

平成 18 年度内閣府科学技術総合研究委託業務

「イノベーション戦略に係る知の融合調査」

成果報告書

平成 19 年 3 月 15 日



特定非営利活動法人

横断型基幹科学技術研究団体連合

本報告書は、内閣府の科学技術総合研究委託費による委託業務として、特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合が実施した平成 18 年度「イノベーション戦略に係る知の融合調査」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の著作権は、内閣府に帰属しており、本報告書の全部又は一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、内閣府の承認手続きが必要です。

まえがき

本報告書は、平成 18 年度、内閣府から特定非営利活動法人・横断型基幹科学技術研究団体連合（横幹連合）への調査研究委託事業「イノベーション戦略に係る知の融合調査」について、平成 18 年 10 月から 19 年 3 月に行った調査とその分析の結果を報告するものである。横幹連合のメンバーを中心に、20 名が調査、分析に参加し、「知の融合」のイノベーション戦略に係る役割をまとめた。

この間、横幹連合に参画する各学会およびその会員の方々、横断型基幹科学技術推進協議会（横幹協議会）の会員の方々にご支援とご協力を頂いた。

本調査を始めるにあたって本調査の進め方と進行についてのご指導とご教示を頂いた方々、インタビューに応じて頂き貴重なご意見を頂いた方々、アンケートにお答え頂いた方々、文献、資料などをご提供いただいた方々に、厚くお礼を申し上げます。

本調査分析の結果が、わが国のイノベーション振興に資することを祈っている。

2007 年 3 月 15 日

「イノベーション戦略に係る知の融合調査」
推進委員会

出口 光一郎（委員長）

長田 洋

石原 直

藤井 眞理子

森田 浩

井上 雄一郎

目次

序	イノベーション戦略における知の融合の役割	1
第1章	イノベーション戦略に係る知の融合調査研究の成果概要	3
第2章	事例インタビュー調査に基づくイノベーションの要因分析	11
第3章	研究者から見たイノベーションの成功要因の アンケート調査と分析	35
第4章	内外比較によるイノベーション創出に関する課題	49
	まとめ	71
付録1	： 調査研究の実施体制と経過	75
付録2	： 横幹連合「学としての知の統合委員会」からの助言内容	79
付録3	： インタビュー先リスト	83

資料編：

・ インタビュー項目	資1 - 1
・ インタビュー調査によるイノベーション事例の概要	資1 - 2
・ アンケート調査の回答集	資2 - 1

序 イノベーション戦略における知の融合の役割

第3期科学技術基本計画において、今後のわが国の科学技術では、「科学技術に関する資源を効果的に機能させ、科学の発展によって知的・文化的価値を創出するとともに、研究開発の成果をイノベーションを通じて社会的・経済的価値として発現させる努力を強化し、社会・国民に成果を還元する科学技術を目指す。その際、研究開発システムの改革のみならず、円滑な科学技術活動と成果還元に向けた制度・運用上の隘路の解消に取り組むことが重要である。」(第3章 科学技術システム改革、2．科学の発展と絶えざるイノベーションの創出)と述べられ、「科学的発見や技術的発明を洞察力と融合し発展させ、新たな社会的・経済的価値を生み出す革新」としてのイノベーションの重要性が強調されている。さらに、その進展のためには、「既存の分野区分を越え課題解決に必要な研究者の知恵が自在に結集される研究開発を促進するなど、異分野間の知的な触発や融合を促す環境を整える」必要性が指摘されている(第2章 科学技術の戦略的重点化、3．分野別推進戦略の策定及び実施に当たり考慮すべき事項)。

このような異なる分野間の知的な触発や融合により別の価値、成果を生み出すことを、ここでは「知の融合」と呼ぶ。

本調査研究では、わが国において、このイノベーションを推進する異分野間の知的な触発や融合、すなわち「知の融合」を促すための環境をどのように整えるべきかを中心課題として、関係者、関係機関へのインタビュー、研究者を対象としたアンケート、および、文献や資料により調査・分析した。

この科学技術におけるイノベーションにおいては、今般の、政府のイノベーション25戦略会議による「『イノベーション25』中間とりまとめ」(平成19年2月発表)にてもさらに指摘されているように、「知の融合」が果たす役割は大きい。その中間とりまとめでは、今後20年間に我々のまわりに現れる複雑な諸課題を解決するためには、分野横断的な対応が求められていると指摘している。すなわち、「イノベーションは、『異』の融合から生まれる。このため、1つの分野にとらわれることなく、また単に基礎研究を行うということのみならず広い視野をもって研究を進めるために、基礎研究と市場の間での双方向での異業種連携や異分野交流、府省間連携の仕組みや人材の交流を強化すべきである」と、提言されている(上記「中間とりまとめ」54ページ)。

本調査では、この基礎研究と市場の間での双方向での異業種連携や異分野交流の形態の中でも、特に、ある研究開発の成果が社会的な価値や経済的価値を持つために、本来の研究分野ではない異なる学問分野の知識や方法が大きな役割を演じた事例や、複数の分野の知識や方法同士がうまくかみ合っ初めて社会的な価値や経済的価値を持ち得た事例を取り上げて調査、分析を行った。そして、それによって、異分野の「知の融合」がイノベーション戦略の一つの形態となり得ることを検証した。

以下、第1章として本調査研究で得られた内容の概要を述べ、第2章でイノベーションを達成している企業、研究者へのインタビュー調査のまとめを、第3章で研究者に対して行ったイノベーションに係るアンケート調査とその分析を、第4章でわが国と欧米とのイノベーション環境の比較研究の結果を述べる。

第1章 イノベーション戦略に係る知の融合調査研究の成果概要

1.1 イノベーションと知の融合

本調査ではインタビューやアンケートにより多くのイノベーション事例を分析した。その結果、研究の基礎段階から、実用化、商品化に至るいろいろな場面での異分野の「知の融合」がイノベーション創成の大きな要因であったことを指摘することができる。また、このような一連の研究開発の流れの中での謂わば「目的開発型の知の融合」のみならず、研究開発の各段階で得られた成果がその初期の目的に沿ったものではなかったという場合でも、異分野の知や「知の融合」によって、別の分野から見た別の価値や、予想されていなかった別のニーズに応える形で展開されて、新たなイノベーションを創出することが期待できることも明らかにされている。

もちろん、ある科学技術の問題を解決するためにさまざまな学問分野の知識や方法を動員することは、当然に起こることであり、決して特筆すべきことではない。ただし、このときに、異なる分野における対象の表現法や研究の手法の類似性が発見されたり、研究開発のためのツールが共有されることで新しい論理が構築されたりすることなどを通して「知の融合」が進展するのであれば、これまでになかった新しい知を創造するとともに、イノベーションの原動力となる。すなわち、このような形態で「知の融合」がイノベーション戦略として有効に働くのは、本来の研究分野の知見に基づく判断だけではなく、異なる分野間の知的な触発や融合があって、あらためて成果の別の真価が見出されるといった、横断的、分野融合的な対応が有効に機能した場合であると考えられる。

では、そのためにどのような観点で異分野の知を融合し、横断的な成果活用のシステムを有効に機能させるかについては、それほど明らかにはない。したがって、イノベーションの事例を通して、それを支えた「知の融合」のシステム構造、また、それがイノベーションの成功要因としてどのように機能したのかを詳細に分析し、イノベーション戦略としての新たな工夫を明らかにする必要がある。

1.2 本調査・分析の視点と方法

上記のように、本調査では、イノベーション事例における「知の融合」のあり方を、過去の著名なイノベーション事例における研究開発現場、研究者を対象にインタビューを行った（第2章で報告）。それとともに、主に横断的、分野融合的な研究を行っている研究者を対象としたアンケート（第3章で報告）によって資料を収集し、分析した。さらに、このインタビュー調査、アンケート調査において指摘された日本と欧米におけるイノ

ベーションと知の融合の関係、あるいは、それらを可能とする条件や環境の違いに着目して、その指摘の可否を、更なるインタビューおよび文献調査により検証（第4章で報告）した。これにより、日本における「知の融合」がイノベーションへとつながるプロセスの理解と改善に資する知見を得ることを目的とした。

すなわち、調査対象とした項目として；

異分野の知の融合がイノベーションに直接に結びついた要因

- 1 異分野（または、複数の分野）の知の融合で成功した、イノベーション事例の特性
- 2 それを支えたシステム、あるいは、その成功要因
- 3 -1を試みたけれど融合がうまく進まず失敗した事例の特性

不成功に終わった開発事例が、異分野の知の融合でイノベーションに結びついた要因

- 1 ある分野での研究開発の成果が、全く異なる分野でイノベーションを起こした事例の特性
- 2 研究開発の不成功事例が、後になって異分野で開花した事例の特性
- 3 それを支えたシステム、あるいは、その成功要因

の2点に、特に焦点をあて、そのまとめを試みている。

1.3 事例インタビュー調査で明らかになったイノベーションにおける「知の融合」の成功要因

インタビュー調査においては、公的機関（例、電子技術総合研究所（現 産総研）など）企業などでの基礎的研究が商品化、事業化に結びついた成功事例を主に取り上げ、成功のメカニズム、特に、異分野の知の融合によるイノベーション創出の要因を分析した。

また、調査対象組織において基礎的研究では一定の成果をあげたが、商品化、事業化が成功しなかった事例も取り上げ、分析し、イノベーションを導く異分野融合の必要性やマネジメントのあり方を考察した。

インタビュー対象は、素材系、部品系、組み立て系、情報・システム系の各分野を横軸、大学、公的機関、企業を縦軸としたマトリクス上の研究者をなるべく偏らないように選定し、27例のプロジェクトのリーダーあるいは経営幹部の方に対し、対面

での聞き取りを行った。その際、専門分野の近い研究者がインタビュアーとして参加し、議論を行なった。また、関連文献の調査にてインタビューの場では収集し切れなかった情報を補完した。

ここでのインタビュー先は、すでにイノベーションの成功を経験し、現在は研究マネジメントを主に担っている研究者へのインタビューであったことを反映し、研究開発をまとめる立場の管理者として、共通してイノベーションに対する「知の融合」の役割を強調している。それに加え、このインタビュー調査・分析によって得られた、異分野の知の融合をイノベーションへと結びつけた要因は以下である。

A． マネジメントに関する要因として次が挙げられた。

- (1) 事業戦略と一体化した技術戦略や明確な目標設定、技術シーズと市場ニーズを把握したリーダーシップ、的確なプロジェクトマネジメント(インタビュー先全体を通じて見られた)
- (2) ビジネスモデルの構築と市場変化に対応できるビジネスの仕組、新サービスの開発(特に、iモードなど)
- (3) デファクトスタンダードの確保による市場創造と拡大(特に、光通信の研究開発など)
- (4) オープンコラボレーションを可能にする“場”の構築(MEMS、フラッシュメモリなど)

B． 技術戦略に関する要因として次が挙げられた。

- (1) 技術の見立てと目利き(CNCなど)
- (2) プロダクト技術とプロセス技術の統合化(特に、セラミック電子部品分野など)

C． 知の融合に関する要因として次が挙げられた。

- (1) 共通言語・共通ツールの大きな役割(超LSIの共同開発など)
- (2) 技能などの暗黙知の形式知化・可視化(金型設計など)
- (3) 縦型技術¹と横型技術の効果的な融合(大型建築、機能素子開発などにおけるシミュレーション技術など)

インタビュー調査の結果から、次のイノベーション実現のための条件と課題が浮かび上がった。

- (1) 企業における高度技術者(博士課程修了者等)の採用などによるイノベーション・リーダーの育成

¹ ある実体(すなわち「モノ」)を対象領域として、その最適な状態、最良の製品を追求する技術を縦型技術、広範囲の対象に共通して適用可能な方法論(すなわち「コト」)を追求する技術を横型技術と、ここでは呼んでいる。

- (2) 異分野間での共通言語、共通ツールの重視
- (3) 広範な展開を可能とする技術の体系化と戦略的な活用
- (4) イノベーション実現のための産官学をつなぐコーディネーション機能の確立
- (5) 明確な目標と戦略に裏付けられた異分野の知の融合の指向
- (6) 大学などの基礎研究者に対する評価方法の見直し

これらの要因の強化を通して、より具体的な「知の融合」の技術の展開が必要である。研究マネージャーの立場からのイノベーション政策への提案も含めた、インタビュー分析を、第2章に詳細に記述する。

1.4 研究者から見た知の融合によるイノベーションの成功要因のアンケート調査と分析

イノベーションを起こす上で「知の融合」が果たす役割を、分野横断的な研究をしている研究者がどのように捉えているかを調査・分析し、そこから有効なイノベーション戦略の策定に役立つ情報を引き出す事を狙いに、アンケート調査を実施した。本インタビューでは、現在、研究開発に携わっている研究者からの回答が得られ、前記のインタビューによる結果とは違った側面からの「知の融合」に対する期待が得られている。すなわち、研究の現場では「知の融合」の必要性、実効性を認めつつも、実際にイノベーションを目指して研究現場で「知の融合」を展開するための、有効な手段をまだ模索している段階にあることが、浮き出ている。

詳細は第3章に記述するが、アンケート結果の概要は以下である。

回答者の約54%がイノベーションの成功経験があり、そのイノベーションの成功要因として、

- (1) アイデア、既成概念の払拭、発想の転換などの技術開発アプローチ・プロセス要因
- (2) マーケティング牽引、顧客の視点重視、個人の創造性尊重などのマネジメント要因
- (3) 信念、熱意、執念、不屈のリーダーシップ、ねばり強さなどの、エモーショナル要因などを挙げている。また、その内の1/4が、「知の融合」、「異分野融合」が主要因と回答した。

一方、回答者の約42%がイノベーション不成功事例とその原因を挙げており、

- (1) ユーザの既存製品へのこだわりが強すぎた。
- (2) 蛸壺型研究者の側面が強すぎた。
- (3) ユーザへの価値提供の視点の欠如。
- (4) プロトコル標準化の遅れとメーカー思惑違い。

などの回答があった。

さらに、融合的な科学・技術が、本来の狙いとしたイノベーションは達成できなかったものの、後日、別の分野で予期せぬイノベーションを起こした事例が約12%にあたる回答者から寄せられた。これらの事例から以下の様な特徴が見出せる。

- (1) 技術開発の成果を学会・特許等で情報公開しておくことと異分野で使われる事がある。
- (2) 先端装置・システム開発で開発された要素技術が水平展開で花開く事がある。
- (3) 先端研究が後日、周辺技術の立ち上がりや研究人口の増加で花開く例がある。

以上のアンケート調査によって得られた、異分野の知の融合をイノベーションへと結びつけた要因分析の要旨は以下である。

- (1) 「イノベーション」そのものは既に大部分の技術者が認知しており、これに係る「横断型科学技術」、「知の融合」、「異分野融合」の認知度も相当に高い。
- (2) これまでのイノベーション成功・不成功体験から、多くの技術者はイノベーションにおいて「知の融合」が有効に作用したと認識している。ただし、多々ある成功・不成功要因の中での「知の融合」の位置づけは確立されておらず、具体的な戦略としては戸惑いがあるというのが、現場の研究者の認識である。
- (3) 多くの事例から、イノベーションの成功要因と不成功要因は表裏一体、背中合わせの関係である事が分かる。これらの背中合わせ関係の要因比較から共通概念を抽出すると、「知の融合」がイノベーション創出の重要な鍵である事が見出される。
- (4) 周辺技術や異分野における研究とその研究者に常に目を向けておくことなどの横展開・水平展開戦略が、予期せぬイノベーション創出に有効に作用すると考えられている。

これらの点では、第2章で報告をしている研究マネージャークラスの方々へのインタビューの結果とは、若干違った受け止め方をされている。これは、「知の融合」を機能させる仕組みが、研究現場にまでは浸透し得ていないということであろうと思われる。

1.5 内外比較によるイノベーション創出に関する課題

上記のインタビュー調査、アンケート調査において指摘された日本と欧米におけるイノベーションと知の融合の関係、あるいは、それらを可能とする条件や環境の違いを念頭に置きつつ、在外経験を有する研究者等へのインタビューおよび文献調査により欧米の事例との比較における日本の課題について調査を行った。

本調査の2章におけるインタビューからは欧米との比較における課題としておおよそ以下の3点が課題として挙げられる。

- (1) 産業イノベーションについてみると、企業の目的に沿った研究開発に関する情報収集や技術の評価を的確に行うなどのマネジメントのできる人材が日本では不足している可能性がある。海外企業と比較すると、情報収集面での投資や先見性のある研究・商品開発の企画などの面に工夫の余地があるのではないか。
- (2) 大学などを中心とした基礎研究におけるイノベーションの面では、応用の視点を持つ、あるいは、実際に技術を動かして見せるまでの取り組みといった姿勢が日本では高く評価されない状況にある。このため、異分野の知の融合を目指して異分野の研究者へ研究成果を開示する積極性はほとんどみられない。

また、産学連携や大学発ベンチャーなどの事例をみても、日本では、どこに市場があるかの見極めが明確でないケースがみられる。結果として、具体的なイノベーションに結びつきにくい。

- (3) 日本の基礎研究の分野において異分野融合型研究が十分に進展していない理由として、1) 教育システムの違い(日本では高校卒業後にかなり分野を特定してしまい、異分野間を渡り歩くことがない。このため、異なる分野の研究者が集まってうまくいく例が少ない)や、2) 研究開発の目的、ターゲットが具体的に明確化されていないため融合が効果的に進まない、などの事情が指摘できるのではないか。

第4章では、これらの問題に対して、文献調査やインタビューにより検討を加えた。特に、具体的なイノベーション事例を取り上げ、技術の面からの分析により日本のイノベーション技術を位置づけることを試みるとともに、最近の研究動向等を紹介する。すなわち、最近の調査・研究動向については、基礎研究と商品化され得る新たな技術開発の間の段階を「ブレイクスルー・ゾーン」として捉え、このゾーンでの技術の発展、導入メカニズム、必要な要素などについて考察し、様々な知の融合が働いてイノベーションを実現している状況を解き明かそうとしている事例調査を紹介する。また、研究開発の立案に関連しては、「サイエンス・マーケティング(Science Marketing)」という研究分野の活動が始まっている。これは、これまでの例えば、「リサーチ・オン・リサーチ」が主として「科学計量学(サイエントメトリクス)」と呼ばれる手法を用いて科学研究論文の単語や引用関係等の統計値を分析し、科学研究、科学知識の産出の本質に迫ろうとするものであったのに対し、研究開発の「マーケティング」を動機とした研究活動である。

イノベーションの展開を技術の面からみると、個々の具体的なイノベーションには、それぞれアイデアとなる基礎的な知見や発見、これを商品化する展開・応用技術があ

るが、基礎科学技術のイノベーションは、半世紀あるいは世紀を越える長い歴史に支えられて実現したものも多い。このため、米国でも日本でも、政府や巨大プロジェクトに支えられたケースが少なくない。日本でいえば、政府や旧国鉄、NTT、NHKなどが、米国では軍の支援や宇宙・航空関係などのプロジェクトによる科学技術のイノベーションが多い。一方、技術化、製品化におけるイノベーションへの力は、社会・経済環境、すなわち、商品化してビジネスになるかという点によるところが大きく、企業は製品化に向けて集中的に資源を投入し、異分野をも取り込んで新たな価値を生み出している。いずれの場合にもその過程で知の融合の役割は重要であるが、そうした「知の融合」は自然発生的に偶然に生まれることは少なく、あるものを実現するという強い目的意識を持って研究や技術開発をすることが、結果として「知の融合」によるイノベーションを生み出す大きなファクターとなっているように考えられる。融合の基礎となる個別要素技術のイノベーションが不可欠であることも軽視されてはならない。

「知の融合」におけるもう一つの重要なファクターは、共通の活動領域・活動空間や相互理解である。異分野の知の融合が効果的に行われるためには、そのような異分野の科学技術（人、研究所、企業等）の存在を知ることが必須である。ICTが発達したグローバル化の時代とはいえ、近くに利用できる科学技術を求められる環境の存在は、知の融合を生み出すために効果的であり、同時に、そうした物理的な環境を生かせる高いコミュニケーション能力も不可欠であろう。インタビューでもしばしば指摘されたように、「共通言語」は不可欠のインフラストラクチャである。「共通ツール（解析技術など、さまざまな技術分野に共通する技術など）」も含めて、融合を可能とするプラットフォームの構築が必要条件であり、同時にその設計や構築をリードできる人材が大きな役割を果たしている。

研究マネジメント組織のあり方に関連しては、大学における産学連携に関連した米国の最近の事例が興味深い。Columbia大学などをみると、研究の基礎段階から商業化までを一手に支援する考え方および組織体制にあることが日本の大学との違いのように見受けられる。また、ライセンス担当者は、法務の面だけでなく、研究内容に対応できる専門性を有しており、知的財産のライセンス等だけでなく産業界と研究者の両方に、共同研究立案などをアドバイスする機能によって基礎研究の推進からその商業化まで、大学と産業界がWin-Winの関係を構築する仲立ちを一つの機関だけで行える利点は大きいのではないかと推察される。

当然のことながら、研究開発や事業化、あるいは起業のプロセスやそのファイナンス、社会の受容性など、イノベーションをめぐる環境は国によって大きく異なる。欧米型をそのまま輸入することが直ちに日本でも有効な仕組みとして機能するわけではないことは、さまざまな制度の議論においてすでに経験されている。4章でみた社会・経済と研究開発の相互作用のあり方や発明、ブレイクスルー、イノベーションを担う各機関の役割分担のあり方などを参考としつつ、日本に必要な具体的な課題について

そのタイムテーブルと目標に関する関係者間のコンセンサスを得ることが重要であろう。