経済成長における移行動学と収束に関する実証分析 : 修正されたAugmented Solow Modelによる実証分析

片桐, 昭司

https://doi.org/10.15017/3000087

出版情報：経済論究. 89, pp.29-53, 1994-07-31. 九州大学大学院経済学会
バージョン：
権利関係：

経済成長における移行動学と収束に関する実証分析

—修正された Augmented Solow Model による実証分析—

片　桐　昭　司

目次

1. 序

先進国と発展途上国の経済格差，いわゆる南北問題が指摘されて以来，経済成長理論に関する様々な議論が交わされてきた。たとえば，固定的な資本—産出比率（資本係数）を基礎としたハロッド＝ドーマーの経済成長モデル[1]，人口成長率と技術進歩率を外生的に扱った Solow [1956] による新古典派成長モデルが提示され，経済成長の分析がなされてきた。しかしながら内生的成長論者は，これら新古典派成長理論では実証分析の結果に対して十分な説明をなすことができないと主張している。すなわち，Romer [1986]，Lucas [1988]，King and Rebelo [1993] では，新古典派成長モデルで提示されているような初期所得水準と経済成長率の間の負の相関関係は成立しないし，1人当たりの所得水準も同じ水準に収束（unconditional convergence）しないというものである。Romer [1986] や Lucas [1988] 等は，現実の経済格差を説明するために，知

[1] Harrod, R. F., "An Essay in Dynamic Theory," *Economic Journal*, Vol. XLIX, (1939), および Domor, E. D., "Expansion and Employment," *American Economic Review*, Vol. XXXVII, (1947) を参照

識への投資あるいは人的資本の外部効果を導入することにより，内生的成長モデルを展開している。特に Romer [1986, p. 1003] は，『異なる国々の一人当たりの産出量の水準は収束する必要はなく，成長は後進国において緩慢に持続するかもしれないし，全く起こらないことさえあるかもしれない』と言及している。

こうした状況のもとで，Mankiw 等 [1992] は，従来の Solow モデルに人的資本を含むようにモデルを拡張（以下，Augmented Solow モデルと呼ぶ）することにより，現実の経済成長の要因が説明できることを提示している。また，Helliwell 等 [1992] は Mankiw 等 [1992] の Augmented Solow モデルを使って，cross-section データによる実証分析を行っており，また，Holtz-Eakin [1992] は離散型の Augmented Solow モデルを使って，アメリカ合衆国の各州の時系列データによる実証分析を行っている。これとは別に，Barro [1991] や Barro and Sala-i-Martin [1990]，[1991]，[1992] は，従来の新古典派成長モデルを踏襲し，それから得られる離散型の方程式に独立変数を追加することにより実証分析を行っている。そしてこれらいづれの結果も，経済成長率（従属変数）と初期所得水準（独立変数）という方程式に人的資本等の独立変数を追加することにより，経済成長率と初期所得水準の負の相関関係が示され，また，他の事情を一定とすれば，1 人当りの低い初期所得水準をもつ諸国は，高い初期所得水準をもつ類似した諸国よりも，より早く成長するような状況 (conditional convergence) が言及されており，内生的成長モデルとの対比がなされている。またその際，transitional dynamics（移行動学）—ある初期（所得）水準から定常状態へ移行する動き—も必然的に論じられ，理論から求められた速度と実証値が矛盾しないことも示されている。

しかしながら，上記のどの分析も新古典派成長モデルに依拠した実証分析であるが，Mankiw 等 [1992] が行った連続型の方程式と Barro and Sala-i-Martin [1990]，[1991]，[1992] が行った離散型の方程式では，時間の扱い方が異なっている。また transitional dynamics の方程式から得られる回帰式に関しても，従属変数として，Mankiw 等はある期間にわたる 1 人当たりの所得の成長率を扱っているのに対し，Barro and Sala-i-Martin [1990]，[1991]，

[1992] は2つの時点の1人当たりの所得の平均成長率で処理しているため，単に2つの実証分析を比較・検討しても，確定的なことは言えないであろう。

以上のことを考慮して，本稿では，第2節で，Mankiw 等 [1992] による連続型の Augmented Solow モデルの方程式を Barro and Sala-i-Martin [1992] が行った離散型の方程式に修正する。第3節では，本稿で得られた方程式を使って回帰分析を行い，彼らが行った実証分析を比較・検討する。さらに追加変数として人的資本の代理変数を新たに導入し，収束の対応がどのように変化するかを検討することにする。そして，これらの比較・検討を通じて，新古典派成長モデルの意味する transitional dynamics とその帰結である収束について考察を行い，第4節で結論を述べることにする。

2　基本モデル

本節では，序節で述べたように，Mankiw 等 [1992] による Augmented Solow モデルの transitional dynamics を基にした連続型の方程式を，Barro and Sala-i-Martin [1990]，[1991]，[1992] が行った離散型の方程式に修正し，第3節の実証分析を行うための方程式を求めることにする。

2.1　モデル

ここで使用される基本となるモデルは，Mankiw 等 [1992] が扱った Augmented Solow モデルである。$Y(t)$ を t 時点の生産量，$K(t)$ を t 時点の物的資本，$H(t)$ を t 時点の人的資本，$A(t)$ を t 時点の技術水準，$L(t)$ を t 時点の労働で表わし，生産関数は次の (1) 式で表されるようなコブ=ダグラス型を仮定する。

$$Y(t)=K(t)^{\alpha}H(t)^{\beta}(A(t)L(t))^{1-\alpha-\beta} \tag{1}$$

さらに，人口成長率 (n)，貯蓄率 (s)，技術進歩率 (x) は外生的に与えられるものとし，このことから，$L(t)=L(0)e^{nt}$，$A(t)=A(0)e^{xt}$ と表される。また次期に対する物的資本投資として生産量 $Y(t)$ の一定割合 (s_k) が振り向けら

れ，人的資本投資として生産量の一定割合（s_h）が振り向けられるものと仮定し，蓄積方程式は各々，(2) および (3) 式で与えられる。なお，物的および人的資本は δ で減耗すると仮定されている[2]。

$$\dot{K}(t)=s_k Y(t)-\delta K(t) \tag{2}$$

$$\dot{H}(t)=s_h Y(t)-\delta H(t) \tag{3}$$

ここで (1), (2), (3) 式を効率単位当たりに変換することにする。生産関数，(1) 式を $L(0)e^{nt}\cdot e^{xt}$ で割ると，

$$\frac{Y(t)}{L(0)e^{nt}\cdot e^{xt}}=A(0)^{1-\alpha-\beta}\cdot\left(\frac{K(t)}{L(0)e^{nt}\cdot e^{xt}}\right)^{\alpha}\cdot\left(\frac{H(t)}{L(0)e^{nt}\cdot e^{xt}}\right)^{\beta} \tag{4}$$

となり，$\hat{y}(t)$ を t 時点の効率的労働単位当たりの生産量（$\hat{y}(t)=Y(t)/L(t)e^{xt}$），$\hat{k}(t)$ を t 時点の効率的労働単位当たりの物的資本 ($\hat{k}(t)=K(t)/L(t)e^{xt}$)，$\hat{h}(t)$ を t 時点の効率的労働単位当たりの人的資本 ($\hat{h}(t)=H(t)/L(t)e^{xt}$)，とすると

$$\hat{y}(t)=A\hat{k}(t)^{\alpha}\hat{h}(t)^{\beta}, \tag{5}$$

と表すことができる。ここで，$A=A(0)^{1-\alpha-\beta}$ である。また物的および人的資本の蓄積方程式に関しては，(2) 式の両辺を $L(t)e^{xt}$ で割ると (6) 式を得る。

$$\frac{\dot{K}(t)}{L(t)e^{xt}}=s_k\cdot\frac{Y(t)}{L(t)e^{xt}}-\delta\cdot\frac{K(t)}{L(t)e^{xt}} \tag{6}$$

ここで，$\hat{k}(t)=K(t)/L(t)e^{xt}$ であるから，これを時間で微分すれば，

$$\dot{\hat{k}}(t)=\frac{\dot{K}(t)}{L(t)e^{ex}}-n\cdot\hat{k}(t)\cdot -x\cdot\hat{k}(t) \tag{7}$$

となり，これを変形すれば，

---

[2] 人的資本の減耗率の解釈として，Mulligan and Sala-i-Martin [1992] は，第1に，人々は彼らが学んだことを忘れる傾向があること，第2に，利他的に関連付けられた無限視野の世代家族が挙げられることを述べている。

$$\frac{\dot{K}(t)}{L(t)e^{ex}}=\dot{\hat{k}}(t)+(n+x)\hat{k}(t) \tag{8}$$

を得る。(8) 式を (6) 式に代入し，整理すると，

$$\dot{\hat{k}}(t)=s_k\cdot\hat{y}(t)-(n+x+\delta)\hat{k}(t) \tag{9}$$

となって，効率的労働単位当たりの物的資本の蓄積方程式を得ることになる。効率的労働単位当たりの人的資本の蓄積方程式も同様な手続きを経ると，(10) 式のように得ることができる。

$$\dot{\hat{h}}(t)=s_h\cdot\hat{y}(t)-(n+x+\delta)\hat{h}(t) \tag{10}$$

ここで，定常状態 ($\dot{\hat{k}}(t)=0$, $\dot{\hat{h}}(t)=0$) に対応する効率的労働単位当たりの物的資本 $\hat{k}^*$ および人的資本 $\hat{h}^*$ を求めることにしよう。いま (5) 式を (9), (10) 式に代入し，定常状態で評価すると，(11) および (12) 式が成立している。

$$s_k\cdot A\hat{k}^{*\alpha}\hat{h}^{*\beta}=(n+x+\delta)\hat{k}^* \tag{11}$$

$$s_h\cdot A\hat{k}^{*\alpha}\hat{h}^{*\beta}=(n+x+\delta)\hat{h}^* \tag{12}$$

ここで，(12) 式を $\hat{h}^*$ について解くと，

$$\hat{h}^*=\left(\frac{s_h\cdot A}{n+x+\delta}\cdot\hat{k}^{*\alpha}\right)^{\frac{1}{1-\beta}} \tag{13}$$

となり，これを (11) 式に代入すると (14) 式を得る。

$$s_k\cdot A\cdot\hat{k}^{*\alpha}\cdot\left(\frac{s_h\cdot A}{n+x+\delta}\cdot\hat{k}^{*\alpha}\right)^{\frac{\beta}{1-\beta}}=(n+x+\delta)\hat{k}^* \tag{14}$$

この (14) 式を $\hat{k}^*$ について整理すると，

$$\hat{k}^{*(1-\alpha-\beta)}=s_k^{1-\beta}\cdot s_h^{\beta}\cdot A\cdot(n+x+\delta)^{-1} \tag{15}$$

となって，結局，

$$\hat{k}^* = \left(\frac{s_k^{1-\beta} \cdot s_h^{\beta} \cdot A}{n+x+\delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \tag{16}$$

のように，定常状態での効率的労働単位当たりの資本 $\hat{k}^*$ を得る。同様にして $\hat{h}^*$ を求めると，(17) 式を得ることができる。

$$\hat{h}^* = \left(\frac{s_k^{\alpha} \cdot s_h^{1-\alpha} \cdot A}{n+x+\delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \tag{17}$$

ここで 1 人当たりの所得 ($y(t) = Y(t)/L(t)$) の対数を求めることにしよう。(1) 式の両辺を $L(t)$ で割ると，

$$\begin{aligned}\frac{Y(t)}{L(t)} &= \left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)^{\alpha}\left(\frac{H(t)}{L(t)}\right)^{\beta} A(t)^{1-\alpha-\beta}\\ &= k(t)^{\alpha} h(t)^{\beta} A(0)^{1-\alpha-\beta} \cdot e^{(1-\alpha-\beta)xt}\end{aligned}$$

となる。ここで，$k(t)$，$h(t)$ は 1 人当たりの物的および人的資本である。上式に，$k(t) = e^{xt} \cdot \hat{k}(t)$，$h(t) = e^{xt} \cdot \hat{h}(t)$ に注意して (16) (17) 式を代入すると，

$$\begin{aligned}\frac{Y(t)}{L(t)} &= e^{\alpha xt} \cdot \hat{k}(t)^{\alpha} \cdot e^{\beta xt} \cdot \hat{h}(t)^{\beta} \cdot A(0)^{1-\alpha-\beta} \cdot e^{(1-\alpha-\beta)xt}\\ &= e^{xt} \cdot \left(\frac{A \cdot s_k^{1-\beta} \cdot s_h^{\beta}}{n+x+\delta}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \cdot \left(\frac{A \cdot s_k^{\alpha} \cdot s_h^{1-\alpha}}{n+x+\delta}\right)^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}} \cdot A(0)^{1-\alpha-\beta}\\ &= A(0) \cdot e^{xt} \cdot s_k^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \cdot s_h^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}} \cdot (n+x+\delta)^{-\frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta}}\end{aligned}$$

となり，さらに対数をとると，

$$\begin{aligned}\log y(t) = \log A(0) + xt - \frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta} \cdot \log(n+x+\delta)\\ + \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \cdot \log s_k + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \cdot \log s_h\end{aligned} \tag{18}$$

を得ることができる。

さて以上の準備のもとで，効率的労働単位当たりの所得の transitional dynamics を求めるために，(9) および (10) 式の微分方程式系の定常状態近傍の

解の動きを求めることにしよう。そこで，まず蓄積方程式 (9) 式と (10) 式を線形化しよう。(5) 式の両辺を $\hat{k}(t)$ で割り，対数をとると，

$$\begin{aligned}\log\frac{\hat{y}(t)}{\hat{k}(t)}&=\log\frac{A\hat{k}(t)^{\alpha}\hat{h}(t)^{\beta}}{\hat{k}(t)}\\&=\log A\hat{k}(t)^{\alpha-1}\hat{h}(t)^{\beta}\\&=\log Ae^{(\alpha-1)\log\hat{k}(t)+\beta\log\hat{h}(t)}\end{aligned}$$

となるから，結局，

$$\frac{\hat{y}(t)}{\hat{k}(t)}=Ae^{(\alpha-1)\log\hat{k}(t)+\beta\log\hat{h}(t)} \tag{19}$$

を得ることができる。同様に $\hat{y}(t)/\hat{h}(t)$ について解くと，

$$\frac{\hat{y}(t)}{\hat{h}(t)}=Ae^{\alpha\log\hat{k}(t)+(\beta-1)\log\hat{k}(t)} \tag{20}$$

を得ることができる。ここで，蓄積方程式 (9) 式と (10) 式を以下のように変型する。

$$\frac{\dot{\hat{k}}(t)}{\hat{k}(t)}=s_k\cdot\frac{\hat{y}(t)}{\hat{k}(t)}-(n+x+\delta) \tag{21}$$

$$\frac{\dot{\hat{h}}(t)}{\hat{h}(t)}=s_h\cdot\frac{\hat{y}(t)}{\hat{h}(t)}-(n+x+\delta) \tag{22}$$

(21) 式に (19) 式を，(22) 式に (20) 式を代入すると，(23) 式，(24) 式を得る。

$$\frac{d\log\hat{k}(t)}{dt}=s_k\cdot A\cdot e^{(\alpha-1)\log\hat{k}(t)+\beta\log\hat{h}(t)}-(n+x+\delta) \tag{23}$$

$$\frac{d\log\hat{h}(t)}{dt}=s_h\cdot A\cdot e^{\alpha\log\hat{k}(t)+(\beta-1)\log\hat{k}(t)}-(n+x+\delta) \tag{24}$$

定常状態では，$d\log\hat{k}^*/dt=0$，$d\log\hat{h}^*/dt=0$ となることに注意して，(23) 式と (24) 式を線形近似すると，

$$\frac{d\log\hat{k}(t)}{dt}=(\alpha-1)(n+x+\delta)(\log\hat{k}(t)-\log\hat{k}^*)$$
$$+\beta(n+x+\delta)(\log\hat{h}(t)-\log\hat{h}^*), \tag{25}$$
$$\frac{d\log\hat{h}(t)}{dt}=\alpha(n+x+\delta)(\log\hat{k}(t)-\log\hat{k}^*)$$
$$+(\beta-1)(n+x+\delta)(\log\hat{h}(t)-\log\hat{h}^*) \tag{26}$$

を得ることができる。(25) 式と (26) 式を行列表示すると,

$$\begin{bmatrix}\dfrac{d\log\hat{k}(t)}{dt}\\ \dfrac{d\log\hat{h}(t)}{dt}\end{bmatrix}=(n+x+\delta)\begin{bmatrix}\alpha-1 & \beta\\ \alpha & \beta-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\log\hat{k}(t)-\log\hat{k}^*\\ \log\hat{h}(t)-\log\hat{h}^*\end{bmatrix} \tag{27}$$

となる。ここで,係数行列の固有値 λ を求めることにしよう。

$$\begin{bmatrix}(\alpha-1)(n+x+\delta)-\lambda & \beta(n+x+\delta)\\ \alpha(n+x+\delta) & (\beta-1)(n+x+\delta)-\lambda\end{bmatrix}=$$
$$[(\alpha-1)(n+x+\delta)-\lambda][(\beta-1)(n+x+\delta)-\lambda]-\alpha\beta(n+x+\delta)^2=0 \tag{28}$$

であるから,この (28) 式の λ を求めると,

$$\lambda=\frac{(\alpha-\beta-2)(n+x+\delta)\pm(\alpha+\beta)(n+x+\delta)}{2} \tag{29}$$

となり,

$$\lambda_1=-(1-\alpha-\beta)(n+x+\delta),$$
$$\lambda_2=-(n+x+\delta)$$

が求まる。したがって,

$$\log\hat{k}(t)-\log\hat{k}^*=\phi_1e^{\lambda_1t}+\phi_2e^{\lambda_2t} \tag{30}$$

を得ることができる。(25) 式を $\log\hat{h}(t)-\log\hat{h}^*$ について整理すると,

$$\log \hat{h}(t) - \log \hat{h}^* = \frac{1}{\beta(n+x+\delta)}\left(\frac{d \log \hat{k}(t)}{dt} - (n+x+\delta)(\alpha-1) \cdot (\log \hat{k}(t) - \log \hat{k}^*)\right) \tag{31}$$

を得る。ここで，(30) 式を時間で微分すると

$$\frac{d \log \hat{k}(t)}{dt} = \lambda_1 \phi_1 e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 \phi_2 e^{\lambda_2 t} \tag{32}$$

を得る。この式と (30) 式を (31) 式に代入すると，

$$\begin{aligned}\log \hat{h}(t) - \log \hat{h}^* &= \frac{1}{\beta(n+x+\delta)}(\lambda_1 \phi_1 e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 \phi_2 e^{\lambda_2 t} \\ &\quad - (n+x+\delta)(\alpha-1)(\phi_1 e^{\lambda_1 t} + \phi_2 e^{\lambda_2 t})) \\ &= \frac{1}{\beta(n+x+\delta)}(\beta(n+x+\delta)\phi_1 e^{\lambda_1 t} - \alpha(n+x+\delta)\phi_2 e^{\lambda_2 t}) \\ &= \phi_1 e^{\lambda_1 t} - \frac{\alpha}{\beta} \cdot \phi_2 e^{\lambda_2 t}\end{aligned} \tag{33}$$

が求まる。ここで $t=0$ のとき，(30) 式と (33) 式は

$$\log \hat{k}(0) - \log \hat{k}^* = \phi_1 + \phi_2, \tag{34}$$

$$\log \hat{h}(0) - \log \hat{h}^* = \phi_1 - \frac{\alpha}{\beta}\phi_2 \tag{35}$$

となって，この連立方程式の ϕ_1，ϕ_2 について求めると，

$$\phi_1 = \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \cdot \log \frac{\hat{k}(0)\hat{h}(0)^{\frac{\beta}{\alpha}}}{\hat{k}^* \hat{h}^{*\frac{\beta}{\alpha}}}, \tag{36}$$

$$\phi_2 = \frac{\beta}{\alpha+\beta} \cdot \log \frac{\hat{k}(0)\hat{h}^*}{\hat{k}^* \hat{h}(0)} \tag{37}$$

を得る。したがって，(36) 式と (37) 式の ϕ_1，ϕ_2 を (30) 式と (33) 式に代入し，$\log \hat{k}(t)$ と $\log \hat{h}(t)$ についてまとめると，(38) 式と (39) 式を得る。

$$\log \hat{k}(t)=\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\log\frac{\hat{k}(0)\hat{h}(0)^{\frac{\beta}{\alpha}}}{\hat{k}^*\hat{h}^{*\frac{\beta}{\alpha}}}\cdot e^{\lambda_1 t}$$

$$+\frac{\beta}{\alpha+\beta}\cdot\log\frac{\hat{k}(0)\hat{h}^*}{\hat{k}^*\hat{h}(0)}\cdot e^{\lambda_2 t}+\log\hat{k}^*, \tag{38}$$

$$\log \hat{h}(t)=\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\log\frac{\hat{k}(0)\hat{h}(0)^{\frac{\beta}{\alpha}}}{\hat{k}^*\hat{h}^{*\frac{\beta}{\alpha}}}\cdot e^{\lambda_1 t}$$

$$-\frac{\beta}{\alpha+\beta}\cdot\log\frac{\hat{k}(0)\hat{h}^*}{\hat{k}^*\hat{h}(0)}\cdot e^{\lambda_2 t}+\log\hat{h}^* \tag{39}$$

を得る。ここで (5) 式の両辺に対数をとると,

$$\log\hat{y}(t)=\log A+\alpha\log\hat{k}(t)+\beta\log\hat{h}(t) \tag{40}$$

となり, この式に (38) 式と (39) 式を代入すると

$$\log\hat{y}(t)=\log A+\alpha\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\log\frac{\hat{k}(0)\hat{h}(0)^{\frac{\beta}{\alpha}}}{k^*h^{*\frac{\beta}{\alpha}}}\cdot e^{\lambda_1 t}\right.$$

$$\left.+\frac{\beta}{\alpha+\beta}\cdot\log\frac{\hat{k}(0)\hat{h}^*}{\hat{k}^*\hat{h}(0)}\cdot e^{\lambda_2 t}+\log\hat{k}^*\right)$$

$$+\beta\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\log\frac{\hat{k}(0)\hat{h}(0)^{\frac{\beta}{\alpha}}}{k^*h^{*\frac{\beta}{\alpha}}}\cdot e^{\lambda_1 t}\right.$$

$$\left.-\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\log\frac{\hat{k}(0)\hat{h}^*}{\hat{k}^*\hat{h}(0)}\cdot e^{\lambda_2 t}+\log\hat{h}^*\right)$$

$$=\log A+\log\frac{\hat{k}(0)^\alpha\hat{h}(0)^\beta}{k^{*\alpha}h^{*\beta}}\cdot e^{\lambda_1 t}+\log\hat{k}^{*\alpha}\hat{h}^{*\beta}$$

$$=(\log A\hat{k}(0)^\alpha\hat{h}(0)^\beta-\log Ak^{*\alpha}h^{*\beta})e^{\lambda_1 t}+\log A\hat{k}^{*\alpha}\hat{h}^{*\beta}$$

$$=\log\hat{y}(0)\cdot e^{\lambda_1 t}-\log\hat{y}^*\cdot e^{\lambda_1 t}+\log\hat{y}^*$$

$$=(1-e^{-\lambda t})\cdot\log\hat{y}^*+e^{-\lambda t}\cdot\log\hat{y}(0) \tag{41}$$

となる。ここで, $\lambda=-\lambda_1=(1-\alpha+\beta)(n+x+\delta)$ である。こうして transitional dynamics を示す方程式を得ることができた。ここでさらに, (41) 式の

連続型の transitional dynamics をもとにした離散型の方程式を求めることにしよう。まず，(41) 式より

$$\log[y(t)e^{-xt}]=e^{-\lambda t}\log\hat{y}(0)+(1-e^{-\lambda t})\log\hat{y}^*, \tag{42}$$

であるから，$t=T$ のとき，

$$\log y(T)-xT=e^{-\lambda T}\log\hat{y}(0)+(1-e^{-\lambda T})\log\hat{y}^*, \tag{43}$$

$t=0$ のとき，

$$\log y(0)=\log\hat{y}(0) \tag{44}$$

であるから，(43) 式と (44) 式を使うと，

$$\frac{1}{T}\cdot\log\left[\frac{y(T)}{y(0)}\right]=x+\frac{1-e^{-\lambda T}}{T}\cdot\log\left[\frac{\hat{y}^*}{\hat{y}(0)}\right] \tag{45}$$

となり，0 時点と T 時点間にわたる期間の連続型の 1 人当たりの所得 y の平均成長率を得ることができる。ここで，この (45) 式を使って，i 国の離散型の方程式を求めることにしよう。いま，t と $t-1$ という 1 期間の離散型の 1 人当たりの生産量 y の平均成長率を考えてみよう。(45) 式を使って，$T=t$ のとき，

$$\frac{1}{t}\cdot\log\frac{y_{it}}{y_{i0}}=x_i+\frac{1-e^{-\lambda t}}{t}\cdot\log\frac{\hat{y}_i^*}{\hat{y}_{i0}} \tag{46}$$

となる。ここで y_{it} は i 国の t 期の 1 人当たりの所得を表すものとする。(46) 式を変形すれば，

$$\begin{aligned}\log y_{it}&=\log y_{i0}+x_i\cdot t+(1-e^{-\lambda t})\log\hat{y}_i^*-(1-e^{-\lambda t})\log\hat{y}_{i0}\\&=x_i\cdot t+(1-e^{-\lambda t})\ \log\hat{y}_i^*+e^{-\lambda t}\log y_{i0}\end{aligned} \tag{47}$$

であり，$T=t-1$ のとき，

$$\log y_{i,\ t-1}=x_i\cdot(t-1)+(1-e^{-\lambda(t-1)})\log\hat{y}_i^*+e^{-\lambda(t-1)}\log y_{i0} \tag{48}$$

となる。さらにこの式を変形すると (49) 式を得る。

$$\log y_{i0}=e^{\lambda(t-1)}\log y_{i,\ t-1}-e^{\lambda(t-1)}\cdot x_i(t-1)$$
$$-e^{\lambda(t-1)}\cdot(1-e^{-\lambda(t-1)})\cdot\log \hat{y}_i^*+\log \hat{y}_i^* \qquad (49)$$

(49) 式を (47) 式に代入すると,

$$\log y_{it}=x_i\cdot t+(1-e^{-\lambda t})\log \hat{y}_i^*+e^{-\lambda t}[e^{\lambda(t-1)}\cdot\log \hat{y}_{i,\ t-1}$$
$$-e^{\lambda(t-1)}\cdot x_i\cdot(t-1)-e^{\lambda(t-1)}\cdot\log \hat{y}_i^*+\log \hat{y}_i^*]$$
$$=x_i\cdot t+(1-e^{-\lambda})\log \hat{y}_i^*+e^{-\lambda}\log y_{i,\ t-1}-e^{-\lambda}\cdot x_i\cdot(t-1)$$

となり，上式の両辺から $\log y_{i,t-1}$ を差し引くと，下記の (50) 式を得ることができる。

$$\log y_{it}-\log y_{i,\ t-1}=x_i\cdot t+(1-e^{-\lambda})\log \hat{y}_i^*-(1-e^{-\lambda})$$
$$\cdot\log y_{i,\ t-1}-e^{-\lambda}\cdot x_i\cdot(t-1) \qquad (50)$$

さらに実際のデータを利用する際には，ある初期点 t_0 と t_0+T というある程度長期に渡る期間を扱うので，その期間の y の平均成長率の式を求めることにする。t_0+T と t_0 という 2 つの時点に相当する (50) 式は,

$$\log y_{i,\ t_0+T}-\log y_{i,\ t_0}=x_i(t_0+T)+(1-e^{-\lambda T})\log \hat{y}_i^*$$
$$-(1-e^{-\lambda T})\cdot\log y_{i,\ t_0}-e^{-\lambda T}\cdot x_i\cdot t_0$$

であるから,

$$\log\frac{y_{i,\ t_0+T}}{y_{i,\ t_0}}=x_i\cdot T+(1-e^{-\lambda T})(\log \hat{y}_i^*+x_i\cdot t_0)$$
$$-(1-e^{-\lambda T})\cdot\log y_{i,\ t_0}$$

を得る。両辺を T で割ると,

$$\frac{1}{T}\log\frac{y_{i,\ t_0+T}}{y_{i,\ t_0}}=a-\frac{1}{T}(1-e^{-\lambda T})\cdot\log(y_{i,\ t_0}) \qquad (51)$$

を得る。ここで，$a=x_i+(1/T)(1-e^{-\lambda T})\cdot[\log \hat{y}_i^*+x_i t_0]$ である。

こうして transitional dynamics にもとづく離散型の方程式を求めることができた。ここで (51) 式の $\hat{y}^*$ は，(18) 式から求めることができたから，(18) 式と (51) 式を利用すると，本稿で扱う最終的な方程式を得ることができる。いま，(18) 式を変型すると，$y=e^{xt}\cdot\hat{y}$ より，

$$\log \hat{y}^*=\log A(0)-\frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta}\cdot\log(n+x+\delta)$$
$$+\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}\cdot\log s_k+\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}\cdot\log s_h \tag{52}$$

となって，これを (51) 式に代入し，整理すると，

$$\frac{1}{T}\log\frac{y_{i,\,t_0+T}}{y_{i,\,t_0}}=[1+\frac{1}{T}(1-e^{-\lambda T})t_0]x_i+\frac{1}{T}(1-e^{-\lambda T})\cdot\log A(0)$$
$$+\frac{1}{T}(1-e^{-\lambda T})\cdot\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}\cdot\log s_k$$
$$+\frac{1}{T}(1-e^{-\lambda T})\cdot\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}\cdot\log s_h$$
$$-\frac{1}{T}(1-e^{-\lambda T})\cdot\frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta}\cdot\log(n+x+\delta)$$
$$-\frac{1}{T}(1-e^{-\lambda T})\cdot\log(y_{i,\,t_0}) \tag{53}$$

となって，t_0+T と t_0 という期間の平均成長率を求めることができる。(53) 式の意味するところは，transitional dynamics をもとにした離散型の方程式で，(51) 式によって Mankiw 等 [1992, p423, (16) 式] と Barro and Sala-i-Martin [1992, p230, (15) 式] が行った実証分析の比較が可能となるということである。たとえば，unconditional convergence に関し，Barro and Sala-i-Martin [1992, p241] が行っている “Comparison with Findings across Countries” の回帰式のもとになる方程式は

$$\frac{1}{T}\log\frac{y^i_{t_0+T}}{y^i_{t_0}}=x+\frac{1-e^{-\beta T}}{T}\cdot(\log \hat{y}^*+xt_0)$$
$$-\frac{1-e^{-\beta T}}{T}\cdot\log y^i t_0 \tag{54}$$

である。ここで,

$$2\beta=\left(\Psi^2+4\left(\frac{1-\alpha}{\theta}\right)(\rho+\delta+\theta x)\cdot\left[\frac{\rho+\delta+\theta x}{\alpha}-(n+x+\delta)\right]\right)^{1/2}-\Psi,$$
$$\Psi=\rho-n-(1-\theta)x>0$$

である[3]。したがって，これら2つの方程式が異なるのは定数項の扱いのみであることが理解できる。また conditional convergence に関しては，Barro [1991] および Barro and Sala-i-Martin [1990]，[1991]，[1992] において，(54) 式に，定常状態への追加変数として，1960年の初等・中等教育の学校登録率，1970—1985年の（軍事と教育を除く）平均政府消費支出，1960—1985年の革命とクーデタの平均回数等を追加して回帰式を求めているのに対し，Mankiw 等 [1992] は，(53) 式からわかるように，物的資本への投資率 (s_k)，人的資本への投資率 (s_h) と外生変数 ($n+x+\delta$) の3つの変数が追加されているが，それらの変数が Barro and Sala-i-Martin [1990]，[1991]，[1992] との追加変数と異なるのは，1人当たりの所得との関係式から導出されているということである。

3　実証分析

さて，これまで新古典派成長モデルが予測する定常状態への収束に関する実証分析を行うため，およびこれに関する，Mankiw 等 [1992] と Barro and

---

[3] Barro and Sala-i-Martin [1990]，[1991]，[1992] は，Cass-Koopmans Model にもとづき，資本蓄積の実行可能経路に沿うような消費を最大化する体系のもとでの transitional dynamics を求めている。この時の β の求め方は Sala-i-Martin [1990] の28—30ページを参照のこと。なお θ はリスク回避係数，ρ は時間選考率である。

Sala–i–Martin [1990], [1991], [1992] の実証結果を比較するため，(53) 式を求めたわけであるが，本節では (53) 式を使って実証分析を行うことにする。実証分析を行う前に，それに使用されるデータおよびサンプルについて以下に述べることにしよう。

3.1 データとサンプル

データに関し，1人当たりの所得水準 (y)，物的資本への投資率 (s_k)，人的資本への投資率 (s_h) については，Mankiw 等のデータ（つまり Summers and Heston [1988] のデータ）を使用することにする。また Mankiw 等 [1992] の回帰分析とは別に，Barro [1990] および Barro and Sala–i–Martin [1990], [1991], [1992] と対比させるために，人的資本に着目して，初期所得水準 (y) に対する追加独立変数として，1965年と1985年での初等・中等・高等教育に在学している学生の総人口に占める平均の割合[4]，さらに最近，内生的成長モデルで考慮されている R&D 活動の代理変数として，1985年における総人口に占める科学者および技術者の割合[5] を取り上げ，その追加変数がどの程度，transitional dynamics および収束を説明できるかを分析する。なお，$x+\delta$ は Mankiw 等 [1992] に従って，0.05を採用する。

またサンプルとして，Mankiw 等 [1992] と Barro and Sala–i–Martin [1990], [1991], [1992] に合わせるために，彼らが使用した98ケ国のデータおよび OECD 諸国[6] について，まずグループ分けを行う。さらに，Helliwell 等 [1992] が所得について四分位数でグループ分けしているのに対し，本稿では，同質的経済体はそれ自体の定常状態に収束することを考慮して，世界銀行発行

---

[4] 1967年，1987年，1988/89年の『世界統計年鑑』(国際連行統計局) および1968年と1990年の『世界人口年鑑』(国際連合) を使用。

[5] 1980年と1992年の『ユネスコ文化統計年鑑』を使用。

[6] Mankiw 等 [1992] の OECD 諸国 (22ケ国) で Barro and Sala–i–Martin [1992] (20ケ国) が定義している諸国に入っていない国は Iceland と Luxemburg であり，Mankiw 等 [1992] が定義している諸国に入っていない国は，Japan, Finland, Australia, New Zealand である。従って共通国は，Austria, Belgium, Denmark, France, Germany (West), Greece, Ireland, Italy, Netherland, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turky, UK, Canada, USA の18カ国である。

の『WORLD DEBT TABLES 1990–91』に従い，低所得国，中所得国に，そして高所得国として OECD 諸国の 3 グループに分け，回帰分析を行うことにする。また，参考として，Helliwell 等 [1992] が行った地域別（アフリカ，アジア，ラテン・アメリカ，OECD）にグループ分けも行うことにする。

3.2 回帰分析の結果

(53) 式を使った回帰分析結果（Mankiw [Mod.] と表示する）および Barro and Sala–i–Martin [1992] と Mankiw [1992]（Mankiw [Ori.] と表示する）の回帰分析結果を表—1 にまとめている。経済成長率と初期所得水準との関係 (unconditional convergence) は，OECD のサンプルを除き，3 つの回帰分析はほぼ同じ結果であり，OECD に関しても，Barro and Sala–i–Martin の収束のスピード λ の値が，他の回帰分析結果から得られたものと比べて小さいだけであり，符号も一致している。この λ の値の相違は，OECD に関する定義に起因しているものと考えられる。特に Barro and Sala–i–Martin が定義した OECD 諸国に日本が含まれておらず，1960年から1985年までの日本の経済成長率の高さを考慮すれば，Barro and Sala–i–Martin の λ の値が小さいことはある程度理解できるであろう。結局，unconditional convergence に関しては，98ケ国では，収束するという結果を得ることができず，OECD 諸国では，その経済成長率（1 人当たりの所得水準）は収束するという，これまでの研究結果と同じ結果を得ることになる。追加変数として，s_k，$n+x+\delta$，s_h，の 3 つを追加し，初期所得水準と経済成長率との関係 (conditional convergence) をみてみると，98ケ国および OECD 諸国ともに λ の符号はプラスで，経済は定常状態に向かって収束するという結果を得た。収束のスピードについては，各回帰分析結果とも，OECD 諸国については同じ値であるが，98ケ国については，Barro and Sala–i–Martin の λ が年当たり1.84%で。あるのに対して (53) 式で得られた結果は年当たり1.35%であった。これを transitional dynamics における 1 人当たりの所得，y，ついての定常状態への半減年数を計算すると，Barro and Sala–i–Martin の回帰結果では，約37年，本稿の (53) 式の結果は約51年である。ちなみに，OECD 諸国の半減年数は約34年である。ここで，

(53) 式による98ケ国の conditional convergence の回帰分析結果を利用して，日本の平均経済成長率の transitional dynamics を求めると，図—1 のようになる[7]。図—1 から言えることは，1960年から出発する日本経済は，平均経済成長率に関して，かなり長期間にわたって収束の傾向を示している。さらに，unconditional convergence について，OECD 諸国の回帰分析結果を利用して，やはり日本の平均経済成長率の transitional dynamics を図示すれば，図—2 のようになる。この場合，長期にわたる transitional dynamics は図—1 と同じであるが，収束スピードが急速であることから，半減年数は unconditional convergence のほうが短くなる点で，図—1 と異なる。したがって，平均成長率の transitional dynamics による収束は，unconditional convergence の方が急速であることになる。

表—2 は Helliwell [1992] による所得の四分位数に基づく回帰分析結果と (53) 式による低所得国・中所得国・高所得国の 3 グループに基づく回帰分析結果を比較したものである。λ に関し，Helliwell の結果から，各所得グループの規則的順位を決めることはできないが，(53) 式による回帰分析結果は，所得が高いほど収束スピードが低く，新古典派成長モデルが予測する収束を示している。またその値はいづれもかなり高く，1 人当たりの所得，y，についての半減年数は35—26年である。

表—3 は，初期所得水準 y_{t0} に，人的資本の代理変数を加えた回帰分析結果である。これらの結果のいづれも，決定係数の値が低く，人的資本と平均経済成長率との相関関係に疑問が生じている。また，収束のパラメータ，λ，に関しては，初等教育については収束の傾向を示さず，それ以外の追加変数はわずかではあるが，収束を示している。

表—4 は，地域別による回帰分析結果で，(53) 式による結果と Helliwell 等 [1992] の結果を示したものである。unconditional convergence については，アジアを除いて収束を示すが，アフリカについては極めて小さな収束を示し，

7 Barro and Sala-i-Martin [1992] の transitional dynamics を求める際，各係数の値が不明のため，本稿で得られた係数を採用した。したがって両者の相違点は，収束スピード，λ，のみである。

OECD 諸国とラテン・アメリカは明らかに収束を示している。conditional convergence については，アジアを除き，収束を示し，決定係数も0.31—0.65である。しかしながら，アジアについては収束がみられず，収束を議論する限り，この区別の仕方は適切ではなく，しかも，バングラデシュから日本までと，経済規模が格段に異なることに注意する必要がある。この区分に関しては，OECD 諸国とラテン・アメリカが新古典派の予測どうりであり，しかもそれら経済的体質が同質的であることも留意すべきであろう。

3.3 回帰分析の考察

以上のように，(53) 式による回帰分析結果を考察すると，次のような結論を得ることができる。まず第1に，Barro and Sala-i-Martin [1992] が得た結果と，本稿で得られた結果を比較すると，unconditional convergence および conditional convergence のいづれに関しても，その大小関係は同じであった。しかしながら，その値については，unconditional convergence では，OECD 諸国の λ に著しい相違がみられ，その原因として，3.2で述べたように，OECD 諸国の定義に起因するものと考えられる。conditional convergence では，OECD 諸国についてはまったく同じ λ の値を得ているのに対し，98ケ国の λ はかなり異なっている。この原因として，OECD 諸国は追加変数の相違にもかかわらず，明白な収束を示していることから，その追加変数の経済成長率への影響は同じであるが，98ケ国に関しては，その追加変数によって，経済成長率が左右された結果であると考えられる。したがって，これらの考察より，98ケ国の回帰結果は，追加変数により左右されていることが推測される。

第2に，unconditional convergence に関しては，Barro [1991] が指摘したように，98ケ国の回帰分析から，新古典派成長モデルが予測する収束とそれに付随する transitional dynamics を得ることはできなかった。しかしながら，Baumol [1986] を始め，多くの研究者が述べているように，OECD 諸国およびラテン・アメリカ諸国については，収束と transitional dynamics を得ることができた。その際，OECD 諸国の λ の値は，年当たり約1.7%，ラテン・アメリカは1.3%で，その経済が定常状態に達する半減変数は各々40年と

53年である。

次に，conditional convergence に関しては，ほとんどのサンプルで収束とtransitional dynamics を確認できた。また98ケ国のサンプルから得られた $\lambda=0.0135$ よりも，OECD 諸国のサンプルから得られた $\lambda=0.0203$ のほうが大きく，新古典派成長モデルの予測する λ の大小関係から察すれば，矛盾する結果である。これに対し，所得グループによる回帰分析結果は，その他の結果と比べ，収束の傾向がはっきりしており，また低開発国（低所得国）ほど収束のスピードが早く，新古典派成長モデルの理論と一致することになる。この2つの対照的な結果は，98ケ国と OECD 諸国のデータの分散によるものではないかと考えられる。また，人的資本の代理変数である教育段階については，中等教育がもっとも収束に対して良い結果を得た。さらに教員数や科学者と技術者の数についても，収束を示す結果を得た。そしてこの人的資本に関する結果は，1つの変数を追加することにより，経済成長率と初期所得水準が負の相関関係となるような要因をこれら変数が含んでいることを意味している点で重要であると考えられる。

最後に，transitional dynamics を把握するために（53）式に基づき，いま，$\lambda=0.02$ として，表—1の OECD の回帰結果を利用してアメリカ経済についてシュミレーションを行うと，定常状態への半減年数はおよそ73年であった。この結果は Mankiw 等［1992］が理論的に求めた半減年数35年よりも長い半減年数であり，また Solow モデルの約4倍という結果であった。

4 結　語

基本モデルに基づく回帰分析は，新古典派成長モデルが予測する経済成長率と初期所得水準との負の相関関係は，conditional convergence の下では，ほとんどの場合成立し，また収束スピードも低開発国（低所得国）程大きく，また早く経済成長を達成できるという結果を得た。これらは，その条件の下で，その経済が収束することを意味し，transitional dynamics も実証的な観点から，それほど大きな矛盾はないと考えられ，新古典派成長モデルを支持しえる

結果を得た。また，Barro and Sala-i-Martin が行った実証分析と Mankiw 等が行った実証分析については，特に，Barro [1991] が行ったように，多くの追加変数を導入しなくても，Mankiw 等 [1992] のように 3 つの追加変数の導入のケースでも，十分に収束および transitional dynamics を得ることができた。しかしながら，収束と transitional dynamics はある条件 (conditional convergence) のもとで成立しており，これに対する明確な回答が必要であり，(53) 式で使用される人的資本の代理変数の扱い方についても，今後より一層の改良の余地が残されている。また，今回はデータの都合上行うことができなかったが、Barro and Sala-i-Martin [1990]，[1991]，[1992] が提起している "σ—収束"（諸国間あるいは地域間にわたる経済の分散があり収束するという概念）についての実証分析も残されている。

表—1 98カ国と OECD 諸国の回帰分析結果

	Barro and Martin		Mankiw [Mod.]		Mankiw [Ori.]	
	98カ国	OECD	98カ国	OECD	98カ国	OECD
Unconditional Convergence						
CONSTANT	—	—	−0.0107 (0.015)	0.1474 (0.027)	−0.266 (0.380)	3.69 (0.68)
log y_{t0}^i	—	—	0.0038 (0.002)	−0.0014 (0.003)	0.0943 (0.0496)	−0.341 (0.079)
R^2	0.04	0.45	0.04	0.49	0.03	0.46
s. e. e	0.0183	0.0051	0.0176	0.0073	0.44	0.18
Implied λ	−0.0037	0.0095	−0.0036	0.0167	−0.0036	0.0167
Conditional Convergence						
CONSTANT	—	—	0.1266 (0.033)	0.1102 (0.048)	3.04 (0.83)	2.81 (1.19)
log y_{t0}^i	—	—	−0.0114 (0.002)	−0.0159 (0.003)	−0.289 (0.062)	−0.398 (0.070)
log S_K	—	—	0.0207 (0.003)	0.0133 (0.007)	0.524 (0.087)	0.335 (0.174)
log $(n+x+\delta)$	—	—	−0.0179 (0.011)	−0.0345 (0.014)	−0.505 (0.288)	−0.844 (0.334)
log S_h	—	—	0.0095 (0.002)	0.0091 (0.006)	0.233 (0.060)	0.233 (0.144)
R^2	0.52	0.69	0.46	0.72	0.46	0.65
s. e. e	0.0133	0.0046	0.0131	0.0059	0.33	0.15
Implied λ	0.0184	0.0203	0.0135	0.0203	0.0137	0.0203

Mod.: (53) 式による回帰分析結果
Ori.: Mankiw 等による回帰分析結果
( ) 内は標準誤差

表—2 所得グループの回帰分析結果

	Helliwell [1992]				Mankiw [Mod.]		
Quartile Observation	1st Qua. (24)	2nd Qua. (24)	3rd Qua. (24)	4th Qua. (26)	Low (31)	Middle (37)	OECD (22)
Conditional Convergence							
CONSTANT	7.392 (1.289)	5.830 (1.256)	12.05 (3.522)	3.869 (2.236)	0.217 (0.155)	0.218 (0.052)	0.110 (0.048)
log y_{t0}^{i}	−0.817 (0.111)	−0.846 (0.107)	−1.069 (0.252)	−0.772 (0.162)	−0.0198 (0.009)	−0.0193 (0.003)	−0.0159 (0.003)
log S_K	0.564 (0.198)	0.222 (0.156)	0.170 (0.164)	0.338 (0.108)	0.0149 (0.006)	0.0173 (0.005)	0.0133 (0.007)
log $(n+x+\delta)$	−0.233 (0.348)	−0.226 (0.323)	0.643 (0.830)	−0.330 (0.621)	0.0120 (0.048)	−0.005 (0.018)	−0.035 (0.014)
log S_h	0.013 (0.212)	0.071 (0.117)	0.310 (0.120)	0.022 (0.077)	0.0049 (0.004)	0.0065 (0.004)	0.0091 (0.006)
R^2	0.776	0.758	0.581	0.558	0.158	0.568	0.651
s. e. e	0.203	0.183	0.278	0.230	0.013	0.010	0.006
Implied λ	0.068	0.0748	0.107	0.0591	0.0270	0.0264	0.020

Mod.: (53) 式による回帰分析結果
( ) 内は標準誤差

表—3 人的資本に関する回帰分析

	教育段階			教員数	科学者および技術者
Observation	初等 (77)	中等 (77)	高等 (77)	(43)	(48)
Conditional Convergence					
CONSTANT	0.0136 (0.02274)	0.0967 (0.02970)	0.0711 (0.02963)	0.1430 (0.05590)	0.1300 (0.03598)
log y_{t0}^{i}	0.0029 (0.00238)	−0.0048 (0.00292)	−0.0030 (0.0030)	−0.0060 (0.0051)	−0.0070 (0.0032)
Additional Variable	0.0677 (0.0047)	0.0121 (0.0122)	0.0055 (0.0016)	0.0149 (0.0046)	0.0072 (0.0018)
R^2	0.0413	0.2006	0.1350	0.1826	0.2212
s. e. e	0.0180	0.0165	0.0171	0.0200	0.0154
Implied λ	−0.0028	0.0051	0.0031	0.0066	0.0077

( ) 内は標準誤差

表—4 地域別の回帰分析結果

1) (53) 式による回帰分析結果

Area Observation	AFRICA (38)	ASIA (17)	L. A. (21)	OECD (22)
Unconditional Convergence				
CONSTANT	−0.0215 (0.0407)	−0.0803 (0.0475)	0.1009 (0.0382)	0.1475 (0.0274)
log y_{t0}^{i}	−0.0017 (0.0059)	0.0153 (0.0064)	−0.0112 (0.0048)	−0.0136 (−0.0031)
R^2	−0.0253	0.2277	0.1812	0.4597
s. e. e	0.0181	0.0155	0.0123	0.0073
Implied λ	0.0018	−0.0130	0.0130	0.0167
Conditional Convergence				
CONSTANT	0.1657 (0.1001)	0.0852 (0.1640)	0.2066 (0.0651)	0.1102 (0.0480)
log y_{t0}^{i}	−0.0132 (0.0059)	0.0006 (0.0097)	−0.0147 (0.0045)	−0.0159 (0.0028)
log S_K	0.0172 (0.0052)	0.0362 (0.0121)	0.0219 (0.0073)	0.0133 (0.0070)
log $(n+x+\delta)$	0.0076 (0.0336)	0.0091 (0.0443)	0.0157 (0.0191)	−0.0345 (0.0135)
log S_h	0.0068 (0.0038)	−0.0114 (0.0134)	−0.0015 (0.0075)	0.0091 (0.0058)
R^2	0.311	0.460	0.494	0.651
s. e. e	0.015	0.013	0.010	0.006
Implied λ	0.016	−0.0006	0.0183	0.0202

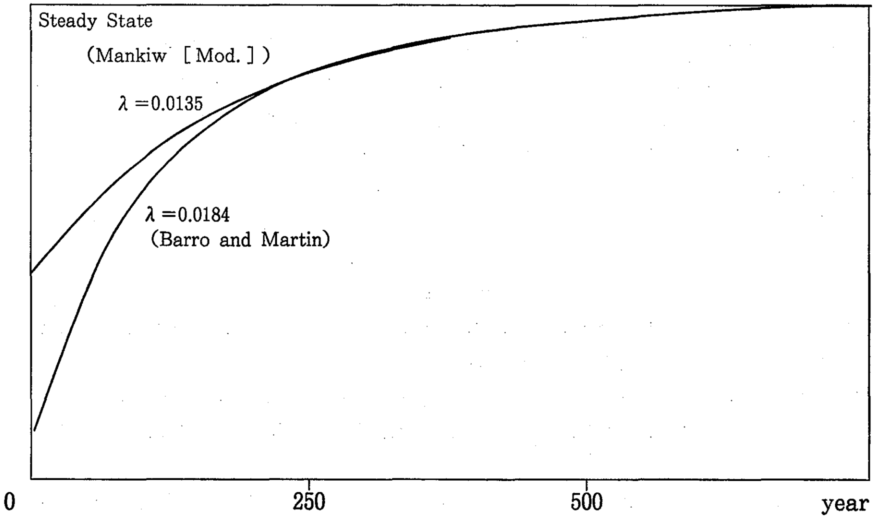
( ) 内は標準誤差

2) Helliwell の回帰分析結果（表—4 のつづき）

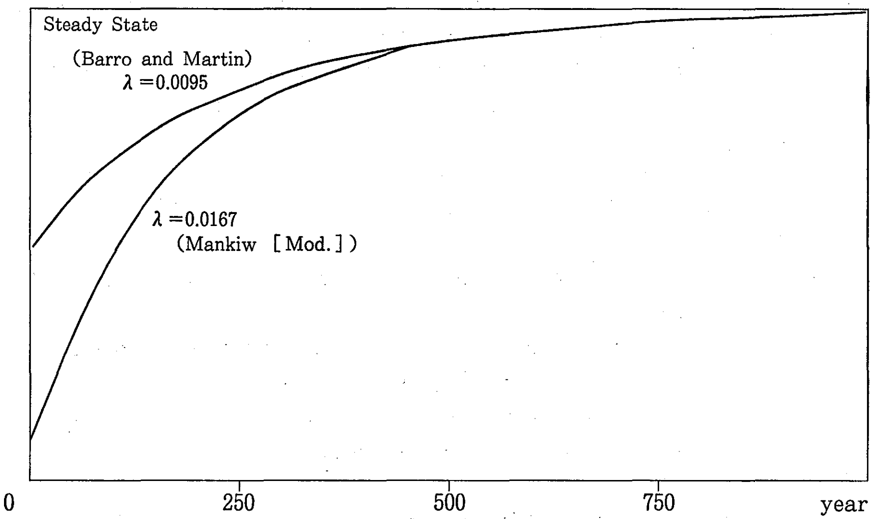
Observation	(38)	(13)	(18)	(22)
Conditional Convergence				
CONSTANT	0.826 (—)	2.665 (—)	5.050 (—)	1.864 (—)
log y_{t0}^{i}	−0.402 (0.159)	0.095 (0.430)	−0.645 (0.153)	−0.437 (0.061)
log S_K	0.492 (0.134)	1.091 (0.373)	0.269 (0.211)	0.402 (0.148)
log $(n+x+\delta)$	−0.223 (0.849)	−0.083 (2.353)	−0.048 (0.537)	−0.935 (0.286)
log S_h	0.129 (0.096)	−0.401 (0.339)	0.236 (0.224)	0.222 (0.122)
R^2	0.315	0.505	0.620	0.751
s. e. e	0.370	0.337	0.223	0.124
Implied λ	0.0206	−0.0036	0.0414	0.0230

( ) 内は標準誤差

図—1　Transitional Dynamics：日本 (Conditional Convergence)



図—2　Transitional Dynamics：日本 (Unconditional Convergence)



参 考 文 献

[1] Azariadis, C. and A. Drazen, "Threshold Externatities in Economic Development," *Quarterly Journal of Economics,* Vol. 55, (1990), pp. 501–526.

[2] Barro, R. J., "Economic Growth in a Cross Section of Countries," *Quarterly Journal of Economics,* Vol. 56, (1991), pp. 407–443.

[3] Barro, R. J. and X. Sala–i–Martin, "Economic Growth and Convergence Across The United States," *NBER, Working Paper,* No. 3419, (1990).

[4] Barro, R. J. and X. Sala–i–Martin, "Convergence Across States and Regions," *Brooking Papers on Economic Activity,* (1991), pp. 107–182.

[5] Barro, R. J. and X. Sala–i–Martin, "Convergence," *Journal of Political Economy,* Vol. 100, (1992), pp. 223–251.

[6] Baumol, W. J., "Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long–Run Date Show," *American Economic Review,* Vol. 76, (1986), pp. 1072–1085.

[7] Helliwell, J. F. and A. Chung, "Convergence and Growth Linkages Between North and South," *NBER, Working Paper,* No. 3948, (1992).

[8] Holtz–Eakin, D., "Solow and The States: Capital Accumulation, Productivity and Economic Growth," *NBER, Working Paper,* No. 4144, (1992).

[9] King, R. G. and S. Rebelo, "Transitional Dynamics and Economic Growth in the Neoclassical Model," *NBER, Working Paper,* No. 3185, (1989).

[10] King, R. G. and S. Rebelo, "Public Policy and Economic Growth: Developing Neoclassical Implications," *Journal of Political Economy,* Vol. 98, (1990), pp. s126–s150.

[11] King, R. G. and S. Rebelo, "Transitional Dynamics and Economic Growth in the Neoclassical Model," *American Economic Review,* Vol. 83, (1993), pp. 908–931.

[12] Lucas, R. E. Jr., "On The Mechanics of Economic Development," *Journal of Monetary Economics,* Vol. 22, (1988), pp. 3–42.

[13] Lucas, R. E. Jr., "Why Doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries," *American Economic Review,* Vol. 80, (1990), pp. 92–96.

[14] Mankiw N. G., D. Romer and D. N. Weil, "A Contribution to The Empirics of Economic Growth," *Quarterly Journal of Economics,* Vol. 57, (1992), pp. 407–437.

[15] Mulligan, C. B. and X. Sala–i–Martin, "Transitional Dynamics in Two–Sector Models of Endogenous Growth," *NBER, Working Paper,* No. 3986, (1992).

[16] Psacharopoulos, G., "Returns to Education: A Further International Update and Implications," *Journal of Human Resources,* Vol. XX, (1985), pp 583-604.

[17] Psacharopoulos, G. and A. M. Arriagade, "The Determinants of Early Age Capital Formation: Evidence from Brazil," *Economic Development and Cultural Change,* Vol. 37, (1986), pp. 683-708.

[18] Psacharopoulos, G. and E. Velez, "Schooling, Ability and Earnings in Colombia, 1988," *Economic Development and Cultural Change,* Vol. 40, (1992), pp. 629-643.

[19] Romer, R. M., "Increasing Returns and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy,* Vol. 94, (1986), pp. 1002-1037.

[20] Sala-i-Martin, X., "Economic Growth Cross-sectional regressions and the empirics of economic growth," *European Economic Review,* vol. 38, (1994), pp. 739-747.

[21] Sato, K., "On the Adjustment Time in Neoclassical Growth Models," *Review of Economic Studies,* Vol. 33, (1966), pp. 263-268.

[22] Sato, R., "Fiscal Policy in a Neoclassical Growth Model: An Analysis of the Time Required for Equilibrating Adjustment," *Review of Economic Studies,* Vol. 30, (1963), pp. 16-23.

[23] 大住圭介, 『長期経済計画の理論的研究』, 勁草書房, (1985).