

博士學位論文

内容の概要及び審査の結果の要旨

第 31 号

2025 年 3 月

光産業創成大学院大学

はしがき

本編は学位規則(昭和 28 年 4 月 1 日文部省令第 9 号)第 8 条による公表を目的として、2025 年 3 月に本学において学位を授与した者の論文内容の概要及び論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は学位規則第 4 条第 1 項(いわゆる課程博士)によるものであり、乙は学位規則第 4 条第 2 項(いわゆる論文博士)によるものであることを示す。

目 次

学位番号	学位の種類	氏名	論文題目	頁
甲第 58 号	博士(光産業創成)	伊藤雅典	企業内起業家精神を促進する社内ベンチャー制度の構築に関する研究ー医用画像解析の事業化に向けた実践を通じてー	3
甲第 59 号	博士(工学)	御任大輔	細菌の自家蛍光の分光計測と機械学習を利用した迅速な細菌検査手法の開発と社会実装に向けた事業実践	8

氏 名	伊藤雅典
学 位 の 種 類	博士(光産業創成)
学 位 記 番 号	甲第 58 号
学位授与年月日	令和7年3月25日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学 位 論 文 題 目	企業内起業家精神を促進する社内ベンチャー制度の構築に関する研究 －医用画像解析の事業化に向けた実践を通じて－
論文審査委員	主査 教 授 増田 靖 准 教 授 内藤秀康 准 教 授 横田浩章 准 教 授 姜 理恵

論文の概要

本論文は、企業内起業家精神（コーポレート・アントレプレナーシップ：Corporate Entrepreneurship、以下「CE」という。）の促進を目指す社内ベンチャー制度の設計と運用上の最適化について学術的視点と実践的視点から検討し、社内ベンチャー制度の具体的な施策案を提示することを目的としている。

この研究目的を達成するためのリサーチ・クエッション（Research Question、以下「RQ」という。）として「CE を促進する社内ベンチャー制度を構築するにはどうしたらよいのか」を設定し、更に、この RQ を以下の 3 つの Small RQ に分割して一連の考察を進めている。

Small RQ①「社内ベンチャー制度に関して近年増加している論点は何か」（第 2 章）

Small RQ②「社内ベンチャー制度は、CE の促進にどのような影響を与えるか」（第 3 章）

Small RQ③「現在の社内ベンチャー制度の課題は何か」（第 4 章）

各章の概要を記す前に、申請者の本研究に対するモチベーションを一言で述べるならば、それは、自身による社内ベンチャー制度を活用した事業実践に起因するものである。申請者は、所属企業において、頭部用の PET（Positron Emission Tomography：陽電子放射断層撮影）装置の開発や、次世代の装置開発に向けた AI 応用研究を推進してきた。これらの研究開発を行いながら、認知症診断を支援する画像解析プログラムの医療機器化検討プロジェクトに参画し取り組みを進める中、認知症で悲しむ家族の姿を目の当たりにしたことが本件の事業化を志したきっかけである。申請者は、PET がん検診施設における認知症の予防的検診アプローチの重要性を強く感じ、認知症で苦しむ人を減らしたいという思いから社内ベンチャーとしての事業化を目指したのである。

加えて、申請者は、社内ベンチャー制度を活用して事業開発を模索する過程で、自身の価値観が大きく変わっていくことに気づき、社内ベンチャー制度が個人の起業家精神を育む有効な人材育成策であることを実感する。しかし、多くの新規事業開発手法やリーダー育成手法がある中において、申請者所属の組織はなぜ敢えて社内ベンチャー制度を選択するのかについて理解が十分ではなかった。これらの背景から、社内ベンチャー制度に興味を持ち本研究に取り組むこととな

る。本論文の概要は以下の通りである。

第1章では、企業が社内ベンチャー制度を導入する意義と背景を概観し、VUCAの時代と呼ばれる現代社会において迅速な市場対応や技術革新の必要性から、各社は従業員の起業家精神の育成を強く意識していることに触れている。その上で、本研究の目的と研究のアプローチを提示している。

第2章では、Small RQ①に答えるため、社内ベンチャーに関する海外および国内の先行研究サーベイを実施した。その内容を年代別に整理分析し、ICV（Internal Corporate Venturing）やCEといった概念が企業内でのイノベーション活動の枠組みを形成してきた過程を纏めている。1970年代以降から近年にかけて、社内ベンチャー制度の研究は増加傾向にあり、時代が進むにつれ「個人の視点」と「自律性」に着目した研究が増加していることを明らかにし、制度設計上これらが重要な要素になることを見出した。

第3章では、Small RQ②に迫るため、申請者の所属企業の新規事業開発部門および社内ベンチャー部門の従業員に対して、CEの評価尺度であるCEAI（Corporate Entrepreneurship Assessment Instrument）を適用し、従業員が認識する環境要因を定量的かつ定性的に分析し、社内ベンチャー制度がCE促進環境に与える影響を検証したことについて述べている。検証の結果、同社の従業員は高い自律性（計画の自律性と仕事の方法の自律性）を与えられていると認識しており、社内ベンチャー制度がCEを促進する有効な手段であることを明らかにした。一方、意思決定の自律性、報酬・補強、マネジメントサポートには改善の余地があることを指摘した。

第4章は、Small RQ③に答えるため、申請者の社内ベンチャー推進者としての実務体験に基づき、自社の社内ベンチャー制度を自身のビジネスモデルの変遷とステージゲートのプロセスに照らし合わせながら時系列で解説し、デザイン思考を取り入れた仮説検証の重要性について考察したことについて述べている。考察の結果、迅速な仮説検証のサイクルを通じて事業の成功確率が高まることを示し、特に顧客視点に立った検証プロセスが社内ベンチャーの有効な成長要因になりうることを指摘した。

第5章では、第3章と第4章で得られた知見を基に本研究全体のRQ「CEを促進する社内ベンチャー制度を構築するにはどうしたらよいのか」を検討したことについて述べている。検討の結果、その解として、社内ベンチャー制度は目的別、すなわち、「CEの促進重視」と「新規事業開発重視」に分けて制度設計することがCEの促進に寄与すると結論付けている。その上で、双方の目的を支援する社内ベンチャー制度の改善策を「社内ベンチャー化のタイミング」、「意思決定権の委譲」、「デザイン思考の導入」、「公募型による対象者の拡大」の視点から施策案を提示した。この施策案は、CEAIの分析結果から改善要因として抽出した「意思決定の自律性」を高めつつ、実践面での課題として挙げた「仮説検証の繰り返しで事業リスクを低減するためのデザイン思考プロセスを評価プロセスに統合するアプローチ」を考慮したものである。目的別に最適な施策を選択し、社内ベンチャー制度を導入することで、イノベーション創出による競争力の強化といった成果が期待できる。このように学術的成果と実践的裏付けをもって社内ベンチャー制度の最適化を論じたのが本論文の最大の特徴であり独自性である。

第6章では、各章の概略と学術的貢献並びに実務的意義を記述している。更に、社内ベンチャ

一制度の最適化に関する検討結果を総括した上で、社内ベンチャー制度活用の重要性和光産業との親和性について触れている。

本論文では、社内ベンチャー制度が、CE 促進環境・組織文化の醸成に始まり、人材育成、製品開発、そして光産業全体への貢献に至る段階的な役割を果たすことを示した。社内ベンチャー制度を通じて、先ず起業家精神の促進環境を構築し、挑戦を通じた知識習得を促す。そしてこれは、顧客理解と問題解決力を養う実践を積み上げ、新製品・新事業を創る次世代リーダーの育成に繋がる。最終的に、市場の変化に対応するための新しいビジネスモデルの開発や、光技術を活用した新製品・サービスの創出を通じて競争力が強化され、光産業の発展を支える基盤が形成されるとしている。申請者は、この概念を「光産業のアワーグラス・モデル」と名付けた。

本研究における一連の考察結果が示すとおり、社内ベンチャー制度を活用することで、イノベーションの土壌を整え、光産業創成のさらなる活性化に貢献できる、との考えを示し本論文の纏めとしている。

審査結果の要旨

本論文は、学術的視点と実践的裏付けをもって社内ベンチャー制度の最適化を論じたことに最大の特徴がある。本研究の学術的貢献および実務的意義は以下の通りである。

第2章では、社内ベンチャーに関する先行研究を年代別に整理することで、過去50年にわたる研究のトレンドを概観している。この先行研究サーベイを通じて、社内ベンチャー研究の中で近年増加している論点－「個人の視点」と「自律性」－を明らかにし、CE促進のための制度設計に必要な要素として特定している。この精緻な先行研究サーベイの結果は、今後、社内ベンチャー制度の研究に関わる多くの研究者・実務家に対して重要な学術的視点を提供するものである。

第3章では、申請者の所属企業の新規事業開発部門並びに社内ベンチャー部門の従業員に対して、CEAI (Corporate Entrepreneurship Assessment Instrument) を適用し、従業員が認識する環境要因の分析を通して社内ベンチャー制度がCE促進環境に与える影響を検証した。CEAIは、これまで、多くの先行研究の中で様々な国の管理職、研究開発者、技術者を対象に適用されてきた。例えば、米国・カナダ (Hornsby et al., 2002)、南アフリカ (Van Wyk and Adonisi, 2011)、タイ (Lekmat and Chlliah, 2014)、ルーマニア (Agapie et al., 2018)、日本 (嶋田, 2011、田中, 2015) などがある。これらの先行研究からCEAIがCEの促進環境を測定・評価するための汎用的なツールであることが明らかとなっている。しかし、CEAIを企業に適用する上で重要なことは、組織のユニットや部門ごとに認識されているCEを醸成する際の「ギャップ」を特定し、その特定領域の是正に取り組むことである (Kuratko et al., 2014)。嶋田 (2011) が指摘する通り「CEAIを特定の企業や組織に適用し、マルチレベルで分析する必要がある。」ものの、先行研究の多くがCEAIの有用性や異文化間の移植性に主眼を置き、大規模なデータセットを用いているため、この点に踏み込めていなかった。そこで、本博士論文の学術成果の柱となる第3章では、具体的な企業、組織、そこに属する従業員にCEAIを適用することで、既存の研究では明らかに出来なかった新たな知見を導出しようと試みている。

事例研究は、複数事例研究でもその研究結果を即一般化・普遍化することはできない。そのため、特に単一事例研究は研究設計において慎重にならなければならない。しかし単一事例研究も自然科学の

単一実験と同様に研究として成立する。その論拠の一つに、それ以前に科学研究が行えなかった現象の観察・分析から「新事実」を記述するケースである。本研究は、それに該当する。申請者が所属する電子機器メーカーH 社が運用している社内ベンチャー制度を調査対象として、申請者自身がその社内ベンチャーを推進する実務者であると同時にそれを調査する研究者として調査・分析を行った。従来のアプローチではアクセスできない企業内データなども活用しながら特定の部門の詳細な現象を分析・記述することで、下記に示す学術的貢献と新規性並びに実践的含意を抽出することに成功している。

先ず、一連の分析の結果、社内ベンチャー部門の従業員は、高い仕事の裁量、具体的には高い「計画の自律性」と高い「仕事の方法の自律性」を持っていると認識していたことが明らかになったことから、社内ベンチャー制度はCEを促進する有効な方法の一つであることが示された。加えて、社内ベンチャー部門のみならず、社内ベンチャー部門を支援する部署に対してもCEAIを適用することで、各部署の特徴を浮き上がらせ、部署間の認識ギャップを明らかにした。これらは本研究の学術的貢献である。また、上述した通り、CEAIを日本企業の特定期間部門に適用し、CEの促進環境を検証した先行研究は管見の限り見当たらず、これは本研究の新規性である。更に、本研究は事例研究としての強みを活かし、CEAIはCEを促進する組織環境を測定するだけでなく、組織内の特徴や課題を明確化する実用的なツールであることを実証した。さらに、先行研究で指摘されている「意思決定の自律性」に課題があるという結果を再確認したことは、既存研究の補強に資すると同時に、社内ベンチャー制度の改善に向けた具体的な指針を提供するものであり、この点は実践的な貢献といえよう。

第4章では、社内ベンチャー設立前、設立後、その後の審査会の結果を受けて、申請者の事業実践の足跡が記されている。2003年のPETデータ収集から始まり現在に至るまでの20年を超える取り組みの中で、申請者は事業化への一歩を踏み出し、繰り返しビジネスプランの変更を行いながら、ようやく社会への価値提供に向けたスタートラインに立った。

申請者は、事業実践を通じて明らかになった最大の課題として、早い段階における繰り返しの仮説検証が実施できていないため、顧客ニーズを正しく認識できなかった点を挙げている。この課題の背景には「症状がなければ検査にはいかない」という顧客特性があり、検診領域における顧客の困りごとや課題が明確に見えにくいことがある。そのため、改めて、デザイン思考に基づく仮説検証の重要性を強く強調し、今後は、顧客の困りごとや課題を再定義し、不適合な仮説を迅速に取り除きながら、顧客が自覚していない潜在的なニーズをも引き出す取り組みが求められるとしている。

本章の実践的貢献は、申請者の事業実践をステージゲートのプロセスに照らし合わせることで、既存の社内ベンチャー制度の課題点を明らかにし、改善への方向性を提示した点にある。また、デザイン思考のプロセスを適切に組み込むことで、社内ベンチャー制度の仮説検証能力を向上させ、企業のイノベーション力を強化する可能性を指摘した点は、申請者自身が社内ベンチャーの実践者だからこそ導出できた新たな示唆といえよう。本事業実践を通じて得られた知見は、申請者が所属する企業の社内ベンチャー部門にとどまらず、他の企業における制度の設計と運用にも応用可能であることが期待できる。

第5章では、第3章と第4章で得られた知見を基に、「CEの促進重視」と「新規事業開発重視」の目的に分けて社内ベンチャー制度の設計を検討する必要があるとし、双方の目的を支援する社内ベン

チャー制度の改善策を提案している。「社内ベンチャー化のタイミング」、「意思決定権の委譲」、「デザイン思考の導入」、「公募型による対象者の拡大」の視点から提示したこの施策案は、CEAI の分析結果から改善要因として抽出した「意思決定の自律性」を高めつつ、実践面での課題として挙げた「仮説検証の繰り返しで事業リスクを低減するためのデザイン思考プロセスを評価プロセスに統合するアプローチ」を考慮したものである。目的別に最適な施策を選択し、社内ベンチャー制度を導入することで、イノベーション創出による競争力の強化といった成果が期待できる。冒頭で述べた通り、このように学術的成果と実践の裏付けをもって社内ベンチャー制度の最適化を論じたのは本論文の最大の特徴であり独自性である。

第 6 章では、社内ベンチャー制度の役割を 5 段階に分けて記述している。CE 促進環境・組織文化の醸成から始まり、人材育成、製品開発、そして競争力の強化による光産業全体への貢献に繋がるこの段階的な概念を、本論文の中で「光産業のアワーグラス・モデル」と名付けた。本研究における一連の考察結果が示すとおり、社内ベンチャー制度を活用することで、イノベーションの土壌を整え、光産業創成のさらなる活性化に貢献できると期待できる。

本研究の学術成果としては、筆頭著者としての査読付き研究レポート 1 編（日本価値創造 ERM 学会, JAVCERM Journal）、筆頭著者以外の査読付き英語論文 2 編（日本核医学会, Annals of Nuclear Medicine）、予稿論文 2 編（国内、海外各 1 編）、学会発表 3 件（国内学会 2 件、国際学会 1 件）がある。事業実践の成果として特許 2 件を取得している。また、本論文の公聴会においては、すべての質疑に対して明瞭かつ的確な応答がなされた。

以上により、審査委員会は、本論文が本学の学位規則および関連する内規等の基準を満たしていることを確認するとともに、全員一致で博士（光産業創成）の学位授与に値すると判定した。

氏 名	御任大輔
学 位 の 種 類	博士(工学)
学 位 記 番 号	甲第 59 号
学位授与年月日	令和7年3月25日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学 位 論 文 題 目	細菌の自家蛍光の分光計測と機械学習を利用した迅速な細菌検査手法の開発と社会実装に向けた事業実践
論文審査委員	主査 准 教 授 沖原 伸一朗 准 教 授 姜 理恵 教 授 石井 勝弘

論文の概要

本論文は、感染症診断の迅速化と精度向上を目的として、自家蛍光スペクトル解析と機械学習を組み合わせた新しい細菌種同定手法の確立と、その技術を実装した低コスト・高性能な蛍光計測装置の開発、及びその事業化のための事業実践について述べている。

本研究の背景と課題については次の様にまとめられている。臨床現場において細菌感染症診断は、依然として解決が求められる重要な課題である。その迅速かつ正確な診断と適切な抗菌薬の選択が、患者の予後を改善するだけでなく、公衆衛生全体においても極めて重要な意義を持つ。また、抗菌薬耐性菌の増加は世界規模で深刻な脅威となっており、これらの耐性菌の拡散を防ぐためには、迅速かつ精度の高い診断に基づいた抗菌薬の適切な選択が欠かせない。しかし、現在広く用いられている従来型の細菌同定手法である古典的な培養同定法は、最終的な同定結果を得るまでに長時間を要するという根本的な制約を抱えている。時間的な遅れが感染症診療において適切な抗菌薬を迅速に選択することを困難にする要因となるだけでなく、耐性菌が発生する重要な一因ともなり得る。この課題を解決するために、細菌が持つ自家蛍光特性に着目し、光学測定と機械学習を組み合わせた新たな細菌種同定手法を提案している。自家蛍光は細菌の代謝産物や細胞構造由来の蛍光であり、非破壊的かつ迅速に測定可能であり、この特性を活用すれば、サンプルの前処理を最小限に抑えた簡便な計測で、菌種の同定を実現できる。さらに、機械学習アルゴリズムを用いて自家蛍光スペクトルデータを解析することで、微細なスペクトルの差異を捉え、高精度な細菌種の識別が期待でき、且つリアルタイムな計測によって経時的な細菌の動態変化を捉えることができる。これらを基に分光計測・データ解析が行われた。

学術研究としては、最初に蛍光分光光度計を用いて臨床的に重要だと考えられる 10 菌種 14 菌株について、細菌の自家蛍光スペクトルデータを計測している。得られたデータから、各菌種間で特異的なスペクトルパターンが存在することを明らかにし、自家蛍光を用いた菌種同定の可能性を示した。次に、取得した自家蛍光スペクトルデータについては、解析することで微細なスペクトルの差異を捉え、高精度な細菌種の識別をすることを目的として、機械学習アルゴリズムを適用し、細菌種の分類モデルを構築し、且つハードウェアの制約を前提としたデータ処理手法やアルゴリズムの最適化を行い、効率的な測定方法を明らかにした。

事業実践としては、学術研究で得られた解析結果を基に、LED 光源を用いた菌種同定に最適化した装置を試作し、現場での使用を念頭に置いた性能や、量産化を前提とした構成部品の選定について検討し、それらをまとめている。また、市場分析を通じて細菌迅速検査市場の動向や競合製品の状況を把握し、本手法の競争優位性を明確化している。迅速性、高精度、低コスト、操作の簡便さといった強みを活かし、ターゲット市場を設定した。ビジネスプランを策定し、収益予測、資金調達戦略、マーケティング戦略を具体化している。

本研究の意義について、光学測定と機械学習による解析を組み合わせ、ハードウェアの制約を前提とした新しい分析手法を研究した点を挙げている。自家蛍光スペクトルという非侵襲的かつ迅速に取得可能なデータを活用し、機械学習アルゴリズムで解析することで、従来の方法では困難であった高精度な菌種同定を実現した。また、医師が主体的に工学的な開発に携わることで、臨床現場のニーズを直接反映した実用的なデバイスの創出を実現した。これらは医療従事者と工学技術者の連携を深め、医療機器開発の新たなモデルケースとなり得えるとしている。最終的には、技術的課題の克服により公衆衛生の向上や医療技術の革新に大きく寄与するとともに、本研究を基盤として感染症診断の迅速化と精度向上に寄与する製品を実用化し、医療現場や社会に貢献することを目指す結論付けている。

審査結果の要旨

申請者が対象とする研究領域は、医療現場における迅速且つ適切な感染症治療を行うための細菌種同定とそれによる抗菌薬の選択、及びその一連のプロセスにおける課題を解決するための装置開発と事業化である。また、申請者は臨床医師の立場から、現場のニーズの汲み取りと検証を行いつつ、主体的に解析手法の研究と光計測装置開発を行い、光関連医療機器として社会実装に向けた事業実践に取り組んだ。

感染症治療において様々な抗菌薬が開発されているが、抗菌薬の過剰使用による耐性菌の出現や、グローバル化による新興感染症の拡大等の新たな課題が生じている。この課題を解決するために、臨床現場における迅速な細菌種同定の同定技術・装置が求められている。しかし、現状の同定技術・装置では、質量分析法や PCR 法など高感度・高特異性を有するものの専用機器や熟練した技術者を必要とし、導入コストが高額であることや、迅速な診断キットが実用化されているものの多くの病原細菌の内の一部の細菌のみにしか効果が無いことや、感度の問題、及び多くの診療所では微生物検査室を持たない等の問題がある。申請者は、細菌が持つ自家蛍光特性に着目し、新規性のある蛍光分光計測と機械学習を組み合わせた新たな細菌種同定手法を提案している。蛍光分光光度計を用いて主要な 10 菌種 14 菌株のサンプルについて、自家蛍光スペクトルデータを計測し、得られたデータから、各菌種間で特異的なスペクトルパターンが存在することを明らかにした。その取得した自家蛍光スペクトルデータについては微細なスペクトルの差異を判断し難いため、機械学習アルゴリズムを適用し、細菌種の分類モデルを構築し、解析することで、高精度に細菌種を識別している。さらに光源や検出器、及びその組み合わせなどのハードウェアの制約条件に対して、光源、検出器の個数、光源のスペクトル幅等についてデータ処理手法やアルゴリズムの最適化を行い、効率的な測定方法を明らかにした。

これらの成果は 2 つの査読論文として海外学術誌に掲載されている。また、学術的な機械学習を用

いた解析に留まらず、実用化に向けて活用・解析をされているという点からも高く評価できる。また申請者の臨床医師としての知見に基づく、計測手法の提案、菌株の選定などが行われており有用性が高い。以上の点から新規かつ有用な学術的知見が得られていると認定できる。

本研究に関する事業実践としては、複数の助成金制度を利用しながら開発資金の調達を行うとともに、学術研究で得られた解析結果を基に、事業性を考慮して LED 光源を用いた菌種同定に最適化した装置を試作している。そして、実装上の課題や設計上の要件を整理することで、臨床現場に適したハードウェアの検討指針を提示している。また、社会実装に向けて薬事承認に向けた性能評価や品質管理体制の構築についての議論・検証を行い、市場分析を通じて製品の競争優位性を示すとともに事業化のロードマップを策定している。先の計測装置の小型化や低コスト化を進め、厳格な性能評価試験と品質管理体制の整備の計画記述に至っている。これらの実践を基に、ビジネスプランを策定し、収益予測、資金調達戦略、マーケティング戦略の検討を行っている。

ここで述べられている事業実践活動は、経済産業省(METI)や独立行政法人日本貿易振興機構(JETRO)などの国・政府・外郭団体が主催する起業家向けプログラムに申請者自身が実際に参加し、そこで得た知見と経験に裏付けされたものでありその内容には説得力がある。これらの記述は、今後、光技術を活用して起業を志す者に大きな示唆を提供することが期待できる。この様な意味で、本研究は光産業創成に貢献するものであり評価に値する。

本論文に関連する業績は次の通りである。査読付き論文2編が海外学術誌 Journal of Fluorescence、Journal of Biophotonics において出版され、学会でも 1 件の発表が行われている。本研究に関連し特許出願も 1 件ある。本事業を推進のために 4 件の助成金制度に申請し採択されている。また、本論文には不掲載であるが、本研究の成果を事業化する目的で、修業期間内に起業し法人登記を行ったことを付記する。

本論文の公聴会においては、すべての質疑に対して明確かつ的確な応答がなされた。いずれの質問に対しても裏付けのある回答ができており、規定のレベルに達していると判断される。

以上により、審査委員会は、本論文が本学の学位規則および関連する内規等の基準を満たしていることを確認するとともに、全員一致で博士（工学）の学位授与に値すると判定した。