

医学保健分野における研究生産の効率性と
その要因についての実証分析
—女性研究者割合、外部資金割合との関係—

2015年6月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所

第2研究グループ

福澤 尚美

本 DISCUSSION PAPER は、所内での討論に用いるとともに、関係の方々からのご意見を頂くことを目的に作成したものである。

また、本 DISCUSSION PAPER の内容は、執筆者の見解に基づいてまとめられたものであり、機関の公式の見解を示すものではないことに留意されたい。

DISCUSSION PAPER No. 124

An empirical analysis of the research efficiency and its factors
in life and medical sciences fields: Gender and research funding

Naomi Fukuzawa

June 2015

2nd Theory-oriented Research Group
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan

本報告書の引用を行う際には、出典を明記願います。

医学保健分野における研究生産の効率性とその要因についての実証分析—女性研究者割合と外部資金割合との関係—

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 第2研究グループ 福澤 尚美

要旨

本稿では、日本の医学保健分野を対象に、インプットとして教員数、博士課程在籍者数、医局員・その他の研究員数、研究費を使用し、アウトプットとして論文数、被引用数を使用することで、インプットとアウトプットの観点から見た各大学の研究生産の効率性について、Data envelopment analysis (DEA)を使用して分析した。さらに、その効率性に女性研究者の割合や外部資金の割合がどのように影響しているのかを分析した。分析の結果、研究生産の効率性は近年向上している傾向がみられ、効率的な大学群との研究生産の効率性の乖離は、次第に小さくなっていることが分かった。さらに、女性研究者の割合と外部資金の割合が増加すると研究生産の効率性に正の影響を与えることが分かった。

An empirical analysis of the research efficiency and its factors in life and medical sciences fields: Gender and research funding

Naomi Fukuzawa

2nd Theory-oriented Research Group, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

ABSTRACT

This paper examines the research efficiency of Japanese universities in life and medical sciences fields. To evaluate the research efficiency, I use the data envelopment analysis (DEA). The number of teachers, students for Ph.D. degree, medical staff and other researchers, and research expenditures used for input variables, and the number of papers and citations used for output variables. In addition, I verify whether the female researcher's ratio and the external research funding ratio influenced the research efficiency. As a result, these analyses show that the gap of research efficiency between universities on the efficient frontier and other universities becomes small in recent years. Furthermore, I reveal that the female researcher's ratio and the external research funding ratio have a positive influence on the research efficiency.

目次

1. はじめに.....	1
2. 仮説	3
3. データ.....	5
4. 分析方法.....	6
4.1 Data envelopment analysis (包絡分析法).....	6
4.2 要因分析	10
5. 推定結果.....	11
5.1 DEA 推定結果.....	13
5.2 要因分析結果.....	15
6. 考察及び結論	16
謝辞	17
参考文献.....	18

概要

1. 背景と目的

研究活動においてインプットとしての研究者数と研究資金は必須であり、アウトプットとしての研究成果との関係を考慮した研究生産の効率性を分析することは重要である。その効率性が大学によって異なるのであれば、その違いに影響しうる要因を検証する必要がある。

日本における女性研究者の割合は諸外国と比較して低いとされ、我が国は女性研究者の活躍促進を掲げている。また、競争的資金制度の充実が推進されている中で、大学における自己資金と外部資金の割合は多様である。本稿では、女性研究者の割合が他分野と比べて相対的に高い医学保健分野を対象とし、各大学の研究生産の効率性を推定してその状況を明らかにした上で、女性研究者の割合と外部資金の割合は、研究生産の効率性とどのような関係があるのかについて明らかにすることを目的としている。

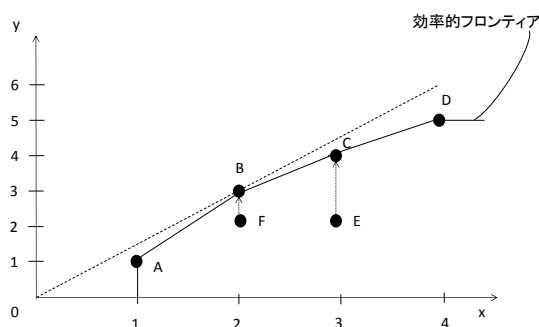
2. データと分析方法

本分析では、総務省「科学技術研究調査」とエルゼビア社の学術データベースである Scopus を使用し、医学保健分野を対象とした。研究生産の効率性はアウトプット/インプットで評価され、インプットは小さいほど望ましく、アウトプットは大きいほど望ましい。本分析ではインプットとして教員数、博士課程在籍者数、医局員・その他の研究員数、研究費を使用し、アウトプットとして論文数と被引用数を使用した。

対象年次は 1996 年から 2009 年であり、そこから 10 期間のデータを作成し、医学保健分野における国立大学、公立大学、私立大学の 104 大学を対象とした。推定には Data envelopment analysis (DEA: 包絡分析法)を用い、規模の経済に関して収穫可変を仮定し、インプットレベルを所与としてアウトプットを最大にすることを目的とするアウトプット指向型モデルを使用した。研究生産の効率性は、分析に使用した大学における相対的な評価により表される。

概要図表 1 に 1 インプット(x)、1 アウトプット(y)の場合の例を示す。5 つの A, B, C, D, E, F の大学がある場合、効率的な大学は A, B, C, D となり、効率的フロンティアが形成される。E と F は非効率的であるが、アウトプットを改善することにより、それぞれ C, B まで移動することが可能である。

概要図表 1: アウトプット指向型モデルの例



出典: Cook and Zhu (2013), Figure 2.22 より作成.

研究生産の効率性は、国立大学、公立大学、私立大学ごとに、各大学の各期間のデータをプールして推定した。推定される研究生産の効率性の例を概要図表 2 に示す。つまり、大学 A から大学 C の、期間 1 から期間 10 における各インプット値、アウトプット値の全てを用いて、各期間の各大学の研究生産の効率性を推定した。研究生産の効率性 E は $0 < E \leq 1$ の値を取り、 $E = 1$ のとき効率的である。

概要図表 2: 推定される研究生産の効率性の例

	大学A	大学B	大学C
期間1	0.81	0.77	0.95
期間2	0.83	0.73	0.96
期間3	0.84	0.73	0.96
期間4	0.84	0.72	0.97
期間5	0.86	0.72	0.98
期間6	0.86	0.72	0.99
期間7	0.87	0.71	1.00
期間8	0.89	0.71	1.00
期間9	0.91	0.69	1.00
期間10	0.91	0.69	1.00

さらに、要因分析ではこの研究生産の効率性を被説明変数とし、説明変数として女性研究者の割合と外部資金の割合を使用して、パネルトービットモデルにより分析した。

3. 推定結果とインプリケーション

医学保健分野を対象に、研究生産の効率性を期間ごとに平均した結果、研究生産の効率性は全体として近年向上していることから、分析対象の中で効率的な大学群と、その他の大学との乖離は次第に小さくなってきていることが考えられる。また、教員の女性割合の上昇は研究生産の効率性に正に影響し、博士課程在籍者の女性割合はある一定水準を超えると研究生産の効率性の向上に影響することが分かった。よって、性別の多様性が研究生産の効率性に正の影響を与えていることが示唆される。小規模な部局や女性比率が低い場合には女性研究者は孤立しやすいことが指摘されていることから (MacDowell and Smith, 1992; Etzkowitz et al., 2000)、多様性による効果を上手く発揮するには、女性研究者の割合はある程度の大きさが必要であると考えられる。女性研究者の割合が増加するような大学、つまり、女性研究者が活躍しやすい環境が研究生産の効率性に影響していることが示唆される。また、研究費の外部資金割合が高くなると、研究生産の効率性に正の影響を与えることがわかった。しかし、その割合が高くなり過ぎると研究生産の効率性が低くなる可能性が示唆された。

本文

1. はじめに

研究者数と研究資金は大学における研究活動にとって必須である。大学の研究活動についての評価を定量的に行う際には、アウトプットとしての研究成果、インプットとしての研究者数や研究資金の両方を考慮することが重要である。アウトプットとインプットを並列に議論するだけでは不十分であり、インプットに制約がある中で、どれだけ効率的に研究活動を行うことができるのかを考慮することが重要である。つまり、同じ研究者数や研究資金額を投入していても、大学によって研究成果の生産量が異なるのであれば、研究生産の観点からみた効率性が異なることを意味する。どれだけ研究成果を排出したのか、という研究生産の規模だけではなく、インプットとアウトプットの関係性を考慮し、研究生産の効率性の観点から日本の科学研究の状況を把握することが重要である。

こうした効率性の観点から、大学や研究所等を対象に教育や研究について分析した研究は多くある(Beasley, 1995; McMillan and Datta, 1998; Abbott and Doucouliagos, 2003; Fandel, 2007)。Ahn et al. (1988)は米国を対象に、インプットとして教育支出、施設投資、諸経費を使用し、アウトプットとして学生数、連邦政府研究助成金¹を使用して、公立大学と私立大学の効率性を比較した。Johnes(2006)はイギリスの大学を対象に、インプットとして学生数、教員数、諸経費等を使用し、アウトプットとして学位授与数、研究助成金を使用して効率性を分析した。Castano and Cabanda (2007)はフィリピンの大学を対象に、インプットとして教職員、設備支出や運営経費を使用し、アウトプットとして入学者数、卒業者数、総収益を使用して効率性を分析した。Sinuany-Stern, et al.(1994)、Johnes and Johnes (1995)、Avkiran (2001)、Kao and Hung(2008)、Kounetas, et al.(2011)、Kuah and Wong(2011)、Wokszczak-Derlacz and Parteka(2011)、Berebegal-Mirabent, et al.(2013)、Bhattacharyya and Chakraborty(2014)は論文数を研究成果として使用し、効率性を分析した。上記の研究では、Data envelopment analysis (DEA)を使用して効率性を求めている。手法については第4節で説明する。

日本における先行研究としては、山崎・伊多波(2010)は2004年から2007年を対象に、国立大学の教育研究における効率性を、インプットとして教員数、教育経費、研究経費、アウトプットとして学生数と科学研究費補助金支給額を使用して分析した。先端的な大学は生産性を向上させているが、その他の大学との格差が広がり、全体としての生産性は低下していることを指摘している。山崎(2012)ではインプットとして教員数等、アウトプットとして論文数等を使用している。

また、研究生産の効率性が研究機関で異なるのであれば、その差異にはどのような要因があるのだろうか。まず、人材の観点から考えると、日本における女性研究者の割合は諸外国と比較して低いことが指摘されている。大学部門での割合は、日本では25.0%(2013年)であり、英国44.4%(2011年)、ドイツ36.3%(2011年)等と比較して低い値にある(文部科学省科学技術・学術政策研究所, 2014)。低い値ではあるが、女性研究者の割合は増加傾向にあり、第4期科学技術基本計画では、女性研究者の登用は「多様な視点や発想を取り入れ、研究活動を活性化し、組織としての創造力を発揮する上でも、極めて重要である。女

¹ 研究成果として論文数等を使用できなかったため、研究費を使用している。

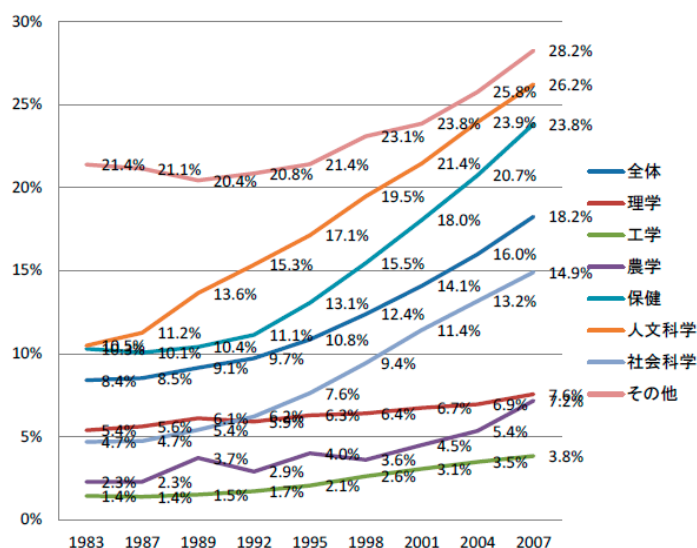
性研究者の一層の登用及び活躍促進に向けた環境整備を行う」としている。博士課程の女性比率を向上することも目指し、医学・歯学・薬学系分野合わせて30%の達成を目指すとしている。大学院博士課程の入学者数は1990年代に入ってから大きく増加したが、2003年をピークに減少している。そのうち、女性入学者の割合は増加傾向がみられる(文部科学省科学技術・学術政策研究所, 2014)。女性研究者と研究成果については多くの先行研究がある(Long, 1992; MacDowell and Smith, 1992; Etzkowitz et al., 2000; Stack, 2002; Bordons et al., 2003; Leta and Lewison, 2003; Stack, 2004; Rothausen-Vange et al., 2005; Rivellini, et al. 2006; Symonds, et al. 2006; Boschini and Sjogren, 2007; Gonzalez-Brambila and Veloso, 2007; Ledin, et al., 2007; Tower et al., 2007; Borrego et al., 2010; Aksnes, et al., 2011; Slyder, et al., 2011; Abramo et al., 2013; Maliniak, et al., 2013)。性別とアウトプットである研究成果に関係がある場合、インプット当たりのアウトプットで評価される研究生産の効率性に、大学における女性研究者の割合は影響していると考えられる。

次に、研究資金は研究にとって必須であり、研究生産の効率性に影響を与えていると考えられるため、研究資金の観点から考えてみる。国立大学の自然科学分野では、内部使用研究費における自己資金割合は減少しており、「自己資金が減少することの研究活動への直接的な影響としては、教員等を雇用するための人件費の減少、教員一人当たりを経常的に配分される研究費の減少」(文部科学省科学技術・学術政策研究所, 2015a)が考えられる。また、上記科学技術基本計画では、競争的資金制度の充実を推進しており、大学の自己資金だけではなく、競争的資金のように外部から研究費を積極的に取り込むことが、研究を促進していく上で求められている。論文数シェアが大きい大学グループでは、外部資金の割合が高いことや、研究プロジェクトを実施する上での自己資金と外部資金の組み合わせは多様であり、内部資金は立ち上げ期のプロジェクトを含め、幅広い研究プロジェクトを下支えしている可能性が指摘されている(文部科学省科学技術・学術政策研究所, 2015a)ことから、外部資金の割合は研究生産の効率性に影響を与えていることが考えられる。

以上を踏まえ、本稿では日本における医学保健分野の大学を対象として、インプット当たりのアウトプットから求められる研究生産の効率性を Data envelopment analysis(包絡分析法)を使用して算出し、女性研究者の割合と外部資金の割合が研究生産の効率性にどのように影響しているのかについて分析する。インプットとして教員数、博士課程在籍者数、医局員・その他の研究員数、研究費を使用し、アウトプットとして論文数、被引用数を使用した。本分析では医学保健分野を対象としたが、女性研究者の割合についての影響を検証するには、ある程度女性研究者の比率が確保されている分野においての分析が適していると考えられる。医学保健分野は自然科学分野の他分野に比べて、女性研究者の比率が高い分野である。学校教員統計調査における本務教員に占める女性比率の推移をみると(図1)、医学保健分野は人文科学分野の次に女性比率が高い分野であり、その増加傾向も大きい(加藤ら, 2012)。人文科学分野は研究成果として学術論文の発表のみではなく、書籍等による発表も多い分野であるとともに、海外雑誌での論文発表が少ない分野であることから、本分析対象からは除外する。以上を踏まえ、本稿では医学保健分野を対象として分析を行った。

本稿の構成は次の通りである。第2節で検証する仮説について説明する。第3節で使用したデータについて述べ、第4節で分析手法について説明する。第5節で記述統計を示し、推定結果について説明する。第6節で考察及び結論を述べる。

図 1. 本務教員に占める女性比率の推移



出典: 加藤ら(2012), p.iv, 概要図表 6.

2. 仮説

本稿では以下の2つの仮説を検証する。

H1. 女性研究者の割合は研究生産の効率性に影響を与える。

性別により研究成果に違いがあるのかについては一貫した結論が得られていない。まず、女性の方が男性より研究成果が低いとする研究として、論文数で少ないとする分析 (MacDowell and Smith, 1992; Stack, 2004; Symonds, et al. 2006; Ledin, et al., 2007; Aksnes, et al., 2011)や、引用数で低いとする分析がある (Aksnes, et al., 2011; Maliniak, et al., 2013)。Stack(2004)は National Research Council が 1995 年に実施した、11,231 名の博士号取得者のデータを使用して分析したところ、子供の存在等をコントロールしても、女性の方が論文数が低いことを示した。Maliniak, et al.(2013)は女性の引用数が低い理由として、女性の方がキャリアの初期段階で論文数が少ないことや、男性と女性で研究のテーマが異なること等を挙げており、女性研究者が発表している論文のテーマの方が引用されにくいトピックである傾向や、女性は質的な手法による研究をする傾向があるのに対し、男性は量的な手法による研究をする傾向があることを指摘している。これらの要因をコントロールしても、女性の方が被引用数が少ないことを示し、女性は自己引用が少ないことや、男性研究者は女性研究者の論文よりも男性研究者の論文を引用する傾向があることを理由として示している。

また、Nielsen(2015)はデンマークの Aarhus University に所属する研究者を対象に、全分野における 2009 年の論文で男性研究者と女性研究者の研究成果の違いについて分析した結果、論文数や被引用数、共同研究の点で、女性の方が低い値であることを示した。初期の共同研究は同性間で行う傾向がある中で、社会構造として男性研究者が多く、女性の研究者が少ないため、男性研究者と比較すると女性研究者は孤立しやすい傾向があり (MacDowell and Smith, 1992; Etzkowitz et al., 2000; Rivellini, et al. 2006; Boschini and Sjogren, 2007; Abramo et al., 2013)、この孤立感は小規模な部局や女性比率が低い場合に大きくなると指摘している (MacDowell and Smith, 1992; Etzkowitz et al., 2000)。アメリカ合衆国のバイオロジー分野を対象にした分析では、男性研究者は女性研究者と比較すると、女性の大学院生やポストドクターの指導者数が少ない傾向が示されている (Sheltzer and Smith, 2014)。

一方、女性の方が研究成果が高いことを示している先行研究については、Long(1992)は生化学者を対象に、Symonds et al.(2006)は 1990-1993 年の進化生物学と生態学分野の論文を対象に、Borrego et al.(2010)はスペインの大学における人文科学以外の全分野の 1990-2002 年を対象として、女性の方が被引用数が多いことを示した。Abramo et al.(2013)はイタリアの教授における 2006-2010 年の全分野を対象に、女性の方が共同研究をする傾向が高いことを示し、Rothausen-Vange et al. (2005)は特定分野の 162 名の准教授を対象にした調査で、研究指向型の部局の場合には女性が男性より多くの論文を発表しており、研究指向型ではない場合には男性の方が論文数が多いことを示した。

上記は女性と男性で研究成果に違いがあるという研究であるが、性別による有意な差がないとする先行研究もある (Stack, 2002; Bordons et al., 2003; Slyder, et al., 2011)。Borrego et al. (2010)は論文数では有意な性差はなく、Tower et al.(2007)は自然科学、社会科学分野のトップ 6 ジャーナルを対象に、インパクトファクターでは性別による違いがないとした。Gonzalez-Brambila and Veloso (2007)はメキシコにおける研究者を対象に 1981-2002 年の全分野のデータで分析した結果、論文数は女性の方が少ない値にあるものの、大きな差ではないことを示し、Leta and Lewison (2003)はブラジルの研究者を対象とし、天文学、海洋学、免疫学における 1997-2001 年の論文において、論文生産やその潜在的なインパクトに有意な差はないことを示した。Ledín, et al.(2007)は分子生物学のジャーナルである EMBO reports への全投稿者 710 名を対象に、被引用数において性別による差はないことを示した。

以上より、性別による研究成果の違いについて、国や分野による一貫した結果は得られていない。ここで、本稿では機関レベルでの分析を行うため、個人レベルでの女性研究者の研究成果や、共同研究における男女比のようなチームレベルでの観点ではなく、機関内における女性研究者の存在が研究生産の効率性にどう影響するのかという観点から分析を行う。つまり、女性研究者の研究成果が著しく低い場合には、女性研究者の割合が高くなると、機関としての研究生産の低さにつながる可能性があり、効率性を低下させる恐れがある。

一方、Moya-Anegón et al. (2007)や Maliniak, et al.(2013)は男性と女性では研究テーマや分野が異なることを指摘していることから、機関内での性別の多様性が研究成果に影響する可能性が考えられる。性別の多様性と研究成果の関係についての先行研究として、多様性には正の効果と負の効果があり、正の効果は知識や技術が広範囲になることに起因し、負の効果はコミュニケーションが非効率になることや対立が生じることにより生じる (Williams and O'Reilly, 1998)。男性と

女性で研究テーマが異なることを踏まえると、男女で異なる領域で論文発表があるとともに、同僚とのコミュニケーション等で異なる視点に接触することにより、研究成果が増加し、効率性に正の影響を与えることが期待される。

ただし、本分析ではあくまで機関レベルの女性研究者割合を使用しており、共同研究におけるチーム内の分析ではないため、コミュニケーションによる効果というよりは、性差による研究テーマや知識、技術の違いや広範囲化による効果が生じることにより、女性研究者の割合が研究生産の効率性に正の影響を与えることが期待される。以上を踏まえ、女性研究者の割合は研究生産の効率性に影響を与えるかどうかを検証する。

H2. 研究費の外部資金割合は研究生産の効率性に影響を与える。

研究初期段階で外部資金を獲得する段階に至っていない場合に、自己資金は研究を支援し進めていく上で必要な研究費であるという観点から、自己資金により研究が促進され研究生産の効率性の高さにつながる可能性がある。一方で、自己資金割合が高すぎる場合には、競争的資金等を含む外部資金の受入が低いことを意味するため、外部資金により達成可能となるような規模の大きな研究や、ピアレビューを経て配分される競争的資金によって生み出される可能性がある、質の高い研究の産出が難しくなる可能性が考えられる。

文部科学省科学技術・学術政策研究所(2015a)では、第一線で研究開発を実施している教員や研究者を対象に、基盤的経費に加えて、研究を最大限効果的に実施するために、最低限必要な外部資金の規模、理想的な外部資金の規模について調査した。「外部資金は必要ない」から「1億円以上」までの10段階で調査した結果、最低限必要な額の中央値は250万円以上500万円未満であり、理想的な額の中央値は1,000万円以上2,500万円未満であり、金額が大きいほど望ましいのではなく、必要な外部資金の形状は逆U字型となっている可能性がある。ただし、この規模は論文数シェアにより区分した大学グループにより異なる。また、自己資金と外部資金の組み合わせは多様であることが示唆されていることから、研究生産の効率性を最も高める、自己資金と外部資金の割合が存在することが期待される。

3. データ

本研究で使用したデータソースは2つあり、総務省「科学技術研究調査」と、エルゼビア社の学術データベースのScopusである。これらのデータを研究機関、分野単位で分析する際には、研究機関の名寄せが重要である。

名寄せには、文部科学省科学技術・学術政策研究所が公開している「NISTEP 大学・公的機関名辞書(Ver.2012.1)」(以下、辞書)を使用した。この辞書は研究活動を実施している日本の機関を掲載し、各機関にIDを付与している。さらに、セクターの分類、一部の機関には当該下部機関の代表機関ID²が定義されている。本分析において使用するデータは

² 例えば、東京大学経済学研究科にはそのIDの他に、代表機関として東京大学の機関IDも付与されている。

全て、この辞書をもとに名寄せを行い、辞書に掲載されている研究機関のみに限定している。分析の単位は全て、代表機関に統一した。なお、他機関と統合した場合には、移行後に引き継いだ機関に統一した。

本分析は医学保健分野を対象としており、分野分類は各データ固有の分野から作成している。各データベースの分野対応を表 1 に記載する。科学技術研究調査を使用する際には、学問別区分において、主なものとされた分野を使用した³。以下において分野と記載した際には、この医学保健分野を指すこととする。分析に使用したデータの期間は 1996 年から 2009 年であり、国立大学、公立大学、私立大学を対象とした。

表 1. 分野分類表

科学技術研究調査(2分野)	Scopus(6分野)
医・歯・薬学	医学
保健その他	保健医療
	免疫学・微生物学
	歯学
	看護学
	薬理学・毒物学・薬剤学

4. 分析方法

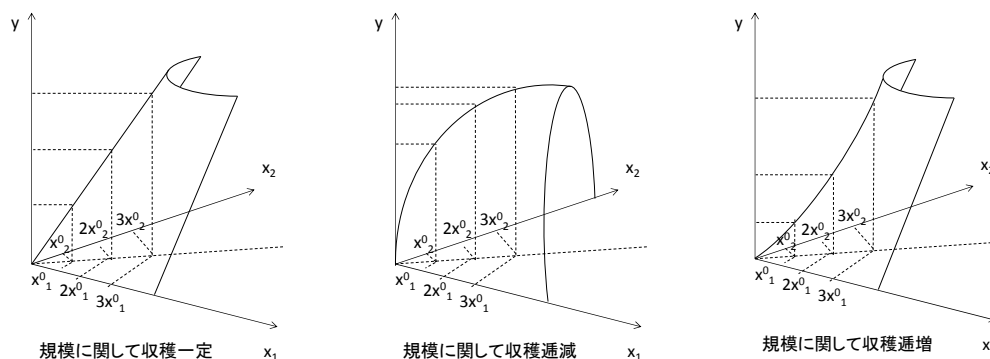
本節では研究生産の効率性とその要因を分析する方法について述べる。

4.1 Data envelopment analysis (包絡分析法)

効率性はアウトプット/インプットで評価される。効率性を分析する方法として、Data envelopment analysis (DEA)を使用した。DEA の基本的なモデルとしては、Charnes, et al. (1978)が提唱した CCR モデルと、Banker, et al.(1984)が発展させた BCC モデルがある。CCR モデルは規模の経済に関して収穫一定を仮定しており、BCC モデルでは規模の経済に関して収穫可変を仮定している。全てのインプットを γ 倍するとアウトプットが γ 倍増加するとき、規模に対して収穫一定であり、アウトプットが γ 倍以上増加するときには規模に対して収穫逡増、 γ 倍以下のときには収穫逡減である(図 2)。

³ 年次によって学問区分に相違が生じている場合には、最新年の学問区分に統一した。

図 2. 規模に関する収穫



西村(2002), 図 6-3 より作成.

DEA では評価対象となる事業体(DMU: Decision making unit)の効率性をアウトプット/インプットで評価し、インプット値は小さいほど望ましく、アウトプット値は大きいほど望ましい。DEA は観測値に基づいて生産可能集合を求め、母集団の分布などの前提を要さないノンパラメトリックな手法であり、相対的な効率性の評価を行う。観測される全ての DMU を基に、分析対象の中で効率的な DMU 群により形成される効率的フロンティアを導出し、それと比較して各 DMU のインプット・アウトプットの改善を、他のどのインプット・アウトプットも犠牲にすることなく達成できない時、その DMU は効率的であり、それ以外の場合には非効率であるとされるパレート最適値を導出する。項目数や測定単位に制約がないことが利点であり、各 DMU にとって最も有利となるように重みづけされる点の特徴として挙げられる。DEA にはインプット指向型モデル(Input-oriented model)とアウトプット指向型モデル(Output-oriented model)があり、前者はアウトプットレベルを所与としてインプットを最小にすることを目的とし、後者はインプットレベルを所与としてアウトプットを最大にすることを目的とする(Charnes, et al., 1995; Coelli, et al, 2005; Cooper, et al., 2007; Cook and Zhu, 2013)。本分析では、規模の経済に関して収穫可変を仮定し、現在のインプットレベルにおいて大学がアウトプットを最大にすることを目的とした、アウトプット指向型のモデルを使用する。以下に BCC アウトプット指向型モデルについて説明する。

n の DMU が存在し、各 DMU は m 個のインプットを用いて s 個のアウトプットを生産することとする。よって、 DMU_j は $X_j = \{x_{ij}\}$ 、 $x_{ij} > 0$ のインプット ($i=1, \dots, m$) を用いて、 $Y_j = \{y_{rj}\}$ 、 $y_{rj} > 0$ のアウトプット ($r=1, \dots, s$) を生産する。アウトプットの $s \times n$ 行列を Y 、インプットの $m \times n$ 行列を X と表す。

$DMU_o (o=1, \dots, n)$ のアウトプット指向型 BCC モデルにおける双対線形計画問題の主問題は(1)式、双対問題は(2)式である。目的は与えられた資源の範囲を出ずに、アウトプットを最大化することである。 X 、 Y は行列であり、 $\bar{1} = (1, 1, \dots, 1)$ は行ベクトル、 s^+ 、 s^- 、 Y_o 、 X_o 、 λ 、 μ 、 ν 、 0 は全て列ベクトルである。

$$\max_{\phi, \lambda, s^+, s^-} z_o = \phi + \varepsilon \cdot \bar{1} s^+ + \varepsilon \cdot \bar{1} s^- \quad (1)$$

$$s.t. \quad X\lambda + s^- = X_o$$

$$\phi Y_o - Y\lambda + s^+ = 0$$

$$\bar{1}\lambda = 1$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

ϕ : 効率値を表す変数

λ : インプット、アウトプット値の非負結合係数を表す変数

ε : 無限小正数

X_o : DMU_o のインプット値

Y_o : DMU_o のアウトプット値

s^- : インプットに対するスラック変数

s^+ : アウトプットに対するスラック変数

$$\min_{\mu, \nu, \nu_o} q_o = \nu^T X_o + \nu_o \quad (2)$$

$$s.t. \quad \mu^T Y_o = 1$$

$$-\mu^T Y + \nu^T X + \nu_o \bar{1} \geq 0$$

$$\mu^T \geq \varepsilon \cdot \bar{1}$$

$$\nu^T \geq \varepsilon \cdot \bar{1}$$

ν : インプットに対するウェイトを表す変数

μ : アウトプットに対するウェイトを表す変数

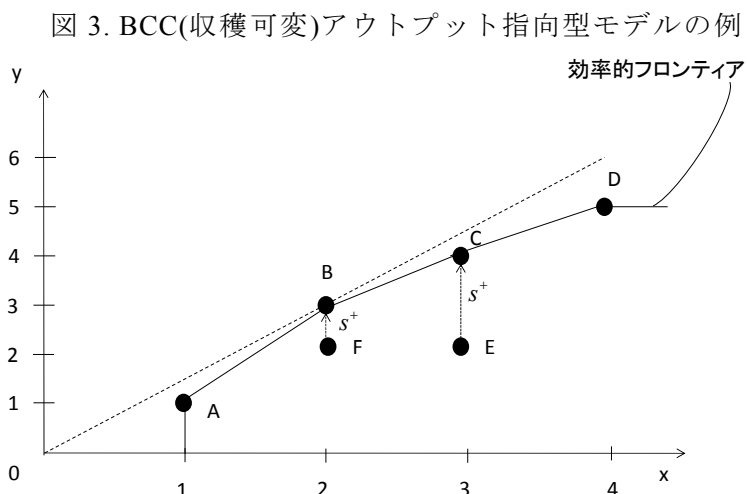
ν_o : 自由変数

最適化は2段階で行われ、第1段階で最適な ϕ^* ($1 \leq \phi^*$) を求め、第2段階でスラック s^+ 、 s^- の最適化を行う。スラックとは余剰であり、インプットであれば削減することができる余剰、アウトプットであれば増加することができる余剰である。 $\phi^* = 1$ かつすべてのスラックがゼロである、という条件が満たされるときに限り、DMU は完全に効率的である。なお、スラックがゼロではない場合には、弱効率的である。もし $\phi^* = 1$ であれば、現在のアウトプットレベルをこれ以上増加させることはできず、 DMU_o は効率的フロンティア上にあることを示し、 ϕ^* が大きいほどパフォーマンスは悪くなる。非効率的 DMU は、 $Y_o \rightarrow \phi Y_o + s^+$ 、 $X_o \rightarrow X_o - s^-$ と射影写像することにより、効率的フロンティア上に移動することができる。本稿では、各大学を DMU とした分析を行い、(3)式により効率値を算出した⁴。この効率値は $0 < E \leq 1$ の値を取り、 $E = 1$ のとき効率的である。

$$E = 1/\phi^* \quad (3)$$

⁴ なお、ある DMU がアウトプット指向型で効率的になるのは、同一のデータについてインプット指向型を適用して効率的になる場合であり、その場合のみである。

BCCモデルにおける1インプット、1アウトプットの場合の例を図3に示す。5つのA, B, C, D, E, FのDMUがある場合、効率的フロンティアはA, B, C, Dから構成される。ABは規模に関して収穫逓増、Bは規模に関して収穫一定、BCとCDは規模に関して収穫逓減となる。EとFは非効率的であるが、アウトプット指向型モデルにおいては、アウトプットを改善することにより、それぞれ効率的フロンティア上にあるC, Bまで移動することが可能である。



出典: Cook and Zhu (2013), Figure 2.22 より作成.

DEA に使用した変数については以下の通りである。インプットがアウトプットに結びつくまでにはタイムラグがあると仮定し、その期間を2年間とした。また、ある特定の年次のインプットが特定の年次のアウトプットに結び付いているとは考えにくく、過去数年間のインプットが寄与していると仮定し、3年間の移動平均値(以下、年平均値)を使用した(米谷ら, 2013)。年次の対応については表2に記載する。1996年から2009年のデータから、10期間のパネルデータを作成した。

表2. 年次の対応について

	DEA		要因分析			
	期間	インプット	アウトプット	効率性	説明変数、コントロール変数	
3年移動平均	1	1996-1998	1998-2000	→	1998	1996-1998
	2	1997-1999	1999-2001	→	1999	1997-1999
	3	1998-2000	2000-2002	→	2000	1998-2000
	4	1999-2001	2001-2003	→	2001	1999-2001
	5	2000-2002	2002-2004	→	2002	2000-2002
	6	2001-2003	2003-2005	→	2003	2001-2003
	7	2002-2004	2004-2006	→	2004	2002-2004
	8	2003-2005	2005-2007	→	2005	2003-2005
	9	2004-2006	2006-2008	→	2006	2004-2006
	10	2005-2007	2007-2009	→	2007	2005-2007

まず、インプットの変数として、科学技術研究調査から教員数の実数(教授、准教授、講師及び助教)、博士課程在籍者数、医局員・その他の研究員、内部で使用した研究費のうち原材料費、機械・器具・装置などの有形固定資産購入費、その他の経費の合計額(以下、研究費)を使用した⁵。これらの研究費は、自己資金や外部から受け入れた資金であるかを問わず、内部で使用した研究費である。その他の研究員とは、教員や医局員、大学院博士課程の在籍者以外で、大学の課程を修了した者、又はこれと同等以上の専門的知識を有し、特定のテーマを持って研究を行っている者を指す。ポストドクターはこの変数に含まれる。これらの変数について、医学保健分野に該当する機関を対象に年平均値を算出した。

次に、アウトプットの変数として、論文数と被引用数を使用した。Scopus データと辞書のマッチングには、NISTEP が公開している「Scopus-NISTEP 大学・公的機関名辞書対応テーブル(Ver.2013.1)」を使用した。このテーブルは辞書の機関 ID と Scopus の論文 ID を対応させており、1996-2010 年の期間に Scopus に採録された論文のうち、日本の機関に所属する著者を含む論文データを対象に、名寄せを実施することが可能である。論文データは、各年次、Scopus における各分野でダウンロードした⁶。それを医学保健分野内での重複を削除し、整数カウント法を用いて機関 ID ごとに論文数と被引用数をカウントし、年平均値を算出した。なお、被引用数については、発表年次の違いによる引用数のバイアスを考慮し、Scopus の全各 26 分野(日本全体)の各年次の平均引用数で除すことにより、基準化した。DEA は、10 期間の論文数シェア平均が 0.05%以上の大学を対象とし、国立大学、私立大学、公立大学ごとに、10 期間の DMU をプールして推定した。また、女性割合についての影響を分析するため、女性の割合が高い傾向のある、女子大学と看護大学は除外した。

4.2 要因分析

女性研究者の割合、外部資金の割合が研究生産の効率性に影響を与えるのかについて、変量効果モデル⁷による 10 期間のパネルトービットにより推定を行った。推定モデルは(4)式である。 i は各大学、 t は期間を示し、 $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ 、個別効果 α_i は $\alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2)$ である。

$$y_{it}^* = x_{it}'\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\begin{cases} y_{it} = 0 & \text{if } 0 \geq y_{it}^* \\ y_{it} = y_{it}^* & \text{if } 0 < y_{it}^* < 1 \\ y_{it} = 1 & \text{if } 1 \leq y_{it}^* \end{cases}$$

⁵ 原材料費とは研究のために要した主要原料費、補助材料費、部分品費、試作品費などを含めた総額である。機械・器具・装置などとは、耐用年数 1 年以上でかつ取得価格が 10 万円以上の機械、器具、装置、車両、その他の運搬具、工具、器具及び備品を指す。その他の経費とは、研究のために要した図書費、水道費、消耗品費等を含めた総額を指す。

⁶ 抽出は 2014 年 6 月 11 日に行った。

⁷ パネルトービット分析では、固定効果モデルは一致推定量が得られないため、変量効果モデルを使用するのが一般的である(Cameron and Trivedi, 2009)。

被説明変数は (3)式で算出した、各大学の各期間における効率性である。 $0 < E \leq 1$ の値を取るため、下限は 0、上限は 1 で切断されたトービットモデルを使用した。説明変数には各大学の各期間における、教員の女性割合、大学院博士課程在籍者の女性割合、内部で使用した研究費のうち外部から受け入れた研究費の割合を使用した。ここでの内部で使用した研究費には、DEA で使用した研究費の他に、人件費、有形固定資産の購入費としての土地、建物等や建設仮勘定などのその他の有形固定資産、リース料を含む。外部から受け入れた研究費には、受託費、科学研究費、補助金、交付金を含む。また、コントロール変数として、年次ダミー変数、私立大学ダミー変数、公立大学ダミー変数、統合された場合 1 のダミー変数、論文数シェア、歯科大学、薬科大学であれば 1 を取るダミー変数を使用した。論文数シェアを使用することで、論文を活発に発表している影響をコントロールする。

ここで、DEA、要因分析に使用した変数を表 3 に示す。研究生産の効率性との非線形の関係がある可能性を検証するため、教員の女性割合、大学院博士課程在籍者の女性割合、内部で使用した研究費のうち外部から受け入れた研究費の割合の二次項を使用したモデルも分析する。

表 3. 分析に使用した変数

DEAに使用	
インプット	教員数(実数)
	博士課程在籍者数(実数)
	医局員・その他の研究員数(実数)
	原材料費、機械・器具・装置などの購入費、その他の経費の合計額
アウトプット	論文数
	被引用数
要因分析に使用	
被説明変数	研究生産の効率性
説明変数	教員の女性割合
	大学院博士課程在籍者の女性割合
	内部で使用した研究費のうち外部から受け入れた研究費の割合
	年次ダミー
コントロール変数	私立大学ダミー
	公立大学ダミー
	統合ダミー
	論文数シェア
	歯科大学ダミー
	薬科大学ダミー

5. 推定結果

本節では、DEA による研究生産の効率性の推定結果とそれに影響を与える要因についての推定結果を記載する。まず、本分析で使用した大学を図 4 に示し、記述統計を表 4 に示す。分析対象としたのは 104 大学であり、内訳は国立大学 40 大学、公立大学 11 大学、私立大学 53 大学である。論文数シェアにより 4 つの群に分ける。10 期間の論文数シェア平均を用いて、第 1 群を第 3 四分位点以上(シェア 1.16%~5.64%)、第 2 群を第 2 四分位点以上第 3 四分位点未満(シェア 0.67%~1.09%)、第 3 群を第 1 四分位点以上第 2 四分位点未満(シェア 0.63%~0.28%)、第 4 群を第 1 四分位点以下(シェア 0.23%~0.08%)とした。

図 4. 分析対象大学

		医学保健分野 104大学												
		第1群(26大学)			第2群(26大学)			第3群(26大学)			第4群(26大学)			
国立大学 40大学	岡山大学	信州大学	東京大学	愛媛大学	鳥取大学	旭川医科大学	富山大学	宮崎大学						
	京都大学	新潟大学	東北大学	岐阜大学		香川大学	琉球大学	高知大学						
	金沢大学	神戸大学	徳島大学	弘前大学		山形大学		佐賀大学						
	九州大学	千葉大学	北海道大学	三重大学		山梨大学		福岡大学						
	熊本大学	大阪大学	名古屋大学	山口大学		滋賀医科大学		福井大学						
	群馬大学	長崎大学		鹿児島大学		大分大学								
	広島大学	東京医科歯科大学		秋田大学		島根大学								
公立大学 11大学	京都府立医科大学			横浜市立大学	奈良県立医科大学	静岡県立大学	和歌山県立医科大学	岐阜薬科大学						
	大阪市立大学			札幌医科大学	名古屋市立大学	福島県立医科大学		九州歯科大学						
私立大学 53大学	慶應義塾大学			久留米大学	東邦大学	愛知医科大学	東京薬科大学	愛知学院大学	東北薬科大学					
	順天堂大学			近畿大学	日本医科大学	杏林大学	東京理科大学	麻布大学	徳島文理大学					
	昭和大学			埼玉医科大学	福岡大学	関西医科大学	藤田保健衛生大学	昭和薬科大学	日本歯科大学					
	日本大学			産業医科大学	獨協医科大学	岩手医科大学	兵庫医科大学	城西大学	福岡歯科大学					
	北里大学			自治医科大学		京都薬科大学		神戸学院大学	福山大学					
				大阪医科大学		金沢医科大学		神奈川歯科大学	北海道医療大学	北海道薬科大学				
				帝京大学		星薬科大学		大阪歯科大学	名城大学	北海道薬科大学				
				東海大学		聖マリアンナ医科大学		大阪薬科大学	朝日大学	明海大学				
				東京医科大学		川崎医科大学		朝日大学	明海大学	明治薬科大学				
				東京慈恵会医科大学		東京歯科大学		朝日大学	明海大学	明治薬科大学				

表 4. 国公立大学別、記述統計

全体						
変数名	観測数	平均	標準誤差	最小値	最大値	
教員数	1040	391.16	272.53	39.67	1848.67	
博士課程在籍者数	1040	187.56	220.25	1.00	1191.67	
医局員・その他の研究員数	1040	201.05	280.15	0.00	1883.33	
研究費(万円)	1040	225573.80	266970.10	17126.33	1738916.00	
論文数	1040	232.40	236.30	3.33	1681.00	
被引用数	1040	222.57	283.27	2.38	2020.52	
教員女性割合	1040	0.15	0.05	0.06	0.41	
博士課程在籍者女性割合	1040	0.24	0.09	0.00	0.63	
外部資金割合	1040	0.15	0.09	0.00	0.60	
国立大学						
変数名	観測数	平均	標準誤差	最小値	最大値	
教員数	400	395.02	168.26	234.67	964.00	
博士課程在籍者数	400	343.88	277.41	47.00	1191.67	
医局員・その他の研究員数	400	217.55	187.87	36.67	1303.00	
研究費(万円)	400	298253.00	277116.30	62792.00	1507697.00	
論文数	400	360.35	313.33	3.33	1681.00	
被引用数	400	368.67	394.99	2.38	2020.52	
教員女性割合	400	0.14	0.03	0.06	0.22	
博士課程在籍者女性割合	400	0.25	0.06	0.12	0.41	
外部資金割合	400	0.19	0.09	0.04	0.60	
公立大学						
変数名	観測数	平均	標準誤差	最小値	最大値	
教員数	110	269.72	111.98	62.67	444.67	
博士課程在籍者数	110	119.63	85.38	8.67	305.33	
医局員・その他の研究員数	110	184.71	197.03	0.00	851.33	
研究費(万円)	110	111622.00	66256.27	27709.33	259119.00	
論文数	110	198.22	104.85	22.00	368.33	
被引用数	110	174.20	95.58	18.53	336.17	
教員女性割合	110	0.17	0.06	0.06	0.35	
博士課程在籍者女性割合	110	0.21	0.10	0.00	0.48	
外部資金割合	110	0.12	0.07	0.01	0.32	

私立大学

変数名	観測数	平均	標準誤差	最小値	最大値
教員数	530	413.45	344.04	39.67	1848.67
博士課程在籍者数	530	83.68	74.05	1.00	360.67
医局員・その他の研究員数	530	191.99	345.24	0.00	1883.33
研究費(万円)	530	194372.00	271090.90	17126.33	1738916.00
論文数	530	142.94	112.76	15.00	623.33
被引用数	530	122.35	106.54	9.03	697.28
教員女性割合	530	0.16	0.05	0.08	0.41
博士課程在籍者女性割合	530	0.23	0.11	0.00	0.63
外部資金割合	530	0.14	0.09	0.00	0.38

5.1 DEA 推定結果

DEA 推定結果を論文数シェア群別に集計したものを表 5 に示す。各大学の 10 期間の平均値から求めた、研究生産の効率性、インプットとアウトプットの平均値を示す。また、アウトプット指向型モデルであることから、アウトプットのスラック改善率を示す。改善率は、各大学のアウトプットの初期値と、効率的フロンティア上に射影写像した際のアウトプット値から必要な改善率を求め、各大学における 10 期間の平均値を算出し、論文数シェア群ごとに平均値を計算した。さらに、規模の経済について、収穫逓増、収穫逓減、収穫一定と推定された割合を示す。

表 5. 論文数シェア群別、研究生産の効率性、スラック改善率

論文数シェア	効率性	収穫逓減	収穫逓増	収穫一定	論文数スラック改善率	被引用数スラック改善率
全体	0.65	41.0%	51.3%	7.8%	155.55%	169.76%
第1群 第3四分位点以上	0.80	46.9%	48.1%	5.0%	30.17%	35.73%
第2群 第2四分位点以上、 第3四分位点未満	0.75	68.8%	29.2%	1.9%	39.34%	54.61%
第3群 第1四分位点以上、 第2四分位点未満	0.60	41.5%	45.8%	12.7%	262.02%	271.24%
第4群 第1四分位点以下	0.44	6.5%	81.9%	11.5%	290.68%	317.46%

論文数シェア	平均論文数	平均被引用数	平均教員数	平均研究費	平均博士在籍者数	平均医局員・その他の研究員数
全体	232.40	222.57	391.16	225573.80	187.56	201.05
第1群 第3四分位点以上	531.82	555.84	591.24	470226.00	474.77	370.39
第2群 第2四分位点以上、 第3四分位点未満	236.88	195.18	501.66	229679.00	143.52	290.59
第3群 第1四分位点以上、 第2四分位点未満	118.69	105.15	316.19	131841.60	91.73	110.40
第4群 第1四分位点以下	42.23	34.13	155.55	70548.70	40.22	32.82

平均でみると、研究生産の効率性は論文数のシェアが大きくなるにつれて高くなっていくため、論文を相対的に多く発表している大学の方が、研究生産の効率性も高いことが分かった。規模の経済に関しては、第 4 群では収穫逓増の割合が高く、第 2 群では収穫逓減の割合が高い。第 4 群ではインプットとアウトプットの規模が小さいことから、論文数シェアが大きい大学と比較した場合には、研究大学として未だ成長の段階であることから収

穫逋増の性質をもつ可能性が示唆される。Hashimoto and Cohn (1997)は、1991年における日本の私立大学94校を対象とし、研究活動のアウトプットとして研究費を使用して費用関数を推定し、規模の経済について分析した結果、アウトプットレベルが小さい大学では規模の不経済が生じることを示しており、使用しているアウトプットが異なり医学保健分野のみを対象としてはいないものの、同様の傾向がみられる。また、大学では研究のみではなく教育も重要な活動であるが、論文として研究成果を出すという活動規模が他の群と比較して少なく、教育面での活動に比重が置かれている可能性も考えられる。第2群では収穫逋減の割合が高いことから大学の特性が異なる可能性を示唆しており、インプットの増加量とアウトプットの増加量の均整がとれておらず、規模の不経済が存在する可能性が考えられる。

次に、アウトプットである論文数と被引用数のスラックについてみていく。論文数の改善率よりも被引用数の改善率の方が大きいことから、効率的フロンティア上にある大学と比較して、被引用数が多い論文のアウトプットが少ないことを示しており、インパクトの強い論文の算出が、研究生産の効率性の乖離を小さくするために重要であることが示唆される。特に、第2群と第3群の間に差がある。

さらに、研究生産の効率性の時系列変動についてみていく。図3と表6に論文数シェア群ごとに、期間別に研究生産の効率性の平均値をプロットしたグラフと表を示す。全体では、第3期以降は研究生産の効率性は上昇しているため、近年になるにつれ効率的フロンティアにある大学との乖離が小さくなっていることが示唆される。群ごとにみると、全ての群で研究生産の効率性は近年上昇傾向にあり、特に第3群では研究生産の効率性が大幅に改善していることがみてとれるため、効率的フロンティア上にある大学との乖離が小さくなっている可能性が考えられる。

また、アウトプットである論文数と被引用数の改善率を、論文数シェア群ごとに期間別にみると(表7)、第1期間と比較すると、全ての群で近年になるに従い必要な改善率が小さくなっていることから、効率的フロンティア上にある大学との乖離が小さくなってきていることが分かる。

図3. 論文数シェア群ごと、期間別の効率性平均の推移

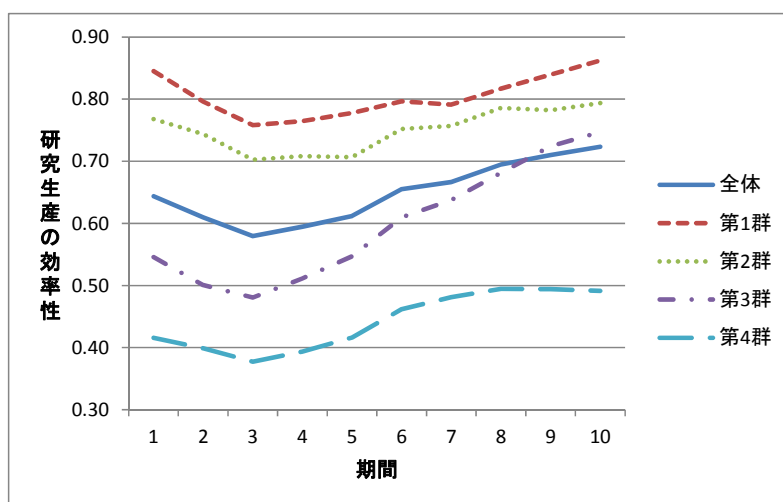


表 6. 論文数シェア群ごと、期間別の効率性平均の推移

期間	全体	第1群	第2群	第3群	第4群
1	0.643	0.845	0.768	0.546	0.416
2	0.610	0.796	0.744	0.500	0.399
3	0.580	0.758	0.702	0.480	0.377
4	0.594	0.765	0.708	0.511	0.393
5	0.612	0.778	0.707	0.547	0.416
6	0.655	0.797	0.752	0.610	0.462
7	0.667	0.791	0.757	0.638	0.481
8	0.695	0.817	0.786	0.681	0.494
9	0.710	0.839	0.782	0.724	0.494
10	0.723	0.862	0.793	0.747	0.491
10期間平均	0.649	0.805	0.750	0.598	0.442

表 7. 論文数シェア群ごと、期間別の論文数、被引用数の改善率

期間	論文数スラック改善率					被引用数スラック改善率				
	全体	第1群	第2群	第3群	第4群	全体	第1群	第2群	第3群	第4群
1	265.78%	23.70%	37.66%	509.47%	492.28%	282.18%	30.33%	58.13%	524.73%	515.54%
2	276.46%	32.00%	40.51%	579.52%	453.79%	292.77%	38.34%	58.61%	594.61%	479.54%
3	286.50%	39.40%	47.74%	586.68%	472.16%	303.25%	46.92%	64.94%	599.62%	501.54%
4	205.24%	37.42%	46.12%	358.64%	378.78%	219.13%	43.89%	60.16%	368.76%	403.72%
5	132.08%	35.07%	46.01%	194.40%	252.81%	144.88%	39.94%	60.50%	202.31%	276.78%
6	102.95%	31.26%	37.47%	157.35%	185.71%	115.77%	36.84%	52.85%	165.68%	207.72%
7	78.78%	31.07%	37.88%	74.66%	171.51%	92.39%	34.49%	54.74%	81.05%	199.30%
8	72.51%	27.20%	33.74%	59.32%	169.76%	85.49%	32.60%	47.25%	65.20%	196.90%
9	69.95%	23.95%	34.23%	52.07%	169.54%	83.27%	27.94%	46.62%	56.99%	201.51%
10	65.30%	20.60%	32.08%	48.03%	160.48%	78.45%	26.03%	42.29%	53.40%	192.09%

5.2 要因分析結果

研究生産の効率性を被説明変数とした変量効果モデルによるパネルトリービット分析の結果を表 8 に示す。

まず、女性研究者の割合が研究生産の効率性に与える影響についてみていく。教員全体に占める女性教員の割合は一次項のみのモデルでは 5%水準で有意に正の影響がみられ、二次項を入れたモデルでは有意にはならなかった。よって、教員に占める女性研究者の割合が高くなると研究生産の効率性が良くなることが分かった。

博士課程在籍者の女性割合については、一次項のみのモデルでは 1%水準で有意に正の影響がみられた。非線形の可能性を考慮して、二次項のモデルを推定した結果、一次項では有意に負、二次項では有意に正の影響がみられることから、U字型の特徴を持ち、一定水準を超えると、その割合の上昇が研究生産の効率性に正の影響を与えることが分かる。

次に、外部資金の割合の増加は研究生産性に 1%水準で有意に正の影響を与えている。つまり、自己資金のみではなく、競争的資金等の外部資金の受け入れが高くなると研究生産の効率性が高くなることが分かった。二次項が有意ではないが負であることから逆 U 字

の関係がある可能性があり、ある一定の水準を超えると研究生産の効率性に負の影響を与える可能性が示唆される。

表 8. 要因分析推定結果

	係数(標準誤差)			
	一次項のみ		二次項あり	
教員女性割合	0.386**	(0.160)	0.272	(0.447)
二次項			0.299	(1.034)
博士課程在籍者女性割合	0.147***	(0.0515)	-0.308**	(0.140)
二次項			0.925***	(0.264)
外部資金割合	0.374***	(0.0771)	0.486***	(0.172)
二次項			-0.264	(0.355)
論文数シェア	70.62***	(3.231)	70.09***	(3.231)
公立大学ダミー	0.681***	(0.171)	0.672***	(0.169)
私立大学ダミー	0.589***	(0.115)	0.579***	(0.114)
歯科大学ダミー	0.0152	(0.207)	0.0180	(0.205)
薬科大学ダミー	0.327*	(0.174)	0.310*	(0.173)
統合ダミー	0.498***	(0.173)	0.492***	(0.171)
年次ダミー	yes		yes	
定数項	-0.566***	(0.104)	-0.507***	(0.110)
観測数		1040		1040

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

6. 考察及び結論

本稿では、医学保健分野を対象に、各大学の研究生産の効率性を推定し、それに女性研究者の割合や外部資金研究費の割合がどのように影響しているのかについて分析した。その結果、研究生産の効率性は近年向上していることが分かった。効率的フロンティア上にある大学との乖離は近年に従い小さくなってきていることが考えられる。また、研究生産の効率性は論文数シェア群により異なる傾向がみられた。

さらに、研究生産の効率性と女性研究者の割合や外部資金割合との関係についての仮説に対して、以下の結果を得た。

H1. 女性研究者の割合が高くなると、研究生産の効率性に正の影響を与える。教員の女性割合の増加は正に影響する。博士課程在籍者の女性割合は、一定の水準を超えると正に影響する。

H2. 研究費の外部資金割合が高くなると、研究生産の効率性に正の影響を与える。

第2節で言及したように、先行研究では女性研究者の方が論文数や被引用数などの研究成果が低いとする結果もあることから、女性の方が男性よりも研究成果が大幅に低い場合

には、機関レベルでみた場合、女性研究者の割合の高さは研究生産の効率性に負の影響を与える可能性が考えられたが、本分析では女性研究者の増加が研究生産の効率性に正の影響を与える結果が得られたことから、性別の多様性が研究生産の効率性に正の影響を与えていることが示唆される。それには性差による研究テーマや知識、技術の広範囲化が影響していることが考えられる。博士課程在籍者の女性割合については、ある一定以上の割合を超えると研究生産の効率性に正の影響を与えることから、MacDowell and Smith(1992)やEtzkowitz et al.(2000)が指摘しているように、小規模な部局や女性比率が低い場合には女性研究者は孤立しやすく、多様性による効果が上手く発揮されない可能性が考えられ、女性研究者の割合が増加するような大学、つまり、女性研究者が活躍しやすい環境が研究生産の効率性に影響していることが示唆される。「科学技術の状況に係る総合的意識調査(NISTEP 定点調査)検索」によると、現場の研究者の意見として、女性研究者を確保することは国力を向上させる上で非常に重要な問題であることや、多様性の観点から若い女性研究者の育成について取組むべきであること、女性研究者が活躍できるような支援策が必要である点を指摘している。また、優秀な人材であることに焦点を当てて男女に関係なく公正に採用されることが重要であるとの指摘もある。

研究費における自己資金と外部資金の割合については、外部資金の割合が高くなると研究生産の効率性が高まることが分かった。外部資金のうちの競争的資金は、ピアレビューを経て配分される資金であることから、研究の重要性や質が高い研究である傾向が強いと考えられる。競争的資金である科学研究費助成事業は論文アウトプットの量と質で大きな役割を担っていることが指摘されている(文部科学省科学技術・学術政策研究所, 2015b)。しかし、有意ではないものの二次項が負であることから、研究の検証段階や初期段階において自己資金は重要な役割を果たしており、外部資金の割合が高くなり過ぎることは、研究生産の効率性の観点からみると望ましくない可能性が示唆される。

本分析結果はあくまで医学保健分野における結果であり、各大学における研究テーマの細やかな違いや、研究室の環境によって、女性研究者割合や外部資金額は異なるため、マクロ的視点からの分析であることに注意が必要である。さらに、分析対象とした大学間での相対的な効率性を推定しているため、絶対的な効率性ではなく、対象とする大学が変わると相対的な効率性が変化する特徴があることに留意が必要である。

また、研究生産の効率性には外国人研究者の割合や研究時間が影響を与えている可能性も考えられるが、使用可能なデータの分野分類や調査設計の性質上、組み合わせて分析することにより精度が下がると判断したため、本稿では分析の対象としておらず、今後の課題とする。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会(JSPS)の研究活動スタート支援 25885128 の助成を受けたものである。本稿の作成に当たり、政策研究大学院大学の桑原輝隆教授、当研究所の奈良人司所長、斎藤尚樹総務研究官、松原太郎企画課長、伊神正貫科学技術・学術基盤調査研究室室長から多くの貴重なご助言を頂いたことに深く感謝する。

参考文献

- Abbott, A. and Doucouliagos, C. (2002). A data envelopment analysis of the efficiency of Victorian TAFE institutes. *The Australian Economic Review*, 35(1), 55-69.
- Abbott, A. and Doucouliagos, C. (2003). The efficiency of Australian universities: A data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22(1), 89-97.
- Abramo, G., D'Angelo, C., and Murgia, G. (2013). Gender differences in research collaboration. *Journal of Informetrics*, 7(4), 811-822.
- Ahn, T., Charnes, A., and Cooper, W. (1988). Some statistical and evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning. *Socio-Economic Planning Sciences*, 22(6), 259-269.
- Aksnes, D., Rorstad, K., Piro, F., and Sivertsen, G. (2011). Are female researchers less cited? A large-scale study of Norwegian scientists. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 62(4), 628-636.
- Avkiran, N. (2001). Investigating technical and scale efficiencies of Australian universities through data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 35(1), 57-80.
- Banker, R., Charnes, A., and Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Beasley, J. (1995). Determining teaching and research efficiencies. *Journal of the Operational Research Society*, 46(4), 441-452.
- Berbegal-Mirabent, J., Lafuente, E., and Solé, F. (2013). The pursuit of Knowledge transfer activities: An efficiency analysis of Spanish universities. *Journal of Business Research*, 66(10), 2051-2059.
- Bhattacharyya, A. and Chakraborty, S. (2014). A DEA-TOPSIS-based approach for performance evaluation of Indian technical institutes. *Decision Science Letters*, 3(3), 397-410.
- Bordons, M., Morillo, F., Fernández, M., and Gómez, I. (2003). One step further in the production of bibliometric indicators at the micro level: Differences by gender and professional category of scientists. *Scientometrics*, 57(2), 159-173.
- Borrego, Á., Barrios, M., Villarroja, A., and Ollé, C. (2010). Scientific output and impact of postdoctoral scientists: A gender perspective. *Scientometrics*, 83(1), 93-101.
- Boschini, A. and Sjogren, A. (2007). Is team formation gender neutral? Evidence from coauthorship patterns. *Journal of Labor Economics*, 25(2), 325-365.
- Breu, T. and Raan, R. (1994). Efficiency and Perceived quality of the nation's "Top 25" national universities and national liberal arts colleges: An application of data envelopment analysis to higher education. *Socio-Economic Planning Sciences*, 28(1), 33-45.
- Cameron, A. and Trivedi, P. (2009). *Microeconometrics: Methods and applications*. Cambridge University Press.
- Castano, M. and Cabanda, E. (2007). Sources of efficiency and productivity growth in the Philippine state universities and colleges: A non-parametric approach. *International Business and Economics Research Journal*, 6(6), 79-90.

- Charnes, A., Cooper, W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A., and Seiford, L. (1995). *Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications*. Kluwer Academic Publishers.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A., and Seiford, L. (1995). *Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Coelli, T., Rao, D., O'Donnell, C., and Battese, G. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis, Second edition*, Springer.
- Cook, W. and Zhu, J. (2013). *Data envelopment analysis: Balanced Benchmarking*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Cooper, W., Seiford, L., Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software, second edition*. Springer.
- Etzkowitz, H., Kemelgor, C., and Uzzi, B. (2000). *Athena unbound: The advancement of women in science and technology*. Cambridge University Press.
- Fandel, G. (2007). On the performance of universities in North Rhine-Westphalia, Germany: Government's redistribution of funds judged using DEA efficiency measures. *European Journal of Operational Research*, 176(1), 521-533.
- Gonzalez-Brambila, C. and Veloso, F. (2007). The determinants of research output and impact: A study of Mexican researchers. *Research Policy*, 36(7), 1035-1051.
- Hashimoto, K. and Cohn, E. (1997). Economies of scale and scope in Japanese private universities. *Education Economics*, 5(2), 107-115.
- Johnes, J. (2006). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, 25(3), 273-288.
- Johnes, J. and Johnes, G. (1995). Research funding and performance in U.K. university departments of economics: A frontier analysis. *Economics of Education Review*, 14(3), 301-314.
- Kao, C. and Hung, H. (2008). Efficiency analysis of university departments: An empirical study. *Omega*, 36(4), 653-664.
- Kounetas, K., Anastasiou, A., Mitropoulos, P., and Mitropoulos, I. (2011). Departmental efficiency differences within a Greek university: An application of a DEA and Tobit analysis. *International Transactions in Operational Research*, 18(5), 545-559.
- Kuah, C. and Wong, K. (2011). Efficiency assessment of universities through data envelopment analysis. *Procedia Computer Science*, 3, 499-506.
- Ledin, A., Bornmann, L., Gannon, F., and Wallon, G. (2007). A persistent problem: Traditional gender roles hold back female scientists. *EMBO reports*, 8(11), 982-987.
- Leta, J. and Lewison, G. (2003). The contribution of woman in Brazilian science: A case study in astronomy, immunology and oceanography. *Scientometrics*, 57(3), 339-353.
- MacDowell, J. and Smith, K. (1992). The effect of gender-sorting on propensity to coauthor: Implications for academic promotions. *Economic Inquiry*, 30(1), 68-82.
- Maliniak, D., Powers, R., and Walter, B. (2013). The gender citation gap in international relations. *International Organization*, 67(4), 889-922.

- McMillan, M. and Datta, D. (1998). The relative efficiencies of Canadian universities: A DEA perspective. *Canadian Public Policy*, 24(4), 485-511.
- Moya-Anegón, F., Chinchilla-Rodríguez, Z., Vargas-Quesada, B., Corera-Álvarez, Muñoz-Molina, A., Muñoz-Fernández, F., and Gómez-Crisóstomo, R. (2007). Scientific output by gender in Spain (Web of Science, 2004). 11th International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, 25-27 June, Madrid, Spain.
<http://www.ugr.es/~benjamin/ISSI-2007.pdf>
- Nielsen, M.(2015). Gender inequality and research performance: moving beyond individual-meritocratic explanations of academic advancement. *Studies in Higher Education*, published online, DOI:10.1080/03075079.2015.1007945.
- Rivellini, G., Rizzi, E., and Zaccarin, S. (2006). The science network in Italian population research: An analysis according to the social network perspective. *Scientometrics*, 67(3), 407-418.
- Rothausen-Vange, T., Marler, J., and Wright, P. (2005). Research productivity, gender, family, and tenure in organization science careers. *Sex Roles*, 53(9/10), 727-738.
- Sheltzer, J. and Smith, J. (2014). Elite male faculty in the life sciences employ fewer woman. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(28), 10107-10112.
- Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., and Barboy, A. (1994). Academic departments efficiency via DEA. *Computers and Operations Research*, 21(5), 543-556.
- Slyder, J., Stein, B., Sams, B., Walker, D., Beale, B., Feldhaus, J., and Copenheaver, C. (2011). Citation pattern and lifespan: a comparison of discipline, institution, and individual. *Scientometrics*, 89(3), 955-966.
- Stack, S. (2002). Gender and scholarly productivity: The case of criminal justice. *Journal of Criminal Justice*, 30(3), 175-182.
- Stack, S. (2004). Gender, children and research productivity. *Research in Higher Education*, 45(8), 891-920.
- Symonds, M., Gemmell, N., Braisher, T., Gorringer, L., and Elgar, M. (2006). Gender differences in publication output: Towards an unbiased metric of research performance. *PLoS One*, 1, e127.
- Tower, G., Plummer, J., and Ridgewell, B. (2007). A multidisciplinary study of gender-based research productivity in the world's best journal. *Journal of Diversity Management*, 2(4), 23-32.
- Williams, K. and O'Reilly, C. (1998). Demography and diversity in organizations: A review of 40 years of research. *Research in Organizational Behavior*, 20, 77-140.
- Wolszczak-Derlacz, J. and Parteka, A. (2011), Efficiency of European public higher education institutions: A two-stage multicountry approach. *Scientometrics*, 89(3), 887-917.
- 加藤真紀, 茶山秀一, 星越明日香(2012). 日本の大学教員の女性比率に関する分析. 文部科学省科学技術政策研究所, 調査資料-209.
- 西村和雄(2002). 『ミクロ経済学入門』. 岩波書店.
- 文部科学省科学技術・学術政策研究所(2014). 科学技術指標 2014. 文部科学省科学技術・学術政策研究所, 調査資料-229.

文部科学省科学技術・学術政策研究所(2015a), 科学技術の状況に係る総合的意識調査 (NISTEP 定点調査 2014), NISTEP REPORT No.161.

文部科学省科学技術・学術政策研究所(2015b), 論文データベース(Web of Science)と科学研究費助成事業データベース(KAKEN)の連結による我が国の論文産出構造の分析, 調査資料-237.

文部科学省科学技術・学術政策研究所, 科学技術の状況に係る総合的意識調査(NISTEP 定点調査)検索.

<http://www.nistep.go.jp/research/scisip/data-and-information-infrastructure>

山崎その、伊多波良雄(2010). 国立大学法人の効率性と生産性の計測—Malmquist 生産性指数によるアプローチ—. 会計検査研究, No.41, 117-133.

山崎その(2013). 『大学経営の評価システム』. 晃洋書房.

米谷悠、池内健太、桑原輝隆(2013). 大学の論文生産に関するインプット・アウトプット分析—Web of Science と科学技術研究調査を使った試み—. 文部科学省科学技術政策研究所, DISCUSSION PAPER No.89.

第4期科学技術基本計画(平成23年8月19日閣議決定).

http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/afieldfile/2011/08/19/1293746_02.pdf

DISCUSSION PAPER No. 124

医学保健分野における研究生産の効率性とその要因についての実証分析
—女性研究者割合、外部資金割合との関係—

福澤 尚美

2015年6月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
第2研究グループ

〒106-8677

東京都港区六本木 7-22-1 政策研究大学院大学 C405

TEL: 03-5775-2651 FAX: 03-3408-0751