

産業発展における研究開発と技術の導入（特許の導入）の有効性

張 剣 雄

1. 初めに

1972-90年の間に日本の企業は盛んに研究開発投資を行う同時に、関連産業からの技術を導入し、産業の技術進歩を図ってきた。全産業の研究開発投資は1975年度の16147.52億円から1990年度の87274.42億円まで、全産業の技術輸入量は1975年度の1598.32億円から1990年度の3299.25億円まで大きく伸びた。¹⁾

研究開発投資においては、一般機械産業は1975年度の1135.7億円で全産業の7%、1985年度の3615.8億円で全産業の6.5%、1990年度の6110.8億円で全産業の7%を占めているに対して、電気機械産業は1975年度の3962.2億円で全産業の24.5%、1985年度の18291.31億円で全産業の33.1%、1990年度の30584.8億円で全産業の35%を達した。

1972-90年の間に一般機械産業の研究開発投資は全産業の研究開発投資6-8%であるに対して、電気機械産業は24-35%を達した。研究開発集約度（産業別の研究開発投資と売上高の比率）においては、一般機械産業は1.4-3%、電気機械産業は3.34%-5.7%である。各産業の全産業の研究開発投資に占める割合と各産業の研究開発集約度においては**いずれも電気機械産業のほうが高い**。このように、電気機械産業は他の産業以上に積極的な研究開発を行い、技術進歩を図った。電気機械産業は産業構造転換のためのツールとして、技術立国を目指す日本における技術主導型産業として重要な役割を担っている。²⁾

多くの産業が技術主導型産業である電気機械関連産業における急速な技術革新の恩恵を受けている、一般機械産業が電気機械関連産業から体化されたR&Dの大きな流入を受けている、または、電気機械産業のようなR&D集約的な産業では他産業からの技術の流入がきわめて少ない、ということは後藤・鈴木（1986）によって指摘された。

技術主導型産業とその他の関連産業の研究開発投資と技術の導入は大きな違いがある。

2. 研究開発と技術の導入（特許の導入）

シュンペーターの技術革新論には研究開発に対して、一般的に以下の二つの仮説（いわゆるシュンペーター仮説）がある：①企業規模が大きな企業ほど比例的以上に研究開発を行う、②集中度の高い産業ほど、研究開発を盛んに行う。シュンペーター仮説の一番目仮説である「①企業規模が大きな企業ほど比例的以上に研究開発を行う」に対して、異なる産業の同一企業規模の企業は研究開発投資の規模が異なる、技術主導型産業が他の産業以上に積極的な研究開発を行う、という結果は総務庁統計局の「科学技術研究調査報告」と通商産業省の「電子工業年鑑1985年版」の分析から得られる。

¹⁾ 総務庁統計局「科学技術研究調査報告」による。

²⁾ 通商産業省「電子工業年鑑1985年版」による。

ここでは、研究開発集約度が異なる技術主導型産業とその他の関連産業の研究開発投資と技術導入（特許の導入）の有効性の違い、産業の技術進歩においては研究開発投資と技術導入（特許の導入）の関係、を検討する必要がある。本論文では、一般機械産業（69社）と電気機械産業（88社）の企業別のデータを用いて、これらの問題を分析する。

3. 生産関数による推定

ここで、技術進歩は研究開発投資と特許の取入（支払特許料）によってもたらされると考え、資本と労働は生産要素として、トランス・ログ生産関数を用いて推計する。

$$\ln Q_{i,t}(K_{i,t}, L_{i,t}, R_{i,t-3}, E_{i,t}) = \beta_0 + \beta_K \ln K_{i,t} + \beta_L \ln L_{i,t} + \beta_R \ln R_{i,t-3} + \beta_E \ln E_{i,t} + \beta_{KL} \ln K_{i,t} \ln L_{i,t} + \beta_{KR} \ln K_{i,t} \ln R_{i,t-3} + \beta_{KE} \ln K_{i,t} \ln E_{i,t} + \beta_{LR} \ln L_{i,t} \ln R_{i,t-3} + \beta_{LE} \ln L_{i,t} \ln E_{i,t} + \beta_{RE} \ln R_{i,t-3} \ln E_{i,t} + (\beta_{KK}/2)(\ln K_{i,t})^2 + (\beta_{LL}/2)(\ln L_{i,t})^2 + (\beta_{RR}/2)(\ln R_{i,t-3})^2 + (\beta_{EE}/2)(\ln E_{i,t})^2 + \beta_D$$

以上のモデルは基本的な回帰モデル（1）とする。

ただし $t=0, \dots, T$, $i=1, \dots, n$ である。 $Q_{i,t}$, $K_{i,t}$, $L_{i,t}$, $R_{i,t-3}$, $E_{i,t}$ はそれぞれ t 年における i 企業の生産量（付加価値）、資本投入量（固定有形資産）、労働投入量（期末従業員数）、研究開発投資及び支払特許料を表している。

$R_{i,t-3}$ は $t-3$ 年における i 企業の研究開発投資であり、研究開発投資は企業化までタイムラグがあると考え、一般機械産業と電気機械産業の研究開発投資の企業化までのタイムラグは三年である（経済企画庁が1982年1月に実施した「企業行動に関するアンケート調査—新しい効率経営と技術開発に挑戦する企業戦略—」により）。

モデル（1）を用いて、1975-1990年の電気機械産業と一般機械産業の技術進歩と産業発展をパネルモデルで分析する。ここでは、固定効果モデルとランダム効果モデルのいずれが適当かを検定するため、Hausman Test を行った。その推定結果から得られた Hausman Test の検定統計量は、1975-82年において一般機械産業は24.086（自由度が14のカイ二乗分布に従わない）1983-90年において一般機械産業は22.645（自由度が15のカイ二乗分布に従わない）であり、両期間のいずれについても帰無仮説すなわちランダム効果モデルを採択する。これにより、ランダム効果モデルで推定する。

1975-82年において電気機械産業は28.413（自由度が14のカイ二乗分布に従わない）1983-90年において電気機械産業は47.477（自由度が15のカイ二乗分布に従う）である。1975-82年についても帰無仮説すなわちランダム効果モデルを採択する、これによりランダム効果モデルで推定する。1983-90年についても帰無仮説すなわちランダム効果モデルを棄却される、これにより固定効果モデルで推定する。

トランス・ログ生産関数の推定結果

被説明変数 = LOG Q（1975-90年度の生産量の対数）

(表-1)

変数	一般機械産業				電気機械産業			
	固定効果モデル		ランダム効果モデル		固定効果モデル		ランダム効果モデル	
	1975-82	1983-90	1975-82	1983-90	1975-82	1983-90	1975-82	1983-90
LOGK	-3.736 (-2.258)a	-0.479 (-0.448)	-1.836 (-1.436)	0.723 (0.904)	-0.691 (-1.241)	-0.300 (-0.502)	-0.729 (-1.576)	0.113 (0.226)
LOGL	-0.0525 (-0.016)	-0.686 (-0.716)	0.804 (0.466)	-0.926 (-1.191)	-0.039 (-0.041)	1.151 (1.292)	0.784 (1.262)	0.344 (0.634)
LOGR	0.779 (1.599)	0.359 (0.991)	0.316 (0.888)	0.386 (1.404)	0.854 (2.301)a	0.677 (2.592)b	0.529 (2.036)a	0.524 (2.484)b
LOGE	0.431 (0.814)	0.590 (1.901)a	0.738 (1.794)a	0.626 (2.505) b	0.626 (2.539) b	0.005 (0.023)	0.653 (3.371)b	0.042 (0.217)
LOGK*LOGL	0.845 (2.269)a	0.791 (3.287)b	0.729 (2.496) b	0.541 (2.603)a	0.164 (0.779)	0.219 (1.475)	0.113 (0.612)	0.085 (0.718)
LOGK*LOGR	-0.278 (-3.082)	-0.114 (-2.307)a	-0.255 (-3.328)	-0.099 (-2.191)a	-0.111 (-1.502)	-0.034 (-0.764)	-0.062 (-0.986)	-0.011 (-0.271)
LOGK*LOGE	0.005 (0.045)	-0.135 (-2.172)a	-0.029 (-0.326)	-0.089 (-1.674)	-0.184 (-3.394)b	-0.031 (-0.832)	-0.138 (-2.908)b	-0.013 (-0.384)
LOGL*LOGR	0.199 (1.684)a	0.055 (0.780)	0.233 (2.466)	0.023 (0.402)	-0.046 (-0.505)	-0.080 (-1.422)	-0.028 (-0.379)	-0.081 (-1.835)a
LOGL*LOGE	-0.085 (-0.653)	0.011 (0.177)	-0.078 (0.739)	-0.031 (-0.562)	0.112 (1.569)	0.017 (0.291)	0.061 (0.986)	-0.016 (-0.409)
LOGR*LOGE	-0.024 (-0.735)	0.045 (2.096)a	-0.022 (-0.766)	0.031 (1.644)a	0.007 (0.282)	0.012 (0.661)	0.003 (0.117)	0.016 (0.985)
LOGK**2	-0.021 (-0.121)	-0.182 (-1.606)	-0.087 (-0.593)	-0.182 (-1.875)a	0.094 (1.068)	-0.049 (-0.719)	0.086 (1.051)	-0.023 (-0.404)
LOGL**2	-0.579 (-1.844)a	-0.467 (-2.876) b	-0.559 (-2.401) b	-0.242 (-1.797)b	-0.144 (-1.068)	-0.182 (-1.538)	-0.133 (-1.111)	-0.014 (-0.159)
LOGR**2	0.038 (1.826)a	-0.002 (-0.137)	0.046 (2.973)b	0.019 (1.509)a	0.060 (2.819)b	0.031 (2.129)a	0.038 (2.153)a	0.024 (1.897)a
LOGE**2	0.081 (2.659)b	0.042 (3.454)b	0.056 (2.055)a	0.034 (3.122)b	0.035 (2.724)b	0.019 (1.965)a	0.029 (2.675)b	0.019 (2.237)a
定数項			3.389 (1.293)	2.381 (0.875)			2.482 (1.589)	2.318 (1.306)
サンプル数	329	479	329	479	388	617	388	617
Adj R^2	0.775	0.887	0.632	0.730	0.933	0.932	0.838	0.783
P-value	0.0000	0.0000	0.0447	0.0257	0.0000	0.0000	0.0125	0.0001

注) () は t 値 ; a,b,c はそれぞれ 10%、5%と 1%有意（両側検定）であることを示す。

推定結果は表-1 に示されたようになる。Hausman Test の検定結果に従って、一般機械産業の 1975-82 年と 1983-90 年においては、いずれもランダム効果モデルの推定結果を採用する。1975-82 年においては、支払特許料（特許の導入）の生産弾力性が正で有意（両側検定で 10%有意）であるが、研究開発投資、資本投入量（固定有形資産*稼働率）、労働投入量（期末従業員数*総実労働時間）は有意ではない。従って、1975-82 年に特許の導入は一般機械産業の技術進歩に有意な役割を果たした、これに対して研究開発はそれほど有意な役割が果さなかった。1983-90 年においては、支払特許料（特許の導入）の生産弾力性が正で有意（両側検定で 5%有意）であるが、研究開発投資、資本投入量（固定有形資産*稼働率）、労働投入量（期末従業員数*総実労働時間）は有意ではない。従って、1983-90 年に特許の導入は一般機械産業の技術進歩に有意な役割を果たした、これに対して研究開発はそれほど有意な役割が果さなかった。支払特許料（特許の導入）の生産弾力性の有意性においては、1983-90 年の有意性が 1975-82 年より高いから、1983-90 年の特許の導入は 1975-82 年より一般機械産業の技術進歩に強い影響を与えたと考えられる。

Hausman Test の検定結果に従って、電気機械産業の 1975-82 年においてはランダム効果モデルの推定結果を採用する、1983-90 年は固定効果モデルの推定結果を採用する。1975-82 年においては、研究開発投資と支払特許料（特許の導入）の生産弾力性が正で有意（両側検定で 10%有意）であるが、資本投入量（固定有形資産*稼働率）、労働投入量（期末従業員数*総実労働時間）は有意ではない。従って、1975-82 年に研究開発投資と特許の導入は電気機械産業の技術進歩に有意な役割を果たした。

1983-90 年においては固定効果モデルの推定結果から分析する。研究開発投資の生産弾力性が正で有意（両側検定で 5%有意）であるが、支払特許料（特許の導入）、資本投入量（固定有形資産*稼働率）、労働投入量（期末従業員数*総実労働時間）は有意ではない。従って、1983-90 年においては、研究開発は電気機械産業の技術進歩に有意な役割を果たした、これに対して特許の導入はそれほど有意な役割が果さなかった。研究開発投資の生産弾力性の有意性においては、1983-90 年が 1975-82 年より高いから、1983-90 年の研究開発投資は 1975-82 年より電気機械産業の技術進歩に強い影響を与えたと考えられる。1975-82 年においては支払特許料（特許の導入）も電気機械産業の技術進歩に強い影響がある。

以上の推定結果から：研究開発の集約度が低い一般機械産業の研究開発投資の経済的な効果が見られないが、技術導入（特許の導入）の経済的な効果がある。これに対して、研究開発の集約度が高い電気機械産業の研究開発投資の経済的な効果があるが、技術導入（特許の導入）の経済的な効果が 1975-82 年にしか見られない。従って、研究開発の集約度が高い技術主導型産業の研究開発投資の経済的な効果が強いに対して、研究開発の集約度が低い産業の技術導入（特許の導入）の経済的な効果が強い。

産業の技術進歩においては研究開発投資と技術導入（特許の導入）はどのような関係があるか。ここでは、研究開発投資と特許の導入（支払特許料）の間の代替弾力性を推定することによって、この仮説を検討する。モデル①のトランス・ログ生産関数は近似となっ

ている弾力的な関数（flexiblefunction）である。生産関数を一般的に $Q_{i,t} = F(K_{i,t}, L_{i,t}, R_{i,t-3}, E_{i,t})$ と書くと、代替弾力性は

$$\sigma_{i,t} = \frac{Q}{N_i N_j} \cdot \frac{\left| \frac{-}{Z_{i,t}} \right|}{|Z|} \quad (2)$$

(2) 式のように推定することができる（Uno 1986）。Zは

$$Z = \begin{vmatrix} 0 & F_1 & F_2 & F_3 & F_4 \\ F_1 & F_{11} & F_{12} & F_{13} & F_{14} \\ F_2 & F_{21} & F_{22} & F_{23} & F_{24} \\ F_3 & F_{31} & F_{32} & F_{33} & F_{34} \\ F_4 & F_{41} & F_{42} & F_{43} & F_{44} \end{vmatrix}$$

である。 $\left| \frac{-}{Z_{i,t}} \right|$ は $F_{i,t}$ の余因子の行列式を表す。 N_i, N_j は $K_{i,t}, L_{i,t}, R_{i,t-3}, E_{i,t}$ である。

(2) 式を用いて、資本投入量、労働投入量、研究開発投資と支払特許料（特許の導入）の代替弾力性を推定し、結果は次のようになる：

代替弾力性の推定結果 (表-2)

年度	一般機械産業		電気機械産業	
	1975-82	1983-90	1975-82	1983-90
σ_{KL}	1.011	-0.316	-1.394	-0.743
σ_{KR}	-2.058	1.256	-2.503	-1.008
σ_{KE}	-0.892	-0.689	-4.324	12.183
σ_{LR}	1.607	-0.354	2.829	1.211
σ_{LE}	0.658	-1.651	-1.640	3.696
σ_{RE}	8.370	0.879	-3.764	12.602

表-2の結果から、1975-82年と1983-90年の一般機械産業の研究開発投資と支払特許料（特許の導入）の代替弾力性はいずれも正の値となり、したがって、研究開発投資と支払特許料（特許の導入）は代替的である。これは表-1の結果に示されたように一般機械産業の研究開発投資の有意性がない、支払特許料（特許の導入）の有意性があるという結果と一致している。1975-82年の代替弾力性の値は1983-90年の値より高いから、一般機械産業においては研究開発投資と支払特許料（特許の導入）の代替弾力性は弱くなっている。1983-90年の研究開発投資が1975-82年より高いと一致している。

1975-82年の電気機械産業の研究開発投資と支払特許料（特許の導入）の代替弾力性は

マイナスである。従って、研究開発投資と支払特許料（特許の導入）は補完的であると示されている、これは表-1の結果に示されたように一般機械産業の研究開発投資と支払特許料（特許の導入）はともに有意性であるという結果と一致している。

1983-90年の電気機械産業の研究開発投資と支払特許料（特許の導入）の代替弾力性は正の値となり、研究開発投資と支払特許料（特許の導入）は代替的である。これは表-1の結果に示されたように電気機械産業の研究開発投資の有意性がある、支払特許料（特許の導入）の有意性がないという結果と一致している。

結論:

以上の推定結果から：研究開発の集約度が高い技術主導型産業の研究開発投資の経済的な効果が強いが、技術導入（特許の導入）の経済的な効果が弱い。これに対して、研究開発の集約度が低い産業の研究開発投資の経済的な効果が弱い、技術導入（特許の導入）の経済的な効果が強い。従って、研究開発の集約度とその経済的な効果との間に正の関係がある。技術進歩において、研究開発投資と特許の導入（支払特許料）の効果は代替的である。

参考文献

- Aghion, P. and P. Howitt (1998), "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica* 60:323-351.
- Grossman, G. and E. Helpman (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MA: MIT Press.
- River-Batiz, L. and P. Romer (1991a), "Economic Integration and Endogenous Growth", *Quarterly Journal of Economics* CVI:531-555.
- Robert C. Feenstra and Gordon H. Hanson "The Impact of Outsourcing and High-Technology Capital on Wages: Estimates for the United States, 1979-1990"
- Wolfgang Keller (1999), "How Trade Patterns and Technology Flows Affect Productivity Growth .
- 中央大学企業研究所編 (1989) 『ME 技術革新と経営管理一日, 西独, 英にみる工作機械企業の国際比較一』 中央大学出版部
- R.J. バーロ・X. サラーイーマーティン (1995), 大住圭介 訳 (1998), "内生的経済成長論 I", 339-379. "内生的経済成長論 II" 1-71. 九州大学出版会.