

科学技術研究における融合・連携のマネジメント Management Science of Scientific Integration and Interdisciplinary Research

仙石 慎太郎

京都大学 物質－細胞統合システム拠点(iCeMS) イノベーションマネジメントグループ

キーワード: 科学技術経営、研究開発、プロジェクト・マネジメント、アクティビティ・モニタリング、業務生産性

本研究は、大学・公的研究機関(アカデミック)における異分野融合・学際連携研究の形成メカニズムを理解し、融合・連携を推進するための経営管理様式の確立を目指す。今日では融合・連携が政策的に推進されているが、支援の「受け手」であるアカデミックの準備状況は必ずしも万全ではなく、規範とすべき経営管理の理論・実践論の登場が待たれている。本研究では、科学技術経営論・イノベーション・マネジメント論の見地から、融合・連携のマネジメント上の要件、及び中心的研究者に求められる要件を明らかにする。同時に、経営学・応用経済学上の知見を援用し、融合・連携を促進するための経営管理フレームワークの開発を進める。本報告では、国内の代表的な融合・連携研究拠点に関する事例研究に基づく取り組みを解説したい。

1. 緒言

1.1. 研究を取り巻く環境

今日の大学・公的研究機関(アカデミック)においては、異分野融合(融合)と学際・国際連携(連携)が精力的に推進されている。融合は新たな研究パラダイムを長期的な視点で創出していくための、連携はその研究パラダイムのもとで得られた画期的発明・発見を応用・発展させ更にはイノベーションとして具現化していくための、共進的で不可欠な取り組みである。そしてその実施に際しては、従来のような特定専門分野に閉じた連続的な研究活動のマネジメントには無い視点、挑戦的な取り組みが必要であり、多くの政策的努力が講じられている¹。

元来イノベーション・マネジメントとは、イノベーション活動を理解、促進、支援することをいう。しかしながら、その研究対象は企業の研究開発活動が中心であった。イノベーションが単に技術革新にとどまらず知的創発まで含意することを考えれば、融合・連携研究の推進のあるべき姿は、経済学・経営学における重要論点の一つと考える。

1.2. 学術的背景と課題認識

融合・連携を推し進めるための具体的な方針としては、(1)政策的誘導と公的支援の強化、(2)当該研究拠点の自律的マネジメントの強化、及び(3)中心的研究者の俯瞰視野の養成の強化の重要性が指摘されている(田中,2007)。しかしながら、これらは科学技術経営論あるいはイノベーション・マネジメント論としてはごく初期的な考察に留まっている。融合・連携の推進に多額の公的資金が投じられているにもかかわらず、

その実践の担い手であるアカデミック研究機関において、拠って立つべきマネジメントの基本指針や手法論が確立されていないという現状は極めて憂慮されるべきである。

(1)の政策的誘導に関しては、政策の事後評価を行ううえで本来不可欠な、融合・連携の質及び進展度を客観的・定量的かつ簡便に評価する手法は目下存在しない。世界的にも開発の途上にあり、取り組みの意義は大きいと考える。

(2)の研究拠点マネジメントに関しては、現状は各拠点・中心研究者の個別努力と試行錯誤に委ねられている状況であり、実践的な経営論が囑望されている。特に、ナノバイオやロボティクス、多能性幹細胞(ES/iPS細胞)技術などの先端融合領域は、既に我が国の研究が世界をリードする立場にある。研究内容のみならずマネジメントの上でも先駆的な取り組みが、国際的にも大いに期待されている。

(3)の中心研究者の育成は、とりわけ雇用流動性が低い日本では、アカデミック自身が責任をもって取り組むべき課題である。短期的な雇用促進策や短絡的なスキル教育とは一線を画する本質的な議論を、アカデミック組織論や科学技術経営論の範疇で重ねていく必要がある。

1.3. 研究方針

以上に述べた課題認識から、本研究の実施にあたっては、国内事例の経営管理様式の精査、海外事例との比較をもとに、融合・連携研究拠点のマネジメント及びその中心的研究者に求められる要件を明らかにする。そのもとに、一般経営学・応用経済学の知見を援用し、融合・連携を促進するための経営管理フレームワークを開発、提案する。そして、得られた成果は学術のみに留まらず、融合・連携を目指す研究拠点・研

¹ 例えば、長期戦略指針「イノベーション25」(2. 技術革新戦略ロードマップ)(2007年6月11日閣議決定)等。

研究者が実践可能な、真に価値ある成果の創出を目指す。

1.4. 研究アプローチ

業務の可視化と実測・検証に基づく実践的経営管理手法としては ABC (activity based costing)、BSC (balanced score card)、BPM (business process management)等が開発され、企業経営に活用されている。しかし、アカデミックの基礎研究では応用・開発研究のようなプロセス化は必ずしもなされず、また活動内容は得てして非定型的かつ高度に専門的であり、既存手法の適用は困難であった。

この課題を解決する方策として、本研究では、コミュニケーション、インタラクションなどの取引行為(トランザクション)に着目する(末松・仙石, 2009)。アカデミックの基礎研究といえどもトランザクションは日々発生しており²、それはあらゆる規模や分野のプロジェクトに共通であり、故に標準化と比較が可能と考えられる。加えて、トランザクションは原義上必ず表出するので、測定系の工夫や情報通信技術の援用で観測可能である。つまりトランザクションを精緻に観察することで、研究プロジェクト間の比較・検証、プロジェクト・マネジメント様式の標準化等の経営管理アプローチを、アカデミックの基礎研究にも適用する道が拓かれる。

我々はこの認識のもと、融合・連携研究プロジェクトの生成から実施・終結に至るプロセスを規範的に定義し、トランザクション測定ための標準フレームワークを

立案・提示した。次いで、複数の融合・連携研究拠点とその中心的研究者を対象に、かかるトランザクションを実測した。実測結果については、研究拠点間、分野間、職階間、及び研究グループ/プロジェクト間で相互比較し、各事例における研究マネジメント上の様式・特徴の描出に努めた(草間, 2009)。

並行して、研究活動の学際性、融合・連携の進捗度を表象する主要成果指標 (key performance indicator, KPI)を設定、KPI を実測された活動パターンに回帰、成果向上要因の特定を試みている。

2. 研究方法

2.1. 標準調査フレームワークの設計

研究プロジェクトの実施プロセス定義は、米国 Project Management Institute が策定した Project Management Body of Knowledge (PMBOK)のプロセス・モデルを採用した。本モデルは(1)立上げ (initializing)、(2)計画 (planning)、(3)実行 (executing)、(4)管理 (controlling)、及び(5)終結 (closing)の 5 段階で規範的に定義され、融合・連携研究プロジェクトにおいても同様と考えられる(表 1)。

分析視角としては、トランザクション・マネジメントの理論モデル(末松・仙石, 2009)を採用した。具体的には、(a) インタラクション(トランザクション)の相手、(b) 取引資源、及び(c) コミュニケーション機会、の 3 つの観点から調査項目を設定した(表 2)。

PMBOKモデルのプロセス定義	Initializing 立上げ	Planning 計画	Executing 実行	Controlling 管理	Monitoring モニタリング
融合・連携研究の推進上のアクション	・ 異分野の認知 ・ 対象研究内容の認知 ・ 共同研究提案	・ 必要資源の確保 ・ 正式合意	・ プロジェクト推進	・ 成果報告 ・ 途中・中間評価	・ 修正・改善 ・ 事後評価
トランザクション分類 ²	・ 接続・提示	・ 交渉・合意	・ 執行	・ 交換	・ 事後評価

1: Project Management Body of Knowledge, by Project Management Initiative

2: 末松千尋『モジュールとインターフェース、あるいはネットワークの効用』京都大学経済学会経済論叢、第175巻第3号、2005年3月

表1 融合・連携研究プロジェクトのプロセス・モデル

PMBOK分類	立上げ	計画	実行・管理
トランザクション分類	接続・提示	交渉・合意	執行・交換
規範的プロセス	対象異分野と研究内容の認知 異分野の研究者への共同研究の提案	必要な資源の確保 正式合意 共同研究契約の締結と発効	会議・打合せを通じた研究プロジェクトの推進
全般	過去の異分野融合の取り組み度合いとその形式について調査		
インタラクションの相手	インタラクション相手の役割の別、そして、それぞれにおける自分・異分野の別、の視点から質問項目を設定し、規範的プロセスごとに、相手との会合頻度・相手の重要性について調査(ただし、接続・提示については、会合頻度は調査していない)		
取引資源	共同研究プロジェクトに必要な資源として、人的資源・物理的資源・資金・情報・利用可能な制度、の視点から質問項目を設定し、その必要性・調達負荷・組織的支援の充実度・今後の組織的支援の期待について調査		
コミュニケーション機会	打合せ・交流機会として、研究拠点内・大学(企業)内・大学(企業)外の視点から質問項目を設定し、参加の積極性・異分野認知に対する有用度について調査	共同研究の成案要素として研究者間で一致が必要なものを質問項目に設定し、重要性・組織支援の可能性について調査	会議・打合せの生産性に寄与する要因を質問項目に設定し、その重要性について調査

表2 サーベイ調査項目の設計

² ここではリソース調達や成果発表、日々の会議・打合せ等による情報授受を包括する概念としてトランザクションの用語を用いている。

HHI1 (広い定義)

Scopus sourcesの大分類の全範囲 (1000-3600)

Level 1	Code
General	1000
Agricultural and Biological Sciences	1100
Arts and Humanities	200
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	1300
Business, Management and Accounting	1400
Chemical Engineering	1500
Chemistry	1600
Computer Science	1700
Decision Sciences	1800
Earth and Planetary Sciences	1900
Economics, Econometrics and Finance	2000
Energy	2100
Engineering	2200
Environmental Science	2300
Immunology and Microbiology	2400
Materials Science	2500
Mathematics	2600
Medicine	2700
Neuroscience	2800
Nursing	2900
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	3000
Physics and Astronomy	3100
Psychology	3200
Social Sciences	3300
Veterinary	3400
Dentistry	3500
Health Professions	3600

HHI2 (中程度の定義)

Scopus sourcesの大分類のうち、iCeMSの研究該当分野 (1300, 1600, 2500, 2700, 3000, 3100)の大分類項目

Level 1	Code
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	1300
Chemistry	1600
Materials Science	2500
Medicine	2700
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	3000
Physics and Astronomy	3100

HHI3 (狭い定義)

iCeMSの最多頻出分野 (1300, 1600)の小分類項目

Level 2	Code
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	1301
Ageing	1302
Biochemistry	1303
Biophysics	1304
Biotechnology	1305
Cancer Research	1306
Cell Biology	1307
Clinical Biochemistry	1308
Developmental Biology	1309
Endocrinology	1310
Genetics	1311
Molecular Biology	1312
Molecular Medicine	1313
Physiology	1314
Structural Biology	1315
Chemistry (miscellaneous)	1601
Analytical Chemistry	1602
Electrochemistry	1603
Inorganic Chemistry	1604
Organic Chemistry	1605
Physical and Theoretical Chemistry	1606
Spectroscopy	1607

図1 学際性指標の定義

2.2. 学際性評価指標の定義

各研究者の学際性を評価するため、企業が保有する特許の多様性評価(Hall, B. et al [2001])で用いられる以下の式を用い、研究者毎に学際性指標を定義した。

$$\text{学際性指標} = 1 - \sum_i \left(\frac{\text{分野}i\text{の雑誌への発表論文数}}{\text{分野毎の該当論文数全分野の和}} \right)^2$$

本指標は 0 から 1 までの値をとり、1 に近いほど発表論文の該当する研究分野が多岐にわたる。なお、論文の投稿雑誌への研究分野の付与は一つに限らないため、分野毎の該当論文数の全分野の和は各研究者の全発表論文数よりも大きくなる。

本調査では、評価対象となる論文は各研究者が著者として発表し、かつ Scopus データベース³に収録されている発表論文とした。専門分野分類は、(a)広い分類 (HHI1) : Scopus で設定されている 26 の研究分野分類 (第1レベル)、(b)中程度の分類 (HHI2) : (a)のうち頻出上位 6 研究分野、及び(c)狭い分類:(a)のうち頻出上位 2 研究分野の詳細分類 (第 2 レベル)、の3種を設定した(図 1)。

分析作業にあたっては、各種統計学的処理は SPSS® Statistics 17.0、記述統計と図表作成には Microsoft Excel® 2007 を使用した。

2.3. 調査事例の選出

事例調査にあたり、国内学術研究機関における以

下の2つの融合・連携研究拠点を当初調査対象とした:

(1) 京都大学 物質-細胞統合システム拠点 (the Institute for Integrated Cell-Material Sciences, iCeMS)

- ・ 文部科学省世界トップレベル研究拠点 (WPI) プログラムによる実施 (平成 19-28 年度)
- ・ 分野特性: 細胞生物学・物質化学・生物物理学の融合、メゾ制御科学 (meso-control science) の創出
- ・ 調査対象者数: 33 (内 研究代表者 (PI⁴): 17)

(2) 東京大学 ナノバイオ・インテグレーション研究拠点 (Center for NanoBio Integration, CNBI)

- ・ 文部科学省「ナノテクノロジー・材料を中心とした融合新興分野研究開発」による実施 (平成 17-21 年度)
- ・ 分野特性: バイオインスパイアード・ナノマシンの創製、ナノバイオセンシング・システムの創製など
- ・ 調査対象者数: 114 (内 PI: 35)

なお、調査対象者は教員 (准教授・講師・助教) のみで、ポスドク等研究員及び学生は含んでいない。

3. 結果

3.1. サーベイ調査に基づく比較分析

サーベイ調査の質問項目は、2.1 節で述べたプロセス及び分析視角の分類に基づき、合計 25 問、199 項目を設定した⁵。評価尺度には、5 段階のリッカート・スケールを採用した。

³ Elsevier 社が提供する論文データベース。URL: <http://www.scopus.com/home.url>

⁴ Principal Investigator (PI): ここでは研究グループ代表者と定義する。

⁵ iCeMS での調査例。

両研究拠点でサーベイを実施した結果、合計 88 サンプルを得た。回収率は、iCeMS で 85% (N=28; PI=15)、CNBI で 53% (N=60)であり、PI に限定すれば前者で 88% (PI=15)、後方で 77% (PI=27)であり、ともに十分と判断された⁶。

比較群として、iCeMSとCNBIの2研究拠点間での比較(機関別)、iCeMSにおける生物学分野と化学・物理学分野の研究分野間での比較(分野別)⁷、及びiCeMSにおけるPIとPI以外の階層間での比較(階層別)、の3つの比較軸を設定した。これらの比較軸に基づき、順位尺度で与えられた説明変数の平均表点の有意差を検定した。

3.2. 学際性指標を導入した傾向分析

学際性指標を導入した傾向分析は、iCeMSにおいてのみ実施した。iCeMSでは、著者らがScopusから作成した研究者毎の発表論文リストを基に、一部の研究者(n=7)を除き、本人確認を行い、修正したリストから学際性指標を算出した。iCeMSの研究者サンプル(n=33)について算出された学際性指標の平均値と標準偏差は、広い分類(HH1)で 0.737 ± 0.107 、最大値は0.885、最小値は0.415であった。研究分野間ではHH1及び中程度の分類(HH2)で有意差が見出され(各々 $p < 0.05$, $p < 0.01$)、共に化学・物理系が生物系よりも高かった。但し階層間では有意差はみられなかった。狭い分類(HH3)については、分野或いは階層間の有意差は見いだされなかった。

次に、学際性指標を被説明変数とし、有意に関連した説明変数群の中から、上述の3つの群間で異なる傾向にあった変数を選別し、線形重回帰モデルを変数減少法により作成した。各影響要因の関係を分析し、学際性の高い研究者に特徴的な行動特性を抽出した⁸。

3.3. 組織マネジメント上の意味合いの抽出

以上の得られた結果を総合的にみると、iCeMSについて、概ね以下の意味合いが得られた:

(1) インタクションの相手

- ・ 実行のみならず立上げや計画段階における、対象異分野グループとの複線的な関係構築
- ・ Non-PI 研究者の積極的な参画
- ・ 連携の戦略企画・支援機能の設定

⁶ CNBIの全体回答数が比較的少なかった原因としては、本拠点が最終年度をむかえ既に離脱した分担研究者が多数いたこと等が想定される。

⁷ ここでiCeMS研究者への研究分野の付与にはScopusを用い、発表論文の分野で"Biochemistry, Genetics and Molecular Biology"の該当数が一番多かった研究者を生物系(n=15)、その他の研究者を化学・物理系(n=13)に分割した。

⁸ ここでいう学際性指標はiCeMS設立前を含む過去実績に基づく付与のものであるため、厳密には回帰分析とはいえない。検出された有意性は、学際性の高い研究者に特徴的な行動様式と理解することができる。

(2) 取引資源

- ・ 研究分野別のリソース・ニーズの深耕
- ・ PIの役割と責任(管掌)の最適化
- ・ 資金的・人的資源を中心に、リソース獲得に向けた組織的な取り組みの強化
- ・ 技術移転のみならず、学際的研究の振興という観点からみた、産学連携活動の組織的支援

(3) コミュニケーション機会

- ・ 拠点外だが学内の研究者・グループとのコミュニケーションの意義の再検証
- ・ PI相互のコミュニケーション・デザイン
- ・ 共有スペース活用計画の再考
- ・ 融合・連携研究プロジェクトにおける会議・打合せの運営力強化を通じた生産性向上

確かに、これら項目の多くについては、かねてより重要性或いは対応の必要性が指摘されてはいる。ただ、本調査研究を通じて実証的な裏付けを伴うことで、変革意識の醸成・定着、インプリメンテーションの取り組みの加速などのポジティブな効果が得られている。

4. 今後の展望

4.1. 取り組みの意義

上述の一連の研究を通じて、学際的研究が盛んな研究者の行動様式の一部が明らかとなった。群間比較から、それぞれのサブグループごとの現状の行動様式の相違と共通点が抽出された。結果、融合・連携を推進するためのKFS(key factor for success)を探索していくうえで有用な示唆が得られた。元来R&D、特に基礎研究活動はとりわけアクティビティの比較・検証が困難であったことを踏まえれば、これらを一般的な科学技術経営論の俎上に載せたという時点で、本試みに相応の意義があると考えられる。

一方で、サーベイ調査票の設計、サンプル数の制約により分析精度において課題が残った。今後は融合・連携度の測定・評価指標の充実を図り、より精緻な比較分析と検証を行うことが急務である。また、研究分野を同じくする、または学際的研究を標榜とする他の研究拠点を比較対象として、拡大的かつ継続的に調査を行っていく必要がある。

4.2. 研究拠点マネジメントへの反映

得られた定量・定性サーベイ調査結果については、研究拠点間、職階間、分野間及び研究グループ間で比較・検証を定期的実施することにより、またKPIの最適化を重ねていくことで、融合・連携研究の推進に求められる行動様式の正確な理解に努めていく。

ここで得られた上記の発見・知見は、学術的関心時の追求と並行して、科学技術経営及びプロジェクト・マネジメントの現場に、リアルタイムに還元していくことが肝要である。加えて、当事者からのフィードバックと

PDCA (plan-do-check-action)サイクルの励行を通じて、インプリメンテーションを図っていく予定である。

4.3. 調査の拡大的展開

調査対象の拡大のために、他 WPI 拠点、新たに創設される「最先端研究開発支援プログラム」採択拠点への展開を画策中である。加えて、これらの拠点と産学連携を行っている民間企業・ベンチャー企業に対する実測調査を実施し、評価基準の多層化、産業・社会ニーズへの適合を図る。

4.4. 経営管理フレームワークの開発と提案

近代的プロジェクト・マネジメントの体系としては、上述のように PMBOK が今日の事実上の標準である。PMBOK は原義的にあらゆる種類のプロジェクトに適用されるが、アカデミックの研究マネジメントには浸透していない。

そこで本研究では、まず研究活動の生産性を、トランザクションに伴う情報授受規則(インターフェース)の設置効果或いは処理効率として説明することを試みている。仮に奏功すれば、PMBOK 等の既成体系にトランザクション(インタラクション)・マネジメントの視点を導入することによる、アカデミックな研究活動とりわけ融合・連携研究プロジェクト・マネジメントに適した経営管理ツールキット化を期待することができる。

4.5. 融合・連携の振興プログラムの費用対効果に関する計量経済学的評価手法の開発・提案

本研究で構築した論文データベースを大幅に拡充し、政策効果(treatment-effect)を定量的に同定するための、包括的な学術成果データベースを構築する。振興プログラム採択に影響を与える観察可能な要因(self-selection bias)と観察されない要因(difference-in-difference)の影響を統計的にコントロールする。また、上記の派生的課題として、大学で生まれた研究成果が企業でどのように活用されているのか(いわゆるサイエンス・リンケージ)の分析・評価も試みる。

4.6. 産学連携の意義の検証

上述の取り組みで得られる知見・考察を踏まえ、産学連携に係る研究プロジェクトのマネジメント様式を精緻化する。産学連携活動の推進のために必要な、アカデミック側に求められる要件を描出する。

5. 結びに代えて

本研究では、異分野融合・学際連携を目指す共同研究プロジェクトの形成プロセス・メカニズムの理解のため、内外のコミュニケーション、インタラクションを含むトランザクションに着目し、標準化された測定フレームワークを導入した。結果、異なる研究拠点について、

実測を通じた実証的な比較・検証を行った。また、学際性を示す指標の導入と統計学的解析により、生産性マネジメントの観点からの評価に努めた。これらの取り組みは現時点ではいずれも萌芽的ではあるが、冒頭に述べたようにアカデミックの研究開発マネジメント力の強化は今日の大学・公的研究機関にとって必達の課題である。今後はアカデミック組織特有のルールや分業体制などの理解と反映に努めつつ、しかしながら科学技術経営論としての普遍化・体系化を常に意識し、アカデミック研究マネジメントの様式の確立に努めていく。

また、本研究の特色は、経営学、応用経済学をはじめとする社会科学系の研究者が中核となり、融合・連携研究の当事者たりうる自然科学系の研究者と密に連携した、新しい文理融合型の実践的学問体系を提唱する点にもあることを指摘しておきたい。科学技術経営論及びイノベーション・マネジメント論上の新たな探求領域を形成し、更には、本取り組みをアカデミックの研究マネジメント全般に拡大的に展開していくことも、決して不可能ではないと考える。

謝辞

本研究は、文部科学省世界トップレベル研究拠点プログラムにおける取組みの一環として行われている。本研究の推進にあたっては、日本電気株式会社(NEC) C&C イノベーション研究所(奈良県生駒市)、CNBI 及び iCeMS の関係諸氏に事例提供等において格別の協力を賜った。本発表にあたっては、京都大学アカデミック・イノベーション・マネジメント研究会のメンバー各氏のご意見を参考にした。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- Hall B., Jaffe A. and Trajtenberg M. (2001) “The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools”, CEPR Discussion Paper No. 3094
- 草間 亮一, 仙石 慎太郎, 注連 隆夫, 河合 英紀, 國枝 和雄, 山田 敬嗣, 末松 千尋. 「学際・融合研究の形成過程の実証的研究」 経営情報学会 2009 年秋季全国研究発表大会(2009 年 11 月)
- 末松 千尋, 仙石 慎太郎. 「トランザクションコストの実測の方法論」 進化経済学会第 13 回岡山大会(2009 年 3 月)
- 田中 一宜(2007)「融合と連携をどのように進めるかー内外の実験例から」 生産研究 59(4), 349-358.