



大学発ベンチャーか？技術移転か？：コンピュータ黎明期における新技術の商用化に関する日米比較

高瀬, 進
伊藤, 智明

(Citation)

日本ベンチャー学会誌, 22:11-26

(Issue Date)

2013-09-15

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001871>



大学発ベンチャーか？技術移転か？

—コンピュータ黎明期における新技術の商用化に関する日米比較—

University Startup or Technology Transfer ?

—Japan-US Comparison with the New Technology Commercialization at the Dawn Era of the Computer Age—

神戸大学大学院経営学研究科 高瀬 進
神戸大学大学院経営学研究科 伊藤 智明

要旨

現在、日本の大学発ベンチャーによる事業化は、成功しているとは言えない状況にある。本稿の目的は、コンピュータ黎明期における新技術の商用化に関する日米比較を通じて、日米におけるエコシステムの違いに着目し、その歴史的経緯を明らかにするものである。

米国での大学発ベンチャーに関する最初の成功事例は、ミニ・コンピュータのデジタル・イクイップメント・コーポレーションである。同時期、日本では、通産省のイニシアティブによる電気試験所から大企業への技術移転を通じて、商用コンピュータが誕生した。

当時、コンピュータは軍事技術の中核であった。敗戦国の日本では、大学を迂回する形で、新技術の商用化を支援するエコシステムが形成された。結果的に、新技術を商用化するときの主たる経路は、米国では、大学を主な拠点とする研究者による「大学発ベンチャー」、日本では、大企業への「技術移転」という違いが生じた。

キーワード：大学発ベンチャー、技術移転、エコシステム、トランジスタ型コンピュータ

Abstract

At the present time, university startups in Japan are not considered to be successful. By going back to the early times of the computer age and comparing the differences between U.S. and Japan, the purpose of this paper is to understand the eco-system of Japanese university ventures as per the commercialization of new technologies.

The first successful university startup in the United States is the Digital Equipment Corporation (DEC) in 1957. At the same time, the Electronics Test Laboratory (ETL) by initiative of

the Ministry of International Trade and Industry (MITI) promoted the transfer of technology to large firms, which gave birth to commercial computers in Japan.

In those days, computers were considered potential weapons due to their military application. Japan was then one of the recently defeated powers of WWII. As a result, Japanese universities could not aggressively develop electric computers. Now, many university startups are founded by university researchers in the U.S., but, university researchers in Japan want to promote the transfer of technology to large firms as per the commercialization of new technologies.

Key words : university startups, technology transfer, eco-system, transistor computer

1 問題意識

本稿の目的は、コンピュータ黎明期における新技術の商用化に関する日米比較を通じて、なぜ、日本の大学発ベンチャーの事業化がうまくいかないのか、エコシステム (eco-system) の観点¹⁾から、その歴史的経緯を明らかにするものである。

2000 年以降、経済産業省から大学発ベンチャー 1,000 社計画が発表され、日本においても大学発ベンチャーは政策レベルで推奨されるようになった。2008 年度末時点で、日本における大学発ベンチャーの累計は 1,954 社になり、研究者によるベンチャーは、約 1,339 社ある (小倉, 2010, 2 頁; 28 頁)。この数値だけを見れば、当初の目標は、とりあえず達成されたかのようである。しかし、2008 年 11 月に開催された本学会第 11 回全国大会でのパネル・ディスカッションにおいて、経営学者の加護野忠男氏と情報通信分野の研究者としてシステム LSI の設計で

起業した瀧和男氏は、多くの大学発ベンチャーが事業化に至っていないという事実を踏まえ、各立場から以下の3点を指摘している²⁾。

第1に、大学で研究や教育を担う研究者と市場で事業機会を認知する起業家の役割が、大きく異なること。第2に、大学発ベンチャー起業家を選抜するための制度が日本では構築されていないこと。第3に、多くの大学発ベンチャーは社会貢献や地域連携を目的としていて、アメリカ型のベンチャー・キャピタルは馴染まないこと。

本稿では、以上のような問題意識を踏まえて、コンピュータ黎明期に新技術であったトランジスタの導入に関する日米の代表的事例を取り上げ、比較検討する。米国の事例は、DECの創業者であるケン・オルセン (Ken Olsen) 氏、日本の事例は、電気試験所の高橋茂氏を中心に展開する³⁾。

2 大学発ベンチャーに関する先行研究

2.1 大学発ベンチャーの技術

大学発ベンチャー (a university startup) の定義は、いくつか挙げられている (Roberts, 1991; 金井, 2010; 桐畑, 2010)。本稿では、「学術機関で創出された何らかの知的財産を基盤として創業された新規企業」 (a new company founded to exploit a piece of intellectual property created in an academic institution) (Shane, 2004, p. 4, 訳書, 5頁) という「技術」に焦点をあてた定義に基づくことにする。

Shane (2004, 訳書, 83頁) は、上記の定義をした上で、大学発ベンチャーが創業される場合の技術に関する特徴として以下の7つを挙げている。第1に、ラディカルであり、第2に、暗黙的であり、第3に、アーリーステージにあるものであり、第4に、汎用的であり、第5に、顧客にとって著しく価値が高く、第6に、技術の飛躍的進歩を体現していて、第7に、知的財産権によって強力に守られている。これらの特徴がある場合に、これらの技術を開発するためのベンチャーとして設立される傾向があるとされている。

Shane (2004) は、大学発ベンチャーと比べて、既存企業には、大学の技術を商用化する上で、優位性があることを主張している。大学での多くの発明に関する特徴として以下の7つを挙げている。第1に、インクリメンタルであり、第2に、明文化されており、第3に、レイトステージであり、第4に、

特定目的であり、第5に、顧客にとって中程度の価値で、第6に、技術進歩が小さく、第7に、知的財産による保護が弱い。これらの場合、既存企業に対して、ライセンス供与がされるとしている。

この点、Shane (2004) は、主として「既存資産とのカニバリゼーション」 (Cannibalizing Existing Assets) (Utterback, 1994) によって、既存企業がラディカルなイノベーションを敬遠する理由を説明している。つまり、大学発ベンチャーの技術は、ラディカルであり、既存企業の技術は、インクリメンタルと考えられる。

一方、Christensen (1997, 2003) は、Utterback (1994) によるラディカルとインクリメンタルの分析枠組みを発展させた。Christensen (2003) は、「持続的イノベーション」の対概念である「破壊的イノベーション」の概念を「ローエンド型破壊的イノベーション」 (low-end disruptive innovation) と「新市場型破壊的イノベーション」 (new-market disruptive innovation) の2種類に精緻化し、前者を「過保護にされた顧客を低コストのビジネスモデルで攻略 (address overserved customers with a lower-cost business model)」するイノベーション、後者を「無消費との対抗 (compete against nonconsumption)」としてのイノベーションであると説明した (Christensen, 2003, 訳書, 55-63頁)。

西澤 (2012) は、「無消費との対抗」を参照し、大学発ベンチャーには、新しい技術に伴うリスクだけでなく、新しい市場を創出するリスクが伴うという観点から「二重の創業リスク」 (27頁) と表現した。この「二重の創業リスク」を伴う「新市場型破壊的イノベーション」の担い手が、技術に焦点をあてたShane (2004) による狭義の大学発ベンチャー起業家の定義である。西澤 (2012) は、この「二重の創業リスク」が大学発ベンチャーに伴うことを本稿でも取り上げるマサチューセッツ工科大学 (Massachusetts Institute of Technology; 以下、MIT) 発ベンチャーであるDECに関する事例研究で明らかにしている。「二重の創業リスク」と関連する指摘としては、Shane (2004) が「マイナス2ステージからの創業」 (訳書, 174頁)、金井 (2010) が「デスバレーを伴う創業」 (8頁) と述べている。以上、各論者の指摘を踏まえれば、大学発ベンチャーは「新市場型破壊的イノベーション」の担い手であり、そこには既存企業への技術移転や通常の起業とは異なる課題がある (Christensen, 2003)。そし

て、その課題は、「マイナス2ステージからの創業」や「デスバレーを伴う創業」に伴うもので、「二重の創業リスク」と表現される。

大学発ベンチャーが「新市場型破壊的イノベーション」の担い手であり、必然的に、技術と市場の「二重の創業リスク」を伴うとするならば、大学発ベンチャー起業家は、どのように「二重の創業リスク」に対応しているだろうか。

Christensen (2003, 訳書, 99-100 頁; 128-132 頁) は、真空管の「破壊的技術」であったトランジスタに着目し、「新市場型破壊的イノベーション」の担い手としてのソニーを事例で取り上げ、真空管とそれを担った既存企業のレイディオ・コーポレーション・オブ・アメリカ (Radio Corporation of America; RCA) と比較している。Christensen (2003) によれば、ソニーは1950年から1982年まで「12の新市場型破壊的イノベーションを築くことに成功した」(99 頁) と述べている。その中でも、トランジスタ (transistor) の製品化が、ソニーの創業に直結した「新市場型破壊的イノベーション」であったとしている。当時、大企業であった RCA は、真空管における既存市場 (例えば、卓上ラジオや据え置き型テレビ) へ照準を定め、トランジスタの応用に苦心していた。それに対して、ソニーは、携帯型電子機器、すなわち、ポケット・ラジオ (1955 年) やポータブル白黒テレビ (1959 年) という新しい市場において、「無消費との対抗」という道を選び、結果として真空管のようなメンテナンスの手間を必要としない新しい販路 (チャネル) を開拓し、新しいバリュー・ネットワークを構築した。

Christensen (2003) は、盛田昭夫など5名程度の技術者のみが、これらの「新市場型破壊的イノベーション」に関与していたと述べている。その中でも、多くの人が片付けようとして、これまでのどんな製品もうまくこなせなかった用事そのものに絞る「片付けるべき用事」 (jobs-to-be-done) (Christensen, 2003, 訳書, 99 頁) の概念レンズで、注意深い観察と顧客との対話をすることが「新市場型破壊的イノベーション」への突破口であり、「無消費との対抗」の方法であると主張している。

この主張を踏まえると、技術と市場の「二重の創業リスク」がある中で、「事業機会の認識能力」を有する人物こそ、「新市場型破壊的イノベーション」の担い手としての起業家に相応しい。この考えは、近年の起業家研究の研究潮流と適合的である (cf.

Venkataraman, Sarasvathy, et al., 2012; Shane, 2012)。

2.2 日本における新技術の商用化の課題

本稿では、日米が同程度の技術水準であったと推測される1957年頃のトランジスタ型コンピュータの商用化事例を取り上げる。コンピュータの分野において、なぜ、米国の場合、研究者による起業、すなわち、大学発ベンチャーが企てられ、日本の場合、既存企業への技術移転がなされたか。また、なぜ、米国の場合、「新市場型破壊的イノベーション」を大学研究者も担うことができ、日本の場合、ソニー創業者の盛田昭夫氏のように、民間からは「新市場型破壊的イノベーション」の担い手が登場したにも関わらず、大学研究者からは長らく登場しなかったか。以上の点が疑問に残る。

ここまでの議論を踏まえると、日本の課題として浮上するのは、盛田昭夫氏のような技術も経営もわかる起業家人材が、属人的に「二重の創業リスク」を背負っている点であろう。Christensen (2003) は、ソニーも盛田昭夫氏が政治活動を担い始めた1980年以降、「新市場型破壊的イノベーション」を生み出していないと指摘している。日本の場合、1950年から1970年までの高度成長期における「持続的イノベーション」の陰で、「片付けるべき用事」のレンズを持った起業家へ「二重の創業リスク」を背負わせていた可能性が考えられる。

その点に関連して、西澤 (2012) は日本におけるベンチャー輩出におけるミクロとマクロの解離を指摘し、それらの結節点となるメゾレベルでの仕組みとしてエコシステム (eco-system) の概念を日本における「大学発ベンチャー」の議論に導入し、「二重の創業リスク」という課題を理論的に解明した。エコシステムは、分析対象を単独の企業ではなく、中核的企業との関係やクラスターに関する概念である (Iansiti and Levien, 2004 など)。産官学連携に着目したEtzkowitz (2008) によるトリプルヘリックス (Triple Helix) の議論は、起業家研究におけるエコシステムへの着目の嚆矢であろう。Etzkowitz (2002) は、なぜ、MIT から多くの大学発ベンチャーが輩出されるようになったのか、その歴史的背景を明らかにしている。これらの研究蓄積は、起業家に対して属人的に課せられてしまう「二重の創業リスク」を乗り越え、「新市場型破壊的イノベーション」を実現するための仕組みとして「起業家の大学」

(Entrepreneurial University) が注目に値することを示している。

3 本稿の分析枠組みと研究課題

金井 (2010, 273-275 頁) では、日本における大学発ベンチャーの課題として起業家に対する日本固有の文化に関する問題を挙げている。しかしながら、シリコンバレーの嚆矢となったノーベル賞学者ウィリアム・ショックレー (William B. Shockley Jr.) の起業は 1955 年であり、その技術であるトランジスタの商用化に関しては、ソニーによって同水準の技術が実現されていたことは既に述べた通りである。したがって、「新市場型破壊的イノベーション」の担い手が日本において枯渇してきている状況を鑑みると、米国における大学発ベンチャーのルーツを探訪し、同時期に、トランジスタを導入した日本における商用コンピュータの誕生の経緯を明らかにすることには、一定の意義があるだろう。

本稿では、日米の比較事例研究をするにあたり、同時期の事例を選択した。これらの事例は、1957 (昭和 32) 年前後の出来事である。この時期はトランジスタの普及時期であり、コンピュータ開発に必要とされる要求技術水準が日米で同程度であった (情報処理学会歴史特別委員会編, 1998)。したがって、新技術の商用化とその経緯に関して日米の違いが明らかにしやすいと判断した。

本稿では、次の 3 つの研究課題に基づき、コンピュータ黎明期におけるトランジスタ型コンピュータの商用化に関する日米比較事例研究を実施する。第 1 に、トランジスタ型コンピュータは、米国において、いつ、どのように、商用化されたのか。第 2 に、トランジスタ型コンピュータは、日本において、同時代に、どのように、商用化されたのか。第 3 に、日米において、トランジスタ型コンピュータの商用化プロセスに、どのような違いがみられたか。以上を明らかにすることで、本稿は、日本での大学発ベンチャーによる事業化を阻む問題点の抽出・検討をおこなう。

4 調査対象

本事例研究において、米国の事例は、DEC の創業者であるケン・オルセン (Ken Olsen) 氏、日本の事例は電気試験所の高橋茂氏を中心に検討する。

以下は、両名の略歴である。

表 1 調査対象事例における主要人物略歴

ケン・オルセン (Ken Olsen)

1926 年 2 月 20 日-2011 年 2 月 6 日 (満 84 歳没)。DEC 創業者。北欧からの移民 2 世。1952 年 MIT 修士 (電気工学)、MIT リンカーン (Lincoln) 研究所でホワールウィンド・コンピュータ (Whirlwind Computer) の後継 TX-0 開発に従事。磁気コア・メモリー発明。ミニ・コンピュータ開発。

高橋 茂

1921 年 11 月 22 日-2005 年 1 月 4 日 (満 84 歳没)。慶応大学卒。東京工科大学学長、情報処理学会副会長を歴任。慶応大学初の工学博士。1944 年電気試験所入所、1962 年日立製作所に移籍、1980 年筑波大学教授。

先のソニーの事例でも若干言及したが、ここで本研究の背景となるトランジスタの技術史は以下の通りである。1947 年、ベル研究所 (Bell Laboratory) のメンバー 3 名によって共同発明された。そのメンバーの内、ショックレーはトランジスタの商業化を目指し、1955 年、「ショックレー半導体研究所」(Shockley Semiconductor Laboratory) をカリフォルニア・マウンテンビューに創業する。これが結果としてシリコンバレーのルーツとなった。1956 年、ショックレーらベル研究所のメンバー 3 名は、ノーベル物理学賞を受賞する。1957 年、研究スタッフ 8 名は、シリコンベースの半導体研究が打ち切られたことから「ショックレー半導体研究所」を辞め、フェアチャイルド・セミコンダクター (Fairchild Semiconductor International Inc.) を創業した。この「裏切り者 8 名」(Traitorous 8) の中には、その後、1970 年にインテル (Intel) を創業するロバート・ノイス (Robert Norton Noyce) とゴードン・ムーア (Gordon E. Moore) も含まれる。

5 事例研究

5.1 ケン・オルセン氏の事例

5.1.1 試作機 TX-0 と商用機 PDP-1

1957 年、MIT リンカーン研究所の研究員であったケン・オルセンは、軍事目的の国家プロジェクト、プロジェクト・ホワールウィンド (Project

Whirlwind) の成果である試作用マシン (TX-0) の商用化を目的に起業した。その時、創業した会社が DEC である。

トランジスタとの関係で言えば、オルセンは約 5,000 本の真空管を使用して製作されたホワールウィンド・コンピュータ (1951 年稼働) に約 3,600 個のトランジスタを移植する責任者であった。そして、彼が手掛けた TX-0 (Transistor Experimental Computer; 1956 年稼働) は、最初期のトランジスタ型コンピュータであり、当時、世界で最も先進的なコンピュータとなったのである (Ceruzzi, 2004, 訳書, 158 頁)。

元々、MIT が受託した軍事研究は、フライト・シュミレーター、対防空ミサイルの制御のためのコンピュータ開発であったが、TX-0 の後継プロジェクトに頓挫したことが、プロジェクトメンバーに起業を促した。そして、1957 年の起業後、トランジスタのコンピュータへの活用方法を熟知していたオルセンは、トランジスタが提供しうる機能を十分生かしたアーキテクチャを採用し、1961 年、リアルタイム・コンピュータの PDP-1 を完成させたのである。

5.1.2 MIT における軍事研究と研究成果の商用化

MIT は研究成果の商用化を積極的に担う「起業家的大学」の先駆けとなった (Etzkowitz, 2002)。副学長バネバー・ブッシュ (Vannevar Bush) は、その中心人物であり、第 2 次世界大戦中、軍事研究に関する政府要職を担ったことで知られている (上山, 2009; Etzkowitz, 2002; 西澤, 2012)。オルセンが活動した MIT リンカーン研究所は、国防プロジェクトを目的に、ブッシュが MIT に誘致し、ボストン郊外のレキシントン空軍基地内に設置されたものである。

したがって、当時、コンピュータは原子力発電と同じく、兵器として位置付けられていたと考えるべきであろう。つまり、第 2 次世界大戦と冷戦下における潤沢な国防予算の中で、フライト・シュミレーターや対防空ミサイル制御用コンピュータとしてホワールウィンド・コンピュータの開発が MIT において行われたのである。

その伏線には、1930 年から 1948 年までの期間、MIT で学長を務めたカール・コンプトン (Karl Compton) の存在がある。コンプトンは、繊維産業の繁栄後、米国中西部の自動車産業の勃興に対応できず、衰退し始めていたボストン経済復活のために、

ドイツのベルリン大学を嚆矢とする、例えば、ハーバード大学やジョンズ・ホプキンス大学、シカゴ大学などの「研究大学」(Research University) とは異なる役割として MIT へ産学連携の仕組みを持ち込んでいた (西澤, 2012)。例えば、兼業規定などである。この MIT における大学の制度改革は、19 世紀後半のベルリン大学における「研究と教育の融合」であったフンボルト改革を「第一の大学改革」とするならば、コンプトンによる MIT の取り組みは、研究活動を経済的および社会的発展の推進へとつなげようとする「第二の大学改革」と呼べるだろう。MIT は教育・研究・産学連携を同時に担う世界初の「起業家的大学」となったのである (Etzkowitz, 2002; 2008)。

5.1.3 アメリカン・リサーチ・アンド・ディベロップメント・コーポレーションの誕生: 世界初のベンチャー・キャピタル

MIT は、第 2 次世界大戦においてブッシュのイニシアティブにより、米国連邦政府から軍事技術に対して研究支援を受け、開発研究資金は豊富であり、自由度も高かった。しかしながら、研究者の個人的利害関係が絡むベンチャーの創業資金は供給されず、MIT 発の技術シーズによる他の地域での新規創業は止められなかった。ボストンは高度成長期を終えて、人件費も高い成熟した市場であったからである。

MIT 発の技術シーズに対して、創業資金を提供し、早期の赤字脱出と成長に向けた経営支援を行う特殊な金融機関としてのベンチャー・キャピタル設立がボストンの財界から強く提起された。1946 年、MIT 学長カール・コンプトンやハーバード・ビジネス・スクール教授ジョージ・ドリオ (Georges F. Doriot) らによって、世界初のベンチャー・キャピタルとなるアメリカン・リサーチ・アンド・ディベロップメント・コーポレーション (ARDC) が誕生したのである (西澤, 2012)。

5.1.4 ジョージ・ドリオとジェイ・フォレスター (Jay Forrester)

以上の経緯から、MIT は技術面や経営面で、ベンチャーを創出する環境が整いつつあった。1957 年、オルセンは DEC の起業にあたり、ドリオが率いる ARDC から 7 万ドルの出資を受けた。1966 年の株式公開時には、DEC の時価総額が 200 万ドルになった。したがって、DEC の起業事例は、世界初の

大学発ベンチャーの成功事例であり、同時に、ARDC がベンチャー・キャピタルとして世界初の成功事例と位置付けられるのである。(Rafkin, et al., 1988; 西澤, 2012)。

DEC の起業を成功に導いたもう一つの要因は、国家プロジェクトのプロジェクト・ホワールウィンドで開発されたコンピュータの記憶装置である磁気コア・メモリー (magnetic core memory) の特許取得を、プロジェクトリーダーであったジェイ・フォレスター (Jay Forrester) とケン・オルセンが共同でしていたことが大きい (Patterson and Hennessy, 2007)。当時、コンピュータ開発には、莫大な資金が必要であり、資金回収が困難であるという理由で、投資家から敬遠されていた。ドリオは投資する条件として「ディジタル・コンピュータ・コーポレーション」 (Digital Computer Corporation) から DEC (Digital Equipment Corporation) に社名を変更させたとされる (Rafkin et al., 1988)。オルセンはドリオの助言を忠実に守り、1957 年創業後の数年間、変更した社名の通り、コア・メモリーや論理回路等のデジタル機器 (Digital Equipment) に関する製造・販売に徹した。リアルタイム・コンピュータの開発を賄えるだけのデジタル機器の売り上げを達成することで、1960 年によく PDP-1 の開発を手掛けたのである。

5.1.5 創業者オルセンと大学発ベンチャー企業 DEC のスタートアップ

オルセンは良くも悪くも技術指向の個性的な起業家であった。1966 年の上場時点で、ARDC から派遣された取締役以外、創業メンバーは全員退任したことが知られている (Schein, 1985)。MIT リンカーン研究所の上司であったフォレスターは、プロジェクト・ホワールウィンド終了後、MIT スローン・スクール・オブ・マネジメントのシステムダイナミクス講座教授に就任し、DEC 社外取締役をしていた。その後、フォレスターは、オルセンと折り合いが悪くなり、上場時に辞任している (Rafkin et al., 1988)。

オルセンは、起業するまで、全くビジネス経験がなかった。この点は着目に値する。軍事技術開発などの国家プロジェクトを通じて、試作機 (プロトタイプ) を製作し、事業の中核となる特許を取得した研究者であるオルセンに対して、資金調達し、DEC の取締役会に役員を送り、経営実務を経験させる場を提供することで、ドリオは、オルセンの経験不足

を補っていた。つまり、ドリオは ARDC を通じて、起業家支援の仕組みを構築していたのである。

当時、コンピュータは高額であった。そのため、IBM は、リース方式のビジネスモデルを採用していた (Ceruzzi, 2006)。その上で、コンピュータ上で走るソフトウェアをユーザーに無料で提供すること、すなわち、ソフトウェアの開発コストをリース費用に含めることが、DEC 登場以前のコンピュータ事業における通例であった。よって、IBM の場合、リースのサポート範囲外になるため、ユーザーがマシンやソフトを改造・改変することを禁じていた。

一方、DEC では、コンピュータを売り切る販売方式が採用された。製品仕様を明らかにし、ユーザー向けにマニュアルを充実させることで、マシンやソフトの改造・改変を推奨した。それゆえ、PDP-1 の後継機種である PDP-8 は、ミニコンの代表的マシンとなり、MIT 人工知能研究所の学生であるハッカー達から熱烈な支持を受けた (Levy, 1984)。このことから DEC は「オープン・イノベーション」 (Chesbrough, 2003) の源流と考えられている。

5.1.6 MIT コネクションとマトリクス組織

オルセンは DEC の社内規定を策定するにあたり、MIT の大学規定を採用した (Rafkin et al., 1988)。例えば、大学教員と同様に、サバティカルがあり、後年、DEC の No.2 として VAX システムを率いたゴードン・ベル (Gordon Bell) は、1966 年から 1972 年まで DEC を離れ、カーネギーメロン大学にて、アレン・ニューウェル (Allen Newell) とともに、コンピュータ・アーキテクチャの研究に従事した (Bell and Newell, 1971)。

DEC は、MIT のような技術を尊ぶ大学の研究文化がそのまま導入されたという意味においても、大学発ベンチャーの典型であった (Schein, 1985)。大学研究者は、自分の研究成果による持説を展開し、議論を戦わせるが、DEC においても「提案した者が自ら行う」という哲学の下、社内では、製品化に向けて常に激論が繰り広げられた (Kunda, 2006)。

エンジニアリングの観点からすれば、PDP-1 が DEC から MIT に寄贈されたこと、対話型コンピュータで使い勝手が良く、オープンアーキテクチャを採用したことから、MIT と DEC の結びつきは、ますます強くなった。そして、リンカーン研究所の研究者が、まるで大学研究所のような DEC のメインード工場に押し寄せた (Rafkin et al., 1988, 訳書、

45 頁)。それは、大企業 IBM に対してベンチャー企業である DEC の唯一の対抗手段であった (Ceruzzi, 2004)。

1966 年の上場を機に、フォレストが去った後、オルセンは MIT スローン・スクールから組織心理学者であるエドガー・シャイン教授 (Edgar H. Schein) をコンサルタントとして DEC に迎える。

その背景には、DEC が上場前の 1965 年頃、研究者による事業化を管理する仕組みとして「マトリクス型組織」を導入していたことと関係がある (Kanter, 1983; Raffkin et al., 1988)。自身が手掛けるマシンに対して全権を持つマネージャーは、研究や開発からマーケティングやサービスに至るまで統括する起業家的役割を担う一方で、「一人に対して、二人の上司」(1 man 2 bosses) と言われる通り、矛盾を内包する混沌の中で、混乱が止むことはなかった。

シャインは、幾つかの試みをした。その中で、DEC が将来進むべき方向 (戦略) をグループとして検討する「森林会議」(Woods meetings) を採用した。この会議は月に一度社外で開催され、製品に対する全権を持つマネージャーは日常業務から解放されることになる。そこでのシャインの役割は、「プロセス・コンサルタント」(process consultant) (Schein, 1969) として知られているものである。コンピュータなど、事業内容に関するアドバイスをする役割ではなく、マトリクス組織の混沌の中で個々の自主性を喚起するため、議論のプロセスを促進する役割であった (Raffkin et al., 1988)。

その後、シャインによる DEC に対してのコンサルティング活動は、20 年以上続いた。その間、技術に関する MIT との交流は、DEC の技術革新の源泉となった。特に、DEC のマシンからインターネットや UNIX の基盤が開発されたこともあり、大学発ベンチャーの世界初となる成功事例となったオルセンによる DEC の起業とそこから開発されたマシンは、現在、コンピュータ史において、高く評価されている (Ceruzzi, 2004)。

5.2 高橋茂氏の事例

5.2.1 電気試験所の分割

1946 (昭和 21) 年、真空管を用いた世界初の汎用コンピュータ ENIAC が、膨大な弾道計算を目的とした軍事資金を得て、ペンシルバニア大学で開発された。これを機に、日本でも東京大学 (TAC)、

大阪大学、富士フイルム (FUJIC) において、真空管型マシンが製作された (遠藤, 2010)。

その後、1948 (昭和 23) 年、戦前に軍事用レーダーを開発していた旧通信省電気試験所は、GHQ によって 2 つの拠点へと分割された。1 つは、この電気試験所の通信工学部門を継承する、電電公社「電気通信研究所」である。もう 1 つは、通産省傘下で事実上新設された工業技術院「電気試験所」である。この 2 つの拠点で、次世代電子計算機を巡り、競争的に研究開発が行われた。

電気試験所は、1891 年 (明治 24 年)、通信省傘下で 1890 年 (明治 23 年) に配電事業が開始されたのに伴い、電信・電話機器の検定を目的に設立された。その後、電気産業の発展に伴い、1903 年 (明治 36 年) に電力とその応用に関する研究を含めることになった。昭和初期までは、発電、送電、配電などのいわゆる強電 (電力分野) の比重が大きかった。その後、弱電 (通信分野) の研究も盛んになり、第 2 次世界大戦に突入する 1941 年 (昭和 16 年) 頃には、電気試験所は、電気・電子分野の軍事技術に関する国家研究拠点として位置付けられ、2,000 人を超える人員を擁する大研究所となっていた (廣重, 1973; 今岡, 1989)。

当時の米国におけるベル研究所 (Bell laboratory) のミッションは、「実用化」(development) と「研究」(research) であった。親会社 AT&T を通じて、製造部門であるウェスタン・エレクトリック (Western Electric) に対して、独占的に機器を発注する体制、すなわち、「電話会社の AT&T、基礎研究のベル研究所、電話機器メーカーのウェスタン・エレクトリック」という体制が構築されていた。これに対して、日本では、この体制を模倣して、「電電公社、電気通信研究所、協力国内メーカー」という体制を構築した。それは、電気通信研究所が発注仕様書を提示し、メーカーが設計製造を行う役割分担であり、この協力関係は「電電ファミリー」と呼ばれる由縁となった (戸田・松永, 2003)。

5.2.2 トランジスタとパラメトロン

1947 年 (昭和 22 年)、「トランジスタ」がベル研究所で発明された。新たな用途を探索し、コスト面だけでなく、信頼性も含め、真空管を凌ぐまでには、そこから一定の時間が必要だった。その間、1954 年 (昭和 29 年)、東京大学理学部高橋秀俊研究室の大学院生であった後藤英一氏によって、パラメータ

励振現象を使用する論理回路素子として「パラメトロン」が発明された（高橋, 1998; 遠藤, 2010）。そこで、電電公社・電気通信研究所の喜安善市氏は、後藤によるパラメトロンをコンピュータ素子として注目し、協力メーカー各社に働きかけ、1957年（昭和32年）3月、MUSASHINO-1を完成させた。その際、電気通信研究所は、喜安氏の意向によって、コンピュータ素子はパラメトロンに絞る方向となった（遠藤, 2010, 93頁）。

一方、電気試験所では、和田弘氏の意向で、積極的にトランジスタが研究された。和田は、1951年（昭和26年）、サンフランシスコ講和条約の後、通産省からの派遣で1年間、MITに訪れている。その際、ホワールウィンド・コンピュータを確認している（高橋他, 2010）。帰国後、トランジスタやコンピュータなどのエレクトロニクスに日本の将来を見出し、1954年（昭和29年）8月、電気試験所にて和田を部長とする電子部を発足させた。その際、喜安氏からパラメトロンの採用を打診された。実験を担当した高橋茂氏が「（パラメトロン方式）は、低速で消費電力が大きい」と報告をしたことで、電気試験所はトランジスタによるコンピュータの開発をすることになった（今岡, 1989; 高橋, 1998）。

つまり、日本の場合、通信省電気試験所に同じルーツを持つ2つの研究所、すなわち、電電公社・電気通信研究所が「パラメトロン方式」、通産省工業技術院・電気試験所が「トランジスタ方式」と、基礎技術の方式を巡り、競争的に研究開発がおこなわれていたのである。そして、電電公社と通産省の後ろ盾を得た大手電機メーカーによって、2つの方式を両睨みしながらコンピュータを商用化する動きが、1950年代中頃に起こったのである。

5.2.3 通産省によるコンピュータ政策

『株式会社日本：政府と産業界の親密な関係』と邦題が付いた米国商務省による1972年（昭和47年）のレポートにおいて、ジェームス・アベグレン（James Abegglen）の指導で書かれた日本のコンピュータ産業に関する事例研究が残されている（Kaplan, 1972）。このレポートによれば、1954年（昭和29年）、初めて米国からコンピュータが輸入され、日本電気、富士通、日立、松下、東芝の5大メーカーがトランジスタのライセンス生産を始めたという。これらの大手メーカーは、外国のメーカーによって、日本のコンピュータ市場が支配されるこ

とを恐れ、通産省に対して、国産技術の開発テンポを早めるように要望を出した（Kaplan, 1972, 訳書, 135頁）。

それに対して、1955年（昭和30年）4月、通産省は電波技術協会に「電子計算機開発委員会」を発足させ、翌年、予算80万円で海外コンピュータの調査を始めた。1957年（昭和32年）5月、900万円を計上し、当時人気のあった中型機IBM650の性能を上回るコンピュータの分担開発が国内大手メーカーの協力を得て、試みられた。この一連の動きは、事実上、通産省傘下である工業技術院・電気試験所電子部長の和田弘が推進役となった（高橋, 2003）。1957年（昭和32年）6月、通産省は計算機を含む電子工業振興のために、電子工業振興臨時措置法を立案する。この法案に対しても、和田弘は強い関心を持ち、通産官僚を指導し、法案骨子を策定、国会答弁に立った。同年8月、法案公布に伴い、通産省重工業局に電子工業課が設置された（高橋, 1998, 2003）。

それ以降、1960年（昭和35年）10月29日に締結するIBMとの特許を巡る契約交渉、政府・民間折半出資によるレンタル会社である日本電子計算機株式会社の設立、大型工業技術研究開発制度（大型プロジェクト）の創設など、通産省が主導的立場を担い、日本のコンピュータ産業の保護や育成に尽力した（Kaplan, 1972）。

5.2.4 電気試験所におけるコンピュータ開発

1954年（昭和29年）8月、電気試験所に発足した電子部は、人員が50名、回路課、部品課、電子計測課の3課から構成されていた。部長の和田は、当時、未知数の要素が多かった電子計算機の開発、および、トランジスタが用いられたコンピュータの開発を戦略目標に設定した。回路課では、コンピュータの回路理論や回路技術、部品課では、トランジスタなどの半導体部品やプリント配線などの研究開発が精力的に推し進められた（成定, 1995）。日本の場合、米国とは異なり、1954年から和田が率いる電気試験所電子部内で、部品課によるトランジスタの研究開発と回路課によるトランジスタを応用したコンピュータの回路設計が、同時並行的に行われたのである。

1954年（昭和29年）時点で、電気試験所では、トランジスタ型コンピュータの前に、既に、1952年（昭和27年）、リレー式計算機ETL-mark I

(Electronics Test Laboratory-mark I) が完成しており、引き続き、改良型のリレー式計算機 ETL-mark II が開発中であった。新設された電子部回路課のリーダーとなった高橋茂、以下、西野博二、松崎磯一らは、真空管型ではなく、次世代の「点接触型トランジスタ」を主要素子とする試作機 ETL-mark III の開発を 1954 年 (昭和 29 年) 11 月に始めた。

ETL-mark III は、東京通信工業 (後のソニー) 製の「点接触型トランジスタ」である T-1698 を利用した。西野博二によれば、ソニーの社長であった井深大が、その日に完成した「点接触型トランジスタ」の T-1698 を持って、当時、永田町にあった電気試験所の研究室によく訪れていたエピソードを述べている (鶴飼他, 2011)。この T-1698 は、当時入手できる国産唯一の高速トランジスタであり、一本 4,000 円と大変高価で、まだ、信頼性に問題があった (高橋, 2003)。電子部部品課の菊池誠、垂井康夫、伝田精一らによって、トランジスタの製造技術も含めての国産化に向け、官民挙げて、積極的に研究がなされた (相田, 1991)。

以上の経緯で、1956 年 (昭和 31 年) 3 月、設計が終了し、製作は 4 月に終了、7 月に稼働を開始した。1954 年 (昭和 29 年) 11 月、トランジスタ数 140 本、総予算見積もり 284 万円で開始し、1 年半程度の短期間で ETL-mark III は完成した。高橋茂氏は、部品以外、全て研究所内で手掛けたことや仕様を欲張らなかつたことを、短期間で完成した理由として述べている (高橋, 2003)。

5.2.5 ETL-mark IV の誕生

ETL-mark III は、ケン・オルセンが手掛けた TX-0 とほぼ同時期に稼働した世界最初のプログラム内蔵型トランジスタ計算機であった。「点接触型トランジスタ」を使用していて、動作は高速だが、故障も多かった (西野, 1985)。したがって、速度を犠牲にしても、信頼性を高めるため「接合型トランジスタ」を使用した ETL-mark IV の開発が 1956 年 (昭和 31 年) 10 月から電子部回路課において始められた。メンバーは、高橋茂、西野博二、松崎磯一、米田弘であった。この段階で、「ゲルマニウム合金接合型トランジスタ」の国内生産がはじまっていて、「点接触型トランジスタ」に比べて、はるかに安定したものになっていた (高橋, 2003)。

ETL-mark IV は、日立製作所製トランジスタの

HJ-23 が約 470 本使用され、総予算は約 500 万円であった。二進化十進表現 (BCD) を採用しており、電気試験所は、技術移転による商用化を意図していた。そして、計画開始からわずか 13 カ月後、1957 年 (昭和 32 年) 11 月に ETL-mark IV は完成した。ETL-mark III に比べて、ETL-mark IV は、はるかに安定しており、5 日間 100 時間以上電源を切らないで大きな素数を求める計算を実行した (高橋, 1976)。

ETL-mark IV は、技術導入を希望する日本メーカーが次々と現れ、日本電気、日立、松下通信工業、北辰電機の 4 社から申し込みがあった。富士通、日立、日本電気などの日本メーカーは、電電公社と電気通信研究所によるパラメトロン方式の電子計算機を商用化していたが、1954 年 (昭和 29 年)、日本電気、富士通、日立、松下、東芝の 5 大メーカーがトランジスタのライセンス生産を始めていたこともあり、1957 年 (昭和 32 年) には、日本メーカーは、「接合型トランジスタ」を用いたコンピュータの商用化を本格化させた。

5.2.6 日立製作所と電気試験所の協力体制

高橋茂氏は、1962 年 (昭和 37 年) 3 月、電気試験所を退職し、日立製作所に転職する。転職前、高橋による日立製作所の電子計算機に関する技術指導は緊密なものであった (今岡, 1989)。日立製作所の ETL-mark IV の商用マシンである HITAC301 の場合、1958 年 (昭和 33 年) 6 月頃から電気試験所の高橋の研究室の傍で、日立製作所の波多野泰吉、竹内繁らが設計作業をしていたという (高橋, 1996)。

日立製作所では、日立電線 (当時、電線工場) の電源開発只見幹線向け送電線弛張力の設計における社内ニーズがあり、先行してパラメトロン型電子計算機 HIPAC MK-1 が、1957 年 (昭和 32 年) 12 月に完成していた。そして、翌年 1958 年 (昭和 33 年) 3 月、戸塚工場無線部コンピュータ設計課が誕生したのである。以上の経緯から、トランジスタ型電子計算機 HITAC301 は、電気試験場の高橋茂氏による指導で、開発着手約 1 年後の 1959 年 (昭和 34 年) 4 月に完成した。

DEC の PDP-1 (1961 年完成) が、フライト・シミュレーターや対防空ミサイル制御用のホワールウィンド・コンピュータにルーツを持ち、リアルタイム処理ができることに特徴があるとすれば、日本におけるオンライン、リアルタイム処理の嚆矢となったシステムは、現在も「みどりの窓口」で親しまれ

ている、旧国鉄座席予約システムの原型となった MARS (Magnetic-electronic Automatic Reservation System) であろう。

国鉄鉄道技術研究所では、1955 年 (昭和 30 年) から穂坂衛氏や大野豊氏らを中心とするメンバーが、自動制御にコンピュータを導入することを目的とする勉強会や討議を重ねていた。穂坂らは、座席予約システムの必要性を痛感し、その本質である空席パターン探索、ファイル更新の高速化および入出力の独立並行処理の技術的展望を持っていた。その後、1957 年 (昭和 32 年)、彼らは、東京大学の高橋秀俊を委員長とし、企業などの外部委員が加えられた調査研究委員会を発足させ、本格的に座席予約のコンピュータ化の検討を開始した。その結果、1958 年 (昭和 33 年) MARS1 は、日立製作所に発注され、戸塚工場において谷恭彦氏を中心に開発された。

1959 年 (昭和 34 年)、MARS1 は東京駅に設置され、10 か所の窓口に設置された予約装置と接続された。このシステムは、国産初のオンラインシステムとして 1960 年 (昭和 35 年) 2 月より「つばめ」と「はと」の約 2,100 座席、15 日分の予約を扱うようになり、翌年には、名古屋駅と大阪駅にも設置され、サービス範囲が拡大された。初期 10 ヶ月間の稼働率は 99.86%、以後は 99.95%以上という実績を残した (浦城・小高・河辺, 1985)。

高橋茂氏は、1962 年 4 月から 1980 年 4 月までの約 18 年間、日立製作所に勤務した。その後、筑波大学教授となり、転出した。彼の経歴を辿れば、元々、電気試験所の立場で、日立製作所におけるコンピュータ事業の立ち上げを指導する立場であった。その後、事業化の目途が立った段階で日立製作所に転籍し、同社の HITAC 8000 シリーズ、DIPS、初期の M シリーズなどの主要製品の製品計画や開発を担当し、終始、同社コンピュータ事業での製品計画の責任者として活躍した記録が残されている (高橋, 1996)。

6 発見事実

6.1 ケン・オルセン氏の事例からの発見事実

ここで、本事例研究における発見事実を整理しておく。本稿の第 1 の研究課題である、米国におけるトランジスタ型コンピュータの商用化を意図したケン・オルセン氏による DEC の起業、すなわち、大学発ベンチャーの初めての成功事例に関する発見事

実は 3 点である。

第 1 に、軍事目的の国家プロジェクトの成果である試作機 TX-0 を開発した、MIT リンカーン研究所のケン・オルセン氏が DEC を起業し、彼が中心となって、トランジスタ型コンピュータの商用化やそれに伴う事業を策定した。

第 2 に、多くの大学研究者が、DEC の起業にあたり、資金、技術、経営の側面から支援をしていた。すなわち、資金面では、世界初の成功したベンチャー・キャピタルとなるハーバード・ビジネス・スクールのジョージ・ドリオ教授率いる ARDC からの出資を得ていた。技術面では、MIT リンカーン研究所の上司にあたり、その後、MIT スローン・スクール教授に就任したジェイ・フォレスターとオルセンは、磁気コア・メモリーに関する特許の共同取得をしており、加えて、オルセンは、DEC の取締役としての参加協力をフォレスターから得ていた。経営面では、DEC の上場後に、同じく MIT スローン・スクール教授のエドガー・シャインによって、マトリックス型組織の導入に伴う弊害に対処するために、プロセス・コンサルティングが実施されていた。

第 3 に、1966 年の DEC の上場成功以降、大学発ベンチャーとベンチャー・キャピタルが、認知されるようになり、それぞれが、新技術の商用化を支援するエコシステムの嚆矢となった。これらは、MIT からスタンフォード、ボストンからサンフランシスコに移転され、シリコンバレーにおける産業集積の中核的存在となったのである。

6.2 高橋茂氏の事例からの発見事実

第 2 の研究課題である、日本における初めてのトランジスタ型コンピュータの商用化事例、すなわち、高橋茂氏による電気試験所から日立製作所への技術移転事例に関する発見事実は 3 点である。

第 1 に、トランジスタ型コンピュータは、通産省傘下の電気試験所に所属する研究責任者であった高橋茂氏などの指導で、通産省から助成金を受けた大企業と共同分担開発がなされていた。日本の場合、試作用マシンを開発した研究者が、起業して、商用化に直接関与するのではなく、大企業への技術移転を指導する立場に留まった。その後、中核的研究者が電気試験所から大企業に転職することで、技術移転が促進されたのである。

第 2 に、当時、トランジスタに関して、日米は同等の技術を持ち得ても、記憶装置や入出力装置等の

周辺機器に関して、米国メーカーとの技術差は大きかった。そのため、製造技術に関する特許は、IBM や RCA 等との技術提携契約によって、導入せざるを得なかった。その後、この共同分担開発の事例は、日本での通産省主導による官民協力体制の前例となっていた。

第3に、当時の日本の大学は、軍事資金が提供され、弾道計算等の軍用途を目的としたコンピュータの研究開発は困難であった。そのような状況下において、通産省傘下である電気試験所の主要メンバーを通じて立案された施策は、既存の大手電機メーカーが担い手となり、トランジスタ型コンピュータの商用化が実現したのである。

6.3 日米比較事例からの発見事実

本節では、日米の比較事例を踏まえ、第3の研究課題であるトランジスタ型コンピュータの商用化プロセスの日米の違いについて、発見事実を明示する。

ケン・オルセン氏、高橋茂氏は、トランジスタのコンピュータへの組み込みを実行する日米を代表する研究者であり、彼らが手掛けたマシンの完成度から、1957年頃の彼らのスキルや知識を含めた技術能力は同程度であったと推測される。米国の場合、中心人物のケン・オルセン氏は、世界初のベンチャー・キャピタルである ARDC の出資を得て、DEC を起業した。一方、日本の場合、中心人物の高橋茂氏は、電気試験所の立場で大手電機メーカーに対して技術指導を行い、その後、日立製作所に転職をして、コンピュータ事業部を支えることになった。

表2 トランジスタ型コンピュータ商用化の日米比較

日本		米国
高橋茂	中心人物	ケン・オルセン
電気試験所	研究所	MIT リンカーン研究所
ETL-markIV	プロトタイプ	TX-0
大企業への技術移転	新技術の商用化方法	大学発ベンチャー
HITAC301	商用機	PDP-1
日立製作所	技術移転先	DEC
大企業の一事業部	事業形態	コンピュータ 専業会社
通産省による 保護施策	特徴	軍事技術の商用化

国産コンピュータの 国際競争力 (～1980年代)	成果	世界初の成功した 大学発ベンチャーと ベンチャー・キャピタル の誕生
---------------------------------	----	---

上記の発見事実を踏まえると、「コンピュータへのトランジスタ導入」という技術に関する事業機会に対して、同程度の認識能力（技術能力）を持つ日米の研究者は、「大学発ベンチャー」と「大企業への技術移転」という異なる経路で事業化を遂行した。したがって、ケン・オルセン氏とは異なり、高橋茂氏の場合は、ベンチャー・キャピタル等、「資金の源泉」へのアクセスに不可欠な市場に関する「事業機会の認識能力」を持つ必要がなかったと推察される。以上、日米比較事例におけるトランジスタ型コンピュータ商用化の特徴は、表2の通りである。

7 考察

本比較事例研究は、約50年前のコンピュータ黎明期を対象としている。比較を通じて、新技術（トランジスタ型コンピュータ）の商用化に関しては、日米で異なる方針を採用していたことが明らかになった。米国では、ベンチャー・キャピタルの支援を受けた大学研究者による起業、日本では、通産省主導の官民協力体制による大企業への技術移転によって、新技術の商用化を実現し、日米ともに、成功と位置付けられた。その後、成功事例が嚆矢となり、日米それぞれの事情に適合するように、新技術の商用化を目指した取り組みがなされていった。

その結果、新技術の商用化に関して、2つの点で日米に重要な違いがもたらされたと考えられる。第1に、米国の場合は、大学が新技術の商用化の起点となり、日本の場合は、電気試験所と大企業がその起点となり、社会的役割の中で定着したことである。米国の場合は、MIT、スタンフォード、カーネギーメロン等の大学が拠点となり、軍事関連の研究資金を得て、コンピュータ研究を先導した (Etzkowitz, 2002; 2008)。日本の場合は、軍事研究への関与を警戒し、大学を迂回することになり、通産省と電気試験所と大企業が国家プロジェクトを通じた連携体制になった。文部省管轄の大学の社会的役割は、先端的研究よりも大企業への人材供給を主とした教育の側面が強調されることとなった (高橋, 1996)。

第2に、米国の場合、大型研究プロジェクトを経験した若手研究者は、大学発ベンチャーの担い手となったが、日本の場合、大型研究プロジェクトを経験した若手研究者による大学発ベンチャーは、ほとんど見られなかったことである。この点、米国の場合、DECの上場（1966年）以降、ベンチャー・キャピタルの支援を受け、多くの大学の若手研究者が起業した（Shane, 2004）。一方、日本の場合、1999年までは、国立大学の大学教員の兼業規定があったこともあり、大学発ベンチャーは、事実上、認められていなかった（小倉, 2010）。

ここで、新技術の商用化に関する日米の違いを踏まえて、本稿の問題意識である「なぜ、日本での大学発ベンチャーによる事業化はうまくいかないのか」という点について考察していく。まず、本稿で論じた新技術の商用化を支える仕組みは、先行研究において、エコシステム（eco-system）の概念で説明されている（Iansiti and Levien, 2004; 梶山・高尾, 2011; 西澤, 2012）。そして、新技術の商用化を促進するエコシステムが、約50年前のトランジスタ型コンピュータ商用化に端を発していたことが、日米比較事例研究から明らかになった。その上で、発見事実から導かれる日米のエコシステムに関する違いは、「大学発ベンチャーを中核としたエコシステム」である米国と「大企業への技術移転を中核としたエコシステム」である日本ということになる。この違いを言い換えるならば、前者は「起業家中心のエコシステム」、後者は「起業家不在のエコシステム」となる。

米国の場合、軍事技術開発のために、最先端の技術が大学において開発され、その開発者をベンチャー・キャピタルが支援し、起業を促すことで、事業機会を認識し、事業コンセプトを創造する能力を持った大学発ベンチャー起業家が輩出されるようになった（Etzkowitz, 2008）。日本の場合、国産コンピュータ産業の育成という名目で保護政策が実施されたために、既に米国での開発が成功した基礎技術に基づき、電気試験所から大企業へ技術移転するプロジェクトが起案されるようになった（高橋, 1996）。この点、日本が米国へのキャッチアップを目標としている限り、多少の技術リスクはあるものの米国の市場が既に存在しているため、市場リスクは少ない。

米国へのキャッチアップや大企業への技術移転のために扱われる技術は、インクリメンタルな技術でありカニバリゼーションを危惧する必要も、事業コ

ンセプトを創造する必要もない（Shane, 2004）。よって、保護政策下にあった日本において、「二重の創業リスク」（西澤, 2012）や「新市場型破壊的イノベーション」（Christensen, 2003）を担う大学発ベンチャー起業家の存在は、長らく不要であった。つまり、日本の場合、大学発ベンチャー起業家の人材育成システムは、少なくとも、1990年代まで構築する必要がなかったと推測される。

8 本研究の結論と今後の展望

本稿では、トランジスタ型コンピュータの商用化事例を取り上げ、新技術の商用化を促進するエコシステムに関する日米比較分析をおこなった。

その結果、米国と日本のエコシステムには、2つの違いがあると判明した。第1に、「事業機会を認識し、事業コンセプトを創造する起業家としての能力が養成される仕掛け」があるかどうか。第2に、「その事業機会を活用するための資金と実験の場」が確保されているかどうかである。第1のエコシステムにおける起業家の位置付けについては、米国が「起業家中心」、日本が「起業家不在」を前提としている。また、第2の資金と実験の場については、米国が「軍事目的のために、最先端技術の開発」を促しており、日本が「国産コンピュータ産業の保護」というスタンスであった。この点、コンピュータ関連の新技術を商用化する際、軍事技術の商用化と捉えられかねないため、敗戦国の日本において、大学研究者が起業することは困難であった（廣重, 1973）。以上の経緯から、日本は、大学を迂回して、電気試験所と大企業の連携で、新技術の商用化を担ったのである。

本稿の論旨は、米国の新技術商用化を促進するエコシステムをモデル（手本）として日本へ導入するという主張にあるわけではない。現在の日本において、米国と同様の軍事技術開発を理由にした「資金と実験の場」を確保することは困難である。

約60年前、トランジスタが登場した際、コンピュータへ搭載し、実現しようとした用途は、「リアルタイム処理」として説明される（高橋, 1996）。米国の場合は、フライト・シュミレーターや対防空ミサイルの制御であり、日本の場合は、国鉄の座席予約システムであった。どのように、新技術の商用化における「資金と実験の場」を確保するか。この点については、米国を手本とするのではなく、日本の事

情にあった形で、社会的な合意形成をしながら、策定していかなければならないだろう。

例えば、日本の場合、「国内産業の保護」ではなく、「防災関連技術の商用化」という文脈であれば、社会的な合意を得ることは比較的容易ではないだろうか。MIT 発ベンチャーである iRobot 社の掃除機ロボットは、米国における軍事ロボットの研究開発からのスピノフであることが知られている⁴⁾。きわめて過酷な条件下において動作する福島原発用レスキューロボットの研究開発は、作業員を被曝から守る目的を果たすとともに、テロ対策、交通事故、工事現場や遭難救助用レスキューロボット等の基盤技術を提供するであろう⁵⁾。その商用化の担い手としては、大企業の社内ベンチャーだけでなく、社会的な合意形成の観点から大学に所属する研究者による大学発ベンチャーも考慮するべきであろう。なぜなら、新しいロボット、すなわち、人工物を設計する行為には、その人工物を社会的に意味づける価値の問題は不可避であり(榊原, 2010; 梶山・高尾, 2011)、「資金と実験の場」が必要となるからである。「新市場型破壊的イノベーション」を実現するためには、企業とは異なる論理を有する大学からの新技術の商用化経路も切り拓かなければならない。技術やエコシステムを「自然物」の対概念である「人工物」と捉えるとき(Simon, 1996)、新しい価値創造のためには、新技術に相応しい器(エコシステム)を新たに構築することが肝要である。

本研究の限界は、半世紀前の日米におけるトランジスタ型コンピュータ商用化の比較事例を記述しただけであることで、その発見事実の一般性については、きわめて慎重にならざるを得ない点である。コンピュータ史においては、トランジスタ以降、新技術の商用化を巡り、日米で様々な施策が展開された記録が残されている(Ceruzzi, 2003; 高橋, 1996)。既述の通り、コンピュータに関する新技術の商用化は、当初、米国の場合、「政府と大学の連携プロジェクト」、日本の場合、「政府と大企業の連携プロジェクト」という位置付けであった。その後、1980年代、米国は、日本の「第5世代コンピュータプロジェクト」に対抗する手段として、テキサス・オースティンにおいて、大企業を含めたコンソーシアムを手掛けた(西澤, 2012)。一方、日本は、2000年になって、本格的に大学発ベンチャーに取り組むようになったのである(金井, 2010)。

しかしながら、一度、産業レベルで成功体験を得

たことで出来上がったコンピュータ科学者の人材育成システムは、経路依存的であり(Arthur, 1994)、強固であり、変更することは難しい(cf. 加護野, 1988)。米国の場合、軍事研究を手掛けたMIT、スタンフォード、カーネギーメロンの主に3つの大学が中核となって優秀なコンピュータ研究者が集まった(Ceruzzi, 2003)。そして、その大学研究者が自ら起業することで、さらに、大学発ベンチャーの集積が促された(Etzkowitz, 2008)。一方、日本の場合、電気試験所が優秀な学生を一本釣りし、国家プロジェクトを経験させることで、約10年間、研究に没頭させ、その後、大学に赴任し、後進の育成にあたるというのが、コンピュータ科学者の標準的なキャリア・パスであった(古川, 2010)。現在も同じような体制になっており、当時の電気試験所は、現在の(独)産業技術総合研究所(産総研)である。

今後、「なぜ、日本における大学発ベンチャーの事業化はうまくいかないのか」という問題をさらに検討していくためには、コンピュータ史を踏まえて、電気試験所出身者に着目する必要があるだろう。日本でのコンピュータ分野における大学発ベンチャーの先駆者である瀧和男氏は、システムLSIの設計分野で起業したが、電気試験所出身者によって起案された「第5世代コンピュータプロジェクト」の若手リーダー格の研究者であった(瀧, 1993; 高瀬, 2012)。彼が手掛けた第5世代コンピュータの並列アーキテクチャは、現在のグリッドコンピュータや並列コンピュータの基盤技術として受け継がれ、世界レベルの研究業績として知られる。しかしながら、「現在、200人以上の第5世代コンピュータプロジェクト出身の研究者が、大学に在職しているが、その中で、大学発ベンチャーに取り組んだ研究者の話は聞いたことがない」と瀧和男氏は述べている⁶⁾。その点、電気試験所出身者の動向や近年の産総研発ベンチャーの取り組みに着目することで、コンピュータ分野における起業家や研究者の育成を含めた日本のエコシステムの課題が明らかにされるであろう。

【注釈】

¹⁾ エコシステム(ecosystem)の概念を初めて本格的に持ち込んだイアンシティ(Iansiti)による概念定義は、「企業間のネットワーク関係を生物学上のエコシステム(生態系)に例えたものであり、多数の緩やかに結びついた参加者たちが共同の発展と生き残りを目的として、相互依存している状態を表す概念」(Iansiti and Levien, 2004)である。一方、本稿で議論する新

技術の商用化のエコシステムについては、相山・高尾（2011）による「新しい価値システムの構想の実現に対して人工物の開発・生産などによって貢献するエージェントの集合体」という定義の方がより適格的である。よって、特に、大学発ベンチャー起業家が生息することになる環境の健全性に対する評価の必要性を強調するために、本稿では、この概念を採用している。

2) 『日本ベンチャー学会誌』第13号を参照のこと（59-68頁）。

3) 本稿において、ケン・オルセン氏、高橋茂氏を代表的事例として選択した理由は、彼らがトランジスタのコンピュータへの導入を担当した責任者であった点である。コンピュータの発展は、主に、大学研究者の起業によってなされ（Ceruzzi, 2003）、また、コンピュータ史において最も重要な新市場型破壊的イノベーションを創出した技術の1つが、トランジスタとされている（Christensen, 2003）。その点、本稿では、トランジスタを、結果的に、「大学発ベンチャーの仕組みを創出した基盤技術」と認識している。

DECの事例を、大学発ベンチャーの代表例とする理由は、第1に、大学研究者による起業で、第2に、ベンチャー・キャピタルが支援（出資）し、第3に、上場をしたこと、以上、3点である。スタンフォード大学のフレデリック・ターマン（Frederic Terman）教授が支援したヒューレット・パッカード社等の事例もあるが、DECはベンチャー・キャピタルが登場する契機になった点において、大学発ベンチャーの源流と位置付けられている（Robert, 1991; Etzkowitz, 2002; Shane, 2004）。

また、後述するが（5.1.2）、大学において軍事研究を推進したのは、MIT副学長のバネバー・ブッシュであり、スタンフォード大学のターマン教授はブッシュの教え子にあたる。ブッシュと同じく、ターマン教授も軍事研究を推進したことで知られる。したがって、現在、起業家の大学（entrepreneurial university）と呼ばれるMITやスタンフォード大学は、彼らがその基盤を創ったと考えられている（Robert, 1991; Etzkowitz, 2002; Shane, 2004; 上山, 2009; 西澤, 2012）。

本研究において、DECの比較対象として電気試験所を選択した理由は、トランジスタ型コンピュータという同じ技術条件であったこと、また、電気試験所から大企業への技術移転が日本における新技術の商用化を実現するための手段となっていたことによる。米国におけるMITリンカーン研究所と日本における戦前の電気試験所は、軍事技術を担った歴史がある。どちらにも、優秀な学生が全米や全国の大学から集められていた。研究所や試験所で一定の経験を積んだ後、後進を指導するために、大学へ赴任するというキャリア・パスになっており、研究者人材を育成する機能があったと考えられる。これらの事情を踏まえて、本研究の焦点は、大学を拠点とする事業化にあるのではなく、新技術の商用化を促進するエコシステムにあることは留意されたい。

4) 詳細は、iRobot社サイトを参照のこと。

<http://www.irobot.jp.com/irobot/>（2012年2月25日確認）

5) 詳細は、国際レスキューシステム研究機構サイトを参照のこと。

<http://www.rescuesystem.org/>（2012年2月25日確認）

6) 2011年7月26日インタビュー

【参考文献】

- 相磯秀夫他編（1985）『国産コンピュータはこうして作られた：1960年～1985年の開発の流れと新世代への展望』共立出版。
- 相田洋（1991）『NHK 電子立国日本の自叙伝〈上〉』日本放送出版協会
- Arthur, W. Brian（1994）*Increasing returns and path dependence in the economy*, University of Michigan Press
- 今井和彦（1989）『我が志の第5世代コンピュータ—渕一博とICOTの技術戦士たち』阪急コミュニケーションズ
- Bell, C. Gordon and Allen Newell（1971）*Computer Structures: readings and examples*, McGraw-Hill.
- Ceruzzi, Paul E.（2003）*A History of Modern Computing*, 2nd edition, MIT Press.
- Chesbrough, Henry W.（2003）*Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Press
- Christensen, Clayton. M.（1997）*The Innovator's Dilemma: When new technology cause great firm to fall*, Harvard Business School Press.
- Christensen, Clayton M. and Raynor, Michael E.（2003）*The Innovator's Solution: Creating and sustaining successful growth*, Harvard Business School Press.
- 遠藤諭（2010）『日本人がコンピュータを作った!』アスキー・メディアワークス。
- Etzkowitz, Henry（2002）*MIT and the Rise of Entrepreneurial Science*, Routledge.
- Etzkowitz, Henry（2008）*The Triple Helix: University-industry-government innovation in action*, Routledge.
- 古川康一編（2010）『渕一博 その人とコンピュータサイエンス』近代科学社
- Gupta, Udayan（2004）*The First Venture Capitalist: Georges Doriot on leadership, capital, and business organization*, Gondolier.
- 廣重徹（1973）『科学の社会史〈上〉戦争と科学』中央公論社、（復刻版、岩波現代文庫、2002年）
- Iansiti, Marco and Roy Levien（2004）*The keystone advantage: what the new dynamics of business ecosystems mean for strategy, innovation, and sustainability*, Harvard Business School Press.

- 情報処理学会歴史特別委員会編 (1998)『日本のコンピュータ発達史』オーム社。
- 加護野忠男 (1988)『組織認識論』千倉書房。
- 加護野忠男 (2009)「地域社会と大学発ベンチャー」『日本ベンチャー学会誌』第13号, 3-9頁。
- 金井一頼編著 (2010)『大学発ベンチャーの日韓比較』中央経済社。
- Kanter, Rosabeth Moss (1983) *The change masters: innovation for productivity in the American corporation*, Simon and Schuster
- Kaplan, Eugene J (1972) *Japan, the government-business relationship: a guide for the American businessman*, U.S. Dept. of Commerce, Bureau of International Commerce.
- 桐畑哲也 (2010)『日本の大学発ベンチャー: 転換点を迎えた産官学のイノベーション』, 京都大学学術出版会。
- Kunda, Gideon (2006) *Engineering Culture: Control and commitment in a high-tech corporation*, Revised, Temple University Publishing.
- Levy, Steven (1984) *Hackers: Heroes of the computer revolution*, Doubleday.
- 成定薫 (1995)「物理部と電子部の設立」『電子技術総合研究所百年史』740-746頁, オーム社
- 西澤昭夫 (2012)「NTBFsとベンチャー企業」(西澤昭夫・忽那憲治・樋原伸彦・佐分利応貴・若林直樹・金井一頼『ハイテク産業を創る地域エコシステム』有斐閣, 15-37頁)。
- 小倉都 (2011)「大学等発ベンチャー調査2010—大学等へのアンケートに基づくベンチャー設立状況とベンチャー支援・産学連携に関する意識—」文部科学省科学技術政策研究所, 調査資料 No. 200。
- Patterson, David A. and John L. Hennessy (2003) *Computer Architecture: A quantitative approach*, 3rd ed., international student ed., Morgan Kaufmann Publishers.
- Rifkin, Glenn and George Harrar (1988) *The Ultimate Entrepreneur*, Contemporary Books.
- Roberts, Edward B (1991) *Entrepreneurs in high technology: lessons from MIT and beyond*, Oxford University Press
- 榊原清則 (2010)「『人工物とその価値』の研究」『組織科学』第44巻第1号, 26-33頁。
- 梶山泰生・高尾義明 (2011)「エコシステムの境界とそのダイナミズム」『組織科学』第45巻第1号, 4-16頁。
- Schein, Edgar H. (1969) *Process Consultation: Its role in organization development*, Addison-Wesley.
- Schein, Edgar H. (1985) *Organizational Culture and Leadership: A dynamic view*, San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Shane, Scott (2004) *Academic Entrepreneurship: University spinoffs and wealth creation*, Edward Elgar Publishing.
- Shane, Scott (2012) Reflections on the 2010 AMR Decade Award: Delivering on the promise of entrepreneurship as a field of research, *Academy of Management Review*, Vol. 37, No. 1, pp. 10-20.
- Simon, Herbert A. (1947) *Administrative Behavior: A study of decision-making processes in administrative organization*, Macmillan.
- Simon, Herbert A. (1996) *The Science of the Artificial*, 3rd edition, MIT Press.
- 高瀬進 (2012)「大学発ベンチャー起業家の熟達に関する事例研究: 瀧和男氏による先駆的スタートアップ」『六甲台論集 経営学編』59巻1号, 1-22頁。
- 高橋茂 (1976)「トランジスタ計算機 (ETLMark III~VI)」『情報処理』17巻2号, 133-141頁。
- 高橋茂 (1996)『コンピュータクロニクル』オーム社。
- 高橋茂 (1998)「日本でのコンピュータのはじまり」(情報処理学会歴史特別委員会編『日本のコンピュータ発達史』オーム社, 27-39頁)。
- 高橋茂 (2003)「通産省と日本のコンピュータメーカ」『情報処理』44巻10号, 1069-1077頁。
- 高橋茂・寺尾満・洲一博・山田昭彦・和田英一 (2010)「オーラルヒストリー・和田弘氏インタビュー」『情報処理』51巻7号, 870-877頁。
- 瀧 和男編 (1993)『第五世代コンピュータの並列処理: 汎用並列処理への道、言語・OS・プログラミング』共立出版。
- 戸田 巖・松永俊雄 (2003)「電電公社のコンピュータ開発」『情報処理』44巻6号, 631-639頁。
- 上山隆大 (2010)『アカデミック・キャピタリズムを超えて: アメリカの大学と科学研究の現在』NTT出版。
- 鶴岡直哉・浦城恒雄・松永俊雄・山田昭彦 (2011)「オーラルヒストリー・西野博二氏インタビュー」『情報処理』, 52巻12号, 1554-1560頁。
- 浦城恒雄・小高俊彦・河辺峻 (1985)「日立製作所」(相磯秀夫他編 (1985)『国産コンピュータはこうして作られた: 1960年~1985年の開発の流れと新世代への展望』共立出版, 95-122頁。)
- Utterback, James M. (1994) *Mastering the Dynamics of Innovation: How companies can seize opportunities in the face of technological change*, Harvard Business School Press.
- Venkataraman, Sankaran, Saras D. Sarasvathy, Nicholas Dew and William R. Forster (2012) Reflections on the 2010 AMR Decade Award: Whither the promise? Moving forward with entrepreneurship as a science of the artificial, *Academy of Management Review*, Vol. 37, No. 1, pp. 21-33

(論文受理日:13.2.25 採択日:13.7.30)

担当審査編集委員: 稲葉祐之)