

ソーシャルネットワーク理論と DEA を用いた 研究水準維持向上のための分析

大場 春佳^{†1}, 水野 信也^{†2}, 藤澤 由和^{†1}

概要：日本の研究力は、年々低下している。EU やアメリカ、中国などが大学部門の研究開発費（OECD 推計）を増加させている一方、日本は 1990 年代後半以降減少しており、2019 年には 2.1 兆円となった。科学知識生産（論文数）においても、2000 年以降日本の世界ランクが低下している。そこで本研究では研究水準維持向上のため、データ包絡分析法（DEA；Data Envelopment Analysis）を用いて科学研究費助成事業（科研費）における紐帯の構造と研究成果の関係性を明らかにした。結果として、ネットワーク閉鎖性が高い科研費プロジェクトは雑誌論文数や学会発表数が多く、構造的隙間が多いプロジェクトは次の研究につながる可能性のある関連科研費プロジェクト数が多い。特にネットワーク閉鎖性が高く、構造的隙間も多い研究プロジェクトは、総配分額が少ないながらも一定の成果があり、また研究の広がりも大きい。このことから研究水準維持において、目標になりえる科研費プロジェクトの紐帯構造が明らかとなった。またシミュレーションを実施し、DEA によって非効率的と判断された科研費プロジェクトを、効率的なプロジェクトに 5 割以上近づけることで、研究水準が維持向上する可能性があることが明らかとなった。

キーワード：ソーシャルネットワーク、ネットワーク閉鎖性、構造的隙間、DEA、科学研究費助成事業

1. はじめに

近年、日本の研究力は、年々低下しているとされる[1]。EU やアメリカ、中国などが大学部門の研究開発費（OECD 推計）を増加させている一方で、日本における研究開発費は 1990 年代後半以降減少しており、2019 年には 2.1 兆円となっている。1990 年代に日本よりも開発費が少なかった中国においては、研究開発費が現在 4 兆円を超えており、日本の約 2 倍の資金を投入していることとなる。

科学知識生産（論文数）においても、2000 年以降日本の世界ランクは低下している[1]。1989 年から 2005 年までは世界論文数ランキング 2 位だったが、2018 年時点では 4 位となり、ドイツと中国に逆転されている。各分野の被引用数が上位 1% の論文に限ると、最高順位であった 4 位から 9 位に落ちている。

研究力の低下については、さまざまな議論がなされている。河村は、運営交付金と被引用論文数の比較を行い、国による研究機関への財源支援（運営費交付金）が研究パフォーマンスに影響していないことを明らかにしている[2]。また伊神は、日本の大学（理工農分野）を対象に 1980 年代からの論文数、研究者数、研究開発費の長期マクロデータを用いて分析を行っているが、その結果、論文数の減少には、1) 研究時間割合を考慮した教員数の減少（2000 年代半ば～2010 年頃）、2) 博士課程在籍者数の減少（2010 年頃以降）、3) 原材料費のような直接的に研究の実施に関わる費用の減少（2010 年頃以降）といった複合的な要因があることを明らかにしている[3]。さらに内閣府が実施した、研究資金配分と論文アウトプットの分析では、論文成果には科学研究費助成事業（以下、科研費）や運営費交付金の

方が、その他競争的資金よりも効果的であることが示されている[4]。

以上のことから先行研究では日本の研究力の低下の要因の 1 つとして研究費が挙げられているが、研究を行うに際しては、研究資金以外にも研究者同士のつながり（紐帯）が重要であると考えられる。たとえばソーシャルネットワーク理論においては、紐帯の構造と成果には図 1 のような関係性があるとされる[5]。組織内部の紐帯の密度が高く、誰もが互いに繋がっているようなネットワーク閉鎖性の高い集団においては、コミュニケーションがしやすく意思を統一することが容易であり、信頼が生まれやすいとされている[6]。また物事を実行する際も、一致団結した行動をとりやすいとも考えられている[7, 8]。その一方でネットワークを構成する人々の間に、相互関係がないゆえに生じる関係の隙間のことを構造的隙間という[9]。冗長ではない複数の情報源は互いに重複していないため、それぞれ別の情報をもたらす可能性が高く、先行研究において構造的隙間が多い集団は優れた成果を持つ人や企業は構造的隙間が多いことが示されている[10, 11]。

以上を踏まえ、日本の研究環境を考えると、今後研究費の著しい増加が生じるとは考えにくいといえる。しかしながら、そうした環境においても、研究力を維持向上していくためには、現時点において、著しい成果を上げている研究プロジェクトの「紐帯の構造」を明らかにすることにより、より効率的な研究プロジェクトのあり方を検討するための基礎的な知見を提示することが必要であると考えられる。そこで本研究では我が国におけるもっとも包括的な研究資金である科研費を取り上げ、この研究資金に関わる

†1 宮城大学 (Miyagi University)

†2 静岡理工科大学 (Shizuoka Institute of Science and Technology)

投稿日：2022 年 7 月 25 日

採録日：2022 年 12 月 1 日

個々の科研費プロジェクトにおけるネットワーク上の紐帯構造と研究成果の関係性をデータ包絡分析法 (DEA) を用いて明らかにすることを目的とした。

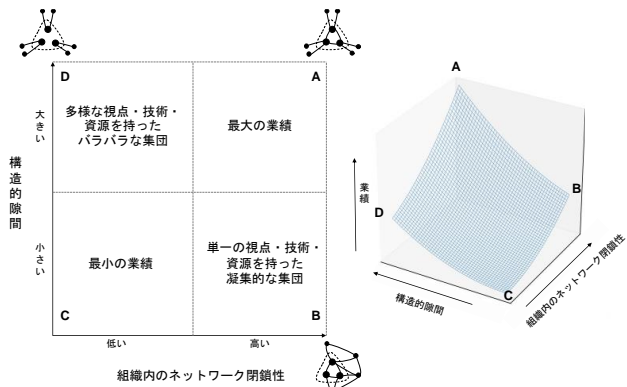


図 1 成果と紐帯の構造の関係性 (Burt[5]より著者作成)

2. 科研費データ基本解析と紐帯構造の指標

本研究では以下に示す科学研究費助成事業 (以下、科研費) データを使用した。データ件数は 144900 件である。

- 研究開始年度 : 2006~2017 年度
- 研究課題ステータス: 完了
- 研究種目 : 基盤研究(A), (B), (C)

利用したデータ項目を表 1 に示す。研究分野には、審査区分として設定されている「系・分野・分科・細目情報」が記載されているが、本研究ではその中の「分野」を研究領域として使用した[12, 13]。特設分野研究や時限付き分科細目など、期間限定での審査区分であり、研究分野情報が設定されていないものは「その他」とした。

表 1 科研費データ項目一覧

項目名	内容
研究課題/領域番号	科研費プロジェクトごとに一意に割り当てられる英数字
研究期間	研究開始年と終了年度より算出
研究者 ID	研究者に割り当てられる ID 一部、付与されない場合あり
研究分野	審査における研究領域
総配分額	全ての研究期間で配分された研究費
雑誌論文数	プロジェクトでの研究成果
学会発表数	プロジェクトでの研究成果

2.1. 科研費データの基本解析

データを把握するため、可視化と基本分析を実施した。図 2 に科研費プロジェクトの実施開始年と、開始年に開始した研究プロジェクト件数を示す。2011 年から 2016 年にかけて研究数が増加している。これは 2011 年より基金化の導入や採択率の改善が行われたことが要因である[14]。図 3

示す研究種別別の合計総配分額からも、2011 年からの変化が確認できる。しかしながら総配分額が増加したのは基盤研究(C)のみであり、基盤研究(A)(B)は減少傾向にある。研究分野ごとの科研費数を図 4 に示す。医歯薬学分野の研究数が最も多く、次いで社会科学、工学が多い。工学は他の分野に比べて、基盤研究(A)(B)の件数割合が多い特徴がある。

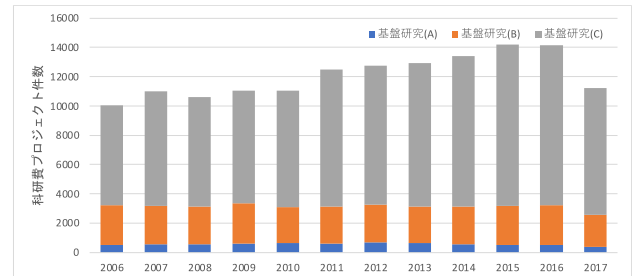


図 2 年度研究種別別科研費プロジェクト件数

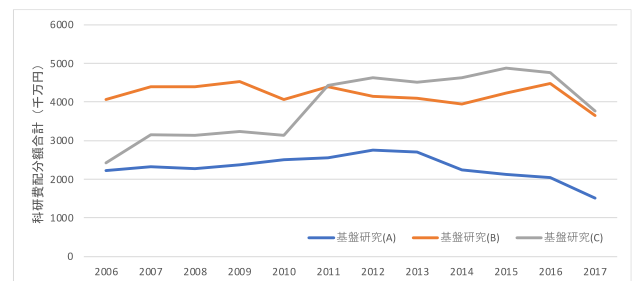


図 3 年度研究種別別合計総配分額

2.2. ネットワーク閉鎖性と構造的隙間に関する指標

本研究ではソーシャルネットワーク理論におけるネットワーク閉鎖性と構造的隙間に着目する。それぞれの指標について、科研費プロジェクト毎に以下の手順で算出した。

[ネットワーク閉鎖性]

ネットワーク閉鎖性は、組織内部の紐帯の密度の高さ、つながりの強さを示す指標である。本研究ではネットワーク閉鎖性を、科研費プロジェクトに関わる人のうち、研究代表者と同じ研究機関に所属している人の割合として定義した。研究者 ID が設定されていない研究者も、当該プロジェクトに関わる人数に含め算出している。

ネットワーク閉鎖性

$$= \frac{\text{研究代表者と同じ研究機関に所属する人数}}{\text{科研費プロジェクトに関わる人数}}$$

[構造的隙間]

まず構造的隙間に関する指標を算出するため、科研費プロジェクトと研究者からなる 2 部グラフを、それぞれのネットワークに変換した (図 5)。実社会においては研究者のネットワークによって研究プロジェクトが成り立っているが、本研究では研究プロジェクトに着目した分析を行うため、研究プロジェクト間のネットワークを算出した。

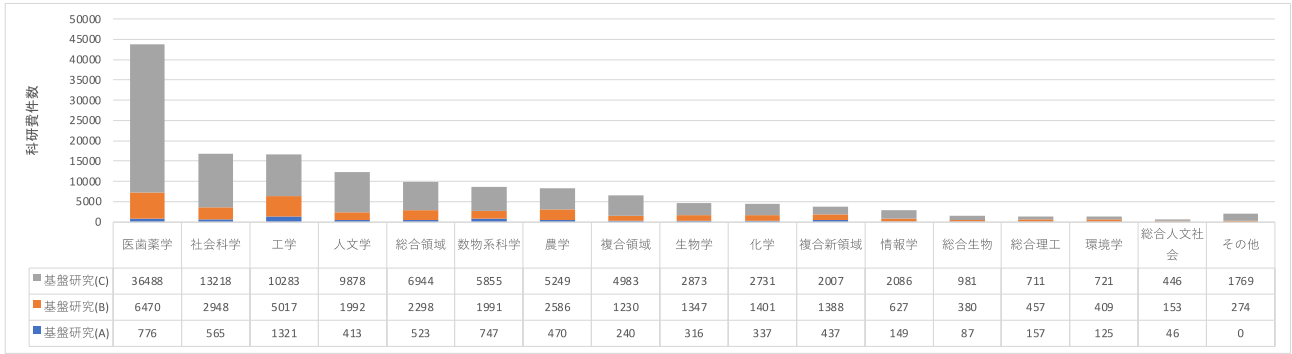


図 4 年度研究種別別総配分額合計

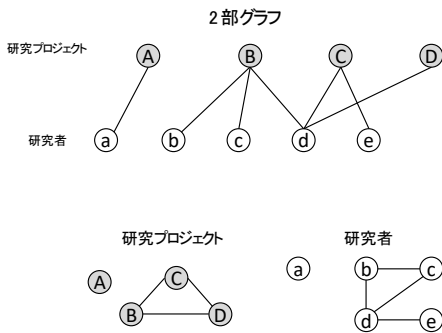


図 5 2部グラフからの変換

構造的隙間に関する指標は、Burtによって定義されたネットワーク拘束度 (network constraints) を用いた[15]. ネットワーク拘束度とは”構造的隙間の欠如”を表す指標であり、構造的隙間が大きい時ネットワーク拘束度の値は小さくなる。よって本研究では構造的隙間を、ネットワーク拘束度を用いて $構造的隙間 = 1/C_i$ とした。ここで C_i はノード i のネットワーク拘束度であり、定義式を図6のネットワークを例に示す。

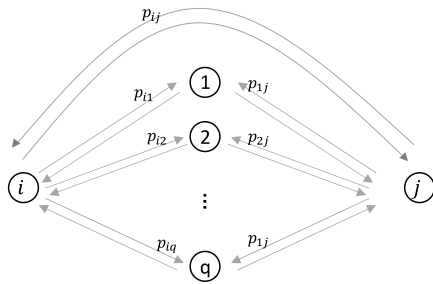


図 6 ネットワーク例

ネットワークノード i に隣接するノードの集合を Q_i とすると、ノード i に対する j の拘束度 c_{ij} は、

$$c_{ij} = \left(p_{ij} + \sum_{k \in Q_i \setminus \{i\}} p_{ik} p_{kj} \right)^2, i \neq k \neq j$$

であり、ノード i の拘束度 C_i は、

$$C_i = \sum_{k \in Q_i} c_{ik}$$

で計算される。 p_{ij} は i から j の投資量であり、

$$p_{ij} = \frac{z_{ij} + z_{ji}}{\sum_{k \in Q_i} (z_{ik} + z_{kj})}, i \neq k$$

で定義される。ここで式に含まれる z_{ij} は i から j における関係の強さを表し、本研究では、 $\sum_{k \in Q_i} z_{ik} = 1$ 、各ノードからの関係の強さは等分配であると仮定する。ただし隣接するノード数が0の場合は、ネットワーク拘束度を算出できないため1.5とした。

ネットワークに関する指標と科研費プロジェクトとの相関係数行列を表2に示す。分担研究者数は、研究者IDが付与されている研究者数のみをカウントした。

表 2 ネットワークに関する指標と科研費プロジェクトにおける成果との相関係数行列

	分担研究者数	総配分額	ネットワーク閉鎖性	構造的隙間	雑誌論文数	学会発表数
分担研究者数	1.00					
総配分額	0.36	1.00				
ネットワーク閉鎖性	-0.39	-0.21	1.00			
構造的隙間	0.70	0.34	0.41	1.00		
雑誌論文数	0.32	0.39	-0.14	0.32	1.00	
学会発表数	0.20	0.41	-0.12	0.19	0.59	1.00

表2より、分担研究者数と構造的隙間の相関係数は0.7と正の相関である。研究プロジェクト間のネットワークにおいて、研究者が関わる他の科研費プロジェクトとの冗長的なつながり少ないほど、構造的隙間の値が大きくなる。つまり対象とした科研費プロジェクトにおいて分担研究者数が多いほど、構造的隙間を多くもたらしていることが明らかとなった。研究プロジェクトに多様な情報をもたらす可能性の1つとして、研究分担者の存在が考えられる。対してネットワーク閉鎖性と分担研究者数の相関係数は-0.39と弱い負の相関であり、明確な関係性は見られなかった。また、ネットワークに関する指標 (構造的隙間とネットワーク閉鎖性) と成果に関する項目 (雑誌論文数と学会発表数) の相関係数は低いものであった。

3. 効率的な研究プロジェクトの算出

前章の相関係数という単純な分析では、研究成果とネットワークに関する指標 (構造的隙間とネットワーク閉鎖性)

において、特筆する関係性はみられなかった。そこで、データ包絡分析法 (以下、DEA ; Data Envelopment Analysis) を用いて効率的とされる科研費プロジェクトを算出し、その科研費プロジェクトの紐帯の構造と成果の関係性を明らかにする。

DEA は組織や企業を、複数の説明変数と複数の目的関数との関係を相対評価することで効率性を測定する OR の手法の1つである[16, 17]。事業の効率性の評価だけでなく、医療機関の類型化やメガソーラーの最適配置などにおいても適応されている[18-21]。本研究では、効率的な科研費プロジェクトを以下と定義した。

[効率的な科研費プロジェクト]

- a) 総配分額が少ない
- b) 複数の分野の研究者が関わっている
- c) ネットワーク閉鎖性が高い
- d) 構造的隙間が大きい(ネットワーク拘束度が小さい)
- e) 雑誌論文, 学会発表数が多い
- f) 他の科研費プロジェクトにも関わっている

少ない研究配分額内で多くの成果を上げていることから a) e) を、ネットワーク閉鎖性と構造的隙間の議論 (図1) から c) d) とした。複数の分野の研究者が関わっていると、多様な研究分野の情報を得やすくイノベーションが起こりやすいと考えられることから b) とした。また、対象の科研費プロジェクト以後に他の科研費プロジェクトに関わることは、関連研究や応用研究など”次につながる可能性のある研究”であるとえられるため f) も含めることとした。

本研究では、出力指向 BCC(規模収穫一定)モデルの DEA を用いて効率値 (目的関数) を算出した[22]。DEA では評価対象を Decision Making Unit (DMU) と呼び、本モデルにおいて科研費プロジェクト数 n に関する m 個の入力データ $X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^{m \times n}$ と、 s 個の出力データ $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in R^{s \times n}$ を元に科研費プロジェクト DMU_j ($j = 1, \dots, n$) の効率性を測定する。入力につける重みを $v \in R^m$ 、出力につける重みを $u \in R^s$ としたときの主問題は、

$$\begin{aligned} \min \theta &= vx_j \\ \text{s.t. } & uy_k = 1 \\ & vx_k \leq uy_k \quad (k = 1, \dots, n) \\ & v \geq 0, \quad u \geq 0 \end{aligned}$$

下記二つの問題の最適解, (θ^*, s_x^*, s_y^*) が $\theta^* = 1$ かつ $s_x^* = 0, s_y^* = 0$ を満たすならば, DMU_j は効率的である。

[Phase I (双対問題)] $\max \theta$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \theta y_j - Y\lambda \leq 0 \\ & X\lambda \leq x_j \\ & \lambda \geq 0, e\lambda = 1 \end{aligned}$$

[Phase II (スラックを加味)] $\max es_x + es_y$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \theta^* y_j - Y\lambda' + s_y = 0 \\ & X\lambda' + s_x = 0 \end{aligned}$$

$$\lambda', s_x, s_y \geq 0$$

ここで、次の生産可能集合を仮定している。

$$P = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0, e\lambda = 1\}$$

$\lambda \in R^n, s_x \in R^m, s_y \in R^s$ は変数であり、 θ は目的関数であり DEA 効率値である。

効率値算出にあたり利用したデータ項目を表3に示す。

DEA にて計算を行うため、数値が0の場合は、0.0001に置換し、ている。また本研究では、分野”その他”で、2人以上の研究者 ID を持つ研究者が関わっているプロジェクト 1005 件を対象として実施した。

表3 DEA 利用データ項目一覧

項目名	詳細
入力	
a) 総配分額	10万円単位とする 例: 4550000円 -> 45.5
b) 分野種類数	研究者が3年前から研究開始年までに関わった科研費プロジェクトの分野種類数の逆数
c) ネットワーク閉鎖性	逆数とする
d) 構造的隙間	逆数とする
出力	
e) 雑誌論文	研究期間における成果数
e) 学会発表	研究期間における成果数
f) 関連プロジェクト数	研究プロジェクトに関わる研究者1人あたりの研究者が、研究開始から3年後までに携わった科研費プロジェクト数

付録表 A.1 は、DEA 効率値が1である、“効率的な科研費プロジェクト”とみなされた DUM である。図7に、効率値1の DMU 別被参照集合 DMU 数のグラフを示す。効率的な科研費プロジェクトは37あり、全体の27.1%を占める、被参照集合数が最も多い研究課題/領域番号は20612014で、非効率的な DMU のうち67.1%で参照集合の1つとなっている。

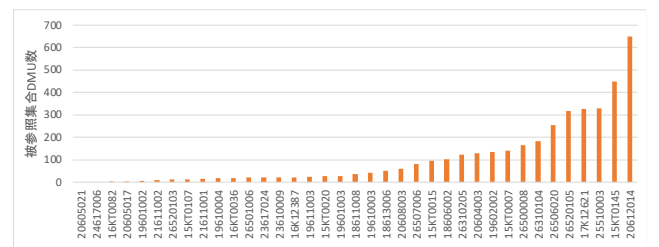


図7 効率値1の DMU 別被参照集合数

そして、効率的とみなされた DMU をクラス数5でクラスタリングし、特徴把握をおこなった。表 A.1 のクラス

表4 クラスタごとの各項目平均値一覧

クラスタ番号	総配分額	分野種類数	ネットワーク閉鎖性	構造的隙間	雑誌論文	学会発表	関連プロジェクト数	被参照集合 DMU 数	被参照集合 DMU 数 (効率値>=5)
0	41.85	3.15	0.74	11.43	17.31	20.38	3.36	763	169
1	42.90	2.17	0.57	8.84	55.33	19.00	1.86	435	83
2	159.68	4.50	0.50	14.40	40.67	75.17	2.49	281	31
3	57.04	3.40	0.31	12.43	16.30	20.00	5.35	653	79
4	46.15	2.00	0.53	2.36	36.00	127.00	3.00	481	105

注：DEA 入力項目のうち逆数としている項目については、逆数にする前の元データで記載

タ列にクラスタ番号を、クラスタごとの各項目平均値を表4に示す。特筆すべきクラスタの特徴を太字で示している。また、図1に示すネットワーク理論における成果と紐帯の構造の関係性に当てはめると、図8となる。

クラスタ2は総配当額が多く、構造的隙間も大きく、全ての成果項目にて一定の成果を上げている。対して、総配当額が少なく、構造的隙間が大きいクラスタ0は、雑誌論文や学会発表数は少ないが、次につながる可能性のある関連プロジェクト数が多い。また、同じ分野での研究が多く、ネットワーク閉鎖性が高いクラスタ1や4は、雑誌論文や学会発表が多い傾向にある。クラスタ3はネットワーク閉鎖性が高く、異なる所属の研究者が多い。

研究に関する情報共有が早く、研究成果が得やすい環境である。(クラスタ1,4)

- 異なる所属の研究者が多く集まる場合は、研究に関する情報共有に時間がかかるため、研究成果が得にくい。(クラスタ3)
- 構造的隙間はネットワーク閉鎖性よりも次につながる可能性のある関連プロジェクト数に影響する。外部に冗長的なつながりを持つことで、さまざまな情報や研究機会に恵まれる。(クラスタ0,3)
- 構造的隙間が大きく、ネットワーク閉鎖性が平均的な研究プロジェクトは、構造的隙間を利用し多様な分野や研究との繋がりも持ちながらも、組織内が一定の閉鎖性であることから研究を進めやすい環境である。よって、研究配分額も多く成果も得やすい。(クラスタ2)

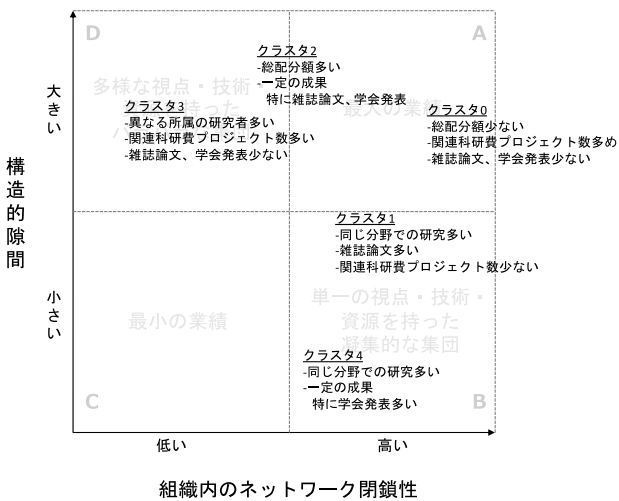


図8 成果と紐帯の構造の関係性への適応

以上をまとめると、紐帯の構造がもたらす成果は、主に雑誌論文や学会発表ではなく、次につながる可能性のある関連科研費プロジェクト数が多い。対して同じ分野で冗長的なつながりが多い研究プロジェクトでは、雑誌論文数、学会発表数など目に見える成果数が多い。考察を以下に示す。

- 構造的隙間が小さい研究プロジェクトは、同じ分野での研究者と集まりやすい。研究背景や手法など、

4. 研究水準維持向上シミュレーション

前節より効率的な科研費プロジェクトを算出し、その特徴を明らかにした。特に表4に示すクラスタ0の科研費プロジェクトは、総配分額が少ないながらも一定の成果があり、また研究の広がりも大きい。このことから研究水準維持において、目標になりえる科研費プロジェクトの紐帯構造であることが明らかになった。クラスタ0は非効率的な科研費プロジェクトのうち、76.0%である763研究の参照集合に含まれている。そこで今後研究配分額の増額が期待されないことから、クラスタ0に着目した研究力維持向上に向けたシミュレーションを実施し、科研費全体における成果の変化の検証を行った。

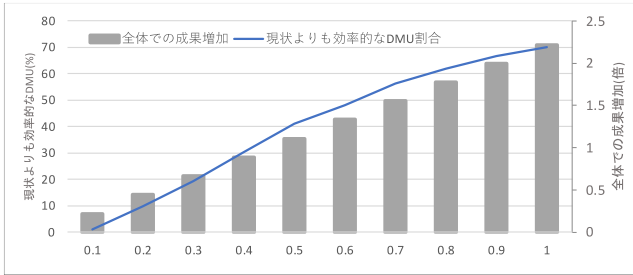


図9 クラスタ0に近づけた場合の成果向上シミュレーション

非効率な科研費プロジェクト(DMU)のうち、参照集合内にクラスタ0の科研費プロジェクトを1件以上含む763研究をクラスタ0に近づけた時の研究成果の変化を図9に示す。横軸はクラスタ0へ近づく割合であり、0.1は10%、1は100%に近づけた場合である。現在よりも効率的になる科研費プロジェクトの割合を折線グラフで表している。クラスタ0以外の科研費プロジェクトを参照集合に含んでおり、対象への影響が大きい場合があるためクラスタ0に完全に近づけても100%にはならない。しかし70.0%の科研費プロジェクトにて、現在よりも効率的になることが明らかになった。全体での成果の増加(棒グラフ)においては、クラスタ0に50%近づけると現状以上の成果となり、70%近づけると1.5倍、100%近づけると2倍以上となることが明らかになった。よって全体での研究水準維持向上を考えると、クラスタ0の50%以上の成果を目指して研究を進めることが良いことが分かる。

また、非効率な研究プロジェクト(DMU)のうち、効率値が5以上のプロジェクトを対象にシミュレーションした結果を図10に示す。クラスタ0に20%近づけると現状以上の成果となり、100%近づけると約5倍になる。現状よりも効率的な科研費プロジェクト割合は40%より横ばいとなっている。よって非効率な科研費プロジェクトについては、まずはクラスタ0の20%から40%の成果を目指すことが良いと考えられる。

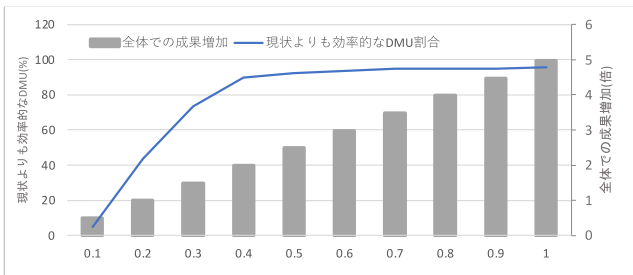


図10 クラスタ0に近づけた場合の成果向上シミュレーション (対象: 効率値が5以上の科研費プロジェクト)

5. まとめにかえて

本研究では日本の研究水準維持向上のため、ネットワーク閉鎖性と構造的隙間という組織・集団における二つの紐

帯構造の『組合せ』の観点から、科研費を対象として研究成果を検討した。これまで理論上で言われてきた紐帯の構造と成果についてデータを用いて、一定程度検証し得た。またシミュレーションを実施し、全体での研究成果増加の変化を示した。今後研究配分額の増額が期待されない日本においては、表4に示すクラスタ0が目標になりえる科研費プロジェクトであることが明らかになった。

本研究におけるDEAを用いた効率的な科研費プロジェクト算出では、分野“その他”の1005件を対象に実施した。今後は他の分野や科研費全体でも実施し、研究成果との関係性の違いを確認することが重要であると考えられる。また、効率的な科研費プロジェクトから見えた考察の検証を実施し、ソーシャルネットワーク理論の観点からも研究成果との関係性を明らかにしていく予定である。

謝辞 本研究は科研費基盤B「生活習慣の形成・維持に対する「規範」媒介モデルの有用性に関する実証的検討」(研究代表者: 藤澤由和)の研究知見の一部を取りまとめたものである。

参考文献

- [1] 文部科学省 科学技術・学術政策研究所, “科学技術指標2021,” 調査資料-311, (2021)
- [2] 河村小百合, “国立大学の研究力低下は運営費交付金の減額によるものか(特集 高等教育に関する『俗論』を排す),” 大学マネジメント Vol. 14, No. 4, pp. 8-15 (2018).
- [3] 伊神正貴, “データからみえる日本の科学研究の現況と研究力向上への示唆,” 化学と工業 Vol. 73, No. 7, pp. 533-534 (2020).
- [4] Elsevier, 「e-CSTIの分析事例紹介 ~研究資金配分と論文アウトプットの関係性分析~」(2022)
https://www.elsevier.com/ja-jp/events/japan_event/e-csti-webinar-20210624-retro (2022年6月2日アクセス)
- [5] Burt, R. S., “Structural Holes versus Network Closure as Social Capital,” in Lin, N. K. Cook and R. Burt (eds.). *Social Capital: Theory and Research*. Aldine de Gruyter, pp. 31-56. (金光淳訳「社会関係資本をもたらすのは構造的隙間かネットワーク閉鎖性か」野沢慎司[編・監訳](2006)『リーディングス ネットワーク論—家族・コミュニティ・社会資本関係』勁草書房, 第4章 pp. 123-154 所収).
- [6] Coleman, J. S., “Social Capital in the Creation of Human Capital,” *American Journal of Sociology*, Vol. 94, pp. S95-S120 (1988).
- [7] Granovetter, M., “Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness,” *American Journal of Sociology*, Vol. 91, No. 3, pp. 481-510 (1985).
- [8] Lee, F. Mingo, S. and Chen, D., “Collaborative Brokerage, Generative Creativity, and Creative Success,” *Administrative Science Quarterly*, Vol. 52, No. 3, pp. 443-475 (2007).
- [9] 石田光規, “パーソナルネットワークの多様性 その構造と機能,” 年報社会学論集 Vol. 2001, No. 14, pp. 126-138 (2001).
- [10] Lee, J. J., “Heterogeneity, Brokerage, and Innovative Performance: Endogenous Formation of Collaborative Inventor Networks,” *Organization Science*, Vol. 21, No. 4, pp. 804-822 (2010).
- [11] Vissa, B, and Chacar A. S., “Leveraging Ties: The Contingent Value of Entrepreneurial Teams' External Advice Networks on Indian Software Venture Performance,” *Strategic Management Journal*, Vol. 30, No. 11, pp. 1179-1191 (2009).
- [12] 文部科学省, 「系・分野・分科・細目表」付表キーワード

- 一覧」,
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/toushin/attach/1337810.htm (2022年6月2日アクセス).
- [13] 日本学術振興会, 「系・分野・分科・細目表等」,
https://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/02_koubo/saimoku.html
(2022年6月2日アクセス).
- [14] 文部科学省 科学技術・学術政策研究所, 「科学研究助成事業2021 (科 研 費 パ ン フ レ ッ ト)」 https://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/24_pamph/index.html (2022年6月2日アクセス).
- [15] Burt, R. S. “Structural Holes and Good Ideas,” *American Journal of Sociology*, Vol. 110, No. 2, pp. 349-399 (2004).
- [16] Cook, W. D. and Zhu, J, 森田浩 (訳). 「データ包絡分析法 DEA」静岡学術出版 (2014).
- [17] 杉山学, 「経営効率分析のための DEA と Inverted DEA — 基本概念と方法論から, 主観的な判断を加味できる応用モデルまで —」 静岡学術出版, (2010)
- [18] 高橋智彦. “地方銀行の効率性—公共選択的見地から見た指定金融機関問題など,” 拓殖大学政治行政研究 Vol. 12, pp. 1-13 (2021).
- [19] 下山朗. “公共図書館の効率性に関する検討—— 釧路市図書館の立地と利用状況を事例に——,” 奈良県立大学研究季報 Vol. 29, No. 2, pp. 1-18 (2018).
- [20] 水野信也, 藤澤由和, 八巻直一. “総合的類型化解析基盤の構築とその応用,” 日本経営工学会論文誌 Vol. 68, No. 2, pp. 99-108 (2017).
- [21] 横田真也, 熊野照久. “DEA 法を利用したメガソーラー最適配置,” 電気学会論文誌 B (電力・エネルギー部門誌), Vol. 131, No. 10, pp. 819-825 (2011).
- [22] 刀根薫. “DEA のモデルをめぐって,” オペレーションズ リサーチ: オペレーションズ・リサーチ, Vol. 38, No. 1 pp. 34-40 (1993).

付録 A

表 A.1 効率値1のDMU一覧

研究課題/ 領域番号	総配分額	分野種類数	ネットワー ク閉鎖性	構造的隙間	雑誌論文	学会発表	関連プロジ ェクト数	被参照集合 DMU数	クラスタ番 号
20612014	20.80	3.00	0.83	10.36	4.00	13.00	4.50	650	0
26506020	3.90	3.00	0.50	6.11	4.00	11.00	3.00	255	0
20604003	44.20	5.00	0.93	18.06	20.00	0.00	2.64	127	0
18613006	40.90	2.00	0.50	5.92	27.00	69.00	3.50	51	0
19610003	45.50	3.00	0.93	13.59	11.00	10.00	2.83	42	0
19601003	44.20	4.00	0.88	21.08	0.00	0.00	3.67	28	0
19611003	48.10	3.00	0.75	10.00	36.00	41.00	2.00	23	0
23617024	53.30	2.00	0.71	13.05	28.00	29.00	4.00	20	0
21611001	46.80	5.00	0.67	9.68	16.00	2.00	4.00	14	0
26520103	44.20	3.00	0.67	6.40	22.00	10.00	5.00	11	0
21611002	50.70	3.00	0.80	13.19	4.00	26.00	3.60	8	0
19601002	45.50	3.00	0.50	13.68	25.00	47.00	2.67	7	0
24617006	55.90	2.00	0.91	7.46	28.00	7.00	2.33	0	0
17K12621	45.50	5.00	0.50	12.66	71.00	29.00	1.17	326	1
19602002	46.80	2.00	0.71	7.01	63.00	12.00	3.00	134	1
16K12387	45.50	2.00	0.80	6.65	57.00	23.00	1.00	22	1
19610004	44.20	2.00	0.36	16.34	63.00	10.00	2.75	17	1
20605017	29.90	1.00	0.13	2.86	50.00	15.00	2.00	4	1
20605021	45.50	1.00	0.89	7.54	28.00	25.00	1.25	0	1
15KT0007	153.40	4.00	0.40	24.25	61.00	69.00	4.60	139	2
26310205	144.30	4.00	0.86	11.71	25.00	58.00	1.86	121	2
15KT0015	182.00	4.00	0.20	8.76	34.00	130.00	3.00	96	2
15KT0020	109.20	6.00	0.50	12.14	29.00	72.00	2.50	28	2
16KT0036	184.60	5.00	0.33	10.77	50.00	111.00	1.56	18	2
16KT0082	184.60	4.00	0.71	18.76	45.00	11.00	1.43	2	2
25510003	49.40	3.00	0.60	19.63	0.00	4.00	7.00	328	3
26520105	41.60	4.00	0.25	13.09	8.00	3.00	6.00	317	3
26310104	165.10	4.00	0.50	21.78	19.00	11.00	7.17	181	3
26500008	48.10	4.00	0.33	4.68	22.00	40.00	5.00	165	3
18606002	36.70	2.00	0.33	9.27	42.00	9.00	5.00	102	3
26507006	50.70	2.00	0.08	12.58	20.00	66.00	4.00	80	3
18611008	41.00	3.00	0.11	24.11	0.00	4.00	6.00	37	3
23610009	39.00	3.00	0.14	10.17	25.00	45.00	3.33	22	3
26501006	49.40	5.00	0.40	4.41	0.00	4.00	5.00	20	3
15KT0107	49.40	4.00	0.33	4.61	27.00	14.00	5.00	12	3
15KT0145	49.40	2.00	0.40	1.97	35.00	155.00	4.00	447	4
20608003	42.90	2.00	0.67	2.75	37.00	99.00	2.00	59	4

注：DEA 入力項目のうち逆数としている項目については、逆数にする前の元データで記載

Analysis of Social Network Theory and DEA for Maintaining and Improving Research Standards

Haruka OHBA^{†1} Shinya MIZUNO^{†2} and Yoshikazu FUJISAWA^{†1}

Abstract: Japan's research capability has been declining year by year. While the EU, the U.S., and China have increased their university sector R&D expenditures (OECD estimate), Japan's R&D expenditures have been decreasing since the late 1990s, reaching 2.1 trillion yen in 2019. Japan's world ranking in scientific knowledge production (number of papers) has also been declining since 2000. To maintain and improve the level of research, this study clarified the relationship between the structure of ties in Grants-in-Aid for Scientific Research (KAKEN) and research results by using Data Envelopment Analysis (DEA). As a results, Grant-in-Aid projects with high network closure had a higher number of journal articles and conference presentations, and projects with more brokerages had a higher number of related projects that could lead to the next research. In addition, the simulations revealed that it is possible to maintain and improve the level of research by moving inefficient DMUs closer than 50% to efficient DUMs.

Keywords: social network, network constraints, brokerage, DEA, Grants-in-Aid for Scientific Research (KAKEN)

^{†1} Miyagi University
^{†2} Shizuoka Institute of Science and Technology