

## 大学院教育としてのMOT

芝浦工業大学・大学院教授  
工学マネジメント研究科長  
児玉文雄

### 1. はじめに

数年前までは、技術経営（MOT, Management of Technology）の必要性を語るのに使われたのは、日本企業の国際競争力の弱さと知的財産を創出する活動の大きさとの間にある、極端なギャップを強調したスイスの国際経営研究所（IMD）の調査であった。しかし、「失われた10年」が現実化したことを踏まえれば、MOTの必要性を語る（海外の研究者による調査を借りる）時代は過ぎたと言えよう。今や、MOTの必要性は所与のこととして、本質的な中味の議論に入るべきである。

この認識は、筆者だけのものではなく、日本の産業界においては、常識化している。ちなみに、日本の経済界の総本山である日本経団連の奥田碩会長が、8月4日付けの日本経済新聞に書かれた「産学、新時代の連携を」から引用すると、次のようになる。「我が国の産学連携は既に導入期を終え、いよいよ具体的成果を生み出す時期に入りつつある。・・・新しいステージを迎えた産学連携の第一の課題は、人材の育成である。・・・わが国では、科学技術を産業界へと結びつける経営感覚のある技術者が少ないと指摘されて久しい。」と言及された後で、「わが国においても、MOTコースを早期に普及させる必要がある」と結論されている。

## 2. 「MOT」と「mot」

さらに、奥田氏の記事を注意深く読むと、「米国では、大学院教育として、技術経営（MOT）コースが数多く設置され、技術に関する知識とともにマネジメント能力を兼ね備えた人材を育成している。わが国においても、このMOTコースを早期に普及させる必要がある」と、技術経営の大学院教育としての確立を主張されていることに気づく。すなわち、単なる実務の経験知としての「技術を経営すること」これを筆者は、小文字で「mot」(management of technology)と表記する が必要なのではなく、実務経験の科学的分析を通して普遍的な知識として体系づけられている「技術経営」これを大文字で「MOT」(Management Of Technology)で記す が「失われた10年」を離脱するために必要とされているのである。

このような状況を反映して、いくつかの大学において、MOT教育のコースが企画されている。この中で、専門大学院として発足したものは、早稲田大学大学院アジア太平洋研究科のテクノロジー・マネジメント専修プログラムと、私が所属している芝浦工業大学大学院・工学マネジメント研究科の二つである。来年度には、数校でMOTに関連する専門職大学院の発足が企画されていると聞いている。

## 3. CTOとCEO

芝浦工業大学のMOT大学院の特別講義で、芝浦メカトロニクス（株）の角忠夫氏を特別講師としてお願いした。同氏は社長として、芝浦モートルで代表される電動機の日本の元祖であった芝浦製作所を、液晶や半導体等のエレクトロニクス製造装置メーカーに変身させるという企業改革を、5年間で見事に実現された。MOTとしては理想的な実績をお持ちの方である。講義の題目は、「MOT元年」というものであったが、その中で角氏は、MOT教育は、CTO（Chief Technical Officer）の育成だけでなく、本来は、CEO（Chief Executive Officer）の育成を目標とすべきである

ことを繰り返し強調された。

それでは、CEOの決断とはどのようなものであろうか。もとより、筆者は社長というものを経験したことは一切ないが、これはと思う文節に遭遇したことがある。それは、日本のメモリー産業の攻勢により瀕死の状態に陥り「死の谷」を迷い歩いていたインテル社を、その戦略的転換により、不死鳥のように再生させるという快拳を成し遂げた、グローブ氏の回顧録に出て来る一節である<sup>1</sup>。多少長くなるが、重要なので正確に引用する。[目標もなく迷っている状態が既に1年近く続いていた、1985年のある日のことだ。私は自分のオフィスで、我が社の会長兼CEOであったゴードン・ムーアとこの苦境について議論していた。そこには悲観的なムードが漂っていた。私は窓の外に視線を移し、遠くで回っているグレート・アメリカ遊園地の大観覧車を見つめてから、再びゴードンに向かってこう尋ねた。「もしわれわれが追い出され、取締役会が新しいCEOを任命したとしたら、その男は、いったいどんな策を取ると思うかい？」ゴードンはきっぱりとこう答えた。「メモリー事業から撤退するだろうな」。私は彼をじっと見つめ、無感覚のうちに、こう続けた。「気持ちを切り替えて、われわれの手でやろうじゃないか」]

この決断の本質はどこにあるのだろうか。自分たちが引き下がったと仮定することにより、過去の成功体験の延長線上でしか考えられなかった漠然とした思考を断絶でき、理論上は存在し得る選択肢についての思考実験を行うことができた点にあると筆者は考える。このことは、大きな転換を強いられるような状況においては、過去の断片的な経験が必ずしも有効ではないことを示唆している。過去から断絶しようとする思考実験で役に立つのは、過去の経験を科学的分析で普遍化することを通して蓄積されてきている知識体系であると言えよう。

そこで思い当たるのが、筆者が1992年にスタンフォード大学の客員教授として、工学部の学部学生を対象として開講した「日本のハイテク技術開発の分析」という、講

義に対して受講生が示した積極的な深い理解であった。技術開発やその商業化についての一遍の経験もない、二十歳になったばかりの青年が、なぜ技術開発のプロセスとそのマネジメントの分析に強い興味を示し、こちらの言わんとすることを理解できるのでしょうか。このような単純な疑問を、当時の筆者が抱いたことを鮮明に記憶している。スタンフォード大学工学部の学生の大部分は、特定の分野の工学を習得した後に、自分が開発したかあるいは興味を持つ技術を基にベンチャー・ビジネスを立ち上げることに、工学部に入る前から興味をもっており、あるいはそれを明確な目標にして工学を学んでいるのである。すなわち、技術をマネージするという疑似体験を試みるという心の準備ができていることに気づき、この疑問は筆者にとっては氷解したのである。

#### 4. 「死の谷」は存在するのか

米国の下院科学委員会の報告「Unlocking Our Future」の中で、同委員会副議長のVernon Ehlers 議員が、連邦政府の資金供給の対象である基礎研究と民間企業が行う応用研究開発の間のギャップがますます拡大していくという現象を表現するために、「死の谷」(Valley of Death) という比喻を用いた。この比喻が日本にも導入されて、昨今の技術政策や技術経営の議論の中では、「死の谷問題を如何に克服するか」という形で取り上げられることが多い。

筆者はこのような議論の仕方に大きな疑問を感じている。第一に、「死の谷」問題は、どの分野にどのような形で存在するのかのきめ細かな調査をしなければ、科学技術政策立案の根拠としては使えない。第二に、それをどのように克服したかの事例研究がなければ、技術経営にはほとんど無益な議論である。そこで、本節において前者の問題を、次節において後者の問題を取り上げて、科学的分析に基づくMOT教育が如何に有効かを例示してみよう。

「死の谷」という比喻は、すべての技術は科学研究から出発するという、いわゆる、技術革新の線形モデルに依拠している。この線形モデルは、技術分野によって大きく異なるにもかかわらず、分野を一律に取り扱う乱暴な政策論議に出会うことが多い。1990年代になり商業化が顕著になってきたバイオ技術の特異な性格に、科学技術政策論議の全体が大きく左右されていると感じるのは、筆者だけではないだろう。

そこで、1993年1月から2001年10月までに公開された二三八万件の特許、1994年1月から2001年10月までの八八万件の特許公報（両方で、CD-ROMで、一一〇〇枚）を対象とした分析を紹介しよう。分野としては、科学技術基本計画で重要分野と指定されている、バイオ技術、ナノテク技術、情報技術、環境関連技術の、四分野である。先に述べた線形モデルがどれだけ成立しているのかを定量的に計測するために、特許が平均してどれくらいの学術論文を引用しているかを調査した。米国の特許データベースでは引用情報を整理した形でフロントページに記載されているが、日本の特許情報においてはそのような整理はない。

このような事情により、日本の特許情報の全文を読まなければ、必要とする分析はできない事が明らかになった。従って、サンプル調査により学術論文への依存度を計測した。上記四分野のそれぞれについて、三〇〇件の特許を無作為抽出し、全体の傾向と比較するため、すべての特許を対象にして無作為抽出した三〇〇件の特許を加えて、全部で一、五〇〇件の特許の全文を目視により調査した。その分析結果を表1に示す。

表から明らかに、特許一件あたりの科学論文引用数（Science Linkage；科学関連度と訳す）については、バイオ技術分野（一特許あたり平均して、11件の論文を引用）が突出しており、第2位のナノテク技術分野の2件の五倍以上である。この2つの分野は、分野を区別しない全特許からの無作為抽出値の0.6を大幅に上回るものである。従って、バイオ技術においては、線形モデルを想定した政策立案には妥当性があり、

ナノテク技術分野においても程度の差こそあれ同様であると言える。但し、後者については現段階の萌芽期においてはという条件をつける必要がある。事実、表の右欄に参考情報として記載してある、ナノテク特許の他の特許への引用数は平均して 7.1 件であり、他の分野を大きく引き離している。

技術分野	被引用科学論文		被引用特許	
	引用数	特許 1 件あたり	引用数	特許 1 件あたり
バイオテクノロジー	3,439	11.46	1,102	3.67
ナノテクノロジー	597	1.99	2,125	7.08
情報技術	95	0.32	927	3.09
環境関連技術	77	0.26	1,193	3.98
無作為抽出	179	0.6	1,749	5.83

表 1 . 科学論文と他の特許への引用数  
 (出典：玉田俊平太、児玉文雄、玄場公規、「日本特許におけるサイエンス・リンケージの測定」(研究技術計画,2001)

これに対して、情報技術分野と環境関連技術においては、だいが事情は異なる。各々の分野の数値は、0.32 および 0.26 であり、無作為抽出値の値と比較しても大きく下回っている。さらに、他の特許への引用件数でも、3.1 と 4.0 であり、無作為抽出値の 5.8 と比べても明らかに低いと言えよう。このことは、この二つの技術分野の商業化においては、「死の谷」問題は科学から技術への移行にあるのではなく、技術とビジネスモデル開発の間にあることを暗示している。

このような分析事例は何を意味しているのでしょうか。科学技術政策の立案や討論は、科学的分析に基づき体系化された知見を基礎にすべきである。しかもそのような知見は、MOT教育・研究を充実させることによってしか、産業社会に体系的には蓄積されていかないことを意味しているのである。

## 5 「死の谷」は避けて通れないのか

技術経営の立場からは、「死の谷」という比喻は、技術の産業化プロセスに不可避的に内在するものなのか、単なる現象論にしか過ぎないのかという問題は重要である。もし現象論であるとすれば、「死の谷」は技術マネジメントの欠陥によりもたらされるもので、だからこそ、MOTの知見を総動員することにより、この問題を克服して行かねばならないし、それができるのである。

事実、筆者といくつかの共著があるハーバード大学のブランスコム名誉教授(L. Branscomb)は、2001年3月7日の米国商務省に所属するNIST(National Institute of Science and Technology)の創立百周年記念式典で、「History and Perspectives」という講演を行った。その中で、前述のEhlers議員の「死の谷」の図を「ギャップの存在とそれを超える際の危険性」を示すものとして紹介しているが、「砂漠は、危険性を強調する点を除いては、このギャップの比喻としては貧弱である」として、「互いに競争している新しい生物で満ち溢れた海」という意味の「ダーウインの海」(Darwinian Sea)の比喻を提唱している。すなわち、発明からイノベーションへの移行過程は、一つの岸から対岸の岸への単一の経路を辿るというように、順調に進むのではない。景気の荒波、アイデア、起業、各種の共同ベンチャーが生まれかつ死んで行くことは、生物における進化と同じように、経済の進化においても本質的なのである。

ブランスコムは続けて、「このような比喻の重要性は、発明を如何にマネージして、イノベーション 新市場における新製品 に到達させるかという点にある。この

点に関して、「死の谷」という比喩は、確かに劇的な効果を持っているが、私にとっては、科学から事業へ道のりの本質を伝えるものではない。この本質とは、不毛の砂漠を越えることではなく、生と死に満ちた荒波を横切るボートによる旅である。サメや嵐の危険と、対岸の富の希望と言ってよい。」と明言している<sup>2</sup>。

MOTの大学院教育においては、科学から事業への長い道のりを、谷に落ちることなく、どのようにマネージするかについての事例研究を教材として提供しなければならない。どこでこれに適切な事例を見つけることができるのであろうか。逆説的に思われるかもしれないが、1980年代の日本企業の技術開発を、新しい概念で科学的に分析した事例分析の中に見つけることができるのである。これを象徴的に例示するため、ブランスコム教授自身が開発した概念を使って、筆者が行った日本における事例分析について述べる<sup>3</sup>。

ブランスコムはIBM社の副社長として在籍した1985年に、日本の民生用エレクトロニクス企業が新しい技術を商品化するプロセスを研究し、これを「トリクル・アップ」(trickle up)戦略と呼んだ。この表現は「トリクル・ダウン」(trickle down)という言葉が基になっており、トリクル・ダウンとは、水がしみ込んで地下に落ちていく、あるいは経済学で比喩的に使われているのは、公共投資によって民生部門の需要を派生するという意味である。トリクル・アップとはその逆のことを意味する。

この戦略は、出来るだけ早い時期に、開発した新技術の製造経験を獲得するために、新技術の応用を低い機能水準と安いコストの製品に、まず限定するという戦略である。そのため、新技術を産業用の高度な市場に向けて開発するのではなく、最初は、一般消費財市場に向けて開発する。しかし、同時併行的に、付加価値の高い製品についての機能学習(functional learning)を行う。このような準備の後に、この新技術の応用を利益率の高い製品や、特殊用途を必要とする市場へと、順次展開していくという戦略である。

## 6 . 技術開発をナビゲートする

フランスコムにより開発された「トリクル・アップ」戦略概念に基づき、日本の技術開発のプロセス分析を筆者が行った事例研究を紹介しよう。一つは、シャープ社などによる液晶技術の開発であり、もう一つは、東レ社などが行った炭素繊維の開発である。両方とも、日本の企業が世界に先駆けて商品化に成功し、世界に広く浸透することになった技術である。

液晶現象は、ヨーロッパで約一世紀前に、純粋な研究的興味の中から発見されたが、液晶を表示技術として利用する基本的アイディアは、米国の R C A (Radio Corporation of America) 社が始めた。しかし R C A は、液晶技術を一般的な「表示方法」という、汎用技術として位置づけていたので、その可能性を試すため、種々の試作品を発表したが、いずれも技術的に未熟なものであり、いずれも商品化は断念している。液晶表示技術を発明したにもかかわらず、R C A 社は表示技術として液晶技術を選択しなかったし、一般の C R T (Cathode Ray Tube) を生産するメーカーも、同様の選択をしている。ラジオやテレビ等の二〇世紀を代表する技術群を次々と市場に導入することに成功したという、輝かしい記録を持つ R C A 社にとっては、「死の谷」は意識としては存在しなかったのであろうし、まして、その谷に自らが陥ることなど夢想だにしなかったのであろう。

「死の谷」に陥った液晶技術を表示装置に応用する技術開発は、日本の専門メーカーによりなされることになった。電卓メーカーのシャープは、ポケット電卓に向けて熾烈な競争を行っていた。そこでは、小型薄型化とともに省電力化が競争の鍵であった。乾電池で 10 時間しか持たない電卓では、持ち運びができないからである。そこで、液晶表示技術および集積回路技術に的を絞った結果、液晶技術による長寿命電卓の商品化に成功した。液晶表示関連の技術を製品に応用できるまでに育て上げ、量

産が可能になる技術を開発したのは、日本の電卓および時計の専門メーカーであった。この二つの製品での液晶表示の成功が、液晶の有効性を世界に示すと同時に、長寿命・安定的な液晶表示技術の基礎を確立させることになった。その後の液晶技術は、大画面化、高精細化、高速特性、カラー化、表示の見やすさの各方面において、技術革新が進行して、「汎用的」な表示技術の主流になっていることは周知の通りである。

液晶技術の開発においては、日本の専門メーカーの長期にわたる技術開発により、商品化されたのであるが、「死の谷」問題を避けて通るという技術戦略としての意識が、最初から明確であったとは言い切れない面もある。「死の谷」問題を、技術開発の初期段階で認識し、技術開発を巧妙にマネージした事例としては、炭素繊維の開発事例を挙げることができる。炭素繊維技術については、米国、英国、日本でほぼ同時期に基礎研究が開始された。製品化については英国のロールス・ロイス社が先行し、ジェットエンジンのファン・ブレードに応用した。しかし、同社のエンジンを搭載した米国のロッキード社のトライスターは、鳥打ち込み試験 ( bird strike test ) でファンブレードが破壊され、連邦航空局の耐空性審査基準を満足できなかった。ロールスロイス社は倒産し、ロッキード社も財務危機に遭遇した。まさしく、「死の谷」に転げ落ちたのである。

炭素繊維の基礎研究に着手し、パイロットプラントへの大規模投資をしていた東レ社は、日本には航空機産業が不在のため、まもなく大きな困難に遭遇した。しかし、ゴルフクラブの材料としての用途開発の成功を契機にして、炭素繊維のスポーツ用品への需要が開花し、続いて、第二次石油危機により民間航空機の燃費向上が至上命令になったことから、エアバス社の尾翼の構造材料として採用された。すなわち、トリクルアップ戦略により、「死の谷」問題を乗り切っていったのである。現在、東レを含む日本の炭素繊維メーカーは、繊維の供給、技術ライセンス、合併という形の国際的な企業提携を通じて、高度な用途開発を戦略的に行っている。

炭素繊維をジェットエンジンのファンブレードとして応用するという問題のその後の展開について言及しておこう。再生したロールスロイス社は、ディフュージョンボンディング(拡散接合)の技術によりチタン製中空ファンを開発してこの問題を解決し、大型ファンエンジンにおける技術的優位性を築いた。すなわち、炭素繊維とは異なる技術軌道を辿っていったのである。ファンにおける炭素繊維の実用化は、1995年にGE社が型式承認を取得したGE90によってようやく実現された。GE社はファンの前縁に金属をはめ込むことで、鳥打ち込み試験をクリアしたが、この時の基本技術は炭素繊維と金属の接着技術であった<sup>4</sup>。

以上に示した液晶技術と炭素繊維技術の開発事例は、次のように概念的に純化できる。すなわち、開発した技術の大量生産の製造経験をできるだけ早い時期に獲得するために、その応用を機能水準の低い製品に限定する。製造技術を蓄積すると同時に、付加価値の高い製品についての機能の学習を行い、順次、利益率の高い製品群や、特殊用途を必要とする市場へと展開させていったのである。日本企業がトリクルアップ戦略により、欧米企業が「死の谷」に陥った技術を、富を生産する対岸へ無事にナビゲートすることに成功したのである。

「死の谷」問題は、純粋に研究開発資金の問題であるという考えもあるが、その立場からしても、トリクルアップ戦略は、投資した資金を絶え間なく回収しながら技術開発を持続し、用途を順次高度化していくという、賢い財務戦略であると言えよう。しかし、この問題の詳細な議論はここでは深入りしない。

## 7. 創造業への転身に向けて

筆者は、1991年に発刊した「ハイテク技術のパラダイム」という本において、1980年代の半ばから、日本の製造業全体において、研究開発費が設備投資額を上回る現象が起きていることを統計的に明らかにした<sup>5</sup>。そしてこの現象を、製造業は「物を造る

集団」という当然と思われていた見方を、根本的に変えねばならないであることを指摘した。さらに、企業単位の分析においても、先端技術関連企業の過半数において、研究開発費が設備投資額を上回ってきていることを明らかにして、このことは、製造業が「創造業」へと、変身を遂げつつあることを示すものであると結論した。

しかし、日本製造業のその後の展開をみれば、研究開発費/設備投資額という指標は、本当の意味での「創造業」であることの指標としては充分ではなかったことが明らかになってきている。最近になって、日本の経営者の中で、真の意味での「創造業」への転換の必要性が、改めて語られるようになった。代表的な事例を紹介することで、大学院教育としてのMOT教育の現実化を語りたい。

一つは、電波新聞(1995年11月12日)に掲載された、シャープ(株)・辻晴雄社長が1995年度の経営方針として、「製造業から“創造業”への転換」を進めていくことを明らかにしたという報告である。その記事では、「需要創造型商品の売り上げ構成比を40-50%に引き上げる」という目標も伝えられている。もう一つは、井植敏・三洋電機会長が「私の履歴書」の最終版を掲載した日本経済新聞(2003年9月30日)で、「私は「製造業」から「創造業」への転換を呼びかけている。さまざまな分野でエレクトロニクス・メーカーの果たすべき役割は多方面に広がっていくだろう。私たちが創造すべきビジネス・フィールドは広大無辺にある」と履歴書を締めくくられている。MOT大学院教育に従事している我々の思いを見事に代弁して頂いた、深く印象に残る履歴書であった。

## 引用文献

- 
- 1 アンドリュー・グローブ(佐々木かをり訳) インテル戦略転換(七賢出版、1997)
  - 2 Lewis Branscomb; Testimony before Hearing of the Technology Subcommittee of the House Science Committee on the Advanced Technology Program at NIST/DOC; June 14, 2001.
  - 3 F. Kodama, *Emerging Patterns of Innovation: Sources of Japan's Technological Edge*, Harvard Business School Press, 1995.

- 
- 4 佐藤純一・児玉文雄、現代工学の基礎：社会・技術相関（岩波書店、2000）
- 5 児玉文雄、ハイテク技術のパラダイム（中央公論社、1991）

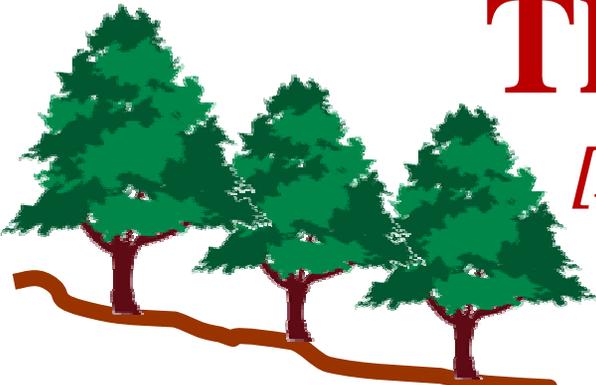
# 大学院教育としてのMOT

「技術と経済」(2003年12月号)  
特集:「産業競争力強化とMOT」

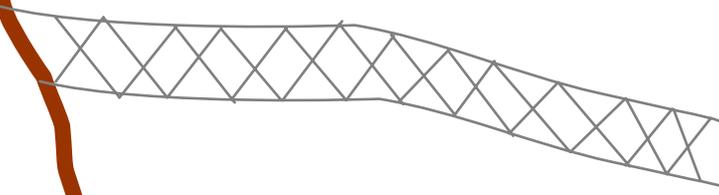
図1. Ehlers議1員が示した  
「死の谷」の図

# The Valley of Death

*[After Congressman Vern Ehlers]*



**Basic Research,  
Invention**



**Innovation**

**“Valley of Death”**