

科学技術イノベーション政策のための科学 研究開発プログラム
「イノベーション実現のための情報工学を用いたアクションリサーチ」
研究開発成果報告書（通常枠）
（研究開発期間 平成 25 年 10 月～平成 28 年 9 月）

研究代表者： 梶川 裕矢（東京工業大学）

1. 設定した課題と目標

本プロジェクトでは、情報工学の手法を用いた論文・特許データの分析、ならびに、社会科学の手法を用いたビジネスエコシステムの調査や設計を対象として研究開発を実施した。情報工学グループの研究開発では、論文および特許データを用いた引用分析およびテキスト分析により、研究開発動向の把握と萌芽的研究領域の抽出、複数研究領域の関連性分析による革新的研究開発課題の設計、産業展開可能性の評価を行うための方法論の開発を行った。社会科学グループの研究開発では、新聞記事データの分析等によるビジネスエコシステムの構造分析およびビジネスエコシステムを記述するためのフレームワークの開発、エージェントベースシミュレーション等によるビジネスエコシステムの設計と評価の方法論の開発に取り組んだ。また、科学技術イノベーションの対象として、エネルギー技術や自動車技術等の分野を取り上げ、分析を実施するとともに、他の研究開発プログラムとの協働によりアクションリサーチとして実施することで、イノベーションの実現を目指すことを目標として掲げるとともに、通常枠で実施する科学技術イノベーション政策のための科学としての研究開発として、優れた学術的成果を創出することを目標とした。

2. プロジェクトの成果

- (1) 萌芽的・脱成熟的研究領域の抽出方法を開発
- (2) 関連性分析による革新的研究開発の探索方法を開発
- (3) 論文-特許相関性分析により産業展開可能性の評価を実施
- (4) ビジネスエコシステムの構造分析のためフレームワークを開発
- (5) 競争と協調により発展・消滅するネットワークのダイナミクスをモデル化

3. 各成果の概要

(1) 萌芽的・脱成熟的研究領域の抽出方法を開発

科学技術イノベーション政策を効果的に推進するためには、社会・産業動向のみならず、世界の研究開発の現状や今後の動向を俯瞰的かつ客観的に把握し、分析、評価を行う必要がある。しかし、現在のように年間数百万本、特定の研究開発課題に限定しても数千本の論文が出版されている中で、そのような分析を行うことは容易ではない。それは政策担当者のみならず研究開発の実施者においても同様である。従来用いられている専門家や当事者によるピアレビューやワークショップでは、その客観性や俯瞰性を担保しづらく、特に、萌芽的な研究領域を見落としてしまうリスクがある。計量書誌分析は、研究開発動向を俯瞰的・客観的に把握する有効な手段であるが、それでもなお、成熟技術領域で革新的研究が生まれた時や、領域そのものが全く新しく誕生した時には重要な領域を見落とす場合があった。そこで、本研究では、研究領域の平均的な成長性だけでなく、その中でのハブ論文の位置づけに着目することで、萌芽的な研究領域のみならず脱成熟的な研究領域をも抽出する手法を提案し分析を行った。本研究開発成果を政策立案者等のみならず、研究開発の実施者が活用することで、研究開発動向を俯瞰的かつ詳細に把握し、研究開発の方向性を定める際の参照点として利用できると考えている。

(2) 関連性分析による革新的研究開発の探索方法を開発

従来のサイエンスマップや特許マップは特定の領域における研究開発の現状を記述することが目的

であり、新たな研究開発課題の探索には適していない。そこで本研究では、複数の領域やデータセットを組み合わせて分析することで、潜在的な研究開発の可能性を探索し、未だ研究開発が行われていない少なくとも未成熟な領域を発見する手法の開発を行った。本研究開発成果を研究開発の実施者等が活用することで、新たな革新的な研究開発課題の提案に繋がるのが可能になるものと考えている。

(3) 論文・特許相関性分析により産業展開可能性の評価を実施

学術的な研究成果が企業等での技術開発や産業技術にどの程度寄与したかを示す指標として従来、特許1本あたりの学術論文の引用回数であるサイエンスリンケージが用いられてきた。しかし、サイエンスリンケージでは、特許の論文引用の不十分性により学術の貢献を十分に捕捉できないことや、産業技術への貢献の事後的な評価にとどまるといった問題点があった。そこで、本研究では、論文と特許のテキスト相関性を測定することで、引用関係のみでは十分に捕捉できなかった関係性を把握すること、論文と特許の相関性の時系列での変化を分析することで学術研究の産業展開可能性を評価し、将来、産業技術として貢献する可能性の高い学術研究群を抽出する方法論の開発を行った。また、従来の特許での引用分析の欠点である捕捉率を特許ファミリーの情報を用いて改善する手法を開発した。本研究開発成果を政策立案者やファンディングエージェンシー等の担当者が用いることで、社会実装やイノベーション創出を目標とするプログラムのプロジェクトの企画・立案や評価に活用可能であると考えている。

(4) ビジネスエコシステムの構造分析のためフレームワークを開発

研究開発の結果として産み出される製品やサービスの事業化や社会導入を促すためには、技術開発だけでなく、現在の技術・産業・社会システムの構造の中での実装可能性を考慮に入れる必要がある。また、エコシステムの構造を記述し、新たなシステムの設計を行うための方法論が必要である。従来の研究は、少数の事例の記述的調査、もしくは、特定の企業のサプライチェーンの定量的分析が主であった。そこで、本研究では、先行研究の体系的な調査を通じ、エコシステムを包括的に捉えるための視点を整理し、統合的なフレームワークとして提示した。また、新聞記事データを用い、企業等のステークホルダーの関係性を分析し可視化するための方法論を提案し、分析を実施した。本研究開発成果を事業実施者や政策担当者が活用することで、ステークホルダー間関係性を把握するとともに、研究開発の初期段階から技術導入を促すエコシステムの設計を行うことに繋がるのが期待される。

(5) 競争と協調により発展・消滅するネットワークのダイナミクスをモデル化

エコシステムに関するフィールド調査等の実態調査はステークホルダー間関係性等を把握するための有効な手法であるものの、そのダイナミクスを予測することは難しい。エコシステムにおける各ステークホルダーの構造的な行動を分析し、システム全体の振る舞いを予測するためには、調査研究のみならず、理論研究が必要であると考えられる。そこで、本研究では、間接的互惠関係を考慮する互惠性理論及び認知的均衡定理に依拠し、協力行動の進化プロセスを数理的にモデル化し、エージェントシミュレーションにより、ビジネスエコシステムの形成・発展過程を分析した。その結果、戦略的模倣性及び能力差の有無によって、エコシステムの発展過程および消滅過程が分かれることを見出した。本研究開発成果の政策実装には、そのメカニズムの解明が必要であるものの、拠点形成事業等における実施体制の検討に繋がるものと期待している。

4. その他の観点からの成果

・国際的なコミュニティへの展開

本プロジェクトの取り組みおよび研究開発成果は、本分野における国際的な学術コミュニティの発展に大きく貢献し得る。情報工学グループの研究開発に関連するものでは、国際的な学術雑誌 **Frontiers in Research Metrics and Analytics(RMA)**が2016年に創刊し、研究代表者が **Associate Editor** に就任している。RMAは論文や特許データの計量書誌分析や、学術的な研究開発成果の評価手法等が主眼の学術雑誌である。また、社会科学グループの研究開発では、技術経営・科学技術イノベーション分野の主要な学術雑誌である **Technological Forecasting and Social Change** に「イノベーションエコシステムに関する特集号” **Innovation Ecosystems: Theory, Evidence, Practice, and Implications**”を組み、本プロジェクトの成果の国際的展開を図るとともに、ネットワークの拡大に貢献している。

・教育プログラムへの展開・人材育成

本研究開発の成果は政策のための科学の基盤的研究・人材育成拠点の形成事業の参画校である東京大学での人材育成および開講科目”Quantitative Methods for Management and Policy Analysis”、東京工業大学環境・社会理工学院技術経営専門職学位課程/イノベーション科学系での開講科目「数理・情報分析基礎」「ビジネスエコシステム論」「科学技術イノベーション政策のための科学実例」にも反映されている。また、本プロジェクトに Research Assistant(RA)として参画した学生等が、省庁ならびに科学技術振興機構に採用される等の実績もあり人材育成においても貢献している。

5. 発展の可能性

・方法論・ツールとしての発展

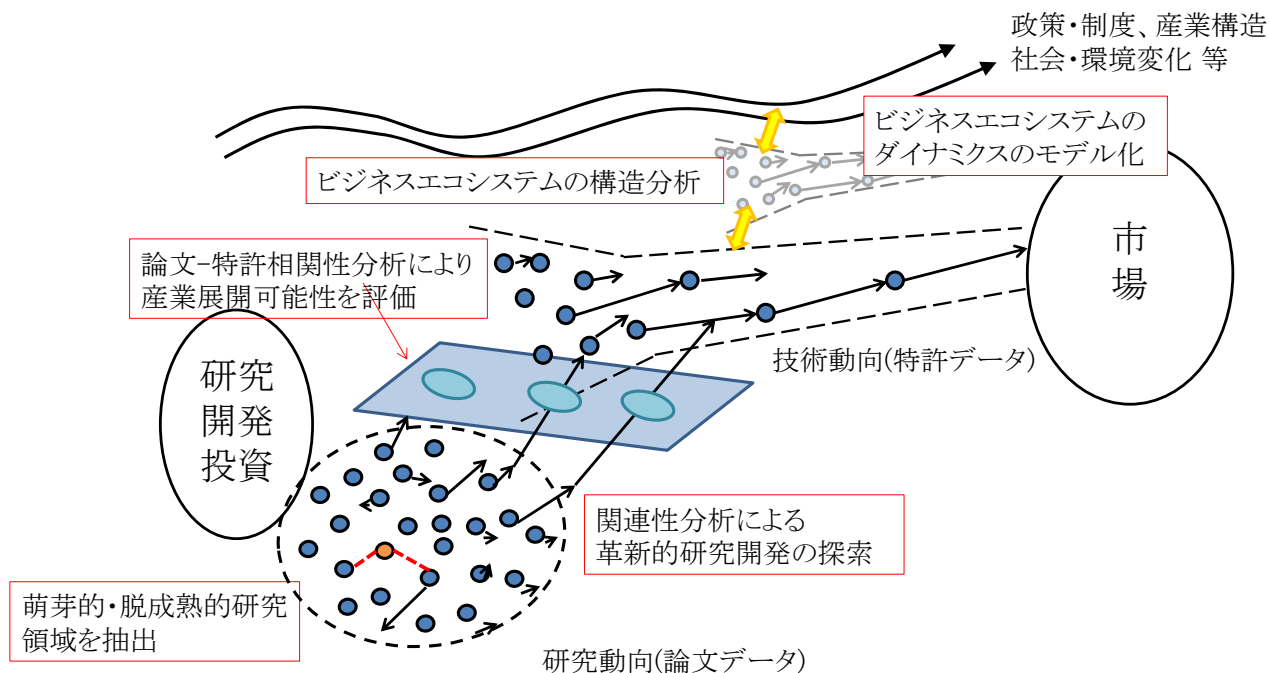
本プロジェクトで研究開発を行った方法論を政策担当者等が利用可能な形で広く展開していくためには、方法論をツールとして実装し、普及・展開を図ることが必要である。そのために、本プロジェクトの研究代表者が研究を主導し開発を行ってきた学術俯瞰システム(<http://academic-landscape.com/>)に、本研究開発の成果である萌芽的・脱成熟的研究領域の抽出方法等をモジュールとして組み込むことが有効であると考えられる。

また、本プロジェクトでは、学術研究としての性質上、科学技術イノベーションに関するエビデンスの範囲を狭く捉えて研究開発を実施した。しかし、政策のための科学として創出すべきエビデンスはより広範・包括的なものであると考えられる。そのような広範なエビデンスを創出するための研究活動の一環として、本プロジェクトの実施者が一部参画し、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「水素利用等先導研究開発事業/トータルシステム導入シナリオ調査研究」を実施し、水素技術開発政策に対する包括的なエビデンスを作成しようとしている。本プロジェクトでの取り組みを様々な形で継続することで、広く科学技術イノベーション政策のための科学としての体系化に取り組んでいくことが可能であると考えている。

・政策実装のための取り組みとしての発展

本研究開発は方法論の開発やエビデンスの創出を中心的な課題とし実施した。今後、得られた研究開発成果を政策及び科学技術イノベーションの現場へと展開し、実装するためには、そのための手法や方法論の開発、ネットワークやコミュニティの構築が必要不可欠である。このうち、後者の取り組みに関しては、本プロジェクトの実施者が中心となり、日本学術振興会先導的研究開発委員会(JSPS)「未来を創造するイノベーションサイエンスの創成」を設置し、科学技術イノベーションを推進する企業、政策を推進する文部科学省や経済産業省等の行政、学術を推進する大学および研究所の各員が膝を突き合わせ、課題及び研究情報の交換等の場を構築し展開していく予定である。また、科学技術振興機構(JST)情報分析室等とも共同研究を行い、政策実装に向けた取り組みを開始している。

6. 付録



科学技術イノベーションの創出に向けた本プロジェクトの学術的成果の関係図

7. 主な成果発表

- Y. Takano, Y. Kajikawa, and M. Ando, "Trends and typology of emerging antenna propagation technologies: Citation network analysis", International Journal of Innovation and Technology Management, in press.
- H. Nakamura, S. Suzuki, I. Sakata, and Y. Kajikawa, "Knowledge combination modeling: the measurement of knowledge similarity between different technological domains", Technological Forecasting and Social Change 94 (2015) 187-201.
- T. Ogawa and Y. Kajikawa, "Assessing the industrial opportunity of academic research with patent relatedness: A case study on polymer electrolyte fuel cells", Technological Forecasting and Social Change, 90 (2015) 469-475.
- Y. Takano, C. Mejia, Y. Kajikawa, "Unconnected component inclusion technique for patent network analysis: Case study of Internet of Things-related technologies", Journal of Informetrics, in press.
- M. Tsujimoto, Y. Kajikawa, J. Tomita and Y. Matsumoto (2015): Designing the Coherent Ecosystem: Review of the Ecosystem Concept in Strategic Management, Accepted for the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, August 2-6, 2015, Portland, USA.