



RIETI Discussion Paper Series 09-J-016

ITイノベーションと経済成長： マクロレベル生産性におけるムーアの法則の重要性

元橋 一之
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

IT イノベーションと経済成長：
マクロレベル生産性におけるムーアの法則の重要性^{1*}

元橋 一之

東京大学工学系研究科&経済産業研究所

2009年5月

要旨

本稿においては日本の経済成長における IT イノベーションや生産性の位置づけについてマクロレベルの成長要因分析（1975年～2007年）を行った。また、ITの技術革新の源泉であるムーアの法則に象徴される半導体技術革新に影響度についても計測を行った。主な結果としては、以下のとおりである。

- ・ 経済成長率は1990年代に大きく落ち込み全要素生産性の伸び率が鈍化した。2000年に入って経済成長率に持ち直しが見られるが、TFPの成長率は改善のテンポが遅い。
- ・ 90年代と2000年代は生産要素投入の状況が大きく異なる。90年代は非IT資本の寄与度が大きい反面、労働投入はマイナスの寄与となった。2000年代は非IT資本の寄与度が小さくなり、労働投入の寄与が大きくなっている。
- ・ IT資本の経済成長に対する寄与度は1975年以降、期間を通じて大きくなっている。2000年代は経済成長の約1/3がIT資本の投入によって説明できる。
- ・ 全要素生産性に対するITセクターの影響度も高まっている。2000年代のTFP成長率0.57%のうち、0.25%はITセクター（特にコンピュータと通信機械）によって説明できる。マクロ経済における名目シェアは小さいが、ITイノベーションのマクロレベル生産性に与える影響は無視できない。
- ・ これらのITセクターの生産性の源泉として、ムーアの法則に代表される半導体技術革新の影響が大きいことが分かった。2000年代においては、ITセクターの0.25%のうち0.04%ポイント、また自動車などの非ITセクターにおける生産性上昇分のうち0.09%ポイント、合計0.13%が半導体技術革新によるものである。

キーワード：経済成長、情報通信技術、ムーアの法則、全要素生産性

JEL Classification: O30、O47、O53

¹ 本研究は経済産業研究所の研究プロジェクト「ITと生産性に関する実証分析」の一環として行われたものである。また半導体の技術革新に関する影響分析については半導体産業研究所（SIRIJ）からの委託研究の成果を用いさせて頂いた。労働データの推計に関しては、岳希明氏（中国人民大学財政金融学院教授）のサポートを頂いた。また、リサーチアシスタントの金玲氏の優れたデータ収集活動にも助けられた。半導体産業研究所における発表会やRIETI-DP検討会においては多くの有益な助言を頂いた。これらの有形・無形の各種支援に対して感謝の意を表したい。なお、本論文におけるありべき誤りはすべて筆者に帰すものである。

* RIETI ポリシーディスカッション・ペーパーは、RIETIの研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

1. はじめに

少子化高齢化が進む中で日本経済の長期的な成長の実現は生産性の動向にかかっているが、マクロレベルの生産性上昇を実現するために IT に対する期待が高まっている。経済産業省が取りまとめた「新経済成長戦略」において、今後 2% 台の経済成長を実現するためには IT の利活用を進めることが重要としている。また、2007 年 4 月に政府が取りまとめた「成長力加速プログラム」の中でも製造業と比較して生産性が低いといわれているサービス業の革新戦略の中で IT イノベーションの重要性が強調されている。

コンピュータ、ソフトウェア、通信機器などの IT 産業の技術革新は、ムーアの法則（「半導体集積回路の集積度は 18 ヶ月毎に 2 倍になる」）に象徴されるように著しいスピードで進んでいる。半導体の集積度はコンピュータの高速化・小型化をもたらし、その性能はここ 10 年間で数百倍になっている。また、インターネットの普及によって、情報機器のネットワーク化が進み、社会全体としての情報システムの利便性は格段に向上した。IT はその適用分野の広さにおいても他の技術革新とは異なることが特徴的である。情報システムは製造業、サービス業といった業種を問わず、経済全体に深く浸透しており、我々の社会生活や公共サービスのあり方を大きく変えるポテンシャルを有している。IT は典型的な汎用技術（General Purpose Technology）であり、IT イノベーションは、コンピュータなどの IT 産業のみならず、マクロ経済全体に大きな影響を及ぼすものと考えられる（元橋、2005）。

IT イノベーションとマクロレベルの経済成長の関係は、成長要因会計のフレームワークを用いて分析することができる。GDP は 1 国の経済活動によって生み出された付加価値額を集計したものであるが、その付加価値は資本や労働といった生産要素によって生み出されると考えられる。資本や労働の投入が拡大することによって、付加価値額の拡大（経済成長）が見られるが、これらの投入要素の拡大では説明できない付加価値額の上昇分は全要素生産性（TFP：Total Factor Productivity）と呼ばれる。これは工場における生産活動を考えると分かりやすいが、工業生産は生産設備（資本）とそれをオペレートする従業員（労働）によって成り立っている。生産設備を増設すればその生産能力が高まるし、それは従業員を追加することによっても可能である。このようにより多くの資本や労働によって、より多くの生産活動に伴う付加価値を生み出すことは可能であるが、生産性の向上によっても付加価値は拡大する。例えば IT システムをつかって生産プロセスの歩留まりを上げたり、在庫管理を効率的に行ってコストを削減することによって、工場全体の生産性が高まり、付加価値の増加させることも可能である。成長要因会計はこのような工場における付加価値の源泉を一国の経済全体で計測しようというものである。

IT と経済成長に関する成長要因分析は、米国における Jorgenson and Stiroh (2000)、Oliner and Sichel (2000)、US Department of Commerce (2002)などを嚆矢として、van Ark (2002)、OECD(2003)などの国際比較分析が行われてきた。日本経済に関する国際比較

については、米国との比較を行った Jorgenson and Motohashi (2005), Jorgenson and Nomura (2005)や韓国との比較に関する Kanamori and Motohashi (2008)などがあり、ここでは①1990年以降の経済成長率の落ち込みは労働投入の影響によるものであり、IT資本ストックの寄与度は上昇していること、②TFPの伸び率は1990年代に入って低下したが、2000年代以降若干持ち直している動きがあること、③TFPの伸び率においてコンピュータや通信機器といったITセクターの生産性の寄与度が高まっている一方で、非ITセクターの生産性は伸び悩んでいることなどが分かっている。

このようにITイノベーションの動向は今後の日本の経済成長を考える上でも重要な位置づけを担うようになってきており、その背景にあるムーアの法則に見られる半導体イノベーションの動向についての影響について分析を行うことの意義は大きい。ムーアの法則は半導体の微細加工が進むことによって達成されてきているが、この微細化の進展は2020年くらいには物理的に限界が来るともいわれている。このような半導体産業における技術革新の動向は、日本経済の中長期的な経済成長率を考える上でも無視できないファクターであるが、どの程度の影響があるのかについて分析は行われてきていない。ここでは、Jorgenson and Motohashi (2005)などで行った日本のITと経済成長に関する成長要因分析を2007年まで延長するとともに、その中でムーアの法則に象徴される半導体の技術革新の影響度についても分析を行う。

本論文の構成については以下のとおりである。まず次章においては、成長要因会計と半導体技術革新の影響度分析を行う上での理論的フレームワークを提示する。第3章についてはここで構築されたデータベースについて述べる。第4章では成長要因会計とITイノベーションや半導体技術革新の影響度に関する分析結果を示す。最後に第5章では結果のまとめとそこから得られるインプリケーションについて述べる。

2. 理論的フレームワーク

(1) 生産フロンティアアプローチ

ムーアの法則に見られるように技術革新のスピードが著しいITイノベーションがマクロ経済に与える影響を分析するためには、経済のアウトプットとインプットの両面においてITセクターの動向を明示的に取り上げたモデルを構築することが必要である。ここではJorgenson (2001)やJorgenson and Motohashi (2005)などにおいて用いられている生産フロンティアアプローチを用いることとする。ITセクターを明示的に取り上げた生産フロンティアアプローチによると経済のアウトプットとインプットは以下のように定式化することができる。

$$Y(I_n, I_c, I_s, I_t, C_n, C_c) = A \cdot X(K_n, K_c, K_s, K_t, L). \quad (1)$$

ここでマクロレベルに集計されたアウトプットである Y は、IT以外の投資 I_n 、コンピュ

一タ投資 I_c 、ソフトウェア投資 I_s 、通信機械投資 I_t 、IT 以外の財・サービスに対する消費 C_n 及び IT 財・サービスに対する投資 C_c の関数である。また、マクロレベルに集計されたインプットである X は IT 以外の資本ストック K_n 、コンピュータ資本ストック K_c 、ソフトウェア資本ストック K_s 、通信機械資本ストック K_t 及び労働投入 L の関数として定義され、 A は全要素生産性（TFP: Total factor productivity）である。

生産フロンティアは、アウトプットとインプットに関するファクターが最も効率的に構成・配分されている状況を示しているの、それぞれのファクターの調整コストはすべて価格の動きに反映されると考える。この点で生産要素の調整コストを明示的にとらえていない生産関数アプローチよりも優れているといえることができる（Jorgenson et. al. 2005）。

製品市場と生産要素市場における完全競争を仮定すると、式(2)のとおり、均衡状態において名目シェアによるアウトプット構成要素の伸び率に関する加重平均は、生産要素の伸び率の加重平均と全要素生産性の和と一致する。

$$\begin{aligned} \bar{w}_{I,n} \Delta \ln I_n + \bar{w}_{I,c} \Delta \ln I_c + \bar{w}_{I,s} \Delta \ln I_s + \bar{w}_{I,t} \Delta \ln I_t + \bar{w}_{c,n} \Delta \ln C_n + \bar{w}_{c,c} \Delta \ln C_c = \\ \bar{v}_{K,n} \Delta \ln K_n + \bar{v}_{K,c} \Delta \ln K_c + \bar{v}_{K,s} \Delta \ln K_s + \bar{v}_{K,t} \Delta \ln K_t + \bar{v}_L \Delta \ln L + \Delta \ln A \end{aligned} \quad (2)$$

ここで \bar{w} と \bar{v} はそれぞれアウトプット構成要素と生産要素の名目シェアであり、規模に対する収穫一定の仮定のもので、それぞれについての名目シェアは合計で 1 となる（式(3)）。

$$\bar{w}_{I,n} + \bar{w}_{I,c} + \bar{w}_{I,s} + \bar{w}_{I,t} + \bar{w}_{c,n} + \bar{w}_{c,c} = \bar{v}_{K,n} + \bar{v}_{K,c} + \bar{v}_{K,s} + \bar{v}_{K,t} + \bar{v}_L = 1 \quad (3)$$

式(2)におけるアウトプットの伸び率（概念的には連鎖指数による GDP 伸び率に対応）は、アウトプットのそれぞれを構成する要素の伸び率の加重平均、インプットの伸び率は生産要素それぞれの伸び率の加重平均となり、全要素生産性の伸び率はこれらの差として求められる。

(2) 半導体の技術進歩の影響度分析フレームワーク

上記の分析において、コンピュータ、ソフトウェア、通信機器といった IT セクターのイノベーションがマクロレベルの経済成長に対してどの程度の寄与度を持つかが明らかになるが、ここでは更に IT イノベーションの上流に遡り、半導体の技術進歩の影響度分析に関するフレームワークを示す。半導体の集積回路が 18 か月で 2 倍になるというムーアの法則は特にコンピュータや通信機械といった IT 機器の性能向上において大きな役割を果たしていると考えられる。このような IT 機器の性能向上は、経済統計においては性能を一定とした価格の低下としてとらえられる。例えばパソコンを例にとるとここ数年の企業物価指数（日銀）の動きを見ると年率 20%程度の価格低下が見られる。パソコン 1 台あたりのユニットプライスはそう大きく変化するものではないので、

この価格低下はパソコンの性能向上によってもたらされるものであると考えられる。パソコンの性能はどのようにして決まるのであろうか？ムーアの法則によって CPU のクロック数やメモリの容量でみた性能はここ数十年で数百倍になっているが、これらの半導体の技術革新の影響が大きいことは想像に難くない。パソコンに関する企業物価指数は、このようは性能向上分をヘドニック法によって推計して、単位性能あたりの価格指数を作成している（日本銀行調査統計局、2001）。

まず、(1)において示されたマクロレベルで推計された全要素生産性伸び率（ $\Delta \ln A$ ）は、以下のとおり産業別の全要素生産性伸び率に分解することができる（Jorgenson et. al, 1987）。

$$\Delta \ln A = \sum_i dw_i \Delta \ln A_i \quad (4)$$

ここでの産業別 TFP 伸び率は各産業において中間投入額も含んだ生産額ベースで推計されたものであり、付加価値ベースの式である式(2)とは異なることに留意されたい。式(4)の dw はドーマーウェイトといわれて各産業の生産額を総付加価値額で割ったものである。従って、 dw の和は総生産額が総付加価値額より大きいので1よりも大きくなる。式(4)に基づいて、マクロレベルの全要素生産性は、IT セクター（コンピュータ、通信機器及びソフトウェア）と非ITセクターのそれぞれの生産性に分解することができる。つまり、以下のとおりである（ここでITはITセクター）。

$$\Delta \ln A = \sum_{i \in IT} dw_i \Delta \ln A_i + \sum_{i \notin IT} dw_i \Delta \ln A_i \quad (5)$$

また、ここでは半導体のように中間投入セクターも含めた産業別アカウントになっているので、半導体産業の生産性寄与度については以下のように別計上することができる（ここでSEMは半導体セクター）。

$$\Delta \ln A = \sum_{i \in IT} dw_i \Delta \ln A_i + \sum_{i \in SEM} dw_i \Delta \ln A_i + \sum_{i \in IT \cap i \notin SEM} dw_i \Delta \ln A_i \quad (6)$$

それではITセクターや半導体セクターの全要素生産性はどのようにして計測することができるのであろうか？ここでは全要素生産性の計測に関して価格サイドのアプローチをとることとし、ITセクターの生産性については以下のように算出することができる。

$$\Delta \ln A_{IT} = \sum_k \bar{w}_k \Delta \ln p_k - \Delta \ln P_{IT} \quad (7)$$

ここで p は労働、資本、中間投入財などのIT製品に関する生産要素の価格、 w はそれぞれの名目シェアである。ITセクターの特徴は製品性能の急激な向上によって、 P_{IT} の下落率が、各種ファクター価格（ p_k ）の変化率と比べて桁違い（数10%のオーダーと数%のオーダー）に大きいことである。従って、Jorgenson(2001)や Jorgenson and Motohashi (2005)においては、 $\Delta \ln A_{it} \cong -\Delta \ln P_{it}$ という仮定において、式(5)の生産性に

関する分析を行っている。ここでは、この方式を更に一步進めて半導体セクターの生産性が IT セクターの生産性に対するスピルオーバー効果を勘案したモデルを考える。半導体は式(7)のファクターインプットの一部であるので、式(7)は以下のように変形することができる。

$$\Delta \ln A_{IT} = \bar{w}_{SEM} \Delta \ln P_{SEM} + \sum_{k \notin SEM} \bar{w}_k \Delta \ln p_k - \Delta \ln P_{IT} \quad (8)$$

なお、 ΔP_{SEM} は後ほど見るように急激に下落しているので、 $\Delta \ln A_{IT} \cong -\Delta \ln P_{IT}$ として推計された TFP の伸び率は半導体の価格低下寄与分だけ過剰見積みもりとなっていたことが分かる。ここでも IT セクターの半導体以外のファクター価格の変化を無視して、かつ半導体セクターについては IT セクターと同じロジックで $\Delta \ln A_{SEM} \cong -\Delta \ln P_{SEM}$ の仮定を置くと(8)式の IT セクターの生産性は以下のとおり近似される。

$$\Delta \ln A_{IT} = -\bar{w}_{SEM} \Delta \ln A_{SEM} - \Delta \ln P_{IT} \quad (9)$$

これを(6)式に代入して整理すると以下のとおりである。

$$\Delta \ln A = dw_{IT} (-\bar{w}_{SEM} \Delta \ln A_{SEM} - \Delta \ln P_{IT}) + dw_{SEM} \Delta \ln A_{SEM} + \sum_{i \in IT \cap i \notin SEM} dw_i \Delta \ln A_i \quad (10)$$

式(10)によって、マクロレベルの全要素生産性の上昇率 $\Delta \ln A$ は以下の4つのパートに分解することができる。

- ・ IT セクターの生産性向上寄与度： $dw_{IT} (-\bar{w}_{SEM} \Delta \ln A_{SEM} - \Delta \ln P_{IT})$
- ・ IT セクターを通じた半導体の生産性向上寄与度： $dw_{IT} \cdot \bar{w}_{SEM} \Delta \ln A_{SEM}$
- ・ IT セクター以外を通じた半導体の生産性寄与度：

$$\Delta \ln A = (dw_{SEM} - dw_{IT} \cdot \bar{w}_{SEM}) \Delta \ln A_{SEM}$$
- ・ IT セクター以外の生産性寄与度： $\sum_{i \in IT \cap i \notin SEM} dw_i \Delta \ln A_i$

3. データ

(1) アウトプットデータ

アウトプットに関するデータは内閣府経済社会総合研究所における国民経済計算データをベースとしている。日本の GDP 統計は 2000 年に国連の 93SNA を取り入れた大きな改正が行われている。その内容としては、①受注ソフトウェアを資本財の1部として公的資本形成と民間資本形成に算入したこと、②公的資本ストックの減価償却分を政府消費に算入したことなどであり、この改定によって 1990 年～1999 年の平均で GDP の水準は 2.7%、実質 GDP の伸び率は 0.12% の上方改定となっている。また、GDP 統

計の実質系列については、従来よりラスパイレズ方式によって推計され、5年ごとに基準改定が行われてきたが、2004年から連鎖指数による方式に改定された。このように1975年～2007年までのGDP統計は68SNA方式、93SNA方式、連鎖指数方式など複数の方式によるデータが存在するが、期間を通じて同じ基準によるデータは存在せず、なるべく直近の基準のデータを用いながら複数の基準のデータを接続する方法を用いている。

本稿においては、米国における国民経済計算統計（NIPA: National Income and Product Account）との整合性も図るため、上記のGDP統計に加えて以下の修正を行っている。

- ・ ソフトウェアに関する資産計上されるパッケージソフトと自社開発ソフト分を別途推計し、公的資本形成と民間資本形成に算入。
- ・ 公的資本の資本サービスに関しては、93SNAによって減価償却分は政府消費としてGDPに組み込まれることとなったが、資本サービスのうち利子分や資本財価格の変動に関する部分は算入されていない。この分を別途推計して公的資本形成に組み入れ。
- ・ 家計部門における資本サービスについては、持家の帰属利子計算が行われて個人消費に組み入れられているが、その他の耐久消費財については同様の取扱いがなされていない。乗用車やIT機器などの家計部門の耐久消費財についても資本ストックや資本サービス額の推計を行い、家計消費に算入。

名目GDPの推計に当たっては上記の各種調整を行った後、式(1)及び式(2)に従って、公的資本形成（コンピュータ、通信機器、ソフトウェア、IT以外の資本財）と個人消費（IT財、IT以外の消費財）に分類し、それぞれの価格指数を用いて連鎖指数によって集計を行った。

(2) IT価格データ

内閣府のGDP統計においては投資財の価格指数として、日銀のCGPI（企業向け物価指数）が用いられている。CGPI（1995年基準改定以前はWPI）はラスパイレズ価格指数であり、5年ごとに基準改定が行われている。ラスパイレズ指数はIT製品のよう技術革新が激しくウェイトの変化が大きい品目については、上方バイアスがかかるといわれている。このような問題点に対処するために、日銀は1995年から連鎖方式²による価格指数を参考系列として公表している。

ここではIT品目については連鎖方式による価格指数がより適当であるとの判断のもと、連鎖方式による価格指数をなるべくデフレータとして用いた。また通信機械のように従来より詳細な品目について調査が行われている場合については、公表されている品目別データからラスパイレズ連鎖指数を計算することができる。このように連鎖方式による指標の計算が可能なものについては、別途価格指数の算出を行い推計に用いた。

² 正確には1年間は前年のウェイトに固定して毎年ウェイトの変更を行っていくラスパイレズ連鎖指数である。

IT 品目においてコンピュータと通信機械については上記の方法で適切な価格指数を得ることができるが、ソフトウェアについては公式統計に問題が多い。ソフトウェアは受注ソフト、パッケージソフト、自社開発ソフトの3種類に分類することができるが、2000年までは日銀のGSPI（企業向けサービス価格指数）において受注ソフトの価格指数しか存在しない。2000年基準改定においてCSPIにパッケージソフトの価格指数が追加され、そのデータを利用することができるが、1999年までは何らかの方法で推計することが必要である。受注ソフトの価格指数を流用することも可能であるが、当該指標はソフトウェア業者のコスト指数（生産性の伸び率が0と仮定）となっており、よりコモディティ性が高いパッケージソフトには不適當であると考えられる。そこで、ここでは米国におけるパッケージソフトに関する価格指数をベースとして日米の相対的なGDPデフレーターの違いを調整したいわゆるOECD型デフレーター(Colecchia and Schreyer, 2002)を求めて、推計に利用した。なお、自社開発ソフトの価格指数については、米国における例にならって、受注ソフトのもので代用した。また、自社開発ソフトのデフレーターについては、米国の手法に従って受注ソフトの価格指数を用いた。

最後に半導体の価格指数であるが、半導体セクターの定義としては産業連関表基本表（2005年表）の「集積回路」、「半導体素子」、「液晶素子」の3つのセクターを取りあげた。これらの分類に対応するCGPIにおける価格指数とウェイト情報を用いて、それぞれについての連鎖指数を作成した。

これらのIT関連品目の価格指数の動向を図1～図4に示す。なお、ここでの分析に用いた連鎖指数と比較するためにラスパイレズ指数の動きについても併せて掲載しているが、いずれの品目についても連鎖指数の方が価格下落率が大きくなっていることが分かる。

(図1)～(図4)

(3) 資本ストックと資本サービス

資本ストックと資本サービスの分析を行うためには、資本財別の投資額データと資本財価格データを作成することが必要である。ここでは1973年～2007年における品目分類による時系列データを作成した。³

資本サービス投入に関する実証的分析を行うためには、なるべく詳細は品目分類に従ったデータを基に行うことが必要である。資本サービス投入は資本ストック量の単純集計とは異なり、資本ストックにおける品目構成が変化することによる質の変化についても勘案することが重要となるからである。⁴ 日本において詳細な品目別の投資系列に関するデータベースを整備するためには、産業連関表を用いることが有効である。日本

³ 分析に用いたのは1975年からのデータであるが、後述するように資本ストックの初期値を与える関係でそれよりも前のデータから整備している。

⁴ 詳細な資本財別ストックデータを用いた資本ストックの質を勘案した資本サービスの算出については補論Bを参照。

の産業連関表は5年置きに500分類以上の詳細は分類に基づく基本表が作成されているほか、基本表をベースにした毎年の延長表、300部門程度の共通分類で3時点の基本表を接続した接続表が存在する。産業連関表において資本財を算出する行部門のそれぞれにおいて、公的資本形成、民間資本形成が当該財の公的部門、民間部門における設備投資を、家計消費が当該財の家計部門における耐久消費財投資を示す。品目別投資額のデータについては、このような産業連関表におけるデータをベースとして、民間資本形成については65品目（そのうちIT関連は7品目）、公的資本形成については52品目（そのうちIT関連は6品目）、家計部門の耐久消費財については20品目（そのうちIT関連は3品目）のデータベースを構築した。⁵

なお、前述したとおりソフトウェアについては、GDP統計においては2000年から受注ソフトについて公的資本形成と民間資本形成の一部として推計されることとなったが、産業連関表における取扱も1995年基本表から受注ソフトは資本財として取り扱われることとなった。受注ソフトに関する過去データについては産業連関表接続表（1985-1990-1995年など）の他、特定サービス産業実態調査（経済産業省）などのデータを用いて推計を行った。またパッケージソフトについては、企業会計において資産化されるものについての資本財としての取扱いが2000年基本表から始まった。パッケージソフトの投資額についてはサービス業基本調査（総務省）や特定サービス産業実態調査（経済産業省）などからわかるが、そのうち資産として取り扱うべきもののシェアについては、2000年の1時点（40.6%）しか分からない。従って、推計にはこの数字を用いて行っている。最後に自社開発ソフトについては、米国における推計方法（Parker and Grimm, 2002）にならって別途推計を行った。⁶

また、資本投入としては、このような償却資産の他、土地、在庫についても推計を行っている。土地については国民経済計算の公的、民間それぞれの名目土地ストック額と国土交通省による「国土の利用形態別面積と構成」をベースとした実質土地ストック系列から価格指数を算出し推計に用いた。⁷ 在庫ストックについては、やはり国民経済計算における公的、民間それぞれの名目在庫ストック額と在庫デフレータを用いた。

償却資産については、名目投資系列をデフレータで実質化し、NIPAの経済的減価償却率を用いて恒久棚卸法で実質資本ストックの推計を行った。⁸ この資本財別の資本ストックについては、それぞれ補論Aで述べるレンタルサービス価格の計算を行い、補論Bで述べる個々の資本ストックの伸び率をそれぞれの名目シェアで加重平均するディジビタ指数によって資本投入の寄与度を推計した。また、土地ストック、在庫ストックにかかる投入寄与度についても同様の方法で推計している。なお、資本レンタルサービス価格を算出するための利子率については、マクロレベルの利子率を毎年のGDP

⁵ 資本財別データの構築方法に関する詳細については別紙1を参照。

⁶ ソフトウェア投資の推計方法の詳細については別紙2を参照。

⁷ ここでの土地ストックの推計については、野村（2004）の方法に従って行った。

⁸ 1973年の資本ストックの初期値については、1973年まで一定割合で投資額が変動している場合の簡便法によって推計。投資額の伸び率については1970年から1975年の年平均伸び率を活用。

の資本分配額（国民経済計算における GDP から雇用者所得を除いたものに自営業者等の所得を調整したものを利用）をコントロールトータルとして内生的に求めたものを用いている。

(4) 労働データ

労働については、男女別、年齢階級別（11 階級）、教育水準別（4 水準）、就業形態別（3 形態）について、人数、時間、単位時間あたりの賃金に関するデータベースを構築した。このように労働タイプ別の詳細なデータを作成するのは、資本と同様、人数×時間といった労働に関する量的な情報と同時に労働の質の向上を勘案した労働投入を計測することが重要であるからである。特に日本においては、今後労働人口の低下や労働時間の短縮によって量的な投入が減少することから、労働の質をいかに高めるかが重要になってくる。このような問題について検討を行う上でもこれまでの質の向上に関するトレンドを押さえておくことは重要である。なお、質を勘案した労働投入の算出方法については、補論 B の資本投入の算出方法と同様である。

データの推計にあたって、労働者数については 5 年ごとに行われる人口センサス（総務省）を基準として毎年のデータは労働力調査（総務省）を用いて、SNA における労働者数と雇用者数をコントロールトータルとして算出される。なお、雇用者に関する男女別・年齢別・教育水準別の人員数については、賃金構造基本統計（厚生労働省）が詳細な情報を与えており、細部データへの分割についてのシェア情報として同統計のデータを用いている。労働時間については、やはり SNA における平均労働時間をコントロールトータルとして、毎月勤労統計（厚生労働省）や賃金構造基本統計のデータを用いて作成した。最後に時間あたり賃金については、雇用者所得について SNA におけるデータをコントロールトータルとして、賃金構造基本統計のデータを用いて算出している。なお、自営業者や家族従業員などの雇用者以外の労働者の情報については、毎月勤労特別統計（厚生労働省）のデータを用いて別途推計する必要がある。なお、これらのデータ作成についての詳細については、別紙 3 を参照されたい。

4. マクロレベルの成長要因分析結果

(1) 成長要因会計の結果

上記のデータベースを用いて成長要因会計を行った結果を表 1 に示す。表 1 の上段については式 (2) の左辺（アウトプット）、下段については式 (2) の右辺（インプット）の状況を示している。期間全体を (1) 1990 年以前、(2) 1990 年代及び (3) 2000 年代（2007 年まで）の 3 期間に分けて年率換算で結果を示している。結果の読み取りに入る前にいくつか留意すべき点について述べたい。まず、GDP 成長率であるが、いくつかの点で日本の公式 SNA 統計と異なる点がある。まず、アウトプットの定義であるが公的資本の資本サービスに関する利子分と資本財価格変動分（GDP としてカウントさ

れている減価償却分を資本サービス全体からのぞいた額)が追加している。アウトプットについては資本財が対応する該当する部分それぞれに、インプットについては資本投入のうちやはり該当する部分それぞれに算入している。また、家計の耐久消費財に関する資本サービス額が追加している。このうち IT 資産にかかる部分については、アウトプット、インプットとも IT サービスとして計上されている。非 IT 資産に係る部分については、アウトプットについては非 IT セクターに、インプットについては非 IT 資産の資本サービスに算入している。また、連鎖指数方式で IT 関係の製品について価格指数を作り直していること、アウトプットについて式 (2) に従って構成要素を分解した上で、デジビア指数を作成していることなども公式統計と異なる点である。

(表 1)

表 1 の結果について、まず経済成長率について見ると 90 年以前の 4.13% から、90 年代以降は 1.45% と大幅に低下し、その伸び率は 2000 年以降についても変わっていない。これに対応して TFP の伸び率も 1.10%~0.57% に低下し、やはり 2000 年以降も一定である。経済成長率と TFP の動向を時系列的により詳細に見るために両者のトレンドをグラフにした (図 5)。なお、ここではそれぞれの系列について 5 年間の移動平均をとって毎年の変動を平滑化している。1990 年代において、経済成長率、TFP 成長率がともに低下し、2000 年を底として経済成長率のトレンドはやや盛り返しているように見えるが、TFP の追従が見られない。

(図 1)

表 1 に戻ってその内容を検討すると、90 年代と 2000 年代ではインプットの内容が大きく変化していることが分かる。90 年代については、非 IT 資本投入の寄与度が大きい一方で労働投入がマイナスの寄与度となっている。90 年代の労働投入のマイナスは週休二日制の普及や労働時間の短縮などの影響が大きいことが分かっている (Jorgenson and Motohashi, 2005)。2000 年代以降は非 IT 資本ストックの寄与度が小さくなり、労働投入がプラスに転じている。なお、景気変動に対して、資本ストックの調整はどうしても時間がかかる。2000 年代に非 IT 資本ストックの寄与度が小さくなったのは、日本企業が 90 年代に設備投資を抑えてきたことの表れとも取れるが、その一方で労働投入が増えており、生産性の上昇にはつながっていない。

また、経済成長に対する IT の影響度は、期間を通じて徐々に高まっていることが分かる。アウトプットサイドを見ると 2000 年代に IT の貢献度が高まっているが、耐久消費財の資本レンタルサービスの伸びの影響が大きい。これを除くと IT のアウトプット寄与度に大きな変化は見られない。その一方でインプットサイドの IT 資本投入の貢献

度は着実に高まっている。その内訳として、ソフトウェア資産の積み上がりによる影響が大きいという結果になった。

次に、TFPの伸び率におけるITセクターの影響についてみるために式(5)の分析結果を表2に示す。90年代と2000年代は年平均で見るとTFP伸び率が変わらないが、ITセクターによる寄与度が高まっていることが分かる。その一方で非ITセクターの寄与度が低下している。2000年代のTFP成長率0.57%のうち、0.25%ポイントがITセクターによる貢献分であり、産出シェアで見ると3.5%と小さいが、ITセクターのイノベーションはマクロレベルの生産性に大きな影響を与えていることが確認できた。なお、ITセクターの内訳について産出シェアで見るとソフトウェアの割合が大きいですが、生産性に対する貢献の大部分はコンピュータや通信機械から来ている。ただし、ここでの生産性は半導体イノベーションの貢献度も含めたものとなっていることに留意することが必要である。

(表2)

(2) 半導体イノベーションの影響度に関する検証

表2のコンピュータや通信機器の生産性に対する貢献度の背景には、ムーアの法則に見られる半導体イノベーションの影響が大きいと考えられる。ここでは式(10)に従って、半導体技術革新の生産性に対するスピルオーバー効果の分析結果を示す。式(10)の結果を示す前にIT機器のコスト構造において半導体がどの程度の位置づけになっているかみてみたい。図6と図7はそれぞれコンピュータと通信機器について、半導体(産業連関表における液晶デバイス、集積回路、半導体素子)の投入係数の推移を見たものである。コンピュータについては2割~3割、通信機器については1割~2割が半導体関係の中間投入額となっており、半導体の価格低下がこれらの機器の価格に大きな影響を与えていることがうかがえる。

(図6) 及び (図7)

この投入構造と図4で示した半導体の価格指数を用いて式(10)の分析を行った結果が表3である。2000年~2007年の数字で見ると、ITセクターのTFP寄与率は0.25%であるが、そのうち0.04%は半導体の技術革新によるものであることが分かった。半導体の影響を差し引くことによって、コンピュータと通信機器の寄与率はそれぞれ0.02%ポイント程度低下している。また、半導体は自動車や家電製品などITセクター以外でも幅広く使われているものであることから、非ITセクターを通じたTFP寄与率が0.09%ある。従って、0.57%の全要素生産性のうち0.13%ポイントは半導体の生産性スピルオーバー効果によるものである。この半導体のTFP寄与率は1990年代の0.16%ポイント

からやや低下しているが、これは半導体の価格低下率がやや鈍化していることによる。半導体の微細化が進むにつれてその設備投資コストが膨大になっている。従って、価格の鈍化が半導体イノベーションのスピードの低下によるものかどうかについてはより詳細な分析を行う必要があるが、いずれにしても半導体技術革新の動向がマクロレベルの生産性にとっても重要な意味を持つということはいえる。

(表 3)

5. まとめ

本稿においては日本の経済成長における IT イノベーションや生産性の位置づけについて成長要因分析を行った。また、IT の技術革新の源泉であるムーアの法則に象徴される半導体技術革新に影響度についても計測を行った。主な結果としては、以下のとおりである。

- ・ 経済成長率は 1990 年代に大きく落ち込み全要素生産性の伸び率が鈍化した。2000 年に入って経済成長率に持ち直しが見られるが、TFP の成長率は改善のテンポが遅い。
- ・ 90 年代と 2000 年代は生産要素投入の状況が大きく異なる。90 年代は非 IT 資本の寄与度が大きい反面、労働投入はマイナスの寄与となった。2000 年代は非 IT 資本の寄与度が小さくなり、労働投入の寄与が大きくなっている。
- ・ IT 資本の経済成長に対する寄与度は 1975 年以降、期間を通じて大きくなっている。2000 年代は経済成長の約 1 / 3 が IT 資本の投入によって説明できる。
- ・ 全要素生産性に対する IT セクターの影響度も高まっている。2000 年代の TFP 成長率 0.57%のうち、0.25%は IT セクター（特にコンピュータと通信機械）によって説明できる。マクロ経済における名目シェアは小さいが、IT イノベーションのマクロレベル生産性に与える影響は無視できない。
- ・ これらの IT セクターの生産性の源泉として、ムーアの法則に代表される半導体技術革新の影響が大きいことが分かった。2000 年代においては、IT セクターの 0.25%のうち 0.04%ポイント、また自動車などの非 IT セクターにおける生産性上昇分のうち 0.09%ポイント、合計 0.13%が半導体技術革新によるものである。

本稿における分析結果の延長線上にある今後の検討課題としては、産業別や企業別の状況に立ち入った詳細な分析を進めることと、IT イノベーションの動向や人口動態的な外生要因を取り入れた経済成長率に関するプロジェクションの実施の 2 点が考えられる。まず、詳細分析については、全要素生産性の分析について、IT セクター、非 IT セクターのそれぞれについてより精度の高い計測を行うことが重要である。IT セクターについては、第 2 節で示したように（半導体以外の）ファクターインプット価格の変動を 0 と仮定して行っている。また、精度は IT 価格が質の向上をどれだけ正確に反映

しているかに大きく依存する。コンピュータや通信機械については、詳細品目データをベースに作成された連鎖指数を用いていることから大きな問題はないと考えられるが、ソフトウェアについては投資額の大部分を占める受注ソフトがコストベースの価格指数となっており、生産性の上昇がゼロという今回の推計方法と相容れない仮定が置かれている。この点については、Brynjolffson and Kemerer (1993)や Gandal (1994)などにおいてソフトウェアプロダクツの価格をヘドニック法によって推計した事例が見られるが、いずれもスプレッドシートなどのパッケージソフトに対するものである。受注ソフトの場合は、ユーザーごとにそのスペックが異なるためにユーザーにおける効用関数を推計して、便益の向上分に関する測定するなどの方法が必要となろう。

また、非 IT セクターについては、IT と生産性の関係に関する分析が重要である。Brynjolffson and Hitt (1995)は米国において企業レベルによる情報化と生産性の関係を分析した先駆的な論文であるが、日本においては Motohashi (2007)などの分析事例が存在する。また、企業組織や企業の人材育成戦略との関係で情報化投資の効果が影響を受けるといった企業戦略に関する分析も進んでいる(Bresnahan et. al. (2000))。IT 経営に関する国際比較を行って、日本企業の IT 経営の問題点を洗い出し、米国企業との比較において改善すべき点を分析した研究成果も存在する (Motohashi, 2008)。IT と生産性の関係について、企業における IT の活用方法や IT 戦略まで立ち入って分析をしていく際には様々な切り口が考えられるが、多方面で当該分野の研究が進むことに期待したい。

次に本研究で得られたデータベースを用いて、今後の経済成長に関するプロジェクションに取り組むことも重要である。Jorgenson and Motohashi(2004)では、2003 年までの IT と生産性に関する成長要因会計に関する分析結果を用いて 2013 年までの日米の経済成長率のプロジェクションを行っている。ここでは IT セクターの TFP 成長率を過去のトレンドで置いているが、今回の分析によって半導体技術革新と IT セクターの成長率の関係が特定できたので、半導体ロードマップなどの技術情報に基づいて将来の IT セクターの TFP 成長率をより正確に予測することができる。また、労働投入については、国立社会保障・人口問題研究所における「日本の将来人口推計」も 2006 年 12 月に改定されており、最新のデモグラフィーの予測を取り入れた経済成長推計を行うことの意義は大きい。今後の重要な検討課題として取り組んでいきたい。

图 1：電子計算機價格指數

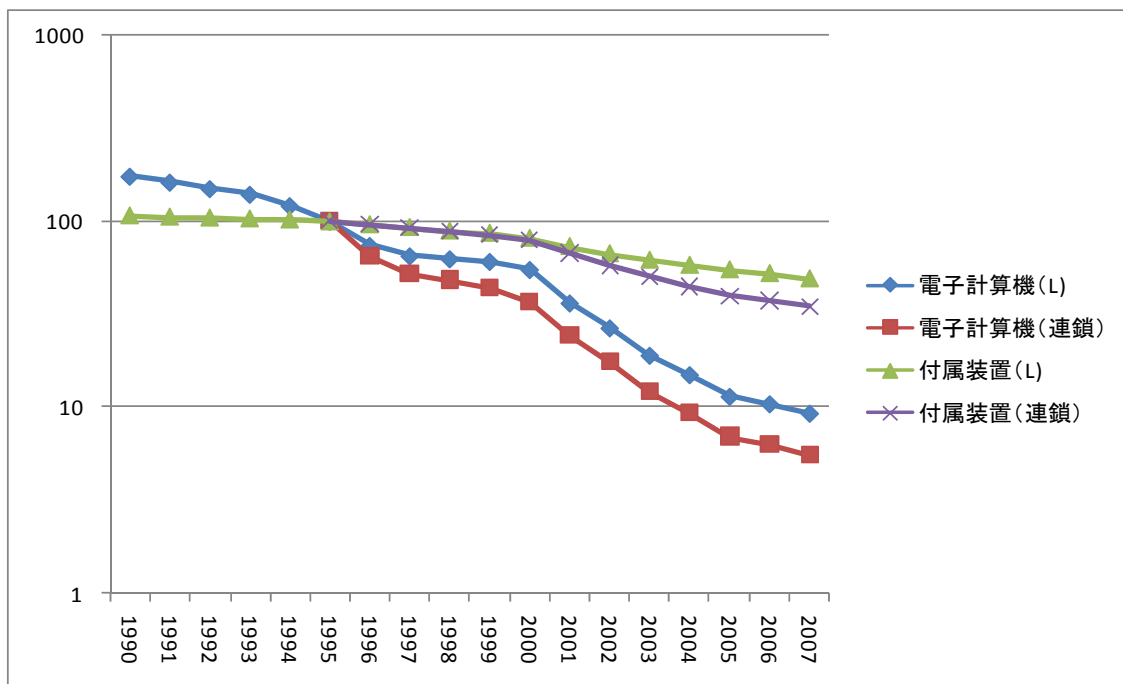


图 2：通信機械價格指數

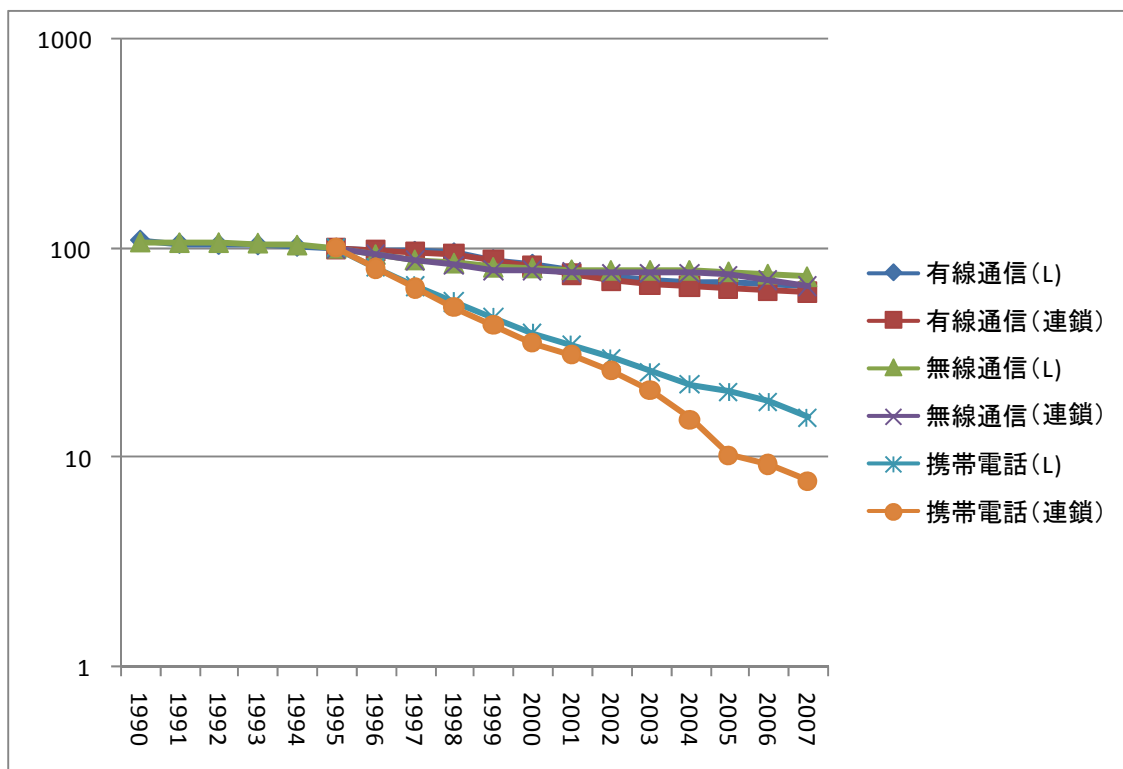


図3：ソフトウェア価格指数

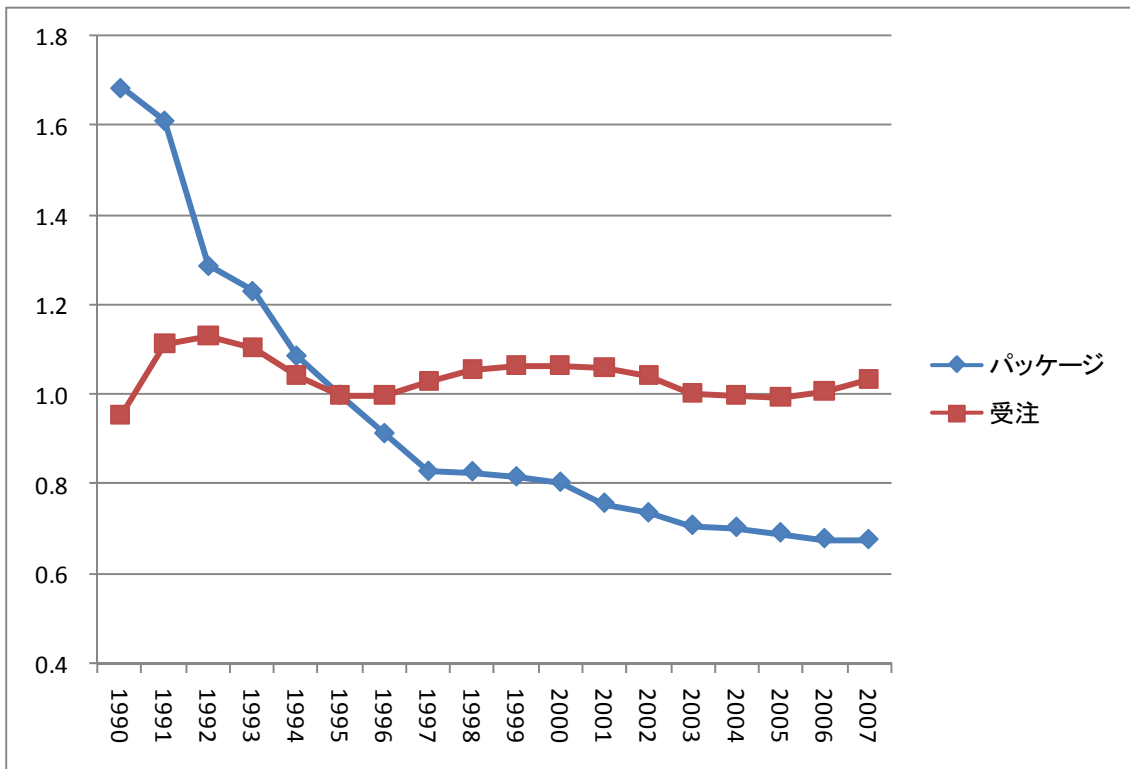


図4：半導体価格指数

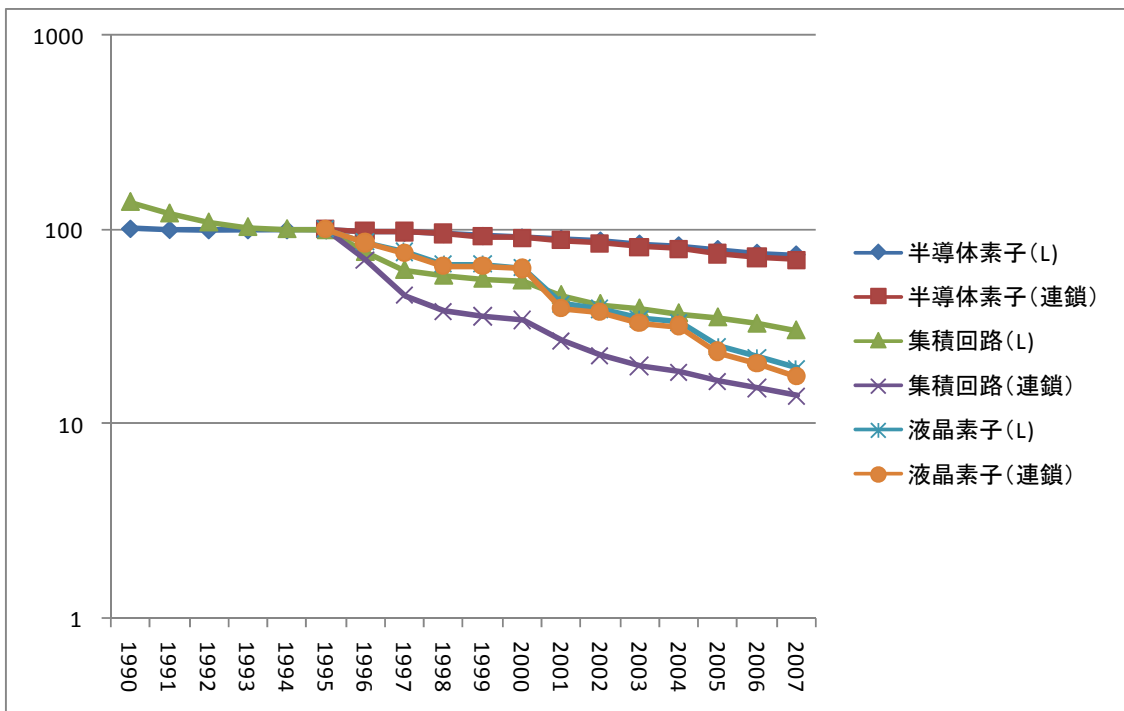


表 1 : 成長要因会計の結果

	1975-90	1990-00	2000-07
Gross Domestic Product	4.13%	1.45%	1.45%
Contribution of Information Technology	0.30%	0.30%	0.41%
Computers	0.17%	0.13%	0.09%
Software	0.07%	0.05%	0.12%
Communications Equipment	0.04%	0.06%	0.03%
Information Technology Services	0.01%	0.06%	0.17%
Contribution of Non-Information Technology	3.83%	1.15%	1.04%
Gross Domestic Income	3.01%	0.88%	0.88%
Contribution of Information Technology Capital Service:	0.29%	0.34%	0.51%
Computers	0.16%	0.15%	0.15%
Software	0.06%	0.06%	0.13%
Communications Equipment	0.06%	0.07%	0.06%
Information Technology Services	0.01%	0.06%	0.17%
Contribution of Non-Information Technology Capital Se:	1.78%	0.80%	0.23%
Contribution of Labor Services	0.94%	-0.26%	0.14%
Total Factor Productivity	1.10%	0.57%	0.57%

Notes: Average annual percentage rates of growth. The contribution of an output or input is the rate

図 5 : アウトプットと TFP のトレンド

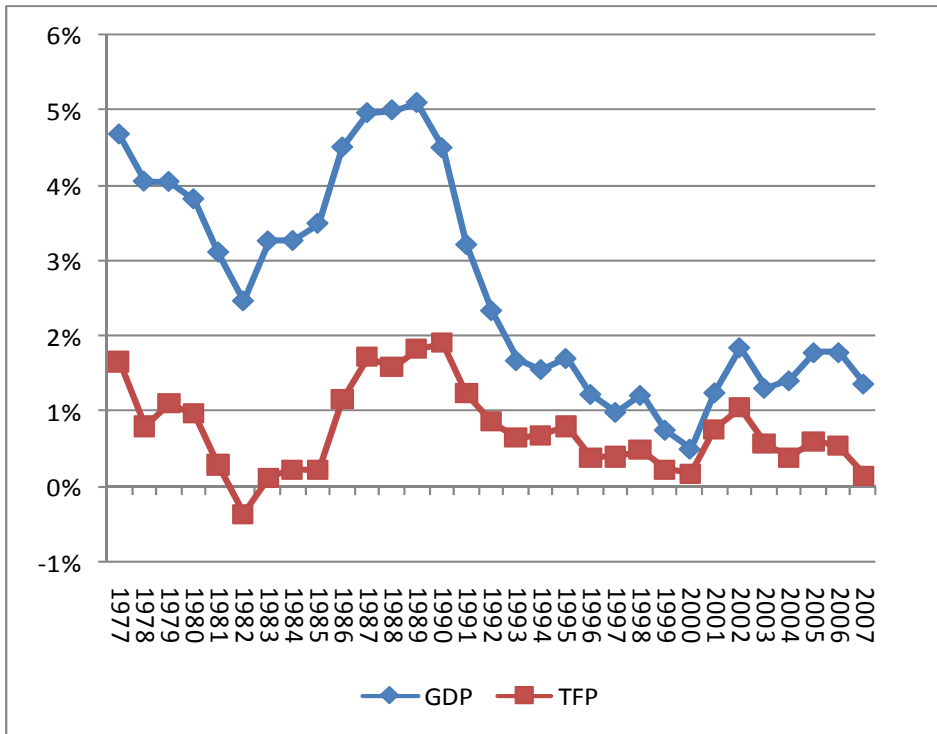


表 2 : 全要素生産性の分解

	1975-90	1990-00	2000-07
Total Factor Productivity Growth	1.10%	0.57%	0.57%
Contributions to TFP Growth:			
Information Technology	0.04%	0.16%	0.25%
Computers	0.06%	0.13%	0.16%
Software	-0.03%	-0.01%	0.01%
Communications Equipment	0.01%	0.04%	0.07%
Non-Information Technology	1.06%	0.41%	0.32%
Relative Price Changes:			
Computers	-6.75%	-9.96%	-18.39%
Software	5.08%	0.69%	-0.64%
Communications Equipment	-1.43%	-5.58%	-12.84%
Average Nominal Shares:			
Information Technology	2.00%	3.30%	3.50%
Computers	0.84%	1.27%	0.89%
Software	0.50%	1.26%	2.03%
Communications Equipment	0.67%	0.77%	0.58%
Non-Information Technology	98.00%	96.70%	96.50%

図 6 : IT 機器に対する半導体投入の状況 (1)

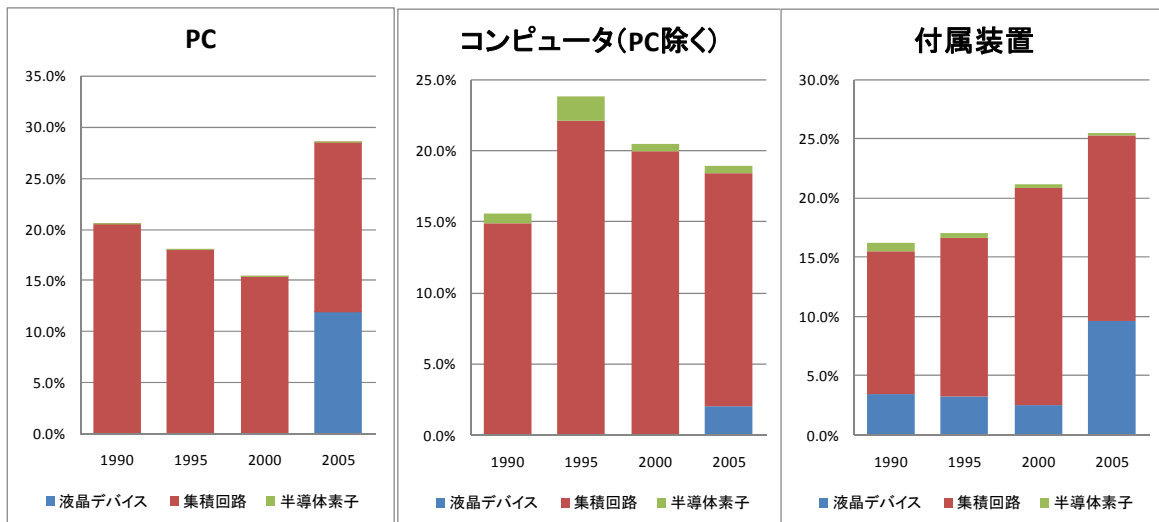


図 7 : IT 機器に対する半導体投入の状況 (2)

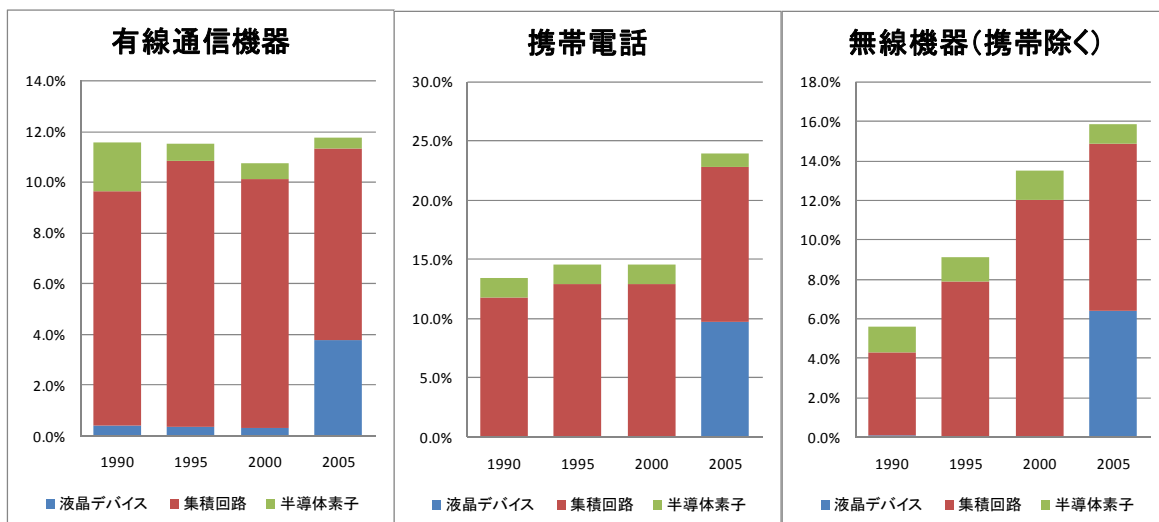


表3：マクロレベル生産性に対する半導体技術革新の影響

	1990-95	1995-00	2000-07
Aggregated TFP Growth Rate	0.65%	0.50%	0.57%
Contributions to TFP Growth:			
Information Technology	0.11%	0.23%	0.25%
Computers	0.08%	0.11%	0.14%
Software	0.00%	-0.01%	0.01%
Communications Equipment	0.01%	0.06%	0.06%
Semiconductor	0.02%	0.07%	0.04%
Non-Information Technology	0.55%	0.27%	0.32%
Semiconductor	0.02%	0.09%	0.09%
(Semiconductor Total)	0.04%	0.16%	0.13%
Relative Price Changes:			
Computers	-7.78%	-12.14%	-18.39%
Software	0.55%	0.83%	-0.64%
Communications Equipment	-2.08%	-9.09%	-12.84%
Semiconductor	-5.64%	-16.63%	-12.62%
Average Nominal Shares:			
Information Technology	3.04%	3.56%	3.50%
Computers	1.24%	1.29%	0.89%
Software	1.15%	1.37%	2.03%
Communications Equipment	0.65%	0.90%	0.58%
Non-Information Technology	96.96%	96.44%	96.50%

別紙1 資本財品目別投資額・価格データの推計方法

本研究においては、産業連関表において資本財を算出する行部門について、1970年から2005年までの5年おきの産業連関表（基本表）のすべてに共通した部門分類を作成し、当該部門の公的資本形成、民間資本形成及び家計消費をデータベース化した。詳細については、以下のとおりである。

1. 資本財に係る共通部門分類の作成

1970年から2005年の5年おきに整備されている資本マトリックスにおける行部門について、接続産業連関表のコンバータ情報等を参考にしながら、部門分類の時系列接続を実施。今回分析で用いる投資系列の部門分類は付表1-1（資本形成関係）及び付表1-2（耐久消費財関係）のとおりである。

2. 名目データの推計

- ・ 70, 75, 80, 85, 90, 95, 2000, 2005年々のそれぞれのベンチマーク年において上記の共通分類に従って公的資本形成、民間資本形成及び家計消費データを算出。
- ・ 年次データについては毎年の産業連関表（延長表）のデータを活用。ただし、延長表データとベンチマーク年データ（例えば85年基準の90年延長表と90年基本表データ）はズレが生じることからその段差を処理することが必要。段差修正の方法については以下のとおり。ただし、2000年以降は簡易産業連関表（経済産業省）を活用。
 - (1) 最終需要合計データで段差を5年間定率で吸収。
 - (2) 上記の各年における最終需要合計データ-輸出+輸入から国内最終需要を算出。（貿易統計については基本表と延長表で同じデータを用いていることから延長表データが正しいものと仮定。）
 - (3) 生産者価格から購入者価格への変換：ベンチ年における国内最終需要について購入者価格/生産者価格比率を算出し、中間年については変化率一定として、各年の購入者価格ベースの国内最終需要額を算出。（2000年については95年のマージンマトリックスを利用）
 - (4) 需要項目への分割：ベンチ年における家計消費、民間資本形成、公的資本形成のそれぞれが国内最終需要に占める割合を算出。中間年については、それぞれの割合が定率で変化するものと仮定し、毎年の国内最終需要データを需要項目別に分割

3. デフレーター作成

- ・ 公的資本形成及び民間資本形成については95年基準のWPIをベースとして、70年

まで遡及データを作成。ただし、2000年以降はCGPI(2000年基準を活用) 耐久消費財については対応する品目のCPIを用いて同様の処理を行った。

- ・ WPI(又は CPI)の方がより詳細なデータを提供し、投資額系列分類に統合する必要が生じた場合については、それぞれのWPI(又はCPI)の基準年におけるウェイトを用いて統合した。
- ・ 対応するWPI(又はCPI)が存在しないものについては、産業連関表ベースのインプリシットデフレーター(名目表と実質表から算出したもの)を活用。
- ・ なお、IT品目(電子計算機と通信機械)についてはWPI、CGPIの詳細品目データをベースに連鎖指数を算出(詳細については本文中の記載を参照)。

付表1-1: 資本形成(民間、公的)に係る品目分類

95-10コード		民間	公的
114011	かんきつ	○	
114012	りんご	○	
114019	その他の果実	○	
115029	その他の飲料用作物	○	
121019	その他の酪農生産物	○	
121099	その他の畜産	○	
122011	養蚕	○	
1519011	綱・網	○	○
1519021	じゅうたん・床敷物	○	○
1001	衣服、寝具	○	
1002	木製品、木製家具	○	○
1003	金属製品全般	○	○
1004	ボイラ・原動機	○	○
3012011	運搬機械	○	○
3013011	冷凍機・温湿調整装置	○	○
3019011	ポンプ及び圧縮機	○	○
3019021	機械工具	○	○
1005	産業用ロボット、特殊機械	○	○
3022011	化学機械	○	○
3024011	金属工作機械	○	○
3024021	金属加工機械	○	○
3029011	農業機械	○	○
3029021	繊維機械	○	○
3029031	食料品加工機械	○	○
1006	その他機械	○	○
1007	複写機、ワープロなど事務製品	○	○
1008	サービス製品(自販機など)	○	○
3112012	娯楽用機器	○	

付表 1-1 : 資本形成 (民間、公的) に係る品目分類 (つづき)

3211011	電気音響機器	○	○
3331011	電子応用装置	○	○
3212011	民生用電気機器	○	○
3332011	電気計測器	○	○
3411011	発電機器	○	○
3411012	電動機	○	○
1011	開閉制御装置及び配電盤、変圧器・変電器	○	○
3411099	その他の産業用重電機器	○	○
3421011	電気照明器具	○	○
1012	乗用車、トラックなど	○	○
3629011	鉄道車両	○	○
1013	航空機	○	○
3719011	自転車	○	○
3719031	カメラ、光学機器、時計	○	○
3911021	理化学機械器具	○	○
3919011	分析器・試験機・計量器・測定器	○	○
4111011	医療用機械器具	○	○
4111021	運動用品	○	○
4112011	情報記録物	○	○
4112021	住宅建築(木造)	○	○
4131031	住宅建築(非木造)	○	○
1014	非住宅建築(木造)	○	○
2722041	非住宅建築(非木造)	○	○
3021011	農林関係公共事業	○	○
1015	鉄道軌道、電力施設などの土木建設	○	○
1016	核燃料	○	○
1017	鉱山・土木建設機械	○	○
	金型・その他の一般産業機械機器及び部品	○	○
	鋼船・その他船舶・船用内燃機関	○	○
	産業用運搬車両・その他の輸送機械(除別掲)	○	○
	テレビラジオ	○	○
	ビデオ	○	○
	計算機	○	○
	通信機器	○	○
	受注ソフト	○	○
	パッケージソフト	○	○
	自社開発ソフト	○	○

情報化関連投資

付表 1-2 : 耐久消費財に関する部門分類と米国統計との対応関係

日本の対応品目 (95年基本表行コード)	米国(Private Consumption Expenditure)
乗用車 (3511-011)	Autos
トラック・バスその他 (3521-011)	Trucks
二輪乗用車(3531-011)	
	Others (RVs)
木製家具・装備品(1711-011)	Furniture
木製建具(1711-021)	
金属製家具・装備品(1711-031)	
日用陶磁器(2531-013)	China, Glassware
複写機 (3111-011)	Other Durables
電子式卓上計算機 (3111-091)	
電子計算機 (3311-011+3311-021)	Computers
通信機器 (3321011+3321021+3321099)	Computers peripheral equipment
ソフトウェア (8512011)	
ラジオ・テレビ受信機(3211-021)	Video and Audio
ビデオ機器(3211-031)	
電気音響機器 (3211-011)	
カメラ (3711-011)	Other
時計(3712-011)	
玩具(3911-011)	
運動用品(3911-021)	
楽器(3919-011)	

情報化関連投資

別紙2：ソフトウェアに関するデータの推計方法

1. ソフトウェアに関するデータの現状

企業の情報化投資にシフトするソフトウェア投資の割合は年々高まっており、ソフトウェア投資を正確に把握することは、情報化と生産性の関係について分析する際に重要になってきている。また、現在各国において導入が進んでいる93SNAにおいて、従来中間投入として取り扱われていた企業のソフトウェア投資が設備投資として取り扱われることとなり、各国においてソフトウェア投資に関するデータ整備が進んでいるところである。

ソフトウェアは、大きく①パッケージソフト、②受注ソフト、③自社開発ソフトの3種類に分類されるが、現在、日本のGDP統計においてソフトウェア投資として取り扱われているのは受注ソフトのみである。パッケージソフトについては企業の間接投入として取り扱われ、自社開発ソフトについては企業の生産活動のうち1つの独立したアクティビティとして取り扱われていない。ただし、産業連関表においては2000年基本表から資産計上されるパッケージソフトも資本形成として取り扱われるようになった。一方で米国のGDP統計においては、上記の3種類のソフトウェアがすべて投資として取り扱われており、日米比較を行う際にはこのような定義の違いに留意することが必要である。本稿においては、米国のGDP統計をベースに推計されているJorgensonグループによる分析結果と比較可能な分析を行うことを念頭において、パッケージソフトと自社開発ソフトについても独自に投資額の推計を行った。また、民間資本ストックと公的資本ストックでは資本サービス価格の算式が異なるため、それぞれをソフトウェアカテゴリ別に求めるとともに、家計部門の耐久諸費財による資本サービスフローを算出するために個人消費分（パッケージソフトのみ）についても算出する必要がある。以下、それぞれについて1970年、1973年～2007年までの年次データの推計に関する方法論を示す。

2. ソフトウェアの推計方法

(1) 受注ソフト

受注ソフトウェアについては、我が国統計の93SNA移行に伴い95年の産業連関表（基本表）から資本形成として取り扱われている。また、基本表と同時に作成される85-90-95接続産業連関表においても、85年まで遡って受注ソフトの資本形成が推計されているため接続産業連関表データをベンチマークとして、特定サービス産業実態調査（以下「特サビ実態」という）等のデータを用いて年次推計を行った。具体的な手順としては以下のとおり。

- ① ベンチマーク推計（ベンチ年；1970年、75年、80年、85年、90年、95年、2000年）
 - ・ 85年、90年、95年、2000年はソフトウェアの資本形成（85-90-95接続産業連関表及

び90-95-2000接続産業連関表) 70年、75年、80年については、産業連関表は行部門として情報サービス業(ソフトウェア+その他情報サービス)が存在するが、受注ソフトも中間投入として取り扱われている。また、特サビ実態は84年以降、受注ソフトとパッケージソフトを分割計上しているが、73年~83年はソフトウェア合計のみである。

- ・まず、75年及び80年の推計方法は、
 - I. 特サビ実態より、情報サービス業全体の売上に占めるソフトの割合を計算。
 - II. Iで求めた割合をつかって、10の情報サービス業の民間最終需要から10ベースのソフトにかかる民間最終需要を求める。
 - III. 83年以前の特サビ実態では受注ソフトとパッケージソフトが分かれていないので、83年の特サビ実態の受注ソフトとパッケージの比率を代用してソフト全体から受注ソフト分を推計。
- ・また、70年については特サビデータが存在しないので、産業連関表による70年と75年の「調査・データ処理・計算サービス」の国内生産の伸び率を用いて、上記の75年の受注ソフトの推計値から算出。

②年次推計

- ・各年における産業連関表(延長表)を使用活用。ただし、85年基準以前の延長表の情報サービス国内生産データは、90年基準以降と推計方法が違うことに注意。つまり、70年~85年基準の延長表は(事業所統計の事業者数)×(特サビの1事業所あたり出荷額)から推計。それに対して90年基準以降の延長表は(サービス業基本調査:89年から開始)×(特サビ出荷額の伸び率)で推計。受注ソフトの年次推計は、この推計方法と整合的に実施。
- ・85年-2007年:それぞれのベンチ年から特サビ実態の受注ソフト売上高の伸び率を用いて推計。
- ・73年-84年:事業所数については事業所統計データを伸び率一定で年次補間推計し、それに特サビによる事業所あたり出荷額を乗じることによって推計。ただし、特サビの82年以前は受注ソフトとパッケージソフトの分割が行われていないので、82年以前のデータについては83年の受注ソフト比率を活用。
- ・延長推計値と5年毎のベンチマーク値は異なることから、ベンチマークに併せて年次推計値を誤差率(伸び率)一定として補正。(段差修正)。
- ・最後にこれらのデータは生産者価格評価となっていることから購入者価格への変換を行った。ソフトウェアに関する流通マージンに関するデータは95年表からしか存在しない(それまではサービスとして流通マージンは0とされる)ことから、95年表の資本形成におけるソフトウェアの購入者価格/生産者価格(1.0014)を用いてすべてのデータを補正。

③ 民間資本形成と公的資本形成への分割

- ・ 85年から2000年までの間は85-90-95年及び90-95-2000接続表における分割比率から定率で年次分割比率を算出。2001年以降は2000年表の分割比率を利用。
- ・ 84年以前の産業連関表においては、情報サービス部門の中間投入に関するデータが存在。受注ソフトデータの民間、公的への分割は、当該データの中間投入における分割比率を活用。なお、当該データには受注ソフトの他、パッケージソフトやソフトウェア以外の情報サービスに関するデータも含まれるが、85年データの公的部門比率は受注ソフトで10.1%、パッケージソフトで12.1%とほぼ同じであったことからこの推計方法を選択。

(2) パッケージソフト

- ・ パッケージソフトは95年産業連関表(基本表)においても中間投入として取り扱われている。以下、受注ソフトと同様に5年毎のベンチマーク年と年次データのそれぞれの推計方法について示す。ただし、2000年表において資産化されるパッケージソフトについては資本形成に算入されることとなった。ただし、90-95-2000年表においては、95年と90年のパッケージソフトの資本形成分の推計が困難であったため、それまでどおり受注ソフトのみがソフトウェアの資本形成とされている。従って、2000年表の基本表と接続表を比べることによって、パッケージソフトの資本形成分を算出することが可能である。パッケージソフトの国内総需要に占める資本形成分は40.6%であることがわかったので、パッケージソフトに関する資本形成は下記によって国内総需要を求め、すべての年にこの40.6%を乗じることとした。

① ベンチマーク推計(ベンチ年; 1970年、75年、80年、85年、90年、95年、2000年)

- ・ 85, 90, 95, 2000年については、85-90-95年及び90-95-2000年接続表において受注ソフトが既に資本形成として取り扱われているため、ソフトウェアの中間投入はパッケージソフト分である。
- ・ 70, 75, 80年については、それぞれの年の産業連関表と特サビ実態を用いて受注ソフトと同じ方法で推計。なお、70年は、特サビにおいて受注ソフトとパッケージソフトの分割が行われていないので、75年データをベースに産業連関表における「調査・データ処理・計算サービス」の国内生産伸び率を用いて推計する方法も同様。(受注ソフトの項目参照)

①次推計

- ・ 85年-2007年: それぞれのベンチ年から特サビ実態のソフトウェアプロダクト(パッケージソフトに該当)の伸び率を用いて推計。
- ・ 73年-84年: 受注ソフトの各年の推計方法と同様。(受注ソフトの項目参照)
- ・ ベンチマーク値と延長推計値のズレについては、受注ソフトの項目で行った方法と同様に段差修正を実施。

- ・ 生産者価格から購入者価格への変換を実施。変化率については95年基本表のソフトウェア中間投入合計の購入者価格／生産者価格比率(1.144)をすべての年に用いた。

③ 政府と民間の分割

- ・ 産業連関表基本表における公的部門と民間部門の定義に従い、85-90-95年及び90-95-2000年接続表のソフトウェア中間投入からそれぞれの年の分割比率を算出。
- ・ 85, 90, 95, 2000年以外の年については、伸び率一定として中間補間。2001年～2007年については2000年の比率を用いた。

④ 家計消費の計算

- ・ 産業連関表においてソフトウェアの家計消費についてはそのすべてがパッケージソフトウェアであることが想定される。また、ソフトウェアの家計消費に関するデータは産業連関表以外には存在しないことから以下のとおり推計。
- ・ 85, 90, 95, 2000年については接続表からソフトウェア部門の家計消費を購入者価格に変換。(95年基本表における購入者価格／生産者価格比率：1.187を85年と90年に使用)
- ・ 年次推計については、特サビ統計のソフトウェアプロダクツの年次データを用いて、上記のベンチマーク年における段差補正を行いながら、内挿及び外挿推計を実施。

(3) 自社開発ソフト

自社開発ソフトについては、情報処理実態調査において一部調査結果は存在するものの、日本においてマクロな推計が行われた例はない。前述したとおり米国においては、GDP統計に自社開発ソフトの推計値が取り入れられており、ここでは米国商務省経済分析局(BEA: Bureau of Economic Analysis)における方法論を用いて日本における自社開発ソフトのマクロ推計を行った。なお、BEAによる推計方法の概要としては、以下のとおりである(Parker and Grimm (2000))。

- ・ ソフトウェアプログラマー・システムアナリストの数
- ・ 上記のプログラマー等におけるシステム開発に対するフルタイム換算(米国ではフルタイム換算値として0.5を採用)
- ・ プログラマー・SEの平均賃金と上記のフルタイム換算後の労働者数を乗じて総労働投入を算出
- ・ ソフトウェア開発には労働コストだけではなく、原材料や資本コストも必要なので、労働コストを補正して総コストに変換

上記のうちフルタイム換算値については米国同様0.5を用いた。それ以外にそれぞれの項目について以下その方法論を述べる。なお、1970年の自社ソフト開発費については、プログラマー数を求める際に重要となる特サビ実態が存在しないので、75年データをベースに産業連関表の「調査・データ処理・計算サービス」の国内生産の伸び率から簡易推計を行った。

① プログラマー・SEの数

A. ベンチマーク推計（ベンチ年；1975年、80年、85年、90年、95年、2000年）

- ・ 基本的な考え方としてはプログラマー等の総数から、ソフトウェア業者におけるプログラマー等（受注ソフトやパッケージソフトの開発に携わっていると考えられる）を引くことによって求める。
- ・ データとしては、国勢調査における職種別従業員数（95年データでは216部門）や国勢調査の1%任意抽出データから作成されている雇用マトリックス（職種別*産業別従業員数データ、95年データの産業分類は91部門）が存在する。また、特サビ実態から、ソフトウェア開発業者におけるプログラマー等の数も分かる。
- ・ 従って、ソフトウェア開発業に属さないプログラマーの数については、雇用マトリックスから直接求める方法と、国勢調査における総プログラマー数から録サビ実態におけるソフトウェア開発業者のプログラマー数を引く方法が存在する。雇用マトリックスは十分細かい分類で作成されていないことやプログラマー総数において国勢調査よりかなり少ない数となっていることから、後者の方法を用いている。
- ・ なお、95年データについては、情報処理技術者総数（国勢調査）が約60.4万人とソフトウェア開発業者におけるプログラマー等の数（特サビ実態調査）が約23.8万人で、その差は約36.6万人となる。
- ・ 本来は製品に体化されるソフトウェアを開発しているプログラマー（例えば半導体用ソフトウェア開発者）についても除外する必要がある。しかし、詳細な産業部門毎のプログラマー数に関する統計が存在しないことや雇用マトリックスで見た電機通信部門のプログラマー等の数は約3.4万人であり、調整率もそう大きくはないことが想定されることから、結論としてそのような調整は行っていない。

B. 年次推計

- ・ 国勢調査の実施されない年に関しては、SEやプログラマーの総数がわからないので、毎年行われる労働力調査の技術者の伸び率で、直近の国勢調査の値から延長した。その際、延長推計値と国勢調査値のズレについて一定比率で段差修正を実施。
- ・ ソフトウェア開発業者のSE・プログラマーの数については、毎年の特サビ実態を用いるが、1973年はSE・プログラマーの統計が存在しないことから74年の値を代用。
- ・ SE・プログラマーの賃金については、それぞれが属す産業の平均賃金を用いる方法とプログラマーという職種の平均賃金を用いる方法が存在する。
- ・ 従業員10人以上の事業所を対象に行われる賃金センサスによって産業別平均賃金と職種別平均賃金を比較すると、SE・プログラマーは他の職種と比べて比較的年齢が低く、平均賃金は同年代の他の職種と比較してやや高くなっている。これらの職種に属する従業員は、異なる産業間においても比較的均質は集団であることが考えられることから、ここでは、SE・プログラマーといった職種別の平均賃金を用いる

こととした。

- ・ 2001年-2007年：賃金センサスによるプログラマーとSEの平均賃金を特サビ実態のそれぞれの従業者数で加重平均した。
- ・ 94年以前：賃金センサスには、プログラマー、SE別の平均賃金が存在せず、男子についてはプログラマー、SE別の賃金、女子についてはこれらの平均賃金のみが存在。この期間においては、男子のプログラマーとSEの賃金比を用いて女子の平均賃金を分割し、特サビ実態の男女別、プログラマー・SE別従業員数で加重平均を行った。

④ 人件費以外のファクターの調整

- ・ ソフトウェア開発には人件費以外にも原材料や資本減耗分等のコストがかかることから、最後にこれまで求めた人件費をベースにソフトウェア開発費の総額ベースへの補正が必要。
- ・ 基本的には産業連関表の情報サービス部門（列部門としてはソフトウェアと情報処理サービスが統合されている）の投入構造における人件費割合の逆数を乗じるイメージ。ただし、産業連関表の雇用者所得には、個人事業主や家族従業者の給料が算入されていないため、雇用表の総労働者数に占める雇用者数の割合をベースに雇用者所得を膨らます。その上で国内生産額における人件費割合を算出。
- ・ なお、1995年のデータについての、人件費から総額への割増倍率は2.53倍となり、そのうち中間投入0.98、資本コストの割合は1.55となっている。
- ・ また、これらの計算については雇用表が存在する5年おきに行うことが可能であるが、年次データの推計については5年おきにデータを線形補間することによって求めた。

⑤ 推計値の検証

- ・ 上記の推計プロセスによって得られた95年の自社開発ソフトの総額は約1.9兆円となった。これに対して今回の推計による受注ソフトの総額が約3.6兆円、パッケージソフトの総額が0.8兆円（家計分を含む）となっている。
- ・ また、民間資本形成と公的資本形成の分割については、データが存在しないことから自社開発ソフトはすべて民間資本形成とした。
- ・ 情報処理実態調査においてはソフトの開発プロジェクト件数をパッケージ、受注、自社開発の分類で調査しており、2000年調査によると、それぞれの比率が27%、24%、47%となっている。自社開発ソフトのプロジェクト件数が最も多くなっているが、一件あたりの規模がソフトウェア開発業者におけるプロジェクトと比較して小さいことが考えられることから、上記の推計による自社開発ソフトの規模は、オーダー的には妥当なものであるということが分かる。

別紙3：労働データの推計方法

ここでは労働データの推計方法について述べる。なお、下記の方法は2000年以降のデータについて行ったもので、2000年以前のデータについては、同様の方法によって推計された慶応大学グループによる推計結果（慶応大学産業研究所, 1996; Kuroda et. al. 2007）を用いている。まず、データの内容であるが、下記の分類に従って、性別×年齢×性別×教育水準別×就業形態別のデータを作成した。

付表3：労働データの分類

性別	年齢階級	教育	就業形態
1 男	1 19歳	1 中卒	1 雇用者
2 女	2 20-24歳	2 高卒	-雇用者
	3 25-29歳	3 高専・短大卒	-役員
	4 30-34歳	4 大字・大学院卒	-常用労働者
	5 35-39歳		2 自営業者
	6 40-44歳		-雇人のある業主
	7 45-49歳		-雇人のない業主
	8 50-54歳		-家庭内職者
	9 55-59歳		3 家族従業者
	10 60-64歳		
	11 65歳		

人員、労働時間及び賃金のそれぞれについての推計方法としては以下のとおりである。

(2) 人員

- ・ コントロールトータルとしては、SNAによる毎年の労働者数と雇用者数（上記の就業形態1に対応）を活用
- ・ 5年ごとの人口センサスと労働力調査のデータを用いて雇用者に関する男女別・年齢階級別のデータを作成
- ・ 賃金構造センサスにより、上記のそれぞれのカテゴリについて教育水準別のデータに分割
- ・ 雇用者以外のデータについては、SNAによる労働者数－雇用者数とする（1分類）

(3) 労働時間

- ・ コントロールトータルとしては、SNAにおける年平均労働時間を活用
- ・ 5年ごとの人口センサスを用いて雇用者に関する男女別・年齢階級別のデータを作成
- ・ 賃金構造センサスにより、上記のそれぞれのカテゴリについて教育水準別のデータに分割。なお、人口センサスがいない年については、2000年及び2005年の人口センサスと賃金構造センサスのギャップ情報を用いて内挿推計（2006年以降は2005年のギャップ情報を活用）。

- ・ 雇用者以外の労働者については、毎月勤労特別統計のデータを活用

(4) 賃金

- ・ コントロールトータルとしては、SNAにおける雇用者所得を活用（就業形態1の雇用者について）。
- ・ 賃金構造センサスの情報を用いて推計
- ・ 雇用者以外の労働者については、毎月勤労特別統計のデータを活用

補論A：資本ストックに関するレンタルサービス価格

ここでは Jorgenson による資本サービス価格 (Jorgenson (1963)) に関する理論と本研究で用いたレンタルサービス価格の定式化についてのべる。

まず、ある時点 t における資本ストック K_t は、それ以前に購入された資本財 (A_{t-v} : $v=0, 1, 2, \dots$) によって形成されているものであり、資本財のビンテージ (v) によってその資本サービスの効率性 (d_v) が異なることから、 K_t は以下のとおり書き表すことができる。

$$K_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} d_{\tau} A_{t-\tau} \quad (\text{A1})$$

また、ビンテージ毎の効率性の減衰率 $m_t (=-(d_t - d_{t-1}))$ を導入すると、資本ストックの差分は以下のとおりとなる。

$$K_t - K_{t-1} = A_t + \sum_{\tau=1}^{\infty} (d_{\tau} - d_{\tau-1}) A_{t-\tau} = A_t - \sum_{\tau=1}^{\infty} m_{\tau} A_{t-\tau} = A_t - R_t \quad (\text{A2})$$

ここで、 R_t は、資本財のビンテージ毎の効率性減衰パターン (age-efficiency profile) に基づく、資本ストックの減衰量 (または replacement requirement) である。なお、ビンテージが高まることに効率性が一定比率 (δ) で減少していくパターンの場合、以下の方法で、資本ストックを計算することができる。

$$K_t = A_t + K_{t-1} - R_t = A_t + (1 - \delta) K_{t-1} \quad (\text{A3})$$

このように資本ストックは、過去に投資された資本財の系列を資本サービスの効率性のウェイトをかけて、積み上げていくことによって推計される。その一方で、当該資本ストックを使用する際のコストである資本レンタル価格 (P_k) については、市場で観察される資本財の価格 (P_A) が将来の資本レンタル価格の総和と等しくなるという資本市場の裁定条件から導かれる。

すなわち、資本財価格は以下のとおり定式化できる。なお、ここでは税制の影響を考えないベンチマークケースとして議論を進める。

$$q_{A,t} = \sum_{\tau=0}^{\infty} d_{\tau} q_{K,t+\tau+1} \quad (\text{A4})$$

ここで、 q_A 、 q_K は、それぞれ資本財の購入価格 (P_A)、資本レンタル価格 (P_k) の $T=t$ 時点の現在価値で評価したものである。つまり、 r を利子率とした時に

$$q_{K,t+\tau+1} = \left(\prod_{s=1}^{\tau+1} \frac{1}{1+r_{s+t}} \right) p_{K,t+\tau+1} \text{ であることに留意されたい。}$$

(A4) 式を時間で差分をとると

$$q_{A,t} - q_{A,t-1} = -q_{K,t} - \sum_{\tau=1}^{\infty} (d_{\tau} - d_{\tau-1}) q_{K,t+\tau+1} = -q_{K,t} + \sum_{\tau=1}^{\infty} m_{\tau} q_{K,t+\tau+1} = -q_{K,t} + q_{D,t} \quad (A5)$$

ここで、 $q_{D,t}$ は t 時点における資本財の減価償却 (age-price profile) である。これを現在価値に割り引かれる前の価格に戻して、 p_K を求める式に変換すると

$$p_{K,t} = r_t p_{A,t-1} + p_{D,t} - (p_{A,t} - p_{A,t-1}) \quad (A6)$$

すなわち、資本レンタル価格は、購入費用分の利子所得と当該資本財の減価償却費を加えたものから当該資本財のキャピタルゲインを引いたもの（資本投資が行われるための裁定条件）となる。また、資本の減価償却率が一定の場合（ $p_{D,t} / p_{A,t-1} = \delta$ ）、資本レンタル価格は、以下のとおりとなる。

$$p_{K,t} = (r_t + \delta - \frac{p_{A,t} - p_{A,t-1}}{p_{A,t-1}}) p_{A,t-1} \quad (A7)$$

例えば減価償却率が高いと投資をより短い時間で回収しないといけなくなることから、資本レンタル価格はより高くなる。また、資本財価格が低下している資本ストックについては、将来にキャピタルロスが発生することが予想されるためやはり資本レンタル価格はより高くなる。このように資本財の価格が同じでも、減価償却率や資本財価格の変化率によって資本レンタル価格は異なることに留意することが必要である。

式 (A7) は税制などの影響を無視した基本モデルであるが、実際には、資本財の種類や所有主体によって、用いるレンタルサービス価格の式は異なる。ここでは、野村 (2005) を参考にして、所有主体別に以下の式を用いた。

・ 公的部門 (non-profit organization)

税制による影響を受けないことから以下のとおり。

$$p_{K,t} = p_{A,t-1} r_t + p_{A,t} \delta - (p_{A,t} - p_{A,t-1})$$

・ 家計部門 (household sector) :

固定資産税 (税率: τ) の影響を受けるだけであることから以下のとおり。

$$p_{K,t} = p_{A,t-1} r_t + p_{A,t} \delta - (p_{A,t} - p_{A,t-1}) + p_{A,t} \tau_t$$

・ 企業部門 (corporate sector) :

法人税 + 事業税 (u) と固定資産税 (τ) の影響を受けるものとした。ただし、事業税については、すべての業種において課税ベースが法人税と同様であるものと簡略化した。

$$P_{K,t} = \left(\frac{1 - u_t z_t}{1 - u_t} \right) (P_{A,t-1} r_t + P_{A,t} \delta - (P_{A,t} - P_{A,t-1})) + P_{A,t} \tau_t$$

なお、 z は当該資産の減価償却分を現在価値に割り戻したものである。なお、利子率 (r) が一定で、法定償却率を $\hat{\delta}$ とすると、

$$z = \frac{\hat{\delta}}{r + \hat{\delta}}$$

となる。

- ・ 在庫と土地は償却資産

上記の各式は償却資産に対するものであるが、在庫と土地についてはそれぞれ δ と Z をゼロとおいたものとする。

補論B：資本ストックの質を勘案したレンタルサービス額の算出方法

(1) 資本サービスの集計の問題

成長要因会計において資本の寄与度を算出する際には、資本財別の資本ストックの単純は合計ではなく、資本ストックに占める資本財別構成が変化することによる質の変化を勘案することが重要である。ここでは、Ho, Jorgenson and Stiroh (1999)に従って、資本サービスの集計の問題について整理する。

資本サービス全体の経済成長に対する貢献度は、 $\left(\frac{p_K K}{pY}\right) \frac{\dot{K}}{K}$ であるが、 $\frac{\dot{K}}{K}$ は、個々の資本財別の資本ストックである $\frac{\dot{K}^i}{K^i}$ を何らかの形で集計したものであるが、その際のウェイトとして何を用いるかによって集計量として持つ意味が異なる。その際のウェイトとしては、そもそも資本サービス額の考え方が、資本ストック (K) という資本サービスを供給するための物理的な量にそれを活用するための単位コストである資本レンタル価格 (Pk) を乗じたものであることから、それぞれの財における当該資本サービス額のシェアを用いることが適当である。これを離散型ディジビタ指数で表すと以下のとおりとなる。

$$\ln\left(\frac{K_t^{PK}}{K_{t-1}^{PK}}\right) = \sum_i \bar{v}_{i,t} \ln\left(\frac{K_{i,t}}{K_{i,t-1}}\right) \quad (B1)$$

$$\text{ここで、} \bar{v}_{i,t} = \frac{1}{2}(v_{i,t-1} + v_{i,t}), \quad v_{i,t} = \frac{P_{k,i,t} K_{i,t}}{\sum_i P_{k,i,t} K_{i,t}} \text{である。}$$

また、各期の資本ストックの経済的価値はその期の資本財価格 (PA) によって評価することができることから、資本ストック額を示す集計量として、以下のとおり資本財価格によるシェアで集計したものも考えられる。

$$\ln\left(\frac{K_t^{PA}}{K_{t-1}^{PA}}\right) = \sum_i \bar{w}_{i,t} \ln\left(\frac{K_{i,t}}{K_{i,t-1}}\right) \quad (B2)$$

$$\text{ここで、} \bar{w}_{i,t} = \frac{1}{2}(w_{i,t-1} + w_{i,t}), \quad w_{i,t} = \frac{P_{A,i,t} K_{i,t}}{\sum_i P_{A,i,t} K_{i,t}} \text{である。}$$

最後に資本ストック量を単純集計したものとして以下の集計量を与えることができる。

$$\ln\left(\frac{K_t}{K_{t-1}}\right) = \ln\left(\frac{\sum_i K_{i,t}}{\sum_i K_{i,t-1}}\right) \quad (\text{B3})$$

これは資本ストック量を示す集計値であり、(13)と(11)または(12)との差は、資本ストックの品目構成の変化に伴う質の変化を表すものといえる。

参考文献

- 慶応大学産業研究所(1996)、KEOデータベース、慶応大学産業研究所KEOモノグラフシリーズ No.8
- 日本銀行調査統計局 (2001)、物価指数の品質調整を巡って：卸売物価指数、企業向けサービス価格指数における現状と課題、日本銀行調査統計局物価統計課、Working Paper 01-6
- 野村浩二(2004)、『資本の測定—日本経済の資本深化と生産性』、慶応大学出版会
- 元橋一之 (2005)、『IT イノベーションの実証分析』、東洋経済出版社
- van Ark, B. (2002), Measuring the New Economy: An International Comparative Perspective, *Review of Income and Wealth*, 48(1), 1-14
- Bresnahan, T., Brynjolffson, E. and L. Hitt (2000), IT, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor: A Firm Level Analysis, *Quarterly Journal of Economics*,
- Brynjolffson, E. and L. Hitt (1995), Information Technology as a Factor of Production, the Role of Differences among Firms, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3, pp. 183-199
- Brynjolffson, E. and Chris F. Kemerer (1993), Network Externalities in Microcomputer Software: An Econometric Analysis of the Spreadsheet Market, Center for Information Systems Research, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, CISR Working Paper No. 265. November 1993
- Colecchia, A., and P. Schreyer (2002), “ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OECD Countries,” *Review of Economic Dynamics*, 5(2), 408-42.
- Gandal, N. (1994), Hedonic Price Indexes for Spreadsheets and an Empirical Test for Network Externalities, *RAND Journal of Economics*, 25(1), 160-170.
- Ho, S. M., Jorgenson, D. W. and K. Stiroh (1999), US High-Tech Investment and the Pervasive Slowdown in the Growth of Capital Services, September 29, 1999, mimeo
- Jorgenson, D. W. (2001), Information Technology and the US Economy, *American Economic Review*, vol. 91, No. 1, March 2001
- Jorgenson, D. W. (1963), Capital Theory and Investment Behavior, *American Economic Review*, vol. 57, No. 3, May 1963, pp. 217-224
- Jorgenson, Dale W., Mun S. Ho, and Kevin Stiroh (2005), “Growth of U.S. Industries and Investments in Information Technology and Higher Education,” in Carol Corrado, John Haltiwanger, and Daniel Sichel, eds., *Measurement of Capital in the New Economy*, Chicago, University of Chicago Press

- Jorgenson, Dale W., Frank M. Gollop, and Barbara M. Fraumeni (1987), *Productivity and U.S. Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge MA
- Jorgenson, Dale W. and K. Motohashi (2005), Information technology and the Japanese economy?, *Journal of the Japanese and International Economies*, 19(2005), 460-481
- Jorgenson, Dale W. and Kazuyuki Motohashi (2004), Potential Growth of the Japanese and U.S. Economies in the Information Age, ESRI Discussion Paper, March 2004
- Jorgenson, Dale W. and K. Nomura (2005), The industry origins of Japanese economic growth, *Journal of the Japanese and International Economies*, 19(2005), 482-542
- Jorgenson D. W. and K. Stiroh (2000), Raising the Speed Limit: US Economic Growth in the Information Age, *Brooking Paper on Economic Activities* 31(2000-1), 125-236
- Kanamori, T. and K. Motohashi(2008) , Information Technology and Economic Growth: A Comparison between Japan and Korea”, *Seoul Journal of Economics*, 21(4), 505-526
- Kuroda, M., K. Motohashi and K. Shimpo (2007), Investigating Productivity Slowdown in the 1990's by using the KLEM database in Japan, in *Productivity in Asia: Economic Growth and Competitiveness*, Jorgenson D., M. Kuroda and K. Motohashi ed, Edward Elgar
- Motohashi, K(2008), Comparing IT Service Management between Japanese and US Firms by Econometric Approach, *Journal of Harbin Institute of Technology (New Series)*, 15(Sup.1) 252-255
- Motohashi, K. (2007), Firm-level analysis of information network use and productivity in Japan, *Journal of The Japanese and International Economies* , 21(2007), 121-137
- OECD (2003), *ICT and Economic Growth: Evidence from OECD Countries, Industries and Firms*, OECD Paris France
- OECD (2000), *OECD Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry-Level and Aggregate Productivity Growth-Revision 2.2*, OECD, Paris
- Oliner, S. & D. Sichel (2000), “The Resurgence of Growth in the Late 1990's: Is Information Technology the Story”, FRB discussion paper, May 2000
- Parker, R. and B. Grimm (2000), Recognition of Business and Government Expenditure for Software as Investment: Methodology and Quantitative Impacts, 1959-98, BEA, US Department of Commerce
- US Department of Commerce (2002), *Digital Economy, 2002*, US Department of Commerce, Economics and Statistics Administration