

Articles

論文

情報技術革新と情報サービス産業

主任研究員

峰 滝 和 典



目次

はじめに	3. 「特定サービス産業実態調査」のデータ加工
1. 問題意識	4. 分析対象の設定：「活動的な情報サービス企業」
2. データの不足、全要素生産性分析の欠如	III. 全要素生産性成長率の回帰式推計とその結果
I. 情報通信技術革新とソフトウェア生産性	1. 生産性の規定要因：変数の選択
1. モジュール化とソフトウェア生産性：シリコンバレー・モデルの妥当性	2. 定式化
2. ソフトウェア開発と規模の経済：「人月の神話」対「Linuxの成功」	3. 推計結果
3. 組織形態の変化と生産性	IV. モジュール化の不備と「下請け」システムの負の遺産
II. 情報サービス業企業データ：「特定サービス産業実態調査」	1. モジュール化が有効に働く条件
1. ソフトウェア産業と「情報サービス産業」	2. 外注化のもう一つの側面：下請け・孫請けの階層構造
2. 「特定サービス産業実態調査」の利用とその注意点	3. 新しい動き
	V. 終わりに

要旨

- 情報サービス産業の特徴として、1社で完結して業務が行われるのではなく、外注化・協働（コラボレーション）といった企業間の連携が一般的になされていることが挙げられる。これらは人件費等のコスト削減や、社外の技術・ノウハウの利用といったことが目的として指摘されることが多い。
- 外注化の程度を表す「外注比率」（売上高に対する外注費の比率）は、「モジュール化」が全要素生産性を向上させている場合は当然強い正の影響を生産性に与えなければならない。しかし、実証分析の結果、情報サービス産業全体として、外注比率は全要素生産性に負の影響を与えていることがわかった。その理由は、開発・生産工程のモジュール化がこの産業では、十分にはなされていないにも関わらず、外注化を行っていることにある。
- また実証分析の結果、システムエンジニア数の増加は全要素生産性上昇率に対して概ねマイナスの影響を示していることがわかった。ソフトウェア構築を例にとり考えると、システムエンジニアを増加させてもコミュニケーションを図るための労力が大きくなりかえって非効率性を増すという現象に当てはまる。ネット上で世界各国のエンジニアが無償で技を競いあっているLinux型の開発では異なった結論となることも予想されるが、今回の実証分析の対象期間である90年代においてはこうした開発の型はまだ一般的ではなかったと考えられる。
- 外注化が効率的に行われることが、日本の情報サービス産業の競争力の向上には不可欠である。そのためには、工程の全体を管理するプロジェクト・マネージャーの育成が急務である。また、開発者同士のコミュニケーションが円滑になり、業務分担もスムーズになる組織編成が重要となる。企業間のコラボレーションが成功するためには、企業内の組織の効率化が必要である。

はじめに：情報革新と情報サービス業

1. 問題意識

日本経済は現在深刻な停滞の状況にある。その停滞の1つの原因が、日本経済全般にわたって見られる技術進歩率の低下であり、また電気機械・輸送機械・精密機械という80年代において日本を牽引した産業に替わる新しい成長産業の欠如にあることは今更言うまでもないであろう。それに加え、90年代日本が同時期の米国との対比において際だっていたのは、非製造業における彼我の差であった。

日本の非製造業特にサービス業の低生産性は、こうしたソフトウェア産業にも当てはまる可能性を示唆するいくつかの傍証がある。それによれば、同じ情報通信技術関連産業でありながら、ハードウェア産業の高い生産性と見事なコントラストを示している。

例えばソフトウェア開発の能力を評価する上で国際的に認められている CMM (能力成熟モデル Capability Maturity Model) によると、2000年末時点で23社のインド企業がソフトウェアプロセス成熟度の最高ランクに入っているにも関わらず、日本企業は1社も入っていない。OECD (2002) によると、1999年でソフトウェア・ライセンス収入とサービス収入による世界ランキングのトップ5社のなかには日本企業は含まれていない。この事実は、情報サービス業における日本の生産性の低さ、それから生じる国際競争力の不足を暗示している。

これに対して2000年初以来、日本経済再生の起爆剤として情報通信技術革新に期待が集まり、政府も「e-Japan 重点計画」を策定し、情報通信技術革新の推進を図っている。特に電子政府の推進によって日本のハードウェア産業のみならずソフトウェア産業に対する需要を生み出し、その発展を図ろうとしていることは特筆されていい。いわ

ゆる「IT バブル」崩壊後の IT 不況といわれる環境下、電子政府の推進は日本の IT 産業を下支えに重要な役割を期待されている。

実際、それに呼応して電気機械産業のなかにはハードウェアからソフトウェアや IT サービス分野に業務の重点を移す企業も多数出てきている。日本経済は情報サービス業に発展の契機を見出し、IT 企業は利益の源泉を情報サービス部門に求めようとしていると言えよう。

このように、日本の情報サービス業は、低生産性に陥って来たが、いまや情報通信革新の中で、高生産性への脱却を迫られていると言える。この問題意識のもとに本稿では、日本の情報サービス業において、生産性を規定している要因を特に情報サービス業の特性に十分に注意を払いながら明らかにする。その目的は、過去にそして現在、情報サービス業の生産性向上を阻むものを特定して、それを改善する方策を考えることである。

2. データの不足、全要素生産性分析の欠如

実はこの目的を達成するには、日本の情報サービス業に関する広汎な企業別データとそれに基づく全要素生産性の分析が必須である。しかしながら、今までは、日本の情報サービス産業に関して、広汎な企業データに基づいた全要素生産性あるいはその変化率である技術進歩率を計測し、その決定要因を調べるといった実証分析は皆無であった。

したがって本稿のもう1つの目的は、この情報サービス産業データ分析上の2つの大きなギャップを埋めることである。第1に、日本の情報サービス産業についてのもっとも広範な企業データに基づき、全要素生産性の変化率である技術進歩率を、企業別に計測する。具体的には、日本の情報サービス産業のもっとも包括的なデータである「特定サービス産業実態調査」を用いて、企業別の全要素生産性を計測し、その規定要因を分析する。

ここで「特定サービス産業実態調査」の特徴として、全数調査であるということを強調しなければならない。全数調査であるということは、この調査によってはじめて、日本の情報サービス産業全体を把握することができるのである。更に「特定サービス産業実態調査」にある詳細なデータを用いて、企業別の付加価値を計算することが可能であり、更には労働や資本のデータも存在しているので全要素生産性の成長率の計測も可能になるのである。

I. 情報通信技術革新とソフトウェア生産性

1. モジュール化とソフトウェア生産性： シリコンバレー・モデルの妥当性

情報サービス産業の特徴として、1社で完結して業務が行われるのではなく、外注化・協働（コラボレーション）といった企業間の連携が一般的になされていることが挙げられる。これらは人件費等のコスト削減や、社外の技術・ノウハウの利用といったことが目的として指摘されることが多い。

実際、よく知られているように、情報通信技術企業の中心地、米国のシリコンバレーでも企業がコミュニティを形成し、コミュニティ内のコラボレーションが日常的になされている。例えば青木・奥野（1996）では、シリコンバレーにおける企業の枠を超えた技術者コミュニティの存在の重要性が指摘され、頻繁な技術革新の下では部品の生産は外注にまかせた方が合理的であると述べられている。

しかしながら、単に頻繁な技術革新の下で、常に部品を外注することが望ましいと考えるのは性急にすぎよう。実際、新しい技術革新が起きるごとに部品間の調整や摺り合わせが必要である場合は、外注化することは困難であるといわれている。外注化が成功するには、外注化する部品が「モジ

ュール化」していることが必要なのである。

ここで言う「モジュール化」とは、「独立して設計できる小規模なサブシステムを用いて、複雑な製品やプロセスを構築すること」である（例えば Baldwin and Clark（1997）を参照されたい）。そして「独立して設計できる小規模なサブシステム」がモジュールとなる。つまり、全体としての統一性が保障されていれば、部品自体は独立に設計できるわけである。

モジュール化は元々、IBM システム/360の設計で生まれた考え方である。IBM システム/360以前のコンピュータは、それぞれ独自で、共通点もなく、固有の部品、OS、アプリケーション・ソフトを持っており、コンピュータ・メーカーが新しいコンピュータ・システムを導入するたびに、特別なソフトウェアや部品を開発しなければならなかった。

これに対し、再び Baldwin and Clark（1997）によると、IBM システム/360の開発担当者たちは、コンピュータでの「ファミリー」の概念を考え出し、実行命令セットはすべて同一のものをを用い、互換性を確保するのに、設計面では「モジュール化」の原則を採用したという。その後のコンピュータ・ハードウェアそしてソフトウェア発展の歴史を見ると、モジュール化がいかに効果的に作用したかが想像できる。

製品のモジュール化は、製作工程のモジュール化を可能にし、組織のモジュール化を生じさせる。モジュール化が進むと、企業が外部から製品や部品を容易に調達することができる。いわゆるオープン化が生じるのである。調達におけるオープン化は製品や部品のサプライヤー側から見れば、アウトソーシングや外注化と捉えることができる¹⁾。

以上、主としてモジュール化がもっとも成功したと思われるコンピュータ・ハードウェアに即して、モジュール化が生産性上昇に大きな役割を果

たしたことを概観した。とすると、こうしたモジュール化はソフトウェアの生産性向上に役立つのではないかと考えるのは自然であろう。そもそも IBM システム/360の開発においては、ソフトウェアもモジュールの一部を成していた。その後、ソフトウェアはハードウェアから分離して独立して開発されるようになったのである。そこでソフトウェア開発においても、IBM システム/360の開発と同様に「モジュール化」の概念を当てはめ、それによる生産性の上昇を目指す見方も出てくる。

しかしながら、ソフトウェアの分野ではハードウェアの分野で起こったほどの革新はなかったという見解（小山・竹田（2001））があることにも注意しなければならない。つまりハードウェアの発展とソフトウェアの発展は相似形ではないかもしれない。とするとハードウェアの開発で生まれたコンセプトをソフトウェアの開発にそのまま適応することには無理があるかもしれない。詳しくは後述するが、例えば OS（オペレーション・システム）の供給企業がソース・コードを公開していないと、アプリケーション・ソフトウェアの分野では実際にはモジュール化は困難となる。OS のなかでもアプリケーション・ソフトウェアを開発する際に利用される部分が、API（アプリケーション・プログラミング・インターフェイス）である。アプリケーション・ソフトウェアの開発者は、API に関する情報が必要であるので、OS の供給者に比べて弱い立場にあると言われる。佐藤（1996）は、WINDOWS95の発売に合わせて対応ソフトウェアを投入し得た企業がマイクロソフト社以外は数社に留まった背景には、API に関して十分な情報がなかったことがあると指摘している。こうした問題は、ハードウェアには存在しない。

シリコンバレー・モデルと通称され、コンピュータハードウェアの生産性の劇的な上昇をもたらした「モジュール化」は、しばしば情報サービス業の生産性上昇をもたらすと考えられている。し

かしながら、本節の議論からも明らかなように、コンピュータハードウェアの成功モデルを他の産業に機械的に当てはめて考えることはできない。本稿では、日本の情報サービス産業において、コンピュータハードウェアの成功モデルが通用するかどうかを確かめることにしよう。

2. ソフトウェア開発と規模の経済： 「人月の神話」対「Linux の成功」

情報サービス産業の全要素生産性を企業組織の観点で分析する要因の2つ目は、開発組織の規模である。

ソフトウェア構築は複雑な相互関係における作業の遂行である。したがって、その作業の担い手であるシステム・エンジニア（システムエンジニア）間のコミュニケーションが重要であり、システムエンジニア数を単に増加させても効率性が高まらなると言われている。

実際、「IBM のシステム/360の父」として知られるフレデリック・P・ブルックス・ジュニアによると、プログラマーの時間は相互に代替不能であると言う。1人で100時間かかるプロジェクトを、100人を動員して1時間で行うことはできない。開発者の人数で開発期間（月）を置き換えることはできない、という意味で、ブルックスはこの点を協調して「人月の神話」に囚われるなど主張している。つまり、コミュニケーションが不十分な場合のシステムエンジニア数の増加は、ソフトウェア産業の全要素生産性にマイナスとなることすらあるのである。しかしながら、ブルックスが批判する「人月」という単位を、日本では依然として便利な仕事量の尺度として用いていることも事実である。

コミュニケーションが重要であるという観点でいえば、近年、開発メンバーの協働（コラボレーション）を容易にするソフトウェア、例えばオブジェクト指向型のソフトウェアが普及しているこ

とも注意しなければならない。ソフトウェア開発には、開発者間の適切なコミュニケーションが重要であるということは、開発者の個々の暗黙知をいかにソフトウェア開発に効率的に反映させ、共有化するかという問題が重要であるということである。ソフトウェア開発者の数の増大に伴い先述のように、ともすれば非効率性が高まるわけであるが、その影響を少しでも緩和するためにオブジェクト指向型のソフトウェアのような共同作業の支援ツールが役に立つと言われている。

こうした流れの上に、近年、インターネット上で OS（オペレーション・システム）の開発で成功している Linux の例がある。Linux の開発においては、ネット上のコミュニティに世界中から集まったプログラマーやシステム・エンジニアが開発に従事しているが、ネットの様々な手段を通じて、コミュニケーションが上手く取れていると言われている。

コミュニティに入るに際して、こうした協働者にはかなりのレベルの技術力が要求されており、コミュニティ内で知識の共有化が図られている。インターネットワーク上の協働（コラボレーション）であるので、互いの情報は形式知として表現できなければならない。そのためには共通の知識の土台が必要である。また共同開発者が多くなればプログラム上のバグの発見も容易に行われると言われている。開発者が同時にユーザーとなり、プログラム上のバグを発見し、プログラムの質の向上に努めるわけである。インターネットを利用した新しい形のソフトウェア開発と言える。

以上簡単に見た Linux の開発は、開発規模の増大（協働するプログラマーやシステム・エンジニアの増大）が全要素生産性を高める可能性があることを示唆している。また Linux はソースコードがオープンであるので、アプリケーションについても、開発メンバーの協働は比較的容易になるので、開発規模の増大が生産効率を上げる可能性が

ある。

開発規模の増大が全要素生産性にマイナスに働くことも、プラスに働くこともあり得ることを示唆している。ブルックスの「人月の神話」はいわば古典的文献であり、ソフトウェア開発について伝統的にいわれてきたことである。それに対して Linux が普及してきたのは90年代の後半以降のごく最近の現象である。本稿では、どちらが日本の情報産業のどの部分に当てはまるか、を検討することにしよう。

3. 組織形態の変化と生産性

ソフトウェア開発にコミュニケーションが重要であることは先述のとおりであるが、企業組織の在り方もソフトウェア開発の生産性にとって重要である。

ソフトウェア開発企業の組織形態は変化が多い。同業他社との提携、合併・吸収、分社化など、様々な組織形態のパターンを観測することができる。組織形態変化の好例として、加藤・青島（2000）がエリジオンというソフトウェア会社を詳細に紹介している。エリジオンは3次元データ変換ソフトウェア（名称ダイレクトデータトランスレータ）で世界的に有名な企業である。加藤・青島（2000）によると、もともとはヤマハ発動機を退職した3人の技術者が1984年にアルモニコスというソフトウェア会社を設立し、その後1999年にアルモニコスに3次元 CAD システム受託開発部門だけを残し、パッケージソフト部門が独立したのがエリジオンである。

組織形態の変化という観点から注目したいことは、当初は受注ソフトウェア部門とパッケージ・ソフトウェア部門が同じ会社に共存していたのが、後に分離したという点である。3次元 CAD システムという分野は共通でも、開発形態や事業展開などの面で受注ソフトウェア部門とパッケージ・ソフトウェア部門は異なる。そのために、それぞ

れが付加価値生産性を最大限に高めるために分離したのである。エリジオンは3次元形状処理技術とデータ交換技術を基盤に様々なパッケージ製品を開発し、世界の大手ベンダーに OEM 供給するとともに、米国子会社を拠点とした欧米での積極的な事業展開も進めている。この例は、組織形態が付加価値生産性に大きな影響を及ぼすことを示唆している。

II. 情報サービス業企業データ： 「特定サービス産業実態調査」

1. ソフトウェア産業と「情報サービス産業」

実証分析に入る前に、今回我々が実証分析で使用した「特定サービス産業実態調査」（以下、略称「特サビ」）を用いて日本の情報サービス産業を概観しておこう。「特サビ」は情報サービス産業に関するもっとも我が国で最も包括的な統計である。情報サービス産業の内訳として「特サビ」では、情報処理サービス（ASP も含む）、受注ソフトウェア開発、ソフトウェア・プロダクト（業務用パッケージ・ゲームソフト・コンピュータ等基本ソフト）、システム管理運営受託、データベース・サービス（インターネットによるもの・その他）、各種調査、その他と分類されている²⁾。

平成13年（2001年）調査（確報）³⁾の「特サビ」によると、年間売上高は13兆7,039億円、前年比18.2%の大幅増となっている。業務種類別売上高シェアをみると、受注ソフトウェア開発が49.4%ともっとも大きく、ソフトウェア・プロダクトの10.8%と合わせるとソフトウェア系で60%以上のシェアとなっている。また、次いで大きいのが情報処理サービスであり、19.1%のシェアとなっている。

売上高の伸び率については、もっとも高かったのがソフトウェア・プロダクトの49.1%である。ソフトウェア・プロダクトがこのような高い売上

高伸び率を達成したのは、それに含まれるゲームソフト、コンピュータ等基本ソフトがそれぞれ162.3%、112.6%と100%超の伸び率であったことが大きく寄与している。次に高い伸びとなったのがシステム等管理運営受託の44.8%である。これはネットワークを用いたシステム構築やシステム管理運営業務のアウトソーシング化が旺盛であったことの影響が生じたものと解釈できる。受注ソフトウェア開発については、ソフトウェア・プロダクトと比較するとその程度は低いが、伸び率は8.4%と比較的高い水準にある。伸び率が唯一マイナスであったのが、データベース・サービスのなかのインターネットによるもので、-10.5%であった。これは、ネットバブル崩壊後のインターネット産業の苦戦が表れていると解釈してもよいであろう。

2. 「特定サービス産業実態調査」の利用とその 注意点

今回の分析の対象とした「特定サービス産業実態調査」は前述したように、情報サービス産業に関する最も包括的な統計である。その特徴は、全数調査であるということと、事業所ベースの統計であるということである。一方で、全数調査である点は、これだけで情報サービス産業全体を対象にできるという利点がある。他方で、事業所ベースの統計であるということには注意が必要である。我々が問題として設定した、モジュール化や開発規模は、事業所というよりも企業の組織構造と関連する。したがって、個々の事業所情報から、企業全体の情報へ変換して、考察を加える必要がある。

図表1は、サンプル期間中における組織形態別の事業所数の推移である。今回の個票データの利用可能年は1991年～1999年であり、その間の最小事業所数が1995年の5,812、最大が1998年の8,248である。事業所は組織形態によって3つに分かれ、

独立事業所（支社・営業所などを持たない事業所）、本社（支社・営業所などを持っている本社・本店）、支社（支社・営業所など）と分類される。組織形態の中で独立事業所がもっとも大きな割合を占め、期間の平均で構成比は50%程度となっている。このうち、支社を除く独立事業所と本社が「企業」としての対象である。

「特サビ」を企業レベル実証分析に利用する上でいくつかの注意点がある。第1に「特サビ」は事業所統計であり、情報サービス業務に係る有形固定資産取得額・営業費用関連のデータは企業単位でしか存在しない。つまり、支社の情報サービス業務に係る有形固定資産取得額・営業費用関連の情報は利用不可能であり、企業全体のデータとして本社に集約される形となっている。付加価値や資本ストックを推計するためにはこれらのデータが必要であり、我々の分析では支社を除く独立事業所と本社が「企業」として対象となっている。この点は、企業レベル分析であることの利点である。しかし他方、SE数などの従業者の部門別従業者数などは事業所ベースでしか得られず、これらのデータについては何らかの方法で企業ベースに変換する必要がある。

第2に建物の有形固定資産取得額の系列に欠損値が多いことである。機械・設備・装置の有形固定資産取得額も毎年必ず計上されているわけではないが、特に建物に関してはほとんどの企業で計上されておらず、建物資本ストック系列を推計する上で問題となる。資本ストック系列の推計を行う場合、通常は恒久棚卸法が用いられることが多い。しかし、その場合にはフローの投資データが数年間分連続していることが必要であるが、特サビの建物に関する有形固定資本取得額についてはそれが非常に困難な状態になっている。もちろん、一般的には一旦建物の投資を行えば暫く投資をしない状況は現実的に生じうるものであり、この部分の扱いには注意すべき点である。したがって本

研究では補完として建物リースの可能性を明示的に考慮しているが、厳密なデータは利用不可能であるので、推計の限界には注意が必要である。

第3に、無形固定資産のデータが存在していないことである。なかでも、ソフトウェア資産のデータがないことは全要素生産性を計算する上で問題となる。後述するように、ソフトウェア資産が増加している場合、それを推計に入れられないと、推計された全要素生産性上昇率には上方バイアスが生じることになる。後述する実証分析では、この点のバイアスを除去する方策をとっている。

3. 「特定サービス産業実態調査」のデータ加工

本節では、全要素生産性の上昇率を推計するために必要なデータの加工方法について詳述する。

(1) 付加価値

付加価値については、「平成12年版 特定サービス産業実態調査」に従い「売上高－営業費用＋給与総額＋賃借料」を付加価値と定義している⁴⁾。また、付加価値を推計した際に付加価値がマイナスとなるものが一部（全サンプルの0.37%）存在するが、分析の対象としてはこれらの企業は除いている。なお、付加価値を実質化するためのデフレーターとしては、企業向けサービス価格指数（情報サービス産業）を用いている。

(2) 生産投入要素

生産投入要素としては労働、設備資本ストック、建設資本ストックがあるが、「特サビ」では更に電子計算機リース、建物賃借料のデータが利用可能である⁵⁾。我々の分析では資本サービスは資本リースからも得ていると想定し、資本リースの資本還元を行っている。つまり、生産投入要素は、労働、設備資本ストック、電子計算機リースの還元資本ストック、建物資本ストック、建物賃貸の還元資本ストックの5系列となる。

① 労働

労働については、特サビにおける情報サービス

業務に従事する従業者数の合計を用いている。本来ならば労働時間の変動を考慮すべきであるが、特サビにおいて労働時間データは利用できない。よって今回の分析では労働投入量として人数を用いている。また、コストシェアの推計においては、情報サービス業務に係る企業全体の営業費用を用いている。

② 資本ストック

設備資本ストック、建物資本ストックについては、有形固定資産取得額を実質化し、恒久棚卸法によって資本ストック系列を作成している。ただし、設備資本ストックに比較して、前述したようにこうした形で建物資本ストックが作成可能である企業は著しく少ない点に注意する必要がある。このため、後述するようなリース資本の推計で補完する形をとっている。資本関連のデフレータについては Colecchia and Schreyer (2001) の機械設備とコンピュータ・ハードウェアのデフレータ、建物と構築物のデフレータをそれぞれ日本のデータに基づくウェイトで加重平均して求めている⁶⁾。

リース資本に関しては、特サビでは「電子計算機借料」のデータが利用可能であり、これをもちいてリース電算機資本ストックを推計している。実際、コンピュータ等は自前で購入するよりもリースするケースが多く、これらを考慮しなければ実質的な資本ストックを過小評価してしまう可能性がある。また、建物についても同様に資本ストックと賃貸の両方から資本サービスを得ていると考え、建物賃貸料を資本還元することとしている。

(3) ユーザー・コスト

ユーザー・コストについては、以下のジョルゲンソン型ユーザー・コスト（投資税額控除を除く、これは日本においては投資税額控除が存在しないためである）を用いている。

$$UCC_{it} = \frac{1 - u_t z_{it}}{1 - u_t} (\rho_t + \delta_t) q_{it}$$

ここで UCC_{it} は t 期における資本ストック i のユーザー・コストであり、 ρ_t は t 期における実質リターンとして東証株価指数の配当利回り、 δ_t は資本ストック i の資本減耗率、 u_t は t 期における法人実効税率、そして z_{it} は t 期における資本ストック i の現在の投資 1 単位に対する将来の減価償却の割引現在価値を表している⁷⁾。

4. 分析対象の設定：「活動的な情報サービス企業」

実際の推計では、「特サビ」に存在する全サンプルではなく、上記における推計データをもとに全要素生産性（TFP）変化率の推計が可能である独立事業所、支社を保有する本社を対象としている。特に設備資本ストックが推計可能であることを条件とした結果、推計対象企業数は最終的に 1,106 社となる。我々は、この対象企業を「活動的な情報サービス企業」と呼んで、分析対象とする。

図表 2 は「特サビ」における（全要素生産性が推計できないものも含む）全企業の主要変数の記述統計、図表 3（ここでは All を参照）は推計対象企業の記述統計であり、後述する方法で推計された TFP 変化率も加えてある。ここでの主要変数は外注費比率、SE 数、SE 比率、利潤・コスト比率であり、次章で説明する TFP 変化率に対する回帰分析の説明変数である。

図表 2、図表 3 を比較すると全体としては従業員数（SE 数も含む）を除いて、それ程大きな乖離はみられない。例えば、外注費比率の企業平均については全企業が 0.1400、推計対象企業が 0.1480、SE 比率は全企業が 0.2853、推計対象企業が 0.3761、利潤・コスト比率は全企業が 0.2806、推計対象企業が 0.2353 となっている。ただし、従業員数と SE 数に関しては全企業よりも推計対象企業の平均がかなり大きくなっており、我々が分析の対象とする企業は相対的に規模の大きい企業群となっている。

ることには注意が必要となる⁸⁾。したがって、相対的に規模の大きい企業群であるという性格はあるものの、対象企業群はおおむね日本の情報サービス産業を代表していると考えて差し支えないと思われる。

更に、組織形態によって生産性への各要因の影響が異なることが考えられるために、抽出したサンプルを組織形態の観点で更に4つのグループ(Group 1—Group 4)に分けている。

ここで Group 1は、計測期間を通してずっと支社をもたない独立事業所として存在した企業グループであり、Group 2は、計測期間中ずっと支社をもつ企業体として存在した企業グループである。これに対して Group 3は、計測期間の最初時点において独立事業所であったものが、計測期間の最後までに支社保有企業に転換していた企業グループであり、逆に Group 4は、計測期間の最初時点で支社保有企業であったものが、計測期間の最後までに独立事業所に転換していた企業グループである⁹⁾。

前掲した図表3には、これら各 Group における主要変数の記述統計も記されている(Group 1—Group 4)。推計された TFP 変化率は Group 3がもっとも高く(2.42%)、Group 4がもっとも低くなっている(0.14%)。このことは、Group 3が単独事業所企業から支社保有企業へと業務拡大している企業の集団であり、Group 4は逆に支社を手放し企業規模を縮小している企業集団である可能性が影響していると思われる。こうした企業組織の変化の与える影響は、次節で検討する。また外注費比率については Group 2がもっとも高くなっており(17.60%)、Group 1が最も低い割合(12.99%)となっている。単独事業所である Group 1は従業員数規模からもわかるように比較的小規模な企業群であり、注文を受けることは多くても外注を行うことは少ないと考えられる。

Ⅲ. 全要素生産性成長率の回帰式推計とその結果

本章では第2節で述べた問題提起、つまりモジュール化で情報サービス産業の生産性が上昇しているかということと、開発規模が大きいほど生産性が上がるという正の規模効果があるのかあるいは逆なのか、という問いについて、第3節で説明した情報サービス産業の包括的な企業データベースを用いて実証分析を行い、その答えを得る。既に第1節で説明したように、生産性としてここで考えなければならないのは、労働生産性ではなく全要素生産性(TFP)である。したがって、以下では第3節で説明した、企業別の付加価値、生産要素投入、ユーザーコスト等のデータを用いて、企業別の全要素生産性(後で明らかになるが、正確には全要素生産性上昇率)を推計し、それがモジュール化や開発規模、そしてその他の要因によってどのように影響されているかを、企業パネル分析の手法で明らかにする。

1. 生産性の規定要因：変数の選択

(1) 「モジュール化」と「外注比率」

第2節では、情報サービス産業の中核をなすソフトウェア産業の生産性を規定する要因として、ソフトウェア開発の「モジュール化」の重要性を述べた。と同時に、「モジュール化」が必ずしも生産性の向上をもたらさない可能性についてのいくつかの傍証を見た。本節では、第3節で説明された広範囲に渡る日本の情報産業企業データベースで、この「モジュール化」の影響を分析することにするが、ソフトウェア開発の「モジュール化」の程度を直接に計測することはできない。そこで本稿では、開発の「モジュール化」と密接な連関を持つ、「外注化」いわゆるアウトソーシングに注目して、「モジュール化」の影響をとらえることにする。

藤本（2002）によれば、「モジュール化」という概念には、3つの段階がある。それに従えば「モジュール化」は、

- ① 「製品アーキテクチャのモジュール化」（製品開発におけるモジュール化）、
- ② 「生産のモジュール化」、
- ③ 「企業間システムのモジュール化」（調達部品の集積化）

という3層からなる。モジュール化の議論の発端となった、IBM システム/360の開発のケースは言うまでもなく、製品アーキテクチャのモジュール化であり、それがその後のコンピュータハードウェアにおいて生産のモジュール化を呼び、そして企業間システムもモジュール化されていくことになったと考えられている。

われわれが本稿で扱う情報サービス産業における「外注化」は、この分類では「生産のモジュール化」である。もちろん、生産のモジュール化は製品開発のモジュール化や企業間システムのモジュール化と密接に関連し、多くの場合その成功は他の2者のレベルに依存していると言えるが、それそのものではないことには十分注意する必要がある。このことは、「モジュール化」の代理変数としての「外注化」が情報サービス産業生産性に及ぼす影響は、単純に「製品開発のモジュール化」だけでなく、「企業間システムのモジュール化」に大きく依存することを意味する。このことは、Ⅲ. 4. 節での実証研究の結果の解釈において重要になる。

ソフトウェア産業における外注化の効率性に関する分析はこれまでも定性的にはなされていた。例えば、佐野（2001）は「ソフトウェア開発のプロジェクトにおいて、外注化は、自社に不足する技能の利用やコストの抑制に貢献する。しかし、他方で、外注化に際し、プロジェクト管理者が以前に利用したことがない協力会社スタッフを利用することは、ソフトウェアの品質と納期について

の不確実性を高めるとともに、それに対処するプロジェクト管理者の負担を高めてしまう」（佐野（2001）p.113）と述べ、「外注化」のメリットとデメリットを指摘している。

以上の議論をふまえ、以下の定式化では、「モジュール化」の代理変数として「外注比率」すなわち「売上高に占める外注費の割合」を採用することとする。

(2) 「開発規模」と「システムエンジニアの数」

第2節で論じたように、情報サービス産業特にソフトウェア産業生産性の規定要因として開発規模があげられる。

しかしながら、現実に企業別開発規模指標を得るには難しい問題である。もっとも望ましいのは、開発するプログラムの質を修正した定量指標であるが、どのように質を修正するか、そしてどのように量を量るかについて様々な議論があり得るし、そもそももしそのような指標が企業内で作られていたとしても、それは一般には利用可能ではない。そこで本稿では、開発規模と正の強い相関を持つと考えられる人的な側面に注目して、当該企業での開発規模の代理変数を考えることにする。つまり、開発に携わる人員が多いほど、当該企業での開発規模が大きいと考えるわけである。

それでは、「開発に携わる人員」にはどのような者が含まれるだろうか。情報サービス産業における開発主体はシステムエンジニア（SE）、研究員、プログラマーなど多数に渡る。しかしながら、これらの人員がすべて同じような形で開発に携わっているわけではない。開発を主導しているシステムエンジニアと、どちらかというと受け身で開発に携わっているプログラマーを同一にとらえることはできない。

既に見たように、ソフトウェア産業の中でもシェアが大きいのが、受注ソフトウェアである。そこで特に重要な役割を担っているのが、システムエンジニアである。システム、特にオープン系シ

システムは、言語もC言語など多数があり（更にC言語も様々な種類がある）、オペレーティングシステムも UNIX や Windows がある。マシンもいろいろなメーカーのものがあり、開発ツールもたくさんある。その上データベース関連のものでもオラクルのものや sybase など多くあり、これに LAN や WAN が絡んで複雑な様相を示している。その上、この技術状況は急速にどんどん変化していく。システムエンジニアは、これらをユーザーのニーズにあわせて選択し、提案する。このように特に受注ソフトウェアにおいては、システムエンジニアが開発の枢要な位置を占めるのである。

この点を考慮して、本稿ではシステムエンジニアの数を開発規模の代理変数と考える。特にシステムエンジニア数をとる主要な理由は、既に述べたシステムエンジニアの開発における枢要性である。それに加えて、本研究に先立つ準備研究において、説明変数としてシステムエンジニア以外にも、研究員数やプログラマー数も用いてみたがいずれも統計的に有意な結果が得られなかったことも理由の一つである。

(3) その他の生産性規定要因

生産性に対するモジュール化の進展の影響、規模の経済性の影響をとらえるためには、他の要因をコントロールしなければならない。

第1に、データの利用可能性から、資本ストックとしてはもっぱら有形固定資産のみを考慮し、無形固定資産、ノウハウやソフトウェア資産を考慮していない点に注意しなければならない。しかしながらノウハウやソフトウェア資産が増加すれば、全要素生産性は増加する。したがってノウハウやソフトウェア資産の代理変数を考えて、その影響を推計式に取り込む必要がある。

本稿では、SE 比率（情報サービス業務に従事する従業者に対する SE の割合）をノウハウやソフトウェア資産蓄積の代理変数と考える。SE という職種はプログラミングだけを行うというもの

ではなく、それ以外にも進捗管理作業や顧客との打ち合わせなど様々な作業に対応する必要がある。情報サービス業務において必要とされる知識・ノウハウの「密度」が高いほど生産性に寄与するとすれば、知識・ノウハウの「密度」の代理変数として情報サービス業務に従事する SE の割合をとることは自然であろう。また、ソフトウェア資産蓄積もそれを利用する SE の比率に比例すると考えることは第一次近似として正当化されると考えられる。

第2に、しばしば Schumpeterian 仮説と言われるように、独占利潤が高いほど、より innovation 指向となり、R&D 投資が増加し、それによって生産性が増大する、という考え方がある。逆に、参入障壁が高く独占利潤が高いと非効率になる、という指摘もある。前者によれば独占利潤と全要素生産性の間には正の関係、後者の場合には負の関係があることになる。そこで、本稿ではこの効果も陽表的にとらえるために、利潤・コスト比率（営業費用に占める営業（粗）利益の割合）も説明変数として採用している。

第3に、調整費用の存在も考慮に入れなければならない。情報サービス産業においては技術進歩が速く進んでいるため、それに対応するために急激な投資行動が行われており、そのため様々な調整費用が生じ、生産性を押し下げている可能性がある。生産性に対する調整費用要因の影響を考慮するために、説明変数として従業員変化率の自乗値を含めた推計も行っている。

2. 定式化

(1) 全要素生産性の水準

以上の議論に従って、以下では情報サービス産業において各企業の全要素生産性（TFP: Total Factor Productivity）が何によって規定されているかを、回帰分析で調べることにする。

$$\Delta \ln TFP_{i,t} = \alpha_{1,j} + \sum_{j=1}^J \beta_j \Delta x_{ij,t} + \sum_{k=t+1}^T \gamma_k \Delta d_{k,t} + e_{i,t} \quad (1)$$

ただし、 $i=1, \dots, I$ は企業を表し、 $t=1, \dots, T$ は年を表す。すなわち、 TFP_{it} は第 i 企業の t 年の全要素生産性 (Total Factor Productivity) である。

- ① モジュール化の指標としての外注費比率
[外注費/売上高] : OUT
- ② 開発規模の指標としてのシステムエンジニア数¹⁰⁾ [対数値] : SE
- ③ システムエンジニア比率 [システムエンジニア数/総従業員数] : SE-RATIO
- ④ 利潤・コスト比率 [営業利益/営業費用] : PROFIT

となる。ただし、これらに加えて TFP に対する調整コスト要因を考慮して、

- ⑤ 従業員変化率の自乗値 : ADJUST
- を含めたケースも考慮する。

頑健性をみるために、通常のパネル推計に加え、誤差項に対して企業内の時系列部分に一階の自己相関、企業間において異なる分散共分散行列 (分散不均一性) を考慮した FGLS (Feasible General Least Squares) 推計も行った。そこでは更に誤差項の一階の相関係数について企業特殊であると仮定した。

つまり推計方法として、誤差項 $e_{i,t}$ が標準的線形回帰モデルの仮定を満たすケースとしての通常のパネル推計 (パネル)、満たさないケースとして誤差項 $e_{i,t}$ に AR(1) を仮定したパネル (パネル (AR 1))、更に企業間の不均一分散と一階の自己相関係数が企業特殊であると仮定した FGLS の 3 種類の推計方法をとる。

(2) 全要素生産性変化率の計測

(1) 式左辺は全要素生産性上昇率 (TFP 成長率) を表し、具体的には次の (2) 式のように計測される。

$$\begin{aligned} &TFP\text{Growth} \\ &= \{\ln(V_{t+1}) - \ln(V_t)\} \\ &\quad - \frac{1}{2}(s_{L,t+1} + s_{L,t}) \times \{\ln(L_{t+1}) - \ln(L_t)\} \\ &\quad - \frac{1}{2}(s_{k1,t+1} + s_{k1,t}) \times \{\ln(K_{1,t+1}) - \ln(K_{1,t})\} \\ &\quad - \frac{1}{2}(s_{k2,t+1} + s_{k2,t}) \times \{\ln(K_{2,t+1}) - \ln(K_{2,t})\} \\ &\quad - \frac{1}{2}(s_{k3,t+1} + s_{k3,t}) \times \{\ln(K_{3,t+1}) - \ln(K_{3,t})\} \\ &\quad - \frac{1}{2}(s_{k4,t+1} + s_{k4,t}) \times \{\ln(K_{4,t+1}) - \ln(K_{4,t})\} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、変数の定義は以下のとおりである。

- V : 実質付加価値、 L : 従業員数、
- K_1 : 情報サービス関連資本ストック (実質)、
- K_2 : 電子計算機賃借料の資本還元 (実質)、
- K_3 : 建物資本ストック (実質)、
- K_4 : 建物賃借料の資本還元 (実質)、
- s_L : 労働コストシェア、
- $s_{k1} \sim s_{k4}$: $K_1 \sim K_4$ それぞれの資本コストシェア

3. 推計結果

図表 6-11 は、上記の推計式に基づいて推計を行った結果である。推計方法は通常のパネル推計法 [パネル]、誤差項 AR(1) のパネル推計法 [パネル AR 1]、系列相関と分散不均一性を仮定した一般化最小二乗法 [FGLS] であり、調整費用を含まないケース (図表 6-8) と調整費用が含まれるケース (図表 9-11) の計 6 通りの推計結果である。

更に、各表は組織形態による差を明確にするため、推計対象企業全体のケース (All) と組織形態による Group 分け (1. 単独事業所、2. 支社を持つ本社、3. 単独事業所から支社を持つ本社に変化した場合、4. 本社から単独事業所へ変化した場合) したケースそれぞれについて推計を行っている。

推計方法は既に述べたように通常のパネル推計法と FGLS である。パネル分析では (1) 式の誤差

項に関する仮定に応じて、通常の最小二乗法パネル分析（パネル）と誤差項に AR(1) を仮定した最小二乗法パネル分析（パネル AR(1)）を用いている。通常のパネル推計方においては、Hausman 検定に基づいて変量効果モデル、固定効果モデルの選択を行っている。また、FGLS では誤差項に企業特長的な系列相関係数、企業間の分散不均一性を仮定した推計結果を報告している。図表 6 から図表 8 はそれぞれ調整コストを含めないパネル、パネル AR(1)、FGLS の推計結果を表しており、図表 9 から図表 11 がそれぞれ調整コストを含めた推計結果となっている。

以下では、図表 6、図表 9 にあるように、誤差項に一階の系列相関がないという帰無仮説は All、Group 1 - 4 のすべてにおいて 1% 有意水準で棄却されるので、以下ではパネル AR(1)、FGLS を中心にみていくことにする。

(1) 推計対象企業全体の推計結果 (All)

ここでは対象企業を単独事業所、支社保有企業などグルーピングを行わずにサンプル全体を対象にした推計結果について説明する。図表 6 - 11 の第 1 列の All がそうである。図表 6 は通常のパネル推計結果であるが、Hausman 検定の結果、変量効果モデルが選択されている。また、「変量効果なし&一階の系列相関なし」という帰無仮説は 1% 有意水準で棄却されており、誤差項に一階の系列相関が存在していることを示唆している。そこで誤差項に AR(1) を仮定したパネル変量効果モデルの推計結果である図表 7 をみてみよう。

各係数についてみれば、OUT、SE、SE-RATIO、PROFIT はすべて 1% 有意水準で統計的に有意となっている。説明変数の符号については、OUT、SE がマイナス、SE-RATIO、PROFIT がプラスとなっている。

まず注目すべき点は I. 1. 節で指摘した第 1 の問題提起であるモジュール化についてである。ここではモジュール化を表す代理変数として外注

比率 OUT を用いているが、その符合は -0.8497 であり、モジュール化が企業の生産性に対して負の影響をもたらしているという結果が示されている。III. 1. 節で述べたように、モジュール化の代理変数として外注比率を用いているので、OUT は特に「生産のモジュール化」を表していると考えられる。その「生産のモジュール化」が生産性に対して負の影響を与えているということは、個々の生産工程のモジュール化が十分に整備されておらず、外注化が効率的に行われていない可能性を示唆するものである。更に「生産のモジュール化」は「製品アーキテクチャのモジュール化」、「企業間システムのモジュール化」と密接に関連していることを考慮すれば、「製品アーキテクチャのモジュール化」が非効率であることがその要因となっている可能性があり、また「生産のモジュール化」が効率的でないことにより「企業システムのモジュール化」も効率的には行われていない可能性を示唆している。

次に I. 2. 節で指摘した第 2 の問題提起である開発組織の規模と生産性の関係をみてみよう。

我々はこれまでに開発規模の増大が生産性に対してマイナスに働くことも、プラスに働くこともあり得ることをみてきた。しかし、図表 7 の推計結果をみると、SE の係数は -0.1162 であり、開発規模の増大は生産性に対して負の影響を持っていることが示されている。情報サービス産業（特にソフトウェア産業）においては規模の経済性が働くということは我々のデータからは支持できず、「人月の神話」の仮説を支持する結果となった。つまり、情報サービス産業において不可欠であるソフトウェア構築の際の複雑な相互関係におけるシステムエンジニア間のコミュニケーションは困難を伴うものであり、単にシステムエンジニア数を増加させるのみでは生産性には正の影響をもたらさず、むしろ効率性を悪化させる可能性が高いことを示唆している。

上記の推計結果は企業内の誤差項に系列相関を仮定した場合のものである。しかし、各企業の誤差項の分散は均一ではなく（分散不均一性）、更に系列相関係数が企業ごとに異なるとの仮定を置くことはより自然であると考えられる。そこで系列相関、分散不均一性を仮定した FGLS による推計結果についてもみておこう（図表 8）。Wald Test によって分散均一性の帰無仮説は棄却される。全体の傾向としては図表 7 と同じであり、OUT、SE の係数がマイナス、SE-RATIO、PROFIT の係数がプラスとなっており、有意水準も同様に 1% 水準で有意となっている。ただし、OUT、SE の係数はそれぞれ -0.6261 、 -0.0761 であり、パネル AR(1) の場合よりも若干小さい値となっている。

また、これまでの変数に加えて調整コスト ADJUST を含めた場合（図表 10、図表 11）についても言及しておく、OUT、SE、SE-RATIO、PROFIT の係数の符合、有意水準ともに図表 7、図表 8 と同じであり、その大きさもほぼ同じとなっている。ADJUST の係数は 1% 有意水準でマイナスとなっており、調整コスト（ここでは労働変化率の自乗値を代理変数として使用）の存在が生産性に対して負の影響をもたらしていることを示唆している。

(2) Group 別の推計結果 (Group 1 - 4)

次に企業の組織形態のパターンに応じてサンプルを各 Group に分割した場合の推計結果を比較しよう。各図表では Group 1 から Group 4 までの推計結果が第 2 列から第 5 列に示されている。

Group 1 は期間を通じて単独事業所として存在していた企業、Group 2 は同様に期間を通じて支社保有企業として存在していた企業、Group 3 は推計期間中において単独事業所→支社保有企業に転換した企業、Group 4 は Group 3 とは逆に支社保有企業→単独事業所へ転換した企業である。なお、推計期間中に単独事業所と本社の間を不規則に移行した企業については各 Group には属さ

ずに、全企業 All にのみ含まれていることになる。

All の場合と同様に、各グループでは Hausman 検定の結果、変量効果モデルが選択され、また「変量効果なし&一階の系列相関なし」という帰無仮説は 1% 有意水準で棄却されるので、再びパネル AR(1)、FGLS による推計結果である図表 7、図表 8 を参照しよう。なお、FGLS による推計では、Wald Test によって分散均一性の帰無仮説はすべての Group で棄却される。

各グループの係数、OUT、SE、SE-RATIO、PROFIT の有意水準については、パネル AR(1) では全体として 1%、5% 有意水準で有意、FGLS ではすべて 1% 有意となっている。またその符合はパネル AR(1)、FGLS とともに All の場合と同じであり、OUT、SE はマイナス、SE-RATIO、PROFIT がプラスとなっている。ただし、その大きさについては各グループで大きく異なり、パネル AR(1)、FGLS でも若干異なるという結果となっている。

まずモジュール化の代理変数である OUT についてみてみよう。パネル AR(1) では Group 1 と Group 4 が 5% 有意、Group 2、Group 3 は 1% 有意、FGLS では全グループで 1% 有意となっており、いずれも符合はマイナス、つまりモジュール化が効率的ではないという結果がここでも示されている。しかし、係数の絶対値に注目すると、パネル AR(1) では小さい順から Group 1（ずっと単独事業所）、Group 4（単独事業所へ転換）、Group 2（ずっと支社保有）、Group 3（支社保有へ転換）となっていることが分かる。つまり、モジュール化の影響は、企業組織と強く関連していることが分かる。次に、FGLS を見ると係数の絶対値は AR(1) よりも全体的に小さくなっており、小さい順から Group 1（ずっと単独事業所）、Group 2（ずっと支社保有）、Group 4（単独事業所へ転換）、Group 3（支社保有へ転換）である。つまり、AR(1) と FGLS の共通な結果として、モジュール化の代理変数である OUT のマイナスの効

果は Group 1（ずっと単独事業所）で低く、Group 3（支社保有へ転換）でもっとも高くなっている。

このようにモジュール化が生産性に対して与える影響はすべての Group でマイナスであるが、その大きさが組織形態で異なるのはどのような要因によるものであろうか。詳細は次節で分析するが、ここでは企業自身の組織形態について考えてみよう。

Group 1、Group 4 は単独もしくは単独に転じた企業であり、Group 2、Group 3 は支社保有もしくは支社保有に転じた企業である。つまり、結果は、単独企業のほうが支社保有企業よりも相対的に外注化の生産性に対する負の影響が小さいことを示している。このことは、単独企業の方が外注を多く活用する（または活用せざるを得ない）状況下であり、そのため製品アーキテクチャのモジュール化、生産工程のモジュール化が相対的に進展している可能性を示唆している。また、Group 1、Group 2 は推計期間中に組織形態が安定的、Group 3、Group 4 は組織形態が変化して不安定であったということも影響している可能性がある。つまり、企業自身の組織形態が不安定な状況では、製品開発のモジュール化、生産のモジュール化、組織のモジュール化がうまく機能しない可能性がある。

次に開発組織の規模を表す SE についてグループ間を比較しよう。パネル AR(1)、FGLS とともに符合はマイナス、有意水準はそれぞれ 1 - 5%、1% で有意となっている。これも All の場合と同様に、システムエンジニア数の単なる増加は生産性には正の影響をもたらさず、むしろ非効率性を高める可能性が高いことを示唆している。また、調整コスト ADJUST を含めたケース（図表10、図表11）でも以上の傾向は同様のものとなっている。

以上、Group ごとの分析結果をみてきたわけであるが、特にモジュール化に関しては、企業組織

の形態によってその効果が異なるという興味深い結果が得られている。情報サービス産業における分業・コラボレーションの効率性は企業組織の形態によって異なり、特に企業が支社を保有しない単独企業の場合、モジュール化がまだ成功する可能性が残されているが、単独企業が支社を保有して企業の組織形態が複雑になり、不安定であるとモジュール化が効率的に行われることが困難になっていることが示唆される。

IV. モジュール化の不備と「下請け」システムの負の遺産

第Ⅲ節の実証研究の結果は、全体として見ればモジュール化の議論が示唆するようには「外注比率」が情報サービス業の生産性に正の効果を与えていないことを意味する。そこで、本節の前半では、日本の情報サービス業でなぜモジュール化が本来の生産性向上の効果を発揮できていないかを考察する。

第Ⅲ節の結果は、単にモジュール化が正の効果を発揮していないことを示しているだけではない。実は「外注比率」が、単独事業所以外では正どころか、統計的に有意に負の効果を持っているということも示している。このことは、外注比率が単に「モジュール化」の指標だけでなく、他の要素の代理変数になっていることを強く示唆している。本節の後半では、この可能性を分析することにする。

1. モジュール化が有効に働く条件

ソフトウェア開発のプロジェクトにおいて、各企業の担当する工程は、ゆるやかな分業関係が見られる。この点から、モジュール化が有効に働くためには、どのような条件が必要かを見てみよう。

(1) ソフトウェア開発工程

ソフトウェアの開発工程は大まかには、設計段

階、開発段階、テスト段階の3局面に分けられる。既に指摘したように、組織のモジュール化の前提には、生産工程のモジュール化がある。生産工程のモジュール化においては、一定の連結ルール(インターフェイス・ルール)に基づいて、設計段階、開発段階、テスト段階というそれぞれの工程が独立したサブシステム(個々のモジュール)となっていなければならない。ところが、実際の外注化の際には、一般に開発段階とテスト段階の分業が十分になされていないことが現場では多いと指摘されている。例えば、みずほ銀行が誕生した当初システム障害が大規模に生じたが、これはテスト段階が不十分であったと言われている。システムに関連する業者はテスト段階の重要性をかなり強調したにもかかわらず、銀行側がその重要性をあまり認識していなかったと言われおり、単に生産者側の問題だけでなく、発注者側の問題も大きい。そして開発とテストを同じ企業で行うと、ミスを見逃す可能性が高まることが想像される。こうしたことが、モジュール化が所期の生産性向上をもたらさない理由になっていると考えられる。

更に、戸塚・中村・梅沢(1990)に従って、より詳細にソフトウェアの開発工程を見ることによって、問題点を検討してみよう。戸塚・中村・梅沢によれば、ソフトウェアの開発工程は、具体的には、①コンサルテーション、②システム分析、③システム概念設計、④システム詳細設計、⑤プログラム設計、⑥コーディング、⑦テストという工程に分けられる。

ソフトウェア開発においては、まず大前提として、どのような業務をコンピュータ処理に委ねるのか、使用するコンピュータの機種をどのようなものにするか、などを決めなければならない。この工程が①のコンサルテーションである。顧客のニーズを基に、ソフトウェアの要件の定義を行うのがこの段階である。受注ソフトウェアの開発効率は、顧客サイドでも明らかになっていない潜

在ニーズを、システムエンジニアがいかに把握しソフトウェアの形式知の体系に効率的に変換していくことができるかにかかっているとされているので、このコンサルテーションのプロセスは重要である。

②のシステム分析とは、業務のフローを正確に把握することである。優れたシステムエンジニアは顧客のこれまでの業務フローを理解しソフトウェア上に再現していくだけではなく、業務のフローをより効率的に組み替えて顧客に提案すると言われている。

③のシステム概念設計は、業務フローの把握を前提に、手順をコンピュータ処理ができるように考えることである。例えば在庫管理について言えば、在庫状況の把握→費用負担の状況→適正水準であるかどうかのチェック→対応、といった在庫管理業務をコンピュータ処理ができるように、手順化するということである。

こうしてできあがった概念設計を基に、④のシステムの詳細設計を行う。そこでは、コンピュータ処理ができやすいように、全体の業務をいくつかのユニット(モジュール)に分け、業務のフローを再設計する。このユニットの区切り方にシステムエンジニアの優劣が表れるとしばしば言われる。例えばユニットを不必要に細かく区切ると効率は落ちることが知られている。どの程度のユニットに分けるかは、システムエンジニアの腕の見せ所でもあると言われている。

こうした作業の後で、⑤のプログラム設計が来る。ここでは、いよいよ人間の頭で考えた詳細設計をコンピュータでわかるよう処理手順を書き直す。そして⑥のコーディングでは、コンピュータ言語を使用して、実際に処理手順を記述することになる。通常プログラミングと呼ばれる工程のことである。最後の⑦にある工程のテストでは、システム全体が当初の設計どおりに稼動するの確かめる。このテストも様々な形で行う。

いくつかわけた単位で行ったり、それをまとめて行ったり、またすべての単位を含めて行うものなどがある。

モジュール化の観点で特に重要なのが、①である。IBM は、上記①のコンサンテーションの段階において仕様書の策定を厳格に行うことで有名である。仕様内容を厳格に文書化することで、後の段階の変更を認めさせない抑制効果が働く。仕様内容が変更されると、後のプロセスにも影響を与える。

上記①から⑦は、ウォーターフロー・モデルと呼ばれているように上流から下流に向けての方向に流れているので、①の段階で仕様書に変更が生じると、後のすべてのプロセスが影響を受ける。各プロセスは順次的に実行される。そのため、①の段階で仕様内容を文書化し、後の段階で顧客が仕様の変更を求めてきても応じないという方法は、後のプロセスに負担をかけないという意味で効率的である。先に紹介したブルックスも、ソフトウェア開発におけるスケジュールの変更が、ミスを生じスケジュールの延長をもたらす危険性を指摘している。

(2) プロジェクト・マネージャーの重要性

ソフトウェア開発では各工程の連結の部分で、通常システムエンジニアである。プロジェクト・マネージャーが管轄することになる。モジュールのインターフェイスの部分である。

プロジェクト・マネージャーは個々のモジュール間のこうした情報処理・伝達を媒介する役割が担わされている。顧客ニーズを認識しある程度合わせながら、各工程をコーディネートすることがプロジェクト・マネージャーの役割である。佐野(2001)も外注化におけるプロジェクト・マネージャーの重要性を強調している。つまり、外注しながら、ソフトウェアの品質と納期を守るためには、プロジェクト管理者が、外注先の協力会社による成果物の品質と進捗を確実に管理する必要が

あり、また外注先の協力スタッフに関して十分な知識と動員力持ち、十分に技能を把握した協力会社スタッフをプロジェクトに参加させなければならないのである。

しかしながら、前節ではソフトウェア開発工程を明確に最初から区別されるモジュール型の工程として説明したが、実際にはこれらの工程間の連結ルールが明確で安定しているわけではない。特に途中で、微調整ファインチューニングされることも多いのが実情である。

したがって、プロジェクト・マネージャーの重要な役割はリスク管理であると言える。リスクのなかでも、スケジュールに関するリスクが特に重要である。例えば、ソフトウェア開発に関する仕様の変更をいつまで許容するのかといったことが問題になる。ユーザー側のニーズを反映することも必要であるが、一定の時期を越えて仕様（ドキュメント）の変更を認めると、開発プロジェクトの完成時期が大幅に遅れたり、また大きなミスが生じる原因となる。プロジェクト・マネージャーの役割は、こうした顧客との折衝から、個々のソフトウェア開発工程の管理と広範囲に及び、そのリーダー・シップ如何で、ソフトウェアの開発全体の効率性が変わる。いわばプロジェクト・マネージャーは各モジュールの結節点に位置しているのである。

このプロジェクト・マネジメントの重要性を違った側面から強調しているのが、小山・竹田(2001)である。小山・竹田によれば、日本においては、相互依存関係の規則化が完全に行われていないために、ソフトウェア開発の生産性は飛躍的に向上しているとは言えないということなる。こうした相互依存関係の規則は、仕様（ドキュメント）のなかに明文化されるはずであるが、こうした仕様には曖昧さが残っている場合が多い。更に、実際には仕様に書かれない暗黙の相互依存関係があり、仕様だけでは分からない、潜在化した

費用が突然顕在することが間々起こるのである。こうした仕様には書かれていない暗黙知の部分が現在はプロジェクト・マネージャーが担っているわけであるが、そもそもソフトウェアの仕様に暗黙知が含まれているのでは連結ルール（インターフェイス・ルール）が確立しているとは言えず、モジュール化が失敗していることになる。

(3) 外注化の効率性とオープン・ソース

ソフトウェアの外注化が効率的に行われるかどうかという議論において、より基礎的にはオペレーティングシステムがオープン・ソースであることも重要である。オペレーティングシステムのなかでも、アプリケーションを開発する際に利用されるプログラムをアプリケーション・プログラミング・インターフェイス（API）と呼び区別しているが、アプリケーションの開発にはこの情報が必要なことから、オペレーティングシステムの供給者はソフトウェアの開発に大きな影響を持っている。

パッケージソフトウェアに関して見てみよう。例えばマイクロソフト社のワードは、言うまでもなくマイクロソフト社のオペレーティングシステムであるウィンドウズ上で起動している。ここで仮想的に、ワードの個々の機能（モジュール）、例えばグラフィック機能であるとか、スペルチェック機能を外注化することを考えてみよう。そのとき、ウィンドウズのアプリケーション・プログラミング・インターフェイスについて情報を持たない企業には、それを効率的に行おうとしても限界があることはすぐ分かる。したがって、インターフェイスの部分、つまりこの場合アプリケーション・プログラミング・インターフェイスが明確にルール化していることがモジュール化そしてそれに基づく外注化が成功する前提条件なのである。それが満たされていなければ外注化がなされたとしても、効率的に行うことはできない。

実際、ウィンドウズはソース・コードが公開さ

れておらず、そのためアプリケーションの供給にもマイクロソフト社が強い影響力をもたらしている。しかもパソコン用オペレーションシステムは現状、マイクロソフト社のウィンドウズの独占状態であるので、こうしたパソコン用のアプリケーション・ソフトウェアの開発をモジュール化することには多大な困難が伴う。当然このようなケースでは、外注化は効率的に行われ難い。

他方、従来普及率が高かった UNIX や、UNIX を元に作られた Linux、そして日本で開発された OS の TRON 等はソース・コードがオープンである代表事例である。Linux はインターネット上で世界中から集まったプログラマーが協働していることで有名である。また、TRON の開発にはプロジェクト・リーダー¹¹⁾の元に多数の企業から開発担当者が集まって共同で開発を行っている。ソース・コードがオープンであるということは、このように協働しやすい環境であることを意味している。

池田・林（2002）もオープンソース・ソフトウェアの重要性を強調している。それによれば、通信プロトコルやオペレーションシステムのようにネットワーク外部性が大きく、且つ安定性が求められるソフトウェアについては、非オープンソースの弊害が大きい。逆にそういう場合は、非営利で開発し情報を無償で公開することが望ましいと言うことになる。

以上の議論は、日本の情報サービス産業において外注化が、何故期待されたようなモジュール化による生産性の大幅な向上をもたらさなかったかの原因を示唆している。その理由は、そもそも開発・生産工程のモジュール化が十分にはなされていないにも関わらず、外注化を行っていたからと考えられる。モジュール間のインターフェイス部分をプロジェクト・マネージャーが管轄しているわけであるが、期待されたモジュール間の独立性を守るなどの機能が十分に果たされていなかった

ことが推察される。また特に PC 関連のソフトウェアという面を見るなら、オペレーティングシステムにオープンソースのソフトウェアがあまり使用されていなかったことも関係するであろう。

2. 外注化のもう一つの側面：下請け・孫請けの階層構造

日本の情報サービス産業のなかでもソフトウェア産業の特徴は他にも、受注ソフトウェア比率が高く、しかも受注する大手ベンダーとその外注先となる中小ソフトウェア会社との下請けの階層構造が存在することがある。更にはその下の孫請け関係が存在する。つまり、メイン・フレーム時代のコンピュータ会社の中小ソフトウェア会社に対する優位性の名残がそのまま影響しているともいえる。実際、現在でも受注ソフトウェア開発では大手ベンダーは中小のソフトウェア会社にソフトウェア開発の一部を外注し、それを受けたソフトウェア会社は更に孫受けに外注するといった方法がよくとられている。

こうした下請け・孫請けの関係が存続しているには、中小ソフトウェア会社の方にも原因がある。中小ソフトウェア会社は、研究開発を行うための資金が不足し、カバーしている事業分野が狭く、営業力も弱いといった問題を抱える傾向がある。そのために資金力、信用力があり広い分野で事業を手掛ける大手ベンダーが受注する傾向が強い。更には先述のソフトウェア開発・調達プロセス改善協議会（2001）は、政府調達の競争入札において知名度の低い中小のソフトウェア会社が不利になる点を指摘している。

こうした、下請け、孫請けの構造は、下請け側にとっては需要が比較的安定化する一方、独自に新しい技術に取り組んだり、工程の合理化を行うといったインセンティブを向上させるものではない。いわばシリコン・バレー・モデルとは対極にある組織間モデルである。シリコン・バレーの

ベンチャー企業は、日本の情報サービス産業で見られる下請け構造ではなく、独立的な存在であることに注意しなければならない。

「モジュール化」の観点からするとモジュール間の連結ルールが定まると、技術革新は個々のモジュールの自立的な活動から生じる。モジュール間の競争関係が、産業全体の生産性を向上させることになる。好例が先述のエリジオンである。エリジオンは、企業の独立性を重んじ、特定の企業先と安定的な取引関係や資本関係をもたない方針である。安定的な契約関係で親会社の強い影響を受けている関係では、外注比率が高まっても、それは硬直的な垂直分業に過ぎず、生産性は高まらない。

3. 新しい動き

前章の推計結果より、企業が支社を保有する場合は、外注化は全要素生産性を大きく引き下げており、モジュール化による生産性向上に失敗している。それに対して支社をもたない単独企業の場合、外注化の負の影響は小さく、真のモジュール化による生産性向上に成功する可能性が残されているという結果を得た。単独企業の動向は今後の日本の情報サービス産業の生産性を考える上で重要である。この単独企業グループのなかには、少人数で組織形態も簡素で独立志向の強い企業も含まれると推察される¹²⁾。

日本の情報サービス産業では、既に述べたように大手ベンダーが有利である構造があった。しかしながら最近先述のエリジオンのように、数は少ないが大手ベンダーの下請けではなく比較的小規模の独立系のソフトウェア会社に高い技術力をもった企業が現れてきている。分野としては3次元CAD、画像処理、モバイル関連である。またインターネット関連の企業の多くは大手ベンダーから独立している。むしろ同業者同士のコミュニティを形成し、外注化を行いサポートしあっている。

その背景の1つは、ハードウェアがメイン・フレーム・コンピュータからパーソナル・コンピュータや携帯電話へと変遷し、大手ベンダーがカバーし切れていないニッチ分野が現れたことである。特に携帯用ソフトウェアに関しては、ACCESS等の新しいソフトウェア会社が市場をリードしている。またインターネットの普及はソフトウェア産業以外にも、WEB作成やそれに伴うコンサルティング、ISP等、これまでになかった分野を次々に生み出している。

Baldwin and Clark (1997) は、製品デザインでの実験の自由度こそが、モジュールの供給者と単なる下請企業を区別しているという。コンピュータ産業のように技術的な不確実性が大きく、進むべき最善の道が時として判然としない産業では、各々の設計者が試験的にモジュールを開発し、テストする際に、より多く、より柔軟な試験を重ねれば重ねるほど、その産業は、より早く次世代バージョンに到達することができる (Baldwin and Clark 1997)。つまり、規模は小さくとも大手ベンダーの傘下には入らず、独立性を保っている企業はモジュール化の一端を担うことが可能となるわけである。こうした企業同士の外注化は生産性向上に大息な効果を与えることが推察できる。

V. 終わりに

本稿では、情報サービス産業の生産性を規定すると考えられてきた2つの要素、「モジュール化」と「規模の経済性」に焦点を当て分析している。

「モジュール化」は構成単位 (モジュール) の相互関係に規則 (アーキテクチャ) を設定し、インターフェイス部分と内部構造を分離するという技法であり、IBM システム/360の設計で生まれその後の劇的な生産性向上に資したと言われる。実際情報サービス産業では、いわば組織の「モジ

ュール化」とも言える「外注化」が他産業に比べて盛んに行われている。開発規模については、規模の不経済を強調する考え方 (「人月の神話」) と逆にその経済性を指摘する考え方 (「Linux の成功」) がある。

第II節で利用するデータについてその性格と利用上の留意点についての説明を行ったあと、第III節で情報サービス産業の企業個票データに基づいて、生産性の上昇がこうした「モジュール化」や「開発規模」によってどのように影響を受けているかを検証している。

その結果は、日本の情報サービス業の問題を象徴し、本稿冒頭に言及した低生産性の傍証が、産業全体で当てはまることを示唆するものとなっている。「モジュール化」の代理変数として取り上げた「外注比率」は、「モジュール化」が生産性を劇的に向上させている場合は当然強い正の影響を生産性に与えなければならないが、実際は全体としてみるなら、逆に負の影響を与えている。その理由は、開発・生産工程のモジュール化がこの産業では、十分にはなされていないにもかかわらず、外注化を行っていることにある。モジュール間のインターフェイス部分をプロジェクト・マネージャーが管轄しているわけであるが、その機能が十分に果たされていなかったことが示唆されている。

開発規模の経済性についても、負の結果が得られた。システムエンジニア数の増加は全要素生産性上昇率に対して概ねマイナスの影響を示している。ソフトウェア構築を例にとり考えると、システムエンジニアを増加させてもコミュニケーションを図るための労力が大きくなりかえって非効率性を増すという現象に当てはまる。ネット上で世界各国のエンジニアが無償で技を競いあっているLinux型の開発では異なった結論となることも予想されるが、今回の実証分析の対象期間である90年代においてはこうした開発の型はまだ一般的ではなかったと考えられる。ただし、システムエ

ンエンジニアがイノベーションの源泉であることは、システムエンジニア比率が技術進歩率に概ねプラスに作用していることから推察できる。

更に、企業をタイプ別に見た場合、支社をもたない単独企業の場合外注化の非効率性は小さいが、支社を持ち組織が複雑である場合にその非効率性が大きいと言う結果が得られた。これは、業務のモジュール化が不十分な状態で業務の一部を外注に出すと非効率性が生じると考えられる。単独企業の場合、内部のコミュニケーションが相対的に図ることが容易であり、そのため業務分担もスムーズになりやすい。また、単独企業のなかには、比較的小規模であるか又は専門分野に特化しており、互いに外注化を行い、水平分業を行うコミュニティを形成しているケースもある。この場合、企業内だけではなく企業間のコミュニケーション上手く取ることによって効率的に生産活動を行うことも可能である。しかし組織が複数存在する場合には、プロジェクト・マネージャーが管轄しなければならない範囲も増加し、非効率性が生じやすい。

もっとも外注化が非効率なケースは、単独企業が支社を持って組織が拡大しているケースである。組織の拡大に伴い業務内容・範囲も拡大することが一般的であるが、プロジェクト・マネージャーの管理能力や数がそれに伴っていない場合には、一時的に非効率性が非常に高まるという現象を示唆している。

今後、日本の IT 産業が、ハードウェアからソフト・サービス分野にドメインをシフトしていくことが予想されるが、モジュール化と外注化をいかに効率的に行うかが成功の鍵であることを本稿の結果は示している。

【注】

- 1) 最近企業が IT 部門を外注化することをアウトソーシングと呼ぶことが多く紛らわしいので、本稿では、外注化という用語を用いる。
- 2) ただし、「特サビ」において、インターネットという分類が登場したのは、平成12年調査以降である。
- 3) 後述するように我々が使用したデータの期間は1991-1999年であるが、ここでは現段階で最新の平成13年版(2001)について記述する。
- 4) ただし、営業費用の中に含まれる役員報酬や福利厚生など、本来付加価値に含まれるべき項目の調整は特サビのデータ上困難であり、我々の分析では行っていない。
- 5) 後述するように、建物賃借料については平成12年版の「特サビ」における総営業費用に占める建物賃借料の比率を全企業に一律に適用することで推計した。
- 6) これらの機械設備のデフレータとコンピュータ・ハードウェア、そして建物のデフレータについては、OECD の P. Schreyer から提供して頂いた。
- 7) 法人実効税率、現在の投資1単位に対する将来の減価償却の割引現在価値については『法人企業統計年報』、『地方財政統計年報』、『法人企業の実態調査』を用いて推計している。具体的な推計方法については本間他(1984)を参照。
- 8) SE 数や SE 比率が全企業と分析対象企業が大きく異なる理由としては、データの制約上、SE 数は事業所単位でのみ利用可能なので、支社を持つ企業の場合には本社の SE 比率を代用している影響もあるかもしれない。後述の、推計式の説明変数の説明部分を参照されたい。
- 9) この4つのグループに入らないものは、Group ごとの分析の対象からはずしている。
- 10) SE 数に関しては、事業所ベースのデータのみが利用可能であり、企業として集計された値は利用不可能である。よって説明変数において SE 数と SE 比率は従業員比率(企業全体/該当事業所)を用いて本社の値を企業全体の値に変換し、企業ベースのデータとして扱っている。
- 11) 現東京大学の坂村健教授である。

12) 前章の推計の結果、単独企業のケースは他のケースと比較して、モジュール化の代理変数である外注化比率が全要素生産性に与えるマイナス効果は小さ

い。このことより、単独企業のなかに従来の従属型ではない、イノベーション志向の新しい企業群も含まれるのではないかと推察される。

図表 1 「特サビ」における形態別事業所数の推移

	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年
独立事業所	3,563	3,205	3,041	2,902	2,822	3,289	3,186	4,361	4,217
本社	1,702	1,883	1,708	1,538	1,496	1,379	1,338	1,687	1,612
支社	1,831	1,889	1,683	1,542	1,494	1,629	1,568	2,200	2,128
合 計	7,096	6,977	6,432	5,982	5,812	6,297	6,092	8,248	7,957

(注) 1. 「特サビ」の定義では、独立事業所：支社、営業所などを持たない事業所、本社：支社、営業所などを持っている本社・本店、支社：支社、営業所など、となっている。
 2. ここで示した数値は「特サビ」におけるものであり、直接の推計対象データ数ではない。

図表 2 記述統計：1991年－1999年

「特サビ」における企業の各変数の平均と標準偏差

	平均	最小値	最大値	企業数	企業数×年
外注費比率	0.1400 (0.1594)	0.0000	1.0000	11,076	44,537
SE 数	32.0889 (142.3740)	0.0000	9,425.2220	11,076	44,538
SE 比率	0.2853 (0.2571)	0.0000	1.0000	11,076	44,538
利潤・コスト比率	0.2806 (1.7480)	-0.9608	161.0000	11,074	44,506
従業員数	96.3811 (324.0072)	1.0000	23,668	11,076	44,538

(注) 1. 特サビにおける企業のうち、単独事業所、本社を持つ企業のうち付加価値が正のものを対象としている。
 2. カッコ内の数値は標準偏差を表す。
 3. 非バランス・パネルデータのため、各年におけるサンプル数は一定ではない。また、データに欠損値が存在するため、必ずしも全ての変数の企業数、サンプル数は一致しない。
 4. 外注費比率は外注費を売上高で除したものである。
 5. 事業所を複数持つ企業の場合、SE 数は企業全体の労働者数に本社の SE 比率を乗じたものである。また、SE 比率についても事業所を複数持つ企業の場合、企業全体の値ではなく本社の値となっている。
 6. 利潤コスト比率は企業の売上額から総営業費用を除いたものを（粗）利潤とし、それを総営業費用で除したものである。

図表3 記述統計：1991年－1998年

推計対象企業の各変数の平均と標準偏差

	All	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
TFP 変化率	0.0178 (0.4706)	0.0132 (0.4359)	0.0222 (0.4173)	0.0242 (0.5008)	0.0014 (0.5262)
外注費比率	0.1480 (0.1444)	0.1299 (0.1472)	0.1760 (0.1507)	0.1556 (0.1472)	0.1331 (0.1276)
SE 数	78.5949 (229.2218)	19.3822 (37.7571)	172.7760 (367.2692)	111.8290 (305.1742)	34.3216 (80.6797)
SE 比率	0.3761 (0.2256)	0.3818 (0.2265)	0.3668 (0.2179)	0.3703 (0.2326)	0.3590 (0.2170)
利潤・コスト比率	0.2353 (1.3023)	0.2097 (0.6825)	0.2243 (0.6451)	0.3723 (3.0091)	0.2145 (0.6816)
従業員数	192.6169 (474.8098)	49.4580 (69.0374)	444.7662 (795.9725)	258.8462 (578.9777)	94.7337 (161.4495)
企業数×年	6,309	1,784	1,339	923	815

- (注) 1. ここで示すデータは、従業員数が正、かつ設備資本ストックが推計可能であり、最終的に TFP 変化率が推計可能だった企業を対象としたものである。また、変化率導出のため、1991－1998年の値となっている。
2. 表中の数字は標本平均、カッコ内の数値は標準偏差を表す。
3. All：対象全企業、Group 1：単独事業所、Group 2：本社、Group 3：単独事業所→本社、Group 4：本社→単独事業所。なお、推計期間中に単独事業所と本社の間を不規則に移行した企業については Group を形成させず、All にのみ含まれているので、企業×年については Group 1－4 の合計は All とは一致しない。
4. 外注費比率は外注費を売上高で除したものである。
5. 事業所を複数持つ企業の場合、SE 数は企業全体の労働者数に本社の SE 比率を乗じたものである。また、SE 比率についても事業所を複数持つ企業の場合、企業全体の値ではなく本社の値となっている。
6. 利潤コスト比率は企業の売上額から総営業費用を除いたものを（粗）利潤とし、それを総営業費用で除したものである。

図表4 記述統計：1991年－1998年

各種別年間売上高シェア70%以上の独立事業所の各変数の平均と標準偏差

年間売上高シェア	受注ソフト	ソフト・プロダクト	システム管理運営委託	DBサービス・オンライン
TFP 変化率	0.0251 (0.4045)	0.0333 (0.5550)	-0.0806 (0.4057)	0.1133 (0.7247)
外注費比率	0.1553 (0.1608)	0.0455 (0.0815)	0.1796 (0.1858)	0.0595 (0.0863)
SE 数	21.7459 (45.2372)	11.5852 (34.9954)	9.9327 (16.6159)	1.9265 (2.3157)
SE 比率	0.4498 (0.2304)	0.3637 (0.2667)	0.2931 (0.2981)	0.0916 (0.0822)
利潤・コスト比率	0.1798 (0.4379)	0.6471 (1.0276)	0.0179 (0.0723)	0.1709 (0.6791)
従業員数	43.3271 (71.4098)	24.1875 (45.5033)	74.3571 (136.5344)	15.8148 (12.8513)
企業数	219	35	8	11
企業数×年	911	112	14	27

- (注) 1. ここで示すデータは、従業員数が正、かつ設備資本ストックが推計可能であり、最終的に TFP 変化率が推計可能だった企業を対象としたものである。また、変化率導出のため、1991-1998年の値となっている。
2. 表中の数字は標本平均、カッコ内の数値は標準偏差を表す。
3. 種類別年間売上高比率に関して、受注ソフト、ソフト・プロダクト、システム管理運営委託、DB サービス・オンラインで売上高比率が70%以上の単独事業所を対象としたものである。
4. 外注費比率は外注費を売上高で除したものである。
5. 利潤コスト比率は企業の売上額から総営業費用を除いたものを（粗）利潤とし、それを総営業費用で除したものである。

図表5 記述統計：1991年－1998年

各種別年間売上高シェア50%以上の独立事業所の各変数の平均と標準偏差

年間売上高シェア	受注ソフト	ソフト・プロダクト	システム管理運営委託	DBサービス・オンライン
TFP 変化率	0.0242 (0.4048)	0.0330 (0.5263)	0.0677 (0.7451)	0.0604 (0.7239)
外注費比率	0.1479 (0.1576)	0.0671 (0.1133)	0.1823 (0.1402)	0.0546 (0.0825)
SE 数	21.3411 (43.3708)	9.3924 (29.1968)	11.2891 (20.3582)	2.2823 (2.5240)
SE 比率	0.4356 (0.2285)	0.3246 (0.2533)	0.2926 (0.2751)	0.1000 (0.0871)
利潤・コスト比率	0.1789 (0.4561)	0.5064 (0.8907)	0.1799 (0.6894)	0.3818 (1.4258)
従業員数	44.1177 (71.0153)	23.2798 (39.8574)	71.6061 (126.2681)	17.9677 (13.3504)
企業数	244	59	17	11
企業数×年	1,096	168	33	31

- (注) 1. ここで示すデータは、従業員数が正、かつ設備資本ストックが推計可能であり、最終的に TFP 変化率が推計可能だった企業を対象としたものである。また、変化率導出のため、1991-1998年の値となっている。
2. 表中の数字は標本平均、カッコ内の数値は標準偏差を表す。
3. 種類別年間売上高比率に関して、受注ソフト、ソフト・プロダクト、システム管理運営委託、DB サービス・オンラインで売上高比率が51%以上の単独事業所を対象としたものである。
4. 外注費比率は外注費を売上高で除したものである。
5. 利潤コスト比率は企業の売上額から総営業費用を除いたものを（粗）利潤とし、それを総営業費用で除したものである。

図表6 パネル推計法による推計結果：1991年－1998年

被説明変数：TFP 変化率

	All	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
d-OUT	-0.8309*** (0.0670)	-0.2804** (0.1222)	-0.6001*** (0.1351)	-1.2225*** (0.1807)	-0.4297** (0.1845)
d-SE	-0.1008*** (0.0129)	-0.0727*** (0.0274)	-0.1684*** (0.0298)	-0.0810*** (0.0305)	-0.2526*** (0.0344)
d-SE-RATIO	0.2837*** (0.0547)	0.3442*** (0.0974)	0.2176* (0.1157)	0.2942** (0.1378)	0.6834*** (0.1577)
d-PROFIT	0.0753*** (0.0030)	0.1997*** (0.0121)	0.1418*** (0.0139)	0.0494*** (0.0035)	0.1704*** (0.0139)
d-D1992	0.1253*** (0.0320)	-0.0070 (0.0553)	0.1825*** (0.0663)	0.2840*** (0.0805)	-0.3931*** (0.0887)
d-D1993	0.0737** (0.0313)	-0.0151 (0.0540)	0.0658 (0.0640)	0.1928** (0.0785)	-0.3136*** (0.0902)
d-D1994	0.0211 (0.0294)	-0.0843* (0.0505)	0.0594 (0.0593)	0.1151 (0.0741)	-0.3026*** (0.0873)
d-D1995	0.0598** (0.0267)	0.0170 (0.0455)	0.0694 (0.0534)	0.1157* (0.0682)	-0.2381*** (0.0796)
d-D1996	0.0790*** (0.0235)	0.0515 (0.0396)	0.0587 (0.0466)	0.0969 (0.0604)	-0.1421** (0.0704)
d-D1997	0.0499** (0.0196)	0.0352 (0.0327)	0.0379 (0.0384)	0.1488*** (0.0514)	-0.1515*** (0.0582)
d-D1998	0.0344** (0.0142)	0.0163 (0.0234)	0.0484* (0.0277)	0.0923** (0.0378)	-0.0369 (0.0417)
定数項	0.0354*** (0.0067)	0.0201* (0.0115)	0.0486*** (0.0134)	0.0586*** (0.0176)	-0.0557*** (0.0193)
Hausman Test	15.7800	9.3600	12.6400	1.9000	6.3000
p-value	0.1495	0.5888	0.3175	0.9988	0.8529
fixed or random	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果
LM 1	479.2375***	134.7391***	54.7471***	87.8683***	54.4985***
LM 5	21.8915***	11.6077***	7.3991***	9.3738***	7.3823***
企業数×年	6,117	1,732	1,294	899	788
企業数	1,106	318	231	156	143

(注) 1. 説明変数は以下のとおり。ただし、d- となっているものはその変数の $t+1$ と t 期の差分をとっている。OUT：外注費比率、SE：SE 数の自然対数、SE-RATIO：SE 比率、PROFIT：利潤・コスト比率、D1992-D1998：各年ダミー。

2. 係数の***、**、*はそれぞれ有意水準 1%、5%、10%に対応。カッコ内の数値は標準偏差を示す。

3. All：対象全企業、Group 1：単独事業所、Group 2：本社、Group 3：単独事業所→本社、Group 4：本社→単独事業所。なお、推計期間中に単独事業所と本社の間を不規則に移行した企業については Group を形成せずに、All にのみ含まれることになる。

4. Hausman Test は固定効果、変量効果の検定。

5. LM 1、LM 5 はそれぞれ「変量効果なし&系列相関なし」、「固定効果のもとでの系列相関なし」を帰無仮説とするラグランジェ乗数テスト統計量である。詳細は Baltagi (1995) を参照。

図表7 パネル変量効果推計 (AR1) による推計結果 : 1991年-1998年

被説明変数 : TFP 変化率

	All	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
d-OUT	-0.8497*** (0.0678)	-0.2766** (0.1232)	-0.6083*** (0.1359)	-1.2618*** (0.1826)	-0.4257** (0.1849)
d-SE	-0.1162*** (0.0132)	-0.0894*** (0.0278)	-0.1917*** (0.0306)	-0.0785** (0.0311)	-0.2685*** (0.0348)
d-SE-RATIO	0.3221*** (0.0553)	0.3838*** (0.0982)	0.2607** (0.1167)	0.2949** (0.1389)	0.7195*** (0.1580)
d-PROFIT	0.0740*** (0.0030)	0.2005*** (0.0119)	0.1464*** (0.0141)	0.0495*** (0.0034)	0.1725*** (0.0139)
d-D1992	0.1402*** (0.0333)	0.0027 (0.0567)	0.1911*** (0.0691)	0.2872*** (0.0828)	-0.3961*** (0.0904)
d-D1993	0.0850** (0.0334)	-0.0086 (0.0565)	0.0720 (0.0685)	0.1961** (0.0825)	-0.3182*** (0.0936)
d-D1994	0.0296 (0.0319)	-0.0796 (0.0536)	0.0633 (0.0647)	0.1187 (0.0794)	-0.3083*** (0.0917)
d-D1995	0.0683** (0.0293)	0.0232 (0.0487)	0.0738 (0.0591)	0.1162 (0.0739)	-0.2410*** (0.0842)
d-D1996	0.0852*** (0.0259)	0.0565 (0.0425)	0.0622 (0.0518)	0.0980 (0.0657)	-0.1446* (0.0746)
d-D1997	0.0545** (0.0214)	0.0387 (0.0349)	0.0401 (0.0424)	0.1485*** (0.0554)	-0.1524** (0.0614)
d-D1998	0.0363** (0.0149)	0.0176 (0.0241)	0.0496* (0.0291)	0.0913** (0.0391)	-0.0365 (0.0427)
定数項	0.0373*** (0.0075)	0.0218* (0.0124)	0.0500*** (0.0151)	0.0588*** (0.0193)	-0.0570*** (0.0207)
AR1 Coefficient	-0.1271	-0.0988	-0.1453	-0.1106	-0.0869
企業数×年	6,117	1,732	1,294	899	788
企業数	1,106	318	231	156	143

(注) 1. 説明変数は以下のとおり。ただし、d- となっているものはその変数の $t+1$ と t 期の差分をとっている。OUT : 外注費比率、SE : SE 数の自然対数、SE-RATIO : SE 比率、PROFIT : 利潤・コスト比率、D1992-D1998 : 各年ダミー。
 2. 誤差項に AR1 を仮定。
 3. 係数の***、**、* はそれぞれ有意水準 1%、5%、10% に対応。カッコ内の数値は標準偏差を示す。
 4. All : 対象全企業、Group 1 : 単独事業所、Group 2 : 本社、Group 3 : 単独事業所→本社、Group 4 : 本社→単独事業所。なお、推計期間中に単独事業所と本社の間を不規則に移行した企業については Group を形成せずに、All にのみ含まれることになる。
 5. AR1 Coefficient は誤差項の自己相関係数の推計値。

図表8 FGLS（分散不均一性、系列相関を仮定）：1991年－1998年

被説明変数：TFP 変化率

	All	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
d-OUT	-0.6261*** (0.0197)	-0.2061*** (0.0344)	-0.3352*** (0.0639)	-1.0702*** (0.0615)	-0.4130*** (0.0497)
d-SE	-0.0761*** (0.0050)	-0.0881*** (0.0104)	-0.1174*** (0.0131)	-0.0689*** (0.0158)	-0.1878*** (0.0190)
d-SE-RATIO	0.2403*** (0.0154)	0.4193*** (0.0370)	0.2208*** (0.0435)	0.2612*** (0.0579)	0.5558*** (0.0638)
d-PROFIT	0.1052*** (0.0031)	0.2151*** (0.0052)	0.2060*** (0.0113)	0.0596*** (0.0065)	0.2082*** (0.0099)
d-D1992	0.0741*** (0.0113)	0.0162 (0.0293)	0.1411*** (0.0120)	0.1689*** (0.0411)	-0.3004*** (0.0436)
d-D1993	0.0263*** (0.0101)	0.0017 (0.0269)	0.0596*** (0.0125)	0.0875** (0.0365)	-0.2466*** (0.0422)
d-D1994	0.0004 (0.0091)	-0.0543** (0.0236)	0.0441*** (0.0117)	0.0357 (0.0308)	-0.2472*** (0.0363)
d-D1995	0.0454*** (0.0077)	0.0433** (0.0191)	0.0563*** (0.0104)	0.0533** (0.0260)	-0.1933*** (0.0307)
d-D1996	0.0635*** (0.0065)	0.0725*** (0.0150)	0.0393*** (0.0092)	0.0657*** (0.0207)	-0.1106*** (0.0236)
d-D1997	0.0421*** (0.0050)	0.0409*** (0.0118)	0.0179*** (0.0055)	0.1014*** (0.0163)	-0.1313*** (0.0183)
d-D1998	0.0250*** (0.0038)	0.0092 (0.0093)	0.0188*** (0.0066)	0.0672*** (0.0136)	-0.0287** (0.0131)
定数項	0.0260*** (0.0020)	0.0211*** (0.0049)	0.0413*** (0.0026)	0.0453*** (0.0076)	-0.0410*** (0.0075)
Log likelihood	603.0225	261.4423	328.0103	23.4631	-12.3313
Wald Test : p-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
企業数×年	6,097	1,729	1,289	897	784
企業数	1,086	315	226	154	139

- (注) 1. 説明変数は以下のとおり。ただし、d- とついているものはその変数の $t+1$ と t 期の差分をとっている。OUT：外注費比率、SE：SE 数の自然対数、SE-RATIO：SE 比率、PROFIT：利潤・コスト比率、D1992-D1998：各年ダミー。
2. 係数の***、**、*はそれぞれ有意水準 1%、5%、10%に対応。カッコ内の数値は標準偏差を示す。
3. All：対象全企業、Group 1：単独事業所、Group 2：本社、Group 3：単独事業所→本社、Group 4：本社→単独事業所。なお、推計期間中に単独事業所と本社の間を不規則に移行した企業については Group を形成せずに、All にのみ含まれることになる。
4. 推計方法は FGLS (Feasible Generalized Least Squares) であり、企業間の不均一分散、一階の自己相関を仮定。更に、自己相関係数は企業特殊的であると仮定。
5. Wald Test は企業間の分散不均一性を帰無仮説とした場合に、企業数を自由度とする χ^2 分布に従う検定。

図表9 調整コストを含むパネル推計法による推計結果：1991年－1997年

被説明変数：TFP 変化率

	All	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
d-OUT	-0.7916*** (0.0737)	-0.2752** (0.1374)	-0.4773*** (0.1469)	-1.2137*** (0.1940)	-0.3970** (0.1873)
d-SE	-0.1049*** (0.0141)	-0.0638** (0.0299)	-0.1890*** (0.0333)	-0.1541*** (0.0427)	-0.3504*** (0.0402)
d-SE-RATIO	0.2686*** (0.0597)	0.3282*** (0.1062)	0.2785** (0.1279)	0.4827*** (0.1634)	0.9840*** (0.1672)
d-PROFIT	0.0714*** (0.0032)	0.1875*** (0.0128)	0.1992*** (0.0181)	0.0451*** (0.0035)	0.2759*** (0.0191)
d-ADJUST	-0.0231*** (0.0063)	0.0061 (0.0204)	-0.0482** (0.0236)	-0.0274** (0.0113)	0.0827*** (0.0191)
d-D1992	0.0563 (0.0358)	-0.0056 (0.0626)	0.0692 (0.0814)	0.2342*** (0.0810)	-0.2245** (0.0915)
d-D1993	0.0093 (0.0335)	-0.0190 (0.0584)	-0.0233 (0.0733)	0.1349* (0.0769)	-0.1892** (0.0883)
d-D1994	-0.0384 (0.0301)	-0.0913* (0.0520)	-0.0199 (0.0648)	0.0503 (0.0705)	-0.1828** (0.0812)
d-D1995	0.0048 (0.0258)	0.0060 (0.0442)	-0.0059 (0.0548)	0.0487 (0.0624)	-0.1545** (0.0697)
d-D1996	0.0323 (0.0209)	0.0382 (0.0354)	-0.0031 (0.0431)	0.0319 (0.0520)	-0.0803 (0.0572)
d-D1997	0.0095 (0.0148)	0.0228 (0.0247)	-0.0175 (0.0295)	0.0823** (0.0383)	-0.1084** (0.0407)
定数項	0.0310*** (0.0080)	0.0234* (0.0139)	0.0401** (0.0171)	0.0661*** (0.0194)	-0.0347 (0.0213)
Hausman Test	9.8400	5.3000	9.6100	4.5900	2.1000
p-value	0.5451	0.9158	0.5658	0.9493	0.9981
fixed or random	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果
LM 1	262.5462***	65.5608***	25.6233***	52.2892***	17.9776***
LM 5	16.2033***	8.0970***	5.0619***	7.2311***	4.2400***
企業数×年	5,103	1,439	1,085	752	656
企業数	1,096	318	228	155	140

- (注) 1. 説明変数は以下のとおり。ただし、d- とついているものはその変数の $t+1$ と t 期の差分をとっている。OUT：外注費比率、SE：SE 数の自然対数、SE-RATIO：SE 比率、PROFIT：利潤・コスト比率、D1992-D1998：各年ダミー。
 2. 係数の***、**、*はそれぞれ有意水準 1%、5%、10% に対応。カッコ内の数値は標準偏差を示す。
 3. All：対象全企業、Group 1：単独事業所、Group 2：本社、Group 3：単独事業所→本社、Group 4：本社→単独事業所。なお、推計期間中に単独事業所と本社の間を不規則に移行した企業については Group を形成せずに、All にのみ含まれることになる。
 4. 調整コストは従業員数の変化率を自乗したものを代理変数としている。
 5. ADJUST の推計が差分を既に取りっているので、サンプル期間は 1991 年－1997 年となり、D-1998 が含まれていない。
 6. Hausman Test は固定効果、変量効果の検定。
 7. LM 1、LM 5 はそれぞれ「変量効果なし&系列相関なし」、「固定効果のもとでの系列相関なし」を帰無仮説とするラグランジェ乗数テスト統計量である。詳細は Baltagi (1995) を参照。

図表10 調整コストを含むパネル変数効果推計 (AR1) による推計結果: 1991年-1997年

被説明変数: TFP 変化率

	All	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
d-OUT	-0.8117*** (0.0747)	-0.2702* (0.1385)	-0.4905*** (0.1477)	-1.2523*** (0.1983)	-0.4053** (0.1887)
d-SE	-0.1184*** (0.0144)	-0.0817*** (0.0305)	-0.2043*** (0.0340)	-0.1424*** (0.0431)	-0.3723*** (0.0410)
d-SE-RATIO	0.3009*** (0.0604)	0.3721*** (0.1074)	0.3019** (0.1290)	0.4578*** (0.1646)	1.0289*** (0.1685)
d-PROFIT	0.0707*** (0.0031)	0.1878*** (0.0127)	0.2059*** (0.0184)	0.0459*** (0.0035)	0.2707*** (0.0188)
d-ADJUST	-0.0245*** (0.0065)	0.0069 (0.0208)	-0.0508** (0.0243)	-0.0246** (0.0115)	0.0839*** (0.0197)
d-D1992	-0.1163** (0.0459)	-0.0230 (0.0797)	-0.1621 (0.1030)	0.2415*** (0.0845)	0.2622** (0.1172)
d-D1993	-0.1161** (0.0461)	-0.0800 (0.0799)	-0.0661 (0.1020)	0.1428*** (0.0825)	0.2310* (0.1188)
d-D1994	-0.0221 (0.0457)	0.0931 (0.0788)	-0.0542 (0.1016)	0.0590** (0.0775)	0.2651** (0.1184)
d-D1995	-0.0409 (0.0454)	0.0247 (0.0780)	-0.0660 (0.1017)	0.0526** (0.0695)	0.3034*** (0.1161)
d-D1996	-0.0894** (0.0454)	-0.0224 (0.0782)	-0.0833 (0.1015)	0.0355* (0.0575)	0.2034* (0.1166)
d-D1997	-0.0775* (0.0456)	-0.0310 (0.0784)	-0.0518 (0.1018)	0.0850*** (0.0403)	0.3402*** (0.1180)
定数項	0.0986** (0.0430)	0.0313 (0.0744)	0.1093 (0.0974)	0.0665*** (0.0220)	-0.2645** (0.1091)
AR1 Coefficient	-0.1262	-0.1079	-0.1080	-0.1528	-0.1232
企業数×年	5,103	1,439	1,085	752	656
企業数	1,096	318	228	155	140

(注) 1. 説明変数は以下のとおり。ただし、d- となっているものはその変数の $t+1$ と t 期の差分をとっている。OUT: 外注費比率、SE: SE 数の自然対数、SE-RATIO: SE 比率、PROFIT: 利潤・コスト比率、D1992-D1998: 各年ダミー。

2. 誤差項に AR1 を仮定。

3. 係数の***、**、*はそれぞれ有意水準 1%、5%、10% に対応。カッコ内の数値は標準偏差を示す。

4. All: 対象全企業、Group 1: 単独事業所、Group 2: 本社、Group 3: 単独事業所→本社、Group 4: 本社→単独事業所。なお、推計期間中に単独事業所と本社の間を不規則に移行した企業については Group を形成せずに、All にのみ含まれることになる。

5. 調整コストは従業員数の変化率を自乗したものを代理変数としている。

6. ADJUST の推計が差分を既に取っているため、サンプル期間は 1991 年-1997 年となる。

7. AR1 Coefficient は誤差項の自己相関係数の推計値。

図表11 調整コストを含む FGLS (分散不均一性、系列相関を仮定) : 1991年-1997年

被説明変数 : TFP 変化率

	All	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
d-OUT	-0.6008*** (0.0180)	-0.3050*** (0.0381)	-0.2893*** (0.0491)	-1.0155*** (0.0507)	-0.2875*** (0.0521)
d-SE	-0.0952*** (0.0030)	-0.0707*** (0.0099)	-0.1662*** (0.0145)	-0.1668*** (0.0209)	-0.3097*** (0.0149)
d-SE-RATIO	0.2724*** (0.0140)	0.3737*** (0.0251)	0.3006*** (0.0476)	0.5283*** (0.0476)	0.9656*** (0.0445)
d-PROFIT	0.0865*** (0.0026)	0.2129*** (0.0077)	0.2943*** (0.0173)	0.0465*** (0.0057)	0.3657*** (0.0163)
d-ADJUST	-0.0284*** (0.0023)	0.0163 (0.0112)	-0.0500*** (0.0088)	-0.0394*** (0.0061)	0.1102*** (0.0126)
d-D1992	0.0043 (0.0106)	0.0258 (0.0303)	0.0425** (0.0181)	0.0906** (0.0360)	-0.1910*** (0.0332)
d-D1993	-0.0382*** (0.0090)	0.0090 (0.0265)	-0.0151 (0.0165)	0.0133 (0.0324)	-0.1378*** (0.0332)
d-D1994	-0.0639*** (0.0074)	-0.0577*** (0.0217)	-0.0158 (0.0149)	-0.0431 (0.0268)	-0.1291*** (0.0289)
d-D1995	-0.0135** (0.0058)	0.0292* (0.0168)	0.0045 (0.0127)	-0.0286 (0.0203)	-0.1057*** (0.0215)
d-D1996	0.0216*** (0.0038)	0.0610*** (0.0117)	-0.0032 (0.0093)	-0.0112 (0.0144)	-0.0441*** (0.0150)
d-D1997	0.0003 (0.0028)	0.0385*** (0.0078)	-0.0173** (0.0072)	0.0484*** (0.0101)	-0.0861*** (0.0109)
定数項	0.0244*** (0.0019)	0.0265*** (0.0053)	0.0363*** (0.0038)	0.0462*** (0.0075)	-0.0292*** (0.0068)
Log likelihood	842.2885	287.7664	377.8935	67.5614	91.2821
Wald Test: p-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
企業数×年	5,073	1,431	1,077	748	653
企業数	1,066	310	220	151	137

- (注) 1. 説明変数は以下のとおり。ただし、d- とついているものはその変数の $t+1$ と t 期の差分をとっている。OUT : 外注費比率、SE : SE 数の自然対数、SE-RATIO : SE 比率、PROFIT : 利潤・コスト比率、D1992-D1998 : 各年ダミー。
 2. 係数の***、**、*はそれぞれ有意水準 1%、5%、10%に対応。カッコ内の数値は標準偏差を示す。
 3. All : 対象全企業、Group 1 : 単独事業所、Group 2 : 本社、Group 3 : 単独事業所→本社、Group 4 : 本社→単独事業所。なお、推計期間中に単独事業所と本社の間を不規則に移行した企業については Group を形成せずに、All にのみ含まれることになる。
 4. 調整コストは従業員数の変化率を自乗したものを代理変数としている。
 5. ADJUST の推計が差分を既にとっているため、サンプル期間は1991年-1997年となり、D-1998が含まれていない。
 6. 推計方法は FGLS (Feasible Generalized Least Squares) であり、企業間の不均一分散、一階の自己相関を仮定。更に、自己相関係数は企業特殊であると仮定。
 7. Wald Test は企業間の分散均一性を帰無仮説とした場合に、企業数を自由度とする χ^2 分布に従う検定。

【参考文献】

- 青木昌彦・奥野正寛（2000）『経済システムの比較制度分析』東京大学出版会。
- 青木昌彦・安藤晴彦 編著（2002）『モジュール化』東洋経済新報社。
- 新谷正彦（1998）「マイクロデータ利用による情報サービス業の構造変化に関する数量的研究」文部省科学研究費補助金、特定領域研究報告書。
<http://www.seinan-gu.ac.jp/~shintani/b1.htm>
- 池田信夫・林紘一郎（2002）「通信政策：ネットワークにおける所有権とコモンズ」奥野正寛・竹村彰通・新宅純二郎編『電子社会と市場経済——情報化と経済システムの変容』新世社。
- 経済産業省「平成12年版 特定サービス産業実態調査」経済産業省。
- 北村行伸（2003）「パネルデータ分析の新展開」『経済研究』54(1)、pp. 74-93。
- 国土交通省（2002）『ソフト系 IT 産業の実態調査』国土交通省。
- 小山裕司・竹田陽子（2001）「コンピュータ・ソフトウェアの開発技法と構造：その開発の特徴と課題」藤本隆弘・武石彰・青島矢一編『ビジネス・アーキテクチャ：製品・組織・プロセスの戦略的設計』有斐閣。
- 佐野嘉秀（2001）「情報サービス業における外注化と社員の役割」電機連合総合研究センター（編）佐藤博樹『IT時代の雇用システム』日本評論社。
- ソフトウェア開発・調達プロセス改善協議会（2001）「我が国ソフトウェア開発・調達プロセスの評価指標（日本版 CMM）の策定に向けて（案）」。
- 中馬宏之（2002）、「「モジュール設計思想」の役割——半導体露光装置産業と工作機械産業を事例として」青木昌彦・安藤晴彦 編著（2002）『モジュール化』第8章。
- 戸塚秀夫・中村圭介・梅沢隆（1990）『日本のソフトウェア産業 経営と技術者』東京大学出版会。
- 中島隆信（2001）『日本経済の生産性分析』（日本経済新聞社）。
- 西村清彦・中島隆信・清田耕造（2003）「失われた1990年代、日本産業に何が起こったのか？——企業の参入退出と全要素生産性——」経済産業研究所 Discussion Paper, 経済産業研究所。
- 西村清彦・峰滝和典・白井誠人・黒川太（2002）「産業経済の変容：「ニュー・エコノミー」は日本に存在するか」奥野正寛・竹村彰通・新宅純二郎編『電子社会と市場経済——情報化と経済システムの変容』新世社。
- 日経 BP コンサルティング「日経マーケット・アクセス・レポート」2002年8月。
- 日本開発銀行（1996）「ソフトウェア産業飛躍の可能性を探る——ユーザーニーズへの対応が鍵——」調査 MAR.1996 NO.212。
- 深尾京司・宮川 努・河井 啓希・乾 友彦・岳 希明・奥本 佳伸・中村 勝克・林田 雅秀・中田 一良・橋川 健祥・奥村 直紀・村上友佳子・浜潟 純大・吉沢由羽希・丸山 士行・山内 慎子（2003）「産業別生産性と経済成長：1970-98年」内閣府 経済社会総合研究所 経済分析 第170号。
- 藤本隆宏（2002）「日本型サプライヤー・システムとモジュール化——自動車産業を事例として」青木昌彦・安藤晴彦 編著（2002）『モジュール化』第6章。
- マダラ, G. S., 『計量経済分析の方法』第2版, 和合肇 訳, シーエーピー出版。
- 柳川範之（2002）「ゲーム産業はいかに成功したか」青木昌彦・安藤晴彦 編著（2002）『モジュール化』第5章。
- 湯川抗（2002）「東京のネット企業クラスター——ビットバレーを再考する」『クラスター戦略』有斐閣選書。
- Baldwin, Carliss Y. and Kim B. Clark (1997) "Managing in an Age of Modularity," *Harvard Business Review*, Sep./Oct. pp.99-120.
- Baltagi, B. H. (1995) *Econometric Analysis of Panel Data*, John Wiley & Sons, New York.

- Baltagi, B. H. and P. X. Wu (1999) "Unequally spaced Panel Data Regressions with AR(1) Disturbances," *Econometric Theory*, 15, pp. 814-823.
- Brooks, Frederick P., Jr. (1995), *The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering Anniversary edition*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 邦訳『人月の神話』（ピアソン・エデュケーション），1996年
- Colecchia, A. and P. Schreyer (2001) "ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OECD Countries," *OECD STI Working Papers 2001/7*, OECD.
- Fraumeni, B. M. (1997) "The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Product Accounts," *Survey of Current Business*, July, pp. 7-23.
- Hall, B. H. and J. Mairesse (2002) "Testing for Unit Roots in Panel Data: An Exploration Using Real and Simulated Data," revised version December 2002. Presentation to the Annual Conference of the German Classification Society, Munich, March 14-16, 2001 and the Conference in Honor of Thomas Rosenberg, UC Berkeley, August 2001.
- Hayashi, F., and E. Prescott (2002) "The 1990s in Japan: A Lost Decade," *Review of Economic Dynamics*, 5, pp. 206-235.
- Jorgenson, D. W. (2001) "Information Technology and the U.S. Economy," *American Economic Review*, Vol. 91, no. 1, pp. 1-31.
- Maddala, G. S. and S. Wu (1999) "A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test: Evidence From Simulations and the Bootstrap," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, pp.631-652.
- Nishimura, K. G., and M. Shirai (2002) "Can Information and Communication Technology Solve Japan's Productivity-Slowdown Problem?," *Asian Economic Papers* 2 (1) (2003), 85-139.
- OECD (2002) "The Software Sector: Growth, Structure and Policy Issues," DSTI / ICCP / IE (2002) / 8, OECD.
- Van Ark, B., Inklaar R. and McGuckin R.H. (2002), "Changing Gear Productivity, ICT and Service Industries: Europe and the United States," Research Memorandum GD-60, Groningen Growth and Development Centre.