

日本 MOT 学会による査読論文 (2007-7)

# テクノロジー・プッシュ・イノベーションの 3 Step モデル — 大学発スピンオフ企業インキュベーション戦略の構築 —

## Tree Step Model of Technology-Push Innovation — The Strategy for Incubation of Academic Spin-off —

渡辺 孝

Takashi Watanabe

### 要 旨

テクノロジー・プッシュ・イノベーションは、一般的には成功しないといわれるが、大学発スタートアップを事例にイノベーション・プロセスを 3 Step に分解し、マーケット・プルへの転換を明示的にマネジメントすることにより、スムーズな成長戦略を構築できることを示した。

### ABSTRACT

The innovation policy in these days has focused on the role of the Universities and Research organizations. But in many cases, this policy implicitly premises that Linear Model or Technology-push Innovation is effective. On the other hand, the analysis of business enterprise's innovation said that success cases of technology-push are rare. It is necessary to investigate the process of University innovation to create the strategy which will increase the effectiveness of government R&D investment to Universities. That process is divided to Three Step : Innovator Step, Entrepreneurs Step and Commercializing Step. The analysis of Universities spin-off cases revealed the process how Technology-push would convert to Market-pull. The most important factor is the commitment of an external business experienced entrepreneur in Innovator Step.

キーワード：イノベーション、リニアモデル、テクノロジー・プッシュ、大学発スタートアップ

### 1. はじめに

イノベーションによる経済活性化が世界各国共通に追求され、日本でも大きな政策課題となっている。なかでも、研究開発主体として大学および公的研究機関（大学等という）の役割に大きな焦点が当てられている。しかし、多くの過去の研究により、基礎研究→応用研究→開発というリニアモデルはイノベーションとの関係では直接的な連動性は乏しいという考え方が一般的である（Godin, 2006）。つまり、大学等への R&D 投資増加が直ちにイノベーションに結びつくとは限らない、という考え方である。一方、サイエンスリンケージの議論（児玉, 2003）に見られるように、大学等の研究蓄積の成果を活用した特許出願も多く、これらがイノベーションに結びついているケース

も存在する。基礎研究の蓄積から生まれる新たな知見が、基盤的技術につながり、非連続な技術としてのイノベーションの機会に結びつくプロセスをテクノロジー・プッシュと呼ぶが、本論ではそのイノベーションダイナミズムについてイノベーション・プロセスが明示的に観察できる日米の大学発のスタートアップ事例をもとに論じ、テクノロジー・プッシュのイノベーション・プロセスを 3 Step で表現するモデルを提案する。合わせてモデルから抽出される課題を提示する。

### 2. テクノロジー・プッシュとマーケットプル

研究から生まれる新しい機会が応用と開発の源泉となり、それがイノベーションに結びつく〈テクノロジー・プッシュ〉と、市場が新しい何かを求める機会に対処し問題解決のために技術を開発する〈ニーズプルあ

るいはマーケットプル〉の二つの概念がある。このどちらがイノベーションの基盤となっているかの論争があるが (Utterback, 1974)<sup>1</sup>、産業発展の初期と成熟期で異なる (Coombs, Saviotti & Walsh, 1987)、あるいは両者の相互作用のダイナミズムのプロセスを重視すべきである (Tidd, Bessant & Pavitt, 2001) 等この概念の限界に言及している。

技術と市場の相互作用がイノベーション・プロセスではあるが、大学等の研究成果とイノベーションとの関係を考察する際には、創出されたイノベーションを誘発した起源が重要となる。その起源のあり方のなかに大学等の研究に関する役割が内在していると考えられるからである。Bower (2002) は、バイオテクノロジーの遺伝子組み換え技術とビジネスとの接点を構築した Genentech 社を事例とし、テクノロジープッシュがマーケットプルに転換するプロセスを分析している。テクノロジープッシュの起源とは、イノベーターがビジネスとの接点を考え付いた時点において、特定技術をベースに思考したかどうかによって決まる。一方、マーケットプルとは、現状では満たされていない需要に対応するために技術要素を探索したかどうかである。

ベンチャーキャピタルの投資対象となっていた企業で、米国ナスダック市場に上場する企業のほとんどはソフトウェア開発や半導体設計企業等の情報通信技術開発企業および医療関連企業である<sup>2</sup>。情報通信やメディカル・デバイスは基本的にはマーケットニーズを起源としている。成功事例を見る限り、テクノロジープッシュは少数派であるが、その技術は大学等の研究成果が明示的に結びついている。テクノロジープッシュとマーケットプルの違いを明確にするために、以下で 2005・2006 年に米国ナスダックに上場した大学発の 2 事例を概観する。

iRobot 社は、MIT の現在人工知能の研究所長である Brooks 氏の教育を受けた Angle 氏が 1990 年に設立した。後にやはり同じ教育を受けた Greiner 氏が参画し、当初は学生向けのロボット技術の学習キットの販売から事業を開始した。次に DARPA (The Defense Advanced Research Projects Agency) などからの受託研究に発展、その成果は 1997 年の小型で持ち運び可能な偵察ロボットの完成となる。さらに、事業拡大のためには消費者向け製品を開発する必要があるとの考えから、まずは玩具企業と共同でロボット人形を開発した。このときに製造やコスト管理など様々な消費財開発の経験を積み、2001 年には掃除ロボットの開発に着手する。大企業との提携も試みたが自力で開発する自信もあり、独自開発に踏み切る。その後、2002 年、この掃除ロボットが評判となり、売上高は 2002 年の 15 百万ドルから 2003 年には 54 百万

ドルに急増、2005 年にナスダック市場に株式公開、2006 年売上高 189 百万ドルに成長した。国防関連の偵察ロボットもアフガニスタンやイラクで実際に活用されている。イノベーションはほぼ完結したと言える。ロボット技術をもとに事業を開始した時点では、ターゲットとする市場は明確ではなかった。創業者のインタビューでは「身近に使われるロボットの開発を夢にしていた」<sup>3</sup>との思いはあったものの、事業戦略ではなかった。

Visicu 社は、Johns Hopkins 病院の 20 年の経験を持つ集中治療室 (ICU) 専門医 2 名が、ICU 管理システムを構築し、1998 年に設立、2000 年 6 月に最初のシステムを導入した。この技術は、1 人の専門医が 2 人の看護師とともに 100 人の患者を治療可能なシステムである。死亡率を 30% 下げ、25% のコスト削減、限界利益を 56% 向上させる効果を持つ。2006 年にナスダック市場で株式公開、2006 年売上高は 13,458 千ドル、経常利益が黒字に転換し純利益 6,022 千ドル達成、イノベーションがほぼ完結するステージに入ったと言える。このイノベーションの特徴は、集中治療室の効率化と高度化を達成する目的を事業着手時点から明確に持ち、活用できる要素技術を組み合わせている。つまり、iRobot 社のようにある特定技術の存在が前提となっているわけではない。事業展開においてターゲット市場に向けて直線的にマーケティングされている。これがマーケットプルの特徴である。

iRobot 社ではまず技術が先に存在し、Visicu 社ではまず市場が先に存在したという起源の違いが、イノベーション・プロセスの違いとなって現れる。iRobot 社の特徴は、マーケットプルに転換していく試行錯誤プロセスである。〈学生向けツール→政府からの受託→小型偵察ロボット→人形ロボット→掃除ロボット→メインマーケットに到達〉というターゲット市場を切り替えていく軌跡である。

テクノロジープッシュの起源となる技術は、大学等でのオリジナリティと最先端性を競い合う中から生まれるものであり、基本的に次世代産業に役立つかもしれない種類の技術である。それを取って First Mover としてビジネス化するチャレンジである。このチャレンジには二つのタイプが存在する。一つは上記 iRobot 社のように、試行錯誤の中で市場を見つけていくタイプと、ターゲット市場は決まっているが、技術的実現性が極めて不確実なタイプである。後者の典型がバイオ創薬ビジネスであり、極めて多くのスタートアップスが大学から生まれたのは周知である。ただし、その不確実性があまりに大きいため最近の米国ナスダック市場へ上場するバイオ創薬案件はこの不確実性を低減したマーケットプルに則したものが中心となっている (渡辺、2007)。バイオ創薬のよ

うにテクノロジープッシュがすべて、市場開発に向けて試行錯誤するわけではないが、機器システムなどに組み込まれるコア技術のタイプは、この原則に合致する。以下のテクノロジープッシュは、この試行錯誤に直面するタイプを対象として分析する。

### 3. 3 Step モデル

Utterback (1974) はイノベーションプロセスを次のような5段階で捉えている。① Generation of an idea、② Problem-solving、③ Development、④ Implementation、⑤ Diffusion (論文では②と③、④と⑤をまとめ3段階モデルとしている)。大学等研究組織に着目すると、①～③までは発明研究者が深くコミットするステージであり、特に①と②および③の途中までは大学等内部で実現可能である。市場動向を無視しているわけではないが、仮想される特定ニーズを満たすための技術開発を中心に進められる。本稿ではこれを Innovator Step と呼ぶ。次が④に相当し、開発した製品を販売するステージで最初の製品売上を計上する。同時に市場ニーズに対応した製品改良などが推進される。ここでは技術開発以上にマーケティングが重要となり、スタートアップスであればベンチャーキャピタルからの多額の投資を受けながら企業経営責任者の位置づけが際立って高まってくる。これを Entrepreneur Step と呼ぶ。テクノロジープッシュの場合、市場ニーズに向けた試行錯誤のチャレンジが進み、あるいは経済環境の変化で事業の価値が急に高まる。最後が⑤に相当し、市場ニーズに合致した製品が本格的に売れ始め、飛躍的に製品売上が増加するステージに到達する。これを Commercializing Step と呼ぶ。

各 Step を需要側から見ると、Rogers (2003 fourth ed.) が定義した、① Innovators、② Early Adopters、③ Early Majority、⑤ Late Majority、⑥ Laggards における①～③に対応する。Innovator Step では、最初のユーザーと想定される需要側の Innovator と開発側の Innovator との連携が行われる。イノベーションに関する深い知識を持った初期のユーザーが購入するのが Entrepreneur Step である。マーケティングの視点で見ると Moore (1991) は先端情報通信機器システムに関し、②から③への移行が最も難しく、事業が花開くかどうかを決めるステップであるとし、ここには大きな Chasm(崖)が存在し、その Chasm の渡り切る戦略を説いている。Chasm を渡り切るステージが Commercializing Step である。

### 4. ケーススタディ

上記3 Step モデルに即して、日本の大学等発スタートアップスのテクノロジープッシュ3事例、マーケットプル2事例について、各 Step 間の特徴とテクノロ

ジープッシュの特徴との関係を解析する。

#### 事例 A 社 (固体レーザー半導体の開発)

〈Innovator Step〉 公的研究機関での電子制御波長変換技術の発明を契機に、この技術発明者は上司と共に1996年に起業。

〈Entrepreneur Step〉 2000年に経営が行き詰まり、経営コンサルによる指導を受けてターゲット市場をLD励起分野変更し、新たな研究開発を成功させた。

〈Commercializing Step〉 事業内容の転換により市場ニーズに即した製品ラインナップにより、成長軌道に入り、資本金規模も252百万円(2006年12月)に拡大。株式公開も視野に入ってきた。

〈特徴〉 Entrepreneur Stepにおいて、当初想定した市場とは異なる市場に転換し〈波長変換素子→LD励起レーザー〉、換言すればマーケットプルへの転換を成功させ、Commercializing Stepへの足がかりをつかんでいる。

#### 事例 B 社 (トランスポータータンパク膜の開発)

〈Innovator Step〉 細胞内への物質の出入りを制御するトランスポータータンパク膜<sup>4</sup>の研究室成果をもとに医薬品化合物とタンパクの作用の試験プラットフォームが完成させ2002年に起業。試験プラットフォームとしての効率的機器システムの開発・販売を想定し、当面は製薬企業からの受託研究を推進。

〈Entrepreneur Step〉 設立1年後にCEO交代を契機に、新規試験方法の探索、この分野の研究の草分けの研究者との関係強化、タンパク膜の特許調査と新発見タンパク膜のライセンス取得等々、多角的戦略を実施して、最初のビジネスとして試験用タンパク膜をキット化して製薬企業に販売する戦略に転換した。2005年秋、複数の排出型タンパクキットを製品化し、販売開始。2006年後半から国際展開を図るべく人材をリクルートして国際マーケティングを強化するとともに、受託単価が高いGLP対応試験の準備を開始した。

〈Commercializing Step〉 キットの国際販売、GLP対応試験の基盤整備が順調に進めば、Chasmを越えてこのStepに入ることができる。

〈特徴〉 Entrepreneur Stepにおいて新CEOリードによる試行錯誤と方針転換により、国際的競争力を持ちうる製品ラインナップの充実を実行している。市場に到達するまでの試行錯誤〈機器システム開発→受託→膜キット→GLP〉により、ターゲット市場を明確にして、マーケットプルへの転換を行っている。

#### 事例 C 社 (高精度かつ安定な光多重波の発生機器システムの開発)

〈Innovator Step〉 1999年にJSTのプレベンチャー事

業に採択され、光コム発生器（櫛状に光が発信されるので Comb と呼ぶ）の試作を成功させ 2002 年に起業。当初は光多重通信への適用を想定していた。

〈Entrepreneur Step〉 国際マーケティングのできる人材が VC の紹介で入社し、2004 年に CEO に就任。当初想定したインターネット通信における光多重通信が IT バブル崩壊で進捗せず、機器メーカーとの提携による光コム発生器モジュール販売の可能性は見込み薄となり、最終製品としての光周波数高精度測定機器システムを独自に開発した。しかし、これは専門的研究用途ニーズ向けであることから、技術的優位性をアピールできても売上に寄与するものではなく、2005 年秋時点で、技術陣も含め R&D 主体からマーケティング主体の方針に戦略転換した。

〈Commercializing Step〉 高精度周波数の光の安定な機能が顧客の信頼を得て、これがマーケティング上の武器となり、検査工程や医療検査機器などへの用途が開けつつある。これが実現すると Chasm を越えることができる。

〈特徴〉 Innovator Step における市場ニーズが環境変化により顕在化せず、最終製品開発に方針転換したが売上への貢献は少なく、マーケティング主体の体制により顧客ニーズの掘り起こしに成功しつつある〈光多重通信→波長計測機器→安定化光源〉。まさに市場との相互作用によるマーケットプルへの転換である。

以上のテクノロジープッシュ 3 事例で見ると、Innovator Step での成果が Entrepreneur Step に直ちには結びつかず、業界とのネットワークを持つビジネス系人材との密接な連携のもとでのマーケットプルへの転換を果たすことにより、市場規模の大きなビジネスへの足がかりをつかんでいる。

次に、マーケットプルの 2 事例を見る。

#### 事例 D 社（生体信号デジタル化の研究開発および健康食品の臨床検査）

食品企業は臨床開発のノウハウがなく、生体信号デジタル化の研究の延長として創業者 DX 氏の大学研究室で食品の健康への効果測定などの受託研究を目的に 1994 年に起業。1997 年ブルーベリーの眼精疲労効果を証明。トクホ食品臨床検査事業を拡大。2001 年、有限会社から株式会社に変更し、事業本格化。トクホ市場の成長のなかで業容が拡大。2003 年 12 月 東証マザーズ上場。2006 年 6 月期売上高 23 億円。2006 年、化粧品会社を買収し、新たに化粧品の製造販売事業に進出し、創業期から事業の多角化に向けた事業拡大路線に移行した。

〈特徴〉 事業着手時点からトクホ食品臨床検査市場への対応を一貫して追及しており、Visicu 社と同様に、

事業内容面では各 Step においてターゲット市場の変更は無い。

#### 事例 E 社（食品工場等オンサイト処理廃棄物発電機器システムの開発）

中小企業が小型オンサイト処理廃棄物発電装置の開発に着手したが、乾留ガスのタールの処理に行き詰まり、大学の研究室と共同研究を開始。開発は中小企業規模では資源の制約から困難であると判断し、スタートアップ企業を設立。大学技術であるタール除去の水生ガス生成プロセスの改良研究を続け実用化の目処をつけた。さらに、受注活動の中で、発電よりも油化して自動車燃料に使用するニーズが強いことが判明し、他大学の研究成果を活用すべく、新たな資金調達を受けてプロセス開発に着手。この廃棄物油化装置が完成すると、受注候補が多く存在することから、マスマーケット参入が可能などころまで来ている。

〈特徴〉 有機廃棄物を処理事業者に引き取り依頼するのではなく、工場等廃棄物発生現場で電力や軽油などに転換するニーズへの対応を、開発着手時から一貫して追及している。

以上のようにマーケットプルは当初よりのターゲット市場を一貫して追求しているのに対し、テクノロジープッシュは新市場開発がイノベーションプロセスの重要な要素となっている。このとき Innovator Step から Entrepreneur Step への移行、および Commercializing Step への足がかりの構築をスムーズに進めるためには、市場にアクセスする当該業界に人的ネットワークを持つ人材の参画が重要である (Locken, Wright & Franklin, 2003)。かつ、効果的なターゲット市場を探索するプロセスが必須であり、そのための試行錯誤が付き物となる。一方、マーケットプルにおいてはターゲット市場が明確であることから、いち早く製品投入する必要があり、試行錯誤は失敗につながりやすい。ターゲットとする市場は第三者にも認識されやすく、技術開発ハードルが低いと競合に負ける。また、技術ハードルが高すぎると製品出荷する前に行き詰ってしまう。米国の半導体設計スタートアップ企業が、起業後 2～3 年で製品出荷まで漕ぎつけている事情は、競合への戦略である。

テクノロジープッシュにおける Innovator Step は、大学等の組織内部でも行うことができる。しかし、現状の大学の環境下では、現実の市場との接点は希薄である。その結果、大学発スタートアップ企業の場合は、Entrepreneur Step での試行錯誤が著しく長期化することにつながる。それを回避するためには、イノベーターである創業者自身が業界ネットワークを構築するか、ビジネス系人材がコミットし触媒となるかのどち



らかである。iRobot 社、A 社、B 社はコンサルや TLO の指導を受け学習し、イノベーター自身がビジネスネットワークを構築、C 社はビジネス系外部人材が参画している。このように、テクノロジープッシュとマーケットプルでは、起業家人材のあり方も異なってくる。

### 5. 3Step モデル化の考察と今後の課題

既存企業からの視点でイノベーションを考えた場合、マーケットプル重視が戦略論としては当然であるが、クリステンセンが指摘する Disruptive なイノベーションでは新しい科学的発見・発明に依存するケースが存在する。

Linear Model は自動的に存立しないが、触媒的人材が関わるにより、テクノロジープッシュをマーケットプルに効果的に転換できる可能性がある。そこに戦略性がなければ、大学等に期待するイノベーション政策は絵に描いた餅となるであろう。この分析では、テクノロジープッシュのイノベーション・プロセスを 3 Step モデルで解析した。上記触媒機能が最も発揮されるのは Entrepreneur Step であるが、Innovator Step においてビジネス系人材のコミットを強めることにより、その移行をスムーズにさせることができることを示唆している。多くのケースは Innovator Step で止まってしまうが、それは市場とのコミュニケーションをする触媒が欠けているからである。

産業技術総合研究所（ベンチャー開発戦略研究センター、2007）では、事業機会に結びつく発明（シーズ）の発掘から企業の設立・経営までのプロセスに一貫して参画するスタートアップ・アドバイザー（SA）を招聘し、各 Step を効率的に進めるプログラムを国の科学技術振興調整費の支援を受けて試行した。2～3 年間で製品試作とプレマーケティングを行い、顧客候補が存在することを確認して企業を設立する仕組みである。SA が Innovator Step から関与することで市場との関係を早めに築くことにより、試行錯誤をこの段階で潜り抜けることで効果的に Entrepreneur Step にスムーズに移行し、さらにこの段階での試行錯誤を最小化することで Commercializing Step への移行を早くする想定である。2003 年からの事業であり、企業設立も 2005 年から始まったもので、Commercializing Step に至るには時間が必要であり、今後の追跡調査が必要であるが、創業当初からベンチャーキャピタルの投資を受けるなど Entrepreneur Step への移行をスムーズに進めている案件を生み出している。

本稿では、この 3Step モデル化によってテクノロジープッシュのイノベーション・プロセスをより可視化し、課題を浮き彫りとすることができるとともに、ビジネス系人材のコミットによるマーケットプルへの転換をケーススタディにより示した。しかし、数少ない

ケースからの議論であり、分析としての限界がある。日本での成功事例が乏しいこともあり、ケース選択は困難が伴うが、産業技術総合研究所のケースも含め追跡調査を継続することにより、モデルから外れる例外事象も含め一層の検証が必要である。

（わたなべ たかし）

#### 《注釈》

- 1 Utterback は、新しい科学や先端技術を機会の源泉とするイノベーションは 20～40% であり、残りは市場ニーズへの対応であるとしている。
- 2 米国ナスダック市場への VC 投資先 IPO 企業リストは、下記の URL で確認できる。<http://venturecapital.dowjones.com/press/statistics.html>
- 3 Leigh Buchanan (2003) "Death to Cool" Inc.com - The Daily Resource of Entrepreneurs の記事 <http://www.inc.com/magazine/20030701/25642.html> 参照
- 4 細胞への物質吸収を促進する吸収型の種類と、細胞が取り込むべきでないと認識する物質を、物質進入直後にこのタンパクが活性化して物質排出をする排出型の種類があり、それぞれ数多くの種類が存在する。

#### 〈参考文献〉

- 1) Bower D.Jane (2002) "Matching technology push to market pull : strategic choices and the academic spinout firm" Int. J. Entrepreneurship and Innovation Management
- 2) Coombs Rod, Saviotti Paolo and Walsh Vivien (1987) "Economics and technological Change" Mcmillan
- 3) 児玉文雄 (2003) 「選別の時代」技術と経済 (2003 年 7 月)
- 4) Godin Benoit (2006) "The Linear Model of Innovation : The Historical Construction of an Analytical Framework" Science, technology & Human Values
- 5) Locken A., Wright M. and Franklin S. (2003) "Technology Transfer and Universities' Spin-Out Strategies" Small Business Economics
- 6) Moore Geoffrey A. (1991) "Crossing the Chasm" Harper Business
- 7) Rogers Everett M. (2003) "Diffusion of Innovation" Fourth Edition, Free Press
- 8) Tidd Joe, Bessant John and Pavitt Keith (2001) "Managing Innovation" John Wiley & Sons, Ltd.
- 9) Utterback James M. (1974) "Innovation in Industry and the Diffusion of Technology" Science
- 10) 渡辺孝 (2007) 「企業化戦略」オーム社
- 11) 産業技術総合研究所 ベンチャー開発戦略研究センター (2007) 「ハイテクスタートアップスの創出戦略」