

街（まち）の産学連携による事業展開 —中小企業はどのように越境し、大学と結びつくのか—*

大阪市立大学大学院都市経営研究科教授

新藤 晴 臣

大阪市立大学大学院経営学研究科教授

山 田 仁一郎

大阪市立大学大学院都市経営研究科准教授

小 関 珠 音

要 旨

本研究は中小企業による産学連携である「街（まち）の産学連携」が、どのように始まり、どのようなプロセスを経て、どのような成果を中小企業にもたらすかを明らかにすることを目的とする。そのための手法として本研究では、あっと(株)、(株)ダイセン電子工業、(有)ワイズロードという3社の事例研究を行っている。これら3社はいずれも関西地方に拠点を置き、経営者が紆余曲折を経て、大学の関係者に会い、産学連携を行っている中小企業である。また分析に際して、中小企業（経営者、事業、資源）と産学連携（契機、内容、成果）といった共通の比較軸を用いることで、産学連携に関する3社の共通点を見出そうとしている。

本研究の結論としては、以下の3点が挙げられる。第1に中小企業の産学連携プロセスは、「中小企業の産学連携のブラウン運動モデル」により表される。本モデルでは、中小企業のほかに、大学、大企業、支援機関など多様なプレーヤーにより構成される。中小企業は、経営者を中心に様々な要素が結合し、ブラウン運動を行う結果、ほかのプレーヤーと偶発的に結合し、それらプレーヤーは何らかの要素を獲得する。第2に中小企業がブラウン運動を行う原動力として、セレンディピティと越境性が挙げられる。セレンディピティとは「偶然に幸運な予想外の発見をする才能」のことであり、その際に鍵となるのは、各プレーヤーの主体が自分の持ち場の範囲の境界を積極的に「越境」するか否かである。第3に中小企業の産学連携の成果として、経営資源の活用による、ダイナミックな事業創造が行われる可能性がある。具体的には産学連携を通じ、「シュンペーター型」の起業機会を追求する新事業創造が行われる可能性があり、その際、中小企業に不足する経営資源のストレッチ戦略とレバレッジ戦略が、産学連携を通じて実現される。

最後に、本研究の理論的含意としては、中小企業を起点とした、産学連携モデルを示したことが挙げられる。また実践的含意としては、中小企業経営者が新たな方向性を決め、大学を含めたほかのプレーヤーに臆せず飛び込むことで、新たな事業が拓ける可能性があることを示している。

* 本論文はJSPS科研費JP18H00887およびJP17K03940の助成を受けた成果の一部である。

1 はじめに

産学連携の歴史は、軍と大学による「軍学連携」が行われた第2次世界大戦前にさかのぼるが、現在の形の産学連携制度が導入されるのは、1980年代以降とされる。具体的には、米国で1980年にバイ・ドール法 (Bayh-Dole Act) が制定され、大学で発明された技術の知的財産権の管理を大学で行うことが可能となる。また同じ時期に、バイオテクノロジーが急速に発展したことから、米国を中心に産学連携が普及していく (Shane, 2004)。

一方、日本の産学連携制度は1990年代後半から、急速に整備される。具体的には、1998年に「大学等における技術に関する研究成果の民間事業者への移転の促進に関する法律」が制定され、さらに1999年には「産業活力再生特別措置法」(日本版バイ・ドール法) が制定されることで、米国と同様に、発明された技術の知的財産権の管理を、大学による承認TLO (Technology Licensing Office) で行うことが可能となる。また国立大学が研究の中心を担う日本の状況に対応するため、2000年に「産業技術力強化法」が制定され、国立大学教員による民間企業に対する研究指導や役員兼業が可能となった (西村・澤田、2007)。

こうした制度の整備を受け、日本における産学連携は定着しつつあり、その傾向は、数値からも読み取ることができる。

例えば、大学¹による民間企業からの研究資金等の受入額の総額は、2011年度の590億円から、2016年度には848億円へと大幅に増加している (図-1)。

そうしたなか、大企業だけでなく中小企業の産学連携も増加しつつある。大学との共同研究の実施件数について、中小企業は、2011年度の4,520件から、2016年度には6,747件へと1.49倍に増加し

ている (図-2)。同じ期間、民間企業全体の共同研究の実施件数の増加率は1.41倍 (16,302件→23,021件) であり、中小企業の伸び率が高いことがわかる。

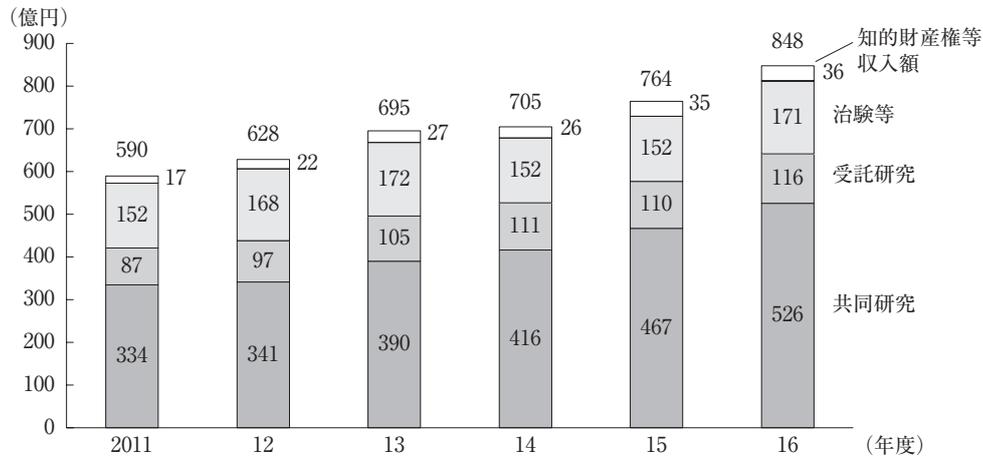
このような中小企業の産学連携の増加を受け、それに関する定量的な研究も蓄積されつつある。しかしここで一つの疑問が発生する。産学連携の本質は、大学の技術を活用することにより、企業に画期的なイノベーションをもたらすことなのだろうか。制度の変遷と産学連携件数の増加や、大企業を中心とした事例研究を見る限り、「大学の技術活用→企業による画期的なイノベーション」というステレオタイプは、一見すると妥当なように見える。一方で筆者たちは、日々の研究を通じて、中小企業に接する機会を持つが、これらステレオタイプとは異なる産学連携を、目にする機会がある。具体的には、必ずしも当初から技術活用を目的とせずに、中小企業の経営者が紆余曲折を経て、大学の関係者と出会い、何らかの連携を行う姿である。またその成果についても、必ずしも画期的イノベーションを伴うとは限らないものである。

筆者たちはこのような中小企業の産学連携の姿を、「大学の技術活用→(大企業等による)画期的イノベーション」というタイプから区別する意味で、「街(まち)の産学連携」と呼ぶことにする。こうした「街(まち)の産学連携」は、定量的な先行研究では産学連携の成果として、場合によっては産学連携そのものとしてすら、認識をされない可能性が存在する。しかし、事例研究やインタビュー調査などの定性研究からは、「街(まち)の産学連携」の存在を垣間見ることができる (深沼・今野、2009; 谷内向、2009; 中小企業研究センター、2013)。

本研究ではこの「街(まち)の産学連携」が、どのように始まり、どのようなプロセスを経て、

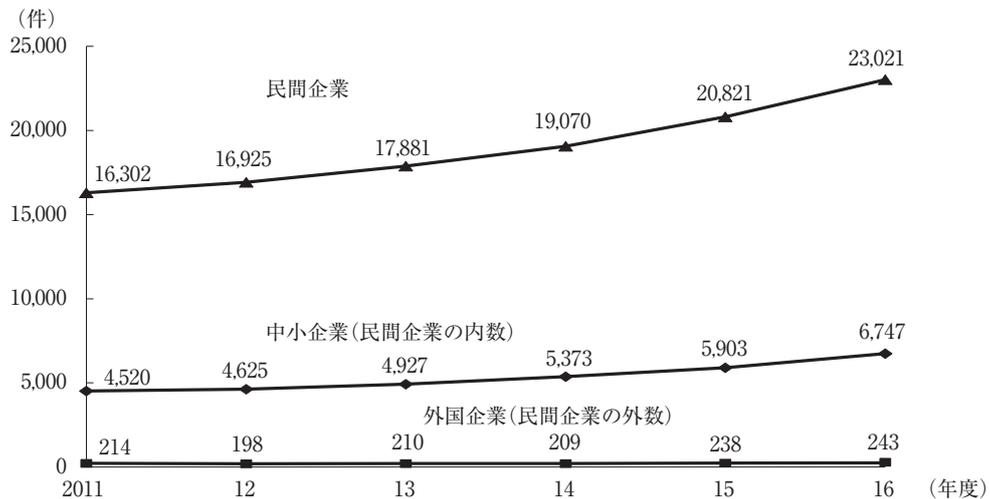
¹ 本稿では、固有の政策などの名称を除き、大学、高等専門学校、公的研究機関を含め「大学」と統一的に表現する。

図－1 研究資金等の受入額の推移



資料：文部科学省「平成28年度 大学等における産学連携等実施状況について」（2018年）（図－3まで同じ）

図－2 共同研究実施件数の推移



どのような成果を中小企業にもたらすかについて明らかにすることを目的とする。そのための方法として本研究では、何らかの形で大学と連携を行い、成果を上げている3社について、比較事例研究を行うこととする。

2 先行研究の考察

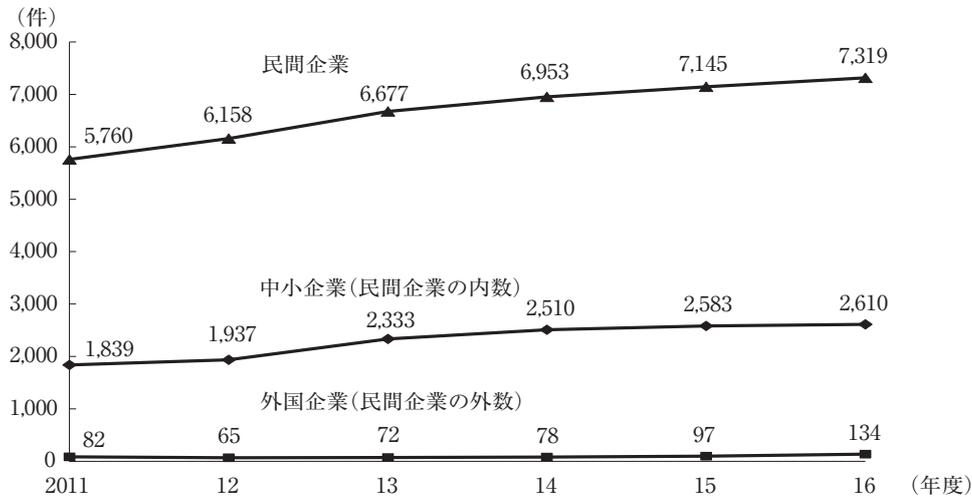
(1) 産学連携の定義

産学連携とは、産（民間企業）と学（大学）との連携であるが、それを定義するうえで、まずは

研究機関の社会的役割について整理する。大学が国の発展に貢献する方法として、宮田（2002）は、a) 研究、b) 教育、c) 啓蒙の三つの側面があるとする。ここで論点となるのは、a) ～c) のどこまでを産学連携の定義に含めるかという議論である。

例えば、宮田（2002）は、産学連携を「大学の研究成果をより一層産業界に貢献させるための、大学と企業との協力」（p.4）と定義し、a) 研究、c) 啓蒙の2点のみを産学連携と捉えている。また、上記の2点に基づき、産学連携をより厳密に定義する研究も存在する。例えば、ケネラー（2003）は、

図-3 受託研究実施件数の推移



論文発表など研究成果の公開と研究人材の流動は、企業と大学との直接的な相互作用を伴わないことから、産学連携から除く半面、契約に基づくメカニズムのみを産学連携に含めるべきと論じている。

一方で、産学連携について、a) 研究、b) 教育、c) 啓蒙という3点すべてを含めるべきという議論も存在する。例えば、清成(2000)は、産学連携には教育と研究の二つの分野があるとして、a)~c) のすべてを産学連携に含めている。さらに、清成(2000)は、b) 教育の産学連携の例として、高度職業人教育、協同教育、インターンシップを挙げている。

ここまで、産学連携の定義について、a) 研究、c) 啓蒙のみを射程に含める定義と、それにb) 教育を加えた定義の2種類があることを示してきた。a) 研究、c) 啓蒙のみを射程とする前者の産学連携の定義は、「大学の技術活用→(大企業等による)画期的イノベーション」というステレオタイプの産学連携を議論するうえでは、効果的と考えられる。しかし、本研究では、「街(まち)の産学連携」がどのように始まり、どのようなプロセスを経て、どのような成果をもたらすかについて明らかにすることを目的とする。また「街(まち)の産学連携」では、必ずしも当初から技術活

用を目的とせず、中小企業の経営者が紆余曲折を経て、大学の関係者と出会い、何らかの産学連携が行われると想定される。そうした「街(まち)の産学連携」を捕捉するうえで、前者の定義の射程はやや狭小と言わざるをえない。よって本研究では後者の定義をベースとし、産学連携について「研究、教育、啓蒙を含む、大学と企業の間で行われる何らかの連携活動」と定義を行う。

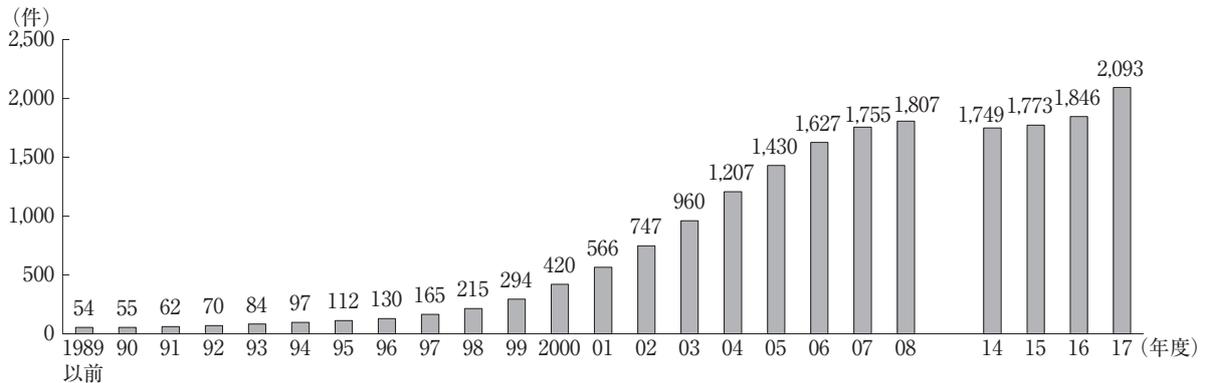
(2) 産学連携制度

大学の立場から見た場合、産学連携の制度は、「研究面の産学連携」「事業化面の産学連携」の2種類に分類される(新藤、2008)。

「研究面の産学連携」の内容として、共同研究、受託研究(=企業の立場からは委託研究)、コンソーシア(Consortia)がある。共同研究とは、企業と大学とが研究者と資金を出し合って研究することである。中小企業の共同研究実施件数は、前述の図-2の通りとなる。

受託研究(=委託研究)とは、共同研究と類似の形態で、企業が出資をして大学に研究を依頼するものである。中小企業から大学への受託研究の件数は、2011年度の1,839件から、2016年度の2,610件へと1.41倍に増加している(図-3)。図-2の共同研究の6,747件と比較して、半分弱の規模で

図-4 大学発ベンチャー数の推移



資料：経済産業省「2017年度大学発ベンチャー調査 調査結果概要」（2018年）
（注）2009年から2013年については調査が行われておらず、データがない。

はあるものの、堅調に増加していることがわかる。

コンソーシアとは、複数の大学と複数の企業とが参加し、共同研究を行うものである。コンソーシアでは、産業全体で技術課題の解決に向け、多くの企業が資金を出し、多様な大学の英知を活用する形で共同研究が行われる。

一方、「事業化面の産学連携」の具体的な内容としては、ライセンス、大学発ベンチャーがある。ライセンスとは、大学の教員が取得した知的財産を、大学のTLOを通じて、企業に移転することである（宮田、2002）。ライセンスには、専用的実施権と通常実施権があるほか、大学の研究→知的財産の獲得→ライセンスという実行のプロセスをとるとされる（Nelsen, 1991）。

大学発ベンチャーとは、大学の教員が企業を創出する、産学連携の一つの形態である。新藤（2006）によれば大学発ベンチャーは「大学の技術を基に、起業家・発明家により率いられた革新的な中小企業」と定義される。2001年には「新市場・雇用創出に向けた重点プラン」が経済産業省から発表され、大学発ベンチャーを3年で1,000社にする目標が掲げられた。その結果、2000年度に420社にすぎなかった大学発ベンチャーの数は、2017年度には2,093社へと増加している（図-4）。

さらに事業化面の産学連携のうち、人的交流を

促進する仕組みとしては、リエゾンプログラムが挙げられる。リエゾンプログラムでは、研究機関に年会費を払うことにより、自社に関する出来事の紹介、教員ミーティング、記事・レポート配信、特別セミナーなどが提供される（Nelsen, 1991）。

ここまで「研究面の産学連携」「事業化面の産学連携」について説明してきたが、これらは前述のa) 研究、b) 教育、c) 啓蒙という三つの定義のうち、a) 研究に関する部分といえる。そのほかに、b) 教育の部分に該当する産学連携の種類としては、前述の通り、高度職業人教育、協同教育、インターンシップなどが含まれる。さらに、c) 啓蒙の部分に該当する産学連携としては、大学の教員による企業に対するアドバイスなどのコンサルティングが含まれる（宮田、2002）。上記のほかにも、多様な種類の産学連携が想定されるが、本研究では定義に基づき、大学と企業の間で何らかの連携活動が行われているのであれば、それらも産学連携に含めて議論していくこととする。

（3） 中小企業の産学連携の特徴

ここまで産学連携制度について説明してきたが、産学連携を行う中小企業には、どのような特徴があるのだろうか。産学連携を行う中小企業を対象に大規模サンプルによる定量分析を行った研

究としては、岡室 (2009) が挙げられる。

岡室 (2009) は、各種公的データから中小企業の研究開発への取り組みが大企業と比較して、圧倒的に少ないことを示したうえで、独自の定量調査から、研究開発に積極的な中小企業の特徴を示している (pp.30-35)。その具体的な特徴としては、規模が比較的大きい、業歴が浅い、社長の学歴が高い、キャッシュフローが多い、都市銀行から借り入れしている、技術の占有可能性が高い事業をしている、専門的知識と人材が集積する地域にある、という7点の特徴があるとしている。

また中小企業の産学連携は、大企業の産学連携と比較して、いくつかの特徴があるとされている (同書、pp.122-131)。相手機関については、公立研究機関が多く、市区町村内・都道府県内が多い半面、国立大学との提携や、国内遠隔地の機関との提携は少ないとされる。相手機関を見つけた契機も、経営者の人脈や行政機関を通じたものが多い半面、学会等を通じた提携は、大企業と比較して少ないとされている。

さらに共同研究の契約や成果についても、中小企業と大企業では異なるとされる。具体的には、明文化された契約の事前締結や特許の出願など、フォーマルな形式の連携を行うことは、中小企業では少ないとされる。また産学連携の成果で「以上該当なし・無回答」は、大企業が16%、中小企業が30%であり、中小企業のほうが多いといえる。

こうした岡室 (2009) の調査結果は、最初に説明した「街 (まち) の産学連携」の概念と重なる点が多いと考える。具体的には経営者独自の人脈を通じ、同じ都道府県や市区町村にある、公設試験研究機関 (公設試) などの身近な公的研究機関と連携する点は、「街 (まち) の産学連携」の特徴を端的に示しているといえる。

一方でこの調査は、「街 (まち) の産学連携」を捕捉する難しさも同時に示している。具体的には、契約や特許出願など、フォーマルな形式がと

られにくく、その成果も、「以上該当なし・無回答」という回答が大企業に比べて多くなっている。この点について岡室 (2009) は、特許出願という限定的な指標を用いたことによるものであり、必ずしも大企業のほうが成果を上げやすいわけではないとしている (pp.128-129)。この指摘からも、「街 (まち) の産学連携」では、既存の産学連携の議論では捉えられない部分が多いと想定される。

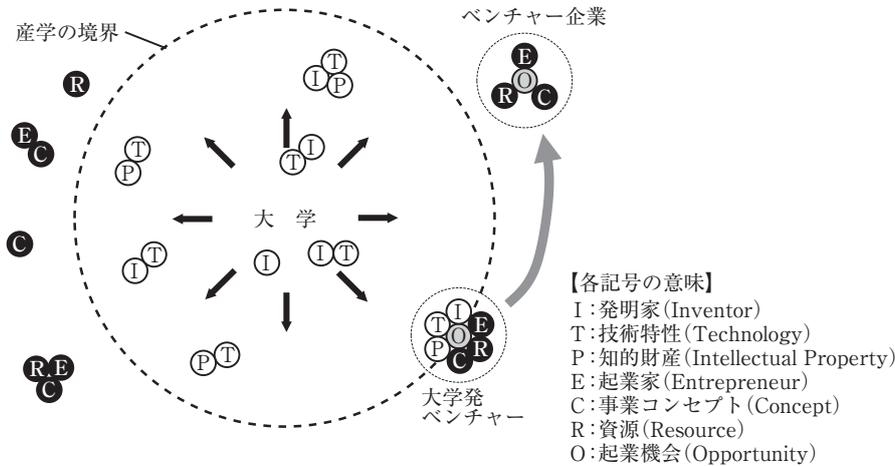
(4) 産学連携のダイナミズム

「街 (まち) の産学連携」をよりダイナミックに理解するうえでは、大学のどの要素と中小企業のどの要素が、具体的にどのように結びつくかを理解することがポイントとなる。すべての制度を網羅するモデルは存在しないが、大学の内側と外側の要素の結合により産学連携を示した概念としては、新藤 (2008) による「大学発ベンチャーの分子結合モデル」がある (図-5)。

分子結合モデルでは、大学の内側にある要素として、「発明家」「技術特性」「知的財産」が挙げられる。「発明家 (I: Inventor)」とは、大学発ベンチャーの基になる技術を発明した、大学の研究者のことである。「技術特性 (T: Technology)」とは、発明された技術の特徴のことであり、端的には、ラディカル、暗黙知、初期段階、汎用的であるかといった、大学発ベンチャーに向く技術であるか否かを意味している。最後に、「知的財産 (P: Intellectual Property)」とは、大学にて発明された、特許やノウハウのことである。

通常、I (発明家) と T (技術特性) とは大学のなかにランダムに存在するものだが、「研究面の産学連携」を通じて、大学の中心から産学の境界へとプッシュされていく。また、これらの要素から、ライセンスを通じて P (知的財産) が創出される場合もある。I (発明家)、T (技術特性)、P (知的財産) が大学発ベンチャーを自ら創出するといった場合のように、三つの要素が結合した

図-5 大学発ベンチャーの分子結合モデル



資料：新藤（2008）を基に筆者作成

まま産学の境界に向かう場合もあれば、他社へのライセンスという形で、I（発明家）は、ほかの要素（T、P）と切り離される可能性もある。

一方で、大学の外側には、事業創造の要素として、「起業家」「事業コンセプト」「資源」が存在する。「起業家（E：Entrepreneur）」とは中小企業を創業する経営者のことである。「事業コンセプト（C：Concept）」とは、顧客軸（Who）、機能軸（What）、資源軸（How）により、「自社は何屋さんか」を規定する戦略である（新藤、2015）。「資源（R：Resource）」とは、事業創造に必要な経営資源であり、ヒト、モノ、カネのことを意味している。これらの要素は、単体、あるいは互いに結合した状態で大学の外側に存在する。さらに、これらの要素に「起業機会（O：Opportunity）」が加わり、ベンチャー企業が創出される。

分子結合モデルでは、産学の境界を挟んで、大学の内側にあるI（発明家）、T（技術特性）、P（知的財産）と、外側のE（起業家）、C（事業コンセプト）、R（資源）とが、O（起業機会）を通じて結合し、大学発ベンチャーが創出される。そこで課題となるのは、産と学の役割の違いや、利益相反・責務相反問題（伊地知、2000）であり、これ

らは産学の境界として点線で表される。

ここまで、分子結合モデルについて説明したが、同モデルは大学発ベンチャーが創出される現象を説明するモデルであり、中小企業を起点とする産学連携の視点としては、限定的であるといえる。中小企業と大学との間でどのような構成要素が結合するかについては、以降の事例分析の議論で参照することとする。

3 分析の視点

本研究は、「街（まち）の産学連携」がどのように始まり、どのようなプロセスを経て、どのような成果を中小企業にもたらすかについて明らかにすることを目的とする。しかし、「街（まち）の産学連携」を捕捉することは、定量研究では限界があるものと想定される。具体的には、「街（まち）の産学連携」では、必ずしも当初から技術活用を目的とせず、中小企業の経営者が紆余曲折を経て、大学の関係者に出会うプロセスを経ることが多い。そのため、前述のような「研究面の産学連携」「事業化面の産学連携」が活用されるとも限らず、その成果も画期的イノベーションを伴うとは限らないものである。

このような漠然とした「街(まち)の産学連携」を捕捉するという観点から、本研究では、何らかの形で大学と連携を行い、成果を上げている3社について、比較事例研究を行うこととする。

事例研究については、研究方法として優位性と限界点が指摘されている。優位性としては、調査手法の多様性や、質・量ともに優れた情報の獲得、豊かな洞察力の獲得が挙げられており、これらの特性は、「街(まち)の産学連携」を捕捉するうえで、優位に働くと想定される。

限界点としては、定性的調査であることの妥当性の問題が指摘されているが、本研究では事例研究の際、文献サーベイ、インタビュー等を用いたほかに、複数の著者によるダブルチェックを行うことで、事例研究のバイアスを可能な限り排除している。

本研究では、あっと(株)、(株)ダイセン電子工業、(有)ワイズロードの3社を取り上げている。これら3社はいずれも経営者が紆余曲折を経て、大学の関係者に会い、何らかの形で産学連携を行っている企業である。また比較研究の形式をとることから、事例の選択に際しては、Smelser(1988)の「単純な調査モデル」(邦訳p.191)に近づける努力をしている。具体的には、これら3社は、いずれも関西地方に本社を置く、社員数名の製造業であり、産学連携以外の変数については、可能な限り共通化している。これら3社の共通点を中心に分析することで、「街(まち)の産学連携」の実像が補足できるものとする。

3社の事例はそれぞれ、「産学連携前の状況」「産学連携の契機・プロセス」「産学連携の成果」により構成されている。これによって「街(まち)の産学連携」のプロセスを、時間軸にのっとり、ダイナミックに補足することが可能になる。

また各社のプロセスはそれぞれ異なる一方で、比較軸については共通化を図っている。比較軸は大きく「中小企業」「産学連携」に分類される。

「中小企業」とは、「街(まち)の産学連携」を行う中小企業のことであり、その要素として、「経営者」「事業」「資源」が挙げられる。この三つの要素は、前掲図-5の、E(起業家)、C(事業コンセプト)、R(資源)に該当するものである。

一方「産学連携」とは、上述の「中小企業」により実行された産学連携のことであり、「契機」「内容」「成果」の3点が要素として挙げられる。「契機」とは、産学連携のきっかけであり、図-5の産学の境界上に位置すると概念と想定される。また、「内容」「成果」とは、産学連携の具体的な内容や成果のことである。これら三つの要素について、本稿2(1)で論じた、a)研究の産学連携だけではなく、b)教育、c)啓蒙の産学連携も含むものとする。

4 産学連携の事例

(1) あっと(株)

【企業概要】

設立年月：2009年11月

代表者：武野 團

資本金：3,000万円(資本準備金含む)

社員数：4人

事業内容：毛細血管観察装置の製造・販売および健康プラットフォームの構築

【沿革】

2009年 あっと(株)設立

2013年 大阪市イノベーション創出補助金採択「非侵襲による指先の毛細血管観察画像の測定システムの開発」(大阪大学)

2014年 ものづくり補助金採択「非侵襲指先毛細血管状態の自動測定評価システムの試作開発」(千葉大学)

2015年 大阪府スタートアップ企業認定大阪府成長志向創業者支援事業採択

2017年 経済産業省「地域未来牽引企業」選出
2018年 『未来2018』メディカル・ヘルスケア
部門最優秀賞受賞

① 産学連携前の状況

あっと(株)（以下、あっと社）は、毛細血管観察装置「血管美人」の製造・販売と、健康プラットフォームを構築するベンチャー企業であり、代表取締役の武野團氏により2009年に設立される。

「血管美人」とは、毛細血管の血流を観察するための毛細血管スコープのことであり、(株)健康科学研究会会長の武野照男氏により2002年に開発される。2年前にがんを発症した武野照男氏は、血液の状態を把握することなく医療を受けている当時の状況に疑問を持つ。そうしたなかで、『毛細血管像と臨床』（小川三郎著）を読んだ武野照男氏は、「毛細血管の流れがスムーズであれば細胞に栄養酸素が届くのではないかと考え、「血管美人」の開発に取り組んでいく。

こうして開発された「血管美人」は、毛細血管の血流を観察できる装置となる。具体的には図-6左側の写真にある装置により、手指の爪つけ根の毛細血管を観察する。図-6右上の写真のように毛細血管がまっすぐであれば正常といえるが、右下の写真のように、ねじれ、太さ、にごりが観察されれば未病の可能性があるとされる。これにより、採血なしの健康カウンセリングを行うことが可能となる。

「血管美人」は2003年に販売が開始され、また翌年にテレビを中心とする健康情報番組に取り上げられたこともあり、6年の間に、約1,200台が販売される。その後、2009年の武野照男氏の死去に伴い、あっと社を息子である武野團氏が設立することで、「血管美人」の製造・販売が引き継がれることになる。

武野團氏（以下、武野）は、佛教大学文学部中国文学科在学中に上海師範大学に留学し、卒業後

図-6 「血管美人」による毛細血管観察



出所：あっと(株)社内資料

はジャスダック市場に上場する電子部品メーカーに2004年に入社する。半年後、中国へ赴任した武野は、上海駐在員事務所設立や深圳工場での管理業務に従事する。父親・母親のがん発症により健康状態に関する指標の必要性を感じた武野は、2006年に同社を退職する。武野は父親の「血管美人」事業を継承するため、(株)健康科学研究会で毛細血管観察装置の普及を手伝い、毛細血管血流観察を研究する。

2009年にあっと社を設立した武野は、小型化した「血管美人」を新たに開発して、その販売を積極的に展開する。「血管美人」はエステサロンや薬局を中心に販売されたほか、大学・研究機関、クリニック、国民健康保険団体連合会、大手企業およびその健康保険組合などで導入される。販売チャネルは、「血管美人」ブランドによる自社販売が過半数を占めるほか、代理店経由の販売も3割を占める。

「血管美人」が顧客に受け入れられた理由として、ほかの計測手段に対する優位性が挙げられる。健康予防分野の計測手段としては、超音波エコー、CT・MRI、眼底検査機、内視鏡、血液検査などが存在する。これらと比較した場合、「血管美人」は1台当たり35万円と計測機器としては低価格であり、生体を傷つける侵襲性がないという特徴を持つ。また、リアルタイムで鮮明な画像を観察可能であるほか、小型で持ち運びに優れ、被検者本

人による計測も可能となっている。

さらに、今後の事業展開を検討するなかで、治療から予防へという国の政策の変化と、病気と健康との間にある「未病」を可視化する「血管美人」の機能は、整合性が高いことが明らかになった。また所属産業である生体計測機器の市場規模も、2011年の1,437億円から、2020年には2,637億円へと、1.84倍に拡大することも予測されていた。

一方で、「血管美人」には課題も存在した。保健指導分野での使用のためには、簡易にリアルタイムな生体情報の取得と、わかりやすい説明が課題となっていた。具体的には毛細血管観察画像について、属人的判断を行うのではなく、点数化により、誰もが均一的な判断を行うことが必要とされていた。当時、毛細血管の長さ・太さ・ねじれなどを数値化するシステムは、どこにも存在しないのが現状であった。

② 産学連携の契機・プロセス

あっと社の設立に先立ち、武野は様々な外部組織を活用し、創業の準備を進めていく。2009年に宇治商工会議所主催「創業塾」、大阪産業創造館主催「創業チャレンジゼミ」といった創業セミナーを受講した武野は、創業に関する基礎知識をそれらで学ぶことになる。さらに2011年には、おおさかなレッジ・フロンティア推進機構主催「研究を事業化するプロデューサー養成講座」に参加し、経営に必要な人脈を広げていく。そうしたなかで武野は、おおさかなレッジ・フロンティア推進機構のチーフプランナーであり、大阪産業創造館で技術系ベンチャーの支援を行う長谷川新氏(以下、長谷川)に出会う。

長谷川は大阪大学工学部を卒業後、(株)リクルートに入社し、通信事業の立ち上げに携わる。また、2000年から2002年には、おおさかなレッジ・フロンティア推進機構の母体となる公益財団法人大阪市都市型産業振興センターにも出向を行う。

(株)リクルートを退職後、個人事業主となった長谷川は、大阪産業創造館を中心に技術系ベンチャーへのアドバイスや産学連携の仕組みづくりを行っていた。

長谷川は当時、産学連携のあり方について疑問を感じていた。守秘義務が守られない、大学教員の学術的な関心が優先される、企業から見て敷居が高いといった現状に対し、長谷川は、大阪産業創造館を中心に、産学連携を効率的に行う仕組みを実践していた。例えば、「実践的MOT講座」では大学、TLO、ベンチャー企業の協力の下、オープンイノベーションの事例研究、産学連携の法務・契約を学ぶほか、大学研究者と経営者が共同でビジネスプランの作成を行っていた。こうして、大学関係者と、経営者などのビジネスマンが自然と交流するようになるのだが、この取り組みを、長谷川は、「敷居の高い和服の購入 (=産学連携)」に対する、「敷居の低い着付け教室」と称していた。

毛細血管観察画像の展開に向け、武野から相談を受けた長谷川は、人間ドック業界のオピニオンリーダーに相談の結果、画像の数値化が導入の鍵となることを理解する。そのため長谷川は産学に関する幅広い人脈から、大阪大学大学院医学系研究科・招聘准教授(現・招聘教授)である中根和昭氏(以下、中根)を紹介する。中根は数学研究者であり、その知識を基に、がん病理画像自動診断技術の開発などの、医学の問題にも取り組んでいた。こうして、中根を紹介された武野は、毛細血管観察画像を数値化し、分析するシステムの開発に、ともに取り組んでいく。

開発に向けて武野は、補助金の獲得を模索する。その結果、2013年10月に、「非侵襲による指先の毛細血管観察画像の測定システムの開発」というテーマで、大阪市イノベーション創出支援補助金を獲得する。また2014年には、中小企業庁による、中小企業・小規模事業者ものづくり・商業・サービス革新事業に係る補助金にも採択される。

これらの補助金を基に、あっと社は、毛細血管観察画像数値化システムである「CAS (Capillary Analysis System)」の開発に成功する。「CAS」は、毛細血管画像を抽出・数値化するシステムであり、これまで5分程度かかっていた計測時間を、5秒にまで短縮することに成功した。毛細血管観察画像の受託解析サービスとして、2015年12月、メディカル・ヘルスケア分野の研究者向けにリリースされる。さらに、毛細血管観察画像の抽出については、特許出願されたほか、学術雑誌でも取り上げられることとなる。

「CAS」の開発をきっかけに、武野はほかの大学・研究機関とも、毛細血管観察画像の評価に関する共同研究を、積極的に進めていく。具体的には、国立研究開発法人理化学研究所が中心となって健康“生き生き”羅針盤リサーチコンプレックス推進プログラムのプログラムディレクターである渡邊恭良氏と、未病指標開発プロジェクトに取り組んでいる。また慶應義塾大学医学部百寿総合研究センターの専任講師である新井康通氏とも、85～89歳の健康な高齢者を対象に1,000人のデータ収集に取り組んでいる。

③ 産学連携の成果

産学連携の成果としては、「CAS」をはじめとする技術開発や特許出願、資金調達が挙げられるが、規模的にはまだ小規模事業者にとどまっている。同社の創業から現在に至る10年間で、850台以上の「血管美人」が販売されたが、この数値は、2003年の発売開始から創業前までの数値と比較して、突出して多いというものではない。その一方で、産学連携の成果として、以下の3点が挙げられる。

第1の成果は、経営チームの拡充である。あっと社の産学連携以降、代表取締役・CEOである武野に加え、COOの岡崎弘樹氏、CTOの川口隆広氏が参画する。また研究者を中心としたアドバイザーの助言により、製品の学術的価値も高めてい

る。具体的には、技術監修として中根が加わるほか、医学監修として、大阪大学微生物病研究所の教授である高倉伸幸氏、同じく、大阪大学大学院医学系研究科特任助教である増田大作氏が加わるなど、中小企業としては充実した支援体制が得られている。

第2の成果は、様々なメディアでの掲載である。日本経済新聞、日刊工業新聞などに加え、同社の取り組みは、日経ヘルスなどの専門誌のほか、NHKのテレビ番組「ガッテン！」をはじめとするテレビ番組でも取り上げられている。

第3の成果は、補助金の獲得や多くの受賞実績である。あっと社は、2014年12月にInnovation Weekend Grand Finalで「NTTコミュニケーションズ賞」を受賞したほか、2017年12月には、経済産業省による「地域未来牽引企業」に選定される。さらに2018年3月には、日本最大級のピッチコンテスト「未来2018」にて、メディカル・ヘルスケア部門最優秀賞を受賞した。

このようにあっと社の産学連携の成果は、販売台数など短期的成果に結びつくというよりは、新たな事業の実現に向け、経営チームやブランド力などを拡充する内容となっている。

(2) ㈱ダイセン電子工業

【企業概要】

設立年月：1987年5月

代表者：田中 宏明

資本金：1,000万円

社員数：9人

事業内容：OEMリモコンおよび教育・競技用
ロボット製造

【沿革】

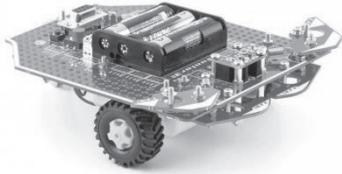
1987年 ㈱ダイセン電子工業設立

1997年 ロボカップジュニア第1回世界大会

2003年 競技用ロボット製作

2005年 教育用ロボット製作

図-7 ロボットプログラミングキット TJ3B



出所：(株)ダイセン電子工業ホームページ

① 産学連携前の状況

(株)ダイセン電子工業（以下、ダイセン社）は、大阪の日本橋に拠点を置く中小製造業者である。ダイセン社は、現会長の^{せみ}蟬正敏氏（以下、蟬）により、1987年に創業され、2013年以降は、代表取締役社長を田中宏明氏が務めている。社員数は創業から最大時で13人であり、現在では9人で運営されている。事業別の売上高はOEMリモコン事業が60%、教育用・競技用ロボット事業が30%、そのほかが10%程度となる。なお、ロボットプログラミングキットのイメージは、図-7の通りである。

蟬は、1987年、大阪市北区のビルの1フロアを借り、共同創業者のA氏とともにダイセン社を創業する。創業時の事業内容は、前職で手がけていた検査装置のメーカーであり、当時、39歳だった蟬はハードウェアを担当し、共同創業者であるA氏がソフトウェアを担当する体制がとられた。

創業当初、開発の得意な数人で幅広く電子部品関係の受注生産を行い、その業務に追われていた。そうした受注生産を行うなかで、赤外線リモコンの製造実績を基に蟬は、照明メーカーを営む友人から、展示会用に50台限定で、照明用赤外線リモコンの製造を受注する。

依頼を受けた蟬は、日本橋の電気街をまわり、廉価なパーツを調達することで、リモコンの製作を開始する。ダイセン社は当時、プリント基板の製作とソフトウェア技術はあるものの、リモコンケースを作る金型作成には、多額の投資が必要であった。よって蟬は、筐体もばらばらなりモコン

を調達・分解し、注文に合わせたサイズの照明用リモコンに改造することで、納品に成功した。

製作過程で蟬は、ともに試行錯誤したA氏から、小ロットのリモコン販売会社はないのではという指摘を受け、事業機会の存在を確信する。彼らは、受注生産で得た資金でリモコン事業へ参入する。生産の効率化に必要な、高額の樹脂金型も段階的に製作し、自社で取りそろえていくこととなる。

こうして蟬と社員は毎日終電まで働き、OEMリモコン事業を少しずつ安定させ、業績を伸ばしていく。PCなど製品進化の早いIT機器のなかで、当時、リモコンは比較的安定的な市場であった。

ダイセン社の成長に伴い、2003年にオフィスを日本橋の電気街である、「日本橋でんでんタウン（以下、でんでんタウン）」へ移転し、ワンフロアの賃貸から、8階建てビルの一棟借りに切り替えたのであった。この際、取り引きしていた銀行から組合加入を勧められた蟬は、でんでんタウンの商店街組合である、でんでんタウン協栄会（以下、協栄会）と接点を持つようになる。協栄会へ加入したことにより、ダイセン社はその後、新たな事業展開へと導かれることとなる。

② 産学連携の契機・プロセス

移転から3カ月後、近隣の中学校教頭のB氏が、でんでんタウンへとやってくる。B氏は、協栄会の電子工作教室のメンバーで、2005年に大阪で開催予定のロボカップジュニアに、自分たちの生徒を出場させたいと考えていた。せっかくの大阪開催であるにもかかわらず、関西発のロボットがないため、電気街である日本橋でロボットを作ってほしく、相談に来たのであった。

相談を受けた協栄会の電子工作教室の担当者は、パーツ販売店が多い日本橋の企業のなかで数少ないエレクトロニクスのメーカーであるダイセン社に、B氏の依頼への対応を委託した。蟬は当時、共同創業者のA氏と常々、ロボットの製作

とその支援・指導を協栄会のなかで行うというアイデアについて、話題にしていたのであった。

「ロボカップ (RoboCup)」とは、「2050年に、サッカーの世界チャンピオンチームに勝てる、自律型ロボットのチームを作る」ことを目標とした、国際ロボット競技大会である。この構想はソニーコンピューターサイエンス研究所 (Sony CSL) の北野宏明氏、大阪大学工学部助教授（現・教授）の浅田稔氏らが提案したものであった。さらに1995年にモンテリオールで開かれた人工知能合同国際会議 (IJCAI) のシンポジウムの席上、そのビジョンの実現が明確に打ち出されたのであった。

このときに、工業技術院電子技術総合研究所（現・国立研究開発法人産業技術総合研究所）の研究者のイニシアチブで、第1回ロボカップ世界大会は1997年に名古屋で開かれることが決定する。また1995年に大阪で実機リーグとシミュレーションリーグがテスト大会として開かれた。2001年には、大阪国際会議場にて「ロボット創造国際競技大会関西2001（ロボフェスタ）」が開催されるなど、研究者や政策担当者のみならず、民間企業や学校関係者まで広く関心と期待を寄せていた。

ロボカップで必要となる一般ユーザー向け小型ロボットの製作は、でんでんタウンにある部品と技術により十分可能であり、何よりも自分たちが取り組んでみたい事業分野であると蟬は考えていた。中学校教頭のB氏からの依頼を引き受け、数名で開発をはじめた蟬は、リモコンの受注生産と同様、日本橋の電気街でほとんどすべての部品を購入し、自社のリモコンに内蔵されているプリント基盤の技術を用いて、ロボットの開発をスタートする。

開発開始後、社内の技術者は、ロボカップ競技に関心の深い中学校・高校の教員や、大阪電気通信大学の教員などと交流を重ね、検討と試作を進

めていく。約1年で、ロボット1号機の「Top Junior One」を、2004年のクリスマスイブに完成させ、日本橋のロボットショップに納品する。

教育関係者との相談のなかでつかんだモチーフを活かし、「Top Junior One」は子供が自分で組み立て、プログラムできる自立型ロボットをコンセプトとした。当時、教育関係者や子供たちの手が届く価格帯のロボットを製造していた会社は、LEGO社と(株)イーケイジャパンの2社のみだった。

「Top Junior One」販売開始後の2005年2月、小中学生・高校生・大学生、保護者、教育関係者、一般企業の有志などを対象に、蟬はロボット講習会を開始する。ロボカップ世界大会を目指していくというビジョンの下、参加者は日本橋の電気街に設営された講習会で、自律型ロボットのプログラミングにチャレンジしはじめていった。

2005年に開催されたロボカップジュニア大阪大会のサッカーチャレンジ競技にて、ダイセン社のロボットは2位に入賞する。このロボットを、中学校の技術家庭科の授業に使いたいという依頼が、中学校教頭のB氏とともに活動していたC氏から寄せられる。学校関係者との交流を通じて、ヒントを得たダイセン社は、中学校の技術家庭科向けの廉価な後継機種を開発し、広く認知される。

1号機の「Top Junior One」は1台当たり3万円と高価なものであり、教育教材用に廉価版ロボットが求められていた。そこでダイセン社は競技用ロボットを徹底的に工夫して、廉価版のロボットを製作する。ここで重要なことは、廉価版であると同時に、世界レベルの競技のなかでも戦えるような拡張性の高い仕様に仕立てることであった。

また中学校教頭のB氏からは、教える側の教員が、使い方がわからないので教えてほしいという相談を受ける。C言語を用いたプログラミングは子供たちにはハードルが高いものであり、そこで、

ダイセン社は、オブジェクト型のソフトウェアのプラットフォーム「C-Style」を開発する。「C-Style」は、アイコンを貼り付けるだけで簡単にC言語が編集可能なオブジェクト型ソフトウェアプラットフォームである。「C-Style」が子供たちや教育関係者にオープンになることで、ダイセン社製のロボットとソフトウェアは、ロボカップジュニアのユーザー層に急速に浸透する。

未来を切り拓くようなものづくりに子供たちが喜びを感じるよう、事業拡大などを優先的な目標と考えることが、初期に教育関係者と深い連携をする鍵になったと、蟬は説明している。

2007年に入ると、協栄会からの支援金を得て、ダイセン社は、ロボカップジュニア関西ブロック事務局の運営を担当することになる。それ以降、2018年のロボカップジュニア全国大会（和歌山）に至るまで、ダイセン社は大会の運営や、競技のレベルアップに対する貢献を続けている。

③ 産学連携の成果

産学連携を通じた、ダイセン社の具体的な経営成果としては、教育用ロボットキットメーカーとして、10年以上にわたり、ブランドを認められている点が挙げられる。ダイセン社では、「産学連携」という言葉を安易に使うことは避けられているが、常日頃から自社周辺の小中学校や、創業者である蟬の母校である大阪電気通信大学をはじめとする、教員関係者と連携し、ロボカップジュニア大会や様々な研究会を運営している。

教育関係者などとの交流から得られる、本音のユーザー情報を知識として吸収できる点は、開発志向の強いダイセン社の基盤の一つであると想定される。そこから得られる具体的な成果としては、プログラミング学習用に京都市の全中学校に導入された「TJ3B(ロボットプログラミングキット)」が挙げられる。「TJ3B」の販売累計数は3万台を超えており、教材として教科書へ記載されるな

どの実績を残している。

また、教育用ロボットの最初の商品化から現在に至るまで、6台のモデルが開発されている。それらは学生の課外活動や、プログラミング教育を行う塾の教材として、使用されたりしている。さらに現在は、国際競技色の強いロボカップジュニア世界大会での日本チームの使用実績から、インドやマレーシアにおいてもダイセン社の製品が使われており、国際ブランドの育成にもつながりつつあるといえる。

ダイセン社では、事業機会を探索し、新たな市場の開発と事業化を繰り返しているが、その背景としては、ロボットのリードユーザーである小中高生や大学生、教員らの支持があると想定される。支持が得られた理由は、未来を切り拓くものづくりに子供たちが喜びを感じ、事業拡大を優先目標と考える、蟬や田中らの経営姿勢にあると想定される。こうした活動によりダイセン社はロボカップジュニアを通じて、業界内のブランドを形成していったといえる。

(3) (有)ワイズロード

【企業概要】

設立年月：2001年4月

代表者：鳥羽 慶

資本金：300万円

社員数：3人

事業内容：ゴム・プラスチック製品の開発・設計・試作・設計支援（CAE）

【沿革】

2001年 (有)ワイズロード設立（東京）

2011年 京都市リサーチパークへ移転

2013年 「戦略的イノベーション創造プログラム」に参加（ゲル材料造形システムの開発業務を受託（山形大学））、『コンバーテック』（加工技術研究会学会誌）に「ゲル材料専用の3Dプリンタ・

- 3Dスキャナ」を掲載
- 2016年 『工業材料』（日刊工業新聞）に「3Dゲルプリンタと内部構造解析装置の開発」を掲載
- 2017年 ものづくり補助金採択「クラウドを用いた高信頼・安価な構造解析サービスの提供」

① 産学連携前の状況

（有）ワイズロード（以下、ワイズロード社）は、2001年4月に東京で設立され、現在は京都リサーチパークを拠点としている。その事業内容としては、製造業に特化した情報処理サービス業務、開発受託業務が挙げられる。

代表取締役の鳥羽慶氏（以下、鳥羽）は、山形大学工学部機械工学システム科を卒業し、（株）東芝（以下、東芝）に入社する。鳥羽は入社後、社内カンパニーの一つである電力システム社にて、火力・原子力機器の製造装置の開発・設計業務を6年間担当した後、東芝を退社し、ワイズロード社の代表取締役となる。また創業と同時に鳥羽は、車載部品、電子機器部品、設備製作、医療ヘルスケア事業を行うサンアロー（株）（以下、サンアロー社）とその系列会社であるサンアロー化成（株）（以下、サンアロー化成）より業務委託を受け、専門知識を活かして両者の営業を行っている。

ワイズロード社の専門領域はゴム・プラスチック製品の開発、設計、施策、設計支援のほか、それに関連する特定条件下で使用される試験機の開発である。主要顧客は、高級家電、コネクタ、車載部品メーカーのほか、製薬・医療が含まれる。近年では、山形大学との産学連携や、公的研究機関向けの試験機開発支援業務も行っている。

ワイズロード社は2011年、京都リサーチパーク（以下、KRP）に移転する。ワイズロード社は、当時、情報処理技術をコアとする非線形構造解析を適用したゴム・プラスチック製品の設計支援に

注力をした結果、車載部品製造の集積地である中部地方が主な活動場所となっていた。また、高付加価値なゴム・プラスチック製品という観点から、医療産業は欠かすことができず、鳥羽は医療関係の新規事業を立ち上げる。こうした背景から鳥羽は、もはや生産現場がわずかしか存在しない東京に拠点を置く必要はなく、医療産業の集積を目指す京都に拠点を置くほうが、様々な連携の可能性があり、有益であると考えたのであった。

鳥羽が業務を受託したサンアロー社は、1959年に工業用ゴム製品の加工メーカーとして創業し、設計から金型製作、成形、加飾、組み立てを、自社で一貫して行っている。1970年、サンアロー社は、世界初の導電性シリコンゴムの開発に着手する。この技術は電卓、リモコン等に幅広く活用され、なかでも、モバイル関連キーシートは、グローバルに出荷されている。また、サンアロー化成はサンアロー社の系列会社であり、新潟県佐渡市に自社工場を保有し、電子機器用シリコンゴムボタン・キーパッドの試作開発・量産に携わっている。

ゴム業界では、数社の大企業が最先端ノウハウを持つが、小回りの利く製品開発が可能な企業は多くない。例えば、小回りの利く製品開発を必要とする技術として、ゴム表面を特殊加工する技術が挙げられる。この技術は、車載製品の分野で、付加価値を上げることが可能であり、市場の伸びが今後も期待されている。

また近年では、部品調達までのリードタイムが短いことから、ゴム・プラスチック製品の設計手法に変化が生じつつあった。例えばこれら製品では従来、数度の試作プロセスを経て設計を完成させていた。しかし近年、十分な試作時間が確保できず、品質が担保できないという問題が発生しており、何らかの対策が必要となっている。この問題を解決する手法として、机上で製品設計するためのシステムであるCAE（Computer Aided

Engineering：計算機援用工学)が挙げられる。CAEのソフトウェアは、中小企業でも導入可能となっているが、それだけで設計を行うことは困難だった。設計技術を提供するワイズロード社のサービスは、多くのゴム部品製造業者にとって、必要不可欠なものであった。

こうしたサービスを提供するには、ワイズロード社だけでなく、サンアロー社、サンアロー化成との協力体制が不可欠となる。鳥羽は、専門である製造業に特化した情報処理サービスと開発受託業務を担当する一方、サンアロー社のゴム・プラスチックの技術開発力と、サンアロー化成の試作開発・量産技術を組み合わせる体制を構築する。また鳥羽は顧客に対し、どの段階で、どのような試作品を提示するかといった段取りを考えたいえ、試作品から量産までのプロセスをコーディネートする。鳥羽がこれらの役割を果たす際、設計業務、新規市場立ち上げ、組織運営のノウハウを含めて、東芝で養ったスキルが役に立ったのであった。

一方、こうした鳥羽の取り組みに手を貸すことは、収益の柱になる新事業を求めるサンアロー社と、サンアロー化成にとっても、メリットのあることであった。2000年代初頭、携帯電話市場が急拡大した際、モバイル関連キーシート事業を急拡大し、欧州の通信事業者に対して、高い評価を得てきた。しかし、携帯電話からスマートフォンに移行したことで、同事業は急速に衰退し、新たな事業の柱を打ち立てる必要があった。そこで両社は医療分野への参入を目指して、人体の質感・構造を忠実に再現した手術トレーニング用の模擬臓器や、医療ヘルスケア分野におけるナノ材料の開発に、取り組もうとしていたところであった。

② 産学連携の契機・プロセス

医療関連事業の立ち上げに際して、関連する要素技術等のリソースが多岐に及ぶことから、鳥羽

は、情報収集を優先し、人脈形成を活動の原点とした。

ワイズロード社と山形大学との最初の接点は、鳥羽が日本ゴム学会の懇親会で、山形大学工学部教授(現・工学部長/教授)である飯塚博氏(以下、飯塚)に相談を持ちかけたことである。当時、鳥羽がゴムを用いたセンサーの開発を行っていた際、試作回数の短縮が課題となっていた。これに対し飯塚は「ガソリンエンジンに適用される繊維強化ゴムの数値設計技術」により、試作回数の削減に成功したのであった。その後、飯塚と鳥羽は共同研究を通じ知識基盤を構築し、ワイズロード社の主な業務の一つであるゴム・プラスチック製品の設計技術の提供ビジネスが完成する。また飯塚との共同研究は、ゴムと似た性質を持つゲル材料の研究に、山形大学大学院理工学研究科機械システム工学分野・システム創成工学分野・教授の古川英光氏(以下、古川)が参加するきっかけとなる。

鳥羽の母校である山形大学との産学連携では、ライフスタイル・ヘルスケア産業を変えるデザインナブルゲル材料である3Dゲルプリンタと、内部構造解析装置の開発を行っている。この産学連携プロジェクトでは、古川がリーダーとなり、コンソーシャに加入するサンアロー社の窓口を鳥羽が担当する体制がとられる。山形大学工学部の学生時代に鳥羽は、鳥人間コンテストに出場するような活発な学生であり、山形大学の様々な教員と接点を持っていた。現在接点となっている教員たちも、当時の鳥羽を覚えている状況であった。

ワイズロード社は小規模事業者だが、山形大学の飯塚、古川を介して、しかるべき組織・地位の人々に接触ができています。山形大学に集積された知識と関連する学会等の人脈が、ワイズロード社にこれらの機会を与えたといえる。

さらに、医療分野でサンアロー社は、新潟大学医歯学総合研究科の教授である寺井崇二氏および

特任助教である水野研一氏との共同研究を通じて、内視鏡手術の練習用キット「EndoGel」を開発する。内視鏡は、食道や胃などの消化器官にできた早期がんの治療に用いられるが、2016年4月からは、胃がん検診の選択肢の一つとして、内視鏡検査が認められており、今後その利用拡大が見込まれる。サンアロー社と新潟大学が開発した練習用キットはゲル状素材により、消化器官の粘膜や筋層などの質感を再現したものであり、人体と同じ設定で模擬手術を行うことが可能となる。これら製品は、単独商品として展開するだけでなく、医療機器開発や手術法開発のプラットフォームとして機能することが期待される。またサンアロー化成は、新潟工科大学が主体で進める「革新的脊椎診断／評価システムとインプラントの研究開発」でも、脊椎モデルの設計・製作に参与している。

③ 産学連携の成果

産学連携の主体としてのワイズロードの機能は、以下の通りとなる。産学連携の契機となったのは、鳥羽が日本ゴム学会で、山形大学工学部の教員に接触したことがきっかけとなっている。産学連携の内容としては、大学に蓄積された先端知識の吸収と、共同研究やコンソーシアを通じた、大学の資源の活用であるといえる。また鳥羽は、大学にゴムの評価技術の確立と実験を委託することで、事業を開始するための、技術的準備の大半を短縮することが可能となった。

ワイズロード社の場合、産学連携の成果が必ずしも目に見える形で実現しているわけではない。ワイズロード社が狙う先端医療の領域では、3Dプリンティング技術の応用事業のほかにも、大きな変化が見込まれている。また現在の状況は、多岐にわたる要素技術が進化する段階であり、だからこそワイズロード社のような新たなコンセプトを創造する会社は、イノベーションを生み出すう

えで、重要な役割を担うといえる。

一方で、ワイズロード社の経営資源は限られているため、計画を継続するためには各組織の協力が必要となる。そのためワイズロード社は、サンアロー社の人的資源による協力と、大学との共同研究による競争的資金の獲得により、この問題を解決したのであった。またサンアロー社から見た場合は、人的資源を提供するだけで、開発予算と市場開拓リスクを最小化することが可能となる。以上のようにワイズロード社は、大学や製造業者などの間でその能力を柔軟に活用し、事業機会を創出しているといえる。

さらにワイズロード社は、山形大学だけでなく、ほかの大学にも接点を持ち、相手の大学研究者から知識や能力を引き出し、共同研究を進めるためのマイルストーンを設定している。ワイズロード社は近年、東京大学と(株)村田製作所との共同研究から、評価装置設計・開発を受注して、評価装置を用いた研究成果はNature電子版にも掲載されている。

ワイズロード社の産学連携の場合、要素技術に関わるプレーヤーは多岐にわたり、必要な資源も多様なものになっている。そのためワイズロード社は、産学連携のあり方を設計し、プレーヤー間の調整を行うことにより、新たなイノベーションを創出する機会を生み出している。

5 ディスカッション

ここまで、3社の事例を説明してきたが、以降では、本稿3で示した比較軸により分析を行う。比較軸は大きく「中小企業」（経営者、事業、資源）、「産学連携」（契機、内容、成果）に分類される。上記に基づく分析結果は、表-1の通りとなる。

まず「中小企業」に関する要素のうち、経営者の属性について、いくつかの共通点が見られる。例えば3社とも経営者は大学卒であり、この点は、

表-1 中小企業(3社)の産学連携比較

| | | あっと(株) | (株)ダイセン電子工業 | (有)ワイズロード |
|------|-----|--|---|---|
| 中小企業 | 経営者 | 武野 團 ・佛教大学文学部卒業 ・電子部品メーカー勤務(中国事業) ・あっと(株)創業 | 蟬 正敏 ・大阪電気通信大学工学部卒業 ・検査装置メーカー勤務 ・(株)ダイセン電子工業創業 | 鳥羽 慶 ・山形大学工学部卒業 ・(株)東芝勤務(電力システム事業) ・(有)ワイズロード創業 |
| | 事業 | 毛細血管観察装置の製造・販売 | OEMリモコン製造請負 | ゴム・プラスチック製品の開発・設計・試作・設計支援(CAE) |
| | 資源 | ・毛細血管観察ノウハウ ・毛細血管観察装置の製造スキル ・毛細血管観察装置の販売チャネル | ・プリント基盤製作スキル ・ソフトウェア開発スキル ・小ロット製品生産ノウハウ ・協栄会とのネットワーク | ・ゴム・プラスチック製品の設計スキル ・設計支援(CAE)のスキル ・組織コーディネート能力 ・サンアロー(株)、サンアロー化成(株)とのネットワーク |
| 産学連携 | 契機 | 武野氏よりおおさかなレッジ・フロンティア推進機構・長谷川氏に相談 →大阪大学・中根招聘准教授を紹介 | 中学校教頭・B氏より協栄会へ相談 →協栄会より蟬氏へ依頼 | 日本ゴム学会にて、鳥羽氏より山形大学・飯塚教授に相談 |
| | 内容 | (共同研究) ・毛細血管観察画像数値化システムの開発 ・未病指標の開発 ・健康な高齢者のデータ収集 | (教育・コンソーシャ) ・ロボカップジュニア全国・世界大会の運営協力 ・ロボットおよびソフトウェアの開発 ・ロボット講習会の運営 | (共同研究・コンソーシャ) ・ゲル材料専用3Dプリンタ・3Dスキャナの開発 ・3Dゲルプリンタと内部構造解析装置の開発 ・クラウドを用いた構造解析サービスの開発 |
| | 成果 | 保健指導分野参入への体制づくり | 教育・競技用ロボット事業の確立 | 医療関連分野参入への体制づくり |

資料：筆者作成(以下同じ)

岡室(2009)の論じる「社長の学歴が高い」という部分に一見すると合致するように見える。しかし、3社の経営者の学歴をよく見ると、文系/理系が混在しており、学歴が産学連携に影響したのも、母校の山形大学と連携し創業したワイズロード社のみであり、直接的な関係は薄いと想定される。また3社の経営者とも、メーカーでの勤務経験を持つが、これらの経験も、ワイズロード社を除き、産学連携のあり方に対し、間接的な影響を与えるにとどまっている。

経営者の属性のうち、産学連携に影響した部分として、外部知識や需要情報への先取的マインドセットを持つ点が挙げられる。これについて、岡室(2009)は、連携の相手機関を見つけた契機として「経営者の人脈」を挙げている。しかし、3社の事例では経営者が既存の人脈を活用したというよりは、先取的なマインドセットにより積極的に活動した結果、産学連携に結びついたといえる。

「事業内容」については、社員数名の製造業と

いう点を除き3社とも共通点は見出せない。この点については、調査設計とケースの選定に依拠すると想定される。

最後に、「中小企業」に関する要素のうち、資源については、産学連携開始前には現業を行ううえで、必要十分な資源が確保されるにとどまっている。むしろ3社の事例で特徴となるのは、産学連携を開始した後で、共同研究に必要な資金をはじめとする社外の資源を、積極的に獲得する点にある。例えば産学連携を行う前後に、あっと社とワイズロード社は「ものづくり補助金」を獲得している。

次に、「産学連携」に関する要素のうち、契機については3社いずれも、経営者のイニシアチブが起点となる点では共通している。しかしながら、産学連携のルートは、二つのパターンに分かれる。一つはワイズロード社のように、学会を通じて、連携が直接行われるパターンである。もう一つは、あっと社、ダイセン社のように、おおさかなレッ

ジ・フロンティア推進機構のような中小企業支援機関や、協栄会などの商店街などを経由し、紆余曲折を経て連携が行われるパターンである。この連携パターンの違いは、岡室（2009）による大企業と中小企業の違いと一致する。具体的には、前者では学会などを通じた連携が多く、後者では行政機関などを通じた連携が多いとされる。

一方、3社とも中小企業であるにもかかわらず、この違いが生じた背景には、経営者の属性の違いがあると想定される。前者（鳥羽）は東芝という大企業での連携の知識と、山形大学などとのネットワークを持つ一方、後者（武野・蟬）は連携前に、産学連携の知識とネットワークを十分には持たない状況であったといえる。この違いにより、同じ産学連携に積極的な中小企業でも、連携パターンの違いが生じたものと想定される。

また「産学連携」の内容については、3社とも、共同研究、コンソーシャ、教育と産学連携の制度は多岐にわたっており、相手組織も、国立大学、私立大学、小学校・中学校・高校と多様な組織となっている。このように3社の産学連携の内容は、一見、共通点がないように映るが、目指す成果と対応している点では、共通している。具体的には、あっと社、ワイズロード社では新規分野への参入体制の整備という目的に合わせ、産学連携の制度と相手組織が選択されている一方、ダイセン社の場合、教育・競技用ロボット事業の確立という目的に合わせ、制度と相手組織が選択されている。

この事実、本稿2（3）でふれたように、「街（まち）の産学連携」を捕捉する際の難しさの原因となる。理由として、第1に「街（まち）の産学連携」は、共同研究、ライセンスなど、使用する連携制度や相手組織に基づく調査では、補足できないことが挙げられる。その理由として「街（まち）の産学連携」の場合、連携制度や相手組織はあくまで成果を実現する手段にすぎないからである。

第2に、特許申請数、共同研究数といった指標

では「街（まち）の産学連携」の成果を捕捉できない点が挙げられる。表-1に示した通り、3社の事例で目指された成果は、新規分野への参入体制の整備、新事業の確立であるが、前者は組織のなかで行われ、また後者は長期間にわたることから、それぞれ定量調査での把握は難しいと想定される。

6 まとめ

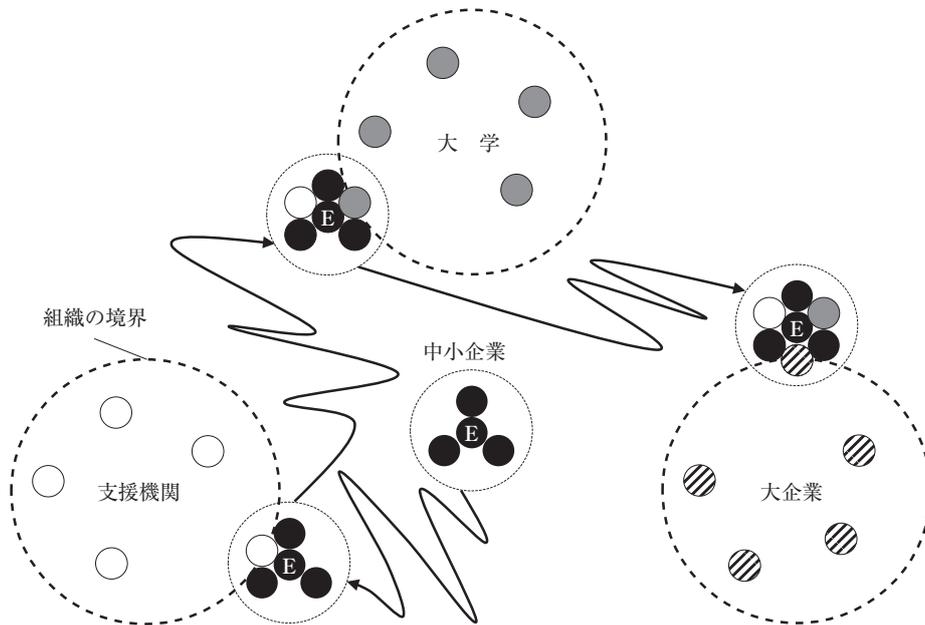
本研究では、「街（まち）の産学連携」が、どのように始まり、どのようなプロセスを経て、どのような成果を中小企業にもたらすかを、明らかにすることを目的としてきた。これまでの議論から得られる結論として、以下の3点が挙げられる。

第1に、中小企業における産学連携のプロセスは、図-8により表される。なおこのモデルは、前掲図-5のモデルの改訂版であり、中小企業の産学連携のブラウン運動モデルと呼ぶことにする。このモデルでは、中小企業のほかに、大学、大企業、支援機関など多様なプレーヤーにより構成される。中小企業は、経営者（E: Entrepreneur）を中心に様々な要素が結合している。なおEntrepreneurは、起業家（または企業家）と訳されるが、ここでは中小企業の経営者全般を意味する。また中小企業の要素として、C（事業コンセプト）、R（資源）、O（起業機会）などの区分は行わないものとする。

先取的マインドセットを持つ経営者（E）は、中小企業のほかの要素とともにブラウン運動を行う。結果、ほかのプレーヤーと偶発的に結合し、それらプレーヤーは何らかの要素を獲得する。中小企業のブラウン運動の動きには、速い／遅い、大きい／小さいといった違いがあり、中小企業の産学連携が成立する可能性に影響を与えている。

本モデルでは、産学のプレーヤーが相互作用を通じて、新たな補完性に気づく点が重要となる。

図-8 中小企業の産学連携のブラウン運動モデル



そうした意味では、技術と事業と融合し起業機会を追求する「探索の王手詰めの理論」(新藤、2006)について、ダイナミックに捉えたモデルといえる。本モデルは、マッチングイベントのような一度限りの結合を意味するのではなく、ダイナミックに繰り返されるプレーヤー間の連携を表している。

第2に、中小企業がブラウン運動を行う原動力として、セレンディピティと越境性が挙げられる。セレンディピティについては「偶然に幸運な予想外の発見をする才能」(Roberts, 1989, 邦訳p.vii)と定義され、必要な能力としては、好奇心と認知力が挙げられる(同書、pp.346-347)。本研究では経営者(E)が好奇心、認知力を用い、セレンディピティにより大学にたどり着く様子が、ブラウン運動として観察された。

このセレンディピティがもたらされる際、鍵となるのは、各プレーヤーの主体が自分の持ち場の範囲の境界を積極的に「越境」するか否かである。各主体が、所属組織の壁がもたらす病理に陥ったままでセレンディピティは持ちえない。各主体は、組織や立場の境界を超える好奇心とネットワークへの認知力があればこそ、越境の先にある「関与」

(軽部、2017)へと踏み出すことができたといえる。このメカニズムが、産学連携というブラウン運動へとつながったものと想定される。

第3に、中小企業の産学連携の成果としては、経営資源の活用による、ダイナミックな事業創造が行われる可能性がある。産学連携に関する先行研究では、特許や新製品開発といった製品レベルの成果に着目されてきた。しかし3社の事例では、既存事業の延長にはない、新事業創造が行われており、このことは「シュンペーター型」の起業機会の追求といえる。「シュンペーター型」の起業機会は、不均衡で、新情報を必要とし、革新的で、希少な、創造を伴う起業機会であり(Shane, 2004, p.21)、既存事業の延長である「カーズナー型」の起業機会と明確に区別される。3社の事例では、まったく新しい事業創造という「シュンペーター型」の起業機会の追求が行われているといえる。

一方、新事業創造を行ううえでは、経営資源が必要であるが、3社とも産学連携前は、現事業の継続に必要な十分な資源しかない状況であった。こうした経営資源の問題を解決する方法としては、資源のストレッチ戦略とレバレッジ戦略が挙げら

れる (Hamel and Prahalad, 1994)。ストレッチ戦略とは自社の資源的な限界を超えて会社を成長させる戦略であり、レバレッジ戦略とはそれを実現するために、テコの原理で資源活用する方法である。3社の事例では、経営者がパイオニア精神を発揮し挑戦するストレッチ戦略がとられる一方、産学連携を通じた、技術や資金の獲得などの、レバレッジ戦略が同時に達成されている。

ここまで本研究の結論について説明してきたが本研究の含意は、以下の通りとなる。理論的含意としては、中小企業を起点とした産学連携モデルを示したことが挙げられる。産学連携の研究では基礎研究→応用研究→開発→生産→販売という流れで捉えるリニアモデルや、その応用である「連鎖モデル」が中心となっていた（宮田、2002）。しかし、これらはいずれも大学を起点としたモデルであり、中小企業を起点としたモデルではない。

本研究では、中小企業の産学連携のブラウン運動モデルにより、中小企業の産学連携に対する一定の見方を示したものと考える。

また実践的含意として、中小企業経営者に対しては、自社の新たな方向性を決め、大学、大企業、支援機関を含めたほかのプレーヤーに臆せず飛び込むことで、セレンディピティが生まれ、新たな事業が拓ける可能性があることを示している。直接的にルートを持たない場合でも、3社の事例のように、ほかのプレーヤーの仲介を経て、大学や大企業にたどり着くことは可能である。

最後に、こうした「街（まち）の産学連携」の概念の開発・普及を通じて、中小企業と、大学、大企業、支援機関などとの連携が行われることで、中小企業による新事業創造が活性化することを、著者一同、願ってやまない。

<参考文献>

- 伊地知寛博（2000）「産学間のインタラクションに係る利益相反－特許データによる実態分析およびマネジメントに関する主要国の現状－」組織学会『組織科学』Vol.34 No.1、pp.54-75
- 岡室博之（2009）『技術連携の経済分析』同友館
- 軽部大（2017）『関与と越境』有斐閣
- 清成忠男（2000）「産学連携：意義と限界」組織学会『組織科学』Vol.34 No.1、pp.4-11
- ケネラー、ロバート（2003）「産学連携制度の日米比較」後藤晃・長岡貞男（編著）『知的財産制度とイノベーション』東京大学出版会、pp.51-99
- 新藤晴臣（2006）「研究機関発ベンチャーの創造プロセス」日本ベンチャー学会『Venture Review』No.7、pp.13-22
- （2008）「先行研究のレビューによる分析フレームの考察」渡辺孝（編著）『アカデミック・イノベーション』白桃書房、pp.13-63
- （2015）『アントレプレナーの戦略論』中央経済社
- 中小企業研究センター（2013）「中小企業の産学連携の実態～地域一体型の「面的」な産学連携の取組」『調査研究報告』No.127
- 西村由希子・澤田芳郎（2007）「日本の産学連携－その背景」玉井克哉・宮田由紀夫（編著）『日本の産学連携』玉川大学出版部、pp.9-30
- 深沼光・今野慈彦（2009）「小企業における産学連携の実態」日本政策金融公庫総合研究所『日本政策金融公庫論集』第5号、pp.47-66
- 宮田由紀夫（2002）『アメリカの産学連携』東洋経済新報社
- 谷内向ゆかり（2009）「中小企業の産学官連携を成功に導くためのポイント」信金中央金庫総合研究所『産業企業情報』20-8、pp.1-16
- Hamel, Gary and C. K. Prahalad（1994）*Competing for the Future*, Harvard Business School Press.（一條和生訳（1995）『コア・コンピタンス経営』日本経済新聞社）

- Nelsen, Lita L. (1991) "The Lifeblood of Biotechnology." in R. Dana Ono (Eds.) *The Business of Biotechnology*, Butterworth-Heinemann, pp.39-76
- Roberts, Royston M. (1989) *Serendipity*, John Wiley & Sons, Inc. (安藤喬志訳 (1993) 『セレンディピティー』 化学同人)
- Shane, Scott (2004) *Academic Entrepreneurship*, Edward Elgar.
- Smelser, Neil J. (1988) *Comparative Methods in the Social Sciences*, Prentice-Hall, Inc. (山中弘訳 (1996) 『社会科学における比較の方法』 玉川大学出版部)