

「研究力の『厚み』分析による社会インパクト の予測と政策評価手法の開発)」

研究力の「厚み」分析と社会インパクト
～その相関性とEBPMへの応用～

小泉 周

自然科学研究機構 特任教授

研究力の「厚み」と社会インパクト

～その相関性とEBPMへの応用～

小泉 周

Amane Koizumi
自然科学研究機構・特任教授

鳥谷 真佐子

Masako Toriya
慶應義塾大学・特任教授

調 麻佐志

Masashi Shirabe
東京工業大学・教授

我々は、本プロジェクトにおいて、国や大学などの研究組織の研究力を分析し、それぞれの階層において科学技術イノベーション政策を立案する際に必要となる、研究の「厚み」と社会インパクトとの関係に関する考え方を整理し、その具体的な分析手法を提案することを目的とした。まず、システム思考ならびにシステム・エンジニアリングの手法を用いた科学技術イノベーション政策のロジックモデル分析を提案した。さらに、研究力の「厚み」概念には、ロジックモデルにおける「インプット」「プロセス」「アウトプット」「アウトカム」の各段階も含めた「厚み」概念の拡張が必要であることを示し、「厚み」指標と社会インパクトの相関性を明らかにした。本プロジェクトにより、システム・エンジニアリングの手法や「厚み」指標を活用することで、国・ファンディングエイジェンシー・大学等組織の科学技術政策におけるEBPMの実践を支援・促進することができることを示した。

1. はじめに

昨今、大学や研究機関における研究力向上にむけた様々な科学技術イノベーション政策や、それに基づく様々な具体的な取り組みがなされている。現在政策立案の際には、エビデンスに基づくことが必須となっており、とくに科学技術イノベーション政策においてはEBPM (Evidence-Based Policy Making) が叫ばれている。

一方、国や大学・研究組織の研究力の把握には、従来より「量」(論文数など)と「質」(被引用数など)が使われてきた。実際、各種世界大学ランキングの研究の評価においては、こうした「量」と「質」の指標を組み合わせることが多い。しかし、我々のこれまでの研究によって、こうした「量」と「質」の指標だけでは見逃がされてしまう国や大学・研究組織の研究力の特徴があり、それを我々は「厚み」と定義することにした。

我々は本プロジェクトにおいて、この研究力の「厚み」が、将来の社会インパクトを予測する上で、重要な指標であると仮定し、研究力の「厚み」と社会インパクトについて、調査分析を行った。

2. 「厚み」の定義：研究力をどのように把握する

か？

大学や研究組織の研究力は「山」である。一つ一つの研究活動・研究成果の積み重ねによって、その山は作られる。大学や研究組織の研究力を把握するということは、すなわち、この「山」がどんな山なのかを知ることである。「山」の大きさや高さ、そして形をすることができれば、その「山」の概要をとらえることができるだろう。

世界大学ランキングをはじめ、研究力の定量的な把握のための指標は、大きく、「量」と「質」に分けることができる。

「量」とはすなわち、山の大きさである。どれだけ研究活動・研究成果がでていくか、その全体量を知ること、山の大きさを知ることができる。具体的には、論文や本の出版数などがそれにあたる。

「質」とはすなわち、その山の性質、価値を知ることである。さらに、積み重なった一つ一つの研究の「質」によって、全体として、どれだけ価値のある山になっているのか知ることが、この山の「質」を表す。具体的には被引用数を「質」として把握することが多い。

ただ、我々は、この2つの「量」と「質」の指標以外に、第三の軸として「厚み」という軸があるこ

とを見出した。これは「山」で言えば、山の形、を把握するための指標だ。一定のレベル（高さ、「質」）で、どれだけの「量」が出ているのか、「質」と「量」を組み合わせた指標であり、その「山」の中腹の横幅を知ることができる。

「量」と「質」だけでは、「山」の形はわからない。高い山かもしれないが、針のように細い山なのかもしれないし、ずっしりとした富士山型の山なのかもしれない。または、高みは目立たないが、ずっしりと安定感のある横幅のある山なのかもしれない。そうした山の「形」を把握するためには、従来の「量」と「質」の指標だけでは不十分であり、「厚み」という概念を組み合わせることで、把握することができる。

我々は、本プロジェクトにおいて、まず、研究力の「山」を総合的にとらえるために、「量」「質」に加えて「厚み」の指標として組み合わせることが重要であることを示した（[図表1](#)）。

では、実際に、どのような定量的指標を組み合わせると良いのか？それについては、[図表2](#)にまとめた（[図表2](#)）。

実際、これらの指標をもちいて、日本をはじめ各国の大学の研究力分析を行ったところ、以下の点が明確となった（[引用1](#)）。

- ・国際比較の結果、日本の大学は、依然として「質」に大きな課題が、そして、「厚み」も相対的に弱くなっていることが鮮明となった。

- ・3年前調査と比較すると、日本国内においては、トップ研究大学群とそれ以外の地方大学等との間で、特に論文数や厚みで、大きな溝が生まれているようである。

- ・今回の分析により、日本の大学は、依然として「質」に課題があることがはっきりするとともに、日本がアジアでトップであったはずの「厚み」の指標ですら、他国のトップ研究大学に追い抜かれていることがわかった。

「厚み」は、将来の「質」を生み出す源泉となりえるものであり、日本の研究大学群の「厚み」の充実をより一層図ることが、将来の研究力向上に向けて必要不可欠であろう。

なお、本調査分析において、エルゼビア社 Scopus

のデータベースを用いた。

3. 注目の指標：トップ10%論文数とトップ10%論文率

特に、大学ファンドなどの議論でも指標として考えられているトップ10%論文について、ここで触れておきたい。特に、トップ10%論文数は「厚み」を表す重要指標として考えられる。

トップ10%論文というのは、研究分野ごとに定められるもので、対象となる論文の被引用数が当該論文が所属する分野の論文の中で上位10%に入る場合にトップ10%論文に含まれるとし、そのような論文群を指す言葉として用いられている。よって、自大学の論文群の中でトップ10%論文の割合が同じ10%であれば、世界の論文群と同じ「質」の論文群を自大学も持つことを示す。10%より多ければ、世界の論文群よりも被引用数が高い論文が自大学の論文群に集まっているともいえるし、10%より少ないのであれば、その逆となる。もちろん、この被引用数の計算では様々な形で分野補正が行われており、たとえば、トップ10%論文を計算する上で、生の被引用数ではなく、FWCI (Field Weighted Citation impact) の数が用いられたりもする。

ここまでの説明で、多くの人がこのトップ10%論文とは、「トップのごく一部の論文だけにフォーカスした、特定のトップ論文のための指標」と思われがちだが、実際には、我々の分析で、トップ10%論文は、指標的には、いろいろな数値と関連することが分かった（[図表3](#)）。

たとえば、

- 1) トップ10%論文率は、大学や研究組織のFWCIなどの被引用数指標（「質」）と強い相関

- 2) トップ10%論文数は、h5-indexなどの「厚み」指標と強い相関

がある。

ここで重要なのは、結果として、大学の「全論文数」と、「トップ10%論文数」の2つの数字がわかれば、「量」「質」「厚み」のすべての指標を計算可能だということである（もちろん、関連している

というだけではあるので、代替指標である)。特に、トップ10%論文数は、「厚み」の代替指標として使用できることが分かった。

4. 本プロジェクトの目標とリサーチクエスチョン：「厚み」は将来の社会インパクトとつながるのか？

では、こうした研究力の「厚み」分析は、研究の何を表していることになるのだろうか？ それを知ることによって、将来の研究の社会インパクト（の一面）を予測できるのではないか？

我々は、本プロジェクトにおいて、国・大学や研究組織の研究力を分析し、それぞれの階層において科学技術イノベーション政策を立案する際に必要となる、研究の「厚み」と社会インパクトとの相関に関する考え方を整理し、その具体的な分析手法を提案することを目的とした（図表4）。

その上で、本プロジェクトの最終目標は、我々が提唱する研究の「厚み」と、それによって生み出される研究の社会インパクトの関連を明らかにし、国や組織（大学や研究機関、ファンディングエイジェンシー）が科学技術イノベーション政策を決定する際に、研究の「厚み」分析を前提とした企画立案等ができるようなEBPMの実践を支援・促進することである。

具体的には、研究の「厚み」とそれに関連する科学技術政策との関連性についてロジックモデルを用いて明らかにした上で、研究のインプット・プロセス・アウトプット・アウトカムの各段階における「厚み」と、将来の社会インパクト等との相関性について分析するとともに、具体的な「厚み」指標や分析手法などの提案を行った。

5. 手法の開発と応用：ロジックモデルのためのシステム・エンジニアリングの手法の活用

まず最初に、我々は、システム思考ならびにシステムエンジニアリングの手法のうち、系統図・ガバナンスアーキテクチャーフレームワーク・イネイブラーフレームワーク・因果ループ図の4つの分析手法を組み合わせて、システム思考を用いた科学技術イノベーション政策の分析を提案した（引用2, 3）

その上で、これら整理した手法を用い、具体的な政策課題として、第5期科学技術基本計画の分析ならびに、COVID-19をテーマに選定し、ロジックモデルの作成による分析を行った。

1) 科学技術イノベーション政策のデザイン：第5期科学技術基本計画を例として

科学技術イノベーション政策の構造解析を実施し、「政策」がどのように成り立っているか分析した。具体的には、このシステム・エンジニアリングの手法を用いて、第5期科学技術基本計画の構造分析を行った（引用2, 3）。

この構造化を通して、科学技術政策に関するSystem of Interest (SOI)を整理し、第5期科学技術基本計画をもととして、日本の科学技術政策の構造と目指すところ、それぞれのステークホルダーの役割を整理することができた。

2) COVID-19に関するワクチン開発について

我々は、COVID-19に関してシステム・エンジニアリングの手法の適用を行った（引用4）。特に、COVID-19に関するワクチン開発に関する分析（以下図表5を参照）においては、欧米と比較し研究開発の一部ワクチン手法への集中が、迅速かつ有効なワクチン開発を妨げる結果となった可能性が示唆された。この場合、研究の「厚み」は、必ずしも一つの手法だけへの集中による研究成果（アウトプット）の「厚み」だけを指標として掲げるのではなく、研究の多様性を生み出す、研究の「インプット」または「プロセス」の時点での「厚み」をとらえることも重要となることが分かった。

この結果から、「厚み」概念には、我々が当初想定していた研究成果の「厚み」だけでなく、研究の多様性や広がりなどを含め、ロジックモデルにおける「インプット」「プロセス」の段階も含めた「厚み」概念の拡張が必要であることが示された。

6. ロジックモデルの各段階における「厚み」概念の拡張と社会インパクトの相関性分析

前項で示されたように「厚み」概念の拡張ならびにその指標化について、以下のように「厚み」概念の拡

張を定義し、具体的な検証を実施することとした（[図表 6](#)）。

以下、分析した事例の一つとして、大学の研究成果の厚み（h5-index やトップ 10%論文数）と大学の reputation の相関性を示す。

我々は、研究パフォーマンスの「厚み」（英語では substantiality とした）と呼ぶ第 3 の構成概念を導入することにより、研究大学の評価・理解におけるその重要性を示した（[引用 5](#)）。(1) 従来の構成概念（「量」と「質」）に基づく指標では捉えきれない研究大学の特徴があること、(2) 「厚み」指標はその特徴を捉えられることを示すという 2 ステップで、提案する構成概念の有効性を明らかにした。さらに、簡単な分析により、「厚み」指標が大学の評判ランキングに登場する reputation と連動することを示し、この構成概念のさらなる利点を明らかにした。

特に図表 7 に示す通り、10 年前の「厚み」（h5-index, top10%論文数、top1%論文数）が、現在の大学の reputation スコアとより高い相関性をもつことが示された（[図表 7](#)）。

7. 「厚み」概念を用いた国内外の研究動向に関する調査分析

これまでに提案した「厚み」指標と、その分析手法を用い、下記項目に関する国内外の研究動向について、具体的な分析を実施し、科学技術施策に実装することができた。

1) 免疫・アレルギー分野におけるファンディングの特徴に関する国際比較（AMED のグループと協働）

免疫アレルギー領域の日本、欧米の研究助成インパクトの長期的・社会的特徴について、「厚み」指標と自然言語解析を用いて分析した。とくに、日本の研究助成プログラムの成果論文は量や「研究の厚み」がある一方で、欧米の成果は質や国際共著率がより高いことが分かった。日本からはアレルギーの臨床研究や、精密医療、微生物叢などの外的因子と宿主因子との相互関係、さらに幼少児に関連した研究成果が多く生み出されていることもわかった。これは、AMED が研究開発を推進していること、厚生労働省が免疫アレルギー疾患研究 10 年戦略の中で重点

を置いて推進していることなどが理由と考えられた（[引用 6](#)）。

2) 内閣府における世界に伍する研究大学の議論への分析データの提供（内閣府）

内閣府における世界に伍する研究大学の議論に対し、具体的な国内外の大学・研究機関の研究力分析データを提供した（令和 3 年 3 月 2 4 日）。

日本の研究大学群は、「量」については諸外国の研究大学ともひけをとらないが、研究の「質」について劣っていることがわかった。また、本来日本の強みである研究の「厚み」についても、中国もふくめたアジアにおける研究大学群に、抜かされ始めていることもわかった。

3) 第 4 期にむけた指定国立大学法人に関する研究力分析（文部科学省と協働）

文部科学省の実施する指定国立大学の評価において、研究成果の「量」「質」ならびに「厚み」指標による分析を行った（令和 4 年 3 月）。これにより、指定国立大学は過去 5 年において、「厚み」の向上が見られることがわかった。

4) 研究インテグリティ政策に関連した米中日の国際共同研究の動向（読売新聞社と協働）

昨今注目を集めている研究インテグリティに関連して、読売新聞社と協働で分析を行った。特に、トランプ政権における米国の科学技術政策（トランプ・イニシアティブ）により、米中の国際共同研究や米中の研究者の dual affiliation が急速に減少している実態が明らかになった（2022 年 1 月 6 日読売新聞一面にて報道、米中の共著論文、先端 8 分野で最大 25% 減…科学研究でも分断加速、[引用 7](#)）。

こうした結果は、本来、科学技術の現場の動向は、国の科学技術政策とは、一定の独立性が担保され、影響があったとしても限定的でありかつ緩やかであることが想定されるものの、研究インテグリティの文脈においては、即時に強く連動していることを示す結果である。特に、AI や量子などの国の施策の焦点となっている分野において、それが顕著である。

今後も、科学技術政策と研究動向の連動性という

観点で、分析を継続して行う予定である。

8. 今後の成果の活用・展開に向けた状況

本プロジェクトにより、我々の主張する研究の「厚み」という新しい観点で、研究の様々な段階における「厚み」の評価が可能となり、それによって、研究の社会インパクト分析にあらたな視点を加えることができた。また、具体的に、システム・エンジニアリングを用いた手法や、「厚み」指標を提案することによって、科学技術政策立案における EBPM の実践を支援・促進することができる。

これまで研究に関しては「量」や「質」に関する分析はあったものの、「厚み」という視点を加えることで、科学技術政策が、一部の目立った研究成果にのみ焦点をあたえるような一極集中的な議論から、あらたな視点を加えることができることが期待できる。

研究開発は、一つ一つのレンガをつくり、積み上げていく作業だ。レンガ一つ一つは、目立っただけ抜けたものである必要は必ずしもない。それらを、適材適所でどう積み上げていくのかが、課題であり、そうしたときに、研究のリソースの「厚み」が重要である。

本プロジェクトにおいては、研究の「厚み」から、社会インパクトを考えることを試みた。しかし、そもそも「研究の社会インパクトとは何か？」という根源的な問題については、曖昧なまま議論を展開してきた。今後は、そもそも研究の社会インパクトとは何かについて、国・産業・国民など様々な視点で定義を明確にし、研究との関連性を明確にする研究分析を継続する予定である。

9. 謝辞

本プロジェクトにご協力いただいた協力者の皆様（斎藤卓也、赤池伸一、林隆之、吉岡（小林）徹、田原敬一郎、Andy Fu 各氏（敬称略））ならびにデータ分析等に協力いただいたエルゼビア社に感謝している。

参考文献

引用1) 大学の研究力を総合的に把握する「量」,「質」,「厚み」に関する5つの指標と,新しい国際ベンチマーク手法の提案。小泉周, 調麻佐志, 鳥谷真佐子 STI Horizon 7(1) 2021

引用2) システム思考の科学技術イノベーション(STI)政策(前編)第5期科学技術基本計画の俯瞰・構造分析から見える STI 政策の課題。鳥谷真佐子, 白川展之, 小泉周, 調麻佐志 STI Horizon 6(2) 2020

引用3) システム思考の科学技術イノベーション(STI)政策(後編)システム思考の政策分析による論点整理の方法-第5期科学技術基本計画を素材として。鳥谷真佐子, 白川展之, 小泉周, 調麻佐志 STI Horizon 6(3) 2020

引用4) Visualization of Countermeasures against COVID-19 Infections in Japan by Systems Thinking: The reason why the Japanese government and its Council of Experts couldn't increase PCR tests 調麻佐志, 鳥谷真佐子, 小泉周, Japanese Journal of Science Communication, 科学技術コミュニケーション(Web) (27) 2020

引用5) Substantiality: A Construct Indicating Research Excellence to Measure University Research Performance. Masashi Shirabe, Amane Koizumi, Journal of Data and Information Science 2021年

引用6) Research impact analysis of international funding agencies in the realm of allergy and immunology. Takeya Adachi, Yasushi Ogawa, Tamami Fukushi, Kei Ito, Amane Koizumi, Masashi Shirabe, Masako Toriya, Jun Hirako, Takenori Inomata, Katsunori Masaki, Ryohei Sasano, Sakura Sato, Keigo Kainuma, Masaki Futamura, Keiko Kan-O, Yosuke Kurashima, Saeko Nakajima, Masafumi Sakashita, Hideaki Morita, Aikichi Iwamoto, Sankei Nishima, Mayumi Tamari, Hajime Iizuka. Allergy 2022年2月10日

引用7) 読賣新聞 (2022年11月6日付朝刊)

<https://www.yomiuri.co.jp/science/20221105-OYT1T50308/>

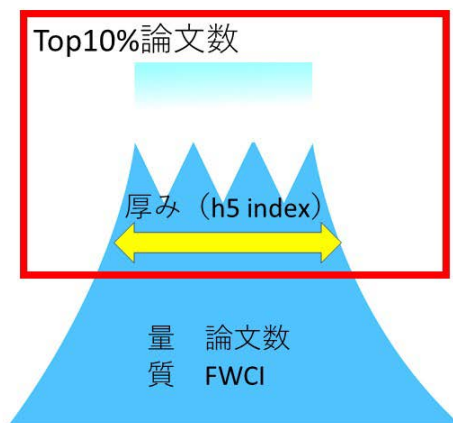
キーワード

研究力分析、「厚み」、社会インパクト、COVID-19、ワクチン開発、reputation、ロジックモデル、システム・エンジニアリング、トップ10%論文

図表1： 研究力を「山」として捉える「量」「質」「厚み」指標

研究力を測る主要指標
= (分野によらず) 基本となる指標群

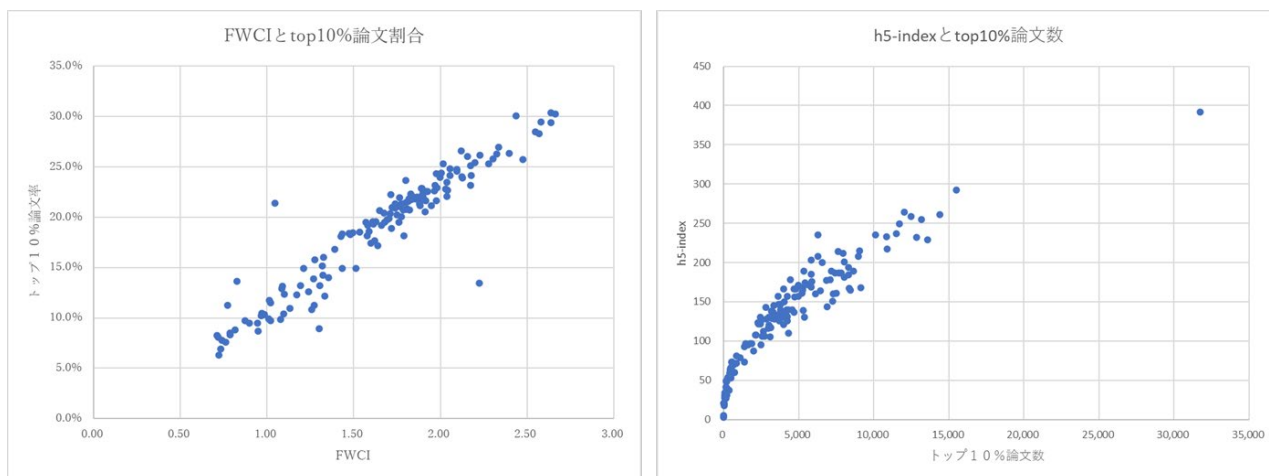
- 量
論文数 (本を含む)
- 質
FWCI
(参考) Top10% 論文割合
- 厚み
Top10% 論文数
institutional h5 index
- 国際性
CNI (分数)
(参考) 国際共著論文率
- 研究者
(参考) Active authors



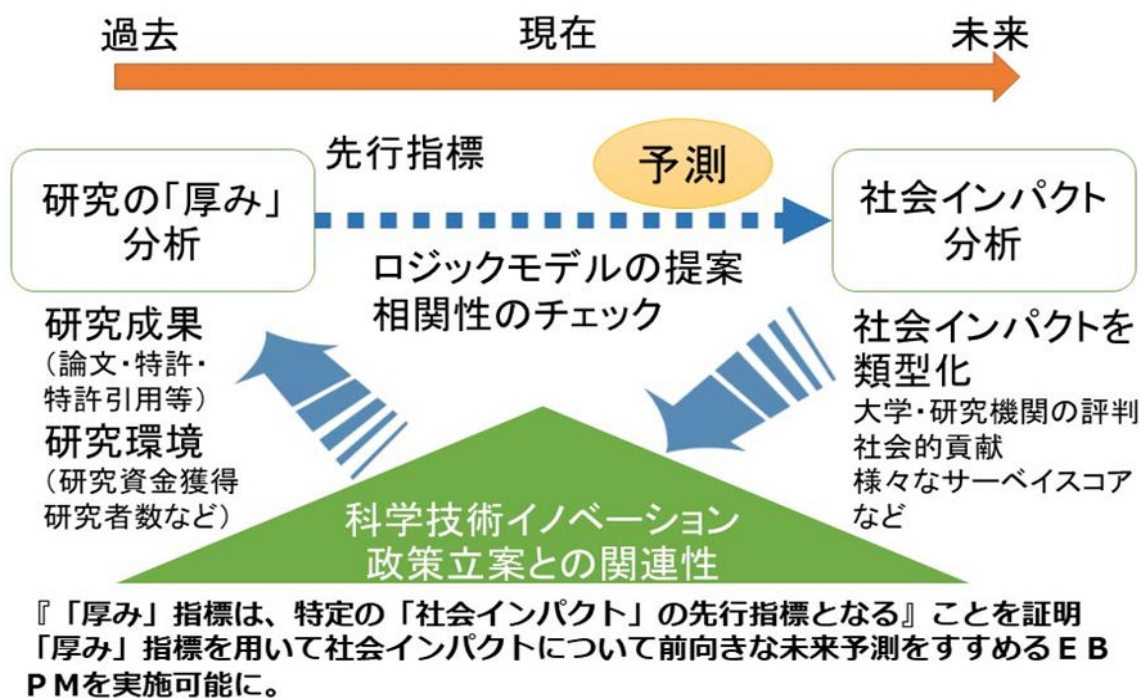
図表2： 「量」「質」「厚み」の主要指標

カテゴリー	5つの基本指標と3つの参考指標
量	論文数 (article, review, conference paper, book, book chapter を含む)
質	FWCI (Field-Weighted Citation Impact)
	(参考) Top 10% (FWCI) 論文割合
厚み	h5-index
	Top 10%(FWCI) 論文数
国際性	Collaborative Network Index (CNI, 分数)
	(参考) 国際共著論文率
研究者数	(参考) Active Authors

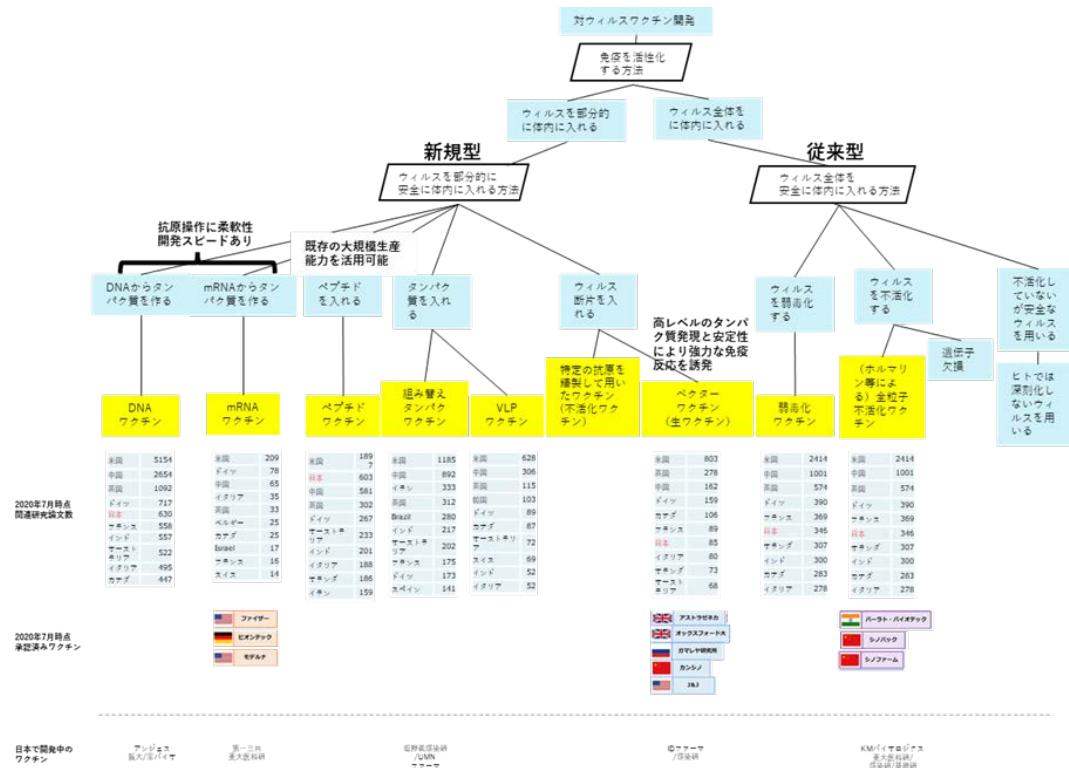
図表 3 : トップ10%論文数、トップ10%論文率、FWCI、h5-index の相関性



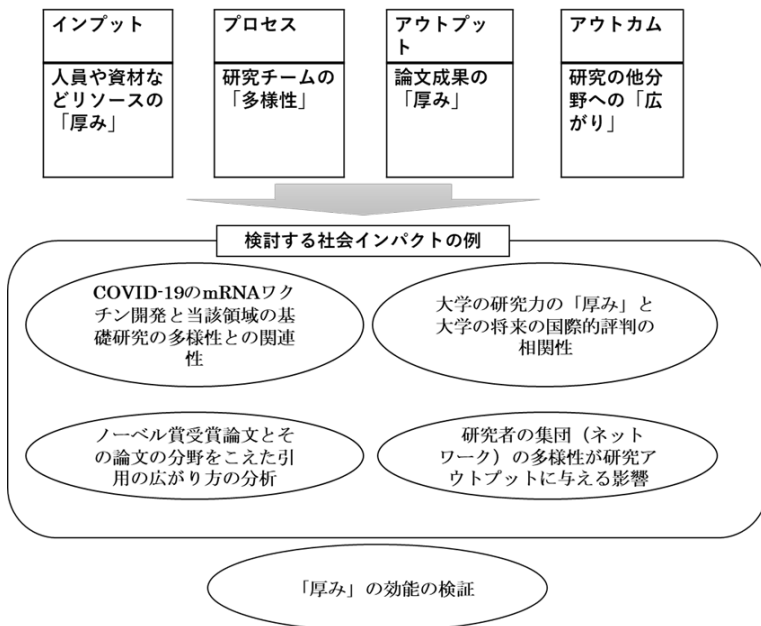
図表 4 : 本プロジェクトの目標 (概要)



図表5：ワクチン開発に関するロジックツリー



図表6：「厚み」概念の拡張と社会インパクト



図表 7 : 「厚み」指標と大学の reputation の相関性

