

1. 序

(1) 背景

- ① 工業化社会から情報化社会へシフトとともに情報技術（IT）の革新及びその効果的活用が競争力の要となってきた。
- ② 日本は1980年代にハイテクミラクルを謳歌したにもかかわらず、1990年代以降の情報化社会においては、ITの革新・活用に於いて米国等に大きく立ち遅れるに至った。
- ③ これは、情報化社会において、日本の社会経済体質がかつてのような柔軟性を発揮できず、ITの革新の成果をフルに活用できないまま競争力を損なうことになり、経済を停滞させ、社会経済体質の更なる硬直化に拍車をかけるという悪循環に陥ったことによる。
- ④ この悪循環の源泉は、製造技術とITとの性格形成過程の本質的な相違にあり、製造技術の革新に絶大な効果を発揮した日本の社会経済体質もITに対しては、必ずしも同様の効果を発揮し得ないことに起因する。
- ⑤ すなわち、製造技術の性格が供給時点で先天的に決定されたのに対して、ITの性格は利用過程を通じ後天的に決定される特質を有し、また製造技術においては企業等開発者自身が技術の性格決定者であったのに対してITは利用者たる社会経済全体であり、それとの相互作用を通じて新たな性格が付与され、また利用の拡大・高度化もスパイラルに進展するという構造的な違いを内包している。
- ⑥ しかし、日本には、いまだに1980年代までの工業化社会時におけるハイテクミラクルの功労者たる製造技術の残像が根強く残り、情報化社会のコアたるITの性格形成に関するこのような基本的認識が欠如しているのが実態である。

(2) 分析の主眼

本分析は、以上の時代的かつ世界共通の課題への対応をねらい、社会経済とへの浸透過程における技術の性格形成メカニズムについて、実証的検証を行い、情報社会に対応する技術政策への覚醒の方向を明らかにすることを主眼とする。

2. 産業競争力と技術革新

2.1 つるべ落としの日本の競争力

- ① 「世界競争力白書」(The World Competitiveness Yearbook: International Institute for Management Development: IMD, スイス)によれば、日本の競争力は1993年に1位を明け渡した後、徐々に低下。49か国中、97年は17位、98年は18位、99年及び2000年は24位、2001年は26位、2002年には30位に後退(図1)。
- ② 一方、米国は93年に日本の座を奪って以来、一貫して、1位の座を維持。

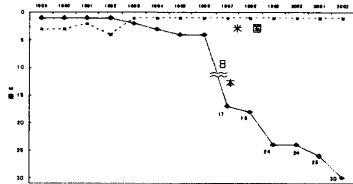


図1. 日米の競争力のトレンド。  
資料：世界競争力白書(IMD)をもとに整理

2.2 産業競争力

(1) 生産性分析

$$V = F(X, T) \quad V: GDP; X: 労働(L); 資本(K); T: 技術ストック \quad (1)$$

$$\frac{dV}{dt} = \Delta V, \frac{dX}{dt} = \Delta X, \frac{dT}{dt} = \Delta T \approx R \quad (\text{研究開発費}) \quad (2)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \sum_{x=L,K} \left( \frac{\partial V}{\partial X} \frac{X}{V} \right) \frac{\Delta X}{X} + \left( \frac{\partial V}{\partial T} \frac{T}{V} \right) \frac{\Delta T}{T} \approx \sum_{x=L,K} \left( \frac{\partial V}{\partial X} \frac{X}{V} \right) \frac{\Delta X}{X} + \frac{\partial V}{\partial T} \frac{R}{V} \quad (3)$$

全要素生産性(TFP)上昇率

(2) 生産性支配要因

- ① 労働の高齢化、低成長下での資本の老朽化のもとで、産業の競争力は畢竟全要素生産性(TFP)上昇率に依存。
- ② しかしに、80年代に圧倒的優位を誇った日本の全要素生産性上昇率は、90年代に激減(図2-1)。
- ③ 全要素生産性上昇率は技術の限界生産性と研究開発強度の積。  
全要素生産性上昇率 = 技術の限界生産性(∂V/∂T) × 研究開発強度(R/V)
- ④ 日本の研究開発強度は世界最高レベル(インプット大国：図2-2)。
- ⑤ 格段に低い技術の限界生産性(80年代のトップから90年代には最低レベルに失墜：図2-3)。これは、

- イ) 研究開発の対象、タイミング、やり方が硬直的で機動性に欠如、
- ロ) 知的成果の管理(創造・保護・活用)の不備、
- ハ) 研究開発主体間のタイアップ(産学連携等)の欠如、
- ニ) システムとしての潜在的技術革新資源(学習効果・スピルオーバー技術の効果的活用等)の不徹底

等に起因。中でも、工業化社会から情報化社会へのパラダイムシフトにもかかわらず伝統的な工業化社会の慣性に引きずられて、情報化社会に対応した研究開発・技術開発のシステムに脱皮していないところに決定的問題が内在。

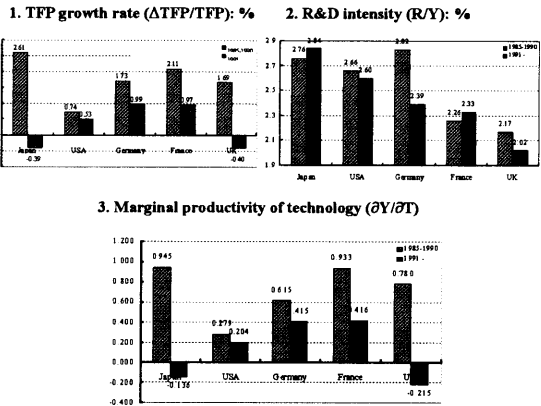


図2. 先進5カ国の TFP 上昇率・研究開発強度・技術の限界生産性比較 (1985-1995).

a Period 1991- covers Japan: 1991-1995, USA: 1991-1993, Germany: 1991-1994, France: 1991-1997, and UK: 1991-1992.  
Source: OECD, Basic Science and Technology Statistics, OECD, National Accounts, International Sectoral Database (1998).

### 3. 技術の限界生産性低下の構造的要因

#### 3.1 情報技術 (IT) の革新・活用の立ち遅れ

- ① 競争力低下の主に、ITの革新・活用の立ち遅れが内在。技術の限界生産性低下はITの革新・立ち遅れの構造的要因と表裏一体。
- ② 1980年代のハイテクミラクルにもかかわらず、1990年代以降の情報化社会においては、ITの革新・活用において米国等に大きく立ち遅れ(図3、4、表1)。

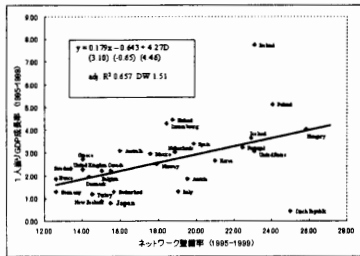


図3 ネットワーク整備率とGDP成長率 (1995-1999)。

a Korea, Czech Republic, Hungary, Mexico, and Poland were excluded from the analysis since these countries joined OECD relatively recently.  
 b D in regression indicates dummy variables: Ireland = 1, other countries = 0.  
 c Figures in parentheses indicate t-value.

Sources: Reproduced from OECD's report on the OECD Growth Project (OECD, 2001, 近藤、渡辺 2001)[1]

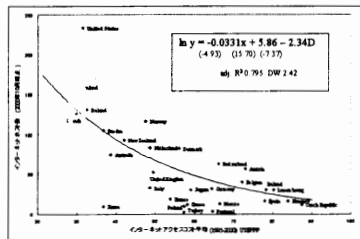


図4 アクセスコストとインターネットホスト数。

a Korea, Czech Republic, Hungary, Mexico, and Poland were excluded from the analysis since these countries joined OECD relatively recently.  
 b D in regression indicates dummy variables: Turkey, Greece, Portugal = 1, other countries = 0.  
 c Figures in parentheses indicate t-value.

Sources: Reproduced from OECD's report on the OECD Growth Project (OECD (2001) 近藤、渡辺 2001)[1]

表1 2001年度IT化度ランキング (カッコ内は、2000年度順位)

1(1) 米国	6(5) デンマーク	11(13) オーストラリア
2(2) アイスランド	7(6) スイス	12(17) 英国
3(3) ノルウェー	8(7) フィンランド	13(12) カナダ
4(4) スウェーデン	9(9) オランダ	14(14) 日本
5(11) シンガポール	10(10) 香港	15(15) 台湾

a 固定電話、携帯電話、インターネットホスト(サーバー数)、インターネット利用者、パソコン数の人口に対する比率をもとに偏差値を算出し、ランク付け。

資料: 日本経済研究センター (2002.6)

#### 3.2 IT革新・活用の立ち遅れの背景構造

##### (1) 製造業技術の情報化社会への不対応

1990年代の技術の限界生産性の急減と、軌を一にする情報化の進展との関係を概観するために、日本の製造業の1975年から1999年の四半世紀にわたる技術ストック(T:これは専ら製造技術のストックとみなされる)及びITストック(I)を計測し<sup>(注)</sup>、ITストックの増大に代表される情報化の進展と、技術ストック当たりの

(注) ITストックの計測については、本予稿集2C21、魏・渡辺参照。

GDP(V/T)に代表される技術の生産性の相関を分析。図5は相関の

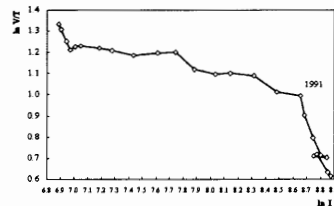


図5 IT化の進展と技術の生産性の相関 (1975-1999)。

推移を示したものである。図5を見ると、1991年を境に顕著な変局点が見られる。これは、情報化社会の本格化の時期であり、同時にバブル経済破綻の年にも符合する。したがって、この変局点を境とする係数ダミー(1975-90 = 0, 1991-99 = 1)を導入して、両者の相関を分析すると、次々に示すように、きわめて有意な相関が見られる。

$$\ln V/T = 2.264 - 0.144 \ln I - 1.364D \ln I + 11.718D \quad \text{adj. } R^2 \quad 0.975 \quad DW \quad 1.71 \quad (4)$$

$$(17.25) \quad (-8.22) \quad (-8.05) \quad (7.90)$$

すなわち、90年代以降の情報化を境に、製造業技術を核とする製造業の技術生産性は、次のように大きく変局していることが伺われる。

$$1975-1990: \ln V/T = 2.264 - 0.144 \ln I \quad (4')$$

$$1991-1999: \ln V/T = 13.982 - 1.508 \ln I \quad (4'')$$

通常、生産性は、逡減傾向を示すが、製造業技術の生産性の情報化弾性値を見る限り、それは、80年代までの-0.144から90年代には-1.508と異常なほどの急減を示している。これは、製造業を中核とした日本の製造業の技術が90年代以降のITを核とする情報化社会に対応しきれないことを如実に示すものである。

##### (2) 情報化社会への不対応と技術の限界生産性の低下

製造業の情報化社会への不対応が先に見た技術限界生産性の急減に及ぼす影響をトレースするために、製造業を中心とする製造業の技術へのITの浸透軌跡とそのインパクトを分析。

$$V = F(L, K, T) \quad (1')$$

(4)式において、製造業技術への情報化社会へのシフトの影響をを端的に示した係数ダミーを用いて、1975-1999の四半世紀の製造業の生産関数(1)'を(5)式で表す。

$$\ln V = A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma_1 \ln T + \gamma_2 D_x \ln T \quad (5)$$

ここに、Aは、スケールファクター、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ は、労働、資本、技術の弾性値を、 $D_x$ は工業化社会から情報化社会へのシフトに対応する係数ダミーを示す。ここで、情報化社会へのシフトは、石油危機やニクソンショックのように、ある時突如発生するものではなく、80年代末から90年代にかけて急激ではあるが徐々にかつ着実に発生浸透していったものである(US DOC, 2000 [6])ので、その[0, 1]の係数ダミーパスを図6に示すようなロジスティックカーブによる0から1への推移軌道で再現することを試みた。この「推移軌道」は、情報化社会へのシフトが伝統的な製造業技術を中心とする製造業技術の世界に進入し浸透する過程を示す重要な軌道である。

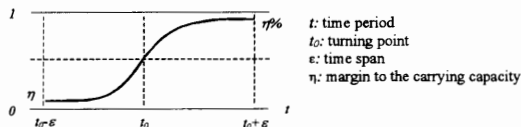


図6 推移軌道 (製造業技術への情報化社会へのシフトの浸透過程)。

この推移軌道を用いて、係数ダミー $D_x$ は、変局中心時点( $t_0$ )、その顕著なスタート・エンド時点( $\pm \epsilon$ )、進入・浸透のペース( $\eta$ )を用いて、次々に示される。

$$D_x = \frac{1}{1 + e^{-at-b}} = \frac{1}{1 + e^{-\frac{\ln((1-\eta)/\eta)T + \ln \frac{1-\eta}{\eta} + \ln(1-\frac{b}{\epsilon})}} \quad (6)$$

図5により、変局中心時点( $t_0$ )は1990年と考えられるが、これを中心に、1989,1991の前後兩年をも加え、±2.4年の「スタート・エンド期間」及びエンド時点における普及天井との4-6%のマージンを用いた進入・浸透のペースの図7に示す各種バリエーションをもとにそれぞれの $D_x$ を(5)式にあてはめ、生産関数への「推移軌道」の適合性を比較検証した結果は表2に示すとおりである。AIC(赤池情報基準)により、適合性を判断した結果、1990年を変局中心とし、前後3年(1987-1993)のスタート・エンド期間に5%のマージンのペースで進入・浸透した $D_B$ が統計的に最も高い適合性を示すことが確認された。

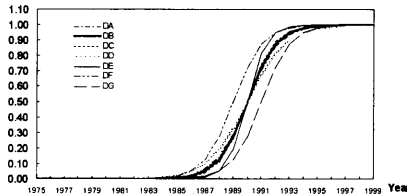


図7. 推移軌道(製造業技術への情報化社会へのシフトの浸透過程)の比較.

表2 推定推移軌道の生産関数への適合性比較検証

生産関数:  $\ln V = A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma_1 \ln T + \gamma_2 D_x \ln T$

$D_x$	$t_0$	$\epsilon$	$\eta$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	adj. R <sup>2</sup>	DW	AIC
$D_A$	1990	3 (1987-93)	6%	0.582 (5.72)	0.370 (2.99)	0.369 (3.40)	-0.009 (-4.07)	0.995	1.42	-196.24
$D_B$	1990	3 (1987-93)	5%	0.586 (5.77)	0.378 (3.06)	0.347 (3.39)	-0.009 (-4.09)	0.995	1.42	-196.26
$D_C$	1990	3 (1987-93)	4%	0.590 (5.81)	0.371 (3.06)	0.363 (3.36)	-0.009 (-4.06)	0.995	1.41	-196.21
$D_D$	1990	4 (1986-94)	5%	0.566 (5.47)	0.373 (3.00)	0.374 (3.39)	-0.011 (-3.99)	0.995	1.40	-195.83
$D_E$	1990	2 (1988-92)	5%	0.602 (5.89)	0.382 (3.07)	0.346 (3.21)	-0.008 (-3.96)	0.995	1.38	-195.65
$D_F$	1989	3 (1986-92)	5%	0.636 (6.07)	0.424 (3.36)	0.320 (2.94)	-0.008 (-3.69)	0.994	1.32	-194.13
$D_G$	1991	3 (1988-94)	5%	0.506 (4.71)	0.311 (2.40)	0.420 (3.63)	-0.011 (-4.01)	0.995	1.47	-195.89

推定推移軌道は、図8に示すとおりであり、1985年頃から進入の兆しが見え始め、1987年には5%レベルに、1990年に50%のレベルに達し、1993年には95%に、1995年にはほぼ100% (1)のレベルに浸透していった軌道が伺われる。これは、日本にとっては、プラザ合意(1985)から、バブル経済(1987)その崩壊(1991)を経て「失われた10年(ロストデカド)」に入る軌道と軌を一にする。

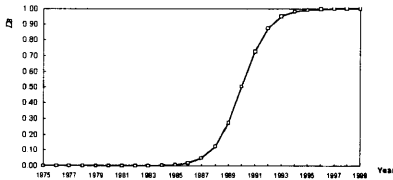


図8. 推定推移軌道(製造業技術への情報化社会へのシフトの浸透過程).

以上の推移軌道でトレースされる製造技術への情報社会への浸透過程は、伝統的な製造技術の生産への貢献ペースとは相容れず、GDPの技術弾性値を低下させることになった。その軌道は、図9に示すとおりである。

以上の技術弾性値の低下は技術の限界生産性を低下させることとなり、図10に示すように、製造業技術の限界生産性は、1990年代以降急減を示すに至った。すなわち、製造業の限界生産性は、一般的な通減傾向の例に漏れず、80年代までは、年率1.3%の比較的緩やかな通減であったが、90年代以降年率3.5%の急減を示すに至った。

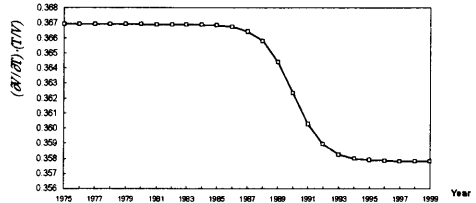


図9. 製造業GDPの技術弾性値の推移(1975-1999).

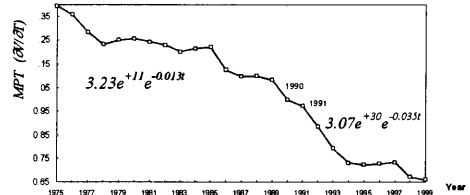


図10. 製造業技術の限界生産性の推移(1975-1999).

$$\ln MPT = 26.501 - 0.013 \text{Year} - 0.022 D_x \text{Year} + 43.697 D_x \quad \text{adj. } R^2 0.975 \quad DW 1.71 \quad (7)$$

$$(6.18) \quad (-6.14) \quad (-5.01) \quad (4.98)$$

### (3) 情報化社会へのシフトに対する製造業技術のシステムヒッチ

以上の限界生産性の低下が、情報化社会へのシフトに対する製造業技術のシステムヒッチに起因することを検証するために、「製造業技術限界生産性の情報化社会シフト弾性値」の推移を検証。製造業技術の限界生産性は、GDP及び技術ストックのほか、製造業技術への情報化社会へのシフトの浸透過程を示す推移軌道 $D_x$ にも影響されるので、(8)式のように示される。

$$MPT = F(V, T, D_x) \quad (8)$$

(8)式を2次項までテーラー展開すると(9)式が得られる。

$$\ln MPT = A + \alpha_1 \ln V + \alpha_2 \ln T + \alpha_3 \ln D_x + \beta_1 \ln V \ln T + \beta_2 \ln V \ln D_x + \beta_3 \ln T \ln D_x \quad (9)$$

(9)式を $\ln D_x$ で偏微分することにより、(10)式のように、「製造業技術限界生産性の情報化社会シフト弾性値」が得られる。

$$\frac{\partial \ln MPT}{\partial \ln D_x} = \alpha_3 + \beta_2 \ln V + \beta_3 \ln T \quad (10)$$

1985-1999年の製造業を対象に、限界生産性関数を推計した結果は

(11)式に示すとおりであり、これをベースに「製造業技術限界生産性の情報化社会シフト弾性値」は、GDP及び技術ストックをもとに、(12)式のように表される。

$$\ln MPT = -4.962 + 1.206 \ln V - 0.780 \ln T + 0.375 \ln D_x - 0.019 \ln V \ln T + 0.029 \ln V \ln D_x - 0.068 \ln T \ln D_x \quad (11)$$

(-2.60) (10.61) (-6.42) (18.33) (-1.80) (9.71) (-30.37)

adj. R<sup>2</sup> 0.999 DW 1.66

$$\frac{\partial \ln MPT}{\partial \ln D_x} = 0.375 + 0.029 \ln V - 0.068 \ln T \quad (12)$$

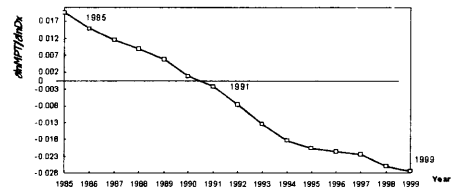


図11. 製造業技術限界生産性の情報化社会シフト弾性値の推移(1985-1999)

(12)式をもとに、1985-1999年間の「製造業技術限界生産性の

情報化社会シフト弾性値」の推移を計測した結果は、図11に示すとおりであり1991年以降この弾性値が負に転じ、情報化社会へのシフトに対する製造業技術のシステムヒッチが裏付けられる。

#### (4) 情報化社会へのシフトに対するシステムヒッチのメカニズム

以上のシステムヒッチのメカニズムを明らかにするために、あらためて、TFPの変化率支配要因を分解すると(13)式のように示される(渡辺、許、馬場、2002[2])。

$$\frac{\Delta TFP}{TFP} = TFP = (1-k^{-1}\eta)F_d - (1-k^{-1}\eta)\psi\eta\sum_i s_i \dot{P}_i + (1-k^{-1}\eta)\eta^2(\psi-1)k^{-1} \cdot \frac{\partial V}{\partial T} \cdot \frac{T}{V} + k^{-1}\eta \cdot \frac{\partial V}{\partial T} \cdot \frac{T}{V} \cdot \dot{T} \quad (13)$$

where  $V$ : GDP;  $F_d$ : final demand;  $T$ : technology stock;  $P$ : factor's price;  $s_i = (P_i X_i)/(PV)$ ;  $X_i$ : factor  $i$ 's quantity;  $\eta$ : production elasticity to cost;  $e$ : elasticity to production  $\psi = e/(1-e(1-\eta))$ ;  $k$ : profit ratio ( $= PV/C$ ); and  $C$ : total cost.

ここに(3)式の近似  $\frac{\Delta TFP}{TFP} = \frac{\partial V}{\partial T} \cdot \frac{R}{V}$  を用いて、技術の限界生産性を整理すると(14)式のように示される。

$$\frac{\partial V}{\partial T} = \frac{(1-k^{-1}\eta)F_d - (1-k^{-1}\eta)\psi\eta\sum_i s_i \dot{P}_i}{1 - (1-k^{-1}\eta)\eta^2(\psi-1)k^{-1} - k^{-1}\eta} \cdot \frac{V}{R} \quad (14)$$

(14)式の分子第1項は、需要の増加による効果を、第2項は、スピルオーバー技術の導入による効果(価格減少効果で表している)、マイナスを示す。一方、分母のマイナス第1項は、研究開発投資の間接効果(技術ストックの増大による生産要素の調整誘発)、第2項は直接効果を示す。これらは、いずれも、情報化社会へのシフトに伴い、ITの内包する

① 需要創出効果 (Watanabe, Kondo, et al., 2002, [12])

② スピルオーバー活用効果 (Watanabe and Asgari, 2002 [18])

③ 相互補充効果 (Watanabe and Kondo, 2002 [10])、及び

④ 自己増殖効果 (Watanabe, Kondo, Ouchi and Wei, 2002, [11])

による躍進が期待されるものではあるが、そのためには、情報化社会へのシフトを受け入れ、それを社会経済の躍進への好循環に組み入れる社会経済体質の柔軟性が不可欠である。

先に見た情報化社会へのシフトに対する製造業技術のシステムヒッチは、日本の社会経済体質がかつてのような柔軟性を発揮できず、ITの成果をフルに活用できないまま経済を停滞させ、社会経済体質を更に硬化化させていくという悪循環に陥ったことに起因し、その結果、ITが本来的に内包する上記①-④の特性を発揮して(14)式を通じて技術の限界生産性の上昇ポテンシャルの発揮を空回りさせていることによる。

#### 4. 情報社会に対応する技術政策への覚醒

情報化社会へのシフトに対する製造業技術のシステムヒッチの原因たる日本の社会経済体質の柔軟性喪失の悪循環は、表3に示すような、工業化社会を主導した製造技術と、情報化社会を主導するITとの性格形成メカニズムの基本的相違に根ざす。すなわち、製造技術の基本的性格は、専ら市場への供給段階に供給者によって賦与されたが、ITは、社会経済との相互交流過程で新たな性格を形成する自己増殖的なメカニズムを内包する。また、製造技術は、企業内・系列内での分業による最適化をねらいとして、個々の企業や組織が性格形成の原因者をなしたが、ITは、市場を通じた分業により最適化が図られ、したがって、その性格形成は、社会経済全体、その体質そのものが担うことになる。しかるに、日本には、依然として、工業化社会におけるハイテクミラクルの功労者としての製造技術の性格形成メカニズムに対する認識及びその主体となった企業内・系列内での分業・最適化の慣性が根強く残っており、それが、情報化社会へのシフトに対する阻害要因となり、システムヒッチをきたすことになっている。技術政策の底流にもまったく同じ阻害的慣性が

残存し、それが「インプット大国、アウトプット小国」に結果し、それがさらに社会経済体質の柔軟性喪失の悪循環をきたすことになっている。

表3 製造技術とITとの性格形成メカニズムの比較

	1980年代	1990年代
パラダイム	工業化社会	情報化社会
中核技術	製造技術	情報技術
基本的性格	所与	自己増殖的
基本的性格を形成する過程	供給者によって賦与	社会経済体質との相互交流過程で形成
分業・最適化追求形態	組織内・系列内での分業	市場を通じた分業
性格の形成の原因となる行為者	個々の企業/組織	全体としての社会経済体質

資料: Watanabe and Kondo et al. (2002) [11]をもとに整理。

以上の悪循環の輪を分析し、ITが本来的に内包する先に述べた特性によって下好循環へのシフトを図るためには、ITの性格形成メカニズムに即した次のようなトリガーが肝要である。

① i-modeの躍進に見られる累積的学習を基盤とした利用者主導によるITの潜在特性の共鳴的誘発(本予稿集2C18、近藤・渡辺)

② ERPをてこに最終消費者をもインボルブし、ソフトベンダーとの3者の共進化構造の構築によるビジネス分野へのITの浸透(同2B33、保々・渡辺)

③ IT化に伴う組織内分業より市場を通じる分業の方の有利化に注目した新進小規模企業の生成(同2D14、長田・渡辺)

④ IT固有の社会経済との相互作用過程を通じた自己増殖機能に着目した自己増殖的ビジョン形成への刷新(同1B03、田辺・渡辺)

#### 5. 結論

1990年代における技術の限界生産性の急減が経済競争力失墜の源泉をなし、それが情報化社会へのシフトに対する製造業技術のシステムヒッチに起因し、その原因たる日本の社会経済体質の柔軟性喪失の悪循環は、製造技術とITとの性格形成メカニズムの基本的相違に根ざすことを実証し、情報社会に対応する技術政策への覚醒の方向を示唆した。今後引き続き、国際比較を視野に入れたフィールドサーベイ等を重ね、社会経済体質の柔軟性とITの革新・利用との共進化構造のあり方を進化させていくことが肝要である。

#### 参考文献

1. 近藤玲子、渡辺千代、「情報化社会へのパラダイムシフト下における持続的成長とインスティテュションの柔軟性の役割の分析」、研究・技術計画学会第16回年次学術大会講演要旨集2001、57-60。
2. 渡辺千代、許光仁、馬場啓介、「技術のスピルオーバーに視点を据えた産業の技術構造の変遷に関する実証分析」、研究技術計画2002(in print)。
3. 渡辺千代、藤村祐、「技術革新・普及に不可欠な社会経済体質の柔軟性の変容に関する分析—資金の生産性弾性値の支配要因に視点を据えた実証分析」、研究技術計画2002(in print)。
4. A. Tarasyev and C. Watanabe, "Optimal Dynamics of Innovation in Models of Economic Growth," Journal of Optimal Theory and Applications 108 (1), 175-203, 2000.
5. A. Tarasyev and C. Watanabe, "Dynamic Optimality Principles and Sensitivity Analysis in Models of Economic Growth," Nonlinear Analysis 47, 2309-2320, 2001.
6. US DOC, "Digital Economy 2000," DOC, Washington, DC, 2000.
7. C. Watanabe, "Systems Option for Sustainable Development," Research Policy 28 (7), 719-749, 1999.
8. C. Watanabe, B. Zhu and T. Miyazawa, "Hierarchical Impacts of the Length of Technology Waves: An Analysis of Techno-labor Homeostasis," Technology Forecasting and Social Change 68 (1), 81-104, 2001.
9. C. Watanabe, B. Zhu, C. Griffy-Brown and B. Asgari, "Global Technology Spillover and Its Impact on Industry's R&D Strategies," Technovation 21 (5), 281-291, 2001.
10. C. Watanabe and R. Kondo, "Institutional Elasticity towards IT Waves for Japan's Survival," Technovation, 2002 (in print).
11. C. Watanabe, R. Kondo, N. Ouchi and H. Wei, "Formation of IT Features through Interaction with Institutional Systems - Empirical Evidence of Unique Epidemic Behavior," Technovation, 2002 (in print).
12. C. Watanabe, R. Kondo, N. Ouchi, H. Wei and C. Griffy-Brown, "Institutional Elasticity as a Significant Driver of IT Functionality Development," Technological Forecasting and Social Change, 2002 (in print).
13. C. Watanabe, R. Kondo, and A. Nagamatsu, "Policy Options for the Diffusion Orbit of Competitive Innovations: An Application of Lotka-Volterra Equations to Japan's Transition from Analog to Digital TV Broadcasting," Technovation, 2002 (in print).
14. C. Watanabe, R. Kondo, N. Ouchi and H. Wei, "A Substitution Orbit Model of Competitive Innovations," Technological Forecasting and Social Change, 2002 (in print).
15. C. Watanabe and M. Hobo, "Co-Evolution between Internal Motivation and External Expectation as a Source of Firm Self-Propagating Function Creation," Technovation, 2002 (in print).
16. C. Watanabe and M. Hobo, "Creating a Firm Self-Propagating Function for Advanced Innovation-Oriented Projects: Lessons from ERP," Technovation, 2002 (in print).
17. C. Watanabe, M. Kishioka and A. Nagamatsu, "Resilience as a Source of Survival Strategy for High-Technology Firms Experiencing Megacompetition," Technovation, 2002 (in print).
18. C. Watanabe and B. Asgari, "Impacts of Functionality Development on the Dynamism between Learning and Diffusion of Technology," Technovation, 2002 (in print).