

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～

Genealogy of knowledge transfer through collaborative research relation in Kakenhi
～ Detecting gatekeepers from the KAKEN database ～

藤田 正典¹

奥戸 嵩登²

Masanori Fujita¹,

Takato Okudo²

¹ 政策研究大学院大学,
¹ National Graduate Institute
for Policy Studies

² 総合研究大学院大学
² the Graduate University
for Advanced Studies

Abstract: Recently, science and technology have become more sophisticated and complex, and it is a very important issue to find and promote how to accumulate and combine knowledge to develop science and realize innovation. In this research, we construct collaborative researcher network through collaborative research relationship of KAKEN database, and analyze it from the viewpoints of knowledge accumulation/transfer and knowledge combination/fusion. We made genealogy maps of researchers for each research category of Kakenhi, and visualized flows of the knowledge. And we also extracted researchers who mediate and promote the flow of knowledge, what we call "Gatekeepers", and analyzed features of them.

1. はじめに

科学技術が高度化・複雑化する中で、科学の発展とイノベーションの実現に向け、知識の蓄積や知識の融合をどのように推進するかは非常に重要な課題である。一方、科学技術イノベーション政策や企業の研究開発戦略においては、エビデンスに基づく政策や戦略の策定が望まれている[1]。「科研費改革の実施方針」によると、公正・透明なレビュー、審査区分の大括り化、審査区分の役割・機能分担の明確化、若手研究者の支援、研究成果やその評価の可視化、などの方針を打ち出しており[2]、日本学術振興会の科研費においても、公正・透明なピアレビューに向けて改善を図るとしているが、科研費の評価手法は、書面及びヒアリングによるものであり、エビデンスベースの評価に向けて対応が必要である。

本研究では、研究者の共同研究関係をもとに、科研費データベースから共同研究ネットワークを構築し、知識の蓄積・継承、及び知識の組合せ・融合の観点で分析する。科研費の研究種目ごとに、研究者の系譜を作成し、知識の流れを可視化するとともに、知識の流れを媒介・促進する研究者、すなわちゲートキーパーを抽出し、その属性を分析することで、科学技術イノベーション政策に対する示唆を得るこ

とを目指す。

2. 関連研究

2.1. コレボレーションネットワーク

コレボレーション関係に基づくネットワーク分析としては、共著ネットワークの分析がポピュラーである。共著ネットワークとは、論文の共著関係をもとに構築したソーシャルネットワークの一つである。

Newman (2004) 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（数学等）よりも、実験的な研究手法を主体とする分野（生物学、物理学等）の方が多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[3]。

2.2. 研究者の系譜

知識の融合や蓄積などを分析するにあたり、知識のフローを考慮に入れることが有効であるとなえられるが、Newman (2004) の研究では、知識のフロー

については考慮されていない。篠田(2011)は、人工知能学会論文誌に掲載された論文の共著ネットワークを作成して人工知能学会における中心人物の特定を行い、また、その中心人物の移り変わりをみることで、人工知能学会の系譜の作成を行った。系譜は、時間の流れを考慮した有向グラフとして表現されるが、篠田(2011)の研究は、人工知能分野に特化しており、複数の分野の研究者や研究者が持つ知識の融合を表しているわけではない[4]。

本研究では、科研費案件の共同研究関係をもとに、分野横断的なコレボレーションネットワークを作成する。特に、代表研究者とその他の研究者の関係を代表研究者からその他の研究者間への有効グラフとして表し、研究者の系譜を作成し、その特徴を分析する。

3. 対象データ

本研究では、日本学術振興会が運営する科研費における共同研究関係を分析する。科研費には、研究種目として、特別推進研究、新学術領域研究、基盤研究、若手研究などがあり、また、審査区分として、人文・社会系、理工系、生物系、複合領域系、などがある。更に、研究者に関しては、その役割に応じて、研究代表者、及びその共同研究者として、研究分担者、連携研究者、研究協力者、特別研究員、外国人特別研究員などの区分がある。

科研費に関するデータは、国立情報学研究所のKAKEN データベース(以後 KAKEN とする)に収録されている。KAKEN は科研費の全ての研究種目や審査区分に関して、研究課題、代表研究者および上述の共同研究者情報、研究費、成果(論文等)等の情報を保有している。

本研究では、2008年度から2018年度までのKAKEN 情報から、特別推進研究(SPR)、新学術領域研究(SR-I)、基盤研究S(SR-S)、基盤研究A(SR-A)、若手研究A(YS-A)、若手研究B(YS-B)の研究種目ごとに、代表研究者とその共同研究者の情報を分析する。

4. 手法

本節では、本稿における分析ステップを示す。

4.1. 共同研究ネットワークの構築

KAKEN データベースにおいて、研究種目ごとに、代共同研究者の関係から、研究者をノード、科研費案件をアークとした共同研究ネットワークを構築する。ネットワーク作成に当たっては、「代表研究者→代表研究者以外の研究者」とした有向グラフとする。

4.2. 研究者の関係の特徴量の算出

研究種目ごとに、研究者間の「同僚度」及び「師弟度」を以下のように定義して算出する。

- 同僚度：強結合(双方向結合)の数
- 師弟度：弱結合(片方向結合)の数

4.3. 研究者の特徴量の算出

研究種目ごとに、共同研究ネットワークを無向グラフとみなし、研究者の以下の中心性を算出する。

- 度数中心性
- 近接中心性
- 媒介中心性
- 固有値中心性

研究種目ごとに、共同研究ネットワークを有効グラフとして研究者の以下の特徴量を算出する。

- 入次数
- 出次数
- 出入次数差分
- 入次数 x 出次数(ゲートキーパー度)

研究種目ごとに、共同研究ネットワークにおける研究者の「系譜伸長度」及び「系譜拡張度」を以下の通り定義して算出する。

- 系譜伸長度(Elongation)：あるノードから伸びている有向グラフの最大のパスの長さ
- 系譜拡張度(Expansion)：あるノードから到達できる有向グラフの全ての終端ノードの数

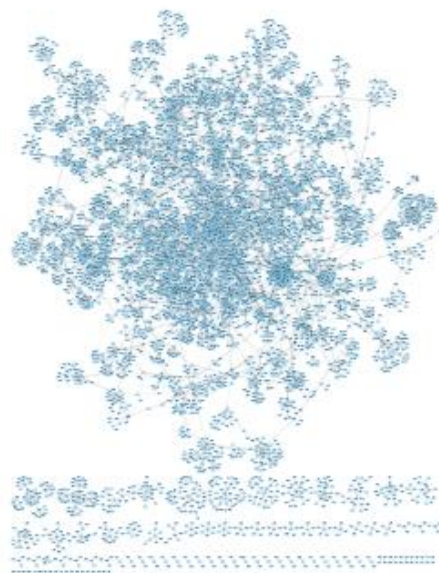
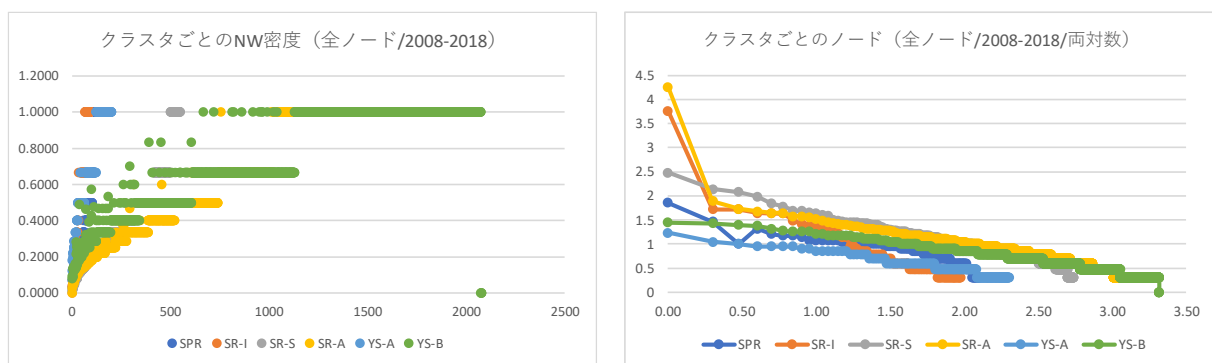


図1 共同研究ネットワーク
(新学術領域研究の事例)

表 1 分析した科研費研究科目の概要 (2008 年度～2018 年度)

研究種目	件数	ノード数	単独ノード		複数ノード	
			研究者数	比率	研究者数	比率
特別推進研究	162	2,219	1,294	58%	925	42%
新学術領域研究	10,560	10,124	3,589	35%	6,535	65%
基盤研究 (S)	981	4,781	73	2%	4,708	98%
基盤研究 (A)	6,920	25,601	393	2%	25,208	98%
若手研究 (A)	3,903	4,044	3,364	83%	680	17%
若手研究 (B)	59,699	50,183	43,252	86%	6,931	14%



(a) クラスタごとのネットワーク密度

(b) クラスタごとのノード数 (両対数)

図 2 クラスタごとのネットワーク密度とクラスタごとのノード数

表 2 分析した科研費研究科目の同僚度・師弟度 (2008 年度～2018 年度)

研究種目	ノード数	クラスタ数	アーク数	同僚度		師弟度	
				アーク数	割合	アーク数	割合
特別推進研究	925	127	805	2	0.2%	803	99.8%
新学術領域研究	6,535	95	7,577	122	1.6%	7,455	98.4%
基盤研究 (S)	4,708	548	4,295	20	0.5%	4,275	99.5%
基盤研究 (A)	25,208	1,286	27,823	680	2.4%	27,143	97.6%
若手研究 (A)	680	201	484	4	0.8%	480	99.2%
若手研究 (B)	6,931	2,074	5,130	106	2.1%	5,024	97.9%

5. 結果

5.1. 共同研究ネットワークの特徴

作成した共研究ネットワークの例 (新学術領域研究) を図 1 に示す. 共研究ネットワークは, 図 1 のように一つの大きなクラスタと複数の小さなクラスタから構成される.

本稿で分析した科研費の研究種目の概要を表 1 に示す. ここでノードは科研費に登録された研究者から構成され, 登録されていない研究者は除かれている.

共同研究ネットワークのノードは, 単独ノードと複数ノードから構成されるクラスタに区分される.

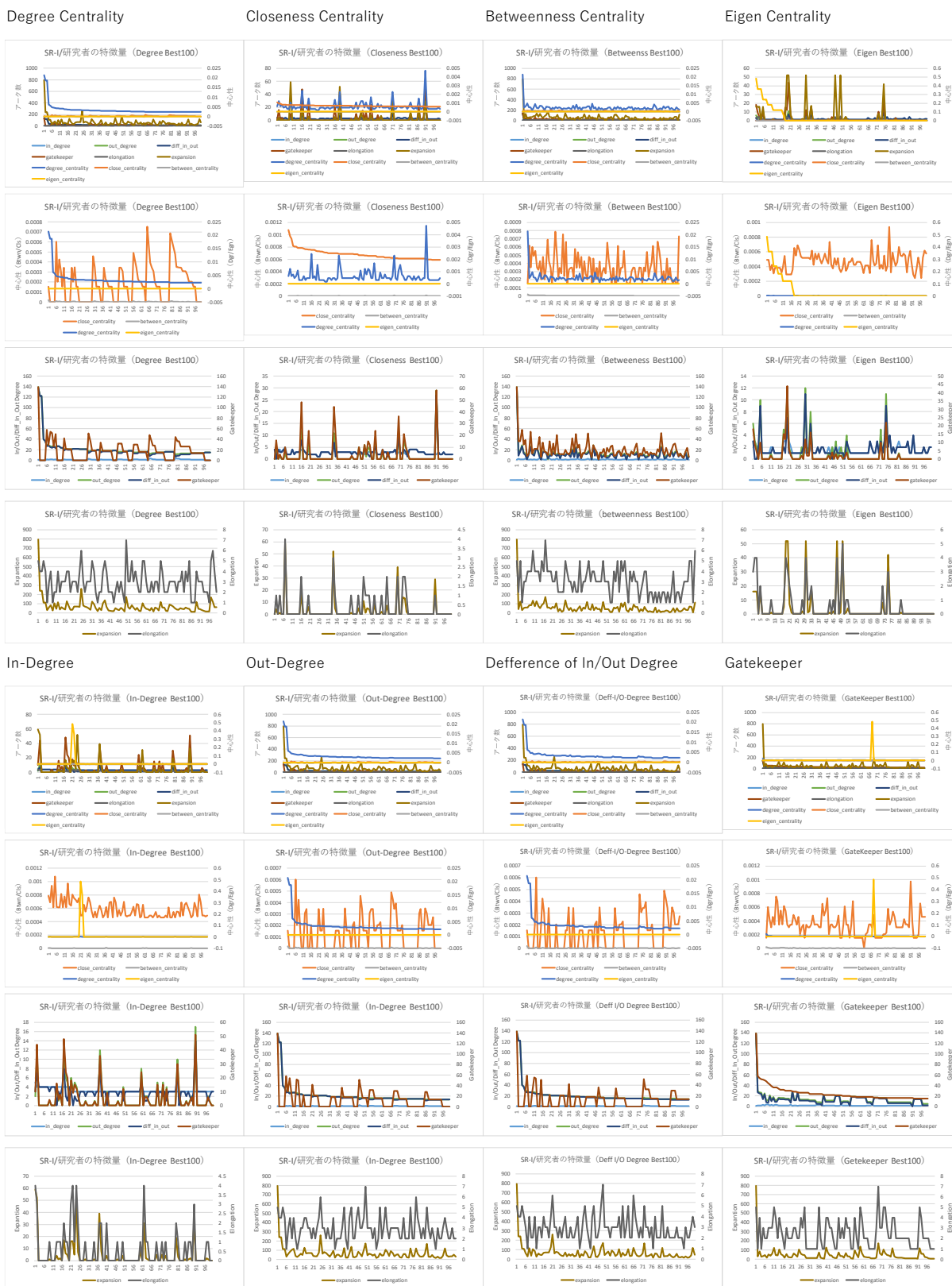


図 3 研究者の度数中心性, 近接中心性, 媒介中心性, 固有値中心性, 入次数, 出次数, 出入次数差分, 及びゲートキーパー度の上位 100 位と他の特徴量

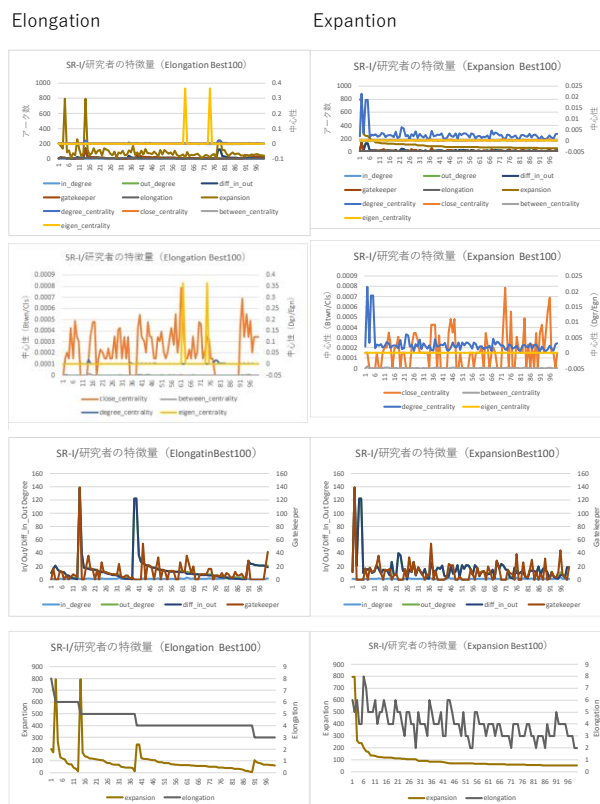


図 4 研究者の系譜伸長度と系譜拡張度の上位 100 位と他の特徴量

図 2 に、各研究種目のクラスタごとのネットワーク密度と、クラスタごとのノード数の両対数をとったものを示す。ネットワーク密度はクラスタが小さくなるに従い大きくなっている。また、クラスタごとのノードはべき乗則にしたがっていることが示唆される。

5.2. 研究者の関係の特徴

研究種目ごとに、研究者間の「同僚度」及び「師弟度」を表 2 に示す。代表研究者が、相互に代表研究者以外の研究者となっている関係（代表研究者以外の研究者が代表研究者となり、代表研究者が代表研究者以外の研究者となっている関係）の数は少ないことが分かる。

5.3. 研究者の特徴

図 3 及び図 4 に、新学術領域研究を事例に、共同研究ネットワークにおける研究者の「度数中心性 (Degree Centrality)」「近接中心性 (Closeness Centrality)」「媒介中心性 (Betweenness Centrality)」「固有値中心性 (Eigen Centrality)」「入次数 (In-Degree)」「出次数 (Out-Degree)」「出入次数差分

(Deference of In/Out-Degree)」「ゲートキーパー度 (Gatekeeper)」「系譜伸長度 (Elongation)」及び「系譜拡張度 (Expansion)」の 10 の特徴量について、それぞれが上位 100 位までを降順に水平軸に並べた場合の 10 の特徴量の変動を垂直軸に示す。3 及び図 4 では、10 の特徴量ごとに、全ての特徴量を示す図、度数中心性／近接中心性／媒介中心性／固有値中心性を示す図、入次数／出次数／出入次数差分／ゲートキーパー度を示す図、系譜伸長度／系譜拡張度を示す図の 4 つの図を縦に並べている。これらの図から、以下が示唆される。

- 次数中心性と媒介中心性の相関が高いこと
- 出次数と入出次数差分及びゲートキーパー度の相関が高いこと
- 次数中心性とまたは媒介中心性と、出次数または入出次数差分またはゲートキーパー度との相関が高いこと
- 次数中心性とまたは媒介中心性と、系譜拡張度との相関が高いこと

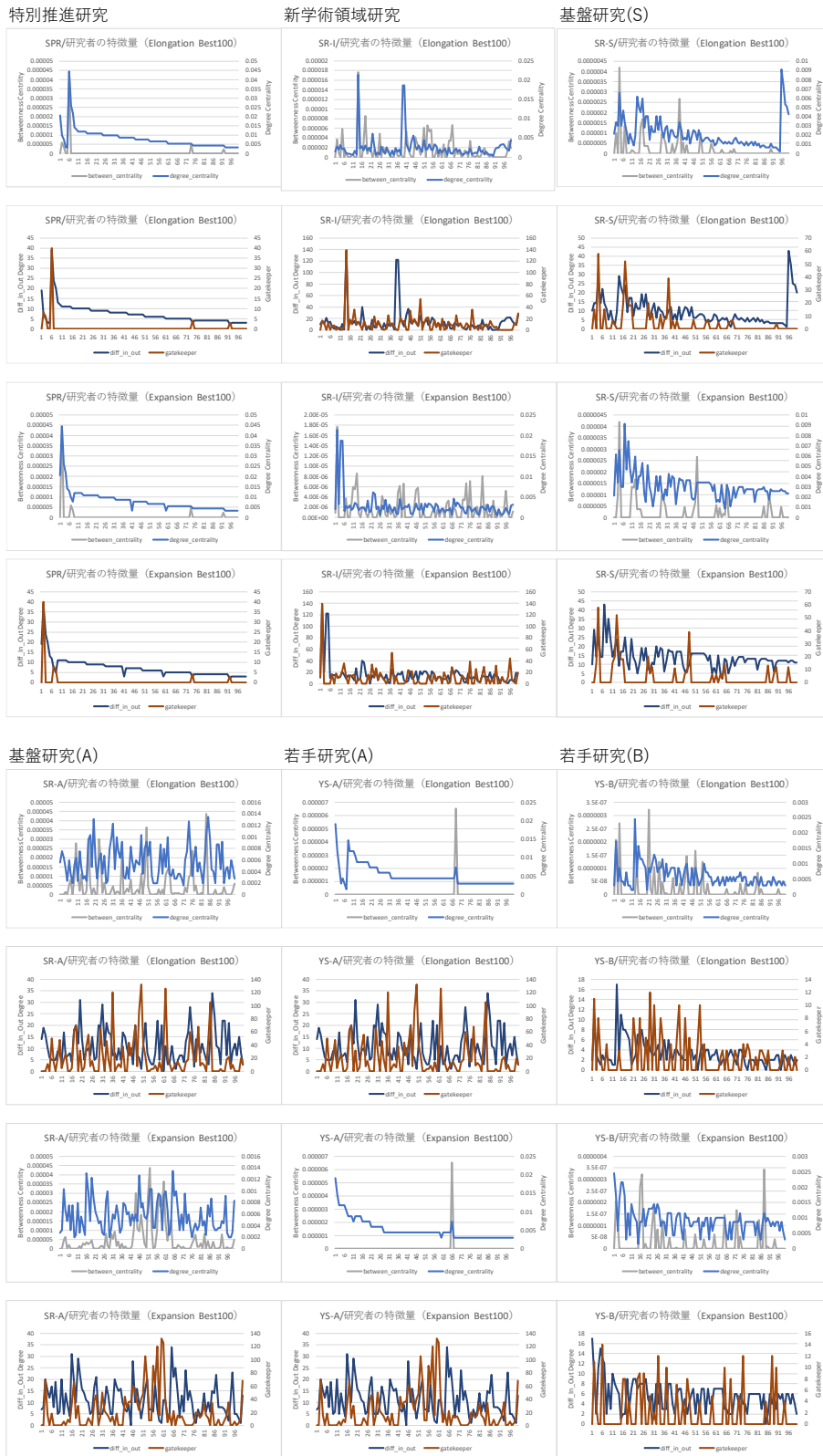


図 5 各研究種目の研究者の系譜伸長度と系譜拡張度の上位 100 位と他の特徴量

そこで、研究種目ごとに、共同研究ネットワークにおける研究者の系譜伸長度及び系譜拡張度のそれぞれが上位 100 位までを水平軸に並べた場合の度数中心性、媒介中心性、出入次数差分、ゲートキーパー度の変動を図 5 に示す。図 5 では、研究種目ごとに、4 つの図から構成され、上から 2 つの図が、系譜伸長度が上位 100 位までを水平軸に並べた場合の度数中心性と媒介中心性を示す図と出入次数差分とゲートキーパー度を示す図、その下の 2 つの図が、系譜拡張度が上位 100 位までを水平軸に並べた場合の度数中心性と媒介中心性を示す図と出入次数差分とゲートキーパー度を示す図となっている。

6. 考察

6.1. 知識の蓄積・活用と知識の結合・探索

科学技術が高度化・複雑化する中で、科学の発展とイノベーションの実現に向け、知識の蓄積や知識の融合をどのように推進するかは非常に重要な課題である。

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[5]。一方、経済学者である Schumpeter は、イノベーションに関して、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[6]。社会政治学者のマーチは、組織学習には、の知識を活用し漸進する「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 つのタイプがあり、これらの 2 つのバランスをとることが重要であるとした[7]。

また、経営学者の 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核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[8]。

6.2. 共同研究関係による知識移転の系譜

本研究は、研究者の共同研究関係をもとに、科研費データベースから有向グラフとなる共同研究ネットワークを構築し、知識の継承・蓄積、及び知識の組合せ・融合の観点で分析することを目的とする。

研究者のロールは、研究者をノードとした場合の入出次数により、以下の 5 つのタイプに類型化でき、

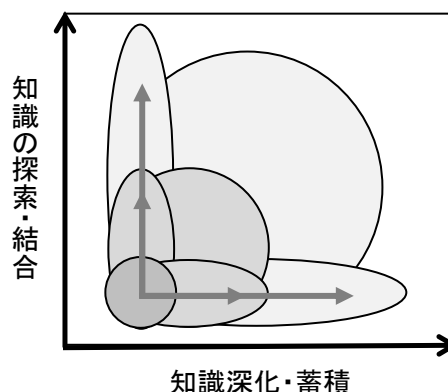


図 6 知識蓄積・活用と知識結合・探索

これらはネットワークの中心性や入出次数などの特徴量で表すことができるであろう。

- 孤立型
- 受入型
- 創出型
- 伝達型
- 媒介型 (ゲートキーパー型)

また、研究者間の関係は、以下 2 つのタイプに類型化できるであろう。

- 師弟型 (片方向結合型)
- 同僚型 (双方向結合型)

更に、知識移転のネットワーク (系譜) は、以下の 2 つのタイプに類型化できるであろう。

- 伸長型 (知識の深化・蓄積型)
- 拡張型 (知識の探索・結合型)

今後、本研究では、図 6 に示すように、知識を深化させ過去の知識の上に新しい知識を積み重ねる「知識の伸長 (知識の深化・蓄積)」や、様々な知識を探索し組み合わせる新しい知識を創造する「知識の拡張 (知識の探索・結合)」に対して、研究者のロールのタイプや研究者間の関係のタイプがどのように影響を与えるかについて分析試みる。

7. おわりに

本研究では、研究者の共同研究関係をもとに、共同研究ネットワークを構築し、知識の継承・蓄積、及び知識の組合せ・融合の観点で分析する。

本稿では、科研費の研究種目ごとに、研究者の共同研究ネットワークを有向グラフで系譜として作成し、ノードである研究者の特徴量を分析した。

今後、科研費の研究種目ごとの研究者の系譜を基に、知識の流れを可視化するとともに、知識の流れ

を媒介・促進する研究者などを抽出し、その属性を分析することで、科学技術イノベーション政策の策定や、企業の研究開発戦略の策定に対する示唆を得ることを試みる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (18H00840, 15KK0076) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 閣議決定 平成 30 年度予算編成の基本方針(平成 29 年 12 月 8 日)
- [2] Lane, Julia and Bertuzzi, Stefan. Measuring the Results of Science Investments, *Science*, 331, 678-680. (2011).
- [3] Newman, Mark E. J. "Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 101, suppl. 1, pp. 5200-5205, (2004).
- [4] 篠田孝祐: 日本における人工知能研究の系譜, *人工知能学会誌*, Vol.26, No. 6, pp. 584-589, (2011).
- [5] H. W. Turnbull, ed., *The Correspondence of Isaac Newton: 1661-1675*, 1, Published for the Royal Society at the University Press (1959).
- [6] J. A. Schumpeter, *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung* (1926).
- [7] James G. March, *Exploration and Exploitation in Organizational Learning*, *Organization Science*, 2 (1), 71-87, (1991).
- [8] Thomas J. Allen, *Managing the Flow of Technology*, MIT Press (1979).