

高柳 誠一, ○亀岡 秋男, 有信 陸弘 (東芝)

はじめに

これまで、テクノストックの考え方を企業レベルに敷衍してコーポレート・テクノストック・モデルを提案し、その概念モデルおよび数式モデルによる数値シミュレーションを行った⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。企業の研究開発投資については、技術資産の陳腐化率と経営目標である売上高伸長率の2つのパラメータを用いて総枠を推定する方法を導いた⁽¹⁾。これには技術資産の陳腐化率の実態の調査作業が課題である。また、研究開発および技術開発活動による技術知識の形成、技術資産の形態、研究開発の生産性など技術経営および研究開発マネジメントの課題や指標などについても、この基本モデルにもとづき、研究技術活動のフレームワークを検討してきた⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

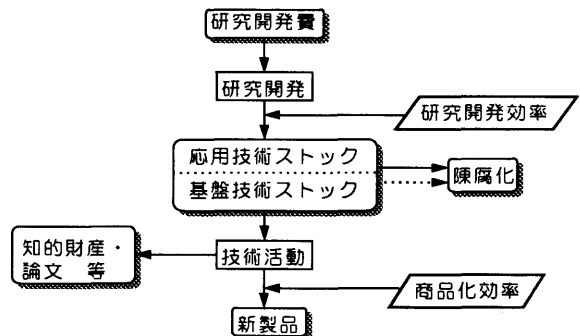
ここでは、従来の基本コンセプトをベースにテクノストック (*Technology Stock*) の形成・蓄積プロセスを考察し、モデルの適正化を検討する。特にテクノストック (*Technology Stock*) に焦点をあて、技術資産の生成から蓄積、その内容や形態、時間的变化、技術流通などの動特性に着目して、二層構造のテクノストック・モデルを導入し、数値シミュレーションによりマクロな視点から技術活動のパフォーマンスについて検討する。

1. 二層構造テクノストック・モデル

企業の技術経営にテクノストック・モデルを活用する場合、テクノストックをその性格によって、大きく次の2つのカテゴリーに分けて捉えるのが適切である。図1は、この“二層構造テクノストック・モデル (*Dual-tiered Technology Stock Model*) ” の概念図である。

第1類のカテゴリーとして捉えるテクノストックは、より直接的に特定の製品事業に結びつく技術資産で、応用技術的性格の強いものである。これらは製品に体化されやすく、先端的で流動性が高い。個別的かつ独立的で技術移転 (*Technology Transfer*) の対象としても取り扱いやすい。また、技術内容は変化が早くダイナミックで、技術革新により比較的短期間で新技術に代替される。従って、技術の陳腐化は早く陳腐化率が大きい。技術ストックの蓄積・表現形態

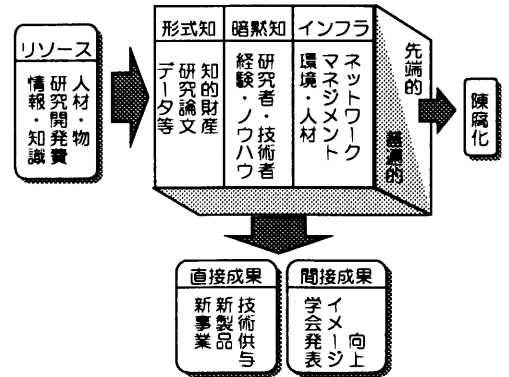
図1 二層構造テクノストック・モデル



は、特許、著作権、学会発表、技術導入、製品・技術発表、プロトタイプ試作およびデモンストレーションなどのかたちをとることが多い。この第1カテゴリーの技術ストックを、とりあえずここでは、“応用技術ストック (*Application Technology Stock*) ”と呼ぶことにする。

第2類のカテゴリーに分類されるテクノストックは、特定製品群を広く支える基本技術で、より基盤的な性格のものである。これは、第1類と比較してより定常的で変化が少なく、陳腐化は遅く長期的である。これらは、科学的な新しい知見、基礎理論、基礎的技術やデータ、さらには研究開発のための基盤設備や専門家人材など、比較的固定的で、恒常的・普遍的な性格のものである。広義には、研究開発環境、技術マネジメント・ノウハウ、R&Dネットワーク、さらに企業の技術風土・文化なども含まれる。この第2のカテゴリーに属するテクノストックを、ここでは暫定的に、“基盤技術ストック (*Basic Technology Stock*) ”と呼ぶことにする。

図2 テクノストックの内容・形態分類



2. 数式モデル

この二層構造モデルで表されるテクノストックをより定量的に理解するため、数式モデルを導入し代表的なケースを想定して数値シミュレーションを試みる。

研究開発費は所定の懐妊期間（タイムラグ）を経てテクノストック（技術ポテンシアル）に転化される⁽¹⁾。研究開発プロセスを通して生成・蓄積されるテクノストックの総量は、この二層構造モデルの定義により、応用技術ストック (*Application Technology Stock*) と基盤技術ストック (*Basic Technology Stock*) の和として次式のように表される。

$$S_t = S_{at} + S_{bt} = (1 - \rho_a)S_{at-1} + F_{at} + (1 - \rho_b)S_{bt-1} + F_{bt} \quad \dots\dots\dots(1)$$

但し、

- S_t : t年度のテクノストック総量
- S_{at} : t年度の第1類テクノストック（応用技術テクノストック）
- S_{bt} : t年度の第2類テクノストック（基盤技術テクノストック）
- ρ_a, ρ_b : 第1類および第2類のテクノストックの陳腐化率
- F_{at}, F_{bt} : t年度に追加された第1類および第2類のテクノストック増加分

これら増加分は、所定のタイムラグの年数だけ遡った年の研究開発費投入に比例し、次式で表される。

$$F_t = F_{at} + F_{bt} = \varepsilon_{at}E_{t-m_a} + \varepsilon_{bt}E_{t-m_b} \quad \dots\dots\dots(2)$$

但し

$\varepsilon_{at}, \varepsilon_{bt}$: 研究開発費が第1類、第2類のテクノストックに転換する研究開発効率

m_a, m_b : 研究開発費が各テクノストックに転化するまでのタイムラグ

E_t : t年度の研究開発費

研究開発費とテクノストックの関係は、(1)式と(2)式から次のように表される。

$$S_t = (1 - \rho_a)S_{at-1} + \varepsilon_{at}E_{t-m_a} + (1 - \rho_b)S_{bt-1} + \varepsilon_{bt}E_{t-m_b} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $m_a = m_b = m$, $\varepsilon_{at} + \varepsilon_{bt} = \varepsilon_t$ とすると、

$$S_t = (1 - \rho_a)S_{at-1} + (1 - \rho_b)S_{bt-1} + \varepsilon_t E_{t-m} \quad \dots\dots\dots(4)$$

次に、テクノストックの陳腐化率と研究開発費売上高比率の関係を数式で求める。基本モデルでは、テクノストックに研究者・技術者の技術活動が加わって新製品が創出される。この効率をテクノストックの商品化効率 η_t と定義する。t年度の売上は新製品の量に比例するものと仮定し、比例係数を κ_t とする。 κ_t は販売能力、または販売効率に関する係数である。これらのパラメータを用いると次の関係式が成立する。

$$Q_t = \kappa_t \eta_t S_t \quad \dots\dots\dots(5)$$

但し、 Q_t は、t年度の企業の売上高総額である。(4)式を(5)式に代入すると、

$$Q_t = \kappa_t \eta_t \{(1 - \rho_a)S_{at-1} + (1 - \rho_b)S_{bt-1} + \varepsilon_t E_{t-m}\} \quad \dots\dots\dots(6)$$

また、t年度の第2類のテクノストック増加分の、t年度のテクノストック総増加分に対する割合を、年度のよらず一定で、 γ_b とすると、(6)式より

$$Q_t = \kappa_t \eta_t \{(1 - \rho_a)(1 - \gamma_b) + (1 - \rho_b)\gamma_b\} S_{t-1} + \varepsilon_t E_{t-m} \quad \dots\dots\dots(7)$$

さて、売上高伸長率を β と仮定すると、各年度の売上高の間の関係は、一般的に次の式で与えられる。

$$Q_{t+n} = (1 + \beta)^n Q_t \quad \dots\dots\dots(8)$$

(5)式より

$$S_{t-1} = \frac{(1 + \beta)^{-1} Q_t}{\kappa_t \eta_t} \quad \dots\dots\dots(9)$$

簡単のため κ 、 η 、 ε は、それぞれの年度に関係なく一定値をとるものとし、(9)式を(7)式に代入すると、

$$Q_t = \{1 - (1 - \gamma_b)\rho_a - \gamma_b\rho_b\}(1 + \beta)^{-1} Q_t + \kappa\eta\varepsilon E_{t-m} \quad \dots\dots\dots(10)$$

t+m 年度については、

$$Q_{t+m} = \{1 - (1 - \gamma_b)\rho_a - \gamma_b\rho_b\}(1 + \beta)^{-1} Q_{t+m} + \kappa\eta\varepsilon E_t \quad \dots\dots\dots(11)$$

となる。ここで、(8)式においてm をn と置きかえ、(11)式に代入することにより、研究開発費売上高比率は、期待売上高伸長率 β 、各陳腐化率 ρ_a 、および ρ_b 、基盤技術ストックの比率 γ_b から次式で得られる。

$$\frac{E_t}{Q_t} = \frac{(1+\beta)^{m-1}[\beta + \{(1-\gamma_b)\rho_a + \gamma_b\rho_b\}]}{\kappa\eta\varepsilon} \dots\dots\dots(12)$$

ちなみに、(12)式の $(1-\gamma_b)\rho_a + \gamma_b\rho_b$ は、テクノストック総量の陳腐化率であり、 ρ で置き換えると、

$$\frac{E_t}{Q_t} = \frac{(1+\beta)^{m-1}(\beta + \rho)}{\kappa\eta\varepsilon} = \frac{\rho}{\kappa\eta\varepsilon} \left(1 + \frac{\beta}{\rho}\right)(1+\beta)^{m-1} \dots\dots\dots(13)$$

となり、先の第1次基本モデル⁽¹⁾の関係式(7)と一致する。この第1次モデルは、ここで $\gamma_b = 0$ とした場合の特殊ケースで、二層構造テクノストック・モデルは、基本モデルを拡張したものであることが分かる。

従って、二層構造テクノストック・モデルは、経営目標である売上高伸長率 β を達成するために必要とする研究開発費売上高比率が、第1類、第2類のテクノストック、すなわち、応用技術テクノストックおよび基盤技術テクノストックの陳腐化率 ρ_a および ρ_b 、ならびにこれら両テクノストックの割合（ここでは、テクノストック総量に対する第2類の基盤技術ストックの割合 γ_b ）から、所定の条件が満たされる範囲で、数式により推定出来ることを示している。

3. 数値シミュレーション

ここでは、いくつかの製品・技術分野を想定し、二層構造モデルに基づく数式モデルに具体的な数値例を用いて実験的な数値シミュレーションを試みた。第1類、第2類のテクノストックの半減期（陳腐化率）、および第2類（基盤技術テクノストック）の割合には経験的な推定値を用い、これらを変化させて、研究開発費売上高比率を算出した。

表1 売上高伸長率と研究開発費売上高比率
— 二層構造モデルによる（試算例）—

製品技術 の事例	応用技術ストック 半減期	陳腐化率 (ρ_a)	研究開発費売上高比率 (Et/Qt) 売上高伸長率 (%)			
			10%	5%	0%	-5%
半 導 体	4 年	0.159	19.7	13.6	7.9	2.8
情報システム	6 年	0.109	17.0	10.9	5.4	0.4
白物家電	12 年	0.056	14.0	8.2	2.8	-2.0

(基盤技術ストックの割合: $\gamma_b = 0.5$ 陳腐化率: $\rho_b = 0$ とする)

これらの結果を表1および図3に示す。

定性的には、第1類のテクノストックの半減期は、数年から10数年までの短期間に、第2類の基盤技術テクノストックは、10年以上の長期間に設定されている。基盤技術テクノストックの蓄積割合は、その製品事業がライフサイクル的に成長期か成熟期か、あるいはサイクルタイムが長いか短いか、など種々の観点から、基盤技術志向あるいは応用技術志向の割合をみて設定する。ここでは、試行的に技術マネジメント経験者の総合的な経験的推定値を用いている。

そこで、具体的な製品・技術分野のケースとして、半導体、情報通信、および白物家電分野を想定し、これらの製品技術の半減期および基盤技術割合は、表1のような経験的推定値に設定し、15%、10%、0%、および-5%の売上高伸長率を期待する場合について、研究開発費売上高比率を試算している。例えば、半導体のような陳腐化の激しい分野では、売上高の目標伸長率を0%と設定しても、研究開発費売上高比率

は、7.9%になる。仮に、10%の売上高伸長率を見込むならば、研究開発費売上高比率は19.7%となる。一方、白物家電のように、成熟期で技術の陳腐化の緩やかな製品・技術分野は研究開発費売上高比率は相対的に低くなる。

しかし、研究開発費売上高比率を2.8%以下に押さえると、短期間で売上高伸長率はマイナスになり、毎年売上額が減って行くことになる。情報システム分野については、これらの中間的な試算結果が得られている。図3は研究開発費売上高比率と応用技術ストックおよび基盤技術ストック割合との関係図を示すもので、売上高伸長が10%、および0%の場合を示している。

これらの数値シミュレーションは、経験的に捉えている実感と大きな違いはないと考えている。

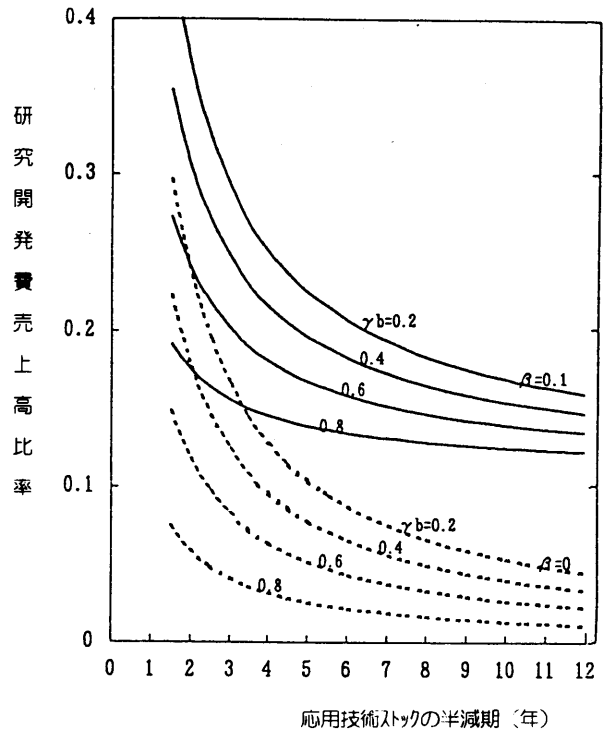
おわりに

このように、コーポレート・テクノストック・モデルは、テクノストックの内容と形態をより掘り下げて考えることによって、研究開発投資枠策定の問題から、R&Dマネジメントの課題まで広く活用出来る可能性を示している。この二層構造モデルは、陳腐化に関するデータ収集を実際に行う場合、より实际的であると考えている。しかし、まだフレームワークを構想するためのシミュレーション実験の段階であり、今後さらに客観的なデータ収集と検証実験を行い、客観性のある実用的なモデルの構築が期待される。多くの方々のご協力とご支援をお願いする次第である。

参考文献

1. 高柳誠一「資産の視点から見た研究開発」研究・技術計画学会 第8回シンポジウム講演要旨集 P3-6 (1993)
2. 後藤晃、本城昇、鈴木和志、滝野沢守「研究開発と技術進歩の経済分析」経済分析 第103号 経済委企画庁 経済研究所 (1986)
3. 三菱総合研究所「日米テクノストックの定量的比較に関する調査研究」財団法人 機械振興協会経済

図3 研究開発費売上高比率
- 応用技術ストックおよび基盤技術ストック割合との関係図 -



研究所委託事業 調査委員会委員長：渡辺千仞) (1991)

4. 亀岡秋男 「企業におけるR&D知的生産性向上のフレームワーク：リサーチ・オン・リサーチの視点から」 日本開発工学会 特別セミナー 平成6年2月1日 (1994)
5. 亀岡秋男 “知的財産と経済的効果に関する産業別の実態 —電気機械産業—” 平成5年度「知的財産の経済的効果の関する基本問題調査研究」委託調査研究結果報告書 財団法人 知的財産研究所 p255 - 275 1994
6. 亀岡秋男 “測定の方法から見た所見と課題および対策への展望” 科学技術庁科学振興総合研究「知的生産活動における創造性支援に関する基礎的研究 (平成5年度)」 知的生産性指標に関する基礎研究 報告書 財団法人 社会経済生産性本部 (1994)
7. 高柳誠一、亀岡秋男、有信陸弘 「コーポレート・テクノストック・モデル — 企業の研究開発費総額策定とR&D資産の蓄積・維持・活用 —」 研究・技術計画学会 第9回年次学術大会講演論文集 P92-95, (1994)
8. Akio Kameoka “Evaluating Research Projects at Toshiba - A Conceptual Framework Design for Evaluating Research and Technology Development Programs -” First International Conference on Evaluation of Research and Technology Developments (RTD), Thessaloniki, Greece April, 1995 (To be published in the journal SCIENTOMETRICS, Vol.34, No.3, December, 1995)