

(要約)

**Frameworks and Methodologies to Shed Light on Neglected but
Potentially Important Information for Innovation
for Aviation Sustainability**

(航空機産業の持続的成長のための埋没知活用手法の研究)

中 村 裕 子

この 100 年、技術の進歩と社会の様々な要請から、航空機は長距離高速移動を可能とし、現代の我々の生活に欠かせないものへと成長した。航空機産業は、経済性はもとよりパラマウントである信頼性・安全性確立のため、インフラ整備・法律整備・国際協力・技術開発が進み、高度かつ複雑な産業構造を形成している。そして、今後 20 年の間、年間 5 %以上の乗客や貨物量の成長率や、単通路中小型機を中心に 3 万機前後の新造機需要増など、順調な成長が期待されている。この魅力的な成長は、しかし、現前している航空機産業の課題—空路や空港の不足、空港周辺や空路下の騒音や空気汚染、温暖化効果ガスの排出、さらなる安全性の確保—の解決をより困難にするものである。この課題の大きさ、そして産業構造の複雑さから、航空機産業の持続的成長を成し得るためには、従来にはない革新的な解決方法が必要だ。

以上のような状況への学術的な貢献が本論文の動機である。イノベーションを成功させる要因として、ビジョンの共有、広いネットワーク、助走期間、そして学習が特に重要だといわれている。航空機産業は持続的成長課題に対し、関係機関との広いネットワークを形成し、国や国際的民間航空機関でビジョンやロードマップを作成・提示するなど組織管理のノウハウやセオリーへの知見を表す一方で、萌芽的技術やシステムの育成・管理・学習について、断片的に存在する過去の経験や垂直的に進化する専門的知識を含む膨大な情報の中の知識をいかに活用するかに窮している。新しいフレームワークや方法論を求める航空機産業の状況に、この十数年に急激に成長したイノベーション移行モデル研究やイノベーションマネジメント研究が有効だと考えられる。イノベーションとは、技術だけでなく、対象システムをとりまく組織・市場・法律等の仕組みの変更など多岐に渡った解決法を含む。航空機産業においては、既記の課題解決の中心は技術革新に拠るため、本論文でも技術革新に焦点を置くが、本論文が二つのイノベーション研究分野を基に提案する新しい方法論は、新しい技術と対象システムのその他の側面との相互作用をも考慮するため、技術革新もしくは航空機産業に限らない幅広いイノベーションに貢献できると考えている。

本論の構成であるが、第 1 章は本論文の序説であり、航空機産業の持続的成長課題や、イノベーション移行モデル研究・イノベーションマネジメント研究の概要、そして論文の構成について紹介する。

次に第 2 章では、科学技術社会論の学術雑誌において近年最も引用数を集めている研究分野の一つ、MLP フレームワークを発展させ、航空産業技術移行の特徴を分析する。MLP はイノベーションの移行過程の包括的分析を可能にするフレームワークだが、技術を静的に扱う為と同じ技術分野の複数の萌芽的技術システム（ニッチ）の社会への移行過程の比較を十分に行うことができなかった。本研究では、これまで MLP がイノベーションの移行に影響を与えてきた、対象技術に関わる社会システム(レジーム)各要素、社会全体の流れ（ランドスケープ）

の影響度が、技術進度によって異なると仮定し、Technology Readiness Level(TRL)という技術進度指標の MLP への導入を提案する。

事例研究として、航空産業における持続的成長ロードマップの中間目標として重要視されている新エンジン:Advanced Turboprop (ATP: 他に Propfan, Open Rotor ともいう) の 80 年代の失敗と、ATP に同じく環境性能の高い新しいエンジンとして市場導入が既に決まっているギアードターボファン(GTF)と ATP の移行過程の違いについて分析を行った。レジーム各要素、不規則に訪れる機会 (オポチュニティウィンドウ)、ニッチストック、輸出品の政府などによる支援、ローンチカスタマーのリスクなどの、TRL 各段階における影響度の違いについて議論ができ、本フレームワークの有効性が示された。本章は、今後の MLP 研究において、異なる産業技術をケースに、レジーム、ランドスケープ各要素変化と TRL 各段階の依存関係の議論の可能性を開き、さらに MLP 研究者と産業界技術者の協力を容易にする。各分野での持続的成長課題解決のために必要な技術革新に関わる産業構造の横断型分析や移行支援の促進に関わる学術的貢献となる。

第 2 章で見た 90 年代の革新的エンジンへのオポチュニティウィンドウ閉鎖時におけるプラット&ホイットニー社の GTF 開発継続の役割のように、安全性・信頼性がパラマウントである航空機技術開発において不規則に変化する社会の要求に対応し持続的成長を成し得るには、社会課題の先行把握・必要とされる技術の先行開発が有効なようである。しかし、限られたリソース内で航空機産業が適切な技術開発戦略を選択するには、いかに社会や他産業での“既に起きている未来”の「情報」をとらえ、効率・効果的に自産业内の「知識」へと活用するかが問題である。

そこで第 3 章では、社会課題の先行把握によるオポチュニティウィンドウのマネジメントを考え、社会で認識されている課題と、ある産业内で認識されている課題を比較することで、現在の社会またはある産业内で重要視されていないが潜在的には重要な問題になりうる課題に事前に“気づき”をあたえる Recognized- Unrecognized Matrix 方法論を提案しその有用性を議論する。学術書誌情報をセンサとした引用情報分析結果からマトリクスを作成することで、効率的に膨大な情報から“気づき”を支援する。事例研究として社会全体の持続的成長課題と航空機産業にとっての持続的成長課題を俯瞰しマトリクスを作成した。抽出された航空機産業の潜在的な課題の中から、社会的な水不足に注目し、低水消費運航のための航空機の水システムと空調システムを統合した新しいシステムコンセプト IWACS を作成した。IWACS は航空機産業技術者とのインタビューを繰り返し行う事で作成され、その設計には暗黙知の貢献が非常に大きい一方、これまで殆ど航空機産業にて意識されなかった水資源問題議論を航空機技術者に“気づか”せたのは提案マトリクスであり、その有用性を示唆するものである。そこで後半では、マトリクスの作成プロセスの自動化を検討した。検討結果より、持続的成長課題のような

複雑で全体像の把握が困難な課題のための、技術とイノベーションマネジメントの新しいシステムの実現が可能と判断することができた。

また第4章では、オポチュニティウィンドウマネジメントにおいて利用候補となる他分野・産業技術を見つけ出すのに有効な特許分析手法を議論する。既に述べたように、高い安全性・信頼性が求められる航空機産業にとって、不規則に変化する社会の要求に適切に対応するには、他産業で確立された技術の把握も重要であり、そのような問題意識は、本章内の航空機技術者への調査結果が示すように、業界内でも広く認識されている。さらに、上記のIWACSには建築業界で最近議論されているタスクアンビエントのコンセプトが含まれていたが、それに航空会社の技術者や航空機装備品メーカーの技術者が高い関心を示していたのも印象的である。一方で、限られたリソースと増大する情報量の中で、他産業・分野の技術探査は容易ではなく、その性質上、最新の技術ノウハウが多く含まれていると考えられる特許情報が、他産業・分野の技術探査に積極的に利用されていないという既記調査の結果からも、新たな知識移転に有効な特許分析手法の必要性が伺える。

そこで第4章では、異なる技術分野（産業）の下位分野（各領域）の組み合わせによって連続的または非連続的技術革新が生まれる可能性をモデル化したD-B-Combination Modelを提案した。このモデルでは、その可能性が各領域の類似性の度合いによって変化すると考え、各技術分野の特許データから下位分野を抽出し類似度を計測、新たな技術革新を生み出しうる技術領域のペアを膨大な量のデータから取り出すことのできる、モデルの実測手法を考察する。具体的には、下位分野抽出に引用情報分析手法(A1, A2)と国際特許分類(IPC)分析手法(A3)、類似度計測には、テキスト類似度計測(A1)、両産業間既存引用分析(A2)、そしてIPCシェア比較(A3)を用いる。航空機産業と自動車産業の特許を比較し、両産業間での技術移転の可能性や新たな技術の創出につながる情報の抽出を事例研究として行った。そして、提案モデルが新たな知の創造として重要と考える知の組み合わせDB-T、DB-C、DB-Dそれぞれの検出が、A1手法A2手法を使い分ける事により可能であると示唆される結果を得た。とくにA2手法では、現在航空機産業が、持続的成長のため重要な技術だと考える電制化の重要な要素技術の一つである燃料電池技術について、その実用化で進んでいる自動車産業の特許技術の俯瞰図を提供した。航空機産業が注目している自動車産業の技術の周辺技術にも光を当てることで、両産業間の、広い視野、包括的な技術移転の促進が期待される。

最後に第5章では、本論文の成果をまとめる。本論文では、航空機産業が抱える複雑な持続的成長課題の解決に向けて、広い航空機産業関係者内に存在する暗黙知を活用し、イノベーション移行の成功要因を分析するために、TRLを導入したMLPフレームワークを提案した。さらに、現代の知識集約型経済において指数関数的に増大する書誌情報などに見られる形式知を、イノベーション移行の成功要因として重要と発見されたオポチュニティウィンドウメン

トに活用するため、手法としてコンピューターを利用した書誌情報分析をコア技術とする Recognized-Unrecognized Matrix と D-B-Combination Model を提案した。本研究によりイノベーション移行過程モデル研究や書誌情報分析としたイノベーションマネジメント研究に大きな知見をもたらしたとともに、提案した手法は、航空機産業だけでなく、産業横断的な対応を必要とする課題を有し、不規則に変化するオポチュニティウィンドウに強く影響を受け、産業構造としては分離しているが工学的に近しい産業が他に存在するといった特徴をもつ産業に広く有効だと考えられる。