RIETI Discussion Paper Series 20-J-001

日本産業の基礎研究と産学連携のイノベーション効果とスピルオーバー効果

長岡 貞男
経済産業研究所

枝村 一磨
神奈川大学

大西 宏一郎
早稲田大学

塚田 尚稔
新潟県立大学

内藤 祐介
株式会社人工生命研究所

門脇 諒
一橋大学

RIETI
Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
https://www.rieti.go.jp/jp/

RIETI Discussion Paper Series 20-J-001
2020 年 1 月

日本産業の基礎研究と産学連携のイノベーション効果とスピルオーバー効果[1]

長岡 貞男（東京経済大学、経済産業研究所）
枝村 一磨（神奈川大学）
大西 宏一郎（早稲田大学）
塚田 尚稔（新潟県立大学）
内藤 祐介（株式会社人工生命研究所）
門脇 諒（一橋大学）

要　旨

企業の基礎研究は、当該企業のサイエンス吸収能力などその研究開発能力を高め、またスピルオーバーを通して、産業全体のイノベーションパフォーマンスを高めていく上でも重要である。本稿は、新たに構築した日本企業の研究開発投資の構造とパフォーマンスの長期パネルデータによって実施した以下の四つの研究の成果を報告している。

(1) 企業の基礎研究が、応用研究、開発研究の生産性への効果を通して、研究開発パフォーマンスを高めるモデルを構築し、内部基礎研究、産学連携研究(大学等への委託研究等支出)、政府からの受託研究の効果を計測する。

(2) 情報通信技術は、世界的に研究開発における重要性が高まっているが、日本産業のこの分野の研究開発は 2007 年をピークに約 3 分の 2 に減少した。本研究では、企業の情報通信分野の研究開発のパフォーマンスの経時的な変化を分析する。

(3) 企業間の技術スピルオーバーが、活用企業と源泉企業の基礎研究、並びに人材の専門分野の重なり、産業連関(同一産業か異産業か)など両企業の関係にどのように影響されるか分析する。

(4) 最後は、各企業のスピルオーバー・プールの研究開発への効果が、プールの研究開発投資の類型と各企業の研究開発投資の類型の相互作用によってどのような影響を受けるかを分析する。

こうした知見を踏まえて潜在的な政策含意も述べる。

キーワード：基礎研究、産学連携、サイエンス、研究開発生産性、スピルオーバー
JEL classification: O32, O34, O38

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

[1]本稿は、独立行政法人経済産業研究所（RIETI）におけるプロジェクト「イノベーション政策のフロンティア：マイクロデータからのエビデンス」の成果の一部である。本稿の分析に当たっては、経済産業省の企業活動基本調査及び総務省の科学技術研究調査の調査票情報の提供を受けたことに感謝申し上げたい。また、本稿の原案に対して、西村淳一教授（学習院大学）、赤池伸一上席フェロー(文部科学省科学技術・学術政策研究所)、ならびに経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会の方々及び RIETI-NISTEP 共同 WS の参加者から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。東京経済大学の共同研究費による助成にも感謝したい。

1. はじめに [2]

日本やその他先進諸国において、経済成長率を持続的に向上させるためには、企業が研究開発活動を進め、イノベーションを実現していく能力を高めていく必要がある。日本の産業は、国際的に見て高い自己負担比率で高い水準の研究開発を行い、世界的にも影響力の大きいイノベーションを実現してきた。しかし、1990 年代後半から企業研究者によって発表される論文数が大幅な低下傾向にあり [3]（村上・伊神, 2017）、日本産業のサイエンス吸収能力の低下、それに伴う独創的な研究開発の低下が危惧されている。また、ムーアの法則に沿ったコンピューターパワーの拡大、インターネットの普及等によって世界的に情報通信分野の研究開発機会は拡大しているが、日本産業のこの分野の研究開発投資は近年大幅に減少した。

企業研究者による学術論文数の低下傾向は必ずしも日本だけの問題ではない。米国でも、買収による間接効果を参入しても企業研究者による学術論文数の低下傾向が指摘されている(Arora, Belenzon and Patacconi, 2015)。また、同論文では、米国では企業における基礎的研究自体の低下傾向も指摘されている。同時に、米国では特許による科学技術論文の引用件数の上昇にも見られるように、サイエンス吸収能力の水準は必ずしも低下していない。このことは、大学等の外部研究機関との連携等を含めた総合的な評価が重要となっていることを示している。

そこで本稿では、基礎研究を含む企業が実施する研究開発の内容、大学等との連携などを含め、企業のサイエンス吸収能力への投資動向、ならびにそれが研究開発パフォーマンスに与える影響を、日本企業の長期のパネルデータを用いて定量的に分析する。企業のサイエンス吸収能力への投資を評価するデータとして、企業が内部で支出する基礎研究費、応用研究費、開発研究費に加えて、産学官連携研究(大学等への研究開発支出費及び政府機関からの受託研究費)を把握する。また、各企業が行っている情報通信分野の研究開発を把握して、その動向と企業全体の研究開発パフォーマンスへの効果を分析する。更に、その研究開発パフォーマンスを評価するデータとして、研究アウトプットである特許出願件数、特許被引用件数(審査官)、また、研究開発のサイエンス集約度の指標として特許による科学技術文献引用数、そしてビジネスパフォーマンスであるトービンの q を把握する。また、研究開発成果の当該企業への効果だけではなく、企業間のスピルオーバーも評価する。

筆者の知る限り、企業が行う研究開発投資を基礎研究と応用開発研究を直接識別して、その相互効果を実証的に分析した研究は乏しい(例外的に、Hottenrott, Lopes-Bento and Veugelers (2017)を参照)。本稿では、そのためのモデル化から議論を始め、基礎研究

---

[2]本研究のためには時間のかかる大規模なデータ構築を行った。政府統計及び特許データからの企業パネルデータの構築は、枝村、内藤、塚田、長岡、門脇が行い、名寄せは内藤、大西、長岡が行った。第 3 節「基礎研究、大学等への委託研究等支出及び政府等からの受託研究の効果」、第 4 節「情報通信分野の研究開発のパフォーマンス」、第 5 節「企業間の技術スピルオーバー」は長岡が、第 6 節「研究開発のスピルオーバーストックと研究開発パフォーマンス」は枝村が執筆した。Capital IQ を利用したトービンの q のパネルデータは東京経済大学の共同研究費を利用して構築した。

[3] Web of Science に収録されている論文数は 1990 年代後半と比較して約半分となり、Top10%、Top1%論文は更に大幅に低下している。

は企業の応用研究と開発研究の生産性を高めるので、基礎研究は応用研究と開発研究に乗数的に作用するという効果を内包した推計モデルを検証し、それをベースに実証分析を行う。また、企業間のスピルオーバーについては、企業間の距離に依存するスピルオーバーが、研究開発投資の水準とその成果に影響を与える以下のモデルを参考に推計モデルを検討する。具体的には、Bloom, Schankerman and Van Reenen (2013)、Hall, Jaffe and Trajtenberg (2005)、Jaffe (1986)、Griliches (1979)を参考に、推計モデルを検討する。

分析を行う際には、企業レベル、年レベルの研究活動に関する詳細なデータが必要となる。本稿では、「科学技術研究調査」（以降、科調と記す）及び「経済産業省企業活動基本調査」（以降、企活と記す）の調査票情報や、IIP パテントデータベース、PATSTAT を接合し、分析用のデータベースを構築する。科調では、研究費を性格別にそれぞれ基礎研究、応用研究、開発研究に分けて調査されているだけでなく、企業から大学等への外部支出研究費や、博士号取得研究者、専門別の研究者数、政府等からの受入研究費等のデータを抽出する。企活からは、国内外の売上、事業の多角化などの情報を抽出する。IIP パテントデータベースや PATSTAT からは、研究活動のパフォーマンスの代理変数として特許件数、被引用件数、及び特許による科学技術文献引用数を抽出する。また、上場企業の情報を整理し、企業時価の情報を活用する。

先行研究とは異なる本稿の独自性は、以下の 3 点である。第 1 に、基礎研究や応用研究、開発研究という性格別の研究費の情報を用いて研究開発投資の構造を明示的に、かつ企業の長期的なパネルデータとして把握し、相互関係の分析を行っている点である。これにより、企業による基礎研究、産学官連携研究等の研究開発パフォーマンスにおける役割について理解を深めることができる。第 2 に、研究開発の他社への技術的なスピルオーバーが基礎研究、人材の専門分野の重なり等でどのように影響を受けるかについて、理解を深める点である。企業間のスピルオーバーは特許の発明者引用で把握する。発明者は、他社の発明を当該発明の先行技術として引用するだけではなく、発明の獲得過程(例えば測定方法)や利用過程(組み合わせる技術)で関連する発明も記載しており、スピルオーバーをより広く把握している。第 3 に、サイエンスの吸収能力強化における、基礎研究、応用研究、産学官連携研究(大学等への委託研究、政府機関からの受託研究)、そして博士人材や専門の多様性の効果を総合的に評価する点でも独自性がある。

本稿の分析は、企業レベルのパネルデータを構築し、企業の固定効果モデルと変量効果モデルを用いて実証分析を行った。企業の固定効果は、欠落変数、特に、大学への委託研究等支出の実施、政策の適用(政府機関からのファンディング)等のセレクションをコントロールすることが目的である。また原則として中分類レベルの産業と年との交差項を導入して、需要や技術機会の変動等による企業の研究開発投資の内生性をコントロールした。加えて、企業レベルで、その技術分野における米国の技術機会の変動をコントロールする変数を作成し、各企業が直面している技術機会の変動をより詳細にコントロールした。ただ、固定効果分析は、各変数が保有する情報を大きく減少させる結果、推計バイアスを拡大する危険性もあり、変動効果による推計結果も示している。

企業レベルのパネルデータを用いた実証分析の結果、以下の知見が得られた。

(1) まず、1984 年から 2016 年の長期パネルデータによって、基礎研究は応用、開発研究の対象となるプロジェクトの創出と適切な選択など、その生産性を乗数的に長期に高めることで研究開発パフォーマンスを高める効果があることが確認された。この点は、研究開発のパフォーマンスを、審査官引用ベースの被引用件数、特許出願件数(ファミリーベース)、研究開発のサイエンス集約度(発明で開示されたサイエンス文献の利用頻度)、更に上場企業についてトービンの q のいずれで把握しても成立する。産学連携研究(大学等への委託研究等に伴う支出)は、トービンの q を除く、企業の研究開発パフォーマンスを有意に高める。産学の共同研究等を通して企業によるサイエンスの吸収を促し、また企業の研究開発プロジェクトの質を高めて、パフォーマンスを高める効果があると考えられる。政府機関等からの受託研究も、被引用件数と特許出願件数では、企業の研究開発研究のパフォーマンスを高めるが、サイエンス吸収への効果は有意ではない。
また、基礎研究、応用研究、開発研究の中で、サイエンス機会の拡大に有意に反映するのは基礎研究のみであり、基礎研究が企業のサイエンスへの窓口として重要な機能を果たしていることが分かった。

(2) 2000 年代からの 16 年間(2001 年から 2016 年)のみに着目した推計を行うと、基礎研究ストックや産学連携研究を拡大した企業が研究開発パフォーマンスを有意に改善していない。また、日本産業の基礎研究は，サイエンス活用機会の拡大への反応も弱くなっている。2000 年以降は初頭の IT バブルの崩壊、2008 年に起きたリーマンショックとそれに続いた円高などがあり、基礎研究の成果があっても応用開発研究に進めなかったことが 2000 年代の推計結果に影響している可能性もあるが、原因の分析は今後の課題である。

(3) 情報通信技術は、研究開発の道具としても、新製品を創出する上でも多くの産業で重要となっており、近年では研究開発費の 15%程度を占めている。AI やビッグデータを活用する機会の拡大でその重要性は高まっているが、日本産業の情報通信分野の研究開発は 2007 年をピークとして約 3 分の 2 に減少しており、本稿では、その原因を分析している。産業別に見ると、情報通信分野の研究開発費全体の 4 割強を占めていた情報通信機械器具を筆頭に、多くの製造業で情報通信分野の研究開発は激減したことが重要である。その程度は、IT 関連産業でも電子部品産業より情報通信機械器具製造業など最終財産業で特に大きかった。このような減少傾向と整合的に、日本産業による情報処理分野の研究開発投資はかつてはプレミアムを持っていた(他分野よりイノベーションへの効果が大きかった)のが、近年ではディスカウントとなっていることが判明した。グローバルな垂直分業の進展に対応できる、効率的な事業と研究開発体制の構築が重要となっていることが示唆される。

(4) 企業間の技術スピルオーバーは異産業間で重要である。特許の引用関係で評価すると、8 割以上が異産業間で生じている。研究開発における基礎研究の割合の上昇は、スピルオーバーの活用企業においては他産業へのスピルオーバーの開始を早める効果があり、また、源泉企業においては他産業へのスピルオーバーをより強める傾向がある。市場と研究開発分野における企業間の類似性をコントロールしても専門分野における類似性はスピルオーバーを有意に拡大するので、技術の吸収能力に人材が重要であることも明らかとなった。また、スピルオーバーは市場と研究開発分

野の類似性に対して逆 U 字型であり、市場あるいは研究開発分野の類似性が閾値を超えて高まると研究開発の差別化への誘因が優越する可能性も示唆された。最後に、基礎研究と比較して応用開発研究の方が、審査官によって引用される頻度が発明者による引用頻度よりも高く、専有可能性も高い可能性が示唆された。

(5) 最後に、研究開発投資の類型毎に各企業のスピルオーバー・プールを構築し、その影響を分析した。他社からのスピルオーバーには、プラスの効果だけではなく、研究開発成果の先取りや競争の激化による負の効果もあることを示唆する結果が得られた。基礎研究費に対して大学等公的研究機関への外部支出研究費と非特許文献数、市場距離を用いた基礎研究のスピルオーバー・プールがプラス、市場距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールがマイナスの効果を与えていることが示唆された。応用研究費に対しては、海外売上高比率と大学等公的研究機関への外部支出研究費、技術距離を用いた基礎研究のスピルオーバー・プールと市場距離を用いた基礎研究のスピルオーバー・プールがプラス、技術距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールと市場距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールがマイナスの効果を与えていることが示唆された。開発研究費に対しては、海外売上比率と大学等公的研究機関への支出研究費、技術距離を用いた基礎研究と開発研究のスピルオーバー・プール、市場距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールがプラス、市場距離を用いた基礎研究のスピルオーバー・プールがマイナスの効果を与えていることが示唆された。特許件数や被引用件数については、海外売上比率や大学等公的研究機関への支出研究費、非特許文献数、技術距離を用いた応用研究のスピルオーバー・プールがプラス、技術距離を用いた基礎研究や開発研究のスピルオーバー・プール、市場距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールがマイナスの効果を与えることが示唆された。

第 2 節で関連する先行研究を述べる。第 3 節では、「基礎研究、大学等への委託研究等支出及び政府等からの受託研究の効果」、第 4 節では「情報通信分野の研究開発のパフォーマンス」、第 5 節で「企業間の技術スピルオーバー」、第 6 節では、「研究開発のスピルオーバーストックと研究開発パフォーマンス」をそれぞれ述べる。各節で、推計データと、仮説検証のための推計モデル、推計結果の考察を述べる。第 7 節で結論を述べる。

2. 先行研究

企業が行う研究開発投資を基礎研究と応用開発研究を識別して、その相互関係を実証分析した研究は乏しいが、本研究に最も近い研究として Hottenrott 他 (2017)がある。この研究では、研究開発の成果は、企業の知識ストックで決定され、本研究と同様に、それは(基礎)研究と開発研究と乗数的に決定されるモデルを分析枠組に用いている。ベルギーの政府研究補助のデータを用いて、政府の研究開発補助が基礎研究を対象にしている場合は企業の研究と開発の両方を拡大するが、開発を対象にしている場合は開発への効果は小さく、研究を拡大する効果のみがあることを実証的に見いだしている。

Arora, Belenzon and Patacconi (2015)は、企業の基礎研究の成果と考えられる公刊論文と主として応用研究開発研究の成果であると考えられる特許を把握し、企業時価との

関係を分析しているが、研究開発費自体の分析ではなく、また基礎研究と応用開発研究との相互作用も分析していない。Leten, Kelchtermans and Belderbos (2011)も Czarnitzki, Kraft, Thorwarth(2009)も同様に相互作用を分析していない。

本稿では、サイエンス吸収能力に影響を与える要因として、スピルオーバーを検討する。スピルオーバーを測定して実証分析したものとして、Jaffe (1986)、Bloom, Schankerman and Van Reenen (2013)がある。Jaffe (1986)は、アメリカ製造業の企業レベルの特許データを用いて企業間の技術距離を測定し、研究開発費を技術距離によってウェイトづけして集計したスピルオーバー・プールを算出して、研究開発活動やビジネスパフォーマンスとの関係を実証分析した。その結果、研究開発活動を活発に行っている企業ほど、スピルオーバー・プールが特許件数や利潤、トービンの q にプラスの効果を与えている可能性を示唆している。

Bloom, Schankerman and Van Reenen (2013)は、Jaffe (1986)によって示された技術距離だけでなく、マハラノビス距離の概念を用いてより一般的に技術距離を定義し、スピルオーバー・プールの算出に用いている。算出の際には、アメリカにおける企業レベルの特許データを用いている。算出されたスピルオーバー・プールを企業価値関数や特許生産関数、生産関数、知識生産関数に含めて固定効果を考慮した推計を行った結果、スピルオーバー・プールはトービンの q、引用件数にウェイトづけされた特許件数、利潤、研究開発費を増加させる可能性が示唆された。

Jaffe (1986)と Bloom, Schankerman and Van Reenen (2013)で共通しているのは、スピルオーバー・プールを算出する際に必要な企業間の技術距離を、特許データを用いて算出している点である。ただ、特許データを用いると詳細な技術情報を活用することができるが、特許を出願していない企業については技術距離を把握することができない。企業の受容能力を研究開発のアウトプットである特許で測るには限界がある。そこで本稿では、企業の研究分野別の研究者数の情報を用いて、技術距離を定量的に把握する。他社の研究開発活動の成果がスピルオーバーし、それを受容して研究開発活動を行うのは研究者である。研究者はそれぞれ専門分野を持ち、その知識を用いて研究開発を行っている。研究分野別の研究者の情報を用いることで、研究開発のインプットから企業の受容能力を考えることができ、先行研究とは異なる観点からスピルオーバー・プールを把握して、企業の研究開発活動やビジネスパフォーマンスとの関係を分析できることが本稿の独自性の一つである。

情報通信分野の研究開発については、Arora, Branstetter and Drev (2013)が、ソフトウエア集約的な分野において、日本企業が米国企業に競争力を喪失してきたこと、またその原因として日本の人的資源の不足を指摘している。

本稿が先行研究と異なるもう一つの点は、本稿では企業における基礎研究に焦点を当ててサイエンス吸収能力について分析を行うため、研究開発費を基礎研究費、応用研究費、開発研究費の 3 つに分割し、各研究費ストックやスピルオーバー・プールを算出して分析に含める。性格別に研究費を分けることで、成果が必ずしも特許とならない基礎研究と、特許となりやすい応用、開発研究を明示的に区別して分析を行うことができ、企業のサイエンス吸収能力についての検討を定量的に行うことが可能となる。

3. 基礎研究、大学等への委託研究等支出及び政府等からの受託研究の効果

以下の分析ではまず、基礎研究の役割を識別する簡単な理論モデルを構築し、その後はそれによる計量分析を行う。

3.1 基礎研究と応用開発研究のモデルと仮説

企業の基礎研究や産学連携は、主として企業の応用研究、開発研究の生産性を高めることで、企業のパフォーマンスに影響する。すなわち、基礎研究自体から発明が生まれそれが直接商業化につながる場合もあるが、多くの場合、基礎研究は企業が応用開発研究に取り組むプロジェクトの創出やより良い選択をもたらし、その結果商業的な成果をもたらすと考えられる。

出発点は通常の知識生産関数である。通常は、研究開発からのアウトプット(Y)は、研究開発費総額(rd = applied + development + $basic$)の関数だとされる。これは、最適な研究開発投資の水準と構成を、予算総額を与件とした基礎、応用、開発投資への最適な割り当て(第二段階)と最適な予算総額の決定(第一段階)の二段階に分けた場合の、第二段階の誘導系だと理解することができる。ここで、$basic$は基礎研究、appliedは応用研究、developmentは開発研究(試験的開発)である：

$$Y = A\{applied + development + basic\}^{\gamma} \quad with \quad 1 > \gamma > 0 \qquad (1)$$

この定式化では、合計のみが研究成果に影響をすることになる。各年で研究開発投資の水準に収穫逓減があり、γは 1 より小さいとする。Aは研究開発に利用可能な公共的な知識や道具を表す。

本論文は、最適な割り当てを更に二段階にし、基礎研究には企業の応用研究と開発研究の選択可能性を広げることで、企業の研究開発パフォーマンスを高める効果があり、その効果は“A”と同じく、掛け算の形で作用する((1 + θlnbasic)を乗ずる)とする。同時に、基礎研究は応用研究、開発研究の予算を拡大する効果もあるとする。この場合、

$$Y = A(applied + development + \mu basic)^{\gamma}(1 + \theta \ln basic) \qquad (2)$$

この定式化は、基礎研究がまず行われ、その成果も活用して応用開発研究プロジェクトが選択される二段階となっており、その結果、基礎研究は乗数的に応用開発研究の研究成果を高める。ただ企業内で基礎研究が行われなくても、応用開発研究は実施可能である。μやθが小さい場合には、その方が合理的であり、これらのパラメーターは企業内の基礎研究の生産性を示している。

このままでは非線形モデルであり、他方で基礎研究の大きさは比較的小さいことから、以下のように仮定して、線形化して推計を行う。

仮定　μbasic/(applied+development)は 1 よりかなり小さく、θlnbasic も 1 よりかなり小さい。

$$lnY \cong lnA + \gamma ln(applied + development) + \frac{\gamma \mu basic}{applied+development} + \theta \ln basic \quad (3a)$$

この式は(1)式を含んでいる。もし、(1)式の誘導系が成立しているとすれば、θ=0 であり、かつ μ=1 となる。推計の結果これが成立せず、θ>0 であることが判明すれば、基

礎研究は応用開発研究に掛け算で機能することになる。

仮説 1　基礎研究は企業の応用研究と開発研究の生産性を高めるので、企業の基礎研究は応用開発研究に乗数的に作用して、研究開発パフォーマンスを高める(内部基礎研究の θ>0)。

企業の基礎研究には広義には、企業が自ら行う研究(内部基礎研究)と大学等への委託研究等支出がある。科調統計では前者は内部使用研究費として認識されており、後者とは別に把握されている。大学等への委託研究等支出と企業内の基礎研究がそれぞれ、企業の研究開発全体のパフォーマンスを高めるように実施されているかどうかは重要な研究課題である。また、政府研究開発機関等からの受託研究は、企業が行う内部使用研究費(科調統計の把握ベース)に算入されているが、その効果としては基礎研究等のレベルを高めることに加えて(付加効果)、政府機関の関与によるプロジェクト選択への効果やコンソーシアムのメンバーの間でのスピルオーバーを反映し、研究開発の質の向上に影響がある(質効果)ことが期待される。

仮説 2　大学等への委託研究等支出が企業内基礎研究と同様に企業の応用研究開発研究の生産性を高める場合、企業内基礎研究と同様に乗数的に研究開発パフォーマンスを高める(大学等への委託研究等支出の θ>0)。

仮説 3　政府機関等からの受託研究が企業の研究開発の水準に加えて(付加効果)、その質を高めるとすれば、企業の研究開発支出をコントロールして、パフォーマンスは向上する(質効果)。

企業の基礎研究などの水準は、企業の能力や政策的な介入の他に、当該企業の研究開発に関連したサイエンス活用機会の拡大によって拡大し、また当該企業の市場が拡大すれば拡大する。研究開発からの収入はその成果を適用できる市場の広さ(s)に依存するので、企業の利潤は以下で得られる。

$$\pi = sY - (applied + development + basic) = sA(applied + development + \mu basic)^{\gamma}(1 + \theta \ln basic) - (applied + development + basic) \quad (4)$$

(1)式のように、基礎研究と開発研究が加算的な場合には(μ>0 であり、かつ θ=0)、以下が示すように、基礎研究、応用開発研究の拡大は、同様の効果を持っている。

$$\partial\pi/\partial basic = \partial\pi/\partial applied = \partial\pi/\partial development = sA\gamma(applied + development + basic)^{\gamma-1} - 1 \quad (5)$$

このため、サイエンス機会の拡大(A の上昇)と売上の拡大(s)は、同じように、研究開発を拡大させる。サイエンス活用機会の拡大が A を高める場合は、基礎研究、応用開発研究を同様に高める。

基礎研究と開発研究が純粋に補完的な場合(μ=0 であり、かつ θ>0)

$$\partial\pi/\partial basic = sA\theta(applied + development)^{\gamma}/basic\} - 1 \quad (6.1)$$

$$\partial\pi/\partial applied = sA\gamma(applied + development)^{\gamma-1}(1 + \theta \ln basic) - 1 \quad (6.2)$$

サイエンス活用機会の拡大が、θを高める場合、θ の上昇は、基礎研究の限界効果を比例的に高め、基礎研究を直接的に拡大する。他方で、基礎研究以外のプロジェクトの源泉が比較的に重要な場合(1 ≫ θlnbasic)、応用開発研究への直接的な影響は小さい。

仮説 4　基礎研究が企業の応用研究と開発研究の生産性を高める効果(θ)が重要な場合、サイエンス活用機会の拡大は、その効果を高めると考えられる。このため、基礎研究の方が応用開発研究よりもサイエンス活用機会の拡大に強く反応する。

基礎研究が応用開発研究の機会を拡大することで、企業の研究開発のパフォーマンスを高める場合、基礎研究の拡大から応用研究の拡大には時間を要する。また、その場合、基礎研究に重要なのは将来の市場であり、現時点の売上拡大が影響を与える程度は小さくなる。他方で、現時点での売上の拡大は応用開発研究にはより直接的に影響を与える。

3.2　データの概要

最初に科学技術研究調査報告によって日本企業の研究開発のデータを、基礎研究及び産学官連携研究に注目して、概観する。以下は科学技術研究調査報告の母集団データを文部科学省の科学技術・学術政策研究所(NISTEP)の企業辞書とリンクしたパネルデータによっている。アンバランスト・パネルであり、対象企業の数は 1983 年の 1200 社から 3500 社と増加しており、産業全体の研究開発費のカバリッジは当初の約 6 割強から徐々に高まり、2000 年代以降は 9 割弱である。

以下の図 3.1 には、日本産業の研究開発支出全体の動向が示されている。企業が内部で実施する研究開発は、実質ベースで、リーマンショックの前の 2007 年までは傾向的に増加したが、リーマンショックによって大幅に減少した。その後比較的長期間停滞したが、近年回復している。後で詳細に議論するように、ICT 分野の研究開発の大幅な減少がこのような停滞の最も重要な要因である。企業が内部で実施する基礎研究の水準(応用、開発研究の企業全体の合計への基礎研究合計の比率)は、米国産業における傾向的低下とは異なって(Arora, Belenzon and Patacconi, 2015)、安定しており、7%程度である。しかし、質的な変化があった可能性はあり、以下では研究成果への影響及びサイエンス活用機会への反応の面から、これを分析する。なお、リーマンショック(2008 年)前後の動向から明確であるが, 基礎研究比率は、カウンター・サイクリカルである。基礎研究は，開発研究、応用研究より長期的な視点で行われており、需要変動に伴う変動が小さい。

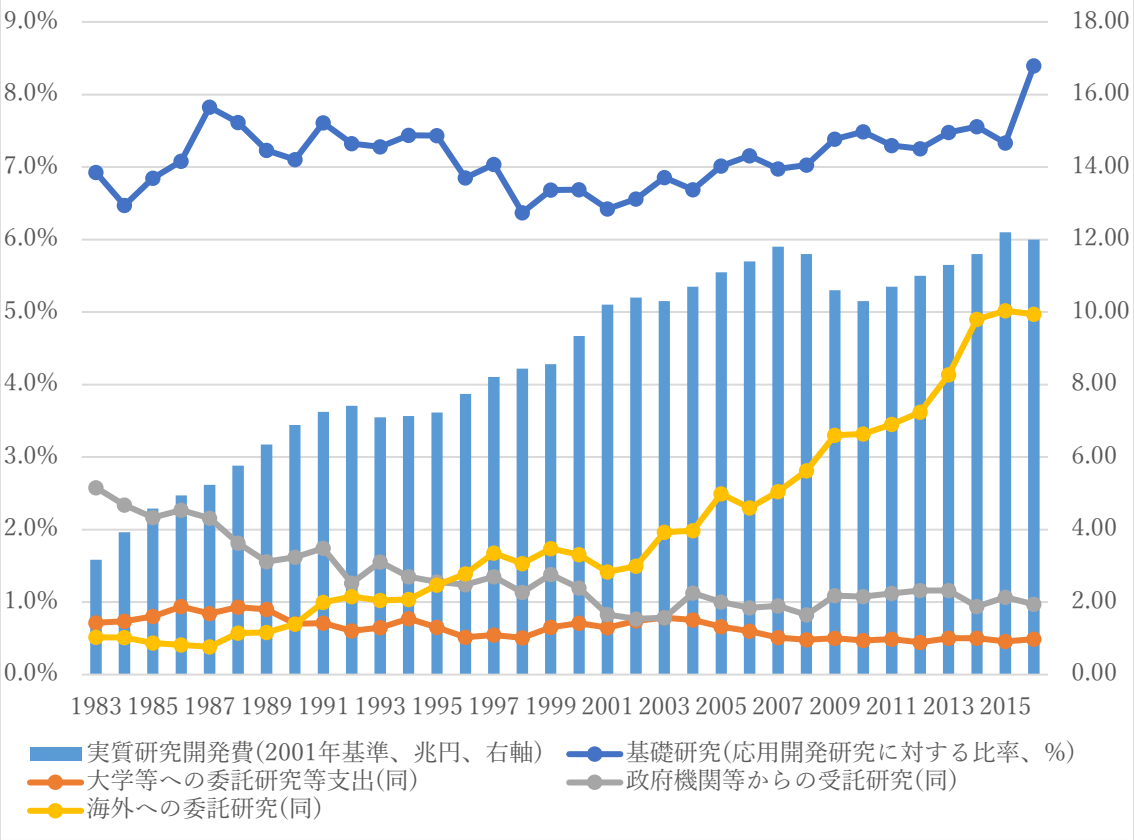
産業から国内大学等への委託研究等支出の比率(全ての支出名目を含む、分母は産業内部の応用開発研究支出、左軸、以下同様)は、長期的に見ると緩やかに減少し、1980 年代後半の高い時期は 1%強であったのが近年では 0.5%程度である。産業から国内大学への委託研究等支出の内訳としては、委託研究より共同研究に伴う支出の方が大きい。文部科学省の調査によれば [4]、2015 年度において、共同研究に伴う大学への研究費支出が 467 億円、委託研究に伴う大学への研究費支出が 110 億円で合計が 577 億円

[4]「大学等における産学連携等実施状況について」 平成 27 年度、文部科学省

であり、我々のサンプルの支出合計 520 億円に近い水準となっている。

また、政府機関等公的機関からの受託研究[5]は、近年で企業が内部で行う応用開発研究支出の 1%程度である。2000 年代の初頭まで政府からの受託研究の割合が 1980 年代の前半の 2.5%程度から近年の 1%程度と減少しているのは、図 3.1 から明らかなように、産業の研究開発費が実質でかなり大幅に伸びたからである。その後は産業の研究開発費が全体として伸びていないが政府の研究開発費も同様であり、割合は変化していない。こうした中で非常に大きく近年支出が伸びているのは、海外子会社等への委託研究であり、応用開発研究の 5%程度にまで伸びている。委託先は産業が大半であり、最近の統計では、対親子会社が約半分である。

図 3.1　基礎研究、大学等への委託研究等支出、政府機関等からの受託研究、海外機関への委託研究及びの動向(比率は左軸)



以下の推計では、上記のモデル(3a)の基礎研究(basic)の変数として、内部の基礎研究費と大学等への委託研究等支出を認識し、また政府機関等からの受託研究は内部研究

[5] 科学技術調査研究調査報告は、政府等公的機関からの企業の受託研究も包括的に把握しており、受入研究費_国_うち内部使用+ 受入研究費_地方公共団体_うち内部使用+ 受入研究費_国公立大学_うち内部使用+ 受入研究費_国公営研究機関_うち内部使用+受入研究費_その他の国地方_うち内部使用+ 受入研究費_特殊法人等_研究所等_うち内部使用+ 受入研究費_特殊法人等_公団等_うち内部使用で算出した。

費に反映されているので、そのプレミアムあるいはディスカウントを計測するとした推計を行い、これらの効果を検証する。

3.3 研究開発パフォーマンスの推計モデル

(3a)式を以下の企業iと年tの組み合わせによるパネルデータで推計する。

$$lnY_{i,t} \cong lnA_{i,t} + \gamma ln\left(\text{applied}_{i,t} + \text{development}_{i,t}\right) + \frac{\gamma\mu\text{basic}_{i,t}}{\text{applied}_{i,t}+\text{development}_{i,t}} + \theta\text{lnbasic}_{i,t} + \left(年 \times 産業ダミー\right) + \alpha_i + \varepsilon_{i,t} \quad (3b)$$

研究開発のパフォーマンス($Y_{i,t}$)として利用するのは、日本企業の国内特許出願をベースにして構築した、審査官引用ベースの被引用件数(lnappln_wght_fc7all、共同出願の場合も全数カウント)、日本企業が取得した特許件数(ln1count_inpadoc、ファミリーベース)、発明で開示されたサイエンス文献の利用(ln1npl_count_sum) 及び上場企業についてトービンの q である。審査官は特許出願を審査し、その請求範囲の縮減や拒絶のために、先行出願を引用するので、審査官による引用数が大きい特許出願は価値が高い特許出願である。これらのデータを企業ごとにかつ優先権主張年(earliest filing date)で集計し、研究開発データとマッチングを行った。トービンの q は、簿価の総資産額と企業価値(総株式発行数の時価評価額＋負債)の比率であるが、現金や短期金融商品の総額を資産と負債の両方から差し引いている[6]。

また我々は既存研究と同様に、研究開発のフローではなく、研究開発のストック(知識ストック)が各年の研究開発のアウトプットの基本的な要因であると定式化する。すなわち、研究開発の成果は知識ストックとして蓄積され、それが発明の源泉となる。研究開発投資をストックとして捉えることは、研究開発が一定のラグを持って長期的に技術的な成果を生むことにも、一定の対処を可能とする。(3b)式に即して、基礎研究と応用開発研究をそれぞれストック化する。基礎研究ストックは 1 年のラグを導入する。ストック化するにあたり、先行研究にならって、毎年 15%の減耗を仮定する(パネルデータの初期では不完全なストック化しかできないので、推計結果の頑健性を確認するために、基礎研究について、フロー変数を利用した推計(ストック化の影響がない推計)及び 1983 年時点に存在していた企業のみによる推計(不完全なストック化の影響を最も受ける企業群)を付録 B 表 3 に示している。大きな差は無い。更に、RIETI で行った発明者サーベイを利用して、基礎研究、応用研究、開発研究別に研究の開始時期から出願時期までのラグの分布データを構築して、それを使った推計も試みている。基礎研究は陳腐化が少なく、その効果は大きくなる傾向がある。詳細は付録 C(研究開発ラグの影響：発明者サーベイのデータによる試算)を参照頂きたい。

また、大学等への企業からの委託研究等支出、政府機関等からの企業の受託研究及び企業から海外組織への委託研究も、それぞれ過去の支出のストック化をしている(ln1commission_univ_pro_stock, ln1commissioned_pub_stock, ln1commission_abroad_stock)。海外組織(海外子会社等)への受託研究の成果は海外組織からの特許出願がされるため、必

[6] トービンの q を分析用データベースに接合するため、RIETI 作成コンバータ「企活-証券コードコンバータ」を用いた。

ずしも親企業の出願にはなっていない可能性があり、以下の推計では過小評価となっている可能性が大きい。本研究ではコントロール変数として導入する。

研究開発の成果に影響を与える、企業にとって外生的な要因として、サイエンスの活用機会の拡大が重要である [7]。産業レベルの変動は需要機会や競争の変化との識別が容易ではないが、以下では企業別にサイエンス活用機会の変動が異なることを利用して、その影響を分析する。サイエンス機会を、当該企業が出願している技術分野の米国特許(日本出願人以外)による科学技術論文等の引用件数(その対数値、$lnscience_{i,t}$)で把握する。

研究開発、特に基礎研究は不確実である。このような不確実性の結果を反映して、一般的には推計式(3a)のθは、企業間あるいは同一企業内でも経時的に変動し得る。もし、θ が基礎研究の成否によって変動する場合、これは欠落変数となり、企業内の基礎研究の効果の過小評価につながる。すなわち、基礎研究のレベルは一定でも、基礎研究が成功した場合には θ は大きく、より多くの応用研究開発を誘発し、同時に企業の研究開発全体の成果の向上が観察される。回帰分析ではこのような成果の向上は全て応用開発研究に帰着されるので、基礎研究の効果は過小評価される。この問題がどの程度重要であるかを分析するために、付録で、自己引用データを利用して θ を計測して推計を行うことを試みている。このように計測された θ は有意ではあるが、応用開発研究の推計値には大きな影響は与えていない(付録 D を参照)。

推計では、需要、技術やサイエンスの活用機会の産業レベルでの変動、更に特許の引用文献数及び被引用件数のデータトランケーションによる変動を産業別の年次ダミーでコントロールする [8]。ある産業の景気が良くなると、研究開発費は同じでもより多くの特許出願がされる(特許性向が高くなる)と考えられるが、そのような効果も産業別の年次ダミーの変動でコントロールする [9]。企業の研究開発やそれを補完する能力等の欠落変数を企業の固定効果(α_i)でコントロールする。能力が高い企業が基礎研究を行う、あるいは政府から受託研究を受け易いという内生性をコントロールする。ただ、固定効果推計は、研究開発投資ストックの測定誤差の影響を高めることによる過小推計バイアスの危険性もあり、企業の固定効果を導入した場合(FE)に加えて、変動効果(RE)を仮定した場合の結果を示している。

データの欠落によるバイアスを避けるために、データが連続して存在する期間にサンプルを限定している。

3.4 推計結果とその含意

以下の表 3.1 と表 3.2 に示すように、審査官引用ベースの被引用件数、特許件数(フ

---

[7] この他に企業間の技術スピルオーバーがあるが、これは本研究では別途直接分析する。本節では産業別の年次ダミーによってコントロールされている。

[8] 例えば、米国の特許における科学技術論文等の被引用文献は特許が登録されないと開示されないので、登録率によるトランケーションが存在する。しかしトランケーションが無い場合の科学技術論文等の引用件数=現実の科学技術論文等の引用件数×(各産業、時点でのトランケーションの影響)と定式化できる場合、対数をとることによって、トランケーションはコントロールできる。

[9] 各企業の売上の変動は各企業の特許性向を決定する要因であるが、売上は研究開発ストックによって左右される内生変数であり、本論文ではコントロール変数として利用しない。

ァミリーベース)、発明で開示されたサイエンス文献の利用頻度、更に上場企業についてトービンの q、いずれも対数値であるが、基礎研究の変数(ストックの対数値)は高度に有意である。他方で、基礎研究の応用開発研究に対する比率は有意性が低く、係数も 1 を大幅に下回る。同時に、応用開発研究のストックは、被引用件数や特許件数及びトービンの q において高度に有意である。ただ基礎研究ストックの係数(弾性値に相当する)は小さく、固定効果推計(変動効果推計)の結果では、被引用係数で 0.016(0.035)、特許出願数で 0.01(0.025)、被特許文献引用で 0.02(0.04)、トービンの q で 0.034(0.028)である。付録 B 表 1 に見るように、基礎研究ストックの対数値の平均は約 2.6 であり、係数が 0.03 程度だとすれば、基礎研究を行わない場合と比較して 8%程度研究開発のパフォーマンスは高まることになる。

応用開発研究のストックの係数は、被引用数及び特許出願数については、固定効果推計(変動効果推計)で 0.34(0.52)で基礎研究ストックよりも一桁以上大きい。しかし、係数は弾性値であるので、基礎研究費と応用開発研究費の限界効果を評価するには、それぞれの研究ストックのレベルで割る必要がある。基礎研究費の応用開発研究費に対する比率は平均的には 7%程度であり(企業によって大きく異なるが)、ストックも同様に一桁以上平均で小さい(付録 B 表 1 の basic_ratio2 の平均値は 0.068)。これを勘案すると、基礎研究のストックの限界効果は応用開発研究の限界効果と比較できる水準である [10]。応用開発研究の弾性値が高めに推計され得る一つの要因としては、特許出願性向の変動が応用開発研究の動向と相関が高いことに影響されている可能性が指摘できる。市場が拡大すると、応用開発研究が拡大すると共に、特許出願性向も増大する。産業レベルの需要水準などの年次変動はコントロールされているが、企業レベルの需要変動が、両者を駆動している可能性である。ただ、企業売上は企業の研究開発ストックの内生変数であり直接は特許性向の代理変数とするのは適切ではなく、この点への有効な対処は今後の課題としたい。

企業の発明における科学技術文献等の引用件数については、固定効果推計では応用開発研究ストックは負となっており、変動効果推計では正で有意であり、応用開発研究自体ではなく、企業の研究能力等の固定効果が重要であることを示唆している。他方で基礎研究ストックはいずれの推計でも有意である。基礎研究のみが企業の発明におけるサイエンスへの効果的な窓口であることを示唆している。

モデル(7)、(8)によるトービンの q については、いずれのストックとも有意であるが、応用開発研究ストックの係数は基礎研究ストックの係数の 3 倍程度で弾性値は近い。最後の点は、上で述べたように、モデル(1)から(4)までの特許レベルの推計では、基礎研究ストックの効果が応用開発研究ストックよりかなり大幅に過小評価される可能性を示唆している。また、既に述べたように、基礎研究ストックの方が応用開発研究ストックと比較して、水準は大幅に小さいので、トービンの q については、限界効果では基礎研究ストックの方が大きいことを示している。

全体として、基礎研究は応用開発研究の対象となるプロジェクトの創出と適切な選

[10] 被引用件数について、弾力性の比率は 0.0158/0.338=0.047 であり、他方で応用開発研究ストックと基礎研究ストックの比率が、基礎研究の比率約 7%の逆数とすると 14 であり、両者の積(限界生産性の比率)は 0.67 となる。

択など、その生産性を長期に高めることで研究開発パフォーマンスを高める効果があることが示唆された。したがって(3)式による基礎研究の効果の定式化がサポートされたと言うことができる。

次に、大学等への委託研究等支出(産学連携研究支出)の効果を検証する。産学連携研究支出の多くが企業との共同研究であり、企業内の基礎研究と一体的に行われている可能性が高い(次節で確認するように、産学連携研究支出の変動は基礎研究の変動と強い相関がある)。推計結果が示すように、特許のパフォーマンス(モデル(1)から(4))において、ストックの応用研究開発研究ストックとの比率(*commission_univ_pro_ratio2*)は正で有意であるが、特許のパフォーマンスにおいては内部基礎研究とは異なって、ストック(*ln1commission_univ_pro_stock*)の係数は有意ではない(負で有意である)。大学等への委託研究等支出のストックの係数が負となっているのは、ストックの対数と比率とに比較的に高い相関があり、同時にこれらの変数の測定に誤差があり、相対的に有意性が高く誤差の少ない比率の係数が過大にプラスとなっており、その結果、ストックの対数は負となっていると考えられる。

説明変数をストックの対数か比率か、より有意な方に集約した推計結果によれば(表3.3)、大学等への委託研究等支出は、被引用件数、出願件数、発明のサイエンス集約度を有意に高める。したがって、産学連携研究支出は、企業との共同研究等を通して企業に知識のスピルオーバーをもたらし、また企業によるサイエンスの活用を促進して、研究開発プロジェクトの質を高める効果はあると考えられる。但し、企業内の基礎研究が、企業の将来の応用研究・開発研究の水準を乗数的に高める効果を更に高める効果は観察されない。またトービンの q への正の影響も無い。

次に、政府機関等からの受託研究の影響を検討する(ストックの対数 *ln1commissioned_pub_stock* 及びストックの応用研究開発研究ストックとの比率 *commissioned_pub_ratio2)*。その効果は企業が行う、基礎研究、応用開発研究の増加には反映されており(付加効果は次節で分析する)、本推計で検証できるのはプロジェクトの選択やコンソーシアム内のスピルオーバーを含む、研究開発生産性への効果である。表 3.3 によれば、被引用件数と特許出願件数では、固定効果推計では有意に正であるが、有意性は産学連携研究より弱い。産学連携研究と大きく異なるのは、企業発明のサイエンス集約度への影響が負であることである。政府機関等からの支援が必ずしもサイエンスの吸収にフォーカスしていないことを示唆している。産学連携研究と同じくトービンの q への影響は有意ではない。

表 3.1　企業の研究開発パフォーマンス 1(特許出願の審査官被引用件数、特許出願件数)　推計期間 (1984 年から 2016 年)

	(1)	(2)	(3)	(4)
VARIABLES	ln1appln_wght_fc7all	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	ln1count_inpadoc
	FE	RE	FE	RE
ln1applieddevelop_stock	0.338***	0.521***	0.335***	0.491***
	(0.0181)	(0.0100)	(0.0130)	(0.00805)
basic_ratio2	0.160*	0.0285	0.131**	0.0666
	(0.0896)	(0.0593)	(0.0643)	(0.0468)
L.ln1basic_stock	0.0158***	0.0352***	0.00995**	0.0250***
	(0.00606)	(0.00509)	(0.00435)	(0.00386)
commission_univ_pro_ratio2	1.349***	0.894***	1.237***	0.923***
	(0.257)	(0.186)	(0.185)	(0.144)
L.ln1commission_univ_pro_stock	-0.0541***	-0.0364***	-0.0331***	-0.0244***
	(0.00831)	(0.00754)	(0.00597)	(0.00560)
commissioned_pub_ratio2	1.164***	0.215	0.786***	0.144
	(0.417)	(0.299)	(0.300)	(0.232)
L.ln1commissioned_pub_stock	-0.00548	0.0196***	-0.00772	0.0100**
	(0.00663)	(0.00619)	(0.00476)	(0.00456)
commission_abroad_ratio2	-0.205*	-0.120	-0.165**	-0.123
	(0.109)	(0.107)	(0.0785)	(0.0779)
L.ln1commission_abroad_stock	-0.0372***	-0.0232***	-0.0103**	-0.000147
	(0.00651)	(0.00612)	(0.00468)	(0.00450)
lnscience	0.0886***	0.0907***	0.0674***	0.0526***
	(0.0183)	(0.0170)	(0.0131)	(0.0125)
Observations	25,417	25,417	25,417	25,417
Number of newcomp_id2	3,465	3,465	3,465	3,465
Within R-squared	0.596	0.588	0.310	0.297
Between R-squared	0.289	0.532	0.232	0.530
Overall R-squared	0.377	0.629	0.304	0.642
Standard errors in parentheses				
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	産業×年のダミーでコントロール			

最後に、企業のサイエンス活用機会(lnscience)は、審査官引用ベースの被引用件数、特許件数(ファミリーベース)、発明で開示されたサイエンス文献の利用頻度で、固定効果でも変動効果でも正で有意であり、全期間で平均してみると、日本企業がサイエンスの進展を研究開発のパフォーマンス向上に活かしてきたことが示唆されている。但

し、トービンの q では有意ではない。なお、表 3.2 に見るように、海外への委託研究(海外子会社、海外大学を含む)のストック（*commission_abroad*)は、特許出願の審査官被引用件数、特許出願件数、そしてトービンの q で、負で有意な係数を持っている。

表 3.2　企業の研究開発パフォーマンス 2(特許による科学技術文献引用件数、トービンの q)　推計期間 (1984 年から 2016 年、トービンの q では 1990 年から 2015 年)

	(5)	(6)	(7)	(8)
VARIABLES	ln1npl_count_sum	ln1npl_count_sum	lnq	lnq
	FE	RE	FE	RE
ln1applieddevelop_stock	-0.0450**	0.179***	0.109***	0.123***
	(0.0184)	(0.00773)	(0.0398)	(0.0187)
basic_ratio2	-0.103	-0.0107	0.542**	0.188**
	(0.0913)	(0.0481)	(0.276)	(0.0907)
L.ln1basic_stock	0.0214***	0.0397***	0.0341**	0.0280***
	(0.00618)	(0.00428)	(0.0139)	(0.00866)
commission_univ_pro_ratio2	0.552**	0.340**	1.091	0.226
	(0.263)	(0.161)	(0.948)	(0.230)
L.ln1commission_univ_pro_stock	0.0378***	0.0659***	-0.0583***	-0.0351**
	(0.00848)	(0.00674)	(0.0172)	(0.0137)
commissioned_pub_ratio2	-3.215***	-1.479***	0.0682	0.293
	(0.425)	(0.248)	(1.059)	(0.775)
L.ln1commissioned_pub_stock	0.0479***	0.0688***	-0.0200*	-0.00216
	(0.00676)	(0.00566)	(0.0119)	(0.0104)
commission_abroad_ratio2	0.0393	-0.122	-4.201***	-1.764**
	(0.111)	(0.104)	(0.918)	(0.753)
L.ln1commission_abroad_stock	0.161***	0.155***	-0.00193	0.00867
	(0.00664)	(0.00559)	(0.0144)	(0.0118)
lnscience	0.0816***	0.139***	-0.0329	-0.00740
	(0.0187)	(0.0160)	(0.0492)	(0.0420)
Observations	25,400	25,400	5,216	5,216
Number of newcomp_id2	3,463	3,463	708	708
Within R-squared	0.461	0.443	0.352	0.338
Between R-squared	0.0844	0.565	0.0988	0.357
Overall R-squared	0.226	0.622	0.170	0.333
Standard errors in parentheses				
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	産業×年のダミーでコントロール			

表 3.3　企業の研究開発パフォーマンス(変数集約版)
推計期間 (1984 年から 2016 年)

	(9)	(10)	(11)	(12)	(5)	(6)	(7)	(8)
VARIABLES	ln1appln_wght_fc7all	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	ln1count_inpadoc	ln1npl_count_sum	ln1npl_count_sum	lnq	lnq
	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
ln1applieddevelop_stock	0.303***	0.501***	0.314***	0.481***	0.0159	0.292***	0.0661*	0.103***
	(0.0176)	(0.00924)	(0.0126)	(0.00754)	(0.0182)	(0.00725)	(0.0389)	(0.0162)
L.ln1basic_stock	0.0112**	0.0307***	0.00824**	0.0246***	0.0379***	0.0777***	0.0462***	0.0228***
	(0.00558)	(0.00459)	(0.00400)	(0.00350)	(0.00578)	(0.00396)	(0.0122)	(0.00835)
commission_univ_pro_ratio1	1.000***	0.673***	1.035***	0.793***	0.831***	0.893***	-0.510	0.104
	(0.250)	(0.181)	(0.179)	(0.140)	(0.259)	(0.162)	(0.893)	(0.226)
commissioned_pub_ratio2	0.955**	0.475*	0.580**	0.291	-2.206***	-0.187	-0.327	0.196
	(0.399)	(0.280)	(0.286)	(0.219)	(0.413)	(0.238)	(0.985)	(0.703)
lnscience	0.0902***	0.0894***	0.0681***	0.0524***	0.0759***	0.147***	-0.0425	-0.0218
	(0.0183)	(0.0170)	(0.0132)	(0.0125)	(0.0190)	(0.0165)	(0.0494)	(0.0417)
Observations	25,417	25,417	25,417	25,417	25,400	25,400	5,216	5,216
Number of newcomp_id2	3,465	3,465	3,465	3,465	3,463	3,463	708	708
Within R-squared	0.594	0.587	0.308	0.296	0.440	0.421	0.344	0.333
Between R-squared	0.297	0.533	0.240	0.531	0.0467	0.508	0.130	0.371
Overall R-squared	0.396	0.631	0.320	0.642	0.121	0.570	0.202	0.340
Standard errors in parentheses								
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1								

次に、6 つの産業について、特許の被引用件数、特許件数及びトービンの q の三つの指標で、基本的な推計結果を検証する。推計期間はトービンの q では 1990 年から 2015 年である。(2)式と(3)式が示唆するように、社内の基礎研究が応用開発研究をもたらす程度が大きければ、基礎研究ストックの係数は相対的に大きい。対象産業は、化学・医薬(CHEPHA)、素材(MATERIAL)、ICT(IT)、電気機械(ELECT)、自動車(AUTO)、機械(MACHINERY)の 6 つの産業分野である。「化学・医薬」は医薬品製造業及び化学工業、「素材」は繊維工業、パルプ・紙・紙加工品製造業、石油製品・石炭製品製造業、プラスチック製品製造業、ゴム製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、非鉄金属製造業及び金属製品製造業、「ICT」は業務用機械器具製造業、電子部品・デバイス・ 電子回路製造業、情報通信機械器具製造業、通信業、放送業、情報サービス業、及びインターネット附随・その他の情報通信業、「電気機械」は電気機械器具製造業、「自動車」は自動車・同附属品製造業、「機械」は汎用機械器具製造業、生産用機械器具製造業及びその他の輸送用機械器具製造業である。

表 3.4 は固定効果推計と変動効果推計の要約を示している(付録 B 表 4 に固定効果推計について、推計結果の全体を掲載している)。各推計値の統計的な有意性が高い変動効果推計でまず産業間の比較を行うと、応用開発研究ストック((2)式の γ)の係数は、特許の被引用件数及び特許件数の係数の大きさで、産業間で大きな差はない。被引用件

数で最も係数が大きいのは電気機械(ELECT)であり 0.559、最も小さいのは ICT 産業で 0.454 である。基礎研究ストックについては、ICT(IT)と電気機械(ELECT)を除いた産業では、有意であり、係数の大きさは類似している。したがって、これらの二つの産業を除くと、社内の基礎研究が長期的に応用開発研究の機会を拡大し、研究開発のパフォーマンスを高めるメカニズムが、観測される。

他方で、ICT(IT)と電気機械(ELECT)ではこのようなメカニズムの重要性が低い可能性があることを示唆している。ただし、ICT 産業では、lnscience は高度に有意であり、基礎研究を介しない形で、各企業が直面している科学的進歩の活用機会の拡大は、研究開発のパフォーマンスを高めている。逆に化学・医薬(CHEPHA)では、lnscience は負の係数となっており(後述するように、基礎研究の水準には正で有意である)、企業の研究開発がこうした機会の活用に重要であり、サイエンスの進歩の活用の仕方が産業間で異なることを示唆している。

このような産業間の差は被説明変数がトービンの q(企業の長期的な収益性)を研究開発の指標とした場合にも概ね成立する。すなわち、変動効果推計では、応用研究開発ストックの拡大は全ての産業で有意に当該企業のトービンの q を高め、その程度は自動車産業で他産業よりかなり高いが、他の産業では同程度である。基礎研究ストックの拡大は、ICT(IT)、電気機械(ELECT)、そして機械(MACHINERY)の各産業を除くとトービンの q を有意に高める。すなわち、基礎研究ストックの拡大が乗数的に被引用件数を高める産業分野(化学・医薬、素材、自動車)で、トービンの q でも同様な関係が成り立つ。こうした産業では基礎研究の技術的なパフォーマンスが高い企業が、同時にその長期的な収益性への貢献も高い。

以上は変動効果分析での結論であるが、固定効果分析では、産業別の推計ではデータ数が減少することもあって、基礎研究ストックに統計的に有意な結果は限定されている。しかし、化学・医薬産業では、被引用件数、特許数、トービンの q 全てで応用開発研究ストックと共に、基礎研究ストックは有意であり、変動効果分析と同じ結論が成立する。他方で、ICT(IT)、電気機械(ELECT)では、基礎研究ストックは有意ではない。ただし、特許のパフォーマンスにおいて ICT 産業では lnscience は正で有意となっている。

表 3.4　産業別の推計(固定効果推計と変動効果推計)

(a)変動効果分析		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	VARIABLES	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq
		chepha_ind			material_ind			it_ind		
Random Effects	ln1applieddevelop_stock	0.508***	0.474***	0.211***	0.591***	0.552***	0.0855**	0.454***	0.402***	0.170***
		(0.0242)	(0.0183)	(0.0508)	(0.0219)	(0.0178)	(0.0366)	(0.0263)	(0.0224)	(0.0376)
	basic_ratio2	0.230**	0.141**	0.183	-0.0256	0.273	-0.903	0.144	0.826	3.132***
		(0.0948)	(0.0663)	(0.416)	(0.213)	(0.166)	(0.623)	(0.855)	(0.681)	(1.060)
	L.ln1basic_stock	0.0450***	0.0408***	0.0428*	0.0355***	0.0257***	0.0738***	-0.000239	-0.00579	-0.0456*
		(0.00993)	(0.00693)	(0.0226)	(0.0118)	(0.00891)	(0.0248)	(0.0197)	(0.0154)	(0.0264)
	lnscience	-0.0802**	0.00486	-0.171*	0.268***	0.142***	0.0192	0.360***	0.335***	-0.0843
		(0.0328)	(0.0219)	(0.0926)	(0.0424)	(0.0307)	(0.114)	(0.0870)	(0.0670)	(0.178)
	Observations	4,901	4,901	1,056	4,980	4,980	999	2,529	2,529	524
	Number of newcomp_id2	539	539	128	692	692	145	454	454	83
		(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
		elect_ind			auto_ind			machinery_ind		
Random Effects	ln1applieddevelop_stock	0.559***	0.517***	0.147**	0.521***	0.457***	0.521***	0.500***	0.534***	0.153***
		(0.0348)	(0.0293)	(0.0591)	(0.0352)	(0.0303)	(0.0352)	(0.0253)	(0.0212)	(0.0546)
	basic_ratio2	0.806	1.279***	4.305***	-0.0653	0.252	-0.0653	0.426	0.319	0.902
		(0.496)	(0.393)	(0.902)	(0.476)	(0.387)	(0.476)	(0.266)	(0.219)	(0.721)
	L.ln1basic_stock	0.0217	0.0325**	-0.0663**	0.0434**	0.0595***	0.0434**	0.0467***	0.00372	-0.0336
		(0.0205)	(0.0159)	(0.0307)	(0.0209)	(0.0173)	(0.0209)	(0.0180)	(0.0146)	(0.0334)
	lnscience	0.121	0.0884	0.0351	0.152*	0.0776	0.152*	0.223***	0.112***	-0.0278
		(0.0772)	(0.0581)	(0.162)	(0.0888)	(0.0721)	(0.0888)	(0.0509)	(0.0394)	(0.114)
	Observations	2,093	2,093	435	1,470	1,470	1,470	3,068	3,068	630
	Number of newcomp_id2	267	267	52	155	155	155	457	457	91

注)産業大分野毎に産業中分類のダミーを入れている。推計期間は lnq が 1990-2015。

(b)固定効果分析		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	VARIABLES	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq
		chepha_ind			material_ind			it_ind		
Fixed Effects	ln1applieddevelop_stock	0.137***	0.218***	0.271**	0.346***	0.370***	-0.0811	0.368***	0.254***	0.334***
		(0.0462)	(0.0301)	(0.119)	(0.0470)	(0.0332)	(0.117)	(0.0485)	(0.0362)	(0.0944)
	basic_ratio2	0.160	0.0898	0.626	0.373	0.545**	0.701	0.644	1.417*	5.531***
		(0.121)	(0.0787)	(0.645)	(0.319)	(0.225)	(0.942)	(1.055)	(0.788)	(1.357)
	L.ln1basic_stock	0.0426***	0.0352***	0.0630**	-0.0174	-0.0125	0.0987**	-0.0425*	-0.0378**	-0.0269
		(0.0118)	(0.00769)	(0.0321)	(0.0146)	(0.0103)	(0.0492)	(0.0224)	(0.0167)	(0.0345)
	lnscience	-0.0373	0.0471**	-0.221*	0.221***	0.125***	0.0364	0.404***	0.401***	-0.362*
		(0.0344)	(0.0225)	(0.118)	(0.0452)	(0.0319)	(0.144)	(0.0947)	(0.0707)	(0.209)
	Observations	4,901	4,901	1,056	4,980	4,980	999	2,529	2,529	524
	Number of newcomp_id2	539	539	128	692	692	145	454	454	83
		(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
		elect_ind			auto_ind			machinery_ind		
Fixed Effects	ln1applieddevelop_stock	0.222***	0.274***	-0.210**	0.331***	0.211***	0.331***	0.397***	0.500***	-0.144
		(0.0628)	(0.0462)	(0.104)	(0.0575)	(0.0461)	(0.0575)	(0.0513)	(0.0388)	(0.130)
	basic_ratio2	1.837***	2.020***	8.801***	-0.434	-0.0681	-0.434	-0.490	-0.361	0.263
		(0.615)	(0.452)	(1.419)	(0.504)	(0.404)	(0.504)	(0.543)	(0.410)	(0.903)
	L.ln1basic_stock	0.00698	0.0188	-0.0563	0.0357	0.0557***	0.0357	0.0463*	-0.0149	-0.0192
		(0.0237)	(0.0174)	(0.0376)	(0.0243)	(0.0195)	(0.0243)	(0.0251)	(0.0190)	(0.0471)
	lnscience	0.134*	0.0882	0.0416	0.105	0.0484	0.105	0.133**	0.0610	0.0928
		(0.0810)	(0.0596)	(0.165)	(0.0924)	(0.0740)	(0.0924)	(0.0564)	(0.0426)	(0.125)
	Observations	2,093	2,093	435	1,470	1,470	1,470	3,068	3,068	630
	Number of newcomp_id2	267	267	52	155	155	155	457	457	91

最後に、最近の 16 年間(2001 年から 2016 年)とその前の 16 年間(1984 年から 2000 年)の二期間に分けた推計を行う。固定効果推計(表 3.5(a))では、前半の 16 年間については、基礎研究はストック、比率の片方あるいは両方で、これらを拡大した企業は、被引用件数、出願件数、サイエンス集約度及びトービンの q を有意に高めているが、後半の 16 年間では、基礎研究ストックの増加ではトービンの q を除く全ての被説明変数で有意性がなくなっている(トービンの q も係数と有意性が低下)。応用開発研究はトービンの q を除くと最近の 16 年間でも有意であるが、特許出願件数、被引用件数共に、係数の大きさが大きく低下している。他方で、変動効果推計(表 3.5(b))では、基礎研究ストックは、全ての被説明変数について、前期、後期ともほぼ同様な係数の大きさで有意である。すなわち、基礎研究ストックの水準が高い企業は、そうでない企業と比較すると前期でも後期でも、トービンの q を含めて研究開発パフォーマンスは高いが、後期では前期とは異なって、基礎研究ストックを拡大した企業が研究開発パフォーマンスを有意に改善していない。他方で、応用開発研究の拡大は、トービンの q を除いて、後期でもその拡大は研究開発パフォーマンスを改善した。

大学への委託研究等支出(産学連携研究)は比率で、これを拡大した企業では(固定効果推計では)、前期では、トービンの q を除いてパフォーマンスを高めているが、後期では全ての変数で正の有意性が無くなっている(特許出願数が弱く有意)。政府機関等からの受託研究も、前期では被引用件数と出願件数で有意であるが、後期ではこれが拡大した企業が研究開発のパフォーマンスを高める追加的な効果は確認されない。変動効果推計では、産学連携研究はトービンの q を除く、全ての変数で、有意であり、後期の方がその係数は高い。受託研究は、前期も後期も、後半の科学技術文献の引用数を除いて、全ての変数で、有意ではない。

最後に、サイエンス活用機会の拡大に直面した企業は、前期でも後期でも、トービンの q を除くと、特許出願数とその質(被引用件数、サイエンス集約度[11])を高める結果となっており、後期でもサイエンス機会の拡大を活用している。なお、2001 年からは科学技術調査研究調査報告は博士号取得の研究者数を調査対象としており、その研究従業者数との割合を説明変数として更に追加しても、その割合は、特許出願のサイエンス集約度を除いて、変動効果分析でも固定効果分析でも、有意な係数を持っていなかった。

[11] なお、サイエンス集約度については、米国と異なって日本では公開公報においても先行技術の公開がかなり行われており、トランケーションはそれほど大きくはないと考えられる。

表 3.5　1984 年から 1999 年と 2000 年から 2016 年における研究開発パフォーマンス

(a)　固定効果推計

	1984-1999				2000-2016			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
VARIABLES	ln1appln_weight_fc7all	ln1count_inpadoc	ln1npl_count_sum	lnq	ln1appln_weight_fc7all	ln1count_inpadoc	ln1npl_count_sum	lnq
	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE
ln1applieddevelop_stock	0.212***	0.198***	-0.0366***	0.0257	0.132***	0.0753***	0.0655***	-0.0272
	(0.0131)	(0.00946)	(0.0134)	(0.0322)	(0.0196)	(0.0138)	(0.0198)	(0.0340)
ln1basic_stock	0.0163***	0.0150***	0.0312***	0.0337***	-0.0141	-0.0104	-0.00759	0.0205*
	(0.00512)	(0.00369)	(0.00524)	(0.0117)	(0.00875)	(0.00655)	(0.00938)	(0.0122)
commission_univ_pro_ratio2	0.760***	0.879***	0.628***	0.242	0.446	0.561*	0.205	-1.722*
	(0.231)	(0.166)	(0.236)	(0.874)	(0.444)	(0.303)	(0.437)	(1.003)
commissioned_pub_ratio2	0.712**	0.369*	-1.575***	-0.687	0.479	0.109	0.0999	-0.288
	(0.303)	(0.218)	(0.309)	(0.957)	(0.374)	(0.267)	(0.382)	(0.878)
commission_abroad_ratio2	-0.276***	-0.217***	0.310***	-4.265***	-2.484***	-1.325***	-1.328***	-2.950***
	(0.0926)	(0.0667)	(0.0946)	(0.813)	(0.461)	(0.306)	(0.439)	(0.774)
Inscience	0.0820***	0.0589***	0.0731***	-0.0182	0.0984***	0.0657***	0.284***	-0.0514
	(0.0172)	(0.0124)	(0.0176)	(0.0475)	(0.0277)	(0.0194)	(0.0279)	(0.0474)
Observations	28,931	28,931	28,912	5,446	16,341	14,031	14,012	4,237
Number of newcomp_id2	4,271	4,271	4,269	767	3,074	2,890	2,888	661
Within R-squared	0.579	0.288	0.438	0.342	0.691	0.430	0.254	0.286
Between R-squared	0.233	0.143	0.0201	0.110	0.241	0.0322	0.0317	0.00427
Overall R-squared	0.294	0.198	0.0732	0.169	0.331	0.0550	0.0565	0.0307
Standard errors in parentheses								
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1								

(b)変動効果推計

	1984-1999				2000-2016			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
VARIABLES	ln1appln_weight_fc7all	ln1count_inpadoc	ln1npl_count_sum	lnq	ln1appln_weight_fc7all	ln1count_inpadoc	ln1npl_count_sum	lnq
	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
ln1applieddevelop_stock	0.399***	0.368***	0.240***	0.0815***	0.401***	0.344***	0.305***	0.0742***
	(0.00766)	(0.00621)	(0.00594)	(0.0146)	(0.00968)	(0.00828)	(0.00868)	(0.0151)
ln1basic_stock	0.0391***	0.0338***	0.0776***	0.0275***	0.0386***	0.0332***	0.0903***	0.0228***
	(0.00426)	(0.00326)	(0.00358)	(0.00775)	(0.00617)	(0.00521)	(0.00581)	(0.00819)
commission_univ_pro_ratio2	0.560***	0.693***	0.757***	0.124	0.817**	0.735***	1.039***	-0.351
	(0.171)	(0.133)	(0.150)	(0.226)	(0.344)	(0.261)	(0.314)	(0.782)
commissioned_pub_ratio2	0.195	0.0850	-0.0155	-0.0258	0.0834	-0.114	0.547**	0.186
	(0.204)	(0.161)	(0.168)	(0.675)	(0.244)	(0.199)	(0.225)	(0.674)
commission_abroad_ratio2	-0.206**	-0.160**	0.394***	-1.294**	-0.783**	-0.439*	0.333	-0.519
	(0.0916)	(0.0667)	(0.0899)	(0.644)	(0.310)	(0.239)	(0.275)	(0.626)
Inscience	0.0823***	0.0465***	0.153***	0.0121	0.0532**	0.0303*	0.374***	0.0160
	(0.0159)	(0.0118)	(0.0150)	(0.0399)	(0.0243)	(0.0182)	(0.0234)	(0.0412)
Observations	28,931	28,931	28,912	5,446	16,341	14,031	14,012	4,237
Number of newcomp_id2	4,271	4,271	4,269	767	3,074	2,890	2,888	661
Within R-squared	0.569	0.272	0.412	0.329	0.679	0.398	0.220	0.269
Between R-squared	0.486	0.472	0.474	0.358	0.534	0.468	0.534	0.298
Overall R-squared	0.587	0.596	0.548	0.327	0.622	0.561	0.569	0.284
Standard errors in parentheses								
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1								

3.5　産学官連携とサイエンス活用機会の企業の基礎研究への影響

日本の産業がもたらしたブレークスルー(ハイブリッド、リチュームイオン電池、LED、スタチン、ビジネス・ジェットなど)は、パイオニア企業における基礎的な研究に裏打ちされたケースが多い。企業の基礎研究からの取り組みは、サイエンスの成果を早期に吸収する能力を高める。また、企業が具体的な現実の課題を解決するためには、基礎的な研究課題を解決する必要がある場合も多い。このような研究は、純粋基礎研究(ボーアの象限の研究)とは区別して、目的基礎研究(パスツールの象限の研究)と呼ばれている(Stokes(1997)、Comroe and Dripps (1976))。このように基礎的な研究に裏打ちされた企業の研究は、独自性が高く、産業への波及効果も高い研究成果につながり得る。波及効果はグローバルであるが、市場や関連技術の集積において共通性が高い国内産業である場合も多い。

基礎研究は不確実性も高いので、大学や国公立研究機関に任せて、企業は基礎研究の成果を受け取り、応用研究、開発研究に特化すれば良いという見方もあるが、「橋渡し研究」や「死の谷」の重要性が指摘されているように、大学等の基礎研究の成果が直ぐに商業化可能となっている場合は多くはない。革新的な創薬の源泉についての筆者等の研究によれば、革新的な医薬品の源泉としてサイエンスは重要であるが、端緒となる発見から創薬までに、克服すべき課題は多く、その不確実性は高い。革新的な創薬は、多数の知識のギャップを埋めることで実現し、その過程で企業の研究開発は往々にして必須の役割を果たしている(長岡, 2016)。このような企業の創薬がきっかけで標的分子の機能、疾患メカニズムについての基礎的な理解が深まることも希ではない。

基礎研究はこのように不確実性に富み、失敗に終わる可能性も高いこと、成功しても自社が必ずしも成果を生かせない可能性があること、実用化された段階では当初の特許権の期限が切れている可能性があること、更に活用できても他社がその成果を利用してより良い製品を開発する危険もあること、他方で基礎研究にはサイエンスの進展の吸収と活用を含めて、企業の高い能力が必要とされること、すなわち、投資収益性と能力の両面での制約がある。このため、以下の図 3.2 に示すように、年間 10 億円以上の研究開発を行っている日本企業でも、基礎研究を行っている企業は 40%程度にとどまっている。

産学官の連携はこうした制約の克服に重要だと考えられる。以下の図 3.2 に示すように、日本において、産学連携研究(共同研究、大学等への委託研究を含む)を行っている企業は多い。R&D 費用 1 億円以上を支出している企業(近年で約 2000 社)において近年では、企業の約 40%が、何らかの産学連携研究を行っており、この割合は基礎研究従事企業の割合よりも多い。加えて、政府機関等からの受託研究も約 20%の企業が行っている。

産学連携は、基礎研究を実施できない企業が大学に委託して行ってもらう側面もあると考えられるが、多くの産学連携研究が共同研究であることから、企業の研究開発の射程が基礎研究にまで広がることを助ける側面が強いと考えられる。その結果、産学連携プロジェクトでは企業も基礎研究よりの研究を行っている場合が多い可能性が示唆され、これを検証する。また、企業への政府機関からの委託研究も多くの場合、競争前分野(”pre-competitive”な分野)をターゲットにしており、基礎研究よりの企業研究を支援していると考えられる。ただ、近年は科学技術イノベーション政策において、

全般的に、”ソリューション”が重視されており、基礎研究より応用研究、更には開発段階の研究支援が増えている可能性もある。政策における”ソリューション”の重視は、それが新規性や進歩性の高い研究を新たに誘発する力が弱ければ、応用研究や開発研究の拡大にも大きな効果がない可能性がある(Hottenrott et al. (2017)が指摘するように、応用開発研究への支援は基礎研究への支援と比較して、付加性が弱いからである)。以下ではこうした観点から、産学連携研究や企業の受託研究等の基礎研究(基礎研究への着手、インテンシブ/マージンを含めて)、応用研究及び開発研究への影響を分析する。

企業が行う基礎研究の価値は、サイエンスの進展に依存している。世界的なサイエンスの進展を活用する機会の拡大を捉えることが重要である。以下では基礎研究がこのような機会にどのように反応しているかも検証する。すなわち、以下の分析では、産学連携研究(大学への委託研究等の支出)や政府機関等からの受託研究が企業の(内部)基礎研究等を高めてきたかどうか(付加効果)、また企業が直面しているサイエンス活用機会の拡大が企業の(内部)基礎研究等を高めてきたかどうかを企業レベルのデータで検証する。企業レベルの変動を使った分析であるために、特に水平的なコンソーシアム型の研究開発プロジェクトの成果は反映されないことに留意する必要がある。コンソーシアムの形成によって研究成果が共有される場合には、企業間の差には研究成果が反映されにくくなるので、過小評価をもたらすことに留意する必要があり、この点は今後の研究課題である。

図 3.2　企業規模別の基礎研究従事企業の割合

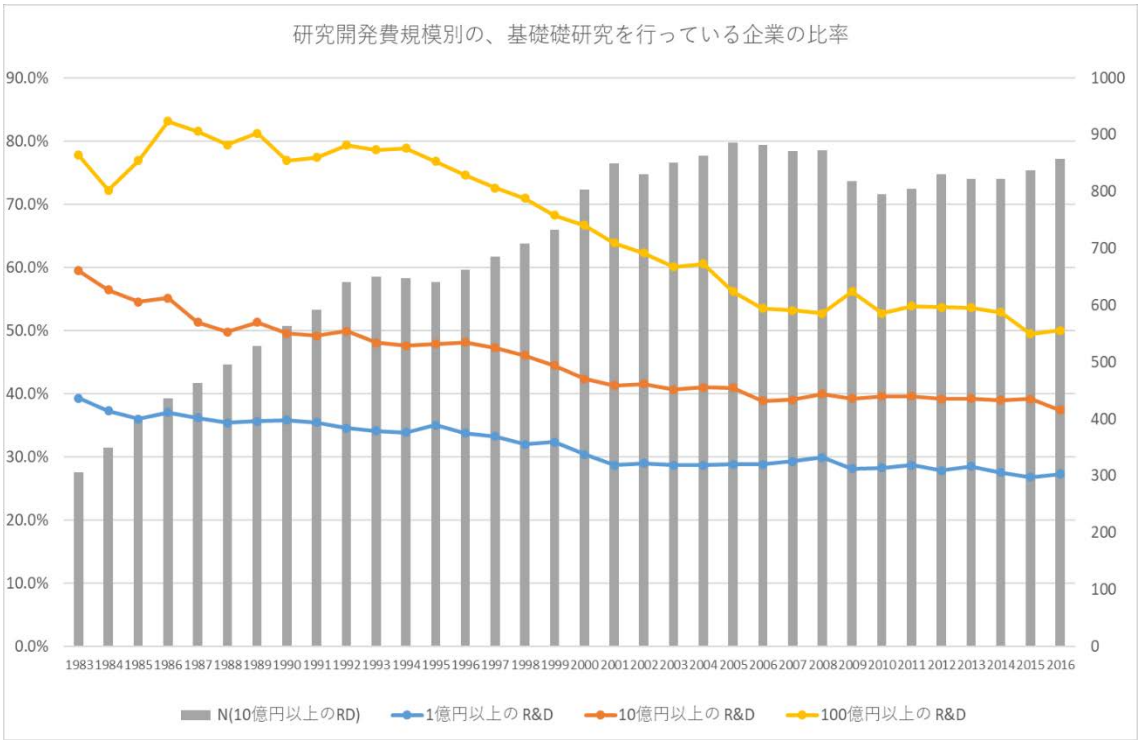
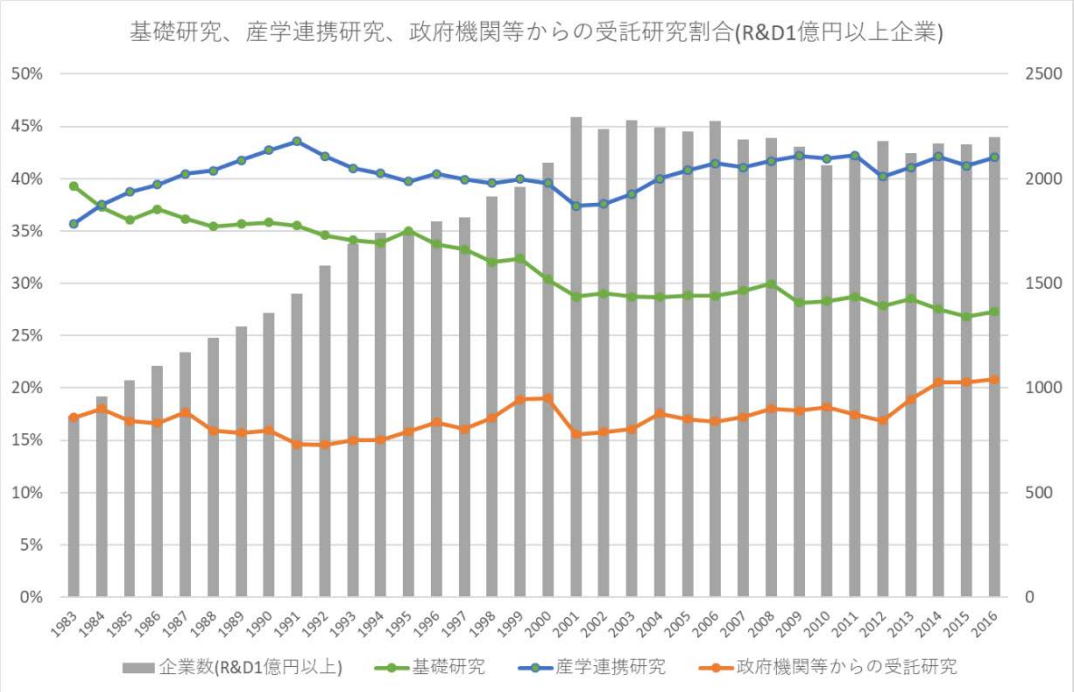


図 3.3　基礎研究、産学連携研究、公的な受託研究の割合(1 億円以上の R&D 実施企業)



3.6　基礎研究の水準等の推計モデル

(4)式が示唆するように、企業の基礎研究は、政策的な介入の他に、当該企業の研究開発に関連したサイエンス活用機会(A 及び θ)の拡大によって拡大し、また当該企業の市場が拡大すれば拡大する。このため、以下の推計では、各企業が直面している市場とサイエンス機会の変動を、それぞれ当該企業の売上(1 年前，L.lnsales)、及び当該企業が出願している技術分野の米国特許(日本出願人以外)による科学技術論文の引用件数(lnscience)で把握する。更に産業レベルの需要動向やサイエンスの活用機会の変動、更に特許の引用文献数のデータトランケーションによる変動を産業別の年次ダミーコントロールし、企業の能力水準を企業の固定効果でコントロールする。企業の研究従業者における博士号取得者の割合は、企業能力の重要な決定要因となると想定されるが、変動効果分析では全く有意性がなく、2001 年からしかデータが無いために、以下の推計では利用していない。

被説明変数は、企業の内部で支出している基礎研究(*ln1basic_r*)、応用研究(*ln1applied_r*)、及び開発研究(*ln1develop_r*)の水準である(1 を足した対数値)。基礎研究については、その有無(*basic_d*)も被説明変数として追加している。説明変数として、産学連携研究（大学等への企業への共同研究と委託研究支出）と政府機関等からの企業の受託研究のストック化した変数 (*ln1commission_univ_pro_stock* 、*ln1commissioned_pub_stock*)を加える。政府機関等からの受託研究の拡大は、企業自体の費用負担をそのままクラウドアウトするのでなければ、企業の研究支出は拡大するはずである(付加効果)。また、産学連携研究や政府機関等からの受託研究が基礎的な研究によりフォーカスしており、かつその成果が応用開発研究を促す場合には、基礎研究以降の各段階の研究開発の増加も予想される。他方で、これらが応用開発研究以降に

よりフォーカスしている場合、主として応用開発研究に影響があると考えられる。なお、応用開発研究には当該企業の基礎研究ストック(*ln1basic_stock*)も重要な要因であり、これを導入した推計も実施する。利用する変数は全て年次によって変動する変数である。企業の固定効果を導入することで、政府からの委託研究(企業にとっての受託研究)が能力の高い企業を選別して行われる、セレクション効果をコントロールする。

3.7 推計結果

基本的な推計結果は、以下の表 3.6a,b の通りである。全期間（1984-2016）をまとめた推計と 2000 年代以降(2000-2016)の推計を示しており、対象企業は前者が約 3500 社、後者が 2500 社である。データの欠落による、特にストック変数のバイアスを避けるために、データが連続して存在する期間にサンプルを限定している。企業の固定効果を導入した場合(FE)に加えて、変動効果(RE)を仮定した場合の結果も示している。各段階の研究開発に標準化した推計とするために、この推計では基礎研究ストックは導入していない(表 3.7 で導入)。

まず、最初にコントロール変数である、売上水準の影響を検討する。全期間の推計(モデル(1)-(8))が示しているように、産業毎の各年の需要や技術機会の変動をコントロールしても、基礎研究の水準及び基礎研究を行う確率、応用研究と開発研究の水準は全て、企業の販売額(*lnsales*)の拡大に応じて、上昇する。変動の度合いは、基礎研究費が最も小さい。全期間の推計結果と 2000 年代以降の推計結果を比較すると、両者は比較的に近いが、変動効果推計で後者の係数が低下している。

各企業が直面するサイエンスの活用機会(*lnscience*)の拡大は、全期間をまとめた推計では当該企業の基礎研究の拡大と開始に、固定効果推計でも高度に有意に正である(モデル(1)と(3))。応用研究と開発研究については固定効果推計では全期間でも有意ではない。変動効果の推計では推計された係数は固定効果推計よりかなり大きく、応用研究でも有意であるが、我々が観測できない企業の基礎研究能力を含む企業の固定効果とサイエンス活用機会の正の相関を反映して、過大推計となっている可能性があり(例、高い基礎研究能力がある企業はサイエンス機会の高い技術分野で研究を行う)、我々は固定効果推計を採用する。これによれば、サイエンス活用機会の拡大は、基礎研究のみを拡大しており、この点は基礎研究を行うことが企業のサイエンスを研究開発に活用する経路として非常に重要であることが示唆される。

表 3.6b によれば、2000 年代以降に限定した推計では、基礎研究についても係数は減少し、固定効果推計で有意ではなくなっている(モデル(1)と(3))。日本企業の基礎研究にサイエンス活用機会に反応する程度(サイエンスの活用機会の拡大に応じて、基礎研究を拡大するあるいは開始する)が、近年弱くなってきたことを示唆している。博士号を取得している研究者の割合はこの間にかなり増大しており、こうした人材も活用されていない(付録 E の推計表 1 を参照)。

表 3.6a と表 3.6b が示すように、産学連携研究ストック(*ln1commission_univ_pro_stock*)と政府機関等からの企業の受託研究ストック(*ln1commissioned_pub_stock*)の係数は、全期間でも最近の期間に限定しても、共に、企業の基礎研究の拡大に正でかつ高度に有意である。しかし、産学連携研究の方が政府機関等からの受託研究よりも限界効果は

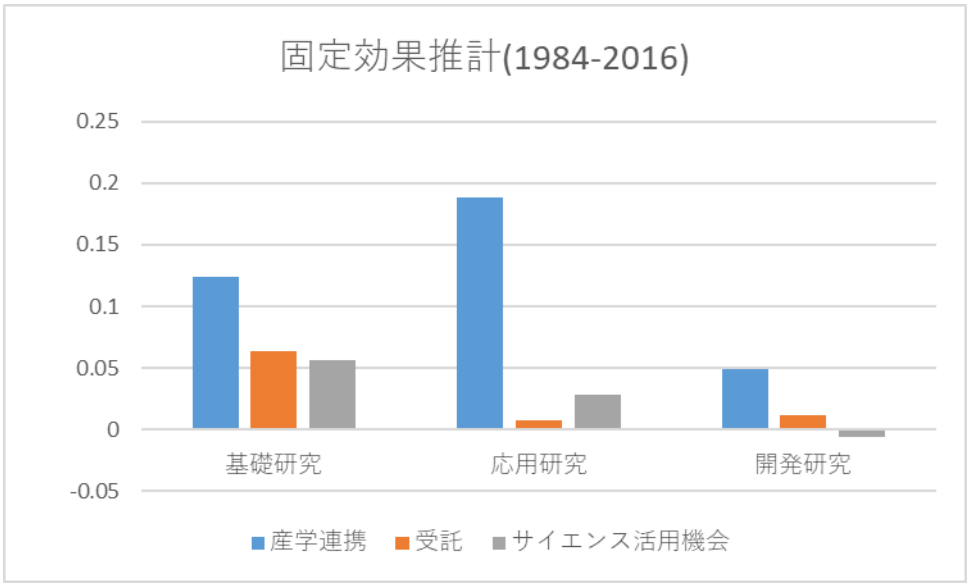
大きかったと考えられる。限界効果=(結果 y の水準/原因 x の水準)×弾性値となるので($\ln y = \beta \ln x$ の場合、$\partial y / \partial x = y/x\beta$)、産学連携研究と受託研究について、弾性値と原因 x の水準の比較が必要である(水準は小さい方が限界効果は大きい)。まず産学連携研究の方が係数(弾力性)が約 2 倍である(モデル(1)によると、0.124 対 0.064)。他方で、産学連携研究の企業支出は受託研究費の約半分であるが(付録 B 表 2 の記述統計を参照)、他方で産学連携研究では大学側が企業とほぼ同じ費用を支出しているとすれば、これを含めた支出はほぼ等しいこととなる。この仮定の下では、限界効果の比率は弾性値の比率と等しくなる。

興味深い点は、以下の図 3.4(a)[12]に示すように、産学連携研究等に伴う応用研究、開発研究の拡大の程度は、産学連携研究の方が政府機関からの受託研究よりも、基礎研究と比較して更に大きい点である。産学連携研究の方が基礎研究の企業内の応用開発研究への波及効果が高い。その原因として産学連携研究の方が大学等との共同研究を通して、より独自性が強く発展性のある研究を行っていることが潜在的な要因として考えられる。以下の図 3.5 に示すように、産学連携研究に従事している企業の方が直面しているサイエンスの活用機会が大きい企業であることは、こうした仮説と整合的である。但し、受託研究がコンソーシアムの一貫として行われており、研究成果が企業間で共有される場合には、企業間の差に研究成果が反映されにくくなるので、企業レベルの変動を使った本分析では過小評価をもたらすことにも留意する必要がある。こうした点は今後の研究課題である。

表 3.6b が示すように、2000 年代以降では、産学連携研究の基礎研究の水準等への効果は全期間とほぼ同様の水準であり、むしろ高くなっている。これとは対称的に、企業の政府機関等からの受託研究の基礎研究への効果は、大幅に(3 分の 1 位)とかなり低下し、同時に、応用研究や開発研究への効果も係数が更に小さくなり、固定効果推計では有意ではない。このような産学連携の効果は、第 3.1 節の基礎研究のモデルを例証する結果となっている。産学連携等は、基礎研究を拡大するだけではなく、企業内の知識ストック(プロジェクトシーズ)となって、応用研究、開発研究も拡大する。開発研究の規模は基礎研究の約 10 倍なので、低い伸び率でも金額は大きい。

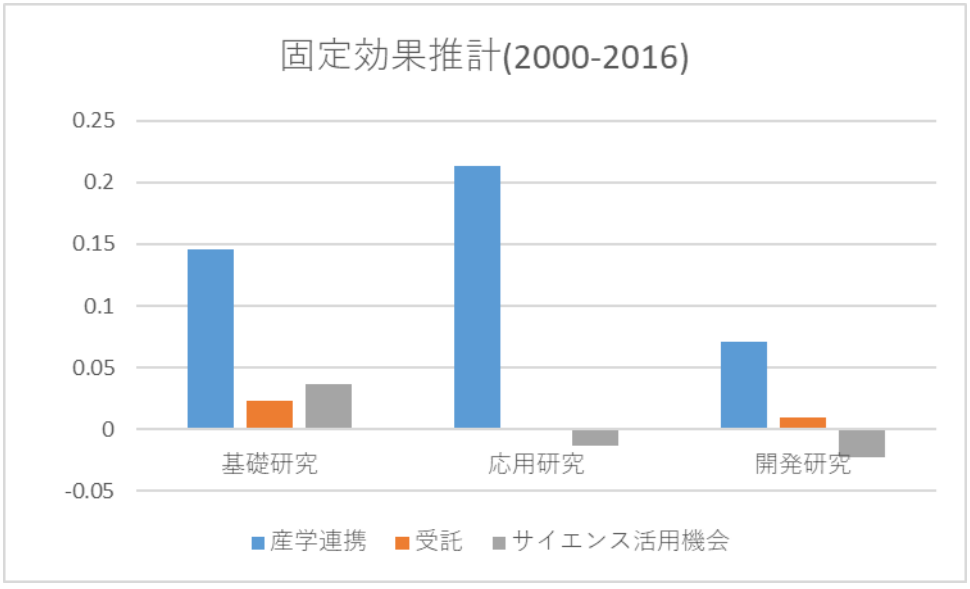
[12] この図では、産学連携研究のストックの伸び等が、企業の基礎研究、応用研究、開発研究等をどの程度拡大させたか、その弾力性を示している。

図 3.4　産学連携研究、受託研究、サイエンス活用機会の拡大の効果(弾力性)
(a)1984-2016



注) 統計的有意：産学連携(基礎、応用、開発)、受託(基礎、開発)、サイエンス活用機会(基礎)

(b)2000-2016



注) 統計的有意：産学連携(基礎、応用、開発)、受託(基礎)、サイエンス活用機会(無し)

表 3.6a　企業の基礎研究、応用研究、開発研究の水準　（1984-2016）

1984-2016	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	ln1basic_r	ln1basic_r	basic_d	basic_d	ln1applied_r	ln1applied_r	ln1develop_r	ln1develop_r
VARIABLES	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
L.lnsales	0.185***	0.347***	0.00914**	0.0324***	0.220***	0.431***	0.433***	0.523***
	(0.0237)	(0.0152)	(0.00458)	(0.00305)	(0.0269)	(0.0182)	(0.0171)	(0.0129)
lnscience	0.0558***	0.102***	0.0142***	0.0218***	0.0277	0.0725***	-0.00695	0.0178
	(0.0190)	(0.0182)	(0.00367)	(0.00354)	(0.0216)	(0.0210)	(0.0137)	(0.0137)
ln1commission_univ_pro_stock	0.124***	0.199***	0.0207***	0.0316***	0.188***	0.267***	0.0491***	0.0910***
	(0.00864)	(0.00803)	(0.00167)	(0.00157)	(0.00984)	(0.00929)	(0.00626)	(0.00613)
ln1commissioned_pub_stock	0.0639***	0.103***	0.00996***	0.0154***	0.00765	0.0563***	0.0121**	0.0349***
	(0.00696)	(0.00661)	(0.00135)	(0.00129)	(0.00792)	(0.00763)	(0.00504)	(0.00500)
Observations	27,168	27,168	27,168	27,168	27,168	27,168	27,168	27,168
Number of newcomp_id2	3,867	3,867	3,867	3,867	3,867	3,867	3,867	3,867
Within R-squared	0.158	0.147	0.140	0.132	0.162	0.149	0.151	0.130
Between R-squared	0.0841	0.341	0.00822	0.188	0.0865	0.322	0.0907	0.454
Overall R-squared	0.183	0.452	0.0408	0.281	0.204	0.424	0.206	0.555
	Standard errors in parentheses							
	*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1							

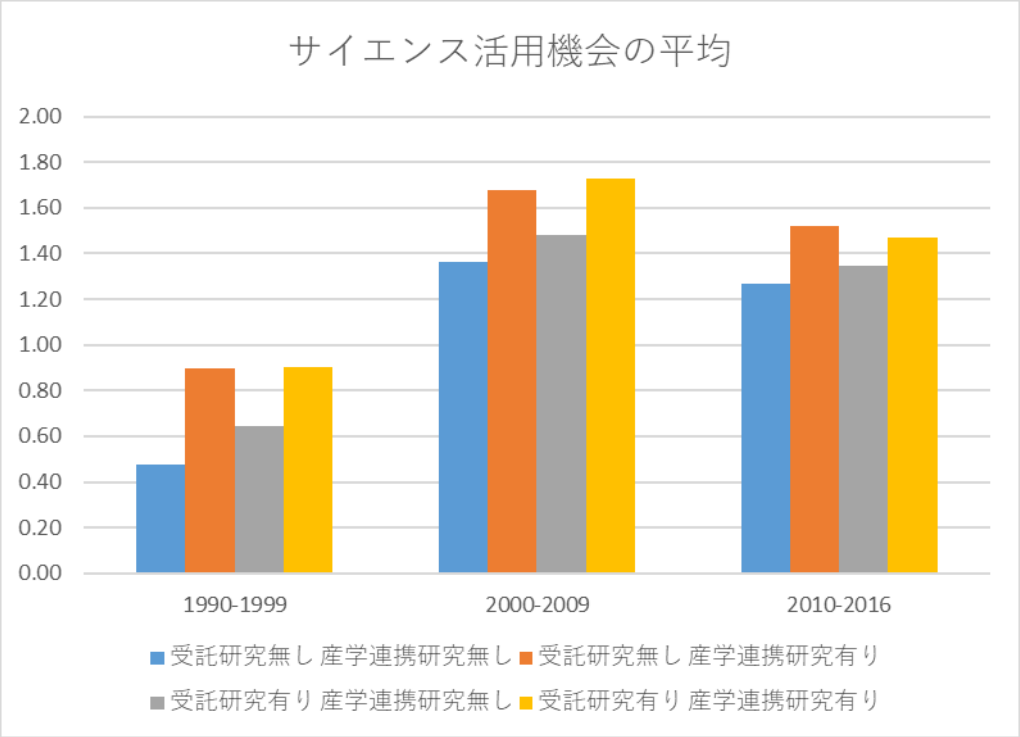
注)産業別の年次ダミーが、産業毎の市場、技術機会の変動、特許の引用文献数をコントロールしている。

表 3.6b　企業の基礎研究、応用研究、開発研究の水準（2000-2016）

2000-2016	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	ln1basic_r	ln1basic_r	basic_d	basic_d	ln1applied_r	ln1applied_r	ln1develop_r	ln1develop_r
VARIABLES	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
L.lnsales	0.177***	0.288***	0.0136***	0.0239***	0.192***	0.363***	0.266***	0.408***
	(0.0258)	(0.0170)	(0.00512)	(0.00336)	(0.0303)	(0.0205)	(0.0224)	(0.0165)
lnscience	0.0370	0.0886***	0.00693	0.0165***	-0.0136	0.0485*	-0.0229	0.00758
	(0.0241)	(0.0231)	(0.00478)	(0.00456)	(0.0282)	(0.0273)	(0.0209)	(0.0209)
ln1commission_univ_pro_stock	0.146***	0.250***	0.0244***	0.0388***	0.213***	0.322***	0.0714***	0.157***
	(0.0122)	(0.0109)	(0.00242)	(0.00215)	(0.0143)	(0.0129)	(0.0106)	(0.0100)
ln1commissioned_pub_stock	0.0230**	0.0808***	0.00613***	0.0144***	0.000685	0.0646***	0.00954	0.0520***
	(0.00962)	(0.00891)	(0.00191)	(0.00176)	(0.0113)	(0.0106)	(0.00834)	(0.00817)
Observations	13,746	13,746	13,746	13,746	13,746	13,746	13,746	13,746
Number of newcomp_id2	2,719	2,719	2,719	2,719	2,719	2,719	2,719	2,719
Within R-squared	0.122	0.105	0.108	0.0963	0.117	0.101	0.122	0.0915
Between R-squared	0.132	0.418	0.0513	0.277	0.173	0.403	0.0966	0.489
Overall R-squared	0.182	0.470	0.0801	0.331	0.253	0.450	0.155	0.538

注)産業別の年次ダミーが、産業毎の市場、技術機会の変動、特許の引用文献数をコントロールしている。

図 3.5　産学連携研究と政府機関等からの受託研究を行っている企業とそれ以外の企業とのサイエンス活用機会



最後に、表 3.7 は、知識生産関数(2)式に即して、企業の基礎研究ストックが当該企業の応用研究あるいは応用開発研究の水準に与える効果を付加的に分析している。モデル(1)と(2)は応用研究が被説明変数であり、基礎研究ストック(一年のラグ付き)は固定効果分析で高度に有意である。基礎研究ストックの 10%の拡大が応用研究の約 2%の拡大をもたらすので、応用開発研究を通した基礎研究の波及効果は大きい。これは知識生産関数(2)式を直接サポートする結果である。他方で、産学連携研究のストックの係数は少し低下するだけであり、基礎研究の支出額のみでは把握できない産学連携の効果があることを示唆している。他方で、応用研究と開発研究の合計が被説明変数である場合 (モデル(3)と(4))、固定効果推計では有意ではない。基礎研究から開発研究までのラグは多様であり、現状の推計モデルでは、基礎研究ストックと開発研究の経年的な変動から両者の動的な関係を把握できていないと言えよう。

表 3.8 に見るように、各産業にサイエンスの活用機会はあり、産学連携、受託研究は幅広く行われているが、その程度は異なる。化学・医薬の分野でサイエンス活用機会は最も高く、かつ産学連携も最も頻度が高い。このような六つの産業別に推計すると(付録 E 表 2 a,b)、サイエンス活用機会の拡大が基礎研究の拡大に有意に正であるのは化学・医薬産業のみであった。産学連携研究への企業の研究支出は、化学・医薬、素材、ICT、電気機械、機械の各産業で基礎研究の拡大に正で有意である。政府からの企業の受託研究は化学・医薬、素材、電気機械、自動車の各産業で基礎研究の拡大に正で有意であった。

まとめると、サイエンス活用機会の拡大、産学連携研究と政府機関等からの企業の

受託研究は、それぞれ企業の基礎研究の拡大に有意な影響があり、産学連携研究と企業内基礎研究は補完性であったことが示唆される。但し、産学連携研究は、基礎研究に加えて、応用研究、開発研究も拡大しており、応用、開発研究への波及効果も強いことが示唆される。また、2000 年代以降の日本産業の研究開発は、サイエンス活用機会の拡大への反応が弱くなっており、また政府からの企業の受託研究の基礎研究への効果も同様である。2000 年代以降の期間では、リーマンショックがあり、多くの企業が研究開発を減らさざるを得なかった(基礎研究の成果があっても応用開発研究に進めない)ことが推計結果にも影響している可能性や政府機関の研究開発委託政策の変化の可能性があるが、原因の識別は今後の課題である。

表 3.7　基礎研究ストックの影響

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	ln1applied_r		ln1develop_r		ln1applied_develop_r	
VARIABLES	FE	RE	FE	RE	FE	RE
L.lnsales	0.204***	0.356***	0.435***	0.523***	0.505***	0.577***
	(0.0265)	(0.0170)	(0.0171)	(0.0130)	(0.0155)	(0.0126)
lnscience	0.0162	0.0500**	-0.00524	0.0180	-0.00259	0.0127
	(0.0212)	(0.0205)	(0.0137)	(0.0137)	(0.0116)	(0.0119)
L.ln1basic_stock	0.192***	0.272***	-0.0287***	-0.00149		
	(0.00690)	(0.00629)	(0.00447)	(0.00432)		
L3.ln1basic_stock					-0.00264	0.0175***
					(0.00374)	(0.00373)
ln1commission_univ_pro_stock	0.157***	0.209***	0.0538***	0.0913***	0.0557***	0.0881***
	(0.00973)	(0.00916)	(0.00630)	(0.00621)	(0.00525)	(0.00529)
ln1commissioned_pub_stock	-0.0110	0.0239***	0.0149***	0.0351***	0.0123***	0.0300***
	(0.00781)	(0.00748)	(0.00506)	(0.00504)	(0.00413)	(0.00421)
Observations	27,168	27,168	27,168	27,168	21,250	21,250
Number of newcomp_id2	3,867	3,867	3,867	3,867	2,772	2,772
Within R-squared	0.190	0.177	0.153	0.130	0.213	0.185
Between R-squared	0.252	0.474	0.0776	0.454	0.0866	0.570
Overall R-squared	0.407	0.564	0.182	0.555	0.250	0.652
Standard errors in parentheses						
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1						

表 3.8　産業分野別の産学連携、受託研究、サイエンス活用機会

	産学連携研究	受託研究	ln(science)
chepha	49%	13%	2.16
material	31%	14%	1.26
it	20%	9%	1.54
elect	27%	14%	1.25
auto	25%	8%	0.79
machinery	26%	15%	1.04

4. 情報通信分野の研究開発のパフォーマンス

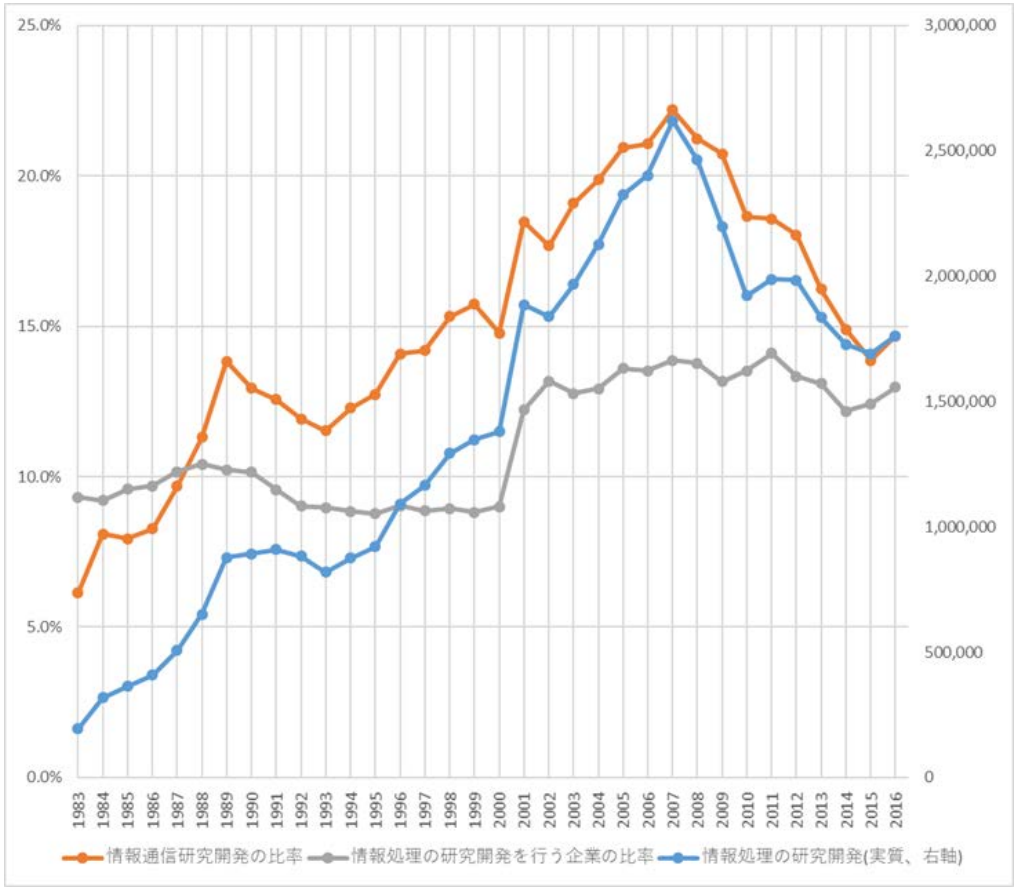
4.1 日本の産業の研究開発における情報通信分野の動向

本節では，日本の各産業の研究開発における、情報通信技術(ICT、Information and Communication Technology)を利用した研究開発の動向とその研究開発生産性への効果を分析する。ICT 技術を利用した研究開発は、いわゆる IT 産業を超えて、自動車産業等を含めて、多くの産業が取り組んでいる。世界的にも ICT への投資は強い拡大傾向にあるが、日本では情報通信技術の分野での研究開発は 2007 年をピークとして、大きく減少している。その原因の分析に貢献することが本節の課題である。2008 年に起きたリーマンショックとそれに続いた円高が 2012 年まで約 5 年間長期に持続したことが、情報通信機械器具製造業を代表とした、輸出志向の製造業の研究開発に深刻な負の影響を与えたことは重要である。しかし、同時に、製造業に属する多くの産業で、情報通信分野の研究開発の減少は全分野の研究開発支出の減少を大きく上回っている。しかし、電子部品等の部品産業では逆であった。すなわち、情報通信分野の研究開発の国際競争力の低下は大きいが、電子部品産業は例外的である。このことは、以下の分析に示すように、情報通信分野の研究開発における垂直分業の進展と整合的な結果となっている。

以下の研究でも、総務省が行っている科学研究調査報告の調査票を利用している。同調査の特定目的別研究費の中には「情報通信」(2000 年までは「情報処理」でありこれを接続)があり、すべての業種の企業を対象に、その研究開発の中で情報通信分野の研究開発の大きさを調査している。他方、製品分野別研究費の中にも、「ソフトウエア情報通信」があり、これもすべての業種の企業を対象としているが、これは「製品分野別」研究開発であり、ソフトウエアや情報通信サービスを販売している企業によるソフトウエア開発や情報通信サービスにおけるプロダクト・イノベーションを主に把握している。したがって、前者より射程が小さい。両者には大きな規模の差があり、「ソフトウエア情報通信分野」の製品研究開発費は、「情報通信」分野の研究開発の 7 分の 1 程度に過ぎない。このことは、情報通信分野の研究開発は、その大半が各種機器などソフトウエアや情報サービス以外の製品に体化されて商業化されているか、または製品ではなく生産過程で利用されていることを示している。本稿では「情報通信」分野の研究開発費を用いて、産業横断的にこの分野への投資の動向と効果を分析する。

以下の図 4.1 は産業の研究開発における、情報通信分野の研究開発総額(実質、2001 年価格)、産業研究開発全体に占める情報通信研究開発の比率(各企業の研究開発費を合計してから比率をとっており産業レベルの値である。各企業の比率の研究開発費による加重平均値、%)、及び情報通信の研究開発を行う企業の比率(%)を示している。標本は日本の主要な研究開発実施企業であり、文部科学省科学技術学術政策研究所の企業辞書と科学研究調査報告の調査票をマッチングした結果である。すでに指摘したように、研究開発支出額は対数正規分布に近く、上位企業に集中しているため、研究開発総額と企業の研究開発全体に占める情報通信研究開発の比率は、科学研究調査報告の母集団と近い結果となっている。但し、各年においてカバーする企業数は変化していることに注意を要する。

図 4.1　情報通信分野の研究開発動向：水準(2001 年価格、百万円)と実施比率



（出典）科学技術調査研究調査報告から作成

図 4.1 が明確に示しているように、日本産業では、2007 年をピークとして 2015 年まで、情報通信分野の研究開発費は、絶対水準も研究開発費全体に占める割合も大きく減少している。情報通信分野の研究開発費は 2.62 兆円から 1.76 兆円と約 3 分の 2 に低下した。また産業の研究開発費全体に占める情報処理の割合も 22%から 15%へと減少した。2007 年以降、情報通信分野の研究開発を行っている企業の割合は大きく変化していないので、各企業がこの分野の研究開発費を大幅に減少させたことが大きな原因である。

産業別にその源泉を見るために、次の表 4.1 は 2007 年時点で、情報通信分野の支出が最も高かった 11 業種について、2007 年の各産業の情報通信研究開発におけるシェア、各産業の研究開発支出における情報通信分野の研究開発支出の割合(ICT 集約度、2007 年と 2015 年)、2007 年から 2015 年の間の研究開発全体及び情報通信研究開発の実質伸び率(年間)、及び 2005 年から 2007 年の輸出比率の平均を示している。これによると、情報通信機械器具製造業は 2007 年において情報通信分野の研究開発全体の 4 割強を占めていたが、同産業での情報通信分野の研究開発費は、2015 年までに平均すると毎年 12%も縮小しており、情報通信分野の研究開発費は実質で約 3 分の 1 に激減した。この間に研究開発全体も実質で年間マイナス 5%と大きく減少しているが、情報通信分野の研究開発の減少はそれを大幅に上回っている。その結果、同産業では研究開

発における情報通信の集約度は 52.5%から 29.8%へと大きく減少し、また、産業全体に占める割合も 43%から 25%に減少した。

このような、研究開発全体の中で、情報通信分野の研究開発費が大きく低下した傾向は、製造業の中で、情報通信分野で多くの研究開発をしてきた多くの産業についても当てはまる。すなわち、情報通信機械器具製造業に加えて、業務用機械器具製造業、はん用機械器具製造業、生産用機械器具製造業等でも研究開発全体の投資が減少ないし停滞する中で、情報通信分野の研究開発は激減している。情報通信分野の研究開発を拡大している産業は限定的であり、製造業では以下の 11 業種の中では，自動車・同附属品製造業のみである。

ただし、研究開発における ICT 集約度も輸出比率も情報通信機械器具製造業と同様に高水準であった。電子部品・デバイス・ 電子回路製造業では、逆に、情報通信分野の研究開発の減少規模は小さく、かつそれはその研究開発費全体の減少規模を少し下回った。このような情報通信機械器具製造業と電子部品・デバイス・ 電子回路製造業との大きな差は、次節で述べる垂直分業の進展と整合的である。すなわち、垂直分業の結果、最終製品生産企業の規模が、汎用性のある独自部品の供給企業の規模と比較して相対的に縮小する。

なお、国際競争に直面していない、通信業及び情報サービス業では、研究開発全体も情報通信分野の研究開発も拡大している。

表 4.1　情報通信分野の研究開発上位産業の動向(2007 年～2015 年)

産業分類	情報通信 R&D におけるシェア (%)，2007	R&D の ICT 集約度，2007	R&D の IT 集約度，2015	実質 R&D の年間伸び率(2007～2015,%)	情報通信 R&D の年間伸び率(2007～2015,%)	輸出比率の平均(2005～2007,%)
情報通信機械器具製造業	43.0%	52.5%	29.8%	-5.0%	-12.0%	34.5%
電子部品・デバイス・ 電子回路製造業	14.6%	52.8%	60.3%	-3.9%	-2.3%	33.0%
業務用機械器具製造業	14.1%	42.7%	12.8%	1.9%	-13.1%	45.6%
自動車・同附属品製造業	6.4%	7.5%	7.4%	2.1%	1.9%	38.9%
電気機械器具製造業	4.7%	13.1%	12.0%	0.9%	-0.1%	24.6%
通信業	4.3%	50.0%	71.1%	4.1%	8.5%	
情報サービス業	3.8%	92.1%	92.5%	3.3%	3.4%	0.0%
その他の製造業	1.4%	32.7%	34.7%	-2.0%	-1.3%	16.1%
はん用機械器具製造業	1.4%	14.1%	0.5%	0.7%	-41.3%	13.8%
生産用機械器具製造業	1.1%	9.1%	3.1%	0.0%	-13.5%	36.0%
化学工業	1.0%	3.9%	2.5%	0.7%	-4.8%	15.8%

(データ出典)　輸出比率は企業活動基本調査から構築。

4.2 情報通信技術の研究開発における垂直分業の進展[13]

前節で見たように、日本の多くの産業で(電子部品・デバイス・ 電子回路製造業を例外として)、情報通信の分野での研究開発投資が大きく減少してきたが、その重要な原因は、情報通信技術の開発における垂直分業が大きく進展する中、規模の経済が大きくなった事業分野で専業企業が成長する分野で、既存の垂直統合企業がこれと競合する事業を縮小してきたことにあると考えられ、本節ではこの仮説を分析する。多くの産業で、企業は、部品、原材料、サービスなどをサプライヤーから購入して、自社の独自の付加価値を加えて、加工、組み立てを行い、顧客・ユーザーに供給している。このような分業関係がどの程度広範に行われるかは、市場の大きさに依存している。産業の発展初期では資本財、部品なども全て内生されていたのが、市場の拡大によってこれらを供給する産業が独立し、分業が成立していく．アダム・スミスが指摘したように、「分業の程度は市場の大きさによって決定される」。このような垂直分業は、産業組織に重要な帰結な帰結があることを、半世紀以上も前に、米国の経済学者 Stigler (1951)が指摘している。すなわち、垂直分業によって、産業は規模の経済を生かした独占的・寡占的なセッグメントと多数の企業が参入する競争的なセッグメントに分割され、最終財生産に特化した (旧)垂直統合企業は縮小する。

このような垂直分業と垂直分割は、インテルの創業者の一人であった Grove (1996)が指摘したように、コンピューター産業で非常に重要であった。1990 年のコンピューター産業においては、IBM、DEC、富士通などの垂直統合企業が、CPU 等の部品、コンピューターの組み立て、OS(オペレーティング・システム)や応用ソフトの開発、販売と流通をそれぞれが自社内で行い、最終製品であるコンピューターの販売で競争をしていた。ところがそれはその後の 20 年の間に大きく変貌し、コンピューターの生産に必要な特定の生産過程を担う、CPU のインテル、OS のマイクロソフトなどの専業企業が参入・成長し、寡占化した。同時に、多数のコンピューター組み立て企業が参入しこちらのセッグメントは高度に競争的となった[14]。このため垂直統合企業は大きく衰退した。Stigler (1951)が分析したように、市場が小さい段階では、部品の生産、組み立てをすべて同じ企業が行うこと、すなわち垂直統合で生産を行うことが最も効率的である。しかし、市場が拡大すると、自社だけで規模の経済が生かせない生産過程(コンピューターの場合、CPU、OS)を各社が外部調達に切り替える。その結果、CPU、OS 等の分野では、各社からの需要を集めて規模の経済を生かす専業企業が成長する(例えば、インテル、マイクロソフト)。他方で、それ以外の工程分野(コンピューター産業では、コンピューターの組み立て生産)では、これらの基幹部品の自社生産をする必要はなくなり、その調達費用も下がるので、企業レベルの規模の経済が小さくなり参入が容易となり参入企業数が拡大し、同時に各企業の規模は小さくなる。

---

[13] 本節で利用している、世界の R&D 上位 2500 社のパネルデータは、東京経済大学の共同研究費を活用して学生諸君の協力を得て構築した。

[14] このような変化は日本では「水平分業」と呼ばれることが多いが、分業関係は垂直的な関係にある企業で起きているので、適切な表現ではなく、海外では垂直分割、vertical disintegration と呼ばれている。

「第 4 次産業革命」の中で、コンピューターと通信を利用したソフトウエアやサービスへの市場の規模は拡大し、その研究開発の規模の経済は拡大し、更にプラットフォーム企業の成長もあって、情報通信技術の開発における垂直分業は強まってきたと考えられる。例えば、グーグルが検索サービスを行うには、ネットで公開されている情報を読み込み(crawling)、相互の引用関係等を索引化する膨大な作業が必要である。ただ一度その作業を行えばそのデータを何度でも利用して検索サービスを行うことができる。実際、グーグルの検索サービスやマイクロソフトの OS の利用実績が示唆するように [15]、優れたコンピューター・サービスやソフトウエアは数億人あるいは数十億人を超える世界のユーザーで利用される。また、アマゾンやフェースブックを含めた、プラットフォーム企業は、他社による商品、コンテンツ、アプリケーション・ソフトウエアが、インターネット市場でグローバルに供給されるインフラを提供している。このような変化の結果、規模の経済やネットワーク外部性が重要な生産過程の寡占化・独占化とそうでない分野の参入拡大が同時に進むことになり、前者では販売規模が拡大し、研究開発の収益性は高まり、研究開発が大きく拡大する。他方で垂直統合企業から完成品組み立て企業に移行した企業では販売規模は小さくなり、また事業内容の研究開発集約度が下がるために、研究開発投資は減少する。

以下の表 4.2 は、このような観点から ICT 分野における汎用性のあるサービス、ソフトウエアや部品の供給企業、プラットフォーム企業と最終製品生産企業で代表的な企業を集め、その 2017 年の研究開発投資の水準、その伸び率(2008 年から)と利益率を比較している。最終製品生産企業の中で、基幹となる部品やソフトウエアを内部で生産している企業(サムソン、アップル)を更に垂直統合企業としている。EU 委員会が公表している、世界の R&D 上位 2500 社のパネルデータを利用している。企業を三つに分類する上で、グーグルはプラットフォーム企業として把握することもできるが、コンピューター等を利用してビッグデータを効率的に利用する上で必須に近い標準化された検索サービスを供給しており、その観点からは OS の供給や CPU の供給に近いので、汎用性のあるサービスや部品企業と分類している。マイクロソフトとインテルなど部品・サービス供給企業は、コンピューターやそれを利用した個別の最終サービスを提供している完成品組み立て企業(ヒューレット・パッカード、レノボ、日本電気、富士通等、垂直統合企業を除く)と比較して、研究開発集約度(売上/研究開発費)も研究開発費の水準自体も高い傾向がある。マイクロソフトの研究開発集約度は、2017 年で 13%、インテルは 21%、グーグルは 14.5%と、非常に高水準である [16]。また、研究開発費の年間伸び率(ECU ベースで 2008 年から 2017 年、名目)も、それぞれ 7.1%、10.8%、21.1%である。他方で、最終製品を供給している完成品組み立て企業である、IBM、ヒューレット・パッカード、レノボは売り上げに対する研究開発集約度は、6.5%、5.1%、

[15] グーグルの検索サービスは最近では一日に 35 億回利用されていると報告されている(https://www.smartinsights.com/search-engine-marketing/search-engine-statistics/)。

[16] これらの企業は利益率が高く、売上に対する研究開発費は費用に対する研究開発費を大幅に上回る：費用に対してはマイクロソフトの研究開発集約度は、13%、インテルは 29%、グーグルは 19.6%である。

2.6%と低水準である。同じく、日本企業(日本電気、富士通)もそれぞれ、3.8%と 3.7%と低い。研究開発費の伸びは、レノボは高い伸びを記録しているが、その他の企業はマイナスである。

また、フェースブック、アリババなどのプラットフォーム企業も、汎用サービス等の専門供給企業と同様に高い研究開発投資の伸びを記録しており、収益率と研究開発集約度の双方が高い傾向にある [17]。ただし、最終製品供給企業でも、アップルとサムソンは垂直統合企業であり、利益率、研究開発の水準や伸びは、汎用サービス等の専門供給企業と劣位していない。

表 4.2　情報通信産業分野の汎用サービス・ソフトウエア企業、プラットフォーム企業及び最終製品供給企業の研究開発投資の水準、研究開発集約度(2017 年)及び成長率

				研究開発集約度(%)						
	世界ランク	企業名	研究開発(百万ユーロ)	対売上げ	対費用	収益率(%)	研究開発年間伸び率(%,2017/2008、名目)	設立年	業種	国名
汎用サービス・ソフトウエア・部品	4	マイクロソフト	12,279	13.3	19.5	31.7	7.1	1975	ソフトウエア・コンピューターサービス	米国
	6	インテル	10,921	20.9	28.9	27.8	10.8	1968	テクノロジー機器	米国
	28	クアルコム	4,557	24.5	31.4	21.9	11.3	1985	テクノロジー機器	米国
	2	グーグル	13,388	14.5	19.6	26.1	21.1	1998	ソフトウエア・コンピューターサービス	米国
	24	オラクル	5,079	15.3	23.9	35.9	10.4	1977	ソフトウエア・コンピューターサービス	米国
プラットフォーム	15	フェースブック	6,465	19.1	37.9	49.7	51.2	2004	ソフトウエア・コンピューターサービス	米国
	343	アマゾン	329	0.2	0.2	2.3	-10.9	1994	ソフトウエア・コンピューターサービス	米国
	51	アリババ	2,914	9.1	12.6	27.7	53.8	1999	ソフトウエア・コンピューターサービス	中国
	61	テンセント	2,235	7.3	11.7	37.1	40.3	1998	ソフトウエア・コンピューターサービス	中国
	81	バイドゥ	1,658	15.3	18.7	18.5	45.6	2000	ソフトウエア・コンピューターサービス	中国
	1195	楽天	72	1.0	1.2	11.0		1997	小売り	日本
最終製品(*は垂直統合企業)	32	IBM	4,263	6.5	7.6	15.1	-0.2	1911	ソフトウエア・コンピューターサービス	米国
	113	ヒューレット・パッカード	1,239	5.1	5.5	6.5	-8.0	1939	ソフトウエア・コンピューターサービス	米国
	143	レノボ	973	2.6	2.6	0.9	20.2	1984	テクノロジー機器	中国
	173	日本電気	799	3.8	3.9	2.4	-13.9	1899	ソフトウエア・コンピューターサービス	日本
	117	富士通	1,172	3.7	3.8	3.1	-6.2	1935	ソフトウエア・コンピューターサービス	日本
	7	アップル(*)	9656	5.1	6.9	26.8	27.6	1976	テクノロジー機器	米国
	1	サムソン(*)	13,437	7.2	9.3	22.4	15.0	1938	エレクトロニクス・電気機器	韓国

注)　フェースブックの伸び率は 2011 年から、アリババとバイドゥは 2009 年から。データ出典、 世界研究開発上位 2500 社(EU 委員会)の各年版。設立年は個別にネット調査。

こうした結果は、情報通信技術の開発における垂直分業の進展と整合的である。研究開発費の世界ランキング上も、ICT 産業の研究開発の主たる担い手は、汎用サービス・ソフトウエア企業やプラットフォーム企業になりつつある。ただ同時に、サムソンやアップルの例が示すように、垂直統合の効果が全く無くなっている訳ではない。これらの企業はいずれも独自性のある技術(アップルは例えば OS を自社開発、サムソンは有機液晶の携帯電話での活用のパイオニア)を核とする垂直統合企業としてグロ

[17] EU 委員会の資料では、アマゾンについては、研究開発費の伸びがマイナスとなっているが、子会社の研究開発費等が十分に把握されていない可能性がある。

ーバルな市場で高い競争力を持ち、利益率は高く、高水準の研究開発を行っている。独自性のある新技術を創造し、これをグローバルに展開していくことが、日本産業が情報通信技術の開発における垂直分業の進展に有効に対応して行く上で非常に重要であろう。

4.3 情報通信分野の研究開発の効果

コンピューターパワーの拡大、インターネットの普及等によって、情報通信分野の研究開発機会は拡大しているが、同時に垂直分業等によって、効率的な研究開発の進め方は変化し、また特に最終財部門では、国際的な市場競争は強まっている。図 4.1 で観察したような、日本産業の情報通信分野の研究開発投資の近年の大幅な低下は、こうした効率的な研究開発のあり方と効率的な産業組織の変化の両方の影響を反映していると考えられる。

以下では、各企業の研究開発生産性の動向を分析することでこのような影響、特に最初の点を分析する。垂直分業の進展によって、汎用ソフトウエアやネットサービスが拡大し、例えば、情報処理機器産業の既存企業におけるカスタム・ソフトウエアの開発の価値は下がると予想される。こうした影響が大きい場合、当該企業の研究開発の価値は低下し特許出願は減少し、また出願された特許の波及効果も弱まる(関連した後続の特許出願も減少する)。我々は、こうした企業による研究開発出願件数の減少、出願あたりの被引用件数の減少、そして研究開発投資のトービンの q への影響低下を観察することが予想される。

加えて、垂直分業の結果、下流の IT 産業(情報通信機器産業など)への参入が容易となれば、それらの機器を開発する企業数は世界的に拡大し、この経路からも、既存企業の研究開発投資は減少し、研究開発の効果も減少すると考えられる。これは各産業の産業組織の変化を媒介する効果であり、今回の研究では、IT 産業を 3 つのグループに分けて、産業間の差を分析することでこのような影響を検討する。

以下では、産業全体の情報通信分野での研究開発の効果の分析に加えて、IT 産業とそれ以外の産業の比較、更に IT 産業を分割して分析する。すなわち、IT 産業を IT ハードウエア最終財産業(情報通信機械器具製造業、業務用機械器具製造業)、IT ハードウエア部品産業 (電子部品・デバイス・ 電子回路製造業)、及び IT ソフトウエア産業(通信業、放送業、情報サービス業及びインターネット附随・その他の情報通信業)の和集合として定義する。これらは表 4.1 が示すように、研究開発における情報処理分野の研究開発の割合が高い。

4.4 推計モデルと推計結果

推計モデル

情報通信分野の研究開発投資の、他分野(以下ハードウエア)の研究開発投資と比較した、生産性の差をρとする。ρがプラスである場合には情報通信分野の研究開発投資にはプレミアムがあり、情報通信以外の方が生産性高い場合にはディスカウントがある。情報通信分野や他分野の投資の拡大や縮小に制約がなく、かつ、研究開発の効果を最大とするように研究開発投資を配分する均衡ではρ = 0となるが、研究開発の機会や競争状況への対応、人材の確保等に時間がかかれば、ρ = 0は成立しない。ict を各企

業の情報通信分野の研究開発の集約度(ict=情報通信分野の研究開発/研究開発)であるとすると、情報通信分野の研究開発に、このようなプレミアムあるいはディスカウントが存在する可能性を反映すると、(2)式は以下のように拡張できる。

$$Y = A\{rd(1 + \rho \times ict)\}^{\gamma} \quad (6)$$

この式も、対数をとることで、以下のように近似ができる。ρはエクセス・リターンでありゼロと大きく乖離しないと考えられ、他方でictは 0 と 1 の間であり、このために、$\rho \times ict$は絶対値で 1 よりかなり小さいことを仮定することが可能である。

$$\ln Y \cong \ln A + \gamma lnrd + \gamma\rho \times ict \quad (7.1)$$

したがって、情報通信分野の研究開発のプレミアムあるいはディスカウントは、そのシェア(ict)の拡大が研究開発の生産性に与える影響、ictの係数の有意性、で評価することができる。以下では、情報通信産業におけるρの 2004 年を基準としたトレンドの傾きを計測する。

$$\rho = \alpha + \beta(year - 2004) \quad (8)$$

両者を組み合わせて、

$$\ln Y \cong \ln A + \gamma lnrd + \gamma\alpha \times ict_intensity + \gamma\beta ict_intensity_eyear \quad (7.2)$$

$$ict_intensity_eyear = (year - 2004) \times ict \quad (7.3)$$

企業の研究開発の成果は、当該企業の研究開発がもたらした特許出願された発明の審査官による被引用件数を基本としつつ、発明自体の数(ファミリー数)、売上及びトービンの q を用いる。基本的な説明変数は、各企業の研究開発ストック($lnrd$)、研究開発ストックに占める情報通信分野の研究開発ストックの割合(ict_intensity)、及びその効果の経時的な変化(ict_intensity_eyear)を用いる。企業の研究開発とその構成(情報通信分野の研究開発のシェア)だけではなく、企業に利用可能な技術機会、研究開発競争、産業の需要動向、企業の研究開発能力等にも依存する。以下の推計では、これらを産業別×各年の年次ダミー、企業の固定効果及び企業が直面しているサイエンス機会の大きさ(lnscience)によってコントロールする。サイエンス機会の変数は、第 3 節と同じく、当該企業が出願している技術分野の米国特許(日本出願人以外)による科学技術論文等の引用件数(その対数値)であり、サイエンスの進展による各企業の研究開発機会の変動を把握する。

推計結果

まず、全産業、非 IT 産業及び IT 産業についての固定効果推計が表 4.3a から 4.3e に示されている。表 4.3a のモデル(1)は全産業の全期間(1983-2016 年)を対象とした推計結果である。基準年(2014 年)において情報通信分野の研究開発のシェア(ict_intensity)の係数は有意ではないが、全期間を平均的に見ると、情報通信分野の研究開発のプレミアムが有意に減少し、ディスカウントが拡大してきたことを示している。

モデル(2)と(3)はサンプルを 2004 年を基準として前期とその後期に分けており、前期では情報通信分野の研究開発投資の効果の傾向的な低下(8 式のβ)は小さく(有意性が低い)、後期では傾向的な低下の有意性も非常に高くなっている(－0.034 対－0.153)。モデル(3)の推計結果によれば、情報通信分野の研究開発投資ストックの割合が 0.2 である場合、2005 年から 2015 年の間に、被引用件数で評価した研究開発生産性へのマイナスの効果は、0.153×10×0.2=－0.306、すなわち約 30%であったことが分かる。

被引用件数にはトランケーションバイアスがある(最近の特許出願は引用される機会が少ない)ことが、影響をしている可能性があり、これを評価するために、表 4.3b は特許出願ファミリー件数で評価した動向を示している。推計は固定効果推計である。これによると係数は小さくなるが、基本的な傾向は変わらない。情報通信分野の研究開発のシェアを高めた企業が出願する特許ファミリー数は減少する傾向にある

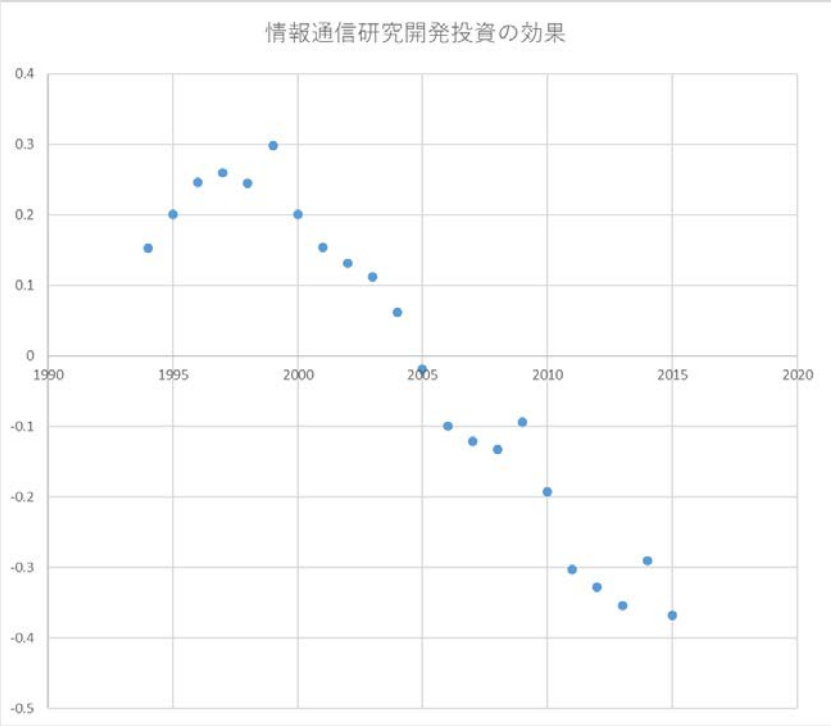
特許出願数やその被引用件数では評価できない効果もあり、表 4.3c、d とはそれぞれ売上とトービンの q で評価している。前者は二年のラグを導入している。後者はサンプル数が少ないので、全産業の結果のみを示している。やはり固定効果推計である。情報通信分野の研究開発を増やすことの効果の経時的なトレンドはいずれも有意に負の傾向を持っており、産業全体ではそれは 2004 年までの期間も 2005 年以降の期間も負である。年別に係数が異なると仮定して推計した結果が図 4.2 である。2000 年代以前は情報通信分野の研究開発投資は企業の収益性に高く貢献していたが、それが持続的に減少しており、近年はディスカウントとなっている。

表 4.3a のモデル(4)、(5)と(6)、(7)は全産業を非 ICT 産業と ICT 産業に分けて、被引用件数を被説明変数として、同様の推計をしている。ict_intensity の係数の負のトレンドは、後期では両方の産業について観測されるが、非 ICT 産業は前期では存在していなかった。被引用件数では、2005 年以降の方がいずれの産業でもその傾向が強いが、特許出願ファミリー数では非 IT 産業でのみでこれが成立するので、トランケーションが影響を与えている可能性はある。表 4.3 e のモデル(8)、(9)と(10)、(11)は、被引用件数を被説明変数として、ict_intensity の係数のトレンド項は除き、平均を両期間で比較している。この結果によれば、前期と後期で、非 ICT 産業では情報通信分野の研究開発投資の追加効果は有意ではなく、どちらもプレミアムはゼロである。しかし、IT 産業では前期では有意ではないが正、後期では有意に負となっている。すなわち、情報通信分野の投資は近年では被引用件数でもディスカウントとなっている。

サイエンス機会の活用(lnscience)についてみると、前期では被引用件数で、両産業、特に ICT 産業で高度に有意であったが、いずれの産業でも後期では有意でなくなっている。また、表 4.3b でサイエンス機会の出願件数への影響を比較すると、Non_ICT 産業では、後期では有意であり、サイエンス機会の拡大を活用した発明活動はなされているが、ICT 産業ではそれ自体が低下していることが示唆される。

図 4.2　情報通信分野の研究開発投資の効果：プレミアムからディスカウントへ

(1) 売上への効果



(2) トービンの q への効果

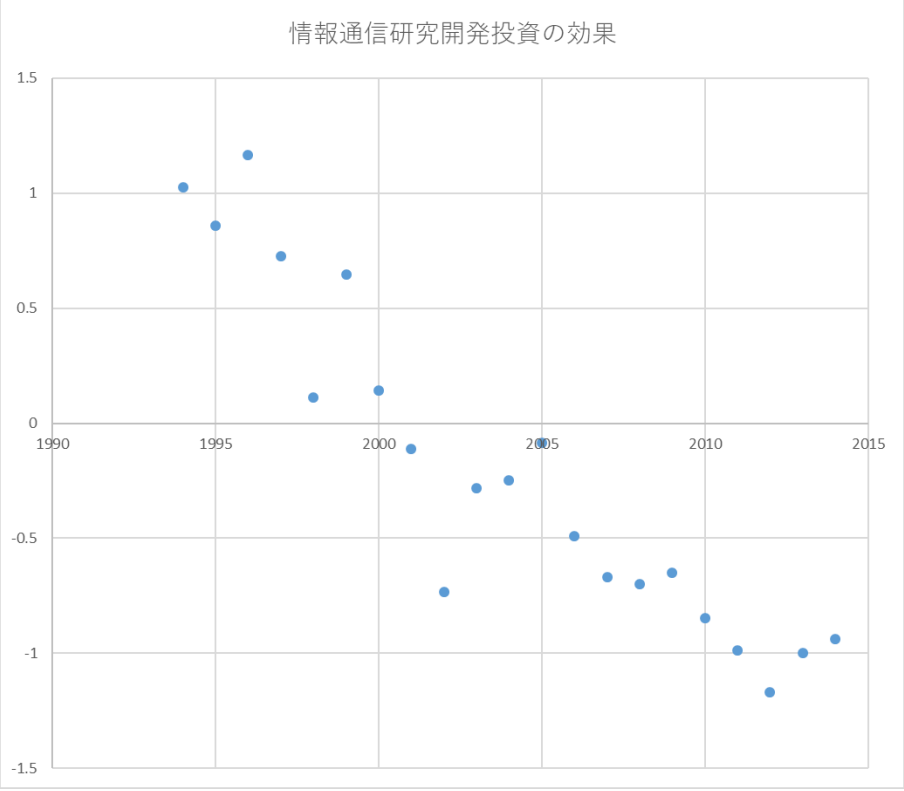


表 4.3a　情報通信分野の研究開発の被引用件数への効果 (企業の固定効果推計)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	All industries			Non_ICT		ICT	
VARIABLES	Overall(1983-2016)	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016
ln1rd_stock	0.215***	0.208***	0.144***	0.189***	0.132***	0.255***	0.174***
	(0.0130)	(0.0202)	(0.0307)	(0.0223)	(0.0350)	(0.0489)	(0.0643)
ict_intensity	-0.123	0.0212	0.520**	0.0314	0.748**	-0.0687	0.325
	(0.104)	(0.197)	(0.245)	(0.292)	(0.360)	(0.277)	(0.343)
ict_intensity_eyear	-0.0492***	-0.0341*	-0.153***	0.00698	-0.148***	-0.0598**	-0.150***
	(0.00742)	(0.0180)	(0.0213)	(0.0285)	(0.0353)	(0.0245)	(0.0275)
Inscience	0.0800***	0.0868***	0.00838	0.0610**	0.0199	0.316***	-0.0336
	(0.0172)	(0.0230)	(0.0413)	(0.0243)	(0.0461)	(0.0729)	(0.0925)
Observations	29,030	14,212	8,977	12,049	6,795	2,163	2,182
Number of newcomp_id2	4,299	2,615	1,970	2,127	1,387	533	601
Within R-squared	0.580	0.138	0.722	0.133	0.726	0.177	0.706
Between R-squared	0.233	0.211	0.171	0.221	0.266	0.211	0.234
Overall R-squared	0.286	0.259	0.271	0.261	0.397	0.340	0.276
Standard errors in parentheses							
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1							

注)産業×優先権主張年のダミーがコントロール変数、以下も同じ。

表 4.3b　情報通信分野の研究開発の特許出願数への効果 (企業の固定効果推計)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	All industries			Non_ICT		ICT	
VARIABLES	Overall	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016
ln1rd_stock	0.200***	0.197***	0.0414**	0.180***	0.0357*	0.250***	0.0509
	(0.00934)	(0.0149)	(0.0191)	(0.0162)	(0.0215)	(0.0396)	(0.0416)
ict_intensity	-0.109	-0.206	0.283*	-0.121	0.371*	-0.269	0.215
	(0.0749)	(0.146)	(0.153)	(0.213)	(0.221)	(0.224)	(0.222)
ict_intensity_eyear	-0.0334***	-0.0612***	-0.0706***	-0.0178	-0.0989***	-0.0870***	-0.0548***
	(0.00535)	(0.0134)	(0.0132)	(0.0208)	(0.0217)	(0.0198)	(0.0178)
Inscience	0.0590***	0.0326*	0.0665***	0.00807	0.0620**	0.261***	0.0822
	(0.0124)	(0.0171)	(0.0257)	(0.0177)	(0.0283)	(0.0590)	(0.0598)
Observations	29,024	14,210	8,977	12,047	6,795	2,163	2,182
Number of newcomp_id2	4,298	2,615	1,970	2,127	1,387	533	601
Within R-squared	0.289	0.108	0.524	0.107	0.529	0.118	0.500
Between R-squared	0.135	0.308	0.00537	0.248	0.0261	0.334	0.0130
Overall R-squared	0.180	0.374	0.0139	0.293	0.0615	0.467	0.0247
Standard errors in parentheses							
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1							

表 4.3c　情報通信分野の研究開発の売上への効果 (企業の固定効果推計)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	All industries			Non_ICT		ICT	
	Overall	1983-2004	2005-2015	1983-2004	2005-2015	1983-2004	2005-2015
L2.ln1rd_stock	0.0971***	0.0723***	0.0272***	0.0702***	0.0197**	0.0934***	0.0529***
	(0.00422)	(0.00593)	(0.00763)	(0.00633)	(0.00824)	(0.0173)	(0.0190)
L2.ict_intensity	-0.148***	-0.205***	0.181***	-0.0538	-0.0484	-0.349***	0.429***
	(0.0349)	(0.0656)	(0.0641)	(0.0925)	(0.0844)	(0.110)	(0.109)
L2.ict_intensity_eyear	-0.0326***	-0.0140***	-0.0406***	-0.00724	-0.0382***	-0.0167**	-0.0487***
	(0.00241)	(0.00504)	(0.00558)	(0.00746)	(0.00876)	(0.00820)	(0.00848)
Inscience	-0.00518	-0.00209	-0.0203*	-0.00527	-0.0165	0.0396	-0.0369
	(0.00547)	(0.00644)	(0.0106)	(0.00654)	(0.0112)	(0.0258)	(0.0283)
Observations	22,313	11,474	7,204	9,937	5,640	1,537	1,564
Number of newcomp_id2	2,807	1,783	1,380	1,503	1,019	312	372
Within R-squared	0.314	0.250	0.209	0.271	0.200	0.157	0.233
Between R-squared	0.110	0.173	0.00845	0.197	0.0901	0.0321	0.115
Overall R-squared	0.142	0.191	0.00785	0.231	0.0807	0.103	0.102
Standard errors in parentheses							
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1							

表 4.3d　情報通信分野の研究開発のトービンの q への効果 III (企業の固定効果推計)

	(1)	(2)	(3)
	All industries		
VARIABLES	Overall	1983-2004	2005-2015
ln1rd_stock	0.0446	-0.0898	-0.0228
	(0.0279)	(0.0578)	(0.0384)
ict_intensity	-0.281	-0.520	0.189
	(0.186)	(0.429)	(0.267)
ict_intensity_eyear	-0.0852***	-0.179***	-0.0513***
	(0.0119)	(0.0361)	(0.0167)
Inscience	-0.0269	-0.0178	-0.0210
	(0.0420)	(0.0642)	(0.0517)
Observations	5,454	2,564	2,890
Number of newcomp_id2	771	522	528
Within R-squared	0.247	0.196	0.175
Between R-squared	0.0970	0.00474	0.00445
Overall R-squared	0.127	0.0112	0.0248
Standard errors in parentheses			
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1			

表 4.3e　情報通信分野の研究開発の被引用件数への効果 IV(企業の固定効果推計)

	(8)	(9)	(10)	(11)
	Non_ICT		ICT	
VARIABLES	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016
ln1rd_stock	0.190***	0.137***	0.267***	0.198***
	(0.0223)	(0.0351)	(0.0488)	(0.0648)
ict_intensity	-0.00537	0.0702	0.297	-0.680**
	(0.250)	(0.322)	(0.234)	(0.292)
ict_intensity_eyear				
lnscience	0.0610**	0.0181	0.320***	-0.0458
	(0.0243)	(0.0462)	(0.0730)	(0.0934)
Observations	12,049	6,795	2,163	2,182
Number of newcomp_id2	2,127	1,387	533	601
Within R-squared	0.133	0.725	0.174	0.700
Between R-squared	0.223	0.277	0.239	0.238
Overall R-squared	0.263	0.407	0.366	0.275
Standard errors in parentheses				
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				

表 4.3f　サイエンス機会(lnscience)の被引用件数と出願件数への効果(企業の固定効果推計)

	All industries			Non_ICT産業		ICT産業	
被説明変数	Overall(1983-2016)	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016
総被引用件数	0.0800***	0.0868***	0.00838	0.0610**	0.0199	0.316***	-0.0336
(ln1appln_wght_fc7all)	(0.0172)	(0.0230)	(0.0413)	(0.0243)	(0.0461)	(0.0729)	(0.0925)
出願件数(lncount_inpadoc)	0.0590***	0.0326*	0.0665***	0.00807	0.0620**	0.261***	0.0822
	(0.0124)	(0.0171)	(0.0257)	(0.0177)	(0.0283)	(0.0590)	(0.0598)

以下の表 4.4 は IT 産業を構成する 3 つの各産業にサンプルを分割・特定化した推計結果である。モデル(1)から(6)までが示すように、3 つの産業の全てで、情報通信分野の研究開発投資の効果は、ICT_soft 産業(通信業、情報サービス業など)の前期を除いて、2 つの期間いずれも、マイナスのトレンドが有意である。加えて、後期(2005-2016 の期間)に、マイナスの程度は高まっている。また、情報通信分野の研究開発投資の効果のトレンド項を除き、水準で比較した結果によれば、ICT_hard(情報通信機器産業など)と ICT_comp 産業(電子部品など)では、前期では情報通信分野の研究開発投資は有意ではないが、プレミアムを示唆している。しかし、後期では有意に負、ディスカウントとなっている。その程度は ICT_comp 産業(電子部品など)で大きい。上記の結果は、情報通信分野の研究開発投資の生産性が ICT_hard(情報通信機器産業など)と ICT_comp 産業(電子部品など)の両産業で大きく低下したことを示している。なお、これらの産業の中では、すでにみたように、前者で後者より研究開発投資が大きく低下しているが、

これは同産業では各企業に共通する負の影響(垂直分業による下流産業の競争の激化など)がより大きかった可能性を示唆している。

表 4.4　ICT の 3 産業の結果(被引用件数への効果、企業の固定効果推計)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	ICT_hard		ICT_comp		ICT_soft	
VARIABLES	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016	1983-2004	2005-2016
ln1rd_stock	0.349***	0.308***	0.1000	0.284*	0.179	0.153*
	(0.0626)	(0.103)	(0.0861)	(0.172)	(0.145)	(0.0834)
ict_intensity	-0.123	0.699	-0.327	-0.0819	-0.975	0.504
	(0.347)	(0.597)	(0.491)	(0.739)	(1.118)	(0.448)
ict_intensity_eyear	-0.0477*	-0.185***	-0.190**	-0.222***	0.0854	-0.162***
	(0.0251)	(0.0399)	(0.0955)	(0.0562)	(0.0850)	(0.0363)
lnscience	0.347***	-0.261	0.861***	0.566*	-0.0662	0.00600
	(0.0857)	(0.167)	(0.241)	(0.342)	(0.147)	(0.103)
Observations	1,280	974	510	421	373	787
Number of newcomp_id2	262	243	127	109	151	251
Within R-squared	0.166	0.725	0.196	0.708	0.0978	0.513
Between R-squared	0.391	0.416	0.122	0.483	0.0504	0.276
Overall R-squared	0.478	0.496	0.231	0.512	0.0761	0.278
Standard errors in parentheses						
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1						

5. 企業間の技術スピルオーバー

5.1 技術スピルオーバーの計測

企業間の技術のスピルオーバーは、特許出願の公開、学術論文の公開、さらに商品の上市によって生ずる。スピルオーバーは研究開発の重複を防ぎ、また知識や人材の新たな組み合わせによる新たな研究開発を促していく上で非常に重要だと考えられる。同時に、公開が他社による代替的研究開発を促して、当初の研究開発の専有可能性を下げる効果も重要であるが、後述するようにスピルオーバーの多くは(被引用件数の約 4 分の 3)は異なる産業間である。このような企業間の研究開発活動の知識スピルオーバーは、吸収企業と源泉企業の研究開発の内容に依存し、また両者の技術面や市場での距離にも依存する。知識の組織間のスピルオーバーについて先行研究は多数あるが(先駆的な研究のコレクションは Jaffe and Trajtenberg (2002))、本研究は、(1)基礎研究と吸収能力との関係、及び基礎研究と専有可能性を分析していること、(2)企業間の技術スピルオーバーを特許出願明細書中の引用を含めた発明者引用で包括的に把握している点、また、(3)企業間の距離あるいは類似性の把握において、市場や研究開発分野の企業間の類似性に加え、研究者の専門分野の重なりの影響も分析している点で新しい。

具体的には、企業の基礎研究とスピルオーバーについては、第一に、活用企業の基礎研究への投資が企業の吸収能力に与える影響を、スピルオーバーのスピードと範囲(ラグの短縮や異業種からのスピルオーバー)への影響によって分析する(先行研究として Cohen and. Levinthal (1989)、Cockburn and Henderson (1998)を参照)。第二に、源泉企業の基礎研究の専有可能性を分析する。基礎研究への投資からのスピルオーバーが専有可能性と比較して大きい傾向にあるかどうかを、前者を発明者引用、後者を審査官引用によって把握し、応用開発研究への投資からのスピルオーバーとの差分で分析する。基本的なアイデアは、基礎研究集約的な研究成果が後続の発明者によって引用されるが、審査官によって引用されない場合、後続発明を促すことはあっても、ライセンスなどの機会は少ないことを示唆している。

企業間の類似性とスピルオーバーの関係については、専門分野の類似性の効果を分析する。スピルオーバーの程度は、公開された先行技術を活用するインセンティブとともに、活用機会を発見する能力にも依存すると考えられる。後者の能力の重要性を、企業間の市場や研究開発分野の類似性の影響をコントロールした上で、研究者の専門分野の類似性の影響を分析することによって明らかにすることを試みる。

本研究では、このような課題の分析のために、日本企業間の技術スピルオーバーを、企業間ペアのパネルデータで分析する。企業が行っている研究開発の内容(活用企業における基礎研究と源泉企業における基礎研究の両者)を把握できるデータを活用し、また企業間の距離あるいは類似性を計測する上で、市場、研究開発の分野に加えて、人材の専門分野のデータも活用する。また、スピルオーバーの計測に発明者引用を利用する。本稿で利用する発明者引用は、発明者が特許出願書類において、従来技術を説明するために引用した文献群と、当該発明を説明する上での関連技術として引用した特許文献群の中で、日本国特許庁に出願された先行特許出願全体である [18]。本研究で

[18] 日本では従来は先行技術の開示義務はなかったが、2002 年の特許法改正により先行技術文献情報開

は 2001 年以降から 2016 年までの優先権主張年の特許出願を対象とした分析を行う。

スピルオーバーを引用フローにかかる以下の二つの尺度で計測する。ある企業の公開された出願が、後続の特許出願の優先権主張年ごとに、他企業のすべての公開された出願中に引用さている頻度(以下 spillover)であり、もう一つは引用する発明の新しさであり、被引用特許出願と引用特許出願の間の優先権主張年の差である(以下、lag、年単位)。ある企業が、複数の出願年にわたって他企業の特定の特許出願を引用している場合には、その最短ラグを採用している。他社技術の活用にも先行者優位性があり、早い段階のスピルオーバーはその受け手により高い価値をもたらすと考えられる。これら 2 つの指標によって、スピルオーバーの規模と早さの両方を把握することができる。いずれの尺度も技術の源泉企業とその活用企業の間の、企業間のペア毎の変数であり、引用が生じた年(優先権主張年)と組み合わせたパネルデータとなっている。引用があったペアのみを分析対象としている。

以下の表 5.1a は、構築した企業サンプル全体における(推計サンプルよりは広い)、2010 年における、引用ペアの頻度を示している(同一企業内の引用は除いている)。引用があったペアのみを集計の対象としている。同一産業内の引用ペア数は 14%程度であり、ペア数ではスピルオーバーは異なった産業間の方が圧倒的に重要であることを示唆している。引用の頻度(企業ペアあたり平均値)は同一産業内が異産業間の約 2 倍であるが、引用総数ではやはり異産業間が約 4 分の 3 方を占める。引用件数の中央値は同一産業で 2 件とその平均値 10 件と比較して非常に小さく、企業ペアレベルでも被引用件数は右側に裾野が大きい分布で、比較的少数の引用企業に集中している。引用ラグの中央値は同一産業内で 5 年であり、平均は 7.1 年とやはり右側に裾野が大きい分布である。ただし、引用のピークは、公開年である 2 年目である。引用ラグは予想されるように同一産業内の方が短い。

表 5.1a　企業間スピルオーバー(発明者引用)の件数、ラグと企業ペア数(2010)

	発明者引用件数/ペア, 平均値	発明者引用件数/ペア，中央値	引用ラグ/ペア,平均値	引用ラグ/ペア,中央値	企業間引用ペア数	
異産業間	4.9	1	7.5	6	14,441	86%
同一産業	10.1	2	7.1	5	2,413	14%
					16,854	

注)　引用があったペアのみを集計と推計の対象。同一企業内の引用は除く。以下同様。

次の表 5.1 b は、データの検証と比較のために、審査官引用で同様のデータを示して

示制度が導入され、2002 年 9 月 1 日以降に出願された特許について、出願時に添付する明細書に先行技術文献情報を開示することが出願人の義務となった。

いる。発明者引用と比較して、企業ペアあたりの引用数は 2 倍ぐらいであり、他方で引用ペアの数は半分強であり、審査官引用の方が集中している。審査官引用はもっぱら当該発明の進歩性あるいは新規性を評価するための先行技術を引用していると考えられるが、発明者引用の場合は、こうした先行技術のみならず、発明とその実施に関連した技術を広く引用していることが、こうした差の原因であると考えられる。審査官引用でも、異業種間スピルオーバーが約 4 分の 3 である。

表 5.1b　審査官引用の件数、ラグと企業ペア数(2010)

	審査官引用件数/ペア, 平均値	審査官引用件数/ペア, 中央値	引用ラグ/ペア,平均値	引用ラグ/ペア,中央値	企業間引用ペア数	
異産業間	10.8	3	5.9	4	7,604	83%
同一産業	21.2	4	4.9	3	1,596	17%
					9,200	

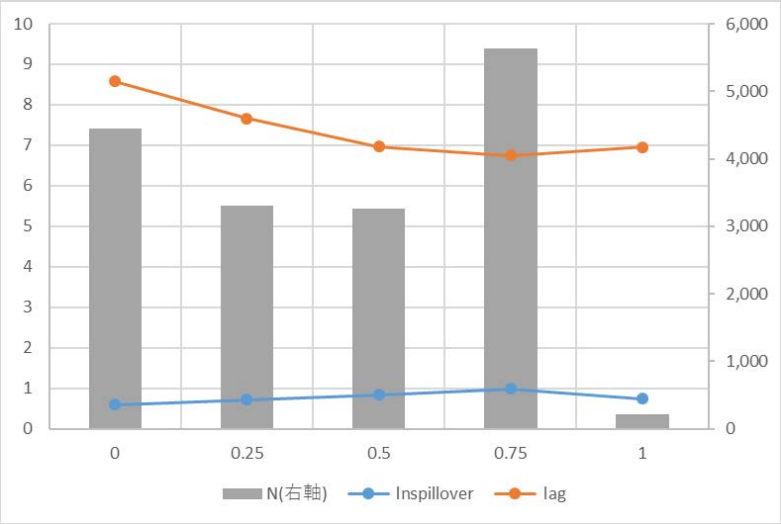
本研究では、企業間の類似性を、人材の専門分野の重なり度合い(td)、研究開発分野の重なりの度合い(td_area)、そして市場分野の重なりの度合い (md)で計測する。販売先市場での重なりが大きい企業間では、保有している発明を商業化する上での補完的資産が類似しており、この点においては、互いの発明を活用した研究開発の成果を商業化することで得られる期待利益も大きく、研究開発への技術スピルオーバーは大きいと予想される。ただし競争が激化する負の側面も予想される。また、人材の専門分野の重なりが大きい企業間では、当該発明を理解し研究開発に生かす能力が相互に高くこれも企業間スピルオーバーを拡大する。市場の重なり具合はスピルオーバーへの需要サイドの効果として重要であり、後者は供給サイドの効果として重要である。研究開発分野の重なりの度合い(td_area)は、両者の中間的な性格を持っていると考えられる。

企業間の類似性とスピルオーバーとの関係を示したのが以下の図 5.1 である。以下の図では、三つの類似性毎に、類似性の大きさを横軸として、企業数の分布(縦軸)とスピルオーバーの頻度(対数値)及びラグを示している。発明者間の技術スピルオーバーが引用として起きた時点が 2010 年のデータである。スピルオーバーの頻度は類似性が高まると上昇し、そのラグは減少する傾向があるが、類似性が高い領域では逆の傾向があることも観察される。このような傾向は審査官引用でも成立するので、市場や研究開発での補完的な資産が近い企業では研究開発を差別化する選択を行っている可能性も示唆している。

研究開発分野と市場距離では、引用関係がある企業間のペアのそれぞれ 7 割、8 割で類似性が 0 となっている。類似性の間には正の相関はあるものの、それぞれかなり独自の変動がある。このため、以下の示すように、三つの指標のそれぞれがスピルオーバーに与える影響を別々に評価することができる。

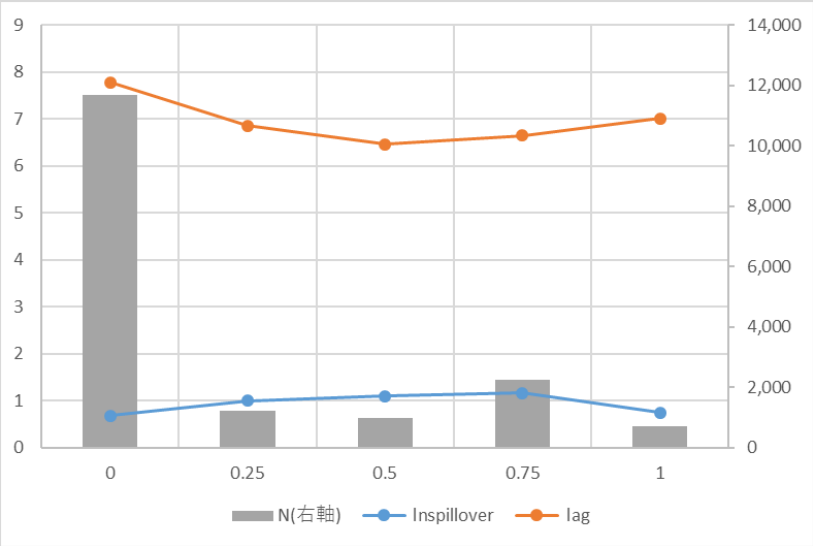
図 5.1　　企業間の類似性とスピルオーバー

(1) 人材の専門分野の類似性とスピルオーバー(頻度の対数値とラグ)

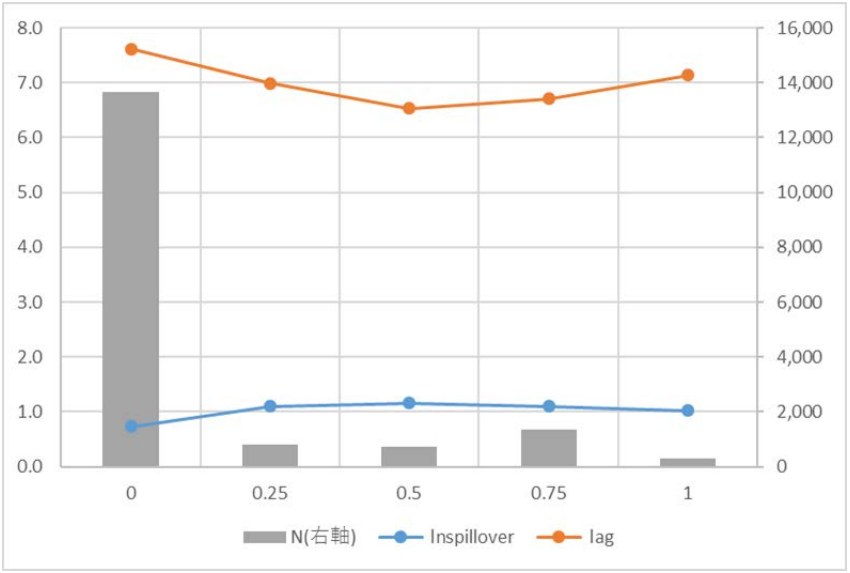


注)　推計サンプル。引用があったペアのみを集計と推計の対象としている。以下同様。

(2) 研究開発分野の類似性とスピルオーバー(頻度の対数値とラグ)



(3) 市場分野の類似性とスピルオーバー(頻度の対数値とラグ)



5.2　検証する仮説

活用企業の基礎研究とスピルオーバーの範囲

研究開発規模が大きいと、当該企業の発明の数も多様性も高まると考えられるので、スピルオーバーを受ける頻度は高まり、開始時期も早くなると考えられる。売上規模の拡大も発明の出願性向を高めるので、同様の効果がある。これらをコントロールして、基礎研究では、産業を超えて知識を求め、また研究開発の源流から他社の技術を把握する必要性が高まると考えられる。このため、基礎研究の比重が高まることが、異産業からのスピルオーバーを拡大し、開始時期を早くすると予想される。博士号を保有している研究者の割合の拡大は、外部の技術知識の吸収能力を高め、基礎研究シェアの拡大と同様の効果が期待される。

仮説 1　活用企業の研究開発における基礎研究の割合の上昇は、産業を超えて先端的な発明を認識する早期に認識する必要性を高め、異産業からのスピルオーバーを拡大し、その開始時期を早くする。研究者における博士号研究者の高まりも、吸収能力の強化によって同様の効果が期待される。

源泉企業の基礎研究のスピルオーバーと専有可能性

応用開発研究ストックの大きい源泉企業は多様な発明を公開しており、スピルオーバーの頻度は高く、またスピルオーバーも早く始まる。これをコントロールして、基礎研究を源泉とする研究開発の成果は、潜在的な用途が広く((Nelson (1959))、他産業を含めて幅広く利用されると考えられる。他方で基礎的な研究成果の活用には補完的な技術の開発が重要であり、他社による活用開始には、時間がかかる可能性もある。

仮説 2a　応用研究開発ストックをコントロールして、基礎研究を源泉とする研究開発

成果は異なる産業の発明者にも活用されるが、スピルオーバーには時間がかかる可能性がある。

基礎研究への投資からのスピルオーバーが専有可能性と比較して大きいかどうかを分析する。基礎研究集約的な研究成果が後続の発明者によって引用されるが、審査官によって引用されない場合、後続発明を促すことはあっても、ライセンスなどの機会は少ないことを示唆している。発明者引用によってスピルオーバーを把握し、専有可能性を審査官引用によって把握し、応用開発研究投資からのスピルオーバーとの差分で分析する。審査官引用と発明者引用の差を識別に使った先行研究として、Thompson (2006)のスピルオーバーの地域性についての研究がある。なお、発明者は、他社の発明を当該発明の先行技術として引用するだけではなく、発明の獲得過程(例えば測定方法)や利用過程(組み合わせる技術)で関連する発明も記載しており、スピルオーバーをより広く把握している。

仮説 2b　基礎研究の研究成果の保護が応用開発研究と比較して困難である場合、応用開発研究の成果を審査官が引用する頻度が発明者による引用頻度より、基礎研究の場合と比較して高い。

企業間の類似性とスピルオーバー

発明を、当初の市場や研究分野とは異なる領域でも発展させる可能性があることも少なくない。このため、企業の市場分野や研究開発分野の重なりをコントロールしても、企業の研究者の専門分野の重なりが大きいと、源泉企業の新しい発明を活用企業が認識する可能性が高まると考えられる。発明者の専門能力の重なりが高いと、研究の基盤となる知識、学会等も共通しているために、新しい発明を認識し、研究開発に生かす可能性が高まるからである。また、活用企業には市場での差別化を行いたい誘因もあり、市場や研究開発分野での類似性が高い企業とは研究開発の内容で差別化を行いたいという誘因も重要となる可能性がある。

仮説 3　活用企業と源泉企業の間の市場や研究開発分野の重なりをコントロールしても、研究者の専門分野の重なり大きいと、企業間のスピルオーバーは高まる。また、市場や研究開発分野の重なりが非常に高まると、研究開発の内容で差別化する誘因が強くなり、スピルオーバーは減少する可能性がある。

5.3　推計モデル

被説明変数は技術スピルオーバーであり、活用企業(i)のプライオリティー年 t の特許群(citing_patents)による他企業(企業 j)の過去公開されている特許すべての引用件数の対数(lnspillover)、及びそのラグの最小値(lag_m)を利用する。

技術スピルオーバーの活用企業については、研究開発の水準とその構成として、各企業の研究開発全体の水準(lnrd_r)と基礎研究の割合(basic_flow_ratio)を用いる。また研究能力の変数として、研究者に占める博士号取得者の割合(phd_ratio)を利用する。我々は特許出願データでスピルオーバーを把握しており、特許化性向をコントロールする

ために、売上(lnsales)をコントロールする。活用企業の産業の研究開発機会や需要の変動によって、スピルオーバーも変動し同時に研究開発の水準も変動する内生性があり得る。このため、産業×引用年のダミーで各産業のこのような内生性を産業レベルでコントロールする。

また、知識の源泉企業については、研究開発の成果は過去の研究開発ストックを反映しているとし、また、乗数的に成果が生まれていると想定して、応用研究開発研究ストックの対数(ln1applieddevelop_stock)と基礎研究ストックの対数(ln1basic_stock)を利用する。特許を出願してから公開まで 18 ヶ月が必要であり、公開されてから他の企業はその成果を認識し研究開発に反映し特許出願をするので、3 年のラグを設けている。すなわち、活用する側の企業の研究開発と源泉となる企業の研究開発ストックには 3 年のラグがあるとした。

企業間の類似性は、販売市場の重なりの度合い (md)、研究開発分野の重なりの度合い(td_area)、そして人材の専門分野の重なり度合い(td)で計測する。技術分野、市場が異なった企業の間も、重要な技術スピルオーバーは存在することを勘案して、「マハラノビスの距離」を使って企業間の類似性を計測したが、分析の結果は、「ジャフェーの距離」を使った場合と類似していており、以下では後者による結果を報告する。企業間の距離、あるいは類似性も、源泉企業の研究開発と同じく、3 年前の研究者の専門分野、研究開発分野及び売上の企業データから構築したパネルデータである。3 年前の類似性が研究開発に反映され特許出願がされると想定している。

活用企業×源泉企業の固定効果によって、活用企業、源泉企業、両者の距離それぞれにおける計測されていない異質性をコントロールする。したがって、活用企業、源泉企業、両者の距離の経年的な変動のみを利用した推計を基本推計とする。ただ、特に距離の変数については、経年的な変動が小さいので、変動効果推計の結果も利用する。固定効果推計は、説明変数の変動におけるノイズの比重を高める傾向があり、このため説明変数の変動の効果の過小評価につながる危険性がある。なお、基礎研究からのスピルオーバーは特に固定効果分析で過小評価される危険性があることは第 3 節で述べた通りである。基礎研究自体が一定でその成功率の変動が応用開発研究の内生的な変動をもたらしている場合に、経時的な変動のみを用いる固定効果推計の場合は、応用開発研究の効果として、把握されてしまう。

推計式は以下の如くとなる。推計方法は OLS (源泉企業と活用企業のペアの固定効果あるいは変動効果)である。

$$\begin{aligned}\mathrm{lnspillover}_{i,\ j}\ \left(\mathrm{or\ \ lag_m}_{i,\ j}\right) &= \beta_1 + \beta_2 \mathrm{lnrd}_i + \beta_3 \mathrm{basic_flow_ratio}_i + \beta_4 \mathrm{phd_ratio}_i + \beta_5\ \mathrm{lnsales}_i \\ &+ \beta_6 \mathrm{ln1applieddevelop}_{\mathrm{stock,\ j}} + \beta_7\ \mathrm{ln1basic}_{\mathrm{stock,\ j}} + \beta_8 td_{i,\ j} \\ &+ \beta_9 td_area_{i,\ j} + \beta_{10} md_{i,\ j} + (\mathrm{industry\ \ by\ \ year\ \ dummies}) + \alpha_{i,\ j}\end{aligned}$$

推計期間は 2001 年から 2016 年である。サンプル全体、産業内スピルオーバー及び産業間スピルオーバーに分けて計測する。

5.4 推計結果

以下では、全産業のスピルオーバーを表 5.2a、同一産業内のスピルオーバーと異産業間のスピルオーバーを表 5.2b が示す。変数名の最後に”ing”があるのは、活用企業の変数である (上から 4 変数)。表 5.2a が示すように、活用企業の変数の係数では、固定効果推計と変動効果推計の結果かなり近い。固定効果分析によると、研究開発の水準及び売上の水準が高い方が、スピルオーバーの頻度が大きく、その開始時期を早くなることが確認できる。特許出願件数とその多様性が拡大することの効果だと考えられる。これをコントロールして、研究開発の内容において基礎研究の割合(basic_flow_ratio)が高まると、スピルオーバーの頻度には有意な影響は無いが、開始時期は早くなる(表 5.2a モデル)。その効果は、異産業からのスピルオーバーで高度に有意である(表 5.2b モデル(3)対モデル(7))。他方で、博士号取得者の割合の増大はスピルオーバーの頻度を有意に拡大するが、ラグには有意な効果は無い。有意性は弱いが、その効果は異産業からのスピルオーバーでより大きい。基礎研究への投資が異産業からの技術の早期吸収にも重要であること、また博士人材の拡大は異産業からの技術の吸収を高めることを示唆する結果であり、仮説 1 を部分的に支持する結果である。

源泉企業について、応用開発研究ストックについては固定効果推計と変動効果推計の結果は比較的近く、応用開発研究ストックの拡大は、スピルオーバーの大きさを有意に高め、開始時期を有意に早くする。基礎研究ストックの拡大は、スピルオーバーの頻度を有意に高めるが、スピルオーバーの開始時期へは有意な効果は無い(表 5.2a のモデル(1)と(3))。固定効果の推計では基礎研究ストックの係数はかなり小さくなり、前述した、過小評価バイアスに留意する必要がある。表 5.2b によれば、基礎研究ストックの拡大は、異産業へのスピルオーバーのみ有意に高める結果となっているが、有意性は弱い(モデル(1)対モデル(5))。これに対して、応用経済発研究では同一産業内へのスピルオーバーが相対的に高い。したがって、仮説 2a が弱く支持される。

表 5.3 は、審査官引用を被説明変数とした推計結果を示している。表 5.2a と比較すると、サンプル数は少なく有意性は低いが、全体として整合的な結果である。有意性が高い変動効果推計を利用して、発明者引用と審査官引用を比較すると、応用開発研究の成果を審査官が引用する頻度は、発明者引用の場合と比較して大きく(0.177> 0.122)、差は有意である。他方で、基礎研究集約的な企業の特許を審査官が引用する頻度は、発明者引用の場合とほぼ同様である(0.0187＜0.0194)。したがって、応用開発研究と比較する基礎研究の方が、審査官引用の頻度が小さく、スピルオーバーをコントロールしにくいことを示唆しており、仮説 2b と整合的である。

企業間の類似性については、変動効果推計では、三つの類似性の尺度がすべて高度に有意であり、企業間の市場の類似性及び研究開発分野の類似性をコントロールしても専門分野における類似性はスピルオーバーを有意に拡大し、またそのスピードを高める。また、専門分野の類似性は市場の類似性に次いで大きい係数を持っている。固定効果分析においても、専門分野の類似性は市場分野の類似性とともに、スピルオーバーの頻度では高度に有意である。

また、表 5.2a のモデル(5)から(8)によって、企業間の類似性の二次項の推計結果を見ると、変動効果推計(モデル(6))では市場の類似性、研究開発分野の類似性については有意に二次項が負である。固定効果推計(モデル(7))でも研究開発分野の類似性につい

ては有意に二次項が負である。スピルオーバーは市場と研究開発分野の類似性に対して逆 U 字型であり、市場あるいは研究開発分野の類似性が高まると当初はスピルオーバーが高まるが、一定規模を超えると研究開発の差別化への誘因が高まる可能性を示唆している。他方で専門分野の類似性についてはそのような効果はなく、二次項はプラスであり、類似性が強くなればなるほどスピルオーバーは拡大する。最後の知見から、我々の専門分野での類似性の指標は、市場あるいは研究開発分野の類似性をコントロールした上では、競合状態を反映していないことも確認される。

同一産業内と異産業間を比較すると、異産業間では、市場の類似性が固定効果分析でスピルオーバーの頻度とスピードで有意であり、同一産業内では専門分野の類似性が有意である。このような差は、同一産業内では企業間の補完的な資産は類似しており、市場あるいは研究開発分野の類似性が高まると研究開発の差別化への誘因が高まる可能性を示唆しているが、今後の検討が必要である。

表 5.2a　推計結果(企業間の技術スピルオーバー、2001-2016)

	whole industries							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
VARIABLES	lnspillover		lag		lnspillover		lag	
	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
lnrd_r_ing	0.0590***	0.0916***	-0.148**	-0.279***	0.0592***	0.0904***	-0.150**	-0.276***
	(0.00854)	(0.00245)	(0.0613)	(0.0185)	(0.00854)	(0.00245)	(0.0614)	(0.0185)
basic_flow_ratio_ing	0.0139	0.0495**	-0.591**	0.105	0.0115	0.0448**	-0.585**	0.122
	(0.0370)	(0.0223)	(0.266)	(0.162)	(0.0370)	(0.0223)	(0.266)	(0.162)
phd_ratio_ing	0.134***	0.0468**	-0.0595	0.369**	0.128***	0.0246	-0.0425	0.422**
	(0.0469)	(0.0239)	(0.337)	(0.174)	(0.0469)	(0.0239)	(0.337)	(0.174)
lnsales_ing	0.119***	0.0699***	-0.154**	-0.209***	0.120***	0.0713***	-0.154**	-0.207***
	(0.0105)	(0.00290)	(0.0753)	(0.0219)	(0.0105)	(0.00289)	(0.0753)	(0.0219)
ln1applieddevelop_stock	0.136***	0.122***	-0.379***	-0.0847***	0.136***	0.122***	-0.377***	-0.0808***
	(0.00930)	(0.00171)	(0.0668)	(0.0130)	(0.00930)	(0.00170)	(0.0668)	(0.0130)
ln1basic_stock	0.00768**	0.0194***	-0.0237	0.00531	0.00747**	0.0186***	-0.0231	0.00783
	(0.00301)	(0.000760)	(0.0216)	(0.00582)	(0.00301)	(0.000758)	(0.0216)	(0.00582)
td_j	0.0457***	0.226***	-0.105	-0.803***	0.0564	0.123***	-0.397	-1.848***
	(0.0141)	(0.00767)	(0.101)	(0.0561)	(0.0509)	(0.0292)	(0.366)	(0.212)
td_j_sq					-0.0124	0.0890***	0.288	1.048***
					(0.0469)	(0.0275)	(0.337)	(0.200)
td_j_area	0.00540	0.180***	-0.00957	-0.611***	0.216***	0.741***	-0.659*	-2.032***
	(0.0137)	(0.00756)	(0.0986)	(0.0553)	(0.0470)	(0.0284)	(0.338)	(0.207)
td_j_area_sq					-0.223***	-0.615***	0.690**	1.532***
					(0.0474)	(0.0296)	(0.341)	(0.215)
md_j	0.0433**	0.348***	-0.203	-0.918***	0.0819	0.592***	-0.699*	-1.232***
	(0.0182)	(0.00881)	(0.131)	(0.0653)	(0.0514)	(0.0318)	(0.369)	(0.232)
md_j_sq					-0.0455	-0.262***	0.585	0.303
					(0.0566)	(0.0341)	(0.407)	(0.250)
Observations	182,683	182,683	182,297	182,297	182,683	182,683	182,297	182,297
Number of citing_cited_id	70,995	70,995	70,874	70,874	70,995	70,995	70,874	70,874
Within R-squared	0.0938	0.0753	0.0766	0.0705	0.0940	0.0746	0.0766	0.0705
Between R-squared	0.0324	0.156	0.00245	0.0628	0.0334	0.161	0.00258	0.0638
Overall R-squared	0.0663	0.236	0.0107	0.0859	0.0677	0.240	0.0109	0.0871
Standard errors in parentheses								
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1								

注)活用企業の産業×スピルオーバー年のダミー及び企業間ペアの固定効果を含む。

表 5.2b　推計結果(産業内と産業間の企業間スピルオーバー、2001-2016)

	within an industry				across industries			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
VARIABLES	lnspillover		lag		lnspillover		lag	
	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
lnrd_r_ing	0.0413	0.117***	-0.235	-0.379***	0.0606***	0.0844***	-0.110	-0.261***
	(0.0274)	(0.00959)	(0.191)	(0.0599)	(0.00947)	(0.00273)	(0.0682)	(0.0194)
basic_flow_ratio_ing	-0.00574	-0.105	1.175	0.721*	0.0301	0.0555**	-0.951***	-0.00169
	(0.123)	(0.0679)	(0.862)	(0.428)	(0.0409)	(0.0246)	(0.294)	(0.172)
phd_ratio_ing	0.281*	-0.274***	-1.775	0.362	0.113**	0.0759***	0.117	0.429**
	(0.166)	(0.0777)	(1.154)	(0.489)	(0.0502)	(0.0261)	(0.361)	(0.183)
lnsales_ing	0.161***	0.124***	0.344	-0.175**	0.108***	0.0654***	-0.168**	-0.214***
	(0.0363)	(0.0113)	(0.253)	(0.0707)	(0.0114)	(0.00322)	(0.0823)	(0.0228)
ln1applieddevelop_stock	0.162***	0.179***	-0.307	-0.263***	0.134***	0.114***	-0.369***	-0.0596***
	(0.0293)	(0.00517)	(0.204)	(0.0319)	(0.0104)	(0.00191)	(0.0749)	(0.0136)
ln1basic_stock	0.00622	0.0191***	-0.00791	0.0285**	0.00709**	0.0189***	-0.0198	-0.00315
	(0.00967)	(0.00233)	(0.0674)	(0.0144)	(0.00333)	(0.000853)	(0.0240)	(0.00608)
td_j	0.183***	0.129***	-0.725***	-0.216	0.0280*	0.262***	-0.0397	-0.971***
	(0.0394)	(0.0232)	(0.275)	(0.147)	(0.0162)	(0.00860)	(0.117)	(0.0603)
td_j_area	-0.0342	0.0896***	0.372	-0.416***	0.0202	0.240***	-0.0629	-0.739***
	(0.0420)	(0.0201)	(0.292)	(0.126)	(0.0156)	(0.00880)	(0.112)	(0.0616)
md_j	0.0351	0.298***	-0.136	-1.102***	0.0528**	0.552***	-0.278*	-1.311***
	(0.0420)	(0.0201)	(0.293)	(0.126)	(0.0229)	(0.0106)	(0.165)	(0.0746)
Observations	25,829	25,829	25,750	25,750	159,036	159,036	158,729	158,729
Number of citing_cited_id	13,459	13,459	13,412	13,412	65,807	65,807	65,697	65,697
Within R-squared	0.201	0.175	0.0954	0.0806	0.0896	0.0685	0.0780	0.0710
Between R-squared	0.0272	0.246	0.00740	0.0896	0.0488	0.175	0.00533	0.0725
Overall R-squared	0.0377	0.304	0.00593	0.106	0.103	0.236	0.0222	0.0922
Standard errors in parentheses								
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1								

注)活用企業の産業×スピルオーバー年のダミー及び企業間ペアの固定効果を含む。

表 5.3　審査官引用による推計結果

	(1)	(2)	(3)	(4)
VARIABLES	lnspillover		lag	
	FE	RE	FE	RE
lnrd_r_ing	0.0985***	0.100***	-0.109*	-0.289***
	(0.0102)	(0.00412)	(0.0642)	(0.0226)
basic_flow_ratio_ing	-0.00862	-0.0977***	-0.136	0.281
	(0.0455)	(0.0333)	(0.287)	(0.190)
phd_ratio_ing	0.0706	-0.0280	0.155	0.320
	(0.0541)	(0.0359)	(0.341)	(0.203)
lnsales_ing	0.174***	0.110***	-0.230***	-0.254***
	(0.0124)	(0.00486)	(0.0783)	(0.0267)
ln1applieddevelop_stock	0.149***	0.177***	-0.519***	-0.228***
	(0.0114)	(0.00296)	(0.0717)	(0.0162)
ln1basic_stock	0.00624*	0.0187***	-0.0330	-0.0150**
	(0.00361)	(0.00127)	(0.0228)	(0.00693)
td_j	-0.00645	0.299***	-0.167	-0.892***
	(0.0174)	(0.0119)	(0.110)	(0.0672)
td_j_area	-0.00982	0.219***	-0.0776	-0.690***
	(0.0158)	(0.0108)	(0.0998)	(0.0612)
md_j	0.0723***	0.420***	-0.0483	-0.992***
	(0.0210)	(0.0129)	(0.132)	(0.0721)
Observations	114,635	114,635	114,507	114,507
Number of citing_cited_id	38,647	38,647	38,599	38,599
Within R-squared	0.263	0.248	0.130	0.123
Between R-squared	0.0743	0.201	0.00483	0.0752
Overall R-squared	0.144	0.290	0.0211	0.117
Standard errors in parentheses				
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				

注)活用企業の産業×スピルオーバー年のダミーを含む推計。

表 5.4　記述統計

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.
lnspillover	182,683	.8527752	1.084967
lnspillover_ex	114,635	1.45854	1.287742
lag_m	182,297	7.451735	5.964361
lag_m_ex	114,507	5.01344	5.223587
lnrd_r_ing	182,683	9.295589	1.807298
basic_flow_ratio_ing	182,683	.0683788	.0991439
phd_ratio_ing	182,683	.0705964	.092374
lnsales_ing	182,683	12.58458	1.532834
ln1applieddevelop_st	182,683	10.84168	2.0535
ln1basic_stock	182,683	5.919186	4.45786
td_j	182,683	.5635156	.320364
td_j_sq	182,683	.4201824	.3449257
td_j_area	182,683	.2765028	.3718049
td_j_area_sq	182,683	.214692	.3535528
md_j	182,683	.1853075	.3259007
md_j_sq	182,683	.1405496	.2999154

注)表 5.2ab と表 5.3 の推計サンプルの記述統計。

6. 研究開発のスピルオーバーストックと研究開発パフォーマンス

6.1 スピルオーバー・プール

本稿では、他社からのスピルオーバーを考慮するため、Bloom, Schankerman and Van Reenen (2013)を参考に、スピルオーバー・プールを計算する。まず、各企業が持つ技術ベクトル T を以下のように定める。

$$T_i = \left[T_{i1}, T_{i2}, ..., T_{iK}\right]$$

ここで、例えば、T_{ik} はある年に企業 i に所属する研究分野 k の研究者シェアである。

次に、T を次のように正規化する。

$$\tilde{T} = \left[\frac{T_1'}{\left(T_1 T_1'\right)^{1/2}}, \frac{T_2'}{\left(T_2 T_2'\right)^{1/2}}, ..., \frac{T_N'}{\left(T_N T_N'\right)^{1/2}}\right]$$

$\tilde{T}\tilde{T}'$ は、Jaffe (1986)で提起されたスピルオーバー・プールであり、技術分野間で中心化されない相関係数（uncentered correlation measure）を示す。

ここで、T の i 番目の行を $T_{(:,i)}$ とし、以下の行列を定義する。

$$\tilde{X} = \left[\frac{T_{(:,1)}'}{\left(T_{(:,1)} T_{(:,1)}'\right)^{1/2}}, \frac{T_{(:,2)}'}{\left(T_{(:,2)} T_{(:,2)}'\right)^{1/2}}, ..., \frac{T_{(:,N)}'}{\left(T_{(:,N)} T_{(:,N)}'\right)^{1/2}}\right]$$

この行列を用いて、$\Omega = \tilde{X}\tilde{X}'$ とし、マハラノビス距離による技術的近接度（Mahalanobis normed technology closeness） $M = \tilde{T}'\Omega\tilde{T}$ をもとめる。ここで、企業 i と企業 j のマハラノビス距離による技術的近接度 は、0 から 1 の値をとる。企業 i と企業 j の技術的近接度が低いほど 0 に近づき、高いほど 1 に近づく。技術的近接度 M をウェイトとして、企業 j の研究開発費ストック $R_j\ (j \neq i)$（計算方法は後述する。）の加重和をとり、これを企業 i が利用できるスピルオーバー・プール S_i と定義する。すなわち、

$$S_i = \sum_{j \neq i} M_{ij} R_j$$

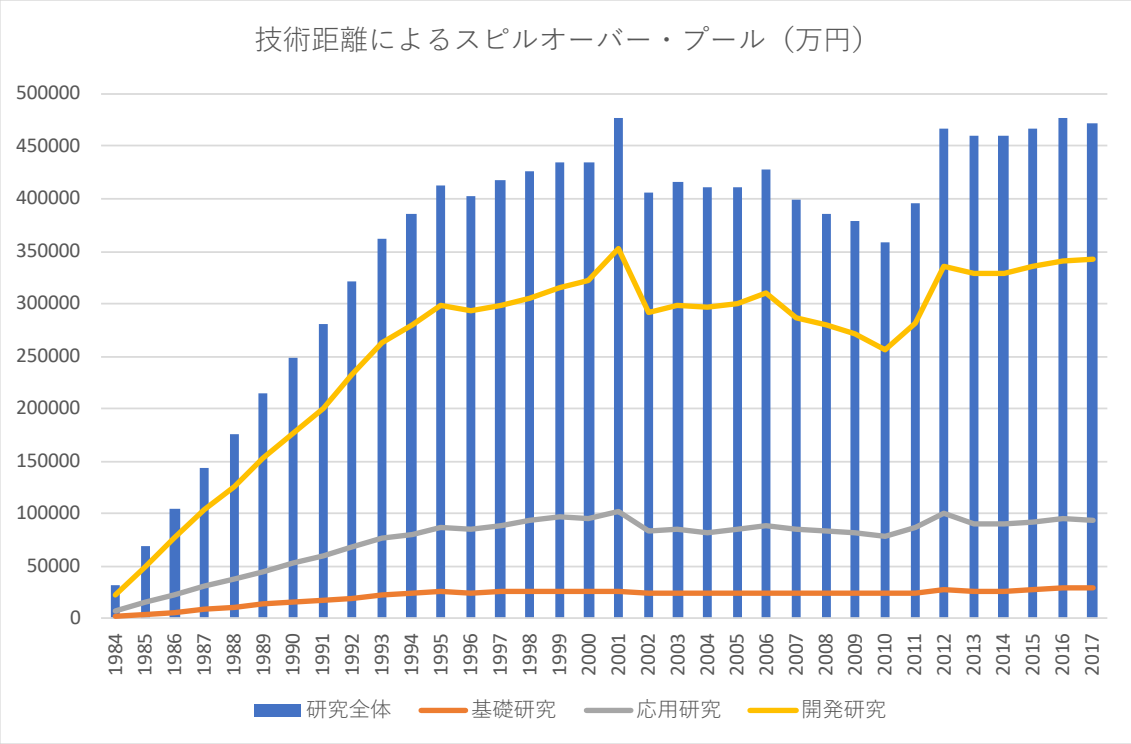
である。これを各年について行い、企業 i のスピルオーバー・プール S_{it} を算出する。

本稿では、2 種類の技術ベクトル T を定義する。1 つは、科調で調査が行われている研究分野ごとの研究者数の情報を用いる方法、もう 1 つは企活で調査が行われている製品分野別の売上高の情報を用いる方法である。研究分野ごとの研究者数は技術で測った企業間の距離、製品分野別売上高はビジネスで測った企業間の距離と言える。また、マハラノビス距離による近接度をウェイトとして集計するのは、社内使用研究費総額、基礎研究費、応用研究費、開発研究費とする。科調では社内使用研究費の内訳として研究性格別に、基礎研究費、応用研究費、開発研究費を調査している。これら

の情報を用いることで、技術とビジネスの各側面から、他社の研究成果全般、基礎研究の成果、応用研究の成果、開発研究の成果を定量的に測ることができる。

科調で調査が行われている研究分野別の研究者数の情報を活用して測定した技術距離をウェイトとして研究費ストックを集計し、各企業のスピルオーバー・プールを算出した結果が以下の通りである。各調査年で算出される企業レベルのスピルオーバー・プールの中央値の推移を示したのが図 6.1 である。2017 年調査では、研究活動全体のスピルオーバー・プールは 47 兆 2291 億円であり、性格別にみると基礎研究が 3 兆 25 億円、応用研究が 9 兆 4490 億円、開発研究が 34 兆 2197 億円となっている。

図 6.1　技術距離によるスピルオーバー・プール



6.2　ストック変数

科調で利用できる研究費や大学等公的研究機関への外部支出研究費、を以下のように恒久棚卸法を用いてストックとする。

$$R_{ijt} = (1-\delta)E_{ijt-1} + E_{ijt}$$

ただし、E_{ijt} は企業 i が t 年に支出した性格 j（社内使用研究費計、基礎研究、応用研究、開発研究）の研究費とする。また δ は陳腐化率を示す。本研究では、15%を陳腐化率とした。また、同様の手法と陳腐化率を用いて、大学等公的研究機関に支出した研究費についてもストック化した。

6.3 推計モデル

(1)性格別研究費と特許に関する推計

基礎研究や応用研究、開発研究、特許件数、被引用件数の決定要因を分析するため、知識生産関数を参考に以下のような推計モデルを考える。

$$E_{ijt} = \alpha R_{ijt-1} + \beta S_{ijt} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it}$$

ただし、E は基礎研究費、応用研究費、開発研究費、特許出願件数、特許の被引用件数を示し、R は研究費ストック、S は技術距離や市場距離で測ったスピルオーバー・プールを示す。また、X はコントロール変数を示す。本稿ではコントロール変数として、海外売上比率、負債比率、大学等公的研究機関への支出研究費、非特許文献数、博士研究者割合、非特許文献数と博士研究者割合の交差項を考える。推計の際には、パネルデータ分析の手法である固定効果モデルと変量効果モデルを推計し、ハウスマン検定を行うことでどちらのモデルが採択されるかをテストする。

(2)企業価値等に関する推計

スピルオーバー・プールがビジネスパフォーマンスであるトービンの Q に与える影響を分析するため、企業価値関数を参考に以下のモデルを考える。

$$Q_{it} = \alpha R_{ijt} + \beta K_{it} + \gamma S_{ijt} + \phi X_{it} + \varepsilon_{it}$$

ただし、Q_{it} は t 年における企業 i のトービンの Q、K_{it} は有形固定資産を示す。上記の推計と同様に、パネルデータ分析の手法である固定効果モデルと変量効果モデルの両方を推計し、ハウスマン検定を行うことでどちらのモデルが採択されるかをテストする。

6.4 推計結果

本稿では、科調の調査票情報と企活の調査票情報、出願人と出願年（優先権主張日がある場合はその年）で整理した IIP パテントデータベースを接合して、企業レベル、年レベルのパネルデータを作成し、分析に用いる。コントロール変数として用いる博士研究者割合が算出できるのが科調の 2002 年調査以降であることから、分析対象期間は 2001 実績年から 2016 年である。推計で用いる被説明変数及び説明変数の基本統計量をまとめたのが、表 6.1 である。トービンの q は、株価を捕捉できる上場企業に限って計算が可能であることから、サンプル数が少なくなっている。

表 6.1　基本統計量

変数	単位	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
基礎研究費	万円	26,191	33307.35	203080.5	0	5645682
応用研究費	万円	26,191	107025.8	662307.7	0	1.88E+07
開発研究費	万円	26,191	363276.8	1991224	0	7.22E+07
特許出願件数	件	26,191	114.7627	551.2872	1	15261
被引用件数	件	19,535	188.7966	1024.115	1	34238
トービンのQ	ー	11,898	0.7398062	1.731932	-2.664433	90.23114
研究費ストック	万円	26,191	2822502	1.51E+07	0	4.57E+08
基礎研究費ストック	万円	26,191	178833.5	993565.6	0	2.03E+07
応用研究費ストック	万円	26,191	606021.1	3627877	0	8.10E+07
開発研究費ストック	万円	26,191	2035641	1.14E+07	0	3.56E+08
有形固定資産	百万円	24,846	51651.18	336400.2	0	1.21E+07
海外売上比率	%	26,191	12.82859	19.00533	0	100
負債比率	ー	26,191	1.965199	11.404	-262.6207	1147.164
大学等公的研究機関への支出研究費	万円	26,191	13348.59	84082.5	0	3344710
非特許文献	件	26,191	5.731372	5.275131	0	33.99949
博士研究者割合	%	26,191	5.441278	14.41269	0	666.6667
R&D SP基礎	億円	26,191	50829.03	49979.29	0	286656.1
R&D SP応用	億円	26,191	29054.16	13744.53	0	80534.11
R&D SP開発	億円	26,191	2820.94	2580.322	0	13261.1
Market SP基礎	億円	26,191	10745.11	10008.94	0	60604.86
Market SP応用	億円	26,191	366237.1	187078.9	0	962555.3
Market SP開発	億円	26,191	37223.96	38333.38	0	216712

推計に用いるデータがパネルデータであることから、パネルデータ分析の手法である固定効果モデルと変量効果モデルを用いる。企業の固定効果だけでなく、産業固有の効果やトレンドを考慮するため、産業ダミー変数、年ダミー変数、産業ダミー変数と年ダミー変数の交差項を推計に含める。

6.5　性格別研究に関する推計結果

知識生産関数を参考に性格別研究費について推計を行った結果を整理したのが、表 6.2 と表 6.3 である。基礎研究、応用研究、開発研究について、それぞれ固定効果モデルと変量効果モデルでパネルデータ分析を行っている。また、研究費ストックとして、研究費総額をストック化したものを用いる場合と、基礎研究費、応用研究費、開発研究費をそれぞれストック化したものを用いる場合の 2 パターンで推計を行っている。

推計の結果、全てのモデルで変量効果モデルが採択された。変量効果モデルの推計結果に注目すると、技術距離を用いたスピルオーバー・プールの係数は、[6]、[8]、[10]、[12]で、統計的に有意な結果を得られている。被説明変数として応用研究費を用いた分析では、基礎研究に関するスピルオーバー・プールの係数がプラス、開発研究に関するスピルオーバー・プールの係数がマイナスとなっている。これは、技術的な距離が近い他社の基礎研究が自社の応用研究費を増加させる一方、同様の他社による開発研

究は自社の応用研究費を抑制させることを示唆している。被説明変数として開発研究費を用いた分析結果[10]と[12]では、基礎研究と開発研究に関するスピルオーバー・プールの係数がプラスである。これは、技術的な距離が近い他社による基礎研究と開発研究が、自社の開発研究費を増加させることを示唆している。

市場距離を用いたスピルオーバー・プールの係数についてみると、研究費ストックとして研究費総額のストックを用いたモデルと、性格別の研究費ストックを用いたモデルで一貫して統計的に有意となったのは[10]と[12]である。被説明変数として開発研究費を用いた分析において、基礎研究に関するスピルオーバー・プールの係数はマイナス、開発研究に関するスピルオーバー・プールの係数はプラスとなっている。これは、似ている製品を製造している他社の基礎研究が増加すると、自社の開発研究費は減少する一方、同様の他社の開発研究が増加すると、自社の開発研究費も増加することを示唆している。

コントロール変数についてみてみると、海外売上比率の係数はプラスの値となっており、統計的に有意である。海外売上比率が高くなると基礎研究や応用研究、開発研究が増加する傾向が示唆されている。大学等公的研究機関への支出研究費の係数をみてみると、プラスで統計的に有意となっている。大学等公的研究機関への研究費の支出をストック化した変数は、産学官連携の蓄積の程度と考えることができることから、産学官連携を進めると基礎研究や開発研究が活発化することが示唆されている。非特許文献の係数についてみてみると、被説明変数として基礎研究費と応用研究費を用いたモデルではプラスで有意、開発研究を用いたモデルでは統計的に有意ではない。非特許文献が増加すると、基礎研究費や応用研究費は増加するが、開発研究費には影響しないことが示唆されている。

表 6.2　性格別研究に関する推計結果（基礎研究、応用研究）

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
被説明変数	ln(基礎研究費)				ln(応用研究費)			
	Fixed Effect	Random Effect	Fixed Effect	Random Effect	Fixed Effect	Random Effect	Fixed Effect	Random Effect
ln(研究費ストック)	0.0235	0.1319***			0.0731***	0.2124***		
	[0.0157]	[0.0882]			[0.0409]	[0.1190]		
	(0.0220)	(0.0147)			(0.0246)	(0.0170)		
ln(基礎研究費ストック)			0.3358***	0.4378***			0.0394***	0.0884***
			[0.3967]	[0.5173]			[0.0390]	[0.0875]
			(0.0108)	(0.0078)			(0.0122)	(0.0091)
ln(応用研究費ストック)			0.0099	0.0043			0.3442***	0.4606***
			[0.0117]	[0.0050]			[0.3395]	[0.4544]
			(0.0112)	(0.0078)			(0.0126)	(0.0091)
ln(開発研究費ストック)			-0.0773***	-0.0454***			-0.1835***	-0.1202***
			[-0.0533]	[-0.0313]			[-0.1059]	[-0.0693]
			(0.0184)	(0.0120)			(0.0207)	(0.0139)
海外売上比率	0.0033*	0.0060***	0.0029	0.0044***	0.0034	0.0084***	0.0029	0.0070***
	[0.0142]	[0.0254]	[0.0123]	[0.0188]	[0.0121]	[0.0300]	[0.0104]	[0.0250]
	(0.0019)	(0.0016)	(0.0018)	(0.0015)	(0.0021)	(0.0019)	(0.0021)	(0.0017)
負債比率	-0.0009	-0.0013	-0.0016	-0.0016	-0.0015	-0.0004	-0.0026	-0.0006
	[-0.0022]	[-0.0032]	[-0.0041]	[-0.0041]	[-0.0033]	[-0.0009]	[-0.0055]	[-0.0012]
	(0.0020)	(0.0016)	(0.0020)	(0.0015)	(0.0023)	(0.0019)	(0.0022)	(0.0017)
ln(大学等公的研究機関への支出研究費)	0.1062***	0.1828***	0.0379***	0.0586***	0.1598***	0.2548***	0.0863***	0.1106***
	[0.0916]	[0.1577]	[0.0327]	[0.0506]	[0.1154]	[0.1840]	[0.0624]	[0.0799]
	(0.0130)	(0.0104)	(0.0129)	(0.0096)	(0.0146)	(0.0120)	(0.0146)	(0.0111)
ln(非特許文献)	0.2101***	0.2795***	0.2158***	0.2459***	0.0089	0.1396*	0.0176	0.1329*
	[0.0267]	[0.0355]	[0.0274]	[0.0312]	[0.0009]	[0.0148]	[0.0019]	[0.0141]
	(0.0716)	(0.0663)	(0.0699)	(0.0624)	(0.0804)	(0.0752)	(0.0787)	(0.0713)
博士研究者割合)	0.0096*	0.001	0.0086	-0.0006	0.0057	0	0.0054	0.0008
	[0.0309]	[0.0033]	[0.0279]	[-0.0020]	[0.0153]	[0.0001]	[0.0146]	[0.0021]
	(0.0054)	(0.0051)	(0.0053)	(0.0048)	(0.0060)	(0.0057)	(0.0059)	(0.0055)
ln(非特許文献)X博士研究者割合	-0.0015	0.0043	-0.0014	0.0045*	-0.0001	0.0039	0	0.0032
	[-0.0092]	[0.0264]	[-0.0084]	[0.0276]	[-0.0004]	[0.0201]	[0.0001]	[0.0164]
	(0.0030)	(0.0028)	(0.0029)	(0.0027)	(0.0033)	(0.0032)	(0.0033)	(0.0030)
ln(R&D SP基礎)	0.0046	0.268	-0.2334	-0.2034	1.1291**	1.1410**	1.0022**	0.7301*
	[0.0049]	[0.2852]	[-0.2484]	[-0.2164]	[1.0058]	[1.0164]	[0.8928]	[0.6504]
	(0.4330)	(0.4009)	(0.4223)	(0.3766)	(0.4861)	(0.4548)	(0.4758)	(0.4304)
ln(R&D SP応用)	-0.1315	0.0803	0.384	0.6526	-0.4911	0.3996	-0.2735	0.7912
	[-0.1490]	[0.0910]	[0.4352]	[0.7397]	[-0.4660]	[0.3792]	[-0.2595]	[0.7508]
	(0.9178)	(0.8555)	(0.8951)	(0.8042)	(1.0303)	(0.9703)	(1.0086)	(0.9189)
ln(R&D SP開発)	0.1559	-0.2838	-0.1177	-0.4027	-0.4283	-1.2869**	-0.5219	-1.2909**
	[0.1874]	[-0.3412]	[-0.1415]	[-0.4841]	[-0.4310]	[-1.2951]	[-0.5252]	[-1.2991]
	(0.5730)	(0.5313)	(0.5588)	(0.4981)	(0.6432)	(0.6029)	(0.6297)	(0.5696)
ln(Market SP基礎)	0.2487**	0.2913***	0.2021*	0.1443	0.1783	0.2690**	0.1314	0.1668
	[0.1725]	[0.2021]	[0.1402]	[0.1001]	[0.1035]	[0.1562]	[0.0763]	[0.0968]
	(0.1095)	(0.0997)	(0.1068)	(0.0935)	(0.1229)	(0.1132)	(0.1203)	(0.1070)
ln(Market SP応用)	0.1414	0.047	0.1684	0.0437	-0.0269	0.0149	0.0039	0.0241
	[0.1051]	[0.0350]	[0.1252]	[0.0325]	[-0.0167]	[0.0093]	[0.0024]	[0.0150]
	(0.1375)	(0.1264)	(0.1341)	(0.1186)	(0.1543)	(0.1435)	(0.1511)	(0.1355)
ln(Market SP開発)	-0.3375***	-0.2859***	-0.3263***	-0.1623	-0.1496	-0.2552**	-0.1327	-0.1697
	[-0.2670]	[-0.2262]	[-0.2581]	[-0.1284]	[-0.0990]	[-0.1690]	[-0.0878]	[-0.1124]
	(0.1183)	(0.1066)	(0.1154)	(0.0996)	(0.1328)	(0.1211)	(0.1300)	(0.1139)
Constant	-2.8371	-2.9693**	-1.4557	-2.1729*	2.1305	0.7091	5.7188*	2.0102
	(2.6688)	(1.3826)	(2.5927)	(1.2324)	(2.9957)	(1.5983)	(2.9213)	(1.4231)
Industry Dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year Dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
IndustryXyear	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	26191	26191	26191	26191	26191	26191	26191	26191
Groups	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679	3679
Overall R2	0.1176	0.2174	0.433	0.4741	0.1507	0.2818	0.4022	0.5177
Within R2	0.1316	0.255	0.491	0.5638	0.1775	0.3236	0.4672	0.6044
Between R2	0.0317	0.0269	0.0794	0.0754	0.0503	0.0433	0.0903	0.0826
Hausman		297.3081		296.6003		522.8796		395.8221
P		1		1		0.2412		0.9999

※括弧なしは係数、角括弧は標準偏回帰係数、丸括弧は標準偏差を示す。
※***は有意水準 1%、**は有意水準 5%、*は有意水準 10%を示す。

表 6.3　性格別研究に関する推計結果（開発研究）

	[9]	[10]	[11]	[12]
被説明変数		ln(開発研究費)		
	Fixed Effect	Random Effect	Fixed Effect	Random Effect
ln(研究費ストック)	0.0823***	0.2208***		
	[0.0690]	[0.1852]		
	(0.0125)	(0.0086)		
ln(基礎研究費ストック)			-0.0069	0.0276***
			[-0.0102]	[0.0409]
			(0.0062)	(0.0049)
ln(応用研究費ストック)			-0.0700***	-0.0625***
			[-0.1034]	[-0.0923]
			(0.0064)	(0.0049)
ln(開発研究費ストック)			0.2717***	0.3604***
			[0.2349]	[0.3115]
			(0.0105)	(0.0075)
海外売上比率	-0.0006	0.0046***	-0.0006	0.0047***
	[-0.0031]	[0.0246]	[-0.0031]	[0.0253]
	(0.0011)	(0.0009)	(0.0010)	(0.0009)
負債比率	0.0003	0.0004	0.0009	0.0007
	[0.0011]	[0.0012]	[0.0028]	[0.0024]
	(0.0012)	(0.0009)	(0.0011)	(0.0009)
ln(大学等公的研究機関への支出研究費)	-0.0145**	0.0341***	-0.0076	0.0346***
	[-0.0157]	[0.0369]	[-0.0082]	[0.0375]
	(0.0074)	(0.0060)	(0.0074)	(0.0060)
ln(非特許文献)	-0.0344	0.0007	-0.0271	0.0174
	[-0.0055]	[0.0001]	[-0.0043]	[0.0028]
	(0.0407)	(0.0382)	(0.0401)	(0.0372)
博士研究者割合)	-0.0014	-0.0006	-0.002	-0.002
	[-0.0055]	[-0.0023]	[-0.0081]	[-0.0083]
	(0.0031)	(0.0029)	(0.0030)	(0.0028)
ln(非特許文献)X博士研究者割合	0.0003	-0.0008	0.0006	-0.0001
	[0.0026]	[-0.0064]	[0.0045]	[-0.0006]
	(0.0017)	(0.0016)	(0.0017)	(0.0016)
ln(R&D SP基礎)	0.8407***	0.6152***	0.8754***	0.5676**
	[1.1219]	[0.8209]	[1.1682]	[0.7574]
	(0.2462)	(0.2311)	(0.2423)	(0.2252)
ln(R&D SP応用)	-1.4150***	-0.8482*	-1.3911***	-0.7137
	[-2.0112]	[-1.2056]	[-1.9772]	[-1.0144]
	(0.5218)	(0.4931)	(0.5136)	(0.4805)
ln(R&D SP開発)	0.9986***	0.6533**	0.9433***	0.5574*
	[1.5053]	[0.9848]	[1.4221]	[0.8403]
	(0.3258)	(0.3063)	(0.3207)	(0.2982)
ln(Market SP基礎)	-0.1934***	-0.2008***	-0.1651***	-0.1743***
	[-0.1682]	[-0.1747]	[-0.1436]	[-0.1516]
	(0.0622)	(0.0575)	(0.0613)	(0.0560)
ln(Market SP応用)	-0.1397*	-0.0127	-0.1757**	-0.048
	[-0.1303]	[-0.0118]	[-0.1639]	[-0.0448]
	(0.0782)	(0.0729)	(0.0769)	(0.0710)
ln(Market SP開発)	0.2911***	0.1746***	0.2971***	0.1797***
	[0.2888]	[0.1732]	[0.2947]	[0.1783]
	(0.0673)	(0.0615)	(0.0662)	(0.0598)
Constant	0.9391	-1.5393*	-2.7106*	-2.5442***
	(1.5173)	(0.8045)	(1.4877)	(0.7643)
Industry Dummies	Yes	Yes	Yes	Yes
Year Dummies	Yes	Yes	Yes	Yes
IndustryXyear	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	26191	26191	26191	26191
Groups	3679	3679	3679	3679
Overall R2	0.5449	0.6235	0.6056	0.6831
Within R2	0.6826	0.7418	0.7296	0.7875
Between R2	0.4488	0.4414	0.4662	0.4579
Hausman		201.7244		331.3141
P		1		1

※括弧なしは係数、角括弧は標準偏回帰係数、丸括弧は標準偏差を示す。
※***は有意水準 1%、**は有意水準 5%、*は有意水準 10%を示す。

6.6　特許に関する推計結果

特許生産関数を参考にして推計を行った結果を整理したのが表 6.4 である。特許の量と特許の質に与えた影響を分析するため、それぞれ特許出願件数と被引用件数を被説明変数として、固定効果モデルと変量効果モデルでパネルデータ分析を行っている。また、研究費ストックとして、研究費総額をストック化したものを用いる場合と、基礎研究費、応用研究費、開発研究費をそれぞれストック化したものを用いる場合の 2 パターンで推計を行っている。

推計の結果、全てのモデルで変量効果モデルが採択された。変量効果モデルの推計結果に注目すると、技術距離を用いたスピルオーバー・プールのうち、被説明変数として特許出願件数、被引用件数を用いた分析モデルの両方において、基礎研究に関するものの係数は有意にマイナス、応用研究に関するものの係数は有意にプラスとなっている。また、被説明変数として被引用件数を用いたモデルでは、開発研究に関するものの係数がマイナスとなっている。技術距離が近い他社による応用研究は自社の特許出願件数を増加させ、被引用件数も増加させる。一方、技術距離が近い他社による基礎研究の減少は自社の特許出願件数や被引用件数を増加させ、同様の他社の開発研究の減少も自社の被引用件数を増加させる。技術的に近い他社の応用研究は自社にスピルオーバーし、その知識を活用することで特許の量や質が増え、研究開発の生産性が向上している可能性が示唆されている。技術的に近い他社が基礎研究や開発研究の活動を減退させると、自社では研究活動が活発となり、その結果として特許の量や質が向上して研究開発の生産性が高まる可能性も示唆されている。

市場距離を用いたスピルオーバー・プールの係数は、被説明変数として被引用件数を用いたモデルにおいて、応用研究に関するものがプラスで有意となっている。基礎研究や開発研究については、研究費ストックとして研究費総額のストックを用いたモデルと、性格別の研究費ストックを用いたモデルで一貫して有意な係数を得られたモデルはない。この結果は、市場距離が近い他社の応用研究が増加すると、自社の被引用件数が増加することを示唆している。似たような製品を製造している他社の応用研究が活発になると、自社の特許の質が向上する可能性がある。

コントロール変数についてみてみると、海外売上比率の係数はプラスで統計的に有意である。海外売上比率が高くなると、それに合わせて権利化をする必要性が高まることから、特許出願を増加させる傾向が定量的に確認できる。

表 6.4　特許に関する推計結果

	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]
被説明変数	ln(特許出願件数)				ln(被引用件数)			
	Fixed Effect	Random Effect	Fixed Effect	Random Effect	Fixed Effect	Random Effect	Fixed Effect	Random Effect
ln(研究費ストック)	0.0402***	0.1049***			0.0423***	0.1559***		
	[0.0715]	[0.1863]			[0.0659]	[0.2430]		
	(0.0049)	(0.0040)			(0.0081)	(0.0058)		
ln(基礎研究費ストック)			0.0033	0.0166***			0.0049	0.0254***
			[0.0102]	[0.0520]			[0.0145]	[0.0754]
			(0.0025)	(0.0023)			(0.0039)	(0.0033)
ln(応用研究費ストック)			-0.0015	0.0114***			-0.0028	0.0167***
			[-0.0048]	[0.0357]			[-0.0080]	[0.0484]
			(0.0026)	(0.0023)			(0.0041)	(0.0033)
ln(開発研究費ストック)			0.0286***	0.0765***			0.0269***	0.1077***
			[0.0523]	[0.1400]			[0.0436]	[0.1743]
			(0.0042)	(0.0036)			(0.0068)	(0.0053)
海外売上比率	-0.0003	0.0020***	-0.0002	0.0020***	-0.0007	0.0036***	-0.0006	0.0036***
	[-0.0030]	[0.0223]	[-0.0028]	[0.0224]	[-0.0071]	[0.0376]	[-0.0068]	[0.0378]
	(0.0004)	(0.0004)	(0.0004)	(0.0004)	(0.0007)	(0.0006)	(0.0007)	(0.0006)
負債比率	-0.0001	0.0003	-0.0001	0.0002	0.0008	0.0011*	0.0009	0.0010*
	[-0.0005]	[0.0017]	[-0.0004]	[0.0015]	[0.0059]	[0.0074]	[0.0060]	[0.0072]
	(0.0005)	(0.0004)	(0.0005)	(0.0004)	(0.0007)	(0.0006)	(0.0007)	(0.0006)
ln(大学等公的研究機関への支出研究費)	0.0085***	0.0349***	0.0095***	0.0314***	0.003	0.0503***	0.004	0.0438***
	[0.0194]	[0.0800]	[0.0219]	[0.0720]	[0.0065]	[0.1084]	[0.0087]	[0.0944]
	(0.0029)	(0.0027)	(0.0030)	(0.0028)	(0.0045)	(0.0038)	(0.0046)	(0.0039)
ln(非特許文献)	0.0808***	0.0694***	0.0807***	0.0707***	0.0943***	0.0976***	0.0934***	0.0990***
	[0.0272]	[0.0234]	[0.0272]	[0.0238]	[0.0281]	[0.0291]	[0.0279]	[0.0295]
	(0.0161)	(0.0159)	(0.0161)	(0.0159)	(0.0288)	(0.0275)	(0.0289)	(0.0275)
博士研究者割合)	-0.0021*	-0.0030**	-0.0021*	-0.0031**	0.0037	0.0031	0.0037	0.0029
	[-0.0184]	[-0.0255]	[-0.0183]	[-0.0264]	[0.0264]	[0.0223]	[0.0262]	[0.0206]
	(0.0012)	(0.0012)	(0.0012)	(0.0012)	(0.0024)	(0.0023)	(0.0024)	(0.0023)
ln(非特許文献)X博士研究者割合	0.0013*	0.0016**	0.0012*	0.0016**	-0.0019	-0.0017	-0.0019	-0.0016
	[0.0203]	[0.0253]	[0.0202]	[0.0261]	[-0.0272]	[-0.0240]	[-0.0270]	[-0.0225]
	(0.0007)	(0.0007)	(0.0007)	(0.0007)	(0.0013)	(0.0012)	(0.0013)	(0.0012)
ln(R&D SP基礎)	-0.1497	-0.3453***	-0.1575	-0.3739***	-0.4451***	-0.9659***	-0.4455***	-0.9864***
	[-0.4227]	[-0.9753]	[-0.4447]	[-1.0560]	[-1.0363]	[-2.2484]	[-1.0370]	[-2.2962]
	(0.0973)	(0.0965)	(0.0974)	(0.0966)	(0.1646)	(0.1587)	(0.1647)	(0.1589)
ln(R&D SP応用)	0.1977	0.5260**	0.2093	0.5811***	0.7471**	1.9011***	0.7426**	1.9293***
	[0.5947]	[1.5823]	[0.6296]	[1.7481]	[1.8548]	[4.7200]	[1.8436]	[4.7900]
	(0.2063)	(0.2056)	(0.2065)	(0.2058)	(0.3585)	(0.3503)	(0.3587)	(0.3506)
ln(R&D SP開発)	-0.0479	-0.1852	-0.0514	-0.2102	-0.3081	-0.9427***	-0.3028	-0.9471***
	[-0.1527]	[-0.5910]	[-0.1639]	[-0.6706]	[-0.8112]	[-2.4820]	[-0.7973]	[-2.4935]
	(0.1288)	(0.1281)	(0.1289)	(0.1281)	(0.2254)	(0.2195)	(0.2255)	(0.2197)
ln(Market SP基礎)	0.0560**	0.0101	0.0569**	0.0111	0.0036	-0.0504	0.0049	-0.0475
	[0.1032]	[0.0185]	[0.1048]	[0.0205]	[0.0056]	[-0.0777]	[0.0075]	[-0.0733]
	(0.0246)	(0.0241)	(0.0246)	(0.0241)	(0.0396)	(0.0378)	(0.0397)	(0.0378)
ln(Market SP応用)	0.0146	0.0508*	0.0112	0.0384	0.0834*	0.1000**	0.0794	0.0803*
	[0.0288]	[0.1002]	[0.0222]	[0.0757]	[0.1383]	[0.1657]	[0.1316]	[0.1331]
	(0.0309)	(0.0306)	(0.0309)	(0.0306)	(0.0484)	(0.0473)	(0.0484)	(0.0474)
ln(Market SP開発)	-0.0577**	-0.0521**	-0.0553**	-0.0412	-0.0765*	-0.0493	-0.0736*	-0.0323
	[-0.1212]	[-0.1095]	[-0.1162]	[-0.0865]	[-0.1347]	[-0.0868]	[-0.1297]	[-0.0569]
	(0.0266)	(0.0259)	(0.0266)	(0.0259)	(0.0420)	(0.0401)	(0.0420)	(0.0402)
Constant	-0.3632	-0.5325	-0.1278	-0.2986	-6.4666***	-6.7291***	-6.2399***	-6.3288***
	(0.6000)	(0.3865)	(0.5980)	(0.3862)	(1.2723)	(1.0429)	(1.2712)	(1.0433)
Industry Dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year Dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
IndustryXyear	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	26191	26191	26191	26191	19535	19535	19535	19535
Groups	3679	3679	3679	3679	3236	3236	3236	3236
Overall R2	0.0815	0.3661	0.0678	0.3673	0.1216	0.3732	0.1119	0.3684
Within R2	0.0742	0.3252	0.0613	0.3385	0.0125	0.2223	0.0079	0.2219
Between R2	0.1753	0.1597	0.1745	0.1572	0.6901	0.6775	0.6899	0.6767
Hausman		382.0598		354.8044		241.6427		32.9847
P		1		1		1		1

※括弧なしは係数、角括弧は標準偏回帰係数、丸括弧は標準偏差を示す。
※***は有意水準 1%、**は有意水準 5%、*は有意水準 10%を示す。

6.7　市場価値に関する推計結果

トービンの q を被説明変数とする推計を行った結果を整理したのが表 6.5 である。その他の推計と同様に、固定効果モデルと変量効果モデルでパネルデータ分析を行っている。また、研究費ストックとして、研究費総額をストック化したものを用いる場合と、基礎研究費、応用研究費、開発研究費をそれぞれストック化したものを用いる場合の 2 パターンで推計を行っている。

推計の結果、全てのモデルで変量効果モデルが採択された。変量効果モデルの推計結果に注目すると、技術距離を用いたスピルオーバー・プールのうち、基礎研究と開発研究に関するものの係数は有意にマイナス、応用研究に関するものの係数は有意にプラスとなっている。技術距離が近い他社による応用研究は自社のトービンの q を向上させる一方、技術距離が近い他社による基礎研究や開発研究の増加は自社のトービンの q を低下させる。技術的に近い他社の応用研究は自社にスピルオーバーし、企業価値を高めると投資家が判断するが、他社による基礎研究や開発研究に関する活動は自社の企業価値を低下させると判断されていることが示唆されている。

市場距離を用いたスピルオーバー・プールの係数は、応用研究に関するものがマイナスで統計的に有意、開発研究に関するものがプラスで統計的に有意となっている。基礎研究に関する係数は統計的に有意ではない。市場距離が近い他社の応用研究が増加するとトービンの q は低下する一方、他社の開発研究はトービンの q を向上させる。この結果は、市場で販売する製品が近い他社による応用研究は、自社の企業価値を低下させるが、同様の他社による開発研究は自社の企業価値を向上させると、投資家が判断していることを示唆している。

研究費ストックとして研究費総額のストックを用いたモデルと、性格別の研究費ストックを用いたモデルの係数をみてみると、採択された変量効果モデル[22]で有意にプラス、[24]で基礎研究費と開発研究費のストックに関する係数が有意にプラスであった。自社の研究活動の蓄積は、企業価値にプラスの効果を与えていることが示されている。

コントロール変数についてみてみると、有形固定資産や海外売上比率の係数はプラスで統計的に有意である。有形固定資産の蓄積や、海外売上比率の上昇がトービンの q を高めていることを示している。また、博士研究者割合の係数はマイナスで有意であり、非特許文献の数と博士研究者割合の交差項は有意にプラスである。博士研究者を多く雇用するだけでは企業価値の向上に寄与しないが、博士研究者を多く雇用し、かつ非特許文献である論文等を多く発表している企業は、市場価値が高まる傾向にあることが示唆されている。

表 6.5　トービンの q に関する推計結果

	[21]	[22]	[23]	[24]
被説明変数		ln(トービンのQ)		
	Fixed Effect	Random Effect	Fixed Effect	Random Effect
ln(研究費ストック)	-0.0104***	0.0080***		
	[-0.1052]	[0.0808]		
	(0.0037)	(0.0023)		
ln(基礎研究費ストック)			0.0043***	0.0038***
			[0.0695]	[0.0619]
			(0.0014)	(0.0012)
ln(応用研究費ストック)			-0.0039**	-0.0018
			[-0.0608]	[-0.0288]
			(0.0016)	(0.0013)
ln(開発研究費ストック)			0.0034	0.0104***
			[0.0344]	[0.1056]
			(0.0030)	(0.0021)
ln(有形固定資産)	-0.0157**	0.0104**	-0.0183**	0.0079*
	[-0.0749]	[0.0494]	[-0.0875]	[0.0378]
	(0.0074)	(0.0046)	(0.0074)	(0.0046)
海外売上比率	0.0007***	0.0012***	0.0007***	0.0011***
	[0.0420]	[0.0714]	[0.0418]	[0.0701]
	(0.0002)	(0.0002)	(0.0002)	(0.0002)
負債比率	0.0008	0.0002	0.0008	0.0002
	[0.0274]	[0.0072]	[0.0264]	[0.0073]
	(0.0006)	(0.0002)	(0.0006)	(0.0002)
ln(大学等公的研究機関への支出研究費)	-0.0075***	-0.0033**	-0.0081***	-0.0041***
	[-0.0897]	[-0.0397]	[-0.0974]	[-0.0487]
	(0.0015)	(0.0014)	(0.0016)	(0.0014)
ln(非特許文献)	-0.0131	0.0131	-0.013	0.0133
	[-0.0211]	[0.0211]	[-0.0209]	[0.0213]
	(0.0095)	(0.0090)	(0.0095)	(0.0090)
博士研究者割合	-0.0021***	-0.0015*	-0.0021***	-0.0016**
	[-0.0750]	[-0.0547]	[-0.0756]	[-0.0569]
	(0.0008)	(0.0008)	(0.0008)	(0.0008)
ln(非特許文献)X博士研究者割合	0.0010**	0.0010**	0.0010**	0.0010**
	[0.0732]	[0.0706]	[0.0732]	[0.0720]
	(0.0004)	(0.0004)	(0.0004)	(0.0004)
ln(R&D SP基礎)	-0.0575	-0.1104**	-0.0699	-0.1148**
	[-0.8377]	[-1.6086]	[-1.0189]	[-1.6726]
	(0.0567)	(0.0542)	(0.0567)	(0.0542)
ln(R&D SP応用)	0.1725	0.3654***	0.2024*	0.3742***
	[2.6758]	[5.6692]	[3.1399]	[5.8058]
	(0.1154)	(0.1109)	(0.1154)	(0.1108)
ln(R&D SP開発)	-0.1145	-0.2487***	-0.1318*	-0.2534***
	[-1.8846]	[-4.0919]	[-2.1678]	[-4.1684]
	(0.0709)	(0.0679)	(0.0709)	(0.0679)
ln(Market SP基礎)	-0.0058	-0.0056	-0.0052	-0.0063
	[-0.0604]	[-0.0586]	[-0.0543]	[-0.0663]
	(0.0134)	(0.0127)	(0.0134)	(0.0127)
ln(Market SP応用)	-0.0313*	-0.0377**	-0.0318*	-0.0383**
	[-0.3537]	[-0.4253]	[-0.3593]	[-0.4321]
	(0.0175)	(0.0167)	(0.0175)	(0.0167)
ln(Market SP開発)	0.0328**	0.0388***	0.0326**	0.0398***
	[0.3948]	[0.4659]	[0.3921]	[0.4781]
	(0.0143)	(0.0136)	(0.0143)	(0.0136)
Constant	1.2784***	0.5198**	1.0385***	0.5234***
	(0.3324)	(0.2028)	(0.3299)	(0.2026)
Industry Dummies	Yes	Yes	Yes	Yes
Year Dummies	Yes	Yes	Yes	Yes
IndustryXyear	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	11440	11440	11440	11440
Groups	1391	1391	1391	1391
Overall R2	0.0058	0.2298	0.0139	0.2311
Within R2	0.003	0.2383	0.0018	0.2358
Between R2	0.2601	0.2436	0.2605	0.2458
Hausman		245.2408		205.9247
P		1		1

※括弧なしは係数、角括弧は標準偏回帰係数、丸括弧は標準偏差を示す。
※***は有意水準 1%、**は有意水準 5%、*は有意水準 10%を示す。

7. おわりに

本報告書での主要な知見は以下の通りである。本稿の分析は、企業レベルのパネルデータを構築し、企業の固定効果モデルと変量効果モデルを用いて実証分析を行った。企業の固定効果は、大学への委託研究等支出の実施、政策の適用(政府機関からのファンディング)等のセレクションをコントロールすることが目的である。また原則として中分類レベルの産業と年との交差項を導入して、需要や技術機会の変動等による企業の研究開発投資の内生性をコントロールした。加えて、企業レベルで対応する技術分野での米国の技術機会の変動をコントロールする変数を作成し、技術機会の変動をより詳細にコントロールした。ただ、固定効果分析は、各変数が保有する情報を大きく減少させる危険性もあり、変動効果による推計結果も示している。

企業レベルのパネルデータを用いた実証分析の結果、以下の知見が得られた。

(1)まず、1984 年から 2016 年の長期パネルデータによって、基礎研究は応用、開発研究の対象となるプロジェクトの創出と適切な選択など、その生産性を乗数的に長期に高めることで研究開発パフォーマンスを高める効果があることが確認された。この点は、研究開発のパフォーマンスを、審査官引用ベースの被引用件数、特許出願件数(ファミリーベース)、研究開発のサイエンス集約度(発明で開示されたサイエンス文献の利用頻度)、更に上場企業についてトービンの q のいずれで把握しても成立する。産学連携研究 (大学等への委託研究等支出)は、トービンの q を除く、企業の研究開発パフォーマンスを有意に高める。産学の共同研究等を通して企業によるサイエンスの吸収を促し、また企業の研究開発プロジェクトの質を高めて、パフォーマンスを高める効果はあると考えられる。政府機関等からの受託研究も、被引用件数と特許出願件数では、企業の研究開発研究のパフォーマンスを高めるが、サイエンスの吸収への効果は有意ではない。また、基礎研究、応用研究、開発研究の中で、サイエンス機会の拡大によって有意に拡大するのは基礎研究のみであり、基礎研究が企業のサイエンスへの窓口として重要な機能を果たしていることが分かった。

(2)最近の 16 年間(2001 年から 2016 年)のみに着目した推計を行うと、基礎研究ストックや産学連携研究を拡大した企業が研究開発パフォーマンスを有意に改善していない。また、日本産業の基礎研究の、サイエンス活用機会の拡大への反応も弱くなっている。2000 年以降は初頭の IT バブルの崩壊、2008 年に起きたリーマンショックとそれに続いた円高などがあり、基礎研究の成果があっても応用開発研究に進めなかったことが 2000 年代の推計結果に影響している可能性もあるが、原因の分析は今後の課題である。

(3)情報通信技術は、研究開発の道具としても、新製品を創出する上で多くの産業で重要となっており、近年では研究開発費の 15%程度を占めている。AI やビッグデータを活用する機会の拡大でその重要性は高まっているが、日本産業の情報通信分野の研究開発は 2007 年をピークとして約 3 分の 2 に減少しており、本稿では、その原因を分析している。産業別に見ると、情報通信分野の研究開発費全体の 4 割強を占めていた情報通信機械器具を筆頭に、多くの製造業で情報通信分野の研究開発は激減したことが重要である。その程度は、IT 関連産業でも電子部品産業より情報通信機械器具製造業など最終財産業で特に大きかった。このような減少傾向と整合的に、日本産業による情報処理分野の研究開発投資はかってはプレミアムを持っていた(他分野よりイノ

ベーションへの効果が大きかった)のが、近年ではディスカウントとなっていることが判明した。グローバルな垂直分業の進展に対応できる、効率的な事業と研究開発体制の構築が重要となっていることが示唆される。

(4)企業間の技術スピルオーバーは産業間が重要である。特許の引用関係で評価すると、8 割以上が異産業間で生じている。研究開発における基礎研究の割合の上昇は、スピルオーバーの活用企業においては異産業からのスピルオーバーの開始を早める効果があり、また、源泉企業においては他産業へのスピルオーバーをより強める傾向がある。市場と研究開発分野における企業間の類似性をコントロールしても専門分野における類似性はスピルオーバーを有意に拡大するので、技術の吸収能力に人材が重要であることも明らかとなった。また、スピルオーバーは市場と研究開発分野の類似性に対して逆 U 字型であり、市場あるいは研究開発分野の類似性が閾値を超えて高まると研究開発の差別化への誘因が優越する可能性を示唆している。このような内生性も異産業スピルオーバーが重要な理由である。最後に、応用開発研究と比較して基礎研究の方が、審査官によって引用される頻度が発明者による引用頻度よりも低く、専有可能性が低い可能性も示唆された。

(5)最後に、研究開発投資の類型毎に各企業のスピルオーバー・プールを構築し、その影響を分析した。他社からのスピルオーバーには、プラスの効果だけではなく、研究開発成果の先取りや競争の激化による負の効果もあることを示唆する結果が得られた。基礎研究費に対して大学等公的研究機関への外部支出研究費と非特許文献数、市場距離を用いた基礎研究のスピルオーバー・プールがプラス、市場距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールがマイナスの効果を与えていることが示唆された。応用研究費に対しては、海外売上高比率と大学等公的研究機関への外部支出研究費、技術距離を用いた基礎研究のスピルオーバー・プールと市場距離を用いた基礎研究のスピルオーバー・プールがプラス、技術距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールと市場距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールがマイナスの効果を与えていることが示唆された。開発研究費に対しては、海外売上比率と大学等公的研究機関への支出研究費、技術距離を用いた基礎研究と開発研究のスピルオーバー・プール、市場距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールがプラス、市場距離を用いた基礎研究のスピルオーバー・プールがマイナスの効果を与えていることが示唆された。特許件数や被引用件数については、海外売上比率や大学等公的研究機関への支出研究費、非特許文献数、技術距離を用いた応用研究のスピルオーバー・プールがプラス、技術距離を用いた基礎研究や開発研究のスピルオーバー・プール、市場距離を用いた開発研究のスピルオーバー・プールがマイナスの効果を与えることが示唆された。

本稿の分析は新たに構築した企業のパネルデータによる分析であり、頑健性を含めて、今後検証すべき点も多いが、以下のような潜在的な政策含意があると考えられる。第一に、企業の基礎研究の重要性である。本稿は、応用開発研究の対象となるプロジェクトの創出など、その生産性を長期に高めることで研究開発パフォーマンスを高める効果があり、またサイエンスの進展を企業が活用する経路としても重要であることが確認された。また、他企業へのスピルオーバーも重要であり、同時に専有可能性がより制約されている可能性も確認された。2000 年代以降日本企業のサイエンス吸収能力が低下していることも示唆されている。こうした中にあって、付加効果と波及効果

がともに大きい政策として、企業の基礎研究力強化を検討していくことが重要だと考えられる。

第二に、異産業間の技術のスピルオーバーが大きいことは、産業が行う研究開発も外部効果が大きい可能性を示唆しており、また同時に、異産業間の共同研究や技術提携を促すことで効果的な研究開発が促進できる可能性も示唆している。研究コンソーシアムの設計においても、異産業からの参加の可能性を開いておくことが重要である。なお、垂直的な研究コンソーシアムは、異産業間のスピルオーバーの内部化をする仕組みとしても機能する。

第三に、研究者人材の専門分野の多様性が、産業間でも産業内でも吸収できる対象技術の範囲を拡大し、スピードを速めるので、人材の専門分野の多様化はこうした面からも重要である。

第四に、産学連携(企業からの大学からの委託研究等支出)も企業への政府機関からの受託研究も、企業の基礎研究の水準を高めるが、サイエンスの吸収という点では、受託研究は改善する余地がある可能性がある。産学連携に比較して、受託研究はサイエンス機会の拡大に強く反応せず、また、研究成果においてもサイエンスの吸収の面で産学連携研究と比較して低い。ただ、企業レベルの変動を使った分析であるために、コンソーシアムの形成によって研究成果が共有される場合には、過小評価をもたらすことに留意する必要があり、この点は今後の研究課題である。

参考文献

Arora A., S. Belenzon and A. Patacconi (2015) “Killing the Golden Goose? The Decline of Science in Corporate R&D,” *NBER Working Paper* 20902.

Arora A., S. Belenzon and L. Sheer (2017) “BACK TO BASICS: WHY DO FIRMS INVEST IN RESEARCH?” *NBER Working Paper* 23187.

Arora A., LG Branstetter, and M. Drev (2013) “Going soft: How the rise of software-based innovation led to the decline of Japan's IT industry and the resurgence of Silicon Valley,” *Review of Economics and Statistics*, Volume 95, Issue 3, p.757-775

Bloom N., M. Schankerman and J. Van Reenen (2013) “Identifying Technology Spillovers and Product Market Rivalry,” *Econometrica*, Vol.81, No.4, pp.1347-1393.

Czarnitzki D., K. Kraft and S. Thorwarth (2009) “The knowledge production of ‘R’ and ‘D” *Economics Letters*, 105, 141–143

Cockburn lain M. and Rebecca M. Henderson (1998) “Absorptive Capacity， Coauthoring Behavior， and the Organization of Research in Drug Discovery,” *Journal of Industrial Economics*, Vol. 46, No. 2, pp 157-182.

Cohen W.M. and D.A. Levinthal (1989) “Innovation and learning: the two faces of R&D,” *Economic Journal*, Vol. 99, pp.569-596.

Comroe J. H. and R.D. Dripps (1976) "Scientific basis for the support of biomedical science," *Science*, Vol. 192, pp. 105-111.

Griliches, Z. (1979) “Issues in Assessing the Contribution of Research and Development Expenditures to Productivity Growth,” *Bell Journal of Economics*, Vol.10, No.1, pp.92-116.

Hall, B., A. Jaffe and M. Trajtenberg (2005) “Market Value and Patent Citations: A First Look,” *RAND Journal of Economics*, Vol.36, pp.16-38.

Hottenrott, H., Lopes-Bento C. and R. Veugelers (2017) “Direct and cross scheme effects in a research and development subsidy program,” *Research Policy*, Volume 46, Issue 6, pp.1118-1132

Jaffe, A. (1986) “Technological Opportunity and Spillovers of R&D; Evidence from Firms’ Patents、Profits、and Market Value,” *American Economic Review*, 76(5), pp.984-1001.

Jaffe A. B. and M. Trajtenberg (2002) “Patents, Citations and Innovations: A Window on the

Knowledge Economy," MIT Press

Leten B., S. Kelchtermans and R. Belderbos (2010) "Internal basic research, external basic research and the technological performance of pharmaceutical firms," Katholieke Universiteit Department of Managerial Economics, Strategy and Innovations Working Paper

Nelson Richard (1959) "The Simple Economics of Basic Scientific Research," *Journal of Political Economy*, Vol. 67, No.3, pp.297-306.

Stephan E. Paula (1996) "The Economics of Science," *Journal of Economic Literature*, Vol. 34, No. 3, pp. 1199-1235.

Stokes E. Donald (1997) "Pasteur's Quadrant: Basic science and technological innovation," Brookings Institution

Thompson Peter (2006) "Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: Evidence from Inventor- and Examiner-added Citations," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 88, No. 2, pp. 383-388.

長岡貞男 (2016), 『新薬創製～日本発の革新的医薬品の源泉を探る～』日経 BP 社(編著).

村上 昭義、伊神 正貫 「科学研究のベンチマーキング 2017」, NISTEP RESEARCH MATERIAL, No.262, 文部科学省科学技術・学術政策研究所.
DOI:http://doi.org/10.15108/rm262

補論 1. データ構築

1. データ

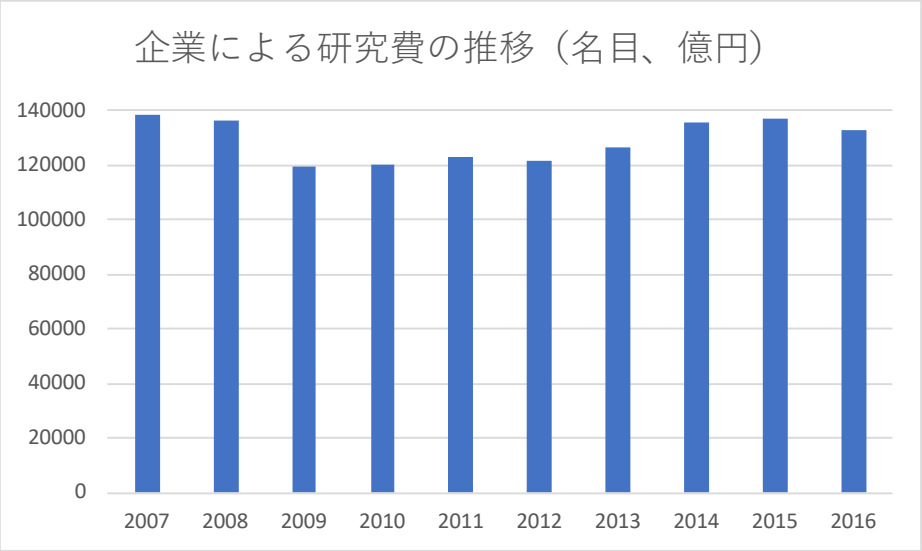
1.1　科学技術研究調査

本稿では、企業の研究開発活動の詳細を把握するために、科調の調査票情報を用いる。科調は総務省統計局による日本の研究開発統計であり、毎年行われている。統計法によって規定された統計であり、調査対象企業にとって回答が義務である基幹統計である。資本金 10 億円以上の企業、前年度調査で研究実績があった資本金 1 億円以上 10 億円未満の企業については全数調査、資本金 1000 万円以上の企業は標本調査が行われており、日本企業における研究開発活動の状況を的確に把握することができる統計調査である。調査内容は研究費額や研究者数等であり、社内使用研究費総額だけでなく、基礎研究、応用研究、開発研究に対するそれぞれの研究費額や、大学や公的研究機関等の外部機関への支出研究費額、研究分野別の研究者数等の研究開発活動に関する詳細な情報が調査されている。

調査票情報は、2002 年調査分から直近調査分までは、各企業にユニークに割り振られている「科学コード」によってパネルデータを構築することができる。それ以前のデータについては、2002 年調査分の情報を活用して 1984 年調査分から 2001 年調査分の一部をパネルデータとすることができる。本稿では、科調の二次利用が可能であった 1984 年調査分から 2017 年調査分までをパネルデータとして整理した。

企業による社内使用研究費の合計について、科調の結果を示したのが補表 1.1 である。リーマンショック後に減少したが、その後は上昇傾向にある。2017 年調査の企業による研究費（2016 年の実績値）は約 13 兆 3 千億円であり、非営利団体・公的機関や大学等を含めた日本全体の研究費（18 兆 4 千億円）の 72.3%を占め、企業は日本における研究開発活動の中心的役割を果たしていると言える。

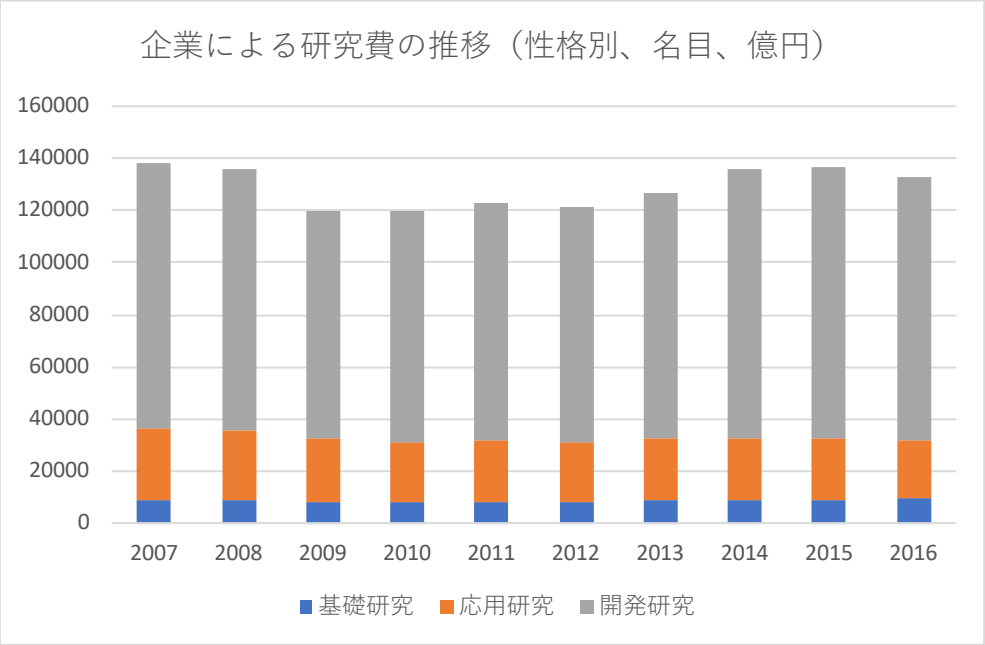
補表 1.1　企業による研究費の推移



出典：科学技術研究調査結果（総務省統計局）より筆者作成

企業が支出する社内使用研究費のうち、自然科学分野について性格別に推移を示したのが補表 1.2 である。2016 実績年の数値をみてみると、開発研究に関する研究費が最も大きい割合（75.9%）を占めている。基礎研究は 7.5%、応用研究は 16.7%となっている。

補表 1.2　性格別研究費の推移



出典：科学技術研究調査結果（総務省統計局）より筆者作成

1.2　企業活動基本調査

企業の財務情報を把握するため、本稿では企活の調査票情報を用いる。企活は経済産業省が実施している基幹統計であり、毎年行われている。調査対象は、従業者 50 人以上かつ資本金 3000 万円以上の企業全数であり、製造業に属している企業が中心となっている。企業の売上高等の財務情報を調査しており、企業が生産する製品を業種別に集計した売上高や、海外の売上高等、詳細に調査が行われている。調査は 1992 年に開始されたが、当初は 3 年周期の予定であったため、次の調査は 1995 年に行われた。それ以降は毎年、調査が実施されている。

企活の調査票情報は、1992 年調査、1995 調査分から直近までの情報が利用可能である。各企業にはユニークな番号「永久企業番号」が設定されており、パネルデータの構築が可能である。

1.3　特許データ

特許データを用いた指標を作成する際には 3 つのデータベースを利用した。日本特許については、主として一般財団法人知的財産研究教育財団知的財産研究所が提供している IIP パテントデータベースの 2017 年版（整理標準化データ平成 28 年度第 50 回

作成分までをもとに作成）を利用した。IIP パテントデータベースに収録されている引用情報は審査官による特許引用の情報のみであるが、株式会社人工生命研究所は、特許明細書中に発明者等が記載した非特許文献の引用情報を抽出したデータベースを作成しており、我々はこのデータベースも利用した。また、最先の優先権主張年の変数やサイエンス機会を表す変数を作成する際などに、欧州特許庁が提供している Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) 2018 Autumn 版も利用している。

まず、特許データから作成する指標を企業単位のパネルデータに接続するために、文部科学省科学技術・学術政策研究所が作成した NISTEP 企業名辞書（Ver. 2019_1）を IIP パテントデータベースに接続した。企業単位の指標を作成する際には、基本的には NISTEP 企業名辞書の comp_id 単位で集計を行なった。

技術分野の情報としては、IIP パテントデータベースにも PATSTAT にも特許出願に付与された国際特許分類（IPC）の情報が収録されているが、IPC コードはそのままでは分類が細かすぎて使いにくい。そこで、特に断らない限り、WIPO（World Intellectual Property Organization）の IPC8-Technology Concordance Table により 35 分類のコードに変換したものを特許の技術分野として用いている。

研究開発のパフォーマンス指標として利用するために複数の指標を作成した。日本企業が取得した特許出願件数（ln1count_inpadoc）は、IIP パテントデータベースの出願番号を PATSTAT に接続して、PATSTAT に収録されている inpadoc_family_id 単位で発明件数をカウントした特許ファミリーベースの値である。つまり、分割出願により複数の出願があってもまとめて 1 件とカウントされるし、国際出願されていない出願も含めてカウントされる。また、発明の質を考慮した特許出願件数を把握するために、IIP パテントデータベースに収録されている特許の引用情報（審査官引用）を用いて被引用件数の合計値（lnappln_wght_fc7all）を作成した。ただし、データベースのトランケーションの影響を考慮して、出願から 7 年間の被引用件数を用いた。一件も引用されていない場合は 0 とカウントしている。また、ln1count_inpadoc、lnappln_wght_fc7all ともに、特許が共同出願されている場合も、分数カウントではなく全数カウントしている。また、研究開発における科学知識の利用頻度（ln1npl_count_sum）を測るために、株式会社人工生命研究所のデータベースを用いて、発明者等による非特許文献引用数の合計値を最先優先権主張年別、技術分野別に企業ごとに求めた。

サイエンス機会を表す変数として lnScience を用いている。この変数を作成する際には、まず、日本以外の出願人による米国登録特許の非特許文献引用数について最先の優先権主張年及び技術分野別に平均値を算出し、これを各年の各技術分野別のサイエンス機会を表す変数と考える。そして、サンプルとして用いる日本企業の各最先優先権主張年における技術分野別特許出願件数シェアで、その年の技術分野別のサイエンス機会の変数にウェイトをかけた値の対数値を、当該企業が直面しているサイエンス機会を表す代理変数と考えた。

第 5 節では、基礎研究に喚起された応用開発研究の成果と基礎研究の成果の比率を表す変数を用いている。この変数を作成する際には株式会社人工生命研究所のデータベースの発明者による非特許文献引用情報を利用した。基礎研究に喚起された応用開発研究の成果の代理変数として、非特許文献（主に学術文献）を引用している自社特許出願を一定期間内に引用した特許出願の数を用いた。num_cit_npl_m1_slf_lag7 は発

明者によって非特許文献を 1 件以上引用している自社の出願ラグ 7 年以内の特許出願数をカウントした値である。また、基礎研究の代理変数として、非特許文献を引用している自社特許出願のストックを用いる。wt_stk7_pat_ct_npl1 は 1 件以上の非特許文献を引用している出願ラグ 7 年以内の特許出願数を、特許引用ラグ年ごとの相対度数で加重して合計した値である。

IIP パテントデータベースについての参考文献：

- Goto, Akira and Kazuyuki Motohashi (2007) “Construction of a Japanese Patent Database and a First Look at Japanese Patenting Activities,” Research Policy, 36 (9), 1431-1442.
- 後藤晃・元橋一之 (2005) 「特許データベースの開発とイノベーション」 知財研フォーラム, 63, 43-49.
- 中村健太 (2016)「『IIP パテントデータベース』の開発と利用」国民経済雑誌, 214 (2), 75-90.

1.4 企業名寄せ

本プロジェクトでは、NISTEP 企業名辞書（以下、企業名辞書）を中心として、科学技術研究調査と企業活動基本調査の調査票を名寄せした。

1.4.1 企業名寄せに使用したデータベースとその範囲

A 政府統計

科学技術研究調査　回答した企業の詳細が明確な 2002 年～2017 年（調査年）
企業活動基本調査　平成 4 年～平成 29 年（調査年）

- IIP パテントデータベース　2017 年版(整理標準化データ 2017 年 3 月末)
- NISTEP

企業名辞書　2019 年 1 月版
企業名辞書と IIP パテントデータベースとの接続用テーブル　2019 年 1 月版
全国試験研究機関名鑑（丸善出版発行）
2002－2003 年、2004－2005 年、2006－2007 年、2008－2009 年

- 国税庁

法人番号公表データ　2015 年

- 日本郵便

事業所郵便番号データ　2015 年

- 人工生命研究所

研究用特許データベース　整理標準化データ 2018 年 3 月版
研究用特許データベース　公報データ 2018 年 12 月版
住所表記と緯度・経度の対応データベース　昭和 20 年～平成 30 年 11 月

1.4.2 企業名寄せの概要

(1)NISTEP 企業名辞書（以下、企業名辞書）を中心として各データを紐づける。
(2)接続に当たっては、名称と法人格を分離し、所在地、名称、法人格の一致を行う。法人格の前後を書き誤っていることも許す。所在地は、番地レベルまでの一致、町名

レベルまでの一致、市町村レベルまでの一致を確認する。これらの組み合わせによって、名寄せ優先レベルを設け、詳細に一致したものから優先的に名寄せしたものとする。
また、市町村合併など住所表記の変更などに対応して、緯度・経度へ変換を行い、住所の表記変更に影響されず一致を確認している。また、住所の記載誤りに対し、事業所郵便番号によって補正を行っている。
(3)企業名辞書には事業所の住所まで記載されていないが、吸収・合併以前の会社が事業所となっている場合については、沿革情報から同一と判断する。ただし、これは最低限にとどめて必要以上の一致を避けている。また、科学技術研究調査については、研究所の所在地が記載されていることが多いため、全国試験研究機関名鑑を介して一致を行っている。
(4)企業名辞書は、IIP パテントデータベースの出願人と紐づけられており、この出願年と所在地を使用して接続している。また、同一内容に加え整理標準化データ及び公報データの内容を持つ人工生命研究所の研究用特許データベースでは、最新年のデータに対応すると共に各種番号（出願番号、公開番号、公表番号、国際公開番号、登録番号）の一覧データ及び優先権主張日、原出願・関連出願を参照して基になる出願年を特定するなど、IIP パテントデータベースを補完して使用している。
(5)残る未確定の企業について、名称の唯一性を法人番号公表データから確認して紐づけている。
(6)以上の手順によって機械的にマッチした企業名辞書の企業と科学技術研究調査回答企業、企業活動基本調査回答企業について、同名企業等の誤マッチングを目視での確認を行っている。

付録 B　(記述統計)

付録 B　表 1　表 3.1 と表 3.2 の記述統計

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.
ln1appln_wght_fc7all	25,417	3.00912	2.137406
ln1count_inpadoc	25,417	3.138586	1.801305
ln1npl_count_sum	25,400	1.033137	1.675017
lnq	5,216	-.7545718	1.055891
ln1applieddevelop_stock	25,417	8.259197	1.960023
basic_ratio2	25,417	.0680627	.1813957
L.ln1basic_stock	25,417	2.595506	3.562043
commission_univ_pro_ratio2	25,417	.0095458	.0472337
L.ln1commission_univ_pro_stock	25,417	1.886023	2.337659
commissioned_pub_ratio2	25,417	.0092126	.0398022
L.ln1commissioned_pub_stock	25,417	1.389891	2.387529
commission_abroad_ratio2	25,417	.0069964	.0677124
ln1commissioned_abroad_stock	25,417	1.154774	2.366123
lnscience	25,417	.9574455	.9692642

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.
lnq	5,216	-.7545718	1.055891
ln1applieddevelop_stock	5,216	9.381493	2.083985
basic_ratio2	5,216	.0924123	.2241357
L.ln1basic_stock	5,216	4.307034	4.140838
commission_univ_pro_ratio2	5,216	.0106227	.0660742
	5,216	3.036564	2.688848
L.ln1commission_univ_pro_stock	5,216	.0093424	.0321964
commissioned_pub_ratio2			
L.ln1commissioned_pub_stock	5,216	2.454542	2.924421
commission_abroad_ratio2	5,216	.0093058	.0320049
ln1commissioned_abroad_stock	5,216	2.351989	3.165016
lnscience	5,216	1.416555	.7643464

付録B　表 2　表 3.6a,b の記述統計

記述統計　（企業の基礎研究についての推計結果、3.7節）			
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.
basic_d	27168	0.37	0.48
basic_r	27168	509.01	2380.56
applied_r	27168	1476.37	6958.41
develop_r	27168	4844.93	23464.96
rd_r	27168	6832.76	30651.78
ln1basic_r	27168	2.04	2.88
ln1applied_r	27168	3.41	3.31
ln1develop_r	27168	6.07	2.47
ln1rd_r	27168	6.48	2.46
sales	15353	226404.10	760662.00
commission_univ_pro_stock	27168	209.88	1155.08
commissioned_pub_stock	27168	541.67	8673.46
lnsales	27167	10.74	1.67
lnscience	27168	0.96	0.96
ln1commission_univ_pro_stock	27168	1.87	2.34
ln1commissioned_pub_stock	27168	1.38	2.38
phd_ratio2	11550	0.04	0.08
ln1basic_s~k	27168	2.58	3.56
ln1a~d_stock	27168	4.21	4.02

付録 B　表 3　フローの基礎研究費を利用したパネル(モデル(1)と(2))及び 1983 年に存在していた企業のみによるパネルによる推計(モデル(3)と(4))

	(1)	(2)	(3)	(4)
ln1appln_wght_fc7all	Whole panel		Panel of firms which existed as of 1983	
VARIABLES	FE:1984-2016 with flow basic R&D	RE:1984-2016 with flow basic R&D	FE:1984-2016 with flow basic R&D	RE:1984-2016 with flow basic R&D
ln1applieddevelop_stock	0.339***	0.520***	0.447***	0.790***
	(0.0181)	(0.00997)	(0.0329)	(0.0191)
basic_ratio2	0.168*	-0.00176	0.364**	0.308**
	(0.0908)	(0.0597)	(0.169)	(0.121)
L.ln1basic_r	0.0143**	0.0453***		
	(0.00669)	(0.00574)		
L.ln1basic_stock			0.0143*	0.0326***
			(0.00806)	(0.00698)
commission_univ_pro_ratio2	1.346***	0.894***	1.992***	1.979***
	(0.257)	(0.186)	(0.431)	(0.420)
L.ln1commission_univ_pro_stock	-0.0533***	-0.0361***	-0.0406***	-0.0344***
	(0.00829)	(0.00751)	(0.0107)	(0.0101)
commissioned_pub_ratio2	1.145***	0.200	0.938	0.462
	(0.417)	(0.298)	(0.571)	(0.484)
L.ln1commissioned_pub_stock	-0.00466	0.0205***	0.00631	0.0277***
	(0.00661)	(0.00617)	(0.00814)	(0.00777)
commission_abroad_ratio2	-0.201*	-0.117	-0.159	-0.0889
	(0.109)	(0.107)	(0.108)	(0.108)
L.ln1commission_abroad_stock	-0.0367***	-0.0226***	-0.0221***	-0.0184**
	(0.00651)	(0.00611)	(0.00773)	(0.00744)
lnscience	0.0889***	0.0904***	0.0845***	0.0712***
	(0.0183)	(0.0170)	(0.0263)	(0.0253)
Observations	25,417	25,417	11,449	11,449
Number of newcomp_id2	3,465	3,465	894	894
Within R-squared	0.596	0.588	0.648	0.640
Between R-squared	0.289	0.534	0.292	0.715
Overall R-squared	0.376	0.631	0.424	0.747
sigma_u	1.511	0.933	1.626	0.806
sigma_e	0.768	0.768	0.740	0.740
Standard errors in parentheses				
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				

付録 B　表 4　表 3.4 の固定効果推計の詳細　産業別の推計(企業の固定効果推計)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
VARIABLES	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq
Fixed Effects	chepha_ind			material_ind			it_ind		
ln1applieddevelop_stock	0.137***	0.218***	0.271**	0.346***	0.370***	-0.0811	0.368***	0.254***	0.334***
	(0.0462)	(0.0301)	(0.119)	(0.0470)	(0.0332)	(0.117)	(0.0485)	(0.0362)	(0.0944)
basic_ratio2	0.160	0.0898	0.626	0.373	0.545**	0.701	0.644	1.417*	5.531***
	(0.121)	(0.0787)	(0.645)	(0.319)	(0.225)	(0.942)	(1.055)	(0.788)	(1.357)
L.ln1basic_stock	0.0426***	0.0352***	0.0630**	-0.0174	-0.0125	0.0987**	-0.0425*	-0.0378**	-0.0269
	(0.0118)	(0.00769)	(0.0321)	(0.0146)	(0.0103)	(0.0492)	(0.0224)	(0.0167)	(0.0345)
commission_univ_pro_ratio2	0.675	0.981***	-0.221*	0.542	0.636**	-2.317	2.220	0.578	-0.362*
	(0.573)	(0.374)	(0.118)	(0.431)	(0.304)	(3.445)	(1.930)	(1.441)	(0.209)
commissioned_pub_ratio2	3.009**	3.269***	3.208**	-0.461	-0.712	-3.240	-1.512	-1.116	3.152
	(1.385)	(0.904)	(1.286)	(1.013)	(0.715)	(4.968)	(1.796)	(1.340)	(5.321)
commission_abroad_ratio2	-0.227**	-0.194***	-3.089	-10.83***	2.560	-8.560**	-2.102**	-0.634	-6.726
	(0.109)	(0.0709)	(4.197)	(2.798)	(1.975)	(4.015)	(0.957)	(0.715)	(6.573)
Inscience	-0.0373	0.0471**	-4.230***	0.221***	0.125***	0.0364	0.404***	0.401***	-7.263
	(0.0344)	(0.0225)	(1.381)	(0.0452)	(0.0319)	(0.144)	(0.0947)	(0.0707)	(6.835)
Observations	4,901	4,901	1,056	4,980	4,980	999	2,529	2,529	524
Number of newcomp_id2	539	539	128	692	692	145	454	454	83
Within R-squared	0.543	0.230	0.305	0.573	0.334	0.376	0.691	0.382	0.387
Between R-squared	0.353	0.451	0.270	0.273	0.250	0.0494	0.345	0.284	0.00641
Overall R-squared	0.397	0.477	0.298	0.357	0.328	0.122	0.495	0.407	0.00466
Standard errors in parentheses									
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1									

	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
VARIABLES	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq	ln1appln_wght_fc7all	ln1count_inpadoc	lnq
Fixed Effects	elect_ind			auto_ind			machinery_ind		
ln1applieddevelop_stock	0.222***	0.274***	-0.210**	0.331***	0.211***	0.331***	0.397***	0.500***	-0.144
	(0.0628)	(0.0462)	(0.104)	(0.0575)	(0.0461)	(0.0575)	(0.0513)	(0.0388)	(0.130)
basic_ratio2	1.837***	2.020***	8.801***	-0.434	-0.0681	-0.434	-0.490	-0.361	0.263
	(0.615)	(0.452)	(1.419)	(0.504)	(0.404)	(0.504)	(0.543)	(0.410)	(0.903)
L.ln1basic_stock	0.00698	0.0188	-0.0563	0.0357	0.0557***	0.0357	0.0463*	-0.0149	-0.0192
	(0.0237)	(0.0174)	(0.0376)	(0.0243)	(0.0195)	(0.0243)	(0.0251)	(0.0190)	(0.0471)
commission_univ_pro_ratio2	-7.644***	-4.887**	0.0416	52.29	52.52*	0.105	2.264	2.063	0.0928
	(2.864)	(2.105)	(0.165)	(33.58)	(26.90)	(0.0924)	(3.319)	(2.507)	(0.125)
commissioned_pub_ratio2	3.617**	1.755	-8.259***	-0.888	0.813	52.29	-0.546	1.528	21.41
	(1.516)	(1.114)	(2.399)	(2.235)	(1.790)	(33.58)	(1.371)	(1.035)	(21.56)
commission_abroad_ratio2	-8.504***	-6.208***	-22.09***	-4.313**	0.420	-0.888	-1.724	1.836*	1.121
	(2.607)	(1.916)	(6.152)	(1.780)	(1.426)	(2.235)	(1.472)	(1.112)	(3.611)
Inscience	0.134*	0.0882	-9.756***	0.105	0.0484	-4.313**	0.133**	0.0610	-2.709
	(0.0810)	(0.0596)	(3.549)	(0.0924)	(0.0740)	(1.780)	(0.0564)	(0.0426)	(1.703)
Observations	2,093	2,093	435	1,470	1,470	1,470	3,068	3,068	630
Number of newcomp_id2	267	267	52	155	155	155	457	457	91
Within R-squared	0.572	0.276	0.458	0.724	0.418	0.724	0.505	0.267	0.330
Between R-squared	0.312	0.371	0.0474	0.452	0.498	0.452	0.443	0.457	0.0225
Overall R-squared	0.389	0.436	0.0363	0.566	0.492	0.566	0.554	0.592	0.0544

注)産業大分野毎に産業中分類のダミーを入れている。

付録 C　研究開発ラグの影響：発明者サーベイのデータによる試算

基礎研究は新しい知識としての成果(発明)が得られるのには時間を要し、研究開発から発明として結実するまでのラグが大きいが同時に陳腐化しにくいと考えられる。本稿では、発明者サーベイの結果を利用して、このようなラグ(のみ)を反映させた研究開発ストックを構築し、それによって研究開発生産性を計測し、ラグの差を考慮することがどのような影響を与えるかを試算した。以下では簡単のために、研究開発投資が社内の知識ストックを拡大し、これが将来にわたって発明をもたらす知識ストック効果は無いとしている。

発明者サーベイでは研究の着手から出願までの時間を研究のタイプ別に調査している。以下付録 C 表 1 は研究のタイプ別にその分布を示している。例えば、基礎研究の場合、研究着手後 1 年未満に特許出願をした場合は 12%であり、開発研究の場合は 23%である。二年目の方が割合は高く、基礎研究の 31%、開発研究が 40%である。

ラグが 1 年未満の場合でも、研究開発投資がいつ行われるかによって当該年の特許出願となるか次年度の特許出願となるかに分かれる。簡単のために、研究開発は平均して年度開始後半年後に行われ、またラグの分布は均一だとすれば、半分のプロジェクトは同じ年度に出願され、残りの半分は次年度に出願されることになる。更に、付録 C 表 1 は大半が 1995 年から 2001 年の間に出願された特許であり、実質研究開発投資は 1990 年代に約 2%拡大してきたことを反映していることを考慮して、ラグの長さ別に研究開発投資がどの割合で特許出願されるかの頻度を試算したのが付録 C 表 2 である(8 年以上を超えての効果は無視している)。

付録 C　表 1　特許出願までのラグの長さの分布

	基礎	応用	開発
0<=ラグ <1	12.0%	16.8%	23.2%
1<=ラグ <2	31.4%	35.9%	39.8%
2<=ラグ <3	24.0%	23.9%	20.1%
3<=ラグ <4	15.0%	12.8%	9.1%
4<=ラグ <5	4.1%	2.4%	2.1%
5<=ラグ <6	6.8%	4.3%	3.1%
6<=ラグ <7	1.0%	1.0%	0.6%
7<=ラグ <8	1.3%	0.4%	0.4%
8<=ラグ <40	4.3%	2.5%	1.6%
N	1,070	1,915	3,354

(出典)　発明者サーベイから作成

付録 C　表 2　研究開発着手から特許出願がなされる相対的な頻度の試算結果(基準ラグが 2 年から 3 年)

ストック形成に利用したウエイト			
	基礎	応用	開発
0<=ラグ <1	0.21	0.27	0.37
1<=ラグ <2	0.77	0.86	1.03
2<=ラグ <3	1.00	1.00	1.00
3<=ラグ <4	0.72	0.63	0.50
4<=ラグ <5	0.36	0.26	0.20
5<=ラグ <6	0.21	0.12	0.09
6<=ラグ <7	0.15	0.10	0.07
7<=ラグ <8	0.05	0.03	0.02

研究開発投資が成果を生むためには時間が必要であり、特許出願で見た投資の価値は当初は減価ではなく増価することが分かる。また、基礎研究は減価の程度も小さいことが分かる。

以下の付録 C 表 3 は、このような研究開発投資の特徴を反映した研究開発ストックを構築して、研究開発生産性を計測した結果である。研究開発ストックの構築に完備したデータを利用しているので、推計期間は 1990－2016 年である。被引用件数、特許出願数、トービンの q とも定性的には本文で示した結果と変わらないが(科学技術文献の引用数は変動効果推計の結果は近いが、固定効果推計で符号が逆転している)、基礎研究ストックの係数が大きくなり、応用開発研究の係数が小さくなっている。応用開発研究の方が、減価が大きいことを反映していると考えられる。

付録 C　表 3　新研究開発ストックと研究開発生産性(1990-2016)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	ln1appln_wght_fc7all		ln1count_inpadoc		npl_count_sum		lnq	
VARIABLES	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
ln1applieddevelop_stock_new	0.293***	0.610***	0.373***	0.593***	0.153***	0.381***	0.207***	0.181***
	(0.0282)	(0.0155)	(0.0203)	(0.0126)	(0.0275)	(0.0144)	(0.0480)	(0.0210)
basic_ratio2_new	0.0112	0.145*	0.119	0.181***	0.0935	0.0602	-0.0141	-0.0171
	(0.100)	(0.0834)	(0.0722)	(0.0636)	(0.0979)	(0.0788)	(0.194)	(0.157)
ln1basic_stock_new	0.0254**	0.0490***	0.0222***	0.0380***	-0.0224**	0.0418***	0.0592***	0.0418***
	(0.00990)	(0.00747)	(0.00713)	(0.00585)	(0.00968)	(0.00699)	(0.0157)	(0.0103)
commission_univ_pro_ratio2_new	0.262**	0.392***	0.290***	0.383***	0.215*	0.322***	2.353***	1.751***
	(0.118)	(0.116)	(0.0848)	(0.0843)	(0.115)	(0.111)	(0.671)	(0.607)
ln1commission_univ_pro_stock_new	-0.0125	0.00161	0.00182	0.0123*	0.0463***	0.0865***	-0.0654***	-0.0484***
	(0.0100)	(0.00908)	(0.00721)	(0.00679)	(0.00979)	(0.00864)	(0.0160)	(0.0132)
commissioned_pub_ratio2_new	-0.843**	-1.246***	-0.972***	-1.313***	-1.184***	-1.710***	0.420	0.404
	(0.424)	(0.408)	(0.306)	(0.300)	(0.415)	(0.390)	(0.525)	(0.492)
ln1commissioned_pub_stock_new	0.0214***	0.0486***	0.0206***	0.0403***	0.0117	0.0523***	-0.0292***	-0.0117
	(0.00805)	(0.00759)	(0.00580)	(0.00561)	(0.00788)	(0.00725)	(0.0107)	(0.00939)
commission_abroad_ratio2_new	-0.310	-0.117	-0.0570	0.113	-0.0664	0.426	-2.020***	-0.809
	(0.317)	(0.291)	(0.228)	(0.216)	(0.310)	(0.277)	(0.595)	(0.537)
ln1commission_abroad_stock_new	-1.23e-05***	-1.28e-05***	-4.47e-06*	-6.82e-06***	3.18e-06	2.83e-06	-8.97e-06**	-5.41e-06**
	(3.38e-06)	(2.81e-06)	(2.44e-06)	(2.14e-06)	(3.31e-06)	(2.66e-06)	(3.62e-06)	(2.62e-06)
lnscience	0.0642**	0.0108	0.0513**	0.00738	0.243***	0.270***	-0.0479	0.0140
	(0.0278)	(0.0260)	(0.0200)	(0.0192)	(0.0272)	(0.0249)	(0.0597)	(0.0485)
Observations	12,985	12,985	12,985	12,985	12,975	12,975	4,049	4,049
Number of newcomp_id2	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	487	487
Within R-squared	0.685	0.677	0.396	0.384	0.360	0.342	0.388	0.372
Between R-squared	0.331	0.673	0.383	0.663	0.0811	0.636	0.134	0.373
Overall R-squared	0.422	0.731	0.462	0.726	0.141	0.667	0.218	0.357
Standard errors in parentheses								
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1								

(注)産業×年次ダミーを含めて推計している。

付録 D　基礎研究の成功確率の計測とその研究開発生産性の計測への影響

研究開発、特に基礎研究は不確実である。本文で述べたように、推計式(3a)の θ が企業レベルで基礎研究の成否によって変動する場合、これは欠落変数となっており、企業内の基礎研究の効果の過小評価につながる。すなわち、基礎研究のレベルは一定でも、基礎研究が成功した場合には θ は大きく、より多くの応用研究開発を誘発し、同時に企業の研究開発全体の成果の向上が観察される。このような場合、成果の向上は全て応用開発研究に帰着されるので、基礎研究の効果は過小評価される。この問題がどの程度重要であるかを分析するために、以下では、自己引用データを利用して θ を計測して推計を行うことを試みる。基本的なアイデアは、基礎研究からの特許を科学技術文献の引用状況から把握し、それが成功した程度をその企業内の自己引用で把握するという考えである。

本文の(3 a)式を少し一般化して、応用開発研究の源泉となるサイエンスベースのアイデアには基礎研究を経由しない部分(δ)もあるとすると、

$$lnY \cong lnA + \gamma ln(\text{applied} + \text{development}) + \frac{\gamma \mu \text{basic}}{\text{applied+development}} + \theta(\delta + \text{lnbasic}) \quad (3c)$$

基礎研究からの特許を日本の特許出願における科学技術文献の引用状況(npl_jp)から把握できるかどうかをまず発明者サーベイで検証する。以下の表 1 に見るように、特許出願が科学技術文献など非特許文献(non patent literature)を引用している場合、その当該発明が基礎研究を含む研究プロジェクトで生み出された確率が高まる。非特許文献が無い場合が 18%であり、1 件あると 33%、10 件以上だと 74%となる。但し、被特許文献が無い場合が全体の 88%を占めており、基礎研究の有無の識別にこのような特許の引用文献情報はそれほど効果的ではないが、利用可能な最も重要な指標である。

付録 D　表 1　被特許文献の頻度と基礎研究確率

npl_jpo	基礎研究がある確率	N(sample~r)
0	18%	4,548
1	33%	252
2	42%	106
3	41%	56
4	40%	45
5	50%	26
6以上9	52%	65
10以上	74%	61
	21%	5,159

θ は、基礎研究がもたらした応用開発研究の比率であり、基礎研究の大きさの指標として、以下では、非特許文献を 1 件以上引用している過去 7 年分の特許出願数(wt_stk7_pat_ct_npl1)を利用し、基礎研究によって誘発された応用開発研究の規模は、これらの特許出願を自社で引用している頻度(num_cit_npl_m1_slf_lag7)で計測する。

すなわち、θ_{1_7}=num_cit_npl_m1_slf_lag7/wt_stk7_pat_ct_npl1

wt_stk7_pat_ct_npl1 及びこのように計測された企業レベルの θ と、基礎研究を企業が行っているかどうか(basic_d)の相関は以下の通りである。いずれも、特に後者(d_shita_1_7=θ_{1_7})は基礎研究をしているかどうかを良く予測する。それがゼロである場合には、4 分の 1 の頻度でした基礎研究は存在しないが、それが正である場合は 50%の頻度で基礎研究が存在している。

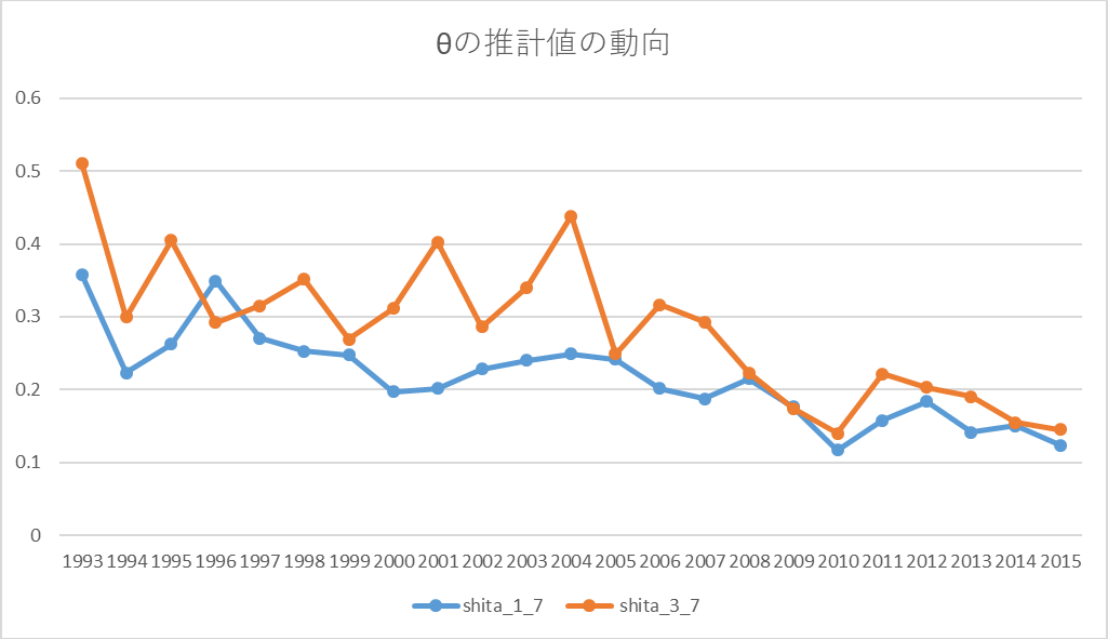
付録 D　表 2　NPL 引用特許の有無及びこうした特許の自己引用の有無と基礎研究

basic_d	d_wt_stk7_pat_ct_npl1 0	1	Total
0	14,319	36,816	51,135
1	2,614	15,695	18,309
Total	16,933	52,511	69,444

basic_d	d_shita_1_7 0	1	Total
0	30,146	6,670	36,816
1	9,471	6,224	15,695
Total	39,617	12,894	52,511

以下ではこのようにして得られた θ の動向を示している(特許出願公開のトランケーションの影響がある 2016 年は示していない)。shita_1_7 は非特許文献が一件以上ある特許に対する自己引用件数の比率であり、shita_3_7 は非特許文献を 3 件以上引用している特許に対する自己引用件数の比率であり、後者の方が高い場合が多い。いずれの指標も長期的に低下傾向にあり、基礎研究が応用開発研究を生み出す頻度が低下して可能性を示唆しているが、近年についてはデータのトランケーションの影響もあり今後の検討課題である。

付録 D　図 1



このように計測された θ を利用した、審査官による被引用件数(ln1appln_wght_fc7all)を被説明変数とした推計結果は以下の通りである。NPL 引用特許がある場合のみの推計結果がモデル(1)から(3)であり、NPL 引用特許が無い場合は θ をゼロ(shita_1_7_2)として推計した結果がモデル(4)から(6)である.モデル(1)と(3)は、θ 及び θ と基礎研究ストックの交差項がある場合、モデル(2)と(4)は θ と基礎研究ストックの交差項のみのモデル、モデル(3)と(6)はこれらが無い場合である。

推計結果(モデル(1)、(2)及び(4)、(5))が示すように、θ 及び θ と基礎研究ストックの交差項の両方が高度に有意であり、基礎研究の成果やそれを経ないサイエンスの活用が、研究開発のパフォーマンスに有意な影響を与えている。モデル(3)と(6)に示すように、θ の変動を考慮しない場合には、推計期間 1990-2016 年では基礎研究ストックは有意性が弱い(あるいは認められない)。したがって、θ の変動を考慮しないことが、基礎研究ストックの過小評価につながることも示している。但し、応用開発研究の係数や Within R-squared には大きな影響を与えていないので、θ の変動の影響はなおおそらく大幅に過小評価のままであり、それを把握するために、一層の工夫が必要である。

付録 D　表 3　審査官による被引用件数(ln1appln_wght_fc7all)を被説明変数(1990-2016)

推計期間：1990-2016	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
VARIABLES	FE	FE	FE	FE	FE	FE
	NPL引用特許ある場合のみ			全サンプル		
ln1applieddevelop_stock	0.264***	0.263***	0.264***	0.322***	0.324***	0.325***
	(0.0250)	(0.0249)	(0.0249)	(0.0208)	(0.0209)	(0.0209)
basic_ratio2	0.260**	0.246**	0.248**	0.234**	0.234**	0.234**
	(0.104)	(0.104)	(0.104)	(0.0998)	(0.100)	(0.100)
shita_1_7	0.0893***					
	(0.00912)					
L.shita_1_7_ln1basic_stock	0.0110***	0.0114***				
	(0.00224)	(0.00225)				
shita_1_7_2				0.0623***		
				(0.00684)		
L.shita_1_7_2ln1basic_stock				0.0118***	0.0123***	
				(0.00230)	(0.00230)	
L.ln1basic_stock	0.0103	0.0108	0.0142*	0.00675	0.00675	0.00978
	(0.00814)	(0.00815)	(0.00813)	(0.00764)	(0.00766)	(0.00765)
commission_univ_pro_ratio2	0.844**	0.893**	0.902**	0.909***	0.913***	0.925***
	(0.426)	(0.424)	(0.425)	(0.299)	(0.300)	(0.300)
L.ln1commission_univ_pro_stock	-0.0578***	-0.0586***	-0.0588***	-0.0613***	-0.0610***	-0.0612***
	(0.0111)	(0.0111)	(0.0111)	(0.0101)	(0.0102)	(0.0102)
commissioned_pub_ratio2	0.736	0.759	0.744	0.822*	0.844*	0.829*
	(0.507)	(0.507)	(0.507)	(0.491)	(0.493)	(0.493)
L.ln1commissioned_pub_stock	-0.0150*	-0.0148*	-0.0146*	-0.00536	-0.00556	-0.00523
	(0.00815)	(0.00817)	(0.00818)	(0.00787)	(0.00789)	(0.00789)
commission_abroad_ratio2	-0.896**	-0.913**	-0.925**	-0.744*	-0.757*	-0.768*
	(0.418)	(0.420)	(0.420)	(0.395)	(0.396)	(0.397)
L.ln1commission_abroad_stock	-0.0269***	-0.0272***	-0.0267***	-0.0393***	-0.0394***	-0.0389***
	(0.00926)	(0.00930)	(0.00931)	(0.00871)	(0.00874)	(0.00874)
lnscience	0.0123	0.0230	0.0208	0.0684***	0.0759***	0.0747***
	(0.0262)	(0.0262)	(0.0262)	(0.0215)	(0.0216)	(0.0216)
R-squared	0.718	0.714	0.713	0.632	0.631	0.630
Observations	15,202	15,321	15,321	20,727	20,727	20,727
Number of newcomp_id2	2,055	2,066	2,066	3,065	3,065	3,065
Within R-squared	0.718	0.714	0.713	0.632	0.631	0.630
Between R-squared	0.331	0.330	0.332	0.302	0.300	0.300
Overall R-squared	0.407	0.403	0.405	0.379	0.376	0.375
Standard errors in parentheses						
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1						

付録 E　博士と基礎研究及び基礎研究の水準についての産業別推計

付録 E　表 1　博士号取得者の割合と基礎研究の水準

	(1)	(2)	(3)	(4)
	ln1basic_r	ln1basic_r	ln1basic_r	ln1basic_r
	FE	RE	FE	RE
L.lnsales	0.220***	0.351***	0.219***	0.350***
	(0.0307)	(0.0200)	(0.0307)	(0.0200)
lnscience	0.0497*	0.0987***	0.0683**	0.108***
	(0.0286)	(0.0274)	(0.0303)	(0.0292)
phd_ratio2	-0.0255	0.355*	0.617	0.681*
	(0.204)	(0.195)	(0.405)	(0.391)
lnscience_phd_ratio2			-0.370*	-0.187
			(0.202)	(0.194)
ln1commission_univ_pro_stock	0.149***	0.243***	0.148***	0.243***
	(0.0138)	(0.0123)	(0.0138)	(0.0123)
ln1commissioned_pub_stock	0.0156	0.0672***	0.0156	0.0671***
	(0.0104)	(0.00961)	(0.0104)	(0.00961)
Observations	11,550	11,550	11,550	11,550
Number of newcomp_id2	2,254	2,254	2,254	2,254
Within R-squared	0.119	0.106	0.120	0.106
Between R-squared	0.196	0.411	0.192	0.410
Overall R-squared	0.239	0.458	0.235	0.458
Standard errors in parentheses				
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				

注) phd_ratio2 は、博士号取得者の比率(研究者_博士_男女計/ 研究関係従業者数_男女計である。また、研究 lnscience_phd_ratio2 は phd_ratio2 とサイエンス活用機会(lnscience)との交差項である。

付録 E　表 2a　産業別の基礎研究費推計

ln1basic_r	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
VARIABLES	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
	all	all	chepha	chepha	material	material	it	it	elect	elect	auto	auto	machinery	machinery
L.lnsales	0.185***	0.347***	0.370***	0.618***	0.343***	0.590***	0.185***	0.253***	0.384***	0.423***	-0.222**	0.911***	0.256***	0.417***
	(0.0237)	(0.0152)	(0.0697)	(0.0479)	(0.0690)	(0.0408)	(0.0575)	(0.0353)	(0.0781)	(0.0567)	(0.108)	(0.0437)	(0.0575)	(0.0422)
lnscience	0.0558***	0.102***	0.117***	0.159***	0.0787	0.119**	0.0278	0.0216	-0.0158	-0.0164	-0.108	0.0131	-0.0249	0.00558
	(0.0190)	(0.0182)	(0.0430)	(0.0421)	(0.0503)	(0.0493)	(0.0848)	(0.0800)	(0.0768)	(0.0750)	(0.102)	(0.0572)	(0.0441)	(0.0434)
ln1commission_univ_pro_stock	0.124***	0.199***	0.0728***	0.174***	0.0635***	0.148***	0.204***	0.271***	0.177***	0.194***	0.0195	0.0670***	0.0619***	0.0996***
	(0.00864)	(0.00803)	(0.0247)	(0.0222)	(0.0209)	(0.0196)	(0.0283)	(0.0256)	(0.0223)	(0.0216)	(0.0341)	(0.0188)	(0.0210)	(0.0206)
ln1commissioned_pub_stock	0.0639***	0.103***	0.0987***	0.117***	0.0513***	0.120***	0.0116	0.0693***	0.104***	0.110***	0.107***	0.0183	-0.0271	0.0214
	(0.00696)	(0.00661)	(0.0163)	(0.0158)	(0.0182)	(0.0170)	(0.0199)	(0.0184)	(0.0223)	(0.0213)	(0.0230)	(0.0129)	(0.0195)	(0.0183)
Observations	27,168	27,168	4,911	4,911	5,143	5,143	2,850	2,850	2,106	2,106	1,476	1,476	3,121	3,121
Number of newcomp_id2	3,867	3,867	542	542	730	730	534	534	276	276	157	157	466	466
Within R-squared	0.158	0.147	0.141	0.132	0.191	0.174	0.128	0.118	0.172	0.171	0.113	0.238	0.0922	0.0837
Between R-squared	0.0841	0.341	0.315	0.406	0.0449	0.364	0.162	0.271	0.176	0.189	0.0862	0.688	0.128	0.229
Overall R-squared	0.183	0.452	0.420	0.509	0.119	0.496	0.285	0.377	0.245	0.253	0.00259	0.776	0.212	0.346
Standard errors in parentheses														
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1														

付録 E　表 2b　全研究費

lnrd_r	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)
VARIABLES	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
	all	all	chepha	chepha	material	material	it	it	elect	elect	auto	auto	machinery	machinery
L.lnsales	0.475***	0.631***	0.532***	0.687***	0.476***	0.678***	0.503***	0.656***	0.500***	0.723***	0.682***	0.911***	0.477***	0.719***
	(0.0109)	(0.00807)	(0.0200)	(0.0147)	(0.0254)	(0.0183)	(0.0405)	(0.0276)	(0.0356)	(0.0254)	(0.0557)	(0.0437)	(0.0364)	(0.0256)
lnscience	0.0144*	0.0371***	-0.000277	0.0226*	0.0336*	0.0515***	-0.0595	-0.0662	0.0259	0.0575*	0.00374	0.0131	0.0968***	0.107***
	(0.00866)	(0.00864)	(0.0123)	(0.0123)	(0.0188)	(0.0194)	(0.0586)	(0.0576)	(0.0346)	(0.0346)	(0.0527)	(0.0572)	(0.0276)	(0.0271)
ln1commission_univ_pro_stock	0.0476***	0.0708***	0.0552***	0.0842***	0.0466***	0.0711***	0.0541***	0.0827***	0.0156	0.0287***	0.0503***	0.0670***	0.0576***	0.0633***
	(0.00381)	(0.00374)	(0.00708)	(0.00659)	(0.00763)	(0.00764)	(0.0181)	(0.0173)	(0.0101)	(0.00995)	(0.0176)	(0.0188)	(0.0132)	(0.0129)
ln1commissioned_pub_stock	0.0121***	0.0291***	0.0387***	0.0451***	0.00889	0.0278***	-0.0230*	0.00563	0.00513	0.0250**	0.0216*	0.0183	0.0343***	0.0560***
	(0.00300)	(0.00298)	(0.00466)	(0.00463)	(0.00660)	(0.00660)	(0.0125)	(0.0121)	(0.0101)	(0.00981)	(0.0119)	(0.0129)	(0.0123)	(0.0113)
Observations	25,465	25,465	4,903	4,903	4,982	4,982	2,536	2,536	2,093	2,093	1,470	1,476	3,067	3,067
Number of newcomp_id2	3,472	3,472	538	538	692	692	455	455	267	267	155	157	456	456
Within R-squared	0.237	0.221	0.314	0.305	0.268	0.254	0.194	0.178	0.192	0.185	0.266	0.238	0.168	0.159
Between R-squared	0.430	0.628	0.799	0.820	0.376	0.620	0.407	0.549	0.727	0.735	0.757	0.688	0.621	0.657
Overall R-squared	0.585	0.750	0.842	0.861	0.510	0.738	0.527	0.671	0.799	0.809	0.802	0.776	0.733	0.753
Standard errors in parentheses														
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1														