



イノベーションと 先進経済諸国における 生産性の低迷

日本、ドイツ、アメリカ合衆国の
研究開発傾向比較分析

ダニー・バーハー
セバスチャン・ストラウス

ダニー・バーハーはブルッキングス研究所 **Global Economy & Development program**におけるシニアフェローである。

セバスチャン・ストラウスはブルッキングス研究所 **Global Economy & Development program**におけるシニア・リサーチ・アナリスト兼コーディネーターである。

謝辞

著者らはマーティン・ベイリー、シディ・ドシ、バリー・ボスワースのコメントに感謝する。

ブルッキングス研究所は独立研究と政策解決策を専門に取り扱う非営利団体である。ブルッキングス研究所の使命は質の高い、独立した研究を行い、その研究を基に、政策立案者や一般に対して革新的で実用的な提言を行うことである。

ブルッキングスは日本生産性本部による支援に感謝する。

ブルッキングス研究所出版物の結論および提言は著者のみによるものであり、研究所、研究所の経営陣および研究所のその他の学者の意見を反映するものではない。

ブルッキングス研究所は自らが提供する価値が質と独立性、影響へのコミットメントの中にあることを認識している。資金提供者に支えられた活動はこのコミットメントを反映している。

イノベーションと
先進経済諸国における生産性の低迷：
日本、ドイツ、アメリカ合衆国の
研究開発傾向比較分析

ダニー・バーハー、セバスチャン・ストラウス

ブルッキングス研究所
世界経済と開発
研究報告書#135

1. 序論

長期的に見て、生産性は経済成長と生活水準向上の重要な推進力である。ノーベル経済学賞受賞者ポール・クルーグマンは「生産性がすべてというわけではないが、長期で見るとほとんどすべてである」と言っている。しかし、過去数十年間、我々を取り巻く、止めようのない勢いの技術進歩にも関わらず、かつて世界的成長の原動力とみなされていたアメリカ、ドイツ、日本を含む最先進諸国でマクロの生産性上昇率が減速した。

この減速は労働生産性と全要素生産性（TFP）両方の上昇率において大きく、少数の部門や産業に留まらず、経済全体に大きく広がっている。さらに、この減速は**2008年**の金融危機以前に始まっており、構造的現象であることがわかる。本論文には先進諸国において観察される生産性の低迷の原因を理解し、説明しようとする試みを多く記している。資本投資の低迷、フロンティアでの技術進歩の停滞、技術拡散・採用の減少、生産性上昇率の誤測定など、いくつかの仮説が示されている。程度に差はあるが、これらの説明にはすべて一理ある。

本論文では、上記とは異なるが関連のある問題を解決していく。第二次世界大戦終結後、ドイツおよびその他の欧州各国はアメリカの生産性水準にほぼ追い付いたが、日本は**1980年代から1990年代**に部分的に追いついた後、キャッチアップを完了することはなかった。実際、過去**10年間**に日本とアメリカの差は拡大している（ベイリー、ボスワース、ドシ、**2020年**）。**2004年以降**にアメリカとドイツの両方で生産性上昇率が急激に減速したが、日本の場合は生産性水準がアメリカ、ドイツの水準よりさらに後退し続けているにも関わらず、生産性上昇率が減速したため、さらに厄介である。

上述の生産性の力学の説明になるものは何か？成長に関する文献で複数の生産性上昇率に関する理論的・経験的決定要因が特定されているが、本論文は特にイノベーションに重点を置く。イノベーションは技術的進歩の基本的な源であり、生産性の恒久的向上の主な推進力となるためである。

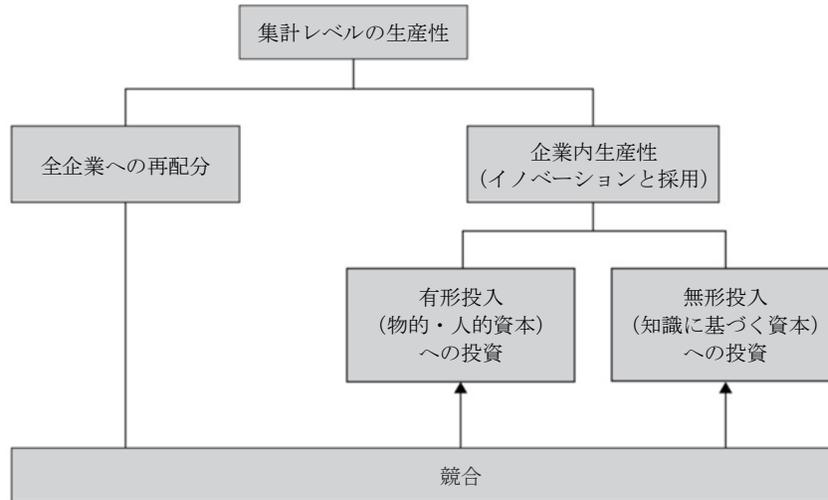
我々の分析から興味深い結果が判明した。日本はアメリカやドイツよりも研究開発に多くのリソースを投入し、特許出願数（※）も多いが、日本のイノベーションの質はアメリカやドイツから大きく立ち後れている。我々は、こうした後れは、3か国の民間部門研究開発のための政府奨励策の性質や研究開発における官民の負担割合の違いによるものとする。※米国特許商標庁（USPTO）、欧州特許庁（EPO）、および日本特許庁（JPO）の3つの特許庁すべてに出願された特許数

本論文の構成は以下の通りである。次節でさまざまな生産性決定要因についての考察のための単純な概念的枠組みを紹介する。生産性決定要因の中ではイノベーションが目立つ。第3節では研究開発の傾向に関する事実を定型化して示す。第4節では研究開発投資と生産性上昇率の関係を探り、第5節では研究開発に対する障害の可能性について説明する。第6節では特許の質に関するデータを用い、研究開発のイノベーションアウトプットの計測を試みる。第7節ではこれまでの節の内容に基づいて政策的処方説明する。

2. 概念的枠組み

国や産業内での生産性上昇パターンの違いの要因を断定するには、集計レベルの生産性を形づくる様々な要因を検証するための枠組みがあると有用である。下図1に示すとおり、バーハーとフォダ（2019年）は経済論文をもとにこうした枠組みを提案している。

図1：集計レベルの生産性の決定要因



出典：バーハーとフォダ（2019年）

結局のところ、ある国のある産業の生産性上昇率はその産業を構成する企業の動態によって決まる。この枠組みから、生産性上昇率は2つの大きなプロセスに対応することがわかる。一つ目は企業間でのリソースの再配分である。資本と労働力（そしてその他の生産要素）を生産性の低い企業から高い企業へ効率的に配分することが市場で行われる。二つ目は（フロンティアでの発明とイノベーション、または他のところでの拡散と採用を通じた）企業内の生産性上昇で、これは有形・無形の投入要素に対する企業の投資によって決まる。

（政策と市場、両方の失敗による）再配分プロセスを歪める大きな障害がない場合に、効率的な配分が得られる。活力ある経済では、もっとも生産性の低い企業が市場から退出することで、もっとも生産性の高い企業が獲得すべきリソースが解放される。競合の欠如につながる規制（や規制の欠如）など、何らかの理由により生産性の低い企業が市場に留まると、それが集計レベルでの生産性上昇率の停滞として現れる。

多数の国でビジネスのダイナミズムが減少する方向に向かっている証拠があり、これが先進諸国の生産性上昇ペースの低迷の説明となるかもしれない。サースキュロ、ガル、メノン（2014年）は、過去数十年間、OECD諸国で新規事業立ち上げ率が減少傾向にあることを示している。デイビスとホールティワンガー（2014年）は、2000年以降、アメリカではハイテク・情報処理企業の創業率が下がっており、また、立ち上った企業も以前ほど急成長していないことを示している。

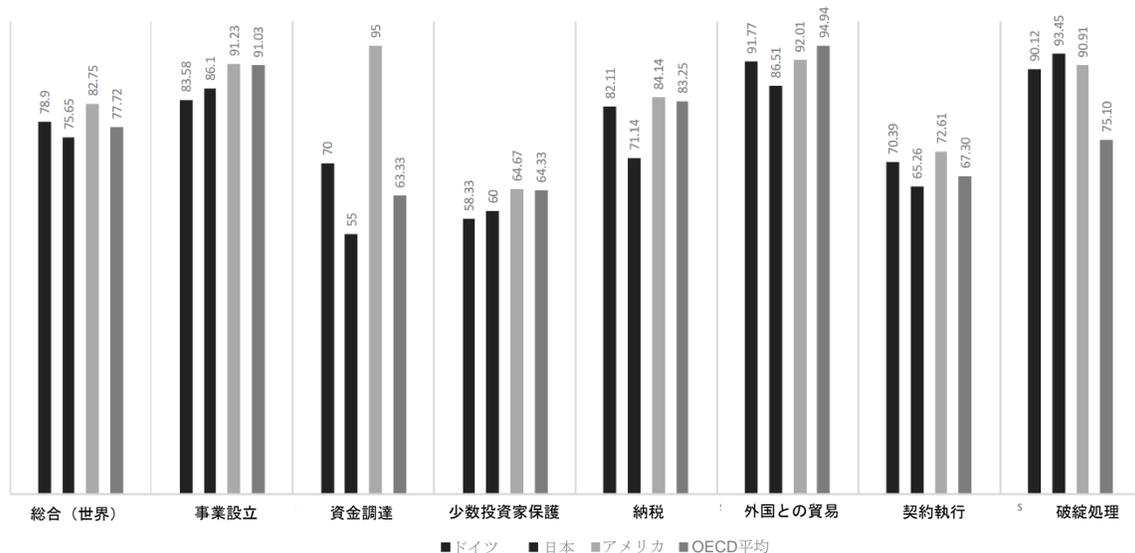
必ずしもそうだというわけではないが、通常、非効率な再配分による生産性上昇ペースの停滞は経済全体の歪みに反応するため、全産業が同様の影響を受けると考える。しかし、データからは同じ国でも産業間で生産性上昇率に大きな差があり、これは産業特有の力が働いている証拠と考えられる（ベイリー、ボスワース、ドシ、**2020年**）。ただし、政策の失敗が経済全体での再配分プロセスを妨げる歪みを生んでいて、産業によって影響を受ける度合いが異なっている可能性もある。

この枠組みに従えば、企業の生産性がどの程度改善されているかにより、集計レベルの生産性上昇率に関して大部分の説明がつく。企業は有形の投入要素（改良された新しい機械、スキルレベルの高い労働者や管理者など）と無形の投入要素（新しい方法、プロセス、技術など）の両方に投資することで生産性を改善する。企業がどの程度投入（有形、無形の両方）に投資できるかは、資金調達、貿易障壁、人的資本の充足、移住規制など、幅広い政策条件によって決まる。こうした条件のすべてが通常、産業に関わらず、同じ国の全企業に影響するが、その程度には差が出る可能性がある。例えば、貿易障壁は貿易不可能な産業よりも貿易可能な産業により大きな制約を与える。

世界銀行の「ビジネス環境」スコアにおいて、ビジネスのダイナミズムや投入要素への投資に対して、企業にとっての特定の障害が存在すると説明されている。図2ではドイツ、日本、アメリカの関連するスコアとOECD平均を比較している。

事業設立や納税など、ビジネスのダイナミズムの主な構成要素について、3か国のスコアは同様である。ただし、資金調達に関する日本のスコアは低い。資金調達に対する障壁は起業家の起業や事業拡大能力、事業主となる可能性のある者が自社にさらなる投資（有形・無形の投入）を行う能力を低下させる可能性がある。

図2：「ビジネス環境」スコア指標抜粋（2019年）



出典：世界銀行

有形の投入要素に対する投資にとって特に重要といえる外国との貿易、少数投資家保護、破綻処理、契約執行（日本はここで若干遅れている）という構成要素については3か国ともスコアは似通っている。このことから、これらの国では少なくとも集計レベルでは深刻ではないが同様の障害に直面している。

この結論は無形の投入要素にも当てはまる。前提としてこれらの指標の多くがさまざまな産業に異なる影響を及ぼすことはないはずである。しかし、企業の投資を妨げる経済全体の歪みがなかったとしても、イノベーションとその導入のプロセスは産業別の力学と関係しており、産業別力学はリスク度合い、知的財産保護、競合状況、そしてイノベーション及び市場に内在する不具合の悪影響を受けるその他の分野に深く関連しているため、イノベーションへの過小投資をもたらし、さらには企業の生産性上昇率に悪影響を及ぼす。

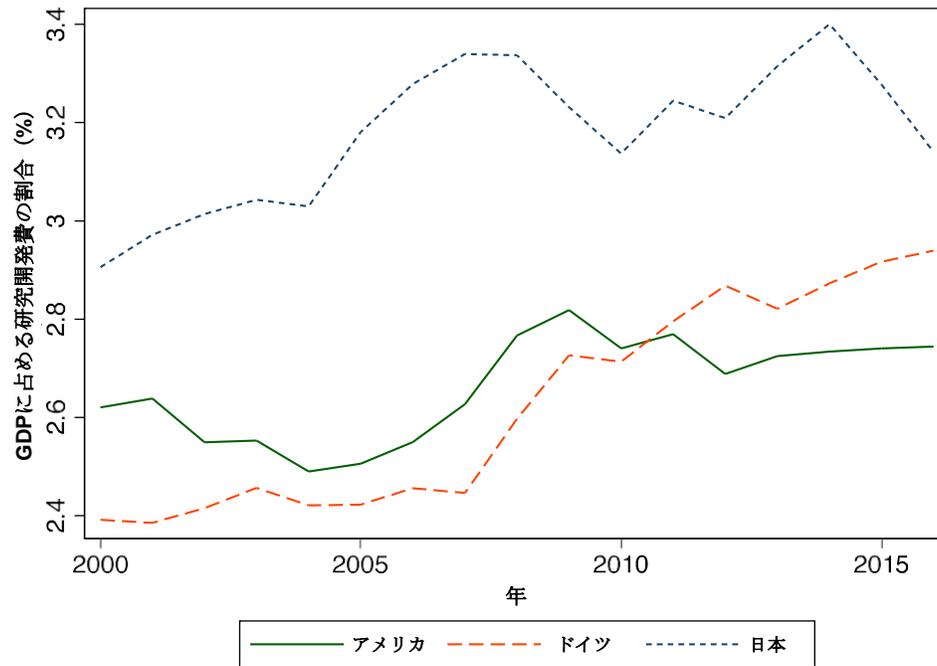
デジタル革命以来、無形資産への投資がイノベーション活動と技術採用の推進力としてより重要となっている。ブリンジョルフソン、ヒット、ヤン（2002年）は、コンピュータ・ハードウェアへの投資1ドルにつき、ソフトウェア、研修、ビジネスプロセス設計といった無形の投入に対して、9ドルの追加投資が必要になると見積もっている。これは研究開発投資の割合が高い産業内の企業には一層関係がある。

産業別イノベーション動態に関する洞察を得るため、次の節では日本、ドイツ、アメリカの研究開発行動について深く掘り下げて考察する。

3. 定型化された事実

まず、世界銀行の世界開発指標データを用い、研究開発費の集計値がGDPに占める割合を見てみる。図3はアメリカ、日本、ドイツについてこの指標の時系列変化を示している。この図から、GDPに対する研究開発費の割合において、日本がアメリカとドイツを大きく上回っていることがわかる。アメリカから始まった2008年の世界金融危機以降、ドイツでの研究開発費の割合はアメリカに追い付いている。

図3：国内総生産に対する総研究開発費の割合（％）

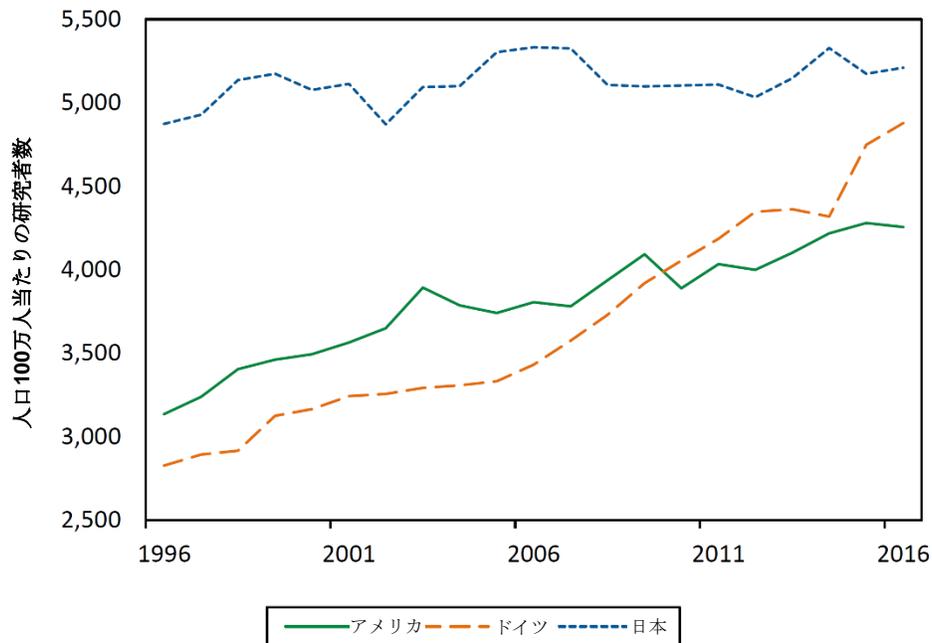


出典：世界銀行

図3は、人口100万人当たりの各国の研究者雇用数を記した図4に見られる傾向と、一致している。日本は期間全体を通じてトップで、ドイツでは研究者の割合が着実に増加している。アメリカでも同様に増加しているが、ペースが遅いため、世界金融危機後にドイツに追い付かれている。

もちろん、各国の総人口が大きく異なっているため、ここから各国の研究者総数については読み取れない。当然のことながら、研究者総数はアメリカがいちばん多く、約140万人である。日本の数は約67万人、ドイツは約40万人である。

図4. 研究開発分野の研究者



出典：世界銀行開発指標およびユネスコ統計研究所

当然のことながら、産業構成が異なれば必要な研究開発投資のレベルも変わるため、相対的研究開発費の集計比較は、誤解を招く恐れがある。そのため、産業別の比較がより適切である。

後述する分析の背景を示す重要性から、**3か国の2016年の産業構成を表1**に示す。この表に示される通り、相対的に見て、日本やドイツと比べ、アメリカの製造業が、産業全体に占める割合が小さいことが目立つ。日本とドイツが**20%**を超えているのに対し、アメリカでは**11.5%**である。

反対に、アメリカでは鉱業・採石業、情報通信（ICT）業、金融・保険業、専門・科学・管理サービス業といったその他の産業が、日本やドイツと比較して産業全体の大きな割合を占めている。

ドイツは**3か国**中で製造業がもっとも大きく、日本が僅差で後に続く。そのほか、日本経済は農業、建設業、卸売・小売業、運輸業の産業全体に占める割合が**3か国**中最大である。

表1. 産業別付加価値の粗付加価値に占める割合 (2016年)

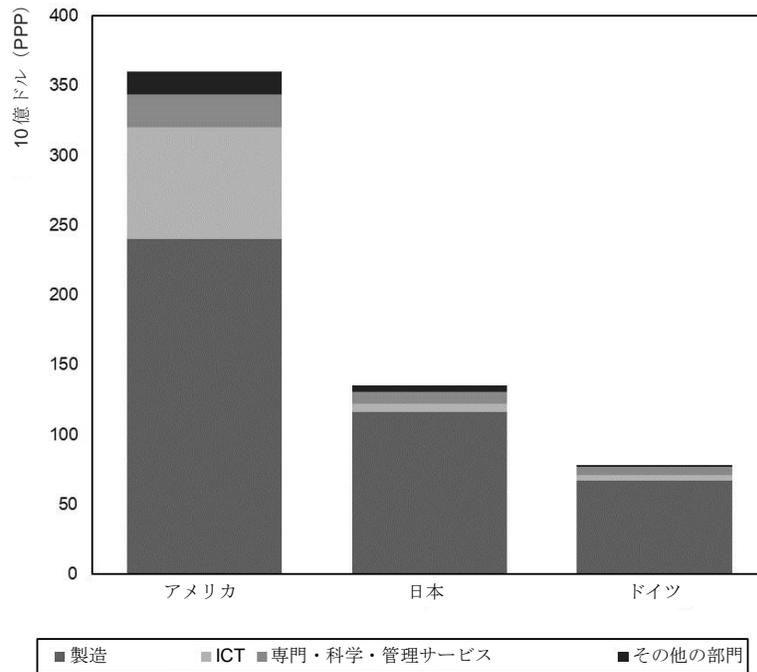
	アメリカ	日本	ドイツ
農林水産業	1.0%	1.2%	0.7%
鉱業・採石業	1.2%	0.1%	0.1%
製造業	11.5%	20.8%	23.4%
電気・ガス・水道業	1.8%	2.6%	2.7%
建設業	4.1%	5.6%	4.7%
卸売・小売業	10.3%	13.9%	9.8%
運輸・保管業	3.3%	5.1%	4.6%
情報通信業	7.0%	5.0%	4.7%
金融・保険業	7.7%	4.2%	4.0%
不動産業	12.7%	11.5%	10.8%
専門・科学・管理サービス業	11.8%	7.5%	10.8%

出典：OECD システム・オブ・ナショナル・アカウンツ（SNA）データベース

図5に2015年のアメリカ、日本、ドイツの名目研究開発費を購買力平価（PPP）調整した米ドルで示す。アメリカの値は3,600億ドルで、日本の1,350億ドル、ドイツの780億ドルと比べてはるかに高い。

3か国とも、製造業において研究開発費がもっとも高く、情報通信（ICT）業、専門・科学・管理サービス業が続く。アメリカでは製造業のみで企業部門研究開発費合計の2/3、日本とドイツでは85%を占めている。専門・科学・管理サービス業を越えて研究開発費が3番目に高い年がある日本の鉱業・採石業を除き、3か国すべてにおいて他の多くの産業の研究開発費が、経済全体の研究開発費に占める割合はほんの僅かである。そのため、（以下に示すとおり、産業別付加価値に占める割合として見た場合、）研究開発がもっとも集中するこれら3つの産業分類について、重点的に分析を行う。

図5：主な産業分類別名目研究開発費（2015年）

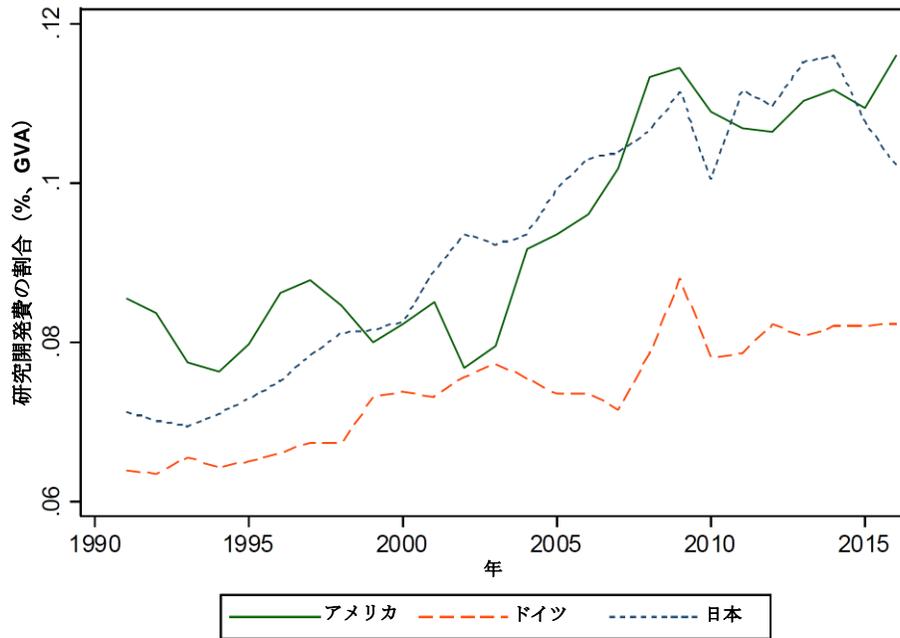


出典：OECD ANBERDおよびSNAに基づく計算値

名目値の大きさはある程度参考になるが、これらの産業の相対的規模は大きく異なる可能性があるため、相対値で比較する方がよい。（付加価値を分母とした）相対的研究開発費を見てみると、図3に示されたものとはパターンが大きく異なる。

例えば、図6の製造業を見てみると、日米の両方がドイツを大きく上回っている。日米の両方で製造業における相対的研究開発費の重要な増加が起こっており、1990年代初頭の7%（日本）と9%（アメリカ）から近年には10%（日本）と11%（アメリカ）にまで増加している。これを考えると、特に日本については製造業が経済全体の重要なシェアを占めており、この産業における日本の研究開発費は特に大きいと言える。その一方、ドイツは3か国の中で後退を続けており、付加価値に占める研究開発費の割合は2016年までに9%を切っている。

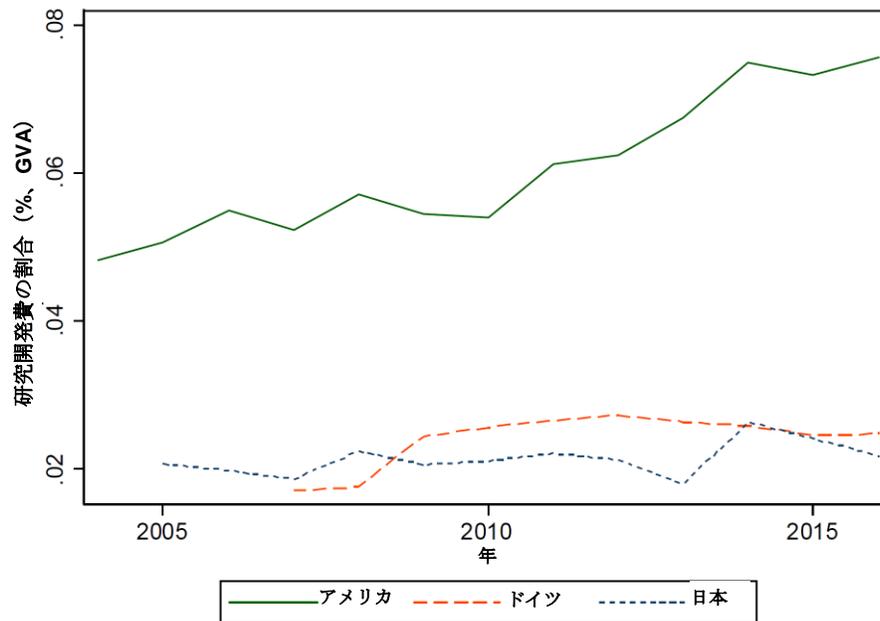
図6. 製造業における研究開発費の割合



出典：OECD ANBERDに基づく計算値

3か国すべてにおいて、経済の5~7%を占めるICT産業の状況はかなり異なっている（図7参照）。ここでは相対的研究開発費はアメリカがトップで、**2016年**までに付加価値の約7%に達している。日本とドイツはどちらもこれを大きく下回っており、数値はおおよそ2%である。

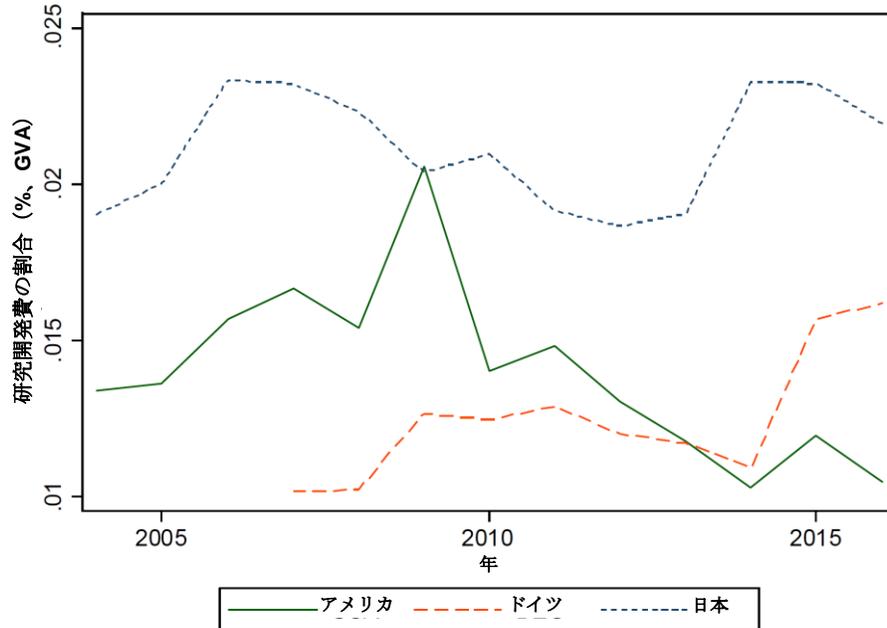
図7. ICT産業における研究開発費の割合



出典：OECD ANBERDに基づく計算値

図8をしてみると、研究開発費の割合が3番目に高い専門・科学・管理サービス業では、研究開発費が付加価値の**2%**を超える日本がトップで、ドイツとアメリカはそれぞれ**1.5%**、**1%**である。アメリカでは**2009年**に相対的研究開発費が急増したが、これは金融危機の間の付加価値の急減によるものであり、その後研究開発費は調整され落ち込んでいる。

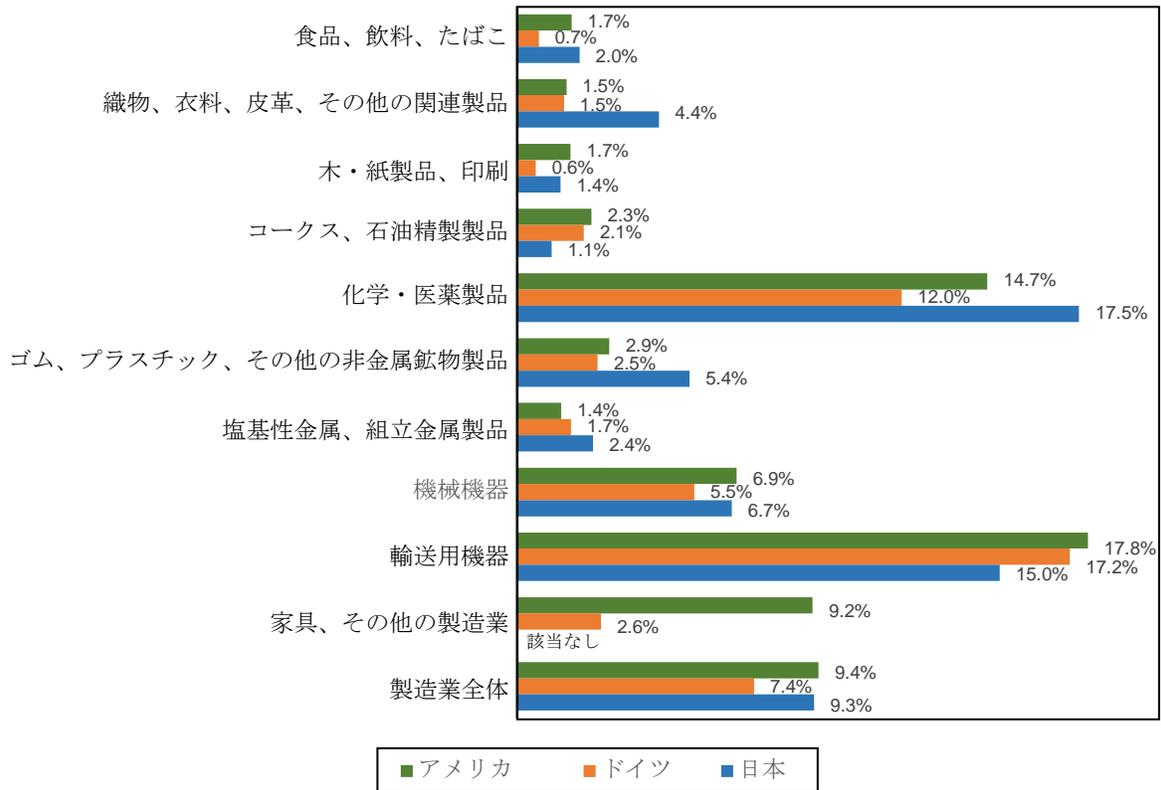
図8. 専門・科学・管理サービス業における研究開発費の割合



出典：OECD ANBERDに基づく計算値

最後に、製造業をより詳しく見てみると、ここでもいくつかの興味深い洞察が得られる。図9は3か国の**1991年**から**2016年**までの期間全体を通じた製造業種別の研究開発費が付加価値に占める割合を示したものである。ここで、どの国でも化学・医薬製品、機械機器、輸送機器（自動車産業も含む）等の産業で特に研究開発費の割合が高いことが目立つ。

図9. 製造業別平均研究開発費（1991～2016年）



出典：OECD ANBERDに基づく計算値

4. 研究開発と生産性上昇率との関連

これら3か国において産業別の生産性上昇率の傾向と研究開発費の間に関連が見られるだろうか？データから考察する価値のある、興味深いパターンがいくつか明らかになる。ベイリー、ボスワース、ドシ（2020年）により定義された各期間について、全産業と製造業の労働生産性の上昇率と研究開発費の平均割合（どちらも付加価値に基づく）の概要を表2に示す。

このデータから因果関係を推論することは注意が必要だが、ここから一定の傾向を導くことには情報として価値があると考えられる。第一に、研究開発費の平均割合よりも生産性上昇率のほうがずっと変動性が高いことに気が付くことが重要である。これはある程度予想されることである。なぜなら、研究開発は中長期的な視野で決定されるが、生産性上昇率には特異な要素が含まれる可能性があるからである。

手もちのデータで認識から読み取れる可能性のある傾向は主に2つある。まず、生産性上昇率の時間的変化（同じ産業と国で）と研究開発費の変化の間に認識可能な関連があるかどうかである。

表2から、生産性が低迷している期間ですら、ほとんど全産業で研究開発費は時間とともに増加、またはほとんど同じレベルにとどまっていることが分かる。おそらくこれは名目研究開発費が、最大の割合を占める製造業全体と、製造業内の各業種にてより明白である。

この傾向は必ずしも研究開発投資が生産性上昇率につながらないことを意味しているわけではない。研究開発投資に対するリターンが時間とともに減少した可能性も十分ある。実際、アイデアを得ることが難しくなっていると思わせる理由がある。図3および図4に示すとおり、イノベーションへの投入は増加しているが、産出は追い付いていないようである。投入については、過去30年間、研究開発費はやや増加し、科学者とエンジニアの数もこれまでより増加した（バーハーとフォダ、2019年）。研究開発投資全体の上昇に関わらず、イノベーションの点で示すべき産出は下降傾向にあった。たとえば、研究開発の価値評価に研究開発投資、特許、収益、その他の特徴に関するアメリカの企業レベルのデータを用い、ノット（2017年）はアメリカの研究開発全体の生産性が過去30年間に65%低下したと結論付けている。

ここから、研究開発への投資は依然として生産性上昇率の重要な決定要因だが、その有効性は減少していることがわかる。これは先進諸国が経験している生産性全体の減速の説明となるかもしれない。

表2. 研究開発費の割合と生産性上昇率

	アメリカ						日本						ドイツ					
	1991-1995		1995-2004		2004-2016		1991-1995		1995-2004		2004-2016		1991-1995		1995-2004		2004	
	ΔLP	R&D	ΔLP															
農林水産業	1.3%	該当なし	5.8%	該当なし	3.4%	該当なし	該当なし	0.1%	2.0%	0.1%	1.4%	0.1%	-5.2%	0.3%	7.6%	0.4%	-1.0%	
鉱業・採石業	8.0%	該当なし	-0.3%	0.6%	2.2%	0.8%	-6.4%	3.0%	4.0%	3.5%	-7.1%	2.7%	7.2%	1.3%	-0.6%	1.1%	2.2%	
製造業	3.6%	8.1%	6.1%	8.4%	1.9%	10.7%	2.7%	7.1%	3.3%	8.5%	2.4%	10.7%	3.2%	6.4%	2.9%	7.2%	1.9%	
食品、飲料、たばこ	4.6%	1.2%	-0.8%	1.3%	-0.1%	2.2%	該当なし	1.9%	-0.1%	2.0%	0.0%	2.0%	-0.9%	0.5%	-0.5%	0.6%	1.7%	
織物、衣料、皮革、その他の関連製品	3.5%	0.6%	4.2%	0.9%	1.2%	2.4%	該当なし	1.8%	-0.5%	2.3%	0.3%	7.4%	5.8%	0.9%	3.4%	1.5%	0.9%	
木・紙製品、印刷	-3.1%	1.4%	2.2%	2.1%	1.3%	1.5%	該当なし	1.3%	0.6%	1.4%	0.1%	1.4%	2.3%	0.5%	2.7%	0.5%	2.3%	
コークス、石油精製製品	5.1%	6.1%	13.2%	2.5%	-1.0%	0.6%	該当なし	1.6%	-0.3%	0.8%	-0.9%	1.1%	該当なし	3.4%	該当なし	1.3%	該当なし	
化学・医薬製品	3.0%	11.8%	3.9%	11.5%	0.9%	18.2%	該当なし	14.4%	2.5%	15.2%	1.5%	20.5%	8.1%	12.1%	4.7%	12.2%	0.9%	
ゴム、プラスチック、その他の非金属 鉱物製品	2.1%	2.5%	3.6%	2.3%	0.1%	3.5%	該当なし	4.4%	2.7%	5.1%	-0.3%	6.0%	4.5%	1.8%	2.3%	2.4%	1.3%	
塩基性金属、組立金属製品	2.3%	1.3%	2.7%	1.4%	0.4%	1.4%	該当なし	2.7%	0.9%	2.4%	0.3%	2.2%	3.2%	1.8%	2.4%	1.6%	0.7%	
機械機器	9.7%	4.4%	10.0%	6.0%	4.8%	8.5%	該当なし	4.6%	7.2%	6.2%	5.5%	7.9%	3.9%	5.1%	3.6%	5.4%	1.4%	
輸送用機器	0.2%	18.9%	4.1%	15.4%	2.3%	19.2%	該当なし	10.6%	2.1%	13.0%	0.5%	18.8%	1.3%	14.3%	1.4%	17.9%	4.5%	
家具、その他の製造業	0.7%	該当なし	3.7%	7.3%	1.3%	9.7%	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	2.0%	該当なし	3.4%	該当なし	0.7%	
電気・ガス・水道業	1.3%	0.2%	0.5%	0.1%	-0.7%	0.1%	0.7%	0.8%	2.5%	0.6%	-3.5%	0.5%	1.0%	0.3%	3.1%	0.2%	0.6%	
建設業	0.6%	該当なし	-0.7%	0.1%	-1.1%	0.1%	-3.2%	0.5%	-1.2%	0.5%	0.9%	0.4%	-1.0%	0.1%	0.5%	0.1%	0.1%	
卸売・小売業	3.6%	該当なし	5.1%	1.5%	1.0%	0.2%	5.0%	該当なし	2.0%	0.1%	0.4%	0.1%	0.6%	0.0%	2.9%	0.0%	1.8%	
運輸・保管業	1.1%	該当なし	1.6%	0.1%	-0.1%	0.1%	1.4%	該当なし	-0.3%	該当なし	-0.8%	0.2%	4.3%	該当なし	3.6%	該当なし	0.6%	
情報通信業	1.6%	該当なし	4.1%	4.7%	3.9%	6.2%	7.9%	該当なし	5.5%	該当なし	-0.2%	2.1%	5.3%	該当なし	4.7%	該当なし	3.4%	
金融・保険業	1.6%	該当なし	4.1%	0.2%	1.3%	0.3%	0.6%	該当なし	1.1%	0.0%	0.3%	0.0%	1.3%	0.0%	-2.0%	0.0%	1.1%	
不動産業	3.4%	該当なし	0.7%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	該当なし	1.6%	該当なし	0.3%	該当なし	2.0%	該当なし	1.6%	該当なし	1.3%	
専門・科学・管理サービス業	-0.7%	該当なし	1.5%	1.5%	0.6%	1.4%	2.7%	該当なし	3.8%	2.0%	1.7%	2.1%	0.2%	該当なし	-1.7%	該当なし	-1.3%	
地域・社会的・対個人的サービス業	-0.7%	該当なし	-0.2%	該当なし	0.1%	該当なし	0.5%	該当なし	-0.1%	該当なし	-0.5%	該当なし	1.8%	該当なし	0.6%	該当なし	0.4%	

出典：OECD ANBERDおよびSTANに基づく計算値

我々のアプローチの限界について留意しつつ、このデータから検討可能な2つ目のパターンは、生産性上昇率と研究開発投資の間に統計的関係があるかどうかである。上述の枠組みや経済文献によれば、正の関係が予測される。

いくつかの注意事項が適用される。まず、我々が見ているのは生の観測データであり、多くの理由から、いかなる種類の因果関係について確立するのに十分ではない。第二に、観測数が少ないため、単純な相関関係についてさえ、正確な推定値を出すには適していない。

3. 研究開発費の割合と生産性上昇率の相関関係

		産業分類	製造業分類
アメリカ	1991年～1995年	該当なし	-0.13
	1995年～2004年	0.72	0.06
	2004年～2016年	0.53	0.44
ドイツ	1991年～1995年	0.44	該当なし
	1995年～2004年	0.50	0.43
	2004年～2016年	0.20	0.29
日本	1991年～1995年	0.38	0.24
	1995年～2004年	0.10	0.17
	2004年～2016年	0.30	0.65

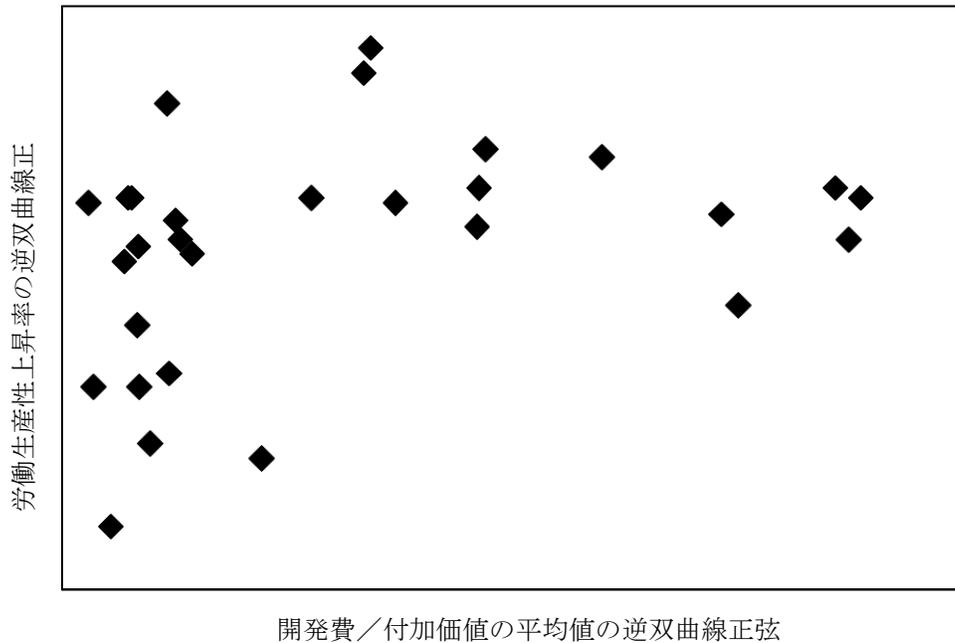
出典：OECD ANBERDおよびSTANに基づく計算値

注：相関係数の計算のためのデータが十分でない場合は「該当なし」。

これらの注意事項を念頭に置き、各国および各期間の研究開発費の平均割合と労働生産性上昇率（どちらも付加価値ベース）の間の相関係数を12の産業分類と10の製造業分類別に表3に示す。これらの相関係数は因果関係を示すものではなく、1991年から1995年までの最初の期間におけるアメリカの製造部門を除き、生産性上昇率と研究開発費の割合は密接に関連する兆候があることがわかる。

3か国すべてにおいて製造業が研究開発費の大部分を占めていることから、1991年から2016年の期間全体を通して、3か国すべての研究開発投資と生産性上昇率の両方をまとめた値を図10に示した。これにより、研究開発費の平均割合と労働生産性上昇率の関係が視覚的に表される。相関の異常値の歪曲効果を最小限に抑えるため、どちらも逆双曲線正弦で変換（対数変換と同様だが、ゼロとマイナス値に定義される）されている。

図10. 研究開発費の割合と生産性上昇率（1991年～2016年）



出典：OECD ANBERDおよびSTANに基づく計算値

グラフ内に観測値の2つの塊が見られる。研究開発費の割合の低い産業は労働生産性上昇率のばらつきがずっと大きい傾向があり、研究開発投資の割合の高い産業はみな、高レベルの生産性上昇率を経験している。

当然、この関係は示唆的なものでしかなく、手持ちのデータではこれら2つの要素について、大きさだけでなく方向性にも言及する（開発費の高さが生産性の向上に繋がるのか、生産性の高い産業は研究開発に多額の投資を行うのか、など）因果関係の推測は不可能なことを再度強調しておく。ただし、証拠は研究開発費と生産性上昇が関連していることを（たとえ少しでも）確かに示している。

5. 研究開発投資を妨げる障壁

研究開発投資はイノベーションと技術採用のプロセスにとって重要な投入であるが、さまざまな市場の失敗により企業の研究開発投資が妨げられている可能性がある。

経済学者が研究開発費を分析する際に思い付く主な市場の失敗は知識の外部性である。特に、一つの企業が生産性を大きく向上させる可能性のある特定の技術革新に投資すれば、他の企業はただ乗りし、費用を支払うことなくこうしたイノベーションの成果を導入できる。そのため、知的財産法でイノベーションの盗用を防止するなど、これを防ぐための多数の政策が政府により取られている。本研究の対象国のように豊かな国では、知的財産に関する規定はほとんどの場合、機能的な特許庁を通じ、通常十分に機能している。

ただし、実際のところ、（特許の多くが発生する）豊かな国においてすら、知的財産保護制度には必ず欠陥がある。皮肉なことに「過度な」保護が逆効果になることもある。知的財産の登録と活用プロセスの費用は特に小企業にとって高額な場合がある。世界規模での特許保護に関連する費用は、特許を登録すべき国の数とともに跳ね上がり、数十万ドルにも達することがある。こうした莫大な費用がかかれば、中小企業が他社にも使用される可能性のある技術の採用のために研究開発投資に頼ることは無理かもしれない。

フロンティアからの技術採用に関連する難しさはまた、過度な特許保護にも関連する可能性があり、これにより技術の普及が遅れる。大企業のほうがずっと効果的に自社の知的財産を保護できるが、小企業はその後に起こる可能性のある法廷闘争に関連するリスクを避けるため、大企業が始めた既存技術の採用を控えることになる。アメリカでは、「特許トロール」（企業知的財産法に違反していると考えられる主に小企業に対する法廷闘争のみに専念する企業）から訴えられ、特許に関する紛争に巻き込まれる企業数はその後の**10**年間で**9**倍に増えている。研究から、知的財産権の侵害について特許トロールから訴えられた企業ではその後、研究開発投資や外部資金の獲得が減っていることがわかっている（ベッセン、**2014**年）。

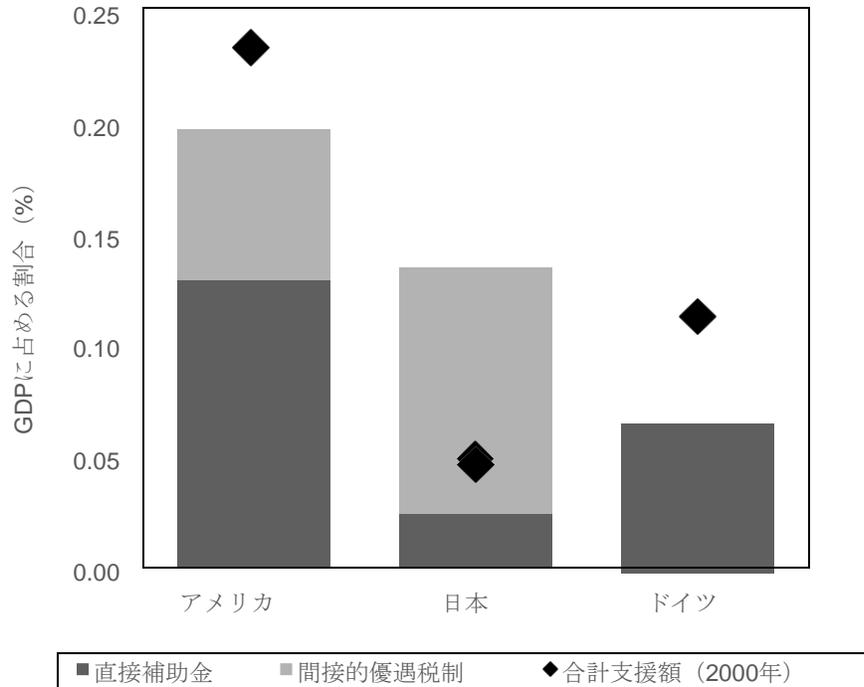
知的財産保護には明白なトレードオフがある。知的財産の適切な保護がなければ、研究開発への投資が不足する。その一方で、制度が乱用されれば、既存技術の採用が法的に難しくなり、費用がかさむ。業界内でイノベーション採用時に小企業が直面する可能性のある摩擦に対処できる特許制度について再考を提案している著者もいる（ベイリーとモンタルバーノ、**2016**年）。小企業が法廷闘争で自社の資本をすべて失うリスクを冒さなくても技術を採用できるような、より効率的な特許制度は生産性の上昇を促進する可能性があるかもしれない。

しかし、こうした改革の前に、各国には限られてはいるが使えるツールがあり、企業のイノベーションと技術採用追求に対する投資が過少とならないよう税額控除や直接補助金を提供することで、政府が研究開発投資の負担を分担できる。

資金調達手段がなければ企業の研究開発投資が過少となるため、これらの財政的刺激策は、定義上、金融機関の担保とならない無形資産に対する投資の場合、特に重要である。ブルーム、ヴァン・リーネン、ウイリアムズ（**2019**年）はこれに関する全面的な考察を報告している。

図**11**にアメリカ、ドイツ、日本でのビジネス研究開発への政府資金援助の規模を、提供される資金の種類ごとに示す。資金援助はアメリカで最大で、**GDP**の**0.2%**近くに達しており、日本がその後に続いている。**2000**年以降、アメリカとドイツは民間部門の研究開発に対する公的資金の拠出を減らしたが、日本は**GDP**の約**0.05%**から**0.15%**近くまで（図中の黒いマーク）意味のある増加を行った。アメリカは直接財政支援と間接的優遇税制の両方を用いているが、日本は主に後者に頼っており、ドイツは前者のみを活用している。

図11. ビジネス研究開発への政府資金援助（2016年）



出典：OECD研究開発税制優遇措置データベース

研究開発に対する政府支援の構成はその有効性に大きな影響を与える。間接的優遇税制はイノベーションのプロセスに用いられる費用を控除することで研究開発を奨励する。複数の研究から、この種の支援が研究開発投資の増加に繋がることがわかっている（ブルーム、グリフィス、ファン・リーネン、**2002年**；ウィルソン、**2009年**など）が、このアプローチにはいくつかのデメリットもある。まず、税額控除は重要なイノベーションとあまり重要でないイノベーションの両方に適用されるため、あまり効率的ではない。第二に、税制上の優遇措置を受けるためだけに、実際にはイノベーションのためでなくても企業が支出を研究開発費と分類し直していることが多い。これを追跡し、正しく適用するのは非常に難しい。

政府機関を通じてイノベーションに関わる学術研究者または民間企業にプロジェクト単位で助成金を交付し、補助金によりこれらの問題の一部を直接解決できる可能性がある。しかし、これらの補助金は、補助金に関係なく行われるはずだった研究開発投資を締め出している懸念がある。通常、政府機関は成功の可能性の高いプログラムを対象とする傾向があるため、これらのプログラムの効果を測るのは難しい。しかし、税制補助金よりは少ないものの、研究開発助成金が研究開発投資とイノベーションの増加につながるという証拠がある（ジェイコブとレフグレン、**2011年**；アズーレ、グラフ・ズィヴィン、リー、サンパット、**2019年**；モレッティ、シュタインヴェンダー、ファン・リーネン、ワレン、**2019年**）。

効果的に研究開発を推し進め、生産性を向上させる最善の方法は何だろうか？そこに明確な答えはない。ブルーム、ヴァン・リーネン、ウィリアムズ（**2019年**）は文献のほか、研究開発の推進を目的とした（優遇税制と補助金だけではない）多様な政策についても調査し、表2のとおり、いくつかの洞察を示している。特に、入手可能な証拠に基づいて、研究開発に関する税額控除がプラスの効果をもたらすことは確実だが、その効果は短期間に集中して起こるようだと主張している。

その一方で、研究開発に対する直接助成金については、入手可能な証拠はそれほど決定的なものではないが、中期的なプラスの効果があると考えられる。

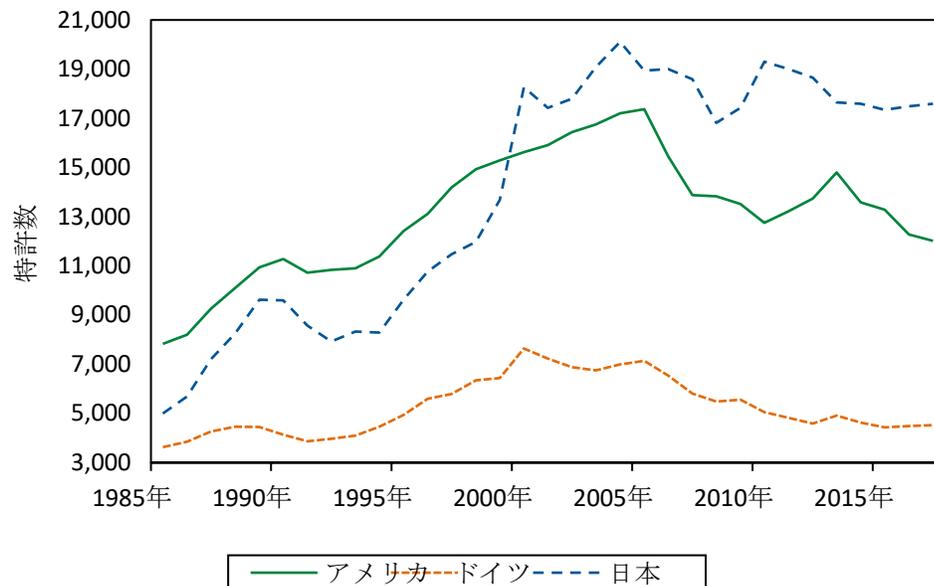
6. 研究開発生産性：イノベーションの質の測定

ここで残る疑問は、政府の研究開発資金の内訳の違いは重要である。イノベーションにはその違いが結果として表れる可能性がある。この観点と、イノベーションエコシステムに影響するその他の観点から見て、これらの3か国に認識可能な傾向があるのかが、ここで残る疑問である。

特許はイノベーション活動を表す結果として広く認知されているため、これらの傾向の一部の分析に特許データを用いた。特に、OECD特許統計データベースからのアメリカ特許商標庁（USPTO）、欧州特許庁（EPO）、日本の特許庁（JPO）の3つの特許機関すべてで出願された特許数のデータを検討した。これらは三極パテントファミリーとして知られ、特許指標の質と国際比較可能性を向上させる。3か国すべてで出願された特許のみを含めているため、本拠地である優位性や地理的な位置の影響も取り除かれる。

図12を見ると、1990年代に日本で特許交付が急増し、その後、アメリカもこれに続いたが、2006年以降は特許登録が減少していることがわかる。ドイツは大きく後れを取っている。全体として、日本は特許出願がもっとも多く、上述のとおり、GDPに占める研究開発投資の割合が高いことと一致している。

図12. アメリカ、欧州、日本での登録特許数



出典：OECD特許統計からの発明者の居住国別三極パテントファミリーのデータ

ただし、概算後に得た特許ごとに投資されたリソースの平均を見てみると、この傾向は当てはまらない。表4から、日本は特許数ではアメリカ、ドイツを抜いているが、研究者一人当たりの研究開発費も特許1件当たりの研究者の数も、各特許に配分されるリソースは日本の方が少ないことがわかる（国別、年別の研究者数で測れるのは発明者の数ではなく、研究開発活動に従事する研究員全員の数であるため、特許1件当たりの研究開発研究者数は特許1件当たりの平均発明者数より多い）。

表4. 研究開発費の全体像

	研究者1人当たりの研究開発費 (現在のPPP \$)	特許1件当たりの研究開発費 (現在のPPP \$)	特許1件当たりの研究者数 (人)
アメリカ	376,473	42,060,807	112
日本	253,386	9,640,707	38
ドイツ	295,910	26,323,330	89

出典：世界銀行開発指標、OECD特許統計、ユネスコ統計研究所

これらの傾向の解釈には2通りある。まず、日本がより少ないリソースではかの2カ国よりも多くの特許を生み出している。これは日本のイノベーションにおける生産性が高いことを示している可能性がある。他方、リソースが少ないために特許の質が低く、影響力が小さい可能性もある。

幸いなことに、これら3か国について、OECD特許品質指数データベースより長期的な特許品質について、複数の基準を検討することができた（スクイッチャリーニ、デルニス、クリスクオーロ、2013年）。我々はまず、2005年から2015年の間にUSPTOに出願された特許全体を調べた。アメリカ、ドイツ、日本のいずれかに拠点を置く発明者1名以上による180万件近くの特許に重点を置いた。平均して、これらの特許1件につき、2.53名の発明者がこれら3か国を拠点にしており（それ以外に他の国の発明者が関わっている場合もあるが、これらの発明者を含めても我々の分析結果には関係しないため、ここでは対象外としている）。

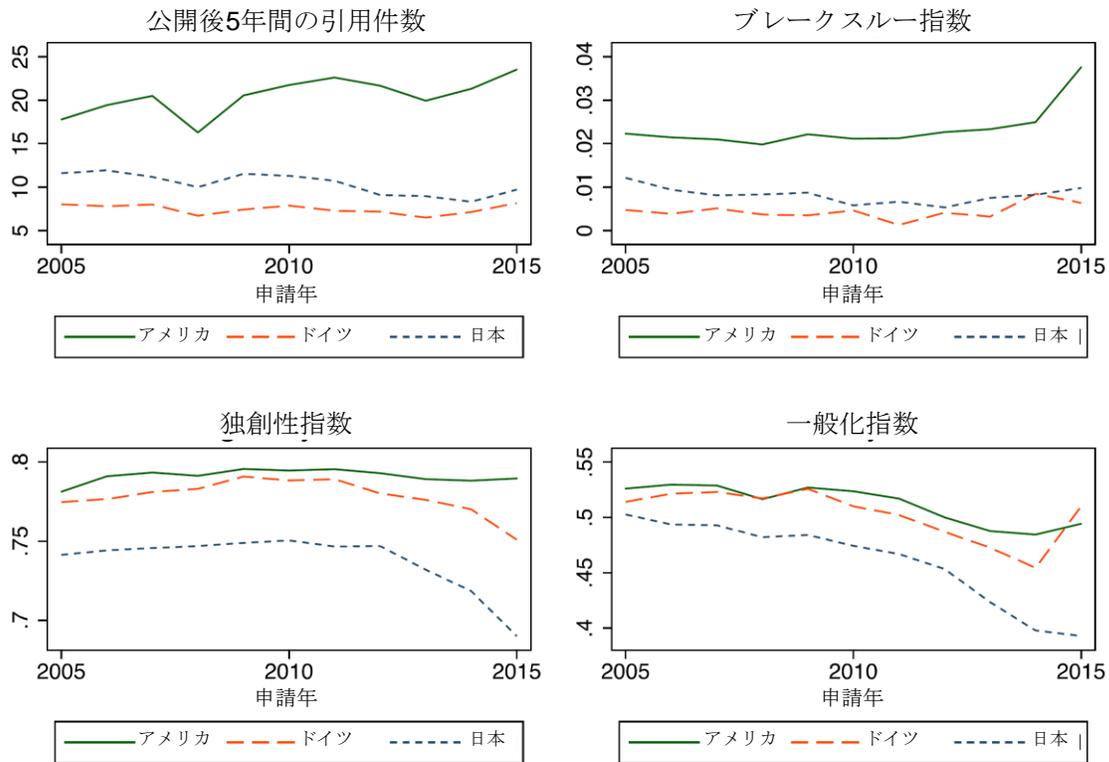
我々はこれらのサンプルを、OECDで定義されている特許の品質測定値と合わせ、国レベルの平均値を計算した。ここでは次の主な4つの特許品質指数に重点を置く：

- 公開後5年間の引用件数：公開後5年間以内に受けた平均特許引用数（発明者のみが含めた引用に基づく）。
- ブレークスルー指数：公開後5年以内に最も引用された特許トップ1%が属する特許件数のシェア。
- 独創性指数：トライテンバーグら（1997年）が最初に提案した特許が依拠する技術分野の幅の測定基準で、多種多様な知識に基づいた特許は独創性のある成果を得られると推定。
- 一般化指数：トライテンバーグら（1997年）による独創性指数に似たもので、幅広い技術分野において特許が引用される頻度を測ることで、技術の汎用性を特定するために用いられる。

図13ではこれら4つの指数がプロットされ、国ごと、特許出願年ごとの発明者による全特許について平均値が示されている。

ここで出てくる全体像は大きく異なっている。すべての指数において平均してアメリカが特許品質の面でトップであり、ドイツは特許の独創性および一般化の平均値について僅かに劣っており、他の2つの指数についても後れを取っている。日本は4つの指数すべてについて劣っており、特許数は多いが、イノベーションの質は大きく劣っていることがわかる。

図13. 選択された特許品質指数

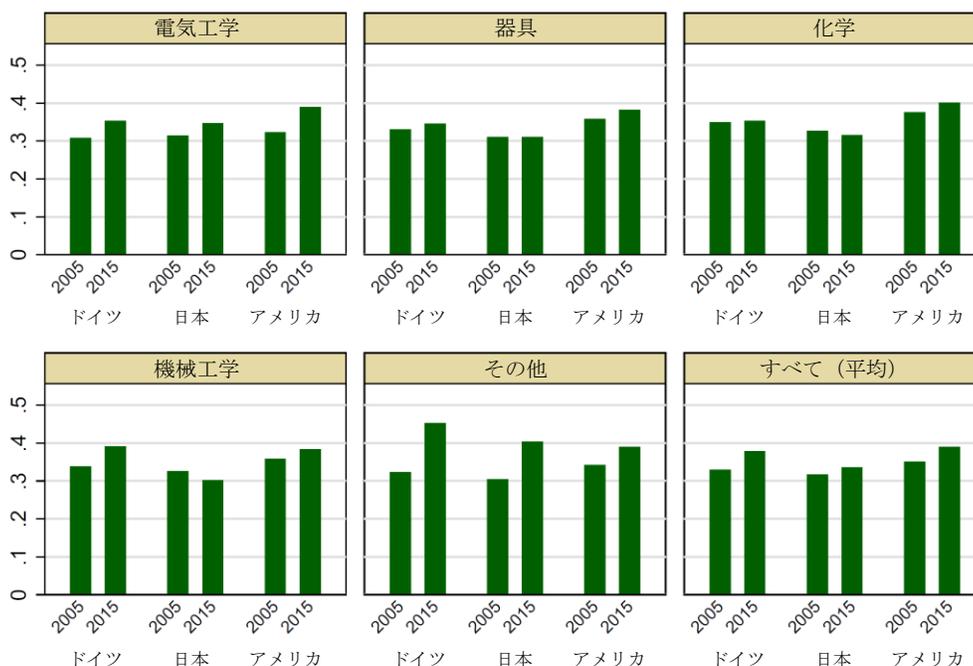


出典：USPTOおよびOECD特許品質指標データベースに基づく計算

特許を（幅広く定義された）技術種類に分類して見たときにこのパターンが成立する。図14では、5つの異なる技術種類について、スクイッチャリーニ、デルニス、クリスクオーロ（2013年）により提案された混合指数「品質-6」と全体品質に基づき、2005年と2015年の発明者の国別全特許の平均品質を示している¹。ここで、器具、化学、機械工学といった技術分野において、2005年から2015年の間に日本の特許の質は低下しているが、アメリカとドイツではその逆が起こっているという一貫したパターンが見られる¹。

¹ 特許「品質-6」指数は、公開後5年間の引用件数、パテントファミリーの数、訂正された請求、一般化指数、事前引用、付与までの時間指数という6つの要素で構成されている。付与済みの特許についてのみこの指標を計算する。詳細はスクイッチャリーニ、デルニス、クリスクオーロ（2013年）を参照のこと。

図14. 国・技術別特許「品質-6」指数（2005年、2015年）



出典：USPTOおよびOECD特許品質指標データベースに基づく計算

手持ちのデータで日本のイノベーションの質に見られるこうした隔たりの正確な要因は何なのかを理解するのは不可能だが、通常、イノベーションに対する租税補助金はこうした投資から将来生まれるイノベーションの可能性に関わらず、研究開発を行う企業すべてを対象にしているため、これらの隔たりは研究開発活動に対する政府資金の構成について前節で示された証拠と一致する。アメリカとドイツでは政府資金援助の多くが直接補助金であり、もっとも有望なイノベーションをより正確に対象にできている可能性がある。こうした違いは、研究開発総投資と特許出願数では日本がアメリカとドイツに勝っていないながら、生産性上昇率の面では優れていない理由の説明となるかもしれない。

7. 政策提言

これまでの節から、日本の研究開発優遇税制への過度な依存により、研究開発関連支出がイノベーションと生産性に与える影響が抑えられている可能性があることが示される。その一方、アメリカとドイツはどちらも対象とするイノベーションプロジェクトに対する直接補助金を用いており、中長期的にイノベーションにつながる投資が推進されている可能性がある。

OECDのデータによれば、日本の企業研究開発のほとんどは民間企業自身の資金で行われており、**2016年**の政府からの資金援助はドイツの**3.36%**、アメリカの**6.39%**に対し、日本ではわずか**0.95%**である。短期的な利益を確保する必要性から、企業はリスクの高いイノベーションよりも製品開発により大きな投資を行うことになる。そのため、日本がイノベーション活動について民間部門の研究開発に過度に依存していることが、国の生産性低迷の一因かもしれない。

実際、マリアナ・マツカートを始めとする多数の論文で、歴史的にほとんどの技術革命は政府が目先の採算性を気にせず（マツカートが「最初に頼りになる投資家」と呼ぶ立場で）、リスクを引き受け、主な投資を行って開始する野心的な官民パートナーシップ（NASA、DARPA、NSF、SBIRなど）から起こると主張されている（マツカート、2013年）。マツカートが説得力をもって提唱する、いわゆる「ムーンショット」アプローチ（NASAの月面着陸ミッションから名付けられた）は、基本的にミッション志向の枠組み内で、破壊的でリスクの高い基礎研究に対する公共投資の拡大から成るものである（マツカート、2016年、2018年）。

日本に対してこれが示唆しているのは、成長の停滞に対処し、生産性を回復させる方法は、政府が戦略的、長期的でミッション志向の投資家の役割を引き受け、市場の失敗を修正するだけでなく、むしろ最初に市場を形成し、共同で創造するために介入することかもしれないということである。

2019年、日本政府は従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究目標を支援するため、1,000億円（約10億ドル）規模のプログラムである「ムーンショット研究開発制度」の発足を発表した。これは正しい方向への一歩である。欧州委員会の「ホライズン・ヨーロッパ」、アメリカ科学財団の「2026アイディア・マシーン」や「2050ファンド」といったその他の大規模な国際プロジェクトをモデルにしたこの野心的なミッション志向のプログラムは、日本でイノベーションを活性化させる可能性がある。

ただし、ベンチャー・キャピタルと同様、イノベーションは本質的に不確かでリスクが高いため、効果を高めるためには日本がリスクを取ることを積極的に促進し、間違いを許容し、失敗を受け入れることが重要である。同時に、革命的な技術、特に汎用技術はより広い経済に拡散し、生産性統計に表れるまでに時間がかかる可能性があるため、日本がプログラムの大規模な成功を評価する際には忍耐強くなければならない。

参考文献

- Azoulay, Pierre, Joshua S. Graff Zivin, Danielle Li, and Bhaven N. Sampat. 2019. "Public R&D Investments and Private-Sector Patenting: Evidence from NIH Funding Rules." *Review of Economic Studies* 86(1): 117-52.
- Bahar, D. and K. Foda, "The Technology-Productivity Paradox: Why Has Productivity Growth Slowed?" in *Productive Equity: The Twin Challenges of Reviving Productivity and Reducing Inequality*, 81-99. Washington, DC: Brookings Institution and Chumir Foundation, 2019.
- Baily, Martin N., Barry Bosworth, and Siddhi Doshi. 2020. "Productivity comparisons: Lessons from Japan, the United States, and Germany." The Brookings Institution.
- Baily, Martin N., and Nicholas Montalbano. 2016. "Why is US Productivity Growth So Slow? Possible Explanations and Policy Responses," *Hutchins Center Working Paper 22* (Brookings Institution).
- Bessen, James. 2014. "The Evidence Is In: Patent Trolls Do Hurt Innovation," *Harvard Business Review*, November.
- Bloom, Nick, Rachel Griffith, and John Van Reenen. 2002. "Do R&D Tax Credits Work? Evidence from a Panel of Countries 1979-1997." *Journal of Public Economics* 85(1): 1-31.
- Bloom, Nicholas, John Van Reenen, and Heidi Williams. 2019. "A Toolkit of Policies to Promote Innovation." *Journal of Economic Perspectives*, 33 (3): 163-84.
- Brynjolfsson, Erik, Lorin Hitt, and Shinkyu Yang. 2002. "Intangible Assets: Computers and Organization Capital," *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 137-181.
- Criscuolo, Chiara, Peter Gal, and Carlo Menon. 2014. "The Dynamics of Employment Growth: New Evidence from 18 Countries," *Science, Technology and Industry Policy Papers* (Paris: OECD).
- Davis, Steven, and John Haltiwanger. 2014. "Labor Market Fluidity and Economic Performance," 2014 Federal Reserve Bank of Kansas City Jackson Hole Conference paper. Working Paper 20479 (Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research).
- Jacob, Brian A., and Lars Lefgren. 2011. "The Impact of Research Grant Funding on Scientific Productivity." *Journal of Public Economics* 95(9-10): 1168-77.
- Knott, Anne Marie. 2017. "Is R&D Getting Harder, or Are Companies Just Getting Worse At It?" *Harvard Business Review*, March 21.
- Mazzucato, Mariana. 2013. *The Entrepreneurial State: debunking public vs. private sector myths*. Anthem Press: London, UK.
- Mazzucato, Mariana. 2016. "From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy," *Industry and Innovation*, 23 (2): 140-156.
- Mazzucato, Mariana. 2018. "Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities," *Industrial and Corporate Change*, 27 (5): 803-815.

Moretti, Enrico, Claudia Steinwender, John Van Reenen, and Patrick Warren. 2019. “The Intellectual Spoils of War? Defense R&D, Productivity and International Technology Spillovers.” Mimeo.

Squicciarini, M., H. Dernis and C. Criscuolo (2013), "Measuring Patent Quality: Indicators of Technological and Economic Value", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2013/03.

Trajtenberg, M, Jaffe, A., and R. Henderson (1997). “University versus Corporate Patents: A Window on the Basicness of Inventions” , Economics of Innovation and New Technology, 5(1): 19-50.

Wilson, Daniel J. 2009. “Beggar Thy Neighbor? The In-State, Out-of-State, and Aggregate Effects of R&D Tax Credits.” Review of Economics and Statistics 91(2): 431-36.

BROOKINGS

1775 Massachusetts Avenue, NW
Washington, DC 20036
202-797-6000
www.brookings.edu/global

