

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26380313

研究課題名(和文) 大学における知的相互作用が学術研究および科学技術の革新に与える効果の定量分析

研究課題名(英文) An Empirical Analysis of the Impact of Knowledge Interactions in Universities on Academic Research and Science and Technology Innovation

研究代表者

中嶋 亮 (Nakajima, Ryo)

慶應義塾大学・経済学部(三田)・教授

研究者番号：70431658

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は大学教員が実施する研究指導の効果を指導学生の研究成果の成長への貢献として定量化した。そのために学生の研究成果を指導教員の「質」と関連づけるセミパラメトリック付加価値モデルを導入し、研究指導の「質」の下限を推定した。本研究の特色は教員の研究指導効果を識別するために、定年退職・異動・死亡などを原因とする教員の離職に着目したことにある。研究指導環境の世代間の相違を擬似的な対照実験とみなすことで、教員離職による研究指導の「質」の変化が学生の研究成果の成長に与える影響を識別した。実証分析では、東京大学物理学研究者を対象に、その指導教員の研究指導効果を計測した。

研究成果の概要(英文)：This research project estimates a professor's value added to a postgraduate student's research achievement growth using unique panel data on matched advisor-advisee pairs in a world-leading physics graduate program. To address an identification problem related to the endogenous selection of advisors and advisees, we use professor turnover and estimate a semi-parametric lower bound of the variance in advisor quality affecting advisee research performance. We find that a one-standard-deviation increase in professor quality results in a 0.54 standard deviation increase in a doctoral student's research achievement growth, increasing the number of first-authored papers that are published in top journals by 0.64 at the doctoral level.

研究分野：応用計量経済学

キーワード：大学教育の付加価値 科学技術の発展 研究成果生産性 知識のスピルオーバー

1. 研究開始当初の背景

近年、我が国の学術研究と科学技術の国際競争力の相対的地盤沈下が指摘されている。こうした研究・技術力の劣化への懸念から、大学の研究・教育環境を抜本的に改革する取組みが行われている。その中心的な施策に、中核的研究者を一部の研究大学に集結させるという「知の拠点化」がある。この根拠は、優れた研究者が創造する革新的な学術研究や科学技術が、その公共財的な性質により、周囲の研究者に無償かつ意図せず漏洩し、全体的な研究生産性の向上をもたらされるという知識の外部性に求めることができる。従来から多々言及されているように、学術研究と科学技術における「暗黙知」を伝達するためには研究者の直接的な交流と相互作用が必要となる。この知的相互作用は、物理的距離が近いほど頻繁に行われるため、研究者を拠点大学に集積するほど知識の伝達と連鎖という知識のスピルオーバーが促進されることが指摘できる。

このように大学拠点化の本質的便益は知識のスピルオーバーであるため、その施策を正確に評価するためには、人材集積によりもたらされる学術研究と科学技術の生産性の向上が周囲に波及する効果を計測することが不可欠である。しかしながら、これまでの日本の大学組織改革における「知の拠点化」の議論では、データ分析に基づく定量的な視点が欠けていた。

2. 研究の目的

本研究では、学術研究と科学技術における知識の集積拠点である大学における知的相互作用の実態を理論的かつ実証的に解明することを目的とする。

具体的には、教員から学生へ伝播する知識のスピルオーバーの計量分析を実施した。大学における知的相互作用は指導教員から指導学生への世代を超えた知識の伝播という形でも発現する。本研究では若手研究者人材育成における大学教員の貢献度を博士号取得研究者の学術研究・科学技術の成果に対する生産性の上昇への寄与分として推定し、大学院教育における高度技術人材育成の有効性を可視化して評価した。

3. 研究の方法

本研究では大学教員が実施する「研究を通じた教育」の効果を検証している。そのために、大学院教育の生産関数を想定し、教育成果としては学術研究論文数で測った大学院学生の研究業績を使用する。分析手法としては、付加価値アプローチを援用し、大学院生の修士および博士課程間における研究成果の成長に対する寄与を大学教員の研究指導の「質」として計上する。

高等教育機関である大学院において大学教員の研究指導の「質」を付加価値アプローチにより推定した研究は、著者の知る限りにおいて存在しない。

本研究では、特に大学内における指導教員と指導学生の内生的なマッチングから発生する自己選択の問題を解決するために Rivkin, Hanushek and Kain (2005) が開発した推定方法を援用する。具体的には、定年退職・移動・死亡といった原因による教員の離職に伴う指導教員の変更に着目する。指導教員が離職すると、大学院学生の研究指導は別の教員に引き継がれる。そのために教員の離職が発生した世代の学生では、修士課程の指導教員は同じだが、博士課程の指導教員は異なる場合がある。一方で、教員離職が発生する前の世代では、修士課程と博士課程の研究指導は同一教員により連続的に実施されることが通常である。もし、指導教員が指導学生の研究成果の成長に有意な影響を与えているならば、大学院学生の研究成果の成長幅は、指導教員の離職前後の世代で著しく異なることが予想される。このような研究指導環境の世代間の相違を擬似的な対照実験とみなすことで、教員離職による研究指導の「質」の変化が学生の研究成果の成長に与える影響を他の影響から分離して識別している。

4. 研究成果

[1] まず、付加価値モデルアプローチに従って、大学院学生の修士課程および博士過程における研究成果の成長を、学生の「質」を表す固定効果と教員の「質」を表す固定効果に分解して定式化した。

いま、ある大学院に c 年に入学した学生が教員 a の指導の下で課程 g (m, d) に行った研究の成果を $Outcome_{iag}^c$ と表記する。このとき、学生の g 課程における研究成果の成長は、現課程 g の研究成果から前課程 ($g-1$) の研究成果を減じた差分であり、それを、

$Outcome_{iag}^c - Outcome_{iag}^{c-1} - Outcome_{iag-1}^{c-1}$ で定義する。ここで γ_i は学生 i の「質」であり、潜在的・生得的な研究能力を表す固定効果である。一方、 θ_{ag} は教員 a が g 課程の学生に対して実施する研究指導の「質」を表している。これは教員 a が固有に持つ研究指導能力とも解釈され、世代不変な固定効果として与えられている。一般的に、修士課程と博士課程では研究指導効果は異なることが予想され、同一教員 a であっても θ_{am} 、 θ_{ad} と仮定される。最後に v_{iag}^c は無作為な確率項であり、各学生 i 、教員 a 、課程 g 、世代 c を通じて自由に変動する要因であると仮定する。

いま、教員 a が研究指導を行う c 世代に属する一群の学生を教員研究室と呼び、 $\ell(a, c)$ という表記であらわす。研究室 $\ell(a, c)$ の学生の集合を $\mathcal{J}_{\ell(a, c)} \subset \mathcal{J}$ として、その学生数を $I^{\ell(a, c)}$ とする。このとき、研究室 $\ell(a, c)$ の学生が g 課程で行った研究成果の成長の平均は

$$Outcome_{ag}^{\ell(a, c)} = \gamma^{\ell(a, c)} + \theta_{ag} + v_{ag}^{\ell(a, c)} \dots (1)$$

で与えられる。

(1) 式の各変数において、上付の研究室インデックス $\ell(a, c)$ 中の教員 a は大学院入学時に割り振られた研究指導教員を表し、下付の教

員インデックス中の a は g 課程における実際の研究指導教員を表している。

いま、教員 a A の c 世代における研究室 $\ell(a, c)$ に所属する学生 i $g^{\ell(a, c)}$ が修士課程($g=m$)と博士課程($g=d$)で行った研究成果についてパネルデータが利用できるとしよう。この場合には、課程 g と世代 c に関して(1)式の二段階の差分をとることで、研究室単位の平均的な学生の研究成果の成長から、学生の一段階目の課程間に関する差分を考える。教員 a の世代 c_1 における研究室 $\ell(a, c_1)$ において指導教員 a が離職せず、指導教員の変更が発生しないとす。この時には研究室における平均的な研究成果の成長の課程間差分は

$$Outcome_{ad}^{\ell(a, c_1)} - Outcome_{am}^{\ell(a, c_1)} = (\theta_{ad} - \theta_{am}) + (v_{ad}^{\ell(a, c_1)} - v_{am}^{\ell(a, c_1)}) \dots (2)$$

となる。一方、教員 a の世代 c_2 における研究室 $\ell(a, c_2)$ において教員の離職が発生したとする。この場合には

$$Outcome_{bd}^{\ell(a, c_2)} - Outcome_{am}^{\ell(a, c_2)} = (\theta_{bd} - \theta_{am}) + (v_{bd}^{\ell(a, c_2)} - v_{am}^{\ell(a, c_2)}) \dots (3)$$

となる。ただし、指導教員 a は修士課程の指導を行った後に離職し、研究室の全ての学生の博士課程の指導が教員 b に引き継がれたものと仮定している。

二段階目の差分として、上記の(2)式または(3)式の世代についての差分を考える。差分をとる世代として $c < c$ と設定する。研究室 $\ell(a, c)$ で教員離職が発生したことを示すダミー変数を導入し、 $W^{\ell(a, c, c)} = 1$ とする。この変数を用いれば、課程間と世代間に関する(1)式の二階差分は $W^{\ell(a, c, c)} = 1$ のとき

$$DD \text{ Outcome}_{\ell(a, c, c)} = (\theta_{bd} - \theta_{ad}) + error0$$

となり、また $W^{\ell(a, c, c)} = 0$ のときには

$$DD \text{ Outcome}_{\ell(a, c, c)} = error1$$

と計算される。ただし、 $error0$ と $error1$ はいずれも無作為な確率項である。

教員の研究指導の「質」の分散 σ_g^2 は上記で定義された研究室の平均的な研究成果の成長の二階差分 $DD \text{ Outcome}_{\ell(a, c, c)}$ の変動から識別される。教員 a A について近接する世代 c と c のペアを観察単位とする以下の回帰式を考える。

$$(DD \text{ Outcome})_n = \alpha X_n + \beta W_n + \epsilon_n \dots (4)$$

ここで $n=1, \dots, N$ は観察単位 (a, c, c) のインデックスである。それぞれの各観察単位 (a, c, c) について、変数を $X_n = (1/I^{\ell(a, c)} + 1/I^{\ell(a, c)})$ と $W_n = W^{\ell(a, c, c)}$ で定義する。この研究指導の「質」の分散に関する下限を計算すれば以下の不等式が得られる

$$\sigma_d^2 = \beta / [2(1 - \rho_d)] \geq \beta / 4$$

つまり、博士課程における研究指導の「質」の分散の下限 σ_d^2 の推定値は(4)式における回帰分析から得られる推定値 β の4分の1で与えられる。

[2]本研究では、大学教員の研究指導効果を定量的な観点から検証している。分析対象とする大学院として、東京大学理学研究科を選んだ。さらに専門分野としては、東京大学が世界的な研究拠点の一つとして数えられて

いる物理学分野に注目した。具体的には、1970年から2004年の35年間に東京大学理学研究科物理学専攻から修士号と博士号を取得した物理学研究者の研究成果の成長に寄与する研究指導教員の付加価値を計測した。

東京大学理学研究科における研究指導・被指導関係を得るために、東京大学理学研究科物理学専攻ホームページで公開されている修士論文・博士論文データベースから、修士および博士学位取得者の指導教員情報を収集した。

また大学教員の離職の有無と、離職発生年を特定するために、廣潤社が発行してきた

「全国大学職員録」を利用した。「全国大学職員録」には、東京大学を含む全国のすべての国立大学と私立大学の全教員について、氏名、所属大学名、所属学部名、所属学科名、職位、学位、生年などの情報が記載されている。

大学院学生の研究成果は、学術雑誌に掲載された論文業績に基づいて定量化する。そのためにトムソンロイターWeb of Science (WoS)データベースから、対象となる大学院学生の名前とマッチする学術研究論文を検索して抽出し、これをその学生の研究業績候補とする。

当然、研究業績候補には、同姓同名だが、別人の研究業績が含まれる。こうした研究業績の過剰識別を回避するために、名前とマッチした研究業績候補のうち、その研究題目が学生の執筆した修士および博士論文題目と高い比率で重なるものを本人の研究業績として判定した。この研究業績は、研究の質を考慮して物理学領域の著名学術雑誌(代表的総合科学雑誌3誌および物理学専門雑誌9誌)に掲載された研究業績のみに限定している。さらに、研究業績のもとになる論文が複数著者により執筆されている場合には、文献学で標準的に援用されている著者数と著者順番を考慮した貢献度指標を計算し、その値で論文の重み付けを行った研究業績を集計して学生の研究業績スコアとした。

実証分析では、潜在的な交絡要因としての教員属性を制御するために傾向スコアマッチングによる交絡調整を行うことにする。そのために教員離職が発生する予測確率を計算し、これを傾向スコアの推定値とする。その後、教員離職が発生した世代を含む標本($W_n=1$)と教員離職が発生しない世代を含む標本($W_n=0$)から傾向スコアがほぼ等しい観測標本をひとつずつ選んでマッチさせる。

傾向スコアが教員の離職に影響を与えるあらゆる要因に基づいて計算するものだとすれば、傾向スコアが等しいということは、 $W_n=1$ という標本を処置群、 $W_n=0$ という標本を対照群とする擬似的な対照実験において、処置群と対照群という二つの標本間で教員離職というイベントを無作為に割り当てたことを意味している。この状況では(4)式における回帰係数 β は、教員離職という「処置」

が、学生の研究成果の成長の変動に及ぼす平均的効果を表していると解釈できる。このように傾向スコアマッチングにより群間で標本バランスを調整し、回帰分析における教員離職ダミー変数の内生性に対処している。

[3] 傾向スコアマッチングによる調整を行った後の回帰分析から得られた推定結果を表1と表2に示す。これらの表では(4)式の各独立変数の係数の推定値と、大学教員の研究指導の質に関する分散の下限 σ_d^2 の推定値が示されている。なお、表のカッコ内は標準誤差である。また(4)式で与えられる回帰分析の観察単位 $n=1, \dots, N$ は、教員 a A について、 τ 年以内のすべての近接する世代ペア c と c' の組み合わせであった。この場合、世代間の期間である τ が大きいほど回帰分析の標本数 N が増加し、推定の効率性が上昇する一方、この場合には、確率項の定常性について強い制約を課すことになる。推定量の効率性と誤差項の定常性の間のトレードオフを調整し、「最適」な世代間期間 τ を決定する理論的基準は存在しない。そこで以下の実証分析では、世代間差分をとる期間として $\tau=3, 4, 5$ 年のそれぞれのケースを考え、そのすべての場合について推定結果を示している。

表1および表2に示した推定結果では、すべてのケースで W_n の係数の推定値は10パーセント以下で統計的に有意であることが示されている。また σ_d^2 の推定値はすべて正の値となっている。さらに、 $\sigma_d^2=0$ という帰無仮説を $\sigma_d^2>0$ を対立仮説として片側検定を実施したところ、すべての場合で5パーセント有意水準で棄却されることが示されている。

[4]以上の分析結果をまとめれば、東京大学理学研究科物理学専攻においては、学位論文の研究指導を行った大学教員は、大学院生の研究能力の涵養に関して、有効な付加価値を創出しているといえる。表1(3)列に示した推定結果に基づいて計算すれば、教員の研究指導の質が1標準偏差上昇すると、指導を行った博士課程の学生の研究業績スコアは、少なくとも0.221成長することになる。この研究成果の成長幅は標準偏差換算で0.54に相当している。また、表2(6)列で示した推定結果によれば、教員の研究指導の質が1標準偏差上昇するならば、指導学生の博士課程における研究成果の成長幅は、最上位学術雑誌に筆頭著者として掲載された論文数で換算して0.64本分増加するという解釈となる。

[5]まとめれば、本研究は大学教員が実施する研究指導の「質」を指導大学院生への研究成果の成長に対する貢献として計測する手法を提示した。実際の大学院における指導教員・被指導学生マッチデータを使用した分析により大学教員は後継研究者の育成に関して有効な付加価値を生み出しているという証拠を得た。

本研究は科学技術研究では指導・被指導関係を通じた知識の継承がなされるという従来の事例証拠にひとつの科学的証拠を与え

るものである。大学の研究教育活動を多面的に評価するためには、今後も質の高い科学的証拠を積み上げていることが必要であり、本稿はその第一歩という位置づけができる。

表1: 貢献度指標で重み付けした推定結果

	(1)	(2)	(3)
近接期間 (年数)	3	4	5
α	0.0667*** (0.0237)	0.0742*** (0.0225)	0.0960*** (0.0134)
β	0.3371* (0.1746)	0.2663** (0.1204)	0.1956** (0.0985)
σ_d^2 下限	0.0843**	0.0666**	0.0489**

***1%水準で有意 **5%水準で有意 *10%水準で有意

表2: 筆頭著者のみを考慮した推定結果

	(4)	(5)	(6)
近接期間 (年数)	3	4	5
α	0.0570 (0.0682)	0.1267** (0.0545)	0.4025*** (0.0720)
β	2.3091* (1.3249)	2.1322** (0.9220)	1.6401** (0.8251)
σ_d^2 下限	0.5773**	0.5331**	0.4100**

***1%水準で有意 **5%水準で有意 *10%水準で有意

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

Yasusada Murata, Ryo Nakajima, Ryouyuke Okamoto, and Ryuichi Tamura, "Localized Knowledge Spillovers and Patent Citations: A Distance-based Approach", *Review of Economics and Statistics*, Vol.96, 2014, pp. 967-985, 査読有, DOI: 10.1162/REST_a_00422.

[学会発表](計 8件)

報告者: 中嶋亮, 発表表題: Evaluating Professor Value-added: Evidence from Professor and Student Matching in Physics, 学会名: American Economic Association Conference (国際学会) 発表年: 2018.

報告者: 中嶋亮, 発表表題: Evaluating Professor Value-added: Evidence from Professor and Student Matching in Physics, 学会名: French Economic Association 年次大会 (国際学会) 発表年: 2017.

報告者：中嶋亮，発表表題：Evaluating Professor Value-added: Evidence from Professor and Student Matching in Physics，学会名：European Labour Economic Association 年次大会(国際学会) 発表年：2017.

報告者：中嶋亮，発表表題：Evaluating Professor Value-added: Evidence from Professor and Student Matching in Physics，学会名：Society of Labor Economics 年次大会(国際学会) 発表年：2017.

報告者：中嶋亮，発表表題：Evaluating Professor Value-added: Evidence from Professor and Student Matching in Physics,学会名:Royal Economic Society 年次大会(国際学会) 発表年：2017.

報告者：中嶋亮，発表表題：Evaluating Professor Value-added: Evidence from Professor and Student Matching in Physics，学会名：Journées Louis-Andre Gerard-Varet 2016(国際学会)，発表年：2016.

報告者：中嶋亮，発表表題：Evaluating Professor Value-added: Evidence from Professor and Student Matching in Physics，学会名：The 4th AIEA(Asia Innovation and Entrepreneurship Association)-NBER(National Bureau of Economic Research) Conference, Innovation and Entrepreneurship: The Changing Frontier(国際学会)，発表年：2016.

報告者：中嶋亮，発表表題：大学教員の研究指導における付加価値の推定---物理学者データを用いて，学会名：日本経済学会 2015 年度秋季大会特別報告(招待講演)，発表年：2015

〔図書〕(計2件)

中嶋亮，三菱経済研究所，マッチングゲームの実証分析，2015，97
今井晴雄・秋田次郎・新澤秀則・国本隆・石井良輔・石黒真吾・堀一三・下村研一・渡邊直樹・花木伸行・中嶋亮，京都大学学術出版会，マッチングゲームの顕示選好分析，2015，348(299-338)。

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

中嶋 亮 (NAKAJIMA, Ryo)
慶應義塾大学・経済学部・教授
研究者番号：70431658

(2)研究分担者

田村 龍一 (TAMURA, Ryuichi)
一橋大学・大学院商学研究科・特任講師