

○渡辺千仞 (東工大社会理工学)

1. 序

成熟経済化、情報化に対応する技術政策への覚醒を主眼に、社会経済との相互作用を通じた技術の性格形成分析を進展。

技術の限界生産性の激減は、① 製造技術の情報化社会とのシステムヒッチ、② 従来モデルへの執着による成長軌道の選択ミス、③ 両者の共鳴、によることを実証。

機動性・柔軟性・適応性・連携性に卓越した企業 (FDC) 主導による、ITの自己増殖機能と新機能創出型成長軌道との共鳴が鍵とことを指摘。

2. 技術競争力の低下

(1) GDP 成長要因分析

労働・資本を X 、技術ストックを T とすると、GDP (V) は(1)式で示され、その成長率は(2)式で示される。

$$V = F(X, T) \quad \frac{dV}{dt} = \Delta V, \frac{dX}{dt} = \Delta X, \frac{dT}{dt} = \Delta T \approx R \quad (\text{研究開発投資}) \quad (1)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial V}{\partial X_i} \frac{X_i}{V} \right] \frac{\Delta X_i}{X_i} + \left[\frac{\partial V}{\partial T} \frac{T}{V} \right] \frac{\Delta T}{T} \approx \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial V}{\partial X_i} \frac{X_i}{V} \right] \frac{\Delta X_i}{X_i} + \frac{\partial V}{\partial T} \frac{R}{V} \quad (2)$$

TFP 成長率

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) 上昇率に依存することになる。

(2) TFP の急減

しかるに、1980 年代に圧倒的優位を誇った日本の TFP 成長率は、表 1、図 1-1 に示すように、1990 年代に急減。

表 1 日米独の GDP 成長率と TFP 成長率の貢献の推移 - 年率%

	1960 - 1973	1975 - 1985	1985 - 1990	1990 - 1995	1995 - 2001
日本	9.7 (6.2)	2.2 (1.4)	3.4 (2.8)	2.0 (-0.3)	1.8 (0.2)
米国	3.8 (1.5)	3.4 (1.0)	3.2 (0.9)	2.4 (0.9)	3.9 (1.5)
ドイツ	4.6 (2.8)	3.8 (1.2)	5.2 (1.7)	1.5 (1.1)	1.1 (0.7)

● 数字は GDP 成長率、() 内は TFP 成長率を示す。

(3) 技術の限界生産性の激減

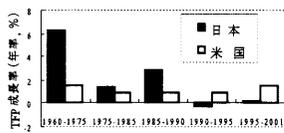


図 1-1. 日本の TFP 成長率の推移 (1960 - 2001)。

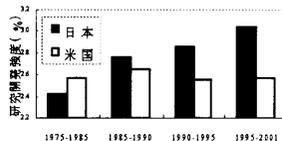


図 1-2. 日本の研究開発強度 (GDP 当り研究開発費) の推移 (1975-2001)。



図 1-3. 日本の技術の限界生産性の推移 (1960-2001)。

(2)式に示すように、TFP 成長率は、研究開発強度 (R/V) と技術の限界

生産性 ($\partial V/\partial T$) の積であるが、図 1-2 に示すように、日本の研究開発強度は世界最高レベル (インブット大国) であるので、技術の限界生産性が、1980 年代のトップから 1990 年代には最低レベルに激減したことがうかがわれる (図 1-3)。

3. 技術の限界生産性激減の構造的背景

このような、技術の限界生産性の激減は、成熟経済化及び情報化社会へのパラダイムシフトの中で、① 工業化社会で培った製造技術が情報化社会とシステムヒッチをきたしていること、及び ② 工業化社会のビジネスモデルに執着する結果、成長軌道の選択ミスに陥っていることが考えられる。

3.1 情報化社会とのシステムヒッチ

(1)式は、情報化社会への適応性も加味して(3)式のように展開される [3]。

$$\ln V = A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma_1 \ln T + \gamma_2 D_x \ln T \quad (3)$$

$$D_x = \frac{1}{1 + e^{-a-b}} = \frac{1}{1 + e^{-\frac{\ln((1-\eta)/\eta) + \ln \frac{1-2(\gamma_1 \ln T - \epsilon)}{\eta}}{\epsilon}}}} \quad (4)$$

V: GDP, L: 労働, K: 資本, T: 技術ストック, A: スケールファクター, α, β, γ : 労働・資本・技術の弾性値, D_x : 工業化社会から情報化社会へのパラダイムシフトへの適応性を示す係数 γ_2 によるパラダイムシフト後の技術弾性値, ϵ : 閾値, η : 増速ベース

γ_2 は情報化社会へのパラダイムシフト後の技術弾性値を示すが、表 2 に示すように、米国はこれがプラスなのに対し、日本はマイナスに転じている。これは、米国の製造技術が情報化社会とシステムマッチしているのに対して、日本の方はヒッチをきたしていることを示す。

表 2 日米製造技術の GDP への貢献軌道の比較 (1975-1999)

	α	β	γ_1	γ_2	adj. R ²	DW
日本	0.586 (5.77)	0.370 (3.00)	0.367 (3.39)	0.009 (-4.08)	0.995	1.42
米国	0.667 (6.87)	0.312 (7.36)	0.357 (10.31)	0.063 (4.65)	0.990	1.17

図 2 は、表 2 の結果をもとに両国製造技術の限界生産性の推移を示したものであり、米国が 1990 年代以降上昇させているのに対し、日本は減少に陥っていることがうかがわれる。

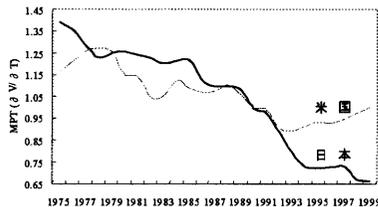


図 2. 製造技術の限界生産性の推移 (1975-1999) - Index: 1990=1.

この減少がシステムヒッチの結果によるものであることを実証するために、(5)式のような技術の限界生産性関数を考える。

$$MPT = F(V, T, D_x) \quad (5)$$

2 次項までテーラー展開。

$$\ln MPT = A + \alpha_1 \ln V + \alpha_2 \ln T + \alpha_3 \ln D_x + \beta_1 \ln V \ln T + \beta_2 \ln V \ln D_x + \beta_3 \ln T \ln D_x \quad (6)$$

両辺を $\ln D_x$ で偏微分することにより、(7)、(8)式に示す「製造技術の限界生産性の情報化シフト弾性値」を導出。¹

$$\frac{\partial \ln MPT}{\partial \ln D_x} = \alpha_3 + \beta_1 \ln V + \beta_2 \ln T + \alpha_4 \beta_1 \beta_2 \ln D_x + \beta_3 \beta_3 \ln T \quad (7)$$

$$\phi = 2r_1 \ln T, \quad \frac{\partial \ln \phi}{\partial \ln T} = r_1 + r_2 D_x = r_2 \quad (8)$$

1 本予稿集、柳沢・渡辺参照。

1980-1999の日米の製造業について、この弾性値を計測した結果は、表3、図3に示す通りであり、米国が1990年代以降この弾性値に弾みがついているのに対し、日本は減少傾向に転じていることがうかがわれる。これは、両国のシステムヒッチ（日本）とマッチ（米国）の好対照を示すものである。

表3 製造技術の限界生産性支配要因の日米比較 (1980-1999)

	α_1	α_2	α_3	β_1	β_2	β_3	adj. R ²	DW
日本	2.430 (2.68)	0.517 (0.52)	0.249 (1.88)	-0.129 (-1.56)	0.064 (1.81)	-0.101 (-3.48)	0.990	0.90
米国	1.550 (5.26)	-0.402 (-1.33)	-0.241 (-10.25)	-0.082 (-1.92)	0.009 (1.84)	0.028 (4.95)	0.990	1.38

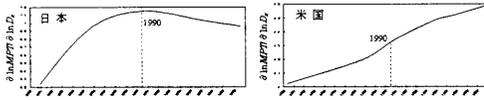


図3 製造技術の限界生産性の情報化シフト弾性値の推移の日米比較 (1980-1999)

3.2 成長軌道の選択ミス

以上の両国のシステムヒッチとマッチの好対照は、成熟経済化に対応する成長軌道の選択ミスと表裏一体の帰結を示すものである。

(1) 日米のGDP成長の軌跡

1950-2000年の両国のGDP及び同成長率の推移は図4、5に示す通りであり、1990年代に入って、日本が停滞したのに対し、米国は顕著な復調を示している。

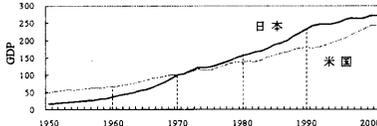


図4 日米GDPの推移 (1950-2001) 指数: 1970=100

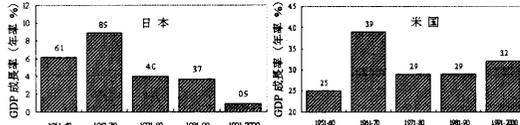


図5 日米の実質経済成長率の推移 (1951-2000)

(2) 日米の成長軌道

1990年代以降の成長の逆転要因を検証するため、両国のGDP成長軌道を、Tを用いた単純ロジスティック成長: $V = \frac{\bar{V}}{1 + e^{-a(T-t)}}$ 及びバイ・ロジスティック成長: $V = \frac{\bar{V}_1}{1 + e^{-a_1(T-t)}} + \frac{\bar{V}_2}{1 + e^{-a_2(T-t)}}$ の両モデルで検証。表4に示すように、両国ともバイ・ロジスティック成長モデルの適合性が大。

表4 日米製造業GDPに関する成長軌道の推計 (1960-2000)

	\bar{V}_1	a_1	b_1	\bar{V}_2	a_2	b_2	adj. R ²	AIC
日本								
単純	1.20*10 ³ (98.93)	1.02*10 ⁻⁴ (18.19)	-1.63 (-20.88)				0.989	3.4*10 ⁶
B1-logistic	5.02*10 ⁴ (12.79)	4.76*10 ⁻⁴ (8.49)	-2.16 (-10.19)	6.80*10 ⁴ (15.41)	1.67*10 ⁻⁴ (8.68)	-4.29 (-7.22)	0.996	1.0*10 ⁷
米国								
単純	1.74*10 ³ (13.53)	2.69*10 ⁻⁴ (8.99)	-1.73 (-9.27)				0.980	1.79*10 ³
B1-logistic	1.25*10 ³ (20.55)	4.25*10 ⁻³ (11.77)	-1.81 (-21.23)	2.18*10 ³ (1.37)	1.02*10 ⁻³ (4.31)	-14.33 (-5.59)	0.988	1.77*10 ³

図6に示すように、両国とも1970-80年代に第2成長軌道が成長。日本が高度成長期と同じ軌道を踏襲しているのに対し、米国は、成長天井の高い軌道に転換。

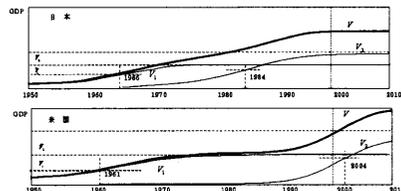


図6 日米製造業の成長軌道の概念図 (1950-2010)

※ 変数: 日本・V1: 1966年, V2: 1984年, 米国・V1: 1961年, V2: 2004年 (90年代の技術ストック上昇率(年率3.6%)が2000年以降も持続することを前提)

V₁: 第一成長軌道
(高度成長期の軌道)
V₂: 第二成長軌道
(成熟経済下の軌道)
V: 合成軌道

(3) 成熟経済への移行に対する軌道選択

以上より、成熟経済への移行に対する日米の認識及びそれに対する対応を比較すると表5のように示され、それぞれの高度成長期及び成熟経済下の技術の限界生産性 (MPT₁, MPT₂) の推移は、図7に示す通りである。

表5 成熟経済への移行に対する認識、対応の日米比較

移行の認識	対応
日本	素早く認知 従来モデルを踏襲
米国	認識がスロー 新モデルに転換

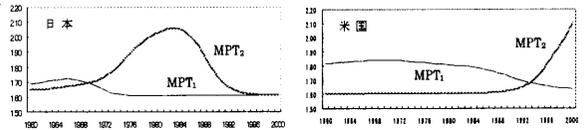


図7 日米の製造業成長軌道における技術の限界生産性の推移 (1960-2000)

※ MPT = ∂ V / ∂ T = aV(1-FD), Ln (MPT + 5) の変換曲線で表示。

(4) 成長軌道の選択 - 成長追求路線と新機能創出路線

以上の分析から、1970-80年代のポスト高度成長に対応する両国の成長軌道の選択に、図8に示すような顕著な違いがあることがうかがわれる。

$$\frac{\Delta V}{V} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial V}{\partial X_i} \frac{\Delta X_i}{X_i} + \frac{\partial V}{\partial T} \frac{\Delta T}{T} \right) \quad \frac{\Delta V}{V} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial V}{\partial X_i} \frac{\Delta X_i}{X_i} + \frac{\partial V}{\partial T} \frac{\Delta T}{T} \right)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = aV \left(1 - \frac{1}{FD} \right) \quad \frac{\Delta V}{V} = aV \left(1 - \frac{1}{FD} \right)$$

図8 成長軌道の選択?

すなわち、米国は「成長追求路線」(高成長をバネに成長を達成)から「新機能創出路線」(新機能の創出をテコに成長を持続)にスイッチしたのに対し、日本は高度成長期の味が忘れられず、いまだに「成長追求路線」に執着していることがわかる。

(5) ハイテク企業のR&Dオプションと収益構造

このような成長軌道の選択による盛衰は、日本のハイテク企業にも顕著に見られる。すなわち、図9に示すように、成熟経済下において、電気機械の利益率は「自らの中核基盤技術の多角的活用の迫りによる一連の新機能の創出」努力(技術多角化)に大きく依存し、高度成長期に味わった「成長追求路線」からいち早く米国同様「新機能創出路線」へのスイッチを敢行した技術多角化度の高い企業は、おしなべて高い利益率を上げている。これに対して、売上高上位の企業は成熟大企業の常として「成功体験の呪縛」に覆われており、選択と集中により「成長追求路線」を復活させようとする執着が強くなり、成熟経済下で利益率の低迷を余儀なくされている。

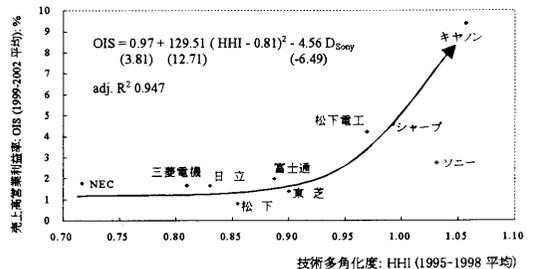


図9 電気機械10社の技術多角化と売上高営業利益率(連結)の相関(最近時)

2 GDP成長をロジスティック成長モデルにあてはめると、 $\frac{dV}{dt} = aV \left(1 - \frac{V}{\bar{V}} \right)$ 、技術ストックが時間tに応じて増大し、また、中・長期的に成長がなだらかに変化することを前提とすると、 $\Sigma V = V / (\rho + g)$ (ρ : 減耗率, g : 初期段階の平均GDP成長率), $T = T(t)$ であるので、 $\frac{dV}{dt} = aV \left(1 - \frac{V}{\bar{V}} \right) = aV \left(1 - \frac{1}{FD} \right)$ ただし、 $FD = \frac{V}{\bar{V}}$ (新機能創出度、 \bar{V} はGDPの天井を示す)。

