

Title	サービス化経済のパラドックスに関する実証分析3 : サービス分野における日中経済構造の産業間スピルオーバーとエネルギー効率に関する比較
Author(s)	堀尾, 容康; 渡辺, 千仍
Citation	年次学術大会講演要旨集, 23: 511-514
Issue Date	2008-10-12
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/7613">http://hdl.handle.net/10119/7613</a>
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

サービス化経済のパラドックスに関する実証分析 3

サービス分野における日中経済構造の産業間スピルオーバーと  
エネルギー効率に関する比較

○堀尾 容康（東工大社会理工学）、渡辺千仞（東工大社会理工学）

1. 背景

1.1 サービス分野のエネルギー消費効率化

東アジアにおける企業間国際取引の広がりや、研究や商品企画・開発、通信、流通、金融といったサービスを媒介に、各国・各産業を巻き込み、巨大な国際生産ネットワークを形成している。本研究では、サービス化の一方で増大するエネルギー消費というパラドックスの状況を踏まえ、実証分析 1, 2 (2A15、2A16) により、下記 2 点の構造的要因を明らかにした。

- (1) サービス化に伴う国際生産代替によって誘発されるエネルギー消費。
- (2) 経済構造の変化に伴ってサービスが産業間で媒介するエネルギー消費構造の変化。

日本は、1970 年代の 2 度のエネルギー危機の経験を踏まえ、特に製造分野の省エネ・省資源化が進められてきた。今日、各国経済のサービス化率が高まり、またグローバル化が進む中、サービス分野における技術革新（イノベーション）によるエネルギー消費効率化の実現が政策的重点課題となりつつある。

1.2 産業間取引を通じた技術スピルオーバー

各国生産活動における中間投入（財貨・サービス）におけるサービス割合が上昇し、サービスの効率化が、その他の産業の効率化に大きな影響を与えつつある。図 1 に、鉄鋼業を例とし、原材料等を供給する上流産業と、生み出された製品を利用する自動車産業等との下流産業の循環的關係を示す。このように、技術革新は、中間投入需要の変化を通じて上流産業に、高付加価値化や低コスト化を通じて下流産業に波及効果（スピルオーバー効果）をもたらす、経済全体に広がるものと考えられる。

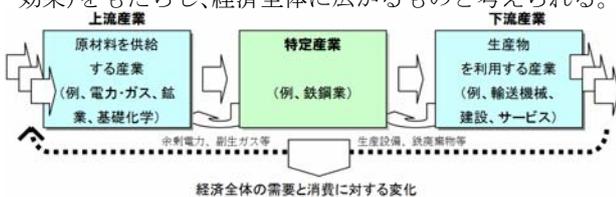


図 1. 特定産業の生産活動が他産業や経済全体に及ぼす影響。

1.3 仮説的見解

以上の認識に基づき、図 2 に示すとおり、下記の仮説的見解の実証を通じサービス分野のイノベーションが、経済全体への波及（スピルオーバー）によるエネルギー効率の向上について定量化を行う。なお、24 時間決済システムやデータセンターのように、付加価値は上がる一方で、新たなエネルギー消費の原因となるなど全てのイノベーションが効率向上に一致するとは限らない。このため、本研究ではイノベーションとはエネルギー・資源の効率化のための技術革新として検証を進める。

(1) プロセス・イノベーション

サービス生産効率の上昇により同一投入量でより多くの生産が可能となり、下流産業へ波及する。

(2) プロダクト・イノベーション

革新的サービスにより、中間投入の構成が変化、あるいはより少ない投入量で、より高い付加価値を実現し、上流産業へ波及する。

(3) サービス分野の技術革新とスピルオーバー

上記 (1) (2) の経路により、経済のサービス化が進み、サービスを媒介とする産業間取引において、技術革新の効果は経済全体に波及し効率化に大きく寄与する。

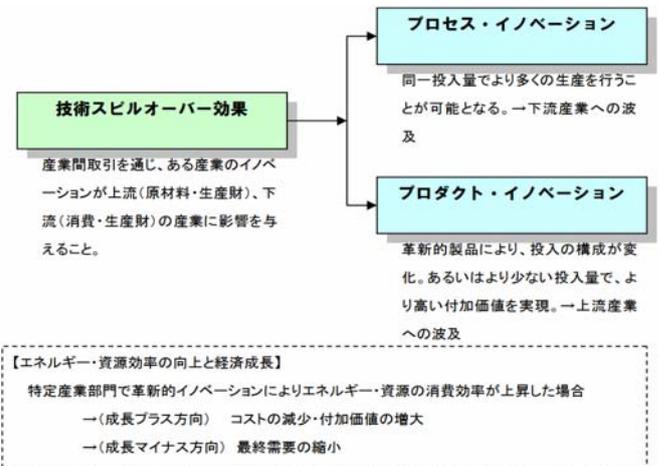


図 2. イノベーション効果の波及に関する概念。

## 2. 産業間スピルオーバー効果の定量化

### 2.1 生産効率化イノベーション

ある産業部門kにおける生産プロセスのイノベーションは、技術革新前の原材料等の中間投入量aの変化率 $\alpha$ として次式で表される。

$$\bar{a}_k = (1 - \alpha)a_k \quad (1)$$

これを全産業について行列式で表すと

$$\bar{A} = A - \alpha(Ae_k)e_k' \quad (2)$$

従って、イノベーション前後の追加的最終需要 $\Delta f$ に対する中間投入の変化 $\Delta x$ の差は

$$\Delta \bar{x}_i / \Delta f_k - \Delta x_i / \Delta f_k = -\alpha A e_k + \sum (\bar{A}' - A') e_k \quad (3)$$

となることから、技術革新の効果は下記(4)式及び(5)式によって表すことができる。

$$\text{産業kの技術革新による直接効果: } -Ae_k \quad (4)$$

$$\text{他産業への波及効果(間接効果): } \sum (\bar{A}' - A') e_k \quad (5)$$

また、産業kの産業iへの技術革新の伝播は、それぞれの生産量変化の弾性値(6)として定義される。

$$\frac{\Delta \bar{x}_i / \Delta f_k - \Delta x_i / \Delta f_j}{\Delta \bar{x}_k / \Delta f_j - \Delta x_k / \Delta f_j} = \frac{l_{ij} - l_{ij}}{l_{kj} - l_{kj}} = l_{jk} (l_{kk} - 1) \quad (6)$$

従って、生産プロセスのイノベーションは、産業kの生産財・サービスの取引を行う産業全部門の合計であることから、そのスピルオーバー効果は(7)式によって表される。

$$s_k = \left[ \sum (\bar{x}_i - x_i) \right] / \sum (\bar{x}_i - x_i) = (c_k - l_{kk}) / (c_k - 1) \quad (7)$$

ただし、 $CK$ はレオンチェフ逆行列の列和

さらに、産業kに原材料・サービスを提供する産業について同様の展開を行い、スピルオーバー効果の総和は(8)式によってあらわすことができる。表1に、イノベーション効果のスピルオーバーに関する定量化の整理を示す。

$$\tilde{s}_k = (c_k - l_{kk}) / c_k \quad (8)$$

表1. 産業間取引を通じて波及するイノベーション効果の定量化

イノベーション効果	スピルオーバー係数 スピルオーバー効果	産業部門間の波及
(1) プロセス・イノベーション	$s_k = (c_k - l_{kk}) / (c_k - 1)$ $t_k = \alpha(C_k - 1)x_k$	自己: $-Ae_k$ 他部門: $\sum (\bar{A}' - A') e_k$
(2) プロダクト・イノベーション	$\tilde{s}_k = (c_k - l_{kk}) / c_k$ $\tilde{t}_k = \alpha(C_k - 1)x_k$	自己: $-\alpha e_{kj}$ 他部門: $\sum e_{kj} (\bar{A}' - A') e_j$

A: 投入行列

$\bar{A}$ : 仮想上の技術革新後の投入行列

$l_{kk}$ : レオンチェフ逆行列の対角成分(k部門)

$c_k$ : 投入行列のk部門の列和

$\alpha$ : 仮想上の技術革新効果( $0 < \alpha < 1$ )

### 2.2 日本と中国のスピルオーバー構造の比較

(1) イノベーションのスピルオーバー効果は上流よりも下流産業方向に対して強い影響力を持つ

表2に、各年代における日本と中国の各産業の技術スピルオーバー効果を推定した結果を示す。(表3: 変化率)両国ともプロセスイノベーション(下流産業方向への波及)は、0.7-0.8程度であるのに対し、プロダクトイノベーション(上流産業方向への波及)は、0.3-0.6とプロセスイノベーションの方が小さい。これは、前節における数理展開にあるとおり、下流産業方向にイノベーションによるコストダウン効果(もしくは高付加価値化)が直接、製品に転嫁されるのに対し、上流産業方向の中間投入の需要には反映されないことが原因となっている。

(2) サービス化はその産業間の媒介効果を通じスピルオーバー効果を強めている

日本と中国を比較すると、第二次産業(製造業等)、第三次産業(サービス業等)とも、プロダクトイノベーション(上流方向)及びプロセスイノベーション(下流方向)とも、日本の方が値が大きい。これは、中国の産業は輸出主導型であるのに対し、日本では内需取引主導型であり、また、サービス業の中間投入に占める割合の増大によりスピルオーバー効果の大きさに反映されていると考えられる。

表2. 日中各産業の技術スピルオーバー効果  $s_k$ 、 $\tilde{s}_k$  の比較

		日本		中国	
		$s_k$	$\tilde{s}_k$	$s_k$	$\tilde{s}_k$
第一次産業	1990年	0.715	0.542	0.707	0.451
	1995年	0.726	0.497	0.756	0.426
	2000年	0.741	0.523	0.725	0.484
第二次産業	1990年	0.726	0.497	0.756	0.426
	1995年	0.717	0.540	0.701	0.454
	2000年	0.777	0.497	0.764	0.385
第三次産業	1990年	0.769	0.493	0.765	0.380
	1995年	0.777	0.497	0.764	0.385
	2000年	0.799	0.526	0.753	0.422

表3. 技術スピルオーバー効果  $s_k$ 、 $\tilde{s}_k$  の変化率

	変化率	日本		中国	
		$s_k$	$\tilde{s}_k$	$s_k$	$\tilde{s}_k$
第一次産業	5年	0.3%	-1.7%	1.3%	-1.1%
	10年	0.2%	0.5%	-0.4%	1.3%
第二次産業	5年	-0.2%	1.7%	-1.5%	1.3%
	10年	0.8%	-0.8%	0.9%	-1.6%
第三次産業	5年	0.2%	0.2%	0.0%	0.3%
	10年	0.3%	0.6%	-0.1%	0.9%

(3)サービス産業におけるプロダクトイノベーション(上流方向)へのスピルオーバー効果の増大

日本、中国ともにプロダクトイノベーション効果は増大しつつある。これはITの導入等や、オフィスレンタル等により、従来は労働集約型とされてきたサービス産業においても中間投入の構成が変化したものと考えられる。

日本では2000年までに、プロダクトイノベーション(上流方向)において製造業等よりも大きくなっている。これは、1990年代の旺盛なIT投資など、サービス産業が製造業など他産業との依存度を高めたためと考えられる。同様に、プロセスイノベーション(下流方向)においてもサービス産業の影響力が高まっている。これは、経済のサービス化に伴い、生産活動に必要な中間投入におけるサービス割合が拡大していることが原因であると考えられる。(表4)

表 4. 技術スピルオーバー効果  $S_k$ ,  $\tilde{S}_k$  の推移に関する考察。

	上流産業 (産業kに財・サービスを供給)	特定産業kにおける イノベーション	下流産業 (産業kによるサービスを利用)
中国	小さな上流産業との結びつき。	貨物輸送、研究開発など事業所向けサービス部門のシェアが伸張	やや小さな下流産業(サービスを利用する産業)との結びつき
日本	サービスのIT利用等による情報機器等への影響など、密接な結びつき。	医療、社会保険など個人向けサービス部門のシェアが伸張	サービスを利用する産業との関係が密接化

### 2.3 日中両国のサービス産業におけるスピルオーバー構造

日本と中国のスピルオーバー効果において時間とともにどのような構造的変化が生じているのかを把握するため、日本の1990年、1995年、2000年(中国は92年、97年、02年)をそれぞれプロセス及びプロダクトイノベーション  $S_k$ ,  $\tilde{S}_k$  を直交座標とする平面に付置した。図3は、このうち日本の社会保障、倉庫、水運、商業、公務、通信、娯楽といったサービス産業を中心に、双方のイノベーション効果を強めつつ分布が変化していることを示す。

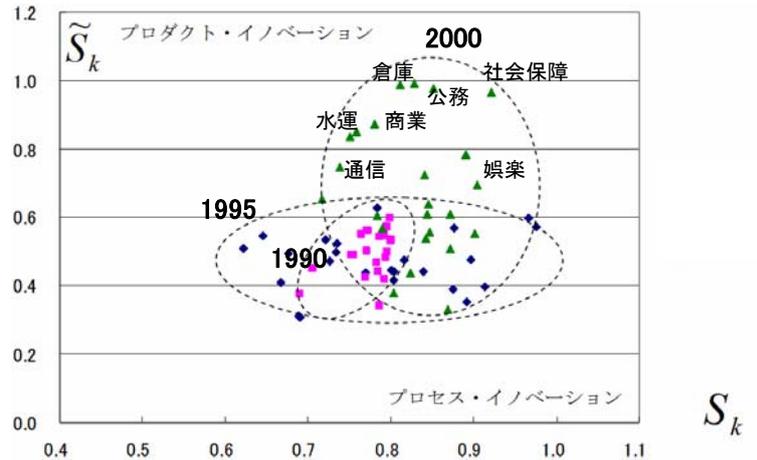


図 3. 日本のサービス産業における技術スピルオーバー効果の推移(1990, 1995, 2005)。

すなわち、日本におけるサービス産業のプロダクトイノベーション効果及びプロセスイノベーション効果の増大は、倉庫、水運、商業や通信といった流通関係(対事業所サービス)と、社会保障・公務や娯楽といった対個人サービスが牽引している。

また、図4に日中両国の第一次、第二次産業、第三次産業群の分布の変化を示す。第一次産業(農林水産業)では、中国はプロセス、プロダクトともに日本よりもスピルオーバー効果が大きい。また、第二次産業(製造業等)では、中国はプロセスに関するスピルオーバー効果が大きいのに対し、日本ではプロダクトの方が大きく対照的である。また、日本の第三次産業(サービス産業等)では、プロセス、プロダクト両方ともスピルオーバー効果が大きい。このことから、経済のサービス化が進むにつれ(日中経済のサービス化率はそれぞれ70%、40%)、次第にサービス産業におけるイノベーションが経済全体に及ぼす影響度が上流・下流ともに強まるものと考えられる。

また、日本の1990年~2000年の変化、中国の1992年~2002年の変化を見ると第二次産業(製造業等)を除き、第一次、第三次産業ともに、スピルオーバー効果が増大している。

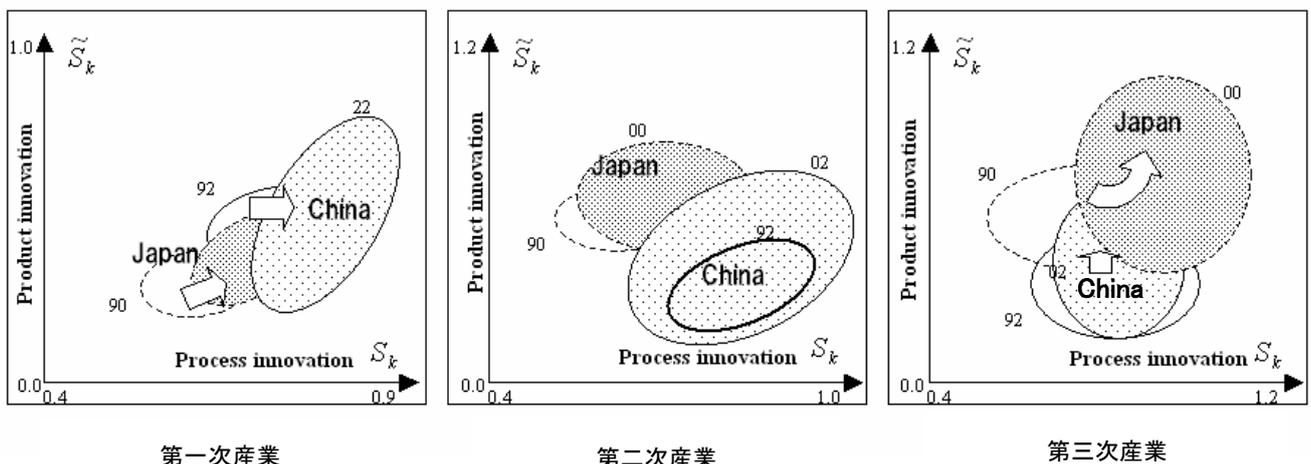


図 4. 日本と中国のイノベーションスピルオーバー効果の比較

### 3. サービス産業における重点効率化分野

中国では、エネルギー効率の抜本的向上が重要課題であることから、これまでの分析結果に基づき、サービス産業において生産効率の改善がエネルギーやその他の産業への波及の観点から効果の高い分野を抽出した。抽出基準は、第一に日本とのプロセスイノベーション(下流産業方向)におけるスピルオーバー効果の格差が10%以上であるなど大きな差が存在する分野。第二には、DPG成分(比例成長からの乖離)が概ね5%未満であり、これまでに大きな構造改革が行われてこなかった分野とした。

表 5. 中国サービス産業における効率化重点 11 分野の抽出

抽出した分野	エネルギー消費 誘発量(百万TOE)	生産規模(付加価値) (百万USD)
商業	17,623	134,014
金融・保険	2,100	43,731
不動産	3,415	22,054
鉄道	11,091	16,046
水運	4,274	5,207
運輸	2,442	13,837
通信	2,339	24,313
教育	14,193	28,153
医療・保険	3,677	20,722
事業所サービス	4,212	29,014
個人サービス	3,869	15,219
全サービス業シェア	75.4%	61.3%

抽出基準1 プロセス・イノベーション  $S_k$  の格差が10%以上ある分野、または  
プロダクト・イノベーション  $S_k$  の格差が100%以上ある分野。  
(高い潜在的効果が見込まれる分野)

抽出基準2 産業分野のDPG成分(構造改革への努力)シェアが概ね  
5%未満であり、変化が停滞している分野(改革努力が  
十分ではないと考えられる分野)

表 5 に、2つの基準に基づいて抽出を行った11のサービス産業分野を示す。これらの分野のエネルギー消費誘発シェアは全サービス産業の75.4%、生産規模(付加価値ベース)で61.3%である。また、表6に、仮に10%程度( $\alpha = 0.1$ )の効率化が図られた場合の定量的効果の試算を示す。これにより、スピルオーバー効果により毎年 376 億 US \$、省エネルギー効果は69百万TOE(国内消費エネルギーの4.6%に相当する省エネ)に相当する。

表 6. 効率化重点 11 分野において期待される改善効果

抽出後の 重点サービス分野	技術スピルオーバー効果( $\alpha = 0.1$ ) 単位:百万USD			エネルギー消費 削減効果 単位:百万TOE
	技術スピルオーバー 効果計	プロセス・イノベーション $t_k = \alpha(C_k - 1)x_k$	プロダクト・イノベーション $\bar{t}_k = \alpha(C_k - 1)x_k$	
商業	9,440.3	5,662.8	3,777.6	17.6
金融・保険	12,926.5	5,247.2	7,679.3	2.1
不動産	3,822.6	2,911.3	911.3	3.4
鉄道	4,141.8	2,082.6	2,059.2	11.0
水運	1,396.8	861.8	535.0	4.2
運輸	2,645.2	1,443.8	1,201.4	2.4
通信	1,271.7	381.4	890.3	2.3
教育	258.0	174.0	84.0	14.1
医療・保険	305.1	80.2	224.9	3.6
事業所サービス	922.3	442.5	479.8	4.2
個人サービス	464.3	243.7	220.6	3.8
合計	37,594.5	19,531.2	18,063.4	69.2

### 4. 結論

#### 4.1 総括

経済のサービス化とともに進むエネルギー消費の増大といったパラドックス的状况に対し、下記の3点を明らかにした。

- (1) サービス化に伴う国際生産代替によってアジア地域全体のエネルギー消費効率が悪化。
- (2) 経済構造の変化に伴い、これまで個々の産業で独立したエネルギー消費がサービスを媒介としてエネルギー消費を増幅。
- (3) 一方、経済のサービス化は産業間の結びつきの緊密化を通じて技術革新のスピルオーバー効果を増大させ、一部の効率化は経済全体に波及。

#### 4.2 今後の課題

サービス産業における低い生産性の抜本的向上は、今後予想される各国経済のサービス化にとって大きな課題である。サービス化による各国経済関係の深化により、サービス分野の効率化は一カ国だけの問題ではなく、物流、人材交流、情報通信、教育など国際的協調による効率化が求められる。サービス貿易の自由化など新しい経済的枠組みとそれを実現するためのサービスのシームレス化、ネットワーク効果の実現など、政策と技術両面での新たな仮説の設定と実証が必要である。

### 参考文献

- [1] Chen, X. (1994) "Substitution of Information for Energy", *Energy Policy* 22: 1, 15-27.
- [2] Cheng, B.S. (1999) "Causality between Energy Consumption and Economic Growth in India", *Indian Economic Review* 34, 39-49.
- [3] Coondoo, D., and Dinda, S. (2002) "Causality between Income and Emission: A Country Group-Specific Econometric Analysis", *Ecological Economics* 40: 3, 351-367.
- [4] Dietzenbacher, E., (2000) "Spillovers of Innovation Effects," *Journal of Policy Modeling*, Vol. 22, No1, pp.1-38.
- [5] Hobo, M., Watanabe, C. and Chen, C. (2006) "Double Spiral Trajectory between Retail, Manufacturing and Customers Leads a Way to Service-oriented Manufacturing," *Technovation* 26: 7, 873-890.
- [6] Watanabe, C. (1999) "Systems Option for Sustainable Development", *Research Policy* 28: 7, 719-749.