経済研究
Vol. 42, No. 2, Apr. 1991

戦後経済成長と生産性・長期資金

武井安彦・寺西重郎

開発途上国ないし一般に後発国の工業化は先進国からの技術移転によってなされる．効果的な技術移転のためには単に先進技術を体化した機械設備を輸入することでは十分でなく，技術の導入・定着にかかわってさまざまなレベルでの学習がなされねばならない．J. スティグリッツが強調するように，学習ないし学習能力の形成が重要な状況下では，短期的な意思決定は最適でなく，企業者は長期的視野に立った投資行動を行う必要がある．一般に，資金市場の不完全性の度合が高い途上国では，企業者の短期金融市場ないし銀行貸出市場へのアクセスに強い限界があり，短期性の資金調達に依拠して長期的行動を行うことは資金調達の不確実性などの点から必ずしも容易でない．企業の長期的視野に立った技術導入行動は，長期性の資金の利用可能性が高いほど，活発になると考えられる．しかしながら，多くの途上国では，最終的貸手の資産蓄積水準が実物的経済活動水準にくらべて低いこと，およびそれらの経済主体の金融市場ないし銀行からの借入能力が十分でないことから，その資金供給は一般に短期的であり，長期資金は不足がちであると考えられる．それゆえ，これらの国では長期性資金の供給が多いほど，技術移転の程度は高く，したがって生産性の上昇率は高くなるという関係が存在すると考えられる．本稿の目的は，この長期資金の利用可能性と生産性上昇率との関係を戦後日本経済の産業別の時系列およびクロス・セクション分析において検証することにある．

戦後日本経済は大戦中の国際的技術交流の遮断と技術開発の遅れから，先進国との間にきわめて大きな技術ギャップをもった状況からスタートした．国内の R&D 投資の効果も無視することはできないが(後藤・若杉(1984))，海外からの技術導入件数は1960年以降急増し，少なくとも第一次石油ショック頃までは，技術貿易の収支は大幅な支払超過状況にあった．他方，資金市場では終戦直後の急激なインフレーションのため，実質資金蓄積水準が大幅に低下し，資金供給は著しく短期性化していた．たとえば，全国銀行預金に占める定期預金の割合は1935年の50.4%から1948年には14.5%にまで低下していたし，1948年の貸出に占める一年超貸出の割合は，都市銀行で1.6%，長期信用銀行で13.9%という状況であった[1]．企業の資金調達と資産運用の期間対応に大幅なミスマッチが生じ，特に中小企業では短期資金による長期資産保有という現象が顕著であった．たとえば長期借入金，社債，資本金の和の固定資産に対する比率は，1960年代を通じて大企業で75%，中小企業で45%の水準にあった[2]．こうした状況に対応して，1970年代半ば頃までの金融市場は強い政策的規制の下におかれ，補助金政策によって長期資金の供給を促進する政策がとられた．第一に，政策金融(財政投融資)については，その資金源である郵便貯金を税制面で優遇する措置がとられた．第二に，社債と金融債については，低金利(高価格)で都市銀行等に割当保有させる方法がとられたが，それらを担保とする低金利の日銀貸出によって事実上の補助金が都市銀行等に対して供給されたのである．こうして創出された長期資金は一部(政策金融と社債)は割当により，他の部分(民間金融機関の長期貸出)は市場メカニズムにより経済各部門に配分されたと考えられる．

こうした戦後日本経済の海外からの導入技術による発展ないしキャッチ・アップの過程は基

本的に1970年代前半に終了したとみられる．技術貿易の受取／支払比率は1974年以降急増に転じる．また，このことに対応して金融市場の不完全性も急速に軽減されつつある．都市銀行等の貸出にしめる長期貸出割合は急上昇しており，同時にオープンな短期金融市場，消費者金融市場などの急速な自由化・拡大が生じつつある．

こうした戦後日本経済の状況を，不完全資金市場の下での技術移転による成長としてみなすならば，少なくとも第一次石油危機までの時期において，長期資金の利用可能性と生産性上昇率に正の相関が見出されることが期待されよう．堀内・大滝(1987)は寺西(1982)における長期資金の成長に及ぼす効果を検証するという視点から，産業別の総要素生産性と長期資金指標の間の時系列による回帰分析を行い，いくつかの産業について両者に正の有意な関係のあることおよびその関係は第一次石油危機以前の時期においてより明瞭であるとの結果を得ている．しかしながら，この分析には次のような不満足な諸点がある．第一にOLSによっているため誤差項に系列相関が残るという問題点がある．また，寺西(1982)ないし本稿でのわれわれのモデルは，産業間のクロス・セクション・データに適合したものである可能性がある．第三に，生産性のレベルでなく，上昇率についても検討する必要がある．以下では，この堀内・大滝モデルに基本的に依拠しつつ，これらの諸点を改良し分析を深めたいと考える．まず，〔1〕において技術移転と長期資金の間の理論的関係を若干詳しく論じたうえで，〔2〕で計測すべきモデルを提示する．〔3〕では計測結果を説明し，最後に〔4〕で見出された諸事実を要約するとともにそれらを解釈するうえでの若干の留保事項を指摘する．

〔1〕 技術移転にともなう学習と長期資金

アロー(K. Arrow(1962))は，航空機の機体製造やスウェーデンの鉄鋼業の例をひきつつ，生産の累積というかたちでの経験の積み重ねすなわちlearning by doingが技術進歩の大きな源泉であることを強調した．これに対して，スティグリッツ(J. Stiglitz(1987)(1989))は，主として途上国の経済発展の論脈において，途上国による先進国からの技術移転にとって学習が極めて重要であり，効果的な学習のためには学習に専門化した人ないし組織による学習能力(learning skillまたはlearning capability)の形成すなわちlearning by learningが重要であると主張する．いま，スティグリッツの諸研究を利用しつつ，技術移転に伴なう学習，学習能力と長期資金の関係をわれわれなりに整理すると次のようになろう．

技術の効果的な移転のためにはさまざまなレベルでの学習がなされねばならない．第一は熟練の形成であって，労働者の操作能力・保守点検能力の向上などがこれにあたる．第二は，新技術にみあった，経営管理技術の構築である．第三は，ローカルな諸条件への適応であって，不純物の混入しがちな現地製原材料への適応，検査業務・運搬業務の人力化などの要素賦存度への適応などがこれである．こうした，学習による生産性の向上のためには経験の蓄積が不可欠であるが，経験の蓄積がどの程度生産性の向上に結びつくかは学習能力に依存すると考えられる．学習能力は技術指導員，技術研究員の能力，工業試験場および農業試験場あるいは企業付属の研究所の能力等であって，経済全体の学習能力はこれらの人ないし組織がR&D投資を行い，資源を用いて学習をくりかえすことによって向上すると考えられよう．これがスティグリッツの言うlearning by learningないしlearning to learnの過程である．

以上を図式化して示すと次のようになろう．

学習能力＝Φ(R&D資本，学習の累積値)

↓

技術＝Ψ(学習能力，生産の累積値)

↓

生産量＝F(技術，資本，労働)

すなわち，R&D投資を行い，学習を継続することによって学習能力が高まる．(学習の累積の効果がスティグリッツのlearning by learningである．)学習能力が高いほど，所与の経験(生産の累積)による生産性の向上率は高くなる．

(生産の累積の効果がアローのlearning by doingに対応する.) 生産性の高いほど, 所与の資本・労働などの生産要素投入のうみだす生産量は大きくなると考えられるわけである.

さて, 技術移転にともなう学習と生産の過程が上記のようなものであるとき, 企業者の行動は近視眼的であってはならず, 常に長期的視野に立つことが要求される. すなわち第一に, learning by doingが重要であるときは, 次期における生産費用を低下させるために, 今期における利潤極大条件(限界費用=限界収入)の定める量以上に生産量を拡大することが最適となる. 第二に, learning by learningが重要であるときは単に, 生産における要素の限界代替率を今期の要素価格比率と一致させることは適切でなく, R&D投資と学習の累積値に対しても資源を配分しつつ動学的最適化を行うことが必要になるのである. このようなばあい, 学習の累積, 生産の累積, R&D支出などの成果があらわれるにはラグがあるため, 技術移転の初期では企業は著しい低利潤ないし負の利潤を経験することになる. いま資金市場が完全であれば, 企業は初期の低利潤を借入によってカバーしつつ長期的な利潤極大化を行うことができるであろう. しかし市場が不完全なばあい, たとえ技術移転の完了後に高利潤が期待されるとしても, 短期資金の借換えには大きな不確実性が伴なう. 完成の途中で資金不足のために停止せざるをえない可能性のあるばあい, 技術移転のプロジェクトは着手されないことが多いであろう. このようなばあい, 学習に要する期間以上の満期期間をもった長期の設備・運転資金が供給されるならば, 技術移転は著しく活発化すると考えられる. 企業者は, たとえ現在の短期的利潤率が負であっても, 学習の成果としての将来の生産性向上による利益を獲得するために技術移転を行う意欲をもつと考えることができよう.

〔2〕 モデル

生産性と長期資金およびR&D支出の関係を示す簡単なモデルを考え, 計測式を導出しよう.

次のようなコブ・ダグラス型生産函数を考える.

$$Q(t) = T(t)K(t)^{b}L(t)^{a}$$

ここで$Q(t), T(t), K(t), L(t)$はそれぞれt期の生産量(付加価値), 技術水準, 資本ストック, 労働量である. aとbの和は必ずしも1ではない. 総要素生産性(total factor productivity, TFP)を生産量と集計的要素投入量Zの比として定義する.

$$\mathrm{TFP} = Q/Z$$

ここで

$$Z = K^{\omega}L^{1-\omega}$$

であり, wは総費用に占める資本費用のシェアである(吉岡(1989)ch. 6).

途上国ないし後発国では資金市場が不完全であるため, 資本のレンタル・レートrは必ずしも資本の限界生産力$\frac{\partial Q}{\partial K}$に等しいとは限らない. 両者の差$\pi/K$は超過利潤ないし損失となって資本家に帰属すると仮定しよう. 超過利潤(損失)は

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial K} - r\right)K = \pi$$

であり, 資本家のとり分は結局

$$\omega = (rK+\pi)/Q$$

となる. それゆえ

$$\omega = K\frac{\partial Q}{\partial K}\Big/Q$$
$$= b$$

となる. ちなみに生産函数は必ずしも一次同次ではないのでオイラー方程式は成立せず, したがってaは必ずしも$1-\omega$に等しいとは限らない.

さて, $b=\omega$より

$$\mathrm{TFP} = T(t)L(t)^{a+b-1}$$

をうる. したがって

(1) $ln\mathrm{TFP} = lnT(t) + (a+b-1)lnL(t)$

あるいは成長率のタームで,

(2) $$\frac{dln\mathrm{TFP}(t)}{dt} = \frac{dlnT(t)}{dt} + (a+b-1)\frac{dlnL(t)}{dt}$$

である. すなわち総要素生産性上昇率は学習による技術進歩率(右辺第1項)と規模の生産性(右辺第2項)の和としてあらわされる(吉岡

(1989) ch. 5).

また

$$lnT(t)+(a+b-1)\,ln\mathrm{TFP}(t) = ln(Q/L)-bln(K/L)$$

だから

(3)　$ln\mathrm{TFP} = ln(Q/L)-bln(K/L)$

である.

次に，学習による技術進歩(技術移転)と長期資金指標 LB(t) および R&D 資本指標 $I(t)$ との間に

(4)　$T(t) = f(LB(t), I(t))$

または

(5)　$\dfrac{dlnT(t)}{dt} = g(LB(t), I(t))$

の関係があるものと考えよう．f, g 函数の微係数はいずれも正である.

(1)，(4)式から，次の計測式をうる.

(モデル A) $ln\mathrm{TFP}(t) = \alpha_0+\alpha_1 LB(t)+\alpha_2 I(t)+\alpha_3 lnL(t)+u_t$

(2)，(5)式から，次の計測式をうる.

(モデル B) $\dfrac{dln\mathrm{TFP}(t)}{dt} = \alpha_0+\alpha_1 LB(t)+\alpha_2 I(t)+\alpha_3\dfrac{dlnL(t)}{dt}+u_t$

上述の堀内・大滝(1987)のモデルはモデル A において $\alpha_2=0$ とおいたものであると考えることができる．また，後藤・若杉(1984)における計測式はモデル B で $\alpha_3=0$ かつ $\alpha_1=0$ を仮定したものに対応している.

〔3〕 計測

本節では，前節で述べた A, B 2 つのモデルに対してそれぞれ 2 種類の実証分析を行う．まず，産業別に時系列データを用いてモデルの推定を行う．次に，クロスセクションのデータと時系列データをプールすることによってパネル・データを用いた推定を行う．推定に用いた産業は 10 産業である．具体的には，食品工業，繊維工業，パルプ・紙工業，化学工業，鉄鋼業，非鉄金属工業，金属製品工業，一般機械工業，電気機械工業，輸送用機械工業である．資本ストックのデータを連続的に採るために，石油・石炭工業，窯業・土石工業，精密機械工業，出版・印刷業等は除いた．データの出所については，後述されている．期間は 1950 年代後半から 1985 年代までを採ったが，以下に述べる様に，高度成長期とそれ以後の期間で，推定値に大きな相違が見られるので大体第一次石油危機以前を前期，それ以後を後期と呼ぶことにする．もちろん，推定方法の違いにより，期の始年が多少ずれるが，それについてはその都度述べる.

TFP は(3)式により推計する．Q は『工業統計表』の付加価値額(歴年データ，単位 100 万円)を日銀の卸売物価指数で実質化．L は同じ資料の 4 人以上事業所の従業者数(単位千人，暦年)，K は企画庁『民間(企業)資本ストック』の産業別資本ストック(全企業，年度末値，単位 100 万円)をとった[3]．b は日銀『主要企業経営分析』の付加価値構成表から(付加価値－人件費)／付加価値として計算した(年度末値).

次に長期資金指標 LB は同上『主要企業経営分析』から，(社債＋長期借入金)／負債資本合計として求めた(年度末値)．また R&D 資本指標 I としては『科学技術研究調査報告』から各年度(社内使用)研究費(費用額)の売上高に対する比率(年度値)を用いる．もちろん，R&D 資本の指標としてフローの研究費を用いることは多くの問題を残している．しかし，(i)R&D 資本については一般に陳腐化のスピードがきわめて速いこと，(ii)資本と資本のもたらす効果(サービス)の間にラグの存在することなどのため適切な資本データを構成することは容易でないため，今回は便宜的な措置としてフロー値を用いることとした.

(1)産業別時系列データによる分析

まず，各産業について時系列データを用いて(モデル A)を推定しよう．表 1 は(モデル A)において，仮定 $\alpha_2=0$ を置いて推定を行った結果を，表 2 は，この仮定を置かない時の結果を示している．期間は，表 1 については，(a) 1957-1972 年(前期)，(b)1970-1985 年(後期)，表 2 については，(a)1960-1972 年(前期)，(b) 1970-1985 年(後期)である．(　)内の値は，パラメーター推定値の t 値を示す(以下全ての表

表1 $\log(Q/L)-b\cdot\log(K/L)=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB+\alpha_3\cdot\log(L)+u$

(a) 1957-1972年

	OLS					ML				
	定数項	LB	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	DW	定数項	LB	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	ρ
食品工業	−9.047	1.215	1.731	0.639	1.494	2.077	−0.103	0.121	0.876	0.969
	(−3.895)	(0.292)	(4.700)			(1.204)	(−0.029)	(0.541)		
繊維工業	−6.868	8.297	1.119	0.676	1.062	−2.242	7.544	0.483	0.764	0.653
	(−1.689)	(4.441)	(1.880)			(−0.812)	(3.111)	(1.213)		
パルプ・紙工業	1.293	6.179	−0.227	0.539	0.762	4.955	4.318	−0.668	0.751	0.784
	(0.749)	(2.892)	(−0.421)			(2.322)	(2.522)	(−1.624)		
化学工業	23.409	11.747	−3.853	0.366	0.985	8.284	4.110	−1.089	0.631	0.771
	(2.620)	(3.142)	(−2.436)			(1.039)	(1.350)	(−0.790)		
鉄鋼業	−1.544	0.288	0.598	−0.018	1.267	−1.137	−0.406	0.567	0.0862	0.350
	(−0.293)	(0.095)	(0.612)			(−0.221)	(−0.158)	(0.611)		
非鉄金属工業	−1.303	0.531	0.806	0.251	1.039	−1.490	0.382	0.854	0.395	0.451
	(−0.273)	(0.153)	(0.749)			(−0.403)	(0.150)	(1.047)		
金属製品工業	−3.598	−1.459	1.103	0.682	0.801	2.317	−0.515	0.150	0.891	0.968
	(−3.029)	(−0.387)	(5.574)			(1.638)	(−0.388)	(0.707)		
一般機械工業	4.281	15.497	−0.460	0.652	1.842	4.781	16.930	−0.563	0.663	−0.708
	(2.501)	(4.610)	(−1.528)			(3.627)	(6.473)	(−2.413)		
電気機械工業	5.720	16.818	−0.739	0.483	0.196	6.770	2.357	−0.578	0.953	0.979
	(3.266)	(1.374)	(−3.988)			(6.439)	(0.536)	(−12.306)		
輸送用機械工業	−8.577	−8.460	2.019	0.288	0.727	−1.289	−1.912	0.709	0.653	0.786
	(−1.904)	(−1.960)	(2.459)			(−0.349)	(−0.586)	(1.102)		

(b) 1970-1985年

	OLS					ML				
	定数項	LB	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	DW	定数項	LB	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	ρ
食品工業	−22.932	−5.917	3.897	0.199	0.770	−23.532	−1.778	3.916	0.474	0.757
	(−1.979)	(−1.317)	(2.296)			(−2.508)	(−0.400)	(2.881)		
繊維工業	14.669	21.582	−2.243	0.636	1.556	14.603	21.611	−2.235	0.648	0.180
	(5.005)	(5.090)	(−4.465)			(4.952)	(5.324)	(−4.514)		
パルプ・紙工業	6.280	1.671	−0.671	−0.078	1.705	6.146	1.626	−0.645	−0.059	0.125
	(1.069)	(0.960)	(−0.617)			(1.078)	(0.988)	(−0.614)		
化学工業	23.137	4.932	−3.472	0.649	2.316	22.677	4.776	−3.390	0.667	−0.230
	(6.314)	(3.868)	(−5.313)			(8.281)	(4.914)	(−7.100)		
鉄鋼業	13.424	0.855	−1.756	0.191	1.457	14.755	2.170	−2.041	0.235	0.263
	(4.791)	(3.367)	(−0.877)			(2.859)	(0.684)	(−2.224)		
非鉄金属工業	15.999	5.402	−2.596	0.386	1.852	15.856	5.375	−2.567	0.389	0.069
	(3.863)	(2.796)	(−3.117)			(4.124)	(3.013)	(−3.333)		
金属製品工業	−30.020	−5.595	5.134	0.269	1.960	−29.666	−5.513	5.079	0.269	0.014
	(−2.458)	(−1.611)	(2.739)			(−2.676)	(−1.752)	(2.986)		
一般機械工業	31.218	−1.443	−3.827	0.435	1.100	7.019	1.047	−0.435	0.575	0.888
	(3.767)	(−0.657)	(−3.194)			(0.677)	(0.432)	(−0.296)		
電気機械工業	8.777	−6.618	−0.460	0.641	0.560	8.311	0.107	−0.525	0.855	0.895
	(10.111)	(−1.501)	(−5.364)			(10.860)	(0.020)	(−15.152)		
輸送用機械工業	0.595	−8.163	0.715	0.657	0.855	9.381	−8.872	−0.560	0.759	0.622
	(0.052)	(−5.494)	(0.426)			(0.801)	(−4.161)	(−0.330)		

で同じ)．推定方法は，OLSと，Beach-Mackinnon(1978)による最尤法(ML)を使用した．仮定 $\alpha_2=0$ を置いた場合，OLSによる推定は堀内・大滝(1987)で行なわれている．しかし，OLSによる推定では，Durbin-Watson比が非常に低い場合がほとんどであり，残差に強い正の系列相関が見られる．このような場合，推定値の分散を過少評価することになり，t 値を過大評価することになる．

系列相関の問題に対しては，Cochrane-Orcutt法に基づく推定，あるいは，最尤法に基づく推定が対策として考えられる．Beach-

表2 $\log(Q/L)-b\cdot\log(K/L)=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB+\alpha_2\cdot I+\alpha_3\cdot\log(L)+u$

(a) 1960-1972年

	OLS						ML					
	定数項	LB	I	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	DW	定数項	LB	I	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	ρ
食品	−17.322	4.114	−68.243	2.933	0.628	1.097	−7.451	0.734	−280.54	1.661	0.828	0.942
	(−2.657)	(0.494)	(−0.218)	(2.651)			(−1.405)	(0.147)	(−1.750)	(1.992)		
繊維	−13.239	10.953	−49.077	2.000	0.696	1.278	−11.060	10.753	−65.369	1.710	0.724	0.353
	(−2.360)	(4.432)	(−0.486)	(2.566)			(−2.203)	(4.352)	(−0.888)	(2.438)		
パルプ・紙	−9.036	3.706	161.49	1.703	0.841	1.770	−10.797	2.573	303.13	1.967	0.854	−0.566
	(−2.550)	(1.898)	(1.564)	(2.490)			(−4.655)	(2.074)	(3.933)	(4.298)		
化学	12.657	8.856	40.237	−2.120	0.467	0.570	9.826	6.826	−2.055	−1.339	0.795	0.853
	(0.593)	(1.138)	(0.529)	(−0.593)			(0.959)	(2.473)	(−0.076)	(−0.853)		
鉄鋼	−10.043	5.722	−155.80	1.859	0.716	2.041	−11.114	4.803	−102.76	2.022	0.728	−0.316
	(−1.920)	(2.448)	(−2.285)	(2.057)			(−2.726)	(2.664)	(−2.026)	(2.830)		
非鉄金属	−5.586	4.900	16.506	1.379	0.703	2.429	−5.308	5.275	21.654	1.298	0.732	−0.317
	(−1.398)	(1.688)	(0.486)	(1.587)			(−1.860)	(2.453)	(0.817)	(2.066)		
金属製品	−8.576	1.985	41.916	1.718	0.835	1.418	−1.087	0.682	−17.113	0.659	0.906	0.960
	(−5.388)	(0.619)	(0.911)	(7.705)			(−0.536)	(0.535)	(−0.787)	(2.227)		
一般機械	−0.470	8.876	52.656	0.279	0.822	1.263	−1.818	6.744	45.795	0.531	0.846	0.450
	(−0.144)	(2.110)	(1.872)	(0.514)			(−0.671)	(2.259)	(2.308)	(1.218)		
電気機械	3.033	−10.119	184.66	−0.424	0.946	1.435	2.199	−6.507	192.73	−0.400	0.949	−0.517
	(1.986)	(−1.231)	(7.907)	(−5.694)			(2.044)	(−1.216)	(14.136)	(−6.824)		
輸送用機械	4.331	3.230	220.48	−0.732	0.969	1.595	4.855	3.564	206.76	−0.831	0.970	0.184
	(2.251)	(2.318)	(8.663)	(−1.960)			(3.055)	(3.039)	(10.353)	(−2.689)		

(b) 1970-1985年

	OLS						ML					
	定数項	LB	I	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	DW	定数項	LB	I	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	ρ
食品	−40.929	−3.210	358.22	6.171	0.271	0.900	−28.714	0.353	213.69	4.473	0.501	0.761
	(−2.518)	(−0.691)	(1.510)	(2.791)			(−3.047)	(0.080)	(1.501)	(3.379)		
繊維	8.106	21.906	149.91	−1.448	0.645	1.737	8.473	21.827	140.07	−1.489	0.646	0.058
	(1.274)	(5.222)	(1.158)	(−1.710)			(1.506)	(5.862)	(1.239)	(−1.982)		
パルプ・紙	9.545	3.954	184.19	−1.526	0.111	1.806	9.033	3.839	183.10	−1.430	0.118	0.089
	(1.705)	(2.005)	(1.939)	(−1.410)			(1.790)	(2.211)	(2.206)	(−1.478)		
化学	25.334	4.830	−5.608	−3.804	0.706	2.328	24.801	4.619	−5.668	−3.707	0.724	−0.256
	(7.135)	(4.137)	(−1.879)	(−6.241)			(9.737)	(5.507)	(−2.221)	(−8.507)		
鉄鋼	−9.912	1.289	161.42	1.753	0.354	2.283	−14.075	1.015	186.42	2.403	0.396	−0.275
	(−0.821)	(0.427)	(2.068)	(0.938)			(−1.650)	(0.446)	(3.313)	(1.827)		
非鉄金属	15.939	5.403	0.652	−2.585	0.335	1.853	15.960	5.372	−1.131	−2.584	0.339	0.070
	(2.759)	(2.684)	(0.016)	(−2.396)			(3.076)	(3.006)	(−0.031)	(−2.676)		
金属製品	−19.043	−7.906	−84.159	3.692	0.273	1.988	−19.048	−7.907	−84.158	3.693	0.273	−0.0002
	(−1.179)	(−1.918)	(−1.035)	(1.584)			(−1.362)	(−2.216)	(−1.195)	(1.829)		
一般機械	21.494	0.104	40.879	−2.576	0.615	1.812	21.475	0.101	40.878	−2.574	0.615	0.002
	(2.770)	(0.054)	(2.658)	(−2.351)			(3.190)	(0.061)	(3.065)	(−2.708)		
電気機械	7.179	−3.463	39.704	−0.485	0.687	0.522	7.023	−1.990	43.291	−0.516	0.859	0.756
	(5.799)	(−0.768)	(1.708)	(−5.961)			(6.474)	(−0.420)	(1.905)	(−14.555)		
輸送用機械	4.542	−4.908	38.620	−0.073	0.725	0.736	2.780	−5.244	31.095	0.210	0.829	0.677
	(0.435)	(−2.379)	(2.062)	(−0.470)			(0.278)	(−2.292)	(2.871)	(0.147)		

Mackinnon(1978)により，われわれは全観察データを用い，推定方法として優れていると考えられる完全情報最尤法を用いることにする．(計算量も，Cochrane-Orcutt法に比べ不利ではない．)残差 u_t がAR(1)の過程に従うとすれば，

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$$

ここで，ε_t は独立な正規分布に従い，平均ゼロ，分数 σ^2 であるとする．ρ はパラメーターで，自己相関係数である．この関係式から，尤度関数を求め，iterationによって推定値を求めたのが，表1，2のMLの頂に示されている．表から明らかなように推定方法により，推定値

とその t 値に差が見られる．まず，表1の結果についてみよう．MLの結果は，前期では，繊維工業，パルプ・紙工業，一般機械工業について，LB の係数は有意に正である．化学工業についても比較的有意である．他の産業については，有意性は低い．表1の後期においては，繊維工業，化学工業，非鉄金属工業について，LB の係数は有意に正の値をとっている．しかし，一方，金属製品工業や輸送用機械工業では，LB の係数な有意に負になっている．その他の産業では，有意性は低い．次に，表2についてみよう．これは，モデル(A)の完全な形での推定である．前期において，LB, I の係数が共に正で有意である産業は，パルプ・紙工業，一般機械工業，輸送用機械工業である．非鉄金属工業も，比較的高い有意性を示している．一方，LB, Iの係数が共に負で有意な産業としては，鉄鋼業があげられる．後期になると，LB, I の係数が共に正で有意であるのは，パルプ・紙工業だけとなり，化学工業では，I の係数が有意に負であり，逆に，輸送用機械工業では，LB の係数が有意に負となっている．LB の係数についてだけ言うと，前期では7産業で有意に正であるが，後期になると4産業において有意に正で，2産業で有意に負になっている．

次に，モデル(B)を，各産業の時系列データに対して推定した．しかし $\bar{R}^2$ が極めて低く t 値も(絶対値で)値が低くなった．このため，結果は表に示していない．これについては，いくつかの解釈が可能であろうがR&D投資の効果発生のラグの問題に密接にかかわっているものと思われる．

(2)3期平均値によるパネル・データ分析

研究投資とその成果の結実とのラグの問題に対処するために，各変数に対して，それぞれの3期平均値をとる．次にデータ数の不足をおぎなうために，パネル・データ分析の手法を用いる．すなわち，時系列データとクロスセクション・データをプールすることにする．より具体的には，まず各産業の時系列データの3期平均値を作成し，オーバー・ラップさせない形で3期平均値の時系列データを作る．すなわち，X_t を t 期における変数 X の値とすると，次のようなデータをつくることになる．

$$\frac{X_1+X_2+X_3}{3}, \frac{X_4+X_5+X_6}{3}, \cdots,$$

$$\frac{X_{t-1}+X_t+X_{t+1}}{3}, \cdots$$

次に，各産業の3期平均値の時系列データをスタックすることにより，パネル・データを作成する．このデータの作成は，Kmenta(1971)に従っている．スタックされたかく乱頂の分散 Ω に対しは，次の様に仮定する．(Kmenta (1971)，p 508-517)

(i) $E(\varepsilon_{it}^2) = \sigma_i^2$

(ii) $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{jt}) = 0 \quad (i \neq j)$

(iii) $\varepsilon_{it} = \rho\varepsilon_{i,t-1} + u_{it}$

i：クロスセクションのインデックス

t：時系列のインデックス

すなわち，クロスセクションではheteroskedasticity(仮定(i))，独立(仮定(ii))，さらに時系列ではAR(1)(仮定(iii))というかく乱頂を仮定するのである．このパネル・データ分析における推定方法を要約すると，次のようになる．まず，プールされたデータに対して，OLSを行い，この残差から ρ を推定する．この推定された ρ を用いて，プールされたデータを，系列相関が起らない様に変換する．すなわち，各変数について，t 期の値から，推定された ρ を用いて ρ 倍された $t-1$ 期の値を引いて，変換された値を得るのである．この変換されたデータに対して再びOLSを行い残差から σ_i^2 を推定する．こうして，Ω が推定されたので，これを用いてGLSを行って最終的なパラメーターの推定値を求めるのである．(Kmenta(1971)はこの段階で計算量の少ない別法も紹介している．)

さて，パネル・データ分析の結果は，表3に示されている．表3において，結果は，モデルの相違，ラグのとり方等で，(a)～(l)の各頂に分かれてまとめられている．

(a) $\mathrm{TFP} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot LB + \alpha_3 \cdot \log L + u$

(b) $\Delta\mathrm{TFP} = \beta_0 + \beta_1 \cdot LB + \beta_3 \cdot \Delta\log L + u$

(c) $\mathrm{TFP} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot LB(-1) + \alpha_3 \cdot \log L + u$

表3

(a) $TFP=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB+\alpha_3\cdot\log(L)+u$

期間	定数項	LB	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_1	−0.115	2.726	0.364	0.938	0.103	0.639
	(−0.078)	(1.636)	(1.760)			
B	−1.387	0.695	0.764	0.989	0.420	0.696
	(−1.108)	(0.723)	(4.455)			

(b) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB+\beta_3\cdot\Delta\log(L)+u$

期間	定数項	LB	$\Delta\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_1	0.489	−0.624	−0.801	0.815	0.708	0.090
	(4.593)	(−1.344)	(−9.159)			
B	−0.020	0.414	−0.030	0.101	0.025	−0.095
	(−0.185)	(0.873)	(−0.176)			

(c) $TFP=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB(-1)+\alpha_3\cdot\log(L)+u$

期間	定数項	$LB(-1)$	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_2	3.675	−3.683	−0.01	0.966	0.162	0.357
	(2.160)	(−1.831)	(−0.035)			
B	3.232	−4.300	0.226	0.977	0.504	0.853
	(2.641)	(−4.782)	(1.308)			

(d) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB(-1)+\beta_3\cdot\Delta\log(L)+u$

期間	定数項	$LB(-1)$	$\Delta\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_2	0.574	−0.854	−0.698	0.916	0.662	−0.168
	(6.599)	(−2.127)	(−6.699)			
B	0.092	−0.109	−0.077	0.081	0.005	−0.095
	(0.801)	(−0.233)	(−0.431)			

(e) $TFP=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB+\alpha_2\cdot I+\alpha_3\cdot\log(L)+u$

期間	定数項	LB	I	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_1	−0.189	2.722	71.309	0.264	0.954	0.359	0.667
	(−0.152)	(2.054)	(3.521)	(1.443)			
B	−1.054	0.134	14.602	0.700	0.993	0.561	0.611
	(−0.887)	(0.145)	(2.686)	(4.317)			

(f) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB+\beta_2\cdot I+\beta_3\cdot\Delta\log(L)+u$

期間	定数項	LB	I	$\Delta\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_2	0.344	−0.286	5.983	−0.756	0.848	0.760	0.092
	(1.915)	(−0.500)	(1.031)	(−8.269)			
B	−0.004	0.376	−0.442	−0.024	0.098	0.023	−0.095
	(−0.030)	(0.765)	(−0.127)	(−0.137)			

(g) $TFP=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB(-1)+\alpha_2\cdot I(-1)+\alpha_3\cdot\log(L)+u$

期間	定数項	$LB(-1)$	$I(-1)$	$\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_2	3.442	−3.390	41.881	−0.027	0.970	0.273	0.346
	(2.155)	(−1.808)	(1.921)	(−0.130)			
B	3.102	−4.161	4.375	0.232	0.983	0.562	0.791
	(2.589)	(−4.177)	(0.585)	(1.427)			

(h) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB(-1)+\beta_2 I(-1)+\beta_3\cdot\Delta\log(L)+u$

期間	定数項	$LB(-1)$	$I(-1)$	$\Delta\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_2	0.442	−0.578	6.693	−0.672	0.940	0.731	−0.189
	(4.033)	(−1.481)	(1.510)	(−6.913)			
B	0.118	−0.137	−1.212	−0.067	0.084	0.009	−0.086
	(0.805)	(−0.276)	(−0.322)	(−0.374)			

(i) $TFP=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB+\alpha_2\cdot I(-1)+\alpha_3\cdot\log(L)+u$

期間	定数項	LB	$I(-1)$	$\Delta\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_2	2.514	−1.886	40.147	0.075	0.972	0.215	0.290
	(1.613)	(−1.165)	(1.898)	(0.359)			
B	−1.219	0.112	19.478	0.721	0.995	0.621	0.641
	(−1.154)	(0.143)	(4.102)	(4.989)			

(j) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB+\beta_2\cdot I(-1)+\beta_3\cdot\Delta\log(L)+u$

期間	定数項	LB	$I(-1)$	$\Delta\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_2	0.421	−0.450	6.949	−0.661	0.963	0.728	−0.200
	(3.793)	(−1.239)	(1.656)	(−6.921)			
B	−0.006	0.404	−0.644	−0.023	0.103	0.027	−0.093
	(−0.047)	(0.821)	(−0.178)	(−0.137)			

(k) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_2\cdot I+\beta_3\cdot\Delta\log(L)+u$

期間	定数項	I	$\Delta\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_1	0.261	7.746	−0.750	0.848	0.762	0.114
	(3.866)	(1.690)	(−8.557)			
B	0.077	−0.610	−0.056	0.081	0.005	−0.096
	(1.088)	(−0.179)	(−0.309)			

(l) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_2\cdot I(-1)+\beta_3\cdot\Delta\log(L)+u$

期間	定数項	$I(-1)$	$\Delta\log(L)$	$\bar{R}^2$	Buse $\bar{R}^2$	ρ
A_2	0.281	9.358	−0.086	0.993	0.756	−0.123
	(6.437)	(2.986)	(−7.301)			
B	0.083	−0.964	−0.056	0.082	0.007	−0.091
	(1.181)	(−0.269)	(−0.322)			

(注) 期間
A_1: 1961-1972
A_2: 1964-1972
B : 1973-1984

(d) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB(-1)+\beta_3\cdot\Delta\log L+u$

(e) $TFP=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB+\alpha_2\cdot I+\alpha_3\cdot\log L+u$

(f) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB+\beta_2\cdot I+\beta_3\cdot\Delta\log L+u$

(g) $TFP=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB(-1)+\alpha_2\cdot I(-1)+\alpha_3\cdot\log L+u$

(h) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB(-1)+\beta_2\cdot I(-1)+\beta_3\cdot\Delta\log L+u$

(i) $TFP=\alpha_0+\alpha_1\cdot LB+\alpha_2\cdot I(-1)+\alpha_3\cdot\log L+u$

(j) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_1\cdot LB+\beta_2\cdot I(-1)+\beta_3\cdot\Delta\log L+u$

(k) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_2\cdot I+\beta_3\cdot\Delta\log L+u$

(l) $\Delta TFP=\beta_0+\beta_2\cdot I(-1)+\beta_3\cdot\Delta\log L$

$+u$

ここで，uはかく乱項を示す．正確には，u_a, $u_b\cdots$, u_lと書くべきだが，単純化のためにuとした．パラメーターについても，同じことが言える．また，変数Xについて$X(-1)$は，3期平均値の時系列データにおいて，一期前の値を示している．すなわち，Xが$t-1, t, t+1$期の平均値ならば，$X(-1)$は，$t-2, t-3, t-4$期の平均値である．各推定にあたり，期間は前期，後期と二期に分けて行った．前期については，$A_1=1961-1972$, $A_2=1964-1972$，後期については$B=1973-1984$とした．Buseの$\bar{R}^2$は，かく乱頂の共分散行列Ωが，nonscalarである場合，すなわち，$\Omega \neq \sigma^2 I$の場合に，修正された$\bar{R}^2$である(詳しくは，Buse(1973))．表3(a)は，モデル(A)において$\alpha_2=0$と仮定して推定を行った時の結果である．LBは前期において比較的有意な正の値をとっているが，後期では推定値も，t期も低下している．しかし，ラグをとったLBに対して回帰すると(表3の(c))この関係は失われる．表3(b)は，モデル(B)において，$\beta_2=0$を仮定した場合の結果であるが，LBの係数の有意性は低い．表3(d)は，LBについてラグがとられている．しかし，(c)，(d)の様にLBについてラグをとるのはわれわれの理論からは支持され難いと思われる．表3(e)は，完全な形のモデル(A)を，(f)は完全な形のモデル(B)を推定した結果を示している．LB, Iについてラグはとっていない．(e)の前期では，LB, Iの係数共に有意な正の値をとっている．後期では，LBのt値が下がる．(f)のモデルについては，各係数の推定値のt値は低い．(g)は，(e)のモデルにおいて，LB, Iのラグをとった場合，(h)は，(f)のモデルにおいて，LB, Iのラグをとった場合の結果を示している．(g)においては，LBの係数は有意な負の値をとっているが，Iのt値は低下している．(h)における，推定値のt値は一般に低い．(i)，(j)は，ラグ付きのIの値を用いて，それぞれモデル(A)，(B)を推定した結果である．(i)において，Iの係数は，有意な正の値をとっているが，LBの係数の推定値のt値は低い．(j)においては，一般にt値は低い．表3(k)は，モデル(B)において$\beta_1=0$を仮定して推定を行った場合の結果を示している．ここで，Iについてはラグをとっていない．ラグをとった場合の結果は(l)に示されている．(l)の結果は後藤・若杉(1984)の結果に比較されうるだろう．(k)，(l)とも，前期におけるIの係数は，t値が比較的高く，係数は正である．なお，表3の結果を評価する際に，BRとIの多重共線性が大きい場合，結果の評価は修正されねばならないであろうが，データを見る限り，BRとIの多重共線性は少なかった．よって，以上の結果をまとめてみると次のようになるだろう．まず，モデル(A)とモデル(B)については，パネル・データを用いることによって，モデル(B)のあてはまりの良さは相当改善されたが，t値等を考慮すると，モデル(A)の方が有意な結果を得ている．次に，変数I, LB等のラグをとることによって，一般に結果は改善されていない．

〔4〕 結語

以上われわれは，移転技術に基づく工業化は十分な学習を行うことによって有効となり，そのためには長期資金が必要であるという仮説の下に，戦後日本経済における総要素生産性を長期資金の指標とR&D資本の指標によって回帰した．

まず時系列分析では，成長率タームでの(モデルB)の計測結果は不良であったが，(モデルA)については，長期資金(LB)だけでなくR&D資本(I)をも説明変数としたケースについて，前期における方が後期におけるよりもあてはまりがよく，かつLBの有意度が高いという結果を得た．戦後の成長過程では前期の方が移転技術への依存度が高かったと考えられるから，このことはわれわれの仮説を支持するものと言えよう．

またパネル，データによる分析では，同じく(モデルB)の計測結果は不良であったが，ラグをつけない(モデルA)の計測結果，とくに計測式(e)の計測結果はきわめて良好であった．これら良好なケースから次のことが言えよう．

(i)長期資金指標(LB)の生産性(技術進歩)への効果は前期において後期よりも大きくかつ有意性が高い．(ii)R&D資本指標(I)の効果は前後期両期間において有意性が高い．(iii)両期間において有意な規模の経済性の存在が認められ，その程度は後期において大きい．これらのうち，(i)はわれわれの基本的仮説を支持するものと言えよう．(ii)は後藤・若杉(1984)の強調するR&Dの効果を確認する結果となっている．ただしわれわれのばあい，LBによりあらわされる導入技術の役割もまた重要であるということである．(そして導入技術の効果は前期においてより大きい．)(iii)は，わが国製造業の生産性向上において規模の経済性がきわめて重要な役割を果したという吉岡(1989)の立場に対応する結果となっている．ただし，われわれのばあい初期においては学習による技術進歩の効果が大であり，後の期間ほどより強い規模の経済性がみられるという結果となっている．

われわれのモデルはしかしながら，戦後日本経済における生産性の高成長という現象のごく限られた一面をとりあつかっているにすぎないことは最後に強調しておく必要がある．第一に，わが国では形成的な長期資金供給とともに企業と銀行の間の長期貸出契約(long-term loan commitment)が重要であった可能性がある．しばしば短期貸出のころがし(rollover)によって設備投資がまかなわれたと指摘されるが，この効果と長期貸出の効果のよりたち入った比較が必要であろう．メイン・バンク制についても，委任された監視者(deligated monitoring)，リスク・シェアリングなどの側面とともに，安定的なローン・コミットメントを通じる長期的学習過程への効果を考慮に入れて分析する必要があろう．第二に，長期資金供給，長期貸出契約等の資金市場の特質が生産性に及ぼす効果はわが国のばあい学習を通じる経路以外の他のさまざまな経路を通じて波及した可能性がある．たとえば，日本において特徴的な長期的雇用関係が労働者の新技術導入に対する反対を弱め，これが技術の導入・普及に正の効果をもったという主張がある．また，企業間の長期的安定的関係の存在が機密情報の相互開示を前提とする共同研究開発体制の発展をもたらしたとする指摘もある(中谷(1991))．さらに，企業者の長期的ビジョンや長期的雇用関係等が高い設備投資意欲をもたらしたという議論がある(小野・吉川(1989))．こうした日本経済に特徴的な長期的諸関係が，資金市場の特質にどのように関連しているのか，またそれは日本経済の「成功の秘密」といかなるかかわりあいをもつのか等の問題は，本稿では不問のまま残されている．Aoki(1990)等の開拓しつつある領域と関連づけることはあげて今後に残された課題である．

(一橋大学大学院経済学研究科・一橋大学経済研究所)

注

1) 寺西(1982)pp. 416-7．ちなみに1975年において定期預金のシェアは53.8%，1年超貸出のシェアは都市銀行で29.3%，長期信用銀行で92.5%．

2) Myers(1977)はオプション理論を用いて，企業にとって資産と負債の満期期間をマッチさせることが合理的行動であることを指摘している．

3) 原データは昭和40-65年値は昭和55年平均価格評価，昭和29-39年は昭和45年価格評価となっているため，昭和40年度末の値の倍率を用いて，全て昭和45年価格評価で統一した．また昭和24-39年については鉄鋼業と非鉄金属又一次金属として一括されているため，これを鉄鋼85%，非鉄15%の比率で配分した(1965-85について資本ストックの構成比をみると鉄鋼84～86%，非鉄16～14%ときわめて安定している)．

参考分献

［1］ 小野善康・吉川洋「設備投資」，今井賢一・小宮隆太郎編『日本の企業』第10章，東京大学出版会，1989年．

［2］ 後藤晃・若杉隆平『技術政策』，小宮隆太郎・奥野正寛・鈴村興太郎編『日本の産業政策』第6章，東京大学出版会，1984年．

［3］ 寺西重郎『日本の経済発展と金融』，岩波書店，1982年．

［4］ 中谷巌『日米インバランスの基本構造』中央公論1991年1月号．

［5］ 堀内昭義・大滝雅之「金融：政府介入と銀行貸出の重要性」，浜田宏一・黒田昌裕・堀内昭義編『日本経済のマクロ分析』第5章，東京大学出版会，1987年．

［6］ 吉岡完治「生産性の分析」，吉岡完治『日本の製造業・金融業の生産性分析』第4章，東洋経済新報社，1989年．

［7］ Aoki, Masahiko, “Toward an Economic

Model of the Japanese Firm," *Journal of Economic Literature*, Vol. 28,(March 1990), pp. 1-27.

[8] Arrow, K. J., "The Economic Implications of Learning by Doing," *Review of Economic Studies*, Vol. 29,(June 1962), pp. 155-173.

[9] Beach, C., and Mackinnon, J., "A Maximum Likelihood Procedure for Regression with Autocorrelated Errors," *Econometrica*,(January 1978), pp. 51-58.

[10] Buse, A., "Goodness of Fit in Generalized Least Sguares Estimation," *American Statistician*, Vol. 27,(June 1973), pp. 106-108.

[11] Kmenta, J., *Elements of Econometrics*, Macmillan, 1971.

[12] Myers, S. C., "Determinants of Corporate Borrowing," *Journal of Finanial Economics*, Vol. 5, 1977, pp. 147-175.

[13] Stiglitz, J. E., "Learning to Learn, Localized Learning and Technological Progress," in *Economic Policy and Technological Performance* ed. by P. Dasgupta and P. Stoneman, Cambridge University Press, 1987.

[14] Stiglitz, J. E., "Economic Organization, Information and Development," in *Handbook of Development Economics* Vol. I. ed. by H. Chenery and T. N. Srinivasan, North Holland, 1988.