

# 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—

小澤 りりさ

We consider the process that launched a new business using a research consortium aiming at promoting industrialization of sensor technologies. Aichi Steel Co., Ltd got a chance to overcome some technological difficulties with respect to other participating companies, and succeeded in the development of MI sensors. The data we collected from interviews shows differences between the participating companies regarding how to deal with these difficulties.

From this, we first clarify the involvement of two factors, exploitation and exploration. Secondly, we present a condition of success that the organizational culture needs to fit these factors. We contribute to the study of ambidexterity, by proposing an organizational decision making process that exploitation promote exploration. In addition, as a contribution to the research of Industry-Academia-Government collaboration, it suggests that organization management utilizing organizational ambidexterity to promote knowledge sharing and learning is effective.

**Keywords:** Ambidexterity, Exploitation, Exploration, Industry-Academia-Government Collaboration

## I. はじめに

技術開発のスピードの加速から製品ライフサイクルが短縮化し、企業内部の知識と外部の知識を結合させた価値創造の重要性が注目されている。これまで自前主義に基づいた製品開発を行っていた日本企業においても、複数企業間での製品開発を活発に行うようになってきた。これは、自社の研究開発部門内にてクローズドに行われる新技術の展開と対比して、知識の多様性やイノベーション創出への期待されているためである。大学・他の研究機関と連携して、基礎的な研究成果をもとに新たな製品開発を行う産学官連携も頻繁に行われている。

ところが、複数企業間において価値の創出を行うことは容易ではない。連携としての場が整備されるにつれて、各企業が相互の新技術を活用したり、技術や部品を購入したりすることができるようになった。その結果、企業は他社との差別化が困難になり、付加価値を創出することができにくくなる（延岡、2010）点や、連携の有効性に対する疑問（真鍋・安本、2010）、参加企業間における技術のスピルオー

バーの問題（長岡・江藤・内藤・塚田、2011）などが指摘されている。

本稿の目的は、要素技術の製品化を目的とするコンソーシアムから、新事業を立ち上げたプロセスについて考察することにある。具体的には、愛知製鋼株式会社（以降、愛知製鋼と記載）の事例を用いて、コンソーシアムへの参加企業の中で唯一製品化への足掛かりを獲得し、その後の新製品開発および新規事業化に成功したプロセスを分析する。コンソーシアムをきっかけに、そこで検出された要素技術の技術的困難性を愛知製鋼だけが乗り越えた。他社が乗り越えられず、愛知製鋼のみが困難性を克服できたその組織的な要因を、活用と探索の二重性という視点から考察する。

結論を先取りすると、本稿では以下の2つの要因を明らかにし、それらの要因が組織文化と適合する必要があるという成功の条件を提示する。要因の1つ目は、「新たな分野に積極的に挑戦し、素材や材料の特性の試行錯誤を通じた技術の探索をすること」である。つまり、既存事業とは異なる新たな分野へと事業の芽を常に探し、素材の本質を探究する行動

\*論文審査受付日：2017年9月5日。採用決定日：2018年4月2日（編集委員会）

を指す。2 つ目は、その探索により知り得た技術の開発にさいして、「既存事業にて保有する知識を活用すること」である。さらに、これらの 2 つの要因が「組織文化と適合すること」が成功の条件となる。つまり、2 つの要因と組織文化が適合していた愛知製鋼は事業化に成功し、それらが適合していなかった他社は事業化に失敗した。本稿では事例を通じて、愛知製鋼と他社との比較を行い、学術的ならびに実務的示唆を明らかにし、組織の二重性と産学官連携の研究への理論的貢献を目指す。

以下、第 2 章では産学官連携と活用と探索の二重性についての先行研究を整理する。次に第 3 章で愛知製鋼の事例を取り上げ、要素技術の獲得からコンソーシアムを経て新事業を立ち上げるプロセスを、他社との対応の違いを踏まえて分析する。その上で第 4 章にて、愛知製鋼が新事業の立ち上げを可能にした組織的な要因とその条件について考察を加え、最後に第 5 章で結論と今後の課題を提示する。

## II. 先行研究

### 1. 産学官連携

近年、企業内部の知識と外部の知識を結合させ、複数企業が関与した価値創造 (Chesbrough, 2003) が大幅に増加している。その中でも、民間企業と大学、そして公的研究機関を介在した産学官連携による研究が活発に行われている。こうした連携の高まりの要因のひとつとして、環境の変化や技術開発のスピードが加速し、それに伴い製品の市場投入速度も早まるという、今日の市場における製品ライフサイクルの短縮化がある。製品を提供する企業にとって開発投資負担の劇的な増大をもたらした (新井・長田, 2008)、競争力強化を効率的に行うためにも連携が欠かせなくなってきたのである。また、高度経済成長期には事業化の正論として捉えられていた、基礎研究、技術開発から市場化へと直線的に続くリニアモデル (稲村, 2003) が通用しなくなったことが、連携の重要性を説明する一端を担う。

産学官連携は参加者の構成により、産学連携、産学等連携などと呼ばれるが、一般的には民間企業と各種研究機関との連携 (高津, 2005) を指しており、本稿では産学官連携に統一する。この連携には複数の多様な参加者が関わるため、さまざまな研究の視点が存在する。主に学の視点からの分析 (三森, 2010; 畠中, 2004; 金澤, 2010)、産の視点からの

分析 (稲村, 2003)、そして産と学を調整するコーディネータの役割を捉えた研究 (中村, 2003) など、個々の観点に注目する研究や、大規模なアンケート調査にてその全体像を捉えようとする研究 (長岡・江藤・内藤・塚田, 2011; 加藤・柴山・馬場, 2014) も存在する。

産学官連携のうち、本稿で焦点を当てるのはコンソーシアム、特に分散研方式の研究開発である。長岡・江藤・内藤・塚田 (2011) によると、(研究)コンソーシアムとは、「異なる組織が保有する技術・知識・能力を組み合わせ、単独組織では取り組みにくい研究の実施とその加速化を目的としている」ものである。コンソーシアムを構成する研究開発体制は、国立研究所や大学などに集まって研究を行う集中研方式と、研究テーマを各社に持ち帰って研究を行う分散研方式 2 つの方式に大別される<sup>1)</sup> (加藤・柴山・馬場, 2014)。前者の場合は、各社が同じ場に集合して研究を行うために、その連携は密になる。後者は各テーマを自社に持ち帰るために、前者と比べて企業間の連携は疎になるが、各社が保有する研究設備を利用できるという利点がある。

コンソーシアムの利点は、単独組織では取り組むのが難しい研究開発の加速化 (鮫島・渋谷, 2010)、人材育成や人的ネットワークの構築 (増田, 2011) を目的として、技術を共有することによりその成果を広げることである。さらに、コンソーシアムをコンセンサス標準の形成の場として、そのプラットフォームにおける競争力構築のメカニズムについて議論する論文も存在する (立本・小川・新宅, 2010)。

しかし、複数企業間での連携が必ずしも開発の加速につながるとは言い切れない。異なる知識の組み合わせによって知識の幅が広がる可能性は大いにあるが、連携の形によっては、企業間の調整が難しく、知識の共有がうまく作用しない場合も多い。例えば、参加企業の中にはフリーライドを行う企業が存在する可能性 (後藤, 1993) や、他社への技術流失を企業が恐れること (Sakakibara, 1997) など、参加企業間の調整は困難を極め、特に同じ場を共有して研究を行う集中研方式ではこの傾向が顕著である (吉田・山下・竹下, 2011; 2012)。

こうした課題について先行研究では、連携が開発の加速に結び付かない理由や技術共有ができない理由を複数企業間の調整に帰結するものが多く、技術課題の克服といった初期段階への注目は少ない。例えば、基礎研究から事業化までのプロセス全体を捉

えた研究（高津，2005など）は存在するが，事業化するために乗り越えるべき技術課題に関する研究が不足している。技術課題の克服は事業化できるか否かを決める重要なプロセスであり，その意思決定が行われた組織内に焦点を当て，事例をもって研究を蓄積する必要性がある。

本稿では，大学の基礎研究から生まれた要素技術の製品化を行うプロセスにおいて，要素技術の製品化推進を目的とするコンソーシアムにおける技術的な困難性に注目する。先行研究の参加企業間の調整という視点だけでは明らかにすることのできなかった，各企業内にて技術課題を克服するさいの意思決定と，意思決定に影響を及ぼす要因を考察する。技術の変化への組織的な対応に関する議論として，次に活用と探索の二重性について論じる。

## 2. 活用と探索の二重性

これまで経営学，特に組織論においては，環境及び技術の変化に直面したさいの適応困難性と，その困難性への組織的な対応が様々に議論されてきた。例えば，Thompson（1967）は，企業の長期的な成功のためには効率性と柔軟性のトレードオフを，構造の配列変化によって管理することを述べている。またWeick（1969）は，「組織は安定性と柔軟性を維持できるときにのみ存続する」と述べ，組織の生存に必要な2つの要素を指摘した。そうした議論に基づいて，Duncan（1976）は，企業におけるイノベーションの創始段階と実施段階では複雑性や公式化，集権化の程度が異なるとして，時間の経過に伴った構造変化の必要性を説いている。

March（1991）は組織が直面する基本的な適応課題を，既存の資源や能力を活用すると同時に，将来の生存能力のために探索を行うことであると論じている。そして，活用を「改善，選択，製造，効率性，淘汰，実行，履行」，探索を「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している。その2つの活動は，組織の中の希少な資源をめぐる競争する，トレードオフ関係（Benner and Tushman, 2003；He and Wong, 2004；Raisch, Birkinshaw, Probst, and Tushman, 2009）にあり，それらを同時に管理することの難しさ（Cohen and Levinthal, 1990；March, 1991）が指摘される。

トレードオフ関係については様々な研究があるが，鈴木（2007，2014）では，活用と探索のトレードオ

フの解消を議論しており，活用に注力する組織ほど，探索への注力度は低くなるという先行研究に一致する見解を示す一方で，必ずしも活用が探索の実践を妨げるとは言えないことを示した。上記の通り，活用と探索は組織の基本的な適応課題ではある（March, 1991）が，活用と探索を両方ともに行っているからといって，必ずしも組織の存続につながるとは言い切れない。先行研究では活用と探索をトレードオフとするか否かについて，議論が分かれている。

活用に強みを持つ組織と，探索に強みを持つ組織とでは，組織の分業体制や運営方法，組織文化，リーダーシップなどが大きく異なるが，持続的な成長のためには活用と探索を高いレベルにて実現する必要がある（山岡，2015）。活用と探索を同時に行うための方法として，Tushman and O'Reilly（1996）は，それら2つの活動を構造的に分離させた自律的なユニットをつくることによる達成可能性を説いた。シニアマネジメントチームによる巧みな管理が活用と探索の二重性を促進するとし，リーダーの役割を担う者が既存あるいは新規の事業領域間の資源配分を調整する（O'Reilly and Tushman, 2013）必要があることを強調した。

組織文化については，山岡（2015）が活用に特化した組織を活用型組織，探索に特化した探索型組織として，それぞれの特徴を述べている。活用型組織は，決められた全体目標に向けた各部門の連携と，効率的な目標達成が重要課題であるために，統一性と目標必達を奨励する組織文化が醸成されやすい（山岡，2015）。その一方で，探索活動は，将来的な成果の創出が不確実でありかつ失敗のリスクが高い取り組みであることから，探索型組織は不確実さとあいまいさを受容する組織文化や，試行錯誤を重視し失敗を許容する寛容な文化が醸成されやすい（山岡，2015）。

このように先行研究では，活用と探索のトレードオフ関係についての分析（Benner and Tushman, 2003；He and Wong, 2004；Raisch, Birkinshaw, Probst, and Tushman, 2009；鈴木, 2007: 2014）や，活用と探索を両立する組織についての分析（Tushman and O'Reilly, 1996, O'Reilly and Tushman, 2013など）がある。しかし，以下の不足点がある。一つに，活用と探索がどのような条件の時に成功と失敗を左右するのかについての分析が不足している。これは，活用と探索がトレードオフ

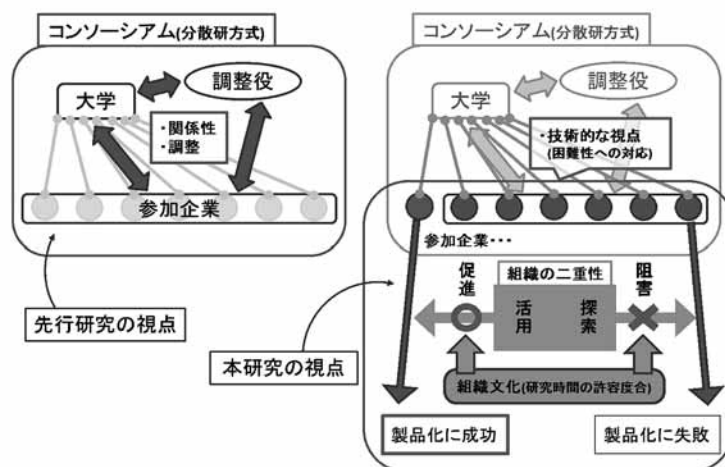


図 1 本研究のフレームワーク

注：筆者作成

関係にあるか否かについての議論が分かれる大きな要因である。もう一つは、活用と探索の両立を目指すうえで管理すべき諸要素についての具体的な研究が不足している。特に山岡（2015）が提示した組織文化については、個々の組織が具体的にどのような組織文化であり、いかに活用と探索の二重性を促進したのか、という点についての分析が先行研究には欠けている。

したがって本研究では、上記 2 点の不足点を検討するために、「探索」を通じて発見した技術的な困難性を、既存事業の知識を「活用」することによって克服するプロセスを分析する。以下図 1 にフレームワークを提示する。「探索」と「活用」という 2 つの要因に加えて、組織文化が成功か失敗を左右する点に注目する。コンソーシアムという同一のプラットフォーム上にある複数企業を分析対象とすることで、その比較を通じて成功と失敗を分ける条件を提示し、フレームワークの妥当性を主張する。

### Ⅲ. 事例分析

#### － 愛知製鋼株式会社の MI センサ開発 －

本研究では、愛知県の特種鋼メーカーである愛知製鋼の「マグネット・インピーダンス（以下、MI と記載）センサ」の開発を対象とする。愛知製鋼はコア事業である鋼材・鍛造品（鉄製品）の製造にて使用されている技術の改善・改良を行い、新製品をうみだすとともに、非鉄製品であるセンサ分野に新しく進出し、世界で初めて MI 効果を利用したセン

サを製品化した。

インタビュー調査を行った理由として以下の 2 点がある。ひとつに、インタビュー以前より二次資料を用いた研究を行っていたが、データの収集には限界があり、より詳しい内容を得るためである。もうひとつは、組織の開発プロセスの軌跡を詳細に記述できるようにするためである。インタビューは 2015 年 6 月から 10 月にかけて、MI センサの開発に携わる技術本部 先端・機能商品開発部 センサ開発グループの A 氏への複数回の半構造化インタビューを行った。インタビューを行う前に、この研究の目的と課題、先行研究といった調査の概要を送り、インタビューに備えてもらった。先行研究には、活用と探索について以上のような概要を送り、調査の目的をはっきりさせることを心掛けた。

さらに、2016 年 10 月から 2016 年 11 月にかけて、元愛知製鋼株式会社でセンサ開発に携わっていた B 氏への複数回の非構造化インタビューを行った。コンソーシアムに関する資料を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よりいただき、その日のうちに B 氏を紹介していただいた。面会日程がその日のうちであったことから、時間の関係上、調査の目的、課題、概要を事前送信することができず、非構造化インタビューになった。こちらから質問を投げかけることはほとんどなく、センサ開発の概要を語ってもらい、ノートに記述するという形をとった。

本稿では、それらのインタビューから得られた情報を事例記述に用いた。本稿には、愛知製鋼株式会



社のセンサ開発に関わるインタビューのみであり、外的妥当性について問題が残る。したがって、他にも、愛知製鋼の社史をはじめ、参考文献にもあげた複数の情報源を用いてデータを収集して、事例の記述をした。

## 1. 愛知製鋼のMIセンサ開発概要

愛知製鋼は1945年11月に豊田製鋼株式会社から社名変更した企業である。愛知製鋼の出発点は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）に設置された製鋼部門にある。その製鋼部門を分離し、1940年3月に豊田製鋼株式会社が発足した。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おり、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。愛知製鋼ホームページ<sup>2)</sup>では、「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」と記されている。鉄製品の他にも、新たな事業として電磁品の製造・販売を行っており、その中のセンサ分野に本研究で扱うMIセンサが含まれる。電磁品事業部はエレクトロニクス部に端を発し、センサ分野の他にも電子部品、デンタル、磁石の計4分野を基盤としている。

MIセンサは、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効果という技術を、愛知製鋼が「車載用磁気インピーダンスセンサ」として新製品開発を行ったものである。両者の間には、独立行政法人科学技術振興機構（以下、JSTと記載）が介在しており、自身が発見した技術を世に広めたいと強く製品化を希望していた毛利教授がJSTに特許群出願を依頼し、その後のJST主催のコンソーシアムを経て愛知製鋼が製品化への足掛かりを獲得した。

まずMIセンサの開発のもととなるアモルファスワイヤを用いたMI効果は、名古屋大学大学院工学研究科電気工学専攻の毛利佳年雄教授により1993年に発見された。MIセンサは、アモルファスワイヤという、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 $\mu$ m程度のFeCoSiB合金ワイヤを材料としている。その原理は、アモルファスワイヤにパルス電流を通電すると、外部磁界によってインピーダンス（抵抗）が大きく変化するというMI効果を応用している。また、超高感度、

超高速応答、超低消費電力、超小型という特長があり、従来のセンサに比べて一万倍以上の高感度を有している。

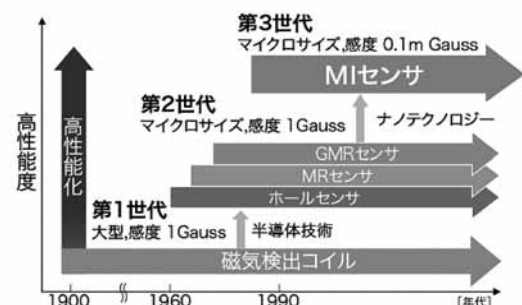


図2 センサの世代変遷

注：愛知製鋼ホームページより

図2の通り、センサは経時的に高性能化するにつれて世代がわかれており、MIセンサは第三世代に位置付けられている。主な用途として、スマートフォン・スマートウォッチ用電子コンパス、GPSと組み合わせたナビゲーション、自動車用回転センサ、生体磁気計測など、さまざまな製品への応用可能性がある。

このMIセンサを製品化するまでの活動経緯を整理しまとめたものが図3である。毛利教授がアモルファスワイヤを用いるMI効果を発見し、毛利教授個人や研究室での特許出願や学会発表を通して、アモルファスワイヤの高感度磁気センサの研究が広まった。毛利教授がこの基本特許群の出願をJSTに依頼し、出願費用の負担を受けた。いくつかの日本企業がMIセンサに興味を持ち、1997年にはMIセンサのハイテクコンソーシアムが開催された。このコンソーシアムに参加した企業7社のうちの1社であった愛知製鋼は、その技術の独創性を高く評価し、JSTの独創的シーズ展開事業の委託開発<sup>3)</sup>として「車載用磁気インピーダンスセンサ」を申請し、承認を受けたのちに1999年3月から本格的に開発を始めた。

なお、愛知製鋼のこの取り組みは、1980年代の中ごろよりトヨタ自動車グループ各社がカーエレクトロニクスの実用化に力を注いでいたことが背景にある。1990年代に入り次第に明確になってきた自動車の姿勢制御や安全装備向けの磁気センサの将来像から、愛知製鋼は磁気センサの事業起こしに着手した。愛知製鋼はJSTから開発費2億6000万円にて開発

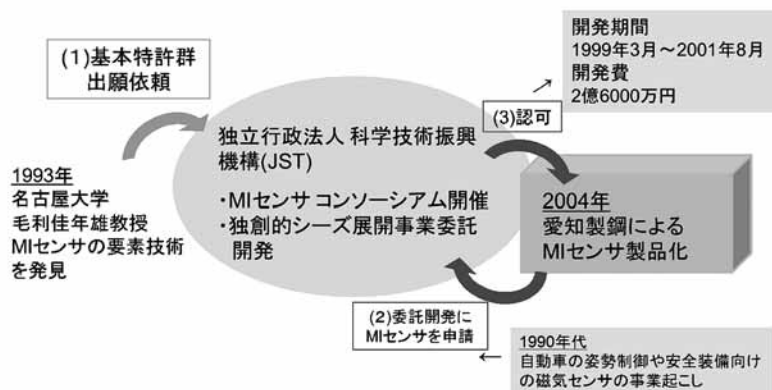


図3 車載用磁気インピーダンスセンサの製品化までの流れ

注：筆者作成

を受託し、さらに開発中にMIセンサの応用製品の買い手が見つかったことにより、開発期間を前倒しで達成して2001年8月に委託開発を終了した。

## 2. コンソーシアムでの各社の活動

ここまでMIセンサの開発プロセスを辿ると、愛知製鋼は社外パートナー（名古屋大学毛利教授）の技術を社内に取り込み、JSTの委託事業により資金を得ながら、新製品開発を行っていることがわかる。しかし製品化まで至る道のりは、困難の連続であった。愛知製鋼はMIセンサを産業として発展させるためにコンソーシアムに参加し、当初の計画では他の参加企業との知識・技術に関わる議論や学習を経て、事業化に向けた開発を行う予定であった。しかし、結果として半年間のコンソーシアムを経て、愛知製鋼が1社単独でMIセンサの製品開発を行った。他社はすべてこのコンソーシアムの成果から、その後の製品開発へと結びつけることができなかった。さらに、コンソーシアムの終了後にMIセンサの有効性を評価し研究開発を行った他の複数企業も、製品化には至っていない。なぜ愛知製鋼だけがコンソーシアムからMIセンサ開発の足掛かりをつかむことができ、愛知製鋼以外の他社は開発から撤退してしまったのか。この点に焦点を当て、以下ではまずコンソーシアムの概要を確認し、次に愛知製鋼のセンサ開発のプロセスを考察する。

### (1) コンソーシアムの概要

毛利（1999）によると、1993年に名古屋大学大学院工学研究科がアモルファスワイヤの「磁気インピーダンス効果」を発見し、従来の第二世代のセンサと

比べて微消費電力かつ携帯可能な高感度・高速応答の新しいマイクロ磁気センサの実現を目指した。その性能の良さから、情報機器をはじめ、エレクトロニクス、医療用生体電子、環境、安全・防災などの多くの分野で要求される情報社会型のセンサであることが判明した。MIセンサの可能性を高く評価した科学技術振興事業団<sup>4)</sup>は、1997年に産学官の創造的研究開発組合制度「先端技術展開試験制度」を適用することを決定し、開発元である名古屋大学が参加企業を推薦することになった。開発希望の企業は20社以上あったが、アモルファスワイヤMI素子の使用に限定し、短期的に実現可能な目標を明確に設定している企業を7社選定した。

新技術事業団技術展開部<sup>5)</sup>（1998）によると、展開試験は大学の研究者の指導の下に、各企業がそれぞれの場で自由に研究を実施する方式（分散研方式）で実施された。特許申請済みのMIセンサ研究に関して、科学技術振興事業団が参加企業と個別に契約し、企業独自のテーマに関する予算の50パーセントを支援するというものである。期間は1997年10月1日から1998年3月31日までの短期集中型のプロジェクトであり、予算の使用制限は極めて少なく、大学側は各企業のコンサルタントとして関わった。毛利・内山・パニナ（1998）では、この産学官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」と評価している。よって、予算や、開発に関する自由度の高さがこのコンソーシアムの特徴であった。

参加企業は、総合繊維会社1社、研究開発型ベンチャー企業（特殊レベル計専門メーカー）1社、電子部品メーカー1社、電機（モータ）メーカー1社、鉄鋼メーカー1社<sup>6)</sup>、特殊鋼メーカー（愛知製鋼）、電磁品メーカー1社である。各社の開発技術者が名古屋大学の毛利研究室において、アモルファスワイヤを用いたMIセンサを3日程度で試作し、それぞれの企業に持ち帰ってセンシング実験を行い、適宜、大学側がコンサルティングを行った。

## （2）愛知製鋼のセンサ開発のプロセス

愛知製鋼がMIセンサの技術に注目したのは1996年から1997年ごろのことであるが、1993年ごろには第二世代のマグネット・レジスタンス（以下、MRと記載）センサという別のセンサの開発を試みていた。MRセンサはニッケルと鉄を材料として、そこにできる磁場を変化させ、その2%ほどの変化量を分析する研究である。当時、NECやSONYなどの大手電機メーカーもMRセンサの開発を行っており、トヨタグループでも豊田中央研究所がMRセンサの技術開発に力を入れていたため、愛知製鋼は豊田中央研究所に出向き、MRセンサ技術について学習していた。MRセンサを開発中の96年ごろに、担当課長が学会でMIセンサという新たな技術の存在と、世界的な注目を集めていることを知った。磁気記録としての読み取りや書き取りへの応用可能性が注目され、IBMやオリンパスをはじめとする様々な企業が開発を進めていた。そのため要素技術を発見した毛利教授の研究室には、数多くの企業が立ち入ってその技術を勉強していた。毛利教授もMI効果をもとにした製品の実用化を強く求めており、その特許群はJSTによって国有特許となっていた。国として、JSTとしてMIセンサの実用化を後押しし、産業を活性化させる方針で開発が進められていた。

1997年、愛知製鋼は自動車の高度な姿勢制御に不可欠な磁気センサを開発したいという目的で、上記のコンソーシアムに参加した。MIセンサは、従来のセンサよりも格段に感度の優れたセンサであったが、その感度の高さは、同時に技術開発の難易度の高さや品質管理の難しさを持つことを意味しており、製品化に際して乗り越えるべき技術的困難性が要素技術そのものの存在していた。

具体的には、MIセンサの材料である新素材のアモルファスワイヤは、電氣的接触が難しいという性

質を持っており、ワイヤの両端をハンダづけして固定する際に歪みが入ってしまった。微小なワイヤであることと、1度でもずれると磁気の感知にズレを引き起こしてしまうことから、開発は困難を極め、歪みなく固定させる成功率は10%から20%ほどであった。「歪みが入ると、誘導電圧にバラつきが生じて品質が安定しない」（丸山、2006）ことから、大量生産は困難であった。歪みなくワイヤを固定できる技術を確立するという技術的な困難性を乗り越えない限りは、アモルファスワイヤを用いたMIセンサの量産は不可能であることが、コンソーシアムにおいて明らかになった。

その後、コンソーシアム参加企業の他にも、MIセンサに興味を持つ複数の企業が毛利研究室に出入りし、MIセンサの製品化に向けた研究開発への議論から、開発に対する以下の2つの方向性が出現した。1つは、コンソーシアム当初より検討されていた、アモルファスワイヤを使用する「ワイヤ方式」である。もう1つは、MIセンサ以前にすでに他のセンサに使用されていた薄膜の技術を用いた、「薄膜方式」である。この薄膜方式は、愛知製鋼でも以前に開発していたMRセンサにも使われた、強磁性体（金属）や半導体などの薄い膜上の素子を利用する方式である。技術的な詳細については他の論文に譲る<sup>7)</sup>が、ワイヤ方式と薄膜方式との違いは、素子の断面が円か四角かという点である。断面が円であるワイヤは磁束の分布に特異点を持たないが、四角の薄膜は特異点を持っているため、製品化の方針が全く異なっていた。この技術的な困難性に対して、多くの企業は新しいワイヤ方式を用いるのではなく、薄膜方式へと要素技術の転換を模索することを選択した。しかし、愛知製鋼は当初からのワイヤ方式に固執し、薄膜方式を模索する企業グループとの間で対応が分かれた。

この時の対応について、B氏は、「他社はアモルファスワイヤをひねりなく固定することはできないと考えて、得意とする薄膜方式に方針転換しました。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。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ことと、こだわるものがなかったというのがあります。」と語った。さらにB氏は、「鉄を製造しているということもあり、技術開発を長い

目で見られるということもあったかもしれませんね。」と話した。他社は薄膜方式を得意とするためにワイヤ方式から離れることを決めたが、愛知製鋼はワイヤ方式に固執するという選択をした。つまり、愛知製鋼は製品化への課題としてのつまずきと、それを解決できそうなアイデアをコンソーシアムから得たのである。

薄膜方式を模索した他社は、その技術的困難性を結局は克服できず、製品への実用化の目途が立たなかった。しかし、製品化への課題を材料の問題であると認識した愛知製鋼は、JSTの独創的シーズ展開事業委託開発に用途を定めた「車載用磁気インピーダンスセンサ」を申請し、1999年3月より本格的に開発を開始した。

#### IV. 考察

前節では、MIセンサの要素技術の製品化を目指すコンソーシアムを経て、MIセンサの技術的な困難性への対処に取り組んだ経緯に焦点をあてた。他社が薄膜へと技術の転換を図る中で、参加企業のうち唯一技術的困難性を克服し、独占的な製品開発を可能にした愛知製鋼の開発プロセスを観察した。以下では、そのような結果に至った要因を組織的な側面から考察する。

図4は開発の流れを示している。この事例の焦点は、愛知製鋼が、コンソーシアムにおいて他社が模索した「薄膜方式」ではなく、当初からの「ワイヤ方式」に固執して開発を続けた点にある。自社にない新たな要素技術を社外へと探索して得たMIセンサの開発において、製品化を阻む技術的な困難性を「材料の問題」と見抜き、単独での製品化へと結びつけた。

コンソーシアム後に、薄膜とアモルファスワイヤのどちらを用いるかについての議論を行い、愛知製鋼はワイヤ方式に固執した。これに対して他社は、

新しいワイヤ方式を捨て、薄膜方式への代替を模索した。他社が「薄膜方式」に移行せざるを得なかった理由は、1つにはアモルファスワイヤの固定の際に技術的な困難性が極めて高かったためである。もう1つは、薄膜方式の方が第二世代のセンサ技術を用いることができるので、製品化に近いと判断したためである。つまり、ワイヤの固定についての製造技術の確立や、ワイヤにコイルを三次元に巻き付けるという新技術の確立には長期の時間が必要であり、薄膜を使用したほうが短期間に製品化が可能であると考えたからである。よって他社は、要素技術に深く踏み込むことを回避して、ひとつ前の世代である第二世代のセンサへと組み込んだ経験のある薄膜方式を採用しようと考えたのである。

これに対して、愛知製鋼がワイヤ方式に固執できた理由は、組織（会社）として過去に様々な素材を探索することを通じてその本質を捉える視点を蓄積し、必要なときには既存の知識を活用できたからである。センサの開発には長期間を要する可能性が指摘されたが、長期的な開発をも許容するという組織文化が、そうした探索と活用を促進した。延岡(2006)は、「アーキテクチャの革新は、技術的な革新が難しいのではなく、組織的な適応が難しい」とする。愛知製鋼は、鋼材以外にも新素材として組織外部に新たな素材を求める「探索」を行っていたことに加えて、既存事業における鋼材（磁石）の知識を活用して技術的な困難性を克服した。他社が敬遠する研究開発期間の長期化という問題に対して、鋼材・鍛造品の長期的な開発という組織文化をもって解決に当たった。特殊鋼の技術的なスパンは30年以上であり、技術が入れ替わるスピードも他産業に比べて遅いという特徴がある。この事業や技術の時間サイクルが遅いことが、素材開発に時間をかけて取り組むという、長期的に開発を捉える組織文化として機能した。

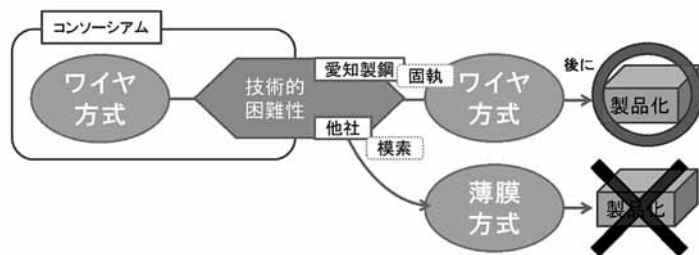


図4 開発の流れ

注：筆者作成



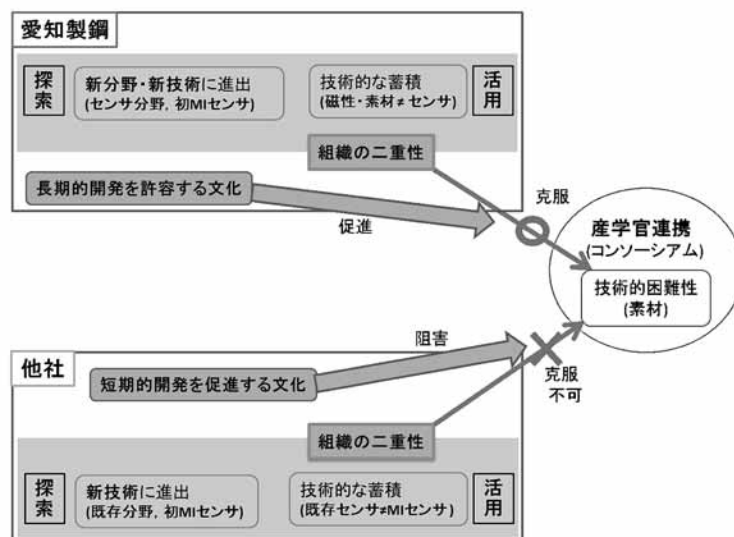


図5 開発における要素間の関係

注：筆者作成

したがって、コンソーシアムを通じて素材開発のスピードへの対応の重要性を認識しながらも、技術的な困難性を乗り越えるための素材そのものへの視点としてワイヤ方式への固執という意味決定をしたことが、その後の製品開発を成功に導いた。他方で撤退した半導体や電機メーカーなどの企業は、特殊鋼メーカーと比べてかなり短期的<sup>8)</sup>なスパンで技術交替が起こるため、短期的な収益を得るという視点を重視していた。よって、長期での研究開発には難色を示す傾向にあり、両者がとった行動の差異をもたらした（図5参照）。

このようにワイヤ方式を選択した愛知製鋼と、薄膜方式を選択した他社には、長期的な開発の許容について、開発担当者が下した意思決定に大きな相違が存在した。一見すると、ある分野に新しく進出した企業よりも、以前からその分野を専門とし、その分野での技術的な蓄積が多い企業の方が新規開発での技術的な困難性を克服するのは容易である。しかし、技術開発の時間的スパンが短く、早期に困難性を克服することが求められたために、困難性の原因を本格的に追求することなく、これまでに蓄積してきた技術にて代替するという意思決定を選択した。他方で、愛知製鋼は新たな分野への技術探索を繰り返し、センサ分野に初めて進出した。自動車のエレクトロニクス化に伴い、鋼材や鍛造品の製造を本業とする愛知製鋼も自社にできることはないかと、社内だけでなく社外へとその解決の糸口を探し、様々

な技術の流れを捉えようとした。学会にも参加して新たな技術を探し、自社にない技術があれば積極的に社外へと学習に出かけた。また、センサの開発中に直面した技術的な困難性には、既存事業の研究開発で培った磁石の知識を活用し、長期的な開発を許容する文化が困難性の克服を促進した。ただし、どんな技術も長期的な開発を許すということではなく、あくまでも技術的な困難性を乗り越えるための、自社の技術蓄積とそれに基づく開発可能性の高さ、そして、産学官連携を行うことによるコスト負担の軽減があってこそその許容であることに留意すべきである。これらの相互に関係しあう要因をうまく管理しながら、開発作業を推進したことが成功に結びついた。

## V. 結論及び今後の課題

本稿では、要素技術の産業化推進を目的とするコンソーシアムから、新事業を立ち上げたプロセスについて考察した。活用と探索の二重性という視点から分析を試みると、1つのコンソーシアムの中でも企業間では技術的な困難性への対処の違いが存在することが明らかになった。結果として、そこから事業成果を獲得できた愛知製鋼と他社との相違には、活用と探索という2つの要因と、それらと組織文化との適合関係が存在したことを検出した。

したがって、活用と探索の二重性研究への理論的

貢献としては、これまでトレードオフの関係（Benner and Tushman, 2003; He and Wong, 2004; Raisch, Birkinshaw, Probst and Tushman, 2009）にあると言われる活用と探索について、探索を促進するように活用をマネジメントする組織的な意思決定プロセスを示唆したことである。その際の条件として、組織文化との適合性が成功と失敗を分ける1つの要因となることを明らかにした。企業にとって開発期間の長さは、製品化において考慮に入れるべき重要な要因である。そのために、新分野に進出しようとするときには、既存製品の開発期間と、新分野にて扱う製品の開発期間がどれほど異なるのかという点が大切である。O'Reilly and Tushman (2013) でも指摘されている通り、今後は組織環境の変化を踏まえて、さらに組織間および産業内、産業間へと議論の拡大を目指す必要がある。本稿ではその研究の1つとして、そうした競合相手との差異について、産学官連携という組織外部の視点を取り入れた、新たな理論的側面を観察した。

さらに、産学官連携研究への理論的な示唆として、すでにその分野の技術に長けている企業は技術的な困難性に直面すると、これまで蓄積してきた技術を注視しがちになるため、知識の共有・学習の促進には組織的な二重性を活かした組織運営が有効である。これまでに蓄積してきた技術への依存性が強い組織のみでは、技術的な困難性を克服できる可能性は低くなる。したがって、同質的な組織のみではなく、新規開発に参入するための異分野の組織の存在が必要な事を、事例をもって示した。コンソーシアム内における各参加者間の関係性や、調整機能に注目した先行研究とは異なり、技術的な側面から各企業の開発行動に焦点を当て、製品化するために重要となる組織的要因を抽出した。

本稿は、産学官連携の1つの形態としてのコンソーシアムを経て、事業化に単独で成功する企業に焦点をあてて事例研究を行っており、その分野に範囲を限定することによってより明確に他社との違いを明らかにした。しかし、単一の事例であるという点に限界がある。組織内部をこえた複数企業間を観察しているが、議論の範囲をさらに広げた研究を今後行うべきである。例えば、コンソーシアム以外の連携方法への効果の分析や、技術の同質性や異質性として異分野の組織はどれほど技術的に離れていた方が良いのかという指標について、今後研究を深めていく必要がある。さらに、愛知製鋼のみならず、セン

サ分野に進出している他の特殊鋼専門メーカーとの比較分析などを行い、一般化に向けた研究を行っていきたい。センサ分野については、様々な技術が点在していることから、データが得られた特殊鋼メーカーという枠にとらわれず、事例研究の不足点を補うための量的な研究も視野に入れて行きたい。

また、愛知製鋼が製品化及び事業化を完了するまでのすべてプロセスについては、紙面の制約上触れられていない。活用と探索をマネジメントする組織的な意思決定が、新事業立ち上げ以外の局面においても有効に機能するかどうかを検証することを今後の課題としたいと考えている。

## 注

- 1) 加藤・柴山・馬場（2014）では、後藤（1993）を参考に、集中研方式と分散研方式について述べている。後藤（1993）では、「技術研究組合における実際の研究開発は、主として次の2つの方法によって行われる。第一は、技術研究組合が独自に研究所を設置し、そこ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が集まって共同で研究をおこなう方法である。第二は、共同研究の研究課題をいくつかのサブ・テーマに分割し、これを各企業に割り振り、各企業は与えられたテーマについて自社の研究所で研究開発をおこなう方法である。この第二の場合、メンバー企業は定期的に会合を持ち、それぞれの研究成果を発表しえられた知見を共有する。」とある。技術研究組合についての詳細は、後藤（1993）に述べられている通りであるが、コンソーシアムにおいても同様の分類をしていたと予想される。本稿でも、上記先行研究に従い、前者を集中研方式、後者を分散研方式と呼ぶ。
- 2) 愛知製鋼ホームページ <https://www.aichi-steel.co.jp/>（2016年10月16日アクセス）
- 3) JSTによると、委託開発は「大学や公的研究機関等の研究成果で、特に開発リスクの高いものについて企業に開発費を支出して開発を委託し、実用化を図る」制度である。開発に成功すれば無利子で開発費を返済し、不成功の場合には10%分のみの返済とすることで技術開発のリスクを負担する制度である。（JST独創的シーズ展開事業 委託開発ホームページ <http://www.jst.go.jp/itaku/index.html>（2016年7月9日アクセス）より）
- 4) 5) 科学技術振興事業団や新技術事業団は、独立行政法人科学技術振興機構（JST）の合併や名称変更前の名称である。具体的には、1996年に日本科学技術情報センターと新技術事業団が合併し、科学技術振興事業団を設立した。2003年10月に科学技術振興機構へと名称を変更した。本稿では、参考文献に記載されている名称や、JSTの沿革（JSTホームページ <https://www.jst.go.jp/enkaku.html>（2017年8月9

日アクセス)より)に照らし合わせたその当時の名称をそのまま使用する。

- 6) さらに愛知製鋼以外の鉄鋼メーカーが1社含まれているが、使用するMIセンサの試作を電機メーカーである他社に依頼している。したがって、自社のテーマに沿ったセンサの応用に注目しており、センサ自体の開発には焦点をあてていなかったと考えられる。同じ鉄鋼メーカーであるが、センサ自体の試作を行っていない以上は問題点を抽出することは難しい。したがって、上記の2社は比較の対象として相応しくなく、他の4社を比較の対象とする。A社はコンソーシアム以降もアモルファスワイヤの製造にかかわっており、2015年9月には金属繊維事業を愛知製鋼株式会社に譲渡している。これにより愛知製鋼はMIセンサの一貫生産体制を築いている。さらに、コンソーシアム終了後に研究開発に参入しようとした企業も、複数の大手電機メーカーであり、ワイヤという素材についての知識をあまり持ち合わせていなかったといえる。
- 7) 本蔵 (2005)、根津 (2006)、野澤 (2008)、高橋 (2013)などを参照されたい。
- 8) 短期的という期間については、特殊鋼との比較と、センサの世代間および世代内での比較の意味がある。本稿にも述べた通り、特殊鋼の技術的なスパンは30年以上である。半導体はムーアの法則から、集積率が18ヶ月で2倍になるとされ、エレクトロニクス産業の技術的な進化の速さは数年、もしくは数ヶ月単位である。また、センサの技術的なスパンは図2のセンサの世代変遷を見ると、第1世代から第2世代の技術ができるまでに60年弱かかっているが、第2世代から第3世代への移行は30年弱となっている。第2世代を見ると、その30年の間に様々な要素技術を用いたセンサが出てきている。要素技術を1から開発することと、できあがった要素技術を用いて製品開発を行うことは、開発の難易度も異なる。当然に1から開発するほうが難しく、開発期間も長くなる。これまでの第2世代の技術を用いることができるのであれば、用いたほうが開発期間は短くなると考えた他社と、新技術確立を目指した愛知製鋼の比較を示している。

## 参考文献

### (1) 邦文文献

- 愛知製鋼社史編集委員会 (1990)『愛知製鋼50年史』愛知製鋼。
- 新井克己・長田洋 (2008)「コンソーシアムによる標準化の戦略とマネジメント」『研究技術計画』第23巻第2号、133-149頁。
- 稲村實 (2003)「産のニーズを基にした産学官連携活動—RSP事業および岡山県を中心に—」『研究技術計画』第18巻第1/2号、22-34頁。
- 加藤知彦・柴山創太郎・馬場靖憲 (2014)「コンソーシアム型研究開発プロジェクトの政策評価：NEDO追跡調査の事例分析」『研究技術計画』第29巻第4号、232-248頁。

- 金澤良弘 (2010)「研究者との連携による技術移転の推進」『研究技術計画』第25巻第3/4号、263-269頁。
- 後藤晃 (1993)『日本の技術革新と産業組織』東京大学出版会、85-110頁。
- 鯨島正洋・渋谷善弘 (2010)「公的資金が投入されたコンソーシアムにおける課題と知財プロデューサの必要性」『特許研究』第49巻第3号、44-54頁。
- 新技術事業団技術展開部 (1998)「先端技術展開試験制度のしおり」『電気学会研究会資料MAG、マグネティックス研究会』第79巻、58-62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。
- 高津義典 (2005)「産学等連携研究の実態—地域における実態調査を通じて—」『研究技術計画』第20巻第1号、78-89頁。
- 高橋哲哉 (2013)「磁気センサを使用した金属微粒子検出」『日置技法』第34巻第1号、1-4頁。
- 立本博文・小川紘一・新宅純二郎 (2010)「オープン・イノベーションとプラットフォーム・ビジネス」『研究技術計画』第25巻第1号、78-91頁。
- 長岡貞男・江藤学・内藤祐介・塚田尚稔 (2011)「NEDOプロジェクトから見たイノベーション課程」『経済研究』第62巻第3号、253-269頁。
- 中村吉宏 (2003)「独立行政法人産業総合研究所における産学官連携コーディネータ」『研究技術計画』第18巻第1/2号、43-51頁。
- 根津禎 (2006)「3軸、デジタル出力品が主流に 検出地場を補正して方位を出力」『日経エレクトロニクス』第931巻、134頁。
- 野澤哲生 (2008)「IC一体型の需要が急拡大 寸法や設計自由度で競う」『日経エレクトロニクス』第974巻、89頁。
- 延岡健太郎 (2006)『MOT「技術経営」入門』日本経済新聞出版社、150頁。
- 延岡健太郎 (2010)「オープン・イノベーションの陥穽—価値づくりに関する問題点—」『研究技術計画』第25巻第1号、68-77頁。
- 畠中祥 (2004)「イノベーション政策と産学連携」『研究技術計画』第19巻第3/4号、148-158頁。
- 本蔵義信 (2005)「MEMSセンサーが変える携帯電話機のユーザー・インターフェース」『日経マイクロデバイス』第244巻、75頁。
- 増田淳 (2011)「フレキシブル太陽電池の高性能化技術開発—「フレキシブル太陽電池器材コンソーシアム」の運営と成果—」『シンセシオロジー』第4巻第4号、193-199頁。
- 真鍋誠司・安本雅典 (2010)「オープン・イノベーションの諸相—文献サーベイ—」『研究技術計画』第25巻

第 1 号, 8-35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。

三森八重子 (2010) 「国立大学法人における産学連携活動の成功要因の質的・量的分析」『研究技術計画』, 第 25 巻第 3 / 4 号, 242-262 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。

毛利佳年雄 (1999) 「MI マイクロ磁気センサの開発システム—産学官連携のありかた—」『日本応用磁気学会誌』, 第 23 巻第 8 号, 1887-1894 頁。

山岡徹 (2015) 『変革とパラドックスの組織論』中央経済社。

吉田朋央・山下勝・竹下満 (2011) 「追跡調査による NEDO プロジェクトの成功要因の考察」『研究技術計画学会第 26 年次学術大会講演要旨集』, 第 26 巻, 798-801 頁。

吉田朋央・山下勝・竹下満 (2012) 「コンソーシアム型 NEDO プロジェクトにおける成功要因の分析」『研究技術計画学会第 27 年次学術大会講演要旨集』第 27 巻, 693-696 頁。

## (2) 欧文献

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.

Chesbrough, H. W. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, 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.

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.

March, J. G. (1991), "Exploration and exploitation in organizational learning," *Organization Science*, Vol.2, No.1, Special issue, pp.71-87.

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.

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.

Sakakibara M. (1997), "Heterogeneity of Firm Capabilities and Cooperative Research and Development: An Empirical Examination of Motives", *Strategic Management Journal*, Vol. 18, pp.143-164.

Thompson, J. D. (1967), *Organizations in Action: Social Science Base of Administrative Theory*, New York: McGraw-Hill.

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.

Weick, K. E. (1969), *The Social Psychology of Organizing* (2nd eds.), Reading MA: Addison Wesley, p.280.

(名古屋大学大学院経済学研究科博士後期課程)



## 補足資料

メンバー	開発テーマ	設立	資本金	作業員数 (連結)	事業内容
科学技術振興事業団 技術展開部技術展開課	先端技術展開試験制度				
愛知製鋼(株) 第4 開発部	車載用MIセンサの温度安定化	1940年	250億1600万円	4,654名	特殊鋼条鋼, ステンレス鋼・チタン, 鍛造品, 電磁品
A社(総合繊維会社) 中央研究所 機能製品研究部	アモルファスワイヤのひねりアニールによる非対称MI効果	1889年	1 億43万円	記載なし	高分子, 機能材, その他
B社(研究開発型ベンチャー企業) 研究開発部	電磁波検出MIセンサの実用化	1987年	記載なし	記載なし	各種特殊レベル計
C社(総合電子部品メーカー) 商品開発部	MIセンサ回路のモジュール	1948年	387億3 千万円	37,564名	ホーム・モバイル, オートモーティブ, ヘルスケア&環境エネルギー分野
D社(電機メーカー) 基礎研究所	ロボット設計用MI加速度センサ	1915年	306億円	38,652名	モーションコントロール, ロボット, システムエンジニアリング, その他
E社(鉄鋼メーカー: 経営統合, 現在社名変更) 基盤技術研究所 計測制御技術部	圧延鋼板のピンホール検出MIセンサ	1912年	1471億円	59,460名	スチール, エンジニアリング, 商事など複数のグループ会社を持つ
F社(電磁品メーカー)	電力機器用MI電流センサ	1966年(創業) 1978年(設立)	1310万円	記載なし	電磁石コントローラ, 各種電磁石, 関連製品

表1 コンソーシアム参加企業及び開発テーマ

注: 毛利・内山・パニナ (1998), 各社ホームページ (2016年10月16日アクセス) を参考に, 筆者作成