

# 博士論文

経営課題の解決に向けた自動車整備業の事例研究  
—産学連携によるイノベーション創出活動の「失敗」からの学び—

2020年3月

光産業創成大学院大学

光産業創成研究科 先端光産業経営分野

坂井光藏

## 要旨

# 経営課題の解決に向けた自動車整備業の事例研究

## ー産学連携によるイノベーション創出活動の「失敗」から学ぶー

本研究は、中小企業である自動車整備業の経営者の筆者が、自社の抱える経営課題の解決の為に自ら大学に入学し、大学の持つリソースを活用して経営課題解決に臨もうと実験・研究を行ったが、いくつかの問題に突き当たりその研究が行き詰ったことから始まっている。

多くの企業が成長に向けて自社の経営課題の解決に取り組む。業務改善や新たな経営手法を取り入れたり、新技術や新製品開発などの事業活動を行うが、様々な要因によって全ての取り組みが成功する訳ではない。

そこで、本研究では、行き詰まった自らの研究を基に産学連携活動によるイノベーション創出を成功させるためには何が必要なのか検討すると同時に、なぜ産学連携活動は失敗したのかその原因を明らかにしようと試みた。

第1章では、本研究の背景と研究の目的を述べている。更に、先行研究と比較した本論文の位置づけについても記述している。

第2章では、自動車整備業界を取り巻く環境変化と、本研究の考察対象である自動車整備業を営むA社の70年に及ぶ足跡を辿り、A社が抱える経営課題を5つ示した。それは、①人口の減少と少子化・高齢化がもたらす影響への対応。②整備要員の高齢化と人材不足、新技術への対応。③整備市場の縮小と先進自動車の増加への対応。④事故車修理の減少と整備単価の低下への対応。⑤ビジネスモデルの転換と人材育成への対応、である。

第3章では、レーザー技術を钣金修理に活用する為に確認しなければならない三点を挙げた。第一に、レーザーでの钣金補修用パテ剤の研削が可能かどうかを調べる点である。レーザーの種類や波長、出力、繰返し周波数や走査速度などの条件情報の収集と熱影響の有無などの確認をする。第二に、ボディの補修箇所塗布されたパテ剤と元のボディの高さとの差分をどの程度まで研削する必要があるのかについて調べる点である。これによって人による作業の関与度合いが変わってくる。第三に、ボディの計測データの取得と計測データに倣ってレーザーを3次元走査させる点である。これらを踏まえ、本研究の初期目標である、レーザーによる钣金補修用パテ剤の研削実験を行った。パテ剤をレーザーで研削できるのか検証を試みた結果、レーザーによる钣金補修用パテ剤の研削が可能であることを明らかにした。それと同時に、レーザーによる研削には時間が掛かることも明らかとなった。更に、実用化に向けた更なる研究には多額の費用が掛かるなど、事業化に向けたいくつかの課題が浮き彫りとなった。

第4章では、第3章の実験が行き詰ったことを受け、産学連携による光技術を活用したイノベーション創出には何が必要か明らかにしようと試みた。本研究では、Schumpeter

(1934) が指摘する「新結合」という概念の具体的な定義を 5 つ示し、それらの定義を、光技術を活用した钣金補修用の装置開発とイノベーションの創出、並びに、経営課題と紐づけることで、経営課題の解決に向けたイノベーション創出のフレームワークを示した。更に、中小企業の企業価値創出の主要活動すべてに関わる経営者の声を、製品開発サイドにフィードバックすることを「マネジメント・イン」と名付け、研究開発が技術思考に偏らない為には、「マネジメント・イン」の視点が欠かせないことを明らかにした。

第 5 章では、先ず、第 3 章で行った実験がなぜ行き詰ったのかを明らかにする為に、S 氏 (A 社の経営者) が光産業創成大学院大学に入学した背景、入学後の実験開始から、実験が行き詰まる (すなわち、「失敗」) までを、詳細に「記述」し、失敗を「分類・分析」し、「知識化」する作業を行った。そのうえで、研究者と経営者 (学生) とのスタンスの違いを明らかにすると共に、両者の間に生ずる「取引コスト」を意識したコミュニケーションをとることが重要であることを指摘した。

第 6 章では、全体のまとめと本研究の意義、今後の課題を述べている。

## **Abstract**

# **A Case from the Automobile Maintenance Industry for Solving Management Issues**

## **Lessons Learned From “Failures” in Innovation Creation Activities in Industry-Academia Partnerships**

This study is about a leader from a small and medium-sized enterprise in the automobile maintenance industry who entered the Graduate School in order to solve his company's management problems. The author conducted an experiment and performed research in order to solve management problems by utilizing the resources of the Graduate School. This study was started with research that was previously stalled regarding management problems.

Many companies try to solve their own management issues in terms of growth, to improve operations, to incorporate new management methods, and to conduct business activities such as implementing new technologies and new product development, but not all initiatives are successful due to various factors.

Therefore, in this study, we examine what is necessary for successful innovation creation through industry-academia collaboration based on our own research. We tried to clarify the cause of industry-academia collaboration failures.

Chapter 1 describes the background and the purpose of the study. In addition, a description of how this paper compares with previous research is also presented.

Chapter 2 demonstrates five management issues faced by Company A, following environmental changes in the automotive maintenance industry and considering the company's 70-year footprint in the automotive maintenance business, which is the subject of this study. This study addresses the impact of: (1) population decline and the declining birth rate and aging population; (2) aging maintenance personnel, the shortage of human resources, and new technologies; (3) the shrinking maintenance market and increase in advanced vehicles; (4) a decrease in accident vehicle repairs and maintenance costs; and (5) a change in business models and human resource development responses.

Chapter 3 indicates three points that must be confirmed in order to utilize laser technology for metal repairs. First, it must be determined whether grinding the metal repair putty agent with a laser is possible. Other condition information, such as laser type, wavelength, output, repetition frequency, and scanning speed is needed; as well

as collecting and checking for thermal effects. Second, one must examine whether it is necessary to grind the difference between the height of the putty agent and the original body applied to the repair portion. This is the step that changes the degree of human involvement in this work. Third, three-dimensional scanning of the laser following the acquisition and measurement of the body must be done. Based on these three points, we performed a grinding experiment using putty agent for metal repair by laser, which was the initial goal of this study. As a result of attempting to verify whether the putty agent could be ground with a laser, we ground the putty agent for metal repair. It became clear that grinding with a laser takes time. In addition, there were several commercial issues, such as the budget for further practical research.

In Chapter 4, in response to the impasse created by Chapter 3's experiments, we tried to clarify what was necessary to create innovation using optical technology through industry-academia collaboration. In this study, Schumpeter (1934) showed five concrete definitions of the "new coupling" concept and we have demonstrated the framework for creating innovation in repair equipment and solving management issues by linking them. In addition, the opinions of managers involved in major activities for the creation of corporate value for small and medium-sized enterprises, "Management in" was identified, and it was clear that the perspective of "management in", indispensable to research and development, was not to be biased toward technical thinking.

In Chapter 5, in order to clarify why the experiment conducted in Chapter 3 did not move forward, the background on Mr. S (Company A's manager) entering the Graduate School for the Creation of New Photonics Industries, from the start to the end of the experiment (i.e., "Failure"), is described in detail. Failure "grouping and analysis", and "knowledge" was carried out. He pointed out that it is important to distinguish between differences in the stance of researchers and managers (students) and to communicate with each other in order to consider the "transaction costs" that arise between the two.

Chapter 6 presents an overall summary, the significance of this study, and future issues for research.

# 目 次

第1章 序論.....	1
1.1 研究の背景.....	1
1.2 研究の目的.....	2
1.3 本論文の構成.....	4
1.4 リサーチ・クエッション.....	5
1.5 研究方法.....	5
<参考文献一覧>.....	9
第2章 自動車整備業の現状.....	10
2.1 はじめに.....	10
2.2 自動車整備業とA社の歴史.....	11
2.2.1 A社創業から高度経済成長期まで.....	11
2.2.2 S氏入社後のA社発展の軌跡.....	14
2.3 自動車整備業を取り巻く環境変化とA社の経営課題.....	17
2.3.1 人口減少と少子化・高齢化がもたらす影響.....	17
2.3.2 整備要員の高齢化と人材不足、新技術への対応.....	19
2.3.3 整備市場の縮小と先進自動車の増加.....	21
2.3.4 事故車修理の減少と低価格化.....	23
2.3.5 ビジネスモデルの転換と人材育成.....	25
2.4 まとめ.....	28
<参考文献一覧>.....	29
第3章 自動車钣金修理へのレーザー技術応用の可能性検討	
一钣金補修材のレーザー研削は可能かー.....	30
3.1 はじめに.....	30
3.2 钣金補修技術の概要とレーザー技術の可能性.....	32
3.2.1 钣金補修の現状.....	32
3.2.2 钣金補修技術へのレーザー応用の先行研究.....	33
3.2.3 钣金補修技術へのレーザー技術応用の方向性.....	33
3.3 研究方法.....	35
3.3.1 研削検証実験システムと钣金補修に用いるパテ剤について.....	35
3.4 実験結果.....	35
3.4.1 走査速度検証実験.....	35
3.4.2. パテ剤の違いによる研削検証実験.....	36

3.4.3 CW（連続発振）レーザーとパルスレーザーの研削検証実験の方法	37
3.4.4 高出力ナノ秒パルスファイバーレーザーによる研削検証実験	38
3.4.5 実験考察と今後の課題	39
3.5 おわりに	39
<参考文献一覧>	41
第4章 経営視点からのイノベーション創出プロセスの検討	
－自動車整備業の事例研究－	42
4.1 はじめに	42
4.2 研究の背景	43
4.2.1 中小企業の現状	43
4.2.2 自動車整備業の現状	43
4.3 事例研究とイノベーションの定義	45
4.3.1 単独事例の研究の意義	45
4.3.2 経営視点から考察する理由	46
4.3.3 イノベーションの定義	46
4.4 先行研究	46
4.5 イノベーション創出プロセス	49
4.5.1 A社におけるイノベーション創出プロセスの枠組み	49
4.5.2 光技術の钣金修理への応用に関する技術実験の結果	51
4.5.3 実用化に向けた技術的課題	52
4.5.4 経営視点からの考察－イノベーション創出に欠かせない「マネジメント・イン」	52
4.6 おわりに	54
<参考文献一覧>	55
第5章 産学連携の失敗原因の分析と取引コスト・アプローチによる批判的考察	56
5.1 はじめに	56
5.2 先行研究	57
5.3 A社の事例	58
5.3.1 失敗の知識化	58
5.3.2 大学入学の背景と経過の記述	60
5.3.3 失敗の分析	63
5.3.4 産学連携が行き詰った原因の考察	64
5.3.5 産学連携を上手く機能させる為にはどうすれば良いのか	66
5.4 取引コスト理論による産学連携の批判的考察と連携を進める際の注意点	69
5.4.1 取引コスト理論とは	69

5.4.2 三菱自動車の事例.....	70
5.4.3 A社事例の取引コストの考察.....	71
5.5 おわりに.....	72
<参考文献一覧>.....	74
第6章 結論.....	75
6.1 各章のまとめ.....	75
6.2 本研究の目的に対する結果.....	76
6.3 本論文の意義 ー研究の独自性と新規性ー.....	77
6.4 ビジネスプラン（事業実践）の新たな展開.....	78
6.5 今後の研究課題.....	80
6.6 光産業創成への貢献と産学連携の発展に向けた光産創大の役割.....	80
<参考文献一覧>.....	81
付録：業績目録.....	82
謝 辞.....	84

## 目次

図 1-1. レーザー研削装置イメージ	3
図 1-2. 本論文の構成	5
図 1-3. 先行研究と比較した際の本論文の位置づけ	7
図 2-1. 鉱石運搬船（1932 年頃）	12
図 2-2. 天竜横山の渡船と木炭車（1943 年頃）	12
図 2-3. 移転した天竜工場（1965 年頃）	13
図 2-4. 浜松和田工場	13
図 2-5. A 社の売上と車検台数の推移	15
図 2-6. 人口推計	18
図 2-7. 専修学校（自動車整備科）入学者数の推移	19
図 2-8. 登録試験受験者数の推移	20
図 2-9. 総整備売上高・事業場数・保有台数	22
図 2-10. 自費修理事故への対策	25
図 2-11. バリューチェーン概念図	27
図 2-12. A 社のバリューチェーン	27
図 3-1. 鈹金修理の作業工程における状態	32
図 3-2. パテ試験剤	35
図 3-3. 0.03mm のピッチ幅で黄色パテ剤を除去	36
図 3-4. レーザー照射後の試験剤	38
図 3-5. 研磨後の深さ評価	38
図 4-1. イノベーションの分類	47
図 4-2. 鈹金作業プロセス並びにイノベーションと経営課題の紐づけ	51
図 5-1. 失敗の伝達に必要な記述	58
図 5-2. 大学における研究経緯	61
図 5-3. 分野ゼミの記録①	62
図 5-4. 分野ゼミの記録②	63
図 5-5. 分野ゼミの記録③	63
図 5-6. 失敗の「要因」と「原因」	67
図 6-1. 先行研究と比較した際の本論文の位置づけ（再掲）	78
図 6-2. ビジネスプランの新たな展開	79

## 表目次

表 1-1. リサーチ・クエッションの特徴 .....	6
表 1-2. 事例の選び方 .....	7
表 2-1. 自動車整備関係の年表（1947 年以降の主な出来事） .....	11
表 2-2. 整備要員の平均年齢 .....	20
表 2-3. 整備要員 1 人当りの年間平均給与 .....	21
表 2-4. (株)SUBARU アイサイト®搭載車の事故件数調査結果について .....	24
表 2-5. 損害保険会社の金額別事故修理数と構成比 .....	24
表 2-6. 損害保険会社による事故受付件数の推移 .....	25
表 3-1. 業態別整備要員の平均年齢 .....	30
表 3-2. 走査速度検証実験の結果① .....	35
表 3-3. 走査速度検証実験の結果② .....	36
表 3-4. CW レーザーとパルスレーザーによる研削実験（平均出力 20W） .....	37
表 5-1. 研究者と経営者のスタンスの違い .....	65
表 5-2. 産学連携に欠かせない項目 .....	69

## 第1章 序論

### 1.1 研究の背景

今、自動車業界には、CASE と呼ばれる 100 年に一度と云われるような変革の波が押し寄せている。この変革の波は、CASE (Connectivity : 通信で繋がる、Autonomous : 自動化、Shared : シェア、Electric : 電動化) と呼ばれる技術革新の波と共に、MaaS (Mobility as a Service: 移動手段のサービス化) と云われる移動手段をサービスとして展開する企業の台頭である。車が、内燃機関からハイブリッドや電気自動車に代わり、所有から共有に、更に自動運転に進化すると同時にネットワークでつながる。車はスマホ化していくのである。

車は、個人が所有し運転するハードとしての存在から、誰もが利用できる社会のインフラになろうとしている。かつて PC 産業の収益がハードからソフトへ移行していった様に、勝ち残りを左右するのは製造技術ではなく、アイデアと優れた IT 技術なのである。

このような大きな変革を受け、グーネット自動車流通 (2018) によれば、「トヨタ自動車 (以下、トヨタ) は、2018 年 11 月 1 日、全国トヨタ販売店代表者会議を開催し、100 年に一度と言われる大変革の時代に、より地域に根ざした、新たなモビリティサービスを提供することができる販売ネットワークの変革に取り組むことを確認した。トヨタでは、『脱全国、町一番のお店づくり』をめざし、本年 1 月より日本の営業体制・働き方を『チャンネル軸』から『地域軸』に見直し、より地域を見つめていくものにした。今回、こうした考え方を更に進め、モビリティ社会への対応に向け、どのお店でも地域のお客様の求めるあらゆるニーズに対応するため、2022~2025 年を目途に、原則、全販売店全車種併売化を実施する。その上で、新たにカーシェアリング事業を立ち上げる。」<sup>1</sup>と発表したのである。

100 年に一度の大変革は、自動車を製造する企業のみならず、販売店や自動車の安全を確保する自動車整備業にも変革を求めてきている。

国土交通省は、ABS (Anti-lock Brake System) や衝突被害軽減ブレーキ (緊急自動ブレーキ) といった運転支援技術などの先進安全装置の不具合を確認するために、2021 年以降の新型車を対象に 2024 年から OBD (On-board diagnostics : 車載式故障診断装置) を活用した車検制度の導入を決めた。OBD 車検には、法定スキャンツール (コンピューター診断装置) の導入が求められる。こうした大きな変化は、車検市場の縮小をもたらし、更なる競争激化を招くと懸念される一方、これまで以上に点検整備需要が拡大するとの見方がある。個々の自動車整備事業者に生き残り策の明確化を求め始めたのである。

本研究では、自動車整備業を営む坂井モーター株式会社 (以下、「A 社」という) の歴史を辿りながら、自動車整備業の現状と課題を明らかにすると共に、自動車整備業社が環境変化

---

<sup>1</sup> グーネット自動車流通「2022~2025 年を目途に、全販売店全車種併売化実施」  
<[www.goonews.jp/news\\_detail.php](http://www.goonews.jp/news_detail.php)> 2019 年 5 月 3 日参照

に適合し、A社の社長坂井光藏（以下、「S氏」という。）自らが、経営課題の解決に取り組むため、静岡県浜松市にある光産業創成大学院大学（以下、「光産創大」）に入学し、産学連携による光技術を活用してイノベーション創出に挑戦した取り組みとその課題を論述していくものである。

近年における社会・経済環境の変化により、A社が、対応を迫られている経営課題は次の5つである。第一に、人口の減少と少子化・高齢化がもたらす自動車のスモール化と保有台数の減少による整備需要の減少への対応。第二に、整備要員の高齢化と人材不足は、技能の継承と先進安全装置等の点検・整備といった新技術への対応に大きな影響を与える。第三に、整備市場の縮小と先進自動車の増加への対応。先進自動車の普及は、ディーラーによる囲い込みによる整備入庫の減少を招き、少子・高齢化による整備市場の縮小と相まって大きな影響を齎すことが予想される。第四に、事故車修理の減少と整備単価の低下への対応。先進自動車普及は、事故を大幅に減少させる。更に、自動車保険の料率改定は、保険の使用を抑制するものとなり自費の修理と共に钣金修理をしない車両の増加を招き、整備入庫台数の減少と整備価格の低下を招いている。最後に、ビジネスモデルの転換と人材育成への対応である。人口と整備需要の減少に向かう中で、専門化された業態は顧客への利便性を図るべく総合サービス化してきた。こうした中で、人材の確保と育成を図るには、収益構造を変えることが求められる。これらの経営課題が生じた社会・経済的背景とその影響については、次章で詳細を述べるものとする。

## 1.2 研究の目的

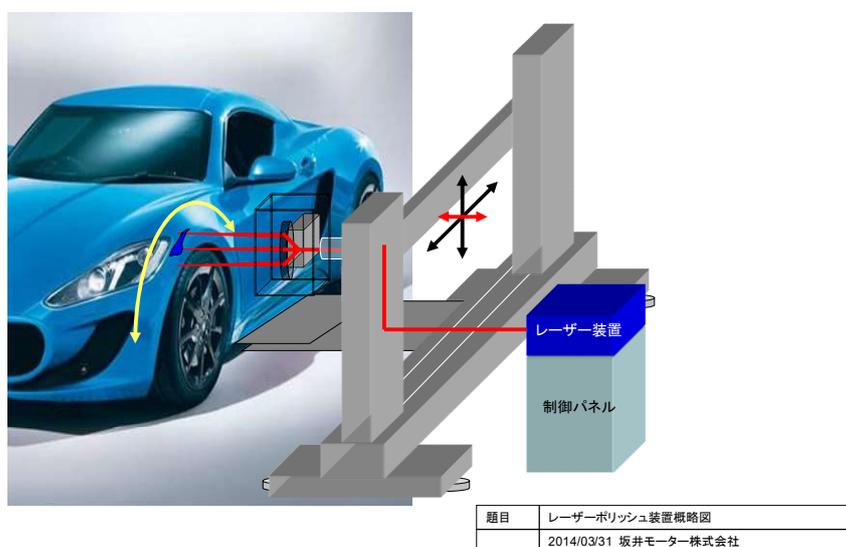
自動車整備業界が環境変化に適合するためには、様々な経営課題の解決を通して生産性の向上を図ると共に、収益の向上による新たな投資によって課題が解決できるものもある。例えば、今、自動車業界では、CASEとMaaSと云われる新たな技術とサービスを提供する企業が台頭しているが、自動車整備業界では当面、自動化に繋がる衝突被害軽減ブレーキと云った先進安全装置と車体の材料の変化による影響が大きく、その対応には熟練技術者や大きな投資が必要となる。

ASV (Advanced Safety Vehicle:先進安全自動車) は、事故を減らす一方で、装置の取り付けや調整にはエーミング (機能調整) といった作業やホイールアライメントテスターなどの機器が必要となる。また、車体の材料には、軽量化の為に1,500MPa (152.96kgf/mm<sup>2</sup>) の超高張力鋼やアルミニウムなども使われ、その補修にはフレーム修正機や高性能のスポット溶接機が必要となる。超高張力鋼は薄く、熱による影響が大きい為、この修復には熟練技術者が必要になることにS氏は着目した。整備要員の高齢化と人材不足を経営課題として抱えるA社は、熟練技術者を必要とするこの修復作業を機械で代替できないかと考えたのである。

そこで、S氏は、光産創大に入学し、産学連携による光技術を活用して、レーザーによる

钣金補修パテの研削装置の開発に取り組んだのである。レーザーによる研削装置のイメージは、図 1-1 に示したとおりである（図 1-1 参照。レーザーによる钣金補修パテ剤の研削実験の詳細については、第 3 章で記述している。）この取り組みが成功すれば、A 社の経営課題の一つが解決するだけでなく、まさにイノベーションの創出、すなわち、新たな新技術・新製品の開発と新たな事業領域・市場の拡大に繋がると考えたのである。

### 2Dガルバノスキャンシステム +1 軸高速スキャン及び門型自動ステージ



出所：沖原

図 1-1. レーザー研削装置イメージ

しかし、この実験を重ねていくうちに、S 氏は、研削時間とコストの壁に突き当たった。钣金補修は、補修面積が広がるほど難しくなり、熟練技術者が必要となる。これは、整備要員の高齢化や人材不足を機械で補おうという当初の目的に逆行することを意味する。さらに、面積が広がるほどレーザーによる研削時間は長くなる。そこで、研削時間を短縮する為にレーザーの出力を上げるとコストが上がり実用性から遠のいていく。ここでレーザーによる钣金補修パテ剤の研削実験は、暗礁に乗り上げてしまったのである。

この産学連携による光技術を活用したイノベーション創出への取り組みが、実験の途中でストップしてしまった事実と、S 氏が当初、産学連携に抱いた期待を実現できなかったという思いが、本研究を始めるきっかけである。すなわち、「なぜ、産学連携によるイノベーション創出が成功に至らなかったのか」、「どうしたらイノベーションを創出することができたのだろうか」という素朴な疑問が、本研究の起点となっている。

本研究では、A 社に於いて重要な钣金塗装部門の課題である熟練技術者不足、すなわち、整備要員の高齢化と人材不足への対策としてレーザーによる钣金補修パテ剤の研削装置の開発を目指した実験が暗礁に乗り上げてしまった事例を取り上げ、その原因を経営者の視点から分析・考察していく。

本研究の目的は、A 社の事例をとおして、産学連携によるイノベーション創出を成功に導く為のプロセスの検討を行うと共に、産学連携によるイノベーションの創出が失敗した原因を追究していくことで、今後続く産学連携活動が失敗を回避し成功に至るための示唆を提供することである。

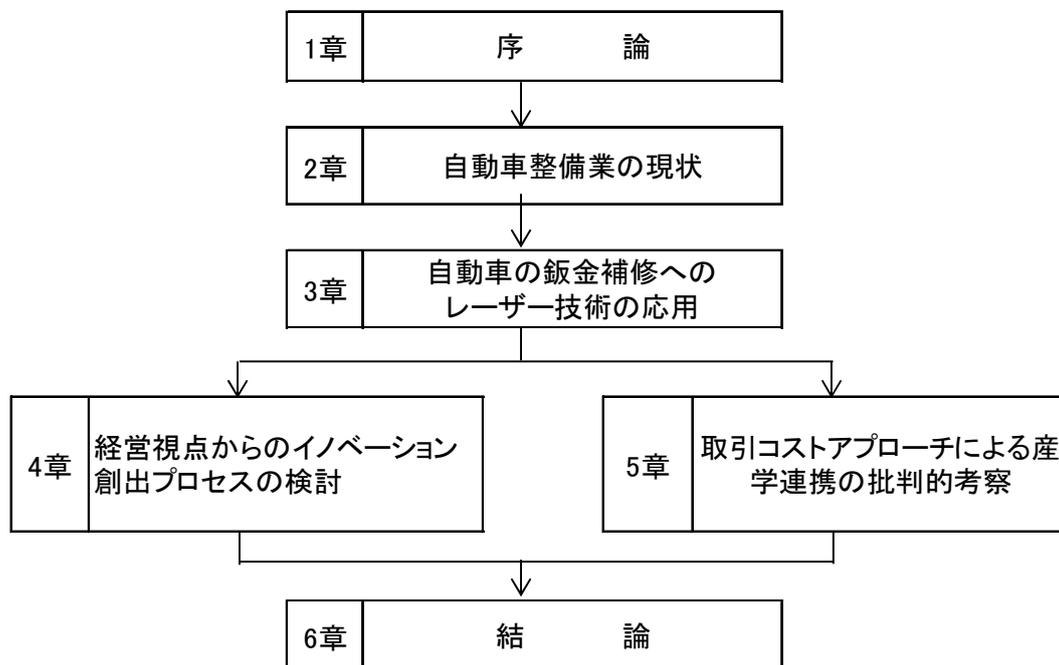
### 1.3 本論文の構成

本論文の構成は図 1-2 に示したとおりである（図 1-2 参照）。第 2 章では、自動車整備業界を囲む歴史と A 社の足跡を辿りながら、その栄枯盛衰と自動車整備業界が抱える様々な課題を示し、A 社が抱える具体的経営課題を挙げ、これから進むべき方向性を明示する。

第 3 章では、本研究の初期目標である、レーザーによる钣金補修用パテ剤の研削実験を行い、パテ剤がレーザーで削ることができるのかを検証した。研削に適したレーザーの種類や出力、波長、繰返し周波数、パルス幅や走査速度などの仕様や加工方法を検証し実験を行った。また、レーザーによる熱影響などを調べ、レーザーによる钣金補修用パテ剤の研削が可能であることを明らかにすることができた。一方、広範な钣金補修に対応する為には、レーザーによる研削では長時間を要し、実用化には更なる研究と多額の投資が求められることも明らかになった。

第 4 章では、我が国で一般的に「新技術の発明」や「技術革新」と捉えられているイノベーションを、Schumpeter (1934) と井上 (2015) らを参考に「イノベーション」を改めて定義すると共に、イノベーション創出には「マネジメント・イン」の視点が欠かせないことを明らかにする。更に、Schumpeter (1934) の定義する「新結合」という概念に含まれる 5 つの定義、① 新しい商品の創出、② 新しい生産方法の開発、③ 新しい市場の開拓、④ 原材料の新しい供給源の獲得、⑤ 新しい組織の実現により、光技術を活用した钣金補修プロセスの改善がイノベーションの創出と経営課題の解決に繋がることを明示する。

第 5 章では、先ず、S 氏の光産創大への入学からゼミでの議論、そして、レーザーを活用した実験内容とその実験が暗礁に乗り上げるまでの経緯を、畑村 (2005) の説く「失敗学」に基づき、その全体像を「記述」し、「知識化」を行う。その上で、研究者と経営者（学生）とのスタンスの違いを明らかにし、「マネジメント・イン」の視点と両者の「スタンスの違い」を意識したコミュニケーションが重要であることを指摘する。そして、今回の A 社の事例が、人間の限定合理性に基づく「取引コスト理論 (菊澤, 2006) の発生に起因するという理論的解釈を加える。



出所：筆者作成

図 1-2. 本論文の構成

#### 1.4 リサーチ・クエッション

本論文の構成で述べたとおり、第 1 章は「序論」、第 2 章は「自動車整備業の現状」として歴史的並びに現存する事実を記述している。そして、第 3 章では自然科学分野における「実験」を行い、第 4 章と 5 章では社会科学分野における「事例研究」としてのアプローチをとっている。第 3 章から第 5 章におけるリサーチ・クエッションはそれぞれ次の通りである。

第 3 章のリサーチ・クエッションは、「どうしたら、レーザー技術を钣金修理に活用できるか (How)」。第 4 章のリサーチ・クエッションは、「産学連携による光技術を活用したイノベーション創出には何が必要か (What)」。そして、第 5 章のリサーチ・クエッションは、「なぜ、産学連携によるイノベーション創出は失敗したのか (Why)」そして、「産学連携を成功させる為には何が必要か (What)」である。これらのリサーチ・クエッションに対する解析は、各章の研究背景や研究目的、先行研究、ならびに、研究方法と結果の考察の中で詳細に記述していくものとする。

#### 1.5 研究方法

本研究は、自動車整備工場を経営する中小企業の経営者 (S 氏) 自らが、光産創大の持つ

リソース（光技術）を活用して自社（A社）の抱える経営課題の解決に挑んだものの、その実験が暗礁に乗り上げたことから始まっている。その事実を基に、「なぜイノベーションの創出が出来なかったのか？」という素朴な疑問に焦点を当て、研究を振り返りながら、S氏の経営者としての視点から産学連携の在り方と、産学連携を成功させる為には何が求められるかを本研究の中で探求している。

本研究は、A社を考察対象とした事例研究である。表 1-1 に示したとおり、自然科学の研究でしばしば活用される「実験」と、社会科学の研究で頻繁に利用される「事例研究」では、リサーチ・クエッションやその行動事象の制御の可・不可に違いがある。

本研究では、事例研究の手法に基づき、「なぜ、産学連携によるイノベーション創出は失敗したのか（Why）」、「産学連携による光技術を活用したイノベーション創出には何が必要か（What）」、「産学連携を成功させる為には何が必要か（What）」といったリサーチ・クエッションに対する解決方法を提起する。

上述したとおり、A社の事例は、イノベーションの創出に至ってはいない、むしろイノベーション創出の「失敗事例」である。しかし、中小・零細企業でありサービス業を営むA社の取り組みは、我が国政府が示す「中堅・中小規模事業者、サービス産業の付加価値生産性を抜本的に向上させる投資・イノベーション等促進」の具体的施策の一環として、また、「失敗」を回避するためには今後どうしたら良いのか検討する上で、新たな知見の蓄積に貢献するものとする。

リサーチ・デザイン	リサーチ・クエッション	行動事象を研究者が制御できるか	歴史事象か 現在事象か
実験	どのように、なぜ	できる	現在事象
事例研究	どのように、なぜ (探索的な) 何が	できない	現在事象

出所：イン（2017）を筆者が一部改編

表 1-1. リサーチ・クエッションの特徴

また、本研究は、A社を考察対象とするシングル・ケーススタディ（単一事例）である。単一事例、もしくは少数事例を取り上げる場合、少ない事例を分析したからといって、何が分かるのか、どういった意義があるのか、という批判が、しばしば事例研究に対して向けられる（野村, 2018）。しかし、現実には一つの事例から大きな成果を上げている研究は多く、単一事例研究を正当化するための事例の選び方についても多くの紙幅が費やされてきた（イン:2017、野村:2018）野村（2018）によれば、単独ケースの選択基準として、極端/珍しい/決定的/典型的/一般的（ただし要注意）/後続的/新事実考察型のケースが含まれるとし

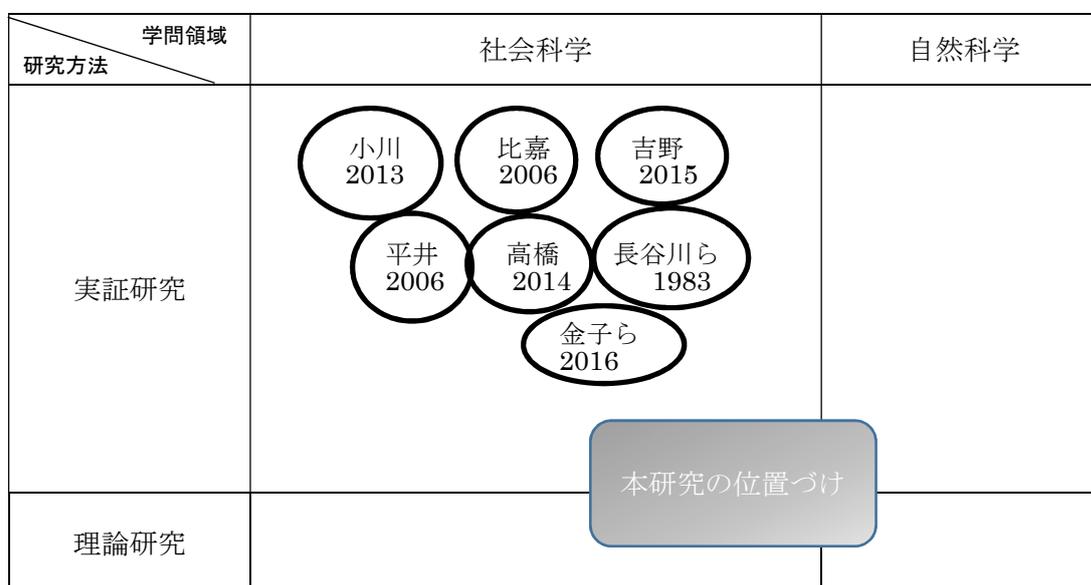
ている（表 1-2 参照）。

単一事例研究	複数事例研究
<p>極端/珍しい/決定的 典型的/一般的(ただし要注意) 後続的/新事実考察型</p>	<p>文字通り追試/理論的追試 一致法/差異法/一致差異併用法 単一事例×複数個(特に「極端な事例」)</p>

出所：イン（2007）・野村（2018）

表 1-2. 事例の選び方

ケース・スタディにより、これまで知られていなかった事実や状況が発見され、新たな理論の開発や既存理論の修正が図られる、あるいは、その開発や修正に応用可能な知見の蓄積に貢献できるケースとして、珍しい/新事実考察型の実例を取り上げることができる。A社のケースは、中小企業のサービス業に分類される「自動車整備業者」が、「産学連携」による「光技術」を活用して「イノベーション」創出を試みたものとして、まさに、珍しく新事実を明らかにする事例に相応しいと考える。



出所：筆者作成

図 1-3. 先行研究と比較した際の本論文の位置づけ

また、「自動車整備業」を対象とした先行研究と比較すると、本研究の位置づけは非常に特異性がある（図 1-3 参照。）先行研究は、主に、「歴史研究」の小川（2013）は、『日本自

自動車整備産業形成史』として、自動車修理（整備）産業を 1898 年に初めて自動車は日本に到来して以降から現在までを、輸入商社や製造業、更に法律の制定との関係を踏まえて詳細に記述されている。また、「資料分析」として比嘉（2006）は、「自動車産業組織の社会経済システム分析－自動車分解整備業の教育システムを中心に－」に於いて、自動車産業組織のトータル・バランス・システムの一環として、自動車分解整備業の教育システムを中心に分析を行っている。吉野（2015）は、「自動車車体整備業界のいま」に於いて、車体整備業界における最近の問題点や車体整備の進化と業界の取り組みなどについて述べている。平井（2006）は、「自動車整備業の現状と今後の方向－最近の環境変化と対応事例－」に於いて、自動車整備業の現状分析と自動車整備業を取り巻く環境変化と対応の方向性などを述べている。高橋（2014）は、「自動車整備業の経営革新」に於いて、経営革新計画を作成すると業績が良くなると、自社の内部環境の分析や中期計画の作成、公的支援策について説明を記述している。また、長谷川ら（1983）は、「損傷車体の修復技術の現状」に於いて、修理費実態調査結果の概要や車体整備業界の現状、修復技術についての現状の問題点と対策などの分析を行っている。金子ら（2016）は、「自動車整備士のパラダイムシフト」に於いて、自動車整備士の現状分析から自動車整備士の育成についてパラダイムシフトを求めている。こうした研究手法により、自動車整備業を取り巻く課題や現状を明らかにするといった社会科学分野の実証研究が中心であった。一方、本研究は、そもそも研究の起点が「自然科学」における「実験」から始まっており、そこで生じた事象を社会科学の研究手法（事例研究と理論的解釈）で考察していく点に独自性があるといえよう。

### <参考文献一覧>

1. 赤祖父俊一（2013）：『知的創造の技術』日本経済新聞出版社
2. 井上久雄（2017）：『自動車会社が消える日』株式会社文藝春秋
3. 一般社団法人日本自動車整備振興会連合会（2019）：『自動車整備白書平成 30 年度版』  
一般社団法人日本自動車整備振興会連合会
4. 菊澤研宗（2006）：「経営者行動の心理会計分析：行動取引コスト・アプローチ」『三田  
商学研究』慶応義塾大学出版会, Vol.49, No4(2006.10), pp,131-147
5. 東洋経済新報社（2019）：『週刊東洋経済』東洋経済新報社, 2019 年 3 月 16 日
6. 野村康（2018）『社会科学の考え方』名古屋大学出版会
7. 畑村洋太郎（2005）：『失敗学のすすめ』講談社文庫
8. ラリー・ダウズ, ボール・F・スーネス（2016）：『ビッグバン・イノベーション』ダ  
イヤモンド社
9. 冷泉彰彦（2018）：『自動運転「戦場」ルポ』朝日新聞出版
10. ロバート K. イン（訳：近藤公彦）（2017）『新装版ケース・スタディの方法（第 2 版）』  
千倉書房

## 第2章 自動車整備業の現状

### 2.1 はじめに

わが国の自動車産業は、戦後目覚ましい発展を遂げてきた。一般社団法人自動車検査登録情報協会によると国内の自動車保有台数は過去最高の8,156万台（2018年3月）<sup>2</sup>となり、リーマンショックと東日本大震災の発生による一時期の減少を除いて、緩やかではあるが増加してきた。

その間、一般社団法人日本自動車整備振興会連合会（以下、日整連）によると自動車整備事業者は91,883事業場（2018年6月）を数えるほどになり、中古車販売業、ガソリンスタンド、部品業、カー用品、钣金塗装業、買取専門店、オートオークション、電装品、タイヤショップ、ラジエーター修理、洗車等々の、自動車を取り巻く様々なビジネス、専門業者が生まれ、カーアフターマーケットは大きく成長してきた。しかしながら、全国の自動車整備事業者の総整備売上は1995（平成7）年をピークに減少している。

一方で、ガソリンスタンドやカー用品店、中古車業界など異業種からの参入が相次ぎ、事業場数は増加しているものの、整備要員の高齢化が進み、若年従事者は減少の一途を辿っている。また、技術の進歩は目覚ましく、株式会社SUBARUのアイサイト<sup>®</sup>の様な衝突防止装置の普及は事故の急激な減少をもたらしている。

S氏が経営するA社も例外ではなく、ディーラーや大規模中古車店などの異業種との競争は激しくなるばかりである。A社は、乗用車及びトラックの車検・整備を中心に、自動車保険販売や新車・中古車の販売、钣金塗装、ロードサービスなど、新車購入後のアフターサービス事業全般を行っている。しかし、今後予想される競争の激化や先進技術への対応、人材の確保と育成などへの投資が必要となる中で、収益構造の変革と生産性の向上は経営上の喫緊の課題である。

本章では、自動車整備業を営むA社の歴史を振り返りながら、自動車整備業を取り巻く現状と課題を詳細に記述していく。A社が現在対応を迫られている経営課題は、大きく分けて次の五つである。一つ目が、人口の減少と少子化・高齢化がもたらす影響への対応。二つ目が、整備要員の高齢化と人材不足、新技術への対応。三つ目が、整備市場の縮小と多すぎる事業場への対応。四つ目が、事故車修理の減少と価格低下への対応。最後に五つ目として、ビジネスモデルの転換と人材育成への対応である。

---

<sup>2</sup> 一般社団法人自動車検査登録情報協会「自動車保有台数の推移」  
<[www.airia.or.jp/publish/atstatistics/](http://www.airia.or.jp/publish/atstatistics/)>2019年5月12日参照

## 2.2 自動車整備業とA社の歴史

### 2.2.1 A社創業から高度経済成長期まで

太平洋戦争が終わると、軍による統制から解放され自動車の生産や販売が始まった。表 2-1 には、1945 年以降の自動車・整備関連の業界動向と A 社の社史を纏めた（表 2-1 参照）。1946 年には、一早くトヨタ自動車の販売店組合が創設され、全国への販売網が構築され始めた。翌 1947 年には道路運送法が制定され、車両の検査・保安基準・分解定期点検整備の義務化が決まった。

自動車整備関係の年表

西暦	和暦	法令・業界関連・社会	A社関連
1947	22	道路運送法制定・車両規則が制定 (車両の検査・保安基準・分解定期点検整備の義務化)	
1948	23		自動車修理業 創業
1951	26	道路運送車両法公布(車両法)	
1952	27	車両法の一部改正(自家用乗用車の車検有効期間を2年とする)	
1953	28	秋葉ダム工事開始	
1954	29		A社 移転設立
1962	37	車両法の一部改正(指定自動車整備事業制度の創設)	
1963	38	車両法の一部改正(自動車の使用者に定期点検及び整備の義務を課す) 東名高速静岡IC～豊川IC間工事開始	
1964	39	東京オリンピック開催	浜松和田工場OPEN
1969	44	東名高速道路静岡IC-岡崎IC間開通	
1971	46	ニクソンショック	
1972	47	車両法の一部改正(軽自動車の車両検査の義務化)・日本列島改造	
1973	48	オイルショック発生	
1979	54	第2次オイルショック発生	
1983	58	車両法の一部改正(自家用乗用自動車の初回車検を3年に延長)	
1988	63		S氏 A社に入社
1993	5		車検FCに加盟・浜松和田店OPEN
1994	6		車検FC・天竜店OPEN
1995	7	車両法の一部改正(「前検査・後整備」の容認・6ヶ月点検の義務付け廃止)	S氏 代表取締役役に就任
1999	11		車検FC・高丘店OPEN
2003	15		車検FC・袋井久能店OPEN
2004	16		钣金・塗装工場開設
2007	19		車検FC・浜北アピタ通り店OPEN
2008	20	リーマンショック発生	
2010	22		車検FC・浜松森田店OPEN
2011	23	東日本大震災発生	
2014	26		軽ランドOPEN
2015	27		高丘店・初生に移転。ミャンマー
2018	30		軽ランド移転・有玉店OPEN

出所：筆者作成

表 2-1. 自動車整備関係の年表（1947 年以降の主な出来事）

しかし、小川（2013）によれば 1947 年に制定された道路運送車両法では車両の検査・保安基準・分解定期点検整備の詳細は省令によって定められたが、1951 年に、道路運送車両

法（車両法）が成立し、車両の保安基準、自動車整備事業の認証制度や自動車整備士の資格制度などが明確に制定されたと述べている。

この車両法の成立後から、これまで自転車店などを営んでいた多くの商店から、自動車整備業への参入が増加していくことになる。1948年創業のA社も、1952年3月に認証資格を取得し、故障修理だけではなく車検整備にも力を入れていくことになった。この車両法が、日本の車検制度と自動車整備業の収益モデルの根幹を作ったと云っても過言ではない。

A社の創業者は現社長S氏の父、坂井由一氏（以下、Y氏という）である。Y氏は1919年（大正8年）、鍛冶職人の父・柳藏と母・くにの4男として磐田郡龍川村（現浜松市天竜区横山町）に生まれた。

母・くには、本田技研工業株式会社の創業者である本田宗一郎氏の母・みかとは姉妹であり、その縁から、Y氏は尋常高等小学校を卒業すると、本田宗一郎氏が修業したことで有名な東京のアート商会で修業することになる。これによりY氏は、自動車整備の世界に足を踏み入れることになった。

徴兵により修業を終え帰郷するも、田舎で自動車の修理では生活が出来ず、勤めに出ていた。終戦後、自転車の修理などを請け負いつつ徐々に自動車の修理を始めた。S氏の従兄である坂井常男氏は「当時は、車と云っても殆ど代燃車（木炭車）で、翌日のエンジン始動の為に脂（やに・タール）を取る様な仕事をしていた。」<sup>3</sup>と述べている。



出所：天竜川写真館

図 2-1 鉱石運搬船（1932年頃）



出所：天竜川写真館

図 2-2 天竜横山の渡船と木炭車（1943年頃）

天竜川流域では、木材の切り出しや江戸時代に始まる久根鉱山や峰野沢鉱山などの鉱石運搬の殆どを船や筏に依っていたが、1953年にそれまでの吊り橋から鉄橋になると、急速にトラック輸送が増加していった。

A社は、1954年にそれまでの工場から10km程下流の磐田郡光明村（現天竜区山東）に新

<sup>3</sup> 坂井常男「電話インタビュー」2019年5月2日

たな工場を設立した。当時は、木材の運搬、峰野沢鉱山の鉱石運搬、秋葉ダム工事などのトラックや建設機械の修理が主な業務であった。



出所：A社所有

図 2-3. 移転した天竜工場（1965 年頃）



出所：A社所有

図 2-4. 浜松和田工場

静岡県西部の北部に位置する北遠地方は、江戸時代から天竜杉の産地として名高く、江戸・東京方面へ木材を出荷していた。戦後も復興の槌音と共に木材の需要は拡大し、「昭和 35（1960）年から昭和 48（1973）年までの間に、製材用で 1.8 倍、合板用で 5.4 倍に増加した。我が国の新設住宅着工数は、同時期において年間 42 万戸から 191 万戸にまで増加<sup>4</sup>した。こうした旺盛な整備需要と同時に大型トラックの修理を行う競合が殆どなく、入庫の増加に工場の拡張を行った。

Y 氏は、事業意欲が強く、1964 年には浜松市和田町（現東区和田町）に新工場を建設（図 2-4 参照）。敷地が 1,050 坪と、当時としては非常に大きく、工場も天井が高く同業者には驚かれたようであった。更に、事業の成長を確信し、鉄筋コンクリート造り 2 階建ての社員寮を併設し、最盛期は 30 人近くの社員が寮生活をしていたのである。

1963 年には東名高速道路の静岡 IC・豊川 IC 間の工事が始まり、建設に伴いダンプカーなどの修理が増加し、特にリーフスプリング交換の需要に追い付かず、修理待ちの車が道路に並ぶなかで連日夜中まで作業をしたとのことである。その間にも、1958 年には本田技研工業の 2 輪車スーパーカブの販売代理店を浜松市内に開設するなど、積極的な経営を行っていた。

しかし、天竜工場においては、1958 年に秋葉ダムが完成し、ダムの建設需要が無くなる一方、木材需要の急増による価格の高騰。それに対応するため、1961 年に「木材価格安定緊急対策」が決定され、国内の伐採の増加と海外からの木材輸入が拡大されることになった。こうした措置により、国産材の供給量は 1967 年のピークを境に減少していった。

天竜材の産地も同様に、出荷量の減少に伴い輸送用トラックの減少が始まったのである。

<sup>4</sup> 林野庁「平成 26 年度森林及び林業の動向」p22 <[www.rinya.mof.go.jp/j/kikaku/](http://www.rinya.mof.go.jp/j/kikaku/)>2019 年 5 月 22 日参照

更に、1956年に最盛期を迎えた峰野沢鉱山も産出量や品質の低下、貿易の自由化等の影響を受け1969年に閉山したのである。この後、地場産業の衰退と人口減少による長い停滞期を迎えることになるのである。

一方、和田工場は、1969年2月に東名高速道路静岡IC・岡崎IC間の開通を迎えた後も高度経済成長による建設・輸送需要に支えられてきたが、ディーラーによるサービス工場の拡充や競合企業の台頭、離職者の増加と採用難といった問題が現れ始めたのである。

## 2.2.2 S氏入社後のA社発展の軌跡

1980年4月、S氏は、トラックのディーラー勤務を経てA社に入社した。衰退し始めていたA社の建て直しを考え、事務の合理化を図る為にオフィスコンピューター(オフコン)の導入や収益改善に向けて作業工賃の見直しなどを行うが、オフコン導入の際には、性能で選ぶS氏と、取引関係先からの導入を考えるY氏で意見が対立し、結果的に、取引先からの導入が成された。また、作業工賃の見直しにおいても、値上げを主張するS氏に対して、業界団体の役員を務めるY氏は業界の足並みを乱して先に上げる訳にはいかないと主張するなど、ことごとくS氏は当時社長のY氏と衝突した。その結果、1982年、S氏は独立を考えA社を退社した。

その後、1988年、総菜業を営むS氏にY氏から「社長をS氏の兄の英作氏(以下、E氏という)に譲るのでE氏を助けてやってくれないか」との依頼を受け、1988年9月、S氏はA社に再入社を果たした。

S氏が再入社した当時、A社は、その6年前と何も変わってはいなかった。ぬるま湯に浸かりながら只々業績を下降させていたのである。バブル期で景気に沸くどころか、離職者が相次ぎ、有資格者が規定の人数に足りず、民間車検の指定を一時停止する羽目に陥ったのである。そうこうする内に、仕事の進め方をめぐってE社長とY会長の間の溝は深まり、E社長と社員の間にも亀裂が入るなど混迷を深める中でE社長は退社し、Y氏が社長に復帰する状態に至ったのである。

業績は毎月赤字の状態であった。その現状を憂いたS氏は、まずは社員教育をしようと考え、外部から講師を招いて研修を行う等新たな動きを始めた。そうした中、視察先として訪れた車検フランチャイズ・チェーン(FC)のコバック<sup>5</sup>と知り合ったのである。1992年、コバック本部に見学に行くと、最新の設備などは見当たらなかったものの、集客や明朗な価格システムが車検業の成長の要ではないかと考えたS氏は、従業員への業務負担や大きな投資も必要ないことから、1993年コバックに加盟し、同年10月に浜松和田店をOPENした。

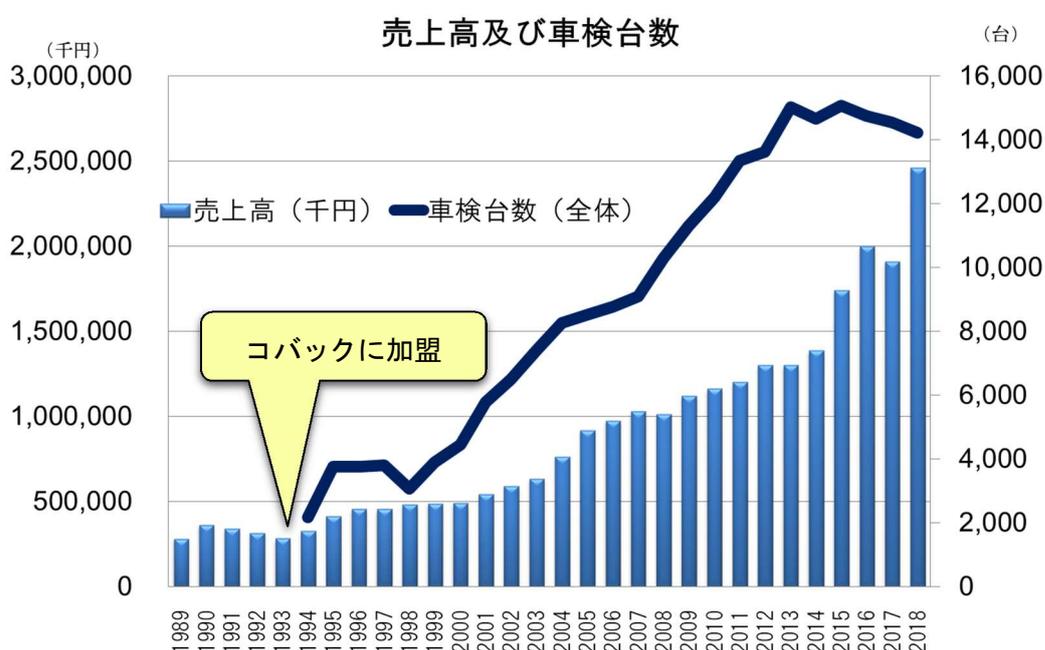
OPEN当日、新聞に折り込みチラシを入れて告知したが、予約の電話が鳴り止まない程

---

<sup>5</sup> 車検のコバックは、愛知県豊田市に本拠を置く株式会社コバックが運営する車検チェーンで、加盟数521店(2019年6月22日現在)の全国一の車検FCである。

の反響から、当時ユーザーが持つ整備業への不信を感じたものであった。当時は、車検といえど2日から3日は掛かり、費用もやってみなければ解らないと言われ、車検代が20万円位は掛かっていたのではないだろうか。

S氏は、翌1994年には天竜店、1999年には浜松高丘店、2003年には袋井久能店、2004年には豊岡村（現磐田市）に钣金塗装工場を開設。更に、2007年、浜北アピタ通り店、2010年には浜松森田店、2014年には軽自動車専門の販売店軽ランドをOPENし、2015年には高丘店を初生に移転した。時を同じくして、2015年にはミャンマーのヤンゴンに整備工場を開設、2018年には軽ランドを移転して敷地を5倍程に拡張するなど順調に事業を拡大していった。



出所：筆者作成

図 2-5. A 社の売上と車検台数の推移

そうした中で1995年には、道路運送車両法の一部改正があり、検査と点検・整備が分離され前検査・後整備が認められる様になった。従来、一般的には自動車整備工場において、先に定期点検整備（車検整備）を実施した後に検査（車検）を受けるのが整備付き車検の流れであった。しかし、この法改正により、先に検査（車検）を受けてから定期点検整備（車検整備）を実施するという従来とは逆の順番が認められた。これは、一般的にユーザー車検と言われるものである。ユーザー車検が可能になることで車検制度が大きく変わったのである。更に6ヶ月定期点検の義務が無くなり、点検の入庫が大幅に減少したが、車検を伸ば

していた A 社の経営には大きな影響を及ぼすことはなかった。

図 2-5 は、19894 年（平成元年）から 2018 年（平成 30 年）までの A 社の売上高と車検台数の推移である。これを見ると、車検 FC に加盟したことで、売上は加盟前の 28,000 万円から 246,000 万円に伸び、車検台数も 2,163 台程から最高で 15,037 台と大きく増加した。

この間、S 氏は、人材の獲得と育成に力を注ぎ、大卒を中心に就職ガイダンス等で募集するなど積極的に採用活動を行った。S 氏は、店舗展開を進めていくうえで最も重要な鍵となるのは店長の育成であるという考えから、キャリア・パス・プランを作成して人材教育に当たったのである。更に、有資格者がいなくて指定整備資格を停止した過去の苦い経験から、大卒の新入社員にも積極的に整備士資格を取得させた。そうした人材育成によって多店舗展開が可能となったと云っても過言ではない。現在では、トラック部門と钣金部門を除く全ての拠店長は大卒が担っている。

一方、図 2-5 にも表れている様に 2013 年を境に車検入庫台数の伸びに陰りが見え始め、翌 2014 年には車検入庫台数が前年を割ることになったのである。しかし、こうした車検入庫台数の減少傾向は以前より予想していたものであった。2010 年に OPEN した浜松森田店は、それまでの広告宣伝の効果とは明らかに異なりチラシ効果が落ちていたのである。こうした車検入庫台数の減少には地域特性だけではない幾つかの要因が考えられる。

先ず、ディーラーによる新車販売時に、点検やオイル交換などを含めたメンテナンス・パックを付帯販売していたことが挙げられる。その付帯率は、トヨタディーラーを筆頭に 90% を超えるまでに普及すると同時に、メンテナンス期間も 3 年間から 5 年間に延ばすなど顧客の囲い込みが図られてきたのである。

更に、競合の車検 FC や独自の車検商品の販売店も増えてきて競争が激化してきたことなどから、車検 FC の低価格車検の優位性が剥落してきたものと考えられた。20 年 30 年も昔の様に車検金額が高額で、内容も不明朗で説明も不十分な時代には、明らかな価格差が有り価格も明瞭で丁寧な説明がなされるコバックの車検は多くの顧客の支持を得たことは先述したとおりである。

しかし、競合が増え価格も下がる中で更に低価格戦略を進めることは、自ら価格競争を招き、社員に犠牲を強いるか、顧客を欺くことに繋がりがねないと S 氏は危惧するようになった。車検整備は、ディーラー等によって販売・登録された車両を、法律によって定められた期間内に検査・点検整備を行うもので、乗用車では初回が 3 年、以後 2 年毎に実施する。因みに、日整連の整備白書平成 30 年度版によると人間の平均寿命に相当する平均使用年数は登録車乗用で 14.73 年であるから、車検は初回の 3 年目、以後 2 年毎に行うと 3・5・7・9・11・13 年目の 6 回行うことになる。但し、人間の平均年齢に相当する平均車齢は 8.60 年であることから 10 年経過の高車齢車が減少していくことは容易に想像がつく。ボリュームが大きい新車から初回 3 年目と 2 回目 5 年目の車検をディーラーに囲い込まれると、整

備専門業者がターゲットとする車両は7年目から11年目の車両が中心とならざるを得なくなり、マーケットは狭められるのである。

また、車検FCに加盟する店舗において、車検台数を伸ばしている店舗の殆どは車両の販売を行っており、そうでない店舗とは明らかな相違を示していた。

一方、店舗・工場においても既存の業務の流れによる生産量の限界を迎えていたものと考えられる。A社では、こうした状況を踏まえ車両販売に踏み出したのである。2014年に開業した軽ランドである。ここでは、一般に使用される乗用車の凡そ40%を占める軽自動車に特化した販売店であり、主に、登録済み未使用車と呼ばれる新車同然の中古車を販売し、顧客の創造を狙っている。更に、収益構造の転換に向けて経営課題の解決に挑戦を始めたのである。

### 2.3 自動車整備業を取り巻く環境変化とA社の経営課題

A社は、1948年にY氏によって創業され、その後、1954年には地域の産業や輸送手段の変化や発展を見込み工場を移転新設することによって成長し、更に1964年には高度成長期の需要を捉えて地域の中心都市であった浜松市に進出、当時としては大き過ぎる工場や鉄筋コンクリート造りの社員寮を完備した工場を新設するなど、積極的な経営を行った。

しかしながら、S氏が入社した1980年には社員寮はその役割を終えていた。その後S氏は退職し、別の仕事をするも、1988年にA社に再入社した時には、A社の業績は毎月赤字が続く状況であった。1993年にS氏が主導する形で車検FCに加盟し、その後は店舗の拡大と人材の確保を図りながら順調に業績を伸ばすことができたが、これからの10年20年先を見据えた時には、解決しなければならない多くの経営課題が山積している。

特に、A社が対応を迫られている経営課題は以下に示す五つである。

- ① 人口の減少と少子化・高齢化がもたらす影響への対応
- ② 整備要員の高齢化と人材不足、新技術への対応
- ③ 整備市場の縮小と先進自動車の増加への対応
- ④ 事故車修理の減少と価格低下への対応
- ⑤ ビジネスモデルの転換と人材育成への対応

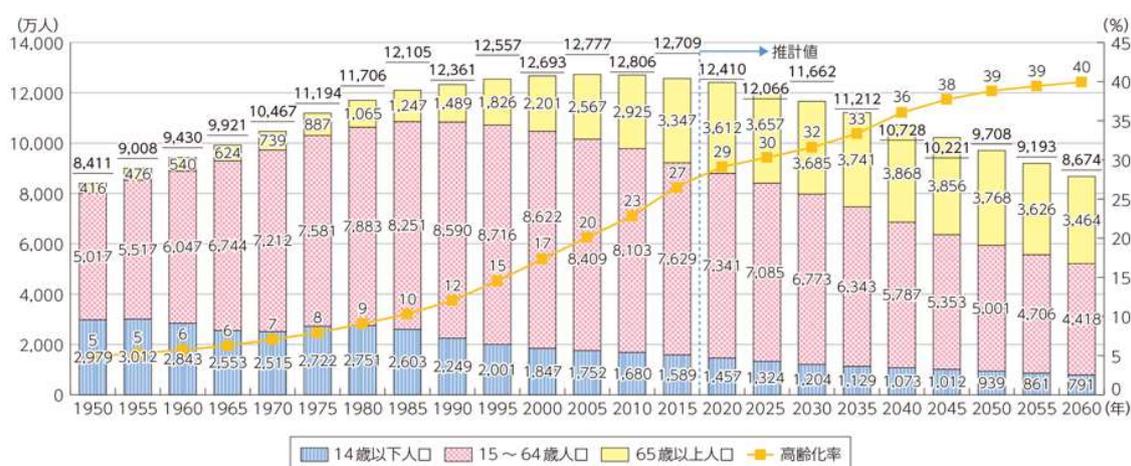
本節では、自動車整備業を取り巻く環境変化とA社が向き合う経営課題について詳細を記述していく。

#### 2.3.1 人口減少と少子化・高齢化がもたらす影響

我が国の人口は、2010年の国勢調査において1億2806万人を数えたが、その後は減少に転じている。図2-6にある様に2030年までに1,047万人21年後の2040年には1,981

万人の減少が予測されている。とりわけ 14 歳以下の年少人口の減少と 15 歳から 64 歳までのいわゆる生産年齢人口の減少が大きい。2015 年を基とすると 2020 年には 288 万人、2025 年までに 544 万人、2030 年までには 856 万人、2040 年にあつては 1,286 万人もの働き手が減少するである。

A 社においては、1999 年より大卒を毎年継続的に 2 人から 6 人程度採用しているが、2004 年から 2009 年間の採用難を上回る状況で、2018 年から採用数 1 人が続いている。



出所：2016 年総務省 H28 年版情報通信白書

図 2-6. 人口推計

更に、総務省統計「人口推計」によると、「平成 30 年 4 月 1 日現在における子供の数（15 歳未満人口）は、前年に比べ 17 万人少ない 1553 万人で、昭和 57 年から 37 年連続で減少している。」<sup>6</sup>とされ、また、運転免許取得が可能になる 18 歳人口についても、文部科学省「学校基本統計」では、「18 歳人口は、平成 21 年～32 年頃まではほぼ横ばいで推移するが、33 年頃から再び減少することが予想されている。」<sup>7</sup>と 18 歳以下の人口の減少を報じている。

一方、65 歳以上の老年人口の増加が、我々の業界に様々な影響を及ぼすことが予想される。2020 年には 1947 年から 49 年生まれの、いわゆる団塊の世代が 70 歳を迎え、2025 年には後期高齢者と云われる 75 歳を超えるのである。加齢や認知症による運転操作ミスによる事故の増加から、小型の取り回しの良い車にダウンサイズが進むとともに、運転を控えたり免許証を返納する人が増えるものと考えられる。

<sup>6</sup> 総務省統計局「人口推計」<[www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/)> 2019 年 7 月 5 日参照

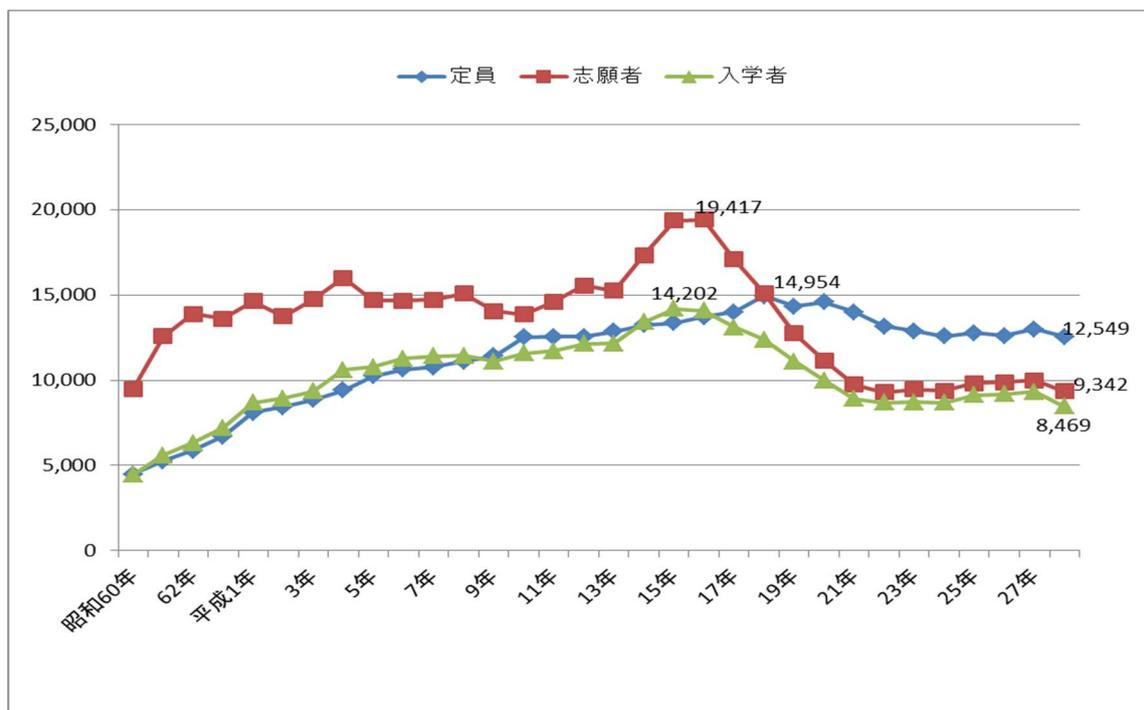
<sup>7</sup> 文部科学省「18 歳人口と高等教育機関への進学率等の推移」<[www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/)> 2019 年 5 月 5 日参照

若者の車離れが叫ばれる中、少子化による若者の減少と高齢者の増加は、自動車の保有台数と整備需要の更なる減少をもたらすものと考えられる。これらの人口動態の変化は、自動車整備業を営む A 社にとって販売台数の減少や整備入庫台数の減少といった売上の減少に直接影響を与えることが予測される。

### 2.3.2 整備要員の高齢化と人材不足、新技術への対応

近年、自動車整備業界で働きたいと考える若者が大きく減少している。図 2-8 は、専修学校に入学した学生数であるが、入学者数のピークは 2003（平成 15）年度の 14,202 人、志願者も 19,383 人あった。

しかし、2015（平成 27）年度の入学者数は 9,335 人（定員の 72%）で、2005（平成 17）年度から専修学校の入学定員を割っている状態が続いているのである。

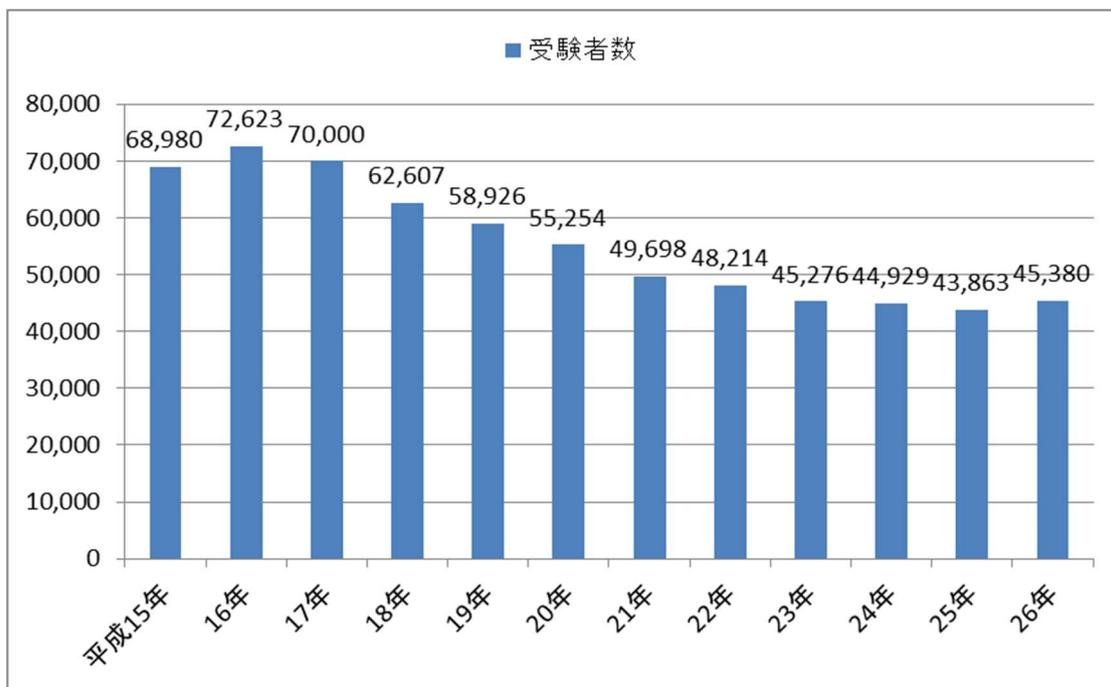


出所：文部科学省「学校基本調査」

図 2-7. 専修学校（自動車整備科）入学者数の推移

また、図 2-8 は、一般社団法人日本自動車整備振興会連合会（以下、「日整連」）が行っている整備士資格を取得するための登録試験の受験者数である。高校卒業生や大学卒業生などで、専修学校等に進学しないで働きながら資格を取るものであるが、この受験者数も 2004（平成 16）年度の 72,623 人をピークに、2014（平成 26）年度には 45,380 人にまで減少してしまった。

こうした状況の中、整備要員の平均年齢は上昇を続けている。表 2-2 は、業態とその規模別に整備要員の平均年齢を示したものである。これによると、2017（平成 29）年度には表の右下に示す様に全体の平均年齢が 45.0 歳となった。業態別では、「専業」の平均が 50.3 歳と最も高く、「兼業」が 46.1 歳、「ディーラー」が 35.0 歳と「専業」に比べて 15 歳ほど若い。また、小規模事業場の整備要員ほど年齢が高くなる傾向があることが分かる。



出所：日整連・自動車整備白書 H28 年版

図 2-8. 登録試験受験者数の推移

表 2-2. 整備要員の平均年齢

業態	規模	A1	A2	B	C	D	平均
		2~3人	4~10人	11~20人	21~30人	31人以上	
専業		54.8	47.8	42.5	40.6	38.3	50.3
兼業		49.8	44.8	40.9	40.2	40.5	46.1
専・兼業		53.8	47.0	42.0	40.5	38.8	49.3
ディーラー		39.6	34.9	34.6	34.8	35.7	35.0
平均(自家除く)		53.3	42.8	37.7	37.6	37.3	45.0
自家		50.7	44.6	41.7	39.0	38.2	44.5
平均		53.2	42.5	38.0	37.7	37.5	45.0

出所：日整連・自動車整備白書 H29 年度版

表 2-3 には、業態とその規模別に整備要員 1 人辺りの年間平均給与を示した。表 2-3 によ

れば、全体の平均給与は 3,893 千円である。業態別では、「専業」が 3,523 千円、「兼業」が 3,742 千円、「ディーラー」が 4,569 千円と、専業に比べて 1,046 千円程多いが、日本の男性の年間平均給与 532 万円（国税庁）<sup>8</sup>と比べて見ると、「専業」は 180 万円、「ディーラー」でも 75 万円ほど低いことが分かる。これらのことから、労働環境や待遇面において多くの専業工場では定期的計画的な採用どころか、若年労働者の雇用そのものが難しいものと考えられる。

一方、近年は深刻な整備士不足を補うために外国人技能実習生を採用する企業が増えている。また、国もこうした状況を鑑み、一定の専門性・技能を有し、即戦力となる外国人材に関し、就労を目的とした、在留資格「特定技能 1 号」「特定技能 2 号」を創設し、自動車整備分野においても、特定技能 1 号について受入れが可能な分野として定められた。

表 2-3. 整備要員 1 人当たりの年間平均給与 (千円)

業態 \ 規模	A1 2~3人	A2 4~10人	B 11~20人	C 21~30人	D 31人以上	平均
専業	3,289.1	3,643.9	4,001.7	4,357.5	4,007.9	3,522.6
兼業	3,569.7	3,847.6	3,982.7	4,359.1	3,816.8	3,742.1
専・兼業	3,336.3	3,695.2	3,996.6	4,357.9	3,967.4	3,572.7
ディーラー	4,489.7	4,564.0	4,583.0	4,581.9	4,706.2	4,568.6
平均(自家除く)	3,378.7	3,995.0	4,336.3	4,473.8	4,322.1	3,875.0
自家	3,761.1	4,057.7	4,142.7	3,646.0	6,788.5	4,258.8
平均	3,396.3	4,025.3	4,324.2	4,370.4	5,161.9	3,893.4

出所：日整連・自動車整備白書 H29 年度版

A 社に於いても 5 人のミャンマー人技能実習生を迎え入れた。現地の自動車整備専門学校を卒業した人材を現地で日本語と共に、日本式の整備教育をして日本に招いたものである。期待以上の働きをしてくれているが、今後の救世主になりうるかは未知数である。

外国人労働者の雇用を踏まえてみても、こうした整備要員の高齢化と若手人材の確保の難しさは、技能の継承のみならず、これからの先進安全装置の知識習得やチェック、調整といったスキャンツールを用いた点検・整備に支障をきたす可能性があると共に、経営に於いても大きな影響を及ぼすものと考えられる。

### 2.3.3 整備市場の縮小と先進自動車の増加

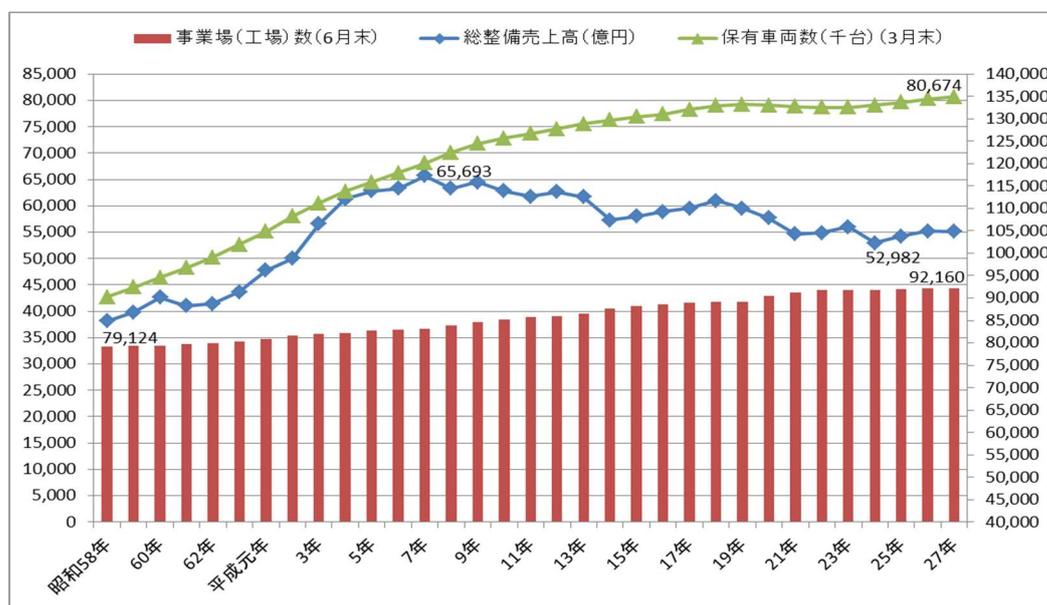
国内における、総整備売上高、事業場数そして保有台数の推移を 1983 年（昭和 58 年）

<sup>8</sup> 国税庁「平成 29 年度民間給与実態統計調査結果について」  
 < [www.nta.go.jp/information/release/kokuzeicho/2018/minkan/index.htm](http://www.nta.go.jp/information/release/kokuzeicho/2018/minkan/index.htm) >  
 2019 年 5 月 5 日参照

から2015年（平成27年）の33年間で纏めたものが図2-9である。図2-9が示すとおり、1995（平成7年）年の6兆5,693億円をピークに上下の動きは有るものの減少を続けており、2018（平成30年）年には5兆5,295億円と23年間で1兆398億円減少した。

一方、事業場数は1995（平成7年）年に83,198事業場であったものが、無認証で修理を行っていた钣金工場の認証資格取得や、ガソリンスタンド、カー用品店、中古車販売店、買取り専門店などが相次いで車検整備市場に参入したことによって、2018（平成30年）年には91,883工場に増加した。総整備売上高が減少する中で事業場数が増加することにより、1事業場あたり年間7,896万円（1995年）の売上が6,018万円（2018年）と約1,878万円減少し、率にすると23.8%程低下したことになる。

保有台数については、リーマンショックや東日本大震災の影響で一時的に減少した時期があるものの全体的には増加しており、2017（平成29年）年には81,563千台に上った。1995（平成7年）年当時の保有台数が68,104千台であったことを考えると、13,459千台19.8%程増加したことになる。しかしながら、伸び率は近年鈍化しつつある。1台当りの売上を見てみると、1995（平成7年）年の96,460円から2018（平成30年）年には67,790円に28,670円低下したことになる。



出所：日整連・自動車整備白書 H30 年度版

図 2-9. 総整備売上高・事業場数・保有台数

また、日整連の自動車社整備白書（平成30年度版）によると、「今後、コネクテッドカーが普及することで、整備業界には二つの影響があると考えられる。一つは、故障を未然に防ぐことで故障件数が減少し、臨時整備による入庫台数が減少していくと予想される。もう一

つは、自動車メーカーとその系列ディーラーによる顧客の取り込みが進むことで、一般整備の入庫先としてディーラーが選ばれやすくなる結果、ディーラー以外の整備業者への入庫台数が減少する可能性があるという点である。」と述べられている。

総整備売上高の減少と事業場数の増加、保有台数の伸び率の鈍化、更にディーラー等による顧客の囲い込みが一層進むことを考えると、今後、A社を含む自動車整備業界において増々競争の激化が進むものと考えられる。

### 2.3.4 事故車修理の減少と低価格化

事故車修理の減少と低価格化には、大きく分けて2つの要因がある。1つは、(株)SUBARUのアイサイト<sup>®</sup>にみられるようなブレーキアシスト・衝突軽減ブレーキの普及によるものである。もう1つは2013年10月より実施された自動車保険の「ノンフリート等級別料率改定」である。

表2-4は、(株)SUBARUの運転支援システムアイサイト<sup>®</sup>搭載車の事故件数の調査表である。これによると、アイサイト搭載車と非搭載車を比較すると、車両同士の追突事故では84%減、対歩行者でも49%減、全体では61%減であることがわかった。こうしたブレーキアシスト・衝突軽減ブレーキの搭載が急速に普及しており、今後の事故発生数は大きく減少するものと考えられる。

また、2013年10月より導入された自動車保険の「ノンフリート等級別料率改定」の影響も大きいと考えられる。この改定は、事故の際に保険を使って修理すると、これまで同様に保険の更改の際に等級が3等級下がるが、新たに設定された事故ありの料率が適用され、保険を使わなかった状態まで戻るまでの保険料が、これまでの料率に比べて凡そ10万から20万円程度高くなるものである。表2-4の損害保険会社の金額別事故修理数と構成比の表を見てみると、保険を利用した修理件数は年々減少しているが、保険料率改定が行われた2013/10-3と2012/10-3を比較すると、事故修理金額が20万円超の構成比は増加している。特に50万円超は修理件数、構成比共に増加している。因みに、30~50万円の構成比は16.1%から18.3%に増加している。20~30万円では19.8%から20.5%に微増であるが、15~20万円では減少に転じている。10~15万円では21.0%から18.8%に減少し、10万円未満は18.3%から16.4%に減少している。こうしたことから、修理金額が下がるほど保険を使った修理件数が減少していることがわかる。さらに表2-5の損害保険会社による事故受付件数の推移に示したとおり、2013年10月以降、未入庫件数及び請求取り下げ件数が増加している。これは、上記の料率改定によることが理由と考えられる。

また、B損害保険会社の資料である図2-10の自費修理事故への対策を見ると、2014年度の事故報告件数が制度改正前の2012年10月以前の449万件に比べて56万件減少した。更に、請求放棄した27万件と合わせると結果的に保険を使用しないものが83万件にも上ることがわかる。B損害保険会社のシェアから推測すると全体で年間約460万台が、保険

を使わないで自費で修理するか、直さないまま乗り続けると推測される。

自費修理の場合は、自己負担を軽減する為に中古パーツの使用やできるだけ簡易な修理を求めることになり、結果的に自動車整備業者の売上の減少に繋がるのである。こうした売上と利益の減少は、雇用の維持と ASV や超高張力鋼板などの材料の変化や高度化へ対応した設備投資を難しくすることになるのである。

表 2-4 ㈱SUBARU アイサイト。搭載車の事故件数調査結果について

		単位:台			
		2010~2014 販売台数	事故総件数		
			対歩行者	対車両、その他	
				追突(内数)	
アイサイト(ver2)搭載車	246,139	1,493	176	1,317	223
	A:1万台当り発生件数	61	7	54	9
アイサイト(ver2)非搭載車	48,085	741	67	674	269
	B:1万台当り発生件数	154	14	140	56
搭載車－非搭載車＝(A-B)/B		-61%	-49%	-62%	-84%

出所：富士重工業株式会社(現スバル㈱)

表 2-5 損害保険会社の金額別事故修理数と構成比

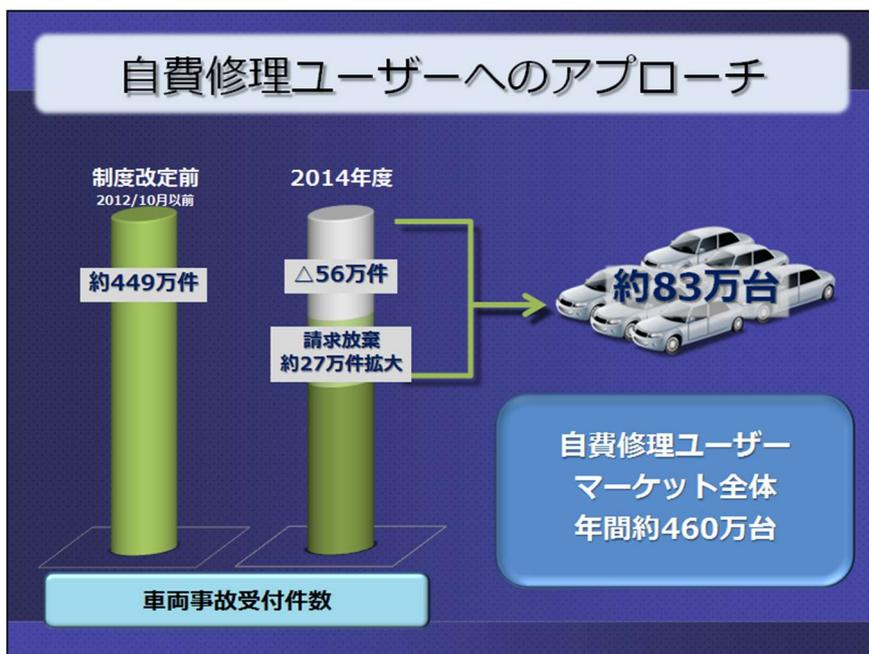
期間・修理金額	2012/4-9		2012/10-3		2013/4-9		2013/10-3	
事故修理台数	台数	%	台数	%	台数	%	台数	%
50万円超	3,985	8.1%	4,255	9.9%	3,873	10.1%	4,386	11.9%
30~50万円	7,060	14.4%	6,937	16.1%	6,200	16.2%	6,758	18.3%
20~30万円	9,311	19.0%	8,534	19.8%	7,817	20.5%	7,549	20.5%
15~20万円	7,372	15.0%	6,392	14.9%	5,751	15.0%	5,199	14.1%
10~15万円	11,238	22.9%	9,019	21.0%	8,011	21.0%	6,946	18.8%
10万円未満	10,027	20.5%	7,896	18.3%	6,565	17.2%	6,055	16.4%

出所：B 損害保険会社提供

表 2-6 損害保険会社による事故受付件数の推移

	2012/4-7	2012/10-3	2013/4-9	2013/10-3
事故受付件数	71,888	66,045	61,093	60,313
販売店 (自社)入庫	52,749 73.4%	47,890 72.5%	43,711 71.5%	42,722 70.8%
内 請求取下	5,780 11.0%	6,605 10.0%	6,805 15.6%	7,131 16.7%
他社入庫	14,401 20.0%	13,114 19.9%	11,980 19.6%	11,736 19.5%
内 請求取下	1,702 11.80%	1,717 13.1%	1,899 15.9%	1,944 16.6%
未入庫	4,738 6.6%	5,041 7.6%	5,402 8.8%	5,855 9.7%
内 請求取下	3,920 82.70%	4,623 91.7%	4,976 92.1%	5,422 92.6%
請求取下計	11,402 15.90%	12,945 19.6%	13,680 22.4%	14,497 24.0%

出所：B 損害保険会社



出所：B 損害保険会社提供

図 2-10 自費修理事故への対策

### 2.3.5 ビジネスモデルの転換と人材育成

自動車整備産業は、1951年の道路運送車両法の公布によって制定された車検制度に負うところが大きく、1950年代中頃から1970年代前半のいわゆる高度成長による所得水準の向上と自動車産業の成長が相まってモータリゼーションが進んでいった。1958年の乗用車

市場は年間5万台にも満たなかったが、1964年には40万台を超え、更に1970年には237万台と急速に成長していった。ピークは、乗用車やトラック、軽自動車を含めた販売台数は777.7万台を数えた1990年である。以後、販売台数は減少しているが、その内訳は大きく変わっている。同年の小型乗用車は383.9万台を数えピークを迎えたが、普通乗用車(3ナンバー車)は前年の自動車税の改正の影響を受けて増加を続けている。一方、軽乗用車は順調に伸び続け2014年まで増加を続けたが、その後加熱した販売競争の是正により一時減少した販売台数は再び増勢に転じた。自動車の販売台数は1990年をピークに減少しているが、保有台数は増加を続け、2018年には過去最高の8,156万台となったのである。

こうした傾向は、使用年数の長期化と自動車の高齢化を表すものである。

自動車保有台数の増加と使用年数の長期化は、中古車販売店や中古車のオークションビジネス、買取業者など様々なビジネスを生み出してきた。販売台数の減少と共にメーカー系ディーラーの販売戦略が徐々に変化してきたのである。ディーラーのメーカーからの仕入れマージン率の低下と共に、新車販売に頼らずに経営基盤の確立を図るよう、中古車販売、車検、点検、钣金塗装、保険手数料、ローン手数料といったサービス収益によって固定費のカバーを図るようになったのである。更に、販売時に3年・5年間の点検や車検等のメンテナンス料を含んだメンテナンス・パックを販売する様になり、顧客の囲い込みが一層激化している。また、販売方法にも大きな変化が起きている。これまでは現金かローンが主流であったが、近年は残価設定型ローンや5~7年の長期個人リースなどが流行っている。こうした販売方法は、月々の支払額を低く抑えて購入しやすくすることができるばかりか、長期に亘って顧客を囲い込むことにつながると考えられる。こうした新車の販売から発生するカーアフターマーケットに於いて、様々なサービスを一体的に提供する為に、ディーラーや整備工場が図2-11にある様なバリューチェーンの構築を図るようになってきた。図2-11に示したのは、自動車整備業者の一般的なバリューチェーンの概念図である。

一方、A社に於いてもバリューチェーンの構築は喫緊の課題であり、図2-12は現状と今後の方向性を示したものである。図2-12は、A社のバリューチェーンの構築の足跡でもある。車検を中心とした収益モデルであった中小企業が、本業の車検・整備を基に、それまで外注していた钣金塗装を2004年に钣金塗装工場を建設し内製化した。また、顧客との関係性を高めるよう点検にも力を注ぐようにした。そして、2年に1度の車検だけではなく、毎年顧客と接点を持つことができる自動車保険にも力を入れる。保険販売では、取扱高が多い程保険手数料率が上がる為、取扱保険会社を集約する傾向にあったが、A社では顧客の家族状況に合わせた保険が提案できる様、8社の保険を取り扱っている。更に顧客サービスの充実を図る為にロードサービスを始めた。ロードサービスは、事故車の引き上げやけん引は勿論のこと、ガス欠やバッテリー上り、パンクや故障といった様々な対応を24時間365日体制で行っている。

図 2-11. バリューチェーン概念図

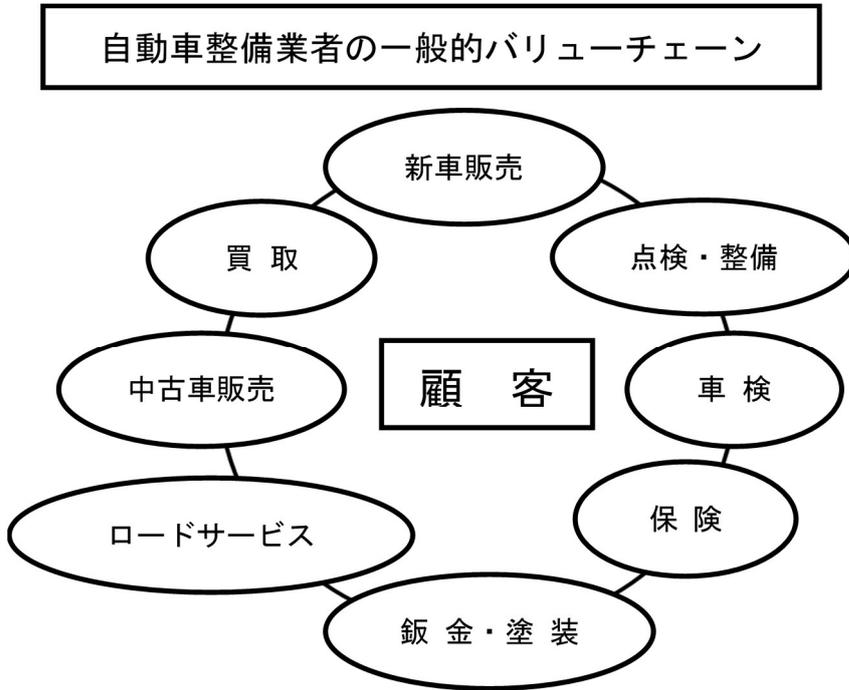
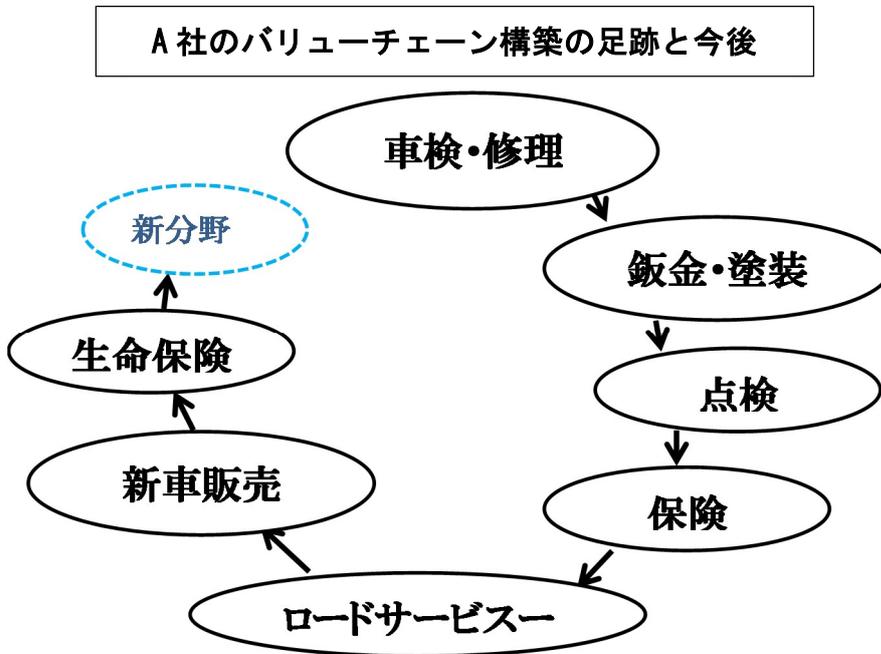


図 2-12. A社のバリューチェーンの概念図



出所：筆者作成

その後、顧客の創造を図る為に自動車の販売に力を注ぐことにした。特に新車同様の未使用車<sup>9</sup>の販売から入り、新車の販売へと広げている。今後は、顧客との接触頻度が高く、親和性が強い自動車整備業の特徴を生かし、「自動車を接点に、お客様の安全・安心・快適な生活を提案する会社になる。」をビジョンとして、お客様のお役立ちビジネスを念頭にバリューチェーンの構築を目指している。こうしたバリューチェーンの構築を図るには、資金や人材、ノウハウ等が強く求められるのである。更に、ディーラーや大手企業に伍していくには、これまでの車検モデルから脱するための、更なるイノベーションと人材の育成が求められる。

## 2.4 まとめ

歴史を振り返ると企業の盛衰が見て取れるものである。A社も創業以来凡そ30年間、地域の産業の発展と共に歩み、経済成長の波に乗り事業を拡大させてきたが、競合の増加や人材の不足、自動車販売等への出遅れといった課題を前に、成熟期から衰退期へ移っていった。そうした時期に、車検FCへの参加によって再び業績を向上させて来たのである。しかし、図2-5に見る様に、その業績の向上の原動力である車検ビジネスも20年目を経た辺りから、市場の成熟に伴い頭打ちの様相を呈してきた。

A社が、今後衰退期に入る前に更なる成長を図る為には、CASE（Connectivity：通信で繋がる、Autonomous：自動化、Shared：シェア、Electric：電動化）と呼ばれる技術革新と、MaaS（Mobility as a Service：移動手段のサービス化）と云われるサービスを展開する企業への対応。更に、人口の減少と少子化、高齢化がもたらす影響への対応、整備要員の高齢化と人材不足への対応、整備市場の縮小への対応、事故車修理の減少に対する対応、そして、これまでの車検ビジネスモデルからの脱却を図る為の新たなビジネスモデルの構築と云った経営課題の解決を図っていかなくてはならないのである。

本章に続く第3章では、先に示したA社の経営課題の一つである「②整備要員の高齢化と人材不足、新技術への対応」に向けて、光技術の活用を試みた技術実験の詳細について述べていくものとする。

---

<sup>9</sup> 未使用車とは、且つて新古車と云われた登録済み未使用車のことである

### <参考文献一覧>

1. エイドリアン・スライウォツキー, リチャード・ワイズ, 邦訳, 中川治子 (2006) : 『伸びない市場で稼ぐ』 日本経済新聞社
2. C・オットー・シャーマー, 邦訳, 中土井僚・由佐美加子 (2010) : 『U理論』 英治出版株式会社
3. 福留信夫、竹内英世 (1992) : 「自動車産業における脱技能化の展開」『溶接学会誌』 一般社団法人溶接会, 61,1,pp,48-52
4. 平井昌夫 (2006) : 「自動車整備業の現状と今後の方向 : 最近の環境変化と対応事例」『信金中金月報』 信金中央金庫, 4,pp,64-76,2006
5. 一般社団法人日本自動車整備振興会連合会 (2017) : 『自動車整備白書平成 28 年度版』 一般社団法人日本自動車整備振興会連合会
6. 一般社団法人日本自動車整備振興会連合会 (2018) : 『自動車整備白書平成 29 年度版』 一般社団法人日本自動車整備振興会連合会
7. 一般社団法人日本自動車整備振興会連合会 (2019) : 『自動車整備白書平成 30 年度版』 一般社団法人日本自動車整備振興会連合会
8. 三品和弘 (2015) : 『高収益事業の作り方(経営戦略の実践(1))』 東洋経済新報社
9. 三宅秀道 (2013) : 『あたらしい市場のつくりかた』 東洋経済新報社
10. 沼上 幹 (2017) : 『経営戦略の思考法』 日本経済新聞出版社
11. 小川秀貴 (2013) : 「日本自動車整備産業形成史」 関西学院大学リポジトリ
12. ピーター・M・センゲ, 邦訳, 枝廣淳子・小田理一郎・中小路佳代子 (2011) : 『学習する組織』 英治出版株式会社
13. ロバート・キーガン, リサ・ラスコウ・レイヒー, 邦訳, 池村千秋 (2013) : 『なぜ人と組織は変わらないのか』 英治出版株式会社
14. 坂井モーター株式会社 (2003) 『坂井モーター創立 50 周年記念誌 熱き心道を拓く : そして道はつづく』 坂井モーター株式会社
15. 高橋栄一 (2014) : 「自動車整備業の経営改善計画作成と経営革新」『中小商工業研究』 中小商工業研所, 121,pp,48—55,2014
16. ティエン・ツォ, ゲイプ・ワイザート, 邦訳, 御立英史 (2018) : 『サブスクリプション』 ダイヤモンド社

### 第3章 自動車钣金修理へのレーザー技術応用の可能性検討

#### －钣金補修材のレーザー研削は可能か－

##### 3.1 はじめに

自動運転に見られるような通信技術や、車両の電子制御化のみならず、国土交通省が進める先進安全自動車(ASV : Advanced Safety Vehicle)の普及に伴い衝突被害軽減ブレーキ等の装着車は年々多くなっている。また、CO<sub>2</sub>の排出量削減には車体の軽量化が不可欠であり、超高張力鋼板やアルミなどの軽量化素材が積極的に活用されている。こうした先進技術の普及は、低燃費や高い安全性をもたらす一方で、自動車部品製造業のみならず自動車整備業にも様々な課題を突き付けてくる。具体的には、車検後に先進安全装置が作動しなかった場合、その責任は誰が負うのか、自動車の様々な使用過程にあって衝突被害軽減ブレーキに不可欠なカメラやレーザー・レーダーといった装置は正しく取り付けられているのか、そもそも必要時に作動するのか、といった装置そのものの正常な稼働を担保する責任に関わる課題である。

钣金修理においては、先進技術に対応した修理方法の改善に関する課題も生じる。先進技術の普及によって钣金修理台数の減少が進む一方、アルミや超高張力鋼板といった新たな素材の補修や交換のための脱着作業を行うには、新たな補修技術や高額な計測装置、溶接機器などの導入が求められるのである。新車の開発と同様に、自動車修理における新たな技術開発は車の普及には欠くことができない重要な要素である。

また、人口の減少と高齢化は保有車両の減少のみならず、整備要員の構成にも大きな影を落としている。すなわち、整備技能者の高齢化と若年労働者の確保難という人材に関わる課題である。表3-1は、「専業」、「兼業」、「ディーラー」といった業態別の整備要員の平均年齢を示したものである。この表から明かなように、整備要員の高齢化が顕著に進んでいる。これはまた若年労働者の確保と育成ができていないことを示唆している。

表3-1 業態別整備要員の平均年齢

調査年度	2010	2011	2012	2013	2014	2015
業態	(平成22)	(平成23)	(平成24)	(平成25)	(平成26)	(平成27)
専・兼	46.3	47.1	47.3	47.7	48.0	48.5
専業	47.4	48.1	48.4	48.6	48.8	49.4
兼業	42.7	43.5	43.6	44.7	45.1	45.5
ディーラー	32.5	32.8	33.8	33.8	34.1	34.4
平均	42.1	42.8	43.3	43.5	43.8	44.3

(単位:歳)

出所：日整連・自動車整備白書 H27 年度版

更に、前章で詳細を記述した 2013 年より導入された自動車保険の「ノンフリート等級別料率改定」の影響も大きい。これは、事故で保険修理を適用するとその後の保険料金が大きく上がる仕組みであるため、保険を適用しないで自費で修理するユーザーが増加し、修理代の低価格化が進んでいる。こうした状況を踏まえ、脱技能化と作業の機械化による自動車整備費用の低価格化を目指して、自動車の钣金修理へのレーザー技術の応用の一つとして、レーザーによる钣金補修の可能性について検討することにした。

現行の課題解決に向けた自動車の钣金修理へ適用できる技術の一つとして、有望視しているレーザーを用いた加工技術に関して説明する。当該技術は自動車や部品の製造ラインでは、溶接以外にも切断、穴あけ加工、マーキング加工、レーザーピーニングといった様々な加工手法として広く用いられてきた。J. K. ラーソンは、ヨーロッパ自動車産業におけるレーザー溶接に関する総説において、1980 年代からレーザー溶接が自動車産業に応用されてきたことを示している。森（2003）はレーザー溶接が自動車産業へ応用されてきたのはレーザー発振器開発の黎明期からであったことを示している。現在では、主要な生産用のレーザー光源となっている CO<sub>2</sub> レーザーや YAG レーザーの研究が開始された 1970 年代から既に自動車部品へ応用され、レーザー開発が進むにつれて自動車部品への応用範囲が広がってきた。このレーザー技術応用の流れは自動車部品にとどまらず、自動車ボディの溶接にも使われている。木谷（2014）は、抵抗スポット溶接やアーク溶接と比較すればレーザー溶接の自動車分野への応用の歴史は浅いとしながらも、1990 年代からのレーザーの高出力化と、さらにロボットによる三次元溶接技術との組み合わせによる可能性を認めつつも、レーザー設備が高価であることが適用範囲をとどめていることを指摘している。

一方で、国内レーザー加工技術やこの分野で最先端と呼ばれるドイツのレーザー光源・加工技術の開発・生産状況の調査により、現在のアディティブ・マニュファクチャリング（積層造形・3D プリンター）、IoT、といった新しい潮流技術と、レーザー技術とは相性が良いと特徴づけることができ、レーザー関連の研究開発と並行して自動車産業への応用も加速すると予想される。

以上のように自動車部品や自動車本体へのレーザー技術の応用は様々な形で報告されており、且つその将来性についても期待されている。レーザーを用いて钣金補修を行うと、他の工法と比べて高速かつ再現性の良い処理が見込まれるばかりか、熟練技術者に頼らない钣金補修が可能になると考えた。これらの背景を踏まえ、自動車钣金修理へのレーザー技術応用として、次の事業構想を立てた。レーザー関連設備が高価であることを踏まえ、事業の主を钣金補修のための自動車ボディの計測データ取得と配布とする。これを実現させるために必要なのが、関連する装置開発や設備を含めた費用を踏まえての自動車钣金補修の現場への導入確立である。この上で、本章における研究目的を、自動車の钣金補修の分野に焦点を絞り、钣金補修材の研削・ボディ計測等のレーザー技術を自動車整備業界で活用するために、技術面での可能性を検討することとした。

## 3.2 鈑金補修技術の概要とレーザー技術の可能性

### 3.2.1 鈑金補修の現状

自動車の鈑金補修は、その殆どを職人による手作業で行われる。まずは、損傷部位の状況により、部品交換か鈑金補修を行う。鈑金補修を行う場合は、補修部分を含む範囲の塗料に対してグラインダーを用いて剥がして鈑金の素地面を出し、ハンマーや専用工具を用いて引き出すなどの作業を行い、損傷部位を修正する。その後、パテ剤を塗り、乾燥後元の形状に近付く様にパテ剤を研磨する。次に、修正用パテ剤を薄く塗り、乾燥後再度研磨を行う。こうした作業を行い、図 3-1(a)から(c)の様に、より新車時の状態に近付くように補修を行う。その後、サフェーサーと呼ばれる下地材を塗布し、乾燥後サンドペーパーを用いて磨き、塗装を行う。この時、最も重要な作業は最初のパテ剤の研磨である。補修面の状況は塗装後の反射面の歪みで判断するため、歪みが明らかな場合は再度塗膜を除去する作業から行わなくてはならなくなるからである。



(a) 損傷部位



(b) パテのサンディング後



(c) サフェーサー塗布 出所：筆者

図 3-1. 鈑金修理の作業工程における状態

以上の作業には職人、もしくは熟練の技能者を必要とする。しかし、近年、熟練技能者の高齢化が進み、確保が困難になってきている上に、熟練技能者の知恵をいかにして継承していくかが問題となってきた。新たな技術導入などによって次の点が期待されている。

これまで熟練技能者が钣金補修用パテ剤をサンダーとサンドペーパー（研磨紙）を用いて研磨する場合、2～3回の繰り返し研磨により2～3時間程度が掛かるが、レーザーによる塗膜除去の事例を基に、レーザーを用いると未熟練技能者であっても30分程度で研磨が可能と考えられた。但し、レーザーの短所としては価格が高額のことと安全性を踏まえた取り扱いに慎重さが求められることである。レーザーによる加工は未熟練技能者による作業を可能にする点、また钣金補修費用を低価格化することがレーザーの活用することの利点と考えられる。

### 3.2.2 钣金補修技術へのレーザー応用の先行研究

钣金補修現場で使われる大半の自動車の钣金補修用パテ剤の成分はウレタンである。そこでレーザーによるウレタンそのものや樹脂の加工の可能性についての先行研究を概観する。先行研究としては、岡田（2012）、長野（2017）らのプラスチック樹脂の印字や溶着といった加工を対象とした研究が多く存在し、すでにレーザーマーカーとして広く実用化されている。

岡田（2012,p46）は、「主要な要素は、(1)レーザー光の波長：波長により材料への光吸収が異なる。(2)パワー密度：一定の面積へのエネルギーの集中度合いであり、強度により材料の反応が変わる。(3)作用時間：レーザー光が加工材料に関与する時間である。この時間により、材料の反応・作用が異なる。(4)材料特性：材料固有の波長吸収率や熱定数が異なる。また材料の表面状態によっても吸収率は異なる。」と述べている。また、長野(2017,p53)は、「プラスチックは金属に比べて、熱伝導率が低いのみならず、変形温度も低い。」と述べている。しかしながら、自動車の钣金補修用パテ剤の加工を研究対象としたものは管見の限り見当たらない。

### 3.2.3 钣金補修技術へのレーザー技術応用の方向性

钣金補修の全てをレーザーで行うことは現実的とは言えず、研究の方向性をまず検討する。本研究では、事業目的の1つであるレーザーによる研削装置開発項目（3次元形状計測とボディ情報からの差分データ計算処理部、差分データに基づくレーザー3次元研削部、レーザー研削による除去量データの取得）の内、3番目のレーザー研削による除去量データの取得が最も重要である。このため、レーザーによる自動車ボディの钣金補修（レーザー研削）の可能性を検討することを第1目的とした。後述するが、レーザーによるパテ剤の研磨は、以下レーザー研削とする。

最も知りたい点は、レーザー研削技術が熟練技術者の代わりになりうるかどうかという

点である。最も熟練の技能が求められる 500 mm × 500 mm 以上の基礎のパテ剤研磨をレーザーで行うことが可能ならば、後は熟練技能者でなくても作業は可能であると考えた。

パテ剤をレーザーで研削することの有効性の確認であるため、先行研究を参照しながら適切なレーザーの仕様や加工手法を検証するための実験を行った。

### 3.3 研究方法

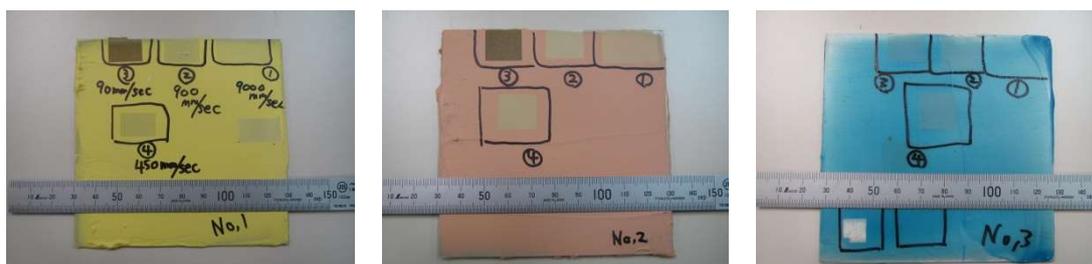
#### 3.3.1 研削検証実験システムと钣金補修に用いるパテ剤について

レーザー工法について説明する。钣金補修に用いるパテ剤は補修部の凹みのある程度復した状態のボディの上に多めに塗られる。この余剰分を除去することで元の形状を復元する。これまでのサンダーとサンドペーパー（研磨紙）に対して、レーザー工法ではレーザー光のエネルギーをパテ剤（ウレタン等）に吸収させ、熔融・蒸散という熱反応過程を経て空間的な除去を行う。レーザー光を数 10 μm 以下まで集光することで周辺部への熱影響を抑えて瞬時に除去できる。レーザーで物質を熔融・蒸散させる現象はレーザーアブレーションと呼称されるが、本研究では用途の方面より総称してレーザー研削としてこれを扱う。

次に、研削検証実験システムについて説明する。先の記述の様なレーザーによる除去を行うためには次のことが必要である。エネルギー密度を上げるためにレーザーを集光すること、パテ剤が塗られた対象の面積を集光された点で走査すること、及び熱影響を抑制するため高速で走査を行うことである。このため、本研究では高速でレーザー光を任意の大きさの平面に集光走査することができるガルバノスキャナと呼ばれる装置を用いたシステムを使用した。

レーザー光源には、パテ剤に対する熱影響を低減させるために平均出力を抑え、短い時間に瞬時にパテ剤を蒸散させることができるナノ秒パルスレーザーと呼ばれるものを用いて比較検証した。このナノ秒パルスとは、ナノ秒(10<sup>-9</sup>秒)の時間内でレーザーを照射することができること示している。また、パルスレーザーと呼ばれる短い時間の照射が行えるレーザー装置は他にもマイクロ秒(10<sup>-6</sup>秒)レーザー、ピコ秒(10<sup>-12</sup>秒)レーザー、フェムト秒(10<sup>-15</sup>秒)レーザーと呼ばれるものがあり、それぞれに加工現象やレーザー装置コストが異なる。本研究では、先の熱影響の抑制、レーザーコスト、研削能力を先行研究から検証し、上記のナノ秒パルスレーザーを選択した。

次に、钣金補修に用いるパテ剤を 100 mm × 100 mm の大きさの金属板に塗布し、3種類の試験材を準備した（図 3-2）。1つ目は黄色に着色されたパテ剤、2つ目は桃色に着色されたパテ剤。3つ目には青色の UV 硬化型のパテ剤を用いた。黄色と桃色の 2 種類のパテ剤は着色のみの違いである。



(a) 黄色パテ剤

(b) 桃色パテ剤

(c) 青色パテ剤 (UV 硬化型)

出所：寺田作成

図 3-2. パテ試験材

### 3.4 実験結果

#### 3.4.1 走査速度検証実験

本研究では、まず補修用パテ剤をレーザーで研削することの有効性を確認する実験を行った。レーザーの研削能力、熱影響を確認するため、グリーンパルスレーザー及びガルバノスキャナ装置を用い、必要なレーザーパラメータを決める予備実験を行って、レーザーによる研削精度を確保するために必要なレーザー出力、集光走査条件等を探った。レーザー仕様は、出力 7.5 W、繰り返し周波数 40 kHz、パルス幅 8 nsec (FWHM) とした。レーザービームは焦点距離 165 mm、ワーキングディスタンス 150 mm の  $f\theta$  レンズを用いて  $\phi 30 \mu\text{m}$  に集光した。またガルバノスキャナにより走査ピッチ 0.1 mm にて走査速度をパラメータ (90 ~ 900 mm/sec) としてラスタースキャンを行った。ここでは最も汎用的なパテ剤である黄色タイプを用いた。

実験の評価は、研削の可否、性状変化、熱影響の変化を A 社の熟練技術者と実験を担当した者が目視によって確認をした。

この実験結果 (表 3-2) により、走査速度 90 ~ 900 mm/sec の領域において、走査速度 450 mm/sec の条件においてレーザー研削が可能であること、及び熱影響を抑制できることが確認できた。

表 3-2. 走査速度検証実験の結果①

走査速度 [mm/sec]	評 価		
	研削可否	性状変化	熱影響
9,000	否	無し	無し
900	否	わずかに有り	無し
450	可	有り	無し
90	可	有り	有り

出所：寺田作成

### 3.4.2. パテ剤の違いによる研削検証実験

3つの試験材を用いてパテ剤の違いによる研削量の検証実験を行った。レーザーの仕様は前節と同条件である。研削量は距離 10mm のライン走査による除去跡の幅と深さの積にて求めた。レーザー照射後の試験材表面の性状や研削深さの計測評価、及び熱影響の観察には、マイクロスコープ(キーエンス製：VHX-1000)を用いた。

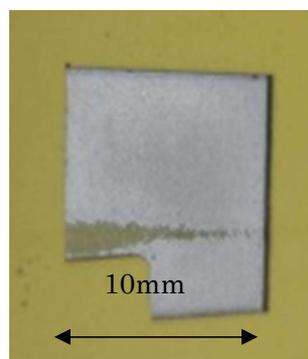
表 3-3 より、最も有意な研削が確認された走査速度 450mm/sec の条件においては、試験材 1 (黄色パテ剤) と試験材 2 (桃色パテ剤) とは大きな差はなかったが、これらを試験材 3 (青色パテ剤) と比較すると、約 8 倍の差があった。

更に、試験材 1 を用いて、ラストスキャンのピッチ幅を 0.1mm から 0.03 mm に変更して追加実験を行い、パテ剤の完全除去を行った。10 mm 四方の面積を 10 回の繰り返し照射で行えた。その際の深さは 392  $\mu\text{m}$  であった (図 3-3)。

表 3-3. 走査速度検証実験の結果②

走査速度 [mm/sec]	研削量[ 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> ]		
	黄色パテ剤	桃色パテ剤	青色パテ剤 (UV 硬化型)
9,000	計測不可	計測不可	計測不可
900	7.7	3.3	1.0
450	12.1	13.3	1.6
90	50.4 ※熱影響有り	64.0 ※熱影響有り	3.0

出所：寺田作成



出所：寺田作成

図 3-3. 0.03 mm のピッチ幅で黄色パテ剤を除去

### 3.4.3 CW（連続発振）レーザーとパルスレーザーの研削検証実験の方法

前節までに低出力のナノ秒パルスレーザーにより熱影響を抑えたパテ剤の研削ができることを実証した。ここでは研削量を増加させる上で、連続的にレーザーが発振される CW タイプとパルスレーザーを比較する。特に、CW タイプについては、レーザーによる塗装剥離等にも使われ始めていたビーム品質が良いシングルモードのファイバーレーザー(20 W)とピーク出力が高い(>10 kW)ナノ秒パルスファイバーレーザー（平均出力 20 W、パルス幅 200 nsec[FWHM]、0.8 mJ/pulse・25 kHz)を用いた。尚、波長は何れも 1080 nm である。前節と同タイプのガルバノスキャナを用いて試験材の表面を集光走査させる。出力が前節の平均出力に対して 3 倍程度まで高まったことを考慮して走査速度を 3,000 mm/s に定め、照射回数 20 回の条件で比較試験を行った。この結果（表 3-4）により、パルスファイバーレーザーは CW レーザーよりも 2 倍程度研削できることや熱影響を抑制できることが確認できた。

表 3-4. CW レーザーとパルスレーザーによる研削実験（平均出力 20 W）

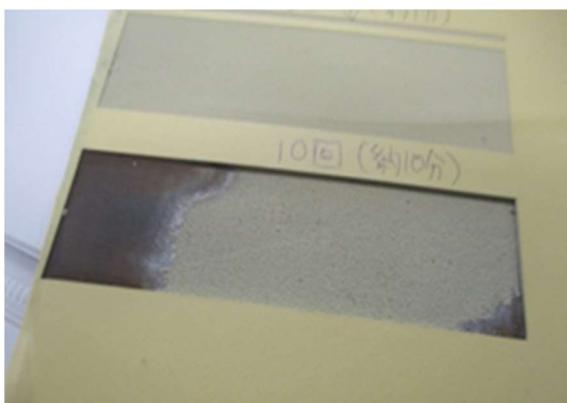
レーザー	CW	パルス
深 さ[ $\mu\text{m}$ ]	55.5	93.9
そ の 他	熱影響有	熱影響無し

出所：寺田作成

### 3.4.4 高出力ナノ秒パルスファイバーレーザーによる研削検証実験

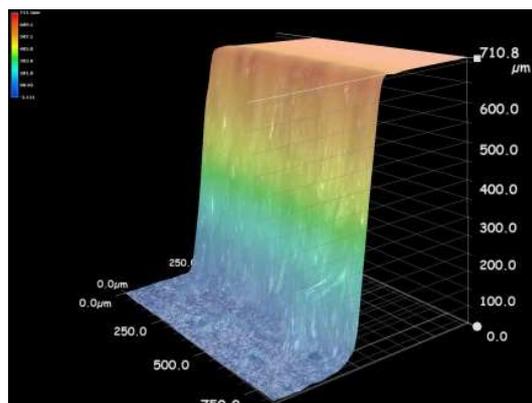
前節まで実験により、走査速度、パテ剤の特性、CW とパルスレーザーの比較検証実験結果を踏まえ、より高出力のナノ秒パルスファイバーレーザー（出力：50 W、繰返し周波数：70 kHz、パルス幅 200 nsec）を選定した。本節ではこれと 1 種類の試験材（黄色のパテ剤：150 mm × 150 mm）を用いてレーザー研削検証実験を行った。照射面積は 20 mm × 70 mm とした。

この実験により熱影響を抑制し、研削深さが最も深かった照射後の写真を図 3-4 に示す。この条件の深さ評価例を図 3-5 に示す。走査速度は 1,000 mm/sec であった。図 3-4 より中央左部分や右下部分はパテ剤を塗布した鉄板付近まで研削できていることが判る。しかし、一部に熱影響の痕跡がみられる。研削の深さ平均は  $6.8 \times 10^2 \mu\text{m}$ 、研削深さの最大は  $7.1 \times 10^2 \mu\text{m}$  であることが分かった。研削の深さの差異は概ね、 $3.0 \times 10^1 \mu\text{m}$  程であった。尚、この研削に要した時間は 10 分間であった。本実験は研削能力を確認することを目的として、10 回の重ね照射を行った。時間が 10 分程度と長い時間を要したが、研削効率を算出する目安を得ることができた。



出所：寺田作成

図 3-4. レーザー照射後の試験材



出所：寺田作成

図 3-5. 研削後の深さ評価

### 3.4.5 実験考察と今後の課題

本実験に於いて、補修用パテ剤をレーザーで研削することの有効性を確認することができた。また、パテ剤の違いによる研削検証実験に於いては、黄色パテ剤、桃色パテ剤、青色(UV硬化型)パテ剤の研削が可能であることを実証した。但し、青色(UV硬化型)パテ剤は他のパテ剤と比べ8倍の差があることも証明した。更に、研削量の増加を図る為に、連続的にレーザーが発信されるCWタイプとパルスレーザーを比較した。その結果、パルスファイバーレーザーはCWレーザーよりも2倍程度研削できることを明らかにした。但し、熱的な影響が一部で生じてしまう問題があった。この熱影響は定量的に検証がされていないが、耐久性に影響があると考えられる。この熱的影響はこれまでの実験により、出力、走査速度、照射回数等のパラメータを検討することで解決できることが示されている。以上の研究によって、レーザーを用いた研削の有効性を確認することができた。

本章の研究はレーザー装置の有効性の検証実験であったが、実際の補修作業で使うためには、他に検討すべき事項がある。今後の課題として、補修に適した表面の凹凸形状(表面粗さ)と、実研削として耐えられるかどうかの検証(レーザー研削部の実塗装への影響など)をはじめ、今後の展開におけるボディの計測データの取得の仕方と、塗布したパテ剤の差分をどの程度まで研削するかを検証、ボディの計測データに倣ってレーザーを3次元走査させることの検証などが必要である。

## 3.5 おわりに

冒頭に示したとおり本研究は、自動車の钣金補修の分野に焦点を絞り、レーザー技術を自動車整備業界で活用するための技術面での可能性を検討することであった。これに対して、種々の検証実験を行うことによりレーザーによる钣金補修用パテ剤の研削の有効性を示すことができた。また、技術的な課題も明確にすることができた。熱影響など初期課題は解決できる見込みであるが、乾燥を早くできる紫外線硬化型パテ剤の研削には更なる検証が求められる。また、研削面が塗装前のサンドペーパーによる仕上げ研磨とサフェーサーと呼ばれる下地塗装が可能な状態かなど更なる調査も同様である。

今回の基礎的な研究によってレーザー技術を自動車の钣金補修に応用できる可能性を示すことができたが、実際の採用に求められる研削仕様との隔たりが依然大きいことも明らかとなった。

本章の段階においてはレーザー研削加工に時間が掛かり過ぎている。実用化に最低限求められる0.25 m<sup>2</sup> (500 mm×500 mm)程度のボディ面の研削を実現するには6時間以上を要することになってしまう。時間の短縮には、レーザーの照射方法や高出力レーザーの導入や更なる装置の改良が求められる。

本応用検証の次の段階では、立体的な車のボディ面の研削等、実用化に必要な装置の開発や設備を含めた自動車钣金補修の現場への導入検討、そして、ボディの計測データの取得と配布までの付帯技術も視野に入れた展開を構想している。更に、人材不足の業界に在っては、未熟練作業でも操作が可能なレーザー装置の開発も重要である。しかしながら事業性を踏まえると、実用化の検討にあたっては技術のみの追求にとどまらず、常に、自動車の钣金修理の現場で実際に使えるかどうか、商品化後の販売価格は市場のニーズを捉えたものになるか等の経営者視点のマネジメントを意識する必要がある。

しかし、今後の開発に当たって、中小企業である自動車整備工場は資本力も少なく、開発投資が十分に行えない状況の中、高価なレーザーの導入など、更なる投資が必要となってくる。この時点で、本実験は暗礁に乗り上げ、継続することが難しくなってしまった。

### ＜参考文献一覧＞

1. 一般社団法人 日本自動車整備振興会連合会 (2016) : 『自動車整備白書平成 27 年度版』 p.47.
2. 長谷川善之、五十嵐廣、松岡鶴美、津田信悟、稲葉崇 (1983) : 「損傷車体の修復技術の現状」『自動車技術』 Vol.37, No10.
3. 比嘉堅 (2006) : 「自動車産業組織の社会経済システム分析－自動車分解整備業の教育システムを中心に－」『沖縄家国際大学経済学部経済論集』 2(2), pp. 49-71.
4. J.K..ラーソン (2003) 「ヨーロッパ自動車産業におけるレーザー溶接の応用」『溶接技術』,11.pp,86-91
5. 木谷靖 (2014) 「自動車車体へのレーザー溶接技術の適用」『JFR 技報』 Vol,34,pp,28-33
6. 森清和 (2003) 「自動車ボディへのレーザー溶接適用」『溶接学会誌』, Vol,72,1,pp40-43
7. 長野強 (2017) : 「レーザーマーカの特徴と応用展開」『プラスチックステージ』, 63(3),pp.51-55.
8. 岡田道俊 (2012) : 「ファイバーレーザーマーカによる樹脂材料製品への印字・加工」『プラスチックステージ』 58(3),pp.45-50.
9. 坂井光蔵, 寺田真吾, 沖原伸一郎, 江田英雄 (2017a) : 「自動車の钣金修理へのレーザー技術の応用 －钣金補修材のレーザー研磨は可能か－」『自動車技術会 2017 年秋季大会口頭発表資料』
10. 坂井光蔵, 姜理恵, 江田英雄, 沖原伸一郎 (2017b) : 「イノベーションエコシステム形成への挑戦－光技術を活用した自動車整備業者の変革－」『産学連携学会第 15 回とちぎ大会口頭発表資料』
11. 吉野一 (2015) : 「自動車車体整備業界のいま」『JAMAGZINE 11 月』一般社団法人日本自動車工業会, 49,pp.2-11.2015

## 第4章 経営視点からのイノベーション創出プロセスの検討

### －自動車整備業の事例研究－

#### 4.1 はじめに

本章では、第3章の実験が暗礁に乗り上げ、その継続が難しくなったことを受け、社会科学の視点から、「産学連携による光技術を活用したイノベーション創出には何が必要か(What)」を明らかにしようとするものである。当該試みは、前章の内容を踏まえ、産学連携を活用したイノベーション創出プロセスを検討する中で可能となったものである。

政府が「未来投資戦略 2017－Society5.0 の実現に向けた改革－」(官邸・未来投資会議資料、2017)<sup>10</sup>の中で、「中堅・中小規模事業者、サービス産業の付加価値生産性を抜本的に向上させる投資・イノベーション等促進」の具体的施策を示したとおり、イノベーションの重要性については論を待たない。本研究では、新たなイノベーション創出事例の蓄積に貢献するため、中堅・中小規模事業者であり日本標準産業分類のサービス業に区分され、産学連携によって自社の経営課題の解決を試みた自動車整備業である A 社に着目して研究を進める。

A 社に着目する理由は次の二つある。一つは、研究者＝A 社の経営者であることから、研究者が実践現場における経営課題を体系的に洗い出し、その課題への対応方法並びに解決具合を観察しながら経営改善を図っていくことが可能と考えるからである。これは、質的研究手法の一つであるアクションリサーチの応用である。もう一つは、今回 A 社が連携する社外の相手は光産創大であり、当大学が技術志向の強い大学であることから、外部の技術力を中小・零細企業が自社の経営資源として活用し、イノベーション創出を試みる際、実践現場において注意すべき点などが具体的に明示できると考えるからである。

本章の構成は次のとおりである。まず、研究の背景として、マクロ的視点から中小企業の現状と自動車整備業の現状を概観する。その上で研究方法について述べる。ここでは事例研究の意義、本研究で経営視点から考察する理由、並びにイノベーションの定義について記述する。次に、先行研究に触れる。そして、事例研究としてイノベーション創出プロセスの枠組みを示したうえで、技術実験の結果と実用化に向けた技術的課題を指摘し、今回の一連のプロセスを経営視点から考察し、最後にまとめる。

---

<sup>10</sup> 政府官邸／「未来投資戦略 2017－Society5.0 の実現に向けた改革－」

<<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2017>>2018年2月12日参照

## 4.2 研究の背景

### 4.2.1 中小企業の現状

2018年版「中小企業白書」によると、我が国の中小企業は、2014年時点で約381万事業所と事業所数全体の99.7%を占めており、従業者数は約3,361万人と雇用全体の7割を創出している。また、「常用雇用者階級別では、「1~5人」の企業が約159万事業所（全体の42%）と最も多く、続いて「0人」の企業が約144万事業所（全体の38%）と続き、常用雇用者数5人以下の企業で約303万事業所と全体の約79%を占める（中小企業白書、2018）<sup>11</sup>。

一般社団法人CRD協会が運営するCRD（Credit Risk Database）に集積された約129万社データの中央値を見ると、従業員数は3人、売上高は6,790万円、経常利益は160万円、総資産は5,420万円、資本金は510万円となり、日本の中小企業の典型像がかなり規模の小さい事業者であることが分かる<sup>12</sup>。こうした中小・零細企業の現状を考慮し、国及び地方において中小・零細企業のイノベーションが強く求められている。

2016年に策定された第5期科学技術基本計画において次のように指摘している。「自らリスクを取って新しい価値の創出に挑む企業の意欲を更に喚起し、多様な挑戦が連鎖的に起こる環境を整備することが重要である。特に、技術シーズを短期間で新規事業につなげるようなイノベーションの創出は、市場規模の制約があり意思決定に時間を要する大企業よりも、迅速かつ小回りの利く中小・ベンチャー企業との親和性が高い。」そのうえで、「人口減少と高齢化は我が国が直面する大きな課題であるが、とりわけ地方においては、少子高齢化の進展に的確に対応し、地域から新たなビジネスや経済活動を創出し域内経済の活性化を図ることが必要である。」と提起されている。

中小・零細企業は、「人」「物」「金」「情報」といった経営資源は限定的であるが、一方で規模が小さい故に経営者が企業全体のコントロールを行うと共に、経営者が企業の生き残り策や将来への戦略策定など経営活動全般に目を配っているのである。静岡県浜松市に拠点を置くA社の経営者も日々自社が抱える経営課題の解決に取り組んでいる。

### 4.2.2 自動車整備業の現状

わが国の自動車産業は、戦後目覚ましい発展を遂げてきた。日本自動車整備振興会連合会（以下、日整連）発行の「自動車整備白書平成27年度版」によると、国内の自動車保有台数は8,067万台（平成26年度二輪除く）である。その台数は、リーマンショックと東日本大震災の発生による一時期の減少を除いて、緩やかではあるが増加してきた。それに伴い、

<sup>11</sup> 中小企業庁／「中小企業白書（2018）」＜[www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/](http://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/)>2018年2月14日参照

<sup>12</sup> 一般社団法人CRD協会／＜<https://www.crd-office.net/CRD>>2018年2月14日参照

自動車整備業を始め自動車を取り巻く様々なビジネス、専門業者が生まれ、カーアフターマーケットは大きく成長してきた。

しかし、全国の総整備売上は 1995 年度をピークに減少している。自動車のカーアフターマーケット市場を取り巻く環境変化は大きく分けて次の 4 つに区分される。少子・高齢化がもたらす影響、整備売上の減少と事業場数の増加、整備要員の高齢化と人材不足、事故車修理の減少と低価格化である。これらの環境変化について以下に詳細を記述する。

#### 4.2.2.1 少子・高齢化がもたらす影響

我が国の人口は、2010 年の国勢調査において 1 億 2806 万人を数えたが、その後は減少に転じている。14 歳以下の年少人口の減少と 65 歳以上の老年人口の増加が、自動車整備業界に様々な影響を及ぼすことが予想される。2020 年には、いわゆる団塊の世代が 70 歳を迎える。その結果、小型の取り回しの良い車にダウンサイズが進むとともに、運転を控えたり、免許証を返納する人が増えると考えられる。また、若者の車離れが叫ばれる中、少子化による若者の減少は自動車の保有台数と整備需要の更なる減少をもたらすと考えられる。

#### 4.2.2.2 整備売上の減少と事業場数の増加

自動車整備業界における総整備売上は、1995 年の 6 兆 5693 億円をピークに減少を続けており、2015 年度には 5 兆 5133 億円となり、20 年間で 1 兆 560 億円減少した。一方、事業場数に関しては、無認証で修理を行っていた钣金工場の認証資格取得や、ガソリンスタンド等他業種からの新規参入が相次いだ。その結果、1995 年に 83,195 事業場であったものが、2015 年には 92,160 工場に増加した。総整備売上高が減少する中で事業場数が増加することによって、1 事業場あたりにすると年間 7,896 万円（1995 年）あった売上が、5,982 万円（2015 年）と約 1,914 万円（24.2%）程低下した。整備売上高の減少と事業場数の増加、保有台数の伸び率の鈍化等を考えると今後増々競争の激化が進むものと考えられる。

#### 4.2.2.3 整備要員の高齢化と人材不足

整備要員の平均年齢は上昇を続けており、2015 年度には 44.3 歳となった。業態別では整備専業の平均が 49.4 歳と最も高く、兼業が 45.5 歳、ディーラーが 34.4 歳と若い。また、小規模事業場の整備要員の年齢が高くなる傾向がある。この理由としては新卒学生の定期的・計画的採用が難しいこと、並びに、労働環境や待遇面においても若年層の確保が難しいことが考えられる。待遇面に関していえば、2015 年度の整備要員の年間平均給与は 379 万円であり、日本の男性の年間平均給与 521 万円に比べると大幅に少ないのが現状

である（国税庁）<sup>13</sup>。文部科学省「学校基本調査票」（平成 27 年）<sup>14</sup>によれば、整備業界で働きたいと考える若者は年々減少をしている。こうした状況にあつて、整備要員の高齢化と若手人材の確保の難しさは、技能の継承と経営に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

#### 4.2.2.4 事故車修理の減少と低価格化

事故車修理の減少と低価格化には大きく二つの要因がある。一つは(株)SUBARU のアイサイト<sup>®</sup>にみられるようなブレーキアシスト・衝突軽減ブレーキの普及によるものである。これら衝突軽減ブレーキ搭載車の急速な普及は今後の事故発生数を大きく減少させると考えられる。もう一つは 2013 年 10 月より実施された自動車保険の「ノンフリート等級別料率改定」である。この影響により事故受付件数が減少し万一の事故で車体の修理が必要になっても自費で修理するか、直さないまま乗り続けると推測され、事故車修理の減少は今後も続くものと考えられる。

こうした環境変化による影響と共に、自動車整備業ではその生産性の低さも懸念されている。2015 年度における整備要員 1 人当り年間整備売上高の平均は 13,830 千円であるが、整備専業・兼業事業所では 10,293 千円であった。その内、整備専業は 9,819 千円であり、ディーラーは 21,998 千円と 2 倍以上の大きな差がある。この差が生じる原因は自動車整備専業者の多くが零細企業であるという事実である。整備専業事業者の 97.8%が 10 人以下の零細企業であることから、新たな若い整備士の確保が難しく整備士の高齢化を招き、生産性も低下していると考えられる。

また、零細企業ゆえに自動車の先進技術に対応した高額な機器や待合所を備えた店舗などへ投資する余力に欠ける。その結果、生産性向上に向けた次の一手を打つことができず、集客や自動車販売を通じた新たな顧客の創造も満足に行えないのが現状である。

### 4.3 事例研究とイノベーションの定義

#### 4.3.1 単独事例の研究の意義

本章では、上述したとおり厳しい経営環境の中で自動車整備業を行う A 社のイノベーション創出プロセスを事例研究の対象として取り上げるシングル・ケーススタディである。

シングル・ケーススタディではあるが、中小・零細企業でありサービス業を営む A 社の取り組みは、我が国政府が示す「中堅・中小規模事業者、サービス産業の付加価値生産性を抜本的に向上させる投資・イノベーション等促進」の具体的施策の一環として新たな知見の

---

<sup>13</sup> 国税庁／「平成 27 年分民間給与実態統計調査」<[https://www.tkc.jp/consolidate/tkc\\_express/2016/09/201609\\_00544](https://www.tkc.jp/consolidate/tkc_express/2016/09/201609_00544)>2018 年 10 月 28 日参照

<sup>14</sup> 文部科学省／「学校基本調査票（平成 27 年）」<<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/>>2018 年 2 月 14 日参照

蓄積に貢献するものとする。また、A社の経営者自らが大学に入学し、産学連携を活用しながら技術と経営の融合によるイノベーション創出を試みる事例としては、今後のオープン・イノベーションの在り方を検討する上で幾つかの示唆を提供するものとする。これは、冒頭で述べた「本章でA社に着目する理由」と繋がるものである。

#### 4.3.2 経営視点から考察する理由

本章の一連の考察は「経営視点」からなされている。本章において、これは「経営者の視点」を意味する。なぜなら、先に述べたとおり研究者自身がA社の経営者だからである。経営資源に限られる中小・零細企業においては、企業の価値連鎖における主要活動—購入・製造・出荷・マーケティング・販売・サービス—全てに経営者が関わる。それゆえ、製造業における製品開発のプロセスにおいて、社外の声および取引先や顧客の市場の声を社内の製品開発サイドにフィードバックすることを一般的に「マーケット・イン」と呼ぶのに倣い、本章では、企業価値創出の主要活動全てに関わる経営者の声を製品開発サイドにフィードバックすることを「マネジメント・イン」と名付けた。

#### 4.3.3 イノベーションの定義

イノベーションとは、「社会の課題解決につながる新たな製品・サービスを創造し、世の中に新たな価値を生み出すこと（「未来投資に向けた官民対話）」と一般的に説明される。これを経営の現場に持ち込んだ時、「新たな価値を生み出す」とは具体的に何を指すのだろうか。この問いに答えてくれるのが Schumpeter(1934) である。彼は、『経済発展の理論』の中でイノベーションの同義として用いられる「新結合」という概念には、次の五つの場合を含むとしている。①新しい商品の創出、②新しい生産方法の開発、③新しい市場の開拓、④原材料の新しい供給源の獲得、そして⑤新しい組織の実現である。本章では、この五つを経営の現場におけるイノベーションと定義し論考を進めるものとする。

#### 4.4 先行研究

本章に関わる先行研究としては、自動車整備業及び钣金補修に関するもの、レーザーの加工技術への応用に関するもの、そして、中小企業のイノベーションに関する経営研究を概観しておく。

自動車整備業を経営学の視点から考察したものとしては、小川(2013) や比嘉(2006) がある。小川(2013) は、第一次大戦前から戦後の復興期を経て今日までの自動車整備業の歴史を追い、日本の自動車産業形成における自動車整備業の果たした功績は大きいと評価している。これらの先行研究は、歴史的視点から自動車整備業を俯瞰するものであったが、具体的な経営課題に踏み込んだ実践的なアプローチではなかった。

钣金補修技術に関する先行研究としては、長谷川と五十嵐ら(1983) が欧米先進国の事例

を紹介している。その記述の中でレーザー光線の活用による復元修理の技術に触れている。一方、国内における復元修理技術に関して述べたものに吉野(2015)がある。吉野(2015)は、「自動車技術の変化に対応した安全・安心な車体整備を確保するためには、スポット溶接機やスキャンツールなどの高度化対応設備の導入、並びにこれら設備を適切に使用できる高度化対応技能を有する人材を育成することが必要である。」(p25)と指摘している。

次に、レーザーによる自動車の钣金補修・加工の可能性に関する先行研究では、岡田(2012)、長野(2017)がある。岡田(2012)は、「レーザーによる印字・加工は、レーザー光を材料に照射して物理的・化学的な変化を発生させ、その現象を利用して材料の加工処理を行うものである。その主要な要素は、①レーザー光の波長、②パワー密度、③作用時間、④材料特性」(p46)と述べている。また、長野(2017)は、「プラスチックは金属に比べて、熱伝導率が低いのみならず、変形温度も低い。」(p53)と述べている。これら先行研究は、プラスチック樹脂の加工について大きな成果をもたらしてきたといえる。しかし、本研究に絡む自動車の钣金補修用パテ剤の加工を研究対象としたものは管見の限り見当たらない。

そして、中小企業のイノベーションに関する先行研究としては、井上(2015)・平林ら(2011)がある。井上(2015)は、中小企業におけるイノベーションの体系的整理を行い、その分類化を試みている(図4-1参照)。

井上(2015)は、「中小企業のイノベーションの起点はクローズド型イノベーションであるが、事業を展開する中で不足する技術やノウハウ、経営資源を補強するために、大企業が主に行うようなインバウンド型ではなく、カップルド型のオープン・イノベーションへ移行している。これまで行ってきた製造業の事例分析でも、カップルド型か、またはインバウンド型からカップルド型へと移行する形態であったことから、中小企業のオープン・イノベーションの展開プロセスには、ある一定の法則性がうかがえる。」(p13-14)<sup>15</sup>と述べている。

新たな事業や新たな製品を開発する場合、製造業がカップルド型かまたはインバウンド型からカップルド型へすすむのは、元受け下請けといった関係や加工業務・部品の委託や調達などを通じた関係性が築かれていることも大きな要因と考えられる。また、中小企業が独自にイノベーション創出に取り組む場合、自社の経営状況やリソースを考慮してクローズ

---

<sup>15</sup> チェスブロウ (Chesbrough) によれば、「オープン・イノベーションとは、企業内部(自社)のアイデア・技術と外部(他社)のアイデア・技術とを有機的に結合させ価値を創造することとされ、他社への情報公開を必要とせず、研究開発をすべて自社内で完結するクローズド・イノベーションとは対極に位置する。」井上(2018)

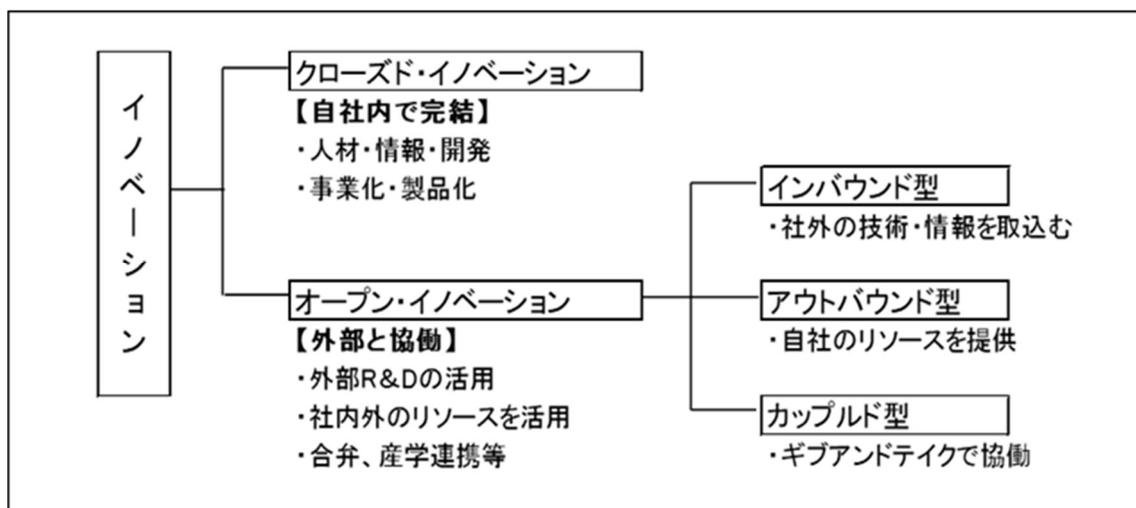
オープン・イノベーションは、その特性から「インバウンド (inbound) 型」「アウトバウンド (outbound) 型」「カップルド (coupled) 型」の3つに分類される。「インバウンド型とは、社外の技術や知識を社内に取り込み、自社の技術や知識と結び付けて技術・製品開発を行いイノベーションを実現するものである。アウトバウンド型とは、自社の技術や知識をリソースとして提供することで、外部のプレイヤーならびに自社の技術・製品開発や問題解決が促されて、イノベーションが生じることを期待するものである。カップルド型とは、インバウンド型とアウトバウンド型の両方の特徴を持つ、又は両者の中間的なもので、ギブ・アンド・テイクが不可欠なアライアンスや協調、合弁を通じた補完的パートナーとの共創である。」井上(2018)

ド・イノベーションに進むことは容易に想像できる。しかし、中小企業が産学連携によって新たな製品やサービスを開発する場合、大学等の持つ技術や知識を取り込み、自社の技術と結び付けて開発を行うインバウンド型からカップルド型へ移行するタイプが求められる。

加えて、井上（2015）はインバウンド型について「研究から開発までの間に立ちはだかる『魔の川』、開発から事業化までの間に立ちはだかる『死の谷』、事業化から産業化までの間に立ちはだかる『ダーウィンの海』など、これらの壁を乗り越えていくためには、開発・生産・販売を一体化させる事業経営体制を構築していかなければならず、中小企業にとっては、社外の技術や知識を社内に取り込むインバウンド型だけでは限界がある。」(p14)と述べている。

一方、カップルド型と考えられる産学連携プロジェクトを試みた平林ら（2011）は、「研究開発プロジェクトの計画段階で最終成果を想定して製品やサービスの姿を描き、事業モデルを作成するが、市場変化や経営資源（人・物・金）の条件が変わることなどの変動要因により、計画通りに実現できることは限られている。－中略－研究・開発・実証などの研究開発の各段階で、事業化を想定した研究開発マネジメントが求められる。」(p329)と述べている。

つまり、中小企業のイノベーションの起点は、自社内完結型のクローズド・イノベーションからカップルド型へ移行する形態と、産学連携に見られるようなオープン・イノベーションのインバウンド型からカップルド型に移行する形態が考えられる。



出所：井上（2018）117頁図表 7-3 及び 118 頁を基に筆者作成

図 4-1 イノベーションの分類

## 4.5 イノベーション創出プロセス

### 4.5.1 A社におけるイノベーション創出プロセスの枠組み

今後予想される競争激化への対応や人材の確保等が必要となる中で、収益構造の変革と生産性の向上は自動車整備業者全体にとっての経営上の喫緊の課題である。本章の観察対象であるA社は70年にわたり自動車整備業を営んできた。そのA社にとっても収益の要となる钣金補修サービスの技術変革による生産性の向上は欠くことのできないものであった。A社における钣金作業のプロセスは図4-2に示した通りである（図4-2の上段参照）。これは、钣金作業を生業とする自動車整備業者の一般的な作業プロセスでもある。

主な钣金作業としては、先ず①の損傷部の塗装を剥がし、次にハンマーや引出し器具などを用いて②の粗出しを行う。多くの場合、凹んだ部分の周縁部が膨らんだり鉄板が伸びるので高さを修正したり絞り作業を行う。そして③の修正した部分にベースとなるパテ剤を塗布し成型するのである。パテ剤を乾燥させた後、サンダーと呼ばれる器具にサンドペーパー（紙やすり）取り付けてパテ剤を研磨する。研磨の状態は手の感覚と目視によって判断をする。③の作業面が上手く形成できなければ、④の作業としてパテ剤の塗布と研磨作業を行い、研磨面が新品に近い面を形成できるまで繰り返し行う。作業面が形成されたならばもう一度パテ剤を塗布してサンドペーパー目を消す様に目の粗さを細かくしながら仕上げていくのである。その後、⑤として塗料の染込み防止と下地処理の為のサフェーサーを塗付し、乾燥後水研ぎを行い⑥の塗装作業に移るのである。

これら一連の作業の中でも下地を形成する損傷部分の「②損傷部の叩き出し・絞り」とその鉄板の上に塗布してベースを作る「③ベースパテを研ぐ」作業が最も熟練技を必要とする。特に損傷部分の範囲が広いほど熟練技術の差は顕著に表れる。熟練技術者の減少や後継者育成が難しい現実にも直面しながらも、顧客から求められる低価格と高品質の要求に応えなければならないA社にとって、未熟練技能者でも使用可能な補修装置の開発と钣金修理の機械化は第一優先順位で取り組まなければならない経営課題であった。钣金作業の各プロセスとその作業工程、そして、技術面・人為面・生産面における経営課題の関連性については図4-2の上段に纏めたとおりである（図4-2参照）。

そこでA社は、これらの経営課題を解決するために光産創大という「学の間」を活用することとした。前波（2016）が指摘するとおり、昨今は大都市部を除く多くの地域において中小企業の産学連携の相手として大学の役割に注目が集まっている。浜松に拠点を置く光産創大も光技術を応用して、技術開発および新規事業領域の開拓と新事業創出を産学連携により積極的に進める大学である。

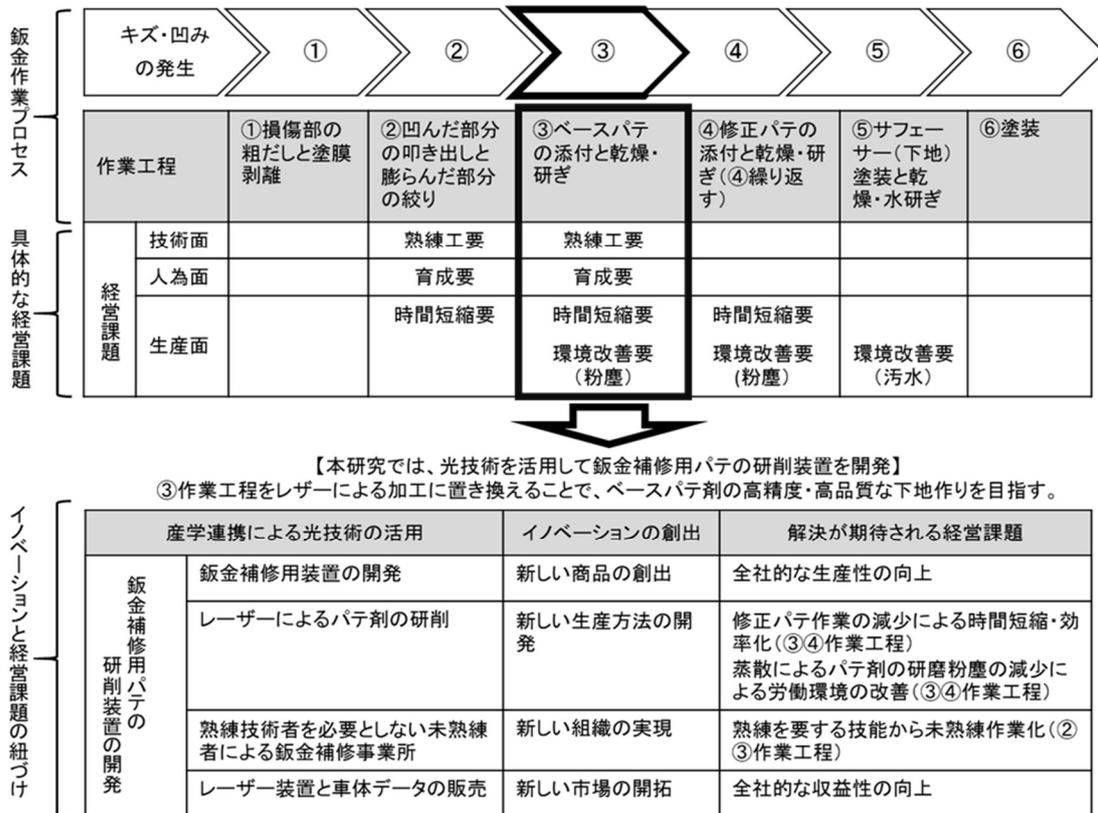
当大学が提供する光技術の一つであるレーザー加工技術を活用して、自動車の钣金補修用パテの研削装置を開発することができれば、钣金作業の効率化と省力化が可能となり、熟練技能者を必要としないばかりか収益性の向上も図ることが可能となる。更に、レーザー

装置と車体データの販売と云う新たな市場も開拓することも可能になると考えた。これはすなわちイノベーションの創出を意味することに他ならないと確信したのである。

自動車の钣金補修は、事故などによる損傷部位を復元する作業であるが、その方法は二つである。一つは新品部品と交換する方法。もう一つが損傷部位をハンマーなどの工具を用いて叩き出したり、専用器具で引っ張り出したりしながら修復し、その上にパテ剤を塗り乾燥させた後に研磨する作業を繰り返して、新品部品に近い下地面を造り出す方法である。後者の钣金補修方法を採用した場合、作業の出来具合は塗装後に映る反射面を見て判る程度である為、塗装をする前の修正面のでき如何が仕事の成否を決めると言っても過言ではない。それ故、熟練技術者による関与は避けられないのが現状である。そこで、これまで人間が全て行っていた钣金作業の行程を、熟練技術が求められるパテ剤の研削作業（図 4-2 の③）をレーザーが担い、仕上げ作業を人間が行うという機械と人間の分業を考案した。すなわち、機械と人の組み合わせによる新たな钣金作業工程の確立である。

そこで、人から機械への代替が期待される前半作業にレーザー技術を活かせないか検討することとした。この補修パテ剤を車両のボディラインに沿って研削することができれば、その後のパテ剤の塗布も研ぎに於いても熟練の技術を必要としなくなると考えたのである。ここで検討している钣金補修用の装置の開発を、先に述べたイノベーションの五つの定義と紐づけるならば、以下のように言い換えることができる。すなわち、钣金補修用装置の開発は①の新しい商品の創出。レーザーによるパテ剤の研削は②の新しい生産方法の開発。熟練技能者を必要としない未熟練者による钣金補修事業所は⑤新しい組織の実現。そして、レーザー装置の販売と車体データの販売は③の新しい市場の開拓である。

すなわち、経営課題の解決のために行う钣金補修用パテの研削装置の開発は、結果的にイノベーションの創出に繋がると言えよう。装置開発とイノベーション、並びに解決が期待される経営課題の関係は図 4-2 のフレームワークとして纏めた（図 4-2 の下段参照）。



出所：坂井・姜（2018）

図 4-2. 钣金作業プロセス並びにイノベーションと経営課題の紐づけ

#### 4.5.2 光技術の钣金修理への応用に関する技術実験の結果

研削装置の開発にあたり、技術的側面から具体的検討が必要な課題は次の三つである。①レーザーによる钣金補修用パテ剤の研削は可能か。②レーザーによる研削でパテ剤に硬化する・溶融する・等の熱影響が発生するか。③钣金補修に必要な 0.05 mm以下の表面の粗さがレーザーで研削が可能か。これらの技術的な課題への対応可能性を確認するため実験を行った（坂井ら、2017a・2017b）。その結果は以下のとおりである。

まず、钣金補修用パテ剤のレーザーによる研削は紫外線硬化型を除いて可能であることがわかった（上記①）。次に、研削された部分は下地まで削れているが、酸化（焦げ）反応が肉眼でも見て取れることから、钣金補修用パテ剤も他の樹脂同様にレーザー出力と照射速度によって熱影響が発生することが判明した（上記②）。そして、レーザーを照射した研削面の計測結果から表面の粗さは 0.035 mm程度と钣金補修に求められる精度まで研削が可能であることが証明された（上記③）。更に、加工に要した時間は 10 分程であったことから、照射方法や照射スピード、照射回数の変更によって研削制度は向上すると考えられた。

#### 4.5.3 実用化に向けた技術的課題

技術実験の結果から、レーザーによるパテ剤の研削が不可能ではないことが示されたと同時に、実用化に向けた今後の課題が浮き彫りとなってきた。それは、次の3つである。

まず、研削時間の短縮のためにはレーザーを止めない照射パターンの導入と照射速度のアップ、照射回数の削減が求められる。これにはレーザー出力のアップが必要である。これらは何れも熱影響に大きく関係することから加工時間の短縮に向けてレーザー出力と適切な照射パターン及び、照射速度の更なる研究が必要となる。

次に、今回の実験で用いた加工面は狭く、研削面への修正パテ剤の塗布や下地用の塗装が実用に耐えられるかは現時点では検証ができていない。レーザー研削の実用化に向けては、広範囲の自動車ボディ面の研削が可能な高精度 3 軸大型リニアステージなどの装置開発が必要であろう。当然であるが販売価格を意識した開発が必要である。

最後に、現場の作業者が熟練技術者または未熟練技術者であっても可能なレーザー照射方法の検討である。これらの技術的課題の解決に当たっては、新たな光源の確保や高精度な 3 軸大型ステージの作成、ソフト開発など 5~6000 万円にも上る投資が必要となる。多くの時間と費用が掛かるばかりか製品化後の販売価格が高額になり商品化が難しいと考えられる。こうした事態は、井上（2015）や平林ら（2011）が指摘する「計画段階での事業化を想定した研究マネジメント」の必要性が顕れた結果といえよう。

#### 4.5.4 経営視点からの考察—イノベーション創出に欠かせない「マネジメント・イン」

ここでは、先行研究の内容及び本事例研究の結果を踏まえ、産学連携を活用した中小企業のイノベーション創出プロセスに欠かせないものは何かについて考察した結果を述べる。

井上（2015）、平林ら（2011）が指摘するとおり、産学連携では、インバウンド型、アウトバウンド型、カップルド型など様々な形態で研究・開発や事業化が行われるが、中小企業との連携ではインバウンド型が多くを占めるものと考えられる。その連携で注意しなければならないことは、本章事例が示したとおり、研究開発段階から事業化や産業化を意識すること、すなわち経営視点を織り込むことである。

経営者が産学連携に求めるものは、製品やサービスの製品化から事業化、産業化であり、企業収益に繋がる付加価値の創出である。言い換えるならば、利益を生み出す新事業領域を確立することである。それ故、研究者・技術者は産学連携の目的を認識し、顧客のニーズや市場性、取引コストなどを考慮した上で技術開発の実現可能性を見極めることが求められるのである。本事例研究では、大学側の技術的支援があつたにもかかわらず多くの技術的課題を残すことになり、製品化に結び付けることができなかつた。今回のイノベーション創出の取り組みが、研究段階から開発段階に移行する間に立ち足はだかるいわゆる「魔の川」のところで留まってしまったのは何故だろうか。

先述したとおり、研究者=A社経営者は、レーザー加工技術を活用して自動車の鈑金作業

に関わるイノベーション創出を期待し大学へ入学した。A社経営者は入学後、レーザー加工に関する知識と技術を学び始めた。大学で関連してきた研究者達との話の多くは技術とレーザー装置に関することであった。その後、钣金補修用パテ剤の研削実験に入り、レーザー装置の購入や車体の計測などの全体的な方向性や事業化に必要な連携が具体的に見え始めてきた状態であった。車体計測とデータの変換などは大学とも関連のある企業と共同開発し、販売に関しては大手工具商社との連携が必要であることも考えていた。

しかし、この段階で、事業化を想定した研究・開発段階における仕様と事業モデルが共有されていなかった。研削面積と研削量、研削時間、レーザー研削と人的作業の領域、高精度3軸大型リニアステージの大きさや作業性と価格、推定販売価格とそこから逆算した目標とする製造原価などである。中小零細事業者が多くを占める自動車整備業を対象とした製品であるから推定販売価格は1000万円位が上限と考え、製造原価は400万から600万円程度と認識していた程度である。高精度3軸大型リニアステージの見積りも把握していなかったのが実情であった。平林ら(2011)は「研究開発プロジェクトを成功させるためには、技術の成熟度、対象市場の設定や市場変化、経営資源の条件変更などの個別条件や状況が変化してもプロジェクトメンバーが事業化までの目標を共有することが必要である。」(p329)と指摘しているが、本研究においては、プロジェクトが動き始めてから振り出しに戻ったり、連携する相手を変えることは難しく、プロジェクトメンバーが事業化までの目標を共有することはできなかった。これが「魔の川」を超えることができなかった大きな要因と考えられる。

A社の事例が示すように、産学連携を活用することで外部の技術を自社の経営リソースとして用いることは可能である。しかし、将来の不確実性を前に経営資源の乏しい中小企業にとって重要なことは、研究ありき・技術ありきの研究開発計画ではなく、新事業領域の確立や付加価値の創出を目指したより実践的な研究開発であり、製品化計画や販売計画並びにビジネスモデルを考慮した研究開発計画なのである。

先行研究で紹介した井上(2015, 2016)の研究事例を見ると、有能な建築家や大企業とコラボレーションしたこと、あるいは、マスコミに取り上げられたことなどによって齎された成功事例が散見される。これらの成功が意図した結果であるのか、単なる「運」によるものなのかは不明であるが、経営実務の現場で求められるのは成功の再現性であり、その確率を高めることである。であるならば、まずは新たな製品やサービスに関する「アイデア」の実現可能性や、市場ニーズの把握、研究者や開発費用の確保、研究・開発期間の考慮、代替案などの検討が必要であろう。次に、製品化から事業化といった成功への「行動」が必要となろう。それと同時に、製品化、事業化するための人・物・金・情報と云った自社のリソースに基づき独力で続けるのか、それとも提携や合弁、委託など外部リソースを活用するかの検討も必要になる。そうすることで、再現性の高いイノベーション創出プロセスの策定が可能になると考えられる。

大企業と比較して、企業体力が限られ、価値創出プロセスが短い中小企業にとって、技術志向が強い相手との連携によって研究開発を進める場合、その研究開発計画が技術思考に偏らないために、経営・マーケティングといった経営視点からのアプローチ、すなわち「マネジメント・イン」の視点が先ず先に求められるのである。

#### 4.6 おわりに

本章は、中小・零細企業が経営課題を解決するためにイノベーション創出を試みるに当たって経営実務の現場に二つの示唆を提供するものとする。

一つは、イノベーションの定義を具体化し、実在する A 社の钣金補修用の装置開発とイノベーション創出、そして、経営課題を紐づけることで経営課題の解決に向けたイノベーション創出のフレームワークを示した点である。わが国では、イノベーションを「新技術の発明」や「技術革新」と捉えるのが一般的である。しかし、Schumpeter(1934) が唱えた「新結合」の概念はもっと幅広く、且つ深遠なものであった。イノベーションの創出は決して高尚なものではなく、また、大企業に限ったものでもなく、中小・零細企業の経営の現場と密接に関わるものであった。これは、先行研究（小川（2013）、比嘉（2006））では踏み込めなかった点である。

もう一つは、中小企業のイノベーションを成功に結びつける形態には様々な型があるが（図 4-1）、いずれの場合においても「マネジメント・イン」の視点が重要であることを具体的事例により明らかにした点である。先行研究（井上（2015、2016）や平林ら（2011））が指摘しているように、オープン・イノベーションを成功させるためには、技術面での検討や研究プランのみならず、中小企業の経営者自らが市場ニーズの検証や資金計画、マーケティング調査、製品化計画や販売計画などを考慮した「マネジメント・イン」の視点は欠くことができない。

産学連携により、光技術を活用して钣金補修用パテ剤のレーザー研削加工装置を開発することが、イノベーション創出と経営課題の解決に繋がることを明示した点は本研究の独自性であろう。これにより技術と経営の融合によるイノベーション創出への取り組み事例として、また、産学連携の失敗を回避しイノベーション創出を成功に導くための事例として知見の積み上げに貢献できたと考えられる。しかし、光技術の活用によってイノベーションが創出され経営課題を解決したと結論付ける為には、上述したとおり未だ幾つかの技術的課題が残されている。これらの課題については引き続き検討していくものとする。

## ＜参考文献一覧＞

1. 一般社団法人 日本自動車整備振興会連合会 (2016) :『自動車整備白書平成 27 年度版』 p.47.
2. 長谷川善之、五十嵐廣、松岡鶴美、津田信悟、稲葉崇 (1983) :「損傷車体の修復技術の現状」『自動車技術』 Vol.37, No10.
3. 比嘉堅 (2006) :「自動車産業組織の社会経済システム分析」『沖縄家国際大学経済学部経済論集』 2(2), pp. 60-63.
4. 平林裕治、青木滋、内平直志、杉原太郎 (2011) :「事業化を想定したサービス研究開発マネジメント：介護業務支援プロジェクトの事例」『年次学術大会講演要旨』北陸先端科学技術大学院大学, 26, pp.329-332.
5. 井上善海 (2015) :「中小企業におけるオープン・イノベーションの類型（日本における中小ビジネスの創造と国際的起業家育成研究グループ）」『経営力創生研究』東洋大学学術情報リポジトリ, 11 号,pp.5-16.
6. 井上善海 (2016) :「中小企業におけるオープン・イノベーションのマネジメント」『経営力創生研究』東洋大学学術情報リポジトリ,12 号, pp.5-16.
7. 井上善海 (2018) :『経営戦略入門』(株)中央経済社
8. 前波晴彦 (2016) : 中小・「ベンチャー振興政策と産学連携」『テキスト産学連携学会入門（上巻）』産学連携学会, pp.55-63.
9. 長野強 (2017) :「レーザーマーカの特徴と応用展開」『プラスチックスエージ』,63(3),pp.51-55.
10. 小川秀貴 (2014) :「日本自動車整備産業史」関西学院大学博士論文
11. 岡田道俊 (2012) :「ファイバーレーザーマーカによる樹脂材料製品への印字・加工」『プラスチックスエージ』 58(3),pp.45-50.
12. 坂井光蔵, 寺田真吾, 沖原伸一郎, 江田英雄 (2017a) :「自動車の钣金修理へのレーザー技術の応用－钣金補修材のレーザー研磨は可能か－」『自動車技術会 2017 年秋季大会口頭発表資料』
13. 坂井光蔵, 姜理恵, 江田英雄, 沖原伸一郎 (2017b) :「イノベーションエコシステム形成への挑戦－光技術を活用した自動車整備業者の変革－」『産学連携学会第 15 回とちぎ大会口頭発表資料』
14. 総合科学技術・イノベーション会議 (2016) :「科学技術基本計画」内閣府
15. Schumpeter .J ,A : The Theory of Economic Development, Harvard University Press, Cambridge, 1934. (邦訳,塩野谷祐一,中山伊一郎,東畑精一 (1977) :「経済発展の理論」『岩波文庫』 pp.100-102.)
16. 吉野一 (2015) :「自動車車体整備業界のいま」『JAMAGZINE 』 11 月,p.25.

## 第5章 産学連携の失敗原因の分析と取引コスト・アプローチによる批判的考察

### 5.1 はじめに

我が国の産学連携活動は、1996年の第1期科学技術基本計画で連携の促進が政策に掲げられ、以後2001年から第2期科学技術基本計画、第3期、第4期と続き、2016年からは第5期の基本計画が進められている。その間、2001年には経済産業省による第1期産業クラスター政策が始まった。また、2002年には、文部科学省より知的クラスター創生事業がそれぞれ打ち出された。2014年にはまち・ひと・しごと創成総合戦略が始まるなど産学連携を通じた地域イノベーション政策が様々な形で続けられている。いずれも、地域社会の発展と持続的な成長を目指すと同時に、大学の持つシーズを活用し企業のニーズとのマッチングを実現させようとするものである。

産学連携の最大の役割は、優れた最先端技術の創出と社会実装(イノベーション)の有機的な連携である。しかし、わが国における産学連携は、その役割に対して、成果・活動の両面で低調といえる。日本経済団体連合会によれば、「産学連携を通じて創出された成果が社会実装に繋がった割合は16%、その成果が事業の売上に大いに貢献した割合は6%」<sup>16</sup>に留まる。これらの結果は、多くの産学連携活動が必ずしも成功に結び付いていないことを示すものであり、その原因を明らかにすることは、今後の産学連携活動を成功に導く上で貢献するものと考えられる。

これまでも多くの研究者達が、産学連携の成功要因や失敗要因を分析してきた(日本機械工業連合会・神鋼リサーチ(2009), 西川(2012))。また、産学連携活動に限定するものではないが、機械工学の専門家であり、「失敗学」なるものを体系的に纏めた畑村(2005)は、「マイナスのイメージがつきまとう失敗を忌み嫌わずに直視することで、失敗を新たな創造というプラス方向に転じさせて活用しよう」(p28)と、失敗体験から積極的に学ぶことを推奨している。

本章では、A社の研究開発が暗礁に乗り上げ、継続が難しくなったことをイノベーション創出の「失敗」と定義し、A社のケース(詳細は、第3章参照。)で、「なぜ、産学連携によるイノベーション創出は失敗したのか(Why)」そして、「産学連携を成功させる為には何が必要か(What)」を明らかにするため、A社の事象を詳細に記述し、理論的解釈を加えていくものとする。本研究の目的は、失敗を見過ごすのではなく、その一連の事象を直視することで、次に続く産学連携活動の活性化に寄与するための示唆を引き出すことである。

---

<sup>16</sup> 一般社団法人日本経済団体連合会(2016)「産学官連携による共同研究の強化に向けて」  
<[www.keidanren.or.jp/policy/2016/014.html](http://www.keidanren.or.jp/policy/2016/014.html)>2019年4月30日参照

## 5.2 先行研究

A 社の事例の具体的な記述に入る前に、産学連携における失敗の要因に関する先行研究を概観しておく。産学連携活動における失敗研究としては、西川（2012）や日本機械工業連合会・神鋼リサーチ（2010）がある。

西川（2012）は、「失敗に至る過程には、いくつかの重要で致命的な時期・段階と、特定の意思決定事項の組み合わせがある」とし、特に、「企画段階での参加者の選択と統一目標の設定、統括的な運用組織の設計と参加者の指揮権限移譲、進捗判断基準と状況認識の共有化、参加者への成果移行手順と成果判断の齟齬等が典型的なパターン」（p476）であると指摘している。また、「何かがおかしい、何かがうまくいっていない、等々と現場で囁かれ始めたときが、その予兆である」（p477）とし、予兆が示唆する致命的失敗パターンは2種類に大別されるとしている。一つは、「仕組みの問題」つまり「運用が非効率で進捗が捗らないために、コストや期限の問題から失敗に至るケース」である。もう一つは、「参加者間の目的、目標、意思、考え方等の齟齬に起因するケース」（p477）であると述べている。

日本機械工業連合会・神鋼リサーチ（2010）は、39社にアンケートによる失敗事例の調査分析を行っている。アンケートでは、調査協力企業に10の質問（①当初計画通り、②新たに判明した技術課題に取り組中、③想定市場が実現せず、④技術的な未成熟・目論見外れ、⑤実用化・製品化でのコスト面の課題、⑥開発資金の資金不足、⑦開発の遅れ等による時期逸失、⑧競合他社の先行や潜在競合先の登場・顕在化、⑨経営方針や開発方針の変更、⑩営業力不足・営業戦略の失敗）を投げかけている。その回答結果から、「④技術的な未成熟・目論見外れ<sup>17</sup>」、「⑤実用化・製品化でのコスト面の課題」、「③想定市場が実現せず」、「⑦開発の遅れ等による時期逸失」に関わる要因が失敗の原因と考察される、と結論づけている。そして、それらの失敗を回避するためには、次の三つが必要であると指摘している。

第一に、目標設定（ゴール）の曖昧さを取り除き、事前準備をしっかりとしておくことが不可欠である。上述した四つの失敗要因（③④⑤⑦）は、「連携に入る前段階の用意周到な計画、具体的には最適な先生、研究者探しとその保有技術の評価の見極め（目利き）に関すること、ビジネスモデルと開発商品の検討、市場調査等のマーケティング関係などがしっかり準備されていなかった点」に起因し、「これらに基づいた目標設定（ゴール）が曖昧（連携を進めながら考える、あるいは調整する）であった可能性が高い」と考えられるからである。

第二に、産学連携のマネジメントとしっかりしたコミュニケーションが重要である。前項の事前準備が事前マネジメントとすれば、目的を摺合わせスケジュール管理等を行うのが

---

17 「④技術的な未成熟・目論見外れ」とは、事業化への到達レベルが低い事例での失敗原因の要因としてあげられている。一方、事業化には失敗しているものの、事業化への到達レベルが高い事例での失敗原因の要因としては、「実用化に近づけば近づくほど市場関係の要素が強く評価意識され」ため、技術開発が成功してから直面する現実的な市場の問題、すなわち、「③想定市場が実現せず」「⑧競合他社の先行や競合先の登場・顕在化」「⑩営業力不足、営業戦略の失敗」「⑤実用化・製品化でのコスト面の課題」という要因の影響度が高いと評価されている。（p92）

連携マネジメントであり、これをスムーズに遂行するためにはコミュニケーションは欠かせない。

第三に、失敗回避のためにはコスト削減技術の徹底強化である。通常、国内における産学連携では「高い品質、機能を求めた技術開発が優先的に行われる。」が、「⑤実用化・製品化でのコスト面の課題」は産学連携における技術開発で並行して取り組む必要がある（日本機械工業連合会・神鋼リサーチ（2010）（p93））。

畑村（2005）は、「一つの失敗から教訓を学び、これを未来の失敗防止に生かしたり創造の種にしたりするには、ひとつには失敗を事象から総括まで脈絡をつけて『記述』すること、もうひとつは失敗を『知識化』する作業が必要」（p115）として、その流れを図式化している（図 5-1 参照）。そして、知識化とは、「起こってしまった失敗を自分および他人が将来使える知識にまとめることで、失敗情報の正しい伝達には不可欠なことから」（p115）と述べている。

そこで、本章では、A 社が、光技術を鍍金補修に応用しようとした研究が途中で行き詰った原因を、S 氏の大学入学の経緯からその研究過程、並びに、ゼミでの打ち合わせ内容等を詳細に記述し、その知識化を図っていくものとする。

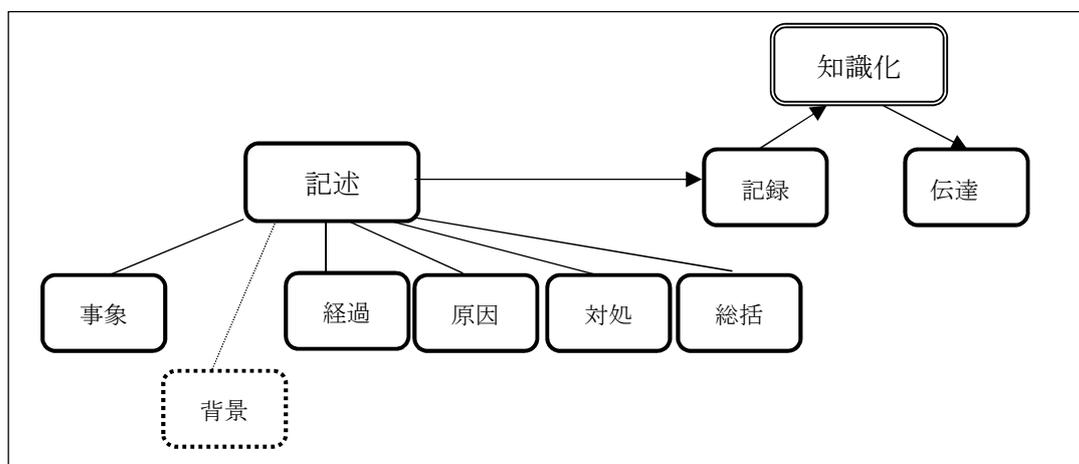


図 5-1 失敗の伝達に必要な記述

出所：畑村（2005）

### 5.3 A 社の事例

#### 5.3.1 失敗の知識化

畑村（2005）は、「人間が関わって行うひとつの行為が、はじめに定めた目的を達成できないこと」（p25）を失敗学における失敗と定義した。失敗には、マイナスのイメージがある。失敗は恥である、知られたくない、隠したい、批判を受ける、出世に影響するなどネガティブに捉え、これを隠したいと思うことは人間として自然な心理であろう。しかし、人間

の歴史を顧みるとき、幾多の失敗に遭遇した後、その失敗を直視し、原因とプロセスを考え、更なる挑戦への試みによって文化や技術がもたらされたのである。しかしながら、誰もが失敗に陥ることを承知の上で事業や研究をしている訳ではないのであるから、失敗を未然に防ぐ手立てを講じることこそが求められるのである。

そこで、先ず始めに畑村（2005）が、図 5-1 に記載した様に失敗を「事象」、「経過」、「原因（推定原因）」、「対処」、「総括」の項目ごとに記述することが、知識化にとっての出発点だと述べていることから、「記述」の項目に沿って概要を書き表すことにする。

タイトル：レーザーは万能ではなかった

事象：

レーザーで缶の塗装を剥がすことができることを聞き、钣金補修用のパテ剤を研削することができたら、熟練工も必要なくなるし、経験が少ない整備士によって低コストで钣金補修ができるのではないかと考え、大学に入学して研究を始めた。パテ剤をレーザーで研削できることは確認できたが、広範囲の钣金補修パテ剤のレーザーによる研削には時間が掛かり過ぎ実用化が難しい。更に、自動車のボディに沿った 3 次元の駆動装置の開発とボディの計測に多額の費用が掛かることから研究が行き詰ってしまった。

経過：

大学に入学後、「レーザーのよるものづくり中核人材育成講座」に社員と共に参加しレーザーの基礎的知識を得た。その後、大学、浜松工業技術支援センター、そして補助金をもらって購入したレーザー機器でパテ剤の研削実験を行う。更に、パルステック工業株式会社の協力を得て自動車のボディ計測と計測データを基にレーザー駆動装置への変換ソフトなどの説明を受ける。パテ剤の研削には予想もしなかったほどの時間が掛かり、新たなレーザー機器の購入やレーザー駆動装置の開発、データ変換ソフトの開発にも多額の費用が見込まれることから開発意欲が無くなった。

原因：

レーザーの予備知識もなく、レーザーへの過度な期待が先行し、レーザー装置だけではなく研究開発の全体図も描かず、開発費用の概算も把握していなかったことが原因と考えられる。

対処：

レーザー装置とレーザーの 3 次元駆動装置の開発程度に考えていたので、レーザーによる 3 次元の広範囲なパテ剤の研削が難しいとは考えていなかった。また、費用面では、補助金の獲得を準備していたので特段の対処はしていなかった。

総括：

レーザーは、溶接や切断などの金属加工分野では広く普及している。また、近年ではマーキングや彫刻、錆びや金属塗装膜の除去などにも使われているが、自動車の钣金補修に活用しようと思いついたアイデアを実現するには、技術面、資金面、販売面に於いてもハードルは高かった。新規事業への参入などには、収益性や市場性、事業の継続性や人員の確保等慎重に検討しなくてはならないことは、経営に携わる者なら誰でも知っている。こうしたことを十分に考えずに取り組んだことは、誠に愚かであった。

何事もそうであるが、やってみなければ解らないこともある。

しかし、可能な限り調査し、シミュレーション（仮想演習）をしてから取り組むことが重要であった。

### 5.3.2 大学入学の背景と経過の記述

前項に記述した概要の背景として、A社の経営者であるS氏が、光産創大に入学した背景から記述する。S氏が光産創大に入学した目的は、自社が抱える経営課題の解決であった。

自動車整備業界が今後予想される競争激化への対応や人材の確保等が必要となる中で、収益構造の変革と生産性の向上は自動車整備業者全体にとって経営上の喫緊の課題である。本研究の観察対象であるA社は70年にわたり自動車整備業を営んできた。そのA社にとって、収益の要となる钣金補修サービスの技術変革による生産性の向上は欠くことのできないものであった。

A社における钣金作業の一連のプロセスは前章で述べたとおりである（第4章、図4-2参照）。これら作業の中でも下地を形成する損傷部分の「損傷部の叩き出し・絞り」とその鉄板の上に塗布してベースを作る「ベースパテを研ぐ」作業が最も熟練技を必要とする。特に損傷部分の範囲が広いほど熟練技術の差は顕著に表れる。熟練技術者の減少や後継者育成が難しい現実に直面しながらも、顧客から求められる低価格と高品質の要求に応えなければならぬA社にとって、未熟練技能者でも使用可能な補修装置の開発と钣金修理の機械化は第一優先順位で取り組まなければならない経営課題であった。

そこで、S氏はこれらの経営課題を解決するために光産創大に入学し、「学の間」を活用することとした。浜松に拠点を置く光産創大は、光技術を応用して、技術開発および新規事業領域の開拓と新事業創出を産学連携により積極的に進める大学である。当大学が提供する光技術の一つであるレーザー加工技術を活用して、自動車の钣金補修用パテの研削装置を開発することができれば、钣金作業の効率化と省力化が可能となり、熟練技能者を必要としないばかりか収益性の向上も図ることが可能になる。更に、レーザー装置と車体データの販売と云う新たな市場も開拓することも可能になると考えたのである。その実現の為に、钣金補修用パテの研削装置の開発が必要であることが明らかになった。

この装置開発にあたりレーザー研削技術を応用するのだが、技術的側面から具体的検討

が必要な課題は次の三つである。①レーザーによる钣金補修用パテ剤の研削は可能か。そして、パテ剤の研削に適したレーザーの諸条件である。②車体面の3次元計測と研削装置の開発。③計測と制御ソフト、3次元躯体装置の開発などであった。坂井ら(2017a)は、これらの技術的な課題への対応可能性を確認する為、何度も実験を行った。その結果、钣金補修用パテ剤のレーザーによる研削は紫外線硬化型を除いて可能であることが判明した。

実用化に向けた今後の課題としては次の三つがあげられた(詳細は第3章、第4章参照)。一つは、研削時間の短縮である。もう一つが、レーザーの照射範囲の拡大である。そして、三つ目が、現場の作業者が熟練技術者または未熟練技術者であっても可能なレーザー照射方法の検討である。

しかし、こうした課題の解決を試みる為には、多額の資金と多くの時間を要すること、そして、製品化できたとしても販売額が高額になることが明らかになってきた。中小零細企業が中心の自動車整備業界では、機械装置に投資できる金額はせいぜい数百万円から1千万円未満であろう。この時点で、本研究は行き詰ったのである。

先に述べたとおり、S氏が光産創大に入学した目的は自社が抱える経営課題の解決であった。しかし、それ以前に、S氏が光産創大の存在を知るきっかけとなったのは、S氏が所属する経営者団体のメンバーであるT氏が、ある講演の中で「缶の表面の塗膜をレーザーを使って剥がすことができる」と話したことであった。その講演内容を聞いたS氏は、「この技術を活用して钣金塗装の効率化が出来たら、A社が抱える多くの経営課題を解決できるかもしれない」と考えたのである。その後、T氏の紹介で光産創大に入学した。入学試験のプレゼンも光技術を活用した钣金作業についてであり、入学後も、T氏が所属する光加工・プロセス分野ゼミに所属することになった。

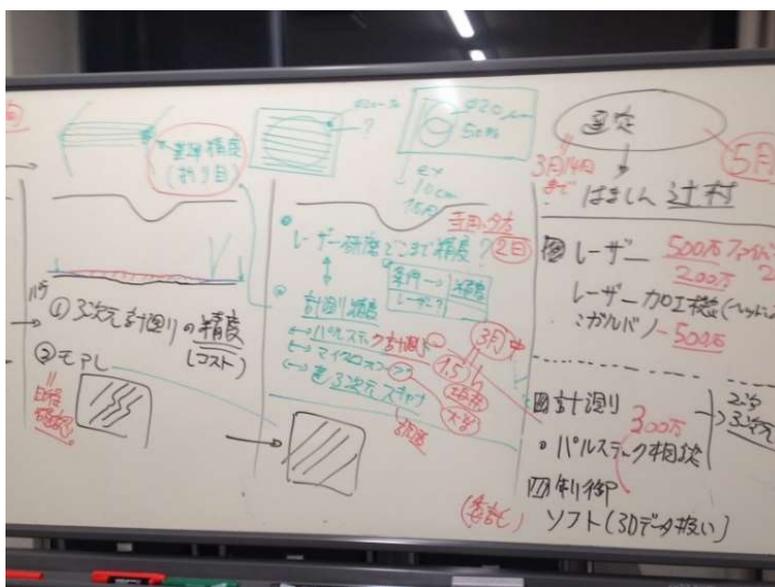
図 5-2 大学における研究経緯

年次	1年次 (2013年)	2年次 (2014年)	3年次 (2015年)	4年次 (2016年)	5年次 (2017年)	6年次 (2018年)
技術開発・実験	 中核人材講座	 加工実験  精度・機器	 レーザー導入	 加工実験  加工方法 システム連携		
研究論文	 学内発表	 学内発表		 学内発表	 学内発表	 学内発表

出所：筆者作成

入学年度の前期終了後、8月より、「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」に参加する。「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」とは、「レーザー加工の基礎から産業応用までを正しく理解し、ものづくり企業の現場でレーザー加工の導入・実用化を推進できる人材を育成することを目的とした講座である。最先端のレーザー技術は、各分野の既存技術に置き換わるだけでなく、これまでにない新しい加工が生まれる可能性がある。しかしながら、レーザー技術の導入には幅広い知識・技術が必要となるため、日々進歩しているレーザー装置やレーザー加工技術の習得が必須」<sup>18</sup>であった。

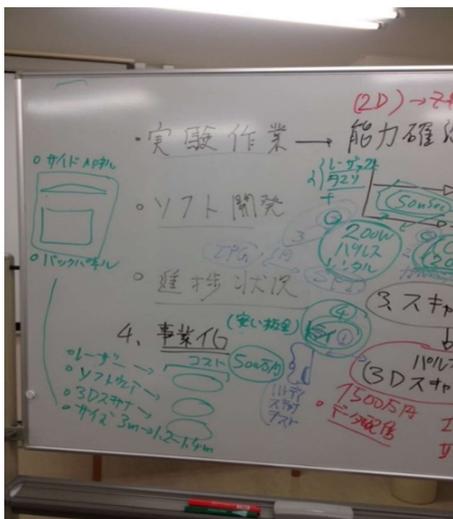
また、翌2014年には研究の方向性と連携先の検討、補助金の獲得に向けての話し合いが行われた。図5-3の写真は、2014年3月4日に筆者が所属した光加工プロセス分野ゼミにおいて検討された事項である。この際、レーザー加工による研削方法と計測の精度について議論が交わされた。レーザーの照射方法と共に研削の基準点、研削量などが検討されたことが分かる。また、光によって等高線のように映し出すモアレも検討されたことが記述されている。その他に、レーザー装置と関連機器の洗い出し、3次元計測の委託先や必要とされるソフトの概算コストなどが記載されている。加えて、補助金の獲得に関してである。この時のゼミでは、加工方法と計測精度、委託先や補助金の獲得に関して議論された。



出所：筆者

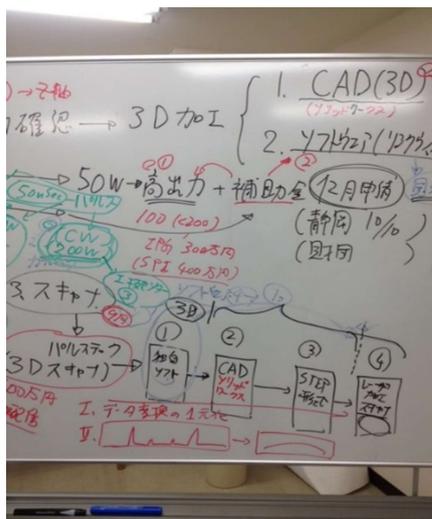
図 5-3 分野ゼミの記録①

<sup>18</sup> 光産業創成大学院大学 中核人材育成講座 レーザーによるものづくり <[www.gpi.ac.jp/chukaku/](http://www.gpi.ac.jp/chukaku/)> 2019年4月30日参照



出所：筆者

図 5-4 分野ゼミの記録②



出所：筆者

図 5-5 分野ゼミの記録③

一方、下の図 5-4 及び図 5-5 の写真は、2016 年 8 月 19 日に同じく分野ゼミにおいて行われた検討の記録である。レーザーによる実験作業の結果から必要な能力などの確認が行われている。その際、出力 50w から高出力の 200w のパルスレーザーや CW レーザーによる実験の検討を行った。また、高出力レーザー装置と 3D 加工に必要なソフトウェアの補助金申請の検討がなされている。併せて、3D 加工に必要な車体計測の 3D スキャナからレーザー加工装置へのデータ変換ソフトについても議論されている。しかし、事業化に関しては、具体的な記載がないことから、この時点では検討が為されていなかったことが分かる。

### 5.3.3 失敗の分析

畑村 (2005) は、「ひとつの失敗を活用してそこから何かを学ぶには、失敗を分析して理解する必要がある。」(p,70) と述べている。そこで、5.3.1 の概要と 5.3.2 の背景から、畑村の云う「無知」「不注意」「手順の不順守」「誤判断」「調査・検討の不足」「制約条件の変化」「企画不良」「価値観不良」「組織運営不良」「未知」<sup>19</sup>の十項目に大別されされた失敗の原因

<sup>19</sup> 失敗の原因の 10 項目 畑村洋太郎 (2005) 「失敗学のすすめ」 p71-75

- ① 無知…失敗の予防策や解決法が世の中に既に知られているにもかかわらず、本人の不勉強によって起こす失敗である。
- ② 不注意…十分注意していれば問題がないのに、これを怠ったがために起こってしまう失敗。
- ③ 手順の不順守…決められた約束事を護らなかったために起こる失敗。  
企業の中では必ず作業手順をマニュアル化し、誰がやっても失敗なく行えるように努めている。
- ④ 誤判断…状況を正しく捉えなかったり、状況は正しく捉えたものの判断の間違いから起こるもの。
- ⑤ 調査・検討の不足…判断する人が、当然知っていなければならない知識や情報を持っていないために起きる失敗や、十分な検討を行わない為に生じる失敗。
- ⑥ 制約条件の変化…必ずあらかじめある種の制約条件を想定してことを始めます。はじめに想定した

に沿って分類することとする。

レーザーに関する知識やレーザーの特徴、またレーザーで可能なことや苦手なこと等の十分な予備知識がなかったことが最も大きな要因といえることから、まずは「無知」が挙げられる。

また、今回の産学連携の目的は钣金補修を機械化して熟練技術者に依存しないことと、それらによる低価格化であった筈である。そうであれば、レーザーによる研削だけでなく、目的を達成させる他の手法も考慮すべきであったことから、次に「誤判断」が挙げられる。

更に、市場性や販売予測、開発費といった経営者としての視点のみならず、レーザー装置がどのような機器・ソフトで構成されどれ程の費用が掛かるものなのかといった面でも、調査・検討の不足は免れないといえる。故に、三つ目として「調査・検討の不足」が挙げられる。

畑村（2005）のいう10項目の失敗原因に分類された結果は、第一に「無知」が挙げられた。次に、「誤判断」、そして「調査・検討の不足」であった。更に、この原因を「事前に検証することが可能であった失敗」と「事前には知り得なかった失敗」に分類すると、何れも「事前に検証することが可能な失敗」であったと云えよう。

### 5.3.4 産学連携が行き詰った原因の考察

上述した事例は、回数を重ねたゼミでの議論のごく一部であるが、時間の経過を踏まえてみたときに、レーザー装置や加工実験、並びに、ソフト開発などの加工プロセスに関する検討に重きが置かれていたことが分かる。

そもそも、S氏が求めているのが事業化ならば、研究開発のプロセスを議論するのに合わせて、事業化を見据えた議論も行う必要があったと考えられる。過去の検討内容を振り返ると、市場ニーズや製品原価、販売ルートや流通コスト、利益などから計算された概算販売価格を踏まえた予想販売数量、採算性といった事業化に対する具体的な調査・検討や代替案の検討が少なかったように見受けられる。すなわち、坂井・姜（2018）がいう「マネジメント・イン」の視点が欠けていたといえよう。

なぜ「マネジメント・イン」の視点が欠けてしまったのだろうか。そこには研究を指導する側（ここでは「研究者」とする。）と指導を受ける側（ここでは「経営者」とする。）の両者のスタンスの違いがあると考えられる。表5-1は、研究者と経営者のスタンスの違いを一覧表にしたものである。

---

制約条件が時間の経過とともに変わり、おもってもみなかった形で好ましくないことが起こる失敗。

- ⑦ 企画不良…企画ないし、計画そのものに問題がある失敗。
- ⑧ 価値観不良…自分ないし自分の組織の価値観が、まわりと食い違っている時に起きる失敗。
- ⑨ 組織運営不良…組織自体が、きちんと物事を進めるだけの能力を有していないケースの失敗。
- ⑩ 未知…世の中の誰もが、その現象とそれに至る原因を知らないために起こる失敗。

A社の事例は、企業が大学の持つコア技術に着目して連携を図ったり、共同開発や共同研究を行うといった産学連携のケースではなく、大学の持つ技術に着目し、経営者自らが大学に入学して技術を学びながら企業の抱える経営課題の解決を図ろうとしたケースである。技術開発に主眼を置く研究者と、経営課題の解決に重きを置く経営者では、当然両者のスタンスは異なる。

表 5-1 研究者と経営者のスタンスの違い

		研究者(教員)	経営者(学生)
学内における技術的な立場		指導する	指導を受ける
意識する視点		技術開発	市場(産業界)
時間軸		長い	短い
研究費	公私区分	公的費用	自社資金
	金額の多少	多額希望	少額希望
研究費用の回収の要否		不要	要
コスト意識		小	大
優先順位		コスト<技術・製品開発	コスト>技術・製品開発

出所：筆者作成

表 5-1 の内容を見ておく。まず、学内における立場の違いである。研究者は教員であり、S氏は経営者といえども学生の身分であり、研究者である教員から知識や技術の指導を受ける立場であった。教員は、非常に熱心に且つ丁寧に指導をしてくれた。しかしながら、研究者の視点は、光学機器を活用した技術開発に注がれていた。一方、経営者は、自分が望む鍍金補修へのレーザーの応用が技術的に可能なのか、そして、それらの製品化は可能なのかといった期待感と同時に、製品化された暁には市場(産業界)で如何にして普及させるのかといった具体的な事業化を見据えて研究に臨んでいた。

次に、両者の時間軸の違いである。研究者は長期視点で物事を捉え技術開発も長期目線で考える。一方、経営者は、長期目線で自社の将来を見据えながらも、日々の事業に携わり経営課題を解決していかなければならないので悠長なことを言っている余裕はなく、技術開発や事業化の結果を短期で求める傾向がある。両者の時間軸の違いは、日本機械工業連合会・神鋼リサーチ(2010)でも指摘されている。「第一に指摘できるのは、企業と大学における時間軸の違いである。大企業の場合は、技術の具現化や製品化、実用化に目標期限を設けている場合が多いが、大学側ではこの様な期限が意識されにくい」(日本機械工業連合会神鋼リサーチ,2010,p88-89)。A社のような中小企業においても、早期の技術の実用化や製

品化、実用化が求められているのである。

更に、研究者と経営者と大きく異なるのは、研究費に対する金銭感覚であろう。研究者は、研究に必要な機器や機材、ソフトなどの調達を最優先に考える。一方、経営者も研究費に関する必要性は十分認識しているが、製品化・実用化が解からないものや投資費用の回収が定かでない研究に投資するには慎重にならざるを得ない。それ故、多くの研究者は公的資金や補助金などの取得を念頭においている。A社も、本研究に当たっては補助金の交付を得ている。しかし、補助金の種類によっては、煩雑な申請資料の作成を経て交付を受けたとしても必要資金の半額もしくは3分の2程度の補助額であり、企業側にも自己資金による投資が求められるのである。更に、投資費用の回収を考慮すると、活用できる経営資源に限りがある中小企業では、研究に関する投資額は少ない方が望ましいと考えるのが一般的な企業経営者ではないだろうか。

『2017年版中小企業白書』を見ると、研究開発活動の課題として挙げられるのが、第一に「必要な技術・ノウハウを持つ人材が不足している」。第二に、「研究開発に多額の費用が掛かる」であり、第三番目が、「研究開発で得た成果を新製品・サービスの実用化に結び付けられない」<sup>20</sup>であった。白書の中で、第二番目に挙げられていることから、多くの中小企業経営者にとって費用負担が研究開発活動を進める上での大きな課題であることが分かる。

そして、表5-1の左端に優先順位として記載したとおり、技術開発を優先する研究者とコストを優先する経営者では意識の乖離がある。日本機械工業連合会・神鋼リサーチ(2010)は、大学側は、「研究的な目的が優先され、実用化等を想定した場合に重要な技術的要素が軽視された結果、成果が低い水準に留まってしまう場合がある。」(p89)と述べている様に、研究者は研究的な目的を優先する傾向にあり、製品コストや顧客ニーズよりも研究の成果物としての出来栄を求める傾向にあると考えられる。そうした傾向は、時に「ガラパゴス製品」の開発に繋がるものと考えられる。

このような両者のスタンスの違いが、小さな齟齬を招き、その齟齬が積み重なった結果、A社の産学連携活動は成功に至らなかったと考えられる。この両者のスタンスの違いが前提にあるとすれば、5.2で紹介した主たる四つの失敗要因が生じるのも容易に想像がつく。

### 5.3.5 産学連携を上手く機能させる為にはどうすれば良いのか

産学連携活動における「失敗」について、丹生(2015)は、九州経済産業局(2008)が、企業へのアンケート調査、ならびに、企業及び大学へのヒアリング調査を行った結果を受けて、失敗要因の上位5つを挙げている。それは、「目標設定が不十分」、「マーケティングでのキーパーソンが不在、又は指導力不足」、「目標管理、進捗管理(PDCA)が不十分」、「大

<sup>20</sup> 中小企業庁(2018)「2017年度版中小企業白書」  
<[www.meti.go.jp/pamphlet/hakusyo/](http://www.meti.go.jp/pamphlet/hakusyo/)> 2019年5月9日参照

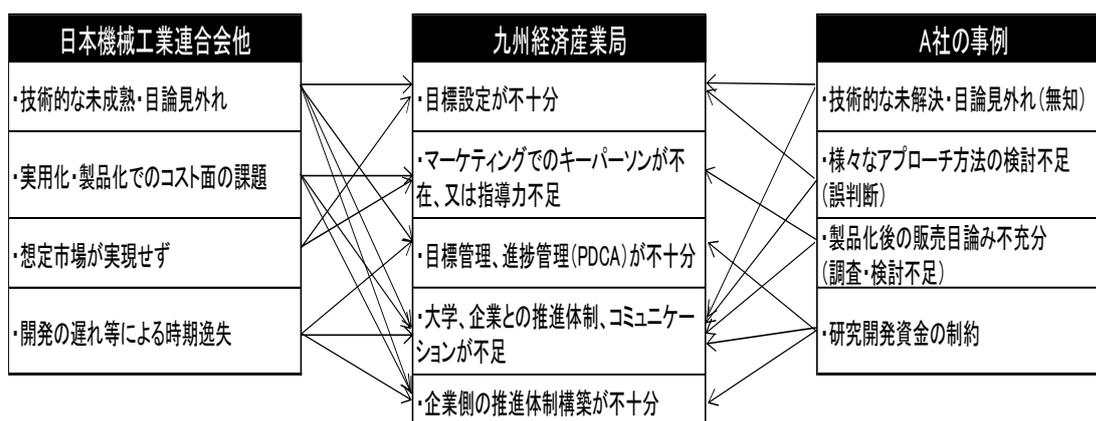
学、企業との推進体制、コミュニケーションが不足」、「企業側の推進体制構築が不十分」である。

前節で示したとおり、日本機械工業連合会・神鋼リサーチ（2010）は、失敗事例調査結果の考察として、いずれの視点から見ても「技術的な未成熟・目論見外れ」、「実用化・製品化でのコスト面の課題」、「想定市場が実現せず」、「開発の遅れ等による時期逸失」に関わる要因が失敗の原因であるとしている。

そこで、日本機械工業連合会・神鋼リサーチ（2010）と九州経済産業局（2008）が行ったアンケート結果にある失敗の要因、そして、5.3.3の研究から導いた3点の失敗要因（「無知」「誤判断」「調査・検討の不足」）を基に、A社事例の失敗要因を4点並記して、その関連性を見てみることにする。

左側（日本機械工業連合会・神鋼リサーチ,2010）と右側（A社）が失敗要因だとすれば、中央（九州経済産業局,2008）はその要因が生じた具体的な原因と読み替えることができる。

例えば、左側（日本機械工業連合会他）最上段の「技術的な未成熟・目論見外れ」は、中央の「目標設定が不十分」「目標管理、進捗管理（PDCA）が不足」「大学、企業との推進体制、コミュニケーションが不足」「企業側の推進体制構築が不十分」が原因と考えられる。また、右側（A社）の「無知」は「技術的な未解決・目論見外れ」であり、中央（九州経済産業局）の「目標設定が不十分」「大学、企業との推進体制、コミュニケーションが不足」が主な原因と考えられる。



出所：筆者作成

図 5-6 失敗の「要因」と「原因」

同様に、「実用化・製品化でのコスト面の課題」は、「マーケティングでのキーパーソンが不在、又は指導力不足」「大学、企業との推進体制、コミュニケーションが不足」「企業側の推進体制構築が不十分」などが原因で生じると考えられる。

また、「想定市場が実現せず」は、「目標設定が不十分」であり、「マーケティングでのキーパーソンが不在、又は指導力不足」が原因と考えられ、「開発の遅れ等による時期逸失」は、「目標管理・進捗管理(PDCA)が不十分」、「大学・企業との推進体制・コミュニケーション不足」、「企業側の推進体制構築が不十分」が原因と推測できる。

同様に A 社の「誤判断」は「様々なアプローチ方法の検討不足」であり、「目標設定が不十分」「大学・企業との推進体制・コミュニケーション不足」が原因と考えられる。「調査・検討不足」は「製品化後の販売目論み不十分」といえ、「マーケティングでのキーパーソンが不在、又は指導力不足」「大学・企業との推進体制・コミュニケーション不足」、「企業側の推進体制構築が不十分」が原因と考えられ、「研究開発資金の制約」は、目標管理・進捗管理(PDCA)が不十分、「大学・企業との推進体制・コミュニケーション不足」、「企業側の推進体制構築が不十分」が原因と考えられる。これらの、失敗を回避するために必要なこととして、日本機械工業連合会・神鋼リサーチ(2010)は三つのポイントを挙げていたが(前項参照)、筆者は、今回の A 社の事例も踏まえ検討した場合、次の四つの項目が産学連携の成功には欠かせないと思う。

第一に、研究の仮説を検証することである。製品化に求められる技術やレベルを明確にし、多方面からの視点で検証し、技術的な未成熟や目論見外れを事前に防ぐことである。第二に、事業化で求められるビジネスモデルやコスト、市場調査等のマーケティング調査を通じて事業化プランを明確にし、シミュレーションを行うことである。第三に、市場やニーズの変化を適切に捉え、研究開発に反映させるためにも目標管理や進捗管理などが求められるのである。

こうした、商品開発や製品化、市場調査などのマーケティングの重要性については、坂井・姜(2018)も「マネジメント・イン」の視点が必要であると指摘している。そして、第四として、産学連携を成功に導く上で最も重要なことは、大学と企業の推進体制の構築とコミュニケーションである(表 5-2 参照)。

ここでいうコミュニケーションとは、組織と組織、すなわち、大学と企業間のみならず、個人と個人、すなわち、研究者(教員)と経営者(学生)との間のコミュニケーションも指す。表 5-1 に示したとおり、研究者と経営者の間には大いなるスタンスの違いがある。技術視点が中心の研究者(教員)達には、市場(産業界)を意識する経営者達が持つ「マネジメント・イン」の視点を踏まえたコミュニケーションが求められるのである。コミュニケーション不足による思い違いや妥協、ボタンの掛け違い等を避けるためにも、両者は、互いのスタンスの違いを理解した上でのコミュニケーションが必要といえよう。

表 5-2 産学連携の成功に欠かせない項目

① 研究の仮説を検証し、結果を踏まえて目標設定を明確にすること	【大前提】 研究者と経営者のスタンスの違いを認識する。
② 事業化で求められるビジネスモデルやコスト、市場調査等のマーケティング調査を通じて事業化プランを明確にし、シミュレーションを行うこと	
③ 市場やニーズの変化を適切な捉え、研究開発に反映させるための「マネジメント・イン」の視点での目標管理や進捗管理	
④ 大学と企業の推進体制の構築と両社のスタンスの違いを認識したコミュニケーション	

出所：筆者作成

ここまで、A社の事例を基に、大学入学の背景と研究開発の経過を詳細に記述し、産学連携が行き詰った原因を考察した上で、産学連携を上手く機能させる為にはどうしたら良いのか検討してきた。その結果は、表 5-2 に示す 4 つの注意点として表した。これらの記述の記録により、A社が研究に行き詰った事例を他者に伝達するための「知識化」ができたと考える。

#### 5.4 取引コスト理論による産学連携の批判的考察と連携を進める際の注意点

上述した先行研究は、実証研究の一環として各研究者が体験した事象に基づき論述したものであるが、本章では、事実の記述に留まらず、その事象に理論的解釈も加えたいと考えている。その際、理論の支柱となるのが人間の限定合理性に着目した「取引コスト理論」である。

##### 5.4.1 取引コスト理論とは

取引コスト理論とは、コース (Coase,1932) やウィリアムソン (Williamson,1979) によって展開された考え方である。菊澤 (2006) は、「完全合理的な経営者は、最小コストで最大メリットを獲得するために、状況に対応しつつ絶えず適切に判断して合理的に拡大と撤退を決定するだろう。その判断に、ゆがみや摩擦はない。しかし、実際には、人間は完全合理的ではなく、限定合理的な生き物である。すべての人間の情報能力には限界があり、その限界内でしか合理的に行動することはできない。このような限定合理的な人間世界では、情報の不備につけ込んで互いに自分に有利になるように駆け引きをする機会主義的な人間が現れる。そのため、人と人との交渉や取引には常に取引上の無駄つまり取引コストが発生する」(p133)としている。これが、コースやウィリアムソンによって展開された取引コスト理論の考え方である。

ここで云う取引コストは、経済的なコストを指すのではなく、日常的な人間関係においても発生するものであり、企業や任意団体の中での話し合いや、上司と部下、教員と学生、先輩と後輩や同僚の間でも発生するものである。

更に、「この取引コストの存在を考慮すると、経営者の判断に摩擦やゆがみが発生する。すなわち、状況が良好な場合には、比較的スムーズにビジネスは拡大されうるが、状況が不利な場合には、スムーズに事業から撤退できるとはかぎらない。というのも、撤退する場合、その事業に投資された資源すべてが回収できない埋没コストとなってしまうからである。しかも、その事業に参加している部下たちの抵抗に遭うかもしれない。というのも、彼らもまたその事業に多額の資源を投入してしまっている可能性があるからである。

したがって、既存の事業から撤退する場合、その事業に関わるすべての利害関係者を説得する必要があり、そのために非常に高い取引コストが発生する可能性がある。このコストがあまりにも高い場合、撤退するよりもむしろ事業を継続し、最悪の場合には失敗した方が逆に合理的であるという不条理すら発生する。これが、取引コストを考慮した限定合理的な経営者の行動モデルである」(p133-134)と菊澤(2017, 2018)は述べている。

ここで、発生する取引コストの高さを考慮するあまり組織が不条理に陥った例えとして、三菱自動車が重要不具合情報(クレーム)を長期に亘って組織的に隠蔽し、事故を発生させ自らを苦境に陥らせた事件を振り返ってみる。

#### 5.4.2 三菱自動車の事例

2000年6月に、運輸省(現国土交通省)に三菱自動車の社員による匿名の通報で、クレーム情報の隠蔽が発覚した。運輸省による特別監査が行われ、1977年(昭和52年)から約23年間にわたり、リコール(無償回収・修理)に繋がるクレーム情報を運輸省に報告せず社内に隠蔽していたことが明らかになった。2002年1月10日には、横浜市で三菱自動車製の大型トレーラーからタイヤが外れ、歩いていた主婦にあたり死亡した。トレーラーのタイヤを取り付けているハブの破損が原因であった。更に、2004年には、2000年を上回るリコール隠しが発覚した。三菱自動車はなぜ、リコールをせず、違法なヤミ修理で対応したのか。小林(2002)はその原因として下記の指摘をしている。

「リコールをすれば莫大な費用が掛かり、成績に響くので、関係部署から市場品質部にリコール回避の圧力が掛かり、それに従わざるを得なかった。」また、「製造、設計、技術部門などで不具合の原因を作った者は社内処分を受けるので、関係者はその処罰から逃げたかった。」さらに、「日本国民の10人に1人は、三菱グループにつながっている。三菱の名の付いた企業がつぶれる筈がないという過信」があった。そして、「顧客に軸足を置かない企業優先の論理が、経営者(幹部)に横行」し、「権力・権限が経営者(幹部)に集中した縦割

り組織で、指示待ち社員の集合体」<sup>21</sup>になっていた。こうした同僚や他部署からの圧力、また社内の空気といったものが「取引コスト」を高め、合理的に不条理を招いたものと考えられる。

### 5.4.3 A 社事例の取引コストの考察

前節（5.3）で述べた A 社の事例を、取引コストを考慮するならば、次のように解釈することができる。A 社の経営者である S 氏は、自社が抱える課題解決を図るためにレーザーによる钣金補修用パテ材の研削を求めて自ら大学に入学し、加工プロセス分野ゼミに所属した。そして、研究をサポートしてくれる社員らとともに「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」に参加している。また、該当分野の先生方から指導を受けながら、多額の補助金を獲得しレーザー装置を購入して、研究開発を進めたのである。そして、第 3 章で詳細を記述したとおり、その後、実験を進めるにあたり、更には、事業化の検討にあたり数々の問題に直面し、研究開発は暗礁に乗り上げ、継続が難しくなったのである。

このまま研究を続けるならば、更に出力の高いレーザー装置を購入して研究を進めなければならない。しかも、高出力のレーザーによって問題が解決できるのかも不明である、と同時に、レーザーによる钣金補修パテ剤の研削を用いて、実用化に必要な装置の開発や設備を含めた価格を考慮すると、自動車钣金補修の現場への導入の可能性を検討するという目的が果たせなくなる可能性がある。それならば、この研究から撤退するべきか。この時点で、S 氏に高い取引コストが発生したのである。一方、入学時から親切に指導してくれた先生に対し、「研究がうまく行きそうにもないので他の先生の指導を仰ぎます。」とは、とても言い出せない。まさに、菊澤（2006）が言うところの「取引コスト」の罠に陥ったのである。

これは、前節（5-3）で指摘した「技術的な未成熟・目論見外れ」にあたる。目標設定と製品化に求められる技術やレベルを明確にし、学内の他の研究者達も含めた多方面からの視点で検証すれば、この行き詰まりを防ぐことができたばかりか、別の方法で製品化できたかも知れないのである。これが、表 5-2 で示した研究者と経営者（学生）のスタンスの違いを理解した上で、「技術的・経営的視点を踏まえて目標設定を明確にすること」が産学連携の成功に必要な大きな要因として挙げた理由なのである。

こうした失敗を繰り返さないためには、A 社の失敗を否定したり、個人の問題として葬り去るのではなく、この失敗に至った基本認識や要因を批判的に省察し、問題点を浮き彫りにすることによって、今後の研究開発の環境を整備し、イノベーター（学生）の判断がゆがめられることなく多くの成功に導くことが可能になると筆者は考える。

---

<sup>21</sup> 小林英男（2002）「三菱自動車のリコール隠し」 <[www.shippai.org/fkd/ct/cb0011010.html](http://www.shippai.org/fkd/ct/cb0011010.html)> 2019 年 9 月 19 日参照

## 5.5 おわりに

創造的なことを考える場面で、畑村（2005）は、「あるテーマから、道筋だった展開があつて、目的達成というゴールにいたる創造の道を最初からたどることは、現実の思考の中では滅多にないことである。実際には、先ずテーマがあつて、その次に達成目標を思いついて、その後にこれを補強するための道筋を立てるというプロセスをたどるほうがむしろ自然である。あるいは、いきなり目標だけがぽつと頭に浮かんで、その後にテーマや道筋が立つことも、場合によってはある。」（p163-164）と述べている。この指摘と同様に、S氏も、最初は缶の塗装面をレーザーで剥がすことを知り、钣金用パテ剤がレーザーで研削できれば、熟練技術者に頼ることもなくなり、新たなビジネスチャンスも掴めると考えたのである。畑村の論を借りると、テーマが「レーザーによる研削」であり、目標が「钣金作業の合理化」だったのかもしれない。だとするならば、入学間もない時期に、S氏のアイデアを先ず様々な角度から検証し、想定される失敗と代替案を検討するなど、S氏のアイデアの実現可能性と真正面から向き合う必要があつたのであろう。

先述したA社の失敗の分析においても、その原因が「無知」「誤判断」「調査・検討の不足」の3点であり「事前に検証することが可能な失敗」であつた。そうであるならば、アイデアを先ず様々な角度から検証しておけば、事業をより良い方向に導くことができたはずである。

本研究の目的は、中小・零細企業が産学連携によって経営課題を解決しようとする際、大学側と企業側に、連携に入る前の大前提と認識すべき注意点を提供するものとする。

まとめると、失敗の分析で挙げた3点と図5-6で挙げた4点を踏まえて表5-2ができた。更に、取引コスト理論を加えた5点が本章の目的である、産学連携によるイノベーション創出に至るための示唆を提供するものである。

以下に、改めて産学連携によるイノベーション創出の際に認識すべき注意点を明示しておこう。

- ① 研究の仮説を検証し、結果を踏まえて目標設定を明確にすること。
- ② 事業化に求められるビジネスモデルやコスト、市場調査等のマーケティング調査を通じて事業化プランを明確にし、シミュレーションを行うこと。
- ③ 市場やニーズの変化を適切に捉え、研究開発に反映させるための「マネジメント・イン」の視点での目標管理や進捗管理
- ④ 大学と企業の推進体制の構築と両者のスタンスの違いを認識したコミュニケーション。
- ⑤ 大学と企業、研究者や学生と教員や教員同士の間でも「取引コスト」が発生することを十分配慮する必要があること。

本研究は、イノベーション創出を試みた「失敗」事例として、光産創大はじめ多くの産学連携活動に幾つかの示唆を提供するものとする。しかし、我々限定合理的な人間が、取引コストの発生を押さえて、イノベーションを起こしていくためには、どのような組織体制が

適切なのか、また、「マネジメント・イン」は研究の早い段階のいつ発すべきなのか、更に研究者（教員）と経営者（学生）の適切なコミュニケーションとは具体的にはどのようなやり取りなのか、といった検討すべき多くの課題が残されている。こうした課題については、引き続き検討していくものとする。

### <参考文献一覧>

1. 畑村洋太郎 (2005) : 『失敗学のすすめ』 講談社文庫, pp,
2. 星野豊 (2014) : 「産学官共同事業の失敗と「研究者の責任」」『筑波法政』 筑波大学, 61, pp, 41-51
3. 菊澤研宗 (2017) : 『組織の不条理』 中公文庫
4. 菊澤研宗 (2018) : 『改革の不条理』 朝日文庫, pp, 34
5. 菊澤研宗 (2006) : 「経営者行動の心理会計分析 : 行動取引コスト・アプローチ」『三田商学研究』 慶応義塾大学出版会, Vol.49, No4(2006.10), pp, 131-147
6. マイケル・ルイス, 邦訳, 渡会圭子 (2017) : 『かくて行動経済学は生まれり』 株式会社文藝春秋
7. 文部科学省大学技術移転推進室 (2015) : 『平成 27 年度大学等における産学連携等実施状況について』 文部科学省
8. 西川洋行 (2012) : 「地域産学官連携事業の失敗要因」『年次学術大会講演要旨集』 北陸先端科学技術大学院大学, 27, pp475-478
9. 坂井光蔵, 寺田真吾, 沖原伸一郎, 江田英雄 (2017a) : 「自動車の钣金修理へのレーザー技術の応用ー钣金補修材のレーザー研磨は可能かー」『自動車技術会 2017 年秋季大会口頭発表資料』
10. 坂井光蔵・姜理恵 (2018) : 「経営視点からのイノベーション創出プロセスの検討ー自動車整備業の事例研究ー」『経営実務研究』 日本経営実務研究学会, 13, pp, 15~29
11. 社団法人日本機械工業連合会・神鋼リサーチ株式会社 (2010) : 「平成 21 年度版 産学官連携における成功要因と課題についての調査研究報告書」 社団法人日本機械工業連合会・神鋼リサーチ株式会社
12. 丹生晃隆 (2015) : 「産学官連携コーディネート活動における「失敗」を考える」『産学連携学会関西・中四国支部第 7 回研究事例発表会予稿集』 産学連携学会関西・中四国支部
13. 豊田秀樹・川端一光・中村健太郎 (2007) : 「プロスペクト理論における「リスク追求」傾向の I R T による尺度化の試み」『教育心理学研究』 日本教育心理学協会, 55, pp, 161-169
14. 屋城智也 (2016) : 『イノベーション・マネジメント』 一般社団法人東京大学出版
15. 湯之上隆 (2014) : 『日本型モノづくりの敗北』 株式会社文藝春秋

## 第6章 結論

本章では、先ず、各章の概略を記述する。次に、本研究の目的とその結果を総括し、本研究の意義に言及する。そして、ビジネスプラン（事業実践）の新たな展開に触れた上で、最後に、引き続き取り組むべき研究課題と、光技術を活用した更なる産学連携の発展に向けた光産創大の役割を述べて本論文の纏めとする。

### 6.1 各章のまとめ

第1章「序論」では、本論文の背景を述べた。自動車産業は、CASE（繋がる・自動化・シェア・電動化）と呼ばれる技術革新の波と共に、MaaS（移動のサービス化）等、100年に一度と云われる大変革に直面している。更に、国土交通省は、2024年から車載式故障診断装置（OBD）を活用した新たな車検制度を導入する。こうした事柄から自動車整備業が抱える課題を明確にした。その課題の中から、整備要員の高齢化と人材不足、新技術への対応が喫緊の課題である钣金塗装部門で熟練技術者が必要とされる钣金補修にレーザーによる研削が出来ないかと考え、光産創大のリソースを活用して課題の解決に挑んだ。

しかし、レーザーによる钣金補修パテ剤の研削実験により、研削時間とコストの壁に突き当たり、この失敗を産学連携事例として取り上げることを述べた。

第2章では、自動車整備業の現状として、A社の歴史をたどりながら、自動車整備業界の発展と業界としての課題、更に、A社の創業期から高度経済成長時代の発展とその後の停滞、そして、車検FCへの加盟により再成長を果たしたが、加盟から20年目を経た辺りから再び頭打ちを迎えた。70年にも及ぶ歴史を見ながら、更なる成長の為に取組みなくてはならない5つの経営課題を明らかにすると同時に、S氏が取り組んでいる経営実践にも踏み込んで述べている。

第3章では、钣金補修の現状を述べると共に、レーザーを活用した钣金補修用パテ材の研削実験について、その実験方法や成果を明らかにしている。更に、この実験結果から見てきた事業化に向けた課題について述べている。本実験を通して浮き彫りになった事業化に向けた課題が、本博士論文の研究の起点になっているのは文中で述べたとおりである。

第4章では、産学連携により光技術を活用してイノベーション創出する為には何が必要か明らかにした。中小企業においては、企業価値創出の主要活動全てに経営者が関わっている。本章では、それら活動から得られた経営者の声を製品開発サイドにフィードバックすることを「マネジメント・イン」と名付け、研究開発が技術思考に偏るのを避けながらイノベーションを創出するには「マネジメント・イン」の視点が欠かせないことを明らかにした。また、イノベーションの同義として用いられる Schumpeter (1934) の云う「新結合」の概念を用いて、光技術を活用した钣金補修用の装置開発とイノベーションの創出、そして経営課題を紐づけることで経営課題の解決に向けたイノベーション創出のフレームワークを示

した。これらは、本論文の独自性と云える。

第5章では、S氏の大学入学の経緯から研究課程、ゼミでの打ち合わせ等を詳細に記述することで、A社の失敗事例の知識化を図った。更に、人間の限定合理性に着目した「取引コスト理論」を応用して、「なぜ、本案件における産学連携が成功に至らなかったのか」について理論的解釈を加えた。A社の事例は、イノベーション創出を試みた「失敗」事例として、光産創大はじめ産学連携活動に関わる多くの関係者に示唆を提供するものとする。

## 6.2 本研究の目的に対する結果

本論文の目的は、経営課題の解決のために、光技術を活用した産学連携活動によるイノベーション創出を試みたA社の事例研究をとおして、「なぜ、産学連携によるイノベーション創出は成功に至らなかったのか。」「光技術を活用した産学連携によるイノベーション創出の成功に何が必要か」を明らかにすることであった。

第4章の研究目的は、「産学連携による光技術を活用したイノベーション創出には何が必要か(What)」を明らかにすることであった。

我が国では、イノベーションを「新技術の発明」や「技術革新」と捉えるのが一般的であるが、Schumpeter(1934)が唱えた「新結合」という概念には、①新しい商品の創出、②新しい生産方法の開発、③新しい市場の開拓、④原材料の新しい供給源の獲得、⑤新しい組織の実現が含まれている。そこで、A社が行った鍍金補修用装置の開発を、イノベーションの5つの定義と紐づけることによって、イノベーションの定義を具体化し、課題解決に向けたイノベーション創出のフレームワークを示した。また、企業価値創出の主要活動全てに関わる経営者の声を製品開発サイドにフィードバックすることを「マネジメント・イン」と名付け、技術志向の強い相手との連携によって研究開発を進める場合、その研究開発計画が技術思考に偏らないために、経営・マーケティングといった経営視点からのアプローチ、すなわち「マネジメント・イン」の視点がまず先に求められることを明らかにした。

第5章の研究目的は、A社の研究開発が暗礁に乗り上げ、継続が難しくなったことをイノベーション創出の「失敗」と定義し、A社のケース(詳細は、第3章参照。)で、「なぜ、産学連携によるイノベーション創出は失敗したのか(Why)」そして、「産学連携を成功させるためには何が必要か(What)」を明らかにするため、A社の事象を詳細に記述し、理論的解釈を加えていくことで、失敗を見過ごすのではなく、その一連の事象を直視することで、次に続く産学連携活動の活性化に寄与するための示唆を引き出すことであった。

本研究では、S氏の光産創大入学の経緯から研究が行き詰るまでを、畑村(2005)が説いた「失敗学」の考えに基づき、その事象を詳細に「記述」し、その失敗事例の「知識化」を図った。この一連の知識化により、失敗の原因として、「マネジメント・イン」の視点が欠けてしまっていたこと、研究の仮説の検証とその結果を踏まえた目標の設定が不十分であったこと等が上げられた。また、先行研究(西川:2012、日本機械工業連合会・神鋼リサー

チ：2010)でも指摘されているコミュニケーション不足が原因と考えられた。更に、なぜコミュニケーション不足が起こるのかについて、本研究では、研究者(教員)と学生(経営者)の「スタンスの違い」を明示した。また、我々人間の限定合理性から生ずる「取引コスト」に注目して、なぜ、A社のような失敗事例が生じたのか理論的解釈を与えた。

産学連携活動を進めるに当たっては、大学と企業間のコミュニケーションのみならず、研究者(教員)と経営者(学生)の間においても「マネジメント・イン」の視点を踏まえたコミュニケーションが求められる。それと同時に、両者の「スタンスの違い」や我々人間の限定合理性を前提としたコミュニケーションを取ることが重要であることを指摘した。

イノベーション創出の「失敗」事例で本研究は、光産創大はじめ産学連携活動に関わる多くの人々に実践上の多くの示唆を提供するものと筆者は考える。

### 6.3 本論文の意義 —研究の独自性と新規性—

本論文の新規性と独自性は次のとおりと考える。

まず、第4章に記述した「経営視点からのイノベーション創出プロセスの検討」は、査読論文として「自動車整備業を対象とした事例研究から経営視点の重要性を指摘している。一つの企業を対象に詳細に事例研究とした価値は、学会(学術面)だけでなく実務面での実践へも貢献できるものと考えられる。」点が評価された。言い換えるならば、事例研究を通して学術と実践の融合を図った点が、本論文の新規性と独自性といえよう。

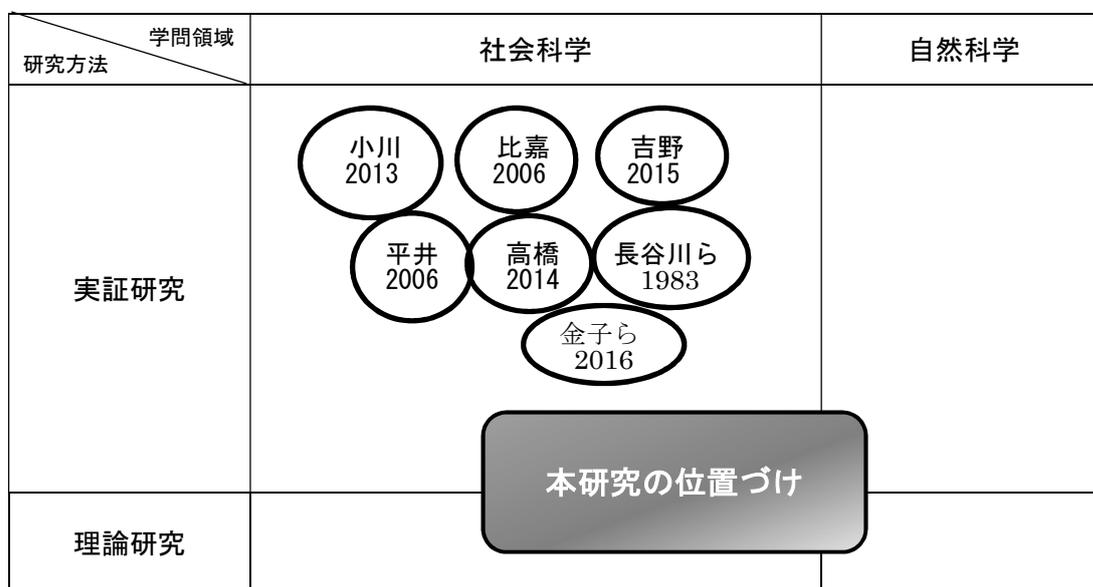
「実務面への実践への貢献」とは、具体的には以下の点である。すなわち、「イノベーション」の定義を明記し、A社が行った钣金補修に於ける一連の作業を、イノベーションの5つの定義と紐づけることによって、経営課題解決に向けたイノベーション創出のフレームワークを示したことである。更に、中小企業の企業価値創出の主要活動全てに関わる経営者の声を、製品開発サイドにフィードバックすることを「マネジメント・イン」と名付けた。そして、研究開発計画が技術思考に偏らないためには、経営・マーケティングといった経営視点からのアプローチ、すなわち「マネジメント・イン」の視点がまず先に求められることを明らかにしたことである。

第5章における学術的貢献は、A社の事例を、イノベーション創出の「失敗」事例として隠すことなく正面から取り上げ、その一連のやり取りを「記述」し、失敗を分析・分類することによって、アイデアを先ず様々な角度から検証しておけば、事業をより良い方向に導くことができることを明らかにした。こうした、失敗を「知識化」することによって、イノベーション創出の失敗事例としての知識の蓄積に貢献したことである。

また、技術開発における研究者(教員)と経営者(学生)のスタンスの違いを明らかにしたのは学術的新規性といえよう。そして、産学連携の遂行に当たっては、大学と企業間のコミュニケーションのみならず、研究者(教員)と経営者(学生)との間においても「マネジメント・イン」の視点を踏まえたコミュニケーションが求められることを指摘した。更に、

我々人間の限定合理性から生ずる「取引コスト」に注目して、なぜ、A社のような失敗事例が生じたのか理論的解釈を与えたのは学術的独自性である。

更に、本研究全体をとおしていえる独自性は、第1章の「1-4 研究方法」で述べたとおりである。すなわち、「自動車整備業」を対象とした先行研究と比較すると、本研究の位置づけは非常に特異性がある(図表 6-1 参照。)先行研究では、主に、「歴史研究(小川,2013)」、「資料分析(比嘉,2006、吉野,2015、平井,2006、高橋,2014、長谷川ら,1983、金子ら,2016)」などの研究方法により、自動車整備業を取り巻く課題や現状を明らかにするといった社会科学分野の実証研究が中心であった。一方、本研究は、そもそも研究の起点が「自然科学」における「実験」から始まっており、そこで生じた事象を社会科学の研究手法(事例研究と理論的解釈)で考察していく点に独自性があるといえよう。



出所：筆者作成

図 6-1. 先行研究と比較した際の本論文の位置づけ(再掲)

#### 6.4 ビジネスプラン(事業実践)の新たな展開

ここでは、ビジネスプランの新たな展開について述べる。

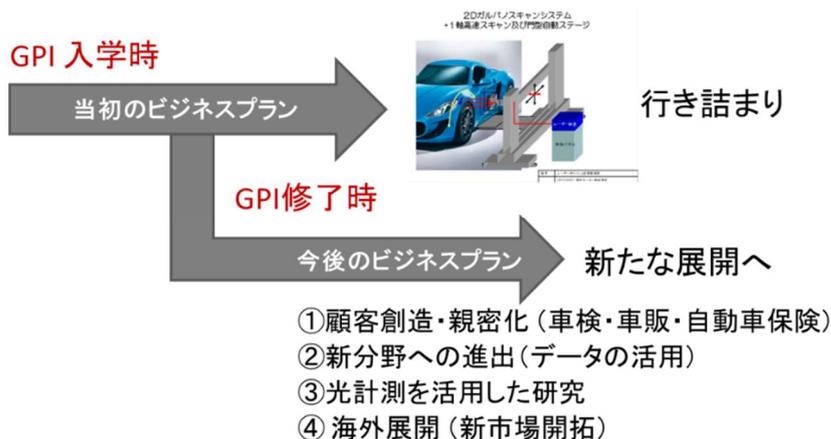
S氏が、光産創大に入学した切っ掛けは、レーザーを活用して钣金補修用パテ剤が研削できないかと云う発想であった。図 1-1 に示されたような 3次元レーザー研削装置で钣金補修ができたならば、熟練技術者がいない整備工場やディーラー、ガソリンスタンドでも钣金補修が可能になるであろうと考えた。自社には製作や販売のリソースが無いのでこれらは外部に委託して、自社はレーザー研削装置を駆動させるための 3次元データの取得とデータの販売に特化するビジネスモデルを考えていた。しかし、研究は行き詰ってしまったのであ

る。

そうした中で、本業である自動車整備業の強みは何か。他業界と比べて優位な点は何かを考えた結果、多くの顧客と顧客から得られる情報こそ自動車整備業の他業界に無い強みであることに気が付いたのである。レーザーによる钣金補修パテ剤の研削装置の研究は行き詰ってしまったが、これは将にその一連の研究からもたらされた大きな副産物といえよう。自動車整備業界では、車検台数の3倍の管理顧客がいると云われているが、A社は14,000台程の車検を行っていることを考えると、40,000を超える顧客を抱えていることになる。S氏は、五つ目の経営課題であるビジネスモデルの転換に向け、データを活用した新たなビジネスを考え始めた。しかし、データを活用したビジネスには40,000の顧客では少ないと考えたS氏は、他社が販売した自動車の車検整備をするだけでは、新車の販売時に付帯販売されるメンテナンス・パックによる顧客の囲い込みに奪われてしまうと考え、更なる拠点展開と自動車の販売による顧客の創造に取り組み始めた。そうした取組みによってまず始めに自動車保険の契約数を大幅の伸ばすことができた。更に、新分野として考えている生命保険の販売にも取り組み始めている。

今後も、顧客との繋がりを大切にしながら顧客情報と云うデータを活用した新たなビジネスを進めていこうと考えている。また、新たな市場を求めて海外にも進出を図ることができたが、国情の違いが更なる経営の課題を生み出している。この課題解決に向けて経営視点から継続的に研究していきたい。一方、A社の経営課題でもある人材不足と熟練技術者の減少への対応として、更なる取り組みも求められている為、光計測などの新たな光技術を活用した研究も続けて行かなくてはならないと考えている（図6-2参照）。

## ビジネスプランの新たな展開



出所：筆者作成

図6-2. ビジネスプランの新たな展開

## 6.5 今後の研究課題

研究課題も残されている。熟練技術者の高齢化や人材不足、低価格化など本論文で記述した様々な課題は依然解決されない中で、钣金補修パテ剤のレーザーによる研削以外の光技術を活用した研磨方法も検討する必要がある。また、新規分野への取り組みやプロジェクトの推進においても、「マネジメント・イン」の視点を踏まえたコミュニケーションを意識しながら、「スタンスの違い」と「取引コスト」にも配慮した経営を心掛け、イノベーション創出に挑戦し続けて行かなくてはならない。

一方で、企業を支える人材の不足や高齢化、また、働き方改革など雇用の変化に対応した経営も求められることから、経営学においても研究の継続が必要と痛感するところである。

## 6.6 光産業創成への貢献と産学連携の発展に向けた光産創大の役割

研究開発費や研究者が十分に居ない中小企業に在っては、近年の産業構造の変化や技術高度化に対応するためには、産学連携は欠かせないものである。そうした中であって、本論文は、中小企業が産学連携を活用し、新たな光産業の創生を試みるに当たり、次の2点について実践的な示唆を提供するものとする。

一つ目は、自社の作業プロセスと経営課題を紐づけることで、自社の経営課題の解決に向けたイノベーション創出に結びつくフレームワークを具体的に示したことである。

二つ目は、「失敗」を分類・分析しその原因を探ると同時に、産学連携における先行研究の分析と取引コストの発生を明らかにし、中小・零細企業が産学連携に入る前の大前提として認識すべき注意点を明示したことである。この2点は、中小企業のみならず、今後新たに光産業を創成しようとする企業にとって重要な示唆を提供することに貢献しているといえよう。

静岡県遠州地域においては、これまで地域をけん引してきた楽器や自動車、オートバイといった輸送用機器の成長に陰りが見えてきた。こうした中で2013年に光産創大は、この浜松が光の先端都市となることを目指し、静岡大学、浜松医科大学、浜松ホトニクスと共に「光の先端都市 HAMAMATSU」を宣言した。産学連携を通じて光の新たな応用を開拓し、新たな価値を創造する新産業創成を実践する光産創大の果たす役割は益々大きなものになっていくであろう。

### <参考文献一覧>

1. フィリップ・コトラー, 邦訳,大野和基 (2017):『コトラーマーケティングの未来と日本』株式会社 KADOKAWA
2. 畑村洋太郎 (2005):『失敗学のすすめ』講談社文庫,pp,
3. 三谷宏治 (2013):『経営戦略全史』株式会社ディスカヴァー・トゥエンティワン
4. 小川美香子 (2004):「情報公開が消費者の情報行動・購買行動に与える影響」『IPSJ SIG Technical Report』社団法人情報処理学会,2004 - EIP-24,pp,13-19
5. 坂井光藏・姜理恵 (2018):「経営視点からのイノベーション創出プロセスの検討 -自動車整備業の事例研究-」『経営実務研究』日本経営実務研究学会,13,pp,15-29

## 付録：業績目録

### 1. 論文

査読論文

「経営視点からのイノベーション創出プロセスの検討－自動車整備業の事例研究－」

坂井光藏・姜理恵（2018）経営実務研究 13号,p15-25,2018年12月31日

### 2. 抄録

① 「イノベーションエコシステム経営への挑戦－光技術を活用した自動車整備業の変革－」坂井光藏・姜理恵・江田英雄・沖原伸一郎（2017）産学連携学会第15回大会予稿集,p136-137

② 「自動車の钣金修理へのレーザー技術の応用－钣金補修材のレーザー研磨は可能か－」坂井光藏・寺田真吾・沖原伸一郎・江田英雄（2017）自動車技術会2017年秋季大会予稿集,p763-766

③ 「自動車整備業におけるイノベーション創出プロセス－経営的視点からの考察－」坂井光藏・姜理恵（2018）日本経営実務研究学会,第18回全国研究発表大会研究報告論文集,p11-14

### 3. 学会口頭発表

① 「イノベーションエコシステム形成への挑戦－光技術を活用した自動車整備業の変革－」坂井光藏・姜理恵・江田英雄・沖原伸一郎,産学連携学会,2017年6月16日,栃木県総合文化センター

② 「自動車の钣金修理へのレーザー技術の応用－钣金補修材のレーザー研磨は可能か－」坂井光藏・寺田真吾・沖原伸一郎・江田英雄,自動車技術会,2017年10月11日,グランキューブ大阪

③ 「自動車整備業におけるイノベーション創出プロセス－経営的視点からの考察－」坂井光藏・姜理恵,日本経営実務研究学会,2018年10月20日,東京国際大学

#### 4. 事業実践のマスメディア等への紹介状況

##### ※ 経営者・坂井光藏および坂井モーター紹介記事一覧

- ① 未使用車軽自動車浜松に専門店 日本経済新聞 2014年12月5日
- ② 軽の未使用車専門店オープン 静岡新聞 2014年12月6日
- ③ 初の未使用車専門店 日刊自動車新聞 2014年12月16日
- ④ 坂井モーターがミャンマーに進出 静岡新聞 2015年1月14日
- ⑤ 人口減や都市部での車離れで、国内の自動車関連市場が縮小する中、海外に進出して事業を展開する動きを紹介。中日新聞 2017年7月5日
- ⑥ 海外展開でのトラブル。中日新聞 2017年7月11日
- ⑦ 外国人技能実習生を現地で教育をし早期戦力化を実現 実習生が“稼げる”体制作りが外国人材確保のカギ アフターマーケット⑨ 2019年9月1日

#### 5. 補助金等獲得

補助金名：平成 25 年度中小企業・小規模事業者ものづくり・商業・サービス革新事業に係る補助金事業計画名：『カーアフターマーケットにおける钣金補修用 3D レーザー研磨技術開発』 補助金額：8,686,385 円  
坂井光藏・沖原伸一郎・渥美正次

#### 6. 共同研究

光産業創成大学院大学 共同研究 H25-H29  
坂井光藏・沖原伸一郎・寺田真吾

## 謝 辞

本論文の執筆にあたり、光産業創成大学院大学の姜理恵先生、江田英雄先生、沖原伸一郎先生、花山良平先生には、終始懇切丁寧なるご指導を賜り、心より感謝申し上げます。

また、分野ゼミに於きましては、坪井昭彦先生、杳名宗春先生、楠本利行先生、北原正先生には、本研究の遂行にあたり、多くのご指導ご助言を頂きましたことを、改めて御礼申し上げます。

更に、本学に於ける研究と事業実践の機会を与えてくれた武田信秀先輩には、お礼と共に今後も変わらぬご指導をお願い申し上げます。

本学に入学後の講義でご指導を頂いた、高橋宏誠先生、宇佐美健一先生、神谷好人先生、北川米喜先生、石井勝弘先生には感謝申し上げます。

そして、入学後早々にドイツのレーザー関連の見学に於いて、思い出と共に多くのことを教えて頂いた、瀧口義浩先生、(故)青嶋松寿様、福世訓久様、伊東翔様、門屋輝慶様、刀原寛孝様、武田信秀様、また「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」では、加藤義章先生、瀧口義浩先生、坪井昭彦先生、白井宏樹先生、沖原伸一郎先生、楠本利行先生には感謝申し上げます。光産業創成大学院大学で大変お世話になりました、事務局の石山貴之様、ものづくり中核人材育成講座よりお世話になりました加藤奈穂様はじめ、みな様にお礼申し上げます。

門外漢の、レーザーによるものづくり中核人材育成講座にも参加してくれ、本研究における実験の協力を快く引き受けてくれた、箕浦智仁様、寺田真吾様、補助金申請と報告書の作成に協力してくれた渥美正次様、また、忙しい中、研究と論文執筆に時間を割く私に快く協力してくれた社員の皆様にも心より、お礼申し上げます。

最後に、何も言わずに応援してくれた妻その美と娘の了に深く感謝します。