

2019 年度 博士学位請求論文

組織の二重性に関する考察
—活用と探索の関係性に着目した
特殊鋼専門メーカーの事例研究—

名古屋大学大学院経済学研究科

指導教員 山田 基成（教授）

氏 名 小澤 りりさ

目次

| | |
|------------------------------|----|
| 1. はじめに..... | 3 |
| 2. 先行研究..... | 6 |
| 2.1 二重性組織..... | 6 |
| 2.2 活用と探索の対立..... | 9 |
| 2.3 活用と探索の自律性..... | 11 |
| 2.4 二重性組織に関する議論の変遷..... | 16 |
| 2.5 技術進化..... | 20 |
| 3. 先行研究における問題点と本論文の分析方法..... | 23 |
| 3.1 先行研究における問題点..... | 23 |
| 3.2 本論文の研究課題と分析方法..... | 30 |
| 4. 愛知製鋼株式会社の事例分析..... | 33 |
| 4.1 愛知製鋼株式会社の概要..... | 33 |
| 4.2 鉄力あぐり・鉄力あくあの開発..... | 35 |
| 4.3 MI センサの開発..... | 39 |
| 5. 大同特殊鋼株式会社の事例分析..... | 44 |
| 5.1 大同特殊鋼株式会社の概要..... | 44 |
| 5.2 チタン合金製ゴルフクラブヘッドの開発..... | 45 |
| 5.3 TMR 型磁気センサの開発..... | 49 |
| 6. 2社のセンサ開発の分析..... | 55 |
| 6.1 自動車向けのセンサ開発..... | 55 |
| 6.2 携帯電話への採用（愛知製鋼株式会社）..... | 58 |
| 7. 考察..... | 61 |
| 7.1 事例分析の結果..... | 61 |

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 7.2 | 2社のセンサ開発事例から得られた示唆..... | 64 |
| 7.3 | センサ開発における他市場への進出..... | 73 |
| 8. | 結論および今後の展望..... | 76 |
| 8.1 | 結論と学術的貢献..... | 76 |
| 8.2 | 今後の展望..... | 77 |
| | 参考文献..... | 78 |
| | 補遺..... | 82 |

1. はじめに

日常生活の中で二刀流という言葉をよく耳にする。例えば野球においては、投手としても、打者としても秀でている選手に対して使用する言葉である。どちらか一方が秀でている選手はたくさんいるが、両方とも秀でている選手は数少ないために、貴重な存在として登用される。近年、経営学においても、組織に対して二刀流という言葉を用いることがある。主に直面する環境変化に対して組織がどのように対応するか、という点について二刀流という言葉を用いる。

例えば技術について、組織がこれまでに持つ技術の改善や改良を繰り返すような行動と、既存の技術とは全く異なる新たな技術を求めるような行動を同時に行う際である。つまり、改善や改良といった技術の連続的な変化への対応と、既存の技術とは異なる新たな技術の開発といった非連続的な変化への両方の対応を、同時に遂行することを指す。このような二刀流を実践する組織を、英語では **ambidextrous organization** と記すが、日本では先ほどの二刀流、二重性、両手利き、さらには両刀使いというように、その性質を表現する翻訳語は定まっていない。本論文では、この概念を組織の二重性あるいは二重性組織として、論文を貫くひとつの軸にする。

もうひとつの軸は、技術進化である。例えば、組織が何らかの製品をつくるときには、様々な技術が必要となる。組織は試行錯誤を繰り返し、製品をつくりあげるまでに多くの技術を蓄積する。そうした技術に対して、改善や改良を繰り返すことにより、製品のバージョンアップを試みたり、元の製品の一部を変化させた新たな製品をつくり出したりする。こうした積み重ねを行うことにより、組織は様々な製品をラインナップできるようになる。組織は改善や改良といった行動を得意とするため、小さな技術進化には比較的容易に対応することができる。

それに対して、既存の技術とは全く異なる新たな技術を求めることは苦手であり、組織にとってこれまでの技術の延長線上にはない、新たな技術を用いた製品に挑戦することは難しい。しかし、今ある製品を脅かすような新製品が現れたときには、改善や改良を行うだけでは歯が立たなくなってしまう。近年は特に、技術進化のスピードがはやくなっており、ひとつの製品群だけにとどまらない、新たな製品群を開発する必要がある。つまり、組織は非連続的な技術を求めるような行動をとることによって、組織の危機を乗り越える必要がある。組織が新たな技術を求める行動によって、衰退をたどるのではなく、さまざまな技術進化に対応する可能性を広げることが重要である。本論文では、この技術進化という事象に注目し、前述の二重性ととともに論じる。

この2つのテーマは、どちらも組織の長期的な存続を可能にする鍵となる。そのために様々な研究がなされてきたが、それらの先行研究には以下の2つの問題点がある。ひとつは、組織の二重性における経営陣による管理についての問題である。組織の二重性を達成するためには、経営陣による二重性の管理が必要 (O'Reilly and Tushman, 2016)

とされる。しかし、二重性を達成した成果が、経営陣の属人的努力の賜物となり、反復可能性に問題が生じる可能性がある (O'Reilly and Tushman, 2016)。本論文では、二重性を達成するプロセスを重視し、経営陣による管理に依存しすぎないための条件について考察する。

もうひとつは、技術進化における製品特性の違いについてである。製品は、それらが持つ特性により、組立型製品と素材型製品の二つに分類できる。前者は、自動車やパソコンに代表される、様々な部品から組み立てるという特性がある。後者は、石油や化学製品、鉄・アルミなどの金属製品など、素材そのものを変化させて製品を形成するという特性がある。こうした製品特性の違いから、その技術進化の焦点も異なるが、先行研究では必ずしもその製品特性の違いを考慮していない。技術進化の議論のほとんどが暗黙のうちに組立型製品を対象としており、素材型製品を対象としている研究は数少ない。素材型製品では、主に製造工程の連続化に焦点を当てるため、工程の細部を積み上げの的に、効率よく改良する技術進化が起こる。いわば、工程のインクリメンタル (incremental) な改善である。銑鋼一貫メーカーを事例対象とした米倉 (1987) によると、素材型製品は製造工程における技術蓄積が豊富になる傾向にあり、新分野進出は本業の徹底追求から起こるとされる。素材型製品では、こうした技術進化が一般的であると解釈できるが、本研究ではこの先行研究とは異なる技術進化の様子を明らかにし、素材型製品の研究成果の蓄積に貢献したい。

上記の問題意識を踏まえて、本論文では「活用と探索の両事業が、経営陣による管理に依存することなく、一つの企業内で併存する (組織の二重性) ために必要な条件は何か」という課題に取り組む。鉄鋼業、特に特殊鋼専門メーカー2社を事例対象とし、それぞれの技術進化の様子を分析する。事例で取り上げる2社はともに、特殊鋼を製造しながら、新分野としてセンサ分野に進出している。センサは組立型製品であることから、素材型製品である特殊鋼との製品特性の違いがある。製造工程の連続化という、主に工程に関する技術に注目する素材型製品をつくる特殊鋼専門メーカーが、主に製品をつくる際の技術に注目する組立型製品の分野に進出するため、注目する技術が異なる。よってその技術進化は全く異なることが予想される。ひとつの企業内における新分野への進出が既存事業の製造する製品とは異なるという点を強調しやすく、事例としては最適であると考えられる。したがって、本論文では、特殊鋼専門メーカーを研究対象とすることにより、本論文の二つの軸である、組織の二重性と技術進化の両テーマにアプローチすることが可能になる。この点が、特殊鋼専門メーカーに焦点を当てることの意義である。

本論文は、本章を含む8章から構成されている。次の第2章では、先行研究調査として、組織の二重性と、素材型製品における技術の進化についての研究の調査を行う。第3章では、先行研究調査の結果を踏まえて、本論文の研究課題を提示する。事例ベースの研究を行うために、その分析方法について紹介する。

第4章と第5章では、特殊鋼専門メーカーの事例分析を行う。第4章は、愛知製鋼株

式会社の事例である。鉄力あぐり・鉄力あくあの開発と、MI センサの開発の二つを用いて、新分野進出の様子を明らかにする。続く第5章は、大同特殊鋼株式会社の事例である。チタン合金製ゴルフクラブヘッドの開発と、TMR 型磁気センサの開発二つを用いて、第4章同様に新分野進出の様子を明らかにする。さらに第6章では、センサ開発に焦点をあてる。上記の2社は、ともに自動車向けのセンサを開発すると同時に、自動車以外の市場にも進出している。愛知製鋼は携帯電話、大同特殊鋼は紙幣判別機であるが、ここでは愛知製鋼の携帯電話市場への進出を主に議論する。

第7章では、先行研究調査にて明らかになった、組織の二重性における経営陣による管理と役割に注目し、事例分析において先行研究とは異なる知見が検出できた理由を検討する。組織の二重性において、経営陣に依存しすぎることなく、探索を可能にする要因と条件について考察する。さらに、自動車以外の市場への進出を踏まえた議論を行う。最後に第8章では、本論文における結論と学術的貢献について述べ、本研究の限界と今後に残された課題を指摘する。

2. 先行研究

本章では、先行研究の調査を行う。第1節では、二重性組織(ambidextrous organization)に関する先行研究を調査する。まずは二重性とは何かという点につき、活用と探索というキーワードを用いて論じる。次に、活用と探索を同時に行う組織について、先行研究における議論を述べる。第2節では、活用と探索の間にある対立関係に関連する議論と、活用と探索の二重性を達成するための要件や管理の方法について述べる。第3節では、組織の二重性における、活用と探索を行う事業の自律性に焦点を当てる。組織論において、自律性がどのように議論されているのかを整理する。第4節では、組織の二重性について、TushmanとO'Reillyらの議論の変遷をたどることにより、本論文における議論の焦点をさらに明確にする。最後の第5節では、活用や探索に関わる技術に注目し、開発を行う際の技術とその進化について述べる。製品を製造するためには、様々な技術が必要とする。その製品には、組立型製品と素材型製品という、2つの特性がある。製品特性により異なる技術進化について、特に本事例の対象である素材型製品の技術進化について、主に先行研究の調査を行う。

2.1 二重性組織

近年、組織論では、組織が技術イノベーションに適応する際の困難性について様々な観点から議論がなされてきた。例えば、製品のアーキテクチャに注目した技術への適応困難性(Henderson and Clark, 1990)や、顧客と企業との関係性の変化に注目した破壊的イノベーション(Christensen, 1997)の議論である。これらの議論は、Abernathy and Clark(1985)が、企業が持つ技術やノウハウが能力破壊型のイノベーションにおいては意味をなさない指摘したことと端を発する。組織がこうした技術転換に対応するために、新しい技術を扱う事業を既存事業から引き離すことの有効性が指摘されてきた(Henderson and Clark, 1990; Utterback, 1994; Christensen, 1997)。

活用と探索について組織学習論の見地から述べたMarch(1991)によると、組織が長期的に存続するための課題は、既存の資源とケーパビリティを活用すると同時に、市場や技術の変化によってもたらされる関連のなさを回避するために十分な探索をすることである。活用は「改善、選択、製造、効率性、淘汰、実行、履行」を、探索は「探す、変異、リスク選好、実験、遊び、柔軟性、発見、イノベーション」を含む活動であるとキーワードを並べて論じている。しかし、この課題に同時に対応すること、つまりは活用と探索のバランスをとることは難しい。なぜなら、この2つの活動は、組織の中の希少な資源をめぐって争う関係にある(Benner and Tushman, 2003; He and Wong, 2004; Raisch, Birkinshaw, Probst, and Tushman, 2009)ためである。

March(1991)は、活用と探索をトレードオフの関係にあるとし、様々な理論を引い

て活用と探索の間のバランスについて論じた。例えば、組織学習の観点から、活用と探索のバランスの問題は、既存の技術を洗練することと、新しい技術を発明することの間に生み出されるとした。新しいアイデアを探索することにより、既存の技術の進化するスピードは減速する。既存の技術が陳腐化すると、それに伴って新たな試行が生まれるのである。しかし、活用からのリターンに比べて、探索からのリターンは不確実性が高く、リターンのスピードも遅い。組織にとって長期的には良いとされることが、必ずしも短期的にも良いとは限らない。したがって、組織は活用を増やし、探索を減らすという傾向にあり、適応性はあるが、潜在的に自己破滅的なプロセスを生み出すとした (March, 1991)。

活用と探索という2つの活動の管理について、O'Reilly and Tushman (2013) では、3つのアプローチがあることを明らかにし、それらに名前を付けて整理した。一つ目は逐次的二重性、二つ目は構造的二重性、三つ目は状況的二重性である。逐次的二重性とは、課業環境の違いに対して、組織がその構造を変化させて対応することを指す。その代表的論文である Duncan (1976) は、イノベーションのプロセスの段階を2つに分類した。ひとつは創始段階 (the initiation stage) であり、もうひとつは実施段階 (the implementation stage) である。それぞれの段階においてふさわしい構造が異なるため、段階の移行に伴って、組織構造も移行させる必要がある (Duncan, 1976) とした。O'Reilly and Tushman (2013) は、この時間の経過に沿った構造の変化を、逐次的な二重性として整理した。

次に構造的二重性は、前述の Duncan (1976) の逐次的二重性を批判する形で登場した。Tushman and O'Reilly (1996) は、組織が外部環境の急激な変化に直面したときには、逐次的二重性は有効ではないとし、組織内に同時に二重性を存在させることを主張した。すなわち、March (1991) の活用と探索の議論を用いると、組織は活用と探索を同時に行う必要があるというのである。そして、その活用と探索について、組織内に構造的に分離させた自律的なユニットをつくることを提案した。その後、O'Reilly and Tushman (2004) , O'Reilly and Tushman, (2016) へと続く重要な研究潮流となり、後続の様々な研究者により議論が行われている。

最後の状況的二重性は、組織内の個人に焦点を当てている。組織内の個人の時間を、どのように活用あるいは探索を行う活動に振り分けるかを、個人が決定できるよう組織の特性を設計することで、二重性を達成可能にしようとする議論である。代表的な研究は Gibson and Birkinshaw (2004) であり、彼らはその論文の中でも、状況的二重性 (contextual ambidexterity) という言葉を使用している。その定義は、「ビジネス・ユニットレベルでの協調と適応を同時に達成する能力」としている。協調と適応という矛盾した要求に対する個人の時間配分を、その個人自身で判断できるように促すプロセスあるいはシステムの構築に焦点を当てている。以上の三つのアプローチを表1に整理する。

| 二重性の種類 | 特 徴 | 主な論文 |
|---|-----------------------|------------------------------|
| Sequential (逐次的二重性) | 環境変化に対応した逐次的な二重性 | Duncan (1976) |
| simultaneous /structural (構造的二重性) | 自律的な下位ユニットとしての構造的な二重性 | Tushman and O'Reilly (1996) |
| Contextual (状況的二重性) | 個人の時間配分をもとにした状況的な二重性 | Gibson and Birkinshaw (2004) |

表 1 二重性組織の三つのアプローチ

注：O'Reilly and Tushman (2013) を参考に、筆者作成

このように、二重性組織には三つのアプローチがあるが、近年の研究潮流においては、二つ目の構造的二重性のことを二重性組織とすることが多い。つまり現在の研究の焦点は、活用と探索を組織の中でどのように管理するのか、という点にある。本論文で扱う二重性組織も、構造的二重性 (Tushman and O'Reilly, 1996) のことを指す。

Tushman and O'Reilly (1996) では、活用における戦略、スキル、構造、文化のセットとは異なる、別の戦略、スキル、構造、文化のセットを、探索についても用意する必要性を説いた。つまり、活用と同じ戦略、スキル、構造、文化のセットを探索に用いるのではなく、探索に新しい一連のセットを与えるということである。その上で、活用と探索を組織構造上分離する必要があることを論じた。分離する必要があるのは、活用と探索を行う事業の間に対立が生じるためであり、この対立を治め、分離した事業を統合する経営陣の役割について述べた。さらに O'Reilly and Tushman (2004) では、二重性組織の構造として、事業部制組織の形態を示した。そして、活用と探索を行う事業それぞれの自律性を強調した。彼らは経営陣の役割についてもさらに詳しく述べ、活用と探索の各事業とのコミュニケーションをとり、各事業を統制する必要性があるとした (O'Reilly and Tushman, 2004)。

O'Reilly and Tushman (2016) では、多くの事例を用いて組織の二重性を議論し、経営陣の役割についてさらに焦点を当てている。そして、組織が二重性を達成するための要件を提示した。次節では、活用と探索における対立の存在と、対立の管理について述べる。次に、O'Reilly and Tushman (2016) についてさらに詳しく掘り下げ、組織の二重性についての理解を深める。

2.2 活用と探索の対立

組織の二重性において、活用と探索は組織の中の希少な資源をめぐる競争関係にある (Benner and Tushman, 2003; He and Wong, 2004; Raisch, Birkinshaw, Probst, and Tushman, 2009)。彼らは、活用と探索の競争をトレードオフ関係とする。これは Thompson (1967) が、企業が長期的に存続し、成功するためには、効率性と柔軟性のトレードオフを管理する必要があると説いたところに起源がある。活用と探索はトレードオフ関係にあることから、同時に管理することが難しい (Cohen and Levinthal, 1990; March, 1991) と指摘される。そうした困難性を持つ活用と探索を組織の中でどのように両立させるのかを説いたのが、組織の二重性の議論である。第1節においては、組織の二重性についての三つのアプローチを提示し、二重性の管理における各々の特徴を述べた。

活用と探索がトレードオフ関係にあり、どちらか一方を選ぶ状況におかれた際には、組織は活用を選ぶことが多い (Levinthal and March, 1993)。これは組織が短期的な成功を確実にするための既存資源の活用を好む (O'Reilly and Tushman, 2013) ためである。さらに組織は、たくさんの使用不可能なアイデアが生まれ、定義上非効率であるとされる探索を避ける傾向にある (O'Reilly and Tushman, 2013)。しかし彼らは、長期的な存続のためには、組織が活用と探索を同時に行うことで二重性を持つ必要がある (Tushman and O'Reilly, 1996) とする。

活用と探索のトレードオフの解消についての議論もある (鈴木, 2007; 2014)。鈴木 (2007) では、必ずしも活用が探索の実践を妨げるとは言い切れないことを実証的に示唆した。さらに鈴木 (2014) は、活用と探索のトレードオフ関係を解消する条件について考察し、以下の三つの条件下では活用と探索のトレードオフ関係が希薄になることを示した。

ひとつは、組織が問題に動機づけられたサーチを行ったときである。問題に動機づけられたサーチとは、組織が設定した成果に満たない結果に終わった際に、従来の組織の行動を大幅に修正しようとすることを指す。例えば、組織が活用を続けた結果として業績低迷が生じた場合、その業績低迷という問題を解決すべく、新たな代替案を探そうとする状況のことを指す。つまり、組織がこの問題に動機づけられたサーチを行ったとき、これまで採用していた行動とは異なる行動、つまりは活用とは異なる探索を行う可能性が高くなり、逆もまたしかりである。このとき活用と探索のトレードオフ関係は希薄になる。

ふたつ目は、組織が意図的な学習を行ったときである。意図的な学習とは、組織が経験から学習する際に、得られた知識を明確化および文書化する行為を通じて学習することを指す。意図的な学習を行うことにより、「既存の知識・技術が成果を生む因果関係や、その適用範囲を正確に理解する過程は、組織を新しい知識の追求へと駆り立て (鈴木, 2014)」る。すなわち、意図的な学習は、既存の知識や技術の学習、いわば活用を行うことにより、新たな知識の追求つまりは探索へと組織を駆り立てるということであ

る。この意図的な学習は、組織が同じ知識を繰り返し明確化・文書化をするような、活用に注力する組織において顕著に観察される。なぜなら、探索に注力する組織では、明確化・文書化する対象である知識が多様であり、既存の知識との断絶が大きく、活用に注力する組織と比較すると、因果関係や適用範囲を正確に理解することが難しいためである。したがって、活用に注力する組織が意図的な学習を行った場合には、新たな知識の探索へと駆り立てられる。このときに活用と探索のトレードオフ関係が希薄になる。

三つ目は、組織が分化を行ったときである。分化とは、元々生物学の領域で議論されており、「ある種の個体群が地理的にはなれたニッチに隔絶された結果、元の種とは異なる種に変化する過程（鈴木，2014）」を意味する。これを組織に当てはめると、知識や技術の活用を行っていた組織が新たな分野へとアクセスする際に、既存の知識の活用に様々な手直しを加えているうちに、元の知識や技術とは大幅に異なった知識や技術の体系を築くことを指す。こうした既存の知識や技術を転用することは、新たな知識を習得する必要があり、活用から新たな知識の探索へと移行させる。この時に活用と探索のトレードオフ関係が希薄になる。

多くの先行研究では、活用と探索のトレードオフ関係（Benner and Tushman, 2003 ; He and Wong, 2004; Raisch, Birkinshaw, Probst, and Tushman, 2009）を前提として議論を進めている。鈴木（2007 ; 2014）のように、活用と探索が常にトレードオフ関係にあるとは言いきれないとして、トレードオフの解消を議論する研究もある。したがって、活用と探索のトレードオフ関係についての議論は、統一した見解を得られているとは言えない。

活用と探索のトレードオフ関係は、活用と探索の間に対立があるために、その存在を認めている。したがって、トレードオフ関係という概念を用いず、活用と探索の対立を議論する先行研究も存在する。柴田ら（2017）は、活用と探索の対立は製品代替性に起因するとした。その上で、共食い型、補完型の二種類の型が存在することを示した。共食い型は、製品代替性が高く、活用と探索の対立も高い状態を指し、補完型は製品代替性が低く、活用と探索の対立も低い状態を指す。図1に、類型化した二つの型を図示する。柴田ら（2017）は、製品代替性の高低によって、二重性の管理の仕方を変える必要があることを、事例を用いて明らかにした。

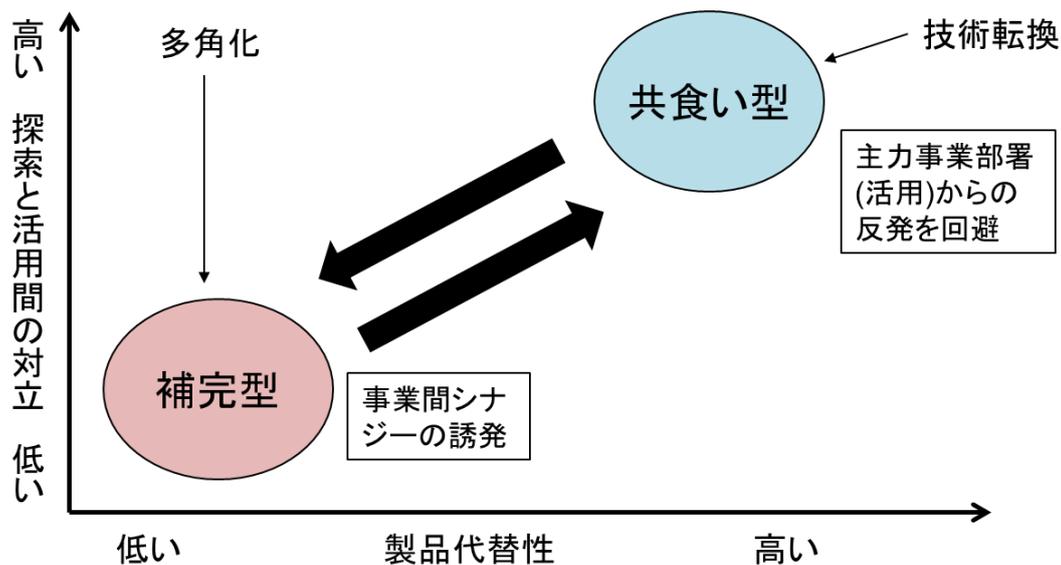


図 1 製品の代替性と活用・探索の対立

注：柴田ら（2017）を参考に，筆者作成

このように，活用と探索には対立関係が存在し，その対立関係をいかに管理するのかという点が組織の二重性にとって重要である。柴田（2017）が明らかにしたように，活用と探索の間の対立の程度は，製品の代替性という要素が影響すると考えられている。本論文でも，活用と探索のトレードオフ関係という概念は用いず，活用と探索の間に起こる対立について専ら議論する。

2.3 活用と探索の自律性

前節では，活用と探索の対立について論じたが，この節ではその活用と探索を担う事業に目を向け，その特徴について議論する。組織の二重性の議論では，活用と探索を行う事業の自律性が強調される。例えば，Tushman and O'Reilly（1996）は，組織内に活用と探索の構造的に分離したユニットをつくり，そのユニットが自律性を持つ必要があるとした。さらに O'Reilly and Tushman（2004）では，事業部制組織の形態を提示し，これを二重性組織の構造とした。

組織論において自律性は，職務特性（Hackman and Lawler, 1971; Hackman and Oldham, 1976; 1980）および分化と統合（マーチ&サイモン, 1977; ローレンス&ローシュ, 1977）の観点から議論される。はじめに Hackman and Lawler（1971）は心理学的な視点から，職務特性を多様性，自律性，タスク・アイデンティティ，フィードバックの四つに分類

し、モデル化した。このモデルを発展させた Hackman and Oldham (1980) では、新たにタスクの有意性を加え、職務特性モデルとした。自律性は、職務遂行に際しどれほど自身の意見を反映することができるのか (Hackman and Lawler, 1971) ということを指し、組織内の個人に対して責任感を認識させる働きを持つ。

次に分化と統合について、マーチ&サイモン (1977) では、安定した環境下における、専門分野への分化による組織の分業について論じた。ローレンス&ローシュ (1977) は、環境の不確実性に対処するために分業を行うとした。分化は環境の不確実性に影響され、不確実性の増大に伴って分化も増大する。組織がいくつかの職能に分かれて分業を行うことで、組織のメンバーは次第にその職能についての専門家になる。分業により専門性が高まると、組織メンバーの間に異なる志向性や意識が生まれ、部門間にコンフリクトが生まれる可能性も高くなる。その一方で、組織として目標を達成するためには、分業した職能にまとまりを持たせる必要がある。このとき、指揮命令系統を持つ垂直的な関係ではなく、水平的な関係による統合が重要になる。言い換えれば、階層による統合ではなく、職能部門の統合者や統合部門の設置により、水平的な職能の調整を行うという統合である。ローレンス&ローシュ (1977) は、分化の程度が大きくなるにしたがい、統合の困難性が高くなるとした。

分化と統合をシステムの視点から捉えた Bertalanffy (1968) によると、分化とは、あるシステムが全体性を持つ状態から、システムの各要素が部分として独立することを指す。しかし、たとえ分化したとしても、システムの各要素がバラバラになってしまうことはない。これは、独立した部分が主に全体のふるまいを決めているためであり、システムとして統合されている状態である (Bertalanffy, 1968)。こうして分化と統合によりシステムが秩序を増すとき、そのシステムには階層が出現する。階層の下位レベルが部分、上位レベルが全体として示され、岸田 (1986) によると、階層は統合の基本的な形である。下位レベルである部分にコンフリクトが存在した場合、上位レベルである全体が統合することより、階層としての安定性を得られる (岸田, 1986)。高木 (2013) では、階層が単なる上下関係ではなく、2つの側面を持つことを明らかにした。図2の通り、ひとつは包括的視点、もうひとつは全体への意識である。

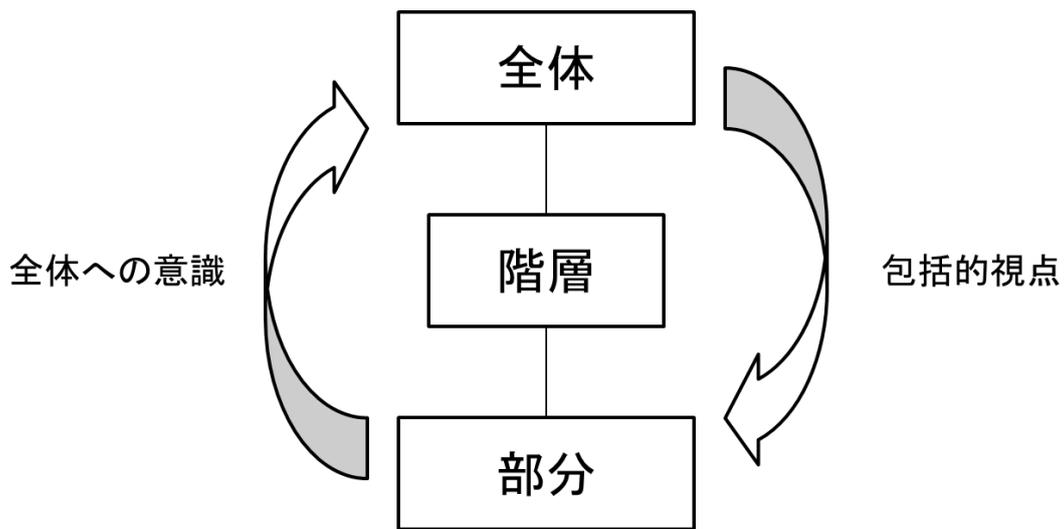


図2 階層の2つの側面

注：高木（2013）を参考に，筆者作成

分業による専門化は、ひとつひとつの職能における組織メンバーの志向性や異なる意識を生み出す（ローレンス&ローシュ，1977）。これは、それぞれの職能が自律性を持つということであり、専門性の高まりに応じて自律性も強くなる。このために、部門間にコンフリクトが発生し、コンフリクトに対処するための管理が必要になる。階層においては、支配という上からのコントロールが一般的である。このとき、部分の自律性が奪われる可能性があるという批判に対し、高木（2013）は、単なる上下関係ではない階層の2つの側面を指摘した。上からのコントロールに対し、下からのコントロール（岸田，2013）であり、図2にある全体への意識である（高木，2013）。

このように、水平的な調整による統合と、垂直的な階層による統合など、統合についての見解は様々である。ローレンス&ローシュ（1977）は、環境の不確実性に応じて、最適な組織構造が異なることを明らかにした。さらに Galbraith（1977）は、環境の不確実性に対してどのように組織をデザインするのかという問題に取り組んだ。こうした環境と組織の適合が好業績をもたらすと主張したのが、状況適合理論である（岸田，2013）。

こうした環境と組織の適合という理論展開の中で、Thompson（1967）は、組織が長期的に成功するためには、効率性と柔軟性を組織構造の配列を変化させることによって管理する必要があると述べた。Weick（1969）は、安定性と柔軟性の維持を組織生存の要素として指摘した。Duncan（1967）は、環境の変化に対応した逐次的な組織構造の変化を説いた。イノベーションのプロセスの創始段階と実施段階に影響する組織特性として、複雑性、公式化、集権化があり、それぞれの段階において影響する組織特性の程度が異なる。創始段階では、複雑性が高いほど多くの情報がもたらされるために、イノベーションを行う必要性を増大させる。そして公式化の程度が低いほど規則や特定の手續

きに縛られることが少ない、すなわち制約のない柔軟性があり、探索を妨げられる可能性が低い。最後に集権化の程度が低いほど権限の階層は小さく、意思決定への参加がしやすいために、情報へのアクセスを増大させることができる。その一方で実施段階では、複雑性が低く、公式化と集権化の程度は高い方が、実施を妨げる可能性のあるコンフリクトやあいまい性を削減できるとした。このように、それぞれの段階における組織特性が異なるために、段階の経過に伴った組織構造の変化が必要であるとした。状況適合理論は、環境の変化、すなわち環境の不確実性を問題とし、不確実性への組織の対処について議論した。

こうした組織構造の視点から、本論文では自律性を「他者の意思決定に依存せずに自らの業務を遂行できる程度」と定義する。自律性は、これまでに述べてきた階層や集権化の概念と密接な関わりを持っている。分業により各部門の専門性が高まると、それぞれの職能分野の専門的な業務においては、自律性の程度が高まる。しかし、組織の目的を達成するためには、分化した部門どうしの協働的關係を構築する必要がある。本論文において議論する二重性組織においても同様に、下位階層の部門は自律性を与えられる一方で、それらの部門間における相互依存性の調整が必要とされる。例えば、部門間で資源を共有したり、専門外のことについて他部門に依存したりすることは決して珍しくない。つまり、自律的な部門といえども、経営陣の管理に依存することや、他部門との相互依存性を完全に否定しているわけではない。これに関して O'Reilly and Tushman (2016) は、活用および探索を行う事業の間に資源を共有する必要性があると述べたが、それぞれの部門を自律的なユニットであると措定している。しかしながら、先行研究は自律性という言葉を定義せずに使用しているため、その議論にあいまい性が残っている。そこで本論文では、分化と統合という組織構造に関する先行研究および組織の二重性についての一連の先行研究を調査した結果、上記の通り自律性を「他者の意思決定に依存せずに自らの業務を遂行できる程度」と捉えて以後の議論を進める。さらに自律性の内容を深く検討するため、測定項目を明示する。

本論文では、集権化の測定尺度についての研究から、自律性について論じる。組織構造の構造変数の操作化については、Hall (1963) の研究や、Pugh ら (1963 ; 1968) をはじめとするアストン・グループの研究など、さまざまな研究がある。榊原 (1979) は前者の Hall の測定尺度は「組織成員の知覚にもとづく主観的尺度」であり、後者の Pugh らの測定尺度は「組織構造の客観的・制度的尺度」の開発であると評価する。野中ら (1978) は、Hall や Pugh らが用いた質問項目を翻訳した。また、藤本 (2009) は Hall らによる質問項目を、「質問票回答者の自律性あるいは他者への依存性を見ようとしている」とし、Pugh らによる質問項目を「具体的な意思決定事項がどの階層でなされるのかを調べようとしている」とした。

本論文では自律性について議論するため、まずは Hall らの研究に着目する。藤本 (2009) は、野中ら (1978) で示された Hall の質問項目のうち、権威階層に関わる 12 の質問項

目を抜き出し、三つに分類した。その分類は、組織の階層性を直接的に表す質問項目、上司への依存あるいは上司からの自律、非特定の他者への依存あるいはそれらからの自律の三点である（藤本，2009）。これらの質問項目のうち、特に二点目の、上司への依存あるいは上司からの自律に関する質問項目を以下の表2に記す。

| | |
|-------|------------------------------------|
| 第20項目 | 監督者が決定を認めるまではほとんど行動できない。 |
| 第38項目 | いかなる決定も上司の承認がなければならない。 |
| 第50項目 | ささいな事柄でも最終的回答を誰か上の人に問い合わせなければならない。 |
| 第62項目 | どんなことでも実行に移す前に上司にお伺いを立てねばならない。 |

表2 上司への依存あるいは上司からの自律に関する質問項目

注：野中ら（1978）¹および藤本（2009）を参考に、筆者作成

表2にある4つの質問項目は、権限階層についての12の質問項目の一部である。こうした質問項目の実施を行うことで、階層および集権化と自律性の関係性は捉えられる。組織の構造変数の操作化について様々な研究が行われることにより、組織についてより正確な描写が可能になる。

先述のアストン・グループの研究について、岸田（2013）は「内部環境たる規模と組織構造の関係を示した」研究であるとし、実証の結果、規模が増大すれば、活動の構造化（専門化・標準化・公式化）が増大することが示された」と評価する。岸田（2000）は、「状況適合理論では、おしなべて職能部門制組織の上に、公式の水平的関係（統合メカニズム）が重ねられ、それがマトリックス組織に至ることが含意されている」とした。岸田（2013）では、マトリックス組織について「近年、二重性を内蔵する組織のあり方が問題にされる」とし、「既存事業群と新規事業群を分け、両者を重役が統合する組織」を二重性組織であるとした。

Tushman and O'Reilly（1996）は、近年における環境の急速な変化を踏まえ、構造的な二重性の有効性を主張した。さらにO'Reilly and Tushman（2004）は、組織の二重性の構造を事業部制組織の構造として示した。このとき、活用と探索を行う各事業は自律的なユニットであるとした。探索の際に、活用を行う事業とは異なる、新たな事業部としての構造分離を強調したのである。すなわち、探索を行う事業も、活用を行う事業と同じ階層のレベルで自律的に活動することを示唆している。探索を行う事業は、活用を行う事業と比べて新しく、ともすれば組織内で、特に探索を行う事業から邪魔な存在で

¹ 項目番号は、野中ら（1978）が翻訳した質問項目の番号をそのまま載せている。

あると見なされる可能性が高い (O'Reilly and Tushman, 2016)。そうした活用を行う事業を、探索を行う事業と同じ階層レベルの事業部とすることに、事業部の自律性という意味が込められていると考える。

探索を行う事業への社内の圧力を減らす役割を担うのが経営陣である。組織の構造としては、活用および探索を行う事業の上位レベルに経営陣がおり、彼らは下位レベルの管理を行う。経営陣は、探索を行う事業が組織の資源を有効に活用できるよう援助し、上位レベルから活用および探索の活動を管理するのである。

この階層という概念を用いて、経営陣と活用および探索を行う事業の関係性を議論することができる。活用および探索を行う事業は自律性を持つ (Tushman and O'Reilly, 1996; O'Reilly and Tushman, 2004) が、その自律性は経営陣の管理の強さにより影響を受ける。例えば、経営陣による管理が強くなりすぎるあまり、活用および探索の事業がその自律性を奪われるという状況に陥る可能性がある²。O'Reilly and Tushman (2016) は、経営陣による管理の重要性を述べているが、経営陣の管理の強調は活用および探索の事業の自律性を奪いかねないという問題をはらんでいる。経営陣による活用と探索の管理と、活用と探索の事業が持つ自律性の関係については、議論の中心となるタッシュマンとオリリーらの研究の中でも揺れ動いている。次の節では、彼らの研究の変遷について議論する。

2.4 二重性組織に関する議論の変遷

二重性組織については、O'Reilly および Tushman らを中心として議論されてきた。Tushman and O'Reilly (1996) から 20 年以上の年月を経て、彼らの主張がどのように積み上げられてきたのかについて整理することを試みる。

Tushman and O'Reilly (1996) は、Duncan (1976) が主張した、環境の変化に応じた組織構造の変化を批判する形で登場した。組織論においては、環境の変化、主に環境の不確実性に応じて組織がどのように対応するのか、という点が議論されてきた。つまり、環境の変化に応じて、組織構造や組織課程をどのように変えていくのか、ということである。しかし、Tushman and O'Reilly (1996) では、環境の変化に応じて組織構造を変化させるのではなく、環境の変化に応じて、活用と探索を行う事業を組織の中に両立させ、同時に存在させることを主張した。構造的な二重性と呼ばれるゆえんはそこにある。

O'Reilly and Tushman (2004) では、組織構造を明示し、事業部としての自律性を強

² 一方で、活用および探索の事業の自律性が強くなりすぎるという状況も、可能性としては考えられる。その時には、経営陣による管理ができず、活用および探索の事業が自分勝手に行動することになりかねないが、組織の性質上、そのような事態になることは考えにくい。この点については、本論文の主旨からは外れるため、別の機会に論じたい。

調した。例えば、職能部門制組織でもなく、職能部門に新たに新規事業を付加するのでもなく、さらには、職能部門制のもとで新規事業を展開する構造をも否定した。つまり、活用を行う事業と同様に、探索を行う事業を設置することの重要性を指摘した。活用を行う事業と、探索を行う事業を、それぞれ自律的なユニットとみなし、経営陣による管理の必要性を説いたのである。

O'Reilly and Tushman (2013) は、二重性組織についてのレビュー論文である。組織の二重性を 3 つに分類し、それぞれについての研究の広がり整理了。Raisch and Birkinshaw (2008) , Turner, Swart, and Maylor (2013) など、他にもレビュー論文は存在するが、O'Reilly and Tushman (2013) は、二重性組織を分類し、過去、現在そして未来への展望を描き、二重性組織の研究について体系的に整理している点で優れている。

O'Reilly and Tushman (2016) では、たくさんの事例を取り上げながら、二重性組織の有用性を強調した。組織が変化することの重要性を問題意識とし、変化できずに消失した企業と、変化することで成功した企業を事例分析している。さらに図 3 にあるように、イノベーションストリームという概念を提示し、組織がイノベーションを起こす領域を四つに分類している。組織がイノベーションを起こすときに、組織能力が既存か新規か、進出する市場が既存か新規かという 2 つの軸による分類である。

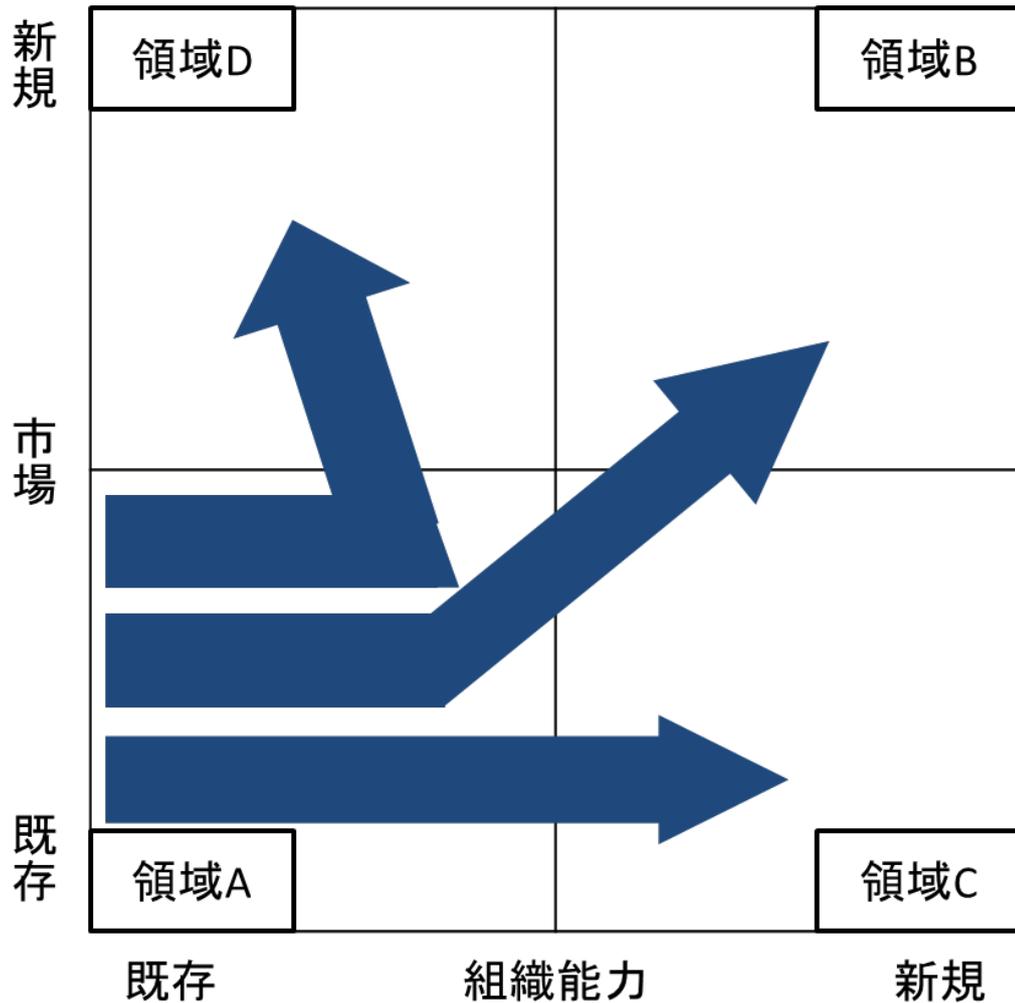


図 3 イノベーションストリーム

注：O'Reilly and Tushman (2016) を参考に，筆者作成

領域 A は，企業が既存の組織能力を拡大し，新しい製品やサービスを既存市場に提供する場合である。領域 B は，新しい組織能力を開発し，かつ新市場に対応するという，最も破壊的な場合である。領域 C は，既存の市場に新しい製品やサービスを届けるために，新しい組織能力を身につける必要がある場合である。領域 D は，既存の組織能力を使うが，新しい異なる市場に対応する場合を指す。このとき，領域 A がいわゆる本業を指す。そして，長期的成功のために，本業を超えて，新しい組織能力や新しい市場の必要性を主張する。すなわち，領域 A という本業を行いながら B, C, D という他の領域へと進出することが，組織の二重性の達成を示している。

彼らは，活用と探索の二重性を達成するための四要件を提示した。その四要件とは，重要なものから順に，戦略的意図，経営陣の関与と支援，両利きのアーキテクチャ，共

通のアイデンティティである。一点目の戦略的意図とは、活用と探索の必要性を正当化し、探索を行う事業が組織能力や既存の資産を利用可能にすることを意味する。この戦略的な意図がなければ、活用と探索を同時に行うことは困難を極める。なぜなら、活用と探索の同時実行は非効率であり、多くの場合探索の取り組みがつぶされてしまう結果になるからである。二点目の経営陣の関与と支援とは、探索を行う事業への安定的な資金供給を行うための、経営陣の積極的な関与のことである。経営陣の関与や支援がなければ、探索は邪魔なものであり、さらには活用の脅威であると見なされてしまう恐れがある。

三点目の両利きのアーキテクチャとは、活用と探索、特に探索の事業を構造的に分離するよう、組織設計することを指す。二重性の組織形態を構築する上で重要な点は、探索を行う事業が組織の既存の資産を有効に利用できるようにすることである。四点目の共通のアイデンティティとは、活用と探索の両事業にまたがる、ビジョン、価値観、文化力の共有のことである。これらを共有することによって、活用と探索が競争するのではなく、互いに協働しやすい環境をつくりあげることができる。O'Reilly and Tushman (2016) は、これらの四要件は必要条件であるが、十分条件とは言えないことを主張した。そして、この四要件に加えて、リーダーとなる経営陣³による二重性の管理の重要性を述べた。経営陣がいかに活用と探索を管理し、組織を成功に導くかという点を強調した。

O'Reilly and Tushman (2016) による事例分析の結果、両利きの経営についてのひとつの問題点が明らかになった。それは、組織の二重性を達成するプロセスは「反復可能であってしかるべきで、一回限りで終わってはならない」が、彼らの事例では、組織の二重性達成の成果が「プロセスよりも、むしろ属人的努力の賜物である」(O'Reilly and Tushman, 2016) という点である。組織の二重性を達成することが、二重性達成を率いた人物の取り組みの結果であり、例えば後任者が同じような取り組みが可能であるとは限らないのである。

³ O'Reilly and Tushman (2016) では、リーダーという言葉の使い方にあいまい性がある。多くは、探索を行う事業のリーダーのことを指しているが、時に経営陣という言葉を用いたり、幹部チームという言葉を用いたりする。活用と探索を管理する対象についても、リーダーと表記している。本論文では、こうしたあいまい性を持つリーダーという言葉を用いず、活用と探索を管理する対象については経営陣と表記する。そして、活用および探索を行う事業のリーダーについては、誤解を招く可能性があるために、観察の対象から外している。これは実際の組織においてリーダーが存在しなかったということを示すのではなく、あくまで経営陣の管理に焦点を当てることにより、議論を明確化するためである。代わりに、活用および探索の事業において重要となる自律性という言葉を用いて、事業という単位で観察を行った。つまり、活用と探索を管理する経営陣と、活用と探索を行う事業を対比する形をとっている。

2.5 技術進化

これまでは組織の二重性についての先行研究を調査した。本節では、本論文が対象とする鉄鋼産業に注目し、どのような技術進化が起こるのかという点について先行研究を調査する。はじめに鉄鋼産業は、その製造する製品の特性から素材型製品に分類できる。アッターバック（1998）は、組立型製品と素材型製品という製品特性の違いによって、イノベーションのパターンが異なることを指摘した。素材型製品の特徴は、製品の製造を効率的に行う工程開発が技術開発の中心となることである。つまり、前述の工程革新を基本として、企業は技術開発を進める。アッターバック（1998）は、素材型製品のイノベーションとして、板ガラス産業の事例を考察した。組立型製品との相違点は、素材型製品を扱う産業では工程革新が比較的早期に起こることである。さらに、その工程革新における変化は変革というよりも、むしろ漸進的な改善を強く促すという特徴があることがわかった。以下では、素材型製品である鉄鋼産業について、鉄鋼一貫メーカーを対象に技術進化と脱成熟化について述べた、米倉（1987）の研究をもとに、素材型製品の技術開発を議論する。

米倉（1987）は、戦後日本の鉄鋼産業の特質として、「大型化・連続化・省力化」を重要視している。とりわけ重要な技術革新として、LD 転炉と連続鑄造設備の2つを挙げて、技術革新の進展を説明している。ここで、LD 転炉について「エネルギー削減にとどまらず、鉄鋼業の全過程の大型化と高速化を可能にした画期的技術である」とし、連続鑄造技術については「造塊・分解過程を短縮してエネルギーコストの大幅削減と歩留まり向上そして鑄造プロセスの高速化をもたらした」（米倉，1987）と評価している。

こうした製造工程の連続化という過程は、素材型製品における技術革新の特徴である。素材型製品を製造する企業は、連続化された工程における技術的な困難性を克服するために、製造設備の工程革新を行う。その工程革新は、連続化技術の登場を契機として、漸進的な改善・改良が行われる段階に移行する。前述の組立型製品を念頭においた成熟化過程と比較すると、ドミナント・デザインの登場以降に、次第に改善・改良を中心とする漸進的な変化が起きている点が異なる。

さらに米倉（1987）は、鑄造技術の連続化がその他の製鋼工程に与えるインパクトについて考察した。当時の新日鉄が、鑄造の後工程である焼鈍工程や酸洗冷延に鑄造工程の連続化の発想を応用したことを、重要なイノベーションとして捉えている。この連続焼鈍設備は、連続化が行われる前の所要時間が7日から10日の日数を必要としていたが、連続化技術が開発されてからはわずか10分間で、さらに高品質の加工をも可能にした（米倉，1987）。したがって、連続焼鈍工程や連続酸洗冷延ミルは、画期的な技術革新であり、連続鑄造からの技術進化であるとした。この進化の様子を示したものが、図4である。

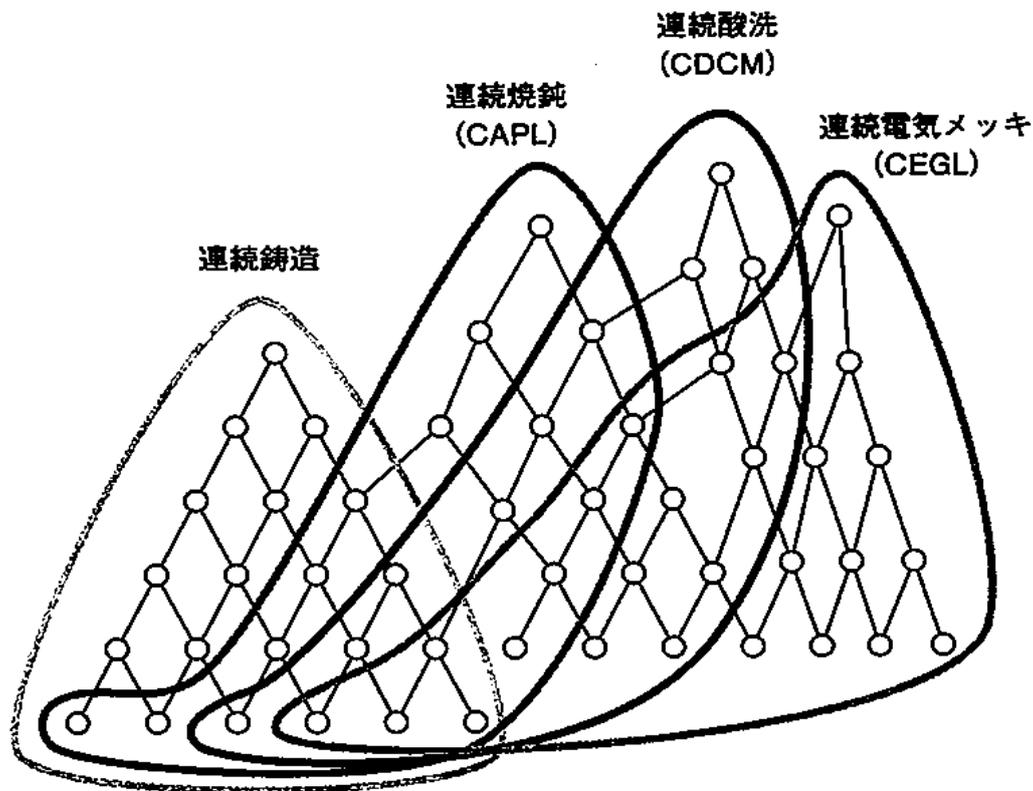


図 4 帰納的技術進化の概念図

注：米倉（2012）より抜粋

図 4 における連続鋳造から連続電気メッキまでの工程は、「それぞれの工程におけるサブ・テクノロジーを、お互いに援用しあうことで実現した技術」（米倉，1987）であり，漸進的な変化の積み重ねにより発展した技術であるとする。この過程は，「新しい形の連鎖的なイノベーションであり，基本技術はサブ・テクノロジー群の帰納的改善を新たに組み合わせることによって互いに重なり合いながら進化していった」（米倉，1987）とする。

しかし，米倉（1987）は，工程の連続化における技術そのものに注目すると，製造される製品は従来の製品と同等かそれを少し上回る品質であるが，工程内で使用されている技術は，連続化が行われる以前の技術体系と全く異なっていると指摘する。「技術的には既存の技術体系を破壊し，市場においては既存需要を強化する革新段階に位置付けられる。」（米倉，1987）としている。日本の鉄鋼産業では，既存の技術体系を破壊するような工程の非連続的な変化後に，再び漸進的な改善を行って工程内の効率化を行い，それを繰り返して連続化技術が生起するとされる。

さらに米倉（1987）では，帰納的技術進化によって高度に発達した工程技術が，異分

野への飛躍をもたらすことを指摘した。鉄鋼を生産する工程をコントロールする技術や、品質管理、工程改善などを行うために開発された技術が高度化するにつれて、独自の技術として新しい分野へと進出しているとする。それを示したのが、図5である。

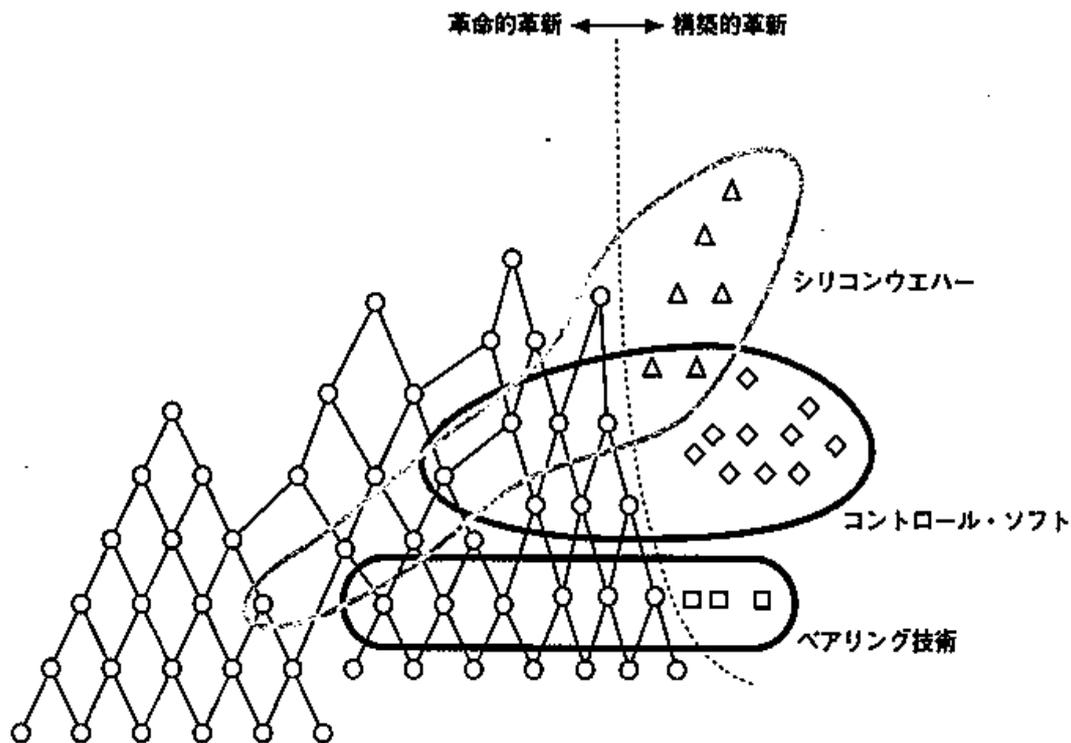


図5 移転可能性創造

注：米倉（2012）より抜粋

米倉（1987）では、こうした技術進化の過程について具体例を踏まえて議論し、帰納的な技術進化の技術体系から異分野への飛躍の可能性を示唆した。このように、米倉（1987）が研究対象とした鉄鋼産業は素材型製品を製造しており、工程革新を基本とした技術開発が行われることから、組立型製品とは成熟化過程が異なることが明らかになった。素材型製品では、本業の徹底追求からの新分野進出が起こる。

3. 先行研究における問題点と本論文の分析方法

本章では、まず第1節において第2章で調査した先行研究について問題点を指摘する。次の第2節では、その指摘した問題点を踏まえて、本論文の研究課題と分析方法を提示する。

3.1 先行研究における問題点

二重性組織の研究における問題点を挙げる前に、先行研究の再整理を行う。特に「活用と探索の対立」および「活用と探索の自律性」について、本論文において取り上げる概念を中心に整理し、次の問題点提示へとつなげる。

組織の二重性の議論では、活用と探索は組織の中の希少な資源をめぐる競争関係にある (Benner and Tushman, 2003; He and Wong, 2004; Raisch, Birkinshaw, Probst, and Tushman, 2009)。そのために活用と探索を行う事業は対立関係にあることが多く、活用と探索の両事業を経営陣が管理 (O'Reilly and Tushman, 2016) する。このとき経営陣は、特に探索を行う事業を保護する必要がある。なぜなら、組織は短期的な成功につながりやすい活用を重視 (Levinthal and March, 1993) し、探索を軽視する傾向にあるためである。探索は不確実性が高く (March, 1991)、すぐに活動の成果が得られないために、組織は探索を避ける傾向にある (O'Reilly and Tushman, 2013)。この傾向が強くなると、探索を行う意義が組織内で揺らいでしまうことにもなりかねない。したがって、経営陣は組織内で不利な立場にある探索を積極的に保護し、組織内の資源を共有できるよう働きかける必要がある (O'Reilly and Tushman, 2016)。

活用と探索の両事業は、構造的に分離された自律的なユニット⁴ (Tushman and O'Reilly, 1996) である。この自律性は、組織論における階層という概念を用いて説明できる。不利な立場にある探索を、有利な立場にある活用と同じ階層レベルの事業部とし、事業部として自律性を持っている。O'Reilly and Tushman (2004) において、活用を行う事業の下の階層に探索をくっつけるのではなく、同じ階層レベルにおける構造的な分離が強調された。このとき活用と探索を行う事業部の上位レベルに経営陣が存在し、彼らは活用と探索を行う事業部を管理する役割を担う。こうした活用と探索および経営陣の関係性を図6に示す。

⁴ Tushman and O'Reilly (1996) におけるユニットは、構造的に分離されている、かつ、自律性を持っているという特徴がある。彼らはユニットという表現をしているが、本論文における事業部と同義である。

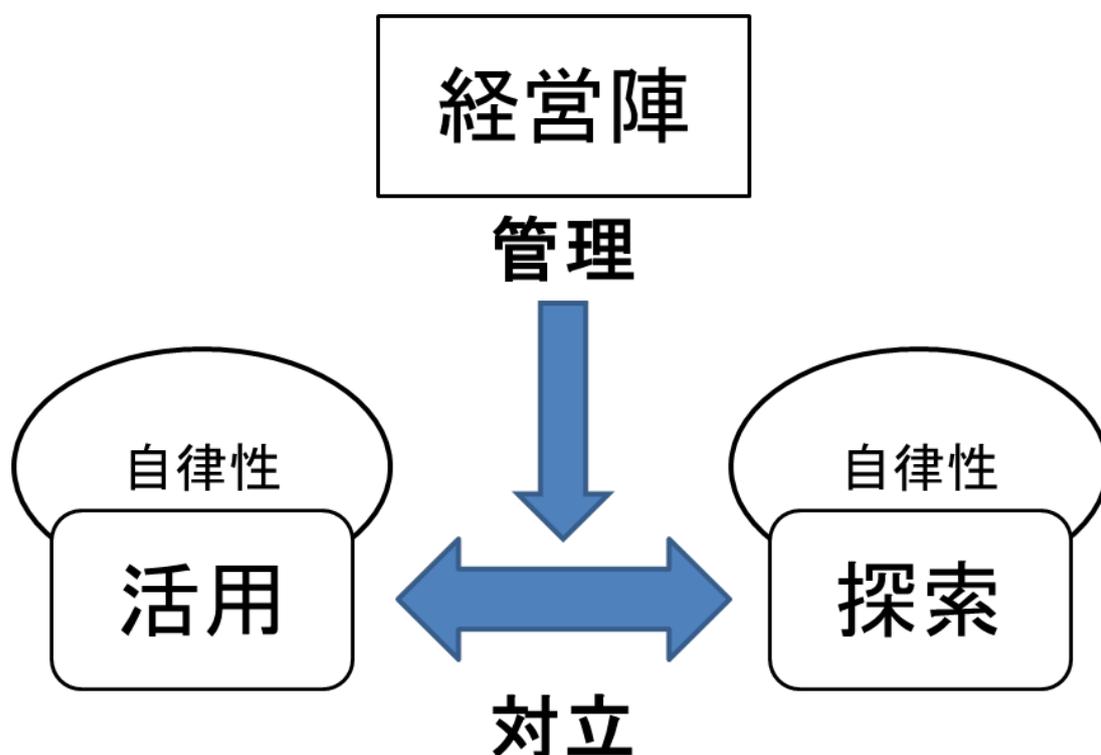


図 6 活用と探索の対立・自律性・経営陣の管理の関係性

注：筆者作成

ここまでの先行研究の問題点は、以下のふたつの点である。ひとつは、活用と探索の対立が起きる条件についての研究が不足していることである。もうひとつは、二重性の達成が経営陣の努力の賜物であると見なされやすいという点である。

活用と探索の対立の存在は、二重性組織の研究において、広く認知されていることである。しかし、対立が起きやすい条件や、反対に対立が起きにくい条件など、活用と探索の対立について深く検討した研究はあまりない。数少ない研究として、前述の柴田ら（2017）は、活用と探索の対立は製品代替性に起因することを明らかにした。先行研究では、活用と探索の対立の存在を前提と見なして議論している。ここで、活用と探索は必ずしも対立するとは限らないのではないかと、という疑問がうまれる。さらに、活用と探索の対立は製品代替性に左右されるだけなのだろうか。このような点についての検討が、先行研究には欠けている。

活用と探索をトレードオフ関係とする先行研究には、そのトレードオフ関係を解消する条件を提示した研究（鈴木，2007；2014）は存在する。鈴木（2014）は、三つの条件を提示し、すべての条件下において活用を行うことにより探索を促進するという結論を導出した。本論文では、活用と探索の対立の解消を議論すると同時に、その条件下にお

ける経営陣による管理、活用と探索の対立および活用と探索の自律性といった要素間の関係性について考察することを試みる。階層の概念を用いると、活用と探索の自律性は経営陣による管理の程度に影響を受ける可能性があることがわかる。活用および探索を行う事業は、経営陣という上位階層に管理される立場にある。例えば管理の程度が強いと、上位階層からのコントロールが強い、つまりは下位階層への支配になりかねず、下位階層の自律性は弱まる傾向にあるといえる。一方で管理の程度が弱いと、下位階層の自律性は強まり、下位階層が自由な裁量で活動できる程度が強くなるといえる。本論文では、こうしたそれぞれの要素間の関係性にアプローチする。

活用と探索が必ずしも対立を起こすとは限らないことを示唆できれば、鈴木（2014）における活用と探索の関係性とは異なる条件を示すことになる。具体的には、活用と探索のどちらか一方が他方を促進するというタイプの解消条件ではなく、活用と探索の対立が起きにくいというタイプの解消条件であり、活用と探索を捉える視点が異なる。そのため、組織の二重性の研究にとって、活用と探索の対立関係についての新たな見方を提供できる可能性がある。

もうひとつの問題点は、組織の二重性の達成が経営陣の努力の賜物であると見なされることである。O'Reilly and Tushman（2016）によると、組織の二重性を達成するためには、経営陣による活用と探索の事業部への関与と支援が重要であり、経営陣によるこれらの管理が必要であるとする。しかし、異なる組織能力を管理する経営陣であり、経営陣により管理の方法は当然異なる。したがって、彼ら自身も指摘する通り、経営陣の重要性を指摘しすぎるあまり、組織の二重性の達成は経営陣の属人的な努力の成果であると見なされやすいという欠点がある。そのために、この経営陣だったから二重性を達成できたのだ、という結論になりかねず、研究結果の反復可能性に問題が生じる可能性がある。

先行研究では、組織の二重性達成を率いる人物の手腕や能力などをリーダーシップ（Beckman, 2006; Tushman and O'Reilly, 2002; Taylor and Helfat, 2009; Tushman, Anderson and O'Reilly, 1997; Smith and Tushman, 2005）と呼び、その重要性について様々な研究が行われている。しかしこの研究群には、上記の問題点が常に付きまとい、理論の一般化を困難にするという弊害がある。

議論の変遷を見ると、Tushman and O'Reilly（1996）において強調された事業部の自律性は、O'Reilly and Tushman（2016）ではほとんど言及されず、経営陣による管理の強調が目立っている。活用と探索のトレードオフを解消する条件を提示した鈴木（2014）では、活用と探索の関係性に注目している。本論文では、経営陣の管理、活用と探索の対立および活用と探索の自律性との関係性について考察する。

本論文では、特に活用と探索の対立に目を向ける。組織の二重性において、経営陣の管理が重要視されるのは、活用と探索の間に対立関係が生まれるためである。組織は短期的な成功をもたらす可能性の高い活用を好み、探索を避ける傾向にある（O'Reilly and

Tushman, 2013)。そのため、活用を行う事業にとって探索を行う事業は、組織の資源を無駄遣いする存在になりかねない。そうした活用と探索の間の対立を解消することができれば、経営陣の管理や活用と探索の自律性という要素との関係性も変化するのではないだろうか。

具体的には、活用と探索の対立が強ければ、その分だけ経営陣が管理する必要性は大きくなる。したがって、活用および探索の自律性は弱くなると考えられる。反対に、活用と探索の対立が弱くなれば、経営陣による管理に依存する程度は低くなる。経営陣による管理に依存する程度が低くなれば、活用と探索の自律性が強くなると考えられる。各要素の関係性を以下の図7に示す。

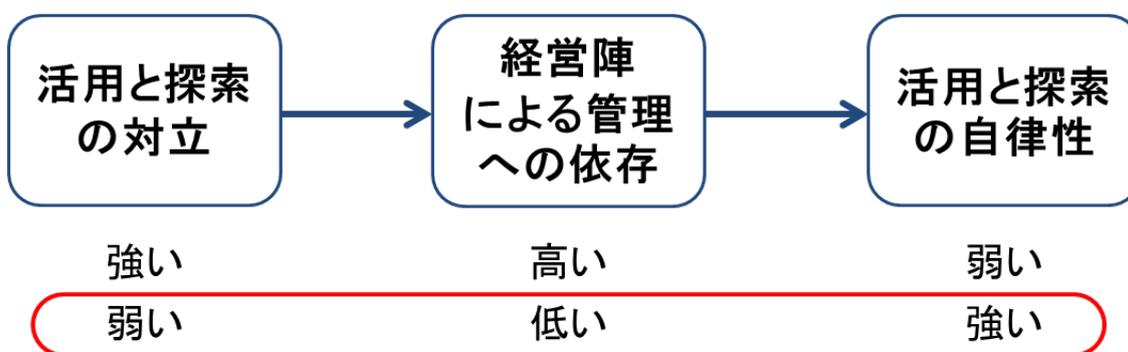


図7 各要素の因果関係

注：筆者作成

図7における下段の関係性、つまりは活用と探索の対立が弱く、経営陣による管理への依存度が低く、活用と探索の自律性が強ければ、上記の問題点を解決できる可能性がある。すなわち、経営陣による管理に依存する程度が低く、活用と探索の自律性が強い状況において組織の二重性を達成できれば、経営陣の属人的な努力の成果であるという反論はうまれにくくなる。さらに活用と探索の対立についてもアプローチするため、研究を蓄積できる。したがって、組織の二重性の研究を前進させることができ、研究の発展に貢献できる。

ここで、経営陣による管理への依存及び、活用と探索の自律性の程度につき、野中ら(1978)が翻訳したHallの質問項目を参考に、測定項目を検討する。本論文における焦点は依存及び自律に関する項目であるため、藤本による分類の上司への依存あるいは上司からの自律についての質問項目に着目する。第2章において明示した、表2(14ページ)を参照して欲しい。藤本(2009)の整理によると、上司への依存あるいは上司からの自律について、4つの質問項目を抜き出している。これらの質問項目は、上司と回

答者との関係性に注目しているが、本論文では、経営陣と、活用と探索を行う事業との関係性に注目する。経営陣および事業部間の依存や自律性を測定するため、上記の質問項目を修正して、本論文における経営陣による管理への依存と、活用と探索の自律性を測定する項目を表3に示す。

| | |
|--------------|---------------------------------|
| 活用と探索を行う事業は、 | |
| 1 | 経営陣が決定を認めるまではほとんど行動できない |
| 2 | いかなる決定も経営陣の承認がなければならない |
| 3 | ささいな事柄でも最終的回答を経営陣に問い合わせなければならない |
| 4 | どんな事でも実行に移す前に経営陣にお伺いを立てねばならない |

表3 活用と探索を行う事業の自律性の測定項目①

注：野中ら（1978），藤本（2009）を参考に，筆者作成

さらに、上記の測定項目では捉えられない点を補うために項目を追加し、表4に示した測定項目を加える。

| | |
|--------------|---------------------------|
| 活用と探索を行う事業は、 | |
| 5 | 研究内容の決定権を持たず、その決定権は経営陣にある |
| 6 | 研究内容に関して、経営陣により反対を受けた |
| 7 | 製品開発を促進するために、経営陣の力を必要とした |
| 8 | 一連の製品開発において、経営陣からの支援を受けた |

表4 活用と探索を行う事業の自律性の測定項目②⁵

注：筆者作成

上記の表3および表4の測定項目を用いて、事例における活用と探索を行う事業の自律性の有無を測定する。さらに、関連する経営陣による管理への依存についても同様に検討する。

O'Reilly and Tushman（2016）は、活用を行う事業から探索を行う事業に対する介入を防ぐために、経営陣が探索を行う事業を保護する必要があるとした。さらに、自律性の確保についても、主に探索を行う事業に対して強調されている事項である。これは、探索を行う事業が組織にとって無駄なものであるとみなされる可能性が高いからであ

⁵ 活用と探索を行う事業の自律性の測定項目①からの続き番号を用いている。

る。つまり、活用を行う事業と比べて探索を行う事業は弱い立場にあると推察できる。先行研究では、探索を行う事業に焦点を当てているが、本論文は、活用と探索の対立および自律性、そして経営陣による管理への依存という要素に注目し、それぞれの関係性について詳細に考察することを目的としている。したがって、先行研究が強調する探索を行う事業の自律性に加えて、活用を行う事業の自律性についても測定するほうがむしろ自然である。過不足なく議論を行うために、活用と探索の両方につき自律性を測定する。

ただし、活用および探索を行う両方の事業の自律性を測定することにより、活用を行う事業についても、先行研究が想定する経営陣による保護や自律性の確保の必要性を示すことを意図していない。分化と統合についての先行研究は、経営陣による管理と各事業部の自律性を階層という関係性から捉えている。経営陣と各事業部は階層関係にあり、少なくとも経営陣は各事業部を統合する役割を担っている。さらに、組織において各事業部が全く自律性を保持しないという状況は考えにくい。自律性の測定については、事業部の自律性は存在することを示すために、活用と探索の両事業を対象としている⁶。

二点目の問題点に関連して、O'Reilly and Tushman (2016) は、二重性に至るプロセスを軽視している点を問題とする。二重性の達成の「成果がプロセスよりも、むしろ属人的努力の賜物であること」(O'Reilly and Tushman, 2016) を問題としている。つまり、二重性に至るプロセスを重視することの大切さを指摘している。例えば、O'Reilly and Tushman (2016) において、イノベーションストリームという図を用いて、様々な事例を説明した。図 8 の通り、彼らは、領域 A から領域 B, C, D への矢印に各事例を書き込んだ。領域 A を起点として、各領域への進出を矢印で示している。そして、最も破壊的で難しい領域を B とした。

O'Reilly and Tushman (2016) で示すイノベーションストリームの図は、領域 A から他の領域へと向かう矢印を描き、わかりやすく分析できる点は評価できる。しかし、ひとつひとつの矢印については、単なる概念的な説明にすぎない。例えば、領域 A から領域 C に伸びる矢印は直線だが、領域 A から領域 D に伸びる矢印は折れ曲がっている。なぜ直線で示された矢印と、折れ曲がった矢印があるのかという点は、この図から読み取ることはできない。さらに領域 A から領域 B に伸びる矢印についても同様に折れ曲がっており、直線ではない。矢印の折れ曲がりが見せる傾きに意味があるのか否かはわからない。さらに、領域 A を起点とすることに異存はないが、領域 B, C, D へと向かう矢印は他に存在しないのだろうか。O'Reilly and Tushman (2016) では、領域 A から領

⁶ 本論文では、活用を行った結果として新分野進出を行う事例と、探索を行った結果として新分野進出を行う事例を取り上げる。つまり、本論文における全ての事例が新分野進出をしている。本事例について活用および探索の両事業を対象として自律性の測定を行うからといって、全ての新分野進出を自律的に行うことが良いということを示す意図はない。さらに本論文では、経営陣による管理を否定することを目的としていない。この点については、後の議論を参照されたい。

領域 B, 領域 A から領域 C, 領域 A から領域 D といった, 三通りの方法が提示されている。例えば, 領域 B に向かう際に, 領域 C や D を経由したり, 反対に原点を通ることにより領域 B に直接向かったりするような矢印は存在しないのだろうか。

先行研究に欠けているのは, 組織が二重性に至るプロセスを捉える点である。プロセスを詳しく観察することで, より詳しく組織の二重性を分析することができる。

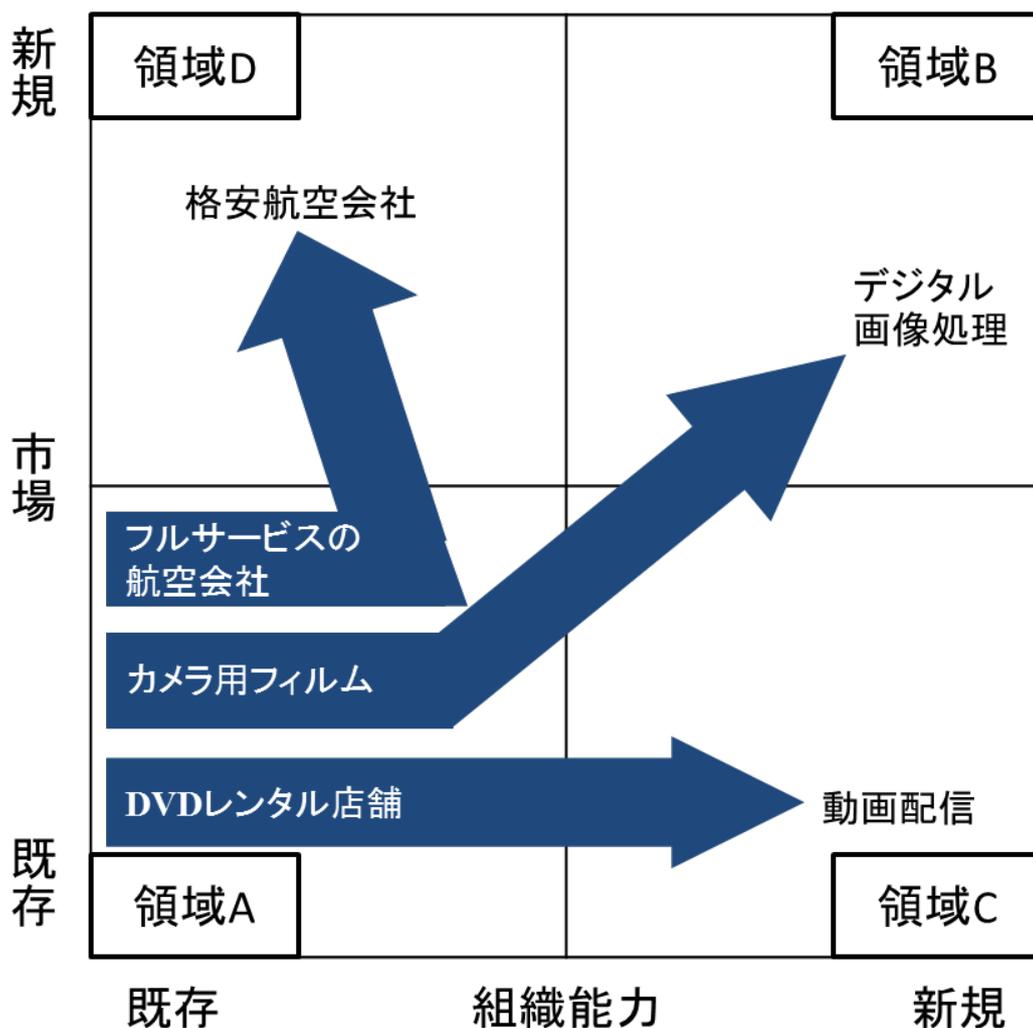


図 8 事例を反映したイノベーションストリーム

注：O'Reilly and Tushman (2016) を参考に, 筆者作成

3.2 本論文の研究課題と分析方法

上記の問題意識を踏まえて、本論文の研究課題は「活用と探索の両事業が、経営陣による管理に依存することなく、一つの企業内で併存する（組織の二重性）ために必要な条件は何か」とする。この研究課題にこたえるために、本論文では事例分析を行う。事例分析を行う理由は二つある。ひとつは、現象を詳しく観察することにより、これまでに明らかにされていなかった因果関係を考察できるからである。製品開発のプロセスを詳細に分析することにより、組織の二重性の先行研究における経営陣の管理について、新たなメカニズムやその一端を示唆できる。

もうひとつは、先行研究において一般的であると思われていた事柄とは異なる、興味深い事実が明らかになるからである。島本（2019）によると、事例分析は「めったにない例外に注目する」ことで威力が発揮され、「何らかの意味で普通でない逸脱事例こそ、何らかのイノベーションが世の中に体現されたものであり、私たちが真に注目すべきもの」であるという。本論文の事例対象である特殊鋼専門メーカーは、主に素材型製品である特殊鋼の生産をしている。素材型製品は、工程開発が技術開発の中心となり、その技術進化は工程の連続化に注目する。米倉（1987）は、素材型製品は本業の徹底追求からの新分野進出が起こるとした。素材型製品の技術進化についての先行研究は数少ないが、鉄鋼一貫メーカーの大手五社を分析した米倉（1987）の技術進化の様子は、鉄鋼産業の実態を反映している。少なくとも鉄鋼産業において、本業の徹底追求からの新分野進出が一般的であると思われていたが、本事例からはそのような技術進化からの逸脱を考察できる。このように、大量観察による定量的研究では導出できないものを得ることができ、ここに事例分析を行う価値がある。

分析対象は、特殊鋼専門メーカーである愛知製鋼株式会社（以下、愛知製鋼と記載）と大同特殊鋼株式会社（以下、大同特殊鋼と記載）の2社である。愛知製鋼については、マグネット・インピーダンス（以下、MI と記載）センサの開発と、鉄力あぐり・鉄力あくあの開発を取り上げる。また、大同特殊鋼については、トンネル磁気抵抗（以下、TMR と記載）型磁気センサの開発と、チタン合金製ゴルフクラブヘッドの開発を取り上げる。

O'Reilly and Tushman（2016）は、イノベーションストリームの図において、市場の新旧および組織能力の新旧を用いて事例を位置付けている。市場および組織能力という分類に沿って、本論文における事例の選択理由を明示する。まず市場の新旧については、特殊鋼専門メーカーにおける本業の特殊鋼製造を既存の市場とし、特殊鋼とは顧客の異なる製品を扱う市場、すなわち、新たな分野への進出を新規の市場とする。本事例はすべて、新たな分野への進出を行っている。したがって、市場の新旧を比較するのに適している。

次に、組織能力の新旧についてであるが、本事例は技術進化に注目するため、組織能力の中で技術についての能力に焦点をあてる。本論文は、特殊鋼製造とは異なる新たな

分野への進出を果たした四つの事例を扱う。事例の選択理由は、さらに以下の三つの理由があり、より詳細な分析を行うために必要である。

一点目は、技術の単純な比較を行うためである。すなわち、事例で扱う開発の各技術が、鉄関連であるか、非鉄関連であるかという比較を行うためである。愛知製鋼と大同特殊鋼ともに、センサ分野への進出を果たしているが、どちらも非鉄関連⁷の技術である。その一方で、愛知製鋼における鉄力あぐり・鉄力あくあは鉄の研究開発から、そしてチタン合金製ゴルフクラブヘッドは鉄を含む合金という、ともに鉄関連の技術を用いた開発である。新たな分野への進出という切り口で見た際に、各事例が鉄関連あるいは非鉄関連であるかという比較を行うことによって、より深く開発内容を考察できると考えた。

もうひとつは、技術が製品開発やそのプロセスに及ぼす影響について比較するためである。言い換えれば、注目する技術がどこから由来するのかを明らかにすることが目的である。具体的には、企業内部から派生した技術であるか、企業外部へ探索しに出かけた技術であるか、という違いに注目し、技術進化がどのようなプロセスを経たのかを明らかにするためである。先行研究から、本業の徹底追求からの新分野進出が一般的であることが明らかになった。しかし、本論文では先行研究とは異なる技術進化の様子を提示する。したがって、上記2つの比較を行うことは本研究にとって重要な意味を持ち、先行研究の問題点を解決するためには特に後者の比較がより意義のある比較となる。

最後は、新製品開発を行う際に、本業の素材型製品とは製品特性の異なる組立型製品に挑戦しており、技術の違いが明白であるためである。愛知製鋼と大同特殊鋼は特殊鋼専門メーカーであると同時に、ともにセンサ分野に進出している。これらを比較の対象とする点が本論文の注目点であり、素材型製品を扱う産業において、先行研究で不足している組織の二重性について議論することに本論文の意義がある。

事例は、両社へのインタビュー調査と、社史をはじめ、広報資料や雑誌記事などの複数の二次的なデータをもとに記述した。愛知製鋼および大同特殊鋼のセンサ開発については、新しい技術を探索する段階から、新製品を開発するに至った詳細を調査したインタビューデータを使用した。収集したインタビューデータのみでは欠けている点を補強するために、上記の二次的なデータを用いた。また、愛知製鋼の鉄力あぐり・鉄力あくあの開発および大同特殊鋼のチタン合金製ゴルフクラブヘッドの開発については、広報資料や公開されている資料を中心に記述した。

インタビュー調査の詳細は、以下にまとめた通りである。

愛知製鋼株式会社

・2015年6月から10月：MIセンサの開発に携わる技術本部 先端・機能商品開発部 セ

⁷ 非鉄関連とは、主要製品である鉄鋼製品とは異なるという意味においてであり、磁性など鉄鋼の持つ性質とは関連が全くないことを示しているわけではない点に注意を要する。

ンサ開発グループの A 氏への 2 回の半構造化インタビュー

(インタビュー前に、研究目的と課題、質問内容などを記載した調査概要を送り、この調査の目的を明記した。インタビュー当日は調査概要をもとに、質問に対する答えとともに、関連内容を自由に語ってもらった。)

- 2016 年 10 月から 11 月：元愛知製鋼にてセンサ開発に携わっていた B 氏への 5 回の非構造化インタビュー

(名古屋大学大学院工学研究科電子情報システム専攻の内山教授にアポイントをとり、コンソーシアムに関する資料をもらった。その日のうちに B 氏を紹介してもらい、そのまま面会し、非構造化インタビューの形式をとった。B 氏に MI センサの開発について語ってもらい、ノートに記述するという形式をとった。)

大同特殊鋼株式会社

- 2016 年 7 月：電磁材料研究部 機能材料研究室の C 氏および企画管理部の D 氏への半構造化インタビュー

(インタビュー前に、研究目的と課題、質問内容などを記載した調査概要を送り、この調査の目的を明記した。インタビュー当日は調査概要をもとに、質問に対する答えとともに、関連内容を自由に語ってもらった。)

4. 愛知製鋼株式会社の事例分析

4.1 愛知製鋼株式会社の概要

愛知製鋼の始まりは、1934年に豊田自動織機製作所(現在の株式会社豊田自動織機)内に設置された製鋼部門である。その後製鋼部門は分離され、1940年3月に豊田製鋼株式会社となり、さらに1945年11月の社名変更によって現在の愛知製鋼株式会社になった。主に、特殊鋼条鋼、ステンレス・チタン鋼、鍛造品、電磁品などの製造・販売を行っている。愛知製鋼による自社の位置づけは、「トヨタグループ唯一の素材メーカーとして、素材の限りない可能性を追求し、新しい価値の創造を通じて、社会・地球の持続可能な発展に貢献していく特殊鋼メーカー」であり、トヨタ自動車株式会社をはじめ、様々な企業に上記の製造品をおさめている。事業別の売上高構成比は、以下の図9の通りである。

売上高構成比(2016年度)

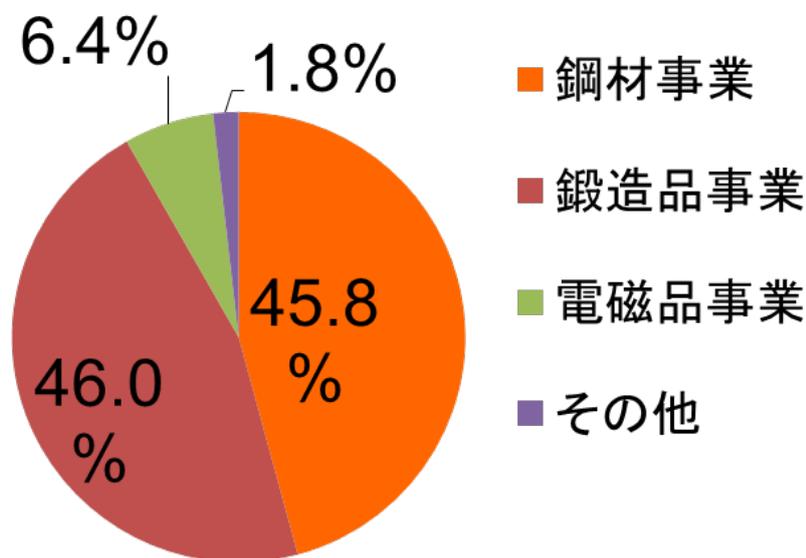


図9 売上高構成比⁸ (愛知製鋼)

注：愛知製鋼株式会社ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/index.html> を参考に、筆者作成

⁸ 愛知製鋼のホームページによると、2017年4月よりカンパニー制を採用しており、セグメント情報が変更になっている。本研究において以上の事業区分を用いたほうが理解を促進するため、2016年度IR情報を用いて作成した事業別の売上高構成比を使用している。

本研究の事例の1つであるMIセンサは、電磁品事業部⁹が扱っている。電磁品事業部はセンサ分野のほかに、電子部品、デンタル、磁石の4分野を基盤とする。電磁品は非鉄関連の比較的新しい事業であり、愛知製鋼はこれまでも様々な技術・製品を開発している。愛知製鋼のホームページより、主な製鋼技術の開発と新たな製品分野の開発をまとめたものを、図10に示す。図10を見ると、製鋼技術の開発を続けながら、新たな製品分野への技術開発を行っている様子が明らかになる。特殊鋼専門メーカーであることから、特殊鋼生産を行い、製鋼技術の開発を続けるのはもちろんのこと、1950年代終わりからは新市場の開拓をはじめ、1971年には非鉄分野に進出している。その後は歯科用磁性アタッチメントを開発し、エレクトロニクス分野へと進出している。電磁品はエレクトロニクス分野に端を発しており、MIセンサもこれに同じである。以下では「MIセンサ」と「鉄力あぐり・鉄力あくあ」の開発について述べる。

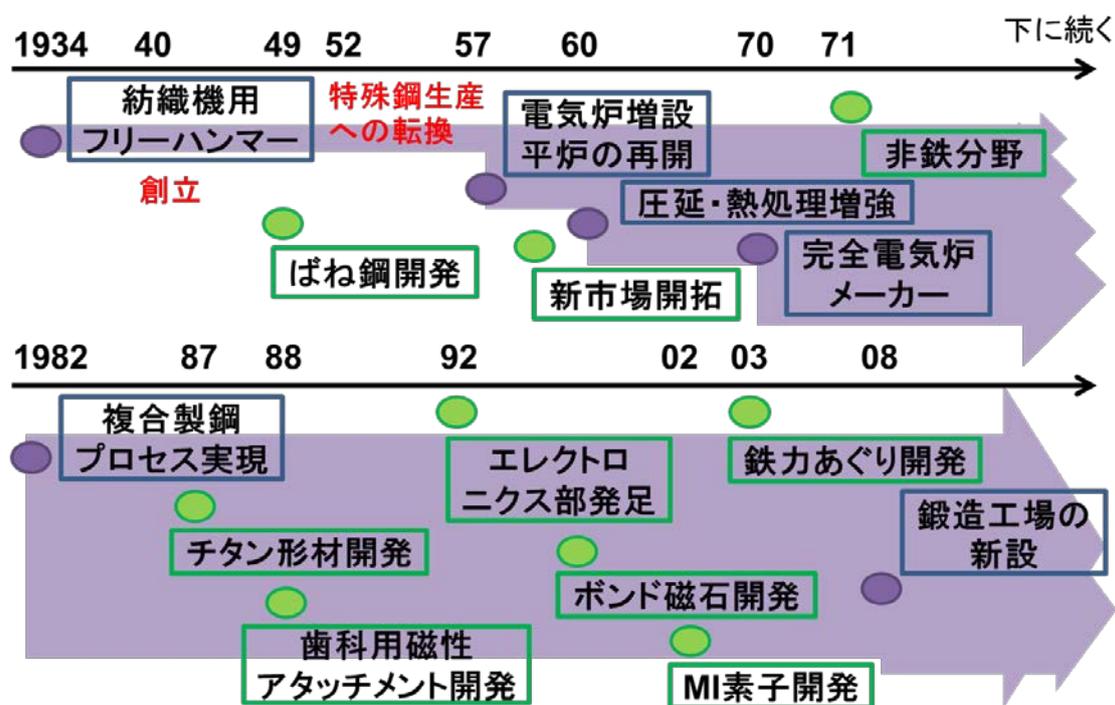


図 10 愛知製鋼株式会社の技術開発

注：愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/> (2017/11/25accessed) より、筆者作成

⁹ はじめは研究部にてセンサの開発を行っており、今は電磁品事業部となっている。

4.2 鉄力あぐり・鉄力あくあの開発

鉄力あぐり、鉄力あくあ（以下、鉄力あぐり・あくあ）は、植物の成長促進剤である。特殊鋼製造のノウハウを活かした鉄イオンの働きによって、植物の光合成を促進させる効果がある。鉄力あぐりは固形、鉄力あくあは液体という違いがある。愛知製鋼ホームページ¹⁰によると、「鉄力あぐり・鉄力あくあは植物のメカニズムを考えた資材であり、不良土壌や悪天候など、植物の力が弱っているときでも鉄分を吸収させ、元気な植物を育てることに貢献」する。山口（2019）によると、鉄力あぐり・あくあは「植物に鉄を供給するサプリメントのような商品」であるとする。そのメカニズムとは、植物が、根から二価イオンの形で鉄分を吸収する、というものである。土壌にある鉄分は三価イオンであり、植物がそのまま三価イオンを吸収することは不可能である。したがって、自ら三価イオンを二価イオンに還元することにより、根から鉄分を取り込めるようになる。しかし、この鉄力あぐり・あくあは、二価イオンを安定して供給できるために、植物の成長を促す効果がある。そのメカニズムは、以下の図 11 の通りである。

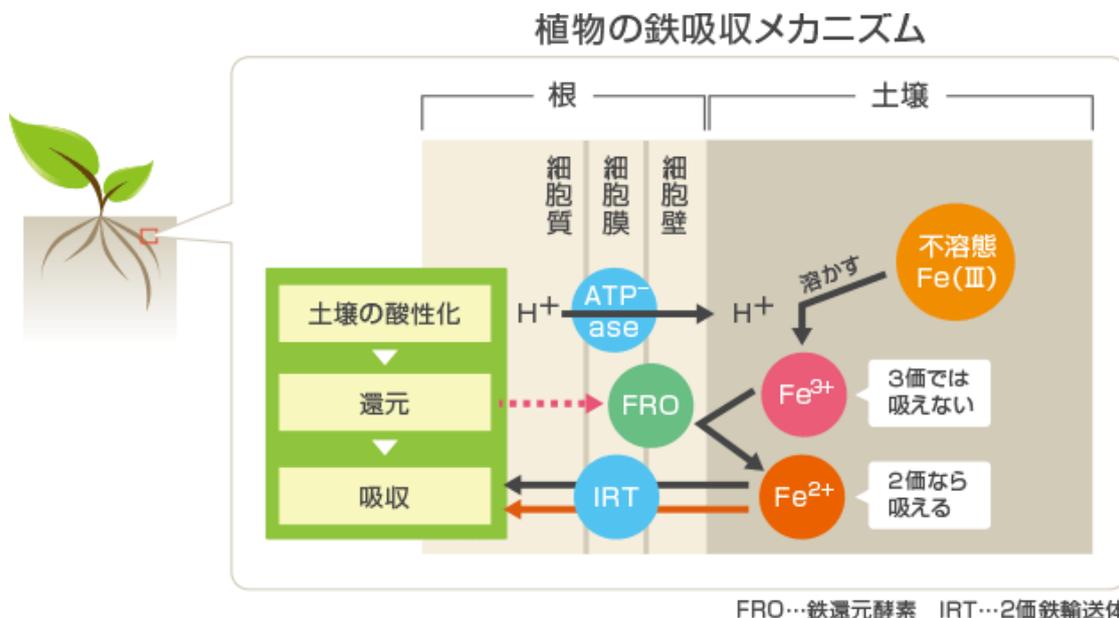


図 11 植物の鉄吸収メカニズム

注：愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/products/aguri/outline.html>
 (2019/10/18accessed) より抜粋

¹⁰ 愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/products/aguri/outline.html>
 (2019/10/18accessed)

愛知製鋼ホームページ¹¹によると、植物における鉄の働きは3つある。一つ目は、葉緑素の合成、つまり光合成であり、二つ目は、エネルギーの生産、つまり呼吸である。そして三つ目が、アミノ酸合成、つまり代謝である。植物に鉄が不足すると植物の成長が制限されてしまうことから、鉄鋼を製造する自社の長年のノウハウが生かせる鉄が、植物にとって重要な要素であることに注目した。研究部は、高温化における鉄の反応について様々な研究をしており、ある条件下において酸化第一鉄(FeO)が生成するという点を発見した点、そして大量生産可能であるという点から、鉄力あぐり・あくあの製品化につなげた。詳しくは、図 12 から図 14 を参照して欲しい。

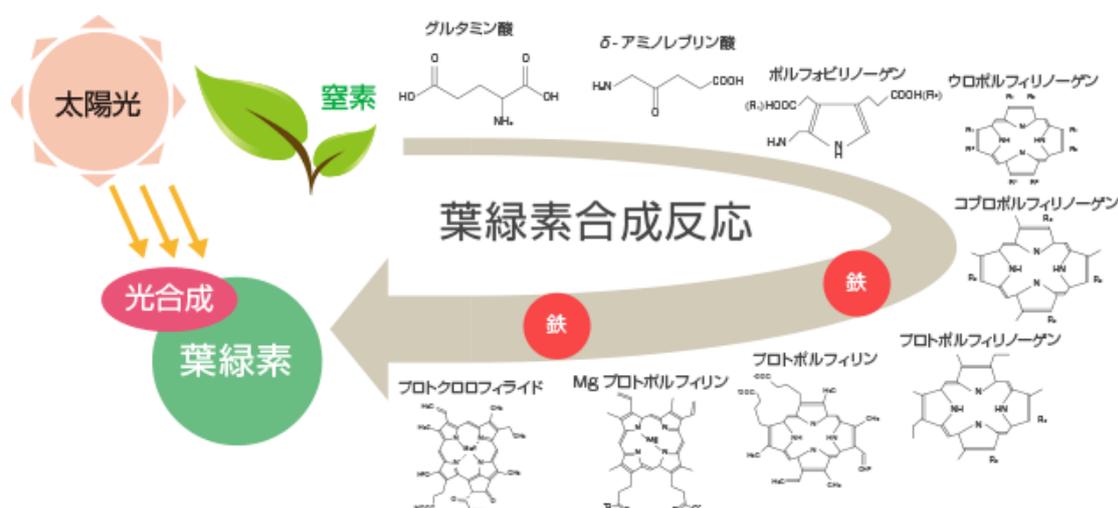


図 12 鉄の働き 1 葉緑素の合成

注：愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/products/aguri/reason.html>
(2019/10/18accessed) より抜粋



図 13 鉄の働き 2 エネルギーの生産

注：愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/products/aguri/reason.html>
(2019/10/18accessed) より抜粋

¹¹ 愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/products/aguri/reason.html>
(2019/10/18accessed)

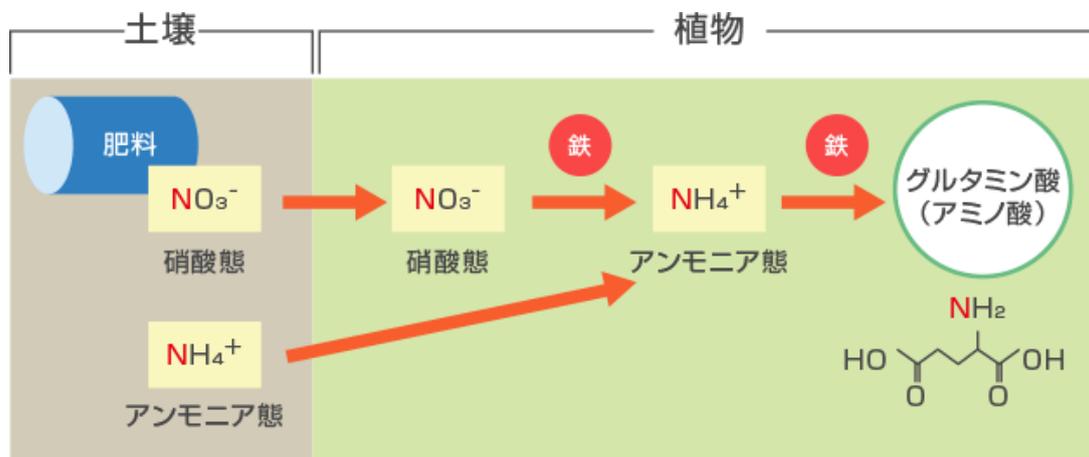


図 14 鉄の働き 3 アミノ酸合成

注：愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/products/aguri/reason.html>
(2019/10/18accessed) より抜粋

愛知製鋼ホームページに記載された社内報¹²によると、鉄力あぐり・あくあの研究は、生産技術部エコロジー事業室から始まった。事業室では、高温状態で鉄の反応がどのようになるかということの研究しており、その研究中に酸化第一鉄の生成する条件を発見した。山口（2019）¹³によると、1990年代後半より、愛知製鋼ではリサイクル技術開発に取り組んでおり、その開発の中から酸化第一鉄の生成条件を見つけたという。酸化第一鉄が安定して存在できるのは、通常 560℃以上の高温状態である。したがって、常温では不安定であり、酸化第一鉄の常温での生成はできなかった。しかし、愛知製鋼は、世界で初めて常温にて酸化第一鉄を安定させることに成功した。この事象が観察されたことから、さらに詳しく調査を進めた。

事業室は、その詳しい調査を研究部に依頼した。研究部は現在の研究開発室の前身であり、2000年6月頃に酸化第一鉄の常温生成の事象が持ち込まれた。酸化第一鉄について様々な調査を行ったところ、自然界にはほとんど存在していない特徴を持っていることが明らかになった。その特徴のひとつに、鉄の二価イオンを安定的に供給可能であるというものがあった。この二価イオンの用途として、植物への応用につながったのは、偶然にも植物に詳しい従業員がいたためである。ここから、二価イオンを植物に供給するための実験や開発が進められた。

¹² 愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/index/.html> (2017/04/23accessed)

¹³ 産学官連携ジャーナル 特集アグリビジネス 2019年4月号『鉄鋼メーカーがつくる植物用の鉄サプリメント』
https://sangakukan.jst.go.jp/journal/journal_contents/2019/04/articles/1904-05-2/1904-05-2_article.html (2019/10/18accessed)

植物への供給実験を行ったのは、当時の副社長である森田氏の夫人である。鉄の二価イオンを植物に供給するというアイデアは、森田氏の目にとまった。森田氏は自宅に酸化第一鉄を持ち帰り、熱心にガーデニングを行う森田夫人の庭にて、実験を行うことにしたのである。森田氏の自宅での実験は、成功を収めた。酸化第一鉄を蒔いたオリヅル蘭のプランターと、何も施さなかったプランターでは、2か月後の成長にはっきりとした差がうまれた。

この実験による評価を受け、本格的な開発がスタートした。研究部とエコロジー事業室が手を組み、研究部は酸化第一鉄をより詳しく研究する役割を、エコロジー事業室が酸化第一鉄を用いた実地実験を行う役割を担った。実地実験の結果は、試験栽培をした植物の8割以上に、目視で確認できるほどの変化が現れた。栽培をした植物は農作物や花類など20数種類にわたったが、農作物の中には、その重量が2倍になるといった効果が確認できるものもあった。その後は、有害物質含有の有無を入念に調査し、農業や園芸用への使用にむけた安全性を何度も繰り返し確認した。

こうした努力の積み重ねにより、2003年4月10日に鉄力あぐり・鉄力あくあの記者発表を行い、市場への投入を開始した。鉄力あぐり・鉄力あくあは、第21回中日産業技術賞 中日新聞社賞を受賞するなど、製品への評価も高い。山口（2019）によると、愛知製鋼は2006年に農家向けの製品を開発し、はじめは園芸を趣味とする個人向けの製品の販売であったが、プロとして農業を行う農家向けにも販路を拡大した。

愛知製鋼が本業とする特殊鋼の顧客は企業であり、いわばBtoBの製品である。しかし、鉄力あぐり・あくあは個人向けの製品として販売する、BtoCの製品である。個人向けの製品の経験がなかった愛知製鋼にとって、販売当初は苦戦を強いられた（山口，2019）という。農家を直接訪問するといった手売りでの販路開拓を行い、そうした学びから大規模な植物工場や農業生産法人にも販路を拡大し、大手種苗メーカーの株式会社サカタのタネとの協業や、アース製薬株式会社との提携など、全国展開も行っている（山口，2019）。

さらには世界の食料問題に取り組もうと、様々な研究開発を行っている。山口（2019）によると、例えば、鉄分の吸収を高める効果のあるイネ科植物由来のムギネ酸の量産化を目指している。2016年からは、徳島大学と共同研究を行い、効率的にムギネ酸を抽出できる方法を模索し、低コスト化と量産化の検証を行っている（山口，2019）。愛知製鋼は、自社の本業である鉄についての性質の研究から、従業員の気づきをきっかけに新しい農業分野へと進出を果たした。

4.3 MI センサの開発

MIセンサの技術は、名古屋大学工学部の毛利佳年雄教授が発見したアモルファス材料によるMI効果¹⁴に基づいている。MI効果とは、磁気インピーダンス効果のことである。愛知製鋼ホームページ¹⁵によると、「従来の磁気センサに比べ1万倍以上の高感度を持ち、IT化を加速する新技術として様々な分野への応用が期待」されている。期待される応用分野は、図15の通りである。



図 15 MI センサの応用範囲

注：愛知製鋼ホームページ

https://www.aichi-steel.co.jp/products/electromagnetic/mi_sensor/index.html

(2019/10/18accessed) より抜粋

MIセンサの特長は、超高感度，超高速応答，超低消費電力，超小型という点である¹⁶。図16によると，MIセンサは第3世代のセンサであり，第1世代，第2世代のセンサと

¹⁴ Magnet Impedance 効果のこと。アモルファスワイヤという特殊なワイヤにパルス電流を通電し，できた外部磁界によってインピーダンス（抵抗）が変化する効果を指す。

¹⁵ 愛知製鋼ホームページ

https://www.aichi-steel.co.jp/products/electromagnetic/mi_sensor/index.html (2019/10/18accessed)

¹⁶ 愛知製鋼ホームページ

https://www.aichi-steel.co.jp/products/electromagnetic/mi_sensor/index.html (2019/10/18accessed)

比べて、高性能化が進んでいる。

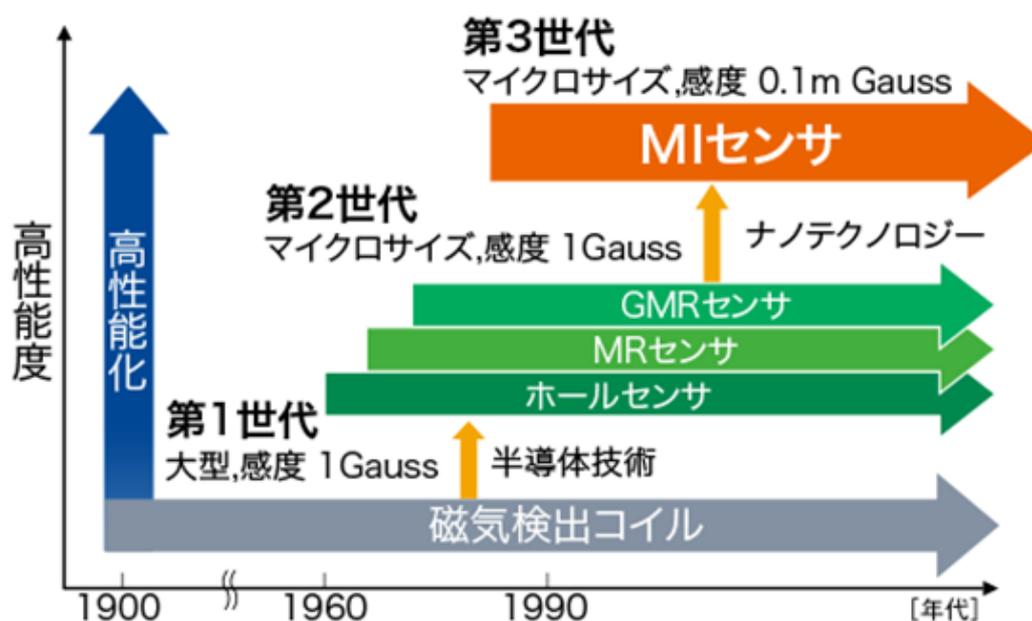


図 16 センサの世代変遷の様子

注：愛知製鋼ホームページ

https://www.aichi-steel.co.jp/products/electromagnetic/mi_sensor/index.html

(2019/10/18accessed) より抜粋

愛知製鋼は、結晶構造を持たないアモルファス状態のワイヤに MI 効果を用いて、車載用の MI センサとして新製品開発を行なった。愛知製鋼は、独立行政法人科学技術振興機構(以下、JST と記載)が主催したコンソーシアムに参加し、MI センサの製品化の足掛かりを獲得した。コンソーシアムでは他の参加企業 6 社と同様に、MI センサに用いる基盤技術を自社に持ち帰り開発を行うという方式で研究を行った。愛知製鋼は他の参加企業とは異なる方法にてセンサの開発を進め、最終的には愛知製鋼単独での製品開発となった。コンソーシアムにおける各社の開発については小澤 (2018) に議論を譲り、本稿では愛知製鋼の MI センサ開発に焦点を当てる。以下では、その技術探索から製品化までの開発について述べる。

愛知製鋼が MI センサを研究し始めたのは、1996 年から 1997 年にかけてである。愛知製鋼は 1990 年代には新素材の研究開発を進めていた。例えば水素合金、メッキなどであり、他にも様々な研究をしていた。その頃にはすでに愛知製鋼でも、脱鉄鋼という自社の技術や製品に対する動向があった。その頃の自動車業界はカーエレクトロニクスすなわち自動車の電子化という技術動向が進展しており、トヨタ自動車株式会社(以

下、トヨタ自動車と記載)のグループに属している愛知製鋼にも、そうした技術の波が押し寄せた。そのために、愛知製鋼は自社でもカーエレクトロニクスに貢献できるような題材を探した。その題材のひとつに、磁気センサという技術があった。センサ開発の重要性について、毛利・内山・パニナ(1998)では、「自動車産業の生産額が飽和に差しかかり、エレクトロニクス・情報・通信産業が急速に立ち上がり初めて」とし、「新しい融合技術のキーテクノロジーには、例外なくセンサが用いられている」とした。

自社に研究開発可能な題材がないかを常に探していた愛知製鋼が、磁気センサの技術に出会ったのは、センサの学会においてである。名古屋大学工学部の毛利教授が発見したMI効果を学会で報告した際に、その学会に参加した愛知製鋼はその技術を高く評価し、自社で研究開発ができないかを検討した。MI効果は当時、世界的に注目を集めた技術だった。毛利教授の研究室には様々な企業が立ち入り、その技術を勉強していた。MI効果は、その技術を広く世の中に役立たせたいという毛利教授の意向により、JSTが特許群出願の依頼を受ける形で介在した。A氏¹⁷いわく、「JSTとして技術を後押しして、産業を活性化する役目を果たしているということでしょうね。様々な企業が毛利研(研究室)に勉強しに来ていたのも、毛利先生の世の中に役立てたいという考えからでしょうね。これは毛利先生の先生にあたる方が、『研究は世の中の役に立たないといけない』とおっしゃった影響だと聞きました。」¹⁸とする。

MI効果の特許出願をした後、JSTがMIセンサのハイテクコンソーシアムを主催した。そのコンソーシアムに参加した企業は7社であり、そのうちの1社が愛知製鋼であった。JST(当時は、科学技術振興事業団)はMI効果の技術の可能性を高く評価しており、1997年に産学官の創造的開発組合制度である「先端技術展開試験制度」を適用した。JSTは、この開発元を名古屋大学とし、その試験制度に参加する企業を名古屋大学が推薦した。20社以上も開発希望の企業がある中で、名古屋大学は開発可能性の高い7社を選定した。コンソーシアムは、企業7社、名古屋大学、JSTという産学官連携で開催され、JSTが企業独自のテーマで決定した予算の半分を支援した。このコンソーシアムは、個々の企業が同時に集い研究を行うという形(集中研方式¹⁹)ではなく、自社にテーマを持ち帰ることにより研究を実施する自由度の高い方式(分散研方式)であった。

¹⁷ 技術本部 先端・機能商品開発部 センサ開発グループ所属。

¹⁸ 2015年6月26日にA氏に対する約90分間のヒアリング内容に基づく。MIセンサ事業の開始から現在に至るまでの事業部の編成や開発内容について様々な質問を行った。その中で、「なぜJSTが特許群を申請したのですか。」という質問内容に対する、A氏の答えである。

¹⁹ 集中研方式と分散研方式については、後藤(1993)が詳しく述べている。集中研方式とは、本論文におけるJSTのような、コンソーシアムを開催する役割を担う機関が、独自に設置した研究所に、メンバー企業の研究者や国公立の研究所からの研究者らが集まり、共同で行われる研究方式のことである。一方で、分散研方式は、共同研究の際の研究課題をいくつかのサブ・テーマに分け、そのテーマを各メンバー企業に振り分けて、各企業が自社の研究所にて寄与されたテーマについて研究開発を行う研究方式のことである。

毛利・内山・パニナ(1998)は、この産学官連携のコンソーシアムについて、「組織的な産学の連携がない日本の国立大学の研究者にとって自然に主導的に関与できるシステムであり、産、官にとっても規制が非常に少なく自由度の高い、三者いずれにとっても歓迎できるシステムである」と高く評価している。各社は3日程度の期間でアモルファスワイヤを使用したMIセンサを試作し、それを自社に持ち帰り実験し、大学側のコンサルティングを受けるという形で研究が進められた。コンソーシアムの期間は1997年10月から1998年3月までの6ヶ月であり、比較的短期のプロジェクトであった。

コンソーシアムの期間が短かったことから、どの企業も期間内に製品化することはできなかつた。これは、MIセンサに電氣的な接触が難しいという技術的困難性があり、その困難性を克服できなければ、製品化できなかつたのである。しかし、コンソーシアムが終了した後も、愛知製鋼は製品化できると確信し、開発を継続した。このとき、コンソーシアムに参加した企業以外にも、複数の企業がMIセンサに興味を持ち、毛利研究室に出入りしていた。MIセンサの開発に際して様々な議論が起こり、製品化するために2つの開発方向性がうまれた。ひとつは、アモルファスワイヤを用いた「ワイヤ方式」である。この方式はコンソーシアム内でも検討されていた。もうひとつは、「薄膜方式」であり、MIセンサよりも前から他のセンサに使用されてきた薄膜という技術を用いている。2つの方式の違いは、その素子の断面にある。前者の断面は円であり、後者の断面は四角である。断面の違いにより、同じMIセンサをつくると言っても、製品化の方針は全く異なる。

このとき愛知製鋼は、唯一コンソーシアムから継続してワイヤ方式を研究した。他の企業は、ワイヤ方式はむずかしいと判断し、これまでのセンサでも使用されてきた薄膜方式を用いてMIセンサの製品化を目指した。そして、MIセンサを製品化するための資金を獲得するために、JSTの独創的シーズ展開事業委託開発にMIセンサを申請した。申請の名目は「車載用磁気インピーダンスセンサ」であり、車載用という用途をはっきりと打ち出した。JSTから委託開発の認可を受けた愛知製鋼は、2億6000万円の開発費を受け、1999年3月に改めて開発を始めた。

先述した通り、愛知製鋼が開発するMIセンサは、アモルファスワイヤを材料とする。このアモルファスワイヤは、特殊な製法により結晶構造を持たないアモルファス状態を有する、直径20 μm 程度のFeCoSiB合金製のワイヤである(丸山, 2006)。MI効果は、このワイヤに電流を流すことによって外部の磁界を発生させ、ワイヤの抵抗(インピーダンス)を大きく変化させる。このワイヤを固定するという作業に技術的な困難性があった。A氏いわく、「アモルファスワイヤに電流を流す必要があるが、アモルファス材料は電氣的な接触が難しいという性質があり、10個作っても1、2個成功するのがやっとという状態でしたね。」²⁰とする。さらにB氏は、「アモルファスワイヤを固定するという

²⁰ 2015年6月26日のA氏に対する約90分間のヒアリング内容に基づく。「なぜコンソーシアムに来ていた企業のうち、愛知製鋼さんだけが委託開発をすることになったのですか。」

作業が必要になったけれど、電氣的な接触の難しさから開発は難航しましたね。その技術的な困難性を乗り越えなくては、大規模に産業化・工業化することは不可能ということの意味していますね。」²¹と語った。

この技術的な困難性を克服できなければ、センサとして製品化することもできないため、困難性の克服が急務となった。ワイヤの両端をハンダづけする際に歪みが入ってしまうことが原因であった。ワイヤをピンと張った状態にしておくことが困難性克服の鍵であることを突き止め、ハンダづけの成功率を着実に上げていった。これについてB氏は、「製品化へ向けたつまずきの原因はセンサ自体ではなく、材料のつくり方という部分だった。製品化を阻むのはほんの小さなつまずきだが、それが材料でのつまずきだったのです。」²²と語る。他の企業がワイヤ方式から薄膜方式へと方針を変えていく中で、愛知製鋼のみがワイヤ方式に固執した。これはアモルファスワイヤを固定する際の歪みに対し、材料であるアモルファスワイヤの特性をしっかりと研究するという視点を持っていたためである。B氏は、「薄膜(方式)へ流れることがなかったのは、技術者として材料を見るという視点を持っていた」²³からであるとした。

アモルファスワイヤを歪みなく固定することが可能になったが、さらにセンサとして製品化するためには、固定したワイヤにコイルを三次元に巻き付ける、という作業が必要になった。これは全く新しい技術の確立が必要であった。このように次々と困難に立ち向かい、着実に技術確立を行うことができたのは、以下の2点が影響する。ひとつは、MI センサの応用可能性に対する研究部の自信である。コンソーシアムを経て、委託開発に申請し、研究開発を続けてきたという自負があり、他の企業にはできないことをしているという自信につながった。もうひとつは、技術的な困難性を持っていたアモルファスワイヤが、本業の鉄鋼と同じ、金属材料であるという点だ。アモルファスワイヤは鉄と同じく磁性を持つ金属であり、これまでに愛知製鋼社内で培ってきた磁性に関する知識を活用できた。こうしてMI センサを量産化できる体制を整えていき、製品化に至った。

という質問に対する、A氏の答えの一部をまとめたものである。

²¹ 2016年10月11日にB氏に対する約180分間のヒアリング内容に基づく。非構造的なヒアリングであったため、MIセンサの開発について自由に語ってもらった。その中で、MIセンサ開発が難航した理由の一部を抜粋した。

²² 2016年10月11日にB氏に対する約180分間のヒアリング内容に基づく。非構造的なヒアリングであったため、MIセンサの開発について自由に語ってもらった。その中で、MIセンサの技術的な困難性の克服について説明を受けた一部を抜粋した。

²³ 注22と同様。

5. 大同特殊鋼株式会社の事例分析

5.1 大同特殊鋼株式会社の概要

大同特殊鋼は 1916 年に名古屋電燈株式会社から製鋼部門を分離し、株式会社電気製鋼所を設立したところに端を発する。1918 年に木曾電気製鉄株式会社を設立したことで、製鉄業に着手した。その後、合併や分離を繰り返し、現在の大同特殊鋼へとつながっている。事業区分は、特殊鋼鋼材、機能材料・磁性材料、自動車部品・産業機械部品、エンジニアリング、流通サービスの 5 つである。事業別の売上高構成比は以下の図 17 の通りである。

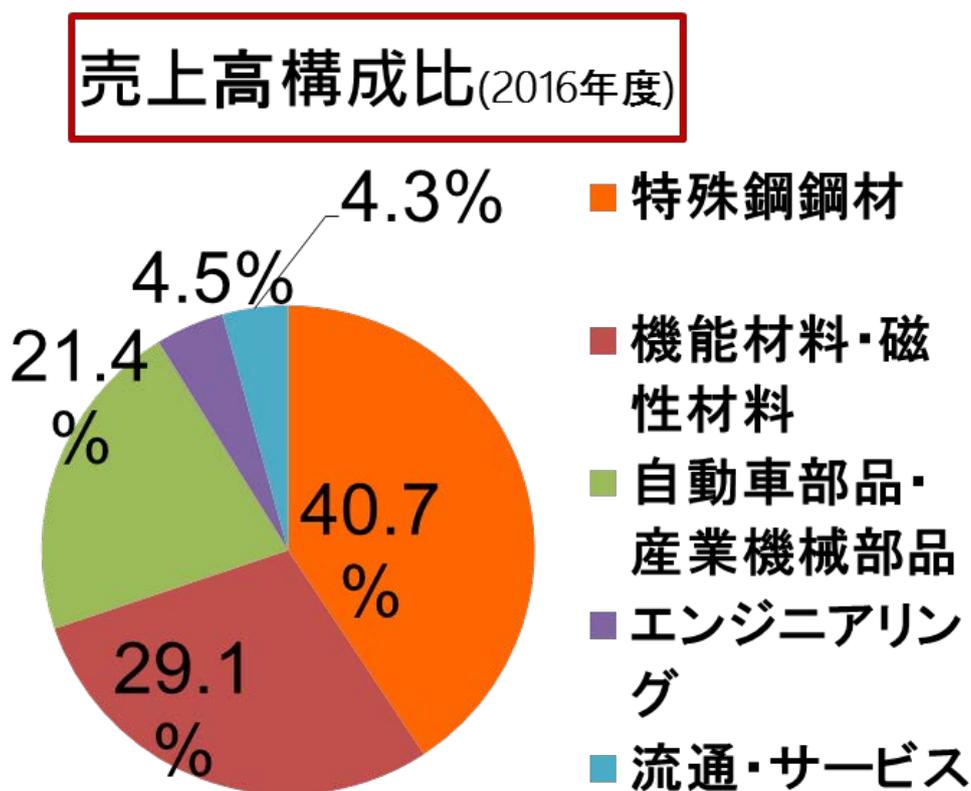


図 17 売上高構成比 (大同特殊鋼)

注：大同特殊鋼ホームページ <https://www.daido.co.jp/index.html> を参考に、筆者作成

本事例の TMR 型磁気センサは、機能材料・磁性材料事業に属している。機能材料・磁性材料事業は、磁材製品の他にも、ステンレス、高合金製品、粉末製品、チタン材料製品などを製造している。愛知製鋼と同様に、大同特殊鋼のホームページより、主な製

鋼技術の開発と新たな製品分野の開発をまとめたものを図 18 に示す。連続鋳造の技術開発によって、特殊鋼生産を効率的に行いながら、チタン事業部を立ち上げたり、センサ分野に進出したりしていることがわかる。以下では、「チタン合金製ゴルフクラブヘッド」および「TMR 型磁気センサ」の開発について述べる。

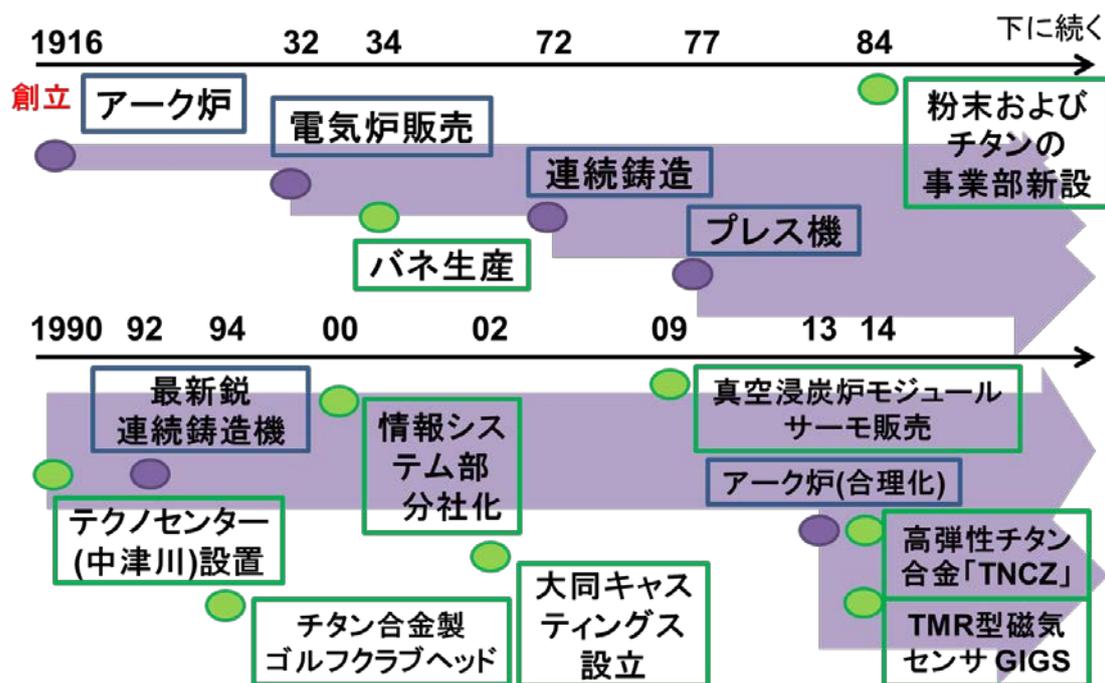


図 18 大同特殊鋼株式会社の技術開発

注：大同特殊鋼ホームページ <https://www.daido.co.jp/index.html> (2017/11/25 accessed)

を参考に、筆者作成

5.2 チタン合金製ゴルフクラブヘッドの開発

大同特殊鋼がチタン合金製品の事業部を新設したのは、1984年のことである。大同特殊鋼ホームページ²⁴によると、「耐食性・耐熱性を生かしたチタン・チタン合金製品の拡販を目指してチタン事業部も新設し、新たな柱づくりを進めました」としている。本事例のチタン合金製ゴルフクラブヘッドを事業化したのは、その10年後の1994年である。当時ゴルファーの間で「打球の安定性が高く、飛距離が大幅に伸びる」ために、人気が高まっていたのが、チタン合金製のゴルフクラブヘッドだった。チタンは、軽い、

²⁴ 大同特殊鋼ホームページ <http://www.daido-100th.com/history/> (2019/05/23accessed)

耐食性に優れる、という特長を持っているが、加工が困難であるというデメリットがあった。その課題を精密鑄造システムの「レビキャスト法」を採用することで克服したことが、事業化につながった。

レビキャスト法とは、正式名を「レビキャスト・減圧吸引精密鑄造法」といい、高品質で、より薄く複雑な形状に製造できる鑄造方法である。この方式の採用と開発のけん引役となったのが、当時の技術開発研究所勤務であった出向井登氏である。図 19 の通り、大同特殊鋼ホームページによると、この製造方法は、「高周波電力による磁気ので溶解チタンを半浮遊状態にし、チタン用湯を瞬時に鑄型に吸引して凝固する」というものである。大同特殊鋼ホームページ²⁵によると、大同特殊鋼のレビキャストの元になっている技術は、コールドクルーシブル型レビテーション融解法である。これは名古屋大学大学院工学研究科の浅井教授が 1986 年ごろに海外視察から持ち帰った技術である。レビテーション融解法とは、融解炉の内部で誘導磁場をつくり、この磁場により対象物を浮遊させながら融解するという技術である。チタンは融点温度が高く、ごく微量の不純物が混入するだけで著しく性能特性を損なうという難しい金属である。したがって、融解したチタンが炉の壁面の不純物を拾ってしまわないよう、宙に浮かせながら融解するという方法が適している。チタンは比較的軽い金属ではあるが、炉の中で浮遊させることは容易ではない。その困難性を克服するのが、半浮遊状態で融解させるコールドクルーシブル型である。

この方式を開発テーマにすべく、大同特殊鋼社内では検討会議を何回も行った。しかし、この方式の採用は誰も聞く耳を持たない、という状況だった。誰も出向井氏の話すコールドクルーシブル型の可能性が全く実感できないようであった。なぜならこの方式の採用には、ひとつの危険性を伴う可能性があったからである。その危険性とは、融解したチタンが漏れ出す危険性である。コールドクルーシブル型は、誘導磁場を電気で発生させる必要があるが、そのためには炉の壁面にたくさんの溝を必要とする。溝があるということは、そこからチタンが漏れ出す可能性があるということであり、2000℃近いチタンが漏れ出せば大惨事になる危険性がある。

出向井氏は、知り合いの町工場に話をもちかけ、浅井教授の技術指導のもと、ごく小さなコールドクルーシブル型融解炉の実験器をただ同然で完成させた。一度に融解できる量がわずか 100g という非常に小さな実験炉であった。そして、日本鉄鋼協会電磁冶金研究会の学会活動に参加し、関連する技術情報を積極的に収集した。さらに当時の通商産業省工業技術院による官民連帯協働研究制度に参画し、他社とのチタンの精密鑄造技術の共同開発を行った。こうした努力を重ね、試行錯誤を繰り返すことにより、レビキャストいわゆるコールドクルーシブル型融解炉と減圧吸引鑄造法を合体という、開発の実用化を進めていった。

²⁵ 大同特殊鋼ホームページ https://www.daido.co.jp/frontier/d34/34_1.html (2019/10/12 accessed)

コールドクルーシブル型融解炉の研究者たちは、融解したチタンを下に落として次の工程に進むということを考えていた。しかしこの方法では、融解されたチタンが下に落ちることにより、再度不純物の影響を受けてしまうというデメリットがあった。出向井氏が考案した、減圧吸引鑄造法との合体をすれば、浮遊しているチタンを吸引することにより、良好な状態のまま鑄造に持ち込むことができる。これがレビキャストと呼ばれる技術の確立である。この技術の確立により、チタン合金製ゴルフクラブヘッドが量産化可能になったのである。

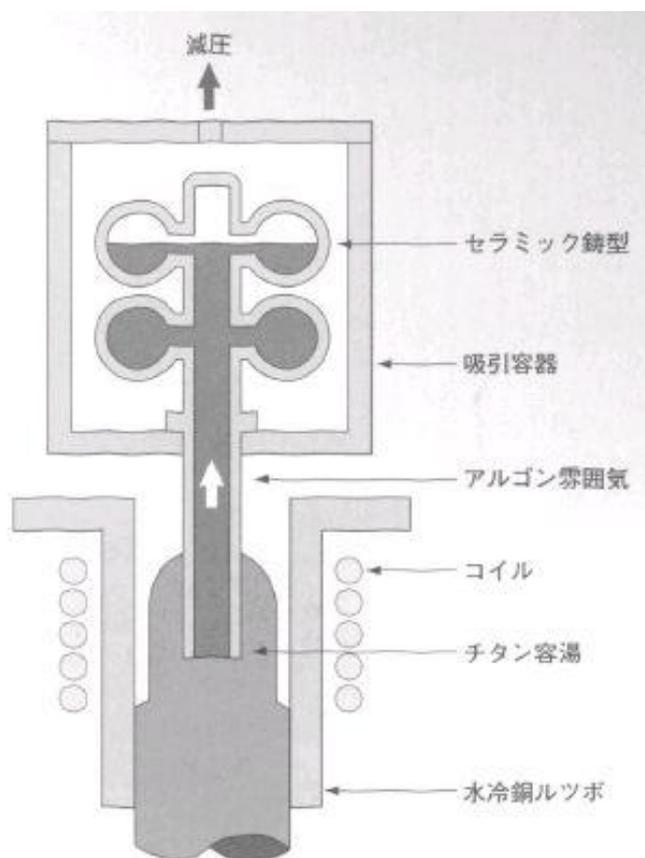


図 19 レビキャスト・減圧吸引精密鑄造法

注:大同特殊鋼ホームページ <http://www.daido-100th.com/topics/476/> (2019/05/23accessed)

より抜粋

ゴルフクラブに使用されるチタンは、 β チタン合金と呼ばれる合金である。チタンは、金属組織の状態によって、 α 型合金、 β 型合金、 $\alpha + \beta$ 型合金の3種類に分類される。

β チタン合金とは、 β 型の合金のことであり、大同特殊鋼ホームページ²⁶によると、 β 型は $\alpha + \beta$ 型よりも冷間加工性に優れている、という特長を持っている。この β チタン合金は加工が難しく、ゴルフクラブに採用することは困難だったが、特殊伸線加工・表面処理技術を持つ企業と出会ったことによって、50~100 ミクロンという非常に細かい繊維への加工ができるようになった。繊維状に加工可能になった β チタン合金は、ゴルフのシャフトに採用され、ゴルフヘッドとあわせてチタン素材が活躍している。

チタンは様々な優れた特長を持ち、多くの分野で使用されている。表5にチタンの特徴と用途をまとめる。ゴルフクラブヘッドのようなスポーツ分野の他にも、計量・高強度・高耐食という特長を活かして、自動車や航空・宇宙、火力・原子力発電関連の製品にも使用されている。他にもチタンは、無毒性・生体適合性にも優れており、医療の分野でも活躍している。磁性を持たないために、MRI診断も行うことができ、主に歯科用のインプラントをはじめとする医療器具に用いることのできる素材として注目を集めている。2014年には、TNCZという医療用のチタン合金を発売した。想定は、カテーテルワイヤー、ガイドピン、ステントなどの医療機器であるが、メガネのフレームや自動車部品、時計ケースなどの様々な分野への進出を目指している²⁷。TNCZはニッケルおよびバナジウムを含まない β チタン合金であり、体内で使用されること考えて、毒性が少ないという特長を持つ。さらに従来のチタン合金にはない、しなやかさや複雑な形状への加工可能性をも持つ。

2018年には、大同特殊鋼の耐熱チタン合金DAT54が日本で初めてアメリカの航空宇宙用材料規格であるAMS (AEROSPACE MATERIAL SPECIFICATION)に登録された²⁸。その耐熱温度は2018年現在で約600°Cであり、航空機内のエンジンの高効率化を可能にする。大同特殊鋼はおよそ30年にわたって、チタン合金製品を提供しており、チタン合金の開発を続けていく中で、欠点から課題を発見し、その課題を克服することで様々な合金を生み出している。

²⁶ 大同特殊鋼ホームページ <http://www.daido-100th.com/topics/372/> (2019/05/23accessed)

²⁷ 大同特殊鋼ホームページ https://www.daido.co.jp/about/release/2014/0722_tncz.html (2019/10/12 accessed)

²⁸ 大同特殊鋼ホームページ https://www.daido.co.jp/about/release/2018/0626_ams.html (2019/10/12 accessed)

| 特長 | 用途 | |
|--------------------|------------|-------------------------|
| | 適用箇所 | 詳細 |
| 軽量・高強度・高耐食 | 航空・宇宙 | 機体構造材、エンジン部材、ロケット部品、他 |
| | 自動車 | コンロッド、バルブ、スプリング、他 |
| | 船舶、海洋関連 | シャフト、LNG 海水クーラー用チューブ、他 |
| | 化学、石油化学 | NaOH 電解用電極、各種製造装置、反応塔、他 |
| | 火力、原子力発電関連 | 復水器用パイプ、再処理装置 |
| ファッション性 | スポーツ・レジャー | ゴルフ用部品、テニスラケット、自転車、他 |
| | 装飾 | メガネフレーム、時計、カメラ、他 |
| | 日用品 | ポット、アタッシュケース、ボンベ、他 |
| 無毒性・生体適合性 | 医療 | 医療機器、人工骨、歯根、人工心臓弁、他 |
| | 食品 | 酒瓶、整水器用電極 |
| Ni-Ti 合金形状記憶特性・超弾性 | 自動車 | 燃料噴射弁用センサー |
| | 家電 | センサー、モーター、熱駆動耐、他 |
| | 装飾 | ブラジャー |

表 5 チタンの特徴とその用途

注：大同特殊鋼ホームページ <https://www.daido.co.jp/products/titanium/>
(2019/11/08accessed) より抜粋

5.3 TMR 型磁気センサの開発

TMR 型磁気センサは、トンネル磁気抵抗 (Tunneling Magneto Resistance, その頭文字をとって TMR と表記される) 効果を利用した磁気センサである。先述の MI センサ同様に、磁気抵抗効果を利用しており、使用される素子によって様々な種類がある。南・小山 (2017) によると、「磁性金属層と絶縁層を積層する構造が一般的だが、絶縁体の

マトリクス中に磁性金属のナノ粒子（ナノグラニュール）を分散させた構造でも実現できる」ということである。詳しい説明は南・小山（2017）に譲るが、大同特殊鋼株式会社のセンサは後者の構造を持つ、ナノグラニューラー型のセンサである。このナノグラニューラー構造は、電磁材料研究所（以下、電磁研と記載）にて、ナノグラニューラー構造を持つ軟磁性薄膜および TMR 薄膜として発見され、その技術を大同特殊鋼の研究部が新技術として製品化した。大同特殊鋼は、磁性薄膜技術と三次元微細加工技術を用いて、世界で初めて製品化に成功している。

電磁研は、1944 年に文部省所管（財）航空計器材料試作研究所として東北帝国大学附属金属材料研究所内に設立された。初代の理事長は本田光太郎博士であり、永久磁石の KS 鋼を発明した「鋼鉄の父」と呼ばれる。大同特殊鋼は、電磁研が 1995 年に発見した TMR 薄膜を用いて、1997 年に GIGS (Granular In Gap Sensor) という技術を発明し、2002 年に研究を開始した。大同特殊鋼が研究を開始したきっかけは、非鉄分野にて新たな技術の芽を探していたところ、電磁研から、こういう技術がある、と教えてもらったことである。大同特殊鋼の経営層のうちの一人が、電磁研の理事を務めていたため、電磁研と大同特殊鋼経営層との付き合いが深かった。

このセンサは、小さく、感度が高い、という特徴があり、その小ささから狭いピッチで並べることができる。浅野（2016）によると、TMR型磁気センサは、磁気を検知する部分は約 $20 \mu\text{m}^2$ であり、ホール素子²⁹やAMRセンサ³⁰と比べると 5 分の 1 以下の大きさである。「センサのチップサイズも 0.4mm^2 を実現できるため、モータに組み込まれるようなエンコーダ用途以外にも、シャフトやバルブなどの回転体に簡易に磁石を貼りつけ、ナノグラニューラーTMR型センサを用いてその回転を計測する、後付け利きのような設置空間を十分に確保できない設計制約の多い用途への応用も可能」（浅野, 2016）である。大同特殊鋼のC氏³¹によると、「そうしたメリットを活かして、大同特殊鋼にしかできないものというニッチ市場で勝負しています。」³²ということだ。

電磁研から GIGS という技術があることを教えてもらい研究を始めることにしたものの、はじめのうちは、本当に使える技術なのだろうか、きちんと動くのだろうか、というところからのスタートだった。2 年後の 2004 年に正式に企画が立ち、製品化に向けてチームを結成した。このとき GIGS を要素技術として大同特殊鋼に取り入れるため、

²⁹ ホール効果を持つ素子のこと。これを用いたセンサをホールセンサと呼ぶ。FUJIELE ホームページ (<https://www.fujiele.co.jp/> 2019/10/02accessed) によると、ホール効果とは「物質に流れる電流に対して垂直方向に磁場をかけると、電流と地場の両方に直交する方向に起電力が現れる現象」のことを指す。

³⁰ 異方性磁気抵抗センサのこと。TEconnectivity ホームページ (<https://www.te.com/jpn-ja/home.html> 2019/10/02accessed) によると、「センサによって検出された磁場の角度の変化を測定する、高精度の非接触型デバイス」のことを指す。

³¹ 電磁材料研究部 機能材料研究室に所属。

³² 2016 年 7 月 13 日に C, D 氏に対する 120 分間のヒアリング内容に基づく。「大同特殊鋼さんのセンサの特徴について教えてください。」という質問に対する C 氏の答えである。

まずは品質を安定させることが重要になる。その後製品化するにあたり、量産できる方法を研究する必要があるため、事業化するまでには長い期間がかかる。大同特殊鋼が TMR 型磁気センサとして事業化できたのは、2013 年であり、およそ 10 年の期間がかかっている。

C氏によると、電磁品、特にセンサを扱い始めた一番大きな理由は、自動車の電子化である。「自動車の機構が変わると、売り上げのボリュームゾーンが変わります。自動運転や燃費向上などを扱い始めると、そこに検知するためのセンサがたくさんついてくることになります。自動車が電子化するにつれて、磁石や軟磁性磁石、そしてセンサなどをやると、ユーザーが喜ぶというのがあり、始めています。」³³とC氏は話した。しかし、これには主に2つのリスクがあり、ひとつに、あまりにもボリュームが増えすぎると、量産体制がすぐにとることができなくなる。もうひとつは、自動車の場合は人の生死に関わるために、品質がかなり問われることになる。この2点について、しっかりと研究から生産までを行わなければならないことから、事業化するまでには長い期間を要する。

D氏³⁴によると、TMR型磁気センサの場合は、経営層とのつながりから研究開発につながったが、他にもいろいろと探している中でそうした研究開発につながるということが多い、と話す。例えば、学会に参加し、報告や発表を行う、また、他の企業の報告で面白そうなことがあれば共同研究に持ち込むということもある。さらに、シンポジウムや展示会など、他の企業や様々な技術が集まる寄合のようなものがあれば出向いていくことも多い。電磁研とも、センサの他にも共同研究することがないかなど、常に何かないか、と探している。「宝くじに近いイメージもあり、何か引っかかるところがないかと種をまき続けています。」³⁵とD氏は語る。

新分野に対するモチベーションは、既存の鉄に対する危機感が大きい。D氏は「自動車の機構が変更され、例えばハイブリッドや電気になると、食えなくなるという危機感が常にあります。この危機感は、全社的に共有されていて、20年先のネタという感じで頑張っています。」³⁶と話す。何か自分たちの持っている技術のカテゴリーの中でできることはないのか、ということ考えた。磁石という流れも、そうした流れから来ているという。それと同時に、販売して売れるのかどうかということを探る。

事業化までには、大まかに分けると三つの段階がある。ひとつは、モノづくりの段階である。これは研究する段階であり、技術が使えるものなのかどうかということを確認

³³ 2016年7月13日にC、D氏に対する120分間のヒアリング内容に基づく。「なぜセンサを扱い始めたのですか」という質問に対する、C氏の答えをまとめたものである。

³⁴ 企画管理部に所属。

³⁵ 2016年7月13日にC、D氏に対する120分間のヒアリング内容に基づく。「どのように研究開発の内容を見つけていますか」という質問に対するD氏の答えである。

³⁶ 2016年7月13日にC、D氏に対する120分間のヒアリング内容に基づく。「新分野進出のモチベーションは何ですか」という質問に対するD氏の答えである。

める段階である。研究を続けていくうちに、あるところから顧客に技術を見てもらうということになる。これが二点目の、市場評価の段階である。顧客は大同特殊鋼の技術を用いて新商品を作ろうとするため、開発品であるということを明示する。このとき顧客が使ってくれそうであれば販売し、評価をしてもらう。そうした評価を受けて、改善点を出し、研究にフィードバックするというのが目的である。そして最後に、商品にしても大丈夫そうであれば、事業部に移すという段階になる。

新たに事業化する段階になると、経営陣の意思が関わる。D氏によると、「新事業の際に、事業にしようというのはトップやそこに近い人の意思が重要になってきます。思いが強いと応援してもらいやすいし、やりやすくなります。逆にトップが変わって逆風になることもあります。大きな指針としてトップは示しますが、やることとしてはボトムアップで出てくるのがほとんどですね。トップは査定するだけです。市場がこうなっているから、ということに詳しいのはやはりボトムなので、そこからダメ・OKを判断するのがトップです。」³⁷とする。経営陣が主導するということではなく、経営陣の許可を得られるよう、開発部が奔走するというのが事業化の段階である。

センサを含む電磁部品は、非鉄分野にあたるが、90年代の前半にはすでに大同特殊鋼の中に「鋼材からの脱却」という自社の技術や製品に対する動向があった。C氏は、「鉄：非鉄＝6：4 くらいの割合から、5：5 という半々くらいにしたいという望みがありましたね。」と話す。実際にはまだ5：5 までには及んでいないが、非鉄分野への進出という点に力を入れてきていることがわかる。しかしいくら力を入れてきたとはいえ、非鉄分野の製品はやはり先行投資がしづらい傾向にある。「コモディティ化したものはやりづらいので、少量で高く売るという傾向が強いですね。センサもそうです。電気を専門で扱っている会社であれば、一気に投資をして、工場をつくって、大量生産ということができますが、鉄鋼メーカーの非鉄分野ともなると先行投資がしづらい向きがあります。よって、製品にニッチでハイエンドという特徴がどうしても出てきてしまいます。」とC氏は語る。実はTMR型磁気センサも、はじめは製造のみを外注するというをしていた。C氏いわく、「投資をなるべく抑えようと、他の半導体の請負工場にはじめは外注していました。設計は大同（特殊鋼）で行い、製造は外注に出すという形でした。いまは外注ではなく、社内ですべてをやっています。はじめのうちは、センサ開発の人員も1、2名という人数から始まり、本格的に立ち上げとなるにつれて人も増えてきます。今ではエンジニアで10人ほどにまで増えています。その人員は、全く新しい分野の製品を扱うので、みんなが勉強していくことをしますが、やはり適性もあります。中途採用をすることもあります。」³⁸とする。

TMR型磁気センサは、新しい分野への挑戦であったが、助成金などは全く受けてい

³⁷ 2016年7月13日にC、D氏に対する120分間のヒアリング内容に基づく。事業化の段階について、C、D氏に説明を受けたうちの一部を抜粋したものである。

³⁸ 注37同様。

ない。例えば、前章の事例となった愛知製鋼は、JSTという機関のコンソーシアムに参加し、助成金を受けた。しかし大同特殊鋼は、なんとか自前でセンサ開発を行った。それは工場をつくる時も同様で、自前のお金で行っている。D氏いわく、「愛知製鋼さんとの開発形態の違いとしては、助成を受けていないというところかもしれませんね。工場をつくる時も、なんとか自前のお金でやりました。はじめの小さい研究に対して助成を受けようとする、事務手続きが煩雑になったり、研究に対する制約が増えたりします。なので、自前でやろうとする傾向が強いですね。GIGSの時も、トップから『あとは君たちのやる気だけだ。』という風に言われていて、期待されているのかな、という印象はありました。」³⁹とする。このように、自社のお金でまかなって開発から販売までを行ったことがわかる。

センサの立ち上げに対しては、なぜセンサをやるのか、という議論はあり、全会一致でセンサ事業に投資したということではない。D氏は、「一人か二人は違う意見の人ももちろんいたでしょうが、キーパーソンの声が強かったり、幹部の声が強かったりすると、育つかもれないというものに対して投資をしてもらえることになります。」⁴⁰と話す。D氏いわく、「やはり事業化するためには、説得するしかありませんね。何年で投資回収できて、何年後に売り上げがどれくらいになるという、成長のストーリーを描きます。プラスになるように、プレゼンで魅せることが必要です。盛った資料、盛った企画を作るということになりますが、プレゼンをきく側もある程度はそういうところもわかっているでしょうね。」⁴¹とする。ストーリーの数字ももちろん大事な指標だが、やる気を見せる、というところが大切なことであるということがわかる。

このように大同特殊鋼は、自動車の機構が変化することからセンサ分野に進出した。90年代にはすでに「鋼材からの脱却」という社内における動向があり、新たな分野へと進出することが求められてきた。そのために学会や展示会などさまざまな場所へと出向き、新分野進出への技術を常に探してきた。センサの技術は電磁材料研究所で発見されたものだが、その技術を用いて新たな製品を開発した。開発にさいして助成金を受けることなく、経営陣への幾度ものプレゼンを経て、2013年に事業化に成功した。

さらに日本経済新聞ホームページ⁴²によると、大同特殊鋼は2018年に、自動車の高感度センサ向けに軟磁性材を開発した。先述の通り、TME型磁気センサに軟磁性薄膜を利用しており、何磁性材のラインナップを広げることにより、様々なニーズに対応する

³⁹ 2016年7月13日にC、D氏に対する120分間のヒアリング内容に基づく。「同じセンサ分野に進出している愛知製鋼さんとの大きな違いは何ですか」という質問に対する、D氏の答えをまとめたものである。

⁴⁰ 2016年7月13日にC、D氏に対する120分間のヒアリング内容に基づく。センサ開発の立ち上げについて説明を受けた一部を抜粋したものである。

⁴¹ 注40同様。

⁴² 日本経済新聞ホームページ

https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP473044_R00C18A3000000/ (2019/10/12 accessed)

ことができる。大同特殊鋼は、自動車の自動運転化により高度化するセンサへの対応として、世界最高水準の高透磁率の軟磁性材を開発した。日本経済新聞ホームページ⁴³によると、「透磁率とは、材料の磁化のしやすさ（磁束の通りやすさ）を示した数値」であり、透磁率の高い材料を使用することによってセンサの感度が高まる。一般的なセンサに使用される電磁鋼板の透磁率は 5000 であるが、大同特殊鋼の開発した軟磁性材のひとつであるMENPC2-Sは、透磁率が 300,000 である。

さらに、磁束密度⁴⁴をMENPC2-Sの約二倍に高めた、透磁率 140,000 のMENPB-Sというもうひとつの軟磁性材も開発した。MENPB-Sは、自動車の電動化に伴うバッテリーの大電流センサの高度化に対応できる。センサの感度が高まることにより、バッテリーの残量が正確に計測できるようになる。大同特殊鋼は、2つの軟磁性材の開発をきっかけとして、センサの小型化や高度化に対応した高透磁率軟磁性材のラインナップ拡充を進める。

⁴³ 日本経済新聞ホームページ

https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP473044_R00C18A3000000/ (2019/10/12 accessed)

⁴⁴ 材料の単位断面積当たりの磁束の数のことを指す。

6. 2社のセンサ開発の分析

4章, 5章では, 愛知製鋼と大同特殊鋼それぞれの事例について述べた。本章では, 2社のセンサ開発に焦点を当てる。2社は, 自動車の電子化に対応するためにセンサ開発を行うと同時に, 自動車以外の他の新しい市場に進出している。愛知製鋼は携帯電話, 大同特殊鋼は紙幣判別機といったように, 自動車以外の新市場への進出である。本章では, 主に愛知製鋼の事例を掘り下げ, 詳しく記述する。

6.1 自動車向けのセンサ開発

第4章で明らかにした通り, 愛知製鋼は自動車の電子化への対応から, センサ分野に進出した。愛知製鋼はセンサ分野に進出した当初は, 磁石を道路に埋め込み, その磁気をセンサで察知するという方法を検討していた。図20は, 自動車の電子化に伴い, 自動車用のセンサの技術動向を示したものである。

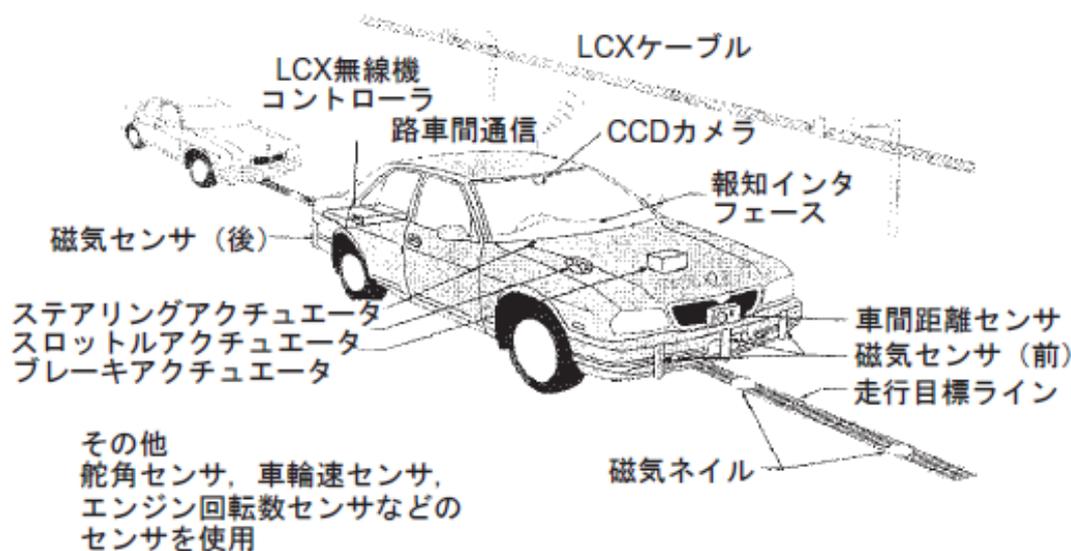


図 20 自動車用センサ

注：深谷（2006）より抜粋

愛知製鋼のセンサ技術は, 2005年に開かれた愛知万博の会場内で使用された。図21にある通り, 会場の中を移動する手段であるIMTS (インテリジェント・マルチモード・トランジット・システム) の運行に, 地面に埋め込んだ磁気をセンサで察知するという方式を利用した。さらに, 図22において, 青色の線で示しているのが自動運転区間で

あり，この自動運転区間では軌道上に磁石を設置し，その磁気をセンサで察知するために，無人走行が可能になった。



図 21 IMTS

注：愛・地球博ホームページ⁴⁵より抜粋

⁴⁵ 愛・地球博ホームページ <http://www.expo2005.or.jp/jp/A0/A1/A1.2/index.html>
(2019/10/04accessed)



図 22 会場内の運行状況

注：愛・地球博ホームページ⁴⁶より抜粋

この無人走行は、のちの自動運転技術への布石であり、愛知万博終了後には公道にて実証実験も行った。2011年11月に滋賀県における自動運転バスの実験で、愛知製鋼のシステムは、GPSが使用しにくい約500メートルの区間に使用された⁴⁷。また、道路の白線が隠れる雪道などにも強みを持つという。さらに、トンネル内の利用も期待されている。愛知製鋼は、2018年11月に、長野県伊那市の道の駅「南アルプスむら長谷」における自動運転サービスの実証実験⁴⁸に参画した。道の駅「南アルプスむら長谷」周辺は中山間地域であり、トンネルが多数存在する。トンネル内では、GPSの電波による位置特定が困難であり、また、画像処理の信頼性も十分とは言い切れない。愛知製鋼の「磁気マーカシステム」は、上記のような様々な理由により位置の特定が難しい場所におい

⁴⁶ 愛・地球博ホームページ <http://www.expo2005.or.jp/jp/A0/A1/A1.2/index.html>
(2019/10/04accessed)

⁴⁷ 日本経済新聞 (2017年11月11日『超高感度の磁気センサーで自動運転 愛知製鋼が実験』) <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO23384150R11C17A1000000/>
(記事の題にあるセンサーという表記は、原文のまま用いており、本論文のセンサという表記に揃えていない。)

⁴⁸ 愛知製鋼ホームページ https://www.aichi-steel.co.jp/news_item/20181102_news.pdf
(2019/10/05 accessed)

て威力を発揮し、自動運転の支援につながる重要な技術である。愛知製鋼の実証実験は、北海道や沖縄など、さまざまな地域に広がりを見せている。

6.2 携帯電話への採用（愛知製鋼株式会社）

このようにセンサ開発は、自動車への採用を意図して開発されていた。開発当初の製品採用は、米国の自動車メーカーへの電子コンパスとしての採用であった。丸山(2006)のインタビュー記事によると、「広大な米国を走る自動車は、東西南北どの方向に向かっているのかを知る電子コンパスを必要としています。MIセンサー⁴⁹を利用するコンパスは、方位を1度まで測れ、従来品より約10倍高性能でした。」とある。この電子コンパスという提案が具体的に進んだことにより、JSTの委託開発を予定より2年ほど前倒しで達成し、2001年8月に終了できたのである。電子コンパスは一部採用に留まり、惜しくも量産品への採用はかなわなかった。センサの感度は優れているという利点はあったが、既存の電子コンパスに比べてコストが高いことが問題視されたのである。この電子コンパスの仕様に対するユーザー企業からの学びが、次の携帯電話向けの磁気センサ開発の基盤へとつながっている。

愛知製鋼は、車載用センサ以外の市場に進出を視野に入れ、市場調査を行っていた。A氏によると、「技術は販売先が決まっているわけではなく、売り込みに行く。例えば、プレス発表をすると欲しいと思った企業は必ず連絡を取ってくる。競合品などの技術は必ずウォッチしていて、出会う場所も、コンタクトをとる機会も、今はたくさんある。」と話し、営業に赴くこともあったという。そこで出会ったのが、携帯電話という市場である。

愛知製鋼は、MIセンサをもとに加速度センサを開発していた。携帯電話会社のボーダフォン⁵⁰とともに、その加速度センサを地磁気センサと複合した「モーション・コントロールセンサ」の適用に向けた開発に乗り出した。そして、2005年2月にはボーダフォンより発売された携帯電話機「V603SH」（シャープ製）に、地磁気センサ3軸、加速度センサ2軸を組み込んだモーション・コントロールセンサ「AMI501」を搭載している。続く2006年2月には、さらに地磁気を1軸増やした6軸のモーションセンサ「AMI601」を開発し、同年4月にボーダフォンに採用されている。はじめは車載用としての研究から、さらに携帯電話市場へと進出している。

愛知製鋼ホームページ⁵¹によると、モーション・コントロールセンサは、人間の三半

⁴⁹ 本論文では、センサという表記をしているが、インタビュー記事の中ではセンサーとしているため、そのまま表記した。

⁵⁰ 2006年4月より、ソフトバンク傘下に入っている。

⁵¹ 愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/news/archive/data/pdf/topics060228.pdf> (2019/10/05 accessed)

規管のような働きをし、携帯電話本体の傾きや動きを検出可能な姿勢制御センサである。図 23 のように、その機能は、三次元で方位を検出でき、例えば星座を探すという新しいアプリケーションを提供できるようになった。さらに、GPSの地図サービスにおける地図のヘディングアップという機能にも利用される。今では、当たり前のように方位や角度を検出できるようになったが、これはこうした技術開発の積み重ねの結果である。

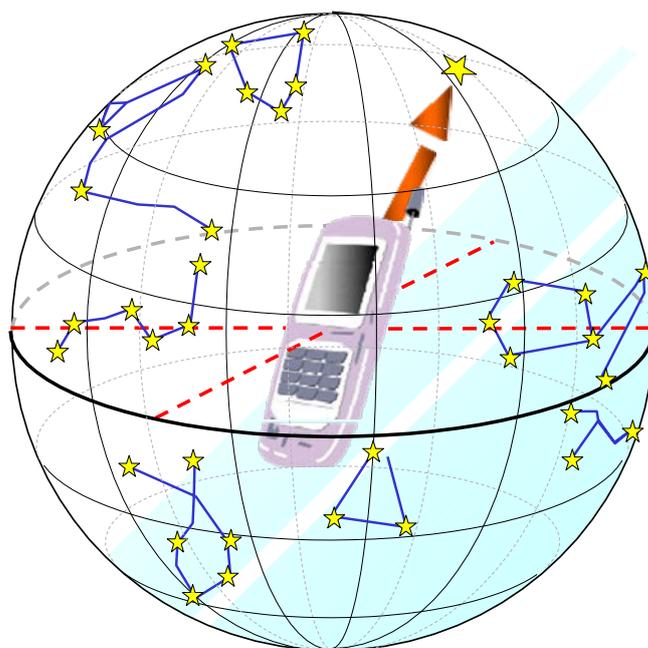


図 23 三次元方位検出

注：愛知製鋼ホームページ⁵²より抜粋

愛知製鋼は、2008年に6軸のモーション・コントロールセンサを利用し、地下街ナビゲーション技術の開発にも成功している。歩行者をナビゲーションする際には、GPSとデジタル地図をベースにしているが、地下街ではGPSの電波が届かなかった。愛知製鋼は、地下街をナビゲーションのための、進行方向を特定するアルゴリズムを考案した。GPSやデジタル地図のみを利用するよりも、精度の高いナビゲーションが実現できるようになっている。愛知製鋼は、自動車の磁気マーカータン様にGPSの欠点を補う形で、携帯電話のナビゲーションを進展させてきた。

こうした携帯電話の技術は、現在のスマートフォンにも利用されている。スマートフォンは従来の携帯電話に比べて、さらに高機能になっている。したがって、さらに高性能な電子コンパスの技術が要求される。愛知製鋼ホームページ⁵³によると、スマートフ

⁵² 愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/news/archive/data/pdf/topics060228.pdf> (2019/10/05 accessed)

⁵³ 愛知製鋼ホームページ

オン用には、従来の電子コンパスの2倍以上の精度が求められるという。愛知製鋼の電子コンパスは、日本だけにとどまらず、台湾、韓国、欧州、米国の大手携帯電話メーカーや、スマートフォンメーカーにおいて利用されている。2011年2月からは量産体制を整え、販売を開始するなど、愛知製鋼のセンサ技術はスマートフォンにも標準装備されるようになってきている。日本経済新聞ホームページ（2017年9月4日 電子版）⁵⁴によると、スマートフォンやノートパソコン向けに累計1億4000万個以上のMIセンサを生産している。

このように、はじめは自動車向けとして開発されたセンサは、携帯電話、スマートフォンへの採用と他の市場へと進出を果たしている。さらに、ウェアラブル端末への装着など、技術の変遷に対応して進出する市場を増やしている。

<https://www.aichi-steel.co.jp/news/archive/data/pdf/topics100727-2.pdf> (2019/10/05 accessed)

⁵⁴ 日本経済新聞ホームページ

https://www.nikkei.com/article/DGXLASFD04H53_U7A900C1L91000/ (2019/10/22accessed)

7. 考察

本章では、はじめに第1節において、特殊鋼専門メーカー2社の事例分析の結果を整理する。素材型製品の技術進化について、先行研究と本論文を比較し、先行研究とは異なる技術進化の様子を明らかにする。次いで、第2節では、本論文の研究課題への対応について言及する。「活用と探索の両事業が、経営陣による管理に依存することなく、一つの企業内で併存する（組織の二重性）ために必要な条件は何か」という研究課題に対して、主に2社の各センサの開発事例から得られた示唆を提示する。探索を行う事業が、経営陣の過度な保護なく製品開発を推進できたのかという点につき、製品開発のプロセスに注目して考察する。最後に第3節では、2社のセンサが自動車向けから他の分野へ、つまりは自動車市場から他の市場への進出について議論する。これまでに製品を納入している自動車市場ではなく、異なる新たな市場に対してアプローチ可能であることを示す。

7.1 事例分析の結果

まずは愛知製鋼における、2つの製品開発について言及する。鉄力めぐり・鉄力あくあの開発は、特殊鋼で培われた製造ノウハウを活かし、新たな農業用肥料という分野への進出を図った。言い換えると、鉄の特性を深く研究することにより得られた知識を、植物の成長促進という現象に利用することを考えたのである。一方で、MIセンサの開発は、新たな事業の芽を探索し、参加した学会にて発見した技術を開発して、新しいセンサ分野への進出を図った。積極的に組織外部に技術を探索することで得られた技術を開発し、技術的な困難性を克服することでセンサの製品化に成功した。

前者の開発は、米倉（1987）が想定した、本業の徹底追求から派生した技術を他の分野に応用するという技術進化である。この技術進化を本業徹底追求と名付ける。それに対して、後者の開発は、組織外部へと探索を行い、探索した技術に対して自社の持つ知識や技術を結びつけるという技術進化である。これを外部技術探索と名付ける。本業徹底追求と、外部技術探索では、技術進化の方向性が異なる。愛知製鋼にとっては、鋼材からの脱却を目指した組織外部への技術の探索であった。

次に大同特殊鋼における、2つの製品開発について言及する。チタン合金製ゴルフクラブヘッドの開発は、特殊鋼の生産で培った鋳造の技術を活かし、精密鋳造システムの「レビキャスト法」を利用した新分野進出である。一方で、TMR型磁気センサは、新たな事業の芽を探索し、電磁研からの情報提供を受けてセンサ技術の新規開発を行った。前者は本業徹底追求であり、後者は外部技術探索である。愛知製鋼同様に、技術進化の方向性は異なる。大同特殊鋼にとっても、鉄から遠い分野へ、脱鉄鋼を意識した組織外部への技術の探索であった。

両事例ともに、新分野に進出するという点はどちらの技術進化にも共通している。しかし、開発を行う技術がどこから来たのかという由来が異なる。すなわち、特殊鋼について研究するという本業の追求から導出した技術であるか、組織外部に探索を行って得られた技術であるか、という大きな違いである。この点は、本論文における技術進化の比較に重要な意味を持つ。

本業の追求から派生した技術を用いた新分野進出は、組織の二重性における活用で分類できる。なぜなら、本業である特殊鋼製造を行って得た知識やノウハウを用いて、さらに研究を重ね、そこから派生した技術を新分野進出の種にしている。愛知製鋼の鉄力あぐり・あくあは、その名の通り、本業の鉄鋼（鉄）の力を利用した植物の成長促進剤である。大同特殊鋼のチタン合金製ゴルフクラブヘッドも、鉄鋼で培った技術を用いて、チタンという金属合金を基にしたスポーツ分野への進出である。チタンは他にも、様々な分野への応用が可能であり、今後も分野の広がりが期待される金属である。したがって、本業徹底追求は、組織の二重性の理論における活用にあたる。本論文における愛知製鋼、大同特殊鋼の2事例はともに、こうした本業から派生した技術を用いた新分野への開発のひとつ⁵⁵である。したがって、米倉（1987）において示された本業徹底追求からの新分野進出という技術進化を追認することができた。

次に、組織外部への探索から獲得した技術を用いた新分野進出は、組織の二重性における探索に分類できる。なぜなら、両社におけるセンサ分野への進出は、自社の技術だけでは進出できない分野であり、組織外部へと探索をしたからこそ可能になった新分野への進出である。愛知製鋼のMIセンサは、積極的に学会や研究会などに出掛け、入手した技術を開発した事例である。大同特殊鋼のTMR型磁気センサは、電磁材料研究所の技術提供であり、様々な学会や研究会に参加し、いろいろな技術を試していた中での技術の入手である。はじめは本当に作動するのかというところから製品開発をし、製品化に成功した事例である。技術を獲得した方法は異なるが、両社とも探索を行い外部から技術を獲得したことは明らかである。したがって、外部技術探索は、組織の二重性の理論における探索にあたる。本業徹底追求同様に、本論文における2事例はともに、組織外部への探索から獲得した技術を用いた新分野進出のひとつである。ここで2つの事例について、本事例と先行研究の対応を表6に示す。

⁵⁵ 2社ともに他にもたくさんの製品を製造している。したがって、本事例はそのひとつであり、組織の中での活用は他にも行われているということを強調している。

| 技術進化 | 愛知製鋼 | 大同特殊鋼 |
|------------|-----------|---------------------|
| 本業徹底追求(活用) | 鉄力あぐり・あくあ | チタン合金製 ゴルフクラブヘッド |
| 外部技術探索(探索) | MIセンサ | TMR型磁気センサ |

表 6 技術進化と本事例の対応⁵⁶

注：筆者作成

2社の事例、特に外部技術探索の2製品の事例の共通点として、本業である鋼材、鉄鋼への依存に危機感を抱いている、という点が挙げられる。90年代より、愛知製鋼では鋼材からの脱却、大同特殊鋼では脱鉄鋼という意識が、全社的に共有されていた。2社ともにこうした意識を持っていたために、組織外部へと技術を探索し、新分野に進出することを試みたのである。

相違点をみると、2社は特性の異なるセンサに進出している。しかし、同じ磁気を利用したセンサ分野に進出した点は大変興味深い点である。センサといえば、温度、湿度などをはじめ、光、音など、そのセンシングする対象は様々である。何をセンシングするのかによって、その対象が異なる中、2社は同じ磁気を利用したセンサ分野に進出した。このことは、2社の本業は特殊鋼製造であり、主に鉄を製造している組織であることに関係があると推察する。鉄は磁性を持つ金属であり、鉄に対する研究の蓄積は2社ともに豊富である。したがって、センシングする対象を磁気としたことは、外部技術を用いた開発であっても、自社の蓄積した知識を少しでも利用できるような試みたことがわかる。

資金調達の方法については、愛知製鋼が外部資金を調達、大同特殊鋼は内部資金で自前でという相違がある。愛知製鋼では、コンソーシアムに参加した時点において、JSTからの支援を受けている。その後も、外部資金調達に力を入れていた。B氏によると、外部資金調達のためには、たくさんの書類を作成する必要がある。その際に、今現在のセンサ開発の進展を整理することができ、問題点や課題を認識するために役立ったという。大同特殊鋼では、外部資金を調達することなく、全て内部の資金でセンサを製品化した。D氏によると、外部資金を調達すると、事務手続きが煩雑になり、助成を受けたことによる制約が増えてしまうこともある。自由に開発を進めるために、内部資金を使ってやることを決めたということだ。この資金調達の方法の相違によって、本論文の研

⁵⁶ 本事例で取り上げた製品以外にも、新分野に進出した製品は存在する。詳細は補遺を参照されたい。

究課題である経営陣による活用と探索の両事業の管理にも相違がうまれる。この点については、次の第2節にて詳しく議論する。

2社の共通点と相違点から、2社が活用と探索のどちらも行っていることが明らかになった。2社は活用の成果としての新製品（鉄力あぐり・あくあ／チタン合金製ゴルフクラブヘッド）と、探索の成果としての新製品（MIセンサ／TMR型磁気センサ）をともに保有している。図の通り、これらは組織の中で、活用および探索の事業として併存している。これは2社が組織の二重性を持っていることを示しており、本論文の研究課題について議論することの妥当性を示すものである。さらに、素材型製品では、本業の徹底追求からの新分野進出が一般的であるが、本事例分析から、組織外部への積極的な探索からの新分野進出という新たな技術進化の様子が明らかになることができた。次の節では、外部技術探索の技術進化である2社のセンサ開発に焦点を当てて、本論文の研究課題について考察する。

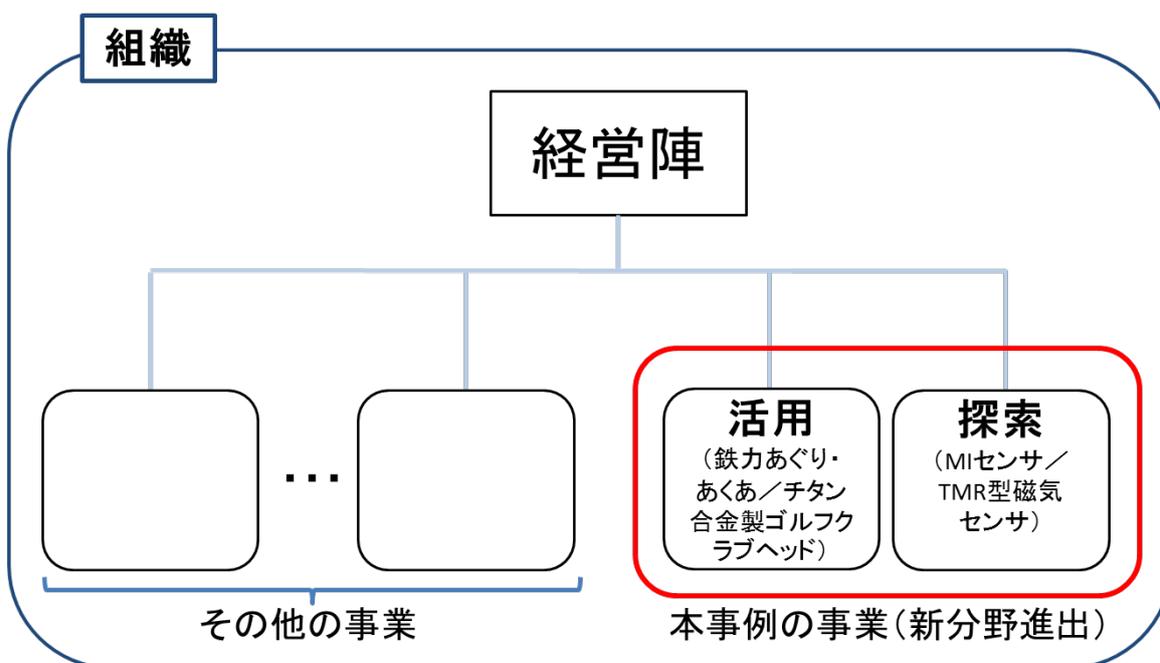


図 24 活用および探索の事業の併存（組織の二重性）⁵⁷

筆者作成

7.2 2社のセンサ開発事例から得られた示唆

本節では、「活用と探索の両事業が、経営陣による管理に依存することなく、一つの企業内で併存する（組織の二重性）ために必要な条件は何か」という研究課題にこたえるために、愛知製鋼および大同特殊鋼のセンサ開発に焦点をあてる。まずは自律性につ

⁵⁷ 例として、愛知製鋼の事業領域における製品の位置づけを補遺に示す。

き、表7に測定項目を明示して、事例との対応を確認する。

| 活用と探索を行う事業は、 | | 愛知製鋼 | | 大同特殊鋼 | |
|--------------|----------------------------------|-----------|-------|-----------------|-----------|
| | | 鉄力あぐり・あくあ | MIセンサ | チタン合金製ゴルフクラブヘッド | TMR型磁気センサ |
| 1 | 経営陣が決定を認めるまではほとんど行動できない | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 2 | いかなる決定も経営陣の承認がなければならない | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 3 | ささいな事柄でも最終的の回答を経営陣に問い合わせなければならない | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 4 | どんな事でも実行に移す前に経営陣にお伺いを立てねばならない | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 5 | 研究内容の決定権を持たず、その決定権は経営陣にある | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 6 | 研究内容に関して、経営陣により反対を受けた | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 7 | 製品開発を促進するために、経営陣の力を必要とした | 有 | 有 | 有 | 有 |
| 8 | 一連の製品開発において、経営陣からの支援を受けた | 有 | 有 | 有 | 有 |

表7 活用と探索を行う事業の自律性の有無

注：筆者作成

測定項目1から4は、野中ら（1978）が翻訳したHallの質問項目である。項目1から4はすべて当てはまらない。例えば、愛知製鋼及び大同特殊鋼のセンサの事例において、研究会や学会などに参加することによる研究内容の探索を行っていた。これらの行動は、経営陣により指示されたものではない。大同特殊鋼では、センサに関するプレゼンテーションを何度も行っているが、これらは経営陣に対する問い合わせやお伺いを立てるといった性質を持つものではなく、事業化への投資に対するプレゼンテーションである。プレゼンテーションにおいて、何らかの承認を得ることはあり得るが、いかなる決定においても経営陣の承認がいるということではない。

次に、測定項目 5 から 8 は、測定項目 1 から 4 では不足している点を補うために用意した独自の項目である。はじめに、表 7 において「無」をつけた二つの項目につき考察を行う。項目 5 では、研究内容の決定権の所在についての項目である。愛知製鋼および大同特殊鋼では、研究会や学会などに参加することで、研究内容を探索していた。特に愛知製鋼は、学会において MI センサの要素技術についての情報を獲得した。大同特殊鋼は、電磁材料研究所において発見された TMR 型磁気センサの技術情報を利用したが、経営陣からこの技術を使うことを指示されたわけではない。実際に、本当に使える技術なのかどうかということ进行调查するところから研究を始めている。項目 6 は、研究内容に対する経営陣の反対である。愛知製鋼および大同特殊鋼はともに、自動車の電子化へ対応するために、センサ開発を行った。自動車産業の動向は、経営陣にとって重要な課題であるため、反対を受けることはない。

次に、表 7 において「有」をつけた二つの項目につき考察する。項目 7 は、製品開発の促進における経営陣の力の有無についてである。愛知製鋼では、MI センサ開発について、トップが研究部に何度も足を運ぶ様子が明らかになった。さらに鉄力あぐり・あくあの開発においては、当時の副社長自らが研究に参加する様子が見られた。このことは、研究開発を促進する要因でないとは言いきれない。大同特殊鋼は、プレゼンテーションの際に経営陣によってやる気を鼓舞される様子が見られた。センサ開発を応援している様子が見られ、センサを開発する人員も期待されていることを感じ取っている。したがって、これらも研究開発を促進する要因となるであろう。

項目 8 は、一連の製品開発における経営陣からの支援の有無についてである。例えば、O'Reilly and Tushman (2016) では、経営陣（彼らの事例における CEO）が探索を行う事業（彼らの事例における新しいベンチャー）にお墨付きを与える、ということが示されている。つまり、活用と探索を行う事業に対して、上位階層から何らかの保証を与えられることにより、探索を行う事業を支援していることを指す。お墨付きを与える意図は、探索を行う事業が活用を行う事業から無駄なものであるとみなされる恐れがあるためである。しかし本事例では、こうした経営陣からの支援を与えられる様子は見られなかった。これは活用および探索を行う事業が対立状態になかったために、経営陣による支援を必要としなかった。

八つの測定項目の中の六つの項目において「無」であり、経営陣への依存度は低いといえる。このことは、活用および探索を行う事業の自律性が高いことを示している。ただし、項目 7 および項目 8 については、経営陣の力を全く必要としなかったわけではないということが明らかになった。

この測定結果から、経営陣の過度な保護を受けることなく、センサ開発を推進していた、ということがわかる。言い換えると、センサの研究開発を担う事業が、自律性を持ってセンサ開発を担っていたということである。組織の二重性の先行研究、特に O'Reilly and Tushman (2016) では、彼らが以前の研究において言及していた活用と探索を行う

事業，特に探索を行う事業の自律性（Tushman and O'Reilly, 1996; O'Reilly and Tushman, 2004）についての議論がなくなり，経営陣による活用と探索の両事業の管理の重要性を強調していた。本論文における重要な概念である，活用と探索の対立，活用と探索の自律性および経営陣による管理と事例との関連を，表 8 に示す。

| | 2事例から抽出した共通点 |
|-----------|---|
| 活用と探索の対立 | 取引先（自動車産業）の技術動向を踏まえた探索 活用を行う事業から探索を行う事業への反対なし |
| 活用と探索の自律性 | 自動車産業向けの製品開発であることから，研究開発を阻害されることはない（組織内におけるセンサ研究の妥当性確保） |
| 経営陣による管理 | 特別に探索を行う事業を保護する様子なし |

表 8 組織の二重性の観点から見た共通点

注：筆者作成

はじめに，表 8 より，先行研究で観察された活用を行う事業から反対を受ける様子は，本事例では見られなかった。この要因として，両事例は自動車の電子化という技術動向を踏まえた技術探索を行っているためであると考えられる。自動車が電子化するにあたり，自動車のさまざまな部分にセンサが必要となる。活用を行う事業の取引先である自動車産業が必要とする技術を探索しており，反対されにくい状況をつくり出していたことがわかる。

ここでの活用を行う事業⁵⁸，特に本業である鉄鋼に関する業務を扱う諸々の事業部からの反対がないという共通点は，次の活用と探索の自律性に関する共通点につながる。センサの研究開発は，他の事業部おもに活用を行う事業から阻害される様子は見られな

⁵⁸ 本論文では，本業徹底追求という技術進化で示した新事業（愛知製鋼における鉄力あぐり・あくあ，および，大同特殊鋼におけるチタン合金製ゴルフクラブヘッド）を，活用を行う事業としている。しかし，それぞれの組織において，そうした新事業以外に，本業である特殊鋼製造に関わる様々な事業部が存在する。先行研究において，反対の中心となるのは，主に既存の本業の事業部が中心である。先行研究の解釈によると，本事例において反対の中心となるのは，本業である特殊鋼製造に関する事業部である。しかし，本事例ではそうした反対が見られなかったことを強調する。以下で，活用を行う事業からの反対について述べる際には，本業である特殊鋼製造に関する事業部を指すことに注意されたい。

加えて，鉄力あぐり・あくあの技術は生産技術部から，チタン合金製ゴルフクラブヘッドの技術はチタン事業部から研究が始まっている。つまり，本業である鉄鋼に関わる事業部が研究を始めている。研究および製品開発が進み，製品を事業化可能になった最終的な組織構造の概念図を，図 24 に示した。このとき，上記の 2 つの製品に対し，本業の事業部から反対される可能性は少ないと考える。

かった。これはひとつ目の共通点にある、取引先である自動車産業向けの製品開発であることが大きく影響している。活用と探索という事業において、センサ研究をする意義が理解され、妥当性を確保できている。さらに組織全体に目を向けると、自動車産業という取引先は大口の顧客であるため、彼らが必要な技術の研究開発は少なくとも反対すべき事項ではない。したがって、組織内においてセンサ開発の妥当性が確保できたといえる。

最後に、本事例においては特別に探索を行う事業を保護する様子は見られなかった。例えば、愛知製鋼においては経営陣が探索を行う事業の視察に何度も訪れたり、大同特殊鋼においては、経営陣向けにセンサのプレゼンテーションを何度も行ったりしていた。しかし、これらがなければ探索を行う事業が存在意義を失うわけではなく、活用を行う事業からの反発を受けるわけでもない。経営陣らが特別に探索を行う事業を保護する必要性は低い。したがって、先行研究の主張である経営陣による活用と探索を行う事業の管理の必要性は低いと考えられる。

このような上記の共通点を踏まえて、2社の事例分析から抽出した探索を行う事業が製品開発する際の、因果関係の流れを図25に示す。

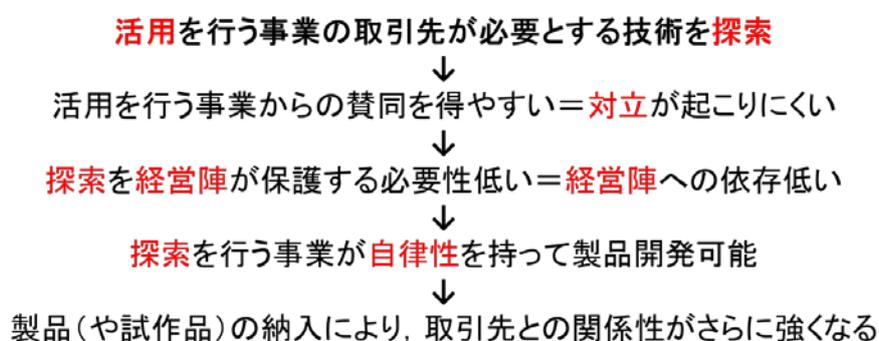


図 25 本論文の主張における因果関係の流れ

注：筆者作成

2社はともに、自動車の電子化という自動車産業の技術動向を捉えて、センサ開発を行っている。自動車産業は、活用である鉄鋼事業の取引先である。その取引先が必要とする技術を、探索を行う事業が開発しようとするとき、活用を行う事業からの賛同⁵⁹が得やすくなる。取引先である自動車産業にとって有用な製品を開発することができれば、活用を行う事業にとって、さらには組織全体にとって、良い影響を与える可能性が高い。すると、活用と探索の対立が起りにくくなり、経営陣が活用と探索の対立を管理する

⁵⁹ 注 58 同様に、本業である製造に関する事業部を指す。

必要性は低い。言い換えると、経営陣が探索を行う事業を保護しなくても、活用と探索の二重性を達成することができる。したがって、先行研究の問題点である、活用と探索の管理における経営陣への依存度を低くすることが可能になる。こうして探索を行う事業は、経営陣による過度な保護を受けることなく、自律性を持って製品開発をすることができたのである。

ただし、探索を行う事業が経営陣の保護を必要としないことは、経営陣が探索を行う事業に対する全ての支援を行わないこととは異なる点に注意を要する。例えば、経営陣は探索を行う事業と活用を行う事業との相違を認識し、探索の実施が組織の長期的な生存にとって重要であることに理解を示す必要性がある。少なくとも、そうした認識や理解がなければ、探索を行う事業を組織の中に存在することさえ困難である。この点については、さらに後に議論する。

本事例における自律性とは、O'Reilly and Tushman (2004) が主張した自律的なユニットつまりは、事業部の持つ自律性を指している。探索を行う事業は、活用を行う事業⁶⁰と比べて新しく、組織内で邪魔な存在であると見なされる可能性が高い (O'Reilly and Tushman, 2016)。これは、活用と探索を行う事業間に対立が存在する原因である。しかし、本事例のように両事業の対立が起こりにくい状況では、事業部としての自律性が主に強調されやすくなるということを示唆している。図 26 に、本論文における、活用と探索および自律性、経営陣による管理と取引先との関係を示す。

⁶⁰ 注 58 同様に、本業である製造に関する事業部を指す。

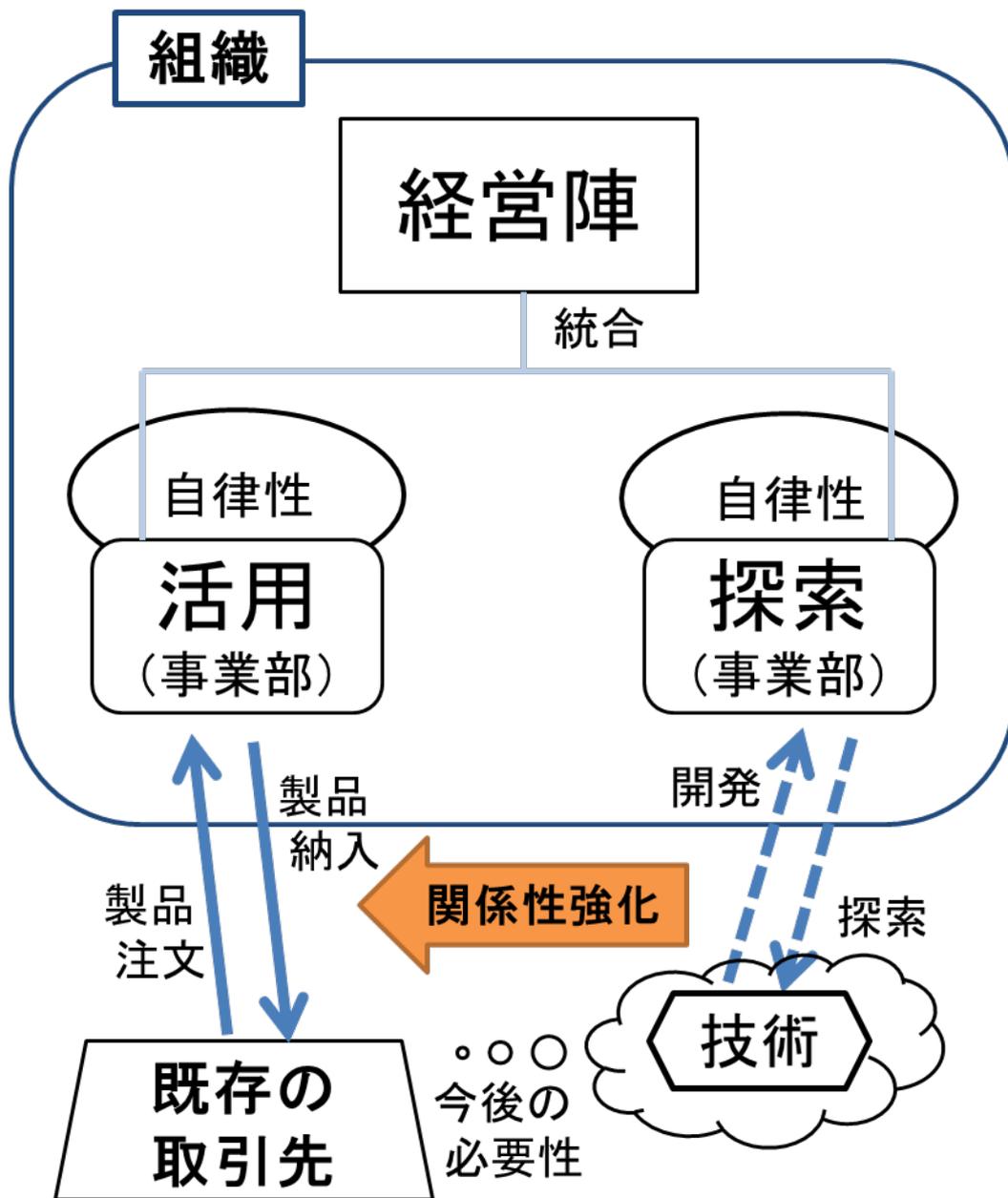


図 26 本論文における各要素間の関係性

注：筆者作成

本論文の事例では、活用を行う事業の取引先との関係性を強めるよう探索を行うことにより、活用と探索の対立が起こりにくくなっていた。具体的には、活用を行う事業が必要とする技術を探索することによって、活用を行う事業が探索を行う事業を邪魔な存在であるとみなさず、探索を回避するよう働きかけることはない。

活用と探索の対立が弱くなれば、その対立をおさめ、探索を保護する役割を担ってい

た経営陣が、活用と探索を管理する必要性は軽減する。経営陣による管理に依存する程度が低くなることは、活用と探索を行う事業の自律性を強めることにつながる。経営陣と活用と探索を行う事業は、階層の関係になっている。構造的に分離された活用と探索を行う事業は独立した自律的なユニット (Tushman and O'Reilly, 1996) であり、経営陣がそれらの事業を統合している。このとき上位階層である経営陣による管理つまりは統合が行われることにより、階層としての安定性が得られる (岸田, 1986)。しかし経営陣による管理の程度が強くなると、下位階層である活用および探索の自律性が犠牲になる危険性がある。

活用を行う事業の取引先との関係性を強めるように探索を行うことは、活用にとって、さらには組織全体にとっても、顧客のニーズに沿った製品開発が可能になるという点でメリットがある。仮に探索の成果が長期的に得られないとわかっていたとしても、活用を行う事業の取引先にとって将来的に有益な技術を開発するのであれば、組織は探索を受け入れやすくなる。探索は不確実性が高い (March, 1991) ために失敗のリスクが高くなるが、取引先との関係性がある場合、つまりすでに顧客が存在していることは事業化で失敗するリスクを低減できるからである。

したがって、本論文の主張である活用を行う事業の取引先との関係を強めるよう探索を行うという条件下では、活用と探索の対立が弱く、経営陣による管理への依存が低く、活用と探索の自律性が強くなる。これは先行研究から明らかになった組織の二重性の問題点の解決に資する。経営陣による管理に過度に依存しない体制を築くことによって、経営陣の手腕による成功であるとはみなされにくくなる。本論文では、組織が二重性に至るプロセスとして考察ができ、一般化可能性を高めることができた。そして、活用と探索の対立という視点から研究を蓄積できた。

さらに、取引先が必要とする技術の探索および製品開発を行うことによって、思わぬ成果が得られた。それは、試作品や製品の納入をすることにより、取引先との関係性が強化されることである。本論文では経営陣による活用と探索の管理に焦点をあて、研究課題を設定した。本論文で主張する条件の下で組織の二重性を達成することによって、取引先との関係性にも言及することができる。例えば、製品開発の途中で試作品ができたときには、迷わず自動車産業に納入し、問題点を洗い出すことができ、さらには製品が完成した際も同様に、自動車産業へと販売することができる。そうしたチャンネルを利用することによって組織内の対立を軽減可能であり、さらには取引先との関係性を強化できるチャンスとなる。

次に、なぜこのような事実が確認できたのかという点に注目し、2社の事例をそれぞれ考察する。ひとつ目は、愛知製鋼のMIセンサの事例である。センサの開発を担う研究部は、新分野のための探索として、学会や研究会への参加をしていた。これは自動車の電子化への対応を念頭に置いた探索であった。参加した学会にて、名古屋大学が発見したMI効果というセンサの要素技術を見つけ、研究を開始した。ここで、はじめの探

索における、自動車の電子化への対応をという点が鍵である。自動車産業は、活用を行う事業である鉄鋼の事業の取引先であり、センサ開発は鉄鋼の事業の取引先が必要とする技術や製品を念頭に置いた開発である。センサ開発をすることで、活用を行う事業の取引先が必要とする技術を提供できる可能性があるために、センサ開発は活用を行う事業さらには社内の賛同を得やすい。そのために、O'Reilly and Tushman (2016) が指摘した、センサ開発が邪魔な存在であると見なされることはなくなる。よって、活用と探索の事業における対立が起こりにくくなるというメリットがうまれる。すると、経営陣が活用と探索の対立を管理しなくてもいい、言い換えれば、研究開発を担う事業を経営陣が保護する必要性は低くなり、経営陣に依存することなく活用と探索を管理可能になる。

愛知製鋼は MI 効果を用いたセンサのコンソーシアムに参加し、コンソーシアムにて開発するセンサの用途を自動車と特定した。JST が主催したコンソーシアムには、名古屋大学が選定した全部で 7 社の企業が参加した。コンソーシアムでセンサの技術的な困難性が発見されたが、期間が限定されているコンソーシアム内では、どの会社もその技術的な困難性を克服できなかった。他の会社は開発を断念したが、コンソーシアムが終了した後も、愛知製鋼は粘り強くセンサ開発を続行した。そして、技術的な困難性を自社の磁性の知識を用いて克服し、MI センサの製品化に成功した。このプロセスは全て、探索を行う研究開発部が主導した。つまり、探索を行う研究開発部が自律性を持って製品開発を行う様子が明らかになったのである。そして、製品化したセンサや研究途中の試作品は、活用を行う事業の取引先である自動車産業へと納入することができ、さらに取引先との関係性が強化されるのである。

ふたつ目は、大同特殊鋼の TMR 型磁気センサの事例である。鉄からの脱却を目指して、非鉄分野に進出するために新たな技術の芽を探索していた。その際に電磁材料研究所から、GIGS という技術があるという情報を得た。GIGS は電磁材料研究所が発見した技術であり、電磁材料研究所の理事が大同特殊鋼の経営陣をしていたことがきっかけとなった。GIGS が本当に使える技術なのかどうかというところから調査をはじめ、使えるのであれば自動車の電子化に貢献できる。センサ開発を始めた一番大きな理由は、自動車の電子化への対応のためである。愛知製鋼の事例と同様に、取引先が必要とする技術を開発できる可能性があり、活用を行う鉄鋼事業からの賛同を得やすくなる。すると、活用と探索の対立が起こりにくく、研究部を経営陣が保護する必要性が低くなり、活用と探索の管理を経営陣に依存しなくても組織の二重性を達成することができる。

センサ開発を行う研究部は、センサの方針を、小さく、感度が高いというニッチな分野で勝負すると決めた。センサ開発において困難に直面した時には、自社の磁性薄膜技術と三次元微細格好技術を用いて克服し、TMR 型磁気センサの製品化に成功した。このプロセスは全て、探索を行う事業である研究部が主導した。探索を行う研究部が自律性をもって、製品開発を行っていたのである。さらに、試作品を取引先に持ち込んだり、

製品を納入したりすることにより、取引先との関係性を強化できる。このように、愛知製鋼、大同特殊鋼の2つの事例から、図 25 の因果関係の流れを確認することができる。

ただし、若干の注意したい点は、経営陣の関与を全く必要としないわけではない、ということである。特に大同特殊鋼では、事業化の際に経営陣へのプレゼンを行っている。事業化するか否かを決めるのは経営陣であり、経営陣の関与は認められる。しかし、大きな指針を示すのが経営陣なのであり、研究内容のほとんどはボトムアップで出てくる。したがって、あくまでも経営陣の役割はその内容の報告を受けることである。組織の二重性の先行研究、特に O'Reilly and Tushman (2016) において指摘されるような、経営陣の積極的な関与は見られない。O'Reilly and Tushman (2016) では、経営陣の積極的な関与や支援がなければ、探索を行う事業が邪魔なものであり、活用を行う事業の脅威であると見なされる危険性があるとするが、こうした状況は2社においては確認できなかった。したがって、本論文は経営陣の関与や支援を否定するためのものではなく、あくまでも経営陣が活用と探索を行う事業を過度に管理する体制を回避できる条件を探ることを目的としていることに注意されたい。

7.3 センサ開発における他市場への進出

第6章では、2社のセンサ開発について、自動車以外の他の市場へも進出していることを紹介した。愛知製鋼の携帯電話市場へのアプローチを取り上げ、自動車向けのセンサ開発から、新市場である携帯電話市場への進出の様子を明らかにした。この他市場への進出は、本論文における限界を克服することを示す事例である。前節では、活用を行う事業の取引先である自動車産業との関係性を強めるような探索を行う、という条件について議論した。この条件は、活用を行う事業と同じ市場へと製品を開発することを指しており、既存市場という域を超えるような開発については言及できていない。ここではセンサ開発の他市場への進出の様子について、O'Reilly and Tushman (2016) のイノベーションストリームを用いて、こうした限界を克服することを試みたい。

本事例を、O'Reilly and Tushman (2016) のイノベーションストリームに当てはめたのが、図 27 である。領域 A は本業である特殊鋼の生産を指す。特殊鋼という鉄の性質についての研究から、愛知製鋼は植物の成長促進剤を、大同特殊鋼はチタン合金製ゴルフクラブヘッドを開発した。これらは本業である特殊鋼の顧客とは異なる顧客への製品であり、新たな市場への進出である。しかし、鉄の性質の研究から派生した開発であることから、既存の組織能力を活かした開発である。したがって、領域 A から領域 D へと進む緑色の矢印で示すことができる。O'Reilly and Tushman (2016) における、フルサービスの航空会社から格安航空会社を設立した事例は、領域 A から領域 D への矢印が、折れ曲がった矢印として示されている。しかし、領域 A において矢印を折り曲げ

る理由については説明されておらず、本事例における緑色の矢印のように直線で示すほうが、より簡素である。したがって、ここでは領域 A から領域 D へと進んでいることに意味があり、O'Reilly and Tushman (2016) におけるフルサービスの航空会社から格安航空会社を設立した事例の矢印との違いは問題にしない。

次に磁気センサの開発は車載用を目的として行われた。これは既存市場へのアプローチであるため、領域 A から領域 C へと進む。新しい技術を外部に探索し、獲得した技術について製品開発を行うことで、磁気センサを製品化した。特殊鋼の製造とは異なる、新規の組織能力を必要とする。しかし、センサは自動車メーカーに採用されているため、市場としては既存のままである。

一方で、自動車向けのセンサ開発の傍ら、他の市場への進出を目的とした市場調査を行い、携帯電話市場へと進出した。これは、領域 C から領域 B へと矢印を進めることができ、新たな市場へのアプローチである。愛知製鋼および大同特殊鋼は、センサ開発を行いながら、他の市場への進出を模索した。これは外部から獲得した技術について、新規の市場へのアプローチを目的とした開発である。その新しい市場は愛知製鋼においては携帯電話市場であり、完成品が携帯電話に搭載されている。大同特殊鋼も、紙幣判別機という自動車とは異なる市場へと進出している。したがって、本事例におけるセンサ開発は、図 27 において赤色の矢印で示した、領域 A から領域 C を経由して、領域 B へと進むものである。これは、O'Reilly and Tushman (2016) のイノベーションストリームにはない、新たな新分野進出である。

例えば、O'Reilly and Tushman (2016) においても、カメラ用フィルムからデジタル画像処理へと進出した事例では、青色の矢印が領域 C を通過している。しかし、領域 C を通過することの意味については言及されていない。本事例では、領域 C における車載用という磁気センサの開発と同時に、他の市場へと進出するための市場調査を行い、新たな市場へと進出する様子が明らかになった。したがって、O'Reilly and Tushman (2016) が最も破壊的で難しいとする領域 B への進出の一つのパターンとして、領域 A から領域 C を経由して領域 B へと辿り着く道筋が存在することが判明した。

さらに、本事例の分析から、領域 A から領域 B への道筋はひとつではないことも明らかになった。論理の上では、領域 A から領域 D を経由して、領域 B に進む道筋も存在すると推察できる。さらに、領域 A から領域 B へと進む際に、原点を通る道筋もあるだろう。これは領域 C および領域 D を全く経由しない道筋である。O'Reilly and Tushman (2016) のイノベーションストリームは、市場および組織能力という二つの軸を用いて、それらが既存か新規かという点を議論している。しかし、それらの軸の新規性の程度については言及していないために、描く矢印にあいまいさを伴うという問題点を残している。本論文は、O'Reilly and Tushman (2016) における事例と、本事例の組織能力の優劣を示すことを目的にはしていない。図 27 において、本事例における領域 A から領域 C を経由し、領域 B へと向かう赤色の矢印は、図を作成する際の矢印の位

置関係上、図の右上方に終着点がある。しかし、O'Reilly and Tushman (2016) における、青色の矢印と新規性の程度の比較をするために描いたわけではない点に注意されたい。緑色の矢印についても、同様である。新規性の程度については、今後の研究においてさらに検討する必要がある。

最後に、本論文で提示した条件である、活用を行う事業の取引先との関係性を強めることは、新たな市場へのアクセスを否定するものではない。反対に、自動車向けとして開発したセンサにおける問題点などを反映して、新市場に進出しているため、既存市場へ向けた新製品開発が、新市場進出に役立ったことを示唆できる。したがって、活用を行う事業の取引先との関係性を強めるような探索をしたことは、新たな市場にも進出できるきっかけになったのである。

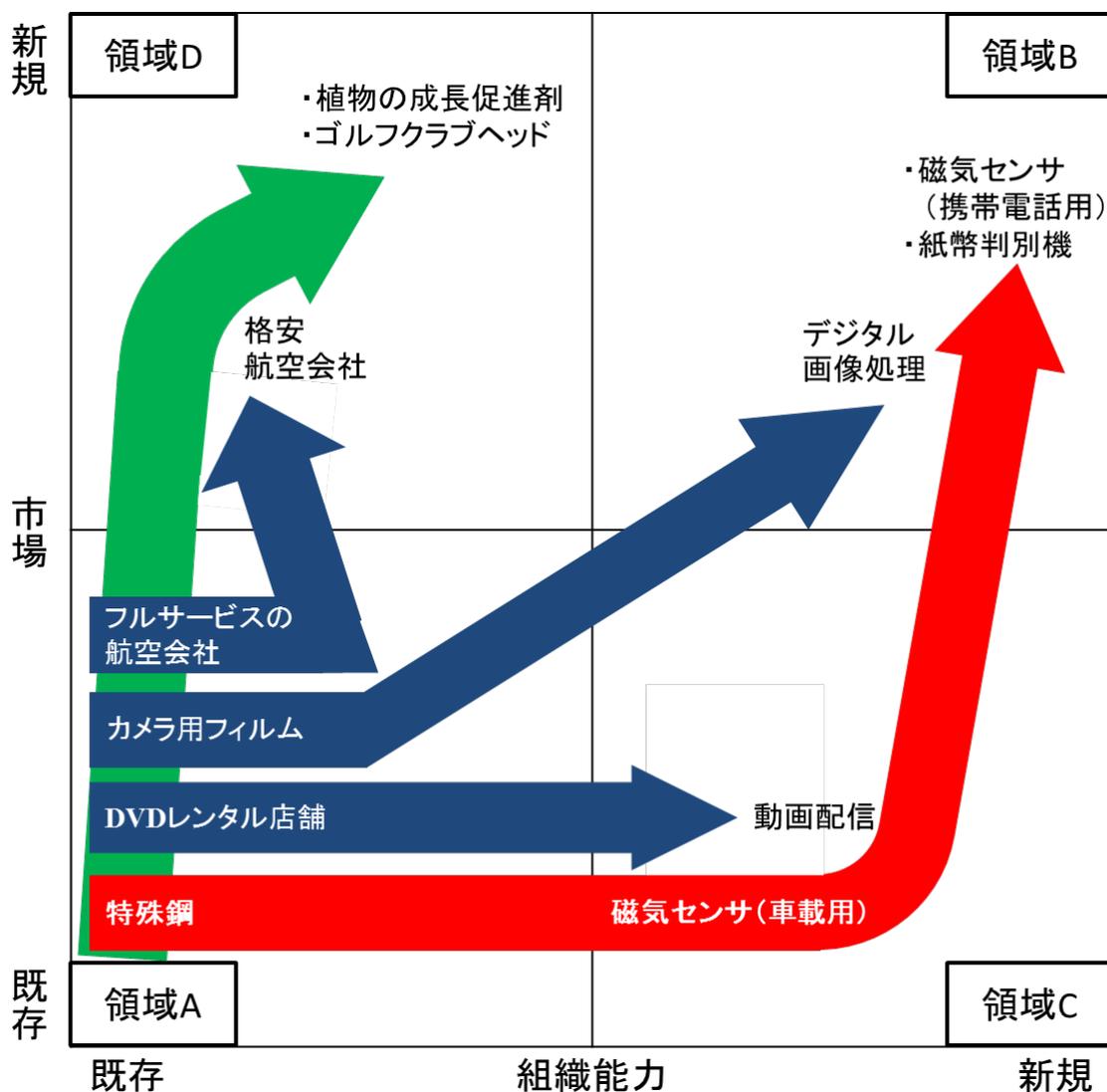


図 27 本事例の位置づけとイノベーションストリーム

注：O'Reilly and Tushman (2016) を参考に、筆者作成

8. 結論と今後の展望

まず第1節にて、本論文の研究課題に対する結論と三つの学術的貢献を提示する。第2節では、今後の研究への展望を述べる。

8.1 結論と学術的貢献

本論文の研究課題は、「活用と探索の両事業が、経営陣による管理に依存することなく、一つの企業内で併存する（組織の二重性）ために必要な条件は何か」である。事例分析の結果、その条件は「活用を行う事業の取引先との関係性を強める探索の実行」である。活用を行う事業の取引先が必要とする技術を探索することによって、活用と探索の対立が起りにくくなる。そのために、探索を経営陣が保護する必要性が低くなり、経営陣による活用と探索の管理に依存しなくても組織の二重性を達成できることがわかった。さらに、試作品や完成品を取引先に納入することによって、取引先との関係性がさらに強化され、組織全体にとって良好な影響を与えることが明らかになった。

本論文の学術的貢献は以下の三点である。一点目は、先行研究の問題点を解決したことである。先行研究では、組織の二重性の達成が、経営陣の管理による成功であると見なされやすい（O'Reilly and Tushman, 2016）という問題点があった。しかし本論文では、経営陣による探索を行う事業の過度な保護なしに、組織の二重性を達成できることが明らかになった。さらに先行研究では、活用と探索には対立が存在することが前提となっていた。本論文で明らかにした、「活用を行う事業の取引先との関係性を強める探索の実行」という条件下では、活用と探索の対立が起りにくいということが判明した。

二点目は、素材型製品における新たな技術進化の道程を提示したことである。素材型製品では、本業の徹底追求からの新分野進出（米倉, 1987）が一般的であった。本論文の2つの事例からは、本業の徹底追求からの新分野進出の他に、外部技術を探索することによる新分野進出という、新たな型の存在が明らかになった。

三点目は、新分野進出についての新たな側面を示唆したことである。本論文にて検出した条件である、活用を行う事業の取引先との関係性を強めることは、既存市場への新製品アプローチを示していた。しかし、この条件下にて製品開発を進めることによって、これまで進出したことのなかった新規市場にもアプローチが可能となった。組織の二重性の研究において重視されてこなかった、プロセスの観察を行うことによって、新たな側面を見出すことができた。具体的には、O'Reilly and Tushman (2016) のイノベーションストリームの図における新たな経路の存在を指摘することにより、先行研究では議論が無かった点に焦点を当てた分析をすることができた。

8.2 今後の展望

今後の研究に対する本論文の残された課題は、以下の三点である。ひとつは、本論文において提示した条件についてである。本論文において提示した条件は、本研究課題に対する一つの条件である。少なくとも本論文の条件下では、経営陣による活用と探索の両事業の管理に依存することなく、組織の二重性を達成可能である。しかし、この条件のみが、本研究課題に対する答えとは限らない。つまり、「活用と探索の両事業が、経営陣による管理に依存することなく、一つの企業内で併存する（組織の二重性）ために必要な条件は何か」という研究課題に対する答えは、他にも存在する可能性がある。この点について、さらなる研究を行う余地がある。

ふたつめに、そのためにも事例の数を増やすことである。本論文は、素材型製品をつくる特殊鋼専門メーカー2社の事例分析に基づいている。他の特殊鋼メーカーについても調査し、研究の蓄積を行いたい。日本国内の特殊鋼専門メーカーはおよそ10社あり、研究精度の向上を目指すことができる。さらに他の産業への適応可能性を調査する必要があるだろう。特殊鋼専門メーカーという鉄鋼や特殊鋼という産業以外の素材型製品について、さらには組立型製品についても調査したい。例えば、組立型製品では、部品の組み立て方についてのノウハウが、本研究における技術の代わりになる可能性がある。

加えて、データを用いた定量的研究を行うことである。本論文において事例分析は適しているが、事例分析による定性的研究では導出できないことを得られる、大量観察による定量的研究を行う価値が十分にある。例えば、どの技術が困難性克服の鍵になったのかを可視化し、新分野進出の際に組織にとってそのような重要な技術が組織のどの分野に存在しているのかを特定したい。活用と探索の対立と、取引先との関係性についても、データを用いた定量的研究を行う余地がある。そうした点について、研究をさらに深めたいと考えている。

参考文献

【英文文献】

- Abernathy, W. J., and K. B. Clark. (1985), "Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction." *Research policy*, Vol. 14, No. 1, pp.3-22.
- Beckman, C. M. (2006), "The influence of founding team company affiliations on firm behavior," *The Academy of Management Journal*, Vol.49, No.4, pp.741-758.
- von Bertalanffy, L. (1968), *General System Theory*, George Braziller. (長野敬・太田邦昌訳 (1973) 『一般システム理論』みすず書房。)
- Benner, M. J. and Tushman, M. L. (2003), "Exploitation, Exploration and Process Management: The Productivity Dilemma Revisited," *The Academy of management Review*, Vol.28, No.2, pp.238-256.
- Charles A. O'Reilly III and Michael L. Tushman (2016). *Lead and disrupt: how to solve the innovator's dilemma*. Stanford, California: Stanford Business Books, an imprint of Stanford University Press.
- Christensen, C. M., (1997), *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Boston: Harvard Business School Press.
- Cohen, W. M. and Levinthal D. A. (1990), "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation," *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, No.1, Special Issue: Technology, Organizations, and Innovation, pp.128-152.
- Duncan, R. B. (1976), "The Ambidextrous Organization: Designing Dual Structures for Innovation", R. H. Kilman, L. R. Pondy and D. P. Slevin (eds.), *The Management of Organization design: Strategies and Implementation*, Vol. 1, North-Holland, pp.167-188.
- Galbraith, J. R. (1977). *Organization design*. Addison Wesley Publishing Company.
- Gibson, C. B. and Birkinshaw, J. (2004), "The antecedents, consequences, and mediating role of organizational ambidexterity," *Academy of Management Journal*, Vol.47, No.2, pp.209-226.
- Hackman, J. R., and Lawler, E. E. (1971). "Employee reactions to job characteristics." *Journal of applied psychology*, Vol. 55, No. 3, pp. 259-286.
- Hackman, J. R., and Oldham, G. R. (1976). "Motivation through the design of work: Test of a theory." *Organizational behavior and human performance*, Vol. 16, No. 2, pp.250-279.
- Hackman, J. R., & Oldham, G. R. (1980). *Work redesign.*, Addison Wesley Publishing Co.
- Hall, R. H. (1963). "The concept of bureaucracy: An empirical assessment." *American Journal of Sociology*, Vol. 69, No. 1, pp. 32-40.
- He, Z. L., and Wong, P. K. (2004), "Exploration vs. exploitation: An empirical test of the

- ambidexterity hypothesis,” *Organization Science*, Vol.15, No.4, pp.481-494.
- Henderson, R. M., and K. B. Clark, (1990), “Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms,” *Administrative science quarterly*, Vol.35, NO.1, pp.9-30.
- Levinthal, D. A. and March, J. G. (1993) “The myopia of Learning.” *Strategic Management Journal*, Vol. 14 (Winter Special Issue) , pp.95-112
- Lawrence, P. R., and Lorsch, J. W. (1967). *Organization and Environment*, Boston: Division of Research Graduate School of Business Administration Harvard University. (吉田博訳 (1977) 『組織の条件適応理論』産業能率短期大学出版部。)
- March, J. G. (1991), “Exploration and exploitation in organizational learning,” *Organization Science*, Vol.2, No.1, Special issue, pp.71-87.
- March, J. G., and Simon, H. A. (1958). *Organizations*. Newyork, USA: John Wiley and Sons (土屋守章訳 (1977) 『オーガニゼーションズ』東京：ダイヤモンド社。)
- O’Reilly, C. A., and Tushman M. L. (2004), “The ambidextrous organization,” *Harvard Business Review*, Vol.82, No.4, pp.74-81
- O’Reilly, C. A. and Tushman, M. L. (2013), “Organizational Ambidexterity: Past, Present, and Future,” *The Academy of Management Perspective*, Vol.27, No.4, pp.324-338.
- Pugh, D. S., Hickson, D. J., Hinings, C. R., Macdonald, K. M., Turner, C., and Lupton, T. (1963). “A conceptual scheme for organizational analysis.” *Administrative science quarterly*, Vol. 8, pp. 289-315.
- Pugh, D. S., Hickson, D. J., Hinings, C. R., and Turner, C. (1968). “Dimensions of organization structure.” *Administrative science quarterly*, Vol, 13, pp. 65-105.
- Raisch, S., Birkinshaw, J., Probst, G. and Tushman M. L. (2009), “Organizational Ambidexterity: Balancing Exploitation and Exploration for Sustained Performance,” *Organization Science*, Vol.20, No.4, pp.685-695.
- Smith W. K. and Tushman M. L. (2005), “Managing strategic contradictions: A Top management model for managing innovation streams,” *Organization Science*, Vol.16, No.5, pp.522-536.
- Taylor, A. and Helfat, C. E. (2009), “Organizational linkages for surviving technological change: complementary assets, middle management and ambidexterity,” *Organization Science*, Vol.20, No.4, pp.718-739.
- Thompson, J. D. (1967), *Organizations in Action: Social Science Base of Administrative Theory*, New York: McGraw-Hill.
- Turner, N., Swart, J., and Maylor, H. (2013). “Mechanisms for managing ambidexterity: A review and research agenda.” *International Journal of Management Reviews*, Vol. 15, No. 3, pp. 317-332.

- Tushman, M. L., Anderson, P. C., and O'Reilly C. (1997), "Technology cycles, innovation streams, and ambidextrous organizations: Organizational renewal through innovation streams and strategic change," M. L. Tushman, P. C. Anderson(eds.) *Managing Strategic Innovation and Change*, Oxford University Press, New York, pp.3-23.
- Tushman, M. L., and O'Reilly III, C. A. (1996), "Ambidextrous Organizations: Managing Evolutionary and Revolutionary Change," *California Management Review*, Vol.38, No.4, pp.4-8.
- Tushman, M. L., and O'Reilly III, C. A. (2002), "Winning through innovation: A Practical Guide to Leading Organizational Change and Renewal," Harvard Business School Press. Revised.
- Utterback, J. M.(1994), *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard Business School Press. (大津正和・小川進 監訳 (1998) 『イノベーション・ダイナミクス』有斐閣。)
- Weick, K. E. (1969), *The Social Psychology of Organizing(2nd eds.)*, Reading MA: Addison Wesley, p.280.

【邦文文献】

- 浅野正克 (2016) 「ナノグラニューラーTMR 型磁気センサを用いた新しい回転角度の検出方法」『電気製鋼』第 86 巻, 第 2 号, 107-116 頁。
- 岸田民樹 (1986) 「一般システム理論と組織論」『経済論叢』第 137 巻, 第 1 号, 22-41 頁。
- 岸田民樹 (2000) 「状況適合理論：回顧・現状・展望」『経済科学』第 33 巻, 第 4 号, 9-18 頁。
- 岸田民樹 (2013) 「組織論から組織学へ」『経済科学』第 60 巻, 第 3 号, 1-17 頁。
- 小澤りりさ (2018) 「コンソーシアムを用いた新事業立ち上げプロセス—活用と探索の二重性の視点から—」『経済科学』第 66 巻, 第 1 号, 29-41 頁。
- 柴田友厚・児玉充・鈴木潤 (2017) 「二刀流組織からみた富士フィルムの企業変貌プロセス」『赤門マネジメント・レビュー』第 16 巻, 第 1 号, 1-22 頁。
- 島本実 (2019) 「一般化と反証の弁証法：未来の投稿者の皆さんへ」『組織科学』第 52 巻, 第 4 号, 45-51 頁。
- 鈴木修 (2007) 「「探索」と「活用」との二律背反関係に関する考察：携帯電話端末の開発を題材に」『Center for Japanese Business Studies (HJBS)』第 44 巻, 1-14 頁。
- 鈴木修 (2014) 「「活用」と「探索」のトレードオフ関係の解消条件に関する考察」『日本経営学会誌』第 33 巻, 73-87 頁。
- 高木孝紀 (2013) 「産業集積のメカニズム—組織間関係論の視点から—」『経済科学』第 61 巻, 第 1 号, 35-47 頁。
- 野中郁次郎, 加護野忠男, 小松陽一, 奥村昭博, 坂下昭宣 (1978) 『組織現象の理論と

- 測定』千倉書房。
- 深谷友次（2006）「自動車用センサの技術動向」『デンソーテクニカルレビュー』第11巻，第1号，92-99頁。
- 藤本哲（2009）「組織構造の集権化次元の測定尺度について」『高崎経済大学論集』第51巻，第4号，75-87頁。
- 丸山正明（2006）「Special Report 進み出した産学連携」『JST News』第3巻，第2号，4頁。
- 南和希・小山恵史（2017）「バイアス磁石を内蔵した TMR 型磁気センサの開発」『電気製鋼』第88巻，第2号，71-76頁。
- 毛利佳年雄・内山剛・パニナラリサ（1998）「MI マイクロ磁気センサと応用センシングシステム（MI センサ産官学コンソーシアム'97 報告）」『電気学会研究会資料 MAG, マグネティックス研究会』第79巻，13-18頁。
- 山口泰博（2019）「鉄鋼メーカーがつくる植物用のサプリメント」『産学官連携ジャーナル』4月号。
- 米倉誠一郎（1987）「成熟産業における脱成熟化の理論的枠組--帰納的飛躍と移転可能性創造のマネジメント」『ビジネスレビュー』第34巻，第3号，60-81頁。
- 米倉誠一郎（2012）「オープン・イノベーションの考え方」『一橋ビジネスレビュー』第60巻，第2号，6-15頁。

【社史】

- 愛知製鋼社史編集委員会（1990）『愛知製鋼 50 年史』愛知製鋼。

補遺

まずは、注 54 に記した愛知製鋼および大同特殊鋼の新分野進出の製品を以下にまとめる。次に、本論文における技術進化（本業徹底追求および外部技術探索）との対応を表 9 に示す。

愛知製鋼株式会社

- ・ **歯科用磁性アタッチメント「マグフィット 600」**
：愛知学院大学歯学部との共同開発。磁石の力で義歯を固定する装置であり、日本で初めて実用化に成功。
- ・ **ボンド磁石「マグファイン」**
：異方性磁粉の製造原理（d-HDDR 法）の発見により、異方性ボンド磁石を製品化。
- ・ **ステンレス鉄筋コンクリートバー「サスコン（SUSCON）」**
：コンクリート構造用の鉄筋。塩害や中性化などの腐食を解決するため、さびにくく、非磁性の特徴を有するニッケル系のステンレス鋼を使用。
- ・ **鉄力あぐり・あくあ**
- ・ **MI センサ**

大同特殊鋼株式会社

- ・ **赤外点光源 LED**
：名古屋工業大学との共同開発。薄膜結晶成長技術（MOCVD）装置を用いた、基礎技術。開発から、特殊 LED である赤外点光源 LED の開発に成功。
- ・ **磁気シールドルーム**
：超精密静態磁気医療の実現のため、限りなく低磁気の環境を創出。極微弱な人体磁気
の測定を可能にした。
- ・ **下水汚泥炭化システム（廃棄物処理再生装置）**
：下水の循環型リサイクル装置。自社工場の廃棄物処置および再資源化技術をもとにした環境設備。
- ・ **チタン合金製ゴルフクラブヘッド**
- ・ **TMR 型磁気センサ**

愛知製鋼の「マグフィット 600」、「マグファイン」、「サスコン」、「鉄力あぐり・あくあ」および大同特殊鋼の「磁気シールドルーム」、「下水汚泥炭化システム」、「チタン合金製ゴルフクラブヘッド」については、これまでに培った技術を利用して、新分

野へと進出している。

その一方で、愛知製鋼の「MI センサ」および大同特殊鋼の「赤外点光源 LED」, 「TMR 型磁気センサ」は、組織外部へと技術を探索し、獲得した技術を用いて製品開発することにより、新分野に進出している。表 9 に、技術進化と各社の製品との対応を示す。本事例は、こうした新分野進出の製品の中のひとつである。

| 技術進化 | 愛知製鋼 | 大同特殊鋼 |
|------------|--|--|
| 本業徹底追求(活用) | マグフィット600 マグファイン サスコン(SUSCON) 鉄力あぐり・あくあ | 磁気シールドルーム 下水汚泥炭化システム チタン合金製ゴルフクラブヘッド |
| 外部技術探索(探索) | MIセンサ | 赤外点光源LED TMR型磁気センサ |

表 9 技術進化と各社の新分野進出の製品

愛知製鋼ホームページ⁶¹および大同特殊鋼ホームページ⁶²を参考に、筆者作成

次に、愛知製鋼の事業領域における製品のうち、本事例の製品の位置づけを表 10 に示す。特殊鋼を製造しながら、活用の成果としての鉄力あぐり・あくあ、および、探索の成果としての MI センサに新分野として進出したことがわかる。

⁶¹ <https://www.aichi-steel.co.jp/products/electromagnetic/dental/index.html> (2019/11/18accessed)

⁶² <https://www.daido.co.jp/frontier/second.html> (2019/11/18accessed)

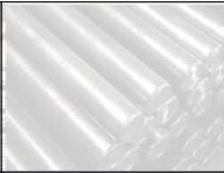
| | | | | |
|--------|---|--|---|--|
| 特殊鋼条鋼 |  |  |  |  |
| 鍛造品 |  |  |  |  |
| ステンレス鋼 |  |  |  |  |
| 電磁品 |  MIセンサ |  |  |  |
| その他 |  |  |  |  鉄力あぐり・あくあ |

表 10 事業領域における製品の位置づけ（愛知製鋼）

愛知製鋼ホームページ

([https://www.aichi-steel.co.jp/about/item/AICHISTEEL_COMPANY_PROFILE-20190415.p](https://www.aichi-steel.co.jp/about/item/AICHISTEEL_COMPANY_PROFILE-20190415.pdf)
df 2019/11/28accessed) を参考に，筆者作成

謝辞

本論文の執筆にあたり、多くの方々のご指導とご支援を賜りました。

まずは、指導教員の山田基成先生から賜りましたご指導に、心より感謝申し上げます。原著にあたることの大切さや、研究における“Something new”は何かを常に意識することの重要性を教えてくださいました。私が後期課程の最中に出産を経験したため、山田先生にはさまざまなご心配やご迷惑をお掛けいたしました。山田先生はそんな私にも最後の最後まで丁寧にご指導くださいました。さらに山田先生のゼミナールには、これまで多くの社会人院生が在籍しており、OB・OGとして修了後にもゼミナールに足を運んでくださいます。これは山田先生が開催するゼミナールだからこそ存在する魅力であり、皆様との議論や関わりは私にとっての宝物です。

副指導教員の宮崎正也先生、セミナー担当教員の樋野励先生にも、2回にわたる公開セミナーにおいて賜ったご指導に限らず、個別に何度もご助言をいただきました。宮崎先生には事例分析に対する視点や観察力の重要性を、樋野先生には研究や思考を整理整頓・取捨選択することの重要性を教えてくださいました。途中まで副指導教員をさせていただいていた江夏幾太郎先生にも、論文執筆に至るまでの多くの場面で、ご指導およびご助言をいただきました。中部大学をご退職された岸田民樹先生はいつも私を温かく励ましてくださいました。学部生るとき、岸田先生のゼミナールから研究者のみちを志す一歩を踏み出すことができ、大変光栄です。

上記ではとてもおさまらない、数多くの先生方、先輩および後輩の皆様にご助けいただき、博士論文を執筆することができました。博士論文執筆を含め、これまでの研究生生活を支援していただいた全ての方々に、心から御礼申し上げます。

父と母には、長期にわたる大学院生活をずっと支え続けてもらいました。思い返せば、父と母は、私が小さいころから本を与え続けてくれました。そのおかげで私は本が大好きになり、それは研究者を志す一番大きなきっかけとなりました。とても感謝しています。

最後に、これまでどんなときも応援し続けてくれたパートナーの小澤慶と、とびきりの笑顔で博士論文執筆に付き合ってくれた息子の知に感謝し、筆をおきます。

2019年12月

小澤 りりさ