

## 論文の内容の要旨

論文題目 **構造変化を伴う知識領域におけるイノベーション・マネジメントのための予測手法に関する研究**

氏名 佐々木一

科学技術への適切な投資は、技術志向型の企業や各国政府にとって将来の競争優位性を獲得するための重要な意思決定である。歴史を遡れば人類の営みにおいて科学技術が活用されはじめて久しいが、情報化社会以降の科学技術情報量は指数関数的に増加しており、いまや人類が有する科学技術知識の大半を占めつつある。また科学技術が社会に導入されるまでのライフサイクルがますます早まってきており、多様化する社会需要による影響など、生産される知識の動的变化が著しい。知識構造が大きく変化し、社会や産業構造との相互影響が拡大するなかで、企業などの経済主体が早期に有望な科学技術知識を獲得することや、自社の知的資源や研究開発戦略と相性の良い科学技術分野を予測することや、さらにそれらの知識を用いて未踏の領域へ適切に進出することは難しくなっている。

これまでも、サイエンスマップやパテントマップと呼ばれる科学技術知識を把握するためのツールが提案・活用され、それらによる網羅的な情報が重要であるという指摘はされてきた。しかしながら、研究開発戦略や科学技術イノベーション政策において将来動向の予測に寄与する情報の需要が高まると同時にそれらの一次情報が持つ複雑性も増しており、既存の手法のみでは対応が困難となってきた。大規模データ処理技術や機械学習などの手法の高度化は、それらの要求に応えることができると期待されている。特に機械学習による有益な点は、多様な特徴量により高い予測精度を実現することができる点にある。あるいは深層学習などを活用することでより抽象化された特徴量によって高い精度を実現できることが多くの領域において確認され始めている。しかしながら一方で、イノベーション・マネジメントに代表されるような、人間が意思決定をするための情報・分析が必要とされる場面では、解釈が困難な特徴量だけでは高い精度を実現できたとしても適切なアクションにつながりにくいという懸念がある。

本研究では、イノベーション・マネジメントに代表されるような意思決定を前提とした予測モデルのあり方を議論する。特に予測精度のみならず、特徴量の解釈可能性を含有した分析の有効性を提案する。そのためのひとつの手段として、科学技術情報をもつデータ構造から分析対象に応じた本質的な情報を抽出することの有効性を提案する。通常、科学技術関連データは、それぞれ特定のデータ型で収集、格納、管理がされているが、データの構造情報に着目し特徴量を抽出した例は少ない。これらの構造情報はドメインの専門知識や目的の本質次第では有用な情報が得られる。本研究では専門家の知見を特徴量に落とし有効性を主張するとともにその中でもこれらのデータの構造情報から分析の目的に本質的な特徴量が得られると考えた。

本論文では、科学技術イノベーション戦略における意思決定に資する情報として、科学レイヤー、技術レイヤー、産業レイヤーのそれぞれのレイヤーが有する大規模データを活用しイノベーションプロセスに必要な段階について包括的に議論する。これらのプロセスではそれぞれ予測として有効な視点が異なることから、本研究では次の3点に着目する。

- 1.科学における有望な知識の予測
- 2.技術知識同士の融合の予測
- 3.知識を社会に実装する主体の行動の予測

本研究では科学レイヤーとして対象とする分野として、ナノカーボン分野、太陽光発電分野に関する学術領域に焦点を当てている。これらは既に豊富な研究がなされた分野であるとともに同時にサイエンスリンクージの高い分野である。また、技術レイヤーの対象としては、炭素繊維強化プラスチック分野、機能性材料分野を対象とする。これらは我が国の貢献の高い分野であり、用途汎用性が高く分野横断的な活用が期待できる分野である。また、産業レイヤーにおける分析としては、経済主体である企業同士の取引関係に注目した予測を対象とする。

本研究の結果としては、ナノカーボン分野や太陽光発電分野において、これまでの萌芽予測手法では十分に議論のされてこなかった有望知識を領域の単位で抽出することの有効性を示した。また技術知識同士の有望な融合においては、特許情報が有する階層情報が技術融合の予測に寄与することを示した。経済主体同士の関係性の予測では、業種間の資材の流れを確率として取り込むことによって、予測精度並びに解釈可能性の両立性がはかれることを示すことができ

た。

結果から得られた本研究の貢献は次の三つである。第一に、解釈可能性を含有したうえで精度を実現することを示すことの重要性を示したことにある。また、本研究の第二の貢献としては、科学技術情報をもつデータ構造から分析対象に応じた本質的な情報を抽出することの有効性を示したことにある。第三の貢献として、科学、技術、産業それぞれの予測手法を統合することで、企業をはじめとする経済主体が未踏領域へ進出する際のイノベーション・マネジメント支援のフレームワークを提案した。

本研究で提案するこれらの貢献によって、動的に変化する知識に対応した情報の獲得が可能となる。本研究では、動的に変化する知識領域への総合的なイノベーションマネジメントにおける予測の視点について総合的な手法を提案した。以降に各章の概要を示す。

第1章ではこの論文の背景・目的について記述する。特にイノベーション・マネジメントにおける意思決定のための予測タスクがこれまで有してきた課題やその解決手段としてこれまで提案されてきた手法の中でも、特に本論文が用いるようなデータ分析にもとづく定量的アプローチにおいて必要となる概念を中心に整理を行う。

第2章は、本論文で用いる科学技術対象について概要とデータセットの抽出条件を示し、同時にそれらの知識動向が動的に変化していることを時系列コミュニティイベントの可視化手法を用いて確認する。

第3章は、1.科学知識の有望領域の予測 に対応する章である。具体的にはナノカーボン分野および太陽光発電分野を対象に将来有望な萌芽領域の予測手法と解釈手法を提示し、それぞれの分野について議論を行う。

第4章は、2.技術知識同士の融合の予測 に対応する章である。特許データが有する国際特許分類を対象に、共起情報を抽出した上で将来的に共起するであろう国際特許分類をリンク予測の観点によって予測する。特に、国際特許分類が有する概念の階層構造に着目し、異なる階層の情報が技術融合の予測に寄与することを示す。

第5章は、3.知識を社会に実装する経済主体同士の関係性の予測 に対応する章である。機械学習を用いた企業活動における取引相手予測の視点では十分に議論されていなかった、モノの流れに関する情報の抽出方法に着目する。業種の条件付き確率を特徴量として導入することで解釈性と精度を両立した潜在的取

引相手予測モデルの手法の提案を行う。

第6章では、第3章、第4章、第5章それぞれを用いて実際に得られた結果およびその解釈を整理する。また、これら3手法を統合的に用いることによる付加価値として新たなイノベーション・マネジメントのフレームワークを提案する。

第7章では、科学技術イノベーションプロセスにおけるそれぞれのレイヤーで、分野や産業の境界が曖昧になることを改めて主張する。新たな進出先を探索して自社のコア知識を獲得することが困難となるなかで、本研究の提案および視点が有効であることを主張し、本研究の結びとする。