【土木計画学研究・論文集 No.15 1998年9月】

経済成長論から見た交通社会基盤整備政策に関する研究*

*On the Transportation Infrastructure Policy in the context of economic growth**

佐藤 尚**・上田孝行***・森杉雅史****
By Takashi SATO** , Takayuki UEDA*** and Masafumi MORISUGI****

1．はじめに

社会資本整備が経済成長の成否を決める上で果たす役割の重要性については、これまでにそれに関する多くの研究が蓄積されてきている。とりわけ、Solow(1956)[1]の「新古典派経済成長論」が経済成長論の主流を占めてきた。そこではミクロ経済学的行動論に基づいてモデルを構築しており、効用の概念を明示しているため社会的厚生分析と整合させることができる一方、理論的・実証的な観点から見ていくつかの限界があるとの指摘がでてきた。そこでRomer(1986)[2]以降、近年「内生的経済成長論」の名のもと、研究開発投資による知識資本の蓄積、あるいは学習や研究開発による人的資本の形成などが経済成長の原動力となることを理論的枠組みで捉えた成長論が開発された。この「内生的経済成長論」は、これまでの経済成長論が人口増加や外生的な技術進歩によってのみ説明されていたものとは大きく異なっており、経済成長の原動力がモデルの内部で決定されるものである。

最近の内生的経済成長論の文脈で交通社会資本整備の経済成長への影響を考えると、以下のような論点が現れよう。特に、内生的経済成長論のもとでは、交通社会資本の蓄積の遅れによる混雑現象が以下の２つの影響を及ぼす。すなわち、第一に、実質賃金としての時間価値が持続的に増大するため混雑に伴う厚生損失も持続的に増大させる可能性があり、私的な動機に基づいて展開される諸経済活動を低下させ、ひいては投資誘因を減退させて経済成長を阻害する可能性がある。第二に、人的資本形成に当てられるべき時間資源そのものを減少させるために内生的経済成長を阻害するという二つの現象が生じる可能性がある。したがって、混雑現象を考慮すると、通常の内生的経済成長が描写する正の一定率で経済成長が持続する状況が実現できない可能性がある。その結果として、定常状態においては、ゼロ成長率となり、将来の成長が見込めないもとで如何に社会資本整備の財源を調達するべきかという問題に主たる関心が向けられるようになろう。本稿では内生的成長論の一つの代表的なモデルであるLucas[3]タイプのモデルに交通社会資本整備を取り入れたモデルを示し、第一に、混雑現象の存在するもとで、交通社会基盤投資によって持続的な内生的経済成長が可能であるかどうかを検討する。第二に、交通社会資本の財源調達手段として代表的である利用者負担に基づく特定財源、所得税を主とする一般財源、公債発行による資金調達を取り上げ、異なった財源調達手段のもとでの交通社会資本整備の経済効果について考察する。

なお、本稿での交通社会資本は、そのサービスの消費が時間資源の消費も伴い、かつ混雑現象を伴うという点だけを特徴としており、交通のもう一つの重要な特徴である空間的現象という面は無視している。本稿は国民経済モデルであり、その点を無視するが、将来的にはそれを空間経済モデルに展開し、その際に交通の空間的特性を明示したいと考えている。

2．モデルの仮定

本研究は以下の仮定に基づいている。

①代表的家計と代表的企業および政府からなる国民

*キーワード：システム分析、公共事業評価法、整備効果計測法、財源・制度論
**学生員　岐阜大学大学院博士前期課程
***正員 工博　岐阜大学助教授 工学部土木工学科
(岐阜市柳戸 1-1,TEL058-293-2447,FAX058-230-1248)
****学生員　名古屋大学大学院博士後期課程

経済モデルとする。

②内生的経済成長の源泉としての家計が保有している時間資源の一部を投入して行う人的資本形成の過程を導入する。また、その際には、既に経済全体に蓄積されている人的資本の水準が高いほど同じ経済全体の個々の家計が行う人的資本形成は効率的になるものとし、一種の外部性が存在するものとする。

③家計と企業はそれぞれ交通サービスを需要するものとし、その利用には所要時間に相当する時間資源を投入するものとする。所要時間は経済全体としての交通サービスの需要量と交通社会資本ストックの水準に依存して決まり、混雑現象が生じると増加するものとする。

④政府は交通社会資本形成、運営費用をまかなうために、交通サービスの料金収入、公債発行収入、所得税収入の複数の財源調達方式を持つものとする。

3．動学的経済モデルの定式化 [3),4),5),6),7),8)]

(1)家計の行動モデル

家計は財消費、余暇、交通サービスの消費に依存した効用の将来にわたって割り引かれた総和である現在価値を最大にするように行動する。その際に、労働により得られる賃金収入と保有している実物資産の利子所得から財消費、交通サービスを需要する際に支払う交通サービス料金、および所得税を差し引いた残余を資産形成分に充てる。また、その資産を企業価値に等しい証券保有と政府が発行する公債保有の両方の形態をとるものとする。このことは、家計は企業価値の最終的な帰属価値であることに相当する。以上を次のような無限期間にわたる最適化行動を意味する動的最適制御問題として定式化する。

$$U = \max_{c,s,x,g} \int_0^\infty \left(\alpha_c \ln c(t) + \alpha_s \ln s(t) + \alpha_x \ln x(t)\right) \exp(-\rho t)\, dt \qquad (1.a)$$

s.t.

$$c(t) + p(t)x(t) + \frac{da(t)}{dt} = \left(1 - \tau_1(t)\right)\left\{w(t)h(t)l(t) + r(t)a(t)\right\} \qquad (1.b)$$

$$l(t) + s(t) + g(t) + q(t)x(t) = \Omega \qquad (1.c)$$

$$\frac{dh(t)}{dt} = \varepsilon_h\left(g(t) - \bar{g}\right)h(t) \qquad (1.d)$$

U ：無限時間にわたっての割り引かれた効用の総和、$\alpha_c, \alpha_s, \alpha_x$ ：効用関数のパラメータ、t ：時間、c ：一般財消費量、s ：余暇時間、x ：家計の交通サービス消費量、g ：人的資本形成に当てられる時間資源、ρ :主観的割引率、p ：交通サービスの価格、a ：家計の実物資産、τ_1 ：家計に対する所得税率、w ：実質賃金率、h ：人的資本ストックの水準、l ：労働時間、r ：実物資産の実質利子率、q ：交通サービスの所要時間、Ω ：家計の総利用可能時間、ε_h ：人的資本形成の蓄積効率を規定するパラメータ、$\bar{g}$ ：人的資本形成に当てられる最低時間資源

以上の定式化において、主観的割引率ρは、家計の時間選好を表したものであり、これはモデルにおける内生変数の影響を受けないため外生パラメータとして扱われる。また、内生的経済成長の原動力である人的資本の蓄積方程式を線形関数として特定化する。この定式化においては、1 時点での人的資本の蓄積のスピード$\frac{dh(t)}{dt}$はすでに蓄積されている人的資本の水準$h(t)$と人的資本形成に当てられる時間$g(t)$とに依存して決定されることを意味している。また人的資本形成に当てられる最低時間$\bar{g}$以上に時間資源を投入しないと人的資本は蓄積しないとしている。

なお、この効用関数では交通サービスを必需財としているが一般には交通需要自体派生的であると言える。しかし、交通の目的となっている本源的な活動については多岐にわたり、例えば観光のような特定の交通目的に着目した個別的な分析ではそれを明示的に効用関数に取り込むことは可能である。その場合には、交通目的の種別を明示して、例えば、観光地の属性を効用関数に入れることなどが必要になる。しかし、国民経済的なモデルでは交通目的を細分化することはモデルの煩雑化を招き、分析の意図から見れば効率的ではない。森杉・大島(1985)[7)]、森杉・林山・小島(1986)[8)]を典型として交通の本源的な目的を明示せずに交通サービスの消費量を効用関数に入れるアプローチは既に採用されてきている。また、交通経済学における多くのモデルでも同様のア

プローチが採用されている。交通目的の多様化や生活の質が政策課題となるような場合には、国民経済的なモデルでも交通の本源的な目的を明示することが必要な場面は出てくるかも知れない。そのようなモデルへの展開は本稿の域を超えるので今後の課題としたい。

式(1.a)の無限時間にわたっての効用総和の最大化問題を解くため、式(1.b)の予算制約式に式(1.c)の時間制約式を代入した上で、*Hamiltonian* を作成する[9]。

$$
\begin{aligned}
H(t) &= \left(\alpha_c \ln c(t) + \alpha_s \ln s(t) + \alpha_x \ln x(t)\right) + \theta_1(t)\left\{w'(t)h(t)\Omega \right.\\
&+ r'(t)a(t) - c(t) - w'(t)h(t)s(t) - \left(p(t) + w'(t)q(t)h(t)\right)x(t) \\
&\left. - w'(t)h(t)g(t)\right\} + \theta_2(t)\left(\varepsilon_h\left(g(t) - \bar{g}\right)h(t)\right)
\end{aligned}
\tag{2.a}
$$

H ：*Hamiltonian*、 θ_1, θ_2 ：随伴変数 (costate variable)

ただし、ここでは以下の表記を用いている。

$$
w'(t) = (1-\tau_1)w(t)\ ,\ r'(t) = (1-\tau_1)r(t) \tag{2.b}
$$

最大値原理を用いて以下のような最適化のための条件式を得る。[9]

$$
\frac{\alpha_c}{c(t)} = \theta_1(t) \tag{2.c}
$$

$$
\frac{\alpha_s}{s(t)} = \theta_1(t)w'(t)h(t) \tag{2.d}
$$

$$
\frac{\alpha_x}{x(t)} = \theta_1(t)\left(p(t) + w'(t)h(t)q(t)\right) \tag{2.e}
$$

$$
\theta_1(t)w'(t)h(t) = \theta_2(t)\varepsilon_h h(t) \tag{2.f}
$$

$$
\frac{d\theta_1(t)}{dt} = \theta_1(t)(\rho - r'(t)) \tag{2.g}
$$

$$
\begin{aligned}
\frac{d\theta_2(t)}{dt} = \theta_2(t)\left(\rho - \varepsilon_h\left(g(t) - \bar{g}\right)\right) \\
- \theta_1(t)w'(t)(\Omega - g(t) - q(t)x(t))
\end{aligned}
\tag{2.h}
$$

$$
\lim_{t\to\infty} \theta_1(t)a(t)\exp(-\rho t) = 0 \tag{2.i}
$$

$$
\lim_{t\to\infty} \theta_2(t)h(t)\exp(-\rho t) = 0 \tag{2.j}
$$

式(2.g)は式(2.c)、(2.d)、(2.e)とあわせて考えれば、intertemporal な財消費量、余暇消費量、交通サービス消費量の調整を意味している。式(2.i)、(2.j)は横断性条件(transversality condition)であり、無限時間の遠方においては保有資産の価値が残存しないことを意味している。

(2)企業の行動モデル

企業は投資によって実物資本を蓄積し、各時点においてストックとして実現している資本量の下で労働と交通サービスを投入して生産を行うとする。そして、各時点σで利潤を割り引いた総和として定義される企業の純現在価値を最大化するように行動している。

$$
\begin{aligned}
V(\sigma) &= \max_{L,X,I}\int_0^\infty (1-\tau_2)\times \\
&\left\{A\left(\frac{h(t)(L(t)-q_f(t)X(t))}{K(t)}\right)^{\beta_E}\left(\frac{X(t)}{K(t)}\right)^{\beta_X} h(t)^{\beta_h} - w(t)h(t)\frac{L(t)}{K(t)}\right. \\
&\left. - p_f(t)\frac{X(t)}{K(t)} - \frac{I_K(t)}{K(t)}\right\}K(t)\times\exp\left(-\int_\sigma^t r(t')dt'\right)dt
\end{aligned}
\tag{3.a}
$$

s.t.

$$
\frac{dK(t)}{dt}\Big/K(t) = \ln\left(\frac{I_K(t)}{\varepsilon_K K(t)}\right) \tag{3.b}
$$

V :無限期間にわたっての割り引かれた利潤の現在価値としての企業価値、 $A, \beta_E, \beta_X, \beta_h$ ：生産関数のパラメータ $(1-\beta_E-\beta_X>0,\ \beta_E, \beta_X, \beta_h>0)$、$L$ ：財生産への労働投入量、X ：財生産への交通サービス投入量、 p_f ：交通サービスの価格（貨物）、q_f ：交通サービスの所要時間（貨物）、K ：財生産への民間実物資本投入量、 I_K ：民間実物資本形成への投資量、 τ_2 ：企業利潤への課税率、 ε_K ：資本減耗率

以上の定式化において、無限期間にわたっての割り引かれた利潤の現在価値としての企業価値Vは、前述のとおり家計が保有している証券の価値に等しくなる。生産関数における属性のうち$L-q_f X$は、労働時間から交通サービス消費時間を差し引いた実質雇用労働時間を示している。また、家計の場合の割引率は外生パラメータであるが、企業の場合は、それは市場で決定される内生変数であり、その水準が時間に依存していることを明示するため、式(3.a)中のような表現をしている。

なお、ここでは財生産への交通サービス投入量Xを一つの生産要素として扱っており、コブダグラス型生産関数の帰結として生産物売り上げに占める交

通費用の割合が一定とされている。従って、輸送価格の減少が輸送量の増加に結びつくことになるが、実際の個々の企業を見ると、生産量に比例して輸送サービスが必要になると見受けられる。その様な場合には、いわゆる Leontief 型の生産技術を仮定することが適切であろう。しかし、国民経済レベルで集計的に捉えると、経済変化の中では新規設備投資には立地変化を伴う場合も多く、また、集計レベルでの交通サービス需要の変化も立地変化を含んでいると言える。従って、交通サービスと労働・資本の間にはある程度の代替性はあり、本来は CES 型生産関数を用いて表現すべきである。今回は取り扱いの簡便さを優先して、コブダグラス型の生産関数を仮定する。

以上の無限期間にわたっての最大化問題を解くため、家計の行動モデルと同様 *Hamiltonian* を作成する。9)

$$H = (1-\tau_2)\left\{ f(\cdot) - w(t)h(t)\frac{L(t)}{K(t)} - p_f(t)\frac{X(t)}{K(t)} - \frac{I_K(t)}{K(t)} \right\}K(t) + \theta_3(t)K(t)\ln\left(\frac{I_K(t)}{\varepsilon_K K(t)}\right) \tag{4.a}$$

H ：*Hamiltonian*、θ_3 ：随伴変数(costate variable)

$f(\cdot)$ ： $A\left(\frac{h(t)(L(t)-q_f(t)X(t))}{K(t)}\right)^{\beta_s}\left(\frac{X(t)}{K(t)}\right)^{\beta_x} h(t)^{\beta_h}$

最大値原理を用いて以下のような最適化のための条件式を得る。9)

$$\frac{\partial f}{\partial\left(\frac{(L(t)-q_f(t)X(t))}{K(t)}\right)} = w(t)h(t) \tag{4.b}$$

$$\frac{\partial f}{\partial\left(\frac{X(t)}{K(t)}\right)} = p_f(t) + w(t)h(t)q_f(t) \tag{4.c}$$

$$\theta_3(t)\frac{K(t)}{I_K(t)} = 1-\tau_2 \tag{4.d}$$

$$\frac{d\theta_3(t)}{dt} = r(t)\theta_3(t) - (1-\tau_2)\left\{ f(\cdot) - w(t)h(t)\frac{L(t)}{K(t)} - p_f(t)\frac{X(t)}{K(t)}\right\} - \theta_3(t)\left\{1-\ln\left(\frac{I_K(t)}{\varepsilon_K K(t)}\right)\right\} \tag{4.e}$$

$$\lim_{t\to\infty}\theta_3(t)K(t)\exp\left(-\int_0^t r(s)ds\right) = 0 \tag{4.f}$$

式(4.b)、(4.c)は通常の静学的な利潤最大化行動におけるのと同様である。式(4.d)と式(4.e)は両方あわせて考えると、各時点の投資量を規定しており、企業の intertemporal な資本ストック調整を示している。式(4.f)は家計の場合と同様、横断性条件(transversality condition)であり無限時間の遠方において資本ストックの価値が残存しないという条件を意味している。

(3)政府の行動モデル

政府は家計からの税金収入、企業からの税金収入、交通サービス料金収入、および公債発行収入という複数の財源調達手段をもち、それらの収入を得て交通サービスの供給と交通社会資本形成のための投資を行うとする。

$$N\cdot\tau_1(w(t)h(t)l(t) + r(t)a(t)) + \tau_2\left\{ f(\cdot) - w(t)h(t)\frac{L(t)}{K(t)} - p_f(t)\frac{X(t)}{K(t)} - \frac{I_K(t)}{K(t)}\right\}K(t) + p(t)z(t) + p_f(t)Z(t) + \frac{db(t)}{dt} = C_0 z^{\gamma_x}(t)S^{-\gamma_S}(t) + C_{f0}Z^{\gamma_Z}(t)S_f^{-\gamma_{Sf}}(t) + r(t)b(t) + I_S(t) + I_{Sf}(t) \tag{5.a}$$

$$\frac{dS(t)}{dt}\Big/S(t) = \ln\left(\frac{I_S(t)}{\varepsilon_S S(t)}\right) \tag{5.b}$$

$$\frac{dS_f(t)}{dt}\Big/S_f(t) = \ln\left(\frac{I_{Sf}(t)}{\varepsilon_{Sf} S_f(t)}\right) \tag{5.c}$$

N ：家計数、z ：交通サービス供給量、Z ：交通サービス供給量（貨物）、b ：公債発行残高、$\frac{db}{dt}$ ：公債発行、S ：交通社会資本ストック水準、S_f ：交通社会資本ストック水準（貨物）、C_0,γ_x,γ_S , $C_{0f},\gamma_Z,\gamma_{Sf}$ ：交通サービス生産費用パラメータ、I_S ：交通社会資本形成への投資量、I_{Sf} ：交通社会資本形成への投資量（貨物）、ε_S ：交通社会資本ストック減耗率、ε_{Sf} ：交通社会資本ストック（貨物）減耗率

4．市場メカニズム

経済システムは各時点で以下の市場について清算条件が満たされているものとする。

財市場：

$$N\cdot c(t) + C(t) + C_f(t) + I_K(t) + I_S(t) + I_{Sf}(t) = Q\left[= f\left(\frac{h(t)(L(t)-q(t)X(t))}{K(t)}, \frac{X(t)}{K(t)}\right)K(t)\right] \tag{6.a}$$

労働市場： $L(t) = N\cdot l(t)$ (6.b)

資産市場： $N \cdot a(t) = b(t) + V(t)$ (6.c)

交通市場： $N \cdot x(t) = z(t)$ (6.d)

交通市場（貨物）： $X(t) = Z(t)$ (6.e)

財市場は合成財に関する均衡条件式であり、合成財生産量Qは世帯の合成財消費量$c(t)$および交通サービス生産費用$C(t), C_f(t)$と民間実物資本形成への投資量$I_K(t)$と交通社会資本形成への投資量$I_S(t), I_{Sf}(t)$との和に等しいことを示している。労働市場は家計が供給する労働量と企業の労働需要量とが等しいことを示している。資産市場は前述のとおり家計の資産が企業価値に等しい証券と、政府が発行する公債に自動的に等しいことを意味している。また、交通市場は家計、企業が消費する交通サービスは政府が供給する交通サービス消費量に自動的に等しいことを示している。

5．混雑メカニズム

交通サービスの所要時間は交通サービスの総消費量の増加関数となっていることが混雑現象を表現するものとする。

$$q(t) = q_0 z^{\delta_z} S^{-\delta_S} \tag{7.a}$$

$$q_f(t) = q_{f0} Z^{\delta_Z} S_f^{-\delta_{Sf}} \tag{7.b}$$

q_0, δ_z, δ_S, $q_{f0}, \delta_Z, \delta_{Sf}$ ：交通サービスの所要時間関数のパラメータ

ただし、

$$q_0 > 0, \delta_z > 1, \delta_S > 0 \tag{7.c}$$

$$q_{f0} > 0, \delta_Z > 1, \delta_{Sf} > 0 \tag{7.d}$$

6．持続的成長の可能性の検討

本研究で構築したモデルの内生変数の動学的経路および、時間の消費配分が一定で消費や資本などの内生変数の成長率が一定となる定常状態は以上の微分方程式体系によって規定される。既存の経済成長モデルでは主に定常状態における議論がなされてきたため、本研究の数値シミュレーションにおいてもこの微分方程式体系における定常状態（長期均衡点）に着目してみる。ここで各変数の変化率を表す変数として以下の表記を用い、定常状態においての各条件式を導出する。

$$\phi_A = \frac{\frac{dA(t)}{dt}}{A(t)} \tag{8.a}$$

$A(t)$ ：モデルに用いられている変数

まず、財市場の清算条件式(6.a)、民間実物資本形成における投資効率を規定する関数式(3.b)、交通社会資本形成と投資量の関係を表す関数式(5.b)、(5.c)より、それらに含まれる諸変数の変化率は同じでなければならないため、以下の関係式が得られる。

$$\phi_Q = \phi_c = \phi_C = \phi_{Cf} = \phi_{I_K} = \phi_K = \phi_{I_S} = \phi_{I_{Sf}} = \phi_S = \phi_{Sf} \tag{8.b}$$

式(8.b)の関係式と、各経済主体の行動モデルの条件式より、定常状態における各内生変数の変化率は表１に示すように導出される。

表１　変数の変化率 *(steady state)*

	一般の定常状態	混雑と交通サービスの生産費用有り $(q_0, q_{f0}, C_0, C_{f0} \neq 0)$	混雑と交通サービスの生産費用無し $(q_0, q_{f0}, C_0, C_{f0} = 0)$
c	$\phi_c = -\phi_{\theta_1} = r' - \rho$ $\phi_c = \phi_Q$	$\phi_c = \phi_Q = 0$	$\phi_c = \phi_Q$
x	$\phi_x = \phi_c - \phi_\varphi = r' - \rho - \phi_\varphi$ $\phi_x = -\phi_q$	$\phi_x = 0$	$\phi_x = 0$
l	$\phi_l = 0$	$\phi_l = 0$	$\phi_l = 0$
s	$\phi_s = 0$	$\phi_s = 0$	$\phi_s = 0$
g	$\phi_g = 0$	$\phi_g = 0$	$\phi_g = 0$

h	$\phi_h = \phi_Q - \phi_w$	$\phi_h = \phi_Q - \phi_w = 0$	$\phi_h = \phi_Q - \phi_w$
Q	$\phi_Q = \beta_E\phi_E + \beta_X\phi_X + (\beta_E + \beta_h)\phi_h + (1-\beta_E-\beta_X)\phi_K$ $\phi_Q = \phi_E + \phi_w + \phi_h$ $\phi_Q = \phi_X + \phi_\omega$	$\phi_Q = 0$	$\phi_Q = \dfrac{\beta_E + \beta_h}{\beta_E + \beta_X}\phi_h$
$E = L - q_f X$	$\phi_E = \phi_L = -(\phi_{q_f} + \phi_X) = 0$ $\phi_E = \phi_Q - \phi_w - \phi_h$	$\phi_E = 0$	$\phi_E = 0$
L	$\phi_L = 0$	$\phi_L = 0$	$\phi_L = 0$
X	$\phi_X = \phi_Q - \phi_\omega$	$\phi_X = \phi_Q - \phi_\omega = 0$	$\phi_X = \phi_Q - \phi_\omega = 0$
K	$\phi_K = \phi_Q$	$\phi_K = \phi_Q = 0$	$\phi_K = \phi_Q$
I_K	$\phi_{I_K} = \phi_Q$	$\phi_{I_K} = \phi_Q = 0$	$\phi_{I_K} = \phi_Q$
S	$\phi_S = \phi_Q$	$\phi_S = \phi_Q = 0$	$\phi_S = 0$
S_f	$\phi_{S_f} = \phi_Q$	$\phi_{S_f} = \phi_Q = 0$	$\phi_{S_f} = 0$
I_S	$\phi_{I_S} = \phi_Q$	$\phi_{I_S} = \phi_Q = 0$	$\phi_{I_S} = 0$
I_{S_f}	$\phi_{I_{S_f}} = \phi_Q$	$\phi_{I_{S_f}} = \phi_Q = 0$	$\phi_{I_{S_f}} = 0$
w	$\phi_w = \phi_Q - \phi_h$	$\phi_w = \phi_Q = 0$	$\phi_w = \phi_Q - \phi_h$
p	$\phi_p = \phi_\varphi = \phi_w + \phi_h + \phi_q$	$\phi_p = \phi_Q = 0$	$\phi_p = \phi_Q$
p_f	$\phi_\omega = \phi_{p_f} = \phi_w + \phi_h + \phi_{q_f}$	$\phi_\omega = \phi_Q = 0$	$\phi_{p_f} = \phi_Q$
q	$\phi_q = -\phi_x$ $\phi_q = \delta_x\phi_x - \delta_S\phi_S$	$\phi_q = 0$	$\phi_q = 0$
q_f	$\phi_{q_f} = -\phi_X$ $\phi_{q_f} = \delta_X\phi_X - \delta_{S_f}\phi_{S_f}$	$\phi_{q_f} = 0$	$\phi_{q_f} = 0$
$\varphi = p + w'hq$	$\phi_\varphi = \phi_p = \phi_w + \phi_h + \phi_q$	$\phi_\varphi = 0$	$\phi_\varphi = \phi_Q$
$\omega = p_f + whq_f$	$\phi_\omega = \phi_{p_f} = \phi_w + \phi_h + \phi_{q_f}$	$\phi_\omega = 0$	$\phi_\omega = \phi_Q$
C	$\phi_C = \gamma_x\phi_x - \gamma_S\phi_S$ $(\phi_C = \dfrac{\gamma_x}{1+\gamma_S}\phi_x)$	$\phi_C = 0$	$\phi_C = 0$
C_f	$\phi_{C_f} = \gamma_X\phi_X - \gamma_{S_f}\phi_{S_f}$ $(\phi_{C_f} = \dfrac{\gamma_X}{1+\gamma_{S_f}}\phi_X)$	$\phi_{C_f} = 0$	$\phi_{C_f} = 0$

注：セルに２つ以上の式が記載されている場合は、それらが同時に成り立つことを意味している。

表１の中央部に示したように、本稿で特定化した関数形のもとで、混雑や交通サービスの生産費用が存在しているときには、定常状態では内生変数の成長率はゼロになる。すなわち、この場合には、仮に人的資本が蓄積されたとしても定常状態として一定率で成長する経済成長が阻害される。ただし、本稿での関数形は経済モデルにおいては多用されてきたものであるため、この知見はその限りにおいて一般性を持つと言える。

しかし、表１の右側部に示すように、混雑メカニズムや、交通サービス生産費用を考慮しないならば定常状態においての正の一定率の経済成長が実現する可能性がある。

以上を換言すると図１に示すように交通混雑および、交通サービス生産費用が国民経済の中で無視できないような大きさである状況では、内生的成長を持続させることは困難であると考えられる。一方、交通混雑および、交通サービス生産費用が存在しない状態、例えば、経済発展が初期の段階にあるような経済では、ある程度の期間にわたっては持続的成

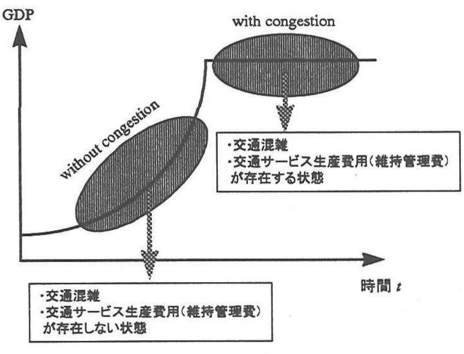

図1　*steady state*

長が実現する可能性がある。表1で分類した各ケースのいずれが実際に一般的であるかどうかは、今後の実証分析によって判断するべきであり、今後の課題として取り組みたい。

7．数値シミュレーションによる財源調達手段の影響分析

本研究の数値シミュレーションとしては、混雑メカニズム($q(t),q_f(t)$)、交通サービス生産費用($C(t),C_f(t)$)が存在する以上の微分方程式体系の定常状態として、すべての変数の変化率がゼロ、すなわちすべての変数がそれぞれ一定値をとる状態を考える。これは森杉・大島(1985)[7]、森杉・林山・小島(1986)[8]のモデルに交通サービス消費の混雑現象と各種財源調達手段を導入したモデルに対応している。

また、変化率をゼロとする定常状態においては各内生変数の変化速度がゼロとなるため、以下の関係式が得られる。

$$\phi_h = 0 : g(t) = \bar{g}\ , h(t) = \bar{h} \tag{9.a}$$

$$\phi_{\theta_1} = 0 : \rho = r' \tag{9.b}$$

$$\phi_{\theta_2} = 0 \tag{9.c}$$

$$\phi_K = 0 : I_K = \varepsilon_K \bar{K} \tag{9.d}$$

$$\phi_{\theta_3} = 0 \tag{9.e}$$

$$\phi_b = 0 \tag{9.f}$$

$$\phi_S = 0 : I_S = \varepsilon_S \bar{S} \tag{9.g}$$

$$\phi_{Sf} = 0 : I_{Sf} = \varepsilon_{Sf} \bar{S}_f \tag{9.h}$$

$\bar{h}$：定常状態における人的資本ストック水準、$\bar{K}$：定常状態における民間実物資本ストック量、$\bar{S}$：定常状態における交通社会資本ストック水準、$\bar{S}_f$：定常状態における交通社会資本ストック水準（貨物）

以上の条件より、混雑メカニズム($q(t),q_f(t)$)、交通サービス生産費用($C(t),C_f(t)$)が存在する *with congestion case* における交通社会資本の財源調達手段の経済効果を分析する。ここで長期均衡点において交通社会資本形成への投資を行い交通社会資本ストック水準が表2に示すように変化した場合を想定する。

この場合、交通投資の効果は財消費量、交通サービス需要量、余暇時間を変化させその結果家計の効用水準が変化する。また、企業価値に等しい証券を家計が保有していると仮定しているため、企業利潤の変化も家計の効用を変化させる。従って、交通投資の効果は家計に帰属されることになり、この交通投資の効果による効用の変化を計測すれば良いことになる。ここで、本来、動学的経済モデルにおいては各時点での効用を現在価値換算した生涯効用によって厚生を評価するべきであると言える。また、空間経済や不確実性の存在下では経済状態が複数あり、それぞれの状態に応じて間接効用関数が定義され、上田(1997)のように、その場合には EV による便益定義にも複数の方法がある。動学的経済モデルの場合にも、各時点毎に間接効用関数が定義されるため、同様に複数の定義が可能である。例えば、オプション価値に対応させて、どの時点においても同一額を補償するという EV の定義も可能である。しかし、定常状態に至るまでに経済状態が変化していく経路を特定するのは困難であるため、一般的にはそのような EV を計算することは非常に困難である。成長率がゼロとなった定常状態に限定すれば、どの時点においても間接効用関数は同一になるため、その間接効用関数を用いた EV は容易に定義できる。この EV は、定常状態だけに限定すれば、積分値である生涯効用の大小関係を保持する。また、定常状態だけに着目して厚生変化を評価するアプローチは小野

表2　交通投資による交通社会資本ストック水準の変化

S　交通社会資本ストック	500(兆円) → 520(兆円)
S_f　交通社会資本ストック（貨物）	300(兆円) → 312(兆円)

(1992)などを典型として他の動学的経済モデルでも散見される。本稿では以上の理由により、成長率がゼロとなった定常状態の効用だけに着目してEVを定義する。ただし、定常状態以外も考慮した動学的経済モデルでの一般的な便益定義については今後研究を続けていきたい。

なお、その計測にあたってパラメータを外生的に変化させ表3に示す経済状態を想定し、交通投資額を表4に示す様々な財源調達手段でまかなう場合の厚生分析を行う。

数値シミュレーションに際し表5、表6に示すように外生変数およびパラメータを外生的に設定した。

表3　経済状態

	高	低
人的資本ストック水準 (h)	h=1.02	h=1.00

表4　財源調達手段のパターン分類

	家計交通価格	企業交通価格	家計税率	企業税率	公債発行
パターン1	内生変数	固定	固定	固定	固定
パターン2	固定	内生変数	固定	固定	固定
パターン3	固定	固定	内生変数	固定	固定
パターン4	固定	固定	固定	内生変数	固定
パターン5	固定	固定	固定	固定	内生変数

表5　長期均衡点における外生変数の設定値

Ω　総利用可能時間	8760(時間/年)
N　家計数	3000万世帯
g　人的資本形成にあてられる時間	400(時間/年)
τ_1　税率	5%
K　民間実物資本投入量	500(兆円)
I_K　民間実物資本形成への投資量	20(兆円/年)
τ_2　税率	10%
b　公債発行残高	0

表6　パラメータ設定

効用関数パラメータ	α_c	0.150	生産関数パラメータ	A	3000
	α_S	0.400		β_B	0.890
	α_z	0.150		β_z	0.030
主観的割引率	ρ	0.040		β_h	0
交通サービス所要時間関数パラメータ	q_0	0.001	交通サービス所要時間関数パラメータ（貨物）	q_{0f}	4.500
	δ_Z	1.250		δ_{Zf}	1.100
	δ_S	0.950		δ_{Sf}	0.950
交通サービス生産費用関数パラメータ	C_0	20000	交通サービス生産費用関数パラメータ（貨物）	C_{0f}	3.0×10^{10}
	γ_Z	1.400		γ_{Zf}	1.250
	γ_S	0.600		γ_{Sf}	0.800
資本減耗率				ε_K	0.040
交通社会資本ストック減耗率				ε_S	0.040
交通社会資本ストック（貨物）減耗率				ε_{Sf}	0.040

(1)数値シミュレーション結果

各経済状態における財源調達手段ごとの社会的純便益(B)と費用便益比(B/C)の結果を表7、表8に示す。

表7、表8の結果より、人的資本レベルが高いほど、便益が高くなっている。換言すると、成熟した経済状態においては人的資本レベルが高い経済状態ほど交通投資の効果が大きいと言える。また、様々な財源調達手段に対しては、どの経済状態においても家計の交通価格で交通投資額をまかなう場合が最も便益が高くなっている。家計の料金負担だけでまかなう場合には、交通価格の低下は主に家計の交通サービス消費量に関する消費者余剰を低下させ、一般均衡過程を通じて、他の経済変数は家計の余剰を低下させる方向には変化しないと考えられ、そのため、財源負担による厚生損失は他のケースよりも小さくなっていると考えられる。一方、家計税率、企

表7　便益計測結果(h＝1.00)

	家計交通価格	企業交通価格	家計税率	企業税率	公債発行
社会的純便益(B)	87.010	85.657	61.418	66.162	66.162
費用(C)	34.638	34.638	34.638	34.638	34.638
B/C	2.512	2.473	1.773	1.910	1.910

表8　便益計測結果(h＝1.02)

	家計交通価格	企業交通価格	家計税率	企業税率	公債発行
社会的純便益(B)	88.393	86.319	61.836	67.286	67.286
費用(C)	34.638	34.638	34.638	34.638	34.638
B/C	2.762	2.697	1.932	2.103	2.103

(注) 便益および費用は年間値（兆円/年）

業交通価格、企業税率でまかなう場合は、前者は可処分所得の低下、後者二つは家計が保有する証券価値の低下につながり、交通サービス消費量のみならず、財消費量、余暇時間消費量にも影響を及ぼすため家計の交通価格の場合と比べて便益が低い結果になったと考えられる。また、公債発行で交通投資額をまかなう場合は、政府が発行する公債を家計が保有しようとするため、その分、交通サービス消費量のみならず、財消費量、余暇時間消費量を抑えることとなり家計の交通価格の場合と比べて便益が低くなったと考えられる。従って、今回のケースでは交通投資額を特定財源の一つである家計の交通価格でまかなうのが良いと言える。無論、この結果は一つの例を示したにすぎなく、人口など外生変数の設定条件や、プロジェクトの種類によっても様々な財源調達手段に対する便益は変わってくる可能性がある。したがって、ここで提示したことは、特に交通混雑、交通サービス生産費用が存在する成熟した経済状態においては、人的資本ストック水準が高い経済状態ほど交通投資が重要であることは勿論、交通投資など国民経済的な大規模プロジェクトにおいては、財源調達手段の選択によってプロジェクト便益が違ってくるということである。

8. おわりに

本研究では、内生的経済成長論の代表的なモデルである Lucas タイプのモデルに交通社会資本整備を取り入れたモデルを構築した。混雑現象の存在するもとで、交通社会基盤投資によって持続的な内生的経済成長が可能であるかどうかを検討し、交通混雑や交通サービス生産費用を考慮すると一定率で成長する定常状態が存在しない可能性があることを示した。さらに、交通社会資本の財源調達手段として代表的である利用者負担に基づく特定財源、所得税を主とする一般財源、公債発行による資金調達を取り上げ、異なった財源調達手段のもとでの交通社会資本整備の経済効果について考察を行った。

しかし、本研究で提案するモデルは言うまでもなく時間に依存する動学モデルであり、定常状態に行き着くまでの非定常経路は存在する。従って、今後の課題としては、非定常経路において財源調達手段の違いによる経済効果の分析を行うという課題が残っている。また、交通の空間的特性を明示するため、空間経済モデルに展開する必要がある。

【参考文献】

1)Solow, R.(1956) : A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, February, 1956.
2)Romer, P.(1986) : Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy*, Vol.94, No.5, 1002-1037,1986.
3)Lucas, R. (1988) : On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, vol/22, July, 3-42, 1988.
4)上田孝行：不均衡経済下での社会資本整備の影響に関する一考察、土木学会論文集 No.488/Ⅳ-23, pp.67～76、土木学会、1994.4
5)小野善康：貨幣経済の動学理論、東京大学出版会、1992.
6)Stephen J. Turnovsky : Methods of Macroeconomic Dynamics, The MIT Press, 1995.
7)森杉壽芳・大島伸弘：幹線交通網形成の簡便な事後評価モデルの提案、土木計画学研究・講演集 No.7, pp.125～132 , 1985.
8)森杉壽芳・林山泰久・小島信二：交通プロジェクトにおける時間便益評価―簡便化手法の実用化と精度の検討―、土木計画学研究・論文集 No.4, pp.149～156, 1986.
9)西村清彦：経済学のための最適化理論入門、東京大学出版会、1990.

経済成長論から見た交通社会基盤整備政策に関する研究

佐藤　尚・上田孝行・森杉壽芳・森杉雅史

社会資本整備が経済成長の成否を決める上で果たす役割の重要性については、これまでにそれに関する多くの研究が蓄積されてきている。とりわけ、Solow(1956)の「新古典派経済成長論」が経済成長論の主流を占めてきたが、いくつかの限界があるとの指摘がでてきた。そこで Romer(1986)以

降、近年「内生的経済成長論」の名のもと、学習や研究開発による人的資本の形成などが経済成長の原動力となることを理論的枠組みで捉えた成長論が開発された。そこで本研究では、最近の内生的成長論の代表的なモデルに社会資本整備のプロセスを取り入れて、その経済成長への影響を分析することを試みた。さらに、交通社会資本の財源調達手段として代表的である利用者負担に基づく特定財源、所得税を主とする一般財源を取り上げその経済効果の影響を分析した。

On the Transportation Infrastructure Policy in the context of economic growth

By Takashi SATO, Takayuki UEDA , Hisayoshi MORISUGI , Masafumi MORISUGI

There exist a lot of studies illustrating an important role of infrastructure development in economic growth. In such studies, models in the Neo-Classical Economic had been in the main stream of growth theory. It is however a fact that the Neo-classical growth theory (Solow (1956)) had provided some narrow views. In a recent decade, a new trend of economic growth theory has been developed then a nexus of theories named " Endogenous Growth Theory" are just blooming up so that they get to be of great interest in economic science. The Endogenous Growth Theory focuses on human capital or knowledge capital accumulated by learning behavior or R&D activity which are now esteemed as a main power source for growth.

In this paper, proposes an economic growth model in which transportation infrastructure is explicitly incorporated. And we analyze financial resources (specific financial resources and general fund) of transportation social capital.
