

1J10 マルムキスト指数を用いたキャッチアップと技術革新の分析 —電気機械産業に視点を据えた実証分析—

○谷澤審哉, 渡辺千帆 (東工大社会理工学)

1. 序

1.1 研究の背景

日本の電気機械産業を取り巻く現状—日本経済の牽引力としての構造に以下のような変容が起こっている。

①総合、かつ大規模追求から、比較優位となる特化したスリム構造へのシフト

日立製作所、東芝、松下電器等、総合家電メーカーの人員削減、設備の売却、分社化による切り離し、戦略的提携

②組織の慣性に束縛されない中堅企業の躍進

強気の設備投資を行う液晶のシャープ、持続的な成長を遂げるキャノン、研究開発効率の高いローム

このような状況の中、企業ごとに個別に成長性を分析するのではなく、業種全体の構造の座標軸を掌握し、その中で相対的な位置関係を明らかにするような、動学的で相対的な成長性を分析することが必要である。

1.2 研究の目的

本研究では、以下のことをねらいとする。

1.2.1 企業の生産性の分析

MTFP (Malmquist index: 動学的な技術進歩の計測値) を用いた企業の相対的な生産性の分析を行う。

1.2.2 フロンティアのシフトと企業の規模との関係を明確化

売上規模とフロンティアシフトの相関分析を行い、フロンティアのシフトと企業の規模の関係を解明する。

1.2.3 キャッチアップと研究開発費の関係の解明

キャッチアップと研究開発投資の相関分析を行い、キャッチアップの潜在的革新資源と成り得るであろう研究開発投資とキャッチアップの関連性を明らかにする。

2. 分析

2.1 分析手法

2.1.1 マルムキスト生産指数 (MTFP)

(1) DEA (Data Envelopment Analysis)

DAE の具体的な計算方法について述べる。ある n 個の DMU (Decision Making Unit) がそれぞれ m 個の入力要素を持つ入力ベクトル X_i ($i=1..m$) と s 個の入力要素を持つ出力ベクトル Y_r ($r=1..n$) で特徴づけられているとする。ここで J 番目の DMU である DMU_J の効率性 (θ_J) を測定する DEA モデルは、以下のように定義される。

$$\max \theta_J = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad (1)$$

$$s.t. \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 1; u_r \geq 0; v_i \geq 0 \quad (2)$$

言葉で説明すると、DEA とは、フロンティア上にある (最も効率的なピヘイピア) を与件に他の企業体フロンティアからの乖離で効率値を評価したものである。

(2) マルムキスト生産指数

DEA を 2 期間で行い、前後の効率性を比較して求めるものが Talmudist Index (マルムキスト生産指数) である。具体的には t 期におけるフロンティアで評価した効率性の変化率は t 期のフロンティアで評価した t 期の企業の効率性を $D_0^t(x^t, y^t)$ とすれば、 t 期のフロンティアで評価した効率値の変化は

$$M_t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (3)$$

さらに $t+1$ 期のフロンティアで評価した効率値変化は

$$M_{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (4)$$

と表すことができる。マルクイスト生産指数は次のように 2 式 (2.3), (2.4) の幾何平均で表される。

$$M = \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (5)$$

さらに、式 (2.5) を MTFP decomposition Fare, (1982) に従って分解すると

$$M = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (6)$$

となる。前の一項は期間中にどれだけフロンティアに漸近できたかを示し、後の一項はその期間中にどれくらいフロンティアを示すので、それぞれの式を次のようにキャッチアップとフロンティアのシフトと解釈することができる。つまり、企業の成長は、対象期間中にどの程度、フロンティアがシフトしたか、また、そのフロンティアに対してどの程度、漸近できたかによって表すことができる。

分析において上記のマームキスト生産指数の計算には The Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA)の開発した DEAP version 2.1 を使用した。

2.2.2 企業規模とフロンティアのシフトの分析

現在の総合家電等の分社化、人員削減、工場売却等、企業のスリム化の動きを考えると、それ以前の状態において、規模の大きな企業は自在にシフトするフロンティアのシフトに対応できていないと考えられる。そこで、企業規模の大きさと、所属しているフロンティアのシフトの関係を分析するために、所属するフロンティアのシフトを売上関数で表し以下のような関数を想定し分析を行う。規模の代理変数としては売上高を用いた。

$$FS_i = H(S_i) \quad (7)$$

FS : フロンティアのシフト

$$\ln FS_i = \alpha + \beta \ln S_i \quad (8)$$

S : 売上高

2.2.3 研究開発投資とキャッチアップの相関分析

キャッチアップと研究開発投資の関係を以下のように定式化して分析を行う。

企業における成長において一時的で不安定なキャッチアップよりも、持続的なフロンティアへの接近が重要と考えられる。そこで、安定したキャッチアップが企業の成長に重要であると考え、その安定したキャッチアップには研究開発が寄与していると仮定する。研究開発費が大きくなると、キャッチアップの安定性が増すと考えられるので、キャッチアップと研究開発費の関係を以下のように定式化を行う。

$$\frac{1}{Var(Cu)} = F(R) \quad (9)$$

Cu : キャッチアップ

R : 研究開発投資

Var : 分散

$$\ln\left(\frac{1}{Var(Cu)}\right) = \alpha + \beta \ln R \quad (10)$$

2.3 データ構築

本研究の分析を進めるに当たって必要なデータは各

企業から発表された企業財務データ、政策投資銀行の企業財務データベース、政府発表のマクロ経済統計、東洋経済新報社の株式市場等の市場データ、渡辺研究室で構築された経済基本データベース、日本経済新聞社の日経 NEEDS をもとに構築した。また、MTFP を求めるための算出と投入には以下のデータを使用した。

投入：資本 = 有形固定資産 - 土地 - 建設仮勘定

労働 = 期末従業員数(人、単独ベース)

産出：付加価値 = 営業利益 + 人件費 + 賃借料 + 租税公課 + 特許使用料 + 減価償却費

分析対象は電気機械産業売上高上位 24 社とした。

3. 分析結果とその評価

3.1 企業の生産性分析

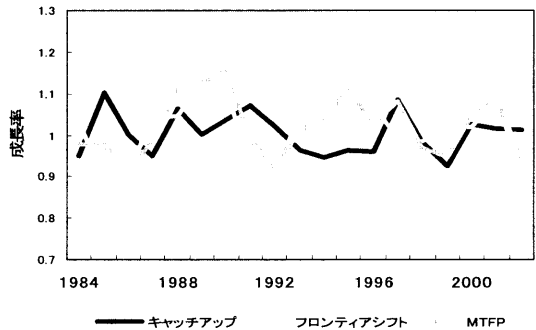


図1. 分析対象全社における成長の平均 (1983~2003) .

図1は分析対象とした企業のMTFP、フロンティアのシフト、キャッチアップの平均を時系列で示したものである。平均の方法は、指数の性質上、幾何平均を用いた。

図1を見ると、フロンティアの変動はばらつきが大きい。またMTFP成長はほぼフロンティアの変動と同期していることがわかる。つまり、企業は成長のためには、①常にフロンティアを追い求めなければならない②そのフロンティアに対して安定的にキャッチアップを行うことが重要であることがわかる。

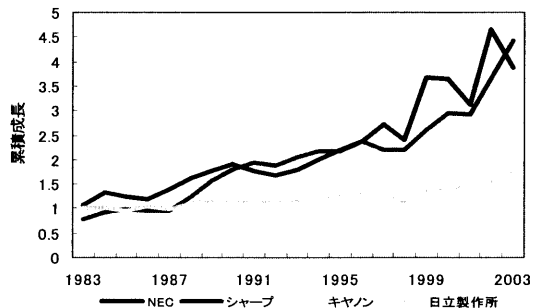


図2. MTFPの累積成長 (1983~2003) .

図2は個別企業におけるMTFPの累積成長を時系列でプロットしたものである。NEC、シャープ、キャノンが高いMTFPの成長を続けているのに対して、日立製作所は低成長である。また、累積成長で見れば、全体的には増加傾向である。

3.2 企業規模とフロンティアのシフト

図3～図5はフロンティアのシフトと企業規模の関係をバブル前(1983～1986)、バブルとその後(1987～1994)、IT景気(1995～1999)、現在(2000～2003)に分け、その平均をプロットしたものである。

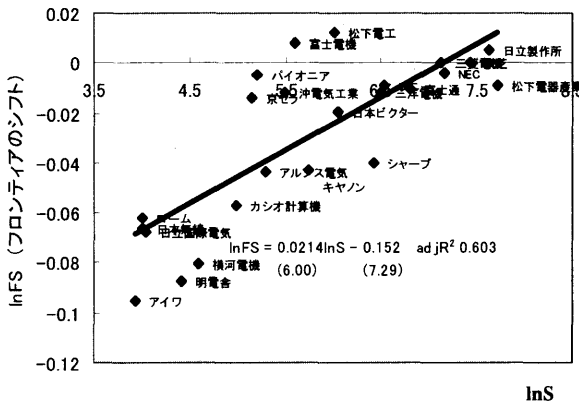


図3. バブル前におけるフロンティアのシフト。

図3からは、バブル前においては売上規模の大きい企業ほど、活性化したフロンティア上にあることがわかる。例えば松下電器産業、日立、東芝などである。本論では、投入要素に、労働、資本を用いているので、バブル前においては、規模の大きな、総花的な企業自体が構造的に効率性を有していたと考えられる。

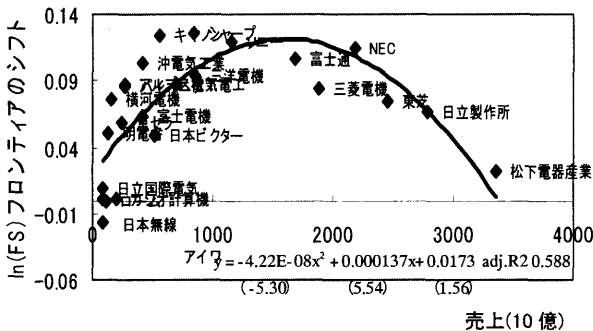


図4. バブル期とその後におけるフロンティアのシフト。

図4を観察すると、バブル以降からは、規模が一定以上を超えるとその企業の属するフロンティアが活性

化していないことがわかる。売り上げ規模にして1兆5000億円を超えるあたりから、その企業の属するフロンティアは不活性になる。ソニー、富士通、NECを頂点として、日立、東芝、松下と不活性の度合いは上がっていく。とくに、松下電器産業においては、平均のフロンティアのシフトが1.02とほとんど進歩していないことがわかる。このことは、規模の大きな企業が、静的なフロンティアに固執し、労働と資本のミックスを時代に合った最適な状態に変化させることなく、ダイナミックなフロンティアを追い求めなかった結果であると考えられる。

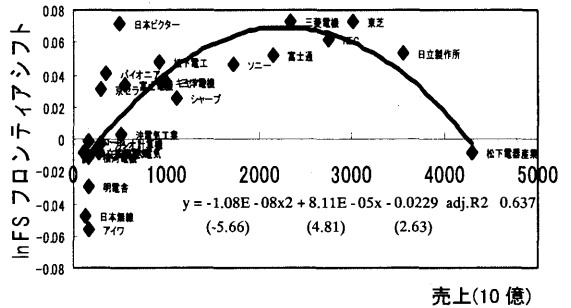


図5. IT景気におけるフロンティアのシフト。

続く図5のIT景気の期間中においては、若干の例外はあるが、概してある一定の売上をこえると、その企業の属している企業のフロンティアが不活性になってしまう状況が見て取れる。

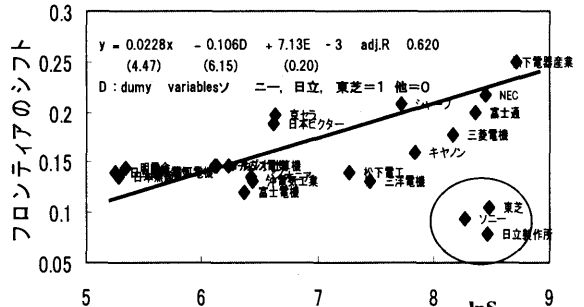


図6. 現在におけるフロンティアのシフト。

最後に図6からは、2000年以降、ソニー、日立、東芝を除いては、規模が大きくなるにつれて、その企業の属するフロンティアが活性化していることがわかる。特に前期と比較すると松下電器産業のフロンティアのシフトが大きい。今の時代が再び1983年に戻り、松下の企業構造にマッチしたとは考え難い。つまり、松下自身が構造改革により、ラディカルなフロンティアを追いかけることができるようなスリムな企業に変貌を

遂げたと考えられる。それに比べて日立、東芝の二社は未だ活性化したフロンティアに対応していないと考えられ、また、今まで、活性化したフロンティアに属していたソニーが停滞している。

3.2 キャッチアップと研究開発投資

図7に、研究開発投資とキャッチアップの安定性の分析結果を示す。研究開発投資の増大とともにキャッチアップの分散が小さくなっていることが見て取れる。

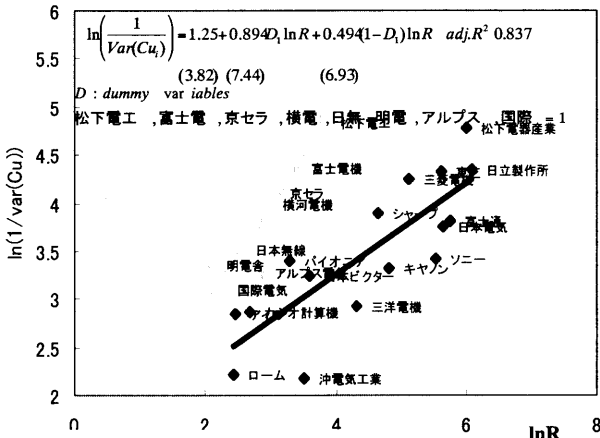


図7. キャッチアップと研究開発投資。

つまり、研究開発投資の量的増大がキャッチアップの安定化に寄与していると考えられる。またグラフの形状から安定の増す度合いも2つのグループがあることがわかる。グループの特徴から、大まかに二分すると、第一グループは家電メーカーが属するグループであり、第二グループは民生機器以外の電機を扱うメーカーが属している。これらの違いは、企業の扱う分野の大小であると考えられる。総合電機、家電メーカーはその扱う分野が非常に広いため、せつかくの研究開発投資が分散してしまっていると考えられる。

4. 結論

4.1 総括

(1) 企業のマルクイスト生産指数 (MIFP) を測定
各企業のフロンティアのシフトとキャッチアップを計測しフロンティアとの相対的位置関係で成長の計測を行った。

(2) 企業規模とフロンティアシフトの実証

①バブル以降、規模の大きな企業は不活性化なフロンティアに②2000年以降はその対応が分かれる。

(3) 研究開発投資とキャッチアップの関係の実証

①研究開発投資は安定したキャッチアップに貢献をする②専門性の高い企業ほど同じ研究開発投資でキャ

ッチアップが安定する。

4.2 政策的含意

企業の研究開発活動は一定のキャッチアップ努力を持続。規模の大きな企業はバブル後から近年まで、活性化フロンティアへの対応が遅れがちである。ただし2000年以降は企業により明暗が分岐している。

4.2 継続的發展課題

①分析企業の拡大

電機企業だけに絞らずに全企業に拡大することで、マクロ面から見た国レベルのキャッチアップとフロンティアのシフトの動向が把握できる

②計測方法の厳密化

企業の稼働率などを求めることができなかったため、業種全体での値で代替した。これらのデータを入力すること、あるいは正確に推定することでより厳密な分析になる。

③直接的要因の解明

今回の分析では、フロンティアのシフトとキャッチアップに関係の深い売上規模と研究開発投資の分析のみにとどまった。今後、直接的にそれらの構造を解明する必要がある。

参考文献

1. Arrow, K. J., 1962. "The Economics Implications of Learning by Doing," Review of Economic Studies 29, 155-173.
2. Bewley, R. and Fiebig, D. C., 1988. "A Flexible Logistic Growth Model with Applications in Telecommunication," International Journal of Forecasting 4 (2), 177-192.
3. Economic and Industrial Research Department Development Bank Japan, 2002. "Decline in Productivity in Japan and Disparities between Firms in the 1990s : An Empirical Approach Based on Data Envelopment Analysis."
4. F.Taskin, O.Zaim,1997. "Catching-up and Innovation in High- and Low-income Countries" Economics Letters 54 93-100.
5. J.W.Kim and H.K.Lee,2004. "Embodied and Disembodied International Spillovers of R&D in OECD Manufacturing Industries", Technovation 24 ,359-368.
6. R.Fare, S.Grosskopf, M.Norris,And Z. Zhang, 1994 . "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries," The American Economic Review Vol.84 No.1, 66-83.
7. T. Coelli. ,1996. "A Guide to DEPA Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis.
8. Y. Chen, A.I.Alib, 2004. " DEA Malmquist productivity measure: New insights with an application to computer industry" European Journal of Operational Research 159, 239-249.
10. 伊丹敬之, 2003. 『経営戦略の論理』, 日本経済新聞社.
11. 伊丹敬之, 西野和美, 2004. 『ケースブック 経営戦略の論理』, 日本経済新聞社.
12. 梅田健一, 「企業内における研究開発の技術体化・企業価値の向上につながる動態的アプローチ」, 東京工業大学, 平成14年度修士論文.
13. 末吉俊幸, 2001. 『DEA-経営効率分析法』, 朝倉書店.
14. 日本政策投資銀行編, 2001. 『産業別財務データハンドブック (2001年版)』.
15. 藤井梅芳, 2003. 『よくわかる電機業界』, 日本実業出版社.
16. 渡辺千例, 宮崎久美子, 勝本雅和, 1998. 『技術経済論』, 日科技連出版社.
17. 渡辺千例編, 2001. 『技術革新の計量分析 - 研究開発の生産性・収益性の分析と評価』, 日科技連出版社.