

日本の情報通信業における IT関連投資と生産性・効率性

— パネルデータによる確率論的フロンティア・アプローチ —

竹村敏彦

RCSS

文部科学省私立大学学術フロンティア推進拠点
関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター

Research Center of Socionetwork Strategies,
The Institute of Economic and Political Studies,
Kansai University
Suita, Osaka 564-8680 Japan
URL : <http://www.rcss.kansai-u.ac.jp/>
<http://www.socionetwork.jp/>
e-mail : keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp
tel. 06-6368-1177
fax. 06-6330-3304

日本の情報通信業における IT関連投資と生産性・効率性

— パネルデータによる確率論的フロンティア・アプローチ —

竹 村 敏 彦

RCSS

文部科学省私立大学学術フロンティア推進拠点
関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター

Research Center of Socionetwork Strategies,
The Institute of Economic and Political Studies,
Kansai University
Suita, Osaka 564-8680 Japan
URL : <http://www.rcss.kansai-u.ac.jp/>
<http://www.socionetwork.jp/>
e-mail : keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp
tel. 06-6368-1177
fax. 06-6330-3304

日本の情報通信業における IT 関連投資と生産性・効率性*

パネルデータによる確率論的フロンティア・アプローチ

竹村敏彦 (Toshihiko Takemura)

関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター†

E-mail: takemura@rcss.kansai-u.ac.jp

概要

本稿では、日本経済新聞社から公表されているデータセットである「一般事業会社本決算データ」(2000年から2004年)を用いて、日本の情報通信業におけるIT関連資本の経済効果を推計している。その推計手法としては、パネルデータによる確率論的フロンティアを採用した。

その結果、Cobb-Douglas型生産関数を想定した推計式において、ソフトウェア資本、機械設備、そして両者を合わせたIT関連資本が生産物(総売上高および総付加価値)に対して正の弾力性および限界生産力を有していることがわかった。また、IT関連資本比率(IT関連資本と非IT関連資本の割合)は、概して最適資本比率よりも大きくなってしまった。

このことから、少なくとも2000年以降、日本の情報通信業では、1990年代の日本の非製造業で見られた生産性パラドックスは観測されないということを結論付けることができる。

さらに、技術的効率性に関しては、ほぼすべての結果で年々わずかながら上昇傾向にあり、また全体的に見て、いずれの推計結果でも効率性の程度は各企業で大きく違うことがわかった。

KEYWORD: IT Investment, Stochastic Frontier Analysis, Production Function, Panel Data, Productivity, Efficiency

JEL CLASSIFICATION: C16, C23, C81, C87, L11, L86

*本稿は2005年9月17日中央大学に於ける日本経済学会秋季大会で発表した「日本の情報通信業におけるIT関連投資と生産性・効率性: パネルデータによる確率論的フロンティア・アプローチ」を加筆修正したものである。討論者である今川拓郎氏(総務省総合通信基盤局事業政策課市場評価企画官)と座長である篠崎彰彦氏(九州大学大学院経済学府教授)には有益な助言をいただいた。また、鶴飼康東氏(関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター教授)と村上裕太郎氏(大阪大学大学院博士後期課程)からも貴重なコメントを頂いた。ここに記して謝意を表したい。もちろん残る誤りは、筆者の責に帰すものである。

†ポストドクトラルフェロー、〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 関西大学経済・政治研究所ソシオネットワーク戦略研究センター

IT-Related Investment, Productivity and Efficiency in the Japanese Information and Communicatoion Industry

Using Stochastic Frontier Approach for Panel Data

TOSHIHIKO TAKEMURA

Research Center of Socionetwork Strategies,
Kansai University

E-mail: takemura@rcss.kansai-u.ac.jp

Abstract

With this paper, author used the data set published from the Nihon Keizai Shinbun Inc., called main balancing of accounts data of the firms. The author estimated economic effect of the IT-related investment in the Japanese information communication industry in the period 2000-2004. Then, a stochastic frontier approach for panel data was used.

As a result, the effects of either software capital or the IT-related capital were positive, under the assumption that the production function was Cobb-Douglas type. In addition, it was generally found that IT-related capital ratio (proportion of IT-related capital and non IT-related capital) became larger than optimum capital ratio.

We concluded that “productivity paradox” is not observed in the Japanese information communication industry in the sense of R. Solow.

Furthermore, yearly almost with all results, in regard to technical efficiency, we found that it tended to rise.

KEYWORD: IT Investment, Stochastic Frontier Analysis, Production Function, Panel Data, Productivity, Efficiency

JEL CLASSIFICATION: C16, C23, C81, C87, L11, L86

1 序論

21世紀の終わりとともに、1980年代半ばから始まった生産性論争はひとつのターニングポイントを迎えた。1990年代後半には国レベルや産業レベルのデータを用いて研究を行う米国の経済学者からさえも、生産性パラドックスの存在を肯定するような見解は聞かれなくなった。それは、Solow (2000)における“You can now see computers in the productivity statistics.”というコメントからもうかがえる。特に、米国における近年のIT投資に関する研究は、データおよび分析手法の精緻化により、さらなる研究のステップへとシフトしている¹⁾。

日本においても、1990年代半ばからIT投資の研究が行われ、多くの研究成果が蓄積されている。中でも、1990年代半ばから本格的に開始された企業レベルのデータを用いた研究は、分析するためのデータセットが存在しなかったために、独自にアンケートやインタビュー調査を行うことでデータセットを構築しなければならなかったことは特筆すべきことである。しかしながら、これらの試みは、研究として価値があるものの、継続的にアンケート等を実施しない限り、それが持続的なものであるかどうかの検証を行うことはできないといった問題もあった。

本稿の目的は、公表されているデータセットから、日本の情報通信業におけるIT資本の経済効果を推計することである。具体的には、2000年から2004年までにおける日本経済新聞社の企業情報データベースを用いて、日本の情報通信業のIT関連資本の限界生産性を推計する²⁾。

本稿の構成は次のとおりである。次節で、分析に用いる理論的フレームワーク（生産関数分析）と計量手法（確率論的フロンティアアプローチ; Stochastic Frontier Approach）について簡単に説明する。第3節では推計結果を示し、仮説の検証を行う。そして、最後に本稿の結論と今後への展望を述べる。

2 フレームワーク

ここでは、生産関数の理論的フレームワークとパネルデータを用いた確率論的フロンティアアプローチを紹介する。

2.1 理論

本稿では、企業の生産に関する理論に基づいて、日本の情報通信業の経済分析を行う。実際、このフレームワークは、広くIT投資の経済分析に用いられている³⁾。

生産関数によるアプローチは、情報通信業の経済活動を製造業等の他の産業における企業の生産活動と同一の構造をもつと仮定したものであり、労働や資本といった実物的な生産要素が投入されることで、情報通信業の生産物が生成されるといった基本的な考えである。また、この種の生産性や効率性を実証分析する際、直面する問題が「生産物」の定義、そしてその際の「生産要素」の定義であり、この点については一致した見解はまだない。

¹⁾ 日米のIT投資に関する研究については、Watanabe, Ukai and Takemura (2005) や江良・竹村 (2005) を参照されたい。

²⁾ なお、このデータベースは、1980年代からの企業情報を提供しているものの、IT資本の一つで重要な役割を果たすソフトウェアに関するデータが2000年までほとんど得られなかったことと、有価証券報告書の開示制度が大幅に改定され、2000年3月期決算以降に企業決算の情報開示が連結中心に切り替わったことを考慮して2000年から2004年とした。

³⁾ ITの費用便益分析が困難であるために、生産関数によってIT投資の経済効果を測定することが最適な代替案と位置づけられる。

生産関数の形状としては、生産関数の条件で必要とされる単調性 (monotonicity) と準凹性 (quasi-concavity) を満たしている Cobb-Douglas 型を仮定し、これを対数変換した

$$\ln Q = \ln A + \sum_{j \in J} \beta_j \ln K_j + \sum_{l \in L} \gamma_l \ln N_l \quad (1)$$

を用いる。ただし、 Q は企業の生産物、 K_j は資本 j 、そして N_l は労働力などの可変投入要素 l を表している。なお、 β_j と γ_l は資本 K_j と可変投入要素 N_l の生産物 Q に対する弾力性となる。

式 (1) をもってすれば、「IT 関連投資が生産物に対して貢献しているか否か」について確認することは可能である。つまり、松平 (1998) でも述べられているように、ソローパラドックスの検証が可能となる。しかしながら、この結果だけでは、他の資本よりも IT 関連資本に投資を優先する正当な根拠にはなりえない。それは、すべての生産要素の生産性が正であれば、いずれの増加も生産物の増加に寄与するからである。この問題を克服すべく、式 (1) で得られた各生産要素の限界生産性の関係について考えなければならない。そのために、式 (1) において資本を IT 関連資本と非 IT 関連資本に区別し、以下のように変形する。

$$\begin{aligned} \ln Q &= \ln A + \sum_{j \in IT} \beta_j \ln K_j + \sum_{m \notin IT} \beta_m \ln K_m + \sum_{l \in L} \gamma_l \ln N_l \\ &= \ln A + \sum_{j \in J} \beta_j \ln \bar{K} + \ln \frac{\prod_{j \in IS} R_j^{\beta_j}}{(1 + \sum_{j \in J} R_j)^{\sum_{j \in J} \beta_j}} + \sum_{l \in L} \gamma_l \ln N_l \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 $j \in IT$ に対して、

$$R_j = \frac{K_j}{\sum_{m \notin IT} K_m}, \quad \bar{K} = \sum_{j \in J} K_j$$

であり、 R_j は非 IT 関連資本に対する K_j の資本比率を表している。

式 (2) のように変形することで、非 IT 関連投資ではなく IT 関連投資にしたことによる寄与 (IT 化による寄与) を得ることができる⁴⁾。さらに、 $j \in IT$ に対して、式 (2) を R_j について解くと、資本 K_j の最適資本比率 R_j^* が得られる。

$$R_j^* = \frac{\beta_j}{\sum_{m \notin IT} \beta_m} \quad (3)$$

式 (3) は、非 IT 関連資本の限界生産力が IT 関連資本の限界生産力と一致していることを意味する。また、 $R_j^* > R_j$ が成り立てば、IT 関連資本 K_j が過少投資であることを意味する。言い換えると、IT 関連資本の限界生産力が正であり、またより多くの IT 関連投資を行うべきであるとする正当な根拠となりうる。それゆえに、他の非 IT 関連資本よりも IT 関連資本に投資を優先する正当な根拠を示すことができる。

これらのことを踏まえて、本稿では、以下の 2 つの仮説の検証を行う。

仮説 1 IT 関連資本の弾力性・限界生産力は正である。つまり、 $j \in IT$ に対して、 $\beta_j > 0$ が成立する。

仮説 2 平均的な企業の最適資本比率が非 IT 関連資本に対する IT 関連資本比率よりも大きくなる。つまり、 $j \in IT$ に対して、 $R_j^* \geq R_j$ が成立する。

⁴⁾ 資本の適正水準に関する議論については、荒井・安藤 (2001) や篠崎 (2003) を参照されたい。

2.2 データセットの構築

各企業により明らかにされている財務情報が現実を必ずしも反映していない可能性があるという批判がある。しかしながら、内部の詳細なデータ等を入手できないことや、また分析の追試ができることを考えて、各企業が毎年提出している有価証券報告書をもとに作成されている公表データを用いる⁵⁾。1990年代半ばからはじまった会計基準の改変により、徐々にではあるがIT関連資本のデータが有価証券報告書や企業の財務情報に関するデータベースに公表・記載されるようになってきた⁶⁾。これらのデータの継続的な公表により、時系列的に企業レベルでのIT関連資本の経済効果を測定することが可能になったといえる。

本稿では、産業分類に関しては、eol, Inc. の提供する eol DB タワーサービスに準じて行い、データは日本経済新聞社が作成した「一般事業会社本決算データ」を用いる。具体的には、2000年度から2004年度における情報通信業に属する企業を対象としてデータを抽出している。しかしながら、情報通信産業において新規上場や倒産、さらにデータベースにおけるIT関連資本の欠損値が存在するために、分析期間中における企業数は変動し、データセットはアンバランスパネルとなっている。なお、各期間ごとに分析の対象となるサンプル数と企業数は表1が示す通りである。

表 1: 各期間におけるサンプル数と企業数

年度	2000	2001	2002	2003	2004	Total	Group
サンプル数	44	50	46	40	40	220	53
企業数	176	177	177	176	179	885	—

表1を見てわかるように、サンプル数の情報通信業に属する企業数に占める割合は約23%から28%と低水準にとどまっている。しかしながら、推計を行うに必要とされるサンプル数は確保できていると思われる。

次に、生産物と生産要素について説明を加える。サービス業の生産関数を定式化する際、「生産物」と「生産要素」をどのように定義するかという問題に直面する。サービス業は付加価値の部分が多く、製造業のように生産物を直接観測したり、その品質を評価したりすることは難しい⁷⁾。この問題を克服するべく、サービス業の経済分析を行っている中島(2001)でも指摘されているように、経済理論に基づいて生産物や生産要素を定義することが可能である。

IT資本の経済効果に関する研究のみならず、多くの研究では生産物を総売上高もしくは総付加価値をもって定義している。例えば、松平(1998)やBrynjolfsson and Hitt(2000)は生産物を総付加価値とし、生産要素として材料およびサービスの総購買額を用いるよりも望ましいと主張している。それは、中間製品の購入は短期的な経済変動に大きく変動されるため、両者の相関が強ければ、生産関数の推計の際、同時性バイアスが生じる可能性があるためである。また、生産物を総付加価値をもって定義する方法は、主として国や産業レベルの研究でも多く用いられている。

本稿では、他の先行研究との比較をかねて、両者のケースを考える。

$$Q[1] = \text{総売上高}$$

⁵⁾ この種の研究では、アンケートやインタビュー調査によって収集したデータを用いて分析を行うことが多い。これらの試みは研究として価値があるものの、継続的にアンケート等を実施しない限り、情報システム投資の経済効果が持続的なものであるか否かの検証を行うことはできないといった問題もある。

⁶⁾ 1993年に「リース取引に係る会計基準に関する意見書」(大蔵省企業会計審議会)、1998年に「研究開発費等に係る会計基準の設定に関する意見書」(大蔵省企業会計審議会)が公表および施行された。なお、IT関連資本の公表については、竹村(2003)を参照されたい。

⁷⁾ 取引の際にサービスそのものの対価が消費者によって支払われる類のサービス業の場合は、製造業と同様に取引額をもって生産物とみなすことが可能である。なおこのケースにおいてさえも、サービスの質という問題が残る。

$$Q[2] = \text{総付加価値} = \text{総売上高} - \text{原材料等}$$

生産要素に関しては、IT 関連資本と非 IT 関連資本に大別し、IT 関連資本の経済効果を測定するために、以下のものを考えていく。

生産物として総売上高を用いたとき、まず原材料を考慮する必要がある。もし原材料をモデルから完全に除外した場合、IT 投資のリターンが過大評価される可能性を Brynjolfsson and Hitt (2000) は指摘している⁸⁾。

それゆえに、生産物 $Q[1]$ を用いる場合、生産要素のひとつとして原材料を考える。

$$N_M = \text{原材料等}$$

なお、生産物 $Q[2]$ に関しては、原材料を考慮しているので、推計の際、生産要素 N_M を用いない。

IT 関連資本として、コンピュータやソフトウェアなどが挙げられる。ソフトウェア資本に関しては項目として存在するものの、パーソナルコンピュータやサーバ等のハードウェアに関する資本について項目として存在していない。そこで、本稿ではハードウェアは機械設備に含まれていると仮定し、機械設備を分析に用いる⁹⁾。なお、機械設備とソフトウェア資本を個別の生産要素として考えるケースと、両者を IT 関連資本としてみなし、生産要素のひとつであるとするケースについて分析を行っていく。

$$K_S = \text{ソフトウェア資本}$$

$$K_C = \text{機械設備}$$

$$K_{IT} = \text{IT 関連資本} = \text{ソフトウェア資本} + \text{機械設備}$$

非 IT 関連資本の代表として、本稿では有形固定資産の主要な項目のひとつである建物・構築物を用いる。

$$K_O = \text{建物・構築物}$$

最後に、生産要素として重要な役割を果たす労働を考える。なお、他の IT 投資の研究のように、IT 関連の労働と非 IT 関連の労働に区別して分析を行うべきであるが、日本経済新聞社の企業情報データベースからそれらの区別を行うことができない、また IT 資本をすべての従業員が利用していることを考慮して、総従業員数を用いた¹⁰⁾。

$$N_L = \text{従業員数}$$

2.3 確率論的生産フロンティア・アプローチ

確率論的生産フロンティア・アプローチは、Aigner *et al.* (1977) や Meeusen and van den Broeck (1977) によって導入されたものである。確率論的生産フロンティアアプローチの詳細については、Kumbhakar and Lovell (2000) を参照されたい。

⁸⁾ 企業の生産要素に関するアウトソーシングの程度と IT 資本の間に相関関係があることが知られている。

⁹⁾ 本稿では、通信事業者と家電メーカーを特に区別していない。しかしながら、これらの企業にとって機械設備の持つ意味合いは大きく異なる。これらを区別して分析を行っていくことは今後の課題とする。

¹⁰⁾ IT 関連労働と非 IT 関連労働の区別を行っていないために、IT 関連労働の効果を調べることはできない。これらの効果も他の公表データを用いることによって測定することは可能である。それは本稿の今後の課題とする。

式 (1) に誤差項 $\varepsilon_i(t)$ を加えた以下の推計式を用いる。

$$\begin{aligned} \ln Q_i(t) &= \alpha_i(t) + \beta_{IT} \ln K_{i,IT}(t) + \beta_O \ln K_{i,O}(t) \\ &\quad + \gamma_L \ln N_{i,L}(t) + \gamma_M D \ln N_{i,M} + \varepsilon_i(t) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \ln Q_i(t) &= \alpha_i(t) + \beta_S \ln K_{i,S}(t) + \beta_C \ln K_{i,C}(t) + \beta_O \ln K_{i,O}(t) \\ &\quad + \gamma_L \ln N_{i,L}(t) + \gamma_M D \ln N_{i,M} + \varepsilon_i(t) \end{aligned} \quad (5)$$

ただし、 $Q_i(t)$ は t 期における企業 i の生産物、 $K_{i,IT}(t)$ は IT 関連資本、 $K_{i,O}(t)$ は建物・構築物、 $K_{i,S}(t)$ はソフトウェア資本、 $K_{i,C}(t)$ はコンピュータ関連資本、 $N_{i,L}(t)$ は従業員数、 $N_{i,M}(t)$ は原材料を表している。また、 D は生産物が $Q[1]$ であれば 1、そうでなければ 0 を付与するダミー変数である。

確率論的フロンティアモデルの定式化によって、誤差項 $\varepsilon_i(t)$ は企業特有の特異効果 $v_i(t)$ と生産非効率性 $u_i(t)$ に分けることができる。

$$\varepsilon_i(t) = v_i(t) - u_i(t)$$

なお、 $v_i(t)$ は正規分布 $N(0, \sigma_v^2)$ に従い、さらに $v_i(t)$ と $u_i(t)$ は無相関であると仮定している。本稿では、主として生産非効率性の程度は時間とともに変化し、また切断正規分布 $N(\mu, \sigma_u^2)$ に従うとするモデル (time-varying decay truncated normal distribution model) を考える。よって、 $u_i(t)$ は

$$u_i(t) = \exp\{-\eta(t - T_i)\} u_i \quad (6)$$

となる。ただし、 η は崩壊パラメータ (decay parameter)、 T_i は企業 i の最終期を表している。なお、もし推計の結果、 $\eta = 0$ であれば、生産非効率性の程度が時間とともに変化しない切断正規分布に従うモデル (time-invariant truncated normal distribution model) で再度推計を行う。

3 推計結果

Case 1 は IT 関連資本 K_{IT} を用いており、Case 2 ではソフトウェア資本 K_S と機械設備 K_C を区別したものをを用いている。

3.1 推計結果

推計結果 1

生産物 $Q[1]$ を用いたときの推計結果は、表 2 の通りである。 $\gamma = \mu = \eta = 0$ の帰無仮説に関する Wald 統計量は、Case 1 では 523.94、Case 2 では 331.43 であるので、いずれのケースにおいてこの帰無仮説は強く棄却されている。また、いずれのケースにおいても γ は正となり、 η に関しては Case 1 (Case 2) では 10% 水準 (1% 水準) で有意に正となっている。さらに、 μ についても Case 1 (Case 2) で 5% 水準 (1% 水準) で有意に正となっている。このことから、生産物 $Q[1]$ を考慮した時、Case 1 および Case 2 のいずれにおいても非効率性の程度が時間とともに低下していく確率論的フロンティア関数で推計することが妥当であるといえる。

Case 1 においては $\hat{\gamma}_M$ を除く係数パラメータは 1% 水準で有意に正となっており、符号条件を満たしている。Case 2 においても、 $\hat{\gamma}_M$ を除く係数パラメータは有意に正となっている。

表 2: 推計結果 1: $Q[1]$

	Case 1		Case 2	
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
$\hat{\alpha}$	5.839833***	0.3824595	5.888264***	0.0314757
$\hat{\beta}_{IT}$	0.2008453***	0.0309522	—	—
$\hat{\beta}_S$	—	—	0.0255278**	0.0259379
$\hat{\beta}_C$	—	—	0.1336047***	0.0206084
$\hat{\beta}_O$	0.0951335***	0.032337	0.0598148*	0.0316967
$\hat{\gamma}_L$	0.5859795***	0.0866027	0.6796723***	0.0898357
$\hat{\gamma}_M$	-0.0049256	0.0330619	0.0253073	0.4116653
μ	0.9226542***	0.3378854	0.8619863**	0.3569948
η	0.0243269*	0.0135063	0.0475252***	.0150359
σ_S^2	0.6635941	0.2240863	0.6783099	0.2428392
γ	0.8816937	0.0419411	0.8890873	0.0414736
σ_v^2	0.0785073	0.0087396	0.0752332	0.0083552
σ_u^2	0.5850868	0.2241702	0.6030768	0.2429116
	Log likelihood = -113.280		Log likelihood = -111.200	
	Wald $\chi^2(4) = 523.94$		Wald $\chi^2(5) = 331.43$	

※ $\sigma_S^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$, $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$

*** : $p < 1\%$, ** : $p < 5\%$, * : $p < 10\%$

σ_u^2 を見てわかるように、Case 1 の非効率性のばらつきの方が Case 2 よりもわずかながら大きいことがうかがえる。

推計結果 2

表 3 は生産物 $Q[2]$ を用いたときの推計結果である。Case 1 においては、推計結果 1 と同様に、非効率性の程度が時間とともに低下していく確率論的フロンティア関数で推計を行っている。しかしながら、Case 2 においては、 $\eta = 0$ という帰無仮説を棄却することができなかつたため、非効率性の程度が時間とともに変化しない確率論的フロンティア関数でもって再推計した結果を示している。

表 3: 推計結果 2: $Q[2]$

	Case 1		Case 2	
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
$\hat{\alpha}$	5.849999***	0.3638484	6.14672***	0.4447568
$\hat{\beta}_{IT}$	0.2032276***	0.0307173	—	—
$\hat{\beta}_S$	—	—	0.064407**	0.02822
$\hat{\beta}_C$	—	—	0.0948984***	0.0242088
$\hat{\beta}_O$	0.0910461***	0.0310121	0.0816054**	0.0334151
$\hat{\gamma}_L$	0.5770804***	0.0775278	0.6589905***	0.0834301
μ	0.8403029**	0.3294372	1.576285***	0.4182141
η	0.0294513**	0.0133026	—	—
σ_S^2	0.706358	0.2492312	0.4202111	0.0971275
γ	0.8797974	0.0443252	0.8657687	0.0351883
σ_v^2	0.0849061	0.009307	0.0564055	0.0068129
σ_u^2	0.6214519	0.249341	0.3638056	0.0974521
	Log likelihood = -120.099		Log likelihood = -68.179	
	Wald $\chi^2(3) = 526.90$		Wald $\chi^2(4) = 148.74$	

※ $\sigma_S^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$, $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$

***: $p < 1\%$, **: $p < 5\%$, *: $p < 10\%$

Case 1 において、いずれの係数パラメータも係数パラメータは 1%水準で有意に正となっており、符号条件を満たしていることを確認することができる。また、Case 2 においても $\hat{\beta}_S$ と $\hat{\beta}_O$ が 5%水準で有意に正であり、それ以外の係数パラメータについても 1%水準で有意に正となっている。つまり、いずれも符号条件を満たしている。

また、 σ_u^2 を見てみると、Case 1 の非効率性のばらつきの方が Case 2 よりも大きいことがわかる。

推計結果 1 および推計結果 2 とともに、すべての係数パラメータは正に有意であり、また $\hat{\gamma}_L$ が一番大きな値をとり、以下 $\hat{\beta}_{IT}$ 、 $\hat{\beta}_C$ 、 $\hat{\beta}_O$ 、 $\hat{\beta}_S$ の順で大きな値をとっていることがわかる¹¹⁾。

¹¹⁾ 直接比較することはできないが、産業レベルで IT 資本の経済効果を確率フロンティアアプローチでもって分析している廣松他 (2001) の推計結果 (IT 関連資本に関する係数パラメータ) とほぼ似ているといえる。なお、廣松他 (2001) では、IT 資本に関して情報装備率でもって推計をしている。

3.2 検証

ここでは、第 2.1 節で見た仮説についての検証を行う。

第 3.1 節の推計結果より、ソフトウェア資本、機械設備、そして IT 関連資本の係数パラメータはいずれも正の値をとり、IT 関連資本の生産物に対する正の経済効果（弾力性・限界生産力）が確認されている。このことは、松平 (1998) では確認されなかった IT 関連資本の経済効果が、少なくとも 2000 年以降において確認され、第 2.1 節で見た仮説 1 に妥当性があるといえる。

また、非 IT 資本の代表である建物・構築物の弾力性と IT 関連資本の弾力性を比べてみると、ソフトウェア資本の弾力性は非 IT 資本の弾力性よりも小さいものの、機械設備の効果を合わせたものは非 IT 資本より大きな正の効果をもたらしている。また、Case 1 の IT 関連資本の弾力性と Case 2 のソフトウェア資本と機械設備の弾力性の総和を比較すると前者の方が大きくなるのがわかる。さらに、係数パラメータを用いて限界生産力を計算すると、その中央値はソフトウェア資本が約 4.7、機械設備が約 15、IT 関連資本が約 6.8 となり、かなり高い値を示していることがわかった。

次に、仮説 2 を検証するために、推計結果より最適資本比率、またデータセットより IT 関連資本比率（中央値）をそれぞれ計算したものが表 4 と表 5 である¹²⁾。なお、非 IT 資本の取り扱いが、本稿と最適資本比率を導出している荒井・安藤 (2001) などの研究とでは異なっていることに注意されたい¹³⁾。

表 4: 最適投資比率 (%)

	Q[1]		Q[2]	
	Case 1	Case 2	Case 1	Case 2
R_{IT}^*	211.12	—	223.21	—
R_S^*	—	42.68	—	78.92
R_C^*	—	223.36	—	116.29

表 5: IT 関連資本比率 (%)

	pooled	2000	2001	2002	2003	2004
R_{IT}	46.62577	51.1583	37.54517	41.39265	43.38843	51.4538
R_S	58.88372	37.73585	52.83019	59.544875	66.07143	85.51237
R_C	10.36036	14.30725	13.587815	7.5107	10.36036	20.14646

この結果、IT 関連資本と機械設備の資本比率に関しては最適資本比率よりも小さくなってことがわかった。また、Q[1] を生産物として用いた場合、ソフトウェアの資本比率が最適資本比率よりも大きくなる傾向があり、逆に Q[2] を生産物として用いた場合、前者が後者よりも小さくなってることがわかった。ゆえに、安定的ではないものの、仮説 2 についても妥当性があるといえる。

¹²⁾ IT 関連資本比率の中央値を用いた理由は、一部の企業の比率があまりにもかけ離れて、情報通信業の平均的行動を反映していないと考えたためである。

¹³⁾ 荒井・安藤 (2001) は総資本から IT 資本を差し引いたものを非 IT 資本としている。

総じて、この事実は、少なくとも 2000 年に入って日本の情報通信業において生産性パラドックスが生じていないという論拠になりうる。

3.3 生産物と効率性の関係

まず、ここでは推計結果から効率性を導出する。Jondrow *et al.* (1982) にならい、効率性は、

$$\frac{E[Q_i|u_i, \mathbf{K}_i, \mathbf{N}_i]}{E[Q_i|u_i = 0, \mathbf{K}_i, \mathbf{N}_i]}$$

により計算される。なお、 $E[X|Z]$ は X の条件付期待値を表している。

効率性の平均値は、推計結果 1 の Case 1、Case 2 および推計結果 2 の Case 1 においては各年ともに約 41% から 42% の範囲にとどまっている。一方、推計結果 2 の Case 2 においては約 76% と他の推計結果に比べると大きな値をとっている。この違いは、時間とともに効率性の程度が変化するか否かの違いによるものであると考えられる。

次に、推計結果をもとに効率性の程度と生産物（対数）でプロットして両者の関係を見ていく。

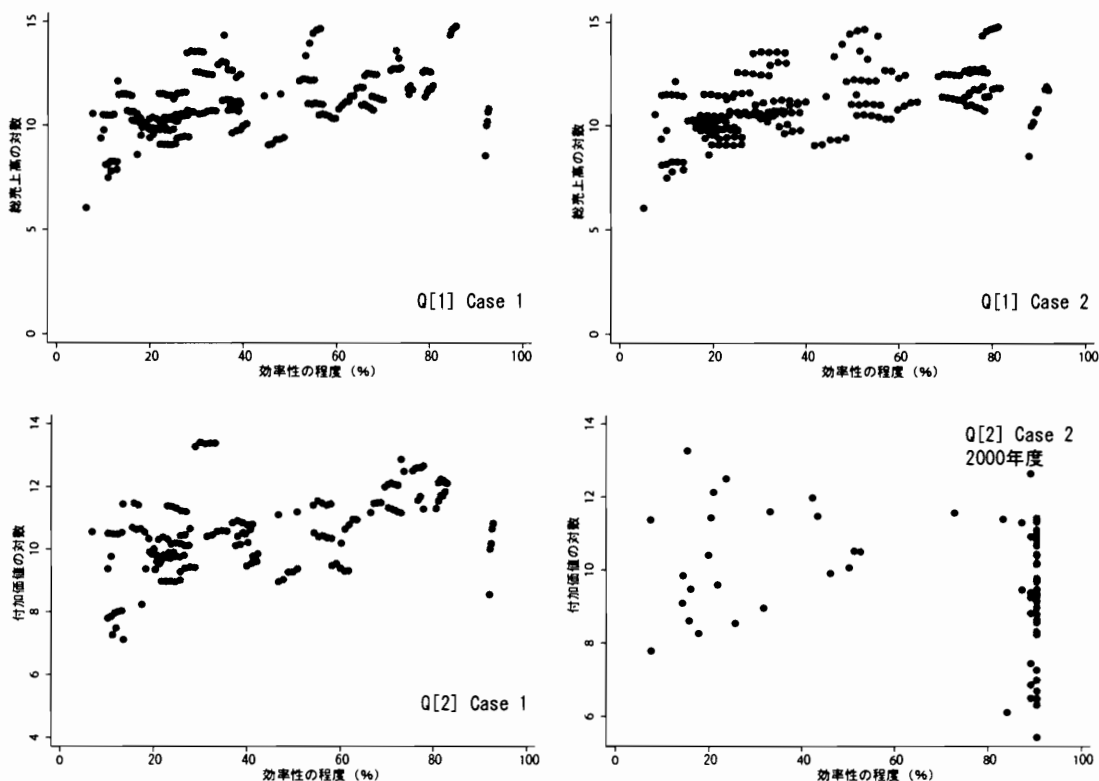


図 1: 生産物と効率性の程度の関係

その散布図が図 1 である。生産非効率性の程度が時間とともに変化する確率論的フロンティアモデル（推計結果 1 の Case 1、Case 2 および推計結果 2 の Case 1）と生産非効率性の程度が時間とともに変化する確率論的フロンティアモデル（推計結果 2 の Case 2）とは異なっていることがわかる。

全体的に見て、いずれの推計結果でも効率性の程度は各企業で大きく違うことが見てとれる。また、推計結果 2 の Case 2 を除いて、各企業の生産効率性の程度が時間とともにわずかながら上昇していることについても見てとれる。さらに、推計結果 2 の Case 2 を見てみると、効率性の程度は 90%前後に集中しているグループとそれ以外のグループに分けることができる。つまり、生産非効率性の程度が時間とともに変化しない確率論的フロンティアモデルによると、日本の情報通信業には、効率性が高いグループと低いグループが存在していることがわかる。

4 結論と今後の展望

本稿では、日本の情報通信業における IT 関連資本の生産性についてパネルデータを用いた確率論的フロンティアアプローチによって分析を行ってきた。その結果、生産関数を Cobb-Douglas 型に仮定し、生産物として総売上高や総付加価値を用いたとき、推計期間（2000 年から 2004 年）において IT 関連資本の弾力性は正となっていることがわかった。つまり、2000 年に入って少なくとも日本の情報通信業においては生産性パラドックスは観測されないと結論付けることができる。このことは、Brynjolfsson and Hitt (2000) が行った 1990 年代における米国の全産業を対象とした企業レベルの研究と同じ結論を導いている。一方で推計期間が異なるものの、松平 (1998) が行った 1990 年代後半における日本の全産業を対象とした企業レベルの研究とは異なったものとなっている。つまり、少なくとも 1990 年代において日本の非製造業で観測されたかもしれない生産性パラドックスは、21 世紀の到来とともに観測されなくなっていると結論付けることができる。また、IT 関連資本をソフトウェア資本と機械・設備に分けた結果、機械設備の生産性の方がソフトウェア資本のそれよりも大きいことがわかった。このことは、日本の銀行業を対象とした竹村 (2005a, 2005b) の主張とは異なったものである。ゆえに、産業ごとに、個別の IT 関連資本の経済効果は異なるものとなっていることが示唆できる。さらに、いずれの推計結果においても、従業員数の弾力性の値が正でかつ IT 関連資本の弾力性よりもかなり大きくなっている点は特筆すべきことである。つまり、情報通信業といえ、コンピュータなどの IT 関連資本の効果が大きいと思いがちであるが、実際はそれを使う従業員が生産に大きく寄与しているのである。

最後に本稿の分析において注意すべき点について述べる。公表されたデータ（情報）にアクセス可能であるということは、誰でもこの種の分析を行うことが可能であるということの意味する¹⁴⁾。また、このような分析や研究が進むことで、企業の情報公開が経営規律につながっていくことも期待できる。

しかしながら、既存のデータベースに関する整合性やデータの質等の問題がある。たとえば、日本の銀行業の IT 関連資本のひとつであるソフトウェア資本の経済効果を分析している村上・竹村 (2005) は、有価証券報告書と企業情報データベースから作成したデータセットに関して乖離があることを指摘している¹⁵⁾。本稿においても、IT 関連資本を有価証券報告書に記載しているにもかかわらず、分析からそれらの企業を排除してしまっている可能性を否定できない¹⁶⁾。

有価証券報告書にデータとして存在するものの、データベースを作成する過程で欠損値となってしまうことを考えると、より効率的なデータベースの作成方法を模索していくことは、われ

¹⁴⁾ 2004 年 6 月 1 日から金融庁は『証券取引法に基づく有価証券報告書等の開示書類に関する電子開示システム』（EDINET; Electronic Disclosure for Investors' NETwork）の本格的な運用を始めた。このシステムは、インターネット上においても閲覧を可能し、また提出日の翌日よりサイトにおいて閲覧が可能といった即時性を有している。

¹⁵⁾ 村上・竹村 (2005) と竹村 (2005a) を比較すると、ソフトウェア資本を有価証券報告書に記載している銀行数（サンプル数）には大きな違いがある。

¹⁶⁾ 実際に、サンプル数の全体に占める割合は 23%から 28%にとどまっている。しかしながら、サンプル数は少ないものの、本稿は情報通信産業における IT 資本の経済効果を企業レベルで測定した数少ない研究のひとつであるといえる。

われの今後の研究の課題の一つである。

参考文献

- [1] Brynjolfsson E and L Hitt (2000), “Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance,” *Journal of Economic Perspectives*, Vol.14, pp.23-48.
- [2] Jondrow J, CAK Lovell, IS Materov and P Schmidt (1982), “On the Estimaion of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model,” *Journal of Econometrics*, Vol.19, pp.233-238.
- [3] Kumbhakar SC and CAK Lovell (2000), *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [4] Meeusen W and J van den Broeck (1977), “Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error,” *International Economic Review*, Vol.18, pp.435-444.
- [5] Solow RM (2000), “Productivity Finally Shows the Impact of Computers,” *New York Times*, March 12, 2000.
- [6] Watanabe S, Y Ukai and T Takemura (2005), “Firm-Level Analysis of Information Systems Investment,” Ukai Y. (Edit) *Econmic Analysis of Information System Investment in Banking Industry*, Springer, pp.71-87.
- [7] 荒井信幸・安藤浩一 (2001), 「日米の設備投資」『フィナンシャルレビュー』, July-2001, pp.8-48.
- [8] 江良亮・竹村敏彦 (2005), 「電気通信インフラ整備と政策評価」『平成 16 年度自主研究報告書』, 国際通信経済研究所 (RITE) , **RITE04-J04**.
- [9] 篠崎彰彦 (2003), 『情報技術革新の経済効果』日本評論社, pp.109-134.
- [10] 竹村敏彦 (2003), 「情報システム資産に関する情報公開とその実態」鶴飼康東 編『銀行業情報システム投資の経済分析』多賀出版, pp.127-148.
- [11] 竹村敏彦 (2005a), 「日本の銀行業における情報システム資本の生産性と最適投資比率: 有価証券報告書データによる推計」, mimeo.
<<http://www.rcss.kansai-u.ac.jp/~takemura/>>, cite on.
- [12] 竹村敏彦 (2005b), 「1990 年代の日本銀行業における情報システム投資および生産性・効率性: 確率論的フロンティアアプローチによる分析」, mimeo.
<<http://www.rcss.kansai-u.ac.jp/~takemura/>>, cite on.
- [13] 中島隆信 (2001), 『日本経済の生産性分析: データによる実証的接近』日本経済新聞社.
- [14] 廣松毅・栗田学・坪根直毅・小林稔・大平号声 (2001), 「情報技術の計量分析」, ITME Discussion Paper, 東京大学, No.83.
- [15] 松平 Jordan (1998), 「日本企業における IT 投資の生産性」 *FRI Review*, Vol.10, pp.43-57.

- [16] 村上裕太郎・竹村敏彦 (2005), 「銀行業におけるソフトウェア資本の最適投資: 日経 NEEDS 財務データを用いたパネルデータ分析」『大阪大学経済学』, 大阪大学, Vol.55, pp.69-84.