

Title	科学研究プロジェクトの動機は研究活動をどのように特徴づけるのか? : Hitotsubashi -NISTEP- Georgia Tech科学者サーベイから
Author(s)	伊神, 正貫; 長岡, 貞男
Citation	年次学術大会講演要旨集, 29: 167-170
Issue Date	2014-10-18
Type	Conference Paper
Text version	publ isher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12421
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

科学研究プロジェクトの動機は研究活動をどのように特徴づけるのか？ —Hitotsubashi-NISTEP-Georgia Tech 科学者サーベイから—

○伊神正貫（文科省・NISTEP），長岡貞男（一橋大）

1. はじめに

日本では科学の国際競争力を高めるとともに、それを基盤としたイノベーション創出を強化することが重要な課題となっている。しかしながら、科学における知識創造の過程や科学知識からイノベーションが創出される過程についての、研究プロジェクトを対象とした体系的な実証研究は、日本のみならず世界的にも存在していないのが現状である。これを受けて、一橋大学イノベーション研究センターと科学技術・学術政策研究所はジョージア工科大学の協力のもと、日米の研究者を対象とした包括的な質問票調査(科学者サーベイ)を実施した(長岡ら, 2010; 長岡ら, 2011)。

科学者サーベイでは、調査対象とした論文を生み出した研究プロジェクトについて、研究プロジェクトの動機、研究チームの構成、研究マネジメントの実施状況、研究プロジェクトから生み出された研究成果などの情報を包括的に収集している。本報告では、科学者サーベイの結果を用いて、科学研究プロジェクトの動機は研究活動との関係性の分析を行った結果について紹介する¹。

研究の動機を内容面から分類する方法として、ドナルド・ストークスによる 4 象限モデルが応用できる(Stokes, 1997)。これは、ストークスが基礎から応用という一次元的な研究の分類を克服するために導入した概念であり、研究の動機を「基礎原理の追求」と「現実の具体的な問題解決」という 2 軸を用いて分類する。この分類では、研究は大きく 4 つのタイプに分類され、そのうち 3 つについては代表的な研究者の名前が付けられている。具体的には、「基礎原理の追求」を行う研究はボーア型、「現実の具体的な問題解決」を行う研究はエジソン型、「基礎原理の追求」と「現実の具体的な問題解決」の両方を行う研究はパスツール型と呼ばれる。

また、最近の科学論文の分析から、論文の著者数が年々増加していることが示されている(Adams *et al.*, 2005; Wuchty, Jones & Uzzi, 2007)。これは、科学研究

の単位が個人から研究チームに移行しており、研究チームをどのように構成しマネジメントするかが、科学研究において、ますます重要となっていることを示している。

チームで行われる研究における、研究の動機づけから研究成果までの道筋として、次のようなものが考えられる。まず、研究代表者または研究代表者達は、内的小および外的動機づけをきっかけとして研究プロジェクトを構想する。つぎに、研究プロジェクトの動機(研究プロジェクトの内容)を踏まえ、利用可能な資源の範囲で研究チームや研究環境を構成し、研究マネジメントを行う。その結果、新たな知が創造され、それらを論文等の研究成果として発表する。これらのプロセスの理解は、科学研究における知識創造プロセスを解釈する上で重要であるが、実証的な研究はほとんどなされていないのが現状である。

本報告では、科学者サーベイの結果を用いて、研究プロジェクトの動機と①研究マネジメントの関係性、②研究チームの構成、③研究成果の関係性について分析を行った結果について述べる。

2. 研究プロジェクトの動機

科学者サーベイでは、研究プロジェクトを開始した直接の動機として、1)基礎原理の追求、2)現実の具体的な問題解決、という 2 つの基本的な動機が、それぞれどの程度に重要かについて尋ねている。本調査では、OECD のフラスカティマニュアル(OECD, 2002)も参照して、それぞれの動機を次のように定義した。

基礎原理の追求：自然現象や観測事実の根幹をなす原理について、新しい知識を得る事
現実の具体的な問題解決：産業への応用などのため、実用上の具体的問題を解決する事

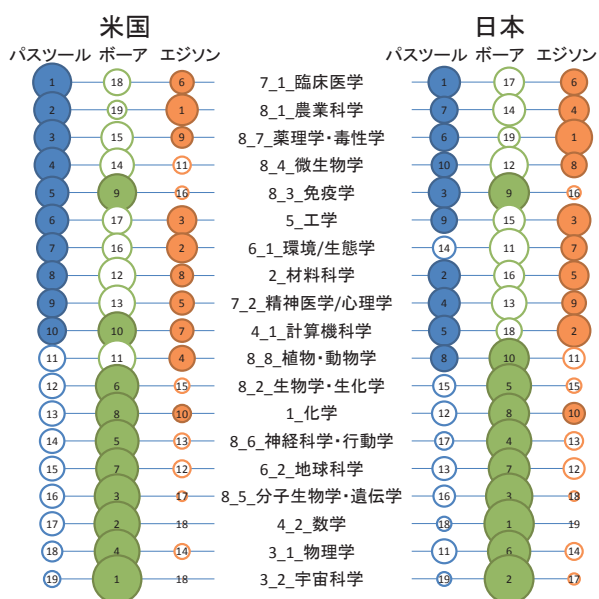
科学者サーベイの結果を用いて、日米の研究プロジェクトをストークスの 4 象限モデルに当てはめた結果を図表 1 に示す。ボーア、エジソン、パスツール型の各象限に該当する研究プロジェクトのバランスは、ジャーナル分野によって大きく異なることが分かる。

¹ 本要旨は、研究・技術計画学会第 29 回年次学術大会のホット 이슈「第 5 期科学技術基本計画策定に向けた政策分析」における議論に資するために、伊神・長岡(2014)の内容をもとに追記・再構成したものである。詳細については、該当論文を参照のこと。

日米ともに臨床医学においてパスツール型の割合がもっとも高くなっている。宇宙科学、数学、分子生物学・遺伝学については、日米ともにボーア型の割合が高い。

おおまかな、分野ごとの各象限のバランスは、日本と米国で共通であるが、詳細にみると日本と米国で違いがある分野も存在する。環境/生態学については、日本と比べて米国ではパスツール型の割合も高いことが分かる。また、計算機科学については、ボーア型の割合が米国で高くなっている。

図表 1 ジャーナル分野毎の各象限割合
(通常論文を生み出した研究プロジェクト、Broad definition)



注 1: 分野分類として ESI の分類を用いている。
 注 2: 円の面積が各象限の割合に比例している。円の中の数字は各象限の割合の大きさを分野を順位づけた結果を示している。上位 10 分野を色づけしている。
 注 3: 米国のパスツール象限の割合の大きさ順で分野を並べている。
 (出典) 伊神(2014)

3. 科学研究プロジェクトの動機と研究活動

ここでは、1)基礎原理の追求、2)現実の具体的な問題解決、という 2 つの基本的な動機の重要性が、研究プロジェクトにおける研究マネジメント、研究チームの構成、研究成果とどのように関連しているかを分析した結果を示す。

以降の分析では、日本および米国の大学等における自然科学系の研究プロジェクトに注目する。また、単著の論文を除くことによって、分析を研究チームに絞っている。研究マネジメントや研究チームの構成についての意思決定は、教授、准教授などのシニア研究者が行うと考え、学生やポスドクターが回答者となっている調査対象論文は分析対象から除いた。

推計モデルには、下記の式を用いた。推定には順位化された被引用数については順序ロジスティック回帰分

析、それ以外についてはロジスティック回帰分析を用いた。

$$\text{被説明変数} = \beta_1 \times (\text{基礎原理の追求}) + \beta_2 \times (\text{現実の具体的な問題解決}) + \delta \times \text{controls} + \epsilon$$

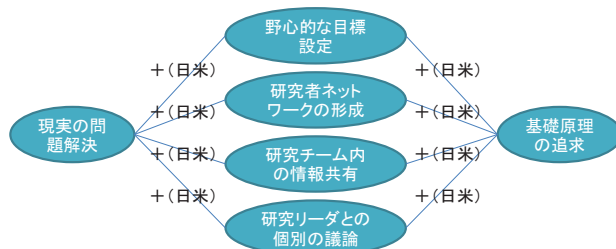
主な説明変数は次のものである。「基礎原理の追求」と「現実の具体的な問題解決」は、研究プロジェクトを開始した直接の動機としての「基礎原理の追求」および「現実の具体的な問題解決」の重要性を示す。これらの変数は、回答者による主観的評価の結果であり、「1: 全く重要で無かった～5: 非常に重要であった」の 5 段階の値をとる。本報告では、この重要性の度合を動機づけの強さの代替変数と考える。

研究プロジェクトのサイズを制御するための変数として著者数の対数値を含めた。研究チームを構成する研究者の多様性は調査対象論文の著者数の増加とともに増加すると考えられる。また、研究資金額についても研究プロジェクトのサイズを制御するために考慮した。研究プロジェクトの動機は分野に強く依存することから、分野に関するダミー変数も分析に含めている。

3-1. 研究プロジェクトの動機と研究マネジメント

研究マネジメントとしては、「野心的な目標設定」、「研究者ネットワークの形成」、「研究チーム内の情報共有」、「研究リーダーとの個別の議論」の 4 つを考えた。いずれの変数とも、該当する研究マネジメントを実施した場合は 1、実施していない場合は 0 をとるダミー変数である。

図表 2 研究プロジェクトの動機と研究マネジメントの関係についての模式図



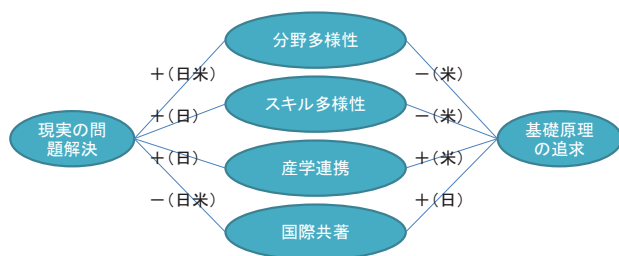
注 1: ロジスティック回帰分析の結果についての模式図。限界効果の符号を示している。
 (出典) 伊神・長岡(2014)の結果をもとに筆者が作成

図表 2 に回帰分析の結果を模式的に示す。研究プロジェクトを開始する上での動機づけが強い研究プロジェクトでは、積極的に研究マネジメントが行われている。具体的には、「野心的な目標設定」、「研究者ネットワークの形成」、「研究チーム内の情報共有」、「研究リーダーとの個別の議論」を行ったとする割合は、研究プロジェクトの動機づけの強さと正の相関を持つ。これは、日本と米国で共通の結果である。

3-2. 研究プロジェクトの動機と研究チームの構成

研究チームの構成については、「分野多様性」、「スキル多様性」、「産学連携」、「国際共著」の 4 種類を考えた。これらの変数も 0 または 1 の値をとるダミー変数である。「分野多様性」および「スキル多様性」については、研究チームが単一の専門分野もしくはスキルの研究者から構成されていた場合は 0、複数の専門分野もしくはスキルの研究者から構成されていた場合は 1 の値をとる。「産学連携」については、著者の中に産業部門の著者が含まれている場合は 1、含まれていない場合は 0 の値をとる。また、「国際共著」については、調査対象論文が国際共著の場合 1、そうでない場合 0 となる。

図表 3 研究プロジェクトの動機と研究チームの構成の関係についての模式図



注 1: ロジスティック回帰分析の結果についての模式図。限界効果の符号を示している。

(出典) 伊神・長岡(2014)の結果をもとに筆者が作成

図表 3 に回帰分析の結果を模式的に示す。研究チームの構成は、研究プロジェクトの動機の種類によって異なり、研究チームを構成する研究者の「分野多様性」や「スキル多様性」は、動機づけとして「現実の具体的な問題解決」が強い研究プロジェクトにおいて高くなる。他方、研究プロジェクトが国際共同研究となる割合は、「現実の具体的な問題解決」が強い動機づけである研究プロジェクトにおいて低くなることが示された。

なお、「産学連携」については、日本と米国で傾向が大きく異なる。日本では「現実の具体的な問題解決」と「産学連携」が正で統計的に有意な相関を持ち、米国では「基礎原理の追求」が正で統計的に有意な相関を持つ。一つの仮説として、我が国では、産業化への応用といった出口に近い部分で産学連携が行われている一方で、米国ではシーズの探索の段階から産学が連携を行っているという可能性が考えられる。この点については更なる検討が必要である。

3-3. 研究プロジェクトの動機と研究成果

研究成果については、「特許出願」、「スタートアップ企業」、「順位化された被引用数」の 3 種類の変数を考えた。ここで、「特許出願」は研究プロジェクトからの特許出願の有無を示すダミー変数であり、特許出願につな

がった場合は 1、つながっていない場合は 0 の値をとる。「スタートアップ企業」は研究プロジェクトからのスタートアップ企業の有無を示すダミー変数であり、スタートアップ企業につながった場合は 1、つながっていない場合は 0 の値をとる。

被引用数はジャーナル分野によって異なり、古い論文ほど被引用数が高くなるバイアスがある。ジャーナル分野や調査対象論文が出版されてからの期間の被引用数への影響を規格化する目的で、ここでの分析では被引用数として「順位化された被引用数」を用いた。具体的には、まず調査対象論文の 2011 年末の被引用数を調べ、その被引用数が、Web of Science に収録されている全世界の論文中の各年、各分野で上位 10%、11-20%、21-40%に入るかどうかで分類した。その分類に基づき、上位 10%、11-20%、21-40%およびその他の論文に対して、それぞれ 4、3、2、1 ポイントを与えた。

図表 4 に回帰分析の結果を模式的に示す。動機づけが強い研究プロジェクトほど、質の高い成果を生み出していることが確認された。具体的には、「現実の具体的な問題解決」を動機とする度合と特許出願やスタートアップ企業につながる割合が正の相関を持つと同時に科学的な研究成果の低下をもたらさないことや、「基礎原理の追求」を動機とする度合と調査対象論文が被引用数トップ 10%となる割合が正の相関を持つと同時に商業化の可能性を低下させないことが確認された。これらの結果は、科学知識からのイノベーション創出を強化する上で、パスツールの象限の研究が重要であることを示唆している。

図表 4 研究プロジェクトの動機と研究成果の関係についての模式図



注 1: 特許出願およびスタートアップ企業についてはロジスティック回帰分析、順位化された被引用数については順序ロジスティック回帰分析の結果についての模式図。限界効果の符号を示している。

(出典) 伊神・長岡(2014)の結果をもとに筆者が作成

4. まとめと考察

本報告では、日米の科学者を対象とした大規模調査の結果を用いて、科学研究プロジェクトの動機と研究活動や研究成果との関係性の分析を行った結果を紹介した。科学者サーベイの分析から、1)研究プロジェクトを開始する上での動機づけが強かった研究プロジェクトでは、積極的に研究マネジメントが行われていること、2)研究チームの構成は、研究プロジェクトの動機の種類によって異なり、研究チームを構成する研究者の「分野多様性」や「スキル多様性」は、動機づけとして「現実の具体的な問題解決」が強い研究プロジェクトにおいて高くなること、3)動機づけが強い研究プロジェクトほど、質の高い成果を生み出していることが確認された。

以上を踏まえ、科学技術政策へのインプリケーションを提示する。

第1に、本報告から明らかになったように、研究プロジェクトの動機によって研究チームの構成は変化する。近年、研究の国際化の重要が認識され、科学技術政策においてもそれらを推進する取り組みが行われている。例えば、国際化に関しては、公共財である科学知識を生み出す（「基礎原理の追求」）上においては、各国の限られたリソースを有効活用するという点で有効な手段であると考えられる。しかしながら、「現実の具体的な問題解決」を強い動機づけとする研究プロジェクトでは、必ずしも国際共同研究が研究を推進する上で有効な手段ではない可能性が高い。したがって、国際化の推進は、研究プロジェクトの動機も踏まえた形で行われることが必要であると考えられる。

第2に、研究プロジェクトの動機によって、研究成果の主たる内容は変化する。このことは、研究プロジェクトの評価は、多様な指標を用いて行われる必要があることを示している。論文の数や被引用数といった指標は、研究プロジェクトの研究成果を評価する上での重要な指標であるが、それは研究成果のある一面を捉えたものである。とくに「現実の具体的な問題解決」を動機としている研究プロジェクトでは、特許出願やスタートアップ企業といった研究成果も生み出されており、それらを計測することも重要である。また、調査対象論文がトップ10%論文となる割合は「基礎原理の追求」を動機とする研究プロジェクトの方が高いことから、論文数や被引用数を過度に重視することは、「現実の具体的な問題解決」を動機としている研究プロジェクトの活動を妨げる可能性もあることには留意が必要であろう。

第3に、研究プロジェクトの動機づけを強く持つことの重要性を指摘したい。研究者や有識者への意識調査から日本全体としての基礎研究の多様性は2001年頃と比べて小さくなってきているとの認識が示されている(科

学技術・学術政策研究所, 2011)。具体的には、「成果の出る確実性が高い研究」、「短期的に成果が生み出せる研究」、「一時的な流行を追った研究」が多くなる一方で、「長期の時間をかけて実施する研究」、「新しい研究領域を生み出すような挑戦的な研究」などが少なくなっていると考えられる。動機づけの観点からみると、これは研究評価や競争的な資金配分システムの導入という外的動機づけの影響で、内的動機づけが阻害されているアンダーマイニング効果(Deci and Flaste, 1996)が生じているとも考えられる。本報告から明らかになったように、研究プロジェクトの動機づけの強さは、研究マネジメントの実施度合、研究チームの多様性、研究から生み出される研究成果の質と正の相関がある。このことから、研究プロジェクトの動機づけが強くなるようなインセンティブシステムの設計が重要と考えられる。

参考文献

- 伊神正貫, 長岡貞男(2014), 科学研究プロジェクトの動機が研究マネジメント、チーム構成および研究成果に与える影響を探る ―日米の科学者を対象とした大規模調査による実証研究―, 日本知財学会誌, Vol. 10, pp. 33-45
- 伊神正貫(2014), Sources and impacts of the research at Pasture quadrant, 国際ワークショップ「イノベーションの科学的源泉を探る: 今後のイノベーション政策への含意」(2014年3月17日開催), (<http://hitotsubashiir.blogspot.jp/2014/02/20140317.html>, 2014年8月15日閲覧)
- 科学技術・学術政策研究所(2011), 科学技術の状況に係る総合的意識調査(定点調査2010)総合報告書, 文部科学省科学技術・学術政策研究所, NISTEP REPORT No. 146
- 長岡貞男, 伊神正貫, 江藤学, 伊地知寛博(2010), 科学における知識生産プロセスの研究-日本の研究者を対象とした大規模調査からの基礎的発見事実-, 文部科学省科学技術・学術政策研究所, 調査資料-191
- 長岡貞男, 伊神正貫, John P. Walsh, 伊地知寛博(2011), 科学における知識生産プロセス: 日米の科学者に対する大規模調査からの主要な発見事実, 文部科学省科学技術・学術政策研究所, 調査資料-203
- Adams, J.D., Black, G.C., Clemmons, J.R. & Stephan, P.E. (2005). "Scientific teams and institutional collaborations: Evidence from U.S. universities, 1981-1999," *Research Policy*, Vol. 34, pp. 259-285.
- Deci, E.L. and Flaste, R. (1996), *Why we do what we do: understanding of self-motivation*, Penguin Press.
- OECD (2002), *Frascati Manual 2002 Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*, OECD
- Stokes, D.E. (1997), *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Institution Press.
- Wuchty, S., Jones, B. & Uzzi, B. (2007). "The increasing dominance of teams in the production of knowledge," *Science*, Vol. 316, pp. 1030-1036.