

Title	研究開発投資が生産性に与えるメカニズムに関する分析(技術進歩の経済分析(1),一般講演,第22回年次学術大会)
Author(s)	新庄, 和也; 渡辺, 千仞
Citation	年次学術大会講演要旨集, 22: 242-245
Issue Date	2007-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7255
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

研究開発投資が生産性に与えるメカニズムに関する分析

○新庄和也，渡辺千仞（東京工業大学）

1. 背景

1.1 日本の研究開発投資と生産性の状況

現在、日本は少子高齢化社会を迎え、労働力はこれから低下していく傾向にある。このため安定した経済成長を維持するためには社会全体の生産性の向上が重要となる。また長期的な生産性の向上は企業の技術革新に依存しているといえる。つまり労働投入量の増加が望めない日本にとって、技術革新を継続的に起こしていくことは、現在の日本にとって大変重要な課題となっている。そしてこのような技術革新によって生産性が改善すれば、現在において特に問題となっている年金・財政・雇用などの問題の有効に解決手段となり得る。

技術革新を起こすためのインプットとなる研究開発投資額は、日本だけをみれば 1990 年代前半を除き上昇傾向にあるが、欧米と較べるとその上昇は小さいといえる。これに伴い 1990 年以降において日本の全要素生産性の変化率は低下しただけでなく、欧米の各諸国に比べて低い値となっていることが報告されている。つまり日本は欧米に比べて技術革新がおこっていないことが示唆されている。

研究開発投資と生産性との間には相関関係はないという研究が多く存在している (Foster Kaplan, 2001 等)。しかしながら技術革新の重要性は増すばかりであり、日本においてイノベーションに関する政策がうちだされている。

つまり現在において、実証研究と現実の政策との間にギャップが存在している。その中で、経済の中心的な担い手たる企業においては 2000 年代に入り研究開発投資額を増加させる企業が増えてきている。

1.2 仮説的見解と本研究の目的

1990 年代に入り、日本はバブル崩壊が起り、生産性が減少した。また 1990 年代後半に入り、研究開発投資額を増加させているが、欧米諸国と較べると生産性が低い水準にあるといえる。しかし、この生産性の低下が研究開発投資の効率性の低下とはいきれないと考えられる。

このため本研究においては、研究開発投資が生産性向上に貢献しているかを検証すべく、その前提として、

(1) 2000 年代に入り、長期的な生産性の指標たる全要

素生産性が向上していることを示す。

- (2) 次に技術革新が新たな技術革新を生むという自己回帰的側面を検証する。このような好循環が存在する産業は少ない研究開発投資でより多くの技術革新を起こす可能性があるので、研究開発の効率性が高いといえる。
- (3) そして研究開発投資と全要素生産性との関係を分析し、最終的に継続的な技術革新が行われている産業とそうでない産業を分類する。

2. 分析のフレームワーク

2.1 全要素生産性の変化率の導出

全要素生産性の変化率を以下のように産業ごとに算出する。

生産物、資本ストック、労働投入量をそれぞれ Y 、 K 、 L とし、 K 、 L の集計指標を X とすると TFP は (1) のように定義される。

$$TFP = \frac{Y}{X} \quad (1)$$

$$\ln TFP = \ln Y - \ln X \quad (2)$$

資本価格、労働価格、集計した生産要素価格指数をそれぞれ r 、 w 、 P とおくと、生産費用 C は、

$$C = rK + wL = PX \quad (3)$$

となり、(3) 式を全微分すると

$$\frac{dC}{C} = \frac{rK}{C} \frac{dr}{r} + \frac{wL}{C} \frac{dw}{w} + \frac{rK}{C} \frac{dK}{K} + \frac{wL}{C} \frac{dL}{L} \quad (4)$$

さらに、 $S^K = rK/C$ 、 $S^L = wL/C$ とおけば

$$d \ln C = (S^K d \ln r + S^L d \ln w) + (S^K d \ln K + S^L d \ln L) \quad (5)$$

そして、第一項をすべての生産要素価格の対数微分、第 2 項をすべての生産要素数量指数の対数微分に対応させると、

$$d \ln X = (S^K d \ln K + S^L d \ln L) \quad (6)$$

基準時点 t から $t+1$ まで積分すれば、

$$\frac{X_{t+1}}{X_t} = \exp \left(\int_{K_t}^{K_{t+1}} S^K d \ln K + \int_{L_t}^{L_{t+1}} S^L d \ln L \right) \quad (7)$$

さらに、Theil-Tornqvist 型の近似を用いて、離散型

に近似すると、

$$\ln\left(\frac{X_{t+1}}{X_t}\right) = \frac{1}{2}(S_{t+1}^K + S_t^K) \ln \frac{K_{t+1}}{K_t} + \frac{1}{2}(S_{t+1}^L + S_t^L) \ln \frac{L_{t+1}}{L_t} \quad (8)$$

全要素生産性の変化率は以下ようになる。

$$\ln\left(\frac{TFP_{t+1}}{TFP_t}\right) = \ln \frac{Y_{t+1}}{Y_t} - \ln \frac{X_{t+1}}{X_t} \quad (9)$$

$$\ln\left(\frac{TFP_{t+1}}{TFP_t}\right) = \ln \frac{Y_{t+1}}{Y_t} - \frac{1}{2}(S_{t+1}^K + S_t^K) \ln \frac{K_{t+1}}{K_t} - \frac{1}{2}(S_{t+1}^L + S_t^L) \ln \frac{L_{t+1}}{L_t} \quad (10)$$

(10)式により特定生産者に着目し時系列データを用いた全要素の変化率の算定方法である。ここで Good, Nadiri, and Sickles (1997) により開発された、生産者間の生産性格差と時系列での生産性の変化の両面を考慮したパネルデータをつかった場合の全要素生産性を算出する。

まず平均的な生産者の存在を仮定する。そして幾何平均をハット「 $\hat{\cdot}$ 」で表し、算術平均をバー「 $\bar{\cdot}$ 」とすると、全要素生産性は以下ようになる。

$$\ln\left(\frac{TFP_{it+1}}{TFP_{it}}\right) = \ln \frac{\hat{Y}_{it+1}}{\hat{Y}_{it}} - \frac{1}{2}(\bar{S}_{it+1}^K + \bar{S}_{it}^K) \ln \frac{\hat{K}_{it+1}}{\hat{K}_{it}} - \frac{1}{2}(\bar{S}_{it+1}^L + \bar{S}_{it}^L) \ln \frac{\hat{L}_{it+1}}{\hat{L}_{it}} \quad (11)$$

さらに生産者 i と平均的な生産者との全要素生産性の乖離は、以下ようになる。

$$\ln\left(\frac{TFP_{it}}{TFP_t}\right) = \ln \frac{Y_{it}}{Y_t} - \frac{1}{2}(S_{it}^K + \bar{S}_t^K) \ln \frac{K_{it}}{\bar{K}_t} - \frac{1}{2}(S_{it}^L + \bar{S}_t^L) \ln \frac{L_{it}}{\bar{L}_t} \quad (12)$$

そして t 年における生産者 i の全要素生産性を $t=1$ の平均的な生産者の全要素生産性からの乖離として捉えたと、

$$\ln\left(\frac{TFP_{it}}{TFP_t}\right) = \ln\left(\frac{TFP_{it}}{TFP_{it}}\right) + \sum_{s=1}^{t-1} \ln\left(\frac{TFP_{it}}{TFP_{is}}\right) \quad (13)$$

$$\ln\left(\frac{TFP_{it+1}}{TFP_t}\right) = \ln \frac{Y_{it+1}}{Y_t} - \frac{1}{2}(S_{it+1}^K + \bar{S}_t^K) \ln \frac{K_{it+1}}{\bar{K}_t} - \frac{1}{2}(S_{it+1}^L + \bar{S}_t^L) \ln \frac{L_{it+1}}{\bar{L}_t} \\ + \sum_{s=1}^{t-1} \left[\ln \frac{\hat{Y}_{is+1}}{\hat{Y}_s} - \frac{1}{2}(\bar{S}_{s+1}^K + \bar{S}_s^K) \ln \frac{\hat{K}_{s+1}}{\bar{K}_s} - \frac{1}{2}(\bar{S}_{s+1}^L + \bar{S}_s^L) \ln \frac{\hat{L}_{s+1}}{\bar{L}_s} \right] \quad (14)$$

ゆえに、生産者 i の t から $t+1$ における全要素生産性の変化率は以下ようになる。

$$\ln\left(\frac{TFP_{it+1}}{TFP_{it}}\right) = \ln\left(\frac{TFP_{it+1}}{TFP_t}\right) - \ln\left(\frac{TFP_{it}}{TFP_t}\right) \quad (15)$$

$$\ln\left(\frac{TFP_{it+1}}{TFP_{it}}\right) = \ln \frac{Y_{it+1}}{Y_{it}} - \frac{1}{2}(S_{it+1}^K + \bar{S}_{it+1}^K) \ln \frac{K_{it+1}}{\bar{K}_{it+1}} - \frac{1}{2}(S_{it+1}^L + \bar{S}_{it+1}^L) \ln \frac{L_{it+1}}{\bar{L}_{it+1}} \\ + \sum_{s=1}^t \left[\ln \frac{\hat{Y}_{is+1}}{\hat{Y}_s} - \frac{1}{2}(\bar{S}_{s+1}^K + \bar{S}_s^K) \ln \frac{\hat{K}_{s+1}}{\bar{K}_s} - \frac{1}{2}(\bar{S}_{s+1}^L + \bar{S}_s^L) \ln \frac{\hat{L}_{s+1}}{\bar{L}_s} \right] \\ - \left[\ln \frac{Y_{it}}{Y_t} - \frac{1}{2}(S_{it}^K + \bar{S}_t^K) \ln \frac{K_{it}}{\bar{K}_t} - \frac{1}{2}(S_{it}^L + \bar{S}_t^L) \ln \frac{L_{it}}{\bar{L}_t} \right] \\ + \sum_{s=1}^{t-1} \left[\ln \frac{\hat{Y}_{is+1}}{\hat{Y}_s} - \frac{1}{2}(\bar{S}_{s+1}^K + \bar{S}_s^K) \ln \frac{\hat{K}_{s+1}}{\bar{K}_s} - \frac{1}{2}(\bar{S}_{s+1}^L + \bar{S}_s^L) \ln \frac{\hat{L}_{s+1}}{\bar{L}_s} \right] \quad (16)$$

(16)式より、全要素生産性の変化率が算出できる。

2.2 分析対象

本研究においては研究開発投資の効率性に注目しているため、その影響が大きい製造業に視点を据えて全要素生産性の変化率の算出を行う。また産業ごとに算出するのは、産業により全要素生産性は異なり、国レベルで算出した場合には産業ごとの全要素生産性の格差が相殺されてしまうからである。

産業は工業統計調査用産業分類の中分類に基づき 1980 年から 2004 年までのデータを用いて算出する。ただし、調査期間において、分類が大きくかわった繊維工業と衣類・その他繊維工業は合算しており、情報通信機械器具製造業・電子部品デバイス製造業は電気機械器具製造業に含めて算出している。そして印刷・関連業については算出を行っていない。

これにより、製造業 19 業種の全要素生産性の変化率を 1982 年から 2004 年までの各年において算出を行った。

2.3 データ構築

Y は工業統計表の付加価値額を国民経済計算年報の経済活動別国内総生産デフレーターを用いて実質化して求める。

1980 年の K (初期値) を工業統計表の有形固定資産年初現在高 (土地以外) を国民経済計算年報の国内総支出デフレーターのうち総固定資本形成・民間企業設備デフレーターで実質化したものとする。そして、1981 年以降の K は $K_{it} = (1 - \delta_{it} - \lambda_{it})K_{it-1} + I_{it}$ により求める。ここで δ は減価償却率、 λ は除去率、 I は実質投資額である。除去率は工業統計表の除去額 (土地以外) を有形固定資産年初現在高 (土地以外) で除して求める。減価償却率は工業統計表の減価償却額を有形固定資産年初現在高 (土地以外) で除して求める。実質投資額は工業統計表の有形固定資産取得額 (建物及び構築物、機械及び装置、その他、中古のもの) と建設仮勘定 (年間増加額) の合計を総固定資本形成・民間企業設備デフレーターで実質化して求める。

L は工業統計表の従業員数に毎月勤労統計調査の総実労働時間指数を乗じて求める。

r は Jorgenson (1963) より、(17)式から求める。

$$r = \text{民間企業投資デフレーター} \times (\text{利率} - \text{民間企業投資デフレーター成長率} + \delta_{it} + \lambda_{it}) \quad (17)$$

民間企業投資デフレーターは国民経済計算年報から得ており、利率は日本銀行 HP の 10 年物国債利回りの年平均を用いている。

wL は工業統計表の現金給与総額を用いている。

2.4 ARMA モデル

ARMA モデルの理論的説明は計量経済学の書籍に説明されているので、ここでは省略する。

本研究においては、産業ごとに時系列分析を行う。こ

ここで通常はデータの定常性の問題が生じる可能性があるため、単位根検定などを行い、データが定常状態になるまで階差を取るなど、適切に処理するところだが、本研究では以下の理由によりこれらの処理は行わない。

第一に対象となるデータは変化率であり、すでに全要素生産性を対数変換し、1階差をとったのと同じである。通常の経済データは不均一分散の関係から対数変換を行い、その値の1階差を取ることで定常になることが多い。

第二に図1のように視覚的にトレンドを示さず、定常であることが分かること(全産業について示すことはスペースの関係上困難ゆえ、代表的な電気機械器具製造業のみ示す)。

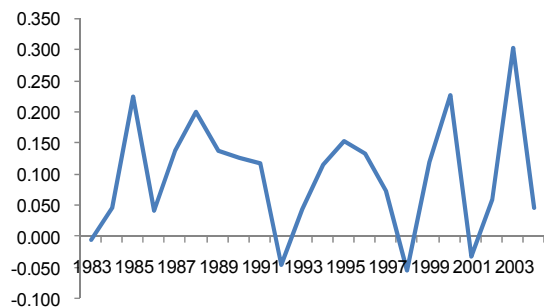


図1. 電気機械器具製造業の $\Delta TFP/TFP$ の推移。

第三に階差を取ることはそれだけデータの情報を除外することに他ならないので、必要以上に単位根検定等を行わないようにする。

以上より、全要素生産性の変化率のデータにおいてARモデルとMAモデルの次数を決定する。次数の決定は自己相関関数(ACF)と偏自己相関関数(PACF)の形状を視覚的に把握し、最終的にはAICを考慮してモデルを選択している。そしてその次数を基にARMAモデルを適用する。

3. 実証分析およびその結果

3.1 TFP 変化率の趨勢

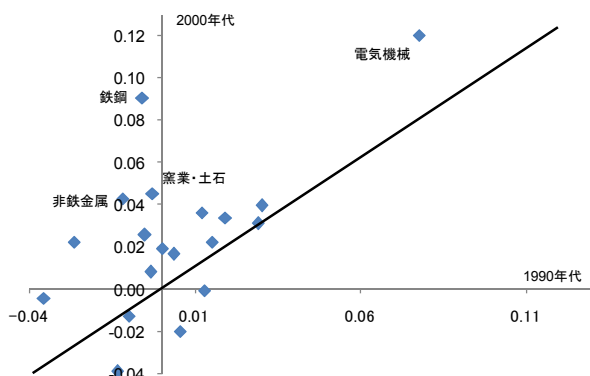


図2. 1990年代と2000年代のTFP変化率の散布図。

まず図2のように、算出した全要素生産性の変化率の傾向をみるために1990年代と2000年代の平均を求めて散布図にした。補助線は45度線である。見て分

かるように大部分の産業で45度線より上にあり、全要素生産性の変化率が向上していることが分かる。

3.2 技術革新の好循環

19産業についてARMAモデルの適用を行ったが、スペースの関係上全産業を載せることができない。このため代表的な電気機械器具製造業についてのみ示す。

モデルは2.4よりARMA(2,1)を採用された。結果は図3と表1に示した。見て分かるように実績値と推定値は大きく乖離している。修正済み決定係数も0.12であり、かなり低い水準にある。さらにARの係数は負であり、技術革新が技術革新を生むという好循環は本モデルからは証明できなかったといえる。

一方で、定数項が正に有意であるため、全要素生産性の変化率は、ある一定水準(0.995)の周りの値を取っていることがわかる。

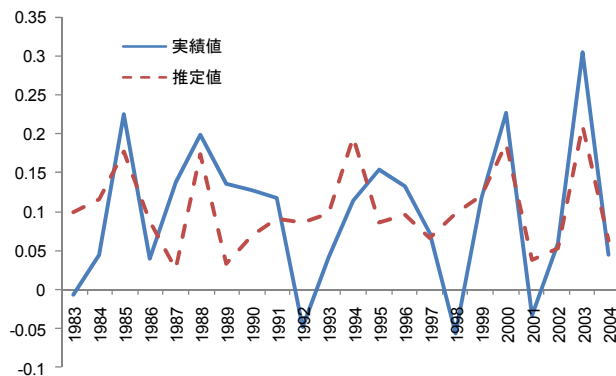


図3. ARMA(2,1)の推定値と実績値。

表1 ARMA(2,1)の推定結果

	係数	t値
AR1	-0.547	-2.02
AR2	-0.642	-3.20
MA1	-0.524	-1.17
定数項	0.995	8.25

同様に、他の産業でも修正済み決定係数が低くどの産業も0.2未満であった。これは他の産業においても、技術革新が技術革新を生むという好循環は確認されなかったといえる。

3.3 研究開発投資と継続的技術革新

3.2のARMAモデルの定数項が(5%)有意になるか否かで2グループに分ける。定数項が有意となった産業を表2に示している。

表2 定数項が5%有意となった産業とその定数項

産業	定数項
パルプ・紙・紙加工品製造業	0.0070
化学工業	0.0611
プラスチック製品製造業	0.0242
窯業・土石製品製造業	0.0222
鉄鋼業	0.0289
電気機械器具製造業	0.0995
輸送用機械器具製造業	0.0297
精密機械器具製造業	0.0258

全要素生産性の変化率が安定して正の値をとっているということは、全要素生産性が持続的に成長していることを示す。つまり表2に挙げられた産業においては安定した技術革新が継続的に起こっていることを意味している。

また産業別に見てみると、日本経済を牽引しているとする電機機械器具製造業は全要素生産性の変化率が高水準で安定しており、十分な技術革新が継続的に行われていることがうかがえる。

さらに研究開発投資との関係をみていく。図4は1998年から2004年までの研究開発強度（研究開発費/売上高）と全要素生産性の変化率の平均値を産業ごとにプロットしたものである。ここで、研究開発費と売上高は経済産業省の企業活動基本調査より求めている。特に研究開発費は自社研究開発費と委託研究開発費の合計として定義している。

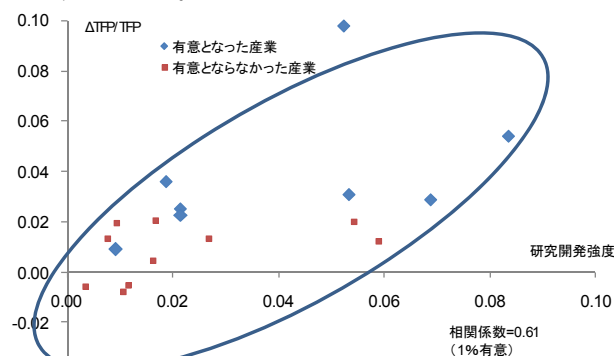


図4. TFP変化率と研究開発強度の散布図。

この図4から以下の2つのことがいえる。

- (1) 研究開発強度と全要素生産性の変化率の間には正の相関関係が見える。
- (2) ARMAモデルによる定数項が有意となった産業の研究開発強度と全要素生産性の変化率は、有意とならなかった産業の研究開発強度と全要素生産性の変化率と比べて高水準にある。この関係を詳しく示したものが表3である。表3はARMAモデルの定数項が有意となった産業とならなかった産業のそれぞれの研究開発強度と全要素生産性の平均値を示している。

表3 定数項が5%有意となった産業とその定数項

	研究開発強度	$\Delta TFP/TFP$
定数項が有意となった産業	0.056	0.038
定数項が有意とならなかった産業	0.027	0.004

以上のことから、研究開発投資を積極的に行っている企業ほど、全要素生産性の変化率が高く、継続的な技術革新が行われていることが分かる。

つまり長期的経済成長の実現のためには、研究開発投資を積極的に行うことが重要な鍵となっており、それが同時に安定した技術革新を継続的に起こす要因となっていることが示唆されているといえる。

4. 結論

4.1 総括

本研究により、下記の知見が明らかになった。

- (1) 2000年代は1990年代に比べて全要素生産性の変化率が向上し、技術革新が促進している。
- (2) 技術革新が更なる技術革新を生むという好循環は観察されなかった。
- (3) 一方で、研究開発投資はTFPの向上に貢献している。
- (4) そして、安定した技術革新を行っている産業とそうでない産業が存在し、安定した技術革新を行なっている産業では積極的な研究開発投資を行っていることが示唆された。

以上より、企業が積極的な研究開発投資を行うことが長期安定的な経済成長を生むことが明らかになった。このため、研究開発費のさらなる税制優遇など、企業の研究開発投資を促進させるような政策が重要となるといえる。

4.2 今後の課題

- (1) 本研究では、全要素生産性の変化率は技術革新以外の要因も含有されている。それらを分離し、厳密な生産性の分析を行うことが必要である。
- (2) ARMAモデルは短期的なものについてのみ予測可能であるという特性をもつ。しかし技術革新は長期的な影響力も持っているため、長期記憶性の分析が必要である。
- (3) 本研究において研究開発投資と全要素生産性の変化率との関係は全体的な傾向しか見ていない、このためさらなるメカニズムの究明が必要となる。

参考文献

- [1] D.H. Good, M.I. Nadiri, and R. Sickles, Index Number and Factor Demand Approaches to the Estimation of Productivity, Handbook of Applied Econometrics Vol. 2: Microeconometrics, Blackwell, Oxford (1997).
- [2] D.W. Jorgenson, Capital Theory and Investment Behavior., American Economic Review, 53, no. 2 (May): 247-259. Reprinted with permission (1963).
- [3] Foster, Richard N., and Sarah Kaplan, Creative Destruction, Pearson Education (2001).
- [4] W.H. Greene, Econometric Analysis, Prentice-Hall (2002).
- [5] 榊原清則・辻本将晴、「日本企業の研究開発投資はなぜ低下したのか」、内閣府経済総合研究所 (2003).
- [6] 元橋一之、「日本経済の競争力は低下しているのか？生産性分析による検証」 (2005).
- [7] 柳沢英太、「業種及び組織感性に伴う性向による誤謬相関～電気機械産業の企業業績に対する時系列解析～」、東京工業大学修士論文 (2005).
- [8] 渡辺千帆、「技術革新の計量分析 - 研究開発の生産性・収益性の分析の評価」、日科技連 (2001).
- [9] 近畿経済産業局、「近畿地域経済の生産性実態調査報告書」 (2006).
- [10] 内閣府、「国民経済計算年報」 (各年版).
- [11] 厚生労働省、「毎月勤労統計調査」 (各年版).
- [12] 経済産業省、「工業統計表」 (各年版).
- [13] 経済産業省、「企業活動基本調査」 (各年版).