

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	オントロジー工学の手法を参考に構築した目的語ツリーの構造化俯瞰図への応用に関する研究
Title(English)	A Study on an Application of Object Trees Constructed by Using Ontological Engineering Techniques to Structured Highangle Views
著者(和文)	大槻明, 岡田謙一
Authors(English)	Akira Otsuki, Kenichi Okada
出典(和文)	情報処理学会論文誌データベース, Vol. 4, No. 1, pp. 14-25
Citation(English)	IPSJ Transactions on Databases (TOD), Vol. 4, No. 1, pp. 14-25
発行日 / Pub. date	2011, 3
権利情報 / Copyright	ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof.

オントロジー工学の手法を参考に構築した 目的語ツリーの構造化俯瞰図への応用に関する研究

大 槻 明^{†1,†2} 岡 田 謙 一^{†1}

本研究では、従来の構造化俯瞰図では実現できなかった、同図を利用して発想するときに視点を変化させて分析することや、発想支援における「気づき」を促すような新たな視点を同図に付与することを実現した。これは、オントロジー工学の手法を参考にして構築した目的語ツリーを同図に適用することによって実現する。そして、目的語ツリーを適用しない従来の構造化俯瞰図と目的語ツリーを適用した場合とを比較検証することにより本研究の優位性について検証した。その検証には実際のプロジェクトにおける4つの課題を題材として準備し、その課題の解決案への到達度を比較することで検証した。その結果、目的語ツリーを適用していない従来の構造化俯瞰図を使用した被験者に比べて、目的語ツリーを適用した構造化俯瞰図を使用した被験者の方が、4つの題材における解決案への到達度が高かった。さらには、同題材に関する専門家に近い到達度を実現できた。

A Study on an Application of Object Trees Constructed by Using Ontological Engineering Techniques to Structured Highangle Views

AKIRA OTSUKI^{†1,†2} and KENICHI OKADA^{†1}

In this study, we achieved the analysis by changing angle using highangle view on idea generation and giving new angle to it to encourage “awareness” related to idea generation support which existing highangle views never allowed. Specifically we achieved that by applying object tree constructed with the help of ontological engineering approach to highangle view. And then, we evaluated significance of this study by comparing existing highangle view without object tree and one applied with object tree. On the evaluation, we set 4 tasks in actual project as subjects and compared the attainment level to solution. As a result, examinees used highangle view applied with object tree had higher attainment level to solution for those 4 subjects than ones used existing highangle view without object tree. Further, they could accomplish achievement levels equal to those of the ones with specialized knowledge about the material.

1. はじめに

発想支援システムとは、創造的問題解決のプロセスを支援するコンピュータシステムのことであり¹⁾、その問題解決プロセスおよびそれらを支援する要素技術、関連技術についてまとめると表1のとおりとなる。表1の中で本研究の位置づけは、「本質追及」の中の、“概念クラスタリング”、“抽象化技術”および“特徴手動抽出”を支援するシステムにあたる。

この位置づけにおいて、筆者らはこれまでに、知識間に関係性を持たせることにより知識を構造化して俯瞰表現する構造化俯瞰図を提案した²⁾。しかし、従来の構造化俯瞰図では、同図を利用して発想するときに視点を変化させて分析することには対応できず、また、発想支援における「気づき」を促すような新たな視点を構造化俯瞰図に付与することができなかった。

ゆえに、本研究では、オントロジー工学の手法を参考に構築したアルゴリズムにより、知識の属性情報や叙述を分析したうえで目的語ツリーを構築し、それを構造化俯瞰図に適用することで、発想時に視点を変化させて分析することや、発想支援における「気づき」を促すような新たな視点を構造化俯瞰図に付与することを目指す。なお、本研究で提案するシステムが実際の現場や実務で通用することを検証するために、実際に行われているプロジェクトの会議で評価実験を行った。

2. 関連・先行研究

これまでに研究開発されてきた発想支援システムは、表2のとおり3つに大別される。1つ目は“発散的思考支援ツール”に分類されるものであり、これは、コンピュータと人間のより良い共存を求める工学的アプローチである。2つ目は“収束的思考支援ツール”に分類されるものであり、これは、コンピュータや人間の知能の原理的解明を目指す科学的アプローチである。3つ目は、“創造的思考支援環境”に分類されるものであり、これは、人間の創造的問題解決モデルを明らかにしていく実践的アプローチである。これらの中で本研究に類似するものは“収束的思考支援ツール”であり、この分野ではこれまでに、情報の整

^{†1} 慶應義塾大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{†2} お茶の水女子大学リーダーシップ養成教育研究センター

The Center for Leadership Education & Research, Ochanomizu University

15 オントロジー工学の手法を参考に構築した目的語ツリーの構造化俯瞰図への応用に関する研究

表 1 問題解決プロセスとそれに対応する要素技術および関連技術

Table 1 Elemental technology and related technology corresponding to problem solving process.

問題解決プロセス	要素技術	関連技術
問題提起	・類似の仕様検索, メタファー	・類推
	・等価変換理論	
	・要求分析, 仕様記述	・SIS, CASE ツール ・プレゼンテーション支援技術
	・ニューラルネットワーク	
現状把握	・連想ネットワーク	・連想検索, BS
	・システムの構造モデリング	・ISM, DEMATEL
	・情報検索, 意味検索, 内容検索	・演繹 DB, 論理 DB
本質追及	・概念クラスタリング	・意味理解, 談話理解
	・情報フィルタリング	・MVC
	・抽象化技術	・要約技術, KJ 法
	・特徴抽出	・ニューラルネットワーク
	・帰納推論	
	・アブダクション	・NM 法
仮設評価・決断	・グループ DSS	・グループウェア
	・多目的決定理論	・システム評価, PATTERN
	・多属性効用理論	
構想計画	・演繹推論	・完全知識
	・仮設推論	・不完全知識 DB
	・定性推論	・定性シミュレータ
	・技術予測	・デルファイ法
具体策	・事例ベース推論	
	・モデルベース推論	・SD, 意味ネットワーク
	・定量的シミュレーション	・CG 技術
	・リアルタイムシミュレーション	・3D グラフィックス, 立体視仮想現実感
	・ファジィ理論	
手順の計画	・ネットワークプランニング	・PERT ・数理計画法パッケージ
	・制約プログラミング	
	・制約ソルバー	・CLP/R, PrologIII
実施		・C&C&C 技術
		・ネットワーク社会
		・信頼性工学
検証	・統計的仮設検定論	・統計パッケージ
総括・味わい		・各種フィードバック手法
		・態度技法 (瞑想型法, 交流型法, 演劇型法)

表 2 これまでに研究開発されてきた発想支援システムの例

Table 2 Example of idea generation support system that has been researched and developed so far.

分類	発想支援システム例
発散的思考支援ツール	・ Idea Fisher (アイディアフィッシュ社)
	・ Keyword Associator (渡部)
	・ CTC(lenat)
	・ 分節化支援システム Articulation Assistant (堀, 杉本, 角, 大須賀)
	・ Metaphor Machine (Young)
	・ マルチメディア思考支援システム (小林)
収束的思考支援ツール	・ KJ Editor (小山, 河合, 大岩)
	・ 図解的发想支援システム D-ABDUCTOR (三末, 杉山)
	・ BACON (Langley, Simon)
	・ 知識獲得支援グループウェア GRAPE (國藤, 上田他)
	・ Knowledge Soup (Sowa)
創造的思考支援環境	・ グループ発想支援システム GrIPS (神田, 渡部, 三末他)
	・ 事例ベース推論 (Kolodner 他)
	・ HyperProof (Etchemendy)
	・ The Scholar's Companion (Park)

理やアイディアの発想を目的としたカード操作を計算機で行うためのソフトウェアである小山らの「KJ エディタ」³⁾ や, KJ 法の過程を図的思考展開過程としてとらえた対話型支援システムである三末らの「D-ABDUCTOR」⁴⁾ や, 知識工学指向の知識整理支援システムである CONSIST⁵⁾, さらに, 海外では収束的思考における意思決定支援システムである Ramanathan ら⁶⁾ の AHP, また, 最近では, 大橋ら⁷⁾ の “DiamondTouch-Table” を用いた計算機型 KJ 法支援システムや Web ベースでアイディアの収集および共有, 発想法に至るまで知の循環を支援する発想一貫支援システム GUNGEN-SPIRALII⁸⁾ など様々なものが発表されている。しかし, 以上に概観したいずれのシステムにおいても, 発想支援において取り扱う知識の属性や叙述を掘り下げて分析することはしていない。本研究では, オントロジー工学の手法を参考に, 知識の属性情報や叙述を掘り下げて分析したうえで目的語ツリーを構築している。それを構造化俯瞰図に適用することによって, 構造化俯瞰図に視点変化や新たな視点を生み出している。

3. 研究の目的およびコンセプト

本研究では、オントロジー工学の手法を参考に構築した目的語ツリーを構造化俯瞰図に適用することによって、構造化俯瞰図に視点変化や新たな視点を生み出す発想支援システムについて提案する。具体的には、別の知識グループに所属する知識どうしをこの目的語彙ツリーの目的語（キーワード）でリンクを結ぶことにより、知識グループをまたぐ形で一連の連結した知識の流れを自動参照（ハイライト）することが可能となる。この結果、1つの知識グループの知識だけで考えていたときには導出できなかった新たな知識を得ることが期待できる。まず次節で構造化俯瞰図について述べ、3.2節で本研究のコンセプトについて述べる。

3.1 構造化俯瞰図

知識の構造化とは、知識と知識の関係性を明らかにしたうえで構造的に知識を表現することである⁹⁾。筆者らはこの概念を応用し、知識間に関係性を持たせることにより、知識を構造化して俯瞰表現する構造化俯瞰図を提案した。具体的には、知識間の関係性を意味付けしたうえで複数の知識をネットワーク的につなげていくような形で俯瞰表現する。なお、構造化俯瞰図の作成方法については、筆者の既発表の論文²⁾で公開されている。そして、この構

造化俯瞰図により課題解決などの発想支援を行う。

3.2 目的語ツリー構築アルゴリズム

目的語ツリーを構築するまでの流れについて図1を基に下記①～⑦のとおり説明する。なお、下記①～④については自動で処理がなされ、⑤～⑦については作業（例：6章の被験者）で処理（本システムを使用した作業や修正など）がなされる。

- ① ドキュメントなどの基知識を句読点単位でのセンテンスに分割する。
- ② 分割したセンテンスから、自立語（単独で文節となる語）である、「名詞（連体詞も含む）」、「動詞（副詞も含む）」および「形容詞（形容動詞も含む）」を「動詞＋対象物（名詞）」および「形容詞＋対象物（名詞）」というユニットとして抽出する。
- ③ ユニットから対象物（名詞）、動詞および形容詞を抽出する。
- ④ 抽出した対象物（名詞）、動詞および形容詞を統一化する。これは、たとえば「美しく」、「美しい」および「美しさ」といった同様の意味をなす複数の表現を1つに統一（この場合は「美しい」に統一）することであり、この作業は作業により行われ、用語の揺れをなくすことによって、用語の本質的な「動作」や「表現」などを表すものに

表3 目的語に付与する属性情報一覧

Table 3 Attribute information list given to object.

関係名称等	関係名称等略称	概要
Part	Par	目的語の属性情報（sub）であり、目的語の一部であることを表す。
Work	Wor	目的語の属性情報（sub）であり、目的語の動作を表す。
Express	Exp	目的語の属性情報（sub）であり、目的語の表現を表す。
Attribute	Att	目的語の属性情報（sub）であり、目的語の概念であることを表す。
Subject	Sbj	目的語の属性情報（sub）であり、叙述を表現するうえでの主語であることを表す。
Object	Obj	目的語の属性情報（sub）であり、叙述を表現するうえでの目的語であることを表す。
Number	Num	目的語及び sub が、他の目的語と関係性を持つ場合の個数制約を表す。つまり、制限すべき個数以上の関係性を持つことにより、元々の意味が変わってしまうことを防ぐために用いる。
Class	Cla	目的語の属性情報が基本的に属する概念情報を総称したもの。例えば、図1の申請書は、目的語の属性情報であるという以前に、書面という概念（class）に属する情報であることを意味する。
Value	Val	目的語の重さや長さなどの“値”を表す。
Others	Oht	本表に掲げる関係名称以外のものを自由記述で表す。

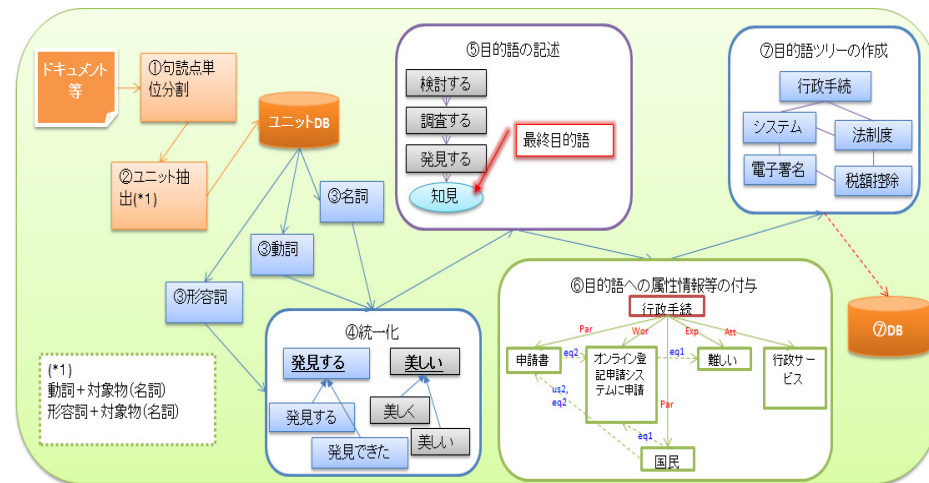


図1 目的語ツリー構築アルゴリズム

Fig. 1 Object tree construction algorithm.

17 オントロジー工学の手法を参考に構築した目的語ツリーの構造化俯瞰図への応用に関する研究

表 4 目的語と Sub 間、もしくは sub 同士の間における関係性を表すリレーション一覧
Table 4 Relation list that shows relation.

Sub-Relation	目的語と Sub 間、若しくは sub 同士の間における関係性を表すリレーション。Sub-Relation の種類は以下のとおりである。
▪eq(Equal)	2 つ以上の知識において、数量・程度などが相等的状態を表す。また、同じ叙述に属する知識であることも表す。
▪df(Different)	2 つ以上の知識が違う状態であることを表す。
▪lt(Larger than)	有向ラベル付きグラフに基づく矢印の先の知識が矢印の元の知識よりも大きい状態を表す。
▪us(Use)	有向ラベル付きグラフに基づく矢印の先の知識が矢印の元の知識を使用している状態を表す。
▪po(Positive)	2 つ以上の知識の関係が良好な状態であることを表す。
▪ne(Negative)	2 つ以上の知識の関係が良好ではない状態であることを表す。
▪ex (EXTREMUM)	有向ラベル付きグラフに基づく矢印の先の知識が矢印の元の知識の最大である状態を表す。
▪ot(OTHERS)	上記のリレーション以外のものを自由記述で表す。
Concept-Relation	目的語同士の間における関係性を表す。Concept-Relation の種類は Sub-Relation と同じである。

置き換えることである。

- ⑤ 統一化された用語の詳細や構造を掘り下げて分析する。具体的には、関連する動詞や形容詞を一連の流れに沿って並べる（例：調査する ⇒ 検討する ⇒ 発見する）。もし複数の流れが定義された場合は、その作業グループの主幹の視点によってしかるべき一連の流れを決定する。そして、この一連の流れに着目しながら、並べられた用語（例：「調査する ⇒ 検討する ⇒ 発見する」）の最終目的語（例：知見）を記述する。
- ⑥ 前項で抽出された目的語をさらに掘り下げてその本質を表す。具体的には、表 3 に掲

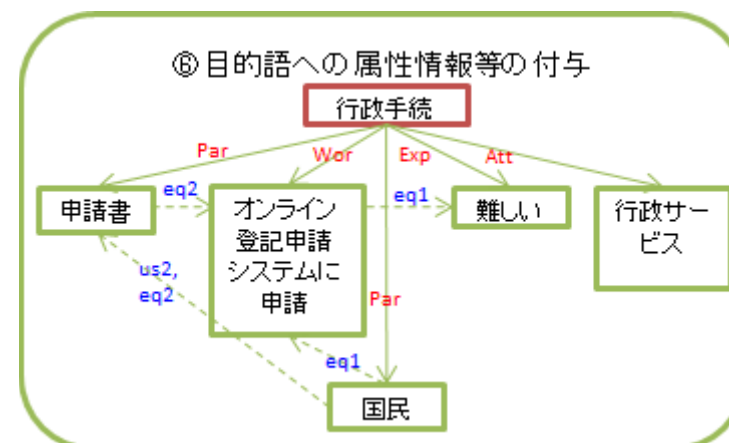


図 2 図 1 中の“⑥目的語への属性情報等の付与”部分を拡大したイメージ
Fig. 2 Image that expands giving part of attribute information etc. to ⑥ object in Fig. 1.

げる属性情報および表 4 のリレーションを目的語に付与することにより、目的語が持つ属性情報と叙述を明らかにする。なお、この理論には、RDF のリソース表現フレームワーク^{10)–13)} および有向ラベル付きグラフの概念を応用した。図 1 中の“⑥目的語への属性情報等の付与”部分（図 2）を例に説明すると、「行政手続き」という目的語は、属性情報として「申請書および国民（Part）」、「オンライン登記申請システムに申請する（Work）」、「難しい（Express）」および「国民サービス（Attribute）」を持っている。次に、目的語の持つ叙述（Statement）の表現法について述べる。図 1 中の“⑥目的語への属性情報等の付与”部分では 2 つの叙述が存在する。1 つめは、「国民がオンライン登記申請システムに申請することは難しい」というものであり、これは、「国民」、「オンライン登記申請システムに申請する」および「難しい」という属性情報が、有向ラベル付きグラフの概念に基づき、「eq1（Equal，同等）」で結ばれて表現されていることから成り立つ。また、同様に「国民」と「申請書」が、点線矢印で「us2（Use）」で結ばれており、これは、「国民が申請書を使用する」という叙述が成り立つ。なお、1 つの目的語において、2 つ以上の叙述が存在する場合は、関係名称略称（表 4）の後に“数字”を付与してそれらの差別化を行う。つまり、今回の例では、eq1 で結ばれているものが 1 つめの叙述であり、eq2 で結ばれているものが 2 つめの叙述である。さら

```

- <CONCEPT id="99999_c1">
  <LABEL>行政手続き</LABEL>
  <SUB_LABELS />
  <SUBS>
    - <SUB id="99999_s1" label="申請書" kind="par" num="1*" class="書面" value="">
      </SUB>
    - <SUB id="99999_s2" label="オンライン登記申請システムに申請する" kind="wor"
      num="1*" class="申請する" value="">
      </SUB>
    - <SUB id="99999_s3" label="国民" kind="par" num="1*" class="人間" value="">
      </SUB>
    - <SUB id="99999_s4" label="難しい" kind="exp" num="1*" class="難しい" value="">
      </SUB>
    - <SUB id="99999_s5" label="行政サービス" kind="att" num="1*" class="行政サービス" value="">
      </SUB>
  </SUBS>
- <SUB-RELATIONS>
  - <Sub-Relation id="99999_sr1" label="eq 1">
    <SR label="class">行政手続き$国民</SR>
    <SR label="class">行政手続き$オンライン登記申請システムに申請する</SR>
    <SR label="class">行政手続き$難しい</SR>
  </Sub-Relation>
  - <Sub-Relation id="99999_sr2" label="eq2">
    <SR label="class">行政手続き$国民</SR>
    <SR label="class">行政手続き$申請書</SR>
    <SR label="class">行政手続き$オンライン登記申請システムに申請する</SR>
  </Sub-Relation>
  - <Sub-Relation id="99999_sr3" label="us2">
    <SR label="class">行政手続き$国民</SR>
    <SR label="class">行政手続き$申請書</SR>
  </Sub-Relation>
</SUB-RELATIONS>

```

図 3 図 1 中の“⑥目的語への属性情報等の付与”部分を XML 形式で表現した例

Fig. 3 Example of having expressed giving part of attribute information etc. to ⑥ object in Fig. 1 by XML form.

に、図 3 は、図 1 中の“⑥目的語への属性情報等の付与”部分を XML 形式で表現したものである。

⑦ 前項(⑥)で属性情報および叙述を付与された目的語を、上下階層を持つツリーに構

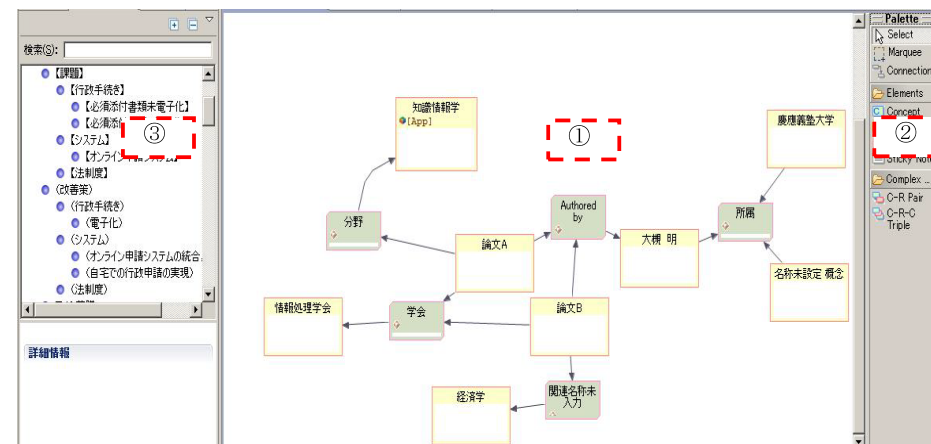


図 4 オントロジー工学の手法を参考にする形で構築した目的語ツリーを備える Hio(Highangle Ontology) ツール

Fig. 4 Hio (Highangle Ontology) tool that has object tree constructed in shape to refer to technique of ontology engineering.

成したうえで DB に格納する(図 4 の③)。このツリーを目的語ツリーと呼ぶ。なお、どのような上下階層のツリーに構成するかについては、作業者またはその作業者を取り巻く環境によって変わると考えるため、この上下階層の並び順は、その作業グループの主幹の視点によって決定される。また、図 1 の⑦の情報は、本アルゴリズムにより構築される目的語ツリーのイメージである。

4. 評価実験にて実証する題材

評価実験で実証する題材として、「オンライン行政手続きの利用促進策の検討」を設定した。これは、IT 戦略本部(内閣府)が決定した「IT 新改革戦略」において、国・地方公共団体に対する申請・届出など手続きにおけるオンライン利用率を 2010 年度までに 50%以上とする」という目標に対し、2007 年時点ではその利用率はきわめて低い状況¹⁴⁾に対して、その打開策などについて検討するものである。

5. システム概要

5.1 実装概要

本研究を具現化するツールを図 4 のとおり構築した。本論文ではこのツールを Hio

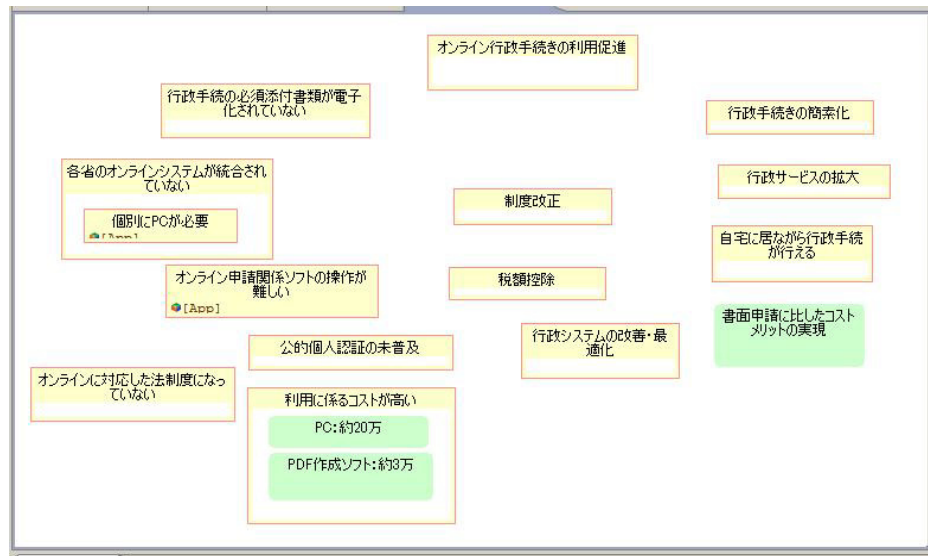


図 5 4 章のテーマに基づき 5 章の被験者が知識を表出した状態 (一例)

Fig. 5 The testee in Chapter 5 expressed knowledge based on the theme in Chapter 4.

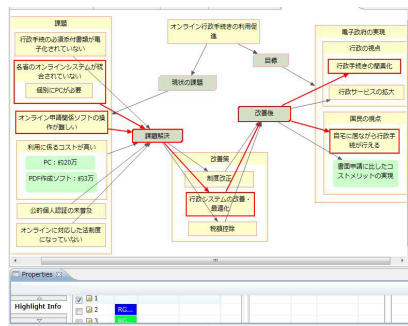


図 6 行政手続きに係るシステムに視点を置いた (赤ハイライト) 構造化俯瞰図の例

Fig. 6 Example of structured highangle where aspect was put on system that lies administrative procedure (red highlight).

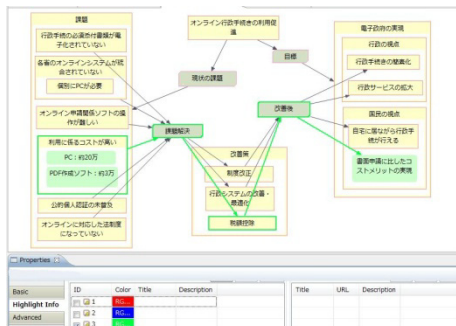


図 7 コストに視点を置いた (緑ハイライト) 構造化俯瞰図の例

Fig. 7 Example of structured highangle where aspect was put on cost (green highlight).

(Highangle Ontology) と呼ぶ。Hio のプラットフォームは Windows であり, Eclipse GEF の Shapes を拡張する形で構築した。具体的には, 「エディタ部 (図 4 の①)」、「プロパティや強調表示等の詳細操作部」、「パレット部 (図 4 の②)」から構成される。そして, このエディタにパレットからユニットやユニットセットなどを自由に描画することによって, 知識の効果的な表出, および, 表出された知識のとりまとめを可能にする。さらに, 前述のオントロジー工学の手法を参考に用いる形で構築した目的語ツリー (図 4 の③) を備えており, この目的語ツリーの目的語を構造化俯瞰図に適用することにより, 構造化俯瞰図に視点変化や新たな視点を生み出す。この視点変化については次節で述べる。

5.2 機能概要および構造化俯瞰図の視点変化

Hio の機能である構造化俯瞰図の視点変化について説明する。図 5 は, 被験者が 4 章の

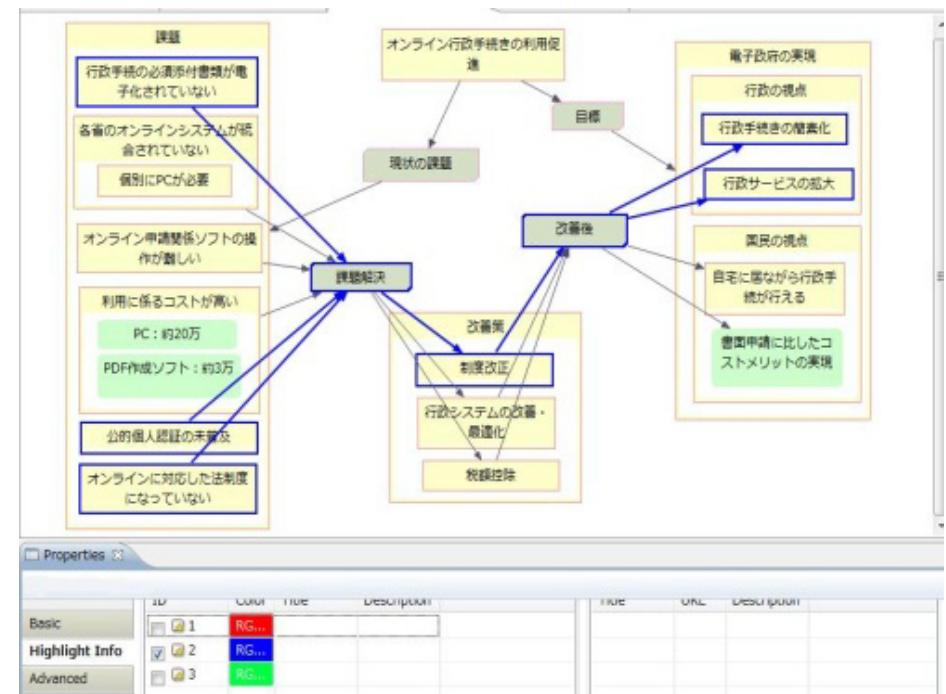


図 8 法制度に視点を置いた (青ハイライト) 構造化俯瞰図の例

Fig. 8 Example of structured highangle where aspect was put on legal system (blue highlight).

20 オントロロジー工学の手法を参考に構築した目的語ツリーの構造化俯瞰図への応用に関する研究

表 5 評価実験用の元情報と解決案のパターン

Table 5 Radical information for assessment experiment and pattern of settlement plan.

項	元情報	解決案			
		第 1 レベル	第 2 レベル	第 3 レベル	第 4 レベル
1	・オンライン登記申請が利用されない原因を分析した資料	①-1 申請時に使用するシステムの問題点の指摘	①-2 申請書作成支援ソフトの問題点の指摘	①-3 申請時に使用するシステムの簡素化に関する提案	①-4 各省庁のオンラインシステムの基盤整備に係る提案
	・書面申請とオンライン登記申請システムとの仕様比較資料	①'-1 法務省オンラインシステムの問題点の指摘	①'-2 法務省オンラインシステムにおける準備の簡易化に関する指摘	①'-3 全国の登記システムの改善に関する提案	①'-4 登記識別情報の社会的活用に関する提案
	・電子証明書(公的個人認証及び資格者認証)関係資料				
2	・登記事項の表題部の種類変更に関する資料一式	②-1, ②'-1 農地転用許可証の電子化に関する指摘	②-2 地籍属領図データの XML 対応に関する指摘	②-3 地籍測量図作成ソフトの実現に関する提案	②-4 地籍測量図のデータベース化に関する提案
			②'-2 自治体や企業等が発行する各種証明書の電子化に関する指摘	②'-3 GPKI と LGWAN 及び民間認証局等の連動に関する提案	②'-4 認証基盤に関する改善策の提案
3	・登記申請時の納税に関する資料一式	③-1 現状の納税の仕組みに対する課題に関する指摘	③-2 登録免許税の税額控除に関する指摘	③-3 登記情報提供サービスの利用料金値下げの提案	③-4 登記事項証明書の交付手数料の値下げに係る提案
	・他の行政手続き時の税額に関する資料一式				
4	・甲号申請に係るオンライン登記申請の書類一式	④-1 行政手続きの簡素化に関する指摘	④-2 任意添付書類の簡素化に関する指摘	④-3 法第 93 条調査書の添付による任意添付書類の簡素化に関する提案	④-4 調査報告書(法第 93 条)の社会的利活用に関する提案

題材の解決案を発想するために表出した知識の一部(一例)を表した状態である。そして、図 6、図 7、図 8 は、図 5 の知識を構造化俯瞰図として表現したものである。なお、図 6～図 8 は、視点変化の説明のために、被験者が作成した俯瞰図の一部のみを表示している。ど

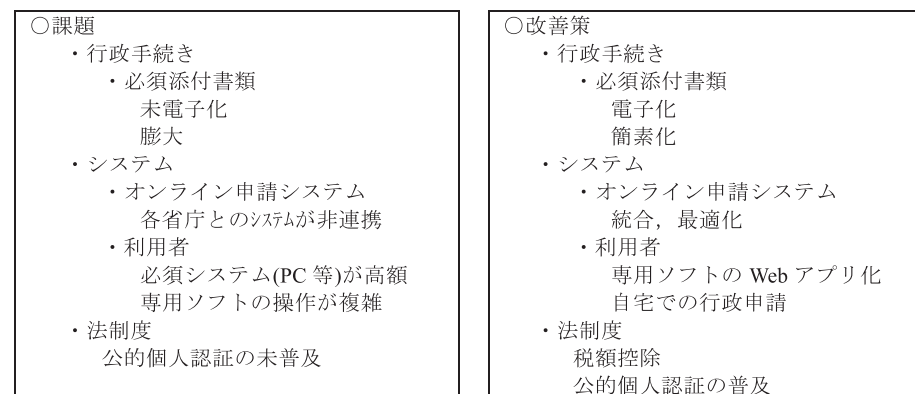


図 9 3 章のアルゴリズムに基づき表 5 の各種情報を目的語ツリー化したイメージ

Fig. 9 Image that makes various information in Table 5 object tree based on algorithm in Chapter 3.

の図も題材(オンライン行政手続きの利用促進)に対する課題知識群(現状の課題), その課題に対する解決策知識群(課題解決), さらには, その解決策実行後の状況知識群(改善後)にそれぞれグループ化している。グループ化は, 関係する知識を入れ子に集約する形で実現している。さらに, 被験者が 3.2 節のアルゴリズムに基づき表 5 の情報を目的語ツリー化したものが図 4 の③および図 9 である。なお, 図 4 の③は, 実際に被験者が作成した目的語ツリーを表記しており, 図 9 は目的語ツリーから得られた情報を編集したものである。このツリーの目的語を構造化俯瞰図の知識(ノード)にタグ付けすることにより視点変化を実現する。図 6～図 8 は同じ内容の構造化俯瞰図であるが, あらかじめ目的語ツリーから“システム”, “コスト” および“法制度”という目的語を知識にタグ付けしており, “システム”の目的語がタグ付けされている知識をハイライトしたものが図 6, “コスト”の目的語がタグ付けされている知識をハイライトしたものが図 7, “法制度”の目的語がタグ付けされている知識をハイライトしたものが図 8 である。このように構造化俯瞰図の知識群(課題グループや解決策グループ)に横串を刺す形で, 「システム」, 「コスト」, 「法制度」という視点変化を構造化俯瞰図に与えることができる。この機能を使用することにより, 課題グループや解決策グループの中の知識だけで考えていたときには導出できない新たな知識を得るといった発想支援的な効果が期待できる。

6. 評価実験

6.1 評価実験の概要

構造化俯瞰図（ツール）と Hio を比較実験することにより、構造化俯瞰図に目的語ツリーを適用しない場合に比べて、目的語ツリーを適用した場合の優位性について検証した。この実験は、実際の現場で発生している具体的課題の解決案を検討することで行った。具体的には、あらかじめ 4 章の課題に係る解決案（解決の手順、方法、知見など）とその元情報（資料など）を 4 通り準備し（表 5）、この元情報から解決案への到達度を比較することにより検証を行った。表 5 は、元情報とそれに対応する解決案をまとめたものであるが、元情報の中でも代表的な資料のみを例示している。また、到達度はレベル 1～4（第 1 レベルは到達度がより低く、第 4 レベルは到達度がより高い）に分類されている。元情報や解決案の準備およびそれらのレベル付けに関しては、日本土地家屋調査士会（東京都文京区、以下「日調連」）の主任クラスの職員（以下、「専門職員」という）の協力を得て行った。日調連は、法務省参加の資格者団体であり、オンラインを含む登記申請を専門としており、4 章の題材に係る専門知見を有しているため、以上に述べる情報の準備やレベル付けには十分な信頼性が存在する。また、到達度の評価（レベル付け）は、各グループが導出した解決案を専門職員が評価および分析することにより行った。最後に、6.2 節の被験者で課題 1 つごとに会議を 3 時間程度開催した。つまり、全グループにおいて Hio および構造化俯瞰図を使用した時間はそれぞれ 24 時間であった。

6.2 評価実験の被験者および評価実験の比較内容

本研究を実際のプロジェクトにおいて実証するため、知識創造を行うグループ A～E（1 グループ 5 名）を組成した。なお、各グループには主幹（作業の管理者）が 1 名ずつ含まれている。各グループは表 5 の 4 つの題材について、Hio と構造化俯瞰図を交互に使用することで実験した（表 6）。被験者の男女の別は、グループ A、B、E は 5 名とも男性、C は男性 3 名、女性 2 名、D は、男性 4 名、女性 1 名である。年齢層は、グループ A、C が 20 代～30 代、グループ B、D が 20 代～40 代、グループ E が 30 代～50 代である。また、被験者全員が本作業を行うのに最低限必要な知識を有している。最後に、評価実験の概要を次の (1)～(3) のとおりまとめる。

- (1) 複数のグループが同じツールで同じ題材を実験した場合の、解決案への到達度を比較検証する。
- (2) 同じグループが複数の題材を同じツールで実験した場合の、解決案への到達度を比

表 6 被験者グループ、題材および使用ツール一覧

Table 6 Testee group, theme, and use tool list.

グループ	題材 1	題材 2	題材 3	題材 4
A	Hio	構造化俯瞰図	Hio	構造化俯瞰図
B	構造化俯瞰図	Hio	構造化俯瞰図	Hio
C	Hio	Hio	構造化俯瞰図	構造化俯瞰図
D	構造化俯瞰図	構造化俯瞰図	Hio	Hio
E	使用せず	使用せず	使用せず	使用せず

表 7 Hio と構造化俯瞰図における解決案への到達度比較

Table 7 Attainment level comparison in Hio and structured highangle to settlement plan.

グループ	題材 1		題材 2		題材 3		題材 4	
	Hio	構造化俯瞰図	Hio	構造化俯瞰図	Hio	構造化俯瞰図	Hio	構造化俯瞰図
A	レベル 3			レベル 3	レベル 2			レベル 2
B		レベル 3	レベル 4			レベル 2	レベル 3	
C	レベル 3		レベル 3			レベル 2		レベル 3
D		レベル 2		レベル 3	レベル 3		レベル 4	
平均	レベル 3	レベル 2.5	レベル 3.5	レベル 3	レベル 2.5	レベル 2	レベル 3.5	レベル 2.5
E	レベル 3		レベル 4		レベル 3		レベル 4	

較検証する。

- (3) 最後に、グループ E のみが 4 章の課題に対する専門知識を有しており、このグループ E と比較することによって、専門知見を持たない被験者が、Hio を使用することによってどれだけ専門知見を有する者に近づけたのかを評価する。なお、グループ E は、元情報、解決案の準備およびそれらのレベル付けを行った専門職員とは違う専門家で構成されている。

6.3 評価実験の結果および考察

6.3.1 元情報から解決案への到達度比較

構造化俯瞰図との解決案への到達度比較による Hio の優位性について述べる。グループ A～E における解決案への到達度を比較したものが表 7 である。なお、同表では表 5 において①と①'のように 1 つの題材に複数のサブ題材がある場合は、それらの平均到達度レベルをその題材の到達度とした。表 7 を基に上記 6.2 節の述べる 3 つの比較内容の結果を下

記(1)~(3)に述べたうえで、6.3.2 項で Hio の優位性について考察する。

(1) 複数のグループが同じツールで同じ題材を実験した場合の到達度比較

題材 1 において、Hio を使用したグループ A、C の到達度が 3 と 3 で平均が 3 であるのに対し、構造化俯瞰図を使用したグループ B、D は 3 と 2 で平均は 2.5 であり、Hio の方が到達度が高かった。次に、題材 2 においても、Hio を使用したグループ B、C の到達度が 4 と 3 で平均が 3.5 であるのに対し、構造化俯瞰図を使用したグループ A、D は 3 と 3 であり、平均は 3 であるため、Hio の方が到達度が高かった。次に、題材 3 においても、Hio を使用したグループ A、D の到達度が 2 と 3 で平均が 2.5 であるのに対し、構造化俯瞰図を使用したグループ B、C は 2 と 2 と平均は 2 であり、Hio の方が到達度が高かった。最後に、題材 4 においても、Hio を使用したグループ B、D の到達度が 3 と 4 で平均は 3.5 であるのに対し、構造化俯瞰図を使用したグループ A、C は 2 と 3 と平均は 2.5 であり Hio の方が到達度が高かった。以上、同じ題材を実証した結果では、いずれのグループにおいても、構造化俯瞰図を使用した場合よりも Hio を使用した方が到達度が高かった。

(2) 同じグループが複数の題材を同ツールで実験した場合の到達度比較

グループ A は Hio を使用した題材 1、3 の到達度が 3 と 2 で平均が 2.5 であるのに対し、構造化俯瞰図を使用した題材 2、4 の到達度は 3 と 2 で平均は 2.5 であり、Hio および構造化俯瞰図ともに到達度は同じであった。次に、グループ B は、Hio を使用した題材 2、4 の到達度が 4 と 3 で平均が 3.5 であるのに対し、構造化俯瞰図を使用した題材 1、3 の到達度は 3 と 2 で平均は 2.5 であり、Hio の方が到達度が高かった。次に、グループ C は、Hio を使用した題材 1、2 の到達度が 3 と 3 で平均が 3 であるのに対し、構造化俯瞰図を使用した題材 3、4 の到達度は 2 と 3 で平均は 2.5 であり、Hio の方が到達度が高かった。最後に、グループ D は、Hio を使用した題材 3、4 の到達度が 3 と 4 で平均が 3.5 であるのに対し、構造化俯瞰図を使用した題材 1、2 の到達度は 2 と 3 で平均は 2.5 であり、Hio の方が到達度が高かった。以上、同グループが複数の題材を同ツールで実験した結果では、グループ A を除き、構造化俯瞰図を使用した場合よりも Hio を使用した方が到達度が高かった。

(3) 題材に対する専門知見を有する者との比較

最後に、専門知見を有するグループ E において、レベル 4 まで達しなかったのは題材 1 と 3 であるが、題材 1 で Hio を使用したグループ A、C の平均到達度は 3 であり、専門知見を持つグループ E と同じ到達度であった。その他についても、題材 2、3、4

表 8 アンケート結果
Table 8 Result of the questionnaire.

回答数	回答
【利点】	
6	構造化俯瞰図よりもノード間に意味付けしたリレーションを挿入することにより、全体を俯瞰したイメージを作成できることに優れている。
6	専門知見（資料）だけを渡された場合はどの資料から見れば皆目見当がつかないが、資料を構造的に整理したり俯瞰的に分析することにより、課題解決案を検討するにあたりどの資料を見ればよいか、又は不足する知識をどこで調べればよいか分かりやすくなったり、専門知見の理解度が向上したりした。この構造的に資料を俯瞰表現することは構造化俯瞰図では実現し辛い。
5	俯瞰表現した知識情報を視点変化させることにより、視野が拡大し幅広い分析が行えた。この視点変化や俯瞰図への新たな視点の付与は、構造化俯瞰図では実現し辛いと思う。
3	ノードを入れ子に出来るので、関連する知識をグループ化し易い。
【欠点】	
5	多くの知識が散在し、その中で多くの関係性が存在した場合に、リレーションの意味付けに苦慮した。
4	あるノードが複数のグループに所属する場合に、同じノードをそれぞれのグループ内に入れ子として作成した。
3	普通のノードとリレーションノードの形状が共に四角であるため区別し辛い。
8	回答なし

でグループ E の到達度がそれぞれ「4」、「3」、「4」であるのに対し、Hio を使用したグループの平均到達レベルがそれぞれ「3.5」、「2.5」、「3.5」であり、グループ E に近い結果であった。

6.3.2 考 察

6.3.2.1 元情報から解決案への到達度比較による Hio の優位性

6.3.1 項の(1)~(3)の結果および表 7、表 8、表 9 を基に Hio の優位性について考察する。なお、表 8 は何もツールを使用していないグループ E を除く全被験者（20 名）に対し、構造化俯瞰図を使用した場合に比して Hio を使用した場合の利点と欠点についてお答えください、というアンケート（全員がすべての質問に回答する形式）をとった結果である。まず、題材 1 はシステムに関する専門知識を有する内容であり、題材に関する専門知識

表 9 目的語ツリーを構築するのに要した時間
Table 9 Time required to construct object tree.

グループ	題材 1	題材 2	題材 3	題材 4
A	21 分(12%)		18 分(10%)	
B		35 分(19%)		23 分(13%)
C	25 分(14%)	24 分(13%)		
D			20 分(11%)	30 分(17%)

()内は全作業時間 (3 時間の会議) に占める目的語ツリーの構築に要した時間の割合 (%)

を有するグループ E でもレベル 4 までの到達ができなかったものと思料する。そして、同じ題材 1 において Hio を使用したグループ A, C の平均は 3 であり、グループ E と同じ到達度 (レベル) であった。また、すべての題材において、Hio を使用したグループは構造化俯瞰図を使用したグループよりも高い到達度を実現していた。これらの理由は、発想に係る元情報 (表 5) を構造的に整理できたことや、さらには、目的語ツリーを構造化俯瞰図に適用することにより、同図に新たな視点を付与することが可能となり、利用者の視点に沿う分析が行えるようになったことに起因するものと考ええる。

また、表 9 は、グループ A ~ E が題材 1 ~ 4 においてそれぞれ目的語ツリーを構築するのに要した時間の一覧表であるが、すべてのグループにおいて、目的語ツリーを構築した時間は 35 分以内であった。題材 1 つにおける会議の時間は 3 時間であるため、会議全体の作業時間に占める目的語ツリー構築に要した時間の割合はいずれのグループも 20% 以内であったということになる。つまり、全作業の 1/5 を目的語ツリーの構築に割り当てることによって、表 7 のとおり、目的語ツリーを構築しない場合に比べて到達度レベル (平均) が 0.5 ~ 1 向上した点や、さらには、6.3.2.2 のとおり、目的語ツリーを構築しない場合では思いつくことができなかった新たな知識を得ることができたという発想支援的な効果が認められた点で、目的語ツリーの作成コストに比して、それを利用してタスクを遂行することで得られるメリットの方が大きいと考える。

6.3.2.2 事例検証による考察

6.3.2.1 におけるレベルの比較だけでは把握できない効果も分析するために、構造化俯瞰図だけでは得られなかったアイデア (知識) が、Hio によってどのように得られたかについて分析した。具体的には、被験者の代表的な例として、題材 1 で構造化俯瞰図を使用したグループ B の被験者 1 名に、同じ題材 1 で今度は Hio を使って同様の発想をしてもらい、新たなアイデア (知識) が、Hio によってどのように得られたかについて分析した。なお、

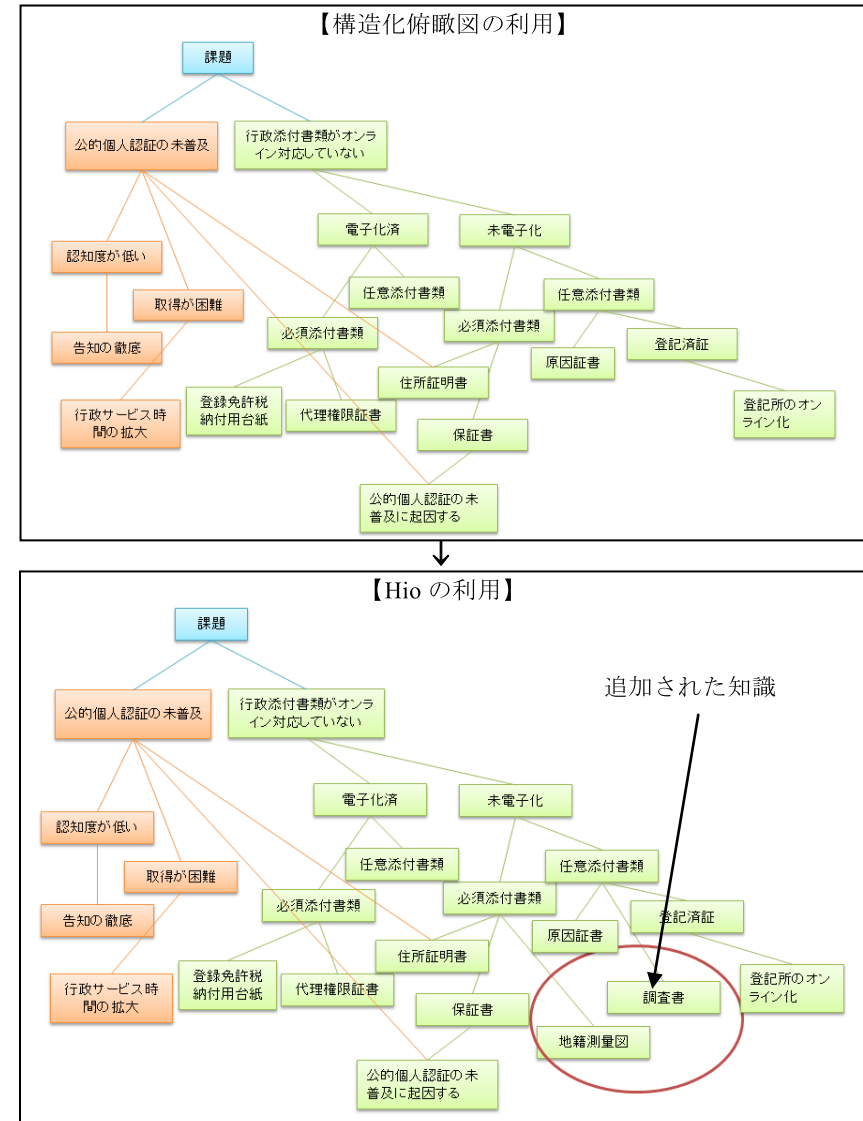


図 10 構造化俯瞰図では得られなかったアイデアが Hio によって得られたイメージ
Fig. 10 Image to obtain idea not obtained in structured highangle by Hio.

図 10 は、実際に被験者が作成した情報から、図 8 の「課題グループ」に相当する情報を筆者が編集して表記したものである。図 10 の丸で囲まれた箇所に示すように、「地籍測量図」、「調査書」が Hio を使用することにより新たに表出された知識である。この知識の意味を被験者に確認したところ、「地籍測量」および「調査書」を電子化することにより、登記所で備え付けている法第 17 条地図の整備が促進され、結果的には国民サービスが向上する」という内容であった。この「地籍測量図」、「調査書」という知識は、構造化俯瞰図だけで作業していたときには導出できなかったものであり、これらの知識が新たに導出できた理由は、Hio により図 8 のとおり俯瞰マップの知識群（課題グループや解決策グループ）に横串を刺す形で、「行政サービスの拡大」を実現するための「制度改正」という一連の連結した知識の流れを Hio が自動で参照（ハイライト）することにより、課題グループの知識だけで考えていたときには導出できなかった新たな知識を得ることができた。このように、新たな知識を思い付くことができたという点で、発想支援的な効果が認められる。

7. おわりに

本研究では、オントロジー工学の手法を参考にして構築した目的語ツリーを構造化俯瞰図に適用することにより、同図に新たな視点や視点の変化を生み出す新たな発想支援システムについて提案した。そして、目的語ツリーを適用しない従来の構造化俯瞰図と比較検証することにより本研究の優位性について検証した。なお、その検証には実際のプロジェクトにおける課題を題材として 4 つ準備し、その題材に係る解決案と元情報（解決案の基データ）を専門家の介入によりあらかじめ準備し、元情報から解決案への到達度を比較することで検証した。その結果、目的語ツリーを適用していない従来の構造化俯瞰図を使用した被験者に比べて、目的語ツリーを適用した構造化俯瞰図を使用した被験者の方が、4 つの題材すべてにおける解決案への到達度が高かった。また、同題材に関する専門知識を有する被験者に近い到達度を実現できた。さらに、構造化俯瞰図だけで作業していたときには導出できなかった新たな知識を、Hio を使用することで得ることができた。今後は、検証の過程で明確となった課題への対応や、表出された知識や新たに発想された知識単位で分析を行うなど、より細部にわたる有効性について検証していきたい。

参 考 文 献

1) 國藤 進：発想支援システムの研究開発動向とその課題，人工知能学会誌，Vol.8, No.5, pp.552-559 (1993).

- 2) 大槻 明，岡田謙一：組織戦略立案及び課題解決時におけるナレッジマネジメントを応用した新知識創造支援，日本創造学会論文誌，Vol.12, pp.60-69 (2009).
- 3) 小山雅庸，河合和久，大岩 元：カード操作ツール KJ エディタの実現と評価，日本ソフトウェア科学会，コンピュータソフトウェア，Vol.9, No.5, pp.38-53 (1992).
- 4) 三末和男，杉山公造：図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について，情報処理学会論文誌，Vol.35, No.9, pp.1739-1749 (1994).
- 5) 篠原靖志：知識整理支援システム CONSIST-II：CONSIST の評価と改良について，人工知能学会誌，Vol.8, No.5, pp.593-600 (1993).
- 6) Ramanathan, R. and Ganesh, L.S.: Group Preference Aggregation Methods employed in AHP: An evaluation and an intrinsic process for deriving members' weights, *European Journal of Operational Research*, Vol.79, pp.249-265 (1994).
- 7) 大橋 誠，伊藤淳子，宗森 純：テーブルトップインタフェースを用いた直接操作による発想支援システムの提案，IPSJ-DBS08144012, Vol.2008, No.7, pp.71-76 (2008).
- 8) 福田裕士，宗森 純，伊藤淳子：Web ベース発想一貫支援システム GUNGEN-SPIRAL II の開発，IPSJ-DPS09141021, Vol.2009-DPS-141, No.21, pp.1-8 (2009).
- 9) 松本洋一郎：情報の価値化・知識化技術の実現へ向けて 1. 学術創成としての知の構造化—東京大学工学系研究科における試み，IPSJ Magazine, Vol.48, No.8 (2007).
- 10) Klyne, G. and Carroll, J. (Eds.): Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax, W3C Recommendation (2004).
- 11) Beckett, D. (Ed.): RDF/XML Syntax Specification (Revised), W3C Recommendation (2004).
- 12) Brickley, D. and Guha, R.V. (Eds.): RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, W3C (2004).
- 13) Lassila, O. et al.: Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification, W3C Recommendation (Obsolete) (1999).
- 14) 大槻 明：オンライン行政手続普及促進モデルに関する研究，早稲田大学 GITS 紀要論文 2006-2007, pp.198-208 (2007).

(平成 22 年 9 月 13 日受付)

(平成 23 年 1 月 10 日採録)

(担当編集委員 伊川 洋平)



大槻 明（正会員）

2010 年慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程卒業．東京大学特任研究員を経て，現在，お茶の水女子大学講師．専門は学術俯瞰や俯瞰図を使用した発想支援等．



岡田 謙一（フェロー）

慶應義塾大学理工学部情報工学科教授，工学博士．専門は，CSCW，グループウェア，ヒューマン・コンピュータ・インタラクション．情報処理学会誌編集主査，情報処理学会論文誌編集主査，情報処理学会 GW 研究会主査，日本 VR 学会理事，日本 VR 学会 CS 研究委員会委員長等を歴任．現在，情報処理学会理事，情報処理学会 IE 領域委員長，電子情報通信学会 HB/KB 幹事長．情報処理学会論文賞（1996，2001，2008），情報処理学会 40 周年記念論文賞，IEEE SAINT '04，ICAT '07 最優秀論文賞等を受賞．IEEE，ACM，電子情報通信学会，人工知能学会各会員．