

## 微分ゲームを用いた国際公共財の自発的供給問題

吉 田 和 男  
藤 澤 宜 広

### I はじめに

近年，一国にとっての経済現象は他国との関連によって支配され，国家間の「相互依存関係」が重要なものとなっている。その中でも，一国の経済行動が外部性として他国に影響を与えるものとして，両国に共通した資本ストックを通じるものがある。例えば，地球温暖化やオゾン層破壊などの地球環境問題，世界経済成長の基本となるハイテク技術への研究開発投資や知識資本への投資の問題などである。これらの問題は，国内経済における公共財と同様の発想から「国際公共財」と認識されている。こういった相互依存関係が支配しうる国際経済においては，各国に共通する資本ストックの水準が重要な戦略的変数となる。つまり，国際公共財の供給が各国の厚生水準を決めるものとなり，その適切な供給をいかに図るかが各国の重要な政策となる。この場合，両国が自発的に供給することで適切な資本ストックに調整しようとする方法と，何らかの強制機構によって適切な供給を図るものがある。本論文では前者の場合をゲーム論的關係の中で探索するものとしたい。

公共財の自発的供給問題は，Olson [1965] 以来，多くの研究者によって扱われ，静学問題としては既に多くの重要な洞察を得るに至っている。例えば，Chamberlin [1974]，McGuire [1974]，Cornes and Sandler [1983]，Bergstrom, Blume and Varian [1986]，Grandstein and Nitzan [1990] などが重要な文献として挙げられる。しかしながら，これらの静学的分析には限界があり，

より現実的な分析を行うには、行為者の意思決定が本質的に動学問題であることに留意しなければならない。例えば、公共財を拠出することへの参加・不参加、あるいはその拠出額の選択が、他国との通時的な関係で決定されるという性質を無視することはできない。

本論文は、このような動学的かつゲーム論的な状況を取り扱うため、各国が両国に共有する社会基盤への投資を決定する微分ゲームとして表現する。これまでも、Issacs [1965] などによって開発された微分ゲームは、様々な分野に应用されている。例えば、公共経済学に関する応用例では、Fershtman and Nitzan [1991]、環境経済学については、Dockner and Long [1993]、産業組織論では、Mino [1987]、国際金融論では、Dockner and Neck [1995]、そしてマクロ経済学については、三野 [1989] が挙げられる。微分ゲームにおいては、問題の設定でいかなる情報構造を取り扱うかによって解が異なるため、情報構造の特定は重要な問題となる。本論文では、各国は与えられた状態変数の初期値からその後の選択を初期時点に戻って決定するという Open-Loop な情報構造を基本としたモデルを扱うこととする。

Romer [1990] が主張するように、知識資本ストックには、非競合的で部分的に排除不可能という性質があり、排除不可能性の度合いは知識の性質と知的財産権の保護水準などの法制度に依存して決定される。本論文では、国際公共財の例として知識資本ストックを取り上げ、二国が国際公共財としての知識資本ストックを蓄積するという動学的かつゲーム論的な状況において、知識資本ストックに対する各国の投資の割合が厚生水準に及ぼす影響を考察することとする。

本論文の構成は以下の通りである。第Ⅱ節では、本論文を通じて用いられる自発的国際公共財供給の基本モデルを構築する。共通の知識資本ストックが各国の投資の蓄積であることから、モデルはゲーム論的な状況となる。第Ⅲ節では、Open-Loop ナッシュ解を導出する。第Ⅳ節以降はシミュレーション分析を導入する。まず第Ⅳ節で、両国が対称的で生産構造が各資本ストックに関して完全代替である状況を想定し、国際公共財としての知識資本ストックへの投

資と生涯効用の関係を明らかにすると同時に、均衡における知識資本ストックの供給問題について考察を加える。第V節では、第IV節での議論を拡張し、各資本ストックに関する生産性の違いが均衡における知識資本ストックの供給問題および生涯効用に及ぼす影響を考察する。第VI節では、さらに議論を拡張して、両国が非対称かつ生産性に違いある場合の経済的帰結が三つの状況に分類されることを示す。第VII節は、結語にあてられる。

## II 国際公共財供給の基本モデル

本節では、本論文を通じて用いられる基本モデルを構築する。両国はそれぞれ無限期間生存する代表的個人から構成され、消費から効用を得るものとする。つまり、各国の代表的個人の生涯効用を

$$V_i = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} u(C_i) dt = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \log C_i dt \quad (i=1, 2), \quad (1)$$

とする。 $\rho$ は両国に共通の割引率を、 $C_i$ は第*i*国の代表的個人の消費を表している。

次に、生産 $Y_i$ は共通する知識資本ストック $K$ と実物資本ストック $K^P$ によって決まるものとし、次のように表す。

$$Y_i = a_i K^P + b_i K, \quad (2)$$

実物資本ストックが競合的かつ排除可能な生産要素であるのに対し、知識資本ストックはいったん投資されると両国に等しく利用可能なものと仮定する。簡単化のため、生産は各資本ストックに対して線型としている。これは、定常状態を解析的に解くためであり、また本論文の主眼が各国の国際公共財への投資に対する戦略的行動を明らかにすることにあるためである。特に、限界生産力 $a_i$ 、 $b_i$ が等しいとき、両資本ストックは完全代替となっている。後述のように、たとえ両資本ストックが完全代替のときでも、国際公共財への投資は相手国の行動に依存して戦略的に変化し、経済的帰結に影響をもたらす。

各資本ストックは各国の代表的個人による投資 $I_i$ を通じて蓄積され、蓄積方程式は次のように表される。

$$\dot{K}_i^P = (1 - \phi_i) I_i. \quad (3)$$

$$\dot{K} = \phi_i I_i + \phi_j I_j \quad (i \neq j). \quad (4)$$

ここで、 $\phi_i$  は第  $i$  国の投資が知識資本ストックに配分される割合を表す。実物資本ストックは、それぞれの投資によってのみ蓄積されるものとする。一方、知識資本ストックは両国による投資によって蓄積される。簡単化のため、各資本ストックの減価償却率をゼロと仮定している。本論文では、各国は生涯効用を最大化するように通時的な消費量を決定するとともに、初期時点に戻って知識資本ストックへの投資割合を両国の交渉によって決定するものとする。従って当面の間、投資の割合は所与として考察される。

第  $i$  国の予算制約式は、

$$Y_i = C_i + I_i, \quad (5)$$

で与えられる。

(2)式、(3)式および(5)式から、実物資本ストックの蓄積方程式は次のようになる。

$$\dot{K}^P = (1 - \phi_i)(a_i K_i^P + b_i K - C_i). \quad (6)$$

また、(2)式、(4)式および(5)式から、知識資本ストックの蓄積方程式は次のようになる。

$$\dot{K} = \sum_{j=1}^2 \phi_j (a_j K_j^P + b_j K - C_j). \quad (7)$$

以上の設定により、各国の生産は知識資本ストックの水準に依存し、知識資本ストックの水準は各国の消費水準に影響される。従って、各国の代表的個人の最適化問題は相互依存関係を有し、微分ゲームとして解かれることとなる。

### III Open-Loop ナッシュ解

上記の基本モデルにおいて、 $\phi_i$  が与えられたものとして各国の最適成長の条件についての検討を行うこととする。Open-Loop 戦略の下では、各国は相手国の操作変数の時間経路および初期時点における状態変数を所与として、初

期時点における目的関数を最大化する。即ち、各時点における当該国の戦略は、初期時点における実物資本ストックおよび知識資本ストックの水準をもとに、自らの最適計画を解くものとなる。当該国は、(6)式および(7)式における相手国の消費経路および実物資本経路を所与として目的関数を最大化することとなる<sup>1)</sup>。

第1国のハミルトニアン、 $H_1$ は、

$$H_1 = \log C_1 + \lambda(1 - \phi_1)(a_1 K_1^p + b_1 K - C_1) + \mu[\phi_1(a_1 K_1^p + b_1 K - C_1) + \phi_2(a_2 K_2^p + b_2 K - C_2)] \quad (8)$$

最適化の1階条件より、

$$\frac{1}{C_1} = \lambda(1 - \phi_1) + \mu\phi_1, \quad (9)$$

$$-\dot{\lambda} + \rho\lambda = \lambda(1 - \phi_1)a_1 + \mu\phi_1 a_1, \quad (10)$$

$$-\dot{\mu} + \rho\mu = \lambda(1 - \phi_1)b_1 + \mu\phi_1 b_1 + \mu\phi_2 b_2. \quad (11)$$

(9)式、(10)式および(11)式を整理すると、

$$\frac{\dot{C}_1}{C_1} = (1 - \phi_1)a_1 + \phi_1 b_1 - \rho + \phi_1 \phi_2 b_2. \quad (12)$$

(6)式、(7)式および(12)式が Open-Loop 戦略における均衡動学を表している。消費成長率は4つの要因によって決定される。第1項は実物資本ストックに対する投資がもたらすものであり、実物資本ストックへの投資割合が高いほど、そして実物資本ストックの生産性が高いほど消費成長率は高くなる。第2項は知識資本ストックに対する投資がもたらすものであり、その投資割合が高いほど、そして生産性が高いほど消費成長率は高くなる。第4項はゲーム論的性質を表している。これは、相手国による知識資本ストックへの投資が第1国の消費に及ぼす影響であり、相手国による知識資本ストックへの投資割合が高いほど、そして生産性が高いほど消費成長率は高くなる。

以下で、Open-Loop ナッシュ解の動学を考察する。定常状態を考察するた

1) 本節では、当該国として第1国に焦点を当てることとする。

めに、

$$c_i \equiv \frac{C_i}{K_i^p}, \quad k_i^p \equiv \frac{K_i^p}{K}, \quad q_i \equiv \frac{C_i}{K_i^p + K} = \frac{c_i k_i^p}{k_i^p + 1},$$

とすると、(6)式および(12)式より、に関する微分方程式、

$$\dot{c}_1 = \left( (1-\phi_1)a_1 + \phi_1 b_1 - \rho + \phi_1 \phi_2 b_2 - (1-\phi_1) \left( a_1 + \frac{b_1}{k_1^p} - c_1 \right) \right) c_1, \quad (13)$$

が得られ、経済学的に意味のある定常状態において、次の式が成り立つ。

$$c_1 = \frac{b_1}{k_1^p} \frac{\phi_1 b_1 - \rho + \phi_1 \phi_2 b_2}{1 - \phi_1}. \quad (14)$$

一方、(6)式および(7)式より、 $k_1^p$ に関する微分方程式、

$$\dot{k}_1^p = \left( (1-\phi_1) \left( a_1 + \frac{b_1}{k_1^p} - c_1 \right) - \sum_{j=1}^2 \phi_j (a_j k_1^p + b_j - c_j k_1^p) \right) k_1^p, \quad (15)$$

が得られ、これに(14)式を代入すると、経済学的に意味のある定常状態において次の式が成り立つ<sup>2)</sup>。

$$\frac{\phi_1}{1-\phi_1} k_1^p + \frac{\phi_2}{1-\phi_2} k_2^p = 1. \quad (16)$$

ここで、 $k_1^p$ と $k_2^p$ の比率を特定化し、

$$k_2^p = \tau k_1^p. \quad (17)$$

(17)式を(16)式に代入すると、定常状態における $k_1^p$ は、次のように表される。

$$k_1^p = \frac{(1-\phi_1)(1-\phi_2)}{\phi_1(1-\phi_2) + \tau\phi_2(1-\phi_1)}. \quad (18)$$

$k_1^p$ の $\phi_2$ に関する1階偏導関数はマイナスとなる。これは、第2国の投資による知識資本ストックの増加が第1国の生産を上昇させ、その結果第1国の実物資本ストックの蓄積が高まるものの、その効果の大小は前者の方が高いということの意味している<sup>3)</sup>。 $\tau$ を変化させることで様々な場合について考察を

2) 定常状態において各国の消費成長率は等しくなければならないという関係を用いている。このことから、 $(1-\phi_1)(a_1 - \phi_2 b_2) = (1-\phi_2)(a_2 - \phi_1 b_1)$ という関係式も導出される。

3)  $k_1^p$ の $\phi_1$ に関する1階偏導関数は、当然のことながらマイナスとなる。

拡張することができるが、本論文では簡単化のため  $\tau$  は常に 1 であると仮定する。

(18) 式を (14) 式に代入すると、定常状態における  $c_1$  は、

$$c_1 = \frac{\rho - \phi_1 \phi_2 b_2}{1 - \phi_1} + \frac{\phi_2 b_1}{1 - \phi_2}. \quad (19)$$

また (14) 式と (18) 式から、定常状態において、実物資本ストックと知識資本ストックとの合計に対する消費の比率は、次のように表される。

$$q_1 = \frac{\phi_2 b_1 (1 - \phi_1) + (\rho - \phi_1 \phi_2 b_2) (1 - \phi_2)}{1 - \phi_1 \phi_2}. \quad (20)$$

#### IV 対称均衡かつ生産構造が完全代替の場合の厚生分析

本節では生涯効用を導出し、各国が生涯効用を最大化するためにいかに  $\phi_i$  を戦略的に決定するかについてシミュレーション分析を行う<sup>4)</sup>。まず、パラメータに関する条件を示し、両国が対称的かつ各資本ストックに関する完全代替が成立するという単純なケースにおいて国際公共財供給に関して戦略的な行動がみられることを示す。次節以降では、両国が対称的ではなく生産性にも違いがある場合へと議論を拡張し、より一般的な帰結を導くこととする。

(1) 式、(12) 式および (20) 式より、第 1 国の生涯効用は、次のように表される。

$$V_1 = \frac{1}{\rho} \log \frac{\phi_2 b_1 (1 - \phi_1) + (\rho - \phi_1 \phi_2 b_2) (1 - \phi_2)}{1 - \phi_1 \phi_2} + \frac{1}{\rho} \log (K_1^p + K)_0 + \frac{1}{\rho^2} [(1 - \phi_1) a_1 + \phi_1 b_1 - \rho + \phi_1 \phi_2 b_2]. \quad (21)$$

$(K_1^p + K)_0$  は第 1 国の実物資本ストックと知識資本ストックの初期状態での合計を表す。生涯効用は、 $q_1$  の水準が高いほど、また初期状態における各資本ストックの水準が高いほど、そして消費の成長率が高いほど改善される<sup>5)</sup>。

4) 本節においても第 1 国を当該国とするが、第 2 国についても同様の分析が可能である。

5) 消費成長率は、実物資本ストックの成長率、知識資本ストックの成長率そして実物資本ストックと知識資本ストックの合計の成長率に等しくなる。

$\phi_1$  の水準が生涯効用に及ぼす効果は、次の3つに分けられる。1つ目は、実物資本ストックの変化が  $q_1$  に及ぼす効果で、実物資本ストックへの投資割合が高まることで生産が増加し、定常状態における  $q_1$  の水準が上昇することとなる。2つ目は両資本ストックの蓄積が消費成長率に及ぼす効果で、両資本ストックの生産性の大小から効果が決定される。3つ目は国際公共財を通じた効果で、知識資本ストックへの投資割合を増加させることで相手国の成長が高まり、相手国が知識資本ストックへの投資を増加させることで自国の成長が高まる効果である。

ここで、 $\phi_1$  が1のときの生涯効用が、

$$V_1|_{\phi_1=1} = \frac{1}{\rho} \log(\rho - \phi_2 b_2) + \frac{1}{\rho} \log(K_1^P + K)_0 + \frac{1}{\rho^2} (b_1 - \rho + \phi_2 b_2), \quad (22)$$

となることおよび  $q_1$  が  $\phi_1$  の減少関数であることから、真数条件は、

$$\rho > b_2, \quad (23)$$

となる。相手国についても同様の議論が成り立つため、

$$\rho > b_1, \quad (24)$$

もまた仮定される。

次に、 $\phi_1$  に関する1階偏導関数および2階偏導関数はそれぞれ、

$$\frac{\partial V_1}{\partial \phi_1} = \frac{-\phi_2(1-\phi_2)(b_1+b_2-\rho)}{\rho[\phi_2 b_1(1-\phi_1) + (\rho - \phi_1 \phi_2 b_2)(1-\phi_2)](1-\phi_1 \phi_2)} + \frac{1}{\rho^2} (\phi_2 b_2 - a_1 + b_1), \quad (25)$$

$$\frac{\partial^2 V_1}{\partial \phi_1^2} = \frac{\phi_2^2(1-\phi_2)(b_1+b_2-\rho)[\{b_1+b_2(1-\phi_2)\}(1-\phi_1 \phi_2) + \phi_2 b_1(1-\phi_1) + (\rho - \phi_1 \phi_2 b_2)(1-\phi_2)]}{\rho[\phi_2 b_1(1-\phi_1) + (\rho - \phi_1 \phi_2 b_2)(1-\phi_2)]^2(1-\phi_1 \phi_2)^2}, \quad (26)$$

となる。(26)式から、2階条件が満たされるためには、

$$b_1 + b_2 > \rho, \quad (27)$$

とならなければならないことがわかる。本論文では、(27)式が満たされるもの



と仮定する<sup>6)</sup>。

以下で、両国が対称均衡かつ生産関数が完全代替である場合を考察する<sup>7)</sup>。  
すなわち、

$$a_i \equiv a, \quad b_i \equiv b, \quad a \equiv b, \quad (28)$$

のとき、(25)式を用いた1階条件より、第1国の第2国に対する反応関数は、次のように表される。

$$\phi_1 = \frac{2b + \rho(1 - \phi_2) + \sqrt{(1 - \phi_2)(2b - \rho)[2b(1 - \phi_2) + \rho(7 - 3\phi_2)]}}{2b\phi_2(2 - \phi_2)} \quad (29)$$

(23)式、(24)式および(27)式を満たす数値例の下で、反応関数は、第1図のように描かれる。

反応関数が単調増加あるいは単調減少とならないのは次の理由による。まず  $\phi_1$  が消費成長率に及ぼす影響は、対称均衡においては常に正であり、 $\phi_2$  が大きいほどその度合いは大きくなる。一方、 $\phi_1$  が  $q_1$  に及ぼす影響は常に負であるものの、 $\phi_2$  の上昇は知識資本ストックを通じた自国消費を相対的に高めるため、その影響は小さくなる。

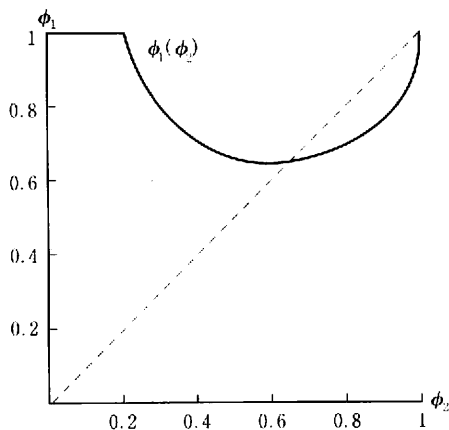
対称均衡であることから、第2国の第1国に対する反応関数も同様にして描かれ、第1図の場合のナッシュ均衡は破線で示される45度線との交点により、

$$(\phi_1, \phi_2) = \{(0.66, 0.66), (1, 1)\},$$

となる。協力解は明らかに (1, 1) となる。協力解においては、両国が知識資本ストックにすべての投資を振り分けることで、生涯効用は最も高くなる。しかしながらこの協力解は、生涯を通じて拘束力のある強制機構の存在を仮定しない限り不安定な均衡となる。一方、(0.66, 0.66) は安定的な均衡となる。以上のことから、国際公共財としての知識資本ストックの最適供給問題について次のことが言える。すなわち、初期時点における交渉を通じて共通の社会基

6) (27)式が満たされないとき、最適戦略  $\phi_i$  は端点解となることが確認される。

7) この状況では、投資の振り分けが消費成長率に及ぼす効果が完全に相殺されることとなる。

第1図  $\rho=0.04, a=b=0.03$  の場合

盤を構築する際、誘因整合的な帰結は、最適解を下回ることとなる。

### V 対称均衡における生産構造の相違と厚生分析

本節では、両国が対称的かつ各資本ストックに関する生産性に相違がある場合について、各国の戦略的行動を考察する。この場合、生産性を表すパラメータの間には、

$$a_i \equiv a, \quad b_i \equiv b, \quad a \neq b. \quad (30)$$

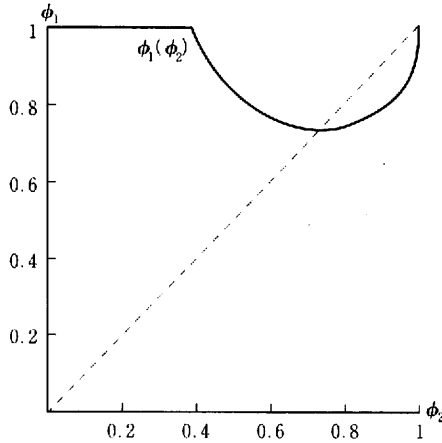
という関係がある。まず、 $a < b$  のとき、(23)式、(24)式および(27)式を満たすパラメータの下で、反応関数は、第2図のように描かれる。

第2図は、第1図に比べて上方にシフトしているが、これは $a$ の低下により知識資本ストックへの投資割合が上昇しているためである。従って、ナッシュ均衡は第1図の場合と比べて改善されるものの、協力解の下での生涯効用よりも低いものとなる。なお、 $b$ の上昇は反応関数を下方にシフトさせる効果をもつ<sup>8)</sup>。

一方、 $a > b$  のとき、(23)式、(24)式および(27)式を満たすパラメータの下

8)  $b$ の上昇が反応関数に及ぼす影響は、 $q_1$ の下落を通じて生涯効用を引き下げる効果と成長率の上昇を通じて生涯効用を引き上げる効果から決定される。

第2図  $\rho=0.04, a=0.024, b=0.03$  の場合



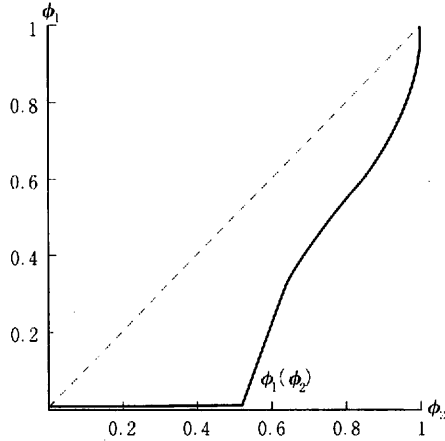
で、反応関数は第3図あるいは第4図のように描かれる。

(2)式からわかるように、 $a > b$  のとき生産に対する生産性は実物資本ストックの方が高いため、自国は瞬時的には実物資本ストックへ投資を振り分けることが効率的となる。しかしながら、定常状態においては、知識資本ストックへ投資を振り分けることによる相手国の成長がさらなる知識資本ストックの蓄積を促進することから、投資は必ずしも実物資本ストックへ集中するとは限らない。相手国による知識資本ストックへの投資割合が低い場合にはこの効果は小さいものとなるため、知識資本ストックへと投資を振り分けることはないが、相手国による知識資本ストックへの投資割合が高いときにはこの効果は大きなものとなり、知識資本ストックへ投資を振り分けることが生涯効用を引き上げることとなる。なお、 $b$  の上昇は反応関数を左方にシフトさせる効果をもつ。

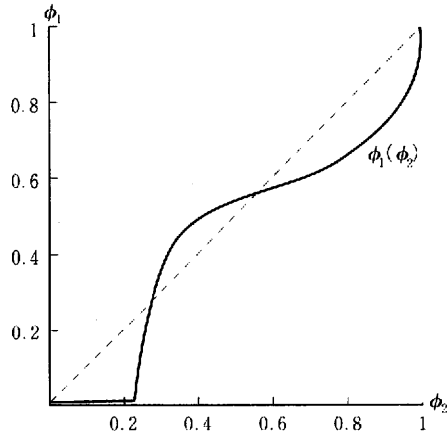
第3図の場合のナッシュ均衡は、 $(\phi_1, \phi_2) = \{(0, 0), (1, 1)\}$  となる。協力解は不安定的、非協力解は安定的となることから、国際公共財としての知識資本ストックはまったく蓄積されないこととなる。

なお、パラメータによっては第4図のように描ける場合があり、対称均衡であることから、この場合には定常状態において知識資本ストックが正となる安

第3図  $\rho=0.04, a=0.04, b=0.03$  の場合



第4図  $\rho=0.04, a=0.033, b=0.03$  の場合

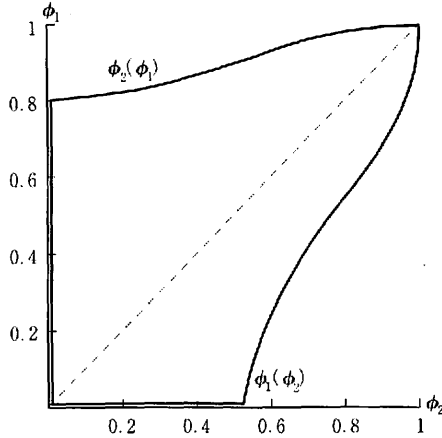


定的な均衡が存在することとなる。

### VI 非対称均衡における厚生分析

本節では、前節の議論を非対称均衡に拡張し、いくつかの場合について生産構造の違いが交渉の帰結にもたらす影響を考察する。考察は大きく3つに場合

第5図  $\rho=0.04, a_1=0.04, a_2=0.05, b_1=b_2=0.03$  の場合



分けされる。すなわち、両国が実物資本ストックに関してより効率的な生産構造をもつ場合、両国が知識資本ストックに関してより効率的な生産構造をもつ場合、そして、一方が実物資本ストックに関して、他方が知識資本ストックに関してより効率的な生産構造をもつ場合である。

まず、

$$a_1 > b_1, a_2 > b_2, a_2 > a_1, \tag{31}$$

の数値例で、各国の反応関数は第5図のように描かれる<sup>9)</sup>。

この場合、前節で取り上げた対称均衡の場合との本質的な違いは見られない。すなわち、安定的な均衡は  $(\phi_1, \phi_2) = (0, 0)$  となる<sup>10)</sup>。

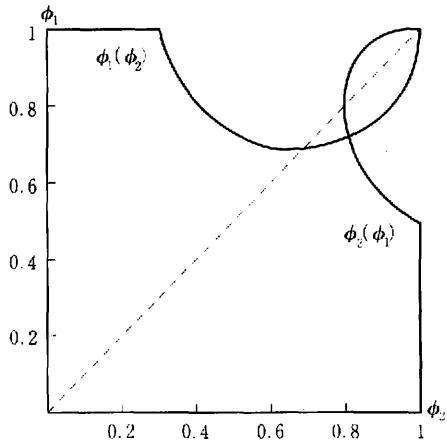
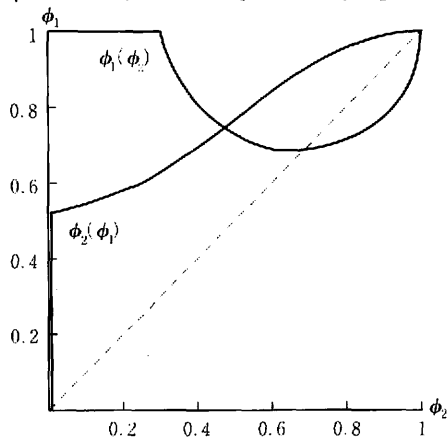
次に、

$$a_1 < b_1, a_2 < b_2, a_2 < a_1, \tag{32}$$

の数値例で、各国の反応関数は第6図のように描かれる。

9) さらに  $b_i$  の大小関係からくる違いを考察することができるが、 $b_i$  の変化は知識資本ストックを通じて自国だけでなく相手国の反応関数にも同様の影響を及ぼすことから、本論文ではこれを捨象する。ただし、本論文の結論に本質的な影響を及ぼすものではない。

10) 反応関数が第4図のように描かれる特殊な場合には、正の知識資本ストックが蓄積されることとなる。

第6図  $\rho=0.04$ ,  $a_1=0.028$ ,  $a_2=0.014$ ,  $b_1=b_2=0.03$  の場合第7図  $\rho=0.04$ ,  $a_1=0.028$ ,  $a_2=0.04$ ,  $b_1=b_2=0.03$  の場合

この場合、均衡における両国の知識資本ストックへの投資の割合には2つの場合が考えられる。1つは、両国の反応関数の交点が安定的な場合で、 $\phi_1 < \phi_2$  という関係が成り立つ。つまり、第1国の実物資本ストックに関する生産性が第2国に比べて高いとき、第1国による知識資本ストックへの投資の割合は、第2国に比べて低いものとなる。両国の反応関数の交点が不安定な場合には、

協力解が成立する可能性がある。

そして、

$$a_1 < b_1, a_2 > b_2, a_2 > a_1, \quad (33)$$

の数値例で、各国の反応関数は第7図のように描かれる。

この場合にも均衡における両国の知識資本ストックへの投資の割合には二つの場合が考えられる。1つは、両国の反応関数の交点が安定的な場合で、 $\phi_1 > \phi_2$  という関係が成り立つ。第1国が知識資本ストックに関して、第2国が実物資本ストックに関してより効率的な生産構造をもつ結果、第1国による知識資本ストックへの投資の割合は、第2国に比べて高いものとなる。もう1つは、両国の反応関数の交点が不安定な場合で、このときには協力解が成立する可能性がある。この場合、第2国にとって知識資本ストックの生産性が実物資本ストックのそれに比べて低いにもかかわらず、第1国が積極的に知識資本ストックへの投資を行うことで第2国も協力的な行動をとることとなる。

## VII 結 語

本論文では、国際公共財の例として知識資本ストックを取り上げ、二国が知識資本ストックを蓄積するという動学的かつゲーム論的な状況において、各国の供給態度の違いが厚生水準に及ぼす影響を考察した。また、供給態度の違いが国内の実物資本ストックと知識資本ストックの生産性の違いや相手国との生産構造の違いによって決定され、囚人のジレンマが発生する状況や協力解が達成される状況をシミュレーション分析に基づいて考察した。

考察の結果、次のことが示された。まず、両国が対称的かつ各国国内の生産構造が完全代替であるような状況においても戦略的な行動が取られることを示した。これは、国際公共財への投資は相手国の生産を高めることから知識資本ストックへの投資を通じて長期的に自国の生産に正の影響を及ぼす一方、定常状態において消費よりも資本蓄積が優先されることに起因している。

次に、両国が対称的かつ生産構造に違いがある場合の供給態度を考察した。

すなわち、国内の実物資本ストックの生産性が十分高いとき、協力解に比べて厚生水準が低いにもかかわらず、各国は国際公共財への投資を行わない。一方、国際公共財の生産性が高ければ各国はある程度投資を行うものの、依然として過少供給が発生する。さらに、両国が非対称な場合における供給問題を考察し、生産性の違いが供給態度の違いを引き起こす三つの状況を提示した。

本論文では、定常状態を解析的に導出する一方、定常状態における各国の供給態度についてはシミュレーション分析による例示にとどまっている。また生産関数の改善は今後の課題となっている。

#### 参考文献

- Bergstrom, T., C. Blume and H. Varian [1986] "On the Private Provision of Public Goods," *Journal of Public Economics*, 29, pp. 25-49.
- Chamberlin, J. [1974] "Provision of Collective Goods as a Function of Group Size," *American Political Science Review*, 65, pp. 707-716.
- Cornes, R. and T. Sandler [1983] "On Communes and Tragedies," *American Economic Review*, 73, pp. 787-792.
- Dockner, E. J. and A. A. Neck [1995] "How Can Decentralized Non-cooperative Stabilization Policies Be Efficient?—A Differential Game Approach" in *Macroeconomic Policy Games*, eds. by A. Riedl et al., Physica-Verlag, Heidelberg.
- Dockner, E. J. and N. V. Long [1993] "International Pollution Control: Cooperative versus Noncooperative Strategies," *Journal of Environmental Economics and Management*, 24, pp. 13-29.
- Fershtman, C. and S. Nitzan [1991] "Dynamic Voluntary Provision of Public Goods," *European Economic Review*, 35, pp. 1057-1067.
- Gradstein, M. and S. Nitzan [1990] "Binary Participation and Incremental Provision of Public Goods," *Social Choice and Welfare*, 2, pp. 171-192.
- Issacs, R. [1965] *Differential Games*, John Wiley and Sons, New York.
- Krugman, P. R. [1991] "Is Bilateralism Bad?" in *International Trade and Trade Policy*, eds. by E. Helpman and A. Razin, MIT Press, Cambridge, MA.
- McGuire, M. [1974] "Group Size, Group Homogeneity, and the Aggregate Provision of a Pure Public Good under Cournot Behavior," *Public Choice*, 18, pp. 107-126.



- Mino, K. [1987] "A Model of Investment with External Adjustment Costs," *Economic Studies Quarterly*, 38, pp. 76-85.
- Olson, M. [1965] *The Logic of Collective Action*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Romer, P. M. [1990] "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, 98, pp. 71-102.
- 三野和雄 [1989] 『マクロ経済動学研究』(広島大学経済研究双書5) 広島大学経済学部。