

「科学技術イノベーション政策の科学」コアコンテンツ

第4章：科学技術イノベーション政策の 社会経済的インパクト評価

4.1 STI 政策の政策効果評価の把握のためのフレームワーク

黒田昌裕* 原泰史†

初版発行日：2018年8月28日、最終更新日：2019年4月26日

リード文

科学技術イノベーション政策は、政策による基礎科学、応用科学、技術開発研究推進の効果とその成果の社会実装による社会の新しい価値創造への影響を一貫性をもって把握し、戦略的に、社会の課題解決にむけて進めることがもとめられる。その基盤としての「科学技術イノベーション政策」を客観的、科学的根拠に基づいて行うという「政策の科学 (Science of Science Policy)」の確立が求められる所以でもある。現代の社会課題の解決には、現代の科学の各分野、領域が複雑な連携性をもつのみではなく、科学の進歩とその社会への導入が自然環境のみならず、社会を構成する人間の価値観の形成環境にまで影響を及ぼす可能性をもつという現状への実体を明確に認識する必要がある。そこでは、各種の科学技術イノベーション政策の実行の社会経済的影響を事前的、事後的に評価することが極めて重要な課題となる。本節では、こうした問題意識のもと、科学技術イノベーション政策の社会経済的影響を評価するにあたっての枠組みと課題を整理しておきたい。

キーワード

政策オプション、政策形成メカニズムと政策科学の共進化

本文

1 政策オプションとは

ある特定の課題を決めて、その政策課題の達成を実施しようとした時、目標達成に向けた政策シナリオに対応して、幾つかの選択可能な政策手段が施策として考えられる。その際、施策に際しての選択される政策手段によって、政策目標の達成度や施策推進にともなう社会経済的影響の差異が

* 慶応義塾大学名誉教授・政策研究大学院大学客員教授

† バリ社会科学高等研究院ミシュランフェロー (前 政策研究大学院大学 SciREX センター専門職)

生じることが予想される。政策の立案と施策の実行に関しては、最終的な責任は、政府当局や行政が責任を負うことは論を俟たないが、政策立案、施行に際して、選択された政策手段によって、それぞれ目標達成度や社会的影響に差異のあることをエビデンスとして示した上で、国民の理解と実施への合意をもとめることも、政策実施者の国民への説明責任であると考えられる。課題解決に向けての政策手段の目標達成度や社会経済的影響を政策実施の事前・事後で評価し、選択可能な政策手段の政策的意味づけを明らかにするための提案を、ここで「政策オプション」と呼んでおこう。もちろん、ここで提案する「政策オプション」の策定の手続きそのものの妥当性を評価する、よりメタなレベルでの評価が必要とされることも考えなければならない。後述の図2で示すように、政策課題設定の妥当性を評価するためのPDCAのサイクルを回す体系が上位概念として前提されていることは念頭に置かなければならない。

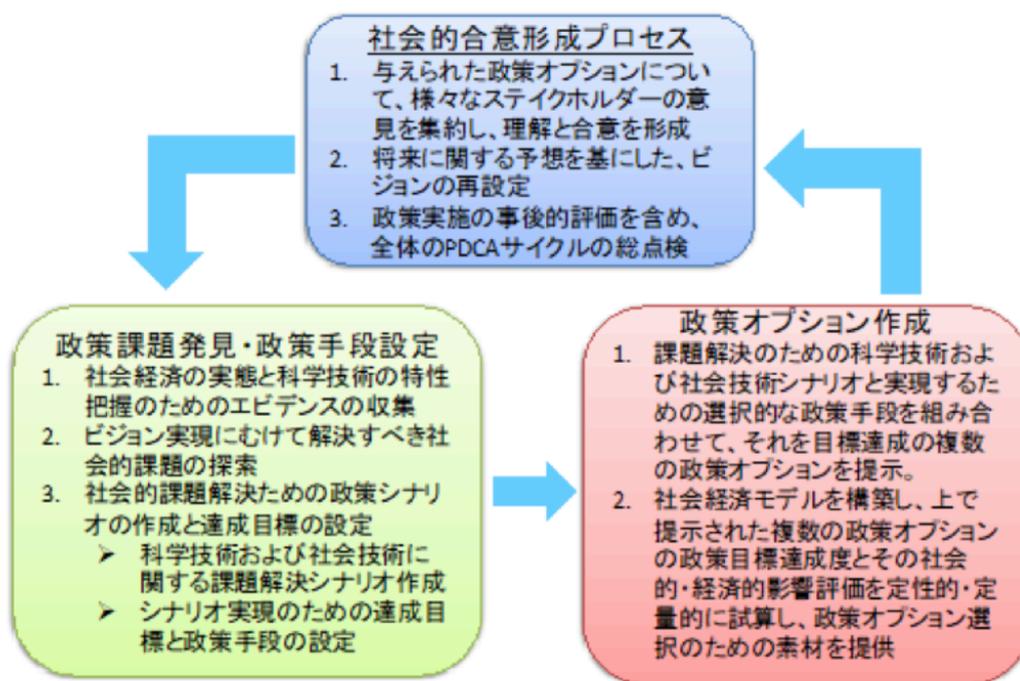


図1 政策オプションと政策プロセスの概念図
出所: 執筆者作成。

2 「科学技術イノベーション政策の科学」における政策オプション作成の意義

人類の哲学的思考が17~18世紀、「神の創造を解説」することから解放されて、「自然の謎を解く」という人類の知的好奇心を満たすもの、いわゆる「Curiosity-driven」の科学 (Science) へと進化したことによって、自然科学に革命的な発展を齎し、人類の発展に大きく寄与することになった歴史

的経緯は、多くの科学史の研究の示すところである。さらに 19 世紀から 20 世紀には、古典物理学のパラダイムから、マックスウエル、プランク、アインシュタイン、ボーアなどの近代物理学のパラダイムへの変革を経て、電磁気学、量子力学、生化学、情報科学、材料科学、生理学、医学などの諸分野にわたって、基礎科学のみならず、応用科学、技術開発へと急速な進展を見せてきた。とりわけ、19 世紀末に開花した物質の構造解明は、20 世紀には、新しい材料を生み、情報技術にも浸透して、大量の情報処理を高速で可能にする Computer の開発に結び付いている。いわゆる情報革命の進展である。21 世紀に入って、この情報処理技術は、通信技術とも結び付いて、インターネットという、新しいグローバル世界の情報伝搬・処理技術、さらには、AI（人工知能; 人工頭脳）の開発、量子コンピューターへの進化など、あらゆる科学分野で革命的に深化を招来している。一方で、基礎科学の深化とその応用技術の社会への浸透が、新たに人類に、環境破壊や生態系、さらには、社会の構造にも影響を及ぼし、必ずしも科学の発展が、もはや自然科学の智見ものでは、解決できないと思われる、先験的に予期できない課題を生み出す、いわゆる「トランス・サイエンス時代 (Trans-Science Age)」と呼ばれる世界を生み出している。そこでの人類の科学の分析対象は、もはや、"自然の謎"を解くという素朴な好奇心を満たすことのみを開発の動機とするだけのものでは止まらなくなっている。自然現象の解明を目指した科学の進歩とその知識を礎とする技術の社会への導入が、人類社会の発展過程に加速的変化をもたらし、他方で、その変化の自然現象への反作用が自然環境のバランスに変移を齎している。そこでは、人類が培ってきた倫理感や法の理念にも再構築を余儀なくさせ、更にはまた、新しい科学を生み出して、未解決の課題の解決に取り組まなければならないという不可避的な循環的構造を生み出している。したがって、そこでは、科学技術の発展に人間と自然とを巻き込んだ作用・反作用の連鎖現象を包括的に分析対象とするという視野の拡大を余儀なくさせているのである。科学の領域もこの包括的な分析対象に対応すべく、個別の discipline ベースの科学の領域を超えた、学際的な (Inter-disiplinary)、分野融合的 (Multi-disiplinary) な発想による、課題発見的 ("Issue-driven") かつ 課題解決的 ("Issue-solving") なものへと複合的な変化を遂げつつある。そしてまた、こうした科学の対象領域と分析対象の変化に対応して、科学技術政策もまた、従来の各科学分野での基礎科学から、応用科学、そして開発科学へと単線的で線形の進展を推進するだけではなく、積極的に社会の課題を発見し、その課題発見のための科学的知見を、科学領域を超えて課題の解決に向けて融合し、技術を育み、社会のシステムのイノベーションを戦略的に誘導するという多角性が求められるようになってきている。

各国政府は、「科学技術イノベーション政策の科学」を推進し、客観的根拠 (エビデンス) に基づく政策の企画立案、その評価及び検証結果の政策への反映を進めるとともに、政策の前提条件を評価し、それを政策立案等に反映するプロセスを確立することを目指している。わが国でも、平成 23 年度には、「科学技術イノベーション政策の科学の推進 (Science for RE-designing Science, Technology and Innovation Policy : SciREX)」事業が開始され、エビデンス・ベースの科学技術イノベーション政策の構築にむけての科学的方法論の検討とその科学としてのデシプリンの確立をめざして、事業プログラムを進めてきている。科学技術イノベーション政策の科学性の追求は、1) 現代社会の科学技術の俯瞰とその科学特性の把握、2) 現代社会の解決すべき課題の発掘と明確化、3) その課題解決のための社会技術やシステムの変革を含む科学技術イノベーション政策手段の選択と

その影響評価、いわゆる選択可能な政策オプションの作成、そして4) その政策意図の国民への説明責任と国民各ステークホルダーの理解の醸成、5) 科学技術イノベーション政策を担う人材の養成、さらには、6) これら諸課題にまたがるエビデンスの集積を体系的におこなうデータ・情報システムの開発などの諸課題を軸に進められてきた。この事業の推進の背景には、以下のような基本的考え方がある。

1. 課題解決型科学技術イノベーション政策：科学技術の基礎・応用・開発にわたっての分野横断的な深化とその成果の社会実装による新しい価値創造（イノベーション）によって、その社会が有する課題の解決に資することを目標に、その推進をはかること。
2. **Science of Science Policy** の探求：その推進の事業は、社会の課題発見と現代科学の特性の科学的な認識に関する客観的な観察事実 (Evidences と Facts) に基づいて、科学的な合理性をもって推進されるべきこと。
3. 政策立案過程の透明性と政策推進に際しての国民への説明責任：政策立案過程の透明性とその内容の国民への説明責任を維持し、政策の立案への科学的な助言の役割を担う科学者とその助言に基づいて政策を立案し、実施する政治、行政は、補完的な関係において協働し、政策の科学的な中立性が担保されているべきこと。
4. 政策評価の事前的・事後的評価：政策の立案、実施にあたり、複数の選択可能な政策手段の選択肢を示し、その社会、経済への影響の評価をおこない、それを政策選択のオプションとして示すことによって、政策立案プロセスの透明性を科学的に担保すること。さらには、選択された政策の事後的評価を行い、政策実施の PDCA サイクルを構築すること。
5. 科学者・政策立案者・政策実施者の行動規範の確立：学術・行政・政治のそれぞれが、国民の立場にたって、自ら規範を律し、お互いの立場と役割を尊重して行動し、社会のイノベーションを推進すること。

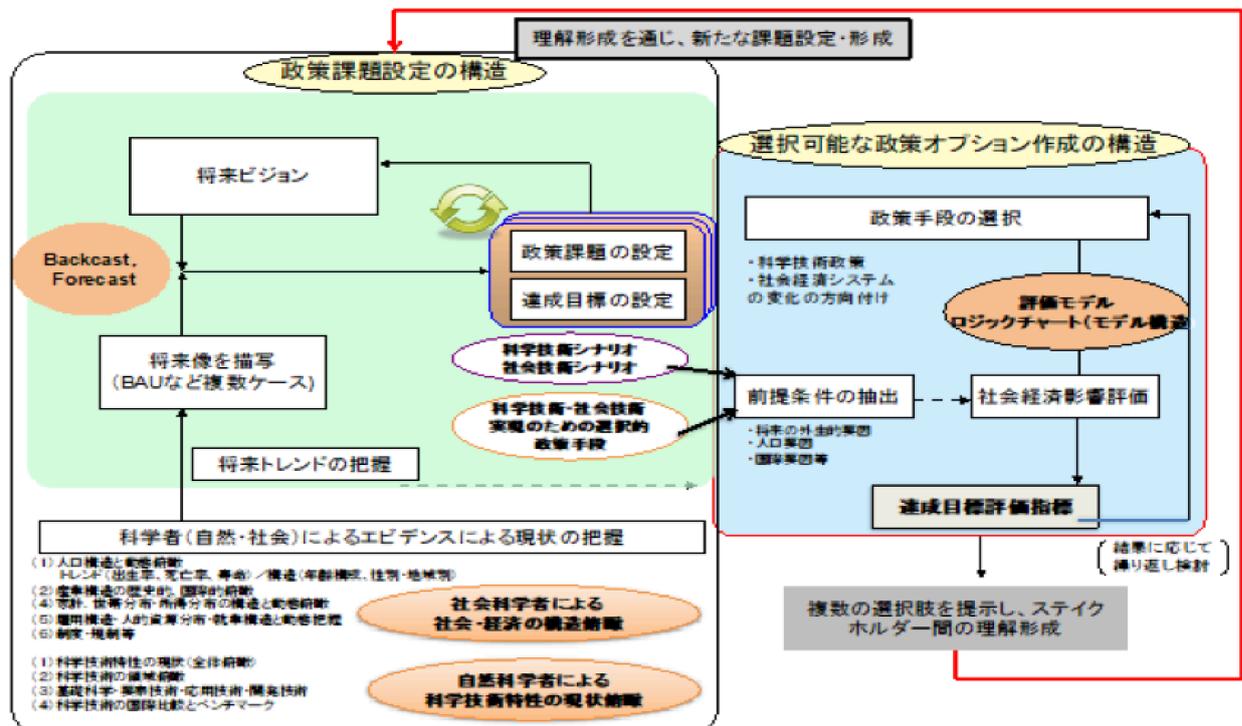


図2 「政策のための科学」における選択可能な政策オプション作成のフレームワーク
 出所:執筆者作成：参考 JST-CRDS (2010)

3 政策課題の設定の構造

図2の左側のブロック「政策課題の設定の構造」では、まず、科学技術イノベーションによって解決すべき課題の設定をおこなう。課題の設定は、まず、現状の科学技術の俯瞰とその特性の把握と現状の社会経済の状況の俯瞰的観察によって、科学技術ならびに社会経済の現状の認識を明確にすることから始める。左側のブロックの最下段の「エビデンスによる現状の把握」がそれである。そこでは、『自然科学者による科学技術特性の俯瞰』によって、現状の科学技術の水準、領域間の相互依存性、各科学領域の特性の把握など、各領域の科学者の知見を集約して、現在の科学技術の構造特性を俯瞰する。我が国の科学技術構造特性の俯瞰に際しては、他の先進諸国をベンチマークとして、比較することによって、我が国の特性をより明らかにできるであろうし、各科学領域への研究資金等の配分（Funding）と研究開発の成果を結びつける計量書誌学的なデータによる解析も有効であろう。また成果を論文数や特許数といった形でとらえるだけでなく、各分野の人材育成の状況を把握することも成果を測る重要な指標となり得る。もう一つのこのブロックの観察は、『社会・経済の現状の俯瞰的観察とその構造化』である。これは、現状の社会経済が抱えている顕在的な課題のみならず、潜在的な課題を見いだすことが目的となろう。ここでは、国民一人一人の素朴な実感から見える課題の発見もあり得るし、各種の自然科学者や人文社会科学者によるデータの解析によって発見、解析される課題もあり得る。気象学者が観察によって温暖化現象を発見した

り、人口構造の変化から、産業や企業の労働力需給に関する変化を推察して労働市場の課題を発見したり、グローバル経済の中での産業の国際競争力の課題や産業構造の課題を発見することもあり得る。社会経済の現状把握に関しては、資本、人口（労働）、エネルギー、資源など生産要素の賦存状況、財やサービスの需給状況と産業・企業の生産性の推移、さらには、人々の価値観の変化など、社会学、経済学、人口学等社会経済の現状を把握する体系的なデータの収集が不可欠である。

一方、このブロックでは、この『科学技術特性の俯瞰』と『社会・経済の現状の俯瞰的観察と構造化』を通じて得た現状の課題に対して、将来に向けての解決すべき課題を明確化するプロセスが次に発生する。それは、将来どのような社会を創っていくか？また国民がどのような社会を望んでいるか？という、我が国の将来像に関するビジョンに対比されるものであり、その将来ビジョンにもとづく将来像と現状の社会像とのギャップを埋めることが、政策に課せられた課題であり、目標となる。このプロセスでは、ギャップを埋める施策が、科学技術の深化とその社会システムへの導入によって解決されるべき、もしくは解決可能な課題であるかどうかを見極めることになる。そしてもし科学技術によって解決される課題であると同定された場合には、将来像の実現の時点を設定したうえで、そこで、科学技術に要求される機能を明確にし、その機能を満たすことのできる科学技術の水準への到達が現在の水準からの自然体のトレンドとして、何処まで達成可能か？もし望ましい技術水準とのギャップがあると想定される場合には、どのような政策手段によって、そのギャップを埋めることができるか？を考えることになる。現状からの将来予想と将来のあるべき姿を比較する、予測型 (Forecast) による解析とは逆に、将来あるべき姿を描いた上で、その技術水準にいたるまでの技術の発展経路を将来像から現在に引き戻すかたちで描くことによって、現実の技術水準と将来の望ましい技術水準比較することによって、仮想的な理想の技術水準と現在の技術水準とのギャップを測り、そのギャップを埋めるといふ将来あるべき姿を実現するために現在をどのように変えていくべきかを、引き戻し型 (Backcast) による解析する方法もあり得る。いずれにしろ、現状の科学技術の水準と将来の技術水準の達成目標とのギャップをうめる科学技術の深化に関しての目標値が時間的な経路をふくめ設定されることになる。これを、課題解決にむけての『科学技術シナリオ』と呼んでおく。そして、その『科学技術シナリオ』の実現に向けては、選択可能な幾つかの政策手段が用意されることになる。選ばれた政策手段の実行が、科学技術推進の開発を促し、望ましい科学技術の進展が実現されるかどうかは、資源配分の領域間の配分や推進の戦略の的確さや開発の成功・不成功の確率的な要素を含んで時間的なロードマップとして想定される。また、一方で、この『科学技術シナリオ』を社会で実装を図るためには、社会制度やその設計に係る『社会技術シナリオ』が併せて用意されなければならない。科学技術研究開発に伴う開発の調達、政府が行うにしろ、民間の経済主体が行うにしろ、その資金調達の方法とその源泉が社会システムとして設計されなければならないし、開発された技術の社会実装には、社会システムの変革が必要な場合が多い。そして、その両シナリオ自体、実現の過程では、不確実性を伴う確率的要素を含んでいることを認識することも重要である。

4 選択可能な政策オプション作成の構造

確率的な要素を含んだ『科学技術シナリオ』と『社会技術シナリオ』のロードマップとそれを実現するための政策手段とが、選択可能な、複数のオプションとして描かれることになる。「政策手段の選択肢として考えられる複数のオプション」から、「どのオプションを選ぶか？」を社会の各種のステークホルダー間で議論し、理解と合意を形成するプロセスへの議論の材料の提供が必要である。そこでの議論の材料は、それぞれの政策オプションの政策手段の実施が、「政策目標を達成しうるかどうか？」、またその政策手段の選択が、「社会的・経済的に如何なる影響を及ぼすか？」に関してのエビデンスを提供できるものでなければならない。それが、図2の「政策オプション作成の構造」のブロックの役割である。

前段の「政策課題の設定」のブロックにおいて、同時に課題の達成目標と課題達成のための『科学技術シナリオ』と『社会技術シナリオ』、そしてそのシナリオを実現するための複数の政策手段の選択肢がオプションとして示される。その複数の選択肢に対応した政策目標の達成度と社会的・経済的影響評価をセットとして示すのが、政策オプション作成である。そして政策オプション作成の方法論は、いろいろな手法が考えられる。計量経済学的手法 (Econometric Method) によるモデルによるシミュレーション、多様なステークホルダーの意思決定の多様性を確率的に表現することによって政策手段の影響を測るエージェント・モデル (Agent Model) によるシミュレーション、実験経済学による検証手法、影響評価のサーベイ調査などによる記述的な評価法など各種の方法が考えられる。いずれの方法論を用いるにしろ、ある政策手段の実施による、その社会経済的な影響評価は、体系的な整合性を前提に、定量的、定性的な影響評価指標によって示され、選択可能な複数の選択手段の功罪を評価し、その選択の意味を明らかにし、透明性をもって、政策選択プロセスを進める議論の材料を提供することになる。図2の右側最下段に示したように、政策オプションは、各種のステークホルダーの間で、政策への理解と合意を形成することに資するものでなければならない。政策オプションによって、描かれた経済社会への影響評価が、将来ビジョンに照らして、当初の課題設定の時点で想定していた以上の付加的影響を及ぼすことが示された場合には、政策手段の選択のみならず、課題の設定の再考という可能性もあり得る。

このPDCAのサイクルの過程では、図3にしめしたように、科学政策の科学 (Science of Science Policy) を担うアカデミアとその助言にもとづいて政策の立案・実施 (Policy for Science) を担う行政者との協働と共進化が期待され、そのプロセスでの明確な説明の説得性と透明性の確保が、政治と国民の間で共有化されることが重要である。以下の図3を参照してほしい。

「科学技術イノベーション政策の科学」では、観察と分析による科学技術および経済社会状況の俯瞰、その俯瞰的な観察と分析を踏まえた政策課題の設定、政策目標と『科学技術および社会技術シナリオ』とそれを実現するための複数の政策手段の選択肢の提示、政策オプションによる政策評価、政策決定への理解と合意の形成というプロセスをへて政策の実行にいたるといふ政策決定のプロセスを考えている。それに政策の実施の事後的影響評価が加わって、合理的な科学技術政策の科学方法論が精度を充実していくことになる。また、そのプロセスでは、解決すべき社会課題の発

見、発掘と科学技術シナリオ、社会技術シナリオの作成、政策手段の抽出、政策オプション作成の各段階において、観察、分析の理論的枠組みとその実験計画のもとでのエビデンス蓄積のためのデータの収集が必要となる。それを整理したものが、表 1 である。

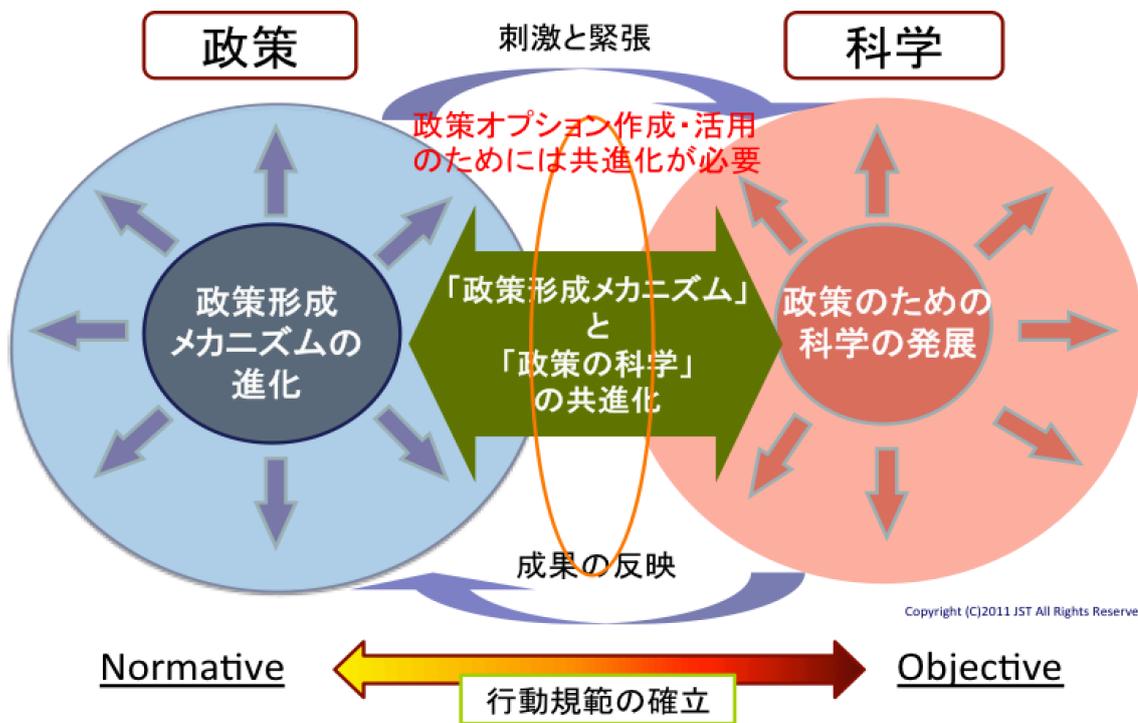


図3 「政策形成メカニズム」と「政策の科学」の新たな連携による共進化
出所: JST-CRDS (2010)

表1 政策課題の発見、科学技術・社会技術シナリオ作成、政策手段の抽出、政策オプション作成のためのデータ構造: 選択可能な政策オプションの作成とその政策立案プロセスへの反映

	課題の発見・発掘～科学技術・社会技術シナリオ作成		政策オプションの構築
	科学技術の俯瞰と特性 科学技術シナリオ	社会経済の俯瞰と特性 社会技術シナリオ	
現状把握・ 観察型 資料	<ul style="list-style-type: none"> Science Knowledge Mapによる科学技術のLinkageの把握: 現状とベンチマーク 科学技術に関する計量書誌学的分析による科学技術の現状発展段階の把握 科学技術FUNDING-論文-特許など INPUT-OUTPUT の実績把握 科学技術人材の分布 	<ul style="list-style-type: none"> 社会経済の現状把握: 人口分布、資源賦存分布、市場の競争条件、産業の供給特性、消費者の需要特性、生産効率性と国際競争力、所得分布と格差 社会制度の構造: 法的規制および各種制度設計の現状 科学技術の社会実装と制度設計の現状 	
現状構造・ 分析型 資料	<ul style="list-style-type: none"> 科学技術知識ストックの特性分析 科学技術の水準の強弱: 時系列および横断面解析による現状課題に発見 科学技術ロードマップ FUNDINGシステムの課題発見 人材育成システムの課題発見 課題解決に向けての科学技術による課題解決の可能性の同定 	<ul style="list-style-type: none"> 社会経済の特性と構造把握 社会経済の課題の特定と社会システム、制度の改善改革による課題解決の可能性の同定 社会経済の国民の期待の発見 	<ul style="list-style-type: none"> 国民経済計算、産業連関表等時系列データ 有形・無形固定資産フロー&ストックデータ 政策オプション構築のためのシミュレーションモデルの構築 政府R&D投資(科学技術関連統制) 政策手段の選択による社会経済的影響評価のシミュレーション実験と政策オプションの作成の関連データ
前提条件 予測型 資料	<ul style="list-style-type: none"> 科学技術の発展の将来見通し 科学技術発展のロードマップ 科学技術の深化に向けての戦略的重点化領域の特定 	<ul style="list-style-type: none"> 人口構造の将来分布の予測 資源賦存の将来予測 国際的社会経済の地政学的予測 	<ul style="list-style-type: none"> 科学技術シナリオ 社会技術シナリオ
政策手段 抽出資料	<ul style="list-style-type: none"> 科学技術の戦略的重点化領域の選定 FUNDUNG 制度の枠組みと提言 科学人材の育成プログラムの枠組み 	<ul style="list-style-type: none"> 科学技術の社会的実装への社会経済的政策手段: 規制緩和、税制等優遇措置等の枠組み 知財管理制度等の枠組み 	

(出所) 執筆者作成

References

- JST-CRDS (2010). エビデンスに基づく政策形成のための「科学技術イノベーション政策の科学」構築—政策提言にむけて—. 戦略提言 CRDS-FY2010-SP-13, JST-CRDS. <https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2010/SP/CRDS-FY2010-SP-13.pdf>.
- Zucker, G., Darby, M., and Armstrong, J. (2002). Commercializing knowledge: University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management Science*, 48(1). <https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/mnsc.48.1.138.14274>.
- 原泰史, 壁谷如洋, and 小泉周 (2017). ノーベル賞受賞者の特性分析から見える革新的研究の特徴 (特集ノーベル賞と基礎研究: イノベーションの科学的源泉に迫る). 一橋ビジネスレビュー, 65(1):26–40. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40021245697/>.
- 原泰史 and 木内満歳 (2017). Elasticsearch と科学技術ビッグデータが切り拓く日本の知の俯瞰と発見. 産業技術大学院大学. <https://www.slideshare.net/yasushihara/elasticsearch-15-spias>.

原田裕明, 小柴等, 池内健太, 原泰史, 黄俊揚, 黒田昌裕, et al. (2017). 科学技術イノベーション政策立案のためのデータプラットフォーム: テキストマイニングによる科学技術分野の同定. In 年次学術大会講演要旨集, volume 32, pages 344–347. 研究・イノベーション学会. https://dspace.jaist.ac.jp/dspace/bitstream/10119/15004/1/kouen32_344.pdf.

池内健太, 元橋一之, 田村龍一, 塚田尚稔, et al. (2017). 科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定. DISCUSSION PAPER 142, 科学技術・学術政策研究所. http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/3161/1/NISTEP_DP142_FullE.pdf.

齋藤裕美 and 牧兼充 (2017). スター・サイエンティストが拓く日本のイノベーション (特集ノーベル賞と基礎研究: イノベーションの科学的源泉に迫る). 一橋ビジネスレビュー, 65(1):42–56. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40021245706/>.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

4.2.1 科学技術イノベーションに係る主な評価指標

原 泰史*

初版発行日：2018年8月28日、最終更新日：2019年4月26日

リード文

科学技術およびイノベーションの成立は長い時間を要する取り組みである。従来研究は事象あるいは科学領域を特定することで、定性的にその要因を解析することに主眼をおいていた。しかしながら、データベースの充実、オープン化、研究者が活用できるコンピューティングパワーの増大、および、評価手法の理論的な発展により、今日では特許、論文、あるいは競争的資金等各種のFundingに係るデータベースを接合し合うことで、定量的に科学技術の様相を解析することが可能になりつつある。

キーワード

データベース, 特許, 論文, ビッグデータ

本文

1 科学技術イノベーションに係る主な評価指標

科学技術の評価はこれまで、特定事象および年代、あるいは状況にフォーカスした調査が中心に行われてきた。しかしながら、データのオープン化およびコンピューティングパワーの増大により、昨今では国レベルのマクロデータと研究者レベルのマикроデータのより細密な分析、あるいはデータ間を接合し合うことで、より長期間かつ、構造的変化を見据えた上で解析することが可能になりつつある。図1に、科学技術に関わる指標およびその関係性を示した。今日科学技術イノベーションを解析するにあたり利用可能なデータを、(1) マイクロ (micro) レベル, (2) メソ (meso) レベル, (3) マクロ (macro) レベルの三点に大別すると、(1) および (2) に係る指標としては、特許および学術論文の書誌情報データが広く活用されている。これらのデータでは、研究活動のアウトプットである学術論文および特許について、どのような組織の人間が、いつ、どこで、どのような

* パリ社会科学高等研究院ミシュラン フェロー (前 政策研究大学院大学 SciREX センター 専門職)

資金を活用して論文ないしは特許を執筆し、それがどのような既存研究を参照し、かつどれほど他の論文や特許で、どのような目的を持って活用されたかを、評価することが出来る。また昨今では、特許の非特許文献情報を網羅したサイエンスリンケージデータも活用されつつある。これら特許および学術論文を生産するにあたっては、主に日本の大学および研究機関に所属する科学者の場合、科学技術研究費(科研費)に代表される競争的資金を活用している。こうしたインプットデータも、科学者の行動を測定・評価する上では重要な指標のひとつであるといえよう。

Data; from micro, meso to macro

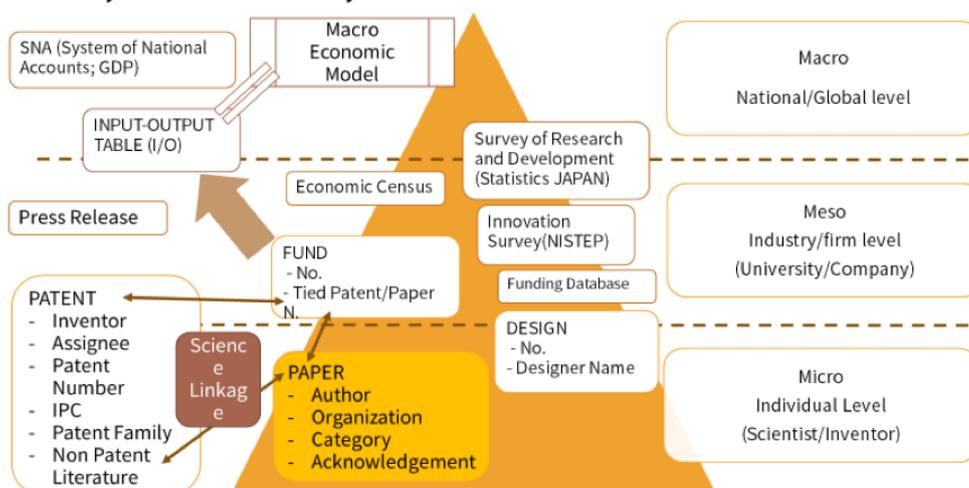


図1 科学技術イノベーションデータの関係性
出所：筆者作成

また、近年の研究ではこれらインプット＝アウトプット間の関係性についてのみならず、科学技術の研究活動によって生み出された新たな知見がどの程度実際の生産物へと結びついたのか、すなわち、社会的な効果を持ちうるイノベーションへと結びついたかを測定することを目的として、製品データベース、プレスリリースデータベースなどに記載された製品の委細情報、主な開発者名、価格、対象消費者層など、アウトカムを指し示しうる指標についても着目されつつある。しかしながら、ライフサイエンス産業、特に低分子医薬品を除き、多くの産業において特許と製品は1:1の対応関係にはない。このように、イノベーションのアウトカムを測定することには、多大なチャレンジが残されている。そのため、政府あるいは大学・研究機関では、イノベーションに係るアウトプットを測定するにあたり、発明者、あるいは企業に対してサーベイ調査を行うことでこうした課題に対応してきた。こうした取り組みの一例として、文部科学省 科学技術・学術政策研究所(NISTEP)の全国イノベーション調査、民間企業の研究活動に関する調査(民研調査)、総務省統計局の科学技術研究調査、経済センサスなどが挙げられる。こうしたマイクロあるいはメソレベルのデータを産業レベルで接合することで、はじめてマクロレベルでの推定を細密に行うことが可能となる。また、マクロレベルでの影響を測定するひとつの方法論として産業連関表を用いることで、科学技術研究活動から生まれた知的資産と産業ごとの動態および相互の関係性を細密に測定でき

る。このように、分析単位が様々なデータをマイクロレベルから集計することで、マクロレベルでの解析の精緻化、ひいては、科学技術がどのようにマクロ経済に影響を与えるのか、ナショナルイノベーションシステム内でのステークホルダー間の相互依存性を考慮しながら、その構造を推定し解析することが可能となる。しかしながらこうした分析を行うためには、(1) 異なるデータベース間でのデータ集計、(2) データの接合、(3) データのクリーニングおよびクレンジング、(4) 補間データの作成などの作業が都度要求される。

科学技術イノベーションの解析をマイクロレベルから開始するためには、その活動主体である科学者の研究活動を総合的に評価する必要がある。しかしながら、前述したように、科学者の能力測定に係る従来の既存研究の多くは特許あるいは論文の書誌情報のみを利用し解析をしており、科学者の多面的な効果や特性を十分に解析出来ていなかった。また、別節にて取り上げるスターサイエンティストに関わる議論でも示唆されているように、科学者は学術的な能力あるいは製品開発能力のみならず、教育活動や企業への参画、あるいは政府委員会への参画や法制度整備への間接的な関与など、実社会への社会的な影響 (social impact) も有している。このように、科学者の影響を定量的かつ総体的に評価可能とするためには、特許や論文、特許の非特許文献、製品 (プレスリリース、表彰データ) 情報などのデータベースを複合的に組み合わせることで、科学者が学術的あるいは社会的に与える多面的な影響を解析する必要がある。

1.1 STI データ整備に関わる日本および海外の状況

科学者の活動は複合的かつ多彩であり、インプット (研究に繋がる資金調達) あるいはアウトプット (論文の公開および特許の出願)、アウトカム (社会的な貢献活動、企業への参画) の手段も多岐に渡る。また、インプット=アウトプット間の関係を測定することで、たとえば、科学技術研究費 (科研費) に代表される研究者に対する競争的資金制度の在り方を議論することも可能ではあるが、現時点では、こうしたデータベース間の情報を分析単位に応じて相互に接続できるツールとしてのマッチングテーブルは、NISTEP 企業名辞書^{*1}、NISTEP 大学・研究機関名辞書^{*2}など一部に留まる。

こうした複数データセットの提供プラットフォームの海外における具体例として、(a.) 欧州 RISIS (Research Infrastructure for Research and Innovation Policy Studies)^{*3}、(b.) NIH Research Portfolio Online Reporting Tools (RePORT)^{*4}が挙げられる。(a.) では、RISIS Datasets Portal (datasets.risis.eu) を通じて、科学技術イノベーションに係るデータベースを研究者に対して提供している。一例として PROFLE - The German Doctoral Candidates and Doctoral Holders Study では、ドイツの大学およびファンディング機関で研究活動を行う博士号および博士候補生 (Doctoral Candidate) に対して行ったサーベイ調査の個票データを、利用申請を行った研究者が利用することが出来る。並行して RISIS では、SMS (Semantically Mapping Service) Platform^{*5}、CorTEXT

^{*1}NISTEP 企業名辞書, <http://www.nistep.go.jp/research/scisip/rd-and-innovation-on-industry/>

^{*2}NISTEP 大学・研究機関名辞書, <http://www.nistep.go.jp/research/scisip/randd-on-university>

^{*3}RISIS, <http://risis.eu/>

^{*4}RePORT, <https://report.nih.gov/>

^{*5}SMS Platform, <http://sms.risis.eu/>

Platform*⁶などのデータ解析用プラットフォームも併せて提供している。前者では、Web of Science, Scopus や PATSTAT, OECD が提供する科学技術に係るインジケータ情報などを接合し分析することを可能にしている。後者では、RDF, XML, CSV 形式のデータを自動的に parse し、グラフ化やネットワーク分析などを実行できる。また (b.) では、NIH によるファンドの PI (Principal, Investigator; 研究代表者), 金額 (直接経費および間接経費), 期間, 関連プロジェクト、プロジェクトによる研究アウトプット (論文, 特許) などを Web インターフェースを通じ解析出来る。

翻って、日本のこうした科学技術に係るデータ整備および提供スキームは未だ発展途上の段階にある。科学者が研究活動を行うにあたっては、(1.) 大学運営交付金などから充当される研究資金、あるいは、(2.) 科研費, JST などの競争的資金、(3.) 企業との共同研究などを通じ資金を獲得し、研究に必要なインプットを確保する必要がある。無論、資金のみならずポストドク, RA などの人的資源も重要である。しかしながら、国立情報学研究所が提供する科研費のデータベースを例外として、JST, NEDO など国のファンディングエージェンシー、あるいは文部科学省および経済産業省など省庁による国家プロジェクトによるファンド情報はオープン化されておらず、あるいは、Web 上にデータが公開されていても、データベース化そのものは未だ中途段階にある。結果、特定の科学領域に関して政府あるいは国の研究機関がどの程度の資金を投入しているのか、把握することが極めて困難である。こうした状況を是正するため、政策研究大学院大学科学技術イノベーション研究センターでは SPIAS (SciREX 政策形成インテリジェント支援システム) と呼ばれる Web ベースのデータ接合システムを構築しているが、詳細については後節に記す。

科学者のアウトプットに関連して、論文データベースについては、JST がジー・サーチ社と共同で J-global を構築している。また特許データベースに関しては、特許庁が J-Patplat として SaaS 型のシステムを運用している他、知的財産研究所では IIP パテントデータベースとして特許解析用データベースを公開している。しかしながら、これら特許および論文間を接合した分析は一部に留まっている。日本における先駆的な取り組みとしては 池内健太 et al. (2017) を参照されたい。また、特許と論文間のみならず、インプット＝アウトプット間の関係を細密に測定するためには、特許＝論文＝競争的資金間のデータ接合が肝要となる。しかしながら、こうしたデータ整備については、論文および特許とファンド間のデータ接合が科研費などの一部競争的資金について行われているに留まる。

また前述したように、研究者の活動成果は特許および論文のみならず、社会的な貢献活動、メディアへの登場、政府関係機関の審議会への参画、産学連携への関与の度合い、企業への社外取締役あるいは株主としての参画など広義な要素を内包しているが、データの可用性の問題からこうした研究者の社会的効果については未だ定性的かつ特定の研究者を対象とした事例調査の範疇に留まる (原泰史 et al., 2017)。

しかしながら、テキストマイニングおよび自然言語処理の手法を活用することで、これら研究者の社会的側面が記録されている非定型データ (ソーシャルメディア, 新聞記事, プレスリリース) から研究者名、組織名、貢献分野など必要な情報を抜き出し解析するアプローチが採られつつある。

*⁶CorTexT Platform, <http://www.cortext.net/>

前述した SPIAS では、日本経済新聞社が収集したプレスリリース情報から組織名を抽出することで、特許、論文の出願あるいはファンドを獲得している企業および大学・研究機関との突合を行っている。このように、従来の研究者あるいは組織名に対して一意な ID 情報を付与することで解析する手法に加え、RISIS の SMS Platform が採るアプローチのような、自然言語処理にもとづき尤度を測定しながら不定形データを接合する手法を併用することにより、研究活動のインプットおよびアウトプットのみならず、アウトカムを包有して解析することは実現可能になりつつある。

1.2 主な科学技術指標 (マイクロデータ)

研究者レベルで科学的な調査を行うために広く用いられている指標として、(a.) 論文、(b.) 特許および (c.) ファンド情報が挙げられる。詳細について以下に記す。

(a.) 論文データベース

- Scopus[エルゼビア社提供] (学術論文のデータベース、英語論文誌が中心; 研究者および組織名に ID が付与されていることにより、データの整合性に一日の長を持つ)
- Web of Science [Clarivate Analytics 社提供] (学術論文のデータベース、英語論文誌が中心; 1900 年のデータから提供されており、歴史的解析を行う上では必要不可欠である。スターサイエンティストに係る既存研究でも広く活用)
- J-global (科学技術振興機構が提供する学術論文・特許データベース; 日本の学術誌を極めて広くカバーしている)

(b.) 特許データベース

- PATSTAT (欧州特許庁 (EPO) が提供する特許データベース; ヨーロッパおよびアメリカ、日本と主要三地域の特許データベースを広くカバーしている)
- PatentsView (米国特許庁 (USPTO) が提供する特許データベース; 発明者および組織名について正規化が行われている)
- J-global (科学技術振興機構が提供する特許データベース; 発明者および組織名について正規化が行われている)
- IIP パテントデータベース (知的財産研究所が提供する特許データベース; 日本の特許データについてカバー)

(c.) ファンド情報データベース

- SPIAS (日本のファンド、特許、論文およびプレスリリース情報を総合的に接合したデータプラットフォーム; SciREX センター, NISTEP および JST 研究開発戦略センターが開発)
- 科研費 DB (NII および科学技術振興機構が提供する、科学技術研究費 (科研費) の細目情報およびその成果論文および特許情報を接合したデータベース)

- AMED データベース (AMED が所管する競争的資金情報およびその成果を公表したデータベース)
- Nanobank (ナノテクノロジーの特化した学術、論文、特許、研究費情報のデータベース、組織名の名寄せ済み。)
- COMETS (全分野の特許、研究費情報のデータベース。組織名の名寄せ済み。)

前節に示したように、科学者の活動を総体的に把握するためには、これらのデータベース間を接合しコホートデータを構築する必要がある。

コホートデータ構築にあたるデータ接合の課題として、(1) 元データベースの組織/研究者名情報に揺らぎや誤記載があり、そうした情報を除去あるいはクリーニングする必要があること、(2) 同姓同名や同一社名などの情報をクリーンアップし、識別する手法を開発する必要があること、(3) 英語名=日本語名など異なる言語で書かれた組織名、研究者名などの情報を異なるデータベース間で突合する必要があること、(4) 歴史的な分析を行うにあたって、企業の M&A 情報などを盛り込む必要があること、等が示唆できる。特許および論文データに関しては、前述したように文部科学省科学技術・学術政策研究所が関連するデータテーブル整備を進めており、その成果を活用することで、データの精緻化を円滑に行える可能性がある。また同様に、データ管理・運用の課題として、(1) 論文あるいは特許の書誌情報データはデータサイズおよびその構造が極めて複雑であること、(2) 複数領域、複数年度にまたがる解析を行うためには、潤沢なコンピューティングリソースを必要とすること、(3) 競争的資金情報など機微性をともなうデータが含まれており、高いセキュリティを担保する必要があること等が挙げられる。

1.2.1 今後の課題

今後の課題として、各データベース間の接合手法について検討する必要がある。図 1 に示したように、それぞれのデータベースは、組織名あるいは研究者名に基づき接合する必要がある。そのためには、研究者の氏名データの曖昧性除去 (disambiguation) および突合 (harmonization)、自然言語処理の技法を用いた組織名および研究者名の抽出およびマッチングを行う必要がある。また極めて多変量かつ複雑なデータ構造を処理することになるため、従来学術的な定量研究のデータ整備過程で利用されてきた RDBMS 形式ではなく、Neo4j、ElasticSearch などの不定形データに対応した解析プラットフォームについて検討・導入する必要がある (原泰史・木内満歳, 2017)。またこうした解析を行うためには、欧州の研究コンソーシアムが RISIS (SMS Platform, CorText Platform) で実現しているような、研究者が自由に活用できる潤沢なコンピューティングリソースを有するクラウドプラットフォームをコンピューティングインフラストラクチャとして整備する必要がある。

References

Zucker, G., Darby, M., and Armstrong, J. (2002). Commercializing knowledge: University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management Science*, 48(1).

<https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/mnsc.48.1.138.14274>.

原泰史, 壁谷如洋, and 小泉周 (2017). ノーベル賞受賞者の特性分析から見える革新的研究の特徴 (特集ノーベル賞と基礎研究: イノベーションの科学的源泉に迫る). 一橋ビジネスレビュー, 65(1):26–40. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40021245697/>.

原泰史・木内満歳 (2017). Elasticsearch と科学技術ビッグデータが切り拓く日本の知の俯瞰と発見. <https://www.slideshare.net/yasushihara/elasticsearch-15-spias>.

原田裕明, 小柴等, 池内健太, 原泰史, 黄俊揚, 黒田昌裕, et al. (2017). 科学技術イノベーション政策立案のためのデータプラットフォーム: テキストマイニングによる科学技術分野の同定. In 年次学術大会講演要旨集, volume 32, pages 344–347. 研究・イノベーション学会. https://dspace.jaist.ac.jp/dspace/bitstream/10119/15004/1/kouen32_344.pdf.

池内健太, 元橋一之, 田村龍一, 塚田尚稔, et al. (2017). 科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定. DISCUSSION PAPER 142, 科学技術・学術政策研究所. http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/3161/1/NISTEP_DP142_Fulle.pdf.

齋藤裕美 and 牧兼充 (2017). スター・サイエンティストが拓く日本のイノベーション (特集ノーベル賞と基礎研究: イノベーションの科学的源泉に迫る). 一橋ビジネスレビュー, 65(1):42–56. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40021245706/>.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

4.2.2 科学技術イノベーションのインプットを捉える

富澤宏之*

初版発行日：2018年8月28日、最終更新日：2020年6月30日

リード文

科学技術イノベーションの測定・評価を主題とする4.2節の一項目として、本項では、科学技術イノベーションの“インプット”の測定や指標について述べる。科学技術イノベーションの“インプット”とは、科学技術イノベーションに関する諸活動のために投入されるリソース、例えば、研究開発のために投入される資金や労働力を指す。以下では、科学技術イノベーションのインプットを捉えるための測定・評価指標の概要を述べる。

キーワード

研究開発統計、フラスカティ・マニュアル、オスロ・マニュアル

本文

1 インプットを捉えることの意義

科学技術イノベーションの測定・評価においては、科学技術イノベーションのアウトプットやアウトカムを捉えることが重視される。測定・評価とは、対象とする活動やシステムのアウトプットやアウトカムを捉えることとほとんど同義であると言うことができ、それは当然のことである。しかし、実際には、科学技術イノベーションの測定・評価において、インプットを捉えることもそれと同様に重視されている。そのようなインプットを捉えることの必要性や意義は何であろうか。

第一に、アウトプットやアウトカムを測定したとしても、それだけでは、それが充分であるのかどうか判断することが出来ない場合が多く、その基準としてインプットに対するアウトプット／アウトカムの相対的な大きさを見る必要があるためである。特に、測定・評価に際して、複数の対象を比較するためには、それらのアウトプットやアウトカムを比較するだけでは有用な情報は得られず、インプットの大きさを考慮した上で比較することが必要となる場合が多い。また、パフォーマンス

* 科学技術・学術政策研究所

ンスや効率を測定するためには、アウトプット指標をインプット指標で規格化することが必要となってくる。つまり、インプットを捉えることは、アウトプットやアウトカムを評価するための基準を提供する点で重要である。

インプットを捉えることが重要である別の理由は、ある対象の測定・評価を、その対象の改善につなげようとするならば、どのようなインプットがあったかを捉えることが重要となるためである。すなわち、アウトプットやアウトカムは活動やプロセスの結果に過ぎないため、それだけを見ても、何を改善すれば良いか分からないが、インプットは、結果を左右する要因のひとつであるため、そちらを捉えることが改善に役立つ。PDCA サイクル (Plan-Do-Check-Act cycle) に基づいて言うならば、Check(確認)のためにはアウトプットやアウトカムの把握が重要だが、Plan(計画)やDo(実行)の状況を踏まえた Check(確認)や Act(改善)のためにはインプットの把握も必要ということになる。この場合、インプットを捉えるといっても、投入されるリソースの全体的な量や大きさを測定するだけではあまり意味は無く、インプットの内訳や内容を捉えることが重要になる。例えば、政府の研究開発投資は、一国の研究開発システムへの主要なインプットの一つであるが、単にその金額を測定するだけでなく、その内訳や用途についてのデータを取得し、それをアウトプットやアウトカムのデータと組み合わせることによって、課題や改善点を明らかにすることができる。

以上のようなインプットを捉えることの重要性とは別に、アウトプットやアウトカムを捉えることが困難であるために、インプットを捉えることに注力する場合もある。特に、科学技術イノベーションに関しては、アウトプットやアウトカムの測定が困難である場合が多く、相対的に測定しやすいインプットを測定することにより、科学技術イノベーションの活動やシステムの状況を理解・把握しようとする場合も多い。

2 研究開発統計

科学技術イノベーションのインプットに関しては様々な指標やデータがあるが、以下では、まず、それらのなかで中心的存在である研究開発統計について述べ、その後、それと比較しつつ、その他のインプット指標／データについて述べる。このような構成とする理由は、研究開発統計は長い歴史があるため、それ例外の様々な指標やデータの雛形となっている場合が多く、また、研究開発統計に関する諸概念や原理の多くは、科学技術イノベーションの様々な指標／データを考える上で有用であるためである。

2.1 研究開発統計の起源とフラスカティ・マニュアル

現在、世界の多くの国の政府機関・公的機関で作成されている研究開発統計は、1950年代に、米国のNSFをはじめとするいくつかの国の政府機関による科学技術に関する統計の作成に端を発している^{*1}。日本でも1953年に「研究機関基本統計調査」(現在の「科学技術研究調査」の前身)が

^{*1}科学技術の測定と統計の歴史についての成書をまとめた Godin によると、1950年代以前にも組織的な科学技術測定は行われていたが、東欧に限定されていたとのことである (Godin, 2004)。

開始されており、日本は、世界的に見ても研究開発統計を比較的早く開始した国と言える^{*2}。

このように、いくつかの国で先駆的な研究開発統計が作成された後、1960年頃に、OECDやUNESCOなどにおいて、研究開発統計の国際的な標準化が開始されている。その成果の一つとして、OECDは研究開発統計のための最初の指針を1963年に公表し、1964年にOECD加盟国によって承認された。この指針は通称として「フラスカティ・マニュアル(Frascati Manual)」と呼ばれ、後にそれが正式名称となったが、この名称は同指針の策定のための会議が開催されたイタリアの地名に由来する。フラスカティ・マニュアルは、その後、何度か改訂され、現時点での最新版は2015年版である(OECD, 2015)。また、OECD加盟国だけでなく、研究開発統計の世界的な指針となっている。

フラスカティ・マニュアルは、一国の研究開発活動を体系的に測定するための統計の指針であるが、研究開発活動に投入された資金やマンパワーの測定に焦点が当てられており、インプットの測定に特化した内容となっている。フラスカティ・マニュアルが研究開発のインプットの測定に特化している理由として、同マニュアルは「研究開発のアウトプットを同定し測定することは困難」であることを挙げている。つまり、研究開発のアウトプットである新知識は直接的に測定できず、また、間接的な指標はいくつかあるものの、いずれも研究開発の成果の一面を示す指標に過ぎないというわけである。また、比較的最近まで、研究開発のアウトプットやアウトカムは不確実性が高いため、ある確率で産み出されるものとして、測定や評価の対象とはせず、コントロール可能であるインプットの測定により強い関心を向けるような考え方が世界的にも主流であったが、そのような歴史的な背景が研究開発統計の成り立ちに大きく影響したと考えられる。

ところで、前述のように、フラスカティ・マニュアルの初版が作成された時点では、既に、いくつかの国で先駆的な研究開発統計が作成され、国による違いが生じていたため、同マニュアルでは厳格な国際標準が十分に提示できなかった面がある。例えば、研究開発費の定義や測定すべき費目などは示されているものの、その具体的な測定方法については、ある程度の多様性を許容した記述となっている。同マニュアルは、その後の改訂を経ても、測定方法等について多様性を許容しているという特徴は引き継がれており、現在においても研究開発統計の国際比較可能性が十分に確保されていないことの要因の一つとなっているとも考えられる。

2.2 フラスカティ・マニュアルに示された研究開発統計の主要な諸概念

「フラスカティ・マニュアル 2015」の記述は多岐に渡っているが、ここでは科学技術イノベーションの測定・評価という観点から重要性の高い事項に絞り、研究開発統計の基本的な考え方を述べる。なお、同マニュアル自体の解説は伊地知(2016a, 2016b)に述べられている^{*3}。以下では、「フラスカティ・マニュアル 2015」について、特に必要のある場合を除き、単に「フラスカティ・

^{*2}フラスカティ・マニュアル 2015年版のAnnex1には、同マニュアルの歴史が書かれているが、その冒頭部分に、研究開発統計を早い時期に開始したOECD加盟国として、米国、日本、カナダ、イギリス、オランダ、フランスが挙げられている(OECD, 2015)。

^{*3}本節の執筆に際しては同記事における様々な説明や訳語を参考にした。

マニュアル」と表記する。

2.2.1 研究開発の定義

フラスカティ・マニュアルは、研究開発のために支出された資金や人材インプットの測定に関する様々な指針を示しているが、その基礎となっているのは研究開発の概念と定義である。まず、フラスカティ・マニュアルは、研究開発について、より正確な語として「研究及び試験的開発 (research and experimental development)」を用いており、また、その略語として“R&D”を用いている。また、この「研究及び試験的開発」は、「基礎研究」、「応用研究」、「試験的開発」という三つのタイプに区分されており、それらを表1に示すように定義している。この三つの区分は、単に有用な測定項目というだけでなく、それらが合わさって「研究及び試験的開発」という概念を構成している。なお、以下では、特に必要のある場合を除き、「研究及び試験的開発」を単に「研究開発」と表記する。

表1 フラスカティ・マニュアル 2015 における研究開発の定義

研究及び試験的開発 (research and experimental development) は、知識（人類、文化、社会についての知識を含む）の蓄積を増大するため、及び、利用可能な知識の新たな応用を考案するために行われる創造的で体系的な作業から構成される。
基礎研究 (basic research) とは、主として現象や観察可能な事実の基盤をなしている新たな知識を獲得するために取り組まれる実験的又は理論的作業であり、何ら特定の応用や利用を考慮に入れない。
応用研究 (applied research) とは、新たな知識を獲得することを目的として取り組まれる独創的探究である。しかし、主として明確な実用的な目的又は目標に向けて行われる。
試験的開発 (experimental development) とは、新しいプロダクト又はプロセスを創出すること、もしくは既存のプロダクト又はプロセスを改善することを目指した、研究及び実際の経験から得られる知識を活用し、付加的な知識を創出する体系的作業である。

出典:OECD (2015) 参考:伊地知寛博 (2016b)

フラスカティ・マニュアルは、上記の定義に基づいて、研究開発とそれ以外の活動をいかに区別するか、という観点から、研究開発に投じられた資金や人材インプットの測定に関する指針を展開している。しかし、上記の定義は概念的・抽象的であり、具体的な測定方法に結びつくような定義ではない。そのため、研究開発とそれ以外の活動の区分には、曖昧性や主観性がある。ただし、これはフラスカティ・マニュアル特有の問題というわけではなく、研究開発とは“知識”という目に

見えないものを産み出す活動であるため、外形的な情報に基づく判断は困難であり、研究開発とそれ以外の活動の境界線は概念的・抽象的であると言える。

2.2.2 組織区分と統計単位

フラスカティ・マニュアルに示されている研究開発統計の体系は、国全体の研究開発活動を測定することが最も主要な目的であるため、国全体を網羅的、整合的に測定することに大きな注意が払われている。その基礎となるのは、組織区分と統計単位である。

まず、組織に関して、国内については、企業部門 (BE)、政府部門 (GOV)、高等教育部門 (HE)、民間非営利部門 (PNP) の4つの部門に区別され、それに加えて、国外を指す世界他地域 (rest of the world) が設定されている。この組織区分は、国民経済計算 (SNA; System of National Accounts) の部門勘定をモデルとしており、表2に示すように、両者の組織区分には共通部分が多い。しかし、フラスカティ・マニュアルの組織区分には、SNA の組織区分には無い「高等教育部門 (HE)」が独立した部門として設定されていること、及び、SNA に組織区分に含まれている「家計部門」が無いこと、の2点が主な相違点である。SNA の「家計部門」は、フラスカティ・マニュアルの組織区分では、企業類似自営業者が「企業部門 (BE)」に含まれ、それ以外の全てが「民間非営利部門 (PNP)」に含まれている。

表2 フラスカティ・マニュアルと SNA における組織区分の対応関係

		フラスカティ機関部門			
		高等教育部門 (HE)	企業部門 (BE)	政府部門 (GOV)	民間非営利部門 (PNP)
SNA 機関部門	法人企業部門 (金融及び非金融)	SNA 法人企業部門 における高等教育 機関	SNA 法人企業部門 と同様であり、公共 法人を含む。ただ し、SNA 法人企業 部門における高等 教育機関は除く。		
	一般政府部門	SNA 一般政府部門 における高等教育 機関		SNA 一般政府部門 と同様である。ただ し、高等教育機関 は除く。	
	対家計非営利団体 部門(NPISH)	SNA 対家計非営利 団体部門における 高等教育機関			SNA 対家計非営利 団体部門と同様で ある。ただし、SNA 対家計非営利団体 部門における高等 教育機関は除く。
	家計部門		企業類似自営業者 (たいていは準法人 として把握される)		完全性のため: SNA 家計部門と同 様である。ただし、 家計「企業類似自 営業者」は除く。

出典:伊地知寛博 (2016a) [OECD (2015) の Table3.1 の和訳]

注:対家計民間非営利団体 (NPISH; Non-profit institutions serving households) は、
非営利団体中の非市場生産者のうち、政府の支配を受けない民間の機関。

フラスカティ・マニュアルにおいて、統計情報の思考の対象や最終的な集計を行う対象となる「統計単位 (statistical units)」は、企業部門 (BE) では企業とされ、政府部門 (GOV) では、法人格を有しない行政組織については各府省庁、法人格を有する機関については各法人が、それぞれ単位となっている。一方、高等教育部門 (HE) については、国によって教育システム等が異なることから、明確には規定されていない。なお、フラスカティ・マニュアルでは、このような「統計単位」に加えて、「報告単位 (reporting units)」という概念も用いられている。「報告単位」とは、統計が収集される実体 (機関や組織等) を指し、調査票に基づく統計調査の場合は、調査票に回答する実体を指す。また、SNA の「組織単位 (institutional units)」の概念も援用されている。

2.2.3 研究開発支出の意味

研究開発統計の中心的な測定項目である研究開発費に関して、フラスカティ・マニュアルで定義されているのは、正確には「研究及び実験的開発に対する支出 (expenditure on research and experimental development)」である。これは、参照期間 (例えば、ある会計年度の1年間) において研究開発のために「支出」された額が計上される。ここで注意すべきは、「費用 (expense)」でなく

「支出 (expenditure)」が測定対象となる点である*4。そのため、例えば、研究開発のために土地、施設、機器などを購入した場合、それらに係る減価償却費ではなく、参照期間に支出した金額が計上される*5。

この研究開発支出に計上される経費の内訳については、ある機関の内部での研究開発支出(これを「機関内研究開発支出」と呼ぶが定義等は後述)の場合、「経常支出 (current expenditures)」と「総資本支出 (gross fixed capital expenditures)」の合計である。「経常支出」には、内部で雇用された研究開発従事者の人件費、サービスの購入費や外部の研究開発従事者に対する支出、材料の購入費、一般管理費などが含まれ、一方、「固定資本支出」には、土地及び建物、機械及び機器、資産計上の対象となるコンピュータ・ソフトウェア、知的財産成果物などが含まれる*6。

上述のように、研究開発支出に人件費が含まれることは、そのデータを解釈する上で極めて重要である。しばしば、研究費に関しては、研究者の人件費を含まない研究費のイメージに基づく分析や議論が見受けられるが、研究開発統計で測定された研究開発費のデータは、それと異なっていることに注意が必要である。

2.2.4 研究開発支出に関する統計量

研究開発支出については、集計範囲等の違いにより、いくつかの統計量があるが、基本となるのは「機関内研究開発支出 (intramural R&D expenditures)」である(「内部使用研究開発費」や、会社の場合は「社内使用研究開発支出」と訳される場合もある)。これは、ある機関(統計単位)の内部で、参照期間に研究開発のために支出された金額の合計である。

一方、外部に支出された研究開発費は、「機関外研究開発支出 (extramural R&D expenditures)」と呼ばれており、重複を排除して研究開発費を統合的に集計するために、部門別や国全体の集計の際には対象外とされるものの、研究開発活動を把握する上では重要な統計量である。

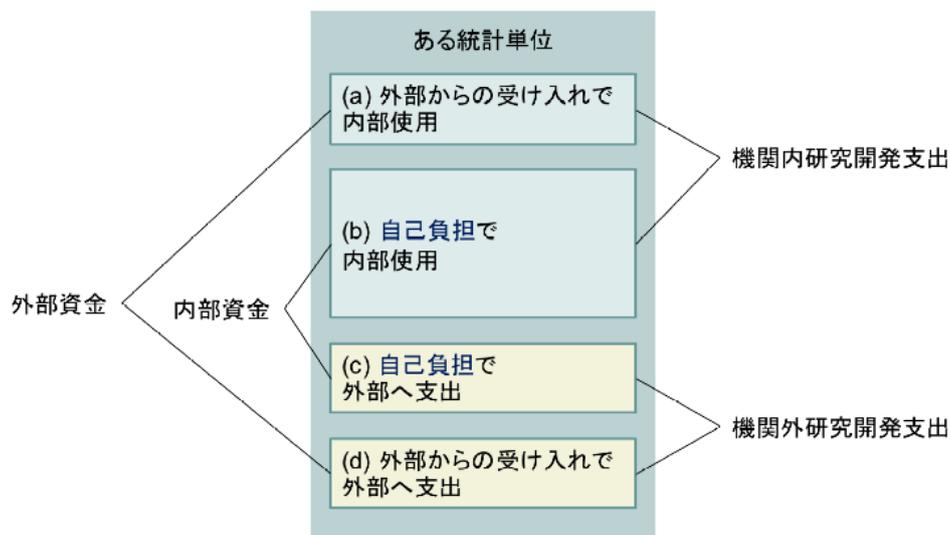
上記の2つは、研究開発支出が使用されたのが、統計単位の内部であるか外部であるか、という違いによって区別されていた。それとは別の区別として、研究開発費の資金源が統計単位の内部か外部かによる区別もある。これに関しては、統計単位の機関等が自ら負担する「内部資金」と、統計単位の外部から提供される資金である「外部資金」とに区分されている。

以上の4つの統計量の関係を言い換えると、まず、研究開発費を内部で使用したか、外部に支出したかの区分があり、次に、資金源が、外部から受け入れた資金であるか、自己負担であるのか、という区分がある。それらの関係を図1に示した。

*4 「支出 (expenditure)」は「費用 (expense)」とは会計上異なる概念である。会計上の「費用」とは、支払うことが決定した時点で計上(いわゆる「発生主義」による計上)される金額であり、減価償却費、代金未払いでも提供された役務や品物の金額、貸倒引当金、退職給付引当金などが含まれる。一方、「支出」は、実際の支払いの金額を指す。

*5 なお、研究開発統計調査に際して、特に企業は誤って「研究開発費用」を回答する可能性があることから、フラスカティ・マニュアルでは、研究開発支出額とは別に、「費用」概念に基づく、研究開発に係る減価償却費も回答させることが報告されている。

*6 両者の区別として、「経常支出」は、その支出と同時に(1年以内に)効力が及ぶものに関する支出額であり、これに対して「固定資本支出」は、その支出以後、1年を超えて効力が及ぶものに関する支出額であるとされている。



ある統計単位の「機関内研究開発支出」には、その資金源が自己負担であるか外部からの受け入れであるかによらず、内部使用分である(a)+(b)が計上される。また、「機関外研究開発支出」には、その資金源によらず、外部への支出分である(c)+(d)が計上される。一方、「内部資金」には、資金源が自己負担である(b)+(c)が計上され、また、「外部資金」には、資金源が外部からの受け入れである(a)+(d)が計上される。

図1 研究開発支出の支出先による区分と資金源による区分

出所: 著者が作成

2.2.5 総研究開発支出 (GERD) と部門別の研究開発支出

一国の研究開発支出の総額は「国内総研究開発支出 (GERD: Gross domestic expenditure on research and experimental development)」と呼ばれる。SNA における国内総生産 (GDP: Gross domestic product) のように、GERD は研究開発統計において中心的な位置を占める統計量である。ある国についての GERD は、原理的には、その国において研究開発を実施している全ての機関／組織の機関内研究開発支出の金額を合計することによって得られる。これは、研究開発費の使用者と負担者を区別した上で、研究開発費の使用者のみについて、網羅的に集計することにより、国全体の研究開発費を重複なく把握しようとしていることになる。先に示した図1で言えば、各統計単位の (a) + (b) の金額を、全ての統計単位について足し合わせた金額である。

フラスカティ・マニュアルの体系では、それぞれの部門ごとの研究開発費の負担額も集計できるようになっている。すなわち、研究開発費に関して、国全体が使用部門と負担部門に区別されるとともに、この両者のそれぞれについて、上述の4部門に区分されている。更には、負担側の4部門(国外を含めた場合は5部門)と使用側の4部門間の研究開発費の流れも測定できるように考慮されている。図2に、実際のデータの例として、日本の部門間の研究開発費の流れのデータを図示した。

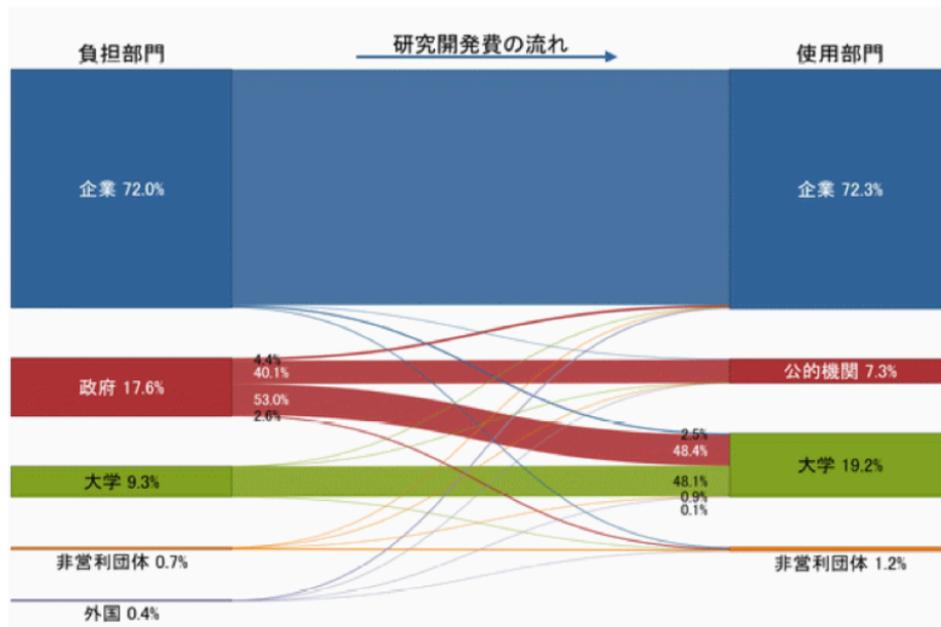


図2 日本の部門間の研究開発費の流れ (2015年)

出典:文部科学省科学技術・政策研究所,「科学技術指標 2017」,調査資料-261,2017年8月,データ:総務省,「科学技術研究調査報告」

2.2.6 研究開発人材の定義と人材区分

研究開発統計において、研究開発人材 (R&D personnel) は、研究開発支出と並ぶ主要な測定項目である。フラスカティ・マニュアルにおいて、研究開発人材は「ある統計単位において、そこに雇用されているか外部からの貢献者であるかにはよらず、直接的に研究開発に従事している人、及び、そこでの研究開発活動に直接的なサービスを提供する人」と定義されている。

この研究開発人材は、研究開発における役割によって、「研究者 (researchers)」、「技能者 (technicians)」、「他の支援職員 (other supporting staff)」に区分されている。このいずれについても、前述のように定義された「研究開発」に直接的に関与した人であるため、「研究者」と言っても、一般的な意味での研究者というよりは、例えば、企業において「研究開発」に従事する人を含む広い対象であることに注意が必要である。

研究開発人材の定義や区分で、特に考慮が必要であるのが高等教育機関である。研究開発活動に従事している博士課程学生は研究者に含める一方、修士課程学生については、従事している研究開発活動に対して給与の支払を受けている場合に限ってのみ研究開発従事者に含まれるべきものとされている。また、高等教育機関や公的研究機関等において若手の研究者として研究開発活動に従事する、いわゆるポスドクについては、活動形態、あるいは雇用や給与を受ける形態は多様であるため、一律に扱われず、これまでに述べた研究開発人材の定義や集計基準に基づいて、それぞれの扱いが定められることになる。

2.2.7 研究開発人材の測定

研究開発支出額の集計と同様に、研究開発人材の人数は、研究開発を実施している統計単位を基準に集計される。また、機関内において実施される研究開発活動に従事する者は、自機関において雇用されるあるいは給与を提供される従業者である場合もあれば、他機関において雇用されている者や無給の者（これらの者は、従業者と対比して外部貢献者と呼ばれる）もある。機関内研究開発支出額との対応が付くように、前者は「内部研究開発従事者」、後者は「外部研究開発従事者」と区分されている。

研究開発人材の測定は、フラスカティ・マニュアルにおいては、物理的な人数の測定（ヘッドカウント）に加えて、研究開発に関するフルタイム換算（FTE; full-time equivalent）によって測定することが勧告されている。研究開発に関するフルタイム換算とは、研究開発人材を計測する場合、研究開発への従事割合を勘案して測定する方法である。その従事割合は、基本的に、職務従事時間に占める研究開発従事時間の割合によって決められる。なお、研究開発に関するフルタイム換算は、一般的なフルタイム換算の概念とは異なる。例えば、SNA においては、フルタイム換算は、総労働時間の簡易的な測定方法とされているが、この場合のフルタイム換算は、パートタイム労働者の労働インプットを、単純に労働時間に基づいてフルタイム労働者の労働インプットに換算するという考え方である。これに対して、研究開発に関するフルタイム換算は、単純な労働時間ではなく、労働の内容が研究開発に該当するかを判断して測定されるものである。

2.3 日本の研究開発関連統計

以下では、日本において調査が実施されて得られた統計データが公開されている統計調査の主なものについて述べる。狭義の研究開発統計だけでなく、研究開発に関する調査項目を含んだ各種の統計を取り上げる。

2.3.1 科学技術研究調査

「科学技術研究調査」は、統計法に基づく基幹統計調査の一つとして総務省統計局が毎年実施している統計調査である。その大部分はフラスカティ・マニュアルに準拠した内容となっており、民間企業、大学、政府機関、民間非営利機関を対象として、それらの各部門と日本全体の研究費（フラスカティ・マニュアルの基準では「研究開発支出」）や研究従事者（フラスカティ・マニュアルの基準では「研究開発人材」）の数などが調査されている。

本調査では、フラスカティ・マニュアルの「研究及び実験的開発」、及び、その3区分である「基礎研究」、「応用研究」、「実験的開発」のそれぞれに対応する概念について、それぞれ「研究」、「基礎研究」、「応用研究」、「開発研究」と呼び、それぞれの定義も示されている。この対応関係は、必ずしも厳密ではないが、概ね同様の内容とすることができるであろう。

フラスカティ・マニュアルの研究開発統計の考え方が、「科学技術研究調査」においてどのように具体化されているかを示す例として、先に表 1 に示した研究開発支出の支出先による区分と資金

源による区分に関する調査方法を表 3 に示した。

表 3 「科学技術研究調査」の調査票における研究開発費の負担源と支出先に関する設問

【12】外部から受け入れた研究費を記入してください				【13】外部へ支出した研究費を記入してください						
			受 入 額	うち内部で使用 した研究費				支 出 額	うち自己資金から 支出した研究費	
総 額					総 額					
公的機関	国・地方公共団体	国			国・地方公共団体	国				
		地方公共団体				地方公共団体				
		国・公立大学				国・公立大学				
		国・公営の研究機関				国・公営の研究機関				
		その他				その他				
	独立行政法人・ 特殊法人	研究所等			独立行政法人・ 特殊法人	研究所等				
		公庫・公団等				公庫・公団等				
		その他				その他				
	会 社					会 社				
	私 立 大 学					私 立 大 学				
非営利団体					非営利団体					
外 国					外 国					

上図の左側では、「外部から受け入れた研究費」の回答を求めているが、その内数として「内部で使用した研究費」の回答も求めており、図1で言えば、前者が「(a)+(d)」に該当し、後者が「(a)」に該当する。この設問とは別に、より基本的な統計量として「内部で使用した研究費の総額」、すなわち図1で言えば「(a)+(b)」に該当する金額の回答を求めているため、上図の設問で得られる「(a)」の金額と組み合わせて、「(b)」の金額も分かるようになっている。また、上図の左側では、「(a)」の「外部から受け入れた研究費」の資金源の組織区分ごとに金額の回答を求めているため、負担部門別の研究費の内訳や、図2のような部門間の研究費の流れのデータ源となっている。

一方、図3の右側では、「外部へ支出した研究費」や、その内数として「自己資金から支出した研究費」の回答も求めており、前者が図における「(a)+(d)」に該当し、後者が「(a)」に該当するが、これらの調査データは、負担部門別の研究費の内訳や、図2のような部門間の研究費の流れのデータには使用されていない。

出典:総務省、「科学技術研究調査報告」

研究従事者については、「科学技術研究調査」では、高等教育部門以外の部門では、ヘッドカウントの人数とフルタイム換算値の両方を調査しているが、高等教育部門では、ヘッドカウントの人数のみが調査されている。これは、高等教育部門の研究者数のフルタイム換算値の測定は複雑であるため、本調査とは別に、文部科学省が5年ごとに「大学等におけるフルタイム換算データに関する調査」を実施しているためである。

2.3.2 民間企業の研究開発に関する調査

「民間企業の研究開発に関する調査」は、文部科学省科学技術・学術政策研究所が毎年、実施している統計調査であり、統計法における一般統計の一つとなっている。内容的には、広義の研究開発統計の一つであり、企業の研究開発の動向や戦略・組織などに関する定性的データの取得に重点が置かれているが、研究開発費などの定量データについても「科学技術研究調査」を補足している。その際に、各種の定義、分類等についてはフラスカティ・マニュアルに準拠している。また、狭義の研究開発統計を超えた調査項目として、イノベーション活動の実態・動向も調査している。

本調査の調査対象は、「科学技術研究調査」で研究開発を実施していると回答した民間企業（資本金1億円以上）を対象としており、2017年調査の場合、3573社が調査対象となっている。

3 研究開発統計以外のインプット指標とそのソース

3.1 イノベーション調査

研究開発だけでなくイノベーションの状況についても、統計的にデータを収集し解釈するための国際標準指針として、OECDとEurostatにより「オスロ・マニュアル (Oslo Manual)」が策定されており、現行版は2018年に出版された第4版 (OECD/Eurostat, 2018) である。同マニュアルは、イノベーション活動、及びイノベーションの実現の状況を把握・測定するための基本的な概念や方法を示している。

オスロ・マニュアルは、「イノベーション」の定義を示した基本的な文献としてよく知られている。同マニュアル第4版 (OECD/Eurostat, 2018) における「イノベーション」の定義では、初めに、「イノベーションとは、新しい又は改善されたプロダクト又はプロセス（又はその組合せ）である」と述べており、それに続いて、既存のプロダクト又はプロセスと“かなり異なるもの”であることや、“利用可能性”を有するものであることが要件である旨が述べられている^{*7}。このように、同マニュアルにおける基本的な「イノベーション」の定義は、かなり概念的なものである。なお、オスロ・マニュアルでは、「イノベーション」を産み出すための活動を「イノベーション活動」と呼び、その活動を通じて産み出された“アウトカム”を「イノベーション」として、両者を区別している。したがって、上述のように定義された「イノベーション」は“アウトプット／アウトカム側”の概念であることに注意が必要である。

イノベーション活動のインプットについては、同マニュアルの4.3節において、「イノベーション活動」を、ある程度、具体的に規定した上で、4.4節で「イノベーション活動に関する支出のデータの測定」について述べている。ここでの「支出」には、「研究開発支出」が含まれるほか、「エンジニアリング、デザイン及び関連する創造的業務活動」、「マーケティングとブランド・エクイティ

^{*7}定義の全文：「イノベーションとは、新しい又は改善されたプロダクト又はプロセス（又はその組合せ）であって、当該単位の以前のプロダクト又はプロセスとかなり異なり、かつ潜在的利用者に対して利用可能とされているもの（プロダクト）又は当該単位により利用に付されているもの（プロセス）である。」（この和訳は、オスロ・マニュアル第4版 (OECD/Eurostat, 2018) について解説している伊地知寛博 (2019) による。）

活動」、「知財関連活動」、「従業員の訓練」、「ソフトウェア開発とデータベース活動」、「有形資産の取得またはリース」についての支出などが含まれている。また、このような支出の金額の測定については、会計データが良いデータ源となる場合があることや、SNA（国民経済計算）のなかに、これらに関係のある統計量が含まれていることが述べられている。

これに加えて、4.5 節は「イノベーション活動に関するその他のデータ」をテーマとしており、イノベーション活動に対する支出の金額を測定するのが困難な場合には、イノベーション活動に割り当てられたマンパワーを FTE ベースで測定することが有用である場合があること（4.5.1 節）や、イノベーション・プロジェクトの件数の測定（4.5.2 節）などが言及されている。

このオスロ・マニュアルに基づく統計調査として、日本では「全国イノベーション調査」が文部科学省科学技術・学術政策研究所により、数年ごとに実施されている。本調査では、日本企業のイノベーション実現の状況に関するデータ、及びイノベーション活動に関するデータ等が収集されている。そのなかには国際比較可能な統計データが含まれており、OECD でもそのデータが用いられているが、「イノベーションに関する支出」の金額の測定は行われていない。

3.2 企業活動基本調査

「企業活動基本調査」は、統計法に基づく基幹統計調査の一つとして経済産業省が毎年実施している統計調査である。文字通り、企業活動に関する基本的な項目（事業組織別の事業所数及び従業者数、親会社・子会社・関連会社の状況、財務など）を調査しているが、それに加えて、研究開発や技術の所有・取引状況を把握するための調査項目も含んでいる。

研究開発に関しては、「自社研究開発費」、「委託研究開発費」、「受託研究費」、「研究開発関連有形固定資産当期取得額」の 4 項目を調査しており、そのうち「委託研究開発費」「受託研究費」に関しては、それらの内数として、国内と国外の関係会社との受委託の金額も調査している。また、「能力開発費」の金額も調査しているが、これは、オスロ・マニュアルで言及されているイノベーションに携わる人員のトレーニングのための支出に近い調査項目であると言える。一方、技術の所有・取引状況については、特許権・商標権・意匠権の所有と使用の状況を調査している。また、これらの特許権等に著作権を加えた知的財産に関する取引の受取金額と支払金額を調査している。

3.3 有価証券報告書

有価証券報告書は、金融商品取引法で規定されている、上場会社が事業年度ごとに作成する会社内容の外部への開示資料である。企業の財務や経営状況に関するデータ源であるが、イノベーション活動に関するデータも含まれており、また、研究開発費のデータも含まれている。この研究開発費のデータは、会計上の研究開発費と呼ばれるものである。その基準となる研究開発の定義に関しては、金融庁が公表している「研究開発費等に係る会計基準」において、「研究」とは「新しい知識の発見を目的とした計画的な調査及び探求」であり、「開発」とは「新しい製品・サービス・生産方法についての計画若しくは設計又は既存の製品等を著しく改良するための計画若しくは設計とし

て、研究の成果その他の知識を具体化すること」とされている。この定義は、「科学技術研究調査」の「研究」の定義とかなり近いものとなっている。ただし、研究開発費の会計処理のルールは「すべて発生時に費用処理」となっており、減価償却費を含むことなど、研究開発統計における「研究開発支出」との違いもある。

3.4 学校基本調査【文部科学省】

学校基本調査は、文部科学省が実施する教育に関する統計である。科学技術に関する調査項目としては、高等教育機関の教員数・学生数の内訳、卒業生の進路などが含まれている。このうち、教員数は、「科学技術研究調査」の大学等の「研究者」の「教員」と実質的に同じであり、調査時点の違い(この調査では5月1日時点であるのに対して、「科学技術研究調査」では3月31日時点)により、若干、人数は異なっている。また、「科学技術研究調査」の大学等の「研究者」の「大学院博士課程在籍者」は、この調査の大学院博士課程の学生数と実質的に同じである。

3.5 学校教員統計調査

「学校教員統計調査」は、統計法に基づく基幹統計調査(基幹統計である学校教員統計を作成するための調査)として、学校の教員構成並びに教員の個人属性、職務態様及び異動状況等を明らかにすることを目的としている。文部科学省が3年周期で実施しており、現時点では、平成28年(2016年)調査が最新である。科学技術に関する調査項目としては、大学等の教員の人数、その属性別の内訳等が含まれている。大学等の教員の年齢(階層)別の人数など、「科学技術研究調査」では調査されていない調査項目が含まれている点で重要である。

3.6 大学法人・学校法人の財務諸表

国立大学は、国立大学法人法(準用通則法第三十八条)により、財務諸表等を文部科学大臣に報告するだけでなく、一般の閲覧に供しなければならない。そのため、国立大学は、webサイトに掲載するなどの方法で、財務諸表を毎年度、公表している。財務諸表には、貸借対照表、損益計算書などが含まれており、科学技術イノベーション関係のデータとしては、「研究経費」、「教育経費」、「診療経費」といった大学の主要な活動に関する経費のデータに加えて、「受託研究費」や「受託研究・受託事業等収益」、「運営費交付金収益」、「寄付金収益」などのデータが含まれている。なお、「研究経費」と「教育経費」には教職員等の人件費は含まれておらず、人件費は別途、計上されている。

一方、私立大学については、私立大学振興助成法により、国または地方公共団体から助成金を受けていることから、「学校法人会計基準」(文部科学省令)に従い、会計処理及び計算書類を作成することを義務付けられている。作成すべき財務諸表は、資金収支計算書、事業活動収支計算書、貸借対照表の3点である。

3.7 国勢調査

国勢調査は、日本に住む全ての人・世帯を対象とする国の最も基本的な統計調査（全数調査）である。調査は基本的に5年ごとに行われ、西暦年の末尾が「0」の年は大規模調査として、また西暦年の末尾が「5」の年には簡易調査として行われる（統計法第5条第2項）。両者で異なるのは調査項目数であり、大規模調査は22項目、簡易調査は17項目となっている。両者に共通の調査項目には、世帯員の数、氏名、性別、生年月、配偶者の有無、国籍、居住地、就業状態、従業地又は通学地、勤め先の事業の内容、本人の仕事の内容、などが含まれている。これらの調査項目を通じて、国内の人口、世帯、産業構造等などについての基本的な統計データが得られる。

本調査により、「科学研究者」と「技術者」の総数とその属性別の内訳が得られ、科学技術イノベーションのインプットの基礎的データとして用いられることがある。ただし、ここでの「科学研究者」と「技術者」は、国際的な定義に基づくものではなく、また、「科学研究者」の定義は、「科学技術研究調査」における「研究者」の定義と異なっており、実際の統計値もかなり違いがある。しかし、国内居住者についての最も網羅性の高い統計調査である本調査により様々な職業別の人数が示されるなかで、「科学研究者」と「技術者」の網羅的な人数が得られるため、日本における科学技術活動の概要を知る上で、重要な統計データであると言える。

References

- Godin, B. (2004). *Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present*. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781134326594>.
- OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>.
- OECD/Eurostat (2018). Oslo manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual-2018_9789264304604-en.
- 伊地知寛博 (2016a). 科学技術・イノベーションの推進に資する研究開発に関するデータのより良い活用に向けて: OECD 「Frascati Manual 2015 (フラスカティ・マニュアル 2015)」の概要と示唆 (後編). *STI horizon= STI ホライズン: イノベーションの新地平を拓く*, 2(4):42–47. <http://doi.org/10.15108/stih.00048>.
- 伊地知寛博 (2016b). 科学技術・イノベーションの推進に資する研究開発に関するデータのより良い活用に向けて: OECD 「Frascati Manual 2015 (フラスカティ・マニュアル 2015)」の概要と示唆 (前編). *STI horizon= STI ホライズン: イノベーションの新地平を拓く*, 2(3). <http://doi.org/10.15108/stih.00047>.

伊地知寛博 (2019). 「Oslo Manual 2018 : イノベーションに関するデータの収集、報告及び利用のための指針」－更新された国際標準についての紹介－. *STI horizon= STI ホライズン: イノベーションの新地平を拓く*, 5(1):41–47. <http://doi.org/10.15108/stih.00168>.

池内健太, 元橋一之, 田村龍一, and 塚田尚稔 (2017). 科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定. DISCUSSION PAPER 142, 科学技術・学術政策研究所. <http://doi.org/10.15108/dp142>; http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/3161/1/NISTEP_DP142_FullE.pdf.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

4.3 科学技術イノベーション政策効果の分析方法

池内健太*

初版発行日：2018年8月28日、最終更新日：2019年4月25日

リード文

政策効果の分析とはある政策がもたらす効果を明らかにすることである。本稿では、政策効果の目的と現在よくつかわれている一般的な分析方法を概観し、その有用性について議論する。また、研究開発補助金政策を例にとり、いくつかの政策効果の研究事例を紹介する。

キーワード

政策効果、政策評価、研究開発補助金、差の差の分析、処置効果、マッチング、シミュレーション、事前評価、事後評価

本文

1 政策効果分析の目的

政策効果の分析とはある政策がもたらす効果を明らかにすることである。類似した政策の効果を分析している先行研究を参考にすることも重要である。例えば、企業に対して研究開発に関する補助金を配分する政策の効果について考えてみよう。この場合、これらの政策の目的は企業の研究開発活動を活発にすることで、技術を発展させ、イノベーションを創出し、経済成長率を高めることである。このような政策の効果として第1義的に検証すべきは補助金の配分を受けた企業の研究開発投資が増大したかどうかである。また、研究開発投資の増大が技術開発に影響を与えることを鑑みれば、特許出願数などもアウトカム指標の候補となりうる。さらには、イノベーションへの影響をみるためには生産性上昇率や新製品・新サービスなどのプロダクト・イノベーションが増えているか、についても検証の余地がある。研究開発補助金が経済成長に与える影響を捉える上では、政策の波及効果にも目を向ける必要がある。

政策効果を精緻に捉えるためには、反事実の潜在的結果 (**counter-factual potential outcome**)

* 経済産業研究所

の想定が必要である(伊藤公一朗, 2017; 中室牧子 and 津川友介, 2017)。先述の研究開発補助金政策の効果の例では、理想的には、補助金を受給した企業の補助金を受給した後の研究開発投資額をその企業が仮に補助金を受給しなかった場合の研究開発投資額と比較することで、補助金政策の研究開発投資額への効果を検証することが可能となる。しかしながら、実際には補助金を受給した企業の「補助金を受給しなかった場合の」研究開発投資額は観察できない。このような現実には起こっていないが、政策介入を実施しなければ起こり得た結果(反事実の潜在的結果)を想定し、それを現実と比較することが政策効果の検証の肝となる。

例えば、補助金を受給した A 社と補助金を受給しなかった B 社を単純に比較して、A 社の研究開発投資額が B 社の研究開発投資額より大きかったとしても、それ根拠として補助金が研究開発投資を増加させた効果が認められた判断することは危険である。なぜなら、補助金以外の要因の違い(例えば、A 社と B 社の研究開発能力や資金調達力の違い)によって、その差が生み出されている可能性がある。

他方、補助金を受給した A 社に関して、補助金受給の前後で研究開発投資額が増えていたとしても、それが補助金の効果であると結論付けることも危険である。なぜなら、補助金とは関係なく A 社は最初から研究開発投資額を増やすことを計画していたかもしれない。その場合、本来予定していた研究開発投資額の増額分を補助金でまかない、本来予定していた研究開発投資額の増額分を他の用途に支出した可能性や予定していた民間の金融機関からの資金調達を減少させた可能性があるからである(このような政府支出が民間の資金需要を減退させることは一般に「クラウドディング・アウト効果」と呼ばれる)。

次節以降では、このような課題に対して、限られたデータから政策効果を評価するための代表的な分析手法を紹介していく。

2 政策効果の事後評価と事前評価

政策効果の分析方法は事後評価と事前評価に分けてみるのが重要である。事後評価とは、ある政策が現実実施された後にその政策の効果を評価することである。一方、事前評価は、将来実施しようとする政策について、その政策の実施前に、その評価を行うことである。

事後評価の場合は、政策の実施前から政策評価に必要なデータを収集・保全しておくことが肝要である。ポイントは先述の「反事実の潜在的結果」を再現するのに十分なデータを揃えることである。例えば、実際に補助金を受給した企業のデータのみから「反事実の潜在的結果」を再現することは、ほとんど不可能である。そのため、補助金を受給していない企業のデータも比較対象として揃えておく必要がある。また、補助金を受給した後のデータだけを使って政策効果を検証することも困難である。したがって、政策介入を受けたグループとその比較対象のグループの双方について、政策介入の前後のデータを収集・保全しておくことが必要である。他方、どのようなデータを収集・保全する必要があるか。第 1 に、政策の評価指標とすべきデータが欠損していると政策評価の分析は不十分になってしまうため、政策の実施目的や先行研究を参考にしながら、十分な検討のもとに政策介入の実施前後の政策介入グループと比較対象グループの双方について評価指標のデー

タを揃える必要がある。

事後評価に関する分析方法は大きく分けて2つのアプローチがある。1つ目は、**処置効果 (treatment effects)** の推定である。過去の政策介入から評価指標への因果関係（影響）をデータを用いて統計的に推定しようとするアプローチであり、「誘導型分析」とも呼ばれる。

2つ目は、**モデルベースの反事実シミュレーション**を用いた分析である。政策介入が行われた現実をうまく再現する理論モデルを構築した上で、政策介入が行われなかった状況を前提として理論モデルを動かしてみ、その理論モデルの帰結が現実とどれだけ異なるかを確認することによって、実際に行われた政策の効果を評価する。具体的には、「成長会計分析」、「応用一般均衡 (CGE) モデル」、「構造推計 (Structural Estimation)」、「エージェント・ベース・モデル (ABM)」などのアプローチがある。

前者は精緻な理論モデルを前提にしなくても政策効果を検証できる利点がある一方、政策介入グループと比較対象グループ双方について豊富なデータを必要とするいわば、データ駆動型のアプローチであるのに対し、後者は理論モデルを前提にすることで、政策の直接効果のみならず、間接効果・波及効果も含めたより精緻な政策効果の検証を行おうとする点に特徴がある (**大橋弘 and 五十川大也, 2013**)。

他方、事前評価の場合、未だ実施されていない政策の効果を検証することが必要なため、事後評価の場合とは手続きが異なる。最もシンプルな方法は政策介入の対象者の中から無作為に一部の対象者を抽出し、試験的に政策介入を行ってみ、政策介入の前後の評価指標に関するデータを収集し、その効果を検証してみることである。この時、事後評価の場合と同様に、政策介入を行わなかったグループ（比較対照グループ）についてもデータを収集して、政策介入を実施したグループの評価指標を比較対象グループの評価指標と比較する。このような方法は「無作為化比較実験 (RCT: Randomized Controlled Trial)」と呼ばれる。

しかしながら、効果検証の対象となっている政策の種類によっては、RCTの実施が困難な場合もある。そのような場合には、前述の「モデルベースの反事実シミュレーション」の適用が有効な場合もある。また、政策効果の事前評価において、モデルベースの反事実シミュレーションの精度を高めるためには、アンケート調査なども組み合わせる用いることが有用である。

なお、これらの分析手法は政策効果の事後評価においては既に実施された政策を対象とし、事前評価においても政策オプションが分析者には与えられているものと仮定している。一方で、新たな政策オプションの作成においてはこれらとは異なる分析アプローチが必要である。以下では、これらの政策効果の分析手法について科学技術イノベーション政策に関連する具体的な例を挙げながら解説していくとともに、それぞれの分析手法を適用する際に必要となるデータや指標に関する留意点についても議論する。

3 処置効果の推定による政策効果の事後評価

政策効果の事後評価の処置効果の分析には、実際に政策が実施された「現実」の結果を政策が実施されなかった「反事実」の潜在的な結果と比較することが必要である。政策が実施された「現

実」の結果はデータを適切に収集すれば把握することができるが、「反事実」については現実には起こっていない状況での潜在的な結果であるため仮想的に作り出す必要がある。そのため、いかにしてもっともらしい反事実における結果を作り出すかが、事後評価を行う上での根幹となる。研究開発補助金の例で言えば、現実には補助金を受け取った企業に関して、全く同じ状況でその企業が補助金を受け取らなかった場合のその企業の業績を知ることができれば、それを補助金を受け取った後の現実の業績と比較してやれば、補助金を配分したことがその企業の業績に与えた効果（処置効果）を正確に知ることができる。

政策による処置効果を推定するために反事実を得るための代表的な方法の一つがマッチング法である。マッチング法のアイデアは政策的な介入を受けた対象者それぞれに対して、政策的な介入を受けていない比較対象グループの中から最も似ている者を割り当てることにより、マッチングされた比較対象者のデータを反事実として利用しようというものである。この時、政策的な介入を受ける前の時点でのデータに基づいて、類似性を定義づけることに注意が必要である。もし政策介入の後の時点のデータに基づいて類似性を定義づけてしまうと、政策介入を受けた対象者のデータは政策介入の影響を受けてしまっている可能性があり、適切に政策効果が分析できなくなる。政策介入を受ける前の時点でよく似た対象者を割り当てることによって、あたかも同一の対象者に対して政策介入した場合と政策介入しなかった場合での政策評価指標の差（つまり、政策効果）を推定しようとする。

例えば、研究開発補助金の例であれば、ある企業が補助金を受ける前の時点での研究開発投資額や企業業績、企業規模、設立時期、イノベーション活動への取り組みなど、政策評価指標として注目すべき企業業績や研究開発投資額に影響を与える様々な指標についてなるべく類似した比較対象企業を見つけ出し、その企業の補助金受給後の業績と比較対象企業の業績との差を取ることで、政策効果を推定できる。無論、統計学的に意味のある推論を行うためには、1社だけのデータを用いるのではなく、なるべく多くの企業のデータを用いることが望ましいため、実際にはそのように推定された1社ごとの比較対象企業との差の平均的な処置効果（Average Treatment Effects: ATE）に基づいて、政策効果の大きさの仮説検定や区間推定を行い、統計的な判定を行う必要がある。

マッチングの方法には代表的なものとして、傾向スコア・マッチング（Propensity Score Matching: PSM）やマハラノビス距離（Mahalanobis Distance: MD）に基づくマッチングがある。

平均的処置効果の推定による政策効果の事後評価の方法にはその他にも、政策介入グループと比較対照グループの双方に共通するトレンドの効果を取り除いて政策介入前後の両グループ間のパフォーマンスの差に注目する差の差（Difference in Difference: DID）の分析、政策的介入の基準が連続的なスコアのカットオフの基準によっている場合の評価指標のジャンプに注目する回帰不連続デザイン（regression discontinuity design : RDD）、政策介入の有無には影響を与えるが評価指標には直接影響を与えないような変数を用いて介入グループと対照グループを比較可能にする操作変数（Instrumental Variable: IV）法などがある。これらの手法の詳細は中室牧子 and 津川友介 (2017) や伊藤公一朗 (2017)、Wooldridge (2010) などを参照されたい。

例えば、研究開発補助金の政策効果を分析した研究では、PSM を用いたものは Czarnitzki and

Delanote (2015) や Hud and Hussinger (2015) などがあり、RDD を用いたものには Bronzini and Piselli (2016) などがあり、IV 法を用いたものは Clausen (2009) などがある。

4 反事実シミュレーションによる政策効果の事後評価・事前評価の例

「モデルベースの反事実シミュレーション」では、政策介入が行われた現実をうまく再現する理論モデルを構築した上で、政策介入が行われなかった状況を前提として理論モデルを動かしてみ、その理論モデルの帰結が現実とどれだけ異なるかを確認することによって、実際に行われた政策の効果の評価する。例えば、池内健太 et al. (2013) では成長会計の考え方を用いて過去 20 年の生産性上昇率の低下の要因分解を行うことにより、公的研究開発投資が経済成長に与えた効果を分析した。大橋弘 and 五十川大也 (2013) は企業の戦略的な行動と技術的な波及効果を明示的に取り入れた理論モデルに基づいて、イノベーション活動に関する費用に対する公的助成の効果を検証している。

また、反事実シミュレーションを用いることで、将来の政策効果を評価する分析も可能である。例えば、永田晃也 (1998); 永田晃也 et al. (2013) では、標準的なマクロ経済モデルに基づいて研究開発投資が将来の経済成長に及ぼす効果のシミュレータを開発している。黒田昌裕 et al. (2016) では、応用一般均衡モデルを用いて将来の公的な研究開発投資が経済成長に与える効果をシミュレーションする方法を提案している。外木暁幸 (2015) では、構造推定を用いた一般均衡動学モデルを用いて公的研究開発投資の増加が将来の経済成長に与える効果をシミュレーションしている。

5 無作為化比較実験による政策効果の事前評価

政策効果の事前評価においては、無作為化比較実験 (RCT) を実施することが理想的である。RCT では、政策介入の対象者の中から無作為に一部の対象者を抽出し、試験的に政策介入を行い、その効果を検証する。この時、政策介入を行うグループと比較対照グループを無作為 (ランダム) に分けることが重要なポイントである。例えば、政策介入グループに元々業績の良くない企業が偏っていたとすると、政策介入後の政策介入グループの業績が対照グループと比べて高いのは当然である。政策介入グループをランダムに選択することで、政策効果を厳密に推定することが可能となる。RCT の方法の詳細は中室牧子 and 津川友介 (2017) や伊藤公一朗 (2017)、Edovald and Firpo (2016) などを参照されたい。

近年、政策サイドにおいても RCT への注目は高まってきている (山名一史, 2017)。しかしながら、現在において科学技術イノベーション政策の実務において RCT は一般的には実施されていない (What Works Centre for Local Economic Growth, 2015)。1 つには政策実務において RCT を実施する際の手続きや合意形成が確立されていないことが大きな原因の一つであろう。RCT の普及のためには、RCT の有用性について合意形成をはかるとともに、一部の対象者に不利益が生じた際の保障制度などについても整備が必要であると思われる。

References

- Bronzini, R. and Piselli, P. (2016). The impact of R&D subsidies on firm innovation. *Research Policy*, 45(2):442–457. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733315001614>.
- Clausen, T. H. (2009). Do subsidies have positive impacts on R&D and innovation activities at the firm level? *Structural change and economic dynamics*, 20(4):239–253. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954349X09000617>.
- Czarnitzki, D. and Delanote, J. (2015). R&D policies for young smes: input and output effects. *Small Business Economics*, 45(3):465–485. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11187-015-9661-1>.
- Edoald, T. and Firpo, T. (2016). Running randomised controlled trials in innovation, entrepreneurship and growth: An introductory guide. Innovation growth lab, NESTA. <https://www.nesta.org.uk/toolkit/running-randomised-controlled-trials-in-innovation-entrepreneurship-and-growth/>.
- Hud, M. and Hussinger, K. (2015). The impact of R&D subsidies during the crisis. *Research Policy*, 44(10):1844–1855. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733315001006>.
- What Works Centre for Local Economic Growth (2015). Evidence review 9: Innovation: grants, loans and subsidies. http://www.whatworksgrowth.org/public/files/Policy_Reviews/15-10-20-Innovation-Summary.pdf.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press. <http://fin.shufe.edu.cn/fe/Books%20%20Links/Wooldridge%20Econometric%20analysis.pdf>.
- 伊藤公一朗 (2017). データ分析の力 因果関係に迫る思考法. 光文社新書. <https://www.kobunsha.com/shelf/book/isbn/9784334039868>.
- 永田晃也 (1998). マクロモデルによる政府研究開発投資の経済効果の計測. DISCUSSION PAPER 5, 科学技術・学術政策研究所. <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/422>.
- 永田晃也, 藤田健一, 坂下鈴鹿, and 鈴木真也 (2013). 政府研究開発投資の経済効果を計測するためのマクロ経済モデルの試行的改良. NISTEP NOTE (政策のための科学) 7, 科学技術・学術政策研究所. <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/2468>.
- 外木暁幸 (2015). R&D 投資を導入した一般均衡動学モデルによる日本の経済成長分析. IIR Working Paper WP 15-22, 一橋大学イノベーション研究センター. <http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/27729/1/070iirWP15-22.pdf>.
- 黒田昌裕, 池内健太, and 原泰史 (2016). 科学技術イノベーション政策における政策オプションの作成-政策シミュレーターの構築- (モデル構築編). SciREX ワーキングペーパー 1, 政策研究大

学院大学. <http://doi.org/10.24545/00001570>.

山名一史 (2017). 「エビデンスに基づく政策形成」とは何か. ファイナンス (シリーズ日本経済を考える) 68, 財務総合政策研究所. https://www.mof.go.jp/pri/research/special_report/f01_2017_08.pdf.

大橋弘 and 五十川大也 (2013). イノベーション活動と政策効果分析: 動学性を踏まえた構造推定 (特集企業ダイナミクスとマクロ経済). フィナンシャル・レビュー, 2013(1):26–54. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40019583817/>.

池内健太, 元橋一之, 田村龍一, 塚田尚稔, et al. (2017). 科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定. DISCUSSION PAPER 142, 科学技術・学術政策研究所. <http://hdl.handle.net/11035/3161>.

池内健太, 深尾京司, Belderbos, 権赫旭, and 金榮慇 (2013). 工場立地と民間・公的 R&D スピルオーバー効果: 技術的・地理的・関係的近接性を通じたスピルオーバーの生産性効果の分析. DISCUSSION PAPER 093, 科学技術・学術政策研究所. <http://hdl.handle.net/11035/1198>.

中室牧子 and 津川友介 (2017). 「原因と結果」の経済学: データから真実を見抜く思考法. ダイヤモンド社. <https://www.diamond.co.jp/book/9784478039472.html>.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

SciREX

Science for RE-designing Policy

「科学技術イノベーション政策の科学」コアコンテンツ
<https://scirex-core.grips.ac.jp/>

各原稿の著作権は執筆者に、コアカリキュラム全体の編集著作権はコアカリキュラム編集委員会に帰属しています。原稿の一部を引用することは自由です。引用を行う際は、必ず出典を記述願います。引用して利用する場合は、やむを得ない場合を除き、執筆者名を併記してください。

© 2022 SciREX コアカリキュラム編集委員会 All rights reserved