

科学研究への若手研究者の参加と貢献
—日米の科学者を対象とした大規模調査を用いた実証研究—

2013 年 11 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所

一橋大学イノベーション研究センター

ジョージア工科大学

伊神 正貫 長岡 貞男 John P. Walsh

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いただ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。

本 Discussion Paper は一橋大学イノベーション研究センターから公表されたワーキングペーパー WP#13-02 を土台に、概要、補助的なデータや分析の追加等をおこなったものである。

DISCUSSION PAPER No. 103

Participations and contributions of young scholars in scientific research
-Evidence from the Hitotsubashi-NISTEP-Georgia Tech scientists survey
in Japan and the US -

Masatsura IGAMI, Sadao NAGAOKA and John P. WALSH

November 2013

National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Institute of Innovation Research (IIR), Hitotsubashi University
Georgia Institute of Technology

本報告書の引用を行う際には、出典を明記願います。

科学研究への若手研究者の参加と貢献

—日米の科学者を対象とした大規模調査を用いた実証研究—

伊神 正貫¹、長岡 貞男²、John P. Walsh³

¹科学技術・学術政策研究所、²一橋大学イノベーション研究センター、³ジョージア工科大学
要旨

科学研究において、研究チームをどのように構成し、マネジメントするかが、重要な課題となっている。本調査研究では、日米の科学者に対する科学における知識生産についての大規模調査の結果を用いて、科学研究への若手研究者(ポストドクターや学生)の参加と貢献を分析した。

研究チームの詳細な分析から、日本では約7割、米国では約8割の研究チームに、少なくとも1名の若手研究者が参加していることが明らかになった。また、著者全体に比べて、筆頭著者における若手研究者の割合が高いことが示された。

研究チームへのポストドクターの参加割合は、国際化している研究チームや最先端の研究を実施している研究チームにおいて高くなる。また、ポストドクターの参加は、研究プロジェクトの規模や研究チームの国際化の度合を制御しても、被引用数などでみた研究のパフォーマンスと正の相関を持つことも明らかになった。

これらの結果は、科学研究において若手研究者は欠くことのできない存在であるとともに、科学研究に大きな貢献をしていることを示している。

Participations and contributions of young scholars in scientific research

–Evidence from the Hitotsubashi-NISTEP-Georgia Tech scientists survey in Japan and the US–

Masatsura IGAMI¹, Sadao NAGAOKA² and John P. WALSH³

¹ National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), ² Institute of Innovation Research, Hitotsubashi University, ³ School of Public Policy, Georgia Institute of Technology

ABSTRACT

How to design and manage a research team has become an increasingly important issue in scientific research. This report aims to understand participation and contribution of young scholars to scientific research based on the Hitotsubashi-NISTEP-Georgia Tech scientists survey in Japan and the US.

We have found that young scholars participated in about 70 percent of research teams in Japan and about 80 percent of research teams in the US. The percentage of young scholars who are the first author is higher than the percentage of young scholars in all authors.

The likelihood of the participation of postdoctoral fellows is relatively high in internationalized research teams and research teams working on the cutting edge research theme. We have also found that the participation of postdoctoral fellows is positively associated with research performance, e.g. citation counts, even controlling for team size and the degree of internationalization of research teams.

These findings show that young scholars' indispensable role and their large contribution to scientific research.

(裏白紙)

目次

概要

概要.....	1
---------	---

本編

1 背景と目的	15
2 調査の概要.....	18
2-1 調査対象論文の決定.....	18
2-2 調査対象者の決定	18
2-3 回答率	19
2-4 分析のための分野分類.....	19
2-5 科学者サーベイで得られるデータ	20
2-6 研究者の職階・地位と本調査研究における若手研究者の定義.....	22
3 研究チームへの若手研究者の参加	23
3-1 分野ごとの著者数の分布	23
3-2 研究チームへの若手研究者の参加.....	25
4 若手研究者の研究チームへの参加や貢献の要因(仮説と記述統計).....	29
4-1 研究テーマの進展の速さと競争の脅威.....	29
4-2 研究チームの国際化	32
4-3 最先端の実験施設・設備の利用.....	34
4-4 若手研究者の貢献の源泉.....	36
4-5 ポストドクターの研究チームへの参加と研究パフォーマンス	37
5 回帰分析による仮説の検証.....	38
5-1 若手研究者の研究チームへの参加.....	40
5-2 若手研究者が筆頭著者となる要因	49
5-3 若手研究者の研究チームへの参加と研究パフォーマンス	53
5-4 研究パフォーマンスの推計.....	57
6 まとめと考察.....	59
謝辞.....	63
参考文献.....	64

(裏白紙)

概要

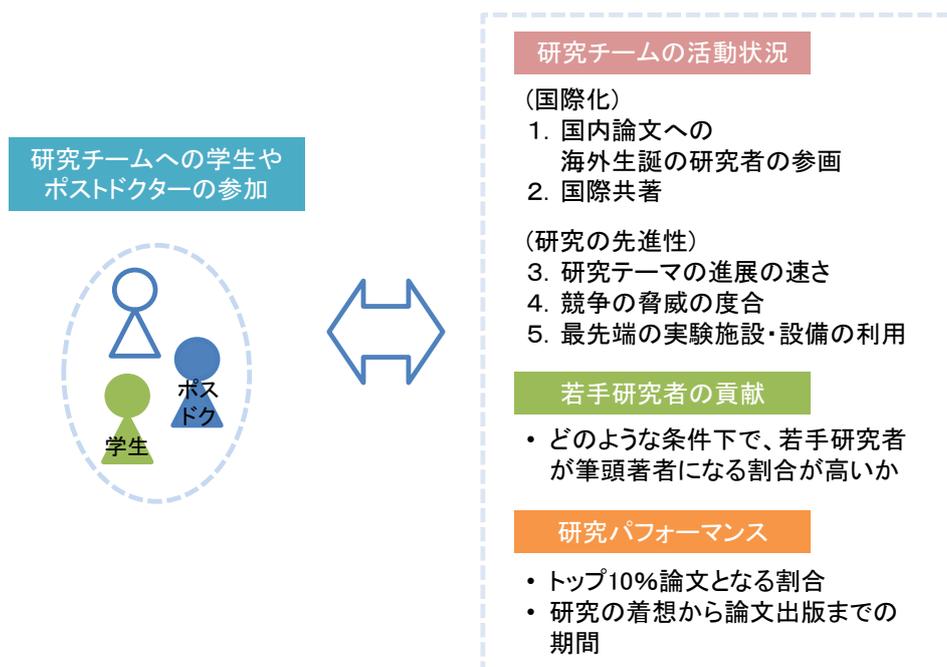
(裏白紙)

概要

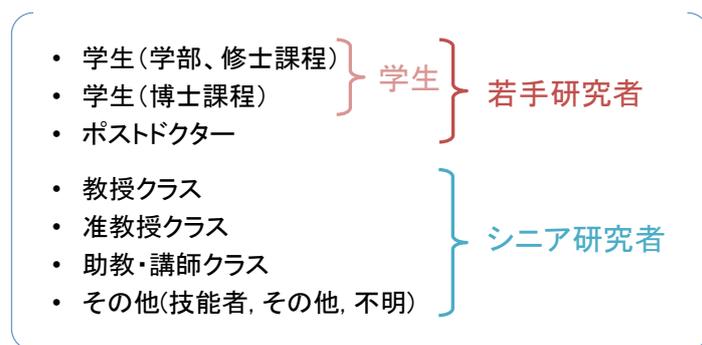
本調査研究では、自然科学の論文を生みだした大学の研究チームに焦点を当て、「研究チームへの若手研究者の参加」と「研究チームの活動状況」、「若手研究者の貢献」、「研究パフォーマンス」との関係进行分析した(概要図表 1 参照)。なお、ここでは①学生(学部、修士課程)、②学生(博士課程)、③ポストドクターを合わせて若手研究者と呼び、その他を合わせてシニア研究者と呼ぶ(概要図表 2)。つまり、本調査研究では、キャリアの段階を用いて若手研究者を定義している。

分析には、一橋大学イノベーション研究センター、当研究所、ジョージア工科大学(米国)が共同で実施した、日米の科学者に対する大規模調査(科学者サーベイ)の結果を用いた。科学者サーベイでは2001～2006年の論文で、被引用数が上位1%(トップ1%論文)とそれ以外の論文(通常論文)を抽出し、その責任著者もしくはそれに相当する研究者に対して論文を生み出した研究プロジェクトについて尋ねている。したがって、ここで示す研究チームの特徴は、2000年代前半における状況である。

概要図表 1 本調査研究の分析の視点



概要図表 2 本調査研究における若手研究者の定義



日本調査は、2009 年末から 2010 年夏にかけて一橋大学イノベーション研究センターと当研究所が共同で実施した。米国調査は、2010 年秋から 2011 年初頭にかけてジョージア工科大学が一橋大学イノベーション研究センターおよび当研究所と連携して行った。日本の研究者からは約 2,100 件(回答率 27%)、米国の研究者からは約 2,300 件(回答率 26%)の回答が得られた。以下に結果の概要を紹介する。

なお、今回の調査対象論文の範囲では、著者が 2 名以上の調査対象論文の 99%以上がシニア研究者と若手研究者によって構成されている。つまり、若手研究者のみで研究チームを構成することは極めてまれである。これを踏まえ以降の分析では、研究チームはシニア研究者に率いられており、研究チームの構成員の選択などの研究チームのマネジメントは、シニア研究者によって主に行われると考える。

1. 若手研究者は科学研究に大きく関与および貢献している

(研究チームへの若手研究者の参加の状況)

科学者サーベイで調査対象とした研究チームの内、日本では約 7 割、米国では約 8 割の研究チームに、少なくとも 1 名の若手研究者が参加している(概要図表 3 の I を参照)。

若手研究者が参加している研究チームに注目すると、日本の通常論文では、博士学生が参加している研究チーム(I-①, 20.8%)の割合が最大であり、これに学部・修士学生が参加している研究チーム(I-②, 20.7%)が続く。米国の通常論文では、博士学生が参加している研究チーム(I-①, 26.4%)の割合が最大であり、これにポストドクターが参加している研究チーム(I-③, 22.7%)が続く。

日本と米国を比較すると、日本では学部・修士学生が参加している研究チーム(I-②)の割合が高い点の特徴である。

概要図表 3 研究チームへの若手研究者の参加の状況(自然科学、大学等)

若手研究者の参加の状況					調査対象国		調査対象国		
	シニア研究者	ポストドク	学生		日本		米国		
			博士	学部・修士	通常論文[1,075]	トップ1%論文[384]	通常論文[897]	トップ1%論文[475]	
I. 若手研究者が参加している研究チーム					69.4%	71.9%	77.0%	75.8%	
内訳	①	○		○	20.8% (1)	19.8% (2)	26.4% (1)	20.6% (2)	
	②	○			○	20.7% (2)	10.2% (3)	8.9% (4)	1.7% (7)
	③	○	○			12.2% (3)	21.9% (1)	22.7% (2)	27.8% (1)
	④	○	○	○		6.6% (4)	7.3% (4)	12.5% (3)	19.2% (3)
	⑤	○		○	○	6.0% (5)	6.5% (5)	3.1% (5)	2.3% (4)
	⑥	○	○		○	2.1% (6)	4.4% (6)	2.7% (6)	2.3% (4)
	⑦	○	○	○	○	0.8% (7)	1.8% (7)	0.7% (7)	1.9% (6)
II. シニア研究者のみ					30.6%	28.1%	23.0%	24.2%	

注: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。①～⑦には、若手研究者からのみ構成される研究チーム(16 件)も含んでいる。それぞれの場合について、上位 3 位までにはいる研究チームの構成に網かけを付けている。

(日本の通常論文における、分野別にみた研究チームへの若手研究者の参加の状況)

概要図表 4 は、日本の通常論文について、分野別に研究チームへの若手研究者の参加の状況を示した結果である。若手研究者の参加の状況は、分野によって異なる様子が分かる。ここで分析対象とした分野の中では、化学において若手研究者の参加割合が最も大きく(I, 82.8%)、医学系において若手研究者の参加割合が最も小さい(I, 51.6%)。

若手研究者が参加している研究チームに注目すると、化学以外の分野ではシニア研究者と博士学生から構成される研究チーム(I-①)の割合が最大となっている。化学については、シニア研究者と学部・修士学生から構成されている研究チーム(I-②)の割合が 40.7%と他の分野と比べて突出して大きい。

このように分野によって、若手研究者の参加の度合や研究チームに参加している若手研究者の職階・地位が異なる。

概要図表 4 研究チームへの若手研究者の参加の状況(分野別、通常論文、日本、大学等)

若手研究者の参加の状況				通常論文				
	シニア研究者	ポスドク	学生		日本			
			博士	学部・修士	1_化学[145]	3_物理学&宇宙科学[190]	生命科学系[326]	医学系[155]
I. 若手研究者が参加している研究チーム				82.8%	72.6%	75.2%	51.6%	
I-①	○		○		12.4% (2)	23.2% (1)	25.5% (1)	19.4% (1)
	○			○	40.7% (1)	18.9% (2)	18.4% (2)	3.2% (4)
	○	○			8.3% (4)	14.2% (3)	12.6% (3)	16.1% (2)
	○	○	○		6.9% (5)	6.8% (4)	9.5% (4)	9.7% (3)
	○		○	○	9.0% (3)	6.3% (5)	6.4% (5)	2.6% (5)
	○	○		○	5.5% (6)	2.6% (6)	0.9% (7)	0.6% (6)
	○	○	○	○	0.0% (7)	0.5% (7)	1.8% (6)	0.0% (7)
II. シニア研究者のみ				17.2%	27.4%	24.8%	48.4%	

注: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。①～⑦には、若手研究者からのみ構成される研究チームも含んでいる。

(若手研究者が著者全体と筆頭著者に占める割合)

若手研究者が調査対象論文の筆頭著者となる割合は、著者全体に占める若手研究者の割合と比べて高い(概要図表 5 で赤色の矢印で示した部分)。通常論文の著者全体における若手研究者の割合は日本で 26.6%、米国で 33.0%、筆頭著者における割合は日本で 35.8%、米国で 51.2%である。

ポストドクターが筆頭著者となる割合は、日米ともに通常論文よりもトップ 1%論文において高い(概要図表 5 で青色の矢印で示した部分)。ポストドクターが筆頭著者となる割合は、日本の通常論文で 9.5%、トップ 1%論文で 20.5%、米国の通常論文で 19.4%、トップ 1%論文で 28.4%である。

日本と米国を比較すると、米国の方が著者全体や筆頭著者に占める若手研究者の割合が高い(概要図表 5 でオレンジ色の矢印で示した部分)。なかでも、筆頭著者に占める若手研究者の割合は、米国において 51.2%(通常論文)となっている。

概要図表 5 若手研究者が著者全体と筆頭著者に占める割合(大学等)

		日本		米国	
		通常論文	トップ1%論文	通常論文	トップ1%論文
調査対象論文数		1,075	384	897	475
著者全体 (自然科学)	若手研究者	26.6%	26.6%	33.0%	34.3%
	学生	20.2%	15.3%	19.4%	16.7%
	ポストドクター	6.4%	11.3%	13.5%	17.6%
調査対象論文数		819	268	572	257
筆頭著者 (自然科学)	若手研究者	35.8%	39.6%	51.2%	51.4%
	学生	26.3%	19.0%	31.8%	23.0%
	ポストドクター	9.5%	20.5%	19.4%	28.4%

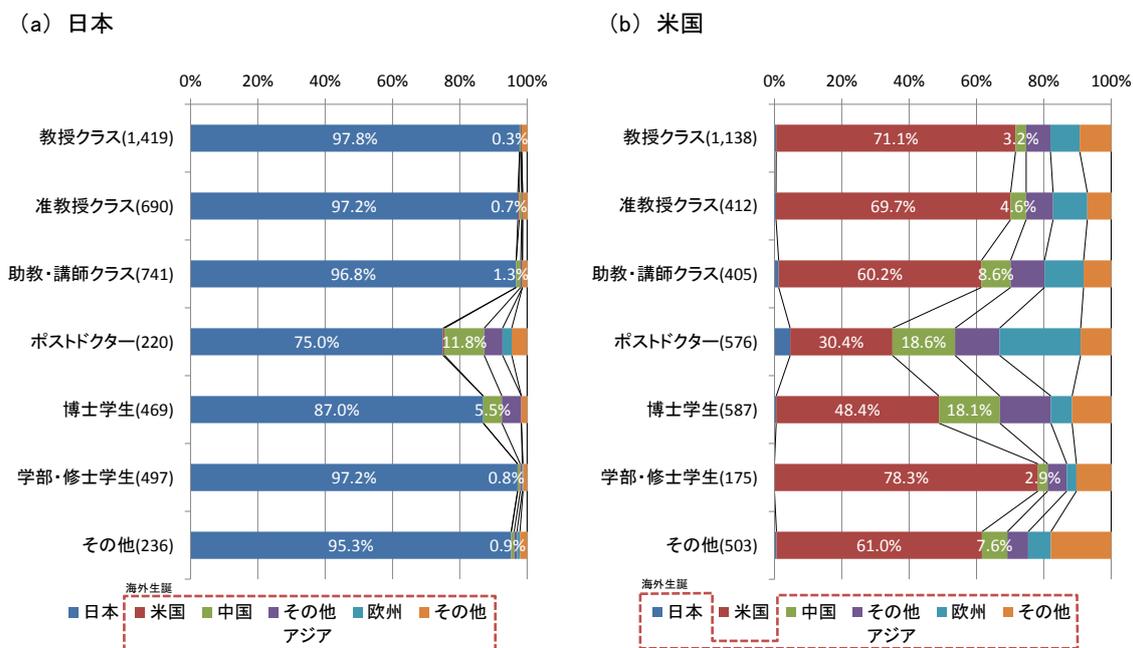
注: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。筆頭著者の分析については、著者が貢献度の順で記載されている調査対象論文のみを集計対象としている。

2. ポストドクターの国際流動性は、他の職階・地位の研究者と比べて著しく高い

海外生誕の研究者の割合は、日米とも職階・地位によって違いがある(概要図表 6 参照)。日米ともに海外生誕の研究者の割合はポストドクターで最も高く、それに次ぐのが博士学生である。米国ではポストドクターの 70%、日本でも 25%が海外生誕の研究者である。これらの結果は、ポストドクターや博士学生は、他の職階・地位の研究者よりも国際流動性が高いことを示している。研究者の生誕国に注目すると、日米ともに中国が生誕国であるポストドクターの割合が最も高い。米国のポストドクターの 18.6%が中国生誕である。

日米ともに研究者の職階が高くなるにつれて、海外生誕の研究者の割合は小さくなる傾向にある。ただし、その割合には大きな違いがあり、米国の教授クラスの約 30%が海外生誕であるのに対して、日本ではその割合は 2%程度である。

概要図表 6 職階・地位ごとの著者の生誕国分布(国内論文)



注 1: 海外の研究機関に所属する海外生誕の研究者の影響を除くために国内論文だけを分析している。

注 2: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。その他は、技能者、その他、不明の合計。著者 6 名までの情報を用いて分析を行った結果。通常論文とトップ 1%論文をプールした結果。

3. ポストドクターの参加割合は、国際化している研究チームや最先端の研究を実施している研究チームにおいて高くなる

ポストドクターの参加割合は、国際化している研究チームや最先端の研究を実施している研究チームにおいて高くなる。ここで、最先端の研究を実施している研究チームとは、進展の速い研究テーマに取り組んでいる研究チーム、競争の脅威に直面している研究チーム、最先端の実験施設・設備を利用している研究チームを指す。

(研究チームの国際化)

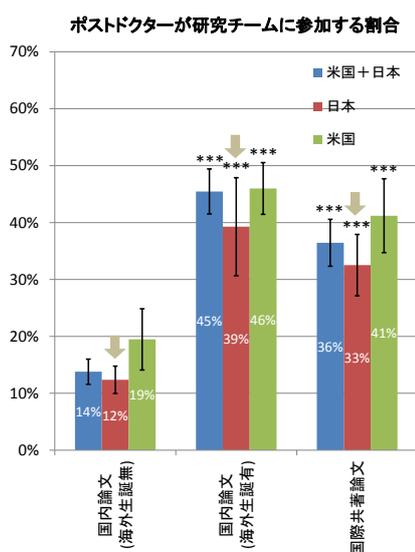
研究チームの国際化の度合は、ポストドクターの参加割合に大きく影響する。回帰分析による推計結果によると(概要図表 7(a)で灰色の矢印で示した部分)、日本におけるポストドクターの参加割合は、国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない場合は 12%にすぎないが、国内論文で著者に海外生誕の研究者を含む場合は 39%、国際共著論文では 33%となる。

他方で、研究チームへの学生の参加割合は、国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない場合 63%、国内論文で著者に海外生誕の研究者を含む場合 57%、国際共著論文では 35%となり、国際共著論文では大きく低下する(概要図表 7(b)で灰色の矢印で示した部分)。

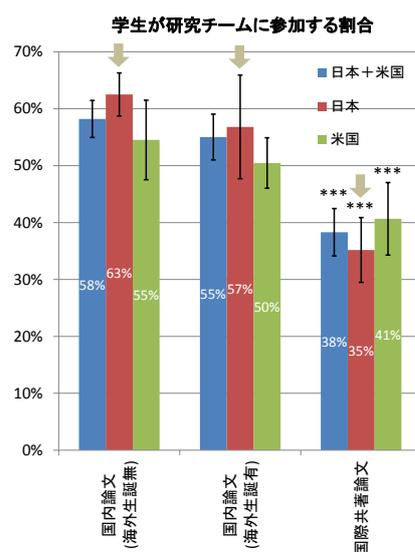
研究チームの国際化とポストドクターや学生の参加割合の関係性は、米国でも同様である。このように、研究チームの国際化の度合と学生やポストドクターの研究チームへの参加割合の間には強い関係性がみられる。

概要図表 7 国際化の度合と研究チームへのポストドクターや学生の参加割合の変化

(a) ポストドクターの参加



(b) 学生の参加



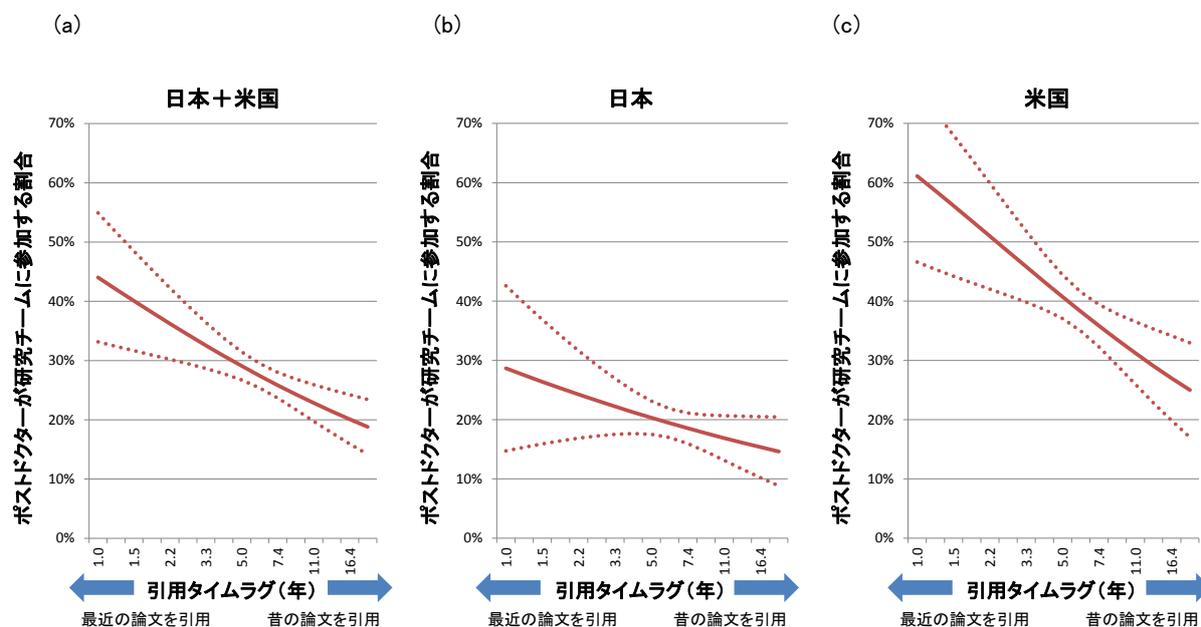
注 1: ポストドクターや学生の参加の有無を被説明変数としたロジスティック回帰分析の結果。著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは 95%信頼区間を示している。それぞれ*(10%有意水準), *(5%有意水準), *(1%有意水準)を示している。国内論文(海外生誕研究者なし)を基準としている。

(研究の先進性)

本調査研究では、研究の先進性として、研究チームが取り組んでいる研究テーマの進展の速さ、競争の脅威の度合、最先端の実験施設・設備の利用の有無の3つの状況を考えた。

研究テーマの進展の速さを測る指標として、調査対象論文中で引用している論文の新しさ(引用タイムラグ)を用いた。調査対象論文中で引用している論文が新しいほど、最新の研究成果に基づいて研究を実施している可能性が高い。したがって、引用タイムラグが短い研究チームは進展の速い研究に取り組んでいると考えられる。回帰分析による推計結果を見ると、概要図表 8 に示したように、引用タイムラグが短い(最近の論文を引用している)研究チームにおいて、ポストドクターの研究チームへの参加割合は増加する。すなわち、ポストドクターは進展の速い研究に取り組んでいる研究チームにより多く参加していることが分かる。

概要図表 8 引用タイムラグに対する研究チームへのポストドクターの参加割合の変化



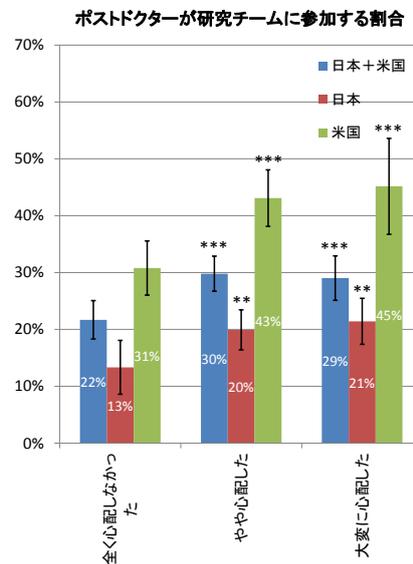
注 1: ポストドクターの参加の有無を被説明変数としたロジスティック回帰分析の結果。著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。点線は95%信頼区間を示している。

競争の脅威の度合は、研究チームが競争相手に先行されることに対する脅威の度合についての主観的評価の結果を用いて計測した。概要図表 9 に示したように、競争の脅威を全く心配しなかった研究チームと比べて、競争の脅威の度合が高い研究チームにおいて、ポストドクターの参加割合が高くなっている。つまり、研究チームが競争相手によって先行されるという競争の脅威に直面する場合、ポストドクターが研究チームに参加する割合が高くなることが分かる。

研究チームへのポストドクターの参加割合は、最先端の実験施設・設備を利用していない研究チームで16%、利用している研究チームで24%である(概要図表 10)。

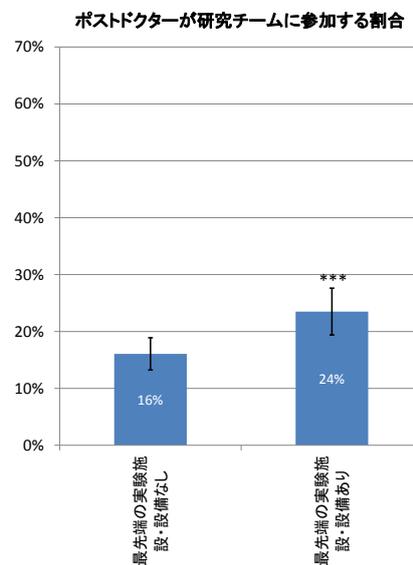
これらの特徴からも分かるように、ポストドクターは最先端の研究に取り組んでいる研究チームに参加する割合が高い。

概要図表 9 競争の脅威の度合と研究チームへのポストドクターの参加割合の変化



注1: ポストドクターの参加の有無を被説明変数としたロジスティック回帰分析の結果。著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは95%信頼区間を示している。それぞれ*(10%有意水準), *(5%有意水準), *(1%有意水準)を示している。全く心配しなかったを基準としている。

概要図表 10 最先端の実験施設・設備の利用の有無と研究チームへのポストドクターの参加割合の変化



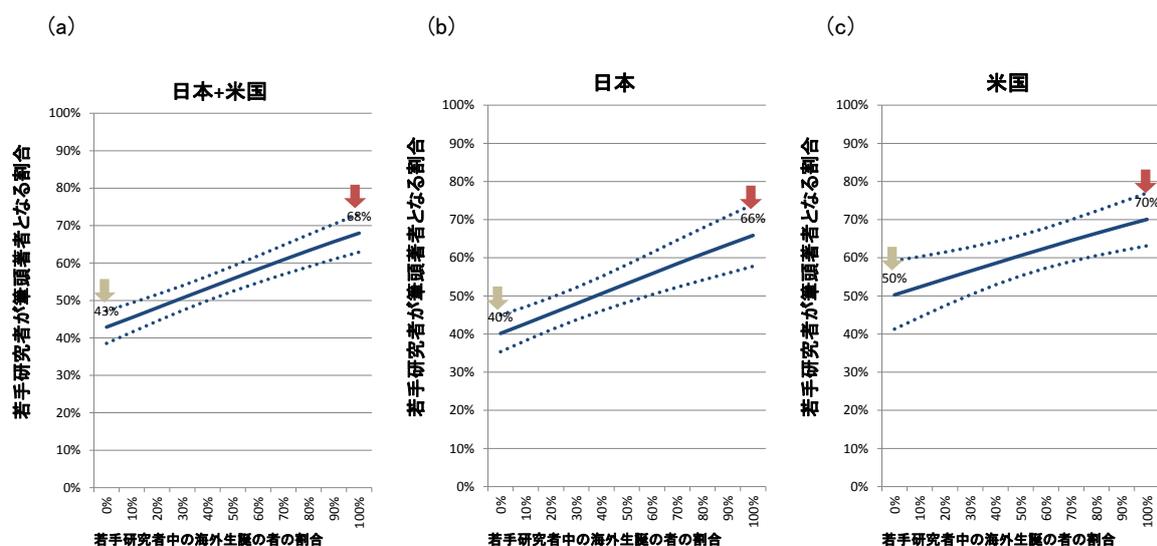
注1: ポストドクターの参加の有無を被説明変数としたロジスティック回帰分析の結果。著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは95%信頼区間を示している。それぞれ*(10%有意水準), *(5%有意水準), *(1%有意水準)を示している。最先端の実験施設・設備の利用なしを基準としている。

4. 海外生誕の若手研究者や、研究チームのマネジメントに積極的にかかわった若手研究者は、筆頭著者となる割合が高い

どのような条件において、若手研究者¹が筆頭著者になる割合が高いかをみることで、若手研究者の研究チーム内での貢献を分析した。その際、筆頭著者の貢献を明確化するために、著者が貢献の順で記載されている調査対象論文に分析対象を限った。

概要図表 11 は、若手研究者中の海外生誕の者の割合の変化に対して、若手研究者が筆頭著者となる割合の変化を推計した結果である。若手研究者の中に海外生誕の者がいない場合(概要図表 11 で灰色の矢印で示した部分)、若手研究者が筆頭著者となる割合は 40%~50%である。他方、若手研究者が全て海外生誕の場合(概要図表 11 で赤色の矢印で示した部分)、すべての標本において、若手研究者が筆頭著者となる割合は約 70%に達する。つまり、海外生誕の若手研究者は、国内生誕の若手研究者と比べて、筆頭著者となる割合が高い。この結果は、海外生誕の若手研究者が、科学研究において、重要な貢献を果たしていることを示している。

概要図表 11 若手研究者が筆頭著者となる割合と若手研究者中の海外生誕の者の割合

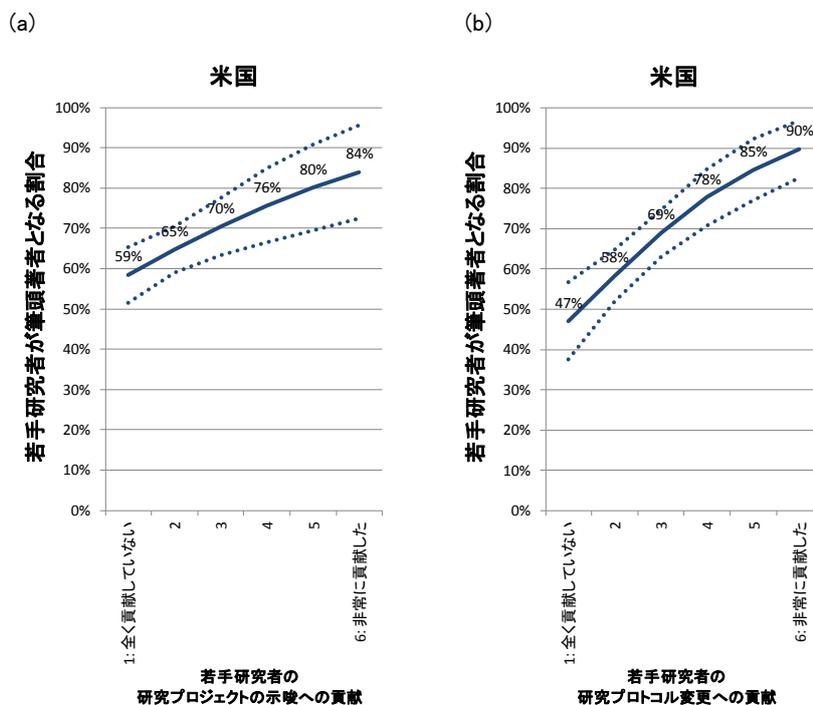


注 1: 若手研究者が筆頭著者であるかないかを被説明変数としたロジスティック回帰分析の結果。著者数が 2 名以上で、若手研究者を著者に含む調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。点線は 95%信頼区間を示している。

¹ 本調査研究では筆頭著者の地位は、若手研究者の貢献に対して、シニア研究者が与えるものと考えた。シニア研究者の視点から筆頭著者の決定を考えると、研究プロジェクトが始まってからは、ポストドクターと学生を区別する必要は特にない。したがって、ここでは若手研究者を一括して取り扱った。

また、研究テーマの示唆や研究プロトコルの変更など、研究チームのマネジメントに積極的にかかわっている若手研究者は、筆頭著者となる割合が高い(概要図表 13 参照)。若手研究者が研究プロジェクトの示唆に非常に貢献したとされた場合、若手研究者が筆頭著者となる割合は 84%に達する。これは、全く貢献していない場合と比べて、25%ポイントの増加となっている。また、若手研究者が研究プロトコルの変更非常に貢献したとされた場合、若手研究者が筆頭著者となる割合は 90%に達する。全く貢献していない場合との差は 43%ポイントである。

概要図表 12 若手研究者が筆頭著者となる割合と若手研究者の研究マネジメントへの貢献(米国のみ)



注 1: 若手研究者が筆頭著者であるかないかを被説明変数としたロジスティック回帰分析の結果。著者数が 2 名以上で、若手研究者を著者に含む調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。点線は 95%信頼区間を示している。

5. ポストドクターが参加している研究チームの論文は、著者数や国際化の度合などの条件を同一にしても、高い頻度で引用されている

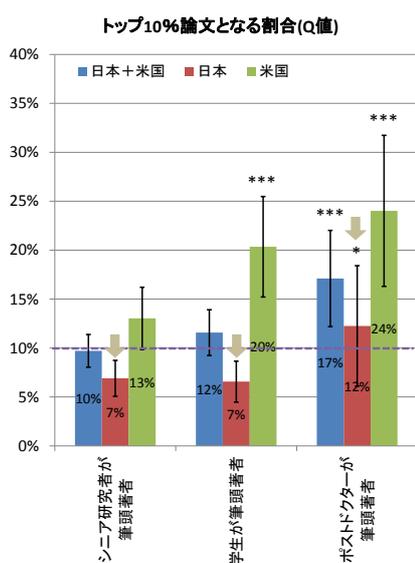
ポストドクターの参加は、研究プロジェクトの規模や研究チームの国際化の度合などの条件を同一にしても、被引用数でみた研究のパフォーマンスと正の相関を持つ²。

回帰分析による推計結果によると(概要図表 13(a)参照)、シニア研究者や学生が筆頭著者である場合、日本の論文がトップ 10%論文となる割合(Q 値)は 7%であるが、ポストドクターが筆頭著者である場合は 12%となっている。また、ポストドクターが著者に含まれる研究チームでは、含まれない研究チームと比べて、論文がトップ 10%論文となる割合が高いことが分かる(概要図表 13(b)参照)。

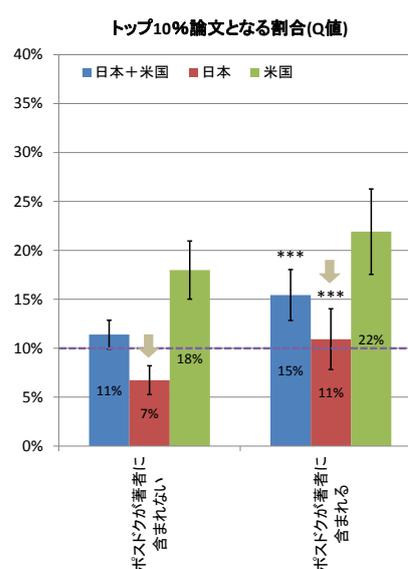
また、ポストドクターが参加している研究チーム(特に筆頭著者である研究チーム)では、研究プロジェクトの着想から調査対象論文の出版までの期間が短くなる傾向にあることが分かった。

概要図表 13 若手研究者の参加と調査対象論文の被引用数の関係

(a) 筆頭著者別



(b) ポストドクターの参加の有無



注1: 順序化した被引用数を被説明変数とした順序ロジスティック回帰分析の結果。著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。エラーバーは95%信頼区間を示している。それぞれ*(10%有意水準)、**(5%有意水準)、*** (1%有意水準)を示している。(a)はシニア研究者を基準、(b)はポストドクターが著者に含まれないを基準としている。

² 研究パフォーマンスが高い研究チームほど、研究資金の獲得を通じて、研究チームの規模を大きくし、結果としてポストドクターが研究チームに参加する割合が高くなることも考えられる。この内生性を制御するために、回帰分析を行う際は、プロジェクトの規模(著者数)を制御した。

6. まとめと考察

本調査研究を通じて、明らかになった「研究チームへの若手研究者の参加」と「研究チームの活動状況」、「若手研究者の貢献」、「研究パフォーマンス」との関係性を概要図表 14 にまとめる。

まず、今回の調査研究から、日本では約 7 割、米国では約 8 割の研究チームに、少なくとも 1 名の若手研究者が参加していることが明らかになった。また、著者全体における若手研究者の割合に比べて、筆頭著者における割合の方が高い。なかでも、ポストドクターが筆頭著者となる割合は、日米ともに通常論文よりもトップ 1%論文において高い。これらは、若手研究者の科学研究への大きな関与および貢献を示した結果である。

他方、マクロな状況を見ると、日米両国において、需要と供給のバランスの問題から、安定した職を見つけることの出来ない多くの若手研究者がいる。任期付雇用による不安定なキャリアパスは、キャリアとしての科学の魅力を失わせている。実際、日本における博士課程後期進学者は、この 10 年間で 1.82 万人から 1.56 万人に減少している(NISTEP, 2012)。すでに指摘されていることではあるが、科学研究を強化していく上で、若手研究者が研究者としての長期的なキャリア展望を持つことが出来るようにすることの重要性が、改めて裏付けられたと言える。

つぎに、今回の調査研究から、ポストドクターは全ての職階の中で最も国際流動性が高いこと、海外生誕の若手研究者は科学研究への重要な貢献者であることが示された。これらの結果を踏まえると、海外の優秀なポストドクターを、どのように自国に惹きつけるかが、科学研究に関する国の能力を向上するために、重要な課題になっていると言える。海外生誕のポストドクターは、短期的には研究チームの一員として、直接的に日本の科学研究に貢献し、長期的には日本の研究者との間に構築したネットワーク(国際共著等³)を通じて、日本の科学研究に貢献すると考えられる。

ただし、本調査研究から明らかになったように、ポストドクターが参加する割合は、進展の速い研究チームに取り組んでいる研究チーム、競争の脅威に直面している研究チーム、最先端の実験施設・設備を利用している研究チームにおいて高くなる。これらの特徴からも分かるように、ポストドクターは最先端の研究に取り組んでいる研究チームに参加する割合が高い。したがって、海外の優秀なポストドクターを我が国に惹きつけるには、日本自体の研究力を向上させることも必須である。

最後に、我が国の研究チームの特徴として、研究チームを構成する研究者における日本生誕の者の割合が高いこと、シニア研究者と学部・修士学生から構成される研究チームの割合が大きい(通常論文の 21%)ことが明らかになった。これは、研究者の育成・活用が主に自国内で行われているという、我が国の大学システムの特徴を反映した結果と考えられる。他方で、我々の分析からは、国際共著論文では、学生の参加割合が低くなることも明らかになっている。国レベルでみた日本の国際共著率の低さは、日本の大学システムの特徴にも関係していると考えられる。

³ 科学者サーベイの分析から、責任著者が海外での研究もしくは留学経験を持っている場合、調査対象論文が国際共著になる割合が高くなることが示されている。

概要図表 14 研究チームの活動状況と学生やポストドクターの研究チームへの参加との関係性

		ポストドクターの参加	学生(博士学生、学部・修士学生)の参加
全般的な状況	学生やポストドクターを含む研究チームの割合(通常論文)	日本 22%、米国 39% (参考) 若手研究者が 1 名でも参加している研究チーム: 日本 69%、米国 77%	日本 57%、米国 54%
	著者における若手の割合(通常論文)	日本 27%(全体)→36%(筆頭) 米国 33%(全体)→51%(筆頭)	
	国際流動性	全ての職階の中で、最も流動性が高い	博士学生は、ポストドクターに続き、流動性が高い
国際化	国内論文への海外生誕の研究者の参画	参加割合が高くなる (国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない研究チームとの相対比較)	—
	国際共著	参加割合が高くなる (国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない研究チームとの相対比較)	参加割合が低くなる (国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない研究チームとの相対比較)
研究の先進性	研究テーマの進展の速さ	進展の速い研究テーマに取り組んでいる研究チームで、参加割合が高くなる	—
	競争の脅威の度合	競争の脅威に直面している研究チームで、参加割合が高くなる	—
	最先端の実験設備・施設の利用	最先端の実験設備・施設を利用している研究チームで、参加割合が高くなる	—
貢献	若手研究者の貢献	海外生誕の若手研究者や、研究チームのマネジメントに積極的にかかわった若手研究者は、筆頭著者となる割合が高い	
研究パフォーマンス	トップ 10%論文となる割合	ポストドクターが筆頭著者の場合、トップ 10%論文となる割合が高くなる (シニア研究者が筆頭著者である場合との相対比較)	学生が筆頭著者の場合、トップ 10%論文となる割合が高くなる(米国のみ) (シニア研究者が筆頭著者である場合との相対比較)
	研究期間	研究プロジェクトの着想から論文の出版までの期間が短くなる傾向	—

注 1: 学生の参加と研究チームの活動状況の間には、明確な関係が見られない項目が多い。学生は日本の 57%、米国でも 54%の研究チームに参加している、つまり多様な研究チームに参加していることから、研究チームの活動状況との関係性が見られなかったと考えられる。

これらの状況を踏まえると、例えば海外生誕の研究者を我が国に惹きつけるために、ポストドクターを雇用できるような最先端の研究に極端に資金を集中することは、これまで機能していた我が国の研究者の育成システム(シニア研究者と学部・修士学生から構成される研究チームの活動)に影響を及ぼす可能性もある点には留意が必要であろう。本調査研究では、ポストドクターや学生が参加している研究チームの活動の特徴を明らかにすることに主眼を置いたが、研究チームの構成と研究に用いた研究資金源の関係性の分析を行うことも、科学技術政策立案に際して有用な情報を与えると考えられる。

本調査研究の分析結果からも明らかなように、若手研究者の育成、研究の国際化、研究チームが取り組む研究テーマの間には、相互に関係性がある。これらは、人材育成、国際化、分野別の研究の推進にかかる科学技術政策が、相互に関係性を持って実施されていく必要があることを示している。

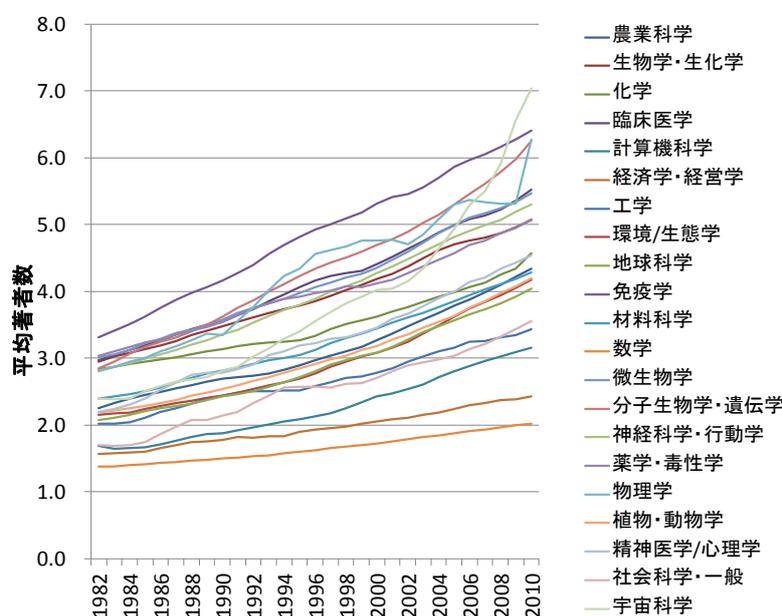
本編

(裏白紙)

1 背景と目的

科学研究の基本単位としてチームが重要になっている。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)。図表 1 は Web of Science を用いて、各ジャーナル分野の平均著者数を求めた結果である。ここで分析対象としている分野の全てで、1980 年代の初めから著者数が増加していることが分かる。これらの傾向から、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が分かる。

図表 1 著者数の時系列変化



(出典)トムソン・ロイター社 Web of Science (SCIE)をもとに、科学技術・学術政策研究所が集計。分析対象は、Article, Letter, Review, Note である。

いくつかの先行研究において、研究チームにおける若手研究者の重要性が示されている。Larivière (2010 年)は、ケベック州の大学から生み出された科学論文の約 30%に、博士課程の学生が著者として参加していることを見出した。Black と Stephan (2010 年)は、雑誌“*Science*”に掲載された米国の科学論文においては、博士学生とポストドクターが、筆頭著者となる割合が非常に高いことを指摘している。1990 年代半ばから米国と日本の両国で、ポストドクターの数が増加していることから、若手研究者が参加している研究チームの特徴や、若手研究者の貢献について理解を深めることは重要である。

本調査研究では、一橋大学イノベーション研究センター、当研究所、ジョージア工科大学が実施した、日米の科学者を対象とした大規模調査から得られたデータを用いて、研究チームに若手研究者が参加する要因とその貢献を探ることを目的としている。

科学研究を考える上で、若手研究者が重要となり得るいくつかの要因が考えられる。

第 1 に、博士課程を修了したばかりのポストドクターは、研究を行う上で最先端の知識や技術を取得し

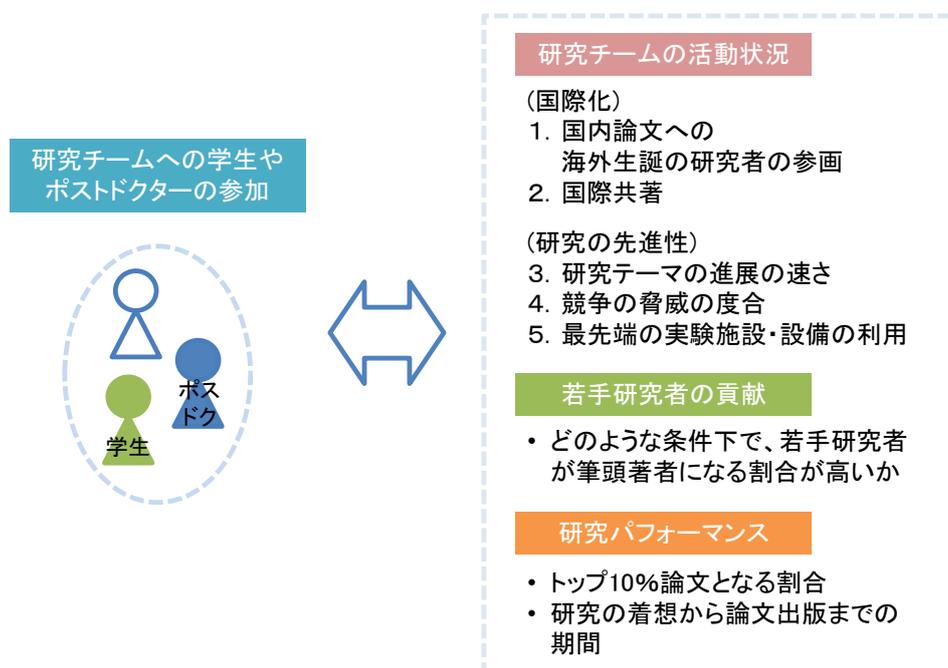
ていると考えられる。進展の速い研究領域では、ポストドクターが持つ最先端の知識や技術が、研究を進める上で重要となる可能性がある。

第2に、ポストドクターは、自らの時間の大半を研究に捧げることができるので、研究を加速するのに貢献する可能性がある。つまりポストドクターは、研究のプライオリティ(Merton, 1973)を獲得するのに速度が必要である場合、特に重要な役割を演じる可能性がある。

第3に、ポストドクターはさまざまな職階の研究者の中で、国際流動性が最も高いので(直接的な証拠については第4章を参照)、研究チームにポストドクターを採用することは、海外の優秀な人材を獲得するための効率的な方法であると言える(Empirica, 2005; Franzoni, Scellato & Stephan, 2012)。科学研究への海外生誕の研究者の貢献は、名声のある研究大学が世界中から学生を惹きつける米国で特に顕著である(Stephan & Levin, 2001)。

第4に、実験施設・設備の利用が挙げられる。多くの科学研究において、実験施設・設備が研究の進展において重要な役割を果たしている(Saka, Kuwahara & Igami, 2010; Stephan, 2012)。たとえば、粒子加速器、走査型トンネル顕微鏡およびDNAシーケンサーの発明やその進歩は、物理学、物質科学および生命科学の研究を進めるための重要な推進力になっている。これらの最先端の実験施設・設備を利用し、有効に活用する上で、若手研究者の知識や技能は必須かもしれない。

図表 2 本調査研究の分析の視点



本調査研究では、これらの要因が若手研究者の研究チームへの参加にどれだけ影響するかについて分析を行う。また、若手研究者が筆頭著者となっている論文に注目することで、若手研究者の研究チームへの貢献を明らかにする。また、若手研究者の参加が、論文の被引用数や研究期間といった研究のパフォーマンスと、どのように関係しているかについても考察する。

分析には、日米の科学者を対象とした科学における知識生産プロセスについての大規模調査(科学者サーベイ)の結果を用いた。書誌情報を利用した分析が近年活発に行われるようになっているが、書誌情報から獲得できる情報は限定されている。例えば、著者の職階や地位、生誕国、専門分野については情報が得られない。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、研究チームの構成、研究プロジェクトに使用された資金源、研究プロジェクトの動機づけを行った外部知識源、研究成果が生み出された過程などの情報を包括的に収集している。

これに加えて科学者サーベイでは、被引用数が全世界でトップ 1%の論文(トップ 1%論文)を生み出した研究プロジェクトとそれ以外の論文(通常論文)を生み出した研究プロジェクトについてのデータも収集している。科学者サーベイから得られた豊富なデータを活用することで、若手研究者の参加の状況と研究チームの活動状況の関係を分析することができる。

日本における調査は、2009 年末から 2010 年夏に一橋大学イノベーション研究センター(IIR)と当研究所(NISTEP)が連携して行った(Nagaoka et al., 2010)。米国での調査は、2010 年秋から 2011 年初頭までにジョージア工科大学が IIR および NISTEP と連携して実施した(Nagaoka et al., 2011)。日本の研究者から約 2,100 件の回答があり、米国の研究者から約 2,300 件の回答があった。

本研究の最終的な目標は、研究チームに関する次のような問いに答えることである。

1. 若手研究者が研究チームにどの程度参加しているか。
2. 若手研究者の参加を決めるのはどのような要因か。
3. 科学知識の生産に対する若手研究者の具体的な貢献はどのようなものか。
4. 若手研究者の参加と論文の被引用数や研究の速度の間に関係性はあるのか。

本報告書の構成は次の通りである。まず、第 2 章で科学者サーベイの概要を紹介し、第 3 章では研究チームへの若手研究者の参加に関する記述統計を示す。第 4 章では若手研究者が研究チームに参加することの決定要因と彼らの貢献に関する仮説について議論する。第 5 章では回帰モデルによる推計結果を示す。第 6 章には結論をまとめる。

2 調査の概要⁴

科学者サーベイでは、まず調査対象となる論文(調査対象論文)を抽出し、その論文の責任著者もしくはそれに相当する研究者を調査対象者とした。調査票では、調査対象論文についての情報やそれを生み出した研究プロジェクトの情報について尋ねた。

2-1 調査対象論文の決定

調査対象論文は、次の 2 つの方法で抽出した。論文の母集団としてはトムソン・ロイター社の Web of Science に含まれる Article と Letter を用いた。対象年は 2001 年～2006 年(データ年)である。データ年とは論文がデータベースに収録された年である。なお、調査対象論文の抽出の際に用いた被引用数は 2006 年 12 月末時点の情報である。

① トップ 1%論文(約 3,000 件)

各年、各ジャーナル分野において被引用数トップ 1%の論文で、著者の所属機関に、調査実施国(日本または米国)の機関が含まれている論文。日本についてはトップ 1%論文の全てを抽出し、米国は各年、各ジャーナル分野で無作為抽出を行った。

② 通常論文(約 7,000 件)

本調査の母集団のうち、トップ 1%論文を除いた全論文から、著者の所属機関に、調査実施国(日本または米国)の機関が含まれているものを、各年、各ジャーナル分野で無作為に抽出したもの。

なお、ここでジャーナル分野とはトムソン・ロイター社の Essential Science Indicators で用いられている 22 ジャーナル分野を指す。本調査研究で用いる分野分類の詳細については 2-4 で述べる。

2-2 調査対象者の決定

上記の約 2 万件の論文について、責任著者もしくはそれに相当する研究者を調べ、本調査を依頼する調査対象者とした。なお、調査対象者で、複数の抽出された論文の著者である者については、トップ 1%論文を優先しつつ、論文 1 件を無作為抽出し、その論文を調査対象論文とした。

最終的には、日本調査では 7,652 名の調査対象者を特定した。これらの中で、調査対象論文がトップ 1%論文である研究者は 1,932 名、通常論文である研究者は 5,720 名である。米国調査では 8,864 名の調査対象者を特定した。これらのうち、調査対象論文がトップ 1%論文である研究者は 2,882 名、通常論文である研究者は 5,982 名である。

⁴ 調査の詳細については、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—、科学技術・学術政策研究所、調査資料-191 に示した。

2-3 回答率

日本調査では7,652名の調査対象者から、2,081件の回答を得た。全体の回答率は27.2%であった。回答率は、トップ1%論文については29.3%、通常論文については26.5%であった。米国調査では8,864名の調査対象者から、2,329件の回答を得た。全体の回答率は26.3%であった。回答率はトップ1%論文については27.7%で、通常論文については25.6%であった。

2-4 分析のための分野分類

本報告書における分野分類は、ESI(Essential Science Indicators)の22ジャーナル分野に基づいている。いくつかの結果は、22ジャーナル分野を集約することによって得られた物理学、生命科学および医学の3分野分類に基づいている。自然科学は、物理学、生命科学および医学を集約した結果を示している。“Nature”や“Science”のような雑誌に発表される複合領域の論文は、調査対象論文中で引用している論文の情報を用いて21ジャーナル分野に再分類している。分析に用いる分野の対応関係を図表3に示す。

図表 3 分析に用いる分野の対応関係

大分野分類	3分野分類	10分野分類	22ジャーナル分野分類	
自然科学系	物理学系	1_化学	化学	
		2_材料科学	材料科学	
		3_物理学&宇宙科学	物理学 宇宙科学	
		4_計算機科学&数学	計算機科学 数学	
		5_工学	工学	
		6_環境/生態学&地球科学	環境/生態学 地球科学	
	医学系	7_臨床医学&精神医学/心理学	臨床医学 精神医学/心理学	
	生命科学系	8.1_農業科学&植物・動物学	農業科学 植物・動物学	
		8.2_基礎生命科学	生物学・生化学	生物学・生化学
			免疫学	免疫学
			微生物学	微生物学
			分子生物学・遺伝学	分子生物学・遺伝学
	神経科学・行動学		神経科学・行動学	
論文中の引用文献を用いて分類		薬学・毒性学	複合領域	
	S_社会科学	経済学・経営学 社会科学・一般		

2-5 科学者サーベイで得られるデータ

科学者サーベイでは、調査対象論文を生み出した研究プロジェクトについて様々な情報を尋ねている。具体的には、研究プロジェクトの動機、研究プロジェクトの着想に用いた知識源、研究チームの構成、研究プロジェクトで使用した研究資金額、研究資金の資金源、研究プロジェクトから生み出された論文等のアウトプットなど、研究プロジェクトについての包括的な情報からなる。

研究チームの構成については、調査対象論文の著者について、論文投稿時の職階・地位、所属機関のセクター分類、著者の専門分野、専門スキル、生誕国を尋ねることで、研究チームの構成を明らかにした。調査対象論文の著者数が6人以下の場合はすべての著者について尋ね、著者数が7人以上の場合には、筆頭著者、最終著者、責任著者を優先的に抽出し、残りはそれ以外から無作為抽出した共著者について尋ねた。

調査で得た情報に加えて、著者数、所属機関、2011年12月末時点の被引用数、調査対象論文が引用する文献の情報等をWeb of Scienceから取得した。

調査結果の集計をセクター別に行う際は、調査対象論文投稿時に調査対象者が所属していた機関のセクター分類を用いた。具体的なセクター分類は大学等、公的研究機関、民間企業、民間非営利組織、その他の5種類である。

本調査研究は自然科学の論文を生みだした大学の研究チームに焦点を当てる。図表4に調査対象者の所属セクター(論文投稿時)と調査対象論文のジャーナル分野のクロス集計の結果を示す。図表中に黄色で示した部分が本調査研究で分析対象とした範囲である。日本調査では全回答中の74%、米国調査では64%に対応する。米国における割合が低いのは、所属セクターの未回答が、約260件存在するためである。

図表 4 調査対象者の所属セクターと調査対象論文のジャーナル分野のクロス集計

(a) 日本

	大学等	公的 研究機関	民間企業	民間 非営利	その他	合計
1_化学	209	34	12	1	0	256
2_材料科学	108	23	9	1	1	142
3_物理学&宇宙科学	296	52	26	2	3	379
4_計算機科学&数学	66	5	6	0	0	77
5_工学	150	25	28	1	2	206
6_環境/生態学&地球科学	77	32	3	1	2	115
7_臨床医学&精神医学/心理学	211	35	4	0	13	263
8.1_農業科学&植物・動物学	116	61	12	1	2	192
8.2_基礎生命科学	308	63	27	4	2	404
S_社会科学	37	5	0	0	0	42
合計	1,578	335	127	11	25	2,076

(b) 米国

	大学等	公的 研究機関	民間企業	民間 非営利	その他	合計
1_化学	144	10	7	5	3	169
2_材料科学	47	15	0	2	2	66
3_物理学&宇宙科学	177	39	13	7	4	240
4_計算機科学&数学	107	5	4	0	6	122
5_工学	105	19	11	2	5	142
6_環境/生態学&地球科学	131	35	2	7	5	180
7_臨床医学&精神医学/心理学	314	21	16	16	10	377
8.1_農業科学&植物・動物学	102	22	7	6	4	141
8.2_基礎生命科学	353	42	9	26	13	443
S_社会科学	163	7	5	4	8	187
合計	1,643	215	74	75	60	2,067

注1: 所属セクターが未回答(日本 5 件、米国 262 件)は、集計から除いている。

2-6 研究者の職階・地位と本調査研究における若手研究者の定義

科学者サーベイでは、著者の職階・地位として、以下の選択肢を提示し、調査対象論文を投稿した時点の各著者の職階・地位を尋ねている。以降の議論では、①学生(学部、修士課程)、②学生(博士課程)、③ポストドクターを合わせて若手研究者と呼び、その他を合わせてシニア研究者と呼ぶ。つまり、本調査研究では、著者のキャリアの段階を用いて若手研究者を定義している。

若手研究者を定義する他の方法として、年齢を用いることも考えられる。しかしながら、科学者サーベイでは、著者の年齢は尋ねていないので、キャリアの段階を用いて若手研究者を定義した。通常、共同研究者の年齢まで正確に把握していることはまれだと考えられるので、調査票で年齢を尋ねたとしても、正確な回答が得られなかったと予想される。

- ① 学生(学部、修士課程)
- ② 学生(博士課程)
- ③ ポストドクター
- ④ 助教・講師クラス
- ⑤ 准教授クラス
- ⑥ 教授クラス
- ⑦ その他(技能者, その他, 不明)

3 研究チームへの若手研究者の参加

3-1 分野ごとの著者数の分布

分野別による著者数の分布を図表 5 に示す。ここでは赤の箱ひげ図がトップ 1%論文、青の箱ひげ図が通常論文に対応している。箱の左端が第一四分位値(Q1)、右端が第三四分位値(Q3)に対応する。また、線記号は中央値、四角記号は平均値を示す。ひげの左端は 5 パーセントイル、右端は 95 パーセントイルを示す。

まず、分野によって著者数が異なり、分野内でも著者数に幅があることがわかる。著者数の幅が大きいことから、中央値に注目し分野間の比較を行うと、計算機科学&数学と社会科学は著者数が相対的に少なく、基礎生命科学や臨床医学&精神医学/心理学は著者数が多い。

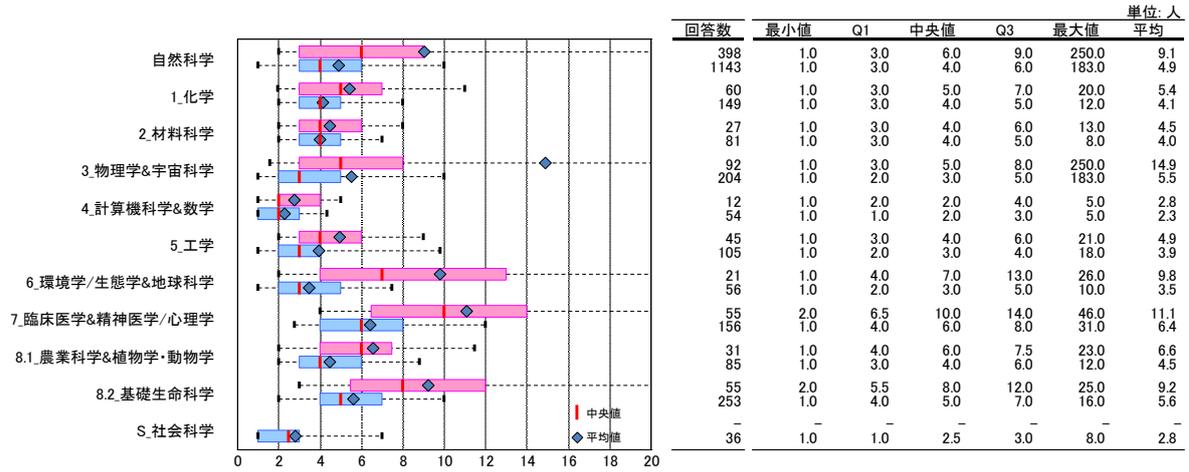
物理学&宇宙科学では、おおむね中央値付近に著者数が集中しているが、特異的に著者数の大きな論文が含まれている。これらは素粒子物理学などの超大型プロジェクトにかかわる論文である。

トップ 1%論文と通常論文を比較すると、トップ 1%論文の方が、著者数が多い傾向がわかる。日本の環境/生態学&地球科学、臨床医学&精神医学/心理学、基礎生命科学のトップ 1%論文については、著者数にかなりのばらつきがある(Q3とQ1の差が6名以上)。米国では、臨床医学&精神医学/心理学のトップ 1%論文において著者数のばらつきが大きい。これらの分野では、著者数の最大値も物理&宇宙科学に次ぐ規模であり、大規模な研究チームが構成されている場合もあることがわかる。

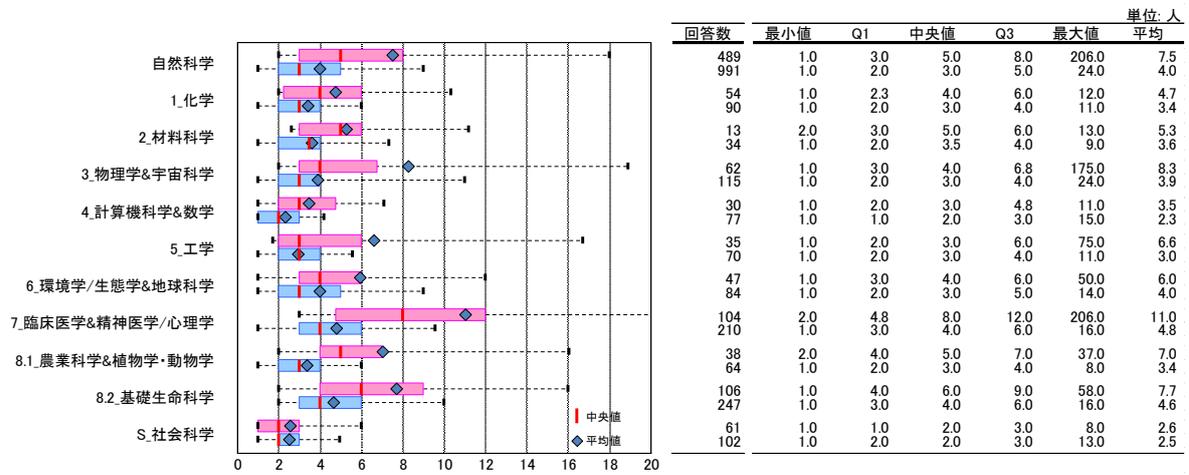
日本と米国を比較すると、全体的に日本の著者数の方が高い傾向が分かる。自然科学の著者数(中央値)を比較すると、日本の通常論文で4名、トップ 1%論文で6名、米国の通常論文で3名、トップ 1%論文で5名である。

図表 5 分野ごとの著者数の分布(大学等についての集計)

(a) 日本



(b) 米国



注1: 赤の箱ひげ図がトップ 1%論文、青の箱ひげ図が通常論文に対応している。箱の左端が第一四分位値、右端が第三四分位値に対応する。また、線記号は中央値、四角記号は平均値を示す。ひげの左端は5パーセンタイル、右端は95パーセンタイルを示す。

注2: 日本の社会科学のトップ1%論文については回答数が少ないので結果を示していない。

3-2 研究チームへの若手研究者の参加

3-2-1 研究チームへの若手研究者の参加の状況

研究チームは、学部学生、大学院生、ポストドクター、教員、技能者といった多様な人材で構成される。先行研究において科学研究における若手研究者の重要性が示されている(Larivière, 2010; Black & Stephan, 2010)。ただし、これらの分析は、特定の雑誌や国に限定されている。

我々の分析では、Web of Science のすべての雑誌を対象とし、また日本と米国を比較することで、先行研究における分析を拡張した。また、筆頭著者の分析においては、著者が貢献度の順で記載されている調査対象論文に分析対象を限定することで、科学研究における若手研究者の貢献をより明確化することを試みた。

大学の自然科学系では全体で3,021件の回答があった。その中で、著者数が1名の調査対象論文数は190件であり、全体の6.3%である。著者が2名以上の調査対象論文(2,831件)に注目すると、その中で若手研究者のみから著者が構成されているのは16件(0.57%)である。つまり、今回の調査対象論文の範囲では、若手研究者のみによってマネジメントおよび実施されている研究プロジェクトは、極めてまれであることが分かる。

図表 6 研究チームへの若手研究者の参加の状況(自然科学、大学等)

若手研究者の参加の状況					調査対象国		調査対象国	
シニア研究者	ポストドク	学生			日本		米国	
		博士	学部・修士	通常論文[1,075]	トップ1%論文[384]	通常論文[897]	トップ1%論文[475]	
I. 若手研究者が参加している研究チーム					69.4%	71.9%	77.0%	75.8%
研究 チーム	①	○		○	20.8% (1)	19.8% (2)	26.4% (1)	20.6% (2)
	②	○		○	20.7% (2)	10.2% (3)	8.9% (4)	1.7% (7)
	③	○	○		12.2% (3)	21.9% (1)	22.7% (2)	27.8% (1)
	④	○	○	○	6.6% (4)	7.3% (4)	12.5% (3)	19.2% (3)
	⑤	○		○	6.0% (5)	6.5% (5)	3.1% (5)	2.3% (4)
	⑥	○	○		2.1% (6)	4.4% (6)	2.7% (6)	2.3% (4)
	⑦	○	○	○	0.8% (7)	1.8% (7)	0.7% (7)	1.9% (6)
II. シニア研究者のみ					30.6%	28.1%	23.0%	24.2%

注: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。①～⑦には、若手研究者からのみ構成される研究チーム(16件)も含んでいる。それぞれの場合について、上位3位までにはいる研究チームの構成に網かけを付けている。

図表 6は、日本と米国の大学の研究チームを、研究チームの構成ごとに分類した結果である。通常論文に注目すると、日本では約7割、米国では約8割の研究チームに、若手研究者が少なくとも1名は参加していることになる。若手研究者が参加している研究チームに注目すると、日本の通常論文では、シニア研究者と博士学生から構成される研究チーム(20.8%)の割合が最大であり、これにシニア研究者と学部・修士学生から構成される研究チーム(20.7%)が続く。米国の場合、シニア研究者と博士学生から構成

される研究チーム(26.4%)の割合が最大であり、これにシニア研究者とポストドクターから構成される研究チーム(22.7%)が続く。日本と米国を比較すると、日本では学部・修士学生が参加している研究チームの割合が高い点が特徴である。

学生(学部・修士、博士)とポストドクターを比較すると、学生の方が、研究チームに参加する割合が高い。日本では57.2%、米国では54.3%の研究チームに学生がかかわっている。ポストドクターは、日本では21.8%、米国では38.6%の研究チームにかかわっている。トップ1%論文では、シニア研究者とポストドクターから構成される研究チームの割合が大幅に増加する。

図表7は、日本の通常論文について、分野別に研究チームへの若手研究者の参加の状況を示した結果である。若手研究者の参加の状況は、分野によって異なる様子が分かる。ここで分析対象とした分野の中では、化学において若手研究者の参加割合が最も大きく、医学系において若手研究者の参加割合が最も小さい。

若手研究者が参加している研究チームに注目すると、化学以外の分野ではシニア研究者と博士学生から構成される研究チームの割合が最大となっている。化学については、シニア研究者と学部・修士学生から構成されている研究チームの割合が40.7%と他の分野と比べて突出して大きい。

このように分野によって、若手研究者の参加の割合や研究チームに参加している若手研究者の職階・地位が異なる。

図表7 研究チームへの若手研究者の参加の状況(分野別、通常論文、日本、大学等)

若手研究者の参加の状況					通常論文			
職階	シニア研究者	ポストドク	学生		日本			
			博士	学部・修士	1.化学[145]	3.物理学&宇宙科学[190]	生命科学系[326]	医学系[155]
I 若手研究者が参加している研究チーム					82.8%	72.6%	75.2%	51.6%
①	○		○		12.4% (2)	23.2% (1)	25.5% (1)	19.4% (1)
②	○			○	40.7% (1)	18.9% (2)	18.4% (2)	3.2% (4)
③	○	○			8.3% (4)	14.2% (3)	12.6% (3)	16.1% (2)
④	○	○	○		6.9% (5)	6.8% (4)	9.5% (4)	9.7% (3)
⑤	○		○	○	9.0% (3)	6.3% (5)	6.4% (5)	2.6% (5)
⑥	○	○		○	5.5% (6)	2.6% (6)	0.9% (7)	0.6% (6)
⑦	○	○	○	○	0.0% (7)	0.5% (7)	1.8% (6)	0.0% (7)
II シニア研究者のみ					17.2%	27.4%	24.8%	48.4%

注: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。①～⑦には、若手研究者からのみ構成される研究チームも含んでいる。

3-2-2 研究チームにおける著者の構成

図表8は、それぞれ日本と米国の大学の研究チームにおける著者の構成を示している。日本では、教授クラスの割合が最大である。教授クラスの割合は、通常論文で35.1%、トップ1%論文で37.6%であ

る。他方、若手研究者の割合は、通常論文、トップ 1%論文ともに 26.6%である。米国についても、通常論文とトップ 1%論文のいずれでも教授クラスが最大の割合を占めている。米国の若手研究者は通常論文で 33.0%、トップ 1%論文で 34.3%を占めている。

日米ともに若手研究者全体としての割合は、通常論文とトップ 1%論文で違いは見られない。しかし、学生⁵とポストドクターのバランスは、通常論文とトップ 1%論文で異なっている。例えば日本では、学生は通常論文の著者の 20.2%、トップ 1%論文の 15.3%を占めている。他方、ポストドクターは通常論文の著者の 6.4%、トップ 1%論文の 11.3%を占めている。つまり、ポストドクターはトップ 1%論文における割合が通常論文と比べて高く、学生は通常論文における割合がトップ 1%論文と比べて高い。米国でも、同じような状況が見られる。

著者に占めるポストドクターの割合に注目すると、通常論文、トップ 1%論文ともに、日本と比べて米国の方が高くなっている。

図表 8 論文著者の職階・地位の構成(自然科学、大学等)

	日本			米国		
	通常論文	トップ1%論文	平均値の差の検定	通常論文	トップ1%論文	平均値の差の検定
調査対象論文数	1,075	384	-	897	475	-
調査対象論文の著者数	4,572	1,886	-	3,492	2,229	-
若手研究者	26.6%	26.6%		33.0%	34.3%	
学生	20.2%	15.3%	***	19.4%	16.7%	***
ポストドクター	6.4%	11.3%	***	13.5%	17.6%	***
シニア研究者	73.4%	73.4%	-	67.0%	65.7%	-
講師・助教クラス	16.1%	13.3%	-	9.9%	9.1%	-
准教授クラス	16.1%	16.2%	-	12.1%	10.0%	-
教授クラス	35.1%	37.6%	-	31.7%	33.8%	-
その他	6.1%	6.2%	-	13.3%	12.8%	-

注: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。平均値の検定は、それぞれ*(10%有意水準), **(5%有意水準), *** (1%有意水準)を示している。その他は、技能者、その他、不明の合計。

図表 9 は、調査対象論文の筆頭著者となっている若手研究者の割合をまとめたものである。ここでは、著者が貢献度の順で記載されている調査対象論文に限定して分析をおこなった。言い換えれば、これは調査対象論文に対して最も貢献した研究者を示している。

まず、通常論文における若手研究者の貢献に注目する。図表 9 に示すように、自然科学系において若手研究者が筆頭著者になる割合は、日本で 35.8%、米国で 51.2%である。若手研究者は、日本よりも米国の方が筆頭著者になっている割合が高い。若手研究者が筆頭著者となる割合は、論文全体における若手研究者の割合より高い(通常論文の著者全体における若手研究者の割合は日本で 26.6%、米国で 33.0%、筆頭著者における割合は日本で 35.8%、米国で 51.2%)。

⁵ 米国の標本では、学部・修士学生の数が少ないので、以降の分析では、学部・修士学生と博士学生を合わせて学生として分析を行う。

分野別にみると、若手研究者の筆頭著者としての貢献は、日本、米国ともに生命科学系において高くなっている。日本では通常論文の筆頭著者の 46.0%、米国では 62.2%が若手研究者である。物理科学系の通常論文については、若手研究者が筆頭著者となる割合が日本で 31.8%、米国で 55.6%である。

図表 9 著者が貢献度の順で記載されている調査対象論文における若手研究者の割合(自然科学、大学等)

	日本			米国			
	通常論文	トップ1%論文	平均値の差の検定	通常論文	トップ1%論文	平均値の差の検定	
自然科学	調査対象論文数	819	268	-	572	257	-
	若手研究者	35.8%	39.6%		51.2%	51.4%	
	学生	26.3%	19.0%	**	31.8%	23.0%	***
	ポストドクター	9.5%	20.5%	***	19.4%	28.4%	***
物理科学系	調査対象論文数	424	153	-	275	126	-
	若手研究者	31.8%	33.3%		55.6%	57.9%	
	学生	23.3%	18.3%		39.6%	38.9%	
	ポストドクター	8.5%	15.0%	**	16.0%	19.0%	
生命科学系	調査対象論文数	265	65	-	172	58	-
	若手研究者	46.0%	52.3%		62.2%	65.5%	
	学生	34.7%	20.0%	**	34.3%	13.8%	***
	ポストドクター	11.3%	32.3%	***	27.9%	51.7%	***
医学系	調査対象論文数	130	50	-	125	73	-
	若手研究者	27.7%	42.0%	*	26.4%	28.8%	
	学生	18.5%	20.0%		11.2%	2.7%	**
	ポストドクター	9.2%	22.0%	**	15.2%	26.0%	*

注: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。平均値の検定は、それぞれ*(10%有意水準), **(5%有意水準), *** (1%有意水準)を示している。その他は、技能者、その他、不明の合計。

図表 9 から分かるように、筆頭著者に占めるポストドクターと学生の構成比率は、米国の物理科学系を除いて、通常論文とトップ1%論文で異なっている。ポストドクターはトップ1%論文の筆頭著者となる割合が高い(日本の自然科学系の通常論文で9.5%、トップ1%論文で20.5%、米国の通常論文で19.4%、トップ1%論文で28.4%)。他方、学生は通常論文の筆頭著者となる割合が高い。トップ1%論文に注目すると、日米ともに生命科学系においてポストドクターが筆頭著者となる割合が非常に大きい。日本では筆頭著者の32.3%、米国では51.7%がポストドクターである。

生命科学におけるポストドクターの高い参加割合は、日本および米国の科学技術政策によるところが大きいと考えられる。米国では、1999~2003年度におけるNIH予算の増により、生命科学において、ポストドクターの人数が急激に増加した。しかし、ポストドクターの多くが高等教育機関でテニユアの地位を見つけることが困難な状況にある(Stephan, 2012)。日本では、第1期科学技術基本計画(1996年度~2000年度)において、ポストドクターを1万人まで増加させる計画(ポストドク1万人計画)が導入された。この結果として、ポストドクターの数は2009年度において約15,000人となっている(Saito et al., 2011)。

4 若手研究者の研究チームへの参加や貢献の要因(仮説と記述統計)

前章でみたように、今回の調査対象論文の範囲では、著者が2名以上の調査対象論文の99%以上がシニア研究者と若手研究者によって構成されている。つまり、若手研究者のみで研究チームを構成することは極めてまれである。これを踏まえ以降の分析では、研究チームはシニア研究者に率いられており、研究チームの構成員の選択などの研究チームのマネジメントは、シニア研究者によって主に行われると考える。

まず、若手研究者が研究チームに参加する決定要因と若手研究者の貢献に焦点を当てる。科学者サーベイでは、若手研究者の調査対象論文への具体的な貢献を直接的に計測してはいない。しかし、研究チームの国際化など特定の要因が、若手研究者が研究チームの一員となることや、若手研究者が調査対象論文の筆頭著者となる割合が高くなることと相関があるかを調べることにより、若手研究者の貢献を評価する。若手研究者の貢献が大きいと考えられる研究に、若手研究者が参加する割合が高いので、若手研究者の参加と貢献はおなじ決定要因によって説明されると考えられる。

4-1 研究テーマの進展の速さと競争の脅威

ポストドクターは研究を実施する上で必要な最先端の知識と技術を取得していると考え、ポストドクターの参加割合は、進展の速い研究テーマにおいて高くなると予想される。したがって、ポストドクターの参加と研究テーマの新規性について、次の仮説を立てる。

仮説 1: 研究チームが進展の速い研究テーマを研究対象としている場合、ポストドクターがその研究チームに参加する割合が高くなる。

ここでは、調査対象論文の出版年と調査対象論文中で引用している論文の出版年の引用タイムラグを、研究テーマの進展の速さを測るための代理変数として使用する。引用タイムラグが長い調査対象論文は、確立されたテーマを研究対象としていると考える。他方、引用タイムラグが短い調査対象論文は、進展の速い研究テーマを研究対象としていると考える。

図表 10 は、シニア研究者のみの研究チーム、学生が参加している研究チーム、ポストドクターが参加している研究チーム、学生とポストドクターが参加している研究チームという4種類の研究チームについて引用タイムラグを示している。引用タイムラグは、シニア研究者のみの研究チームやシニア研究者と学生から構成される研究チームで長い傾向がある。ポストドクターが参加している研究チームでは、引用タイムラグは約1年短いことが分かる。

図表 10 研究チームの構成と引用タイムラグの関係

(a) 日本

(年)								
日本	回答数	平均	標準偏差	最小	25%	中央値	75%	最大値
シニア研究者のみ	428	7.0	2.8	1.0	4.9	6.7	8.8	15.5
学生が参加	638	7.2	2.9	0.0	5.1	6.6	9.0	19.7
ポストドクターが参加	215	6.3	2.6	0.9	4.4	5.9	7.7	14.6
学生とポストドクターが両方とも参加	155	6.3	2.4	2.2	4.5	5.9	7.7	17.3

(b) 米国

(年)								
米国	回答数	平均	標準偏差	最小	25%	中央値	75%	最大値
シニア研究者のみ	316	7.1	2.9	0.4	5.1	6.8	8.8	17.0
学生が参加	459	7.1	2.8	0.0	5.1	6.8	8.8	22.0
ポストドクターが参加	334	6.1	2.5	0.9	4.4	5.7	7.4	19.5
学生とポストドクターが両方とも参加	251	5.7	2.4	0.5	4.1	5.3	7.0	13.4

注: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。通常論文とトップ 1%論文をブールした結果。

本調査研究では、競争の脅威も考慮した。科学研究は、プライオリティを確立することで名声を獲得する競争プロセスとして特徴付けられる(Merton, 1973)。ポストドクターは、自分たちの時間の大半を研究に捧げることができるので、研究のプライオリティを獲得するために、研究の速度を加速するのに重要な役割を果たすかもしれない。例えば、米国の生命科学および物理科学のポストドクターは 1 年間(2006 年)に平均 2,650 時間(週平均 50 時間)を研究に費やしている(Stephan, 2012)。他方、大学教員は教育、大学行政、プロジェクトの提案や予算獲得、研究管理のために多くの時間を費やしている(Decker et al., 2007)。日本の大学教授の総職務時間に占める平均研究時間割合は、2002 年度から 2008 年度の 6 年間に約 10%ポイント減少し、2008 年度には 35.7%になっている(Kanda & Kuwahara, 2011)。また、学生は研究に加えて学習にもかなりの時間を費やしている。

競争の脅威の代理変数として、競争相手によって研究が先行されることへの脅威の度合を用いた。科学者サーベイでは、研究プロジェクトを開始した際の競争の脅威の度合を尋ねている。これは、研究チームが他者に先行される懸念レベルについての主観的評価に基づいている(Hagstrom, 1974)。図表 11 に結果をしめす。

本調査研究では責任著者もしくはそれに相当する者を回答者として選定したが、若手研究者が参加している研究チームについては、若手研究者が回答者になる可能性もある⁶。競争の脅威の度合の回答者の年齢依存性をみると、米国では年齢が若いほど競争の脅威の度合を高く評価する傾向にあることが分かった。したがって、仮に若手研究者が参加している研究チームにおいて競争の脅威の度合が高いとしても、それは回答者の構成の違いに起因しているに過ぎない可能性もある。この潜在的な内生性の問題を回避するために、図表 11 の結果および一部の回帰分析からは、調査対象論文が投稿された際に、回

⁶ 著者数が 2 名以上の調査対象論文の中で、若手研究者が回答者であったものの割合は、12.1%(343 件)であった。

答者が若手研究者である回答については、分析対象から除いている。

まず、若手研究者の研究チームへの参加の形態ごとに「全く心配しなかった」の割合をみると、シニア研究者のみから構成される研究チームにおいて、日本(22%)および米国(53%)ともに最も高い。しかし、ポストドクターが参加している研究プロジェクトでは、「全く心配しなかった」の割合が大きく減少し、日本では8%、米国では30%となっている。

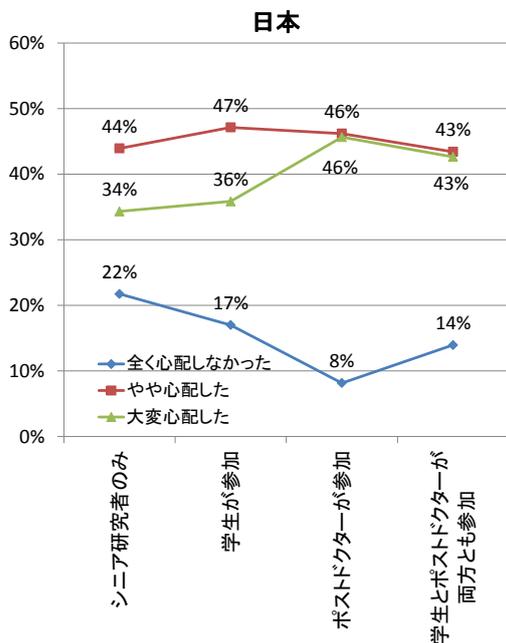
全般的な競争の脅威の度合は、米国と比べて日本の方が高くなっている。シニア研究者のみから構成される研究チームに注目すると、「大変心配した」の割合は、日本では34%なのに対して、米国では10%となっている。「大変心配した」の割合は、日本ではポストドクターが参加している研究チーム(46%)、米国では学生とポストドクターが参加している研究チーム(22%)において最も高くなっている。

これらの結果を踏まえて、ポストドクターの参加と競争の度合について、次の仮説を立てる。

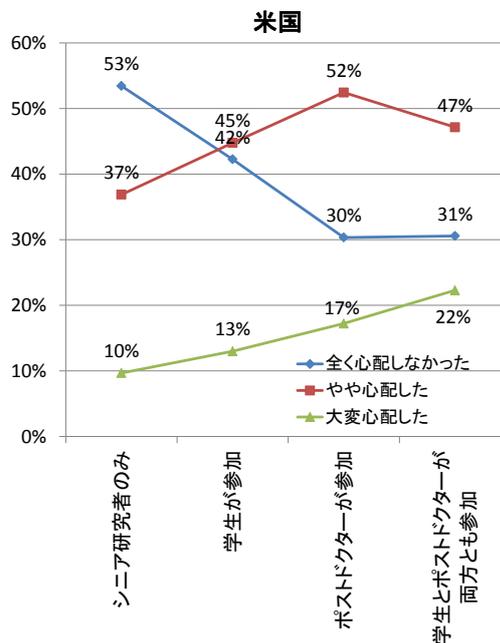
仮説 2: 研究チームが競争相手によって先行されるという競争の脅威に直面する場合、ポストドクターが研究チームに参加する割合が高くなる。

図表 11 競争の脅威の度合と若手研究者の研究チームへの参加

(a) 日本



(b) 米国



注: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。調査対象論文を投稿した時点で、回答者が若手研究者であったレコードは集計から除いた。通常論文とトップ1%論文をプールした結果。

4-2 研究チームの国際化

ポストドクターは国際流動性が高いので、研究チームにポストドクターを雇用することは、海外の優秀な人材へアクセスするための効果的な方法といえる。科学研究に対する海外生誕の研究者の貢献は米国で特に大きい(Stephan, 2012)。ここでは、研究チームの国際化と若手研究者の参加に関して次の仮説を立てる。

仮説 3: 海外生誕の研究者が参加している研究チームほど、ポストドクターが研究チームに参加する割合が高くなる。

科学者サーベイでは、6名までの著者について生誕国を尋ねている。国際共著の情報と著者の生誕国情報の組み合わせによって、研究活動における国際化の2つの側面、すなわち、海外の研究機関と共同研究することと、海外生誕の研究者と直接に契約することを見分けることができるようになる。図表12はその結果をまとめたものである。日本では国内論文の85%は、著者に海外生誕の研究者を含まない。これとは対照的に、国際共著論文の90%以上は海外生誕の研究者を含んでいる。これらの結果は、日本調査における海外生誕の研究者の大半は、日本以外の組織に所属していることを示している。米国調査では国内論文の約70%に、少なくとも1人の海外生誕の研究者が含まれている。つまり、海外から米国への研究者の流れを示している。

図表 12 国際共著の情報と著者の生誕国情報の組み合わせのクロス集計

(a) 日本

日本	生誕国			
	回答数	日本生誕のみ	日本以外生誕のみ	日本+日本以外
国内論文	1,019	85.3%	0.0%	14.7%
国際共著論文	439	6.6%	1.8%	91.6%

(b) 米国

米国	生誕国			
	回答数	米国生誕のみ	米国以外生誕のみ	米国+米国以外
国内論文	969	30.2%	14.4%	55.3%
国際共著論文	391	3.1%	27.9%	69.1%

注: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。著者6名までの情報を用いて分析を行った結果。通常論文とトップ1%論文をプールした結果。

では、米国で研究活動を行っている海外生誕の研究者とは誰なのか。図表 13 に、職階・地位ごとの著者の生誕国分布を示す。ここでは、海外の研究機関に所属する海外生誕の研究者の影響を除くために国内論文だけを分析している。

海外生誕の研究者の割合は両国とも職階・地位によって違いがある。日米ともに海外生誕の研究者の割合はポストドクターで最も高く、それに次ぐのが博士学生である。米国ではポストドクターの 70%、日本でも 25%が海外生誕の研究者である。これらの結果は、ポストドクターや博士課程の学生は、他の職階・地位の研究者よりも国際流動性が高いことを示している。生誕国に注目すると、日米ともに中国が生誕国であるポストドクターの割合が最も高い。米国のポストドクターの 18.6%が中国生誕である。

日米ともに研究者の職階が高くなるにつれて、海外生誕の研究者の割合は小さくなる傾向にある。ただし、その割合には大きな違いがあり、米国の教授クラスの約 30%が海外生誕であるのに対して、日本ではその割合は 2%程度である。

図表 13 職階・地位ごとの著者の生誕国分布

(a) 日本

日本	日本	米国	中国	その他 アジア	欧州	その他
教授クラス(1,419)	97.8%	0.0%	0.3%	0.3%	0.0%	1.6%
准教授クラス(690)	97.2%	0.4%	0.7%	0.3%	0.0%	1.3%
講師・助教クラス(741)	96.8%	0.0%	1.3%	0.5%	0.0%	1.3%
ポストドクター(220)	75.0%	0.5%	11.8%	5.5%	2.7%	4.5%
博士学生(469)	87.0%	0.0%	5.5%	5.8%	0.0%	1.7%
修士・学部学生(497)	97.2%	0.0%	0.8%	0.6%	0.2%	1.2%
その他(236)	95.3%	0.0%	0.9%	0.9%	0.9%	2.1%

(b) 米国

米国	日本	米国	中国	その他 アジア	欧州	その他
教授クラス(1,138)	0.5%	71.1%	3.2%	7.2%	8.7%	9.3%
准教授クラス(412)	0.5%	69.7%	4.6%	8.0%	10.2%	7.0%
講師・助教クラス(405)	1.2%	60.2%	8.6%	10.1%	11.6%	8.1%
ポストドクター(576)	4.7%	30.4%	18.6%	13.2%	24.1%	9.0%
博士学生(587)	0.5%	48.4%	18.1%	15.2%	6.3%	11.6%
修士・学部学生(175)	0.0%	78.3%	2.9%	5.7%	2.9%	10.3%
その他(503)	0.6%	61.0%	7.6%	6.2%	6.8%	17.9%

注: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。その他は、技能者、その他、不明の合計。著者 6 名までの情報を用いて分析を行った結果。通常論文とトップ 1%論文をブールした結果。

4-3 最先端の実験施設・設備の利用

実験施設・設備は、科学研究の発展に非常に重要な役割を果たす(Saka, Kuwahara & Igami, 2010; Stephan, 2012)。それら进行操作するには、多くの場合、新しい技能を習得するために時間を費やす必要がある。したがって、研究に時間を費やすことのできる若手研究者は、実験施設・設備进行操作するための重要な役割を果たしていると考えられる。つまり、最先端の実験施設・設備の利用は、若手研究者を雇うための重要な動機となる可能性がある。

仮説 4: 研究チームが最先端の実験施設・設備を利用している場合には、ポストドクターはその研究チームに参加する割合が高くなる。

日本調査では、回答者に対して最先端の実験施設・設備を利用したかどうかを尋ねた。その際、研究チームが保有しているものと外部のもの(スーパーコンピュータ、望遠鏡および粒子加速器など)を区別した。

最先端の実験施設・設備の使用状況(日本調査のみ)を図表 14 にまとめた。研究チームの保有する最先端の実験施設・設備または外部の最先端の実験施設・設備を利用した研究チームの割合は、シニア研究者だけで構成されている研究チームにおいて最も小さい(研究チームが保有する実験施設・設備については 33%、外部の実験施設・設備については 15%)。ポストドクターが参加している研究チームでは、シニア研究者のみから構成されている研究チームと比べて、研究チームで保有する最先端の実験施設・設備を利用する割合が約 20%ポイント増加している。外部の最先端の実験施設・設備を利用する割合も増加するが、増加の程度は研究チームで保有する最先端の実験施設・設備の場合に比べてそれほど著しくはない。この要因として、外部の実験施設・設備については、それら进行操作する専門スタッフがいることが挙げられる。

図表 14 最先端の実験施設・設備の利用状況(日本調査のみ)

	回答数	最先端の実験施設・設備 (研究チームが保有)	外部の最先端の 実験施設・設備
シニア研究者のみ	437	33.4%	14.6%
学生が参加	652	40.3%	15.6%
ポストドクターが参加	215	50.7%	21.4%
学生とポストドクターが両方とも参加	155	51.6%	25.2%

注 1: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。通常論文とトップ 1%論文をプールした結果。

最先端の実験施設・設備の利用をしている研究プロジェクトへ若手研究者が参加している理由として、単なる労働力として若手研究者が参加している可能性もある。言い換えれば、若手研究者を実験施設・設備のオペレータとして雇用している可能性もある。

単なる作業分担のために若手研究者を研究チームに参加させることと、実験施設・設備を活用する技

術を通じた研究への知的な貢献を区別するために、若手研究者の参加についての推計は、学生とポストドクターを別々に行った。もし、単なる作業分担が若手研究者を研究チームに参加させる主な理由であるなら、最先端の実験施設・設備の利用に対する参加割合の変化には、ポストドクターと学生で差は見られないと考えられる。

物理学系の研究チームが利用した具体的な実験施設・設備の例を図表 15 に示す。まず、研究チームで保有していた実験施設・設備に注目すると、NMR や ESR といった分光装置や走査型プローブ顕微鏡などの顕微鏡/イメージング機器が上位となっている。次に外部の実験施設・設備を見ると、放射光・加速器施設の割合がもっとも高く、これにスーパーコンピュータ・PC クラスタがつづく。

生命科学系の研究チームが利用した具体的な実験施設・設備の例を図表 16 に示す。まず、研究チームで保有していた実験施設・設備に注目すると、遺伝子解析装置や顕微鏡/イメージング機器が上位となっている。次に外部の実験施設・設備を見ると、放射光・加速器施設の割合がもっとも高く、これに質量分析装置がつづく。

図表 15 最先端の実験施設・設備の利用状況(物理学系、日本調査のみ)

(a) 研究チームで保有していた実験施設・設備

実験施設・設備の種類	例	割合(216)
分光装置	核磁気共鳴(NMR); 電子スピン共鳴(ESR); ラマン分光	14.8%
顕微鏡/イメージング機器	走査型プローブ顕微鏡; 電子顕微鏡	13.9%
微細加工装置・設備	電子線描画装置; 化学気相成長(CVD); 分子線エピタキシー(MBE)	9.3%
スーパーコンピュータ・PCクラスタ	PCクラスタ	8.8%
実験環境施設	クリーンルーム; 流体実験施設	7.9%

(b) 外部の実験施設・設備

実験施設・設備の種類	例	割合(137)
放射光・加速器施設	加速器; SPring-8; KEK-Photon factory	39.4%
スーパーコンピュータ・PCクラスタ	スーパーコンピュータ; 地球シミュレータ	16.8%
天体・気象・素粒子大型観測装置	すばる望遠鏡; 大型望遠鏡; 衛星からのデータ	10.9%
顕微鏡/イメージング機器	高分解能透過電子顕微鏡	6.6%
分光装置	核磁気共鳴(NMR)	5.8%

注 1: 大学以外の回答者の結果も含めた集計結果。通常論文とトップ 1%論文をブールした結果。

図表 16 最先端の実験施設・設備の利用状況(生命科学系、日本調査のみ)

(a) 研究チームで保有していた実験施設・設備

実験施設・設備の種類	例	割合(103)
遺伝子解析装置	DNAシーケンサ; リアルタイムPCR; DNAマイクロアレイ	23.3%
顕微鏡/イメージング機器	共焦点レーザー顕微鏡	21.4%
質量分析装置	液体クロマトグラフ質量分析; 飛行時間型質量分析	14.6%
生物系飼養培養施設	細胞培養; トランスジェニックマウス	7.8%
分光装置	核磁気共鳴(NMR)	5.8%

(b) 外部の実験施設・設備

実験施設・設備の種類	例	割合(49)
放射光・加速器施設	SPring-8; KEK-Photon factory	32.7%
質量分析装置	高分解能液体クロマトグラフ質量分析; 高分解能飛行時間型質量分析	16.3%
顕微鏡/イメージング機器	高分解能透過電子顕微鏡	12.2%
生物系飼養培養施設	実験動物管理施設	10.2%
スーパーコンピュータ・PCクラスタ	スーパーコンピュータ	10.2%

注 1: 大学以外の回答者の結果も含めた集計結果。通常論文とトップ 1%論文をブールした結果。

4-4 若手研究者の貢献の源泉

これまでに、若手研究者(特にポストドクター)が研究チームに参加する要因について議論してきた。シニア研究者は、研究チームの研究能力を最大化するために、若手研究者を研究チームに参加させるという決定を行うと考えられる。したがって、これまでに挙げてきた若手研究者が研究チームに参加する要因は、シニア研究者が若手研究者に期待している貢献でもあると考えられる。

仮説 5: 仮説 1~4 に示した要因が満たされた場合、若手研究者の研究チーム内での相対的な貢献は大きくなる。

なお、仮説 5 は研究チームのパフォーマンスではなく、研究チームにおける若手研究者の相対的な貢献について述べている点に注意が必要である。つまり、仮説 5 は、ポストドクターのみでなく、若手研究者全体について成り立つと仮定する。ここでは、論文の筆頭著者の地位は、仮説で述べた 4 つの要因に対する若手研究者の貢献に対して、シニア研究者が与えるものとする。シニア研究者の視点から筆頭著者の決定を考えると、研究プロジェクトが始まってからは、ポストドクターと学生を区別する必要は特にない。したがって、ここでは若手研究者を一括して取り扱う。

なお、筆頭著者の立場は、若手研究者へのギフトであるとの議論もある。ギフトという視点が貢献よりも支配的だとすると、仮説 1~4 で示した若手研究者が研究チームに参加する決定要因と、若手研究者が筆頭著者となることには、有意な相関は見られないことが予想される。

4-5 ポストドクターの研究チームへの参加と研究パフォーマンス

ポストドクターがトップ 1%論文の筆頭著者になる頻度が高いことから示唆されるように、研究チームがポストドクターをメンバーに含んでいる場合、その研究チームの研究パフォーマンスは高くなると予想される。他方で、トップ1%論文を生み出した研究チームは著者数の規模が大きい傾向がある。研究チームの規模を大きくするには、研究資金を獲得する必要があるので、研究資金を獲得できるような研究パフォーマンスの高いチームにポストドクターが参加している可能性もある。

しかしながら、この内生性(研究プロジェクトの規模)を制御しても、ポストドクターを含む研究チームは高いパフォーマンスを示す可能性がある。そこで、ポストドクターの研究チームへの参加と研究パフォーマンスの関係について、次の仮説を立てる。

仮説 6: 研究プロジェクトの規模を制御しても、ポストドクターを含む研究チームは高いパフォーマンスを示す。

我々の分析から明らかになるのは相関関係であるが、ポストドクターの参加が、研究チームのパフォーマンスを向上させる道筋として、次のようなものが考えられる。

第 1 に、ポストドクターは活動時間の大部分を研究に費やすことが出来るので、研究の加速に貢献する可能性がある。研究の加速は研究競争におけるプライオリティの確保につながり、研究のパフォーマンスの向上につながると考えられる。第 2 に、ポストドクターの研究チームへの参加は、研究チームが海外生誕の研究者にアクセスするための重要なチャンネルである。ポストドクターを通じて海外の優秀な人材へアクセスすることで、研究チームに新しい知識やスキルがもたらされ、その結果、研究チームの高いパフォーマンスにつながると考えられる。また、研究競争が激しい研究領域や進展の速い研究領域は、そこに参加する研究チームの数も多い。したがって、得られた結果に対する注目度も、他の研究領域と比べて相対的に高くなることが考えられる。

5 回帰分析による仮説の検証

この章では、これまでに述べた仮説を検証するために行った回帰分析の結果を示す。まず、ポストドクターや学生の参加が、研究チームの活動状況とどのように関連しているかを分析する。

次に、若手研究者が筆頭著者となる割合が、研究チームの活動状況とどのように関連しているかを検証する。科学者サーベイの最も大きな利点は、著者が貢献度の順で記載されている調査対象論文に絞って分析を行うことが可能な点である。

最後に、2つの成果指標(被引用数と調査対象論文出版までの期間)と若手研究者の研究チームへの参加の間の相関関係をみる。図表 17 に、回帰分析で用いた変数をまとめた。図表 18 には、各変数の要約統計量一覧を示す。以下の推計では、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。

図表 17 回帰分析で用いた変数一覧

変数名	内容
ADV_EQUIP_EXT	1: 研究チームが最先端の外部実験施設・設備を利用した場合 0: それ以外
ADV_EQUIP_OWNED	1: 研究チームが自ら保有する最先端の実験施設・設備を利用した場合 0: それ以外
COUNTRY	国のダミー変数 (0: 日本, 1: 米国)
FIELD21	分野ダミー (ESI の 21 ジャーナル分野)
FIRST_TYPE	1: シニア研究者が筆頭著者 2: 学生が筆頭著者 3: ポストドクターが筆頭著者
HIGHLY_CITED_PAPERS	1: トップ 1%論文 0: 通常論文
IMPROVED_EQUIP_FACIL	1: 研究プロジェクトを通じて改良された実験施設・設備が得られた。 0: それ以外
LG_AUTHORS	著者数 (対数)
LG_CITATION_LAG	調査対象論文の出版年と調査対象論文中で引用されている論文の出版年の平均タイムラグ(対数)
LG_DURATION_PUBLICATION	研究プロジェクトの着想から調査対象論文が公表されるまでの期間(対数)
ORDERED_CITATION_COUNTS	調査対象論文の順序化された被引用数
POSTDOC_PARTICIPATION	1: 研究チーム(調査対象論文の著者)にポストドクターが含まれる場合 0: それ以外
PROJECT_SUGGEST_YOUNG	研究プロジェクトが大学院生やポストドクターによって示唆された (1: 全く当てはまらない -- 5: 非常によくあてはまる)
PROTOCOL_CHANGE_YOUNG	研究プロジェクトの過程で、大学院生がどの程度研究プロトコルに変更を加えた (1: 全く当てはまらない -- 5: 非常によくあてはまる)
STUDENT_PARTICIPATION	1: 研究チーム(調査対象論文の著者)に学生が含まれる場合 0: それ以外

THREAT	0: 競争の脅威を全く心配しなかった場合 1: 競争の脅威をやや心配した場合 2: 競争の脅威を大変心配した場合
TYPE_AUTHORSHIP	0: 海外生誕の研究者を含まない国内論文 1: 海外生誕の研究者を含む国内論文 2: 国際共著論文
YOUNG_FIRST	1: 若手研究者が筆頭著者 0: それ以外
YOUNG_FOREIGN_PERCENTAGE	若手研究者に含まれる海外生誕の者の割合
YOUNG_SCHOLARS_PERCENTAGE	研究チーム(調査対象論文の著者)に占める若手研究者の割合

図表 18 各変数の要約統計量一覧

変数	回答数	平均	標準偏差	最小値	最大値	備考
ADV_EQUIP_EXT	1,295	0.18	0.38	0.00	1.00	日本の標本のみ
ADV_EQUIP_OWNED	1,295	0.42	0.49	0.00	1.00	
COUNTRY	2,400	0.46	0.50	0.00	1.00	
HIGHLY_CITED_PAPERS	2,400	0.30	0.46	0.00	1.00	
IMPROVED_EQUIP_FACIL	2,348	0.53	0.50	0.00	1.00	
LG_AUTHORS	2,400	1.52	0.61	0.69	5.52	
LG_CITATION_LAG	2,400	1.83	0.44	-0.85	3.09	
LG_DURATION_PUBLICATION	2,236	1.60	0.58	0.00	3.64	
ORDERED_CITATION_COUNTS	2,393	2.50	1.33	1.00	4.00	
POSTDOC_PARTICIPATION	2,400	0.31	0.46	0.00	1.00	
PROJECT_SUGGEST_YOUNG	1,080	1.83	1.33	1.00	5.00	米国の標本のみ
PROTOCOL_CHANGE_YOUNG	1,064	2.35	1.43	1.00	5.00	
STUDENT_PARTICIPATION	2,400	0.52	0.50	0.00	1.00	
THREAT	2,400	1.00	0.74	0.00	2.00	
YOUNG_FIRST	1,333	0.60	0.49	0.00	1.00	若手研究者が参加している標本 のみについて集計
YOUNG_FOREIGN_PERCENTAGE	1,333	0.40	0.45	0.00	1.00	
YOUNG_SCHOLARS_PERCENTAGE	1,333	0.40	0.17	0.14	1.00	

5-1 若手研究者の研究チームへの参加

5-1-1 回帰分析

これまでに述べた仮説に関係する変数を説明変数として用いることで、研究チームへの若手研究者の参加の割合を、ポストドクターと学生を別々にロジスティック回帰分析によって推定する。この推定では、通常論文とトップ 1%論文をプールした。その際、標本の多様性を制御するために、標本についてのダミー変数を導入した⁷。推計モデルには、下記の式を用いた。

$$\text{PARTICIPATION} = \beta_1 \times \text{LG_CITATION_LAG} + \beta_2 \times \text{THREAT} + \beta_3 \times \text{FOREIGN_DOMESTIC} \\ + \beta_4 \times \text{INTERNATIONAL} + \beta_5 \times \text{ADV_EQIP_OWNED} + \beta_6 \times \text{ADV_EQIP_EXT} + \delta \times \text{controls} + \epsilon \quad (1)$$

被説明変数(「PARTICIPATION」)として次の 2 つを考えた。1 つはポストドクターの研究チームへの参加についてのダミー変数(「POSTDOC_PARTICIPATION」)であり、もう 1 つは学生(博士、学部・修士)の研究チームへの参加に関するダミー変数(「STUDENT_PARTICIPATION」)である。各変数は、研究チームにポストドクターもしくは学生が参加している場合は 1 であり、そうでなければ 0 である。

主な説明変数は次のものである。「LG_CITATION_LAG」(引用タイムラグ)は、調査対象論文の出版年と調査対象論文中で引用されている論文の出版年との間の平均引用タイムラグの対数である。「THREAT」(競争の脅威の度合)は、研究チームが競争相手に先行される脅威の度合についての主観的評価に基づいている。この変数は、競争の脅威を「全く心配しなかった」場合を基準として、「大変に心配した」場合(Highly concerned)と「やや心配した」場合(Moderately concerned)を別々に推計した。

「FOREIGN_DOMESTIC」は、国内論文であるが、海外生誕の研究者が著者の中にいる場合を示すダミー変数である。「INTERNATIONAL」は、国際共著論文を示すダミー変数である。

制御変数として著者数の対数(「LG_AUTHORS」)を含めた⁸。若手研究者が参加する割合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、若手研究者参加の分野依存性を制御するために、ジャーナル分野に関するダミー変数(「FIELD21」)も分析に含めている。前章に示したように、ポストドクターと博士学生の参加割合は分野に強く依存する。国についても、ダミー変数(「COUNTRY」)によって制御した。

なお、4-1 で議論した競争の脅威の度合と若手研究者の参加についての内生性をさけるために、調査対象論文投稿時に、回答者が若手研究者であった回答については、回帰分析から除いた。

図表 19 と図表 20 は、それぞれポストドクターと学生の参加についての推計結果を示している。ここで

⁷ 通常論文のみをサンプルとして用いて推計を行っても、ここで示したのと同じ傾向の結果が得られる。

⁸ 研究チームのサイズを制御する他の変数としては、研究プロジェクトで用いた研究開発費がある。しかしながら、研究プロジェクトで用いた研究開発費と若手研究者(特にポストドクター)の参加の関係には、内生性の問題が存在する。科学者サーベイで研究費の情報を集める際、人件費については、その研究プロジェクトのために特別に雇用されていた研究者や技術者の人件費のみを考慮するように回答者に依頼した。これらの人件費は、外部資金によって支弁される場合が多いと考えられる。このような理由から、科学者サーベイでは主にそのプロジェクトのために採用された若手研究者(特にポストドクター)の人件費を評価している。つまり、ポストドクターを採用する場合にのみ人件費が計上される可能性があることから、ここでの推計では研究開発費を説明変数には含めていない。

示した係数は限界効果である。米国と日本をプールした標本、米国だけの標本、日本だけの標本について、推計結果を示した。これは推定結果の頑健性チェックおよび日本調査だけが実験施設・設備の利用についての情報を有しているという両方の事実のためである。

調査対象論文の著者数(「LG_AUTHORS」)は、すべてのモデルで、正で統計的に有意な係数を有している。つまり、若手研究者の研究チームへの参加割合は著者数の増加とともに高まる。

著者数を制御したうえで、引用タイムラグ(「LG_CITATION_LAG」)は、モデル 1-1, 1-3, 1-4 および 1-6 で 1%水準、モデル 1-7 については 5%水準で統計的に有意で負の係数を有している。推計によって得られた係数の絶対値をみると、米国の係数の方が日本と比べて大きい(モデル 1-4 とモデル 1-7)。引用タイムラグは調査対象論文とそこで引用されている論文の出版年の差の平均であるので、ポストドクターが参加する比率は、より最近の論文を引用している研究チーム(つまり、進展の速い研究テーマについて研究を行っている研究チーム)において増加する。なお、日本の標本では、国際化についての説明変数を導入すると、「LG_CITATION_LAG」の係数は、有意でなくなる(モデル 1-10)。この結果は、とくに米国において仮説 1 を支持する結果となっている。

競争の脅威の度合(「THREAT」)も研究チームへのポストドクターの参加割合を著しく増加させる。「大変に心配した」の係数は正であり、日米をプールした標本と米国の標本について 1%水準で有意となっている。また、日本の標本についてのモデル 1-7 と 1-10 については 5%水準、モデル 1-11 については 10%水準で有意となっている。この結果は仮説 2 に整合している。

研究チームの国際化についてみると、国内論文(すなわち、国内の機関だけを含む論文)への海外生誕の研究者の参加は、すべてのモデルにおいて正かつ 1%水準で統計的に有意な係数を持っている。この結果は、仮説 3 を強く支持する。海外生誕の研究者が国内論文に参加する場合、ポストドクターの研究チームへの参加割合が増加する。海外への移動に際してのセレクション(例えば、海外に行くコスト)が存在することを勘案すると、海外生誕のポストドクターは、優れた研究能力を有する傾向があると考えられる。

国際共著もすべてのモデルにおいてポストドクターの研究チームへの参加割合を増加させる(全てのモデルにおいて 1%水準で有意)。他方、国際共著は学生の参加に対しては、負の係数を有している。これらの結果は、研究チームの国際化の度合によって、ポストドクターや学生の参加の割合が変化すること、言い換えれば国際共著論文と海外生誕の研究者を含まない国内論文では、研究チームの構成が、大きく異なっていることを意味している。

研究チームが最先端の実験施設・設備を利用している場合、仮説 4 に整合して、ポストドクターの参加割合が増加する(モデル 1-9 と 1-11 において 1%水準で有意)。他方で、最先端の実験施設・設備を利用していることと、研究チームへの学生の参加の間には相関関係は見られない。さらに、次の節でみるように、研究の過程での実験施設・設備の改良の有無と若手研究者が筆頭著者になることには正の相関が見られる。これらの結果は、ポストドクターの研究チームへの参加は、単なる作業分担の結果ではない

ことを示唆している。言い換えると、最先端施設・設備を最大限活用するために、特別のスキルや知識を持っているポストドクターが研究チームに雇用されているということが出来る。

図表 19 ポストドクターの研究チームへの参加についての推計結果(限界効果)

		Model 1-1	Model 1-2 日本+米国	Model 1-3	Model 1-4	Model 1-5 米国	Model 1-6	Model 1-7	Model 1-8	Model 1-9 日本	Model 1-10	Model 1-11
		POSTDOC_PARTICIPATION Logit Marg eff.			POSTDOC_PARTICIPATION Logit Marg eff.			POSTDOC_PARTICIPATION Logit Marg eff.				
LG_CITATION_LAG		-0.097*** [0.024]		-0.078*** [0.024]	-0.134*** [0.039]		-0.122*** [0.040]	-0.066** [0.029]			-0.044 [0.029]	-0.043 [0.029]
THREAT (Base: not concerned)	Moderately concerned	0.117*** [0.025]		0.105*** [0.025]	0.127*** [0.036]		0.126*** [0.036]	0.093** [0.038]			0.075** [0.037]	0.067* [0.037]
	Highly concerned	0.128*** [0.032]		0.122*** [0.032]	0.174*** [0.051]		0.150*** [0.051]	0.089** [0.041]			0.093** [0.040]	0.074* [0.040]
TYPE_AUTHORSHIP (Base: Domestic paper without foreign-born scholars)	Domestic paper with foreign-born scholars		0.317*** [0.030]	0.303*** [0.030]		0.303*** [0.041]	0.288*** [0.042]		0.320*** [0.050]		0.312*** [0.050]	0.304*** [0.051]
	International paper		0.257*** [0.029]	0.254*** [0.030]		0.255*** [0.053]	0.256*** [0.053]		0.222*** [0.033]		0.220*** [0.033]	0.218*** [0.035]
ADV_EQUIP_OWNED										0.091*** [0.026]		0.074*** [0.025]
ADV_EQUIP_EXT										0.034 [0.033]		0.036 [0.032]
LG_AUTHORS		0.132*** [0.019]	0.104*** [0.019]	0.101*** [0.019]	0.142*** [0.032]	0.127*** [0.033]	0.124*** [0.032]	0.119*** [0.022]	0.084*** [0.022]	0.106*** [0.023]	0.081*** [0.021]	0.068*** [0.022]
HIGHLY_CITED_PAPERS		0.058** [0.024]	0.089*** [0.023]	0.051** [0.024]	0.04 [0.037]	0.094*** [0.035]	0.042 [0.037]	0.068** [0.030]	0.077*** [0.029]	0.092*** [0.030]	0.051* [0.029]	0.047 [0.029]
COUNTRY		0.212*** [0.022]	0.071*** [0.023]	0.102*** [0.025]								
FIELD21	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Chi-squared		287.383***	363.659***	392.479***	150.372***	154.097***	176.277***	110.868***	182.636***	118.899***	191.771***	201.972***
Log-likelihood		-1310.995	-1262.565	-1245.43	-656.194	-647.376	-633.879	-636.555	-601.092	-634.057	-596.604	-590.118
Pseudo-R2		0.122	0.154	0.166	0.121	0.133	0.151	0.098	0.148	0.102	0.155	0.164
Observations		2400	2400	2400	1105	1105	1105	1295	1295	1295	1295	1295

注 1: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。それぞれ、*(10%有意水準), **(5%有意水準), *** (1%有意水準), []内は標準偏差を示している。

図表 20 学生の研究チームへの参加についての推計結果(限界効果)

		Model 2-1	Model 2-2 日本+米国	Model 2-3	Model 2-4	Model 2-5 米国	Model 2-6	Model 2-7	Model 2-8	Model 2-9 日本	Model 2-10	Model 2-11
		STUDENTS_PARTICIPATION Logit Marg eff.			STUDENTS_PARTICIPATION Logit Marg eff.			STUDENTS_PARTICIPATION Logit Marg eff.				
LG_CITATION_LAG		0.039 [0.026]		0.035 [0.027]	0.037 [0.039]		0.041 [0.039]	0.032 [0.037]			0.014 [0.038]	0.015 [0.038]
THREAT (Base: not concerned)	Moderately concerned	0.033 [0.027]		0.035 [0.027]	0.042 [0.036]		0.038 [0.036]	0.008 [0.042]			0.02 [0.044]	0.02 [0.044]
	Highly concerned	0.044 [0.031]		0.04 [0.032]	0.089* [0.049]		0.093* [0.050]	-0.002 [0.044]			-0.013 [0.046]	-0.014 [0.047]
TYPE_AUTHORSHIP (Base: Domestic paper without foreign-born scholars)	Domestic paper with foreign-born scholars		-0.066** [0.030]	-0.065** [0.031]		-0.036 [0.042]	-0.041 [0.043]		-0.059 [0.051]		-0.059 [0.051]	-0.06 [0.051]
	International paper		-0.213*** [0.028]	-0.212*** [0.028]		-0.134*** [0.048]	-0.138*** [0.049]		-0.271*** [0.036]		-0.273*** [0.036]	-0.273*** [0.036]
ADV_EQUIP_OWNED									0.006 [0.032]			0.012 [0.033]
ADV_EQUIP_EXT									-0.006 [0.043]			-0.01 [0.043]
LG_AUTHORS		0.123*** [0.022]	0.166*** [0.023]	0.168*** [0.023]	0.099*** [0.031]	0.126*** [0.033]	0.130*** [0.033]	0.156*** [0.031]	0.212*** [0.033]	0.154*** [0.031]	0.213*** [0.033]	0.212*** [0.034]
HIGHLY_CITED_PAPERS		-0.128*** [0.026]	-0.125*** [0.025]	-0.120*** [0.026]	-0.108*** [0.037]	-0.111*** [0.035]	-0.112*** [0.037]	-0.135*** [0.037]	-0.117*** [0.037]	-0.146*** [0.035]	-0.107*** [0.039]	-0.106*** [0.039]
COUNTRY		0.037 [0.024]	0.054** [0.026]	0.065** [0.028]								
FIELD21	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Chi-squared		245.741***	280.470***	285.726***	117.241***	122.026***	125.849***	141.914***	177.708***	139.998***	180.933***	181.280***
Log-likelihood		-1513.724	-1487.074	-1485.388	-698.144	-695.879	-693.789	-799.533	-772.23	-799.936	-771.661	-771.579
Pseudo-R2		0.089	0.105	0.106	0.088	0.091	0.094	0.105	0.136	0.105	0.136	0.136
Observations		2400	2400	2400	1105	1105	1105	1295	1295	1295	1295	1295

注 1: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。それぞれ、*(10%有意水準), **(5%有意水準), *** (1%有意水準), []内は標準偏差を示している。

5-1-2 研究チームへのポストドクターや学生の参加割合の推計

前節で得られた回帰式のフィッティング結果を用いて、研究チームへのポストドクターや学生の参加割合を推計した結果をしめす。なお、ここでの推計では、注目している変数以外については、標本の平均値を推計式に代入し、注目している変数のみを変化させたときの、研究チームへのポストドクターや学生の参加割合の変化をみている。

例えば、国際化の度合ごとの研究チームへのポストドクターの参加割合を求める場合は、国際化の度合以外の変数については、各標本における平均値を用い、国際化の度合についての説明変数のみを変化させる。つまり、平均的な研究チームにおいて、国際化の度合のみが違う場合のポストドクターの参加割合を推計している。

以下では、日本と米国をプールした、日本のみ、米国のみ、の3つの標本について、推計を行った結果について述べる。

図表 21(a)から(c)に、ポストドクターの参加割合と、引用タイムラグの関係性の推計結果を示した。ここで、実線は推計値、点線は95%信頼区間を示している。いずれの標本においても、引用のタイムラグの減少とともに(論文中で引用している論文が新しくなるほど)、ポストドクターの参加割合が増加する。ポストドクターの参加割合の増加は米国の方が顕著であることが確認できる。図表 21(d)から(f)は、引用のタイムラグに対する学生の参加割合の推計結果である。推計結果は統計的には有意ではないが、いずれの標本においても、学生の参加割合の推計結果の傾きが、ポストドクターの場合とは逆になっていることが分かる。

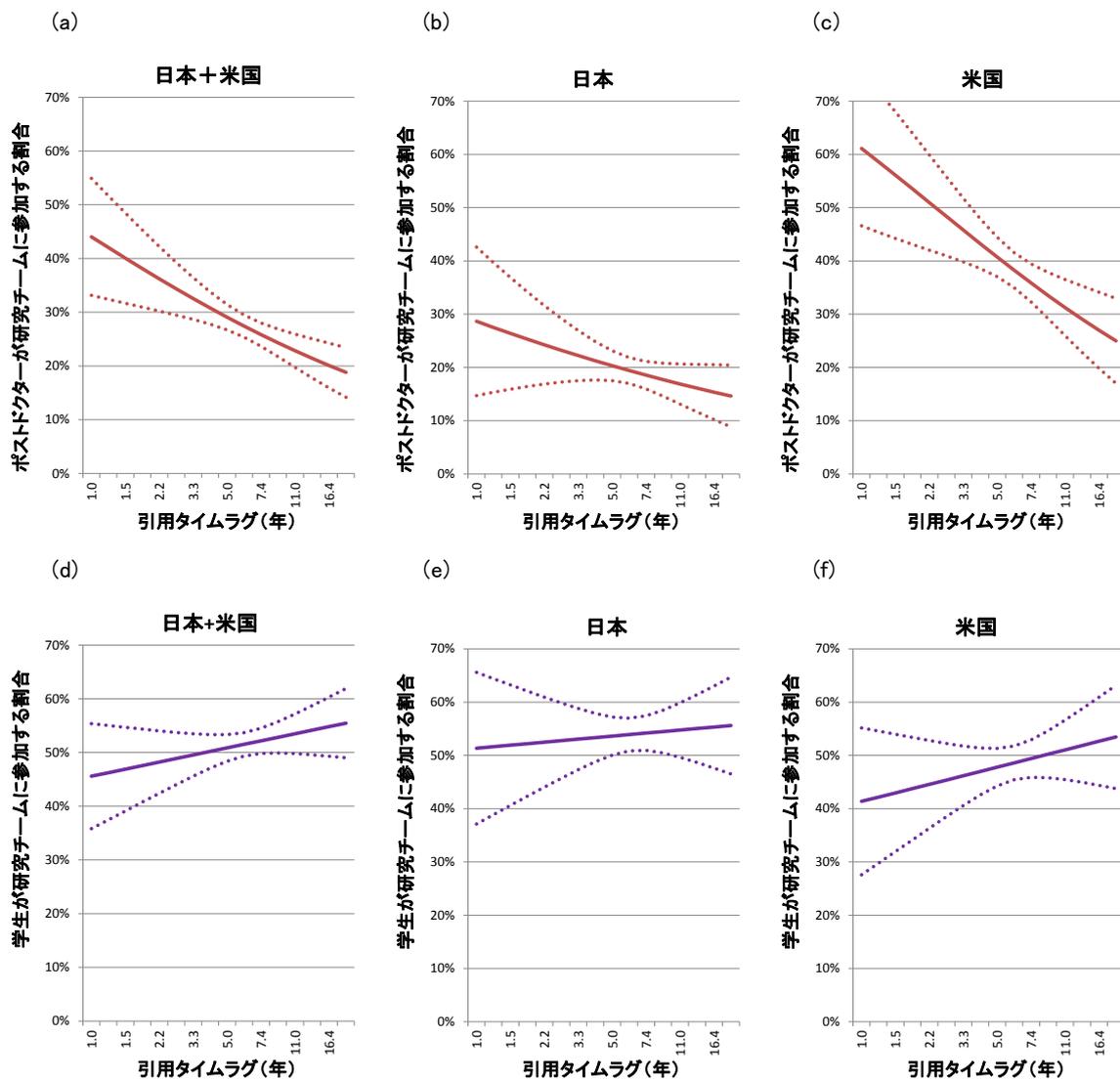
図表 22 は、国際化の度合ごとに、(a)ポストドクターおよび(b)学生の参加割合を推計した結果である。エラーバーは95%信頼区間を示している。まず、ポストドクターに注目する。いずれの場合においても、国内論文(海外生誕研究者なし)において、ポストドクターの参加割合が最も小さい(日本+米国 14%、日本12%、米国19%)。ポストドクターの参加割合は、国内論文(海外生誕研究者あり)、国際共著論文において、いずれの標本でも大幅に上昇している。国内論文(海外生誕研究者なし)と国内論文(海外生誕研究者あり)や国際共著論文のポストドクター参加割合には統計的に有意な差が見られる。学生の参加割合については、国内論文(海外生誕研究者なし)と国内論文(海外生誕研究者あり)の間に、大きな差は見られない。国内論文と国際共著論文を比較すると、国際共著論文の方が学生の参加割合が統計的に有意に小さい。特に日本については、両者の差は28%ポイントとなっている。

つぎに、競争の脅威の度合とポストドクターの参加割合の関係性をみる(図表 23)。いずれの場合においても、競争の脅威を全く心配しなかった研究チームと比べて、やや心配した、大変に心配したと回答した研究チームにおいて、ポストドクターの参加割合が高くなっている。つぎに学生をみると、米国では、競争の脅威を全く心配しなかったという研究チームと比べて、大変に心配した研究チームにおいて、学生の参加割合が高くなっている(10%水準で統計的に有意)。他方、日本+米国、日本については、競争

の脅威の割合が高まっても、学生の参加割合に変化はない。

研究チームへのポストドクターの参加割合は、最先端の実験施設・設備を利用していない研究チームで 16%、利用している研究チームで 24%である(図表 24)。他方、学生が参加している研究チームの割合には、最先端の実験施設・設備の利用の有無による違いは見られない。

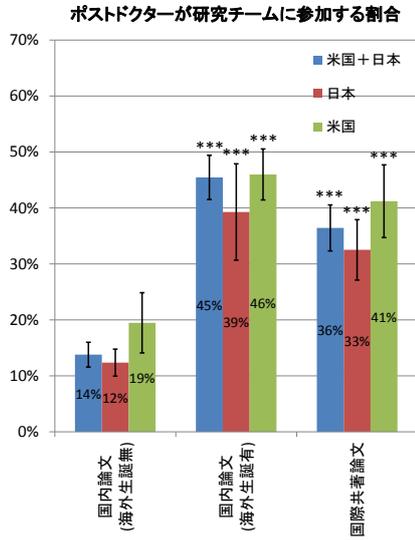
図表 21 引用タイムラグに対するポストドクターや学生の研究チームへの参加割合の変化



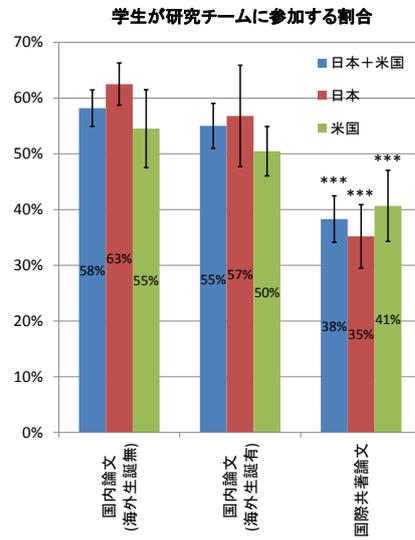
注 1: 著者数が 2 名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは 95%信頼区間を示している。ポストドクターについてはモデル 1-3, 1-6, 1-10、学生についてはモデル 2-3, 2-6, 2-10 を用いた推計結果である。

図表 22 国際化の度合とポストドクターや学生の研究チームへの参加割合の変化

(a) ポストドクターの参加



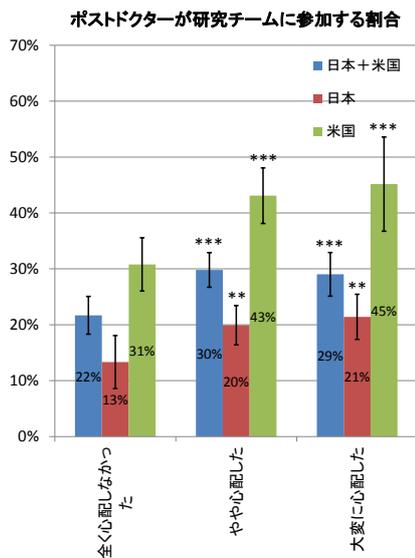
(b) 学生の参加



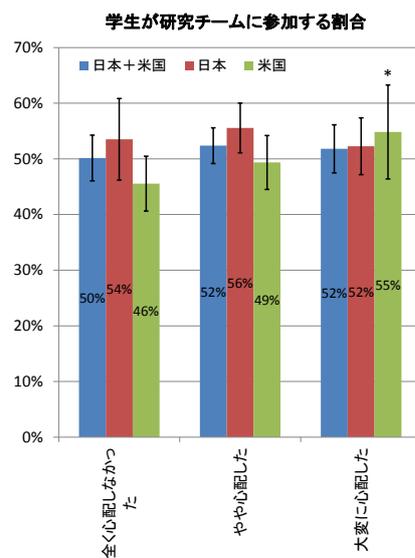
注1: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは95%信頼区間を示している。ポストドクターについてはモデル 1-3, 1-6, 1-10、学生についてはモデル 2-3, 2-6, 2-10を用いた推計結果である。それぞれ*(10%有意水準), **(5%有意水準), **(1%有意水準)を示している。国内論文(海外生誕研究者なし)を基準としている。

図表 23 競争の脅威の度合とポストドクターや学生の研究チームへの参加割合の変化

(a) ポストドクターの参加



(b) 学生の参加

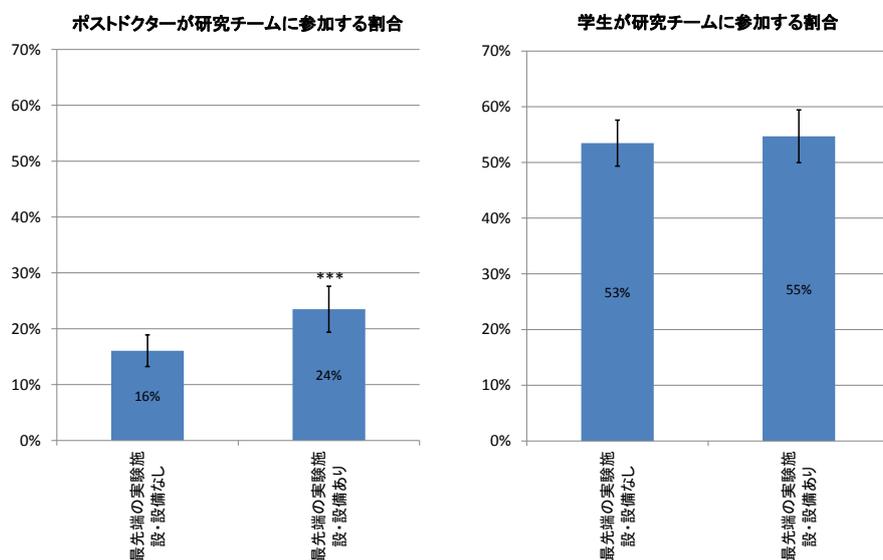


注1: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは95%信頼区間を示している。ポストドクターについてはモデル 1-3, 1-6, 1-10、学生についてはモデル 2-3, 2-6, 2-10を用いた推計結果である。それぞれ*(10%有意水準), **(5%有意水準), **(1%有意水準)を示している。全く心配しなかったを基準としている。

図表 24 最先端の実験施設・設備の利用の有無とポストドクターや学生の研究チームへの参加割合の変化

(a) ポストドクターの参加

(b) 学生の参加



注1: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは95%信頼区間を示している。ポストドクターについてはモデル1-11、学生についてはモデル2-11を用いた推計結果である。それぞれ*(10%有意水準), *(5%有意水準), *(1%有意水準)を示している。最先端の実験施設・設備の利用なしを基準としている。

5-2 若手研究者が筆頭著者となる要因

5-2-1 回帰分析

前節でみたように、研究チームにポストドクターが参加する割合は、国際化している研究チーム、進展の速い研究テーマに取り組んでいる研究チーム、競争の脅威に直面している研究チーム、最先端の実験施設・設備を利用している研究チームにおいて高くなる。

この節では、どのような条件において、若手研究者が筆頭著者になる割合が高いかをみることで、若手研究者の研究チーム内での貢献を分析する。なお、筆頭著者の貢献を明確化するために、著者が貢献の順で記載されている調査対象論文に分析対象を限る。

具体的には、若手研究者が著者に含まれる調査対象論文を標本として、次のロジスティックモデルを推計した。

$$\begin{aligned} \text{YOUNG_FIRST} = & \beta_1 \times \text{LG_CITATION_LAG} + \beta_2 \times \text{THREAT} \\ & + \beta_3 \times \text{YOUNG_FOREIGN_PERCENTAGE} + \beta_4 \times \text{IMPROVED_EQUIP_FACIL} + \beta_5 \times \\ & \text{PROJECT_SUGGEST_YOUNG} + \beta_6 \times \text{PROTOCOL_CHANGE_YOUNG} + \delta \times \text{controls} + \epsilon \quad (2) \end{aligned}$$

被説明変数として、筆頭著者が若手研究者であるかどうかについてのダミー変数(「YOUNG_FIRST」)を導入する。ダミー変数は若手研究者が筆頭著者の場合 1、それ以外の場合 0 の値をとる。この分析では、どのような条件において若手研究者の研究チームにおける相対的な貢献が大きくなるかを推計しており、研究チームのパフォーマンスを分析しているわけではない点に注意が必要である。

若手研究者の貢献を評価するために 4 つの説明変数を考慮する。それらは、引用タイムラグの対数(「LG_CITATION_LAG」)、競争の脅威の度合(「THREAT」)、著者中の若手研究者のうちの海外生誕のもの比率(「YOUNG_FOREIGN_PERCENTAGE」)、研究プロジェクトにおける実験施設・設備の改善についてのダミー変数(「IMPROVED_EQUIP_FACIL」)である。「YOUNG_FOREIGN_PERCENTAGE」は、科学研究における海外の若手研究者の重要性を示しており、「IMPROVED_EQUIP_FACIL」は研究プロジェクトにおいて改良された実験施設・設備が得られたかを示している。

若手研究者の研究マネジメントへの貢献についての 2 つの説明変数についても考慮した。1 つ目の説明変数は、「PROJECT_SUGGEST_YOUNG」であり、研究プロジェクトがどの程度大学院生やポストドクターによって示唆されたかを示す。2 つ目の説明変数は、「PROTOCOL_CHANGE_YOUNG」であり、研究プロジェクトの過程で、大学院生がどの程度研究プロトコルに変更を加えたかを示す。これらの変数はリッカート尺度(1: Not at all - 5: Very much so)で評価される。これらの変数は、米国調査のみで収集した。

これに加えて、著者数、著者における若手研究者の割合、ジャーナル分野に関するダミー変数、国についてのダミー変数も分析に含めている。

式(2)の推計を行うためにロジスティック回帰分析を用いた。米国と日本をプールした標本、米国だけの

標本、日本だけの標本について推計を行った。また、通常論文とトップ 1%論文はプールし、標本の多様性をコントロールするために、標本についてのダミー変数を導入した。推計の際は、著者が調査対象論文への貢献順で並んでいる論文について分析を行った。また、競争の脅威の度合の認識についての潜在的な内生性の問題を回避するために、調査対象論文投稿時に回答者が若手研究者であった標本は分析から除いた。

結果を図表 25 に示す。各係数は限界効果を示している。まず、若手研究者における海外生誕の者の割合(「YOUNG_FOREIGN_PERCENTAGE」)は、全てのモデルにおいて、1%水準で統計的に有意な係数を示している。もし、研究チームに若手研究者が所属しており、その若手研究者が海外生誕であった場合、米国と日本をプールした標本では、若手研究者が筆頭著者となる割合は平均から比べて 26%ポイント増加する。このことから、海外生誕の若手研究者は単に流動性が高いだけではなく、科学研究への重要な貢献をしていることが示唆される。

研究プロジェクトの計画や実施に活発にかかわった若手研究者は筆頭著者となる割合が高くなる。「PROJECT_SUGGEST_YOUNG」および「PROTOCOL_CHANGE_YOUNG」の限界効果は、ともに正の符号を持ち、1%水準で統計的に有意となっている。後者(研究プロトコルの変更)の場合、若手研究者が筆頭著者となる割合は、リッカートスケールによる評価の 1 ポイントの増加に伴い、約 10%ポイント増加する。

競争の脅威の度合が高い場合は、日米をプールした標本では 5%水準、日本のみの標本では 10%水準で、限界効果が正の係数を示している。研究プロジェクトから改良された実験施設・設備が得られた場合、日米をプールしたサンプルにおいて、10%水準で若手研究者が筆頭著者となる割合が高くなっている。

図表 25 若手研究者が筆頭著者となる割合の推計結果(限界効果)

	Model 3-1 日本+米国	Model 3-2 米国 YOUNG_FIRST Logit Marg eff.	Model 3-3 日本	Model 3-4 米国 YOUNG_FIRST Logit Marg eff.
LG_CITATION_LAG	-0.033 [0.040]	0.018 [0.062]	-0.066 [0.052]	-0.011 [0.066]
THREAT (Base: not concerned)	Moderately concerned 0.071* [0.042]	0.08 [0.059]	0.074 [0.065]	0.066 [0.061]
	Highly concerned 0.100** [0.048]	0.039 [0.075]	0.123* [0.067]	-0.025 [0.090]
YOUNG_FOREIGN_PERCENTAGE	0.259*** [0.040]	0.196*** [0.062]	0.263*** [0.054]	0.207*** [0.064]
IMPROVED_EQUIP_FACIL	0.062* [0.037]	0.091 [0.056]	0.039 [0.048]	0.081 [0.060]
PROJECT_SUGGEST_YOUNG				0.060*** [0.022]
PROTOCOL_CHANGE_YOUNG				0.105*** [0.024]
YOUNG_SCHOLARS_PERCENTAGE	0.660*** [0.110]	0.708*** [0.178]	0.620*** [0.144]	0.664*** [0.182]
LG_AUTHORS	-0.086** [0.036]	-0.111** [0.056]	-0.06 [0.046]	-0.123** [0.056]
HIGHLY_CITED_PAPERS	0.04 [0.042]	0.072 [0.066]	0.021 [0.055]	0.103 [0.066]
COUNTRY	0.064 [0.040]			
FIELD21	YES	YES	YES	YES
Chi-squared	146.679***	73.942***	83.656***	103.873***
Log-likelihood	-659.808	-240.647	-397.466	-213.875
Pseudo-R2	0.123	0.178	0.116	0.253
Observations	1087	437	650	428

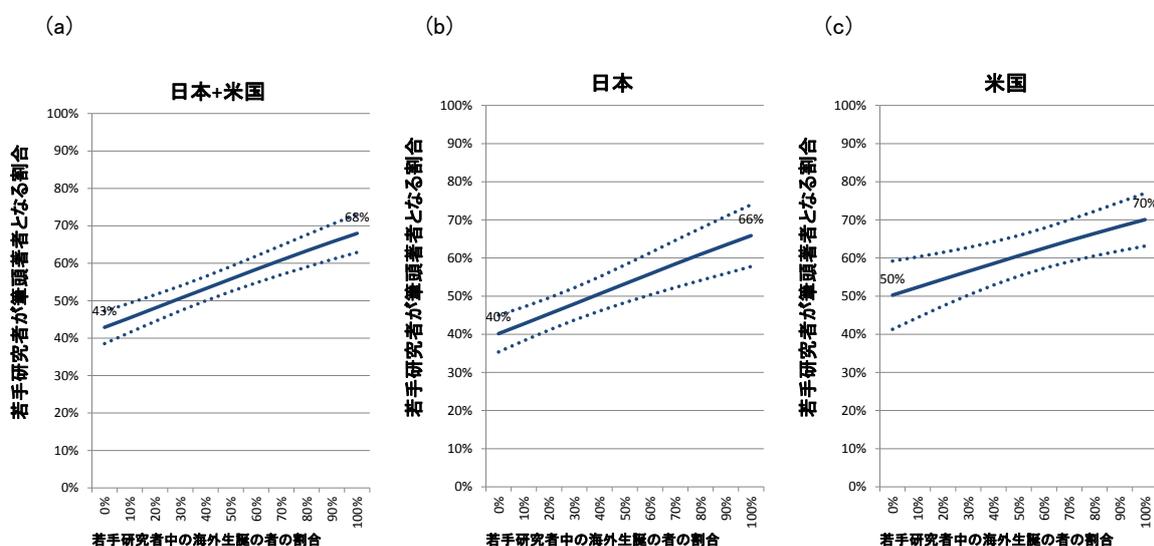
注1: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。それぞれ、*(10%有意水準), **(5%有意水準), *** (1%有意水準), []内は標準偏差を示している。

5-2-2 若手研究者が筆頭著者となる割合の推計

前節で得られた回帰式のフィッティング結果を用いて、若手研究者が筆頭著者となる割合を推計した結果をしめす。

図表 26 は、若手研究者中の海外生誕の者の割合に対して、若手研究者が筆頭著者となる割合の変化を示した結果である。若手研究者の中に海外生誕のものがいない場合、若手研究者が筆頭著者となる割合は 40%～50%である。仮に、若手研究者が全て海外生誕の場合、すべての標本において、若手研究者が筆頭著者となる割合は約 70%に達する。

図表 26 若手研究者が筆頭著者となる割合と若手研究者中の海外生誕の者の割合



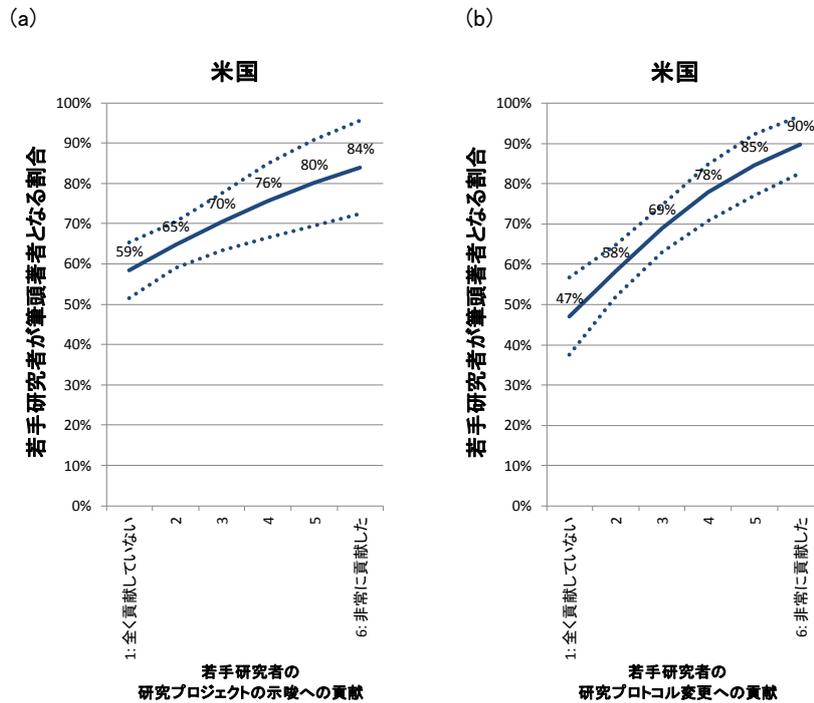
注1: 著者数が 2 名以上で、若手研究者を著者に含む調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは 95%信頼区間を示している。モデル 3-1, 3-2, 3-3 を用いた推計結果である。

図表 27(a)は、若手研究者の研究プロジェクトの示唆への貢献の度合に対して、若手研究者が筆頭著者となる割合を示した結果である。非常に貢献したとされた場合、若手研究者が筆頭著者となる割合は 84%に達する。全く貢献していない場合と比べて、26%ポイントの増加となっている。

図表 27(b)は、若手研究者の研究プロトコルの変更への貢献の度合に対して、若手研究者が筆頭著者となる割合を示した結果である。非常に貢献したとされた場合、若手研究者が筆頭著者となる割合は 90%となっており、全く貢献していない場合との差は 43%ポイントである。

これらの推計結果から、研究チームのマネジメントに積極的にかかわっている若手研究者は、筆頭著者になる割合が高いことが分かる。

図表 27 若手研究者が筆頭著者となる割合と若手研究者の研究マネジメントへの貢献



注 1: 著者数が 2 名以上で、若手研究者を著者を含む調査対象論文を分析対象とした。回答者が調査対象論文を投稿した時点で、若手研究者である回答については対象から外した。エラーバーは 95%信頼区間を示している。モデル 3-4 を用いた推計結果である。

5-3 若手研究者の研究チームへの参加と研究パフォーマンス

5-3-1 回帰分析

最後に、若手研究者の研究チームへの参加と研究パフォーマンスの関係をみる。ここでは、研究パフォーマンスの指標として、次の 2 つの被説明変数を考えた。一つ目は、被引用数であり、これを調査対象論文の注目度を示す代理変数と考えた。二つ目の変数として、研究プロジェクトの着想から調査対象論文の出版までの期間を考えた。

以降の分析では、推定のための標本として通常論文のみを使用する。トップ 1%論文は、ここで被説明変数となる被引用数をもとに抽出しているためである。推定のためのモデルを以下に示す。

$$\text{PERFORMANCE_INDICATOR} = \beta_1 \times \text{TYPE_FIRST} + \beta_2 \times \text{STUDENT_PARTICIPATION} + \beta_3 \times \text{POSTDOC_PARTICIPATION} + \delta \times \text{controls} + \epsilon \quad (3)$$

被引用数はジャーナル分野によって異なり、通常古い論文ほど被引用数が高くなる。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(「ORDERED_CITATION_COUNTS」)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(順位化された被引用数)。ジャーナル分野による引用傾向の違いと調査対象論文が出版されてからの期間の影響を排除するために、ESI の各ジャーナル分野と各データ年に対して、順位化された被引用数を決定した。論文の被引用数は非常に偏った分布をすることが知られている。しかし、順序化された被引用数は、被引用数の順位のみを考慮しているため、被引用数を直接用いた分析よりも堅牢な分析となる。若手研究者の参加と順位化された被引用数の相関をみるために、順序ロジスティック回帰(Ordered logistic regression)を用いた。

第 2 の研究パフォーマンスの指標は、研究プロジェクトの着想から調査対象論文の出版までの期間(「LG_DURATION_PUBLICATION」)である。前節に示したように、ポストドクターは、進展の速い研究テーマについて研究を行っている研究チームや競争の脅威の度合いが高いと感じている研究チームに参加する割合が高い。科学者サーベイでは、研究プロジェクトを着想した年を聞いているので、研究プロジェクトの着想から調査対象論文の出版までの期間の情報が得られる。そこで、調査対象論文の出版までの期間を第 2 のパフォーマンス指標とした。調査対象論文出版までの期間を推定するために最小二乗法を用いた。

若手研究者の研究チームへの参加と研究パフォーマンスの関係を推定するために、若手研究者の研究プロジェクトへの参加についての 2 種類の説明変数を用いた。第 1 の説明変数は、筆頭著者の種類に関するもの(「TYPE_FIRST」)である。「Student」は調査対象論文の筆頭著者が学生の場合のダミー変数、「Postdoc」は調査対象論文の筆頭著者がポストドクターの場合のダミー変数である。これによって、シニア研究者を基準として、学生やポストドクターが筆頭著者であった場合の研究パフォーマンスの変化をみる。第 2 の説明変数は、ポストドクター(「POSTDOC_PARTICIPATION」)や学生(「STUDENT_PARTICIPATION」)の研究チームへの参加についてのダミー変数である。これらのダミー変数はポストドクターや学生が研究チームに参加している場合に 1、参加していない場合に 0 の値をとる。

このほかにも、国際化の度合、著者数、国、分野を制御した。とくに、プロジェクトの規模(著者数)は、研究パフォーマンスとポストドクターの参加の関係性を推計する上での内生性(endogeneity)を制御する⁹。分析対象とするサンプルは通常論文に限定した。

図表 28 に、順序化された被引用数についての推定結果を示す。研究プロジェクトの規模や分野を制御しても、全てのモデルにおいて調査対象論文が被引用数上位 10%となる割合は、ポストドクターが筆頭著者である場合に増加する(モデル 4-1、4-3 については 1%水準、モデル 4-5 については 10%水準で統計的に有意)。米国の標本では、学生が筆頭著者であることと、順序化された被引用数は 1%水準で正の相関を持っている。ただし、米国の標本における限界効果の大きさを、ポストドクターが筆頭著者

⁹ 研究パフォーマンスが高い研究チームほど、研究資金の獲得を通じて、研究チームの規模を大きくし、結果としてポストドクターが研究チームに参加する割合が高くなることも考えられる。この内生性を制御するために、回帰分析を行う際は、プロジェクトの規模(著者数)を制御した。

の場合と、学生が筆頭著者の場合で比較すると、前者の方が大きい。

つぎに、ポストドクターの研究チームへの参加(「POSTDOC_PARTICIPATION」)をみると、日本と米国をプールした標本と日本の標本において、順序化された被引用数に対して、正かつ統計的に有意な係数を持つことがわかる(モデル 4-2, 4-6 について 1%水準で統計的に有意)。他方、米国の標本(モデル 4-4)においては、統計的に有意な結果は得られていない。

他の説明変数に注目すると、日本と米国をプールした標本では、国内論文(海外生誕研究者なし)と比べて、国内論文(海外生誕研究者あり)、国際共著論文のいずれも、正かつ 1%水準で統計的に有意な係数を示している(モデル 4-1 とモデル 4-2)。日本の標本では、国際共著論文において、正かつ 1%水準で統計的に有意な係数を示している(モデル 4-5 とモデル 4-6)。米国の標本では、学生やポストドクターの参加の有無のみを考慮した場合(モデル 4-4)、国内論文(海外生誕研究者あり)の係数が正で統計的に有意となる。しかし、筆頭著者を説明変数としたモデルでは(モデル 4-3)、国内論文(海外生誕研究者あり)の係数は統計的に有意でなくなる。先に見たように、米国の学生やポストドクターには、海外生誕の者の割合が高い。これらの結果は、被引用数でみた研究のパフォーマンスという観点からも、海外生誕の学生やポストドクターが、重要な役割を果たしていることを示唆している。なお、国際共著 (Glänzel, 2001; Saka & Kuwahara, 2011)と著者数 (Glänzel et al., 2006; Leimu & Koricheva, 2005)が被引用数に対して与えるプラスの影響は、既存研究から得られた結果と整合的である。

図表 29 は、調査対象論文出版までの研究期間を推計した結果である。推計結果をみると、ポストドクターの参加についてのダミー変数(「POSTDOC_PARTICIPATION」)の係数は、負かつ統計的に有意な係数を持つ(日本と米国をプールした標本で 5%水準、米国の標本では 10%水準で統計的に有意)。日本の標本では、係数は統計的には有意とはならないが、負の符号をもっており仮説と整合的である。日本と米国をプールした標本では、ポストドクターが筆頭著者となった場合、調査対象論文出版までの研究期間が減少する(モデル 5-1 では 10%水準で統計的に有意)。日本のみ、米国のみ、米国のみの標本でも係数は負の符号を持つが、統計的には有意となっていない。これらの結果から、ポストドクターが参加している研究チーム(特に筆頭著者である研究チーム)では、研究プロジェクトの着想から調査対象論文の出版までの期間が短くなる傾向にあることが分かる。

ポストドクターの研究チームへの参加(または、ポストドクターが筆頭著者であること)と順序化された被引用数との正の相関関係、調査対象論文出版までの研究期間との負の相関関係は、仮説 6 と整合的な結果と言える。

図表 28 若手研究者の参加と調査対象論文の被引用数の関係についての回帰分析の結果(限界効果)

		Model 4-1 日本+米国 ORDERED_CITATION_COUNTS Ordered Logit Marg eff.	Model 4-2 米国 ORDERED_CITATION_COUNTS Ordered Logit Marg eff.	Model 4-3 米国 ORDERED_CITATION_COUNTS Ordered Logit Marg eff.	Model 4-4 米国 ORDERED_CITATION_COUNTS Ordered Logit Marg eff.	Model 4-5 日本 ORDERED_CITATION_COUNTS Ordered Logit Marg eff.	Model 4-6 日本 ORDERED_CITATION_COUNTS Ordered Logit Marg eff.
TYPE_FIRST (Base: Senior)	Student	0.02 [0.013]		0.080*** [0.030]		-0.004 [0.012]	
	Postdoc	0.077*** [0.026]		0.122*** [0.045]		0.053* [0.031]	
STUDENT_PARTICIPATION			0.013 [0.011]		0.033 [0.022]		0.004 [0.009]
POSTDOC_PARTICIPATION			0.040*** [0.013]		0.039 [0.025]		0.042*** [0.015]
TYPE_AUTHORS (Base: Domestic paper without foreign-born scholars)	Domestic paper with foreign-born scholars	0.045*** [0.016]	0.046*** [0.015]	0.044 [0.030]	0.061** [0.026]	0.012 [0.017]	0.006 [0.015]
	International paper	0.045*** [0.017]	0.048*** [0.016]	-0.005 [0.035]	0.029 [0.033]	0.050*** [0.018]	0.043*** [0.015]
LG_AUTHORS		0.069*** [0.012]	0.055*** [0.011]	0.095*** [0.025]	0.085*** [0.022]	0.055*** [0.012]	0.034*** [0.010]
COUNTRY		0.054*** [0.014]	0.070*** [0.013]				
FIELD21		YES	YES	YES	YES	YES	YES
Chi-squared/F		148.691***	198.659***	55.390***	63.752***	90.760***	95.943***
Log-likelihood/R-squared		-1537.382	-2224.192	-691.616	-1109.64	-826.757	-1095.191
Pseudo-R2/Adj-R-squared		0.05	0.046	0.038	0.029	0.056	0.043
Observations		1364	1930	560	877	804	1053

注1: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。それぞれ、*(10%有意水準), **(5%有意水準), *** (1%有意水準), []内は標準偏差を示している。被引用数がトップ10%論文となる場合の限界効果を示している。

図表 29 若手研究者の参加と調査対象論文の研究期間の関係についての回帰分析の結果

		Model 5-1 日本+米国 LG_DURATION_PUBLICATION OLS Coeff.	Model 5-2 米国 LG_DURATION_PUBLICATION OLS Coeff.	Model 5-3 米国 LG_DURATION_PUBLICATION OLS Coeff.	Model 5-4 米国 LG_DURATION_PUBLICATION OLS Coeff.	Model 5-5 日本 LG_DURATION_PUBLICATION OLS Coeff.	Model 5-6 日本 LG_DURATION_PUBLICATION OLS Coeff.
TYPE_FIRST (Base: Senior)	Student	0.014 [0.034]		0.027 [0.056]		-0.01 [0.045]	
	Postdoc	-0.081* [0.049]		-0.103 [0.067]		-0.075 [0.078]	
STUDENT_PARTICIPATION			-0.021 [0.029]		0.032 [0.043]		-0.057 [0.039]
POSTDOC_PARTICIPATION			-0.072** [0.032]		-0.078* [0.042]		-0.065 [0.049]
TYPE_AUTHORS (Base: Domestic paper without foreign-born scholars)	Domestic paper with foreign-born scholars	-0.032 [0.042]	-0.012 [0.037]	-0.132** [0.063]	-0.087* [0.053]	0.008 [0.067]	0.025 [0.061]
	International paper	0.012 [0.042]	-0.017 [0.036]	-0.179** [0.075]	-0.136** [0.061]	0.067 [0.052]	0.022 [0.048]
LG_AUTHORS		0.05 [0.035]	0.121*** [0.030]	0.069 [0.052]	0.135*** [0.043]	0.05 [0.050]	0.123*** [0.041]
COUNTRY		-0.225*** [0.037]	-0.224*** [0.032]				
FIELD21		YES	YES	YES	YES	YES	YES
Constant		1.592*** [0.081]	1.573*** [0.063]	1.485*** [0.173]	1.379*** [0.116]	1.575*** [0.095]	1.584*** [0.077]
Chi-squared/F		6.373***	10.074***	2.796***	4.513***	2.493***	2.667***
Log-likelihood/R-squared		0.095	0.104	0.101	0.101	0.058	0.05
Pseudo-R2/Adj-R-squared		0.077	0.092	0.058	0.074	0.03	0.028
Observations		1276	1801	497	784	779	1017

注1: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。それぞれ、*(10%有意水準), **(5%有意水準), *** (1%有意水準), []内は標準偏差を示している。

5-4 研究パフォーマンスの推計

前節で得られた回帰式のフィッティング結果を用いて、研究チームへの若手研究者の参加と研究パフォーマンス(被引用数と研究期間)の関係性を推計した結果を示す。なお、ここでの推計では、注目している変数以外については、標本の平均値を推計式に代入し、注目している変数の値を変化させたときの、研究パフォーマンスの変化をみている。

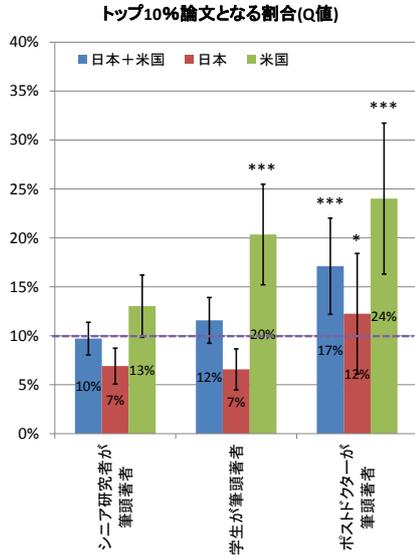
まず、若手研究者の参加と調査対象論文の被引用数の関係を見る。具体的には、調査対象論文が世界のトップ 10%に入る割合(Q 値)を、(a)筆頭著者の職階・地位別および(b)ポストドクターの研究チームへの参加の有無別に調べた。ある国の論文が、世界平均と同じ程度に引用された場合、Q 値の値は 10%となる。したがって、Q 値が 10%より高いか、低いかが結果を解釈する際の一つの目安となる。

筆頭著者の職階・地位別に注目すると、いずれの標本においてもシニア研究者が筆頭著者である場合の Q 値が一番小さい。Q 値はポストドクターが筆頭著者の場合に一番大きな値をとり、シニア研究者が筆頭著者である場合の Q 値とは、統計的に有意な差がある。米国については、学生が筆頭著者である論文についても、Q 値が 20%となっており、シニア研究者が筆頭著者である場合の Q 値と、統計的に有意な差がある。ポストドクターが著者に含まれる研究チームでは、ポストドクターが著者に含まれない研究チームと比べて、いずれの標本でも Q 値が高くなっている。Q 値の差は、日本と米国をプールした標本、日本のみの標本で統計的に有意である。

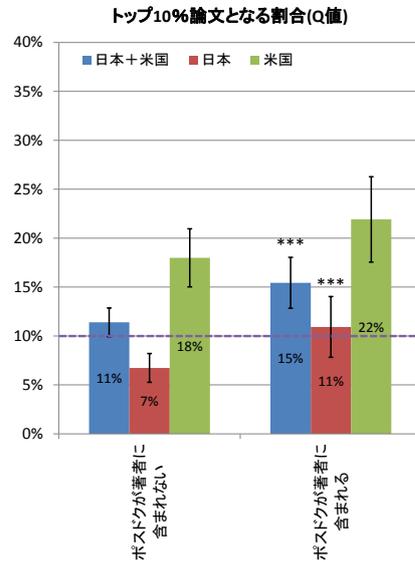
つぎに、若手研究者の参加と研究プロジェクトの着想から調査対象論文の出版までの期間(研究期間)の関係を見る。筆頭著者の職階・地位別に注目すると、いずれの標本においてもシニア研究者が筆頭著者である場合の研究期間が一番長い(日本と米国をプール 5.1 年、日本のみ 5.7 年、米国のみ 4.5 年)。研究期間はポストドクターが筆頭著者の場合に半年程度短くなるが、シニア研究者が筆頭著者である場合と、統計的に有意な差が見られるのは、日本と米国をプールした標本のみである。ポストドクターが著者に含まれる研究チームでは、ポストドクターが著者に含まれない研究チームと比べて、いずれの標本でも研究期間が短くなっている。研究期間の差は、日本と米国をプールした標本、米国のみの標本で、統計的に有意である。

図表 30 若手研究者の参加と調査対象論文の被引用数の関係

(a) 筆頭著者別



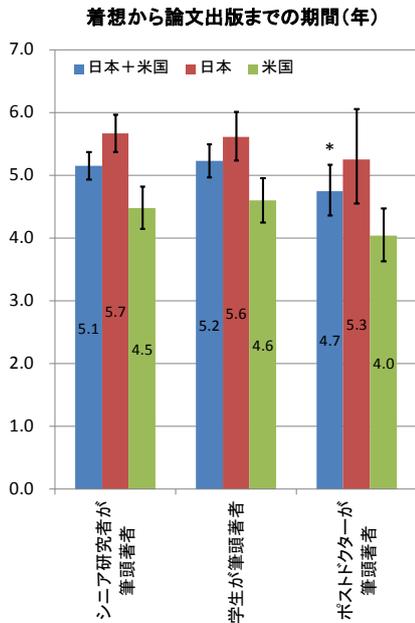
(b) ポストドクターの参加の有無



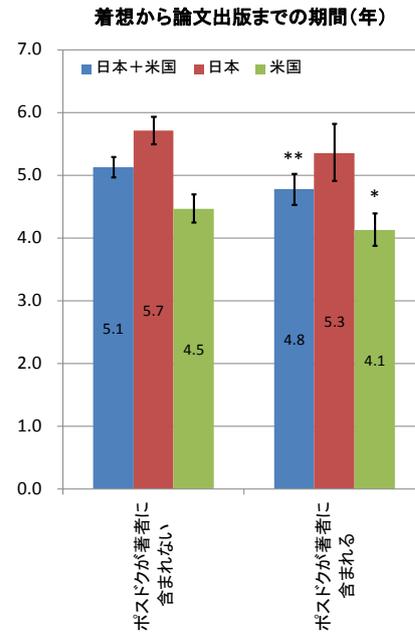
注1: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。エラーバーは95%信頼区間を示している。モデル4-1~4-6を用いた推計結果である。それぞれ*(10%有意水準), *(5%有意水準), *(1%有意水準)を示している。(a)はシニア研究者を基準、(b)はポストドクターが著者に含まれないを基準としている。

図表 31 若手研究者の参加と調査対象論文出版までの研究期間の関係

(a) 筆頭著者別



(b) ポストドクターの参加の有無



注1: 著者数が2名以上の調査対象論文を分析対象とした。エラーバーは95%信頼区間を示している。モデル5-1~5-6を用いた推計結果である。それぞれ*(10%有意水準), *(5%有意水準), *(1%有意水準)を示している。(a)はシニア研究者を基準、(b)はポストドクターが著者に含まれないを基準としている。

6 まとめと考察

本調査研究では、自然科学の論文を生みだした大学の研究チームに焦点を当て、科学研究への若手研究者(学生およびポストドクター)の参加と貢献を分析した。分析には、一橋大学イノベーション研究センター、当研究所、ジョージア工科大学が共同で実施した、日米の科学者に対する科学における知識生産についての大規模調査(科学者サーベイ)の結果を用いた。詳細な分析を通じて、若手研究者が科学研究において重要な役割を果たしていることが確認された。

科学者サーベイで調査対象とした研究チームの内、日本では約7割、米国では約8割の研究チームに、少なくとも1名の若手研究者が参加している。若手研究者が参加している研究チームに注目すると、日本の通常論文では、シニア研究者と博士学生から構成される研究チーム(20.8%)の割合が最大であり、これにシニア研究者と学部・修士学生から構成される研究チーム(20.7%)が続く。米国の場合、シニア研究者と博士学生から構成される研究チーム(26.4%)の割合が最大であり、これにシニア研究者とポストドクターから構成される研究チーム(22.7%)が続く。日本と米国を比較すると、日本では学部・修士学生が参加している研究チームの割合が高い点が特徴である。

調査対象論文の内、著者が貢献度の順で記載されているものに注目すると、若手研究者が筆頭著者となる割合は、著者全体に占める若手研究者の割合と比べて高くなっている。通常論文の著者全体における若手研究者の割合は日本で26.6%、米国で33.0%、筆頭著者における割合は日本で35.8%、米国で51.2%である。ポストドクターが筆頭著者となる割合は、日本の通常論文で9.5%、トップ1%論文で20.5%、米国の通常論文で19.4%、トップ1%論文で28.4%であり、通常論文よりもトップ1%論文において高い。

研究チームにポストドクターが参加する割合は、国際化している研究チーム、進展の速い研究テーマに取り組んでいる研究チーム、競争の脅威に直面している研究チーム、最先端の実験施設・設備を利用している研究チームにおいて高くなる。特に研究チームの国際化は、ポストドクターの参加割合に大きく影響する。回帰分析による推計結果によると、日本におけるポストドクターの参加割合は、国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない場合は12%にすぎないが、国内論文で著者に海外生誕の研究者を含む場合は39%、国際共著論文では33%となる。他方で、研究チームへの学生の参加割合は、国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない場合63%、国内論文で著者に海外生誕の研究者を含む場合57%、国際共著論文では35%となり、国際共著論文では大きく低下する。このように、研究チームの国際化の度合によって、学生やポストドクターの研究チームへの参加の度合が異なる。

つぎに、著者が調査対象論文への貢献順に並んでいる論文に注目し、若手研究者が筆頭著者となる割合を分析した。その結果、海外生誕の若手研究者が研究チームに参加している場合、若手研究者が筆頭著者となる割合が高いことが明らかになった。また、研究テーマの示唆や研究プロトコルの変更など、研究チームのマネジメントに積極的にかかわっている若手研究者は、筆頭著者になる割合が高いことも明らかになった。

ポストドクターの参加は、研究プロジェクトの規模や研究チームの国際化の度合を制御しても、被引用数でみた研究のパフォーマンスと正の相関を持つ¹⁰。回帰分析による推計結果によると、シニア研究者や学生が筆頭著者である場合、日本の論文がトップ 10%論文となる割合(Q 値)は 7%であるが、ポストドクターが筆頭著者である場合は 12%である。また、ポストドクターが参加している研究チームでは、研究プロジェクトの着想から論文の出版までの期間が短くなる傾向にあることが明らかになった。

本調査研究を通じて、明らかになった「研究チームへの若手研究者の参加」と「研究チームの活動状況」、「若手研究者の貢献」、「研究パフォーマンス」との関係性を図表 32 にまとめた。なお、学生の参加と研究チームの活動状況の間には、明確な関係が見られない項目が多い。学生は日本の 57%、米国でも 54%の研究チームに参加している、つまり多様な研究チームに参加していることから、研究チームの活動状況との関係性が見られなかったと考えられる。

最後に、研究プロジェクトのマネジメントや科学技術政策への含意を述べる。

第 1 に、本調査研究の結果は、ポストドクターや学生に研究プロジェクトに参加する機会を与えることは、トレーニングや教育の目的を果たすだけでなく、科学研究を強化する役割もあることを示唆している。他方、マクロな状況をみると、日米両国において、需要と供給のバランスの問題から、安定した職を見つけることの出来ない多くの若手研究者がいる。任期付雇用による不安定なキャリアパスは、キャリアとしての科学の魅力を失わせている。実際、日本における博士課程後期進学者は、この 10 年間で 1.82 万人から 1.56 万人に減少している(NISTEP, 2012)。すでに指摘されていることではあるが、科学研究を強化していく上で、若手研究者が研究者としての長期的なキャリア展望を持つことが出来るようにすることの重要性が、改めて裏付けられたと言える。

第 2 に、我々の分析から、海外生誕の研究者は、科学研究への重要な貢献者であることが示された。研究者の流動性に関する最近の研究からも、ポストドクターが最も国際間の流動性が高く、主要先進国において海外生誕のポストドクターの比率が高いことが示されている(Franzoni, Scellato & Stephan, 2012; Van Noorden, 2012)。ポストドクターの高い国際流動性を考えると、どのようにして海外の優秀なポストドクターを自国に惹きつけるかが、科学研究に関する国の能力を向上するために、世界的に重要な課題になっていると言える。日本の国際共著率は、他の主要国と比べると相対的に低い。海外生誕のポストドクターをどのように国内に惹きつけるかは、日本において重要な課題であると言えよう。海外生誕のポストドクターは、短期的には研究チームの一員として、直接的に日本の科学研究に貢献し、長期的には日本の研究者との間に構築したネットワーク(国際共著等¹¹)を通じて、日本の科学研究に貢献すると考えられる。

¹⁰ 研究パフォーマンスが高い研究チームほど、研究資金の獲得を通じて、研究チームの規模を大きくし、結果としてポストドクターが研究チームに参加する割合が高くなることも考えられる。この内生性を制御するために、回帰分析を行う際は、プロジェクトの規模(著者数)を制御した。

¹¹ 科学者サーベイの分析から、責任著者が海外での研究もしくは留学経験を持っている場合、調査対象論文が国際共著になる割合が高くなることが示されている。

ただし、本調査研究から明らかになったように、ポストドクターが参加する割合は、進展の速い研究テーマに取り組んでいる研究チーム、競争の脅威に直面している研究チーム、最先端の実験施設・設備を利用している研究チームにおいて高くなる。これらの特徴からも分かるように、ポストドクターは最先端の研究に取り組んでいる研究チームに参加する割合が高い。したがって、海外の優秀なポストドクターを我が国に惹きつけるには、日本自体の研究力を向上させることも必須である。

最後に、我が国の研究チームの特徴として、研究チームを構成する研究者における日本生誕の者の割合が高いこと、シニア研究者と学部・修士学生から構成される研究チームの割合が大きい(通常論文の21%)ことが明らかになった。これは、研究者の育成・活用が主に自国内で行われているという、我が国の大学システムの特徴を反映した結果と考えられる。他方で、我々の分析からは、国際共著論文では、学生の参加割合が低くなることも明らかになっている。国レベルでみた日本の国際共著率の低さは、日本の大学システムの特徴にも関係していると考えられる。

これらの状況を踏まえると、例えば海外生誕の研究者を我が国に惹きつけるために、ポストドクターを雇用できるような最先端の研究に極端に資金を集中することは、これまで機能していた我が国の研究者の育成システム(シニア研究者と学部・修士学生から構成される研究チームの活動)に影響を及ぼす可能性もある点には留意が必要であろう。本調査研究では、ポストドクターや学生が参加している研究チームの活動の特徴を明らかにすることに主眼を置いたが、研究チームの構成と研究に用いた研究資金源の関係性の分析を行うことも、科学技術政策立案に際して有用な情報を与えると考えられる。

本調査研究の分析結果からも明らかなように、若手研究者の育成、研究の国際化、研究チームが取り組む研究テーマの間には、相互に関係性がある。これらは、人材育成、国際化、分野別の研究の推進にかかる科学技術政策が、相互に関係性を持って実施されていく必要があることを示している。

図表 32 研究チームの活動状況と学生やポストドクターの研究チームへの参加との関係性

		ポストドクターの参加	学生(博士学生、学部・修士学生)の参加
全般的な状況	学生やポストドクターを含む研究チームの割合(通常論文)	日本 22%、米国 39%	日本 57%、米国 54%
		(参考) 若手研究者が 1 名でも参加している研究チーム: 日本 69%、米国 77%	
	著者における若手の割合(通常論文)	日本 27%(全体)→36%(筆頭) 米国 33%(全体)→51%(筆頭)	
	国際流動性	全ての職階の中で、最も流動性が高い	博士学生は、ポストドクターに続き、流動性が高い
国際化	国内論文への海外生誕の研究者の参画	参加割合が高くなる (国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない研究チームとの相対比較)	—
	国際共著	参加割合が高くなる (国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない研究チームとの相対比較)	参加割合が低くなる (国内論文で著者に海外生誕の研究者を含まない研究チームとの相対比較)
研究の先進性	研究テーマの進展の速さ	進展の速い研究テーマに取り組んでいる研究チームで、参加割合が高くなる	—
	競争の脅威の度合	競争の脅威に直面している研究チームで、参加割合が高くなる	—
	最先端の実験設備・施設の利用	最先端の実験設備・施設を利用している研究チームで、参加割合が高くなる	—
貢献	若手研究者の貢献	海外生誕の若手研究者や、研究チームのマネジメントに積極的にかかわった若手研究者は、筆頭著者となる割合が高い	
研究パフォーマンス	トップ 10%論文となる割合	ポストドクターが筆頭著者の場合、トップ 10%論文となる割合が高くなる (シニア研究者が筆頭著者である場合との相対比較)	学生が筆頭著者の場合、トップ 10%論文となる割合が高くなる(米国のみ) (シニア研究者が筆頭著者である場合との相対比較)
	研究期間	研究プロジェクトの着想から論文の出版までの期間が短くなる傾向	—

注 1: 学生の参加と研究チームの活動状況の間には、明確な関係が見られない項目が多い。学生は日本の 57%、米国でも 54%の研究チームに参加している、つまり多様な研究チームに参加していることから、研究チームの活動状況との関係性が見られなかったと考えられる。

謝辞

この研究は、文部科学省の特別教育研究経費の支援を受けた「イノベーション・プロセスに関する産学官共同研究」の一環として、一橋大学イノベーション研究センター (IIR) と当研究所 (NISTEP) の共同研究で実施してきた。この研究は日本学術振興会の KAKENHI21243020 によっても支援されている。ジョージア工科大学は、IIR および NISTEP と連携して、米国で調査を実施した。Paula Stephan 教授は調査の設計に多大な貢献をした。本調査研究は、2011 年 2 月にトリノで開催された「The Organisation, Economics and Policy of Scientific Research」に関する会議、2012 年 6 月にミラノで開催された「Path - breaking innovation. Understanding, managing and providing support for continuous radical change in science and innovation」に関する EUSPRI 会議、さらには、2012 年 9 月にモントリオールで開催された「17th International Conference on Science and Technology Indicators」の参加者から大きな情報を得た。

参考文献

- 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*, 34, 259-285.
- Black, G. & Stephan, P.E. (2010). The Economics of University Science and the Role of Foreign Graduate Students and Postdoctoral Scholars. In Charles T. Clotfelter (Eds.), *American Universities in a Global Market* (pp. 129-161). Chicago: University of Chicago Press
- Decker, R.S., Wimsatt, L., Trice, A.G. & Konstan, J.A. (2007), A PROFILE OF FEDERAL-GRANT ADMINISTRATIVE BURDEN AMONG FEDERAL DEMONSTRATION PARTNERSHIP FACULTY, *A Report of the Faculty Standing Committee of the Federal Demonstration Partnership*
- Empirica GmbH (2005), Post-Docs in the Life Science, *Paper prepared for the NetReAct project*. Downloadable at: www.netreact-eu.org/documents/NetreactDeliverable1.3.pdf
- Franzoni, C., Scellato, G. & Stephan, P. (2012), FOREIGN BORN SCIENTISTS: MOBILITY PATTERNS FOR SIXTEEN COUNTRIES, *NBER WORKING PAPER SERIES*, Working Paper 18067
- Franzoni, C., Scellato, G. & Stephan, P. (2012), Patterns of international mobility of researchers: evidence from the GlobSci survey, *Paper prepared for the International Schumpeter Society Conference*. Downloadable at: <http://www.aomevents.com/media/files/ISS%202012/ISS%20SESSION%207/Scellato.pdf>
- Glänzel, W. (2001). National characteristics in international scientific co-authorship relations, *Scientometrics*, 51, 69-115.
- Glänzel, W., Debackere, K., Thijs, B. & Schubert, A. (2006). A concise review on the role of author self-citations in information science, bibliometrics and science policy, *Scientometrics*, 67, 263–277.
- Hagstrom, W.O. (1974), Competition in science. *American Sociological Review*, 39, 1-18.
- Jones, B. F. (2009), The burden of knowledge and the death of the Renaissance man. *Review of Economic Studies*, 76, 283–317.
- Kanda, Y. & Kuwahara, T. (2011), Shrinking Research Time for University Faculty Members Comparison of 2002 and 2008 in the “Survey on Full-Time equivalent at Universities”, *National Institute of Science and Technology Policy, Discussion Paper No. 80*
- Merton, R.K. (1973), *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. University of Chicago Press, Chicago, II
- Nagaoka, S., Igami, M., Eto, M. & Ijichi, T. (2010). Knowledge Creation Process in Science: Basic findings from a large-scale survey of researchers in Japan. *IIR Working Paper, WP#10-08*
- Nagaoka, S., Igami, M., Walsh, J.P. & Ijichi, T. (2011). Knowledge Creation Process in Science: Key Comparative Findings from the Hitotsubashi-NISTEP-Georgia Tech Scientists' Survey in Japan and the US. *IIR Working Paper, WP#11-09*
- National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) (2012). Japanese Science and Technology Indicators 2012, *National Institute of Science and Technology Policy, Research Material No. 214*

- Lariviere, V. (2010). On the shoulders of students? A bibliometric study of PhD students' contribution to the advancement of knowledge, *Abstracts of 11th International Conference on Science and Technology Indicators* (pp. 155-157).
- Leimu, R. & Koricheva, J. (2005). What determines the citation frequency of ecological papers?, *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 28–32.
- Rogers, J. D. (2012). Research centers as agents of change in the contemporary academic landscape. *Research Evaluation* 21, 15-32.
- Saito, K., Kanegae, Y., Misu, T. & Chayama, H. (2011), Survey on Postdoctoral Fellows Regarding Employment and Moving-out Situations -Complete Survey for Universities and Public Research Institutes in Japan (FY2009 Data)-, *National Institute of Science and Technology Policy, Research Material No. 202*.
- Saka A., Igami M. & Kuwahara T. (2010), Science Map 2008. *National Institute of Science and Technology Policy, NISTEP REPORT No.139*.
- Saka, A. & Kuwahara, T. (2011). Benchmarking Scientific Research 2011, *National Institute of Science and Technology Policy, Research Material No. 204*.
- Stephan, P.E. (2012) *How Economics Shapes Science*. Harvard University Press
- Stephan, P. E., & Levin, S. G. (2001). Exceptional contribution to US science by the foreign-born and foreign-educated. *Population Research and Policy Review*, 20, 59–79.
- Van Noorden, R. (2012). Global mobility: Science on the move. *Nature* 490, 326–329.
- Wuchty, S., Jones, B. & Uzzi, B. (2007). The increasing dominance of teams in the production of knowledge. *Science*, 316, 1030–1036.
- Zuckerman, H. A. (1968). Patterns of name ordering among authors of scientific papers. *American Journal of Sociology* 74, 276-291.

(裏白紙)

DISCUSSION PAPER No. 103

科学研究への若手研究者の参加と貢献
—日米の科学者を対象とした大規模調査を用いた実証研究—

2013年11月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
一橋大学イノベーション研究センター
ジョージア工科大学

〒100-0013

東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第7号館 東館 16階

TEL: 03-6733-4910 FAX: 03-3503-3996