

○魏 海洪, 渡辺千仞 (東工大社会理工)

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。

しかし、このメカニズムは依然ブラックボックスである。これはIT化のインパクトを労働・資本・技術と一体化させた生産要素として扱えなかったことに起因する。従って、IT化への労働及びハード・ソフト・ネットで作成される資本への一連の投資をもとにIT化を生産要素として構築し、それを労働・資本・技術など一連の生産要素と一体的に扱い、インプット・アウトプット両面の計量経済分析を行うことが緊要と

なっている。

そして、以上の背景をふまえて、本研究は、IT化のスピルオーバー効果に視点を据えて、それが産業の収穫逡増におよぼす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～1998年の四半世紀の日本の製造業及び主要業種を対象に、input、output及びinstitutionの3面から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、そのスピルオーバー・同化、収穫逡増、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。

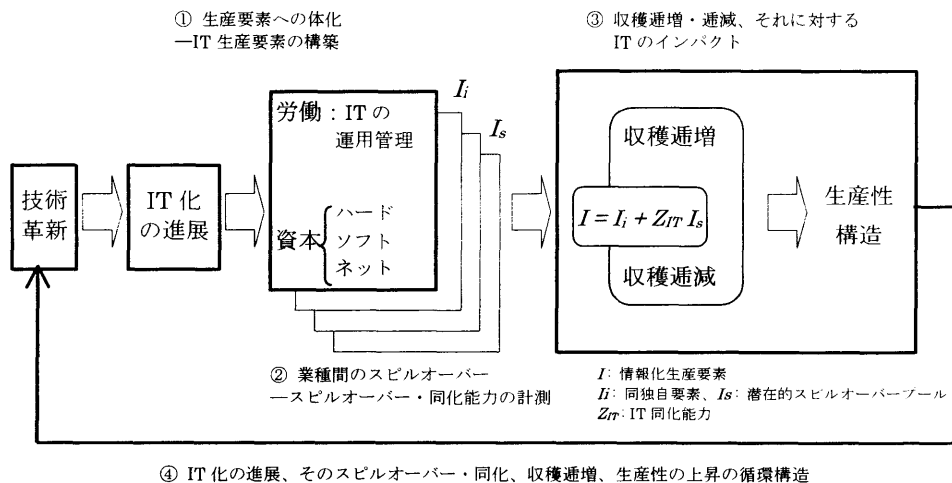


図1 分析の基本フレーム

- 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。

$$GIC = \text{一社当たり情報化関連支出額} \times \text{情報化推進企業数} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &= \omega \{ (1 + \varepsilon) a + b + c + d \} MS \\ &= \omega \cdot (1 + \varepsilon) \cdot MS \cdot a + \omega \cdot MS \cdot b + \omega \cdot MS \cdot c + \omega \cdot MS \cdot d \\ &= GIHC + GISC + GINC + GILC \end{aligned}$$

$$\varepsilon = \frac{\text{通信関連機器}}{\text{コンピュータ} + \text{事務用機器}} \quad (2)$$

= 21.8% (1995年の割合を採用、製造業全体)
(固定資本マトリックスによる)

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。

$$\omega = \text{average} \left(\frac{\text{「大企業」一社当たり投資額}}{\text{サンプル一社当たり投資額}} \right) \quad (3)$$

= 2.05 (1995年-1998年の平均、製造業全体)

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1998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。

$$\ln MS = 3.142 + 0.651 \ln N \quad (4)$$

(3.359) 1%有意 *adj. R2* = 0.983 *DW* = 1.959

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、それぞれのデフレタを用いて、実質化する。ハードのデフレタは「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。

$$I_{x,t} = \left(\frac{GIXC}{XDef} \right)_{t-m} + (1 - \rho_x) I_{x,t-1} \quad (X = H, S, N; x = h, s, n)$$

m_x : リードタイム (投資から実用までの時間) (5)
 ρ_x : 要素 x の陳腐化率

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、法人税法施行令別表「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。

$$\alpha = \frac{GILC}{GIC}, \quad \beta_h = \frac{GIHC}{GIC}, \quad \beta_s = \frac{GISC}{GIC}, \quad \beta_n = \frac{GINC}{GIC} \quad (6)$$

$$GIC = GILC + GIHC + GISC + GINC$$

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。

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

3. モデル

3.1 モデルの構築・分析

ITの収穫増等生産性向上への貢献を分析することをねらいに、学習効果等のインパクトも見るために、タイムトレンドも織り込んだ次の生産関数を構築して総合的な分析を行う。

$$\begin{aligned}
V &= F(L, K, I, T, t) = F\{(L, I), (K, I_k), T, t\} \\
&= Ae^{\lambda} (L^{\alpha_1} \cdot I_t^{\alpha_2}) (K^{\beta_1} \cdot I_k^{\beta_2}) T^\gamma
\end{aligned} \tag{8}$$

ただし、

A: スケール係数

L: 労働

K: 資本

I: IT生産要素 (I_t : 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 ITスピルオーバーと同化能力

(8)式の実生産関数による分析に際しては、ITの活発な業種間スピルオーバー特性 (C. Watanabe, 2001, [7]) に照らして、スピルオーバーをも織り込んで分析する必要があり、そのためには、スピルオーバー技術の同化能力の計測が必要不可欠である (C. Watanabe, 2001, [8])。

そして、技術スピルオーバー及び同化能力の概念により、ITスピルオーバー及び同化能力は次のように計測される。

$$I = I_t + Z_{IT} I_s \tag{9}$$

$$Z_{IT} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta I_s / I_s}{\Delta I_t / I_t}} \cdot \frac{I_t}{I_s} \tag{10}$$

I_t : ホストの独自ITストック

I_s : ITスピルオーバーの潜在的ポテンシャル

Z_{IT} : IT同化能力

3.3 IT化と収穫増

3.3.1 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_t) 及びIT資本 (I_k) を次により計測する。

$$I_t = I_{it} + Z_{it} I_{is}, \quad Z_{it} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta I_{is} / I_{is}}{\Delta I_{it} / I_{it}}} \cdot \frac{I_{it}}{I_{is}} \tag{11}$$

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

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。

$$V = Ae^{\lambda} \{L^{\alpha_1} (I_t + Z_{it} I_{is})^{\alpha_2}\} \{K^{\beta_1} (I_k + Z_{ik} I_{ks})^{\beta_2}\} T^\gamma \tag{12}$$

3.3.2 収穫増、通減の分析モデル

Laurits R. Christensen and William H. Greene (1976, [5]) は規模の経済 (SCE) を (13) 式のように定義する。

$$\begin{aligned}
SCE &= 1 - \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y} \\
C &: \text{トータルコスト} \\
y &: \text{実質アウトプット}
\end{aligned} \tag{13}$$

これにより、生産関数を (12) 式としたとき、(13) 式で定義した規模の経済 (SCE) は (14) 式ようになる。

$$SCE = 1 - \frac{1}{\alpha_1 + \alpha_2 + \beta_1 + \beta_2 + \gamma} \tag{14}$$

これを用いて、製造業9業種のSCEを計測した結果は表1となる。

表1 製造業9業種のSCE (1976-1998年)¹

	SCE	β_2	$(I_t + Z_{IT} I_s)/V$	備考
一般機械	32.34%	0.024	0.047	79, 94, 98
電気機械	29.60%	0.080	0.201	
輸送機械	28.27%	0.035	0.078	
精密機械	17.53%	0.030	0.092	
化学	-18.87%	0.025	0.104	78, 82
一次金属	-21.94%	0.023	0.085	
紙・パルプ	-22.53%	0.007	0.024	
金属製品	-30.29%	0.006	0.018	78, 86, 95
窯業・土石	-47.10%	0.006	0.030	

3.4 IT化の循環構造

¹ 備考部分はダミー年次を意味する。 $(I_t + Z_{IT} I_s)/V$ はIT強度を意味する。

以上の分析によると、IT化が進むと、スピルオーバー効果と同化能力が上がる。収穫増の効果を生み出し、生産性が上昇するという好循環の構造（図2）がわかる。

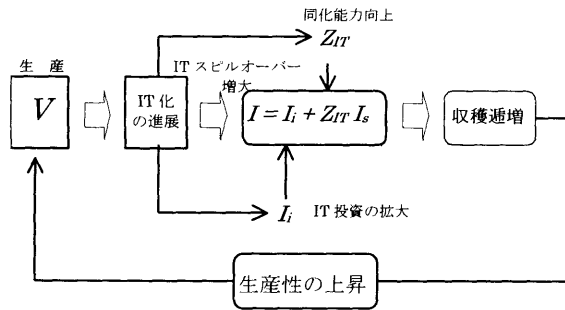


図2 IT化の循環構造

4. 検証

4.1 ITスピルオーバー・同化能力の業種特性

本研究の分析により、ITスピルオーバー・同化能力が業種による格差が大きいことが判明した。特に電気機械産業では、IT化の推進に伴い、ITスピルオーバー・同化能力は大きくなっている。しかも技術スピルオーバー・同化能力との差が大きくなってきている。精密機械産業、輸送機械産業のITスピルオーバー・同化能力は技術のスピルオーバー・能力と同じ趨勢で動いている。一般機械産業のITスピルオーバー・同化能力の起伏が激しいが、技術のスピルオーバー・同化能力より断然大きいことが示される。一次金属産業や金属製品産業などのスピルオーバー効果はそのIT化の成果を完全の受けられないため、トレンドが停滞気味である。

IT強度に応じ、IT資本弾性値（ β ）も上昇（表1）する。高IT強度の電気機械産業、輸送機械産業、精密機械産業は、スピルオーバーによりIT資本弾性値が上昇することがうかがわれる（表2）。

表2 ITスピルオーバーによるIT資本弾性値上昇効果

	I_i	$I_i + Z_{IT} I_s$
		スピルオーバー
電気機械	0.075	⇒ 0.080
輸送機械	0.030	⇒ 0.035
精密機械	0.028	⇒ 0.030

4.2 主要業種の収穫増・減とそれに対するITのインパクト

IT生産要素を織り込んだ生産関数を用いて、主要業種の規模の経済について分析した。一般機械産業、電気機械産業、輸送機械産業、精密機械産業といった業種は収穫増となっているが、化学産業、一次金属産業、紙・パルプ産業、金属製品産業、窯業・土石産業は収穫減となっていることが明らかになった。

4.3 IT化の循環構造

以上で分析により、電気機械産業、輸送機械産業、精密機

械産業は、IT化進展 → スピルオーバー・同化能力向上 → 収穫増 → 生産性の上昇 → さらなるIT化の進展の好循環が確認できた。

5. 結論

本研究、IT化のスピルオーバー効果に視点を据えて、それが産業の収穫増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。ITスピルオーバーを織り込んだ生産関数を用い、産業の収穫増・減の分析を行った。分析の結果、次のような点が明らかになった。

- ① IT強度に応じ、IT資本弾性値も上昇する。
- ② 高IT強度の電機機械、輸送機械、精密機械の3産業はスピルオーバーによりIT資本弾性値の上昇が見られる。
- ③ 「IT強度 → IT資本弾性値」の程度に応じ、SCEは2極化となる。
- ④ 化学、一次金属、紙・パルプ、金属製品、窯業・土石といった産業は収穫減となり、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械といった産業は収穫増となる。

今後引き続き、国際（日米、日中等）IT化のスピルオーバーによる産業の収穫増効果の比較や、企業レベル比較検証への発展により、さらなる知見の拡大が期待される。

参考文献

- [1] 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）。
- [2] 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）。
- [3] （財）日本情報処理開発協会（2000）、『情報化白書2000』、コンピュータ・エージ社。
- [4] 総務省、『情報通信白書』、2001。
- [5] 米国商務省著、室田泰弘編訳、『デジタル・エコノミー2000』、東洋経済新報社、2000。
- [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] 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.
- [8] Hanoch, G., "The Elasticity of Scale and the Shape of Average Costs," *American Economic Review* 65, No. 3 (1975) 24-28.
- [9] 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* (2001), in print.
- [10] 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.
- [11] Watanabe, C., and Kondo, R., "Institutional Elasticity towards IT Waves for Japan's Survival -The Significant Role of an IT Testbet," *Technovation*, in print.