

「科学技術イノベーション政策の科学」コアコンテンツ

第 1 章：科学技術イノベーションの ダイナミクス

1.0.1 イノベーションとは

青島 矢一*

初版発行日：2018年8月28日、最終更新日：2021年7月28日

リード文

そもそもイノベーションとは何であるのか。なぜイノベーションは重要であるのか。イノベーションとはどのような特質をもつ現象なのか。イノベーションを実現するためにわれわれは何に注目すべきなのか。これらの問いに答えつつ、我々が明らかにしたい論点を整理する。

キーワード

イノベーション、価値、変革、経済成長

本文

1 イノベーションとは

イノベーションとは、一般には「何か新しいものを取り入れる、既存のものを変える」という意味をもつ。日本ではいまでもイノベーションを「技術革新」と訳すことが多いが、本来の意味はもっと広く、技術の革新に限定されるものではない。実際、技術革新と最初に訳語をあてた『経済白書』においても、「技術革新とはいうけれど、・・・消費構造の変化まで含めた幅の広い過程である」とわざわざ断っている。とはいえ、一人歩きした訳語が、イノベーションの意味を矮小化してきたことは否めない。「何か新しいものを取り入れる、既存のものを変える」という本来の意味でのイノベーションは、教育、芸術、政治、軍事、スポーツなどあらゆる分野に存在するが、ここでは、経済システムにおけるイノベーションに限定して言及する。そこには、製品やサービスなど経済取引の対象自体の革新と、それらを開発、生産、販売する方法やプロセス、組織の革新が含まれる。

経済システムにおけるイノベーションの定義を語る上で誰もが引用するのがシュンペーター (Schumpeter) である。シュンペーターは、イノベーションを、「新規の、もしくは、既存の知識、資源、設備などの新しい結合」と定義している (Schumpeter, 1934)。つまりイノベーションとは、

* 一橋大学イノベーション研究センター 教授

知識や物、力を、従来とは異なった形で結合する「新結合」である。シュンペーターはこの新結合には、(1) まだ消費者に知られていない新しい商品や商品の新しい品質の開発、(2) 未知の生産方法の開発（科学的発見に基づいていなくてもいいし、商品の新しい取り扱い方も含む）、(3) 従来参加していなかった市場の開拓、(4) 原料ないし半製品の新しい供給源の獲得、(5) 新しい組織の実現の5つがあると説明している。

ここでは、このシュンペーターの古典的な定義を踏襲しつつ、イノベーションを「社会に価値をもたらす革新」と定義する。「価値」と「革新」という2つの側面からイノベーションをとらえていることがこの定義の特徴である。

1.1 価値の追求

イノベーションの1つ目の側面は「価値」である。イノベーションは、革新的なアイデアが、具体的な製品や製法、サービスとなり、それらが社会に受容されてはじめて実現する。新しければイノベーション、変化すればイノベーション、というわけではない。単なる空想や思いつきのアイデアはもちろん、新しい現象の発見や新しい原理の発明も、それ自体ではイノベーションとはいえない。シュンペーターも、イノベーションがインベンション（発明）と異なることを強調している。発明は、商業的な意図とは関係なくあらゆる場面で生じうるものである。一方イノベーションは、経済活動の文脈において商業的な目的をもって実行される特定の社会的活動である (Schumpeter, 1934)。革新性はあくまでもイノベーションの必要条件にすぎない。イノベーションと認められた革新に対して消費者は、それを生み出すのに費やされた資源（ヒト、モノ、金、情報）の価値を超えるだけの追加的な価値を認めていたということになる。だからこそ、その革新は広く社会に受け入れられ、事後的に、イノベーションと認識されることになる。

1.2 革新

イノベーションの2つめの側面は「革新」である。革新の内容は、狭義の技術革新にとどまるものではない。それは、新技術、新製品、新サービスだけでなく、それらを生産するための方法、またそれらを顧客に届け、保守、サポートする仕組み、さらには、それらを実現するための組織や企業システム、収益獲得のビジネスモデル、人材育成方法、社会制度の革新などが含まれる。後述するように、これらのイノベーションは相互に関係しあって大きなシステムを形成している。

「革新」という言葉は、通常、従来の慣行からの大きな飛躍をイメージさせる。実際に、シュンペーターが想定していたイノベーションも、過去からの延長上にはない、非連続な革新であった。例えば、彼が残した名文の一つに、「いくら郵便馬車を列ねても、それによって決して鉄道を得ることはできない」 (Schumpeter, 1934) というものがある。確かに、革新という点を強調するのであれば、非連続的な革新のみをイノベーションと呼ぶのが適切に思えるかもしれない。しかし、イノベーションの経済的効果や社会生活に対する影響という観点からすると、非連続的なイノベーションの後に続く、継続的で小刻みな改善型の革新の方がむしろ重要であるかもしれない。イノベ

ションは、非連続的で画期的な革新と連続的で漸進的な改善が組み合わさって、社会経済システムに浸透していくものである。

2 イノベーションはなぜ重要か

2.1 経済成長の牽引

イノベーションは経済成長を牽引する重要な役割をもっている。日本を含む先進国を中心として期待するほどの経済成長が実現できなくなっている中で、政府は、突破口としてイノベーションを叫ぶようになっている。日本の科学技術政策が、科学技術イノベーション政策と名称を改め、かつてより経済成果を強調するようになったのにも、こうした背景がある。

日本が経済成長を実現する上でイノベーションの役割はとりわけ大きい。経済成長は投入要素である資本か労働が増加するか、あるいは生産性が上昇するかのいずれかによって実現する。生産性の上昇とは、同じ量の資本と労働で、より多くの生産物をうみだせるようになることであり、それは技術の進歩などによって可能となる。日本の現状を考えると、労働と資本の増加により経済成長を望むことは難しい。労働人口が長期的に減少することは明らかであるし、貯蓄率の低下とともに資本の増加率も鈍化していくことが予測されるからである。となれば、頼みの綱は生産性の上昇であり、それは多分にイノベーションの創出にかかっている。

2.2 社会生活の変革

イノベーションには、量的な経済成長だけでなく、われわれの生活の質を根本的に変える力がある。イノベーションは社会が抱える課題や問題を次々と解決してきた。だからこそ常に社会はイノベーションを希求する。もちろん決してプラスの影響ばかりではない。イノベーションが社会生活に不安や危険をもたらすこともあるだろう。イノベーションの善し悪しの社会的判断に関する議論はここでの範疇を超えているが、イノベーションを積極的に評価、賞賛するにせよ、否定的、懐疑的にとらえるにせよ、その創出メカニズムを理解することが重要であることには変わりない。

2.3 企業の浮沈

イノベーションは企業の浮沈を大きく左右する。多くの企業はイノベーションをきっかけとして生まれ、成長する。そうして成長した大企業は、優れた製品やサービスを持続的に提供することによって、産業内での安定的な地位を確立する。しかしその地位も、新たなイノベーションを携えて登場する新興企業の登場によって、しばしば脅かされる。企業はさまざまな理由で経営危機に陥るが、イノベーションによる他社からの攻撃はもっとも重要な理由の1つである。イノベーションは、産業の主役交替を頻繁に引き起こすようになっている。

企業の長期的成功の背景にはイノベーションがあるし、予期せぬイノベーションの烈風が吹けば、その成功も一夜にして吹き飛んでしまう。自らがイノベーションをいかに生み続け、やむこと

のないイノベーションの攻撃にどう対応していくのか。これは、大小問わず、企業の経営者にとっての最大の戦略的課題である。

3 イノベーションの本質

3.1 知識の営み

イノベーションは、製品やサービス、生産設備など具体的な形となってわれわれの目に触れる。しかし、それらに体化されているのは、新たに創造された知識である。イノベーションの直接的なアウトプットは目に見えない知識であり、それを具体化してわれわれに利用可能な形としたものが、製品やサービスなどである。イノベーションの第一の特質は、それが知識という無形の財を創造する活動の結果だという点である。このことが、その他の経済的活動とイノベーションを生み出す活動を区別している。

3.2 不確実性

イノベーションの第二の特質は、その実現過程に常に高い不確実性が伴うことである。イノベーションの実現過程は、事前に綿密に計画され、周到に準備できるようなものではない。それは、様々な予期せぬ障害や苦勞を乗り越え、時には偶然に導かれ、紆余曲折を経て前進していく過程である。イノベーションの源となる革新的なアイデアは、その実用化可能性と経済価値に関して不確実性に満ちている。

3.3 社会性

イノベーションを「技術革新」と訳している限り、そこには無機的な響きが残る。技術の革新は、われわれの通常の社会生活の外側で起きていると考えがちである。しかし、イノベーションを創造するのも、イノベーションを受け入れるのも、人間であり、企業である。担い手であり受け手でもある人間や企業が社会に埋め込まれた存在である限り、イノベーションも社会的な行為もしくは営みであり、社会的なプロセスと切り離して考えることはできない。そこには偉大な発明家や特異な起業家だけでなく、多くの普通の人々も大いに関わり、重要な役割を担っているのである。

それゆえイノベーションの創出は、人間や社会のその時々都合や能力の限界によって制約を受ける。人間の情報処理能力は限られており、限定された範囲内でしか合理的に判断、行動できない。新しい技術の意味や価値に対する解釈も、人によって異なり、その多様性が時として、イノベーションの方向性を左右することがある。

3.4 システム性

イノベーションは、様々な要素が組み合わさってはじめて、社会に価値をもたらす。つまり、常にシステムを構成し、システムとして機能している。

システム性は、イノベーションに相互依存性をもたらす。それゆえ、イノベーションは、関連する様々な要素に依存し、また影響を与えながら、成立するものである。単独の製品やサービスがいかに優れていたとしても、既存の関連するシステムとの互換性がなかったり、新たな補完的システムが構築されていなければ、それらが社会に受け入れられることはない。イノベーションを広い文脈、関連する仕組みとの関係性においてとらえることが大切となるのは、こうしたシステム性のためである。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 1 章を要約したもので、詳細は本書をご覧ください。

References

- Abernathy, W. J. (1978). *The Productivity Dilemma; Roadblock to Innovation in the Automobile Industry*. Johns Hopkins University Press.
- Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. (中山茂訳『科学革命の構造』みすず書房、1971 年). University of Chicago Press. <http://www.nemenmanlab.org/~ilya/images/c/c5/Kuhn-1970.pdf>.
- Kuznets, S. (1930). *Secular Movement in Production and Prices*. Houghton Mifflin Co, Boston. <http://dspace.gipe.ac.in/xmlui/bitstream/handle/10973/24893/GIPE-010007.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development*. (塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一訳『経済発展の理論：企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究』岩波文庫、1977 年). Cambridge, MA, Harvard University Press. <http://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674879904>.
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. (中山伊知郎・東畑精一訳『資本主義・社会主義・民主主義』東洋経済新報社、1962 年). New York, NY, Harper & Row. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781135154752>.
- 一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). *イノベーションマネジメント入門*. 日本経済新聞社. <https://www.nikkeibook.com/book/79114>.

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

- IMPP イノベーションと経営・経済・政策
- IMPP イノベーションマネジメント
- IMPP イノベーションと政策・制度
- IMPP イノベーションの経済分析

1.0.2 イノベーション・プロセスのモデル

永田晃也 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 14 日

リード文

本節では、イノベーション・プロセスのモデルについて概説する。まず、情報のフローからみたモデルとして「リニア・モデル」と「連鎖モデル」を概観した後、イノベーションの決定要因からみたモデルを紹介する。

さらに、後者に対立する非決定論的なイノベーション・プロセスの捉え方を取り上げ、その実践的意味をイノベーションは計画できるかという観点から検討する。

キーワード

リニア・モデル、連鎖モデル、技術ブッシュ、需要プル、専有可能性、技術機会、補完的資産、非決定論、社会構成主義

本文

1 はじめに

本節では、イノベーション・プロセスの「モデル」について概説する。

「モデル（模型）」という表現方法は、多くの学問分野で、また様々な目的に応じて採用されている。代表的なモデルとして、ある対象の構造、プロセス、行動様式などを模式的に表現するための「記述的 (descriptive) モデル」と、ある目標を達成するための手続き、方法などを一般的に表現するための「規範的 (normative) モデル」が挙げられる。ここで言うイノベーション・プロセスのモデルは前者に該当し、イノベーションが実現していくプロセスを模式的に記述したものを意味している。

この意味でのイノベーション・プロセスのモデルには、プロセスを構成する要素のうち何に焦点を当てるかによるバリエーションが存在する。以下では、情報のフローに焦点を当てたモデルと、

* 九州大学大学院経済学研究院 教授

イノベーションの決定要因に焦点を当てたモデルを紹介する。また、決定要因に焦点を当てたモデルに対する批判的観点として「非決定論」的なイノベーション・プロセスの捉え方に言及する。

なお、本節の対象は、ここで参照する先行研究の語法に則して「科学技術イノベーション」ではなく「イノベーション」のプロセスとするが、先行研究が対象としてきたイノベーションには科学技術の研究開発プロセスが含まれているため、本節での「イノベーション」は実質的に「科学技術イノベーション」と同義と考えて良い（両者の概念的な区別については別節の議論に譲る）。このことを踏まえて、最後に科学技術イノベーション政策のパースペクティブとしてのイノベーション・プロセスに関するモデルの意義と限界について検討する。

2 情報のフローからみたモデルーリニア・モデルと連鎖モデル

Kline and Rosenberg (1986) は、第二次世界大戦後に西欧で一般的に考えられてきたイノベーション・プロセスを図 1 のように表し、これをリニア・モデルと呼称した。このモデルでは、研究で生み出された技術情報が、開発、製造、マーケティングへと順次受け渡されていく継起的な段階としてイノベーション・プロセスを捉えている。

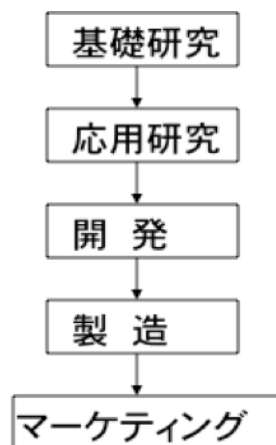


図 1 リニア・モデル

出所：Kline and Rosenberg (1986)

現実のイノベーション・プロセスが、このモデルの示すとおりであるならば、イノベーションを推進しようとする国や企業は、まず研究段階に注力しなければならないということになる。しかし、実際には巨額の研究投資を行った国や企業が、イノベーションによる優位性を確保できるとは限らない。このことは、現実のイノベーション・プロセスが、リニア・モデルの想定よりも遥かに複雑であることを示唆している。

そこで **Kline and Rosenberg (1986)** は、イノベーションに伴う情報のフローを包括的に記述した「連鎖モデル (Chain-Linked Model)」を提唱している (図 2)。連鎖モデルは、「研究」、「知識」お

よび業務プロセスのフローを表す3つの階層からなっている。潜在的な市場を発見し、そのニーズに応えるための製品を生産し、流通させるまでの業務プロセスは、単純に時間に沿って段階的に遂行されるのではなく、しばしばある段階で生じた問題を解決するために、前の段階に情報がフィードバックされることがある。この図2は、段階的な連鎖をC、フィードバックの回路をfまたはFとして描いている。また、ある段階で生じた問題を解決するためには既存の知識が参照されるが、既存の知識で解決できない場合には、その問題は研究課題となる。この回路は、K—Rとして表されている。科学研究の成果がまれに急速なイノベーションを引き起こしたり（D）、イノベーションの産物である計測機器、工作機械などが科学研究を促進する場合もある（I）。

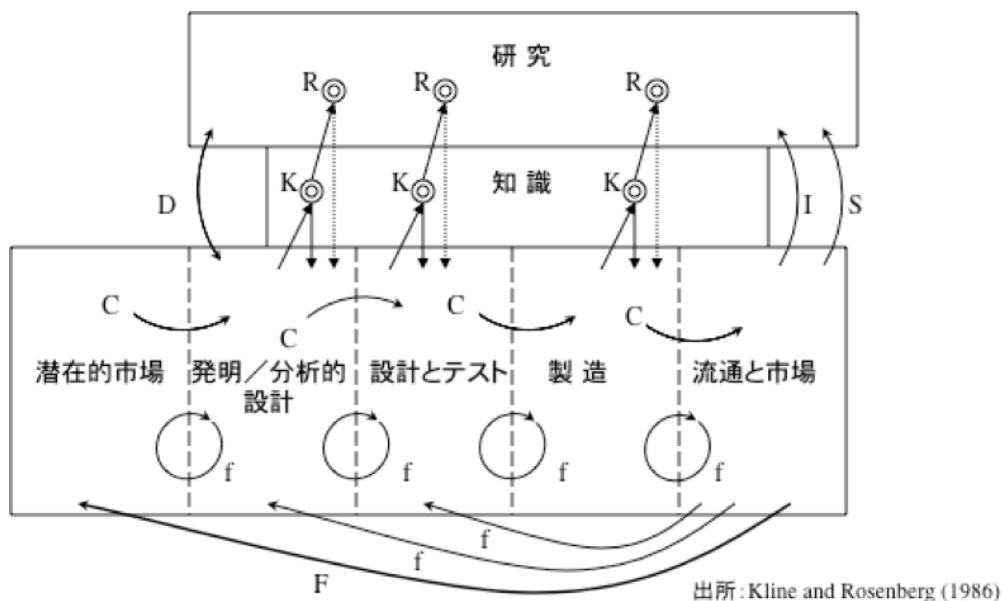


図2 連鎖モデル

連鎖モデルは、多様なフィードバック・ループが存在することにより、イノベーション・プロセスの各段階が複雑な相互関係を持っていることを図式的に示している。この図式が示唆する重要なポイントは、リニア・モデルの想定とは異なり、研究に限らず様々な段階がイノベーションの出発点になり得ることを示していることである。また、研究と業務プロセスのフローの間に、それらの活動によって蓄積されるストックとしての知識の階層を明示している点も、このモデルの特徴のひとつである（永田晃也, 2003）。

3 イノベーションの決定要因からみたモデル

イノベーションの決定要因に関する古典的な仮説は、「技術プッシュ」と「需要プル」として知られている。前者はイノベーションを発生させる要因として新技術の創出を重視し、後者は需要の存在を重視する見方である。これらのうち、いずれが支配的な要因であるのかをめぐっては、多く

の実証研究が行われてきた (Utterback, 1974; Mowery and Rosenberg, 1979)。他方、それらの実証研究は、より本質的な決定要因の発見をもたらすことにもなった。

後藤晃 (2000) は、図 3 のようなイノベーション・プロセスのモデルを提唱している。このモデルでは情報のフローは単純化され、敢えてリニアに描かれているが、イノベーションの決定要因が作用する局面を具体的に示している。

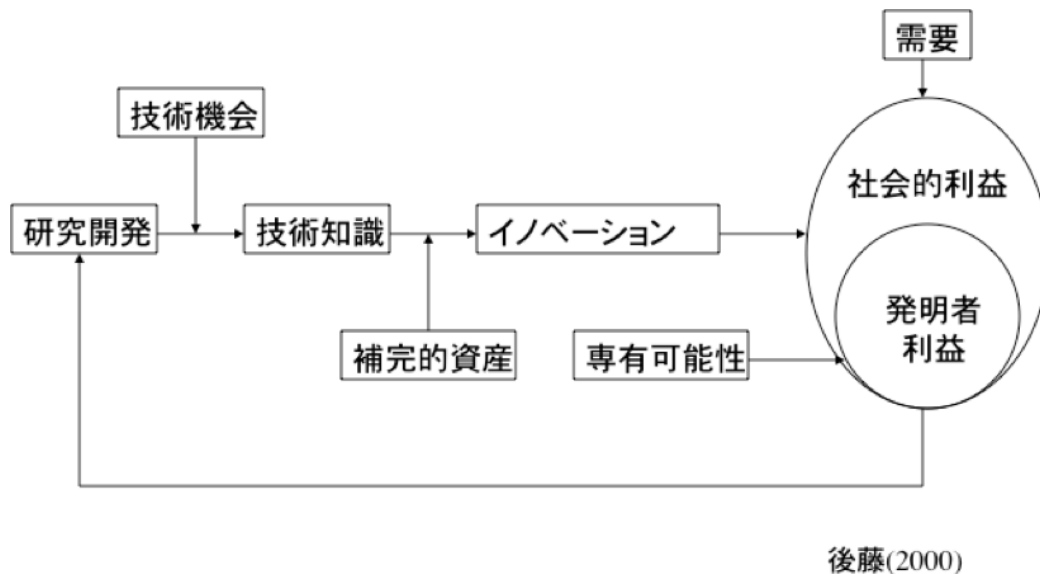


図3 イノベーションの発生メカニズム

まず研究開発の段階においては、新たな技術知識の創出を効果的にもたらす要因として「技術機会 (Technological Opportunities)」が作用する。技術機会とは、研究開発をとりまく様々な情報源によって提供される機会であり、具体的には獲得された情報が新規プロジェクトの提案や、既存プロジェクトにおける問題解決に結びつくことを意味している。

創出された技術知識が、イノベーションとして実現されていく局面では、「補完的資産 (Complementary Assets)」が成否を左右する要因となる。もとよりイノベーションは、新たな技術知識のみでは実現しない。その技術知識を新製品や新製法に具現化し、市場で利益を上げていく過程では、所要の生産設備や販売網などを保有しているか、有利な条件でアクセスできることが重要な鍵となる。こうしたイノベーションの実現に必要な資産が、補完的資産と呼ばれている。

イノベーションが生み出す全体的な利益の大きさは、需要によって規定される。この利益を企業が回収する局面に作用する要因が「専有可能性 (Appropriability)」である。専有可能性とは、イノベーションを実現した企業が、その利益を自ら回収できる程度を意味している。発明者利益として回収された利益は、新たな研究開発を行うための原資となる。したがって、専有可能性が低く、利益の多くがスピルオーバー（流出）してしまう状況のもとでは、企業は持続的にイノベーションを追求することが困難になる。専有可能性は、特許制度による権利保護の強度、技術知識その

ものの暗黙的な性格、経験曲線効果などの多様な要因の影響を受けることが知られている (Teece, 1986; Levin et al., 1987; Cohen et al., 2002)。

4 非決定論的視座によるイノベーション・プロセスの捉え方

決定要因に焦点を当てたイノベーション・プロセスのモデルは、新技術なり潜在的な需要といった何らかの先行要因の存在が、その後のイノベーションの方向を決定づけるという見方を前提としている。こうした「決定論」的な見方に対して、イノベーションの方向性は技術に対する多様な解釈の相互作用によって形成されるとする「非決定論」的な捉え方が提起されている。この見方によれば、解釈が固定化された後の技術の発展過程に擬似的な因果関係が観測されることになる (加藤俊彦, 1999)。

このような非決定論的視座は、現実の認知は社会的に構成されたものであるとする「社会構成主義」(social constructionism) の立場にある。技術に対する解釈がイノベーションの方向に影響を及ぼすという主張の裏付けは、この立場から記述された自転車の技術史に見出すことができる。

Bijker et al. (1987) によれば、1870 年頃に量産され、Penny-Farthing または Ordinary の名称で知られる初期の自転車 (図 4 参照) は、これを専らスポーツ用具として解釈した若年男性によって歓迎された。この型の自転車はスピードを出せるが、サドルの位置が高く危険であったことから、ドレスを着た婦人などの他の社会的グループには受け容れられなかったため、後にサドルの位置が低く、後輪をチェーンで駆動するセーフティ型の自転車が開発された。しかし、19 世紀には自転車をスポーツ目的で使用する立場が支配的となったため、セーフティ型の自転車は商業的に失敗したとされている。

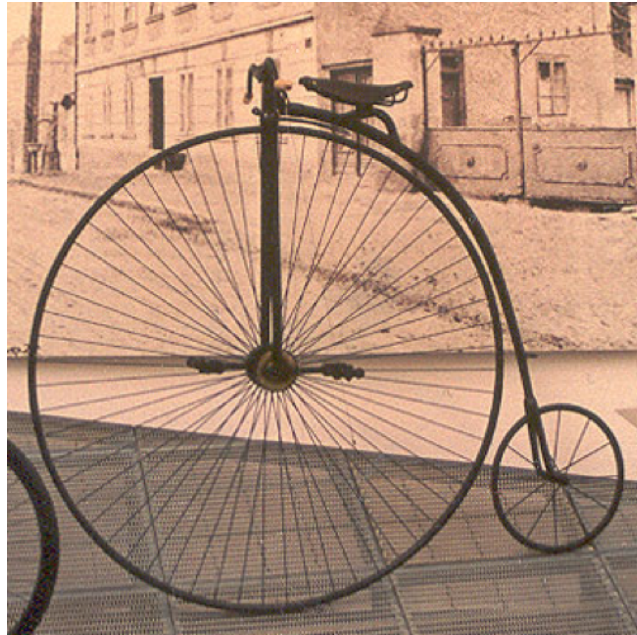


図4 Penny-Farthing
出所：Wikimedia Commons

この事例は、速くかつ安全に移動するための道具としての自転車に対する潜在的な需要も、それを実現する技術も存在していたにも関わらず、セーフティ型の自転車が長らくイノベーションとして成立しなかった要因が、自転車の用途に対する当時の支配的な解釈にあったことを示している。潜在需要にせよ新技術にせよ何らかの「決定要因」が先行して存在したという認知は、セーフティ型の自転車がイノベーションとして成立してから構成される「後知恵」に過ぎないということになる。

5 イノベーションは計画できるか

あるイノベーションの決定要因が何であったのかは、当該のイノベーションが成立した後にならなければ認知できない—非決定論的な視座が提起するメッセージをこのように捉え返すならば、それは常識的な言明の域を出ないものである。しかし、これを常識として踏まえておくことは、イノベーションの促進に取り組む実務家にとって、イノベーション・プロセスに関する先入観を排除するために役立つであろう。ただ、イノベーションを何らかの先行要因と結びつける因果モデルが常に後知恵によって成立するのであるとしても、それは何らかの因果仮説を持って計画的にイノベーションを促進しようとするアプローチの無効性を意味しているのではないという点に注意を要する。

この点を理解する上では、3 Mが実施したプロダクト・イノベーションの1つである「ポスト・イット」の成立過程を振り返っておくことが有用である。3 Mには15%ルールと呼ばれる不文律

があり、研究開発部門の社員は勤務時間の 15% を自由なテーマに使えることになっている。ポスト・イットに使用された接着剤は、15% ルールを活用した開発担当者スペンサー・シルバーの試行錯誤から生み出されたものであるが、当初は何にでも付くが簡単にはがれる「失敗作」と解釈されていた。しかし、この接着剤に関する報告を社内の技術交流会で聞いていたコマーシャル・テープ事業部の研究者アート・フライは、1974 年のある日曜日に教会で聖歌隊の一員として賛美歌を歌ったときに、歌集のしおりが落ちないようにできないものかと考え、件の接着剤の用途に思い至った。その後、フライは「落ちないしおり」の開発を自主的に進め、試作品の社内配布などを経て、その商品価値につきコマーシャル・オフィス・サプライ事業部を説得した。ポスト・イットが商品化されたのは、シルバーの報告から 8 年後、フライによるアイデアの着想から 7 年後の 1981 年であった。

ポスト・イットに使用された接着剤は、「落ちないしおり」を開発するという計画のもとに生み出されたのではない。また、「落ちないしおり」の開発は、もともとオフィス・サプライ事業部の計画に含まれていたわけではない。その意味では、3 M にとって収益の柱の 1 つとなったプロダクト・イノベーションは偶然の産物である。しかし、そもそも 15% ルールが存在しない企業では変わった接着剤が生み出される機会はなかったであろう。また、3 M に「汝、アイデアを殺すなかれ」という 11 番目の戒律が存在することは今日広く知られているが、そのようなエートスを持たない企業であれば、研究者が所属事業部の課題から逸脱するテーマを追求することは禁止されていた筈である。それ故、「ポスト・イットの開発には偶然の積み重ねという部分があったとしても、その開発を可能にした 3 M の環境は、偶然の産物ではない」(Collins and Porras, 1994) と言えるのである。

6 科学技術イノベーション政策への含意

以上のように、複雑なイノベーション・プロセスの理解枠組みとなるモデルを構築するための議論は、イノベーション・プロセスが技術知識の創造を伴う場合でも、その起点が必ずしも研究にあるとは限らず、多様なステージでの問題発見などを起点とする情報の連鎖がイノベーションを成立させていることを明示してきた。また、モデルの前提となる知見を提供するイノベーションの決定要因に関する研究は、イノベーションの成立には、研究開発の効率を左右する技術機会ばかりでなく、利益の専有可能性、補完的資産へのアクセス、需要の規模などの経済的な要因が関与していることを明らかにしてきた。こうした先行研究から得られる政策的な含意は、イノベーションの活性化を目指す政策が企業の研究開発に対する支援や、大学・公的研究機関の研究力を高める施策に止まる限り、その政策効果は限定的なものにならざるを得ないということである。従って、科学技術イノベーション政策の担当者には、研究開発のフェーズだけではなくイノベーション・プロセスの全体像を念頭に置いて政策立案に取り組むことが求められる。さらにイノベーション・プロセスに関する近年の研究は、イノベーションに先行して何らかの決定要因が存在するという認知がイノベーションの成立後に得られる後知恵であり、現実のイノベーション・プロセスは多様なアクターの相互作用を通じて社会的に構成されるものであるという見方を提起してきた。この見方は、

イノベーションがしばしばアクター間の相互作用による予期せざる結果として生じる性格を持つため、計画的に促進することは困難であることを示唆している。しかし、ポスト・イットの事例に沿って見てきたように、あるイノベーションを成立させた技術とニーズの結合が偶然の産物であるとしても、そのような偶然の結合は特定の組織的・制度的条件の下でしか起こり得ないということがある。それ故、イノベーションの確実な決定要因を事前に特定し、計画的にイノベーションを実現させることは不可能であるとしても、イノベーションの発生確率を高める組織的・制度的条件を科学的に明らかにし、その条件を整備する政策的アプローチには一定の有効性を期待することができるのである。

References

- Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems*. The MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/social-construction-technological-systems-anniversary-edition>.
- Cohen, W. M., Goto, A., Nagata, A., Nelson, R. R., and Walsh, J. P. (2002). *R&D Spillovers, Patents and the Incentives to Innovate in Japan and the United States*. Research Policy. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733302000689>.
- Collins, J. C. and Porras, J. I. (1994). *Built to last: Successful habits of visionary companies*. Random House. (山岡洋一訳『ビジョナリー・カンパニー』日経 BP 出版センター、1995 年) <https://shop.nikkeibp.co.jp/front/commodity/0000/P49250/>.
- Kline, S. J. and Rosenberg, N. (1986). An Overview of Innovation. In *The Positive Sum Strategy*. National Academy Press. <https://www.nap.edu/read/612/chapter/18>.
- Levin, R. C., Klevorick, A. K., Nelson, R. R., Winter, S. G., and Gilbert (1987). Appropriating the Returns from Industrial Research and Development. *Brookings Papers on Economic Activity*, (3). <https://www.brookings.edu/bpea-articles/appropriating-the-returns-from-industrial-research-and-development/>.
- Mowery, D. and Rosenberg, N. (1979). The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies. *Research Policy*, 8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048733379900192>.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from Technological Innovation: Implication for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy. *Research policy*, 15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048733386900272>.
- Utterback, J. M. (1974). Innovation in Industry and the Diffusion of Technology. *Science*, 183. <http://science.sciencemag.org/content/183/4125/620>.
- 永田晃也, editor (2003). 価値創造システムとしての企業. 学文社. <http://amzn.asia/0MohSsH>.
- 加藤俊彦 (1999). 技術システムの構造化理論—技術研究の前提の再検討. *組織科学*, 33(1). <https://ci.nii.ac.jp/naid/40002246323>.

後藤晃 (2000). イノベーションと日本経済. 岩波新書. <https://www.iwanami.co.jp/book/b268503.html>.

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

- 九州大学大学院基幹教育科目「科学技術イノベーション政策概論」（担当：永田晃也）

1.0.3 イノベーション・プロセスをシステムとして捉える

永田晃也 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 14 日

リード文

「ナショナル・イノベーション・システム」とは、イノベーションの中心的な担い手である企業が、政府、大学等のアクターとの間で形成するインタラクションを、一国におけるシステムとして捉えた概念である。この概念は、個別のアクターや制度ではなく、それらが構成する全体像を政策論議の対象とする思考方法を科学技術イノベーション政策に導入する上で、重要な役割を果たしてきた。

キーワード

ナショナル・イノベーション・システム、イノベーション・エコシステム、セクトラル・システム、地域イノベーション・システム、クラスター

本文

1 はじめに

イノベーション・プロセスは、様々なアクター間ないし制度間の相互作用によって遂行される性質を有していることから、特定のアクター等の要素に関する分析的アプローチと、分析によって得られた知見の積み上げに止まる限り、要素間の相互作用がイノベーション・プロセスにもたらす影響を捉え損なう虞がある。このため、一国におけるイノベーション・プロセスの特質を、要素間の相互作用からなるシステムとしての全体像を持つものとして捉える「ナショナル・イノベーション・システム (National Innovation System: 以下 NIS)」の概念が提起された。

本章では、まず NIS 研究の伝統と、そこで定義されてきた NIS の概念を整理し、この概念が科

* 九州大学大学院経済学研究院 教授

学技術イノベーションに関する政策論議に、どのような影響を及ぼしてきたのかを概観する。^{*1} ついで、科学技術イノベーションの研究及び政策に対するシステム論的な視座の展開を、「イノベーション・エコシステム」や「地域イノベーション・システム」等の議論に即して見る。

2 ナショナル・イノベーション・システムの概念

NIS 研究の端緒は、Freeman (1987)、Dosi et al. (1988) 等によって拓かれた。Freeman (1987) は、NIS を「新しい技術の開発、導入、修正、普及に関連する私的・公的セクターの諸制度のネットワーク」と定義している。その後、NIS の概念には様々な再定義の試みが行われているが、イノベーションに関連するアクター間ないし諸制度間の相互作用にフォーカスしたものとして NIS の概念を提示している点においては、Freeman のシンプルな定義と同工異曲である。^{*2}

様々な定義の共通項から NIS に対する一般的な理解を抽出するならば、それは「イノベーションの中心的な担い手である企業が、政府、大学等のアクターとの間で形成しているインタラクションを、一国における有機的なシステムとして捉えたときに与えられる全体像」と言い換えることができるであろう。

3 NIS 研究の伝統

上記のような NIS の概念は、歴史的・文化的背景が互いに異なる諸国民のイノベーション・プロセスを理解する上では、個別の制度的要素の総和に還元できない全体性を捉えることが必要であるとの認識から招喚されたものである。この点は、Freeman (1987) が、そのサブタイトル (Lessons from Japan) に謳っているように、まずイノベーションによって国際的な産業競争力を構築してきた日本のシステムを解明するために NIS の概念を適用したことに端的に示されている。

このような動機にはじまった NIS 研究の領域では、初期の頃から活発な国際比較研究が行われてきた。Dosi et al. (1988) の第5部 ‘National Systems of Innovation’ は、Freeman、Nelson、Lundvall らの論文によって構成されており、ここでは Freeman が日本の NIS を概説する一方、Nelson が米国の NIS に関する概観を提示している。Lundvall の論文は、アクター間の相互作用をサブシステム・レベルに降りて分析することに向けられており、そのアプローチによる成果は、後に Lundvall (1992) の中で体系化されている。

1993 年には、Nelson の編纂により本格的な国際比較研究の成果が刊行された。Nelson (1993) は、国民 1 人当たり所得水準などを指標として 15 カ国を 3 つのグループに区分し、各国の NIS に関

^{*1} 以下のレビューは、永田晃也 (2002) および永田晃也・大西宏一郎 (2007) の一部を改稿したものである。

^{*2} 例えば、OECD (1999) は、NIS を「共同または個別に新技術の開発および普及に貢献する機関のセット。知識、スキル及び新技術として定義できる文明の産物を創出し、保有し、移転するための、相互に関連し合う機関のシステム」と定義している。また、科学技術庁 (1999) は、「イノベーションの過程に係る機関 (主役となる企業、知識を提供する公的研究機関、大学等) の活動、これらの機関の相互間での資源 (知識・人材等) の流れ、およびそれぞれの活動に影響を与える外的要因 (例: 政府による規制・奨励策、金融政策、雇用政策、教育・人材育成政策など) の総体」と定義している。

する記述を与えたものである。この比較研究における Nelson らの問題意識は、経済活動のグローバル化が進んでいる中であって、何故各国の NIS は収斂せず、多様性が存在し続けているのかという点に向けられた。この国際比較研究により、各国の NIS は、それぞれの制度や歴史的背景に依存しており、したがって経路依存的 (path-dependent) な性格を有するものであること、また各国の制度は技術と相互に影響し合いながら共進化 (coevolution) を遂げており、その結果として各国に固有の NIS が生成されていることなどが明らかにされた。

日本の NIS に関する初めての包括的な記述は、Nelson (1993) において日本の章を担当した小田切と後藤によって与えられた。後に小田切と後藤は、その研究を拡張・発展させ、Odagiri and Goto (1996) を刊行している。

4 NIS 研究の科学技術イノベーション政策への影響

以上のような NIS 研究の動向を反映して、科学技術イノベーション政策に関する各国の行政機関や国際機関では、NIS の概念を導入した政策立案を指向する議論が活発化した。

議論の中心を担ったのは OECD である。OECD の TEP(技術経済プログラム) は、1991 年に公表された声明の中で NIS の概念を導入し、研究開発の環境整備を図るためには、経済政策、社会資本整備、教育・雇用政策などの多岐に亘る政策に一貫性を持たせるとともに、国際調和の観点にも配慮すべきである旨を述べている。さらに OECD では、科学技術政策委員会 (CSTP) の事業として 1993 年から TIP(イノベーション・技術政策ワーキンググループ) を新たに設立し、NIS の分析に基づいてシステムの効率を改善するための施策の検討を進めた。こうした活動の成果について、OECD (1999) は、イノベーションに関する政府の役割としては市場の失敗を補うために研究開発の総量を増やす施策を講ずるばかりでなく、研究開発の効率性を妨げているシステムの欠陥を是正する必要があるとの共通認識が生まれていると評価している。

わが国では、「イノベーション」の振興を公式に所管する府省は長らく存在しなかった。も石渡裕子 (2019) によれば、わが国で法令上「イノベーション」という語が初めて用いられたのは、平成 20 (2008) 年の「研究開発システムの改革の推進等による研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進等に関する法律 (法律第 63 号、平成 30 (2018) 年「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」に改称) である。また、周知のように総合科学技術会議の名称が総合科学技術・イノベーション会議に改められ、「イノベーション」が内閣府の所管事務に規定されたのは、平成 26 (2014) 年に行われた内閣府設置法の一部改正によるものである。

しかし、わが国でも OECD (1999) と同年に刊行された『科学技術白書』において、初めて NIS の概念を用いた科学技術活動の報告が行われている。また、平成 18 (2006) 年 3 月に閣議決定された第 3 期科学技術基本計画は、「科学技術システム改革」を目標に掲げ、産学官が一体となって「イノベーションを生み出すシステムの強化」を推進することとしている。従って遅くとも、この頃にはイノベーションに関心を持つ府省の間に NIS の概念は広く浸透していたと見ることができるであろう。

5 「エコシステム」というメタファー

以上のように NIS の概念は、イノベーションの研究者らによって 80 年代後半以降に提起され、90 年代以降の科学技術イノベーション政策に影響を及ぼすに至ったのであるが、90 年代にはイノベーションを指向する経営実務家や政策担当者の中で、新たに「イノベーション・エコシステム (Innovation Ecosystem)」という語が広く用いられるようになった。「イノベーション・エコシステム」とは、イノベーションの創出に関与する企業、大学、政府などのプレーヤーによる相互作用と、それらを取り巻く周辺環境の全体像を「生態系 (エコシステム)」をメタファーとして表した語である。このメタファーは、イノベーションは 1 企業の努力だけでは実現できず、多様なプレーヤーとの相互依存関係の中で成立するものだという実務的な問題意識を背景としており、当初、インテルをはじめとする IT 系企業などにより「ビジネス・エコシステム」という語に用いられていた。それが 2000 年以降には、Iansiti and Levien (2004) などによって概念化され、米国競争力評議会 (COC) が 2004 年に発表した「パルミサーノ・レポート」として知られる政策提言 ‘Innovate America’ の中でも使用されるに至ったのである。

イノベーション・エコシステムの概念を NIS のそれと比較すると、そこに理論的に重要な新規性は認め難い。しかし、エコシステムという表現の選択は、ナショナル・システムの境界よりも広範囲に亘るアクター間の相互作用関係を記述対象とする指向性を含む点に意義があると言えるであろう。もとより NIS の概念を提唱した研究者らの問題意識は、イノベーション・プロセスを国民国家に閉じられたシステムとして捉える前提に立っていた訳ではなく、むしろ経済活動のグローバル化とナショナル・システムとの関係を理解することを積極的な動機としていたのであるが、その動機故に記述の焦点はナショナル・システムの固有性に当てられることになった。これに対して、イノベーション・エコシステムの概念は、グローバル経済そのものをエコシステムとして捉える方向に記述の焦点をシフトさせたのである。

6 中範囲カテゴリーへの展開—セクトラル・システム

NIS の概念については、一国のシステムを構成する産業や地域が同質的である筈はないという観点からの再検討も加えられた。こうした再検討の試みは、ナショナル・システムと個々のアクターを媒介する中範囲のカテゴリーを提起することになった。このうち産業ごとのイノベーション・システムの特徴に注目したカテゴリー概念が、Malerba (2004) による「イノベーションのセクトラル・システム」(Sectoral Systems of Innovation: 以下 SSI) である。

Malerba が言うセクターとは、既存の需要またはエマージェントな需要に対応する製品グループのために組み合わせられる一連の活動を意味している。また、SSI とは、知識ベースや技術を共有し、当該セクターの製品を創造、生産、販売するために市場の内外で相互作用を行うエージェントのセットによって構成されるものと定義されている。ここでエージェントとは、特殊な学習プロセス、能力、組織構造、信念、目的および行動を伴う様々な集合レベルでの個人や組織である。エー

ジェントは、コミュニケーション、交換、協働、競争、指揮などのプロセスを通じて相互作用するが、その相互作用はまた制度によって形成されるものでもあるとされている。

Malerba は、以上のように SSI の基本コンセプトを記述した上で、その特質に言及している。すなわち、SSI は多様な構成要素の共進化を通じて変化と再編を経るものであるということ。および SSI は、1) 知識と技術、2) アクターとネットワーク、3) 制度という3つの「ビルディング・ブロック」によって構成されているということである。

7 地域イノベーション・システム

NIS の内部構造が、地理的・空間的に同質的である筈はないという着眼点は、「地域イノベーション・システム」(Regional System of Innovation: 以下 RIS) というコンセプトの提唱に結びついていった。しかし、その論理構成は Cooke (1998) にみられるように NIS のそれと概ね同型的であり、NIS の空間的スケールを縮小した議論として捉えることができる。特定の地域の中でも、イノベーションの主要な担い手である産業部門が、大学等の学術機関および行政機関と相互作用しながら、共進化を遂げているという訳である。^{*3}

Saxenian (1994) も、イノベーションにおける地域的な優位性をモデル化した試みである。Saxenian は、ともにハイテク産業集積地域として知られたシリコンバレーとルート 128 号線周辺地域の比較研究を行い、何故、前者では活発な起業活動が持続し、後者では起業活動が衰退していったのかを分析した。その結果、専門化した起業家の集積が見られるシリコンバレーの地域システムを「ネットワーク型システム (Regional Network-based Industrial System)」、統合度の高い大企業の集積からなるルート 128 号線周辺の地域システムを「独立企業システム (Independent Firm-based System)」として特徴付け、市場の要求や技術変化への対応における前者の優位性を論じている。

8 システムとしての「クラスター」

一方、NIS 研究の直接的な影響下にはない研究者によって、RIS のモデル化として理解できる概念が独自に提起されている。Porter (1990) が、競争力のある産業の集積を意味するものとして提唱した「クラスター (Cluster)」の概念は、その一例である。

Porter は、ある国の企業が特定の産業分野において他国の企業よりも素早くイノベーションを実現できる要因を分析した。そこで提起された4つの条件と、それらの相互作用からなるフレームワークは、クラスターの概念的なモデルとして広く知られている。4つの条件とは、生産活動の投入要素である熟練労働やインフラストラクチャーなどの資源を意味する「要素条件」、市場における需要の水準を意味する「需要条件」、当該産業に対するサプライヤーなどを含む「関連産業・支援産業」、競合他社の存在によって促される「企業戦略・競争戦略」である。Porter は、これら4つの条件が相互関係を持つものであることを強調し、図 1 のように4点を結んだフレームワークを示

^{*3} このような関係を「三重らせん (トリプルヘリックス) 構造」として捉えた Etzkowitz (2008) の議論は、中範囲カテゴリーのモデル化の試みとして位置づけることもできる。

して「ダイヤモンド」と呼称している。

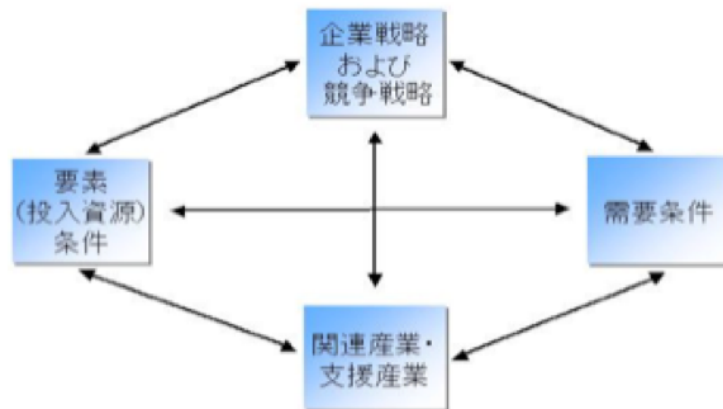


図1 産業競争力の要因
出所:Porter(1990)

さらにポーターは、この諸条件のシステム的な性質が、競争力のある産業のクラスター化を促進することを、様々な具体例を上げて指摘している。すなわち、Porter (1990) におけるクラスターの概念は、「ダイヤモンド・システム」の一角を占める「関連産業・支援産業」という条件を介して、競争力を持つ複数の産業が一国に集積した状態（すなわち産業のクラスター）を意味していた。ところが、この概念は、Porter (1998) において再論された際には、「ある特定の分野に属し、相互に関連した、企業と機関からなる地理的に近接した集団」と定義され、その地理的な広がりは一都市のみの小さなものから、国全体、あるいは隣接数カ国のネットワークにまで及ぶ場合があるとされた。また、その上でクラスターそのものを「システムであり、その全体としての価値が各部分の総和よりも大きくなるようなもの、と定義できるかも知れない」と論じている。

Porter (1990) は、政策の役割について、競争的な環境を創出するための触媒に止まるべきであるとの見方に立っていたため、上述したモデルにもアクターとしての政府は明示されていない。しかし、Porter (1998) における再論では、競争的な環境を創出するためにはマクロ経済政策のみでは不十分であり、税制、労働市場政策、知的財産制度、反トラスト政策などのミクロ経済政策が競争の激しさを決定する上で重要な役割を果たすとしており、ダイヤモンドの一角を占める「企業戦略・競争環境」を強化する上で政府が果たすべき役割に踏み込んだ議論を展開している。また、「要素条件」については天然資源、人的資源などと並べて行政インフラ、情報インフラ、科学技術インフラを列記し、科学技術インフラの例としては「企業が競争の際に頼りにできる大学の研究機関など」を上げている。

わが国においても、2000年代に入ってから、クラスターという語は広く用いられるようになった。その背景には、「産業クラスター計画」（経済産業省）、「知的クラスター創成事業」（文部科学省）のようにクラスターの名を冠する地域政策が相次いで実施されたという経緯がある。各政策において掲げられたクラスターの定義は以下の通りである。

- 産業クラスター：大学等の公的研究機関と周辺企業との間の技術革新に加え、より広域的に大学等と企業の間や企業同士の連携が図られ、イノベーションと新事業・新産業の創出が連鎖的に生じるシステム
- 知的クラスター：地域において独自の研究開発テーマとポテンシャルを有する公的研究機関等を核とし、地域内外から企業等も参画して構成される技術革新システム

これらの定義は、政策手段となる大学や公的研究機関の役割を中心に据えている点ではオリジナルの定義と異なっているが、ここで留意すべき点は、いずれの定義もクラスターをイノベーション・システムと明記していることである。

科学技術基本計画に基づく我が国の地域科学技術イノベーション支援施策は、第2期計画（2001年度～2005年度）から第3期計画（2006年度～2010年度）までクラスター政策を軸として推進された。クラスター政策は、2009年に実施された事業仕分けにより、2010年度には一部事業が廃止、または統合、再編、縮小されることになった。しかし、システムとしてのクラスターという概念の導入は、第4期計画（2011年度～2015年度）の「地域イノベーション・システムの構築」や第5期計画（2016年度～2020年度）の「イノベーション・エコシステムの構築」といった政策目標を準備する上で重要な役割を果たしたと言えるであろう。

9 政策立案への含意

本章では、イノベーション・プロセスをシステムとして捉える理論や概念枠組みを、NISからRISに至る研究対象の変化に沿って概観した。それらの研究成果が、実際の科学技術イノベーション政策に及ぼした影響にも言及してきたが、あらためて今後の政策立案に向けて一般的な含意を導出するならば、それは以下のように要約できるであろう。

イノベーション・プロセスは、多様なアクターや制度の相互作用からなる複雑なプロセスである。従って、このプロセスに対する政策的な介入を計画する際には、当該施策が直接対象とするアクターや制度に及ぼす効果のみを考慮するのではなく、施策の対象と相互作用関係にあるアクターや制度に及ぼす間接的な影響も考慮しておかなければならない。また、個々の施策は単独で閉じられた作用を及ぼすのではなく、他の施策との補完関係や代替関係を有する場合があることも考慮しておく必要がある。施策間の相互関係の範囲は、科学技術イノベーション政策の枠を超える場合もある。

また、本章で見てきたようにNISを構成するサブシステムとしてのセクトラス・システムやRISには多様性が存在する。国レベルで実施するマクロ政策と、産業別・地域別の施策の間に補完関係を構築していく際には、このようなシステムの重層構造に配慮しておく必要がある。

このような視点に立った政策立案を行わないと、個々の施策が十分な効果をもたらさないといった事態も起こり得る。また、科学技術イノベーションは、良くも悪くも大きな社会的・経済的なインパクトをもたらす可能性があるため、そのプロセスに介入する政策を立案する担当者の世界観には、常に予期せざる負の結果を回避できる先見性と広角性が求められる。イノベーション・プロセスをシステムとして捉える視点は、かかる先見性と広角性を提供するものである。

References

- Cooke, P. (1998). Introduction. In Braczyk, H., Cooke, P., and Heidenreich, M., editors, *Regional System of Innovation*. UCL Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=gT0AMUZYgy0C&oi=fnd&pg=PR7&dq=Regional+System+of+Innovation+Cooke,+P+1998&ots=w3Xj0vyeR3&sig=0KMPIIdKSCRikYj3x5L3Kjkued34.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., and Soete, L., editors (1988). *Technical Change and Economic Performance*. Pinter Publishers.
- Etzkowitz, H. (2008). *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Routledge. (三藤利雄・堀内義秀・内田純一訳「トリプルヘリックス:大学・産業界・政府のイノベーション・システム」芙蓉書房、2009 年) <https://www.taylorfrancis.com/books/9781135925284>.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers. (大野喜久之輔監訳「技術政策と経済パフォーマンス:日本の教訓」晃洋書房、1989 年) https://books.google.co.jp/books/about/Technology_policy_and_economic_performan.html?id=rA20AAAAIAAJ&redir_esc=y.
- Iansiti, M. and Levien, R. (2004). *The Keystone Advantage*. HBS. (杉本幸太郎訳「キーストーン戦略ー:イノベーションを持続させるビジネス・エコシステム」翔泳社、2007 年) https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=T_2QFhjzGPAC&oi=fnd&pg=PP15&dq=The+Keystone+Advantage&ots=Uhw1R6sRj3&sig=d-d0Kv0lHNuLb4Xpa0Tz38evFew.
- Lundvall, B. A. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1gxp7cs>.
- Malerba, F. (2004). *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=l9tFuaE7S4UC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Sectoral+Systems+of+Innovation:+Concepts,+Issues+and+Analyses+of+Six+Major+Sectors+in+Europe&ots=_8GdYku2o1&sig=Nk2pwqoo_N6NNZ01gH0j0lgpk38.
- Nelson, R., editor (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press. https://books.google.co.jp/books?id=YFDGjgxc2CYC&printsec=frontcover&hl=ja&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

- Odagiri, H. and Goto, A. (1996). *Technology and Industrial Development in Japan: Building Capabilities by Learning, Innovation and Public Policy*. Oxford University Press. (河又貴洋・絹川真哉・安田英士訳「日本の企業進化:革新と競争のダイナミック・プロセス」東洋経済新報社、1998 年) <http://www.oupcanada.com/catalog/9780198288022.html>.
- OECD (1999). *Managing National Innovation Systems*. http://echo.iat.sfu.ca/library/oecd99_managing_National_IS.pdf.
- Porter, M. E. (1990). *Competitive Advantage of Nation*. Harvard Business School Press. (土岐坤・中辻万治・小野寺武夫・戸成富美子訳『国の競争優位』上・下、ダイヤモンド社、1992 年)。
- Porter, M. E. (1998). *On Competition*. Harvard Business School Press. (竹内弘高訳『競争戦略論』I,II、ダイヤモンド社、1999 年)。
- Saxenian, A. (1994). *Regional advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press. (山形浩生・柏木亮二訳「現代の二都物語」日経 BP 社、2009 年) <http://jolt.law.harvard.edu/articles/pdf/v08/08HarvJLTech521.pdf>.
- 永田晃也 (2002). ナショナル・イノベーション・システム. In 杉山公造・永田晃也・下嶋篤, editor, ナレッジサイエンス. 紀伊國屋書店. <https://www.kinokuniya.co.jp/f/dsg-01-9784764950054>.
- 永田晃也・大西宏一郎 (2007). ナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンス測定手法に関する予備的考察、「イノベーションの測定に向けた基礎的調査報告書」. NISTEP REPORT 103, 文部科学省科学技術政策研究所. <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/673>.
- 科学技術庁 (1999). 科学技術白書 (平成 11 年版). http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa199901/index.html.
- 石渡裕子 (2019). 外来語の受容と法律における使用. 国立国会図書館 調査及び立法考査局『リファレンス』 834, 国立国会図書館.

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

- 九州大学大学院基幹教育科目「イノベーション・システムの比較制度分析」(担当:永田晃也)

1.1.1 大学システムと大学組織のイノベーション

福井文威*

林隆之†

初版発行日：2018年8月28日、最終更新日：2019年5月4日

リード文

大学は、教育・研究・社会サービスの多様な目的を抱えるとともに、様々な学問領域から構成される複雑な組織である。その複雑さゆえに、高等教育政策のみならず、科学技術イノベーション政策、産業政策の影響を受けるとともに、また政策実現を左右する重要なアクターの一つとなる。よって、大学をいかに質的に高度化させていくのかは、国家戦略を考える上で重要な課題といえる。本稿では、はじめに科学技術イノベーション政策における大学の役割を整理した上で(第1節)、大学システムを取り巻く環境の変化(第2節)、そして、大学システム・大学組織のイノベーション(第3節)について論じる。

キーワード

大学の多様化、知識基盤社会、大学の類型化、世界水準大学、評価国家、大学組織、アカデミックキャピタリズム、企業の大学

本文

1 科学技術イノベーション政策における大学の役割

1.1 大学の多様な機能

大学の起源は、12世紀頃にボローニャ、パリにおいて出現した教師と学生の組合(ユニヴェルシタス)とされるが、当時の大学の主な機能は法学や神学に関する教育であり、必ずしも大学は誕生当初から研究機能を有していたわけではない(Haskins 2001; Perkin 2006)。大学に研究機能が持ち込まれる上で重要な役割を果たしたのが、1810年にドイツで創設されたベルリン大学である。ベルリン大学では、大学は新しい知識の創造により、ドイツ国家の発展を先導する役割を有すること

* 鎌倉女子大学准教授、コロンビア大学客員研究員(前 政策研究大学院大学助教授)

† 政策研究大学院大学 教授

が強調され、このドイツの近代的な研究大学は、その後各国に波及した (Geiger, 2015)。また、19 世紀後半にアメリカで設立されたランドグラント大学は、1862 年のモリル土地付与法によって連邦政府から提供された土地をもとに、農学、工学等の発展に寄与する大学として設立され、知識や技術移転を通じた公共的なサービスが大学の中核的な機能の一つとなった (Altbach, 2001)。すなわち、大学の機能は、国、時代とともに変遷しながら、主に教育、研究、社会サービス (知識移転含む) を主要な機能とするようになった。ただし、大学を単一的なモデルで捉えることには限界があり、例えば、旧ソ連や 1980 年代以前の中国において研究機能は大学外に設置された研究機関が中心的な役割を果たしていたように (Liu, 2007)、全ての大学が教育、研究、社会サービス (知識移転含む) といった機能を有しているわけではない。

一方、大学という一つの組織体にこれら 3 つの機能が包含された時、各機能は互いにどのような影響を受けるのか想定しておくことは、効果的な大学システムを創造する上で重要な視点である。というのも、教育と研究の 2 つの関係性をとってみても、両者は互いにシナジー効果を生み出すこともあれば、相互に妨げ合うこともありうるからである (Ben-David, 1977)。大学の主要な 3 機能である研究 (Research)、教育 (Teaching)、知識移転 (Knowledge Transfer) の関係性を整理したものが表 1 である (Geuna and Rossi, 2015)。表 1 で示されるように大学は、それぞれの機能が互いに影響を及ぼし合うため、ここにサイロ的視点から脱した政策や大学経営が求められることとなる。

表 1 教育、研究、知識移転の関係性 (ポジティブな側面とネガティブな側面)

	研究 (Research)	教育 (Teaching)	知識移転 (Knowledge Transfer)
研究 (Research)		研究→教育へのポジティブな影響 ・教育の質を向上させる ・専門的知識を継続的に向上させる 研究→教育へのネガティブな影響 ・教育水準を犠牲とし研究生産性を高めるインセンティブが働く ・教育の適性が殆ど無い教員が採用される	研究→知識移転へのポジティブな影響 ・オリジナルな研究が関与することで、知識移転の有効性が向上する ・暗黙知の移転が容易になる
教育 (Teaching)	教育→研究へのポジティブな影響 ・アカデミック教員が教育と研究に対する異なる才能を提供することで、専門化を通じた効率性が向上する ・学生をアカデミックな専門職にリクルートすることができる 教育→研究へのネガティブな影響 ・研究に使用出来る時間が減少する ・研究の能力や適応性が限られた教員が採用される		教育→知識移転へのポジティブな影響 ・科学知識に関するコミュニケーションスキルの向上により、外部のアクターとの相互作用が促進される ・卒業生によって、企業とのネットワークが強化される
知識移転 (Knowledge Transfer)	知識移転→研究へのポジティブな影響 ・研究成果のより効率的な伝達が行われる ・商業的に有望な研究テーマが特定される ・科学の進歩につながるリサーチ・ソリューションを刺激する課題が特定される ・補充的な才能や設備にアクセスすることができる ・認知度が向上し、より多くの資源が入ることによって、より多くの研究が達成される 知識移転→研究へのネガティブな影響 ・研究に使用出来る時間が減少する ・応用的で増分主義的なプロジェクトを重視するインセンティブが働く ・研究結果を秘匿したり、出版を遅らせるインセンティブが働く	知識移転→教育へのポジティブな影響 ・活動に役立つ魅力的なアイデアやケーススタディを得ることができる ・学生がスタートアップ企業を立ち上げる良い機会となる ・教育のイノベーションに対する投資を可能とする更なる資金の確保につながる 知識移転→教育へのネガティブな影響 ・教育に使用出来る時間が減少する ・教育水準の低下 ・学生の活動が私的に利用されることがある	

出典:Geuna and Rossi (2015)[p.33]

1.2 科学技術イノベーション政策における大学の役割

大学のイノベーションへの貢献も、このような教育、研究、知識移転それぞれの機能を介して行われる。しばしば、研究機能を通じた新たな知識の創造やそれを社会的・経済的に還元させることが強調されることがあるが、**Geuna and Rossi (2015)** は各機能の様々な手段によって、大学が経済発展に貢献していることを整理した。たとえば、高度職業人の養成、経営・組織・戦略・マーケティング等の社会科学の知識の創造と普及、スピノフ企業の創出、産学連携、企業での研究者の雇用、施設や設備の刷新、新しい知識や技術の創造と普及、貴重な設備や施設へのアクセス、古い技術・設備や書誌・映像・原稿等の保護管理、立地する都市の再生、地域文化やスポーツコミュニティへの貢献、学生・卒業生・教員・関係者の社会的ネットワークの創造等である。

これらの手段を通じて、大学は直接的な効果としては人材や有形資産の技術的発展、維持、刷新をもたらす。たとえば、人材の生産性の向上、企業の技術適応能力の向上、企業の新製品・新規プロセスの導入能力の向上、高度専門人材の雇用、設備の刷新などである。また、間接的な効果としては、経済制度のパフォーマンスを向上する。たとえば、政策当局者の能力の向上、社会資本の増大、健康・政治参加・市民としての責任等の教育効果である。

2 大学システムを取り巻く環境と変革を促す諸要因

2.1 大学セクターの拡大

大学の変革が必要に迫られてきた社会背景の一つとして、大学セクター自体の拡大がある。大学は、その多機能性ゆえに、教育研究の質、管理運営、行財政、教職員の採用・キャリア、アドミッション、カリキュラム、教授方法、産学連携等をはじめとして様々なテーマが問題となるが、これらを分離した問題としてではなく統合的な枠組みを用いて、その変化を説明しようとしたのが **Trow (1973)** である。Trow は、該当年齢人口に占める大学在籍率が 15% までの社会における大学システムをエリート型、15% から 50% までの大学システムをマス型、50% 以上の大学システムをユニバーサル・アクセス型とした上で、大学の大衆化が教育活動のみならず、社会と大学の関係性、大学の経営管理、行財政の仕組みまでを変革させていくことを指摘した (**Trow, 1973**)。例えば、大学を支える財政はその典型的な問題の一つであり、ユニバーサル化の進展とともに、教育研究活動を支える資金をどこが負担をするのか、政府の希少な資源を多様な高等教育セクターのどこに配分するのかという問題が発生してくる。

2.2 大学への社会からの期待

同時に、大学が社会の中で果たす役割への期待は、この 20~30 年の間に大きく拡大してきた。その背景には、情報化、国際化、グローバル化が進行する中で、社会が知識基盤社会へと移行していること、ならびに、そのような現象を基礎に、各国や国際機関 (**OECD 1996; UNESCO 2005**) に

において知識基盤経済や社会を促進するイノベーション政策や高等教育政策がとられてきたことがある(大場淳, 2011)。

知識が労働や資本に代わり、経済・社会の発展の主たる要素になるという社会像は、1960年代以降、類似した様々な用語で示されてきた(e.g. Drucker 1969; Bell 1973)。経済学者は知識経済(knowledge society)や知識基盤社会(knowledge-based society)という用語を用い、社会学者は知識社会や知識基盤社会、教育学者は学習社会(learning society)などの用語を用いてきた。このような知識基盤社会の概念においては、知識の生成・伝達・普及が国や世界経済の発展の主要因となるとともに、個々の労働者はそのキャリアの途中で職を変え、専門を変え、知識を常にアップデートすることが求められる。

その中で大学は重要な活動主体と認識され、伝統的な研究活動による知識生産のみならず、知識の移転や、大学外の多様なアクターとの共同による知識の生成や普及が求められるようになる。人材育成の面では、知識基盤社会のもとで学生のマス化への対応が求められるとともに、生涯学習機能の拡大や、「継続して学び続ける」ことを学ぶような主体的学習へと教育方法を転換していくことが求められる(Välimaa and Hoffman, 2008)。

3 大学システム・大学組織のイノベーション

3.1 大学セクターのイノベーション

大学セクターへのNPMの適応

大学への社会からの期待が拡大する中で、大学セクターと政府との関係、ならびに大学間関係も変わりつつある。この点での大きな変化が、大学政策への新公共経営(ニュー・パブリック・マネジメント:NPM)の適応である。一般的にNPMの特徴は、1) 政策の企画立案と実施を分離し、2) 実施者を競争原理のもとで選定し、3) 実施方法の工夫については実施者に権限委譲し、4) 実施者を業績・成果により評価する、というところにある。

1)の典型的な例は、日本の国立大学や公立大学の一部の法人化のように、大学を行政府から独立した組織とすることである。このような政策は韓国やフランスなどでも実施されており、大学が組織改組や意思決定体制の変更を自ら実施可能となるなど、より自律的な組織形態となるような変更がなされてきた。

さらに2)~4)の実施例として、大学の実績を評価し、その結果に基づいて国からの経費(特に国から大学への一般経費)を配分することがあげられる。その先駆的な例は英国における「研究評価事業(Research Assessment Exercise: RAE)」であり、2014年からは「研究卓越性フレームワーク(Research Excellence Framework: REF)」となっている。OECD(2010)やHicks(2012)によれば、その後に少なくとも13カ国(イギリス、スペイン、スロバキア、香港、オーストラリア、ポーランド、イタリア、ニュージーランド、ベルギー(フランダー地方)、ノルウェー、スウェーデン、デンマーク、フィンランド)において指標や評価により一括交付金の配分を行うことが行われるようになっている。米国やドイツでは州によって各種の指標に基づき交付金の一部を実績配分してい

る。日本では国立大学法人の評価が行われ、運営費交付金の一部がその評価結果に基づいて配分されている。

NPMにより、政府の役割が大学に対する財政投資による統制や法令による規制から、アウトプットの評価を通じた国家目標への間接誘導という「評価国家 (evaluative state)」(Neave, 1988)へと変容しており、それにより政府は大学の目標を管理するのではなく、多様なアウトプットの質の評価によって報奨する。これに応じて、各大学は、産業界や学生といった政府以外の様々なステークホルダーとの関係から、自らの機能や目標を明確にして、戦略形成を行い、多様な機能の優先順位を明確にすることが求められるようになってきた。

大学の多様化と類型化

大学セクターの拡大とともに創出した、いまひとつの課題が多様化した大学をいかに類型化し整理するかという課題である。特に、類型化は、科学技術政策においては交付金による研究費をどの大学に重点的に配分するか検討する際の概念装置として必要となる。

欧州では、「ミッションの多様性 (mission diversity)」 「ミッションの差異化 (mission differentiation)」という用語によって大学の類型化や機能分化を志向してきた。欧州では、伝統的に大学と大学以外の高等職業教育機関が併存する体制がとられている国が多く、はじめから多様性は存在していた。しかし、イギリスにおいて 1992 年にポリテクニクを大学へと昇格させて一元化したことをはじめ、欧州諸国ではボローニャプロセスとよばれる、国ごとに多様な学位制度を標準化する取組により、大学とそれ以外の高等教育機関は法的に同じ学位を授与することになった。また、研究活動についても高等職業教育機関でも産業応用に近い領域での研究活動を拡大し、大学との差異が明確になってきた。そのため、大学の活動の特徴や実績をデータ等を用いて事後的に分析することが必要となった。さらに、そこでは、大学ランキングのようなある指標の中での教育・研究の質の階層を区分するような垂直的多様性だけでなく、複数の指標によって大学の指向性の違いをプロフィールとして示す水平的多様性も求められる (Teichiler, 2005)。たとえば欧州では、U-Multirank など多次元のランキングを形成する取組がなされてきた (Van Vught, 2008)。

米国では、拡大した高等教育セクターの全体像を把握するための大学類型として、1970 年代にカーネギー高等教育審議会がカーネギー分類を策定した。カーネギー分類の基準は、これまで微修正を繰り返しながらも基本的には学位授与数等の客観的な指標をベースに策定され、あくまでも多様な大学を単純に整理する目的で策定されてきた。分類基準は、2005 年に大幅な改定がなされ、これまでの大学の基本類型の他に学士課程教育プログラム、大学院教育プログラム、学生情報、学士課程情報、規模と環境といった新たな分類枠組みが提示されており、複数の視点から大学を類型化する手法が取られ始めている。

我が国では、「個性化」や「機能別分化」というキーワードによって、大学セクターの類型化や機能分化は政策的になされてきた。近年では、2005 年の中央教育審議会答申『我が国の高等教育の将来像』において大学が有する機能として、1) 世界的研究・教育拠点、2) 高度専門職業人養成、3) 幅広い職業人養成、4) 総合的教養教育、5) 特定の専門的分野 (芸術、体育等) の教育・研究、6) 地域の生涯学習機会の拠点、7) 社会貢献機能 (地域貢献、産学官連携、国際交流等) の 7 つの機能

が示され、大学の自律的選択に基づく機能別分化が提言された。また、2016年には文部科学省は国立大学を「地域活性化・特定分野重点拠点」、「特定分野重点拠点」、「世界最高水準の教育研究拠点」の3類型に分類し、その取り組みに応じて運営費交付金を配分する方式が導入されている。大学の類型化論に関連し、新興国をはじめとして国家的な課題となっているのが「世界水準大学 (World Class University)」の形成である (Altbach, 2001)。Salmi (2009) は、世界水準大学の構成要素として、1) 卓越した学生と教員が集積し、2) 充実した教育環境と最先端の研究を支える豊富な資源があり、3) 戦略的なビジョン、革新性、適応性を促進し、官僚制に縛られることなく意思決定と資源管理を可能にする優良な統治機能があることを挙げている。その創設に向けて政府が取り得る手段として、第1に潜在的に力のある既存の少数の大学のアップグレード、第2にシナジー効果を産み出す既存の複数の大学の統合の促進、第3に新しい大学の創設といった手段を提示している (表2)。我が国では、世界最高水準の教育研究活動が見込まれる国立大学を指定国立大学法人として指定する施策が2017年に開始された状況にある。

表2 世界水準大学の形成に関する戦略的アプローチのコストとベネフィット

コンディション	アプローチ		
	既存の大学のアップグレード	既存の大学の統合	新たな大学の創設
人材を獲得する力	教職員を新しくしたりブランドを変化させて、優秀な学生を惹き付けることが難しい	既存の教職員の抵抗があるかもしれないが、リーダーシップの変化、新しいスタッフを惹き付ける機会がある	ベストな教職員・学生を選ぶ機会がある。一方、一流の学生を未知の機関に惹き付ける難しさがある。研究と教育の伝統を築く必要がある
コスト	低い	中	高
ガバナンス	同じ規制の枠組みで、運用のモードを変更することが難しい	既存の機関とは異なる法的地位で動く可能性が高い	適切な規制とインセンティブの枠組みを作る機会がある
組織文化	内から変換させることが難しい	異なる組織文化から、新しいアイデンティティを取り出すことに困難が伴う	優れた文化を創造する機会がある
変化のためのマネジメント	全てのステークホルダーとの大規模な協議とコミュニケーション	全てのステークホルダーを対象に、期待される基準と組織文化を教育する規範的なアプローチ	新しい機関を社会的に市場に出しながら、コミュニケーションをとる環境適応アプローチ

(出典 Salmi (2009)[p.48])

3.2 大学組織のイノベーション

大学組織の特殊性

大学セクター全体の変革とともに、大学組織レベルの変革も進んでいる。これまでの大学組織論に関する研究においては、大学組織への企業的経営手法の単純な導入の限界と大学組織の特殊性を踏まえた変革の必要性が指摘されてきた (Birnbaum 1988; Kezar 2001)。

Kezar (2001) は、大学組織の持つ特徴として 13 の特徴を挙げている。すなわち、大学は、1) 政府や評価機関をはじめとする外部組織の動きに影響を受けるため単独で独自の決定をすることが困難な相互依存組織 (interdependent organization) であること、2) その一方、伝統的には大学の自治のもと社会経済環境から比較的独立した組織であること、3) アカデミアの極めて特徴的な組織文化¹が存在すること、4) 長期的な使命を帯びている組織であること、5) 組織全体で共有する信念が存在する一方で、異なる信念が並存する組織であること、6) 複数の権力と権威の構造があること、7) 緩く結合したシステムであること、8) 複数の権力と権威の構造があり、緩く結合した相互依存的組織であるため、組織化された無秩序による意思決定 (organized anarchical decision-making) が行われること、9) 教員と管理運営者の重視する価値に違いが見られること、10) 緩く結合した分散的な意思決定が共同統治 (shared governance) を通じて行われること、11) 従業者が一つの組織に長い間在籍していること、12) 組織の目標が曖昧 (goal ambiguity) であること、13) 組織のイメージが経営上重視されることの、以上 13 の特徴である。無論、これらの全ての特徴は全ての大学に当てはまるものではないが、こうした大学組織の特性に配慮した組織のイノベーションが求められる。

大学の企業化

大学組織の特殊性を踏まえながらも、前節で示した環境変化のもとで、大学は企業的な運営形態を導入し、教育サービスの提供や研究資金の獲得などを通じて、財源確保を苦心するようになってきた。そのような状況は、「アカデミックキャピタリズム Academic catitalism」(Slaughter and Leslie, 1997) や、「企業の大学 Entrepreneurial university」(Clark, 1998) などのいくつかの名称で表現されてきた(羽田貴史, 2004)。Clark によれば企業の大学とは、自大学の活動をいかに行うかについて積極的に変革をすることを模索する大学であり、特徴づける要素として以下の 5 つを挙げている。1) リーダーシップや管理権限のような運営における中心(コア)の強化、2) 大学を取り巻く周辺組織との発展(TLO や起業との教育面の連携)、3) 自由裁量資金の保有、4) 企業の行動の大学内での中心地の促進、5) 起業家的な信念の大学内への普及である。

大学における研究マネジメントの進化

さらに大学の研究活動について、そのマネジメントは大きく変革してきている(Connell, 2004; Hazelkorn et al., 2005)。大学における研究機能の重要性が増し、大学は研究資金を多様な資金源から競争的に獲得し、資金を学内で適切に配分することが求められるとともに、組織を超える学際的な研究や大きな装置を要する研究を実施することが必要とされている。また、優秀な人材を獲得し維持し、若い研究者を不安定な雇用の中で育成していくことも必要である。そのため、大学の研究マネジメントの変化の共通する傾向としては以下があげられる(Connell, 2004)。一つは、大学内の研究マネジメントが専門化していることであり、多くの大学で研究担当の副学長などのシニア職がおかれるとともに、研究管理の専門職人材(URA)もおかれるようになっている。また、組織とし

¹ Birnbaum (1988) は、大学組織の文化を同僚平等的文化 (collegial culture)、官僚的文化 (bureau culture)、政治的文化 (political culture)、無秩序的文化 (anarchical culture) の 4 つのモデルを提示している。

ての戦略的な研究計画の策定であり、組織的に重要研究分野・課題などのプライオリティを定め、資金配分を行い、学内で質の評価を行い、研究成果の商業化をはかる。さらに、研究者のキャリアの育成であり、博士課程学生やポスドクの教育の体系化や、ノンアカデミックキャリアにつくためのトランスファラブルスキルの教育、教員の継続的な能力向上による大学への貢献を維持することである。

4 近年の大学政策

最後に、近年の我が国の大学セクターをめぐる主な政策的動向について概説しておきたい。我が国の大学政策は、1980年代の臨時教育審議会による大学に関わる規制緩和や民間活力導入の提言を大きな契機として、大学の自律性の拡大、それに基づく競争的環境の醸成を促してきた(大場淳, 2009)。特に、1991年の大学設置基準の大綱化は、大学の教育課程の編成等への各種規制を大幅に緩和し、大学が自己責任の下、自由に教育研究を実施していくことを推進した。その後、2000年前後の規制改革における「事前規制から事後チェックへ」という大きな流れの中で一連の大学改革は加速化し、私立大学の設置認可制度の緩和(2003年)、専門職大学院の創設(2004年)、国立大学の法人化(2004年)、認証評価制度の創設(2004年)をはじめとする制度改正がこの時期に重ねて実施された。

特に、明治以来の日本の大学制度の歴史の中で一つの大きな転換点となったのが、2004年の国立大学の法人化である。この制度改革により、これまで行政機構の一部であった国立大学には法人格が付与され、行政機構から独立した法人となった。これにより、学長の権限が強化されるとともに、役員会、経営協議会、監事等の責任体制が明確にされ、国立大学は、制度的には自己責任と自主性に基づく経営体となった。また、財務面でも従来の国立学校特別会計が廃止され、運営費交付金がブロックグラントとして配賦されたことで自律性が促された。一方、大学の運営や施設整備に関わる資金の主要部分は政府から賄われている中、運営費交付金には効率化係数がかかけられ、法人化移行、漸減してきた。また、国立大学法人は、文部科学大臣が定めた6年間の中期目標に基づき中期計画を定めることが制度上義務付けられ、その達成度が評価されることとされており、政府の間接的な管理下に置かれている状況にある。

近年では、運営費交付金が減少する中で、卓越した教育研究拠点の形成や大学の国際化を重点的に支援するため、競争的な補助金事業等が政策的に展開されており、21世紀COEプログラム(2002年より開始)、グローバルCOEプログラム(2007年より開始)、研究大学強化促進事業(2013年より開始)、国際化拠点事業(グローバル30: 2009年より開始)、スーパーグローバル大学創生支援事業(2014年より開始)、指定国立大学(2017年より開始)などの事業が推進されている。

References

- Altbach, P. G. (2001). The American academic model in comparative perspective. In Gumport, P. J. and Johnstone, D. B., editors, *In defense of American higher education*, pages 11–

37. Johns Hopkins University Press. <https://books.google.co.jp/books?id=bUcfz-xGr2EC&pg=PA55&lpg=PA55&dq=The+American+academic+model+in+comparative+perspective&source=bl&ots=iW2oFQEnsZ&sig=06J18xvKBnsErIlhXM2AG9k9dDY&hl=ja&sa=X&ved=0ahUKEwjPmKb38ZrcAhWET7wKHR4WCZQQ6AEINDAB>.
- Altbach, P. G. and Balán, J. (2007). *World class worldwide: Transforming research universities in Asia and Latin America*. Johns Hopkins University Press. <https://jhupbooks.press.jhu.edu/content/world-class-worldwide>.
- Bell, D. (1973). *The coming of post-industrial society. A venture in social forecasting*. Basic Books. (内田忠夫他訳 (1975)「脱工業社会の到来 (上)(下)」ダイヤモンド社) https://books.google.co.jp/books/about/The_Coming_of_Post_industrial_Society.html?id=hLS6AAAAIAAJ&redir_esc=y.
- Ben-David, J. (1977). *Centers of learning: Britain, France, Germany, United States*. Routledge. (天城勲訳 (1982)「学問の府:原典としての英仏独米の大学」サイマル出版会) <https://www.taylorfrancis.com/books/9781351529662>.
- Birnbaum, R. (1988). *How colleges work: The cybernetics of academic organization and leadership*. Jossey-Bass. (高橋靖直訳 (1992)「大学経営とリーダーシップ」玉川大学出版) <https://eric.ed.gov/?id=ED301114>.
- Clark, B. R. (1998). *Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Pathways of Transformation. Issues in Higher Education*. Elsevier Science Regional Sales. <https://eric.ed.gov/?id=ED421938>.
- Connell, H. (2004). *University Research Management: Meeting the Institutional Challenge*. OECD. <https://searchworks.stanford.edu/view/5962380>.
- Drucker, P. F. (1969). *The Age of Discontinuity: Guidelines to Our Changing Society*. Harper and Row. (上田惇生訳 (2007)「断絶の時代」ダイヤモンド社) <https://www.elsevier.com/books/the-age-of-discontinuity/drucker/978-0-434-90395-5>.
- Geiger, L. R. (2015). *The history of American Higher Education: Learning and Culture from Founding to World War II*. Princeton University Press. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt7ztpf4>.
- Geuna, A. and Rossi, F. (2015). *The university and the economy: Pathways to growth and economic development*. Edward Elgar Publishing. <https://www.e-elgar.com/shop/the-university-and-the-economy>.
- Haskins, C. H. (2001). *The rise of universities*. Transaction Publishers. (青木靖三・三浦常司訳 (2009)「大学の起源」八坂書房) <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315134659>.
- Hazelkorn, E., Organisation for Economic Co-operation, and Development (2005). *University research management: Developing research in new institutions. Technical report*, OECD. <http://www.oecd.org/education/imhe/universityresearchmanagementdevelopingresearchinnewinstitutions.htm>.

- Hicks, D. (2012). Performance-based university research funding systems. *Research policy*, 41(2):251–261. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.09.007>.
- Kezar, A. (2001). *Understanding and Facilitating Organizational Change in the 21st Century: Recent Research and Conceptualizations*, volume 28. John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-us/Understanding+and+Facilitating+Organizational+Change+in+the+21st+Century%3A+Recent+Research+and+Conceptualizations%3A+ASHE+ERIC+Higher+Education+Report%2C+Volume+28%2C+Number+4-p-9780787958374>.
- Liu, N. C. (2007). Research universities in china: Differentiation, classification, and future world-class status. In Altbach, P. G. and Balán, J., editors, *World class worldwide: Transforming research universities in Asia and Latin America*, pages 54–69. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. <https://muse.jhu.edu/book/3387>.
- Neave, G. (1988). On the cultivation of quality, efficiency and enterprise: an overview of recent trends in higher education in western europe. *European Journal of Education*, pages 7–23. <https://doi.org/10.2307/1502961>.
- OECD (1996). The Knowledge-Based Economy. Technical report, OECD. <https://www.oecd.org/sti/sci-tech/1913021.pdf>.
- OECD (2010). Performance-based Funding for Public Research in Tertiary Education Institutions:workshop Proceedings. Technical report, OECD. <http://www.oecd.org/sti/sci-tech/performance-basedfundingforpublicresearchintertiaryeducationinstitutionsworkshopproceedings.htm>.
- Perkin, H. (2006). History of universities. In *International handbook of higher education*, volume 18, pages 159–205. Springer Netherlands. <https://www.springer.com/gp/book/9781402040115>.
- Salmi, J. (2009). *The challenge of establishing world-class universities*. World Bank Publications. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2600>.
- Slaughter, S. and Leslie, L. L., editors (1997). *Academic capitalism: Politics, policies, and the entrepreneurial university*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. (成定薫監訳 (2012)「アカデミック・キャピタリズム」法政大学出版局) <https://eric.ed.gov/?id=ED409816>.
- Teichler, U. (2005). New patterns of diversity in higher education. In *Governing Knowledge*, pages 97–112. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-3504-7_7.
- Trow, M. (1973). Problems in the Transition from Elite to Mass Higher Education. ERIC ED091983, Carnegie Commission on Higher Education, Berkley. <https://eric.ed.gov/?id=ED091983>.
- UNESCO (2005). *Towards Knowledge Societies*. UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001418/141843e.pdf>.
- Välimaa, J. and Hoffman, D. (2008). Knowledge society discourse and higher education. *Higher Education*, 56(3):265–285. <https://doi.org/10.1007/s10734-008-9123-7>.

- Van Vught, F. (2008). Mission Diversity and Reputation in Higher Education. *Higher Education Policy*, 21(2):151–174. <https://doi.org/10.1057/hep.2008.5>; <https://link.springer.com/article/10.1057/hep.2008.5>.
- 羽田貴史 (2004). 企業の大学経営と集権的分権化. 大学論集, 34:21–40. <http://rihejoho.hiroshima-u.ac.jp/ron/ron34.html>.
- 大場淳 (2009). 日本における高等教育の市場化. 教育学研究, 76(2):185–196. <http://home.hiroshima-u.ac.jp/oba/docs/kyoikugakukenkyl076-2.pdf>.
- 大場淳 (2011). 知識基盤社会と大学教育:欧州における取組から. In 「知識基盤社会と大学・大学院改革」戦略的研究プロジェクトシリーズ V, volume 5, pages 39–65. 広島大学高等教育研究開発センター (編). https://home.hiroshima-u.ac.jp/oba/docs/kbs&university_education2011.pdf.

1.1.2 大学からの知の移転メカニズム

隅藏康一*

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

大学は、教育と学術研究という従来からの基本的使命に加え、社会へのより直接的な貢献をいわば「第三の使命」として位置づけ、取り組むことが求められる。本節では、産学連携による大学から産業界への知の移転をテーマとして、研究プロジェクトの目的による分類、アカデミック・リサーチのイノベーションに対する貢献、米国におけるバイ・ドール法の影響の評価などについて述べる。

キーワード

産学連携、知的財産権、TLO、大学知的財産本部、パストツール象限、アカデミック・リサーチに基づくイノベーション、バイ・ドール法

本文

1 イントロダクション

「学」のセクターである大学における研究活動のうち、産業応用できる研究については、その成果を実際に産業界で活用できるようにすべきであるということに、異論の余地はないだろう。大学は最終製品の製造までは行わないため、研究成果を「産」セクターで活用して社会還元するには、「産学連携」により大学で生まれた知を産業界に移転し、新たな製品・サービスやプロセスの創生(すなわちプロダクト・イノベーションやプロセス・イノベーション)につなげることが不可欠である。また大学の側としても、企業に蓄積された技術的知識を入手したり、新製品開発に対するニーズを汲み入れたりすることで、研究活動に有用な知を獲得することができる。

このような産学間の知の移転の形態としては、主たるものとして、大学で生まれた研究成果を特定企業・機関に移転するという「技術移転」のアプローチ、大学における研究テーマ設定の段階

* 政策研究大学院大学 教授

から特定の企業のニーズを組み入れた上で研究開発を行うという「共同研究・委受託研究」のアプローチ、ならびに大学で生まれた研究成果を基にベンチャー企業を設立して更なる開発を行うという「大学発ベンチャー」のアプローチを挙げることができる。この他、産官学の複数機関が研究開発コンソーシアム^{*1}を形成する際や、異なるセクターに属する研究者間で公式又は非公式の活動により技術指導やアドバイスが行われる際にもまた、産学の間で知の移転が実現される。また、特定分野の専門性を持つ学生・大学院生・ポストドクターを採用し雇用することによって大学の知が企業に移転するし、産業界の人材が大学で講義・研究指導を行うことによって産業界の知が大学に移転する。

上述した「技術移転」、「共同研究・委受託研究」、「大学発ベンチャー」のいずれの形態の産学連携を行う場合であっても、民間企業が特に重視するのは、大学で生まれた発明を活用して製品化に向けた開発研究を行うにあたって、発明を独占的に使用できるか否かである。この点が、当該企業はその開発研究への投資を行うかどうかを判断するための重要な材料となる。開発がうまくいったとしても、他の企業も同じ製品を開発してしまったとしたら、市場のシェアをおさえることができず、投資が無駄になってしまう可能性があるからである。このような独占的な使用が可能になるためには、その前提として、大学で生まれた発明が特許権の形で権利化されていることが必要である。そのため、特許権をはじめとする知的財産権の獲得とそれを主導できる人材の活動^{*2}は、産学連携の成功を考える上で重要な要素となっている。

2 日本における関連政策^{*3}

1995 年 11 月の科学技術基本法の成立、ならびに 1996 年 7 月の第一期科学技術基本計画の閣議決定を経て、1990 年代後半の産学連携関連施策は、経済再生を実現するための技術革新の源としての大学への期待と、景気低迷の中で増大した大学の研究費を社会に還元する必要性の高まりの中で、進められることとなった。

大学発明の特許化のシンボルとして日本において技術移転機関（以下 TLO:米国では OTL と呼ばれることが多いが、本稿では米国の技術移転機関に対しても一律に TLO と記述する）が登場したのは、1998 年のことであった。同年の「大学等における技術に関する研究成果の民間事業者への移転の促進に関する法律」（通称「大学等技術移転促進法」）では、「承認 TLO」として政府の承認を得るための条件が示された。この年に TLO として最初に 4 つの機関が、同法に基づく承認を受けた。

特許出願手続きや特許権の使用許諾（ライセンス供与）は、発明者である大学教員自身でも行えるが、ほとんどの教員はそうしたノウハウを身につけていないため、教員に代わって、特許出願すべきかどうかの判断、特許出願、ならびにライセンス供与を行う組織が必要である。それを担うのが、TLO である。TLO の主たる機能は、その名のとおり大学から民間企業への「技術移転」である。典型的な TLO の活動は、大学の研究室からの報告を受けて発明を把握し、その発明の特許出

^{*1}研究開発コンソーシアムの解説として、たとえば、[独立行政法人工業所有権情報・研修館 \(2010\)](#) を参照。

^{*2}その経緯をまとめたものとして、[高橋真木子・古澤陽子・枝村一磨・隅藏康一 \(2018\)](#) がある。

^{*3}本節の記述は、[隅藏康一 \(2003\)](#) の一部に加筆修正を加えたものである。

願するかどうかの判断をし、外部の特許事務所などと連携して特許出願を行い、特許出願した発明を特定の企業に売り込み、ライセンス契約を締結するというものである。得られたライセンス収入は、TLO が実費と管理費用を差し引いた後は、大学・学部・発明者の研究室・発明者個人などに一定比率で還元される。TLO で技術移転を行う専門スタッフは、どの企業がどのような技術を欲しているかを知った上で、新技術に基づく事業提案を行う。このように TLO の機能は基本的に、大学の知を産業界に移転するという「学から産への技術移転」の流れをになうものであるが、機関によっては、企業ニーズを汲んだ上でそれを満たすことができそうな大学研究者を紹介することや、大学発ベンチャーの設立を支援する機能なども実質的に担っている場合もある。

1999 年には、産業活力再生特別措置法の第 30 条として、受託者が一定の条件を満たす場合に、各省庁が政府資金を供与して行っている全ての委託研究開発に係る知的財産権について、100% 受託企業に帰属させ得るとする、いわゆる日本版バイ・ドール条項が定められた。一定の条件とは、「(i) 研究成果が得られた場合には国に報告すること。(ii) 国が公共の利益のために必要がある場合に、当該知的所有権を無償で国に実施許諾すること。(iii) 当該知的所有権を相当期間利用していない場合に、国の要請に基づいて第三者に当該知的所有権を実施許諾すること。」である。しかしながら、この時点で国立大学は法人格を持っていなかったため、この条項が適用される対象とはなっていなかった。そのため、国立大学で生まれた発明に対して、特許を受ける権利は個人帰属又は国帰属となり、いずれに該当するかは発明委員会で決定された。大学が機関として特許の保有者となりその管理を行うことができない体制であった。なお、日本版バイ・ドール条項はその後 2007 年から産業技術力強化法の第 19 条に移管された。

2002 年には、知的財産戦略大綱、ならびに知的財産基本法が制定された。同法 13 条には、「大学等における知的財産に関する専門的知識を有する人材を活用した体制の整備、知的財産権に係る設定の登録その他の手続きの改善」等を進める旨が記されている。基本法を受けて 2003 年 3 月に設置された政府の知的財産戦略本部は、同年 7 月に後述の「推進計画」を発表することとなる。

2002 年には、文部科学省の「知的財産ワーキング・グループ」において、国立大学法人化後の特許権等の帰属の見直しや、特許管理のあり方についての検討が行われた。11 月に発表された「知的財産ワーキング・グループ報告書」^{*4}には、「大学においては、人間社会にとっての普遍的存在であると同時に時代とともに生きる社会的存在として、教育と学術研究という従来からの基本的使命に加え、社会へのより直接的な貢献をいわば「第三の使命」として位置づけ、正面から取り組んでゆくことが必要である。」と記されている。また、同報告書では、「知的財産に係る権利等の帰属については機関帰属を原則」とすべきである旨が述べられており、その約 1 年半後に実施された国立大学法人化の先鞭をつけるものであった。

2003 年 7 月は、日本の国立大学が歴史的な転換点を迎えた月となった。2003 年 7 月 8 日、政府の知的財産戦略本部により「知的財産の創造、保護、活用に関する推進計画」が発表された。翌 9 日には、国立大学法人法案が参院本会議で可決され、成立した。7 月 15 日には、文部科学省よ

^{*4}科学技術・学術審議会 技術・研究基盤部会 産学官連携推進委員会 知的財産ワーキング・グループ「知的財産ワーキング・グループ報告書」(2002 年)、3 頁

り、「大学知的財産本部整備事業」の採択機関 43 件^{*5}が発表された。「国立大学法人法案」により、2004 年 4 月の法人化以降は、各国立大学法人において知的財産権の保有・管理を独自に行うことが可能となった。そして、国立大学法人は「大学知的財産本部」等の組織を大学内部に設置し、知的財産の管理を行うことになった。

3 基本的な概念と論点^{*6}

3.1 科学技術のモード論

小林信一 (1999) は、「産学連携を推進することは、科学技術活動とはどのようなものか、社会の中における科学技術活動の役割は何か、他の制度や組織とどのような関係にあるべきか、といった科学技術観を根本的に問い直すことである。大学のあり方、国全体の研究活動のあり方、さらには科学技術政策のあり方などの見直しに連なる本質的な問いである。」と述べている。

ギボンズらによると、科学技術活動には 2 種類の様式があり、特定の学問領域の論理に従って行われるモード 1 と、解決すべき課題が先にありそのために研究活動が行われるモード 2 に分類される (Gibbons et al. (1994))。小林信一 (1999) によると、米国では従来、比較的自由に研究活動が行われ、その成果の活用についてはほとんど気にかけなくてよい状況であったが、冷戦から経済競争の時代へと転回した 1970 年代後半からは産業競争力の強化への貢献が求められるようになり、研究資金の配分もそのような観点から行われるようになったため、研究活動の様式としてモード 2 が広がっていった。

2016 年度にノーベル医学生理学賞を受賞した大隅良典教授は、受賞決定後のインタビュー (Yoshida (2016)) の中で、何かに役立つ研究成果を出さねばならないというプレッシャー下に置かれている現在の日本の研究者の状況を憂い、基礎科学の研究成果が何かに役立つことが分かるまでには 10 年、100 年という長い年月がかかるかもしれないと述べた。モード 1 の研究活動の重要性を再認識させるための警鐘であり、重要なコメントである。一方で、モード 2 のみならずモード 1 の研究活動の成果の中にも、何かに役立つ可能性がみられることがあり、そのような場合には将来的な社会における活用やビジネス展開を考えて特許出願を行うなどの対応をしておくことが望まれる。現在の日本の多くの大学においては、研究者が発明をした場合に、発明届けを大学知的財産本部等に提出することが義務付けられているため、発明届けを受けてその発明の今後の可能性を評価・審議する担当者の目利き能力を醸成することにより、モード 1 の研究成果を社会において活用する可能性が高まるものと期待される。

^{*5}「大学知的財産本部整備事業」として 34 件、それに付随する「特色ある知的財産の管理・活用機能支援プログラム」として 9 件が採択された

^{*6}本節のうち 3.3 と 3.5 の記述は、隅藏康一・齋藤裕美 (2014) の一部に加筆修正を加えたものである。

3.2 Stokes の分類

大学における自然科学分野の研究プロジェクトの中には、すぐには応用に結びつかない基礎研究もあれば、社会的ニーズに即した応用研究もある。Stokes (1997) は、研究プロジェクトの目的を、根本的な自然現象の理解を追求するか否か、ならびに、実社会の特定の問題解決を目指すか否か、という 2 つの軸で 4 象限に分類した。このうち、根本的な自然現象の理解を追求し、実社会の特定の問題解決は目指さないという「純粋な基礎研究」を、ボーアの象限と呼んだ。一方、根本的な自然現象の理解を追求せず、実社会の特定の問題解決を目指すという「純粋な応用研究」を、エジソンの象限と呼んだ。これらの他に、根本的な自然現象の理解を追求し、なおかつ実社会の特定の問題解決を目指すという「目的に導かれた基礎研究」が存在し、これをパストールの象限と呼んだ。

Nagaoka et al. (2011) は、日本ならびに米国で発明者に対するアンケート調査を実施し、高引用度の論文を生み出した研究プロジェクトのうちどの程度の割合がそれぞれのタイプに該当するかを調べたところ、日本においては、ボーア型が 45%、パストール型が 15%、エジソン型が 15% であり、米国においては、ボーア型が 46%、パストール型が 33%、エジソン型が 11% であった。産学連携により効果的に社会還元されると期待されるパストール型の研究プロジェクトの割合は、日本では米国の半分以下であることが明らかとなった。

3.3 米国におけるバイ・ドール法のインパクト

日本において 1990 年代後半以降に産学連携を促進するための政策が構築される際、一つの「お手本」となったのは、1980 年代以降に大学の研究の特許化を推進してきた米国の体制であった。米国の大学からの技術移転に関する法整備の一つが、1980 年に制定されたバイ・ドール法であり、これは米国特許法を一部改正するための法律である。それまで大学において政府資金(大学の研究費の 70 % 以上に相当した)で行われた発明の特許権は政府に帰属し、非独占的なライセンス供与しか認められていなかった Loise and Stevens (2010)。バイ・ドール法により、政府資金を用いた研究によって生じた発明に対する特許権を、資金を受領して研究を行った機関(大学等の非営利組織や、小規模企業)が保有することが可能となった。技術移転のための TLO を持つ大学はバイ・ドール法の制定前は 23 であったが、その急速に増え、今ではほとんどの主要な研究機関が TLO を有しており、米国だけでも 200 以上の TLO がある Loise and Stevens (2010)。

バイ・ドール法の評価については、様々な意見がある。^{*7} バイ・ドール法がもたらしたインパクトとして、Roessner et al. (2009) は、1996 年から 2007 年までの間に、大学からライセンスを受けて作られた製品が 279,000 人の雇用を生み出し、学術機関からの技術移転が米国の GDP に対して 1870 億ドルの貢献をしたと述べている。一方、Mowery et al. (2001) は、バイ・ドール法の効果について検討するために、カリフォルニア大学、スタンフォード大学、コロンビア大学の 3 校を対象

^{*7}Loise and Stevens (2010) や Grimaldi et al. (2011) や古谷真帆・渡部俊也 (2014) も、いくつかの文献を引用しながら、バイ・ドール法に対する様々な意見を記載している。

として分析を行った。その結果として、バイ・ドール法は大学発明の特許化やライセンス活動の増加の背景にあるいくつかの重要な要素の一つにすぎないと結論付けている。

3.4 デス・バレーとダーウィンの海

大学等における基礎研究と、民間企業による応用研究・開発の間には、初期段階の技術開発に対して民間の投資を得ることが難しい「死の谷」(Valley of Death) と呼ばれるギャップが存在する。「死の谷」とはカリフォルニア州にあり現在は国立公園となっているデス・バレーに由来する呼称であり、簡単に通過することができないという意味で使われている。論文発表された基礎研究に追加実験を加えて、企業が導入を検討することができる状態にまで持っていく段階が、この「死の谷」に含まれるものと考えられる。このような段階の研究は、資金を得にくいのみならず、論文になりにくいものが多いため学術機関の研究者にとってはインセンティブに乏しいケースも多々ある。一方で、学術機関の研究者が大学からスピンオフしたベンチャー企業を設立して、この段階の技術開発に取り組んでいる事例もある。政府の取り組みとしては、この段階の技術開発に対する大学と企業の共同研究開発や、複数の機関がコンソーシアムを組んで研究開発を行うことに対し、資金を助成するプログラムを作ることにより、死の谷を克服するための有効な一助とすることができるであろう。

Loise and Stevens (2010) によると、少なくとも、1985 年の Fawcett (1985) の中に、Valley of Death という用語が見受けられる。Fawcett (1985) においては、どのプロジェクトにも、しばし用いられる Valley of Death の段階があると述べられており、越えねばならない技術的なハードルという意味で Valley of Death という用語が用いられている。一方、それより後の COMMITTEE ON SCIENCE (1998) では、政府資金による基礎研究と民間資金による応用研究・開発の間の資金調達が困難なギャップという意味で、Vern Ehlers 議員により Valley of Death という用語が用いられている。

Branscomb and Auerswald (2001) は、実際の基礎研究とビジネスの間のイメージは、「死の谷」という不毛の地を進んでいくというよりはむしろ、数多くの新しい技術的アイデアやビジネスプランが生存競争を繰り広げている「ダーウィンの海」の中をビジネスの成功を目指して幾度となく荒波にもまれながら航海することであると述べた。言い換えると「ダーウィンの海」は発明とイノベーションの間に存在するものとされる。

日本においては、基礎研究からイノベーションへの展開として、「死の谷」を越えたらその次の段階として「ダーウィンの海」を越えなくてはならないという説明がなされている場合があるが、Branscomb and Auerswald (2001) の趣旨はそうではなく、あくまでも「死の谷」に代わる概念として「ダーウィンの海」が提唱されている。^{*8}

^{*8}児玉文雄は、2005 年 2 月 1 日の RIETI における講演「イノベーションに関する「死の谷」問題を巡る議論について」の中で、日本においてこのような誤解が生じていることについて述べている。<http://www.rieti.go.jp/jp/events/bbl/05020101.html>(2017 年 10 月 27 日アクセス)

3.5 アカデミック・リサーチのイノベーションへの貢献

Cohen and Levinthal (1990) によると、企業にとって、イノベーションを実現させる能力を高めるためには、外部にある新しい情報の価値を認識して吸収し商業的に応用する力、すなわち吸収能力 (absorptive capacity) を養う必要がある。企業が自社内で基礎研究を行うことは、当該企業の知識基盤を広げ、外部にある新しい知識を見出してそれを理解し、新たな技術開発のために利用することにつながるため、吸収能力の向上に貢献する。

それでは、企業にとっての外部知識の中で、大学における基礎研究の成果は、企業のイノベーション創出にどの程度貢献しているか。この設問に対してエビデンスに基づいた明確な回答を示そうとする研究が、様々なアプローチにより行われてきた。Jaffe (1989) は、企業の特許出願、研究開発費、ならびに大学の研究費に関して、米国の州ごとの時系列データを分析し、大学の研究費と企業の特許出願との間に正の相関を見出した。Mansfield (1991)、Mansfield (1998) の企業アンケート調査の結果によると、アカデミック・リサーチの成果がなければ新しい製品の 13~15% は開発され得なかったか、あるいはその登場が著しく遅れていたであろうと指摘されている。また、Narin et al. (1997) は、米国企業の特許が引用している学術論文のうち 73% が大学・政府機関・公的研究機関によるものであり、アカデミック・リサーチの産業界への寄与が大きいことを示した。

3.6 医薬品・バイオテクノロジー分野の特徴

Mansfield (1991)、Mansfield (1998) の調査結果から、基礎研究で生み出された知見が産業応用につながる可能性がとりわけ高い業種と考えられているのが、医薬品・医療関連製品 (Drugs and medical products) であり、アカデミック・リサーチの成果がなければ開発され得なかった製品の割合として、1986~94 年を対象とした調査では調査した全業種の平均が 15% であったのに対し、医薬品・医療関連製品では 31% となり、調査した全業種の中で最大の値を示した。

Klevorick et al. (1995) によるサーベイの結果の中でも、科学がビジネスに最も近い業種として医薬品が挙げられている。McMillan et al. (2000) は、米国の株式公開しているバイオテクノロジー企業の特許の引用文献を分析し、バイオテクノロジー企業は他の業種の企業よりも公的研究・基礎科学への依存度が高いことを示している。これらの結果から、製薬・バイオ関連の企業においてアカデミック・リサーチとイノベーションの結びつきが他の業種の企業よりも強いことが明らかとなっている。

先述のように、企業が外部知識の吸収能力を高めるための手段として、自社内で基礎研究を行うことが有効であるとされている Cohen and Levinthal (1990) が、その後の製薬企業に対するインタビュー調査から、公的な研究資金を受けた研究の成果を活用しようとする企業は、単に自社内の基礎研究に投資するだけではなく、公的な研究資金を受けた研究者と積極的に共同研究しなくてはならないことが示された Cockburn and Henderson (1998)。Cockburn and Henderson (1998) は、さらに、共同研究の程度の指標として製薬企業と公的研究資金を受けた研究者間の共著論文数に着目

し、この指標が企業側の研究成果 (研究費あたりの重要特許数) と正の相関を持つことを示した。

Saito and Sumikura (2010) は、大学等と日本の製薬企業による特許の共同出願の状況に基づいて、各企業のアカデミック・リサーチを獲得しようとする傾向の強さを指標化し、この指標を説明変数として分析を行い、アカデミック・リサーチが企業の研究開発のパフォーマンスを向上させることを示した。ただし、アカデミック・リサーチの獲得頻度が新規医薬品の創出数には有意な正の効果を及ぼしているという証拠は見出されておらず、医薬品企業における研究開発と医薬品の創出の間にアカデミック・リサーチの獲得が効果的に作用し得ない不連続な局面が存在することが示唆されている。

こうした製薬・バイオ分野におけるアカデミック・リサーチへの公的支出の経済的・社会的インパクトは、どの程度であろうか。Cockburn and Henderson (2001) は、先行文献をサーベイして分析を行い、米国において医学生命科学 (バイオメディカル) 研究への公的支出の利益率は少なく見積もっても年間約 30% であると述べている。また、Toole (2012) は、生命科学分野のアカデミアの基礎研究に対する米国 NIH (National Institutes of Health) の研究助成に関する 1955 年から 1996 年までのデータ、製薬企業の研究開発投資のデータ、ならびに新薬の創出に関するデータを用いて分析を行った結果、NIH の基礎研究への助成、潜在的な市場規模、産業界の研究開発費は、いずれも新薬の創出に正の貢献をしていることを示している。この研究では、基礎研究への公的支出が 1% 増加すると、新薬の創出が 1.8% 増加するものと見積もられている。実際、アカデミアの研究成果に基づいて創出された医薬品は多数存在する。Stevens et al. (2011) によると、1990 年から 2007 年までの間に FDA (Food and Drug Administration) の承認を受けた医薬品 1541 件のうち 143 件 (9.3%) が大学・公的研究機関の研究を通じて生み出されており、米国ではライフサイエンス研究への公的支出が一定の経済的・社会的インパクトを有していることの証拠となっている。

References

- Branscomb, L. and Auerswald, P. (2001). Taking technical risks: How innovators, executives and investors manage high-tech risks, Cambridge, MA. MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/taking-technical-risks>.
- Cockburn, I. M. and Henderson, R. M. (1998). Absorptive Capacity, Coauthoring Behavior, and the Organization of Research in Drug Discovery. *Journal of Industrial Economics*, 46(2):157–182. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-6451.00067>.
- Cockburn, I. M. and Henderson, R. M. (2001). Publicly Funded Science and the Productivity of the Pharmaceutical Industry. In Jaffe, A. B., Lerner, J., and Stern, S., editors, *Innovation Policy and the Economy*, volume 1, pages 1–34. MIT Press. <http://www.nber.org/chapters/c10775.pdf>.
- Cohen, W. M. and Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1):128–152. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750672238500058>.

- COMMITTEE ON SCIENCE, U.S. HOUSE OF REPRESENTATIVES, O. H. F. C. (1998). Unlocking our future: Toward a new national science policy. <https://www.aaas.org/sites/default/files/migrate/uploads/GPO-CPRT-105hprt105-b.pdf>.
- Fawcett, S. L. (1985). Macro-engineering projects in a free society. *Technology in Society*, 7(4):361–371. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0160791X85900041>.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., and Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Sage. (和訳書:M. ギボンズ編著、小林信一監訳 (1997)「現代社会と知の創造—モード論とは何か—」丸善 https://books.google.com/books/about/The_New_Production_of_Knowledge.html?id=KS_caFqMFoMC).
- Grimaldi, R., Kenney, M., Siegel, D. S., and Wright, M. (2011). 30 years after bayh-dole: Reassessing academic entrepreneurship. *Research Policy*, 40(8):1045–1057. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733311000874>.
- Jaffe, A. B. (1989). Real effects of academic research. *The American Economic Review*, pages 957–970. http://dimetic.dime-eu.org/dimetic_files/JaffeAER1989.pdf.
- Klevorick, A. K., Levin, R. C., Nelson, R. R., and Winter, S. G. (1995). On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research policy*, 24(2):185–205. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004873339300762I>.
- Loise, V. and Stevens, A. J. (2010). The Bayh-Dole Act turns 30. *Science translational medicine*, 2(52):52–27. <http://stm.sciencemag.org/content/2/52/52cm27.short>.
- Mansfield, E. (1991). Academic research and industrial innovation. *Research policy*, 20(1):1–12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004873339190080A>.
- Mansfield, E. (1998). Academic research and industrial innovation: An update of empirical findings. *Research policy*, 26(7-8):773–776. http://sjbae.pbworks.com/f/Mansfield_1998.pdf.
- McMillan, G. S., Narin, F., and Deeds, D. L. (2000). An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology. *Research policy*, 29(1):1–8. <http://www.sristi.org/material/9.2an%20analysis.pdf>.
- Mowery, D. C., Nelson, R. R., Sampat, B. N., and Ziedonis, A. A. (2001). The growth of patenting and licensing by u.s. universities: an assessment of the effects of the bayh-dole act of 1980. *Research policy*, 30(1):99–119. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733399001006>.
- Nagaoka, S., Igami, M., Walsh, J. P., and Ijichi, T. (2011). Knowledge Creation Process in Science: Key Comparative Findings from the Hitotsubashi-NISTEP-Georgia Tech Scientists’ Survey in Japan and the US. IIR Working Paper No. 11-09, Institute of Innovation Research, Hitotsubashi University. http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/19402/3/070iirWP11_09.pdf.
- Narin, F., Hamilton, K. S., and Olivastro, D. (1997). The increasing linkage between us technology

- and public science. *Research policy*, 26(3):317–330. https://www.researchgate.net/profile/Francis_Narin/publication/247909063_The_increasing_link_between_U-S_technology_and_public_science/links/56aaf7c08aeadd1bdcafd88/The-increasing-link-between-U-S-technology-and-public-science.pdf.
- Roessner, D., Bond, J., Okubo, S., and Planting, M. (2009). The Economic Impact of Licensed Commercial Inventions Resulting from University Research, 1996-2007. Final Report to the Biotechnology Industry Organization https://www.bio.org/sites/default/files/Study_on_Economic_Impact_Bayh-Dole.pdf.
- Saito, H. and Sumikura, K. (2010). An empirical analysis on absorptive capacity based on linkage with academia. *International Journal of Innovation Management*, 14(3):491–509. https://www.researchgate.net/publication/46510867_An_empirical_analysis_on_absorptive_capacity_based_on_linkage_with_academia.
- Stevens, A. J., Jensen, J. J., Wyller, K., Kilgore, P. C., Chatterjee, S., and Rohrbaugh, M. L. (2011). The Role of public-sector research in the discovery of drugs and vaccines. *New England Journal of Medicine*, 364(6):535–541. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMsa1008268>.
- Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's Quadrant - Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press. https://books.google.co.jp/books/about/Pasteur_s_Quadrant.html?id=TLKDbvJX86YC&redir_esc=y; <https://philpapers.org/rec/STOPQB>.
- Toole, A. A. (2012). The impact of public basic research on industrial innovation: Evidence from the pharmaceutical industry. *Research Policy*, 41. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873331100117X>.
- Yoshida, R. (2016). Nobel winner yoshinori ohsumi urges investment in science. *The Japan Times News*. <https://www.japantimes.co.jp/news/2016/10/04/national/science-health/nobel-winner-yoshinori-ohsumi-urges-investment-science/>.
- Zucker, L. G. and Darby, M. R. (2001). Capturing technological opportunity via japan's star scientists: Evidence from japanese firms' biotech patents and products. *The journal of Technology transfer*, 26(1-2):37–58. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1007832127813>.
- Zucker, L. G., Darby, M. R., and Armstrong, J. S. (2002). Commercializing knowledge: University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management science*, 48(1):138–153. <https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/mnsc.48.1.138.14274>.
- 隅藏康一 (2003). 知的財産権を目利きする『円錐型人材』が日本を変える:大学は『知的財産』とどのように向き合うべきか. *イリユーム*, 30:4. <https://ci.nii.ac.jp/naid/10021357020/>.
- 隅藏康一・齋藤裕美 (2014). アカデミック・ナレッジはイノベーションに貢献しているか?—ライフサイエンスに基づく製薬・バイオのイノベーション創出に向けて—. In 日本知財学会知財学ゼミナール編集委員会 (編) 「知的財産イノベーション研究の展望 明日を創造する知財学」, pages 209–235. 白桃書房. <http://www.hakutou.co.jp/book/b186001.html>.

- 古谷真帆・渡部俊也 (2014). バイドール制度の各国比較. http://pari.u-tokyo.ac.jp/unit/iam/outcomes/pdf/papers_140819furuya.pdf.
- 高橋真木子・古澤陽子・枝村一磨・隅藏康一 (2018). 日本のアカデミアにおける研究推進・活用人材-競合から協働へ向かう産学官連携コーディネータと URA-. GRIPS DISCUSSION PAPER 18-11, GRIPS. https://grips.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1648&file_id=20&file_no=1.
- 小林信一 (1999). 科学技術のモード論の背景と展開. まてりあ, 38(11):830-833. <https://doi.org/10.2320/materia.38.830>.
- 独立行政法人工業所有権情報・研修館 (2010). 研究開発コンソーシアムにおける知財プロデューサの在り方に関する研究会 報告書. Technical report, 独立行政法人工業所有権情報・研修館. <https://www.inpit.go.jp/content/100165200.pdf>.

関連データ・ソース

- 大学等における産学連携等実施状況について (2003 年度～2017 年度、各年度)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/sangaku/sangakub.htm

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

- 政策研究大学院大学 講義 Policy for Higher Education and University-Industry Cooperation(担当:隅藏康一)
- 政策研究大学院大学 講義 Roles of Intellectual Property Rights in Globalized World (担当:隅藏康一)
- 政策研究大学院大学 政策研究プロジェクトセンター リサーチ・プロジェクト「大学の専門スタッフが外部資金獲得や産学連携活動に及ぼす効果に関する研究プロジェクト」(2016 年度～2017 年度、研究代表者:隅藏康一)
- 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「大学の研究資源獲得と研究成果創出・社会還元に関する決定要因の分析」(2018 年度～2021 年度、研究代表者:隅藏康一)
- 政策研究大学院大学 政策研究プロジェクトセンター 長期学術会議支援事業「産学連携人材の育成に関する研究会 (知的財産マネジメント研究会:Society for Management of Intellectual Properties ; 略称 Smips)」(2009 年度～2019 年度、事業代表者:隅藏康一) ※研究会自体は 2000 年 4 月から開催されている。<http://www.smips.jp/>

1.1.3 大学発ベンチャー

牧兼充* 吉岡(小林)徹†

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のプロセスにおいて、研究を社会に還元する具体的な仕組みの一つが「大学発ベンチャー」である。米国では、大学発ベンチャー企業は、他のベンチャー企業に比較してパフォーマンスの高い企業であることが複数の研究によって確認されており、本来であれば実用化できなかった技術を商業化する存在として認識されている。従って、その成功のメカニズムを探索することは、日本においても社会的な意義が大きい。本稿では、大学発ベンチャー企業に関する既存の研究についてレビューを行うと共に、政策形成において重要となる大学発ベンチャーの成功のためのメカニズムについてまとめる。

キーワード

大学発ベンチャー、技術特性、創業チーム、資金調達

本文

1 イントロダクション

科学技術イノベーションのプロセスにおいて、研究を社会に還元する具体的な仕組みの一つが「大学発ベンチャー」である。図 1 は、大学発ベンチャーに関する学術論文の出版数の推移である(Rothaermel et al., 2007)。この図 1 から明らかなように、大学発ベンチャーに関する研究は年を追うごとに増加しており、学術領域としての注目の高さを伺うことができる。アカデミアにおいて、大学発ベンチャーに関する研究が注目されている背景には、研究者である大学教員に身近でありデータが得られやすい、ということ以外にも、大学発ベンチャーそのものの重要性がある。

* 早稲田大学大学院経営管理研究科准教授、政策研究大学院大学前助教授

† 一橋大学イノベーション研究センター 講師／前・東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻 特任助教／文部科学省科学技術・学術政策研究所 客員研究官

Shane and Stuart (2002) によると、大学発ベンチャー企業は、他の独立系ベンチャー企業に比較してパフォーマンスの高い企業であるとされている。他方で Ensley and Hmieleski (2005) は、独立系のベンチャー企業と比べると収益率は低い傾向にあることを実証している。このようにパフォーマンスそのものについては評価は別れているものの、本来であれば実用化できなかった技術を商業化する存在としての役割は大きい。従って、その成功のメカニズムを探索することは、社会的な意義がある。

政策担当者にとっては、大学発ベンチャー育成は、経済発展を促すために有効な手法である。革新的な技術によって新たな経済的価値を産み、雇用を創出し、地域経済の発展を促す。大学経営者にとっては、大学発ベンチャーは、不確実性の高い技術を商業化するための効果的な手段であると共に、大学に資金をもたらすという点で、大学の本来的な使命である研究・教育活動をより充実させる。少なくとも、大学発ベンチャーの創出は大学にとっての利益率が高い。例えばカナダの研究者に対する調査では、設立後3年で研究資金が57%増加していた (Doutriaux and Barker, 1995)。

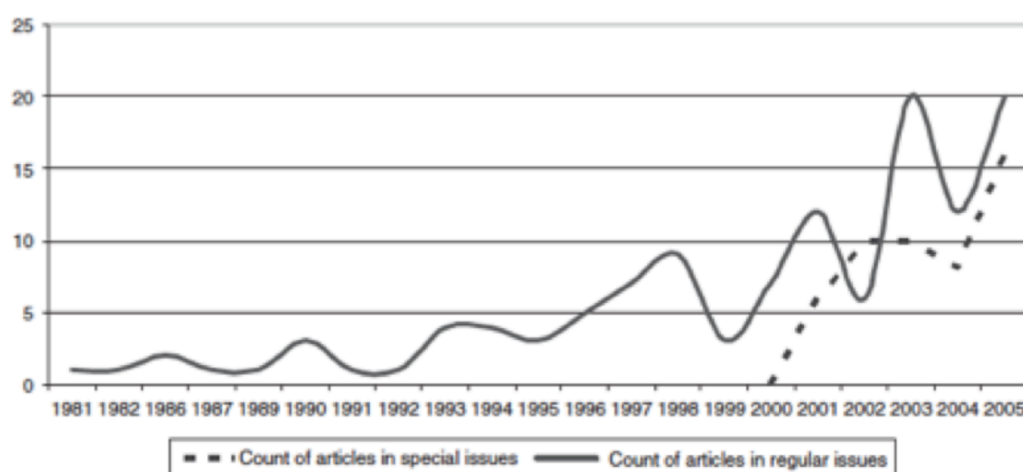


図1 「大学発ベンチャー」関連論文数の推移
出典：Rothaermel et al. (2007)

我が国における大学発ベンチャー育成は、科学技術イノベーション政策における柱の一つとして位置付けられてきた。1998年の大学技術移転促進法(TLO法)、2001年の経済産業省による「大学発ベンチャー1000社計画」からスタートし、2015年末現在で、大学発ベンチャー企業が1,773社設立され、一定の成果を上げたと言える。しかしながら、その大学発ベンチャーの有効性に関する検証は、十分に行われておらず、引き続き検証が必要である。

大学発ベンチャーの有効性の評価は、我が国に限らず、国際的に共通の課題である。

その評価が十分に行われていない背景には、適切なデータセットの欠如がある(Rothaermel et al. 2007, Shane 2004)。大学発ベンチャー企業のデータセットは、(1) サンプルサイズが小さい、(2) 網羅的なデータがない(変数が少ない)、(3) 成功バイアス(現時点で生き残っている企業しかデータを

集めることができない)、といった課題がある。従って、先行研究の多くはケーススタディ (定性研究) に依存しており、「客観的根拠 (エビデンス)」としては今後も蓄積が必要である。

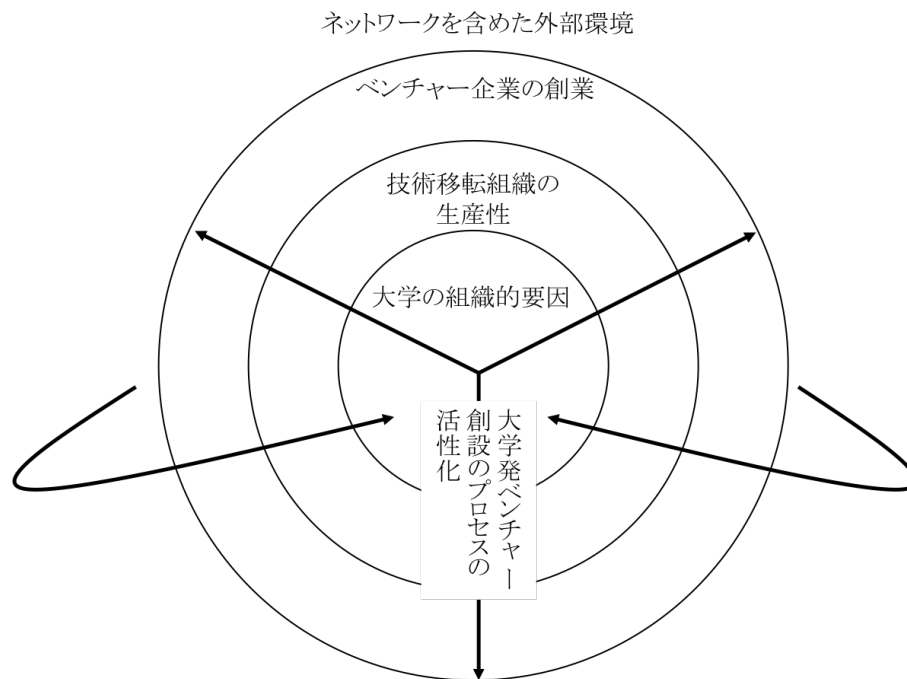


図2 「大学発ベンチャー」関連研究の分類
出典 Rothaermel et al. (2007) を筆者が日本語化

図2は、Rothaermel et al. (2007) による、大学発ベンチャー研究論文の分類である。大学発ベンチャー企業に関する研究は「大学の組織的要因」、「技術移転組織の生産性」、「ベンチャー企業の創業」、「ネットワークを含めた外部環境」の4つに大きく分類されている。これは、大学発ベンチャーがどのような要因によって生まれ、そしてどのような要因によって育っているかを考えた時に、この4要素の影響が大きいと考えられていることを表している。

2 大学発ベンチャー企業を生み出し育てる要因

2.1 大学の組織的要因

大学発ベンチャーはどの大学からも同じように生み出されているわけではない。むしろ、大学による偏りが大きいことが欧米の実態からわかっている (Pressman 2002, Charles 2001)。これは、各大学固有の制度や文化が起業のシーズの創出や起業の意思決定に大きく影響しているためである (全体像は Shane (2004) 参照。また、アンケート調査による実証分析として (D' Este and Patel,

2007))。個々の要因については多くの研究が蓄積されている。その要点を図3に示した。機関の文化として起業志向であること、機関の制度が大学発ベンチャーを促すものになっていること、そして、機関に大学発ベンチャーの設立に有益な人的・金銭的資源、知識資源があることが重要であり、それぞれが相互作用を生んでいることが確認されている。いくつか重要な個別の要素について触れると、機関内の制度要因の中では発明者に知的財産権を帰属させることで、成果の実用化に強いコミットメントを持ち、企業につながる事がわかっている。大学に帰属する場合でも、ロイヤリティをエクイティ（株式）で受け取ることで、大学発ベンチャーの初期の資金不足を緩和でき、起業の後押しになるだけでなく、大学発ベンチャーの成功率も高める。機関内の資源要因の中では、技術移転機関や産学連携部門に知識の集約があることと人的ネットワークがあることが効果的であることがわかっている。なお、このことは、国立大学・公立大学を中心に産学連携部門で知識・人的ネットワークを持つ人材を雇用し続けられる組織としての工夫が必要であることを物語っている。

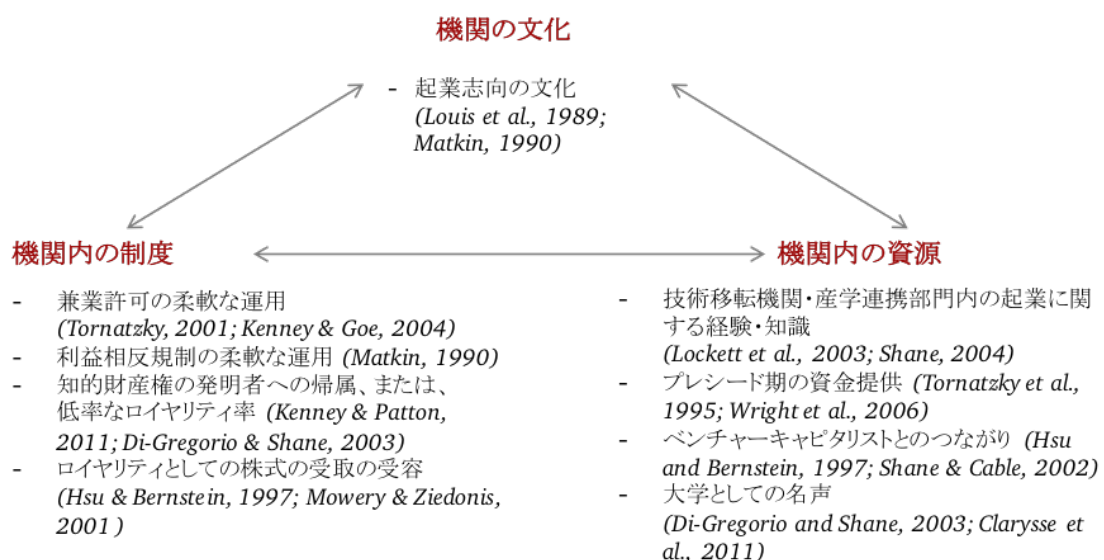


図3 大学発ベンチャーの創出に影響する大学の組織的要因
出典：筆者作成

我が国では1997年以降、産学連携部門や技術移転機関（TLO）の政策的な整備促進を通じて、大学発ベンチャー創出の資源は整っている。制度については私立大学においては各機関の判断に委ねられている一方、国立大学においてはかつて制約があったが、2004年の国立大学法人化によって変化した。例えば、兼業許可が法人の判断事項となるなど、制度的な環境が急速に整った。文化については、近年、起業文化が形成されつつある機関がいくつか登場している。例えば、東京大学はかつて他の大学に比べると起業が必ずしも活発な大学とはいえなかったが、大型の上場や世界的な起業に買収される教員発ベンチャーが登場するなど変容を遂げている。ただ、専ら大学発ベン

チャー設立を促す形で大学を改革したのではなく、伝統的な大学の文化と併存させる形で大学発ベンチャーに有益な制度を入れ、人的資源・知識資源を培い、大学の文化を変えていったことが奏功した可能性が指摘されている (Yoshioka-Kobayashi, 2018)。

2.2 技術移転組織の生産性

大学発ベンチャーの創出には産学連携部門や技術移転機関など、技術移転組織の影響が大きい。

第一に、創業の判断に大きな影響を与える。技術移転組織は、例えば研究者の発明の特許化するか否かの判断にあたって、市場機会の判断を行うため、起業についてのアドバイスも行いやすい立場にある。このことが奏功した例が、2006年に東京大学の菅裕明教授が発明した技術を基に創業されたペプチドリーム株式会社である。菅教授が発明の特許出願について技術移転機関である株式会社東京大学 TLO に相談したところ、起業を勧められたことが創業の契機になっている。なお、同社は 2013 年に上場し、400 億円の時価総額をつけたことでも知られている。

第二に、経営者やベンチャー・キャピタリスト、弁護士・会計士・税理士などの専門家とのネットワークを構築しやすい立場にあり、大学に不足する経営資源を補うことができる。前述のペプチドリーム社の事例では、東京大学 TLO から話を聞いた株式会社東京大学エッジキャピタルが経営者となる人材を紹介したことで創業に至ることができた。

2.3 ベンチャー企業の創業

当然のことであるが、起業したベンチャーがどのような資源を持っているかは、その後の成功確率に影響を与える。

そもそもベンチャー・キャピタルのようなリスクマネーの供給を受けていることはその後の成功に大きく影響する Shane and Stuart (2002)。我が国で顕著なように。一般的な融資では、十分な担保となる資産か人的な保証が求められてしまい、仮に事業が失敗すると社会的関係までも破壊する結果を招いてしまう。これではリスクが高すぎて、革新的な事業を核とするベンチャーを起こすことは容易でない。ではどのようにするとベンチャー・キャピタルからの投資を受けやすいのだろうか。

これまでの研究蓄積では、模倣を阻止する特許群を有していること Shane and Stuart (2002)、創業者にマーケティングやマネジメントの経験者が含まれていること Roberts and Malonnet (1996) が指摘されている。また、直接にベンチャー・キャピタリストとの社会的なつながりの影響も指摘されている (Shane and Stuart 2002;Shane 2004)。

大学発ベンチャーのパフォーマンスには、戦略の妥当性 Shane (2004)、大学の研究者の技術開発への関与 Maki (2015)、経営陣の専門の多様さ Doutriaux and Barker (1995) など、様々な要因が明らかになりつつある。とくに日本の大学発ベンチャーの研究では経営陣に母体となった大学以外出身者の割合が高いこと、経営陣の構成の異質性が高いことがパフォーマンスを高める要因であると指摘されている (平井祐理 et al., 2013)。

2.4 ネットワークを含めた外部環境

大学発ベンチャーを生み出すには、外部環境も重要である。例えば、地域内の起業のエコシステムの存在は大きな貢献をする。起業のエコシステムとは、起業経験者がベンチャー・キャピタリストとなり新たな起業を促し、その起業によって成功した者が新たなベンチャー・キャピタリストとなりさらなる起業を促す、というものである。このようなエコシステムが形成されている地域としてはシリコンバレーが知られているが、近時の研究ではテキサス州オースティンにおいて大手企業のOBを起点としてテキサス大学からベンチャー創出のエコシステムが形成されたことが紹介されている(福嶋路, 2013)。同様に、マサチューセッツ工科大学やハーバード大学を有するボストン、ロンドン大学などを有するロンドン、ケンブリッジ大学を有するケンブリッジ、ベルリン大学を有するベルリン、北京大学や清華大学を有する北京市中関村地域、そして近年では東京大学本郷キャンパス周辺や中国深セン市にエコシステムが形成されつつあることが指摘されるようになった(表1、表2)。ただし、シリコンバレーが世界的なインパクトを持ちつづけている状況が依然として続いていることが併せて指摘されている(Economist, 2015)。この要因の一つは、成長力が高く、他産業の基盤ともなるソフトウェア産業に特に強みがあることであるという(Gupta and Wang, 2016)。実際、ベンチャーキャピタルの投資額も多くがシリコンバレーに偏在している(表3)。

表 1 大学発ベンチャーを生み出すエコシステムの形成が指摘される地域 (1)

地域	主要集積	関連する主要大学	出所
米国カリフォルニア州 サンフランシスコ湾周 辺 (Silicon Valley)	テクノロジー産業、情報技 術産業、バイオ産業、半導 体産業	スタンフォード大学、 カリフォルニア州立大学	
米国マサチューセッツ 州ボストン	バイオ産業	マサチューセッツ工科大 学、 ハーバード大学	Economist(2016)
米国ニューヨーク州 ニューヨーク市マン ハッタン (Silicon Alley)	メディア産業、情報技術産 業、バイオ産業	コロンビア大学、コーネ ル大学、イスラエル工科 大学	Economist(2015)
米国テキサス州オース ティン (Silicon Hills)	情報技術産業	テキサス州立大学	福嶋(2015)
米国カリフォルニア州 サンディエゴ	バイオ産業、情報技術産業	カリフォルニア大学サン ディエゴ校	
英国グレーター・ロン ドン 東部 ロンドン (Silicon Roundabout / East London Tech City)	テクノロジー産業、情報技 術産業	ロンドン大学、インペリ アル・カレッジ・ロンド ン等	Economist(2015)
英国イングランド東部 ケンブリッジ市 (Silicon Fen / Cambridge Cluster)	情報技術産業、バイオ産業	ケンブリッジ大学	Economist(2015)

(注) 主要集積や関連大学は Wikipedia の記述も参照した。

(出所) 筆者作成

表 2 大学発ベンチャーを生み出すエコシステムの形成が指摘される地域 (2)

地域	主要集積	関連する主要大学	出所
韓国ペルリン州 (Silicon Alley)	テクノロジー産 業	(情報なし)	Economist(2015)
韓国クムシヘン (Inse Valley)	情報技術産業	クムシヘン工科大 学	The New York Times(2015)
中国北京中関村	情報技術産業	北京大学、清華 大学	Economist(2011)
中国広東省深セン 市 (Silicon Dwita)	通信機器産業、 テクノロジー産 業	清華大学	Mao & Mitsubishi(2016) ; Economist(2017)
東京都文京区	ソフトウェア産 業、テクノロジー 産業	東京大学等	週刊東洋経済 (2017)

(注) 主要集積や関連大学は Wikipedia の記述も参照した

(出所) 筆者作成

表3 地域別のベンチャーキャピタル投資額（2012年）

順位	地域	ベンチャーキャピタル投資額 （百万ドル、 2012年）	比率
1	San Francisco (Silicon Valley)	\$6,471	15.40%
2	San Jose (Silicon Valley)	\$4,175	9.90%
3	Boston	\$3,144	7.50%
4	New York (Silicon Alley)	\$2,106	5.00%
5	Los Angeles	\$1,450	3.40%
6	San Diego	\$1,410	3.30%
7	London (Silicon Roundabout)	\$642	2.00%
8	Washington, D.C.	\$635	2.00%
9	Beijing	\$758	1.80%
10	Seattle	\$727	1.70%

（注1）Thomson Reuters のベンチャー投資データベースに基づく集計。

（注2）背景色ありの列は表1, 表2 記載の地域。

（注3）比率は全世界のベンチャーキャピタル投資額に占める割合

（出所）Martin Prosperity Institute (2016)

この他に、ベンチャーを支援する制度の存在も重要である。リスクマネーの供給がその一つであり、成長フェーズに応じた研究開発助成を行うことを目的とした米国の制度である Small Business Innovation Research(SBIR) はベンチャーの発展に大きく寄与していることが知られている (Maki 2015; 山口栄一 2015)。

3 政策担当者への示唆

大学発ベンチャーは、イノベーションを起こす手段の一つである。その創出・成功要因で明らかのように、多数の要因が相互に関わり合って生み出され成長していくものである。大学発ベンチャーをめぐる政策においては、社会を変えていくような力のある大学発ベンチャーを生み出し、成長させ続けていく生態系（図4 参照）が意識されるべきである。

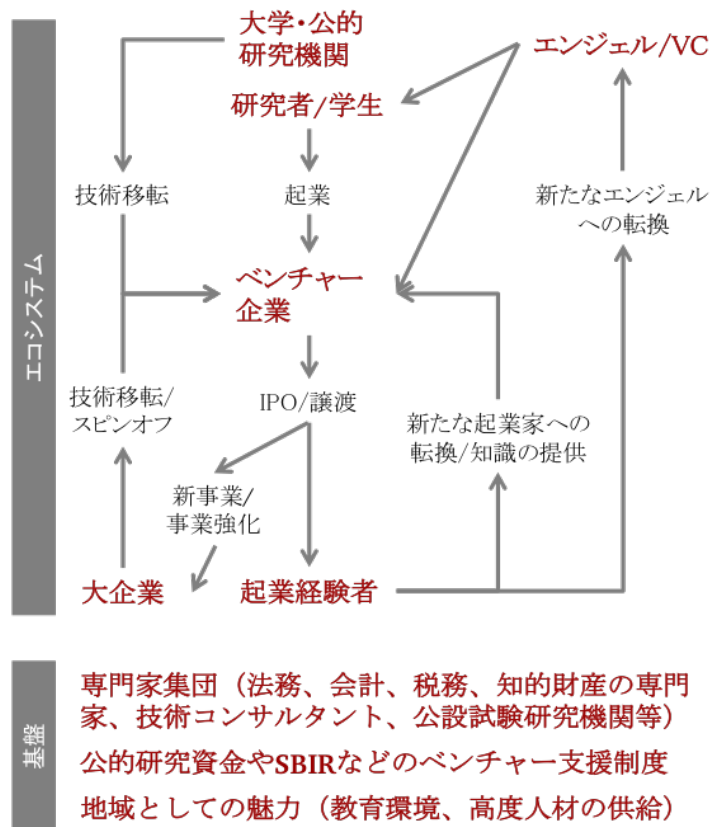


図4 大学発ベンチャーをめぐるエコシステム

出典: 福嶋路 (2013) を参照したうえで筆者作成

References

- Charles, D. R. & Conway, C. D. (2001). Higher education-business interaction survey: A report to the UK HE funding bodies and the office of science and technology. *Higher Education Funding Council for England*. https://www.researchgate.net/profile/David_Charles/publication/246375581_Higher_Education-Business_Interaction_Survey/links/5ac156fcaca27222c75b59cc/Higher-Education-Business-Interaction-Survey.pdf.
- Doutriaux, J. and Barker, M. (1995). The university-industry relationship in science and technology. <http://publications.gc.ca/collections/Collection/C21-23-11E.pdf>.
- D' Este, P. and Patel, P. (2007). University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry? *Research Policy*, 36(9):1295–1313. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733307001199>.

- Economist (2011). Bamboo innovation. May 5. <https://www.economist.com/node/18648264>.
- Economist (2015). Inside silicon valley: Empire of the geeks. Jul 25. <https://www.economist.com/news/leaders/21659745-silicon-valley-should-be-celebrated-its-insularity-risks-backlash-empire-geeks>.
- Economist (2016). The biotechnology industry: Clusterluck. Jan 25. <https://www.economist.com/news/business/21688385-bostons-biotech-hub-surviving-challenge-silicon-valley-clusterluck>.
- Economist (2017). Shenzhen is a hothouse of innovation. Apr 8. <https://www.economist.com/news/special-report/21720076-copycats-are-out-innovators-are-shenzhen-hothouse-innovation>.
- Ensley, M. D. and Hmieleski, K. M. (2005). A comparative study of new venture top management team composition, dynamics and performance between university-based and independent start-ups. *Research Policy*, 34(7):1091–1115. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733305001058>.
- Gupta, A. and Wang, H. (2016). The reason silicon valley beat out boston for vc dominance. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2016/11/the-reason-silicon-valley-beat-out-boston-for-vc-dominance>.
- Maki, K. (2015). *The Institutional Design for University Knowledge Transfer and Firm Creation*. Ph.d. dissertation, University of California San Diego. <https://escholarship.org/uc/item/1hn0s8pv>.
- Mao, H. and Motohashi, K. (2016). A comparative study on tenant firms in beijing tsinghua university science park and shenzhen research institute of tsinghua university. *Asian Journal of Innovation & Policy*, 5(3). http://www.kpubs.org/article/articleDownload.kpubs?downType=pdf&articleANo=GSHSS5_2016_v5n3_225.
- Martin Prosperity Institute (2016). Rise of the global startup city: The geography of venture capital investment in cities and metros across the globe. Technical report, Martin Prosperity Institute. <http://martinprosperity.org/content/rise-of-the-urban-startup-neighborhood/> (accessed on Jul. 12, 2017).
- Pressman, L. (2002). Autm licensing survey: FY2000. <https://www.autm.net/resources-surveys/research-reports-databases/licensing-surveys/>.
- Roberts, E. B. and Malonet, D. E. (1996). Policies and structures for spinning off new companies from research and development organizations. *R&D Management*, 26(1):17–48. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9310.1996.tb00927.x>.
- Rothaermel, F. T., Agung, S. D., and Jiang, L. (2007). University entrepreneurship: a taxonomy of the literature. *Industrial and corporate change*, 16(4):691–791. <https://academic.oup.com/icc/article/16/4/691/656628>.
- Shane, S. and Stuart, T. (2002). Organizational endowments and the performance of university start-

- ups. *Management science*, 48(1):154–170. <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.48.1.154.14280>.
- Shane, S. A. (2004). *Academic entrepreneurship: University spinoffs and wealth creation*. Edward Elgar Publishing. (スコット=シェーン (著)・金井一頼・渡辺孝 (監訳))
- (2005)『大学発ベンチャー：新事業創出と発展のプロセス』中央経済社) https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=fMRGAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Academic+entrepreneurship:+University+spinoffs+and+wealth+creation&ots=7WQMgPAnlc&sig=FYi4rGdNJDVGEmYgV6xNcu0EnNE.
- Times, T. N. Y. (2015). A fearless culture fuels U.S. tech giants. Jun 18. <https://www.nytimes.com/2015/06/19/business/the-american-way-of-tech-and-europes.html>.
- Yoshioka-Kobayashi, T. (2018). Institutional factors for academic entrepreneurship in publicly-owned universities: The case of a transition from a conservative anti-industry university collaboration culture to a leading entrepreneurial university. *Science, Technology and Society*, forthcoming.
- 山口栄一, editor (2015). イノベーション政策の科学: SBIR の評価と未来産業の創造. 東京大学出版会. <http://www.utp.or.jp/book/b306982.html>.
- 拓己, 東. (2017). 急増する東大ベンチャーの勝算: 私大や関西勢も続々設立. 週刊東洋経済, 6710:38–40. <https://premium.toyokeizai.net/articles/-/14681>.
- 福嶋路 (2013). ハイテク・クラスターの形成とローカル・イニシアティブ・テキサス州オースティンの奇跡はなぜ起こったのか. 東北大学出版会. <http://amzn.asia/37lBnxY>.
- 平井祐理, 渡部俊也, and 犬塚篤 (2013). 日本の大学発ベンチャーのトップ・マネジメント・チームが業績に与える影響に関する実証研究. 研究 技術 計画, 27(3_4):259–272. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsrpim/27/3_4/27_KJ00008639724/_article/-char/ja/.

関連データ・ソース

- 経済産業省＞大学発ベンチャーに関する基礎調査
http://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/start-ups/start-ups.html
- 文部科学省科学技術・学術政策研究所「研究開発型大学等発ベンチャー調査 2016」[DISCUSSION PAPER No.139]
<http://www.nistep.go.jp/archives/29119>

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

- Science and Technology Policy and Entrepreneurship / 科学技術政策とアントレプレナーシップ (GRIPS GIST : 牧助教授)

1.1.4 スター・サイエンティスト-サイエンスとビジネスの好循環が新産業を創出する-

牧兼充* 長根(齋藤)裕美†

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

科学技術イノベーションの源泉となる基礎研究が、社会・経済に強烈なインパクトをもたらすという観点から、科学的発見から技術開発まで、様々な点で優秀な"スター"に着目することがキーポイントになる。ここでは、主にアメリカで展開されてきたスター・サイエンティストにまつわる研究についてレビューするとともに、日本の現状と照らし合わせて、今後の展望を行う。スター・サイエンティストに関する研究は、「スターをどのように育てるか」、「スターをどのように活用するか」という二つの観点から、科学技術イノベーション政策の設計に活用可能である。

キーワード

スター・サイエンティスト、基礎研究、大学発ベンチャー

本文^{*1}

1 イントロダクション

イノベーションの源泉が"科学"にあるように、科学の源泉は"基礎研究"にある。そしてその基礎研究を担うのは"サイエンティスト（科学者）"である。サイエンティストの研究活動から生み出された科学的知識が、イノベーションにつながり、社会・経済にインパクトをもたらす。特に社会・経済に強烈なインパクトをもたらすという観点からは、サイエンティストの中でも、科学的発見から技術開発まで、様々な点で優秀な"スター"に着目することはキーポイントになる。スター・

* 早稲田大学大学院経営管理研究科准教授、政策研究大学院大学前助教授

† 千葉大学社会科学研究院 准教授

^{*1} 本稿は、政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策研究センターワーキングペーパー「スター・サイエンティストが拓く日本のイノベーション」をベースに加筆・修正を行った。

サイエンティストに関する研究は、「スターをどのように育てるか」、「スターをどのように活用するか」という二つの観点から、科学技術イノベーション政策の設計に活用可能である。

2 スター・サイエンティストとは何か

サイエンティストを評価する基準は様々である。公刊する論文数、あるいはその論文の質などが基準として考えられる。また論文の質というと、被引用数(学術論文・特許の参考文献あるいは非特許文献において参照された数)が多い、またはトップレベルの学会誌に掲載されている、といったことが挙げられる。むろん、これらは"学術的な価値"であって、社会・経済になにがしかのインパクトをもたらしたという意味での"社会・経済的な価値"と必ずしも一致するとは限らない。例えば特許につながった論文であるか、ひいては価値のある特許につながったかどうか、その論文の社会・経済的価値を左右するとも言える。むろん、よい学術的成果はよい特許につながることも多く、その場合、学術的価値と社会・経済的価値は相関するともいえる。

サイエンティストのなかでも、卓越した業績をもつサイエンティストを、ここでは「スター・サイエンティスト」と呼ぶことにする。これは通常のサイエンティストに比べて、論文数、被引用数、ひいては特許出願など、様々な点で優れている研究者のことを指す。これらの結果として、学会の賞を受賞、もしくは権威のある学会の要職を兼務していることもスターの証左になるだろう。また通常のサイエンティストと比べて優秀な博士課程の学生やポスドクを育てているといった、教育面での貢献も挙げられる。このようにスターは様々な側面をもつ。それゆえに、スターは必ずしも一意に定義されているわけではない。上述したようにサイエンティストの評価基準は様々に考えられ、どの基準で評価するかによってスターの意味は異なってくる点には注意されたい。

スター・サイエンティスト研究のパイオニアとして、カリフォルニア大学ロサンゼルス校の Lynne Zucker 教授と Michael Darby 教授が挙げられる。彼らは論文データや特許データ、および地域の企業のデータなどを結合し、大規模なデータベースを作り、スター・サイエンティストの特性や産業界へのインパクトを様々な観点から定量的に明らかにしてきた。

一つは地理的観点である (Zucker et al., 1998)。1976 年から 1989 年におけるバイオテクノロジー分野を対象に、遺伝子配列に関する発見をした 327 人の研究者をスター・サイエンティストとして定義したうえで、彼らとバイオテクノロジーのベンチャー企業の関係についていくつかの観点から分析している。彼女らはスター・サイエンティストとベンチャー企業の地理的分布を分析し、スター・サイエンティストのいるところにベンチャー企業が集積していることを明らかにした。これによりスター・サイエンティストの分布とベンチャー企業が集積には何らかの相関があることが示唆された。

二点目はベンチャー企業のパフォーマンスの観点である (Zucker et al., 2002)。ベンチャー企業のパフォーマンス指標として、(1) 特許、(2) 開発中のプロダクト、(3) 上市したプロダクト、を取り上げた上で、それらと 1) スター・サイエンティスト、2) 全米トップ研究大学(必ずしもスター・サイエンティストが存在するとは限らない)、3) ベンチャーキャピタル、とのつながりを概観した。結論として、スター・サイエンティストと共著論文が多いベンチャー企業は、パフォーマンスも高

くなること、トップ研究大学との共著が増えるほど、概して企業のパフォーマンスは高くなるが、スター・サイエンティストとの共著の場合に比べるとそれほどパフォーマンスは高まっていないこと、ベンチャーキャピタルの投資はパフォーマンス向上にはつながるものの、その影響は他の二つと比較しても、更に小さいこと、などを明らかにしている。以上より、ベンチャー企業のパフォーマンスに影響を与える最たるものとしては、スター・サイエンティストとの共著が有力であることが示唆される。

Zucker and Darby (2007) は、スター・サイエンティストのベンチャー企業への関与の、スター・サイエンティストの研究業績への影響を検証している。結論は、スター・サイエンティストがベンチャー企業に関わることは、研究者の業績を上げるというものである。彼らはベンチャー企業に関わった(ベンチャー企業と共著論文がある、もしくはベンチャー企業において役職を持つ)バイオテクノロジー分野のスター・サイエンティストの業績の違いを分析している。米国におけるバイオテクノロジー分野のスターといえるサイエンティストは合計で 207 人おり、その中で、69 人が何らかの形で企業との関係を持っている。そのうち 57 人は企業との共著論文を書いていて、更に 12 人はベンチャー企業においてサイエンティフィック・アドバイザー(科学顧問)もしくはファウンダー(創業者)としてのポジションを保持している。彼らの 1 年あたりの論点数および 1 論文あたりの被引用数をみると、まず全く企業との関わりがないスター・サイエンティストは論文数で平均 1.67、被引用数で平均 13.15 であるのに対して、ベンチャー企業と何らかのつながりをもつスター・サイエンティストは論文数で平均 2.53、被引用数で平均 22.52 であり、明確な差がある。

さらにはベンチャー企業と何らかの関わりをもつスター・サイエンティストのなかで、共著論文のみ有する者と、共著論文のみならずベンチャー企業において何らかのポジションを有する者を比較すると、公刊論文の平均はそれぞれ 2.54 と 2.53 と大差ないが、被引用数で見ると前者が 20.74 であるのに対して後者が 31.39 と、後者が圧倒的に多い。

このようにベンチャー企業と関わっているサイエンティストのほうが論文数(量)および被引用数(質)ともに大きいことはもちろん、特にベンチャー企業において何らかの役職を保持し、より直接的に関わっているサイエンティストのほうが研究業績の質が高いことが示唆される。さらに時系列による分析を行い、スター・サイエンティストがベンチャー企業と関わって以降、研究業績が向上していることも示している。

以上のことから、**Zucker and Darby (2007)** は、スター・サイエンティストと企業が何らかの形で関わると、それぞれ研究業績および企業業績が上がるという"Virtuous Circles in Science and Commerce"(サイエンスと商業化における好循環)の関係を示唆している(下記図 1)。

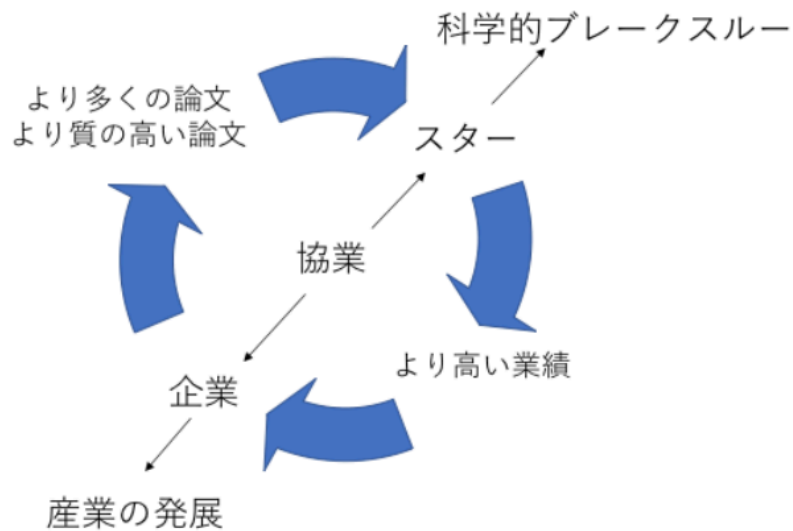


図1 サイエンスと商業化の好循環
出典：Zucker and Darby (2007) より転載。翻訳は筆者による。

3 日本への示唆

無論、前節で紹介した結果は主に 1970 年代から 1980 年代、米国、そしてライフサイエンス分野を対象としているという点で、年代、国、分野の制約に基づく。ではこの「サイエンスと商業化における好循環」は果たして各国に共通する普遍的な事象といえるだろうか？

Zucker and Darby (2007) は、1970 年代から 1980 年代のバイオテクノロジー分野を対象に、国際比較も行っている。その結果によると、国別のスター・サイエンティストの分布から、米国が 50.2% で 1 位であるのに続き、日本が 12.6% を占めていることを示している。さらに企業とのつながりがあるスターの割合をみると、米国が 33.3% であるのに対して、日本は 42.3% である。

ただし、スター・サイエンティストの企業とのつながりに着目した場合、1980 年代の産学連携先には日米で大きな違いがあることが示されている (Zucker and Darby, 2001)。スター・サイエンティストが連携する企業として、米国ではその多くが主にベンチャー企業であったのに対して、日本では大企業であった。その背景には米国では当時ベンチャー企業を創業することが盛んであったのに対して、日本ではあまりベンチャー企業そのものが存在しなかったということがある。このように、サイエンティストが生み出した研究成果から生まれた知識を移転する産業界側の受け手は、各国の特殊性によって異なる。いずれにしろ重要なのは、サイエンティストが生み出した研究成果を実用化するためには、その知識を産業側の適切なパートナーに移転することである。

スター・サイエンティストの分布に関する国際比較は、日本の産学連携に新たな視座を提供す

る。日本における政策策定の現場においては、日本の産学連携は米国に比して遅れていると判断される傾向にあったが、少なくともバイオテクノロジー分野、かつ 1970 から 1980 年代に限っては、必ずしもそうとはいえないことが示唆される。

4 他のスター・サイエンティスト研究

Zucker and Darby の一連の研究が、スター・サイエンティストが産業界に及ぼす影響に焦点を当てたのに対して、アカデミックの世界にもたらす影響に焦点をあてた研究も行われている。[Azoulay et al. \(2010\)](#) は、スター・サイエンティストが周りの研究者に及ぼすスピル・オーバーをきわめて斬新なアイディアで実証的に明らかにしている。スター・サイエンティストの周りには沢山の研究者が集まり、グループを形成する。スター・サイエンティストの研究パフォーマンスはもちろん高いが、スター・サイエンティストの周辺にいる研究者も、他の研究者に比べて研究パフォーマンス (論文数や被引用数) が高い、という事象が観察される。すなわちスター・サイエンティストを中心としたグループが存在し、そのグループの中と外の境界らしきものが存在する。そうしたグループのことを「インビジブル・カレッジ」と呼ぶ。

むろんスター・サイエンティストの周辺にいることと、その研究者の研究パフォーマンスが高いということは、因果関係ではなく相関関係である。その相関関係を説明するには二つの仮説が考えられる。一つは、スター・サイエンティストの周辺に集結する研究者はもともと優秀であるという説 (仮説 1) である。すなわち、優秀だからこそ、スター・サイエンティストに認められて共同研究するチャンスが増える (スター・サイエンティストの周辺にいることができる) というものである。二つ目はスター・サイエンティストが周りの研究者にプラスの影響を与えるため、周りにいる研究者が優秀になっていくという仮説 (仮説 2) である。

どちらの仮説が支持されるのか? [Azoulay et al. \(2010\)](#) は自然実験の手法でアプローチした。彼らはスター・サイエンティストの中で、突然事故死をした研究者をリスト化して、その前後で、周りの研究者のパフォーマンスがどう変わったかを考察した。突然の事故死はまさに外生的な要因であり、何らかの因果によって起こされたものと考えづらい。この点を利用して、スター・サイエンティストが突然消えることによって、スター・サイエンティストの周辺にいた研究者のパフォーマンスに変化があったとすれば、周辺にいる研究者が優秀なのは、その研究者が本来持つ能力によるものではなく、スター・サイエンティストが何らかの影響を与えていたからであると結論づけられる。結果は、スター・サイエンティストが消滅した途端に、周囲の研究者の研究パフォーマンスが下がる、というものであった。すなわち仮説 2 が支持されて、スター・サイエンティストが周囲にプラスの影響を与えていることが示唆された。

ではスター・サイエンティストはどのように周辺の研究者に影響を与えているのか。すなわち上述した「インビジブル・カレッジ」にスター・サイエンティストはどのように関わっているのだろうか。一つ目として、スター・サイエンティストからのアイディアの「スピル・オーバー」が挙げられる。スター・サイエンティストはいつも新しい研究のアイディアを持っているため、周囲の研究者も新しい研究テーマを思いつきやすくなる。二つ目として挙げられるのが、スター・サイエン

ティストが「ゲートウェイ」の役割を果たすという説である。スター・サイエンティストはコミュニティのハブであるため、その周辺にいて研究者同士が新たに出会い、一緒に論文を書くようになることが考えられる。三つ目は、研究リソースへのアクセシビリティの点である。スター・サイエンティストはリソースを沢山持っているため、その周辺にいて研究費等を含めたりリソースにアクセスしやすくなると考えられる。四つ目は、スター・サイエンティストは論文の査読プロセスに影響を持っているため、論文が採択されやすくなると考えられる。同様の仕組みで、五つ目として、研究グラントの審査が通りやすくなるとも考えられる。**Azoulay et al. (2010)** は、これらの仮説を一つ一つ検証して、結果としてアイデアのスピル・オーバーのみが、スター・サイエンティストのインビジブル・カレッジへの価値の提供だと指摘している。

むろん、課題も残されている。たとえば、スター・サイエンティストといえども一絡げに扱うとミスリーディングになる可能性がある。米国ではノーベル賞を受賞した教授の研究室でのポストドクは選ばない方がよいという共通認識があるという。これはノーベル賞を受賞するようなスター・サイエンティストのもとで若手研究者が研究する場合、スター・サイエンティストの活発な研究活動を支えるべく、研究の手足として使われるだけ使われて、筆頭著者（論文の主たる貢献者）として論文を書くようなチャンスをなかなかもらえなくなるということを含意している。すなわちスター・サイエンティストも様々であり、「良いスター・サイエンティスト」と「悪いスター・サイエンティスト」がいる可能性がある。こうした可能性も踏まえてスター・サイエンティストの特性を分類することも必要だろう。

この点で言えば、従来のスター・サイエンティストの概念を拡張し、サイエンティストの研究の生産性以外の価値を踏まえた研究として、**Oettl (2012)** がある。この論文では、サイエンティストが他の研究者たちの生産性に影響をあたえるメカニズムを解明するため、従来よりもサイエンティストのパフォーマンスの評価に新しい次元を加えた。伝統的なサイエンティストの分類が論文生産性に依っていたのに対して、**Oettl (2012)** では新たに社会的次元として、他の研究者の助けになっているかどうか（helpfulness）を考慮した。その代理指標としては論文で謝辞に名前が登場するかどうかを測定した。さらにこの helpfulness が高いことが周りの研究者にどのような影響を与えているかを、事故死した helpful なサイエンティストの共著者の論文の変化を分析することで明らかにした。結果として、非常に helpful なサイエンティスト（故人）の共著者は質の点でアウトプットが減少し、あまり helpful ではないが、高い生産性を誇るサイエンティストの死は、共著者のアウトプットに影響しないことがわかった。

5 今後への課題

Lynne Zucker 教授や Michael Darby 教授を中心に進められてきたスター・サイエンティスト研究は、新たな広がりを見せ始めている。しかしながら、日本を対象にしたスター・サイエンティスト研究についていえば、まだまだ手薄であるといえよう。Zucker and Darby による研究には日本を対象にしたものも含まれているが、おもに 1970 年代から 1980 年代を扱っているし、日本のナショナル・イノベーション・システムの歴史上の転換点として重要な 1995 年の科学技術基本法以降の

現象を考察していない。

何を持ってサイエンティストを「スター」とするのか、そしてどのようにスターのタイプを分類するのか。様々な観点から検討し、その結果、どのようなスター・サイエンティスト像が浮かび上がるのか。また彼らがどれだけ社会・経済にインパクトをもたらしているのか。これ自体が、スター・サイエンティスト研究の課題である。

こうした課題に答えていくためにも、対象年代や国、分野を広げた上で、Zucker and Darby が構築したような、スター・サイエンティストの研究活動および企業とのつながり、そして企業のパフォーマンス、ひいては地域への影響を含めた、様々な情報を結合させた大規模なデータベースが必要である。これは日本のスター・サイエンティスト研究を進めるに当たって、喫緊の課題であろう。こうしたデータベースができれば、スター・サイエンティストの知識生産活動のメカニズムや、その科学的知識の移転メカニズム、さらには移転された科学的知識がいかに社会・経済にインパクトをもたらすのかのメカニズムなど、スター・サイエンティストをめぐる産業やアカデミックの世界への影響を明らかにできる。こうした研究から得られるエビデンスは、科学技術イノベーション政策の設計においても活用されることが期待される。

References

- Azoulay, P., Graff Zivin, J. S., and Wang, J. (2010). Superstar extinction. *The Quarterly Journal of Economics*, 125(2):549–589. <https://academic.oup.com/qje/article-abstract/125/2/549/1882179>.
- Oettl, A. (2012). Reconceptualizing stars: Scientist helpfulness and peer performance. *Management Science*, 58(6):1122–1140. <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.1110.1470>.
- Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=TLKDbvJX86YC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Pasteur%27s+quadrant:+Basic+science+and+technological+innovation&ots=TVFWHlSVYV&sig=J6AlGtX57qBDXVIJOsE6s6XIg-Q.
- Zucker, L. G. and Darby, M. R. (2001). Capturing Technological Opportunity 'Via Japan's Star Scientists: Evidence from Japanese Firms' Biotech Patents and Products. *The Journal of Technology Transfer*, 26(1-2):37–58. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1007832127813>.
- Zucker, L. G. and Darby, M. R. (2007). Virtuous circles in science and commerce. *Papers in Regional Science*, 86(3):445–470. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1435-5957.2007.00133.x>.
- Zucker, L. G., Darby, M. R., and Armstrong, J. S. (2002). Commercializing knowledge: University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management Science*, 48(1):138–153. <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.48.1.138>

.14274.

Zucker, L. G., Darby, M. R., and Brewer, M. B. (1998). Intellectual capital and the birth of us biotechnology enterprises. *American Economics Review*, 88(1):290–306. <http://www.nber.org/papers/w4653>.

関連データ・ソース

- Connecting Outcome Measures in Entrepreneurship, Technology, and Science (COMETS) (<http://www1.kauffman.org/comets/>)
- Nanobank (<http://www.nanobank.org/>)
- Highly Cited Researchers (<http://hcr.stateofinnovation.com/>)

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

- 政策研究大学院大学「科学技術とアントレプレナーシップ」
- JST-RISTEX「スター・サイエンティストと日本のイノベーション」プロジェクト

本稿は、SciREX ワーキングペーパー「日本のイノベーションとスター・サイエンティストの役割：現状と課題」（長根（齋藤）裕美、牧兼充著）より転載し、修正したものである。

1.2.1 イノベーションと企業の栄枯盛衰

軽部大*

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

キーワード

本文

1 栄枯盛衰

技術進歩による成長機会を享受して、急速な成功を収めた企業は枚挙にいとまがない。Facebook や twitter は、急成長する SNS サービス分野における成功事例である。Android OS を中心としてインターネット関連事業で急速な成長を果たした Google や、移動体通信技術や半導体設計で業界標準を握る Qualcomm もまた、代表的な成功事例の一つであろう。

その一方で、技術革新がもたらす果実を享受する新規参入企業との競争に敗れ、市場からの退出を迫られる事例も散見される。電子技術の進歩によって、銀塩カメラとフィルムはデジタルカメラに代替され、業界最大手だったイーストマン・コダックをはじめとして多くの銀塩フィルムメーカーが廃業に追い込まれたのは、最近の出来事である。フィルム業界で唯一実質的に生き残ったのは、フィルム事業以外へ主力事業への転身を図った富士フィルムだけであった。このような業界で中心となるプレーヤーの市場地位の変化に必要な時間は、従来にも増して短くなっている^{*1}。

米国有力経済誌 Fortune の売上高上位 500 社企業ランキングに登場する顔ぶれと歴史的変化を見ると、主役交代の激しさがわかる。例えば、1955 年の企業ランキングで上位 500 社にランクインした企業のうち、50 年後の 2005 年に同じくランクインした企業はわずか 80 社である^{*2}。確かに、主役交替の激しいアメリカでも、GE、プロクター&ギャンブル、ボーイング、デュポン、3M、ジョンソン・エンド・ジョンソンなど、業界のリーダーとして常に技術革新を主導し、新規参入企業の挑戦を退けながら長期にわたって市場地位を維持してきた大企業も存在する。しかし、長年そのよ

* 一橋大学イノベーション研究センター

^{*1} Stalk (1990)

^{*2} 具体的な企業については、次の web サイトを参照されたい。http://archive.fortune.com/magazines/fortune/fortune500_archive/full/1955/

うな市場地位を維持することは決して容易ではないのである。

2 先行者の優位と専有可能性

2.1 先行者の優位とイノベーション成果の流出

競合他社に＜時間的に先行して＞手がけることで得られる優位性を、「先行者の優位 (first mover's advantage)」という^{※3}。先行者の優位性とは、次のようなものが挙げられる。1) 技術的先行することで得られる一定期間の利益の独占（業界のパイオニア企業として高い価格を設定でき、顧客も進んで高い価格を支払う）、2) 標準規格への関与（業界のパイオニア企業として、業界標準プロセスの策定に関与できる）、3) 特許取得（特許という形で技術的障壁を形成し、他社の参入を防ぐ）、4) 経験曲線効果（他社よりも先行して量産することにより、より安価に生産する方法を他社に先駆けて学習できる）、5) 資源の先買（稀少な資源を他社に先駆けて専有することができる）、6) 買い手の切り替え費用（顧客が購入先を切り替えるのに必要なコストを生み出し、一度獲得した顧客を維持しやすくなる^{※4}）、7) ネットワーク外部性（ネットワークの規模の拡大に伴いネットワークの利用者の便益が高まる場合、他社に先駆けてネットワークの規模を拡大することで、ネットワークの利用者の便益を高めることができる^{※5}）である。

しかし、そのような先行者優位は常に実現するとは限らない。それとは逆に、場合によっては「後発者の優位」と呼ばれる、後追いするがゆえの優位が生まれる場合もある。

2.2 イノベーションによる利益確保の可能性

2.2.1 利益確保の可能性（専有可能性）

先発者が自ら作り出したイノベーションの果実を、＜どの程度＞自分のものとして確保できるかを理解する上で、鍵となるのが「利益確保の可能性（専有可能性：appropriability）」という概念である。「イノベーションから得られる経済的価値を自分のものとして確保できる程度」を意味する。利益確保の程度が非常に高い状態とは、イノベーションから得られる経済的果実をほとんど自分のものとすることができる状態である。それとは逆に、その程度が非常に低い状態とは、ほとんど自分のものとすることはできず、他社に経済的果実を持って行かれる状態を指す。

利益確保の程度を左右する要因として、1) リードタイム（先発者と後発者との時間的先行性がどの程度大きい）、2) 法的な保護（特許、意匠権、著作権などの知的財産権によってどの程度保護されるか）、3) 技術の模倣のしやすさ（後発者によってどの程度技術の中身が観察可能で、再現可能であるか）、そして 4) 補完的資産の重要性とその保有状況が挙げられる^{※6}。リードタイムが短

^{※3} Lieberman and Montgomery (1988) First-mover advantages. *Strategic Management Journal*, 9: 41-58.

^{※4} スイッチングコスト (switching cost) とも呼ばれる

^{※5} 家族や友人が同じ携帯電話会社に契約している時に、そうでない場合に比べて利便性が高い場合を考えてみれば良い。

^{※6} 補完的資産に関しては、次の論文を参照されたい。Teece (1986)

く、法的保護が十分ではなく、技術が模倣されやすく、補完的資産が重要であるにも拘わらず十分に保有できていないと、先行して技術で勝っても市場での競争に敗れる、という結果につながる。法的保護は説明するまでもなく、開発された技術の所有権が法律でどの程度保護されるか、という問題である。法的保護が未整備の新興国において事業展開する際には、しばしば知的財産権への対処が重要な経営課題となる。最先端の技術開発においても、他社からの模倣を牽制するという意味で、重要な経営課題となる。

模倣のしやすさ：同じ技術でも技術の性格によって、模倣されやすいものと、されにくいものがある。客観的で明示的に形式知として表現できる技術は模倣されやすい。他方で、ヒトや組織に体化しているため暗黙知として存在するが故に、競合他社から観察が難しい業務運営ノウハウ、生産技術や細々なノウハウの塊などは、競合他社から容易に模倣されにくい^{*7}。広範な要素技術によって構成される裾野を広く持つ製品の場合もしばしば模倣が難しい。要素技術の複雑性をすべて他社が同じ性能で再現することは難しくなるからである。その点で、製品技術の複雑性も模倣のしやすさに影響を及ぼす要因である。競合他社から見て何が競争力の源泉か、観察することも原因を同定することも難しいこともある^{*8}。

補完的資産：新しく開発された技術を事業として成功に結びつけるためには、製品やサービスを生産するための設備や機械、それを売るための販売網やユーザーの使用やメンテナンスを支援するサービス網などの補完的な機能が必要である。例えば、新しい冷凍食品を市場に投入するには、いわゆるコールドチェーンと呼ばれる冷凍倉庫や冷凍トラック、冷凍食品を陳列する冷蔵設備を備えた食料品店やスーパーマーケットが必要になる。これらは新しい冷凍食品という本源的価値を顧客に届けるために必要な補完的な機能を提供する資産である。いくら優れた冷凍食品の開発に成功したとしても、このような補完的資産（complementary asset）を自ら保有するか利用でなければ、イノベーションから得られる果実を自分のものとして専有できないのである。もし、補完的資産が誰でも利用可能なものであれば、問題はない。問題となるのは、補完資産が開発した製品やサービスに固有の特殊なものであり、しかも特定企業に集中していて、それに対抗する資産を他の企業が利用しにくい、あるいは獲得するか新たに構築するのに時間や費用がかかる場合、資産を保有している企業が、イノベーションから得られる果実の分配において強い交渉力を持つこととなる。

先行して技術革新に成功する主体「イノベーター（innovator）」の専有可能性が低いと、先発者として新しい製品を開発しても、既存企業の巻き返しや新製品を模倣して後から参入する新規参入者の攻勢に遭うこととなる。結果的にイノベーションの果実を十分に享受することなく市場の表舞台から去って行くケースも出てくる。CT スキャナーの開発でノーベル賞を獲得しながら、やがて事業から撤退を余儀なくされたイギリスの EMI はその例である。民間旅客機のジェットエンジン航空機のパイオニア企業であったデハビラント、ダイエット・コーラを初めて世に出した RC コーラも同じ運命を辿った。IBM も MS-DOS をパーソナル・コンピュータのオペレーティング・シス

^{*7} ただし、相対的に模倣されにくい暗黙知も、それが製造装置やヒトに体化（embodied）されることで、競合他社に技術やノウハウが流出することがある。競合他社も同じ製造装置や生産機械をつかうこと、あるいは有力な技術者が競合他社へ転職するケースを考えてみれば良い。

^{*8} 詳しくは、次の論文を参照されたい。Reed and DeFillippi (1990)

テム（OS: Operating System）の業界標準にすることに成功したが、そこから得られる果実を専有できずにマイクロソフトに奪われる結果となった。

表 1.2.1.1 は、専有可能性の手段について、その有効性を日本と米国の企業に尋ねたアンケート調査の結果である⁹。

表1.2.1.1 占有可能性を確保するための手段の有効性

	製品イノベーション		工程イノベーション	
	日本	アメリカ	日本	アメリカ
技術情報の秘匿	25.6%	51.4%	28.9%	52.7%
特許による保護	37.8	35.7	24.8	23.9
他の法的保護	16.3	20.3	11.8	15.0
製品の先行的な市場化	40.7	51.8	28.2	38.0
販売・サービス網の保有・管理	30.0	41.9	22.7	29.0
製造設備・ノウハウの保有・管理	33.1	45.5	36.1	43.3
生産・製造設計の複雑性	20.2	40.0	22.0	38.6
その他	6.5	8.6	6.6	8.0

注：日本の主要企業643社、アメリカの主要企業1478社への質問票調査の結果（1994年実施）。過去3年間に実現したイノベーションのうち、専有可能性を確保する手段として有効であった方法の比率。

日本では、製品イノベーションについては製品の先行的市場化が最も有効で（40.7%）、次いで特許による保護（37.8%）、製造設備・ノウハウの保有・管理（33.1%）、販売・サービス網の保有・管理（30.0%）となっている。工程イノベーションについては、製造設備・ノウハウの保有・管理（36.1%）、技術情報の秘匿（28.9%）、製品の先行的な市場化（28.2%）の順となっている。特許も重要だが、先行的市場化や補完的資産も同様に重要だということが分かる。一方米国では、製品イノベーションについては、製品の先行的市場化が最有力（51.8%）という点は同じだが、技術情報の秘匿（51.4%）がそれに続いている。工程イノベーションでは技術情報の秘匿（52.7%）、製造設備・ノウハウの保有・管理（43.3%）、生産・製品設計の複雑性（38.6%）の順となっている。国によっておかれている状況が異なり、その強調点も異なるということであろう。

収益の保護手段は、産業によっても大きく異なる。表 1.2.1.2 は、業種別の収益保護手段の比率を示したものである。業種は生活関連型産業、基礎素材型製造業、そして加工組立型製造業に大別し、基礎素材型と加工組立型については、代表例としてそれぞれ化学工業と鉄鋼業、情報通信機械器具と輸送用機械器具の比率を示している。この表から、一口に製造業と言ってもその多様性が読み取れるであろう。

⁹ 後藤晃・永田晃也（1997）

表1.2.1.2 イノベーションから得られる収益の保護手段

産業分類	総数（社）	プロダクト／プロセス・イノベーションから得られる収益の保護手段（％）					
		特許による保護を利用した	他の法的保護を利用した	競合他社に先駆けて製品・サービスを市場に投入した	他社が模倣しづらいように生産・製品設計を複雑化した	競合他社に対して製造技術・方法または販売方法を秘匿した	その他
全産業	331,037	5.7	6.0	13.8	7.9	7.9	0.5
生活関連型産業	31,637	8.8	15.2	21.4	21.8	12.6	0.2
基礎素材型製造業	29,722	14.8	12.7	18.4	15.0	16.0	1.7
（化学工業）	2,378	33.4	23.8	29.9	20.0	33.2	0.6
（鉄鋼業）	1,897	11.4	4.4	14.9	11.0	13.8	0.2
加工組立型製造業	31,873	15.9	9.9	21.0	15.5	19.7	0.4
（情報通信機械器具製造業）	1,492	15.4	8.0	16.3	15.9	13.0	1.3
（輸送用機械器具製造業）	5,583	16.0	13.5	25.7	14.9	29.8	1.0

注：「生活関連型産業」とは、食料品製造業、飲料・たばこ・飼料製造業、繊維工業、家具・装備品製造業、印刷・同関連業、なめし革・同製品・毛皮製造業、その他の製造業。
「基礎素材型製造業」とは、木材・木製品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、石油・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、金属製品製造業。
「加工組立型製造業」とは、汎用機械器具製造業、生産用機械器具製造業、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、電気機械器具製造業、情報通信機械器具製造業、輸送用機械器具製造業。
出所：「第2回全国イノベーション調査」（2010年9月）文部科学省科学技術政策研究所。全産業のみ抜粋

化学工業では特許が最も多く、それに製造技術・方法または販売方法の秘匿が続いている。これに対して、同じ素材型製造業でも鉄鋼業においては、他社に先駆けた製品・サービス投入が最上位となっている。加工組立型産業の情報通信機械器具では、他社に先駆けた製品・サービス投入が最上位で、それに生産・製品設計の複雑化が続いている。自動車を含む輸送用機械器具では、製造技術・方法、または販売方法の秘匿が最も多いことが分かる。収益を自らのものとして保護する方法は業界によって異なり、そして追求すべき技術戦略も業界によって異なるのである。

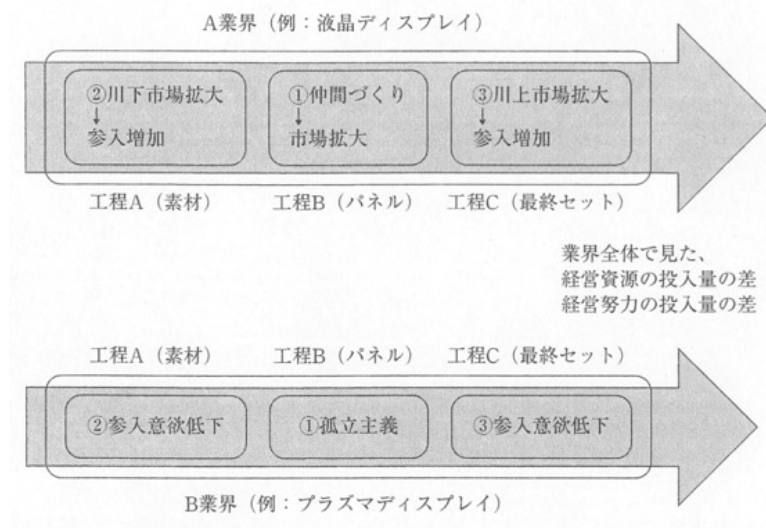
2.2.2 利益専有に内在する問題

無から有を作り出す努力と、それに挑むリスクテイクは賞賛されるべき行為である。イノベーションの実現に先行した企業は、そこから得られる経済的価値の全てを自らのものとして収穫する動機に駆られることとなる。ただし、競合他社による模倣に関連して、留意すべきことがある。それは、イノベーションの果実を専ら自分のものとして、可能な限り競争相手をできるだけ少なくするという方針は、いつも正しいとは限らないという点である。

イノベーションの果実を獲得するためには、競争相手を少なくすることで市場を独占することが常道である。しかし、時として競争相手を増やすことが重要な場合もあるからである。というのも、独占状態が独占に成功した企業の更なる企業努力を減退させるからだけではなく、孤立主義や排他主義は、市場自体の育成にマイナスとなることがあるからである。競争相手が増えることで、それらの競争相手にも川上から材料や部品を提供する供給業者としての新規参入を期待できる。競争相手の増加は、川上の供給業者の育成にもつながる。同様に、競争相手が増えることで、それらの競争相手から製品を購入する川下の顧客から見れば、購入の選択肢が増え、安定的な購入が可能となる。

例えば、自動車や半導体業界をはじめとして B to B の世界では、安定調達を目的に、複数購買と呼ばれる同一機能の製品を複数の異なる企業から購入・調達することが一般的である。競争相手が増え同業他社が存在することで、顧客への新製品・サービスの認知度も高まるし、顧客の教育訓練

図1.2.1.1 バリューチェーン間の競争



やインフラの整備も分担することが可能となる。競争相手が増えることで業界規模が拡大することで、補完的機能を持つ補完財業界の育成も期待できるようになる。結果的に、競争相手が増えることで、川上・川下の様々なレベルで技術が改善され、進歩し、市場が拡大するという特定企業が専有することでは得られない効果が期待できるのである。

例えば、当初薄型テレビ業界では、プラズマディスプレイと液晶ディスプレイ（LCD）という異なる技術方式に基づく市場競争が繰り広げられ、当初はインチサイズでの棲み分けが成立すると考えられていた。しかし、その後 LCD がコストと性能で大幅な改善を実現し、液晶が市場を支配することとなった。その一因は、川上、川中、川下それぞれで起きた激しい競争ゆえに、川上業界や補完業者の育成と多様なセットメーカーの参入が促されたからである（図 1.2.1.1 参照）。孤立主義は川上業者の参入意欲を低下させる。川上の供給業者が増えなければ、自社の強みは高まらない。結果として川下業者の参入意欲も相対的に低下する。他方で、川中で激しい競争が起き、それが川上と川下の参入と激しい競争を誘引したのが液晶である。結果としてプラズマと液晶ではバリューチェーン全体で経営資源の投入と経営努力において大きな差が生まれたと考えられる。それが結果として液晶ディスプレイでの性能とコストで大幅な改善をもたらしたのである。

自社に生産能力や販売サービス網がない時には、むしろそのような補完的資産を有する企業にライセンスを供与したほうがリスクは小さいし、より大きな果実を得ることができる場合もある。例えば、インテルは 1985 年に日本企業との競争に敗れて、中核事業の一つである DRAM 事業から撤退したものの、その日本企業に取って自社が注力することとなった MPU 事業のセカンドソースメーカーとしての権利を認めたのは興味深い事例である。一見すると自社を窮地に追いやった日本企業に自社の残された中核事業の製品の代替品を生産することを認める戦略は、短期的には敵に塩を送る戦略であり、自滅的な戦略であるように見える。しかし、急速に成長する日本企業の生産

能力を利用して、自社単体では不可能な自社中核事業の市場機会を広げ、自社事業が大きく立ち上がって時点でセカンドソースメーカーとして順に日本企業を排除し、自社投資に切り替えていく戦略は、まさに他社の力をテコにして自社の競争力を上げていく戦略の好例である^{*10}。

海外の市場などは、現地の企業と組まなければ参入できない場合もある。進出国の政府の政策でそのように誘導される場合もあれば、進出国の固有な生活文化や慣習ゆえにそうせざるを得ない場合もある。業界標準を獲得するために賛同する競合メーカー数を増やして、より多くのユーザーを獲得することは、ネットワーク外部性の高い商品ではとても重要である。新しい技術を自社で専有するのではなく、競争相手も含め、外部の企業と協力することが重要となるケースも存在する。ここでは、従来からの競争という概念に加えて、様々な業者と価値をともに作り出していく「共創」という概念も重要になるのである^{*11}。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第3章を要約したもので、詳細は本書をご覧ください。

References

- Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. <https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf>.
- Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. <http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens>.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwns7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrxxP83u0zQ9cVWFY.
- Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAJ&redir_esc=y.
- Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. <https://www.jstor.org/stable/3152166>.
- Christenson, C. (1997). *The innovator's dilemma*. Harvard Business Review Press. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46>.
- Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the Japanese auto industry.

^{*10} 軽部大 (1998)

^{*11} この点について次の2つの書籍を参照されたい。Brandenburger (1998) Adner (2012)

- try. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. <https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/>.
- Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. <https://www.jstor.org/stable/2393549>.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009>.
- Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706>.
- Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277>.
- Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. <https://www.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail>.
- Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbxzmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.
- Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar.* Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.
- Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBu0A5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.
- Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. <http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf>.
- Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. <https://www.jstor.org/stable/>

[pdf/2392832.pdf](#).

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. <https://www.nikkeibook.com/book/79114>.

軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1-27. <http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf>.

後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530>.

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

1.2.2 イノベーションのタイプ

軽部大*

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

キーワード

本文

一般的に考えると、大企業は新興企業に比べてイノベーションの果実の獲得において優位に立てるチャンスが大きそうである。しかし、イノベーションをきっかけとして、新興企業と既存の大企業との交代が起きることがある。なぜ優位な市場地位にあるはずの既存のリーダー企業がそのような地位を失うことがあるのだろうか。

以下では、イノベーションがもたらす＜変化の特徴＞に注目し、1) 変化の大きさと連続性、2) 既存能力・知識・資源への影響、3) 製品システムの変化のレベル、4) ユーザーとの関係、そして 5) 業界全体の構造変化に注目して、企業の主役交代の原因を検討する。

1 変化の大きさと連続性：漸進的イノベーションと急進的イノベーション

既存の現役企業に有利に働くか、新興の新規参入企業に有利働くか否かを具体的に検討するには、イノベーションのもたらす変化の特徴に注目する必要がある。イノベーションのもたらす変化が漸進的で連続的であるのか、画期的で非連続的であるのか、という点である。一般的に漸進的で連続的な変化をイノベーションがもたらすのであれば、既存の現役企業に有利となり、急進的で非連続的な変化をもたらす場合には、新興の新規参入企業が有利となる傾向が見られる。イノベーションのパターンに即して言えば、技術進歩の S 字カーブを上り詰める段階、アバナシーモデルにおける移行期・固定期の段階では、製品技術と生産技術の双方の革新において、それまで蓄積した情報や知識、経験が役に立つので、先行している既存企業が優位に立つことができる。必要な要素技術が確立し製品の基本コンセプトが確立したドミナントデザインを前提とした段階では、他社に先

* 一橋大学イノベーション研究センター

駆けて、必要な技術者やスタッフを雇い、訓練し、効率的に組織化していくことによって、技術開発・生産・販売などの一連の業務を専門化することが追求される。そこでの競争の鍵は、徹底的な分業を通じた専門化であり、効率性の追求である。ここに、新興の新規参入企業が割り込んで挑戦する余地は必ずしも大きくない。

もっとも、イノベーションは漸進的・連続的変化を常にもたらすわけではない。効率性の追求はいずれは限界に直面し、それが非連続的で急進的なイノベーションが生まれる契機となる。いわば、ある技術体系（S字カーブ）から別の技術体系（S字カーブ）へ移行する局面である。このような変化は、パラダイム転換と呼ばれたり、脱成熟化と呼ばれたりすることもあるが、このような局面ではそれまで蓄積された過去のノウハウや知識は役に立たない。これまで採用してきた技術者とは異なる専門分野の技術者を採用しなくてはならない。組織のあり方を見直さなくてはならないし、想定する地域や顧客を見直す必要も出てくるだろう。従来の技術領域での実績をあげたミドルマネジャーや役員も抵抗するかもしれない。未成熟な新技術にリスクの高い投資をするよりも、より確実な既存技術への投資を行うことで、新技術を駆逐するシナリオを考えたいのは人間の自然な流れである。

新しい製品やサービスの登場によってドル箱である既存の事業の収益が浸食される場合に、特に既存企業は難しい立場におかれる。同じイノベーションを実現する機会を得て、仮にその将来性について同じような評価を下していたとしても、そこから得られる利益の期待値は企業によって異なるからである。新たに登場する製品やサービスと直接競合する事業を営んでいる企業は、既存事業の利益が侵食される分（いわゆる新規事業と既存事業の共食い）、期待利益は小さくなる。他方で、ゼロからスタートする新興企業は失うものがない分、期待利益は大きくなる^{*1}。

技術的に画期的な商品でも既存の商品と市場で競合しないものであれば、既存企業も新興企業と同じ条件に立つ。しかし、既存の商品や事業が代替されるような場合だと、その分新規製品やサービスに注力する誘因（インセンティブ）が低下してしまうのである。しかも既存の事業で確実に利益を上げているだけに、リスクのある新商品についての評価は厳しくなりがちである。連続的なイノベーションでは強みであった「過去の蓄積」が非連続的なイノベーションでは「過去のしがらみ」に転じてしまうのである^{*2}。

蓄積からくる強みがしがらみに起因する弱みへと転じる理由は、個人や組織レベルでの環境変化に対する認識のゆがみ（認識バイアス）、個人や組織のしがらみ等々あるが、その結果既存企業では新規技術への躊躇や抵抗が生まれ、結果として新興企業に後れをとり、市場の表舞台から去らなくてはなくなる。ある企業は新技術を過小評価し、旧技術のさらなる改良に傾注する。あるいは新旧技術の双方に傾注しても、両面作戦は、経営資源の分散をうみ、中途半端な取り組みに陥る恐れがある。例えば、多くの銀塩フィルムメーカーが来たるべきデジタル化の流れに適切な手を打てなかったのは、その典型であろう^{*3}。

ただし、非連続といっても、どの程度の非連続性なのであろうか。非連続か否かは、おかれた市

^{*1} Chandy and Tellis (1998)

^{*2} Leonard-Barton (1992)

^{*3} Tripsas and Gavetti (2000)

場環境や変化に直面する個々の企業にとって、相対的なものであるはずである。常に、非連続的なイノベーションでは主役は交代するのだろうか。既存企業がみすみす新しい商品への取り組みを怠るのは、単に既存事業と新規事業との間で起きるカニバリゼーションが唯一の理由であろうか。そもそも、一見すると連続的なイノベーションで主役が交代することはないのだろうか。以下で振り返るように、イノベーションと企業の盛衰との間には、＜漸進的・連続的イノベーション＝既存企業有利、急進的・非連続的イノベーション＝新興企業有利＞という単純な図式が常に成立するわけではない。その点について、さらに検討を進めよう。

2 既存能力・知識・資源への影響：増強型と破壊型

2.1 既存能力の増強と破壊

イノベーションの競争へのインパクトを考える上で、一つの鍵となるのが、イノベーションがもたらす変化が、企業の既存の能力にどのような変化をもたらすのか、という視点である。トゥツシュマンとアンダーソンは、航空会社、セメント、ミニコンピュータの3つの業界を取り上げて、「桁違い」の技術進歩が起きた時に、企業競争にどのような影響があったかを調べた^{*4}。その結果、既存企業がイノベーションを主導し事業を結果的に継続したケースと、新規に参入した企業がイノベーションを主導し、既存企業が多数退出していったケースがあることを明らかにした。このことは、「桁違い」の技術進歩として表現される非連続な技術革新でも、企業の既存能力への影響が大きく異なることを示唆している。前者のケースでは過去のノウハウが依然として有効であったのに対して、後者では役に立たなくなったのである。トゥツシュマンとアンダーソンは、前者を「能力増強型（competence-enhancing）のイノベーション」、後者を「能力破壊型（competence-destroying）のイノベーション」と呼んでいる。

彼らを取り上げたセメント業界を紹介しよう。1872年にアメリカでセメントの生産がスタートしてから3つの非連続的なイノベーションがあった。第一に、1890年代のロータリー・キルンの導入（粉末炭の使用）による省人化、品質の安定化。第二に、1900年代のロング・キルンの導入（エジソン特許）による経済効率アップ。第三に、1960年代のコンピュータ・プロセス・コントロール導入による超大型キルンの導入である。いずれも生産効率の飛躍的増大をもたらした。

このうち、最初の技術革新は、それまでの人手を使って、木材を燃やしてセメントを作るノウハウを陳腐化させてしまった。能力破壊型のイノベーションである。結果的にロータリー・キルンの導入に積極的に取り組んだのは、大半が新興企業で、これを契機に多くの企業がセメント産業に新規参入した。これに対して、後の二つの技術革新は、石炭を燃料とするロータリー・キルンを用いるという点では、継続性が有り、その点で能力増強型のイノベーションであった。その結果、既存企業が導入を主導し、新規参入も増えず、業界地図に大きな変化は起きなかった。

これらの事例から明らかとなるのは、一見すると桁違いの非連続的イノベーションであったとしても、そのベースとなっている技術がどの程度既存の技術から継続しているかによって、競争に与

^{*4} Tushman and Anderson (1986)

える影響が違ってくるということである。

2.2 変革力

イノベーションが競争に与える影響を検討する上で、注目すべき点は技術的観点から見た既存の能力への影響だけではない。顧客や市場との関係についても注目する必要がある。アバナシーとクラークが注目したのは、まさにその点である^{*5}。彼らは、イノベーションが企業の既存の経営資源、スキル、知識にどのような影響を及ぼすかを検討し、それを変革力（transilience）と呼んでいる。技術（製品、生産、業務のあり方）と市場（市場、顧客との関係）の両面において、イノベーションがもたらす変革力が破壊的（既存の資源が価値を失う）か、温存的（価値を保持する）かを区分し、イノベーションを4つのタイプに分類している。

1. 技術面では破壊的で、市場面でも破壊的イノベーション

フォードが開発したモデルTが一例。製品・生産技術で画期的であっただけでなく、大衆マーケットという新たな市場も開拓した。Mass production は、大量生産の確立を意味すると同時に、大衆市場の創造も意味している。

2. 技術面では温存的だが、市場面が破壊的イノベーション

フォードが開発したモデルAが一例。モデルT以来の新モデルとして1926年に登場したモデルAは成長しつつあった都会の家族向けの中級車という市場の創造を意図したものであった。

3. 市場面では温存的だが、技術面が破壊的イノベーション

1921年に登場した鋼鉄製の密閉型ボディが一例。それまでの木製のオープン型ボディに取って代わられた密閉型ボディは、自動車のデザインを大きく変え、競争の焦点を利便性、快適性、性能にシフトさせると共に、生産システムをそれまでの木製車体メーカーの熟練工依存型のものから機械による後半成形技術を柱とする技術体系へと変化させた。

4. 市場面では温存的で、技術面でも温存的イノベーション

一番地味で目立たないが、その累積効果は決して小さくない。例えば、モデルTの値段は1908年の1200ドルから1926年の290ドルまで低下し、それは鋳造、溶接、組み立て、代替材料など様々な領域での細かな改善が貢献し、その結果としてめざましい生産性の向上が結実した結果である。製品技術面でも信頼性や性能の改良が積み重ねられている。

四つのタイプのイノベーションは、それぞれ競争に与えるインパクトが異なる。最もドラマチックなのは、技術面でも市上面でも破壊的な変革力を持つ第一のタイプであるが、他のタイプも競争に様々なインパクトをもたらす。例えば、密閉型ボディの登場は木製ボディメーカー頼っていた小規模な自動車メーカーを苦境に追い込んだし、1930年代のクライスラーはキャブレター、ボディ・デザイン、トランスミッションなどで技術面で破壊的なイノベーションを生み出し、シェ

^{*5} Abernathy and Clark (1985)

アを拡大していった。いずれも技術面で破壊的、市場面で温存的な第三のタイプのイノベーションである。第四の技術面でも市場面でも温存的なイノベーションは、日本企業が得意としてきたタイプで有り、それによってシェアを拡大してきたのは周知の通りである^{*6}。

問題はイノベーションのタイプによって、もたらされる外部環境の変化の程度や変化のレベルが異なるということであり、その結果変化に対処すべき経営のあり方や考慮すべきポイントが異なるということである。

3 異なる階層の変化：部品とつなぎ方

一見すると穏やかな、目立たない、既存の技術蓄積の延長線上にあるイノベーションでも、既存企業が苦境に追いやられるケースもある。このようなケースは、これまで説明してきた枠組みでは必ずしも説明できないケースである。ゼログラフィーの開発で先行し、複写機事業を牛耳っていた米国のゼロックスが日本勢の小型コピー機の攻勢にうまく対処できなかったケースや、小型トランジスタ・ラジオを売り続けるソニー対して、同社に技術ライセンスを与え続けた RCA 社が対抗できる商品をなかなか市場投入できなかったのはその一例である。

そこで、ヘンダーソンとクラークが注目したのは、イノベーションがもたらす変化の階層性である^{*7}。彼らは、構成要素（要素技術や部品）と呼ぶべきサブシステムからなる製品システムとして製品を定義することによって、イノベーションのもたらす変化が、個々の部品や要素技術レベルで起きる変化とそれらの部品や要素技術を製品としてまとめるまとめ方に関する変化の2つから成り立っていることに注目している。具体的には、部品レベルで起きる変化をモジュラー型イノベーション、つなぎ方のレベルで起きる変化をアーキテクチャ型イノベーションと呼んでいる。

しばしば既存企業が一見すると連続的に見えるイノベーションの対応に苦勞するのは、個々の部品や要素技術レベルでは大きな変化が見られないものの、部品や要素技術のまとめ方が変化する場合なのである。彼らがその具体例として挙げるのが、半導体製造装置の一つである光学式露光装置のイノベーションである。第一世代は密着式露光と呼ばれるタイプで、マスクとウェハを直接密着・照射する方式であった。アメリカのキャスパー社はこの世代の主要メーカーの一つであった。しかし、汚れや傷の問題があり、マスクとウェハの感覚を話して露光する近接法が第二世代として登場することとなる。この世代交代を受けて、キャスパー社は近接露光装置に参入したものの成果を挙げられぬままキヤノンなどに主導的な地位を奪われ、業界から撤退することとなった。

両世代の間には要素技術の違いはほとんどなかった。実際、ほとんどの近接型は、密着型としても使用できるオプションがついているほどであった。このため、キャスパー社は、キヤノン製の近接型を単に自社の製品の模倣に過ぎないと見なしたのであった。しかし、実際には、2つの世代には部品同士の関係、製品としてのまとめ方において本質的な違いがあった。

近接型は非接触なためマスクの正確な位置決めが求められ、精度を出すためにいかに関連する部

^{*6} Cusumano (1988)

^{*7} Henderson and Clark (1990)

品をまとめ上げるかが鍵となっていた。ところが、密着型の発送から抜けきれなかったキャスパー社は、問題の所在そのものを認識できずに、密着型を前提に作り上げてきた技術開発の組織や仕組みでは精度を高めることができなかった。キャスパーには、近接型装置のユーザーからクレームが寄せられたものの、同社では密着型での経験の延長でしか物事を考えられなかったのである。第一世代でのクレーム同様、問題はあくまでもユーザー側に有り、装置自体には問題がないものと処理されていた。

特定の部分の変化をきっかけに全体のつながり方が変わることもある。航空機でジェットエンジンが取り入れられた時も、それは単に推進動力源が変わっただけではなかった。ジェットエンジンの採用によって、機体の構造自体の見直しが迫られた。これにうまく取り組んだのが、シェアを伸ばしたボーイングであったと言われている。ジェットエンジンのように部品が変化すれば、まだ認識はしやすいのかもしれない。近接露光型装置のようび部品に特段の変化がないまま、つながりだけが変わる場合には、認識するのが一段と難しく、それに応じて組織や開発のプロセスを見直すのも難しい。

製品開発に携わる組織の構造（チームの分け方や協力のあり方）やプロセス（情報の流れ、問題解決の手順）はある一定の部品のつながり方やまとめ方を前提に構築されている。それを変更することは簡単ではない。前の世代で成功を収めていた企業ほど、それにあうように構築されており、見直しが必要な局面ではかえって既存の強みが弱みとして顕在化しやすいのである。イノベーションの変化がもたらす影響は、単にその大きさや連続性、既存の技術や市場との関係に目配せするだけでなく、製品システムのどのレベルで起きる変化であるのか、という変化の階層性にも注目する必要がある。

4 バリューチェーン内の変化：顧客との関係性

アバナシーとクラークが指摘したように、イノベーションがもたらす競争の影響を検討するには、技術面の変化と同時に、市場面での変化にも注目するのが重要である。アメリカのハードディスクドライブ産業の技術革新と企業の盛衰の歴史を追ったクリステンセンが注目したのは、顧客との関係の重要性である^{*8}。

ハードディスク産業では、従来の性能評価軸の延長線上にあるイノベーションであれば、それが能力破壊型であっても、部品のつながり方が変わるような変化であっても、既存企業は問題なく対処した。それは、イノベーションの性質がどうであれ、主要なユーザーが変わらなかった為である。主要なユーザーが新しい技術が重要であると認識し、それを求めれば既存企業は必死で取り組む。ごく自然な流れである。

ところが、顧客が求める性能評価軸が異なり、その価値を既存の主要顧客が認めないと、事態は違ってくる。例えば、8 インチのディスクドライブ全盛の時代（1980 年代初頭）に 5.25 インチが提案された時、後者の優位性はサイズと重さにしかなく（小さくて、軽い）、記憶容量、アクセスタ

^{*8} Christenson (1997)

イブ、容量あたりのコストについては8インチに大きく劣っていた。このため8インチの主力ユーザーであったミニコンピュータ・メーカーにとっては、5.25インチは魅力のなき商品であり、彼らを主たる顧客としていた既存のハードディスクドライブ・メーカーは5.25インチに注力すべき理由がなかった。社内の技術者が5.25インチに興味を抱いても、上層部の会議では主力顧客向けの8インチへの資源投入が優先される。

他方で、5.25インチで新規参入した企業は、新たな顧客を求めて誕生間もないパソコン・メーカーにアプローチした。デスクトップのパソコンにとっては、小型軽量の5.25インチの価値は高く、これが5.25インチの市場を形成していった。その後、5.25インチにおいて積み重ねられた技術蓄積は容量拡大を可能にし、やがて8インチのハードディスクドライブを凌駕していった。ミニコン・メーカーだけに目向けていた8インチの主力メーカーは出遅れ、結果的に、5.25インチでは主役の座を降ろされる結果となったのであった。同じような交代劇は、14インチから8インチ、5.25インチから3.5インチへの転換の際にも起きている。

新技術が小さな市場でスタートするのは珍しいことではない。トランジスタが登場した当初は真空管に比べて周波数、電力、耐熱性、価格などで制約が多く、限られた用途にしか使われないだろうと考えられていた。ジェットエンジンも軍用機向けに限られ、民間航空機ではプロペラが主役として生き残ると考える企業が多かったという。電話が登場した時も、電話サービスを営む企業は電話に限られた用途、市場向けの技術だと見なしていた。長距離の情報伝達サービスの主たる顧客は文章で情報をやりとりする事業所であって、音質の悪い会話をやりとりするのは、ごく少数の物好きの金持ちだと考えられていた。

新しい技術がもっぱら限られた用途に向けられていれば特段大きな問題は生じない。しかし、当初予想していなかった形で技術が進歩すると、やがて用途が広がり、市場が拡大し、ついには既存の市場にも浸食するようなことが起きる。こうなると、過小評価して出遅れた企業は臍をかむことになる^{*9}。

クリステンセンが指摘するのは、まさにこの点である。既存の重要顧客の声に耳を傾けていると落とし穴にはまる。既存の重要顧客は日々の事業を支える日銭を提供してくれる大事な存在である。しかし、既存の重要顧客は、未来永劫重要な顧客でありつづける保証はない。既存の重要顧客に耳を傾けつつも、将来自社の重要顧客となりうる顧客の声にも耳を傾ける必要があるのである。したがって、先端のニーズを持つ顧客はどこにあるのか、という視点で顧客のニーズを拾う姿勢が重要となる。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター(2017)第3章を要約したもので、詳細は本書をご覧ください。

^{*9} Rosenberg (1995)

References

- Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. <https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf>.
- Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. <http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens>.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwms7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrrxxP83u0zQ9cVWFY.
- Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.
- Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. <https://www.jstor.org/stable/3152166>.
- Christenson, C. (1997). *The innovator's dilemma*. Harvard Business Review Press. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46>.
- Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the japanese auto industry. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. <https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/>.
- Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. <https://www.jstor.org/stable/2393549>.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009>.
- Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706>.
- Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277>.
- Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. <https://www>

- [.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail](http://questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail).
- Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbxzmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.
- Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar*. Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.
- Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBu0A5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBerWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.
- Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. <http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf>.
- Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2392832.pdf>.
- 一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). *イノベーションマネジメント入門*. 日本経済新聞社. <https://www.nikkeibook.com/book/79114>.
- 軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. *一橋研究*, 22(4):1–27. <http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf>.
- 後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530>.

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

1.2.3 なぜ既存企業はイノベーションへの対応が難しいのか

軽部大*

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

キーワード

本文

なぜ、既存企業はイノベーションがもたらす環境変化にうまく適応することができないのだろうか。

1 変化の認識に起因する問題：個人の意思決定バイアス

社会心理学の研究は、我々人間が意図の上で合理的であろうとしても、限定合理性^{※1}ゆえに、その意思決定は置かれた環境に大きく影響を受けることを明らかにしている。その結果、残念ながら、我々は現実を客観的に把握し、中立な意思決定を下せるわけでは決していない。我々の環境認識やそれに基づく意思決定は偏向した傾向に支配されているのである。そのような意思決定に伴う偏向した傾向は「意思決定バイアス」と呼ばれている。意思決定バイアスとしてよく知られたものに、1) 確証バイアス、2) アンカリング（投錨）効果、3) フレーミング（問題定義）、4) サンクコスト（埋没費用）、5) 自己正当化、などが挙げられる。

確証バイアスとは、自分の意見の正しさを確認する証拠ばかりを集める傾向である。新しいイノベーションに既存企業が対処できない理由は、事後的に振り返れば環境変化を見過ごす過度な楽観的態度や慢心に起因すると説明することは可能である。しかし、そのような事態につながる真因は、実は自分の環境認識が正しいと思える証拠のみを集めることで変化に対処しようとする確証バイアスに起因するのである。このような確証バイアスは様々な局面で起きる。新技術の可能性が期待されても、それを過小評価するのも、自社とは関係のないものとして結果として無視してしまうの

* 一橋大学イノベーション研究センター

※1 Simon (1947)

も、自分の都合の良いような証拠のみを我々は集めてくる傾向にあるからである。

アンカリング（投錨）効果とは、はじめに規定された基準点や参照点に我々の意思決定が影響を受けるという効果である。会議の口火を切る人の意見が、結果として会議全体の議論の方向性を決めてしまうというのはその一例である。イノベーションへの対処という局面でも、そのことが起きる。全くゼロから出発する新興企業と違って、新しいイノベーションを実現しようとする企業の経営陣やマネジャーは、既存事業を出発点に、あるいはそれを参照点として新技術や新事業の可能性を評価する。その結果、過度に現状の技術開発や事業特性、あるいは市場地位に基づいてその評価が影響を受けることとなる。本来既存事業と新規進出を試みようとする事業領域とは別物であるにも拘わらず、自分達の既存の強みを新しい技術開発や新事業展開に過度に活かそうとする態度もまた、アンカリング効果の一例であると言えよう。このような効果は、以下で述べる組織の力学を通じてさらに悪化することがある。

フレーミング（問題定義）とは、同じ経営課題であったとしても、それがどのような文脈で語られるかによって、我々の意思決定は大きく異なるという効果である。例えば、同じ期待値をもたらす2つの問題を、いくら獲得できるかというゲインの問題として問う場合と、いくら損失が発生するかというロスの問題として問う場合とでは、回答者の反応は大きく異なることが知られている。ゲインの問題として問われた場合は、より多くの人間がリスクを回避する傾向が見られ、逆にロスの問題として問われた場合は、リスクを求める傾向が見られる。イノベーションのもたらす変化は、機会でもあり脅威でもある。それはイノベーションのもたらす変化をどのように定義するかによって依存している。したがって、問題定義の如何では、イノベーションのもたらす可能性が適切に認識されないことがあるのである。

サンクコスト（埋没費用）とは、過去に投資した費用のうち事後的に回収不可能な費用であり、経済学ではよく知られた概念である。このサンクコストの大きさは、我々の意思決定に大きな影響を及ぼす。これまでの蓄積してきた経験や能力を活かした職業に就こうと努力するのも、人的投資にかかったエネルギーや時間、金銭的費用そのものを回収できないので、その投資に見合った職業で得られる所得を利用してその回収を試みようとする行動である。先に述べたように、新興企業と違って、既存企業には主力事業というものが存在し、その主力事業で市場地位を維持するための投資が継続的に行われている。そのため、その事業にこれまで投資してきた費用の回収を意図して、それが近い将来十分に儲からないものになることが事前に分かっているにもかかわらずその回収を意図してさらなる追加投資が行われる。このような儲からない事業への再投資が継続される原因は、サンクコストに縛られた意思決定がなされるためである。その結果、既存事業への継続的な再投資によって、新規技術の開発や新事業開発への投資の必要性は相対的に等閑視されることとなるのである。

最後の自己正当化とは、読んで字のごとく、直面する環境変化を自分の都合の良いように解釈する傾向のことである、我々は自らの信念や理想像と現実との間に乖離を見いだすと、「認知不協和」という状態に陥る。それは不安定な状態であり、その解消を目指して、信念や理想像にあうように現実を解釈する説明論理を生み出し、それに則って行動するようになる。例えば努力投入したのにも拘わらず結果が伴わない時、努力の投入量や努力の仕方に問題があるのではなく、それ以外に問題を帰するのはその一例である。既存企業を取り巻く環境に不吉な兆候が見いだせるのにも拘わ

らず、自社には関係ないと考えてしまうのも、対岸の火事と考えてしまうのも、全くその兆候を認識できていないからではない。むしろその兆候を、自分達の都合の良いように解釈してしまうことに問題があるのである。

これらの意思決定バイアスは、基本的に個人レベルで起きる環境認識の問題であり、それに伴う意思決定の偏向に関わる問題である。ただし、それはそのような意思決定を行う個人の意思決定が組織の意思決定として統合される過程で、さらに顕著に増幅される可能性がある。これが既存企業が適切に環境変化を認識できなくなる第一の病理の構造である。

2 変化への対処に起因する問題：集団の力学

上記に述べた意思決定バイアスを個人、もしくは集団レベルで仮に克服できたとしても、既存の大企業は変化への対処という点で克服すべき課題を抱えている。認識の問題が病理を生み出す第一の構造だとすると、第二の構造は集団の力学に起因する病理である。個人が組織として活動する際に起きる集団の力学と呼ぶべき影響である。環境変化への適応がうまくできない状況を経営学では「組織的慣性（Organizational Inertia）」と表現するが、それは結果として自らが変わらないことで、イノベーションのもたらす環境変化への適応が困難になる状況を指している。

そのような組織的慣性は、一方で変わる動機が小さいことからもたらされ、他方で能力がないことからももたらされる。言い換えれば、組織的慣性は、変わる動機が小さいか、変わる動機はあるけれども、変わるための能力や資源が欠如することからも生まれてくる。既存企業の多くが新しい革新にうまく対処できないのは、経営資源や能力においては変化へ対処することが可能であるにも拘わらず、動機が小さいことから生まれるケースである。なぜ、既存企業においては変化への積極的対処を行う動機が小さくなり、組織的慣性が生まれるのだろうか。

その理由は大別すると3つある。第一の理由は既存事業と新規事業との間の代替的な関係性に起因するものである。新技術の開発を推進することで既存技術の陳腐化が起きるとか、新規事業の展開によって既存事業の製品ラインが食い潰されるとか、収益性や事業価値が低下するというのは、いずれも新旧技術、もしくは新旧事業の間で起きる経済的な代替性の一例である。いわゆるカニバリゼーションである。目に見える形で確実な既存事業へ注力することは、目に見えない不確実な新規事業へ注力するよりも合理的であるという考え方や意見が組織を支配することになる。また、新規事業はしばしばそのスタート段階においては既存の主力事業と比較して圧倒的に規模が小さく、その初期投資ゆえに利益率が低いことも多い。その結果、敢えて新しいことをしないという意味決定や行動が自然と「合理的」。このような経済合理性に基づく集団力学が第一の理由である。

第二の理由は、経済合理性とは別の、より政治的要因に起因した集団力学である。新規技術の開発や新事業を推進することは、単に既存事業の収益性を低下させるだけでなく、既存事業を最適化するように設計されている組織構造、報酬体系、組織の中での地位、それに基づく権力構造を変えることにつながる。このことはより組織階層の上位階層の地位に位置する人ほど影響を受ける変化である。言い換えれば、新規事業の進出によって既存事業を最適化してきた既存の経営システムの変革が必要となるのである。組織の上位階層に位置する人々は、既存の経営システムのトップに

立つ人々であるから、新規事業への進出は必然的に自らの存在意義やこれまでのキャリア、それによって獲得した組織内地位を脅かす原因となるものである。したがって、変革の起点となるべき経営層が、変革によってもたらされる影響を最も大きく受けることとなるので、最も大きな変革への抵抗勢力として機能する可能性がある。

第三の理由は、経営層かマネジャー層か、あるいは現場といった組織階層に拘わらず見られる集団力学であり、それは日々の業務活動を通じて暗黙の慣習や価値観が形成され、そのように形成された慣習や価値観の集積としての組織文化がさらなる集団レベルの行動を規定するという制度的要因に起因する集団力学である。過去の決定や出来事は企業に影響を与え、未来の方向性を規定する。過去の影響からは逃れることは決してできず、どのような経路をこれまで辿ってきたかによって組織の中で何が正しいのか、何が適切なのか、何をやるべきかの規範や価値観が形成される。組織内部で確立された明示的・暗黙的な慣習やルール、価値観を「組織のルーチン」と呼ぶが、その確立された組織のルーチンこそが、集団レベルでみた組織の環境適応能力をそぐ原因として機能することになる。時として暗黙的であるからこそ、組織内部の人間でさえその存在を認識することが困難なことが、適応能力を削ぐ本質的な原因となる。組織の規模が大きくなるにつれて、あるいは既存事業での事業経験が長くなるほど、認識が難しく変革が難しい組織ルーチンが発達する。またその組織ルーチンは、既存事業の不確実性が低く、安定的であるほど高度に発達することとなる^{*2}。

個人レベルの認識の問題に加えて、組織レベルの3つの集団力学が、既存企業の環境変化を阻害する要因となるのである。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター(2017)第3章を要約したもので、詳細は本書をご覧ください。

References

- Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. <https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf>.
- Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. <http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens>.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwns7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcdrxxP83u0zQ9cVWFY.

^{*2} 意見の対立や摩擦が当たり前の前提を見直し、創造性の源泉となるという興味深い指摘については、次の文献を参照されたい。Stark (2011)

- Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.
- Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. <https://www.jstor.org/stable/3152166>.
- Christenson, C. (1997). *The innovator's dilemma*. Harvard Business Review Press. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46>.
- Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the Japanese auto industry. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. <https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/>.
- Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. <https://www.jstor.org/stable/2393549>.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009>.
- Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706>.
- Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277>.
- Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. <https://www.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail>.
- Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbzxmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.
- Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar.* Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.
- Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBu0A5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.

- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.
- Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. <http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf>.
- Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2392832.pdf>.
- 一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. <https://www.nikkeibook.com/book/79114>.
- 軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1–27. <http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf>.
- 後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530>.

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

1.2.4 変化するイノベーション観

軽部大*

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

キーワード

本文

これまでの一連の議論から明らかとなるのは、イノベーションが企業の栄枯盛衰に与える影響の程度とパターンに関しては極めて多様である、ということである。また、我々は、イノベーションに対する見方をいくつか修正する必要があるそうである。

第一に、シュンペーター仮説として後に経済学者によって定式化された問題は、企業の栄枯盛衰を巡る現象の一部にしか過ぎないことに注意が必要である。既存企業が新興企業かという二項対立に基づく定式化は素朴な問題提起としてはありうるものの、どちらがより有利に機能するかどうかは、企業が保有している経営資源や蓄積した知識、そして組織ルーチンに依存し、他方では環境変化のあり方に依存している。したがって、新興企業が既存企業かという表面的な企業主体や市場地位の特徴に注目するだけでなく、イノベーションがもたらす変化がどのようなレベルで顕在化するのか、その変化は既存の経営資源や知識、そして組織ルーチンにどのような影響をどの程度与えるのか、という点にもっと注目する必要がある。

例えば、画期的イノベーションか否かという問題も、どのレベルの変化に注目するかによって大きく変わってくる。また、もたらす変化は、企業主体によって大きく異なるという点で、どの企業にとっても一義的な「画期的イノベーション」が存在するわけではない。また、イノベーションがもたらす変化が、非連続的か連続的かという問題も、どの時点からどの時点までの変化として捉えるかに依存している。このことは、変化をどのレベルで、どのように個人と組織が認識し、解釈し、評価し、対処するかという問題に企業の栄枯盛衰が関係していることを示唆している。

第二に、イノベーションの競争へのインパクトは、イノベーションのパターンがそうであったように、純粋に科学や技術の再現可能な知識によって構成される法則定立的世界によってのみ支配されるわけではなく、むしろ人間の意図や主観的な解釈や評価によっても大きな影響を受ける社会的

* 一橋大学イノベーション研究センター

プロセスでもある^{*1}。組織を特徴付ける組織文化や価値観、組織慣習に加えて、顧客との関係性や販売体制にも影響を受ける。顧客との関係性はこれまでの取引関係のあり方や取引期間の長さにも影響を受ける。その他、当該国の政策や制度にも影響を受ける。そもそも新しい技術をどのように受容するかは、顧客の価値観やそれに基づく評価にも依存している。したがって、技術はその技術が埋め込まれる社会や社会で共有される価値観とは無関係ではいられない。それゆえに、イノベーションの競争インパクトを検討するには、単に技術の優劣のみを検討するだけでなく、技術と社会の関係性にこれまで以上に注目する必要がある。

戦略のあり方を検討する 1.2.5 で詳述するように、栄枯盛衰を主体的にコントロールすることは至難の業である。新しいことに挑戦するためには不確実性やリスクがある。既存の事業に最適化した経営システムやそこで働く人々は変化を嫌い、目に見える確実な現状の事業に固執する傾向がある。ほとんど不可能だとあきらめるか、困難だけれども主体的に変化を主導するためには何をしなければならないか。この問題を考えるのが、イノベーションのマネジメント・戦略である。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 3 章を要約したもので、詳細は本書をご覧ください。

References

- Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. <https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf>.
- Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. <http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens>.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwns7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrrxxP83u0zQ9cVWFY.
- Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.
- Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. <https://www.jstor.org/stable/3152166>.
- Christenson, C. (1997). *The innovator's dilemma*. Harvard Business Review Press. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46>.

^{*1} 技術進歩の社会構成主義的見方については、次の書籍を参照されたい。Bijker et al. (1987)

- Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the Japanese auto industry. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. <https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/>.
- Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. <https://www.jstor.org/stable/2393549>.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009>.
- Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706>.
- Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277>.
- Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. <https://www.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail>.
- Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbxzmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.
- Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar*. Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.
- Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBu0A5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.
- Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. <http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf>.
- Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environ-

ments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2392832.pdf>.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. <https://www.nikkeibook.com/book/79114>.

軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1–27. <http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf>.

後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530>.

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

1.2.5 イノベーション実現のための技術戦略

軽部大*

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

キーワード

本文

1 内部要因と外部要因

イノベーション実現のための戦略という観点から、戦略策定、意思決定、そして実行に至る一連のプロセスにおいて、検討すべき課題を取り上げることしよう。単純化するならば、戦略とは、企業を取り巻く外部要因（外部環境）と、企業の内部要因（内部組織）の双方を可能な限り自らの意図通りに動かすための道筋である。ただし、身勝手な意図や目標は決して達成し得ず、顧客に意味ある価値を提供できなければ、持続的に可能な限り意図通りにコントロールすることはできない。技術戦略には、技術を以てすでにある既存の強みや市場地位を＜維持・強化していく側面＞と、自らの強みや市場地位を破壊し、直面する市場環境を＜変革していく側面＞とがある。技術は本来中立的なものであり、使い方によって既存システムを維持・強化することも、破壊・変革することにも利用可能なものである。

したがって、技術がどのような社会的コンテクスト（文脈）の中で利用されることを目標とするのか、という点を検討することで技術戦略は出発する。言い換えれば、念頭に置く技術が、既存システムの維持強化のための武器として想定するのか、自らの否定・変革、そして業界構造の変革の武器として想定するのか、という問題である。

技術戦略を考える上でもう一つ重要となるのは、どの程度既存の蓄積が社内にあり、他社の差別性の源泉となっているか、という視点である。社内に蓄積があれば技術戦略の方向性は自らの強みをさらに深掘りする形で進めるべきであるし、逆に蓄積に乏しければ新たな能力を獲得するために技術戦略が方向付けられるべきである。

一口に、技術戦略といっても、新しい技術の開発と事業化を通じて、どのように社会生活の中に

* 一橋大学イノベーション研究センター

当たり前のものとして定着することを期待するかによって、その力点は大きく変わってくるはずである。技術戦略を考えるためには、以下の問いを立てることから出発する。

1. 戦略策定の際に想定する具体的な時間軸（5 年先か、10 年先か、20 年先か）とはいつか。
2. その時間軸の中で、業界構造はどのように変化するか。その中での鍵要因とは何か。また、業界構造はどのように変化して欲しいか。また、その中で自社の市場地位はどのように変化して欲しいか。
3. 上記の変革を実現する上で、自社が他社に先駆けて有利に展開するためには何をすべきか。
4. 自社のこれまでの経営資源（スキル、ノウハウ、ブランド、技術、組織慣行・文化）はどのように活かせるか。特に、これまでの技術資産や人的ノウハウ、それを支える組織慣行や文化をどのように活かせるか。
5. 変化する業界構造で主導的地位を確立するために、新たに獲得すべきノウハウやスキル、能力とは何か。特に念頭に置く技術領域で鍵となる能力とは何か。
6. 既存の組織体制で対応できないとしたら、どのような組織体制で新しい能力構築を目指すべきか。

2 既存能力の深掘りとしての技術戦略：コアコンピタンス（中核能力）

どの会社も程度に違いこそあれ、他社には負けない強みというものがある。存在しないと思うのであれば、それは多くの場合認識の問題である。自社から見て当たり前にできることそれ自体が、他社から見ると脅威となっていることもある。技術戦略は、他社に負けない強みの認識、そしてその認識の組織成員間での共有から出発する。単なる他社には負けないだけでなく、＜他社を圧倒して＞顧客に価値を提供できる能力、そして他社が模倣しようとしたとしても容易にできない能力を認識することが内的要因を梃子にした技術戦略の基本的な出発点である。その能力を、一般的には「中核能力」（コアコンピタンス）と呼ぶ（伊丹、1984；プラハラード・ハメル、1990）。

その能力は、製品や事業レベルでの外形的成功尺度（例えば利益率）で測れるような目に見える（可視的な）競争力ではなく、目に見えない（不可視的な）競争力である（藤本、2004）。製品や事業レベルではなく、複数の異なる新製品や新市場を生み出す共通基盤としての組織能力に強調点がある。新しい製品やサービスを生み出すための深層能力は、新たな適応力を生み出すための能力という意味で、ダイナミック・ケイパビリティ（Dynamic Capability）と呼ばれることもある（Teece, Pisano, and Shuen, 1997）。

例えば、味の素であれば、アミノ酸技術を独自技術として深く掘り下げることで、世界のライバル企業も一目置くこととなり、それが食品を起点にその他の新規事業創出の原動力となり、また世界的な食品業界再編のキープレーヤーとなることを可能としている。電子部品で高い収益性を実現している村田製作所は、安易に領域を広げ、結果として技術の離れ小島を作ることなく、セラミッ

ク技術分野で他社を圧倒する技術分野の明確化を意識している（伊丹、2003）。二輪車と四輪車でよく知られた本田は、エンジン開発を中核技術に据え、モビリティを基軸にその多面的な展開を試みている（芝刈り機から歩行支援、二輪、四輪まで）。近年の航空機業界への参入を可能としたのも、長年にわたる低燃費と居住性を兼ね備えるために培われたエンジン設計開発と機体設計に関わる蓄積の賜物であったと言えるだろう。

持続的な中核能力を支えるのが個人に体化（embodied）した、あるいは組織として蓄積された技術である。持続的な中核能力を維持するためには、自社の中核技術とは何かを明確化し、継続的にそれが強みとして顕在化できる市場機会（そして機会を構成する顧客）に遡及していく必要がある。中核技術とは何か、を明確化し決定する作業は、現場やミドルの人間が決められるものではなく、長期的なシナリオの下に決定すべきものであるという点で、経営者の判断として本来なされるべきものである。

顕在化した市場機会にのみ注目しては、自ら有するはずの中核能力を同定することは決してできない。中核能力と呼べるような環境変化に対応できる能力を構築するには、時間のかかる長期的な要素技術の開発が必要となる。それは、未来の市場機会（未来の顧客が直面する課題）を同定するところから始まる。決して短期志向の日々の積み重ねでは成立し得ない。

近視眼的な行動が必然的にもたらす帰結は、次の言葉に示唆されている。「市場のニーズを見定めて戦略を定めるという市場分析志向の戦略は、散弾銃のように成果が散らばってしまうリスクと、競争者を含めた市場の動きの後追いになるリスクとがある。つまり、市場分析を重視し、すでに実在するニーズから戦略をスタートさせていると、「マーケターやマーケターが属している組織にとっては新しいニーズであっても、市場ではすでになじみのあるニーズとなっている」といったことが起こりうる。その商品に待ち受けるのは、多数の競争者であり、よく似たデザインの商品との価格競争である。」（石井、2009）

3 能力構築としての技術戦略：ストレッチと学習

もっとも、他社を圧倒する中核技術が社内であれば、持続的な成長を保障され则认为るのは早計である。他社が新たな技術を開発することにより、あるいは他社が自社固有の中核技術にキャッチアップすることにより、中核技術が果たす社会的価値や経済的価値は時間と共に低下するからである。したがって、自ら中核能力を有しているか否か、それがどのように既存の事業に、あるいは新規事業に活かせるかという視点で技術戦略を構築するだけでなく、どのように既存の中核能力とは異なる「新たな」中核能力を構築できるか、という視点で技術戦略を構想し構築することが長期的にはより重要となる。戦略論では、すでに保有する能力や資源を活用することをレパレッジ戦略と呼び、新たに能力や資源を獲得することをストレッチ戦略と呼ぶ（Hamel and Prahalad, 1994）。新たな中核能力の構築を目指そうとする活動は、まさにストレッチ戦略の一つである。

ストレッチ戦略とは、いわば現状と目標との間のギャップを埋める戦略である。現状では実現できないが、目標として設定された期限には実現できるようになること。そのギャップを埋める道筋がストレッチ戦略であり、その戦略の実行過程の鍵が、個人と組織の二つのレベルにおける学習で

ある。つまり、新たな中核能力を創出するためのストレッチ戦略とは、どの技術領域でどのような具体的な挑戦目標を事前に立て、その目標に向かってどのように個人と組織の双方で学習を促していくかの道筋を決めることである。研究開発活動とは、顧客の抱えた未来の課題を事前に同定し、その課題解決のための技術的解決策を発見し再現可能なものにして、製品サービスという形で顧客に提供する活動である。それはその活動に関与する人々による問題解決の学習プロセスに他ならない。その意味で、研究開発活動が適切に推進されるかどうかは、組織の様々な場で効果的な組織学習が起きるにかかっている。能力構築を促す技術戦略とは、組織学習を促す戦略でもある。それには、次のような点を考慮する必要がある。

1. 健全な危機感：人間は弱い存在である。目に見える具体的で短期的な目標に固執し、目に見えない曖昧で長期的な目標に挑戦することは難しい。したがって弱い存在であることを前提に、技術戦略を考えることが出発点となる。例えば、スポーツウェアで急進するアンダーアーマー社の「私たちはまだ決定的な製品を生み出していない」というスローガンは一つの参考になるだろう。そこには、不完全だという認識が、より完全なものを創り出すための挑戦を生み出すという前提がある。
2. 厳しい環境と顧客：弱い存在であるからこそ、厳しい環境に敢えて身を置いて学習が促されるという側面がある。学習を促す戦略として、自らを鍛える場として、厳しい仕様要求を行う顧客とつきあう、仕様要求が最も厳しい技術・顧客領域を敢えて選択するという戦略がありうる。それは、現在保有する能力との適合を考えるのではなく、将来的な能力構築・錬磨という観点から敢えて不適合領域に参入するという戦略である（伊丹、2003）。顧客によって能力構築が促されることを期待する戦略である。うるさく厳しい顧客と結節点を持てて初めて、未来の顧客との関係性が構築できるはずである。
3. 小さく試し、失敗から学ぶ：学習を促すには、実験が不可欠であり、しばしば失敗を伴うものである。したがって、学習を促すには、一方で失敗を恐れず実験（試してみる）を促し、他方で失敗から学ぶという姿勢が必要となる。実験を促す方策としては、学習の制度化が挙げられる。3M社の15%ルールやグーグル社の20%ルールに代表される業務時間の一定割合を日常業務以外に割り振ることを公式化するのはその一例である。「バウンダリーレス」というGeneral Electric社のジャック・ウェルチ社長が推進した施策もその一例である（ウェルチ、2001）。より難しいのは、失敗から学ぶという姿勢であり、失敗から学ぶ文化の構築である。失敗は将来の飛躍のための知の源泉であるにも拘わらず、我々は様々な場面で暗黙裡に失敗は避けるべきものと教えられてきている。しかし、そもそも失敗の原因は一樣ではない。失敗は、単純な過失ゆえの「予防できる失敗」と、複雑性に起因した「避けられない失敗」、そして先端領域での「知的な失敗」とに分ける必要があり、それぞれに応じて対処すべきスタンスは異なるはずである（Edmondson, 2011）。大きな致命的な失敗を防ぐためにも、試してみる物理的・心理的ハードルを下げる意味でも、小さく試みる必要がある。
4. 自社のドメイン（活動領域）の絞り込み：試してみることや失敗から学ぶことの意義を仮に

認めたとしても、経営資源に限りがあるのは厳然たる事実である。成長性があるからという理由だけで、あるいは自社が技術的実現可能であるという理由だけで、新規事業や新規技術に手を染めることは適切ではない。自社が手がけるべき事業活動領域はドメイン（domain）とも呼ばれるが、経営資源に限りがあるからこそ、自社ゆえに手がけるべき事業領域を徹底的に絞り込む必要がある。明確な活動領域の定義なしに、目先の成長性に合わせて新規事業を立ち上げていると、結果的に関係性の低い事業の集合体を抱える危険に事後的に直面することとなる。

5. 周縁から学ぶ：イノベーションは辺境から生まれる、と言われる。多くの場合、月並みではない新しいアイデアは、組織や市場の中心部ではなく、周縁や辺境と呼ばれる多くの人々が関心を払わない月並みではない所から生まれる。それは、過去からの延長線となる既存の原理や慣行が組織や市場の中心を支配し、新しい原理や慣行そしてアイデアは、たとえこの世の中に出現したとしても、既存システムとは相容れない変則事例（anomalies）として無視されたり、切り捨てられたりするからである（Hamel & Breen, 2007）。近年では、エッジ戦略（edge strategy）と呼んで、周縁の積極的意義に注目する議論もある（Lewis & McKone, 2016）。彼らによれば、周縁とは単なる辺境ではなく、むしろ異なる生態系の交差地帯（森林の周縁、海岸線、湿地帯など）ゆえに双方の生態系の特徴を兼ね備えた個体群が生息する場所であるとされる。そこに生息する個体群は、どちらの生態系においても周縁と位置づけられる異端であるものの、同時に双方の生態系の原理にも順応しているという意味で、独自の存在であるかもしれない。ビジネスにおいても新しい機会は、そのようなどのような既存市場や組織の原理や慣行から見ても周縁と位置づけられる場で生まれる可能性がある。革新とは起きる前には疑わしく、起きた後は当たり前だと思える現象である。したがって、革新の可能性を探索するには、主流ではなく周縁そして異なる周縁が交錯する場の動向に目を向ける必要がある。

4 業界構造の維持と強化の武器としての技術戦略

新技術を開発し、顧客の問題解決に資するために能力開発に注力することのみが技術戦略の目的ではない。技術戦略は、自社の地位を維持したり、直面する外部環境を変革するためにも用いられる。いわば、既に有する技術を通じて、あるいは新規技術の開発を通じて、直面する外部環境をより自社の意図通りに操作するための武器として技術開発や技術戦略を位置づけることもできる。これが技術戦略のもう一つの側面である。

戦略論ではよく知られるように、企業を取り巻く外部環境は、業界構造の潜在的な利益水準を規定する6つの諸力によって特徴付けられている（Brandenburger & Nalebuff, 1997; Porter, 1980）。ここで6つの諸力とは、既存業界、既存業界への新規参入（の可能性）、代替品、売り手、買い手、そして補完財である。既存業界、新規参入（の可能性）、そして代替品は、川下の顧客という観点から見れば、既存業界から購入するか、新規参入業者から購入するか、代替品を購入するかという

点で、顧客を取り合うことになっているので、新規参入の可能性が大きくなれば、あるいは、代替品が台頭することで、当該バリューチェーンの潜在的な利益水準は低下する。また、買い手と売り手はバリューチェーンを構成する協力業者である一方で、生み出した価値を川下と川上とで分配しあう関係にあるので、競合する相手でもある。

このように6つの諸力から業界構造を検討する視点は、利益を取奪する潜在・顕在要因を交渉力の多寡から検討するフレームワークであるが、技術戦略にも応用可能な視点を提供してくれる。具体的には、既存業界の中での競合企業、新規参入業者、代替品供給業者、売り手、買い手との交渉力の維持強化、もしくは既存の業界構造の変革と新しい業界構造の創出のために、既に有する技術あるいは現在開発中の新規技術を位置づけるという戦略である。以下に示すように、その基本戦略は、自社の技術を武器にした、他社が展開する製品・サービスの社会的・経済的・技術的価値の無効化戦略である。

1. 当該技術（すでに開発が終了している、あるいは開発中の技術）は、競合他社の製品・サービスの価値をどの程度無効化できるだろうか。
2. 当該技術は、新たな業者の参入をどの程度防ぐ障壁（参入障壁）として機能するだろうか。
3. 当該技術は、代替品や補完財の価値をどの程度無効化できるだろうか。
4. 当該技術は、買い手（売り手）の交渉力をどの程度無効化することが可能であろうか。

5 業界構造の変革と創造の武器としての技術戦略

もっとも、外的環境を基軸にした技術戦略は、他社の価値を無効化し、代わりに創り出された価値を自社のものとして専有するという消極的な意味でのみ重要なわけではない。新規技術開発とそれに基づく技術進歩は、直面する既存の業界構造内での競合業者や協力業者との関係性を変革し、新たな業界構造を創造する契機となり得る。新たな技術の開発を通じて、自社の置かれた競争環境を変革するのは、技術戦略のもう一つの目的である。

自動車業界における電子制御の高度化は、同業界への異業種の新規参入機会を生み出し、既存の業界構造の変革の契機となりつつある。アップル社やグーグル社などの自動車業界への参入はその一例である。また、撮像素子の進歩と撮影装置の高画質化と低価格化は、動画撮影の参入障壁を低下させ、動画製作がより多くの普通の人々に開かれるという状況を生み出している。その結果、放送局と専門製作会社が支配する閉じたテレビコンテンツは、インターネット上の素人製作を中心とした動画コンテンツと競争することとなり、それに伴い広告のビジネスモデルも変化する機会となっている。このような技術革新による競争環境の変化を促すのが技術戦略の目的である。

企業を取り巻く外部環境の動向を視野に入れて、技術戦略のあり方を考える視点は、川上から川下まで自社が支配する垂直統合型のビジネスモデルが支配的な時代には、必ずしも重要ではなかった視点である。垂直統合ゆえに、かつては外部環境をより容易にコントロール可能であったからである。しかし、垂直統合型ビジネスから水平分業型ビジネスへと支配的なビジネスモデルが変化し、企業と最終顧客との間に存在する様々なビジネスパートナーがイノベーション実現に影響を及

ばす可能性を考慮に入れるならば、これまで以上に自社を取り巻く外部環境の変化に注意を払う必要がある。

アドナー（Ron Adner）は、イノベーション実現における業界構造の依存関係に注目する必要性を指摘し、実行リスク（Execution Risk）のみならず、コ・イノベーションリスク（Co-innovation risk）とアダプションチェーンリスク（Adoption chain risk）に注目する必要性を主張している（Adner, 2012）。ここで、実行リスクとは、顧客に必要とされるものを競合他社よりも提供できるリスクであり、コ・イノベーションリスクとは、自社が推進するイノベーションの実現がその他のイノベーションの商業化に依存しているリスクである。アダプションチェーンリスクとは、顧客に価値提供する上で、協力業者たるビジネスパートナーが自社のイノベーションを受け入れるリスクである。そこでの強調点は、エコシステム（生態系）とも呼ばれるイノベーション実現における他者への依存関係（協働という形ではじめて実現可能となる関係）である。アドナーは、その一例としてミシュラン社によって導入が試みられた革新的なタイヤである PAX システム（パンクしても走り続けることが可能なランフラットタイヤ）を引き合いに出して、いかに同社が革新的製品導入過程で、修理工場が果たす役割を軽視してたかを明らかにしている。

新規技術開発を通じたビジネスパートナーとの関係性の変革は、様々なレベルで実行可能である。例えば、上流工程に位置する強い売り手（部品供給業者とか材料供給業者）がバリューチェーン全体のより多くの価値を自らのものとして専有しており、川下に位置するその他の企業はその会社に利益を収奪されている場合を考えてみよう。その場合、高い交渉力を有する当該売り手との関係性を変革し、交渉力を減ずる方向に業界を変革するには、川上の売り手業界が従来よりも競争促進的になる必要がある。その場合に川下企業が売り手に対してなすべきことは、利益を収奪する特定売り手業者以外の業者との取引拡大であり、資本支援や技術協力も視野に入れた長期取引である。2 番手以外の売り手業者が育ち、競争促進的になることによって売り手業者との関係性を長期的に改善することが可能となる。補完財の性能や価格がボトルネックとなって、自社の製品・サービスの普及が進まない場合も、売り手に対してとるべき方策と同様である。つまり、補完財の業界を技術進歩と価格の両方から競争促進的になるべく、自社の技術開発の方向性を位置づけるという戦略である。技術開発戦略は、自社製品の価値を高めるために構想・実行されるべきものであると同時に、他者の技術開発を無効化したり、牽制したり、ボトルネックを解消するために構想・実行されるべきものでもある。その点で、技術開発戦略は、売り手や補完財のみならず、代替品業界の技術進歩を遅延させ、買い手による指名買いの可能性を高めるために構想・実行されるべきものでもある。

6 技術戦略の策定・実行に伴う罣と課題

6.1 中核能力の罣

自ら蓄積・保有する技術的強みに経営資源を集中し自社の競争力を高めようとする経営施策は、中核能力（コアコンピタンス）を構築する合理的な施策である。ただし、中核能力の構築を意図し

た技術戦略を策定・実行する上で、留意すべき点がいくつかある。第一に、中核能力の定義・共有の問題である。中核能力自体は、目に見えるものではなく、日々の業務活動に深く根付いたものであるため、つかみどころがなく（elusive）、その存在を認識・同定するのも、共有するのもしばしば困難である。それゆえ、より多くの組織成員が事業プロセスに参加するのに伴い、中核能力とは何かについて認識の共有が難しくなる。第二に、異なる領域への応用可能性の高さや汎用性こそが中核能力として定義されるがゆえに、技術力としての中核能力は過大評価される傾向にある。第三に、中核能力はヒト自体やヒトとヒトとの協働プロセスに体化され、組織文化や組織慣行と深く結びついている。そのため、中核能力は短期的には変化し得ない。言い換えれば中核能力は強みであるとともに、環境変化によって弱みに転ずる性格を持っている。中核能力は、硬直性の源泉でもある (Leonard-Barton, 1992)。

6.2 既存事業のルール・規範・評価基準

新規技術の開発が新規事業や新規ビジネスモデルの提案を以て推進される時、新規技術の推進はしばしば困難に直面する。それは新規技術がもたらす市場機会が、既存事業が立脚するルールや行動規範、そして評価基準によって評価されるからである (Johnson, 2010)。例えば、新規技術の市場機会は、かつての既存事業が開拓してきた市場機会に比べると、市場規模が小さすぎるかもしれないし、利益率が低すぎるかもしれない。あるいは、社内の品質基準を満たさないかもしれないし、顧客層は既存企業が対象としてきた顧客層と大きく異なるかもしれない。その時、かつての既存事業の成功のエッセンスを体現した既存ルールや行動規範、そして評価基準は、新規技術が切り開く市場機会の把握には役に立たず、むしろ新たな機会を過小評価するための合理的な根拠として利用される。

しばしば既存事業において新規事業が期待通りに立ち上がらないのは、十分に経営資源が新規事業に割かれていないことも一因であるが、それ以上に深刻なのは既存事業の経営慣行が新規事業に無意識的に持ち込まれることに求められる。新規事業は、既存事業とは異なる合理性と基準やルール、そして評価基準に支配されるものである。それゆえ、経営層は、新規事業と既存事業とを明確に切り分け、異なるルールと基準でそれぞれを運営する必要がある。

7 破壊的イノベーション：性能次元と競争次元との転換

技術開発は、常に更なる高性能化への道をたどる慣性力を有している。このことは、他者よりも先んじて優れたものを開発するという技術者自身の個人特性に起因していると言えるかもしれないし、競合他社に先駆けて開発を進めるという企業間競争に起因しているかもしれない。いずれの理由にせよ、技術開発やその結果として実現するイノベーションは、性能向上の飽くなき改善という形で実現されることとなる。しかし、一定水準以上の性能向上は性能次元の転換をもたらすこと、そして主流となる顧客が転換することによって、主流となる競争次元が転換することを指摘したのが、クレイトン・クリステンセン (Clayton Christensen) による『イノベーションのジレンマ』で

ある。

技術開発は、常に顧客の問題解決の手段であって目的ではない。しかしながら、時として技術開発は自己目的化することによって、性能向上そのものが自走することとなる。問題は、性能向上によって達成される水準が顧客の満足を超えた時である。技術的に顧客の問題が解決されるならば、顧客は異なる技術的課題に関心を払うようになるかもしれないし、技術的課題以外の価格や納期などの他の課題により関心を寄せるかもしれない。その時競争次元が転換することとなる。高画素化が一段落すると急速な価格低下によるコモディティ化が進展した薄型テレビなどは急速に訴求すべき性能次元の転換に伴い、競争次元が転換した一例である。技術開発はしばしば顧客の満足水準を大きく超えてオーバーシュートする可能性があることに留意する必要がある。それは技術開発能力の高さを自認する企業ほど気をつける必要がある。

8 リバース・イノベーション：先進課題はどこにあるか

これまでのイノベーションの説明モデルの基本的前提は、先進国でイノベーションが実現し、その成果を発展途上国が事後的に享受するというものであった。そこでは先進国→発展途上国という経路が想定されている。しかし、先進国で顕在化した課題は、必ずしも発展途上国で顕在化した課題と同一であるわけではない。そのため先進国の問題解決のために誕生した新製品やサービスは発展途上国に自動的に受け入れられるわけではない。それとは逆に、発展途上国の改題解決のために誕生した新製品やサービスは、課題の後進性ゆえに先進国に受け入れられるわけではない。もしそうであるならば、先進国と発展途上国は、それぞれ異なる解決すべき課題に応じてイノベーション実現に注力すべきこととなる。

Govindarajan と Trimble が『リバース・イノベーション』の中で強調するのは、発展途上国の改題解決のために誕生した新製品やサービスが、時として途上国故に直面する課題の先進性ゆえに、事後的に先進国の潜在的な課題解決に資する点があるという点である。発展途上国は先進国と比較して常に課題の後進国ではなく、課題設定の仕方によっては、先進国に展開可能な課題解決の場として発展途上国が重要な役割を果たす可能性がある。

9 オープン化とエコ・システム：他者と競争し共創する

技術開発戦略において、これまで以上に重要となっているのが、プラットフォーム戦略（Gawer and Cusumano, 2002）であり、研究開発のオープン化であり（Chesbrough, 2003）、エコ・システムの中で自社の製品・サービス開発戦略を考えるという視点である（Iansiti and Levien, 2004）。プラットフォームを意識した技術戦略は、一つの商品やサービス開発を単体・単発開発として位置づける古典的な技術戦略と違って、一連の製品群（世代）の一つとして個々の製品を位置づけ、製品間に関連性や連続性を持たせることによって価格や機能上の優位性を生み出そうとする試みである。毎回新たな技術戦略を策定・実行するのではなく、技術的な共通基盤となるプラットフォームやビジネスの場としてプラットフォームを作ることによって、持続的な競争優位性を確立しようと

する試みである。インテル社の PCI バス開発などはその一例である。それは急速な技術進歩に対処するための一方策でもある。

オープン・イノベーション戦略もまた、急速な技術進歩に対処するための一方策である。自らでできる開発に限界があるからこそ、他のパートナーと協働し、価値を協働で創造する必要がある。垂直統合型ビジネスモデルを追求してきた日本企業は、オープン・イノベーション戦略を追求する余地が数多く残されているかもしれない。ただし、他社の成果をうまく生かすには、自社の強みに関する深い理解が必要である。したがって、オープン・イノベーションを実現するには、自社が強みとするクローズドなコアを今以上に明確に認識する必要がある。

エコ・システムという言葉も含めて、これからの技術戦略の策定と実行において必要なのは、他者と競争し、同時に共創するという視点である。技術進歩の早さはゆえに、競争者は協力者でもある。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 3 章を要約したもので、詳細は本書をご覧ください。

References

- Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. <https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf>.
- Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. <http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens>.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwNs7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrrxxP83u0zQ9cVWFY.
- Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.
- Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. <https://www.jstor.org/stable/3152166>.
- Christenson, C. (1997). *The innovator's dilemma*. Harvard Business Review Press. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46>.
- Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the Japanese auto industry. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. <https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/>.

- Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. <https://www.jstor.org/stable/2393549>.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009>.
- Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706>.
- Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277>.
- Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. <https://www.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail>.
- Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbzxmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.
- Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar*. Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.
- Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBu0A5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.
- Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. <http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf>.
- Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2392832.pdf>.
- 一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). *イノベーションマネジメント入門*. 日本経済

新聞社. <https://www.nikkeibook.com/book/79114>.
軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1-27. <http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf>.
後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. <http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530>.

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

1.3 イノベーションの普及と規制

江藤 学*

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

イノベーションに影響を与える様々な政策や制度は、イノベーションの種を作り出すもの、その種を管理し財産化し、流通させるものとともに、その種を社会に普及させ、イノベーションを実現するためのものが数多く存在する。特に技術規制はイノベーションの普及促進・普及阻害の両面で大きな影響を持っている。

キーワード

イノベーション、普及、規制

本文

1 技術の普及と利益の確保

1.1 技術普及とイノベーション

人間が技術開発を行う原動力の基本は、「もっと楽になりたい」という普遍的要求にある。様々な技術を開発して、少しずつ進歩し、楽に暮らせるようにしてきたのが人類の歴史だ。そこで開発された様々な技術は様々な方法で人々に伝えられ、普及し、イノベーションを起こしてきた。

しかし、現代のイノベーションは企業活動を抜きに考えることはできない。開発した技術をそのまま使ったり、他人に無償で伝達したりするのではなく、製品にその技術を体化し販売し利益を上げることが「もっと楽になりたい」を実現することとなったのである。もちろん、イノベーションの成果から対価を得ることは、次の技術開発の資源を得る上でも必須のサイクルであり、資本主義社会における当然の形と言えるだろう。

Everett Rogers は、その著書 *Diffusion of innovation* (Rogers, 1962) の中で、技術が普及するため

* 一橋大学イノベーション研究センター 教授

には、1) 従来の技術と比べた比較優位、2) 利用者の既存の行動に対する適合性、3) 利用者がその技術を使ううえでの分かりやすさ、4) その技術を使ってみることができる試用可能性、5) 新しい技術を使っていることが他者にも見えるような可視性、の5つのポイントが重要だと整理している。そして、その技術が普及する過程では、最初に新しい技術を積極的に採用するリスクを取る、若くて行動的な Innovators が存在し、社会的影響力の大きいオピニオンリーダーがそのイノベーターと積極的に交流しつつ、二番手の利用者として、しっかりと技術を確認したうえで採用を決める Early adopters となることが重要としている。このように技術普及をマネジメントすることは、イノベーションの重要なポイントだ。

1.2 企業活動と技術普及

企業活動としてイノベーションから利益を得ることが必須であれば、技術の普及には高度な戦略が必要だ。技術をどこまでオープンにし、技術の普及と利益の確保とのバランスを確保するかが重要な戦略となるのである。技術を隠し、占有すれば、そこから得られる利益は100%独占することができるが、当然その技術の普及は進まないため、市場が拡大せず利益総額は伸びない。逆に、技術を完全にオープンにしてしまうと、その技術を模倣して製品を製造し販売する多くの競争者が生まれる。このため、技術製品の市場が大きく拡大しても、自らが得られる利益は少なくなるのである。

そしてさらに現代社会では、この個人の利益最大化だけを目的とすることはできない。社会の安定と安全を実現する上で、個人の利益を犠牲にしても、普及すべき技術や使用を規制すべき技術が存在するからだ。つまり、単に技術をオープンにするだけではなく、そこからイノベーションに結び付けるべき技術を選択していくことが必要なのである。このイノベーションを実現するために、様々な社会ルールが整備されてきているのである。

2 制度による技術普及のコントロール

2.1 事前規制と事後規制

規制には様々なタイプのものがあるが、一般的に技術規制とは、新しく開発された技術が社会の安全を脅かさないように、その使用を制限することを目的としている。しかしそれは、逆に規制の範囲内で利用できる技術の普及を促進することになる。技術規制の中には、新しい技術を強制的に使うことを定めたものも多く、このような技術規制は、まさに技術の普及を強制的に行う行為だ。

しかし、多くの場合、技術規制はイノベーションを阻害する効果のほうが大きい。その影響力は、規制体系が事前規制か事後規制かにも大きく影響される。事前規制とは、新しい技術の使用などに当たって、その使用方法を詳細に規定し、危険な使用方法や間違った用途での使用が起らないようにしようとするものだ。日本は、この事前規制を重視する法体系となっている。これに対し事後規制とは、新しい技術の開発者、販売者、利用者など、その技術の利用にかかわる利害関係者の責任を明らかにし、もし事故や問題が起こった場合に、その責任をきちんと追及できるルールを

定めるものだ。米国などがこの事後規制を重視した規制体系となっている。

確かに事前規制を行うことで、関係者が大きな責任を負うような事故の発生確率は減ることが期待できるが、その分技術の挑戦的利用、実験的利用は困難となり、イノベーションの阻害効果は大きい。このため日本でも、大きな流れとして、事前規制から事後規制へと規制体系を変化させようとする動きがあるが、まだまだ、米国等に比べると、事前規制が強く、新技術によるイノベーションを起こしにくい環境となっているといえるだろう。米国が事後規制の政策体系を実現できる背景には、民間の保険システムの充実と、その保険による賠償を受け入れる国民意識があることも大きい。

このような中で、国ごとの規制の差を利用して製品開発や市場創出を行う戦略は、既に多国籍企業では一般的となっている。国ごとの規制体系の違いは、ビジネスのコストになることもあるが、ビジネスチャンスとなることもあることは重要なポイントだ。

2.2 技術規制のイノベーションへの影響

前に述べたように、規制の多くは一義的にはイノベーションを阻害する方向に動くだろう。しかし、実際には、規制がイノベーションを促進することも多い。当然ながら新しい技術の普及に対する規制は、その新しい技術を普及させるために必要な制限だからだ。これらの規制は、当該技術の安全なイノベーションを促進するだけでなく、リスクを軽減する多くの新しい技術を生み出すことにもつながる。実際に規制があったからこそ生まれた新しい技術は数多く知られており、さらに最近では技術進歩を促すための規制なども生み出されている。

2.2.1 技術規制によるイノベーション

規制が生み出したイノベーションとしてもっと有名なものが、ホンダによる CVCC エンジンだ。この CVCC エンジンは、1970 年に米国のカリフォルニア州などで導入が進められた大気浄化法改正法（通称マスキー法）に対応するために生み出された技術であり、多くのイノベーション研究の対象となっている。

2.2.2 イノベーションを継続させる規制

規制は、その規制をクリアするためのイノベーションを生み出すが、一旦規制をクリアすると、それ以上のイノベーションを起こす必要はないため、技術開発が停滞するケースが多い。この問題をクリアする目的で整備された法律に、1999 年に改正された「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（以下「省エネ法」）がある。トップランナー方式と呼ばれる法律で様々な工夫がその中には存在する。

2.2.3 規制を活用したイノベーション

規制はイノベーションに大きな影響を与えるため、ビジネスを成功させる上で、このような規制環境を技術開発と並行してマネジメントすることも重要な課題となる。

15 年程前に開発された生分解性の釣り糸は、この規制を活用することが出来ず、事業化されなかった事例だ。この糸は通常の釣り糸に比べ、少し弱く、少し高価であったが、河川・湖沼の釣りには十分な性能を有していたし、自然環境を保護する上では高い価値を持っていた。関係者は、国立公園内での釣りにはこのような生分解性の釣り糸を使用することを義務付けることができれば大きな市場ができるとして、製品開発後に関係省庁に働きかけたが、簡単には実現せず、その間に開発企業は製品化から撤退してしまった。

2.2.4 規制改革が起こすイノベーション

電動アシスト自転車の特徴は、この製品が「自転車」であることが規制により認められているということだ。具体的には、道路交通法第 2 条第一項第 11 号の 2 において「人の力を補うため原動機をもちいる自転車」と規定されており、電動アシスト自転車が自転車であると認められている。このため電動アシスト自転車は原動機を持つ製品でありながら、免許・ヘルメットの装着を必要としないのである。

電動アシスト自転車は高度な技術を開発することで旧来の自転車と同じ感覚で操作できる原動機付き自転車を開発し、道路交通法を改正することで、それを自転車と認めさせることによりイノベーションを起こすことに成功した。さらに、安全性・自転車との同一性が認識されるとともに、アシスト力を強くする方向に規制緩和も行われた。この規制緩和が、他の規制緩和や規制強化と強い関係を有し、イノベーションを実現しているのも、注目すべき点だろう。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 11、12、15 章を要約したもので、詳細は本書をご覧ください。

References

- Porter, M. (1991). America' s Green Strategy. *Scientific American*, 264(4):168. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=i7UDH1OGfPEC&oi=fnd&pg=PA33&dq=America%E2%80%99s+green+strategy&ots=AN3s6Fn60P&sig=FCsb0MdhP8NX09TRSX14pzBlSzE.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovations*. Free Press. https://books.google.co.jp/books/about/Diffusion_of_Innovations_5th_Edition.html?id=9U1K5LjU0wEC&redir_esc=y.
- Shapiro, C. and Varian, H. R. (1999). *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*. Harvard Business School Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=aE_J4Iv_PVEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Information+Rules:+A+Strategic+Guide+to+the+Network+Economy&ots=o2Gh4VifSY&sig=uBsAaewCVtKo197WZc6Gs7icPmU.
- 一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. <https://www.nikkeibook.com/book/79114>.

1.4 科学技術イノベーション人材

富澤 宏之¹

初版発行日：2022 年 12 月 26 日、最終更新日：2022 年 12 月 26 日

科学技術イノベーションを担う人材の重要性は広く認められているが、それに関する政策には様々な課題がある。主要な課題としては、科学技術人材育成システムと産業や社会のニーズとのミスマッチ、研究人材の需要と供給の不一致に起因する諸問題、社会全体としての高度な専門人材の活用の遅れ、などがあるが、科学技術イノベーション人材に関する基本的な概念には曖昧性や脆弱性があり、そのことが政策的な議論や検討が深まらないことにつながっている。

キーワード

人材育成システム、人材の需要と供給、科学技術人材、研究人材、高度人材

1. 科学技術イノベーション人材に関する政策上の課題のスコープ

科学技術イノベーション人材の育成や活用促進は、科学技術イノベーション政策における重要課題である。科学技術やイノベーションの活動を担うのは“人”であるからには、“人材”が大きなテーマとなることは当然のことである。この観点からは、科学技術イノベーション人材に関する政策的な課題として、将来的なイノベーションや社会的課題の解決に向けてどのような人材を育成するのか、また、そのための人材育成システムをどのように構築するのか、といった課題が浮かび上がってくる。

別の観点として、日本のイノベーション・システムに生じている様々な問題を、“人材育成システム”の問題に関連付けて捉えることも必要になっている。例えば、近年、日本の“研究力”が低下しているとの懸念が広まっているが、これは、博士人材の育成・供給、若手研究者の処遇や研究環境、などの問題が要因の一部となっている可能性があり、人材育成システムの側からの検討が重要になってきている。また、日本において情報技術の活用が進展していないという問題も、情報技術人材の育成システムから検討することが重要になる。

このように考えるだけでも、科学技術イノベーション人材に関する政策上の課題は大きな広がりがあることが分かるが、更に、上記の観点では捉えられないような様々な問題が存在するであろう。そのため、問題の網羅的あるいは体系的な抽出は困難であり、次節以降では、様々な問題の根底にある基礎的な概念と主要な論点に重点を置いて、この問題を概観する。

2. 科学技術イノベーション人材の概念的枠組み

2-1. 科学技術イノベーション人材の概念についての概観

ここまで、「科学技術イノベーション人材」という語を用いてきたが、この語には曖昧性があり、どのような人材を指し、どの範囲を対象にしているのか、明確ではない。曖昧性のある語が

¹ 文部科学省科学技術・学術政策研究所 第2研究グループ 総括主任研究官

有用な場合もあるが、政策や政策的議論の対象を指す語として用いる場合には注意が必要であろう。また、「科学技術イノベーション人材」の下位概念と考えられる「科学技術人材」や「研究開発人材」などについては、統計上の定義等はあるものの、後述のように、これらを巡る一種の混乱が長年に渡って続いている。このように、科学技術イノベーションに関する人材を論ずる際には、最も基本的な概念に脆弱性があることに注意すべきである。ここではその問題を扱うが、現時点では「科学技術イノベーション人材」などの語や概念を明確に定義することは困難であることを踏まえ、問題の所在を概観する。

まず、「科学技術イノベーション人材」という語は、広い意味で“科学技術やイノベーションに関する活動を担う人材”を指す語とすることが妥当であろう。これだけでは、どのような人材を指すかを明確にはできないが、例えば、「科学技術イノベーションの促進のために、どのような人材を育成すべきか」といった政策的な議論に際して、最初に対象を広く捉えるための語としては機能するであろう。本稿でも、広い範囲の人材を指す語としては、この語を引き続き用いることとする。なお、過去に科学技術人材や研究開発人材の概念や定義を提示してきた OECD と欧州委員会（European Commission）は、2019 年より公開している国際的な科学技術イノベーション政策に関するデータベース“STIP COMPASS”において、「科学技術イノベーション人材」に相当する語を“Human resources for research and innovation policy area”と一般的な名詞で表記している（European Commission and OECD 2019）。このことから、現時点では、「科学技術イノベーション人材」の国際的に定着した定義がないことがうかがえる。

もう少し具体性のある人材概念を考えるためには、そもそも、科学技術とイノベーションは、かなりかけ離れた概念であり、政策上の議論や論述において「科学技術イノベーション」という語（あるいは概念）が用いられるようになったのは比較的、最近であることを思い起こすべきである²。そのため、「科学技術イノベーション人材」は、科学技術に関する人材とイノベーションに関する人材に分けて考えることが自然である。そして、前者（科学技術に関する人材）については、早くから政策的な議論の対象となり、相対的には概念化や定義化が進んでいる。そのため、2-2 節で科学技術に関する人材の概念や定義等を検討し、それに基づいて、2-3 節でイノベーションに関する人材に関する概念について考察する。

なお、“人材”という概念に関連する概念についても簡単に触れておく。ここまでの議論の文脈において、“人材”という語は、労働経済学における“人的資本”（人間に体化された熟練・技術・知識の事を意味する）の概念に近い意味となっていた。これまで、労働経済学の知見が科学技術イノベーション政策の議論・検討に援用・参照されることは必ずしも多くは無かったが、労働経済学では“人的資本”の概念に基づく様々な研究や検討がなされており、人材関係の様々な議論・検討に対して、有用な知見をもたらしてくれる可能性があることを指摘しておく。

2-2. 科学技術人材の概念と関連概念

(1) 専門用語としての科学技術人材：HRST

「科学技術人材」に関しては、科学技術に関する統計やデータの専門家、あるいは科学技術に関する人材の問題に携わる専門家等間で十分に定着している概念が存在する。それは学術的な議論や、いくつかの国での長年に渡る統計に関する取り組みを通じて形成され、1995 年に OECD と欧州委員会統計局によって編纂・公表された「キャンベラ・マニュアル：科学技術人材の測定に関するマニュアル」において提示されている（OECD/Eurostat 1995）。「キャンベラ・マニュアル」は、OECD が発行している科学技術活動の測定に関する国際標準を提示するマニュアル群の一つであり、科学技術人材の測定に関する様々な事項を扱っている。

² そのことを端的に示す例としては、「科学技術基本法」が改正されて「科学技術・イノベーション基本法」（2021 年 4 月 1 日施行）となったことを挙げることができる。この改正に伴い、5 年ごとに策定することが義務づけられていた「科学技術基本計画」も、2021～2025 年度を対象期間とする第 6 期より「科学技術・イノベーション基本計画」に名称が変更された。なお、「科学技術・イノベーション」という「・」を含む表記は、本来、別の概念である科学技術とイノベーションを結び付けたことを明示化した表記であると考えられるので、ここでの議論では「・」の有無は考慮しないこととする。

同マニュアルで定義されているのは、“Human Resources devoted to Science and Technology (HRST)”であり、日本語に直訳すると「科学技術に充てられた人的資源」や「科学技術に従事する人材」などとなるが、単に「科学技術人材」と訳すこともできるであろう。その定義は、「自然科学または工学の大学卒業者と同等ないし同等以上の資格を有する者、あるいは関連する科学・技術分野の職業に従事している者」（筆者による日本語訳）とされている。この定義の前半は教育や資格が基準となっているが、後半は従事する職業が基準となっている。なお、あるカテゴリーの人材の範囲を定める際に、このように、教育・資格と職業・活動という2つの面から定めるのは典型的な方法である。

この定義は、かなり広い範囲の人材を指しており、おそらく、日本語の「科学技術人材」という語から想像されるより、はるかに広い概念と言えるであろう。定義の前半は、科学技術分野の高等教育の課程を修了した人は全て HRST に含まれることを意味している。この「高等教育の課程」は、大学院レベルに限定されるのではなく、日本の場合、4年制大学、短期大学、高等専門学校いずれも含まれる。また、「科学技術分野」の範囲は、基本的には自然科学と工学とされているが、農学や医学、社会科学も対象にすることもでき、さらに、場合によっては人文科学までも含める枠組みも想定されている。一方、定義の後半は、前半で述べられているような教育や資格を有していない場合でも、そのような教育や資格を必要とすることが一般的である科学技術関係の職に就いている人が含まれる。例えば、高等教育を受けずにシステム・エンジニアの職に就いている人が含まれることになる。このように対象範囲が広く、日本において HRST に近い人材カテゴリーを指す一般的な語としては“理系人材”などが比較的近い意味を持つかもしれない。

1995年にキャンベラ・マニュアルが公表された頃は、このような対象範囲が広い人材についての統計調査を行っている国は少なく、同マニュアルは、実用的なマニュアルと言うより、理念的な文書という面があった。しかし、その後、同マニュアルの影響を受けて科学技術人材のデータ整備を進める国が次第に増加し、特に欧州では、欧州委員会が同マニュアルに準拠したデータの整備を推進している。なお、米国では同マニュアルよりはるかに古くから、NSF（全米科学財団）などが高等教育機関で科学技術の教育を受けた人材や科学技術に関する職に就いている人の大規模な統計を作成していた。この米国の人材統計は、本質的に HRST と類似の概念に基づいていると言える。

なお、HRST の語は、外面的には“イノベーション”の要素を含んでいないが、内容的・歴史的には“イノベーション”と深い関係がある（小林 2011, 綾部 2018）。例えば、キャンベラ・マニュアルの序文の冒頭の文章は、「科学技術（S&T）と人的資源（HR）をいかに組み合わせるかは、今後数十年にわたり、経済発展と人類の生存の鍵を握る要素となると考えられている」となっており、HRST の概念には、科学技術システムを支える人材というよりも、社会・経済の維持や発展を担う人材といった考え方が反映されていることがうかがえる（OECD/Eurostat 1995）。

(2) 研究開発人材の定義と人材区分

研究開発統計において、研究開発人材は研究開発支出と並ぶ主要な測定項目である。研究開発統計の国際的な標準を示している OECD のフラスカティ・マニュアル³において、「研究開発人材（R&D personnel）」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。これらのいずれについても、フラスカティ・マニュアルで定義された「研究開発（Research and Development）」

³ 『フラスカティ・マニュアル（Frascati Manual）』は、OECD が作成している研究開発統計に関する国際的な指針である。その最初の版は 1963 年に公表され、1964 年に OECD 加盟国によって承認された。この名称は、同マニュアル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し、当初は通称であったが後に正式名称となった。同マニュアルは、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）。

に直接的に関与した人であるため、「研究者」と言っても、アカデミックな研究職だけでなく、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。大学教員は、研究に従事している場合のみ「研究者」に含まれる。日本の場合、大学教員は全て研究者に含まれるが、これは、“大学は教育と研究を両輪とする”と言う確固とした原則があるためである。なお、研究開発統計においては、大学教員が職務時間の全てを研究に費やしていない場合、フルタイムの研究者ではなくパートタイムの研究者として扱い、その人数の計測は「フルタイム換算」(Full-time equivalent)で行われる。一方、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の形態は多様であるため、一律に扱われず、フラスカティ・マニュアルに示され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。

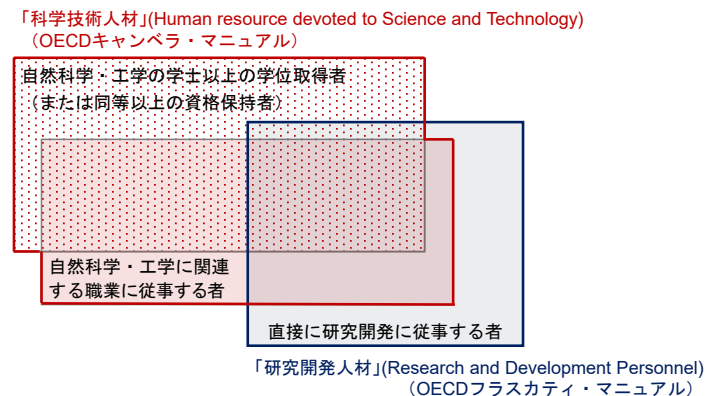


図1 科学技術人材（HRST）と研究開発人材（R&D Personnel）の関係

注：ここでは、「科学技術人材」の範囲を自然科学・工学に限定した場合を示している。その範囲を人文社会科学なども含む全ての分野に広げた場合、「研究開発人材」は基本的に「科学技術人材」の部分集合となる。

(3) 「科学技術人材」と「研究開発人材」をめぐる混乱

以上のように「科学技術人材」と「研究開発人材」に関しては、定義が有り、両者の関係は図1のように示すことができるものの、概念上の混乱がしばしば見受けられる。まず、「科学技術人材」に関しては、前述のような定義とは別に、「科学技術」と「人材」という2つの一般名詞を結合させただけの漠然とした意味の語として使用される場合も多い。その場合、曖昧性があるというだけでなく、定義された「科学技術人材」と一般名詞としての「科学技術人材」の混用、あるいはどちらの意味で用いているのか分からないと言った問題が起きてくる。しかも、「科学技術人材」という語は広く使われており、そのような状況のもとで政策的な議論がなされたために、議論が深まらない場合が見受けられる。

また、典型的な問題の例は、「科学技術人材」という語を用いているにもかかわらず、内容的には「研究開発人材」や、それを更に狭く捉えた「研究人材」について述べている、という場合

である⁴。これがどのような問題を生むかは容易に推察できる。「研究人材」に関する政策的な課題は、研究者のポストや処遇、研究環境に関する問題をはじめ、研究システムの内部の問題であることが多いであろう。一方、前述のように、HRSTとして定義された「科学技術人材」は、もともと、科学技術システム内部の観点というよりも、科学技術を社会・経済の維持や発展にいかに関結し付けるか、といった文脈から形成された概念である。そのため、例えば、社会や経済に対応した人材ニーズについて政策的な検討を行う場合に、「科学技術人材」という語を用いつつも、実質的には「研究人材」を念頭に置いた議論がなされると、科学技術システムの内部に閉じた議論になり、議論は深まらないということになる⁵。

(4) 科学技術人材の関連概念

「科学技術人材」に類似した語はいくつかあるが、最近では“STEM worker”や“STEM workforce”、“STEM Labor Force”といった語が使われることがある。STEM は、“Science, Technology, Engineering and Mathematics”の略語であり、教育分野としての科学・技術・工学・数学を指す語として、日本も含めて世界的に用いられることが増えている。STEM は教育の分野を指す語ではあるが、もともと、米国において、ハイテク人材の不足や国家の産業競争力を左右する人材の必要性といった文脈で、強化すべき教育分野を指す語として用いられるようになったため、本質的に科学技術人材の概念と密接に関結しており、また、STEM 分野の高等教育を受けた人材を指す“STEM workforce”等は、HRST と対象範囲が似ている。

その他、国際的に“Highly skilled”あるいは“Highly skilled worker”や“Highly skilled professionals”の語も比較的によく用いられている。これに対する日本語としては、「高度人材」、「高度職能人材」、「高度技能人材」などの語が当てられている。この語自体には明示的に“科学技術”の要素は含まれていないが、科学技術イノベーション政策の文脈で用いられることにより、科学技術人材（HRST）と似た意味になる場合が多い。また、「高度」という点を強調する考え方においては、科学技術人材全般というよりも、先端科学技術分野の研究者や技術者、博士号保有者などに限定した意味が強くなる。ただし、現在、この語は、主として科学技術イノベーションに関わる人材の国際的な流動の問題を扱う際に用いられる場合が極めて多い。

2-3. “イノベーション人材”の概念についての考察

“科学技術”という語が専門的な知識の体系、あるいはそのような知識体系に関する活動を意味していることから、「科学技術人材」の語は、科学技術の専門的な知識を有している人材や専門的な活動に携わる人材を指すと考えることができたのに対し、「イノベーション人材」を“イノベーションに関与する人材”と規定しようとしても、これだけでは概念としても曖昧である。なぜなら、イノベーションは不確実性の高い事象であり、それが起きるか否かを事前には予見できないためである。言い換えるなら、従事している活動に基づいて「イノベーション人材」を規定することは困難である。そのため、この語を用いる際には、その目的に応じて意味づけを明確にする必要があると考えられる。

「イノベーション人材」を規定する方法の一つは、イノベーションをもたらす可能性のある諸活動に関与する人材として、広く捉えることであろう。この場合、広い意味での科学技術人材をすべて含む上に、科学技術知識の実用化や社会システムへの適用、あるいはそれらに関する制度や組織の運用者など、様々な人材が含まれることになるだろう。ただし、このような広い捉え方が有用な場合はあるかもしれないが、あまりにも幅広いカテゴリーの人材が対象になることで

⁴ 「研究人材」については、国際的に流通している定義があるわけではないが、フラスカティ・マニュアルで定義されている「研究開発人材」の完全な部分集合であり、両者の関係が明確であるため、本稿では、この2つの語を内容に応じて使い分けている。例えば、大学教員は、フラスカティ・マニュアルの定義では「研究開発人材」に含まれるが、「開発」に従事する場合は稀であるため、「研究人材」という語を用いる場合がある。

⁵ これに関連する議論として、小林（2004b）は、科学技術者と研究者の意味の違いについて注意喚起した上で、日本では科学技術者＝研究者という議論が行われており、そのような認識のもとでは政策的な議論が深まらないという趣旨の指摘をしている。

有用性の乏しい人材概念となる恐れがある。

これと対照的な考え方は、イノベーションを起こすことを明確に意図した活動に従事する人材を指す語・概念とすることである。例えば、ベンチャー企業やスタートアップの創業者などが考えられる。また、産学連携や大学からの知識移転をサポートする専門家等は、現代的なイノベーション・システムに特徴的な人材であり、今日のイノベーション政策で特に焦点が当てられる人材であるため、ここに含めることができるだろう⁶。しかし、この場合は、かなり限定的な人材しか対象とならず、予期しないところからも起きるイノベーションの一部しか捉えていないといった問題が生じる可能性がある。

そもそも、イノベーションを担う人材を重視するとしても、それを「イノベーション人材」という概念で捉える必要があるのか、検討の余地がある。例えば、イノベーションの源泉は科学技術であるという考え方に立脚するのであれば、イノベーションを担う中核的人材として「科学技術人材」の概念があれば多くの場合は十分かもしれない。もちろん、イノベーションは科学技術から生まれるだけでなくマネジメントや組織の改革などからも生まれるため、「科学技術人材」だけでは不十分となる場合もあるが、その場合でも、前述の「高度人材」のような概念で足りるという考え方もある。以上のように、「イノベーション人材」という語や概念の必要性は十分に検討されておらず、歴史的な蓄積も不十分であり、現時点では確立した概念となっていないと言える。

3. 科学技術イノベーション人材に関する主要な政策的な論点

本節では、科学技術イノベーション人材に関する主な政策的な課題をとりあげる。政策的な課題は、日本の科学技術イノベーションのシステムの状況についての認識や分析に基づいて顕在化するもので、ここでは、それぞれの政策的な課題の背景にある状況や歴史についての説明に重点を置いている。

3-1. 科学技術人材育成システムと産業や社会のニーズとのミスマッチ

科学技術の推進やイノベーションの創出には、専門知識を備えた人材が求められ、高等教育機関など、高度に整備された人材育成システムが必要となる。しかし、そのような人材育成システムを、将来的な変化をも踏まえて産業や社会のニーズに適合したものとするのは容易ではないため、しばしばミスマッチが生じる。このようなミスマッチは科学技術イノベーション人材のあらゆるカテゴリーについて生じる可能性があるが、これまで日本において大きな規模で実際に起きたのは、実質的に第2節で述べた意味での「科学技術人材」に関するミスマッチであり、それらに関する分析や研究もかなり行われているため、ここでは、「科学技術人材」の育成システムと産業や社会のニーズとのミスマッチの問題について述べる。

高等教育機関における科学技術人材の育成は、日本の重要な政策課題として長い歴史を持っている。これは、大学を社会や産業のニーズに対応する人材育成システムとして位置づけるとともに、科学技術を社会・経済の発展にいかに関与させるか、という問題でもあり、狭義の科学技術政策の枠には納まらず、教育政策や産業振興政策などの様々な政策領域のなかでも検討・実施されてきた。そして、高等教育機関の人材育成に関して、産業や社会のニーズとのミスマッチがある、あるいは、産業や社会の変化に対応した人材を供給していない、といった批判が高度経済成長期の後半以降、長年に渡ってなされており、それがこのテーマにおける基本的な課題となっている（小林 1996, 矢野 2001, 小林 2001, 両角・齋藤・小林 2004, 富澤 2021, 富澤・長根（齋藤）・安田 2021）。

このミスマッチについて論じる際には、それと対比される成功モデルとして、高度経済成長期

⁶ このような専門人材は大学に多く、研究開発プロジェクト等の「プログラムマネージャー」、研究活動のマネジメントを主務とする「URA」(University Research Administrator)、知的財産のマネジメントや新ビジネスの創出を担う「産学官連携コーディネーター」などがある。また、知的財産マネジメントに関する専門家、社会との関係構築やアウトリーチに携わる人材、ファンドレイザー等、なども関連する人材と言える。

の科学技術人材の養成政策が引き合いに出されることが多い。具体的には、「1950 年代後半から 60 年代にかけての高度成長期には、社会や産業界の強いニーズを背景に高等教育機関の大幅な拡充や大学の理工系学部の増員が行われ、日本の経済成長に多大な貢献をした。」といった形で引き合いに出される（安西 2022）。実際、高度経済成長期には、“理工系ブーム”と呼ばれるほどの理工系学部の増員を中心とした高等教育システムの大幅な拡張がなされ⁷、しかも、この時期の大学卒業者の就職率が一貫して 9 割以上であったことが示すように、高度成長期の日本経済システムが必要としていた大量の大学卒業生を適切に供給したといえる（伊藤 1996, 富澤 2021）。また、この時期に拡充された理工系学部は、その後も長年にわたって、日本のイノベーション・システム⁸の重要な構成員である科学技術人材を育成・供給した。その意味で、高度経済成長期の科学技術人材育成政策は、産業界の需要や社会的要請に応えたように見える。なお、この認識は広く浸透しており、日本のイノベーション・システムにおける人材育成について考察する際の基本的な思考の枠組みを提供してきた面がある（佐和 1984, 佐藤 2011, 安西 2022）。

一方、1970 年代半ば以降のポスト高度成長期以降、現在に至るまで、そのような人材育成の“成功”は再現できなかったとされることが多い（小林 1996）。ただし、高度成長期の人材育成は、理工系人材全体の需要の量的予測で対応できたのに対し、その後は、専門分野や専門性などの質的な要素まで含めた予測が必要となり、政策立案の困難性が高くなったと考えられる（両角・齋藤・小林 2004）。例えば、情報技術に関わる人材については、1980 年代より今日に至るまで、しばしば将来的な人材不足の予測が出され、その育成に向けた政府の政策も掲げられてきたが、常に人材の不足が叫ばれている⁹。

情報技術人材については、最近であれば AI 技術の人材が強く求められるなど、時代によって必要とされる人材のタイプや能力が異なっていることや、情報技術の発展が急速であることが人材需給のミスマッチの要因の一部となっていると考えられる（両角・齋藤・小林 2004）。また、前述のように、社会や産業のニーズに対応する人材育成は総合的な政策課題であり、日本の場合、複数の省庁にまたがる政策課題への対応能力が弱いこともミスマッチの要因となっている可能性も考えられる。より深刻であるのは、情報技術人材の不足が日本における情報技術の推進や活用を妨げているにも関わらず、そのような人材の不足が認識されていない、という問題が起きている可能性である。

ところが、高度経済成長期以降で、社会のニーズを反映して大学の人材育成システムが拡大した分野がある。それは保健分野であり、この分野の大学入学者数は、1992 年度の 22,561 人から 2015 年度の 68,603 人へと 3 倍になり、また、大学入学者全体に占める割合も 4.2%から 11.1%になっている（富澤 2021）。この増加は 2016 年度には一旦止まったが、その後、再び保健分野の大学入学者数の増加は続いており、これほどの長期にわたる一貫した増加傾向は日本の高等教育機関の歴史を通じて他に例を見ない。このような保健分野の大学拡大は、看護専門職や保健専門職に対する社会の強いニーズに呼応したものと考えられる。また、この拡大においては、文部科学大臣／文部科学省による大学の設置基準の緩和が大きな影響を及ぼしたと考えられる。ただし、大学拡大の直接的な推進力は社会や産業のニーズであり、それが実効的な影響を及ぼすことを妨げていた“規制”が緩和されたことにより拡大が起きたと考えられる（富澤 2021）。な

⁷ そのような高等教育機関の大幅な拡充や理工系学部の増員は、1950 年代末から 1960 年代後半までの期間に政府の様々な計画の下で実現した。特に、文部省が 1961 年 2 月に策定した「理工系学生定員増加計画」（“理工系拡充計画”とも呼ばれる）は、池田内閣による有名な「国民所得倍增計画」（1960 年）に連動しており、高度経済成長を支えた重要な計画であると見なされている（伊藤 1996, 小林 1996）。しかし、このような大学の人材育成システムの拡張は、政府の政策のみによって実現したわけではない。私立大学は、政府からの財政的支援が十分に得られないなかで自主的に理工系学部の増員を行い、“理工系拡充”への貢献は国公立大学を上回っていた。また、“理工系拡充”を後押しした最大の要因は、科学技術人材に対する産業界の強いニーズであったと考えられる（富澤 2021）。

⁸ 本稿における「日本のイノベーション・システム」は、イノベーションに関与する企業、政府、大学などと、それらの間の相互作用を日本全体のシステムとして捉えた概念を指している。これは、イノベーション研究などで広く用いられている「ナショナル・イノベーション・システム」の概念を日本に適用したものである。この概念についての解説は「SciREX コアコンテンツ」の 1.0.3 項「イノベーション・プロセスをシステムとして捉える」で述べられている（永田 2021）。

⁹ 1980 年代に行われた予測の例としては乾（1989）がある。最近の例としては、2019 年 4 月 23 日に経済産業省が発表した「IT 人材需給に関する調査」では、2030 年に人材不足と人材余剰が同時に起こるとし、AI や IoT に関わる先端人材は 55 万人不足するが、受託開発や保守運用を担う従来型 IT 人材は 10 万人余る、との見通しがなされている。

お、大学の設置基準の緩和は、大学教育の質の低下という大きな負の効果を及ぼす可能性がある。高度成長期の大学設置基準の緩和は、学生定員の“水増し”や、いわゆるマスプロ化などを招いたことは広く知られている（伊藤 2013）。人材育成に関しては、このような量的な拡大と人材の質の確保の両立は困難であり、人材育成に関する政策の主要な課題の一つと言える。

3-2. 研究人材の需要と供給に関わる諸問題

研究人材の需要と供給の問題は、日本では、問題の深刻さや歴史的な理由などにより、科学技術政策における独立した重要テーマとなっている。今日、その問題は、研究者の就職難や若手研究者の処遇の悪化、さらにはそれによる研究職のステイタスの低下といった形で認識される場合が多い。また、この問題を、2010 年代に顕在化した“日本の研究力の低下”と関連付ける議論もなされている（長根 2021）。このような問題は、大学院で育成される研究人材と研究職のポストの間での需要と供給の不一致による面が強く、過去にも類似の問題は起きており、日本の大学システムで起きやすい構造的な問題である可能性がある。この点で、この問題は、主として産業や社会のニーズに向けて形成された人材育成システムの問題とは異なる性格を有するため、本節を 3-1 節とは別の項目とした。

この問題の考察に際しては、3-1 節でも言及した 1960 年代の大学システムの急激な拡大に遡ることが有力な手がかりとなる。この時期には、大学教員の需要が増大し、大学院による人材育成の規模も拡大した。しかし、大学教員や公的研究機関の研究職のポストは、一旦埋まると長期的に空かないため、次第に供給過多の状況になり、1970 年後半から 80 年代にかけては、大学院博士課程の修了者や満期退学者が定職に就かず大学の研究室等において研究を継続するといった“オーバードクター”が大量に生まれる問題が起きた（長根 2021）。

1980 年代末には、第二次ベビーブーム世代の大学進学に伴い学生定員が増え、教員採用数も増加したためオーバードクター問題は一時下火になった。しかし、その一方で大学院の規模的な拡大は 80 年代に一貫して進展した¹⁰。これは、日本の産業界の強いニーズ、及び「基礎研究ただ乗り」批判に対処するための科学研究システムの強化の必要性を背景としており¹¹、政府も、大学院による研究者の養成を強化し大学院を学術研究推進の中核機関として位置づけようという方向性を打ち出している¹²。

そして、1990 年代には“大学院重点化”と呼ばれる政策的枠組みの下で、更なる大学院の拡大が進んだ。実際、大学院在学者数は 1991 年度の 98,650 人から、2000 年度には 20 万 5 千人超へと増加し、1991 年 11 月の大学審議会答申が提示した“大学院生の倍増”という目標を上回った。なお、大学院重点化とは、本来的には、大学の教育研究組織を、従来の学部を基礎とした組織から大学院を中心とした組織に変更することを指すが、一般的には、そのような組織変更をはじめとする大学院の様々な改革、及び、それに伴って起きた大学院の規模的な拡大を指す場合が多い（小林 2004a）。

1990 年代の大学院重点化の下での大学院生の急増、とりわけ博士課程在籍者の急増は、新たな問題を引き起こした。博士課程修了者の主な就職先となる大学や研究機関のポストは、政府財政の逼迫の下では増加することではなく、企業の研究開発者の採用は修士課程修了者が中心であるため、博士課程修了者の就職難が進んだ（水月 2007, 榎木 2010, 濱中 2013）。

このような状況で、1990 年代半ばより「ポストドクター等一万人支援計画」が実施される。これは、博士号取得者が研究者としての経験を積むための職である博士研究員（ポストドクター）に関して、1 万人の支援を行うことを目指した計画であり、1996 年 7 月に閣議決定された第 1

¹⁰ 1980 年代の大学院の拡大では、学問分野別の人数が最大である工学系の修士課程入学人数の増加が著しく、1980 年度に比べて 1990 年度の入学人数は 1.9 倍になっている（富澤 2021）。

¹¹ 「基礎研究ただ乗り」批判への日本全体としての対応は、“大学システム”の強化だけでなく、企業の基礎研究への取り組みの強化や政府の政策的対応なども含んでいるため、ここでは、それを「科学研究システムの強化」と表記した。ここでの「科学研究システム」は、日本のイノベーション・システム（脚注 8 参照）のうち、科学研究を主として担う部分を意味する。

¹² 大学院の制度改革を推進するために 1988 年に大学審議会答申「大学院制度の弾力化について」が公表され、また、1991 年 5 月に答申「大学院の設備充実について」、同年 11 月に答申「大学院の量的整備について」が発表され、後者では、2000 年までに大学院生を倍増させるといった目標が提示された。

期科学技術基本計画に 2000 年度までに目標を達成することが盛り込まれた。この計画は、欧米に比べて手薄な若年研究者の層を厚くすること、及び、若手研究者が一人前になるための“修業期間”となる職種を充実・強化することが目的とされ、日本の研究力の強化を意図していた。しかし、ポストドクターの支援は任期付きの雇用が主な手段であり、定常的な研究職のポストの増加は財政的に困難であることは明白であったため、本計画の立案時においても、一時しのぎの政策であるとの指摘もあった（榎木 2010）。また、一般社会では、大学院重点化で急速に増加した博士課程修了者の受け皿を設けることが目的であったと受け止めている例も散見する¹³。とはいえ、一時的であっても博士課程修了者の就職難等の問題を緩和するという期待、及び、大学の研究現場の活性化への期待などもあり、当時、この計画はどちらかといえば好意的に受け止められたと考えられる（Ledford 2007, 榎木 2010）。

この計画の下で、1996 年度には 6000 人台であった支援対象人数は増加し、1999 年度には 1 万人に達している。このように計画の目標自体は達成されたが、依然として大学や研究機関のポストは増えず、民間企業の採用動向にも変化はなかったため、就職難に見舞われる博士課程修了者の年齢が後ろ倒しになる形となり、ポストドクターの高齢化の問題も起きた。また、博士課程修了後の将来的なキャリアの見通しを得ることが困難であることから、博士課程進学が敬遠される傾向の要因となったと考えられている。更に、日本での就職の機会が限られるため、海外への頭脳流出などの問題も生んだ。

これらは、直接的には大学や公的研究機関に向けた研究者養成の問題という面が強いが、産業界のニーズとかけ離れた人材育成システムの拡大がなされたという点で、日本のイノベーション・システムの問題でもある（小林 2010）。

以上のような日本の研究人材をめぐる問題や政策的課題は、他の主要先進国と比較して、強い固有性があることを以下で指摘する。ただし、研究人材の需要と供給の不一致、特に博士号取得者の就職難は多くの先進国で見られ、この点については日本が特殊と言うわけではない（小林 2011）。日本の状況の固有性のひとつは、博士号取得者に対する社会のニーズの高まりが見られないことである。人口当たりの博士号取得者数を比較すると、米・英・独・韓・仏のいずれの国よりも日本の値は小さい上に、過去 10 数年に渡って日本のみが減少傾向となっている¹⁴。人口当たりの博士課程修了者数が日本よりも多い先進主要国、とりわけ、それが増加している国では、イノベーションや経済成長、あるいは社会的課題の解決などに向けて高度な専門人材のニーズが高まるなかで、博士号取得者をはじめとする研究人材のニーズも高まっていると考えられる。また、それらの国では大学に対する国全体の投資が増加している点でも、日本の状況とは大きく異なっている。

日本の固有性のもうひとつの側面は、長年に渡って人材育成が科学技術政策の最上位レベルの重要課題とされてきたなかで、多くの場合、その議論のベースとなる“人材像”がアカデミックな“研究者”の枠内に留まっており、イノベーションを担う人材といった広範な枠組みで捉えられることがほとんど無かったことである¹⁵。このことは、政策議論の内容やプロセスにも影響

¹³ 水月（2007）は、当計画について、「ほうっておけば無職になってしまう多くの大学院博士課程修了者を、ポストドクトラルフェローという職種を数多く作り出すことによって救済を試みたものであった。」と述べている。これには著者の主観や主張が含まれている可能性はあるが、この記述に先立ち、1997 年から 2006 年において「ポストドク問題」とりあげた主要新聞等の記事 10 件を紹介しており、社会の一般的な受け止め方がある程度反映していると考えられることであろう。また、『ウィキペディア（Wikipedia）』の「ポストドクター等一万人支援計画」の項では、「1994 年（平成 6 年）頃から主要なメディアにおいて、増えすぎたオーバードクターを雇用するための救済策と解説されるようになった。」との記述がある。ここには根拠となる文献等が示されておらず、十分に検証可能な内容ではないものの、広く参照される媒体に掲載されているこの記述自体が、一般社会の受け止め方の典型例となっていると考えられる。

¹⁴ 2019 年における人口 100 万人当たりの博士号取得者数は、米国（579 人）、英国（361 人）、ドイツ（345 人）、韓国（296 人）、フランス（167 人）であり、日本（120 人）はそれらの国を下回っている。また、その値は、2000 年以降の約 20 年間に於いて、米・英・韓では 2 倍以上に増加し、また独・仏はほぼ横ばいながら日本より高い水準を保っているのに対し、日本は 2006 年をピークに、その後は減少傾向が続いている（文部科学省科学技術・学術政策研究所 2022）。

¹⁵ 小林（2004b）は、脚注 5 でも言及したように、「日本では科学技術者＝研究者という議論が行われる」と指摘しており、更に、小林（2011）は、科学技術政策における人材問題について、各国の状況と近年の日本の特徴を描出した上で、「欧米に比べて日本では、人材政策においてイノベーションの観点あまり強調されてこなかった。そのため、欧米諸国と日本では、人材問題に対する考え方には違いみられる。」と述べている。また、「ここ十年くらいのあいだ

している可能性が有り、例えば、“ポストドク問題”が顕在化した後に博士課程修了者のキャリアパスの多様化を図る政策議論が浮上する、という日本の政策議論が辿ったプロセスは、“研究者”がモデルであったことと関連している可能性も考えられる。

以上に述べた日本の状況の固有性は、この問題についての国際的な比較に関する研究が極めて少ないため、十分に分析された結果に基づいたものではなく、今後、研究が深められる必要があるが、その手掛かりとなる調査結果を紹介する。欧州委員会と OECD は、最近、科学技術イノベーション人材に関する各国の主要な政策上の論点についての調査結果を公表している

(European Commission and OECD 2019)。その結果を見ると、回答した 56 の国・地域の多くが、自国のイノベーションの能力を高めるために人材を強化することを重視しているが、博士課程学生やポストドク、キャリア初期の研究者などに関する施策、あるいは、研究職の魅力やスタイタスの向上などを政策上の重要課題としている国・地域は全体の三分の一程度であり、また、日本のように、それらが科学技術イノベーション政策の領域における最上位レベルの問題となっている国は少ないことが読み取れる。

3-3. 産業界の博士人材の活用を巡る問題

産業界における博士号取得者の採用が進まないことについては、博士号取得者の就職難の問題の一部として議論されることも多いが、それとは別に、産業界の高度な専門人材の活用に関する問題でもある。そもそも、日本では人口当たりの博士号取得者数が先進国としては少なく、しかも、日本企業は博士号取得者を雇用するよりも、修士号取得者や学士号取得者を採用者の中核とし、社内で必要な教育を行うという形態が長年に渡って主流となってきた。しかし、欧米を中心とする先進国やその他の準先進国においては、今世紀に入ったところから博士号取得者の産業界での雇用が顕著に増加しており、日本はそれと対照的な状況にある。

日本において博士号取得者が産業界で活躍していない問題は、しばしば、博士を育成する大学側の問題として議論されてきた。例えば、日本の博士号取得者は自分の専門分野に閉じこもり視野が狭い、あるいは、多様な問題に取り組む柔軟性に欠ける、といった批判である(小林 2010)。しかし、博士号取得者を適切に処遇せず、上手く活用できない企業側にも問題があるという批判もある¹⁶。特に、長年に渡って日本企業で主流であった終身雇用や年功序列に基づく人事システムは博士号取得者の雇用に適していないという見解があり、今後は、ジョブ型雇用の浸透が博士号取得者の雇用を促進する可能性が考えられる(経済産業省／株式会社富士通総研 2021, 経済産業省／有限責任監査法人トーマツ 2022)。なお、より本質的な問題は、マクロレベルで見て、社会や産業の人材ニーズと大学の人材育成機能の間に適切な相互作用が働いていないことであるという見方もできるであろう(小林 2004b, 経済産業省 2022)。

3-4. 科学技術人材の流動性、高度人材の国際移動、“人材獲得競争”

科学技術人材は、科学技術に関する知識・経験・熟練を体化した“人的資本”であり、その移動は、イノベーションと密接に関係していることを多くの論者が指摘あるいは主張している(OECD 2001a, OECD 2001b, Pogue 2007)。ここでの移動とは、組織内の移動、組織間の移動、国内の部門間の移動、更には国際的な移動など様々なものが考えられる。科学技術人材の移動がイノベーションを促進する理由としては、人材の移動により異なる知識の結合や知識の活用面での進展が起きることなどが考えられるが、そのメカニズムや促進効果の定量的な把握は困難であり、明確な実証的根拠があるわけではない。なお、日本については、終身雇用が主流であるため、労働者一般の労働流動性が極めて低く、その一部である科学技術人材、さらには大学

に、イノベーション指向の人材施策を重視する欧米各国と、人材政策に関してそのような観点からの包括的議論がない日本とのあいだで、政策的な論点やその考え方に大きい違いが生じてきたことは確かであろう。」と指摘している。

¹⁶ 濱中 (2013) は、大学院修了者の就職難について、大学院の教育内容が原因であるという「大学院原因説」が“通説とも言える”とした上で、大学院修了者や企業の人事担当者のインタビュー調査データの分析に基づき、『企業原因説』を唱えることもできる」と述べている。

や公的研究機関に所属する研究人材の流動性も低い。そのため、科学技術基本計画をはじめとする政府の政策文書でも、人材流動性の促進は重要課題として言及されることが多い。

このような人材の流動のうち、国際的な流動は、科学技術イノベーション政策の重要テーマとして世界的に盛んに議論されており¹⁷、また、科学技術イノベーション政策研究においても盛んに分析が行われている。その背景には、冷戦終結後のグローバル化の急速な進展があり、また、世界の一部で、博士号取得者などの高度な専門性や先端的な知識を有する人材の獲得競争とも言える状況が起きているとの見解が影響している（村上 2008）。なお、このような議論の対象となる人材は、2-2(4)でも触れたように、世界的に「高度人材」（highly-skilled）と呼ばれることが多い（OECD 2001b）。

日本においても、外国からの高度人材の受入れを促進するため、「高度専門職」の在留資格を設け、出入国在留管理上の優遇措置を講ずる制度が2012年より導入されている。この制度では、高度外国人材の活動内容を「高度学術研究活動」、「高度専門・技術活動」、「高度経営・管理活動」の3つに分類し、それぞれの特性に応じて学歴や職歴、年収などを点数化して「高度専門職」の在留資格の判断基準とする「高度人材ポイント制」が導入されている。

また、出入国管理及び難民認定法では、「特定活動」在留資格として、①特定研究活動（研究機関の施設で特定の分野に関する研究、研究の指導及び教育をする活動）、②特定情報処理活動（自然科学又は人文科学の分野に属する技術又は知識を要する情報処理に関わる業務に従事する活動）、③特定研究等家族滞在活動及び特定情報処理家族滞在活動（①または②で滞在する外国人の扶養を受ける配偶者又は子が日本で行う活動）、の3種類が規定されている。

3-5 人材に関連するその他の政策的議論

ここまで述べてきた政策的課題においては、大学などの高等教育機関や高等教育に関する議論が多かったが、科学技術イノベーション人材の育成に関する政策では、高等教育だけでなく初等中等教育も対象に含まれてくる。これは世界の多くの国で見られることであり、科学技術イノベーション人材の育成が経済成長や競争力の強化につながることや、そのためには早期の段階からの科学技術関連の教育が重要である、という認識が背景にあると考えられる。日本においても古くから、初等中等教育を科学技術イノベーション人材の育成に関連付けた政策は実施されているが、その傾向は更に強くなっている¹⁸。最近では、初等中等教育において、2-2(4)で言及した「STEM」に芸術、文化、生活、経済、法律、政治、倫理等を含めた広い範囲を指す語である「Art」の頭文字を加えた「STEAM」（Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics）の語を用いた「STEAM教育の推進」などが実施されており、また、第6期科学技術・イノベーション計画（2021～2025年）に「STEAM教育の推進」に関する記述が盛り込まれるなど、この語が、科学技術・イノベーション政策の政策的議論でも用いられるようになってきている。

また、最近、科学技術イノベーション政策の議論のなかで用いられることが増えてきている語として、「リカレント教育」を挙げることができる¹⁹。「リカレント教育」は、「生涯学習」と類似の概念であるが、後者に比べて、より仕事に活かすための知識やスキルを学ぶという性格が強い²⁰。「リカレント教育」が科学技術イノベーション政策の文脈でとりあげられるようになって

¹⁷ 欧州委員会と OECD による調査によると、OECD 加盟国や欧州連合加盟国において、研究とイノベーションのための人的資源に関する政策的な議論のなかで、最も頻繁に取り上げられるテーマは「人材の国際移動」とのことである（European Commission and OECD 2021）。

¹⁸ 第1期科学技術基本計画（1996～2000年）より第6期科学技術・イノベーション計画（2021～2025年）までの全ての基本計画に、「初等中等教育」に関する政策についての記述がある。また、これらの基本計画における「初等中等教育」の語の使用頻度は、新しい計画ほど増える傾向がある。（科学技術・学術政策研究所が公開している「科学技術基本政策文書検索」<<https://www.nistep.go.jp/research/scisip-whitepaper-search>>を用いた集計結果による。）

¹⁹ 第6期科学技術・イノベーション計画では、「リカレント教育」の語が6箇所で見られる。

²⁰ 政府広報オンライン（令和3年（2021年）8月20日）では、「リカレント教育」と「生涯学習」について、「どちらも『学ぶ』という点では同じですが、学ぶ目的が異なります。リカレント教育は、仕事に生かすための知識やスキルを学びます。（中略）一方、生涯学習は、生涯にわたり行うあらゆる学習で、学校教育や社会教育、さらには文化活動、スポーツ活動、ボランティア活動や趣味など仕事に無関係なことや『生きがい』に通じる内容も学習の対象に含まれます。」と説明している。

きた背景には、科学技術の進展や変化が著しくなり、専門知識の陳腐化も速くなっており、既に社会で活動している専門人材の専門知識やスキルのアップデートが必要になっている状況があると考えられる²¹。また、高等教育機関で専門的な科学技術知識を学んだ卒業生・修了者が社会で活躍する、という従来型の科学技術人材育成のモデルでは対応が困難となっており、人材育成システム自体の強化の意味もあると捉えることもできるであろう。更には、様々な分野の技術者が最新の情報技術を学ぶことによりイノベーションにつながる、といったことが、このような教育に期待されている。

以上とは性格が異なるが、人材の多様性（ダイバーシティ）の推進は、科学技術イノベーション政策において、近年、急速に重視されるようになってきている。元々、日本では社会政策や労働政策において女性の雇用促進や社会参画の推進などが掲げられてきたが、「男女雇用機会均等法（通称）」の施行（1985 年）や「男女共同参画社会基本法」の施行（1999 年）を節目に、科学技術イノベーション政策の領域でも「女性研究者の活躍促進」などが掲げられることが次第に増えていた。しかし、科学技術イノベーション人材の強化という観点で、女性研究者の量的拡充などの政策が掲げられるようになったのは、より最近のことである。例えば、第 3 期科学技術基本計画（2006～2010 年）において、大学や公的研究機関等での女性研究者の採用割合に関して、自然科学系全体で 25 % という数値目標が掲げられた。そして最近では、人材の多様性を広げることがイノベーションにつながるという世界的にも一般的になっている考え方のもとで、女性や外国人の雇用促進や活躍促進等が重要な政策課題となり、第 6 期科学技術・イノベーション計画でも人材の“ダイバーシティ”というキーワードが用いられている。

References

- European Commission and OECD (2019), “2019 EC-OECD STIP Survey: Human resources for research and innovation policy area”, *STIP COMPASS*
<https://stiplab.github.io/R2r/main.html>
- European Commission and OECD (2021), “2021 EC-OECD STIP Survey: Human resources for research and innovation policy area”, *STIP COMPASS*
<https://stiplab.github.io/R3r/main.html>
- OECD/Eurostat (1995), *Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T: Canberra Manual*, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2001a), *Innovative People: Mobility of Skilled Personnel in National Innovation Systems*, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2001b), *International Mobility of the Highly Skilled*, OECD Publishing, Paris.
- 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, Paris.
- Pogue, Thomas E (2007), *Mobility of Human Resources and Systems of Innovation: A Review of Literature*, HSRC Press, South Africa
- Ledford, Heidi (2007), “Scientists to spare”, *Nature*, Vol.449, pp.1084–1085.
（日本語版：「過剰気味なポストクの進む道」、『Nature ダイジェスト』, Vol.5, No.2, 2008.
<https://storage.googleapis.com/natureasia-assets/ja-jp/ndigest/pdf/v5/n2/ndigest.2008.080209.pdf>）

²¹ 両角・齋藤・小林（2004）は、情報系人材の求人情報や資格の経年変化を分析して、専門知識やスキルの陳腐化の状況を示している。また、人材に関する分析ではないが科学技術知識の陳腐化率を特許データによって測定した研究としては中西・山田（2010）などがあり、また同論文の参考文献には、英語文献も含め、代表的な測定例が示されている。

- 綾部広則（2018）,「日本の科学技術系人材育成政策(1990-2017)」,『連合総研レポート』(特集 科学技術立国日本を支える若手研究者育成に向けて：現状と課題), (335) 4-7, 公益財団法人連合総合生活開発研究所
- 安西祐一郎（2022）,「革新者排出する博士課程支援を」,『産経新聞』(正論), 2022 年 3 月 28 日, 株式会社産業経済新聞社
- 伊藤彰浩（1996）,「高等教育大拡張期の政策展開」, 天野郁夫・吉本圭一編『学習社会におけるマス高等教育の構造と機能に関する研究』(放送教育開発センター研究報告 91), 放送教育開発センター
- 伊藤彰浩（2013）,「高度成長期と技術者養成教育—高等教育機関をめぐって」,『日本労働研究雑誌』, 634, 独立行政法人労働政策研究・研修機構
- 乾侑（1989）,「2000 年における情報技術者の需給予測」, 文部省編,『文部時報』, ぎょうせい
- 榎木英介（2010）,『博士漂流時代 — 「余った博士」はどうか?』, 株式会社ディスカヴァー・トゥエンティワン
- 経済産業省（2022）,「未来人材ビジョン」
- 経済産業省／株式会社富士通総研（2021）,「産業界と大学におけるイノベーション人材の循環育成に向けた方策に関する調査報告書」, 令和 2 年度産業技術調査事業, 経済産業省
- 経済産業省／有限責任監査法人トーマツ（2022）,「産業界における博士人材の活躍実態調査報告書」, 令和 3 年度産業技術調査事業, 経済産業省
- 佐藤信（2011）,『60 年代のリアル』, ミネルヴァ書房
- 佐和隆光（1984）,『高度成長 — 「理念」と政策の同時代史』, 日本放送出版協会
- 小林信一（1996）,「理工系ブームと技術者養成」,『研究報告』, 91, 放送教育開発センター
- 小林信一（2001）,「知識社会の大学 — 教育・研究・組織の変容 —」,『高等教育研究』, 第 4 集, 日本高等教育学会
- 小林信一（2004a）,「大学院重点化政策の功罪」, 江原武一, 馬越徹,『大学院の改革』, 講座：21 世紀の大学・高等教育を考える, 第 4 巻, 東信堂
- 小林信一（2004b）,「若手研究者の養成—当たらない予言」,『高等教育紀要』, 第 19 号, 高等教育研究所, (再掲：阿曾沼明裕（編）,『大学と学問 — 知の共同体の変貌』, リーディングス日本の高等教育 5, 玉川大学出版部, 2010)
- 小林信一（2010）,「プロフェッショナルとしての博士 — 博士人材の初期キャリアの現状と課題」,『日本労働研究雑誌』, 594, 独立行政法人労働政策研究・研修機構
- 小林信一（2011）,「科学技術政策における人材問題」,『科学技術政策の国際的な動向 [本編]』, 科学技術に関する調査プロジェクト調査報告書, 調査資料 2010-3, 国立国会図書館調査及び立法考査局
- 富澤宏之（2021）,「大学の科学技術人材育成システムの展開と社会・産業ニーズへの呼応」,『研究 技術 計画』, Vol. 36, No. 3, 研究・イノベーション学会
- 富澤宏之・長根(齋藤)裕美・安田聡子（2021）,「高度人材の需要と政策および大学」, 鈴木潤・安田聡子・後藤晃（編）,『変貌する日本のイノベーション・システム』, 第 5 章, 有斐閣
- 永田晃也（2021）,「イノベーション・プロセスをシステムとして捉える」,『科学技術イノベーション政策の科学 (SciREX) コアコンテンツ』(1.0.3), 政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策研究センター
<https://scirex-core.grips.ac.jp/>

- 中西泰夫・山田節夫（2010），「特許の価値と陳腐化率」，『社会科学研究』，61(2)，東京大学社会科学研究所
- 長根(齋藤)裕美（2021），「研究者養成システムの変遷と研究システムへの影響」，『研究 技術 計画』，Vol. 36, No. 3，研究・イノベーション学会
- 濱中淳子（2013），「拡大する大学院と就職難民問題」，広田照幸・吉田文・小林傳司・上山隆大・濱中淳子，『大衆化する大学』，第4章，岩波書店
- 水月昭道（2007），『高学歴ワーキングプア ― 「フリーター生産工場」としての大学院』，光文社
- 村上由紀子（2008），「日本の頭脳流出－在米日本人研究者に関する分析から」，『日本労働研究雑誌』，577，独立行政法人労働政策研究・研修機構
- 両角亜希子・齋藤芳子・小林信一（2004），「知識社会における大学教育と職業 ― 情報系人材の知識・スキル変化を題材として ―」，『大学論集』，第34集，広島大学高等教育研究開発センター，（再掲：塚原修一（編），『高等教育』，リーディングス日本の教育と社会12，日本図書センター，2009年）
- 文部科学省科学技術・学術政策研究所（2022），『科学技術指標 2022』，調査資料・318
- 矢野眞和（2001），「大学・知識・市場」，『高等教育研究』，第4集，日本高等教育学会

4. 関連データ・ソース

科学技術人材

日本では、キャンベラ・マニュアルに基づく全般的な統計データの収集は行われていないが、基本的な教育統計である「学校基本調査」（文部科学省）において、大学の卒業生数について、学部別の内訳や就職先の組織種類別の内訳が毎年、調査されている。これは、キャンベラ・マニュアルにおいて HRST に新たに加わる人材とされている「HRST インフロー」に相当する。

- ・ https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/main_b8.htm

また、「国勢調査（人口統計調査）」において、「科学研究者」と「技術者」の総数が調査されている。ただし、国際的な定義に基づくものではない。またここでの「科学研究者」の定義と 2-2(2)で述べた「研究者」の定義はかなり違いがある。

- ・ <https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/index.html>

研究開発人材

日本の基本的な研究開発統計である総務省統計局の「科学技術研究調査」により、各部門（産業、高等教育、政府、民間非営利）の研究開発人材のデータが毎年、収集されている。これは、基本的にフラスカティ・マニュアルに準拠したものである。

- ・ <https://www.stat.go.jp/data/kagaku/index.html>

また、高等教育機関に所属する研究者（大学教員と大学院生）については、上記に加えて、「学校基本調査」（文部科学省）によって毎年、詳しいデータが作成されている。さらに、大学教員については3年ごとに「学校教員統計調査」が実施されている。

- ・ https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/main_b8.htm

博士人材

文部科学省科学技術・学術政策研究所（NISTEP）は、博士課程修了者の社会での活躍状況の調査のための「博士人材データベース（JGRAD）」の整備を進めている。これは、当事業に参加している 52 大学（2022 年 4 月現在）が、博士課程在籍者の初期登録情報を NISTEP に提供し、初期登録後は登録者が博士課程修了後のキャリア情報等を継続的に JGRAD に入力する仕組みとなっている。

- ・ https://jgrad.nistep.go.jp/about/about_jgrad.html

これと並行して、NISTEP は、大学院博士課程修了者を対象とした「博士人材追跡調査（JDPRO）」を実施している。

- ・ <https://www.nistep.go.jp/jdpro/>

科学技術人材の国際移動

科学技術人材の国外への流出、国内への流入については、国際的な基準に沿ったものではないが、下記のデータ源がある。

法務省出入国在留管理庁の「出入国管理統計」では、入国外国人と出国外国人について、在留資格別及び国籍・地域別の人数が調査されており、3-4 で述べた「高度専門職」などの入国外国人と出国外国人の人数のデータが入手できる。また、法務省出入国在留管理庁の「在留外国人統計」では、在留資格（在留目的）別の在留外国人についての統計データが作成されており、在留目的が「研究」である在留外国人や、3-3 で述べた「高度専門職」などの在留外国人の人数のデータが入手できる。

- ・ <https://www.moj.go.jp/isa/policies/statistics/index.html>

1.5.1 途上国と科学技術イノベーション政策

飯塚 倫子*

初版発行日：2024 年 2 月 29 日、最終更新日：2024 年 2 月 29 日

中国、インド、アフリカ諸国など途上国は経済活動において存在感を増している。科学技術イノベーションについても同様である。ここでは、途上国における科学技術イノベーションを概観し、歴史的背景を理解する。さらに、途上国において共通のテーマであった技術能力の構築についての議論をレビューし、現在の研究課題について触れる。

キーワード

途上国、新興国、技術能力、イノベーション・システム

1. 途上国と科学技術イノベーション政策

今日、科学技術イノベーション政策¹は、新興国・途上国においても将来の発展方向を定める重要な政策として議論されるようになった。同時に途上国、新興国の動向が世界の科学技術(イノベーション)政策に及ぼす影響も大きくなりつつある。

この理由として、大きく以下の 2 つを挙げることができる。1 つには科学技術イノベーション政策が対応する分野の広がり (図 1)、もう一つは世界における途上国の位置付けが変容したことである。

1.1 科学技術イノベーション政策と社会課題解決

今まで科学技術イノベーション政策は、高等教育、研究開発というやや狭い分野に限定されていた(薄い緑)。このため、貧困、教育、保健、雇用などの「基本的な社会サービス」が十分に提供されていないという切実な課題を持つ途上国では、高等教育・研究開発分野への政策上の優先順位が相対的に低くなりがちであった。しかしながら近年(あえていえば 2010 年代ごろ)、科学技術イノベーションの対応する知見は、地球規模の社会的課題—例えば気候変動、感染症対策、デジタル化(例 SDGs)—という喫緊の課題に役立てることができるという理解が広まった。特に、これら課題に対応する能力(ケイパビリティ)を持つことは国の将来的発展への達成までの道筋や速度を左右するため、科学技術政策とそれを担う人材育成や技術開発の実施は、途上国においても重要な政策課題と広く認識され始めている。

* 政策研究大学院大学 教授

¹ 途上国の科学技術イノベーション政策は近年まで高等教育、研究機関に対する「科学技術」政策の部分为中心的であった。イノベーション政策についてはアジア、ラテンアメリカ諸国においては 2000 年代、アフリカ諸国においては 2010 年代からより活発に政策的に始めている。

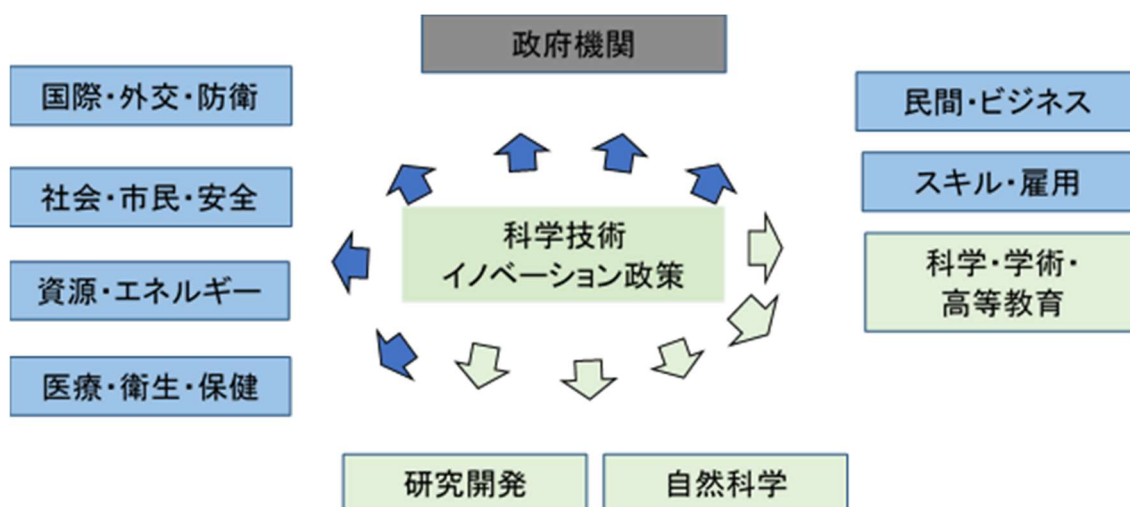
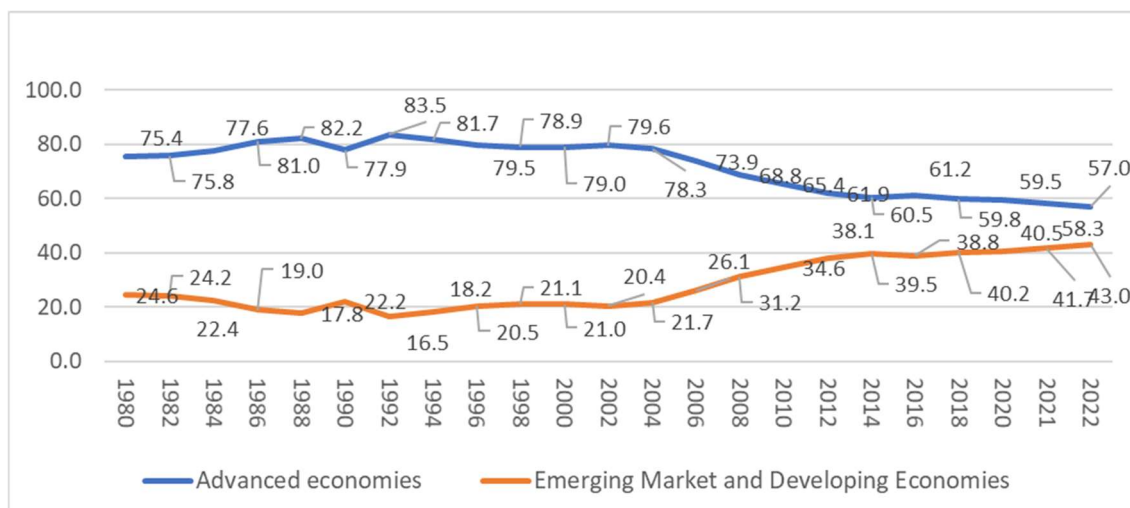


図1 国家レベルにおける科学技術イノベーション政策の関連分野（概念図）

1.2 世界における途上国の存在と科学技術イノベーション

一方、2000年以降、グローバルな経済活動における途上国の存在が大きくなっている。事実、経済活動の指標である国民総生産（GDP）に占める途上国の割合は1990年代から増加傾向にある（図2参照）。図2に、先進国（Advanced Economy）に分類している国とそうでない国のGDPの割合を1980年から近年まで時系列の折れ線グラフで比較した（IMF、2022）。この2つの線を見てみると格差が一時的に開いたものの、だんだんと収束してきている。ちなみに図2から、1980年から1992年ごろまではGDPの格差が75.4%対24.6%から83.5%対16.5%に拡大しているが、その後2004年（79.6%対20.4%）、2014年（61.9%対38.1%）、2022年（57.0%対43.0%）とその格差が縮小している。つまり、この間、途上国は市場・生産地として世界の経済活動に組み込まれ、先進国が経済活動を考える上で無視することのできない存在になっていったことがわかる。



Source: IMF data

図2 途上国と先進国のGDPの比率

例えば、グローバルな問題を話し合う場合は、1976 年から先進国 7 カ国間政策対話 (G7)²であったが、1999 年以降これら 7 カ国に加えて EU とロシアおよび急速な経済発展を遂げているインドや中国などの新興国 11 ヶ国 (中国・インド・ブラジル・メキシコ・南アフリカ・オーストラリア・韓国・インドネシア・サウジアラビア・トルコ・アルゼンチン) を加えた G20 の枠組みで議論されるようになってきている。つまり、上記新興国の存在が国際経済はもちろんのこと、地球規模の課題を議論する政治の場においても無視することができない存在に変化していることが窺える。

1.3 世界における途上国の存在と科学技術イノベーション

(1) 経済規模 (GDP)

ここで気をつけなければならないのは、「途上国」に含まれる国々の趨勢である。戦後の冷戦下、「途上国」は、「第 3 世界」とも呼ばれ、民主的で、高い技術・生活水準を持つ国々「第 1 世界」、ソビエト連邦の勢力圏内にあった社会主義国や衛星国「第 2 世界」に並ぶ、一つの均一な国々によって構成されたグループのように扱われていた。しかしながら、戦後 70 年を経て今や「途上国」は多様な側面を持つ国々の集合体となっている。アジア地域では、日本、韓国、台湾、シンガポールは製造業をはじめとした技術のキャッチアップで先進国の仲間入りを果たした。また、いくつかの国々は、経済規模や人口のボーナスをうまく直接投資、貿易政策とリンクさせ、海外からの技術移転を促進し、大きな市場を戦略的に活用させることで新興国として成長をとげている。2000 年以降では BRICS (ブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカ)、近年では MINT (メキシコ、インド、ナイジェリア、トルコ) などと言われる新興諸国が著しい経済成長を達成し、急速に政治的影響力も持ちつつある。またいくつかの低所得国は中所得国へと変貌を遂げている一方、成長できずにいる国々もある。つまり、「途上国」に属する国々が異なる速度で発展を遂げていったことで途上国間でも経済格差が生まれ、今日「途上国」には多様な発展段階の国々が含まれている。前述の図 2 で新興国の経済活動に占める割合の重要性が示されているが、これは G20 に属する中国やインドのような一部の新興国の存在が大きくなったことがわかる。それでは、これらの国々で科学技術とイノベーションはどのように推移してきたのであろうか？

(2) 研究開発への投資 (R&D)

一般的に途上国が先進国にキャッチアップするためには、独自の「研究開発力」と「技術を吸収する力 (absorptive capacity)」が鍵になると言われている。先行研究によると、「技術開発力を吸収する力」は過去に行なった研究開発への投資に大きく影響されるといわれている (Cohen and Levinthal, 1989, 1990)。この考え方にに基づき³、研究開発 (R&D) 費を概観すると、キャッチアップへの努力レベル及び将来の経済成長の可能性についての考察をある程度行うことができる。表 1 では、研究開発費の割合を国の所得レベルで 2007 年から 2018 年の間比較した。

この表からいくつかのことが言える。第 1 には前述の GDP の割合と同様に高所得国の研究開発割合の全体に占める割合が過去 10 年間で上位中所得国の割合の増加と相対的に減少している。つまり、研究開発は高所得国のみではなく、徐々にいくつかの上位中所得国によっても活発に行われるようになってきている。ただ、これら上位中所得国内にも取り組み方に濃淡がある。例えば、上位中所得国の研究開発の割合が増加の多くは中国によってもたらされている。BRICS 国内でも、中国が突出しており他の諸国との差違が生じている。同様に下位中所得国ではインドの存在が顕著である。第 2 に低所得国による研究開発費の割合は 2013 年ごろまで若干増えているもののそれ以降は減ってきている。つまり低所得国と他の非先進国との格差は現在広がっている。

² United States, Japan, Germany, France, Italy, the United Kingdom, and Canada

³ 後に述べるが、研究開発費に投資がなくてもイノベーション、つまり知識の新しい組み合わせは起こりうる。

表 1 所得レベル別研究開発費の割合(2007-2018)

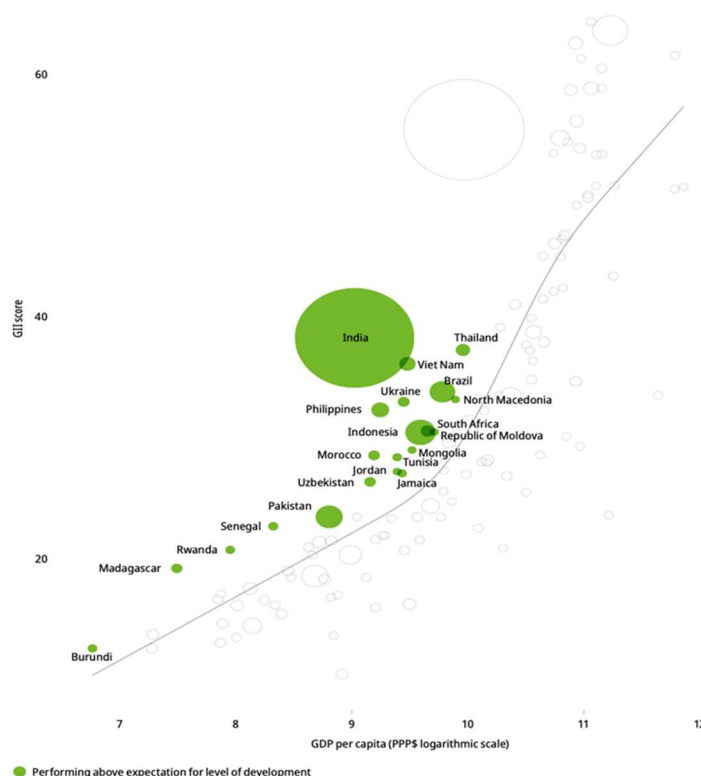
	2007	2009	2011	2013	2014	2018
高所得国	79.70	75.60	72.60	69.30	68.20	64.36
上位中所得国	16.10	19.90	22.70	25.80	27.50	31.21
下位中所得国	4.10	4.30	4.50	4.60	4.20	4.33
低所得国	0.20	0.20	0.20	0.30	0.10	0.10
BRICS 諸国*						
中国（上位中所得国）	10.20	13.80	16.50	19.60	21.18	24.84
インド（下位中所得国）	2.70	3.00	3.20	n.d.	2.94	3.06
ロシア（上位中所得国）	2.00	2.00	1.70	1.70	1.62	1.28
ブラジル（上位中所得国）	2.10	2.10	2.30	2.20	2.40	1.88
南アフリカ（上位中所得国）	0.40	0.40	0.30	0.30	0.31	0.29

Source: UNESCO, 2021

Note: *BRICS 諸国でインドのみ下位中位国（2018）。n.d.- データなし。

(3) イノベーション（GII 指標）

一般的にイノベーションは研究開発費がなくても起こる（Huang et al, 2010）と言われており、途上国においてはその傾向が顕著である。このためイノベーションの実施状況についても言及する必要がある。次に WIPO の発展レベル（一人当たりの GDP）以上のイノベーション（GI 指標）を実施している低・中所得国を概観する。



Source: Global Innovation Index Database, WIPO, 2023. Note: 円の大きさは人口のサイズ。ラインは一人当たりの GDP レベル想定される GII2023 で示されるイノベーションパフォーマンスのレベルを示す。GII スコアとはイノベーションの複合指標

図 3 所得レベル以上のイノベーションを実施している低・中所得国

WIPO のグローバルイノベーションインデックス (GII) は各国のイノベーション活動を複合指標でインデックス化し、国際比較を容易にしたものである。上記グラフは WIPO が毎年発表しているものであり、イノベーション活動を GI 値によって縦軸に示し、発展段階を所得レベル（一人当たりの GDP）に横軸に示している。このグラフ内の三次曲線は所得レベルに対して期待されるイノベーション活動の実施状況を示している。このグラフから先進国の多くも所得レベル以上のイノベーションをおこなっていることがわかるが、途上国の国名を明記したバブルが示しているように途上国でも同様にイノベーションが行われている。

上記は 2023 年のみのスナップショット的な結果であるが、表 2 に 2011 年以降の時系列情報を補っている。これを見るとイノベーションを長期間（2011 年以降）—10 年以上—継続的に実施している国々は、インド、モルドバ、ベトナム、モンゴロ、ルワンダ、ウクライナ、タイの 7 カ国と決して多くない。またこれらは特に上位中所得に集中しているわけではなく、下位中所得、低所得と全て所得レベルで存在している。つまり、所得レベルが高ければイノベーションが実施されるのではなく、政策、産業活動、人材などその国の持つ要因の組み合わせによって、イノベーションの実施が左右されその国の発展・成長に貢献している。つまり今後「途上国」の趨勢を読み取るには、さまざまな所得レベルにある途上国・新興国が異なる速度で科学技術イノベーションを行っている現状に注意を払っていく必要がある。

表 2 期待値以上のイノベーションパフォーマンスをした低・中所得国

国	所得レベル	期待位置以上の結果を得た年
インド	下位 中所得国	2011-23 (13 年間)
モルドバ	上位中所得国	2011-23 (13 年間)
ベトナム	下位 中所得国	2011-23 (13 年間)
モンゴル	下位 中所得国	2011-15, 2018-23 (11 年間)
ルワンダ	低所得国	2012, 2014-23 (11 年間)
ウクライナ	下位 中所得国	2012, 2014-23 (11 年間)
タイ	上位中所得国	2011, 2014-2015, 2023 (11 年間)
ヨルダン	上位中所得国	2011-2015, 2022-2023 (7 年間)
マダガスカル	低所得国	2016-2018, 2020-2023 (7 年間)
セネガル	下位 中所得国	2021-2015, 2017, 2023 (6 年間)
南アフリカ	上位中所得国	2018-2023 (6 年間)
モロッコ	下位 中所得国	2015, 2020-2023 (5 年間)
フィリピン	下位 中所得国	2019, 2020-2023 (5 年間)
チュニジア	下位 中所得国	2018, 2020-2023 (5 年間)
ブルンジ	低所得国	2017, 2019, 2022-2023 (4 年間)
ブラジル	上位中所得国	2021-2023 (3 年間)
ジャマイカ	上位中所得国	2020, 2022-2023 (3 年間)
北マセドニア	上位中所得国	2019-2020 2023 (3 年間)
インドネシア	下位 中所得国	2022-2023 (2 年間)
パキスタン	下位 中所得国	2022-2023 (2 年間)
ウズベキスタン	下位 中所得国	2022-2023 (2 年間)

Source: Global Innovation Index Database, WIPO, 2023.

2. 歴史的な背景

ここではこの途上国の多様性と科学技術イノベーションとの関係を少し歴史的に把握することとする。巻頭で途上国の科学技術・イノベーションの重要性は最近の傾向であるかのような印象を与えたかもしれないが、途上国での議論は何も近年始まったものではない。ここでは歴史的な趨勢を理解することから途上国の技術的能力 (technological capabilities) に関わる議論の大

きな流れを理解することを目的とする。地域別にまとめて述べているが、地域内においても細かな違いがある。

途上国の科学技術や高等教育に関わる大学や公的・研究機関の多くは、植民地時代にその基礎が形成され、独立後に国の機関として設立された。第2次世界大戦後、1960年代に植民地であった多くの途上国が独立し、建国とともに食糧不足・公衆衛生の構築・医療体制の不備・インフラの構築等さまざまな課題を対応する必要があった。これら途上国への支援には、ヨーロッパの戦後復興を支援したマーシャルプランのような財政面の支援のみではなく、課題を解決のために必要な能力—科学・技術能力—への技術的支援（技術移転）の必要性が認識されることとなった。

(1) 技術移転についての国際機関における議論

途上国の発展を支援する上で科学・技術能力の欠如が問題であり、これらの構築が急務であるという認識がひろがりつつあったが、認識と実施には多くのギャップがあった。事実、1970年に発表されたサセックス宣言（Sussex Manifesto）によると、この時点での全途上国による研究開発費の割合は世界全体のわずか2%であり、アメリカ（70%）とその他の先進国（28%）に比べて大きく見劣りしていた⁴。さらに、この時期の先進国による研究開発費の内訳は、原子力（7%）、宇宙（15%）、防衛（29%）、経済（26%）、厚生（22%）となっており、途上国特有の問題解決への投資は全体のわずか1%しか向けられていなかった（OECD 1967）。つまり、先進国は財政的な支援は行いつつも、研究開発費を投じて途上国の課題解決を行うに至っていなかった。このことから、途上国では自らの力で、「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）の構築」を先進国からの「技術移転」を行いながら進める必要があるという認識が共有されはじめた。

技術移転と独自の科学技術力の向上を経て発展を遂げようとする途上国と経済力を持つ先進国との間で支援の内容について何らかの対峙があったことは1974年に国連総会で採択された、「新国際秩序（New International Economic Order : NIEO）宣言」から読み取ることができる。なぜなら、この宣言の中で、先進国による途上国の支援は「援助ではなく貿易」であるべきと明記し、途上国に経済活動を活性化すべく工業化、農業生産、金融、そしてそれら活動に必要な技術移転を政府主体で促進することを改めて要求しているからである。つまり、この時点において多く途上国において先進国から十分な途上国の発展に資する支援がされていないという認識を共有していたと考えられる。このような背景の中、多くの途上国は1970年代まで、経済活動、貿易の不均衡、技術移転の重要性についての主張をNIEOの下、国際的に主張していた。しかしながら、1973年のオイルショックによる原油価格の上昇、途上国の財政収支の悪化、先進国の景気低迷による輸入の伸び悩みが相まって徐々に途上国債務が累積し1980年代には債務危機に陥り、国際金融機関（IMF・WB）からの債務繰延受け入れなければならなくなった。この債務問題をきっかけにNIEOで行われた途上国による主張は途絶えてしまった。

Box 1 Sussex Manifesto

サセックス宣言では「技術移転」と、「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）構築」をし、途上国の科学技術政策に資するために、以下のような指標を用いたターゲットを先進国、途上国双方に提示している。

- 途上国の研究開発費を GNP 比 0.2%（当時）から 0.5%にする。
- 先進国は途上国科学技術推進のための支援（技術移転など）を行う。
- 先進国は GNP 比 0.05%を途上国の科学技術支援（ODA）に活用する。
- 先進国の研究開発 5%を途上国の問題解決に活用する。
- 途上国への科学技術の知識の伝播（コミュニケーション）とアクセスを改善する。

⁴ 中央計画的経済は除く。

このサセックス宣言は元々「国連開発のための科学技術に関する国連世界行動計画(1970年)」の序章としてサセックスグループによって執筆された。しかしながら、途上国、先進国双方に具体的な達成指標を設定するなど、当時としては前衛的すぎる内容であったため、賛同が得られず、結局計画の Annex として巻末に加えられた⁵。前述した「新国際秩序(New International Economic Order)宣言」と同様、支援内容に関する先進国と途上国の対峙に科学技術が大いに関わっていたことがこれら文書から伺える。最近では MDGs から SDGs に移行する際の 17 目標の選定過程にも科学技術力を向上したい途上国(例えば目標 9)とガバナンスを維持しようとする先進国との駆け引きがあったとされる。

(2) 途上国の科学技術政策

1960 年代から途上国では「技術移転(technology transfer)」と、「独自の科学技術力(indigenous scientific and technical resources)構築」を推し進めるべく、政策が試行された。政策の成果はその国の歴史、地理、政治的条件及び、国が所有する資源の有無などによっても左右され、その結果もまた地域によって異なる。ここでは地域別に大まかな特徴的背景を説明する。

A. アフリカ諸国

アフリカ諸国は 1960 年代に次々と独立し、当初は順調に経済成長をしていた。この時期、アフリカ諸国が課題解決する上で科学技術に大きく期待していたことを、アフリカ統一機構(OAU : Organization of African Unity) 創立の創立スピーチの一部からも伺うことができる(Box 2 参照)。

Box 2 アフリカにおける科学技術政策への期待

「我々は機械を蓄積し、製鉄所、工場を設立し、大陸内の国々をコミュニケーションネットワークで繋ぎ、水力発電で世界を驚愕させる。さらに、沼地を排水し、病気の蔓延している地域を浄化し、人々に食料を与え、寄生虫や病気を取り除き、サハラに緑豊かな植生のあ
る広大な畑に花を咲かせる。これらは全て科学技術の可能性の範囲内である。」⁶

上記は 1963 年 5 月 24 日にアディスアベバで開催されたアフリカ統一機構での創立サミットでガーナのクワメ・ンクルマ大統領(当時)の行ったスピーチの一節である。ここからも建国が相次いでいたアフリカ地域は将来的な発展を達成するべく「科学技術」に高い期待を抱いていたことを伺うことができる。なお、クワメ大統領の像はアフリカ連合の本部ビルに設置されている。また、この一節は「アフリカの科学技術戦略 2024」の最初のページにも掲載されている。

このアフリカ諸国の状況は 1973 年に発生したオイルショックによって急変した。石油価格の急激な上昇は、アフリカ経済に直接大きな打撃を与えただけでなく、現状にそぐわない国内開発

⁵ しかし、科学政策研究の第一人者である Chris Freeman, 開発経済学の第一人者である Hans Singer によって構成されていた Sussex group (Chris Freeman, Hans Singer, Charles Cooper, Geoffrey Oldham among others) の作者は、この取り扱いに反し、サセックス宣言(Sussex Manifesto)として発表した。
<https://steps-centre.org/wp-content/uploads/bell-paper-33.pdf>
(最終アクセス 2022 年 9 月 27 日)

⁶ President Kwame Nkrumah of Ghana made a speech at the foundation summit of a speech at the Organization of African Unity in Addis Ababa, 24 May 1963. Many African STI frameworks make reference to this excerpt.
“We shall accumulate machinery and establish steel works, iron foundries and factories; we shall link the various states of our continent with communications; we shall astound the world with our hydroelectric power; we shall drain marshes and swamps, clear infested areas, feed the undernourished, and rid our people of parasites and disease. It is within the possibility of science and technology to make even the Sahara bloom into a vast field with verdant vegetation for agricultural and industrial developments”.

計画の実施、先進国の景気低迷による輸入減少によって資源輸出に依存していたアフリカ経済が不安定化した。さらに同時期、産油国のオイルマネーが先進国に集中し、冷戦中アフリカ諸国を味方に引き入れたがった先進国政府が当時のアフリカの独裁政権に返済の可否に関係ない貸付を進めたため、70年代にアフリカ諸国の債務は累積した。80年代に世界的に金利上昇したため、債務を抱えるアフリカ諸国は返済が不可能となる「債務危機」に陥った。

このような状況を踏まえ、世界銀行と国際通貨基金（IMF）は債務繰延の条件に、債務国に緊縮財政政策を促す、構造調整プログラム（Structural Adjustment Programs）を実行した。これは、債務国に対し、厳しい緊縮財政（Conditionality）や貿易の自由化、国営企業の民営化の促進などを課した。これら政策の結果、国内投資の低迷や公務員の失業増加、貧困の悪化を引き起こしたと批判されている⁷。特にアフリカ地域においては貧困や格差が拡大したと言われている。また、科学技術分野では、緊縮財政を強いられた際、高等教育、研究機関への予算が長きにわたって削減され、科学技術の知見をもつ人材育成の機会が失われた⁸。

もちろん、1980年代にアフリカ諸国が科学技術の重要性を無視していたわけではない。アフリカ統一機構では「経済のためのラゴス行動計画(1980)」をはじめキリマンジャロ宣言(1987)、ハルツーム宣言(1988)、アブジャ声明(1989)において科学技術がアフリカにおける社会課題解決（食料問題、環境問題、水不足、生産性向上）に重要な役割を担うと宣言され、研究開発費支出をGDP比1%にすることを目標にしている（Iizuka et al, 2015）。しかしながら、多くのアフリカ諸国で80年代、90年代の間、債務危機に起因する政治・経済的に不安定な時期が続いたため、具体的な対策の実施には至らなかった。長きにわたって科学技術の基盤構築に投資できなかったことは、脆弱な産業基盤と相まって、経済発展の機会が制限された。2000年以降のアフリカ連合（African Union: AU）における高等教育・科学技術への強い働きかけ（Box 3 参照）にはこのような背景がある。

Box 3

2005年アフリカ連合⁹における“科学技術の包括的計画（S&T Consolidated Plan of Action（CPA）”が作成され、2007年科学技術大臣評議会（Ministerial Council for Science and Technology: AMCOST）承認されたことによって、アフリカ大陸において科学技術・イノベーション政策への動きが、具体的に動き始めた。ここで強調された3つの柱は**1) 能力開発、2) 知識の構築と3) 技術とイノベーション**、である。

アフリカ連合は2007年を「アフリカの科学的イノベーションの年」と宣言し、7年間にわたり、研究開発プログラムを通じて科学技術イノベーション政策の状況を改善することを掲げ、2010年を目指して以下の目標を立てた。（1）R&D支出をGDP比1%、（2）科学技術のCenter of Excellenceを設立、（3）アフリカの大学を再構築、（4）ST&I指標とASTII（アフリカの科学指標のためのイニシアティブ）育成や拠点の設立である。

⁷ これら批判を受け、IMFと世界銀行は1990年代には、「重債務貧困国イニシアチブ」、2005年には「マルチ債務救済イニシアチブ」、ジュビリー債務キャンペーンという市民運動も相まって、G8でアフリカの住む債務国の債務が100%免除する債務救済が行われた。

⁸ この点は、比較可能なデータがないため、いくつかの2次資料に基づいている。Babalola, et al (1999)は構造調整下のナイジェリアとザンビアの教育支出を教育レベル（小・中・高）ごとに比較し、構造調整下、これら国々では、高等教育支出は少なくなっているものの、減額幅は中等教育の方が大きかったとしている。一方、世界銀行（1991）の「アフリカの大学：安定化と再生化」によると、構造調整下において大学への入学率が1980年代61%上昇したと報告している。しかしながら、学生当たりの支出は70%の縮小、図書館の本へのアクセスは80%縮小、教員の給料は30%減少し、教育の質の低下を招いたとされる。特に緊縮財政下、エチオピア、ガーナ、ナイジェリア、スーダン、ウガンダ、ザンビアの大学や公的研究所における高度なスキルを持つ人材の処遇が悪化し、すでにわずかだった研究への投資が予算の1%以下に削減され、研究に関わる人材の半分が海外に流出した（Saint, 1992）としている。同様に、アフリカ開発銀行グループ（2008）「高等教育、科学技術戦略（Strategy for higher education, science and technology）」は、20年もの間、対アフリカ援助は常に初等教育を優先し、高等教育への支援は行われなかったと報告している。アフリカ開発銀行でも高等教育を支援し始めたのは1999年以降であり、また現在でも初等教育へ26.6%、中等教育へ23.3%、TVET 35.3%、高等教育10.3%、識字教育と非フォーマル教育5.9%と、高等教育への支援が比較的低くなっている。これらを鑑み、アフリカ開発銀行（AfDB）の戦略文書（2008）では高等教育と科学技術への支援を強化することを明記している。

⁹ アフリカ統一機構は2002年アフリカ連合に置き換えられた。

2014 年にはアフリカ科学技術・イノベーション戦略 2024（STISA 2024）が AU によって策定される。アフリカの科学、技術、イノベーション戦略（STISA）に挙げられた 6 課題は以下の通りである。

1. 餓の根絶と食料安全保障
2. 病気の予防と管理
3. コミュニケーションと知識のモビリティ
4. スペースの保護
5. アフリカ・コミュニティの構築
6. 富の創造

上記の目標はアフリカの 2063 年開発プラン及び SDGs の目標にも共通点が見られる。また、ここからも科学技術・イノベーションが国の発展の核となるべく政策であると認識が共有されていることがわかる。

Source: AU, STISA 2024

2000 年頃まで、科学技術政策は高等教育、大学・研究機関を主に政策の対象としていたが、2000 年頃から ICT やイノベーションにも対象が広げられ、2010 年ごろから多くの国でこれら分野の戦略・計画が策定され始めている（Iizuka et al, 2015）。特に、高等教育・研究開発の拠点を構築すると共にその成果をいかに企業や課題解決に役立てていくのかが政策上の大きな焦点になっている（AfDB, 2008）。

アフリカ諸国の一般的な科学技術指標（R&D、特許、など）は南アフリカ共和国を除き、OECD 諸国のそれらにまだまだ大きく見劣りするが、ケニアの携帯電話で送金を可能にした M-PESA、ルワンダで血液輸送にドローンを活用する Zipline、セネガルで分散型再生可能エネルギー供給インフラを展開する TUMIQUI など、先進国では既存のインフラがあるため採用されにくいデジタル・新興技術に基づく新しい製品やサービスが社会的ニーズに応えるイノベーションとして次々と導入されている（Disruptive Innovation¹⁰）。インフラの整備が十分でないアフリカの状況下、既存の技術をリバースエンジニアして学んでいくキャッチアップ型と異なる、これらを飛び越える（リープフロッグ）型のイノベーションによる発展経路の可能性を示している。アフリカのこのような成功事例はまだ数える程度であるが、これらがスケールアップすることによって大きな技術的転換（transformation）になっていく可能性がある。もちろん、実現のためには政策、大学研究機関、企業（国内外のスタートアップも含む）がうまく連携できるイノベーション・システムが形成され機能しなくてはならない。

B. ラテンアメリカ諸国

ラテンアメリカ諸国では、アフリカよりも早く「技術移転（technology transfer）」と、「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）構築」を推し進めるべく、さまざまな政策を施行する努力がなされた。ここでは、代表的な政策として「輸入代替工業化政策」について触れておく。当時多くの途上国は、1 次産品を輸出し、工業製品を輸入するという、資源に依存した経済を営んでいた。このため、交易条件の悪化と価格の乱高価により経常・貿易収支が不安定化し、自国産業の競争力向上へ投資が行えず、ますます付加価値の高い工業品を輸入頼る、というネガティブ・スパイラルに陥っていた。この状態からの脱却を狙ったのが、「輸入代替工業化政策」である。具体的に、自国の産業に国際競争力をつけるため、「一時的」に高関税や補助金などの政策を用いて国際的な競争から自国の産業（幼稚産業）を保護（「幼稚産業の保護」）するというものであった。

多くの国が天然資源に依存するラテンアメリカ諸国では、1950–60 年代からこの政策が導入

¹⁰ Disruptive innovation の日本語訳に「非連続なイノベーション」が使われているが、誤解を含めて「破壊的な」という訳をここではあえて使っている。

され¹¹、アジア諸国もそれに続いた。この政策で重要な点は、自国の産業が国際的な競争から「一時的に」保護されている間に競争力を向上させることであった。しかしながら、市場が保障されている状況下にある企業に研究開発費を先行投資させること、それら活動への補助金などから政府支出の増加、もともと乏しい自国の能力で「独自の科学技術力 (indigenous scientific and technical resources)」を構築し、企業の競争力に転換することを「一時的」な期間に達成することは困難をきわめた。また、「一時的」な期間をどのように設定し、ソフトランディングさせるのかという、政策上の課題もあった。このため、当政策を実施した多くの国では、経済成長も企業の競争力向上も得られることなく、ただただ財政赤字を増大させることとなった。この政策による失敗はその当時の債務危機と相まって、ラテンアメリカ諸国の 1980 年代が「失われた 10 年」と言われる主な原因とされている (Meller, 1990)。

1990 年代から、多くのラテンアメリカ諸国はそれまでの保護貿易主義をやめて、経済自由化へ舵をとり、関税の引き下げ、自由化、民営化、輸出促進、海外直接投資招聘、輸出特区設置などの政策が相次いで取られた。これによって経済成長率は好転したが、短期間で経済を自由化したことで国内にわずかながらも残っていた非効率な製造業をさらに弱体化させ、1 次産品に依存した経済体制（輸出加工地区を作っていたメキシコを除く）に逆戻りしてしまうという状況を生み出した。そして、2000 年代からの資源ブーム、活況な農産品の輸出によって、1 次産品依存の経済体制はより一層強まった。この繰り返される「資源の呪い」からも逃れるには、天然資源に科学技術・イノベーションの力を用いて付加価値のある製造・サービス産業を資源産業の川上・川下に構築することが現在も重要な科学技術イノベーション政策の課題とされている (Marin et al, 2015, Crespi et al, 2020, Pietrobelli et al, 2023)。特に現在 EV（電気自動車）製造に必要な銅、ニッケルなどの伝統的な鉱石に加え、リチウム、クリティカルミネラルなどを生産している諸国での川上、川下産業育成政策の重要性が論じられている (Pietrobelli et al, 2023)。

C. 東、東南アジア諸国

アジアには、東アジア、東南アジア、南アジア、西アジアと広範な地域に、多様な社会、経済文化背景をもつ国々が存在している。ここでは、日本との関わり合いが深い、東、東南アジア諸国について言及する。日本は、60 年代から 90 年代初期にかけ産業構造の高度化過程の中で成熟期あるいは大量生産期を迎えた製造プロセスをコスト優位性が持つアジア諸国—香港、韓国、台湾、シンガポール (NICs: Newly Industrialized Countries) —に移転することで製造業の分業体制を形成していった。この産業移転に伴い、日本は技術提供と投資出資を積極的に行なった。

これらアジア諸国が技術力を向上し、経済的なキャッチアップを可能にしたのは、輸出市場の要求に応えるために、技術・産業機械の導入し技術を吸収（技術の吸収力: absorptive capacity）するため、研究開発投資と政策的支援を国と企業レベルで積極的に行なったためと言われている (Hobday, 1995, Kim, 1997, Lee and Lim, 2001)。つまり、アジア諸国が技術力を構築し、最終的に自前のブランドを持つという段階的な成長を遂げた¹²背後には技術の構築への政府と企業の努力があった、とされている。

1990 年代、東アジア諸国の高い成長率は輸出市場を活用した「輸出志向型工業化政策」の成果と考えられ、政府主導による「輸入代替工業化政策」用いて経済が低迷したラテンアメリカ諸国や債務問題を抱えたアフリカ諸国と対比された。世界銀行は東アジアが輸出市場、外国投資を活用し、マクロ経済のバランスを保ち、市場競争原理を導入し競争力を向上した点に注目し、「市場 vs 政府」を中心とする議論を展開し市場経済の力を活用したアジアの事例を「東アジアの奇跡」と呼んだ (World Bank, 1993)。しかしながら、この「市場 vs 政府」の議論では、市場原理の部分が強調され、技術能力の転移や構築を可能とした企業努力や政府の介入について深い考察がなされていなかった。

事実、東アジア諸国の次に展開した東南アジア諸国では輸出、外資を用いて経済成長したにも

¹¹ 1930 年ごろから導入されたという説もある。Prebisch, 1950.

¹² これら技術能力についてのアジアの事例は、Lin Su Kim, Alice Amsden, Robert Wade, Mike Hobday 及び多くの研究者によって明らかにされている。この途上国における技術能力(Technological capability)の議論については後述する。

かわらず、長期的な経済成長に繋がらない、「中所得国のわな」に陥った理由として、技術力の構築の欠如による労働力集約的生産工程からの脱却ができないことが挙げられている。後の世界銀行の報告書（World Bank, 2019）には「中所得国のわな」から抜け出すためには技術能力の構築—(1)生産及び雇用の高度化、(2)技術革新の推進、(3)教育制度を新たな技術習得から新たな商品やプロセスの創造(イノベーション)へのシフト、が必要であると論を展開している。この世界銀行の議論以前に、技術のキャッチアップには「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）の構築」力（Bell and Pavitt, 1995）とともに、技術の転換期を（windows of opportunity）うまく捉える必要があるという議論（Lee and Malerba, 2017 など）がなされている。現在、第4次産業革命と言われ、多くの基盤技術（モビリティ、エネルギー、金融など）の転換期にあることから科学技術の能力、政策への関心の高まりが途上国にも広がっている。

以上、途上国の発展段階を歴史的変遷の中で、科学技術イノベーション政策という観点からアフリカ、ラテンアメリカ、アジア地域の特徴的な点に触れながら、大まかな流れを概観した。巻頭で「途上国」の存在が科学技術イノベーション活動において高まっていると述べた。また科学技術イノベーションのレベルの格差も従来の様に先進国 vs 途上国ではなく、途上国間にも生まれつつあることに言及した。ここでは、歴史的変遷を概観することで「途上国」の多様性の背後にある歴史的要因を理解することを試みた。

なお、ここでは紙面の関係上、歴史的変遷を地域別にやや大雑把にまとめている。同地域にあっても国によって政策、資源、産業構造が異なるため、ここで述べたのはあくまで大きな流れである。国別の科学技術イノベーション分野の支援策を考察する際には、国やセクターレベルで詳細な分析をおこなっている先行研究を参照されたい。

3. これまでの中心的な議論

途上国の科学技術イノベーション研究において、「どのように技術イノベーション¹³能力（Innovation (technological) capability）を構築していくのか」という問いは中心的なテーマである。なぜなら、技術イノベーション能力は競争力の源泉であり、この能力を向上することで、競争力をつけ、先進国に経済的にキャッチアップできると考えられているからである。なお、途上国の技術イノベーション能力向上には（1）技術移転と（2）独自の科学技術（indigenous scientific and technical resources）の構築が必要とされ、これまで政策介入は上記2つを実現することを目標としている。近年においては競争力、キャッチアップのみならず、科学技術力は不明瞭な将来課題解決にも重要な役割を担う。

ではなぜ、開発の過程に技術イノベーション能力が必要と考えられるようになったのであろうか？開発経済において貿易赤字、債務問題などマクロ経済的な理解が主流だった経済発展の議論に、Abramovitz（1986）は「社会的能力」が国の成長を決定づけると唱えた。そして、能力の主要な構成要素を、管理能力と技術能力、大規模な資本を動員できる市場及び制度、安定した効果的な政府、国民の広範な信頼に分類した。その後、Lall（1992）は「能力」を国レベルのものと企業レベルに分け、企業レベルの技術能力（Firm level technological capability: FTC）は投資過程、生産過程、リンケージに分類し（表 3 参照）、国レベルの技術能力（National Technological Capability: NTC）はインフラ、人的資源と技術構築への努力（technological effort）とした。そして、技術能力の向上は、国レベルと企業レベルの技術能力が相互作用することによってもたらされるとした（Lall, 1992）。

¹³ 技術イノベーション能力（Innovation (technological) capability）Technological capability は学術的によく使われているが、ここでは Bell, 2009 に基づき、Innovation capability と Technological capability を同義語として明記している。

表3 技術イノベーション能力のマトリックス

		投資過程		生産過程			
複雑度		投資前	プロジェクト実施	プロセスエンジニアリング	プロダクトエンジニアリング	インダストリアルエンジニアリング	リンケージ（連携）
基礎	簡単なルーティーン（経験に基づく）	プレフィージビリティおよびフィージビリティ・スタディ、サイト選択、投資のスケジュールリング	土木建設、関連するサービス、機器の組み立て、試運転	機材の欠陥に対応する、品質管理、プロセス技術の同化	製品設計の同化、市場のニーズへの簡単な適応	ワークフロー、スケジュールリング、作業効率化、在庫管理	商品とサービスの現地調達、サプライヤーとの情報交換
中級	技術の適応と複製（探索に基づく）	技術ソースの探索、契約の交渉、バーゲニング、情報・システム	機器の調達、詳細なエンジニアリング、熟練した人材の訓練と採用	機器の拡張、プロセスの適応とコスト削減、新技術のライセンス取得	製品の品質向上、新しい輸入製品技術のライセンス取得と技術の同化	生産性の監視、調整の改善	現地サプライヤーへの技術移転、コーディネーターされたデザイン、科学技術リンク
上級	革新的・リスクが高い技術（研究に基づく）		基本的なプロセス設計、装置の設計と供給	社内のプロセスイノベーション、基礎研究	企業によるプロダクト・イノベーション、基礎研究		完成品を引き渡す能力、共同研究開発、自社技術を他社にライセンス供与

Source: Based on Lall, 1992

以上の考え方に基づき、この頃(1980s-1990s)成長が目覚ましかった韓国や台湾企業（製造業）の事例研究が行われ、技術能力習得のプロセスが解明された。それら研究は、途上国の技術の習得は先進国のような研究開発（R&D）から始まっているのではなく、他者（社）からの「模倣から学習（Learning by imitating）」し、自社の生産体制・市場の状況に適応（Adapt）する、という「リバース・エンジニアリング（reverse engineering）」の過程を経ていることを明らかにした。これは、途上国が、まず何らかの形で製造過程に参入し、製造しながら学習し、技術レベルを向上させ、競争力をつけ、最終的に自らがデザインした（ブランド）製品を製造するという漸進的な（incremental）イノベーションによって能力を向上させる形態である。つまり、途上国においては初期の段階においては「研究開発」よりも、技術吸収と適応力が、キャッチアップに重要な役割を果たしたと提唱したのである。（例えば、Hobday, 1995, 2003; Kim, 1997）。

なお、技術能力は非常に複雑なスキルセットによって構成されていることが明らかになっている（表3参照）。つまり、技術能力とは「技術の変化を生み出し、管理するために展開される資源、スキル、および知識基盤の集合体」（Bell and Pavitt, 1995）であり、さまざまなスキルセットを効果的に学習していくことがキャッチアップに必須と考えられた。東アジア諸国の成功事例から、外部からの技術移転を促進させるために、多国籍企業の直接投資による現地生産、海外市場への輸出市場（learning from exporting）を政策的に活用すると同時に自国企業による学習へのインセンティブが与えられていたことが明らかになっている。

途上国の技術能力の研究はその後、政府、企業、大学などが状況に応じて技術の移転、伝播のために関係者間で協働を促す仕組み—イノベーション・システム—（Freeman, 1987, Lundvall,

1992, Nelson, 1993) の枠組みでも研究されている。特に途上国のイノベーション・システムは先進国と異なり、技術能力、人材やインフラ整備不足という問題のみならず、システム的な脆弱性—特に調整能力、継続性の欠如、研究開発と企業のつながりの弱さを抱えているとされている (Arocena and Sutz, 2000)。このため、これら脆弱性を克服し、システム内のアクター間の連携を向上させることができるのかについての研究が行われている。

4. これからの途上国における科学技術イノベーション

今日途上国の存在感の高まりは経済活動にとどまらず、科学技術・イノベーションの分野にも及んでいる。また「途上国」は、多様性に富む国々であり、これは科学技術イノベーションのレベルや政策的取り組み方においても同じことが言える。この様に途上国はさまざまなステージにある国々の集合体ではあるが、これらの国々において共通に重要な問いは「どのように技術イノベーション能力 (Innovation (technological) capability) を構築していくのか？」である。

特に、途上国の技術能力の習得過程にはその国独自の背景が大きく影響する。例えば、技術能力の向上は必ずしも研究開発からではなく、他者（社）からの「模倣から学習 (Learning by imitating)」し、自社の生産体制・市場の状況に適応 (Adapt) する、という「リバース・エンジニアリング (reverse engineering)」の過程を経て達成されている。このため、先進国の政策事例を途上国に適用することはできず、途上国の特異性を理解し、最適な方法を選ぶことが、途上国の科学技術イノベーション政策の向上に貢献すると考えられている。また、先進国ではあまり考慮されない要因（例えば、宗教、文化など）にも配慮する必要がある。また、科学技術イノベーションの「学び」の主体は国、企業、システムがあり、途上国の特徴を踏まえた上でこれらを対象とした研究がされてきた。

途上国特有の課題や状況を解決するイノベーションとして、広がる格差を緩和するための包摂的なイノベーション (Inclusive innovation)、天然・農業資源を活用したイノベーション (Natural resource based/ Agricultural Innovation) などの研究も進められている。近年のデジタル化、第 4 次産業革命に伴い、途上国において新興技術が新しい形の製品やサービスを社会課題解決のために先進国に先んじて導入されている事例が多く散見されている。特に既存の産業、インフラ、規制などが整備されていない途上国で新技術導入ができるのは制限障壁が低いためだと言われている。例えば、デジタル立国を目指すルワンダはデジタル技術に特化した規制のサンドボックスを儲けることで先進国のスタートアップによる実証実験の場を与え、新しい技術導入及びそれに伴い必要となる人材育成を行うという積極的な政策をとっている。これらは限られた事例ではあるが、新技術導入のために参考となるデータ、制度、インフラモデルなどに途上国事例が参照されることが将来的に増えることになるかもしれない。

途上国の科学技術イノベーション指標は今まで整備されていなかったため、今までその研究の多くが事例研究にもとづいていた。近年、これら指標が国際的に比較可能な形で整備されはじめており、より詳細なエビデンスに基づいた比較分析が行われ、技術能力の構築過程メカニズムの解明が進むことに期待したい。ここでも、途上国経済に重要な農業／鉱業セクターや、インフォーマルセクターにおけるイノベーションの測定方法など、途上国の特徴を汲む先進事例が現在うまれつつあり、これら成果は将来的に先進国の政策への示唆を与えるのではないかと考えられる。

References

- Abramovitz, M (1986) Catching up forging ahead and falling behind. *Journal of Economic History*, 46(2): 385-406.
- African Development Bank Group (2008) Strategy for Higher education science and technology, AfDB.
- Arocena R. and J. Sutz (2000) Looking at National System of Innovation from the South

- Industry and Innovation 7(1):55-75
- AU (2014) Science Technology and Innovation Strategy for Africa 2024 (STISA), Addis Ababa, AU.
- Babalola, J.B., Lungwangwa, G. Adeyinka, A. A. (1999) Education under structural adjustment in Nigeria and Zambia, McGill Journal of Education, vo34(1) 79-98.
- Bell, M. (2009) Innovation capabilities, Step-Center, Brighton.
- Bell, M. and K. Pavitt (1995) The development of technological capabilities. Trade, Technology and International Competitiveness edited by I.U Haque, Washington D.C., World Bank.
- Cohen, W M and D. A. Levinthal (1990) Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation, Administrative Science Quarterly, 35: 128-153.
- Cohen W.M and D.A. Levinthal (1989) Innovation and learning: the two faces of R&D, Economic Journal, 99: 569-596
- Crespi, G., Dutrenit, G.(ed) (2016) Science, Technology and Innovation Policies for Development: The Latin American Experience, Springer.
- Crespi G., Katz, J., Olivari, J. (2020) Innovation, natural resource-based activities and growth in emerging economies, the formation and role of knowledge intensive service firms, In Andersen A and Marin, A (eds) Learning and Innovation in Natural Resource Based Industries, Routledge:23 pages.
- Dutrenit, G. (2000) Learning and Knowledge management in the firm from knowledge accumulation to strategic capabilities. Cheltenham. Edward Elgar
- Figueiredo, P.N (2003) Learning, capability accumulation and firm differences: evidence from latecomer steel. industrial and corporate change, 12(3), 607-643,
- Freeman, F. (1987) Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, Pinter.
- Hobday, M. (1995) Innovation in East Asia: the challenge to Japan. Cheltenham, Edward Elgar
- Hobday, M (2003) Innovation in Asian industrialization: A Gershenkronian perspective. Oxford Development Studies 31 (3): 293-315.
- Huang, C., Arundel, A., Hollanders, H., (2010) How firms innovate: R&D, non -R&D, and technology adoption, UNU-MERIT working paper, 2010-027. Maastricht.
- Iizuka, M., Mawoko, P. and Gault, F. (2015) Innovation for Development in Southern & Eastern Africa: Challenges for Promoting ST&I Policy. UNU-MERIT Policy Brief, 1, 1-8.
- Interakumnard, P (2019) Thailand's Middle-Income Trap: Firms' Technological Upgrading and Innovation and Government Policies, Seoul Journal of Economics 2019, Vol. 32, No. 1
- Kim, L-S (1997) Imitation to innovation. The dynamics of Korea's technological learning. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Kim, L-S (1980) Stages of development of industrial technology in a developing country: A model. Research Policy.
- Kim, L-S and C. Dahlman (1992) "Technology policy for industrialization: An integrative framework and Korea's experience" Research Policy, 21, pp. 437- 452.
- Lall, S. (1992) Technological capabilities and industrialization. World Development 20(2): 165-186.

- Lee, K., and Lim, C., (2001) Technological Regimes, Catching-Up and Leapfrogging: Findings from the Korean Industries, *Research Policy*, 30(3):459-483.
- Lee, K., and F. Malerba (2017) Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems, *Research Policy*, 46 (2): 338-351
- Lundvall, B.A ed (1992) *National Systems of Innovation, towards a theory of innovation and interactive learning*. London, Pinter.
- Lundvall, B.-Å. (2007) 'Innovations system research, where it comes from and where it might go', *Globelics Working Paper Series No. 2007-01*, Aalborg, Denmark: Globelics.
- Marin, A., Naves Aleman, L., Perez, C. (2015) Natural Resource Industries: As a Platform for the Development of Knowledge Intensive Industries, *Journal of Economic and Human Geography*, Vol 106 (2): 154-168.
- Meller, Patricio 1990 *Trad and development in Latin America*, Tokyo, JICA.
- Nelson, R ed (1993) *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, University of Oxford Press.
- Pietrobelli, C., Calzada Olvera, B., Iizuka, M., Torres, C. (2023) Suppliers' entry, upgrading, and innovation in mining GVCs: lessons from Argentina, Brazil, and Peru, *Industrial and Corporate Change*.
- Prebisch, R. (1960) *The economic development of Latin America and its Principal problems*. New York: United Nations.
- Saint, W.S. (1992) *Universities in Africa: Strategies for Stabilization and Revitalization*, Washington D.C. World Bank.
- Sussex Group (1970) *Sussex Manifesto*, Brighton, University of Sussex
- WIPO (2011), *Global Innovation Index*, WIPO, Geneva
- World Bank (1993) *The East Asian Miracle, A World Bank Policy Report*, Washington D.C., World Bank.
- World Bank (2019) *World Development Report*, Washington D.C., World Bank.

Data

IMF data 2022

UNESCO data, 2021

1.5.2 International Relations and STI (Science, Technology, Innovation)

Matthew Brummer¹

First Published December 8, 2023 Final Updated December 8, 2023

Introduction

What is the relationship between international relations and science, technology and innovation (STI)? Do militarized conflicts and security alliances cause STI? Does STI cause conflict and alliances? With a better understanding of the relationship between international politics and domestic STI, we can devise better policies for both. This is especially important today, at great power rivalry increases and we enter the Fourth Industrial Revolution.

Keywords

Politics, power, security, war, threat, alliances, institutions, international organization, identity, norms, culture, science, technology, innovation, fourth industrial revolution, artificial intelligence

1 International Relations and STI

Science, technology, and innovation (STI) affect nearly every facet of modern political and economic relations, including a country's trade profile (Krugman 1986, 1991); financial flows (Strange 1986); economic growth (Solow 1957; Romer 1986); military might (Waltz 1979); defense technologies (Gilpin 1981); and identity (Wendt 1999, 2003). STI therefore plays an important role in a state's global standing, both in terms of its relative economic influence and its absolute strategic power (Cox 1981). That is, from security to institutions to identity, all major theories of international relations incorporate STI.

If theory does not convince, then history surely does: states that rapidly increase their STI experience a corresponding increase in prestige and power, as typified by Britain's rise during the First Industrial Revolution, the ascent of Germany and the United States during the Second Industrial Revolution, the Japanese miracle of the 20th century, and China's current reemergence on the global stage (Mokyr 1990, 1992; Taylor 2016). Conversely, countries that fail to achieve success in STI or maintain their place at its frontier wither from global influence: history is replete with examples of nations that concurrently declined

¹ Assistant Professor, GRIPS

in STI leadership and international stature, including Ming China, The Dutch Republic, Sweden, Portugal, and Russia (Kennedy 1987).

Indeed, human history can be understood as a sequence of STI-driven revolutions (White 1966) on the one hand and war-fighting and alliance-making on the other (Cohen 1996; Tilly 1975), as technologies and scientific breakthroughs not only shaped imperialist projects (Headrick 1981; Baber 1996; Yang 2011) but also facilitated and accelerated (Mayer, Carpes, and Knoblich 2014) the explosion of globalization, statehood, and contemporary cultures in both the Global North (“the haves”) and South (Chandler 1977; T. Hughes 2004; Iwabuchi 2021).

Today, we are entering the Fourth Industrial Revolution (also sometimes referred to as Society 5.0 in Japan) driven by innovation in emerging science and technologies at a time of rising great power competition, the causes and effects of which will again shape the course of human history. Therefore, academics and policymakers alike are asking questions about and seeking answers to the relationship between international relations and STI.

2 IR Theory and STI

To begin with, it is important to note that International Relations (IR) scholars have studied in-depth how international security affects domestic institutions and policies. This includes how war and conflict can: lead to domestic revolution (Skocpol 1973, 1979), determine democratic or authoritarian political trajectories (Pollins 1992), foment citizen nationalism (Posen 1993), determine who are citizens and what are their rights (Tilly 1999), influence design of national tax policies (Scheve and Stasavage 2010, 2012), affect the degree of social welfare spending (Skocpol 1999), and incentivize the extension of civil rights to minorities (Dudziak 2011). All of these examples – revolution, government type, nationalism, rights, tax policy, spending – of how international security affects domestic outcomes, as well as many more (Grieco, Cheng, and Guzman 2014), are linked directly or indirectly to national science, technology and innovation performance (Brummer 2022). Thus, each major camp within international relation theory – Realism, Liberalism and Constructivism – specifically treats STI, albeit for different reasons (Krishna-Hensel 2010).

2.1 Realism

Realist scholars have been primarily concerned with the strategic implications and power-maximizing effects of STI, where security is a first order state interest in the “self help” anarchic world system. Balance of power (Morgenthau 1948) and balance of threat (Walt 1987) theories both incorporate STI advances into their understanding of state behavior, where innovations in capabilities necessarily come to bear on changes in balance, power, and threat. For example, Waltz (1979) observes the profound impact that technology can have in the transportation of capabilities across distances, where innovations from the carriage wheel to shipbuilding to railroad technology and beyond radically redefined both the power and reach of military might. Walt (1987) agrees and argues that these kinds of game-changing discoveries, of which nuclear power maintains a singular importance, can determine the particular direction of alliance formation, from balancing to bandwagoning. For Posen (1986), technology is a key driver of military doctrine itself, as it

shapes and influences the formation of grand strategy. And for Fearon (1997), technological innovation of offensive and defensive capabilities alters the very logics for engaging in conflict. Jervis (1978) and Van Evera (1999) have both illuminated how the balance of offensive and defensive weaponry can play critically into how states calculate their relationships with each other. In his exposition of the “security dilemma”, Jervis (1978, 186) argues that security-seeking behavior of one state can pose a threat to the security of other states, who respond in turn. Thus, innovations of offensive and defensive technologies – for example, missiles and missile defense systems, respectively – occur in relation to each other. Additionally, he argues, security competition increases as technology reduces the costs associated with offensive operations. In short, how technology influences military prowess, alliance formation, and the logics of conflict and war are core to the paradigm. Weiss (2005, 308) sums the Realist position neatly when he notes that rationalists view “concepts [such] as power, security, and national interests as objective and real, and science and technology as an external influence on them.”

2.2 Liberalism

Neoliberal scholars also consider technology to be vital to the study of nations but reach starkly different conclusions as to why and how. Liberalists generally champion the creation and/or influence of international organizations, conventions, and norms to address global-scale problems and manage crisis-prone interstate relations, and argue that new STI often serve as principal motives for the development of such international organizations, conventions, and norms. For example, Krasner (1983) points to how innovation’s capacity to raise or lower the costs of war can affect the rational attractiveness of partaking in international regimes (Krasner does not identify himself as a Liberal). Similarly, in promoting international trade networks, openness, and transparency, technological innovation can result in complex interdependence and the cultivation of shared futures (Keohane and Nye 1977). Keohane (1984, 101) details how international regimes serve as “information-providing and transaction cost-reducing entities” that facilitate agreements; enhance the likelihood of cooperation; create the conditions for multilateral negotiations; legitimate and delegitimize different types of state action; facilitate linkages among issues within regimes and between regimes; and help to enhance the quality of the information that governments receive. In as much as technology lowers the expenditure burden of these operations, increasing efficiency and effectiveness in facilitating negotiation and increasing cooperation, it can determine the very relevance and legitimacy of international institutions. Still other liberal institutionalists emphasize the idea that technological and economic interconnectivity between states foster a mutual interest in prosperity, and therefore a more peaceful world (Friedman 1999). And for some, like Ohmae (1990), the diffusion of technology will eventually create an evenly developed, “borderless world,” completely reshaping the state-system as we know it. Finally, there is a long-running debate on the relationship between government type, STI, and interstate behavior. For example, democracies are often said to be more efficient and effective at STI (Acemoglu and Robinson 2012) and do not war with each other – known as the Democratic Peace Theory – compared to authoritarian regimes which are inefficient at STI and prone to conflict (Doyle 1983), a line of reasoning that is up for considerable debate today (Lind 2023).

2.3 Constructivism

In studying the relationship between STI and IR, Constructivists emphasize how developments in science and technology can affect culture, norms, and social practices, and how these in turn can serve as explanatory forces in interstate relations (E. Haas 1975; P. Haas 1992; Hopf 1998). For these scholars, STI regularly follows a course of development prescribed by social, scientific, and physical environments (Wendt 1999), and is integrated into the “cultural norms” of a community, which structure such factors as threat perceptions and national security concerns (Katzenstein 1996). Wendt’s writing on the independent effects of material forces on international relations echoes the perspective of technological determinism (Bimber 1992), a cornerstone of social constructivism’s treatment of international politics (Wendt 1999) and an underpinning logic of “why a world state is inevitable” (Wendt 2003). Indeed, technology, such as telecommunications and the internet, not only transforms society and vice-a-versa, it can also undermine established authority and traditional power centers altogether (Schwartzman 1989). Importantly, as Katzenstein (2003) shows in his study of Japanese technology and US-Japan relations, states can maintain a military alliance while also competing technologically. For all of these leading Constructivists, technology directly affects norms, culture, and identities, which in turn come to bear on international relations.

Table 1: Summary of IR Treatments of Science, Technology, Innovation

IR Camp	Representative Scholars	STI affects...
Realism	Gilpin; Morgenthau; Walt; Waltz	Power & position
Liberalism	Axelrod; Keohane; Krasner; Nye	International institutions & systems
Constructivism	Haas; Katzenstein; Wendt	Culture & norms & identity

2.4 Reversing the Causality of IR and STI

While most traditional scholarship in IR treats STI as an independent variable (i.e., the cause of international outcomes), several contemporary research programs have emerged that specifically treat the external environment as a primary explanatory variable to domestic STI.

Doner, Ritchie, and Slater (2005), comparing South Korea, Taiwan, and Singapore on the one hand and Malaysia, the Philippines, and Thailand on the other, offer a theory of why the former but not the latter adopted ‘developmental state’ models. They argue that a central variable driving shifts in technological upgrading in these countries is vulnerability derived from insecurity surrounding resource scarcity and strategic important dependency: threats of an international ilk. Mark Taylor (2012, 2016), following in Doner’s (2005, 2009) footsteps, develops a theory called “creative insecurity” that describes ‘the positive difference between threats of economic or military competition from abroad and the dangers of political-economic rivalries at home’; in other words, the perception that foreign-born threats outweigh domestic ones. Under such conditions, support will be high for Schumpeter’s ([1942] 1976, 83) gale of creative destruction. Taylor tests his theory qualitatively on the four cases of Taiwan, Israel, Ireland, and Mexico.

Likewise, IR scholars have also examined the relationship between national security alliances and STI, especially how the signaling dimension of alliances can influence domestic economic outcomes and institutional development. For example, Biglaiser and DeRouen (2007) argue that the stationing of U.S.

military resources in a country is associated with increased FDI inflows due to increased investor confidence that such perceived political alignment brings. Li and Vashchilko (2010) argue that security alliances between countries are associated with increased bilateral trade, an important input to STI, as government and industry from each state feel increased trust in each other's political relations and thus are more willing to bear the risk associated with cross-border business. In a cross-country study of 89 countries spanning over 30 years, Schmid, Brummer, and Taylor (2017) find a positive, significant correlation between innovation and an array of alliance proxies, including joint military exercises, high-level state visits, and the presence of alliance pacts with the United States. And Callado-Munoz et al. (2022) find that the NATO alliance increases domestic STI in member countries through preferential high-technology arms transfers

3 Expose on Nuclear Science and Technology

A brief expose on nuclear technology intended to shed light on how the different International Relations camps treat a specific S&T and its innovation is provided in this sub-section. After the U.S. detonated the first atomic weapon during the final stages of WWII, the power of such STI became a central concern to scholars of IR (e.g., Brodie and Dunn 1946; Snyder 1965; Betts 1987). With the introduction of these weapons, especially, the global community also became concerned about nuclear technology in general (Nye 1987; R. Smith 1987). The concern is that while many applications are used for peaceful purposes (e.g., electricity generation, agricultural applications, industrial applications, medical applications, among others), it is difficult to prove that a country is not also using nuclear infrastructure toward nefarious ends, such as building a bomb (Sagan 1997; Kroenig 2009). Surveying the different camps within IR, we see that scholars have quite divergent perspectives when considering the relationship between nuclear science, technology and innovation on the one hand and the international system on the other.

3.1 Realism and Nuclear Science & Technology

Realists view states as primarily motivated by a central goal: power. As Von Clausewitz (1976) writes, "The worst of all conditions in which a belligerent can find himself is to be utterly defenseless" (77). As such, realists expect that states will pursue nuclear weapons, especially when their adversaries pursue them or already possess them. Deterrence theory was developed to explain why states seek nuclear weapons and how such weapons influence a state's foreign policy (Schelling 1966). This theory line argues that opponents must be dissuaded from taking an action through the explicit use of threats of retaliation (Snyder and Diesing 1977). Modern deterrence theory largely argues that symmetrical nuclear arsenals and similar levels of capability reduce the likelihood of conflict (Bueno de Mesquita and Riker 1982; Kugler 1984; Asal and Beardsley 2007; Gartzke and Jo 2009; Rauchhaus 2009; Kroenig 2013). The Cold War provides an illustrative example of deterrence theory at work. The primary reason the Cold War remained "cold" (in other words, no nuclear weapons were detonated) was because of what became known as Mutually Assured Destruction (MAD), which served as a steep deterrent to both the U.S. and the Soviet Union in terms of engaging in direct conflict with each other (Betts 1987; Jervis 1978). The costs of retaliation were so sufficiently high that neither state was willing to incur them (Powell 1990). Supporters of deterrence theory

also highlight the observation that since nuclear weapons were introduced into the international system, there has only been one war between two states that both possessed such weapons: India and Pakistan in the 1999 Kargil War (Geller 2005). Some realists extend deterrence theory logic beyond this point and suggest that the spread of nuclear technology and even “controlled” nuclear weapons proliferation can help make the world a safer place, at least theoretically. Waltz (1981) writes, “Nuclear weapons have been the second force working for peace in the post-war world. They make the cost of war seem frighteningly high and thus discourage states from starting any wars that might lead to the use of such weapons” (3). Others argue from a military organization theory perspective that nuclear weapons are unlikely to ensure peace due to the inflexible, rigid nature of military organizations (Sagan 1994) and that faith in the value of nuclear weapons to ensure peace is critically flawed (Doyle 2013). A common thread running through all realist thought suggests that states who do not seek nuclear weapons will lose out in a nuclear international system. Thus, the incentive structure suggests that all states should be weaponizing or enhancing existing arsenals out of fear that their opponent is also doing the same. One alternative approach that “non-weapon” states may take is to ally with a major power that maintains a nuclear arsenal in order to ensure their own protection and survival (Horowitz 2010). This alternative approach to security can generate new alliance structures in the international system from balancing to bandwagoning (Waltz 1964; Walt 1985).

3.2 Liberalism and Nuclear Science & Technology

Liberal Internationalists believe that states can have diverse preferences (Axelrod 1980; Keohane 1988; J. Goldstein and Keohane 1993). Some states may seek absolute power while other states are considerably more “altruistic” peace-makers in the international system (Moravcsik 1997). As such, what we see today in the current international nuclear safeguards regime is largely a product of liberal internationalist thought (Ikenberry 2009). The Nuclear Nonproliferation Treaty (NPT) states that “nothing in this treaty shall be interpreted as affecting the inalienable right of all the Parties to the Treaty to develop research, production and use of nuclear energy for peaceful purposes” (Article IV, Paragraph 1 NPT). Therefore, it is a violation of international law to deny a state the right to pursue peaceful nuclear technology, even though it is exceptionally difficult to prove that this technology is indeed being used in a peaceful manner. To ensure that the non-weapon states are only pursuing peaceful applications and not weaponizing, the International Atomic Energy Agency (IAEA) serves under the auspices of the UN to verify nuclear activities across the globe (Deese and Nye 1981; R. Smith 1987). The IAEA sends teams of inspectors to nuclear facilities all over the world to ensure that all nuclear material is accounted for and not being diverted to clandestine weapons facilities, in order to produce a “security community” through the cooperation of sovereign states (Adler and Barnett 1998). As Keohane and Martin (1995) write, “institutions (such as the IAEA in this scenario) can provide information, reduce transaction costs, make commitments more credible, establish focal points for coordination, and in general facilitate the operation of reciprocity” (42). Beyond cooperation in safeguards commitments, there are several recent examples of states giving up nuclear weapons as a result of international pressure and domestic pressure (e.g., Libya in 2003, South Africa in 1989). Liberalists pivot away from realists to consider how a state’s domestic conditions and political coalitions influence nuclear proliferation or restraint, rather than almost exclusively considering external forces (Solingen 1994,

2007). Liberalists view civil technology sharing, the emergence of international cooperative bodies (such as the IAEA), and the relinquishing of nuclear weapons as proof positive of how technology gives rise to networked and shared futures between state as well as the significance of international organizations in managing these dynamics, including regulating / limiting their proliferation.

3.3 Constructivism and Nuclear Science & Technology

Constructivists take a step back and consider from a broader perspective how states form identities and how these identities shape their preferences (Adler 1997). For these scholars, “anarchy is what states makes of it,” (Wendt 1992) and nuclear weapons are no different: nuclear technology is given meaning in the context of constructed norms and culture surrounding its existence. In constructivist terms, the continued criticality of nuclear weapons and state-led dominance in the nuclear arena constitute social facts. These weapons demonstrate state adherence to their constructed social purpose, that is, maintaining prestige (i.e. identity) and dominance (i.e. interests) (van Wyk et al. 2007). Constructivists examine a number of dimensions to explain where a state’s identity is formed. Domestic politics, international norms, international organizations, world order, historical experience, and a host of other factors can explain a state’s identity and thus its behavior in nuclear science and technology (Barnett and Levy 1991; Buzan 1987). Constructivists working on the problem of nuclear proliferation largely seek to answer a central question: given that we observe patterns of behavior in proliferation or nonproliferation, ‘to what extent is that caused by factors such as the international social environment?’ (Ruble 2009). Ruble (2009) continues by explaining that in order to answer this central question, scholars must consider how beliefs are formed in the first place and how they transform over time, and how the technology of nuclear physics affects these belief systems. As an example of how beliefs and norms are formed by the advent of nuclear weapons, Tannenwald (1999) explores the concept of the “nuclear taboo,” and argues how no such socially constructed belief existed before the U.S. dropped two nuclear bombs on Japan, thus enabling such an event to take place with support of public opinion. After the war, however, and as demonstrated by the non-use of nuclear weapons in the Korean War, a nuclear taboo took hold, constraining their deployment in conflict and war. In speaking to the realist line that nuclear increases stability, Hayes (2015) argues that it is how the public understands the significance of nuclear weapons that matters, not the brute nature of the weapons themselves. In other words, if nations are to accept disarmament, they must first address public perceptions that have grown around anxieties and habits as they relate to the technology. For constructivists, nuclear technology has shaped foreign policy and international diplomacy through its effect on belief systems and cultural norms.

3.4 Room for Research in IR and Nuclear (and STI)

As a final observation on this topic, the previous subsections have focused primarily on how nuclear has affected international relations; not on how international relations has affected nuclear. This is because the majority of academic literature treats the relationship in this manner. However, as many policymakers know well from practice, international relations clearly affects domestic nuclear (and STI)

programs. Liberalism is perhaps the most developed of the IR camps in this regard in that the scholarship treats the relationship as endogenous: nuclear technology affects the formation of international institutions, and international institutions affect nuclear technology. But the Realism and Constructivism literatures are less developed in this regard (for exceptions, see: Taylor 2012, 2016; Schmid et al. 2017; Brummer 2022; Brummer and Mita 2023). In this sense, there is room for debate and further study on how Realist and Constructivist theories can explain domestic nuclear programs (and STI more broadly). This is very important in the contemporary period, as we entered an era of new “promote and protect” industrial and trade regimes focused on high technologies such as chips and semiconductors. The US, Japan, and EU have all recently (as of March 2023) introduced such new strategic economic statecraft, and China is doing the same. There is significant research potential in describing and explaining these new developments in the international politics of STI.

4 US-China Rivalry and the Fourth Industrial Revolution

The theory, empirics, and expose on nuclear technology introduced in previous sections are currently be considered and reconsidered in the contemporary context of international relations and STI. This is taking place amidst structural changes at both the international system and STI levels, exemplified by strategic competition and great power rivalry between the US and China and the advent of a host of new science and technologies at the cusp of the Fourth Industrial Revolution (Schwab 2016). That is, most IR scholarship has focused on the STI inherent in the first, second, and third industrial revolutions; yet we are now entering the fourth.

How will the science, technologies and innovations associated with artificial intelligence, cyber-physical systems, the internet-of-things (IoT), 3D printing, biotechnology, big data, renewable energy storage and next-gen batteries affect international relations? And how will international relations, including alliances, threats, conflict and war affect the STI of the Fourth Industrial Revolution (or, Society 5.0 in Japan)?\

4.1 Artificial Intelligence, US-China Rivalry, and Policy Implications

Covering the breadth of all Fourth Industrial Revolution technologies in this Core Contents is not possible. Therefore, I focus on arguably the single most important one: AI. Likewise, directly covering all countries is not possible: therefore, I focus on arguably the most consequential for international relations: China and the United States. With this being said, the same types of questions and implication presented below can (and should) be extended to many other cutting-edge technologies and country comparisons.

International relations scholars have begun to debate AI’s potential effect on military capabilities and power (Horowitz 2018; Jensen et al. 2020). This scholarship has tended to focus on applications (Johnson 2019), strategy (Ayoub and Payne 2016; Payne 2018), and ethics (Maas 2019a, 2019b; Morgan et al. 2020), as well as whether or not there is or will be an “AI arms race” (Roper 2020; Scharre 2021) or an “AI-Revolution in Military Affairs” (Raska 2021; Schmid 2022).

Answers to these questions will inform key policy and theoretical debates. First, which countries are able to rise to the top of the AI food chain has profound implications for the international state system. For

example, if China can innovate in AI and avoid the “middle income trap,” it can rise to superpower status. Assuming continued political stability, China’s ascent into the high-income category would make it by far the world’s richest country. This has profound implications for the future of US-China relations and the balance of power (Beckley 2018; Brooks and Wohlforth 2016; 2015), and the character of international order (Rolland 2020; Mazarr, Heath, and Cevallos 2018; Foot and Walter 2010).

Second, if China can succeed at AI and innovation in the Fourth Industrial Revolution more broadly, it will challenge a prominent literature about domestic institutions and economic growth. Scholars argue that authoritarian regimes’ “extractive” institutions inhibit innovation (Kroenig 2020; Acemoglu and Robinson 2012). Yet China’s rise in AI may undercut this argument and support research in the authoritarian politics literature that points out the tremendous heterogeneity of such regimes, in both institutions and economic outcomes (Frantz 2018). Evidence that some types of authoritarian regimes can produce more rapid technological and economic growth would necessitate a full reexamination of a large IR literature that posits a “democratic difference” across a number of issues in both security and political economy (Brummer and Lind 2023 forthcoming; Lind 2024 forthcoming).

Third, as rivalry between the US and China increases, both countries have adopted more competitive policies, to the extent that many observers have proclaimed the dawn of a New Cold War (Charap and Shapiro 2015; Zhao 2019). Part of this includes a trend toward economic decoupling, in which increasing threat perception is leading countries to prioritize the security rather than economic efficiency of supply chains (Johnson and Gramer 2020; Wyne 2020; Bateman 2022). Yet the US and China are not only the world leaders in AI, they also are each other’s closest collaborators in AI research (Brummer and Lind 2023). This suggests that such a potential decoupling would significantly reshape the global networks of knowledge and technical cooperation that underpins the Fourth Industrial Revolution (Tang et al. 2021).

5 Conclusion

No country will be spared the shifting sands of power and technology in the 21st century. Scholars and policymakers alike are now racing for answers for how best to understand and manage the relationship between international relations and STI in the New Cold War and Fourth Industrial Revolution. The implications of “getting it right” are profound: those countries who do will become powerful, and those that do not will fade away. How can countries design institutional and policy mixes to best compete and cooperate in this new world of STI and great power rivalry? This is one of the most consequential questions facing scholars and policymakers today.

References

- Acemoglu, D. and Robinson, J. A. (2012). *Why nations fail: The origins of power, prosperity, and poverty*. Currency.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=yIV_NMDDIvYC&oi=fnd&pg=PA335&dq=Ace

- [moglu+and+Robinson+2012&ots=1TyYvtiJA&sig=xmIDiVy-efxONy3hypoaiPg2Oc#v=onepage&q=Acemoglu%20and%20Robinson%202012&f=false](#).
- Adler, E. (1997). *Seizing the middle ground: Constructivism in world politics*. European journal of international relations, 3(3), 319-363.
DOI: <https://doi.org/10.1177/1354066197003003003>.
- Adler, E., Barnett, M., and Smith, S., editors (1998). *Security communities* (No. 62). Cambridge University Press.
<https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=wFiU4nPB0wC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Adler+and+Barnett+1998&ots=NdOfpwp8Mx&sig=MEwoM-CGj-ADfN0i8ICDWobuEU8#v=onepage&q=Adler%20and%20Barnett%201998&f=false>.
- Asal, V. and Beardsley, K. (2007). *Proliferation and international crisis behavior*. Journal of Peace Research, 44(2), 139-155.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0022343307075118>.
- Axelrod, R. (1980). *Effective choice in the prisoner's dilemma*. Journal of conflict resolution, 24(1), 3-25.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0022002780024001>.
- Ayoub, K. and Payne, K. (2016). *Strategy in the age of artificial intelligence*. Journal of strategic studies, 39(5-6), 793-819.
DOI: <https://doi.org/10.1080/01402390.2015.1088838>.
- Baber, Z. (1996). *The science of empire: Scientific knowledge, civilization, and colonial rule in India*. SUNY Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=ucDBJSxaCPYC&oi=fnd&pg=PP11&dq=Zaheer+1996+imperialism&ots=z9i8c_IlrZ&sig=97nydj9xwbOm4iuk9Ua0x8kFjK4&redir_esc=y#v=onepage&q=Zaheer%201996%20imperialism&f=false.
- Barnett, M. N. and Levy, J. S. (1991). *Domestic sources of alliances and alignments: The case of Egypt, 1962–73*. International Organization, 45(3), 369-395.
- Bateman, J. (2022). *US-China Technological “Decoupling”: A Strategy and Policy Framework*.
<https://carnegieendowment.org/2022/04/25/u.s.-china-technological-decoupling-strategy-and-policy-framework-pub-86897>
- Beckley, M. (2018). *The power of nations: Measuring what matters*. International Security, 43(2), 7-44.
- Betts, R. (1987). *Nuclear blackmail and nuclear balance*. Washington: DC: Brookings Institution.
- Biglaiser, G. and DeRouen Jr, K. (2007). *Following the flag: Troop deployment and US foreign direct investment*. International Studies Quarterly, 51(4), 835-854.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2478.2007.00479.x>.
- Bimber, B. A. (1992). *Institutions and information: the politics of expertise in Congress* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Brodie, B. and Dunn, F. S. (1946). *The absolute weapon: Atomic power and world order*.
- Brooks, S. G. and Wohlforth, W. C. (2015). *The rise and fall of the great powers in the twenty-first century: China's rise and the fate of America's global position*. International security, 40(3), 7-53.
DOI: https://doi.org/10.1162/ISEC_a_00225.

- Brooks, S. G. and Wohlforth, W. C. (2016). *The once and future superpower: Why china won't overtake the united states*. Foreign Affairs, 95, 91.
- Brummer and Lind (2023). *The Fourth Industrial Revolution and Great Power Rivalry*. [forthcoming].
- Brummer and Mita (2023). *National Security, Science, Technology and Innovation in the Persian Gulf*. (forthcoming)
- Brummer, M. (2022). *Innovation and Threats*. Defence and Peace Economics, 33(5).
DOI: <https://doi.org/10.1080/10242694.2020.1853984>.
- Buzan, B. (1987). *An introduction to strategic studies: military technology and international relations*. Springer.
DOI: https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=r1-xCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=Buzan+1987&ots=8BZfh17_el&sig=8Vn765loioOifNGvnN-4WwZc84M#v=onepage&q=Buzan%201987&f=false.
- Callado-Muñoz, F. J., Hromcová, J. and Utrero-González, N. (2022). *Can buying weapons from your friends make you better off? Evidence from NATO*. Economic Modelling, 106084.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.106084>.
- Chandler, A. D., Jr. (1977). *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Cambridge, Mass.: Belknap Press.
- Charap, S. and Shapiro, J. (2015). *Consequences of a new Cold War*. Survival, 57(2), 37-46.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00396338.2015.1026058>.
- Cohen, E. A. (1996). *A revolution in warfare*. Foreign Affairs, 75, 37.
- Cox, R. W. (1981). *Social forces, states and world orders: beyond international relations theory*. Millennium, 10(2), 126-155.
DOI: <https://doi.org/10.1177/03058298810100020501>.
- De Mesquita, B. B. and Riker, W. H. (1982). *An assessment of the merits of selective nuclear proliferation*. Journal of Conflict Resolution, 26(2), 283-306.
DOI: <https://doi.org/10.1177/00220027820260020>.
- Deese, D. A. and Nye, J. S. (1981). *Energy and security*. [Book: report of Harvard's Energy and Security Research Project].
- Doner, R. F., Hicken, A. and Ritchie, B. K. (2009). *Political Challenges of Innovation in the Developing World 1*. Review of Policy Research, 26(1-2), 151-171.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-1338.2008.00373.x>.
- Doner, R. F., Ritchie, B. K., and Slater, D. (2005). *Systemic vulnerability and the origins of developmental states: Northeast and Southeast Asia in comparative perspective*. International organization, 59(2), 327-361.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0020818305050113>.
- Doyle, J. E. (2013). *Why Eliminate Nuclear Weapons?*. Survival, 55(1), 7-34.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00396338.2013.767402>.

- Doyle, M. W. (1983). *Kant, liberal legacies, and foreign affairs, part 2*. Philosophy & Public Affairs, 323-353.
- Dudziak, M. L. (2011). *Cold war civil rights*. In *Cold War Civil Rights*. Princeton University Press.
- Fearon, J. D. (1997). *Signaling foreign policy interests: Tying hands versus sinking costs*. Journal of conflict resolution, 41(1), 68-90.
- DOI: <https://doi.org/10.1177/0022002797041001004>.
- Foot, R. and Walter, A. (2010). *China, the United States, and global order*. Cambridge University Press.
- Frantz, E. (2018). *Authoritarianism: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press.
- https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=-WBmDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=frantz+2018+authoritarianism&ots=kMDIoEdIG4&sig=eCEY0bmo3bubHZouYBiYRIcqh4&redir_esc=y#v=onepage&q=frantz%202018%20authoritarianism&f=false.
- Friedman, L. M. (1999). *The horizontal society*. Yale University Press.
- <https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=Fq3fDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Friedman+1999+technology+and+peace&ots=WnQ2uBV6PM&sig=vTgegyvE8orWiCG0LZX3RIQoCk#v=onepage&q&f=false>.
- Gartzke, E. and Jo, D. J. (2009). *Bargaining, nuclear proliferation, and interstate disputes*. Journal of Conflict Resolution, 53(2), 209-233.
- DOI: <https://doi.org/10.1177/0022002708330289>.
- Geddes, B., Wright, J. G., Wright, J. and Frantz, E. (2018). *How dictatorships work: Power, personalization, and collapse*. Cambridge University Press.
- <https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=qnlDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=Frantz+2018&ots=hcSg4tw6jz&sig=nZA2VDn0295hAURao43aGi9Z4#v=onepage&q=Frantz%202018&f=false>.
- Geller, D. S. (2005). *The India-Pakistan rivalry: prospects for war, prospects for peace*. The India-Pakistan Conflict: An Enduring Rivalry, 80-102.
- Gilpin, R. (1981). *War and change in world politics*. Cambridge University Press.
- https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=2iKL7zr3kl0C&oi=fnd&pg=PR9&dq=Gilpin+1981&ots=W3V5Bf9UUk&sig=PpLKMv7tXpPpAxIEpZfgaVwgMk&redir_esc=y#v=onepage&q=Gilpin%201981&f=false.
- Goldstein, J. and Keohane, R. O., editors (1993). *Ideas and foreign policy: beliefs, institutions, and political change*. Cornell University Press.
- <https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=DfeLsaiPr7oC&oi=fnd&pg=PP9&dq=J.+Goldstein+and+Keohane+1993&ots=P-YOXglphR&sig=dwhYzFcFBu3vMePGkkT-mkZj8JM#v=onepage&q=J.%20Goldstein%20and%20Keohane%201993&f=false>.
- Grieco, J., Cheng, C. and Guzman, A. (2014). *International Conflict and National Technological Innovation*. In annual meeting of the International Studies Association, Toronto, March (Vol. 26).
- Haas, E. B. (1975). *Is there a hole in the whole? Knowledge, technology, interdependence, and the construction of international regimes*. International Organization, 29(3), 827-876.

- DOI: <https://doi.org/10.1017/S0020818300031787>.
- Haas, P. M. (1992). *Introduction: epistemic communities and international policy coordination*. International organization, 46(1), 1-35.
- DOI: <https://doi.org/10.1017/S0020818300001442>.
- Hayes, J. (2015). *Nuclear disarmament and stability in the logic of habit*. The Nonproliferation Review, 22(3-4), 505-515.
- DOI: <https://doi.org/10.1080/10736700.2016.1159374>.
- Headrick, D. R. (1981). *The tools of empire: Technology and European imperialism in the nineteenth century*. Oxford University Press, USA.
- Hopf, T. (1998). *The promise of constructivism in international relations theory*. International security, 23(1), 171-200.
- DOI: <https://doi.org/10.1162/isec.23.1.171>.
- Horowitz, M. C. (2010). *The diffusion of military power*. In The Diffusion of Military Power. Princeton University Press.
- Horowitz, M. C. (2018). *Artificial intelligence, international competition, and the balance of power*. 2018, 22.
- Hughes, T. P. (2004). *Human-built world: How to think about technology and culture*. University of Chicago Press.
- https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=G7xmjLN6uXwC&oi=fnd&pg=PP17&dq=T.+Hughes+2004&ots=nHkQe_NBZT&sig=zMagY_9OKX7S_hmnRWs8WdkHqo&redir_esc=y#v=onepage&q=T.%20Hughes%202004&f=false.
- Iwabuchi, Hideki (2021), “Science, Technology and Higher Education Policy at the European level: Current Status and Formulation Process”, NISTEP RESEARCH MATERIAL, No.307, National Institute of Science and Technology Policy, Tokyo
- DOI: <http://doi.org/10.15108/rm30>
- Ikenberry, G. J. (2009). *Liberal internationalism 3.0: America and the dilemmas of liberal world order*. Perspectives on politics, 7(1), 71-87.
- DOI: <https://doi.org/10.1017/S1537592709090112>.
- Jensen, B. M., Whyte, C. and Cuomo, S. (2020). *Algorithms at war: the promise, peril, and limits of artificial intelligence*. International Studies Review, 22(3), 526-550.
- DOI: <https://doi.org/10.1093/isr/viz025>.
- Jervis, R. (1978). *Cooperation under the security dilemma*. World politics, 30(2), 167-214.
- Johnson, J. (2019). *Artificial intelligence & future warfare: implications for international security*. Defense & Security Analysis, 35(2), 147-169.
- DOI: <https://doi.org/10.1080/14751798.2019.1600800>.
- Johnson, K. and Gramer, R. (2020). *The great decoupling*. Foreign Policy, 14, 2020.
- Katzenstein, P. J. (2003). *Same war—different views: Germany, Japan, and counterterrorism*. International Organization, 57(4), 731-760.

- DOI: <https://doi.org/10.1017/S0020818303574033>.
- Katzenstein, P.J. (1996). *Cultural Norms and National Security: Police and Military in Postwar Japan*, Ithaca: Cornell University Press.
- Kennedy, P. (1987). *The rise and fall of the great powers: economic change and military conflict from 1500 to 2000*. Random House.
- Keohane, R. O. (1984) *After Hegemony: Cooperation and Discord in the World Political Economy*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Keohane, R. O. (1988). *The rhetoric of economics as viewed by a student of politics*. In Klammer, A., McCloskey, D. N., McCloskey, D. N. and Solow, R. M., editors. *The consequences of economic rhetoric*. Cambridge University Press. pp. 240-247.
<https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=7Ov-kIP1-qMC&oi=fnd&pg=PA240&dq=RO+Keohane+1988&ots=d72lFLokyy&sig=HjrjG3bycB9kf9YxtbKPSO81kIg#v=onepage&q&f=false>.
- Keohane, R. O. and Martin, L. L. (1995). *The promise of institutionalist theory*. *International security*, 20(1), 39-51.
DOI: <https://doi.org/10.1162/isec.20.1.39>.
- Keohane, R. O. and Nye, J. S. (1977) *Power and Interdependence*. Boston: Little Brown.
- Krasner, S. D., editor. (1983). *International regimes*. Cornell University Press.
[https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=WlYKBNM5zagC&oi=fnd&pg=PP8&dq=Krasner+\(1983\)+&ots=pxyypMBYif&sig=ozB2ue3g6vpqA1mcpH_x9u_10Aw#v=onepage&q=Krasner%20\(1983\)&f=false](https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=WlYKBNM5zagC&oi=fnd&pg=PP8&dq=Krasner+(1983)+&ots=pxyypMBYif&sig=ozB2ue3g6vpqA1mcpH_x9u_10Aw#v=onepage&q=Krasner%20(1983)&f=false).
- Krishna-Hensel, S. F. (2010). *Technology and international relations*. In *Oxford Research Encyclopedia of International Studies*.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=vBLIjop0B3YC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Krishna+Hensel+2010&ots=9t8TJPu54D&sig=jQyeYtXNkhit9-7RYZo_8tfcLSQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Krishna%20Hensel%202010&f=false.
- Kroenig, M. (2009). *Exporting the bomb: Why states provide sensitive nuclear assistance*. *American Political Science Review*, 103(1), 113-133.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003055409090017>.
- Kroenig, M. (2013). *Nuclear superiority and the balance of resolve: Explaining nuclear crisis outcomes*. *International Organization*, 67(1), 141-171.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0020818312000367>.
- Kroenig, M. (2020). *The return of great power rivalry: Democracy versus autocracy from the ancient world to the US and China*. Oxford University Press.
<https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=M9bODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Kroenig+2020&ots=KLJeUVa2jG&sig=1GL-YY8lXQAOZlxvBgqhHgX68E#v=onepage&q=Kroenig%202020&f=false>.
- Krugman, P. (1991). *The move toward free trade zones*. *Economic Review*, 76(6), 5.

- Krugman, P. R., editor (1986). *Strategic trade policy and the new international economics*. MIT Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=Jo5SDOMa_i0C&oi=fnd&pg=PP9&dq=Krugman+1986&ots=BS7VeRAG5H&sig=rAbFpSeUncY-1_MeAiN6xytJxrQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Krugman%201986&f=false.
- Kugler, J. (1984). *Terror without deterrence: Reassessing the role of nuclear weapons*. Journal of Conflict Resolution, 28(3), 470-506.
DOI: <https://doi.org/10.1177/00220027840280030>.
- Li, Q. and Vashchilko, T. (2010). *Dyadic military conflict, security alliances, and bilateral FDI flows*. Journal of International Business Studies, 41(5), 765-782.
- Lind. 2023. Autocrats at the Cutting Edge.
[Unpublished manuscript, forthcoming].
- Maas, M. M. (2019a). *How viable is international arms control for military artificial intelligence? Three lessons from nuclear weapons*. Contemporary Security Policy, 40(3), 285-311.
- Maas, M. M. (2019b). *Innovation-Proof Global Governance for Military Artificial Intelligence?: How I Learned to Stop Worrying, and Love the Bot*. Journal of International Humanitarian Legal Studies, 10(1), 129-157.
- Mayer, M., Carpes, M. and Knoblich, R., editors (2014). *The Global Politics of Science and Technology- Vol. 1: Concepts from International Relations and Other Disciplines (p. 1)*. Springer Berlin Heidelberg.
- Mazarr, M. J., Heath, T. R. and Cevallos, A. S. (2018). *China and the international order*. Rand Corporation.
<https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=bX5fDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mazarr,+Heath,+and+Cevallos+2018&ots=mIBD9Tlqwc&sig=jqk1Za6hy3e6HKfAMeShatJKYtk#v=onepage&q=Mazarr%2C%20Heath%2C%20and%20Cevallos%202018&f=false>.
- Mokyr, J. (1990). *Punctuated equilibria and technological progress*. The American Economic Review, 80(2), 350-354.
<https://www.jstor.org/stable/2006599>.
- Mokyr, J. (1992). *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. Oxford University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=b9Ha2CJHPQUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mokyr&ots=OGQG2EK0ho&sig=MsMJd81Z2yyQFY2UWoHVqlX_BCc&redir_esc=y#v=onepage&q=Mokyr&f=false.
- Moravcsik, A. (1997). *Taking preferences seriously: A liberal theory of international politics*. International organization, 51(4), 513-553.
DOI: <https://doi.org/10.1162/002081897550447>.
- Morgan, F. E., Boudreaux, B., Lohn, A. J., Ashby, M., Curriden, C., Klima, K. and Grossman, D. (2020). *Military applications of artificial intelligence: ethical concerns in an uncertain world*. Rand Project Air Force Santa Monica CA Santa Monica United States.
- Morgenthau, H. J. (1948). *Politics Among Nations*. New York, NY: Knopf

- Nye, J. S. (1987). *Nuclear learning and US–Soviet security regimes*. International Organization, 41(3), 371-402.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0020818300027521>.
- Ohmae, Kenichi. (1990). *The Borderless World: Power and Strategy in the Interlinked Economy*. New York: Harper Business.
- Payne, K. (2018). *Artificial intelligence: a revolution in strategic affairs?*. Survival, 60(5), 7-32.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00396338.2018.1518374>.
- Posen, B. (1986). *The sources of military doctrine: France, Britain, and Germany between the world wars*. Cornell University Press.
- Posen, B. R. (1993). *The security dilemma and ethnic conflict*. Survival, 35(1), 27-47.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00396339308442672>.
- Powell, R. (1990). *Nuclear deterrence theory: The search for credibility*. Cambridge University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=0_hhmOYhbJMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=powell+1990+deterrence+theory&ots=GDxQJ6eTMQ&sig=gj98K_tdcoN-hU1R6suvVACi1SI#v=onepage&q=powell%201990%20deterrence%20theory&f=false.
- Raska, M. (2021). *The sixth RMA wave: Disruption in military affairs?*. Journal of strategic studies, 44(4), 456-479.
DOI: <https://doi.org/10.1080/01402390.2020.1848818>.
- Rauchhaus, R. (2009). *Evaluating the nuclear peace hypothesis: A quantitative approach*. Journal of Conflict Resolution, 53(2), 258-277.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0022002708330387>.
- Rolland, N. (2020). *China's vision for a new world order*. Washington, DC: National Bureau of Asian Research.
- Romer, P. M. (1986). *Increasing returns and long-run growth*. Journal of political economy, 94(5), 1002-1037.
DOI: 10.1086/261420.
- Roper, W. (2020). *There's No Turning Back on AI in the Military*.
<https://www.wired.com/story/opinion-theres-no-turning-back-on-ai-in-the-military/>.
- Rublee, M. R. (2009). *Nonproliferation norms: Why states choose nuclear restraint*. University of Georgia Press.
<https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=b8xQj9rguogC&oi=fnd&pg=PR14&dq=Rublee+2009&ots=yXgU0Gqk9X&sig=TrulfTLJEdBsYHJKHFak2ObHI7Q#v=onepage&q=Rublee%202009&f=false>.
- Sagan, S. D. (1994). *The perils of proliferation: Organization theory, deterrence theory, and the spread of nuclear weapons*. International Security, 18(4), 66-107.
- Sagan, SD. (1997). *Why do states build nuclear weapons? Three models in search of a bomb*. Int. Secur. 21(3):54–86,
- Scharre, P. (2021). *Debunking the AI Arms Race Theory (Summer 2021)*. Texas National Security Review.
- Schelling, T. C. (1966). *Arms and influence*. New Haven, CT: Yale University Press.

- Scheve, K. and Stasavage, D. (2010). *The conscription of wealth: mass warfare and the demand for progressive taxation*. International organization, 64(4), 529-561.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0020818310000226>.
- Scheve, K. and Stasavage, D. (2012). *Democracy, war, and wealth: lessons from two centuries of inheritance taxation*. American Political Science Review, 106(1), 81-102.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003055411000517>.
- Schmid, J. (2022). *Technological Emergence and Military Technology Innovation*. Defence and Peace Economics, 1-19.
DOI: <https://doi.org/10.1080/10242694.2022.2076339>.
- Schmid, J., Brummer, M. and Taylor, M. Z. (2017). *Innovation and alliances*. Review of Policy Research, 34(5), 588-616.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ropr.12244>.
- Schumpeter, Joseph A. [1942] 1976. *Capitalism, Socialism and Democracy*. 3d ed. New York: Harper Torchbooks.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- Schwartzman S. (1989). *The Power of Technology*. Latin American Research Review Vol. 24, No. 1 (1989), pp. 209-221.
DOI: <http://www.jstor.org/stable/2503288>.
- Skocpol T. (1999). "From Beginning to End: Has Twentieth-Century U.S. Social Policy Come Full Circle?". In Melnick SR, Keller M Taking Stock: American Government in the Twentieth Century. Cambridge and New York: Cambridge University Press. pp. 259-79.
- Skocpol, T. (1973). *A critical review of Barrington Moore's social origins of dictatorship and democracy*. Politics & Society, 4(1), 1-34.
DOI: <https://doi.org/10.1177/003232927300400101>.
- Skocpol, T. (1979). *States and social revolutions: A comparative analysis of France, Russia and China*. Cambridge University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=so0gddc0w3UC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Skocpol+1979&ots=ISLiKpVTsY&sig=JbNwfPvy6XUOQmrqJ7_WIaBidQE&redir_esc=y#v=onepage&q=Skocpol%201979&f=false
- Smith, R. K. (1987). *Explaining the non-proliferation regime: anomalies for contemporary international relations theory*. International Organization, 41(2), 253-281.
- Snyder, G. H. (1965). *The balance of power and the balance of terror*. Chandler.
- Snyder, G. H. and Diesing, P. (1977). *Conflict among nations: Bargaining and decision making in international crises*. Princeton University Press.
<https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=L5d9BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Conflict+among+nations&ots=hvrepbgGK1&sig=Z50bQslquxi3sUt7V1u0m6oQeaM#v=onepage&q=Conflict%20among%20nations&f=false>.
- Solingen, E. (1994). *The political economy of nuclear restraint*. International Security, 19(2), 126-169.

- Solingen, E. (2007). *Pax Asiatica versus Bella Levantina: The foundations of war and peace in East Asia and the Middle East*. American Political Science Review, 101(4), 757-780.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003055407070487>.
- Solow, R. M. (1957). *Technical change and the aggregate production function*. The review of Economics and Statistics, 312-320.
DOI: <https://doi.org/10.2307/1926047>.
- Strange, S. (1986). *The Bondage of Liberal Economics*. SAIS Review, 6(1), 25–38.
DOI:10.1353/sais.1986.0037.
- Tang, L., Cao, C., Wang, Z., & Zhou, Z. (2021). *Decoupling in science and education: A collateral damage beyond deteriorating US–China relations*. Science and Public Policy, 48(5), 630-634.
DOI: <https://doi.org/10.1093/scipol/scab035>.
- Tannenwald, N. (1999). *The nuclear taboo: The United States and the normative basis of nuclear non-use*. International organization, 53(3), 433-468.
DOI: <https://doi.org/10.1162/002081899550959>.
- Taylor, M. Z. (2012). *Toward an international relations theory of national innovation rates*. Security Studies, 21(1), 113-152.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09636412.2012.650596>.
- Taylor, M. Z. (2016). *The politics of innovation: Why some countries are better than others at science and technology*. Oxford University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=cUcnDAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mark+Taylor+2016&ots=HDF2wZicap&sig=g-1NW-XQHsLzmECGNDjPOBcO3_s&redir_esc=y#v=onepage&q=Mark%20Taylor%202016&f=false.
- Tilly, C. (1975). *Reflections on the history of European state-making*. The formation of national states in Western Europe, 38, 3-83.
- Tilly, C. (1999). *From interactions to outcomes in social movements*. How social movements matter, 10, 253-270.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=URFq34yxCaYC&oi=fnd&pg=PA253&dq=Tilly+1999&ots=WD4Y3Ttlwo&sig=uH2kRTrcYD7YmtUS0SPw4ky7yAM&redir_esc=y#v=onepage&q=Tilly%201999&f=false.
- Van Evera, S. (1999). *Causes of war: Power and the roots of conflict*. Cornell University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=i08gUtnQFm0C&oi=fnd&pg=PR2&dq=Van+Evera+1999&ots=wso74BQJH6&sig=GuaE-9crAFK6Ct1vdwnPBiRooAg&redir_esc=y#v=onepage&q=Van%20Evera%201999&f=false.
- Van Wyk, J. A., Kinghorn, L., Hepburn, H., Payne, C., and Sham, C. (2007). *The international politics of nuclear weapons: A constructivist analysis*. Scientia Militaria: South African Journal of Military Studies, 35(1).
- Von Clausewitz, C. (1976). *On War*, ed. and trans. Michael Howard and Peter Paret (Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1976), 75.

- Walt, S. M. (1985). “*Alliance Formation and the Balance of World Power.*” *International Security* 9 (4): 3–43.
- Walt, S. M. (1987). *The Origins of Alliances*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Waltz, K. N. (1964). *The stability of a bipolar world*. *Daedalus*, 881-909.
- Waltz, K. N. (1979). *The anarchic structure of world politics*. *International politics: enduring concepts and contemporary issues*, 29-49.
- Waltz, K. N. (1979). *Theory of International Politics*. New York: McGraw Hill. Google Scholar
- Waltz, K. N. (1981). The spread of nuclear weapons: More may be better: Introduction.
DOI: <https://doi.org/10.1080/05679328108457394>.
- Weiss, C. (2005). *Science, technology and international relations*. *Technology in Society*, 27(3), 295-313.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.04.004>.
- Wendt, A. (1992). *Anarchy is what states make of it: the social construction of power politics*. *International organization*, 46(2), 391-425.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0020818300027764>.
- Wendt, A. (1999). *Social theory of international politics* (Vol. 67). Cambridge University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=s2xjEd0ww2sC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Wendt+1999&ots=UFqIybLdJv&sig=ItPbUYEwaKpONVbk65shuCSX0v8&redir_esc=y#v=onepage&q=Wendt%201999&f=false.
- Wendt, A. (2003). *Why a world state is inevitable*. *European journal of international relations*, 9(4), 491-542.
DOI: <https://doi.org/10.1177/1354066103940>.
- White, H. V. (1966). *The burden of history*. *History and Theory*, 5(2), 111-134.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2504510>.
- Wyne, A. (2020). *How to think about potentially decoupling from China*. *The Washington Quarterly*, 43(1), 41-64.
- Yang, D. (2011). *Technology of empire: Telecommunications and Japanese expansion in Asia, 1883–1945*. BRILL.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=Hv_0DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=yang+2011+technology+empire&ots=KtqhrnovXE&sig=NHD3o3oyGwvvoWLI5KDVDajs1dA&redir_esc=y#v=onepage&q=yang%202011%20technology%20empire&f=false.
- Zhao, M. (2019). Is a new Cold War inevitable? Chinese perspectives on US–China strategic competition. *The Chinese Journal of International Politics*, 12(3), 371-394.
DOI: <https://doi.org/10.1093/cjip/poz010>.

Related data sources

“Correlates of War”:

<https://correlatesofwar.org/data-sets>

Related courses that are held at our core centers, Information on relevant research projects

GRIPS Course: “Politics of Innovation,” Spring(STI6091E and STI1090E), Instructor: Matthew Brummer

1.5.3 科学技術外交の近年の動向と今後の課題

有本 建男¹ 浅野 佳那²

初版発行日：2024 年 2 月 28 日、最終更新日：2024 年 2 月 28 日

本稿では、科学技術と外交の相互作用といえる科学技術外交について、近年の動向と歴史的な変遷を紹介し、ついで、ここ数年の新型コロナウイルスによるパンデミック（コロナパンデミック）、ロシアのウクライナ侵攻などの国際的な地政学的緊張の高まりと、AI、量子、バイオ等新興技術の急激な発展と大きな社会インパクトを受けて、科学技術外交が先進国・途上国を含めて世界的に安全保障、政治経済上も関心が高まっている状況を紹介する。最後に今後の科学技術外交のあり方の再検討に向けた世界的な動きとそれを取り巻く課題を考える。

キーワード

科学技術外交、科学助言、政府科学技術顧問、コロナパンデミック、STI の安全保障化、新興技術のガバナンス、FMSTAN、INGSA、ISC、AAAS、ロンドン王立協会、グローバル・サウス

1. はじめに

21 世紀に入って、気候変動、コロナパンデミック、大規模自然災害、エネルギー、食糧、水問題、安全保障・地政学的緊張、サイバーセキュリティなど、地球規模の危機と社会課題の解決に向けて、グローバル・レベルからリージョナル・ナショナル・ローカルの各レベルで、安全保障と政治、経済と科学技術の相互作用と関係性が重要になっており、世界的に科学技術外交への関心と期待が高まっている。

科学技術外交とは何か。大きくくに科学技術と外交の相互作用といえるが、人類史における科学技術の様々な国際的活動を含むものである。たとえば、第 1 次、第 2 次世界大戦前後の世界の政治・軍事状況を受けて、科学の国際連携の組織がドイツ主導から米英主導へ変遷するなど、科学技術外交の基盤は西洋近代社会経済の変遷と密接に関係してきている (Gluckman 2022, 岩淵 2021)。また、外交のツールとして科学技術を活用するという外交の一類型とみることもできる。本格的に概念化が議論され始めたのは 21 世紀に入ってからであり、気候変動など事案毎にその体制・方法が蓄積されてきた。2009 年に英米の学会が共同で科学技術外交の概念と 3 類型を提案し、専門誌が発刊された。以後、様々な分野で科学技術活動の論文・報告が発表されてきたが、個別記述的なものがほとんどで、これらを総合する枠組みや方法はまだ十分確立されていない。さらに、コロナパンデミックへの対応の反省から、従来の科学技術外交の目的や体制方法の見直しが必要になっている。現在は、政府に対する科学助言に関する国際ネットワーク (INGSA, <https://ingsa.org/>) 等で国際的に多くの経験や事例が収集分析されており、2025 年を目途に、新しい時代の科学技術外交のあり方、体制、方法などを先進国・途上国が連携して理論化していこうという国際的動きが始まっている。なお、わが国では「科学技術外交 science and

¹ 政策研究大学院大学客員教授、(国研) 科学技術振興機構参与、ISC フェロー

² (国研) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー

technology diplomacy」といっているが、海外では同様な意味で「科学外交 science diplomacy」と表現することが多い。

上に述べたように、科学技術政策とそのシステム、国際関係が大きく変革を迫られている現在、科学技術外交と科学技術政策の歴史的変遷の光と影（STS フォーラム 2023）を俯瞰的にみる視座の醸成が重要になっている（参考 1）。17 世紀の近代科学の成立以来の国際研究協力はその一つであり、第 1 次・第 2 次世界大戦における科学技術の軍事力の強化と国際協力、第 2 次世界大戦以後の原子力、宇宙、海洋の分野の開発利用と規制の国際的ルール作り、国際原子力機関、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）などの国際組織の設置もその例である。前者は、原子力、宇宙等の科学技術が、軍事力と人類の生存に決定的な影響を与えることから、米ソ両陣営の政府がリアリズム的に協調して技術の国際管理をする枠組みを作ったものである。後者の IPCC は、地球温暖化の原因としての科学的データの蓄積を踏まえて、国際間で協調してデータの分析、インパクトを評価し、科学と政治を架橋する仕組みとして設立されたものである。各国、国際組織、非政府機関による、気候変動、生物多様性、SDGs など学際的で国際的な活動が拡大し、それらの経験に基づく論文や報告は増加している（AAAS 2022）。わが国では、東日本大震災と福島原発事故は、科学助言体制と科学技術外交体制の強化の大きな契機となった。筆者らはこれらの科学技術外交の実務に長く関与してきた。

こうした個々の活動に加えて、近年は、科学技術が個別領域や国境を越えて安全保障・政治・経済・社会の課題と相互に作用する事案が急増したため、包括的な視座から概念整理と理論化が必要になっている。特に、現時点での科学技術外交の重要課題として、先端技術での米中の戦略的競争と覇権争い、地球規模問題での国際協調というディレンマ問題が挙げられる。

本稿では、まず、科学技術外交について、近年の動向と歴史的な変遷を紹介する。次に、ここ数年のコロナパンデミック、ロシアのウクライナ侵攻、米中の摩擦激化など、国際的な地政学的緊張の高まりと、AI、量子、バイオ等新興技術の急激な発展と大きな社会インパクトを受けて、科学技術外交が、先進国途上国を含めて世界的に安全保障、政治経済上も関心が高まっておりその状況を紹介する。最後に今後の課題を考える。

2. 科学技術外交の概念と枠組み

科学技術外交は、対象とする事案、地域などに応じて、多様な分野、関与者と関係機関、政策レイヤーからファンディング、研究開発実施組織のレイヤーまで、多様なプレーヤーと重層的な構造と機能から構成され、国境を越えたネットワークが拡大している。こうした複雑な機能と構造を整理し、科学技術外交の概念と枠組みを明確にすることに貢献した 2 つの報告を以下に紹介する。これらは現在の活動の基盤になっている。

2-1. 科学技術外交の概念の確立と 3 類型 —2010 年：英王立協会と米 AAAS—

現代社会において、科学技術は、新知識の創造にくわえて、軍事力、経済力など国力の強化と、気候変動等の社会・地球規模課題の解決に重要な役割を果たしている。このような科学技術活動の多くは国際協力で進められている。こうした多様な国際的活動が「科学技術外交」という一つの概念で整理されたのは 2010 年である（Royal Society and AAAS 2010）。ロンドン王立協会とアメリカ科学振興協会（AAAS）が共催して、外交における科学技術の役割について、先進国、途上国、国連機関、産学官メディアが参加して、2 日間にわたって大規模な国際ワークショップが開催された。その結果「科学技術外交」という概念と次の 3 類型が提案された。

- ① 「外交における科学技術」（Science in Diplomacy）：外交政策の意志決定と実施に当たって科学技術の知見を活用する。
- ② 「科学技術のための外交」（Diplomacy for Science）：外交を通じて国際的な科学技術協力を推進する。

- ③ 「外交のための科学技術」(Science for Diplomacy) : 科学技術の国際的協力活動を通じて、国家間の政治経済的な信頼の形成と関係の改善を図る。

これを受けて、2012年にAAASは、科学外交センターを設置し、専門誌『科学外交』(Science & Diplomacy、オンラインジャーナル)を発刊して科学技術外交の概念の普及と実践事例の紹介を行ってきた。また、同科学外交センターは政府組織ではない立場を活用し、キューバなど米国政府が公式にはアクセスし難い国との科学における国際連携を支援するなど、科学技術外交ネットワークの発展に大きく貢献してきた。以来10年余、科学技術外交の課題の増加と複雑化、関与する国、組織の増加、国際情勢の緊迫化に伴って、この3類型は分析には重要だが、近年の科学技術外交の実践には十分でなく、新たな概念が必要という議論が始まっている。具体的には、コロナパンデミック、気候変動、SDGsなどの経験と事例の蓄積を踏まえて、近年、科学技術外交の範囲と枠組みに、前述の3類型を超えて、より実践性、多様性が求められるようになっていく。グローバルだけでなく、各国・地域の課題設定、課題解決の実践と能力構築にとって有益な活動を求められるようになっていくのである。そのためには、国・地域に固有の社会システム、歴史、文化などを考慮する必要がある。以下に、近年の動向を示す。

2-2. 科学技術外交の3つの実践的枠組み：2018年

上に述べた問題意識の下で、科学技術外交の国際ネットワーク(FMSTANとINGSA)の開設と拡大を主導してきた米・英・日・ニュージーランドの外務大臣・科学技術顧問の4者が共同して、科学技術外交が政策レイヤーの議論と分析だけでなく、実務者が実践する時代が到来したことを踏まえて、2018年に以下の3つの実践的枠組みを提案した(Turekian・Gluckman・Kishi・Grimes 2018)。

- ① 国益を達成するための行動
- ② 国境を越えた共通利益を達成するための行動
- ③ 地球規模の課題解決を達成するための行動

提案された枠組みと行動リストは、科学技術外交の現場で、その目的と自らの位置を確認しながら行動する上で実用的なため現在広く普及している。以下に、その概要を示す。

(1) 国益を達成するための行動

- 一国の国際的な発言力／影響力／ソフトパワー／評判の強化
 - ・ 科学技術協力、人材の育成と循環、STEM教育支援、開発援助。
- 一国の安全保障の強化
 - ・ 各種の危機・脅威への対応(人工的、自然、サイバー等)、危機への事前準備と対応と管理。
 - ・ 政治軍事的緊張への対応(米・露、米・中、米・アラブ、日米関係など)。
- 一国の経済力の強化と紛争解決
 - ・ 貿易、技術開発支援・協力、サプライチェーンの強化、経済的威圧への対応、知財、国際基準と管理、WTO。
- 一国の科学技術力の強化とそのための国際協力
 - ・ 教育研究環境(大学等)、技術力、研究開発インフラの整備運用、知識・技術、研究者の保護とアクセス管理。

(2) 国境を越えた共通利益を達成するための行動

- 国境を越えた危機・災害管理と協力（例：コロナパンデミック、洪水、地震、津波、火災、火山など）。
- 資源管理：鉱物・森林・水などの開発と環境・保全管理。
- 人材の育成と研究者の国際流動、大型研究開発施設の建設と運営。

なお、この第（2）項の提案は、米中摩擦の激化とロシアのウクライナ侵攻のインパクトによって、その範囲が論文発表時よりも大きく広がり複雑化している。いわゆる民主主義国陣営と中国・ロシア等の権威主義国陣営の分断とブロック化、技術ガバナンスと最先端研究者の保護、サプライチェーンの強靱化など、同志国間の共同プログラムなども含むようになっている。この（2）項は、後出 4. で詳しく述べる。

(3) 地球規模の課題解決を達成するための行動

- 見えている課題：気候変動、持続可能性（SDGs）、パンデミック、核兵器・化学・生物兵器の管理など。
- 見えない非統治空間（海洋、宇宙、極域、AI、サイバー）のデータ収集と利用などへの対応と管理、ルールと体制作り等。

3. 科学技術外交コミュニティの世界的拡大：2010 年以降

2015 年の国連 SDGs 決議に象徴されるように、2010 年以降、国際政治・経済・安全保障・気候変動、環境政策において、科学技術の重要性が飛躍的に高まり、各国で科学技術外交の取り組みが戦略的に強化されている。プレーヤーは、欧米先進国に加え新興国・途上国に広がり、NGO、民間企業など多様化している。科学的助言者や関連組織の国際ネットワークが広がり、2014 年に INGSA が NGO として発足した。INGSA は、2 年毎に総会を開催（オークランド（2014）、ブリュッセル（2016）、東京（2018）、モンテリオール（2021）、ルアンダ・キガリ（2024 予定））している。INGSA は地域支部（例：南アジア、アフリカ、アメリカ）を設置しボトムアップで、科学的助言の事例の収集と普及、方法論の開発、能力構築を進めている。

同時期に幾つかの国で外務大臣科学技術顧問が設置され、米、英、ニュージーランド、日本の 4 か国が主導して、2015 年に外務大臣科学技術顧問国際ネットワーク（FMSTAN, <https://ingsa.org/divisions/fmstan/>）が発足した。現在約 30 か国が参加して、各国の外交案件と科学技術の関係等について情報の共有と意見交換を行っている。わが国では、東日本大震災・福島原発事故を契機に、科学的助言、科学技術外交の体制強化が進められ、2015 年に外務大臣科学技術顧問と科学技術外交推進会議が設置され、FMSTAN の中心メンバーとして国際的に活動中である。

2018 年には、国際科学会議（ICSU、1931 年発足）と国際社会科学協議会（ISSC、1952 年発足）が合併し、国際科学会議（International Science Council : ISC）が発足した。ISC は、「科学者の国連」といわれるように、科学研究の基盤と質の確保、社会的課題に対応する自然科学と社会科学の異分野連携、科学的助言の知識基盤の整備等を目的としている。分野の細分化が進んできた近代科学の歴史において大きな画期といえる。

なお、ISC 第 2 代会長グルックマンは、科学技術外交と科学助言世界ネットワークのリーダーの一人だが、コロナパンデミックについて、多国間主義や科学技術外交の可能性と弱点、教訓を語っているので（Gluckman 2022）、主な点を列記しておく。

- コロナパンデミック対応では、各国のシステムは、総じてリスク評価と管理・コミュニケーションに対応できていなかった。政府と専門家への不信が増大。
- コロナウイルスのデータの共有、ワクチン開発は高速でなされたが、その配布では国

毎に大きな不平等が生じた。WHO、国連システムにおける、世界的なリスク評価・管理とコミュニケーションの強化が必須。現在、ISC と国連が共同で世界的な科学的助言システムの構築を検討している。

なお、コロナパンデミックはまさに地球規模の災厄であったが、ポジティブな側面の1つとしては、克服するにあたって、市民の多くが科学技術や科学的助言、そして国際連携の重要性を理解するようになったことが挙げられるよう。これは本項の冒頭に述べた科学技術外交の新興国・途上国への広がりにも貢献している。2023年のG20首脳サミットでは、「科学外交をツールとして世界的な科学助言メカニズムを創設する」としたG20首席科学顧問ラウンドテーブルの成果文書が附属文書として採択された（7-1に詳述）。

4. 国力の基盤としての科学技術と科学技術外交の戦略的重要性—時代認識—

4-1. 安全保障と科学技術イノベーション（STI）政策と科学技術外交

ここでは、OECDが基幹報告として2年毎に発表し世界の科学技術イノベーション政策に大きな影響を与えている『OECD科学技術イノベーションアウトLOOK』の2023年版（Outlook 2023）（OECD 2023-1）に注目する。この報告書で強調されているのが、近年の「STI政策と産業政策と国家安全保障政策と外交政策の急速な重なり」であり、従来の科学技術国際協力のパラダイム転換といえる。OECDは、この状況を“securitization of STI（科学技術イノベーションの安全保障化）”というコンセプトで捉えて、安全保障面だけでなく、気候変動、エネルギー、食糧、各種サプライチェーン、大規模災害など人類と地球の危機への対処のために、科学技術政策とその他の政策との架橋と国際協力の重要性を強調している。

このようにOECD・Outlook 2023は、従来になく国際政治に踏み込んだ分析をしているので、長文になるが、当該部分を引用しておく（翻訳は引用者）。

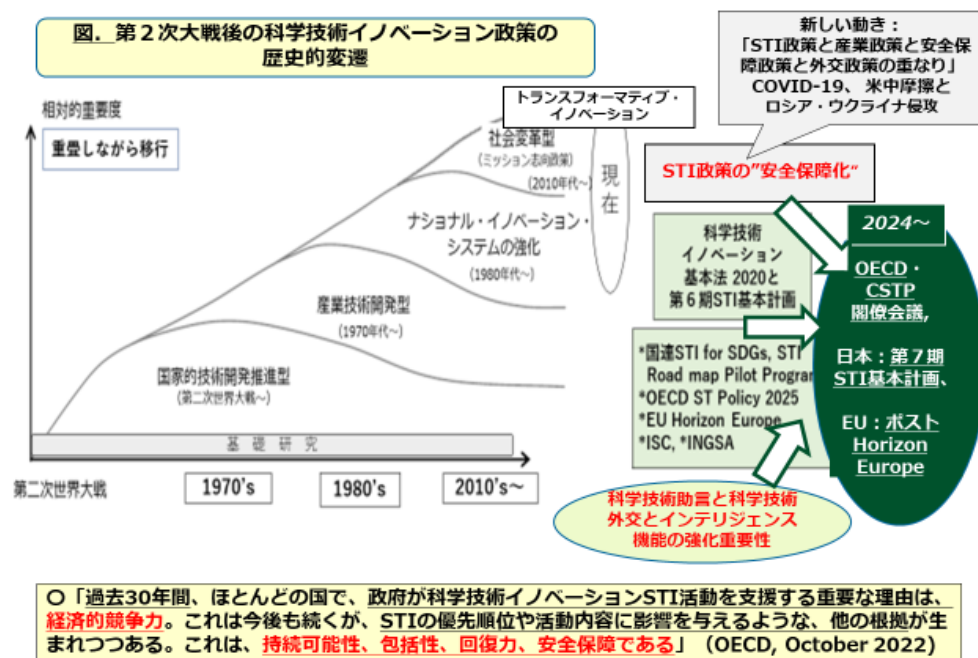
「・・・中国は自由主義市場経済のシステム上のライバルとみなされるため、その台頭は、近年政策上の懸念も深まっている。経済競争力と国家安全保障を支える重要技術における競争の激化、第2次世界大戦後のルールに基づく国際秩序に挑戦する価値観と利害の相違、サプライチェーンの相互依存による脆弱性の増大である。このような懸念の中核にあるのが技術であり、EUや米国などは、戦略的政策目標として技術主権と戦略的自律性を推進している。技術へのアクセスを制限し（保護 protection）、新興技術と国内産業政策へ積極的に投資し（促進 promotion）、志を同じくする国々との国際的な技術提携を強化する（投射 projection、（筆者注）EUでは“partnering”ともいう用語を使用）という政策を採用している。・・・貿易、外交、国防、産業といった政策領域がこうした政策展開の多くを牽引しているが、研究担当省庁や資金提供機関はまだ中心的な役割を果たしていない。」

現代国際政治学の古典モーゲンソーの『国際政治』では、国力の本質と諸要素として、工業力、軍備、科学技術、技術革新力を重視しており、近年の国際政治学でも同様な扱いをしている（モーゲンソー 2013, 高坂 1966, 中西 2003, 細谷 2012, 坂本 2011）。すなわち、国力の主要要素として、①安全保障・軍事力、②経済・産業力、③ソフトパワー（文化・学術科学など）が挙げられる。科学技術は従来、主として③に位置付けられてきたが、ここ数年の国際情勢と技術の急速な変化と発展に伴って、AI、半導体技術、バイオテクなどの科学技術とその政策が、安全保障、産業競争力の基盤として極めて重要との認識が深まり、各国・地域間の競争と協調など、科学技術外交の戦略と舵取りが極めて重要になっている。EUは、2023年12月にマドリッドで開催された第1回EU科学外交会議の成果文書で、「ソフトパワーおよびハードパワーとしての科学外交の利用」（EU 2023）を強調し、大きく発想に転換を促している。

4-2. 国際経済社会システムと STI と科学技術外交

OECD はさらに、過去 30 年間 STI 政策の最優先目的であった経済的価値に加えて、今後は、持続可能性、レジリエンス、生活の質 (well-being)、安全保障が重要になると指摘している。ロシアのウクライナ侵攻、米中新冷戦は、国際経済社会システムにも大きな転換を迫っている。

米国では「新ワシントンコンセンサス」と称されて、過去 30 年のグローバル化、オープン化、経済政策の効率優先、企業立地、物流、金融システムの効率重視と、それによる経済的・技術的に深く接続された世界システムについて再設計が進んでいる (Sullivan 2023)。反グローバル、ナショナリズム、ポピュリズムが台頭する中で、デカップリング (分断)、デリスキング、レジリエンスなどのコンセプトが提案され様々なセクターで議論が進められているが、第 2 次世界大戦後に確立してきた国際経済ルール、人権、民主主義が大きく揺らいでおり、科学技術活動もブロック化が危惧されている。今後の科学技術外交の重要な視点である。転換期にこうした歴史観をもつことは重要である。下図により、第 2 次世界大戦後の STI 政策の変遷と、近年の科学助言と科学技術外交の重要性の増大を示す。この流れは、日本の第 7 期 STI 基本計画、EU のポスト・ホライズン・ヨーロッパの検討等に反映されていくものと考えられる。



5. 科学技術外交のモード：トラック 1 とトラック 2

近年、科学技術外交において、組織横断の対応、学際協創的アプローチが必要になっており、国内的にも国際的にも、政策、ファンディング、研究実施組織、個々の研究者等の多層のレイヤーでの水平と垂直の調整・協働の仕組みとそれらを繋ぐ人材の育成強化が重要になっている。科学技術外交のモードは、担う組織と人材によって、大まかに次の 2 つに分類される。

- トラック 1：政府の方針に沿って、外務省・外交官が対外的な議論、折衝を行う。
- トラック 2：科学技術コミュニティーや NGO などが主導して、対外的な議論、折衝を行う。公的な資金が必要になる場合は、政府がバックアップすることも多い。

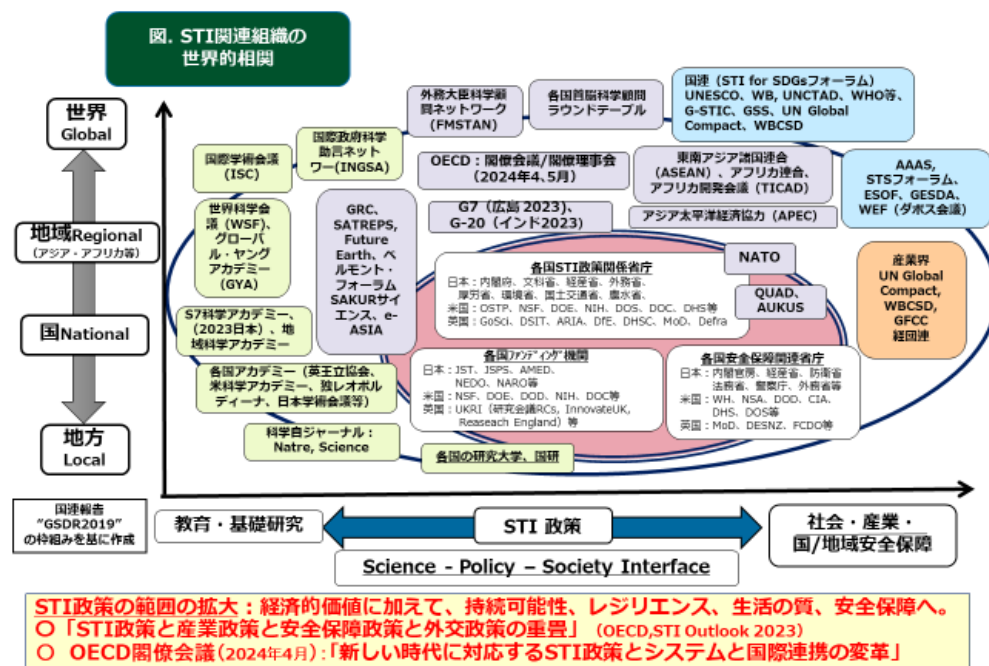
両者は相互補完関係にあり、科学技術外交のニーズ、方法の多様化、関与者が多数になる中で、トラック 2、それらの中間としてのトラック 1.5 のアプローチが大きな役割を果たすようになる予想されている。トラック 2 を担う組織、人材の量と質の確保は、日本のような人材の流動性が低い社会にとって大きな課題である。これについては、7-4 で詳しく述べる。³

6. 転換期における科学技術外交のプレーヤーの多様化と位置—世界地図の中で考える—

一国の科学技術の推進構造は、政策、施策・ファンディング、研究実施機関、個人（科学者、アカデミー）の多層な構造からなっている。近年これら各層を構成する政府、組織、個人が、それぞれ国境を越えて国際的ネットワークを拡大している。主なプレーヤーは、各国政府、各首脳科学顧問、大学、国立研究所、研究助成機関、科学アカデミー、民間企業、NGO にくわえて、ISC、FMSTAN、INGSA、OECD、世界科学会議（WSF）、国連とその機関（世界銀行、UNESCO、WHO、UNEP 等）等の国際組織がある。

この構造と機能を地球規模で俯瞰して、それぞれのプレーヤーの立ち位置と役割、相互関係を確認する作業が重要になる。その基盤として下図を作成した。国連の“Global Sustainable Development Report (GSDR 2019)”の示唆を基にして、縦軸に global（世界）、regional（地域：アジア、アフリカ）、national（国）、local（地方）を取り、横軸に科学技術、政治・行政・ビジネス・安全保障のセクターを取り、2次元の平面に関係組織を位置付けた。図の各組織の位置と役割、関係性は固定化されたものでなく、政治経済技術の国際情勢によって変化していく。

国際政治学における①主権国家体制、②国際共同体、③世界市民主義の 3 つの位相と規範が併存し競合しながら、現代国際政治が構成されているという考え方（Gluckman 2022）は、この図を基に考え行動を起こす際に重要な示唆を与えてくれると考える。



³ トラック 1 を担う各国の外務省には、科学技術を担当する局部課室があり、大使館には科学技術を担当する外交官が配置されている。近年、気候変動や AI など科学技術の専門知識を必要とする国際課題が増加し、外交官に加えて、専門家の参画が必要になっている。首相科学技術顧問や外務大臣科学技術顧問を設置する国も多くなっている。たとえば、2023 年の G7、G20 では、首脳レベルで、科学技術に関連して、AI、地球温暖化、新興技術のガバナンスの国際協力のあり方が大きな外交案件となり、これら顧問による国際ネットワークが重要な役割を果たしている。

7. 科学技術外交の幾つかの新しい課題

世界情勢の激変の下で、科学技術外交をめぐる課題として、以下に、グローバル・サウスのプレゼンス拡大、AI、バイオテクノロジー等新興技術のガバナンス、インテリジェンス機能の強化、科学技術と政治・外交を架橋する人材の育成強化を取り上げる。これらは、2024年4月に9年ぶりに開催される、OECD・科学技術政策閣僚会議での重要な討議課題になる予定である(OECD 2023-3)。

7-1. 科学技術外交の舞台にグローバル・サウスのプレゼンス拡大

2023年インドが主宰したG20で、科学的助言と科学技術外交の強化について以下の文書が発表された(G20首席科学顧問ラウンドテーブル)(G20 Chief Science Adviser Roundtable 2023)。科学技術外交が、グローバル・サウスを含めて、地球規模で注目されるようになったのである。

(該当部分の抜粋)「進むべき道：包括的、継続的、行動指向の世界科学的助言メカニズムを創設する」(翻訳は引用者)

「第15項：我々は、グローバル社会に公平に利益をもたらす既存の知識の非対称性に対処するため、効果的でグローバルな科学助言を必要とする現代的な問題について審議するために、チーフ・サイエンス・アドバイザーとその指名された同等の人々が一堂に会する、強固で適切かつ効果的なメカニズムの創設に向けて努力する。G20-CSAR(G20ー首席科学顧問ラウンドテーブル)は、メンバーや国際機関が様々な学際的な問題に集中し、相乗的な科学的助言を与えることができるよう、さらなる議論や審議の舞台を整えた。科学外交は、このメカニズムに関わる関係者間の相乗効果を高めるためのツールとして利用することができる。G20-CSARは、科学的なインテグリティと厳密さを核とし、アクセスしやすく、包括的で、行動を重視し、成果を重視し、ダイナミックな科学的助言のエコシステムを強化することを意図している。」

7-2. 新興技術のガバナンスと戦略的科学技術外交の重要性

生成AIに代表されるように、新興技術は急速に発達し社会に与えるインパクトと時間が格段に短くなっている。新興技術としては、AIの他、バイオ技術(神経工学、合成生物学等)、量子技術、ドローン、センサー、メタバース・電子通貨、自律システムと兵器、宇宙開発、海洋開発、地球工学などがある。こうした新興技術について、技術の発展とインパクトを先見した上で、イノベーションを阻害しないよう、また、リスクを回避する適切な規制をすることが重要になっている。こうした活動を、誰がどの組織が何処でどういう方法で対応するのか。2023年のG7における首脳レベルの会合でも大きなアジェンダになる等、現在、世界中で大きな課題となっており、一国だけでは対応できず、2国間、多国間の協力と競争が重要になる技術ガバナンスである。

OECD Outlook 2023は、科学技術の安全保障化の時代を迎えて、「研究担当省庁や資金提供機関はまだ中心的な役割を果たしていない。」と厳しい指摘をしているが。OECD、米、EUなどは、新興技術の振興(promotion)、技術知識と研究者の保護(protection)、新興技術の国際協力(projection)という3つの視点から政策を検討している。わが国のSTIコミュニティも、政策レベルからファンディング、研究実施組織、研究者の各レイヤーで、経済安全保障という新しい要請に応じたSTIの目標とシステムへの構造的な変革が必要になっている。

7-3. 科学技術外交の基盤としての戦略的インテリジェンス機能の強化

先に述べたが、OECDが強調する「STI政策と産業政策と国家安全保障政策と外交政策の重畳」する先行き不透明な時代を迎えて、各国、国際機関などで、フォーサイトをはじめ戦略的インテリジェンス機能の強化が盛んになっている。

フォーサイトについては、AI とデジタル技術を活用した、政策形成からファンディングの設計などのために、様々な粒度で課題の設定、技術の方向とインパクト・リスク評価、モニタリング方法、ステークホルダーの参画と合意形成、国際的プラットフォーム作りが重要になっている。

(例：G7 での AI ガイドラインの検討プロセス (外務省 2023)、OECD による技術ガバナンスとして「新興技術世界フォーラム (GFT)」の設置 (OECD 2023-2)。スイスの GESDA 財団による技術予測と外交戦略の融合プロジェクト(スイス・ジュネーブ GESDA 財団 2023、EU/JRC による知識基盤と知識統合プログラムなど (EU Joint Research Center 2023)。)

国連は、ロシアのウクライナ侵攻と米中対立の中で機能不全に陥っており、国連決議 SDGs ゴール(2030 年)の達成も困難になっている。この状況下、グテーレス国連事務総長はポスト SDGs を視野に入れた『我々の共通アジェンダ』を提案しており(外務省 2023)、その中で、ISC と国連専門機関(WB、UNEP、UNDP、WHO、UNESCO 等)が連携して、国際的な科学的助言機能の強化を進めている (Gluckman 2022)。

ポスト・コロナ時代の効果的な科学的助言のあり方、方法の改革の一環として、科学と政治と社会の間のコミュニケーション、信頼形成のために、文化、言語、感性への配慮が強調されるようになっている。国連報告“Global Sustainable Development Report 2023”(UN 2023)、グローバルヤングアカデミー2022 総会(日本開催)のテーマ「感性と理性のリバランス：包括性と持続性に向けた科学の再生」(日本学術会議(2022))、INGSA による言語・文化圏による機能の差異など国際比較研究などがある (INGSA 2021)。2023 年 8 月、グテーレス国連事務総長は、科学と技術の画期的な進歩と、これらの進歩の利点を活用し、潜在的なリスクを軽減する方法について国連指導者に助言するための新しい科学諮問委員会の創設を発表した。7 人の著名な科学者グループと、さまざまな国連機関の主任科学者グループ、国連大学学長、技術特使で構成されている。

7-4. 科学技術と外交を架橋する人材の育成

激変する世界の政治経済情勢を理解し、また AI や量子などの新興技術の発展方向と社会的インパクトを理解して国際的な議論に対応できる専門人材—科学技術外交を担う人材—の育成と確保は、世界的に喫緊の課題となっている。

国連と ISC は共同で、科学と政治行政と社会(国際社会を含む)を架橋する新しい時代の科学技術関係者として次の四つを提案している (United Nations 2021)。科学的知識の生産者 (generators)：<伝統的な研究者>、知識の統合者 (synthesizers)、知識の仲介者 (brokers)、内外の政治行政へのコミュニケーター (communicators) である。EU も同様に「新しいタイプの政策のための科学者」の育成を強調している。これらの実現のためには、科学者個人の能力向上にくわえて、インセンティブ、キャリアパスの確立、人材評価システムの改革が必須であり、科学技術システム全体の改革に繋がる。

近年の STI 政策関連の国際会議で、わが国は専門知をもつ大学人に参加を依頼することが多い。これは海外と異なり改善する必要がある。科学研究の分析的方法と論文生産に馴れた大学人にとって、価値観もスピードも目的も異なる外交の領域に、十分な訓練もなく国際場裏に出て期待される役割を果たすには困難が多い。外交は内政といわれて、国内各省、各政策との繋ぎ・調整も重要になる。長期的な取組みとして、学際的で実践的なカリキュラム編成で、こうした素養と能力をもった人材を若い年代から育成確保することが重要になる。わが国の国益と研究力向上にとっても重要である。⁴

⁴ 海外では研究経験を有する人材を STI 政策や科学技術外交の現場で活躍してもらうため、キャリアパスの開発を含め長年取り組んでいる。ここでは AAAS の例を挙げる。「AAAS 科学技術政策フェローシップ」は、科学者や技術者(多くは博士)を原則 1 年、立法(議会委員会スタッフ、議員事務所等)、司法、行政機関(国務省や NSF、エネルギー省等)に派遣し、STI 政策立案プロセスを実地体験させるもので、受け入れ側のニーズも高く国際的にも評価が高い。年間 300 名程度を採用し、終了後は 1/3 が行政に残り、1/3 は研究に戻り、残りは企業など他のキャリアに進む。半世紀近い歴史をもち、バイデン政権で女性として初めて大統領科学技術顧問に就任した者、国務長官科学技術顧問、科学アカデミー幹部など多くの人材を輩出している。わが国でも早急に同じようなフェローシップを導入する必要がある。

8. 科学技術外交の枠組みの再検討に向けて

8-1. 科学技術外交の概念の確立から 2025 年で 15 年

この間、人類はコロナパンデミック、ロシア・ウクライナ戦争、米中摩擦の激化など、第2次世界大戦後初といわれるほどの世界的な出来事に対峙してきた。これを踏まえて、科学外交の枠組みと実践方法の抜本的再検討を行うために、2025年に科学技術外交の現在の枠組み作りをリードしてきた米AAASと英王立協会は、2025年を目途に、新しい時代の科学技術外交の目標、方法などについて、世界の多様な関係者・組織を巻き込んだ議論の蓄積と国際的な会議を企画している（Montgomery・Wiggins 2024）。科学技術外交の今日的な可能性と価値、新しい方法等について、世界的に関係者・組織が議論し、多面的な視座から理論化することは、ステークホルダー間のコミュニケーション、信頼の形成と協働にとっても極めて重要である。

8-2. 最近の動き

世界情勢がめまぐるしく変化する中で、科学技術外交の概念はグローバル・サウスの国々にも広がりつつある。2023年9月のG20首脳サミットでは、「科学外交をツールとした世界的な科学助言メカニズムを創設する」としたG20首席科学顧問ラウンドテーブル（同年8月開催）の成果文書が附属文書として採択されたことに注目すべきであろう。また、2023年10月に京都で開催されたSTSフォーラム年次総会において、岸田内閣総理大臣は「気候変動やエネルギー問題などのグローバルな課題の解決に向けて、科学技術を通じた国際協力や人材育成、サイエンス・ディプロマシー（外交のための科学）が不可欠」と述べた。

そして、2023年12月にマドリードで開催された「第1回欧州科学外交会議」を皮切りに、科学技術外交のあり方にかかる新たな検討が始まっている。EUは、①「欧州科学外交枠組み」の策定状況を把握すること、②今後の進め方について議論すること、③幅広い利害関係者による対話、共同創造、参加の場を提供し、EU域外への科学外交の働きかけを促進すること、④科学外交関係者の積極的な参加意欲を高め、現在進行中のプロセスを可視化することを目的に同会議を開催した。その結果、「分断され多極化した世界におけるヨーロッパの科学外交を再考し、可能な限りオープンでありながら必要に応じて閉鎖的であるという概念に基づいて、ソフトパワーおよびハードパワーとしての科学外交の利用を反映する必要がある」といった点を含む12項目からなる会議の成果が公開された（参考3参照）この中で、これまで科学は外交のソフトパワーとして位置づけられていたが、ハードパワー・国力の手段の側面を強調したことは枠組みの大きな転換といえよう。

2024年1月、Royal SocietyとAAASはScience Diplomacy誌の論説にて、2025年に科学技術外交のフレームワークを変革することを発表した。そのために、今後1年にわたって、変化する地政学的環境における科学技術外交の役割について、オープンで包括的な対話を実施するとしている。同時に、Science Diplomacy誌における特集号への寄稿も呼びかけられ、科学と外交政策の接点で働く多様な関係者の意見を求めている。AAASのSCIENCE & DIPLOMACY誌の科学技術外交15周年特別号が2024年10月に刊行された。

8-3. まとめ

最後に、今後の議論で重要な点について、以下に列記して本稿を終わる。

1. STI政策と産業政策と国家安全保障政策と外交政策が重畳する時期を迎えているとの時代認識の共有が重要になっている。その下での、研究のインテグリティと研究セキュリティの確保とバランス（UN 2020）
2. 科学技術活動と科学技術外交における、安全保障・国際経済の軸からの厳しい競争と同志国間の協同と、世界規模課題解決のためのグローバルな多国間協調という、ダブルト

ラックのバランスが重要になってくる。デカップリングでなく、デリスキングという視座が必要である。

3. 科学技術外交において、グローバル、リージョナル、ナショナル、ローカルという世界的な階層構造の認識とその間を循環させるダイナミックな能力をもつ必要がある。G20 などグローバル・サウスの新しいプレーヤーの参加へのわが国の寄与。
4. 科学技術外交の効果的実践のために、トラック 1、トラック 2、トラック 1.5 の多様なアプローチの組み合わせが重要になる。
5. 科学と内外の政治行政を繋ぐ人材の育成確保。
6. 科学技術外交の政策形成と実行に EBPM を導入する。そのために、インテリジェンス機能の強化、リスク評価・管理・コミュニケーション機能の強化が必要。「科学技術外交の科学」をテーマに国際共同研究を企画する。

9. 参考

9-1. (参考 1) 科学技術外交と科学技術政策の歴史的変遷の概観

科学技術外交の歴史的に大きな役割は、科学技術の国境を越えた活動を推進することである。古くは極域観測、子午線測定、学術用語や科学方法論の共通化などの国際研究協力があり、西洋近代社会と科学の発展の重要な基盤を形成してきた(岩渕 2021)。その流れの中で 19 世紀末にドイツ科学界が主導して国際学士院連合(IAA)が設立された。科学技術外交のもう一つの面は、科学技術の発展・盛衰と安全保障・政治・経済の国際情勢との相互作用への対応である。国際情勢に応じて多くの科学技術に関する国際的仕組みが歴史的に形成されてきた。ここでは、ISC グルックマン会長が示唆した(Gluckman 2022)時代区分をもとに、20 世紀初めから現在までを次の 4 つの期間に分けてその変遷をのべる(岩渕 2021, 有本 2021)。

- ・ 第 1 期(1900 年～1945 年):「世界的紛争の時代」
- ・ 第 2 期(1950 年～1990 年):「東西冷戦と新しい国際制度体制の構築の時代」
- ・ 第 3 期(1990 年～2015 年):「国際経済競争の激化とグローバリゼーションの時代」
- ・ 第 4 期(2015 年～現在):「地球規模課題と戦略的競争と分断の時代」

この 4 つの時期で、科学技術外交に関連して注目される出来事を以下に示す。

(1) 第 1 期(1900 年～1945 年):「世界的紛争の時代」

- ① 19 世紀末に、極域観測、子午線測定などの国際研究協力の推進のために、ドイツが主導して国際学士院連合(IAA)が発足した。
- ② 第 1 次世界大戦が終了した 1919 年、IAA に代わって、イギリスとアメリカの科学アカデミーが主導して、国際研究会議が発足した。ベルサイユ体制下で、当初はドイツ等枢軸国の科学コミュニティーを排除したが、アインシュタインらの働きかけで、1931 年にドイツ等の加入を認め、国際学術連合会議(ICSU)として再編成され 2018 年まで続くことになる。
- ③ 第 1 次と第 2 次世界大戦の戦間期には、国際連盟活動の一環で、知的協力国際委員会が発足し、ベルグソン、キュリー夫人、アインシュタイン等が参加して国際間の知的・科学交流を推進する国際枠組みができた。新渡戸稲造が事務局長を務めた。日本の民俗学を創始した柳田国男も一時この委員会のスタッフとして働いている。この委員会は現在の国連・UNESCO に繋がるもので、リベラルな科学外交の典型例といえる。
- ④ 戦争の時代を反映して、連合国、枢軸国のそれぞれで軍事力の強化のために国際科学技術協力も進められた。第 2 次世界大戦中の 1940 年のイギリスのテザード・ミッションは有名である。これを契機に、アメリカとイギリス間の軍事科学技術協力が強化され、原爆やレーダーなどの開発が加速された。

(2) 第2期（1950年～1990年）：「東西冷戦と新しい国際制度体制の構築の時代」

- ① 第2次世界大戦後の厳しい東西冷戦の下で、原子力、宇宙等の科学技術が軍事力に決定的な影響を与えることから、技術による人類生存の危機への対処として、東西両陣営の間で原子力技術の国際管理機構が設置された（国際原子力機関。IAEA）。また、大国の国威発揚として、原子力、宇宙などのビッグプロジェクトの国際研究協力が進められた。
- ② 先進国がリードして、国際研究協力の体制の充実、人材交流と大学への留学生受け入れ等が盛んになり、科学技術が、国際政治でいう「ソフトパワー」として注目されるようになった。
- ③ 科学技術の国際協力活動が、冷戦や紛争の激化を緩和し、2国間・多国間の関係を平和的に維持する手段とみなされるようになった。欧州原子核研究所（CERN、スイス）、中東放射光研究施設（SESAMI、ヨルダン）は象徴的な例である。これら活動のプレーヤーとして、各国政府だけでなく科学者集団、非政府組織（NGO）が重要な役割を果たすようになる。「トラック2」外交といわれる。
- ④ NGOの活動が、国際政治に大きな影響を及ぼした例を次に示しておく。
 - ・ 第2次世界大戦での原爆開発と使用への反省から、ラッセル、アインシュタインらが主導して「パグウォッシュ会議」が開催され、核不拡散条約、核兵器禁止条約等の議論に大きな影響を与えた。
 - ・ 国際地球物理年が国連で設定され（1957年）、ICSUの主導で、各国の研究組織が協力して地球観測研究が実施され、南極条約（1959年）等の成立につながった。さらに、地球温暖化研究の精密化と国際的広がりが、フィラハ会議の開催、IPCCの設立（1988年）、リオ・サミット（1992年）、気候変動枠組み条約の制定につながった。また、オゾン層破壊メカニズムの国際共同研究は、フロンガス規制のモントリオール議定書に至った。この2つは、科学的知見の蓄積が国際政治を動かした典型例である。

(3) 第3期（1990年～2015年）：「国際経済競争の激化とグローバリゼーションの時代」

- ① 東西冷戦が終了し（1989年）、各国の科学技術政策の目的が、国威発揚・軍事力強化から、経済的価値の実現・国際競争力の強化に大きくシフトした。
- ② これに伴って、科学技術外交も、従来の国際研究協力にくわえて、経済競争力強化、知的財産保護、標準化のための国際活動など、多様な領域に広がっていく。
- ③ 典型的な例は、1980年代、日米間の自動車、半導体の貿易摩擦が技術摩擦に広がり、日米科学技術協力協定の改定に至った。その過程で、米国から「ハイテク技術の日本ただ乗り」「シンメトリー・アクセス要求」「日本の産業技術政策」等に関して、米側の証拠に基づく厳しい批判があり、日米間で専門家会合が繰り返し行われた。その後の日本の科学技術政策の基礎研究シフト、産学官連携システムの見直し、政策研究の強化等 STI 政策全般の転換に大きな影響を与えた（Turekian・Gluckman・Kishi・Grimes 2018）。
- ④ 各国の科学技術政策で、科学技術と社会の関係、社会的価値の創出（イノベーション）が重視されるようになり、OECD等国際的にもこうしたテーマが盛んに議論されるようになる。参加する者も、科学技術分野に加えて、社会科学分野の専門家も参加するようになり、多様な専門人材の育成が重要になった。
- ⑤ 国際経済競争激化の下でも、国際宇宙ステーション、ヒューマン・フロンティア・サイエンス、地球観測データプロジェクト、深宇宙探査など、多国間の研究開発プロジェクトが進められた。
- ⑥ 日本は、科学技術外交の具体的プログラムとして、2008年以来、JST（+AMED）とJICAの共同ファンディングの下、日本と途上国の産学官による地球規模課題対応研究開発国際共同プロジェクトを支援している（「SATREPS」プログラム、<https://www.jst.go.jp/global/about/about.html>）。

(4) 第4期（2015年～現在）：「科学技術外交の国際的広がり：地球規模課題と戦略的

競争と分断の時代」

- ① 科学技術政策の目的が、経済的価値の重視から、持続可能性、レジリエンス、ウェルビーイング（人々の生活の質）、国家安全保障に大きく広がり多様化している。これにともなう、科学技術外交の方法、人材も大きな転換を要求されている。例えば、OECD は科学技術政策研究のテーマとして、近年は、STI 政策の安全保障化、学際共創、ミッション志向、人材のキャリアパス、技術ガバナンスなどを取り上げている。
- ② この時期、科学技術外交のプレーヤーが、欧米先進国に加え、途上国に広がり多様化している。国際政治・経済・安全保障・気候変動、環境政策において、科学技術の重要性が飛躍的に増加した。国連の SDGs 決議は、各国の科学技術外交の取り組みに大きなインパクトを与えた。日本では、東日本大震災、福島原発事故を契機に、科学的助言、科学技術外交の強化が進められ、2015 年に外務大臣科学技術顧問と科学技術外交推進会議が設置され、科学技術外交の国際サークルの主要メンバーになった。
- ③ 政治・経済・環境・生活の多様なニーズ・課題に対応するために、科学と政治と社会のインターフェース（科学的助言）の構築が、各国でも世界レベルでも重視されるようになり、各国政府やアカデミーで、科学的助言の原則、方法、行動規範等の整備が進められた。OECD は「政策形成のための科学的助言」（2015 年）、「緊急時科学的助言」（2018 年）等科学的助言のシステムと方法について報告書をまとめた、わが国の日本学術会議は「科学的助言」の規範をまとめた（2013 年）。
- ④ この時期、科学的助言者や組織の国際ネットワークが広がり、政府科学助言国際ネットワーク（INGSA、2014）、外務大臣科学技術顧問国際ネットワーク（FMSTAN、2015）が発足した。INGSA は、2 年毎に総会を開催し（（オークランド（2014）、ブリュッセル（2016）、東京（2018）、モントリオール（2021）、ルアンダ・キガリ（2024 予定））、助言システムのレビュー、方法の開発、人材の育成と普及、実践事例の収集など国際的に主導している。
- ⑤ 2018 年には、ICSU（国際科学会議、1931 年）と ISSC（国際社会科学協議会、1952 年）が合併し、国際学術会議（International Science Council : ISC）が発足した。ISC は、科学研究の基盤と質の確保、社会的課題に対応する自然科学と社会科学の異分野連携の促進、科学的助言の知識基盤の整備等を目的としている。分野の細分化が進んできた近代科学の歴史において大きな画期といえる。ISC は、国連と協力して、グローバルな科学的助言システムの強化を進めている。

9-2.（参考 2）「科学技術外交のあり方に関する有識者懇談会・報告書」（2015 年 5 月 8 日、外務省）（外務省 2015）

この報告書に基づいて、わが国で初めて科学技術顧問制度が外務省に設置されたのであるが、その内容は、現在でも、科学技術外交の具体を考えるに当たって示唆に富むので以下に提言のポイントを列記する。

グローバル課題への対応と外交機会の活用

- 提言 1：「科学技術イノベーションを通じてグローバルな諸課題の解決を主導し、望ましい国際環境の実現をはかる」との外交姿勢を確立する（科学技術外交を日本外交の新機軸として明確に位置づける）。
- 提言 2：国際社会で将来的に重要になり、我が国が指導力を発揮しやすい「次なる課題」をいち早く特定する仕組みを構築する。
- 提言 3：特定された課題をもとに、科学的根拠を伴う外交アジェンダを提示し、国際的取組を主導する。

外交上重要性の高いパートナー諸国や新興国等との協力関係強化

- 提言 4：外交上重要性が高いパートナー諸国との戦略的な共同研究開発を推進する。
- 提言 5：日本企業の海外展開を支援するとともに、新興国等のイノベーション人材育成や科学技術イノベーションに関する政策立案能力向上を積極的に支援する。
- 提言 6：地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）や第三国と連携して ODA を活用する三角協力を通じた新興国・途上国との協力強化、イノベーションを重視した新興国や ODA 卒業国向けの戦略的共同プロジェクト立ち上げを進める。
- 提言 7：人材育成協力（工学系大学支援など）を強化し、次世代のネットワーク構築を進める。
- 提言 8：科学技術人材を民間交流を通じた外交活動に活用する。

外交政策の立案・実施における科学的知見の活用強化

- 提言 9：外務大臣科学技術顧問を試行的に設置する。
- 提言 10：関係府省・機関・学識経験者・産業界との連携を強化するための国内及び国外のネットワークを構築し、外務大臣科学技術顧問を補佐する体制を整備する。
- 提言 11：我が国の在外公館の科学技術担当官の能力及び人員数の増強をはかる（本省や他公館との情報共有・連携の深化、研修機会の拡充など）。

科学技術外交を支える人材の育成

- 提言 12：中堅・若手研究者を外交政策立案に参画させる（外務省内で勤務、科学技術顧問の補佐、国際機関への送り込み）。

対外発信・ネットワークの強化

- 提言 13：「科学技術イノベーションを通じてグローバルな諸課題の解決を主導し、望ましい国際環境の実現をはかる」とのメッセージを、首相や外相等のハイレベルから国際社会に対して積極的に発信する。
- 提言 14：有力な科学技術関係団体を戦略的にターゲティングしつつ知的交流を推進し、科学技術外交ネットワークを強化する。
- 提言 15：科学者派遣や内外の展示施設など（例：ジャパン・ハウス）との連携を図り、我が国の科学技術の対外発信を強化する。

○ わが国外務省科学技術顧問制度と科学技術外交推進会議

上記、提言に基づいて 2015 年に、設置された外務大臣科学技術顧問と科学技術外交推進会議の活動状況は以下の URL を参照。

- https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/isc/page24_001500.html
- <https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/isc/index.html>

References

- AAAS (2022). Colglazier, W. and Montgomery, K. “A Decade of Science & Diplomacy”. Science & Diplomacy.
<https://www.sciencediplomacy.org/>
- AAAS (2024), “ The Special Issue : Science Diplomacy - 15 Years On”, in October 2024.
<https://www.sciencediplomacy.org/>

- Asano, K. and Arimoto T. (2024). “Research Security for Actionable Science Diplomacy”, in, “The Special Issue : Science Diplomacy - 15 Years On”, in October 2024.
<https://www.sciencediplomacy.org/perspective/2024/research-security-for-actionable-science-diplomacy>
- Brummer M. (2023). “International Relations and STP”, SciREX Core Contents.
https://scirex-core.grips.ac.jp/en/pdf/scirex_cc_1.5.2.pdf
- Colglazier, W. (2023). “The Precarious Balance between Research Openness and Security”. ISSUES. National Academy of Sciences, Engineering and Medicine.
- EU (2023). “Towards a European framework for science diplomacy - Outcome of the first European Conference on Science Diplomacy” Madrid, 18-19 December 2023
<https://eu-science-diplomacy.service-facility.eu/en/outcome>
- EU Joint Research Center (2023). “Revitalizing the JRC Strategy 2030”.
- Gluckman, P. (2022). “Science Advice and Science Diplomacy- in a Changing and Challenging World” . Lecture at Japan S&T Agency. Nov 2, 2022, in Tokyo.
- G20 Chief Science Adviser Roundtable (2023).
<https://g20csar.org/>
- International Governmental Science Advice Network (INGSA)
<https://ingsa.org/>
- INGSA (2021). “Build Back Wiser: Knowledge, Policy and Publics in Dialogue” Montréal, Canada
<https://ingsa.org/capacity/ingsa-conferences/ingsa2021>
- INGSA (2024). “THE TRANSFORMATION IMPERATIVE- Expanded Evidence for Inclusive Policies in Diverse Contexts”, 1 – 2 MAY 2024, KIGALI, RWANDA
<https://www.ingsa2024.com/>
- Montgomery, K and Wiggins, I (2024), “Science Diplomacy – 15 Years On”, January 31 2024, Science & Diplomacy, AAAS
- OECD (2023-1). “Science, Technology and Innovation Outlook 2023- Enabling Transitions in times of Disruption”.
- OECD (2023-2). Global Forum on Technology.
<https://www.oecd.org/digital/global-forum-on-technology/>.
- OECD (2023-3). “Ministerial-level meeting, OECD Science and Technology Policy Ministerial”, 23-24 April 2024 | Paris, France.
<https://www.oecd-events.org/mm24/en/content/test>
- Royal Society and AAAS (2010). “New frontiers in science diplomacy- Navigating the changing balance of power”.
- Turekian, V. Gluckman, P. Kishi, T. and Grimes, R. (2018). “Science Diplomacy: A Pragmatic Perspective from the Inside”. Science & Diplomacy. AAAS.
- Turekian V. and Gluckman P. (2024), “Science Diplomacy and the Rise of Technopoles”, Issues in Science and Technology, US National Academy of Sciences.
<https://issues.org/science-diplomacy-technopoles-turekian-gluckman/>
- Sullivan, J. (2023). “Renewing American Economic Leadership”. National Security Adviser to the President Biden, April 27 2023, at the Brookings Institution.
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2023/04/27/remarks-by-national-security-advisor-jake-sullivan-on-renewing-american-economic-leadership-at-the-brookings-institution/>

- United Nations (2021). “Our Common Agenda”, Report of the Secretary General of the United Nations.
<https://www.un.org/en/common-agenda>.
- United Nations (2020). “Principles of Effective Governance: CEPA Strategy Note on the Science Policy Interface”. United Nations Department of Social and Economic Affairs.
https://publicadministration.un.org/Portals/1/Images/CEPA/Principles_of_effective_governance_english.pdf<https://www.oecd.org/digital/global-forum-on-technology/>
- United Nations (2023). "Global Sustainable Development Report 2023".
<https://sdgs.un.org/gsdrgsd2023>
- STS フォーラム (2023).
<https://www.stsforum.org/>
- スイス・ジュネーブ GESDA 財団 (2023).
<https://gesda.global/>.
- 有本建男 (2021). 「SDGs とコロナパンデミックによる科学的助言のパラダイム転換と日本学術会議」. 学術協力財団.
- 岩渕秀樹 (2021). 「欧州レベルの科学技術・高等教育政策 ～現状と成立過程～」. 科学技術政策研究所. <https://www.nistep.go.jp/archives/47344>
- 外務省 (2015). 「科学技術外交のあり方に関する有識者懇談会・報告書」.
https://www.eeas.europa.eu/eeas/what-science-diplomacy_en.
<https://www.s4d4c.eu/european-science-diplomacy-online-course/>
- 外務省 (2023). G7 首脳コミュニケ.
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100506909.pdf>.
- 科学技術振興機構・研究開発戦略センター (2024). 「科学技術・イノベーション政策に関する世界の潮流 (2024 年)」. 2024 年 3 月.
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2023-RR-07.html>
- 高坂正暁 (1966). 「国際政治」. 中公新書.
- 坂本義和 (2011). 「人間と国家」. 岩波新書.
- ナイ・ジョセフ, 他 (2017). 「国際紛争—理論と歴史 (原書第 10 版)」. 有斐閣.
- 中西寛 (2003). 「国際政治とは何か」. 中公新書.
- 中西寛, 石田淳, 田所昌幸 (2013). 「国際政治学」. 有斐閣.
- 日本学術会議 (2022). 「第 12 回グローバルヤングアカデミー総会兼学会 開催結果報告」
<https://www.scj.go.jp/ja/int/kaisai/pdf/2206120617.pdf>
- 細谷雄一(2012). 「国際秩序」. 中公新書.
- ナイ S. ジョセフ, ウェルチ A. デイヴィッド (2017) 「国際紛争—理論と歴史」. 田中明彦, 村田晃嗣訳. 有斐閣.
- モーゲンソー (2013). 「国際政治」. 原監訳. 岩波文庫.



「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