

日本銀行業における  
情報システム投資と生産性および効率性  
— 確率論的フロンティアアプローチを用いた企業レベルでの検証 —

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/>  
e-mail : [keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp](mailto:keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp)  
tel. 06-6368-1177  
fax. 06-6330-3304

# 日本銀行業における 情報システム投資と生産性および効率性

— 確率論的フロンティアアプローチを用いた企業レベルでの検証 —

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/>  
e-mail : [keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp](mailto:keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp)  
tel. 06-6368-1177  
fax. 06-6330-3304

# 日本銀行業における 情報システム投資と生産性および効率性\*

－ 確率論的フロンティアアプローチを用いた企業レベルでの検証 －

竹村 敏彦

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, Kansai University*

大阪大学大学院経済学研究科‡

*Graduate School of Economics, Osaka University*

2003年9月

## 概要

本稿では、有価証券報告書に記載された公表データをもとに、情報システム投資の生産性と銀行の効率性について確率論的フロンティアモデルを用いて分析を行う。その結果、預金と貸出から不良債権を差し引いたものを生産物と考えた場合、情報システム投資の生産性は1993年度から1995年度にわたって正の値をとっており、また、ソフトウェア投資の生産性は、1993年度から1997年度まで正の値をとっていた。これは分析期間がほぼ同じ米国金融業のIT投資の生産性を分析した研究および日本の非製造業のIT投資の生産性を分析した研究において生産性の効果が見られない、つまりソローの生産性パラドックスが観測されるという結果と異なるものであり、興味深い結果である。

さらに、各行の技術的効率性を調べたところ、その平均値は1990年代半ばまで他の日本の産業と比較しても、高い効率性を有していたことがわかった。

生産フロンティアが潜在的な銀行の実力を表していると考えれば、ポスト第3次オンラインシステム初期に行った情報システム投資は成功したといえる。一方で、不良債権問題が年々足枷となり、銀行の情報システムはうまく生産性に反映されず、さらに効率性の低下を引き起こしていると考えられる。この意味においても、特に都市銀行では不良債権の処理、地方銀行や第2地方銀行では次世代のオンラインシステムの開発およびその運用が急がれる。

KEYWORD: Information Technology, Software, Information System Investment, Stochastic Frontier Approach, Banks, Productivity, Efficiency

JEL CLASSIFICATION: C16, C21, C81, C87, L11, L86, D24, G21

\*本稿の作成にあたっては、鶴飼康東センター長をはじめ、関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター（RCSS）研究員各位から有益なコメントを頂いた。特に、Dale W. Jorgenson 教授（ハーバード大学）、篠崎彰彦助教授（九州大学）および武田浩一助教授（法政大学）から本稿の改訂にあたって詳細かつ有益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。

†リサーチアシスタント・E-mail: takemura@rcss.kansai-u.ac.jp

‡博士後期課程在籍・E-mail: TakemuraToshihiko@srv.econ.osaka-u.ac.jp

# 1 イントロダクション

情報技術 (IT; Information Technology) と生産性の関係について米国の経済学は、過去 20 年以上にわたって議論を続けている。彼らは、1980 年代から 1990 年代初めまで IT 投資と関連のある生産性向上を実証研究から見つけ出すことはできなかった。Solow (1987) で主張された「生産性パラドックス」と呼ばれる現象である。当初、米国のマクロ経済学者の間で生産性パラドックスが支持されていたが、ニューエコノミー論の台頭とともに「資本蓄積過少説 (IT 投資不足説)」や「統計不備説」、「効果発現ラグ説 (時間的ラグ説)」、「技術革新効果相殺説」等が唱えられ、一部の経済学者や経営学者の間で生産性パラドックスは疑問視されだした。さらに、企業レベルでの IT 投資と生産性に関する研究が進められるにつれて、米国では 1990 年代半ばには IT 投資による生産性の上昇も統計的に確認され、生産性パラドックスは肯定できなくなった<sup>1)</sup>。

この米国の流れをうけ、日本においても 1990 年代後半より、IT 投資と生産性等の関係についてマクロ・産業レベル、そして企業レベルでの研究が行われている。そしてこれらは、いずれのレベルでの研究において、IT 投資による生産性向上の効果が確認されている。

米国における企業レベルでの IT 投資と生産性に関する代表的な研究として、Brynjolfsson and Hitt (1996) がある。彼らは、コンピュータ等の IT 資本および IT 労働等の限界生産物は正でかつ他の資本や労働のリターンを上回り、企業の生産性に正の効果を与えていること、さらにこの生産性効果は製造業と同様にサービス業においても確認されるという結論を得ている。

また、日本における同様の研究に松平 (1998) がある。松平 (1998) によれば、製造業において IT の限界生産物は正でかつ他の資本のリターンを上回っているものの、非製造業においては、IT の正の生産性は観測されなかった。つまり、非製造業において生産性パラドックスが生じている可能性を否認しないということがわかった。

松平 (1998) では、業種間の相違の原因を探るための更なる企業レベルでの研究が必須であると述べている。しかしながら、日本では IT 投資の概念が曖昧であることや、特に IT に関するデータベースが存在しない、もしくはデータの蓄積が不十分であること等を理由として、製造業を除く特定の業種、とりわけサービス業に注目した研究はそれほど行われていない。そこで、本稿では、サービス業の中でもとりわけ銀行業に注目して研究を行う。分析する際にいくつかの困難に直面するものの、銀行業における IT 投資の経済効果を分析することは意義を持つ。例えば、日本の銀行業において第 3 次オンラインシステム以降に IT 投資 (本稿では、日本の銀行業の IT 投資を「情報システム投資」と呼ぶ) は単なる事務の効率化のみならず、経営戦略の主要ツールの一つとして考えられ、情報システム投資に力を注いでいる<sup>2)</sup>。また、アンダーセンコンサルティング金融ビッグバン戦略本部 (1999) によれば、米国の金融機関が継続的な収益の成長を維持し、株式価値を創出していくために IT を金融ビジネスのコアコンピタンスとして位置付け、継続的に IT 投資をしてきたということがわかっている。このことを念頭において、銀行と情報システムの関係について分析することは、現在厳しい経営環境の中にある銀行にとってだけでなく、われわれにとっても「銀行はどうあるべきか」といった問いに応えられる鍵となるかもしれない。

米国のリテール銀行業 (retail banking) を対象として企業レベルで情報システム投資の生産性効果を実証したものに、Prasad and Harker (1997) がある。彼らの結論は、「IT 労働に関する投資は生産性向上に寄与しているものの、コンピュータ等の IT 資本の投資に関しては生産性に寄与していない」といったものであり、IT 資本の側面からいえば、Brynjolfsson and Hitt (1996) の主張には疑問の余地があるといえる。一方で、日本の銀行業を対象とした企業レベルでの情報システム

<sup>1)</sup> また、マクロレベルや産業レベルでの研究に関しても 1990 年代後半に入り、IT 投資の効果が確認されている。

<sup>2)</sup> 例えば、各行が力を入れているものとして、インターネットバンキングやモバイルバンキング等が挙げられる。銀行業における情報システムの役割については、3 節で述べることにする。

投資の生産性効果を実証したものは皆無である。つまり、Prasad and Harker (1997) に該当する日本の研究はない。よって、日本の銀行業における情報システム投資が生産性を向上させるかどうかについてはわかっていない。そこで、本稿では、Prasad and Harker (1997) の研究との比較・検討を行うだけでなく、彼らが Brynjolfsson and Hitt (1996) と比較・検討を試みたように、松平 (1998) と比較・検討を行う。これらの比較・検討に関しては、7 節で触れることにする。

本稿では、日本の銀行業の情報システム投資の生産性効果の分析に加えて、その効率性についても考察を与える。効率性については 4.3 節で簡単に概観する。本稿では、IT の効率性を論じる際によく用いられる全要素生産性 (TFP; Total Factor Productivity) の代わりに、確率論的フロンティア関数を用いて技術的効率性をみていく。

本稿の特色は、以下の 2 点にまとめられる。

- 日本の銀行業における企業レベルでの情報システム投資の生産性および効率性に関する分析を行っている。
- 本稿の推計で用いるデータセットは、全国銀行（都市銀行、地方銀行、第 2 地方銀行、信託銀行および長期信用銀行）が提出している有価証券報告書から著者が独自に作成している。

本稿の構成は次の通りである。次節ではいくつかの銀行業の情報システム投資に関する先行研究を紹介する。3 節では日本銀行業と情報システムとの関係について概観する。4 節では生産関数モデルを紹介し、5 節では確率論的フロンティアモデルおよび推計に用いているデータセットについて簡単に説明を与える。6 節ではその推計結果を示しとともにその考察を与え、7 節で先行研究との比較研究を行う。そして、最後の節にて結論と今後の展望について述べる。

## 2 銀行業の情報システム投資に関する先行研究

1980 年代後半より、米国において産業レベル及び企業レベルでの IT 投資の生産性へのインパクトを調べる研究が盛んに行われるようになった。しかしそれらの研究のほとんどは製造業を対象としたものであり、サービス業、とりわけ銀行業における研究は他の産業に比べて圧倒的に少ない。また、日本の研究に関しても同様のことがいえる。これは、金融業における生産物 (output) の定義が困難であることや、企業レベルであれば情報システム資産等に関する個票データが存在もしくは不足していること等が理由として挙げられる。

産業レベルであれば Franke (1987)、企業レベルであれば Prasad and Harker (1997) が IT 投資と米国銀行業の生産性の研究を行っている。また、Parsons *et al.* (1993) はカナダ銀行業の企業レベルでの生産性に関する研究を行っている。

Franke (1987) は、1948 年から 1983 年にわたり American Productivity Center によって提供されている米国の金融業の産業データを用いて IT 投資の生産性に関する分析し、さらにケーススタディを試みている。彼は生産要素として IT 資本、非 IT 資本、労働を用いている。産業データを用いているために、生産物は銀行業のインフレーションを考慮した付加価値を用いており、その内容は主として預金や有価証券の取引高を基礎としたものである。資本装備率はコンピュータを導入してから約 5 倍にまで上昇し、労働生産性はわずかに上昇傾向にあるものの、コンピュータ導入後に資本の生産性は劇的に低下していること (1983 年には 1957 年の 22% のレベルにとどまった) がわかった。また、最小二乗法 (Ordinary Least Square Method; OLS) を用いて資本の生産性と資本装備率、IT 投資の関係を調べたところ、資本の生産性と資本装備率は負の関係があり、また IT

投資も資本の生産性と負の関係があることがわかった。そして、彼らは IT 投資は資本の生産性を低下させるだけでなく、労働生産性をも停滞させるといった結論を示している。

Parsons *et al.* (1993) は、1974 年から 1987 年にわたり、カナダの 5 大銀行 (Canadian Chartered Banks) のうち 2 行によって収集された大規模な内部データ等を用いて、情報システム投資の生産性に関する分析を行っている<sup>3)</sup>。彼らは、生産要素には IT 資本と IT 労働、非 IT 資本、非 IT 労働を用い、生産物には銀行で提供されるサービスの銀行内部のコストで重み付けした 3 つの主要サービスの量の総和を用いている。推計手法として、見かけ上無相関な回帰モデル分析 (Seemingly Unrelated Regression; SUR) を用いている。彼らの結果は、コンピュータを利用することで 17% から 23% の生産性の成長がみられるものの、IT 投資のレベルと比較するとそのリターンはかなり控えめであるといったものである。この結果を踏まえて、彼らは「IT 投資は将来的に銀行業の成長を促すものとなりうる」と推測している。

Prasad and Harker (1997) は、1993 年から 1995 年にわたり、米国のリテール銀行業で資産が 6 億ドルを越える 47 行を対象に、情報システム投資の生産性に関する分析および収益性に関する分析を行っている。彼らは生産要素として IT 資本、IT 労働、非 IT 資本、非 IT 労働を用いている。また、生産性に関する分析では「貸出と預金の総和」および「当期利益」を生産物として用い、収益性に関する分析では「総資産利益率 (ROA; Return On Asset)」および「株主資本利益率 (ROE; Return On Equity)」の指標を生産物として用いている<sup>4)</sup>。推計手法として、分散不均一性を考慮して、二段階加重最小二乗法 (2-Step Weighted Least Square Method; 2-Step WLS) を用いている。彼らの生産性に関する推計結果では、いずれの生産物を考慮しても IT 資本の弾力性はゼロであるが、一方で IT 労働の生産性は正となっており、その限界生産性が非 IT 労働の少なくとも 10 倍となっていることが得られている。また収益性に関する推計結果では、IT 資本も IT 労働のいずれも企業の収益性にインパクトを与えていないことがわかっている。彼らは推計結果を踏まえて、米国のリテール銀行は IT 資本を過剰投資しているためにもっと IT 労働投資を行うべきであり、また IT は参入障壁となりえないので IT 投資を行ったところで市場シェアを高めることはない、と主張している。

これらの研究を簡単にまとめたものが、表 1 である。いずれの結果を見てもわかるように、IT 資本と銀行の生産性について見る限り、生産性パラドックスが生じていることを否めない。

表 1: 銀行業における生産関数アプローチ

論文名	対象	結果
Franke (1987)	米国金融業	IT 資本は資本の生産性を低下させるだけでなく、労働生産性を停滞させる
Parsons <i>at al.</i> (1993)	カナダ銀行業	IT 資本は生産性上昇が統計的に見られないものの IT 労働は生産性上昇が見られる
Prasad and Harker (1997)	米国リテール銀行業	IT 資本は生産性上昇が統計的に見られないものの IT 労働は生産性上昇が見られる

日本においては、IT に関する産業レベルのほとんどがクロスセクターもしくは製造業に関するもので、Franke (1987) に見られるような銀行業の研究は皆無である。しかしながら、労働と情報

<sup>3)</sup> 彼らは、簡単な生産関数と簡単なトランスログ費用でもって TFP を推計している。

<sup>4)</sup> Prasad and Harker (1997) の収益性に関する分析で、「ROA」や「ROE」等の指標を用いているのは、Brynjolfsson and Hitt (1996) との比較を行うためである。

システム投資の関係、さらに企業レベルでの銀行主要サービスや市場価値と情報システム投資の関係に関する研究が行われている。そこでこの節の残りではこれらについて簡単に概観していく。

駿河 (1991) は、日本の 58 行の地方銀行を対象として、OA 関連機器のレンタル・リース料や汎用コンピュータの記憶容量、ATM 台数等のデータを用い、情報システムと従業員の関係について主としてクロスセクションデータによる分析を行っている。具体的には、地方銀行の 1987 年度 (第 2 次オンラインシステム化が完成した頃) のクロスセクションデータを用いて男子行員、女子行員のそれぞれの雇用関数を推計している。駿河 (1991) は、それぞれの雇用関数を分けて推計する理由は、男子行員と女子行員の仕事は分かれており、相互に補完的要素が強いためであると述べている。駿河 (1991) では暗に用いられている生産物として、資金量と経常収益が用いられている。彼の分析の結果、第 2 次オンラインシステム期における銀行の情報システムの進展は、営業店、事務集中センター部門の効率化、パート・派遣により女子行員を主として減少させていることがわかっている<sup>5)</sup>。

鵜飼 (1997, 2003) は、1995 年と 1996 年、1997 年の 3 度にわたり、日本の銀行業を対象に情報システム投資に関するアンケート調査および面接を行い、これらの結果と有価証券報告書記載データと連結させたデータを用いて分析を行っている。彼は、約 20 行の銀行に関して、システム開発費用と貸出、総資産、従業員数、預金残高、経常収益との関係を調べ、さらに銀行を従属型と独立型に分類した分析も同時に行っている<sup>6)</sup>。推計手法としては、OLS を用いている。推計の結果、貸出、総資産、従業員数に関しては、システム開発費用との間に正の関係が存在していることを示した。また、独立型銀行の方が従属型銀行よりも貸出もしくは資産の増加にともなって情報システム投資を積極的に行うことを示唆している。

鵜飼・渡邊 (2001) と渡邊 (2003) は、鵜飼 (1997, 2003) で用いられていたデータをもとに、Brynjolfsson and Yang (1999) にならい Tobin's q 理論の検証を行っている。彼らは、資産項目に情報システム資産と不良債権を差し引いた貸出を用いて約 15 行の銀行を対象として分析を行っている。情報システム資産は、ハードウェアとソフトウェア、システム開発人件費の総和でもって定義している。推計手法としては、パネルデータ分析を用いている。推計の結果、銀行の 1 円の情報システム資産が 12 円から 18 円の総市場価値と関連付けられることが示された。また、渡邊 (2003) ではアウトソーシング変数を導入し分析を行っているが、有意な結果は得られなかった。そして、「IT 化の進展が外注化をもたらすかどうかを調べるには長期的な分析が必要である」と述べている。

鵜飼・竹村 (2001) と竹村 (2003b) は、1993 年度から 1999 年度の 7 年間にわたり、有価証券報告書から従業員一人当たりの情報システム資産等のデータを作成し、Tobin's q 理論の検証を行っている。彼らはソフトウェア資産と電算機器等の資産の総和で情報システム資産を定義し、またソフトウェア資産と電算機器等の資産を区別して分析を行っている。分析の対象となっている銀行数は、全体で 74 行である。推計手法としては、パネルデータ分析を用いている。推計の結果、銀行の 1 円の情報システム資産が約 11 円から 18 円の総市場価値と関連付けられることが示された。また、1 円のソフトウェア資産は 32 円の総市場価値と関連付けられるものの、電算機器等の資産に関しては総市場価値に関連付けられないことが示された。さらに、都市銀行とそれ以外の銀行に分類した推計では、都市銀行において情報システム資産、ソフトウェア資産、そして電算機器等の資産ともに総市場価値に影響を与えないといった結果が得られた。これは、Prasad and Harker (1997) の主張にあるように、日本の都市銀行において情報システム資本を過剰投資している可能性があるかもしれないと示唆している。

<sup>5)</sup> 特徴的なこととして、都市銀行、地方銀行ともに男子行員数は横ばいであるのに対し、女子行員数は減少している。

<sup>6)</sup> 彼は、アンケートの中で「中央銀行および監督官庁への態度」という質問を行い、中央銀行および監督官庁の指導に配慮すると答えた銀行を従属型銀行、配慮しないと答えた銀行を独立型銀行と定義している。

これらの研究を簡単にまとめたものが、表 2 である。日本の銀行業において、IT 投資は従業員を削減する効果や市場価値等に対して正の効果があることが確認されていることがわかる。

表 2: 銀行業における市場価値アプローチ等

論文名	対象	結果
駿河 (1996)	銀行業	第 2 次オンラインシステム期における情報システムの進展は主として女子行員を減少させる
鶴飼 (1997, 2003)	銀行業	システム開発費用と銀行主要サービスの間には正の相関が見られる
鶴飼・渡邊 (2001) 渡邊 (2003)	銀行業	情報システム資産の Tobin's q の値は 1.0 をはるかに超えている
鶴飼・竹村 (2001) 竹村 (2003b)	銀行業	ソフトウェア資産の Tobin's q の値は 1.0 をはるかに超えているが、電算機器等の資産は統計的に有意でない

### 3 日本銀行業と情報システムの関係

日本において情報システムをいち早く取り入れた産業はおそらく銀行業であろう。1950 年代前半まで銀行のシステムは、オフラインシステムであった。それが大型コンピュータ等の到来とともに、オンラインシステムが開発・運用されるようになった。それは 1950 年代後半の第 1 次オンラインシステムに始まり、現在ではポスト第 3 次オンラインシステムに至っている。1999 年度時点で、ほとんどの銀行が第 3 次オンラインシステム期もしくはポスト第 3 次オンラインシステム期に開発し、導入したオンラインシステムを運用している<sup>7)</sup>。銀行業における各オンラインシステムの変遷については長岡 (2003) 等を参照されたい。

第 1 次オンラインシステムや第 2 次オンラインシステムは、主として事務の効率化を目的として、運用されていた。しかしながら、ほとんどの銀行の情報システムは 1980 年代に入り、IT の進展、金融の自由化、そして国際化の流れの中で、単なる事務の効率化を目的とするものだけでなく、銀行経営の戦略ツールの一つとして活用されるようになっていく。そしてこれらを目的として開発・運用されるようになったものが 1980 年代半ばの第 3 次オンラインシステム、1990 年代半ばのポスト第 3 次オンラインシステムである<sup>8)</sup>。第 3 次オンラインシステム期においては ATM 戦略やテレフォンバンキング、さらにポスト第 3 次オンラインシステム期にはインターネットバンキングやモバイルバンキング等が銀行の経営戦略の一例として挙げられる<sup>9)</sup>。また、第 1 次オンラインシステム期に稼動したネットワークである全銀システムに始まり、SWIFT、ANSER、CAFIS、MICS、BANKS、日銀ネット、FIRST 等の様々な銀行間や他業種を結ぶネットワークが形成された。そしてこれらのネットワークおよびそれへの投資は銀行の経営戦略を語る上で重要な役割を果たしていることは言うまでもない。

7) 一部の地方銀行や第 2 地方銀行の中にはポスト第 3 次オンラインシステムに至っていない銀行が存在している。一方、すでに第 4 次オンラインシステムと称するオンラインシステムでもって運用を行っている銀行も存在している。

8) 特に、第 3 次オンラインシステムはバブル期に直面していたのともあいまって、多額の情報システム投資が多くの銀行で行われたといわれている。また、これらのオンラインシステムは事務の効率化はもとより、経営戦略ツールとして情報システムに重きをおいて開発されているといった特徴がある。

9) 第 2 次オンラインシステム期にテレフォンサービスやファクシミリサービスといった EB 商品が開発されていたが、これらは主として事務の効率化に利用されており、第 3 次オンラインシステム期以降のサービスとは性質が少し異なる。



現在、日本の銀行はバブル崩壊後の景気低迷や、資産価格の下落による年々増大する巨額の不良債権処理、信用破綻等の厳しい経営環境に直面している。1990年代に起こった北海道拓殖銀行、長期信用銀行等の大手銀行や地方金融機関の破綻でもわかるように日本の「銀行不倒神話」はすでに崩れ去っている。また、「護送船団行政」でなくなった今、各行は金融業における競争を生き残っていくためには、リテイルバンキングやホールセールバンキングともにITを活用し、かつ顧客に応えられる経営戦略を考えなければならない。さらに、ITは銀行経営の鍵となっている。IT戦略が銀行の将来を決めるといっても過言ではないであろう<sup>10)</sup>。

## 4 モデルのフレームワーク

情報システム投資の経済効果を調べるには、大別して生産関数モデルによるアプローチと企業価値モデルによるアプローチがある。本稿では、前者のアプローチを用いて分析を行っていく。本節では、生産関数モデルを特定化し、また銀行業の生産物に関する議論も同時に行う。

### 4.1 生産関数モデル

本稿では、各銀行は  $J$  種類の生産要素を生産関数  $f(\cdot)$  を通じて生産活動を行うと仮定する。これを表現したものが、

$$q = f(\mathbf{x}) \quad (1)$$

である。ただし、 $q \in \mathbb{R}_+$  は銀行の生産物を表し、 $\mathbf{x} \in \mathbb{R}_+^J$  は銀行の生産要素ベクトルであり、これは情報システム資本ベクトル  $\mathbf{x}_{IS}$  と非情報システム資本ベクトル  $\mathbf{x}_{NIS}$ 、その他の生産要素ベクトル  $\mathbf{x}_O$  (労働支出等) から構成されている。つまり、 $\mathbf{x} = (\mathbf{x}_{IS}, \mathbf{x}_{NIS}, \mathbf{x}_O)$  となっている。

式(1)の生産関数は、多くの経済理論で仮定されている単調性 (monotonicity) と準凹性 (quasi-concavity) を満たすものと仮定する。多くの研究では、生産関数に一次同次性を仮定している。しかしながら、一般的な関数形を考えるのであれば、この仮定は必要ではない<sup>11)</sup>。したがって、特に本稿では生産関数の一次同次性を仮定しない。

単調性と準凹性の条件を満たし、情報システム投資を基本とした生産性の研究を行っている研究の多くで用いられているもっとも単純な生産関数として、Cobb-Douglas 型生産関数があり、本稿でも、式(1)の生産関数は Cobb-Douglas 型生産関数とする<sup>12)</sup>。

式(1)の生産関数を対数変換したものが、

$$\ln q = \sum_{j \in J} \alpha_j \ln x_j \quad (2)$$

である。ここで各  $j$  に対して、 $\alpha_j$  は生産物に関する生産要素  $x_j$  の弾力性を表している。

<sup>10)</sup> Hitt *et al.* (1998) は 6 行の米国銀行を対象に IT マネジメント (具体的には、プロジェクトの評価手法やビジネスプランと認証システム、プロジェクトマネジメントのガイドラインの展開等) に関するアンケートおよび面接調査を行った。彼らの行ったインタビューは IT 投資に関する意思決定 (コンピュータをベースとしたホームバンキングを採用するか、企業のウェブサイトを利用して発展されるかといったもの) と深く関連する内容であった。彼らによると、まず、PC プロジェクトの場合、更なる IT マネジメントとして新しい有益な顧客を獲得するのは困難であるが、逆に富裕層を保持することに多くの役割を果たしていると述べている。次にインターネットプロジェクトの場合、この計画はより理解して正当化するのが困難である。つまり、これらの計画の実行には、単なるコンピュータ等を導入するだけでなく、システム統合等の問題を理解しなければならないといった組織的な問題も絡んでくるものの、ビジネスチャンスになりうると述べている。

<sup>11)</sup> 生産関数の 1 次同次性に関する議論に関しては、Greene (2000) 等を参照されたい。

<sup>12)</sup> 本稿では、他の研究と比較するために Cobb-Douglas 型生産関数を用いただけであって、本稿では Translog 型生産関数や CES 型生産関数による分析は行っておらず、他の生産関数による分析を否定しているわけではない。

情報システム資本の係数の値について、式 (2) から明らかのように、情報システム資本が生産性に貢献するとすれば、情報システム資本の係数 ( $\alpha_j|_{j \in IS}$ ) が正となるはずである。これを表現した仮説が、

$$\text{帰無仮説} : \alpha_j = 0 \quad \text{for all } j \in IS$$

$$\text{対立仮説} : \alpha_j > 0 \quad \text{for } j \in IS$$

である。これらの係数の符号を調べることで、日本銀行業におけるソローの生産性パラドックスの問題を明らかにすることができる<sup>13)</sup>。

## 4.2 生産関数モデルにおける銀行業の生産物

銀行業を生産関数モデルを用いて分析にする際、まず最初に直面する問題がある。それが「何をもちて生産物とするか」といったものであり、統一した見解がない。また同時に「生産要素を何にするか」という問題にも直面する。

例えば、米国の企業を対象とした情報システム投資の生産性に関する分析を行った Brynjolfsson and Hitt (1996, 2000) では企業の生産物を企業の総収入で分析している。彼らは、生産量を総売上高とし、材料およびサービスの総購買額を生産投入要素とするよりも、総売上高から材料およびサービスの購入額を差し引いた総収入をもって生産関数を定式化するほうが望ましいと主張している<sup>14)</sup>。また生産量を総売上高として生産関数を推計する場合、結果に同時性バイアスが生じる可能性があり、また材料およびサービスの総購買額を完全に除去して推計を行うと、情報システム投資の収益を過大評価する可能性があること等を示唆している。しかしながら、銀行業において生産物をこの指標でもって分析することに関して批判がある。詳しくは、Berger and Humphrey (1992) や Prasad and Harker (1997) を参照されたい。

銀行業を分析する際に用いられる生産関数モデルには、生産要素と生産物の定義の相違により、大別して資産アプローチ (the assets approach)、ユーザコストアプローチ (the user-cost approach)、付加価値アプローチ (the value-added approach) の3つのアプローチが存在する。各アプローチについては、Berger and Humphrey (1992) や Humphrey (1991)、大森・中島 (2000) を参照されたい。

Franke (1987) は資産アプローチ、Parsons *et al.* (1993) はユーザコストアプローチ、また Prasad and Harker (1997) は付加価値アプローチでもって生産性分析を行っている。多くの銀行業に関する論文では、生産性の測定などは生産物の選択に非常にセンシティブであるために、その選択は慎重に行わなければならないということが指摘されている。そこで、本稿では Prasad and Harker (1997) と比較を行う点、銀行を単なる金融仲介機関とみなしていない点、そして機会費用等を計測することが困難である点をふまえて、付加価値アプローチでもって生産性等の分析を行う。

## 4.3 効率性指標とその測定手法

投入要素と生産物の関係 (単位あたり投入要素によってどれだけの量の生産物が生み出されるか) を評価するものを 4.1 節でみた生産性指標と考えると、ある基準となる生産性への達成度合い

<sup>13)</sup> しかしながら、情報システム資本の係数が正であるということだけでは他の設備よりも情報システムへの投資を優先する正当な根拠にはなりえない。実際には、限界リターンが正であれば、生産要素のいずれの増加も生産量の増加に貢献しているからである。情報システムにより多くの投資を行うべきであるとする正当な根拠を示すためには、情報システム投資が超過リターンを生むことを実証する必要がある。

<sup>14)</sup> さらに彼らが分析に用いた Compstat database では収益を銀行業の生産物と定義している。

を評価するものがここで考える効率性指標といえる。

一般的に生産活動において、効率性は「技術的効率性」(Technical Efficiency)、「資源配分の効率性」(Allocative Efficiency)、「規模の効率性」(Scale Efficiency)と「範囲の効率性」(Scope Efficiency)の4つに分類することができる。本稿では、4つの中でも「技術的効率性」についてみていく。技術的効率性とは、与の投入量に対して技術的に可能な生産量をあげているかを計測する効率性指標である。つまり、銀行が情報システム等の投資を行った時、生産量を最大化してそれ以上の生産量を見込めない生産性フロンティア(Product Frontier)からどの程度実際の投入量の組み合わせによる生産量が乖離しているか(生産工程において無駄がどれだけ生じていないか)を表す指標である。

一般的に経済分析において効率性を議論するとき、投入要素ベクトルと生産量の組(観測点)だけであり、この限られた情報から効率性指標を計算によって導入しなければならない。生産性が時系列やクロスセクションで幅広く言及されているのに対し、効率性は主としてクロスセクションでの比較、つまり生産主体間の比較の際に用いられる概念である。これは、比較の際に生産主体が置かれている経済の状況を一定にしておいた方が望ましいということが理由として考えられる。

効率性を論じる際に用いられる生産フロンティアの推定方法は大きく2つある。一つは、線形計画法によるノンパラメトリックアプローチ、もう一つは計量経済学的手法によるパラメトリックアプローチである<sup>15)</sup>。さらにパラメトリックアプローチには、決定論的フロンティア関数(Deterministic Frontier Function)と確率論的フロンティア関数(Stochastic Frontier Function)を用いるものがあり、本稿では、後者でもって銀行の技術的効率性を推計する。確率論的フロンティア関数を用いて日本のIT投資について論じているものとして、廣松他(2001)がある。廣松他(2001)では、確率論的フロンティア関数を用いたものだけでなく、パラメトリックアプローチであるTFPや包絡線分析(DEA; Data Envelopment Analysis)でもって日本の産業レベルのIT投資の効果を分析している。

## 5 推計手法とデータセット

本節では、生産性と効率性の検証を行うために用いる確率論的フロンティアモデルの解説とその推計に用いるデータセットの解説を行う<sup>16)</sup>。

### 5.1 確率論的フロンティアモデル

式(2)の回帰モデルは

$$\ln Q_i = \alpha + \sum_{j \in J} \beta_j \ln X_{ij} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (3)$$

で表現される。ここで、 $Q_i$ は銀行*i*の観測された生産物、 $X_{ij}$ は銀行*i*の観測された生産要素*j*である。 $\alpha$ 、 $\beta_j$ はそれぞれ定数項、生産要素*j*に関する係数パラメータを表す。また、 $\varepsilon_i$ は推計から得られる誤差項である。

確率論的フロンティアモデルでは、誤差項を企業特有の特異効果と生産の非効率性に分けること

<sup>15)</sup> 効率性指標についての研究は、理論研究と実証研究の双方で行われている。Lovell (1993) や Greene (1993) 等にこれらの理論研究についてまとめられているので参照されたい。また、実証研究に関しても、IT投資に限らず多くの分野で行われている。

<sup>16)</sup> データセットおよびその加工および情報システム資本と会計処理の関係については、竹村(2003a)を参照されたい。

ができる<sup>17)</sup>。よって、式 (3) は

$$\ln Q_i = \alpha + \sum_{j \in J} \beta_j \ln X_{ij} + v_i - u_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (4)$$

と書き換えることができる。ここで、企業特有の特異効果（統計的ノイズ）をとらえたものが  $v_i$  であり、正規分布  $N(0, \sigma^2)$  に従い、 $v_i$  と  $u_i$  は互いに独立であると仮定している。また、 $u_i \geq 0$  は技術的非効率性によってもたらされる生産フロンティアからの乖離を示す確率パラメータである。この項は非負の値しかとらないために、 $v_i$  のように一般的な正規分布を仮定することができない。本稿では  $u_i$  にはこのアプローチで仮定される分布、(i) 半正規分布（half-normal distribution）および (ii) 指数分布（exponential distribution）、(iii) 切断正規分布（truncated normal distribution）をそれぞれ用いる。

これらの複合分布の密度関数は、以下のようにになっている。

- 半正規分布

$$\log L_i = - \left[ \log \sigma + \log \frac{2}{\pi} + \frac{1}{2} \left( \frac{\varepsilon_i}{\sigma} \right)^2 + \log \Phi \left( \frac{-\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right) \right]$$

- 指数分布

$$\log L_i = - \left[ \log \theta + \frac{1}{2} \theta^2 \sigma_v^2 + \theta \varepsilon_i + \log \phi \left( \frac{-\varepsilon_i}{\sigma_v + \theta \sigma_v} \right) \right]$$

- 切断正規分布

$$\log L_i = - \left[ \frac{1}{2} \log 2\pi + \log \sigma + \log \phi \left( \frac{\mu \sqrt{1 + \lambda^2}}{\lambda \sigma} \right) - \log \Phi \left( \frac{\mu - \varepsilon_i \lambda^2}{\lambda \sigma} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{\varepsilon_i + \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

ただし、 $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ 、 $\sigma = (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)^{1/2}$ 、 $\Phi(z)$  は累積標準正規密度関数をそれぞれ表している。

これらの関数は、モデルのパラメータの推定のための尤度関数を構築するのに用いられる<sup>18)</sup>。また、非効率性を表す項  $u_i$  の条件付期待値は、Jondrow *et al.* (1982) によって導出された近似手法によって次のように計算される。

- 半正規分布

$$E[u_i | \varepsilon_i] = \frac{\sigma \lambda}{1 + \lambda^2} \left[ \frac{\phi \left( \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right)}{1 - \Phi \left( \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right)} - \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right] \quad (5)$$

- 指数分布

$$E[u_i | \varepsilon_i] = \varepsilon_i - \theta \sigma_v^2 + \sigma_v \frac{\phi \left( \frac{\varepsilon_i - \theta \sigma_v^2}{\sigma_v} \right)}{\Phi \left( \frac{\varepsilon_i - \theta \sigma_v^2}{\sigma_v} \right)} \quad (6)$$

- 切断正規分布

$$E[u_i | \varepsilon_i] = \frac{\sigma \lambda}{1 + \lambda^2} \left[ \frac{\phi \left( \frac{\varepsilon_i \lambda^2 + \mu}{\sigma \lambda} \right)}{1 - \Phi \left( \frac{\varepsilon_i \lambda^2 + \mu}{\sigma \lambda} \right)} - \frac{\varepsilon_i \lambda^2 + \mu}{\sigma \lambda} \right] \quad (7)$$

<sup>17)</sup> Aigner *et al.* (1977) が確率論的フロンティアモデルの先駆的実証研究であり、この定式化を行っている。

<sup>18)</sup> 最尤推定量 (MLE; Maximum Likelihood Estimator) の性質については、Greene (2000) に詳しくまとめられているので、参照されたい。

ただし、 $\phi(z)$  は標準正規密度関数を表す。

データは対数なので、 $u_i$  の特定の観測値はフロンティア、理想的な生産比率に届かない度合いを百分率で測ったものになる。言い換えると、非効率性の大きさは、観測された生産量と任意の生産投入量において実現可能な最大量である生産フロンティアとの比率によって与えられる。それゆえに、実際に観測された生産量は常に生産フロンティア内に存在することになる。

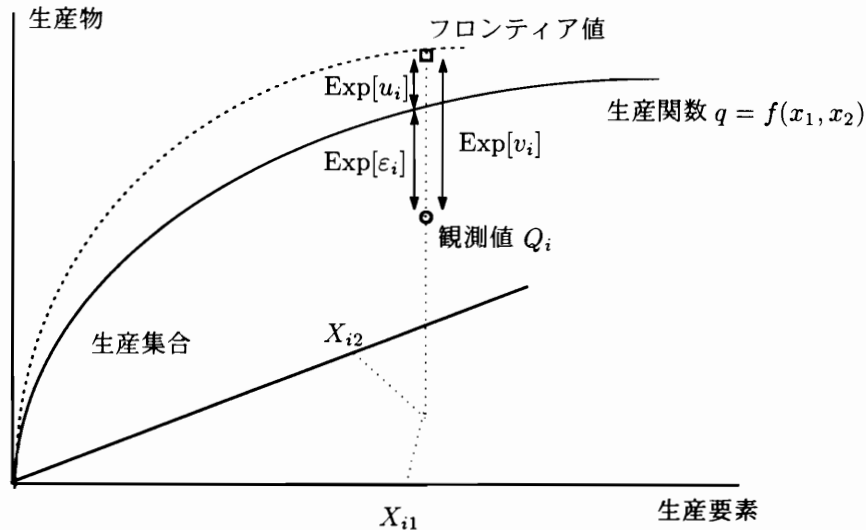


図 1: 確率論的フロンティアモデルの概念図

この関係を簡単な 2 変数の生産要素でもって図示したものが図 1 である<sup>19)</sup>。生産関数からの乖離  $\text{Exp}[\varepsilon_i]$  は  $\text{Exp}[v_i]$  と  $\text{Exp}[u_i]$  に分解される。ゆえに、本稿で考える技術的非効率性は  $\text{Exp}[u_i]$  で与えられ、逆に技術的効率性は、 $\text{Exp}[-u_i]$  で与えられることになる。 $\text{Exp}[-u_i]$  および  $\text{Exp}[u_i]$  はともに、区間  $[0, 1]$  の値をとることになる。

## 5.2 データセット

銀行自身、あるいは監督当局により明らかにされている銀行関連情報には大きな問題がある。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、また今後の分析の追跡ができることを考えて、有価証券報告書による公表データを用いる。

### 5.2.1 分析対象と期間

本稿では、1993 年度から 1999 年度の 7 年間にわたり、1 部・2 部証券取引所（東京・大阪・名古屋）および地方証券取引所（札幌・新潟・京都・広島・福岡）に上場している銀行を対象として、有価証券報告書からデータを作成している<sup>20)</sup>。しかしながら、すべての銀行が本稿の対象になるわけではない。それは、分析対象期間中に、ソフトウェア資産を有価証券報告書に記載している銀行とそうでない銀行が存在するからである。もし情報システム投資と生産性の関係を調べる際、情

<sup>19)</sup> これは、生産関数  $f(\cdot)$  よりも観測地が下にある場合を示したものであり、生産関数  $f(\cdot)$  より上に観測値があることもある。ただし、観測値はフロンティアより下になければならない。

<sup>20)</sup> 新潟と広島両証券取引所は東京証券取引所に 2000 年 3 月に、京都証券取引所は大阪証券取引所に 2001 年 3 月にそれぞれ合併されている。

報システム資産の一つであるソフトウェアを考慮せずに分析を行うとバイアスが生じてしまうかもしれない。そこで、本稿では、有価証券報告書にソフトウェア資産について記載している銀行（都市銀行・地方銀行・第2地方銀行・信託銀行・長期信用銀行）を対象に分析を行っていく。各年度の分析対象銀行数は、表3の通りである。表3を見てわかるように、期間ごとに分析対象となる銀

表 3: 分析対象銀行数

年度	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
銀行数	25	24	32	28	30	34	61

行数が異なる。以下、各変数の基本統計量はこれらの銀行をもとに作成したものとなっている。

3節でみたように、日本のポスト第3次オンライン期が本稿の分析期間になっている。ちょうどこの時期はバブル経済が崩壊して間もないこともあり、不良債権処理問題等の考慮しなければならない点がある。それらについては、以下でのデータの加工とともに説明を加える。

### 5.2.2 生産物・生産要素

分析期間は、大手銀行や地方の金融機関の破綻が続き、日本の金融史にとって劇的な時期であった。さらに、バブル経済崩壊によって、多くの銀行で不良債権の問題が浮上してきたのもこの時期であった。そしてこの不良債権処理問題が、現在でも銀行経営に重くのしかかってきている。ここで簡単に、不良債権についてみることにする。

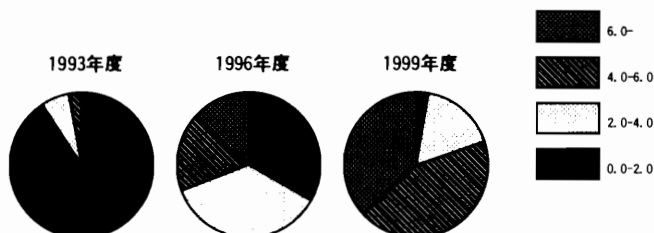


図 2: 不良債権の貸出に占める割合の変化の推移

1993年度から有価証券報告書に記載が義務付けられるようになった不良債権額（リスク管理債権額）は年々その取り扱い範囲が変わり、またほとんどの銀行で増加傾向にある。さらに、図2にあるように、貸出に占める不良債権の割合も増加傾向にある。実際、貸出に占める不良債権の割合が2%以下となっている銀行が1993年度には約90%だったものが、1996年度には約45%になり、さらに1999年度には約3%にまでなっている。逆に、貸出に占める不良債権の割合が6%以上となっている銀行が1993年度には存在しなかったのに対し、1999年度には約46%の銀行が6%以上にまでなっている。

Prasad and Harker (1997) では、生産物を「貸出と預金の総和」や「業務純益」で考えている。しかしながら、貸出には上述したように不良債権が含まれており、また当期利益に関して不良債権処理費用を加味しているために、潜在的な銀行の能力を測ることができないかもしれない。よって不良債権処理問題を考慮しながら、データを加工していく必要がある。

松浦・竹澤 (2001) では、健全債権と不良債権を区別することが可能であれば、銀行の生産要素

として推計に用いことが望ましいと述べられている。そこで本稿では、貸出から不良債権額を差し引いたものを健全債権とみなし、推計に用いることにする<sup>21)</sup>。

Prasad and Harker (1997) の預金と貸出の総和を本稿では、

$$Q[1] = \text{預金} + (\text{貸出} - \text{不良債権})$$

で置き換える。

銀行で一般企業の売上総利益に相当するものが、業務粗利益と呼ばれるものである。業務粗利益は、銀行の本業での収益と費用の差額（収支）で、控除前の粗利益を表している。これから物件費等の経費や一般貸倒引当金繰入額を差し引いたものが業務純益と呼ばれるもので、これは一般企業の営業利益に相当する。そして、業務純益に株式の売買損益や不良債権処理にかかわる費用を加減した利益が経常収益と呼ばれるものである。さらに経常収益から税金等を差し引いた最終的な利益が当期利益と呼ばれるものである。Prasad and Harker (1997) にならい、生産物として業務純益を考える<sup>22)</sup>。

$$Q[2] = \text{業務純益}$$

4節で生産要素を、情報システム資本、非情報システム資本、そしてその他の生産要素に大別した。以下、順に各要素について見ていく。

ITや情報システム等の言葉はすでに広く普及している一方、情報システム投資の認識およびその定義は曖昧である。Brynjolfsson and Hitt (2000) では、情報システム投資を「コンピュータ関連機器およびプログラム（ソフトウェア）」だけでなく、それにとまなう「従業員の教育訓練や組織改革」も含めて定義している。しかしながら、公表データである有価証券報告書には、情報システムの開発・運用等に関する人員や組織改革、教育訓練等についての記述はされていない。情報システムの開発は研究開発活動に含まれると考えられるものの、ほぼすべての銀行で記載がされていないのも事実である。ゆえに、本稿では Brynjolfsson and Hitt (1996, 2000) や Parsons *et al.* (1993)、Prasad and Harker (1997) で分析が行われていた情報システムに携わる従業員を考慮することができない。したがって、本稿では情報システムのうち、コンピュータ関連機器及びソフトウェアを対象として分析を進める<sup>23)</sup>。

コンピュータ関連機器には、ホストコンピュータや汎用コンピュータ、事務機器、電算機、周辺機器、パソコン、現金自動支払機（CD; Cash Dispenser）、現金自動預払機（ATM; Automated Teller Machine）、オンラインシステムに関する端末設備等が含まれる。かつてはこれらのネットワークシステム等の無形固定資産を除き、ほとんどのものが物理的形態があるために、有形固定資産として会計処理されていた。しかしながら、1990年代に入り、各行のコンピュータ関連機器の取り扱いがコンピュータ関連機器を資産として保有すると同時に、経済性や利便性からリースやレンタルといったものを広く利用するようになったのである<sup>24)</sup>。1994年4月から「リース取引に係る会計基準に関する意見書」を適用され、これらのデータを有価証券報告書から入手することができる。しかしながら、これらのリースやレンタルは、全てが資産性を有しているわけではない。本稿ではリース・レンタルに関しては、とりわけ資産性を有しているフィナンシャルリースのデータ

21) しかしながら一方で、貸出に関してディスクロージャー制度の不備、制度的にも査定基準が緩やか過ぎたことやリスクの過小評価によって不良債権と健全債権を区別することはできないかもしれないと松浦・竹澤 (2001) は指摘している。

22) ただし、1998年度には業務純益が負の値となっている銀行が2行存在している。そのため、推計はこれらの銀行を除いた41行で行う。

23) 鶴飼 (2003) で定義されている「情報システム II」をここでは考えている。

24) これは銀行業に限らず他の産業でも見られるものである。竹村 (2003a) によれば、日本銀行業において、コンピュータ関連機器は、わずかながら資産として保有するよりもリースやレンタルとして所有する傾向があることがうかがえる。

を用いる。ゆえに、本稿で用いる生産要素のであるコンピュータ関連資本は以下で算出する。

$$\begin{aligned} X[1] &= \text{コンピュータ関連資本} \\ &:= \text{事務機器などの動産} + \text{フィナンシャルリースで取引されたコンピュータ関連機器} \end{aligned}$$

コンピュータ関連機器と同様に、重要な情報システムの一つに、ソフトウェアがある。1990年代の情報システム投資やIT投資の企業レベルや産業レベル、マクロレベルでの研究のほとんどは、ソフトウェアに関する単独のデータがなかったことやすでにプレインストールされているので考慮する必要がないこと等の理由で分析において重要視されることがあまりなかった。しかしながら、ソフトウェアがコンピュータ関連機器と同様に、企業や産業、経済全体へ及ぼす効果が認められ、経済活動において重要な役割を果たしているといった認識がされるようになったことで、これにともないソフトウェアの会計処理に関する規則の変更、新国民経済計算体系（SNA; System of National Accounts）の変更等が行われた。具体的には、1998年3月に当時の大蔵省企業会計審議会（2003年10月現在、企業会計審議会は金融庁の管轄下にある）によって「研究開発費等に係る会計基準の設定に関する意見書」や「研究開発費等に係る会計基準」が公表され、翌年4月から実施された。これらには、それまで定義が不明確であったソフトウェアが明確に定義され、会計処理の仕方についても言及されている。また、2000年10月に68SNAから93SNAに移行に際して、当初ソフトウェアについてSNAでは記述されていなかったものが、「企業による受注型のコンピュータ・ソフトウェアの購入分を総固定資本形成として計上する」と変更された。

この節の最初で見たように、全ての銀行がソフトウェアについて有価証券報告書に記載しているわけではない。表3において1999年度がそれ以前の銀行数よりも増えているのは、1999年4月から施行された「研究開発費等に係る会計基準の設定に関する意見書」および「研究開発等に係る会計基準」によるものであると思われる。ソフトウェアの重要性に注目して銀行業の分析を行っている鞆飼・竹村（2001）や竹村（2003b）にならい、ソフトウェアを生産要素と考え、推計に用いる<sup>25)</sup>。

$$X[2] = \text{ソフトウェア資本}$$

ここで、本稿で用いるソフトウェア資本について注意すべきことがある。1998年度までソフトウェアの会計処理は曖昧なものであり、そのためソフトウェアを経常費用と処理している銀行も数行存在していた。ゆえに、厳密には費用と資産と明確な区別が必要と考えられる<sup>26)</sup>。そこで、本稿では明確に区別し、会計上資産処理されているソフトウェアをソフトウェア資本とみなす<sup>27)</sup>。

上述したように、本稿では情報システム資本はコンピュータ関連資本とソフトウェアで定義している。本稿のように、情報システム資本をコンピュータ関連資本とソフトウェア資本と区別することでそれぞれの生産要素の生産性を見ていくことができるが、多くの研究ではこれらが区別されていない。そこで、他の研究との比較を考え、本稿でも区別せずに情報システム資本を一つの生産要素として次のように算出する。

$$X[3] = \text{情報システム資本} := X[1] + X[2]$$

実際、各行が所有している情報システム資本には大きな差がある。さらに、竹村（2003a）によって1993年度から1999年度にわたり、全体の約8割の銀行がソフトウェア資本よりもコンピュータ

<sup>25)</sup> 1999年度の最小値が0となっている銀行が1行存在する。実際の推計では、対数変換できないため、この銀行を推計には用いないことをこたわっておく。つまり、1999年度の推計に用いる銀行数は60行である。

<sup>26)</sup> 鞆飼（2003）等において行われたアンケートでも、一部の銀行で「ソフトウェアを会計処理する際、明確な区別をすることが困難である」と回答している。

<sup>27)</sup> ソフトウェアを費用処理したものを含めた推計、つまり、費用と資産の明確な区別をせずに推計を行った。しかしながら、それらは次節で見るように結果に違いは見受けられなかった。



関連資本をより多く保有していることがわかっている。具体的には情報システム資産に対するソフトウェア資本の割合は、全年度を通じて約33%となっている。さらに、情報システム資本の総資産に占める割合は全年度を通じて、約0.2%とかなり低いものであることもわかっている。

非情報システム資本として、本稿では動産不動産を用いる。しかしながら、動産の中にはコンピュータ関連機器の事務機器が含まれる。そこで、動産不動産から事務機器などの動産を差し引く。つまり、

$$X[4] = \text{動産不動産} - \text{事務機器などの動産}$$

となる。

情報システムの開発・運用等に関する人員についてのデータは有価証券報告書から入手できなかったものの、銀行の従業員についてのデータは入手することができる。従業員を人的資本として用いる場合、従業員数と平均賃金を掛け合わせたもの、もしくは営業経費の項目の一つである人件費（人件費の中でも給与手当等）を用いることが多い。しかしながら、従業員の賃金格差が一部大きいことや従業員数が銀行の規模を表す変数の一つと見なすことができること等を考慮して、本稿では従業員数を投入要素として用いる<sup>28)</sup>。つまり、

$$X[5] = \text{従業員数}$$

となる。ただし、従業員数には、委託・臨時雇用員および海外の現地採用者が含まれていない。

従業員数の減少傾向は、駿河 (1991) で述べられている情報システムの進展化によるものであるとは考えられることもできるが、分析の時期は、銀行の合併等も相次ぎ、それによる人員削減であったと考える方が自然であるかもしれない。また、従業員が銀行の規模を表す変数とみなして、推計に用いることは意味があるように思われる。

情報システムを用いて新規商品を開発したり、また新しいサービスを運用したりする際、その商品やサービスについて宣伝活動を一般的に行う。情報システムと直接関連のない宣伝広告もあるものの、本稿ではそれを生産要素の一つとして用いる。

$$X[6] = \text{宣伝広告費}$$

1990年代に入り銀行の営業点に関する店舗行政が、金融機関の自主性の尊重と競争の促進を図る方向に重点を移行されつつある。第3次オンラインシステム期以降における銀行の営業拠点戦略でもっとも顕著な動きが見られるものにATM戦略がある<sup>29)</sup>。さらに、リストラ等による経営の合理化の進展によって、一般店舗は統廃合されてスリム化が進められている。ATM戦略による店舗のスリム化は情報システムを導入することで可能となったものであるといえる。そこで、本稿では営業店舗数も生産要素の一つとして推計に用いることにする。

$$X[7] = \text{営業店舗数}$$

従業員数および営業店舗数を除く生産物や生産要素は、財務諸表上の簿価をそのまま用いており、これらを時価変換しなければならない。しかしながら、ソフトウェア資本等の適切な価格指数が入手できなかったことや、クロスセクションデータにて推計を行うために、本稿において簿価を用いることをことわっておく<sup>30)</sup>。

<sup>28)</sup> Prasad and Harker (1997) では労働支出でもって推計に用いている。

<sup>29)</sup> ATM戦略は、ATM網の拡充を系列銀行や他の金融機関、コンビニエンスストア、鉄道会社等との提携によって低コストでかつ急速に設置店を拡大するものである。

<sup>30)</sup> 松平 (1997) は、この分析期間は簿価と時価評価したものにはそれほど差が見られないと述べている。

## 6 推計結果とその考察

本節では、1993年度から1999年度にわたって、各年度のクロスセクションデータを用いて、確率論的フロンティア生産関数を推計する。クロスセクション分析の優れた点としては、銀行のような実質化の難しい変数の多い産業の分析において、変数を実質化せずに使える点が挙げられる。また、駿河(1991)でも言及されているように、情報システムに関連するデータも、技術革新のスピードが速いために性能を時系列的に比較することは困難であるが、クロスセクションデータによって分析を行うほうが比較しやすいといえる。

本稿の確率論的フロンティアモデルの推計には、統計処理のソフトウェアの中でもこの分析に最も適しているLIMDEP Ver.8.0(Econometric Software, Inc.)を用いる<sup>31)</sup>。

本稿では、情報システムに関して2つのケースを考えている。一つは、情報システムをコンピュータ関連機器とソフトウェアに分けたもの(Case 1)、もう一つはコンピュータ関連機器とソフトウェアの総和をとったもの(Case 2)である。そして、各ケースにおいて半正規分布、指数分布、切断正規分布を仮定した推計結果をそれぞれ示している。ここで、推計した各係数を見ていくだけでなく、非効率性の項に仮定した分布によって結果が異なるかどうかについても見ていく。

まず最初に、各モデルにおける生産性に関する推計結果を示し、その考察を行う。次に、それぞれのモデルにおける銀行の効率性についてみていく。

### 6.1 銀行の生産性

#### 6.1.1 生産物 $Q[1]$

1993年度の推計結果を表4に示している。表4におけるCase 1を見てみると、コンピュータ関連資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$  は非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。一方、ソフトウェア資本に関しては、非効率性の項に半正規分布を仮定した場合5%水準、指数分布を仮定した場合10%水準、そして切断正規分布を仮定した場合1%水準で統計的に有意であることがわかる。そしてこれらの係数パラメータ  $\hat{\beta}_2$  は0.049から0.056と全て正の値をとっている。また、Case 2において情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  はいずれの分布を仮定しても約0.17で正の値となり、統計的に有意な結果を得ている。

その他資本の代表である事務機器を差し引いた動産・不動産(以下、「その他資本」とする)の係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$  はCase 1で切断正規分布を非効率性の項に仮定したとき10%水準で統計的に有意であり、またCase 2でも切断正規分布を非効率性の項に仮定したとき5%水準で統計的に有意であった。そしてそのときの係数パラメータは約-0.18で負の値をとっている。

従業員数に関しては、いずれのケースでも1%もしくは5%水準で統計的に有意であることがわかった。そしてその係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  は約0.8から0.9で正の値をとっている。

宣伝広告費の係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  に関しては、いずれのケースでも非効率性に指数分布および切断正規分布を仮定したものが統計的に有意なものとなっている。

店舗数に関しては、Case 1では非効率性に切断正規分布を仮定したものが10%水準で、Case 2では指数分布と切断正規分布を仮定したものが1%水準で統計的に有意となっている。そしてその係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  はそれぞれ0.301と0.272で正の値をとっている。

<sup>31)</sup> しかしながら、結果がエラーとして表れ、一部推計できなかったものがある。その理由として、推計に用いるデータとモデル(少なくともモデルの特定化)が矛盾していることから生じたと考えられる。OLSの残差が間違った方向に歪んだ時、確率フロンティアに対するMLEはOLSとなり、これは非効率性の証拠がデータにないことを意味するのである。これらの推計できなかったモデルに関しては、その都度こたわりを入れていくことにする。

表 4: 生産物  $Q[1]$  の推計結果: 1993 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	6.141*** (7.892)	6.288*** (11.794)	6.237*** (19.355)	5.986*** (8.011)	6.026*** (11.466)	6.025*** (11.276)
$\hat{\beta}_1$	0.060 (0.536)	0.063 (0.705)	0.096 (1.487)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	0.049** (1.972)	0.052* (1.870)	0.056*** (4.134)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	0.166*** (2.828)	0.169** (2.367)	0.168*** (5.593)
$\hat{\beta}_4$	-0.114 (-0.854)	-0.144 (-1.090)	-0.182* (-1.624)	-0.153 (-0.983)	-0.180 (-1.391)	-0.180** (-2.132)
$\hat{\beta}_5$	0.767** (2.133)	0.815*** (3.394)	0.870*** (4.643)	0.886*** (3.163)	0.897*** (6.576)	0.897*** (5.081)
$\hat{\beta}_6$	0.236 (1.139)	0.255*** (2.753)	0.251*** (3.607)	0.222 (1.128)	0.228** (2.023)	0.228** (2.132)
$\hat{\beta}_7$	0.434 (1.363)	0.361 (1.393)	0.301* (1.823)	0.253 (1.266)	0.270*** (3.190)	0.272*** (3.015)
$\mu$			-16.317			-10.956
$\lambda$	376064		21358.4	833818		23685.2
$\sigma$	0.180		1.433	0.176		1.170
$\theta$		6.007			7.868	
$\sigma_v$		0.022			0.001	
$\log L$	24.679	21.644	27.361	25.305	26.821	27.492

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は  $t$  値を表す。

表 4 における  $\mu$ 、 $\lambda$ 、 $\sigma$ 、 $\theta$ 、 $\sigma_v$  は 5 節で見たそれぞれの分布を仮定したときの非効率性の項における尤度関数に用いられている推計量である。そして、 $\log L$  はそれぞれの分布を仮定したときの対数尤度を表している。これらは、表 5 から表 16 においても同様の意味で明記している。

1994 年度の推計結果を表 5 に示している。脚注 31) でも述べたように、モデルの特定化がデータと矛盾しているために、Case 1 のそれぞれの非効率性の項に仮定した分布を持ってモデルを推計することができなかった。そのために、1994 年度は Case 2 のみについて考察を行う。情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、5%水準で統計的に有意な結果を得ている。その係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は 0.131 から 0.133 と正の値をとっている。

その他資本、宣伝広告費、店舗数に関する係数パラメータはいずれのケースでも、また非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。

一方で、従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  は非効率性にいずれの分布を仮定したとしても 1%水準で有意な結果が得られている。さらに、その係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  は 1.0 を超えて、1.115 から 1.118 と正の値をとっている。

表 6 には 1995 年度の推計結果が示されている。Case 1 を見てみると、コンピュータ関連資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$  は非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。

ソフトウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_2$  に関しては、非効率性の項に指数分布と切断正規分布を仮定した場合 1%水準で統計的に有意であることがわかる。これらの係数パラメータ  $\hat{\beta}_2$  は約 0.58 でともに正の値をとっている。また、Case 2 において情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は非効率性の項に半正規分布を仮定した場合のみ約 0.141 で正の値をとり、10%水準で統計的に有意な結果を得ているが、その他の分布を非効率性の項に仮定した場合、統計的に有意な結果は得られなかった。

Case 1 では非効率性の項に切断正規分布、Case 2 では指数分布と切断正規分布をそれぞれ仮定

表 5: 生産物 Q[1] の推計結果: 1994 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	-----	-----	-----	4.676*** (7.071)	4.638*** (7.686)	4.639*** (5.597)
$\hat{\beta}_1$	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$\hat{\beta}_2$	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$\hat{\beta}_3$	-----	-----	-----	0.133** (2.001)	0.131** (2.178)	0.131** (1.967)
$\hat{\beta}_4$	-----	-----	-----	-0.084 (-0.343)	-0.097 (-0.425)	-0.097 (-0.414)
$\hat{\beta}_5$	-----	-----	-----	1.118*** (3.139)	1.155*** (3.317)	1.155*** (2.909)
$\hat{\beta}_6$	-----	-----	-----	0.038 (0.207)	0.030 (0.175)	0.030 (0.155)
$\hat{\beta}_7$	-----	-----	-----	0.093 (0.726)	0.078 (0.677)	0.078 (0.675)
$\mu$	-----	-----	-----	-----	-----	-23.974
$\lambda$	-----	-----	-----	1.643	-----	16.657
$\sigma$	-----	-----	-----	0.131	-----	1.226
$\theta$	-----	-----	-----	-----	16.125	-----
$\sigma_v$	-----	-----	-----	-----	0.074	-----
$\log L$	-----	-----	-----	22.523	22.613	22.613

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は t 値を表す。

表 6: 生産物 Q[1] の推計結果: 1995 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	5.386*** (5.739)	5.407*** (11.135)	5.463*** (13.933)	5.265*** (11.569)	4.472*** (11.459)	4.472*** (11.100)
$\hat{\beta}_1$	0.049 (0.327)	0.026 (0.621)	0.050 (1.338)	-----	-----	-----
$\hat{\beta}_2$	0.054 (0.602)	0.058*** (4.602)	0.058*** (5.624)	-----	-----	-----
$\hat{\beta}_3$	-----	-----	-----	0.141* (1.806)	0.065 (1.485)	0.065 (1.455)
$\hat{\beta}_4$	-0.216 (-0.421)	-0.197 (-1.235)	-0.204** (-2.059)	-0.181 (-1.194)	-0.321*** (-4.182)	-0.321*** (-4.122)
$\hat{\beta}_5$	0.887*** (2.525)	0.756*** (3.340)	0.812*** (4.517)	0.894*** (2.819)	1.148*** (6.183)	1.149*** (6.096)
$\hat{\beta}_6$	0.181 (1.034)	0.203* (1.805)	0.190** (2.135)	0.186 (1.584)	0.092 (1.479)	0.092 (1.473)
$\hat{\beta}_7$	0.218 (1.359)	0.307*** (4.252)	0.252*** (4.261)	0.165** (2.426)	0.228*** (3.825)	0.227*** (3.810)
$\mu$	-----	-----	-8.6173	-----	-----	-39.180
$\lambda$	692459	-----	8034.13	1777410	-----	39.626
$\sigma$	0.179	-----	1.049	0.190	-----	1.978
$\theta$	-----	7.360	-----	-----	10.091	-----
$\sigma_v$	-----	0.013	-----	-----	0.0499	-----
$\log L$	31.801	31.236	34.895	29.948	28.825	28.821

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は t 値を表す。

した場合、その他資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$  は順に、5%、1%、1%水準で統計的に有意な結果が得られた。それらの値は約  $-0.321$  から  $-0.204$  と負の値をとっている。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  はケースおよび非効率性の分布の仮定を問わず、全て1%水準で統計的に有意な結果が得られている。その係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  は約  $0.756$  から  $1.149$  で全て正の値をとっている。

宣伝広告費に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  に関して、Case 1 の非効率性に指数分布を仮定したものが10%水準で統計的に有意であり、さらに切断正規分布を仮定したものが5%水準で統計的に有意な結果を得ている。そしてその値はそれぞれ  $0.203$  と  $0.190$  で正の値をとっている。Case 1 では非効率性の項に半正規分布、Case 2 ではいずれの分布を非効率性の項に仮定しても、宣伝広告費に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  は統計的に有意な結果が得られなかった。

店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  は Case 1 の非効率性の項に半正規分布を仮定したものを除いて1%から5%水準で統計的に有意であり、その値は約  $0.165$  から  $0.307$  で正の値となっている。

表7には、1996年度の推計結果を示している。1994年度のCase1の時と同様に、1996年度のCase2においてそれぞれの非効率性の分布を仮定したモデルを推計することができなかった。そのために、1996年度はCase1のみについて考察を行う。Case1において、コンピュータ関連資本

表7: 生産物  $Q[1]$  の推計結果: 1996年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	5.804 *** (10.196)	4.860 ** (2.122)	6.184 *** (10.260)	—	—	—
$\hat{\beta}_1$	0.047 (0.888)	0.047 (0.875)	0.028 (0.715)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	0.058 * (1.702)	0.052 * (1.647)	0.057 *** (3.251)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	—	—	—
$\hat{\beta}_4$	0.005 (0.036)	0.206 (1.372)	-0.083 (-0.653)	—	—	—
$\hat{\beta}_5$	0.780 *** (3.730)	0.667 *** (3.407)	0.660 *** (3.586)	—	—	—
$\hat{\beta}_6$	0.204 *** (2.503)	0.080 (0.703)	0.304 *** (3.569)	—	—	—
$\hat{\beta}_7$	0.301 *** (2.506)	0.397 ** (2.387)	0.514 *** (4.765)	—	—	—
$\mu$			-14.997			
$\lambda$	194604		10929.1			
$\sigma$	0.200		1.475			
$\theta$		51.205				
$\sigma_v$		0.123				
$\log L$	24.727	18.498	26.779			

\* は10%で有意、\*\* は5%で有意、\*\*\* は1%で有意である。( )内は  $t$  値を表す。

の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$  は非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。一方、ソフトウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_2$  に関しては、非効率性の項に半正規分布と指数分布を仮定した場合10%水準、そして切断正規分布を仮定した場合1%水準で統計的に有意であることがわかる。これらの係数パラメータ  $\hat{\beta}_2$  は、 $0.052$  から  $0.0578$  で全て正の値をとっている。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  は非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、約  $0.660$  から  $0.780$  で全ての正の値をとり、1%水準で統計的に有意であることがわかった。

宣伝広告費の係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  に関しては、非効率性の項に指数分布以外の分布を仮定したも

のは、0.204 から 0.304 で正の値をとり、1%水準で統計的に有意となることがわかった。

店舗数の係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  についても従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  と同様にいずれの分布を仮定しても、1%水準で統計的に有意な結果が得られている。またその値は0.301 から 0.514 で正となっている。

1997 年度の推計結果を表 8 に示している。Case 1 において、コンピュータ関連資本の係数パラ

表 8: 生産物  $Q[1]$  の推計結果: 1997 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	5.582 *** (17.547)	5.236 *** (10.286)	5.557 *** (33.582)	5.350 *** (10.123)	4.874 *** (4.234)	5.140 *** (12.549)
$\hat{\beta}_1$	-0.035 (-0.720)	-0.032 (-0.429)	-0.016 (-0.326)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	0.054 *** (3.221)	0.033 (0.921)	0.048 *** (2.562)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	0.091 (0.530)	0.039 (0.403)	0.061 (1.023)
$\hat{\beta}_4$	0.100 (0.795)	0.062 (0.498)	0.171* (1.920)	0.058 (0.861)	0.013 (0.103)	0.027 (0.420)
$\hat{\beta}_5$	0.739 *** (3.055)	0.905 *** (3.639)	0.736 *** (4.830)	0.920 *** (2.740)	0.909 *** (3.942)	1.083 *** (5.249)
$\hat{\beta}_6$	0.216 *** (3.886)	0.162 ** (1.943)	0.188 *** (3.915)	0.161 *** (4.300)	0.118* (1.672)	0.144* (1.705)
$\hat{\beta}_7$	0.332 *** (2.740)	0.311* (1.881)	0.198 (1.478)	0.113 (0.717)	0.456 *** (3.491)	0.031 (0.231)
$\mu$			-18.382			-23.638
$\lambda$	166327		11314.5	495267		18859.6
$\sigma$	0.198		1.592	0.211		1.851
$\theta$		8.301			38.694	
$\sigma_v$		0.079			0.127	
$\log \bar{L}$	26.857	20.327	30.114	24.935	18.795	28.664

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。( ) 内は  $t$  値を表す。

メータ  $\hat{\beta}_1$  は非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。また、ソフトウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_2$  に関しては、非効率性の項に半正規分布および切断正規分布を仮定した場合、いずれも 1%水準で統計的に有意であり、その値はそれぞれ 0.054 と 0.048 でともに正の値をとっている。一方、Case 2 において情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。

その他資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$  は Case 1 の非効率性に切断正規分布を仮定したもののみ 0.171 で正の値をとり、10%水準で統計的に有意であった。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  はいずれのケースでも非効率性の項にどの分布を仮定しても 1%水準で統計的に有意な結果を得ることができた。その値は 0.739 から 1.083 で正の値をとっている。

宣伝広告費に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  は、従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  と同様に、ケースおよび非効率性の項に仮定する分布を問わずに、統計的に有意な結果が得られている。そしてその値は 0.144 から 0.216 であり、いずれも正となっている。

店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  においては、Case 1 の非効率性の項に半正規分布を、そして Case 2 の非効率性の項に指数分布を仮定したものが 1%水準で、さらに Case 1 の非効率性の項に指数分布を仮定したものが 10%水準で統計的に有意な結果を得ている。それらは 0.311 から 0.456 と全て正の値をとっている。

1998 年度の推計結果を表 9 に示している。Case 1 において、コンピュータ関連資本の係数パラ

表 9: 生産物 Q[1] の推計結果: 1998 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	5.472*** (5.599)	5.326*** (4.639)	5.441*** (16.720)	5.313*** (7.221)	5.190*** (7.640)	5.128*** (15.219)
$\hat{\beta}_1$	-0.046 (-0.333)	0.077 (0.975)	-0.068 (-0.965)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	0.044 (0.512)	-0.004 (-0.085)	0.054 (1.457)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	0.026 (0.132)	0.019 (0.161)	0.014 (0.120)
$\hat{\beta}_4$	-0.079 (-0.362)	-0.032 (-0.357)	-0.100 (-0.676)	-0.102 (-1.279)	-0.021 (-0.239)	-0.155*** (-2.894)
$\hat{\beta}_5$	1.067*** (2.567)	0.800*** (2.819)	1.111*** (5.646)	1.163** (2.424)	0.868*** (2.898)	1.332*** (6.520)
$\hat{\beta}_6$	0.111 (1.050)	0.180* (1.808)	0.052 (0.539)	0.104 (1.159)	0.162 (1.590)	-0.005 (-0.053)
$\hat{\beta}_7$	0.400*** (3.070)	0.506*** (4.425)	0.482*** (3.816)	0.280** (2.342)	0.515*** (4.173)	0.328*** (3.437)
$\mu$			-0.949			-3.531
$\lambda$	457822		3348.480	1641830		9743.480
$\sigma$	0.2267		0.464	0.232		0.810
$\theta$			42.089		22.936	
$\sigma_v$		0.125			0.122	
$\log L$	25.781	21.924	26.628	24.999	21.332	26.422

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。( ) 内は t 値を表す。

メータ  $\hat{\beta}_1$  およびソフトウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_2$  のは非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。さらに、Case 2 において情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  もコンピュータ関連資本とソフトウェア資本を区別して推計した Case 1 と同様に、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。

その他資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$  は Case 2 の非効率性に切断正規分布を仮定したものが 1% 水準で統計的に有意であった。そしてその値は -0.155 をとり、負となっている。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  はケースおよび非効率性の項に仮定する分布を問わずに、全て統計的に有意な結果が得られた。その係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  は約 0.800 から 1.332 で正の値をとっている。

宣伝広告費に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  は Case 1 で非効率性の項に指数分布を仮定したもののみ 10% 水準で統計的に有意であるということがわかった。そしてその値は 0.180 で正となっている。

店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  はケースおよび非効率性の項に仮定する分布を問わずに、全て統計的に有意な結果が得られた。その係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  は、約 0.280 から 0.506 で正の値をとっている。

表 10 には 1999 年度の推計結果を示している。Case 1 において、コンピュータ関連資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$  およびソフトウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_2$  のは非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。さらに、Case 2 において情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  も情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  もコンピュータ関連資本とソフトウェア資本を区別して推計した Case 1 と同様に、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても、統計的に有意な結果は得られなかった。

その他資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$  については、Case 1 および Case 2 の非効率性に半正規分布を仮定したものは統計的に有意な結果は得られなかったものの、これらを除くすべてのものは 5% 水準

表 10: 生産物  $Q[1]$  の推計結果: 1999 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切斷正規分布	半正規分布	指数分布	切斷正規分布
切片	5.076 *** (11.417)	5.055 *** (15.655)	5.053 *** (14.861)	5.066 *** (11.640)	5.029 *** (15.378)	5.026 *** (14.614)
$\hat{\beta}_1$	0.034 (1.313)	0.033 (1.390)	0.032 (1.357)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	0.014 (0.445)	0.011 (0.464)	0.011 (0.450)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	0.055 (1.244)	0.040 (0.885)	0.040 (0.844)
$\hat{\beta}_4$	-0.078 (-1.254)	-0.126** (-2.363)	-0.125** (-2.355)	-0.058 (-0.878)	-0.115** (-2.148)	-0.115** (-2.121)
$\hat{\beta}_5$	1.087*** (5.995)	1.100*** (7.692)	1.101*** (7.681)	1.066*** (5.614)	1.090*** (7.344)	1.091*** (7.289)
$\hat{\beta}_6$	0.105 (0.994)	0.161* (1.862)	0.160* (1.840)	0.106 (1.000)	0.167** (1.946)	0.166* (1.918)
$\hat{\beta}_7$	0.129** (2.139)	0.109** (1.960)	0.109** (1.966)	0.127*** (2.127)	0.110** (1.927)	0.110* (1.917)
$\mu$			-65.439			-58.531
$\lambda$	2.484		32.981	2.358		30.811
$\sigma$	0.281		3.304	0.279		3.136
$\theta$		6.029			5.997	
$\sigma_v$		0.100			0.101	
$\log \bar{L}$	16.995	19.200	19.186	16.653	18.716	18.702

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は  $t$  値を表す。

で統計的に有意な結果が得られた。そしてその値は  $-0.126$  から  $-0.056$  をとり、負となっている。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  は Case 1 と Case 2 とともに、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても 1% 水準で統計的に有意な結果が得られた。そしてその係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  は 1.066 から 1.101 であり、全て正の値をとっている。

宣伝広告費に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  においては、Case 1 および Case 2 で非効率性の項に半正規分布以外の分布を仮定したものは統計的に有意な結果が得られた。そしてその係数パラメータは 0.160 から 0.167 で正の値をとっている。

店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  は Case 1 と Case 2 とともに、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果が得られた。そしてその係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  は 0.109 から 0.129 で、全て正の値をとっている。

ここで生産物  $Q[1]$  で測った情報システム資本（コンピュータ関連資本およびソフトウェア資本）の生産性について考える。

まず、コンピュータ関連資本の係数パラメータは、全期間（1993 年度から 1999 年度）にわたって常にゼロとなっている。次に、ソフトウェア資本の係数パラメータは、1993 年度から 1997 年度まで正の値をとっていたものの、1998 年度と 1999 年度にその値はゼロとなっている。さらに、コンピュータ関連資本とソフトウェア資本の総和をとった情報システム資本の係数に関しては、1993 年度から 1995 年度（1996 年度は不明）にわたって正の値をとっているものの、それ以降その係数パラメータの値はゼロとなっている。これらを言い換えると、銀行の生産物に生産物  $Q[1]$  を用いた場合、1990 年代半ばまでソフトウェア資本および情報システム資本の生産物に対するの弾力性は正となっていることより、ポスト第 3 次オンラインシステム導入期において日本銀行業では生産性パラドックスが生じていないと結論付ける証拠となりうる。

その他資産の係数パラメータは、1997 年度のみ生産物に対する弾力性が正となっているものの、それ以外の期間はゼロ、もしくは負となる結果が得られている。そしてこのことより、1990 年代



半ばまで情報システム投資は効果的であったことが示唆される。言い換えると、この時期に行った各行のポスト第3次オンラインシステム導入にともなう情報システム投資はある程度の効果があったと言える。

従業員数の生産物に対する弾力性は、全期間にわたって全て正となる結果が得られている。銀行業全体でわずかながらに低下傾向にあるものの、各行の従業員数の増減がほとんどない<sup>32)</sup>。駿河(1991)で述べられているように第2次オンラインシステム導入によって従業員を削減する効果が見られたものの、第3次オンラインシステムやポスト第3次オンラインシステムを導入・運用したのに従業員数が大幅に減少していることはない。生産物  $Q[1]$  による推計結果は、見方を変えると、各行が従業員を削減していないことの説明となるかもしれない。

宣伝広告費および店舗数の生産物に対する弾力性に関してはゼロ、もしくは正となる結果が得られている。特に店舗数に関しては、一般店舗の統廃合によって表??の基本等計量からもうかがえるように日本銀行業全体として低下傾向にある。これはすなわち、生産物  $Q[1]$  で考えた場合、銀行経営に負の効果となって現れることを意味することになる。もちろん宣伝広告費についても同様のことが言える。

### 6.1.2 生産物 $Q[2]$

表 11 には 1993 年度の推計結果を示している。Case 1 におけるコンピュータ関連資本とソフト

表 11: 生産物  $Q[2]$  の推計結果: 1993 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	-1.723 (-0.475)	-0.821 (-0.325)	0.251 (0.100)	-1.452 (-0.392)	-0.915 (-0.394)	1.479 (0.762)
$\hat{\beta}_1$	0.007 (0.021)	0.034 (0.126)	0.095 (0.384)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	-0.025 (-0.244)	0.029 (0.348)	-0.005 (-0.054)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	-0.014 (-0.043)	0.083 (0.378)	-0.119 (-0.545)
$\hat{\beta}_4$	-0.075 (-0.180)	-0.270 (-0.745)	-0.194 (-0.510)	-0.106 (-0.212)	-0.263 (-0.778)	0.005 (0.017)
$\hat{\beta}_5$	2.094 (1.544)	1.764* (1.726)	1.520 (1.602)	1.934 (1.419)	1.746** (1.977)	0.645 (0.842)
$\hat{\beta}_6$	-0.107 (-0.160)	0.046 (0.078)	0.155 (0.345)	-0.096 (-0.126)	0.040 (0.079)	0.517 (1.113)
$\hat{\beta}_7$	-0.711 (-0.557)	-0.285 (-0.323)	-0.442 (-0.488)	-0.452 (-0.381)	-0.294 (-0.465)	0.215 (0.357)
$\mu$			-3.461			-15.902
$\lambda$	1147630		13828.7	2063690		14190.6
$\sigma$	0.622		1.414	0.625		2.794
$\theta$		2.722			2.753	
$\sigma_v$		0.178			0.181	
$\log L$	-6.253	-9.737	-5.577	-6.418	-9.735	-5.805

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は  $t$  値を表す。

ウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$ 、 $\hat{\beta}_2$  および Case 2 における情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果は得られなかった。

また、その他資本、宣伝広告費および店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$ 、 $\hat{\beta}_6$ 、 $\hat{\beta}_7$  もいずれのケー

<sup>32)</sup> 竹村 (2003b) を参照されたい。

スでも仮定する分布を問わず統計的に有意な結果が得られなかった。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  については、非効率性の項に指数分布を仮定した時、Case 1 では10%水準、Case 2 では5%水準で統計的に有意な結果が得られた。そしてその値は1.764と1.746と1.0よりもかなり大きいものとなっている。

表12には1994年度の推計結果を示している。Case 1におけるコンピュータ関連資本とソフト

表12: 生産物  $Q[2]$  の推計結果: 1994年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	1.260 (0.414)	0.231 (0.140)	1.310 (0.740)	0.492 (0.215)	1.323 (1.129)	0.491 (0.328)
$\hat{\beta}_1$	0.279 (0.872)	0.219 (1.310)	0.280 (1.490)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	0.041 (0.243)	-0.027 (-0.315)	0.043 (0.483)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	0.172 (0.631)	0.043 (0.353)	0.172 (1.107)
$\hat{\beta}_4$	-0.302 (-0.736)	-0.175 (-0.712)	-0.310 (-1.068)	-0.273 (-0.619)	-0.171 (-0.744)	-0.273 (-1.095)
$\hat{\beta}_5$	1.470 (1.037)	1.446** (2.050)	1.456* (1.869)	1.573 (1.291)	1.044** (2.049)	1.573** (2.182)
$\hat{\beta}_6$	0.105 (0.161)	0.051 (0.147)	0.115 (0.340)	0.146 (0.243)	0.407 (1.552)	0.145 (0.494)
$\hat{\beta}_7$	-0.613 (-0.579)	-0.365 (-0.634)	-0.602 (-0.932)	-0.510 (-0.560)	-0.148 (-0.418)	-0.511 (-0.797)
$\mu$			-14.617			-10.141
$\lambda$	207602		12659.1	214189		20860
$\sigma$	0.404		2.083	0.426		1.812
$\theta$		3.902			3.886	
$\sigma_v$		0.091			0.002	
$\log L$	4.304	1.572	6.186	3.045	0.950	4.579

\* は10%で有意、\*\* は5%で有意、\*\*\* は1%で有意である。()内はt値を表す。

ウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$ 、 $\hat{\beta}_2$  および Case 2における情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果は得られなかった。

その他資本、宣伝広告費および店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$ 、 $\hat{\beta}_6$ 、 $\hat{\beta}_7$  もいずれのケースでも仮定する分布を問わず統計的に有意な結果が得られなかった。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  については、指数分布および切断正規分布を仮定した時、Case 1 および Case 2 ともに、統計的に有意な結果が得られた。そしてその値は、1.044 から 1.573 で1.0を超えるものとなっている。

表13には1995年度の推計結果を示している。Case 1におけるコンピュータ関連資本とソフトウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$ 、 $\hat{\beta}_2$  および Case 2における情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果は得られなかった。

その他資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$  に関しては、ケースおよび仮定する非効率性の分布を問わず統計的に有意な結果が得られた。そしてその値は0.354から0.523と正の値をとっている。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  は、ケースおよび仮定する非効率性の分布を問わず、1%水準で統計的に有意な結果が得られ、その値は1.0をはるかに超えて、1.851から2.516となっている。

宣伝広告費に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  においては、Case 2で非効率性の項に指数分布以外の分布を仮定したとき、統計的に有意な結果が得られている。ここで得られた係数パラメータの値は、非効率性の項に半正規分布を仮定したとき -0.363で、切断正規分布を仮定したとき -0.382となり、ともに負の値をとっている。

表 13: 生産物  $Q[2]$  の推計結果: 1995 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	-3.670*** (-2.579)	-2.565*** (-2.698)	-3.361*** (-4.481)	-3.818*** (-3.509)	-3.044*** (-3.684)	-3.857*** (-5.117)
$\hat{\beta}_1$	-0.058 (-0.324)	-0.068 (-0.504)	-0.148 (-1.125)	-----	-----	-----
$\hat{\beta}_2$	0.018 (0.228)	0.049 (0.908)	0.035 (0.911)	-----	-----	-----
$\hat{\beta}_3$	-----	-----	-----	0.012 (0.094)	0.027 (0.231)	0.026 (0.228)
$\hat{\beta}_4$	0.431* (1.652)	0.382*** (2.489)	0.523*** (3.562)	0.354** (2.084)	0.415*** (2.823)	0.368** (2.286)
$\hat{\beta}_5$	2.348*** (3.614)	1.851*** (4.490)	2.113*** (6.511)	2.516*** (4.722)	1.907*** (4.478)	2.508*** (8.336)
$\hat{\beta}_6$	-0.295 (-1.132)	-0.024 (-0.128)	-0.176 (-0.993)	-0.363* (-1.841)	-0.074 (-0.438)	-0.382** (-2.374)
$\hat{\beta}_7$	-1.414** (-2.166)	-1.135*** (-3.663)	-1.323*** (-5.060)	-1.496*** (-3.303)	-1.231*** (-4.909)	-1.507*** (-10.203)
$\mu$			-1.718			-0.602
$\lambda$	290062		9164.17	203761		10606.9
$\sigma$	0.395		0.820	0.399		0.585
$\theta$		5.205			6.308	
$\sigma_v$		0.162			0.189	
$\log L$	6.498	0.508	7.136	6.178	0.120	6.590

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は  $t$  値を表す。

店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  においては、ケースおよび非効率性の項に仮定する分布を問わず、-1.507 から -1.135 で全て負の値をとり、統計的に有意な結果が得られた。

表 14 には 1996 年度の推計結果を示している。Case 1 におけるコンピュータ関連資本とソフトウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$ 、 $\hat{\beta}_2$  および Case 2 における情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果は得られなかった。

その他資本、宣伝広告費および店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$ 、 $\hat{\beta}_6$ 、 $\hat{\beta}_7$  もいずれのケースでも仮定する分布を問わず統計的に有意な結果が得られなかった。

一方で、従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  は、ケースおよび仮定する非効率性の分布を問わず、統計的に有意な結果が得られ、その値は 1.0 をかなり超えて、1.718 から 2.235 となっている。

1997 年度の推計結果に関しては、脚注 31) で述べられているように、Case 1 と Case 2 とともに、モデルの特定化が 1997 年度のデータと矛盾しているために、確率フロンティアモデルを推計することができなかった。

表 15 には 1998 年度の推計結果を示している。Case 1 におけるコンピュータ関連資本とソフトウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$ 、 $\hat{\beta}_2$  および Case 2 における情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果は得られなかった。

その他資本と宣伝広告費に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$ 、 $\hat{\beta}_6$  は、ケースおよび仮定する非効率性の分布を問わず統計的に有意な結果が得られなかった。

従業員数に関するパラメータ  $\hat{\beta}_5$  においては、Case 1 では非効率性の項に切断正規分布を仮定したものが 1% 水準で統計的に有意であり、また Case 2 では非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果が得られている。その値は、1.0 を超えて 1.304 から 1.405 となっている。

また、店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  においては、Case 2 の非効率性の項に切断正規分布を仮定したもののだけが 1% 水準で統計的に有意な結果を得ている。その値は 1.0 を超え、1.345 となっ

表 14: 生産物 Q[2] の推計結果: 1996 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切斷正規分布	半正規分布	指数分布	切斷正規分布
切片	-2.221 (-1.426)	-3.218* (-1.739)	-2.086** (-2.380)	-2.330 (-1.242)	-2.098** (-3.121)	-2.105* (-1.848)
$\hat{\beta}_1$	-0.039 (-0.134)	-0.144 (-0.724)	-0.043 (-0.287)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	-0.013 (-0.106)	-0.003 (-0.029)	-0.004 (-0.064)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	-0.068 (-0.282)	-0.050 (-0.398)	-0.099 (-0.717)
$\hat{\beta}_4$	0.166 (0.377)	0.111 (0.243)	0.160 (0.624)	0.128 (0.333)	0.130 (0.496)	0.020 (0.065)
$\hat{\beta}_5$	1.788*** (2.459)	2.235*** (3.499)	1.718*** (3.644)	1.921** (2.288)	1.775** (3.344)	1.926*** (3.997)
$\hat{\beta}_6$	-0.202 (-0.855)	-0.291 (-0.826)	-0.181 (-0.991)	-0.220 (-1.000)	-0.179 (-0.875)	-0.147 (-0.892)
$\hat{\beta}_7$	-0.344 (-0.638)	-0.471 (-1.144)	-0.280 (-1.026)	-0.402 (-0.753)	-0.297 (-0.935)	-0.265 (-0.893)
$\mu$			-17.153			-17.730
$\lambda$	393412		15007.8	451103		15369.7
$\sigma$	0.512		2.547	0.506		2.566
$\theta$		2.123			2.3888	
$\sigma_v$		0.0003			0.005	
$\log L$	-1.565	-3.926	0.472	-1.275	-0.624	0.897

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は t 値を表す。

表 15: 生産物 Q[2] の推計結果: 1998 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切斷正規分布	半正規分布	指数分布	切斷正規分布
切片	-2.086 (-0.303)	1.638 (0.216)	-1.150 (-0.697)	-1.000 (-0.417)	-1.018 (-0.300)	-1.270 (-1.100)
$\hat{\beta}_1$	-0.028 (-0.050)	-1.429 (-0.872)	-0.085 (-0.238)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	-0.240 (-0.233)	0.402 (1.079)	-0.021 (-0.113)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	-0.158 (-0.246)	-0.230 (-0.346)	-0.125 (-0.248)
$\hat{\beta}_4$	0.239 (0.098)	2.444 (0.788)	0.043 (0.061)	0.345 (0.172)	0.510 (0.640)	0.000 (0.000)
$\hat{\beta}_5$	1.378 (1.285)	0.951 (0.700)	1.304*** (2.667)	1.405*** (3.307)	1.357** (2.288)	1.298*** (3.073)
$\hat{\beta}_6$	-0.431 (-0.106)	-0.402 (-0.068)	-0.399 (-0.274)	-0.851 (-0.314)	-0.708 (-0.418)	-0.293 (-0.299)
$\hat{\beta}_7$	1.305 (0.664)	-2.451 (-1.219)	1.343 (1.148)	1.348 (1.182)	0.950 (1.063)	1.345*** (3.143)
$\mu$			-404.284			-358.486
$\lambda$	558490		7303.120	622718		6353.26
$\sigma$	2.101		21.090	2.104		19.890
$\theta$		0.258			0.833	
$\sigma_v$		0.040			0.003	
$\log L$	-49.921	-473.239	-36.633	-49.964	-38.317	-36.627

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は t 値を表す。

ている。また、それ以外は統計的に有意な結果は得られていない。

表 16 には 1999 年度の推計結果を示している。Case 1 におけるコンピュータ関連資本とソフト

表 16: 生産物  $Q[2]$  の推計結果: 1999 年度

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
切片	-1.283 (-1.524)	-1.306* (-1.675)	-1.304* (-1.630)	-1.393* (-1.645)	-1.384* (-1.709)	-1.391* (-1.706)
$\hat{\beta}_1$	-0.025 (-0.377)	0.005 (0.083)	0.005 (0.077)	—	—	—
$\hat{\beta}_2$	-0.008 (-0.190)	-0.009 (-0.262)	-0.009 (-0.258)	—	—	—
$\hat{\beta}_3$	—	—	—	-0.067 (-0.783)	-0.034 (-0.400)	-0.036 (-0.393)
$\hat{\beta}_4$	0.271** (1.923)	0.227* (1.672)	0.227* (1.662)	0.283** (2.025)	0.238* (1.694)	0.240* (1.686)
$\hat{\beta}_5$	1.131*** (3.379)	1.124*** (3.638)	1.123*** (3.561)	1.171*** (3.638)	1.142*** (3.611)	1.143*** (3.589)
$\hat{\beta}_6$	0.260 (1.472)	0.315* (1.830)	0.315 (1.774)	0.268* (1.709)	0.319** (1.975)	0.318** (1.901)
$\hat{\beta}_7$	-0.321** (-2.250)	-0.358*** (-2.451)	-0.358** (-2.373)	-0.337** (-2.375)	-0.346** (-2.439)	-0.346** (-2.404)
$\mu$			-115.384			-98.128
$\lambda$	2.458		21.930	2.493		19.943
$\sigma$	0.590		5.870	0.590		5.377
$\theta$		3.383			3.430	
$\sigma_v$		0.267			0.270	
$\log L$	-28.474	-27.782	-27.788	-28.294	-27.739	-27.744

\* は 10% で有意、\*\* は 5% で有意、\*\*\* は 1% で有意である。() 内は  $t$  値を表す。

ウェア資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_1$ 、 $\hat{\beta}_2$  および Case 2 における情報システム資本の係数パラメータ  $\hat{\beta}_3$  は、非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果は得られなかった。

その他資本に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_4$  は、ケースおよび仮定する非効率性の分布を問わず統計的に有意な結果が得られた。その値は 0.227 から 0.283 で正となっている。

従業員数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_5$  に関しては、ケースおよび仮定する非効率性の分布を問わず 1% 水準で統計的に有意な結果が得られた。その係数パラメータは 1.123 から 0.171 で正の値をとっている。

宣伝広告費に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_6$  は、Case 1 では非効率性の項に半正規分布および切断正規分布を仮定したとき統計的に有意な結果は得られなかったものの、Case 1 では非効率性の項に指数分布を仮定したとき 10% 水準で統計的に有意な結果が、また Case 2 では非効率性の項にいずれの分布を仮定しても統計的に有意な結果が得られた。その係数パラメータは 0.268 から 0.319 で正の値をとっている。

店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  もその他資本や従業員数に関する係数パラメータと同様に、ケースおよび仮定する非効率性の分布を問わず統計的に有意な結果が得られた。そして、店舗数に関する係数パラメータ  $\hat{\beta}_7$  は -0.358 から -0.321 で負の値をとっている。

ここで生産物  $Q[2]$  で測った情報システム資本の生産性について考える。

コンピュータ関連資本およびソフトウェア資本、そしてその総和である情報システム資本の係数パラメータは、全期間においてゼロである。つまり、銀行の生産物に生産物  $Q[2]$  を用いた場合、1990 年代においてコンピュータ関連資本、ソフトウェア資本および情報システム資本の弾力性はゼロとなっており、米国と同様に、生産性パラドックスが日本銀行業において生じていると結論付

けられる。

1995年度と1999年度においてその他資本の係数パラメータは有意となっており、その値は全て正の値をとっている。つまり、その他資本の生産物に対する弾力性は正で、生産物 Q[1] とは逆の効果を得られていることがわかる。また、宣伝広告に関する係数パラメータも同様の期にのみ有意で、その値は1995年度が非正、1999年度が正となっている。そして、1995年度の宣伝広告費の生産物に対する弾力性は生産物 Q[1] の時と結果が異なっていることがわかる。

従業員数に関する係数パラメータはほぼ全期間において統計的に有意な結果が得られた。そしてその生産物に対する弾力性は1.0を超えているものが多いのが特徴である。

店舗数に関しては、生産物 Q[1] とは逆に、1998年度の Case 2 の非効率性の項に切断正規分布を仮定しているときその弾力性が正であることを除いて、それは負もしくはゼロとなっている。ここで負の効果が見られるということは、生産物 Q[1] のところで述べた一般店舗数の統廃合が生産物 Q[2] で考えた場合、銀行経営に正の効果を与えているといえる。

## 6.2 銀行の効率性

6.1節で確率フロンティア関数を用いて、情報システム資本等の各係数パラメータを推計し、簡単な考察を行った。次に、各年度の非効率性がどの程度効率的であるかについて、 $\mu$ 、 $\lambda$ 、 $\sigma$ 、 $\theta$ 、 $\theta_0$  の推計結果をもとに式 (5) から式 (7) に代入して、各行の効率性を産出し、その考察を行っていく。ただし、情報システム資本に関する係数パラメータが有意であった生産物 Q[1] についてのみ見ていく。他のケースについては、竹村・鶴飼 (2003) を参照されたい。

1993年度および1994年度における非効率性に関する基本統計量を表17と表18に示している。

表 17: 1993 年度における非効率性に関する基本等計量: 生産物 Q[1]

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
平均	0.125	0.141	0.123	0.125	0.124	0.122
中央値	0.101	0.125	0.109	0.104	0.102	0.101
標準偏差	0.133	0.131	0.137	0.127	0.129	0.129
尖度	1.746	2.717	2.605	2.479	2.561	2.569
歪度	1.349	1.579	1.526	1.452	1.488	1.490
最小	0.000	0.020	0.000	0.000	0.001	0.000
最大	0.514	0.548	0.545	0.516	0.524	0.523

表 18: 1994 年度における非効率性に関する基本等計量: 生産物 Q[1]

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
平均	—	—	—	0.089	0.062	0.062
中央値	—	—	—	0.079	0.050	0.050
標準偏差	—	—	—	0.050	0.045	0.045
尖度	—	—	—	3.624	10.377	10.302
歪度	—	—	—	1.627	2.875	2.863
最小	—	—	—	0.028	0.022	0.022
最大	—	—	—	0.253	0.241	0.241

1993年度の銀行において、非効率性の平均値は0.122から0.141であった。つまり、銀行の効率性の平均値は、0.859から0.878で、廣松他(2001)で推計されていた各産業の効率性の値と比較して、高いことがわかる。さらに最小値を見てわかるように、効率的な銀行が存在していることもわかる。同時に、約0.455と効率性が低い銀行も存在していることもわかる。

1994年度において、銀行の非効率性の平均値は0.062から0.089であった。つまり、銀行の効率性の平均値は、0.91から0.93で意外と高いことがわかる。

1995年度および1996年度における非効率性に関する基本統計量を表19と表20に示している。

表 19: 1995 年度における非効率性に関する基本等計量: 生産物 Q[1]

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
平均	—	0.128	0.123	0.140	—	—
中央値	—	0.083	0.081	0.101	—	—
標準偏差	—	0.136	0.133	0.130	—	—
尖度	—	2.187	1.801	0.640	—	—
歪度	—	1.540	1.380	1.098	—	—
最小	—	0.009	0.000	0.000	—	—
最大	—	0.566	0.541	0.493	—	—

1995年度において、銀行の非効率性の平均値は0.123から0.140であった。つまり、銀行の効率性の平均値は、0.86から0.877と意外と高いことがわかる。さらに最小値を見てわかるように、効率的な銀行が存在していることもわかる。同時に、約0.434と効率性が低い銀行も存在していることもわかる。

表 20: 1996 年度における非効率性に関する基本等計量: 生産物 Q[1]

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
平均	0.143	0.020	0.141	—	—	—
中央値	0.094	0.019	0.092	—	—	—
標準偏差	0.142	0.003	0.159	—	—	—
尖度	0.881	-0.205	1.413	—	—	—
歪度	1.201	0.695	1.366	—	—	—
最小	0.000	0.015	0.000	—	—	—
最大	0.522	0.027	0.571	—	—	—

1996年度において、銀行の非効率性の平均値は0.141から0.20であった。つまり、銀行の効率性の平均値は、0.80から0.859と意外と高いことがわかる。さらに最小値を見てわかるように、効率的な銀行が存在していることもわかる。同時に、約0.429と効率性が低い銀行も存在していることもわかる。

1997年度における非効率性に関する基本統計量を表21に示している。

銀行の非効率性の平均値は、半正規分布を仮定したとき0.095、切断正規分布を仮定したとき0.099であった。つまり、銀行の効率性の平均値は約0.9と高いことがわかる。さらに最小値を見てわかるように、効率的な銀行が存在していることもわかる。同時に、約0.463と効率性が低い銀行も存在していることもわかる。

表 21: 1997 年度における非効率性に関する基本等計量: 生産物  $Q[1]$

	Case 1			Case 2		
	半正規分布	指数分布	切断正規分布	半正規分布	指数分布	切断正規分布
平均	0.095	—	0.099	—	—	—
中央値	0.060	—	0.054	—	—	—
標準偏差	0.114	—	0.133	—	—	—
尖度	2.587	—	4.954	—	—	—
歪度	1.657	—	2.040	—	—	—
最小	0.000	—	0.000	—	—	—
最大	0.429	—	0.537	—	—	—

1993 年度から 1997 年度にわたって銀行業の非効率性の平均値は 0.1 前後であり変化は見られていない。つまり、日本銀行業において高い技術的効率性が各行で達成されているといえる。これは産業レベルで確率論的フロンティア関数を用いた分析を行った廣松他 (2001) で得られている効率性 (非効率性) の値とほぼ同じである。しかしながら、各表の最小値、最大値および標準偏差を見てわかるように、各行の技術的効率性には大きな差が見受けられる。

また、ソフトウェア資本の生産物  $Q[1]$  に対する弾力性が正であった期間においては特に高い技術的効率性が達成されていた、つまり生産フロンティアの近くで生産活動が行われていたと考えられる。このことから、情報システムの中でもソフトウェアの生産性と効率性には正の関係があると推測でき、さらに、ポスト第 3 次オンラインシステムの導入およびその運用は生産性効果があったと結論付けることができる。

一方で、計量経済学的な視点から見た場合、この推計結果は次のことを示唆している。確率論的フロンティア関数でもって推計を行う場合、非効率性に仮定する分布によって得られる推計パラメータに差はそれほど見られないものの、非効率性の値に差が見られるようになっている。そして、その差は毎年大きくなっている。それゆえに、非効率性の項に仮定する分布は慎重に選ぶ必要がある。

## 7 先行研究との比較

Prasad and Harker (1997) と松平 (1997) は Brynjolfsson and Hitt (1996) の推計結果と本稿の推計結果との比較検討を行った。本稿での結果も日米の銀行業の比較については Prasad and Harker (1997) と、また産業全体の比較については松平 (1997) と検討を行うことができる。

松平 (1998) では、非製造業に関しては、IT 投資に対するリターンはほとんど 0 に近いという結論を得て、生産性パラドックスを肯定している。また、Prasad and Harker (1997) においても同様に米国リテール銀行業において生産性パラドックスを肯定している。

しかしながら、本稿の推計結果の一つである預金と貸出の和から不良債権を差し引いた生産物  $Q[1]$  で考えると、Prasad and Harker (1997) や松平 (1998) で主張された生産性パラドックスはコンピュータ関連投資においては本稿の結論と一致するものの、ソフトウェア投資や情報システム投資に関してはかならずしも一致しない。結果の違いの原因として考えられる点として、本稿の推計は、Prasad and Harker (1997) や松平 (1998)、さらには Brynjolfsson and Hitt (1996) ではそれほど重要視されていなかったソフトウェア資本に注目して推計を行っていることが挙げられる。



## 8 結論と今後の展望

本稿では、情報システム投資の生産性と銀行の効率性について確率論的フロンティアモデルを用いて分析を行ってきた。その結果、預金と貸出から不良債権を差し引いたものを生産物と考えた場合、情報システム投資の生産性は1993年度から1995年度にわたって正の値をとっており、またソフトウェア投資の生産性においては、1993年度から1997年度まで正の値をとっていた。これは分析期間がほぼ同じ米国金融業のIT投資の生産性を分析したPrasad and Harker (1998) および日本の非製造業のIT投資の生産性を分析した松平 (1997) の結果とも異なった。

本稿において生産物の定義によって分析結果に差異が生じている。これはBerger and Humphrey (1992) でも言及されているように、銀行の生産物の定義は分析結果に対して非常にセンシティブであることのしるしであるといえる。

各行の技術的効率性を調べたところ、その平均値は1990年代半ばまで高い効率性を有していたことがわかった。竹村・鶴飼 (2003) によればこれは年々低下傾向にあるといわれている。

本稿では、情報システムと生産性および効率性の関係について検討してきた。さらに、計量経済学的手法として、確率論的フロンティアモデルを用いた。このモデルの利点は、単に生産性を調べるだけでなく、それと同時に効率性を調べることができる点にあり、本稿の1993年度から1997年度における推計結果はこれらをうまくとらえたものとなっている。また、このモデルにおいて、生産フロンティアが潜在的な銀行の実力を表していると考ええると、ポスト第3次オンラインシステム初期に行った情報システム投資は成功したといえる。一方で、不良債権問題が年々足枷となり、銀行の情報システムはうまく生産性に反映されず、さらに効率性の低下を引き起こしていると考えることができる。この意味においても、不良債権処理、さらには次世代のオンラインシステムの開発およびその運用が急がれる。

情報システム投資の効果を検証する際、もっともネックとなったのはデータの不足である。本稿では、有価証券報告書からデータ蓄積を行っていったが、情報システムの経済効果を調べるには、まだまだ不十分である。Brynjolfsson and Hitt (1996) や近年の研究でも注目されている組織等についても十分考慮する必要がある。その意味においても、竹村 (2003a) でも言及したように、「IT会計」の導入も必要であると考えられる。もちろん、それは数量的なことだけでなく、定量的なことについても記述されている必要があり、本稿はそれが銀行のディスクロージャーおよび経営戦略の一つへとつながると考えられる。

最後に、今後の課題について考える。本稿では生産要素として、情報システム資本以外に、動産不動産、従業員数、宣伝広告費、および店舗数を考えた。しかしながら、3節で述べたように、各行は銀行間や他業種を結ぶネットワークと接続されており、そのネットワークを利用する場合、使用料(手数料)を考慮していない。また当然これらは、情報システム資本にも含まれていない。そしてこれらの手数料は利用するネットワークに応じて、各行様々な会計処理が行われている。例えば、都市銀行間を結ぶネットワークであるBANKSの手数料は通信費の一部として、また全銀システムの手数料は雑種費のその他手数料の一部として処理されたりしている。この種のネットワークを利用しなければ、現在の銀行の経営は成り立たなくなるといっても過言ではない。それゆえ、この手数料を考慮した変数を用いる必要がある。これを用いた銀行のモデルビルディングは今後の課題としたい。

また、本稿ではクロスセクションデータを用いて確率論的フロンティアモデルを推計した。効率性は一般的にクロスセクションデータでもって測られるが、パネルデータを用いた(パラメトリックおよびノンパラメトリックな)手法も存在する。今後は各行比較のための効率性の計測だけでなく、各行の時系列的な効率性の推移も計測していく。

## 参考文献

- [1] アンダーセンコンサルティング金融ビッグバン戦略本部 (1999), 『金融業の IT 産業化』 東洋経済新報社.
- [2] 鶴飼康東 (1997), 「JMP Ver.3.1 ソフトウェアによる銀行業情報システム投資横断面分析」『第 16 回日本 SAS ユーザー会総会および研究発表会論文集』(SAS インスティテュートジャパン), 321-332.
- [3] 鶴飼康東 (2003), 「情報システム投資のクロスセクション分析」 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, 149-175.
- [4] 鶴飼康東・竹村敏彦 (2001), 「日本の銀行業におけるソフトウェア資産のパネルデータ分析 - 有価証券報告書記載データによる推計 -」『経済論集』(関西大学) 第 51 巻, 333-351.
- [5] 鶴飼康東・渡邊真治 (2001), 「日本銀行業における情報技術投資の経済効果 - パネルデータ分析による試算 -」『経済論集』(関西大学), 第 51 巻, 179-209.
- [6] 大森徹・中島隆信 (2000), 「日本銀行業における全要素生産性と仲介・決済サービス」『金融研究』(日本銀行金融研究所), 第 4 巻, 239-288.
- [7] 駿河輝和 (1991), 「銀行業のコンピュータ化の雇用への影響」『日本労働研究雑誌』(日本労働研究機構), No.380, 28-38.
- [8] 竹村敏彦 (2003a), 「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, 127-148.
- [9] 竹村敏彦 (2003b), 「公表データによる情報システム投資の分析」 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, 195-218.
- [10] 竹村敏彦・鶴飼康東 (2003) 「確率論的フロンティアアプローチによる日本銀行業における情報システム投資の検証」『金融危機における情報システム投資の経済学的評価手法の開発』(基盤研究 (B)(2) 研究成果報告書), pp.1-65.
- [11] 長岡壽男 (2003), 「日本の銀行情報システムの歴史と現状」 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, 3-30.
- [12] 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, No.83.
- [13] 松浦克己・竹澤康子 (2001), 「われわれは金融機関をどのように選別すればよいか-フロンティア生産関数による効率性分析-」松浦克己・竹澤康子・戸井佳奈子 編『金融危機と経済主体』日本評論社, 165-186.
- [14] 松平 Jordan (1998), 「日本企業における IT 投資の生産性」 *FRI Review*, Vol.10, 43-57.
- [15] 渡邊真治 (2003), 「アンケートデータによる情報システム投資の分析」 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, 177-194.
- [16] Berger, A. N., and Humphrey, D. B. (1992), "Measurement and Efficiency Issues in Commercial Banking," Z. Griliches (ed.) *Output Measurement in the Service Sectors*, National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press, 245-279.
- [17] Brynjolfsson, E., and L. M. Hitt (1996), "Paradox Lost? Firm-Level Evidence on the Returns to Information Systems Spending," *Management Science*, Vol.42, 541-558.
- [18] Brynjolfsson, E., and L. M. Hitt (2000), "Computing Productivity: Firm-Level Evidence," Mimeo, MIT Sloan School.
- [19] Franke, R. H. (1987), "Technological Revolution and Productivity Decline: Computer Introduction in the Financial Industry," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.31, 143-154.
- [20] Greene, W. H. (1993), "The Econometric Approach to Efficiency Analysis," Harold, O. F., C. A. K. Lovell, and S. S. Schmidt (ed.) *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, 68-119.
- [21] Greene, W. H. (2000), "*Econometric Analysis (Fourth Edition)*," Prentice-Hall, Inc.

- [22] Hitt, L. M., F. X. Frei, and P. T. Harker (1998), "How Financial Firms Decide on Technology," Litan, R. E., and A. M. Santomero (Ed.) *Brookings/Wharton Papers on Financial Services: 1999*, Brookings Institution Press, 93-136.
- [23] Humphrey, D. B. (1991), "Flow Versus Stock Indicators of Banking Output: Effects on Productivity and Scale Economy Measurement," *Journal of Financial Services Research*, Vol.6, 115-135.
- [24] Jondrow, J., Lovell, K., Materov, and P. Schmidt (1982), "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function," *Journal of Econometrics*, Vol. 19, .
- [25] Lovell, C. A. K. (1993), "Production Frontiers and Productive Efficiency," Harold, O. F., C. A. K. Lovell, and S. S. Schmidt (ed.) *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, 3-67.
- [26] Parsons, D. J., C. C. Gotlieb and M. Denny (1993), "Productivity and Computers in Canadian Banking," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.4, 95-113.
- [27] Prasad, B., and P. T. Harker (1997), "Examining the Contribution of Information Technology toward Productivity and Profitability in U.S. Retail Banking," Working Paper, Wharton Financial Institutions Center, University of Pennsylvania, **97-09**.
- [28] Solow, R., M. (1987), "We'd Better Watch Out," *New York Times Book Review*, July 12, 36.