T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	脳に着想を得た感情機構エージェントとその企業人事管理システムへの応用
Title(English)	
著者(和文)	野田浩平
Author(English)	Kohei Noda
出典(和文)	学位:博士（学術）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第7053号, 授与年月日:2007年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:徃住 彰文
Citation(English)	Degree:Doctor of Philosophy, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第7053号, Conferred date:2007/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

平成 19 年度学位論文

脳に着想を得た感情機構エージェントとその企業人事管理システムへの応用

東京工業大学大学院社会理工学研究科
価値システム専攻
野田浩平

脳に着想を得た感情機構エージェントとその企業人事システムへの応用　目次

1. 序論 5
1.1 背景と動機 6
1.2 本研究の目的 7
1.2.1 脳に着想を得た感情機構モデルの方法論および基礎エージェントモデル構築 7
1.2.2 脳に着想を得た認知感情機構エージェントモデル構築 7
1.2.3 認知感情機構エージェントモデルの企業人事システムへの応用 8
1.3 本論文の構成 8
1.3.1 本論文の構成 8
1.3.2 章の間の関係 10
第 1 部　脳に着想を得た感情機構エージェント 12
2. 認知科学感情研究の現状・課題と 人工脳方法論 14
2.1 競合先行研究 15
2.1.1 Schank の知識表現理論と Pfeifer の感情モデル 15
2.1.2 Soar 21
2.1.3 Act-ｒ 26
2.1.4 Sloman 学派 30
2.2 競合先行研究の課題 33
2.3 第 1 部の目的と採用する手法 35
2.4 人工脳方法論 35
3. 感情機構エージェント 39
3.1 目的 40
3.2 StarLogo 41
3.3 環境 42
3.4 エージェント 43
3.4.1 大局的構造 44
3.4.2 感情化学仮説 45
3.4.3 対象感情 46
3.4.4 エージェント構築 48
3.5 結果 55
3.5.1 ノード 2 の抑制 56
3.5.2 ノード 2 とノード 6 の抑制 57
3.5.3 ノード 2，6 とノード 3 あるいは 4 の抑制 59
3.5.4 ノード 2,3,4,6 すべての抑制 61
3.5.5 一般的な実験結果 62

3.6 考察 63
3.6.1 進化的側面に対する考察 63
3.6.2 感情機構側面に対する考察 65
3.6.3 初期値およびパラメータ依存性について 67
3.6.4 認知機構としての考察 68
3.7 結論と課題 70
4. 認知感情機構エージェント 71
4.1 本章の目的と方法論 72
4.2 実装環境：SOARS 72
4.3 就職面接および転職活動場面 74
4.4 感情機構エージェント 74
4.4.1 大局的機構 74
4.4.2 感情の神経化学仮説 75
4.4.3 脳機能部位 75
4.4.4 知識表現 77
4.4.5 感情機構エージェント 78
4.5 転職活動・採用面接シミュレーション 84
4.6 結果 88
4.7 考察 92
4.7.1 対象感情の同定 92
4.7.2 感情機構としての考察 93
4.7.3 初期値およびパラメータ依存性について 97
4.7.4 感情機構の進化側面の考察 98
4.7.5 他の感情エージェントモデルとの比較 99
4.7.6 認知機構としての考察 100
4.8 結論と課題 102
第 2 部 人事評価情報の可視化，知識共有への認知科学の応用 – エージェントモデリング及びオントロジーを用いて– 104
5. 企業人事管理システム構築の現状と課題 106
5.1 企業人事システム構築における先行方法論と課題，そして解決の方向性 107
5.2 認知感情機構の人材モデルへの適用可能性および範囲 111
5.3 人事評価システムの現状と問題 113
5.4 援用技術の導入 116
5.5 人事評価フレームワーク 117
5.6 人事評価におけるコンフリクトの発生要因 118
5.6.1 人材モデルに対する認知ギャップ 118

5.6.2 プロセスに対する認知ギャップ 119
5.6.3 活動環境に対する認知ギャップ 119
5.7 新しい人事評価システムの方向性 119
5.8 認知感情機構エージェントの適用 121
5.9 結論 123
6. 人事評価へのオントロジー及び エージェントシミュレーションの適用 125
6.1 コンピテンシーソースリスト 126
6.2 人事評価オントロジー 131
6.3 価値オントロジー 133
6.4 目標・プラン知識表現による性格の表現 137
6.5 人事評価エージェントシミュレーション 138
6.5.1 評価基準の妥当性検証ツールとしての応用 138
6.5.2 評価結果の可視化ツールとしての応用 138
6.6 結論 140
7. ビジネスプロセスとしての採用面接 142
7.1 人事管理システムにおける採用 143
7.2 採用プロセスとは－新卒採用活動全体のビジネスプロセス－ 144
7.3 採用面接の全体像 146
7.3.1 採用面接の機能 146
7.3.2 採用プロセスにおける面接の位置づけ 147
7.3.3 採用面接での評価の観点 148
7.3.4 評価方法 148
7.4 面接の流れ 150
7.4.1 面接前の準備 151
7.4.2 入室・挨拶 152
7.4.3 最初の１分程度の会話：自己紹介 153
7.4.4 志望動機の確認 155
7.4.5 過去の経験・自己 PR 156
7.4.6 クロージング 157
7.4.7 留意点 158
7.5 質問例 159
7.5.1 積極性 159
7.5.2 協調性 160
7.5.3 慎重性 160
7.5.4 責任感 161
7.5.5 活動性 161

7.5.6 持久性 162
7.5.7 思考性 162
7.5.8 自主性 163
7.5.9 自己信頼性 163
7.5.10 共感性 163
7.5.11 指導性 164
7.5.12 感情安定性 164
7.5.13 規律性 165
7.5.14 従順性 165
7.6 結論 165
8. 人事評価オントロジーと ビジネスプロセスシミュレーションの 試行導入と検証 ..167
8.1 人事評価オントロジー実装手順 168
8.2 人材モデルの規定 168
8.3 実装：採用面接シミュレーション 170
8.4 シミュレーション結果と考察 174
8.5 結論と今後の課題 180
9. 人事評価オントロジーおよび エージェントシミュレーションの実展開に向けて 183
9.1 本研究の社会応用プロジェクトの中における位置づけ 184
9.2 社会エージェントシミュレーションの対象領域 185
9.3 対象領域における現在までの研究実務実績 186
9.3.1 ビルメンテナンス業 186
9.3.2 システムインテグレーター 187
9.3.3 キャリアデザイン 187
9.4 対象領域での今後の展開 188
9.4.1 ビルメンテナンス業 188
9.4.2 システムインテグレーター 189
9.4.3 キャリアデザイン 189
9.4.4 その他 190
9.5 結論 190
10. 結語と今後の課題 192
参考文献 196
補遺 204
感情機構エージェントソースコード 205
1 層エージェントのソースコード 205
2 層エージェントのコード 209
3 層エージェントのコード 215

感情機構エージェントの詳細 225
a) Environment 225
b) 1st layer 232
c) 2nd layer 237
d) 3rd layer 242
認知感情機構エージェントソースコード 249
人事評価オントロジーCSV 出力 266
統合人事評価オントロジーRDFSchema 出力 272

1. 序論

1.1 背景と動機

1990 年代後半，企業人事分野における人材モデルはそれまでの心理学に基づくモデルから大きく変わりつつあった．人間主義の心理学の理論が一部動機付けの分野で用いられていたものの，それまでの人事分野における人間観の多くは伝統的な学習心理学の理論等に基づく単純な人間観であった．そこに Macllerand のコンピテンシーという人事評価に用いられる複合的概念や Goleman によって紹介された Emotional Intelligence という感情のコントロールが社会的成功に結びつくという内容を説明する概念が登場した（Spencer & Spencer, 1993; Goleman, 1998）．これはそれまでの単純な知能観やスキル観だけでは説明できない複合的で統合的な人間観に基づく人間モデルであった．

一方, 伝統的心理学とは別の経路から新しい人間モデルを提示する理論が人事領域に登場した．計算認知科学の領域から事例ベース学習という新しい学習理論が登場し，企業研修に取り入られるようになった（Schank, 1995）．これは人工知能学者で心理学者の Schank が研究したスクリプトや目標・プラン，テーマ，プロット単位といった知識表現の研究の末，たどり着いた知識表現および学習理論である．この理論は計算認知科学と企業情報システムの親和性により，初期の E-learning システムに採用されて大規模な研修システムとして実装された．2000 年代に入り，計算認知科学の社会応用は進み，知識表現の発展形であるオントロジー技術や，認知シミュレーション技術の発展系であるエージェントベースシミュレーション技術が発展し，応用され始めた．

企業人事領域の課題としては, 心理学モデルに基づく人材モデルと計算認知科学に基づく， あるいは企業情報システムに蓄積されている膨大な人材データの人材モデルが共通のモデルに基づいていないため，情報処理技術の進展にもかかわらず，十分な人材情報の活用がされていないことが挙げられる．このため，心理モデルと計算認知科学モデルの統合あるいは翻訳化が求められている．

計算認知科学の基礎研究の分野においては，90 年代に入り，身体化（embodiment）や新 AI というキーワードでそれまでの認知モデルのみのシミュレーションからエージェントベースのモデルに移ってきた．シミュレーション技術は認知シミュレーションから人工生命シミュレーション，そして社会エージェントシミュレーションと新しいシミュレーション技術が生まれてきた．また，実ロボットに実装する認知発達ロボティクスや生物学に着想を得た(biologically inspired)認知エージェントモデルの研究が進んでいる．

本研究ではこの 2000 年代に入り進んできた生物学に着想を得た認知エージェントモデルの構築を研究方法論とし，感情機構を統合的モデルの中核にすえた認知感情機構エージェントモデルの構築を目指す．そして，それをもとに企業人事で用いられる新しい人材モデルを提案し，人事評価情報や職務管理情報などの人材情報を有効に活用できる技術を提案する．

1.2 本研究の目的

本研究では認知科学における生物学に着想を得た認知感情機構エージェントを構築することと，その企業人事への応用を目的としている．以下の 3 点に目的を細分化し，説明する．

1.2.1 脳に着想を得た感情機構モデルの方法論および基礎エージェントモデル構築

生物学に着想を得た認知機構やロボットの研究は始まったばかりである．よってその研究方法論として全ての研究者が従うような方法論は存在していない．生物学に着想を得た認知機構という時，エージェントモデリングが普及したとはいえ，実際には脳に着想を得た認知機構ということをさしている．本研究では感情機構が人間をつかさどる基本アルゴリズムであるという仮定に基づき，感情機構を中心にすえた生物学に着想を得た認知感情機構エージェントを構築するため，学術的研究としてその妥当性を主張できるようなモデル構築方法論をはじめに定義する必要がある．そのため，既存の認知モデリング，エージェントモデリング，そして脳科学の先行研究を概観し，統合的人間モデルとして達成できていない天を探り，また，使用できる方法論も探る．さらにエージェント構築方法論を定義し，それに基づきパイロットモデルを作成する．既存の人工生命シミュレーター上で感情の基本アルゴリズムを実装したエージェントモデルを構築する．これにより，脳に着想を得た基礎的感情機構エージェントが完成する．

1.2.2 脳に着想を得た認知感情機構エージェントモデル構築

認知機構研究はもともと人間の認知機能を対象としていたため，既存の認知機構研究（Soar や Act-r モデル）の延長上の認知エージェントモデルでは，脳全体や身体に対応する統合的モデルは作られてきていない．本研究の第 2 の下位目標としては，人間の認知機能を持ち，かつ，統合的人間モデルと呼べる認知機構を構築することを目的とする．基礎的感情機構エージェントをベースとし，人間の認知機能をモジュールとして追加する．また，知識表現の概念も導入する．さらに実装として，基礎的感情機構エージェントの人工生命プラットフォームから社会エージェントシミュレーターに変更する．実装例として，人間の認知が介在する感情過程を例に抑うつ感情と不安感情をモデル化し，検証することにより，統合的人間モデルと呼べる任地感情機構エージェントを提案する．

1.2.3 認知感情機構エージェントモデルの企業人事システムへの応用

企業人事管理システムの中核である人事評価システムで用いられている人材モデルは，他の企業管理領域の企業情報システムに用いられるビジネスプロセスに基づいたUMLなどで記述される人材モデルとは異なり，情報処理システム上で活用される記述法では書かれていない．そして，既存の心理学モデルに基づいた複雑な人材モデルに基づき企業ごとの人事評価システムが構築されている．一方，企業情報処理システムには人工知能や計算認知科学の応用から発展してきた技術が多く人事評価情報の活用や記述にも適した技術が多い．被雇用者の流動化や経営効率の改善への要求などの要因により，企業人事評価情報の有効活用のニーズは高まっているため，企業人事評価情報を情報処理システム上で活用する仕組みを作る必要がある．

そこで, 本研究の第 3 の目的として認知感情機構エージェントをベースとした人材モデルを構築し，企業人事システムで活用することを挙げる．援用技術としてオントロジー技術を導入し，認知感情機構エージェントと既存の心理モデルに基づく人材モデルの統合を行う．また，社会エージェントシミュレーション技術を導入し，この統合オントロジーによる人事評価情報と実際のビジネスプロセスの統合も行う．これにより，企業人事評価システムで今後用いられるべき，あらたな人材モデルを提案する．

1.3 本論文の構成

本論文は 2 部より構成される．第 1 部で基礎研究としての感情機構を構築し，第 2 部でその社会応用を検討する．

1.3.1 本論文の構成

第1部　脳に着想を得た感情機構エージェント

第 1 部は第 2 章から第 4 章で構成されており，計算認知科学研究としての感情モデルを構築する．脳に着想を得た構造を持つ感情機構エージェントを構築することにより，これまで提案されてこなかったエージェント構造に基づく人間の感情アルゴリズムを提案する.

第2章　認知科学感情研究の現状と課題

心理学，人工知能，神経科学の境界領域である認知科学における感情研究の現状を分析する．これまでの学会・雑誌等からの報告に加え 2006 年 11 月から 12 月にかけて行われた米国とヨーロッパの視察の結果も踏まえて 2007 年 3 月時点で最新の感情研究の現状を伝える．先行研究は Schank および Pfeifer 学派，Act-r, Soar, Sloman 学派の 4 分野を考察する．さらに

その 4 分野の先行研究で達成されていない課題点を考察し，本研究の感情研究としての目的を導出する．最後に目的を達成するための新しい研究方法論として人工脳方法論を導入する．

第3章　感情機構エージェント

脳に着想を得た感情エージェントモデルを構築する．人工脳方法論のボトムアップアプローチに従い，野村の提唱する感情化学仮説を導入する．さらに構造を持つエージェントの基盤として Sloman の H-CogAff 機構を導入する．構築したエージェントを人工生命環境 Star-Logo 上で実装し，抑うつ人工生命エージェントのシミュレーション実験を行う．実験結果は抑うつの学習性無力感理論と比較し，エージェントの構造およびアルゴリズムの妥当性を検証する．

第4章　認知感情機構エージェント

3 章で構築した抑うつ人工生命エージェントを拡張し，人間の認知機能を持つエージェントを構築する．さらに Schank の目標プラン知識表現を含む長期記憶モジュールも導入し，認知感情機構エージェントを構築する．エージェントは社会エージェントシミュレーター SOARS 上に実装され，就職活動時の採用面接場面での抑うつおよび不安感情喚起のシミュレーション実験を行う．結果が抑うつおよび不安の脳回路モデルと一致することにより，モデルの妥当性が証明される．

第 2 部　人事評価情報の可視化，知識共有への認知科学の応用　– エージェントモデリング及びオントロジーを用いて–

第 2 部は 5 章から 9 章で構成されている．認知科学の社会応用としての感情機構エージェントモデルをオントロジー技術という側面とエージェントシミュレーション技術という側面から考察する．対象領域として企業人事領域を選択し，具体的な応用技術として人事評価オントロジーとビジネスプロセスシミュレーションを提案する．パイロット事例として採用面接シミュレーションを考察し，最後に実応用に向けての適用可能領域を分析する．

第5章　企業人事管理システムの現状と課題

認知科学の社会応用という観点から考察を開始し，社会システムの「分析」,「設計」,「合意形成」という視点を導入する．さらに対象領域を企業人事管理システムに絞り，分析の枠組みとして人事評価フレームワークを導入する．分析方法として Simon の理論を導入し組織内のコンフリクトが問題点の原因であると分析する．解決策として情報の「可視化」,「情報共有」を達成するシミュレーション技術およびオントロジー技術が有効であると考察する．

第6章　人事評価へのオントロジー及びエージェントシミュレーションの適用

5 章で導入したオントロジー技術とエージェントシミュレーション技術の適用可能性について，実際にオントロジーとエージェントシミュレーターを開発することにより検討する．汎用的な人事評価項目リストとしてコンピテンシーソースリストを構築する．それを元に人事評価オントロジーを構築する．人事評価オントロジー内の価値観・志向クラスについては価値オントロジーを構築し考察を行う．また，性格クラスについては認知科学の知識表現である目標プラン表現で表現できるかどうか考察を行う．さらに能力クラスが最も依存するビジネスプロセスについてプロセスエージェントシミュレーターの概念を導入する．

第7章　ビジネスプロセスとしての採用面接

6 章で導入したエージェントシミュレーター上のビジネスプロセスの概念を第 1 部で構築した採用面接に対して適用し，採用面接のビジネスプロセスを分析し，定義する．採用面接については産業心理学の中の組織心理学においても研究が十分に進んでいない分野であり，標準的なプロセスモデルはこれまで提出されていない．そこで，本論文ではビジネスプロセスとしての採用面接を定義し，そこで行われる認知過程も含めて考察を行う．

第8章　人事評価オントロジーとビジネスプロセスシミュレーションの試行導入と検証

第 1 部で構築した採用面接シミュレーションについて，人事評価オントロジーとビジネスプロセスとしての採用面接の観点を追加して再解釈を行う．人事評価オントロジーは採用面接シミュレーションの人材モデルが保有する目標プラン知識表現とオントロジー編集ソフト Protégé 上で統合される．考察として，情報の「可視化」「共有化」のツールとしてのエージェントシミュレーションおよび人事評価オントロジーの有用性が示される．

第9章　人事評価オントロジーおよびエージェントシミュレーションの実展開に向けて

2004 年から取り組んできた人事評価オントロジーのプロジェクトと 2005 年より取り組んだビジネスプロセスシミュレーションのプロジェクトについて実応用領域を考察する．さらにこれまでの実務領域での先行プロジェクトと対応させる形で応用可能性を考察する．

第10章　結語と今後の課題

基礎研究としての認知感情機構エージェントと応用研究としてのオントロジーおよびエージェントシミュレーションのそれぞれについて本論文の成果と今後に残された課題を挙げる．

1.3.2 章の間の関係

本論文の構成を図にすると図 1.1 のようになる．

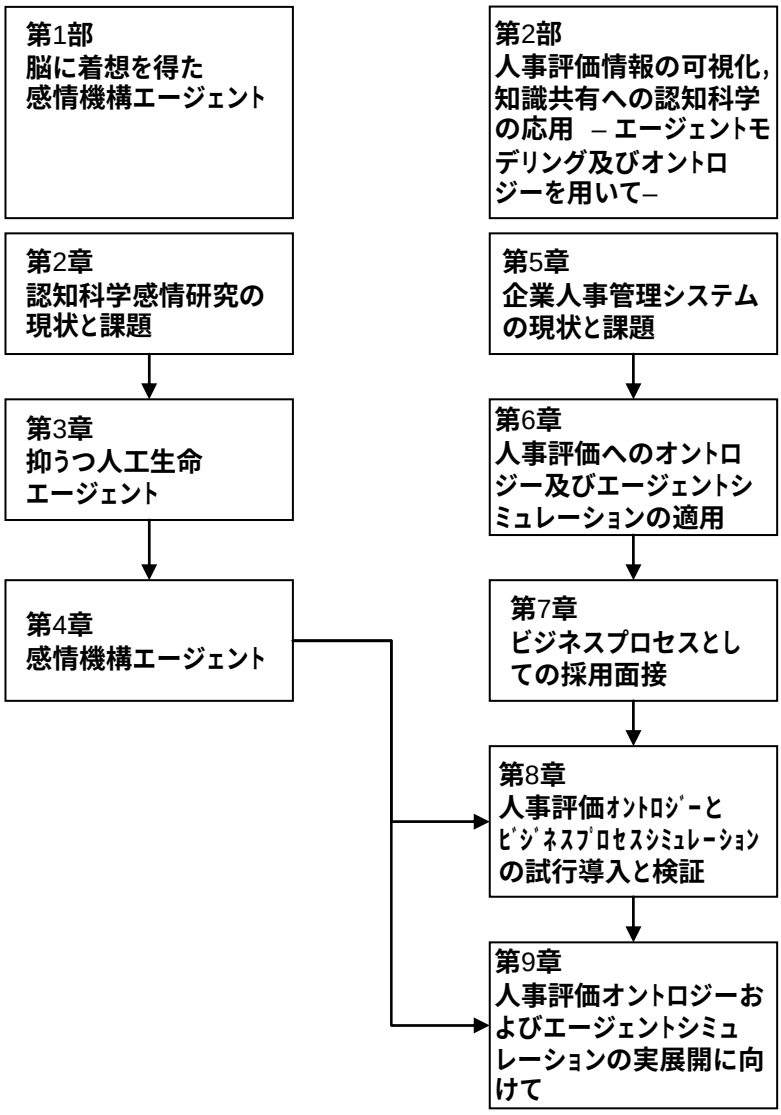

第1部
脳に着想を得た
感情機構エージェント
第2部
人事評価情報の可視化,
知識共有への認知科学
の応用 – エージェントモ
デリング及びオントロ
ジーを用いて–
第2章
認知科学感情研究の
現状と課題
第5章
企業人事管理システム
の現状と課題
第3章
抑うつ人工生命
エージェント
第6章
人事評価へのオントロ
ジー及びエージェントシ
ミュレーションの適用
第4章
感情機構エージェント
第7章
ビジネスプロセスとし
ての採用面接
第8章
人事評価ｵﾝﾄﾛｼﾞｰと
ﾋﾞｼﾞﾈｽﾌﾟﾛｾｽｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ
の試行導入と検証
第9章
人事評価オントロジーお
よびエージェントシミュ
レーションの実展開に向
けて

図 1.1　本論文の構成

第 1 部　脳に着想を得た感情機構エージェント

第 1 部では「脳に着想を得た感情機構エージェント」と題して，エージェントモデリングによる脳機構を参考にした感情機構を提案する．はじめに認知科学における感情研究を Schank および Pfeifer 学派，Act-r，Soar，および Sloam 学派の 4 分野で概観する．そして，その 4 分野で明らかとされていない人間の感情メカニズムについて考察し，本研究の目的を統合的な感情気候エージェントモデルを構築し，感情機構の大局的メカニズムの解明とその行動への影響を明らかにすることと定める．同時にエージェントモデル構築のための方法論として人工脳方法論を構築する．この方法論に基づき，脳機構を参考とした基本的な感情機構を持つエージェントモデルを人工生命環境上で構築し，その妥当性を明らかにする．さらに，シミュレーション環境を人間の社会的環境に拡張し，認知機能も持つ任地感情機構エージェントを構築し，採用面接時の感情喚起のシミュレーション実験を行う．この実験により，記号計算的認知と構造としての感情機構を持つ統合的な認知感情機構エージェントの妥当性が明らかとなり，新たなモデルとして提示される．

2. 認知科学感情研究の現状・課題と人工脳方法論

本章では認知科学研究の中で特に計算認知科学研究における感情研究の現状を概観する．学界全体の流れとして身体あるいはエージェントベースへの移行と生物学特に脳科学に影響を受けたモデリングに注目が集まっていることを明らかとする．さらにそれらの注目が集まる分野を構成する古典的認知モデリング分野，新しいエージェントモデリング分野，そして脳神経科学分野における感情研究を概観し，その成果および未達成な領域を明らかとする．いまだ十分に解明されていない領域を感情機構の構造および基本アルゴリズムと構造を持つエージェントの身体を通じた行動への表出であると考察する．最後にそれらの課題を目的とした研究を進めるための研究方法論を「人工脳方法論」と題し提案する．

2.1 競合先行研究

本節では，認知科学における認知感情機構あるいは認知感情モデルの先行研究の主要なものを 4 つ取り上げその達成できていない点を分析する. はじめに筆者の出身学派であり，80 年代に重要な認知感情モデル研究が行われた自然言語理解の Schank 学派を取り上げ，次に現在，認知科学において主流の認知機構である Soar および Act-r を取り上げる．それぞれ感情研究も行われている．最後に，哲学者であり人工知能学者である Sloman が人間の感情についてその発生機構の構造面からモデル化した H-CogAff 機構を紹介する(Sloman et. al, 2005).

2.1.1 Schank の知識表現理論と Pfeifer の感情モデル

2.1.1.1 知識表現理論概要

Schank は人間が言語を理解する際のに用いる知識表現として CD(Conceptual Dependency)理論，スクリプト(Script)，目標(Goal)・プラン(Plan)，テーマ(Theme)，事例（Case）という知識表現の単位を提案してきた (Schank & Abelson, 1977; Schank, 1982). 具体的には CD 理論とは我々の知識が命題ネットワーク構造をしているとし，そのノードとリンクについて，概念がどのように依存しているかを体系化した理論である．基本的な行為として 11 種類の行為が定義される.

この基本的行為をリンクとして文を命題ネットワークの形で表現し, 理解するのが CD 理論であるが，これは，文の数が増えてくると必要な個別の知識が莫大に増え，その複雑さが増すという問題点があった.

複雑性の解決するために，ある程度の大きな知識の集まりとして，人間が日常繰り返して行う事象の集まりをスクリプト（Script）として定義した．スクリプトの代表例としては

レストランスクリプトが有名であり，あらかじめスクリプトをコンピューターに与えておくと，言語理解が劇的に向上することを示した．スクリプトが実装されたプログラムとして SAM（Script Applier Mechanism）がある．これは人間との対話型プログラムで当時 Yale 大学で行われていた自然言語理解サマースクール向けに構築された簡易型 SAM である MicroSAM のコードとその解説は出版されている(Schank & Riesbeck, 1981).

さて，スクリプトという一連の場面に関係する知識の集まりを導入したことにより，例えばレストランで行われる様々なパターンの行動は理解されるようになった．しかし，レストランに行くという行為自体を理解する際に，目的に照らし合わせ理解することができなかったため，より大きな文脈の中ではその行為を理解できなかった．そこでさらに大きな文脈を理解するための単位として目標とプランという単位を導入し，人間の行動は目標に対してプランが起動する形で行われるとした．これは PAM（Plan Applier Mechanism）というプログラムとして実装された．SAM と同様 MicroPAM も作られ，サマースクールで解説された．

他に実装されてはいないが，理論として導入された知識表現概念にテーマがある．

その後 Schank はダイナミックメモリー（Dynamic Memory）理論の中で，似たスクリプトの間に現れる共通要素を単位とした知識表現の体系である MOP(Memory Organization Packets)という概念を導入した(Schank, 1982)．一つの MOP はある目標を達成するための場面（scene）の連続として定義される．複数の MOP で個別の場面は共有され，ダイナミックな知識の想起，学習がなされる．例えば M-HEALTH PROTECTION という歯医者に行くという MOP は M-POV(Professional Office Visit)や M-CONTRACT と場面を共有しており，入れ子構造となっている．MOP の上位概念として，目標の上位概念のテーマ(Theme)と似た TOP(Thematic Organization Packets)がある．

これらのダイナミックメモリー理論は，事例ベース推論（Case Based Reasoning: CBR）研究の元祖とされている．Schank と Riesbeck は 1981 年のスクリプト，目標，プラン理論の計算プログラム実装解説書と同様の手法で，11 個の事例ベース推論器(Case Based Reasoner)についてその実装を解説している(Reisbeck & Schank, 1989). 理論的にはこのダイナミックメモリー理論の中では目標/プランベース想起(Goal/Plan-based Reminding), 失敗駆動記憶(Failure-driven memory)，事例ベース学習（Case-based Learning）等が提示されている．

CD 理論，スクリプト，目標，プラン理論から発展して事例ベース推論理論に至った一連の研究の延長で, 1989 年に Schank 学派は拠点をそれまでの Yale 大学から移し, Andersen Consulting（現 Accenture）の援助で Northwestern 大学に Institute of Learning Science を設立し, 事例ベースの学習理論の研究を推進した(Schank & Cleary, 1995; Schank, 1997, 2001)．事例ベース学習理論の鍵概念は Learning by Doing, Learning by Failure, Goal-based Scinario である．これらの概念による E-learning システムが研究としても作られ，また，実用化としては Andersen Consulting の事例ベース研修群や E-learning システ

ムおよび大手企業（GE, IBM, Wal-Mart 等), 大学（Columbia 大学, Harvard 大学 Business School，Carnegie-Mellon 大学西海岸校等）の研修および E-learning システムが構築された.

認知心理学，人工知能の研究としては 1982 年の事例ベース推論および MOP の提案までが基礎研究といえるが，その後の 1980 年代後半からの企業人事にも応用された学習理論の研究の中で，さらに理論を発展させ，1982 年の著書”Dynamic Memory”の改訂版“Dynamic Memory Revised”を 1999 年に出版し，認知心理学から学習，あるいは産業組織心理学へ焦点を移行した理論の改定を行った．1999 年の著書で，Schank は 1982 年の著書は人工知能に焦点を当てていたとし，1999 年の改訂版は学習理論に焦点を当てているとしている．しかし，MOP までの理論は前半部分にそのまま残っており，後半に Learning by Doing, Goal-based Scinario などの追加された部分が記載されている．これは，本論文の構造と類似しており，第 1 部が認知科学/心理学における基礎研究であり，第 2 部が企業人事，産業組織心理学への応用となる.

また，競合の Act-r や Soar が意味ネットワークやプロダクションシステムという知識表現や計算方式の研究として代表されるのと同様，Schank の理論も Lisp 上での CD 理論の表現方式から離れ，目標・プランや事例という概念の理論として参照されることも多い．本研究で用いる目標・プランという概念も同様の使用法である.

2.1.1.2 FEELER

Pfeifer（1982）は Simon（1967）の感情理論に従い，また，Schank ら（1977）の CD 理論，目標・プランという知識表現を用い，感情の記号計算モデル FEELER を製作した．これは，感情モデリングを認知の側面からのみではなく，生理の側面も考慮し，また，感情を認知システムを駆動させるための下部機構として位置づけていた点が画期的であった（図 2.1）.

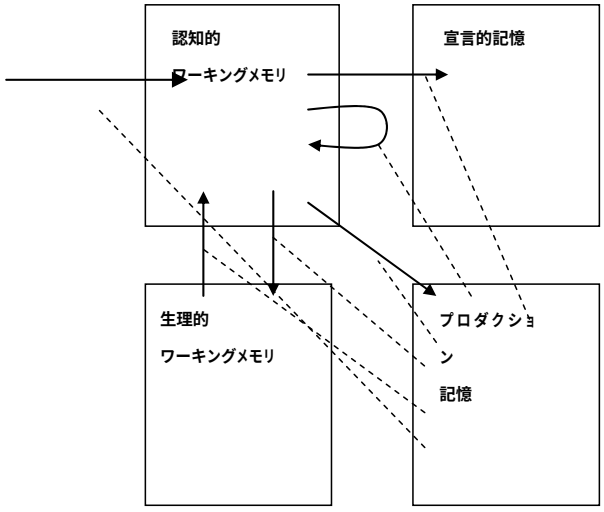


図 2.1 感情機構の全体像(Pfeifer (1982, p. 9, Fig. 1) を翻訳)

この考え方は, 実際の人間や動物の駆動システムとしての脳と対応させられる考え方であり，それまでの認知科学における感情プログラムから新たな視点を切り開いたといえよう．これは，Pfeifer がそれまで Zurich 大学で精神分析の夢過程をモデリングする学派に在籍していたのが影響していると思われる．精神分析学はアカデミックな基礎心理学の世界では無視されているが，人間システムの機構を説明している理論という意味では心理学の中でほぼ唯一の説明を与える理論である．

この Pfeifer のモデルの中で認知機構は目標指向型のネットワーク表現による記憶を持つ．(図 2.2)　この記憶はカーネギーメロンで開発されたプロダクションシステム OPS４上に実装されている．目標の概念は，同時期に Pfeifer が支持していた当時 Yale 大学の Schank が提唱した目標・プランという知識表現の概念から引用されている．人間を目標指向的認知機構と捉えることにより，モデリングを行っている．また，感情機構は上記のように Simon の感情機構の概念を採用している．すなわち，感情機構を多重タスクにおける割り込みという計算概念でモデル化している．

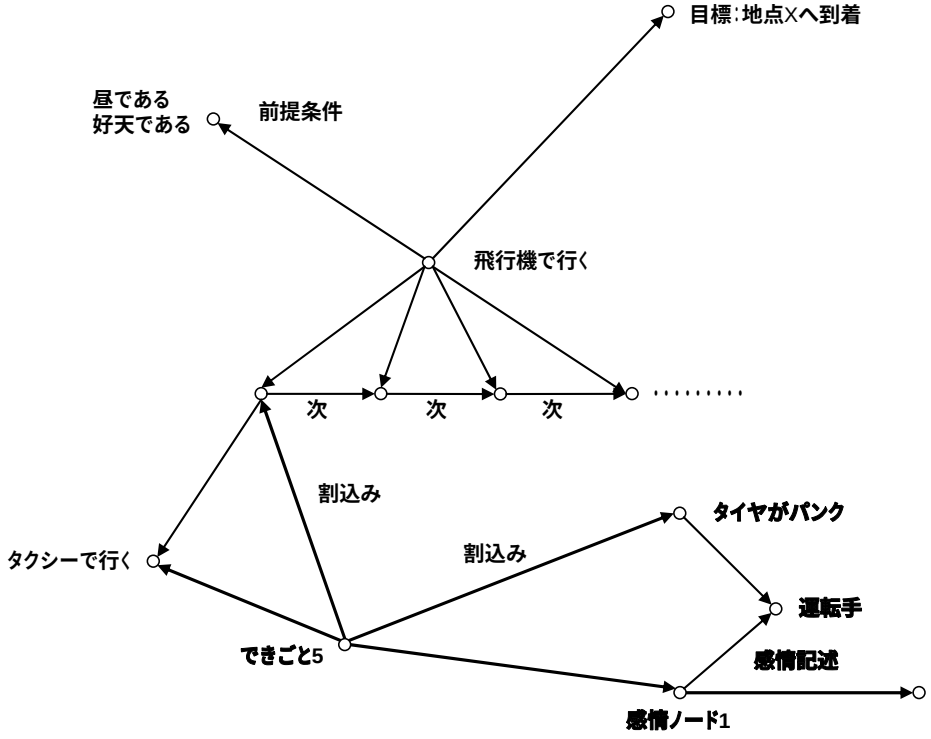


図 2.2 感情の目標指向性ネットワーク表現(Pfeifer (1982, p. 12, Fig. 2) を翻訳)

感情の起動条件は以下のようになる（**表** 2.1）.

表 2.1 感情喚起のためのプロダクション規則(Pfeifer (1982, p. 13) を要約，翻訳)

規則	条件	動作
1	期待していた結果が得られない	割り込みをかけよ
2	期待していなかったことが起きた	割り込みをかけよ
3	長期記憶から活性化されてきた目標/プランの緊急性が閾値を超えた	割り込みをかけよ

また, 感情が喚起された際にその種類を選択する感情選択規則の 1 例を表 2.2 に示す.

表 2.2 感情選択規則の例(Pfeifer (1982, p. 14) を要約，翻訳)

規則	条件	動作
4	自己が状態1で 状態1は自己にとってnegariveで 状態1は人物1によって引き起こされ 人物1は人物1自身を操作可能であって 感情対象は人物1である	人物1に対し「怒り」を発生させよ

認知科学において認知過程や知識表現に研究の焦点が当たっていた 70 年代から 80 年代初期にあって, 当時の認知科学の最先端の知見をすべて導入し, 感情機構をモデル化し, 今日のエージェント機構につながるモデルを構築した試みは革新的だったといえる．しかし，このモデルでは当然，エージェント自体は構築されておらず，あくまでも記号計算モデル上での生理モデルと認知モデルであった．また,概念的には生理的ワーキングメモリや感情機構をモデル化しているが，それを人間の生理機構と比較して妥当性を評価することは行っていなかった．つまり，機能主義に基づく認知モデリングであった．よって，感情機構の身体における構造，身体との相互作用については，90 年代の身体性認知科学の登場を待たねばならなかった.

2.1.1.3 チューリッヒ大人工知能研究室

前節に紹介した FEELER を構築した Pfeifer は 90 年代に入り記号主義から離れ‘身体性(embodiment)’を鍵概念として身体性認知科学分野を創設した（Pfeifer,1988）．そしてその初期に感情研究も行った(Pfeifer, 1994). そこで挙がった古典的認知モデリングの問題点としては,

- 分離可能能力及び創発としての感情の研究
- 「感情的観点」と「参照フレーム」 問題
- 状況依存性
- 身体活動への結合
- 単純な環境と分離された課題：完全自律システム
- 過設計

が挙げられた．これらは，現在，認知科学における感情研究を行おうとしても，すべて考慮しなければならない点である．また，この課題群を考慮に入れた上での感情モデルとして,「学習キノコ食いロボット」, および「自己充足キノコ食いロボット」を提案した.「学習キノコ食いロボット」は, 人工知能実験用ロボット Khepera 上に構成された簡単なニューラルネットを持つロボットである．また,「自己充足きのこ食いロボット」はシミュレーション環境上に実装された．そして，きのこ発見の経路の中で袋小路にはまり動けなくなっている様を「フラストレーションがたまっている」，壁沿いに早く移動する様を「焦ってい

る」というように行動から感情発生を推測する観測方法を提案した.

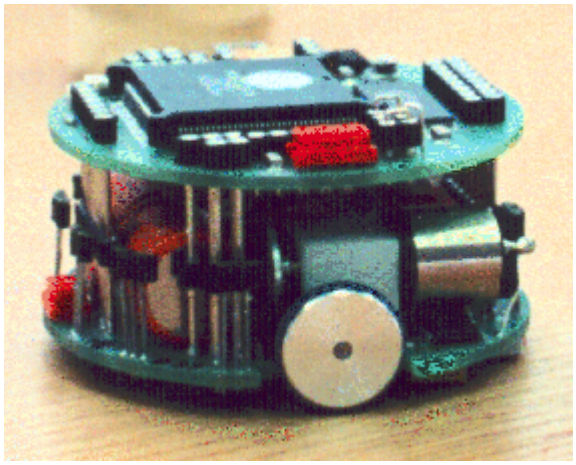


図 2.3　Khepera

上記の問題点を克服するために，身体性認知科学の概念を整理し，Pfeifer らは 1999 年に Understanding Intelligence で古き良き人工知能（Good Old Fashioned Artificial Intelligence: GOFAI）を超えるための自律エージェントの設計原理を定義した(Pfeifer & Sheier, 1999). 以下がその原理群である.

1. 三構成要素の原理（生態学的ニッチ，望まれる行動・タスクの定義，エージェントのデザイン）
2. 完全エージェントの原理
3. 並列緩結合プロセスの原理（parallel, loosely coupled processes）
4. センサーーモーター協調の原理(sensory-motor coordination)
5. チープデザインの原理(cheap design)
6. 冗長性の原理（redundancy）
7. 生態的バランスの原理（ecological balance）
8. 価値の原理(value principle)

この条件は，認知エージェントモデルを構築する際に参考にすべき視点が含まれている. 本研究の感情エージェント構築の方法論も一部影響を受けている.

さて，Pfeifer らはその後，感情や人間の思考について，身体性認知科学の立場から考察している.（Pfeifer, 2000; Leuzinger-Bohleber & Pfeifer 2001）. 一方は，日本で行われた感情についての国際会議のための書き下ろし論文であり，他方は，チューリッヒ学派の初期に Pfeifer がたずさわっていた精神分析のモデリングについての精神科医と共著の身体性認知科学の立場からの人間の思考，記憶についての考察である.

これらの考察で Pfeifer は身体性認知科学の鍵概念の一つである生態学的ニッチ（ecological niche）を参考に取り上げ，感情も進化の段階で生態学的な要求に合わせて進化

してきたことを示唆する．その際にモデルとして取り上げられる研究は太陽の光の強度にあわせたハチ等の目の細胞の構成問題である．また，形態学(morphology)の視点からは人工的構成物を進化計算させていかなる形状が生態学的に安定な形状となるかという研究や，sensory-motor coordination の視点からは，近年ロボット学で研究されていた機械的に制御されない軽量な 2 足歩行の形状の研究が紹介される. これらの観点から Pfeifer が論じるのは，94 年の日本の認知科学会誌に投稿した論文で批判したオーバーモデリングを一切排したチープデザインの原理によるモデリングである．しかし，この方法論に立つと，哺乳類や人間に備わっている構造及び機能としての感情は，モデル上でのエージェントの進化を待って構造化される必要があり，現時点の身体性認知科学では取り扱えない事象となってくる．

身体性認知科学のエージェント設計原理は，古典的認知モデリングへの批判から創出されたものであり，参考にするべきである．さらに，そのモデル化の対象のレベルを低レベル（low level）な生物ではなくて，高レベルの哺乳類や人間にするために，本研究のモデリングの方法論とモデル化の意義があると考えられる．

2.1.2 Soar

2.1.2.1 概要

認知機構(Cognitive Architecture)SOAR は 1990 年にカーネギーメロン大学の Allan Newell（1990）によって開発されたプロダクションシステムベースの統合的認知機構である．統合的と称される根拠は認知過程のみならず知覚から運動までをシステム化したことによる．現在は，Newell のグループのメンバーであった John Laird により研究が進められており，ミシガン大学に拠点が移っている．現在の Soar ver. 8 の基本サイクルは**図 2.4** に示されるプロセスである．入力の後，マッチングするプロダクションルールの条件部を選択し，さらに，アクション部も条件に合わせて選択するというものである．

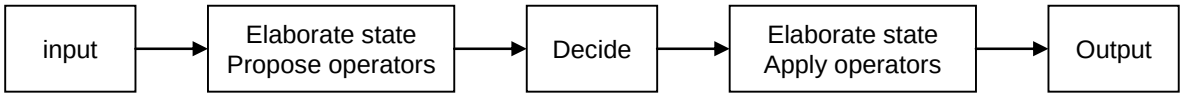


図 2.4　Soar8 execution cycle (Laird & Coulter,(2006, p. 2, Fig. 2) を要約)

しかし，この基本プロセスでは複雑な認知過程を表現しきれないという各大学・研究機関のユーザーからの要望をもとに，現在（2006 年 12 月現在）基本プロセスの改良が検討されている. 図 2.4 の入力から出力にかけての中間部, つまり Decide とその Elaborate state がそれぞれ 2 つに分解されて, 内部過程が長くなるというのが基本発想である. つまり，Soar はもともと人間の認知過程という複雑な過程を扱うために作られた認知機構であったが汎用性と一般化のため単純な基本サイクルを採用したため，実際の人間の認知過程で扱えない過程が出てきたというのが実情である．その問題は，Soar を用いて感情機構を作り上げようとしている Marinier のモデルでも現れる．

Soar の社会応用としては, エージェントへのそのプロダクションシステムの実装を行い,

軍のコンバットシミュレーターを開発している．USC バーチャルヒューマンプロジェクトによるバーチャル環境上の兵士エージェントシミュレーションや，単純 2D 環境上の戦車シミュレーターのエンジンとして採用されている．

2.1.2.2 Soar-Emote

Soar グループの Robert P. Marinier III により Soar-emote プロジェクトが進められている．2004 年より研究が進められており，統合的認知機構 SOAR に感情機構を増設し，認知感情機構を構築している(Marinier & Laird, 2004).

基礎となる理論としては，脳科学，生理学的な理論として Damasio(1994, 2003)の理論を用いている．また，認知モデルあるいは認知心理学からの理論として認知評価理論(Cognitive Appraisal Theory)，特に Gratch と Marsella(2004)の EMA 理論を基にしている．

EMA 理論における感情喚起の法則は 2 つの変数 Desirability(望ましさ度)と Likelihood(見込み度)の組み合わせで決定する．（表 2.3）

表 2.3　EMA 理論の感情規則(Marinier & Laird(2004, p. 173, Table 1)を翻訳)

“感情” (気分)	評価合計
喜び	望ましさ＞0，見込み＝1
希望	望ましさ＞0，見込み＜1
恐怖	望ましさ＜0，見込み＜1
落胆	望ましさ＜0，見込み＝1
怒り	望ましさ＜0，対象

また，基本的な認知及び生理過程は Damasio の理論に従い，図 2.5 となるとしている．

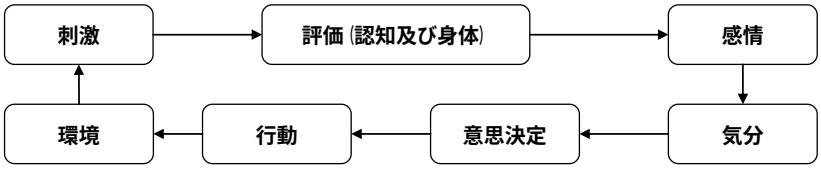


図 2.5　Damasio モデルの基本的出来事順序

(Marinier & Laird(2004, p. 173, Fig. 1)を翻訳)

また，Soar-Emote モデルと呼ばれる認知感情機構は図 2.6 のようになる．

この機構は，単純なゲームによって検証されている．水風船ゲーム(water balloon game)と呼ばれるゲームの状況を想定し，2 名のプレーヤーを設定する.2 名は交互に水風船の投げ手と受け手になり，投げ手は受け手をめがけて水風船を投げる．キャッチが成功すると得点となり，得点を競うゲームである．1 回のラウンドは 5 つのフェーズに分かれており，投げ（throw），受け（catch），投げ手の結果に対する評価（remark），受け手の結果に対する評価（remark），投げ手の受け手に対する評価(final)となる．ゲームにおいて，投げ

手は 2 つの基準で投げ方を選ぶ．つまり，近くか遠くのどちらかに，ゆっくり(slow)もしくは,早く（fast）投げる．また，受け手も 2 種類の基準でとり方を選ぶ．すなわち,走るか(run)走らないか(not run),そして,取ることを試みる(attempt to catch)か，試みないか（not attempt）である．評価の基準も 2 種類の変数で決まり,2 名のどちらか（you/me）に対し，援助的(supportive)あるいは批判的(critical)と評価する．

このような設定のゲームで 20 ラウンド制のゲームを 100 セット行い，条件の違う機構で比較を行った．機構の条件は以下の 4 条件である．

i) 完全エージェント：図 1.2.2 の機構のまま
ii) 非生物(non-biological)機構：生理システム内の生理モジュールがなく，感情および気分に影響を与えない機構
iii) 非認知(non-cognitive)機構：認知評価のない機構，感情に端を発する対処がない．
iv) 非社会(non-social)機構：評価(remark)がない，対外生理も観測不能

表 2.4 に各レベルに定義されるシステムを列挙する．ii)から iv)の条件では，表 1.2.2 の各レベルの機能が停止すると考えることが出来る．

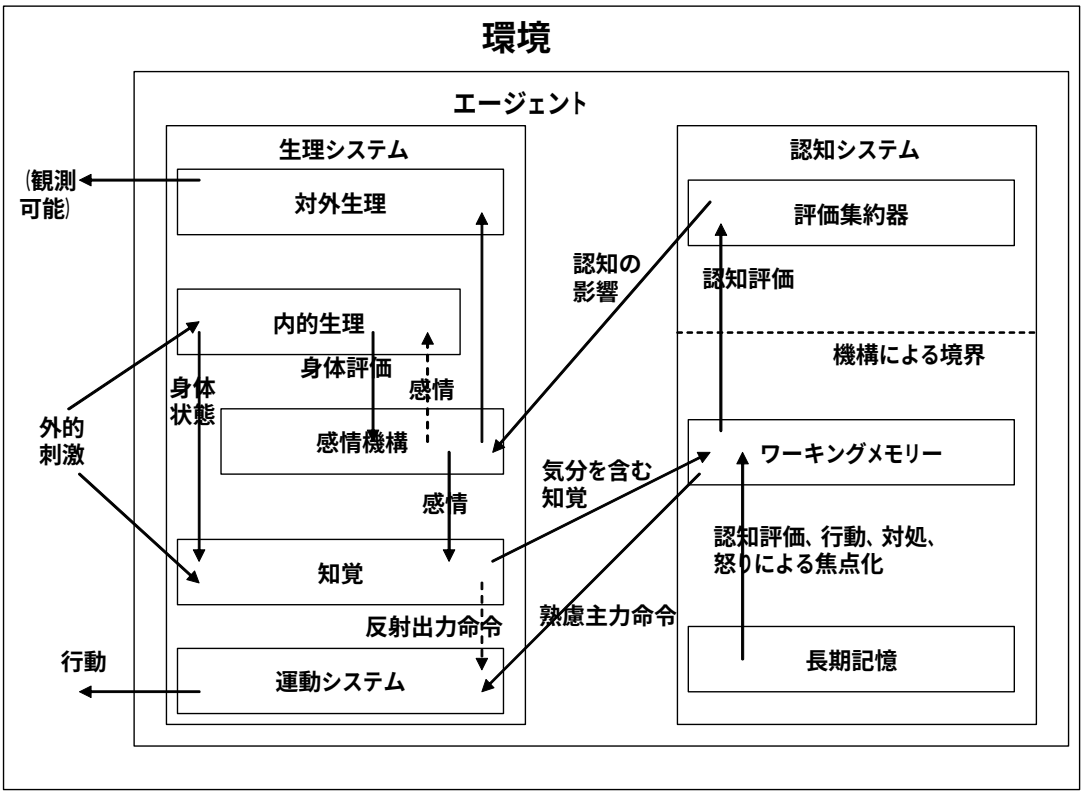


図 2.6 Soar-emote の機構(Marinier & Laird(2004, p. 175, Fig. 2)を翻訳)

表 2.4　各レベルに定義されるシステム(Marinier & Laird, p. 176, Table 2）

Level	Systems
Biological	Internal and External Physiology, Body Emotion System
Cognitive	Appraisal Rules, Cognitive Emotion System, Emotion-focused coping
Social	Problem-focused coping (remarks), Perception of External Physiology of others

結果としてエージェントタイプ毎に「受け」タイプと「評価」タイプを分析している．

「受け」タイプは非生物機構のエージェントは他の条件に比べて著しく‘走る/取る’(run/attempt)条件の頻度が高いことが見て取れる．これは，基本的に‘走る/取る’条件でないと投げ手から否定的な評価を受け，ネガティブな気分になる可能性があり，また，非生物機構だと，痛みを感じないので，たとえ草むらに飛び込み痛みを感じるという状況でも痛みを感じずにすむため,‘走る/取る’条件を回避する条件がないためと考えられる．

非認知エージェントの結果の特徴は「評価」タイプの結果に示される無評価（silence）の高さである．また，自己に対する批判的評価が高く，相手に対しては批判的には評価していない．これは，認知評価規則がないと，他者への原因帰属が出来ず，他者への怒り感情を喚起できないためである．しかし，自己の感情は感じられるため，落胆を認知は出来，自己に対する批判的な評価が高くなる．

非社会エージェントの結果は無評価の高さが特徴的である．これは，そもそも評価を行わないという非社会エージェントの定義から自明である．

さて，このモデルで課題として挙げられていた点は，エージェントが学習を行わないという点であった．その点を克服するため，最小限の履歴機能は加えられたそうである．しかし，学習に焦点を当てていない機構であることは変わらない．

上述のシミュレーション実験は 2004 年の国際認知モデリング会議で報告されたが，その後，Marinier は感情モデルの認知部分を詳述化することに焦点を当て，生理的機構や感情機構自体のモデル化は焦点から外れてきている．

Soar は Newell が開発したものの，彼が 1990 年にその著書で発表した理論を忠実にモデル化してはいない．そこで，Marinier は彼の著書の後半部分に概念のみ登場する PEACTIDM プロセスを実装することを目指している．PEACTIDM とは，Perceive, Encode, Attend, Comprehend, Tasking, Intend, Decode, Motor の Acronym である．1.2.1 の現行 Soar や現在改良が検討されている Soar と比較してもそのプロセスの多さが伺える．このプロセス群を実装しようというのが現在の Soar－Emote の課題のひとつである（Marinier & Laird, 2006）．また，感情モデルとしては，Damasio の生理身体的モデルを導入することは中止し，Gratch & Marcella の EMA 理論のみをこの複雑な認知プロセス上に実装することが現

在の課題となっている.

2.1.2.3 BICA：Michigan チーム

米国国防総省高等研究計画局（DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency）は 2005 年に BICA(Biologically Inspired Cognitive Architecture)プロジェクトを公示した (Gunning, 2007). このプロジェクトは，心理学的な認知機構だけではなく，一歩踏み込んで神経生物学的な着想を基にした認知機構を研究するプロジェクトである．2006 年にフェーズ I でフィージビリティスタディを行い, フェーズ I に参加した研究グループが絞り込まれ 2007 年以降の 3-5 年のフェーズ II に進む．フェーズ I には米国の主要な認知機構研究グループと計算モデルへの実装を目指す脳研究グループが参加している.

表 2.5BICA プロジェクト参加グループ（検査グループは除く）

research domain	Organization	Leader	Theme
cognitive architecture	MIT Media Lab	Cynthia Breazeal	Social Robot
	University of Michigan	John Laird	Soar
	CMU	John Anderson	Act-r
	MIT CSAIL	Patrick Winston	Reasoning
brain science	University of Collorado	Randall O'Reilly	BICA
	Hughes Research Lab.	Deepak Khosla	BICA-LEAP
	University of Maryland	James Reggia	Large Scale Neurocognitive Architecture
	Argotic	Anna Tsao	Cognitive Architecture of the Brain
	Harvard University	Stephan Kosslyn	High-level Vision
	Rutgers University	Mark Gluck	Memory
	Numenta	Dileep George	Learning and Memory
	George Mason Universit	Kenneth De Jong	Basal Ganglia and HippoCampus

認知機構グループを見ると, 現在米国あるいは世界で現存する 2 大認知機構研究グループであるミシガン大学の Soar グループと CMU の Act-r グループが参加しており, また, 人工知能研究の 2 大拠点である MIT の CSAIL と Media 研究所の双方が参加している（表 2.5）. その意味で本プロジェクトは米国の主要計算認知科学研究グループが今後, 研究テーマとして取り組む課題をあらわしているといって過言ではない．そして，その課題とは脳に着想を得た認知機構ということである.

BICA プロジェクトに参加している Soar グループは. 2006 年のフェーズ I を終了する時点で, プロジェクトリーダーの Laird 教授は Soar を BICA のテストベッドとして使用することを断念し，新たな認知機構を開発することを検討している（Univ. of Michigan, MIT Media Lab, AlgoTek, Dartmouth, Johns Hopkins, Harvard Univ., Rutgers Univ., 2006）. それまで BICA プロジェクトに参加していなかった Dartmouth 大学の脳科学 Rick Granger 教授の提唱する脳回路に準拠した認知機構を検討している．また，従来の認知部分だけでなく，エージェントの身体を同じく BICA プロジェクトに参加している MIT メディア研究所の Cynthia Breazeal 教授の率いるグループと共同して開発することを検討している．つまり，

認知機構，脳科学，ロボティクスの 3 分野の研究グループ共同でフェーズ II に進むことを検討している．ここから伺えることは，従来の記号計算のみの認知機構は既に限界が見えてきているということである．

2.1.3 Act- r

2.1.3.1 概要

Act-r はカーネギーメロン大学の J. Anderson により研究された連想記憶のネットワーク表現モデル Act モデル（Anderson; 1976）を実装した認知機構として研究が開始された．元々, 心理学者の Bower との共同研究により提案された HAM(Human Associative Memory) モデル（Anderson & Bower, 1973）を原型としており, Act*モデルまで拡張された（Anderson, 1983）．

その後，意識的，心理的な認知上の連想記憶の活性伝播だけではなく意識化，神経レベルの記憶を取り扱うため,コネクショニズムの研究者 Christian Lebiere と共同でニューラルネットワーク層を導入し Act-r を完成させた(Anderson & Lebiere, 1998).

その後，Anderson は神経機構とのマッピングに興味を持つようになり，Act-r ver. 4 で大幅な改変を加えている．現在は Act-r6 であるがバージョン 4 以降の大きな改変はない．

図 2.7 は現在の Act-r の機構を図示している．この機構の箱で示されている各モジュールが脳の機能モジュールと対応しているという仮説を Anderson らは主張している．図 2.8 は Act-r のモジュールを脳機能モジュールに対応させた図である．さらに図 2.9，図 2.10 は Act-r 上で数学の計算が行われる際の計算プロセスを Act-r モジュールと脳機能モジュールでそれぞれ示している．

古典的認知機構で脳機能と対応させた研究は他に無いため，Act-r のこの試みは意欲的といえる．しかし，エージェントモデリングの追加モジュールを発表している Soar と比べても Act-r は人間の認知のみを扱っており，より身体や生理学的な機構と近い感情について本格的な研究を行おうという動きが無いため，現状では脳の機能の一部を類推して認知機構と対応させているだけにとどまり，脳に着想を得た統合的な機構とは呼べない．

社会応用としては, 図 2.9 にあるような計算過程の理論をもとにした数学などの学習方法論が全米 2000 校以上の公立学校に導入されている．

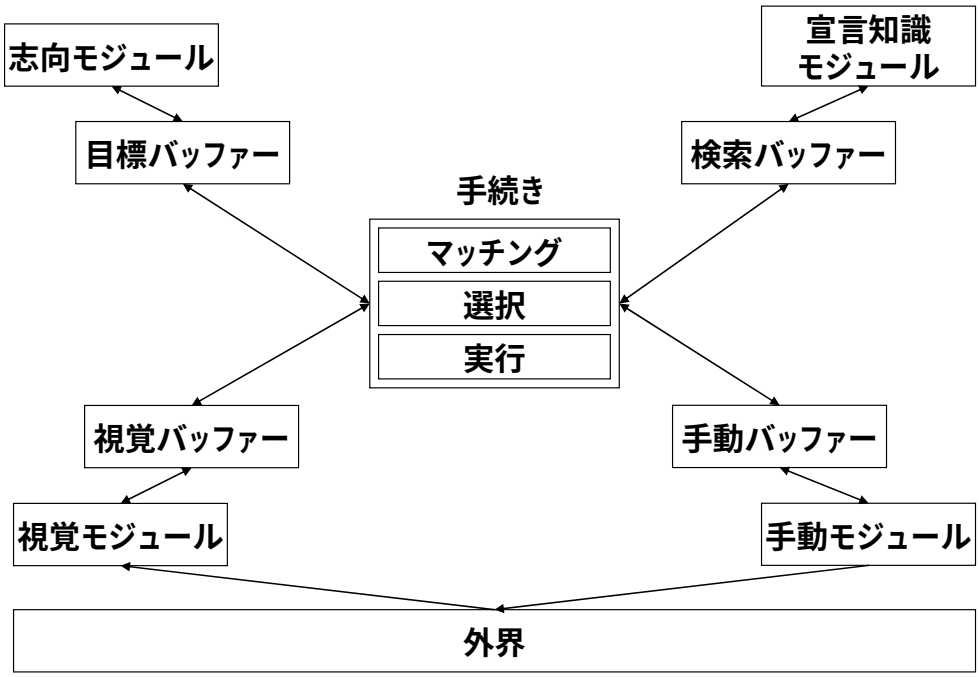


図 2.7　Act-r の機構(Taatgen(2004, p. 1, Fig. 1)を改変，翻訳)

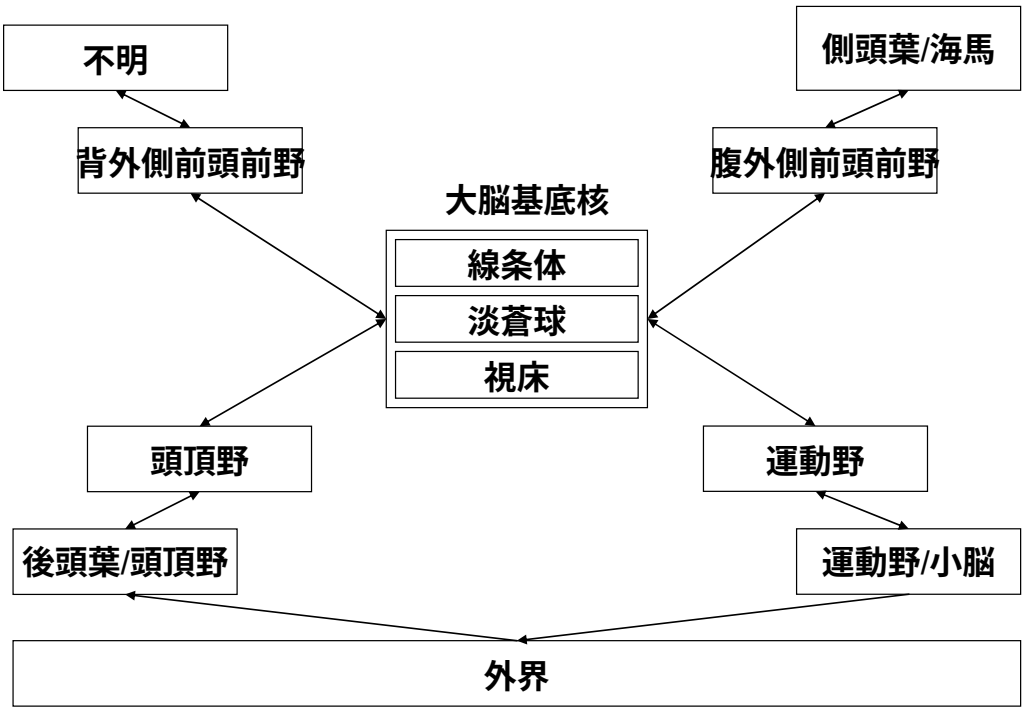


図 2.8　Act-r の脳機能マッピング（Taatgen(2004, p. 1, Fig. 1)を改変，翻訳）

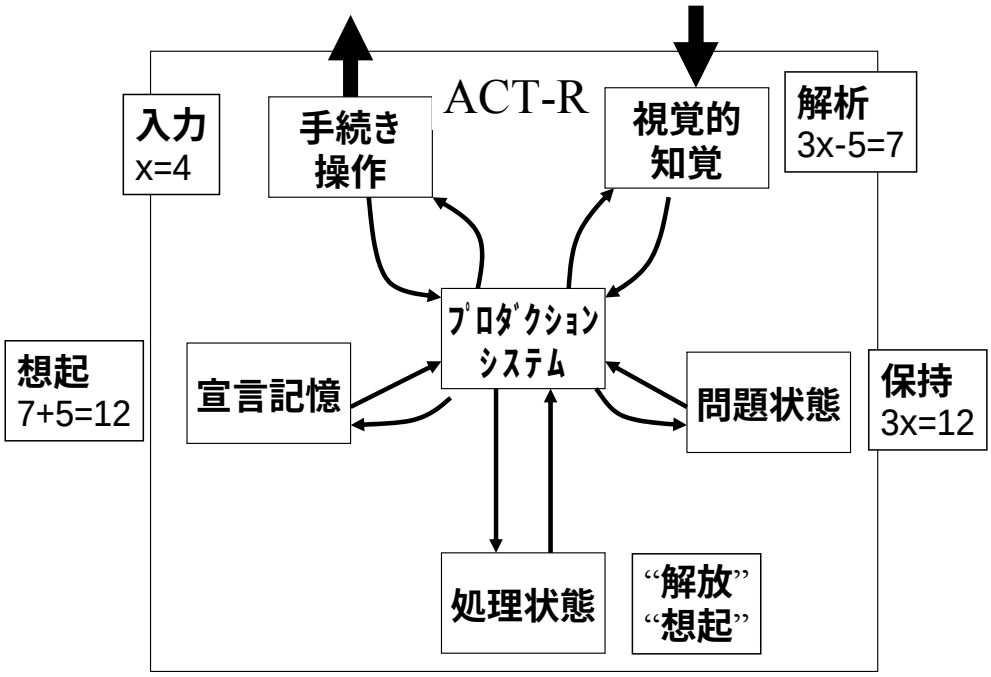


図 2.9 Act-r　の計算例 (Taatgen(2004, p. 7)を翻訳)

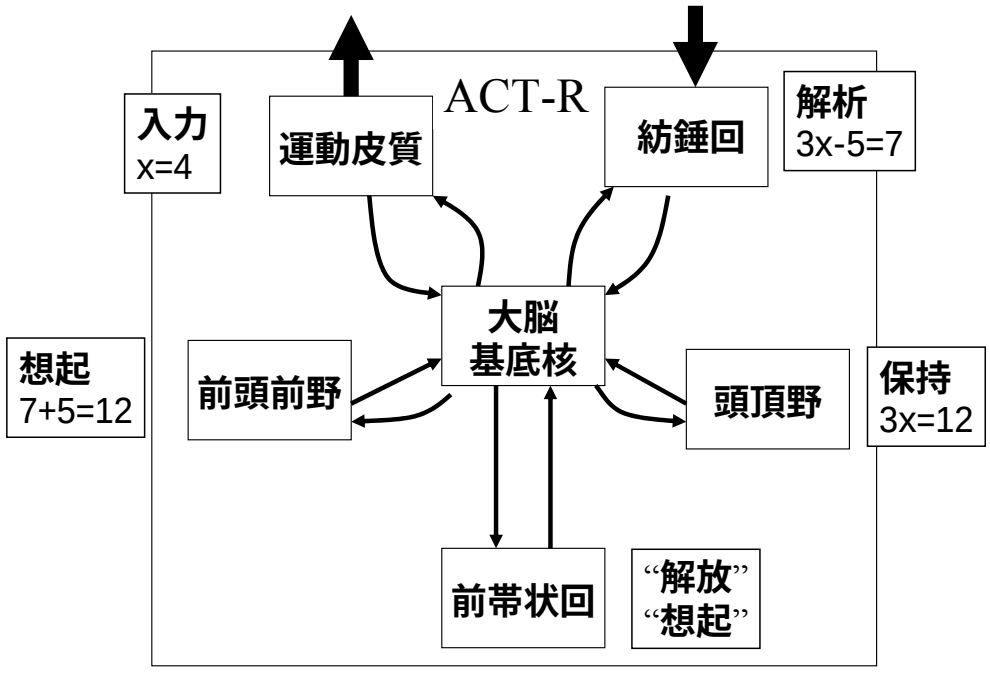


図 2.10　計算例と脳機能モジュールの対応図（Taatgen(2004, p. 8)を翻訳

2.1.3.2 感情に関わる研究

Act-r グループにおいて感情研究はほぼされてこなかったが，近年いくつかの感情研究が

開始されている. Stocco は Soar-emote の Marinier と同様 Damasio の仮説を Act-r に導入することを試みている．Marinier は Damasio の 1 次感情，2 次感情の分類を導入することを試みたが，Stocco は身体マーカー（Somatic Marker）仮説を導入することを試みている（Stocco, Fum & Zella, 2005）．しかし，このモデル化はあくまで図 2.7 の Act-r の機構上にいかに感情の影響を導入するかという認知への感情，あるいは身体信号のモデル化であり，感情機構自体はモデル化できていない.

また，Fincham は fMRI のデータより Act-r 機構の脳機構への対応付けを行っていたが，神経科医と共同で抑うつ患者の脳機構の計算モデル化を行ったとの報告がある．データとモデルの学界発表はまだ行われていないが，報告が待たれる(Fincham & Anderson, 2006).

2.1.3.3 DARPA による BICA プロジェクトと Act-r

Act-r グループも BICA プロジェクトに参加している．Act-r はその機構自体がすでに脳機構との対応付けを行っているため，Soar のようにその機構を放棄することなくプロジェクトに参加している(ACT-R & Leabra Teams, 2007). 脳研究側の共同チームはコロラド大学の O'Reilly である．また，Act-r グループ側は Mike Mattessa が担当している．ここでは感情は特に研究対象とはなっていない.

Act-r における認知感情機構研究をまとめると，脳科学の着想を取り入れたモデルを構築することに成功しているが，それは純粋な認知計算の過程のモデルであり，感情機構の研究も行っているものの成功には至っていない．また，認知計算のみのモデル化に成功しているため，人間の行動が関係するエージェント的側面は一切説明できていない.

2.1.4 Sloman 学派

2.1.4.1 概要

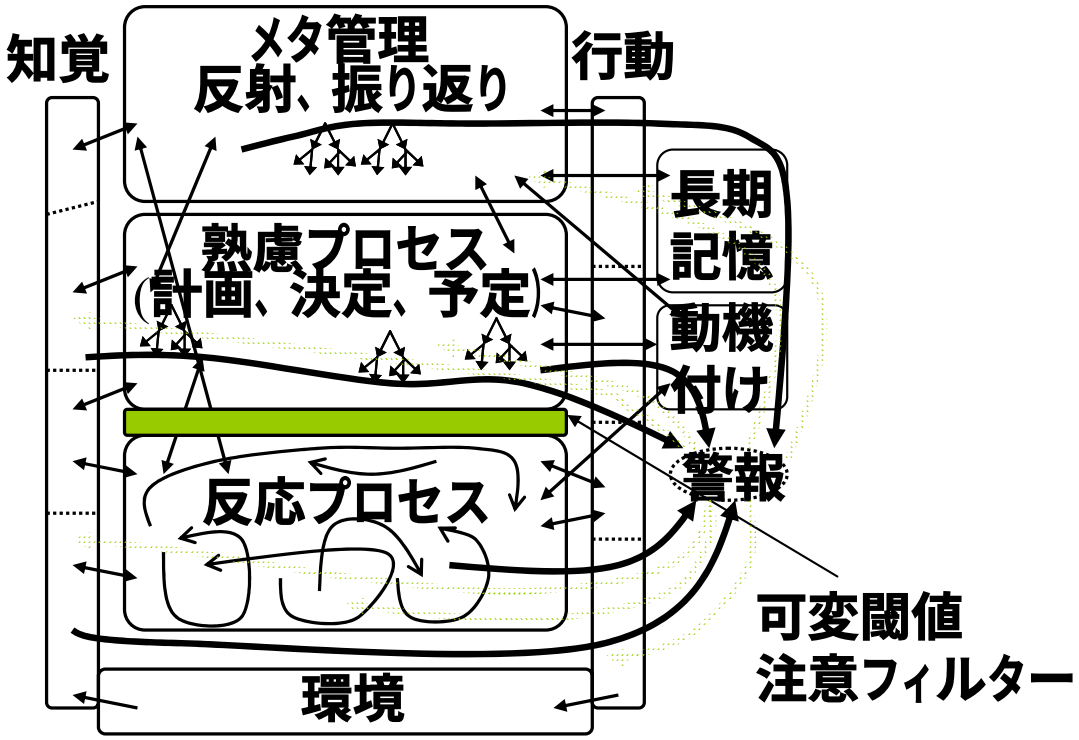


図 2.11　H-CogAff 機構(Sloman & Logan(2000, p. 175, Fig. 3)を翻訳)

バーミンガム大学の Aaron Sloman は人間様(human-like)の認知感情機構を提案している（Sloman, Chrisley & Scheutz, 2005）．これは 1999 年から始まった 3 ヵ年プロジェクト” Evolbable Virtual Information Processing Architectures For Human-Like Minds”により研究が開始された．プロジェクトは Birmingham 大学の Sloman をリーダーとして Nottingham 大学の Logan，Sussex 大学の Chrisley，そして Notle Dome 大学の Scheutz により行われた．ここで Evolvable(進化可能な)というキーワードが使われているがこれはいわゆる進化計算や Genetic Algorithm(GA)において用いられる“進化”という用語とは意味が異なり，狭義には感情研究で用いられる Sloman の 3 層構造，2.1.2.2 で Marinier も引用している Damasio の第 1 次感情，第 2 次感情，あるいは MacLean の爬虫類脳，旧哺乳類脳，新哺乳類脳の 3 層構造の事を指し，いずれも脳の構造について反射機構，感情機構，認知機構の 3 種の階層的構造を指す(Marinier & Laird, 2004; Damasio, 1994; MacLean, 1967)．また，広義には戸田(1992)のアージ(urge)理論における生物学的な感情アルゴリズムと社会的な調節機構としての感情機構の対比や，

表 2.4 の Marinier のような生物学的, 認知的, 社会的機能の相違の説明, あるいは Sussex

大学で Chrisley の学生であった神戸女学院大学の Paul Lai(2003)による Homeostatic Maintainance 理論における Basic Needs から社会的欲求をモデル化する際の説明にも用いられることがある．本論文では計算アルゴリズムとして GA を用いることは無いので，進化という用語はすべてこの感情研究で用いられる狭義あるいは広義の意味において用いられる. 図 2.11 が機構のモジュール構成である. 環境に対して, 機構は 3 ステップ（perception, cognition, action）の段階で反応する．また，認知層は水平に 3 層に分かれて構成されている．最下層が反射層である．この層では，知覚された情報は情報処理されずに反射的に行動が決定される．第 2 層は熟慮層（deliberative layer）である．この層では図に示してあるように，計画（Planning），意思決定（deciding），調整（scheduling）が行われる．また，反射層と熟慮層の間には変数閾値注意フィルター(variable threshold attention filter)があり，知覚層から反射層に入力した信号が反射層のある変数の閾値を超えさせると緊急な注意信号として熟慮層に入力を送る. さて, 第 3 層はメタ管理層として定義されている. メタ管理層は外部からの知覚はもとより，熟慮層での計算（計画，意思決定，調整）反射層の反応を認知し，それを元に，認知過程を進める．この意味で，メタ管理層は内部認知や内部認知による感情過程を担う層と考えられる. また, Sloman の機構では長期記憶（Long term memory），動機付け機構（motive activation），アラーム機構（alarms）は 3 層構造から切り出されて別モジュールとして置かれている．よって，第 2 層，第 3 層が計算を行う際に必要となる情報が格納されている長期記憶は計算のたびにアクセスされ，また，動機付け機構も各行動／認知の際に必要となるのでその都度アクセスされる．また，アラーム機構は緊急時に機能する.

このモデルは箱(Box)モデルあるいは Boxology として任意性が大きく妥当性を検証できないモデルとしての批判も浴びている．しかし，前述の BICA プロジェクトで見たように計算モジュールと脳機能モジュールの対応付けが始まっているため，時流の先を進んでいたモデルとも言える.

2.1.4.2 感情研究

H-CogAff 機構の具体例としては Ian Paul Wright による感情エージェント(emotional agent)の研究がある(Wright, Sloman, & Beaudoin, 1996). 研究の内容については，残念ながら哲学論文にありがちな, 先行研究の網羅, 批評と元アーキテクチャの哲学的考察で終わっている. 具体的には，先行して存在する熟慮層のみをターゲットにしたそれまでの記号計算主義の感情プログラムを批判し，また，反射層のみをターゲットにした AI も批判し，さらに折衷主義の熟慮－反射層のモデルにも批判を加える．その後，新モデルに必要な技術的な要素として Birmingham 大学で開発された SimAgentToolKit について紹介され，また，感情理論として Frijda 及び Oatley の感情理論を紹介する． さらに学習アルゴリズムとして強化学習のアイデアが紹介され，具体的な感情の分析として悲哀（grief）と愛着（attachment）について分析する．これらの 2 つの感情は感情研究では頻繁に取り上げられる感情であり，精

神分析から発達心理学まで研究例は多い．また，メタ管理層が機能する感情の例としても適切と考えられ，彼らは取り上げている．以上が，Wright 及びスローマンの感情エージェント研究の骨子である．ただし，上記のように具体的な計算プログラムがないため，任意性が大きすぎ，科学研究としての妥当性の検証がされないという欠点がある．

2.1.4.3 Scheutz model

Sloman グループのメンバーであり，2005 年の論文の共著者でもある Notre Dame 大学の Matthias Scheutz は人工生命研究の方法論を取り入れた感情エージェントモデルを構築している（Scheutz, 2004）．このモデルでは仮想人工生命世界で水と食料を確保する目標を持ったエージェントがどのような感情を持つと生存確率が高まるかを実験しているモデルである．エージェントの内部機構として，エネルギーレベル，水分レベル，におい，触覚を感知するセンサーがあり，それに対応し，知覚及び行動器官もそろっている．また，その他の内部機構として怒り（Anger）と恐怖（Fear）の機能に対応する器官があり，対応する定数の正負の値により怒り／恐怖行動の傾向が決まる．この内部機構は USC の脳科学者 Arbib(1992)のスキーマ理論を理論的根拠としている．

このエージェントにより，Schuetz のグループは人工生命実験を 2 つの条件で行い，結果を報告している．一つ目の条件では恐怖行動（他エージェントに直面すると逃げる）を持つエージェント群でサイクルをまわし，感情無し群との比較を行った．この結果，感情無し群と生き延びに対し有意な差が見られなかった．また，2 つ目の条件は怒り群と感情無し群との実験であった．こちらでは感情無し群に対し，怒り群は優位に生存確率が高まる条件が見出された．

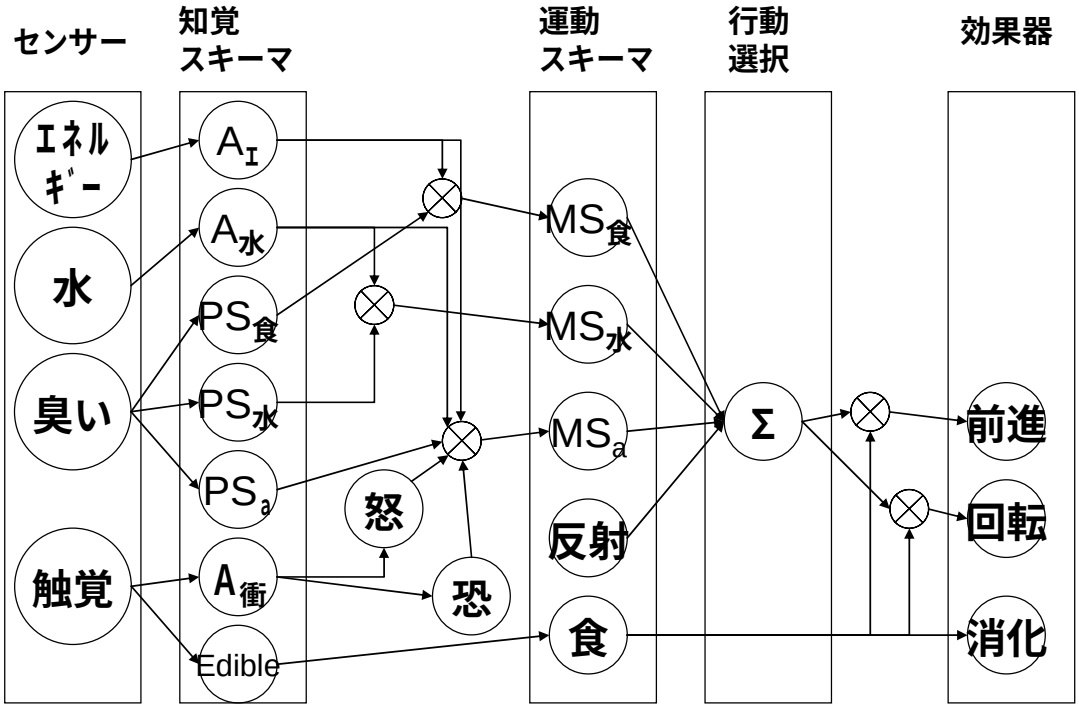


図 2.12　人工生命感情エージェント（Scheutz(2004, Fig. 1)を翻訳）

この結果により，Schuetz らは怒り感情の有益性を検証したと結論付けている．

しかし，容易に見出されるように，このエージェントは Sloman の機構では第 2 層までの機能しか持っておらず，しかも，人工生命の研究でよく行われるように任意に環境，及びエージェントを構築しているので人間や他の動物の感情と対応付けることが難しい．また，そもそも人間の感情理論によりモデルの妥当性を検証しようとしておらず，人工生命環境でより単純なモデルよりもタスクを効果的に行えるかどうかでモデルの妥当性を検証しようとしており，進化研究あるいはアルゴリズムの工学的研究としては成果を評価できても，認知科学としての評価は難しい．

2.2 競合先行研究の課題

前節で認知科学における認知感情機構あるいはモデルの大きな 4 学派を概観してきた．それぞれの小節の末尾にもまとめと課題を述べたがここで全体として各学派の貢献と課題をまとめる．

表 2.6　各学派の感情研究まとめと第一部の目的

	構築方法論	脳大局機構	脳認知機構	脳感情機構	記号計算感情機構	低次感情機構	機構妥当性検証手法
Schank, Pfeiferモデル	レ				レ	レ	レ
Soar					レ		
Act-r			レ				
Slomanモデル		レ				レ	
本研究(Schank, Pfeifer, Slomanモデルを一部採用)	レ	レ		レ	レ	レ	レ

Schank, Pfeifer モデルでは FEELER において基本感情の喚起メカニズムを提案したがその図 2.1 のような内的機構の妥当性を追及するため，新 AI・身体性認知科学に方向を展開してしまい，単純な目標しか持たない低次の感情エージェントしかモデリングできなくなってしまった．しかし，記号計算や認知機構というすべての前提を検証しなおすためにモデリング方法論を作成した点は参考となる．

Soar モデルは Marinier が図 2.6 にあるような機構を脳と対応付け，感情機構として提案しようとしたが，失敗してあきらめ構造を持つ感情機構研究から撤退し，純粋に認知プロセスのみの研究に戻ってしまったため，モデルの提案という意味では足跡を残したが，その脳との対応付けと実装に至らなかった．また，図 2.6 の概念モデルに基づくシミュレーションにおいても，感情機構の妥当性の研究方法論として感情ありエージェントと感情なしエージェントを比較し，感情ありエージェントの方がゲームの成績がよいから妥当であるという感情機能有効論に基づく検証であり，内的機構の検証方法論を持たなかった．また，BICA プロジェクトにおいても認知機構部分も脳回路に対応させるために放棄するという状況に陥っている．

Act-r は 4 学派の中で唯一脳回路と対応付けた認知機構を提案した学派である．しかし，その機能の対象が認知機能のみに絞られており，感情機構についてはモデル化を何度も試みているものの残念ながら成功には至っていない．脳回路のモデル化による認知機構の提案という意味では参考にするべき部分がある．

Sloman モデルは脳に着想を受けた大局的機構としては認知と感情の機構を全体として含む説得性の高い機構である．しかし，大局的であるがゆえに全体の機構を用いた計算機構の実装例が少なく，高次部分の説明モデル的理論付けや，低次の感情機構シミュレーションしか行われていない．また，低次の人工生命シミュレーションにおける機構が脳の非常に概念的なモデルしか採用しておらず，また，感情機構としての妥当性検証に，Soar-emote と同様，感情有り/無しエージェントによる生存比較のみを行っている．よって内的機構の妥当性が検証されていない．

これらの先行研究の最大の問題点は，BICA などの脳に着想を得た認知機構研究が始まっているものの，脳回路に対応付けた認知機構を現時点で成功させているグループは

Act-r のみで感情機構に至ってはまだどのグループも成功していないという点である．

2.3 第 1 部の目的と採用する手法

第 1 部では前節で指摘された脳回路に対応付けられた認知感情機構を構築することを目的とする．

この目的を達成するために筆者の出身学派である Schank，Pfeifer 学派を含め，各学派の参考とする点，および競合として争う点を挙げる．

Pfeifer が現在研究している身体性エージェントに加え，以前に用いていた知識表現，そして脳回路を機構上で統合するため，複数領域にまたがるモデルとなりこれまでに設計方法論が固まっていないため，Pfeifer が策定したような機構構築のための設計原理となる方法論をまず構築する．また，FEELER で用いられていた知識表現も採用する．さらには，エージェントの行動から感情を同定する検証手法と，抑うつなどの異常感情を分析する検証手法を Pfeifer から引き継ぐ．

Soar は純粋に競合グループとなるため引き継ぐモデリング方法論は無いが，図 2.6 で Marinier が実装することを目指したような構造を持った脳の機能モジュールに対応した感情機構の構築を目指す．

Act-r も競合グループである．参考とし，また対抗する点としては図 2.7 から図 2.10 で示されるような脳の機能部位と対応する機構のモデリングである．Act-r は認知機構部分でこれを達成しているため，本研究では感情機構部分で同様の脳回路に対応する機構の構築を目指す．

最後に，Sloman のモデルについてはその機構を本研究の認知感情機構の大局的機構として採用する．また，Wright の emotional agent についての研究の博士論文が第 1 部の立論の方式となっている．すなわち，既存モデルとその立脚する科学方法論的立場を分析し，その欠落部分を補完するモデルを構築するという研究手法である．さらに，Scheutz の低次人工生命エージェントの食物確保という環境は次章で構築する基礎感情機構エージェントのモデル環境構築の際に参考とする．

2.4 人工脳方法論

前節で設定した本研究の目的を実現するために，感情機構構築の方法論を新たに設定する．これは，本研究で構築する感情機構が従来の研究分野をまたぐ形のモデルであるため，既存のモデリング方法論が使えないためである．

モデリングの指針として，以下の 3 点のモデリングアプローチを設定する．このアプローチ設定という手法は，Pfeifer と Scheier（1999）の身体性認知科学創設の際の手法を

参考としている．新たな研究領域を開発する場合は，研究方法論も新たに構築する必要があるということである．

a) 身体性アプローチ
b) 心ー脳アプローチ
c) ボトムアップアプローチ

a) ボトムアップアプローチ

2.1，2.2 で見たように，感情機構とその基本的，大局的アルゴリズムを明らかにするためには，認知だけではなくて，生理，行動まで統合してモデル化する必要がある．その場合，容易に予想されるように，従来の方法論や抽象化レベルのままでモデル化を行うと，複雑性が爆発的に増大する．例えば，ある程度（数百程度）の知識を持つエージェントの認知過程をそのエージェントの内的機構や行動を含めてモデル化しようとすると，それは，純粋に認知過程のみをモデル化している場合に比べて，複雑性が非常に増大する．数百の知識から行動パターンまで関連付けた知識表現のプロセスをモデル化することは 1 名で行うような研究プロジェクトでは無理な要求である．また，複雑な言語を操っているように見える言語機能を持つ人対応ロボットも，言語機能と行動は分離してモデル化されており，少数の行動と関連する言語のみ関連付けられている．しかし，これは，実用化のための単純化手段であり，研究としては，すべての認知，言語機能が生理，行動と理論的には結びついている必要がある．

これらの複雑性の問題を回避するために，‘ボトムアップアプローチ’をモデリングの第一のアプローチとする．感情機構をモデル化する際に，言語や知識表現に研究の焦点を当てず，感情機構が機能するための最小限の知識表現や言語機能を実装する．また，感情機構自体も脳の機構をモデル化する際には，もっとも単純な機構からモデル化を始める．

このアプローチは Pfeifer による‘過設計’の指摘を回避するために導入されているアプローチでもある．つまり，複雑なモデルを導入して，その任意性のあまり，機構の妥当性を証明できなくなる事態をさけるためのアプローチである．

ボトムアップでのモデル化を行うと，Sloman のグループや Damasio，Marinier が言及している進化のモデル化と妥当性の検証も可能となる．Scheutz や Marinier が行っているように，感情ありエージェントと感情なしエージェントによる感情機能の進化妥当性による証明実験を行うことが可能となる．

b) 身体性アプローチ

従来の心理学を源流にもつ記号主義認知科学と物理科学を源流に持つ脳科学においては異なる立場に立ちながら，同じ人間や動物の内的機構をモデル化してきた．記号主義認知科学は機能主義に立ち，脳科学は物理主義に則っていた．2 つの立場から構築されるモデルは，重複する部分がないが，唯一共通になる要素として，人間なりその他の動物なりの行動が挙げられる．心と脳の過程を統合するモデルを構築するにあたり，モデルの妥当性の

根拠としてモデル内のエージェントの行動が心理学実験及び脳科学における実験での人間／動物の行動に一致している必要がある．よって，モデル化に際しては身体を持つエージェント及びそのエージェントが行動する外部環境の構築が必要である．これは，身体性認知科学が主張している環境とエージェントの相互作用による知の発現の研究と同じ方法論である．

また，環境とエージェントを設定した上で，エージェントは人間の心的機能と生理的機構を統合して説明するための内的機構を内包する必要がある．そのためにもエージェントの身体化が必要である．

人間の脳や身体は，進化論的に低次の動物から進化して現在のようになったとされる．人工生命研究や Sloman のモデルのように進化の視点での研究を行うためには，構造を持つ身体や脳を構築する必要があり，その観点からも身体化は必要である．

さらに，感情の機構をモデル化する場合，感情機構が身体と強い結びつきを持つ機構であるという視点も身体化を要求する理由となる． Damasio の理論に代表されるように，感情やその他の認知機能は脳に入ってくる体性（somatic）情報を考慮しないと理論化出来ないとされる．よって，脳や認知のモデル化についても身体も包含する必要があるのである．

これらの理由により，感情機構のモデル化にあたっての第一のアプローチは，環境の中でエージェントを設定するというアプローチとなる．

身体性アプローチの主張はその名前からもわかるとおり，身体性認知科学のモデル化方法論の主張と一致する．

c)　心－脳アプローチ

a), b)のアプローチのみだと身体性認知科学やエージェントモデリングによるアプローチと変わらず，人間のモデルと呼べないような低次のモデルの方法論となってしまう．人間のモデルを構築するためには，心と脳のモデルを統合してモデル化する必要がある．

脳科学の分野では，ボトムアップアプローチと身体性アプローチに適うモデルとして，脳の 3 層構造モデルがある．すなわち，最低限の生存，反射機能を備えた最下層，感情や古典的条件付けに対応する機能を備えた中間層，複雑な記憶や思考の機能を備えた最上層の 3 層に脳を分割するモデルである．McLean が提唱し，現代では Damasio や Sloman が同様の考え方を採用している．この，最上層の部分に，古典的な知識表現や認知機能を主にモデル化するというのが構造的な心-脳アプローチの発想である．もちろん，最上層のみで認知や心の機能が実現するわけではない．それでは，従来の古典的記号主義と変わらなくなってしまう．

心の科学からの考え方としては，脳科学と親和性の高い知識表現を選ぶことが考えられる. ニューラルネットと親和性の高いネットワーク表現を選ぶのは Act-r グループの取っている方略である．ここで，着想として，Pfeifer の Feeler モデルのネットワーク表現に近い知識表現を採用することを宣言する．Feeler モデルのネットワーク表現では，知識表現の形式がネットワーク表現であることはもとより, 同時に Schank の CD 理論も採用している．

CD 理論とその延長である目標-プラン理論，スクリプト理論は人間の知識を統合的に説明しようとした試みであり，本研究の哲学と一致する．1970 年代後半からの記号表現のみの知識表現ではあるものの，人間の知識として，生命の維持に必要な生存目標から社会的，または娯楽の範囲である快楽目標まで統合的に知識の内容を説明しようとした Schank の知識表現に依っているということは，本研究での環境のあらゆる情報をエージェントの知識として取り込みやすいことを意味する．よって，知識のネットワーク表現と，Schank の知識表現体系を採用する．

以上の 3 アプローチに基づき，感情機構の構築を行う．

3. 感情機構エージェント

本章では構造を持ち，身体を持つ感情エージェントのプロトタイプとして人工生命環境上で脳に着想を得た人工生命エージェントを構築する．ここでは仮説として導入する感情の 3 系のうち，抑制系に着目し，抑うつのモデル化を行う．これを行動側面で学習性無力感理論，機構側面で抑うつの脳回路と比較することにより，機構の妥当性を検証する．

3.1 目的

ボトムアップアプローチに従い, 本章でははじめから人間の感情機構を環境の中のエージェントに実装せずに，単純な人工生命環境で感情機構のプロトタイプを作成する．

目的は，作成する感情機構が進化的に妥当かどうか検証することである．

対象感情として抑うつを選び, 人工生命環境上で抑うつ人工生命エージェントが抑うつに陥るシミュレーションを分析し，行動側面として学習性無力感の定義に即した抑うつ行動を発現するエージェントを構築する. そして, そのエージェントの内的機構が Drevetz らにより提案されている抑うつ脳回路を説明できる回路として構築することが下位目的である．この脳回路を説明できることにより，感情機構の妥当性を主張する．

図 2.6，**図** 2.12 でみたように先行研究の感情モデルは脳に着想を得たと言っても即応機能，感情機能，認知機能をそれぞれ持つか持たないかという Sloman の 3 層構造の有り無しで機構の妥当性の検証を行っているに過ぎないため，より詳細な脳回路レベルで妥当性の主張を行えていない．感情機能がある機構とない機構，認知感情機能がある機構と無い機構で比較を行い，ある機構のほうが何かしらのタスクの達成度が高いことを検証したことによってその機構の妥当性を主張するという方法論に対し筆者はその正当性を認めない．代替の妥当性を主張する方法論として実際の感情回路と比較してその回路を説明できることを条件とする方法論を用いる．

具体的な感情の脳回路として提案されているものが異常感情と位置づけられる躁状態やうつ病，社会不安障害の患者などの脳回路ばかりであるためその中からボトムアップアプローチに従い 1 種類の感情だけ選びそのアルゴリズムの解明を目指す．

Drevetz ら(1992)は長年にわたり人間の感情機構の研究を脳回路の fMRI 研究により行っている．現在は Breiter と Gasic（2000）のように非常に複雑なモデルを提案しているが, 1990 年代前半に提案し，現在のモデルでも中核の回路として提案されている回路は感情回路の本質を提案しているものとして現在でも参考となる（Drevetz, 2000）．

図 3.1 は Drevetz らの研究グループが提案する抑うつ患者の感情回路の挙動の図である．この回路自体は気分（mood）全般をつかさどる回路の中核となっている．抑うつ状態時の挙動としては扁桃体，前頭前野，視床を結ぶ回路が亢進し，それを制御すべき尾状核，淡蒼球，視床と結合する回路が機能しない状態となっている．その原因としてドーパミン神経の不活性が挙げられている．

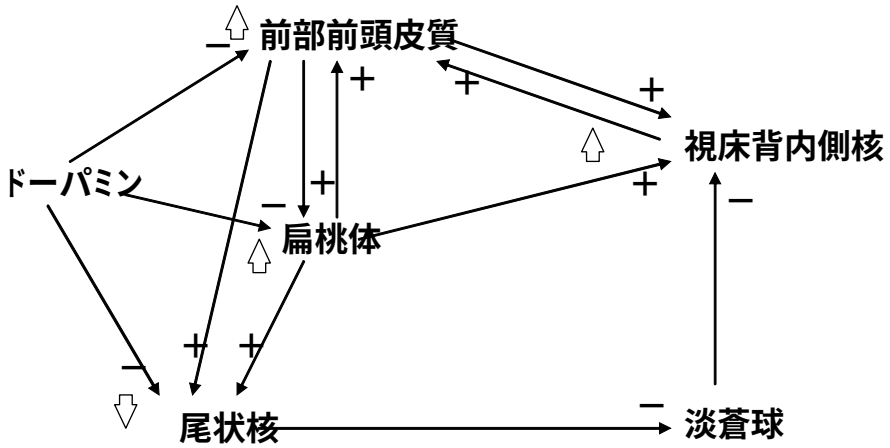


図 3.1　Drevetz の抑うつ回路

（Drevetz ら(1992, p. 3637, Fig. 7)を翻訳）

3.2 StarLogo

人工生命シミュレーションは使用ソフトウェアに依存する部分もあるため, ここで今回のプロトタイプ作成で使用するソフトウェアの紹介も行う．人工生命環境はマサチューセッツ工科大学メディア研究所の Mitchel Resnick により開発された StarLogo を用いる（StarLogo, 2007）．Logo は元々Lisp ベースのコンピュータ言語であり，それを教育向けの人工生命環境として改良したものが StarLogo である．本格的な人工生命実験ではなくて，プロトタイプ作成用として用いるためには適したプラットフォームであるため, StarLogo を採用した.

さて, StarLogo では図 3.2 のような 2 次元のセルラーオートマタ環境の中に turtle というエージェントが定義される．2 次元平面は x 軸が-m<=x<=m , y 軸が-m<=y<= m の範囲で定義される．この 2 次元の中で定義されたルールに従い，行動する．Turtle の他に patch という物理オブジェクトも存在する．これは turtle と違い，主体的に行動をしないでセル上に定義される物理オブジェクトである.

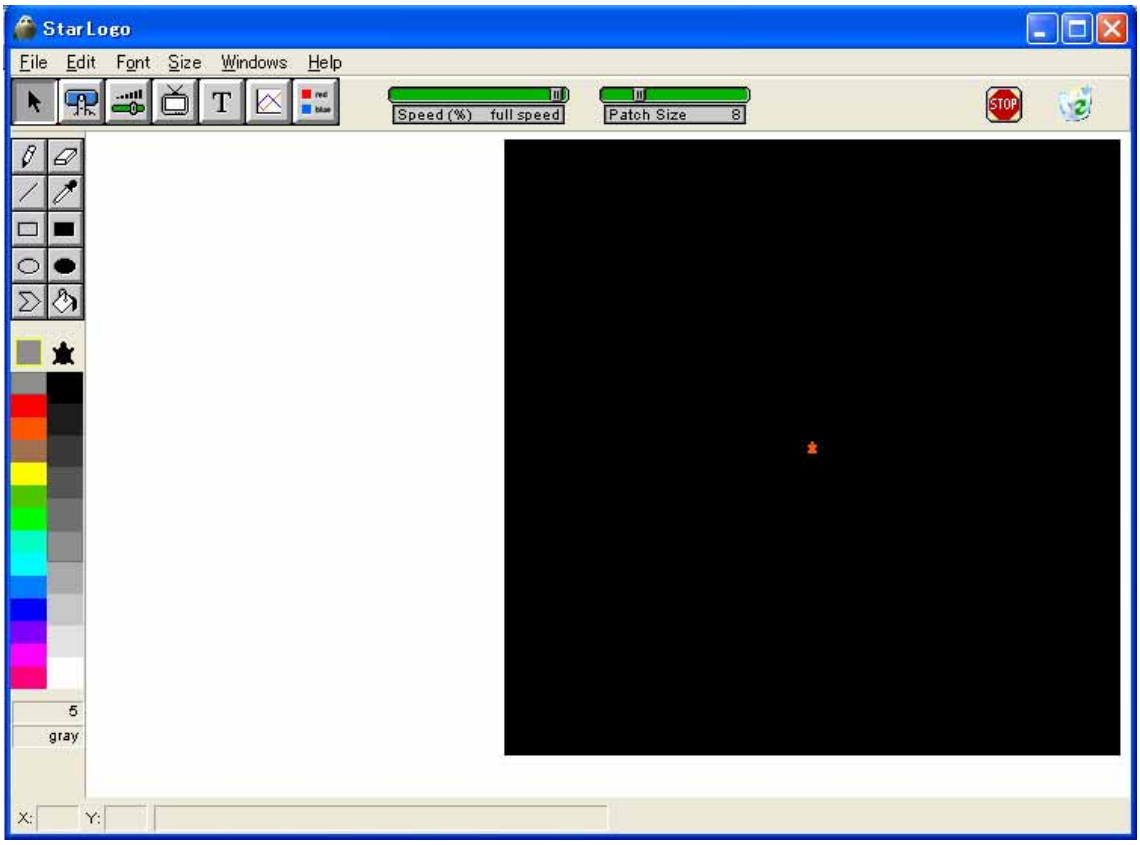


図 3.2 StarLogo 画面イメージ

3.3 環境

ボトムアップアプローチに基づいた身体化アプローチに従い, 単純な人工生命環境を想定する．環境は 2 次元平面すべてを使わずに，(-12, 0)から(12, 0)の高さ 0 の 1 次元の範囲に絞る．環境中には(11, 0)と(-11, 0)に食物が生育する場所がある(図 3.3.1)．また，人工生命エージェントは座標(0, 0)に生まれる．この設定はラットなどの実験で行われるいわゆる T 型迷路の実験から着想を得ている．食物の生育スピードは初期条件として変更可能で，エージェントの数も初期条件として 0 から 100 まで設定できる．

さて，人工生命エージェントを構築するにあたり，生命としてどのような機能を持つ必要があるか考察し，制約条件として導入する．藤田(2001)によると生命を定義する際の条件は以下の 3 点にまとめられる．

a) 自己複製性
b) 合目的性
c) 自発行動

ここで，a)の自己複製性は複雑性回避のため，エージェント構築の制約条件から除外する．1.1.1 節に述べたように，MIT の Brooks グループは自己複製に焦点を当て，生命マシンの研

究を行っているがまだ，プロジェクトが始まったばかりであり，その研究方法論も構築されていない．自己複製の研究方法論も構築されていない中で，自己複製まで対象に入れることは過設計の危険が伴う．感情をモデル化する際に，人間のレベルでは母性や愛着という種の保存に関する機能が感情の基本的な種類として存在することが論じられている(Minsky, 2000)．しかし，人工生命レベルで自己複製の機能をモデル化する際には，人間と同様に 2 つの性別を定義し，交尾させればよいのか，細胞分裂のように分化させればよいのか，構築の方法論から考えなければならず，また，適切な抽象化レベルも検討せねばならない．そのため，自己複製機能は除外する．

次に，b)の合目的性について検討すると，食物とエージェントが存在する環境の中で，エージェントの目的は，生命を維持することである．自己複製がないため，世代を超えた保存があるわけではないが，自身の世代での生存が目的となる.その目的にかなう下位目的は食物を確保して，個体を維持することである．

c)の自発行動については，エージェントの下位目的は自分がいる場所から離れた場所にある食物の確保であるため，食糧確保のための移動が自発行動としてモデル化されることになる．

b)と c)の条件を導入したことにより，エージェントに必要な機能が絞り込まれた．図示すると**エラー! 参照元が見つかりません。**のようになる．

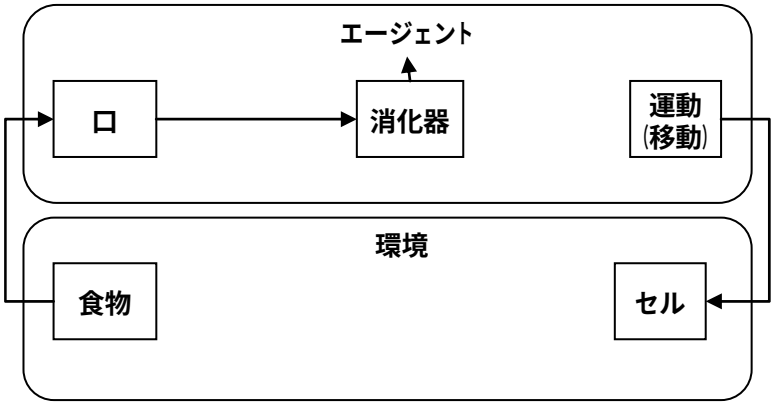


図 3.3 エージェントの機能と構造

食物を取り入れるための‘口’という器官が必要で，取り入れた食物を生命維持のためのエネルギーに変換する器官が必要である（消化器）．また，移動のために運動器官も必要である．以上が設定した環境より制約されるエージェントの構造である．

3.4 エージェント

3.3 節で設定した条件のもと，感情機構を持つ人工生命エージェントを構築する．感情機構を構築するにあたり，3.3 で導入した環境によるエージェントの制約条件，感情機構の大

局的構造，感情機構の基礎となる仮説，そして検証対象とする感情の種類を決定し，これらの制約を満たす感情機構を構築する．感情機構を構築した後に，進化的妥当性を検証する実験を行う．

3.4.1 大局的構造

感情機構の大局的構造として, 2.1.4 節で参照した Sloman の H-CogAff 機構を採用する（図 3.4）．最終的には人間の感情機構をモデリングすることが目的であるため，2.1.4.3 節のエージェントモデルは引用モデルとしては低次すぎる．よって,2.1 節で紹介した認知モデリング学派の中で感情機構に採用できる大局的構造があれば採用することになる．2.1.1.2 節の Feeler の機構は機能を 4 つの箱に分けたもので単純すぎて参考とならない．2.1.2.2 節の Soar-emote は機構のモデル化に失敗しており，参考とならない．2.1.3 節の Act-r は生物学的な脳との対応付けを行っており，構造を持つが，脳のみに焦点を当てており身体との関係をモデル化していないためエージェントの行動を記述できない．また，進化の側面も考慮していないため，感情機構の基礎をその構造を進化的にさかのぼることにより解明できない. 2.1.4 の H-CogAff 機構のみが環境を含めたエージェントのモデル化を行っており, また, 進化にも着目しているため，本研究の感情機構の大局的構造として採用する．ここで H-CogAff 機構はエージェントの脳の機構として導入する．これは，H-CogAff 機構が身体を対象としていないためである．

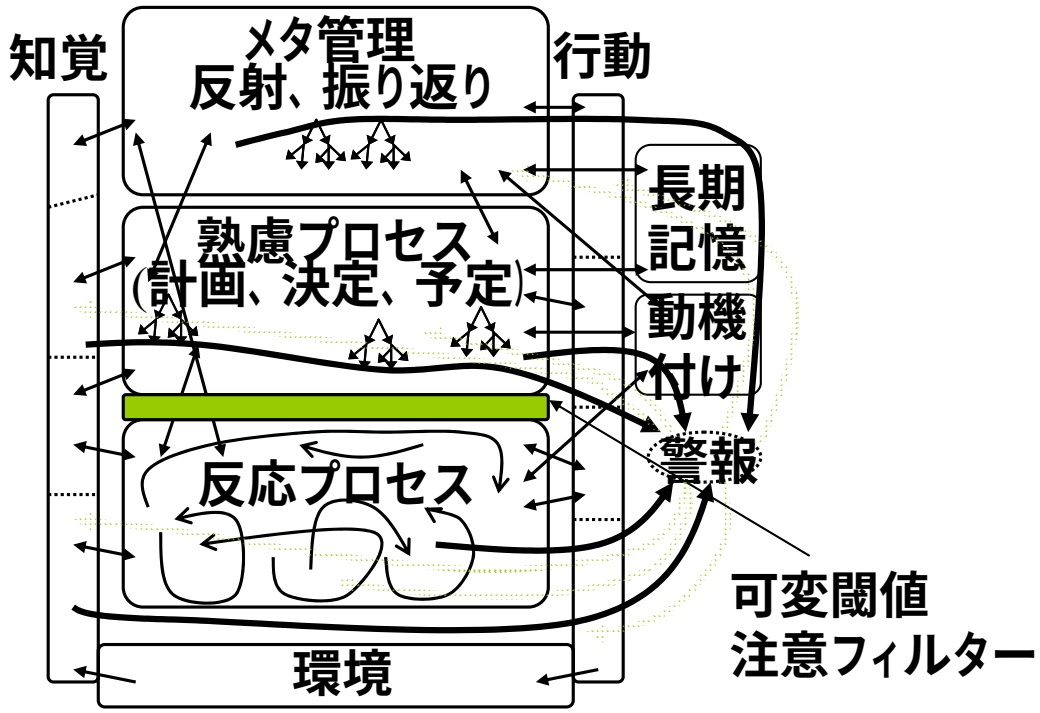


図 3.4　Sloman の H-CogAff 機構

（再掲．Sloman & Logan(2000, p. 175, Fig. 3)を翻訳）

3.4.2 感情化学仮説

野村（1991, 1996）が提唱している感情の神経化学機構を感情機構エージェントの起訴感情機構として導入する（図 3.5）．脳には報酬，抑制，覚醒系が存在すると仮定し，それぞれの系は脳内の神経伝達物質のドーパミン，セレトニン，ノルアドレナリンが役割を担うと仮定されている．各系は正常時の感情喚起時に活性する．さらに各系が亢進した状態を人間の感情の病態と対応させた仮説を提示している（図 3.6）．これらは実際の fMRI のデータ等から構築された単純だが統合的な感情機能仮説である．本章では提案されている 3 系のうち，報酬系と抑制系の 2 系のみを導入する．

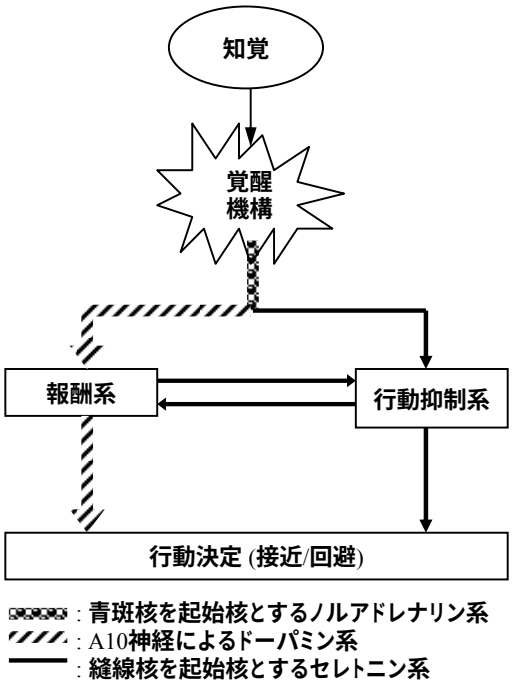


図 3.5 感情の機能神経化学（モノアミン系を中心に）

（野村（1996, p. 233, 図 2）を要約）

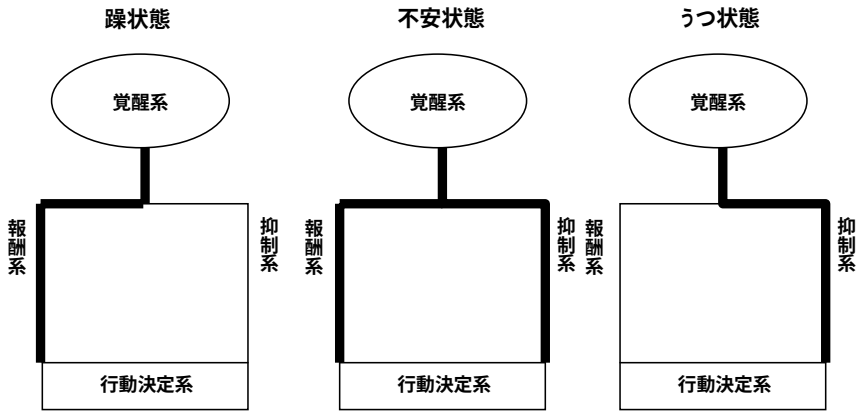


図 3.6 機能神経化学から類推される感情の病態

（野村（1996, p. 234, 図 3）を要約）

3.4.3 対象感情

モデル化の対象とする感情として，抑うつ（depression）感情を採用する．採用の理由として，これまで多くの研究が抑うつについてなされており，参考となる理論やモデル，そして脳回路が多数存在していることが挙げられる(Noda, 2002)．また，野村の仮説を採

用すると躁（mania）や抑うつ（depression）そしてパニック（panic）などの異常状態と考えられる感情状態は，感情機構の正常な機能の連続的な変化の上での境界条件を超えた極限状態を表していると考えられる．境界条件をモデル化できる場合には，機構自体も妥当にモデル化できると考えられるため，境界条件の感情状態を示す抑うつを選択した．これは例えば 0 と 1 の変化からなるデジタルなニューラルネットの系になぞらえて考えると，異常状態の亢進状態は活性していて 1 であると考えられ，中程度の活性は特徴が出ないため閾値を超えず 0 として感情喚起を観測するためには十分ではないと考えることもできる．また，認知機構に対応して考えると，Act-r における例えば数学の計算に必要な知識と計算アルゴリズムのみが強く活性されている状態が数学計算の認知のモデルとしては必要であり，他の知識や他の機構，例えば感情機構が強く活性されていることは理想状態とはいえない．理想状態でのモデルを作るという意味では感情機構は感情系が強く喚起している必要があり，認知機構であれば認知系のみが強く機能している必要がある．よって正常な感情状態から連続的に強くなった異常感情状態の実験条件への採用は妥当だと考えられる．

人工生命環境における抑うつの定義としては，Seligman(1975)の学習性無力感(learned helplessness)を用いる．Seligman は 1975 年の著書 *Helplessness* でうつ病の学習性無力感モデルについて論じている．細かい認知過程での不一致は後に指摘されているが，基本的には学習性無力感モデルで抑うつを説明することができている．そして，学習性無力感の実験例として犬の学習性無力感の実験を挙げている．合図の後に電気ショックが与えられる箱に犬を入れ，合図の後に箱を飛び出すと電気ショックが回避できるよう学習させる．その後に，犬を箱から出られないように固定し試行を繰り返すと，犬は回避行動を取ることをあきらめ，たとえ箱への固定を解除しても回避行動はとらなくなるというものである．これを式で示すと以下のようになる．

i) CS(信号)→US（電気ショック）→UR（痛み）　　(3.4.3.1)
ii) CS→CR（緊張）　　(3.4.3.2)
iii) CS→OR（回避）→／US→UR　　(3.4.3.3)
iv) CS→OR→Re（快）　　(3.4.3.4)
v) CS→US→UR　　(3.4.3.5)
vi) CS→CR　　(3.4.3.6)

ここで, CS は条件刺激（Conditioned Stimulus）, US は無条件刺激(Unconditioned Stimulus), UR は無条件反応（Unconditioned Response），CR は条件反応（Conditioned Response），OR はオペラント反応(Operant Response)，Re は報酬（Reward）である．i)と ii)はまとまった過程である．電気ショックの前に提示される信号により，犬は信号を提示されただけでも条件反応として痛みの発生を予期し，緊張などの身体反応が起こる．しかし，iii)と iv)で回避の

学習が起こると，不快な痛みは発生せず，回避行動 OR は報酬 Re により強化される．さらに，回避行動が取れなくなると学習された回避行動が消去され，v), iv)でもとの i), ii)と同様の過程に戻る．

これを，人工生命環境での状況で考えると以下のようになる．

i) US(エネルギー低下)→UR(空腹/唾液等)　　(3.4.3.7)
ii)US→OR（移動）→／UR　　(3.4.3.8)
iii)US→OR→Re　　(3.4.3.9)
iv) US(エネルギー低下)→UR(空腹/唾液等)　　(3.4.3.10)

エージェントのエネルギーが低下すると，エージェントは空腹を感じる（i）．エネルギーが低下した際に行動して食料を見つけ，食べると空腹を感じずにすむ．その場合，オペラント条件付けが行われ，報酬が強化を行う（ii）, iii)). しかし，エネルギーが低下した際に, 行動しても食料が見つからず, 空腹が続くと, 学習の消去が起こり, 行動しなくなる(iv)). そして，たとえ観察者から見て，食料がセル上にある場合でも食糧確保に動かなくなる状態が学習性無力感の状態と考えられる．

よって本実験での抑うつの行動的定義は以上の状況が発生する場合ということとなる．

3.4.4 エージェント構築

ボトムアップアプローチに従い，進化的に単純な機構からエージェントを構築する．図 3.4.4.1.1 の 3 層の機構という点に着目し，脳の第 1 層，第 2 層，第 3 層までそれぞれ持つエージェントを構築し，どの層まで持つエージェントから感情機構を持つと呼べるのか，感情（抑うつ）と呼ばれる反応を発現するのかを検証する．ここで,Sloman の機構から引用している認知感情機構部分をエージェントの‘脳’と呼ぶ. ただし,これは厳密な意味での生物学的な脳を指しているわけではなく，本研究で導入する身体も持つ感情機構のうち，脳に対応付けた部分という意味で用いる．エージェントの StarLogo におけるアルゴリズムの詳しい説明，およびソースコードについては補遺に記載する．

3.4.4.1 第 1 層エージェント

第 1 層のみを持つエージェントを構築する場合，図 3.3 のエージェント身体の制約条件に図 3.4 の機構の第 1 層を導入する形となり， 図 3.7 のようになる．

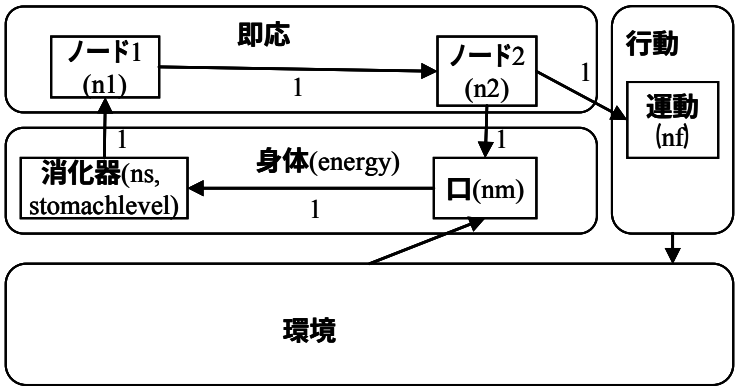


図 3.7　第 1 層エージェント

Sloman の 3 層構造を MacLean(1967)の 3 位一体脳に対応付けて考えると即応層は進化的に脳幹までの脳の構造に対応する．第 1 層のみを持つエージェントとは，即応（reactive）という名のとおり，反射(reflection)に近い反応を機能として備えたエージェントを意味する．図 3.3 のエージェントの構造に対して，即応層のノード 1 とノード 2 が加えられている．これは消化器でのエネルギーレベルの低下をノード 1 に入力して，出力として移動と食物取り込みをノード 2 が返すという条件反射的な回路をエージェントの脳が搭載したことを意味する．それぞれの部位，ノードはニューラルネットワークのノードとして機能する．口，消化器，ノード 1，ノード 2，運動ノードはそれぞれ，nm, ns, n1, n2, nf という変数をもつ．これらはすべて 0 か 1 の数値を取る．ここで m は mouth, s は stomach, f は foot を表す添え字である．またノード間の重みはすべて 1 に固定されている．ほかに変数として，energy, stommachlevel がある．初期状態で stomachlevel は 100 と設定されており，1 時間単位ごとに 10 の stomachlevel が energy に変換されその値が上昇する．すべての器官，ノードは 1 時間単位に 1 の energy を消費する．エージェントがセルを移動すると 1 時間単位ごとにさらに 1 の energy を消費する．stomachlevel が 50 を下回ると ns が 0 から 1 へ活性化され，ノード 1，2，運動ノードを順次活性化させる．運動ノードが活性化されるとエージェントはセルを移動する．食料のあるセルにたどり着くと口が食料を確保する．食料を確保すると stomachlevel が 100 上昇する．また，エージェントが進む方向は(0,0)における移動の際のみランダムに右か左へ決定される．それ以外の座標での移動はそれまでの移動の方向と同じ方向へ進む．エージェントが左右の境界へたどり着くと，自動的に座標(0,0)に戻る．以上が第 1 層エージェントの構造および機能である．stomachlevel が 50 以上のときエージェントは座標(0,0)で消化しており 50 以下になると移動を始めるので，これは stomachlevel が 50 以下になるとエージェントの脳が覚醒するとも解釈できる．よって，即応層あるいはノード 1 には野村の感情機構のうち覚醒系だけ実装していることを意味する．ニューラルネットの活性を示す式は以下となる．

$$n_i = \Sigma_{j=m}^{f} n_j \cdot 1 \qquad (3.4.4.1)$$

3.4.4.2 第 2 層エージェント

本節では脳の第 2 層まで持つエージェントを構築する．H-CogAff 機構の第 2 層は MacLean(1967)の 3 位一体脳の大脳辺縁系に相当する．大脳辺縁系での主要な機能は扁桃体による好悪判断，海馬による学習，視床下部による感情表出と欲求等が挙げられる（伊藤, 1994; 小野，1994）．ここでは，好悪判断と学習の機能を実現できる機構を実装する．欲求については stomachlevel が低下すると食料を確保するために移動するという欲求が担うような機能がより低次の機構で実現しているため，ここでは導入しない．

さて，好悪判断と学習の機能を実装するにあたり，ここでは扁桃体や海馬に対応するノードを設けずに，過設計を避けて最小限のニューラルネットワークでその機能を実現する．図 3.8 上図は今回モデル化した図 3.9 に示される感情機構をニューラルネット式に記述した図である．本来，感情に基づく意思決定・行動決定は扁桃体によりなされるとされ，次節の 3 層まで持つエージェントでは扁桃体に対応する node5 がモデル化される．しかし，実際の生物を想定すると大脳皮質を持たない第 2 層までしか持たないような生物，すなわち，犬や猫より下位の生物は扁桃体が意思決定に鍵となる役割を果たしているかは不明である．よって，図 3.8 下図のような node5 の導入を行うことをせずに，第 2 層感情機構を構築する．しかし，もし，図 3.8 下図を導入したとしても，node1 と node5 の間の結合は重みが定数となるので, 計算上は上図と等価でありその意味でも node5 は第 2 層エージェントでは省略しても問題は起こさない．

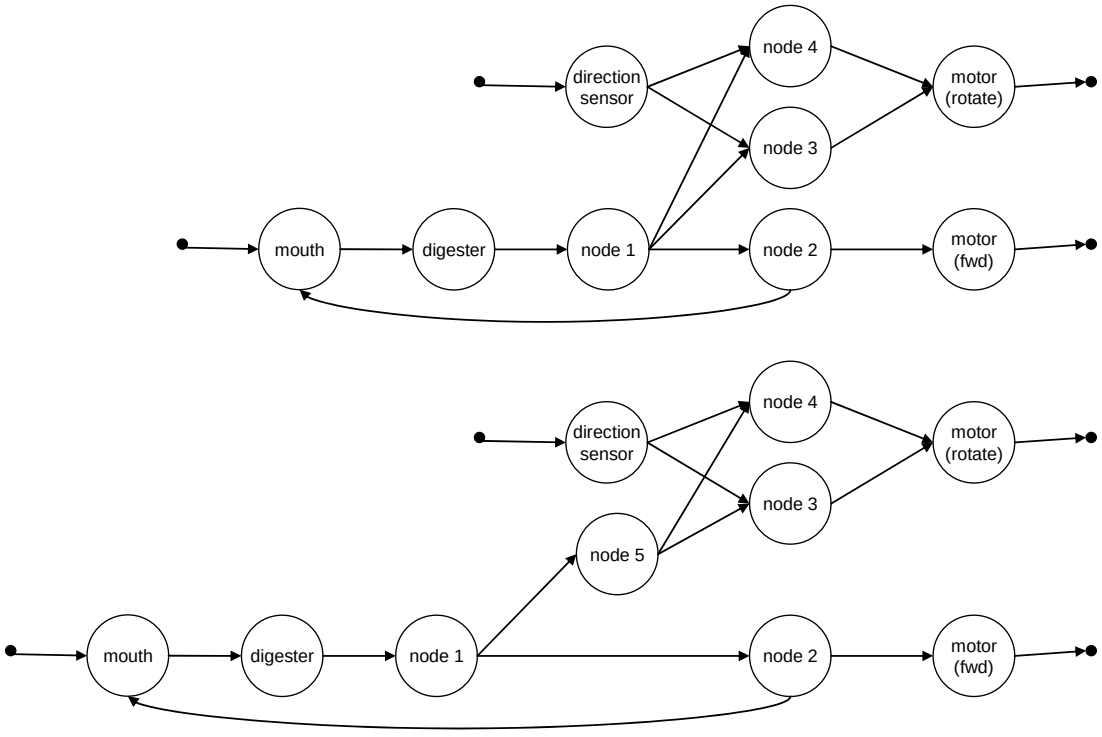


図 3.8 ボトムアップアプローチによるニューラルネットの単純化

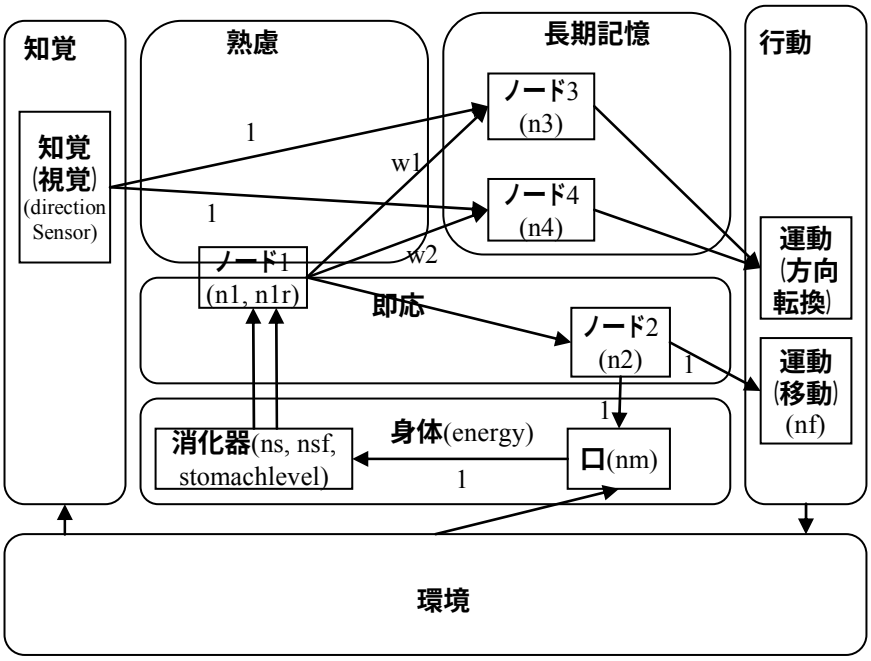


図 3.9　第 2 層エージェント

図 3.9 で示される第 2 層までのエージェントで追加された層は，Sloman の機構では本来層ではなく，特別なモジュールであった長期記憶の箱である．しかし，長期記憶内に追加されたノード 3,4 とノード 1 間の学習により第 2 層の熟慮層が担う好悪に基づく意思決定を実現する．追加されたノードとしては，知覚列の知覚ノードと行動列の運動（方向転換）ノードもある．追加された変数として，知覚ノードでエージェントが向いている方向を 360 度単位で表す directionsensor，消化器ノードで消化器の満腹状態を表す nsf (: ns-full)，ノード 3，ノード 4 の値 n3, n4，ノード 3，ノード 4 とノード 1 との間の重み w1，w2，そしてノード 1 で報酬を表す n1r である．

$n_i = \Sigma_{j=m}^{f}{}_{k=1}^{2} n_j$ ・(w_k あるいは 1)　　(3.4.4.2)

w(i) = w(i) + n1r・c　　(c: const. 実装例では c=0.5)　　(3.4.4.3)

w(i) =w(i) – d (d:decay rate 実装例では d=0.01)　　(3.4.4.4)

第 2 層エージェントで追加された機能として, エージェントは移動の際に進んでいる方向を知覚している．また，食料を確保し，stomachlevel が 80 を超えると，nsf が活性化され，満腹信号が送られる．その信号はノード 1 で報酬信号 n1r を活性化させる．この報酬信号によりエージェントの進行方向が学習される．つまり n1 や知覚ノードの活性のみでは学習が起こらないが n1r も活性されると学習が起こり，w1，あるいは w2 の重みが増加する．ノード 3 が右方向を表し，ノード 4 が左方向を表す．食糧確保に成功した方向が強化される．第 2 層エージェントでは報酬信号がノード 1 に登場し，これは野村の感情機構の報酬系を追加したことを意味する. また, 重み w は時間単位ごとに自然減衰する.

ここで，報酬系のみを追加して，罰系を追加していないのは，報酬と罰は同次元の符号が正負で異なるだけの値であり，第 2 層エージェントの単純な記憶では，罰値で右，あるいは左方向への記憶を負にしたとしても，行動自体は第 1 層のノード 2 により起こることが自明であるため，複雑性を回避したためである．

3.4.4.3 第 3 層エージェント

第 3 層まで持つエージェントを本節では定義する．第 3 層は Sloman の機構ではメタ管理機構と呼ばれており,MacLean の 3 位一体説では大脳皮質をさす(Sloman, 2005; MacLean, 1967)．大脳皮質の機能は高次の認知機能全般，すなわち，高次の知覚，言語，記憶，運動，認知からなるが，Sloman の機構では長期記憶を別モジュールとして切り出しているため，メタ管理層は高次認知部分のみ,すなわち前頭前野がになう意識的な認知であると考えられる(伊藤, 1994).これを踏まえたうえでエージェントを構築すると, 図 3.10 のようになる．

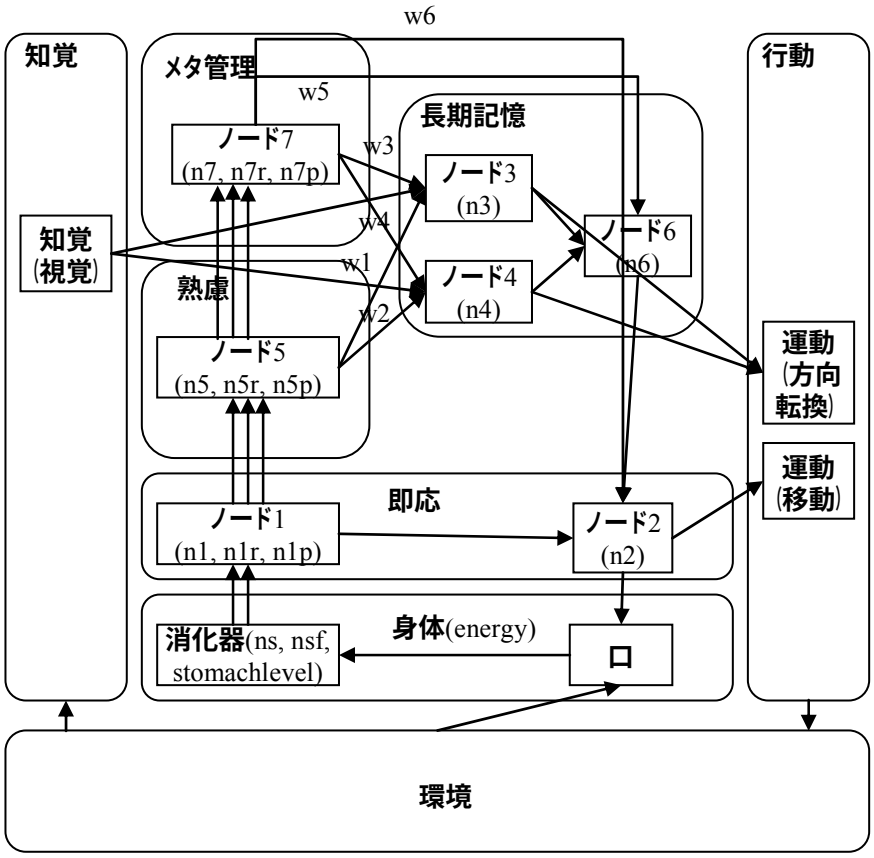


図 3.10 第 3 層エージェント

3.4.4.2 節でノード 1 が担当していたノード 3，ノード 4 への学習の機能は新たに熟慮層に加えられたノード 5 が担当することになる．これは，メタ管理層のノード 7 を加える

ために，3.4.4.2 節では省略していた熟慮層を加える必要が出たためである．ほかに第 3 層エージェントで変更された点は，罰信号(punishment: p)が加わったこと，長期記憶にノード 6 が加わり，記憶が複雑化したことである．

罰信号が加わったことにより, 野村の感情化学仮説の 3 系をすべて導入したことになった．前節では，第 2 層の学習という機能だけを検証するため，報酬系のみを導入したが，本節では人間の脳の感情仮説である野村の系を全て導入し，脳に対応した現実的なモデルにするために，罰系も加えた．新たに加わった罰系の機能は，食糧確保というプランに失敗した際に負の強化をニューラルネット間の重み（w1-w6）に対して行うというものである．ニューラルネット式に結合を表示すると図 3.11 のようになる．セレトニンに対応する罰信号を加えただけでは抑うつ行動が生じないことは図 3.11 より見て取れる．罰信号を追加してもそれが抑制結合しているわけではないため，反射層のノード 2 は空腹時には罰信号による学習が 2 層以上でどれほど強くなっても機能する．

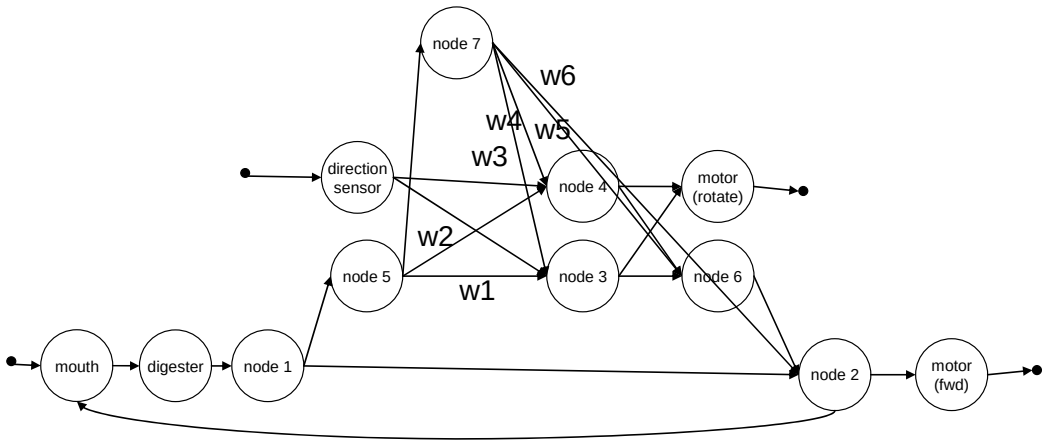


図 3.11　第 3 層感情機構エージェントのニューラルネット表現

また，活性および学習の計算は以下の式で行われる．

$n_i = \Sigma_{j=m}^{f}{}_{k=1}^{6} n_j \cdot (w_k$ あるいは１$)$　　(3.4.4.5)

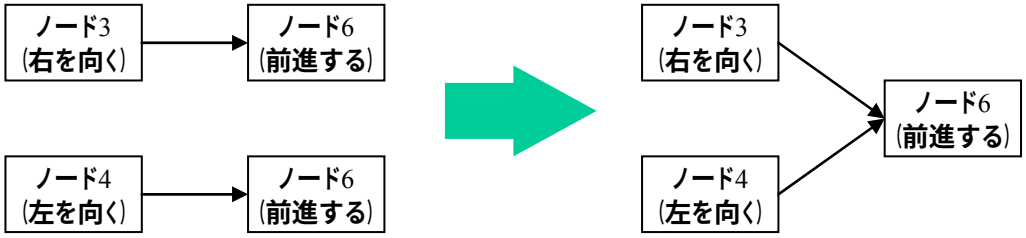
w(i) = w(i) + n5r・c+n5p・c　(i=1,2 の場合．c: const. 実装例では c=0.5)　(3.4.4.6)

w(i) = w(i) + n7r・c+n7p・c　(i=3-6 の場合．c: const. 実装例では c=0.5)　(3.4.4.7)

w(i) =w(i) – d (d:decay rate i=1-6 実装例では d=0.01)　　(3.4.4.8)

長期記憶内のノード群はノード 3，ノード 4 に新たにノード 6 が加わる．第 2 層エージェントでのノード 3，ノード 4 は入力，出力層と直接つながっており（入力が知覚列の知覚ノードや，即応層のノード 1．ノード 1 は身体の消化器ノードを環境の一部と定義すると，ニューラルネットの入力層とみなせる．出力は行動列の運動（方向転換）ノード.），長期記憶と呼ぶよりは，単にニューラルネットの学習する中間層とみなしたほうがよい

ような単純な構成であった．しかし，ノード 6 が加わったことにより，中間層において因果関係を持つ知識表現を構成できるようになった．図 3.12(a)の 2 つのコネクションはそれぞれ，「右を向いて前進する」，「左を向いて前進する」を表す知識表現となる．これに w1, w2 により報酬，罰の重みが加わると経験の手続き記憶となる．また，図 3.12(b)となると前進するという知識表現が共有化され，前進するという一般的な概念に右を向いて前進するか，左を向いて前進するかという手続き知識の条件部が加わった構成となる．



(a) 因果関係　　(b) ノード 6 の結合

図 3.12　長期記憶モジュールのノード群

さて，ノード 7 はニューラルネットワークの機能としてみると，いわゆるバイアスニューロンの役割を果たす．バイアスニューロンとは，ニューラルネットワークのノード（ニューロン）の発火に対する閾値の役割を果たすニューロンのことである．エージェントの行動は，進化的に第 1 層だけ，あるいは第 2 層までででも機能するように構築されている．第 1 層までの場合は，エネルギーが閾値より低くなると，食糧確保に動き出す．第 2 層までの場合は，エネルギーが閾値より低くなった場合，過去の経験に基づき，より食糧確保の確率が高かった方向（右か左）に動き出す．ノード 7 はノード 5 から報酬，罰，覚醒の入力を受け，出力を長期記憶のノード 3,4,6 と即応層のノード 2 に送る．この出力を受けるノード 3,4,6 とノード 2 はノード 7 から閾値を設定されていることとなる．ノード 7 から出力されるすべての結合（w3-6）はノード 7 が報酬と罰の信号を受けているため，正と負の学習を行う．このように既存のネットワーク（第 2 層までと長期記憶）に対してバイアスニューロンという概念による計算アルゴリズムを付加することによりメタ管理層の機能が定義できる．メタ管理とはエージェント自身の内部の過程に対し，メタ的に判断するメタ認知的な機能であるため，第 2 層が感情信号に基づき意思決定している行動が”Go”すべきなのか”Not go”であるべきなのか判断する機能がニューラルネットにおけるバイアスニューロンの役割と同様であると考えられたため，バイアスニューロンのアイデアを第 3 層の計算として取り入れた．ここから推測されることは，失敗が重なって罰値が，変動可能な重みに影響を与える中で，バイアスニューロンの閾値が非常に高くなったときにはじめて抑うつ行動という現象が起きるであろうということである．単に罰という負の信号が存在するだけで行動が抑制されるのではなく，その信号が

行動抑制につながるようなメカニズム（負のバイアスのノード 6 の行動記憶に対する投射で行動意思決定を停止させるだけでなく，ノード 2 への投射という脳全体を停止させるメカニズム）を機構が備えていてはじめて抑うつ行動が生じるであろうという予測である．以上が Sloman の H-CogAff 機構では人間様とされる第 3 層まで持つ完全なエージェントの構造である．

3.5 結果

3.4.4 で構築した 3 種類のエージェント（第 1 層，第 2 層，第 3 層）について，それぞれシミュレーション実験を行い, 抑うつ行動が出るかどうかを検証した. 抑うつ行動とは 3.4.3 で定義した行動の流れであり，エネルギー値が低下しても食糧確保の行動を起こさなくなるというものである．

実験の結果，脳の第 3 層まで持つエージェントのみ抑うつ行動を発現した．まず，第 1 層のみのエージェントの場合，そもそも学習機能を持っておらず，エージェントは条件反射的にエネルギー値が低下したら食糧確保の探索行動に出る．この行動は，機構としてインプットされたものであり，学習されたものではない．また，この行動が抑制されることもない.

第 2 層まで持つエージェントの場合は，左右の方向の成功経験の学習を報酬信号により行う．失敗が重なると w1, w2 の重みは低くなり，最終的には発火しなくなるが，エージェントはエネルギー値が低くなれば行動を始める．これは，第 2 層の記憶は方向についてだけ学習しており，行動のスタートには影響を及ぼさないためである．しかし，たとえ，ノード 3，4 がノード 2 に結合されていたとしても，それがノード 2 の発火を抑制することはない．ノード 2 はノード 1 により発火させられるだけの入力を受けており，ノード 3,4 が発火せずに入力がなくとも発火するからである．また，このエージェントはボトムアップアプローチに従い, 最小限の学習機能だけ実装したため, 罰系あるいは罰信号を持たないが, たとえエージェントが罰系をもち, さらにノード 3,4 がノード 2 に連結されていたとしても結果は同じになる．つまり，罰信号が追加されると，ノード 3,4 の重みが負に学習される機会が増えるだけで，ノード 2 がノード 3,4 から抑制を受けることはないからである．

第 3 層のエージェントが，エネルギー値が減っているにもかかわらず，行動を起こさなくなる場合は，以下の 4 条件で見出された.

条件 1： ノード 2 の抑制
条件 2： ノード 2 とノード 6 の抑制
条件 3： ノード 2，6 とノード 3 あるいは 4 の抑制
条件 4： ノード 2,3,4,6 すべての抑制

それぞれの条件についてデータを提示し，その後に実験条件を説明する．

3.5.1 ノード 2 の抑制

ノード 2 はノード 1 とノード 6 の入力の合計により活性化される．その入力の合計の最大値は 2 である（n1=1, n6=1）．もし，数回の食糧確保失敗の後，w6 の重みが 2 を超えるとノード 2 は発火しなくなる．w6 はノード 2 の閾値の役割を果たしているからである（図 4.1.1）．感情機構の長期記憶や第 2 層，第 3 層の拮抗関係の如何にかかわらず，感情機構エージェントが強制的に抑制状態に入る条件としては以下となる．

n7・w6 = w6 >2 = n1・1+n6・1 (n1, n7= 1 で n6=1 の場合)　　(3.5.1)

図 4.1.2 はノード間の重みの推移を表しており, w6 によるノード 2 の抑制時の推移を表す．横軸が時間で,縦軸が重みである．5 回連続して食糧確保に失敗した後，エージェントは抑うつ状態に陥る（食糧確保の行動を停止する）．これは w6 により引き起こされているので，w6 の値が自然減衰により 2 以下になるとエージェントは再び行動を開始する（図 4.1.1 Dep1）．エージェントのエネルギー値は 50 以下のままでノード 2 の入力は 2 のままであるからである．図 4.1.1 の実験条件では w1 と w2 は初期条件で 3 と設定されている．一方，ノード 3 と 4 の閾値の役割を果たす w3 と w4 は初期条件では 0 である．つまり，右あるいは左に向かって食料をとりに行った成功経験は非常に強く記憶されており，それを阻止する閾値としての記憶はまったくない．しかし，失敗を続けて重ねると罰値により強化された w6 が即応層のノード 2 を直接抑制し，行動自体を止めさせる．

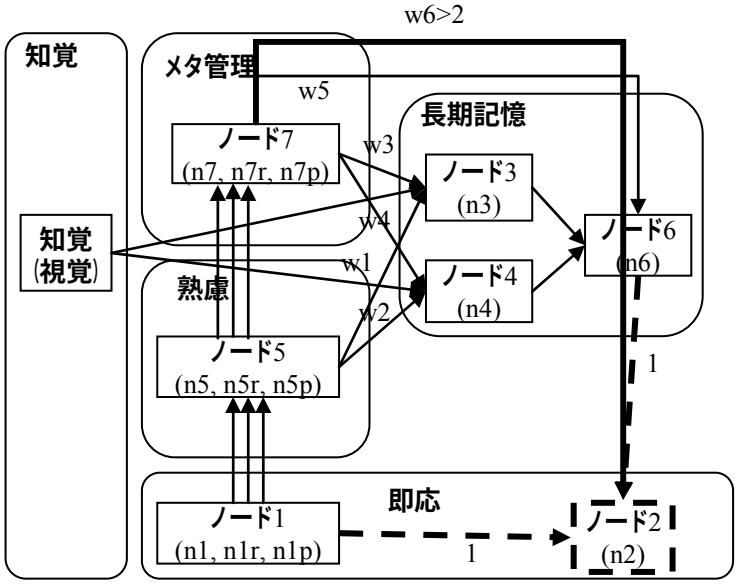


図 3.13　w6 によるノード 2 の抑制

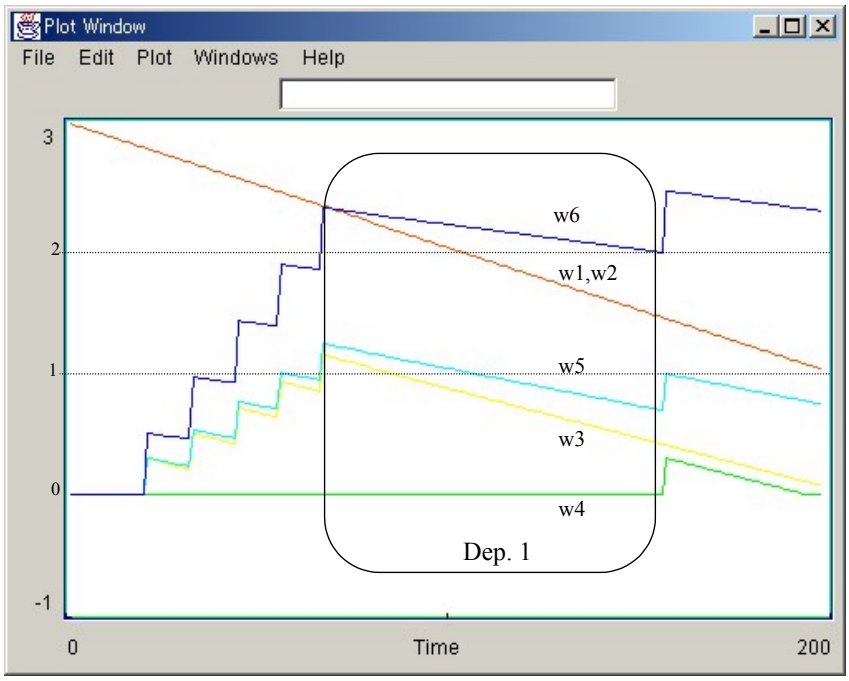


図 3.14　w6 によるノード 2 の抑制の推移

3.5.2 ノード 2 とノード 6 の抑制

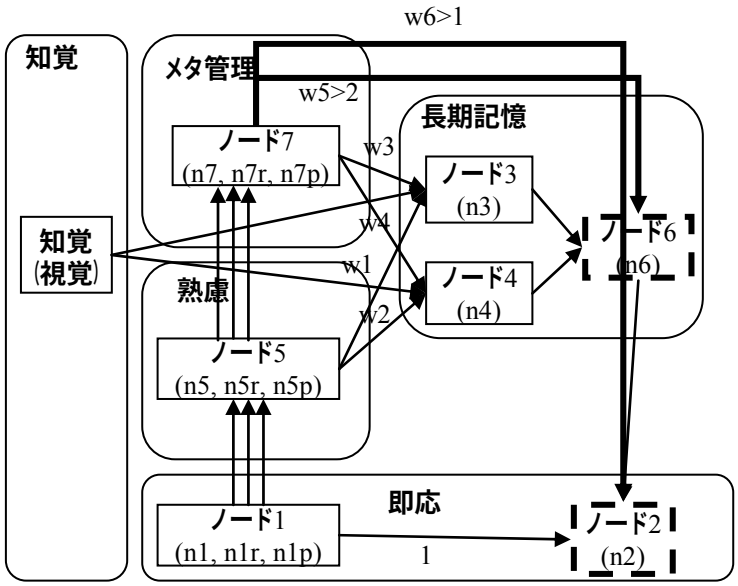


図 3.15　ノード 2 と 6 の抑制

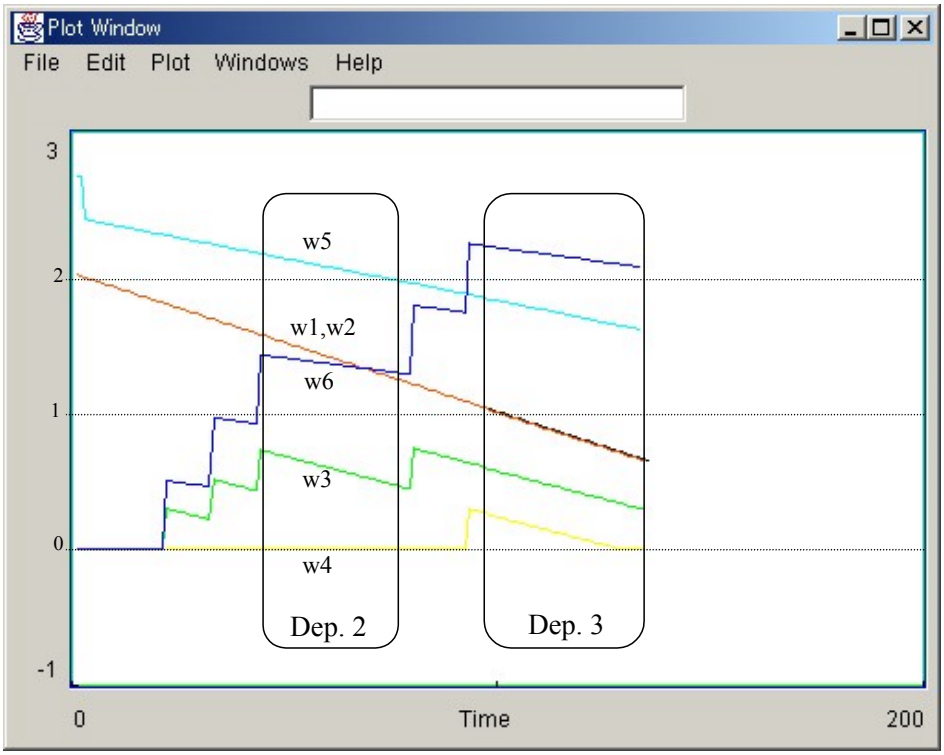


図 3.16 ノード 2 と 6 の抑制の推移

もし,w5 が 2 より大きい場合，n6 が 2（つまり n3=1, n4=1 で左右の方角への記憶が両方発火している場合)だとしてもノード 6 は発火しない．もしノード 6 が発火しないと，ノード 2 の最大値はノード 1 からの入力の n1=1 だけとなり,相対的に閾値が高くなる．w6 が 1 以上のときに n7 が発火した場合，ノード 2 は抑制されてしまうため，図 3.16 の Dep. 2 の期間は行動停止が見られる．w5 が 2 以下になるとエージェントは行動を再開する．しかし，Dep. 3 の期間では再びエージェントは行動を停止する．これは 4.1.1 節の条件である w6 が 2 を超えてノード 2 を直接抑制したからである．この場合の条件式は以下のようになる．

n7・w5 = w5 > 2 = n3 + n4 (n3, n4, n7 とも活性で 1)　　(3.5.2)

かつ

n7・w6 = w6 > 1 = n2・1 (n2, n7 とも活性で 1)　　(3.5.3)

3.5.3 ノード 2，6 とノード 3 あるいは 4 の抑制

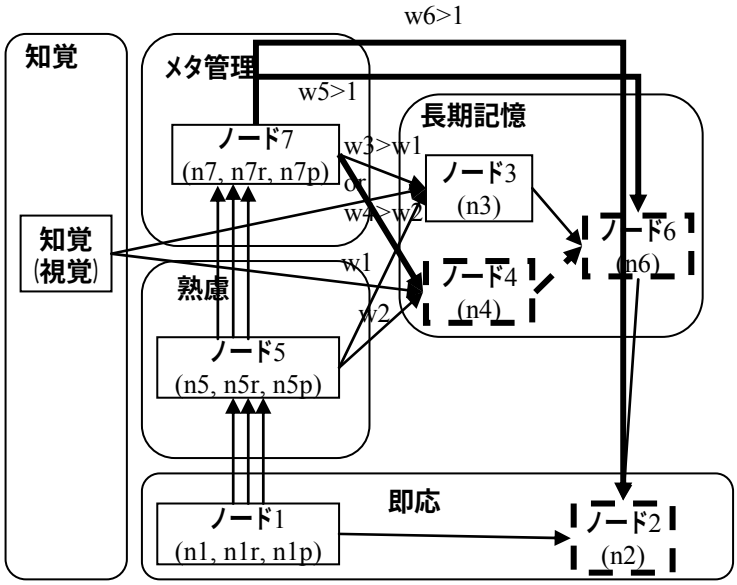


図 3.17　ノード 2,6 とノード 3 の抑制

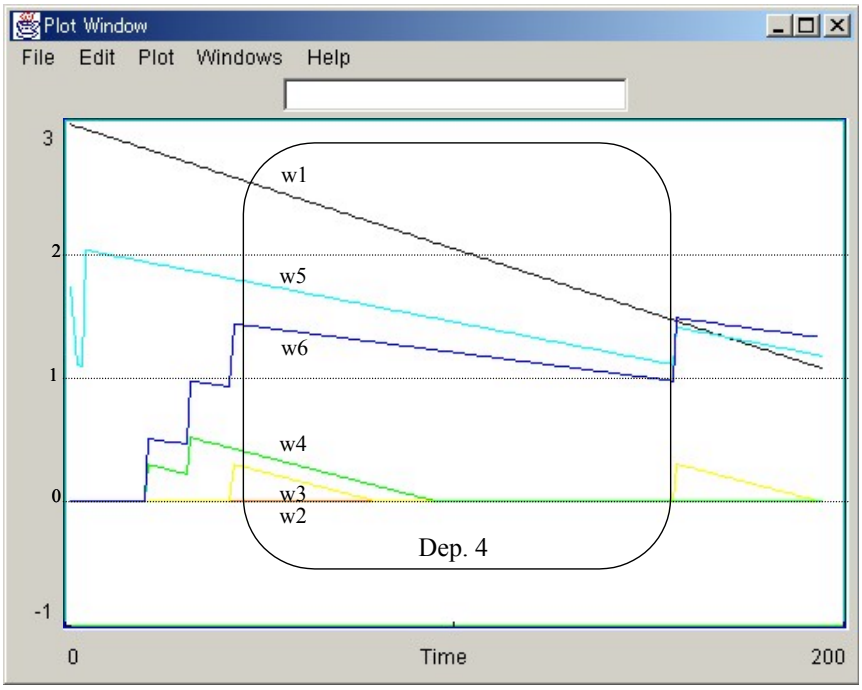


図 3.18　ノード 2,6 および 4 の抑制の推移

w3 か w4 がそれぞれ w1 あるいは w2 を超えてノード 3 あるいはノード 4 を抑制すると，ノード 6 の閾値は 4.1.2 節から下がって 1 となる．これは，ノード 3,4 うち片方が抑制され

ているため，ノード 6 への入力の最大値が 1 となり，閾値の役割を果たす w5 が 1 を超えると必然的にノード 6 は発火できなくなるからである．この場合，ノード 2 は 3.5.2 節と同様 w6 が 1 を超えると抑制される．図 3.18 の Dep. 4 はこの 3 条件，w5>1, w6>1, w4>w2 を満たした際のエージェントの行動停止時の重みの推移を表す．

n7・w3 = w3 > w1 = n5・w1 (n5, n7 =1) (3.5.4)

あるいは

n7・w4 = w4 > w2 = n5・w1 (n5,n7=1) (3.5.5)

かつ

n7・w5 = w5 > 1 = n3 + n4 (n7= 1 かつ n3=1 あるいは n4=1) (3.5.6)

かつ

n7・w6 = w6 > 1 = n2・1 (n2, n7 とも活性で 1) (3.5.7)

図 3.18 の実験条件では，初期条件としてエージェントは w1 すなわち右方向の食糧確保の経験に強い重み(w1=3)を持ち，左方向の経験 w2 はまったくない（w2=0）． エージェントはエネルギー値が 50 より下がった後，経験のない左方向に 2 回進み，食糧確保に失敗したことが w4 の 2 回の増加より見て取れる．w1 が高くて w2 は 0 にもかかわらず左方向を選んでいるのは，エージェントが脳の長期記憶のとおり環境内で行動できるわけではなく，右方向を選んでいても環境条件により左方向に進まざるを得ない場合があるためである．具体的には，エネルギー値が 50 を下回った際にエージェントが完全に左を向いているような場合は，脳での行動決定として右に進むと決定しても方向転換しきれずに左に進んでしまう．偶然ではあるが，図 3.18 では 2 回連続してエージェントの決定とは逆と思われる方向に進んだ例が示されている．その後，エージェントは 3 回目の食糧確保の行動として右方向に進むがそれも失敗する．左方向で 2 回，右方向で 1 回失敗すると，w6 が 1 を超え,行動停止に至る 3 条件がそろう．すなわち，w5>1, w6>1, w4>w2 である．そして,w6 が 1 より下がるまでエージェントは行動停止となりつづけている．

3.5.4 ノード 2,3,4,6 すべての抑制

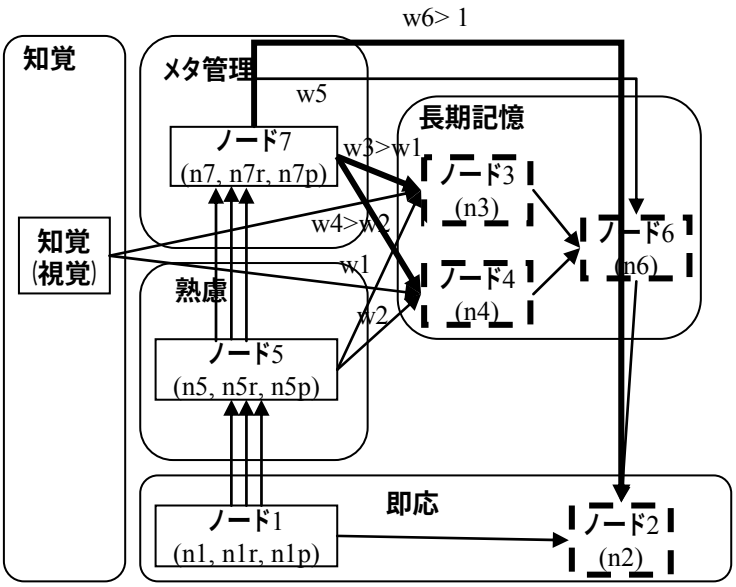


図 3.19　w3,4,6 によるノード 3,4,6,2 の抑制

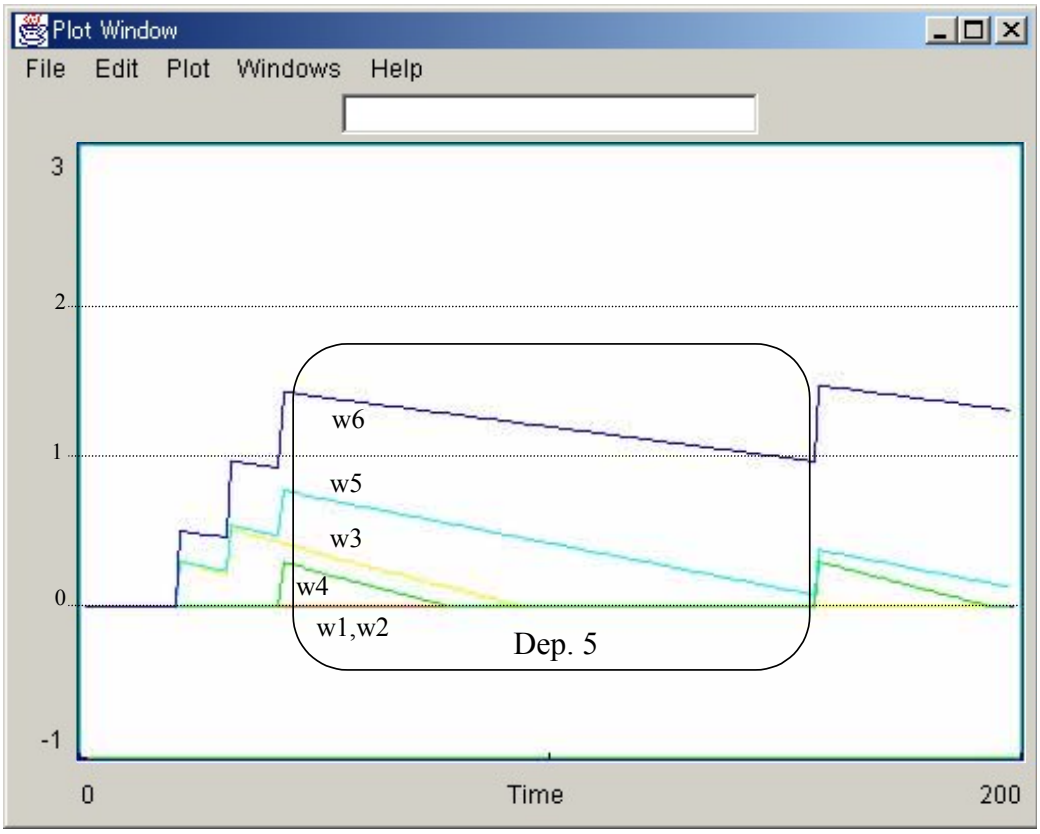


図 3.20　w3,4,6 によるノード 3,4,6,2 の抑制の推移

w3 と w4 がそれぞれ w1，w2 より高い場合，ノード 3,4 は発火せず，それに連なるノード 6 も条件によらず発火しない．そしてノード 1 から値 1 の入力を受けているノード 2 はノード 7 からの閾値により w6 が 1 を超えると発火できなくなる（図 3.19）．図 3.20 は初期条件として w1,w2 とも 0 で実験を開始し，右に 2 回，左に 1 回行動をしたが食糧確保に失敗し，w6 が 1 を超えてしまい行動停止に陥る様子を表している．Dep.5 の期間は w3>w1, w4>w2, w6>1 の 3 条件を満たしている．条件式は以下である．

n7・w3 = w3 > w1 = n5・w1 (n5, n7 =1)　　(3.5.8)

かつ

n7・w4 = w4 > w2 = n5・w1 (n5,n7=1)　　(3.5.9)

かつ

n7・w6 = w6 > 1 = n2・1 (n2, n7 とも活性で 1)　　(3.5.10)

3.5.5 一般的な実験結果

3.5.1-3.5.4 節までは抑うつ行動が現れる条件に焦点をあてるため，初期条件を調整し，抑うつが現れる典型例を説明してきた．ここでは，抑うつ行動に焦点を当てない一般的な実験結果の例を示す（図 3.21）．初期条件としてはエージェント数が 1 で食料成長率（‘food-grow-rate’）が 15，初期状態における食物存在確率を表す変数‘初期条件（initialcondition）’が 15 である（野田，2002）．ノード間の重みはすべて 0 である．

実験結果を見ると，時間が 0 から 100 の間にエージェントは 2 回食糧確保を失敗し，w6 がそれぞれ 0.5 にあがっている．しかし，失敗のあとにすぐ食料を確保し，w6 は 0 に下がっている．0 に下がる前に w6 が一瞬 1 に上がっているのは満腹信号（nsf）に端を発する報酬信号の伝達が，前のタイムステップの空腹（nse）による罰信号より遅れるため，時間差として罰信号が伝わり一瞬高くなるソフトウェア内部の問題である．

時間単位 100 から 200 ぐらいまでの間，エージェントは食糧確保に成功し，右方向，左方向双方の記憶に連結する重み w1 と w2 が双方とも上昇している．

時間単位 200 あたりでエージェントは続けて 2 回食糧確保に失敗する．そして w6 が 1 を超えるが，これではまだ条件 1-4 のどれも満たさないため，行動停止は起きない．さらに続けて 2 回失敗すると w5 が 1 を超え，そのときに w4 が w2 より大きいため条件 3 を満たし，行動停止が始まる．w6 が 1 より下がるまで行動停止は続き，1 より下がって最初に食糧確保の探索に出た際に，成功し w6 は 0 にまで一気に下がる．その後はまた，通常のサイクルが続く．このように，行動停止は通常のサイクルの中でも環境条件や確立条件で発生し，また，時間経過による自然減衰により消去する．以上が通常のシミュレーションの結果の例である．

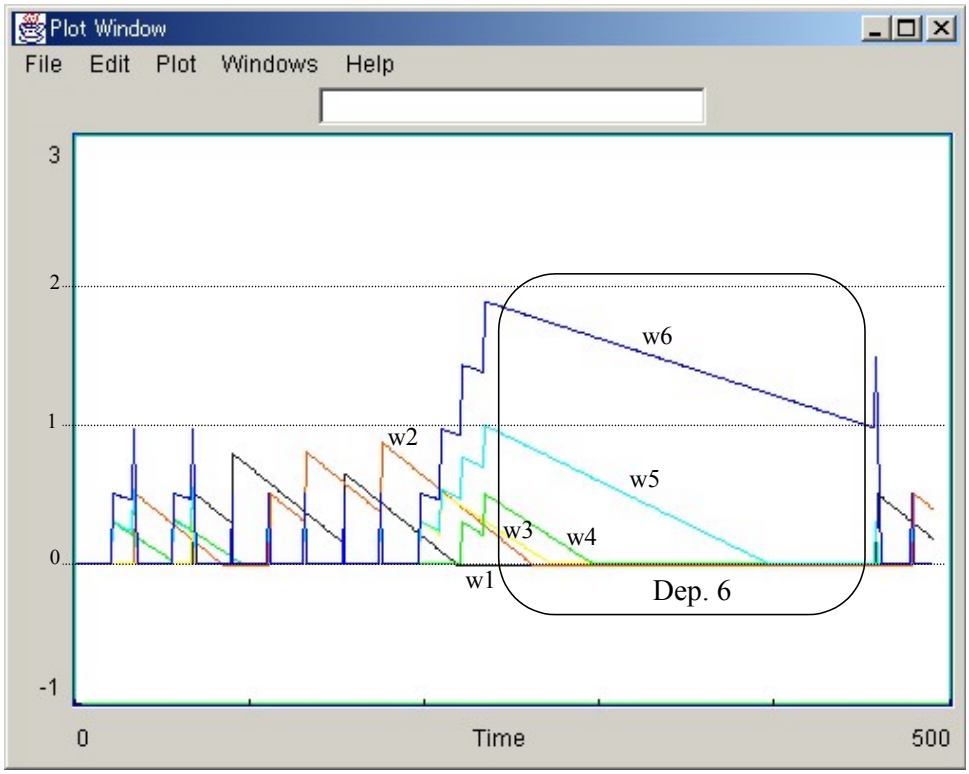


図 3.21　一般的な実験結果

3.6 考察

本研究の目的は, 生理, 行動過程と結びついた感情機構を構築することである. そして, 第 1 部でははじめから人間と同じ高次レベルの認知機構を持つ感情機構を構築するのではなくて，生理，行動過程として妥当な基本的感情機構を人工生命環境内で進化の観点に注意を払い，構築することであった．ここで構築したエージェントの妥当性を検証するために考察すべき側面は主に 3 つある．すなわち，進化的側面，認知と連結する感情機構の側面，そして，認知の側面である．この 3 側面にわけ，考察を行う．

3.6.1 進化的側面に対する考察

感情と脳の進化の側面についてはこれまでさまざまな理論が提案され, 議論されてきた. Damasio(1994)は 1 次情動(primary emotions)と 2 次情動(secondary emotions)を導入し，1 次情動は脳にあらかじめ組み込まれている扁桃体などの感情機構,2 次情動は 1 次情動の機構がメンタルイメージなどを扱う認知機能と結びついて発現する情動とした．この分類は Picard（1996）も用いている．Sloman ら(2000)は自身の認知感情アーキテクチャを用いて，Damasio の感情理論を解釈している．即応層が 1 次情動を発現させ，熟慮層が 2 次情

動を機能させる．そして，メタ管理層は 3 次情動(tertiary emotions) という高次の情動を発現させるとした．

Scheutz は人工生命環境上で感情機構を持つエージェントと持たないエージェントの比較実験を行い，感情を持つエージェントのほうが生存期間が長いといういう実験結果より，自身の感情機構の妥当性を主張している（2.1.4.3）．ただし，このモデルでは Scheutz は共同研究者ではあるが Sloman の機構を用いずに感情エージェントを構築した．内部機構としては Arbib のニューラルネットワークの理論を用いている．また，感情あり/なしエージェントによる実験手法は認知モデリングの Marinier も妥当性主張の手法として取り入れているが人間レベルの感情モデルの妥当性主張としては成功していない（2.1.2.2）．Scheutz と Marinier は感情という機能は事前に定義されているものとして，それがある場合には生存に有利なため，彼らの感情機構は妥当であるという論を立てている．この前提には，感情という機能が進化的に発達してきた機能単位であるという感情機能説があると考えられる．しかし，Scheutz は Sloman の共同研究者であるにもかかわらず，その 3 層モデルをまったく引用せず人工生命モデルを構築しているため，人間の感情への援用が不可能なほど低次のモデルにとどまっている．また，Marinier は人間の認知機能を扱っていた既存の Soar モデルに感情機構を付与し，実験を行っているため，進化の過程をさかのぼれない（つまり，検証できない）モデルの中で感情機構の有無だけによる進化的妥当性を主張し，感情機構自体の妥当性も主張しようとする乱暴な議論となっており，最終的に議論をまとめることができなかった．ここから考察される点は,感情という機能の有無から進化的妥当性を主張し，感情機構自体の妥当性を主張するという手法は十分ではないという点である．もし，進化的妥当性を論ずるのであれば機構の構造としての進化側面も論じないと進化の履歴を追っての妥当性検証が行えない．つまり，Damasio の脳との対応や Sloman の自身の機構の構造との対応などを行う必要がある．

本研究の人工生命エージェントは Scheutz のモデルと抽象化レベルが同じであると考えられる．つまり，人工生命環境上で少数の目標とプランしか持たないエージェントを構築し，その内部機構を検証するレベルである．本研究で進化の側面について考察できる点は，第一に，第 1 層エージェントよりも第 2 層エージェントの方が生存に有利であるということである．しかし,本モデルではエージェントは環境中で 1 匹であり，怒りや恐れなどの感情表出機能により集団全体の生存数が高まることを検証した Scheutz のモデルのような考察は行えない．本モデルで第 1 層エージェントより第 2 層エージェントが生存期間が延びるのは，単純に環境の情報を学習して環境に適応するからである．本研究で対象としている感情は，不適応感情のひとつである抑うつであり，進化の側面からの考察で着目すべき点は，第 3 層エージェントにならないと抑うつが起こらないという点である．つまり，2.5 節で指摘したようにたとえ野村の仮説の罰/抑制系を第 2 層に追加したとしても第 2 層エージェントでは抑うつは起こらない．学習性無力感の実験では犬でも抑うつと見られる状況に陥るが，それでは犬は第 3 層のメタ管理層を持っているとい

うことになるのであろうか．第 1 層の感情化学仮説から第 3 層のメタ管理層に連結する感情機構側面の分析として次節で，なぜ第 3 層でないと抑うつが生じないのか論ずる．

3.6.2 感情機構側面に対する考察

感情機構として参考にできる回路として，Drevetz の抑うつ状態における脳回路が挙げられる（図 3.22）．

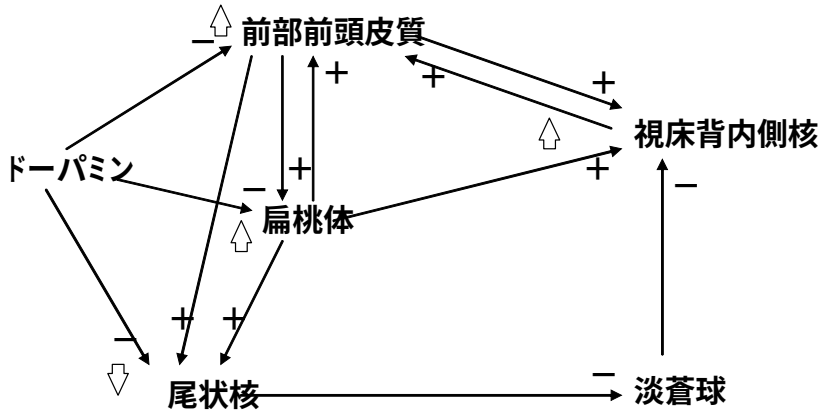


図 3.22　Drevetz の抑うつ状態の脳回路

（再掲．Drevetz ら(1992, p. 3637, Fig. 7)を翻訳）

これは，抑うつ状態における脳回路の変化を単純化したものであり，2000 年代に入って Drevetz は詳細な回路を提示しているが，本質は 1990 年代前半に提出した図 3.22 と変わってはいない．ここでは，ドーパミン量が低下することにより扁桃体，前頭皮質，視床回路が亢進し,通常はそれを制御する尾状核，淡蒼球，視床回路が機能しないというものである．詳しく見ると，尾状核から淡蒼球，淡蒼球から視床への結合は抑制性である．

この回路を第 3 層エージェントと比較すると, 似た機構が見えてくる（図 3.23）. 図 3.23 ではエネルギー低下時に空腹信号がノード 1 より覚醒系を伝わりノード 5,ノード 7 に伝わってくるが，ノード 5 が活性化させようとするノード 3,4 をノード 7 が抑制する．そのため，ノード 1,5,7 は亢進し続ける．この原因は連続する食糧確保失敗による報酬信号の低下である．また，ノード 7 はノード 2 も抑制することにより，行動を停止させる．これらを Drevetz の回路と比較すると, ドーパミン信号の低下は報酬信号の低下と一致する. また,視床,前頭前野，扁桃体回路の亢進はノード 1,5,7 の亢進と一致する．これは，視床が知覚信号に対応するところが，第 3 層エージェントでは知覚が身体内部からの空腹信号であるため，知覚ノードではなく，ノード 1 が視床に対応している．また, 図 3.23 ではノード 3,4 で回路の拮抗が起きているが，これは，図 3.22 における扁桃体と前頭前野の視床における拮抗と同様と考えられる．さらに，図 3.22 における前頭前野による尾状核回路の抑制がノード 7 によるノード 2 の抑制と一致する．ノード 2 は行動につながる

ノードであり，これは，図 3.22 において尾状核，淡蒼球部位が大脳基底核と呼ばれる運動に関係のある部位であるというのと一致する．

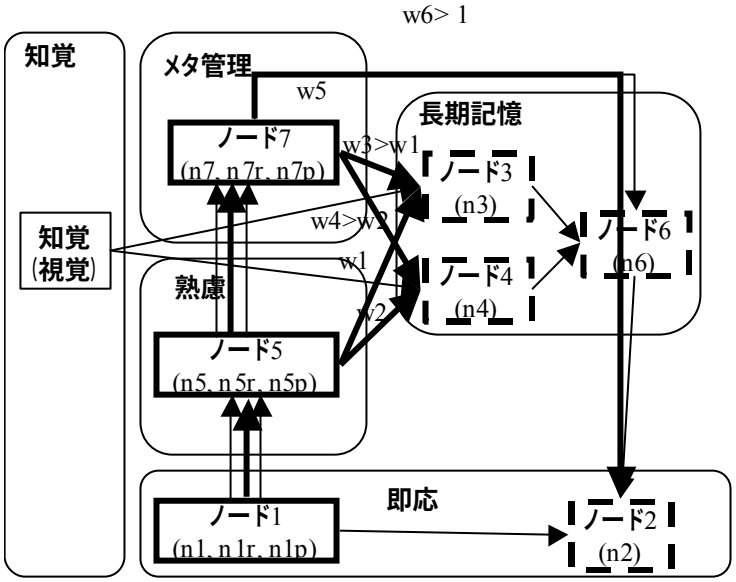


図 3.23　抑うつ時の第 3 層エージェントの脳挙動

2 つの回路の意味するところは，通常であれば高次のサイクルが状況に対しての意思決定をし，その後，運動までいたるところであるが，報酬信号の低下により選択肢がなくなっているため， 意思決定のサイクルが亢進し続けているというものである.そして低次のエージェントであれば高次の系による意思決定がなくとも運動を実行するところであるが,高次の系からの抑制があり,運動自体のみの実行も行えない状況となっている．そして，運動が完結した際には，高次の系の活性サイクルを解放する機能があるが，運動が実行できないため，その高次サイクルの解放も行えない状況となっている．つまり，高次の意思決定サイクルも状況に対して回答が出せずに計算し続け，本来であればそれとは無関係により原始的な計算により解を出すべき低次の系も高次の系から影響を受け解を出せなくなっているという状況である．

本質的には，これが抑うつの原理であると考えられ，意思決定系内における拮抗と，さらに意思決定系と運動系の拮抗が抑うつという現象を起こすと考えられる．その原理を本研究では第 3 層にニューラルネットワークにおけるバイアスニューロンという計算アルゴリズムを導入することにより実現し，抑うつの作動原理を明らかにした．この計算アルゴリズムにより拮抗を起こすためには熟慮層や，即応層をメタ的に制御するメタ管理層が必要であるため，抑うつの発生にはメタ管理層が必要であることが明らかである．よって今回提案した感情機構によれば，前節最後に提起した犬もメタ管理層を持つのかという問いに対しては持つという答えが導かれる．

最後に本節で計算アルゴリズムとしての感情機構として残された課題を挙げる．本研究のモデルで導入したニューラルネットワークの計算アルゴリズムと実際の脳神経の計算アルゴリズムの違いは，計算アルゴリズムとしてのニューラルネットワークは基本的に興奮性の結合のみをモデル化しており，実際の脳神経には興奮性の結合と抑制性の結合の 2 種類があるというものである．計算としては興奮性の結合しかないため，たとえば抑制の信号を導入したとしても，ニューラルネットは何らかの出力を出さねばならず，バイアスニューロンの導入なしでは抑うつは起こりえなかった．そしてバイアスニューロンはメタ管理層や大脳皮質の役割と発想として近かったため，第 3 層に導入した．しかし，実際の脳では図 3.22 を見てもわかるように大脳基底核（尾状核，淡蒼球）という比較的深部の部分に抑制性結合が存在する．よって抑うつの原理を，脳の運動系の部位に定位するような本研究とはまったく異なるモデルを構築すると，前節最後に提起した犬も抑うつを起こすのでメタ管理層を持っているという結論が覆るかもしれない．しかしこれを検証するためには，犬が学習性無力感に陥った場合の図 3.22 のような脳内の変動のデータが必要である．

3.6.3 初期値およびパラメータ依存性について

ここで前節で明らかにした本研究の感情機構を追実験できるようにするため，シミュレーションでの初期値，およびパラメータ依存性について言及する．

3.4 節を通じて定義したエージェントの変数は図 3.10 に示されるとおりである．また，環境変数は 3.5.5 節で示されるように“ 食料成長率(food-grow-rate) ”と“ 初期条件(initialcondition) ”である．詳しくは補遺”感情機構エージェントの詳細”を参照のこと．初期条件として変化させる変数は環境変数の 2 変数と 3.5.1 節から 3.5.4 節までの 4 条件を観測するために調節したノード間の重み変数 w1 から w6 である．

環境変数については，3.5.5 で示しているように時間ステップが 200 以降で抑うつが生じる図 3.21 の結果で“ 食物成長率 ”と“ 初期条件 ”の値が 15 であるため, 3.5.1 節から 3.5.4 節の結果のように時間ステップ 200 以下で抑うつが生じるためには両値とも 15 以下である必要がある．両値の範囲は 0 から 100 までであるが，例えば 20 以上となると抑うつにならずに食物を確保し続け生き続けるような結果となる．しかし，この変数の絶対値は相対的なものであるので絶対値自体に意味は無く，食物の初期存在，あるいは生育スピードのエージェントの energy および stomachlevel 低下の速度に対する関係が抑うつの発生に関係するということが重要である．

また，エージェント変数の初期値およびパラメータ依存性について考察すると，初期値による抑うつ発生の種類の変化は 3.5.1 節から 3.5.4 節で示したとおりである．4 条件では，それぞれ(w1, w2), (w1, w2, w5), (w1, w5), (　)と初期状態で 0 以上にする重みを変化させ，違う回路の挙動による抑うつを生じさせることに成功したが，これも相対的なものであり，

空腹になると食糧確保に行動しようとする即応系の結合および w1, w2 の結合とそれを調整しようとする w3 から w6 の結合のそれぞれのノードにおける値の大小関係により抑うつは生じる．よって基本原理としては野村の仮説を用いると行動系と抑制系という拮抗する 2 系があり，ノード数や行動，抑制の結合の数の数がどれだけ増えても総合として 2 系が拮抗しており，抑制系が優位に立つ場合に抑うつが生じる．よってエージェント変数のパラメータ依存性は行動系と解釈できるw1，w2 と行動系，抑制系双方に働く可能性のある w3 から w6 の値の初期値や変数変化の速度に大きな乖離が無く拮抗することが重要である．w1 から w6 までの学習による増加や時間単位ごとの自然減衰の値は定数として定められている．

3.6.4 認知機構としての考察

本モデルを人間の感情機構のモデルと解釈することは無理がある．その原因はシミュレーションの環境が人工生命環境であり，非常に単純化された世界の中で単純なエージェントを構築しているからである．環境から入力される情報が非常に単純であり，また，検討対象の感情である‘抑うつ’の定義が，シミュレーション環境に合わせるために犬の定義を用いているため，さらに人間の抑うつと比較することが難しい．しかし，感情機構内部の認知を扱う部位の機能は，人間の認知も扱えるように必要最低限の機能を備えている．認知を扱うためには認知内容を表現する知識表現の形式が必要である．本モデルではニューラルネットワークの一部の部分，すなわち長期記憶モジュールに格納されているノード 3,4,6 を意味ネットワーク表現としての知識表現として扱えるように定義している．ロボットや人工生命など身体性認知科学における通常のニューラルネットワークの構築では，ノードは入力層のセンサーか，出力層のモーターに対応し，または内部層の環境の情報とは対応しない無名のノードとなる．

ここでボトムアップアプローチに従い，環境の情報と野村の感情化学仮説の 3 系を表現するもっとも単純な意味ネットワーク表現を定義する（図 3.24， Noda ）．図 3.24(a)は意味 A と意味 B の結びつきを表す結合である．意味 A を B により表現する場合など単純な結合が用いられる．図 3.24(b)は前後関係あるいは因果関係を表す結合である．事象 A の後に事象 B が続く場合図 3.24(b)のように表現される．また，A が B の原因である場合も図 3.24(b)のように表される．感情信号は図 3.24(c)のようにノードに付与される．ここで Re は報酬(Reward)信号，Pu は罰(Punishment)信号，Ar は覚醒（Arousal）信号である．前後関係と感情信号を結びつけると図 3.24(d)のようになる．たとえば A の状況で B と行動したら成功し報酬信号（Re）により学習したため，次回 A の状況になった際には報酬信号が強まった B を行動する確率が高まるという知識表現の変化を表すのが図 3.24(d)である．

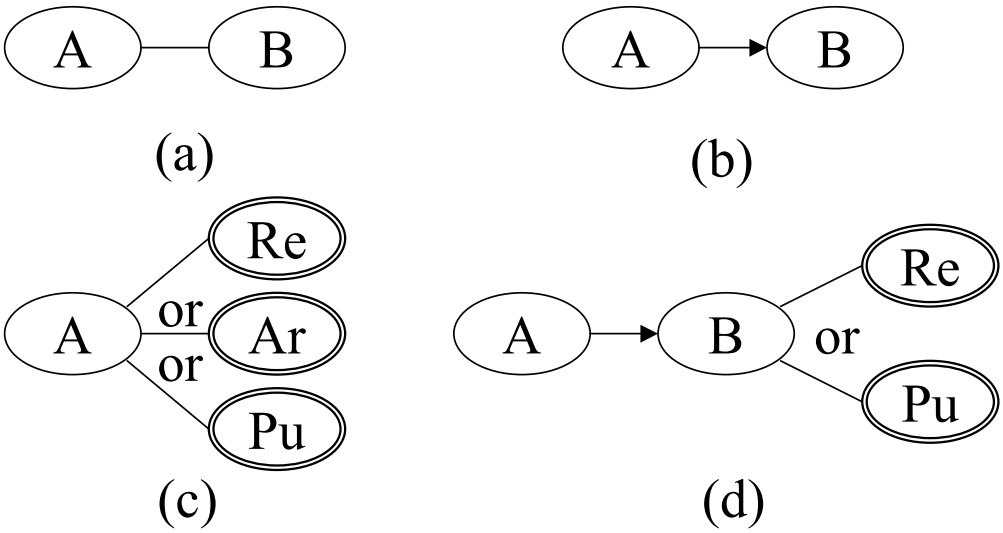


図 3.24　感情信号と意味ネットワーク表現

この表現を本研究のエージェントに適用すると図 3.25 のようになる．ノード 3,4,6 が食糧確保行動の因果関係を表すノード群であり（右/左を向いて前進する），ノード 5 と 7 が報酬信号と罰信号の重みを変化させるノードとなっている．

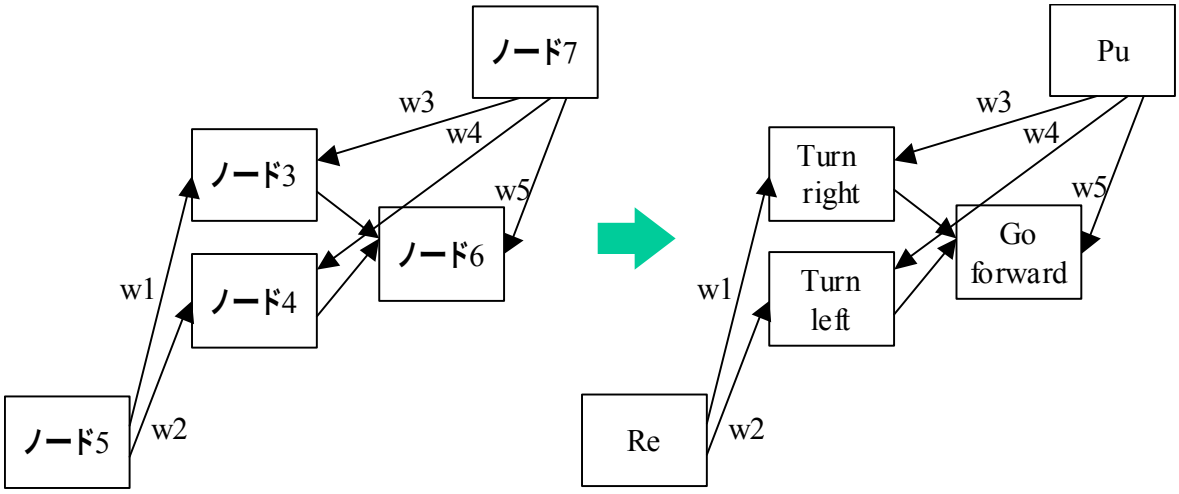


図 3.25　人工生命エージェントのニューラルネットワークの意味ネットワーク表現

第 3 層に位置するノード 7 が認知を行っていないため，Act-r や Soar のような認知機構とは本研究のエージェントは呼べないが，少なくとも認知機構を構築した際に実装する知識表現の形式は感情を含めて表現できるように定義していることを示せた．

3.7 結論と課題

第 3 章では進化的構造を持つ感情機構を構築した．第 3 章で明らかになったことは以下のとおりである．

- 人工生命方法論にのっとり，可能な限り単純でかつ，統合的なモデリングにより感情機構を構築した．
- Sloman の H-CogAff 機構，野村の感情仮説，バイアスニューロンを含む Hebb 型ニューラルネットワークをもとに感情の人工生命エージェントを構築した．
- 人工生命エージェントをもちいて人工生命環境 StarLogo 上で生存のための食糧確保実験を行った．
- 実験結果より Seligman の学習性無力感実験による抑うつの定義と同様の行動が観測された
- 抑うつ時のエージェントの内部挙動を分析した結果, Drevetz の抑うつ脳内回路と同様の挙動が観測された
- 内部回路の考察により，抑うつの感情機構としての定義が導かれた
- 境界条件としての抑うつ感情をモデル化できたことにより人工生命エージェントによる感情機構の妥当性が証明された（特に抑制/罰系と報酬系の一部）．

残された課題は以下のとおりである．

- 人工生命エージェントによる感情機構を人間の機構と考えるためには，環境を人工生命環境ではなく，人間の環境にしなくてはならない
- 人間の感情機構を構築するためには，人間と同様の認知機構を構築し，感情機構と連結させる必要がある
- 人工生命による感情機構を妥当な感情機構と主張するためには，今回，焦点を当てていない覚醒系について検証を行う必要がある．

4.認知感情機構エージェント

本章では 3 章で構築した抑うつ感情エージェントを拡張し，人間の社会場面における認知感情機構を構築する．環境を人工生命環境から社会エージェント環境に高次化し，構築するエージェントも人工生命エージェントから社会エージェントに高次化する．エージェントの内部機構をニューラルネットワークから並列処理のモジュール群に複雑化し，人間の認知を取り扱う．

4.1 本章の目的と方法論

本章の目的は前章で構築した人工生命エージェントによる感情機構を拡張し，人間レベルの感情機構を構築することである．そのため，構築方法論として人工脳方法論は引き続き採用する．また，環境を人工生命環境から社会エージェント環境に高次化し，構築するエージェントも人工生命エージェントから社会エージェントに高次化する．エージェントの内部機構をニューラルネットワークから並列処理のモジュール群に複雑化し，人間の認知を取り扱う．

4.2 実装環境：SOARS

本章では感情機構の実装環境として Deguchi(2005)により開発された社会エージェントモデリング環境 SOARS（Spot Oriented Agent Role Simulator）を採用する． SOARS は，これまでの Swarm や Star-logo といったセルラーオートマタタイプの人工生命環境と異なり，2 次元のセルに束縛されないエージェントシミュレーションを行えるシミュレーターである．‘スポット’，‘エージェント’，‘スポット役割’，‘エージェント役割’という概念を用いてエージェントを定義し，環境の大局的な条件を定義し，シミュレーションを行う．‘エージェント’として，行為主体を定義し，‘スポット’として社会，物理，概念的な場所を定義する． ‘エージェント/スポット役割’はプロダクションルール型のルールベースであり，‘エージェント/スポット’毎に定義される．変数は各エージェント/スポット毎に定義される．

この環境を採用することにより，人工生命環境では構築が難しかった社会的な行為を行い，記号表現での認知を行うエージェントの構築が容易となった．また，既存の認知機構(Act-r や Soar)では難しかったモジュールの拡張性は，担保されている．すなわち，計算環境としては，既存の記号計算主義の計算認知科学の手法と，人工生命環境の足りない部分を補完し統合している．よって，本研究の機構を実装するために最適のシミュレーターと考えられる．

上記の記号計算モデルとエージェント環境を両立しうるというメリットに加え，脳機構に着想を得たモジュールのモデル化という本研究の手法に対しても，SOARS はメリットを持つ．SOARS では行動主体は‘エージェント’として定義され，‘エージェント役割’

に従い行動する．しかし，‘スポット’という概念は場所などの社会スポットのみならず，概念的なスポットや，物理的なスポットも含めて，自由に定義できるため，本研究では，感情機構エージェントの各モジュールを‘スポット’として定義し，そのルール群を‘スポット役割’として定義した．これは，本来の社会エージェントシミュレーションのモデリング手法として想定していなかった使用法であるが，SOARS のモデリングの自由度の大きさにより可能となった．

以下に SOARS で用いられる概念をまとめる．

a) スポット

物理，あるいは概念的なオブジェクトであり，行動の主体者とはならないオブジェクトである．スポットで用いられる記号，数値変数はここで定義される．

b) スポット役割

スポットの機能を定義するプロダクションルールベースの機能定義概念である．各スポットに対応するプロダクションルール群をここで定義する．

c) エージェント

行動の主体オブジェクトである．エージェントが用いる記号，数値変数はここで定義される．

d) エージェント役割

スポット役割と同様にエージェント上の機能のセットである．

e) ステージ

スポットあるいはエージェント役割が保持する各ルールに定義される概念である．同じステージ名のルールは同じ時間タイミングで上位に定義されたルールの方しか実行されない．つまり，同一時間におけるルールの競合を解決する概念である．

f) ルール

スポット役割及びエージェント役割内で定義されるステージ名の付いたルール群はプロダクションルールとして記述される．複数個の条件が定義でき，複数個のアクションを定義することが可能である．

g) キーワード

記号変数はキーワードという概念で定義される．認知過程で認知される知識表現はキーワードで定義できる．言い換えるとネットワーク表現のノードに対応する部分はキーワードで定義される．

h) ナンバーオブジェクト

数値変数はナンバーオブジェクトという概念で定義される．本研究の知識表現では，特に報酬値・罰値等がナンバーオブジェクトで定義される．

シミュレーターの時間単位は 1 分毎であり，24 時間サイクルで 1 日が経つという現実の時間の流れをシミュレートできるように作られている．よって今回の面接シミュレーションでも数十日かけて転職活動を行う実際の社会での過程を模擬してシミュレーショ

ン実験を行った．しかし，感情機構内の各過程が 1 分単位というのは長すぎるので，1 回の知覚から行為までの流れについては実時間との比較は行っていない. この点は, Act-r や Soar に対して不利な点といえる．

4.3 就職面接および転職活動場面

感情機構構築の前に, 感情のシミュレーション場面として転職活動場面を設定する．これは，この後，構築する感情機構エージェントの持つ知識の領域を事前に特定しておく必要があるためである．

転職活動場面を選択した理由として, 職場環境の大きな変化がうつ病という極端な感情状態を引き起こすことが挙げられる．昇進うつ病などはその例である．また，転職という場面は，職業という価値がある対象の‘対象喪失’とも考えられるため，うつ病という感情状態の表出場面としてふさわしい．ここで，うつ病の定義として，DSM-4 による大うつ病の定義を参照すると，少なくとも‘抑うつ気分’あるいは，‘興味または喜びの喪失’のどちらかが当てはまることとある（APA, 1994, 2000）．つまり，抑うつの極端な状態としてのうつ病の定義の中心概念は‘気分’であり，また，喜びの喪失という抑うつとは反対の感情状態により定義される．

次に，就職面接場面は，職業獲得という重要な目標に対する対人場面であり，対人恐怖や不安（坂野，2000）という感情が表れやすい．ここで，不安の定義として，DSM-4 の社会不安障害の定義の中核項目を引用すると，‘恐れている社会的状況でほとんどいつも不安が生じ, パニック発作が起こることがある’とある. つまり, 不安気分が中核であり, 行動としてはパニック発作が起こる場合がある．

さらに, 就職面接場面では, 面接官が応募者のネガティブな感情反応を評価要素として評価しているため（Eder & Harris; 1999, 野田，2005），感情反応に着目したシミュレーション場面を作りやすい．

以上の理由により, 転職活動場面およびその中の就職面接場面を感情機構エージェントのシミュレーション場面として設定する．

4.4 感情機構エージェント

4.4.1 大局的機構

前章から引き続き感情機構の大局的機構は Sloman の H-CogAff 機構を採用する．

4.4.2 感情の神経化学仮説

野村の感情化学仮説も前章から引き続き導入する.

4.4.3 脳機能部位

感情機構エージェントを構成する機能としては，機能解剖学より明らかとなっている感情に関わる部位，および認知，行動に必要な部位を導入する． 表 4.1 に脳機能部位の名称と，対応する感情機構エージェントのモジュール名を示す.

表 4.1 脳機能部位対応表

脳機能部位	機能 モジュール
視床	知覚
腹側被蓋野	報酬
縫線核	抑制/罰
青斑核	覚醒
扁桃体	感情
視床下部	感情表出
海馬	学習
大脳基底核	運動調節
前頭前野	認知
大脳皮質	長期記憶
視床下部	欲求
小脳	運動

それぞれのモジュールは機能を表す名称が付けられている．以下にその機能と対応機能部位を説明する.

a)知覚(perception)

視覚，聴覚，および内的知覚から入力される情報を処理し，認知モジュールに伝達するモジュール．脳部位では視床に対応する.

b)行動(action)

中央処理列で計算された行動についての情報をシミュレートし，実行する．小脳に対応する.

c) 報酬(reward)

生存に有利な情報を知覚，認知した際に，報酬信号を発する．その信号は認知，学習され，学習されたものは記憶としても用いられる．黒質，あるいは腹側被蓋二反を発するドーパミン作動系に対応する.

d)罰/抑制(punishment/restrain)

生存に不利な情報を知覚，認知した際に，罰信号を発する．その信号は認知，学習され，学習されたものは記憶としても用いられる．縫線核に丹を発するセレトニン作動系に対応する．

e) 覚醒(arousal)

睡眠まで含む覚醒レベルのコントロールを行う．生存に対し，危機的状況に遭遇した際に，覚醒レベルを上昇させる．青斑核に端を発するノルアドレナリン系に対応する．

f) 感情(emotion)

認知した情報に対し，報酬・罰信号により価値付けされた目標を用いて価値判断を行う．また，認知された目標に対し，記憶から報酬・罰信号により重み付けされたプランを計算し，最も成功確率の高いプランを意思決定する．脳部位では扁桃体に対応する．

g)学習(learning)

エージェントが実行したプランに対し，その結果の認知を入力として，報酬・罰信号による学習を行う．海馬に対応する．

h)感情表出(emotion_expression)

目標を達成しないとならない状況で実行可能なプランがない場合に，危機打開プランを実行する．視床下部に対応する．

i) 運動調節(motion_adjustment)

感情モジュールで決定されたプランの運動を調節する計算を行う．大脳基底核に対応する．

j) 認知(cognition)

知覚，感情等の他の脳内モジュールからの入力信号を元に状況の認知，目標の抽出・決定，プラン・行動の決定を行う．前頭前野に対応する．

k)長期記憶(long_term_memory)

宣言知識および目標・プラン型知識を目標志向型ネットワーク表現で記憶する．（Pfeifer1980）詳しくはエージェントの持つ知識を定義する際に詳述する．前頭前野以外の大脳皮質に広く対応している．

l) 動機付け/欲求(motivation)

エージェントが起動させている目標をコントロールする．生存目標については視床下部に対応し，その他，社会的目標については帯状回に対応する．

全体的なモジュール群の構成については，認知脳科学および脳機能解剖学のコンセンサスを基に実際の詳細な脳回路, および部位を抽象化し定義している.（Gazzaniga et al., 2004；寺島，2001；小野 1994，丹治 1994）即応層に定義される 3 モジュールはひとつのシステムとして考えられ，野村が提唱する感情の機能神経化学仮説を基にしている.（野村，1996）

4.4.4 知識表現

知識表現の形式として，Pfeifer(1982)の目標指向型ネットワーク表現を改良したものを使用する．Pfeifer のネットワーク表現は Anderson(1980)の Act モデル上で活性伝播する Schank と Abelson（1977）の CD 理論に基づいたネットワーク表現で知識が記述されていた．そして，これが，長期記憶（Long Term Memory(LTM)）上で活性化されると作業記憶(Working Memory)上に現れる形式の知識であった．ここで，本研究では CD 理論の部分は複雑性の排除のため放棄し，目標とプランという概念のみを使用する．また，目標およびプランの強度を示す変数として報酬（reward）および罰（punishment）という値を各目標およびプランの変数として導入する．図 4.1 が転職活動場面での感情機構エージェントが持つ知識表現である．

古典的な認知の記号計算モデルと違い，エージェントの持つ知識のうち，長期記憶モジュールに格納されている知識はごく一部である．つまり，モジュール化された脳を持つエージェントモデルの場合，各モジュールが連動して，知覚，認知，行動を行っており，従来の記号計算モデルで知識と呼ばれていたものは，各モジュールのプロダクションルールによる機能群に還元される．ただし，説明のためにあえて本研究で取り上げる就職目標達成のシミュレーションに用いられる知識を，記号表現型の知識表現に写像すると図 4.1 のようになる．表記法として，IF がついているノードは矢印の先のノードが起動する条件を表し，P がついているノードは目標，あるいは上位プランに対するプランを意味している．Re と Pu は報酬値，罰値を意味する．各ノードには報酬・罰値が付与されている．A は達成（Attainment）目標を表し，M は維持（Maintenance）目標を表す．各ノードの報酬・罰値は長期記憶モジュールに格納されている．しかし，各ノードおよびコネクションの記憶は知覚，認知，行動等のモジュールに分散してプロダクションルールの形式で格納されている．ただし，認知モジュールにおいて，各ノードが活性化された際に，ノードの名称の記号表現が認知されるため， 図 4.1 のような条件と目標に基づいてプランをトレースしたネットワーク表現が可能である．また，図 4.1 のネットワーク表現はエージェントの持つ知識の記号表現への写像の一例であるが，本モデルは環境内でのエージェントシミュレーションモデルであるため，環境条件や他エージェントの行動によっては，想定されるようなネットワークの流れで状況が推移しない場合もある．あくまでも，図 4.1 の記号表現はエージェントの各モジュールが環境内で協調して作動した創発過程の結果の一例である．

しかし，エージェントモデリングおよびシミュレーションにおいて，各モジュールの定義のみであると，心理的，社会的な人間の認知過程のデータとの照合がシミュレーション実験において行えないため，図 4.1 のような記号表現によるエージェントシミュレーションの結果を文書化することも必要である．

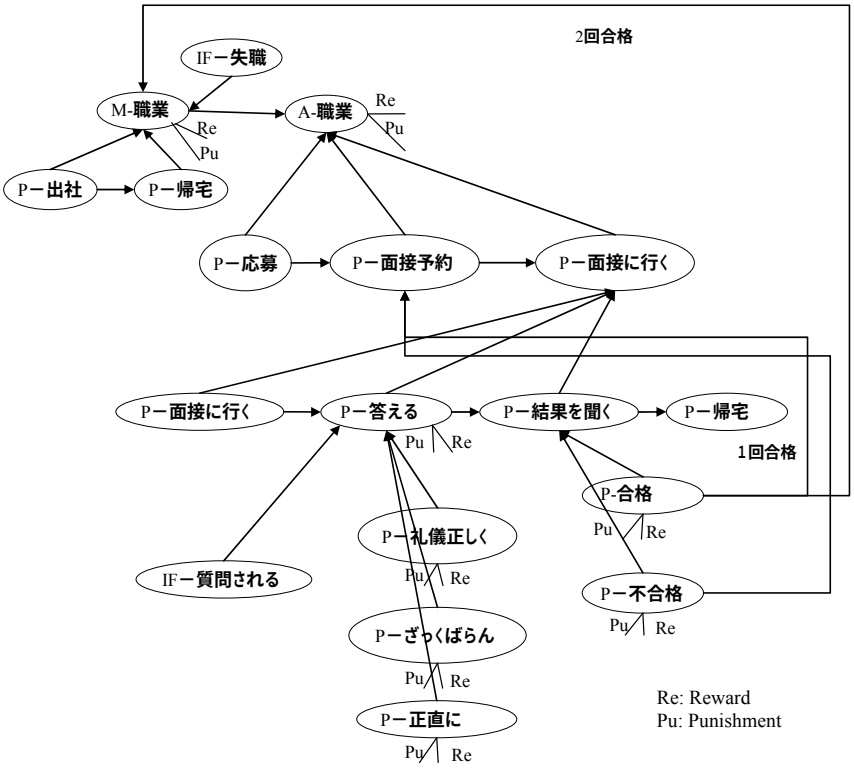


図 4.1 改良目標指向型ネットワーク表現

4.4.5 感情機構エージェント

前節までに導入した感情化学仮説，知識表現，機能モジュールを H-CogAff 機構様のフレームワーク上に統合する，

モデル化にあたり，H-CogAff 機構を拡張し，‘身体’を持つエージェントとして定義しなおす（図 4.2）．また，3 行 3 列の大局的機構および長期記憶，動機付けモジュールの中に具体的な機能を持つ機能モジュールを定義する．これは 4.4.3 で導入した機能モジュールである．

エージェントの機構は各モジュールが同時並列で機能するマルチエージェント型の機構である．ここで各モジュールの機能の概要と，複数のモジュールから構成され，典型的で頻度の高い過程を構成する系（システム）を紹介する．また，モジュール内で使用される重要な変数の側面からも説明する．

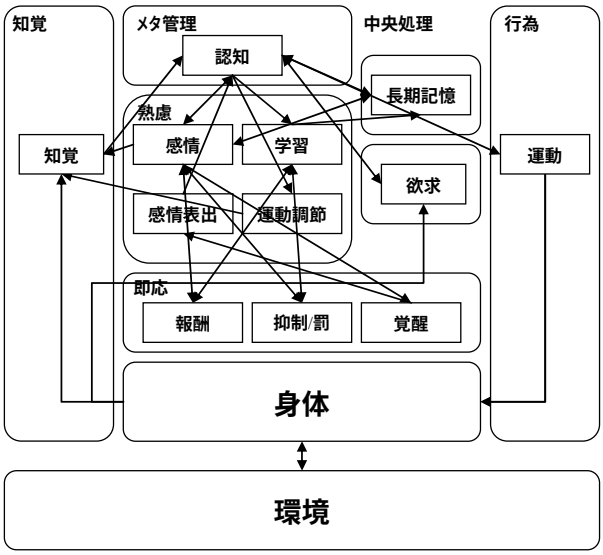


図 4.2 感情機構エージェント

4.4.5.1 モジュール

エージェントは基本的には図 4.2 の構造を持つ．しかし，ボトムアップアプローチに従うため，本シミュレーションで必要のないモジュールや機能が定義されていない場合もある．ここで，今回のシミュレーションで応募者エージェントのエージェント機構のモジュールに定義されている各スポットの変数を表 4.2 に示す．

各モジュールの機能を仔細に説明すると冗長になるため，変数の定義を用いて，各モジュールの機能を概説する．

表 4.2 応募者エージェントの変数

spots/agent	keywords	number_objects
perception		
action	action	
	facial_expression	
	utterance	
restrain		restrain
arousal		arousal
emotion	decision	emotion
learning		
emotion_expression		
motion_adjustment	motion_adjustment	
cognition	catch	
	what	
	how	
	cognition	
	cognition_goal	
	cognition_plan	
	feeling	
long_term_memory		appointment
		counter
		emotion_A_job
		emotion_M_job
		emotion_all
		(emotion/reward/punishment)_reply
		(emotion/reward/punishment)_friendly
		(emotion/reward/punishment)_honestly
		(emotion/reward/punishment)_politely
		(emotion/reward/punishment)_positive_result
		(emotion/reward/punishment)_negative_result
motivation		
body	state	
applicant		

a) 長期記憶(Long_term_memory)

職業獲得目標を達成するために必要な変数が格納されている. 図 4.1 にあるようにプランや目標の報酬値（reward），罰値（punishment），感情値(emotion)が定義される．感情値は報酬値から罰値を引いた数値であり，目標の価値の強さや，プランの失敗を上回る成功の頻度を示す（1）．また，面接予約の数（appointment）と面接合格回数（counter）も定義される．長期記憶モジュールでは罰値の記憶は日毎に自然減衰するという性質を持つ（2）.

$$Em(i) = Re(i) - Pu(i) \quad (1)$$

$$Pu(i)=Pu(i)-dec \quad (2)$$

ここで，i はプランの番号，Em は感情値，Re は報酬値，Pu は罰値，dec は一日あたりの自然減衰の定数である.

また，emotion_A_job，emotion_all はそれぞれ以下のように定義され，それぞれ職業獲

得目標の重要度と面接に対する自信度を表す.

emotion_A_job=emotion_M_job+emotion_all（3）

emotion_all=emotion_reply+emotion_friendly+emotion_honestly+
emotion_politely （4）

b) 動機付け/欲求(Motivation)

目標の管理を行う．本シミュレーションでは，職業維持目標と職業獲得目標の管理を行う．

c) 認知(Cognition)

知覚モジュールから入力した catch，what，how という 3 種の知覚信号を表す変数を元に，認知を行い，その認知内容が cognition，cognition_goal，cognition_plan に表される．ここで，catch は知覚経路の種類，what は知覚情報の分類，how は知覚内容自体となる．また，cognition は認知内容自体，cognition_goal は目標認知，cognition_plan はプラン認知である．また，feeling は現在の感情値に対応した気分を表す.

d) 知覚(Perception)

環境, あるいは内的知覚の情報を知覚し, 認知モジュールに定義されている catch, what, how 変数に知覚内容を渡す.

e) 行動(Action)

action は小脳での運動のシミュレーション内容を格納する変数，facial_expression は感情表出による表情，utterance は発話内容を表す．行動に当たっては一度シミュレーションを行った後に実際の行動を行う．認知モジュールより入力を受ける.

f) 感情(Emotion)

目標，あるいはプランの感情値を計算し，最も感情値の高い目標，あるいはプランを選択する.

$$decision(i)=Max_{i=1}^{3}\{Re(i)-Pu(i)\} \quad (5)$$

ここで，decision は決定されたプラン，あるいは目標を格納する変数，Max は最大感情値を計算する関数である.

また，emotion は決定したプラン，あるいは目標の感情値を格納する変数であり，decision は上述のとおり，決定したプラン，目標を格納する変数である.

g) 学習(Learning)

学習モジュールでは実行したプランが成功したか失敗したかを学習する．本シミュレーションでは，面接の返答方略が学習対象となるプランである.

Re(i)=inc(re(i)) （6）

Pu(i)=inc(pu(i))　　（7）

ここで，inc は報酬値，あるいは罰値を強化する関数である．成功した場合は，（6）のように報酬値を強化し，失敗した場合は（7）のように罰値を強化する．

h)　感情表出(Emotion_expression)

強い感情喚起が起きた際に，感情表出を行う．本シミュレーションでは，面接での返答場面で返答方略がない場合に，表情を変化させる．

i)　報酬(Reward)

現在，起動している目標，あるいはプランの報酬値を起動させる．Reward は現在起動している目標，あるいはプランの報酬値，あるいは感情値である．

j)　罰/抑制(Restrain)

現在起動している目標，あるいはプランの罰値を起動させる．Punishment は現在起動している目標，あるいはプランの罰値，あるいは感情値である．また，現在，起動している目標，つまりは，職業獲得目標に対し，その目標の強さと成功経験の強さを比較して，成功経験が目標に対して少ない場合は，行動に抑制をかける．

変数 restrain は現在の目標下での抑制必要度を表す．

ここで，職業獲得目標起動時における restrain は

restrain=inverse(emotion_A_job)　（8）

となる．ここで inverse は正負を逆転させる関数である．restrain が正となった場合，エージェントの現在の目標に対する行動は抑制される．

k)　覚醒(Arousal)

エージェントの覚醒度を管理する．起床，就寝において覚醒度を変化させ，また，プラン実行中に可能なプランがなくなった場合に，覚醒度を上昇させる．各制度の上昇は身体の状態を変化させ，感情表出も起こさせる．

l)　身体(Body)

身体には state という脳からの信号を受け，状態を変化させる変数のみ定義されている．この変数は，エージェントが覚醒した際に，覚醒モジュールから信号を受ける．

4.4.5.2 システム群

感情機構エージェントの典型的なサブシステムは以下の 5 つである．

a)　知覚運動系

知覚を担う知覚モジュールには，機構内部からの情報と，外部環境からの情報とが入力される．機構内部からの情報としては，感情モジュール，行動調節モジュール，行動モジュールからの情報が入力する．また，外部からの情報としては，音声情報と，視覚情報が入力する．知覚モジュールの変数は，前認知的な’catch’, ‘what’, ‘how’という 3 種類の

変数で表され，’catch’は知覚経路，’what’は知覚対象，’how’は知覚内容を表す．知覚情報は認知モジュールに送られる．

また，運動を担う運動モジュールには認知モジュールから，決定された運動情報が送られる．運動モジュールは 2 種類の変数，’action’と’utterance’を持っている．’action’は認知モジュールから送られてきた運動に関する情報のエージェントの脳内で一度シミュレートする機能を持つ．また，’utterance’は文字通り，発話という運動の内容を表す変数である．運動関係の過程は感情機構の第 2 層にある運動調節モジュールでも行われる．ここでは，’action’と同様，決定された行動の内的調節を’motion_adjustment’という記号変数を用い行う．

b) 認知感情系

認知を行う認知モジュールは，‘知覚’，‘感情’，‘感情表出’，‘欲求’，‘長期記憶’の各モジュールから入力を受ける．変数としては，’cognition’, ‘cognition_goal’, ‘cognition_plan’, ‘feeling’を持つ. ’cognition’は各経路から入力した情報の認知内容が表される記号変数であり，’cognition_goal’および’cognition_plan’はエージェントが現在，保持している目標と，その目標に従い起動しているプランが表される記号変数である．知覚モジュールから入力した状況の変化，および欲求モジュールから入力した内的な目標情報をもとに，目標およびプランが変化する．また，’feeling’は感情関係のモジュール，つまり，‘感情’，‘感情表出’, および即応層の 3 モジュールで計算された変数の入力を受け変化する. これは，感情状態の認知をあらわす.

感情モジュールでは, 認知モジュールでの現在の状況（cognition）, 目標（cognition_goal）, プラン（cognition_plan）に従い，最適な下位プランの選択を行う．このモジュールの持つ変数は，’valence（感情価）’であり，式（9）であらわされる．

$$valence_i = reward_i\text{-}punishment_i \qquad (9)$$

感情モジュールでは，目標指向型ネットワーク表現の知識に従い，現在起動しているプランの次プランあるいは下位プランとしてどのプランが最も望ましいか，各プランの報酬値と罰値を計算し，最も感情価の高いプランを決定値として返す．この決定値は，’decision’という記号変数であらわされる．valence 自体は現在，活性化している目標あるいはプランの感情価として変化する．

c) 学習系

学習モジュールでは，行為の結果を学習する．入力は認知モジュールと長期記憶モジュールからある．認知モジュールからは，現在の状況(‘cognition’)と現在活性化しているプラン（‘cognition_plan’）が入力する．‘cognition’を長期記憶に記憶されている対応する知識とマッチングし, その知識の報酬値, あるいは罰値をもとに, ‘cognition_plan’の報酬値, あるいは罰値の強化を行う．

d) 即応層系

覚醒モジュールはエージェントの睡眠・覚醒機能をつかさどる．’arousal’という数値変数を持ち，睡眠および覚醒状態に応じてその値が変化する．出力として身体への出力があり身体モジュールの’state’という変数を変化させる．

エージェントの現在の状況に対し，可能なプランの感情価がすべて負で，取りうるべきプランがない場合，緊急状態として arousal を上昇させる．入力としては，感情モジュールと認知モジュールからあり，出力としては，‘感情’，‘感情表出’，‘身体’，‘認知’モジュールに出力する．感情モジュールの’valence’，感情表出モジュールの’facial_expression’，身体モジュールの’state’に影響を与え，認知モジュールの‘feeling’を変化させる．arousal が上昇すると，感情モジュールでは図 3.6 の不安状態のように，目標･プランの報酬値・罰値を交互に喚起させるので，報酬値のみが valence に入力した場合，正となりプランが決定する．そして，そのプランを行為に移し，状況を打開する

罰/抑制モジュールは’restrain’という数値変数を持つ．’restrain’ は現在活性化している目標・プランの感情価の合計の正負の符号を反対にした値として定義される．よって，例えば現在の目標の価値（’reward’）の大きさに対し，取りうるプランの感情価が負で充分に大きい場合，‘restrain’は正となる．’restrain’が正となると現在の目標，あるいはプランの実行が停止される．入力は感情モジュールであり，出力は認知モジュールと身体モジュールである．

本研究では，罰/抑制モジュールと覚醒モジュールが関係する‘抑うつ’，および‘不安’が発現しやすい転職活動場面を対象とするため，正の感情に関係する報酬モジュールの詳細なモデル化は行っていない．

以上が，応募者エージェントの機能の概要である．

4.5 転職活動・採用面接シミュレーション

SOARS 上でのシミュレーションとしての転職活動の設定として，ボトムアップアプローチに従い，以下の最小限の設定を行った．

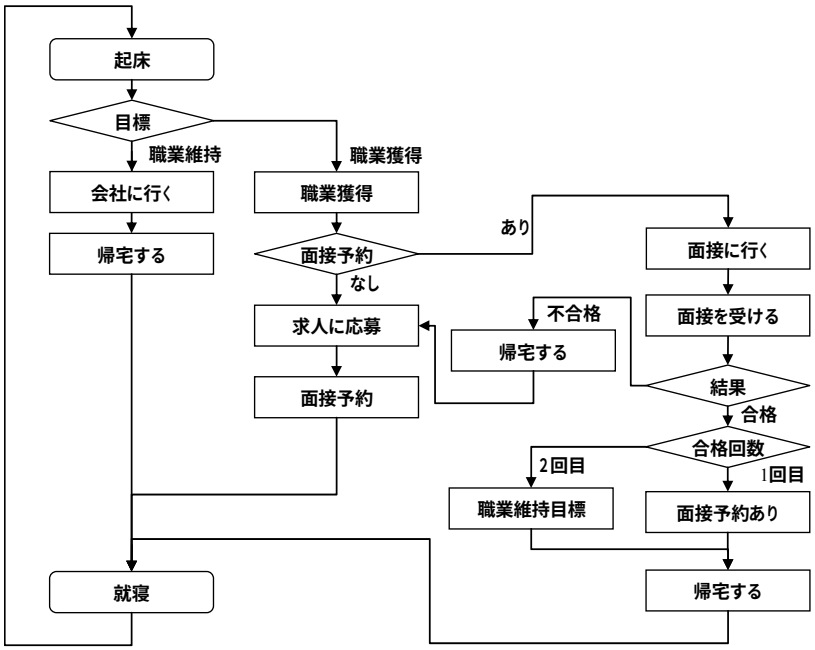
SOARS 上でのシミュレーションのシナリオは，エージェントが失職し，就職するために就職活動を行い，採用面接を受けるという状況である．

シミュレーションの環境上には,「家(home)」,「会社(office)」,「応接室(reception_room)」,「外(outside)」という物理スポットが存在する．また,「面接官（interviewer)」と「応募者（applicant)」という 2 名のエージェントが存在する．図 4.1 にあるようにエージェントは職業維持目標(M-職業)の維持に失敗し，失職するので職業獲得目標（A-職業）が起動される．そして，求人に応募し，面接の予約を取り，面接に行き，面接を 2 回合格するまで，受け続ける．ここで 2 回面接を受ける理由は一般的に，採用面接では内定までに 2 回程度の面接が行われるためである．内定に至ると，applicant は A-職業目標が達

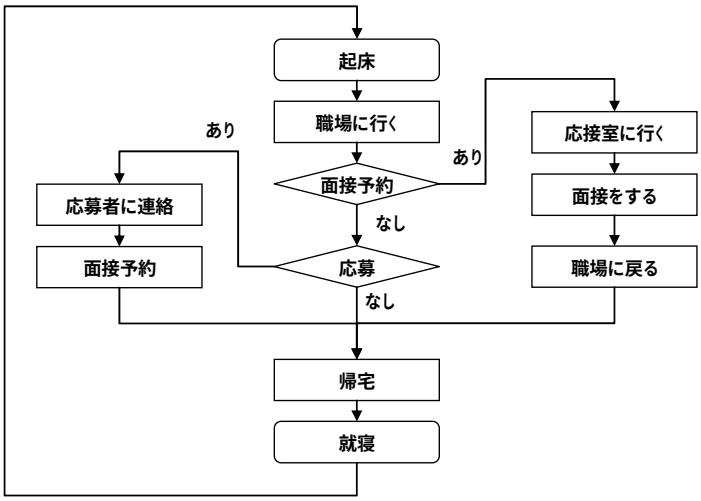
成され，目標が M-職業目標に切り替わる．M-職業目標に切り替わると，会社（office）に通勤する行動に切り替わる．

interviewer と applicant は共に 6 時に起床し, 10 時に就寝するように設定されている．Interviewer は 8 時に家を出て，8 時 50 分に office に着く．面接が予約されていたら，reception_room に移動し，面接を行い，なければ office で仕事を続ける．17 時になると退社し，18 時に帰宅する．

Applicant は面接の予約がある日は面接に向かう．ない場合は，求人に応募をして，面接の予約を行う．面接から帰宅して，不合格だった場合は再度，応募を行う．面接に 2 回通過し，入社にいたると，interviewer と同様の M-職業目標下の行動パターンに変わる．（図 4.3）



ア）応募者



イ）面接官

図 4.3 シミュレーションの概要流れ図

さて，面接場面においては，面接は 5 分程度の短いものを想定している（図 4.4）．そして，そのやり取りの振る舞いのみで合否が決定する．この単純化の正当性の根拠として，就職面接では，最初の第一印象，そして，最初の回答からすでに評価が行われているということが上げられる（野田; 2005, Eder et al.; 2000）．面接官は，応募者のネガティブな要素に注意して観察を行い，そのネガティブな要素が確実なものと確認されたら評価を決定する．採用面接の方法論として，集団面接で一人 5 分以内の 1 回ないしは 2 回の返答で評価を決めるということが行われている．

これは，面接場面での応募者の緊張や不安という感情反応に焦点を当てており，そのような挙動は面接での第一印象や初期の会話の段階であるでに確認されるからである．ボトムアップアプローチに従い，感情表出の見られる極力最小限のプロセスを想定した．面接官は面接をスタートさせると，応募者に自己紹介をさせ，その返答方法から応募者の性格，そして，対人関係能力を評価する．実際の採用面接においても，大まかな性格や対人関係能力は面接の初期の段階で評価されることが明らかになっている．面接官は減点方式で応募者のマイナスポイントをチェックしている．よって，性格の中でも 5 大因子に現れる感情安定性のような生理的な感情表出が見られるものや，能力でも対人関係能力と呼ばれるコミュニケーションの中で判断される能力のうち，緊張や不安など感情表出が見られるものは最も初期にマイナスポイントとして評価される（Eder & Harris, 1999; 野田，2005）シミュレーションの面接場面では応募者は，3 種類の返答方略を選択できる．すなわち，‘ ざっくばらん（friendly）’, ‘ 誠実（honestly）’, ‘ 礼儀正しく（politely）’ である．このうち一つを過去の成功経験に照らして選択する．それをみて，面接官は応募者の評価を行う．面接官は 3 種類の返答方略に対し，それぞれ選好値を持っている．

応募者が自己紹介を終えると，面接官は評価を行い，その結果を応募者に伝える．そこで，応募者は自身が選択した返答方略と面接の結果を照らし合わせ，学習を行う．面接官が面接の終了を告げることにより，面接は終了する．

ここで，抑うつや緊張といった感情過程は通常の過程では表れない行動であるが，本研究では感情過程を扱うため，その定義を行う．

職業獲得目標起動時における抑うつ状態とは，目標に対するプランを実行しなくなる状態と考えられる．抑うつ症状の定義には，認知，感情，動機付け，自尊心等の心理的定義から，生理的定義，行動的定義まで様々あるが，エージェントシミュレーションでまず，観察される行動的定義としては，行動停止があげられる．抑うつの理論のひとつに Abramson ら(1978)の改訂学習性無力感理論がある．学習性無力感理論での学習された行動は行動の停止であった．よって，本シミュレーションにおける抑うつの行動的定義に行動の停止を用いる．

また，不安については，DSM-IV の全般性不安障害の基準に，筋肉の緊張，及び紅潮等の外部から観測可能な基準が挙げられている．また，その不安感情が発生する原因としては緊急時(Cannon, 1929)，あるいは心理的危険認知時(Beck & Emery, 1985) であるとされる．よって，本研究では 面接場面が緊急かつ心理的危険時に対応すると考えられる．

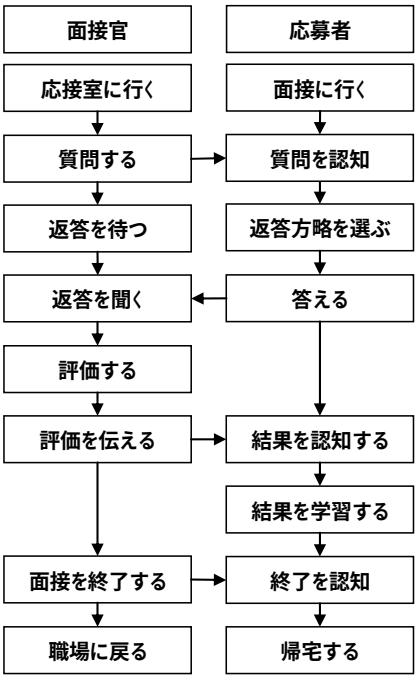


図 4.4 面接の流れ

4.6 結果

応募者の 3 種類の面接方略の報酬・罰値と面接官の選好バイアスを初期条件として調整し，シミュレーション実験を複数条件で行ったところ，感情に関係する変化が見られ，かつ，最終的に転職活動が成功するという条件が見出された．つまり，同一シミュレーション内に，面接中の緊張行動と，失職中の抑うつ行動，そして，面接に合格し，職業獲得目標から職業維持目標への推移を示す条件が見出された．これは，転職活動を始めて 40 日目に内定が出て，41 日目に就職するという条件である．この条件のシミュレーション結果を分析することにより，感情機構の挙動，そして，そこから分析される感情の種類，及び特徴を考察する．

まず，はじめに標準的な一日の流れや，応募のプロセス，そして面接の流れを，いくつかの変数を抽出して示すことにより説明する．

表 4.3 は，求人応募プロセスを示している．面接官の認知および発話変数と，応募者の覚醒，知覚，認知変数のみ示している．ここで，図 4.2 のモジュール群を持つ応募者エージェントが起床後，職業獲得目標を起動させることにより，応募を行い，環境中の面接官エージェントが応募書類を読んで，面接予約の連絡をしてくることにより，図 4.1 の面接予約プランまで完了し，面接プランを待っていることが示されている．エージェントの機構，環境内の状況，エージェントの持つ知識の協調により，図 4.3 のようなプロセスが進むことが確認される．

また，表 4.4 には面接プロセスの結果の一例が示される．このプロセスでは，感情モ

ジュールによるプラン選択が行われており, それに伴う感情値(emotion)や気分(feeling)の変化が確認される．また，プラン選択後に，運動調節モジュールや行動モジュールによる行動調節が行われていることが, 変数 motion_adjustment と action より確認される．この例は friendly 返答方略を応募者が取り，失敗に終わるプロセスを示している．

表 4.3 求人応募プロセス結果例

	interviewer		applicant						
time	cognition	utterance	arousal	catch	what	how	cognition	cognition_goal	cognition_plan
0/06:00			100	motivation	A_goal	job	no_job	A_job	
0/08:30	go_to_office								
0/13:00							applying		applying
0/13:01	read_application						applied		making_appointmen
0/13:30	set_meeting	make_appointmen							
0/13:31				hear	interviewer's_voice	make_appointmen	waiting_meeting		goint_interview
0/17:00	go_home								
0/17:01									
0/22:00			0						

表 4.4 面接プロセス結果例

agent	interviewer	applicant									
variables / time	cognition	catch	what	how	cognition	decision	motion_adjustmen	action	utterance	emotion	feeling
1/06:00		motivation								31	
1/06:01		null									
1/08:00	null				go_to_interview						
1/08:30	go_to_office				go_to_interview						
1/08:55	go_to_reception_room				go_to_interview						
1/09:00	start_interview				go_to_interview						
1/09:01	waiting_reply	hear	interviewer's_voice	introduce_yourself	start_introduction	friendly				20	positive
1/09:02	waiting_reply	decision	behavior	friendly	reply_friendly		reply_friendly			31	
1/09:03	waiting_reply	motion_adjustment	behavior	friendly	reply_friendly_adjusted			friendly_introduction			
1/09:04	waiting_reply	action	behavior	friendly	friendly_speaking				friendly_speaking		
1/09:05	friendly_speaking	hear	applicant's_voice	friendly_speaking	acted_friendly						
1/09:06	tell_the_negative_result	null	null	null	acted_friendly						
1/09:07	interview_finishing	hear	interviewer's_voice	sorry_you_don't_match	negative_result						negative
1/09:08	null	hear	interviewer's_voice	thank_you	go_home					21	
1/09:09		null	null	null							

さて，緊張と抑うつ行動の双方が確認されたシミュレーションの条件は以下のとおりであった．シミュレーション期間 60 日，応募者エージェントの面接，および返答方略に対する報酬，罰，感情値は表 4.5 のとおり．そして，面接官は ‘ 礼儀正しい（politely）’ 返答方略のみに正の評価を行うという選好を持っており，面接に成否で報酬値，あるいは罰値が 10 足されるというものである．1 日あたり，3 種の返答方略および返答自体に対する罰値は 2 ずつ自然減衰する．

表 4.5 応募者エージェントの初期報酬，罰，感情値

	friendly	honestly	politely	reply	all
reward	20	0	0	0	20
punishment	0	0	-20	0	-20
emotion	20	0	-20	0	0

応募者エージェントは 10 回の面接に行っており，最初の 3 回は最も成功経験の多い‘ ざっくばらん ’ 方略で回答するも失敗し，4 回目に ‘ 誠実 ’ 方略で失敗すると，抑制状態に入る（表 4.6）．その後，10 日後から再び面接には行くが，回答時に成功を予期できる返答方略がなく，‘ 不可能 ’ という判断が認知され，不安，緊張状態となる面接が 2 回続く．その後，‘ ざっくばらん ’，‘ 誠実 ’ 方略を再度失敗し，40 日目でこれまでとらなかった‘ 礼儀正しく ’ 方略を始めて採用し，立て続けに 2 回合格し，内定，入社にいたる．

表 4.6 意思決定値（decision）の推移

date	decision
1	friendly
2	friendly
3	friendly
4	honestly
10	impossible
16	impossible
23	friendly
32	honestly
39	politely
40	politely

観察される感情として想定されている不安感情および抑うつ感情と考えられる感情状態をシミュレーションから抽出するために，感情状態に関する変数の中で，特に valence と restrain を表で示す．

図 4.5 は感情機構エージェントの感情モジュールがシミュレーションを通じて計算している valence（感情価）の変化である．シミュレーションの初期では，失職はしたもののまだ面接の失敗は重ねていないため，職業獲得目標が持つ正の報酬値が寄与し，正の感情価で転職活動を続ける．しかし，面接の失敗を繰り返し，全体的に感情価が低下し，10 日目と 16 日目の面接では，著しく負の感情価を喚起する場面が現れる．これは，面接での 3 つの回答方略のすべてが負の値になり，面接中に回答方略として選択肢がなくなった時点で起きている．すなわち，面接官から回答を促されても方略がなく,覚醒度（arousal）が上昇している時点である．そして，覚醒度の上昇により，感情機構の統制がなくなり，図 3.6 の不安状態のように報酬，罰信号が交互に喚起された状態である．その中で，これまで正の職業獲得報酬値で相殺されていた面接場面での失敗の負の罰値のみが活性化され，著しい負の感情価に遷移している．

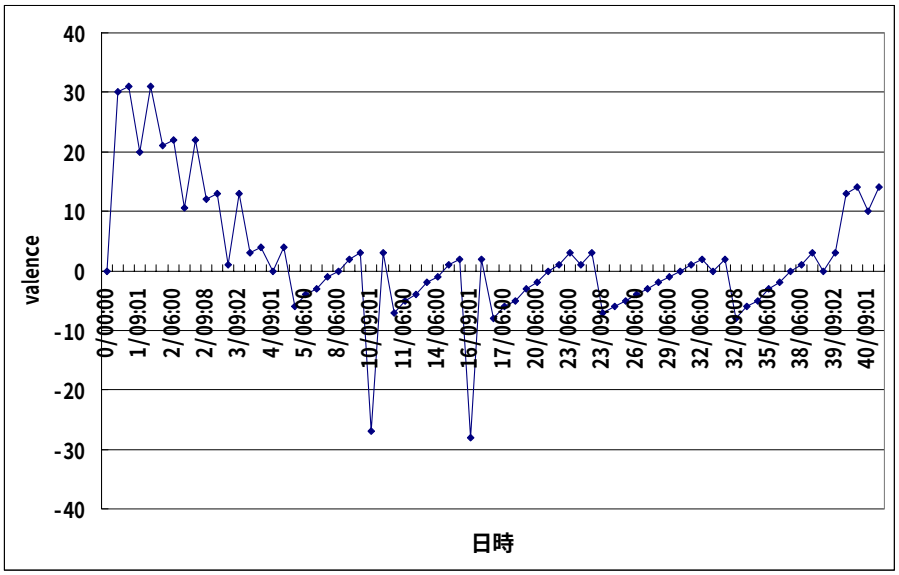


図 4.5　感情価の変化

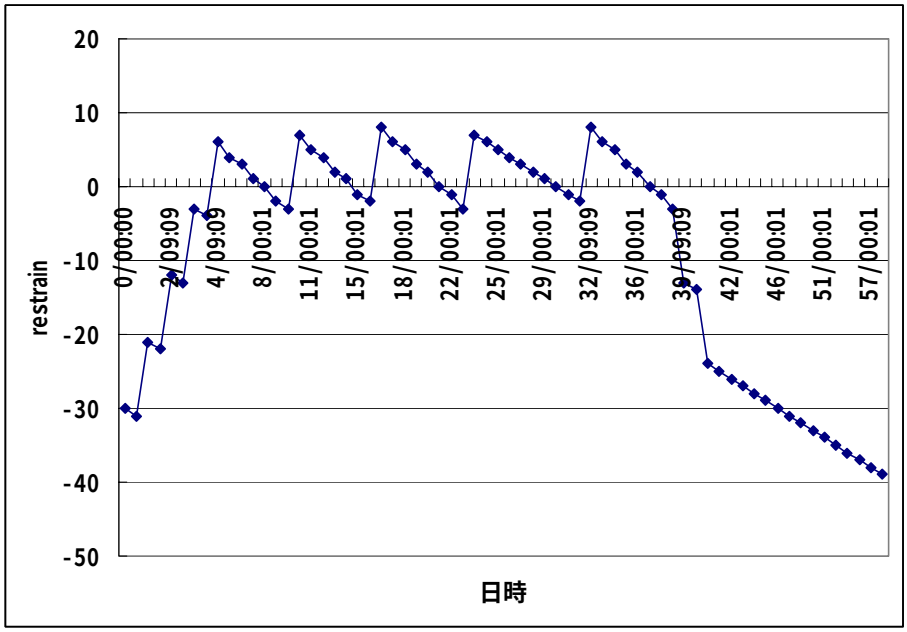


図 4.6　抑制値の変化

また，図 4.6 はシミュレーションを通じての抑制度（restrain）をあらわす．面接での失敗が続き，職業獲得目標の正の報酬値を面接方略の罰値が大きく超え，それにより 4 日目から 39 日目まで断続的に抑制度が 0 以上の値を示している．面接で失敗を繰り返すと，返答方略に対する罰値が増加し，(3)，(4)，(8) より，抑制値が増加し，職業獲得目標の実行を抑制する．よって，罰値の自然減衰により，抑制が解除されるまで応募者エージェントは自宅に待機する．今回のシミュレーションでは，抑制度 0 が閾値に設定

されており，これを超えると，現在，認知されている目標やプランが抑制されるようになる．応募者エージェントは職業維持目標を失った場合，代替目標としてよって職業獲得目標しか持っていない．また，職業獲得目標のプランも，応募して面接を受けに行くという 1 系統のプランの流れのみのため，抑制度が 0 を超えた場合，代替プランを選択できず，4 日目から 39 日目までは断続的に，転職活動を休んでいる．これは，図２のうつ状態に対応すると考えられる．

これらの状況は，野村の仮説の抑うつおよび不安の状態に合致するため，さらに認知，脳回路，および行動的側面についてその妥当性の検証と考察を次節でおこなう．

4.7 考察

4.7.1 対象感情の同定

はじめに，前節で抽出した 2 つの状態を不安および抑うつの DSM-４による定義と比較し，感情の種類の妥当性を検証する．そして，感情機構の大局的挙動を分析し，神経科学より提出されている感情の脳回路と比較する．また，エージェントモデリング分野，および認知モデリング分野の感情理論との比較として，感情機構，感情の認知評価理論と，本研究での感情喚起時の変数の比較をおこなう．

図 4.5，図 4.6 の覚醒度，抑制度が上昇した感情状態では，感情に関する変数だけでなく，それと連動して，感情機構全体が通常の過程から変化している．それぞれ，主要な変数をまとめると表 4.7 のようになる．ここでの特徴は，不安の際もうつ状態の際も行動可能なプランが見つからず，認知，感情モジュールで同じ計算を繰り返しているということである．また，プランが選ばれないため，運動調節，運動モジュールは機能しない．そして，知覚モジュールからは，直面している状況が入力し続ける．

表 4.7 不安および抑うつ時の各モジュール内の主要変数の値

（ア）不安時の変数

モジュール	変数	値/記号
認知	認知	方略なし
認知	気分	不安
感情	感情値	0以下
運動調節	運動調節	なし
覚醒	覚醒値	上昇
身体	表情	ストレス

（イ）抑うつ時の変数

モジュール	変数	値/記号
認知	認知	応募する
認知	気分	抑うつ
感情	感情値	0以下
運動調節	運動調節	なし
罰/抑制	抑制値	0以上
身体	身体状態	抑制

表 4.7（ア）では，変数‘feeling（気分）’は 0 以下の感情値と覚醒度上昇の組み合わせで‘不安’を気分として認知している．また，行為として，プランの報酬，罰値を交互に活性させ, プランを選んでいるため, パニック発作と解釈できる. よって, この状況は DSM-4 の社会不安障害の状況と合致すると考えられる．

表 4.7（イ）では，感情値 0 以下と抑制度 0 以上の組み合わせで，‘抑うつ’気分が認知されている．また，面接方略に対する報酬値が低下し，‘喜び’気分は抑うつになる前には認知していない．よって，この状態は DSM-4 の抑うつ状態に合致すると考えられる．

よって，野村の仮説をもとに構築された感情機構エージェントは，不安，および抑うつ感情の認知および行動側面で，人間の感情と同様の挙動を示すことがたしかめられた．

4.7.2 感情機構としての考察

次に，感情の脳回路と比較すると，表 4.7 の（ア）の状況は，貝谷（2002）の社会不安障害脳内機構モデルと本質的に一致している．図 4.7 に貝谷の脳内機構を示し, 図 4.8 に感情機構エージェントの覚醒度上昇時の挙動を示す．図 4.7 では大脳基底核内の線条体の機能およびそれを調節するドーパミン系，セレトニン系が低下する．そして，網様体からの覚醒系が直接視床を刺激し，視床，辺縁系，大脳皮質のサイクルを亢進させる．これは，図 4.8 での運動調節モジュールの低下とその原因である報酬系の低下，罰系の亢進に一致し，認知，知覚，感情，感情表出系のサイクルが亢進することと一致する．覚醒系が直接認知モジュールに影響を与える部分は一部違うが，覚醒モジュールが知覚ではなく，認知モジュールに入力したのは，モデルの単純化を目指したためであり，本質的には，認知，知覚，感情の系が神経伝達物質の 3 系の正常の範囲から逸脱した挙動により亢進するという点が一致している．

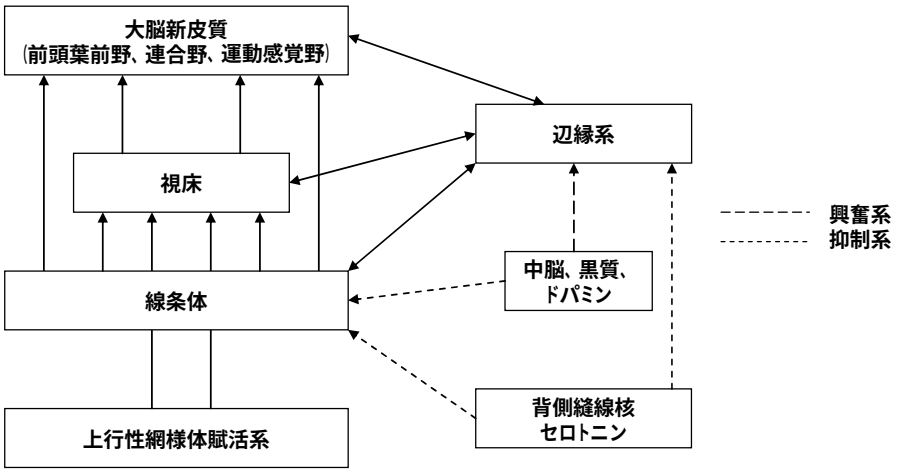


図 4.7 貝谷の社会不安障害の脳内機構モデル

（貝谷(2002, p. 112, 図 4-2)を引用）

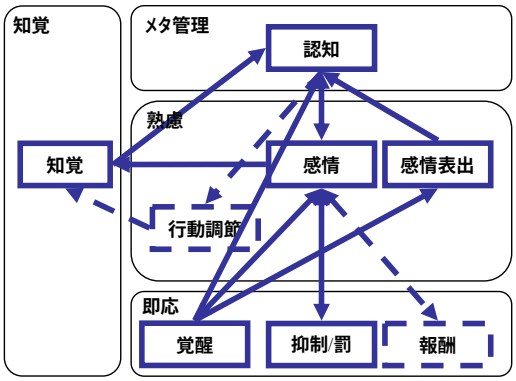


図 4.8 覚醒度上昇時の感情機構

（太実線：亢進，太破線：低下）

表 **4.7** の（イ）の抑うつ状態時の感情機構の挙動は，Drevets により提案されている抑うつ回路の中心部分と一致する（図 4.9, Drevets, 2000; Drevets et al., 1992）．図 4.9 は前頭前野,扁桃体,視床が覚醒し，このサイクルを調節するはずの尾状核，淡蒼球を通る基底核のサブ回路が機能低下に陥っている様を示している．その原因としてドーパミン系の低下が前頭前野，扁桃体，そして尾状核に影響を与えていると示唆されている．感情機構エージェントでの抑うつ時の機構の変動を見ると，プランの報酬値の低下と罰値の増加により，報酬系が活性化させなくなっている（図 4.10）．そして，抑制系の’restrain’が行動を抑制するため，運動調節モジュールは機能しない．しかし，知覚モジュールは機能し，状況を知覚し続け，認知，感情モジュールで計算をし続ける．この回路の挙動も不安状態の脳回路と同様，抑うつの脳回路と本質的に一致する．

よって，本機構の不安時および，うつ状態時の挙動は脳回路の大局的な回路の挙動と一致することが示された．図 3.6 のように，不安やうつは感情機構の基本の 3 系のうちの 2 系が閾値を超えて，異常に喚起した状態を示す．異常時の挙動との一致が示されたということは，感情機構の境界条件を確認したといえる．今回は報酬，抑制，覚醒の 3 系のうち，2 系の挙動の境界条件による確認を行った．躁状態の挙動はまだ確認していないが，本感情機構の基本 3 系のうちの 2 系が関係する感情過程はその機構の妥当性が証明されたと考えられる．

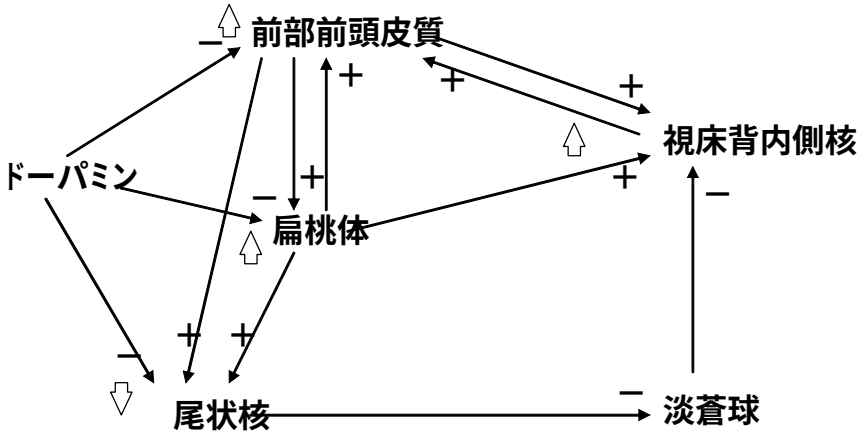


図 4.9Drevets の抑うつ回路

（再掲．Drevetz ら(1992, p. 3637, Fig. 7)を翻訳）

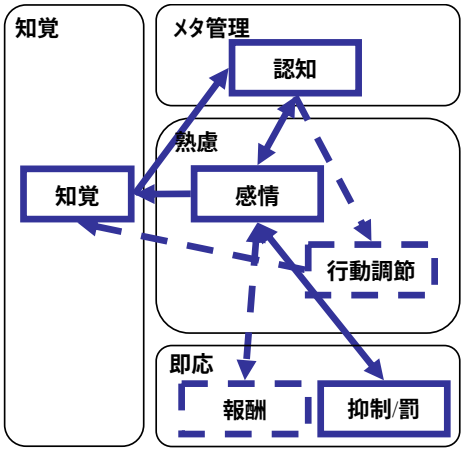


図 4.10 抑うつ時の感情機構の挙動

（太線：亢進，太破線：低下）

脳回路と比較して本感情機構エージェントの妥当性を主張したので，最後に，感情機構エージェントから類推される統合的感情脳回路を提案する（図 4.11, Breiter & Gasic, 2004; Drevets, 2000; 貝谷，2002）.

この回路では，前頭前野，視床，扁桃体の異常活性が見られており，それと同時にドーパミン神経系からの前頭前野，扁桃体，ビ城郭への投射の低下が見られる．これにより，前頭前野，扁桃体，視床回路は亢進する．また，尾状核，淡蒼球，視床は，本来，淡蒼球－視床回路が抑制性の結合である．本来は，淡蒼球の発火によって，視床を抑制し，前頭前野－扁桃体－視床回路の調節を図るが，尾状核へのドーパミン投射の低下と，前頭前野，扁桃体からの活性投射が尾状核の発火を低下させ，尾状核が淡蒼球を活性できない．そのため，この調節回路も機能していない.

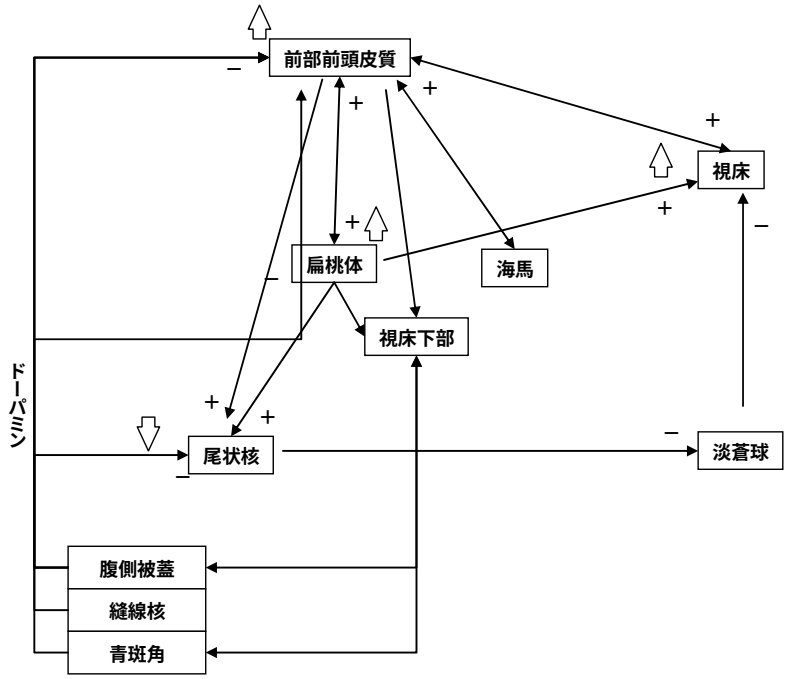


図 4.11 抑うつ，および不安の脳内異常亢進回路

再度，職業獲得目標の抑制状態および返答プラン実行時における回答なしによる覚醒状態の通常時とのプロセスの違いをまとめて示すと以下のようになる．

- 知覚モジュールから目標，あるいはプランを実行せよという入力が続くが，感情値が高いプランがなく，行動が出来ず，知覚，認知モジュールが同じ計算をし続ける．
- 同様に感情モジュールが可能なプランを計算し続ける．
- 通常であれば，起動する運動調節モジュールと行動モジュールが起動しない．
- これらの異常の原因は，報酬値が増加せず，罰値がそれを上回り増加するからである．

図 4.11 は，エージェントモデルの機構と対比すると，前頭前野，扁桃体，視床の亢進が，認知，感情，知覚モジュールの計算が続くことに対応している．

また，尾状核，淡蒼球回路は大脳基底核の回路で運動調節に対応するので，運動調節モジュールが起動できず，行動まで至らないため，視床に新たな信号を送れないと解釈できる．そしてその原因として，エージェントが直面している状況に対する報酬信号の低下，すなわちドーパミン投射の低下が対応して解釈される．

4.7.3 初期値およびパラメータ依存性について

本章でも 3 章と同様，追実験のための資料として初期値およびパラメータ依存性についての考察を行う．

認知感情機構エージェントにおける環境変数は面接官の返答方略に対する選好である．

今回のシミュレーションでは，3 種類の返答方略に対し，面接官は高く評価するか低く評価するかという選好を持つように設定されている．すべての方略を評価する場合にはエージェント内部の返答方略に関する罰値がどれほど高い状態から始まっても応募者は面接を合格し，最終的にはシミュレーションは終結する．しかし，罰値が自然減衰するまでは抑うつや不安の感情喚起が起きるかもしれない．また，3 つの方略すべてに負の評価を面接官が持っている場合，応募者は永遠に合格することができず，確実に抑うつ状態に陥る．3 つのうちいくつかの方略に対し高評価を持つ場合はその中間である．しかし，環境変数，すなわち面接官の評価だけで抑うつや不安が喚起することは無く，応募者自身の内部変数に間接的に影響を与えるという意味合いを持つ．

内部変数は表 4.5 のように返答方略の報酬，罰値を設定する．初期条件ですべての返答方略の感情値が負だと，4.4.5.2d)の即応系が働き，抑制モジュールが喚起され，抑うつ感情が喚起される．パラメータ依存性としては，3 章の感情機構エージェントと同様，報酬，罰値の学習，自然減衰による変化の大きさが影響を与える．それぞれ定数として定義される．3 章のエージェントでは 1 層，2 層の活性系と 3 層の調整系の拮抗で調整系が優位な場合，抑うつ状態となっていた．本章の認知感情機構エージェントでは，報酬値と罰値の 2 値の対比で活性されている両値の合計による感情価が負となった場合，緊急時である面接場面では覚醒系，それ以外の場面では抑制系が働き，抑うつとなる．3 章とは対比の仕方が異なるが，系としては抑制系部分は等価のアルゴリズムとなっている．

4.7.4 感情機構の進化側面の考察

前節で示された感情機構の異常な挙動は第 2 章の人工生命感情機構エージェントと比較すると，一見，異なるように見える．2 章のエージェントでは，エージェントの脳の第 1 層は行動するように活性し続け，第 2 層も行動に向けてのプランを選択しようとしていた．そして,第 3 層がそれに拮抗し，行動停止の信号を発しており，その拮抗が抑うつという境界を越えた感情の発現の原因となっていた．

本章の感情機構エージェントは不安や抑うつ状態となるとき，いずれも第 1 層の覚醒モジュールや抑制/罰モジュールが機能しており，第 3 層が抑うつ発現の中心部位であった人工生命エージェントと異なるように見える．

しかし，この一見異なるように見える機構は本質的にはまったく同様の機構となっている．本章の感情機構エージェントでは不安および抑制/罰モジュール上に閾値が設定されていた．そして，その閾値を超えた場合，緊張状態や抑制のプログラムが作動するような機能が備わっていた．ここでこの閾値は認知モジュールからの指令で感情モジュールで計算された変数を用いた閾値である．つまり，認知モジュールからの信号の流れがないと，第 1 層のモジュール群の特別な機能は作動しないのである．これは，人工生命エージェントで第 3 層のモジュールがほかのノード群にバイアスニューロン，すなわち

閾値の役割をするニューロンとして働き，閾値を超えたとき，他のノードが機能しなくなるという計算と同様である．つまり，第 3 層と第 1 層に役割が分けられていたように見えた 2 つのエージェントの機能は実は 2 つの層が相互作用することにより発現する同様の機能であったといえる．そして，これは人工生命エージェントのときと同様，第 3 層の認知層がなければ起きない感情状態である．

感情機構エージェントでは，第 2 層の感情モジュールがすべての目標・プランの計算を行っている．よって，脳の第 2 層までと長期記憶があればエージェントとしては機能し，また，感情状態も発現しそうだが，そもそも図 4.1 のような超高次の階層を持つ目標・プラン記憶は認知モジュールがなければ構成することができず，社会的な状況における人間のモデルでは複雑な認知および記憶が行える第 3 層が必要である．その上で，超高次の記憶に基づいたプラン選択の計算が行えなくなるとき，人工生命エージェントと同様のより低い層の機能を援用する感情状態が現れると考えられる．

4.7.5 他の感情エージェントモデルとの比較

本研究の感情機構を他のエージェントモデリングによる感情機構と比較することにより，その成果を確認する．比較対象として，本研究でも用いた Sloman の H-CogAff 機構を提唱する Scheutz(2004)の人工生命機構，野田(2004)が人工生命環境 StarLogo 上で構築した感情機構，そして MIT の Affective Computing Group が提案する感情エージェント（Affective Agents）を挙げる（Ahn & Picard, 2005）．

Scheutz のモデルは Arbib(1992)のスキーマ理論に従い，脳の機能のスキーマ単位でのモデリングを行っている．しかし，感情機構の最小単位に‘ 恐れ ’や‘ 怒り ’機構をそのままモデル化しており，感情機構自体をより低次の機構の挙動からの創発として解明することが出来なていない．しかし，本研究では，‘ 抑うつ ’や‘ 不安 ’モジュールという感情モジュール自体は導入せず，エージェント機構全体の異常状態の挙動として，感情機構を説明し，感情行動の創発を観測した．

野田による人工生命環境での感情機構は本研究と同様の脳に着想を得たエージェント機構を構築した．しかし，シミュレーションでは Scheutz のシミュレーションと同様，セルラーオートマタタイプの人工生命環境のため，エージェントの環境が人間社会の環境よりも低次で，人間の機構のモデリングには不適切だった．また，機構自体も環境の制約を受け，認知に対応するメタ管理層のモジュールを設けたものの，そこで処理する情報は知覚信号と同じ，低次の情報であった．本研究では，認知モジュールは，知覚，中央処理，行動列のすべてのモジュールを実際に管理する人間の脳機構と同様のモジュールとして構築された．よって，そこでシミュレートされた感情のシミュレーションも人間の感情シミュレーションとして認められるものである．

Picard グループの感情エージェントは，神経科学の結果からドーパミン神経系の回路

を報酬系を表す感情回路の中核として提案し，強化学習のアルゴリズムでエージェントの脳を構築する．彼らはこれを感情―認知学習及び意思決定（Affective-Cognitive Learning and Decision Making）と名付けている．発想自体は本研究と同様であるが，そのアルゴリズムの実装先がヒューマンインターフェイスロボット（Breazeal et al., 2007）であり，その機構の妥当性は人間のデータを用いては検証されない．本研究では，ドーパミン神経系だけでなく，セレトニン，ノルアドレナリン神経系も感情の基本機構として導入した．そして，そのアルゴリズムにより，人間の感情回路，及び感情行動を検証した．

4.7.6 認知機構としての考察

次に，機構の認知的側面に焦点を当て，感情状態を考察する．感情の計算認知モデルがこれまで拠り所にしてきた理論は，認知評価理論である．これらの理論は認知評価の次元を持ち，次元の変数の状態に応じて，喚起される感情がきまる．これらの認知評価次元を本研究で構築された感情機構エージェントと比較し考察する．

比較対象として，本研究と同様に計算認知機構に認知評価理論を実装している Gratch と Mersella（2001）により認知機構 Soar 上で実装された EMA 理論をとりあげる．
EMA 理論は全部で 7 つの評価次元を持つが，そのうち，2 つの評価次元‘望ましさ’(Desirability)と‘確からしさ’(likelihood)によって基本的な感情状態の気分(feeling)を定義する（表 4.8）．この 2 次元は初期の Soar-emote でも比較対象としてとりあげられている（Marinier & Laird; 2004）．

表 4.8　EMA 理論による感情（気分）の定義

(再掲．Marinier & Laird(2004, p. 173, Table 1)を翻訳)

感情 (気分)	評価の合計
喜び	望ましさ＞0，確からしさ＝1
期待	望ましさ＞0，確からしさ＜1
恐怖	望ましさ＜0，確からしさ＜1
落胆	望ましさ＜0，確からしさ＝1
怒り	望ましさ＜0，対象

ここで表 4.8 を見ると，確からしさが 1 の場合が，すでに結果が確定している出来事に対しての感情であることがわかり，また，確からしさが 1 以下の感情がこれから起こりうることに対しての，感情であることがわかる．

本研究では，結果が確定した後の感情としては，面接の結果を知った場面が挙げられる．面接の結果を知った後に，それが合格だと，応募者エージェントは環境中から知覚した合格の情報を長期記憶の中の報酬値がついた記憶とマッチングさせ，‘valence’が正

となり，‘feeling’は‘positive’となる．また，不合格の場合，同様のマッチングが起こり，‘valence’が負となり，気分は‘negative’となる．感情の認知を表す気分において報酬および罰を表す気分を‘joy(喜び)’や‘dismay(落胆)’ではなく，‘positive’あるいは‘negative’としか表現しないのは，エージェントが感情についての知識，語彙を持たないためである．

また，これから起こりうることに対しての感情状態には，面接で返答する前の場面でのエージェントの状態が該当する．この場面では，エージェントは，長期記憶から過去の面接回答方略の記憶を引き出し，その報酬値と罰値が喚起される．気分としても，‘正(positive)/負(negative)’が認知される．

さて，これでは，結果前と結果後で感情の区別がつかないが，上記したように，覚醒度や抑制度を導入すると，感情の種類の区別がつくようになる．回答前の状態で答える方略がなくなると覚醒度が上昇し，同じ気分は不安となる．また，面接後の抑制度が 0 を超えた場合は‘抑うつ’となる．よって，EMA 理論の‘恐怖’がエージェントの‘不安’に対応し，‘落胆’が‘抑うつ’に対応していると考えられる．エージェントは，覚醒度および抑制度と感情価の組み合わせとして，特別に‘不安’および‘抑うつ’という気分の語彙を持っていたため，EMA 理論との比較が可能となった．しかし，感情機構エージェントにおいて，感情価，覚醒度，抑制度は連続的な変数であり，その組み合わせは 3 次元の座標系の任意の座標で表される．つまり，表 3 のような，非連続的な組み合わせで感情状態が決定するわけではない．もし，エージェントに表 3 のような定義の感情の語彙を与えれば，自身の内的状態に合わせ，気分として感情語彙のついた気分を認知するかもしれない．しかし，感情語彙なしでも，‘恐怖’そして‘落胆’の区別は感情価，覚醒度，抑制度という数値の組み合わせで可能である．感情価が EMA 理論の望ましさに対応し，確からしさは直接，対応する変数はないが，エージェントが目標に対しプランを選択する際の状態は確からしさ 1 以下の状況であり，学習時の結果認知の状況が確からしさ 1 の状態と考えられる．

ここで，‘喜び’と‘期待’の区別は行っていない．これは，今回，エージェントモデルで正の感情機構をモデル化の対象としていないためである．

さて，これまでの分析でわかったように，基本的な感情機構のみで，認知評価理論の評価次元を説明することが出来た．これにより，Pfeifer(1994,1999)により指摘された古きよき人工知能（GOFAI）が陥りやすい‘過設計’の問題点を回避することが出来たと考えられる．EMA 理論で用いられる ‘望ましさ’や‘確からしさ’という因子は心理学的には立証できるが，計算機構上での物理的根拠は示せない．よって本研究ではそれらの認知評価次元は導入しなかったが，結果として認知評価過程を説明できたことは，本研究の感情機構が認知評価理論と矛盾するものではないことを証明した．

本研究では，脳化学の基本的な感情機構の仮説と，計算認知科学における知識表現，認知感情機構を導入し，感情機構エージェントを構築した．そして，その感情機構エージェントが，人間の感情状態，すなわち，抑うつ，および不安の行動，脳回路，そして，

認知評価的側面に矛盾しない機構であることを証明した．よって，この感情機構が人間の妥当な感情機構の基礎となりうることが証明された．

また，妥当な機構上での，機構側面からの感情の定義として，不安とは感情価の低下により覚醒度が上昇し気分が不安となり，プラン選択が特殊な状況と定義された．そして，抑うつとは感情価の低下により，抑制度が上昇し，気分が抑うつとなり，実行中の目標とプランが停止される状況と定義された．

4.8 結論と課題

本章の成果は，

- 脳機構を基にした基本的なエージェント機構により，感情機構を説明した．
- 感情機構が内的機構として，脳研究の成果と一致し，その妥当性が確かめられた．
- シミュレーションの外的環境設定が実際の人間社会に対応して設定されたため，エージェント機構に入力する情報が，低次の環境知覚情報ではなく，複雑な社会情報となり，人間社会のモデルとして感情行動が観察された．

の 3 点となる．

今回は社会エージェントシミュレーターを用い，モデリングを行った．そこで，時間単位も 1 日サイクルの実際の社会の時間単位でシミュレーションを行った．しかし，そのような長期的な時間を扱うため，シミュレーターの最小時間単位は 1 分と設定されている．実際の認知過程は，ミリ秒単位で起こり，それは SOARS 上では計算できないため，細かい認知プロセスは時間縮尺を無視してシミュレーションを行った．SOARS の時間制約は計算時間の爆発を防ぐため変更できないので，モデリングの方法論で対応するか，外部の Java モジュールを認知計算用に開発する必要がある．

今回の機構の妥当性の根拠として挙げた脳機能イメージングデータは，まだ，情報が限られている部分がある．Breiter(2004)のまとめている 2004 年時点のデータでは 3 テスラの fMRI により金銭，美（美人の顔），薬物（コカイン），痛みという種類の違う目標に対する脳内の発火の違いが明らかにされている．現在では 7 テスラの fMRI まで実用可能であり，より詳しい目標，プランの種類の違いによる脳内過程のデータが求められる．（中田，2006）

また，実社会の状況を扱う場合には，本研究のようにボトムアップアプローチに従い，単純化した状況ではなく，複数の目標が影響しあってエージェントの目標を構成するような状況が発生している．また，そのような目標を解決するためにはより複雑な認知過程を行っていると考えられる．このようにより複雑な状況をモデル化するために，職業場面におけるエージェントの価値観，能力，性格等評価可能な項目をまとめた人事評価オントロジーを製作中である．(Noda, 2006) 観察者の側から見たエージェントの評価指標をエージェントモデリングに使用可能な形でまとめることにより，より複雑なモデリ

ングが可能になると考えられる．

上記の 3 点を並行して進めることにより，より精緻な感情モデリングが可能であると考えられる．

生物学に着想を得た認知機構という研究の流れは，米国でも始まっている．2005 年より DARPA（Defense Advanced Research Program Agency）（2005）で BICA（Biologically Inspired Cognitive Architecture）という研究プロジェクトがスタートしている．ここでは，米国の有力な大学，企業が脳に着想を得た認知機構の研究を行っている．ここでは計算認知機構グループは 4 グループ参加している（Act-r, Soar, MIT Media 研究所, MIT CSAIL）．

これらのグループの機構と比較すると，脳回路と対応付けて人間の認知計算を研究しているのは Act-r と Media 研究所の一部のロボットのみで，その点は本研究も進んでいるといえる．しかし，本研究の機構の足りない点は，言語の機構であることが示唆される．上記したように認知モジュールの機能はまだ充分でない．その中で，エージェントが環境から知覚した情報を学習する際に，社会的な知識の単位となるのは言語的な概念単位と考えられる．これは，Soar-emote を研究している Marinier も指摘するところで，Soar-emote は NL-Soar という自然言語処理のモジュールを援用し，認知部分を強化している．また，Media 研究所のロボット群も cognitive machine group という研究グループを中心に，言語機能を持ち，人間とコミュニケーションする機能を，感情ロボットを研究する Affective computing group のロボットに実装している．よって，本研究も言語の機能を強化する必要があると考えられる．

また，その上で第 2 部で論じられる人事評価のオントロジーと接続することにより，本研究で取り上げた採用面接場面で行われている評価の，人事評価項目を用いた説明が可能となると考えられる．

感情機構の拡張としては，正の感情機構，すなわちドーパミン系の感情機構のモデル化が必要であると考えられる．これは，戸田（1992）が説明している出来事の結果後の‘喜び’感情の機能を，より下位の機構レベルで実現できるような機構の構築が必要である．

臨床心理学からの視点としては，ストレスコーピングの視点から，本研究のような身体的に統合的な視点であるトレス反応に対処する手法を開発しようという要請がある（伊藤; 2006）．そこでは，心理療法の一形態である認知療法に問題解決の概念を取り入れ(伊藤; 1994)，認知側面の説明を認知心理学の知見から行っている．しかし，身体，生理部分のモデル化が充分でないため，本研究の機構が貢献している（野田; 2006）．しかし，上記のとおり，認知機能が充分でないため，言語機能の強化にあわせ，問題解決等の認知機能を拡充する必要がある．認知機構での感情研究における問題解決という視点は， EMA 理論および Soar-emote でも，問題解決コーピングおよび感情指向コーピングという分類で進められており，本研究でも進める必要がある．

第2部　人事評価情報の可視化，知識共有への認知科学の応用

– エージェントモデリング及びオントロジーを用いて–

第 2 部では，第 1 部で構築した認知感情機構エージェントの社会応用を検討する．はじめに企業人事管理システム構築における方法論の先行研究分析を行い，その課題を明らかにする．さらに，現代日本で発生している企業人事における問題も指摘する．解決の方法として，認知科学と社会の接点を考察し，認知科学は社会システムの「認識」,「設計」,「合意形成」に有用であると考察し，応用技術として「可視化」と「情報共有」のツールであるオントロジー技術とエージェントシミュレーション技術を導入する．また，分析のフレームワークとして人事評価フレームワークを導入し，人事評価におけるコンフリクトについて分析する．コンフリクトを解消するための方法として認知感情機構エージェントに加え，人事評価オントロジーとビジネスプロセスシミュレーションを導入する．ビジネスプロセス例として企業の採用面接のビジネスプロセスを取り上げ，ビジネスプロセスを明らかにする．さらにパイロットシミュレーションとして採用面接シミュレーションを認知感情機構エージェントおよび人事評価オントロジーを用いて考察する．最後に第 2 部で提案する認知感情機構エージェントを用いた人事評価オントロジーおよびビジネスプロセスシミュレーションについてその導入業界を具体的に考察する．

5. 企業人事管理システム構築の現状と課題

本章では第 1 部で構築した認知感情機構エージェントの社会応用について考察する．先行研究として筆者の出身学派である Schank 学派の成果が応用されていた企業人事分野について先行研究とその課題をまとめる．また，計算認知科学が社会システムに対して貢献できる分野を考察し，社会システムの「認識」，「設計」，「合意形成」に対して貢献が可能であると仮定する．また，応用技術として「可視化」と「情報共有」のツールであるオントロジー技術とエージェントシミュレーション技術を導入する．分析のフレームワークとして人事評価フレームワークを導入し，人事評価におけるコンフリクトについて分析する．最後にコンフリクト解消の方向性としてオントロジー技術とエージェントシミュレーション技術を用いた認知感情機構エージェントの可能性を考察する．

5.1 企業人事システム構築における先行方法論と課題, そして解決の方向性

企業全体の企業管理システムを構築する際にそのビジネスプロセスを設計するために図 5.1 のようなフレームワークが導入することができる(Simon, 2007a). 図 5.1 は筆者が在籍していたアンダーセンコンサルティングが提唱した Business Integration という Business Process Reengineering(BPR)手法の概念図である(Hammer & Champy, 1993). 経営戦略を策定した後，その目標を達成するための「人」の行動様式を変革・定義し，同時に「情報技術」を用いて「ビジネスプロセス」を変革・定義するというものである．BPR が提唱された 1990 年代に欧米経営コンサルティング会社を中心に数々の方法論が提案された（Simon, 2007b）．1997 年時点でアンダーセンコンサルティングのシェアはその中で第一位であった（Simon, 2007c）．

視点を変えて企業管理システムの中で人事分野の設計を中心に考えると，図 5.1 の図は図 5.2 のように組み替えられる．企業戦略から「人」，「もの」，「金」の業務プロセスを策定し，それと同時にその業務プロセス上での社員の行動を規定する．業務プロセスと行動を規定するための基盤として, 情報技術（人材開発）, 組織, 人的資源管理（Human Resource Management: HRM）システムがある．業務プロセスは情報技術を用いて情報処理システム上に構築されると同時に，人材開発として研修により社員に伝播される．業務プロセス上での社員の行動を規定するために組織構造と職位毎の職務が規定される．そして社員の行動全般を規定するシステムとして HRM システムが構築される．実際の企業活動においては上位から下位への矢印だけではなく，下位から上位への矢印も起こりうるがシステム構築を考えると上位から下位への流れが取られる．

それぞれの基盤領域について設計方法論を学術領域から引用すると表 5.1 のようになる．BPR は MIT コンピューター科学科の Michel Hammer が Champy（1995）との共著で主張した情報技術も用いてビジネスプロセスを再構築する方法論である．古くは経営学者の

Drucker も研究していた．この BPR により規定されたビジネスプロセスを研修として社員に教育するための方法論として，筆者の認知感情機構でもその目標・プラン知識表現理論を用いた Schank の事例（case）という知識表現概念とその学習理論に基づく事例ベース学習構築方法論が開発された．この方法論は 1990 年代の大規模な E-learning システムにアンダーセンコンサルティングにより実装された．組織設計においては March と Simon(1993)による『オーガニゼーションズ』が古典として用いられてきたが，実務ではあまり参照されることなく，階層型/ネットワーク型等の組織構造論と古典的な職務分析がモデリングの手法であった．例えば階層型の組織においては最上位のミッションやビジョンが階層的に下位の職位に細分化されその細分化されたミッション・ビジョンにより各職位の職務が規定されるというモデリング方法論である．HRM システム設計においてはその中心システムである人事評価システムの評価項目の設計概念としては McClelland のコンピテンシー概念が広く用いられ，運用概念としては Drucker による目標管理制度が広く用いられてきた(Spencer & Spencer, 1993; Drucker, 1954)．ここで企業人事管理システムにおける各構成要素をまとめると図 5.3 のようになる．人的資源管理（以降 HRM: Human ResourceManagement）システムは企業の経営戦略システム及び経営管理システムの根幹を成すシステムの 1 つであり，そのサブシステムとして，人事評価を中心に，採用，報酬，配置・異動，CDP (Career Development Program)・人材開発，昇進・昇格，退職・解雇等のシステムがある．人事管理システムの中核には評価システムがあり，その評価基準を用いて他の各サブシステムが定義される．研修システムも評価システムと連動している．

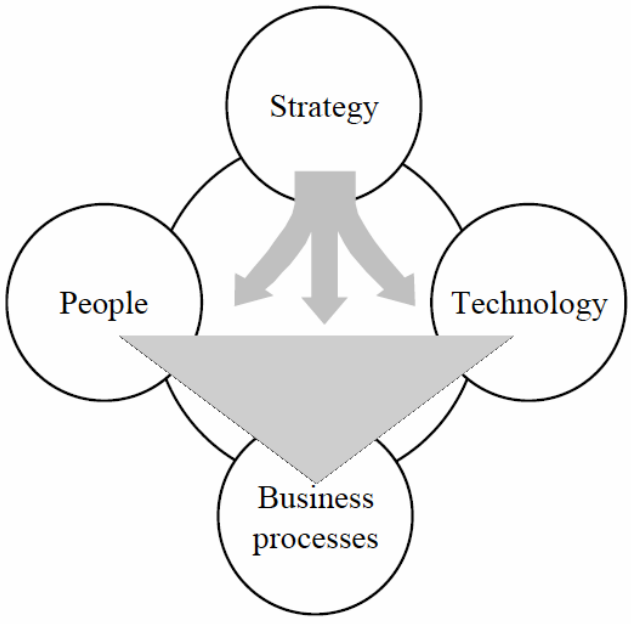


図 5.1　Andersen Consulting Business Integration (Simon (2007a)より転載)

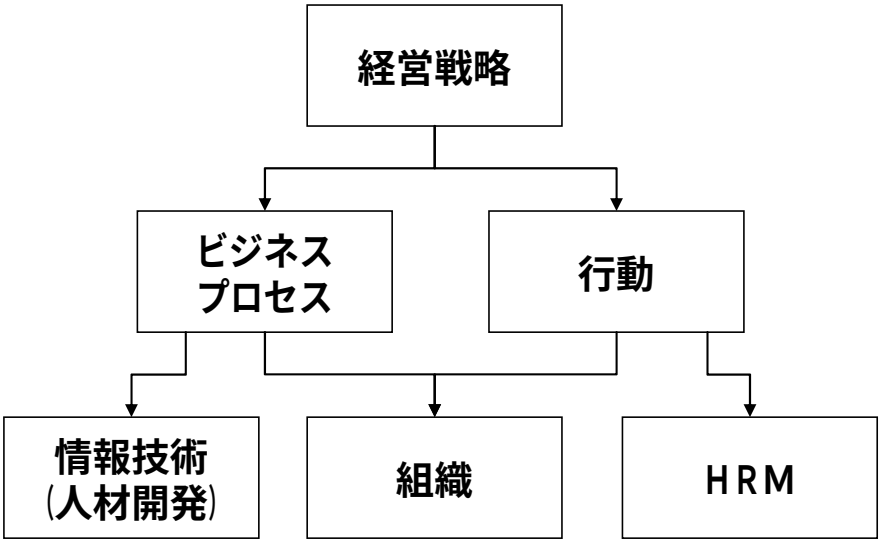


図 5.2　人事管理システムの視点

表 5.1　各基盤領域の方法論の学術背景

領域	学術的背景	提唱者
人材開発	事例ベース学習	Schank
	BPR/M	Hammer, Drucker
組織設計	計算組織論	Simon
人事 (評価) 制度設計	目標管理制度	Drucker
	コンピテンシー	McClelland

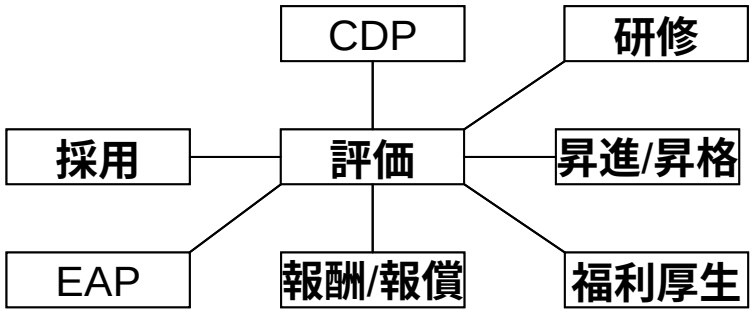


図 5.3　人事管理システムのサブシステム群

この図 5.3 のサブシステムの関係と各システムの構築方法論である表 5.1 における根本的な課題を分析すると 2 点の問題点が挙がる.

1 点目の問題点としてビジネスプロセスと組織設計は連結しているが, 人事評価制度の評価項目は乖離していることが多いということである. これはその原因を 2 つの問題に分解できる. ミッション・ビジョンのブレイクダウンによる組織・職務設計, ビジネスプロセ

ス設計や，目標管理制度はすべて目標と手段（プラン）という上位下位の細分化概念で説明できるが，コンピテンシーは下部構成要素として能力，動機，特性，自己イメージ，知性といった概念を持つ心理学的な概念であるため，構成概念間の連結が難しいということが考えられる．1990 年代後半から人事評価制度における人材要件設定に用いられるようになったコンピテンシーはそれまで人材用件を設定するために用いられてきたいわゆる KSAO(Knowledge, Skills, Abilities and Others)と違い，人間の知識や行動としての能力の種類だけを列挙すればよいわけではなくなった．動機とはその人材がどのような事象に対して行動するかの方向性を示す概念であり，感情とも関係が深い．特性はいわゆる性格と呼ばれるものと重複しており，行動の種類だけでなく，その実行頻度の傾向を反映しいてる．自己イメージは自身で自分のことをどのように認識するかという自己反映（Self-reflective）な概念を内包している．筆者は，90 年代後半に企業の人事評価システムを構築する中で，企業の組織分析，職務分析（業務プロセスの定義）の結果分析される各職位の職務の定義と，それを実行する人材に必要な人材要件（コンピテンシー）の関連を説明することに困難を覚えた．

これは 2 点目の問題と関連してくる．目標管理制度の運用において，設定される目標がどのように自身の職務と関係しているかが明確にできないという点が頻出する．これは目標管理制度がすべての被評価者である社員自身に目標を立てさせるように定義されており，人事評価制度構築の専門家も実は職務とコンピテンシー概念を統合できていない現状では，コンピテンシーほど複合的な概念ではなく，単に目標を設定するように指示される社員でも，目標設定やその達成プロセスの設定の支援方法が方法論として十分でないという現状では適切な目標設定はほぼ不可能である．

筆者が当時，コンピテンシーを説明できる（動機や自己イメージを含む）人間モデルを調査したところ，社会心理学の一分野である産業・組織心理学においては，性格や態度，コンピテンシーといった人材の側面を描写する説明モデルはあるものの統合的な人間モデル（入力から処理を経て出力を返す動的な人間の法則/理論）は存在しないことが明らかとなった．あえて，産業・組織心理学をベースとした人事コンサルティングを行う専門家に統合的な人間モデルを問うと，基礎心理学における古典的な学習理論に基づく S-R 図式の人間観が根本的な人間モデルとして返ってきた．しかし，守（1995）にあるように 1995 年時点で既に認知心理学は主流となる統合的な人間モデル（Act-r，Soar）をすくなくとも 2 つも持っており（他にも研究としては多数理論がある），また，企業人事分野には Schank の学習理論が応用されていた．だが，これらの認知心理学の発展は，産業・組織心理学の主流な人間描写モデル（コンピテンシーモデル）にはまだ及んでいなかった．

研修構築で用いられている目標・プラン概念や事例，場面（Scene）概念を含む Schank の学習理論は少なくとも人事評価制度の運用制度である目標管理制度や業務プロセスとは親和性が高かった．しかし，コンピテンシーを説明するためには十分ではなかった．それは Schank の理論が人間が保有する知識とその学習に焦点を当てており，動機や自己イメー

ジ等の感情や複雑な認知が関係する過程を説明する人間モデルを持っていなかったからである．“ 目標ベース想起 ” や “ 失敗による学習 ” といった動機や感情と関係の近い概念は持っているものの，それらの概念は知識の想起や学習の際の説明モデルとして登場するだけでその中心は人間モデルではなく，人間の持つ知識モデルであった．

Schank の理論を用いたモデルの中で唯一，認知および知識だけでなく，感情および人間モデルを構築した研究が 2.2 節で紹介した FEELER である．そこで筆者は日本で Schank 理論を用いている東京工業大学の徃住と Zurich 大学の Pfeifer の元，感情機構の研究を行った．その成果が本論文 3 章の感情機構エージェントである．しかし，そのエージェントは人間レベルではなく，原始的な人工生命レベルであった．そこで，その感情機構エージェントを拡張し, 認知感情機構エージェントを構築した. 認知感情機構エージェントでは, Schank の目標・プラン型知識表現はもとより，動機を説明できる目標が喚起し行動まで至る機構，そして重み付けされた目標・プランを単に処理するだけでなく，それらの知識を上位から監視するメタ管理層を持ち，自己イメージなどのメタ認知的な知識を表現できる可能性も持つ．さらには知識表現研究の発展系として研究されてきたオントロジーとの親和性も高く, 実際に以下の章では 2000 年以降に起こってきた現代的な人事上の問題を解決するため，認知感情機構エージェントにオントロジーを接続し，モデルを構築する．

さらには，Schank の知識表現理論自体は，ビジネスプロセスをモデル化した事例ベース学習による E-learning システムとして応用されてきた実績があるため，それを拡張した認知感情機構エージェントは，目標管理制度になじみやすく，かつ，コンピテンシー概念を説明できる可能性があるので，説明力の高い，目標管理シミュレーターになる可能性がある． このような背景により，第 1 部の基礎研究としての認知科学における成果は，そのまま応用としても検討することが可能である．

5.2 認知感情機構の人材モデルへの適用可能性および範囲

前節で認知感情機構エージェントがコンピテンシーモデルを認知感情機構エージェントにより説明できる可能性があることを指摘した．コンピテンシーモデルは複合概念による人間の心理学的モデルである．ここで計算認知科学・人工知能研究の成果である認知機構が人間の心理モデルの表現にどこまで適用可能性があるのかを考察する．第 1 部で競合先行研究として取上げた 4 つのグループも含めて, 認知機構が McCllerand のコンピテンシー概念という複合的な概念をどれほどモデル化できる可能性があるか論じる．前節ではコンピテンシーを下部要素である動因，特性，自己イメージ，知識，スキルという項目を用いて複合概念であると説明したが，ここでは，具体的な企業での人材モデルのモデル化範囲を明らかにするために，それぞれの下部要素の複合体である企業内の人間のモデル化対象領域を示す．

表 5.2　コンピテンシー分類

分類	コンピテンシー
達成とアクション	達成重視
	秩序,クオリティー、正確性への関心
	イニシアティブ
	情報探求
支援と人的サービス	対人関係理解
	顧客サービス重視
インパクトと影響力	インパクトと影響力
	組織の理解
	関係の構築
マネジメント･コンピテンシー	他の人たちの開発
	指揮命令―自己表現力と地位に伴うパワーの活用
	チームワークと協調
	チーム･リーダーシップ
認知コンピテンシー	分析的思考
	概念的思考
	技術的/専門的/マネジメント専門能力
個人の効果性	セルフコントロール
	自己確信
	柔軟性
	組織へのコミットメント

表 5.2 は McCllerand のモデルを用いているヘイ社のコンピテンシー分類である(Spencer & Spencer 1993). 大分類で 6 つの分類に分かれ，小分類で 20 の分類が見出されている．それぞれの小分類がコンピテンシーの下部構成要素（あるいはその複合体）を複数持つ項目として定義されている．ここでこの大分類の 6 つの分野について，認知機構先行研究および本研究で取上げた認知感情機構エージェントがどれだけモデル化能力があるかを示したのが**表 5.3** である．ここで本研究の認知感情機構エージェントはそのフレームワーク全体ではなく，第 4 章で実装した単純なシミュレーションでの表現能力のみをさす.

表 5.3 認知機構の人間モデル表現力

	Act-r	Soar	認知感情機構エージェント	Schank
達成とアクション			レ	レ
支援と人的サービス				レ
インパクトと影響力				レ
マネジメント･コンピテンシー				レ
認知コンピテンシー	レ	レ		
個人の効果性			レ	レ

表は左から順番に認知モデルの時間分解能順に並んでいる．Act-r は 10ms 単位の認知機能をモデル化しようとする認知機構である. Soar は 100ms 以上の認知過程をモデル化する．本論文の認知感情機構エージェントは時間単位は厳密にデータと比較しないため，秒単位から日単位の過程をモデル化する．また，Schank 学派の知識表現はもともと自然言語理解研究内で人間がどのように世界を理解しているかモデル化するために導入されたものであるため, 表現される知識は人生にわたるものまである．逆に一般的に Schank 学派の研究は認知機構とはみなされず，その知識表現を持ちいて認知モデルを作成した場合（FEELER のような）一般的認知機構ではなく, 特殊な対象についての認知モデルとしてみなされる．

さて，Act-r や Soar が得意とする分野は数学計算なのどの認知能力やプロダクションシステムによる意思決定過程，推論過程なので，当然，認知コンピテンシーという思考方法やその能力の程度についてのモデル化能力が高い．これは人事実務では知能テストや学力テストなどで図られる項目である．

認知感情機構エージェントについては，採用面接での応募者エージェントの表現能力は，どの目標をどの程度の強さで持つかという“達成とアクション”で示されるようなある種の目標に対しての動機付け程度，行動の傾向のをモデル化できる点と認知モジュールによる自身の行動の認知において“セルフコントロール”や“自己確信”に代表されるいわゆる EQ 的な能力を表現できる能力がある．

そして，Schank の知識表現については，ダイナミックな環境内でのエージェントの行動としての“達成とアクション”や“個人の効果性”は表現できないが，知識表現としてのそのような人材モデルの描写は目標，プランやその複合体としての性格表現で描写可能であることは検証されている(Carbonnel, 1980). また，対人関係を含む“支援と人的サービ

ス”,“インパクトと影響力”,“マネジメントコンピテンシー”も別の知識表現単位である“プロット単位”や Michela ら（2004）による追加的な社会心理学の概念群を用いると可能であることが示されている．

認知感情機構エージェントは第 4 章では単純な感情過程に焦点を当てたため，人間モデル，特に認知部分と知識表現の複雑性が低いが，知識表現は基本的には Schank の知識表現群が搭載可能であるため，認知コンピテンシー以外のコンピテンシー群は表現可能であると考えられる．実際により複雑な環境の知識やエージェントの行動をモデル化したり，対人関係やその知識を含むものをモデル化するためには，環境自体の複雑化，そして，知識表現の複雑化が必要である．しかし，Soar や Act-r と違い，詳細な認知過程の傾向をモデル化するというより本来，思考にも影響するが行動にも影響を与える感情というものをモデル化することに焦点を当てた機構であるため，認知コンピテンシー以外の感情，知識表現，および行動が関係するコンピテンシーがモデル化可能範囲である．

5.3 人事評価システムの現状と問題

本節では 5.1 節で明らかとなった HRM システム，特に人事評価システム上での 2 つの方法論自体が持つ課題に対して，環境要因としての現在日本において特に発生している問題を分析し，全体としての人事評価システムにおける課題を明らかにする．

これまで多くの日本企業は終身雇用のもと，長期勤続を前提とする正社員の採用，評価を中核に HRM システムを構築してきた．しかし，近年，企業における人材調達や雇用形態は多様化してきている．正社員の他，パート・アルバイト，派遣社員，請負労働者，アウトソーシングなど，企業の主要な活動を支える人材を非正規雇用によって調達する割合が増加している．総務省統計局「労働力調査」によると，1995 年に 20.9%だった非正規雇用の割合は，2006 年 7～9 月期では 33.4%と大きく上昇している（総務省統計局, 1996，2006）．また，転職や企業グループ内の別会社への転籍出向も一般的に行われている．

しかしながら，多くの企業では，メンバーのほとんどが長期勤続の正社員で構成されている組織を前提とした HRM システムが根強く残っており，非正規雇用や転職・転籍の積極的な活用を支える HRM システムの整備が遅れているのが現状である．終身雇用を前提とした人事評価と比較して，非正規雇用の増大や，転職・転籍が一般的になった状況での人事評価システムは，被雇用者を正当に評価するに足る十分な情報が評価者側に提供されにくいという情報共有の問題が大きい．また，企業内部における情報処理システムが部門別や目的別に個別に構築され，システム間の情報共有ができないというシステム間の相互運用性の問題があることも指摘されている（平田他，2001）．非正規雇用は個々の部門や特定のプロジェクトチーム内部で管理されることがしばしばあり，例えば，営業部門のシステムには契約社員も含めた全メンバーの活動情報が入っているが，人事

情報システムには正社員の情報しか入っていないため，契約社員と正社員の双方の実績を踏まえた人事評価ができない，といった状況等が想定される．

一方，被雇用者側から見た場合，1 つの会社だけでキャリアを形成するわけではないため，企業内の HRM システムにとどまらないより範囲の大きい社会システムとしてのキャリア形成を支援する仕組みの構築が求められてきている．こうしたその要請に応える形で，例えば雇用の流動性が比較的高いといわれる情報処理産業技術者に対するスキルを評価する基準として，経済産業省は IT スキル標準を策定し，独立行政法人情報処理推進機構(IPA) が管理を行っている（平田他，2004）．また，人材派遣業を中心とした業界団体は，人材データを企業間でシームレスに活用するための HRM 情報システム上の標準的な枠組みである HR-XML を米国から輸入し，HR-XML JAPAN コンソーシアムを形成している（日本人材データ標準化協会, 2007）．

このように，HRM の評価項目及び評価基準を共有できるような標準化に向けた取り組みが一部で始まっているが，より一般的な形で HRM システムの人事評価システムで用いることができる概念を提供し，企業システムや社会システムの中で評価情報やキャリア情報を共有化していくことが，雇用の流動化の中で，被雇用者が受け入れやすい人事評価やキャリア形成を実現するためには重要となる．非正規雇用の増大など雇用形態の多様化や転職・転籍による雇用の流動化のほかにも，近年，企業のフレックスタイム制や裁量労働制，在宅勤務制度等の導入によって，被雇用者のワークスタイルが多様化してきており，人事評価システムは，こうした状況にも対応していく必要がある．評価対象となる被雇用者がそれぞれ異なるワークスタイルで 1 つの企業組織の活動に従事するという複雑な勤務状況での人事評価は，情報共有上の課題の他に，個人の評価結果に対して，個人と企業がいかに合意するかという課題が顕著となる．人事評価システムにおいて，上長と被評価者（ときには 360 度評価に基づく同僚等）との間で，業務の目標を明確にし，その評価の公平，公明性を保とうとする目標管理制度(Management By Objectives: MBO) を導入している企業が多い．しかし，この目標設定，及び評価フィードバックの面談において被評価者に不満が生じることがある．

March と Simon (1993) によれば，組織の中で個人が知覚するコンフリクトは，個人の主観的な受入不能または，主観的な不確実に起因するという．そして，個人は知覚したコンフリクトを解消するために，明確化を求める探索もしくは新しい代替案を求める探索を行う動機付けを高める．この関係を被評価者と評価する企業組織との間で起こりうる人事評価上の問題にあてはめて考えると，被評価者は評価結果を理解しているが受け入れられない場合もしくは，評価結果自体が理解できない場合にコンフリクトを知覚するといえる．そして，被評価者が正当に評価されていないと知覚した場合，評価が納得できるまで明確化を企業に求めることや，評価結果自体の変更を求める行動に出ることが考えられる．もし，評価結果に納得できない状態が続けば，被評価者は職務の変更や直接の評価者がいる部門からの異動を希望するという行動に出ることがありうる．さ

らにそうした希望が企業側に受け入れられない場合，最終的に想定する評価結果に合わせて自ら遂行する職務を制限したり，契約先や派遣先企業の変更または転職活動を行うメンバーも出てくる可能性がある．目標管理制度では，上長と被評価者の共同意思決定によって目標及び職務を規定するが，評価の対象となる目標を設定することが難しく，漠然とした目標設定や，業務遂行上，評価されるべき項目とはかけ離れた項目を設定した場合には，制度の機能不全が起こりうる問題点が指摘されている．

組織の中で個人に生じたコンフリクトの解消に向けて，組織と個人双方の一致を確保する過程として, 問題解決と説得という 2 つの分析的過程がある(March & Simon, 1993). もしも，人事評価システムの機能不全によるコンフリクト解消のための問題解決や説得の過程が有効に機能せず，組織のメンバーである被評価者の大多数が企業による人事評価に対して納得できない状況を放置しておくと，人事評価を軸として機能する採用，報酬, 配置・異動, CDP・人材開発, 昇進・昇格等においてもコンフリクトが発生し，HRM システム全体が機能不全に陥り，企業の経営戦略や経営管理に重大な問題を招く恐れがある．

これまでに述べた企業における人事評価の現状を鑑みると，HRM システムにおいてこうした機能不全状態を起こすリスクは高まる傾向にあるといえる．そこで，本研究では，人事評価システムのコンフリクトを解消するとともに，機能不全に至らしめるようなコンフリクトの発生を未然に防ぐ新たな人事評価システムの構築可能性について検討する．解決策としては，人事評価システムにおける評価の合意形成過程に有用な情報共有や可視化のツールを認知科学の応用として提案することを目指す．

5.4 援用技術の導入

前 2 節で分析した日本における人事評価システム構築の課題に対し，解決の方向性を分析する前に，解決ツールとして第 1 部で開発した認知感情機構以外に用いることができる援用技術を検討する．

そのために，まず筆者が携わっている認知科学における研究成果の社会応用を検討するプロジェクトで経験した応用先検討や，プロトタイプ作成の事例をもとに，社会が何を認知科学に求めていて，認知科学は何を提供できるかについて考察を行う．

認知科学とは，「人間を含む生体の認識の諸現象を，情報科学の方法を道具として解明する」ことを目標とする科学である（橋田他, 1995）．認知科学自体は複合領域であり，さまざまな学問領域の立場から研究が進められているが，本節では，計算主義認知科学の人間観に基づき，考察を進める．計算主義認知科学では，人間の認知過程を明らかにするため，さまざまな知識表現に基づき，知識を持つ人間の認知モデリングを行い，シミュレーション実験を行ってきた．近年では認知モデルだけでなく，エージェントの側面も考慮に入れたエージェントモデリングによるシミュレーション研究が進められてい

る．この中で応用可能な技術に，知識表現の発展形であるオントロジー技術と認知及びエージェントシミュレーション技術がある．

社会への認知科学の応用を考えるために，まず社会科学が社会に対して貢献するテーマについて簡潔に述べる．社会を捉える視点は，個人対個人のミクロな関係から，学校や企業等の組織レベル，そして，国や文化等のマクロなレベルまでスコープの幅がさまざまである．Simon(1996)が提案するように社会を人工物のシステムとして扱うならば，社会科学は，社会の諸問題をどのように捉えて（認識)，システムをどのようにデザインして（設計），そのデザインしたシステムをどのように社会を構成するさまざまな主体が受容して（合意形成），問題に対処していくか，といったテーマに貢献するために，ミクロからマクロまでの各レベルにおいて研究を行っていると考える．

こうした中で，オントロジー技術は，社会の各レベルにおける知識の共有化や知の資産の蓄積，再利用に適した共通の「認識」を与える情報共有ツールへの応用が考えられる．さらに，このオントロジーを用いた認知エージェントシミュレーションは，社会の各主体が諸問題に対処する際に，問題の本質または要点の理解や，対処策としてのさまざまな代替案の採用によってもたらされる想定結果を視覚的にシミュレートすることにより，「認識」，「設計」，「合意形成」の有効性や効率性を高める可視化ツールへの応用が考えられる．（菅野他, 1999; 三木, 2006）．

5.5 人事評価フレームワーク

人事評価システム構築・運用に関係する要素を明らかにするため，本研究では人事評価フレームワークを構築した（図 5.4）．人材要因と環境要因，評価対象とモデルによる表現の 2 行 2 列の 4 象限のマトリックスを提示する．

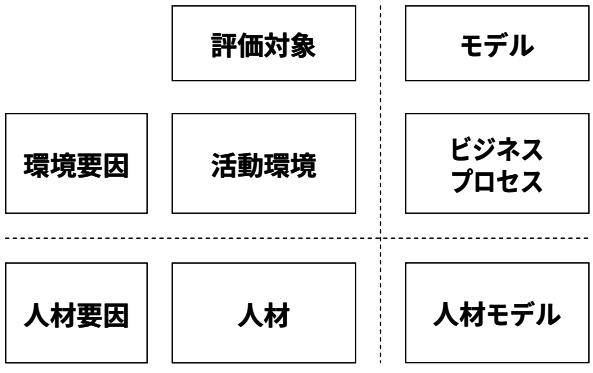


図 5.4 人事評価フレームワーク

活動環境には，戦略，組織構造，タスク環境があり，ビジネスプロセスモデルの制約を与えるとともに，人材が実際に活動する環境を提供する（図 5.5）．ビジネスプロセスは，企業が活動環境において実施される一連の価値創造活動をモデル化したものである

(Porter, 1985). ビジネスプロセスは入出力を伴う判断または行為の連続であり，ビジネスプロセスはサブプロセスを含み，最小単位の構成要素であるタスクからなる．

ビジネスプロセスの構造および活動環境とビジネスプロセスの関係は，図 5.5 のように示すことができる．ビジネスプロセスは戦略に基づいて方針が決定され，組織構造の中で遂行されるプロセスまたはタスクに割り当てられる．またタスク環境は，活動環境において人材がモデル化されたビジネスプロセスまたはその構成要素であるタスクに従い活動する過程において，個人及びチームの意思決定や行為に直接的に影響を及ぼす環境である．

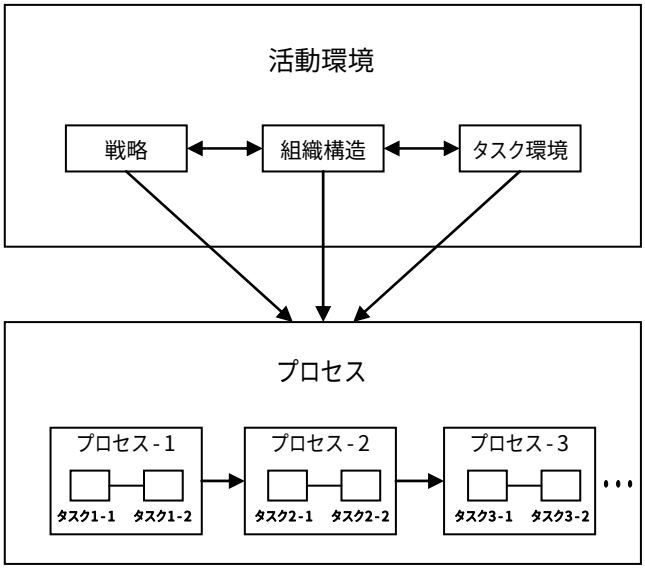


図 5.5 活動環境とビジネスプロセス

活動環境において人材が活動した結果が人事評価の対象となるが, 人事評価システムとしては，活動環境や人材の分析を通じて，ビジネスプロセス及び人材モデルの設計を行い，人材の評価項目や評価基準を設定する．企業では，人事評価システムの「分析・設計」から,「導入・実行」,「計測・評価」,「改善・再構築」といったシステムのライフサイクルを通じて，実効性を確保していく．設定される評価基準には，ビジネスプロセス以外に活動環境の戦略から規定される人材育成目標等により設定されるものもあるが, 本研究では，ビジネスプロセスから導出された評価基準についてのみ論じる．

次節では図 5.4 の人事評価フレームワークを用いて，評価者と被評価者との間で発生するコンフリクトについて分析する．

5.6 人事評価におけるコンフリクトの発生要因

人事評価におけるコンフリクトが発生し, 評価者と被評価者との間で評価結果に対する合意形成が困難となる場合，そこには両者の間に「知覚の差異」が生じている(March &

Simon, 1993)．本研究では，こうした差異を人事評価における認知ギャップと呼び，人事評価フレームワークを用いて認知ギャップを分析する．被評価者である人材の評価に対しては，人材モデル，ビジネスプロセス，そして活動環境の 3 つの領域との関係において，被評価者と評価者との間に存在し得る認知ギャップがある．

5.6.1 人材モデルに対する認知ギャップ

被評価者（人材）が想定している人材モデルと，評価者が採用している評価基準の前提となっている人材モデルとの間で，認知ギャップが生じるケースがある．つまり，被評価者にとっては，自己の遂行したプロセスまたはタスクによって評価されていると知覚する評価項目及び評価基準が，実際の企業が構築した人材モデルによって規定されている評価項目及び評価基準と異なる場合は，被評価者は過小評価または過大評価されていると感じる．

また, 被評価者にとって評価項目の内容や評価基準そのものが理解しがたいものであった場合，被評価者による人事評価システム自体に対する信頼性は弱まることになる．

5.6.2 プロセスに対する認知ギャップ

被評価者が遂行したと知覚するプロセスまたはタスクと, 評価者が評価の対象としたプロセスまたはタスクとの間で，認知ギャップが生じるケースがある．被評価者が自己の行うプロセスについて事前に明示されていない，もしくはプロセスについて十分な理解を得ることができない場合に，こうした認知ギャップが生じる．

仮にビジネスプロセスモデルや人材モデルが適切に定義され, 組織全体として妥当と認められる評価がなされていたとしても，被評価者は自らの意思決定や行為自体が求められるビジネスプロセスモデルに沿った結果として評価されているかどうかを確認できないため，自らの成果を過小または過大に評価する可能性が増し，結果的に人事評価に対するコンフリクトが発生するリスクが増大する．

5.6.3 活動環境に対する認知ギャップ

評価の対象であり, プロセスの前提でもある活動環境の中で遂行された被評価者の活動が評価モデルとして規定されたプロセスやタスクと異なるため，評価者に受容されない状態において認知ギャップが発生する．これはビジネスプロセスが実行主体である被評価者による定義もしくは承認がないまま，一方的に企業側でモデル化された場合や，活動環境の変化によってモデル化されたビジネスプロセスと実際に遂行された被評価者の

意思決定や行為との乖離が生じている場合に発生する．

5.7 新しい人事評価システムの方向性

評価者と被評価者との認知ギャップが存在しないかもしくはさほど大きくなければ人事評価に対するコンフリクトは発生せず，合意形成が実現すると考えられる．そこで，本節では各領域の認知ギャップの課題を人事評価システムにおける「分析・設計」，「導入・実行」，「計測・評価」，「改善・再構築」というライフサイクルの観点から明らかにし，解決の方向性を検討する．

人材モデルに対する認知ギャップは人材モデルの「分析・設計」における課題である．つまり，人材モデルに対する認知ギャップを埋めるためは，適切な評価項目や評価基準の設定が必要となる．活動環境でタスクを遂行する人材と適合する人材モデルを構築し，モデル化されたビジネスプロセスに従い，人材が遂行するタスクに対して適切な評価項目及び基準を人材モデルに設定する必要がある．こうした人材モデルの「分析・設計」においては，設計した人材モデルをビジネスプロセスモデルに適用して試行錯誤を繰り返すことが評価項目や評価基準の妥当性を高めていく上で有効である．さらに「導入・実行」に際して評価項目や評価基準に対する被評価者の理解を促進することもコンフリクト解消に向けた基礎的な対策となる．

プロセスに対する認知ギャップは，ビジネスプロセスモデルの「導入・実行」または「計測・評価」における評価者と被評価者との間の情報共有に関する課題である．現行の人事評価システムは，人事考課表のように文章または評点によって評価結果が記述され，さらに人事考課表を被評価者が確認できないケースも多い．したがって，プロセスを被評価者と評価者双方が同じように観察し，共通の理解を得るためのツールの提供が鍵となる．そこで，ビジネスプロセスモデルを可視化し，「導入・実行」時に遂行すべきプロセスを被評価者に提示することや，「計測・評価」時に結果として遂行されたプロセスとの比較を視覚的に表現することが可能となれば，プロセスに対する認知ギャップは埋められることが期待できる．

活動環境に対する認知ギャップは，ビジネスプロセスモデルの「分析・設計」や「改善・再構築」における課題である．現場で実際に作業を行う被評価者の参画や同意がないまま，評価者である企業が一方的に活動環境を分析して，設計したプロセスに基づく評価は，活動環境に対する認知ギャップが生じる可能性が高く，こうした要因によって発生した人事評価上のコンフリクトは被評価者にとって受け入れがたい状況をもたらす．また，プロセスモデルとして規定されたタスクを実行する際に，環境の変化が生じると，被評価者は現場での環境適応行動として，タスクの追加・省略や実施順序の逆転等の変更を行うことがある．さらに，複数のメンバーでのチームワークの場合，状況に応じてタスクの役割分担を変更することもある．こうした状況への適応行為が評価時のプロセ

スモデルに反映されていない場合も，被評価者が評価内容の妥当性を疑うだけでなく，人事評価システム自体の信頼性に対して，否定的な見解を抱くリスクがある．人事評価システムの「分析・設計」や「改善・再構築」においては，環境変化に柔軟な対応ができるようなツールの提供が重要となる．

具体的な解決の手法として，人材モデル構築の基盤として情報共有がなされコンフリクトを解消すると考えられるオントロジー技術の導入が有効と考えられる．また，5.1 で考察したように目標指向の知識表現を持ち，ビジネスプロセスとの連結が考えられる認知感情機構エージェントを人材モデルの構造として導入することが有効と考えられる．また，プロセスに対する認知ギャップに対しては社会エージェントシミュレーターを導入することにより，プロセスの可視化を行うことにより認知ギャップを解消することができると考えられる．ここで，社会エージェントシミュレーター上で認知感情機構エージェントが人材モデルとして実装されることにより目標概念を用いる目標管理制度に沿った形でのビジネスプロセスも構築できるシミュレーターが構築される．活動環境に対する認知ギャップ解消の方向性としてはシミュレーターが改変の融通性を持つことが必要と考えられる．

5.8 認知感情機構エージェントの適用

第 2 部では上記の人事評価システムにおける問題の解決方向性に従い，第 4 章で認知感情機構エージェントの検証として用いた採用面接シミュレーションを人事コンサルティングあるいは産業・組織心理学としての応用として検討する．そのためには，認知感情機構エージェント以外にも 5.4 節で導入したオントロジー技術やエージェントシミュレーション技術を導入する必要がある．図 5.4，図 5.5 の人事評価フレームワークを用いて，第 2 部で導入していく第 1 部の成果と新しい技術，そしてその適用先をまとめるとのようになる．

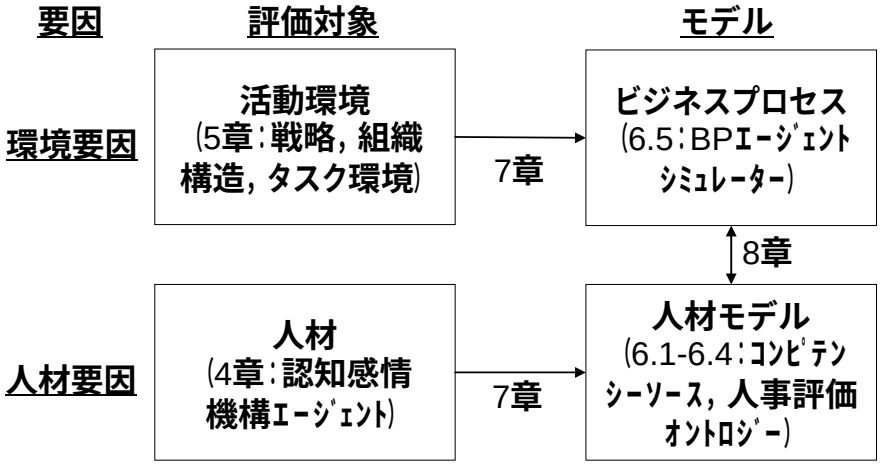


図 5.6 第 1 部の結果と第 2 部の関係

5.1 節で企業戦略から組織，ビジネスプロセスの構築を経て人事評価項目が決定されることは解説した．その意味で活動環境の下位構造である戦略，組織構造，タスク環境は実際の経営上の要素である．また，5.1 節では人事評価項目を策定するための心理学的人事評価概念であるコンピテンシー等を説明する人間モデルは古典的な学習心理学における S-R 図式の人間観などしか流通しておらず，認知心理学の人間観もあまり浸透していないことを指摘した．そして，第 4 章で構築した認知感情機構エージェントが基本的な人間観として企業人事の応用領域で適用できる可能性がある点を指摘した．よって人材自体を記述する理論として認知感情機構エージェントを挙げる．

さて，人事評価項目を決定するためには活動環境，人材というそれぞれの要素に対して，それぞれのモデルを構築する必要があるが，前節までに見てきたとおり，十分なツールが準備されているとはいえない．そこで，第 6 章では人材モデル構築のためのツールとして，既存の人事評価項目設定の汎用手法であるコンピテンシーを認知感情機構エージェントと接続するため，コンピテンシーソースをその内容とし，認知心理学の知識表現研究の延長にあるオントロジー技術を用いた人事評価オントロジーを導入する．また，ビジネスプロセス構築の方法としてプロセスを実行する主体（エージェント）がフレキシブルに役割ベースで変更できるビジネスプロセスエージェントシミュレーターを導入する．これらは全て，認知感情機構エージェントを人事評価項目構築における人間モデルとして導入するための援用ツールであり，また，認知心理学/科学研究の延長として近年発達してきた応用技術であるので認知感情機構エージェントの応用への適用のためと，既存の人事領域の問題を解決するために導入した．さらに，パイロットシミュレーションに実務上の妥当な活動環境と人材を用いるために，第 7 章で企業の採用活動におけるビジネスプロセスと採用される人材の評価観点を定義した．

第 8 章ではシミュレーター上に実装したモデルから分析を行っているが，詳細については図 5.7 に記載する．8.2 でコンピテンシーソースを 4 章の知識表現と結びつけ，8.3 節で 7.1,2,4 節で定義した採用面接過程をビジネスプロセスシミュレーションとして定義する．さらに 8.4 節で 4 章の認知感情機構エージェントの知識表現が人事評価オントロジーを追加したことによりコンピテンシーを説明できたことを考察する．

図 5.7 で説明していない部分について補足すると， 評価対象の人材自体は認知感情機構エージェントをそのモデルとして導入したが，それは第 3 章の感情機構エージェントだけでは成立せず，それに 4 章の知識表現が加わった認知エージェントとなって初めて人間のモデルとして成立したということを示してある．これは活動環境のモデル化能力にも当てはまることであり，3 章で用いた StarLOGO では企業活動全般をモデル化することは不可能だが，4 章の SOARS では社会における企業活動をモデル化することが可能であるということがいえる．人事評価フレームワークの列の枠組み，すなわち，評価対象とモデルを分けて考えると，評価対象評価対象の基礎的なモデルとして SOARS 上で認知感情機構エージェントを構築したが，これは，認知心理学における研究結果の適用であり，社会の中の環

境や人間のモデルとしてボトムアップにミクロな人間モデルを適用しようとする試みである．評価対象からモデルを構築する試みである活動環境や人間のモデル化については既に産業・組織心理学において長年研究がなされており，それが評価対象からモデルに向けてモデル化を行う領域を覆っている．人事評価オントロジーやエージェントシミュレーターは認知心理学/科学研究から発展した技術であるが，それ以外，すなわち，コンピテンシーやビジネスプロセスの職務分析，そして採用面接は全て産業・組織心理学の中の Personnel Selection（人材選考）分野が対象としてきた領域である．

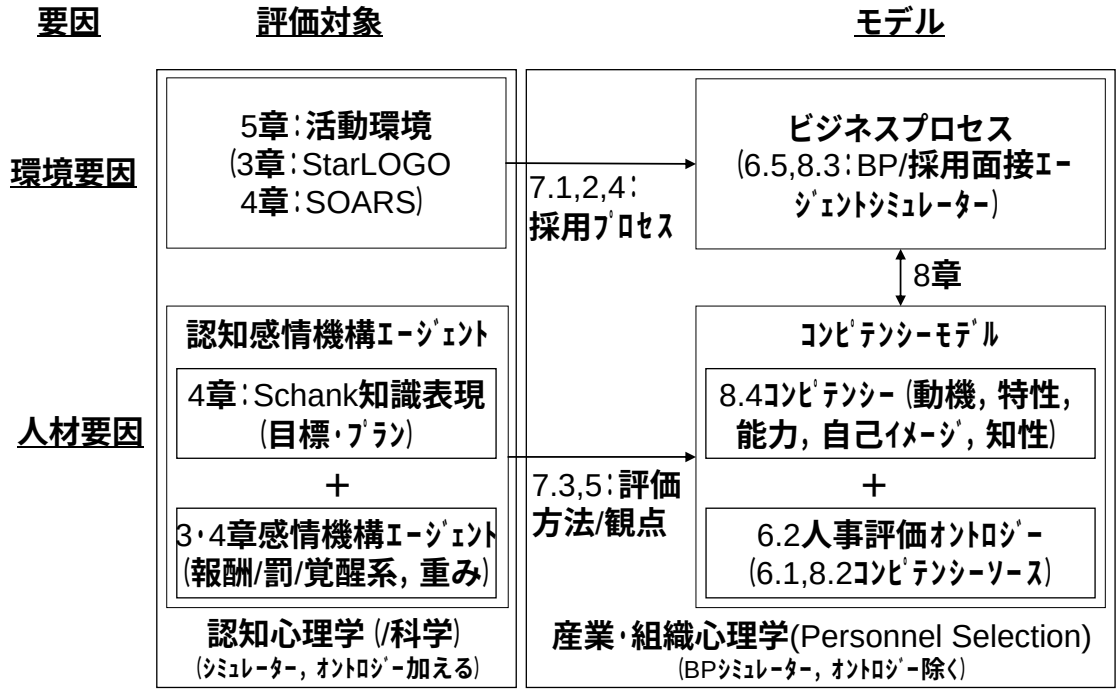


図 5.7　第 1 部と第 2 部の関係（詳細）

このような形で第 2 部の構成は第 1 部の成果を，援用技術を導入することにより応用領域に使用できる形とし，実例である採用面接場面を取上げて定義し，それをも出るかできるか分析するという形を取る. この基礎研究と応用研究の入れ子構造は Schank の研究でもまったく同じ形をとっており，アンダーセンコンサルティングとの共同研究で進めた学習理論の応用研究を”Vertual Learning (1997)”でまとめた後, 事例ベース推論研究の元祖とされる”Dynamic Memory (1982)”を再編集して”Dynamic Memory Revised(1998)”という形で再出版している. その序論で Schank は初版は人工知能研究についての著書であったとし, この第 2 版は教育応用の著書であるとしている．しかし，その内容は，スクリプト理論の振り返りから始まり MOP 理論による事例ベース推論の解説は初版とまったく同様であり, 目標ベースシナリオや Learning by Doing という学習理論の応用研究で明らかとなった概念が明確化され，章として独立した部分が新規の部分である．これは，本論文に対応させると，第 1 部の基礎研究部分に人事評価オントロジーやビジネスプロセスエージェントシ

ミュレーターなど応用研究に対応するために追加した部分を加えたことにより，採用面接の実務分析に耐えうるような第 2 部，7 章，8 章の事例分析が可能となったことに対応している．

5.9 結論

本章では企業人事管理システムの構築において既存の学術応用とその問題を分析し，さらに現在日本で起きている人事評価上の問題についてその原因と解決の方向性を考察した．本章の貢献は企業人事管理システムにおける新たな人事評価システム構築方法論の概念提案である．

はじめにこれまでの HRM システムがどのような学術的背景を持つ方法論で構築されてきたか概観し，その問題点を列挙した．そして第 1 部で構築した認知感情機構エージェントが問題解決のモデリングツールとなりえる点について指摘した．

次に近年の日本で生じている人事評価システム上の課題について分析した．その上で解決の手法として認知感情機構エージェント以外に用いることのできる技術を考察した．認知科学全般が社会に対してどのような貢献が可能か，社会科学全般の社会に対する貢献のあり方を参考に考察を行った．そこで社会システムの「認識」,「設計」,「合意形成」に対し，社会科学は貢献していると仮定し，認知科学の応用もその側面から分析すればよいと考察した．認知科学の応用として計算モデルである認知感情機構エージェントだけでなく応用技術としてのオントロジー技術とエージェントシミュレーション技術を導入した．

次に問題分析のフレームワークとして人事評価フレームワークを導入した．人事評価フレームワークに Simon のコンフリクト理論を適用して分析した結果，組織の人事評価においては人事評価フレームワークの各構成要素，すなわち人材モデル，ビジネスプロセス，そして活動環境に対して評価者および被評価者の間で認知ギャップが生じ，コンフリクトが発生することが考察された．具体的な実務においては社内外の人事評価データの不備や目標管理制度等の人事評価制度における明確な活動環境，人材モデル，ビジネスプロセスの表記方法がないことがこれらのコンフリクトを解消できない要因であることを明らかにした．

認知ギャップの解消への解決策を考えるために，さらに分析のフレームワークとして人事評価システムのライフサイクルを導入した．「分析・設計」,「導入・実行」,「計測・評価」,「改善・再構築」である．この各プロセスに基づき，認知ギャップを解消する人事評価システムの可能性を考察し，オントロジー技術やエージェントシミュレーション技術を導入する際の要件を明らかとした．

結論として人事評価システム構築方法論が潜在的に持つ課題の解消と，人事評価上で生じる 3 種類の認知ギャップを解消するためには，オントロジー技術を用いた評価基準を構築でき，認知感情機構エージェントを構造として持つ人材モデルの導入と，認知感情機構

エージェントが目標概念を持って活動し改変の容易なビジネスプロセスの社会エージェントシミュレーターの導入が解決の方法論となりえると提案した.

最後に，第 6 章以降でどのように第 1 部の成果を応用領域に導入していくか，人事評価フレームワークに基づきその構成を説明し，詳細の対応表を作成した．また，このような研究方法論は筆者が参照している Schank の知識表現研究から学習理論の応用研究に至る進め方と同様である点を考察した.

6. 人事評価へのオントロジー及び
エージェントシミュレーションの適用

本章では 5 章の考察を踏まえ, 人事評価システムへのオントロジー技術およびエージェントシミュレーション技術の適用を考察する．オントロジーやエージェントシミュレーションの概念モデルを構築する．

認知ギャップを埋める解決の方向性を踏まえると, 人事評価システムに合意形成を促進する機能を持たせるためには,「分析・設計」における試行錯誤を通じた適切な評価項目や評価基準の設定やモデルの被評価者が理解できる形での提示,「導入・実行」または「計測・評価」における評価者と被評価者との間で，モデル及び結果の視覚的表現による情報共有,「改善・再構築」におけるモデルの環境変化への柔軟な対応が鍵となる．つまり，人事評価システムのライフサイクルの各フェーズにおいて，情報共有や可視化のツールの適用が有効であるといえる．そこで，評価項目や評価基準の理解や受容に向けて共通の「認識」を与えることができるオントロジー技術や，試行錯誤を通じた人材モデルの妥当性向上及び環境変化への柔軟な対応や可視化による理解促進を図ることができるエージェントシミュレーション技術について応用可能性を検討していく．

6.1 コンピテンシーソースリスト

5.2 節で述べたとおり，社会システムとして人事評価情報を共有化・標準化する試みは始まっている．しかし，企業内の人事評価情報の体系化・標準化は進んではいない（平田他, 2001）．そのため，企業内の人事評価で用いられている標準的な概念をまとめた人事評価オントロジーを構築する．

はじめに企業の人事採用, 特に新卒採用向けに用いられる汎用的なコンピテンシーソースリストを作成し，その後，そのオントロジー化を行う．

5 章で述べているように，人事評価の項目および基準は一方では人材の持つ一般的な属性に依存するが他方では実務が行われるビジネスプロセスにも依存する．よって汎用的な人事評価項目のオントロジーを作成する場合，業種あるいは職種の数だけのビジネスプロセスにのっとったオントロジーを作成する必要が出てくる．

オントロジー作成の出発点としてはもっとも一般的でどの人材モデルにも適用できる項目から作成を始めることがチープデザインの原理あるいはボトムアップアプローチに適っていると言えよう．

企業の人事評価において汎用的な評価項目を使用する部門は採用部門であり, さらに汎用的な評価項目が適用される人材は新卒採用の人材である．採用部門においては社外の様々な業界，職種，経歴出身の人材を受け入れるため，ある程度汎用的な評価基準を設けて適用する必要があり，新卒採用の人材については職種を決定せずに採用することもあるため，汎用的な能力や適性により採用を決定することがある．そのため，最も汎用的な基準が適用される．

産業心理学の人事関係の分野において，人事評価項目を作成する際には，Harvard 大学

心理学科教授であったMacllerandが提唱したcompetence(コンピテンス)という概念を用いることが多い(Spencer & Spencer, 1993)．Competence は日本においては同義の単語competency（コンピテンシー）が用いられることが多い．コンピテンシーとは，ある職務または状況に対し，基準に照らして効果的，あるいは卓越した業績を生む原因として関わっている個人の根源的特性と定義され人格，信念，能力，行動などの複合的に併せ持つ指標で構成される．る．例えば,「顧客サービス重視」,「組織の理解」といった職務における具体的な項目が並ぶ．コンピテンシー概念で作成されているオントロジーとして，平田ら(2001)のコンピテンシーオントロジーがあげられる．また，場合によってその指標のラベルが「親密性」「傾聴力」「論理思考」など旧来の能力評価項目の漠然としたラベルと区別がつかない場合もある．もともとcompetenceは発達心理学者のWhiteが1950年代に乳児の研究において乳児が示す環境に対しての主体的な行動をさして用い始めたことが学術用語として用いられた発端である．

日本においては Macllerand と共同で研究を行いコンピテンシーの概念を広めた Hey Group やワトソンワイアットといったグローバルで普及している外資系人材コンサルティング会社のコンピテンシー項目は普及しておらず，人事評価制度については日本能率協会等の日本の人事コンサルティング会社の手法，採用においてはリクルート社やその他，市販の心理テストの指標が用いられることが多い．これらの評価項目，すなわち，単一の性格，価値観，能力指標は，コンピテンシーと比較して，複合的な項目ではなくより要素的な項目として捕らえられるためコンピテンシーソースと呼ばれる．本節では新卒採用に用いうる人材の汎用的なコンピテンシーソースのリストを作成する．

作成に当たり, 参考としたコンピテンシーソースの先行研究はリクルート社が新卒採用商品として販売するWebコンピテンシーソースファインダーに用いているリクルートマネジメントソリューションズ（旧人事測定研究所，HRR）のコンピテンシーソースリストと，人材紹介業のリクルートエージェント（旧リクルートエイブリック）および人材コンサルティングの株式会社リンクアンドモチベーションの合弁会社である若手向けキャリアスクール「i カンパニー」が提唱するポータブルスキルのスキル群を参考とした．本リストの作成は2003年に行われたため，当時，もっとも確度の高い新卒採用向けコンピテンシーソースリストを参考に本リストを作成したが, 2006年2月に経済産業省の「社会人基礎力に関する研究会」の中間報告において製作された社会人基礎力リストが影響力の高いリストとして登場している．先の株式会社リンクアンドモチベーションはこの研究会のメンバーともなっている．経済産業省はこのリストを用い，日本企業へのサーベイを行い，2007年3月に日本企業の求める人材像と社会人基礎力との関係についての調査報告を行っている．

表 6.1に作成したコンピテンシーソースのリストを示す. ここでは項目の対象を自己，他者，環境に分類し，項目の種類を志向・価値観，タイプ（性格），能力という一般的に分類法として用いられる分類を用いている．これはリクルート系の人材関係企業が志

向・価値観，性格，能力という 3 分法を用いることに準拠している．

表 6.1　コンピテンシーソースリスト

	自己		他者		環境	
志向	自分への志向･欲求	自律志向	人への志向･欲求	対人興味	仕事や環境への志向･欲求	好奇心
		自己向上志向		親和欲求		創作意欲
				競争心		達成意欲
価値観	自分に向いた仕事の価値観	報酬志向	人へ向いた仕事の価値観	社会貢献	物事へ向いた価値観	専門性志向
		評価志向		チーム/組織貢献		その他やりがい志向
		権力志向				
タイプ	自分のタイプ	自信家	人と協力するタイプ	援助性	仕事の進め方のタイプ	冒険的
		臆病		奉仕性		慎重的
		根気強い		寛容性		楽観主義
		切り替えが早い		心情主義		計画主義
		合理主義		オープンマインド		ルール重視
		慣習主義		社交的		柔軟
	責任感			チームワーク		理想論者
						現実論者
			個人で進めるタイプ	厳格		
				ルール重視		
			人を操るタイプ	統率性		
			人から援助を受けるタイプ	愛嬌		
能力	自分を理解する力		人を理解する力	理解力	状況を理解する力	直感的理解力
	自分をコントロール力	モチベーションコントロール	人をコントロールする力	統率力		イメージ力
		瞬発力		主張力		分析的思考力
		俊敏力		説得力		概念思考力
		集中力		拒否力	状況を変化させる力	状況破壊力
		注意力	人を援助する力	受容力		状況創造力
		継続力		サポート力	状況に耐える力	曖昧耐性
		追求力	助け合う力	チームワーク		秩序耐性

また，これらのリストの上位カテゴリーを組みなおし，各項目の定義を追加したものが表 6.2 のリストとなる．

表 6.2　コンピテンシーソース定義

カテゴリー					定義
認知傾向	基本対人	対人興味			人に対して興味を持つ傾向
		親和			人に対して近づきたい･仲良くなりたいと思う傾向
		承認			人から認めてもらいたいと思う傾向
		援助			人を助けてあげたいと思う傾向
	経験対人	協力/競争	利己的職業価値観	権力	組織の中で地位を得ることに価値を置く傾向
				報酬	自分の行った仕事に対し高い報酬が得られることに価値を置く傾向
				評価	自分の行った仕事に対し周囲の評価が得られることに価値を置く傾向
			利他的職業価値観	社会貢献	自分の行っている仕事が社会的に意義があると思えることに価値を置く傾向
				チーム/組織貢献	自分の行っている仕事によってチームや会社が成功することに価値を置く傾向
			援助	奉仕	相手の欲していることを行うことに喜びを感じる傾向
				寛容/厳格（対人育成の手	相手のミスを、相手の立場にたち、許そうとする傾向
				厳格	相手のミスを指摘する傾向
				心情/ルール（対人興味があるかないか）	相手の状況に合わせて規則を融通して、相手の望むものをかなえようとする傾向
				ルール	相手の状況によらず規則通りに物事を進めようとする
			被援助		相手に頼って物事を進めようとする傾向
			コントロール	統率	集団の中で、中心に立ち周囲に指示して物事を進めようとする傾向
			互助	オープンマインド	心に壁を作らずに、相手の意見を受け入れようとする傾向
				社交的	いろいろな人と積極的に知り合いになり、人間関係を増やそうとする傾向
				チームワーク(オープンマインドかつ協力実行)	人と協力して仕事を進めようとする傾向
			責任		請負った依頼や仕事を果たそうとする傾向
	基本対環境	対物興味	対物職業価値観	専門性志向	仕事を通じて自分の専門性を高めることに価値を置く
				その他やりがい志向	自分がやりがいを感じると思える仕事を行うことに価値を置く傾向
		創作意欲			新しく物事を創りだすことを求める傾向
		達成意欲			取り組んだ物事を達成したり、目標に到達することを欲する傾向
	経験対環境	内的帰属	成功経験	自信	困難な状況でも自分を信じようとする傾向
				冒険的	先が読めない状況でも大胆な手をうとうとする傾向
				楽観	先が読めない状況でも成功を予測する傾向
				根気強さ	先が読めない状況でも仕事を着々と進める傾向
			失敗経験	自責	失敗した仕事の原因を自分に結び付けて考える傾向
				慎重	先が読めない状況の中では前へ進まないか入念に計画を立てる傾向
				悲観	先が読めない状況の中で失敗を予測する傾向
		外的帰属	成功経験	自信	
				慎重	
				計画	仕事をはじめる時に入念に目標までの計画を立てる傾
				根気強さ	
			失敗経験	無気力	
				慎重	
		統制可能性	可能	ルール重視	規則に則って仕事を進めようとする傾向
				理想論者	あるべき姿になるように計画を立て物事を進めようとする傾向
				合理的	しがらみにとらわれずに理にかなったやり方で仕事を進めようとする傾向
				思索性	物事のいろいろな可能性を考え思考を張り巡らす傾向
			不可能	柔軟	状況に合わせやり方をいろいろ修正して物事を進めていこうとする傾向
				現実論者	状況にあった目標と計画を立て仕事を進めようとする
				合理的	

ここで作成したリストは，さらにカテゴリーと定義の改変を行い，株式会社リンクアンドモチベーショングループの株式会社アイジャストよりコンピテンシーソースサーベイとして 2003 年末に商品化されている．また，このリストはヘイ社のコンピテンシー分類

に適合するか検証が行われた．表 6.3 がヘイ社のコンピテンシー分類である．

表 6.3　ヘイ社のコンピテンシー分類

分類	コンピテンシー
達成とアクション	達成重視
	秩序,クオリティー、正確性への関心
	イニシアティブ
	情報探求
支援と人的サービス	対人関係理解
	顧客サービス重視
インパクトと影響力	インパクトと影響力
	組織の理解
	関係の構築
マネジメント･コンピテンシー	他の人たちの開発
	指揮命令―自己表現力と地位に伴うパワーの活用
	チームワークと協調
	チーム･リーダーシップ
認知コンピテンシー	分析的思考
	概念的思考
	技術的/専門的/マネジメント専門能力
個人の効果性	セルフコントロール
	自己確信
	柔軟性
	組織へのコミットメント

実在の企業の 5 職種についてコンピテンシーソースサーベイで明らかになったコンピテンシーソースとそれを複合して構成されるコンピテンシーが明らかとなった（守秘義務によりデータの開示は不可）．ヘイ社が公表している一般的な営業職のコンピテンシーに対して対応させたコンピテンシーソースリストの対応表は以下のとおりである．

表 6.4　営業職のコンピテンシーとコンピテンシーソース

項目	定義	要素（コンピテンシーソース）
達成志向性	・チャレンジングで達成可能な目標を設定する ・時間を効率的に使う ・(顧客側の効率を改善する)	瞬発　達成志向　追求力
イニシアティブ	・執着し、簡単にあきらめない ・機会をつかむ ・(競争の脅威に反応する)	競争志向　瞬発
顧客志向性	・顧客ニーズにこたえるために余分の努力をする ・顧客の背景にあるニーズを発見し、それに応える ・顧客と連絡や苦情をフォローアップする ・(顧客にとって信頼されるアドバイザーにな	責任性　柔軟性
情報志向性	多くのソースから情報を得る	好奇
チームワーク	他人に参加を求め、信用を与え、協力する	チームワーク　柔軟性
セルフコントロール	・仕事の妨げにならぬよう、感情を押える ・(ストレス耐性、スタミナ、ユーモア)	モチベーション コントロール力
柔軟性	・客観的に状況を見て、異なる視点の有効性を認識する ・自分の役割やスタイルを状況のニーズ、環境に合わせる	柔軟性
組織へのコミットメント	・同僚たちがそのタスクを完遂することを助ける ・組織のニーズに合わせるために、自分の活動やプライオリティーを調整する ・組織全体の目標を達成する為に、協力することの重要性を理解する ・自分の専門職としての興味よりは、組織の	責任　柔軟性

この検証により, 作成したコンピテンシーソースリストがヘイ社のコンピテンシー分類と互換性を持って使用されることが実証された.

6.2 人事評価オントロジー

前節で構築したコンピテンシーソースリストを中核に, 汎用的な人事評価オントロジーを構築する．企業では，採用選考において前節で述べた志向・価値観，能力，性格以外にも表 6.5 のような選考方法ごとの評価指標が存在する．その指標まで含めた総合的な人事評価項目のオントロジーを作成する．ここで評価指標の総合的なモデルを作成する際に参考となる先行研究はさまざまな企業人能力構造モデルである．前述のコンピテンシーモデルの他にも層構造モデルや適性の 3 側面モデル等様々なモデルがある（大沢，芝，二村，2000）．層モデルは切り株モデルや氷山モデルなど人間が生まれつき持っている特性から成長を経て得ていく特性を層で分けて表示するモデルである．適性の 3 側面モデルは米国で一般的に用いられてきたモデルで知識（knowledge）,スキル(skills)，能力

（abilities）の 3 側面である KSA で企業人を評価しようとするモデルであり，近年では性格・志向・興味，資格要件等のその他（others）を加えた KSAO で評価しようとするものである．この適性という概念は職業心理学（Vocational Psychology）では重要な概念であり現在でも広く使われている Super の職業適合性モデルが本研究の人事評価オントロジーとも競合する分類法であるためここに示す（Super and Bohn, 1970）.

表 6.5　採用における評価の観点

	履歴書･エントリーシート	小論文	適性検査	面接	グループワーク	身体検査	興信所
志向･価値観	△	△	△	◎			
性格			◎	○	○		
仕事能力				○	◎		
知的能力		○	◎	△	○		
経歴･履歴	◎			○			◎
身体的特徴	△			◎	◎		
健康･身体能力						◎	

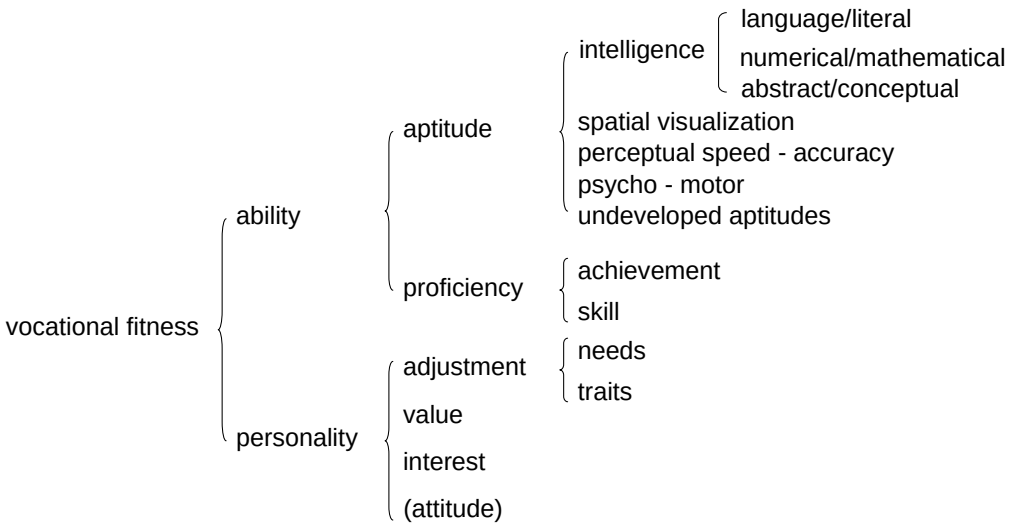


図 6.1 Super の職業適合性モデル（Super & Bohn(1970)より引用）

この Super のモデルも参考に前節で導入したコンピテンシーソースモデルを組み入れた統合的な人事評価項目のオントロジーを作成し表 6.6 に示す(Noda & Tokosumi, 2005). 表 6.6 はオントロジーのクラス構造とインスタンス例を示している.

表 6.6 人事評価オントロジー

クラス					インスタンス数	属性	変数	インスタンス例
人事評価	人構造	身体構造				6		心臓，細胞
		知識				5		高校物理
	人機能	身体的特徴			7			身長，体重，第一印象
		身体能力	基礎体力					数的能力，空間把握
			スポーツ能力					足の速さ，筋力
			仕事身体能力		7			持久力，瞬発力
		知的能力			6			数的処理，空間把握
		仕事能力	理解力		5	1		自己理解，他者理解
			対仕事		7	2	2	瞬発力，俊敏力
			対他者	対人関係力	3	5		協調性，統率力
				コミュニケーション能力	3	5		主張力，共感力
			対環境		2	1		持久力，活動力
		性格			16	2	3	積極性，責任感
		志向・価値観			13	3	3	自律指向，親和欲求
	環境				6	1	1	国籍，住所
	履歴				4	1	1	学歴，職歴

身体構造クラスは，健康診断で評価され，知識クラスは学力検査，身体的特徴クラスは身体検査，基礎体力・スポーツ能力クラスは体力・スポーツ検査，知的能力は知能検査，環境・履歴クラスは履歴書・職務経歴書で評価される．

残りの仕事能力，性格，志向・価値観クラスは，コンピテンシーソースリストより改良を加えたコンピテンシーソースクラス群である．これらのインスタンス群は実際に実務で用いられている人事サービス系企業 4 社（前出の iCompany，リクルート社およびリクルートマネジメントソリューションズの適性検査 SPI（Synthetic Personality Inventory），ダイヤモンド社の DPI（Diamond Personality Inventory））の指標，及び，性格の 5 大因子，Holland の職業価値観をもとに構成している．属性(Attribute) とは，例えば，その評価指標が対象とする領域を示す「対(toward)」という項目であり，その値には「自己」,「他者」,「仕事」,「組織」,「社会」という値が入る．変数とは，例えばその能力や志向の強さを表す「強さ」という数値変数等である．コンピテンシーソース群は前節のヘイ社のコンピテンシー分類に加え，欧米で広く用いられているウィリアム・エム・マーサー株式会社のコンピテンシー分類への対応も内部的に検証されている．

ここで作成したオントロジーは新卒学生の採用時を対象としたもっとも汎用的なオントロジーである．8 章冒頭で説明するように実際のインスタンスを含んだオントロジーを作成するためには図 5.4 の人事評価フレームワークのうち，人材モデルだけではなくビジネスプロセスも取り込まねばならない．よって，人事評価オントロジーのうち，コンピテンシーソース群の中の能力部分はビジネスプロセス，およびそれをモデル化するためのエージェントモデルおよび認知モデルの表記法に寄ってくる．この人事評価オントロジーの更なる構造化およびアプリケーションへの実装は 8 章の実例への実装で行う．

6.3 価値オントロジー

人事評価オントロジーのクラス群のうち，心的表象として人材の中に内在しており最も表現しにくいカテゴリーがコンピテンシーソース群のうちの「志向・価値観」および志向・価値観に影響される「性格」である．ここでは志向・価値観について前節の人事評

価オントロジー以上に詳細なオントロジーが作成可能かどうか検証を行う．次節で性格について考察を行う．

このような価値指標のリストは産業心理学の中で主にマーケティング分野で消費者の行動特性を明らかにするために構築されている．しかし，労働者の価値体系を明らかにするワークモチベーションの分野では具体的な項目までリスト化したものは少なく，大半は Holland の職業価値観を基にした 6 分類ないしは 7 分類等の類型論にとどまる．唯一，詳細の特性を挙げている項目としてリクルート社の価値観テスト R-Cap の指標があげられる（表 6.7）．大分類の「働くことの価値体系」という尺度で仕事に対する価値観を細分化している．しかし，この価値体系は職場での詳細な価値にとどまっており，被雇用者が成長してきた過程でどのような価値観を形成してきたかを追跡するための生活に関する価値体系は導入していない．よって，職業価値観の類型論が対象とする範囲をもれなく捕らえているか不明な部分が残る．

表 6.7　R-CAP 指標

会社	対象	尺度（大分類）	尺度（中分類）	尺度（小分類）
リクルート	新卒・中途	Job Fitting Index	経営・マネジメント志向（management）	
			協働・ビジネス志向（Business）	
			技術・システム志向（Technology）	
			文化・学術志向（Art）	
			感性・クリエイティブ志向（Creative）	
			社交・ホスピタリティ志向（Hospitality）	
			対人・接客志向（Deal）	
		働くことの価値体系	軸	現状の充足度
				現状における項目の重要度
			次元	促進領域
				問題領域
				現状維持領域
				注意領域
			項目種別	当たり前項目
				魅力項目
				一元項目
				無関心項目
			項目名	仕事の責任の重さ
				仕事のペースや自由度
				仕事の社会的影響度
				仕事の裁量権の大きさ
				給与の安定性
				オフィスの設備・環境
				勤務地
				上司からの評価・信頼
				同僚の知識・経験の豊富さ
				会社の安定性
				周囲からの刺激
				周囲からの支援
				仕事の社会的貢献度
				知識・技術の向上
				興味・関心との合致度
				仕事の社会的評価
				専門性の発揮
				創造性の発揮
				同僚からの評価・信頼
				職場の目標志向性
				組織の開放性
				経営に対する参加感
				会社の社会的評価
				現在の給与水準
				仕事の成果の見えやすさ
				顧客からの評価
				職場の一体感・協働意識
				会社からの期待感
				経営方針・戦略への共感
				会社の成長性
				人事評価制度の納得性
				昇進・昇格の
				役職・地位の安定性
		Career Direction	経営管理志向	
			専門志向	
			自律志向	
			起業家志向	
		GIAL general incongruity adaptation level	確かさ/不確かさ	慎重性/楽観性
				秩序/変化
				一様性/多様性
				既知/未知
		Complexity Index	軸	対人系（感情系）/非対人系（論理的）
				アクション系/ノンアクション系
			次元	人への影響
				人への関心
				課題解決
				課題分析

「志向・価値観」という人間が自覚して価値を置く対象と近い概念として，自覚なしに近づこうとする傾向を示す概念である「動機・欲求」というものがあげられる．欲求の代表的分類として Masrow の欲求分類がある（Masrow, 1954）．これは人間の欲求を 5 段階にわけ，下位から生理，安全，所属・愛，承認，自己実現とするものである．そして，知る欲求・理解する欲求という認知欲求を別に例外として設けるものである．これらは人間の志向・価値観を網羅的に分類わけする際の基礎となりえる．実際，Masrow は欲求を特に意識化の現象としては定義しておらず,「意識される欲求」等の表現を使っており，「価値観」と近い，認知された価値の置かれた知識表現と解釈できる部分がある．

また，認知科学における人間の持つ価値表象の分類として Schank のゴール分類があげられる（Schank and Abelson, 1977）．これは人間の持つ知識表現の様々な形態のうちのひとつとして目標（ゴール）という分類を導入し，人間の認知や行動の志向性を解明しようとするものである．この分類としては，達成（Attainment），維持（Maintainance），間接（Instrument），緊急（Emergence），快楽(Enjoyment)，生存（Survival）の 6 分類を導入する．生存と緊急は Masrow の生理，安全に近く，間接は認知欲求に近い．また Masrow の所属以上の高次欲求は Schank の分類ではその目標の性質と対応付けて達成か維持に分類される．これらの 2 つの分類法に基づき，人間が生まれてから成長するにつれて社会の中での成長に伴って獲得していく目標を試作的にリスト化したものが表 6.8 である．

表 6.8　価値オントロジー

ドメイン	基本欲求内容									スタート時期（人生の）	欲求タイプ				ディスクリプション
	生理	探索	コンピテンシー	安全（物）	安全（人）	安全（概念）	所属	承認（ほめ）	地位（あこがれ）		達成	維持	間接	快楽	
飲水	○									innate					
食事	○									innate					
睡眠	○									innate					
排泄	○									innate					
発汗等身体器官のホメオスタシス	○									innate					
探索行動		○								乳幼児	○				
戻る場所（ベッド、自分の部屋等）				○						乳幼児		○			
保護者（母親、父親等）					○					乳幼児		○			
保護者のほめ行動								○		乳幼児	○				
コンピテンシー			○							乳幼児					
仲間に入れてもらうこと					○			○	○	少年期	○				
おもちゃ遊び			○							少年期				○	
ままごと			○							少年期				○	
外で遊ぶ			○							少年期				○	
友達					○			○	○	少年期		○			
be-憧れの対象（野球選手、サッカー選手、バスの運転手さん等）									○	少年期	○				かっこいい、男らしい、強い、
get-憧れのもの（おもちゃ、ゲーム、本等）			○						△（持っているのを自慢する場	少年期	○				面白い、
do-読書（Nonfiction）		○								少年期				○	
do-読書（フィクション）			○							少年期				○	
do-スポーツ			○							少年期				○	
eat-好物（ハンバーグ等）	○									少年期				○	嗜好、個人差、脂肪等
eat-外食（マクドナルド等）									○	少年期				○	かっこいい
eat-外食（モスバーガー等）									○	少年期				○	レア、新しい
admitted-学校									○	少年期	○				
do-勉強										少年期			○		admitted-学校
do-勉強		○								少年期				○	
get-彼女					○			○	○	青年期	○	○			
do-勉強（専攻）		○	○					○		青年期	○		○/職業	○	
believe-思想						○		○		青年期		○			
get-職業								○	○	青年期	○				
continue-職業							○	○	○	青年期		○			
do-旅行		○	○					○	○	成人期				○	
be-美								○	○	成人期	○				
eat-外食	○							○	○	成人期			○/交流、ストレス発散	○	
buy-ショッピング				○				○	○	成人期	○			○	
know-新聞、本等		○				○/知識が多いほうが失敗が少ない		○/ビジネスマンは日経読む等		成人期	○/本読了等	○		○	
enjoy（virtual/game）-趣味		○	○					○	○	成人期				○	
get-結婚					○		○	○		成人期	○	○			
do-出産							○		○	成人期	○				
do-子育て										成人期					自分のそれまで全部
object-子供										成人期					自分の分身だから

この指標自体は試作的なものであり，その導入は行われていないが，仮説的な価値指標群を製作し，その調査を既存社員に行い，その職種ごとの傾向に合わせて採用を行うことにより，近年問題視されている若年層社員の離職率の高さ，企業とのマッチングの不備を抑えることが可能と考えられる．リクルート社の R-CAP は同様の発想のもと，2 万名の社会人の表 6.7 の体系についてのプロファイルを職種ごとに作成し，職種についてのマッチングを行っている．

本研究では，この試作的価値指標リスト群を導入することは行わないが，目標という認知科学概念で価値観を表現するという手法は 8 章でのオントロジーの実装において用いる．

6.4 目標・プラン知識表現による性格の表現

性格という概念を計算機上で知識表現として表現する試みは, 計算機科学としてのオントロジー研究が始まる前の 1970 年代後半に前述の目標概念を導入した Schank の学生であった Carbonell により行われた（Carbonell, 1980）これは任意の目標とプランの組み合わせにより人格（personality）概念を表現しようという試みであった．この考え方を本研究でも取り入れる．人事評価オントロジーの性格クラスに部分的に取り入れられている性格の 5 大因子(big five traits)を目標およびプランの概念で表現することを試みる．目標・およびプラン概念自体は人間の知識の表象方法であり，その内容は実際に人間が持ち認知する環境内の内容を定義する必要があるため，産業心理学で用いられる欲求分類とコンピテンシー分類を導入する．欲求分類が目標の内容に対応し，コンピテンシー分類がプランの内容に対応する．ここで導入した欲求分類はコンピテンシーの概念を導入した McClelland の権力（Power），親和（affiliation），達成（achievement）という欲求の 3 分法であり, コンピテンシー分類は McClelland の学生であり Emotional Intelligence の概念を普及させた Goleman による Emotional Intelligence Competencies（感情コンピテンス）である．感情コンピテンスは 5 つの領域に分かれ，それぞれ，自己認識，自己統制，モチベーション，共感性，社会的スキル群と呼ばれる．欲求分類，感情コンピテンスともヘイ社や Goleman の著書，産業心理学の EQ 研究者群（EI Consotium 等）を通じて企業の人事領域で広く用いられている．

これらの指標を用いて性格の 5 大因子，すなわち Extroversion, Agreeableness, Conscientiousness, Openness, Neuroticism を表現したものが表 6.9 である．

表 6.9　目標・プラン概念による性格の 5 大因子の表現

Five big personality traits (40's-60's)	McClelland' three dominant needs (70's, Hey)	Goals (Carbonell, '80, Accenture, 90's)	Emotional intelligence competencies (Hey, 90's)	Plans (Carbonell, '80, Accenture, 90's)
extroversion	affiliation	A-scont(self, others, +)	managing emotion of others	managing emotion of others
	power	P-human relations(self, others, +)	understanding emotional meaning of others	understanding emotional meaning of others
agreeableness	affiliation	P-human relations(self, others, +)	understanding emotional meaning of others	understanding emotional meaning of others
conscientiousness	affiliation	P-human relations(self, others, +)	facilitating thinking of self	facilitating thinking of self
	achievement	A-scont(self, others, -)		
openness	achievement	A-know(self, +)		read
				listen
neuroticism			facilitating thinking of self	facilitating thinking of self

このように人事評価オントロジーにおいては性格クラスを目標･プラン概念でより詳細な価値および能力レベルに細分化できるようこの手法を取り入れる.

6.5 人事評価エージェントシミュレーション

本節では, 人事評価システムの人材モデル設計での適切な人事評価基準の設定やビジネスプロセスの可視化による明確な評価内容の提示について，エージェントシミュレーション技術及びそのツールである SOARS の応用について記述する.

6.5.1 評価基準の妥当性検証ツールとしての応用

人事評価における合意形成過程を有効に機能させるためには, 評価項目や評価基準を含む人材モデルの妥当性を高めていく必要がある．人材モデルの「分析・設計」フェーズでは，企業のメンバーが活動環境において与えられたプロセスまたはタスクを遂行するために用いる知識やスキルを明らかにすることにより，企業が求めている評価項目及び評価基準を設定できる．こうした人材モデルの設計に必要な人材のプロセスまたはタスク遂行における知識表現を解明するためのアプローチとして，エージェントシミュレーション技術の適用が考えられる．人材モデルをエージェントとして扱い，エージェントによるビジネスプロセス遂行過程の認知構造をシミュレートすることで，企業の人事評価基準に対する妥当性を検証することができる.

6.5.2 評価結果の可視化ツールとしての応用

ビジネスプロセスを可視化することにより, タスクの遂行過程や結果に対する理解を促進するツールとして，近年，BPM (Business Process Management）と呼ばれるツールが登場している．BPM は，現状のビジネスプロセスモデルや将来のビジネスプロセスモデル

を，図解やアニメーション等で視覚できる形で表現することで，プロセスまたはタスクを実行する個人やメンバー間で共有化することができる．BPM では，ビジネスプロセスの「分析・設計」「導入・実行」「計測・評価」「改善・再構築」といったシステムライフサイクルを支援している．

しかしながら，既存の BPM ツールは，活動環境からプロセスモデルを構築するだけのモデリングツールがほとんどであり，人事評価のためではなく，プロセスの実行可能性を検証するツールとして提供されている．また，既存の BPM ツールの機能を拡張して人事評価ツールに活用したとしても，以下のような限界がある．1 つは，プロセスの硬直性が高いことである. 現実にタスクが実行される環境の変化が BPM で設計されるプロセスモデルに反映されるまでにはタイムラグが生じる．一方，現実の活動環境では，前節で述べたように，状況に応じて，被評価者が現場レベルでプロセスまたはタスクの変更を行うことがよくある．つまり，プロセスを規定して，それを遂行させる人材モデルを規定していくのではなく，人材の役割をモデリングし，その役割やタスク遂行の条件をプロセスに規定していくことが柔軟なプロセスモデルや人材モデルの実現には必須となる．また，既存の BPM ツールは，プロセス間の相互作用は記述するが，組織メンバー間の相互作用は表現していない．つまり，個々のタスクに割り当てられる人材が固定されていることを前提としたプロセスのシミュレーションは可能であるが，組織のメンバー間の役割によってプロセスの遂行がダイナミックに変化していくようなシミュレーションを実行することはできない．ビジネスプロセスのライフサイクルを通じて，組織のメンバーを前提とした行為主体の役割モデルが組み込まれていないと，人事評価システムの機能としてビジネスプロセスシミュレーションを適用することは困難である．

このような既存の BPM ツールの限界を克服する可能性を有するのが，マルチエージェント技術を用いた社会シミュレーションツール「SOARS」の人事評価システムへの適用である(Deguchi, 2005).

SOARS は，行為主体をエージェントとして，複数のエージェントをコンピュータ上で動作させて，社会環境をシミュレーションするツールである．また，SOARS は役割ベースでのシミュレーションであるため，役割を持った被評価者であるメンバーをエージェントとして構成し，実行対象となるプロセスをスポットで表現することで，柔軟なプロセスモデルの構築ができると期待できる．また，エージェント間の相互作用によるプロセス遂行の変化やそれに伴うパフォーマンスの変化もシミュレートできるため，現実のタスク遂行で生じる状況適応行為も表現可能である．

企業のオフィス活動における SOARS によるビジネスプロセスおよび人材モデルのモデル化例が見城ら(2006) により報告されている．しかし，SOARS の基本機能のみでモデル化を行ったこの例では，人材モデルの保有できる情報量，および人材，タスク，場所間での情報やものの流れに制約があることが明らかとなっている．この問題を解決し，マルチエージェントによる役割ベースのシミュレーションのメリットを生かすために，本

研究では人材モデルとして複雑な構造と情報を持つ認知感情機構エージェントが有用であると考える．また，人以外のビジネスプロセスにかかわる部分でも，SOARS に外部モジュールを接続するか，もしくは，同じ思想だがエージェント間，スポット間での情報のやり取りのための概念を最初から導入した新しいシミュレーターを開発することが効果的であると考える．

既存の SOARS を拡張し人事評価システムにおけるビジネスプロセス遂行評価のシミュレーション機能として活用した場合の例を，図 6.2 の機能概要図で示す．こうした可視化ツールを用いることで，人事評価システムにおいて，評価者と被評価者との間での合意形成過程を支援することができると期待する．

8 章では，特定のビジネスプロセスの遂行を評価する際の人材モデルやその評価項目及び評価基準の設定による妥当性向上に焦点を当てて，オントロジー技術やエージェントシミュレーション技術を用いた簡単な事例を説明する．

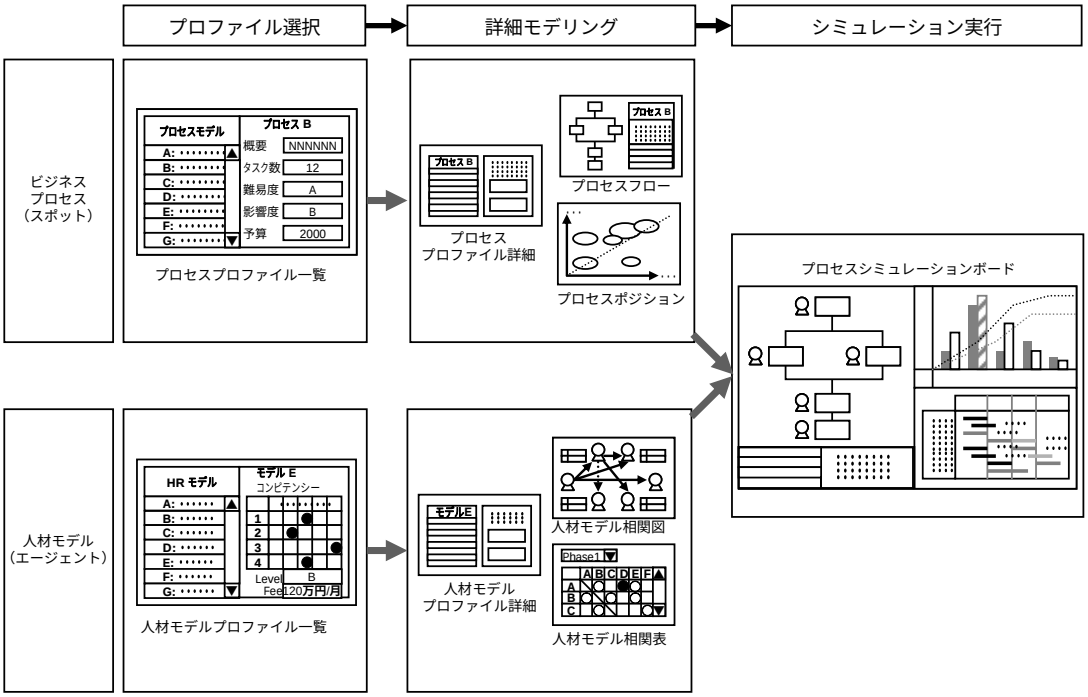


図 6.2エージェント・ベースド・プロセス・シミュレーター機能概要図

6.6 結論

本章では，企業の人事分野における既存の問題点を解決するためのオントロジー技術と，エージェントシミュレーション技術の適用可能性について考察した．ここで達成されまた，明らかになったことは以下のとおりである．

・ 人事評価項目の汎用的テンプレートを作成するため既存のコンピテンシーソースリストを網羅するコンピテンシーソースリストを作成した．これは実際の実務で人材要

件作成のためのコンピテンシーソースサーベイに応用され，実用化された．

- 人事評価における人事評価項目のオントロジーを作成するためコンピテンシーソース以外の評価観点を含めた人事評価オントロジーを作成し，評価項目群を構造化した．これは人をその構造，機能，環境，履歴から統合的に評価するための指標群であり 79 のインスタンス，32 の属性，10 の変数で構成された．人の機能の項目としてコンピテンシーソースリストが援用されている．計算機上には実装されていないが，人事実務で用いられるインスタンスがまとめられており，また，エージェントモデルに接続できるように環境から含めた統合的な評価指標群となっている．
- 計算機に実装する上で知識表現化が難しい価値観項目について実装可能性の考察を行い，試作的価値オントロジーを作成した．Schank の目標概念と既存の心理学理論の価値/欲求カテゴリを導入し，類型論として単純化されすぎないように実際の人生の目標/価値群を描写的に列挙した．また，職場環境内の価値付けで収束してしまわないように人生の時系列順に目標群を列挙した．
- 同様に知識表現化が難しい性格項目について知識表現化の方針を考察した．目標とプランおよびその重み付けの強さにより性格を表現する手法を開発した．具体例として性格の 5 大因子を表現した．
- 能力項目を定義する際，定義が必要となるビジネスプロセスについてエージェントシミュレーションの観点から考察を行った．ビジネスプロセスシミュレータの概念的機能要件を概念図で描写し，人材モデル，オントロジー，そしてエージェントシミュレーションの関係を明らかとした．また，その導入の有効性を考察した．

本章で明らかになったことは汎用的な人事評価項目がオントロジーとして統合的に構造化できる可能性があるということである．コンピューター技術として発展してきたオントロジー技術を用いて人事評価項目を構造化するため，認知科学の知識表現の手法を用い評価項目を構造化する方法が示唆された．また，評価対象となるビジネスプロセスもコンピュータ上でモデル化し，能力項目を図るためのエージェントシミュレーション技術が導入された．実際のオントロジーを作成するためには，試行的なビジネスプロセスを選出し，そのプロセスに対するエージェントシミュレーションおよび人材モデルの人事評価オントロジーのインスタンスを設定する必要がある．第８章で試行的な実装を行い，第７章では対象領域としての人材採用ビジネスプロセスを導入する．

7. ビジネスプロセスとしての採用面接

本章ではビジネスプロセスとしての採用面接を定義する．特に人事評価オントロジーの適用のための試行例として用いることが可能な簡単な個人面接をモデル化する．この個人面接は営業職のビジネスプロセスの一部である営業トークのシミュレーションにもなっており，典型的なミクロなビジネスプロセスを表すと同時に面接官が人事評価を行う評価のプロセスも表しているため，試行例のプロセスとして最適であると判断し採用した．

採用プロセス, あるいは採用面接は経営学や産業心理学の中でもこれまであまり研究が進んできた分野ではなかった．

採用プロセスについては他のビジネスプロセスに比べ, それほど定式化が進んでいない．これは，社会保険などのほかの人事業務と同様に，国毎に法律や行われる時期が異なるためである．社会保険については法律および会計に関係するため企業情報システムで十分に管理する必要がある．そのため，ビジネスプロセスの定式化の推進力となるERP(Enterprize Resource Planning)ソフトでも日本の国に向けモジュールが開発されている（日本オラクルインフォメーションシステムズ株式会社, 2007）．新卒採用プロセスについては，学生のエントリーメディアとして大きなシェアを握っている株式会社リクルートの新卒採用サイト「リクナビ」の例年の開始時期である１０月に合わせて採用プロセスが決まっている．他者の競合サイトもリクナビに対抗する形で毎年の採用広報を展開するため，同様の通年の採用スケジュールとなる．「リクナビ」は採用広報メディアであると同時に，採用管理システムでもあるため，各企業の人事部はリクナビ管理システム（RICS）の手順の制約に従い，選考活動を進める必要がある．本章では企業商品に組み込まれているため，十分に公表されてこなかった日本の新卒採用の選考プロセスをモデル化する．

また, 採用面接については面接の認知プロセスについては十分に研究されてこなかった（Eder & Harris, 1999）．採用面接と近い形の面接に，心理カウンセリングの対面形式の面接がある．しかし，心理カウンセリングで行われる面接の分析は，逐語録の事例分析が多く，面接自体の認知モデル化は行われない．本章では面接で面接官がどのように応募者を評価しているのか，その認知過程もモデル化する．

7.1 人事管理システムにおける採用

企業の人事管理(Human Resource Management: HRM)システムは，サブシステムとして人事評価を中心に, 採用, 報酬, 配置・異動, CDP (Career Development Program)・人材開発，昇進・昇格，退職・解雇等のシステムがある（図 7.1）.

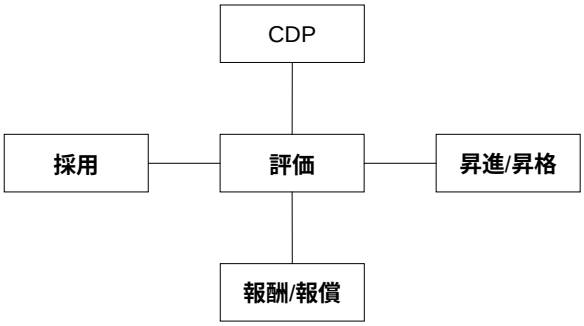


図 7.1　人事管理システムとそのサブシステム

採用システムは企業へ人材が流入するエントリー部分に位置し，評価システムとつながっている．よって被雇用者の人事評価指標とまったく同じ指標で採用選考を行うことは少ないかもしれないが，人事評価と密接に関係を持ったプロセスとなる．正社員の採用は主に新卒採用と中途採用に分かれる．また，非正規雇用の採用は派遣社員であれば人事部門ではなく，現場が手動で行うことが多く，また，業務請負（アウトソーシング）の場合も同様である．契約社員は正社員の採用に準拠する．ここでは人事評価オントロジーを構築した主に新卒採用で広く用いられる評価項目を取り上げたため新卒採用のビジネスプロセスについて詳述する．

7.2 採用プロセスとは－新卒採用活動全体のビジネスプロセス－

新卒採用プロセスは主に毎年 7 月から始まり，翌年の 6 月に終了する．面接等を行う時期は春であり，春採用と呼ばれる．秋採用と呼ばれる時期もあり，6 月に採用目標が達成されていない場合は引き続き採用活動が続く．1 年を通じての採用部門の大きなプロセスの流れは以下のとおりである．

a)　採用計画

はじめに新卒採用人数と求める人材像の設定を行う．その後，評価基準の設定を行い，それにあわせた選考プロセスの計画を行う．これは，どのような選考手法をどのように並べ，各選考ステップでどのくらいずつ絞込みを行うかの計画である．また，他者の選考スケジュールも勘案して採用スケジュールを決定する．それと同時に採用予算，求める人材像にあわせて募集告知の方法および媒体を選定する．7 月から 9 月の採用部門の閑散期に行う．

b)　エントリー受付・動機喚起策

募集方法に合わせて Web や郵送で募集を受け付ける．日本においては採用 Web システム業界最大手のリクルート社の商品「リクナビ」が例年 10 月下旬に新卒大学 3 年生および大

学院生の各企業の募集サイトへの応募受付を開始するため，各社この時期がエントリー受付の開始時となる．募集受付後は，お礼メール等の送信を行い，人的，資金的に余力があれば説明会シーズンまでの間に会社を知ってもらい，応募したことを忘れられないための動機喚起策を行う．具体的には，Web メールの送信，採用 HP のアップデートとその告知，パンフレットや DVD の作成，送付を行う．

c)　説明会実施

新卒採用説明会シーズン（経団連憲章に従う企業の場合 4 月以降，そうでない場合 2 月ぐらいから）に入ったら企業説明会を実施する．応募者の動機付けを喚起するために，退屈な一方通行の説明会にならないように，企画する．この時期，他企業も説明会を行っているため，学生に辞退されないためには，説明会の企画は力を入れる必要がある．具体的には，パワーポイントなどのプレゼンテーションソフトを使った図示，現場の社員の体験談のコーナーを設ける，会社・仕事・社員を紹介するビデオの作成・放映，仕事を理解してもらうためのグループワークの実施等を行うと効果的である．

d)　エントリーシート受付

説明会の前，あるいは後に Web/郵送でエントリーシートを受け付ける．応募動機喚起策を実施していないエントリー時にエントリーシートを受け付けるより，動機策，説明会を実施した後にエントリーシートを受け付けた方が，エントリー数が増加する．また，大学所定のエントリーシートで受け付けると学生にとっては同じ内容で他社の分も複数枚書けるので，敷居が低くてエントリー数が増えるが，採用側が聞きたい内容に沿っては情報が採取できないというデメリットがある．逆に，会社指定のエントリーシートを設定すると動機喚起策が十分でない場合，エントリー数が増えないリスクがある反面，聞きたい情報に沿って記入欄を設定することが出来る．

e)　筆記試験

説明会時，あるいは後日，別の場を設定して筆記試験を行う．筆記試験では性格と知的能力について，標準化されたデータに対しての相対評価が行える．能力については，最低限の基準を設け，スクリーニング（足切り）に使用するのが一般的で，性格テストについては求める人材像の評価基準となる項目に対応する項目の確認，問題行動につながりそうな項目の確認を行う．

f)　集団選考

新卒採用では応募数が多数になるため，スクリーニングのために集団選考を設定するのが一般的である．実際に仕事の場面に対応する項目を評価したい場合は，グループワークやグループディスカッションによる選考を行い，コミュニケーションや過去の経験，応募者の志向や価値観を評価したい場合は集団面接を行う．その際，エントリーシートや筆記試験からの情報を参考に，それまで確認できていない評価項目の確認や，すでに確認した項目の追確認，詳細評価を行う．

g)　個人面接

個人面接は複数回行われるのが一般的であるが，全体を通じて必要な評価項目を網羅的に確認する必要がある．集団面接と同様，面接では応募者の志向や価値観を直接質問して確認することが出来る．また，筆記試験や，グループワーク/ディスカッションで評価した項目について，応募者の過去の実体験などに基づいて確認することが出来る．一般的には多面的に評価するために，人事担当者と現場担当者による複数回の面接を行い，応募者の動機を喚起するために，担当者レベルの面接以外に管理職や役員による面接を行う．

h)　内定・内定フォロー

現在の新卒採用では，内定後，入社するまでに長い場合，半年以上期間が空き，また，よい学生ほど応募者も複数社から内定をもらっているため，内定提示後，フォロー策を実施する必要がある．具体的には，役員等からの内定者への期待を伝える内定面談の実施，会社見学の実施，社内報や内定者向けの情報の送付，内定者間のコミュニケーションの場の設定（Web 上あるいは実際の交流会）を行う．ただし，入社意欲が十分に喚起されていない場合，内定者間のコミュニケーションの場を設定すると，雪崩式に内定辞退が発生する危険性もあるので注意が必要である．

i)　新卒採用総括

採用スケジュール終了後（6 月末期），採用活動全体に対する総括を行います．採用数は十分確保できたか，採用方法/スケジュールは問題なかったかを確認するために，採用プロセスごとの参加者の推移や内定者や辞退者に対するヒアリング等の分析を行い，次年度の採用計画の参考とする．

以上が新卒採用プロセスの全体像である．次節では採用面接に焦点を当て詳説する．

7.3 採用面接の全体像

本節では採用面接の全体像について概説する．

7.3.1 採用面接の機能

採用面接は企業側が応募者を選考する場であると考えられがちであるが, 応募者側からも会社は評価されている．以下に採用面接の機能を列挙する．

a)　応募者の会社評価の場面

面接とは面接官からの一方的な評価の場ではなく，相互評価の場である．応募者も面接官を通して会社を見ているので，面接官は自身の雰囲気，風貌，発言を通して応募者に伝えたい情報を与える必要がある．優秀な学生であればあるほど，選択肢（就職先）が豊富なため，面接の場で悪い印象を持たれると例え本来志望していた企業でも辞退するという事態が発生する．

b)　応募者の評価を行う場面

面接では面接官が応募者の職業価値観と能力を判断する．応募者の希望が会社の希望とマッチしていて，かつ，会社が応募者に求める能力を兼ね備えているかどうか判断を行う．面接官の評価では，「何を」「どのように」見るかが重要となる．
以下で標準的な面接の流れを用いて「どこで」「どの観点を」見るのか説明する．

7.3.2 採用プロセスにおける面接の位置づけ

採用選考では選考手法毎に以下のような観点を判断する（表 7.1）．

表 7.1 選考方法による評価の観点

選考手法	履歴書･エントリーシート	小論文	適性検査	面接	グループワーク
評価の観点	経歴	知的能力	知的能力	身体的特徴	身体的特徴
	身体的特徴（顔）	（志向･価値観）	性格	知的能力	知的能力
	（志向･価値観）		（志向･価値観）	仕事能力	仕事能力
				性格	性格
				志向･価値観	
				経歴	

採用においてはまず，求める人材像を策定する．会社の理念や業績目標からブレイクダウンして職種の求める人材像が決まる．これは，人事考課における職種の求める人材像と同じこともあれば，今後，組織に注入したい人材を考慮して，戦略的に新卒採用用の新しい求める人材像を設定する場合もある．

求める人材像が決まったら，採用プロセスが決定される．大量の応募がある新卒採用では，上記の選考手法を複合して採用プロセスを設定するが，大量の応募者の足きりとして書類選考を行う場合，適性検査を行っておけば，その結果を面接で使用することも出来る．

ここで適性検査と面接で判断できる観点の比較を行うと，適性検査では基礎的知的能力と性格についてある程度，客観的で類型的な評価が行える．志向については類型的な評価は行えるが，個別の志向までは明らかに出来ない．一方，面接では，応募者の身体的特徴や仕事を行ううえでの複合的な仕事能力（コミュニケーション能力，論理的思考力等）が評価でき，そして志向・価値観を深く聞きだすことが出来る．
ただ，仕事能力については面接よりもグループワークのほうが，実際に共同で作業（＝仕事）を行う応募者を観察できるため，より精度よく評価できる部分もある．

7.3.3 採用面接での評価の観点

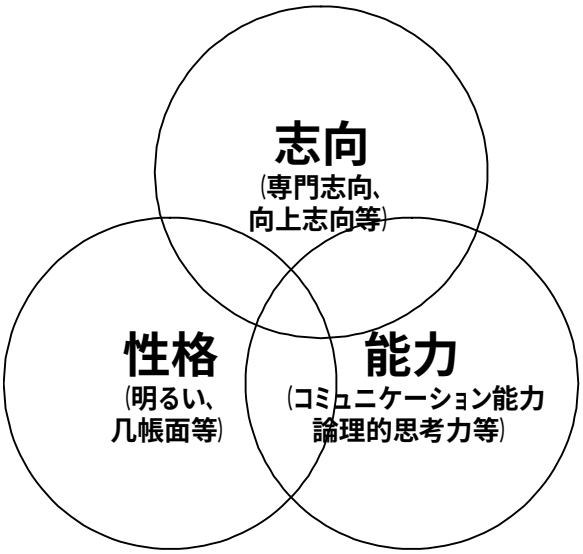


図 7.2 面接での評価の観点

面接では，面接官が応募者の志向・価値観，性格，能力を判断する．（図 7.2）

志向・価値観とは，応募者の仕事に対する好みや欲求のことである．例えば，「体を動かす仕事がすき」であるとか，「社会的意義が感じられる仕事をしたい」など個人により仕事に対する志向・価値観はさまざまである．そこで，志望動機を問う質問や，その他応募者の志向を問う質問から，応募者の仕事に対する志向が，会社の理念，風土や募集職種の職務内容に適合するかどうか確認する必要がある．

性格とは，行動の特徴や傾向を表す指標で，能力と志向の組み合わせを第 3 者が客観的に観察した結果として測定される．例えば，「明るい」であるとか「元気」であるとか面接では個人の印象を類型的に捉える．面接では，採用予定の職種に合う性格かを判断する（地道にこつこつ作業を行う職種で「活動的」な人を選考していないか等）．

能力とは仕事を進めていく上で必要な技能や知識のことである．顧客と折衝を行う職種であればコミュニケーション能力が重要になり，企画を行う職種では論理的なものの考え方が重要になるように，職種によって必要な能力は異なってくる．この能力を面接でのやり取り自体と，応募者の過去の行動から判断する．

7.3.4 評価方法

面接での人物理解は，事前の資料による応募者の仮説人物像の設定に始まり，面接場面を通じてステレオタイプな仮説の見方を修正しながらより詳細に理解していくというプロセスを通じて行われる（Eder and Harris, 1999）．

面接では，面接場面での応募者のやり取りの仕方と，やり取りの内容の 2 つの情報を元に評価を行う．（図 7.3）

性格は，応募者の過去の行動を聞くことにより，推測して判断するという側面もあるが，面接からの直接の情報である身振り，手振り，全体の印象，声のトーン，表情でそれを確かめることが出来る．

コミュニケーション能力や論理的思考力などの能力については，面接でのやり取りの仕方そのものが判断の情報となる．コミュニケーション能力については，

・ 面接官の意図を理解しているか
・ 面接官の感情を察知/共感しているか
・ 面接官に言いたいことを言葉に出来ているか
・ 面接官の感情を動かすような話し方が出来るか

の 4 点から判断することが出来，論理的思考力については，回答の論理性の程度から判断することが出来る．また，同じ能力でも達成力や持久力など実際の仕事の場面でないと判断がつかないものについては過去に取り組んだ物事の経験について，必要とされる能力が発揮される側面を聞くことにより判断する．

志向については，応募者が仕事に対して抱いている主観的な好みや欲求のため，応募者の意見を聞き判断することとなる．

以上のように，面接官は面接中に応募者の 3 つの側面（志向，性格，能力）に対し，やり取りの内容を判断しつつ，一方でやり取りの仕方にも注意を配り，判断することになる．詳しくは事例および質問例にて説明する．



図 7.3 評価の観点の見極め方

以上，簡単に面接の概要を述べた．ここから具体的な面接の場面に沿って，解説を行う．

7.4 面接の流れ

標準的な面接の流れは図 7.4 のようになる．各プロセスおよび面接前の準備について以下で説明し，最後に各プロセスでの留意点をまとめる．

標準的な面接の流れ

どの場面で	何をするか	どこから見るか	何を見るか
入室･挨拶	面接官の第一印象がよくなるよう振舞う アイスブレイキング（リラックスした雰囲気作り） ラポール（面接官と受験者の話の場作り） ･こんにちは ･どうぞおかけください ･今日は忙しい中ありがとう	服装、顔つき、挨拶、風貌、動き	第一印象 性格
最初の1分程度の会話	簡単な自己紹介（名前、出身大学等履歴書に載っている事項）をしてもらう ･お名前と出身大学を教えてください ･自己紹介をしてください。1分ぐらいで簡単にお願いします。 履歴書、エントリーシートがあれば履歴書にも目を通しつつ、話した内容から仮説的な受験者の人物像を作る（○○大学の経済学部だがエントリーシートにもあるように部活に精を出していた人物）	話し方、声の大きさ、トーン、視線、身振り手振り等 応募書類、内容	コミュニケーション能力 性格
志望動機の確認	会社、および職種の志望動機を確認する ･なぜ当社を志望しましたか ･なぜ○○職を志望したのですか	内容 感情	受験者の価値観･志向や好み 能力について把握する場合もある（詳しくは後述）
過去の経験	受験者の過去の経験からそのときの状況や取った行動、行動の判断基準を聞く	内容 感情	態度能力 スキル･行動パタン 思考･思考パタン
クロージング	選考結果の連絡方法と今後の選考プロセスについての説明 受験者の満足度･志望度を高めるため、質問を受ける		

図 7.4　標準的な面接の流れ

7.4.1 面接前の準備

本節では面接を開始する前に確認すべき点を列挙する．

・　求める人物像の明確化

採用面接を行うに当たり，どの職種ではどのような業務を行うためにどのような志向，性格，能力を持った人物が必要であるということがイメージできているか明確化しておく必要がある．必ずしも詳細な分析が必要なわけではないが，具体的な人物像がイメージできていることが重要である．

・　評価の観点の明確化

求める人物像を抽象化して数点に絞った評価の観点を決めておくことは重要である．大量の応募者のため，通常，面接を行っていない複数の面接官が参加する新卒採用の場合，面接で見る観点とそのレベルを明確に定義しておくことが，精度の高い面接を行うことにつながる．また，面接の中で判断できる項目もあれば判断できない項目もあるため，採用プロセスの中で複数の手法を用い，必要な観点を網羅的に判断するよう計画しておく必要がある．

・　面接の目的，方法の明確化

前述のとおり，採用面接では会社のアピールと応募者の評価という 2 つの目的がある．そのそれぞれに対し，会社ごとにアピールするポイント，評価の観点は異なる．アピールについては事前に準備しておかないとなかなか伝わらない．面接の方法，つまり，流れや質問の仕方についてもある程度準備しておいたほうがよい．（構造化面接といい，面接の環境条件のブレをなくすために，面接を完全に標準化する手法もある．）そうしないと，思わぬ雑談で時間が過ぎたり，面接官がしゃべりすぎて聞くはずだった観点を聞き逃すといったことが起きる．

・　評価シートの準備

通常，複数回の面接を含む複数の選考を行う新卒採用では，各選考を通じて評価を伝達するために評価シートを準備しておく必要がある．なるべく，少ない枚数の評価シートにしたほうが管理が楽であるが，複数枚でも管理を一元化していれば問題はない．評価シートには，評価の得点と次選考の評価者へ伝えるコメントを記入する欄が必要となる．

・　事前資料の閲覧

履歴書，エントリーシート，適性検査，1 段階前の面接の評価シートがある場合は，事前に簡単に目を通しておく．面接が始まってからでも，十分に読むことは出来るが，事前に各種資料から人物像を把握しておくと評価の効率が上がる．ここで気をつけなければいけないことは，事前の資料確認の目的はあくまでも応募者の人物像の仮説を作ることであり，ここで作ったステレオタイプな人物像に影響されて，実際の面接での評価を誤らないことが必要である．事前の資料による人物像は，あくまで事前の仮説として捉えつつ，面接を通じて修正が必要であれば修正していく．

7.4.2 入室・挨拶

面接の最初の場面であるこの場面での目的は，応募者をリラックスした雰囲気にさせ，面接を行う場を作ることと，応募者の第一印象を評価することである．リラックスさせるための場面作りのテクニックをアイスブレイキング（Ice breaking）と呼び，このような場面を築くことをラポール(Rapport)を築くという．ラポールとはフランス語で，「相互に信頼した状態で，相手が好意を持っている状態」ということを表す．この状態を築くことで，応募者が緊張して本来の姿を評価できなかったり，構えてしまい作られた情報しかしゃべらなくなることが防げる．ただし，応募者のストレス耐性等を判断するために意図的に雰囲気を変える場合もある．

アイスブレイキングに使われる会話には以下のようなものがある．

1) 感謝，ねぎらい
・ 今日は来てくれてありがとう
・ 就職活動は忙しくない？
2) 本論とは関係のない話
・ いい（悪い）天気だね．こんな日はどこかに行きたいね
・ お昼はもう食べたの？この辺あまり，食事できるところないからね．
3) 学生からの情報収集
・ うちのオフィス新しくなったんだよね．（古いだろ）どう？
・ うちの説明会はどうだった？
・ 就職活動はどのくらいやっているの？
・ 面白い選考をやっている会社あった？
4) 自己開示
・ 人事部の○○である．入社○年目である．
・ 営業部の○○である．普段は○○地区の法人営業をしています．
・ 最近，仕事ではこんなことをやっています．（あまりネガティブなことは言わない）

また，ラポールを築くための応答のテクニックとしては以下のようなものがある．これは，共感的理解を達成する手法として心理カウンセリングで用いられるものである．

・相槌：「はい」「うんうん」「なるほど」等．相手の会話に対して聞いているということを意思表示する．聞いていないのに，ずれた場面で相槌を返すことは避ける．
・要約：「それは○○ということなんですよね．」“相槌”から一歩進んで相手の話している内容を理解しているということを伝える．もし理解していなければ，訂正が入り，応募者への理解が深まる．
・肯定的感嘆：「へぇ，すごいなぁ．」「そうなんですかぁ．」等．感情をこめて感想，感嘆を返す．これにより，うわべだけでなく，きちんと話を聞いていることが伝わる．

言語以外のコミュニケーションとして，姿勢，しぐさでもメッセージは伝わる．

気をつけたほうがよい姿勢，しぐさと好ましいものを以下にあげる．

・ 腕組み，足組み，ふんぞり返っている，視線を合わさない，書類を見ている，無表情，険しい表情，早口，隠してメモを取る
・ 笑顔，軽く視線を合わす，少し応募者に対し前傾姿勢になっている，ゆっくり落ち着いたしゃべり方，見えてもよいメモ以外は取らない

面接会場の設営の仕方でも，雰囲気は変わってくる．

・ 面接官と応募者を近くしすぎない：日本人の心地よいと感じる対人距離は 118 センチ以上である．これ以上近くなると，応募者は面接官との距離が気になってくるため，細長い会議机の短い辺に向かい合って座るなどの配置はやめたほうがよい．また，近すぎると面接官のメモが応募者に見えたり，集団面接の場合は，他の応募者の書類が応募者に見えることがある．
・ 正面ではなく斜めの位置に座る：リラックスさせたい場合には，正面ではなく，斜めの位置に座ることも考えられる．ただし，体の向きは応募者を向き，注意を払っていることは伝える必要がある．
・ 応募者との間に机を置く：面接官と応募者の間に空間だけあるより，机などの障害物があったほうが応募者はリラックスする．

アイスブレイキングをしてラポールを築きながら，面接官は応募者の第一印象を判断する．第一印象は以下のような視点から判断できる．

・ 服装，髪型，顔つき，体つき
・ 入室，着席，挨拶の仕方等の挙動，表情

これらの視点から，第一印象と初対面での反応の仕方を判断する．販売や営業など，顧客折衝が必要な職種では見た目の第一印象が評価観点となる場合もあり，必要以上に緊張する応募者の場合は，対人折衝が必要な部署での採用は厳しい場合がある．

7.4.3 最初の 1 分程度の会話：自己紹介

挨拶のパートでリラックスしたラポールの関係を築いた後に，面接をスタートする．面接の進め方としては，あらかじめ決められた質問に沿って面接を進める“構造化面接”と質問をあらかじめ決めずに自由に進める“非構造化面接”がある．ここでは，その中間の半構造化面接と呼ばれるある程度，標準的な流れを作り，その中で質問を自由に行う形式の面接に沿って解説を行う．

まず, 挨拶の後には, 自己紹介を促すのが標準的なプロセスである. 自己紹介の目的は，応募者の履歴や出身を話してもらうことにより，判断の基礎となる仮説の人物像を作ることである．ステレオタイプの判断にはなるが，ある程度，出身の社会集団に基づいたステレオタイプの人材像を作っておかないと，判断の誤りを起こすことがある．

事前に履歴書やエントリーシートを読んでいない場合は, 応募者が話している間に書類

に目を通し，確認を行う．事前に読んでいる場合は，書類からの事前の人物像と実際の回答からの人物像を比較し，修正がある場合は修正を行う．

自己紹介をしてもらう方法として，2 通り例示する．

・ 必要最小限の自己紹介：

「名前と出身学校を教えてください.」と質問する．この場合は，その後の面接官からの質問で詳細を聞いていくため，あえて時間をかけて応募者に話してもらうことをしない場合を想定している．ただ，この自己紹介を行ってもらう数秒のパートを行うことにより，面接官は書類に目を通すという作業を確実に行えるという効果がある．

・ １分程度の自由な自己紹介：

「学生時代に行ってきたことを中心に簡単に１分程度で自己紹介をしてください.」と質問する．

応募者によって学生時代に力を注いできたことはさまざまである．学業である場合もあれば，サークル，部活，アルバイト，ボランティア，その他課外活動である場合もある．その後の面接でどの分野を質問すれば，その応募者の人物像が最もよく分るかを知るために，話す内容を自分で決められる自己紹介を行ってもらう．ただし，１分程度でと時間を区切らないと，延々と話す応募者もいる．また，区切ったとしても話し続ける応募者はいるが，その場合は，事前に１分程度でと伝えているので，途中で区切ることも可能である．

目的としては，その後の面接で過去の経験を聞いていく領域を探り出すことであるが，応募者によっては志望動機や自己 PR を述べる人もいる. その場合は, 特にさえぎらずに，その情報を活用して以降の面接を進める．

面接でのやり取りの仕方と，回答内容/書類内容から以下を判断する．

a) やり取りの仕方から：

・ 必要最小限の自己紹介の場合：
極度の緊張がないかだけ判断する．コミュニケーション能力については，回答内容が少ないため判断できない.

・ １分程度の自己紹介の場合：
コミュニケーション能力の中で特に，相手に自分の言いたいことを分りやすく伝えられるかを判断する．

b) 回答内容/書類内容から：

書類，あるいは口頭での自己紹介から以下の内容をもとに，仮説の人物像を作る．志望動機と自己 PR については後のパートで詳しく聞くが, エントリーシートを提出させている場合は，解答欄があるものが多いのでさっと目を通す．

・ 出身学校/学歴
・ 職歴（アルバイト歴）
・ 現住所/実家

・　年齢
・　趣味
・　資格
・　サークル/部活/その他課外活動
・　家族構成
・　志望動機（エントリーシート）
・　自己 PR（エントリーシート）

仮説の人物像の例としては典型的には以下のようなものが挙げられる.

・　難関国立大学出身：知的能力が高いのではないか？
・　体育会部活動の部長経験：リーダーシップがあるのではないか？
・　生活に困っているわけではないが勉強よりファーストフードのアルバイトに注力：ひとつの物事を長期的に追求する仕事より，体を動かしてチームで進ることや，人と触れ合う仕事のほうが好きなのではないか？

以上のように，ステレオタイプの仮説人物像を作り，その後の面接を通じて，評価の観点について深掘りの分析，修正を進めていく．最初の仮説人物像はあくまでも仮説であるので，そのステレオタイプの人物像にとらわれないように違う側面があれば，修正を行う.

7.4.4 志望動機の確認

志望動機は, 採用面接では最低限, 聞く必要のある項目のうちのひとつである. これは, 会社のビジョン，ミッション，事業内容や職種の職務内容と応募者の希望がマッチしているかを確認しておく必要があるためである.

質問の仕方としては，以下の 2 つがある.

・「なぜ，当社/該当職種を志望したのですか？志望動機をお聞かせください.」
・「今回，ご応募いただいたきっかけをお話ください．どの点が魅力的に感じていただけたのですか？」

1 番目の質問例ではダイレクトに志望動機を聞くため，応募者が質問の意図を取り違える危険性がない反面，用意してきた回答案をひたすらしゃべるということになることが予想される．2 番目の質問例は，1 番目の質問よりはオープンクエスチョンにしているため，応募者の回答の自由度が高まり，就職活動の状況やその中でなぜ，今回応募をしたかという理由まで納得感をもって説明してもらえる可能性が高まる.

この質問では募集している職務内容と, 応募者が仕事を通じて実現したいと希望している事項が一致しているかを確認することが目的である．その際に参考となるフレームワークとしては，職業興味分類（現実的/研究的/社会的/慣習的/企業的/芸術的）や，職業価値観表（目標の高さ，設備，裁量権等）などがあるが，必要なことは，応募職種や応募

している会社の風土を応募者が十分に理解して志望しているかを判断することである．そのため，面接官は，募集している職種に必要な志向や，その会社の一員として持つべき価値観を十分に認識して面接に臨む必要がある．

また，志望動機を聞くことにより，コミュニケーション能力以外にも，論理的思考力や状況理解力を見ることも出来る．論理的思考力は，志望動機の説明の深さで判断することが出来る．状況理解力とは，現実の状況を正確に認識して自分の志望を述べているかを判断することにより分かる．

志望動機を聞いた時点で, マイナス評価が行われる例としてとして以下のようなものがある．

- 経験がないことを志望し，能力が足りない
  例：人と話すのが苦手なので，それを克服するために営業職に就きたい．
- 能力と一致しない職種を志望
  例：客観的には論理的に話すことが出来ていないが，論理的に物事を考えることが得意で続けたいため，システムエンジニアを志向していると言う．
- 職種を理解していない
  例：このブランドの製品が好きだからというだけで，分析力や，企画力が必要な商品開発の職種に，異なる能力を持つ多数の応募者が集まる．

このような場合には, 応募者に対して募集している職種に必要な能力を想定させて答えてもらい，能力が足りないことを自覚してもらうことによって，不合格の際の納得感を事前に持っておいてもらう必要がある．

また，応募者に対して，志望動機をより深く聞きたい場合には，最初の回答に対し，

- なぜそのように思うにいたったか
- いつからそのように思い始めたのか
- その考えに従って行動した経験はあるか
- あるならばそれはどのような経験か

等の深掘り質問を追加して行う必要がある．

7.4.5 過去の経験・自己 PR

面接においては，評価の観点を，応募者の面接中のやり取りの仕方と，やり取りの内容から判断する．やり取りの内容については，過去の経験から評価の観点に関する行動を聞きだしていくやり方と，評価の観点に関する仮想の状況でどのように行動するかを聞くやり方の 2 通りがある．ここでは過去の経験から評価の観点を判断する方式の解説を行う．

いわゆる「自己 PR」と呼ばれる内容も過去の経験から具体的に質問を行う．

新卒採用の場合は，中途採用と違い，職歴を深掘りして聞くことにより，仕事に必要な

能力の判断を行うことが出来ないため，学生時代の活動を仕事場面に対応する経験として聞いていく．ここで，自己紹介の際に，応募者が自発的にしゃべったトピックを深掘りして聞いていくことにより，深い経験を聞くことが出来る可能性がある．ただし，応募者が面接対策としてあらかじめ準備してきた回答以外の領域の経験を聞くために，関係のない領域の質問をすることも有効な場合もある．

質問の仕方には 2 種類ある．

- オープンクエスチョン：「○○はどうでしたか？」「学生時代はどうすごしていましたか？」等，回答者が回答内容や仕方を自分で設定できる質問の仕方
- クローズドクエスチョン：「○○は○○でよろしいですね？」「当社に入社してもらえますね？」等，「はい」か「いいえ」 で答えさせる質問の仕方

採用面接では，オープンクエスチョンで応募者に自由に答えてもらう．クローズドクエスチョンで質問すると質問文に面接官の解釈が含まれることになり，判断を誤ることになるので，極力避ける．

応募者からの回答により，深掘り質問をする領域が決まったら，過去の経験について具体的に聞いていく．「なぜ」，「どのように」，「どうやって」等の質問を続けることにより，詳細をつかんでいく．詳細をつかまないと，相対的，数量的な評価が出来ず判断を誤る原因になり，合格をさせる際の根拠も薄弱になる．

7.4.6 クロージング

必要な質問を聞き終わったら，面接を終了するためのクロージングのパートに入る．クロージングのパートの目的は，応募者が面接を受けた中で不愉快な印象を残さず，かつ，満足感や会社への入社動機が高まった状況にして終了することである．

ここで，行うことは，以下の 2 点である．

- 頻出質問に対する情報の事前提供
- その他質問の質疑応答

頻出質問については，事前に準備して話すように流れの中に入れておくことが薦められる．たとえ応募者から質問されないとしても，応募者は聞きたいと思っている場合がある．

企業説明会や採用ホームページなどの事前情報では分らなかったことや，他に聞きたいことがないかどうか，応募者に確認することも有効である．

もし，応募者からの質問がなく，時間に余裕があるようなら，社員として感じる喜びや面白さを話すことも薦められる．また，回答に困った場合は，曖昧なまま回答するのではなく，次回までに回答する旨を約束したほうがよい．ここでのポイントは応募者の質問に率直に答え，自由に質問できる雰囲気をつくることである．

頻出質問例としては，以下のようなものがある．

・　結果通知の方法・時期
・　採用予定数
・　採用内訳（性別・学校区分別）
・　今後の選考プロセス
・　勤務地・配属・異動

7.4.7 留意点

これまで解説してきた面接の流れの中で面接官が注意するべきポイントをまとめると以下のようになる．

a) 入室・挨拶

挨拶の場面ではアイスブレイキングの声かけを行う．

緊張していなさそうに見えても応募者は緊張している場合が多い．また，応募者によって声かけを行ったり，行わなかったりすると面接の条件に差が出てきて正確な相対評価が出来なくなるので行う場合は時間をとって全部の回，必ず行ったほうがよい．また，温和な態度で臨み，面接官，ひいては会社の印象を高めることも忘れてはならない．

b) 最初の一分程度の会話（自己紹介）

応募者の全体像をつかむことを心がける．履歴書がある場合は，記入内容の中で不明な，あるいは詳細が分らない項目があれば質問する．また，可能なら学生時代にどのような活動を中心に生活を送っていたか，その比率まで把握する．ここでつかんだ応募者の全体像から仮定の評価を行うと共に，深く質問できる領域を探す．

c) 志望動機

納得のいく回答が返ってくるまで，質問を行う．志望動機を確認する中で，志望度がどの程度か，応募者の仕事に対する志向・価値観はどのようなものかを確認する．そして，その志向・価値観が募集している職種を遂行するにあたり適当か，あるいは会社の風土とあっているかを確認する．まれに，何も考えていないような表層的な回答が帰ってくる場合があるが，その場合は思考力が弱いことの証左にもなり意味はある．

d) 過去の経験・自己 PR

募集職種に必要な態度能力，コンピテンシーを備えているかどうか確認する．過去の経験の内容から必要な態度能力，コンピテンシーを発揮できていたかどうかを判断すると共に，面接でのコミュニケーションの仕方からも評価を行う．場合によっては，架空の事例を用いてどのように行動するかを問う質問で判断する場合もある．

e) クロージング

応募者からの質問を受けることにより，一方的に評価をされたわけではなく，相互理解の場だったとの認識を持ってもらうようにする．また，質問への回答を可能な限り魅力的に答えることにより志望度合いを高める事を狙う．

f) 全体を通じての留意点

面接では，応募者が緊張したまま質疑応答に入らないようにする．緊張したままであると応募者の通常の志向・価値観，パーソナリティ，コンピテンシーが面接より浮かび上がってこない．また，質疑応答に入ったら事前情報，あるいは第一印象，外見のステレオタイプに引きずられすぎないようにも注意する．基本的には面接とは事前情報，あるいは第一印象から作った人物像を質疑応答を通じて修正し，精度を高めていくものであるが，最初の印象の影響を強く受けすぎてしまうと誤判断の元となる．

過去の経験・自己 PR は人物像の詳細化，修正を行う場面であるので，表層的な理解のまま終わらないようにする．深掘りしないままやり過ごすのではなく，具体的な仕事場面をイメージできるよう質問し，分らなければ直接的な質問も行う．また，どうしても分らないようであれば，思い切って質問を変えてみる．

評価の際の注意点としては，一つの突出した魅力に引っ張られすぎないことや，大勢の応募者を評価することによる判断のブレとされる中心化傾向，厳格化傾向，寛容化傾向に注意することがあげられる（大沢ら，2000）．また，自分と似た志向，パーソナリティを持つ応募者を高く評価する危険性も指摘されている．

最後に，面接全体を通じては意図しない限りいわゆる圧迫面接や応募者との議論は行わないようし，また，面接官がしゃべりすぎること，差別につながる質問をしないようにすることも注意する．

7.5 質問例

本節では人事評価オントロジーのコンピテンシーソース項目にも導入したダイヤモンド社の DPI（Diamond Personality Inventory）の評価項目を用い，面接において評価の観点を明らかにするための質問例を提示する．DPI を採用する理由は，第 6 章のコンピテンシーソースサーベイの構築，導入および採用プロセスの中での検証を行った際に用いた適性検査が DPI であり，コンピテンシーソースサーベイ，適性検査，採用面接と本論文では取上げなかったがその他の選考手法（グループワーク/ディスカッション等）の関連を検討する際にご協力いただいた適性検査がダイヤモンド社の DPI であったためである．以下に DPI の性格項目毎の面接の質問例を挙げる．

7.5.1 積極性

a) 定義

困難な問題に直面しても，進んでそれと取り組み，人をリードする傾向

b) ポイント

積極性とは物事に対する取り組みの姿勢とその行動自体であるので，応募者の過去の経

験を聞きだすことにより，評価する．その過去の経験の困難の度合いと，他者を巻き込んでの集団経験だったかということにより，評価の度合いを決定する．

また，応募者のコミュニケーションのとり方を見て，その過去の経験についての信頼性を確認することも出来る．つまり，話している積極的な過去の経験と明らかに食い違うような消極的なパーソナリティに見えた場合は，その話の信頼性が疑わしいと考えられる．逆に，明るい，エネルギーにあふれている，元気等のパーソナリティの場合，信頼性は高いと考えられる．ただ，もちろん，コミュニケーションの取り方のみから判断できないので，あくまでも過去の経験を深く詳細に聞き，評価する．

c) 質問例

・ 学生時代に経験したことで困難な状況に直面した事例について教えてください．
・ それをどのように解決しましたか．具体的に教えてください．

7.5.2 協調性

a) 定義

チームワークをよくするために，自己中心に偏らず，人と協力する傾向

b) ポイント

協調性は，応募者の過去の集団経験を聞くことにより判断する．チームの中での自分自身の物事の進め方について聞くと同時に，他者からどのように見られていたかも聞き，判断する．これは，本人の認識だけを聞くと自分の都合のいいように捕らえている可能性があるためである．

同時に，積極性と同様，コミュニケーションの取り方から補足的な判断を行う．特に集団の中でリーダーか一人で物事を進めることが好きなタイプで，コミュニケーションのとり方から自己主張や自我が強そうなタイプの場合，協調性が低い可能性がある．逆に，人を補佐することが好きなタイプで温和な人柄の応募者は協調性が低い可能性は少ない．

c) 質問例

・ 学生時代に集団で活動したものの中でどのような役割を担いましたか？
・ また，なぜそのような役割についたのですか？
・ 集団の中ではどのようなタイプの役回りが好きですか？
・ 周りの人からはどのように見られていましたか？

7.5.3 慎重性

a) 定義

仕事を計画的に行ない，思慮深く，落ち着いた態度がとれる傾向

b) ポイント

慎重性については，物事を進めるときの計画の立て方について聞くことにより確認する．慎重性は，物事を進める際に事前に計画を立て，リスクを減らして実行しているか判断しなければならない．したがって，これまでの過去の意思決定，あるいは，現在の就職活動などを例にとって，どのように進めているかを質問する．

この項目は，例の選び方により個人差が出てくるので，一つの例で計画性が低い場合でも，他の事例を答えさせて補足で確認する必要がある場合もある．

c) 質問例

・ 就職先の選び方について教えてください．何か基準のようなものはありますか？
・ 物事を進めるときどのように行いますか？（試験勉強，授業の履修選択，休みの過ごし方，趣味選び，アルバイト選び，旅行の計画等）

7.5.4 責任感

a) 定義

集団の中で自己の役割を認識し，熱意を持って任務を果たす傾向

b) ポイント

責任感についても，集団の中での過去の経験を聞くことにより判断する．協調性と同様，集団の中でどのような役割を担い，また，他者からどのように認識されていたかを多角的に質問することにより，責任感の程度を確認する．

また，充分に判断できない場合は，仮想的に集団活動から脱退する場面など責任感の程度で行動の仕方が変わる場面の質問をし，確認することも出来る．

c) 質問例

・ 学生時代に経験した集団活動において，あなたの事情で急にやめなくてはいけなくなった際，どのようにしてやめますか？何ヶ月ぐらい，事前に通告しますか？

7.5.5 活動性

a) 定義

ものごとに対して積極的，精力的に打ちこむ傾向

b) ポイント

過去の経験での活動の程度を総合的に判断する．これまでの人生で物事に熱中して打ち込んだことがない場合は，活動性は低いと考えられる．また，一つのことに時間をかけて長く取り組むか，多くのことに取り組むか，いずれにしても，全体を積算して活動量が多いと感じられる場合は活動性は高いと考えらる．

c) 質問例

・ 学生時代に経験したことの中で最も打ち込んだこと，あるいは時間を割いたことは何

ですか？
・ また，そのことにどれくらい時間を割きましたか？
・ どのくらいそれをがんばりましたか？

7.5.6 持久性

a) 定義
仕事を途中で投げ出したりせず，根気づよく努力を続ける傾向
b) ポイント
この態度能力も過去の経験から判断する．過去の熱中した物事の中で長く続けていたことがあるかどうかを評価の基準にする．また，困難に直面した出来事の中でそれを乗り越えたかどうかを聞くことによっても判断できる．多くの物事をはじめていても短く終わってばかりいる場合は，持久性が低い可能性がある．また，あまり，熱中したり，困難に直面した物事の経験がない応募者の場合は持久性の評価は出来ないが，耐性ができていない可能性もあるため，困難に直面した際に乗り越えられない可能性があると判断できる．
c) 質問例
・ 学生時代にがんばったことの中で長くがんばったことはありますか？
・ それをどのくらい続けましたか？

7.5.7 思考性

a) 定義
ものごとをじっくり，綿密に考える傾向
b) ポイント
思考性については，慎重性と同様，物事を始めるときの計画を立てる度合いや，自分の携わっている物事に対し，どれだけ情報を集め，分析しているかを判断することにより評価する．よって，これまでの意思決定の経験を事例として取り上げ，その物事をどれだけ広く，そして深く分析していたかを判断する．
慎重性と同様，取り上げる事例により応募者の思考の深掘り度合いが違う場合があるため”就職活動”などある程度事例を統一するか, 応募者が主体的に熱中した事例を取り上げることが薦められる．
c) 質問例
・ 就職先の選び方について教えてください．
・ 何か基準のようなものはありますか？
・ 物事を計画的に行うタイプであるか？（試験勉強，授業選択，休みの過ごし方，趣味選び，バイト選び，旅行の計画等）

7.5.8 自主性

a) 定義

他人に依存せず，自力で計画的にものごとを処理する傾向

b) ポイント

過去の経験でどの程度，自主的に判断して行動したかを確認する．ただし，自主性を判断するからといって過去の一人で行った経験を質問しようとすると，事例選択の幅が狭くなる可能性があるため，物事の取り組んだ内容の中での自主性を質問する以外にも，物事を始める際の意思決定の場面でどの程度，主体的な意思ではじめているかを質問することが有効と考えられる．

c) 質問例

・ 意思決定をするとき（進学，趣味，就職等）人の意見をどの程度参考にしますか？

7.5.9 自己信頼性

a) 定義

人の中にあっても臆さず，自信をもってものごとに対処する傾向

b) ポイント

自己信頼性は人とのコミュニケーションの中で明らかになる．よって面接場面では面接官とのコミュニケーションの仕方で判断することが出来る，自己信頼性の低い応募者は必要以上に緊張したり，面接官に合わせて発言を調整したりすることが見て取れる．また，自己信頼性の高い応募者は評価者と被評価者という関係を必要以上に意識せず，年齢や立場の違い以外は対等の立場で質問されたことに率直に答えることが出来る．

c) 質問例

・ 集団の中だとリーダータイプであるか/フォロワータイプであるか？あるいは他のタイプであるか？

・ 集団の中で発言をすることが出来ますか？

7.5.10 共感性

a) 定義

人の気持ちを推察理解し，気持ちの上で相手にとけこめる傾向

b) ポイント

共感性も面接でのコミュニケーションの仕方から判断することが出来る．つまり，応募者が面接官に共感できるかを判断することにより評価する．まず，面接官の質問の意味，

そしてその背景にある意図を理解できることが共感性の最低限の基準になる．その次に，面接官の感情に自身の感情を合わせられ，面接の場でラポールの状態が築かれているかどうかが基準となる．

また，応募者の過去の集団経験で他者から支持された役割を担っていたかどうかが補足のデータとなる．

c) 質問例

・ 人から相談を受けることがありますか？

7.5.11 指導性

a) 定義

対人場面で積極的に行動し，人に影響を与え，協力させるという傾向

b) ポイント

応募者の過去の集団経験から，リーダーとして物事を進めた経験があるかを質問することにより判断する．また，リーダーの役割を担ったことがある場合でも，他者から支持されていたかを確認する必要がある．これは本人が偶然，リーダー的役割を担っていた経験があるとしても，周りから支持されず，実際は人に影響を与えていなかった場合があるためである．

c) 質問例

・ 集団（面接で出てきた過去の集団経験の事例）の中だとリーダータイプであるか/フォロワータイプであるか？あるいは他のタイプですか？

・ 集団でリーダー役をやることはありますか？

7.5.12 感情安定性

a) 定義

沈着冷静で，喜怒哀楽をすぐ態度や行動にあらわしたりしない傾向

b) ポイント

感情安定性は，面接でのやり取りの中で応募者の感情を判断して評価する．

面接という緊張を伴う対人場面で必要以上に緊張していないか，面接という公式の場で必要以上に喜怒哀楽を伴ったコミュニケーションを行っていないかが評価の観点となる．逆に，冷静沈着な対応をする応募者は感情安定性が高いと判断される．

c) 質問例

・ 人とコミュニケーションするとき，感情（喜怒哀楽）を出してコミュニケーションするほうであるか，あるいは，あまり出さずにコミュニケーションするほうですか？

7.5.13 規律性

a) 定義

社会的ルールや規則を守り，道徳観・倫理観があるという傾向

b) ポイント

この態度能力は，道徳観・倫理観という信念に基づく態度であるため，応募者の信念を質問することにより判断する．具体的には日常生活における道徳，倫理が関係する行動の仮想事例を挙げてどのように行動するか質問するか，企業の社会的責任を問うような質問をすることにより判断する．

c) 質問例

- 誰も見ていなくて，車が通っていなかったら赤信号の横断歩道を渡りますか？
- タバコをすうとして，ポイ捨て禁止条例の地域で人が見ていなかったら捨てますか？
- 会社で顧客に不利な契約を結ぶよう指示されたときにあなたはどうしますか？
- 会社が法定基準値を超えた環境に有害な製品を作っていることを知った場合，あなたはどのように行動しますか？

7.5.14 従順性

a) 定義

従順であるぐれたものを謙虚に賞賛したり，受入れたりする傾向

b) ポイント

従順性はいわゆる素直なパーソナリティの人に多く見られるものである．よって，面接でのコミュニケーションの仕方から判断できる部分がある．また，ビジネスの世界ではある程度必要なパーソナリティとなる負けず嫌いの人は必要なものならば謙虚に受け入れることが出来る従順性が高い人と，それが出来ない人がいるため，負けず嫌いに見える応募者がいた場合は，仮想の事例を用いて，いやなことでもどの程度受け入れることが出来るかを判断する．

c) 質問例

- 会社で同期が表彰されているのを見てあなたはどう思いますか？

7.6 結論

本章では，企業の人事管理業務における採用業務を定義した．人事管理システムにおける採用面接の位置づけを定義し，そのビジネスプロセスを，新卒採用を例に取り，1 年間のサイクルというマクロなプロセスから細分化し，採用面接の個別のシーンまでプロセ

ス化を行った．それと同時に採用面接の機能・目的を定義し，その目的のために各プロセスで行う評価を認知過程として定義した．最後に評価の観点別の質問例，評価の方法をダイヤモンド社の DPI の評価項目を例に定義した．

採用面接のプロセス，および評価方法については，米国の研究で実際の採用面接における評価の偏りや傾向の調査はあるものの，どのように面接を行うと応募者のどの評価項目を評価できるかまで認知的に説明したモデルは提案されてこなかった．この定義自体は企業人事における採用領域でこれまで明らかとされてこなかった分野であるため，手続きや評価方法を明示化したことが本章の成果である．

また，これにより，前章で構築した人事評価オントロジーの評価項目をどのように評価するのかという評価方法が明らかとなった．また，人事評価オントロジーの能力項目，あるいは人事評価における業績を評価するために明示化することが必要なビジネスプロセスを採用面接の過程について明らかにした．ここで明らかとなった評価方法およびビジネスプロセスを用いて次章では採用面接を例に前章で作成した概念的人事評価オントロジーと採用面接のエージェントシミュレーションを接合し，採用面接における評価項目をインスタンスとした人事評価オントロジーを完成させる．

8. 人事評価オントロジーとビジネスプロセスシミュレーションの試行導入と検証

本章では第 1 部で構築した認知感情機構エージェント，6 章で作成した汎用的人事評価オントロジー，ビジネスプロセスエージェントシミュレーターの概念と 7 章で明らかにした採用面接のビジネスプロセスを用い，企業の人材採用活動を例として実装を行う．実装・分析例としては第 4 章で構築したシミュレーションを用いる．このシミュレーションの目的は抑うつ・不安感情を表現することであったので，採用面接としてももっとも基本的な評価観点である自己信頼性，感情安定性の表現可能性を検証するシミュレーションとなる．オントロジー編集ソフト Protégé とエージェントシミュレーションソフト SOARS を導入し，人事評価システム構築における一般的な実用可能性も検証する．

8.1 人事評価オントロジー実装手順

実際に，あるビジネスプロセスに対して人事評価基準を作成し，その妥当性を検証するためには，図 8.1 のようなステップを踏む必要がある．はじめに，一般的な人事評価基準が適用可能な人材モデルを構築し（①），評価の対象となるビジネスプロセスを定める（②）．そして，そのビジネスプロセスをもとに，評価基準のカタログから適当な評価基準を設定しシミュレーションを行う（③）．最後にシミュレーション後のフィードバックをもとに，人事評価基準を検証する（④）．簡単な人事評価基準構築のためのシミュレーションをもとに，オントロジー及びシミュレーションを導入した人事評価システムがコンフリクト解消にどのような効果をもたらすか検証する．

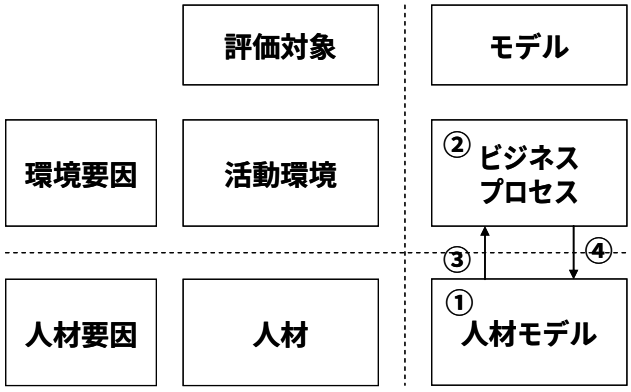


図 8.1 人事評価項目の構築プロセス

8.2 人材モデルの規定

人材モデルは第 4 章で構築した感情機構エージェントを基礎として用いる．これは，第 5 章で定義した汎用的人事評価オントロジーのコンピテンシーソース項目群が認知科学の知識表現と対応しており，認知エージェントモデルである感情機構エージェントと接続性が高いことと，ビジネスプロセスがエージェントシミュレーターである SOARS 上で

モデル化されることを想定しており，SOARS 上で実装されている感情機構エージェントと接続性が高いためである．人材モデルのエージェント構造は第 4 章と同様に図 8.2 のようになる．5.1 で述べたように，人間を認知，意思決定，行動，学習するエージェントとして定義している．モデル内の各モジュールは脳の仮説的機能モジュールに着想を得て定義されており，以下のように機能する(Noda et al., 2006).

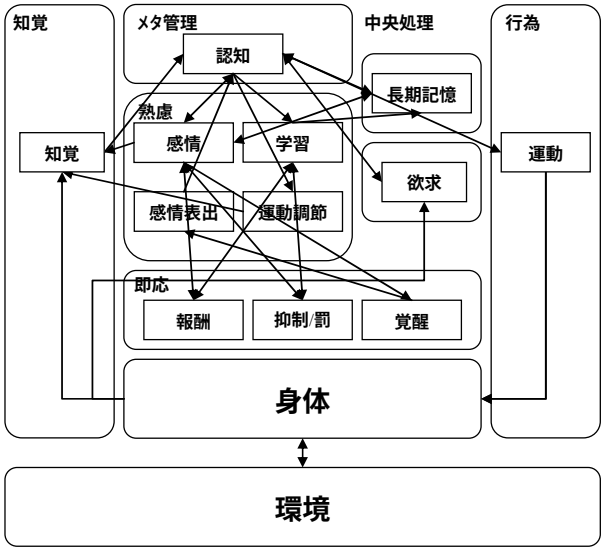


図 8.2 人材モデルのエージェント構造(再掲)

環境からの情報（例えば次節の面接場面ならば面接官からの発話等）が身体を通じて知覚モジュールに入力され，認知モジュールに送られる．認知モジュールへ送られた情報はその後，長期記憶モジュールに蓄積されている知識とのマッチングが行われ，その意味（例：自己紹介の要求等）が理解される．長期記憶モジュールには宣言型知識が，他モジュールも含めた全モジュールには手続き知識が記憶される．長期記憶モジュールには純粋な意味記憶以外に，Schank と Abelson (1977) の目標・プラン概念による知識も記憶される．目標・プラン記憶の他の宣言型知識との違いは，報酬，および罰という正負の価値の重み付けを持つことである．報酬・罰信号は報酬・罰モジュールにより発信される．長期記憶の報酬・罰値を持つ目標・プラン記憶（例えば面接返答方略）は感情モジュールで選択され，意思決定が行われる．意思決定後は運動調節及び運動モジュールが機能し，身体を通じて行為（例えば発話）が行われる．これらの感情モジュールや運動調節モジュールが関わる情報は再度，知覚モジュールに送られ，それを認知モジュールがモニターする．また，運動モジュールにより実行されたプランの結果（面接の合否）が環境から認知された場合は，学習モジュールが機能し，プランの成否の学習が報酬・罰モジュールからの報酬・罰値を増加させることにより行われる．欲求モジュールは身体からの欲求信号（例えば空腹等）をコントロールし，覚醒モジュールは睡眠機能及び危険・緊急時の覚醒機能を持つ．罰モジュールは報酬値が低い，あるいは罰値が高い目

標/プランの抑制機能も持つ．感情表出モジュールは緊急時の行動や表情をつかさどる．人材モデルをこれらのモジュール群が並列に機能するエージェントであると定義する．

人事評価オントロジーと人材モデルを接合し, ビジネスプロセス上での人事評価を定義するために，人事評価オントロジーのコンピテンシーソースクラスとエージェントモデルの知識表現を関連付ける．認知科学における知識表現とコンピテンシーソースの関係は図 8.3 のように示される(Noda, 2006).

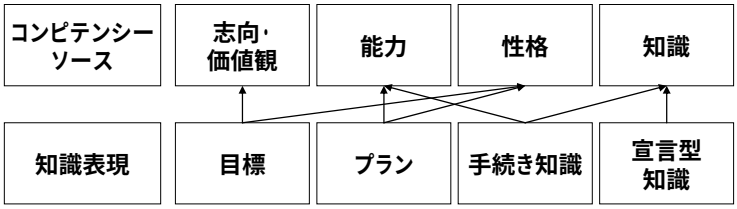


図 8.3 知識表現とコンピテンシーソースの関係

コンピテンシーソースとエージェントモデルの知識表現の関係は,「志向・価値観」が「目標」に,「能力」が「プラン」に対応する．例えば Holland の職業価値観の 6 類型のうちのひとつ「研究的(investigative)」は知識獲得目標等の目標群の報酬値が高いと解釈され,「コミュニケーション能力」という複合的な能力はコミュニケーションが発生する行動のさまざまな場面での経験（プラン）の合計として解釈される.「性格」に対応するものは,「目標とプランの組み合わせ」である．これは，Carbonell (1980)が提案する目標・プランによる性格の定義を用いている． 宣言型知識は知識に対応する．手続き知識は基本的に能力に対応するが，長期記憶モジュールがメタ的に持つ手続きについての宣言型知識は知識に対応付けられる.

8.3 実装：採用面接シミュレーション

概念的な人事評価オントロジーおよび人材モデルを実際のビジネスプロセスについて実装するために，簡単な採用面接場面のシミュレーションを構築した．シミュレーションは SOARS 上に構築し, その設定を人事評価オントロジーを実装したオントロジー編集ソフトウェア Prot´eg´e 上で人事評価項目と比較した(Stanford Medical Informatics, 2007). Prot´eg´e を用いたのは, XML 形式によるデータの入出力が可能で, さらに, UML(Unified ModelingLanguage) への出力も可能なため，及び，企業情報システム及びビジネスプロセスのモデル化との相性がよいためである.

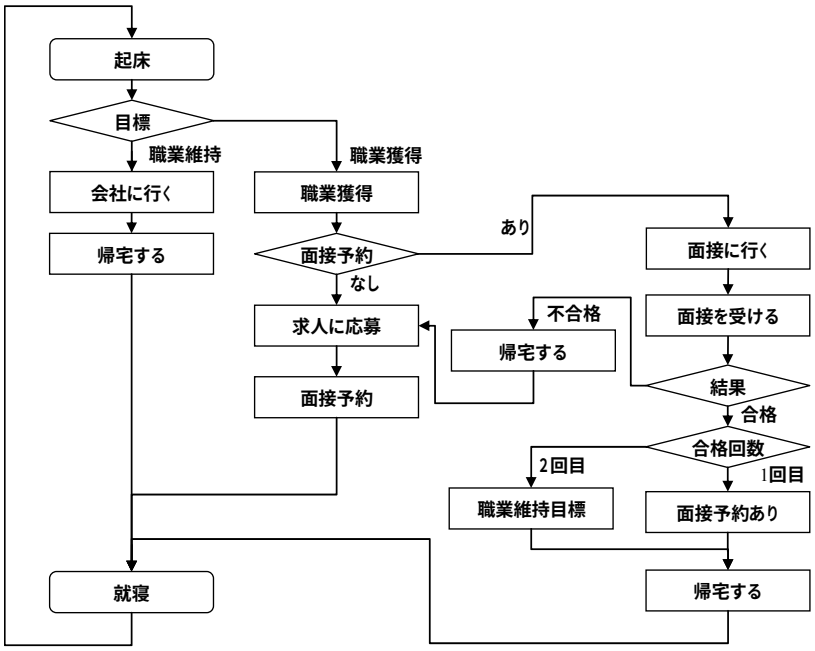
モデル化する採用面接のプロセスは，第 7 章で示した採用実務で行われるもっとも単純な面接のモデルである（野田, 2005）．これは，4 章で構築した認知感情機構エージェントによる採用面接シミュレーションが，感情に焦点を当てたモデルであり，抑うつおよび不安感情を表現するためだけの最小限の知識表現だけしか持っていないためである．そして

実際の面接でも，自信があるかないか，感情をコントロールできるかどうかという点は最も初期の段階にスクリーニングとして行われるからである(Eder & Harris, 1999; 野田, 2005). 感情を表現するためには，感情喚起のメカニズムがあれば，認知部分は 1 つの感情喚起例を表現できるだけの知識があれば十分だったため, 4 章のエージェントはそれだけの知識しか持っていない. 6 章で構築した人事評価オントロジーの項目，および 7 章で定義した採用面接で評価する態度能力特性を全て実装するためには, これまで Schank 学派で研究されてきた目標・プラン，テーマ，事例概念によるより大量の知識表現や，Soar，Act-r でも認知研究では行われている大量なエージェントの知識とそれを用いた認知機能のモデル化が必要となる． ただ，図 8.3 の関係より，理論的には認知感情機構エージェントで全ての人事評価指標のモデル化が可能である．プロジェクトチームメンバー間の，対人関係，特に 2 者関係の認知の違いによる変化のモデル化については Waterloo 大学産業組織心理学グループの Michela と共同で研究を進めている.

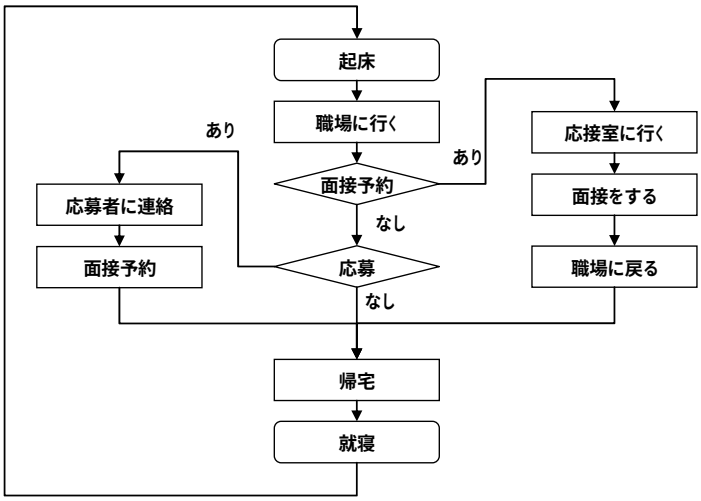
ビジネスプロセスについては，図 6.2 で導入したビジネスプロセスエージェントシミュレーターは SOARS を用いる場合は基本的には出口（2005）による SOARS によるタスクアロケーション等のビジネスプロセスの方針に基づきプロセス化を行う．また，SOARS を用いる場合，用いない場合を問わず，プロセス自体は役割ベースで複数役割を持てるという拡張性を持った形ではあるものの, 基本的には UML 等のビジネスプロセス定義の方法論に則りモデル化を行うため，企業内のビジネスプロセス全般がモデル化可能である．しかし，今回の分析でのビジネスプロセスはボトムアップアプローチに従った単純な例である.

シミュレーションでは 1 対 1 の面接の設定となっているが, 実際には集団での 1 人 5 分以内の面接であり，第一次選考等で行われる．この場合，採用担当者は，見た目，振る舞い等の対人印象と基本的なコミュニケーション能力を評価する．このような採用面接を行う典型的な求人募集職種として，営業職があげられ，この面接方法は，営業場面のシミュレーションとしても考えられている．つまり，これは，単純な営業場面のビジネスプロセスのシミュレーションであり，かつ，シミュレーションで面接官が評価する項目が人事評価項目自体でもある．よって，ビジネスプロセスと人事評価項目をシミュレーション上で同時にモデル化する例として本シミュレーションを構築した.

シミュレーションの環境には，家，外，会社，応接室という 4 つのスポットと，面接官エージェント，応募者エージェントが存在する．ここでの，応募者エージェントのビジネスプロセスは，就職面接に応募して，予約を取り，面接を受けるというものである．また，エージェントの目標は，面接を通過するというものである（図 8.4 (ア)）.



ア）応募者



イ）面接官

図 8.4　応募者および面接官のビジネスプロセス(再掲)

また，面接官エージェントのプロセスは図 8.4 (イ)のとおりである．応募者エージェントから見ると，面接官エージェントも環境の一部であるので図 8.4 (イ)のプロセスは環境要因のビジネスプロセスとして存在する．

面接場面は，図 8.5 のような詳細なプロセスとしてモデル化されている．

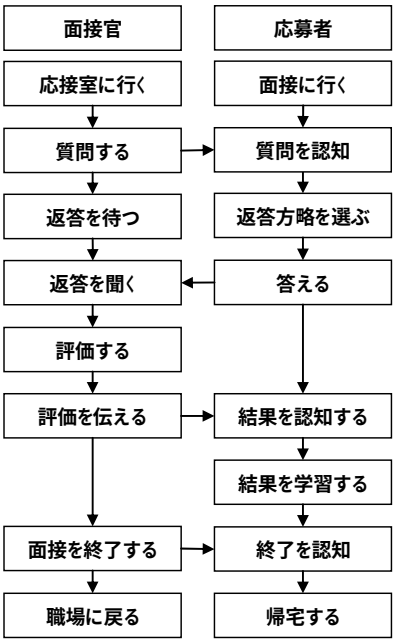


図 8.5　面接場面のビジネスプロセス(再掲)

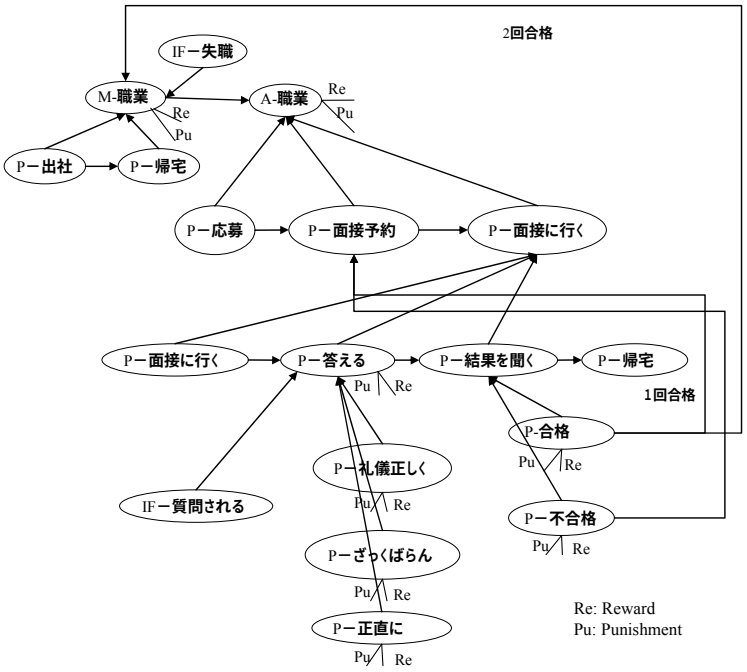


図 8.6　応募者エージェントの目標・プラン構造(再掲)

応募者エージェントは，図 8.6 のような目標・プランを持っている．目標として職業獲得目標（A-職業）と職業維持目標（M-職業）を持っているが，失職中という設定であるため，職業獲得目標が活性化している．プランの中でシミュレーション中に値が変化するも

のは，面接で答える際の 3 種のコミュニケーション方法である（P-礼儀正しく，P-ざっくばらん，P-正直に）．このプランにひもづく報酬値(Re)，罰値(Pu) という値が，エージェントの学習により変化する値で，面接に合格すると報酬値が増え，失敗すると罰値が増える．

面接官エージェントは，評価基準として，対人印象に対応する‘ 過度の緊張がないか’という応募者エージェントの感情表出と，コミュニケーション方法を評価する．評価者エージェントは，3 つのコミュニケーション方法のうちの 1 つを高く評価するようにバイアスが掛けられている．

環境条件として，応募者エージェントは毎日 1 回，応募及び面接の予約をし，予約がある日は面接を受けに行くよう設定されている．初期条件として，応募者エージェントの3 つのコミュニケーション方法の報酬値/罰値と評価者エージェントが持つコミュニケーション方法に対するバイアスを決定し，シミュレーションを行う．

8.4 シミュレーション結果と考察

ここでは，シミュレーションの結果を例示し，そこから何が読み取れるか，そして，人事評価オントロジーとの関係について論じる．ここでの目的は，実験条件が適切に設定されればこの種のシミュレーションによって社会的プロセスを分析できる可能性を示唆することである．シミュレーションの結果は，図 8.7, 図 8.8, 図 8.9 に例示するように設定したすべての変数の表やグラフ，そしてエージェント及びスポット（オフィスや自宅）のアニメーションで表される（Noda et al., 2006）．

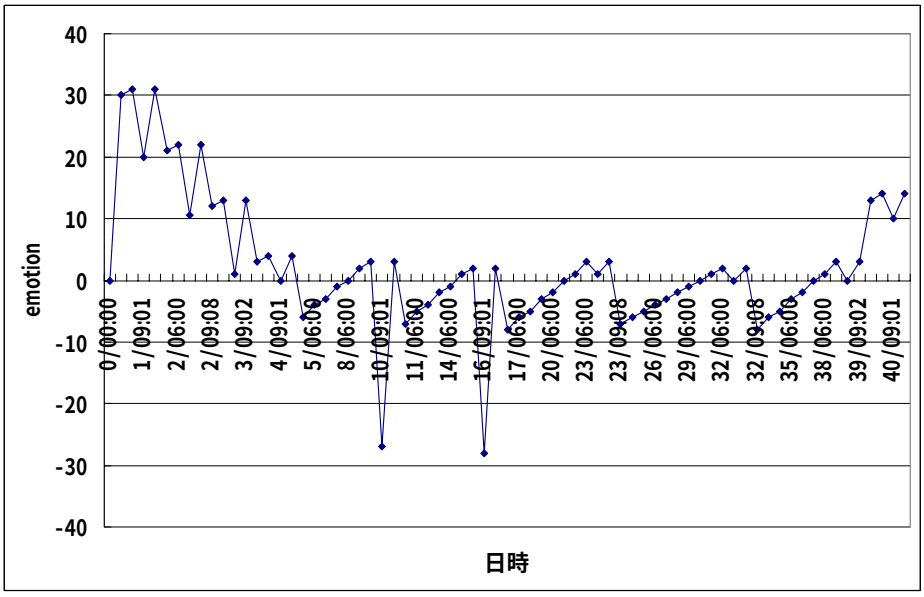


図 8.7　感情価の変化

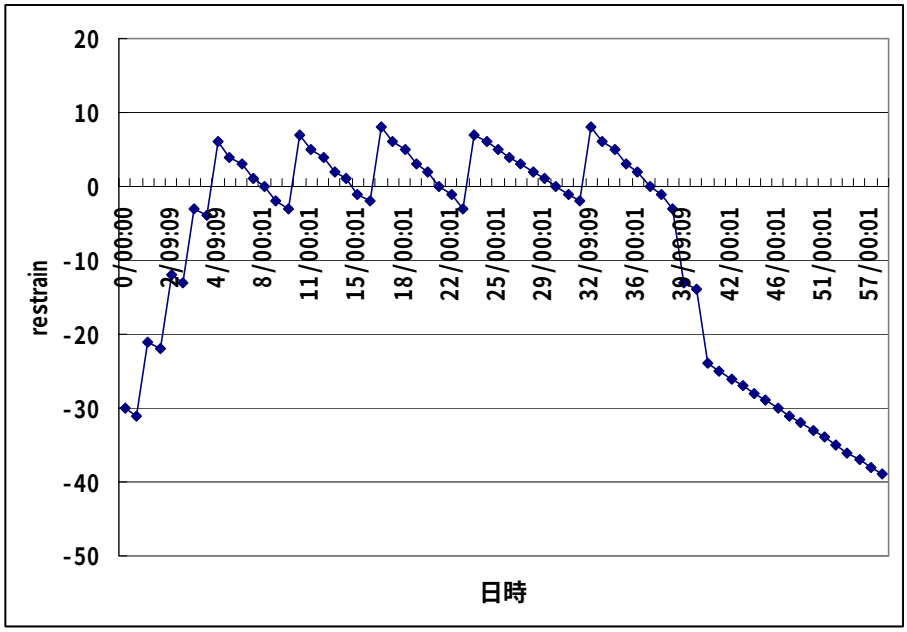


図 8.8　抑制値の変化

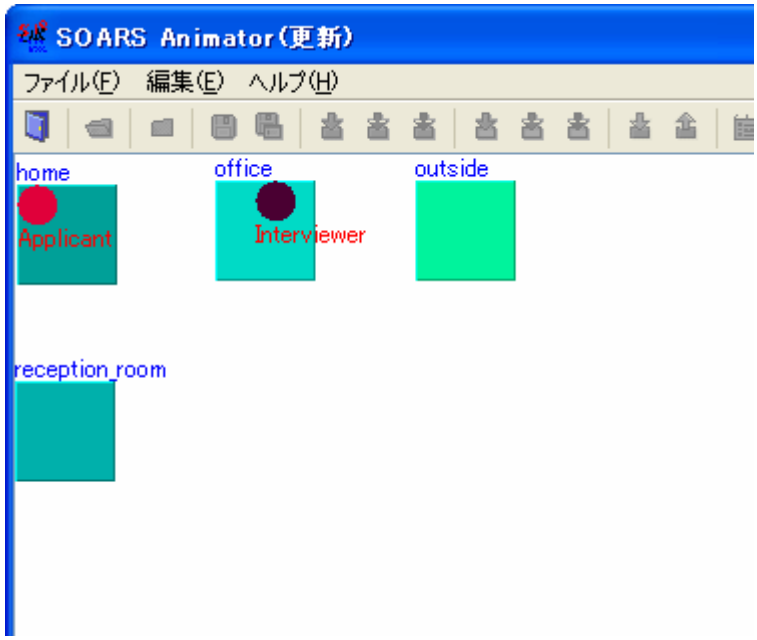


図 8.9　シミュレーション結果のアニメーション

図 8.7 は応募者エージェントが持つ感情価(valence) という変数を表しており，これは，シミュレーション中のエージェントの感情の正負の強さを表している．感情価は記憶モジュールから活性化させられている報酬・罰値の合計としても定義される．図 8.7 では

10 日目と 16 日目の面接時に，著しい負の感情価が示されている．これは，面接時に，応募者エージェントが選べるコミュニケーション方法がなく，不安緊張状態を表出した時点の感情価の変化である．当然，この両日の面接では，応募者エージェントは対人印象において‘ 過度の緊張 ’をネガティブに判断され，不合格となっている．また，図 8.8 は抑制値というエージェントの行動を抑制する値を示している. この値が 0 を超えると，面接のコミュニケーション方法だけでなく，より高次のプランである応募や面接へ行くといった行動が停止される．代替のプランがない場合は，家にずっととどまることになる．図 8.8 では 4 日目から 36 日目まで，断続的に 0 を超える日が表れるため，面接場面だけでなく，より高次なプランを停止させているというエージェントの行動の異変が見て取れる．これは，グラフの数値からとアニメーションからの双方から観察される．

図 8.9 のアニメーションは丸印で示されるエージェントがスポット間を時間経過に応じてどのように動くか表示する．SOARS に標準装備されるデフォルトの画像アイコンであるポットとエージェントのみ表示しているため，シンプルな画面のみ表示されているが，アニメーションは外部モジュールとして拡張可能なため，可視化の効果を高めるために視覚的にインパクトのあるアイコンや図表を使ったアニメーションが可能である．

このように，シミュレーションの結果を，数値やアニメーションで可視化して分析することにより，目標・プランやコンピテンシーソースといった静的な指標で定義されたエージェントの評価だけでなく，よりダイナミックで相互に影響を与えるプロセスを明らかにすることができる．

さらに，シミュレーションで用いた応募者エージェントの目標・プランの指標や，面接官エージェントが評価するコンピテンシーソースに基づく指標の関係を，オントロジー編集ソフトを用いて，明示化することができる．

オントロジー編集ソフト Prot´eg´e を用いて，応募者エージェントが持つ目標・プランをコンピテンシーソースとの対応を付けて表示する（図 8.10）.

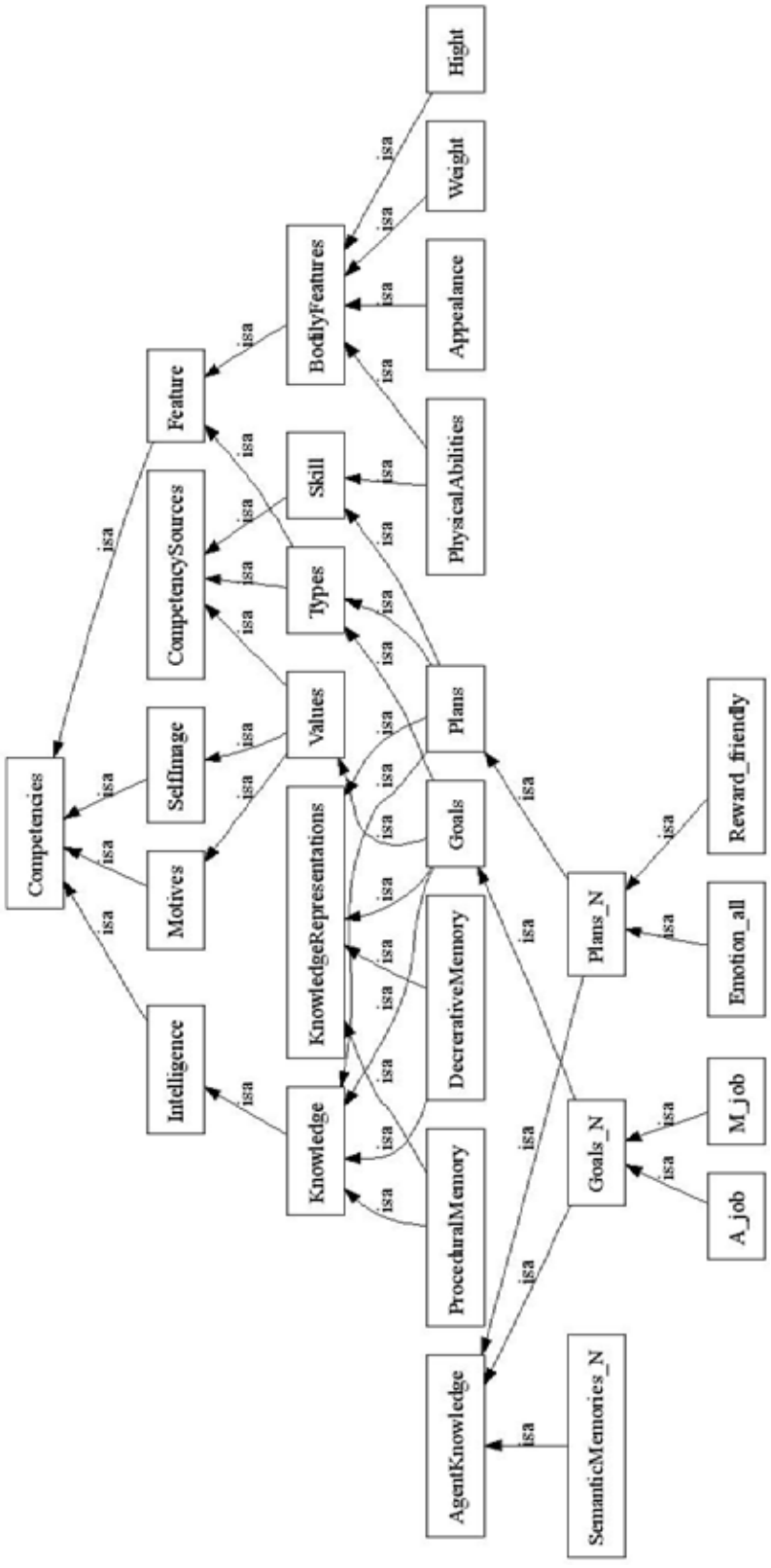


図 8.10　Protégé 上の人事評価オントロジーのクラス間関係

図 8.10 では，目標・プランのインスタンスを最下層に定義し，そこから，SOARS シミュレーション中の目標・プランの概念のクラス(Goal N, Plan N)，理論としての目標・プランの概念のクラス，コンピテンシーソース，そしてコンピテンシーまでを階層構造で表している．

例えば，最下層である第 1 層の職業獲得目標(A job) インスタンスは第 2 層の目標クラス(Goal N) に属する．添え字 N はこの目標クラスが一般的な目標の概念ではなく，SOARS シミュレーション上で定義されている目標(Goals) クラスであることを示す．Goal N は第 3 層に示される一般目標クラス Goals の下位クラスとなっている．また，目標の知識表現に用いられている知識は意味記憶を含んでいる場合もあるため，エージェントの知識(AgentKnowledge) クラスの下位クラスともなる．目標クラスは，第 3 層の左部分に位置する他の知識表現の手法と並んで知識表現(KnowledgeRepresentation)クラスの下位クラスであると同時に，図 8.3 で示したように，図 8.10 の第 4 層の価値観(Values)，性格(Types) クラスを説明するクラスでもある．価値観クラスは第 5 層のコンピテンシーソース(CompetencySources) クラスの下位クラスであると同時にコンピテンシー(Competency)クラスの下位クラスの 1 つである動機(Motives) クラスを説明するクラスでもある．ここで，各階層のクラスはインスタンスを持ち，インスタンス同士も関係を持つが，単純化のため図示していない．また，クラス間の関係も単純化のためにすべて IS-A 関係で定義している．実際には表現対象となる活動環境，プロセス，目標，プランによりクラス間の関係は複雑になる．例えば，実際には目標クラスは性格クラスと上位下位(IS-A) 関係ではなく，プランクラスと共に部分(PART-OF) 関係になると考えられる．

このように同じ対象を指す異なる分野の用語のクラス間の関係をオントロジーによって定義することにより，属性や変数の継承関係が生まれ，異なる用語で定義していても，実際は同じ対象を指しているということを明らかにし，情報共有の基盤を構築することができる．

さて，図 5.7 にあるように 8.2 節では 4 章の認知感情機構エージェントの変数にの図 8.3 の関係付けを行い，コンピテンシーソースという人事評価オントロジーの一部のクラスとの対応付けを行った．また，本節では図 8.10 の定義を用いて，人事評価オントロジーとシミュレーションとの実装レベルでの連結を行う準備をした．また，8.3 節で，6.5 節および 7 章で定義したビジネスプロセスシミュレーター上での最も簡単な採用面接との対応付けを行った．

ここではこれらの準備の上で，実際の採用面接の評価項目をどのように表現できているか考察する．7 章によると，最も簡単な採用面接で面接官が評価しているポイントは“第一印象（見た目の印象）”と“コミュニケーション能力”であり，7.5 節からそれらの項目に関係のある性格（態度能力）は“自己信頼性”と“感情安定性”である．コミュニケーション能力については，態度能力ではなく，純粋な能力なので 7 章では触れていない．

4 章の採用面接シミュレーションが示している応募者エージェント“ 不安 ”時（図 4.8）のシミュレーションの主な変数と，評価項目の対応関係は以下のようになる．

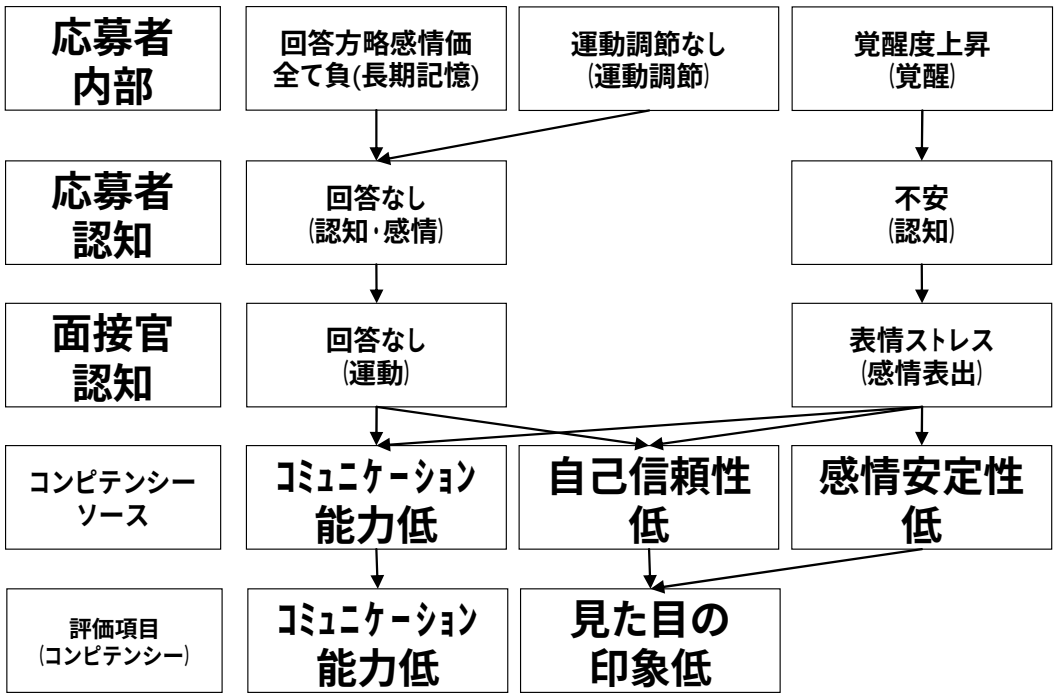


図 8.11 シミュレーションと評価項目の関係

ここで，各構成要素の中の括弧内は認知感情機構エージェントの主担当モジュールを指す．

“ 第一印象（見た目の印象）” と“ コミュニケーション能力 ” の 2 項目は 7 章で述べたようにさまざまな要素を含む項目なのでコンピテンシーのクラスとして定義される．また，態度能力の“ 自己信頼性 ”,“ 感情安定性 ” は性格と解釈されるのでコンピテンシーソースとして位置づけられる．

コミュニケーション能力については，目標･プラン理論に従うと，正の感情価を持つ“ 回答プラン ” がない場合，回答プランに対応した“ 能力 ” である“ コミュニケーション能力 ” が低いと判断される．また，感情価の側面に焦点を当て，行動傾向として判断すると，応募者エージェントが回答しないことから応募者は自身の持つ長期記憶内のプランに正のものがなく，自信がないので持っている行動プランを行動に移す傾向が低い人物であると判断され，“ 自己信頼性 ” という性格の値が低い人物であると解釈されることができる．

“ 感情安定性 ” という性格は特殊なカテゴリーで，単純な目標・プランの活性傾向だけでは モデル化できず，感情機構というより認知や長期記憶と別の機能を元に始めて表現できる．回答プランがすべて負になったことにより，感情機構の中の覚醒モジュールから連なる一連の不安機構が動作することにより，記憶された行動プランではなく，人間に生まれつき備わった感情表出機能が作動する．それを面接官が認知し，感情安定性が低いと判

断する．感情安定性が低いと判断される原因をたどると目標・プランの感情価が全体的に低いという行動傾向の元となる長期記憶内の知識表現にたどりつくが，認知感情機構エージェントの感情機構部分がないと，シミュレーション上で行動として表現されえないため，“ コミュニケーション能力 ” が低いという回答プランという知識表現からの能力解釈と区別ができない．その点，認知感情機構エージェントでシミュレーションを行うビジネスプロセスエージェントシミュレーションはこのようないわゆる “ 心理ファクター ” を表現できる点が他のシミュレーターにはない機能である．

ここまでで，4 章で構築した認知感情機構エージェントとその感情機構の検証のために構築した採用面接シミュレーションが，5 章以降の人事実務の中での人事評価項目およびビジネスプロセスとしての定義づけを行った中で解釈するとどのようにその可能性を評価できるかを検討した．

第 1 部ではボトムアップアプローチに従い，単純な知識表現に基づくシミュレーションを構築したが，第 2 部での考察も，7 章で紹介した人事実務で行われるもっとも簡単な採用面接での評価観点を表現できるかどうかを考察した．ここで，実際では 5 分程度の面接で数少ない情報源から判断する最も分化していない全人格的な人間の評価の内容を認知感情機構エージェントを搭載して人事評価オントロジーと結びつけたビジネスプロセスエージェントシミュレーションは表現できることが考察された．

実務にこのツールを応用する場合は，人事評価オントロジーにあるようにモデル化する評価項目は他にも多くある．しかし，一般的にはそれを全部同時にモデル化するわけではなく，焦点を当てる項目数個をモデル化できるエージェントを構築することとなる．もともと，このツール群によるシミュレーションは，結果を予測するために行われるものではなく，可視化や情報共有を目的として行われる．よって，大量の変数が登場する複雑な過程をモデル化することも可能である．しかし，可視化のためにはある程度特徴を持った変数の挙動が見られる必要がある．そのため予測ツールではなくても変数を絞ったほうが可視化の程度が高まると考えられる．たとえば，人事評価項目のモデル化ではではないが，8.3 節で述べた企業内の従業員（経営チームおよび新製品開発チーム）のチーム内関係の分析として Waterloo 大学との共同研究で現在構築しているモデルでは，表現する指標としては性格と定義される “ 信頼性 ” という指標を取り上げ，その指標に影響を与える，あるいはその指標が影響を与えるグループメンバー（基本的に 2 者間の対）の目標・プラン群（行動のための群と相手が行動をした際に解釈するための郡）のモデル化に取り組んでいる．このように基本的には焦点を当てる指標は絞ってモデル化を行う．

8.5 結論と今後の課題

今回の単純な例で示されたことは，まず，静的な人事評価指標のオントロジーにおいて，コンピテンシー，コンピテンシーソース，認知科学の知識表現という 3 種のクラス群の

関係性を明示的に示したことである．複数の分野の用語による人事評価項目を指す概念の関係性を定義できたことにより，評価者と被評価者の間で生じる目標の差異についてのコンフリクトを解消できる可能性があることが示された．つまり，評価者がコミュニケーション能力と呼んでいる指標は，被評価者にとっては面接でのコミュニケーション方法というプランのうちの 1 つとしてモデル化することができ，しかも，評価者による方法のバイアスと被評価者によるプランに対する認識の違いも示すことができることが明らかとなった．さらには，評価者と被評価者の認識の違いだけではなく，組織外とも共有できるオントロジーのクラス体系を示すことができた．

また基本的な表現能力として，7 章で提示したもっとも単純な面接における評価項目 2 点，つまり“ 第一印象（見た目の印象）”,“ コミュニケーション能力 ”を表現できるかどうかについて考察した．その結果，シミュレーションの結果として表される応募者の行動と評価項目を対応付けることができた．

これは，実際のビジネスプロセス，今回は採用面接，でどのように評価されるかをシミュレーションにより可視化して示し，ビジネスプロセスについての評価者と被評価者の知覚の差異を解決し，合意形成が促進される可能性を示した．例えば，シミュレーションの結果，面接の失敗を繰り返すと，やる気を失い行動を停止するということが明らかになったため，面接における正しいビジネスプロセスは，失敗を繰り返しても面接の予約を取り続けることではないと想定された．新しい面接突破方略を考えたり，コミュニケーション方略を考えるというプロセスがより正しいかもしれない．営業部門での評価者（上長）と被評価者（メンバー）の知覚の差異を想定すると，上長はひたすら訪問を繰り返すプロセスにより営業目標を達成するビジネスプロセスを支持し，メンバーは，失敗が続いた場合はいろいろな方略を策定するプロセスを挿入して営業目標を達成しようと考えていたかもしれない．そのような場合の，目標達成にいたるまでのプロセスの検証ツールとしての可能性が示された．

このように，オントロジー及びエージェントシミュレーションの導入は，組織における人事評価システムのコンフリクト解消の解決策となりうることが示された．

ここまで，企業の人事評価領域に対するオントロジーとエージェントシミュレーションの適用について考察してきた．認知科学の研究において発展してきたこれらの技術は，これまでできなかった概念間の関係の表現やビジネスプロセスの表現を可能にし，人事評価システムの問題に対して有用な解決策となりうることが示された．

また，認知感情機構エージェントの持つ基本アルゴリズムとそのプロセスの積み重ねの写像ともいえる目標・プランなどのエージェントに蓄積される知識表現が企業人事における人材モデルとして有効であることを示した．これは，計算認知科学の提出する人間観が企業人事における人間観となり，さらには計算機上に実装されて企業情報システム上で活用される大規模データの標準となりえることを示した．

今後の課題としては複数の評価項目を表現できるシミュレーションを実装して検証す

ることが挙げられる．今回は 2 つの評価観点を表現できるかを検証した．実際の人事評価項目では一つの職位で 5 から 10 の評価観点がある場合がある．その際にそのような複雑なビジネスプロセスを表現する詳細なシミュレーションを構築する必要がある．しかし，これは実務の中で行われる作業であり，今回の研究のように一人で行う作業とはならない．ある程度の人数の技術者とコンサルタントとの組み合わせにより行われる．

この際に，複数の職位でも同じような評価項目で等級が違う等の汎用的なモデリングが必要となる可能性もある．これも今後の課題となる．

9. 人事評価オントロジーおよびエージェントシミュレーションの実展開に向けて

本章では, 前章までに考察した人事評価オントロジーおよびエージェントシミュレーションの実応用に向けた取り組みについて例を用いながら考察する.

エージェントシミュレーションについてはさまざまな応用先を検討し, 人事評価オントロジーとエージェントシミュレーションおよび企業情報システムの連携については 3 領域を取り上げて考察する．具体的に取り上げる 3 領域については，筆者がこれまで経営コンサルティング活動において携わった経験のある領域を挙げる．これは，新技術の展開を検討する際に，技術の理論的適用可能性だけではなく，すでにデータやケースを保有しており，導入プロジェクト失敗リスクの少ない領域が総合的に技術展開可能性の高い領域と考えられるためである.

9.1 本研究の社会応用プロジェクトの中における位置づけ

本研究は，第 1 部で行った基礎研究としての認知感情機構研究に加え，複数の応用プロジェクト，実務のプロジェクトにまたがる形で構成されている．その点を明確にし，認知感情機構エージェントおよび導入した援用技術がどのような点において応用プロジェクトとして貢献しているか明確にする.

認知感情機構エージェントは筆者単独の研究である．その現時点での応用適用範囲は 5.2 節で述べたとおり現時点では少ないが理論的には認知コンピテンシー以外はモデル化可能である．また，人事評価オントロジーについては，東工大 COE の LKR プロジェクトにおいて筆者により行われているプロジェクトであり，その対象範囲は人事評価項目全般のため，モデル化対象範囲に制限はない.

筆者がシミュレーション環境として用いている SOARS については, そのアプリケーション自体の開発は東京工業大学大学院知能システム専攻の出口（2005）により行われており，役割ベースの社会エージェントのモデル化の発想は出口の研究範囲である．そのビジネスプロセスへの応用については，三菱商事と東京工業大学の産学連携プロジェクトの中で基礎部分については出口, 実用部分については筆者および久津により行われた（野田，Voss，久津，2007）.

また，以下に挙げる認知感情機構エージェントとその援用技術の実用化に向けての具体的な企業への働きかけについては三菱商事とのプロジェクトにおいて筆者により行われた.

さらには, 認知感情機構エージェントが得意としない 9.3.1, 9.4.1 などの詳細な認知過程についてのモデル化の要求に対してはミクロな認知分析の専門家である東京工業大学経営工学専攻の伊藤など他者との共同で行動および認知のハイブリッドなシミュレーションの提案を検討した.

よって，プロジェクト全体としては，競合プロジェクトの Soar や Act-r が複数の側面で一般認知モデルとして応用を図っているのと同様，企業のビジネスプロセスおよび人事評価項目全体がモデル化可能範囲となるプロジェクトとなっており，筆者の担当範囲として

は人事評価オントロジーおよびビジネスプロセスシミュレーター（SOARS）上での認知感情機構エージェント適用可能部分の実業での適用可能性を実企業と共同で検討する作業までとなる．ビジネスプロセスエージェントシミュレーターの基礎（出口），応用の詳細部分（久津）および詳細な認知過程（伊藤）については筆者の範囲ではない．

9.2 社会エージェントシミュレーションの対象領域

ここでは, 社会の問題全般へのエージェントシミュレーションの適用可能性を考察する．本研究で用いた社会エージェントシミュレーターSOARS は既存のセルラーオートマタ型エージェントシミュレーターと異なり，セルに依存せず社会的役割を定義するロールという概念と，物理社会的場所を定義するスポットという概念で社会およびエージェントを構築できる．このシミュレーターの対象領域として，大きくマクロな領域/モデルと，ミクロな領域/モデルが考えられる．また，5.1 の「認識」「設計」「合意形成」という目的による分類化も用いることができる．

マクロモデルとしてはエージェント 10 万人以上を対象とするような社会政策などを決定するモデルが挙げられる．具体的には，電力市場モデルや医療保険/年金設計モデルなどの社会・経済政策モデル，SARS・インフルエンザ伝播モデルなどの医療公衆衛生政策モデル，地震，ビル火災モデルなどの災害政策モデル等である．これらは社会システムの「設計」ツールと位置づけられる．

人事評価オントロジーと接点の生まれるミクロなモデルは経営学では組織論の範疇に入るような 1 万人前後までのエージェントを対象としたシミュレーションとなる．人事評価オントロジーが「ミクロな組織論」と呼ばれる人間の心理や認知を扱う分野でもあるため，さらにエージェント数が少ないシミュレーションが最も適切な領域となるかもしれない．ミクロモデルの代表的な対象領域はビジネスプロセス分析，ビジネスゲーム，ショッピングモールの回遊行動などのマーケティング分析などの企業経営分野のシミュレーションや個人の認知・嗜好データを反映させた Web 上でのエージェントシミュレーション（エージェントロニクス）である．これらの中で「設計」ツールとしての応用には，企業のオフィス活動におけるエージェントシミュレーションの適用可能性が見城ら (2006) により報告されている．また，マーケティング分野におけるショッピングモールの回遊行動も分析・設計ツールとして考えられている．

その他，個人の人生設計ツールへの応用として，出口(2005) は，ライフオプションという考え方に基づき，個人の人生における意思決定の支援ツールへのエージェントシミュレーション技術の適用について考察している．

また，社会システムの「認識」ツールへの応用としては，エージェントシミュレーターを学校，企業等の教育研修分野へ適用する取り組みがある．Schank は，E-learning 研究の黎明期から，Case Based Learning の手法で認知科学における成果の教育現場への導入に

取り組んでいるが，その際の学習理論の主張として，‘learning by doing’ というコンセプトがある(Schank, 1995). 一方, シミュレーションの教育分野への活用方法として, ‘learning by modeling’という認知科学における研究アプローチを導入し，シミュレーション上で社会の事象をモデル化することによりモデル化対象の理解を促進するという方法が考えられている．

社会システムの「合意形成」ツールへの応用としては，組織と個人との間や個人対個人の人間関係における合意形成だけでなく，社会政策の意思決定過程における合意形成や集団間の合意形成での応用が考えられる．例えばマンションの建て替え問題や，医療手術におけるインフォームドコンセントのためのシミュレーション等の例をあげることができる(Deguchi, 2005).

ここで人事評価オントロジーとの親和性の高さという点からビジネスプロセス分析の分野から実行動を伴う労働者の働くビルメンテナンス業の営業職およびフィールドエンジニアのエージェントシミュレーション，認知的作業の多いシステムインテグレーターの営業職およびシステムエンジニアのシミュレーションを例として取り上げる．また，図 7.1 でも人事評価と関連の深い個人のキャリア形成（CDP）についてライフオプションの発想を用いて考察を行う．

9.3 対象領域における現在までの研究実務実績

9.3.1 ビルメンテナンス業

コンピテンシーソースモデルを用いて，2003 年に大手ビルメンテナンス業 A 社における人材のコンピテンシーサーベイが完了している．職種としては営業職と技術職のコンピテンシーモデルが完成している．さらに技術職はフィールドエンジニアとその他技術者に分かれる．フィールドエンジニアは冷熱に関するエンジニアと昇降機に関するエンジニアに分かれる．その他技術者はシステム化されたビルの管理を遠隔で行うシステム技術者とビルメンテナンス作業の品質保証作業を行う技術品証職である．これら計 5 職種について，ぬきんでた業績を挙げる社員について平均的な社員との差異として持つコンピテンシーソースを明らかにした．また，平均的な社員が最低限持たねばならないコンピテンシーソースも明らかにした．調査手法はアンケート形式のサーベイとインタビュー形式のヒアリングである．詳細は守秘義務があるため公表しない．このサーベイの結果より，求められるコンピテンシーソース群が明らかとなり，さらにそれぞれのコンピテンシーソースを複合したコンピテンシーリストを作成した．これらの結果はビルメンテナンス業の人事評価オントロジーインスタンスの基礎となる．また，このサーベイにより一般的なビルメンテナンス業の社員のビジネスプロセスがシステム構築における

業務要件レベルで明らかとなった.

一方で筆者の共同研究者であるボーグ株式会社久津豪社長およびその社員により過去に大手ビルメンテナンス業 B 社の営業職およびフィールドエンジニア職の業務管理システムが作成されている．具体的にはスケジューリングおよび勤怠管理システムであり，外出先でのモバイル端末からアクセスする形式のシステムである．このシステム構築により，ビルメンテナンス業の社員のビジネスプロセスがシステム構築における業務要件，システム要件，技術要件レベルという最も詳細な技術要件を含む 3 レベルすべてで明らかとなった．これは人事評価オントロジーの応用範囲である業務プロセスのエージェントシミュレーションとの接合，そして，企業情報システムとの接合への基礎データとなる.

9.3.2 システムインテグレーター

筆者が参加したコンサルタントグループにより, 大手システムインテグレーターA 社において人事制度改革の一環として 2004 年に組織診断および風土診断をいった．そこで明らかになった問題としていわゆる大企業病という組織の弊害が出ていることであった．大企業病とはマートンの官僚制の逆機能に代表されるような組織の弊害のことであり，5 章でのサイモンとマーチの分析による組織における認知限界の理論も対象および問題は同様のものを扱っている．(Merton, 1957, March and Simon, 1993)．この組織診断でサーベイの対象となった職種は営業職，開発職（システムエンジニア），保守・運営職，研究開発職，スタッフ職と一般的なシステムインテグレーターの全職種にわたる．ここで明らかになったこととして，システムインテグレーターにおける営業職の一般的なビジネスプロセスと，大規模なシステムインテグレーターの組織構造である．人事制度改革の一環としての同プロジェクトに参加することにより，人事評価オントロジーの基礎となる人事評価項目，人事情報システム，組織構造，ビジネスプロセスについてデータを得た.

また，2006 年よりボーグ株式会社にて同システムインテグレーターA 社にて，システムインテグレーターの最も基本的で重要な研修であるプロジェクトマネジメント研修を含めた研修制度全般の構築・運営保守を行っている．ここで，プロジェクトマネジメント研修はプロジェクトマネジメントモデルをエージェントシミュレーター上で構築することができ，エージェントシミュレーションとの接合が考えられる．また，研修全般においてエージェントシミュレーションの適用が検討可能である.

9.3.3 キャリアデザイン

1999 年に米国のキャリアカウンセラー資格を輸入し株式会社リクルートが Grobal Career

Development Facilitator 資格（通称 G-CDF Japan）を立ち上げた(キャリアカウンセリング協会，2007)．筆者はこの資格の立ち上げに携わった．この資格の発足後，日本では関連団体が次々と同様のキャリアカウンセリング資格を発足させ，スクールカウンセラーおよび企業や人材紹介・派遣業でのキャリアカウンセラーの普及が進んだ．他資格として日本産業カウンセラー協会の資格「キャリアカウンセラー」や，日本マンパワーの「CDA」がある．CDA についてはGCDF－Japan の立ち上げメンバーが管理をしている．また，GCDF-JAPAN の内容は米国のキャリアカウンセリング資格を基にしているが普及に当たっては，日本産業カウンセラー協会が以前から管理していた資格「産業カウンセラー」を参考としている．また，GCDF－JAPAN は表 6.7 の R-CAP を作成した部門で商業化された．

さて, これらのキャリアカウンセリングの資格は人材観に図 6.1 の Super の職業適性モデルやキャリアの概念を採用している．また，キャリア発達観としては Schein(1978)のキャリアサイクルモデルやキャリアアンカーの概念が影響力が大きい（リクルートワークス研究所，1999）．これらのキャリアモデルを改良して人材観を人事評価オントロジーの人材モデル，キャリア観をエージェントシミュレーター上に構築した人事制度の CDP におけるキャリアパスを導入することにより，シミュレーション可能でデータとして保持できる新しいキャリアモデルを構築することができる．

また，対象を企業内のキャリアアップだけでなく，人生全般とした際に，出口（2005）のライフオプションの考え方を導入し，SOARS 上で人生のオプション選択シミュレーションを行うことが可能である．

9.4 対象領域での今後の展開

9.4.1 ビルメンテナンス業

2006 年に東京都の都営住宅でスイスシンドラー社製エレベーターの誤作動による死亡事故が発生し，ビルメンテナンス業に対する社会的関心，要求は高まっている．東京工業大学でも 2005 年に完成した長津田キャンパスのビルでシンドラー社製エレベーターの誤作動事故が発生している．このシンドラー社製エレベーターの一連の誤作動事故は，ビルメンテナンス業のフィールドエンジニアに対してそのメンテナンスプロセスの確立の要求を高めた．いわゆる独立系と呼ばれるエレベーターメーカーの関連会社でないメンテナンス会社以外は非常に高度なメンテナンス技術およびプロセスを長年保有していた．しかし一方で近年の高度にハイテク化されたビルにおける昇降機のメンテナンスは，電気系統，機械系等の保守という作業的なプロセスと，メンテナンスコンピュータ，あるいは基盤自体の保守というコンピュータ上のメンテナンスプロセスの双方が複雑に関係する形となり，新たなメンテナンスビジネスプロセスの確立も検討すべき時期となっ

ていた.

そこで前出のビルメンテナンス A 社は 2006 年に大学との共同研究により，フィールドエンジニアの作業手順を原子力発電所や大型プラントのエンジニアのリスク分析に用いられる手法で再検討することを発案した．この事例は時間単位の短い認知過程が対象となるビジネスプロセスのため，人事評価オントロジーと採用面接シミュレーションの応用事例となりえる.

また, フィールドエンジニアのビジネスプロセスは前出のとおりモバイルコンピュータ環境で管理されているため，認知プロセスまで含むビジネスプロセスのモデル化が情報処理システムと連結し統合されたシステムの構築が可能となる.

9.4.2 システムインテグレーター

前述のように現在，ボーグ株式会社は大手 SIer(System Integrater)において研修制度を管理している．**図 6.2** のエージェントベースプロセスシミュレーターは基本的にプロジェクト制のチームマネジメントシミュレーターを想定しており，プロジェクトマネジメントツールおよびシミューレーターとして SIer のプロジェクト管理に最適である．タスク割り当てのアルゴリズムは見城のオフィス活動シミュレーションで最低限のものが SOARS 上で実装されており，**図 6.2** のものではそこにさらにチームメンバーの相性など心理学的要素を盛り込むことができるようになる．その要素は人事評価オントロジーで管理する指標と連携をとり管理される. これは SIerA 社の場合は陣情報システムのデータとも連携可能である.

9.4.3 キャリアデザイン

組織内におけるキャリアデザインについては, 人事評価オントロジーとエージェントシミュレーターの応用の最適な領域であることが前節の考察より明らかである．ここでは，組織にとどまらないライフオプションの概念に基づくキャリアデザインシミュレーションの可能性について考察する.

高齢化社会が進展し，日本においては退職後の高齢層が非常に増えてきている．その変化を受け，学術界では加齢学という学問領域が脚光を浴び，ビジネスにおいては引退後の団塊世代層をいかに顧客として取り込むかということが近年注目を浴びてきていた．人事評価オントロジーの人材観にとどまらない人材モデルはその志向・価値観部分が表 6.8 の価値オントロジーのように組織/仕事内での価値観を超えて多様化しており，しかも年齢が高齢であるためさらに多様化の度合いが大きい.

ここで適切に価値オントロジーをモデル化出来た際にデータ取得の手段として有力な方法が，ボーグ株式会社が提唱するエージェントロニクス技術による Web あるいは情報

システムからの情報取得である．近年すでにクレジットカードのポイントや航空会社のマイレージシステムにおけるマイレージ交換のシステムが進展し，購入記録等の個人情報がシステムから取得できるようになっている．これを Web 上でコンピューターエージェントにより収集させることにより何らかの顧客プログラムの会員の価値・志向特性を明らかとすることができる．すでにボーグ株式会社ではエージェントロニクスの技術を保有し，また，ベネッセコーポレーション等の企業が高齢向けライフオプションサービスの検討を始めている．ここに仕事のキャリアの枠を超えた真の意味でのライフキャリアの価値オントロジー構築とシミュレーションの可能性がある．

9.4.4 その他

その他，企業人事関係でのオントロジーおよびシミュレーションの活用に関係して，企業の人事分野のみにとらわれないオントロジーやエージェントシミュレーションの活用が考えられている．

もともと会計事務所から発展し，情報処理システム構築コンサルティングをスタートさせてきた欧米会計事務所系経営コンサルティング会社は情報処理技術の経営応用を率先してサービスとして展開してきた．1990 年代のアンダーセンコンサルティング（現アクセンチュア）による Schank の E-learning 理論の導入もその流れの中にある．筆者が在籍していた PwC コンサルティング（現 IBM ビジネスコンサルティングサービス）においてもエージェントシミュレーションを経営戦略コンサルティングに応用することを検討している．当然，エージェントシミュレーションは情報処理システムと結びつき，また，用いるデータはオントロジー化されデータベースに蓄積される．

9.5 結論

本章では人事評価オントロジーおよびビジネスプロセスシミュレーションの今後の普及への展開について，これまでの取り組みの成果を振り返りながら考察した．

エージェントシミュレーションは 5 章での考察のとおり，社会システムの様々な場面における「分析」「設計」「合意形成」ツールとして有用であることが明らかとなった．また，オントロジー技術を交えた人事評価オントロジーとビジネスプロスシミュレーションの応用についてはビルメンテナンス業，システム開発業，そしてビジネスキャリアにとどまらないキャリアデザイン分野で今後，活用可能性が高いことが明らかとなった．

エージェントシミュレーション技術やオントロジー技術を社会システムへの応用を進めていく上での今後の課題としては，並列処理によるビジネスプロセスの表現やチームの評価まで含めた人事評価指標の明示的な定義等，表現能力の増強によって，計算主義認知科学においては計算能力の限界とされてきた領域を開拓していくことや，新たな概

念モデルを理解して，社会システムのさまざまなテーマに対してモデルを構築することができる人材を育成することなどがあげられる．こうした課題に対しては，認知科学者，オントロジー工学者，社会エージェント研究者だけでなく，社会のさまざまなシステムを研究する社会科学者や社会システムの実際の設計担当者，現場担当者，責任者等の積極的な関与が必要不可欠である．

10.　結語と今後の課題

本章では本論文で明らかになった成果を再度まとめて，さらに今後の課題を整理する．

はじめに第 3 章でモデル化した感情機構エージェントによりそれまでの人工生命モデルやエージェントモデル，そして実ロボットモデルでは実現できていなかった脳の回路と対応付けた感情機構を実現した．比較対象として挙げた Scheutz の人工生命モデルはスキーマモデルという概念的な脳回路モデルをベースとしており実際の脳回路には対応していなかった．その中で本論文で提案した感情機構モデルは人工脳方法論に従い，許容できるもっとも単純なレベルの脳回路をモデル化することに成功した．人工脳方法論を導入することにより，モデル化のガイドラインを設定したため，モデルの複雑性のレベルをコントロールすることが可能となった．一般的には脳に着想を得たモデルの研究よりも低次の身体化認知科学で取り入れられていた方法論から構築するという手法を採用することにより，任意性が高まりがちで完成することの難しい脳に着想を得た計算モデルが完成した．そして，人工脳方法論の中のボトムアップアプローチに従い，着想を得た脳の感情仮説ももっとも単純な野村の仮説で比較した回路も Drevets の初期の回路だったため感情機構エージェントの検証が成功した．感情機構エージェントで明らかとなったことは，抑うつ感情という感情機構の境界条件を越えて，エージェントの抑制状態を引き起こす異常感情が発生するためには，感情機構は 2 重の回路を持っている必要があるということであり，それが人間の脳の感情機構が存在する第 2 層と進化的に発達した第 3 層に対応するということである．よって，人間の感情機構をモデル化する際には，脳と同様に機能の層構造を導入し，認知層が感情層の上位に構築されることにより，人間の感情モデルが構築しえることが明らかとなった．

次に感情機構エージェントを拡張して認知感情機構エージェントを構築した．ここでは，比較対象として既存の認知モデリング分野の感情モデルが対象となった．認知モデリング分野における感情モデルは認知機能部分をモデル化しているため，人の人格や価値観といった感情的ラベリングがされた記憶の形成を説明できるモデルが無かった．よって，序章の背景でも触れたように Emotional Intelligence やコンピテンシーを説明できる認知モデルはなく，計算認知科学の成果も心理学的人材モデルをモデル化することには至っていなかった．

本研究の認知感情機構エージェントでは，人間の認知に影響を及ぼし，記憶にも影響を及ぼす感情過程と機構をモデル化することに成功した．Schank の目標・プランという知識表現による記憶に報酬・罰という感情機構から生じる信号のラベリングを付与することにより，意思決定時の価値付け，学習時の好悪ラベリングのメカニズムを構築した．これは，例えば Soar-emote と比較すると，Soar-emote は意思決定および学習時の感情機構のメカニズムとしての根拠が提示できないため，認知機構としての認知プロセスの詳細化に注力して感情機構自体のモデル化については成果を挙げられなかった．本研究で感情機構から説明した記憶や意思決定のモデルを提案できた理由は，第 3 章の感情機構エージェントでまず，感情機構自体の妥当性を十分に検証した上で認知感情機構を構築したからであろう．

Soar-emote 以外の認知感情モデル，例えば Hudlicka の提案する認知感情モデルなどは性格のカテゴリーを学習により形成されるものではなく，最初からモデルの中に定義される変数としている．それらのモデルと比較すると本研究の認知感情機構エージェントは説明レベルが格段に詳細である．

認知感情機構エージェントはその感情機構自体も抑うつおよび不安の脳回路と比較し，その妥当性を検証した. そして, 人間の感情のカテゴリをもっとも大きく分類した「喜び」,「悲しみ」,「怒り」,「恐怖」,「嫌悪」という基本感情理論に登場する「怒り」以外の 4 つの感情の発生と発生のために必要な感情記憶の学習についての機構を明らかにした.「喜び」と「嫌悪」については明示的には検証していないが，報酬および罰信号が双方の感情に相当する．また,「恐怖」は「不安」感情と同根の感情であり，感情の対象が明確か不明確かの違いにより発生する感情が「恐怖」か「不安」が決定されるため，緊急時の感情である基本機構は明らかとなったと考えた.「怒り」については,「怒り」行動を発生させるための機構自体をモデル化していないため，今後の課題として残る．

第 2 部では，第 1 部で構築した認知感情機構エージェントの企業人事の人材モデルへの適用を検討した．第 1 章の背景と動機付けで述べたように，企業人事の人材モデルは旧来の心理学モデルに依っていた．しかし，Schank ら計算認知科学による人材モデルも導入されつつあった. 本研究では Schank の知識表現は生かしつつ, 既存の心理学モデルも利用するため，オントロジー技術を導入した．そして，認知感情機構エージェントの持つ知識表現で説明でき，かつ，既存の心理学的人材モデルで使用されている人事評価指標を説明できる人事評価オントロジーを作成した．また，ビジネスプロセスに連動した人事評価モデルを構築するため，エージェントモデリング技術を導入し，認知感情機構エージェントのシミュレーションをビジネスプロセスシミュレーションとして解釈することに成功した．これにより，既存の人材モデルによる人事評価指標とビジネスプロセスに基づき構築された企業情報システムで管理されている社員の行動情報を連動させてモデル化する方法論を提案した．

実装した人事評価オントロジーと採用面接シミュレーションにおいては，企業の採用選考で行われる採用面接において，面接官が評価する「見た目の印象」,「コミュニケーション能力」という評価項目が，エージェントの保有する面接におけるプランという知識表現に対する報酬/罰値，すなわち自信度とそれにより引き起こされる緊張行動や不安行動であることが明らかとなった．この面接官の評価する対象と能力項目の関係はこれまで明確に定義されてこなかったため，本研究で明らかとなった成果といえる．

今後の課題として，認知感情機構エージェント自体では３点挙げられる．１点目は，感情機構が依存している感情仮説である野村の感情仮説が非常に単純なものであるということである．企業上人事などへの応用のための単なる説明モデルではなく，基礎研究として考えた際，ボトムアップアプローチに従っても徐々により複雑なモデルに進化させる必要がある．本論文では，2 章で野村の仮説以外に銅谷の神経伝達物質モデルも取り上げた．野

村の仮説よりやや複雑な銅谷の仮説が導入できるかどうか検討することが課題といえる．また，検証対象の脳回路としても Drevetz の 1992 年時点で提案された回路を用いてきた．これを 2000 年に提案された新しい回路や Breiter と Gasic（2000）の提案するような回路へ複雑化させることも感情機構の検証としては重要である．

認知感情機構エージェントの認知機能について着目した場合には，異なる課題が挙がってくる．4 章で考察したように，認知機能のみに焦点を当てている認知モデルに比べると本研究での認知感情機構は大きな時間間隔での認知しか扱うことができない．第 9 章で例示されたようなビルメンテナンスのフィールドエンジニアが行うような作業プロセスの認知分析を行う場合だと，通常の認知モデルと同様の 10ms 単位ぐらいの認知過程を扱うことができるようなプラットフォームかモジュールが必要である．その上で，人間の様々な認知機能のうち，モデル化対象領域を決め，認知機能の拡張を行うことが必要となるであろう．

第 2 部の企業人事への認知感情機構エージェントの応用については，基礎的な技術としては複数の評価項目を表現できるシミュレーションを実装して検証することが挙げられる．今回は 2 つの評価観点を表現できるかを検証した．実際の人事評価項目では一つの職位で 5 から 10 の評価観点がある場合がある．その際にそのような複雑なビジネスプロセスを表現する詳細なシミュレーションを構築する必要がある．しかし，これは実務の中で行われる作業であり，今回の研究のように一人で行う作業とはならない．ある程度の人数の技術者とコンサルタントとの組み合わせにより行われる．

この際に，複数の職位でも同じような評価項目で等級が違う等の汎用的なモデリングが必要となる可能性もある．これも今後の課題となる．

プロジェクトマネジメントシミュレーターなどの商用アプリケーションの構築も課題として挙げられる．プロジェクトマネジメントシミュレーターは機能要件の定義までほぼ完了しているので，実システムの実装が次の課題として挙がる．9 章で例としてあげたフィールドエンジニアやシステムエンジニアのビジネスプロセスはもっとも時間単位の短い過程だと秒単位の行動過程ではなく，10 から 100 ミリ秒単位の認知過程が入ってくるため，実例に基づいてモデル化することにより認知感情機構エージェントの認知機能の拡張も同時に行うことができる．

以上が本研究の成果と今後の課題である．

参考文献

Abramson, L. Y., Seligman, M. E. P., & Teasdale, D. (1978). Learned helplessness in humans: Cretique and reformulation. *Journal of Abnormal Psychology*, **87**, 49-74.

ACT-R & Leabra Teams. (2007). The SAL Architecture: A Synthesis of ACT-R and Leabra DARPA BICA Phase I Final Report, *DARPA Information Technology Processing Office Program BICA* , http://www.darpa.mil/ipto/Programs/bica/phase1.htm

Ahn, H. & Picard, R. W. (2005). Affective-Cognitive Learning and Decision Making: A Motivational Reward Framework For Affective Agents. *Proceedings of The 1st International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII 2005).*

Ahn, H. & Picard, R. W. (2006). Affective-Cognitive Learning and Decision Making: The Role of Emotions. *Proceedings of The 18th European Meeting on Cybernetics and Systems Research (EMCSR 2006).*

American Psychiatric Association, 1994, Diagnostic and Statistical Manuals of Mental Disorders: DSM-IV, fourth edition, Washington, D.C.

American Psychiatric Association. (2000). DSM-4-TR, American Psychiatric Publishing.

Anderson, J. R. & Bower, G. H. (1973). *Human Associative memory*. Washington: Winston and Sons.

Anderson, J. R. (1980). *Cognitive psychology and its implications*. San Francisco: Freeman.

Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Anderson, J. R. & Lebiere, C. (1998). *The atomic components of thought.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

Arbib, M. (1992). Schema theory. In S. Shapiro (Ed.), The handbook of brain theory and neural networks (pp. 830{833). MIT Press.

Arbib, M. A. & Fellows, JM. (2004). Emotions: from brain to robot. Trends in Cognitive Sciences, 8(12), 554--561.

Beck, A. T. & Emery, G. (1985). *Anxiety Disorders and Phobias*, New York: Basic Books.

Bowlby, J. (1973). *Attachement and Loss: Vol. 2. Separation: Anxiety and anger*. New York: Basic Books.

Breiter, H. C. & Gasic, G. P. (2004). A General Circuitry Processing Reward/Aversion Information and Its Implications for Neuropsychiatric Illness. Gazzaniga, M. S. et al. (Eds.) *The Cognitive Neurosciences III*. Cambridge: The MIT Press.

Breazeal, C., Wang, A. & Picard, R. (2007), Experiments with a Robotic Computer, Body, Affect and Cognition Interactions. *Proceedings of the Second International Conference on Human-Robot Interaction*.

Brooks, R. A. (1999). *Cambrian Intelligence: The Early History of the new AI*. Cambridge: MIT Press.

Brooks, R. A. (2001). The Relationship Between Matter and Life. *Nature*, **409,** 409–411.

Cannon, W. B. (1929). *Bodily Changes in Pain, Hunger, and Rage (2nd ed.)* New York: Appleton.

Carbonell, J. G. (1980). Towards a Process Model of Human Personality Traits. *Artificial Intelligence*, 15(1-2) 49-74.

Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. New York: Grosset/Putnum

Damasio, A. R. (2003). *Looking for Spinoza: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain*. Orlando, FL: Harcourt, Inc.

Deguchi, H. (2005). SOARS Project, Where Do We Go from Here. *Proceedings of The 21st-Century COE Program Creation of Agent-Based Social Systems Sciences 2nd Symposium*. 79--90.

出口　弘. (2005). ライフオプションとソーシャルアーキテクチャデザイン　–幸福と不幸をもたらす社会システムの構造分析と再デザインの方法論.『社会経済システム学会第 24 回大会予稿集』.

Dorner, D. & Starker, U. (2004). Should successful agents have emotions? The role of emotions in problem solving. Proceedings of the Sixth International Conference on Cognitive Modeling. 344--345.

Doya, K. (2000). Metalearning, neuromodulation, and emotion, *Affective Minds*, eds. Hatano, G.; Okada, N.; and Tanabe, H., 101-104. Amsterdam and Tokyo: Elsevier Science.

Drevets, W. C. (2000). Neuroimaging studies of mood disorders: Implications for a neural model of major depression. Biological Psychiatry, 48, 813--829.

Drevets, W. C., Videen, T. O., Price, J. L., Preskon, S. T. & Raichle, M. E. (1992). A functional anatomy of unipolar depression. *Journal of Neuroscience*, **12**, 3628-3642.

Drucker, P. (1954). *The Practice of Management*. NY HarperCollins Publishers.

Drucker, P. (1972). Work and Tools, *Technology and Culture, eds.* Kranzberg, W. & Davenport, W.H.

Eder, R. W. & Harris M. M. (Eds.) (1999). *The Employment Interview Handbook*. Thousand Oaks: SAGE Publications.

Fellows, JM. & Arbib, M. A. (2005). Who Needs Emotions? The Brain Meets the Robot. New York: Oxford University Press.

Fincham, J. M. & Anderson, J. R. (2006). Distinct roles of the anterior cingulate and prefrontal cortex in acquisition and performance of a cognitive skill. *Proceedings of the National Acedemy of Science, U. S. A., 103*, 12941-12946.

藤田哲也.（2001）. 脳の進化. 乾　敏郎・安西　祐一郎（編）『認知発達と進化』, 163-196.

Goleman, D. (1998). *Working with Emotional Intelligence*. Bantam.

Gratch J. & Marsella, S. (2004). A Domain-independent framework for modeling emotion. *Journal of Cognitive Systems Research*. **5**(4). 269-306.

Guhe, M., Gray, W. D., Schoelles, M. J. & Quiang, J. (2004). Towards an Affective Cognitive

Architecture. *Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. 1565.

Gunning, D. (2007). Biologically Inspired Cognitive Architecture, *DARPA Information Technology Processing Office*, http://www.darpa.mil/ipto/Programs/bica/index.htm

Gazzaniga, M. S. et al. (Eds.) (2004). *The Cognitive Neurosciences III*. Cambridge: The MIT Press.

Hammer, M.& Champy, J.(1993). Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. Nicholas Brealey Publishing.

橋田　浩一・安西　祐一郎・波多野　誼余夫・田中　啓治・郡司　隆男・中島　秀之.（1995）.『認知科学の基礎』. 東京：岩波書店

平田　謙次・池田　満・溝口　理一郎.（2001）. 人的資源開発におけるコンピテンシー・オントロジーに基づく設計支援アプローチ.『教育システム情報学会誌』, 18（3・4）. 340—351.

平田　謙次・松本　馨(編).（2004）.『IT スキル標準の普及に向けての情報基盤調査　調査報告書』. 東京：産業能率大学総合研究所

Hudlicka, E. (2004). Beyond Cognition: Modeling Emotion in Cognitive Architectures. *Proceedings of the Sixth International Conference on Cognitive Modeling*. 118--123.

Ieshima, T. & Tokosumi, A. How How could neural networks represent higher cognitive functions?: A computaitonal model based on a fractal neural network, *Proceedings of Second Internaltional Conference on Cognitive Science*.

伊藤 絵美. (2006). 認知心理学と認知行動療法のインターフェース.『第 6 回日本認知療法学会予稿集』, 73.

伊藤 絵美. (1994). 認知心理学と認知療法の相互交流についての一考察：“問題解決”という主題を用いて.『慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要』, **40**, 1-8.

伊藤　正男.（1994）. 思考機能の脳内メカニズム. 伊藤　他（編）.『思考』, 69－103. 東京：岩波書店.

貝谷 久宣.（2002）.『対人恐怖-社会不安障害』. 東京：講談社.

菅野 太郎, 古田 一雄, 吉川 信治. (1999). プラント運転操作に用いられる知識の可視化による深い理解支援システム.『ヒューマンインタフェースシンポジウム'99 論文集』, 691--696.

見城 幸直, 山田 隆志, 寺野 隆雄.（2006）. オフィス活動を分析するためのエージェントシミュレーション.『合同エージェントワークショップ＆シンポジウム 2006 予稿集』.

Laird, J. & Coulter, K. (2006). Proposal to Modify Soar’s Execution Cycle and Limit Operator Application Firings. *Soar group internal meeting resume*.

Leuzinger-Bohleber, M., and Pfeifer, R. (2001). Remembering a depressive primary object? Memory in the dialogue between psychoanalysis and cognitive science. *The International Journal of Psychoanalysis*.

MacLean, P. D. (1967). The brain in relation to empathy and medical education. *Journal of Nervous and Mental Diseases*, 144, 374-382.

March, J. G. & Simon, H. A. (1993). *Organizations.* Boston: Blackwell Publishing.

Marineier III, R. P. & Laird, J. E. (2004). Toward a Comprehensive Computational Model of Emotions and Feelings. *Proceedings of the Sixth International Conference on Cognitive Modeling*. 172--177.

Marinier III, R. P. & Laird, J. E. (2006). A Cognitive Architecture Theory of Comprehension and Appraisal, Proceeding of 18th European Meeting on Cybernetics and System Research.

Masrow, A. H. (1954). *Motivation and Personality.* Herper and Row Publishers inc.

Merton, R. K. (1957). *Social Theory and Social Structure*. Glencoe, IL: Free Press.

三木 光範.（2006）. 最適化から考える可視化の意義.『第 12 回ビジュアリゼーションカンファレンス予稿集』.

Univ. of Michigan, MIT Media Lab, AlgoTek, Dartmouth, Johns Hopkins, Harvard Univ., Rutgers Univ., TOSCA: A Comprehensive Brain-based Cognitive Architecture, DARPA Information Technology Processing Office Program BICA, http://www.darpa.mil/ipto/Programs/bica /TOSCA _Architecure.pdf

Maniadakis, M. & Trahanias, P. (2006). Design and Integration of Partial Brain Models Using Hierarchical Cooperative CoEvolution. *Proceedings of 5th International Conference on Cognitive Modeling*.

Minsky, M., 2000, Attachment and Goals, *Affective Minds*, eds. Hatano, G.; Okada, N.; and Tanabe, H., 27-40. Amsterdam and Tokyo: Elsevier Science.

守　一雄.（1995）.『認知心理学』. 東京：岩波書店.

中田 力. (2006). 高磁場磁気共鳴画像(MRI)装置　7 テスラ装置. http://coe.bri.niigata-u.ac.jp/coedoc/MRI/Jindex.htm. 統合脳機能研究センター, 新潟大学.

日本人材データ標準化協会. (2007). HR-XML JAPAN Consortium. http://www.hr-xml-jp.org/

日本オラクルインフォメーションシステムズ株式会社. (2007). PeopleSoft Enterprise Human Capital Management. http://www.oracle-is.jp/applications/peoplesoft/hcm/ent/index.html.

Noda, K., 2002, A Computational Modal of Depression by Design Approach, 東京工業大学大学院価値システム専攻修士論文.

Noda, K. and Tokosumi, A. (2005). Development of Evaluation Ontology, *Proceedings of Symposium on Large Scale Knowledge Resources: LKR2005* (pp. 179-182). Tokyo Japan.

野田　浩平.（2005）.「DPI テスト」と面接. 本明　寛・織田　正美・野口　京子（編）.『態度能力ハンドブック』, 50-57, 60. 東京：ダイヤモンド社

Noda, K. (2006). Towards a Representation Model of Evaluation Ontology. *Proceedings of International Symposium on Large-scale Knowledge Resources (LKR2006)*. 159-160.

Noda, K., Voss, K., and Tokosumi, A. (2006). Emotion agent architecture simulating emotional reactions in a recruitment interview. Proceedings of International Conference “Emotions and Work: Ideas in Progress”. 12-13.

野村 総一郎. (1991). 気分障害－最近の生物学的研究と病院論.『精神科治療学』. **6**, 925-936.

野村 総一郎．(1996)．生物学的うつ病研究と認知療法．大野 裕・小谷津 孝明(編).『認知療法ハンドブック上巻』．東京：星和書店.

小野　武男．情動行動の表出．（1994）．伊藤　他(編)『情動』，109-142．東京：岩波書店.

大沢武志・芝祐順・二村英幸（編）．(2000)．『人事アセスメントハンドブック』．東京：金子書房.

Panksepp, J. (1998) *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. Oxford Univ Press.

Picard, R. (1996). *Affective Computing*. Cambridge: MIT Press.

Pfeifer, R. (1982). Cognition and emotion: An information processing approach, *CIP working paper*, **436**, Carnegie-Mellon University.

Pfeifer, R. (1988). Artificial intelligence models of emotion, *Cognitive perspectives on emotion and motivation,* eds. Hamilton, V., Bower, G. H., and Frijda, N. H., 287-320.

Pfeifer, R. (1994) The “Fungus Eater” Approach to Emotion: A View from Artificial Intelligence. 認知科学. **1**(2), 42-57.

Pfeifer, R., & Scheier, C. (1999). *Understanding Intelligence*. Cambridge: The MIT Press.

Pfeifer, R. (2000). On the role of embodiment in the emergence of cognition and emotion, *Affective Minds,* eds. Hatano, G.; Okada, N.; and Tanabe, H., 43-57. Amsterdam and Tokyo: Elsevier Science.

Pfeifer, R. & Bongard, J. (2007). *How the Body Shapes the Way We Think A New View of Intelligence*. Cambridge: MIT Press.

Porter,M.E.　(1985). Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance New York:Free Press.

リクルートワークス研究所.（1999）『ワークス　キャリア動線を育むもの』. 35. 東京：リクルートワークス研究所

Reisbeck, C. K. & Schank, R. C. (1989). *Inside case-based reasoning*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

坂野雄二(編). (2000).『人はなぜ人を恐れるか　対人恐怖と社会恐怖』. 東京：日本評論社.

Schank, R. C. & Abelson, R. (1977). *Scripts, Plans, Goals, and Understanding*. NJ: John Wiley and Sons.

Schank, R. C. & Riesbeck, C. (1981). Inside Computer Understanding. New Haven: Yale University.

Schank, R. C. (1982). *Dynamic Memory*. Cambridge: Cambridge University Press.

Schank, R. C. (1995). *Engines for Education*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Schank, R. C. (1997). *Virtual Learning.* New York : McGraw-Hill

Schank, R. C. (2001). *Designing World-Class E-Learning : How IBM, GE, Harvard Business School, And Columbia University Are Succeeding At E-Learning*. New York : McGraw-Hill

Scheutz, M. (2004). An Artificial Life Approach to the Study of Basic Emotions. *Proceedings of CogSci 2004*. (CD-ROM version, 6 pages).

Seligman, M. P. (1975). *Helplessness*. Freeman & Co.

Schein, E. H. (1978). *Career Dynamics: Matching Individual and Organizational Needs.* Reading, MA: Addison Wesley Publishing Company.

Simon, H. A. (1967). Motivational and emotional controls of cognition. *Psychological Review*. **74**. pp29-39.

Simon, H. A. (1996). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: MIT Press.

Simon, K. A. (2007a). *Andersen Consulting BPR Approach*. Retrieved May, 12, 2007, Website: http://www.instant-science.net/pub/ac.pdf

Simon, K. A. (2007b). Comparison of BPR Approaches. Retrieved May, 12, 2007, Website: http://www.instant-science.net/pub/comparison.pdf.

Simon, K. A. (2007c). Consulting Approaches to Process Improvement. Retrieved May 12, 2007, Website: http://www.instant-science.net/pub/intro.pdf

Sloman, A. and Logan, B., 2000, Evolvable architectures for human-like minds, *Affective minds,*eds. Hatano, G.; Okada, N.; and Tanabe, H., 169-181. Amsterdam and Tokyo: Elsevier Science.

Sloman, A., Chrisley, R. & Scheutz, M. (2005). The Architectural Basis of Affective States and Processes. In Fellows, JM. & Arbib, M. A. (Eds.) Who Needs Emotions? The Brain Meets the Robot. New York: Oxford University Press.

総務省統計局．（1996）．労働力調査（平成 7 年度）．東京：総務省統計局

総務省統計局．（2006）．労働力調査（平成 18 年度）．東京：総務省統計局

Spencer, L. M. & Spencer, S. M. (1993). Competence at work : models for superior performance. New York: John Wiley and Sons.

Sporns, O., Chialvo, D. R., Kaiser, M & Hilgetag, C. C. (2004). Organization, development and function of complex brain networks. *Trends in Cognitive Sciences*, **8**(9), 418-425.

Stanford Medical Informatics. (2006). *Protégé*. http://protege.stanford.edu/.

StarLogo. (2007). http://education.mit.edu/starlogo/.

Stocco, A., Fum, D., & Zalla, T. (2005). Revising the role of somatic markers in the Gambling Task: A computational account for neuropsychological impairments. *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society* . Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

Associates, 2074-2079.

Super, D. E. & Bohn, Jr., M. J. (1970). Occupational Psychology. London: Tavistock Publications.

Taatgen, N. (2004). Act-R Tutorial Cogsci 2004. *Proceedings of Annual Meeting of Cognitive Science Society*.

Taatgen, N. (2004). Act-R Tutorial. *Tutorial material of Annual Meeting of Cognitive Science Society*.

丹治 順. (1994). 運動系の生理学. 川人 光男 他(編).『運動』. 東京：岩波書店.

戸田 正直. (1992).『感情　人を動かしている適応プログラム』. 東京：岩波書店.

徃住 彰文.(1991). 『心の計算理論』. 東京：東京大学出版会.

徃住 彰文.(1994).感情の計算モデル.伊藤 正男 他 (編).『情動』.東京：岩波書店.

Velásquez, J. (1997). Modeling Emotions and Other Motivations in Synthetic Agents. *AAAI/IAAI 1997*. 10-15.

Velásquez, J. & Maes, P. (1997). Cathexis: A Computational Model of Emotions. *Agents 1997*. 518-519.

Lai, W. L. (2003). The homeostatic means: philosophical naturalization of content based on the notion of homeostatic maintenance, *Doctoral Dissertation in Philosophy*, University of Sussex.

Wright, I.P., Sloman, A. & Beaudoin L.P. (1996). Towards a Design-Based Analysis of Emotional Episodes with commentaries, *Philosophy Psychiatry and Psychology,* 3(2), 101-126.

Yonekura, S & Kuniyoshi, Y. Emergence of Multiple Sensory-Motor Response Patterns from Cooperating Bursting Neurons. *Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. 1377-1382.

Yonekura, S., Lungarella, M. & Kuniyoshi, Y. Fear-like response induced by intentional gap between neural and body-environment dynamics. *Proceedings of 2005 4th IEEE International Conference on Development and Learning*. 31-36.

補遺

感情機構エージェントソースコード

第 3 章で構築した感情機構エージェントの StarLogo 上のソースコードを構築順に第 1 層エージェントから第 3 層エージェントまで記載する.

1 層エージェントのソースコード

Turtle procedures

```
turtles-own [energy stomachlevel nm ns n1 n4 w0 nf species[dog food-grower]]
;turtle has instinct of hungriness to keep energy
;n1 and n4 are brain nodes, nm = node of mouse, ns = node of stomach, nf = node of foot
;w0 = connection weight between n1 and n4
;turtles can be species 'dog' or 'food-grower'

to setupturtles
   case species
   [who >= number [setxy random screen-width random screen-height ht setspecies food-grower]
     who < number [setxy 0 0 setc yellow setspecies dog setenergy 100 seth 0
                          setnm 0 setns 0 setnf 0 setn1 0 setn4 0 setw0 1 setstomachlevel 100]]
;food-grower cannot be seen in the screen, and dog starts from 0 0 cordinate
end

to grow
;the total oder for the food-grower
   if species = dog [stop]
;dog does not grow foods
   rt random 10 lt random 10 fd 1
;random walk by food-grower
   if (abs ycor) < 0.5 and (abs xcor) > 11.5
      [stamp green]
;food area 'y=0, abs x = 12' is grown by food-grower
end
```

```
to livethedog
;the total order for the dog
   if species = food-grower [stop]
;food-grower only grows the food
   if energy > 0
      [mouse
       stomach
       node1
       node4
       foot]
;when energy > 0 all module (mouse, stomach, node1, node4, foot) function
end

to environmentfunctions
   restriction00
   restrictionx12
   restrictiony0
;always functioning
end

to mouse
   setnm ns * 1
   if nm > 0 and pc = green
      [stamp black
       setstomachlevel stomachlevel + 100
       setenergy energy - 1]
;action to environment is setpc black
;action to stomach is setstomachlevel
end

to stomach
   if stomachlevel > 0
      [setstomachlevel stomachlevel - 10
       setenergy energy + 10
       setenergy energy - 1]
;action of disgust
```

```
   ifelse stomachlevel < 50
      [setns 1
        setenergy energy - 1]
      [setns 0]
;food seeking process starts by hungriness
end

to node1
   setn1 ns * 1
;n1 is activated by activation of ns
   if n1 > 0
      [setenergy energy - 1]
;energy consumption by activation of n1
end

to node4
   setn4 n1 * w0
;n4 is activated by activation of n1
   if n4 > 0
      [setenergy energy - 1]
;energy consumption of n4
end

to foot
   setnf n4 * 1
   if nf > 0
      [fd 1
        setenergy energy - 2]
;taking step and energy consumption of nf
end

to restriction00
   if species = food-grower
      [stop]
;environment function only to dog
   if heading != 90 and heading != 270
```

```
      [seth ((2 * (random 2) + 1) * 90)
        setenergy energy - 1]
;there are only 2 ways which a dog can face to
end

to restrictionx12
   if species = food-grower
      [stop]
;environment function only to dog
   if (abs xcor) > 11 and pc = black
      [setxy 0 0
        seth random 360]
;to clear one big cycle
end

to restrictiony0
   if species = food-grower
      [stop]
;environment function only to dog
   if ycor != 0
      [sety 0]
;there is no way without y = 0
end
```

Observer procedures

```
to setup
   ct
   crt number + food-grow-rate
;foods are glown by a kind of turtle 'food-grower'
   ask-patches
      [if pc = green [setpc black]
        if (ycor = 0 and (abs xcor) = 12)
           and (random 100) < initialcondition [setpc green]]
;initialcondition desides the posibility of existance of foods at the beggining
   ask-turtles [setupturtles]
```

```
end

to go
   ask-turtles [livethedog grow environmentfunctions]
end

to go-eternaly
   loop [go]
end

to stop-it
   stopall
end
```

2 層エージェントのコード

Turtle procedures

```
turtles-own [energy stomachlevel nm ns nsf n1 n1r n2 n3 n4 w0 w1 w2 w3 w4 directionsensor nf
species[dog food-grower]]
;turtle has instinct of hungriness to keep energy
;n1 and n4 are brain nodes, nm = node of mouse, ns = node of stomach, nf = node of foot
;nsf = node of stomach, full, n1r = node1 reward
;w0 = connection weight between n1 and n4 directionsensor = headingsensor
;turtles can be species 'dog' or 'food-grower'

to setupturtles
   case species
   [who > number [setxy random screen-width random screen-height ht setspecies food-grower]
     who <= number [setxy 0 0 setc yellow setspecies dog setenergy 100 seth (random 360)
                    setnm 0 setns 0 setnsf 0 setnf 0 setn1 0 setn1r 0 setn2 0 setn3 0 setn4 0
                    setw0 1 setw1 0 setw2 0 setw3 1 setw4 1 setdirectionsensor heading
setstomachlevel 100]]
;food-grower cannot be seen in the screen, and dog starts from 0 0 cordinate
end
```

```
to grow
;the total oder for the food-grower
   if species = dog [stop]
;dog does not grow foods
   rt random 10 lt random 10 fd 1
;random walk by food-grower
   if (abs ycor) < 0.5 and (abs xcor) > 10.5 and (abs xcor) < 11.5
      [stamp green]
;food area 'y=0, abs x = 11' is grown by food-grower
end

to livethedog
;the total order for the dog
   if species = food-grower [stop]
;food-grower only grows the food
   if energy > 0
      [mouse
       stomach
       eye
       node1
       weight1
       node2
       weight2
       node3
       node4
       foot
       body]
;when energy > 0 all module (mouse, stomach, node1, node2, node3, node4, foot, body) function
end

to environmentfunctions
   restrictionx11
   restrictiony0
;always functioning
end
```

```
to mouse
   setnm ns * 1
   if nm > 0 and pc = green
      [stamp black
       setstomachlevel stomachlevel + 100
       setenergy energy - nm]
;action to environment is setpc black
;action to stomach is setstomachlevel
end

to stomach
   if stomachlevel > 0
      [setstomachlevel stomachlevel - 10
       setenergy energy + 13
       setenergy energy - 1]
;action of disgust
   ifelse stomachlevel < 50
      [setns 1
       setenergy energy - ns]
      [setns 0]
;food seeking process starts by hungriness
   ifelse stomachlevel > 80
      [setnsf 1
       setenergy energy - nsf]
      [setnsf 0]
end

to eye
   setdirectionsensor heading
end

to node1
   setn1 ns * 1
;n1 is activated by activation of ns
   if n1 > 0
      [setenergy energy - n1]
```

```
;energy consumption by activation of n1
   setn1r nsf * 1
;n1r is activated by nsf
   if n1r > 0
      [setenergy energy - n1r]
;energy consumption by activation of n1r
end

to node2
   setn2 n1 * w1
;n2 is activated by stimulus of success weight w1
   if n2 > 0
      [setenergy energy - n2]
;energy consumption by activation of n2
end

to weight1
   if w1 > 0
      [setw1 w1 - 0.01]
;natural decrease of weight1
   if heading = 90 and n1r > 0 and w1 < 1.5
      [setw1 w1 + n1r * 0.5]
;reward for the direction 90degree after getting the food by n1r
end

to node3
   setn3 n1 * w2
;n3 is activated by stimulus of success weight w2
   if n3 > 0
      [setenergy energy - n3]
;energy consumption by activation of n3
end

to weight2
   if w2 > 0
      [setw2 w2 - 0.01]
```

```
;natural decrease of weight2
   if heading = 270 and n1r > 0 and w2 < 1.5
      [setw2 w2 + n1r * 0.5]
;reward for the direction 90degree after getting the food by n1r
end

to node4
   setn4 n1 * w0
;n4 is activated by activation of n1
   if n4 > 0
      [setenergy energy - n4]
;energy consumption of n4
end

to foot
   setnf n4 * 1
   if nf > 0
      [fd 1
        setenergy energy - nf]
;taking step and energy consumption of nf
end

to body
   if (max n2 n3) = n2 and (n2 > 0 or n3 > 0)
      [if (directionsensor > 270 or directionsensor < 90) [seth heading + (n2 * 20)]
        if (directionsensor > 90 and directionsensor < 270) [seth heading - (n2 * 20)]
        setenergy energy - 1]
;heading ajustment when n2 wins
   if (max n2 n3) = n3 and (n2 > 0 or n3 > 0)
      [if (directionsensor > 270 or directionsensor < 90) [seth heading - (n3 * 20)]
        if (directionsensor > 90 and directionsensor < 270) [seth heading + (n3 * 20)]
        setenergy energy - 1]
;heading ajustment when n3 wins
end

to restrictionx11
```

```
   if species = food-grower
      [stop]
;environment function only to dog
   if (abs xcor) = 11 and (pc = black or stomachlevel > 0)
      [setxy 0 0
       seth random 360]
;to clear one big cycle
end

to restrictiony0
   if species = food-grower
      [stop]
;environment function only to dog
   if ycor != 0
      [sety 0]
;there is no way without y = 0
   if (abs xcor) > 1 and heading != 90 and heading != 270
      [ifelse heading >= 0 and heading < 180 [seth 90]
                                                [seth 270]
      ]
;compulsory headings change to 2 ways
   if xcor > 1 and xcor < 2
      [setx 2]
   if xcor < -1 and xcor > -2
      [setx -2]
;x must be seisu
end
```

Observer procedures

```
to setup
   ct
   crt number + food-grow-rate
;foods are glown by a kind of turtle 'food-grower'
   ask-patches
      [if pc = green [setpc black]
```

```
        if (ycor = 0 and (abs xcor) = 11)
           and (random 100) < initialcondition [setpc green]]
;initialcondition desides the posibility of existance of foods at the beggining
   ask-turtles [setupturtles]
end

to go
   ask-turtles [livethedog grow environmentfunctions]
end

to go-eternaly
   loop [go]
end

to stop-it
   stopall
end
```

3 層エージェントのコード

Turtle procedures

```
;*******************************************************************************
;
;                                depressive agents procedure
;
;*******************************************************************************

turtles-own [species[dep-agent food-grower] energy stomachlevel direction
                    nm ns nsf nse nf n1 n1r n1p n2 n3 n4 n5 n5r n5p n6 n6r n6p n7
                    w1 w2 w3 w4 w5 w6]

;these valuables are defined originally in this program.
;turtle is the basic agents in this software 'StarLogo'.
;
;In this simulation, turtles are catagorised to two species, 'dep-agent' and 'food-grower'.
```

```
;
;A dep-agent consists of a brain, a sensor, a mouse, a body, a stomach, and a foot.
;Each part works autonomously. Each part is considered as a module and corresponding to
; each function made in this program.
;
;A brain is a comprehensive part of node1-node7 and does not exist exactly corresponding
;function in this program. But node1-node7 are corresponding to this part.
;
;'energy' is the valuable for the whole dep-agent system.
;When each part works, the energy is consumed.
;
;'stomachlevel' is the food level in the stomach.
;
;'direction' is the value of the direction the dep-agent is toward.
;
;nm: the output of the node at mouse,
;ns: the output of the node at stomach,
;nsf: the output of the node at stomach especially at the state of full,
;nse: the output of the node at stomach especially at the state of empty
;nf: the output of the node at foot
;n1 - n7 are brain nodes output, nm = node of mouse, ns = node of stomach, nf = node of foot
;nsf = node of stomach, full, n1r = node1 reward
;directionsensor = headingsensor
;w1-w6 = weight of connections
;turtles can be species 'dog' or 'food-grower'

to setupturtles
   case species
   [who > number [setxy random screen-width random screen-height ht setspecies food-grower]
     who <= number [setxy 0 0 setc yellow setspecies dep-agent setenergy 100 seth (random 360)
                    setnm 0 setns 0 setnsf 0 setnf 0 setn1 0 setn1r 0 setn1p 0 setn2 0 setn3 0 setn4 0
                    setn5 0 setn5r 0 setn5p 0 setn6 0 setn6r 0 setn6p 0 setn7 0 setw1 0 setw2 0
setw3 0 setw4 0 setw5 0 setw6 0
                    setdirection heading setstomachlevel 100]]
;food-grower cannot be seen in the screen, and dog starts from 0 0 cordinate
end
```

```
to grow
;the total oder for the food-grower
   if species = dep-agent [stop]
;dog does not grow foods
   rt random 10 lt random 10 fd 1
;random walk by food-grower
   if (abs ycor) < 0.5 and (abs xcor) > 10.5 and (abs xcor) < 11.5
      [stamp green]
;food area 'y=0, abs x = 11' is grown by food-grower
end

to livethedog
;the total order for the dep-agent
   if species = food-grower [stop]
;food-grower only grows the food
   if energy > 0
      [mouse
        stomach
        eye
        node1
        weight1
        node2
        weight2
        node3
        node4
        node5
        node6
        node7
        weight3
        weight4
        weight5
        weight6
        foot
        body
        ]
```

```
;when energy > 0 all module (mouse, stomach, node1, node2, node3, node4, foot, body) function
end

to environmentfunctions
   restrictionx11
   restrictiony0
;always functioning
end

to mouse
   setnm n4 * 1
   if nm > 0 and pc = green
      [stamp black
       setstomachlevel stomachlevel + 100]
;action to environment is setpc black
;action to stomach is setstomachlevel
   setenergy energy - nm
;energy consumption by the use of nm
end

to stomach
   if stomachlevel > 0
      [setstomachlevel stomachlevel - 5
       setenergy energy + 20
       setenergy energy - 1]
;to digest
   ifelse stomachlevel < 50
      [setns 1]
      [setns 0]
;food seeking process starts by hungriness
   ifelse stomachlevel > 80
      [setnsf 1]
      [setnsf 0]
;the signal of the fullness of stomach
   ifelse stomachlevel = 0 and (xcor = 0 or (abs xcor) > 9.5)
      [setnse 1]
```

```
      [setnse 0]
;the signal of the empty of the stomach
    setenergy energy - (ns + nsf + nse)
;energy consumption of the use of nodes 'ns, nsf and nse'
end

to eye
  setdirection heading
;eye can ditect 360digree of direction
end

to node1
  setn1 ns * 1
;n1 is activated by ns times weight 1
  setn1r nsf * 1
;n1r is activated by nsf times weight 1
  setn1p nse * 1
;n1p is activated by nse times nse
  setenergy energy - (n1 + n1r + n1p)
;energy consumption by the nodes at node1
end

to node5
  setn5 n1 * 1
;n5 is activated by n1 times weight 1
  setn5r n1r * 1
;n5r is activated by n1r times weight 1
  setn5p n1p * 1
;n5p is activated by n1p times weight 1
  setenergy energy - (n5 + n5r + n5p)
;energy consumption by the nodes at node5
end

to node2
  ifelse (n6 * w3) < (n5 * w1)
    [setn2 n5 * w1]
```

```
      [setn2 0]
;n2 is activated by stimulus of success weight w1
;n6 * w3 is a threshold value of the activation of n2
   if n2 > 0
      [setenergy energy - n2]
;energy consumption by activation of n2
end

to weight1
   if w1 > 0
      [setw1 w1 - 0.01]
;natural decrease of weight1
   if heading = 90 and w1 < 1.5
      [setw1 w1 + n1r * 0.5]
;reward for the direction 90degree after getting the food by n1r
end

to weight3
   if w3 > 0
      [setw3 w3 - 0.01]
;natural decrease of weight3
   if heading = 90 and w3 > 0
      [setw3 w3 - n6r * 0.5]
;w3 is changed by the success or the failure of getting foods
   if heading = 90 and w3 < 1.5
      [setw3 w3 + n6p * 0.5]
end

to node3
   ifelse (n6 * w4) < (n5 * w2)
      [setn3 n5 * w2]
      [setn3 0]
;n3 is activated by stimulus of success weight w2
;n6*w4 is a thereshold the value of n3
   if n3 > 0
      [setenergy energy - n3]
```

```
;energy consumption by activation of n3
end

to weight2
   if w2 > 0
      [setw2 w2 - 0.01]
;natural decrease of weight2
   if heading = 270 and n1r > 0 and w2 < 1.5
      [setw2 w2 + n1r * 0.5]
;reward for the direction 90degree after getting the food by n1r
end

to weight4
   if w4 > 0
      [setw4 w4 - 0.01]
;natural decrease of weight4
   if heading = 270 and w4 > 0
      [setw4 w4 - n6r * 0.5]
;w4 is changed by the success or the failure of getting foods
   if heading = 270 and w4 < 1.5
      [setw4 w4 + n6p * 0.5]
end

to node4
   ifelse (n6 * w6) < (n1 + n7)
      [setn4 n1 + n7]
      [setn4 0]
;n4 is activated by activation of n1,n7
;n6 * w6 is the threshold value of n4
   if n4 > 0
      [setenergy energy - n4]
;energy consumption of n4
end

to node6
   setn6 n5 * 1
```

```
;n6 is activated by n5 times weight 1
   setn6r n5r * 1
;n6r is activated by n5r times weight 1
   setn6p n5p * 1
;n6p is activated by n5p times weight 1
   setenergy energy - (n6 + n6r + n6p)
;energy consumption by the nodes at node6
end

to weight6
   if w6 > 0
      [setw6 w6 - 0.01]
;natural decrease of weight6
   if w6 > 0
      [setw6 w6 - n6r * 0.5]
   if w6 < 1.5
      [setw6 w6 + n6p * 0.5]
;w6 is changed by the success or the failure of getting foods
end

to node7
   ifelse (n6 * w5) < (max n2 n3)
      [setn7 (max n2 n3)]
      [setn7 0]
;n7 is activated by activation of n2,n3
;n6*w5 is the threshold value of n7
   if n7 > 0
      [setenergy energy - n7]
;energy consumption of n7
end

to weight5
   if w5 > 0
      [setw5 w5 - 0.01]
;natural decrease of weight5
   if w5 > 0
```

```
      [setw5 w5 - n6r * 0.5]
   if w5 < 1.5
      [setw5 w5 + n6p * 0.5]
;w5 is changed by the success or the failure of getting foods
end

to foot
   setnf n4 * 1
   if nf > 0 and n1 > 0
      [fd 1
        setenergy energy - nf]
;taking step and energy consumption of nf
end

to body
   if (max n2 n3) = n2
      [if (direction > 270 or direction < 90) [seth heading + (n2 * 20)]
        if (direction > 90 and direction < 270) [seth heading - (n2 * 20)]
        setenergy energy - n2]
;heading ajustment when n2 wins
   if (max n2 n3) = n3 and (n2 > 0 or n3 > 0)
      [if (direction > 270 or direction < 90) [seth heading - (n3 * 20)]
        if (direction > 90 and direction < 270) [seth heading + (n3 * 20)]
        setenergy energy - n3]
;heading ajustment when n3 wins
end

to restrictionx11
   if species = food-grower
      [stop]
;environment function only to dog
   if (abs xcor) > 10.5 and (pc = black or stomachlevel > 0)
      [setxy 0 0
        seth random 360]
;to finish one cycle
end
```

```
to restrictiony0
   if species = food-grower
      [stop]
;environment function only to dog
   if (abs ycor) > 1 or (abs xcor) > 1
      [sety 0
        ifelse heading < 180 [seth 90]
                                    [seth 270]]
;there is no way without y = 0
end
```

Observer procedures

```
;*****************************************************************************
***
;
;                          emvironment setting cords
;
;*****************************************************************************
***

to setup
   ct
   crt number + food-grow-rate
;foods are glown by a kind of turtle 'food-grower'
   ask-patches
      [if pc = green [setpc black]
        if (ycor = 0 and (abs xcor) = 11)
           and (random 100) < initialcondition [setpc green]]
;initialcondition desides the posibility of existance of foods at the beggining
   ask-turtles [setupturtles]
end

to go
   ask-turtles [livethedog grow environmentfunctions]
```

```
end

to go-eternaly
   loop [go]
end

to stop-it
   stopall
end
```

感情機構エージェントの詳細

a) Environment

Following the embodied approach, the environment and the body of the model is defined.

As an environment of the model, a virtual environment is adopted rather than a real environment, because it is possible to develop a model easier in the virtual world than in the real world. As a virtual environment, we employed an environment of the artificial life simulation software, 'StarLogo' (StarLogo, 2002). The reason why this application was chosen is that this application has an artificial life framework as its original setting and that it is known to be one of the best packages to write a program of an agent which moves in a virtual environment.

The environment is the two dimensional black screen and the width and the height of the screen is 25 by the original coordinate unit. In this environment, we create an artificial life, which behaves depressively (Fig. 1). We call the artificial life as 'an agent' from now on.

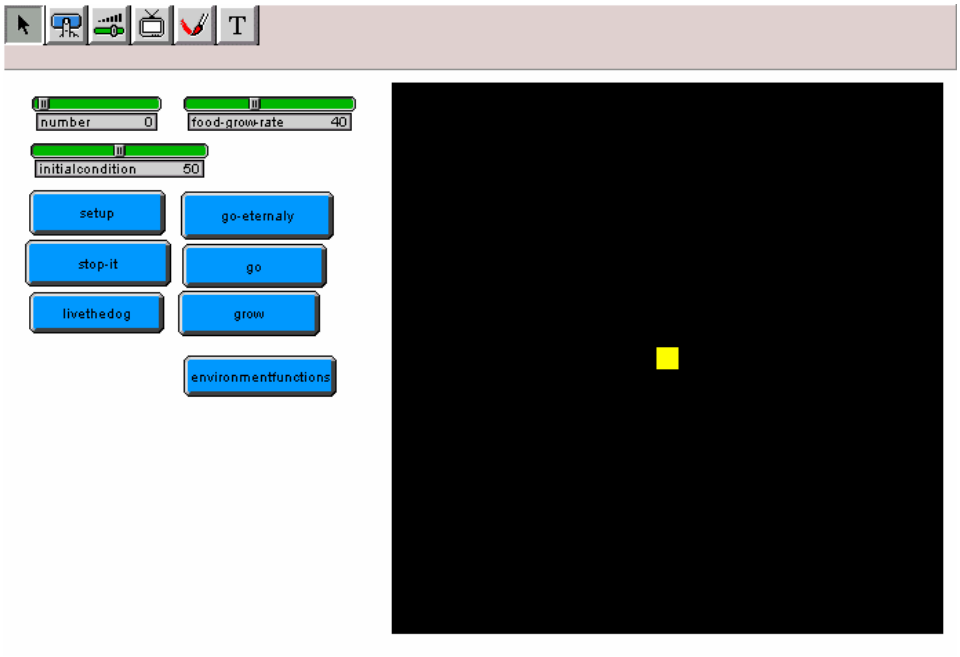


Fig. 1 The environment and an agent
(The small square in the center of the screen is an agent)

To create an agent, we create a ‘setup’ command as an ‘observer procedure’ of StarLogo.

```
to setup
   ct
   crt number
end
```

‘ct’ is a shorten form of ‘clear turtles’ and means to clear all turtles on the screen. ‘crt number’ is the command for creating turtles as many as the number. Because we simulate one agent at first, the number will be one.

There are three necessary conditions of life: (a) an ability of self-reproduction, (b) goal-oriented behavior, and (c) spontaneous behavior (Fujita, 2001). The agent was developed to comply these three conditions. The agent should be also developed as simple as possible, following the bottom-up approach. Here, the first necessary condition, an ability of self-reproduction, is neglected, because the mechanism of self reproduction needs at least two different sex agents to simulate the mammals. The simplest goal of an agent would be to get energy periodically, in other words, to get a food periodically in this environment, because a life needs to consume energy to live. As the third necessary condition, the spontaneous behavior of a simplest agent, the agent is developed to have the behavior to get a food. Now in the environment two types of substances, an agent and a food are

created (Fig 2).

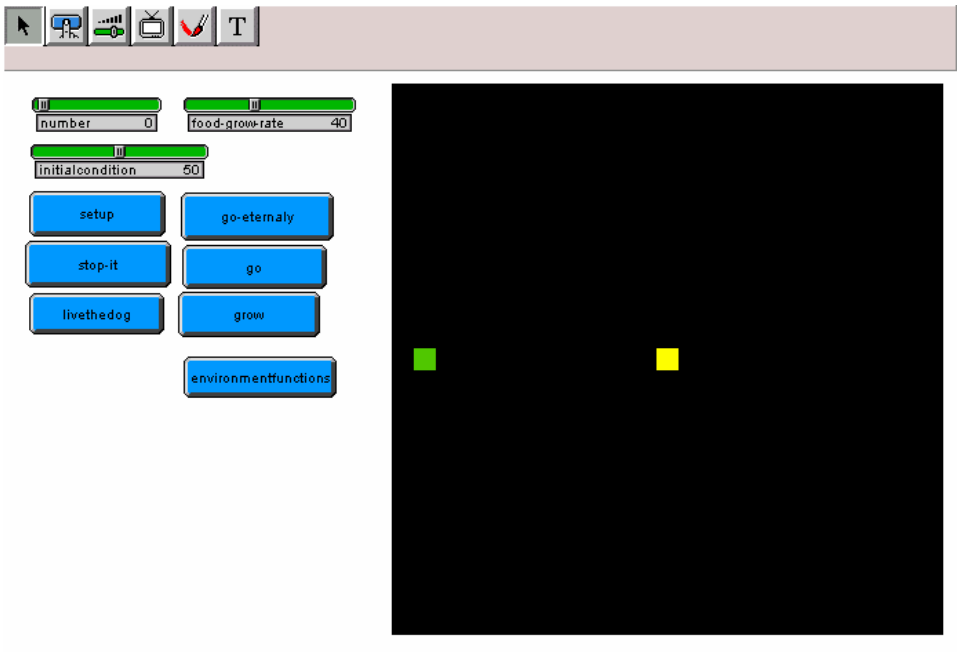


Fig. 2 The environment, an agent and a food

As we set just technically that foods are created by food-grower in the environment, we also create 'food-grower' as another kind of turtles. Thus the setup command is modified to

```
to setup
   ct
   crt number + food-grow-rate
end
```

The variable 'food-grow-rate' means how many food-growers grow foods.

An agent consists of a brain, a mouth, a stomach, and a foot (Fig. 3).

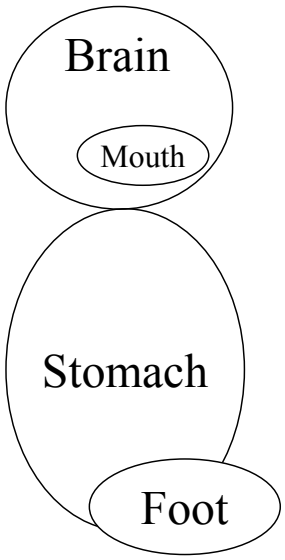


Fig. .3 The structure of an agent

It is necessary for a mouth to get and to eat a food, for a stomach to digest a food, for a foot to seek a food, and for a brain to control internal processes of eating, digesting, seeking a food. Fig. 3 metaphorically shows the parts of an agent in human-like organization. An agent also needs variables such as ‘energy’ and ‘stomachlevel’. The variable ‘energy’ decreases when an agent moves, processes internally, and even just is alive. The variable ‘stomachlevel’ indicates how much food remains in the stomach and when the level falls below a certain level, an agent starts a spontaneous behavior to get a food. We define these variables and two categories of turtles ‘dep-agent’ and ‘food-grower’ in turtle procedure. The ‘dep-agent’ means the agent which shows depressive behavior.

```
turtles-own [species [dep-agent food-grower] energy stomachlevel]
```

In this setting, a depression is defined as a procedure described in the latter part of this chapter. When an agent is hungry, an agent starts to seek a food. However, if in every time when an agent is hungry, there is no food in the environment and an agent fails to get a food, an agent will stop to seek a food finally. To realize this result this model is going to be developed.

Firstly the coordinates of an agent and foods are fixed. An agent is plotted at the origin of the screen and food sources are plotted at (± 11, 0) (Fig. 4).

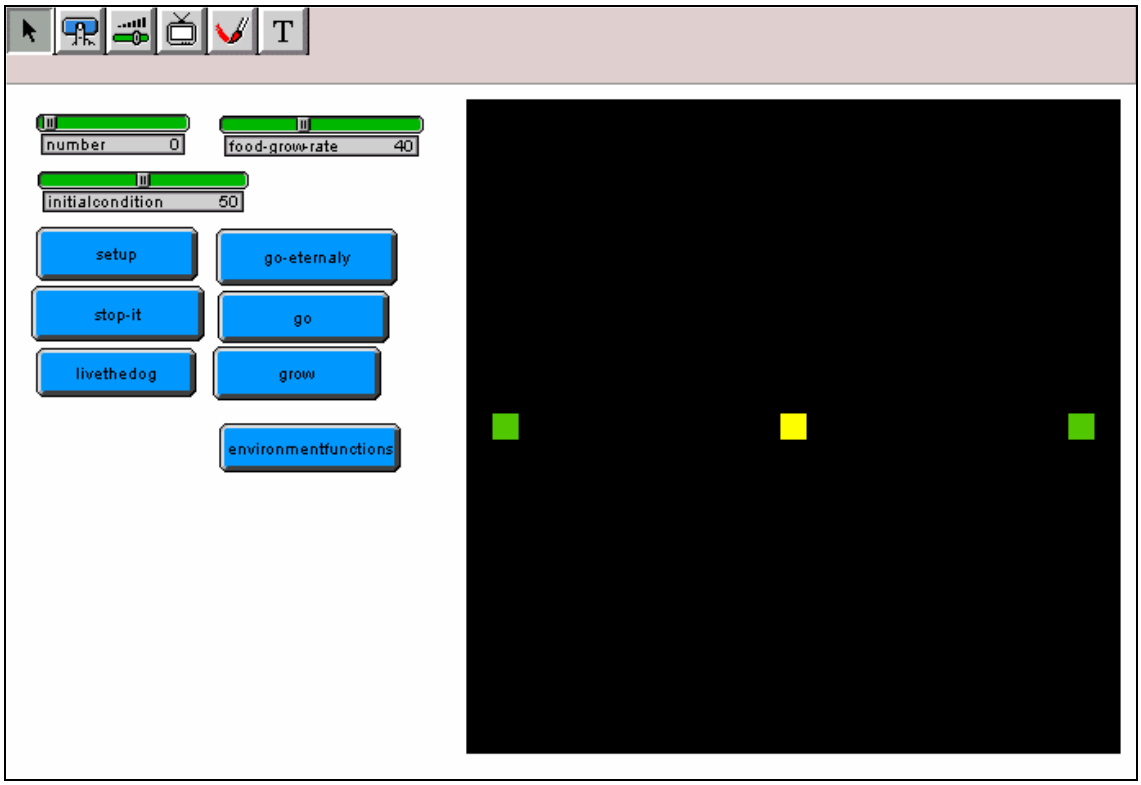


Fig. 4 The configuration of an agent and food sources

Meanwhile, theoretically the simplest environment is that there are only two coordinates which are for an agent and a food (Fig. 5). In this environment when an agent is hungry, an agent moves to a food source next to the agent and get a food. This is a simple one step procedure.

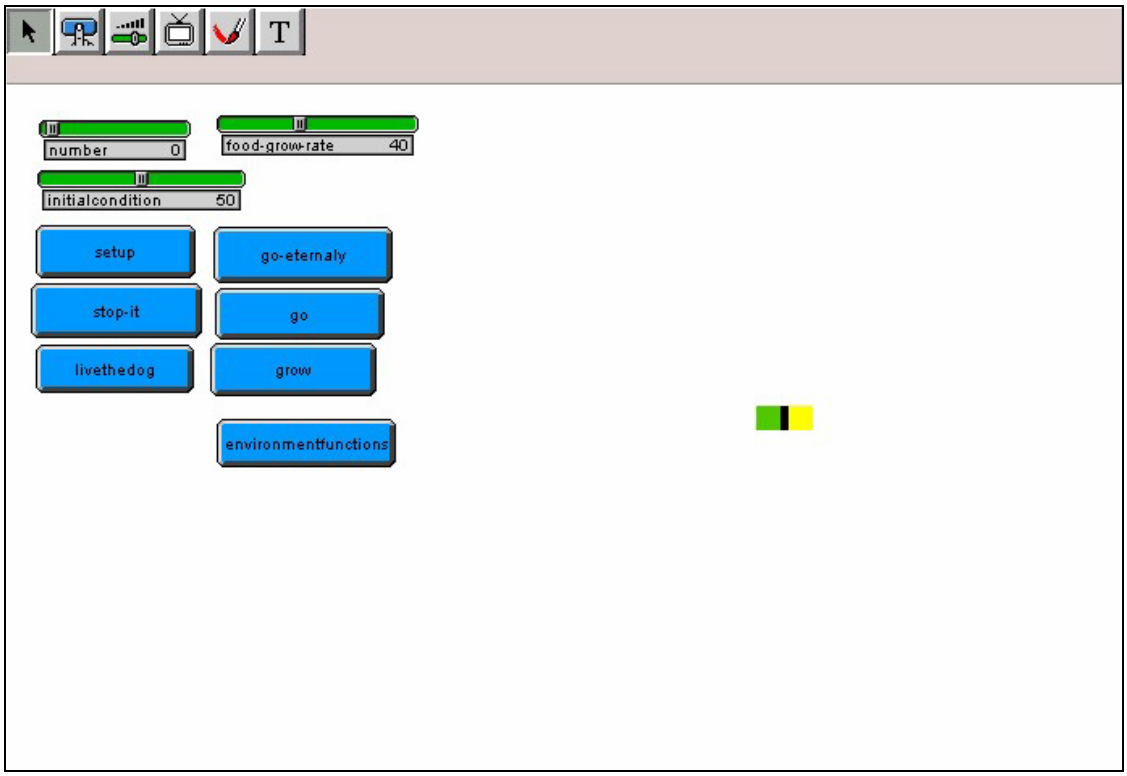


Fig. 5 The simplest environment

However, we expand the world to one dimensional passage. To simulate more realistic energy consumption process by walking and trading off of walking and stopping, one dimensional way is created in the two dimensional 25*25 screen. To realize the result of depression, not only one food source but two sources at (11, 0) and (-11, 0) are set. Some procedures are added in the program for this setting.

```
to setup
   ct
   crt number + food-grow-rate
   ask-patches
      [if pc = green [setpc black]
       if (ycor = 0 and (abs xcor) = 11)
          and (random 100) < initialcondition [setpc green]]
   ask-turtles [setupturtles]
end
```

This ‘observer procedure’ calls ‘setupturtles’ in the ‘turtle procedure’ at the last line.

```
to setupturtles
   case species
   [who > number [setxy random screen-width random screen-height ht
                  setspecies food-grower]
    who <= number [setxy 0 0 setc yellow setspecies dep-agent setenergy 100
                  seth (random 360) setstomachlevel 100]]
end
```

Food-growers are plotted randomly in the screen and colored in black. Dep-agent gets 100 energy points and 100 stomachlevels in the initial condition. And an agent is randomly set the heading which the agent is toward at (0, 0). Of course the color of an agent is yellow.
Food-growers randomly move in the screen and only when they are at (±11, 0), they grow the food at this coordinate. We set this procedure 'grow' for food-grower as a turtle procedure.

```
to grow
   if species = dep-agent [stop]
   rt random 10 lt random 10 fd 1
   if (abs ycor) < 0.5 and (abs xcor) > 10.5 and (abs xcor) < 11.5
      [stamp green]
end
```

For an agent we set the procedure, 'livethedog'.

```
to livethedog
   if species = food-grower [stop]
   if energy > 0
      [mouse
       stomach
       foot
       brain]
end
```

'livethedog' orders to run each module, brain, mouse, stomach, and foot in every time step respectively, if the energy of an agent is over zero. When the energy of an agent falls on zero, an agent stops. It means that the agent is dead. The details of the procedures, brain, mouse, stomach, and foot are developed in the following sections.

After the run of ‘setup’ procedure, by running the procedures ‘grow’ and ‘livethedog’ the model is simulated. We introduce observer procedures, ‘go’, ‘go-eternally’ and ‘stop-it’ to start, continue and stop the simulation.

```
to go
  ask-turtles [livethedog grow]
end

to go-eternaly
  loop [go]
end

to stop-it
  stopall
end
```

Now all environments and basic embodiment of an agent are set up.

In the next section, the agent brain is developed from the first layer to the third layer.

b) 1st layer

The function of the first layer brain is just to return a reactive response to the stimulus from an environment. In our environment this function corresponds to a reactive response to get a food. The stimulus must be a signal of the level of a stomach. To detect a signal from a stomach, we introduce a node, module1. To generate a response, we introduce another node, module2. Other parts, mouse, stomach, and foot of an agent are also considered as nodes of a neural network. Each node has a name like ‘ns’ for a node of stomach, and discrete-valued nodes (0 or 1), n1, n2, nm, ns, and nf are introduced. The connection weights between nodes are all one. The whole architecture of an agent is developed as fig. 6.

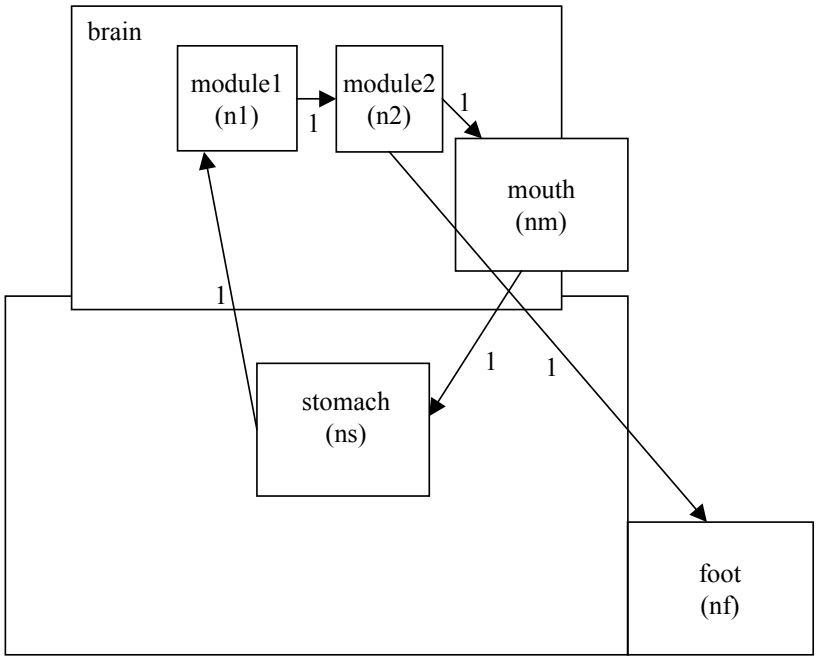


Fig. 6 The whole architecture of an agent

Now we introduce the detail of each module or node by showing the procedures of each node.

```
to stomach
  if stomachlevel > 0
    [setstomachlevel stomachlevel - 10
     setenergy energy + 10
     setenergy energy - 1]
;digesting process
  ifelse stomachlevel < 50
    [setns 1
     setenergy energy - 1]
    [setns 0]
;food seeking process starts by hungriness
end
```

Stomach has two functions. The first function is to digest foods that mouse ate. In each step, stomach digests 10 units of foods and changes those to energy. The second function is to activate the node of stomach, when stomachlevel fall under 50. It means in psychological words that an agent is hungry. To work each function, energy is consumed.

```
to module1
   setn1 ns * 1
;n1 is activated by the activation of ns
   if n1 > 0
      [setenergy energy - 1]
;energy consumption by the activation of n1
end
```

Module1 is the corresponding node for the stimulus from an environment in a brain and is activated when ns is activated. In this context the change of stomach level is the change of an internal environment and would be a stimulus.

```
to module2
   setn2 n1 * w0
;n2 is activated by activation of n1
   if n2 > 0
      [setenergy energy - 1]
;energy consumption of n2
end
```

Module2 is the corresponding node for the response to environment. Module2 is activated by the product of the activation of n1 and the weight between module1 and module2. Module2 has forward connections to foot and mouse.

```
to foot
   setnf n2 * 1
   if nf > 0
      [fd 1
       setenergy energy - 2]
;taking step and energy consumption of nf
end
```

Foot proceeds the step to seek a food. nf is activated by the activation of n2. When nf is activated, foot takes a step toward right or left direction of the passage. The direction of taking a step is decided by an environmental procedure ‘restriction00’.

```
to restriction00
   if species = food-grower
      [stop]
;the environmental function only to an agent
   if heading != 90 and heading != 270
      [seth ((2 * (random 2) + 1) * 90)
       setenergy energy - 1]
;there are only 2 ways which a dog can face to
end
```

This procedure imposes the heading of an agent to right or to left compulsory before taking a step. There is also another environmental procedure for an agent at the coordinate (± 12, 0).

```
to restrictionx12
   if species = food-grower
      [stop]
;the environmental procedure only to an agent
   if (abs xcor) > 11 and pc = black
      [setxy 0 0
       seth random 360]
;to clear one cycle
end
```

This procedure takes an agent from (±12, 0) to the origin (0, 0). When an agent reaches at the end of passage, an agent is compulsory returned to the origin. The returning walking process is neglected in this simulation, because it is not necessary to simulate a depression behavior of an agent.

```
to mouse
   setnm ns * 1
   if nm > 0 and pc = green
      [stamp black
       setstomachlevel stomachlevel + 100
       setenergy energy - 1]
;action to environment is setpc black
```

```
;action to stomach is setstomachlevel
end
```

Mouse is a module for eating a food. When there is a food on the passage and when nm is activated, the mouth gets a food and moves it to stomach.
These procedures described above are the all procedures for the first layer brain agent. By running all procedures simultaneously in the simulation, an agent lives in the environment.

Simulation trial

An agent stops when it is not hungry. An agent also stops when the energy of the agent falls on zero. However in other situation an agent never stops. When an agent is hungry, it moves right and left until it gets a food eternally. The agent is a simple reactive agent and never learns anything and never would be a learned helplessness.

c) 2nd layer

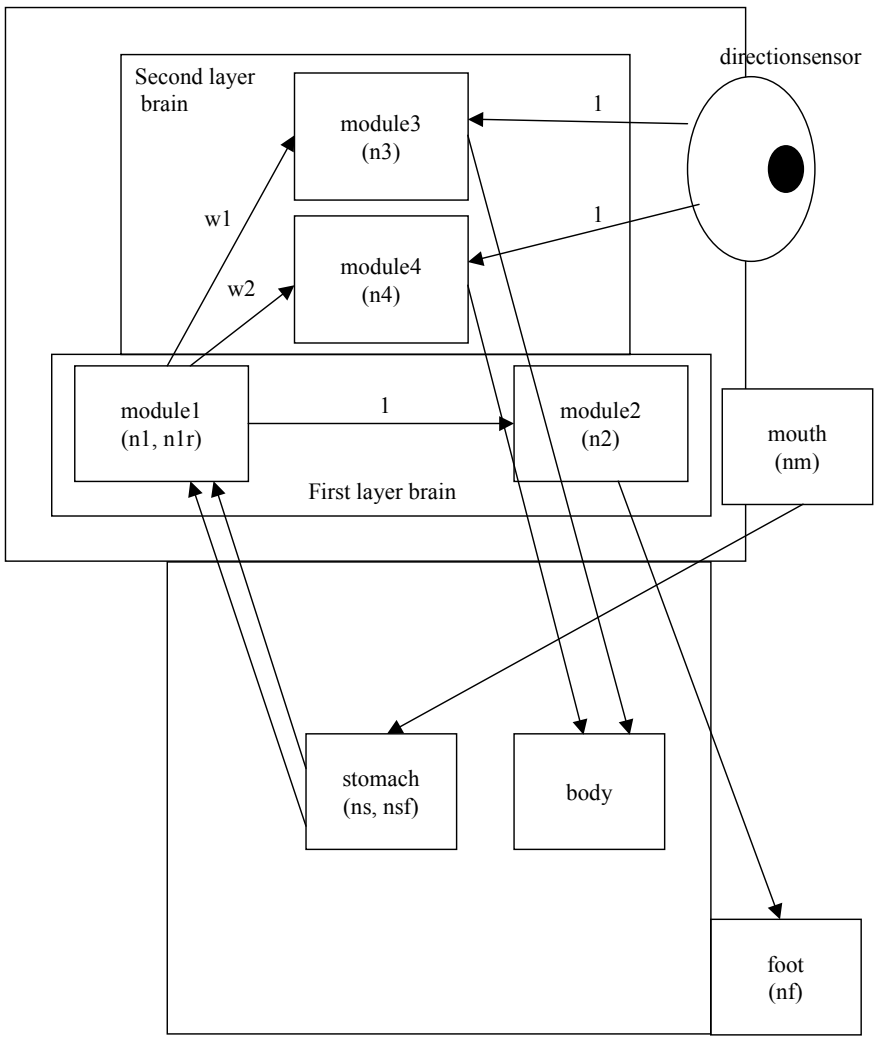


Fig. 7 the architecture of an agent with a first and a second layer brain

The second layer brain has a function of a simple memory and a function of evaluating the value of the memory. In the real brain the second layer consists of amygdara, hypocampus, and many more parts. However, in our model, following the bottom-up approach, we only introduce two nodes, module3 and module4 as parts of a second layer brain. The whole architecture of an agent would be on fig. 7. As new parts of an agent directionsensor, body, module3 and module4 are introduced. New variables, nsf and n1r are added on the modules, stomach and module1 respectively. This means that the other parts of each module stomach and n1 are configurated to nsf and n1r. Module3 and module4 learn how often an agent succeeds to get a food in right or left way. Influenced by the evaluation of values of module3 and module4 body turns to the direction to go. Module3 and module4 are connected to directionsensor, which detects the direction an agent faces. Learning rule is Hebbian rule. Learning is represented by the strength of connection between module1 and

module3, module4. Learning mechanism is very simple. When an agent succeeds to get a food, stomach will be full. The signal of fullness of stomach activates module1 and the activation of module1 re-activates the node which is corresponded to the direction an agent faces at the moment. At the moment the node has already activated, because an agent turned to the direction before moving. It does not cease unless the hungriness stops. The re-activation reinforces the strength of the connection of W1 or W2. In this system the value corresponds to the strength of a connection.

As the last sub-section, each module is introduced following the procedure of the module in the program.

```
to stomach
  if stomachlevel > 0
    [setstomachlevel stomachlevel - 10
     setenergy energy + 13
     setenergy energy - 1]
;disgusting process
  ifelse stomachlevel < 50
    [setns 1
     setenergy energy - ns]
    [setns 0]
;food seeking process starts by hungriness
  ifelse stomachlevel > 80
    [setnsf 1
     setenergy energy - nsf]
    [setnsf 0]
end
```

The activation process of nsf is added on the procedure of a first layer brain. When stomach is full, in other words, stomachlevel > 80, nsf is activated.

```
to module1
  setn1 ns * 1
;n1 is activated by activation of ns
  if n1 > 0
    [setenergy energy - n1]
;energy consumption by activation of n1
  setn1r nsf * 1
```

```
;n1r is activated by nsf
   if n1r > 0
      [setenergy energy - n1r]
;energy consumption by activation of n1r
end
```

The activation process of n1r is added on the procedures of last sub-section. N1r means the module1 for reward. N1r is activated by the activation of n1f.

```
to module3
   setn3 n1 * w1
;n3 is activated by stimulus of success weight w1
   if n3 > 0
      [setenergy energy – n3]
;energy consumption by activation of n3
end

to module4
   setn4 n1 * w2
;n4 is activated by stimulus of success weight w2
   if n4 > 0
      [setenergy energy – n4]
;energy consumption by activation of n4
end
```

Module3 and module4 are simply activated by the product of n1 and w1 or w2.

```
to weight1
   if w1 > 0
      [setw1 w1 - 0.01]
;natural decrease of weight1
   if direction = 90 and n1r > 0 and w1 < 1.5
      [setw1 w1 + n1r * 0.5]
;reward for the direction 90 degrees after getting the food by n1r
end
```

```
to weight2
  if w2 > 0
    [setw2 w2 - 0.01]
;natural decrease of weight2
  if direction = 270 and n1r > 0 and w2 < 1.5
    [setw2 w2 + n1r * 0.5]
;reward for the direction 90degree after getting the food by n1r
end
```

Weight1 and weight2 decrease naturally by 0.01 in each step. When n1r is one, a corresponding weight to the direction an agent faces (weight1 is for right, and weight2 is for left) is reinforced by 0.5 till 1.5.

```
to body
  if (max n3 n4) = n3 and (n3 > 0 or n4 > 0)
    [if (directionsensor > 270 or directionsensor < 90) [seth heading + (n3 * 20)]
      if (directionsensor > 90 and directionsensor < 270) [seth heading - (n3 * 20)]
      setenergy energy - 1]
;heading ajustment when n3 wins
  if (max n3 n4) = n4 and (n3 > 0 or n4 > 0)
    [if (directionsensor > 270 or directionsensor < 90) [seth heading - (n4 * 20)]
      if (directionsensor > 90 and directionsensor < 270) [seth heading + (n4 * 20)]
      setenergy energy - 1]
;heading ajustment when n4 wins
end
```

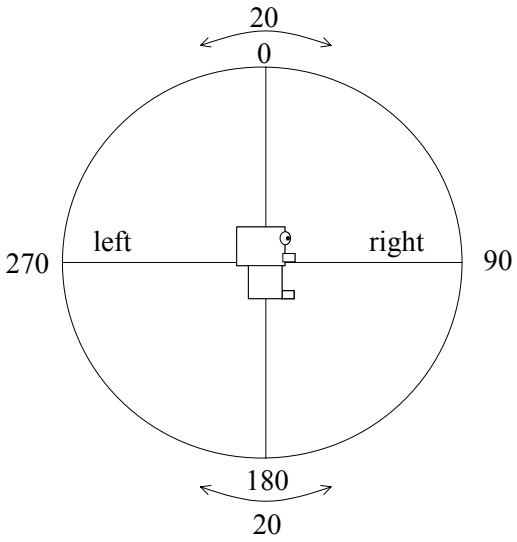


Fig. 8 Turn of the body by 20 degrees

Body turns the heading of an agent by 20 degrees to the direction which activated more than the other direction. (Fig 5.4.4.2) For example, imagine the situation, when an agent faces 350 degrees and get hungry. If n3 = 1.5 and n4 = 0.8, n3 wins and the agent turns to 10 degrees from 350 degrees by 20 degrees and moves to right direction in spite of the first direction to the left. This is the mechanism of turning the body. The activations of nodes, n3 and n4 don't exactly decide the direction an agent moves and just influences by 20 degrees to the corresponding direction, because to change a direction digitally to right or left is unrealistic. In a real world an agent is influenced much by the initial direction an agent faces and it takes much effort to turn around many degrees in a moment of hungriness. The initial direction of an agent is decided when an agent is put at the origin.

There is another property of this node selection mechanism. The selection at a node foot follows the winner-takes-all rule. Though in a normal neural network, all inputs from connections are accumulated, in this connection, only one input is exclusively selected. This mechanism is developed referring partly the idea of Cohornen learning rule.

```
to directionsensor
  setdirection heading
end
```

Directionsensor percepts the direction an agent faces. The variable for the direction is originally set as 'heading' in StarLogo and an agent percepts it and changes it to the new variable 'direction' at directionsensor.

These are the procedures modified and appeared newly for the second layer brain agent. Other

procedures such as mouse, foot, and module2 are the same as the first layer brain agent.

Simulation trial

Second layer agent also does not stops except for the situation that an agent is not hungry and dies. It must effectively processes to get a food, because it has learning system to move to better direction. However, because the analysis of effectiveness of second layer brain compared to first layer brain is not a purpose of this study, we don't analyze it here.

d) 3rd layer

It is considered that the third layer brain, 'cerebral cortex' has a function of thinking with complex representations. There is an interesting experiment which shows the difference between the second layer brain and the third layer brain. (Ono, 1994) From this experiment it can be derived that the second layer brain only has the function of reinforcement of a simple action and does not have a function to memorize undesirable situation to avoid. The third layer brain can memory complex situation and using this memory an agent can restrain undesirable behavior. In our environment it means to avoid going to low possibility direction of a food. To realize this function, we add a few modules or nodes on the third layer brain. The whole architecture of a brain is on the fig. 9.

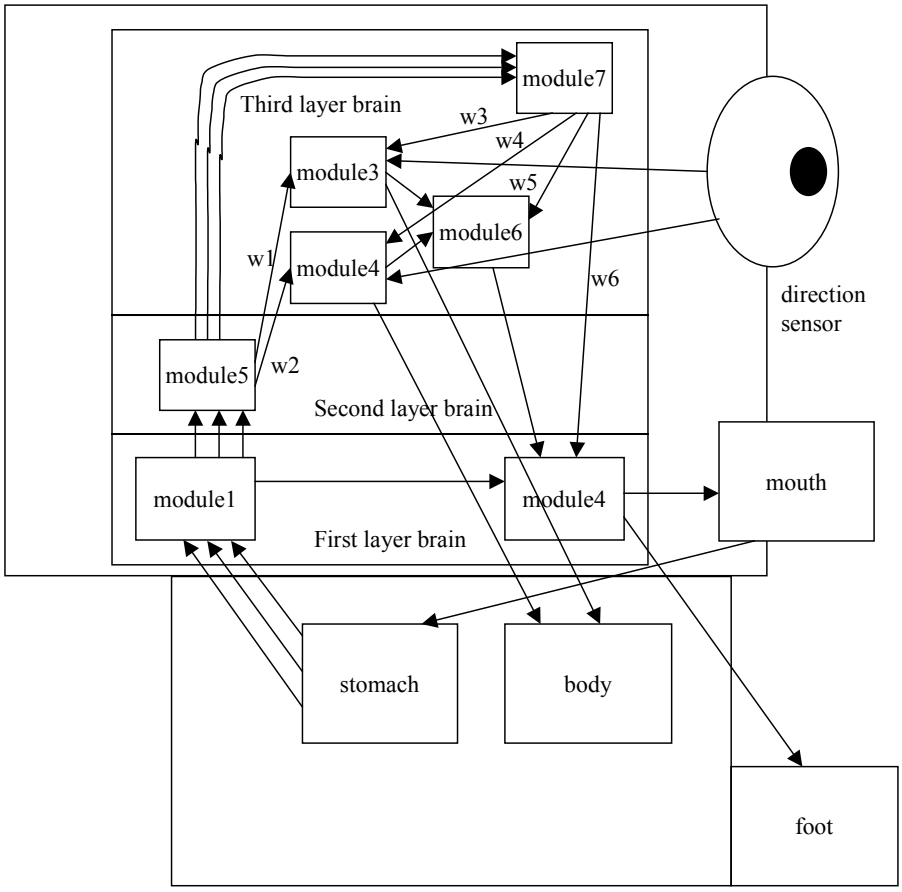


Fig. 9 The whole architecture of the third layer brain

Though the simple memories module3 and module4 were at the second layer brain in the last section, now it moved to the third layer brain. In the three-layered brain module3, module4 and module6 develop a complex memory about the motion at the time of hungriness.

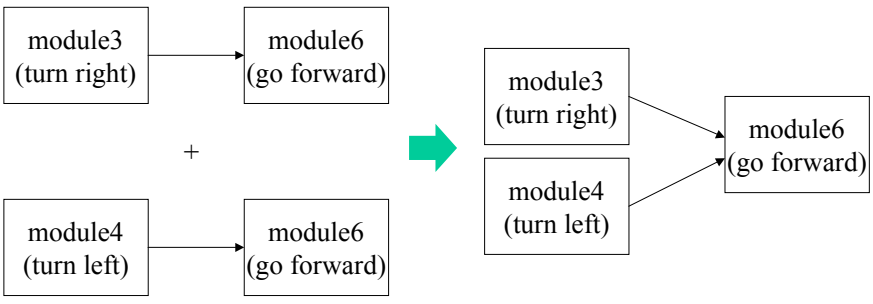


Fig. 10 The memory at the third layer brain

Module3 and module4 are respectively connected to the body for the action, turning right and

turning left. Module6 is connected to foot for the action, going forward. When module3 is connected to module6, it means going forward after turning right. When module3 is connected to module6, it means going forward after turning left. Module6 is connected both from module3 and module6. The representation for going forward is shared by two patterns of connected representations, module3-module6 and module4-module6. These kinds of complex representations can not be memorized in the second layer brain, as the experiment proved. A second layer brain can memory single representation, but cannot memory a causal relation of two representations. Thus module3 and module4 transferred to the third layer brain. Instead of these nodes, module5 is added on the second layer brain. And this node transfers the input from module1 to module3 and module4. As the weights of connections w1 and w2 are still learning variable weights, module5, w1, and w2 take the function of value evaluation.

Module7 is also newly appeared in the third layer brain. This node is ‘a bias neuron’ and the connection from this node to all output nodes in the brain take a role of threshold. Unless exceeding the threshold value, all output nodes, n2, n3, n4 and n6 are not activated. The threshold weights from this node, w3-w6 are changed when an agent gets a food and fails to get a food. to change the weights of w3-w6 new nodes, nse, n1p, n5r, n5p, n7r, n7p are introduced. ‘e’ of nse means empty. ‘p’ after n1, n5 and n7 means punishment. From this layer brain it is hypothesized that an agent can recognize a bit complex concept of failure. Expanding this hypothesis, it is hypothesized that an agent has a mechanism originally to increase threshold weights directly after the failure by the evolution of a brain. The threshold weights are also decreased by the same learning rule applied to w1 and w2 after getting a food.

The procedures of modules changed from the last section are introduced below.

```
to stomach
  if stomachlevel > 0
    [setstomachlevel stomachlevel - 5
     setenergy energy + 20
     setenergy energy - 1]
; digesting process
  ifelse stomachlevel < 50
    [setns 1]
    [setns 0]
;food seeking process starts by hungriness
  ifelse stomachlevel > 80
    [setnsf 1]
    [setnsf 0]
```

```
;the signal of the fullness of stomach
   ifelse stomachlevel = 0 and (xcor = 0 or (abs xcor) > 9.5)
      [setnse 1]
      [setnse 0]
;the signal of the empty of the stomach
    setenergy energy - (ns + nsf + nse)
;energy consumption of the use of nodes 'ns, nsf and nse'
end
```

The procedure about a new node nse is added. When stomachlevel falls down to zero, a node of stomach, nse is activated.

```
to module1
   setn1 ns * 1
;n1 is activated by ns times weight 1
   setn1r nsf * 1
;n1r is activated by nsf times weight 1
   setn1p nse * 1
;n1p is activated by nse times nse
   setenergy energy - (n1 + n1r + n1p)
;energy consumption by the nodes at module1
end
```

On module1 also the procedure for a new node n1p is added. When nse is activated, n1p is activated by the activation of nse.

```
to module5
   setn5 n1 * 1
;n5 is activated by n1 times weight 1
   setn5r n1r * 1
;n5r is activated by n1r times weight 1
   setn5p n1p * 1
;n5p is activated by n1p times weight 1
   setenergy energy - (n5 + n5r + n5p)
;energy consumption by the nodes at module5
end
```

On module5 each node, n5, n5r, and n5p are respectively activated by the corresponding node at module1, n1, n1r, and n1p.

```
to module7
   setn7 n5 * 1
;n7 is activated by n5 times weight 1
   setn7r n5r * 1
;n7r is activated by n5r times weight 1
   setn7p n5p * 1
;n7p is activated by n5p times weight 1
   setenergy energy - (n7 + n7r + n7p)
;energy consumption by the nodes at module7
end
```

On module7 each node, n7, n7r, and n7p are respectively activated by the corresponding node at module5, n5, n5r, and n5p.

```
to module3
   ifelse (n7 * w3) < (n5 * w1)
      [setn3 n5 * w1]
      [setn3 0]
;n3 is activated by stimulus of success weight w1
;n7 * w3 is a threshold value of the activation of n3
   if n3 > 0
      [setenergy energy – n3]
;energy consumption by activation of n3
end

to module4
   ifelse (n7 * w4) < (n5 * w2)
      [setn4 n5 * w2]
      [setn4 0]
;n4 is activated by stimulus of success weight w2
;n7*w4 is a thereshold the value of n4
   if n4 > 0
```

```
      [setenergy energy – n4]
;energy consumption by activation of n4
end
```

Both n3 and n4 are activated by the activation of n5 instead of n1 in the two-layered brain at the last sub-section. The threshold calculations are made in both nodes. For example, in module3 n7 times w3 is the threshold value of n3, and the threshold value is compared to the input n5*w1. Only when the input value exceeds the threshold value, n3 is activated. In module4 a same mechanism is implemented.

```
to module6
   ifelse (n7 * w5) < (max n3 n4)
      [setn6 (max n3 n4)]
      [setn6 0]
;n6 is activated by activation of n3,n4
;n7*w5 is the threshold value of n6
   if n6 > 0
      [setenergy energy – n6]
;energy consumption of n6
end
```

'n6' is activated by the stronger activation between n3 and n4. The threshold mechanism by module7 also influences to this node.

```
to module2
   ifelse (n7 * w6) < (n1 + n6)
      [setn2 n1 + n6]
      [setn2 0]
;n2 is activated by activation of n1,n6
;n7 * w6 is the threshold value of n2
   if n2 > 0
      [setenergy energy – n2]
;energy consumption of n2
end
```

'n2' is activated by the summation of n1 and n6. n1-n2 is reactive connection of the first-layer

brain. On this connection the activation of n6 is added, if n6 is activated, getting the permission of activation from module7. On module2, module7 also imposes a threshold value.

```
to weight3
   if w3 > 0
      [setw3 w3 - 0.01]
;natural decrease of weight3
   if heading = 90 and w3 > 0
      [setw3 w3 – n7r * 0.5]
;w3 is changed by the success or the failure of getting foods
   if heading = 90 and w3 < 1.5
      [setw3 w3 + n7p * 0.5]
end

to weight4
   if w4 > 0
      [setw4 w4 - 0.01]
;natural decrease of weight4
   if heading = 270 and w4 > 0
      [setw4 w4 – n7r * 0.5]
;w4 is changed by the success or the failure of getting foods
   if heading = 270 and w4 < 1.5
      [setw4 w4 + n7p * 0.5]
end
```

‘w3’ and ‘w4’ are reinforced by the product of n7p and 0.5 when the corresponding receiving nodes n3 and n4 are activated after the failure of getting a food. In other words, when an agent fails to get a food, it faces to right or left, the corresponding weight connected to direction representing nodes is increased. By the same mechanism after the success of getting a food w3 and w4 are decreased by the activation of n7r.

```
to weight5
   if w5 > 0
      [setw5 w5 - 0.01]
;natural decrease of weight5
   if w5 > 0
```

```
    [setw5 w5 – n7r * 0.5]
  if w5 < 1.5
    [setw5 w5 + n7p * 0.5]
;w5 is changed by the success or the failure of getting foods
end

to weight6
  if w6 > 0
    [setw6 w6 - 0.01]
;natural decrease of weight6
  if w6 > 0
    [setw6 w6 – n7r * 0.5]
  if w6 < 1.5
    [setw6 w6 + n7p * 0.5]
;w6 changes according to the success or the failure of getting foods
end
```

The variables w5 and w6 increase and then decrease by n7p and n7r after the failure and the success of getting a food. The direction an agent faces at a moment of a success and a failure is not related to these two weights, because these two weights are projected to the nodes n2 and n6 for the action ‘going forward’. For these nodes, only the decision whether going forward is right or not is important. Thus the threshold values for these nodes changes in accordance just with a success and a failure of getting a food.

The descriptions above are the developing process of the model of emotion using an artificial brain methodology. The three-layered brain model successfully constructs an adequate model of depression. In the next chapter, the simulated behavior of the model and the interpretations of the results will be discussed in detail.

認知感情機構エージェントソースコード

認知感情機構エージェントを構築した SOARS 上のソースコードを記載する．SOASRS 上では GUI ベースのエディタ，あるいはスプレッドシートベースのスクリプトエディタでも表示可能であるが，ここでは，テキストエディタ形式で出力したスクリプトを記載する．

ignore

```
Title : interview
Date  : 060823
Author: Kohei NODA
E-mail: knoda@valdes.titech.ac.jp

role
InterviewerRole
Applicant_role
I:cognition
A:reward
A:bodyRole
I:emotion
I:action
I:perception
A:cognition
A:emotion
A:motion_adjustment
A:long_term_memory
A:arousal
A:restrain
A:motivation
I:learning
A:perception
A:action
A:learning
A:emotion_expression

itemData
spotNumber  spotName    spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand
    spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand
    spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand
    spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand spotCommand
    spotCommand spotCommand spotCommand spotCreate
    spot    <>keyword A_spot=home   <>keyword I_spot=home
    I:long_term_memory  <>setEquip    appointment=util.IntValue    ;    <>logEquip
appointment ; <>askEquip appointment=0  <>setEquip
```

friendly_speaking=util.IntValue ; <>logEquip friendly_speaking ; <>askEquip friendly_speaking=-1 <>setEquip honestly_speaking=util.IntValue ; <>logEquip honestly_speaking ; <>askEquip honestly_speaking=-1 <>setEquip nervous_face=util.IntValue ; <>logEquip nervous_face ; <>askEquip nervous_face=-1
<>setEquip politely_speaking=util.IntValue ; <>logEquip politely_speaking ; <>askEquip politely_speaking=1
outside
I:cognition <>startRule I:cognition <>keyword catch=null <>keyword cognition=null <>keyword how=null <>keyword what=null
1 A:reward <>setEquip reward=util.IntValue ; <>logEquip reward ; <>askEquip reward=0
A:body <>startRule A:bodyRole <>keyword state=sleeping
I:emotion <>startRule I:emotion <>keyword decision=null
reception_room
office <>setEquip application=util.IntValue ; <>logEquip application ; <>askEquip application=0
I:action <>startRule I:action <>keyword facial_expression=neutral
<>keyword utterance=null
home
A:cognition <>startRule A:cognition <>keyword catch=null <>keyword cognition=null <>keyword cognition_goal=null <>keyword cognition_plan=null
<>keyword feeling=null <>keyword how=null <>keyword what=null
A:long_term_memory <>startRule A:long_term_memory <>setEquip appointment=util.IntValue ; <>logEquip appointment ; <>askEquip appointment=0
<>setEquip counter=util.IntValue ; <>logEquip counter ; <>askEquip counter=0
<>setEquip emotion_A_job=util.IntValue ; <>logEquip emotion_A_job ; <>askEquip emotion_A_job=30 <>setEquip emotion_M_job=util.IntValue ; <>logEquip emotion_M_job ; <>askEquip emotion_M_job=-30 <>setEquip emotion_all=util.DoubleValue ; <>logEquip emotion_all ; <>askEquip emotion_all=0.0
<>setEquip emotion_all_goal=util.IntValue ; <>logEquip emotion_all_goal
<>setEquip emotion_friendly=util.DoubleValue ; <>logEquip emotion_friendly ; <>askEquip emotion_friendly=20.0 <>setEquip emotion_honestly=util.DoubleValue ; <>logEquip emotion_honestly ; <>askEquip emotion_honestly=0.0 <>setEquip emotion_negative_result=util.IntValue ; <>logEquip emotion_negative_result ; <>askEquip emotion_negative_result=-10
<>setEquip emotion_politely=util.DoubleValue ; <>logEquip emotion_politely ;

```
<>askEquip emotion_politely=-20.0   <>setEquip
emotion_positive_result=util.IntValue  ;  <>logEquip  emotion_positive_result  ;
<>askEquip emotion_positive_result=10   <>setEquip emotion_reply=util.IntValue ;
<>logEquip emotion_reply ; <>askEquip emotion_reply=0   <>setEquip
punishment_friendly=util.DoubleValue ; <>logEquip punishment_friendly ; <>askEquip
punishment_friendly=0.0 <>setEquip     punishment_honestly=util.DoubleValue     ;
<>logEquip punishment_honestly ; <>askEquip punishment_honestly=0.0 <>setEquip
punishment_negative_result=util.IntValue ; <>logEquip punishment_negative_result ;
<>askEquip punishment_negative_result=10    <>setEquip
punishment_politely=util.DoubleValue ; <>logEquip punishment_politely ; <>askEquip
punishment_politely=20.0    <>setEquip punishment_positive_result=util.IntValue ;
<>logEquip  punishment_positive_result  ;  <>askEquip  punishment_positive_result=0
    <>setEquip  punishment_reply=util.IntValue  ;  <>logEquip  punishment_reply  ;
<>askEquip punishment_reply=0   <>setEquip   reward_friendly=util.DoubleValue   ;
<>logEquip reward_friendly ; <>askEquip reward_friendly=20.0    <>setEquip
reward_honestly=util.DoubleValue  ;  <>logEquip  reward_honestly  ;  <>askEquip
reward_honestly=0.0 <>setEquip reward_negative_result=util.IntValue ; <>logEquip
reward_negative_result ; <>askEquip reward_negative_result=0    <>setEquip
reward_politely=util.DoubleValue  ;  <>logEquip  reward_politely  ;  <>askEquip
reward_politely=0.0 <>setEquip reward_positive_result=util.IntValue ; <>logEquip
reward_positive_result ; <>askEquip reward_positive_result=10   <>setEquip
reward_reply=util.IntValue ; <>logEquip reward_reply ; <>askEquip reward_reply=0
    A:emotion   <>startRule A:emotion   <>keyword decision=null <>setEquip
emotion=util.IntValue ; <>logEquip emotion ; <>askEquip emotion=0
    A:learning  <>startRule A:learning
    A:emotion_expression    <>startRule A:emotion_expression
    A:motion_adjustment <>startRule A:motion_adjustment <>keyword
motion_adjustment
    A:arousal   <>startRule A:arousal   <>setEquip    arousal=util.IntValue    ;
<>logEquip arousal ; <>askEquip arousal=0
    A:restrain  <>startRule A:restrain  <>setEquip    restrain=util.IntValue    ;
<>logEquip restrain ; <>askEquip restrain=0
    I:perception    <>startRule I:perception
    I:learning  <>startRule I:learning
    A:motivation    <>startRule A:motivation
    A:perception    <>startRule A:perception
```

```
    A:action    <>startRule A:action    <>keyword action=null   <>keyword
facial_expression=neutral   <>keyword utterance=null

itemData
agentNumber agentName   agentCommand    agentCommand    agentCreate
    Interviewer <home>moveTo    activateRole InterviewerRole
    Applicant   <home>moveTo    activateRole Applicant_role

stage
decay
decay1
decay2
arousal
restrain1
restrain2
restrain3
auditory
vision
internal
input
motivation
cognition
emotion1
emotion2
emotion3
panic
learning
motion
output

itemData
ruleRole    ruleStage   ruleCondition   ruleCondition   ruleCondition
    ruleCondition   ruleCondition   ruleCondition   ruleCommand ruleCreate
InterviewerRole output  <I:cognition>is cognition=go_to_office  <spot>is
I_spot=home                 <outside>moveTo ; <spot>set I_spot=outside
InterviewerRole output  isTime @8:50    <spot>is I_spot=outside
```

```
    <office>moveTo ; <spot>set I_spot=office
InterviewerRole output  <I:cognition>is cognition=go_to_reception_room
           <reception_room>moveTo ; <spot>set I_spot=reception_room
InterviewerRole output  <I:cognition>is cognition=return_to_office
        <office>moveTo ; <I:cognition>set cognition=null ; <spot>set I_spot=office
InterviewerRole output  <I:cognition>is cognition=go_home   <spot>is
I_spot=office                   <outside>moveTo ; <spot>set I_spot=outside
InterviewerRole output  isTime @18:00   <spot>is I_spot=outside
    <home>moveTo ; <spot>set I_spot=home
Applicant_role  output  <A:cognition>is cognition=go_to_interview   <A:body>is
state=awake <spot>is A_spot=home                <outside>moveTo    ;    <spot>set
A_spot=outside ; <A:long_term_memory>askEquip appointment=0
Applicant_role  output  <A:cognition>is cognition=applying  <A:body>is
state=awake <home>isSpot                <office>askEquip application=1
Applicant_role  output  <A:cognition>is cognition=make_appointment
        <A:long_term_memory>askEquip     appointment=1     ;     <A:cognition>set
cognition=waiting_meeting
Applicant_role  output  <A:cognition>is cognition=go_to_office  <A:body>is
state=awake                 <office>moveTo ; <spot>set A_spot=office
Applicant_role  output  <A:cognition>is cognition=go_home   <A:cognition>is
cognition_goal=A_job    isTime @10:00               <home>moveTo    ;    <spot>set
A_spot=home ; <A:cognition>set cognition=null
Applicant_role  output  <A:cognition>is cognition=go_home   <A:cognition>is
cognition_goal=M_job    isTime @18:00               <home>moveTo    ;    <spot>set
A_spot=home ; <A:cognition>set cognition=null
Applicant_role  output  <A:cognition>is                  cognition=leave_the_room
    <reception_room>isSpot                  <outside>moveTo   ;   <A:cognition>set
cognition=go_home ; <A:body>set state=awake ; <A:arousal>askEquip arousal=100 ;
<A:cognition>set feeling=null ; <A:action>set facial_expression=null ; <spot>set
A_spot=outside
Applicant_role  output  isTime @9:00    <A:cognition>is
cognition_plan=go_to_interview                  <reception_room>moveTo          ;
<spot>set A_spot=reception_room
Applicant_role  output  isTime @9:00    <A:cognition>is cognition_goal=M_job
               <office>moveTo ; <spot>set A_spot=office
I:cognition decay   <>isTime @0:00                      <>set cognition=null
```

```
I:cognition decay   !<>is catch=null    !<>is what=null !<>is how=null
    <>set catch=null ; <>set what=null ; <>set how=null
I:cognition cognition   <>isTime @8:30                    <>set
cognition=go_to_office
I:cognition cognition   <>is catch=see  <>is what=letter    <>is  how=application
    !<>isTime 13:29         <>set cognition=read_application
I:cognition cognition   <>is catch=see  <>is what=letter    <>is  how=application
    <>isTime @13:30         <>set cognition=set_meeting
I:cognition cognition   <>isTime @8:55  <I:long_term_memory>askEquip
appointment==1                  <>set cognition=go_to_reception_room
I:cognition cognition   <>isTime @9:00  <I:long_term_memory>askEquip
appointment==1  !<A:body>is state=depression               <>set
cognition=start_interview ; <I:long_term_memory>askEquip appointment=0
I:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=introduce_yourself              <>set cognition=waiting_reply
I:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=applicant's_voice <>is
how=friendly_speaking               <>set cognition=friendly_speaking
I:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=applicant's_voice <>is
how=honestly_speaking               <>set cognition=honestly_speaking
I:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=applicant's_voice <>is
how=politely_speaking               <>set cognition=politely_speaking
I:cognition cognition   <>is catch=see  <>is what=applicant's_face  <>is
how=stress              <>set cognition=nervous_face
I:cognition cognition   <>is catch=decision <>is what=evaluation    <>is
how=positive                <>set cognition=book_meeting
I:cognition cognition   <>is catch=decision <>is what=evaluation    <>is
how=negative                <>set cognition=tell_the_negative_result
I:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=please_come_again   <A:long_term_memory>askEquip counter==0         <>set
cognition=interview_finishing ; <I:long_term_memory>askEquip appointment=1
I:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=please_come_again   <A:long_term_memory>askEquip counter==1         <>set
cognition=interview_finishing
I:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=sorry_you_don't_match               <>set cognition=interview_finishing
I:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
```

```
how=thank_you              <>set cognition=return_to_office
I:cognition cognition   <>isTime @17:00                  <>set
cognition=go_home
I:emotion   emotion1    <I:cognition>is             cognition=friendly_speaking
    !<I:long_term_memory>askEquip friendly_speaking=<0                <>set
decision=positive
I:emotion   emotion1    <I:cognition>is             cognition=friendly_speaking
    !<I:long_term_memory>askEquip friendly_speaking=>0                <>set
decision=negative
I:emotion   emotion1    <I:cognition>is             cognition=honestly_speaking
    !<I:long_term_memory>askEquip honestly_speaking=<0                <>set
decision=positive
I:emotion   emotion1    <I:cognition>is             cognition=honestly_speaking
    !<I:long_term_memory>askEquip honestly_speaking=>0                <>set
decision=negative
I:emotion   emotion1    <I:cognition>is             cognition=politely_speaking
    !<I:long_term_memory>askEquip politely_speaking=<0                <>set
decision=positive
I:emotion   emotion1    <I:cognition>is             cognition=politely_speaking
    !<I:long_term_memory>askEquip politely_speaking=>0                <>set
decision=negative
I:emotion   emotion1    <I:cognition>is                 cognition=nervous_face
    !<I:long_term_memory>askEquip nervous_face=<0                 <>set
decision=positive
I:emotion   emotion1    <I:cognition>is                 cognition=nervous_face
    !<I:long_term_memory>askEquip nervous_face=>0                 <>set
decision=negative
I:action    motion  <I:cognition>is cognition=set_meeting
    <>set utterance=make_appointment ; <office>askEquip application=0
I:action    motion  <I:cognition>is cognition=start_interview
    <>set utterance=introduce_yourself
I:action    motion  <I:cognition>is cognition=book_meeting
    <>set utterance=please_come_again
I:action    motion  <I:cognition>is cognition=tell_the_negative_result
           <>set utterance=sorry_you_don't_match
I:action    motion  <I:cognition>is cognition=interview_finishing
```

```
        <>set utterance=thank_you
I:perception    auditory    <I:action>is utterance=introduce_yourself
            <I:cognition>set        catch=hear        ;        <I:cognition>set
what=interviewer's_voice ; <I:cognition>set how=introduce_yourself
I:perception    auditory    <A:action>is utterance=friendly_speaking
            <I:cognition>set catch=hear ; <I:cognition>set what=applicant's_voice ;
<I:cognition>set how=friendly_speaking
I:perception    auditory    <A:action>is utterance=politely_speaking
            <I:cognition>set catch=hear ; <I:cognition>set what=applicant's_voice ;
<I:cognition>set how=politely_speaking
I:perception    auditory    <A:action>is utterance=honestly_speaking
            <I:cognition>set catch=hear ; <I:cognition>set what=applicant's_voice ;
<I:cognition>set how=honestly_speaking
I:perception    vision  <A:action>is facial_expression=stress   <I:cognition>is
cognition=waiting_reply                 <I:cognition>set       catch=see       ;
<I:cognition>set what=applicant's_face ; <I:cognition>set how=stress
I:perception    internal    <I:emotion>is decision=positive
    <I:cognition>set   catch=decision   ;   <I:cognition>set   what=evaluation   ;
<I:cognition>set how=positive ; <I:emotion>set decision=null
I:perception    internal    <I:emotion>is decision=negative
    <I:cognition>set   catch=decision   ;   <I:cognition>set   what=evaluation   ;
<I:cognition>set how=negative ; <I:emotion>set decision=null
I:perception    auditory    <I:action>is utterance=please_come_again
            <I:cognition>set        catch=hear        ;        <I:cognition>set
what=interviewer's_voice ; <I:cognition>set how=please_come_again
I:perception    auditory    <I:action>is utterance=sorry_you_don't_match
                <I:cognition>set       catch=hear       ;       <I:cognition>set
what=interviewer's_voice ; <I:cognition>set how=sorry_you_don't_match
I:perception    auditory    <I:action>is utterance=thank_you
    <I:cognition>set  catch=hear  ;  <I:cognition>set  what=interviewer's_voice  ;
<I:cognition>set how=thank_you
I:perception    vision  <>isTime 8:30 && !isTime 16:50  <office>askEquip
application==1                  <I:cognition>set  catch=see  ;  <I:cognition>set
what=letter ; <I:cognition>set how=application
A:cognition decay   <>isTime @0:00                      <>set cognition=null
A:cognition decay   !<>is catch=null    !<>is what=null !<>is how=null
```

```
    <>set catch=null ; <>set what=null ; <>set how=null
A:cognition cognition   <>is catch=motivation   <>is what=A_goal    <>is  how=job
               <>set cognition=no_job ; <>set cognition_goal=A_job
A:cognition cognition   <>is catch=motivation   <>is what=M_goal    <>is  how=job
               <>set cognition=job ; <>set cognition_goal=M_job
A:cognition cognition   <>is cognition_goal=A_job   <A:long_term_memory>askEquip
appointment==1  <>isTime @8:00             <>set   cognition=go_to_interview   ;
<>set cognition_plan=go_to_interview
A:cognition cognition   <>is cognition_goal=A_job   <A:long_term_memory>askEquip
appointment==0  <office>askEquip application==0 !<A:cognition>is
cognition=applied   <spot>is A_spot=home    <>isTime  13:00  &&  !isTime  17:00
    <>set cognition=applying ; <>set cognition_plan=applying
A:cognition cognition   <>is cognition_goal=M_job   <>isTime @8:00
    <>set cognition=go_to_office ; <>set cognition_plan=go_to_office
A:cognition cognition   <>is cognition_goal=M_job   <>isTime @17:00
    <>set cognition=go_home ; <>set cognition_plan=go_home
A:cognition cognition   <>is catch=action   <>is what=behavior  <>is  how=applied
               <>set cognition=applied ; <>set cognition_plan=make_appointment
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=make_appointment               <>set   cognition=make_appointment   ;   <>set
cognition_plan=going_interview
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=introduce_yourself             <>set  cognition=start_introduction  ;  <>set
cognition_goal=reply
A:cognition cognition   <>is catch=decision <>is what=behavior  <>is how=friendly
               <>set cognition=reply_friendly ; <>set cognition_plan=friendly
A:cognition cognition   <>is catch=decision <>is what=behavior  <>is how=honestly
               <>set cognition=reply_honestly ; <>set cognition_plan=honestly
A:cognition cognition   <>is catch=decision <>is what=behavior  <>is how=politely
               <>set cognition=reply_politely ; <>set cognition_plan=politely
A:cognition cognition   <>is catch=decision <>is what=behavior  <>is
how=impossible             <>set cognition=no_plan ; <>set cognition_plan=no_plan
A:cognition cognition   <>is catch=motion_adjustment    <>is what=behavior  <>is
how=friendly               <>set cognition=reply_friendly_adjusted
A:cognition cognition   <>is catch=motion_adjustment    <>is what=behavior  <>is
how=politely               <>set cognition=reply_politely_adjusted
```

```
A:cognition cognition   <>is catch=motion_adjustment    <>is what=behavior  <>is
how=honestly               <>set cognition=reply_honestly_adjusted
A:cognition cognition   <>is catch=action   <>is what=behavior  <>is how=friendly
               <>set cognition=friendly_speaking
A:cognition cognition   <>is catch=action   <>is what=behavior  <>is how=politely
               <>set cognition=politely_speaking
A:cognition cognition   <>is catch=action   <>is what=behavior  <>is how=honestly
               <>set cognition=honestly_speaking
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=applicant's_voice <>is
how=friendly_speaking              <>set cognition=acted_friendly
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=applicant's_voice <>is
how=honestly_speaking              <>set cognition=acted_honestly
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=applicant's_voice <>is
how=politely_speaking              <>set cognition=acted_politely
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=please_come_again       <A:long_term_memory>askEquip counter==0     <>set
cognition=positive_result  ;  <A:long_term_memory>askEquip  counter=counter+1  ;
<A:long_term_memory>askEquip appointment=appointment+1
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=please_come_again       <A:long_term_memory>askEquip counter==1     <>set
cognition=positive_result ; <A:long_term_memory>askEquip counter=counter+1 ; <>set
cognition_goal=M_job ; <A:long_term_memory>askEquip emotion_M_job=30
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=sorry_you_don't_match              <>set  cognition=negative_result  ;  <>set
cognition_goal=A_job
A:cognition cognition   <>is catch=hear <>is what=interviewer's_voice   <>is
how=thank_you              <>set cognition=leave_the_room
A:emotion   emotion3    <A:cognition>is cognition_goal=A_job
    <A:long_term_memory>getEquip emotion=emotion_all_goal ; <>cloneEquip emotion
A:emotion   emotion1                            <A:long_term_memory>askEquip
emotion_friendly=reward_friendly-punishment_friendly                          ;
<A:long_term_memory>askEquip
emotion_honestly=reward_honestly-punishment_honestly                          ;
<A:long_term_memory>askEquip
emotion_politely=reward_politely-punishment_politely                          ;
<A:long_term_memory>askEquip emotion_reply=reward_reply-punishment_reply
```

```
A:emotion   emotion2                          <A:long_term_memory>askEquip
emotion_all=emotion_friendly+emotion_honestly+emotion_politely+emotion_reply    ;
<A:long_term_memory>askEquip          emotion_A_job=(30)+emotion_all          ;
<A:long_term_memory>askEquip emotion_all_goal=emotion_A_job+emotion_M_job
A:emotion   emotion3    <A:cognition>is                     cognition_goal=reply
    <A:long_term_memory>askEquip              emotion_friendly=>emotion_honestly
    <A:long_term_memory>askEquip              emotion_friendly=>emotion_politely
    <A:long_term_memory>askEquip emotion_friendly=>0           <>set
decision=friendly  ;  <A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_friendly  ;
<>cloneEquip  emotion  ;  <A:cognition>set  feeling=positive  ;  <A:cognition>set
cognition_goal=A_job
A:emotion   emotion3    <A:cognition>is                     cognition_goal=reply
    <A:long_term_memory>askEquip              emotion_honestly=>emotion_friendly
    <A:long_term_memory>askEquip              emotion_honestly=>emotion_politely
    <A:long_term_memory>askEquip emotion_honestly=>0           <>set
decision=honestly  ;  <A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_honestly  ;
<>cloneEquip  emotion  ;  <A:cognition>set  feeling=positive  ;  <A:cognition>set
cognition_goal=A_job
A:emotion   emotion3    <A:cognition>is                     cognition_goal=reply
    <A:long_term_memory>askEquip              emotion_politely=>emotion_friendly
    <A:long_term_memory>askEquip              emotion_politely=>emotion_friendly
    <A:long_term_memory>askEquip emotion_politely=>0           <>set
decision=politely  ;  <A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_politely  ;
<>cloneEquip  emotion  ;  <A:cognition>set  feeling=positive  ;  <A:cognition>set
cognition_goal=A_job
A:emotion   emotion3    <A:cognition>is                     cognition_goal=reply
    !<A:long_term_memory>askEquip                          emotion_friendly=>0
    !<A:long_term_memory>askEquip                          emotion_honestly=>0
    !<A:long_term_memory>askEquip emotion_politely=>0   !<A:body>is
state=activated    <>set    decision=impossible    ;    <A:arousal>askEquip
arousal=arousal+200      ;      <A:cognition>set      feeling=negative      ;
<A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_all  ;  <>cloneEquip  emotion  ;
<A:body>set state=activated ; <A:cognition>set cognition_goal=A_job
A:motion_adjustment motion  <A:cognition>is cognition=reply_friendly
           <A:motion_adjustment>set motion_adjustment=reply_friendly
A:motion_adjustment motion  <A:cognition>is cognition=reply_politely
```

```
            <A:motion_adjustment>set motion_adjustment=reply_politely
A:motion_adjustment motion  <A:cognition>is cognition=reply_honestly
            <A:motion_adjustment>set motion_adjustment=reply_honestly
A:long_term_memory  decay   <>isTime @0:00  !<A:long_term_memory>askEquip
punishment_friendly=<0                  <A:long_term_memory>askEquip
punishment_friendly=punishment_friendly-0.5
A:long_term_memory  decay1  <>isTime @0:00  !<A:long_term_memory>askEquip
punishment_honestly=<0                  <A:long_term_memory>askEquip
punishment_honestly=punishment_honestly-0.5
A:long_term_memory  decay2  <>isTime @0:00  !<A:long_term_memory>askEquip
punishment_politely=<0                  <A:long_term_memory>askEquip
punishment_politely=punishment_politely-0.5
A:arousal   arousal <>isTime @6:00                      <A:body>set state=awake ;
<>askEquip arousal=100
A:arousal   arousal <>isTime @22:00                     <A:body>set
state=sleeping ; <A:cognition>set cognition=null ; <A:cognition>set feeling=null ;
<A:cognition>set  cognition_goal=null  ;  <A:cognition>set  cognition_plan=null  ;
<>askEquip arousal=0
A:arousal   arousal <A:cognition>is cognition=no_plan   !<A:body>is
state=activated                 <>askEquip   arousal=arousal+200   ;   <A:body>set
state=activated
A:arousal   arousal <A:cognition>is cognition=positive_result   <A:body>is
state=activated                 <>askEquip arousal=100 ; <A:body>set state=awake
A:arousal   arousal <A:cognition>is cognition=negative_result   <A:body>is
state=activated                 <>askEquip arousal=100 ; <A:body>set state=awake
A:restrain  restrain1                           <A:long_term_memory>getEquip
restrain=emotion_A_job ; <>cloneEquip restrain
A:restrain  restrain2                           <>askEquip restrain=restrain*(-1)
A:restrain  restrain3   <>askEquip restrain=>0  <>isTime 6:00   !<>isTime   22:00
    !<A:body>is state=activated         <A:body>set      state=depression      ;
<A:cognition>set feeling=depression
A:motivation    motivation  <>isTime @6:00  <A:long_term_memory>askEquip
emotion_M_job=<0                    <A:cognition>set      catch=motivation      ;
<A:cognition>set what=A_goal ; <A:cognition>set how=job
A:motivation    motivation  <>isTime @6:00  !<A:long_term_memory>askEquip
emotion_M_job=<0                    <A:cognition>set      catch=motivation      ;
```

<A:cognition>set what=M_goal ; <A:cognition>set how=job
I:learning learning <I:cognition>is cognition=set_meeting
<I:long_term_memory>askEquip appointment=1
A:perception auditory <I:action>is utterance=make_appointment
<A:cognition>set catch=hear ; <A:cognition>set what=interviewer's_voice ;
<A:cognition>set how=make_appointment ; <I:action>set utterance=null
A:perception auditory <I:action>is utterance=introduce_yourself
<A:cognition>set catch=hear ; <A:cognition>set
what=interviewer's_voice ; <A:cognition>set how=introduce_yourself ; <I:action>set
utterance=null
A:perception internal <A:emotion>is decision=friendly
<A:cognition>set catch=decision ; <A:cognition>set what=behavior ;
<A:cognition>set how=friendly ; <A:emotion>set decision=null
A:perception internal <A:emotion>is decision=honestly
<A:cognition>set catch=decision ; <A:cognition>set what=behavior ;
<A:cognition>set how=honestly ; <A:emotion>set decision=null
A:perception internal <A:emotion>is decision=politely
<A:cognition>set catch=decision ; <A:cognition>set what=behavior ;
<A:cognition>set how=politely ; <A:emotion>set decision=null
A:perception internal <A:emotion>is decision=impossible
<A:cognition>set catch=decision ; <A:cognition>set what=behavior ;
<A:cognition>set how=impossible ; <A:emotion>set decision=null
A:perception internal <A:motion_adjustment>is
motion_adjustment=reply_friendly <A:cognition>set
catch=motion_adjustment ; <A:cognition>set what=behavior ; <A:cognition>set
how=friendly ; <A:motion_adjustment>set motion_adjustment=null
A:perception internal <A:motion_adjustment>is
motion_adjustment=reply_politely <A:cognition>set
catch=motion_adjustment ; <A:cognition>set what=behavior ; <A:cognition>set
how=politely ; <A:motion_adjustment>set motion_adjustment=null
A:perception internal <A:motion_adjustment>is
motion_adjustment=reply_honestly <A:cognition>set
catch=motion_adjustment ; <A:cognition>set what=behavior ; <A:cognition>set
how=honestly ; <A:motion_adjustment>set motion_adjustment=null
A:perception internal <A:action>is action=friendly_introduction
<A:cognition>set catch=action ; <A:cognition>set what=behavior ;

<A:cognition>set how=friendly ; <A:action>set action=null
A:perception internal <A:action>is action=politely_introduction
<A:cognition>set catch=action ; <A:cognition>set what=behavior ;
<A:cognition>set how=politely ; <A:action>set action=null
A:perception internal <A:action>is action=honestly_introduction
<A:cognition>set catch=action ; <A:cognition>set what=behavior ;
<A:cognition>set how=honestly ; <A:action>set action=null
A:perception internal <office>askEquip application==1
<A:cognition>set catch=action ; <A:cognition>set what=behavior ;
<A:cognition>set how=applied
A:perception auditory <A:action>is utterance=friendly_speaking
<A:cognition>set catch=hear ; <A:cognition>set what=applicant's_voice ;
<A:cognition>set how=friendly_speaking ; <A:action>set utterance=null
A:perception auditory <A:action>is utterance=politely_speaking
<A:cognition>set catch=hear ; <A:cognition>set what=applicant's_voice ;
<A:cognition>set how=politely_speaking ; <A:action>set utterance=null
A:perception auditory <A:action>is utterance=honestly_speaking
<A:cognition>set catch=hear ; <A:cognition>set what=applicant's_voice ;
<A:cognition>set how=honestly_speaking ; <A:action>set utterance=null
A:perception auditory <I:action>is utterance=please_come_again
<A:cognition>set catch=hear ; <A:cognition>set
what=interviewer's_voice ; <A:cognition>set how=please_come_again ; <I:action>set
utterance=null
A:perception auditory <I:action>is utterance=sorry_you_don't_match
<A:cognition>set catch=hear ; <A:cognition>set
what=interviewer's_voice ; <A:cognition>set how=sorry_you_don't_match ;
<I:action>set utterance=null
A:perception auditory <I:action>is utterance=thank_you
<A:cognition>set catch=hear ; <A:cognition>set what=interviewer's_voice ;
<A:cognition>set how=thank_you ; <I:action>set utterance=null
A:action motion <A:cognition>is cognition=reply_friendly_adjusted
<>set action=friendly_introduction
A:action motion <A:cognition>is cognition=reply_politely_adjusted
<>set action=politely_introduction
A:action motion <A:cognition>is cognition=reply_honestly_adjusted
<>set action=honestly_introduction

```
A:action    motion  <A:cognition>is cognition=friendly_speaking
    <>set utterance=friendly_speaking
A:action    motion  <A:cognition>is cognition=politely_speaking
    <>set utterance=politely_speaking
A:action    motion  <A:cognition>is cognition=honestly_speaking
    <>set utterance=honestly_speaking
A:action    motion  <A:cognition>is cognition=no_plan   <A:cognition>is
cognition_plan=reply                    <>set utterance=speaking_without_strategy
A:learning  learning    <A:cognition>is                 cognition=positive_result
    <A:cognition>is cognition_plan=friendly
    <A:long_term_memory>askEquip       reward_friendly=reward_friendly+10       ;
<A:cognition>set  feeling=positive  ;  <A:cognition>set  cognition_plan=null  ;
<A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_positive_result  ;  <>cloneEquip
emotion
A:learning  learning    <A:cognition>is                 cognition=positive_result
    <A:cognition>is cognition_plan=honestly
    <A:long_term_memory>askEquip       reward_honestly=reward_honestly+10       ;
<A:cognition>set  feeling=positive  ;  <A:cognition>set  cognition_plan=null  ;
<A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_positive_result  ;  <>cloneEquip
emotion
A:learning  learning    <A:cognition>is                 cognition=positive_result
    <A:cognition>is cognition_plan=politely
    <A:long_term_memory>askEquip       reward_politely=reward_politely+10       ;
<A:cognition>set  feeling=positive  ;  <A:cognition>set  cognition_plan=null  ;
<A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_positive_result  ;  <>cloneEquip
emotion
A:learning  learning    <A:cognition>is                 cognition=negative_result
    <A:cognition>is cognition_plan=friendly
    <A:long_term_memory>askEquip   punishment_friendly=punishment_friendly+10   ;
<A:cognition>set  feeling=negative  ;  <A:cognition>set  cognition_plan=null  ;
<A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_negative_result  ;  <>cloneEquip
emotion
A:learning  learning    <A:cognition>is                 cognition=negative_result
    <A:cognition>is cognition_plan=honestly
    <A:long_term_memory>askEquip   punishment_honestly=punishment_honestly+10   ;
<A:cognition>set  feeling=negative  ;  <A:cognition>set  cognition_plan=null  ;
```

```
<A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_negative_result  ;  <>cloneEquip
emotion
A:learning  learning  <A:cognition>is  cognition=negative_result
    <A:cognition>is cognition_plan=politely
    <A:long_term_memory>askEquip  punishment_politely=punishment_politely+10  ;
<A:cognition>set  feeling=negative  ;  <A:cognition>set  cognition_plan=null  ;
<A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_negative_result  ;  <>cloneEquip
emotion
A:learning  learning  <A:cognition>is  cognition=negative_result
    <A:cognition>is cognition_plan=no_plan
    <A:long_term_memory>askEquip  punishment_reply=punishment_reply+10  ;
<A:cognition>set  feeling=negative  ;  <A:cognition>set  cognition_plan=null  ;
<A:long_term_memory>askEquip  emotion_all=emotion_all-10  ;
<A:long_term_memory>getEquip  emotion=emotion_negative_result  ;  <>cloneEquip
emotion
A:emotion_expression  panic  <A:cognition>is cognition=no_plan
        <A:action>set facial_expression=stress

itemData
logAgents
$Spot

itemData
logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots
    logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots
    logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots
    logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots  logSpots
action  catch  cognition  cognition_goal  cognition_plan  decision
    facial_expression  feeling how motion_adjustment  state  utterance  what
    application appointment arousal emotion emotion_A_job  emotion_M_job
    emotion_all emotion_friendly  emotion_honestly  emotion_politely
    emotion_reply  restrain

itemData
logStepTime envStartTime  envStepTime execUntil
    0/00:00 0/00:01 60/00:00
```

人事評価オントロジーCSV 出力

第 6 章の

表 6.6 で示して人事評価オントロジーの CSV データをここに示す. 木構造が ISA 関係で構築されているため，カンマ区切りをそのまま MicrosoftExcel 等の表計算ソフトでインポートするとその構造が見て取れる.

人間,ISA,もの,PART OF,身体,PART OF,C 生理学的部位・構成要素（I 心臓）,PART OF,C 細胞（I 神経細胞）,PART OF,C 分子
,,,,A レベル（部位・構成要素/細胞/分子/原子/原子核/素粒子）,,,,,,
,,,PART OF,知識,ISA,高校物理,,,,
,,,,A 学問/生活,,,,,,
,,,,A 暗黙/明示,,,,,,
,,,,A 数理/記号/イメージ,,,,,,
,,,,A 宣言/ルール,,,,,,
,,,,A 意味/エピソード,,,,,,
,ISA,機能,ISA,身体的特徴,ISA,身長,,,,
,,,,,ISA,体重,,,,
,,,,,ISA,体格,,,,
,,,,,ISA,顔の良し悪し,,,,
,,,,,ISA,第一印象,,,,
,,,,,,F（社会との比較）,,,,
,,,,,,A 顔/体/服装,,,,
,,,,,ISA,色覚,,,,
,,,,,ISA,聴覚,,
,,,ISA,身体能力,ISA,基礎体力,ISA,筋力
,,,,,ISA,スポーツ能力,,
,,,,,ISA,仕事身体能力,ISA,持久力（遅筋，筋肉の太さ）
,,,,,,A（速筋/遅筋）,ISA,瞬発力（速筋，筋肉の太さ）
,,,,,,F（筋肉の太さ）,ISA,俊敏力（速筋，筋肉の太さ）
,,,,,,,ISA,筋力（速筋，筋肉の太さ）
,,,,,,,ISA,器用さ
,,,,,,,ISA,視力
,,,,,,,ISA,動体視力
,,,ISA,知的能力,ISA,数学理解力,,
,,,,A 数理/記号/イメージ,ISA,記号的理解力,,
,,,,A 理解/活用,ISA,問題分析力,,
,,,,,ISA,問題解決力,,
,,,,,ISA,イメージ活用力,,

,,,,,ISA,文章表現力,,
,,,ISA,仕事能力,PART OF,理解力,,,,,,
,,,,,,A 自己/他者/仕事/会社/社会,,,,,,
,,,,,PART OF,理解力以外,ISA,対仕事,ISA,瞬発力,,
,,,,,,A 領域（対仕事/対自己/対他者/対会社/対社会）,,A スタート/持続/完成,,俊敏力,,
,,,,,,,,F エネルギー,,持久力,,
,,,,,,,,F 注意,,活動力（パワー/エネルギー）,,
,,,,,,,,,,集中力,,
,,,,,,,,,,達成力,,
,,,,,,,,,,注意力・完成力,,
,,,,,,,ISA,対他者,ISA,対人関係力,PART OF,協調性/チームワーク（過去の経験から）
,,,,,,,,A 対象（リーダー/仲間/部下）,,,PART OF,統率力/指導力
,,,,,,,,A 相手に/相手から伝える,,,PART OF,愛嬌
,,,,,,,,A 論理/感情,ISA,コミュニケーション能力,ISA,主張力・プレゼンテーション能力
,,,,,,,,A 対人関係のうまさ/コミュニケーション能力,,,ISA,説得力
,,,,,,,,,,ISA,共感力・受容力
,,,,,,,ISA,対状況/環境,,あいまい耐性⇔不安傾向,,
,,,,,,,,,,秩序耐性⇔規律性
,,,ISA,性格,ISA,積極性,振る舞い,,,
,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）,,,,
,,,,F（ゴールとの一致度，過去の経験との一致度，自信度（過去の経験との一致度））,,F（ゴールとの一致度，自信度）,,,,
,,,,,ISA,責任感,回答内容,,,
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）,,,,
,,,,,,F（ゴールとの一致度）,,,,
,,,,,,F(援助、奉仕）,,,,
,,,,,ISA,自信度,振る舞い,,,
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）,,,,
,,,,,,F（過去の成功経験との一致度）,,,,
,,,,,ISA,根気強さ/切り替えの早さ,回答内容,,,
,,,,,,F（ゴールとの一致度，プラン変更までの時間，自信度、成功確率（確率計算の概念と知識が必要））,,,,
,,,,,ISA,慣習主義/従順性,振る舞い,,,
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）,,,,
,,,,,,F（社会/会社での標準ゴールプランとの一致度，成功確率，自信度，自主性信念の有無）,,,,

,,,,,ISA,主体的,回答内容
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会），
,,,,,,F（自己ゴールの有無，自己ゴールの選択時間），
,,,,,ISA,合理主義，
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会），
,,,,,,F（問題解決能力の程度，慣習主義度），
,,,,,ISA,外向性/内向性（環境からの成功体験により現在のゴールに対しどちらの戦略がより成功するかの傾向）,振る舞い
,,,,,,A(他者），
,,,,,,F（他者が関連するプランの使用度），
,,,,,ISA,援助・奉仕（教育により得られた援助の姿勢とそのときの余裕度合いによる関数），
,,,,,,A(他者/社会），
,,,,,,F（援助・奉仕プランの全プランに対する使用確率），
,,,,,ISA,寛容/厳格（S 自己/他者/・・・）（ルールの関数。合理主義と仲間。達成能力とも関係），
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会），
,,,,,,F(厳格信念プランの数，厳格信念プランの強さ，寛容信念プランの数，寛容信念プランの強さ），
,,,,,ISA,楽観性/悲観性（過去の経験による・外部の判断。自信度の関数），
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）
,,,,,,F（WM 内の成功確率の高さ。およびそのプラス感情状態の程度。成功予想解答度，自信度）
,,,,,ISA,計画性/行き当たりばったり性（プラン構築度合いの関数）
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）
,,,,,,F（意識層でのプラン構築度，自信度）
,,,,,ISA,理想論者/現実論者（過去の成功確率と価値観の問題。冒険的と近い）
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）
,,,,,,F（理想論者信念の有無，理想論者信念プラン選択の程度）
,,,,,ISA,思考性/概念思考力（教育と環境による：思考方法を教育され、考える静かな環境があった者、あるいは対人的に引っ込み思案で考えるタイプになったもの）
,,,,,,A（思考プランの有無・程度，思考能力の有無・程度）
,,,,,ISA,慎重⇔冒険的
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）
,,,,,,F（成功確率。成功確率の低いプラン選択の閾値）
,,,,,ISA,理性的/感情的（感情を出すか出さないか野関数）

,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）
,,,,,,F（感情表出プランの数、使用率）
,,,ISA,志向・価値観・信念・態度・欲求,ISA,自律志向
,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）,,A（自己/仕事）
,,,,A（生存/探索/安全/所属/自尊/自己実現）,,A（自尊/自己実現）
,,,,A（達成/快楽/維持/間接/緊急）,,A（維持）
,,,,,,F(自己ゴールの有無，自己ゴールの WM 内占有時間）
,,,,,ISA,自己向上（自己実現欲求？）←クラス
,,,,,,A（自己/仕事）
,,,,,,A（自己実現）
,,,,,,A（達成）
,,,,,,F（自己向上ゴールの有無，自己向上ール（インスタンス）の占有時間）
,,,,,ISA,親和欲求（母、愛着→仲間）←クラス
,,,,,,A（他者）
,,,,,,A（所属）
,,,,,,A（快楽/維持）
,,,,,ISA,好奇心（生まれつき：注意/探索）
,,,,,,A 対（自己/仕事/他者/会社/社会）
,,,,,,A（探索）
,,,,,,A（快楽）
,,,,,,F(注意/探索機能に紐づいたゴール・プランの数、選択頻度、欲求意識の有無）
,,,,,ISA,競争欲求（スポーツ等経験から、達成欲求、勝ったときの利得：集団のボス）
,,,,,,A(他者/仕事）
,,,,,,A（自尊/自己実現）
,,,,,,A（快楽）
,,,,,,F（競争ゴールプランの数、選択率、意識の有無）
,,,,,ISA,創作意欲（ストレスフリー世界での自己実現、達成欲）
,,,,,,A（仕事）
,,,,,,A(自尊/自己実現）
,,,,,,A（快楽）
,,,,,,F（創作ゴールプランの数、選択率、意識の有無）
,,,,,ISA,達成欲求（ゴールプラン構造におけるゴール達成満足の癖）
,,,,,,A（仕事）
,,,,,,A（自尊/自己実現）
,,,,,,A（達成）
,,,,,,F（達成ゴールプランの数、選択率、意識の有無）

,,,,,ISA,権力欲（集団でのボスの利得）
,,,,,,A（他者/仕事/会社/社会）
,,,,,,A（自尊）
,,,,,,A（達成/維持）
,,,,,,F(権力ゴールの数、選択率、意識）
,,,,,ISA,報酬志向（社会での承認欲求）
,,,,,,A（仕事/会社）
,,,,,,A（生存/安全/所属/自尊）←仕事の中ではという意。仕事外の自己実現のための間接ゴールかも
,,,,,,A（達成/維持/間接）
,,,,,,F（報酬ゴールの選択率、意識）
,,,,,ISA,評価志向（組織での承認欲求）
,,,,,,A（仕事/他者/会社/社会）
,,,,,,A（所属/自尊）
,,,,,,A（達成/維持）
,,,,,,F（評価ゴールの選択率，意識）
,,,,,ISA,社会貢献（社会貢献というゴール/価値観との一致度）
,,,,,,A（仕事/社会）
,,,,,,A（所属/自尊/自己実現）
,,,,,,A（達成/維持）
,,,,,,F(社会貢献ゴールの選択率、意識）
,,,,,ISA,チーム/組織貢献（チーム・組織貢献というゴール・価値観との一致度と組織からの承認欲求）
,,,,,,A（他者/仕事/会社）
,,,,,,A（所属/自尊）
,,,,,,A（達成/維持）
,,,,,,F（チーム/組織貢献ゴールの選択率，意識の有無）
,,,,,ISA,専門性（専門性追求というゴールとの一致度。自己に向いているか、専門コミュニティーに向いている。好奇心と関係）
,,,,,,A（仕事/社会）
,,,,,,A（所属/自尊/自己実現）
,,,,,,A（快楽）
,,,,,,F（専門性ゴールの選択率，意識）
,,,,,ISA,宗教観←クラス（人生ゴール全般の集合。既成宗教から与えられたものだと規範となる（must/should)。自信の獲得だと want to)
,,,,,ISA,世界観/人生観/政治観/経済観/社会観←クラス（宗教ゴールと同じようなクラ

ス）
,,,,,ISA,趣味・嗜好←もの（/オブジェクト）を好きか嫌いか（快/不快ラベル）
,ISA,環境,ISA,国籍,,
,,A（社会）,ISA,住所,,
,,F（求める人材像）,ISA,財産,,
,,,ISA,家族,,
,,,ISA,趣味,,
,,,ISA,階級,,
,ISA,歴史,ISA,本籍/出身地,,
,,A（会社/社会）,ISA,学歴,,
,,F（求める人材像）,ISA,職歴,,
,,,ISA,家柄,,

統合人事評価オントロジーRDFSchema 出力

認知感情機構エージェント, SOARS 上でのビジネスプロセスシミュレーションと統合された人事評価オントロジーの木構造を RDFSchema 形式で表示する．前節で示した人事評価オントロジーのインスタンスは入っておらず，その構造だけが定義されている．採用面接シミュレーションの目標・プラン群は既存評価項目への翻訳例として用いるため定義されている．

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
    xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
    xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
    xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
    xmlns="http://www.owl-ontologies.com/unnamed.owl#"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/unnamed.owl">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  <owl:Class rdf:ID="Looking">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="BodilyFeatures"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:ID="Family">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Environment"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Body">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Structure"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="MotionAdjustment_N"/>
<owl:Class rdf:ID="History">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="AssesmentAspects"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Conscientiousness">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Types"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Scripts_N">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="InternallyAssesedFeatures"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="EmotionalStability">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Types"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Intelligence"/>
<owl:Class rdf:ID="EmotionModule_N"/>
<owl:Class rdf:ID="Values">
  <rdfs:subClassOf>
```

```
      <owl:Class rdf:ID="CompetencySources"/>
    </rdfs:subClassOf>
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="SelfImage"/>
    </rdfs:subClassOf>
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Goals_N"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Face">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Head"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Social">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Values"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Managerial">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Competencies"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="ActionSelectionProcesses"/>
  <owl:Class rdf:ID="Plans_N">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#InternallyAssesedFeatures"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="ActionRow_N"/>
  <owl:Class rdf:ID="ActionModule_N"/>
  <owl:Class rdf:about="#CompetencySources">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="targetTheories"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:ID="Hight">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#BodilyFeatures"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Foot">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Structure"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="MotivationModule_N"/>
<owl:Class rdf:ID="NodaAgentModel"/>
<owl:Class rdf:ID="LearningModule_N"/>
<owl:Class rdf:ID="AchievementAndAction">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Competencies"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Artistic">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Values"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Punishment_RestrainModule_N">
  <rdfs:label rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >Punishment/RestrainModule_N</rdfs:label>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Openess">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Types"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="WorkExperience">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#History"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="LongTermMemoryModule_N"/>
<owl:Class rdf:ID="Weight">
  <rdfs:subClassOf>
```

```
      <owl:Class rdf:about="#BodilyFeatures"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Initiative">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#AchievementAndAction"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="ArousalProcess_N"/>
  <owl:Class rdf:ID="AchievementFocus">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#AchievementAndAction"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Arm">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Structure"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:about="#Head">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Structure"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:about="#Environment">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#AssesmentAspects"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Conventional">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Values"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="TheImpactAndInfruenceCluster">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Competencies"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Skill">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Plans_N"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#CompetencySources"/>
  </owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:ID="Address">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Environment"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="ArousalModule_N"/>
<owl:Class rdf:ID="CentralProcessingRow_N"/>
<owl:Class rdf:ID="Feature"/>
<owl:Class rdf:ID="Investigative">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Values"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="RecognizingProcesses"/>
<owl:Class rdf:about="#InternallyAssesedFeatures">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="AspectAssesedFromAssesseeHimself"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="AgentProcesses"/>
<owl:Class rdf:ID="Enterprizing">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Values"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="LearningProcesses"/>
<owl:Class rdf:ID="DeliverativeLayer_N"/>
<owl:Class rdf:ID="AgentArchitecture">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Head"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Structure">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#AspectAssesedFromAssesseeHimself"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="SemanticMemories_N">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#InternallyAssesedFeatures"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="PerceptionRow_N"/>
<owl:Class rdf:ID="PhysicalAbilities">
```

```
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#BodilyFeatures"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Extroversion">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Types"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Leg">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Structure"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Education">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#History"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="PersonalEffectiveness">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Competencies"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:about="#AspectAssesedFromAssesseeHimself">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#AssesmentAspects"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="MotionDecisionProcesses"/>
  <owl:Class rdf:about="#Goals_N">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#InternallyAssesedFeatures"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="HelpingAndHumanService">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Competencies"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="ReactiveLayer_N"/>
  <owl:Class rdf:ID="AgentKnowledge"/>
  <owl:Class rdf:ID="Motives">
```

```
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Goals_N"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="SocialClass">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#History"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Agreeableness">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Types"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="PerceptionModule_N"/>
  <owl:Class rdf:ID="Hair">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Head"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Knowledge">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#SemanticMemories_N"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Intelligence"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="RewardModule_N"/>
  <owl:Class rdf:ID="EmotionExpressionModule_N"/>
  <owl:Class rdf:ID="Fee">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#History"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:about="#Competencies">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#targetTheories"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:about="#BodilyFeatures">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Feature"/>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#AspectAssesedFromAssesseeHimself"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Cognitive">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Competencies"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="CognitionModule_N"/>
```

```
<owl:Class rdf:ID="MetaManagementLayer"/>
<owl:Class rdf:about="#Types">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#CompetencySources"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Feature"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="RestrainingProcess_N"/>
<owl:Class rdf:ID="Realistic">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Values"/>
</owl:Class>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="ProceedsMotionDecision_N">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#ActionModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#MotionAdjustment_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="ProceedsArousal">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#ArousalModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#EmotionModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#EmotionExpressionModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="RowOf_N">
  <rdfs:domain>
```

```
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#CentralProcessingRow_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#ActionRow_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#PerceptionRow_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="ModuleOfCentralProcessingRow">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#LongTermMemoryModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#MotivationModule_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="KRTypeOf_N">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#Plans_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#SemanticMemories_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#Goals_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#Scripts_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="ModuleOfPerceptionRow_N">
    <rdfs:domain>
```

```
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#PerceptionModule_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="ModuleOfReactiveLayer_N">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#RewardModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#Punishment_RestrainModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#ArousalModule_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="UsesProceduralMemory_N">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="ProcessesRecognition_N">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#LongTermMemoryModule_N"/>
```

```
            <owl:Class rdf:about="#PerceptionModule_N"/>
            <owl:Class rdf:about="#ArousalModule_N"/>
            <owl:Class rdf:about="#EmotionModule_N"/>
            <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
            <owl:Class rdf:about="#MotivationModule_N"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </rdfs:domain>
    </owl:ObjectProperty>
    <owl:ObjectProperty rdf:ID="UsesPlans_N">
      <rdfs:domain>
        <owl:Class>
          <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
            <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
            <owl:Class rdf:about="#LongTermMemoryModule_N"/>
            <owl:Class rdf:about="#EmotionModule_N"/>
            <owl:Class rdf:about="#LearningModule_N"/>
            <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </rdfs:domain>
    </owl:ObjectProperty>
    <owl:ObjectProperty rdf:ID="TypeConsistsOf">
      <rdfs:domain>
        <owl:Class>
          <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
            <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
            <owl:Class rdf:about="#Plans_N"/>
            <owl:Class rdf:about="#Goals_N"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </rdfs:domain>
    </owl:ObjectProperty>
    <owl:ObjectProperty rdf:ID="ProceedsActionSelection_N">
      <rdfs:domain>
        <owl:Class>
```

```
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#LongTermMemoryModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#EmotionModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="StoredIn_N">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#SemanticMemories_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#Goals_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#Plans_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="ModuleOfDeliverativeLayer_N">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#EmotionModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#EmotionExpressionModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#LearningModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#MotionAdjustment_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="ProcessTypeOf">
    <rdfs:domain>
```

```
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#ActionSelectionProcesses"/>
          <owl:Class rdf:about="#LearningProcesses"/>
          <owl:Class rdf:about="#RecognizingProcesses"/>
          <owl:Class rdf:about="#ArousalProcess_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#MotionDecisionProcesses"/>
          <owl:Class rdf:about="#RestrainingProcess_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="UsesGoals_N">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#LongTermMemoryModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#EmotionModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
          <owl:Class rdf:about="#MotivationModule_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="ModuleOfMetaManagementLayer">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:ObjectProperty>
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="UsesScripts_N">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="ProceedsLearning_N">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#LongTermMemoryModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#RewardModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#Punishment_RestrainModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#LearningModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="LayerOf_N">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#MetaManagementLayer"/>
        <owl:Class rdf:about="#DeliverativeLayer_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#ReactiveLayer_N"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="UsesDecrerativeMemories_N">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#LongTermMemoryModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#LearningModule_N"/>
        <owl:Class rdf:about="#CognitionModule_N"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="ConsistsOf_N">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#AgentKnowledge"/>
        <owl:Class rdf:about="#AgentProcesses"/>
        <owl:Class rdf:about="#AgentArchitecture"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="CompetencyConsistsOf">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#Feature"/>
        <owl:Class rdf:about="#Motives"/>
        <owl:Class rdf:about="#SelfImage"/>
        <owl:Class rdf:about="#Knowledge"/>
        <owl:Class rdf:about="#Skill"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
```

```
      </rdfs:domain>
    </owl:ObjectProperty>
    <owl:ObjectProperty rdf:ID="ModuleOfActionRow_N">
      <rdfs:domain>
        <owl:Class>
          <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
            <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
            <owl:Class rdf:about="#ActionModule_N"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </rdfs:domain>
    </owl:ObjectProperty>
    <owl:DatatypeProperty rdf:ID="Use">
      <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
    </owl:DatatypeProperty>
</rdf:RDF>

<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 2.1, Build 284)
http://protege.stanford.edu -->
```