

情報技術の他の生産要素との代替性

浅井 澄子*

要 約

情報技術投資は産業全体に広がり、情報技術は経済活動に深く浸透するようになった。本論文の目的は、我が国における情報技術と他の生産要素との関係を実証分析することにある。費用関数の推定から、情報資本ストックと一般の資本ストックとは補完的關係であるのに対し、情報資本ストックと労働は代替的であることが示された。第2に、情報資本サービス価格の低下は情報資本ストックの急速な拡大をもたらしたが、労働需要は労働価格の上昇と資本サービス価格の低下の双方から減少したことが明らかになった。

1 はじめに

インターネットに象徴される情報技術は、現在では経済活動や社会生活全般に浸透するようになり、これに伴い、情報技術の生産活動への影響についての関心も高まっている。情報技術に関する議論には、生産性パラドックスの問題に加え¹⁾、雇用への影響に代表される情報技術と他の生産要素の關係が論点として挙げられ、最近では、米国を中心に、これらの問題に関する実証研究が蓄積されるようになった²⁾。一方、我が国では e-Japan 戦略と称して、情報技術の普及に力が注がれているが、本件に関する経済的分析は緒についたばかりである。

従来の技術革新が主として生産部門に影響を与えたと考えられるのに対し、情報技術の影響は、生産部門のみならず、事務部門における活動様式や中間管理職の雇用形態にも及んでいるものと想

定される。とりわけ、我が国経済は、1991年以降の GDP の伸びの鈍化とともに、失業率が高水準にあることから、本論文では、情報技術の普及と雇用との關係を中心に議論したい。

情報技術の雇用への影響には、幾つかの側面が考えられる。一つは、人手によっていた定型的作業が、コンピュータに置き換えられるという効果である³⁾。二番目は、企業の組織変革による影響である。情報伝達コストの低下とともに、企業組織はフラット化に向かうと言われているが⁴⁾、我が国の就業者全体に占める管理的職業従事者の比率は、1992年をピークに、現在では低下している⁵⁾。三番目は、ベンチャー企業の設立やシステム・エンジニアの需要の増大に象徴されるように、情報技術が新たな雇用機会を創出する効果である。我が国では、1990年から1999年までの間に、情報技術革新によって、200万人以上の雇用創出効果があったと推定されている⁶⁾。終身雇用

*大妻女子大学 社会情報学部

に代表される日本型雇用システムが変化しつつあることを踏まえ、以下では、費用関数の推定を通じて、生産要素間の代替・補完関係を明らかにするとともに、生産要素需要の変動要因を分解することによって、情報技術の雇用への影響を考える。

これまで米国を中心に行われてきた情報技術の影響に関する実証分析では、情報化投資の進展が産業や企業によって差異があるとの認識から、企業単位のデータで分析したものが多く。しかし、その際に用いられるような企業別情報化に関する大規模なデータ・ベースは、現在のところ、我が国には存在しない⁷⁾。つまり、現状では、産業別データが公表されたデータの最小単位ということになる。今回使用した産業別データは、1970年から1998年までの間で作成可能である。しかし、情報化投資と総称した場合、1970年代や1980年代のパソコンの利用は、単体での利用であって、現在のようなネットワーク化の現象は見られなかった。現在の情報化の意義は、単に膨大なデータの処理や事務処理の迅速化だけではなく、情報を瞬時かつ双方向で伝達し、これを利用することによって得られると考えられる。情報技術の内容や活用方法が変化していることを踏まえ、本論文では、サンプル数は少なくなるが、ネットワーク化が進展し始めた1990年以降を対象を限定する。

以下では、第2節で推定モデルについて説明する。第3節ではデータの作成方法とデータから見た産業別情報化の特徴を概観する。第4節が推定結果の概要であり、第5節が本論文の結論である。

2 モデル

情報資本ストックと他の生産要素との関係に関する先行研究として、Nishimura *et al.* (2001), Dewan and Min (1997) がある。Nishimura *et al.* は、1980年以降の我が国の製造業を対象に可変費用関数の推定によって、Allen の偏代替弾力性を計測している。Dewan and Min は、企業別データを使った CES-トランスログ生産関数によ

る代替弾力性の計測事例である。本論文の主たる目的は、生産要素間の代替・補完関係の検証であることから、弾力性に関し事前の制約を課さないトランスログ型総費用関数を選択し、ここから偏代替弾力性の計測と生産要素投入量の変動要因を分析する。

まず、総費用関数が $C_t = f(\mathbf{W}_t, Y_t)$ で表されたとする。 \mathbf{W} は生産要素価格ベクトル、 Y は生産量である。(1)がトランスログ型総費用関数であり、実際の推定に当たっては、(2)のシェア方程式を付加した推定を行っている。さらに、次項で述べるとおり産業別データを使用していることから、 m の産業特性を表す産業別定数項 δ_{ij} を加えている。

$$\begin{aligned} \ln C_t &= \sum_{m=1}^n \alpha_m + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln W_{it} + \alpha_Y \ln Y_t \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln W_{it} \ln W_{jt} \\ &+ \sum_{i=1}^n \beta_{iY} \ln W_{it} \ln Y_t + \frac{1}{2} \beta_{YY} (\ln Y_t)^2 \\ \sum_i \alpha_i &= 1, \quad \beta_{ij} = \beta_{ji}, \quad \sum_i \beta_{ij} = 0, \\ \sum_j \beta_{ij} &= 0, \quad \sum_i \beta_{iY} = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$$S_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln W_{jt} + \sum_{i=1}^n \beta_{iY} \ln Y_t \quad (2)$$

ここで、 $S_i = \mathbf{W}_i X_i / \Sigma \mathbf{W}_i X_i$ 、 X は生産要素需要量(数量)である。

トランスログ型費用関数の場合、Allen の偏代替弾力性 δ_{ij} は(3)により求められる。 δ_{ij} が正のとき代替的、負の場合に補完的關係である。(4)は、生産要素需要の価格弾力性 ε_{ij} を表す。 $i \neq j$ の場合の弾力値である交差価格弾力性は、 ε_{ij} が正のとき代替的、負の場合に補完的となる。

$$\delta_{ij} = (\beta_{ij} + S_i S_j) / S_i S_j \quad i \neq j \quad (3)$$

$$\delta_{ii} = (\beta_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i^2$$

$$\varepsilon_{ij} = \delta_{ij} S_j \quad (4)$$

また、(3)、(4)で計測された価格弾力性を利用して、生産要素需要量の変化を要因分解することができる。Pindyck (1979) と Kako (1980) により、生産要素需要量 $X_i = X(\mathbf{W}_i, Y)$ を全微分し、シェアの定義式により、(5)が得られる。ここでの

ε^Y とは、規模の経済性指標 $\varepsilon^Y = \partial \ln C / \partial \ln Y$ である。右辺第1項が生産要素価格変化による需要変化分、第2項が生産量変化による生産要素需要の変化分である。

$$\begin{aligned} \frac{dX_i}{X_i} &= \sum_j \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln W_j} \frac{dW_j}{W_j} + \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln Y} \frac{dY}{Y} \\ &= \sum_j \varepsilon_{ij} \frac{dW_j}{W_j} + \left(\varepsilon^Y + \frac{\beta_{iY}}{S_i} \right) \frac{dY}{Y} \end{aligned} \quad (5)$$

3 データ

(1) データの作成方法

本論文では、生産要素を情報技術関連資本ストック（以下、「IT資本ストック」という）、IT資本ストックを除く資本ストック（以下、「一般資本ストック」という）、労働の3種類とする。また、対象となる産業は、『国民経済計算年報』の産業分類における製造業とサービス業である。ただし、我が国においてIT資本ストックの比率が非常に低い不動産業と、費用最小化の行動が必ずしも当てはまらないと考えられる公務の2部門を除いている。この結果、対象となる産業部門は、以下の19業種となる。食料品、繊維、パルプ・紙、化学、石油・石炭、窯業・土石、一次金属、金属製品、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、その他製造業、建設、電気・ガス・水道、卸・小売、金融・保険、運輸・通信、サービス業。

①生産要素需要量

資本ストック・データに関しては、宮川・伊藤・原田（2001）から提供されたデータを基礎として作成した⁸⁾。資本ストック・データは、1970年の『国富調査』から、ベンチマークとなる純資本ストックを決定し、その後を恒久棚卸法によって1998年までの資本ストック・データとして作成する。この産業全体の資本ストックを『産業連関表』の「固定資本マトリックス」を用いて、産業別に分けている。しかし、宮川・伊藤・原田のIT資本ストック・データは、電子計算機、通信機器、事務用機器のハードウェアを対象とし、ソフ

トウェアを含んでいない。本論文では、近年、ソフトウェアの重要性が高まっていることを考慮し、日本経済研究センター（2000）で作成された産業集計のソフトウェア資本ストックを「固定資本マトリックス」に基づき産業別に分け、これをハードウェアの資本ストックに加えることで、新たにハードウェアとソフトウェアの双方を対象とするIT資本ストック・データを作成した⁹⁾。IT以外の一般資本ストック・データは、宮川・伊藤・原田のデータから、ソフトウェアの資本ストックを控除して作成した。

労働量(L)は、厚生労働省『勤労統計調査年報』の労働時間指数に内閣府『国民経済計算年報』の雇用者数を乗じて算出した。

②生産要素価格

IT資本価格は、Christensen and Jorgenson（1969）にしたがい、 $p_t^i(r_t + \delta_{m,t}) / (1 - \tau_{m,t})$ により算出した。添え字のmは、今回対象とする19の産業、tは1990年から1998年のデータであることを示す。 p_t^i は日本銀行卸売物価指数の電子・通信機器価格指数、 $\delta_{m,t}$ は減価償却率である。減価償却率はハードウェアについては0.24、ソフトウェアでは0.2とし、これを上記①で作成したハードウェアとソフトウェアの資本ストック比率で加重平均した。ここでの0.24とは、Fraumeni（1997）が提示した項目別減価償却率を各資本ストックで加重した値である¹⁰⁾。ソフトウェアの減価償却率の0.2とは、我が国の法人税法がソフトウェア開発費用の償却期間を5年と定めていることによる¹¹⁾。rは、日本銀行『経済統計年報』による長期プライム・レート、 τ は法人税率で『国税庁統計年報書』業種別所得金額に占める法人税額の比率である。

一般資本ストックの資本価格は、IT資本価格と同様に、 $p_t^i(r_t + \delta_{m,t}) / (1 - \tau_{m,t})$ に基づき算定した。 p_t^i は、日本銀行卸売物価指数の資本財価格指数である。一般資本ストックの減価償却率 $\delta_{m,t}$ は、『国民経済計算年報』の産業別資本減耗を①の資本ストックで除したものである。rと τ は、IT資本価格の算定に用いたものと共通であ

表1 相関係数

	労働量	IT 資本	一般資本	生産量	トレンド
労働量	1.000				
IT 資本ストック	0.745	1.000			
一般資本ストック	0.790	0.915	1.000		
生産量	0.962	0.757	0.787	1.000	
タイム・トレンド	-0.004	0.125	0.088	0.031	1.000

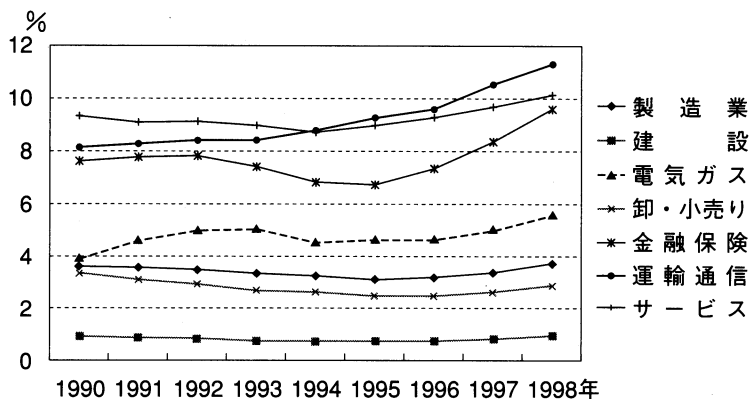


図1 総費用に占める IT 資本費用の比率

る。

労働価格は、『国民経済計算年報』の経済活動別雇用者所得を、①で作成した労働量で除することによって求めた。

③生産量

生産量(Y)は、『国民経済計算年報』の経済活動別国内総生産を国内総生産デフレーターで実質化した値である。

(2) データの特徴

表1は、(1)項で作成された生産要素需要量、生産量とタイム・トレンドとの相関係数を示したものである。労働量はタイム・トレンドと負の相関関係を示す。また、労働量と生産量、IT資本ストックと一般資本ストックの相関係数が、それぞれ0.962、0.915と高いことが特徴として挙げられる。

また、1990年から1998年の生産要素価格については、労働価格が失業率の上昇にも関わらず、全

産業で上昇している一方、IT資本価格と一般資本価格は全産業で低下し、逆の動きを示している。

図1は、前項に基づくデータから計算された総費用に占めるIT資本費用の比率を示したものである。ここでは食料品からその他製造業までを製造業として集計し提示している。図1から示されるように、産業間でIT資本費用の比率に乖離はあるが、サービス部門でこの比率は比較的高い。製造業の中でIT資本費用の占める比率が最も高いのは、電気機械であり、その比率は1998年時点で7.9%である。また、IT資本サービス価格は時系列で低下しているが、1995年以降、総費用に占める比率は上昇しており、情報技術が各産業で浸透しつつあることを示している。一方、労働費用の比率については、運輸通信業では1995年、その他部門については1996年をピークに、その後は低下している。

表2 推定結果

パラメータ	モデル1	モデル2
α_{KI}	0.04497 (0.0018)*	0.04700 (0.0018)*
α_L	0.61631 (0.0097)*	0.55054 (0.0111)*
α_Y	0.38630 (0.0273)*	0.08169 (0.0299)*
α_{YY}	0.09588 (0.0400)*	-0.01950 (0.0284)
β_{KNKN}	0.10713 (0.0165)*	0.07069 (0.0140)*
β_{LKN}	-0.06808 (0.0165)*	-0.03078 (0.0139)**
β_{LKI}	0.00786 (0.0036)**	0.01074 (0.0036)*
β_{KNI}	-0.04435 (0.00916)*	-0.06607 (0.0074)*
β_{LY}	0.03124 (0.00930)*	0.05341 (0.0075)*
食料品	-0.24805 (0.0198)*	-0.50283 (0.0241)*
繊維	-0.22735 (0.1141)**	-0.96537 (0.0988)*
パルプ・紙	-0.69207 (0.0799)*	-1.37933 (0.0738)*
化学	-0.61603 (0.0262)*	-1.07674 (0.0246)*
石油・石炭	-2.18407 (0.0580)*	-2.72806 (0.0553)*
窯業・土石	-0.69329 (0.0602)*	-1.37636 (0.0605)*
一次金属	-0.33287 (0.0276)*	-0.80655 (0.0275)*
金属製品	-0.33510 (0.0350)*	-0.95379 (0.0410)*
一般機械	0.11562 (0.0247)*	-0.30097 (0.0190)*
電気機械	0.24668 (0.0289)*	-0.01010 (0.0142)
輸送機械	0.21403 (0.0262)*	-0.22194 (0.0233)*
精密機械	-1.06230 (0.1191)*	-1.76025 (0.1003)*
その他製造業	0.48728 (0.0244)*	0.08678 (0.0180)*
建設	0.53472 (0.0333)*	0.44784 (0.0215)*
電気・ガス・水道	-0.09641 (0.0270)*	-0.47509 (0.0215)*
卸・小売	1.11656 (0.0483)*	1.19683 (0.0368)*
金融・保険	-0.03118 (0.0297)	-0.28463 (0.0142)*
運輸・通信	0.76749 (0.0319)*	0.57008 (0.0163)*
サービス	1.51922 (0.0547)*	1.66915 (0.0437)*
タイム・トレンド		
1991年		0.04239 (0.0111)*
1992		0.05734 (0.0111)*
1993		0.08646 (0.1181)*
1994		0.09293 (0.0117)*
1995		0.11869 (0.0133)*
1996		0.14490 (0.0143)*
1997		0.15616 (0.0147)*
1998		0.14796 (0.0142)*
対数尤度	760.24	824.46
修正済み決定係数		
総費用関数	0.9968	0.9984
労働シェア	0.0411	0.0055
IT資本ストック	0.3354	0.3343

() 内の数値は、White の不均一分散一致標準誤差 *は1%、**は5%水準で有意であることを示す。

4 計測結果

(1)の総費用関数に労働シェア方程式と一般資本ストック・シェア方程式を付加し、最尤法で推定した結果が表2である。モデル1は産業別定数項ダミー、モデル2は産業別定数項ダミーのほかに、タイム・トレンドを定数項ダミーとして加えている。関数の推定では、(1)で示すとおり、予め要素価格に関する一次同次性と対称性の制約を加えている。

推定された関数は、モデル1とモデル2について、総費用が生産要素と生産量の非減少関数であることをサンプルの全域で満たす¹²⁾。また、サンプル平均で測った生産要素価格の凹性については、ヘッセ行列式の非正定符号により符号条件を

満たしていることが確認されている¹³⁾。

2つのモデルにおいて赤池の情報量基準では、モデル2の方が優れている。しかし、モデル2では、 α_{YY} の推定値が有意ではないため、以下では、モデル1の推定結果を基に計算された値を提示し、平均値で計算された値については、双方のモデルの結果を掲載する。

表3は、(3)に基づく産業別 Allen の偏代替弾力性の計測結果である。表3は、1998年の値を使って計算した結果であるが、1990年から1998年の全期間の全産業でIT資本ストックと一般資本ストックの偏代替弾力性 δ_{KIKN} は負の値で補完的關係、IT資本ストックと労働の弾力性値 δ_{KIL} 、一般資本ストックと労働の弾力性値 δ_{KNL} は正で代替的關係にある。

表3 Allenの偏代替弾力性(1998年)

	IT資本と一般資本 δ_{KIKN}	IT資本と労働 δ_{KIL}	一般資本と労働 δ_{KNL}
食料品	-1.3678	1.2925	0.6875
繊維	-1.0483	1.2776	0.6912
パルプ・紙	-1.6768	1.3672	0.7002
化学	-1.5309	1.2570	0.6674
石油・石炭	-1.6287	1.2689	0.6690
窯業・土石	-2.3042	1.4726	0.7071
一次金属	-1.2399	1.2393	0.6716
金属製品	-1.9225	1.4187	0.7059
一般機械	-1.2248	1.2383	0.6734
電気機械	-1.1105	1.1979	0.6510
輸送機械	-0.9672	1.1807	0.6447
精密機械	-1.3113	1.2924	0.6910
その他製造業	-1.5003	1.3173	0.6913
建設	-1.9386	1.3902	0.7017
電気・ガス・水道	-1.3030	1.1977	0.6370
卸・小売	-0.8687	1.1546	0.6209
金融・保険	-1.2411	1.1950	0.6385
運輸・通信	-1.1114	1.2003	0.6531
サービス	-0.7801	1.1415	0.6093
平均値計測			
モデル1	-1.5632 (0.1289)*	1.2837 (0.1048)*	0.6738 (0.1108)*
モデル2	-1.1095 (0.1001)*	1.4151 (0.1144)*	0.8610 (0.0757)*

()内の数値は、標準誤差 *は1%水準で有意であることを示す。

表 4 需要の自己・交差価格弾力性 (1998年)

	ϵ_{KKI}	ϵ_{KKN}	ϵ_{LL}	ϵ_{KN}	ϵ_{KNI}	ϵ_{KI}	ϵ_{LN}	ϵ_{KLN}	ϵ_{LKN}
食料品	-1.1292	-0.3413	-0.3029	-0.5000	-0.0616	0.7704	0.0583	0.4098	0.2513
織 維	-1.1094	-0.3366	-0.3223	-0.4037	-0.0518	0.7314	0.0632	0.3957	0.2662
パルプ・紙	-1.1749	-0.3343	-0.3181	-0.6594	-0.0621	0.7896	0.0507	0.4044	0.2754
化 学	-1.1158	-0.3452	-0.2682	-0.4919	-0.0735	0.8010	0.0603	0.4253	0.2144
石油・石炭	-1.1252	-0.3453	-0.2689	-0.5265	-0.0748	0.8076	0.0583	0.4258	0.2162
窯業・土石	-1.2413	-0.3300	-0.3225	-0.9362	-0.0670	0.8427	0.0428	0.4046	0.2873
一次金属	-1.0970	-0.3453	-0.2784	-0.4112	-0.0651	0.7748	0.0651	0.4199	0.2227
金属製品	-1.2060	-0.3301	-0.3238	-0.7802	-0.0632	0.8095	0.0467	0.4028	0.2865
一般機械	-1.0965	-0.3452	-0.2775	-0.4078	-0.0645	0.7754	0.0652	0.4217	0.2242
電気機械	-1.0667	-0.3431	-0.2596	-0.3347	-0.0681	0.7754	0.0735	0.4213	0.1962
輸送機械	-1.0500	-0.3419	-0.2588	-0.2859	-0.0649	0.7654	0.0792	0.4179	0.1906
精密機械	-1.1278	-0.3399	0.3060	-0.4878	-0.0595	0.7655	0.0586	0.4092	0.2570
その他製造	-1.1458	-0.3398	-0.3065	-0.5593	-0.0628	0.7794	0.0551	0.4090	0.2577
建 設	-1.1954	-0.3358	-0.3092	-0.7521	-0.0664	0.8181	0.0476	0.4129	0.2722
電気等	-1.0712	-0.3383	-0.2458	-0.3684	-0.0781	0.7945	0.0718	0.4225	0.1801
卸・小売	-1.0253	-0.3339	-0.2475	-0.2359	-0.0668	0.7636	0.0888	0.4107	0.1686
金融・保険	-1.0677	-0.3391	-0.2484	-0.3540	-0.0757	0.7891	0.0729	0.4216	0.1821
運輸・通信	-1.0685	-0.3436	-0.2611	-0.3380	-0.0675	0.7749	0.0729	0.4216	0.1986
サービス	-1.0104	-0.3292	-0.2448	-0.2046	-0.0652	0.7585	0.0954	0.4049	0.1598
平均値計測	-1.1299	-0.3449	-0.2859	-0.5294	-0.0703	0.7912	0.0577	0.4152	0.2282
モデル 1	(0.011)*	(0.067)*	(0.011)*	(0.043)*	(0.002)*	(0.068)*	(0.005)*	(0.066)*	(0.037)*
	-1.1815	-0.4218	-0.4130	-0.4465	-0.0521	0.7791	0.0655	0.4740	0.3465
モデル 2	(0.013)*	(0.041)*	(0.011)*	(0.040)*	(0.002)*	(0.064)*	(0.006)*	(0.037)*	(0.030)*

表中の数値は、モデル 1 における 1998 年の値。

ϵ_{ij} j 財の価格変化に対する i 財の需要量の変化を示す (KI: IT 資本ストック, KN: 一般資本ストック, L: 労働)

() 内の数値は標準誤差 *は 1%水準で有意であることを示す。

表5 生産要素投入量変化の要因（年平均変化率）

	IT 資本ストック		一般資本ストック		労働	
	価格	生産量	価格	生産量	価格	生産量
モデル 1	0.1117 (0.0035)*	-0.0007 (0.00003)*	0.0353 (0.0057)*	-0.0002 (0.00004)*	-0.0242 (0.0022)*	-0.0004 (0.00004)*
モデル 2	0.1093 (0.0038)*	-0.0004 (0.00003)*	0.0404 (0.0034)*	0.0001 (0.00004)**	-0.0351 (0.0019)*	-0.0001 (0.00003)*

() 内の数値は、標準誤差 *は1%水準, **は5%水準で有意であることを示す。

また、 δ_{KIL} は1を上回るが、図1の総費用に占めるIT資本費用の比率が高い産業部門では値が低い傾向にあり、ITへの置換が容易な領域では、既に代替が行われていることが伺われる。

表4は、モデル1による3つの生産要素の需要の自己価格弾力性、交差価格弾力性を計測したものである。自己価格弾力性は、3つの生産要素について想定とおりの値となる。労働の弾力性の絶対値が最も小さく、IT資本ストックはすべての産業で弾力的である。

生産要素需要量の変化は、(5)により、要素価格変化による変化分と生産量変化による変化分に分けることができる。表5は、1990年から1998年の変化率の産業別平均値を示したものである。モデル1では、IT資本ストックは、価格変化によって年平均11.17%増加、生産量変化によって0.07%減少し、その結果、全体では11.1%増加するという結果になっている。推定期間中は景気後退の時期にあたるため、モデル1では、3つの生産要素とも生産量変化による投入量の変化分はマイナスである。また、表4から示されるとおり、IT資本ストックが価格弾力的であるため、IT資本ストックの方が一般資本ストックよりも要素価格の変化によって投入量が大きく増加している。さらに、労働投入量については、生産量減少の影響に加え、労働価格の上昇、IT資本と一般資本の価格低下から生じる価格効果によって、マイナスとなっている。

5 結論

本論文では、IT資本ストックと一般資本ストックが補完的關係、IT資本ストックと労働、一般資本ストックと労働が代替的關係であることが確認された。また、要素需要変化の要因を要素価格変化と生産量変化に分解すると、労働需要の減少は、生産量の減少によるほか、IT資本価格と一般資本価格の低下ならびに労働価格の上昇によってもたらされていることも示された。つまり、IT資本ストックの価格低下がIT資本ストックの需要の伸びを支えているのに対し、労働需要の減少の一部は、労働価格の下方硬直性によりもたらされているということになる。今回の推定結果から、労働価格が相対的に上昇する限り、情報技術の普及は、我が国の雇用情勢を厳しいものにするという懸念は当てはまることになる。

しかし、我が国の15歳から64歳までの生産年齢人口は、既に1995年をピークに、その後は減少していること¹⁴⁾、賃金水準から見た国際競争力を考慮すると、資本と労働が代替的關係であることをマイナス面にとらえるのではなく、情報技術の普及を促進し、より高付加価値な分野に特化して、産業構造を転換していくという長期的視点も必要となろう。

以下では残された課題を述べることで、本論文の結びとしたい。最初の2点は、データに関する問題である¹⁵⁾。情報技術は変化が激しく、その利用形態は産業や企業によって異なる¹⁶⁾。本論文では1990年以降の19産業のデータをプールして推定を行ったが、米国のように大規模な企業別データ

が得られれば、短期間を対象とした推定や業種別の検証も可能になろう。

第2に、本論では生産要素の一つである労働を一本化して推定した。しかし、情報技術に対しては、単純な生産労働とシステム・エンジニアのような情報技術に直結した労働とは、性格を異にする。情報技術の影響を詳細に分析するには、データが得られれば、労働を細分化して検証することが望ましい。

最後に、今回は給費用関数の推定を行ったが、これに代えて可変費用関数の推定を行うことは、今後の発展形の一つである¹⁷⁾。

注

- 1) 生産性パラドックスの議論の契機は、Solow が1987年7月12日付けの New York Times の Book Review で述べた “You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics” である。
- 2) 具体的に、生産性パラドックスの議論については、Lichtenberg (1995) や Brynjolfsson and Hitt (1996) 等、生産要素の代替性については Dewan and Min (1997) 等がある。
- 3) 日本労働研究機構 (2000) は、アンケート調査で定型的業務のウエイトが低下していること、また、将来はウエイトがより低下すると見込まれることを示している。
- 4) 情報化の進展と企業組織の関係については、Brynjolfsson, Malone, Gurbaxani and Kambil (1994) 参照。
- 5) 総務省「労働力調査報告」による。
- 6) 厚生労働省『労働経済の分析』2001年度版による。
- 7) 我が国での企業レベルの分析は、アンケート調査を実施して行われる。アンケート結果を活用した分析には、松平 (1998) や経済企画庁編 (2000) がある。しかし、米国の先行研究が大規模なデータ・ベースを利用して行われているのに対し、経済企画庁の生産性に関する分析で用いられたサンプル数は86であり、分類して分析することによって、その数はさらに少なくなっている。
- 8) 今回、産業別一般資本ストック、産業別 IT 資本ストック (ハードウェア)、集計レベルのソフトウェア・データに関して、(社)日本経済研究センター伊藤氏からご提供いただいた。記して厚く感謝申し上げる。
- 9) ソフトウェアが資本ストックとして統計上取り扱われるようになったのは、93SNA 以降である。このため、「固定資本マトリックス」にソフトウェアを独立の項目として計上しているのは、1995年のマトリックス・データに限られる。一方、「固定資本マトリックス」以外のソフトウェアを対象とする統計情報として、経済産業省『我が国情報処理の現状—情報処理実態調査』がある。しかし、この調査はアンケート調査で、データ数と時系列の連続性の点で問題がある。したがって、ここでは1995年の「固定資本マトリックス」のデータを使って、産業全体のソフトウェアを産業別に配分することとした。しかし、このことは、ソフトウェアの産業別構成比が1990年から1998年の間で変化していないことを前提としており、これについても問題は残されている。2000年の「固定資本マトリックス」のデータが得られれば、期間中の産業別ソフトウェア構成比を線形補間することも可能であるが、2000年のデータは現時点では未発表である。このため、現行方式には産業別ソフトウェアの推定に改善の余地があることを記しておく。
- 10) 松平 (1998) はハードウェアの減価償却率に0.25という値を用いて分析している。
- 11) 日本経済研究センター (2000) の産業集計ソフトウェア資本ストック・データの作成に当たっても、減価償却率を0.2としている。
- 12) 限界生産性 MP_i は、限界費用を MC で表すと、 $MP_i = W_i / MC = (W_i / \epsilon^Y) (Y / C)$ である。サンプル全域で $MC > 0$ が確認されていることから、全域で $MP_i > 0$ となる。したがって、IT 資本ストックの限界生産性が負の値

になるという意味での生産性パラドックスは、ここでは支持されない。

- 13) 凹関数であることは、 $C_{ii} = \partial^2 C / \partial P_i^2 \leq 0$ 、かつ、 $C_{ii}C_{jj} - C_{ij}C_{ji} \geq 0$ 、 $i \neq j$ 、 $i, j = KI, KN, L$ を満たすことである。サンプル全域で $C_{ii} = \partial^2 C / \partial P_i^2 \leq 0$ を満たすが、 $C_{ii}C_{jj} - C_{ij}C_{ji} \geq 0$ をすべて満たす組み合わせは、モデル 1 については、総観測数171のうち95 (不等式総数513のうちの437) である。また、この不等式を満たさない負の値とは、 $-0.00002 \sim -0.0024$ の範囲にある。モデル 2 についても、サンプル全域で $C_{ii} = \partial^2 C / \partial P_i^2 \leq 0$ を満たすが、 $C_{ii}C_{jj} - C_{ij}C_{ji} \geq 0$ をすべて満たす組み合わせは、総観測数171のうち114 (不等式総数513のうちの456) である。この不等式を満たさない負の値とは、 $-0.000018 \sim -0.0028$ の範囲内にある。
- 14) 総務省統計局「日本の推計人口」<http://www.stat.go.jp/data/nihon>
- 15) 情報技術に関する統計データの問題全般については、Moulton (2000) が詳しい。
- 16) 企業組織等によって情報技術の効果が異なることについては、Bresnahan, Brynjolfsson and Hitt (2001) 参照。
- 17) 最近のコンピュータのダウンサイジングによって、企業の情報化投資には長期間を要しないことが想定される。一方、今回の推定では労働が価格に対し感応的ではなく、また、最近では見直されてはいるものの、日本型の雇用形態を考慮すると、どの生産要素が可変要素であるのか、アプリアリには判断しがたい。この点、Nishimura *et al.* は、生産要素価格に関する凹性を満たす組み合わせで、固定要素と可変要素の決定を行っている。

参考文献

経済企画庁編 (2000) 「IT化が生産性に与える効果について—日本版ニューエコノミーの可能性を探る」『政策効果分析レポート2000』大蔵省印刷局

- (社)日本経済研究センター (2000) 『日本経済の再出発Ⅱ—IT革新の衝撃とその評価』(社)日本経済研究センター
- 松平 Jordan (1998) 「日本企業における IT 投資の生産性」『FRI Review』10月号 43-57
富士通総研 経済研究所
- 宮川努・伊藤由樹子・原田信行 (2001) 「産業別 IT 投資と産業間の波及効果」(社)日本経済研究センター編『情報化と企業行動』第 3 章
(社)日本経済研究センター
- Berndt, E. R. and C. J. Morrison (1995), "High-tech Capital Formation and Economic Performance in U.S. Manufacturing Industries An Exploratory Analysis," *Journal of Econometrics*, Vol. 65, 9-43.
- Bresnahan, T. F., E. Brynjolfsson and L. M. Hitt (2001), "Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence," *Quarterly Journal of Economics*, Issue 1, 339-376.
- Brynjolfsson, E and L. Hitt (1996), "Paradox Lost? Firm-level Evidence on the Returns to Information Systems Spending," *Management Science*, Vol. 42, No. 4, 541-558.
- Dewan, S. and C. Min (1997), "The Substitution of Information Technology for Other Factors of Production: A Firm Level Analysis," *Management Science*, Vol. 43, No. 12, 1660-1675.
- Fraumeni, B. M (1997), "The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Product Accounts," *Survey of Current Business*, July, 7-23.
- Jorgenson, D. W. and K. J. Stiroh (2000), "Raising the Speed Limit: U.S. Economic growth in the Information Age," *Brookings Paper on Economic Activity*, Vol. 1, 125-235. The Brookings Institution.
- Kako, T. (1980), "An Application of the

- Decomposition Analysis of Derived Demand for Factor Inputs in U.S. Manufacturing," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. LXII, 300 - 301.
- Lichtenberg, F. R (1995), "The Output Contributions of Computer Equipment and Personnel : A Firm-Level Analysis," *Economic Innovations and New Technology*, Vol. 3, 201 - 217.
- Moulton, B. R (2000), "GDP and the Digital Economy : Keeping up with the Changes," Brynjolfsson, E. and B. Kahin eds, *Understanding the Digital Economy*, The MIT Press.
- Nishimura, K., M. Shirai and K. Minetaki (2001), "The Effects of Information Technology on Demand for Labor and Technological Progress in Japanese Manufacturing : 1980-1998," mimeo.
- OECD (1999), "OECD Workshops on the Economics of the Information Society : A Synthesis of Policy Implications," DSTI/ICCP/IE (99) 1. OECD Working Party on the Information Economy.
- Pindyck, R. S. (1979), "Interfuel Substitution and the Industrial Demand for Energy : An International Comparison," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. LXI, 169 - 179.
- Stiroh, K. J. (1998), "Computers, Productivity, and Input Substitution," *Economic Inquiry*, Vol. XXXVI, 175 - 191.
-

The Substitution of Information Technology for Other Factors

SUMIKO ASAI

School of Social Information Studies, Otsuma Women's University

Abstract

Information Technology investments have expanded across industries and IT has penetrated deeply into our economic activities. The purpose of this paper is to analyze the relationship between IT and other inputs factors in Japan.

From an estimation of the cost function, the following conclusions are presented. First, while information technology serves as a substitute for labor, IT capital stock and ordinary capital stock are complementary. Secondly, the decrease in the price of IT capital services created a high rate of growth in IT capital stock. On the other hand, labor demand declined due to the increase in the cost of labor and the decrease in the prices of capital services.

Key Words (キーワード)

Information Technology (情報技術), Substitutability (代替性), Elasticity (弾力性), IT investment (IT 投資)