

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	科学技術文献データベースから構成される共著ネットワークを用いたプロジェクト型研究活動の分析 ~ h-Index先行指標としての媒介中心性に注目して~
Title(English)	
著者(和文)	藤田正典
Author(English)	Masanori Fujita
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11408号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山村 雅幸,出口 弘,三宅 美博,小野 功,石井 秀明,吉川 厚,寺野 隆雄
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11408号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

令和元年度 博士論文

科学技術文献データベースから構成される
共著ネットワークを用いた
プロジェクト型研究活動の分析

～h-Index 先行指標としての媒介中心性に注目して～

東京工業大学大学院
総合理工学研究科
知能システム科学専攻

指導教官： 山村 雅幸 教授
 寺野 隆雄 教授
氏名： 藤田 正典

要旨

本研究では、プロジェクト型研究における研究者の評価指標の一つとして、科学技術文献データベースから構成される「共著ネットワークの媒介中心性」を提案する。研究活動や研究者を評価するにあたっては、h-Indexなどの論文被引用系指標がしばしば用いられるが、これらの指標は公表した論文が他の論文から引用された後に得られる遅行指標であり、研究実績の乏しい若手研究者を十分に評価することは困難であるとされる。一方、論文被引用指数以外に評価方法として、ピアレビューなどがしばしば用いられるが、その評価基準は明確とはいえず、定量的で客観的な評価手法が望まれる。本研究では、研究活動のコレボレーションネットワークである共著ネットワークの媒介中心性が、研究者をh-Indexより早期に評価できる先行指標として、研究者の評価やファンディングプログラムの評価、さらに有望な研究者の探索に活用可能であることを示す。

以下、本論文の内容を順に概観する。

第1章の「序論」では、本研究の背景と本研究の目的を述べる。

第2章の「関連研究と本研究の位置付け」では、関連研究および本研究の位置付けについて述べる。まず、関連する用語を整理した上で、研究開発評価の概要および研究開発評価の課題について述べ、さらに、研究者評価の前提となる「研究者のコンピテンシー」および共同研究における研究者の関係を示す「共著ネットワーク」とその関係における研究者の位置付けを示す「中心性」について説明する。最後に、研究開発の課題に対する本研究の位置付けを示す。

第3章の「研究者の評価」では、共著ネットワークの媒介中心性を指標として活用した研究者の評価について述べる。本研究では、科学技術振興機構（JST）の科学技術文献データベース（JSTPlus）を対象として、これらの文献から構築された共著ネットワークの媒介中心性を分析した。また、有望な研究者のベンチマークとして、日本学術振興会（JSPS）「特別研究員制度」に採択された研究者を取り上げ、JSPS特別研究員と一般研究者の共著ネットワークの媒介中心性を比較した。その結果、①有望な研究者とされるJSPS特別研究員の媒介中心性は一般の研究者の媒介中心性よりも著しく成長していること、②その媒介中心性はロジットモデルで推移していること、を示す。また、ノーベル賞受賞研究者や成長著しい若手研究者を事例として共著ネットワークの媒介中心性をを用いて評価し、共

著ネットワークの媒介中心性が研究者の評価指標として活用可能であることを示す。

第4章の「ファンディングプログラムの評価」では、この提案指標を用いて行ったファンディングプログラムの評価について述べる。第3章で評価したJSPS特別研究員に加え、さらに、日本の主要ファンディングプログラムであるJST「さきがけ」やJST「CREST」に採択された研究者について提案指標を用いて評価した。その結果、①プログラム採択後では、3つのプログラム全てにおいて研究者の媒介中心性が急速に成長を開始すること、一方、②プログラム採択前では、JSPS特別研究員の場合は他のプログラムと比較して低い、さきがけ研究員の場合は既に高い、CREST研究員の場合は低下している、すなわち、研究者の媒介中心性はプログラムごとに特徴が異なること、を示す。

第5章の「有望な研究者の探索」では、共著ネットワークの媒介中心性を用いた有望な研究者の探索について述べる。第3章で示された有望な研究者とされるJSPS特別研究員の媒介中心性の推移モデルを「JSPS特別研究員モデル」とし、このモデルと同様の特徴を持つ研究者を探索することにより、4年程度の早期段階で有望な研究者を抽出できることを示す。また、この手法で早期に抽出された研究者のh-Indexが一般の研究者より著しく成長していることを示す。

第6章の「共著ネットワークの媒介中心性のもつ意義」では、本研究の結果の考察を行う。まず、本研究が対象とする組織的研究の重要性と共著ネットワークの自己組織化について論じた後、本研究で研究者の評価指標の一つとして提案した共著ネットワークの媒介中心性の高い研究者を、高度な技術的能力を持つとともに組織の内外の仲介者としての「ゲートキーパー」と対比させて論じる。さらに、本指標を「成果主義と能力主義」、「遅行指標と先行指標」、「知識蓄積と知識結合」の観点から論じ、提案指標の特徴を浮き彫りにすることを試みる。

第7章の「結論」では、本研究の成果を纏め、将来の展望を論じる。本研究の目指す先は、イノベーションの実現や科学技術の発展に向け、どのような研究者のどのような活動が有効であるかをエビデンスベースで示すことである。研究者の特徴として、研究分野、所属機関、指導者などの特徴と、中心性をはじめとした指標との間にどのような因果関係があるかについて明らかにすることは、科学技術政策や研究開発戦略を策定する上で非常に重要な課題であり、今後の研究が望まれよう。本章では、これらの展望について論じて締め括る。

なお、Appendixの「求められる研究者像」では、研究者に求められる能力を明らかにす

るために実施したアンケートについて述べる。本アンケートでは、生命科学分野と IT 分野の企業などから成るコンソーシアムであるライフインテリジェンスコンソーシアム (LINC) の参加メンバーを対象に、研究者に求められる能力や経歴に関する事項について調査した。その結果、研究者の要件には、専門的な「知識」や「技能」などの目に見える能力に加え、研究者の資質である「協調性」や「自律性」が重要であることが分かった。

第1章: 序論 (研究の目的と背景)
第2章: 関連研究と本研究の位置付け
第3章: 研究者の評価
第4章: ファンディングプログラムの評価
第5章: 有望な研究者の探索
第6章: 評価指標としての媒介中心性
第7章: 結論 (研究の成果と今後の展望)
Appendix: 求められる研究者像

図 0-1 本論文の構成

目次

要旨	i
目次	iv
図表	ix
第 1 章 序論	1
1.1. 研究の背景	1
1.1.1. 科学技術の発展とイノベーションの実現	1
1.1.2. 組織的研究活動	3
1.1.3. 研究者のキャリアと有望な若手研究者	3
1.1.4. 研究者の評価	4
1.2. 研究の目的	5
1.3. 本論文の構成	5
第 2 章 関連研究と本研究の位置付け	8
2.1. 本論文に関連する語句の定義	8
2.1.1. 科学	8
2.1.2. 技術	8
2.1.3. イノベーション	9
2.1.4. 研究	10
2.1.5. 研究者	10
2.1.6. 本論文に関連する語句の定義	10
2.2. 研究開発評価の概要	12
2.2.1. 研究開発評価の段階	12
2.2.2. 研究者の評価指標の事例	13
2.2.3. 論文被引用系指標	15
2.2.4. ピアレビュー	16
2.2.5. 研究開発の段階ごとの評価指標	16
2.3. 研究開発の環境変化と研究開発評価の課題	17
2.3.1. 研究開発の環境の変化	17
2.3.2. 研究開発の評価の課題	19

2.4.	研究者のコンピテンシー	20
2.4.1.	Spencer のコンピテンシーモデル	20
2.4.2.	OECD のコンピテンシーモデル	22
2.4.3.	協力して問題解決する力	22
2.4.4.	資質・能力の 3 次元 3 軸	23
2.4.5.	求められる研究者についてのアンケート	24
2.5.	共著ネットワークの中心性	24
2.5.1.	引用ネットワーク	25
2.5.2.	共著ネットワーク	25
2.5.3.	ネットワークの中心性	26
2.6.	共著ネットワークの中心性に関する先行研究	27
2.6.1.	共著ネットワーク	27
2.6.2.	共著ネットワークの中心性	27
2.6.3.	共著ネットワークを用いた研究者の評価	28
2.7.	研究者の評価指標の課題	29
2.8.	本研究の概要と位置付け	29
第 3 章	研究者の評価	31
3.1.	はじめに	31
3.2.	分析対象データベース	32
3.3.	有望な研究者のベンチマークとしての JSPS 特別研究員	34
3.4.	手法	34
3.4.1.	提案する評価手法のステップ	34
3.4.2.	共著ネットワークの媒介中心性の算出	35
3.5.	結果	36
3.5.1.	発行年ごとの文献グループの抽出	36
3.5.2.	発行年ごとの共著ネットワークの構築	36
3.5.3.	JSPS 特別研究員の媒介中心性の推移	38
3.5.4.	ノーベル賞受賞研究者の媒介中心性の推移	40
3.6.	考察	42
3.6.1.	研究者の評価指標としての媒介中心性の有効性	42

3.6.2.	媒介中心性による有望な研究者探索の可能性	43
3.7.	まとめ	43
第4章	ファンディングプログラムの評価	45
4.1.	はじめに	45
4.2.	手法	48
4.2.1.	提案する評価手法のステップ	48
4.2.2.	ファンディングプログラムの評価	48
4.3.	結果	48
4.3.1.	媒介中心性の上位階級の推移	48
4.3.2.	ファンディングプログラムの比較	49
4.4.	考察	52
4.4.1.	ファンディングプログラムの評価指標としての媒介中心性	52
4.4.2.	研究開発評価の課題に対する媒介中心性の有効性	53
4.5.	まとめ	54
第5章	有望な研究者の探索	55
5.1.	はじめに	55
5.2.	手法	56
5.2.1.	学術文献データベース	56
5.2.2.	JSPS 特別研究員の抽出	57
5.2.3.	有望な研究者探索手法のステップ	58
5.3.	結果	59
5.3.1.	媒介中心性と h-Index の代表値の推移	59
5.3.2.	JSPS 特別研究員の媒介中心性成長モデルと相関を示す研究者群の抽出	61
5.4.	考察	64
5.4.1.	評価のタイミング	64
5.4.2.	評価の対象分野	65
5.5.	まとめ	65
第6章	評価指標としての媒介中心性	67
6.1.	共著ネットワークとその自己組織化	67
6.1.1.	組織的研究の重要性	67

6.1.2.	共同研究ネットワークの自己組織化	68
6.2.	ゲートキーパーと媒介中心性	69
6.2.1.	テクノロジーの流れを管理するゲートキーパー	69
6.2.2.	ゲートキーパーとしての媒介中心性	69
6.3.	媒介中心性の特徴	71
6.3.1.	成果主義と能力主義（評価の方法）	71
6.3.2.	遅行指標と先行指標（評価のタイミング）	72
6.3.3.	知識蓄積と知識結合（知識創造への貢献タイプ）	73
6.3.4.	研究分野ごとの研究スタイル（分野ごとの評価）	74
6.4.	評価指標としての媒介中心性	75
第7章	結論	77
7.1.	本研究の成果	77
7.2.	本研究の制約	78
7.2.1.	「共著ネットワーク」の媒介中心性による評価	78
7.2.2.	「JSPS 特別研究員モデル」との相関による抽出	79
7.2.3.	分野ごと（「生物学」「物理学」など）の文献を抽出し分析	79
7.2.4.	特定期間（2001年～2015年）の中心性の時間推移の分析	79
7.3.	今後の展望	79
7.3.1.	分野特性・学際特性の分析	80
7.3.2.	所属組織や指導者との関係による知識継承の分析	80
7.3.3.	媒介中心性以外の特徴量（指標）による分析	80
7.3.4.	共同研究における研究者の機能と役割	81
謝辞	.....	82
本研究に関する発表論文	.....	84
参考文献	.....	87
参考資料	.....	91
分析に用いたデータセット（JSTPlus）	.....	91
Appendix 求められる研究者像	.....	94
1 はじめに	.....	94
2 アンケート内容	.....	96

2.1	アンケート項目	96
2.2	アンケート対象者	99
3	アンケート結果	101
3.1	アンケート回答者の特徴	101
3.2	研究者に求められる要件（能力や経歴）	108
3.3	共同研究を行ってよかった研究者とよくなかった研究者	111
4	考察	119
4.1	組織的研究開発と研究者の資質	119
4.2	研究分野などが研究者の要件に与える影響	119
4.3	他者との関係に係わる資質の評価	120
5	まとめ	121
	アンケートの質問内容	122

図表

図 0-1	本論文の構成	iii
図 1-1	文部科学省第 5 期科学技術基本計画（2016）の概要	2
図 1-2	研究者のキャリア	4
図 1-3	代表的な研究者の評価手法・指標	5
図 2-1	研究開発評価指標の例（大学評価・学位授与機構，2014）	14
図 2-2	研究開発評価指標の例（文部科学省，2015）	15
図 2-3	研究開発評価の段階と評価手法	17
図 2-4	研究開発の変化と評価の変化	18
図 2-5	コンピテンシーの 2 つの特性	22
図 2-6	資質・能力の 3 次元・3 階層	23
図 2-7	共著ネットワークの中心性の位置付け	25
図 2-8	共著ネットワークの中心性のタイプ	26
図 3-1	共著ネットワークのクラスタの分布	37
図 3-2	中心性の推移（赤色：全研究者，青色：JSPS 特別研究員）	39
図 3-3	中心性の推移（ノーベル賞学者，若手研究者の例）	41
図 3-4	共著ネットワークの成長過程（橙色：高橋博士，青色：山中博士）	42
図 4-1	ファンディングシステムの階層と評価のタイプ	46
図 4-2	JSPS 特別研究員採択前後の研究者の比較	50
図 4-3	媒介中心性による各ファンディングプログラムに採択された研究者の比較 （プログラムの比較）	51
図 4-4	媒介中心性による各ファンディングプログラムに採択された研究者の比較 （採択前後の比較）	51
図 4-5	各ファンディングプログラムに採択された研究者の共著ネットワークの媒介 中心性の特徴	52
図 5-1	正規化した媒介中心性の中央値の推移	60
図 5-2	h-Index の平均値の推移	60
図 5-3	JSPS 特別研究員の媒介中心性成長モデルとの相関により抽出した研究者群	

の媒介中心性および h-Index の推移	63
図 6-1 ゲートキーパーと共著ネットワークの媒介中心性	70
図 6-2 知識蓄積と知識結合	73
図 6-3 研究分野ごとの研究スタイル	75
図 Appendix 1 研究者の能力についてのアンケート項目	95
図 Appendix 2 アンケートの項目の全体像	95
図 Appendix 3 アンケート項目	97
図 Appendix 4 アンケート対象者の属性（所属組織の区分）	103
図 Appendix 5 アンケート対象者の属性（組織内での担当業務）	103
図 Appendix 6 アンケート対象者の属性（組織内でのポジション）	104
図 Appendix 7 アンケート対象者の属性（担当業務の経験）	104
図 Appendix 8 アンケート対象者の属性（アカデミアや企業との共同研究の件数）	105
図 Appendix 9 アンケート対象者の属性（研究プロジェクトの目標）	106
図 Appendix 10 アンケート対象者の属性（研究プロジェクトの特徴）	107
図 Appendix 11 研究者に求められる能力	109
図 Appendix 12 研究者に求められる経歴	110
図 Appendix 13 「よかった研究者」と「よくなかった研究者」に関する記述式回答	113
図 Appendix 14 「よかった研究者」と「よくなかった研究者」に関する記述式回答 を 3 軸モデルで分類した 3 つの区分に含まれる語句	114
図 Appendix 15 「よかった研究者」と「よくなかった研究者」に関する記述式回答 をトピックモデルで分類した 3 つのトピックに含まれる語句	115
図 Appendix 16 「よかった研究者」「よくなかった研究者」との共同研究に至る行 動・経緯に関する記述式回答	116
図 Appendix 17 「よかった研究者」「よくなかった研究者」との共同研究に至る行 動・経緯に関する記述式回答を 3 軸モデルで分類した 3 つの区分に含まれる語句	117

図 Appendix 18 経緯のトピックに含まれる語句.....	118
表 2-1 本論文に関連する語句の定義	11
表 3-1 発行年ごとの文献 ID 数	33
表 3-2 新規に抽出した研究者および JSPS 特別研究員の著者 ID 数.....	38
表 5-1 発行年ごとの文献 ID 数と新規に抽出した研究者および JSPS 特別研究員の 著者 ID 数	57
表 5-2 JSPS 特別研究員の媒介中心性成長モデルとの相関（提案手法）により抽出 した研究者群の著者 ID 数.....	62

第1章 序論

本研究では、プロジェクト型研究における研究者の評価指標の一つとして、科学技術文献データベースから構成される「共著ネットワークの媒介中心性」を提案する。研究活動や研究者を評価するにあたっては、**h-Index** などの論文被引用系指標がしばしば用いられるが、これらの指標は公表した論文が他の論文から引用された後に得られる遅行指標であり、研究実績の乏しい若手研究者を十分に評価することは困難であるとされる。一方、論文被引用系指数以外に評価方法として、ピアレビューなどがしばしば用いられるが、その評価基準は明確とはいえず、定量的で客観的な評価手法が望まれる。本研究では、研究活動のコレボレーションネットワークである共著ネットワークの媒介中心性が、研究者を **h-Index** より早期に評価できる先行指標として、研究者の評価やファンディングプログラムの評価、さらに有望な研究者の探索に活用可能であることを示す。本章では、まず本研究の背景と本研究の目的を述べる。

1.1. 研究の背景

本節では、本研究の背景として、科学技術とイノベーション、組織的研究活動、それを担う研究者、特に若手研究者、および研究者の評価について述べる。

1.1.1. 科学技術の発展とイノベーションの実現

2016年1月に政府が発表した「第5期科学技術基本計画」においては、「ICTの進化等により、社会・経済の構造が日々大きく変化する「大変革時代」が到来し、国内外の課題が増大、複雑化する中で科学技術イノベーション推進の必要性が増している」との現状認識に立って、①持続的な成長と地域社会の自律的発展、②国および国民の安全・安心の

確保と豊かで質の高い生活の実現，③地球規模課題への対応と世界の発展への貢献，④知の資産の持続的創出，の4つの目指すべき国の姿を掲げ，これを実現するために，i) 未来の産業創造と社会変革，ii) 経済・社会的な課題への対応，iii) 基盤的な力の強化，iv) 人材，知，資金の好循環システムの構築，の4本の柱を掲げている（図 1-1 参照）．具体的には，i) 「非連続なイノベーションを生み出す研究開発を強化し，新しい価値やサービスが次々と創出される「超スマート社会」を世界に先駆けて実現するための一連の取組」や ii) 「国内又は地球規模で顕在化している課題に先手を打って対応するため，国が重要な政策課題を設定し，課題解決に向けた科学技術イノベーションの取組」を進め，そのため iii) 「若手人材の育成・活躍促進と大学の改革・機能強化を中心に，基盤的な力の抜本的強化に向けた取組」や iv) 「企業，大学，公的研究機関の本格的連携とベンチャー企業の創出強化等を通じて，人材，知，資金があらゆる壁を乗り越え循環し，イノベーションが生み出されるシステム構築」を進めるとしている [閣議決定, 2016]．

「第5期科学技術基本計画」が示す通り，社会課題や政策課題を解決するために，科学技術の発展やイノベーションの実現が必要であり，そのためには，分野融合や産官学連携などの組織的な研究活動は重要である．また，研究活動の担い手は研究者であり，特に有望な若手研究者の発掘や育成も重要な課題である．

本研究では，科学技術を発展させイノベーションを実現するのは，「人と組織」であるという認識に立ち，イノベーションの実現や科学技術の発展に向け，どのような研究者のどのような活動が有効であるかをエビデンスベースで示すことを目指す．

- ◆ 政府の科学技術基本計画の4本柱・・・文部科学省 第5期科学技術基本計画(2016)
- ① 未来の産業創造と社会変革
 - ・ 未来に果敢に挑戦する研究開発と人材の強化
 - ・ 世界に先駆けた「超スマート社会」実現(Society 5.0)，等
 - ② 経済・社会的な課題への対応
 - ・ 国が重要な政策課題を設定し，課題解決に向けた科学技術イノベーションの取組を推進
 - ③ 基盤的な力の強化
 - ・ 人材の強化(若手人材の育成・活躍促進)
 - ・ 知の基盤強化，等
 - ④ 人材，知，資金の好循環システムの構築
 - ・ オープンイノベーションを推進する仕組みの強化(産官学連携，等)
 - ・ 新規事業に挑戦する中小・ベンチャー企業の創出強化，等

図 1-1 文部科学省第5期科学技術基本計画(2016)の概要

1.1.2. 組織的研究活動

近年、科学技術の複雑化・高度化に伴い、イノベーションの推進に、様々な機関や分野の組織的連携によるオープンイノベーション [Chesbrough, 2003]が重要となっており、研究活動も組織的なプロジェクトとして実施されることが多い。ここでプロジェクトとは、独自のプロダクト、サービス、所産を創造するために実施する有期性のある業務である [Project Management Institute, 2018]。

また、個人のコンピテンシーについても、OECDは、近年の高度な社会性を必要とする業務において協力して問題解決する力 (collaborative problem solving) が求められるとしている [OECD, 2017]。したがって、研究者を評価するにあたっては、コラボレーションの能力を考慮に入れることが必要であろう。

1.1.3. 研究者のキャリアと有望な若手研究者

科学技術を発展させ、イノベーションを実現してゆくために、研究開発機関は、既にインパクトを与えた研究実績を持ち著名となった研究者を確保するだけでなく、研究実績はまだ乏しくとも成長が期待できる駆け出しの研究者をいち早く見出し、育成してゆくことが必要である。

一方、一般に研究者のキャリアは大学課程で始まることが多い。研究者はこの時期に研究成果として論文を執筆し発表することがあるが、これらの論文が論文誌に掲載され、さらに他論文から引用されるまでには時間が必要である。その後、研究成果が他の研究にインパクトを与え他論文から引用されることにより論文被引用系指標が高まることになるが、図 1-2 に示す通り、図 1-2 それまでにはさらに時間が必要である。

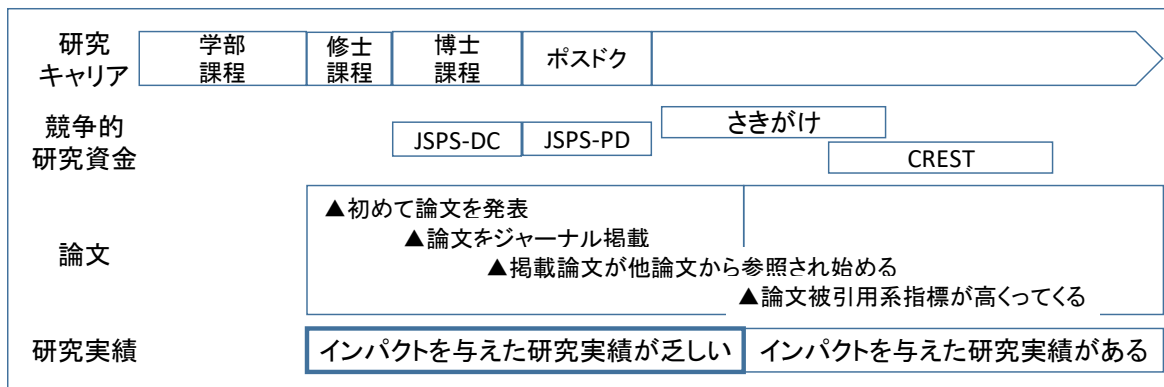


図 1-2 研究者のキャリア

1.1.4. 研究者の評価

研究活動の担い手は研究者であり、前述の通り、特に有望な若手研究者の発掘や育成は重要な課題である。研究活動や研究者を評価するにあたりしばしば用いられる手法や指標として、ピアレビューと h-Index の事例を図 1-3 に示す。

研究者の評価には、h-Index などの論文被引用系指標がしばしば用いられるが、これらの指標は公表した論文が他の論文から引用された後に得られる遅行指標であり、図 1-2 に示した通り、この指標だけでは、研究実績の乏しい若手研究者を十分に評価することは困難であるとされる。

また、論文被引用系指数以外に評価方法として、アカデミアにおいてはピアレビューなど、企業においては出身大学指導教官の推薦や関係者へのリファレンスチェックなどがしばしば用いられるが、その評価基準は明確ではなく、定量的で客観的なエビデンスベースの評価手法が望まれる。

	Pros	Cons
ピアレビュー	研究者の資質の定性的評価が可能	網羅的評価には負荷が高い 定量的な評価が困難
論文被引用指標 (h-Index、等)	研究成果が与えたインパクトを定量的に示す	研究実績についてくる遅行指標で、 有望な研究者の評価は困難

図 1-3 代表的な研究者の評価手法・指標

1.2. 研究の目的

本研究の目的は、組織的な研究分野において、研究者、特に若手研究者の評価指標の一つとして、科学技術文献データベースから構成される「共著ネットワークの媒介中心性」を提案し、h-Index 先行指標として、その有効性を示すことである。

前述の通り、科学技術の発展やイノベーションの実現のために、オープンイノベーションや分野融合および産官学連携などの組織的な研究活動は重要である。本研究では、このような環境下、Appendix のアンケートを通じて示された研究活動に求められる研究者の能力として「協調性」に注目し、研究活動のコレボレーションネットワークである共著ネットワークの媒介中心性を研究者の評価指標の一つとして提案する。さらに、研究者の評価、ファンディングプログラムの評価、有望な研究者の探索に提案指標が活用可能であることを示し、この指標の有効性を示す。

1.3. 本論文の構成

第1章の序論に続き、第2章の「関連研究と本研究の位置付け」では、関連研究および本研究の位置付けについて述べる。まず、関連する用語を整理した上で、研究開発評価の概要および研究開発評価の課題について述べ、さらに、研究者評価の前提となる「研究者のコンピテンシー」および共同研究における研究者の関係を示す「共著ネットワーク」とその関係における研究者の位置付けを示す「中心性」について説明する。最後に、研究開発の課題に対する本研究の位置付けを示す。

第3章の「研究者の評価」では、共著ネットワークの媒介中心性を指標として活用した

研究者の評価について述べる。本研究では、科学技術振興機構（JST）の科学技術文献データベース（JSTPlus）を対象として、これらの文献から構築された共著ネットワークの媒介中心性を分析した。また、有望な研究者のベンチマークとして、日本学術振興会（JSPS）「特別研究員制度」に採択された研究者を取り上げ、JSPS 特別研究員と一般研究者の共著ネットワークの媒介中心性を比較した。その結果、①有望な研究者とされる JSPS 特別研究員の媒介中心性は一般の研究者の媒介中心性よりも著しく成長していること、②その媒介中心性はロジットモデルで推移していること、を示す。また、ノーベル賞受賞研究者や成長著しい若手研究者を事例として共著ネットワークの媒介中心性を用いて評価し、共著ネットワークの媒介中心性が研究者の評価指標として活用可能であることを示す。

第4章の「ファンディングプログラムの評価」では、この提案指標を用いて行ったファンディングプログラムの評価について述べる。第3章で評価した JSPS 特別研究員に加え、さらに、日本の主要ファンディングプログラムである JST「さきがけ」や JST「CREST」に採択された研究者について提案指標を用いて評価した。その結果、①プログラム採択後では、3つのプログラム全てにおいて研究者の媒介中心性が急速に成長を開始すること、一方、②プログラム採択前では、JSPS 特別研究員の場合は他のプログラムと比較して低い、さきがけ研究員の場合は既に高い、CREST 研究員の場合は低下している、すなわち、研究者の媒介中心性はプログラムごとに特徴が異なること、を示す。

第5章の「有望な研究者の探索」では、共著ネットワークの媒介中心性を用いた有望な研究者の探索について述べる。第3章で示された有望な研究者とされる JSPS 特別研究員の媒介中心性の推移モデルを「JSPS 特別研究員モデル」とし、このモデルと同様の特徴を持つ研究者を探索することにより、4年程度の早期段階で有望な研究者を抽出できることを示す。また、この手法で早期に抽出された研究者の h-Index が一般の研究者より著しく成長していることを示す。

第6章の「共著ネットワークの媒介中心性のもつ意義」では、本研究の結果の考察を行う。まず、本研究が対象とする組織的研究の重要性と共著ネットワークの自己組織化について論じた後、本研究で研究者の評価指標の一つとして提案した共著ネットワークの媒介中心性が高い研究者を、高度な技術的能力を持つとともに組織の内外の仲介者としての「ゲートキーパー」と対比させて論じる。さらに、本指標を「成果主義と能力主義」、「遅行指標と先行指標」、「知識蓄積と知識結合」の観点から論じ、提案指標の特徴を浮き彫りにすることを試みる。

第7章の「結論」では、本研究の成果を纏め、将来の展望を論じる。本研究の目指す先は、イノベーションの実現や科学技術の発展に向け、どのような研究者のどのような活動が有効であるかをエビデンスベースで示すことである。研究者の特徴として、研究分野、所属機関、指導者などの特徴と、中心性をはじめとした指標との間にどのような因果関係があるかについて明らかにすることは、科学技術政策や研究開発戦略を策定する上で非常に重要な課題であり、今後の研究が望まれよう。本章では、これらの展望について論じて締め括る。

なお、Appendixの「求められる研究者像」では、研究者に求められる能力を明らかにするために実施したアンケートについて述べる。本アンケートでは、生命科学分野とIT分野の企業などから成るコンソーシアムであるライフインテリジェンスコンソーシアム(LINC)の参加メンバーを対象に、研究者に求められる能力や経歴に関する事項について調査した。その結果、研究者の要件には、専門的な「知識」や「技能」などの目に見える能力に加え、研究者の資質である「協調性」や「自律性」が重要であることが分かった。

第2章 関連研究と本研究の位置付け

本章では，関連研究および本研究の位置付けについて述べる．まず，関連する用語を整理した上で，研究開発評価の概要および研究開発評価の課題について述べ，さらに，研究者評価の前提となる「研究者のコンピテンシー」および共同研究における研究者の関係を示す「共著ネットワーク」とその関係における研究者の位置付けを示す「中心性」について説明する．最後に，研究開発の課題に対する本研究の位置付けを示す．

2.1. 本論文に関連する語句の定義

本節では，本論文に関連する語句について説明し，その定義を示す．

2.1.1. 科学

「科学(Science)」とは，文脈に応じて多様な意味をもつが，広義には，体系化された知識や経験の総称であり，自然科学，人文科学，社会科学の総称とされ，狭義には，仮説検証プロセスなどの科学的方法に基づく，学術的な知識とされる．また，科学分野は，形式的 (Formal) か実証的 (Empirical) か，および基礎的 (Fundamental) か応用的 (Applied) の観点で，区分されることがある．例えば，数学は，形式的な基礎研究分野であり，研究者が，理論的な研究活動を行う．物理学や生物学は，実証的な基礎科学分野であり，研究者が，理論とともに実証的な研究活動を行う．

2.1.2. 技術

技術(Technology)」とは，目的達成のために用いられる手段・手法，とされる．歴史的に

は、科学は自然の探求するため科学者（Scientist）によって担われ、技術は生活の利便性向上のため職人（Technician/Craftsman）によって担われてきた。しかし、近年（産業革命以降）、工業生産性の向上、公衆衛生水準の向上などの目的のために、自然科学の知識を活用した手段・手法が用いられるようになり、技術は、科学技術として用いられるようになっていく。

2.1.3. イノベーション

経済学者シュンペーター（Schumpeter）は、その著書「経済発展の理論」の中で、イノベーション（Innovation）のことを「新しいものを生産する、あるいは既存のものを新しい方法で生産することであり、生産とはものや力を結合すること（新結合:Neue Kombination : New Combination）」と述べており、イノベーションの例として、①新しい財貨の生産（新製品開発：Product Innovation）、②新しい生産方法の導入（Process Innovation）、③新しい販路の開拓（Market Innovation）、④原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得（Supply-Chain Innovation）、⑤新しい組織の実現（Organization Innovation）、5つのタイプの=新結合）を挙げている。また、イノベーションにより既存の価値を破壊して新しい価値を創造していくこと（創造的破壊）が経済成長の源泉であり、その実行者を企業家（アントレプレナー）としている。

第3期科学技術基本計画においては、潜在的な科学技術力を、経済・社会の広範な分野での我が国発のイノベーションの実現を通じて、本格的な産業競争力の優位性や、安全、健康など広範な社会的な課題解決などへの貢献に結び付け、日本経済と国民生活の持続的な繁栄を確実なものにしていくことの重要性が示されており、その中で、「科学的発見や技術的発明を洞察力と融合し発展させ、新たな社会的価値や経済的価値を生み出す革新」とイノベーションを定義付けている [文部科学省, 2006]。

また、「科学技術イノベーション(Science, Technology and Innovation)」とは、政策用語であり、科学技術基本計画においては、科学技術イノベーションを「科学的な発見や発明等による新たな知識を基にした知的・文化的価値の創造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に結びつける革新」として定義している。

2.1.4. 研究

研究 (Research) とは、既存の知識を集めて考察し、実験、観察、調査などを通して、新たな知識を創造する過程である。また、国際比較可能な測定・統計の実現を目指した OECD Frascati manual によれば、「研究開発 (Research and experimental development)」とは、「知識 — 人類、文化、および社会についての知識を含む — の蓄積を増大するために、並びに利用可能な知識の新たな応用を考案するために行われる、創造的であり体系的な作業から成る」と定義している [OECD, 2015]。研究の分類は多種多様であり、厳密に区分することは困難であるが、おおよそ以下のように分類できるであろう。

- (1) 基礎研究：特定の応用や用途を考慮せず、新たな法則や定理などの「発見」を目的にして行われる研究。純粋研究とも呼ばれ、応用研究の核となる。
- (2) 応用研究：特定の応用や用途への実用化の目標を定め、基礎研究の成果を応用し、実用化の可能性の確認を目的にして行われる研究。
- (3) 開発研究 (製品・サービス開発)：経済的または社会的価値の創出のために、基礎研究および応用研究の成果を利用し、製品やサービスを実現することを目的に行われる研究。特定の目的を持つことから、応用研究の一部として区分することもできる。

2.1.5. 研究者

研究者は研究を行う人である。本研究では、「優秀な研究者」を「社会にインパクトを与えた研究実績をもつ研究者」、「有望な研究者」を「インパクトを与えた研究実績は乏しいが、将来の成長が期待される駆け出しの研究者」と定義する。

2.1.6. 本論文に関連する語句の定義

表 2-1 に本論文に関連する語句の定義を示す。

表 2-1 本論文に関連する語句の定義

語句	定義
科学	広義には、体系化された知識や経験の総称であり、自然科学，人文科学，社会科学の総称とされ，狭義には，仮説検証プロセスなどの科学的方法に基づく，学術的な知識とされる。
技術	目的達成のために用いられる手段・手法，とされる。
研究／研究開発	既存の知識を集めて考察し，実験，観察，調査などを通して，新たな知識を創造する過程。 知識の蓄積を増大するために，並びに利用可能な知識の新たな応用を考案するために行われる，創造的であり体系的な作業。
優秀な研究者	社会にインパクトを与えた研究実績をもつ研究者。
有望な研究者	インパクトを与えた研究実績は乏しいが，将来の成長が期待される駆け出しの研究者。
能力	物事を成し遂げることのできる力（大辞林）。
資質	生まれつきの性質や才能（広辞苑）。 生得的素質によって規定されている個人の潜在的可能性（世界大百科事典）。 何を知り（Knowing），何ができる（Doing）というだけでなく，それに価値観を置きいつでも行おうとする状態（Being）【松下，2016】。
事前評価	これから先に行われること評価（Assessment）・人格や能力などの評価（Valuation），または人物の選定（Selection）【科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会研究評価部会，2009】。
中間評価	当初計画に沿って実施されているかの評価（Monitoring）【科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会研究評価部会，2009】。
事後評価	成果や結果についての評価（Evaluation）【科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会研究評価部会，2009】。
ファンディング	政策の実現を目指して研究開発を推進するために必要となる公的資

	金を研究者へ配分すること [小林, 2012] .
ファンディング エージェンシー	公的研究開発資金の配分（ファンディング）を行う機関 [小林, 2012] .
ファンディング プログラム	ファンディングエージェンシーにおいて政策・施策を具現化するための事業 [小林, 2012].
プロジェクト	プロジェクトとは、独自のプロダクト、サービス、所産を創造するために実施する有期性のある業務 [Project Management Institute, 2018]

2.2. 研究開発評価の概要

本節では、研究開発の評価に関連し、研究開発評価の段階、研究者の評価の事例、および代表的な評価手法として論文の被引用系指標とピアレビューについて述べる。

2.2.1. 研究開発評価の段階

一般に、科学技術政策において「評価」は、その重要な構成要素として位置付けられている。科学技術政策における評価には3つの段階があり、公的資金を投資する研究領域や研究課題を科学技術の発展動向や社会経済ニーズをもとに選定し（事前評価）、それらが効率的・効果的に実施されているかをモニタし（中間評価）、結果的に学術的あるいは社会経済的な効果・影響をもたらしたかを判断し（事後評価）、そこで得られた知見を次の意思決定へと円環的につなげていくことになる [林, 2012].

これら3つの段階での評価タイプの考え方は、科学技術政策に留まらず、企業の研究開発においても有効であり、研究者の選定や確保にあたっての事前評価、さらに研究過程の中間評価、研究成果に対する事後評価など、研究開発に係る研究者や研究プロジェクトの評価タイプとして活用可能である。これらの評価のタイプは、[科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会研究評価部会, 2009]の定義を参考にすると、事前評価は、これから先に行われること評価（Assessment）・人格や能力などの評価（Valuation）、または人物の選定（Selection）、中間評価は、当初計画に沿って実施されているかの評価（Monitoring）、

事後評価は、成果や結果についての評価（Evaluation）などとも言い換えられよう。

本研究では、後述する共著ネットワークの媒介中心性を、研究者の事後評価、および将来が期待される有望な研究者の事前評価に活用できる指標として提案する。

2.2.2. 研究者の評価指標の事例

研究開発評価の事例として、[文部科学省（三菱総合研究所）, 2012]の「研究者等の業績に関する評価に関する調査・分析報告書」では、図 2-1に示す通り、学会発表・講演、論文・解説、などが研究者の評価基準の上位に挙げられており、学術論文が研究者の評価にとって重要な位置付けであることが分かる。後述の通り、研究者の評価のために使われる論文に関する指標としては、Impact Factorやh-indexなどが挙げられることが多い。これらの指標は論文の引用数をもとに求められるが、研究実績は乏しいが、将来の成長が期待される駆け出しの若手研究者の評価には不向きと考えられる。研究分野を考慮した評価指標としては、[大学評価・学位授与機構, 2015]の「教育・研究水準の学系別評価基準のあり方にかかる調査研究報告書」が、研究分野の特性を踏まえ、研究分野を7つの研究分野に分けて評価の基準の参考例を示している。図 2-2に示す通り、この報告書では、学術面の観点に加え、社会・経済・文化面の観点も含めているが、この評価指標も研究実績や学科活動実績に基づくものであり、研究実績は乏しい若手研究者の評価には不向きと考えられる。

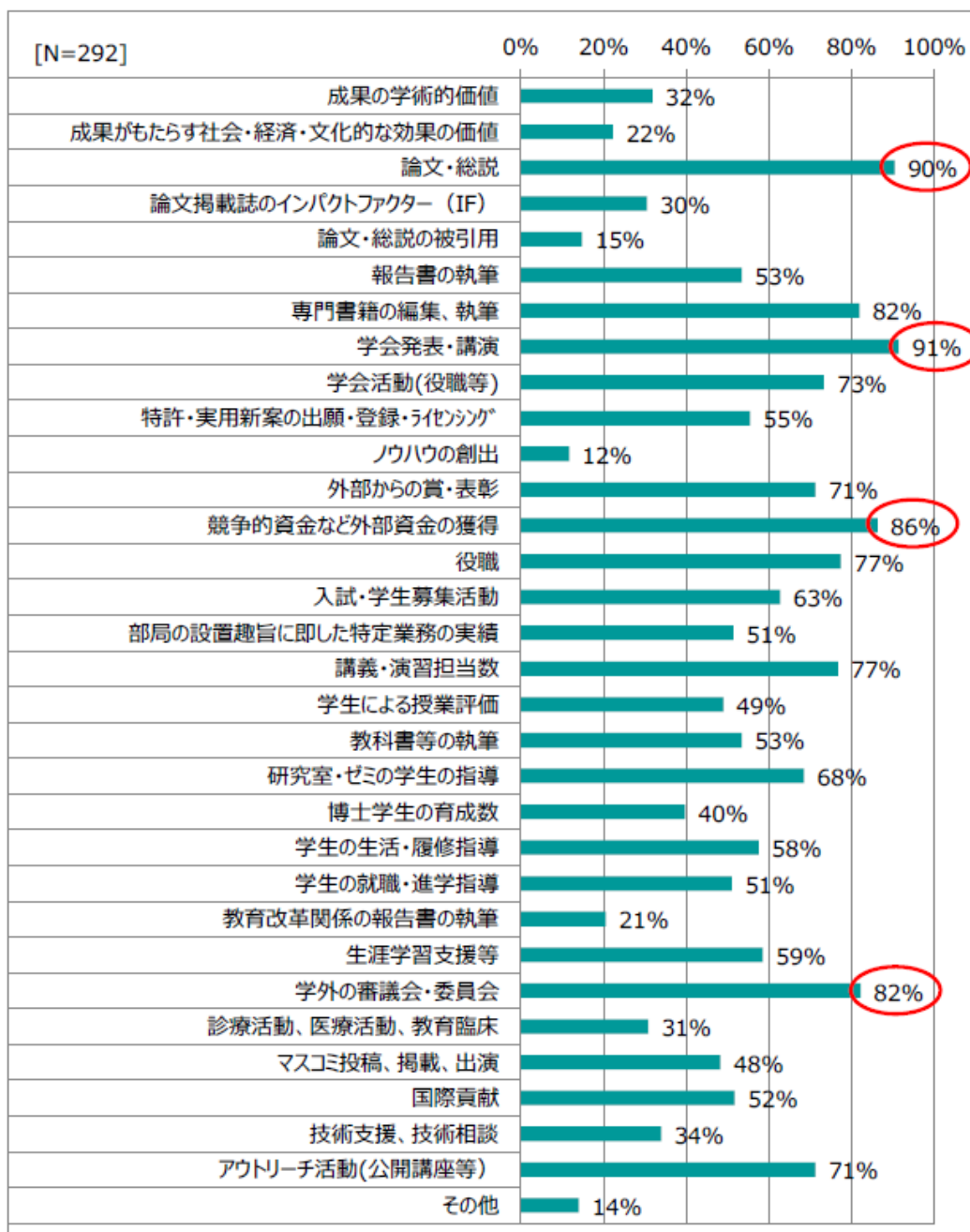


図 2-1 研究開発評価指標の例（大学評価・学位授与機構，2014）

学術面
研究成果に基づく、学術面での受賞。
著名な学術雑誌への掲載（適切な場合には、インパクトファクターなどの指標を学術雑誌の国際的な評価に関する参考資料として用いることもありうる）
被引用数。高被引用論文への選出。
著名な論文や講演、レビュー論文、教科書等における研究成果の引用・紹介やその扱われ方。
学術誌や専門書での研究成果の紹介や書評。
大学等における教科書としての活用。
注目論文や優秀論文としての選出（たとえば掲載雑誌の中で表紙や注目論文としての取上りや、年間優秀論文等としての選出、Faculty of 1000 などのレビューに基づく評価）。
論文のアクセス数やダウンロード数。ならびに、それらの値が高い論文への選出。
著名な学術雑誌における研究動向解説論文・記事などによる解説。
招待講演、基調講演。
著名な学会や採択が厳しい学会における発表の選定。
教育研究者の少ない分野における若手人材の育成効果。
新聞、一般雑誌、業界誌、テレビでの研究成果の紹介。
他研究者等への研究試料やデータ、ソフトウェア等の供与や利用の状況。
研究成果を生んだ研究活動のための競争的研究費。研究成果に基づいて新たに獲得した競争的研究費。
研究費による事後評価の結果。大学・組織等の外部評価の結果

経済・社会・文化面
社会・経済・文化面を重視した受賞。
新聞、一般雑誌、業界誌、テレビでの紹介。
初中等教育等の教科書における引用。
書籍出版部数や図書館等での所蔵状況。
海外での書籍の翻訳。
研究試料、データ、ソフトウェア等の供与や利用の状況などの企業や公的機関等への供与や利用、ならびに利用者側での成果。
国内および国際特許化。ライセンス契約やその収入。
研究成果に基づく臨床試験の開始。
製品化・実用化。
研究成果の診断・診療への利用。
標準的手法としての活用ならびに医療実践。
研究成果に基づく起業。
企業や公的機関との新たな共同研究の開始。
研究成果のアウトリーチ活動の実施状況。
国内外における政策への貢献。
国内外における規制、ガイドライン・診断基準等への貢献。
国内外における司法への貢献。

図 2-2 研究開発評価指標の例（文部科学省，2015）

2.2.3. 論文被引用系指標

研究者の評価は、論文に記した研究内容の他、定量的な評価指標として、ジャーナル掲載論文や口頭発表論文の数、特許の数などに加え、論文データベースにおける論文の引用関係から導き出される論文被引用系評価指標を用いて行われることが多い。

代表的な被引用系評価指標として、インパクトファクターの高い学術雑誌への掲載論文の数や h-Index などの被引用系指標が挙げられる。インパクトファクターは、研究者や論文そのものを直接評価する指標でなく、各ジャーナルの掲載論文の引用数をもとにしたジャーナルの評価を示す指標である [Garfield, 1972]。また、h-index は、ある研究者の発表文献について被引用数が h 以上である論文の数が h 以上であることを満たす最大の数値と定義され、研究活動が与えたインパクトを示す指標である [Hirsch, 2005]。これらの被引用系指標は、発表した文献の引用数をもとに求められ、研究成果が与えたインパクトを定量的に示す指標であり、既に研究経験を積み研究成果を上げている優秀な研究者の評価が可能である。一方で、過去の研究実績の後からついてくる指標であるため、将来が期待されるものの研究業績がまだ十分ではない若手研究者をこれらの指標を用いて評価することは困難であるとされる [Schreiber, 2013] [Zare, 2012]。

文献データベースにおける文献の引用関係以外に、文献の共著関係が挙げられるが、共著関係からは後述する共著ネットワークが構築されるとともに、その中心性が算出される。引用ネットワークに基づく h-Index などの被引用系指標が遅行性を持っているのに対して、共著ネットワークの中心性は即時性が高い。本研究では、h-Index 先行指標として共著ネットワークの中心性に注目する。

2.2.4. ピアレビュー

論文引用系指標の欠点を補うものとしてピアレビューが挙げられる。各研究分野を理解するには、高度に専門的な知識が必要である。ピアレビューにおいては、分野ごとの専門家が評価する。この評価手法は、研究者の定性面（資質）の評価が可能であるが、研究分野を超えた判断、政策の社会経済効果との比較や定量的で多く研究者の網羅的な評価は困難であり、また評価者の負担が大きいことも課題である。

2.2.5. 研究開発の段階ごとの評価指標

研究開発の 3 つの評価段階での評価とその手法を図 2-3 に示す。代表的な評価手法の例

評価のタイプ	事前評価 (Assessment/Selection)	中間評価 (Monitoring)	事後評価 (Evaluation)
評価内容	プロジェクトや研究者の選定 インプット(投入資源)の評価	研究開発の有効性・効率性の モニタ	アウトプット(直接成果)や インパクト(波及効果)の評価
評価手法 (評価指標)	ピアレビュー	ピアレビュー	
	論文/特許数・被引用数 研究費, 研究者数, など	論文/特許数・被引用数 技術貿易・ハイテク貿易, など	

図 2-3 研究開発評価の段階と評価手法

として、研究開発の事前評価においてはピアレビューが挙げられ、また研究開発の事後評価においては発表論文数や論文被引用数が挙げられる。

本研究では、事後的な評価（第 3 章 研究者の評価，第 4 章 ファンディングプログラムの評価），および事前評価（第 5 章 有望な研究者の探索）に焦点をあて、新たな手法を提案する。

2.3. 研究開発の環境変化と研究開発評価の課題

本節では、研究開発の環境の変化と、研究開発の評価の課題について述べる。

2.3.1. 研究開発の環境の変化

ゴーイングコンサーンとして存続してゆく企業において、将来の収益をもたらすイノベーションを実現するため、有望な若手研究者を採用して育成してゆくことや、研究プロジェクトの成果を評価することは重要な業務である。一方、政策の実現を目指して研究開発を推進するために必要となる公的資金を研究者へ配分する機関であるファンディングエージェンシーにとって、将来の学術研究を担う有望な研究者や政策課題対応型研究を推進する優秀な研究者を評価・選定し、研究資金を提供することは重要なミッションの一つである。さらに、ファンディングプログラムを効率的かつ効果的に実施してゆくためには、そ

のプログラムの評価も非常に重要である。

かつての企業の中央研究所における基礎研究などや伝統的なファンディングプログラムは、特定の事業戦略や政策目的と結び付けられることがない、シーズ駆動型のリニアモデルであることが多く、研究者やプロジェクトの採用や選択（事前評価）が最も重要な関心事であり、この事前評価には、ピアレビューが用いられることが多かった。

一方、今日の企業やファンディングプログラムの研究開発は、事業戦略や政策目的と明確に結びつけられ、課題達成型もしくはニーズ駆動型のモデルあることが多いため、単に研究者やプロジェクトの選択のための事前評価だけでなく、成果やインパクトなどの事後評価が関心事となる。政策目的と結びつけられたプログラムでは、定量的なエビデンスに基づく研究過程や研究目標達成度の評価、すなわち中間評価・事後評価が必要になると考えられる [小林, 2012]。従って、今後は「定量的でエビデンスに基づく事後評価に重点を置く」ことが重要になってくるであろうことが分る。

図 2-4 に示す通り、従来、研究者の自由な発想に基づく研究を支援する評価には、定性的なピアレビューなどの手法に基づく事前評価（プロジェクトや研究者の選定）が重要視されることが多かった。しかし、上述のような環境変化の中で、ピアレビューなどに基づく従来型の評価に加え、エビデンスベースの定量的な評価指標が望まれている。エビデンスベースの定量的な評価指標としては、論文の被引用件数に基づいた指標、例えば h-Index などがある。これらの指標は論文が与えたインパクトの大きさを示しているが、業績の後から付いてくる遅行指標であるため、研究期間が短く業績の少ない研究者の評価には適さないとされる [Schreiber, 2013] [Zare, 2012]。

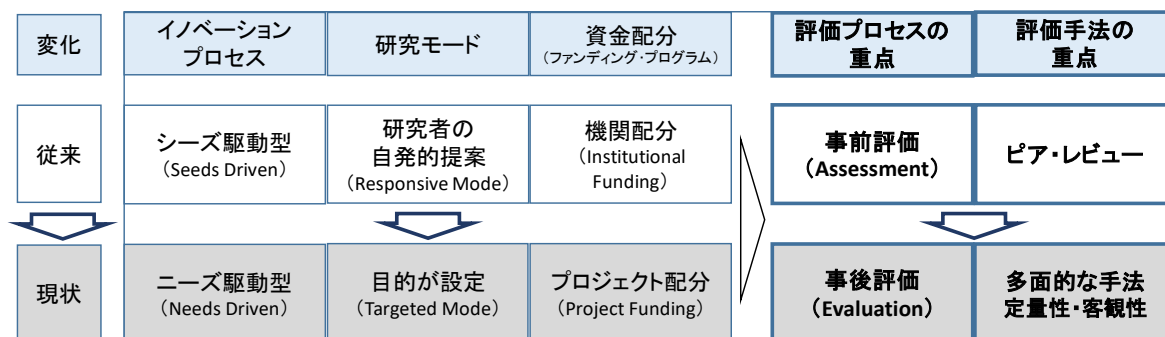


図 2-4 研究開発の変化と評価の変化

2.3.2. 研究開発の評価の課題

科学技術政策を推進するにあたり、科学技術投資の有効性については、エビデンスに基づき定量的に評価することが望まれており [Macilwain, 2010]、さらに、これら評価にはいくつか課題がある。例えばLaneは、科学技術への投資効果の評価の課題として、投資とそのインパクトの関係、若手研究者への投資効果とシニア研究者への投資効果の関係、学際研究や共同研究への投資効果、評価者に負担を掛けることなく評価すること、などを挙げている [Lane Bertuzzi, 2011]。

2017年4月に改訂された「文部科学省における研究および開発に関する評価指針」では、研究開発評価の特筆課題として、①科学技術イノベーション創出、課題解決のためのシステム推進、②挑戦的（チャレンジング）な研究、学際・融合領域・領域間連携研究等の推進、③次代を担う若手研究者の育成・支援の推進、④評価の形式化・形骸化、評価負担増大に対する改善、の4つを挙げた上で、それぞれに対して具体的な課題として、①「論文関係の数値だけに頼り安易に論文発表数や論文被引用度を引き上げることが目的化する」のではなく「研究開発主体の長のマネジメント力や体制作り、実用化までを考慮した取組等を評価に適切に反映する」、②「挑戦的（チャレンジング）な研究や新しい研究領域を開拓する学際・融合領域・領域間連携研究の推進につながるような研究開発評価システムを構築していく」、③「若手研究者の育成・支援の推進を図るものとして研究開発評価を実施する」、④「研究開発評価の本格的導入・実施と並行して政策評価等の導入や外部資金へのシフト等、評価の頻度・負担増大による弊害が発生」しており「合理的、実効的な研究開発評価の在り方に向けて改善を図っていく」などを指摘している [文部科学大臣決定, 2017]。

研究者の評価指標として、執筆した文献数に加え、h-Indexやインパクトファクターの高い学術雑誌への掲載論文の件数などに被引用系指標がよく活用される。これらの指標は、研究活動が与えたインパクトを示す指標であり、既に研究経験を積み研究成果を上げている優秀な研究者の評価が可能である。これらの指標だけでは、研究実績の乏しい若手研究者を十分に評価することは困難であるとされる。その他の研究者の評価手法としては、ピアレビューがある。この手法は、当該分野の専門家によって評価や検証を行うものであり、特に研究経験の少ない博士課程学生などの評価にも活用されている。しかしこの手法は評

働者の負荷が高く、その評価基準は明確ではなく、定量的で客観的なエビデンスベースの評価手法が望まれる。

また、Appendixで示したアンケート結果が示す通り、企業などの研究機関において必要とする研究者の要件として、専門的な「知識」や「技能」に加え、「協調性」や「自律性」などの資質も挙げているが、既存の評価手法でこれらの要件を満たす研究者を定量的かつ網羅的に見つけ出すことは容易ではなく、研究機関における課題と言えよう。

このような研究開発の評価の課題を纏めると次のようになる。

- イノベーション創出・課題解決
- 学際・融合領域・領域間連携研究の推進
- 若手研究者の育成・支援
- 形式化・形骸化へ対応，評価負担の軽減

本研究では、これらの研究開発の評価の課題，取り分け若手研究者の育成・支援に向けて、その評価手法の提案を目指す。

本章では以降、研究開発の評価の課題に対する本研究の位置付けを示すが、その前に、評価の前提となる研究者のコンピテンシー，本研究において注目する共著ネットワークの中心性，および本研究に関連する先行研究について述べる。

2.4. 研究者のコンピテンシー

本節では、研究者を評価するにあたり、評価の前提となる研究者の能力（コンピテンシー）について論じる。

2.4.1. Spencer のコンピテンシーモデル

Spencer 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要因となる個人の根源的特性」を「コンピテンシー（competency）」と定義し、図 2-5 に示す氷山のメタファーを用いて、ある個人が持つ表層的な知識やスキルなどの目に「見える特性（visible competency）」に加えて、個人の態度や価値観などの中核的で「隠された特性（hidden competency）」の重要性を論じている [Spencer Spencer, 1993]。ま

た、コンピテンシーの例として、達成・行動（達成思考など）、援助・対人支援（対人理解など）、インパクト・対人影響力（インパクトなど）、管理領域（チームワーク・リーダーシップなど）、知的領域（分析的思考など）、個人の効果性（自己管理など）、などを挙げている。

Spencer に先立ち、McClelland は、「Testing “Competence” Rather Than “Intelligence”」と述べ、知性に加え、コンピテンシーの重要性を論じている [McClelland, 1973].

本研究では、研究者の評価基準として、研究者の論文とその共著関係から構築される共著ネットワークの中心性に注目するが、共著ネットワークは研究活動のコレボレーション関係を表すものであるため、その中心性は、研究者が論文を通して示す専門的知識や技能（visible competency）と研究者の組織の中でのチームワークや協調性という研究者の資質（hidden competency）を併せ持った指標と考えられる。

標準的なコンピテンシーモデルとしては、経済協力開発機構（OECD）が2003年に報告したキー・コンピテンシーが挙げられる。このコンピテンシーモデルでは、目に見えるコンピテンシーである「知識」や「技能」に加えて、後述する隠されたコンピテンシーである「道具を使う能力」、「多様な集団との人間関係の形成能力」、「自律的行動能力」の三つが重要とされている [OECD, 2003].

近年、異分野の融合研究や、産学連携など複数研究機関の連携による研究によるオープンイノベーションの重要性が高まっており [Chesbrough, 2003]、また個人のコンピテンシーについても、OECD は、近年の高度な社会性を必要とする業務において協力して問題解決する力（collaborative problem solving）が求められるとしている [OECD, 2017]. これは、共著ネットワークが示す研究活動のコレボレーションについて、その重要性を示すものといえる。

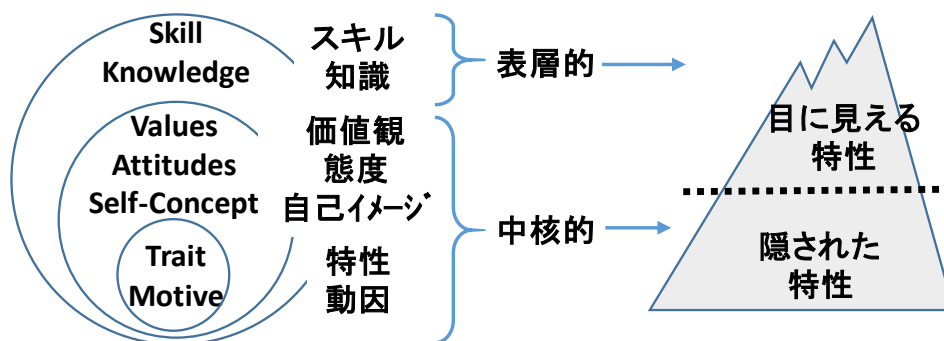


図 2-5 コンピテンシーの 2 つの特性
(Spencer (1993) を参考に著者作成)

2.4.2. OECD のコンピテンシーモデル

標準的なコンピテンシーとしては、経済協力開発機構 (OECD) が 2003 年に報告したキー・コンピテンシーが挙げられる。本報告では、コンピテンシーを、「単なる「知識」や「技能」だけではなく、技能や態度を含む様々な心理的・社会的なリソースを活用して、特定の文脈の中で複雑な要求 (課題) に対応することができる力」とし、具体的に以下の 3 つの能力が重要であるとしている [OECD, 2003].

- 道具を使う能力 例：読解力，数学 (Use tools Interactively)
- 多様な集団との人間関係形成能力 (Interact in heterogeneous groups)
- 自律的行動能力 (Act autonomously)

この 3 つの能力は、それぞれ、「知力」「協調性」「自律性」または、「知」「情」「意」と表現することもできよう。

2.4.3. 協力して問題解決する力

OECD の教育評価機関である Programme for International Student Assessment (PISA) は、「Assessment and Analytical Framework 2015」を公表し、身に着けるべき能力として

- SCIENCE
- READING
- MATHEMATIC
- FINANCIAL LITERACY

に加え

- COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING（協力して問題解決する力）

を取り上げて、協力して問題解決する力の重要性を報告している [OECD, 2017].

その背景として、複雑化してゆく現代社会においては、他の人と協力して問題を解決できる人が益々必要となっており、高水準の社会的能力を必要とすることが多くなっていることを挙げている.

2.4.4. 資質・能力の3次元3軸

前述の通り、研究者に必要な能力（コンピテンシー）については様々な観点から論じられているが、[松下, 2016]はこれらを整理し、資質・能力のフレームワークを提案している. 一般に資質とは、生まれつきの性質や才能 [松村, 2006]などとされるが、[松下, 2016]は、資質を、何を知り（Knowing）、何ができる（Doing）というだけでなく、それに価値観を置きいつでも行おうとする状態（Being）であるとした上で、図 2-6 に示すように、

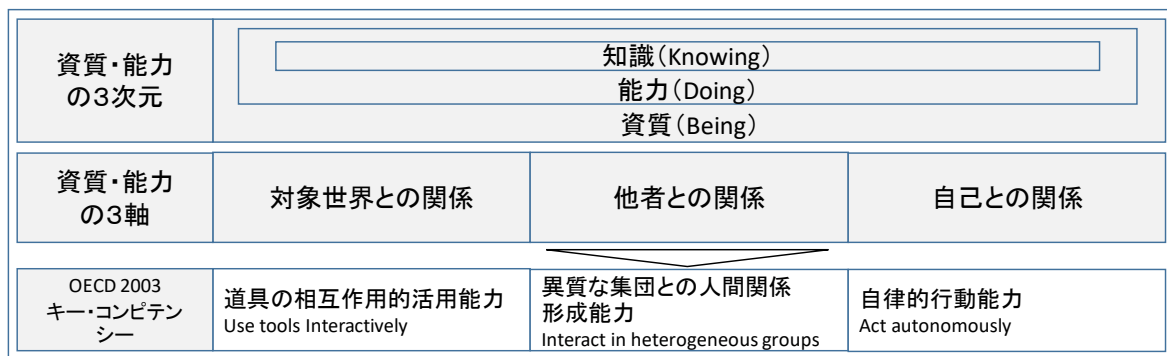


図 2-6 資質・能力の3次元・3階層
(松下 (2016) を参考に著者作成)

人間の資質・能力に関して、① 育成すべき資質・能力に包摂される個人の属性に注目した資質・能力の3次元 (knowing, doing, being) と、② 資質・能力を育てる関係性に注目した資質能力の3軸 (対象世界との関係, 他者との関係, 自己との関係) に分けて、フレームワークを構築した。

2.4.5. 求められる研究者についてのアンケート

組織的な研究開発を行う研究機関に対して「求められる研究者の能力」について調査した結果を Appendix に示す。アンケートは、通常組織的研究が行われる生命科学分野とし、生命科学分野とIT分野の研究開発コンソーシアムである LINC に対して行った。

アンケートの結果を通じて、研究者が研究開発活動を行うにあたって必要な能力として、専門分野の知識や技能に加えて、他者との関係に係る能力、取り分け研究者の資質である「協調性」が重要であることを示された。

本研究では、研究者の能力に関して、前述の3次元 x 3軸のフレームワークを用い、本研究で研究者の評価指標の一つとして提案する共著ネットワークが研究活動のコレボレーションネットワークであり、その中心性が、協調性、すなわち協力して問題を解決できるコンピテンシーであり他者との関係に係る資質を表す指標であると考えられる。

次節では、研究組織における協力関係を示す社会ネットワークである共著ネットワークについて論じる。

2.5. 共著ネットワークの中心性

本研究では、図 2-7 に示す通り、社会ネットワークの一つである共著ネットワークに注目する。社会ネットワークとは、「アクターと呼ばれる行為者としての社会単位が、その意図的・非意図的な相互行為の中で取り結ぶ社会的諸関係の集合」とされる。ここでアクターには、個人、家族、企業、国家など、あらゆる種類の社会的活動の単位が含まれる [金光, 2013]。科学技術文献データベースから構成できる社会ネットワークは、科学計量学の分析において利用されることが多く、代表的な社会ネットワークとして、論文や特許にお

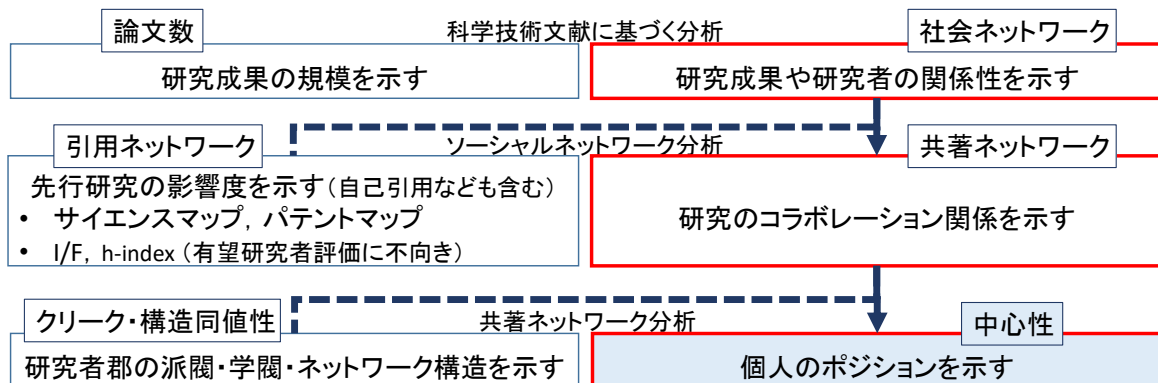


図 2-7 共著ネットワークの中心性の位置付け

ける引用関係から構成できる知識ネットワークである引用ネットワークや、文献の共著関係から構成できる研究者ネットワークである共著ネットワークが挙げられる。

2.5.1. 引用ネットワーク

引用ネットワークは、文献の引用関係から構築され、文献をノード、エッジを引用関係とする社会ネットワークであり、サイエンスマップやパテントマップなどに応用されている。また、既に発行された文献をその後の発行される文献が引用するという関係性により、時間概念をもつ有向グラフとして示される。引用ネットワークにおいて、論文や特許などの文献の被引用数は科学技術の分野や区分への関心の強さを示している。Impact Factorやh-indexも、論文の引用関係に基づく指標であるが、研究実績の後からついてくる遅行指標であるため、実績が十分に蓄積されていないような研究者をカバーすることは難しい。

2.5.2. 共著ネットワーク

共著ネットワークとは、文献の共著関係から構築され、著者をノード、エッジを共著関係とする社会ネットワークであり、リサーチャーマップなどに応用されている。一般にはある時点または期間における協力関係を示す無向グラフとして示される。共著ネットワー

クは、研究開発における協業の代理変数と考えられる。また、その中心性は、研究者が執筆した文献を通して発表した知的能力に加えて、研究組織における協調性などの研究者の資質の大きさを示していると考えられる。

2.5.3. ネットワークの中心性

共著ネットワークにおける中心性は、共同研究を行う研究者グループの中での研究者の位置付けを示している。図 2-8 に示す通り、中心性には、次数中心性、近接中心性、媒介中心性、などがあり、それぞれ以下のように説明される。

- 次数中心性：ネットワーク内で、より多くの研究者とのリンクを持つ研究者を高く評価する（活動の大きさを評価）
- 近接中心性：ネットワーク内の全ての研究者とどのぐらい近い（他の研究者への最短距離の総和の逆数）を示す（活動の緊密さを評価）
- 媒介中心性：他の研究者同士をつなぐ働きをする研究者（ある研究者が他の研究者間の最短経路上に位置する程度）を示す（活動の媒介性・ゲートキーパーを評価）
- 固有値中心性：Page Rank としても知られ、重要度が高い研究者と多く関係を持つ研究者は重要度が高いことを示す（著名研究者とのパイプの太さを評価）

本研究では、研究組織内で、他の研究者を繋ぐ役割を果たすキーマンを表す媒介中心性に注目し、評価指標としての媒介中心性を用いることとする。

<p>■ 次数中心性 ネットワーク内で、より多くの研究者とのリンクを持つ研究者を高く評価する → 活動の大きさ</p>	<p>■ 近接中心性 ネットワーク内の全ての研究者とどのぐらい近いを示す（他の研究者への最短距離の総和の逆数） → 活動の近さ</p>
<p>■ 媒介中心性 他の研究者同士をつなぐ働きをする研究者を示す（ある研究者が他の研究者間の最短経路上に位置する程度） → 活動のゲートキーパー</p>	<p>■ 「Page Rank」 重要度が高い研究者とリンクを持つ研究者は重要度が高いことを示す → 著名研究者との近さ</p>

図 2-8 共著ネットワークの中心性のタイプ

2.6. 共著ネットワークの中心性に関する先行研究

本節では、共著ネットワークの中心性に関する先行研究とその限界について述べる。

2.6.1. 共著ネットワーク

Crane は、科学知識の成長には関連分野の共同研究集団が影響し合うことを明らかにした上で、これらの集団のネットワークを「見えざる大学 (invisible university)」と呼び、科学知識の成長には研究者間の交流や共同研究集団におけるリーダーシップが重要な影響を与えること、そしてリーダーを通じてアイデアが伝播することを説いている [Crane, 1972].

Melin は、科学技術論文の共著関係から、研究機関内、国内、国際のそれぞれにおける協業の特徴を明らかにした上で、共著関係の分析が科学技術政策に有用であると論じている [Melin Persson, 1996].

Barabasi は、数学と脳科学の 2 分野の論文を対象に共著ネットワークを構成し、複雑ネットワークのアプローチから共著関係の特徴を分析している [Barabasi, ほか, 2002].

また、Newman は、生物学、物理学、数学の 3 分野の論文を対象に共著ネットワークを構成し、分野による協業パタンの違いについて明らかにしている [Newman, 2004].

[森, 原, 榊, 梶川, 坂田, 2015]は、コンピュータ分野の論文を網羅している ACM Digital Library の論文データベースを用い、シードとして特定した研究者から共著関係を逐次的にたどることで作成される共著ネットワークにより、萌芽領域の中心的研究者の予測手法を提案している。

2.6.2. 共著ネットワークの中心性

共著ネットワークの中心性と研究者の業績の関係についても論じられており、例えば篠田は、日本の人工知能学会の論文誌に掲載された論文の著者順に注目した共著ネットワークを構成し、中心性指標に基づいて学会の中心的人物の特定と移り変わりを示している [篠田, 2011].

[宮西, 関, 上原, 2012]は、高エネルギー物理理論の論文の共著ネットワークを用い、時

系列ネットワークから将来的に重要となる研究者の順位付け手法を提案している。

また、Abbasi は、*Information Science and Library Science* 誌に掲載されている論文の共著ネットワークを構成し、媒介中心性の高い研究者は高い成果を上げていることを示している [Abbasi, Chung, Hossain, 2012]。

2.6.3. 共著ネットワークを用いた研究者の評価

共著ネットワークを用いて有望な研究者を探索する手法は、既にいくつかの関連研究で提案されており、その中には、共著者や論文の掲載誌名などのパラメータを組み合わせた評価指標や、機械学習を用いた分類手法がある。

例えば、[Li, Foo, Tew, Ng, 2009]は、有望な研究者を共著ネットワークにおける出版物情報を用いて探索し、その評価を被引用数で行った。

[Zhang, Xia, Wang, et al, 2016]は、有望な研究者を共同研究者の所属組織の異質性、引用数、論文の中の著者順、などを用いて探索する手法を提案している。

また、[Daud, Ahmad, Malik, et al. , 2015]は、有望な研究者を、著者、出版物、共著関連属性に基づき分類し、論文被引用数で評価した結果、出版物による判別が効果的であることを明らかにした。

[Panagopoulos, Tsatsaronis, Varlamis, 2017]は、共著ネットワークの替りに共著 Power Graph を使って分析している。

しかし、これらの関連研究は、研究成果を発表しはじめてから日が浅い若手研究者に着目しておらず、また、学生も含めた有望な若手研究者を積極的に評価、探索しようというものではない。

本研究では、有望な若手研究者として JSPS 特別研究員を取り上げ、JSPS 特別研究員の共著ネットワークの中心性と h-Index の時系列変化の特徴を比較することで、共著ネットワークの媒介中心性が有望な若手研究者の評価や探索に有用な指標の一つとなり得るかを検証する。

2.7. 研究者の評価指標の課題

エビデンスベースの研究者の評価指標として、h-Indexやインパクトファクターの高い学術雑誌への掲載論文の件数などの被引用系指標は、目に見えるコンピテンシーである研究活動の成果が与えたインパクトを評価できる指標であるといえる。一方、隠されたコンピテンシーである協力して問題解決する力などのコラボレーション能力の重要性が高まっているなか、これらの被引用系指標は、隠されたコンピテンシーを直接測る指標ではない。

また前述の通り、h-Indexなどの論文被引用系指標は公表した論文が他の論文から引用された後に得られる遅行指標であり、研究実績の乏しい若手研究者を十分に評価することは困難であるとされる。一方、論文被引用系指数以外に評価方法として、ピアレビューなどがしばしば用いられるが、その評価基準は明確とはいえず、定量的で客観的な評価手法が望まれる。

2.8. 本研究の概要と位置付け

本研究の目的は、組織的な研究分野において、研究者、特に若手研究者の評価指標の一つとして、科学技術文献データベースから構成される「共著ネットワークの媒介中心性」を提案し、h-Index 先行指標として、その有効性を示すことである。

Appendix のアンケートを通じて示された研究活動に求められる研究者の能力として「協調性」に注目し、研究活動のコラボレーションネットワークである共著ネットワークの媒介中心性を研究者の評価指標の一つとして提案する。さらに、研究者の評価、ファンディングプログラムの評価、有望な研究者の探索に提案指標が活用可能であることを示し、この指標の有効性を示す。

本研究では、まず、有望な研究者のベンチマークとして、日本学術振興会（JSPS）に選出された JSPS 特別研究員の媒介中心性の時間推移を分析し、一般の研究者と比較することで、有望な研究者の探索に共著ネットワークの媒介中心性を利用する手法が有効か検証する。

次に、ファンディングプログラムに選出された研究者を、媒介中心性を用いて事後評価し、提案指標の有効性を示す。

さらに、JSPS 特別研究員の中心性の時間推移が有意にロジスティック回帰していることから、これを「JSPS 特別研究員モデル」とし、このモデルと同様の特徴を示す研究者をデータベースから探索ことで、有望な研究者を抽出する手法を提案する。

分析対象とする文献データベースは、日本学術振興機構 (JST) が提供している JSTPlus とし、生物学の全分野および物理学の全分野を対象に、15 年分のデータ、約 387 万件の文献情報を抽出した。

第3章 研究者の評価

本章では、共著ネットワークの媒介中心性を指標として活用した研究者の評価について述べる。本研究では、科学技術振興機構（JST）の科学技術文献データベース（JSTPlus）を対象として、これらの文献から構築された共著ネットワークの媒介中心性を分析した。また、有望な研究者のベンチマークとして、日本学術振興会（JSPS）「特別研究員制度」に採択された研究者を取り上げ、JSPS 特別研究員と一般研究者の共著ネットワークの媒介中心性を比較した。その結果、①有望な研究者とされる JSPS 特別研究員の媒介中心性は一般の研究者の媒介中心性よりも著しく成長していること、②その媒介中心性はロジットモデルで推移していること、を示す。また、ノーベル賞受賞研究者や成長著しい若手研究者を事例として共著ネットワークの媒介中心性を用いて評価し、共著ネットワークの媒介中心性が研究者の評価指標として活用可能であることを示す。

3.1. はじめに

近年、科学技術の発展やイノベーションの推進に向け、研究者に対するエビデンスベースの評価が必要となっており [Macilwain, 2010]、特に若手研究者の評価は課題である [Lane Bertuzzi, 2011]。また、イノベーションの推進に、様々な機関や分野の組織的連携によるオープンイノベーションが重要となり [Chesbrough, 2003]、コラボレーションにより問題解決する力が必要となっているなか [OECD, 2017]、コラボレーションの能力の評価も課題である。

本研究では、Appendix のアンケートを通じて示された研究活動に求められる研究者の能力として「協調性」に注目し、研究活動のコラボレーションネットワークである共著ネットワークの媒介中心性を研究者の評価指標の一つとして提案する。さらに、研究者の評価に提案指標が活用可能であることを示し、この指標の有効性を示す。

一般に、科学技術やイノベーションの担い手である研究者の評価指標として、h-Index [Hirsch, 2005]やインパクトファクター [Garfield, 1972]の高い学術雑誌への掲載論文の件数などの文献の被引用系指標が用いられることが多い。これらの指標は文献の引用関係から研究活動の成果が与えたインパクトをエビデンスベースで定量的に評価する指標であるが、研究者のコラボレーション能力を測る指標ではなく、また、研究実績についてくる遅行指標であるため、将来が期待されるものの研究業績がまだ十分ではない若手研究者をこれらの指標を用いて評価することは困難であるとされる [Zare, 2012] [Schreiber, 2013] [Priem, Taraborelli, Groth, Neylon, 2010]。一方で、ピアレビューによる評価は、研究者が持っている資質の評価も可能であるが、評価の基準が明確でなく、エビデンスベースの定量的な評価には課題がある。

本章では、組織的な研究が行われることが多い研究分野における研究者を、研究者の持っているコラボレーション能力を評価しかつ定量的に評価するため、共著ネットワークの媒介中心性によって評価する手法を用いた分析結果について示す。

具体的には、科学技術振興機構 (JST) が提供する学術文献データベース (JSTPlus) の中の物理学分野の文献200万件および生物学分野の文献約200万件 (合計約400万件) から構築される共著ネットワークの媒介中心性を算出する。算出結果に基づき、有望な若手研究者として選抜された日本学術振興会 (JSPS) の特別研究員や、卓越した研究者としてノーベル賞を受賞した研究者の媒介中心性の時間推移を分析し、一般的な研究者の時間推移と比較評価する。

以下本章では、まず、分析対象のデータベースと有望な研究者のベンチマークとしてのJSPS特別研究員について述べた上で、媒介中心性を用いた研究者の評価の手法と、物理学および生物学分野の学術文献約400万件についての分析結果を示し、その有効性について考察する。

3.2. 分析対象データベース

共著ネットワークの構成にあたっては、科学技術振興機構 (JST) が提供している学術

文献データベースである JSTPlus¹を用いる。JSTPlus は科学技術の全分野を対象に，世界 50 数カ国の学術文献情報を収集したデータベースであり，国内学術文献については，学会の年次大会や研究会における技術研究報告といった口頭発表論文も含めて網羅的に収録すると共に，海外主要文献も収録しており，その総数は 2500 万件以上，年間に約 70 万件の新たな文献情報が収録される。研究成果が十分に蓄積されていない有望な研究者も，その活動状況を捉えられる可能性が高い。本研究では，JSTPlus から生物学分野および物理学分野，15 年分（2001 年から 2015 年）の文献データ約 387 万件を抽出・分析した。表 3-1 に，分析対象としたデータベースから各年度において抽出した文献数と著者数を示す。

表 3-1 発行年ごとの文献 ID 数

年度	生物学（区分 E）		物理学（区分 B）	
	文献 ID	著者 ID	文献 ID	著者 ID
2001	115,627	342,216	111,185	253,156
2002	110,113	325,499	115,089	253,209
2003	115,032	329,202	112,863	252,732
2004	118,545	342,507	115,243	263,265
2005	119,051	350,396	120,349	287,432
2006	122,191	363,198	126,359	302,268
2007	132,722	392,749	132,772	316,478
2008	130,656	385,763	135,643	322,364
2009	138,432	407,731	134,730	326,533
2010	137,717	421,509	135,338	336,607
2011	138,405	438,580	139,474	357,205
2012	131,785	428,624	138,507	365,925
2013	147,125	494,480	149,616	400,746
2014	136,272	464,333	146,925	412,117
2015	126,518	457,627	138,844	440,908
合計	1,920,191	4,139,246	1,952,937	3,164,801

¹ 抽出したデータセットの詳細については，参考資料を参照。

3.3. 有望な研究者のベンチマークとしての JSPS 特別研究員

有望な研究者の媒介中心性の特徴を明らかにするため、有望な研究者のベンチマークとして JSPS 特別研究員の媒介中心性に着目した。JSPS 特別研究員は、JSPS が若手の有望な研究者として選定した博士後期課程在学中から学位取得後の早い時期を想定した若手研究者である。JSPS 特別研究員向けのこの助成制度は、1985 年から続いている。選考は主に書類審査に基づいており、審査過程の一部で面接が実施される。

JSPS は、当該制度の助成を受けたことを論文の発表時に記すよう採択者に求めており、採択者側は所属機関の欄に「日本学術振興会特別研究員」や「JSPS Research Fellow」などと記すことでその旨に対応している。

本研究では、データベースの所属機関の欄に「日本学術振興会」もしくは「JSPS」という語句が含まれていた著者を、JSPS 特別研究員の経歴を持つ研究者として抽出した。

3.4. 手法

本節では、筆者らが提案する研究者の評価手法について数理的観点も踏まえて説明した上で、本研究で分析の対象としたデータベース、および有望な研究者のベンチマークとした JSPS 特別研究員について述べる。

3.4.1. 提案する評価手法のステップ

研究者の評価手法のステップの概要を以下に示す。

- Step 1. 科学技術文献データベースから、対象とする分野の文献群を発行年ごとに分割して抽出
- Step 2. 抽出された発行年ごとの文献群をもとに、研究者の共著ネットワークを構築
- Step 3. 構築された発行年ごとの共著ネットワークにおいて、各研究者の媒介中心性を算出
- Step 4. 研究者ごとに、算出したすべての発行年の中心性の時間推移を分析

これらの4つのステップで研究者の共著のネットワークの中心性の推移を分析し、中心性が常に高い研究者は優秀な研究者、上昇していれば、有望な研究者であると評価し、下落していれば、そのような研究者ではないと評価する。

3.4.2. 共著ネットワークの媒介中心性の算出

ここで、上記分析ステップのうち Step3.の媒介中心性の算出手法について数理的観点から述べる。

n 点の頂点から構成されるグラフ g において、頂点 i の媒介中心性 b_i は、 i 以外の 2 頂点の組み合わせ (j, k) の最短経路上に i が位置する度合いを示し、

$$b_i = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}} \dots \dots \dots (1)$$

とされる。式(1)において、 g_{jk} は頂点 j と頂点 k を結ぶ最短経路が何通りあるか表し、 $g_{jk}(i)$ は g_{jk} のうち頂点 i を通る経路が何通りあるか表す。

各年の中心性を比較するため、各年の中心性を順位付けした後、正規化した。順位づけの方法は、応用上の利便性を考慮して、複数の頂点で同順位が生じたときにその前の順位と連番となる最大の順位を全ての複数の頂点に付与する順位づけを適用した。この順位づけを $rank(\cdot)$ とし、その正規化にあたっては、

$$y_i^* = \frac{rank(b_i) - \min(rank(b))}{\max(rank(b)) - \min(rank(b))} \dots \dots \dots (2)$$

とする処理を適用した。

また、時系列 x に応じた y_i^* の変化に対しては、

$$\hat{y}^* = \frac{K}{1 + \exp\{-(\alpha + \beta x)\}} \dots \dots \dots (3)$$

とするロジスティック関数を当てはめた。

なお、これらのデータ分析には、R 3.4.1 およびパッケージ `igraph` 1.1.2, `VGAM` 1.0-4, `data.table` 1.10.4, `Matrix` 1.2-10 を用いた。

3.5. 結果

本節では、前節で述べた提案評価手法を用いて組織的研究が行われることの多い物理学および生物学の分野の研究者を評価した事例を示す。最初に年度ごとに抽出した文献群、次に文献群から作った共著ネットネットワーク、最後に有望な若手研究者としてのJSPS特別研究員および優秀な研究者としてのノーベル賞受賞研究者の媒介中心性の推移を示す。

3.5.1. 発行年ごとの文献グループの抽出

分析の対象とした分野は、JSTPlusのうち、組織的研究が行われることの多い物理学 (JST 区分B) および生物学 (JST 区分E) の2 分野とし、本研究では、両分野において2001 年から2015 年までの15 年間に発行されたすべての学術文献情報を抽出した。抽出した文献の総数は、物理学分野から1,952,937 件、生物学分野から1,920,191 件、合計で3,873,128 件となった。表 3-1に、各年度において抽出した文献数と著者数を示した。なお、表 3-1における著者数の合計欄には重複しない著者の総数を示した。そのため、表の列和と合計欄の値は一致しない。表 3-1より、物理学および生物学のどちらの分野においても、発行年ごとの文献群のなかの文献数と著者数が時間の推移に応じて増加する傾向あることが分る。

3.5.2. 発行年ごとの共著ネットワークの構築

抽出した発行年ごと文献から、その共著関係をもとに共著ネットワークを構築した。各年度の共著ネットワークのクラスタの分布を図 3-1に示す。図 3-1の横軸はクラスタ数の対数、縦軸はクラスタサイズの対数を示している。図 3-1より、物理学および生物学のい

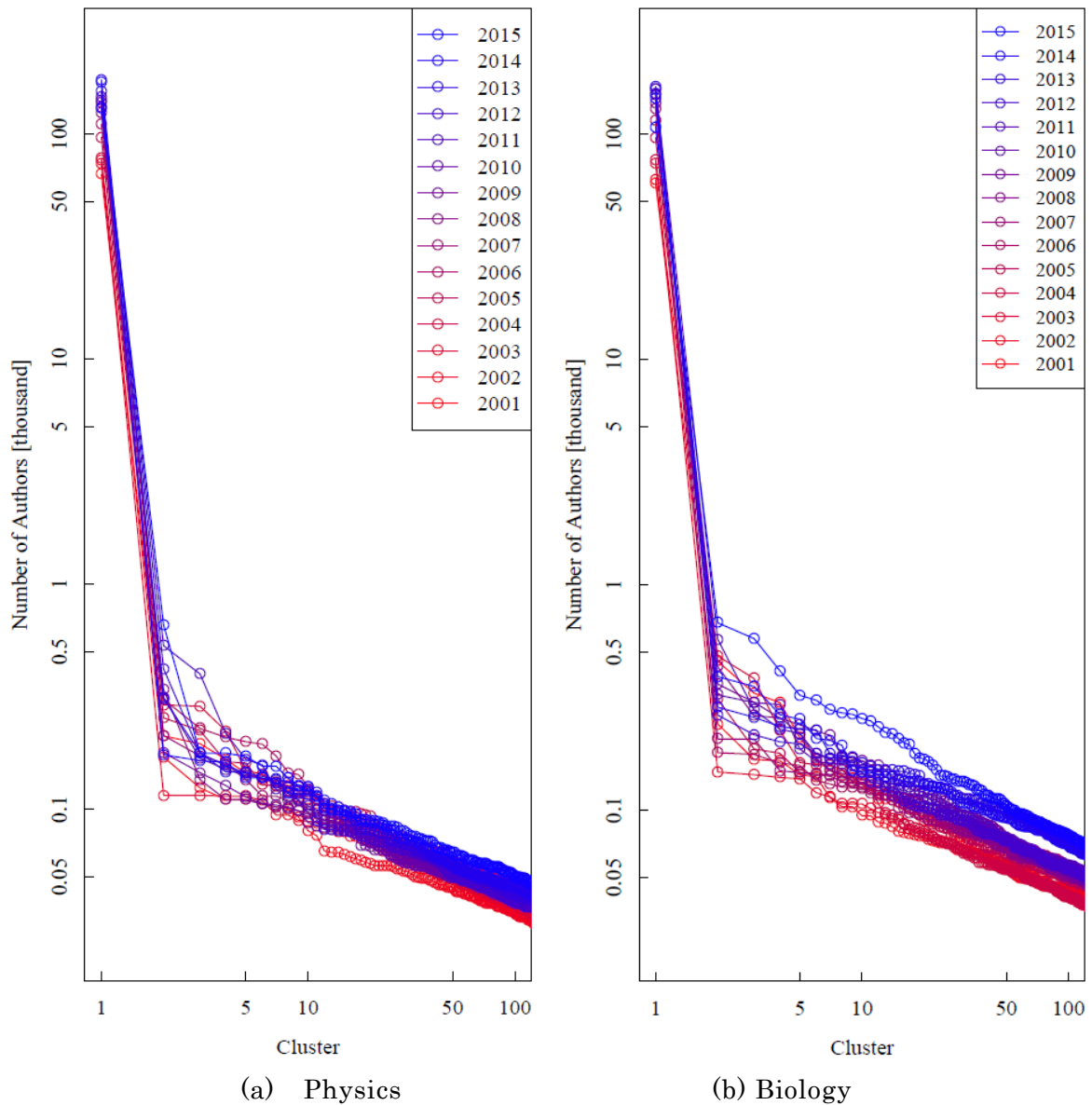


図 3-1 共著ネットワークのクラスタの分布

ずれにおいても、共著ネットワークは一つの大きなクラスタ（研究グループ）と多数の小さなクラスタに分かれる傾向が示された。最大クラスタは著者数の2割程度を含む大きさで、それ以外のクラスタはべき乗則に則っている傾向があることが分る。

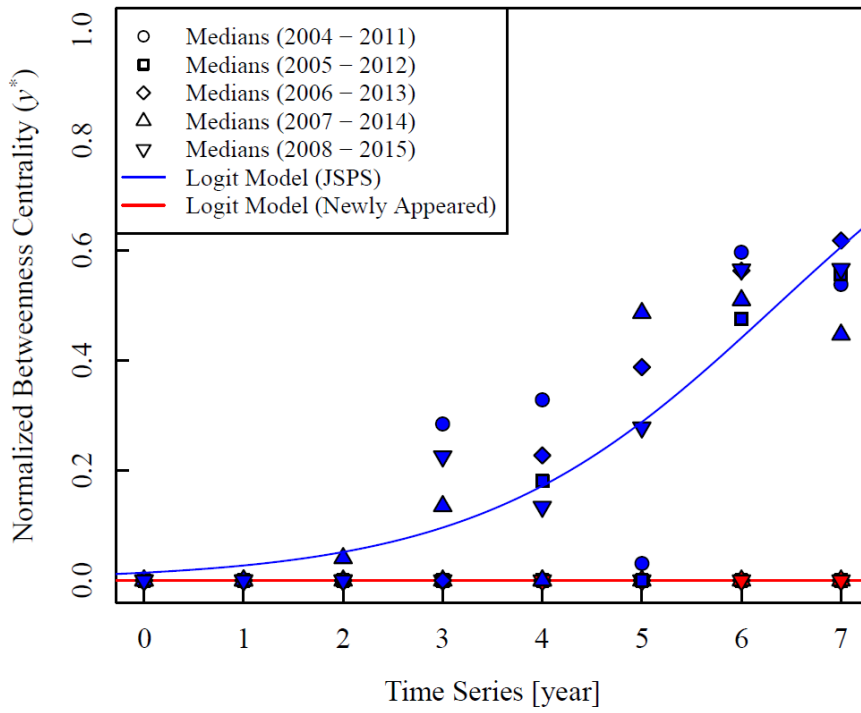
3.5.3. JSPS 特別研究員の媒介中心性の推移

表 3-2は、2004年から2008年の範囲で新規に抽出された研究者およびJSPS特別研究員の著者ID数を示す。また、図 3-2は、正規化した媒介中心性 y^* の中央値を散布図で表すと共に、その時間推移に式(3)のロジスティック関数を当てはめた結果を示す。図 3-2 (a)は、前述のJSTPlusの物理学分野の約192万件の文献を用いて算出した媒介中心性の時間推移である。横軸上の数字は8年間の時間の推移を表す。2004年から2008年までの各年で、データベースからはじめて研究者の中心性が抽出された年を始点（横軸の「0」）とし、その7年後を終点（横軸の「7」）とする。算出された8年間の中心性の時間推移の5つのデータセットは、始点（横軸の「0」）から揃えて示している。プロット点の形状は5つのデータセットの違いを表す。青色のプロット点はJSPS特別研究員群を、赤色のプロット点は全ての抽出研究者群の中央値を表し、図中の曲線はこれらに当てはめたロジスティック関数を表す。また、図 3-2 (b)は、図 3-2 (a)と同様の分析を生物学分野の共著ネットワークの媒介中心性の時間推移について行った結果を示したものである。

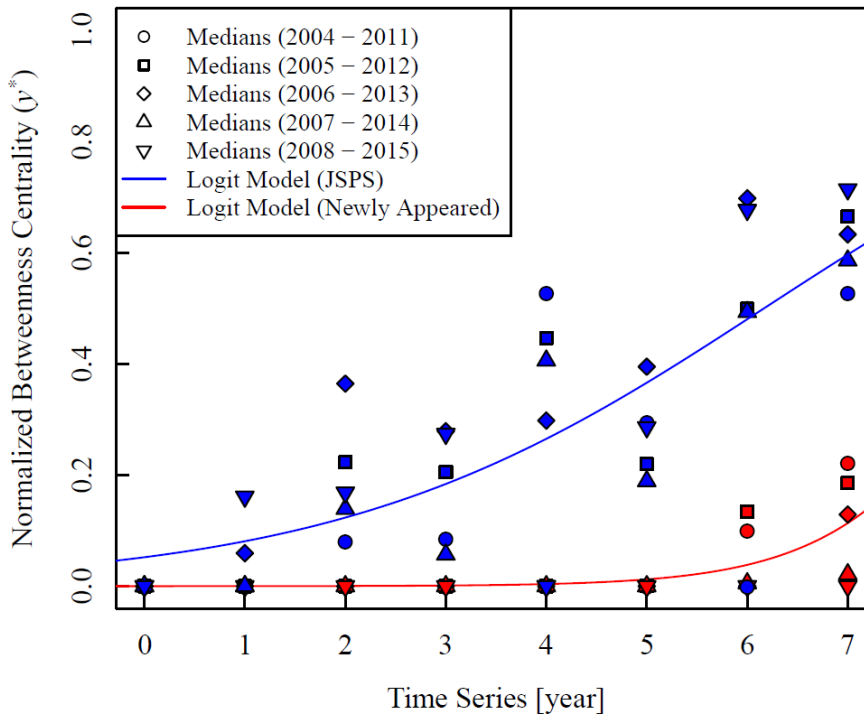
表 3-2 新規に抽出した研究者および JSPS 特別研究員の著者 ID 数

年度	生物学 (区分 E)		物理学 (区分 B)	
	新規抽出	JSPS [†]	新規抽出	JSPS [†]
2004	242,739	106	169,455	16
2005	251,490	113	192,052	16
2006	252,092	153	195,532	36
2007	264,226	153	194,823	40
2008	248,683	165	193,995	34
合計	1,259,230	690	945,857	142

[†] 新規抽出後から 2015 年までに JSPS 所属が確認された著者 ID の数



(a) Physics



(b) Biology

図 3-2 中心性の推移 (赤色：全研究者，青色：JSPS 特別研究員)

図 3-2 (a)および(b)から，物理学と生物学のいずれの場合も共著ネットワークの中心性は，すべての研究者のなかで，有望とされるJSPS特別研究員の媒介中心性 y^* が著しく成長し，ロジスティック関数に回帰することが示され，共著ネットワークの中心性により研究者の評価が可能であることが分る．回帰係数は，物理学（区分B）では $\alpha = -2.900$ ， $\beta = 0.470$ ，生物学（区分E）で $\alpha = -4.245$ ， $\beta = 0.668$ と推定された（ $p < 0.001$ ）．一方で，新規抽出研究者群の媒介中心性 y^* はいずれの年度を基準にした場合も5年経過後まで0であり，生物学においては7年経過しても0のままであった．

一般にどのような研究者も年を経るごとに成長しその中心性も年とともに上昇すると考えられる．一方，媒介中心性 y^* の中央値を基準にした場合，学術文献を发表するようになってから5年が経過する頃には，JSPS特別研究員制度に採択される研究者は，コラボレーション協業関係の基盤を形成し，JSPS特別研究員の媒介中心性はロジットモデルで一般の研究者よりも有意に早く上昇している．

一般に研究者は年を経るごとに成長しその中心性も年とともに上昇すると考えられるが，媒介中心性 y^* の中央値を基準にした場合，研究者のうちJSPS特別研究員制度に採択される業績や資質を持つ者は，学術文献を发表するようになってから5年が経過する頃には，コラボレーション協業関係の基盤を形成しており，その後共著ネットワークをロジットモデルで著しく広げているといえる．

3.5.4. ノーベル賞受賞研究者の媒介中心性の推移

図 3-3に個別のケースとして生物学から抽出した4名の研究者の媒介中心性 y^* の推移を示す．図中の三角のプロット点は，ノーベル賞を受賞した大隅良典 博士（2016年授賞），大村智 博士（2015年授賞），山中伸弥 博士（2012年授賞）の媒介中心性の推移を表す．そして，丸いプロット点で表した研究者は，2001年に山中伸弥 博士の研究室に所属した高橋和利 博士を表し，図 3-3の青線は図 3-2 (b)と同じロジットモデル曲線である．

図 3-3より，ノーベル賞を受賞者した研究者の媒介中心性は，いずれの年度においても概ね $y^* > 0.9$ とかなり高い水準にあった．一方で，高橋和利 博士は，奈良先端科学技術大学院大学に大学院生として所属した2001年にはじめて当該データベースの生物学に名前が出現し，図 3-3に示す通り，この年は $y^* = 0$ であった．その後，高橋和利 博士の媒介中心性は橙色のプロット点の通りに上昇している．

図 3-2 (b)と同じ青色の曲線は、図 3-3において橙色のプロット点の推移と同様に上昇しており、モデル式から得られた \hat{y}^* と高橋和利 博士の媒介中心性 y^* の成長の一致度を積率相関係数 r で評価したところ、 $r = 0.878$ となった ($p < 0.01$) .

最後に、共著ネットワークの成長過程を実際に確認するために、2003年から2007年までの高橋和利 博士を中心としたグラフを図 3-4に示す。この図 3-4において、橙色のプロット点は高橋和利 博士を、赤色のプロット点は山中伸弥 博士を表す。

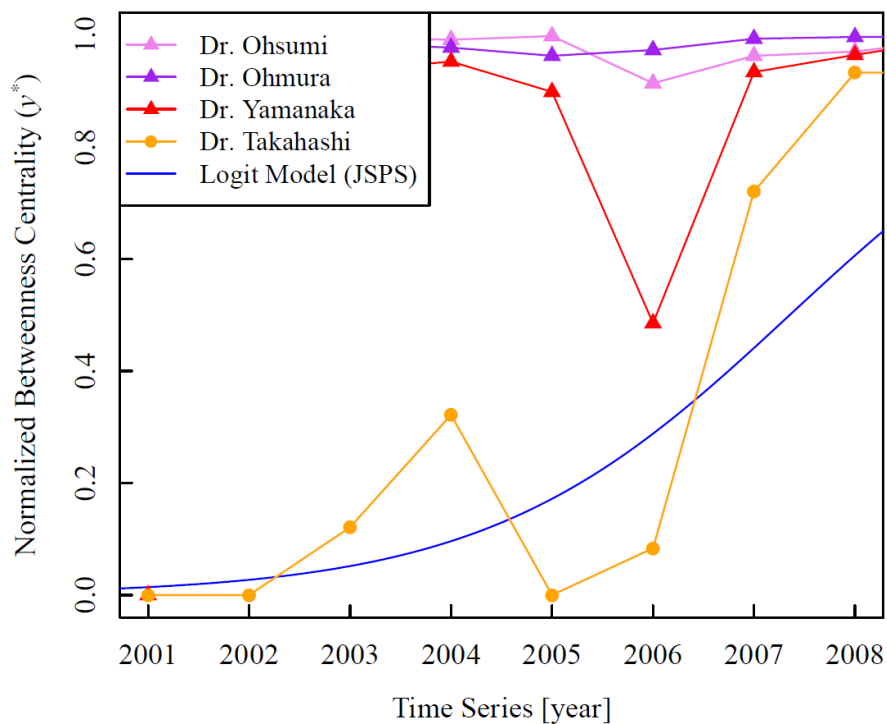


図 3-3 中心性の推移（ノーベル賞学者、若手研究者の例）

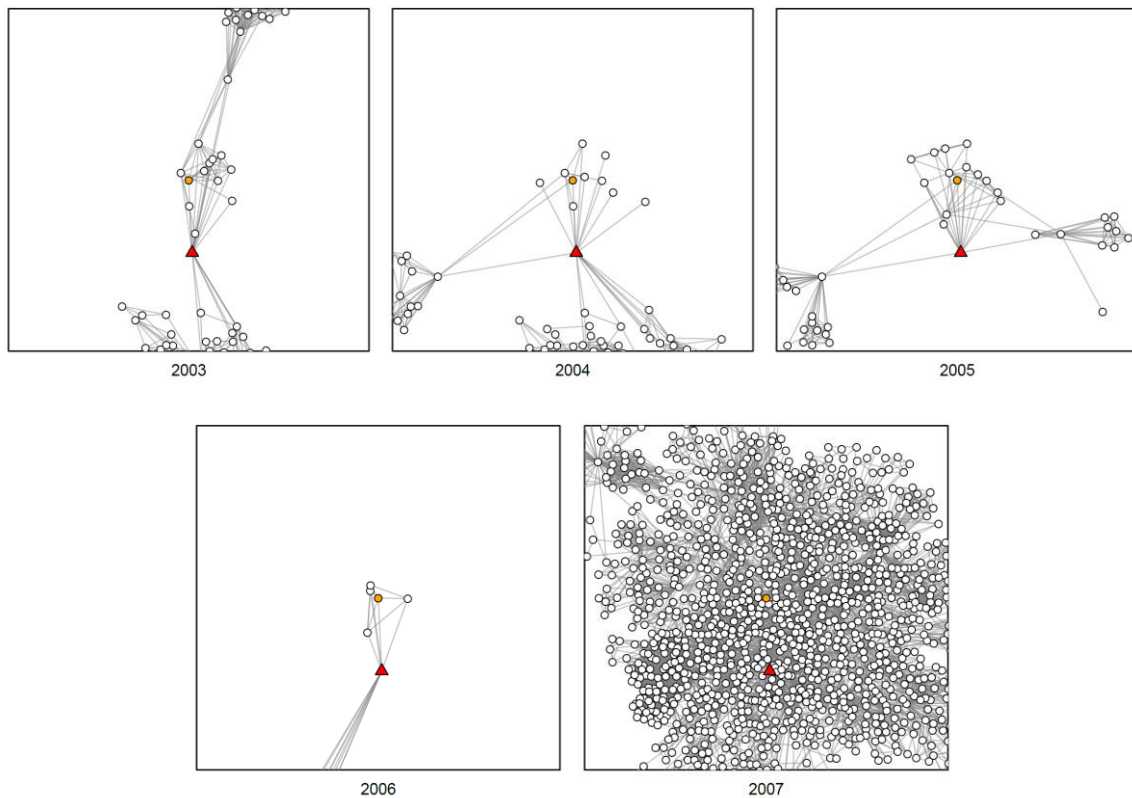


図 3-4 共著ネットワークの成長過程（橙色：高橋博士，青色：山中博士）

これらの結果は，優秀な研究者の評価は既に高く，有望な研究者の評価指標はその成長とともに急速に上昇するという認識と整合的であり，評価指標としての媒介中心性の有効性を示しているといえる。

3.6. 考察

本節では，前節の結果を考察し，共著ネットワークの中心性の時間推移を指標とした研究者評価の有効性について論じる。

3.6.1. 研究者の評価指標としての媒介中心性の有効性

前述の通り，論文の引用関係に基づいた指標であるh-indexやImpact Factorは，当該研究内容が他に与えた影響力を事後的に反映する遅行指標であり，実績が十分に蓄積されていない若手研究者をこの指標を用いて評価することは難しい．

一方で，本提案手法は，研究成果をはじめて発表するようになってから4年程度しかキャリアを持たない若手研究者の探索，評価が可能である．また，卓越した研究者として，近年ノーベル賞を受賞した日本の研究者の媒介中心性は，常に上位に位置することも確認された．

学術成果をはじめて発表するようになってからおよそ4年という若手研究者は大学院生に相当すると考えられる．通常，この時期の学生がh-Indexなどの論文被引用指標で高い実績を持つことや，評価にあたり論文被引用指標で比較されることは稀であり，この時期の学生の選考は，専門家によるピアレビューに基づくことが多いが，本提案手法を用いれば，文献データベースから網羅的かつ定量的に候補者を抽出し，評価することも可能である．

3.6.2. 媒介中心性による有望な研究者探索の可能性

本章では，JSPS特別研究員の中心性の推移をロジットモデル \hat{y}^* で示すとともに，個別事例として，高橋和利 博士の共著ネットワークの媒介中心性の推移を示した．一方， \hat{y}^* と同様の特徴で推移する媒介中心性を持つ研究者をデータベースから探索すれば，媒介中心性が将来高くなる有望な研究者を検出できる可能性がある．この媒介中心性による有望な研究者の探索については，第6章で論じる．

3.7. まとめ

オープンイノベーションなど，様々な分野の融合や産官学をはじめとする研究機関の連携の重要性が増しているなか，本章では，共著ネットワークの媒介中心性を用いた研究者の評価手法について述べた．

その上で，組織的研究が行われることの多い物理学および生物学分野の研究者の共著ネットワーク構築し，有望な若手研究者として選ばれた JSPS 特別研究員の媒介中心性の推移を分析した．

その結果、本提案手法について、以下が示された。

- 物理学と生物学のいずれの場合も共著ネットワークの中心性は、一般の研究者のなかで、有望とされる JSPS 特別研究員の媒介中心性が著しく成長し、ロジスティック関数に回帰すること
- 研究成果をはじめて発表するようになってから 4 年程度しかキャリアを持たない若手研究者の評価が可能であること
- 事例として、世界的に卓越した研究者であるノーベル賞受賞者や成長著しい若手研究者を媒介中心性を用いて評価したところ、卓越した研究者の媒介中心性はすでに高く、成長著しい若手研究者の媒介中心性は、急速に上昇していたこと

これらの結果から、組織的研究における研究者の評価指標として、共著ネットワークの媒介中心性が有効であることが示された。

第4章 ファンディングプログラムの 評価

本章では、この提案指標を用いて行ったファンディングプログラムの評価について述べる。第3章で評価したJSPS特別研究員に加え、さらに、日本の主要ファンディングプログラムであるJST「さきがけ」やJST「CREST」に採択された研究者について提案指標を用いて評価した。その結果、①プログラム採択後では、3つのプログラム全てにおいて研究者の媒介中心性が急速に成長を開始すること、一方、②プログラム採択前では、JSPS特別研究員の場合は他のプログラムと比較して低い、さきがけ研究員の場合は既に高い、CREST研究員の場合は低下している、すなわち、研究者の媒介中心性はプログラムごとに特徴が異なること、を示す。

4.1. はじめに

科学技術政策において、「ファンディング」とは、政策の実現を目指して研究開発を推進するために必要となる公的資金を研究者へ配分することであり、「ファンディングエージェンシー」とは、このような公的研究開発資金の配分機関を指す [小林, 2012]。また、「ファンディングプログラム」とは、ファンディングエージェンシーにおいて政策・施策を具現化するための事業であり、これを効率的かつ効果的に実行してゆくためには、プログラムの評価活動が非常に重要になる。

科学技術政策体系には、政策 (policy)、プログラム・制度 (program)、研究開発課題 (project) などの階層があり、それぞれの階層において「評価」が存在する。これらの体系を図 4-1 に示す。このうち、プログラム・制度の階層は、社会・経済・文化的な価値を追求する政策階層と、科学技術的な価値を追求する研究開発課題階層とを結びつける役割

ファンディングシステム の階層	政策・戦略 → 社会・経済・文化的価値		
	施策・プログラム → 2つの価値を結び付ける仕掛		
	プロジェクト → 科学技術的価値		
評価のタイプ	事前評価 (Assessment)	中間評価 (Monitor)	事後評価 (Evaluation)
評価内容	プロジェクトや研究者の選定 インプット(投入資源)の評価	研究開発の有効性・効率性の モニタ	アウトプット(直接成果)や インパクト(波及効果)の評価
評価手法 (評価指標)	ピアレビュー	ピアレビュー	
	論文/特許数・被引用数 研究費, 研究者数, など	論文/特許数・被引用数 技術貿易・ハイテク貿易, など	

図 4-1 ファンディングシステムの階層と評価のタイプ

となるため、この評価が科学技術政策では重要視されるとしている [林, 2012]。

従来の伝統的なファンディングプログラムには、特定の政策目的と結び付けられることがほとんどなかったため、研究開発課題（プロジェクト）や研究者の選択（事前評価）が最も重要な関心事であり、この事前評価は、同じ研究分野で研究テーマに関して判断できる同僚研究者による評価（ピアレビュー）が用いられることが多かった。

一方、今日のファンディングプログラムは、政策目的と明確に結びつけられ、シーズ駆動型のリニアモデルではなく、課題達成型もしくはニーズ駆動型のファンディングモデルあることが多いため、単にプロジェクトの選択のための事前評価だけでなく、研究活動による目標の達成への寄与やそこに至る研究活動の舵取りが重要になり、中間評価や、アウトカム（施策・プログラムの国民に対する成果）やインパクト（成果を超えた波及効果や、政策介入の効果・追加性）などの事後評価、さらにはプログラム自体の評価が関心事となる。

従って、研究開発が政策目的の実現への貢献を求めるように環境変化してゆく中で、ピアレビューに留まらない、多面的な評価が課題となっている [小林, 2012]。

ファンディングプログラムの総合的な評価としては、[吉田, 篠原, 佐々, 2007]が、研究開発から生み出された間接的な評価指標である発表論文数や特許出願数では不十分であるとした上で、JSTのCRESTなどのプロジェクトを取り上げてその成功要因についてケーススタディを行い、成功要因の一つとして“連携”を挙げている。また、ファンディングプログラムの定量的な評価としては、[黒沢, 水田, 小賀坂, 2015]が、論文数や被引用数の

多寡による定量的データだけで研究成果を評価することが困難とした上で、JST や JSPS のファンディングプログラム情報のデータベース (FMDB) を構築しており、ファンディングプログラムの成果や効果などの定量的な分析評価の方向性について述べている。しかし、これらのファンディングプログラムの事後評価の具体的指標についての研究は十分であるとは言えない。

研究開発を推進するために必要となる公的資金を研究者へ配分する機関であるファンディングエージェンシーにとって、将来の学術研究を担う有望な研究者や政策課題対応型研究を推進する優秀な研究者を評価・選定し、研究資金を提供することは重要なミッションの一つである。さらに、ファンディングプログラムを効率的かつ効果的に実施してゆくためには、そのプログラムの評価も重要である。研究開発の評価には、事前評価、中間評価、事後評価があるが、近年の研究開発がシーズ駆動型からニーズ駆動型・政策実現型・成果重視型へとシフトしている中、ピアレビューなどの定性的な手法に基づく事前評価に加え、定量的なエビデンスに基づく中間評価・事後評価を可能とする評価指標が望まれている。

第3章では、有望な研究者のベンチマークとして、日本学術振興会 (JSPS) 「特別研究員制度」に採択された研究者を取り上げ、JSPS 特別研究員の共著ネットワークの媒介中心性の時間推移について分析した。その結果として、一般の研究者とのなかで、有望とされる JSPS 特別研究員の媒介中心性が著しく有意に成長していること、すなわち、この指標が有望な研究者の評価指標として有効であることが示された。

本章では、提案手法を用いて、JSPS 特別研究員制度と同様に日本の主要ファンディングプログラムである JST 「さきがけ」や JST 「CREST」に採択された研究者群の評価を行う。その結果、これらの評価に本研究で提案する手法が活用できることを示す。さらに、上記で評価した日本の3つの主要ファンディングプログラムの評価結果を基に、各プログラムの特徴、および文部科学省が示している研究開発の課題に対する本手法の有効性について考察する。

4.2. 手法

4.2.1. 提案する評価手法のステップ

ファンディングプログラムの評価手法のステップは第4章で示した研究者の評価手法のステップと基本的に同様である。その概要は以下の通り。

Step 1. 科学技術文献データベースから、対象とする分野の文献群を発行年ごとに分割して抽出

Step 2. 抽出された発行年ごとの文献群をもとに、研究者の共著ネットワークを構築

Step 3. 構築された発行年ごとの共著ネットワークにおいて、各研究者の媒介中心性を算出

Step 4. 研究者ごとに、算出したすべての発行年の中心性の時間推移を分析

これらの4つのステップで研究者の共著のネットワークの中心性の推移を分析し、中心性が常に高い研究者は優秀な研究者、上昇していれば、有望な研究者であると評価し、下落していれば、そのような研究者ではないと評価する。

4.2.2. ファンディングプログラムの評価

有望な若手研究者として選出された JSPS 特別研究員の媒介中心性の時間変化の分析手法と同様の手法により、日本の主要ファンディングプログラムに採択された研究者の評価を行う。その上で、ファンディングプログラム間の比較、およびファンディングプログラムへの選出の前後で比較を行い、ファンディングプログラムの特徴を分析する。

4.3. 結果

4.3.1. 媒介中心性の上位階級の推移

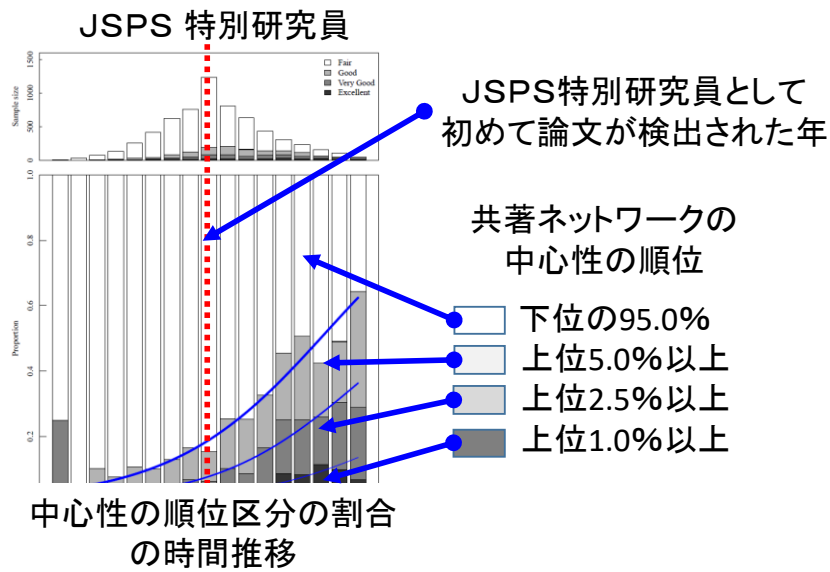
図 4-2 の各グラフの横軸は、JSPS 特別研究員として初めて論文が検出された年度をグラフの中央 0 年とし、0 年から前後 5 年の時間を示している。また、図 4-2 の上側のグラ

フは、各年度に検出された文献数の推移を示しており、下側のグラフは、各年度において JSPS 特別研究員の共著ネットワークの中心性の順位の比率の時間推移を示している。下側のグラフの白色部分の帯グラフは中心性の順位が 5.0%未満、すなわち下位 95.0%、その下の最も薄い灰色部分の帯グラフが 5.0%以上 2.5%未満、さらにその下の灰部分の帯グラフが 2.5%以上 1.0%未満、残った最下部の最も濃い灰色部分の帯グラフは中心性の順位が上位 1.0%以上を示している。また、下側のグラフの中の 3 本の曲線は、上から順に、中心性が 5.0%未満、2.5%以上、上位 1.0%以上に入っている研究者数の推移を、ロジスティクス回帰分析したものである。図 4-2 から、時間 0、すなわち JSPS 特別研究員として初めて文献が検出された時点の前後より急激に中心性が高くなっていることが分かる。

4.3.2. ファンディングプログラムの比較

図 4-3 は、JST「さきがけ」プログラムおよび JST「CREST」プログラムとして選定された研究者に対して図 4-2 で行ったのと同じ操作を行った結果を示している。図 4-3 から、JST さきがけ研究員と JST CREST 研究員のいずれも、図 4-2 の JSPS 特別研究員と同様に、時間 0、すなわち初めて JST さきがけ研究員として文献が検出された時点の前後より急激に媒介中心性が高くなっていることが分かる。

図 4-4 に採択前後の研究者の媒介中心性の推移を示す。JSPS 特別研究員と比較して、JST さきがけ研究員や JST さきがけ研究員の媒介中心性は、プログラムに選出される以前（-8 から -1 までの時点）で、既に高いこと、JST CREST 研究員の媒介中心性は、採択されるまでは低下していることが読み取れる。



パラメータの推定値

	Estimate	Std.Error	z value	Pr(>|z|)
α_3	1.01286	0.11398	8.887	< 2e-16 ***
α_2	1.68682	0.10617	15.889	< 2e-16 ***
α_1	3.67152	0.09929	36.977	< 2e-16 ***
β_3	-0.06184	0.03085	-2.005	0.045 *
β_2	-0.12869	0.02898	-4.44	8.98E-06 ***
β_1	-0.33144	0.02709	-12.233	< 2e-16 ***

図 4-2 JSPS 特別研究員採択前後の研究者の比較

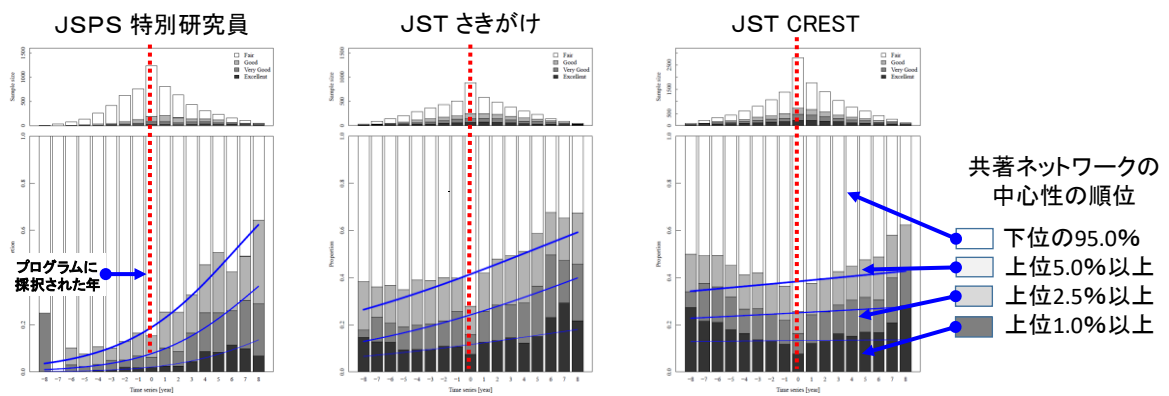


図 4-3 媒介中心性による各ファンディングプログラムに採択された研究者の比較
(プログラムの比較)

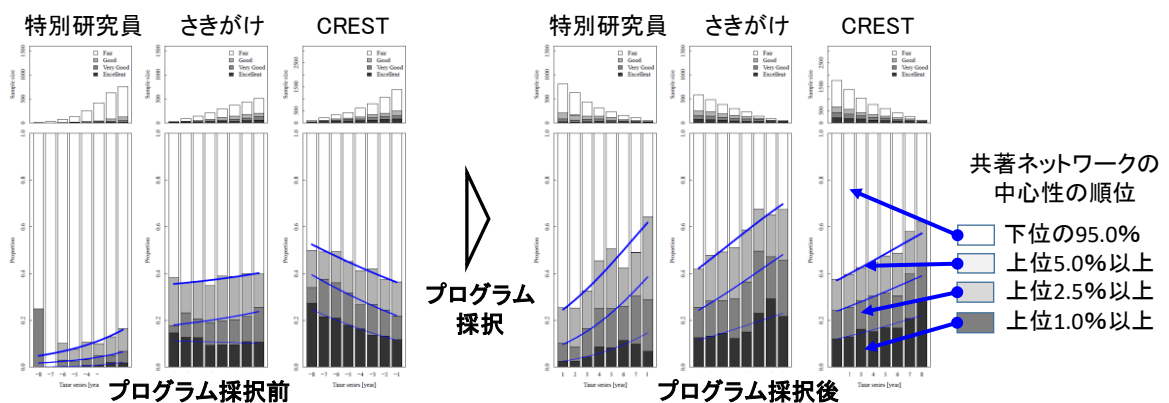


図 4-4 媒介中心性による各ファンディングプログラムに採択された研究者の比較
(採択前後の比較)

4.4. 考察

4.4.1. ファundingプログラムの評価指標としての媒介中心性

これまで示した結果から、図 4-5 の通り、JSPS 特別研究員や JST さきがけ研究員および JST CREST 研究員の共著ネットワークの媒介中心性には以下のような特徴がある。

- 全てのプログラムに関して、研究者がプログラムの研究員として選定された時点
を起点として、プログラム採択後は時間と共に著しく成長
- プログラム採択前の媒介中心性はそれぞれ以下の通り特徴が異なる
 - JSPS 特別研究員は他プログラムと比較して低い
 - JST さきがけ研究員は既に高い
 - JST CREST 研究員は低下している

これらの特徴は、以下のように解釈すれば整合的であろう。

- JSPS 特別研究員（博士後期課程の学生から学位取得後間もない研究者が対象
で、研究者が自発的な研究を実施）が「有望な駆け出しの研究者が制度に採用
されたのをきっかけに大きく伸びてゆく」
- JST さきがけ研究員（30 歳代の若手研究者が中心で、政策課題対応型研究を実
施）は「既にある程度優秀と認められた若手研究者が制度採用を通じてさらに

プログラム	プログラム採択前	プログラム採択後	適用したプログラムの解釈
JSPS 特別 研究員	他のプログラム と比較し、低い	ロジットモデル 的に成長を開始 急速に成長	有望な駆け出しの研究者が、 プログラムに採択されたのを きっかけに、大きく伸びてゆく
JST さきがけ	既に高い		既にある程度優秀と認められた 若手研究者が、プログラムへの 採択を通じて、さらに伸びてゆく
JST CREST	低下		プログラムに採択された 優秀な研究者の周りに集まった 研究者が、再度伸びてゆく

図 4-5 各ファンディングプログラムに採択された研究者の共著ネットワークの媒介
中心性の特徴

伸びてゆく」

- JSTCREST 研究員（政策課題対応型研究を実施）は「プログラムに採択された優秀な研究者の周りに集まった研究者が，再度伸びてゆく」

また上記の特徴は，媒介中心性がファンディングプログラムの評価指標の一つとして有効であることを示しているといえる．

4.4.2. 研究開発評価の課題に対する媒介中心性の有効性

2017 年 4 月に改訂された「文部科学省における研究および開発に関する評価指針」では，研究開発評価の四つの特筆課題を挙げた上で，それぞれに対して具体的な課題として以下を指摘している．

- (1) 論文発表数や論文被引用度の引き上げを目的化するのではなく研究開発主体の長
のマネジメント力や体制作り・実用化までを考慮した取組などの評価への反映
- (2) 挑戦的な研究や新しい研究領域を開拓する学際・融合領域・領域間連携研究の推
進につながるような評価システムの構築
- (3) 若手研究者の育成・支援の推進を図るものとして評価の実施
- (4) 評価の頻度・負担増大に対する合理的，実効的な評価に向けての改善

これらの課題に対して，本研究で提案する共著ネットワークの中心性の時間推移を用いた評価指標は，以下の特徴を持っており，政府の研究開発に関する評価指針にも適合して有効性が高いと考えられる．

- (1) ファンディングプログラムの評価に活用でき，科学技術政策に活用可能である．
 - (2) コラボレーションネットワークである共著ネットワークを用いた指標であり，学
際・融合領域・領域間連携研究の推進に向けて，協業関係と相関性が高い．
 - (3) JSPS 特別研究員の評価も可能であり，研究成果が十分に蓄積できていない若手
研究者の評価も可能である．
- (1) 学術文献データベースを用いて自動的に求められる客観的指標であり，評価の負担
の軽減可能である．

4.5. まとめ

本章では、JST が提供する学術文献データベースを用い、共著ネットワークの媒介中心性を用いて、若手研究者の自発的な研究を支援する JSPS 特別研究員制度、および主に若手を中心とし政策課題対応型の JST さきがけプログラムおよび政策課題対応型の JST CREST プログラムの分析を行った。

その結果、以下のことが分かった。

- 全てのプログラムに関して、研究者がプログラムの研究員として選定された時点
を起点として、プログラム採択後は時間と共に著しく成長
- プログラム採択前の媒介中心性はそれぞれ以下の通り特徴が異なる
 - JSPS 特別研究員は他プログラムと比較して低い
 - JST さきがけ研究員は既に高い
 - JST CREST 研究員は低下している

これらの結果から、ファンディングプログラムの評価指標の一つとして、科学技術文献データベースから構築される共著ネットワークの媒介中心性が有効であることを示しているといえる。

この指標は、以下の特徴を持っており、政府が示している研究開発評価の 4 つの課題に対しても有効性が高いと考えられる。

- (1) ファンディングプログラムの評価に活用でき、科学技術政策に活用可能である。
- (2) コラボレーションネットワークである共著ネットワークを用いた指標であり、学際・融合領域・領域間連携研究の推進に向けて、協業関係と相関性が高い。
- (3) JSPS 特別研究員の評価も可能であり、研究成果が十分に蓄積できていない若手研究者の評価も可能である。
- (4) 学術文献データベースを用いて自動的に求められる客観的指標であり、評価の負担の軽減可能である。

第5章 有望な研究者の探索

本章では、共著ネットワークの媒介中心性を用いた有望な研究者の探索について述べる。第3章で示された有望な研究者とされる JSPS 特別研究員の媒介中心性の推移モデルを「JSPS 特別研究員モデル」とし、このモデルと同様の特徴を持つ研究者を探索することにより、4年程度の早期段階で有望な研究者を抽出できることを示す。また、この手法で早期に抽出された研究者の h-Index が一般の研究者より著しく成長していることを示す。

5.1. はじめに

イノベーションの実現や科学技術の発展に優秀な技術者や研究者は不可欠であるが、将来有望な人材、特に博士課程の学生やポスドクを含めた若手研究者の評価や探索は容易でない。研究者を評価するための指標としては、論文の被引用件数に基づいた指標、例えば h-Index などがある。これらの指標は論文が与えたインパクトの大きさを示しているが、公表した論文が他の論文に引用されはじめてから明らかになる遅行指標であるため、研究期間が短く、業績も蓄積されていない若手研究者や学生の評価には適さないとされる。このため、若手研究者の評価にあたっては一般に専門家によるピアレビューが採用されている。しかし、ピアレビューには評価の定量性や評価対象者の網羅性の担保が難しいという課題がある。

そこで、将来有望な若手研究者の評価や探索にあたって、被引用系指標の遅行性およびピアレビューにおける定量性と網羅性を補うために、学術文献データベースから構成される共著ネットワークの媒介中心性と、その時系列変化の特徴に注目する。

既に第4章において、共著ネットワークの媒介中心性は、被引用系指標のように研究成果のインパクトなどを直接測る指標ではないが、研究者コミュニティの媒介に寄与する度合いを定量的に示す指標であり、研究グループや研究領域の研究者間を繋ぐキーポジショ

ンにいる研究者であることを示した。また、共著ネットワークの媒介中心性は、論文の公表と同時に測定可能な指標である。したがって、共著ネットワークの媒介中心性を用いた指標は、(1)被引用系指標と比べて即時性があり、(2)ピアレビューに比べて定量的で、(3)データベースに記録された研究者を網羅的に比較できる。

本章では、第4章で示された有望な研究者とされる JSPS 特別研究員の媒介中心性の推移モデルを「JSPS 特別研究員モデル」とし、このモデルと同様の特徴を持つ研究者を探索することにより、4年程度の早期段階で有望な研究者を抽出できることを示す。また、この手法で早期に抽出された研究者の h-Index が一般の研究者より著しく成長していることを示す。

5.2. 手法

5.2.1. 学術文献データベース

共著ネットワークの構成にあたっては、科学技術振興機構（JST）が提供している JSTPlus という学術文献データベースを用いた。JSTPlus は科学技術の全分野を対象に、世界 50 数カ国の学術文献情報を収録したデータベースであり、その総数は 2400 万件以上、年間に約 70 万件の新たな文献情報が収録される。

分析の対象とした学術分野は、JST 分類コードで E とされている生物科学とし、2001 年から 2015 年までの 15 年間に発行された分類コード E のすべての文献情報を抽出した。抽出した文献の識別番号（ID）は 1,920,191 件となった。識別番号は、著者や所属機関、被引用文献にも振られており、これらの ID には名寄せの処理が適用されている。

表 5-1 に、抽出した文献 ID と著者 ID の数を示す。表 5-1 における「新規抽出」の欄は、年度別に集計した著者 ID のうち、その年にはじめて抽出した ID の数を表す。なお、h-Index の時系列変化を算出するには被引用文献の発行年が必要なため、その分の文献情報は別途抽出した。

表 5-1 発行年ごとの文献 ID 数と新規に抽出した研究者および JSPS 特別研究員の
著者 ID 数

年度	文献 ID	著者 ID		
		年別集計	新規抽出	JSPS
2001	115,627	-	342,216	108
2002	110,113	325,499	252,934	85
2003	115,032	329,202	236,067	99
2004	118,545	342,507	242,739	106
2005	119,051	350,396	251,490	113
2006	122,191	363,198	252,092	153
2007	132,722	392,749	264,226	153
2008	130,656	385,763	248,683	165
2009	138,432	407,731	262,952	141
2010	137,717	421,509	270,000	149
2011	138,405	438,580	283,824	121
2012	131,785	428,624	275,723	94
2013	147,125	494,480	334,015	75
2014	136,272	464,333	306,998	54
2015	126,518	457,627	315,287	39
合計	1,920,191	合計	4,139,246	1,655

5.2.2. JSPS 特別研究員の抽出

日本学術振興会（JSPS）の特別研究員制度は、博士後期課程在学中から学位取得後の早い時期を想定した若手研究者向けの助成制度で、1985年から続いている。選考は主に書類審査に基づいており、審査過程の一部で面接を実施することもある。JSPS は当該制度の助成を受けたことを論文の発表時に記すよう採択者に求めており、採択者側は所属機関の欄に「日本学術振興会特別研究員」や「JSPS 特別研究員」、「JSPS Research Fellow」などと記すことでその旨に対応している。本研究では、データベースの所属機関の欄に「日本学術振興会」もしくは「JSPS」という語句が含まれていた著者を、JSPS 特別研究員の経歴を持つ研究者として抽出した。経歴確認を JSTPlus にある所属機関欄で実施した結果、2001年度から2015年度までの15年間で抽出できた JSPS 特別研究員の数は、合計

で1,655名となった。年間平均で約百名のJSPS特別研究員を抽出しているため、標本サイズは前述した経歴確認の方法で十分に確保できたと考えられる。

図5-1の「JSPS」の欄は、当該年度に「新規抽出」した著者IDのうち、2015年度までにJSPS特別研究員に採択された経歴が確認できたIDの数を示す。表5-1の「JSPS」の欄において2015年度付近の数が少ない理由は、JSPS特別研究員に採用される時期が、新規抽出されてから一般に数年経過後であることによる。

5.2.3. 有望な研究者探索手法のステップ

媒介中心性がJSPS特別研究員群と同様に上昇している研究者をデータベースから網羅的に検索する簡便な手段として、本研究ではPearsonの積率相関係数 r を用いる手法を提案する。提案手法の手順を次に示す。

- Step 1. 探索したい特定の学術分野の文献情報をデータベースから抽出し、共著ネットワークの媒介中心性を求め、4章式(2)で正規化する。媒介中心性は年度単位で求め、時系列データとする。
- Step 2. 当該分野のJSPS特別研究員モデルを構築する図5-1の青線のような中央値モデルを構築する場合は、媒介中心性の加速度的な上昇を観測するために、8年間程度の時系列データに式4章式(3)を適用する。
- Step 3. JSPS特別研究員モデルと新規抽出研究者群の n 年分のデータの相関を評価する。相関係数 r の閾値は、サンプルサイズ n の無相関検定において帰無仮説が棄却される値とする。すなわち、無相関検定における検定統計量 t_0 が自由度 $n-2$ の t 分布に従い、

$$t_0 = \frac{|r|\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \dots \dots (4)$$

であることから、これを r について解いて閾値とする。例えば、有意水準5%で $n=4$ ならば $r > 0.900$ 、 $n=8$ ならば $r > 0.621$ の相関を示した研究者を抽出する。この方法は時系列データの一部が欠損していても適用できるが、式(4)の性質上、 $n > 2$ を満たさなければ r を評価できない。

5.3. 結果

5.3.1. 媒介中心性と h-Index の代表値の推移

媒介中心性の成長モデルを、JSPS 特別研究員の上位階級ではなく、代表値から構築すると共に、その特徴を h-Index と比較するため、分析の対象とした著者 ID のうちから 2015 年までに h-Index が 1 以上となった著者 ID を改めて抽出し、正規化した媒介中心性 y^* と h-Index の推移を求めた。

本研究では、各年度それぞれのタイミングで求められる h-Index の推移を分析の対象とし、新規抽出した $x=1$ の時点における h-Index は $x \leq 1$ までに発行された論文 ID を対象に $x \leq 1$ の期間で引用された回数を、 $x=2$ の h-Index は $x \leq 2$ までに発行された論文 ID を対象に $x \leq 2$ の期間で引用された回数を集計して算出した。抽出条件に該当した新規抽出研究者は 467,003 名で、そのうち JSPS 特別研究員は 463 名となった。図 5-1 は y^* の中央値を散布図で表すと共に、その推移に第 3 章の式(3)のロジスティック曲線を当てはめた結果を、図 5-2 は h-Index の平均値を散布図で表すと共に、その推移に同様にロジスティック曲線を当てはめた結果を示す。青色のプロットは JSPS 特別研究員群を、赤色のプロットは新規抽出研究者群を表す。図 5-1 および図 5-2 に成長曲線の回帰係数を示す。

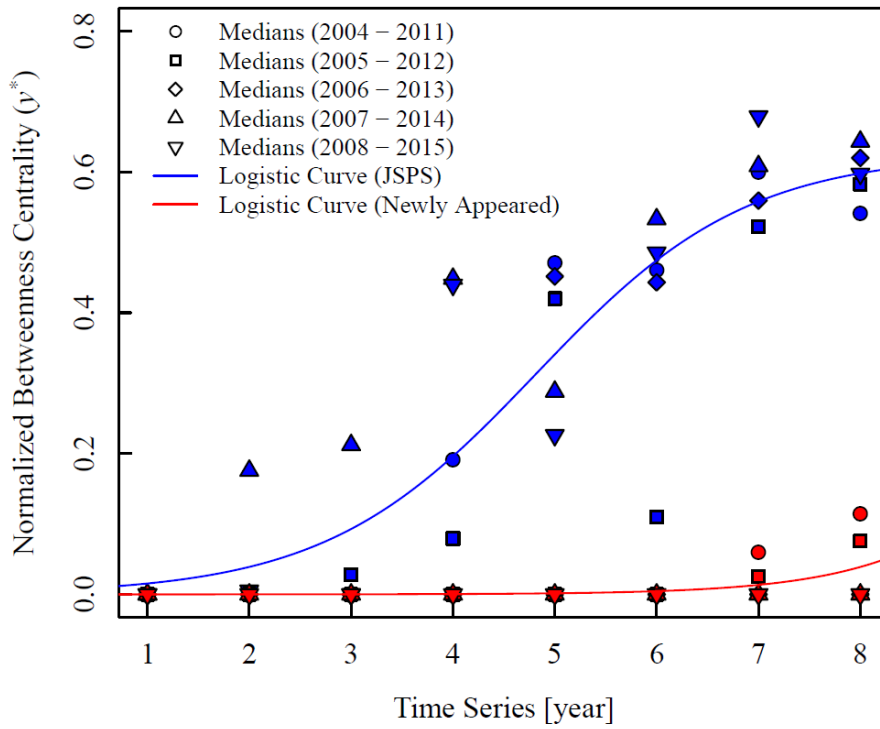


図 5-1 正規化した媒介中心性の中央値の推移

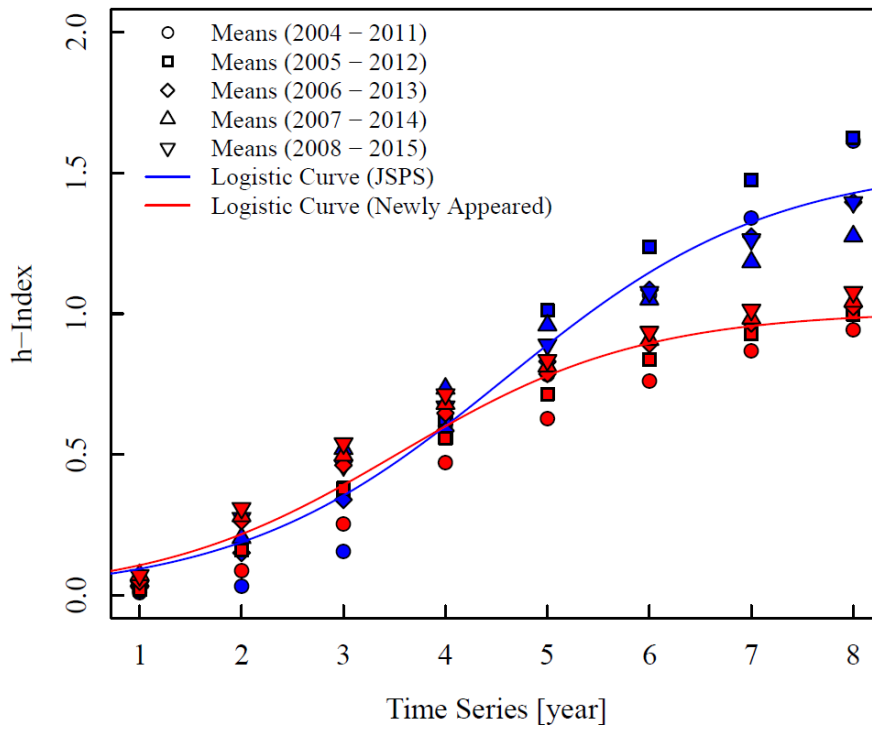


図 5-2 h-Index の平均値の推移

図 5-1 より、JSPS 特別研究員群の媒介中心性 y^* は、時間の経過に応じて加速度的に成長し、ロジスティック曲線に有意に当てはまることが示された ($p < 0.001$)。また、図 5-1 より、この成長曲線の回帰係数 K は 0.626 と推定され、8 年経過後にはこの値に近づいていることが示された。一方で、新規抽出研究者群の y^* は、はじめて学術文献を発表するようになってから 8 年が経過してもほぼ 0 で、第 4 章の式(3)を当てはめても回帰係数 K が推定できなかった。そこで、 $K = 1$ とおいて他の回帰係数を推定したが、曲線の上昇に関わる回帰係数 β は有意とならなかった ($p > 0.05$)。

この特徴に対して、h-Index の時系列変化については、図 5-2 より、両群共にロジスティック曲線がよく当てはまることが示された。特筆すべきは、新規抽出後から 4 年後までは両群の成長に差が見られず、8 年が経過してもその差が 0.5 程度しか開かない点である。学術文献の発行数とその被引用回数から算出される h-Index は、その定義の通り 0, 1, 2, …といった整数値を取るため、1 未満の差では、二群に差があるとしても観測対象がどちらに該当するか判別するには至れない微小差といえる。

これらの結果から、h-Index には、前述の通り遅行性があり、はじめは一般的な新規抽出研究者群と JSPS 特別研究員群の差異を示さず、徐々に少しずつ差が生じる特徴を持つものに対して、媒介中心性は両群の差異を早期に示し得る指標といえる。

5.3.2. JSPS 特別研究員の媒介中心性成長モデルと相関を示す研究者群の抽出

前節の手法のステップで構築した JSPS 特別研究員群の中央値モデル (図 5-1) と相関を示した著者 ID の数を表 5-2 に示すと共に、2002 年度に新規抽出した研究者の媒介中心性と h-Index の推移を図 5-3 に群別で示す。表 5-2 の括弧内の値は、新規抽出した研究者のうち、2015 年度までに JSPS 特別研究員に採用された経歴が確認できた者の数を示す。抽出対象はモデルの構築時と同様に 2015 年までに h-Index が 1 以上となった著者 ID とした。2004 年から 2008 年までのデータは、モデルの構築に用いているため、表中に区切り線を入れた。また、2001 年度に新規抽出した結果にはそれ以前からデータベースに登録されている ID が多数含まれることから、掲載を省いた。

図 5-3 の黄色および暗黄色の線は 2002 年の新規抽出研究者群から抽出した群 (黄色 :

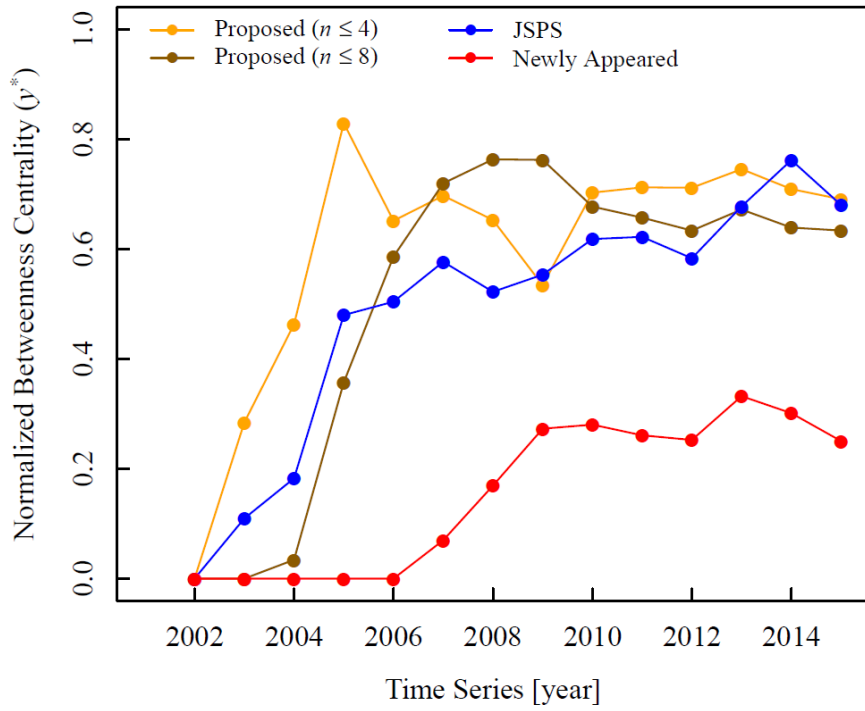
表 5-2 JSPS 特別研究員の媒介中心性成長モデルとの相関（提案手法）により抽出した研究者群の著者 ID 数

年度	新規抽出 (JSPS)		提案手法による抽出 (JSPS)		
	$h \geq 1$		$n \leq 4$	$n \leq 6$	$n \leq 8$
2002	105,811	(59)	109 (3)	783 (3)	1,218 (11)
2003	97,377	(78)	121 (1)	708 (10)	1,144 (15)
2004	98,480	(88)	110 (1)	696 (11)	1,101 (21)
2005	104,672	(80)	160 (3)	893 (10)	1,285 (18)
2006	96,325	(106)	147 (2)	690 (11)	1,087 (24)
2007	89,511	(98)	131 (3)	618 (12)	1,025 (17)
2008	78,015	(91)	103 (3)	562 (12)	884 (27)
2009	72,410	(76)	88 (0)	627 (14)	-
2010	63,086	(56)	106 (0)	480 (10)	-
2011	53,864	(41)	98 (1)	-	-
2012	41,485	(13)	61 (1)	-	-

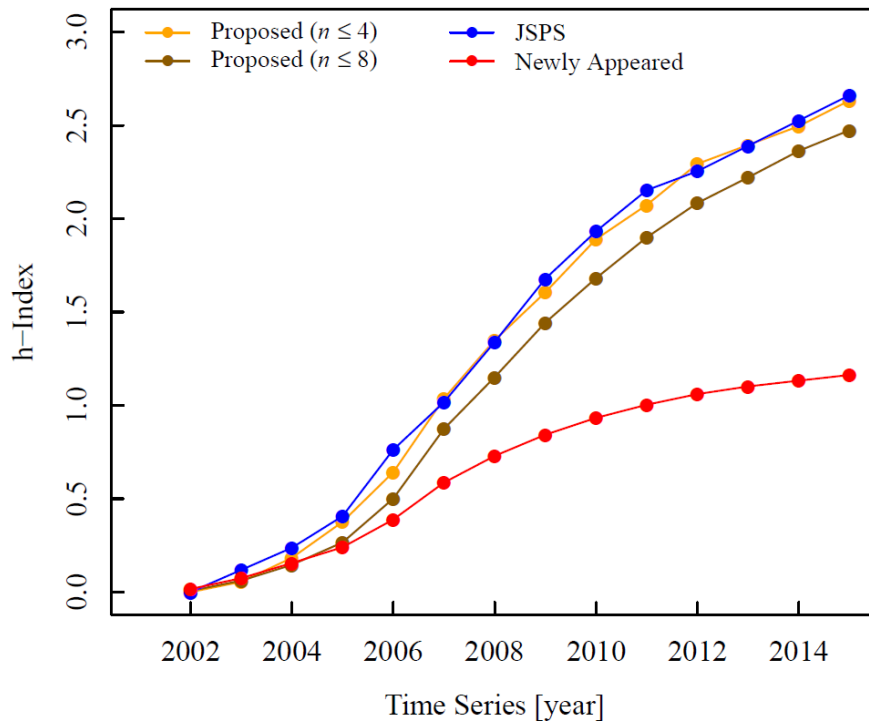
$n \leq 4$, 暗黄色： $n \leq 8$) であり，青色の線は JSPS 特別研究員群，および赤色の線は 2015 年までに h-Index が 1 以上となった 2002 年の新規抽出研究者群を示す。

表 5-2 より，検索条件を $n \leq 4$ ，すなわち，はじめて論文を発表してから 4 年以下の研究者を検索した場合は，年度単位で 100 名程度を，検索条件を $n \leq 8$ とした場合は 1,000 名程度を，有望な若手として抽出できることが示された。また，図 5-3 (a)より，提案手法群の媒介中心性は，この年の JSPS 特別研究員群の媒介中心性と同様に推移していると共に，h-Index についても，図 5-3 (b)に示された通り，提案手法群と JSPS 特別研究員群は同様に推移していることが確認できる。

なお，提案手法群に含まれる JSPS 特別研究員数は，表 5-2 の括弧内に示した通り，その母数に対して少ない結果となった。これは，提案手法が媒介中心性の統計的性質のみを用いた成果であり，将来の JSPS 特別研究員採択者を高精度に予測することを目的に多様な変数を用いて機械学習させた推定器ではないためである。提案手法で抽出できた者の肩書きとしては，理化学研究所や産業技術総合研究所の特別研究員，海外研究機関のポスドクなどが見受けられた。提案手法は，JSPS 特別研究員に採択された経歴は見られないものの，同様なピアレビューを経て特別研究員になった経験がある者や，今後数年の間にそのようなピアレビューで評価され得る者を広く探索する手段として有効と考えられる。



(a) 正規化した媒介中心性の中央値の推移



(b) h-Index の平均値の推移

図 5-3 JSPS 特別研究員の媒介中心性成長モデルとの相関により抽出した研究者群の媒介中心性および h-Index の推移

5.4. 考察

5.4.1. 評価のタイミング

本研究の結果から、提案手法を用いることで、4年程度の共著情報が得られれば、h-Index を指標として用いるよりも早期に、JSPS 特別研究員群の中心性の時間推移と同様の特徴を持つ研究者を抽出できることがわかった。こexなどの論文被引用系指標が、自己引用などによって時間の経過とともに徐々に成長するものの、研究成果が他の研究者から引用されることによって優秀な研究者と一般研究者との差異が顕著になるまでに時間を要する遅行指標であるのに対し、共著ネットワークの中心性は、学術文献の公開と同時に算出可能な即時性指標であるからである。さらに、提案手法を用いて抽出された研究者群は、その後、JSPS 特別研究員群と同様に h-Index が成長する有望な研究者であることもわかった。優れた若手研究者の養成・確保を目的としている JSPS の特別研究員制度において、特別研究員-DC は大学院博士後期課程の在学者を対象としており、特別研究員-PD は博士の学位を取得後 5 年未満の者を対象としている。現状、これらの若手研究員の選考評価は、「研究者としての資質」、「研究計画」、「研究計画遂行能力」などについてピアレビューによって行われている。

JSPS 特別研究員が対象とする博士課程の学生または学位取得後 5 年未満の研究者を若手研究者とした場合、本手法では、研究成果をはじめて発表するようになってから 4 年程度経った若手研究者の評価も可能である。例えば、博士課程前期 2 年目ではじめて論文を発表し、博士課程後期 3 年間を経た研究者がこれらの若手研究者に相当する。通常、この時期の若手研究者が h-Index などの論文被引用指標で高い実績を持つことは稀であり、評価にあたってはピアレビューなどの手法が採用されることが多いが、ピアレビューは一般に評価の定量性や評価対象者の網羅性の担保が困難であり、また評価者の負荷も高いとされる。しかし、本手法では、学術文献から構築される共著ネットワーク上における中心性を用いて定量的かつ網羅的に算出が可能であり、さらに、計算機資源を用いることで評価者への負荷の軽減も可能である。

したがって、本提案手法は、将来の研究開発を担うことが期待できる博士課程後期修了予定の研究者の採用を検討している企業や、特別研究員-PD などの有望な若手研究者の探索と支援を事業目的としている学術振興機関にとっても有用な情報を与え得ると考えられ

る。

5.4.2. 評価の対象分野

研究スタイルは研究分野ごとに様々である。例えば、数学などの理論的な研究手法を主体とする分野では個人が単独で、生物学や物理学などの実験的な研究手法を主体とする分野ではグループで組織的に研究する傾向にある。生命工学や生命情報学などの学際分野においては、単一分野ではなく複数の分野にまたがった分野融合的かつ組織的研究が有効と考えられる。また、本研究で取り上げた JSPS 特別研究員制度では、所属研究機関の移動を義務づけており、これが新たな研究機会を生じさせ、共著ネットワークの中心性の成長に影響したかもしれない。さらに、例えば医療分野においては、長期にわたって研究開発を行う分野であり、長期にわたっての研究者間のコラボレーション関係を継続することが必要となるであろう。これらの研究スタイルを考慮した場合、コラボレーションネットワークである共著ネットワークの中心性は、組織的研究、特に学際・複合領域における研究活動に適した指標と考えられる。

本章では、組織的研究のスタイルが多い生物学を対象とし、他の研究分野における提案指標の有効性の分析は対象外とした。しかし、近年、オープンイノベーションや産学連携、さらに学際研究や領域間連携研究など、研究活動におけるコレボレーションの重要性が増大しており、他の研究分野や所属機関と共著ネットワークの中心性の関係についても同様の分析を行うことが望まれる。

5.5. まとめ

本章では、学術文献データベースから構成される共著ネットワークの媒介中心性が、有望な若手研究者を定量的かつ網羅的に評価する上で有用な指標の一つとなり得るかを検証するため、日本学術振興会 (JSPS) のピアレビューで将来有望と評価された JSPS 特別研究員の媒介中心性と、h-Index の時系列変化の特徴を分析した。

その結果、有望な若手研究者として JSPS 特別研究員と一般的な研究者の媒介中心性と h-Index について、以下が分かった。

- 媒介中心性については、JSPS 特別研究員の場合は時間の経過に応じて加速度的に成長し、ロジスティック曲線に有意に当てはまるが、一般的な研究者の場合はほとんど成長していないこと
- h-Index については、の時系列変化については、JSPS 特別研究員の場合も一般的な研究者の場合も共にロジスティック曲線がよく当てはまるが、新規抽出後から4年後までは成長に差が見られないこと

これらの結果から、優秀な研究者と一般的な研究者の差異を示すにあたり、h-Index は遅行的に示す指標であるのに対して、媒介中心性は早期に示し得る指標であるといえる。

さらに、媒介中心性を用いて以下が可能であることを示した。

- 4年程度の共著情報が得られれば、その後に h-Index が成長する有望な研究者をデータベースから抽出できる

したがって、この提案指標を用いて、有望な研究者の探索と抽出が可能である。

第6章 評価指標としての媒介中心性

本章では、本研究の結果の考察を行う。まず、本研究が対象とする組織的研究の重要性と共著ネットワークの自己組織化について論じた後、本研究で研究者の評価指標の一つとして提案した共著ネットワークの媒介中心性の高い研究者を、高度な技術的能力を持つとともに組織の内外の仲介者としての「ゲートキーパー」と対比させて論じる。さらに、本指標を「成果主義と能力主義」、「遅行指標と先行指標」、「知識蓄積と知識結合」の観点から論じ、提案指標の特徴を浮き彫りにすることを試みる。

6.1. 共著ネットワークとその自己組織化

本節では、本研究が対象とする組織的研究の重要性と共著ネットワークの自己組織化について論じる。

6.1.1. 組織的研究の重要性

本研究では、実験設備の必要性などから共同研究の形式が多い生物学および物理学分野の科学技術文献を分析の対象とした。しかし、理論的な研究手法を主体とし、論文当たりの著者数が比較的少ないとされる数学などの分野においても、学術コミュニティ内での情報交換は有効であり、また、生命工学や生命情報学といった学際分野においては、特定の分野における研究活動だけでなく、複数の研究分野に跨って融合的に研究することが有効と考えられる。したがって、共著ネットワークにおける中心性の時間変化の測定は、研究分野に関係なく、様々な研究分野で有効であると推測される。

また本研究では、将来有望な研究者として JSPS 特別研究員および JST さきがけ研究員をとりあげた。これらは共に個人支援型のプログラムで、JSPS 特別研究員制度では採用

にあたって研究機関の移動を基本的に義務づけ、JST さきがけプログラムも同じ研究領域に集まった様々な機関の研究者と交流させているが、所属機関の移動や他研究者との交流によって新たな研究機会が生じ、共著ネットワークの中心性の成長に影響したかもしれない。

したがって、研究分野に関係なく、所属機関の移動と共著ネットワーク中心性の時間推移との因果関係、さらには研究開発の関係が明らかになれば、研究開発評価のフィードバックを通じて、研究開発活動の改善に役立つと考えられるであろう。

6.1.2. 共同研究ネットワークの自己組織化

前述した図 3-1では、著者の約2割を含む一つの大きなクラスタから成る研究グループ (Cluster 1) と、スケールフリーが成立する多数の小さなクラスタから成る研究グループの存在が示された。生物学および物理学の分野におけるこの大きな研究グループは、知識の流れや交換が活発になっている当該分野のコアな学術コミュニティを示し、多数の小さな研究グループは専門的な学術コミュニティを示すと考えられる。Cluster 1のような大きな研究グループについては関連研究でも確認されており、例えば [Newman, 2004]は、生物学および物理学分野の文献から共著ネットワークを5年分まとめて構築すると、9割程度の著者が一つのグループを形成するとしている。図 3-1におけるCluster 1のサイズが比較的小さい理由は、[Newman, 2004]のように複数年分の文献をまとめて分析せず、時系列的に処理したことが原因と考えられる。また [Wagner Leydesdorff, 2005]は、国際的な共同研究においては共著ネットワークが自己組織化し、協業関係が成長するとしている。図 3-1においては、著者IDの増加がCluster 1に限らず、いずれの研究グループにも生じていることが示されており、これは、研究の協業が進行する一方で新たな研究活動が芽生えているためかもしれない。

このように、共著ネットワークの構造は、研究活動における協業の重要性を示しており、学術コミュニティの内外で知識を媒介するゲートキーパーの役割を果たす中心的研究者を測定すること、すなわち共著ネットワークの媒介中心性を測定することは注目に値すると考えられる。

6.2. ゲートキーパーと媒介中心性

6.2.1. テクノロジーの流れを管理するゲートキーパー

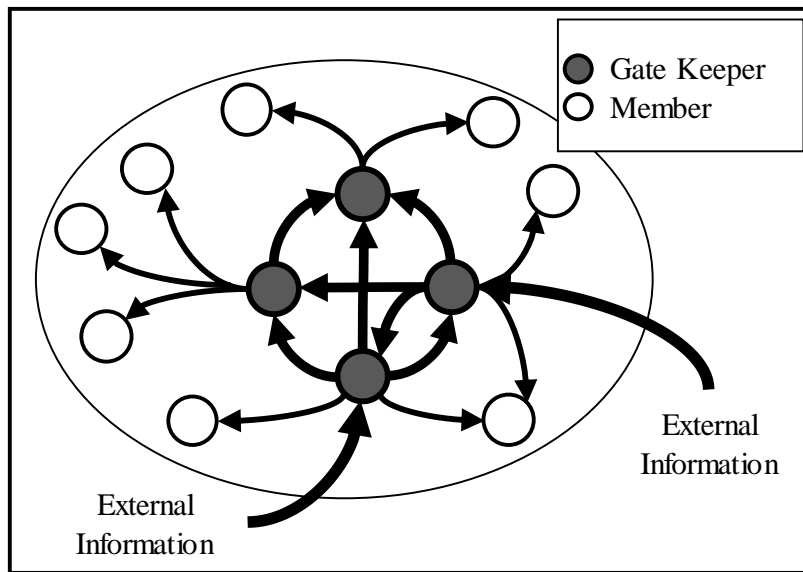
本研究の目的は、組織的研究分野において、研究者、特に若手研究者の評価指標の一つとして、科学技術文献データベースから構成される「共著ネットワークの媒介中心性」を提案し、その有効性を示すことである。では、科学の発展やイノベーションの実現を担っている優秀な研究者、または将来担うことが期待される有望な研究者の特徴はどのようなものであろうか。

Crane は、科学知識の成長には関連分野の共同研究集団が影響し合うことを明らかにした上で、これらの集団のネットワークを「見えざる大学 (invisible university)」と呼び、科学知識の成長には研究者間の交流や共同研究集団におけるリーダーシップが重要な影響を与えること、そしてリーダーを通じてアイデアが伝播することを説いている [Crane, 1972]。さらに、Allen は、高度な技術的能力を持つとともに、組織の内外の研究者との接触頻度が高く、外部情報を組織内部に翻訳し伝達する仲介者を、コミュニケーションの中枢を担うスター研究者として「ゲートキーパー」と呼び、その存在が研究開発の成果を向上させるとした [Allen, 1979]。図 6-1 (a)に Allen が論じたゲートキーパーを示す。

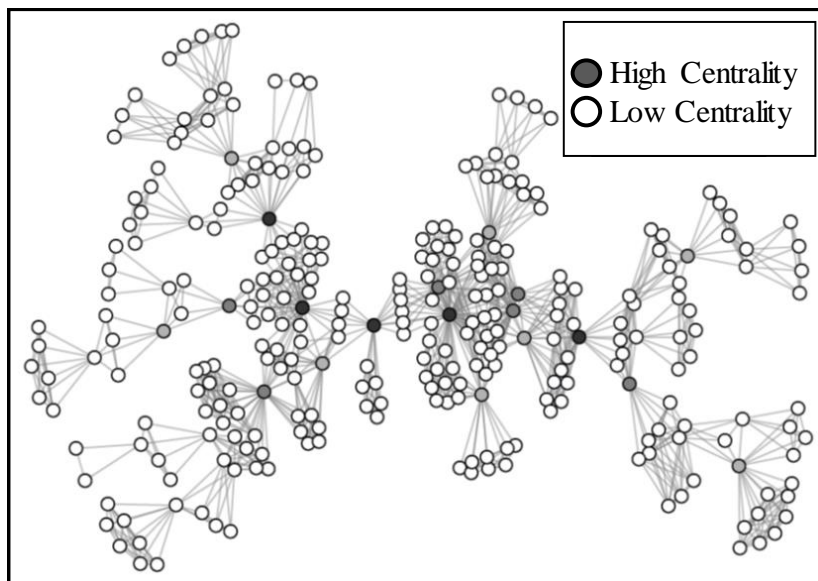
6.2.2. ゲートキーパーとしての媒介中心性

一方、図 6-1 (b)は、共著ネットワークの一例を示す。図 6-1 図 6-1 (b)においてノードは研究者を示し、濃い色のノードは他の研究者同士をつなぐ役割をする媒介中心性の高い研究者を示す。図 6-1 の(a)と(b)から、共著ネットワークの媒介中心性の高い研究者は、「共同研究集団」の内外を仲介する「ゲートキーパー」そのものであり、共同研究において組織内外の研究者と科学技術情報を繋ぎ、共同研究のゲートキーパー（門番）のポジションに位置する研究者であることが分る。

共著ネットワークの媒介中心性は、このような共同研究集団のゲートキーパーを測る指標であり、媒介中心性の高い研究者は優秀な研究者、媒介中心性が上昇している研究者は成長している有望な研究者と考えられる。



(a) Allen's Gatekeeper (Allen, 1973)



(b) Betweenness Centralities (Fujita, 2018)

図 6-1 ゲートキーパーと共著ネットワークの媒介中心性

6.3. 媒介中心性の特徴

本節では、被引用系指標および共著ネットワーク中心性を、成果主義と能力主義の観点、遅行指標と先行指標の観点、および知識蓄積と知識結合の観点から考察し、科学技術の発展やイノベーションの推進に向けてオープン・サイエンスやオープンイノベーションの重要性が高まるなかで、研究者の評価指標としての共著ネットワークの中心性が有効な指標であることを示す。

6.3.1. 成果主義と能力主義（評価の方法）

一般に人材の評価は、「成果主義」や「能力主義」などによって行われることが多い。成果主義とは、一定期間内の目標達成度（成果）により評価しようとする考え方であり、一方、能力主義とは、個人の職務遂行能力により評価しようとする考え方である [松村, 2006]。これらの考え方は、企業などの人事管理において、賃金や昇進などを決定する場合の基準とされる。また、業務の結果のみによって評価しようとする考え方は「結果主義」と呼ばれることがある。人材の評価は、コンピテンシーの考え方に基づいても行われる。McClelland は、「Testing “Competence” Rather Than “Intelligence”」と述べ、知性に加え、コンピテンシーの重要性を論じている [McClelland, 1973]。さらに Spencer 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要因となる個人の根源的特性」を「コンピテンシー」と定義し、ある個人が持つ表層的な知識やスキルなどを「目に見えるコンピテンシー (visible competency)」, 個人の資質、態度、価値観などを「隠されたコンピテンシー (hidden competency)」と分類し、隠されたコンピテンシーの重要性を論じている [Spencer Spencer, 1993]。標準的なコンピテンシーモデルとしては、経済協力開発機構 (OECD) が 2003 年に報告したキー・コンピテンシーが挙げられる。このコンピテンシーモデルでも、「知識」や「スキル」（目に見えるコンピテンシー）だけでなく、「知識や技術などを活用する能力」, 「多様な集団における人間関係形成能力」, 「自律的に行動する能力」の 3 つコンピテンシー（隠されたコンピテンシー）が重要とされており [OECD, 2003]。松下は、これら 3 つのコンピテンシーを、それぞれ「研究者と研究対象との関係」「研究者と他者との関係」および「研究者と自己との関係」の 3 つの軸で整理している [松下, 2016]。前述の成果主義および能力主義をコンピテンシーの

考え方に対応付けると、研究者の知識やスキルの成果である論文や特許などによる成果主義は、見えるコンピテンシーによる評価であり、知識や技術などを活用する能力、多様な集団における人間関係形成能力、自律的に行動する能力などによる能力主義は、隠されたコンピテンシーによる評価といえよう。

これらの考え方を研究者の評価に適用した場合、インパクトファクターの高い学術雑誌への掲載論文の件数や h-Index などに被引用系指標は、研究活動の成果が与えたインパクトを評価する成果主義による指標であり、研究者の知識やスキルなどの目に見えるコンピテンシーの評価に適しているといえる。一方、共著ネットワークは、研究者のコラボレーション関係を示しており、共著ネットワークの媒介中心性は研究者同士を繋ぐ役割をする研究者を高く評価する指標である。したがって、共著ネットワークの媒介中心性は、多様な集団における人間関係形成能力を評価する能力主義による指標であり、研究者と他者との関係に係る資質などの隠されたコンピテンシーの評価に適しているという。

6.3.2. 遅行指標と先行指標（評価のタイミング）

経済の状況をあらわす指標として、「先行指標」や「遅行指標」がある。先行指標は、景気の変動に先だって動く傾向のある指標で、具体例として株価指数などがあり、一方、遅行指標は、景気の変動に遅れて動く傾向のある指標で、具体例として雇用指数などがある [松村, 2006]。また、景気と同じタイミングで変動する傾向のある指標は「一致指標」と呼ばれることがある。これらの指標は、景気の動向を示しており、政府などによる景気の前測や現状判断、確認などに利用される。

これらの考え方を研究者の評価に適用した場合、h-Index などの被引用系指標は、研究者の研究成果がインパクトを与えた後に測定できるものであるため、遅行指標であり、既の実績のある「優秀な研究者」の評価に有効といえる。一方、第 5 章で述べた通り、全ての研究者のなかで優秀な研究者の共著ネットワークの中心性に顕著な差異が表れるタイミングは、h-Index よりも早く、文献が初めて検出されて間もなくであった。このように、共著ネットワークの中心性は、研究成果が与えるインパクトに関し、先行指標として活用可能で、既に研究実績のある「優秀な研究者」の評価だけでなく、ピアレビューと同様に、将来が期待されるが研究成果が十分でない「有望な研究者」の選抜・発掘などに有効といえる。

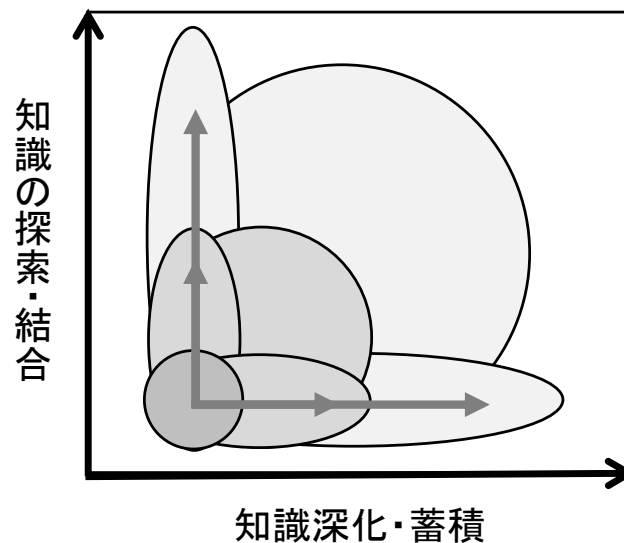


図 6-2 知識蓄積と知識結合

6.3.3. 知識蓄積と知識結合（知識創造への貢献タイプ）

科学者の Newton は、科学技術の進歩に関して、「巨人の肩の上に立つ (Standing on the Shoulder of Giants.)」というメタファーを用いて、新たな発見は先人の積み重ねた発見に基づいていること、そして科学の進歩は多数の研究者たちの研究活動の上に構築されるものであるとした [Turnbull, 1959]. 過去の知識の上に新しい知識を積み重ねてゆくことを、本研究では「知識蓄積」と呼ぶこととする。また、経済学者である Schumpeter は、イノベーションに関して、(1)新しい財貨の生産、(2)新しい生産方法の導入、(3)新しい販路の開拓、(4)原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得、(5)新しい組織の実現、という 5 つのタイプの「Neue Kombination (New Combination)」(=新結合)を定義し、経済発展にはこれらの新結合が必要であるとした [Schumpeter, 1926]. 様々な知識を組み合わせる新しい知識を創造することを、本研究では「知識結合」と呼ぶこととする。一般に組織学習には、既存の知識を活用し深化・漸進する「Exploitation (深化)」と既存の知識に捕らわれず新しい知識を探索する「Exploration (探索)」の 2 つのタイプがあるされ [March,

1991] [鈴木, 2012], 上述の **Exploitation** (深化) と **Exploration** (探索) の 2 つの手法のバランスをとることが重要であるが, 組織は既に獲得した知識の **Exploitation** (深化) に偏りがちで新しい知識の **Exploration** (探索) を怠りがちになることを示した [March, 1991]. 科学を進展させイノベーションを実現するにあたり, 前述の知識蓄積は, 過去の知識を蓄積し活用・深化することから, **Exploitation** (深化) と関連付け, また知識結合は, 様々な知識をもとに新しい知識を創造することから **Exploration** (探索) と関連付けて, 知識創造の手法分類したものを図 6-2 に示す.

これらの考え方を, 研究者の評価指標に適用した場合, インパクトファクターや **h-Index** などの文献の被引用系指標は, 新たな知識にインパクトを与えた過去の知識を評価する指標であり, イノベーションの実現に向けての知識深化・蓄積への貢献度を測定する上で適した指標と考えられる. 一方, コラボレーションネットワークである共著ネットワークの中心性は, 多様な知識から新しい知識を創造するコラボレーション能力を評価する指標であり, 知識探索・結合への貢献度を測定するのに適した指標と考えられる.

6.3.4. 研究分野ごとの研究スタイル (分野ごとの評価)

研究スタイルは研究分野ごとの様々である. 例えば, 数学などの理論的な研究手法を主体とする分野では個人が単独で, 生物学や物理学などの実験的な研究手法を主体とする分野ではグループで組織的に研究する傾向にある. Newman は, 生物学, 物理学, 数学の 3 分野の論文による共著ネットワークの構造分析を行い, 論文あたりの著者数は, 研究様式によって異なり, 理論的な研究手法を主体とする分野 (数学など) よりも, 実験的な研究手法を主体とする分野 (生物学, 物理学など) の方が多い傾向にあることを示した. また, 物理学では研究者同士で綿密なネットワーク上の共著関係を構築する傾向にあり, 生物学では影響力のある研究者を中心とした放射状の共著関係を構築する傾向があることを述べている [Newman, 2004]. 研究方法が個人的であるか組織的であるか, および研究領域が専門的な単一領域であるか学際的な複数領域であるかの観点から研究分野を分類したものを図 6-3 に示す.

本研究では, 共同研究のスタイルが多い生物学と物理学を対象としたが, 生命工学や生命情報学などの学際分野においては, 単一分野ではなく複数の分野に跨った分野融合的かつ組織的研究が有効と考えられる. 実際, 本研究で取り上げた **JSPS** 特別研究員制度では,

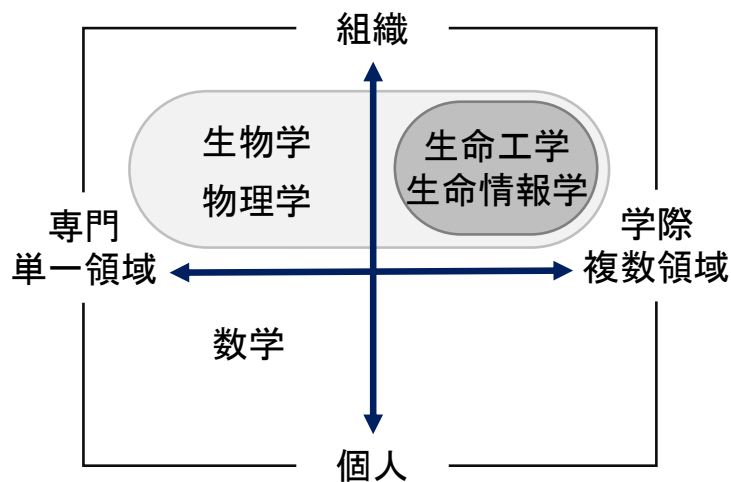


図 6-3 研究分野ごとの研究スタイル

所属研究機関の移動を義務づけており，これが新たな研究機会を生じさせ，共著ネットワークの中心性の成長に影響したかもしれない．さらに，例えば医療分野においては，長期にわたって研究開発を行う分野であり，長期にわたっての研究者間のコラボレーション関係を継続することが必要となるであろう．

これらの研究スタイル考え方を，研究者の評価指標に適用した場合，共著ネットワークの中心性は，組織的研究，特に学際・複合領域における研究活動に適した指標と考えられる．研究分野ごとの研究者評価指標の有効性の分析は，本研究の対象外としているが，近年，学際研究や領域間連携研究の重要性が増大しており，研究分野ごとの研究者の特徴や各評価指標の有効性などの研究が望まれる．

近年，オープンイノベーションや産官学連携など，組織的な研究開発の重要性が高まっており，本研究では，このような組織的な研究開発を行う組織を対象とする．

6.4. 評価指標としての媒介中心性

本研究では，h-Index などの被引用系指標と共著ネットワークの中心性を比較して考察

し、h-Index などの被引用系指標が、成果主義に基づく遅行指標であり、過去の知識の上に新しい知識を積み重ねてゆく知識蓄積への貢献度を測るのに適した指標であるのに対し、共著ネットワークにおける中心性は、能力主義に基づく先行的指標であり、様々な知識を組み合わせる新しい知識を創造する知識結合への貢献度を評価するのに適した指標であることを論じてきた。

将来にわたる持続的な科学技術イノベーションの実現に向けて、「優秀」な研究者とともに、将来に優秀な研究者になることが期待される、「有望」な若手研究者を発掘し育成することは、科学技術政策の観点からも重要な課題である。しかし、h-Index などの被引用系指標は過去の研究実績の後からついてくる遅行指標であり、十分な研究業績を持たない若手の研究者の評価は困難である。一方、先行指標である中心性は、今後の科学技術の発展やイノベーションの推進を担うことが期待される若手研究者の評価するために有効な指標の一つとして挙げることができよう。

また、近年、学際・業際融合研究や、産学連携など複数研究機関の連携による研究によるオープンイノベーションの重要性が高まっている [Chesbrough, 2003]。個人のコンピテンシーについても、OECD は、近年の高度な社会性を必要とする業務において協力して問題解決する力 (collaborative problem solving) が求められるとしている [OECD, 2017]。共著ネットワークの媒介中心性は、学際研究や領域間連携研究において研究者がゲートキーパー的な役割を果たす能力を示しており、研究活動において協力して問題解決をする隠された能力を示す指標といえ、上述のようにオープンイノベーションの重要性が高まるなかで、多様な人材のコラボレーションによる知識結合の貢献度を測る指標として、共著ネットワークの中心性は有効な指標と考えられる。

第7章 結論

本章では、本研究の成果を纏め、将来の展望を論じる。本研究の目指す先は、イノベーションの実現や科学技術の発展に向け、どのような研究者のどのような活動が有効であるかをエビデンスベースで示すことである。研究者の特徴として、研究分野、所属機関、指導者などの特徴と、中心性をはじめとした指標との間にどのような因果関係があるかについて明らかにすることは、科学技術政策や研究開発戦略を策定する上で非常に重要な課題であり、今後の研究が望まれよう。本章では、これらの展望について論じて締め括る。

7.1. 本研究の成果

本研究では、イノベーションの実現や科学技術の発展に向け、組織的な研究分野において、研究者、特に若手研究者のエビデンスベースの評価指標として、科学技術文献データベースから構成される「共著ネットワークの媒介中心性」を提案し、h-Index 先行指標として、その有効性を示すことを目的とした。

まず、OECD の教育評価機関である Programme for International Student Assessment (PISA)が指摘し、Appendix のアンケートを通じても示された研究活動に求められる研究者の能力としての協調性、すなわち協力して問題を解決できるコンピテンシーであり他者との関係に係る資質に注目し、科学技術文献データベースである JSTPlus から、研究活動のコラボレーション関係を示す共著ネットワークを構築した。そして、JSPS 特別研究員を有望な若手研究者のベンチマークとし、組織的研究における研究者の評価指標として共著ネットワークの媒介中心性が有効であることを示した。

次に、ファンディングプログラムの評価指標の一つとして、共著ネットワークの媒介中心性が有効であることを示し、政府が示している研究開発評価の4つの課題に対してもこの指標の有効性が高いと考えられることを述べた。

また、研究者の評価指標として、遅行指標である **h-Index** に比較し、媒介中心性は早期に研究者の評価ができることを示し、4年程度の共著情報が得られれば、その後に **h-Index** が成長する有望な研究者をデータベースから抽出できることを示した。

さらに、組織的研究の重要性を示した上で、共著ネットワークの媒介中心性が、学際研究や領域間連携研究において研究者がゲートキーパー的な役割を果たす能力を示す指標であることを論じた。また、被引用系指標と共著ネットワークの媒介中心性を、成果主義と能力主義、先行指標と遅行指標、知識蓄積と知識結合、などの観点から考察し、**h-Index** などの被引用系指標が、成果主義に基づく遅行指標であり、過去の知識の上に新しい知識を積み重ねてゆく知識蓄積への貢献度を測るのに適した指標であるのに対し、共著ネットワークにおける中心性は、能力主義に基づく先行的指標であり、様々な知識を組み合わせる新しい知識を創造する知識結合への貢献度を評価するのに適した指標であることを論じた。

以上のことから、提案指標である共著ネットワークの媒介中心性は、組織的研究分野において、研究者、特に若手研究者のエビデンスベースの評価指標として有効であると言える。

7.2. 本研究の制約

本節では、本研究の制約について述べる。

7.2.1. 「共著ネットワーク」の媒介中心性による評価

本研究で提案した「共著ネットワーク」は、研究活動におけるコラボレーション関係から構築される社会ネットワークである。したがって、本研究で提案する共著ネットワークの媒介中心性は、実験設備の必要性などから共同研究の形式が多い生物学および物理学などの組織ベースの研究には適用できる。理論的な研究手法を主体とし、論文当たりの著者数が比較的少ないとされる数学などの分野においても、学術コミュニティ内での情報交換は有効であり、共著ネットワークにおける中心性の時間変化の測定は、研究分野に関係なく、様々な研究分野で有効であると推測されるが、本研究ではその検証は行っていない。

7.2.2. 「JSPS 特別研究員モデル」との相関による抽出

本研究で提案した手法で有望な研究者を抽出するにあたり、共著ネットワークの媒介中心性の時間推移の相関対象とした「JSPS 特別研究員モデル」はロジットモデルである。したがって、媒介中心性がロジットモデルと同様に推移する研究者は抽出できるが、ロジットモデル以外のモデルの有望な研究者は抽出できない。

7.2.3. 分野ごと（「生物学」「物理学」など）の文献を抽出し分析

本研究で提案した手法では、生物学および物理学の2分野について、分野ごとに分析している。したがって、若手研究者だけでなく、他分野からの転入してきた研究者（例えば、電気工学から生物学への転入してきたシニア研究者）も抽出する場合がある。また、分野を跨った学際的研究を行っている研究者を評価することが困難である。

7.2.4. 特定期間（2001年～2015年）の中心性の時間推移の分析

本研究で提案した手法で研究者を評価するにあたり、発表年ごとの論文で共著ネットワークを構築し、媒介中心性の推移を分析している。したがって、対象期間の複数年で論文を発表しなかった研究者は有意に抽出できない。

7.3. 今後の展望

本研究では、組織的研究分野において、研究者、特に若手研究者の評価指標を提案し、その有効性を示すことを目的とした。一方、本研究の目指す先は、イノベーションの実現や科学技術の発展に向け、どのような研究者のどのような活動が有効であることを示すことである。具体的には、研究分野、所属機関、指導者などの観点からの分析も望まれる。また、今回の提案指標を改善してゆくことも必要であろう。

7.3.1. 分野特性・学際特性の分析

本研究では、第2章で述べた共著ネットワーク媒介中心性を、対象分野として「生物学」および「物理学」を取り上げ、分野ごとに文献の分析を行った。媒介中心性の計算は、対象ネットワークの全てのノードについての計算を行うため、対象文献データが大きい場合にその計算量が増大し必要となる計算機資源も増大するためである。研究者は一つの分野のみで研究を行い論文を発表するとは限らず、研究対象を他の分野に変更したり、拡大したりすることもある。今後、十分な計算機資源を確保することにより、他の分野の文献データを分析するとともに、分野を跨いだすべての文献データについて分析することが望まれる。

7.3.2. 所属組織や指導者との関係による知識継承の分析

本研究では、組織的研究活動の重要性と、共著ネットワークの自己組織化が示された。また、組織的研究活動を行うにあたり、所属組織や研究指導者が研究者に与える影響は少なくないと考えられる。共同研究の代表研究者と協力研究者、著者順の **Fast** と **Last** などにより、共同研究の系譜分析を行い、知識の継承や不正の伝播の特性を明らかにすることが望まれる。

7.3.3. 媒介中心性以外の特徴量（指標）による分析

本研究では、第2章で述べた共著ネットワークの4つの中心性のうち、媒介中心性を取り上げて分析した。媒介中心性は、ゲートキーパー能力を示し、非常に重要な指標として注目すべきであるが、一方で、上記の通り、媒介中心性の計算は、対象ネットワークの全てのノードについての計算を行う必要があるため、その計算量が膨大であり、対象データベースが巨大化した場合、計算機資源に負荷がかかるという課題がある。他の指標の有効性について評価を行い、各種の目的に適した指標の提案を行うことが望まれる。

7.3.4. 共同研究における研究者の機能と役割

これまで述べてきたように，研究者の評価には，h-Index など，研究そのものが与えたインパクトを示す論文被引用系指標がしばしば用いられる．一方，Appendix で示したアンケートのクックでは「研究者が研究開発活動を行うにあたって必要な能力」として研究者の「協調性」の資質の重要性を検証された．このように，科学技術イノベーションの実現に向けて，研究者に求められる能力や役割は画一的なものではなく，研究者に求める能力や役割によって評価・測定する指標も異なってくる可能性がある．共同研究における各研究者の機能，および各研究者に求められる能力・役割について定量指標をもとに分析し，科学技術イノベーションの実現に向け，多面的な評価指標の重要性を提言することが望まれる．

謝辞

本研究において、指導教員の東京工業大学 寺野隆雄名誉教授（千葉商科大学 教授）、山村雅幸教授に深く感謝いたします。寺野先生には、著者が筑波大学ビジネス科学研究科経営システム科学専攻在学中に人工知能についてご指導を賜り、東京工業大学総合理工学研究科知能システム科学専攻入学後は、ゼミでの指導に加え、共同研究パートナーとの打ち合わせにも出席頂きくなど、細やかに個人指導を賜り、また今日に至るまで、公私にわたり温かいご指導と励ましのお言葉を頂きました。また、山村先生には、寺野先生が東京工業大学を退官の後、筆者のご指導を快く引き受けて頂き、博士課程修了に至るまで、公私にわたりご指導ご鞭撻を賜りました。心から深く感謝いたします。

寺野研究室においては、吉川厚教授には研究手法をはじめとして個別にご指導を頂きました。また、國上真章研究員をはじめとするゼミのメンバーには、週末に実施されるゼミで貴重なコメントを頂きました。筑波大学の同窓生でもある小西憲治さんや海野一則さんには、筑波大学以来長きにわたり学び続ける同じ社会人の立場から常に励ましの言葉を頂きました。筆者と同じ 2015 年 4 月に東京工業大学の博士課程に入学した菊地剛正君と田中祐史君には、キャンパスのみならず互いに近い職場界限でも様々なアドバイスや励ましの言葉を頂きました。筆者の半年後に博士課程に入学した坂田顕庸君には、ゼミのアレンジに加え、自宅がキャンパスから離れて何かと不便な筆者をキャンパスから支援してくれました。他の寺野研のメンバーにも公私にわたり様々なお世話になりました。深く感謝いたします。

本研究を進めるにあたり、東京電機大学の井ノ上先生助教には大変お世話になりました。井ノ上先生は、著者が産業技術大学院大学産業技術研究科情報アーキテクチャ専攻在学中にデータ分析手法についてご指導を賜り、その後東京工業大学入学後も今日に至るまでデータの分析をはじめとして日々の様々なご指導と励ましのお言葉を頂きました。深く感謝いたします。

本研究においては、科学技術振興機構（JST）および株式会社ジー・サーチよりデータ提供を頂きました。また、長谷川均さんをはじめとする株式会社ジー・サーチの皆様には、本研究を進めるために初めてお会いさせて頂いてから研究関連分野について様々なご示唆を頂きました。深く感謝いたします。

本研究で、研究者の要件を調査するにあたって、ライフインテリジェンスコンソーシアムの八代好司さんをはじめとするメンバーの方々には、アンケートへご協力を頂きました。感謝いたします。

本論文を作成するにあたり、審査員の出口弘教授、三宅美博教授、吉川厚教授、小野功准教授、石井秀明准教授に、さらに予備審査において審査を頂いた新田克己教授、瀧ノ上正浩准教授には、多角的な観点からご指導を頂きました。深く感謝いたします。

最後に、社会人大学院生として、家族サービスを犠牲にして帰宅後や休日に研究を行う筆者を、寛容な心で支え励ましてくれた妻 藤田聡子に心より深く感謝します。ありがとう。

2020年2月

著者

本研究に関する発表論文

1. 学術雑誌（査読あり）

- (1) 藤田正典, 井ノ上寛人, 寺野隆雄, 学術文献の共著ネットワークの中心性を用いた有望な研究者の分析, 人工知能学会論文誌（採択済→人工知能学会誌提携先の New Generation Computing 誌に投稿予定）

2. 招待論文（査読無し）

- (2) 藤田正典, 井ノ上寛人, 寺野隆雄, 研究者のコラボレーション関係を通じたスター・サイエンティストの分析, 研究・技術・計画, Vol.34, No.2, pp.150-163, 2019

3. 国際会議（査読あり）

- (3) M. Fujita, H. Inoue and T Terano, Evaluation of Researchers in Collaborative Research through Betweenness Centralities of Co-author Networks, The 6th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII), Chengdu, SAT1-C2, Nov., 2019.
- (4) M. Fujita, H. Inoue and T Terano, Evaluating Researchers through Betweenness Centrality Measures of Co-Author Networks from Academic Literature Database: Finding Gatekeeper Researchers in Organizational Research, IEEE BigData 2018, The 3rd International Workshop on Application of Big Data for Computational Social Science, Seattle, pp.4313-4320, Dec., 2018.
- (5) M. Fujita, H. Inoue and T. Terano, Evaluating Funding Programs through Network Centrality Measures of Co-Author Networks of Technical Papers, IEEE BigData 2017, The 2nd International Workshop on Application of Big Data for Computational Social Science, Boston, pp. 4300-4307, Dec., 2017.
- (6) M. Fujita, H. Inoue and T. Terano, Searching Promising Researchers through Network Centrality Measures of Co-Author Networks of Technical Papers, The 4th IEEE International COMPSAC Workshop on Social Services through Human and Artificial Agent Models (SSERV 2017), Torino, pp. 615-618, July 2017.

4. 書籍（査読あり）

- (7) M. Fujita, “Analysis of Researchers using Network Centralities of Co-authorship from the Academic Literature Database,” Evolutionary Computing and Artificial Intelligence, F. Koch, A. Yoshikawa, S. Wang and T. Terano ed., Springer, pp. 57-63, 2018

5. その他、国内学会・シンポジウムなど（査読無し）

- (8) 藤田正典, 奥戸嵩登, 隅藏康一, 長根裕美, 高被引用文献を持つ研究者への科研費の有効性についての事例分析, 研究・イノベーション学会, 第 34 回年次学術大会, 1E06, 2019 年 10 月
- (9) 藤田正典, 奥戸嵩登, 隅藏康一, 長根裕美, 共同研究関係に基づく科研費の研究種目についての分析, 研究・イノベーション学会, 第 34 回年次学術大会, 1E07, 2019 年 10 月
- (10) 藤田正典, 奥戸嵩登, 共同研究関係に基づく科研費の学際領域の推移についての分析, 研究・イノベーション学会, 第 34 回年次学術大会, 1E08, 2019 年 10 月
- (11) 藤田正典, 菅井内音, 隅藏康一, 牧兼充, 学際指標を用いた分野ごとのスター・サイエンティストの特徴の分析, 研究・イノベーション学会, 第 34 回年次学術大会, 2A07, 2019 年 10 月
- (12) 藤田正典, 奥戸嵩登, 科研費の共同研究関係に基づく知識移転の系譜 ～科研費データベースからゲートキーパーを検出する～, 人工知能学会 第 13 回 SIG-BI 研究会, 山梨, 2019 年 10 月
- (13) 藤田正典, 菅井内音, 隅藏康一, 牧兼充, クロスフィールドを考慮したスター・サイエンティストの特徴の分析, 人工知能学会 第 13 回 SIG-BI 研究会, 山梨, 2019 年 10 月
- (14) 藤田正典, 石戸健太, 井ノ上寛人, 寺野隆雄, 共著ネットワークの中心性の時間推移を指標とした研究者の評価, 研究・イノベーション学会, 第 33 回年次学術大会, 2A10, 2018 年 10 月
- (15) 藤田正典, 石戸健太, 鈴木友理, 井ノ上寛人, 寺野隆雄, 生命科学分野の研究機関への調査結果に基づく求められる研究者の評価指標, 経営情報学会 2018 年春季全国

研究発表大会， 1A-4-2， 2018 年 3 月

- (16) 藤田正典， 井ノ上寛人， 寺野隆雄， 科学技術文献データベースから構成される共著ネットワークを用いたファンディングプログラムの評価， 研究・イノベーション学会， 第 32 回年次学術大会， 2D17， 2017 年 10 月
- (17) 藤田正典， 青木健， 井ノ上寛人， 寺野隆雄， 学術文献データから構成される共著ネットワークを用いた有望な研究者の探索， 2017 年度人工知能学会全国大会， 2N4-OS-31b-4， 2017 年 5 月
- (18) 藤田正典， 青木健， 井ノ上寛人， 寺野隆雄， 学術文献データから構成される共著ネットワークを用いた有望な研究者の探索， 経営情報学会 2017 年春季全国研究発表大会， C2-1， 2017 年 3 月
- (19) 藤田正典， 青木健， 井ノ上寛人， 寺野隆雄， 研究者のパフォーマンスを共著者ネットワークの中心性で測る， 第一回計算社会科学ワークショップ論文集， 2017 年 2 月
- (20) 藤田正典， 青木健， 井ノ上寛人， 寺野隆雄， 学術文献データから構成される共著ネットワークを用いた有望な研究者の探索に関する研究， 人工知能学会 第 6 回 SIG-BI 研究会， 横浜， 2016 年 11 月

6. ポスター発表

- (21) 伊藤 眞里， 他， 有望提携先や研究テーマの自動探索， CBI 学会 2018 年大会， 東京， 2018 年 10 月

以上

参考文献

- AbbasiAlireza, ChungShing KennethKon, HossainLiaquat. (2012). Egocentric analysis of co-authorship network structure, position and performance. *Information Processing and Management*, 48, 671-679.
- AllenJ.Thomas. (1979). *Managing the Flow of Technology*. MIT Press.
- BarabasiI.A., JeongH., NedaZ., RevaszE., SchubertA., VicsekT. (2002). Evolution of the social network of scientific collaborations. *Physica A*, 590-614.
- BarneyBJ. (1997). *Gaining Sustaining Competitive Advantage*, Second Edition. Prentice-Hall.
- ChesbroughWilliamHenry. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business Review Press.
- Crane D. (1972). *Invisible Colleges*. The University of Chicago.
- DaudA., AhmadM, MalikM.S.I., et al. . (2015). Using machine learning techniques for rising star prediction in co-author network. *Scientometrics*, 102, 1687--1711.
- FujitaM, InoueH, TeranoT. (2017). Searching Promising Researchers through Network Centrality Measures of Co-Author Networks of Technical Papers. *Proceedings of The 4th IEEE International Workshop on Social Services through Human and Artificial Agent Models*.
- FujitaM., InoueH., TeranoT. (2018). Evaluating Researchers through Betweenness Centrality Measures of Co-Author Networks from Academic Literature Database: Finding Gatekeeper Researchers in Organizational Research. *IEEE BigData 2018 The Third Workshop on Application of Big Data for Computational Social Science*. Seattle.
- GarfieldE. (1972). Citation analysis as a tool in journal evaluation, *Science*. 178(4060), 471-479.
- HirschE.J. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Natl. Acad. Sci.*, 102(46), 16569-16572.
- KurosawaTsutomu, MizutaHisao, OgasakaYasushi. (2015). The future role of the information accumulated the research funding results for making a funding

- strategy and evaluation through JST-FMDB Project. *Journal of Information Processing and Management*, 58(4), 286-291.
- LaneJulia, BertuzziStefano. (2011). Measuring the Results of Science Investments. *Science*, 331, 678-680.
- LiXiao-Li , FooSheng Chuan , TewLeongKar , NgSee-Kiong. (2009). Searching for Rising Stars in Bibliography Networks. *LNCS*, 5463, 288--292.
- MacilwainColin. (2010). What science is worth,. *Nature*, 465, 682-684.
- MarchG. James. (1991). Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- McClellandC.D. (1973). Testing for ‘Competence’ Rather Than for ‘Intelligence’ . *American Psychologist*.
- MelinG., PerssonO. (1996). Studying research collaboration using co-authorships. *Scientometrics*, 36(3), 363-377.
- NewmanE.J.Mark. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(suppl 1), 5200-5205.
- OECD. (2003). The Definition and Selection of KEY COMPETENCIES. 参照先：
<http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>
- OECD. (2015). Frascati Manual.
- OECD. (2017). OECD Programme for International Student Assessment (PISA).
- PanagopoulosG., TsatsaronisG., VarlamisI. (2017). Detecting rising stars in dynamic collaborative networks. *Journal of Informetrics*, 11(1), 198--222.
- PriemJ, TaraborelliD., GrothP., NeylonC. (2010). 参照先：Altmetrics: A manifesto, :
<http://altmetrics.org/manifesto>
- Project Management Institute. (2018). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (第 6 卷).
- SchreiberM. (2013). How relevant is the predictive power of the h-index? A case study of the time-dependent Hirsch index,. *J. Informetric*, 7(2).
- SchumpeterJ. A. . (1926). *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*.
- SpencerL. M., SpencerS. M. (1993). *Competence at Work: Models for Superior*

- Performance. Willy.
- Turnbull W.H. (1959). The Correspondence of Isaac Newton (第 1 卷). London: the Royal Society at the University Press.
- Wagner S. Caroline, Leydesdorff Loet. (2005). Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. *Research Policy*, 34, 1608-1618.
- Yoshida Hideki, Shinohara Joji, Tadashi Sasa. (2007). Toward the evaluation of Mission-oriented Basic Research. *Journal of the Japan Society for Intellectual Production*, 4(1), 1-5.
- Zare N. Richard. (2012). Assessing Academic Researchers. *Angewandte Chemie International Edition*, 51, 7338-7339.
- Zhang J, Xia F, Wang W, et al. (2016). CocaRank: A Collaboration Caliber-based Method for Finding Academic Rising Stars. *Proc. of the 25th International Conference Companion on World Wide We*, 395-400.
- 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会研究評価部会. (2009). 研究開発評価システム改革の方向性について(審議のまとめ).
- 閣議決定. (2016). 第 5 期科学技術基本計画.
- 吉田秀紀, 篠原譲司, 佐々正. (2007). 目的基礎研究プロジェクトの評価に向けて. *産学連携学*, 4(1).
- 宮西大樹, 関和広, 上原邦昭. (2012). リンク予測を基にした時系列ネットワーク中でのオブジェクトランキング. *人工知能学会論文誌*, 27(3), 223-234.
- 金光淳. (2013). 社会ネットワーク分析の基礎. 勁草書房.
- 黒沢努, 水田寿雄, 小賀坂康志. (2015). JST ファンディング情報のデータベース化 (JST-FMDB) とその活用法: 研究開発戦略の立案・評価における情報の役割と方向性. *情報管理*, 58(4), 286-292.
- 篠田孝祐. (2011). 日本における人工知能研究の系譜. *人工知能学会論文誌*, 26(6), 584-589.
- 小林信一. (2012). 研究開発におけるファンディングと評価—総論—国による研究開発の推進. 国立国会図書館.
- 松下佳代. (2016). 資質・能力の新たな枠組み—「3・3・1 モデル」の提案—. *京都大学高等教育研究*, 22, 139-149. 参照先: <http://hdl.handle.net/2433/219538>

松村明 (編). (2006). 大辞林(第三版). 三省堂.

森純一郎, 原忠義, 榊剛史, 梶川裕矢, 坂田一郎. (2015). 大規模学術論文データの共著ネットワーク分析に基づく萌芽領域の中心研究者予測に関する研究. 2015 年度人工知能学会全国大会.

大学評価・学位授与機構. (2015). 教育・研究水準の学系別評価基準のあり方にかかる調査研究報告書. 参照先: http://www.niad.ac.jp/n_shuppan/project/syousail/

内閣総理大臣決定. (2016). 国の研究開発評価に関する大綱的指針.

日本学術振興会. (2017). 特別研究員の選考方法. 参照先: https://www.jspss.go.jp/jpd/pd_houhou.html

文部科学省. (2006). 平成 18 年版 科学技術白書.

文部科学省. (2014). 研究者等の業績に関する評価に関する調査・分析報告書. 参照先: http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/hyouka/1358002.htm

文部科学省 (三菱総合研究所). (2012). 研究パフォーマンスの多様な指標. 著: 国立国会図書館, 国による研究開発の推進—大学・公的研究機関を中心に—. 国立国会図書館.

文部科学大臣決定. (2017). 文部科学省における研究及び開発に関する評価指針.

林隆之. (2012). 政策評価 科学技術政策の国際的な動向. 国立国会図書館.

鈴木修. (2012). 「探索」と「活用」のバランスの実現に関する考察. 組織学会, 45(4), 66-81.

参考資料

分析に用いたデータセット (JSTPLus)

Jdream : JST コード : E? (生物科学) 2006 年～2015 年

検索日 : 2016.11.17～11.30

検索対象ファイル : JSTPlus

Jdream : JST コード : E? (生物科学) 2001 年～2005 年

検索日 : 2017 年 5 月 16 日～21 日

検索対象ファイル : JSTPlus

E?/cc and 200100-200106/pd 61,632

E?/cc and 200107-200112/pd 53,995

E?/cc and 200200-200206/pd 58,775

E?/cc and 200207-200212/pd 51,338

E?/cc and 200300-200306/pd 58,256

E?/cc and 200307-200312/pd 56,776

E?/cc and 200400-200406/pd 60,188

E?/cc and 200407-200412/pd 58,357

E?/cc and 200500-200506/pd 63,583

E?/cc and 200507-200512/pd 55,468

E?/cc and 200600-200606/pd 70,047

E?/cc and 200607-200612/pd 52,144

E?/cc and 200700-200606/pd 77,992

E?/cc and 200707-200612/pd 54,730

E?/cc and 200800-200606/pd 77,483

E?/cc and 200807-200612/pd 53,173

E?/cc and 200900-200606/pd 80,870

E?/cc and 200907-200612/pd 57,562

E?/cc and 201000-200606/pd	79,195
E?/cc and 201007-200612/pd	58,522
E?/cc and 201100-200606/pd	80,220
E?/cc and 201107-200612/pd	58,185
E?/cc and 201200-200606/pd	76,242
E?/cc and 201207-200612/pd	55,543
E?/cc and 201300-200606/pd	87,347
E?/cc and 201307-200612/pd	59,778
E?/cc and 201400-200606/pd	79,341
E?/cc and 201407-200612/pd	56,931
E?/cc and 201500-200606/pd	73,671
E?/cc and 201507-200612/pd	52,847
合計	1,920,191

Jdream : JST コード : B? (物理学) 2001 年～2015 年

検索日 : 2017 年 5 月 14 日 (～5 月 29 日)

検索対象ファイル : JSTPlus

B?/cc and 200100-200106/pd	59754
B?/cc and 200107-200112/pd	51431
B?/cc and 200200-200206/pd	61155
B?/cc and 200207-200212/pd	53934
B?/cc and 200300-200306/pd	60351
B?/cc and 200307-200312/pd	52512
B?/cc and 200400-200406/pd	64,312
B?/cc and 200407-200412/pd	50,931
B?/cc and 200500-200506/pd	67,367
B?/cc and 200507-200512/pd	52,982
B?/cc and 200600-200606/pd	68,237

B?/cc and 200607-200612/pd	58,122
B?/cc and 200700-200706/pd	70,563
B?/cc and 200707-200712/pd	62,209
B?/cc and 200800-200806/pd	74,593
B?/cc and 200807-200812/pd	61,050
B?/cc and 200900-200906/pd	74,070
B?/cc and 200907-200912/pd	60,660
B?/cc and 201000-201006/pd	73,744
B?/cc and 201007-201012/pd	61,594
B?/cc and 201100-201106/pd	75,090
B?/cc and 201107-201112/pd	64,384
B?/cc and 201200-201206/pd	76,183
B?/cc and 201207-201212/pd	62,324
B?/cc and 201300-201306/pd	83,999
B?/cc and 201307-201312/pd	65,617
B?/cc and 201400-201406/pd	81,635
B?/cc and 201407-201412/pd	65,290
B?/cc and 201500-201506/pd	74,040
B?/cc and 201507-201512/pd	64,804
合計	1,952,937

Appendix 求められる研究者像

本研究に関連し、研究者に求められる能力を明らかにするために実施したアンケートについて述べる。本アンケートでは、生命科学分野と IT 分野の企業などから成るコンソーシアムであるライフインテリジェンスコンソーシアム (LINC) の参加メンバーを対象に、研究者に求められる能力や経歴に関する事項について調査した。その結果、研究者の要件には、専門的な「知識」や「技能」などの目に見える能力に加え、研究者の資質である「協調性」や「自律性」が重要であることが分かった。

1 はじめに

科学技術の発展やイノベーションの実現に、優秀な研究者の確保、さらに有望な研究者の発掘や育成は重要な課題であり、そのためには研究者の適切な評価が重要である。研究者の評価は、論文の被引用指標やピアレビューなどによることが多く、さらに企業においては出身大学指導教官の推薦や関係者へのリファレンスチェックなどが用いられることもある。

しかし、これらの評価指標の前提となる求められる研究者の要件は一律とはいえない。例えば、数学などの理論的な研究手法を主体とする分野では個人が単独で、生物学や物理学などの実験的な研究手法を主体とする分野ではグループで組織的に研究する傾向があり、求められる研究者の要件は研究手法や研究組織の特徴により異なると考えられる。

本研究では、異分野融合や産官学連携など、組織的な研究開発の重要性が高まっていることを踏まえ、組織的研究分野において、研究者、特に若手研究者の評価指標の一つとして、科学技術文献データベースから構成される「共著ネットワークの媒介中心性」を提案し、その有効性を示すことである。媒介中心性を提案するにあたっては、研究者が研究開発活動を行う際に必要な能力として研究者の「協調性」の資質を想定している。本稿では、

組織的研究開発において求められる研究者の要件を明らかにすることを目的に、アンケートを実施した²。アンケートを通じて、評価の前提となる研究者の能力を調査し、この想定を検証を行う。

アンケート項目は、求められる研究者の要件を研究者の能力と経歴に分けた。研究者の能力については、OECDのキー・コンピテンシーモデル [OECD, 2003]や3次元×3軸モデル [松下, 2016]を参考として、「対象世界との関係」に係る事項(知識・技能・知能など)、「他社との関係」に係る事項(協調性・指導力など)、「自己との関係」に係る事項(自律性など)に細分化し調査した。図 Appendix 1に研究者の能力についてのアンケート項目を示す。また、このような能力を持つに至った経歴としては、研究分野、所属機関・指導者、論文に細分化し調査した。図 Appendix 2にアンケート項目の全体概要を示す。

アンケートの対象は、組織的な研究開発を行う分野として、生命科学と情報工学の融合

資質・能力 の3軸 の3次元	対象世界との関係	他者との関係	自己との関係
知識(Knowing)	専門分野の理論的知識 →「知識」		
能力(Doing)	専門分野の実践的スキル →「技能」		
資質(Being)	言語・知識・技術を使いこなせる資質 →「知能」	チームワークを発揮できる 資質 →「協調性」 リーダーシップを発揮できる 資質 →「指導力」	自律的に活動できる 資質 →「自律性」

図 Appendix 1 研究者の能力についてのアンケート項目

◆ 能力 → 「資質・能力の3軸」											
能力		対象世界との関係			他者との関係			自己との関係			
求める研究者の能力	選択式	知識	技能	知力	協調性	指導力		自律性			
よかった研究者 よくなかった研究者 よくなった行動・経緯 よくなかった行動・経緯	記述式	対象世界との関係に係る語句 (例:知識, 技能, スキル, 案件, 研究費, 等)			他者との関係に係る語句 (協調性, チームワーク, アドバイス, 高圧的, 等)			自己との関係に係る語句 (自律的, 実行力, 情熱, 受け身, 無関心, 等)			
◆ 経歴 → 研究分野, 研究組織, 論文実績											
経歴		研究分野		研究組織					論文実績		
求める研究者の経歴	選択式	単一分野	複数分野	単一機関	複数機関	公的機関	民間機関	海外機関	著名指導者	独力	論文実績

図 Appendix 2 アンケートの項目の全体像

分野を取り上げた。具体的には、生命科学分野のための AI ならびにビッグデータ技術の開発を目指す製薬などのライフ系企業と IT 系企業およびアカデミアを主要メンバーとして構成されている“ライフ・インテリジェンス・コンソーシアム (LINC)”のメンバー526人を対象にアンケートを実施した。

アンケートの結果、LINC メンバー104 人より回答を得た。組織的研究開発を行う研究機関が求める研究者の要件として、①経歴よりも能力が重要であること、②能力では専門的な知識や技能とともに、研究者の資質である「協調性」や「自律性」が重要であること、③共同研究経験者では、「他者との関係」に係る事項がさらに重要であること、が分かった。

以下、このアンケートの内容と対象、およびアンケートの結果を示した上で、求められる研究者の要件について考察を行う。

2 アンケート内容

本節では、アンケートの内容として、アンケート項目とアンケート対象者の詳細について述べる。本アンケートでは、組織的研究開発において求められる研究者の要件を明らかにすることを目的に、求められる共同研究者の能力と経歴について、組織的な研究開発を行うライフ系分野と IT 系分野の研究機関に対してアンケートを実施した。

2.1 アンケート項目

アンケートの項目は、図 Appendix 3 に示した通り、求められる研究者の要件を研究者の能力と経歴に分け、能力は選択式および記述式で、経歴は選択式で調査した。

能力については [OECD, 2003]のキー・コンピテンシーモデルや [松下, 2016]の3次元×3軸モデルを参考に、研究者と「研究対象との関係」「他者との関係」および「自己との関係」の3カテゴリーの観点から、質問の設計、および結果の分析を行った。選択式では、「知識」、「技能」、「知力」（「研究対象との関係」に係わる項目）、「協調性」、「指導力」（「他者との関係」に係わる項目）、「自律性」（「自己との関係」に係わる項目）についてその重要性の程度を質問した。記述式では、共同研究を行ってよかった研究者とよくなかった研究者のそれぞれの特徴、およびそのような研究者との共同研究に至ったそれぞれの経緯に

ついて質問した上で、その回答を「対象研究との関係」、「他者との関係」、「自己との関係」の三つのカテゴリーに係わる語句を含むか否かで分類し（複数のカテゴリーへの重複分類あり）、カテゴリーごとの回答を取り纏めた。また、記述式回答に対しては、併せて、回答文を単語単位に分解（形態素化）し、回答文に含まれる名詞に対し、LDA アルゴリズムによるトピックモデル分析（トピック数 $k=3$ ）を行った。

経歴については、「研究分野」、「所属組織」および「論文実績」のカテゴリーで質問した。「研究分野」では、専門性・学際性を、「所属組織」では、単一機関、多数機関、公的機関、民間機関、海外機関、著名指導者・研究機関、単独研究、などの経験を質問した。

回答者のプロフィールについては、所属組織の区分、組織内でのポジション、担当業務、担当業務の経験年数、アカデミアや企業との共同研究件数、研究プロジェクトの目標や特徴などについて質問した。

本アンケートの具体的な質問項目を以下に示す。上述の求められる研究者の能力と経歴や回答者のプロフィールを含めた 20 項目である³。

◆ 能力 → 研究対象との関係, 他者との関係, 自己との関係											
能力		研究対象との関係		他者との関係		自己との関係					
求める研究者の能力	選択式	知識(専門分野の理論的知識)	技能(専門分野の実践的技能)								
		知力(言語・知識・技術を使いこなせる資質)		協調性(チームワークを発揮できる資質)	指導力(リーダーシップを発揮できる資質)		自律性(自律的に活動できる資質)				
よかった研究者 よくなかった研究者 よくなった行動・経緯 よくなかった行動・経緯	記述式	研究対象との関係に係る語句 (例: 知識, 技能, スキル, 案件, 研究費, 等)		他者との関係に係る語句 (協調性, チームワーク, アドバイス, 高圧的, 等)		自己との関係に係る語句 (自律的, 実行力, 情熱, 受け身, 無関心, 等)					
◆ 経歴 → 研究分野, 研究組織, 論文実績											
経歴		研究分野		研究組織					論文実績		
求める研究者の経歴	選択式	単一分野	複数分野	単一機関	複数機関	公的機関	民間機関	海外機関	著名指導者	独力	論文実績

図 Appendix 3 アンケート項目

³ 本文にある通り、本アンケートでは、これらの研究者に求められる能力や経歴に加え、研究開発プロジェクトの目標、プロジェクトの成功と失敗の定義とその要因についても調査している。

- (1) プロジェクトの目標
 - ① プロジェクトの目標（シーズ発見，ニーズ対応，論文掲載，特許出願，営業目標達成）
 - ② プロジェクトの目標（その他の場合：記述式で回答）
- (2) プロジェクトの成功と失敗
 - ③ 成功の定義・基準（記述式で回答）
 - ④ 成功した経緯・要因（記述式で回答）
 - ⑤ 失敗の定義・基準（記述式で回答）
 - ⑥ 失敗した経緯・要因（記述式で回答）
- (3) 求める研究者と求めない研究者
 - ⑦ 求める研究者の能力（知識，技能，知力，協調性，指導力，自律性）
 - ⑧ 求める研究者の経歴（専門性，学際性，同一機関，多数機関，学術・公的機関経験，民間機関経験，著名な指導者・研究機関，独力研究，論文執筆実績）
 - ⑨ 共同で研究してよかった研究者の定義・基準（記述式で回答）
 - ⑩ よかった研究者との共同研究の経緯・要因（記述式で回答）
 - ⑪ 共同で研究してよくなかった研究者の定義・基準（記述式で回答）
 - ⑫ よくなかった研究者との共同研究の経緯・要因（記述式で回答）
 - ⑬ 有望な研究者の名前（記述式で回答）
- (4) 回答者のプロフィール
 - ⑭ 所属組織
 - ⑮ 職位
 - ⑯ 業務の内容
 - ⑰ 業務の年数
 - ⑱ 共同研究の件数
 - ⑲ プロジェクトの特徴（先端的・分野融合的，トップダウン・ボトムアップ，著名な指導者，研究者の流動性，オープン・クローズ）
- (5) その他
 - ⑳ 自由コメント（記述式で回答）

2.2 アンケート対象者

本アンケートの対象者は、“AI を開発する企業・アカデミア（主に IT 系）”と“AI を利活用する企業・アカデミア（主に製薬・化学・食品・医療・ヘルスケア関連のライフ系）”を主要構メンバーとして構成される“ライフ・インテリジェンス・コンソーシアム(LINC)”（89 機関/526 人，回答：104 人）を対象とした。LINC は，製薬・化学・食品・医療・ヘルスケア関連のライフサイエンス分野のための AI ならびにビッグデータ技術を開発することで，関連諸分野の産業振興と，国民の健康寿命の延伸および生活の質の向上を目指している。

LINC は，生命科学分野のための AI ならびにビッグデータ技術の開発を目指し，製薬・化学・食品・医療・ヘルスケアなどのライフ系企業と IT 系企業およびアカデミアを主要メンバーとしている。

【LINC メンバー（2017 年 10 月 23 日現在）】

① 事務局	15 人
② アカデミア（大学，研究開発機関，など）	39 人
③ 製薬	264 人
④ 総合化学	43 人
⑤ その他ライフ系（診断サービス，創薬支援）	17 人
⑥ IT 系（総合電機，情報処理など）	124 人
⑦ 情報提供	13 人
⑧ 金融機関	2 人
⑨ その他（自治体，など）	9 人
<hr/>	
合計	526 人

【内訳（89 機関）】

● 製薬（34 機関）

アクセリードドラッグディスカバリーパートナーズ(株)，旭化成ファーマ(株)，アステラス製薬(株)，EA ファーマ(株)，エーザイ(株)，小野薬品工業(株)，KAN 研究所(株)，杏

林製薬(株), 大塚製薬(株), 科研製薬(株), キッセイ薬品工業(株), 協和発酵キリン(株), 興和(株), 三和化学研究所, 塩野義製薬(株), ゼリア新薬工業(株), 千寿製薬(株), 第一三共(株), 第一三共 RD ノバーレ(株), 第一三共ヘルスケア(株), 大正製薬(株), 大正富山医薬品(株), 大日本住友製薬(株), 武田薬品工業(株), 田辺三菱製薬(株), 中外製薬(株), 帝人ファーマ(株), 日本新薬(株), 日本製薬工業協会 医薬産業政策研究所, バイエル薬品(株), ファイザー(株), マルホ(株), Meiji Seika ファルマ(株), 持田製薬(株)

- 総合化学 (7 機関)

三井化学アグロ(株), (株)カネカ, JT(日本たばこ産業(株))医薬総合研究所, 東レ(株), 日産化学工業(株), 日本曹達(株), 富士フイルム(株)

- ヘルスケア (3 機関)

富士レビオ(株), 合同会社みらか中央研究所, シスメックス(株)

- 創薬支援 (CRO など) (1 機関)

(株)アスクレップ

- IT 機器 (2 機関)

(株)インテル, エヌビディア合同会社

- IT 総合 (3 機関)

日本電気(株), 富士通(株), (株)日立製作所

- IT (19 機関)

(株)エクサウィザーズ, 伊藤忠テクノソリューションズ(株), HPC システムズ(株), (株)京都コンストラテックノロジーズ, (株)クロスアビリティ, Genomedia(株), (株)システム計画研究所, (株)情報数理バイオ, (株)知能情報システム, データロボット, (株)テinker, (株)ヴァイナス, (株)FRONTEO ヘルスケア, みずほ情報総研(株), 三井情報(株), 三菱スペース・ソフトウェア(株), メディカル・データ・ビジョン(株), (株)Modelor, (株)レベルファイブ

- IT 情報提供 (4 機関)

(株)ジー・サーチ, (株)医薬情報ネット, ACS International Ltd., クラリベイト・アナリティクス・ジャパン(株)

- 研究機関・アカデミア (7 機関)

大阪大学サイバーメディアセンター，（公財）先端医療振興財団，東京大学 医科学研究所，兵庫県立大学 シミュレーション学研究所，横浜市立大学 生命医科学研究所，東京工業大学，東京電機大学

- 金融機関（1 機関）

みずほ銀行

- その他（3 機関）

草場コンサルティング事務所，神戸市，兵庫県

- 事務局（5 機関）

デロイトトーマツコンサルティング合同会社，京都大学大学院 医学研究科，（公財）都市活力研究所，理化学研究所，国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所

3 アンケート結果

アンケートの結果として，526 人中 104 人のから回答（回答率 19.8%）を得た。以下，本節では，アンケート回答者の特徴を述べた後に，研究者に求められる能力や経歴についてのアンケートの結果を述べる。組織的研究開発を行う研究機関が求める研究者の要件として，①経歴よりも能力が重要であること，②能力では専門的な知識や技能とともに，研究者の資質である「協調性」や「自律性」が重要であること，③共同研究経験者では，「他者との関係」に係る事項が重要であること，が分かった。

3.1 アンケート回答者の特徴

アンケート回答者（526 人中 104 人，回答率：20%）の属性は，以下の通りとなる。（図 Appendix 4～図 Appendix 10 参照）。

<所属組織の区分>

- ライフ系（製薬，総合化学，診断サービスなどのその他ライフ系）が 83%，IT 系（総合電機，情報機器，情報処理，情報提供）が 11%，アカデミアが 6%で，製

薬企業を中心とするライフ系企業が回答者の大半を占めている。

<組織内でのポジション>

- 課長・係長クラスが約 40%，その補佐役クラスが 18%，プロジェクト担当者クラスが 26%となっており，課長・係長クラスで構成されるプロジェクトリーダーを中心とした現場メンバーが大半を占めている。

<組織内での担当業務>

- 研究開発実務が 68%となっている一方，研究戦略企画が 14%および製品戦略企画が 8%と戦略企画合計で 22%となっている。

<担当業務の経験>

- 業務経験は，10年以上20年未満が 30%，5年以上10年未満が 24%，と中堅が半数を占めるが，1年未満が 7%，1年以上3年未満が 18%，3年以上5年未満が 9%，20年以上が 13%と，大きな偏りはない。

<アカデミアや企業との共同研究の件数>

- アカデミアや企業との共同研究の件数は，3～4件が 34%，1～2件が 21%，5～9件が 13%，10～19件が 10%と，約 8割が共同研究の経験がある。一方，約 2割は共同研究の経験がない。

<研究プロジェクトの目標>

- 研究の目標は，シーズ発見系（シーズの発見，要素技術・新技術の開発），ニーズ対応系（ニーズへの対応，社会問題の解決）共に多い。
- 論文発表よりも特許出願の傾向が強く，収益重視型となっている。

<研究プロジェクトの特徴>

- 研究分野に関しては，専門特化（自らの領域の先端性を極めようとする），分野融合（自らの領域と異なる他の分野や領域とを結合・融合しようとする）とも強い傾向がある。

- 研究マネジメントは、トップダウンの傾向よりもボトムアップの傾向の方が比較的強いが、研究テーマについてのイニシアチブが弱い傾向がある。
- 著名なリーダーのもとでプロジェクトが推進されているプロジェクトは少なく、また、プロジェクトメンバーの出入りは少ない。
- 自組織内でのクローズな研究は少なく、他組織とオープンに研究する傾向が強い。

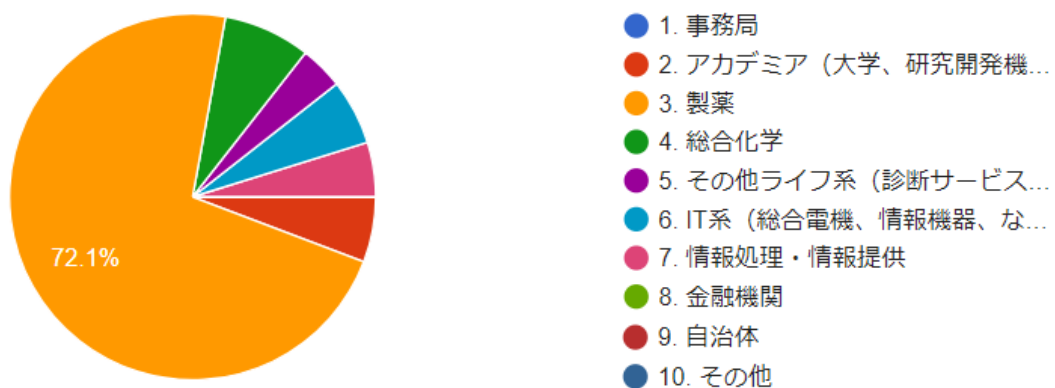


図 Appendix 4 アンケート対象者の属性（所属組織の区分）

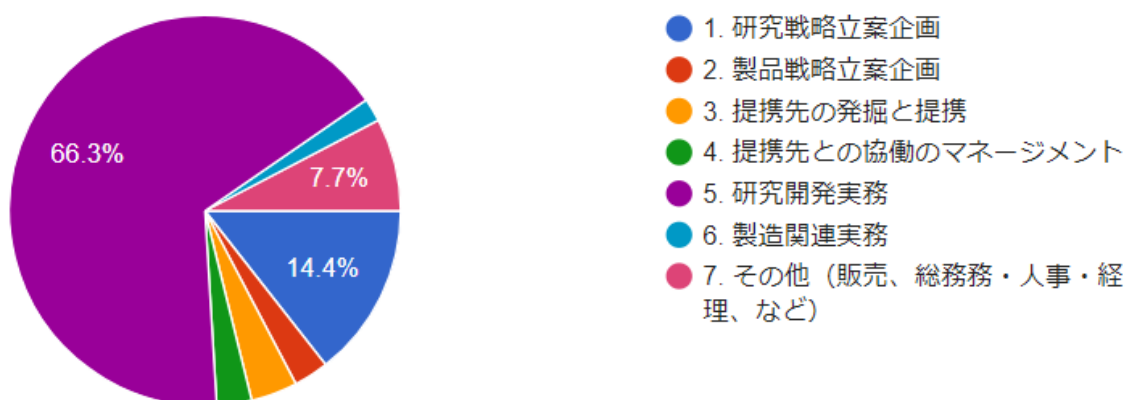


図 Appendix 5 アンケート対象者の属性（組織内での担当業務）

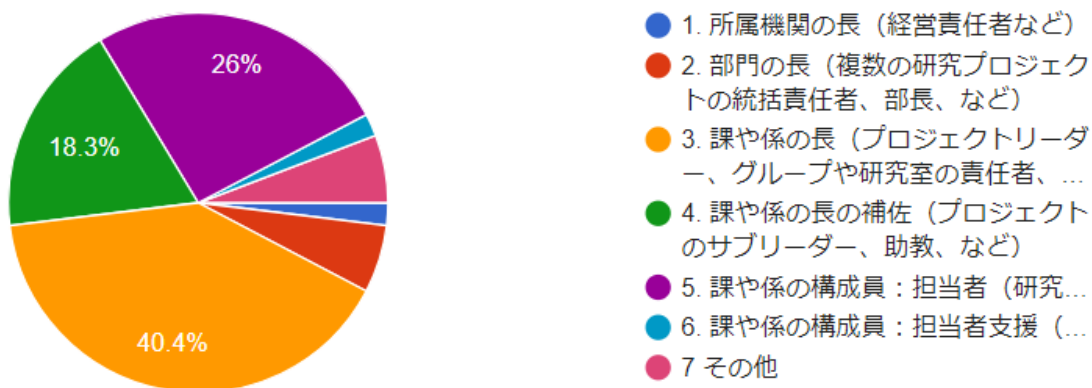


図 Appendix 6 アンケート対象者の属性（組織内でのポジション）

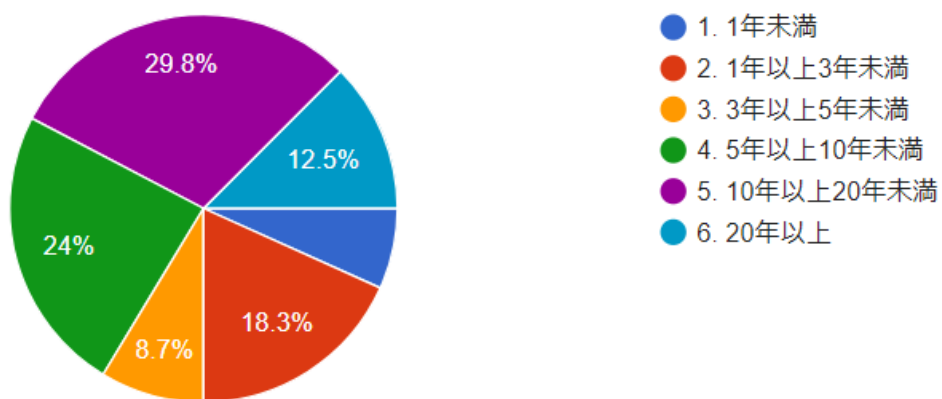


図 Appendix 7 アンケート対象者の属性（担当業務の経験）

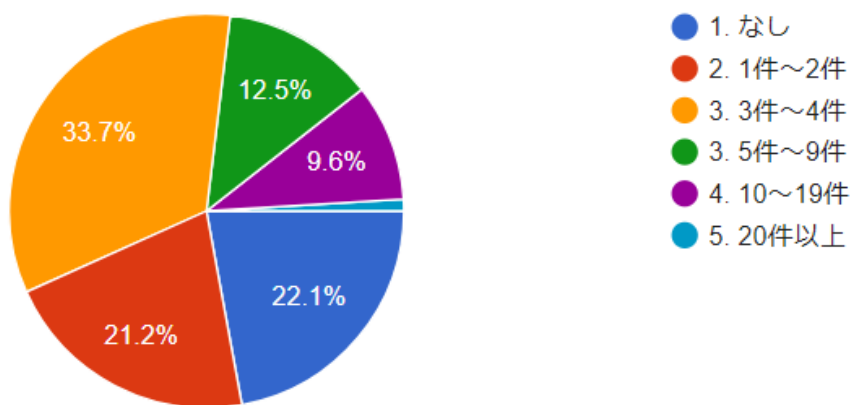
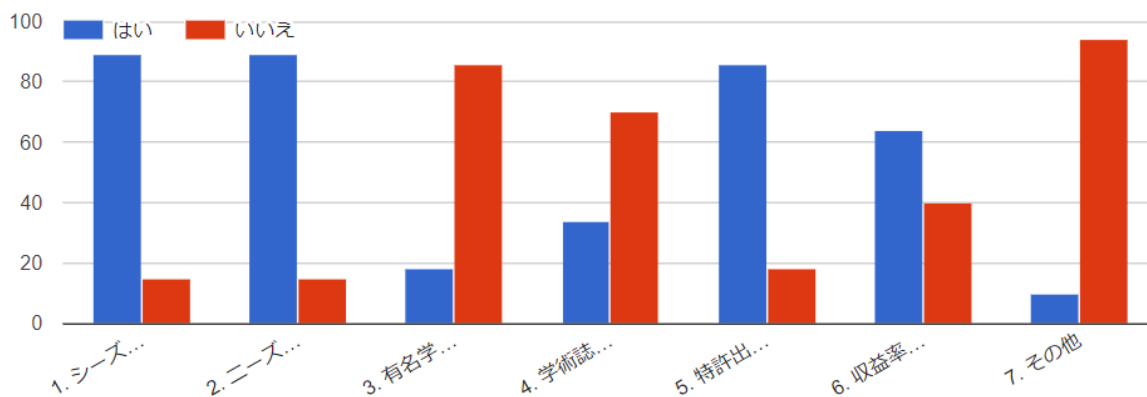
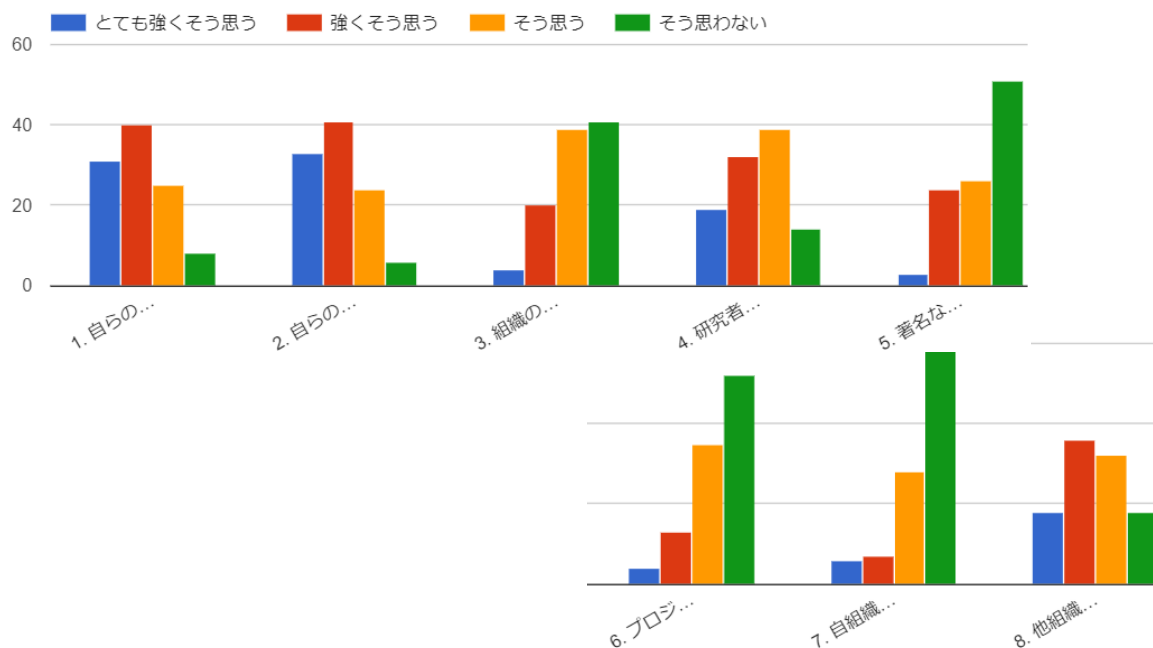


図 Appendix 8 アンケート対象者の属性（アカデミアや企業との共同研究の件数）



1. シーズの発見, 要素技術・新技術の開発
2. ニーズへの対応, 社会問題の解決
3. 有名学術誌 (Cell, Nature, Science など) への論文掲載
4. 学術誌 (有名学術誌に限らない) への論文掲載, 学会発表
5. 特許出願や新技術の実用化
6. 収益率の改善や売上目標値の達成
7. その他

図 Appendix 9 アンケート対象者の属性 (研究プロジェクトの目標)



1. 自らの領域の先端性を極めようとする
2. 自らの領域と異なる他の分野や領域とを結合・融合しようとする
3. 組織の方針を重んじ、研究テーマが上層部やリーダー格からトップダウン的に提案される
4. 研究者の自主性を重んじ、研究テーマが個々の研究者からボトムアップ的に提案される
5. 著名なまたは指導的な研究者がリーダーとして存在する
6. プロジェクトに関与する研究者の流動性が高い（出入りが多い）
7. 自組織内でのクローズな研究を重要視する
8. 他組織とのオープンな研究を重要視する

図 Appendix 10 アンケート対象者の属性（研究プロジェクトの特徴）

3.2 研究者に求められる要件（能力や経歴）

図 Appendix 11～図 Appendix 12 から，組織的研究開発に求められる研究者の特徴（能力や経歴）について，選択式のアンケートの結果をまとめると以下の通りとなる。

<研究者に求められる特徴全般>

- 総じて、「経歴」よりも「能力」が重要である。

<研究者に求められる能力>

- 「能力」では，専門的な「知識」「技能」に加え，「協調性」「自律性」の資質の重要性が高い。
- 「リーダーシップ」および「知力」の資質は他の能力と比較すると重要性が低い。

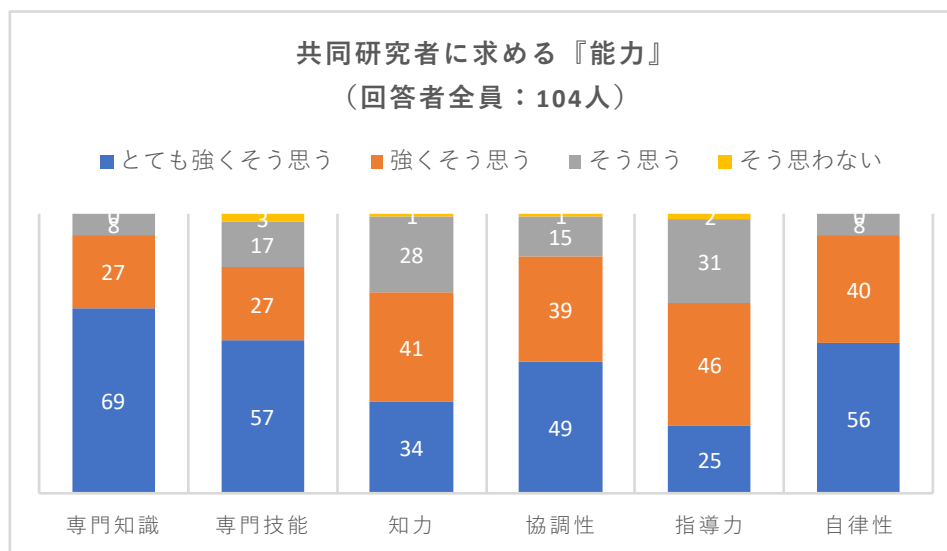
<研究者に求められる経歴>

- 「経歴」では，「所属組織」に係わる項目が「研究分野」に係わる項目や「論文実績」より重要性が低い。
- 「所属組織」に係わる項目では，所属した組織の数が単一であること，または複数であること，公的研究機関経験のみであることについては，海外経験や民間企業経験があること，著名研究者との協業や著名研究機関経験があることに比較し，重要性が低く，全ての質問項目の中で，重要性が最も低い。（全ての質問項目の中で最も低い）。
- 「研究分野」では，単一分野の集中的研究と複数分野の横断的研究の重要性は同程度である。
- 「論文実績」は，「研究分野」に係わる項目の重要性と同程度である。

研究者に求められる能力に関して，これらの結果を総括すると，以下のようになる。

- 共同研究者に要件としては，「経歴」よりも「能力」が重要である。
- 「能力」では，「知識」「技能」に加え，「協調性」「自律性」が重要である。

- 「経歴」では、「所属組織」に係る項目の重要性が最も低い。「研究分野」が単一であるか複数に跨るか、「論文実績」の重要性は同程度であるが、いずれにせよ、「能力」へのニーズに比較すると低い。



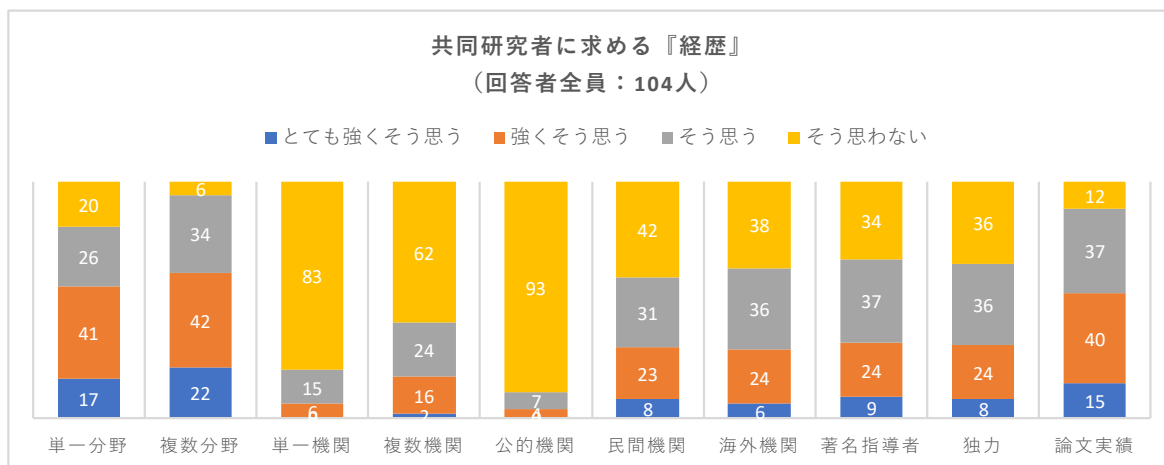
(7) 共同研究者に求める『能力』の条件として、あなたが重要視する評価の観点を教えて下さい。

【共同研究の経験がない場合、あなたがそうあるべきと考える、または望む内容を選んで下さい。】

(とても強くそう思う、強くそう思う、そう思う、そう思わない)

1. 専門分野に関する理論的知識 (例：生物学や情報学の基礎的な知識量)
2. 専門分野に関する実践的スキル (例：実験やプログラミング経験で獲得したスキル)
3. 言語や知識、技術などをツールとしてうまく使いこなす資質 (例えば、読解力、数学力)
4. 様々な集団の中でチームワークを発揮できる資質 (例えば、協調性、人間関係構築能力)
5. 様々な集団の中でリーダーシップを発揮できる資質 (例えば、指導力、利害調整能力)
6. 自律的に活動できる資質 (例えば、目標設定能力、責任をもって実行する力)

図 Appendix 11 研究者に求められる能力



(8) 共同研究者に求める『経歴』の条件として、あなたが重要視する評価の観点の観点を教えて下さい。

【共同研究の経験がない場合、あなたがそうあるべきと考える、または望む内容を選んで下さい。】

(とても強くそう思う、強くそう思う、そう思う、そう思わない)

1. 一つの研究テーマに集中的に取り組んできたこと
2. 様々な研究テーマに分野横断的に取り組んできたこと
3. 一つの機関に長期間所属していたこと
4. 様々な機関を渡り歩いてきたこと
5. 学術研究機関または公的研究機関に加え、民間企業にも勤めていたこと
6. 海外留学経験または海外研究機関勤務経験があること
7. 著名な研究者の指導や協業や、著名な研究所に所属することにより業績を挙げてきたこと
8. 著名な研究者の指導や協業などがなく、独力で業績を挙げてきたこと
9. 相応のレベルの論文執筆実績があること

図 Appendix 12 研究者に求められる経歴

3.3 共同研究を行ってよかった研究者とよくなかった研究者

図 Appendix 13～図 Appendix 18 および表 1, 2 から、共同研究を行って「よかった研究者」と「よくなかった研究者」について、記述式アンケートの結果を纏めると以下の通りとなる。回答者のうち、共同研究経験者は 81 名、未経験者は 23 名であったが、未経験者に関しては、「そうあるべき」、「そうあってならない」と考える内容を記入してもらった。

なお、図 Appendix 13 および図 Appendix 16 において、(a)および(b)は共同研究経験者／未経験者別の回答者数を示し、(c)および(d)は共同研究経験者および未経験者を分母としたそれぞれの回答者の比率を示す。また、図 Appendix 14 と図 Appendix 17 は、記述式回答を 3 軸モデルで分類した 3 つの区分に含まれる主な語句を示したものであり、図 Appendix 15 と図 Appendix 18 は、トピックモデルで三つに分類した各トピックに含まれる上位 10 語を示したものである。

記述式アンケートでは、回答を 3 軸モデル（「対象世界との関係」「他者との関係」「自己との関係」に係る項目）で分類した 3 つの区分に含まれる回答数（一つの回答が複数の区分へ分類されることを含む）を取り纏めた。記述式回答の中に次のような区分の語句が含まれた場合、複数区分への重複を許して、当該区分へ分類した。

「対象世界との関係」（＝「研究対象との関係」）

研究者が研究対象としている研究分野についての知識、技能、これらに必要となる知力、および、研究プロジェクトとの関係や特徴に係る語句

「他者との関係」

研究者が共同で研究を行う場合の共同研究者との関係における協調性、指導力、コミュニケーションの良し悪しなどに係る語句

「自己との関係」

研究者が研究を行う場合の自律性、責任感、探求心などに係る語句

さらに、同じ記述式回答に対してトピックモデル分析を行った。トピックモデル分析においては、回答文を単語単位に分解（形態素化）し、回答文に含まれる名詞に対し、LDA アルゴリズム（トピック数＝3）によって分類を行った。

<共同研究を行って「よかった研究者」と「よくなかった研究者」の特徴・条件・基準>

- 「よかった研究者」、「よくなかった研究者」のどちらの場合も、「他者との関係」

に係る項目が、「研究対象との関係」「自己との関係」に係る項目より回答が多い
(マン・ホイットニーのU検定： $p < 0.01$).

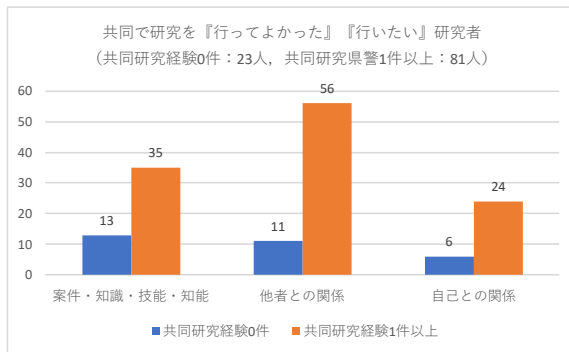
- 共同研究の経験をした回答者は、共同研究の経験がない回答者に比較し、「研究対象との関係」に係る項目が少なくなる一方、「他者との関係」や「自己との関係」に係る項目が多くなる傾向がある.

<よくなかった研究者、またはよくなかった研究者との共同研究に至る行動・経緯>

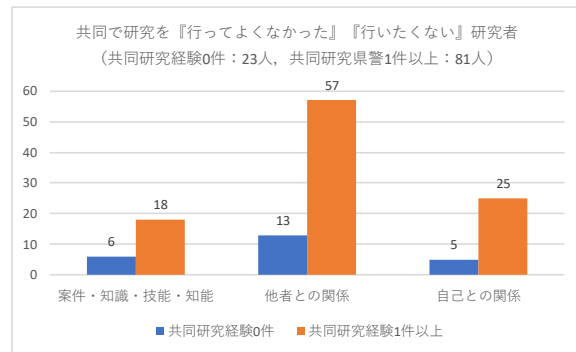
- 「よかった研究者との共同研究」の場合、ほぼ全てが「他者との関係」に係わる項目である.
- 「よくなかった研究者との共同研究」の場合、6割が「他者との関係」に係わる項目、4割が「研究対象との関係」に係わる項目である.

また、図 Appendix 15 と図 Appendix 18 で示したトピックモデルの分析結果（上位 10 語）より以下のようなことが分かる.

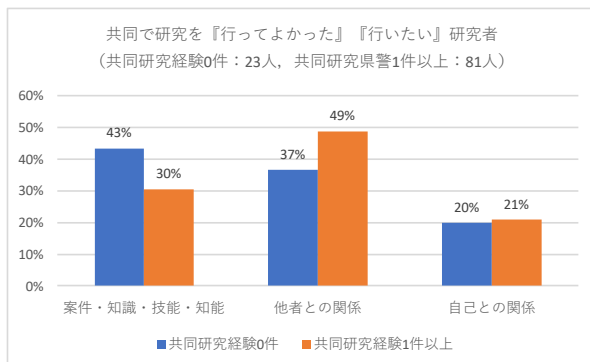
- 表 (a)において、トピック 1 は「お互い」、「交換」、「協力」などの「他者との関係」に係わる語を、トピック 2 は「専門」、「分野」、「知識」などの「研究対象との関係」、トピック 3 は「遂行」「責任」などの「自己との関係」に係わる語を含む.
- 表 (a)では、「他者との関係」に係わる語が多い.
- 表 (b)では、「しがらみ」、「政治」などの「研究対象との関係」に係わる特徴的な語を確認できる.



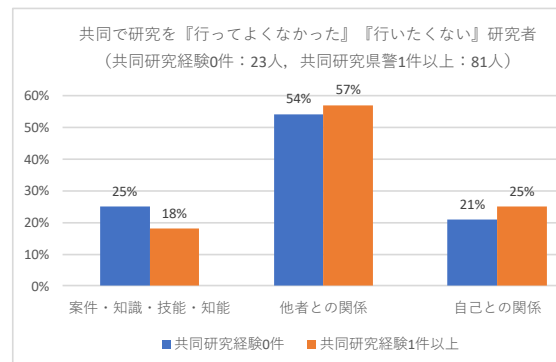
(a) よかった研究者の特徴（頻度）



(b) よくなかった研究者の特徴（頻度）



(c) よかった研究者の特徴（比率）



(d) よくなかった研究者の特徴（比率）

(9) あなたが過去に共同で研究を『行ってよかった』と感じた，または共同で研究を『行いたい』と考える研究者（学生も含む）の特徴，条件，基準，またはエピソードを自由に記入して下さい．（最大約 100 字）

【共同研究の経験がない場合，または『行ってよかった』と感じた研究者がいない場合は，あなたがそうあるべきと考える内容を記入して下さい．】

(11) あなたが過去に共同で研究を『行ってよくなかった』と感じた，または共同で研究を『行いたくない』と考える研究者（学生も含む）の特徴，条件，基準，またはエピソードを自由に記入して下さい．（最大約 100 字）

【共同研究の経験がない場合，または『行ってよくなかった』と感じた研究者がいない場合は，あなたがそうあってはならないと考える内容を記入して下さい．】

☒ Appendix 13 「よかった研究者」と「よくなかった研究者」に関する記述式回答

(9) あなたが過去に共同で研究を『行ってよかった』と感じた、または共同で研究を『行いたい』と考える研究者（学生も含む）の特徴、条件、基準、またはエピソードを自由に記入して下さい。（最大約100字）		
(11) あなたが過去に共同で研究を『行ってよくなかった』と感じた、または共同で研究を『行いたくない』と考える研究者（学生も含む）の特徴、条件、基準、またはエピソードを自由に記入して下さい。（最大約100字）		
案件・知識・技能・知能関連	他者との関係	自己との関係
<p>専門、専門外、独創、理論、知識、知見、技能、技量、技術、スキル、手法、考察、認知、構想、判断、問題設定、問題解決、アイデア、考え方、視点、視野、仮説、発想、提案、説明、実現、成果、論文、共著論文、実務・実効的成果、オリジナリティ、独創的アイデア、ユニークな発想、データに向き合う、実証、仮説と検証、科学的根拠、理想と現実の両観点、客観的判断、論理的思考、Pros/Consの把握、期日順守、英語スキル、ITスキル、シーズとニーズの理解、患者第一、著名、優秀、受賞歴、クオリティ、経験</p> <p>先行論文を読まずに実装や実験、自分で手を動かさない、データをとらない、現場レベルまでブレイクダウンしない、オペレーションに長けていない、目標設定が不明確、研究方針を変更、専門領域に固執、所属組織の論理、論文化を優先、研究以外の目的、政治的、研究費・科研費目当て</p>	<p>協調性、協力、一緒、チームワーク、共感、共有、共同、一致、補う、纏める、譲歩、興味、理解、議論、討議、報告、相談、意見・情報交換、コミュニケーション、異分野交流、共同研究、国内外ネットワーク、人脈、オープン、開示、話しやすい、社交的、明るい、温和、前向き、柔軟、寛容、誠実、真摯、信頼、尊敬・尊重、正直、率直、約束・期日順守、レスポンス、同じ目線、対等、Win-Win、補完関係、ともに高められる、自己主張と協調性のバランス、企業を理解、権利、利害、助言、アドバイス、コーチング</p> <p>非協力的、自分の利益、自分勝手、自己主張、利己的、手柄を独り占め、独りよがり、独断、独善的、一方的、押しつけ、丸投げ、上から視線、高圧的、秘密主義、頑固、狭量、了見の狭さ、相手を否定・批判、環境に不平不満、不誠実、誇張</p>	<p>自律的、自発的、自主的、主体的、責任感、コミット、推進力、実行力、行動力、遂行、実現、実績、結果、ブレークスルー、不断な努力、苦労を厭わない、研究に貪欲、情熱、熱意、執念、探求心、向上心、意欲的、積極的・ポジティブ、スピード感、自己の意見、目的意識、目標達成意識、マネジメント意識、独善的ではない、メタ思考（自己と他人の立場・意見・理解）</p> <p>行動を起こさない・できない、受け身、優柔不断、無関心、興味なし、いい加減、諦めるが早い、ネガティブ、不満、他責、条件を付ける、主観的、お金への執着心、経歴や現状に満足、高価な機械を使いたがる、会社の資源を必要以上に使う</p>

図 Appendix 14 「よかった研究者」と「よくなかった研究者」に関する記述式回答を3軸モデルで分類した3つの区分に含まれる語句

トピック1



トピック2



トピック3



No.	トピック 1		トピック 2		トピック 3	
1	意見	0.053	知識	0.063	目的	0.032
2	お互い	0.036	専門	0.060	立場	0.025
3	ディスカッション	0.036	分野	0.051	明確	0.025
4	尊重	0.024	コミュニケーション	0.046	意識	0.020
5	解決	0.024	能力	0.037	理解	0.020
6	交換	0.024	企業	0.023	一致	0.019
7	目標	0.023	誠実	0.023	可能	0.019
8	Win	0.018	課題	0.017	遂行	0.019
9	協力	0.018	共有	0.017	責任	0.019
10	真摯	0.018	論理	0.017	結果	0.018

(a) よかった研究者の特徴

トピック1



トピック2



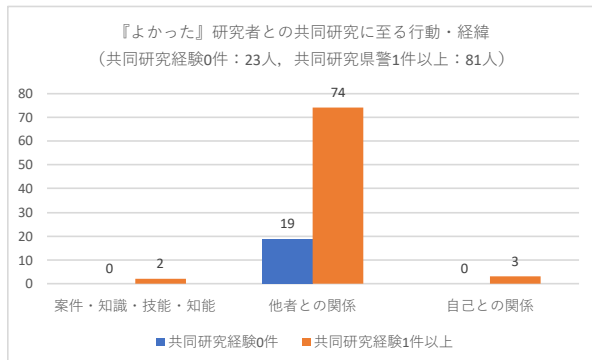
トピック3



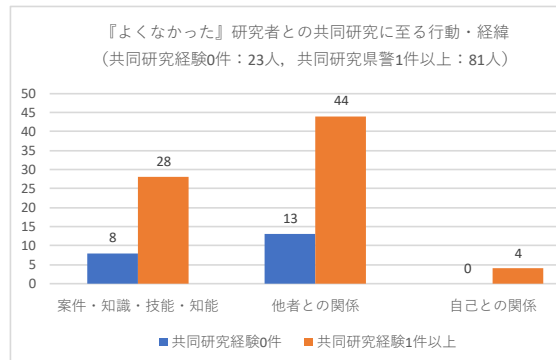
No.	トピック 1		トピック 2		トピック 3	
1	結果	0.057	優先	0.040	お金	0.038
2	自己	0.045	企業	0.030	レベル	0.038
3	仮説	0.034	目標	0.030	成果	0.038
4	実験	0.034	論理	0.030	執着	0.025
5	立場	0.023	議論	0.030	専門	0.025
6	主張	0.023	自ら	0.020	意見	0.025
7	ルール	0.023	目的	0.020	難航	0.025
8	主観	0.023	コミュニケーション	0.020	主張	0.025
9	問題	0.023	実施	0.020	自身	0.025
10	方向	0.023	明確	0.020	自己	0.013

(b) よくなかった研究者の特徴

図 Appendix 15 「よかった研究者」と「よくなかった研究者」に関する記述式回答をトピックモデルで分類した3つのトピックに含まれる語句

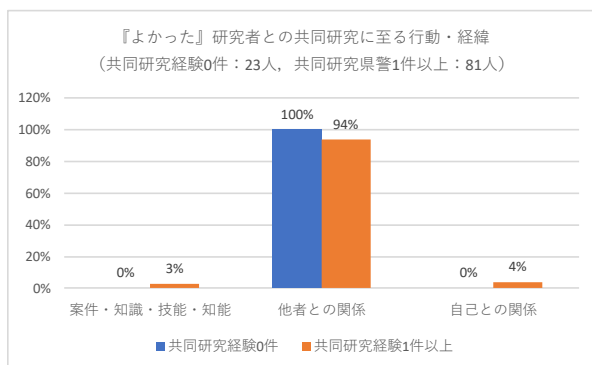


(a) よかった研究者の経緯（頻度）

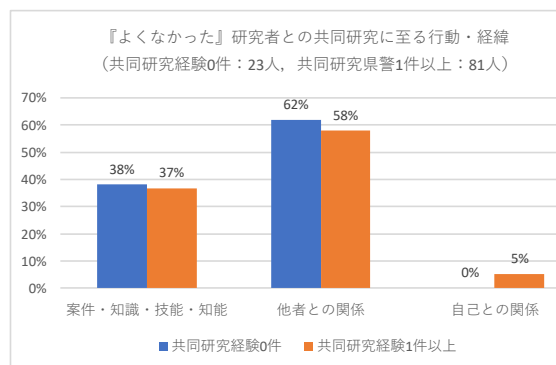


(b) よくなかった研究者の経緯（頻度）

度)



(c) よかった研究者の経緯（比率）



(d) よくなかった研究者の経緯（比率）

(10) 上記(9)の研究者との共同研究は、どのようなアクションを取れば実現する（または実現した）と思いますか。（最大約 100 字）

【共同研究の経験がない場合，または『行ってよかった』と感じた研究者がいない場合は，あなたがそうあるべきと考える内容を記入して下さい．】

(12) 上記(11)の研究者との共同研究は，どのような経緯によって実現してしまう（または実現してしまった）と思いますか。（最大約 100 字）

【共同研究の経験がない場合，または『行ってよくなかった』と感じた研究者がいない場合は，あなたがそうあってはならないと考える内容を記入して下さい．】

図 Appendix 16 「よかった研究者」「よくなかった研究者」との共同研究に至る行動・経緯に関する記述式回答

(10) 上記(9)の研究者との共同研究は、どのようなアクションを取れば実現する（または実現した）と思いますか。 (最大約100字)		
(12) 上記(11)の研究者との共同研究は、どのような経緯によって実現してしまう（または実現してしまった）と思いますか。 (最大約100字)		
案件・知識・技能・知能関連	他者との関係	自己との関係
<p>制約の削減、多様性を意識したチームビルディング</p> <p>しがらみ、政治的、営業的、私的關係が優先、会社事情、外圧、トップダウン・上からの押し付け、権威のある先生と良好な関係、有名な先生の紹介、知り合いの人から頼まれて、付き合い、他からのシフト、枠組み・キーワードありき、多くのステークホルダーが関与、意思決定者が研究に関わる人以外、威圧的研究環境、研究成果を残せる方向にシフト、技術ばかりに目を奪われた、問題を十分にブレイクダウンせず開始、所属組織へのプレッシャー、論文化優先、ビジョンの欠如、シーズとニーズの無理解、コンピュータ解析の無理解</p>	<p>直接・率直・誠実なコミュニケーション・情報交換・討議、ビジョン・目的・ゴールの共有、信頼関係構築、意見の相違点・利害・役割分担の明確化、要求事項を明確に伝える、隠さずに開示、熱意を伝える、素早いレスポンス、興味深いテーマを提示、学会参加、人脈・コミュニティ作り、同業他社・産官学・異分野との情報交換、論文・情報収集、相手の理解・調査、先生・過去の共同研究関係者・上手くいった人からの紹介、ギブアンドテイク、早期関係構築、共同作業の実施、権限者との契約</p> <p>実質的な業績・能力・人間性を判断できず、政治力・名声・論文情報のみで判断、勢いに押されて判断、人づての紹介、保有能力と要求能力の不一致、リーダー不在、間を取り持つメンバー不在、個人主義、利己主義、社風・考え方の違い、尊重しない態度・信頼関係を損なう言動</p>	<p>高い目標達成の意識、研究への思い入れ、高度な専門性・判断力を習得するための修行</p> <p>研究に対する興味が薄い、本人の性格・それまでの人生・家庭環境、当事者意識の欠如、意欲不足</p>

図 Appendix 17 「よかった研究者」「よくなかった研究者」との共同研究に至る行動・経緯に関する記述式回答を3軸モデルで分類した3つの区分に含まれる語句

トピック1



トピック2



トピック3



No.	トピック 1		トピック 2		トピック 3	
1	意識	0.059	目的	0.036	学会	0.058
2	目標	0.051	相手	0.027	情報	0.049
3	コミュニケーション	0.051	双方	0.027	参加	0.039
4	理解	0.042	開始	0.027	共通	0.038
5	明確	0.034	コミュニケーション	0.027	積極	0.029
6	企業	0.034	お互い	0.025	ゴール	0.019
7	直接	0.025	共有	0.018	アカデミア	0.019
8	相手	0.025	合わせ	0.018	ニーズ	0.019
9	交換	0.025	大切	0.018	マッチング	0.019
10	情報	0.025	実施	0.018	把握	0.019

(a) 「よかった研究者」との共同研究に至る行動・経緯

トピック1



トピック2



トピック3



No.	トピック 1		トピック 2		トピック 3	
1	開始	0.046	不足	0.060	不足	0.079
2	トップダウン	0.030	事前	0.038	事前	0.043
3	事前	0.026	政治	0.037	コミュニケーション	0.038
4	しがらみ	0.026	コミュニケーション	0.033	調査	0.028
5	共有	0.022	開始	0.028	目的	0.023
6	必要	0.020	能力	0.028	十分	0.023
7	本人	0.020	調査	0.025	トップダウン	0.021
8	先方	0.018	最初	0.023	開始	0.019
9	事情	0.017	十分	0.017	理解	0.017
10	期待	0.017	判断	0.016	技術	0.017

(b) 「よくなかった研究者」との共同研究に至る行動・経緯

図 Appendix 18 経緯のトピックに含まれる語句

4 考察

本節では、アンケートの結果を踏まえて、求められる研究者の要件について、研究者の資質、研究分野、および研究者の評価指標、という観点からさらに考察を行う。

4.1 組織的研究開発と研究者の資質

アンケートの結果、組織的研究開発を行う機関が求める研究者の要件として、①経歴よりも能力が重要であること、②能力では専門的な知識や技能とともに、「協調性」や「自律性」に係わる資質が重要であること、③共同研究経験者では「他者との関係」に係わる項目が重要であることが分かった。また、共同研究経験者は、共同研究未経験者より、「他者との関係」や「自己との関係」に係わる項目が多くなる傾向があることが分かった。

本研究におけるアンケート対象が組織的研究開発機関であることから、共同研究者の要件として「知識」、「技能」と同様に「協調性」の重要性が高いことは想像に難くないが、3.2で述べた「求められる研究者要件」と比較して、3.3で述べた「共同研究経験者による研究者の評価」の方が「協調性」なども含む「他者との関係」に係わる項目の重要性が高いという結果は、「他者との関係」に係わる項目の重要性を経験に基づいて改めて示していると考えられる。

「他者との関係」に係わる能力は、[OECD, 2003]のキー・コンピテンシーの一つである「多様な集団との人間関係形成能力 (Interact in heterogeneous groups)」に相当する能力であり、また、[OECD, 2017]で OECD PISA がその重要性が指摘されている「協力して問題解決する力 (collaborative problem solving)」そのものである。また、この能力は、[Spencer Spencer, 1993]が論じている知識やスキルなどの「目に見える特性」とは別な「隠された特性」であり、[松下, 2016]が「資質」として論じている「何を知り (Knowing), 何ができる (Doing) というだけでなく、それに価値観を置きいつでも行おうとする状態 (Being)」の一つと考えられる。

4.2 研究分野などが研究者の要件に与える影響

今回のアンケートの対象である LINC は、主にライフ系企業を中心としている。単位

で新技術や新製品が目まぐるしく生み出される IT 系産業床の生り，ライフ系産業は，研究開発が組織的であるというだけでなく「長期的」であるという特徴を有する．研究開発活動を組織的にかつ長期にわたって行うためには，組織における協調性の重要度がより増すのかもしれない．

また，今回の能力に関する選択式のアンケートの結果では，指導力よりも協調性が重要であるとの結果が出た．また，能力に関する記述式のアンケート結果に，「リーダーシップ」という語は現れなかった．この理由として，アンケートの主な対象者が，プロジェクトリーダーを求め統率する最高経営幹部ではなく，リーダーやサブリーダー自身が大半であった為かもしれない．また，今回の対象者は主に日本の研究開発機関であるが，図 Appendix 10 の研究プロジェクトの特徴が示す通り，これらの組織の経営スタイルがリーダーによるトップダウン型ではなく，ボトムアップ型であるためかもしれない．今回の分析では，これらの観点について明確にしておらず，今後の調査・分析が望まれる．

4.3 他者との関係に係わる資質の評価

科学技術の発展やイノベーションの実現のために，有望な研究者の発掘や育成は重要な課題である．研究者の評価に用いられる論文被引用指標などは定量的な指標ではあるが，研究実績についてくる遅行指標であるため，研究成果の蓄積に乏しい研究者の評価は困難とされる．一方，ピアレビューによる評価手法は研究者の資質などの評価も可能であるが，評価者の負担が大きく，定量性や網羅性に課題がある．したがって，研究者の評価には，研究者に求められる資質を評価した上で，評価者の負担が低く抑えられ，かつ定量的で網羅的な評価指標が望まれる．

一方，これらの評価指標の前提となる求められる研究者の要件は一律ではなく，研究方法や研究組織の特徴により異なると考えられるが，著者らは，アンケート結果を通じ，近年に重要性が高まっているオープンイノベーションなどの組織的研究開発において，研究者に求められる資質として，「協調性」などの「他者との関係」に係わる資質の重要性を示した．

この結果を踏まえ，さらに，本論文では，学術文献から構成される「共著ネットワークの中心性」に注目し，これを指標として「研究者の評価」や「有望な研究者の探索」に活用することを提案する．「共著ネットワーク」は研究活動の協働関係を示し，「中心性」は

その関係の中での各研究者のポジションを示すからである。なお、研究者の評価手法については、本アンケート結果も踏まえて、今後更なる研究が望まれよう。

次章以降では、組織的な研究開発を行う分野において、この指標が研究者の評価に利用することの有効性を示すと共に、有望な研究者の探索への活用について述べる。

5 まとめ

本研究では、組織的研究開発において求められる研究者の要件を明らかにすることを目的に、求められる研究者の能力と経歴について組織的研究開発機関にアンケートを行った。

アンケート項目は、求められる研究者の要件を研究者の能力と経歴に分け、研究者の能力については、対象世界との関係、他者との関係、自己との関係に係る項目に細分化し、また経歴については、研究者の研究分野および研究者の所属組織の特性などに細分化した。また、アンケートの対象は、組織的な研究開発を行う分野として製薬などのライフ系企業などから構成される LINC のメンバーを対象にアンケートを実施した。

その結果、組織的研究開発機関が求める研究者の要件として、以下が明らかになった。

- 経歴よりも能力が重要であること
- 能力では専門的な知識や技能とともに、「協調性」や「自律性」に係わる資質が重要であること
- 共同研究経験者では、「他者との関係」に係わる項目が重要であること

この結果も踏まえ、次章以降で、コラボレーションネットワークである「共著ネットワーク」の「媒介心性」を、研究者の評価指標の一つとしてその有効性について検証する。

アンケートの質問内容

有望な共同研究者像に関するアンケート ～埋もれている若手研究者の発掘を目指して～ (2017年10月2日実施)

LINC PJ08 では、AI を用いた共同研究者候補を自動探索するシステムの開発を目指しています。開発に先立って、LINC メンバーの皆さまにご協力頂き、研究機関が共同研究に求める有望な若手研究者像を把握したいと考えており、LINC の全メンバーからご回答を頂けば大変幸いです。質問は合計 20 問あり、所要時間は 15 分程度です。お忙しいところ恐縮ですが、どうぞ宜しくお願い致します。

(締切：10月16日(月)20時)

本調査の内容は以下の通りです。

- 共同で研究を行いたい研究者に求められる条件を調査・研究するため、あなたの研究プロジェクトの目標や、あなたの研究プロジェクトが求める研究者の能力と経歴などについてお尋ねします。
- 本調査では自由記述がとても重要な情報となりますので、できる限り記述をお願いします。

なお、本調査は以下の方針に基づいて実施します。

- ご回答頂いた内容を集計・分析した結果は、2017年11月下旬予定のLINC中間発表において、LINCメンバーにフィードバックします。
- ご回答頂いた内容は、本調査グループ(LINC PJ08)におけるアカデミアから共同研究者候補を自動検索するシステムの開発、および有望な研究者の探索に関連した学術研究の目的にのみ利用されます。
- ご回答頂いた方の個人情報(会社名、氏名、メールアドレスなど)は取得致しません。ご回答内容とご回答日時のみ記録されます。
- ご回答頂いた内容に個人情報が含まれていた場合、調査結果の公表などにあたってはそれらの情報を除外または匿名加工します。ただし、本調査グループ

(LINC PJ08) および協力大学の本調査関係者には、ご回答して頂いたそのままの情報が共有されますので、予めご了承下さい(本調査の質問(13)で「研究者の氏名」をお尋ねしますが、これは共同研究者候補の自動検索システム開発および関連学術研究の検証に活用し、ご回答頂いた場合は、上記の個人情報として取り扱われます)。

- 本調査にご協力頂けない場合やご回答頂いた内容によって、あなた個人が不利益を受けることはありません。本調査への回答は、あなた個人の自由意志に基づいてご協力下さい。

本調査への協力にあたって不明な点がある場合は、下記連絡先にお問い合わせ下さい。

連絡先：lincpj08@gmail.com

ライフインテリジェンスコンソーシアム LINC PJ08

プロジェクトリーダー：八代 好司

東京工業大学：藤田 正典

本調査への協力への同意について

(私は上記に同意した上で、本調査に協力します。)

1. 研究プロジェクトの『目標』と『成功』『失敗』について

あなたの研究プロジェクトが目指す『目標』の位置付けと、そのプロジェクトの『成功』『失敗』についてお尋ねします。

(1) あなたの研究プロジェクトが目指す『目標』は何ですか。

(はい、いいえ) 必須

1. シーズの発見, 要素技術・新技術の開発
2. ニーズへの対応, 社会問題の解決
3. 有名学術誌 (Cell, Nature, Science など) への論文掲載
4. 学術誌 (有名学術誌に限らない) への論文掲載, 学会発表
5. 特許出願や新技術の実用化

- 6. 収益率の改善や売上目標値の達成
- 7. その他

(2) 上記(1)で [7. その他] と回答された場合、研究プロジェクトの主な『目標』を記入してください。(最大約 100 字)

任意

(3) これまでに『成功』した、または『成功』したと感じられる研究プロジェクト（共同研究を含む）に関して、成功と評価された結果や成功の基準について具体的に記入して下さい。(最大約 100 字)

【研究プロジェクトの経験がない場合、または『成功』した研究プロジェクトがない場合は、あなたがそうあるべきと考える内容を記入して下さい。】

必須

(4) 上記(3)の『成功』した研究プロジェクトに関して、プロジェクトの発足から成功に至る経緯や成功の要因について具体的に記入して下さい。(最大約 100 字)

【研究プロジェクトの経験がない場合、または『成功』した研究プロジェクトがない場合は、あなたがそうあるべきと考える内容を記入して下さい。】

必須

(5) これまでに『失敗』した、または『失敗』したと感じられる研究プロジェクト（共同研究を含む）があれば、失敗と評価された結果や失敗の基準について具体的に記入して下さい。(最大約 100 字)

【『失敗』と評価された研究プロジェクトがない場合は、「失敗なし」と記入して下さい。】

必須

(6) 上記(5)の『失敗』した研究プロジェクトに関して、プロジェクトの発足から失敗に至る経緯や失敗の要因について具体的に記入して下さい。(最大約 100 字)

【『失敗』と評価された研究プロジェクトがない場合は、「失敗なし」と記入して下さい

さい.]

必須

2. 有望な共同研究者に求める『能力』や『経歴』

あなたが共同で研究を行いたい『有望な研究者』（学生を含む）の『能力』や『経歴』についてお尋ねします。

(7) 共同研究者に求める『能力』の条件として、あなたが重要視する評価の観点を教えてください。

【共同研究の経験がない場合、あなたがそうあるべきと考える、または望む内容を選んで下さい。】

(とても強くそう思う、強くそう思う、そう思う、そう思わない) 必須

1. 専門分野に関する理論的知識（例：生物学や情報学の基礎的な知識量）
2. 専門分野に関する実践的スキル（例：実験やプログラミング経験で獲得した技能やスキル）
3. 言語や知識、技術などをツールとしてうまく使いこなす資質（例えば、読解力、数学力）
4. 様々な集団の中でチームワークを発揮できる資質（例えば、協調性、人間関係構築能力）
5. 様々な集団の中でリーダーシップを発揮できる資質（例えば、指導力、利害調整能力）
6. 自律的に活動できる資質（例えば、目標設定能力、責任をもって実行する力）

(8) 共同研究者に求める『経歴』の条件として、あなたが重要視する評価の観点を教えてください。

【共同研究の経験がない場合、あなたがそうあるべきと考える、または望む内容を選んで下さい。】

(とても強くそう思う、強くそう思う、そう思う、そう思わない) 必須

.

1. 一つの研究テーマに集中的に取り組んできたこと
2. 様々な研究テーマに分野横断的に取り組んできたこと
3. 一つの機関に長期間所属していたこと
4. 様々な機関を渡り歩いてきたこと
5. 学術研究機関または公的研究機関のみに務めていたこと
6. 学術研究機関または公的研究機関に加え、民間企業にも勤めていたこと
7. 海外留学経験または海外研究機関勤務経験があること
8. 著名な研究者の指導や協業や、著名な研究所に所属することにより業績を挙げたこと
9. 著名な研究者の指導や協業などがなく、独力で業績を挙げたこと
10. 相応のレベルの論文執筆実績があること

(9) あなたが過去に共同で研究を『行ってよかった』と感じた、または共同で研究を『行いたい』と考える研究者（学生も含む）の特徴、条件、基準、またはエピソードを自由に記入して下さい。（最大約 100 字）

【共同研究の経験がない場合、または『行ってよかった』と感じた研究者がいない場合は、あなたがそうあるべきと考える内容を記入して下さい。】

必須

(10) 上記(9)の研究者との共同研究は、どのようなアクションを取れば実現する（または実現した）と思いますか。（最大約 100 字）

【共同研究の経験がない場合、または『行ってよかった』と感じた研究者がいない場合は、あなたがそうあるべきと考える内容を記入して下さい。】

必須

(11) あなたが過去に共同で研究を『行ってよくなかった』と感じた、または共同で研究を『行いたくない』と考える研究者（学生も含む）の特徴、条件、基準、またはエピソードを自由に記入して下さい。（最大約 100 字）

【共同研究の経験がない場合、または『行ってよくなかった』と感じた研究者がいない場合は、あなたがそうあってはならないと考える内容を記入して下さい。】

必須

(12) 上記(11)の研究者との共同研究は、どのような経緯によって実現してしまう（または実現してしまった）と思いますか。（最大約 100 字）

【共同研究の経験がない場合、または『行ってよくなかった』と感じた研究者がいない場合は、あなたがそうあってはならないと考える内容を記入して下さい。】

必須

(13) 「ビッグデータと AI を用いた共同研究候補者探索システム（仮称）」開発後の検証のため「答え」となる研究者が必要です。もし差支えなければ、あなたが過去に共同で研究を『行ってよかった』と感じた、または知り合いなどから共同で研究してよかったと聞いている研究者の氏名と所属機関名（所属する組織内、組織外を問わない）を挙げて下さい。（最大 5 名）

【共同研究の経験がない場合、または『行ってよかった』と感じた研究者がいない場合は、あなたが希望する方の名前を記入して下さい。1 位から順に最大で 5 名迄。記入例：1. 氏名（所属機関）、2. 氏名（所属機関名）、・・・ 挙げるできない場合は、無記入でも構いません】

任意

3. 研究プロジェクトの区分や特徴について

あなたの研究プロジェクトの区分や特徴、あなた自身についてお尋ねします。

(14) あなたの所属する組織は、どの区分に属しますか。

【LINC 加入時の登録組織属性を記入して下さい。】

（プルダウン） 必須

1. 事務局
2. アカデミア（大学，研究開発機関，など）
3. 製薬
4. 総合化学

5. その他ライフ系（診断サービス，創薬支援，など）
6. IT 関連（総合電機，情報機器，など（但し，情報処理・情報提供を除く））
7. 情報処理・情報提供
8. 金融投資
9. 自治体
10. その他

(15) 所属する組織でのあなたのポジションは，どのようなものですか．

（プルダウン） 必須

1. 所属機関の長（経営責任者など）
2. 部門の長（複数の研究プロジェクトの統括責任者，部長，など）
3. 課や係の長（プロジェクトリーダー，グループや研究室の責任者，教授，准教授，課長・係長，など）
4. 課や係の長の補佐（プロジェクトのサブリーダー，助教，など）
5. 課や係の構成員：担当者（研究員，ポスドク，学生，など）
6. 課や係の構成員：担当者支援（動物実験技術者，大型設備や専門機器を取り扱う技師，など）
7. その他

(16) 所属する組織でのあなたの業務は，どのようなものですか．

1. 【複数の業務を兼任されている方は主業務を選択して下さい．】

（プルダウン） 必須

1. 研究戦略立案企画
2. 提携先の発掘と提携
3. 提携先との協働のマネジメント
4. 研究開発実務
5. 製造関連実務
6. その他（マーケティング・販売，総務務・人事・経理，など）

(17) (16)で回答頂いた業務の経験年数は何年ですか？

(プルダウン) 必須

1. 1年未満
2. 1年以上3年未満
3. 3年以上5年未満
4. 5年以上10年未満
5. 10年以上20年未満
6. 20年以上

(18) これまでに経験したアカデミアや企業との共同研究の件数は何件ですか？

(プルダウン) 必須

1. なし
2. 1件～2件
3. 3件～4件
4. 5件～9件
5. 10～19件
6. 20件以上

(19) あなたの研究プロジェクトの特徴(または研究プロジェクトに求められる特徴)を選んで下さい。

【複数ある場合は、全てを選んで下さい。】

(とても強くそう思う, 強くそう思う, そう思う, そう思わない) 必須

1. 自らの領域の先端性を極めようとする
2. 自らの領域と異なる他の分野や領域とを結合・融合しようとする
3. 組織の方針を重んじ, 研究テーマが上層部やリーダー格からトップダウン的に提案される
4. 研究者の自主性を重んじ, 研究テーマが個々の研究者からボトムアップ的に提案される
5. 著名なまたは指導的な研究者がリーダーとして存在する
6. プロジェクトに関与する研究者の流動性が高い(出入りが多い)
7. 自組織内でのクローズな研究を重要視する

8. 他組織とのオープンな研究を重要視する

(20) 最後に，以上の回答を終えてのご意見やコメントが何かございましたらお書き下さい．（最大約 200 字）任意

以上