

○魏 海洪, 渡辺千仞 (東工大社会理工学)

1. 序論

ここ数年、経済の情報化が急展開している。近年、日本では企業の情報化投資は拡大し、より最適な企業経営の実現に向けた構造改革と新たなビジネスモデルの導入が進みつつある。また、インターネットを中心とした情報関連産業への期待も高まっている。IT (情報技術) の急速な進展は競争力に決定的影響を及ぼす。それは生産体系へのITの体化 (Incorporation) と利用面の制度的柔軟性 (Institutional elasticity) に依存している。そして、それは、

- ① ハードやソフトなどIT産業自体の生産性向上、
- ② ITストックの蓄積に伴う労働の資本装備率上昇や労働代替効果
- ③ ITのユーザー側でIT以外の資本ストックや労働力の生産性をも押し上げる相乗効果

3ルートを経て経済全体の生産性を向上させることが期待される。以上の経済全体の生産性向上の3ルートは、いずれも「IT化のスピルオーバー効果」としてとらえられる。急速なIT化の進展は多くの産業がIT化を推進し、それが業種間に活発にスピルオーバーする。¹

そして、以上の背景をふまえて、本研究は、IT投資の収益性・収益構造に視点を据えて、それが政策を誘発する効果を分析することをねらいとする。このため、IT投資を労働 (IT運用管理) と資本 (ハード、ソフト、ネット) に分解して、IT生産要素 (I) を構築し、それを生産体系へ体化させ、それに基づき、1975年～1999年の四半世紀の日本の製造業及び主要業種を対象に、計量的な実証分析を行い、命題の解明に迫る。

2. 分析

2.1 分析フレームワーク

本研究は序論で示した研究の焦点に即して、図1のフレームワークに基づき、IT化の進展、収益向上、生産性の上昇の循環構造についての分析を行う。

2.2 生産要素の構築・検証

分析フレームワークに沿った計量経済学的な実証分析を行うため、業種別の情報化関連支出をベースにIT生産要素の構築を行う。情報化投資には多額の投資が必要である。ハードウェアの購入、システムの開発、日常のシステム運用、利用部門の人たちに対する情報活用の教育など、すべてが情報化投資である。

分析のために、利用するデータベースは、通商産業省「我が国情報処理の現状」のみである。このデータについて、長所として取り上げられるのは以下のような点である。

- ① 業種別データが長期的にとれる。
- ② ソフトウェアについての長期的データが存在する。
- ③ 業種別のレンタル・リース費用がわかる。
- ④ 導入・保守料や、労働費用、アウトソース費用など、補完的費用がわかる。

他方、短所としては従来次のような点が指摘されてきた。

- ① アンケートデータなので、各業種トータルの情報化関連投資額の動きを反映しているか不明である。
- ② 電子計算機・同付属品の分類の判断を企業に頼っているため、そのカバレッジは過少になる可能性がある。

「我が国情報処理の現状」は、日本企業のIT支出に関する、マイクロ詳細なデータを提供する反面、大企業を中心としたア

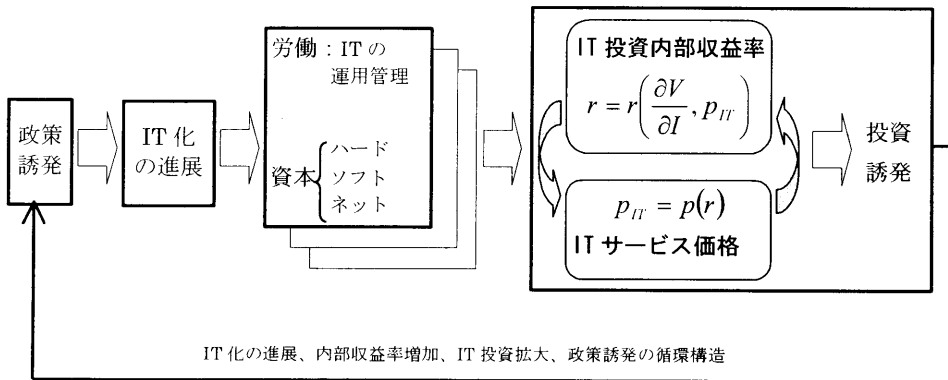


図1 分析の基本フレーム

¹ 詳細は、第16回年次学術大会予稿集2B19 (魏、渡辺) 参照。

ンケート調査によって「1社当たりの平均支出額」として、まとめているので、国民経済体系に沿った分析を行うためには、これを国民経済体系の枠組みと整合的に位置づける必要がある。

2.3 要素別 IT 生産要素の構築

要素別の IT 生産要素の構築手順は次のように示される。

- ① 「我が国情報処理の現状」(通商産業省、各年版)より1社あたりの名目 IT 要素費用を入手。
- ② 名目 IT 要素費用をデフレートし、実質化する。
- ③ 資本分実質 IT 要素費用をストックに換算し、IT 資本要素を計測。
- ④ IT 労働要素と資本要素により、IT 生産要素を構築。

2.3.1 製造業の情報化コストの計測

製造業の情報化コスト GIC (Gross Information Cost) は次式により計測する。

$$\begin{aligned}
 GIC &= \text{一社当たり情報化関連支出額} \times \text{情報化推進企業数} \\
 &= \omega \{ (1+\varepsilon)a + b + c + d \} MS \\
 &= \omega \cdot (1+\varepsilon) \cdot MS \cdot a + \omega \cdot MS \cdot b + \omega \cdot MS \cdot c + \omega \cdot MS \cdot d \\
 &= GILC + GISC + GINC + GILC \\
 \varepsilon &= \frac{\text{通信関連機器}}{\text{コンピュータ} + \text{事務用機器}} \\
 &= 21.8\% \quad (\text{1995年の割合を採用、製造業全体}) \\
 &\quad (\text{固定資本マトリックスによる})
 \end{aligned} \tag{1}$$

MS: 情報化推進をしている、資本金10億円以上企業
 (「大企業」と称す)の数
 ω : 大企業とサンプル平均とのIT投資の比率

「我が国情報処理の現状」によるマイクロデータはサンプルデータであり、企業規模により情報化関連支出額がかなり違っている。よって、サンプル平均を大企業平均に換算するのは必要である。「我が国情報処理の現状」1995年-1998年版の4年間のデータを用いて、 ω の推定を次式より行う。

$$\begin{aligned}
 \omega &= \text{average} \left(\frac{\text{「大企業」一社当たり投資額}}{\text{サンプル一社当たり投資額}} \right) \\
 &= 2.05 \quad (\text{1995年-1998年の平均、製造業全体})
 \end{aligned} \tag{3}$$

1975、1980、1985、1990、1995年産業連関表の固定資本マトリックスより製造業全体のハード関連費用を研究開発「大企業」ベース利用して、1974年から1999年までのデータを補完する。1975年-1998年間の情報化推進企業数 MS を次式より推定する。

$$\ln MS = 3.14 + 0.65 \ln N \tag{4}$$

(3.36) 1%有意 adj. R2 = 0.98 DW = 1.96

以上より、 ω とMSを用いて、各要素の名目要素費用の算出ができる。

2.3.2 実質 IT 生産要素の導出

本研究ではIT生産要素をハード、ソフト、ネット、労働

の要素に分けており、それぞれのデフレータを用いて、実質化する。ハードのデフレータは「物価指数年報(日本銀行調査統計局)」の電気機械物価指数と事務用・サービス用機械物価指数の加重平均とする。ソフトのデフレータは「物価指数年報(日本銀行調査統計局)」の企業向けサービス価格指数のうち、情報サービス価格指数とする。ネットのデフレータは「物価指数年報(日本銀行調査統計局)」の企業向けサービス価格指数のうち、通信価格指数とする。労働のデフレータは、「毎月勤労統計月報(労働省)」の労働賃金指数とする。

2.3.3 要素別 IT 生産要素の導出

労働以外の各資本要素について次式によりストック化する。

$$\begin{aligned}
 I_{x,t} &= \left(\frac{GIXC}{XDef} \right)_{t-m} + (1-\rho_x) I_{x,t-1} \quad (X = H, S, N; x = h, s, n) \\
 m_t &: \text{リードタイム (投資から実用までの時間)} \\
 \rho_x &: \text{要素}x\text{の陳腐化率}
 \end{aligned} \tag{5}$$

リードタイムについては、ハード、ソフト、ネットは情報処理開発協会等へのインタビューに基づき、同じく1/4年とする。ハード、ソフトの陳腐化率は、法人税法施行令附表「法定耐用年数」により、それぞれ6年、3年とする。これには、ネットの陳腐化率は含まれていないので、ネット回線速度の切り替え年数をもとに、1.7年とした。

2.3.4 要素別弾性値の導出

要素別 IT 生産要素の弾性値は、次式より導出する。

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{GILC}{GIC}, \quad \beta_h = \frac{GIHC}{GIC}, \quad \beta_s = \frac{GISC}{GIC}, \quad \beta_n = \frac{GINC}{GIC}, \\
 GIC &= GILC + GIHC + GISC + GINC
 \end{aligned} \tag{6}$$

2.4 IT 生産要素の構築

導出された各IT生産要素及びそれぞれの弾性値を用いて、IT生産要素を(7)式により構築する。

$$\begin{aligned}
 I_t &= A \cdot \left(\frac{GILC}{LDef} \right) \cdot \left[\left(\frac{GIHC}{HDef} \right)_{t-m} + (1-\rho_h) I_{h,t-1} \right] \frac{GILC}{GIC} \\
 &\quad \cdot \left[\left(\frac{GISC}{SDef} \right)_{t-m} + (1-\rho_s) I_{s,t-1} \right] \frac{GISC}{GIC} \\
 &\quad \cdot \left[\left(\frac{GINC}{NDef} \right)_{t-m} + (1-\rho_n) I_{n,t-1} \right] \frac{GINC}{GIC} \\
 &= A \cdot I_{I_t}^\alpha \cdot I_{h_t}^{\beta_h} \cdot I_{s_t}^{\beta_s} \cdot I_{n_t}^{\beta_n}
 \end{aligned} \tag{7}$$

2.5 IT 投資収益性分析

2.5.1 IT 投資内部収益率

IT投資内部収益率(r)は、IT投資の初期費用とその投資によって得られるリターンそれぞれの現在価値が等しくなるような割引率で、以下のように求められる。

いま、IT 投資の期待収益率を r 、IT 投資のリードタイムを m とすると、1 単位の IT 投資の商業化開始時点($t=0$)での価値は

$$e^{mr} \quad (8)$$

と表される。

また、IT 投資が IT ストックを形成し、それが付加価値 V に貢献すると、その限界生産性は $\partial V / \partial I$ であるから、1 単位の IT 投資によって将来得られる収益の商業化開始時点での価値は、技術の陳腐化率を ρ とすると、

$$\int_0^{\infty} \frac{\partial V}{\partial I} e^{-(r+\rho)t} dt \quad (9)$$

と表せる。

このとき、(8)、(9)が等しくなるような r が内部収益率である。よって、

$$e^{mr} = \int_0^{\infty} \frac{\partial V}{\partial I} \cdot e^{-(r+\rho)t} dt \quad (10)$$

左辺を一次の項までのテイラー展開で近似すると

$$1 + mr = \frac{\partial V}{\partial I} / (r + \rho) \quad (11)$$

と表せる。

2.5.2 IT サービス価格

本来、IT は資本のような累積投資額のみを評価するのではなく、そこから派生し将来にわたるサービスも考慮に入れなければならない。その点からすると、IT 支出と IT ストックとの割合による IT 価格は、IT の価格として、毎年のサービス分しか反映していない。

よって、ここでは、当該支出が、将来生み出す IT 固有のサービスをも反映させた価格を IT サービス価格として計算する。また、IT 資本価格は、投資が将来に生み出すサービスのため、通常価格より低くなる。²さらに政府支援 (gs)³と法人税 (ct) を考慮にいと、IT サービス価格は、

$$p_{IT} = (1 - gs) \cdot (p_{I_i} \cdot \alpha + \frac{r + \rho}{1 - ct} \cdot p_{I_k} \cdot \beta) \quad (12)$$

となる。

2.5.3 同時計測

(11)より、

$$(1 + mr)(r + \rho) = \frac{\partial V}{\partial I} = \frac{p_V}{p_{IT}} \quad (13)$$

が導かれる。(13)と(12)の連立方程式を解くことにより各年の内部収益率および IT サービス価格を同時に求めることができる。

3. モデル

3.1 IT スピルオーバーを加味した生産関数

IT を労働、資本に分け、それぞれの同化したスピルオーバー技術も加え、IT 労働 (I_l) 及び IT 資本 (I_k) を次により計測する。

$$I_l = I_{li} + Z_{il} I_{ls}, \quad Z_{il} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta I_{ls} / I_{ls}}{\Delta I_{li} / I_{li}}} \cdot \frac{I_{li}}{I_{ls}} \quad (14)$$

$$I_k = I_{ki} + Z_{ik} I_{ks}, \quad Z_{ik} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta I_{ks} / I_{ks}}{\Delta I_{ki} / I_{ki}}} \cdot \frac{I_{ki}}{I_{ks}}$$

この IT 生産要素をおり込んだコブ・ダグラス型の生産関数は次式により示される。

$$\begin{aligned} V &= F(L, K, I, T, t) = F\{(L, I_l), (K, I_k), T, t\} \\ &= A e^{\lambda t} (L^{\alpha_1} \cdot I_l^{\alpha_2}) (K^{\beta_1} \cdot I_k^{\beta_2}) T^{\gamma} \\ &= A e^{\lambda t} \left\{ L^{\alpha_1} (I_{li} + Z_{il} I_{ls})^{\alpha_2} \right\} \left\{ K^{\beta_1} (I_{ki} + Z_{ik} I_{ks})^{\beta_2} \right\} T^{\gamma} \end{aligned} \quad (15)$$

ただし、

A : スケール係数

L : 労働

K : 資本

I : IT 生産要素 (I_l : IT 労働; I_k : IT 資本)

T : 技術ストック

t : タイムトレンド

を示し、 L, K から I, T の重複分は除去 (I には T との重複は含まれない)。

3.2 収益性分析モデル

IT 強度、政策オプション、タイムトレンドを IT 投資内部収益率の支配要因⁴と考へ、以下のようなモデルを作り回帰分析により内部収益率の支配要因を特定する。

$$\ln r = \alpha + \beta_1 \ln(I_l + Z_{il} I_{ls}) / V + \beta_2 \ln ct + \beta_3 t \quad (16)$$

これにより、生産関数を (15) 式としたとき、(13) 式で内部収益率の支配要因を分析する。

4. 検証

4.1 IT 内部収益率の業種特性

前述したようなモデルで分析を行うと結果は表 1 に示すようになる。比較として、第 16 回年次学術大会で収穫増の研究で得られた SCE⁵ も入れて考えることにした。

² 将来のサービスを反映すると、その分 IT 資本ストックが増加するため、その分価格は低くなるものと考えられる。

³ 政府支援割合 (「科学技術研究調査報告 (総務省)」より)

$gs = \frac{\text{企業研究費における政府負担額} + \text{民営研究機関研究費における政府負担額}}{\text{企業研究費総額} + \text{民営研究機関研究費}}$

⁴ IT 強度は $(I_l + Z_{il} I_{ls}) / V$ を意味する。政策オプションは税率を意味する。

⁵ SCE は収益増を判断するもので、Laurits R. Christensen and William H. Greene (1976, []) で定義したように、 $SCE = 1 - \partial \ln C / \partial \ln I = 1 - 1 / (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta_1 + \beta_2 + \gamma)$ と表す。詳細は、第 16 回年次学術大会予稿集 2B19 (魏、渡辺) 参照。

本研究の分析により、IT 投資内部収益率が業種による格差が大きいたことが判明した。特にハイテク産業（例えば、電気機械、精密機械）では、IT 化の推進に伴い、IT 投資内部収益率は大きくなっている。比較的 SCE と一致し、収益増産業の IT 投資内部収益率が高くなっている。また、計測した IT 投資内部収益率を既存の研究開発投資内部収益率と比べてみたところ、ほぼ製造業の全産業においては IT 投資内部収益率が研究開発投資内部収益率より大きいことも判明した。

表1 製造業9業種比較（1976-1999年）

	SCE	IRR	β_1	β_2	β_3
一般機械	32.3%	9.6%	0.33	-0.03	-0.06
電気機械	29.6%	7.6%	0.65	-0.03	-0.08
輸送機械	28.3%	7.2%	0.13	-0.03	-0.04
精密機械	17.5%	9.9%	0.43	-0.03	-0.02
化学	-18.9%	7.7%	0.31	-0.02	-0.06
一次金属	-21.9%	6.5%	0.17	-0.01	-0.03
紙・パルプ	-22.5%	8.6%	0.15	-0.03	-0.02
金属製品	-30.3%	2.3%	0.21	-0.01	-0.04
窯業・土石	-47.1%	2.1%	0.06	-0.02	-0.03

4.2 IT 投資内部収益率の支配要因

(16)式のモデルに基づき、回帰分析を行った結果は表1に示すように、租税は収益率を低下させることになるが、それに対し、企業のIT進展の度合いを示すIT強度はIT投資の収益性を上昇させる。また、収益性が年々遞減していくことも同時に示している。

ITを先導する電気機械産業においては、IT強度の弾性値 β_1 が他産業より非常に高く、電気機械のIT投資の効率性の高さを表している。また、タイムトレンドの弾性値 β_3 の値によると、電気機械産業において技術革新が盛んに行われていることもうかがわれる。

IT強度の上昇がその内部収益率を高める一方で、IT投資の判断は内部収益率によってされるために、内部収益率の上昇は企業のさらなるIT投資を誘発する。また、これは政府の政策オプションをも誘発し、IT投資を促すような政策が打ち出されるが期待される。法人税率を1%下げると、製造業平均で2.67%の収益上昇が得られることを判明した。

5. 結論

本研究、IT投資の収益性に視点を据えて、それが産業の取極構造、政策誘発におよぼす効果を分析することをねらいとした。IT投資を労働（IT運用管理）と資本（ハード、ソフト、ネット）に分解して、IT生産要素（I）を構築し、それを生産体系へ体化させ、それに基づき計量的な実証分析を行った。分析の結果、次のような点が明らかになった。

- ① IT投資の収益性を示す内部収益率は、ITの進展を示すIT強度が収益率の上昇に貢献する一方で、税率やタイムトレンドといった要因は、収益率の上昇を制限する。
- ② 内部収益率の増加で、IT化が進むと同時に、更なるIT投資を誘発する。

- ③ IT投資を促すような政策オプションがIT利用拡大により誘発され、収益を上昇させる。

収益率は、それ自身独立して存在するわけではなく、企業のIT化進む具合や、国家政策などの相互に複雑に関連したものの中で相互依存的に決定されるものである。今回は国家政策において法人税率を用いたが、今後はより多く政策オプションを表す要因を取り入れて、収益性の変動を分析することによって、更なるIT投資の収益構造が明らかになるものと思われる。

参考文献

- [1] 小澤 泰介、「研究開発投資の収益性・収益構造に関する分析」、東京工業大学平成10年度卒業論文。
- [2] 魏 海洪、「IT生産要素の構築とその経済に及ぼすインパクトの分析」、東京工業大学平成12年度卒業論文。
- [3] 熊坂 有三、峰滝 和典、「情報技術革新とアメリカ経済（連載）」、『経済セミナー』（1999年11月-2000年10月）。
- [4] 斎藤 克仁、「情報化関連投資を背景とした米国での生産性上昇」、『日本銀行調査月報』（2000年2月号）。
- [5] 朱 兵、「Theoretical Analysis and Empirical Demonstration of Optimal R&D Investment Trajectory Control」、東京工業大学平成12年度博士論文。
- [6] 松平 Jordan、「日本企業におけるIT投資の生産性」、『FRI Review』Vol.2, No.3（1998年10月）、pp.43-57。
- [7] 内閣府、『平成13年版 経済財政白書』。
- [8] 渡辺 千代編、『技術革新の計量分析』、日科技連、2001。
- [9] 渡辺 千代、宮崎 久美子、勝本 雅和、『技術経済論』、日科技連、1998。
- [10] Christensen, L. R., and Greene, W. H., "Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation," *Journal of Political Economy* 84, No. 4 (1976) 655-676.
- [11] Hanoch, G., "The Elasticity of Scale and the Shape of Average Costs," *American Economic Review* 65, No. 3 (1975) 24-28.
- [12] Watanabe, C., Takayama, M., Nagamatsu, A., Tagami, T., and Griffy-Brown, C., "Technology Spillover as a Complement for High-level R&D Intensity in the Pharmaceutical Industry," *Technovation* 22, No. 4 (2002) 245-258.
- [13] Watanabe, C., Zhu, B., Griffy-Brown, C., and Asgari, B., "Global Technology Spillover and its Impact on Industry's R&D Strategies," *Technovation* 21, No. 5 (2001) 281-291.
- [14] Watanabe, C., and Kondo, R., "Institutional Elasticity towards IT Waves for Japan's Survival -The Significant Role of an IT Testbet," *Technovation*, in print.