

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26285084

研究課題名(和文) 異分野融合・学際連携の技術経営学：組織ダイナミクス可視化の実証研究

研究課題名(英文) Management of technology on interdisciplinary and fusion-scientific research: an empirical study to visualise organisational dynamics

研究代表者

仙石 慎太郎 (Sengoku, Shintaro)

東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授

研究者番号：00401224

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,700,000円

研究成果の概要(和文)：異分野融合・学際研究の経営のために、業績、活動及びその関係性の可視化を事例研究を通じて試みた。業績に関しては、計量書誌学的アプローチを採用し、共著関係、共引用構造分析や書誌結合分析による事実記述的な手法論を動員し、マクロ・メゾ及びミクロレベルの視座を包含する経営ツールを提案した。活動に関しては、経営組織論的アプローチを採用し、参与観察をもとに、学際・融合研究の推進のうえで鍵となる活動の要点を特定した。業績と活動の関係性に関しては、研究プロジェクトにおける共通構造を抽出したのち、高生産性を発揮した事例の特殊構造を、分野、参画機関及び中心的研究者のネットワーク構造をもとに説明した。

研究成果の概要(英文)：The present research aimed to visualise the performance, activities and their relationship through case studies on the management of interdisciplinary and fusion-scientific research. With regard to performance, a descriptive approach using bibliometric methodologies was adopted for co-authorship, co-citation and bibliographic coupling analyses and proposed a managerial tool that includes micro, meso and macro-level viewpoints. As per activities, we adopted a case study on organisation management and identified key activity elements to promote interdisciplinary and fusion-scientific research. Regarding the performance-activity relationship, we firstly identified a common structure in multiple research projects in a programme, then visualised a unique structure of the case with highest innovative productivity using a set of network analyses across academic fields, participating institutions and core researchers.

研究分野：技術経営

キーワード：技術経営 イノベーション経営 プロジェクトマネジメント 科学技術政策

1. 研究開始当初の背景

学際連携・異分野融合(学際・融合)は、学際・国際・産官学の「3つの連携」を包摂する概念であり、画期的発明・発見やイノベーションの実現機会として理解され、多大な政策的努力がなされている。世界トップレベル研究拠点(WPI)プログラム(平成19~28年度)や最先端研究開発支援(FIRST)プログラム(平成21~25年度)等の大型公的研究開発助成、スーパーコンピュータ京や大強度陽子加速器施設(J-PARC)等の大規模共同研究設備は、その代表例である。

その一方で、学際・融合研究開発の組織メカニズム・プロセスへの理解は不十分な状態に留まる。確かに科学計量学分野では少なくない研究蓄積があり、学際連携の進展度の評価には Rao-Stirling 指標等が、国際連携の進展度の評価には文献の共著関係に着目したネットワーク分析手法等が、産学連携の進展度の評価には論文・特許間の引用・被引用関係(いわゆるサイエンス・リンケージ)等がこれまでに考案・提案されている。しかしながら、これら業績評価指標を現実の研究開発拠点に適用し、既存の評価体系と照合のうえ、その妥当性や有用性を検証する実証研究は、ごく少数を数えるのみであった。更に、これらの先行研究はいずれも、学際・融合の業績(パフォーマンス)サイドに立った評価に留まる。学際・融合が如何なるメカニズム・プロセスにより促進或いは阻害されるかといった、活動(アクティビティ)サイドに立脚した経営組織論的からの実証研究は、ほぼ皆無であった。

2. 研究の目的

学際連携・異分野融合(学際・融合)は、学際・国際・産学連携を包摂する概念として理解され、画期的な発明・発見やイノベーションの源泉として多くの政策プログラムが実施されている。しかしながら、学際・融合は従前の単一分野(mono-disciplinary)との相違が指摘されているものの、その知的創発のメカニズムは十分に理解されていない。本研究課題はこの解明を目指し、その着手として、学際・融合研究開発事例の実証研究を実施した。

具体的には、中心的研究者、論文・特許成果及び人材育成・教育成果を測定点とした科学計量学的分析を行い、業績特性を明らかにした。並行して、中心的研究者、投入資源及び交流機会を測定点とした経営組織論的分析を行い、活動特性を明らかにした。更に、学際・融合研究開発の評価指標・観測手法を技術経営学的見地から理解し、かつ研究開発マネジメント様式としての体系化に努めた。

3. 研究の方法

本研究課題は、学際・融合を盛り込んだ大型公的助成プログラム事例の観測に基づく実証研究を旨として実施した。

学際・融合の業績サイドの科学計量学的評価アプローチとしては、引用・被引用関係に加え、共著関係や閲覧回数等のより即時性の高い指標の導入を試みた。学際・融合の広がりに関しては、所与の分野分類に基づく従前の規範的手法に加え、共引用構造分析や書誌結合分析による事実記述的な手法論、また、人材育成・教育成果等の非文献計量指標も考慮に入れた。

学際・融合の活動サイドの経営組織論的評価アプローチとしては、コミュニケーション・インタラクション等を含むトランザクションに着目した測定手法を援用した。即ち、学際・融合の研究開発の推進プロセスや鍵となる活動単位を特定し、観測軸・指標を設定し実測し活動実態を整理して把握した。更に、観測結果を分野・機関・中心的研究者・研究プロジェクト間で比較・検証することで、学際・融合研究開発の影響要因や行動類型を抽出した。

より詳細な手法論は、本研究の公表文献の手法を参照されたい。

4. 研究成果

研究成果の概要を、業績評価の運用論、活動評価の運用論、業績・活動評価の関係性と運用論及び社会実装に向けた示唆の4つの視点で以下にまとめる。

(1) 業績評価の運用論

業績評価の視点として、取引費用に着眼した理論構築を先行研究の調査と事例観察をもとに進め、中心研究者等の主体(actor)、論文発表・特許出願等の成果(outcome)、人材育成・教育等の成果(people)を規定し、測定指標として整理した(Suematsu, 2014)。

論文成果に関しては、学際・融合を評価するための様々な計量書誌学的指標が提案されている。そこで我々は、本指標系を大型公的助成プロジェクトである WPI プログラム拠点事例において運用し、各指標の実効性を検証するとともに、引用文献、発表文献および被引用文献の多様性に基づく、学際研究のプロセッシングモデルを提唱した(Avila-Robinson, Shichijo & Sengoku, 2014)。本分析で得られた評価結果と、WPI プログラム実施機関が実施した公的な評価結果を照合した。その結果、学際・融合の成果に関して、両者の間に著しい相違がみられた。この相違は、本分析が論文情報のみを依拠する点を考慮したとしても、十分に説明することは困難であり、主としてピアレビューによる現行の評価の在り方に対する課題提起となった。

次いで、上述の分析事例をもとに、WPI プログラム拠点のひとつである京都大学物質・細胞統合システム拠点(WPI-iCeMS)を選

出し、その比較対照に WPI-iCeMS と類似した分野ポジショニングにある米ハーバード大学 Wyss Institute を採用し、マクロ、メゾ及びミクロレベルからなる多層的かつ包括的な評価系を開発し提案した。更に、三次元ネットワークに基づく別の視覚化アプローチを採用し、学際・融合における知識融合のプロセスを継時的に観測し、また本プロセスを支援する手段として提案した(Avila-Robinson & Sengoku, 2017)。ここでいうマクロ、メゾ及びミクロレベルは、各々、研究開発プログラム(この場合 WPI プログラム)、研究開発プロジェクト(場合 WPI-iCeMS)及び研究開発ユニット(研究グループ)の3つのレベルに相当する。すなわち、本評価系を適用・運用することで、3つの視点を包括して評価を実施する可能となり、学際・融合にまつわる科学技術政策と研究開発マネジメントの双方への貢献が期待される。

(2) 活動評価の視点として、取引費用及び資源ベース理論に着眼した理論構築を先行研究の調査と事例観察をもとに進め、中心研究者等の主体(actor)、研究資金・設備、マテリアル等の投入資源(resource)、交流機会(opportunity)を規定し、測定指標として整理した(Suematsu, 2014; 安西・木村・仙石, 2014)。

次いで、学際・融合研究プロジェクトとして東京大学ナノバイオ・インテグレーション研究拠点(CNBI)と京都大学 WPI-iCeMS の2事例を採用し、調査・分析を行った。結果、トランザクションの対象者、要素及び対象資源の3つの観点から両事例の様式を比較した結果、両者間での相違点が見出され、それらは互いの戦略的志向性の相違に概ね合致するものであった。次に、京都大学 WPI-iCeMS 事例において、各研究者の研究業績における学際・融合の度合いと、コミュニケーション上の特徴との関係性を分析した結果、各種コミュニケーション機会の選好度と会議・打合せのマネジメント上の特徴において有意な差を見出した(Anzai & Sengoku, 2016)。

次いで、WPI-iCeMS を事例として、細胞生物学と物質科学の境界領域の学際・融合研究に着目し、従事する研究者の志向の観察を通じて、制度的インセンティブと内在的モチベーションの相互作用を調査した(Lauto & Sengoku, 2015)。結果、学際・融合研究を奨励する組織のミッションとは裏腹に、これを志向する研究者数は限定的であり、その傾向は若手研究者にとりわけ顕著であった。また、各個人における、学際・融合か否かという研究戦略の選択は、研究上のアイデアの生成、成果発表の機会、知的努力、チーム内の調整コスト及び組織が提供する資源への満足度により説明されることが示された。本結果は、学際・融合研究の組織的な推進のためには、業績ベースのみならず、活動ベースの評価と人材育成スキームが必要であることを示唆

している。

また、文部科学省センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム拠点のひとつであるスマートライフケア社会の変革を先導するものづくりオープンイノベーション拠点(COINS)を対象として、学際研究を促進(あるいは阻害)する、研究者のケイパビリティおよび R&D 環境の調査を実行した(Katoh et al. forthcoming)。関係者サーベイに基づく定量分析からは、学際研究を志向する研究者は関係性の構築や管理を行う能力が高く、また学際研究機関から供給されるリソースに対する満足度が高いという結果が得られた。定性分析からは、COINS においては、学際研究を促すために研究チームが流動化されていた一方で、コアメンバーは固定化されており、固定と変動の2つのレイヤーを設置することが、学際研究のマネジメントにおいて重要であることを示唆する。また、COINS が研究チームの流動性を実現できた背景には、川崎市産業振興財団という大学や企業から独立した組織が運営主体であることの影響が確認された。

(3) 業績 - 活動評価の関係性と運用論

上記のフレームワーク・指標に基づきパイロット観測を実施し、観測・測定面の実効性を検証した。

第一に、既存の研究開発プロジェクトにおける参与観察を通じて得られた情報をもとに、活動要因と成果の関係性分析に資する調査・分析項目を整理・体系化した(安西・木村・仙石, 2014)。

第二に、複数のプロジェクトが含まれる大型競争的資金を伴う研究開発プログラムの事例(FIRST プログラム)を対象に、一般性をもった共通構造と個別事例に特有な固有構造の2つの観点から分析を実行し、汎用性のある活動 - 業績評価系の確立を試みた(宮下・仙石, 投稿準備中)。共通構造に関する分析結果からは、研究資金の多寡が雇用される研究者の人数を介して論文などの学術的成果の数に影響を与えている可能性が高いことが明らかになった。また、知的財産権の創出、特に特許の登録の促進には単に出願を増やすだけでは不十分であり、戦略的な知的財産の創出への活動が要求されることが示唆された。一方、固有構造に関する分析では FIRST プログラムの1つである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(NanoBio FIRST)拠点を対象に、成果創出におけるメンバー間の関係を元に組織構造の特徴が成果創出にどのように寄与するかについて考察した。特に、特許の発明者間の関係の分析結果から、中心研究者及び緊密なメンバーが構成するコアとそれ以外のメンバーによる二重構造の存在や大学と大学発ベンチャーの共同出願が特許登録の促進に貢献した可能性について示唆された。本結果は、研究開発の成果の社会実装に向けた活

動の設計・計画への貢献が期待されるとともに、知的財産の創出よりも更にその先の出口、例えばベンチャー創出及びその活用により還元される効果まで含めた、より広範な活動及び業績評価の重要性についても含意している。

(4) 社会実装への示唆

ハイテク・スタートアップの興隆は我が国の科学技術・イノベーション戦略の鍵である一方、研究開発の不確実性や事業リスクが高く、長期視点の投資活動が求められる製薬業界では、他地域に比して十分な成果は得られてこなかった。これは、技術的な議論やいわゆるベンチャー支援の各論に留まらず、産業政策や規制環境、倫理課題をはじめとする社会の受容を考慮した、我が国固有のイノベーションモデルの開発が不可欠である。この問題を検討すべく、日本のバイオテック産業における研究開発コンソーシアムの意義と効用に着目し、その活用の方策を検討した (Sengoku, forthcoming)。第一に、企業間の連携、地域イノベーションシステム及び知的財産マネジメントの観点から、研究開発コンソーシアム概念を理論と実践の両面より整理した。次いで、我が国のバイオテック企業を事例とし、バイオテクノロジーと創薬が交差する先端科学技術分野に着目し、事業背景、知的財産、人的資源、外部連携及び開発パイプラインの諸観点から企業成長に求められる要件を抽出した。そのうえで、COI 拠点である COINS 及びその中核研究開発拠点である ナノ医療イノベーションセンター (iCONM) をコンソーシアム事例として採用し、学際・融合研究開発からイノベーション導出に至るプロセス管理の観点から、我が国におけるバイオテック企業の育成アプローチの実装のあり方を考察した。

更に我々は、中小企業の異分野参入の観点から、学際・融合研究開発コンソーシアムが果たす役割について考察した (加藤・青山・仙石, 2017)。我が国には 380 万社を超える中小企業が存在しており、持続的な成長や地域経済の基盤となっている。昨今の景況の回復基調とは裏腹に、国内市場の縮小、人材不足、設備の老朽化などの課題が指摘されている。このような状況において、多様で活力ある成長発展を図るためには、新たな事業領域への進出、先端科学技術分野への積極的な参入が不可欠である。本研究では、産学公の連携を推進する施策の一環として形成・運営されているコンソーシアムが、これら中小企業の異業種参入や事業開発に対する意義と効用について考察した。先端技術として昨今注目を集めている幹細胞・再生医療分野に注目し、本分野におけるコンソーシアムを事例として、中小企業の協業機会の拡大、組織機能の補完及び協業成果の発信における貢献の在り方を検証した。結果、本コンソーシアムが中小企業に対して大学・公的研究機関との地

域を超えた協業機会を提供しうること、及び、中小企業に対してブランドや信用の補完機能を担いうることを示された。これらの結果は、コンソーシアムの形態と機能を最適化することで、中小企業の付加価値形成への更なる貢献の可能性を示唆するものである。

これら一連の研究成果は、学際・融合と連携を旨とする研究開発組織における経営管理の方向性を示すとともに、科学技術・イノベーション政策と経営分野における新たな研究潮流を拓いた。

最後に、課題と展望を述べる。第一に、上述した一連の研究を通じて、学際研究の計量書誌学的な業績評価の方法論と体系については一定の帰結を見ることが出来たが、主として論文業績に代表される知の創出フェーズに関するものであり、特許文献に代表される知の活用フェーズや、イノベーションに関連する指標の扱いについては、更なる検討が必要である。第二に、活動サイドの指標は、主としてサーベイやインタビューに基づく調査に留まっており、より先進的な調査方法の開拓が必要である。その試みとして、学際・融合研究拠点における共通機器や共通スペースの利活用状況の調査を行ったが (Kato et al., forthcoming)、個人レベルの活動内容の逐次収集といったより踏み込んだ方法論も提唱されており、これらの扱いは今後の課題としたい。最後に、これらの知見に立脚しつつ、学際・融合研究開発における活動と業績の関係性を、より包括的に理解する必要がある。本点は、COINS/iCONM 等の事例研究を継続することで深耕したい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- [1] 安西智宏, 木村廣道, 仙石慎太郎, (2014). 活動指標に基づく学際・融合研究開発プロジェクトの経営管理: 先端医工学連携拠点の事例研究. 査読有, 研究 技術 計画, 29(2_3):106-117.
- [2] Lauto, G., Sengoku, S., Perceived incentives to transdisciplinarity in a Japanese university research center, 査読有, Futures, 65:136-149 (2015)
- [3] Ávila-Robinson, A., Shichijo, N., & Sengoku, S. (2014, July). Managing discrepancies in evaluation methods for interdisciplinary research programme: The case of WPI in Japan. 査読有, In Management of Engineering & Technology (PICMET), 2014 Portland International Conference on (pp. 2605-2615). IEEE.
- [4] Anzai, T., & Sengoku, S. (2016). Managing Academic Interdisciplinary Research

towards Innovation: A Resource and Communication-Based Approach. 査読有, Technology Transfer and Entrepreneurship, 3(2), 70-81.

- [5] Ávila-Robinson, A., & Sengoku, S. (2017). Multilevel exploration of the realities of interdisciplinary research centers for the management of knowledge integration. 査読有, Technovation, 62, 22-41.
- [6] 加藤尚吾, 青山朋樹, & 仙石慎太郎. (2018). コンソーシアムを介した中小企業の異業種参入と事業開発. 査読有, 産学連携学, 14(1), 1_47-1_58.
- [7] Katoh, S., Lauto, G., Anzai, T., Sengoku, S., Identification of Factors to Promote Interdisciplinary Research: A Trial at COINS. 査読有, In Management of Engineering & Technology (PICMET), 2018 Portland International Conference on (forthcoming). IEEE.

〔学会発表〕(計 15 件)

- [1] Ávila-Robinson, Alfonso. 'Research landscapes' as evidence-based tools for visually exploring changes in research and development. 2nd Kyoto University – National Taiwan University Symposium 2014. (2014 年 9 月 1 日-2 日, 京都, 招待講演)
- [2] Ávila-Robinson, Alfonso, 仙石慎太郎, "Fusion R&D and research teams in an interdisciplinarity-oriented institute – A bibliometric approach", 研究・技術計画学会第 29 回年次学術大会 (2014 年 10 月 18 日-19 日, 滋賀)
- [3] Ávila-Robinson, Alfonso. Multi-level research landscapes and bibliometric maps: A visual analysis of knowledge integration at WPI-iCeMS. 3rd URA Workshop in Research Methods and Bibliometrics. (2015 年 2 月 26 日, 京都, 招待講演)
- [4] Sengoku, S., Munisi, H. I., Ávila-Robinson, A., Exploring Innovative Research and Development through a Consortium-Based Approach. International Association for Management of Technology (IAMOT) 2014 (Washington D. C., 2014 年 5 月 22-26 日)
- [5] 安西智宏, 木村紘子, 木村廣道, 仙石慎太郎. 「異分野融合型研究拠点の研究開発マネジメントの実践とその効果」, 研究・技術計画学会第 29 回年次学術大会 (2014 年 10 月 18 日-19 日, 立命館大学)
- [6] 仙石慎太郎. 「計量書誌学アプローチとイノベーション政策・技術経営: 幹細胞分野における事例」, 研究・技術計画学会 研究評価分科会第 91 回例会 (東京, 2014 年 8 月 8 日)
- [7] 仙石慎太郎. 「京都大学・物質-細胞統合システム拠点を中心とした研究開発 ~

社会的価値づくり」, 第 85 回つくば科学・技術産業イニシアティブ (Tsukuba Science and Technology Industry Initiative: TSTI)(つくば, 2015 年 1 月 26 日)

- [8] 安西智宏, 木村紘子, 林田稔, 杉本貴志, 仙石慎太郎, 木村廣道, 「センターオブイノベーション (COI) プログラムにおけるオープンイノベーションの実践に向けた研究開発マネジメント」, 研究・技術計画学会第 30 回年次学術大会 (東京, 2015 年 10 月 10-11 日)
- [9] Ávila-Robinson, Alfonso, Patterns and pathways to knowledge integration in highly interdisciplinary-oriented research centers, Seminar in the Innovation Policy Research Center (IPRC), the University of Tokyo (東京, 2015 年 10 月 22 日, 招待講演)
- [10] Ávila-Robinson, Alfonso, Isram, Nazrul, Sengoku, Shintaro, What's behind the curtain? Dissecting the dynamics of evolution of emerging stem cell-based therapies. Global TechMining Conference (Valencia, 2016 年 9 月 13 日)
- [11] 安西智宏, 佐藤正晃, 仙石慎太郎, 木村廣道, 「センターオブイノベーション (COI) プログラムにおける異分野融合とイノベーションマネジメントの実践事例」, 研究・イノベーション学会第 31 回年次学術大会 (東京, 2016 年 11 月 5-6 日)
- [12] Lauto, G., Sengoku, S., Managing multiple goals in project-based collaborations: The case of COINS. University-Industry Collaborations and Academic Entrepreneurship: PEast meets West (Bologna, 2017 年 6 月 5-6 日)
- [13] Nakajima, Y., Sengoku, S., Anzai, T., Consortium-Based Open Innovation: Case Studies of Biotechnology Industry in Japan. ISPIM Innovation Summit (Melbourne, 2017 年 12 月 12 日)
- [14] 宮下修人, 仙石慎太郎, 安西智宏, 構造方程式モデリングに基づく公的な学際・融合研究開発プロジェクトの構造の特定. 研究・イノベーション学会第 32 回年次学術大会 (京都大学, 京都, 2017 年 10 月 28-29 日)
- [15] 仙石慎太郎. 「産学公連携とオープンイノベーションの技術経営: キングスカイフロントでの実践に向けて」, かながわ再生医療・細胞治療産業化ネットワーク (RINK) 公開フォーラム (川崎, 2017 年 05 月 25 日, 招待講演)

〔図書〕(計 2 件)

- [1] Suematsu, C. (2014). Transaction cost management. Springer International, Cham, Switzerland.

- [2] Sengoku, S. Consortium-Based Open Innovation: Exploring a Unique and Optimal Model for Regional Biotechnology Industry In: Sébastien Lechevalier, Yuko Fujigaki, Sandra Laugier (Eds), Innovation Beyond Technology: Science for Society and Interdisciplinary Approaches. Springer, forthcoming)

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

仙石 慎太郎 (SENGOKU, Shintaro)
東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授
研究者番号：00401224

(2) 研究分担者

末松 千尋 (SUEMATSU, Chihiro)
京都大学・経営管理大学院・教授
研究者番号：80335231

アビラロビンソン アルフォンソ
(AVILA-ROBINSON, Alfonso)
京都大学・経営管理大学院・研究員
研究者番号：10724065