

# 博士學位論文

内容の概要及び審査の結果の要旨

第 27 号

2022 年 9 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、2022 年 9 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 52 号	博士(光産業創成)	岡崎元樹	外観検査における見逃しを抑制する機能を持つAIの開発と企業への新技術導入の実践	3
甲第 53 号	博士(工学)	數村公子	食の機能性評価と「未病の見える化」を実現する好中球活性評価システムの開発とその事業化	7
乙第 54 号	博士(光産業創成)	川村哲也	産学官金連携と報徳思想を基底とした光産業創成に向けた考察と実践—浜松地域の産業創成に関する歴史研究からの教訓—	11

氏名	岡崎元樹
学位の種類	博士(光産業創成)
学位記番号	甲第 52 号
学位授与年月日	令和4年9月16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	外観検査における見逃しを抑制する機能を持つ AI の開発と企業への新技術導入の実践
論文審査委員	主査 教授 江田英雄 教授 増田靖 特任講師 楠本利行 准教授 花山良平

### 論文の概要

本論文は、工業製品の外観検査において人工知能（AI）を利用する技術の実用化に関する開発研究と、AI のような新規技術を企業に導入するに当たっての普及活動の実践報告について述べている。工業製品の外観検査の性能で最も主要な指標である欠陥品の見逃し率について、開発した外観検査用 AI では 0.08%であった。これに対し、画像検査で一般に用いられる AI である畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を同じ条件で単純に適用した場合に得られた見逃し率は 1.62%であり、開発した技術では大幅な向上を実現した。一方、AI を企業に新規に導入する際の主要な課題は「AI に対する理解不足」と「AI 導入効果への不安」と指摘し、その対策として行った AI 知識の普及活動と AI 導入支援活動の実践と効果について報告している。

第 1 章では、本研究の背景として製造業および自動車業界が置かれている状況を述べている。いわゆる「勘コソ作業」の自動化の必要性和課題を述べ、課題解決の手法として AI の利用を提案している。また、AI 技術を企業に導入しようとした際の課題を調査し、AI に対する理解の促進および AI 導入の効果に対する不安の解消が重要であることを指摘している。

第 2 章では工業製品の外観検査と、それに適用する AI 技術の概要について述べ、実際に AI を用いた外観検査の試行を行っている。自動車用クラッチの構成部品であるクラッチディスクを対象とし、欠陥の存在が認められない正常品と、発生機構の異なる 4 種の欠陥品の 5 種類が混在した試料を分類する試験、並びに、より実際のな、正常品と 15 種の欠陥品を含む 16 種を分類する試験を行い、いずれも 90%以上の良好な精度で分類に成功したことを報告し、AI を工業製品の外観検査に適用することができる可能性を示すことができたことを述べている。一方で、1)複数種の分類のためモデルが複雑となり学習の収束が不十分、2)実際の量産環境での性能確保、3)製品検査で最も重要である欠陥品の見逃しの抑制、4)欠陥を認識しやすくするための画像品質の向上、の 4 つの課題を指摘している。

第 3 章では第 2 章で指摘した課題のうち、見逃しを抑制可能な技術開発について述べている。その開発に当たり、人による目視検査で検査員が行っている思考過程を参考にし、欠陥品を発見する過程と正常品を発見する過程に差をつける手法を考案している。即ち、検査員は欠陥品を発

見するための複数の検査項目のうち、いずれかに該当する可能性を感知した場合、検査対象品を欠陥品と判定する。一方、いずれの検査項目にも該当する可能性を感知しなかった場合にのみ正常品と判定する。このように、欠陥品の発見は積極的な過程であるのに対し、正常品の発見は消極的な過程であることを指摘し、この構造を AI に組み込むことを提案している。この欠陥品と正常品の発見過程の差をこの論文では「非対称性」と呼称している。AI への非対称性の実装方法として、AI が学習データに過度に適合することにより分類性能が低下する過学習を抑制することを目的として開発されたラベルスムージング手法を参考にし、AI の学習の過程で使用される正解ラベルの付与方法に非対称性を導入することを提案している。この手法を「非対称ラベルスムージング手法」と名付けている。開発した手法を用いて、正常品と 15 種の欠陥品を含む 16 種を分類する試験を行い、見逃し率が CNN を単純に適用した場合では 1.62%であったのに対し、開発した手法では 0.08%となり、大幅な改善を達成している。この成果は本論文の主たる学術研究成果である。この手法は同時に、第 2 章で挙げた 4 つの課題のうち、1)学習の収束性能と 2)実際の量産環境での性能確保の改善も達成しており、実際の量産工程における欠陥検出精度を向上させ、欠陥の見逃しを抑制する有効な手段となることが期待できるとしている。

第 4 章では第 2 章で挙げた課題の残る一つである画像品質の向上手法開発の取り組みについて述べている。特に、検査画像を撮影する際の照明方法や光学フィルタの利用などの光技術を用いて、欠陥の強調やノイズの低減を目指すことにより、画像品質の向上を試みている。いくつかの手法を試みた結果として、この論文で題材として取り上げられているクラッチディスクの検査においては、偏光を利用した手法で撮影された画像による分類性能向上が顕著であり、偏光の利用が有効であったことを報告している。この要因について考察し、検査対象であるクラッチディスクでは、その中でも特に注目する必要があるペーパー摩擦材と呼ばれる部分が、偏光を利用することで強調して撮影され、ノイズ除去の効果が生じ、AI に入力する情報としての品質が向上したと考えられることを指摘している。

第 5 章では AI 等の、従来技術とは価値観を異にするような技術を企業内で普及させる課題と対策を整理し、普及活動の実践例を報告している。まず、AI 技術を企業が導入を検討する際の課題に関する外部の調査を引用し、AI 導入の課題の大部分は AI 活用技術を有する人材の不足などを含む AI 導入基盤の不良と、AI 導入の効果の推計が困難であることの 2 点に集約可能であることを指摘している。そしてこれらの対策として、アクティブラーニングを取り入れた技術講習会の開催を提案し、実例を報告している。この活動により、企業内で AI への理解度が向上すると共に、受講者が自身の部署で AI 利用システムを内製として構築可能となり、実際に稼働する AI に接触する機会が創出されることで、AI 導入効果の推計が可能となることにつながることを指摘している。これら実践活動の成果として社内で AI を活用した開発案件が増加したことを報告している。

第 6 章で本論文の成果を総括し、結論が述べられている。この論文では、工業製品の外観検査に AI 技術を導入する実践例が報告され、外観検査の最も主要な機能である、欠陥見逃しの抑制を実現する技術の開発について述べられている。一般的な AI 画像検査手法を単純利用した場合と比較して、欠陥見逃し率を大幅に低減させることに成功している。そして、その実用化に向けた取り組みとして、企業内に AI の導入基盤を構築し、導入障壁をとり除く活動の実践例が報告され、

企業内で AI 技術者を養成することにより、AI の活用機会が増加したことを報告している。

### 審査結果の要旨

AI 技術は近年、著しい発達・発展を遂げており、産業界においても利用が急激に拡大し続けている。このような情勢下で、各企業においては AI 技術の導入の如何に関わらず、自社内で AI 技術を評価可能な能力を有することが肝要であると考えられる。AI 技術は「データ駆動型技術」と呼ばれることもあり、物理現象や数式などで記述された原理・原則などに基づくものではなく、実際のデータを基準として論理が構築されており、未知で複雑な対象であっても、十分な量のデータがあれば背景や原理・原則を知ることなく AI 技術を適用可能である。画像の認識や識別など、画像情報の処理の領域は一般に、大量のデータを容易に取得可能であることから、本質的にデータ駆動型技術と相性が良く、AI 技術が積極的に活用されている領域である。画像を用いた工業的な試験や検査は AI 活用が大きく期待されている領域の一つであると言える。一方で、品質保証は製造業の企業においては製品の価値を維持し、顧客との信頼関係を醸成するために非常に重要である。従って、品質保証のための検査は説明可能な根拠に基づき、厳密に行われる必要があり、データ駆動型技術とは本質的に相性が良くない。本論文は品質保証の領域に、本質的に相性が良くない AI を導入しようとした試みについて述べられており、AI の判定を一定程度誘導することにより、AI 判定の説明可能性の向上を図り、AI を品質保証に利用する可能性を探求した研究と見ることが出来る。

品質保証用画像検査に AI を導入するに当たり、本論文では正常品と欠陥品の判別において、欠陥品を見逃さないことを画像検査用 AI の最も重要な機能として位置づけ、研究開発を行っている。従来の品質保証用画像検査では撮影した画像と製品の設計図の比較を基本としており、寸法や表面性状などに対応した情報を撮影画像から読み取り、適当な許容誤差を含めた範囲内にあることを判定している。このような単数または複数の測定箇所と許容範囲の組み合わせからなるルールに基づく判定方法はルールベースと呼ばれる。ルールベースの検査は寸法などの設計情報と比較して判定する項目は非常に正確に判定することが可能である一方、工程中に生じた傷や色むらなどの、不定形で突発的な異常に対する判定は不得意である。従って、このような異常を発見するために、人による目視検査は依然として重要である。この論文の背景として、このような検査員に頼らざるを得ない検査項目の自動化の要求も挙げられている。

この論文の巧みな点として、自動化困難な部分を現在担っている検査員の思考に着目し、欠陥検査では正常品と欠陥品の発見過程がそれぞれ異なることを見出し、それを AI に搭載しようとしたことにある。さらに、その実装方法として、AI の学習過程で用いられる教師データの正解ラベルを操作するのみの単純な方法で実行することを考案し、実際に所望の機能を実現させることに成功した点にある。正解ラベルは AI の単純な実装方法では合致、または不一致のみの二値(0 または 1)で与えられる。これに、過学習抑制機能を付与する目的で二値の実数を付与する方法や、データやモデルに基づき、自動的に任意の実数を付与する方法などが提案されているが、AI の判定の性質を意図的に誘導する目的で正解ラベルの調整を行った報告は見当たらない。この手法は正解ラベルの設定にシステム構築者の意図を介在させ、原理・原則を一定程度反映させていること

において、純粋なデータ駆動型技術ではなくなっているが、上述の品質保証と AI の相反性に対する妥協点を見出す余地を創出したことは非常に優れた発想であると判断することができる。

具体的には、申請者が設定した試験環境において、汎用の CNN を単純に適用し、0 または 1 の二値の正解ラベルを用いた場合の欠陥見逃し率が 1.62%であったのに対し、同環境の提案手法では 0.08%に減少させることに成功している。一般にモノづくりの現場において、欠陥品の発生は非常に低く抑えられている。欠陥の見逃し率は、極まれに発生する欠陥品が発生した際に、それを見逃してしまう確率であり、それが約 1/20 に低下したことは、実用的には非常に有益な成果である。また、この時、同時に正常品を欠陥品と判定してしまう誤警告率も 1.87%から 0.74%に減少している。誤警告は歩留まり悪化に直結し、欠陥見逃しの抑制の際に誤警告増加による歩留まり悪化を誘発していないことも実用的には重要な成果である。

一方、上述のように、品質保証は製造業にとっては非常に重要であり、そこに、従来技術と本質的に全く異なる技術を導入することは非常に困難が想定される。一般にも AI のような従来技術とは発想からして異なる技術の導入には高い障壁があることが容易に想像されるが、この論文ではそのような状況下で新規技術を企業に導入する方法論の考察と実践を行っている。具体的には、アクティブラーニングを取り入れた講習会を開催し、新規技術を取り扱い可能な技術者を社内で養成することを提案している。そして、その実践により社内で AI を活用した開発案件が実際に増加していることを報告しており、新規技術の導入事例として有益な実績であるといえる。AI 活用システムを内製可能な状況を創出し、単純な系であっても実際に稼働する AI を目の当たりする機会が創出された効果が大きいと推定され、この取り組みが妥当であり、AI 導入を目指す企業にとって重要な示唆を与えていると考えられる。

この論文の光産業創成に対する貢献は、実際の現場で光技術の主要な活用場面の一つである製品の画像検査に AI 技術を導入し、実用上の主要な性能指標である欠陥の見逃し率を大きく低減させる技術の開発に成功し、AI が実際の現場での実用に供し得る能力を有することを示し、光計測の可能性を拡大したこと(第 3 章)と、AI のような従来技術と価値観を異にする技術を、企業に新たに導入するための方法論に関する実際的な指針を提供していること(第 5 章)にある。また、この論文の内容における学術的独自性・新規性は、AI の機械学習における教師データを操作することにより、AI の性質を制御する独自の手法を開発し、欠陥の見逃し抑制機能を有する画像検査用 AI を開発した点にある。欠陥の見逃し率は、汎用の AI 技術を単純適用した場合と比較し、20 倍向上させることに成功しており、学術的意義と同時に実用的意義もきわめて高いと言える。学術研究成果として、査読付き論文 1 編(精密工学会誌)が出版され、国際学会 1 件、国内学会 2 件の学会発表が行われている。また、この論文に関連し特許出願が 1 件ある。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	數村公子
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第 53 号
学位授与年月日	令4年9月16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	食の機能性評価と「未病の見える化」を実現する好中球活性評価システムの開発とその事業化
論文審査委員	主査 教授 長谷川和男 教授 増田靖 准教授 横田浩章

### 論文の概要

本論文は申請者が行った好中球活性評価システムの開発と事業化の試みについて論じている。

第 1 章では、研究の背景、研究の目的、本論文の構成が述べられている。研究の背景として、世界に先駆けて超高齢社会に突入した日本の現状、健康長寿社会の実現に向け日本政府が打ち出している未病ケアや疾病予防の推進、申請者が注目した未病や機能性食品の概説、本研究のターゲットである白血球の一種の好中球の自然免疫反応と疾患との関連性、本研究の基盤技術である蛍光・発光同時計測技術が述べられている。申請者はバイオ系専門学校の教員を経て、光検出器メーカーに入社し、蛍光・発光同時計測技術により、好中球の自然免疫反応をモニターする技術を確立した。

本論文では、健康長寿社会の実現と医療費の削減を目指して、所属企業の強みである微弱光検出技術を最大限活かし、以下の 2 つを研究目的として設定している。

①「食」の機能性評価から未病評価までの一連の好中球活性評価システムの開発

②開発したシステムを「未病ケア」「疾病予防」市場に広く普及させるための事業計画の立案

第 2 章では、好中球細胞の自然免疫反応を微弱光検出技術でモニターすることで食品機能性の評価を可能にした「抗酸化・抗炎症・自然免疫賦活同時評価細胞試験」の開発について述べられている。好中球による活性酸素の産生と、活性酸素産生にセカンドメッセンジャーとして重要な役割を果たすカルシウムイオンの濃度変化を、それぞれ化学発光と蛍光で同時に経時的にモニターする技術を活かした生体内での効果に近い情報が得られる食品機能性評価法である。本試験法を用いれば、評価したい食品や食品成分等の被験物質の存在の有無で、刺激剤投与によって惹起された自然免疫反応時の蛍光と化学発光の発光量の違いを算出し、以下の 3 つの機能性を同時に評価できる。

①化学発光のみ減少 - 抗酸化（活性酸素消去）作用

②蛍光・化学発光共に減少 - 抗炎症（過剰な炎症反応抑制）作用

③化学発光増加 - 自然免疫賦活作用

既知の抗酸化物質、抗炎症性物質、自然免疫賦活物質を使ってこの試験法の有効性を申請者は実証した。また、アントシアンや茶類など様々な物質に対する抗酸化・抗炎症・自然免疫賦活同

時評価細胞試験の結果の一部が述べられている。

第3章では、極微量血液中の好中球活性を簡便に評価できるシステムの開発が述べられている。第2章の「抗酸化・抗炎症・自然免疫賦活同時評価細胞試験」で用いられた蛍光・発光同時計測装置の試料容器をプレパラートとすることによる光路長の短縮、光学系の最適化、極微量全血試料溶液の攪拌と計測プロトコルの工夫により、赤血球や夾雑物による光吸収の影響を最小限に抑えることに成功し、採取した極微量全血を希釈するだけの簡単な操作で好中球活性を計測できる世界唯一の方法を確立した。活性酸素と次亜塩素酸イオンの産生の同時計測によって、食事と運動がヒトのこれらの物質の産生に与える影響を調べたパイロットスタディの結果や、アルツハイマー病と動脈硬化症の2種類の疾患モデルマウスを用いた機能性成分（糖脂質）の発症抑制効果の検証試験の結果が述べられている。

第4章では、第3章のシステムのユーザビリティの問題点を解決した開発について述べられている。第3章のシステムの最も大きな問題点は、血液試料が専用のスライドグラス上に露出した状態で載せられていることに起因するバイオハザードであった。また、血液試料の気流による攪拌に起因する別の問題点も存在した。攪拌調整には熟練が必要な上、光学的なデータ変動を引き起こすことから、オフラインでのデータ平均化や他の分析技術によってその変動を除去する必要があった。申請者は、これらの問題を解決して血液試料をより簡単かつ確実に測定できるようにするために、従来の光学キュベットよりも薄くて幅が広い特殊な流体チップを開発し光路長を短縮するとともに、スターラーバーを内蔵できる専用試料容器を開発した。この改良によりユーザビリティを格段に向上させた。そして新しい解析法を取り入れ、活性酸素と次亜塩素酸イオンをより高感度に測定できるようにした上で、申請者はこのシステムを用いてヒト縦断研究と横断研究を行った。

ヒト縦断研究は健康なボランティア6人を対象としたパイロット試験で、各ボランティアの血液中の活性酸素と次亜塩素酸イオンの産生量を数ヶ月にわたってモニターした。その結果、各ボランティアの日々のこれらの物質の産生量は好中球数と同程度に微細変動しており、産生動態も個人差があることを明らかにした。微細変動を上回る大きな産生変動を、好中球数、従来の炎症マーカー値、およびアンケートから推測される体調変動と比較したところ、活性酸素産生のシグナルが従来の病気発症や自覚症状よりも早期に検出できることを確認した。

ヒト横断研究は健診受診者1,000名を対象にして行われた。まず問診や生化学検査値を利用して抽出した健常者の活性酸素と次亜塩素酸イオンの産生量から、産生量の基準範囲を算出した。その基準範囲をもとに受診者のデータを評価したところ、従来の検診結果では異常なしの受診者で、本評価で異常に該当する例がいくつか見られた。この知見は、未病評価法となり得る可能性を示唆している。

第5章では、第2章から第4章で論じてきた「食」の機能性機序解明ツールから未病評価までの一連の好中球活性評価システムの事業化について述べられている。「未病ケア」および「疾病予防」市場で事業実践することを目指して、所属企業内のベンチャーにおける事業実践に向けた事業計画を立案し、事業化に踏み出すまでの取組みが概説されている。

顧客と市場規模の検討、SWOTによる分析、アンソフの成長マトリクス分析を踏まえて導き

出された強力なパートナーとの連携やターゲットを絞る戦略設計を通して以下の3段階からなるビジネスプランを立案した。

- ①申請者のこれまでの研究成果を活かし、研究ツールとして研究者を中心にラボ用機器と専用消耗品を投入して、その中で未病の診断、体調管理ツールとしての仮説検証とエビデンスの積上げにより、実績と信頼性を高め、未病の解決策を蓄積する。
- ②一般ユーザーの体調管理ツールとして廉価版普及機と専用計測用キットをヘルスケア市場へ展開を図る。
- ③研究者や連携先の医療機関等で得られた医学的エビデンスをもとに薬事対応をして、廉価版普及機を医療機器として医療分野に展開を図る。

そして、所属企業の枠組みの中で社内ベンチャーの立上げが承認され、事業実践の第一歩を踏み出したことが述べられている。

第6章では、本論文の総括、結論、今後の展開が記述されている。

### 審査結果の要旨

生物が病原体やアレルゲンなど異物を認識してする応答は免疫応答と言われる。感染初期に重要な役割を果たすのが自然免疫で、続いて獲得免疫が活性化される。

獲得免疫応答は、応答すべき相手の記憶に少なくとも数日かかる反応で、同じ外来抗原に対して二度目には、より効率的に反応するようになる。この機構を利用したものがワクチンで、パンデミックである新型コロナウイルス感染症（COVID-19）に対しては、メッセンジャーRNA ワクチンの大規模な接種が世界中で実施された。

これに対して自然免疫応答は、対象となる異物が何であってもある程度共通に起こる反応で、個別の病原体に特化した効率のよい防御反応ではないかわりに、病原体の進入からごく短い時間のうちに速やかに起こる。とりわけ、微生物を直接殺傷して処理する細胞である白血球は、感染の初期段階の防御で最も重要な役割を果たす。

申請者は、短時間で起こる自然免疫応答に着目し、そこではたらく白血球の一種である好中球の活性を評価できるシステムを開発し、そのシステムの事業化に取り組んだ。

申請者は大学卒業後、14年間のバイオ系専門学校での教員経験を経て、「光を使いこなす技術を開発して社会に役立てる」ことを理念として掲げる企業に、30代後半に研究者として入社した。蛍光・発光同時計測技術のアプリ開発を担当した申請者は、所属企業の強みである微弱光検出技術により健康長寿社会の実現へ貢献することを目標として研究に邁進した。そして、好中球の自然免疫反応（カルシウムイオン濃度の上昇と活性酸素の産生）を蛍光・発光同時計測技術で検出することで *in vitro* 食品機能性の評価を可能にした「抗酸化・抗炎症・自然免疫賦活同時評価細胞試験」を開発した。この方法は、新たな機能性食材等生理活性物質の探索に貢献したほか、薬学や医学分野にも応用され、薬剤の作用機序解明ツール、脳神経保護活性物質のスクリーニング法、血管内皮細胞保護作用を有する生理活性物質のスクリーニング法の確立に至った。本試験法の確立により、申請者は平成25年度飯島藤十郎食品技術賞を受賞した。今後、様々な分野での生理活性物質の探索への拡大が期待できる。

次に申請者は、開発したシステムを足がかりとして、活性酸素産生を化学発光で検出しながら同時に体調変化や疾患発症により関連性が高い次亜塩素酸イオンの産生を蛍光で検出できるシステムを確立した。このシステムは、極微量（3 μl）の血液しか必要とせず、好中球活性を希釈操作のみで簡便に評価することができ、検出に要する時間も短い。これらの特徴は酸化ストレスや炎症状態を評価する従来のマーカーとは一線を画している。申請者がこのシステムを使って食事と運動が体調に与える効果を検出したことや、アルツハイマー病と動脈硬化症の2種類の疾患モデルマウスを用いた機能性成分（糖脂質）の発症抑制効果を検証したことは特筆すべきである。

さらに申請者はシステムのユーザビリティの改良に取り組んだ。従来の光学キュベットよりも薄くて幅が広い特殊な流体チップからなる専用試料容器を開発して光路長を短縮するとともに、スターラーバーを内蔵できるようにしたほか、新しい解析法を組み入れ、活性酸素と次亜塩素酸イオンをより高感度に測定できるようにした。そしてヒトを対象とした縦断・横断臨床研究を積極的に行い、本システムが未病の評価法の候補として有望であることや、体調の微細な変化の正確かつ迅速察知に応用できる可能性を見いだした。これらは他の評価法では困難であり、高い新規性が認められ、広い適用範囲が想定できる。

また申請者は、開発したシステムの「未病ケア」および「疾病予防」市場での事業実践を目指して、ブラッシュアップを繰り返して実現可能性を高めた3段階で構成されている事業計画を立案した。各段階で想定している対象や市場は異なり、第1段階では研究者、第2段階ではヘルスケア市場、第3段階では医療分野への参入を目論んでいる。策定した事業計画をもとにして所属企業の社内ベンチャー制度に応募したところ採択され、事業実践の第一歩を踏みだした。本取り組みは、社内ベンチャー制度による起業を実現した事業計画策定として評価できる。

以上、本論文で開発した好中球活性評価システムは学術的に価値があるばかりでなく、申請者が目指す「未病ケア」および「疾病予防」市場を含む食品、ヘルスケア、医療の市場でのビジネス拡大に貢献するものと考えられる。また、本論文は社内ベンチャー制度による起業を実現した事業計画策定においても価値を有する。

本論文に関する公聴会においては、いずれの質疑に対しても的確な応答がなされた。申請者が専門とする生化学分野の深い見識が伺えたほか、臨床医学や畜産の現場への応用への言及があった。また、開発したシステムの微弱光検出部のハードウェア・ソフトウェアについても今後の発展の方向性が示された。さらに研究者が社内ベンチャーの経営者となる変遷や抱負についても応答があった。これまでの経験を活かして、広い視野と高い関心を持って今後の研究と事業の実践に取り組もうとする姿勢がみられ、大いに期待できるところである。

本研究の成果としては、Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis誌、PLOS ONE誌、Scientific Reports誌の査読付論文各1件（計3件）がある。

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。

氏名	川村哲也
学位の種類	博士(光産業創成)
学位記番号	乙第54号
学位授与年月日	令和4年9月16日
学位授与の条件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	産学官金連携と報徳思想を基底とした光産業創成に向けた考察と実践 —浜松地域の産業創成に関する歴史研究からの教訓—
論文審査委員	主査 准教授 姜理恵 教授 藤田和久 教授 増田靖

### 論文の概要

本論文は、明治時代以降の浜松地域の産業創成に関する歴史を、産学官金連携と報徳思想の概念を手がかりに分析することにより、光産業創成に資する産業創成の要因を見出すことを目的としている。

研究の背景として、まず明治時代以降多くの産業を創成してきた浜松地域の経済的低迷について述べている。日本経済は1990年代初頭のバブル崩壊以降30年以上低迷を続けていると言われていた。しかし、全国的には回復基調を見せ始めているものの、浜松市は製品出荷額において県内では静岡市よりも下回るようになり、相変わらず低迷状態が続いていることを指摘している。そこで、浜松地域では、光産業の創成による経済活性化に大きな期待がかかっていると述べている。つぎに浜松地域の特徴として、近年産業創成に向け産学官金連携が盛んに推進されていること、そして明治時代以降、二宮尊徳の報徳思想が信奉され、報徳運動が積極的に行われていたことを論じている。

こうした背景から、リサーチクエスチョンとして、「なぜ、産学官金連携を強化するだけでは、産業創成には繋がらないのであろうか」と「尊徳の報徳思想は浜松地域の産業創成に貢献した産業人にどのように浸透していったのだろうか」の2つが得られ、そこから上記の研究目的に整理したことが述べられている。また、実践的目標として、まず、研究成果を関係者に提供し、これからの浜松地域産業の発展と活性化に関係者や地域と一緒に取組んでいくこと、つぎに報徳信奉者として、申請者は本論文で得られた知見を活かして、浜松地域の報徳関係者とともに、浜松地域の産業創成、地域創生に資することを実践していくことを挙げている。

本論文は、3つの歴史研究から構成されている。1つ目(第2章)は、浜松地域の産業創成に係る産学官金の軌跡に関する歴史研究である。2つ目(第3章)は、浜松地域の報徳思想と報徳運動に関する歴史研究である。3つ目(第4章)は、産学官金連携と報徳思想を基底とした歴史分析と考察である。

1つ目の研究は、明治時代から平成時代までの産業・教育・行政および金融(産学官金)の4分野について、産業創成に焦点を当て、それぞれの軌跡を概観している。3つの時代区分に分節して、それぞれの時代的特徴を整理している。明治時代初期・中期は、4つの分野で豪農・豪商

が主導的に活動し、産業創成に貢献していたこと、明治時代後期・大正・昭和時代初期は、多くの発明・技術開発が行われ、軍事工場化と軍事教育が行われたこと、そして昭和時代中期・後期・平成時代は、教育面では民主化政策による改革が行われ、産業面では復興期、高度成長期、安定成長期に多くの産業創成が行われるなか、光産業も勃興し、平成時代には産学官金連携が活発に行われてきたことを特徴として挙げている。

2つ目の研究は、浜松地域の報徳思想と報徳運動について探究している。報徳思想と報徳運動について基本的な概念を整理したあと、報徳運動について明治時代から平成時代までを4つの時代区分に分節して、産業創成に関わることを中心にそれぞれの特徴を整理・抽出している。明治時代初期・中期に関しては多くの先行研究があり、岡田良一郎が父佐平治とともに設立した大日本報徳社を中心とした報徳運動であったことはよく知られている。また、昭和時代中期・後期・平成時代・令和時代は、報徳社の活動が停滞していった時代であり、産業創成に関わる事項は多くはない。この研究では、先行研究が少ない明治時代後期と大正時代・昭和時代初期の報徳運動について深く議論を行っている。明治時代後期の報徳運動の特徴として、岡田良一郎の二人の子息、岡田良平と一木喜徳郎が中心となって設立した中央報徳会と大日本報徳社とが連携して推進していたことを論じている。大正時代・昭和時代初期の報徳運動の特徴としては、報徳社が地方改良運動に関わっていたこと、そして農村再興に対して行政式報徳仕法を実施し、各地の学校報徳社や各種常会を指導する指導者を育成する各種講習会を開催した「新興報徳運動」について記述している。

3つ目の研究では、まず前段の2つの歴史研究の結果を踏まえ、明治時代から平成時代までの産業創成について、産学官金連携と報徳思想の概念を用いて分析と考察を行っている。つぎに、時代区分をさらに6つに分節し、産業創成の要因（特徴）に関して比較考察を行っている。さらに、「光産業創成へ向けての報徳仕法のあり方」について考察を行い、光産業創成に資する実践のための実行計画を立案している。

産学官金連携と報徳思想の概念を用いた分析と考察では、まず時代区分を5つに分節して、産業創成の要因（特徴）を整理・抽出している。明治時代初期・中期は、豪農・豪商達が「産学官金」のすべての分野を担い、産学官金連携というよりも、産業創成に向けた一円融合の社会を構築していたことを明らかにしている。先行研究を踏まえ、この時代の産業創成の要因（特徴）を5つに整理している。①「地理的条件に恵まれていた」、②「商工業都市であった」、③「『やらまいか』精神が存在していた」という先行研究で指摘されている3つの要因（特徴）に加え、④「豪農・豪商達が報徳仕法を実践していた」と⑤「産学官金の機能が地域社会とともに一円融合していた」である。明治時代後期・大正時代は、豪農・豪商の子息の時代となり、産業創成の要因（特徴）は、上記の①から③は変わらず、④が「豪農・豪商の子息である企業家が報徳仕法を実践していた」となると述べている。昭和時代初期は、直接産業創成が行われたのではなく、勤労教育としての報徳教育が全国で学校報徳社や各種常会を通して行われていた時代である。この時代の産業創成の特徴としては、④「戦後の産業の担い手が報徳教育を受けていた」ことを見出したと述べている。昭和時代中期・後期は、戦後の復興期、高度成長期、安定成長期の時代であるが、産業創成の要因（特徴）として、④「戦前に報徳教育を受けていた人達によって産業創成が行われ

た」ことが挙げられている。平成時代は、国策として産学官金連携が推進された時代であり、産業創成の特徴としては、④「大半の産業の担い手が報徳教育を受けていない」と⑤「産学官金連携は組織的に有機的に遂行されている」ことを挙げている。

産業創成の要因（特徴）に関する比較考察では、考察の結果、産業創成は産学官金連携が不十分でも、産業の担い手が報徳仕法を実践することで促進されることを指摘し、令和時代における光産業創成に向けて提言を行っている。光産業創成にとって肝要なことは、産学官金連携を推進するだけでなく、「光産業創成の担い手が報徳思想を持ち、報徳仕法を実践すること」であると論じている。

「光産業創成へ向けての報徳仕法のあり方」についての考察では、3つのステップからなる実行計画を立案している。3つのステップは、①研究成果の提供、②新しい報徳仕法の構築、③新しい報徳仕法の提供（新報徳運動の実践）である。そして、既実践している活動についても述べている。まず、報徳運動の中心的存在であった大日本報徳社および浜松市中心部の報徳社にて本研究の成果を報告し、申請者の提言と今後の実践への賛同を得たこと、そして今後報徳関係者とともに、令和時代に有効な新しい報徳仕法に関して検討を進めていくことを論じている。つぎに、新しい報徳仕法構築の第一歩として、報徳の用語の問題について議論し、「報徳思想」を「報徳思考」と、「報徳仕法」を「報徳メソッド」とする、令和時代に合った言語化の必要性を提案している。

最後に、今後の課題と、光産業創成に向けてのこの実践を契機に、光産業がさらに大きく発展していくであろうと述べている。

### 審査結果の要旨

本論文は、地域の産業創成という課題に対して歴史から学ぶという基本姿勢のもと、過去と現在との対話を繰り返すことで未来を拓く地平の融合を経験すること、そしてそこで得た成果を浜松地域の光産業創成に関わる産学官金の関係者に提供することを企図した研究である。

「愚者は経験に学び、賢者は歴史に学ぶ（ドイツ初代宰相ビスマルク）」のとおり、自身の成功体験や同時代の成功事例に意識が向かいがちで、歴史に学ぶ発想に至らないことはよくあることである。その反映として、流行りの方法に縋るも思ったほどの成果に繋がらず、次の流行りに縋ることで新しさに進んだように感じつつ、それが繰り返される停滞であることに気づかないことも多い。イギリスの歴史家 E・H・カーの言葉を借りると、「歴史とは歴史家と事実との間の相互作用の不断の過程であり、現在と過去との間の尽きることを知らぬ対話なのであります」（カー、E・H（1961）『歴史とは何か』（清水幾太郎訳）、岩波新書、1962年、p.40）。歴史に学ぶと言っても、客観的で固定した歴史が存在するというわけではない。哲学的解釈学を提唱するドイツの哲学者ガダマーによると、歴史は現在に作用を及ぼす作用史とも呼ばれ、その作用に対する解釈学的循環による歴史的経験が歴史研究である。その歴史的経験（過去と現在との対話・相互作用）において、過去と現在の地平が融合して未来が拓けるのである。本論文は、流行りではない日本における産業創成の本質に真正面から対峙し、浜松地域の光産業創成の未来を拓こうとしたものである。

本論文では、先行研究調査から「産学官金連携」と「報徳思想」という鍵概念を得て、この2つの鍵概念を手がかりに、3つの歴史研究を行っている。1つ目は「浜松地域における産業創成に係る産学官金の軌跡」の調査である。2つ目は「浜松地域における報徳思想と報徳運動」の探究である。3つ目は「産学官金連携と報徳思想を基底とした歴史分析と考察」である。その結果、光産業創成に資する産業創成の要因を見出し、令和時代における光産業創成に向けて、「光産業創成の担い手が報徳思想を持ち、報徳仕法を実践すること」が肝要であるという提言を行っている。さらに、「光産業創成へ向けての報徳仕法のあり方」について考察を行い、光産業創成に資する実践のための実行計画を立案し、既に実践も開始している。

このように歴史から学び、地域創生のための産業創成の未来を拓こうという大変意欲的な本論文の功績は次の通りである。

第一に、産業創成黎明期と呼べる明治時代初期・中期における産業創成の要因（特徴）として、先行研究で明らかになっている①「地理的条件に恵まれていた」、②「商工業都市であった」、③「『やらまいか』精神が存在していた」という3つ要因（特徴）のほかに、④「豪農・豪商達が報徳仕法を実践していた」と⑤「産学官金の機能が地域社会とともに一円融合していた」を見出したことが挙げられる。先行研究では、「報徳仕法の実践」と「地域社会の一円融合」に関する指摘は管見の限り見当たらない。これは、本論文が、1990年代以降に使用されるようになった「産学官金連携」という概念を用いて分析を行ったことにより見出された知見である。この知見は、産学官金連携の研究分野と報徳思想の研究分野に対して大きく貢献するものであり、学術的貢献として高く評価できる。また、この「産学官金の機能が地域社会とともに一円融合していた」という知見から、一円融合は産学官金連携の理想的な姿を現していると論じ、令和時代の産学官金連携のあり方に大きな示唆を与えている点は、大きな実務的貢献でもある。

第二に、明治時代以降を5つの時代区分に分節して産業創成の要因（特徴）を分析し、さらに時代区分毎の産業創成の要因（特徴）を比較考察することで、令和時代における光産業創成へ向けて肝要なことは「光産業創成の担い手が報徳精神を持ち、報徳仕法を実践すること」であるという提言を導出したことである。明治時代以降の産業創成の歴史を時代性に応じて時代区分を分節した分析・考察は、これまで殆ど行われておらず、これも地域の産業創成の研究分野に大きく貢献する学術的貢献であるが、ここではむしろ、令和時代における光産業創成へ向けての提言を行ったことによる実務的貢献の方が大きいと言える。

第三に、戦後あまり研究されてこなかった、昭和時代初期における報徳運動と産業創成の関係に関する知見が得られたことが挙げられる。戦前軍国主義に突き進む当時の政府の施策と連携して報徳思想と報徳仕法を全国に広めていたことから、戦後学術界では、戦前の報徳思想や報徳運動は否定的に考えられてきた。しかし本論文では、自助と共助による自力更生を推進する勤労教育を含む単なる道徳教育ではない報徳教育が、戦後の復興期、高度成長期に産業創成を担っていた人々を育成していたことを明らかにした。この知見は、渋沢栄一をはじめとする明治時代以降の偉大な起業家たちだけでなく、戦後の起業家たちの思考・行動様式の基底に報徳思想があったことを裏付けるものである。浜松地域の光産業の勃興を担った高柳健次郎や堀内平八郎、晝馬輝夫なども同様である。そして、報徳思想の普遍性を再認識し、報徳仕法に関しては時代性に応

じて再構築する必要があることを論じている。日本の経済成長を支えた起業家たちの思考・行動様式の基底にあった、日本において高い実績のある報徳思想を現代に合うようにアレンジする試みは、再導入の可能性を高めるものとして高く評価でき、かつその可能性を示したことは大きな実務的貢献である。またこれらの知見は、報徳思想の研究だけでなく、教育と産業の研究に新たな可能性を提供するものであり、大きな学術的貢献である。

第四に、本論文では、令和時代の光産業創成に向けての提言に留まらず、その提言を実効性のあるものとするための実践についても記述している。まず、令和時代に有効な新しい報徳仕法のあり方について考察を行い、実践のための3つのステップからなる実行計画を立案し、既に①「研究成果の提供」という実践を開始している。つぎに②「新しい報徳仕法の構築」としては、「報徳思考」や「報徳メソッド」など令和時代に合った用語を提案する試みを行っている。そして③「新しい報徳仕法の提供（新報徳運動の実践）」に向けて、大日本報徳社をはじめとする報徳関係者との協働についても述べられている。これらの実践は、本学が博士（光産業創成）に求める実践であり、評価できる。

本論文の学術研究成果としては、政策科学学会年報における査読付き論文1編がある。本論文の公聴会においては、新しい「報徳思考」や「報徳メソッド」の具体的内容について、その実践的価値を明らかにしようとする質問が複数あったが、理解しやすい回答には至らなかった。既に始まっている実践活動の継続を通じた精緻化に期待する。ほかの質疑に対しては的確な応答がなされた。これらの研究および実践の成果を礎とし、今後の不断の実践活動が十分期待できる内容であると評価した。

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。