

## 政策と研究の連携を目指して 研究開発現場との連携のあり方

安西智宏<sup>1</sup>, 仙石慎太郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京大学 トランスレーショナル・リサーチ・イニシアティブ,<sup>2</sup>京都大学 物質-細胞統合システム拠点

**要旨:**近年、日本の科学技術政策においても大型競争的研究資金制度が設けられ、既存の学問分野のみならず、異分野融合の研究プロジェクトが奨励され、そのための研究拠点形成が活発に進められている。しかしながら、これらの研究プロジェクトに関して、その主たる担い手である大学・公的研究機関に経営管理(マネジメント)の定石があるとは言い難く、公的資金を有効に運用し政策効果に導くための戦略、オペレーション及び組織体制の強化が急務となっている。筆者らはこの課題に対し、科学・技術経営研究、及びかかる研究拠点の当事者として関与しており、その両視座から、政策と研究の連携、研究開発現場との連携のあり方を論じたい。本稿ではまず、科学研究マネジメントの必要性の背景要因として、大型競争的資金と大型研究プロジェクト、組織連携(産官学連携)、学際・異分野融合の推進の3点を挙げている。次いで、課題認識として、実施後評価の充実、実践への反映、イノベーションへの還元を3点を指摘した。そのうえで、筆者らが進める「アカデミック・イノベーション・マネジメント」研究をもとに、計量経済学、経営組織論および経営管理学の3つのアプローチを概説する。後二者に関しては、筆者らによる既出の事例研究を用いて解説する。最後に、かかる研究の将来展望、我が国の大学・公的研究機関における研究経営の課題と対応、改善・強化に向けた方策を論じる。

### 1. 科学研究マネジメントの背景

いわゆる「科学・技術」の技術分野については、応用・産業化を志向した技術経営(Management of Technology, MOT)の取り組みが体系的に進められてきたことは論をまたない。これには、技術戦略、技術マーケティング、イノベーション、研究開発、技術組織、技術リスクマネジメント、知識マネジメント等の分野が含まれている。また近年では、企業視点の研究マネジメント、知財マネジメント、いわゆる「オープンイノベーション」に代表されるネットワーク外部性のマネジメントへも裾野を広げている [1]。

これら一連の研究は、主に、民間企業等の研究開発において深耕が図られている。一方、大学や公的研究機関が進める科学研究については、ほぼ未着手の状態とあって良い。事実、科学経営(management of science)なる学問体系は存在しないか、広義の MOT に含まれている状態が続いている。これは、大学・公的研究機関における科学研究の主流が、各専門分野に閉じた形で、その分野のパラダイムを共有する科学者集団によって連続的に運営されてきたこと、パラダイム転換も科学者集団の内なる要請の帰結として発生してきたことによる[2]。畢竟、マネジメントを意図的に働かせるという意識は、大学・公的研究機関において希薄であった。

しかしながら、この伝統的な科学研究体系が、近年大きな変容を遂げつつある。我々はその背景要因として、以下の3つの動きを指摘したい。

#### 1.1. 大型競争的資金と大型研究プロジェクト

我が国の競争的資金の配分はそれまでの研究グループ単位のものから、複数の研究機関や産業界を巻き込んだ大型のものへと変貌してきた。米国では National Science Foundation(NSF)により Engineering Research Centers (ERC)や Science and Technology center (STC)など、研究拠点へのグラントが整備され、欧州においても、80年代より基礎研究に特化した研究・技術開発枠組計画(Framework Programme, FP)が実施され、さらに技術の商品化を目指した欧州先端技術共同体構想(European Research Coordination Action, EUREKA)など、国家の枠を超えた欧州地域グラントも展開されてきた[3]。日本においても、科学技術庁(当時、現在は独立行政法人科学技術推進機構が承継)が創設した、創造科学技術推進事業(ERATO, 1981年に開始)、戦略的創造研究推進事業(CREST, 1995年度に開始)などに始まり、「大学(国立大学)の構造改革の方針」(2001年6月)や「第3期科学技術基本計画」(2006年3月)等を経て、順次大型競争的研究資金制度が拡大、実施さ

れてきた。これは、産学連携等の推進にとどまらず、日本の大学に世界最高水準の研究教育拠点を形成し、研究水準の向上と世界をリードする創造的な人材育成を図ること、重点的な支援を行うことを通じて、国際競争力のある大学づくりを推進することを目的としている。現在は、21 世紀 COE プログラム(2002～2008 年度, 11 分野 274 拠点)、グローバル COE プログラム(2007～2013 年度, 11 分野 140 拠点)、世界トップレベル研究拠点(WPI)プログラム(2007～2016 年度, 6 拠点)、最先端研究開発支援(FIRST)プログラム(2010～2014 年度, 30 拠点)等の施策が実施されている。

## 1.2. 組織連携(産官学連携)

産官学連携或いは産学連携とは、大学・公的研究機関と民間企業等が連携して行う研究活動である。必然的に、基礎・応用研究と開発・実用化との間における、組織を跨いだ新結合の形成や結合の強化、このことによるイノベーションの加速が含意されている。

米国では 1980 年代のバイ・ドール法に端を発する技術移転法案の整備により産学連携が活発化した[4]。本邦でも、通商産業省(現・経済産業省)が主導した国家プロジェクトが源流となり、1980 年代に独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による大学への研究助成、企業への実用化支援に加え、産学連携コンソーシアムによるナショナルプロジェクトを推進してきた。1999 年に産業活力再生特別措置法 が施行されることで法的環境も整備され、今日に至っている。

また本邦では、2000 年以降に、大学・公的研究機関レベルでの自律的な取り組みが加速している。まず、2001 年に経済産業省から発表された「大学発ベンチャー1000 社計画」の流れにも呼応し、JST「プレベンチャー事業」や「大学発ベンチャー創出推進」などの事業によって大学・公的研究機関が研究成果を社会に発信していく道筋が形成された。更に国立大学の法人化、技術移転機関(TLO)などの産学連携体制の整備に伴い、産学の連携研究を支援する施策が数多く設定されてきている。文部科学省「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」(2006 年度開始, 12 拠点)では個別の製薬企業と大学が密に連携して拠点形成を行なう課題が採択・実施されているうえ、独立行政法人科学技術振興機構(JST)「研究成果最適展開支援プログラム(A-Step)」(2009 年度開始)でも大学研究者が連携する企業主体の実用化研究に対して助成を実施している。更に、前述の FIRST プログラムでも複数の企業が参画する課題が数多く採択されており、科学技術政策として企業連携型の実用化研究を重点化していることの証左とな

っている。これらのプロジェクト運営では、産学間での役割分担や権利の帰属などの多くの実務的課題が発生しうらうえ、大学・研究機関側でのガバナンス体制の構築が必要であることなどから、アカデミック単独の形成拠点に比べ、より複雑な経営管理手法を構築・運用していく必要がある。

## 1.3. 学際・異分野融合

今日の科学技術政策では、学際的な研究を推進することの重要性が強調されており、学際・融合研究の促進に向けた組織的取り組みは数多くなされている[5]。融合・連携の推進にあたっては、(i)政策的誘導と公的支援の強化、(ii)当該研究拠点の自律的マネジメントの強化、及び(iii)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[6]。(i)の政策的誘導に関しては、日本では前述の WPI プログラムや FIRST プログラム等のイニシアティブが開始されており、これらはいずれも学際連携・異分野融合の促進をその目的の一つに位置付けている。一方、(ii)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領域といえる。(iii)の中心研究者の育成は、アカデミック自身が責任をもって取り組むべき課題として認識されているのが現状であろう。

## 2. 課題認識

こうした取り組みは、いずれも我が国の大学・公的研究機関の国際競争力向上、イノベーションの加速を指向しており、概ね肯定的な意見が多い。一方で、我々は、以下に述べる課題の改善が、更なる効果的な運用に必要と考える。

### 2.1. 実施後評価の充実

競争的資金の効果を最大限に発揮させるために重要な要件として、「公正かつ透明性の高い課題選択を行うこと」、「中間評価の結果を反映させること」及び「評価にあたっては優れている点を積極的に取り上げること」等、事前・中間・事後評価の充実にかかる要望が上位にあがっている。また昨今では、研究業績の事後評価で厳しい意見もあり、個別課題のみならず施策自体の意義が問われる事態となっている。

このような状況を受け、2005 年 3 月の内閣総理大臣決定「国の研究開発評価に対する大綱的指針」では、「あらかじめ評価方法を明確かつ具体的に設定し、被評価者に対して周知すること」、また特に評

価手法については「具体的な指標・数値による評価手法を用いるよう努めること」が明記され、具体的手法論として「特許等の活用状況等に関する数値的指標、公表された論文の質を把握する客観的手法」が言及されている。しかしながら、現状はといえば、依然としてピアレビュー等の従来法が主流であり、かかる客観的手法は未だ開発の途上にある。

## 2.2. 実践への反映

米国の先行事例によれば、学際・融合研究を促進するために、研究教育機関は(i)組織構造の変革、(ii)従来の学術体系によらない研究資金分配、(iii)従来の学部の枠組みや学閥によらない教職員の採用、(iv)学際融合の価値基準に添った教員採用/昇進基準の設定、(v)学際融合研究実行プロセスの継続的な検討、が必須であるとし、さらに具体的に8つの障害と、それを克服するためのアプローチを挙げている。近年発表された他のケーススタディからの提言も、広義において上記報告書で挙げられた要件に含まれており、現状では最も包括的な枠組みと言える。

ただ、前節で指摘し、また上記第5点目が示すように、本枠組みの実践論、研究プロジェクト・マネジメントへの反映は未だ途上と言わざるを得ない。経営管理手法としては、民間セクターにおいては、Activity Based Costing (ABC), Balanced Score Card (BSC), Business Process Management (BPM)等が開発され、企業経営に活用されている。近代的プロジェクト・マネジメントの体系としては、Project Management Instituteの提唱するProject Management Body of Knowledge (PMBOK)[9]が今日の事実上の標準となっている。しかし、アカデミックの基礎研究では企業における研究開発のようなプロセス化は必ずしもなされず、また活動目的や期待成果も企業での研究開発とは多くの場合において一致しないことから、これらの経営管理手法が存分に活用されているとはなお言い難い。

## 2.3. イノベーションへの還元

元来イノベーションとは、画期的な発見や革新的な発明に端を発し、新結合を経て生成される、新たな社会的価値の創造と定義される[1]。必然、イノベーション推進の過程では、技術、人、組織、社会の幅広い変革が促されることになるし、イノベーション・マネジメントとは、これらイノベーション推進の活動を理解、促進、支援することを指すものである。しかしながら、本邦においては、イノベーションの主対象は、大学・公的研究機関の発見、企業等における開発で

あり続けた。イノベーションが技術革新にとどまらず広範な知的創発まで含意することを考えれば、科学研究の適切なマネジメントの方策を探索することは、依然として経済学・経営学における重要論点の一つ足り得るだろう。

昨今では、基礎を含む研究活動がイノベーションに及ぼす影響の客観的評価手法として、特許における論文引用数すなわちサイエンス・リンケージの研究やデータベースの整備が盛んに行われており、その動向については後述する。今後はこのような取り組みを通じて、技術要素をより広範に定義し、方法論上の進展を図っていく必要がある。

## 3. アカデミック・イノベーション・マネジメント研究の方針

上述の課題認識に立ち、我々が進めている「アカデミック・イノベーション・マネジメント」研究は、大型競争的研究資金制度の目的が達成されたかどうかを正しく評価する費用効果分析手法の開発、提案を目的としている。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、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、実践を経てその有用性を評価することに努めている。また、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・研究者が実践可能な、真に価値ある成果の創出を目指している。

以下、その3つのアプローチについて概説する。

### 3.1. 計量経済学的アプローチ

イノベーションの計量経済学的評価のアプローチとしては、特許及び文献データベースを用いた研究がこれまで盛んにおこなわれてきた。

特許価値の測定指標としては、前方引用件数(論文での被引用数に相当)が主として用いられている。Jaffeらは、特許の発明者にその技術的重要性と経済的重要性について質問票を用いて調査した[10]。結果、この2つの重要性の認識に対して、当該研究者が出願した特許の前方引用数が正の影響を与えていることを示した。この傾向は、他の研究でも支持されている[11,12]。

文献価値の測定指標としては、論文等の出版数、及び後続の論文等による被引用数が用いられている。これらの指標は、間接的ピアレビューとも呼ばれる[13]、専門家による直接的なピアレビューを補完或いは代替する指標として、いわゆる計量書誌学(ビブリオメトリクス)で深耕され、ひろく利用されている[14-17]。

近年では、科学研究が技術革新に与える影響を評価する方法として、特許中の文献引用度が注目を集めている。これはサイエンス・リンケージと呼ばれており[18]、本邦においても、科学技術基本計画の達成度の評価で部分的に用いられている。玉田らは、バイオ技術、ナノ技術、情報技術、環境関連技術などの分野について、本邦の特許の論文引用状況に関するデータベースを独自に構築し、サイエンス・リンケージの日米比較及び分野間の詳細な比較研究を行っている [19,20]。本研究を端緒とし、分野別の分析や手法論の深耕が図られてきている。

### 3.2. 経営組織論的アプローチ

企業の研究開発活動に関する調査研究としては、米国イェール・サーベイ I/II, 欧州の CIS サーベイ等のサーベイ調査に基づく手法が著名であり、本邦の基礎調査にも適用されている。一方、個人に焦点を置いた本邦調査研究としては、発明者の発明プロセス、大学・公的研究機関所属を含む研究者の知識生産プロセスについて、各々評価・検証がなされている。しかしながら、大学・公的研究機関或いは研究拠点レベルの比較調査、その経営組織論的な検証は、これまで余り活発ではなかった。

我々は、大学・公的研究機関のパフォーマンスの計測・評価の要点は、活動業績指標(KPI)の定義と運用にあると考える。すなわち、上述の計量経済学的アプローチの成果を援用しつつ、個別の研究機関或いは研究拠点のマネジメントに資する経営パフォーマンス測定・評価系の開発が必要となる。同時に、評価に実効性をもたせるためには、かかる系が現場ニーズを踏まえ設計されていること、現場で運用可能なように十分に簡便かつ容易であることを満す必要がある。

そこで我々の研究グループでは、日本国内の2つの学際融合研究拠点形成プロジェクトを事例とし、そのパフォーマンスを計量する KPI を定義し、実測と評価の方法論を提唱した[21]。本手法は、大学・公的研究機関における研究プロジェクト評価の標準手法の開発に寄与するのみならず、研究プロジェクトの実施後評価などの政策評価にも活用できる可能性がある。これらの詳細は、第5章で概説する。

### 3.3. 経営管理学的アプローチ

本アプローチは、前述の2つのアプローチに立脚しつつ、研究機関或いは研究拠点における実践(プラクティス)を通じて、実証的に深耕されるべき性質のものである。というのも、これまでに個別の取り組み努力は各研究機関や研究拠点が旺盛に実施されてき

たものの、経営管理の手法論としての体系化はおろか、共通認識も醸成されているとは言い難いからである。最大の理由は、各個のプラクティスを帰納的な検証プロセス或いは検討の場が十分でなかったためである。また、その背景要因の一つとして、かかるマネジメント体系の開発にあたる社会科学分野の研究者と、実践家である自然科学分野の研究者との間に、強固なパートナーシップ(或いは、内製化)に基づく協働体制は希薄であった。

我々の研究グループでは、この両分野の研究者の密な連携のもと、大型競争的資金による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、またその過程で発生するこの測定と評価に基づく標準フレームワークを立案・提示することを目標としている。具体的には、組織内外のトランザクションとコミュニケーション・インターフェースに着目し[22]、研究プロジェクトの形成・発展のプロセスと推進のメカニズムを、事例研究及び参与観察を通じて検証している。ここで得られた実測データは、研究拠点間、分野間、職階間、及び研究グループ/プロジェクト間での相互比較を通じて、研究マネジメント特徴の描出と改善試行に役立つものと期待している。更に、研究パフォーマンスの KPI との間で統計学的な解析と評価を施すことにより、生産性マネジメントの観点からより頑健な評価を行うことも可能となるだろう。これら取り組みの一部は、第6章で概説する。

以降は、これら3つのアプローチのうち、本稿の目的である研究開発現場との連携のあり方に関するものとして、経営組織論及び経営管理学的アプローチの実践事例をそれぞれ解説する。

## 4. 実践例①:経営組織論的評価

本節では、解説事例として、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」(平成 17-21 年度)によって実施された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, 以下 CNBI), 及び世界トップレベル研究拠点(WPI)プログラムとして採択されている京都大学 物質-細胞統合システム拠点 (the Institute for Integrated Cell-Material Sciences, 以下 WPI-iCeMS) の調査結果を取り上げる。いずれの拠点も既存の学理を融合し、新たな融合学術領域を創出すること、並びに成果の実用化を目標として置いている一方、異なる組織と運営方針で拠点運営が実践されており、KPI と経営管理手法、並びに組織論を議論するには適切な調査対象と判断された。

### 4.1. 拠点形成型プロジェクトのフレームワーク

組織的な研究プロジェクトの組成に際しては、主として行政或いは研究助成機関(ファンディング・エージェンシー)が、政府の科学技術政策を強化しうる研究プロジェクトの素案を設計し、大学・研究機関が公募プロセスを通じて研究提案を行なう。その中から選出された各研究プロジェクトは、自身の経営方針を決め、当初の提案した研究目標の達成のため、研究費等や人事枠等のリソースの配分、共用施設・設備の設置やイベントの開催等の組織的な施策を実施する。評価指標としては、一定期間における論文等の発表数、後方引用数が、各々量及び質の指標として用いられていることは前述の通りである。また、学際性の指標も、既に複数の研究グループより提唱されている [23-26]。しかしながら、学際研究の前提となる拠点内外の共同研究の進展や国際展開など、より広義の学際性(これらは政府により強く推進されている)の評価にはこれらに対応していないし、指標のいくつかは必ずしも十分に簡便とはいえない。そこで筆者らは、研究プロジェクト管理の実務視点を取り入れ、上述の課題に対応した、新たな評価フレームワークを構築した(図1)。

具体的には、研究分野や研究ネットワークの広がりを表す学際性指標、及び、論文数や論文の後方引用数で構成される論文生産性指標を整理した。前者に関しては、学際性指数に加え、所属研究者間の共著論文数、共著論文における筆者の所属機関数及び国数で構成した。そのうえで我々の実証研究では、成果の定量的な評価に加え、研究プロジェクトの戦略との整合性についても評価を試みた。

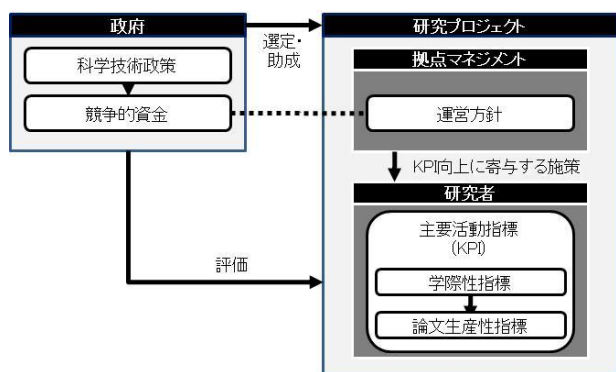


図1. 拠点形成型プロジェクトのフレームワーク  
説明は本文中に記す。

#### 4.2. 活動指標、成果指標の測定

まず、CNBIの学際性について指標解析を行なったところ、表1に示す通り、プロジェクト実施中におけるCNBI研究者間の共著論文数が、プロジェクト実施

前期間と対照群の差推計(DID)で有意に多かった。また、他の学際性指標、論文あたりの学術分野数、学際性指数については、DIDでは有意差が検出されなかったものの、時系列比較及び対照群の各々との比較で有意な差が確認された。一方、論文あたり所属機関数、共著者の所属地域数については、プロジェクト実施前に比べて有意な増加が検出されたものの、対照群との間には有意差がみられなかった。以上の結果は、このことは、CNBIにおける学際融合研究が、とりわけ拠点内における融合研究の推進において、発現したことを示している。

次に、CNBIの論文生産性指標を測定したところ、いずれの項目においても助成期間前のCNBI群と対照群との間では有意差は検出されなかった。すなわち、プロジェクト開始前のCNBI群は、対照群とほぼ同等の論文生産性を持つ研究者群から構成されていたことが確認された。また、CNBI群の論文数は年次変化の観点で上昇していることが確認された。すなわち、CNBIは論文生産性指標に関して正の効果を与えている事が示唆されたが、DIDでは有意差が検出されなかった。

WPI-iCeMSはプロジェクト期間中であるため、2008年から2010年の3年分の文献データを対象としている(表2)。CNBIと同様の解析を行ったところ、WPI-iCeMSの学際性指標に関しては、学際性指数については時系列と対照群のいずれとの間も有意差はみられなかった。一方、共著論文数、所属機関数、及び所属地域数については、両比較において有意な上昇が確認された。このことは、WPI-iCeMSにおける学際融合研究が、拠点外、とりわけ海外の研究機関の研究者との間において発現したことを示している。

WPI-iCeMSの論文生産性指標に関しては、論文数については両比較のいずれにも有意差は検出されなかった。後方引用数については、本プロジェクトが実施中であることから、解析の対象外とした。

活動業績指標(KPI)	研究領域	単位	CNBI群		対照群		CNBI群 開始前後の比較		CNBI群/対照群 開始前の比較		CNBI群/対照群 開始後の比較		プロジェクトの効果		
			開始前	開始後	開始前	開始後	効果	P値	効果	P値	効果	P値	DID値	効果	P値
			中央値 (標準偏差)	中央値 (標準偏差)	中央値 (標準偏差)	中央値 (標準偏差)									
学際性指標	研究領域の広がり	指数	0.69 (0.20)	0.76 (0.13)	0.65 (0.22)	0.71 (0.12) **		.009		.472 *	.016		-0.015		.740
	学際性指数 (HHI)	比率	0.05 (0.08)	0.06 (0.07)	0.03 (0.09)	0.01 (0.03)		.247 **		.006 ***	.000		0.043 *		.016
	研究ネットワークの広がり	共著論文数	2.43 (4.21)	4.23 (5.10)	0.66 (1.94)	0.34 (0.59) **		.007 **		.006 ***	.000		0.446 *		.010
	所属機関数	1論文あたり	2.50 (0.88)	3.00 (0.86)	3.09 (1.59)	3.27 (1.30) ***		.000		.160	.668		-0.059		.818
		全数	62.5 (58.6)	82.1 (59.0)	35.5 (47.1)	56.3 (49.9) **		.004 *		.046 *	.037		1.794		.644
	所属地域数	1論文あたり	1.15 (0.15)	1.12 (0.15)	1.15 (0.17)	1.16 (0.17)		.914		.995	.260		-0.094		.207
		全数	3.34 (2.74)	3.57 (2.69)	2.60 (2.28)	3.51 (3.17)		.428		.252	.747		-0.251		.257
論文生産性指標	論文数	全数	37.9 (33.7)	55.5 (44.5)	22.7 (27.9)	39.4 (36.3) **		.001		.066	.050		0.011		.993

注: N=35; \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

表 1. CNBI における学際性指標及び論文生産性指標の計測結果

活動業績指標(KPI)	研究領域	単位	iCeMS群		対照群		iCeMS群 開始前後の比較		iCeMS群/対照群 開始前の比較		iCeMS群/対照群 開始後の比較		プロジェクトの効果		
			開始前	開始後	開始前	開始後	効果	P値	効果	P値	効果	P値	DID値	効果	P値
			中央値 (標準偏差)	中央値 (標準偏差)	中央値 (標準偏差)	中央値 (標準偏差)									
学際性指標	研究領域の広がり	指数	0.69 (0.21)	0.69 (0.21)	0.61 (0.24)	0.67 (0.17)		.722		.290	.296		-0.091		.141
	学際性指数 (HHI)	比率	0.04 (0.01)	0.06 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.00)		.061 **		.006 ***	.000		0.042		.073
	研究ネットワークの広がり	共著論文数	0.27 (0.57)	0.61 (0.74)	0.06 (0.24)	0.09 (0.38) *		.017 **		.006 ***	.000		0.071		.262
	所属機関数	1論文あたり	2.89 (1.04)	3.73 (1.13)	2.66 (1.13)	2.82 (1.12) ***		.000		.359 **	.006		0.055		.862
		全数	53.4 (53.9)	60.6 (63.5)	47.1 (52.0)	52.2 (49.9)		.520		.521	.959		0.727		.861
	所属地域数	1論文あたり	1.21 (0.35)	1.35 (0.31)	1.24 (0.32)	1.22 (0.35) *		.024		.974 **	.008		0.027		.878
		全数	3.12 (1.74)	3.64 (2.67)	2.85 (2.11)	3.45 (3.26)		.192		.235	.252		-0.242		.481
論文生産性指標	論文数	全数	19.7 (19.6)	17.6 (19.0)	18.1 (16.9)	18.5 (16.2)		.228		.739	.383		-0.859		.510

注: N=33; \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

表 2. WPI-iCeMS における学際性指標及び論文生産性指標の計測結果

### 4.3. 評価と意味合い

本節では、本章で得られた結果に基づき、研究プロジェクト・研究拠点の戦略や経営方針が与える影響の評価、及びその実測結果の研究マネジメントへの活用の方策について、実践的見地から議論を展開したい。

#### 4.3.1. 拠点経営戦略への示唆

通例として、研究プロジェクトの実施に際しては、政策レベル、拠点レベルの両方において、明確に戦略的目標が定められている。特に異分野融合・学際連携研究拠点のマネジメントでは、達成目標とこの達成に向けた道程、組織連携や学際連携を効率よく行うための活動の方向付け等、研究戦略の立案が極めて重要となる。

先述の解析の結果では、CNBIとWPI-iCeMSは共に学際融合研究プロジェクトの実施拠点であるものの、傾向に相違がみられた。すなわち、表1及び表2にあるKPIの対対象群比較では、CNBIは分野数、学際性指標、共著論文数の3つについて値の亢進が顕著だったのに対し、WPI-iCeMSでは所属機関数、所属地域数について顕著であった。この差異は、両研究拠点の戦略的志向性の違いをよく説明している。

CNBIは拠点形成型の研究プロジェクトであるが、学内に新たな部局を設置することなく、研究者は既存の部局に所属しながら、部局横断的に本プロジェクトに参加する形態を採っている。また、CNBIの拠点形成戦略における最重要点は、東京大学の異なる部局間の連携である。例えば、医学系、工学系及び薬学系大学院間を跨ぐ、いわゆる医工連携研究の推進は、CNBIにおける最優先の経営課題の一つであった。解析結果をみると、CNBIでは研究プロジェクト実施期間中と前との間において、論文著者の平均所属機関数が、研究者あたりと論文あたりの両面で伸びていた。また、CNBI所属の研究者間における発表数は2005年の3報から2009年の25報に顕著に増加しており(第6章にて後述)、またネットワーク分析においても部局ノード間のエッジの増加が観察されている(データは非開示)。

WPI-iCeMSは、新たな部局の設置が含意された研究プロジェクトであり、研究者は既存の部局から移籍或いは兼担のうえ参画する。WPI-iCeMSの設立後2年間の主眼は、拠点内の学際連携、及び学外とくに海外の研究機関との組織的連携の促進であった。前章の解析結果をみると、共著研究機関数は減少し、WPI-iCeMSではその設立前後において協議の学際性指標の増大はみられず、他地域の研究機関との

共著論文数は有意に増加していた。このことは、WPI-iCeMSへの研究者の集約が進んだこと、WPIプログラムの掲げるミッションのうち国際化において組織的な進展がみられたこと、但し別のミッションである学際研究の推進は今後の課題であることが推察される。

上記の結果は、研究プロジェクト間における掲げる目標の違いを説明しており、各研究拠点の活動の進展度について一定の信頼性に足る評価結果を与えている。またそのことは、両研究拠点の指導者層に対するインタビュー結果によっても裏付けられている。

#### 4.3.2. 組織マネジメントへの示唆

KPIに基づく分析で得られた結果は、事後的な評価のみならず、研究拠点のマネジメントを改善試行していくうえでも、極めて有用な情報を提供する。論文をはじめとする文献は自然科学系、特に基礎科学分野の研究者にとって研究成果の証であり、研究組織としても同様である。従来型のピアレビュー評価と異なり、文献データベースの運用は定型的かつ再現的な評価を可能とし、ピアレビューを補完或いは代替する可能性を示唆している。欠点としては、研究から文献発表までに一定のタイムラグが発生することが挙げられる。このタイムラグの長さは分野によって異なるが、今回用いた2つの事例では十分な期間を経たものと判断される。或いは、論文ではない文献資料(例えば学会紀要等)の活用も今後は模索されるべきであろう。いずれにせよ、所属研究者に対して定期的に発表文献情報を収集・分析ののち、研究拠点の運営会議等の場でこれら指標に基づく現状把握や改善提案を図ることで、学術研究活動を対象としたPDCA(plan-do-check-action)の効果的な実施を期待することができる。換言すれば、この取り組みは大学・公的研究機関における、いわゆるカイゼン活動の適用の可否を占うものである。

#### 4.3.3. 各種指標の運用論

論文数の指標や学際性指標を活用した研究プロジェクトの経営管理については既に多数提唱されている[26-28]。ここで示したように、学際性指数のみならず、研究ネットワークの進展度(例えば、共著論文数、所属機関数、所属地域数)を、研究者個人及び組織全体の学際性指標に加味することで、より包括的な評価が可能となる。このようなアプローチは、研究拠点戦略のより精緻な立案及び実践を促すものと期待される。

後方引用数については、どの時期で用いるべきか

について、異なる考え方が提示されている[29]。本指標は論文の質を考える上では重要な KPI だが、その適用と解釈には十分に留意する必要がある。

また、本研究ではアプトブット指標の調査が主眼であったが、活動内容などのインプット指標、中間成果などの代替的なアウトプット指標等も KPI も考慮されるべきである。CNBI や WPI-iCeMS のような学際融合研究拠点では、全研究者が参加する合宿型研修(リトリート)の実施、各種のセミナー・シンポジウムなどのコミュニケーション機会のほか、単独の研究者や研究グループでは導入困難な共通実験機器など、異分野研究者間の協業を促進させるための多様なインターフェースが組織的に運用されている。これらの各種施策のうち、どれが研究プロジェクトの目標に貢献するか、或いはしないかの判定は、拠点マネジメント上極めて重要な示唆を与えるものであり、より広範なデータ収集と解析が求められるだろう。

## 5. 実践例②: 経営管理様式の開発

本章では、前章の内容を受け、経営管理様式の開発を主眼に、CNBI に関する実施事例を取り上げる。CNBI は主に東京大学内での部局間連携、特に「医工連携」を推進することを主眼に置いており、その融合形成過程が比較的を追跡しやすいうえ、平成 22 年 3 月末で 5 年間のプロジェクト期間を終了している。そのため、設立前後での生産性や成果量に関する比較が可能で、CNBI 設立の効果を直接的に検証でき、適切な調査対象であると判断されたためである。

### 5.1. 研究拠点における主要活動指標 (KAI) と KPI の整理

異分野融合型研究拠点である CNBI で実測された指標のうち、代表的なものを表 3 に示す。筆者らは、運営会議や CNBI 班会議等のイベント開催状況に関す

る調査を行なっただけでなく、研究者個人に対してもアンケートやヒアリング調査を実施し、拠点が主導して開催されたイベントの有用性等に関する評価を実施している。また、研究資金の使用状況については当然に拠点内で集計と報告が行われているが、特に拠点として研究支援体制が適切であったかどうかに関する自己評価に、上記アンケート調査を活用している。

調査に際し、我々は、研究拠点の運営において重要な活動について、その度合いを定量的に示すための「主要活動指標 (key activity indicator, KAI)」なる概念を適用した。CNBI における KAI としては例えば、拠点内連携の度合いを表象する、研究者間における共同研究数や、組織的に設置されたトランザクション・インターフェイス(セミナーやシンポジウム等)への参加頻度などが挙げられる。本 KAI について集計を行なったところ、研究プロジェクトの開始後間もなく順調に拡大する傾向がみられ、特に本研究プロジェクト後半にかけて、民間企業との連携が拡大している事が分かった(図 2)。一方、研究プロジェクトの終了に近づいてくると減少傾向がみされた。このことは、研究の進捗に応じて連携対象が継時的に変化すること、但し、助成期間を超えた連携の継続性の担保は現状では困難であることを示唆している。

また我々は、研究成果の社会還元に関する重要な KPI として、特許数(出願ベース)を導入した。本 KPI を集計したところ、継時的に順調な拡大が観察された(図 3)。また、研究プロジェクト開始時に比べると、出願総数のみならず、海外出願数も拡大しているうえ(データ非開示)、企業との共同出願特許数も大幅に拡大していることが判明した。尚、図 3 にみられる共願特許の拡大については、図 2 にみられる民間企業との共同研究数拡大という KAI の向上が、特許出願件数という KPI の増加に寄与した可能性が高い。

指標	計測対象	個別指標	計測アプローチ	データ
主要活動指標(KAI)	個人	イベント(会議、シンポジウム等)への出席状況	拠点による内部調査	定量
	拠点	拠点活動の有用性に対する評価等 拠点内外の共同研究総数 イベントの開催状況 研究資金の利用状況(人員、機器、利用状況等)	研究者アンケート、ヒアリング 拠点による内部調査	定性 定量 定量 定量
活動業績指標 (KPI)	個人	論文(質・量)、特許数、製品化数の測定	拠点による内部調査、文献調査	定量
	拠点	論文(質・量)、特許数、製品化数の測定	拠点による内部調査、文献調査	定量

表 3. CNBI において計測された指標



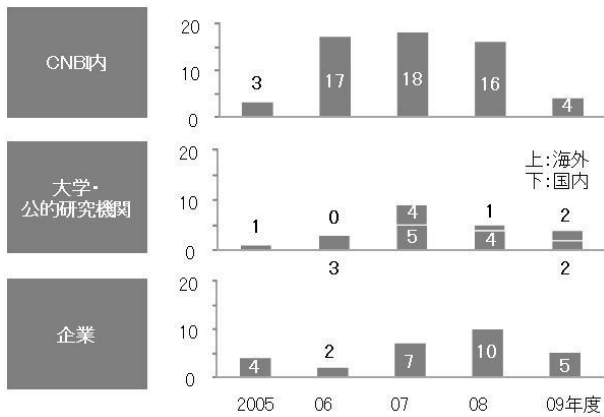


図 2. CNBI における共同研究数の年次推移  
説明は本文中に記す。

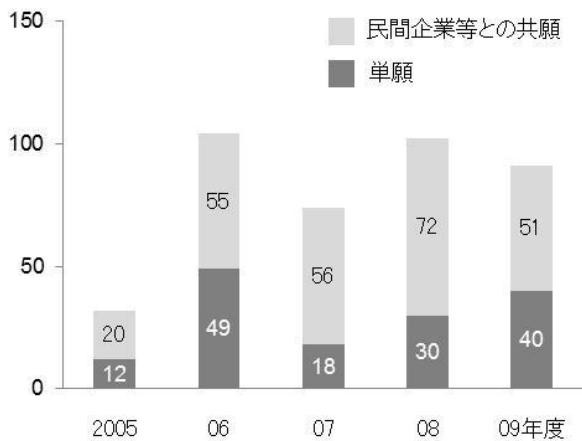


図 3. CNBI における特許数の年次推移  
説明は本文中に記す。

## 5.2. KAI と KPI の関連性解析

本研究で設定した KAI と KPI について、得られた計測結果を基に、KAI と KPI との間でどのような関連性があるかを分析した。先立ち、CNBI 所属研究者の KPI データとアンケート回答内容との間の相関分析、及び、CNBI の経営メンバー対象とした KAI/KPI データに関するヒアリング調査を各々実施した。

具体的にはまず、計量文献学的手法により、各研究者の文献データに関連する KPI の解析を実施した。次に、KPI として各研究者の論文数、これら論文の後方引用数および共著論文数の3つを選出し、KAI として CNBI が主催する各種イベントに対する参加への積極性および有用性の認識の2つをアンケート調査内容から抽出し、これら KPI-KAI 間の関連性を検証した(表 4)。結果、まず論文数・後方引用数の多い研究者と、共著関係の多い研究者では、回答傾向が異なることが分かった。また、論文数の多い研究者

は、「CNBI セミナー(主に外部研究者が発表を行ない、密な討議を行う交流イベント)」に積極的に参加していることが分かり、最新の研究動向の把握に鋭敏なことが推察される。また、共著論文数の多い研究者は、必ずしも参加が必須でない「国際シンポジウム(複数の外部講演者を国内外から同時に招聘し催す、大型の交流イベント)」の有用性が強く認識されている。これら研究者は、CNBI が設定した国際シンポジウムの場を活用し、グローバルな研究ネットワークを更に拡大しているものと思われる。

更に多面的な評価を実施するため、CNBI のプロジェクトリーダーを含む、研究拠点の経営メンバー2名に対するヒアリング調査を実施し、KPI の向上に寄与した取り組みに関する定性的評価を行なった(表 5)。結果、KPI のうち論文数や共著論文数の向上に貢献した具体的取り組みが提示された。中にはイベント開催による連携機会の創出といった内容に留まらず、プロジェクト若手の重用といった組織論や組織設計、リーダーシップ、共通機器等の研究リソースの最適な配分に至るまでの言及があり、幅広い経営的取り組みが KPI 向上に寄与していることが示唆された。今回得られた結果の相関・因果関係の検証は今後の課題であるが、本研究は、トランザクション・インターフェイスの設置などの組織的な施策が、KPI の向上にどのように・どの程度寄与しているか、その有効性を分析し、かつ改善試行に繋げていくためのフレームワークを提示するものである。

拠点により設定されたイベント	KPI		
	論文数	後方引用	共著論文
参加の積極性			
CNBI 班会議	-0.558 **	-0.75 ***	-0.28
CNBI シンポジウム(国際)			
CNBI シンポジウム(国内)			
CNBI セミナー	0.675 *	0.598 **	
CNBI の拡大実施委員会			
その他の CNBI 内での打ち合わせ	0.417	0.87 **	
その他の学内での打ち合わせ等		-0.51 *	-0.96 ***
その他の学会やシンポジウム		0.458 *	0.515 *
CNBI 外の委員会活動	-0.73 **	-0.72 ***	
有用度の認識			
CNBI 班会議			
CNBI シンポジウム(国際)	0.636 **	0.797 ***	0.676 ***
CNBI シンポジウム(国内)		-0.41	
CNBI セミナー	-0.66 *	-0.58 *	-0.75 ***
CNBI の拡大実施委員会			
その他の CNBI 内での打ち合わせ			1.008 ***
その他の学内での打ち合わせ等			
その他の学会やシンポジウム		-0.3	-0.32 *
CNBI 外の委員会活動			
N数	25	25	25
調整済み R2乗値	0.427 **	0.696 **	0.61 **

表 4. 活動業績指標(KPI)-主要活動指標(KAI)間の相関分析

KPI項目	向上に寄与した経営的取り組み
共著論文数	CNBI班会議の開催 共通機器の設置 プロジェクトマネージャーの設置
論文数	Disciplineの近い3分野の設定 以前から連携のあった研究者を選定 CNBI班会議の開催 共通機器の設置
KPI全般	自由参加の気風 プロジェクトリーダーの強いリーダーシップ 若手研究者の重用

表 5. CNBI において活動業績指標(KPI)の向上に寄与した経営的取り組み

### 5.3. 評価と意味合い

本節では、今回解析した指標やその結果について、研究拠点の経営管理の場でどのように活用するか、実践的手法を議論する。また、本研究アプローチが、行政による異分野融合型の研究拠点形成政策の評価にも活用できるか検討する。

#### 5.3.1. 所属研究者の評価への示唆

本 KPI-KAI フレームワークの活用の方策のひとつは、研究プロジェクトにおける人材マネジメントである。例えば、CNBI 所属研究者の KPI を研究プロジェクト採用時点と実施期間中とに分けて観察してみると、元来共著論文数の多い研究者が中心となって構成されていることがわかる。そのうえで、CNBI の存在により共著論文数の有意な増加が観察され、また拠点マネジメントからその促進効果が指摘されている(表 5)。このことは、採用時点における連携実績が、その後の研究プロジェクト目標の成否に対して有意に影響している可能性、研究プロジェクト組成当初の人選の重要性を示唆している。

このような KPI の運用は、政策および研究拠点経営にとって有用と考えられるが、一方で、KPI に基づく人事の推進に対しては、とかく基礎研究分野においては研究現場から一定の反発もあろう。その対応としては、プロセス評価指標としての KAI を活用することが考えられる。特に研究プロジェクト開始以降に参画した若手プロジェクト特任教員は、既存の兼担教員に比べて研究成果の創出までのリードタイム、タイムラグが長いことも想定される。そのような場合、KAI の達成度について一定の評価を与えるなどの方策が検討されるべきであろう。

#### 5.3.2. 研究拠点の評価への示唆

競争的資金に基づく研究拠点では通例、プロジェク

ト期間中に実査(サイトビジット)やピアレビューを実施のうえ、中間報告を求められる。際して、研究拠点の運営メンバーによる自己評価にあたっては、評価軸の設定が極めて重要となる。また、そのプロセスでは、競争的資金を設計・公募する行政・研究助成機関が求める研究プロジェクトの達成目標を見極め、かつ、研究拠点内で評価軸に関する合意を形成することが不可欠となろう。このような自己評価に際しては、論文数(特にプロジェクト期間後における純増数)や特許数などの KPI の達成状況を報告するとともに、表 3 にある拠点レベルでの KAI のモニタリング結果を定量的に提示することが効果的と考えられる。その際、所属研究者へのアンケート調査により、KAI の定性的把握を行うとともに、今後の運営における課題点も広く抽出するべきであろう。

研究プロジェクト終了時や事後評価においては、グラント申請時に設定された KAI 及び KPI の最終的な達成状況を報告することが望ましい。研究プロジェクト期間中の評価が困難な KPI である論文の後方引用数についても、初期の論文に対しては一定の定量的評価が可能である。また、研究プロジェクトの多様な波及効果についても十分に記述しておく必要がある。例えば、所属していた若手教員の昇進・転進等のキャリアパス拡大、外部資金の獲得状況、受賞数などが挙げられる。また、中間報告時のアンケートの回答結果が、その後の経営的取り組みによってどのように変化したかは、研究拠点の組織的な経営努力を端的に示しているため、報告機会において十分に訴求されるべきであろう。

#### 5.3.3. 研究拠点の経営管理への示唆

本研究で提示した KAI-KPI に基づく評価アプローチ、並びに定量・定性分析フレームワークは、研究拠点の経営管理のあり方に対し、強い示唆をもたらすものである。本手法により抽出された経営的取り組みや課題が、研究拠点の運営に活用されることで、研究開発における PDCA サイクルの実践や、ベストプラクティスの同定につながるからである。

### 5.4. 今後の取り組み

本研究は、特に生命科学を基軸とした異分野融合型研究拠点を対象に解析と考察を行っており、考察された経営管理手法が他分野で適用可能性かどうかは十分に精査する必要がある。そのため、他の融合型研究プログラムとの比較研究を更に拡大していく必要がある。今回議論された成果・プロセス指標を基にした経営管理を実践し、その成果への貢献を前向きに検証するため、現在進行中である FIRST プログ

ラム等への拡大的展開を現在進めている。

仮にこのようなアプローチ及びフレームワークを標準化し、既存の類似研究プロジェクトや将来実施予定のものに適用することができれば、研究プロジェクト間の生産性を比較し、政策効果を相対的に検証できる可能性がある。そのためには、研究事例の着実な積み重ねと並行して、得られた情報のデータベース化、一元管理が必要であり、行政及び研究助成機関の対応が待たれるところである。

## 6. 今後の展望

以上、より精緻なデータに基づく、評価指標の精緻化・可視化のための方策、及びその改善試行のための柔軟なフレームワーク、研究活動の促進の方策を概説してきた。しかしながら、この萌芽的研究の限界、将来に向けた取り組みの方向性も、明らかにしておく必要がある。

### 6.1. 調査・評価スコープの拡大

第5章に述べた経営組織論的評価では、CNBI及びWPI-iCeMSの課題研究代表者と若手奨励研究員のみを対象にした解析を行った。しかしながら、ポストドクやシニア Ph.D.コースの学生等の若手研究者や候補が多数在籍しており、これらの貢献については評価を行えていない。加えて、いずれの事例も研究部局ゆえ、大学の最重要な役割の一つである、教育活動は評価の対象としていない。より普遍的・包括的な経営管理様式の確立のためには、左記の各点を包含することが不可欠である。

また、本調査で提案した経営フレームワークの汎用性を高めていくうえで、今回のような少数事例に基づく調査では、明らかに限界があり、調査対象を拡大する必要がある。仮に本アプローチを、WPIプログラム採択拠点(全6拠点)及びFIRSTプログラム採択拠点(全30拠点)の採択拠点へ展開すれば、分野横断的な最適化が図られることだろう。発展的に考えれば、これらの実証研究で構築した文献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の構築も、国レベルの取り組みとして検討されるべきだろう。

### 6.2. KPIの拡充

前節でも述べたように、アカデミックな成果は必ずしも文献に留まらない。特に、技術シーズの核となる特許の創出、イノベーションの担い手となる大学発ベンチャー企業の創製、エンドユーザーにとっての真の

価値である製品・サービスの流通は、大学発のイノベーションを語る上で不可欠の評価指標であることは論をまたない。また、市場性のほかにも、教育やカリキュラム改善など、将来の大学研究を充進に寄与する教育効果も含まれるだろう。よって今後は、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必要がある。具体的には、まずは産学連携活動の推進のために必要な、大学・公的研究機関側に求められる要件を描出することが先決だろう。そのうえで、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っていく必要がある。

### 6.3. 経営管理フレームワークの開発・提案と実装

第5・6章の実証研究で得られた定量・定性サーベイ調査結果は萌芽的な段階に留まる。また、実組織における運動論としても、かかる取り組みを単回で終わらせるのではなく、研究拠点間、職階間、分野間及び研究グループ間で比較・検証が反復的・継続的になされることにより、またKPI及びKAIの最適化努力が重ねていくことを通じ、はじめて実装されるものである。すなわち、科学・技術経営学上の研究成果を、科学・技術経営やプロジェクト・マネジメントの現場へ逐次還元していくことが肝要であり、現場当事者からのフィードバックとPDCAサイクルの励行を通じて、実践成果が学術研究に還元されることではじめて、「活きた」研究となるだろう。

既存の科学・技術経営、プロジェクト・マネジメント様式との整合性も、実践の上で重要な論点である。例えば、第6章の研究の発展として、学際共同研究プロジェクトに関する活動の生産性を、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[22]。仮にそのアプローチが有効であれば、例えば先述のPMBOK[9]等の既成の体系に、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り、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様式の確立に近づくかもしれない。

## 7. 結び

以上、所謂アカデミック・イノベーション・マネジメント研究の背景と課題認識、研究概要と期待効果について概説した。各所で言及した我々の取り組みは、現時点ではいずれも萌芽的な段階に留まるが、本稿の冒頭にて強調した通り、アカデミックの研究開発マ

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・技術経営研究としての普遍化・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所存である。

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・技術経営及びイノベーション論上の新たな探求領域を形成し、更には、本取り組みを大学・公的研究機関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・日本学術振興会 科学研究費補助金研究課題(基盤研究(C), 安西, 仙石), 文部科学省・日本学術振興会 世界トップレベル研究拠点(WPI)プログラム(仙石), 内閣府・総合科学技術会議 最先端研究開発支援(FIRST)プログラム研究課題(安西), 同 最先端・次世代研究開発支援(NEXT)プログラム研究課題(仙石)の支援のもと実施された。東京大学ナノバイオ・インテグレーション研究拠点, 京都大学物質-細胞統合システム拠点, 東京大学「ナノバイオテクノロジーが先導する診断・治療イノベーション」プロジェクト, 日本電気株式会社 C&C イノベーション研究所, 及び京都大学大学院経済学研究科アカデミック・イノベーション・マネジメント研究会の各氏には、事例提供や意見提供等の各種のご協力を頂いた。ここに深い感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] 丹羽清, 技術経営論, 東京大学出版会 (2006)
- [2] Kuhn, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press (1962)
- [3] 大磯輝将, 持続可能な社会の科学・技術, 国立国会図書館, 総合調査報告書『持続可能な社会の構築』, 国立国会図書館, 117-133 (2010)
- [4] D. Mowery, B. Sampat, *The Bayh-Dole Act of 1980 and University-Industry Technology Transfer: A Model for Other OECD Governments?* *Journal of Technology Transfer*, 30(1/2), 115-127 (2005)
- [5] E. Corley, P. Boardman, B. Bozeman, *Design and the management of multi-institutional research collaborations: Theoretical implications from two case studies*, *Research Policy*, 35, 975-993 (2006)
- [6] 田中一宜, 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

(2007)

- [7] C. Haythornthwaite, *Learning and Knowledge Networks in Interdisciplinary Collaborations*, *Journal of American Society for Information Science and Technology*, 57(8), 1079-1092 (2006)
- [8] P. Boardman, E. Corley, *University research centers and the composition of research collaborations*, *Research Policy*, 37, 900-913 (2008)
- [9] Project Management Institute, *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge* (3rd ed.), Project Management Institute (2004)
- [10] A. Jaffe, M. Trajtenberg, M. Fogarty, *The Meaning of Patent Citations: Report on the NBER/Case-Western Reserve Survey of Patentees*, NBER Working Paper 7631 (2000)
- [11] D. Harhoff, F. Narin, F. Scherer, K. Vopel, *Citation Frequency and the Value of Patented Inventions*, *The Review of Economics and Statistics*, 81(3), 511-515 (1999)
- [12] J. Lanjouw, M. Schankerman, *The Quality of Ideas: Measuring Innovation with Multiple Indicators*, NBER Working Paper 7345 (1999)
- [13] M. Gibbons, L. Georghiou, *Evaluation of Research, A Selection of Current Practices*, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), Chapter III (1987)
- [14] C. Oppenheim, *The Correlation Between Citation Counts and the 1992 Research Assessment Exercise Ratings for British Library and Information Science University Departments*, *Journal of Documentation*, 51(1), 18-27 (1995)
- [15] C. Oppenheim, *The Correlation Between Citation Counts and the 1992 Research Assessment Exercise Ratings for British Research in Genetics, Anatomy and Archaeology*, *Journal of Documentation*, 53(5), 477-487 (1997)
- [16] E. Rinia, Th. van Leeuwen, H. van Vuren, A. van Raan, *Comparative Analysis of a Set of Bibliometric Indicators and Central Peer Review Criteria Evaluation of Condensed Matter Physics in the Netherlands*, *Research Policy*, 27(1), 95-10 (1998)
- [17] 林隆之, ビブリオメトリクスによるピアレビューの支援可能性の検討 理学系研究評価の事例分析から, *大学評価*, 3, 167-187 (2003)
- [18] F. Narin, K. Hamilton, D. Olivastro, *The Increasing Linkage Between U.S. Technology and Public Science*, *Research Policy*, 197, 101-121 (1997)
- [19] 玉田俊平太, 児玉文雄, 玄番公規, 重点4分野におけるサイエンスリンクエッジの計測(下), *情報管理*, 47(7), 455-462 (2004)
- [20] 玉田俊平太, 内藤祐介, 玄番公規, 児玉文雄, 鈴木潤, 後藤晃, 日本特許におけるサイエンスリンクエッジの計測, 日本のイノベーション・システム,

東京大学出版会, 21-34 (2006)

[21] T. Anzai, R. Kusama, H. Kodama, S. Sengoku, Holistic observation and monitoring of the impact of interdisciplinary academic research projects: An empirical assessment in Japan, *Technovation*, forthcoming.

[22] 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(1), *経済論叢*, 175(3), (2005)

[23] A. L. Porter, A. Cohen, D. Roessner, M. Perreault, Measuring researcher interdisciplinarity, *Scientometrics*, 72(1), 117-147 (2007)

[24] Y. Kajikawa, J. Mori, Interdisciplinary Research Detection by Citation Indicators, *Proceedings of the 2009 IEEE IEEM* (2009)

[25] I. Rafols, M. Meyer, Diversity and network coherence as indicators of inter-disciplinarity: Case studies in bio-nanoscience, *Scientometrics*, 82(2), 263-287 (2010)

[26] A. L. Porter, D. J. Schoeneck, D. Roessner, J. Garner, Practical research proposal and publication profiling, *Research Evaluation*, 19(1), 29-44 (2010)

[27] E. Bonnevie-Nebelong, Methods for journal evaluation: journal citation identity, journal citation image and internationalization, *Scientometrics*, 66(2), 411-424 (2006)

[28] C. Kao, H. L. Pao, An evaluation of research performance in management of 168 Taiwan universities, *Scientometrics*, 78(2), 261-277 (2009)

[29] S. Garrett-Jones, D. Aylward, Some recent developments in the evaluation of university research outcomes in the United Kingdom, *Research Evaluation*, 9, 69-75 (2000)