

氏名（本籍）	岩上 由高（東京都）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	乙第88号
学位授与の日付	令和3年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	Methods based on data analysis for assisting selection of success factors contributing to product planning and development strategy
論文審査委員	(主査) 教授 岩下 基 (副査) 教授 井上 明也 教授 谷本 茂明 准教授 田隈 広紀 東京理科大学 准教授 黒沢 健

## 学位論文の要旨

### Methods based on data analysis for assisting selection of success factors contributing to product planning and development strategy

企業における製品計画・開発の戦略立案では、投じられた資源（予算や人材）に応じた価値を確実に生み出すことが求められる。だが、その成否を左右する成功要因（ファクタ）は多岐に渡るため、各々の企業、組織、個人が経験則を元に最適解を見出すことは難しい。そのため、従来から製品計画・開発の戦略立案におけるファクタを科学的な視点から体系化しようとする取り組みが行われてきた。

近年では、こうしたファクタを目標指標としての KGI (Key Goal Indicator)（例. 製品の売上やシェアなど）および KGI を達成するための中間指標としての KPI (Key Performance Indicator)（例. 試作品に対する顧客からの反応や人材の育成状況など）に分類し、KGI に大きな影響を与える KPI を探索するアプローチが多く見られる。例えば、因子分析やその発展形である SEM（共分散構造分析）は KGI や KPI に共通する隠れた要因を明らかにし、ファクタ間の関連性を把握するために有効な手法である。一方、デジタル化（例. 3D プリンタを用いた試作期間の短縮）やグローバル化（例. 開発力を高めた新興国企業との競争）によって、昨今のビジネスでは迅速な対応力が求められている。そこでは与えられた条件下でどのファクタを改善すべきか？を選択する手法が必要となる。

そこで、本研究では製品計画・開発の戦略立案フェーズを対象とした実績調査データに対して

ベイジアンネットワークを適用した。ベイジアンネットワークとは各ファクタを確率変数と見なしたノード（楕円形）とファクタ間の関連性を条件付確率に基づくエッジ（矢印）によって表現したグラフィカルな確率推論モデルである。ベイジアンネットワークはファクタ間の関連性を視覚的に表現できるだけでなく、あるファクタに値を設定した場合に他のファクタがどう変化するか？を確率的に推論することができる。これにより、本研究においても「自然環境への製品の貢献度を高める取り組みは外部組織との協業や人材育成の観点でもプラスに働く」などの新たな知見が得られた。

しかし、実際のビジネスでは「予想外の気づき」として得られる知見だけでなく、「小売業において製品の売上を向上するためには何をすべきか？」や「製品の環境保護への寄与と販売数の関連は年商規模によって異なるのか？」などのように、与えられた条件を満たした上で、企業内の計画における KPI や対外的な訴求におけるキーワード適切に選択する必要がある。ところが、こうした KPI やキーワードの選択を行おうとすると、以下のような課題が生じてくる。

課題 1： 業種や年商を単にファクタとして追加しても、企業属性を反映した適切な分析結果が得られない

課題 2： 特定のファクタに着目した場合、ベイジアンネットワークの部分的な構造が実際のビジネス知見と合致しないことがある

課題 3： 注力すべき重要なファクタの効果を高めるために、インターネット上でどのようなキーワードを用いたアピールが最適なのかを判断することが難しい

これらの課題を克服すれば、実績データに基づく様々な企業で利用可能な製品計画・開発の戦略立案におけるファクタ選択の手法を体系化することができる。そこで、本研究では上記の3つの課題の解決策として、それぞれ以下の手法を考案/提示した。

手法 1： 製品計画・開発の戦略立案フェーズにおける実績データに対して LDA (Latent Dirichlet Allocation) を適用することによって、業種や年商を反映した「トピックノード」を生成し、それをベイジアンネットワークに導入する

手法 2： 着目した特定ファクタをターゲットとしたランダムフォレスト分析の結果を用いて、ベイジアンネットワークのノードを結ぶエッジの初期状態を調整する

手法 3： SNS から収集したデータに Word2Vec 分析を適用することによって重要ファクタと共に訴求すべき拡張キーワードを抽出し、さらに階層クラスタリングによって拡張キーワードの分類と優先度付けを行う

さらに、これら3つの手法を一連のプロセスとして体系化した上で、2つのモデルケースに適用することで、本研究における提案手法の有効性を確認している。

このように本研究は製品計画・開発の戦略立案におけるファクタ選択を支援し、様々な企業の

製品開発に寄与できることが期待される。また、本研究における手法1の業種や年商の反映、手法2の特定ファクタに着目したネットワーク構造の調整、手法3の重要ファクタと共に訴求すべき拡張キーワードの抽出と分類はいずれもプログラミングによって自動的に処理することができる。したがって、将来的には企業が自ら対話的に製品計画・開発の戦略立案における意思決定を支援するシステムの開発/構築も実現可能である。

## 審査結果の要旨

企業における製品開発プロジェクトでは、投じられた資源（予算や人材）に応じた価値を確実に生み出すことが求められる。しかし、その成否を左右する要因は多岐に渡るため、各々の企業、組織、個人が経験則をもとに実施しており、一般的に最適解を見出すことは難しいのが現状である。そのため、従来から製品開発プロジェクトにおける成功要因を科学的な視点から体系化しようとする取り組みが行われてきた。

近年こうした要因を、製品の売上やシェアなど目標指標としての KGI (Key Goal Indicator) および、試作品に対する顧客からの反応や人材の育成状況など KGI を達成するための中間指標としての KPI (Key Performance Indicator) に分類し、KGI に大きな影響を与える KPI を探索するアプローチが多く研究されている。例えば、因子分析や共分散構造分析は KGI や KPI に共通する隠れた要因を明らかにし、要因間の関連性を把握するために有効な手法である。一方、企業を取り巻くビジネス環境が急速に変化する昨今では、要因間の関連性だけでなく「ある要因が変化した時、それが他のどの要因にどう影響するか？」を判断し、迅速に改善していく必要がある。

そこで、本論文は上記の課題を解決するために、製品開発プロジェクトの検討プロセスの中で、製品開発を実施していく上で重要となる戦略立案段階に対する貢献を目標とし、改善すべき要因は何かの判断を支援する手法を論じている。特に、実際に行われた多くの製品開発プロジェクトの実績データを用いて、確率推論モデルにより既存要因の変化を分析する手法を提案するものである。

第1章では、上記の研究の背景および研究目的を明確に述べるとともに、3つの核となる手法及びそれら3つを組み合わせ体系化した成功要因の選択支援手法を、多数の企業調査に基づく実績データを用いて検証するといった本論文の全体構成について説明する。さらに、研究目的を果たすための要件として、要因間の関連性を視覚的にわかりやすく表現可能かつ、ある要因が他の要因に耐える影響を推定可能な手法として、確率推論モデルであるベイジアンネットワークを基本にしていくことを論じている。

第2章では、製品開発プロジェクトの戦略立案段階において重要と想定される要因を BSC (バランススコアカード) や専門家へのインタビューを通して抽出するとともに、250件に及ぶ製品開発プロジェクトの実績データを Web アンケートにより取得し、ベイジアンネットワーク分析を適用した。その結果、KGI と KPI の各要因間の関連性を確認することに加えて、

指定された条件（例えば SDGs が世の中の関心事になった場合）における KGI や KPI の変化を把握し、それらのどの要因に注力すべきかを示唆できることを示した。

第 3 章では、企業の属性として単に業種や年商といった分類を考慮するだけでは適切な結果が得られないことから、ベイジアンネットワークの改良モデルとして LDA (Latent Dirichlet Allocation) を用いた手法を提案した。すなわち、業種や年商が同分類でも、企業が置かれた状況によって結果は異なることから、その企業が有する業種や年商の様々な側面をトピックとして構成分布を反映した「トピックノード」をベイジアンネットワークに適用する手法である。実績データを約 1,000 件に増やして検証を行い、企業の実態を反映させることができ、ベイジアンネットワークの確率伝搬との相性もよいことを確認した。

第 4 章では、ベイジアンネットワークで得られた特定要因に着目すると、必ずしも実態と合致しない問題が生じる場合がある。すなわち、ターゲットとなる要因に影響を与える他の要因をどのように選ぶか、かつそれら要因間の関係（方向性を考慮）をどのように決定するかを明らかにする必要がある。この 2 つの問題を解決するため、ランダムフォレストと Wasserstein 計量を用いて、ベイジアンネットワークのノードを結ぶ初期状態を調整する手法を構築した。約 1,000 件に及ぶ Twitter のツイートデータを収集し、製品アピールに効果的なキーワードを本手法にて抽出できるかを確認し、有効性を示した。

第 5 章では、企業が訴求したいと考える製品と重要指標を効果的にアピールするためのキーワードを見つける方法を構築した。単に重要指標と同時に出現するキーワードが必ずしも効果的ではないことから、本論文では、第 4 章で用いた SNS データを対象に、重要要因と共に訴求すべき共起性からは得られなかった拡張キーワードを Word2Vec 分析により抽出し、得られた拡張キーワードを階層クラスタリングにより優先度付けを行った。実際のツイート出現数と比較し、結果が合致していることから手法の有効性を示した。

第 6 章では、第 2 章から 5 章までの手法を体系化し、小売業における売上向上の対策と製品の環境保護への寄与と販売数の関係といった 2 つの具体的な命題に対して手法を適用し、得られた結果が現実の実態とあっていることから妥当な結果が得られることを示した。

以上、本論文は、製品開発プロセスの中で上流工程にあたる製品戦略立案段階において、成功要因は何かを求める手法を明らかにしたものである。これらの技術的貢献は企業の製品開発戦略における学術論文として高く評価できる。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として合格と認められる。