

公共財供給機構の有効性*

—実験的研究—

森 徹

1. はじめに

公共財の効率的な供給を達成するための供給機構をいかに構築すべきかという問題は、Samuelson [8] によって公共財の効率的供給条件が導出されて以来、多くの研究者の関心を集めてきた問題である。いうまでもなく、公共財供給機構が有効に機能するためには、各個人に対して公共財の効率的供給に役立つメッセージを表明する誘因を提供し得るように、機構が設計されていることが重要である。公共財供給機構に求められるこのような要請は、①各個人にとって、他の個人の表明するメッセージのいかんにかかわらず、公共財に対する自己の選好を最大化するメッセージが存在しており、②各個人がこの最良のメッセージを表明することによって公共財の効率的供給が達成されるように公共財供給機構が設計されているならば、十全にみたされるであろう。上記①の性質は通常「支配的均衡条件」と呼ばれているが、今日では、Hurwicz [6] や Green and Laffont [2] らの研究によってこの支配的均衡条件と②の公共財の効率的供給条件をともにみたす公共財供給機構は存在しないことが知られている。したがって、公共財の効率的供給の達成を可能とする公共財供給機構の構築を構想するならば、上記の①の要請を緩和して、メッセージの選択に関する個人の誘因をより弱い形で保証する何らかの条件を設定し

なければならない。そのような緩和された条件のひとつとして考えられるのは、「ある一組のメッセージ(Nash 均衡メッセージ)が存在し、各個人にとって、他の個人がそこに含まれているそれぞれのメッセージを表明するならば、自分もまたそこに含まれている自己のメッセージを表明することにより公共財に関する選好を最大化し得る」という条件である。この条件は「Nash 均衡条件」と呼ばれている。

Nash 均衡条件をみたし、かつ Nash 均衡メッセージの表明によって公共財の効率的供給を保証し得る公共財供給機構の代表的な例としては、Groves and Ledyard [5] によって提案された「最適メカニズム」をあげることができる¹⁾。しかし、Greenberg, Mackay and Tideman [3] によって指摘されたように、最適メカニズムは次のようないくつかの問題点を含んでいる。まず第1に、各個人の Nash 均衡メッセージは他の個人のメッセージに依存して決定されるので、最適メカニズムにおける Nash 均衡メッセージを見出すために、計画当局と各個人との間の情報の反復的交換を促す何らかの動学的調整過程が必要となる。第2に、このような動学的調整過程は、各個人が計画当局により提供された他の主体のメッセージに関する情報を所与として公共財に対する自己の真の選好を最大化するように行動した場合に Nash 均衡メッセージを導出し得るものとして設計されるのが自然であるが、調整過程の各段階においてこのような「競争的行動」をとることが各個人にとって最良であるという保証はなく、真の選好の最大化

* 本稿に対して、本誌のおふたりの匿名のレフリーより有益なコメントをいただいたことに対し、感謝の意を表明するとともに、これらを十分活かし切れなかった筆者の非力をお詫びしたい。いうまでもなく、本稿に含まれる一切の誤りは、筆者の責に帰すべきものである。なお、本稿の研究は昭和61年度科学研究費補助金によるものである。

1) このような性質を備えた公共財供給機構としては、他に、Walker [10] によって提案されたメカニズムがある。

にもとづかない「戦略的行動」が行なわれる可能性がある。第3に、たとえ各個人が上述のような競争的行動をとったとしても、動学的調整過程が、Nash 均衡メッセージの達成と公共財の効率的供給の実現を意味するひとつの均衡状態に収束しない可能性がある。

以上3つの問題点は、公共財の効率的供給機構としての最適メカニズムの有効性を考察するにあたって非常に重要な論点である。Greenberg, Mackay and Tideman は、最適メカニズムにおける Nash 均衡メッセージを見出すためのひとつの動学的調整過程を定式化し、一定の条件のもとでそれが公共財の効率的供給を達成する資源配分状態に安定的に収束することを示したが、調整過程における各個人の戦略的行動については、理論的可能性を示したにとどまり、実際に戦略的行動がどれほど深刻なものであるかを実証的に明らかにしてはいない²⁾。そこで本稿では、最適メカニズムを有効に機能させるために彼らが定式化した動学的調整過程と同様なプロセスを実験的に適用することにより、そこにおける戦略的行動の可能性を実証的に検証し、最適メカニズムの動学的プロセスへの変換が公共財の効率的供給に対してどれほどの実際的な有効性をもち得るかを検討する。

ところで、公共財の効率的供給を達成する上での最適メカニズムの有効性に関する実験的研究としては、すでに Smith [9] によって行なわれた実験がある。彼の実験結果によれば、最適メカニズムは効率的な公共財の供給を達成する上でかなりの有効性を示し、比較のために実験された Lindahl 型の価格設定手法が広範な戦略的行動のためにゼロに近い公共財供給水準しか達成し得なかったのに比べて、予め設定された効率的供給水準にかなり近い公共財量を達成したと報告されている。しかし、Smith の実験では、実験者(計画当局)が

他の個人のメッセージに関して予備的な情報を与えることなく各個人からメッセージを聴取するという、実験者と各個人との間の1回限りの情報交換を単純に繰り返す形で実験が進められており、Greenberg, Mackay and Tideman が指摘したような動学的調整プロセスの必要性を十分認識した実験とはなっていない。さらに、Smith が実験の基礎としたメカニズムは、公共財に関する予算の均衡をみたまない形態のメカニズムであり、厳密には Groves and Ledyard が定式化した最適メカニズムとは異なるものである。公共財に関する計画当局の収支均衡条件を犠牲にすることが許されるのであれば、Smith が実験にあたって設定した個人選好の範囲では、支配的均衡条件をみだし、かつ効率的な公共財供給水準を達成し得る公共財供給機構として、Clarke [1] や Groves [4] らによって提案された「需要表示メカニズム」が存在することを考えれば、予算均衡条件をみたまない Groves-Ledyard タイプのメカニズムにもとづいて実験を行なう意義は薄いと考えられる。

本稿では、以上のような Smith の実験的研究の問題点を考慮に入れ、公共財に関する予算均衡条件をみたまない本来の最適メカニズムにもとづいて、これを有効に機能させるための動学的調整過程を明示的に定式化し、各個人の競争的行動下での安定性や戦略的行動の可能性に関する理論的検討を行なった上で、これを実験的に適用し、実験参加者が実際に競争的行動をとったか否かの検証を中心として実験結果を解析する。さらに、最適メカニズムにもとづく動学的調整過程と対比する意味で、Lindahl の自発的交換過程にもとづく価格調整型の動学的調整プロセスを提示し、その機能特性についても実験的に検証する。

本稿の以下の部分では、まず2節で、最適メカニズムにもとづく動学的調整プロセスと、Lindahl の自発的交換過程にもとづく動学的調整プロセスを実験に適した形で定式化し、実験で用いられる個人の選好や公共財の費用条件の範囲内で、競争的行動下におけるプロセスの最適性や安定性、およびプロセスの進行過程における各個人の戦略的行動の可能性について検討する。次いで3節では、

2) Mori [7] は、脚注1で言及した Walker のメカニズムについて、Nash 均衡メッセージを見出すためのひとつの動学的調整過程を定式化し、各個人の競争的行動を想定した場合に、消費者選好に関する一定の条件の下で、それが公共財の効率的供給を達成するひとつの資源配分状態に安定的に収束することを示している。

実験において採用される選好パラメータや費用条件の特定化、および実験において選択されるメッセージの範囲やプロセスの停止条件等に関する限定について述べ、実験の具体的枠組を明らかにする。実験の結果は4節において述べられ、図解と統計的手法とを通して実験結果が解析される。ここでは、Lindahlの自発的交換過程にもとづく動学的調整プロセスが、広範なフリーライダー行動によってほぼゼロに近い公共財供給量しか実現し得ないのに対し、最適メカニズムにもとづく調整プロセスは、実験参加者の競争的行動を通して、近似的に公共財の効率的供給を達成することが実証される。最後の節では、上記のような実験結果が導出された要因について言及する。

2. 実験プロセス

本稿では、公共財に対する各個人の選好は、次のような単純な公共財評価関数によって表わされるものと想定する。すなわち、 X を公共財の数量とするとき、各個人 $i \in N$ は、

$$(1) \quad V_i(X) = b_i X - (a_i/2) X^2 \quad (X \geq 0)$$

で表わされる公共財評価関数をもつものとする。ただし、 $a_i, b_i > 0$ で、 N は個人の集合およびその数を表わすものとする。また、公共財の生産費用については、平均費用一定の下での生産を想定し、平均=限界費用を定数 $c > 0$ で表わす。

このような想定の下で、以下では、公共財供給水準とその費用負担配分を決定する2つの実験プロセスについて記述する。第1のプロセスはLindahlの自発的交換過程にもとづく動学的調整プロセスであり、本稿では「 L プロセス」と呼ぶことにする。このプロセスでは、次のような手順によって実験者と実験参加者(主体)の間の情報交換が行なわれる。

1) *Starting Rule*: 最初の試行 $t=1$ において、実験者は $p_i(t) = c/N (\forall i \in N)$ として各主体の公共財価格を設定し、各主体に対して個別的に $p_i(t)$ を通知する。

2) *Transition Rule*: 各主体は、 $[p_i, X]$ (p_i は主体 i の公共財価格、 X は公共財の数量) について彼の純収益 v_i を前もって計算した表を参照し

ながら、試行 t において彼が望む公共財需要量 $X_i(t)$ を選択し、実験者に個別的に通知する。ただし $v_i(t) = V_i(X_i(t)) - p_i(t) X_i(t)$ である。次いで、実験者は、各主体の $X_i(t)$ を集計し、平均公共財需要量 $X_A(t) = \sum_{i \in N} X_i(t)/N$ を求め、公表した上で、次の調整方式にもとづいて試行 $t+1$ における各主体の公共財価格を設定する。

$$(2) \quad p_i(t+1) = p_i(t) + \delta(X_i(t) - X_A(t)) \quad (\delta > 0)$$

最後に、実験者は、試行 $t+1$ へ進み、1) と同様に $p_i(t+1)$ を各主体に個別的に提示する。

3) *Stopping Rule*: プロセスは、試行 t^* において、すべての主体の公共財需要が等しくなったとき、すなわち、 $X_i(t^*) = X_j(t^*) = X_A(t^*) (\forall i, j \in N)$ が成立したとき停止する。

本稿では、一般に、実験者から与えられた情報を所与として、公共財からの純収益を最大化するように自己のメッセージを選択し表明する行動を「競争的行動」と呼ぶが、上記の L プロセスにおいて主体 i が競争的行動をとった場合、 t 期において彼の表明する公共財需要量 $X_i(t)$ は $p_i(t) = V_i'(X_i(t))$ をみたす値となることから、 L プロセスが停止した時点ではLindahl均衡が実現することは明らかである。

次に、各主体がプロセスの全試行を通して競争的行動をとった場合、 L プロセスが上記のLindahl均衡に安定的に収束することを示しておこう。(1)の公共財評価関数を前提としたとき、競争的行動をとる主体 i が t 期において表明する公共財需要量は、

$$(3) \quad X_i(t) = b_i/a_i - (1/a_i) p_i(t)$$

で表わされる。これを(2)の公共財価格調整方式に代入して、各主体の公共財価格の調整方程式を求めてみると、それは次のような定差方程式体系として表現できる。

$$(4) \quad p_i(t+1) + \alpha_i p_i(t) + \sum_{j \neq i} \beta_j p_j(t) = \varepsilon_i \quad (i \in N)$$

ただし、 $\alpha_i = ((N-1)/N)(\delta/a_i) - 1$ 、 $\beta_i = -\delta/a_i N$ 、 $\varepsilon_i = \delta[((N-1)/N)(b_i/a_i) - (1/N) \sum_{j \neq i} (b_j/a_j)]$ である。本稿で叙述する実験においては、主体数 N を5とし、そのうちの3主体には(1)の公共財評価関数

において、パラメータ a_i , b_i を a_L, b_L という値に特定化した選好 (L タイプ) を割り当て、残りの 2 主体には a_H, b_H という値に特定化した選好 (H タイプ) を割り当てている。そこで、以下では、このような 2 つのタイプに区分された 5 主体のケースについて L プロセスの動学的安定性を示すことにする。

上記のような設定の下では、(4) の定差方程式体系は次の連立定差方程式に縮約できる。

$$\begin{aligned} (5) \quad p_L(t+1) + (\alpha_L + 2\beta_L)p_L(t) + 2\beta_H p_H(t) &= \varepsilon_L \\ p_H(t+1) + 3\beta_L p_L(t) + (\alpha_H + \beta_H)p_H(t) &= \varepsilon_H \end{aligned}$$

ただし、 $\alpha_i = (4/5)(\delta/a_i) - 1$, $\beta_i = -(1/5)(\delta/a_i)$ ($i = L, H$), $\varepsilon_L = (2\delta/5)(b_L/a_L - b_H/a_H)$, $\varepsilon_H = -(3\delta/5)(b_L/a_L - b_H/a_H)$ であり、 $p_i(t)$ ($i = L, H$) は、 i タイプの主体の t 期における公共財価格を示している。連立定差方程式 (5) の同次形の特性根は、1 および $1 - \{(2/5)(\delta/a_L) + (3/5)(\delta/a_H)\}$ であるから、 δ/a_L および δ/a_H がともに 1 より小さければ、(5) の解は収束し、 L プロセスの動学的安定性が保証される。しかも、Starting Rule および (2) より任意の $t \geq 1$ について $3p_L(t) + 2p_H(t) = c$ が成り立つことを考慮すれば、(5) の解として求められる $p_L(t)$ および $p_H(t)$ は、Lindahl 均衡価格に収束することが確かめられる³⁾。

このように、本稿の実験設定の下では、各主体がプロセスの全試行を通じて競争的行動をとるならば、公共財価格調整方式における調整係数 δ が各主体の公共財の限界評価関数の傾き a_i に比べて大きくない限り、プロセスは Lindahl 均衡に安

定的に収束する。しかし、 L プロセスにおいては、各主体がプロセスの全試行を通じて競争的行動をとるという保証はない。むしろ、各主体は、各期に表明する公共財需要を競争的行動下における値より小さく設定することによって自己の公共財価格を引き下げ、結果的に、競争的行動をとった場合よりも大きな純収益を得ようとする強い誘因をもつであろう。このような「フリーライダー行動」の誘因が存在することは、たとえば、本稿の実験で採用する 2 タイプ 5 主体の設定において、 H タイプの 2 主体については常に競争的行動をとるものとし、 L タイプの 3 主体については自己の公共財評価関数のパラメータ b_L を真の値とは必ずしも一致しない値 b'_L に設定した上で競争的行動を装うものとした場合、 L タイプの主体にとっては、他の主体の選好にかかわらず、 b'_L を b_L の真の値より小さく設定して競争的行動を装い、結果的に公共財需要を過少に表明することが、彼の純収益を高める上で有利となることから明らかである⁴⁾。

公共財の供給水準とその費用配分を決定するための第 2 の実験プロセスは、Groves and Ledyard

4) H タイプの 2 主体については常に競争的行動をとるものとし、 L タイプの 3 主体については自己の公共財評価関数のパラメータ b_L を、真の値 (b_L と記す) とは必ずしも一致しない b'_L に設定した上で、競争的行動を装うものとしたとき、 L プロセスが停止した時点では、公共財の供給量は $X' = (3b'_L + 2b_H - c)/(3a_L + 2a_H)$ となり、 L タイプの主体の公共財価格は $p'_L = \{(a_L c + 2(a_H b'_L - a_L b_H))/(3a_L + 2a_H)\}$ となる。他方、このとき L タイプの主体の公共財の純収益は、 $v_L = b_L X' - (1/2)a_L X'^2 - p'_L X'$ で表わされ、したがって $\partial v_L / \partial b'_L = (b_L - a_L X' - p'_L)(\partial X' / \partial b'_L) - X'(\partial p'_L / \partial b'_L)$ である。ここでもし $b'_L = b_L$ であれば、 $b_L - a_L X' - p'_L = 0$ となるので、 $b'_L = b_L$ において評価すれば、 $\partial v_L / \partial b'_L = -X'(\partial p'_L / \partial b'_L)$ となる。そして、 $\partial p'_L / \partial b'_L = 2a_H / (3a_L + 2a_H) > 0$ であるから、 $\partial v_L / \partial b'_L < 0$ であることがわかる。これは、 L タイプの主体にとって b'_L を b_L より小さく設定した上で競争的行動を装う方が、公共財に対する真の選好にもとづいて競争的に行動した場合よりも高い純収益が得られることを示している。 L タイプの主体が、偽りの選好パラメータ b'_L にもとづいて競争的行動を装った場合の t 期における公共財需要は、 $X'_L(t) = (b'_L/a_L) - (1/a_L)p_L(t)$ であり、 $\partial X'_L(t) / \partial b'_L = 1/a_L > 0$ であるから、 $b'_L < b_L$ とすることは、 L タイプの主体が各期の公共財需要を過少に表明することを意味している。

3) 任意の $t \geq 1$ について $3p_L(t) + 2p_H(t) = c$ が成り立つことを考慮しながら、(5) を解くと、 $p_L(t) = C[1 - \{(2\delta/5a_L) + (3\delta/5a_H)\}]^t + \{a_L c + 2(a_H b_L - a_L b_H)\} / (3a_L + 2a_H)$, $p_H(t) = -(3/2)C[1 - \{(2\delta/5a_L) + (3\delta/5a_H)\}]^t + \{a_H c + 3(a_L b_H - a_H b_L)\} / (3a_L + 2a_H)$ (ただし、 C は定数) と求められ、 $0 < \delta/a_L, \delta/a_H < 1$ の下で、 $p_L(t)$, $p_H(t)$ が、それぞれ、 $p_L^* = \{a_L c + 2(a_H b_L - a_L b_H)\} / (3a_L + 2a_H)$, $p_H^* = \{a_H c + 3(a_L b_H - a_H b_L)\} / (3a_L + 2a_H)$ に収束することが示される。 p_L^*, p_H^* は、 $3p_L + 2p_H = c$ かつ $b_L/a_L - p_L/a_L = X_L = X_H = b_H/a_H - p_H/a_H$ からなる連立方程式の解であり、したがって、本稿の実験設定における Lindahl 均衡価格である。

[5]が提示した最適メカニズムにもとづく動学的調整プロセスである。本稿では、Greenberg, Mackay and Tideman [3]の提示した調整過程を踏襲しながら、次のような実験的プロセス(以下「GLプロセス」と呼ぶ)を構成する。なお、このプロセスにおいて各個人に求められるメッセージは、最適メカニズムの場合と同様、他の個人が全体として需要している公共財の数量に自分がどれほどの公共財量を追加したいかという情報であり、本稿ではこれを「公共財の増分需要」と呼ぶ。

1) *Starting Rule*: 最初の試行 $t=1$ において、実験者は、各主体 i につき、他の主体の公共財の増分需要の合計値 $S_i(t)$ および他の主体の公共財増分需要の平均の平方標準誤差 $\sigma_i^2(t)$ をともにゼロと設定し、 $S_i(t)$ および $(\gamma/2)\sigma_i^2(t)$ を各主体に個別的通知する。ここで γ は正の定数で、以下では $(\gamma/2)\sigma_i^2(t)$ を「加算値」と呼ぶ。

2) *Transition Rule*: 各主体は、 $[S_i, X]$ (S_i は主体 i にとっての他主体の公共財増分需要合計値、 X は公共財の数量) について彼の「純収益 v_i マイナス加算値」を前もって計算した表を参照しながら、試行 t において彼が望む公共財の増分需要量 $x_i(t)$ を選択し、実験者に個別的通知する。ただし、 $v_i(t) = V_i(x_i(t) + S_i(t)) - [(c/N)(x_i(t) + S_i(t)) + (\gamma/2)\{(N-1)/N(x_i(t) - \mu_i(t))^2 - \sigma_i^2(t)\}]$ で、 $\mu_i(t) = S_i(t)/(N-1)$ である。次いで、実験者は、公共財の増分需要量 $x_i(t)$ を集計して公共財供給水準 $X(t) = \sum_{i \in N} X_i(t)$ を求め、これを公表した上で、各主体について、他の主体の公共財増分需要の合計値 $\sum_{j \neq i} x_j(t)$ を求めてこれを $S_i(t+1)$ とし、さらに他の主体の公共財増分需要の平均の平方標準誤差 $(1/(N-2)) \sum_{j \neq i} (x_j(t) - \mu_i(t+1))^2$ (ただし $\mu_i(t+1) = S_i(t+1)/(N-1)$) を求めてこれを $\sigma_i^2(t+1)$ と設定する。最後に、実験者は試行 $t+1$ へ進み、1)と同様に $S_i(t+1)$ 、 $(\gamma/2)\sigma_i^2(t+1)$ を各主体に個別的通知する。

3) *Stopping Rule*: プロセスは、試行 t^* において、すべての主体について公共財の増分需要が前期の値と等しくなったとき、すなわち、 $x_i(t^*) = x_i(t^*-1) (\forall i \in N)$ が成立した場合に停止する。

GLプロセスにおいて実験者から与えられる情

報は他主体の公共財増分需要合計値 $S_i(t)$ と加算値 $(\gamma/2)\sigma_i^2(t)$ の2つであり、主体 i がこれらの情報を所与として競争的行動をとるならば、 t 期に彼が選択する公共財増分需要 $x_i(t)$ は $V_i'(X_i(t)) = c/N + \gamma((N-1)/N)(x_i(t) - \mu_i(t))$ をみたす値となる。ただし、 $X_i(t) = x_i(t) + S_i(t)$ で、以下ではこれを t 期における主体 i の公共財需要と呼ぶ。プロセスが停止した時点 t^* においては、各主体の公共財需要は互いに等しく、 $X(t^*) = \sum_{i \in N} x_i(t^*)$ に一致している。したがって、各主体が競争的に行動している限りこの時点においては、 $\sum_{i \in N} V_i'(X(t^*)) = \sum_{i \in N} \{c/N + \gamma((N-1)/N)(x_i(t^*) - \mu_i(t^*))\} = c$ が成立している。さらに、この時点においては、 $S_i(t^*) = \sum_{j \neq i} x_j(t^*)$ であるので、GLプロセスにおける各主体の公共財に対する費用負担額の集計値 $\sum_{i \in N} [c/N(x_i(t^*) + S_i(t^*)) + (\gamma/2)\{(N-1)/N(x_i(t^*) - \mu_i(t^*))^2 - \sigma_i^2(t^*)\}]$ は、 $cX(t^*)$ すなわち公共財の総生産費に等しくなる。このように各主体が競争的行動をとる限り、GLプロセスはその停止時点において公共財の効率的供給を達成する。

ところで、公共財評価関数を(1)に特定化したとき、主体 i の競争的行動の結果選択される t 期の公共財増分需要は次のように求められる。

$$(6) \quad x_i(t) = A_i + B_i S_i(t) \quad (i \in N)$$

ただし、 $A_i = (b_i N - c) / (\gamma(N-1) + a_i N)$ 、 $B_i = (\gamma - a_i N) / (\gamma(N-1) + a_i N)$ である。 $S_i(t) = \sum_{j \neq i} x_j(t-1)$ であるから、(6)は、GLプロセスにおける各主体の公共財増分需要の調整方式を表す定差方程式体系とみることができる。したがって、定差方程式体系(6)の安定性が示されるならば、GLプロセスが、各主体の競争的行動の下で、効率的な公共財の供給を実現するひとつの配分状態に安定的に収束することが保証される。そこで、すでに述べたような2タイプ5主体の設定の下で定差方程式体系(6)の安定性を検討してみよう。なお、以下では計算を簡単にするために、 L タイプの主体について $a_L = \gamma/5$ 、すなわち $B_L = (\gamma - 5a_L) / (4\gamma + 5a_L) = 0$ と設定して議論を進めるが、このような a_L と γ の関係は本稿で記述する実験の際にも採用される。

上記の設定の下では定差方程式体系(6)は、次

のように書き表わされる。

$$(7) \quad x_L(t) = A_L \\ x_H(t) - Bx_H(t-1) = A_H + 3BA_L$$

ただし、 $x_L(t)$ および $x_H(t)$ は、それぞれ、 L タイプおよび H タイプの主体の t 期における公共財の増分需要であり、 $A_i = (5b_i - c)/(4\gamma + 5a_i)$ ($i=L, H$)、 $B(\gamma - 5a_H)/(4\gamma + 5a_H)$ である。定差方程式(7)の解は容易に求められ、それらは $-1 < B < 1$ であるとき、およびそのときに限り安定であることが示される。この安定条件は、公共財評価関数についての想定およびプロセスの定義より明らかにみだされている。このように、本稿の実験における諸設定の下では、各主体が GL プロセスの全試行を通じて競争的行動をとる限り、プロセスは動学的に安定で、効率的な公共財の供給状態へと収束する。

最後に、 GL プロセスにおいても、各主体にとって競争的行動下の値とは異った公共財増分需要を表明し、結果的に自己の純収益を高めようとする戦略的行動の誘因が存在することに留意しておかなければならない。このことは L プロセスの場合と同様な考察によって確かめることができる。ただし、 H タイプの主体の競争的行動を想定しながら L タイプの3主体が真の選好パラメータ b_L からわずかに乖離するパラメータ b_L' にもとづいて競争的行動を装うものと仮定した場合、彼らにとって b_L' を b_L より大きな値に設定する方が有利なのか、あるいは小さな値に設定する方が有利なのかは、 L タイプの主体の公共財増分需要 x_L と他の主体の公共財増分需要の平均値 μ_L との大小関係に依存することが示され、 L プロセスにおいて他の主体の選好にかかわらず b_L' を真の値より小さく設定することが L タイプの主体にとって有利であったのとは対照的である。

3. 実験上の設定

すでに述べたように、実験は5名の実験参加者を対象として行なわれ、そのうちの3名(主体1~3: L タイプ)には $a_L = 3.155$, $b_L = 37.86$ 、残る2名(主体4, 5: H タイプ)には $a_H = 5$, $b_H = 42.575$ と設定した上で、(1)の形の公共財評価関数が割り

当てられた⁵⁾。また、公共財の平均=限界費用は $c=100$ に特定化された。

これらの設定の下で各主体が競争的に行動した場合、 L プロセスを通じて達成される公共財供給量は $X^* = 5.072$ 、公共財価格は L タイプが $p_L^* = 21.858$ 、 H タイプが $p_H^* = 17.214$ となり、したがって各タイプの主体の純収益は $v_L^* = 40.581$ 、 $v_H^* = 64.318$ と求められる。また、各主体の競争的行動を想定した場合に、 GL プロセスを通して最終的に選択される各主体の公共財増分需要は L タイプが $x_L^* = 1.132$ 、 H タイプが $x_H^* = 0.838$ であり、したがって公共財供給水準は L プロセスの場合と同じく $X^* = 5.072$ となる。また、その場合の費用負担額は、 $\gamma = 5$, $a_L = 15.775$ という設定により、 L タイプの主体について $T_L^* = 101.532$ 、 H タイプの主体については $T_H^* = 101.575$ となって、純収益は L タイプが $v_L^* = 49.912$ 、 H タイプが $v_H^* = 50.052$ と算出される。さらに、上記の公共財評価関数のパラメータの特定化により、競争的行動を想定した場合の L プロセスでの公共財需要関数および GL プロセスでの公共財増分需要関数は、各タイプの主体について次の(8)、(9)のように特定化される。

$$(8) \quad X_L(t) = 12 - 0.317p_L(t)$$

$$X_H(t) = 8.515 - 0.2p_H(t)$$

$$(9) \quad x_L(t) = 1.132$$

$$x_H(t) = 1.281 - 0.105S_H(t)$$

前節での各プロセスの記述においては、煩雑さを避けるため、メッセージの選択の範囲等についての限定条件は記載されていないが、実験を進めるにあたっては、これらを定めておくことが必要となる。まず L プロセスにおいて各主体が選択し得る公共財需要量 X_i は、0以上12以下の0.25刻みの数値に限定された。この12という公共財量は L タイプの主体の公共財の限界評価がちょうどゼロとなる値である。また、 L プロセスにおいて、実験者から各主体に手渡される「純収益表」の公共財価格 p_i の範囲は、0以上45以下の整数に限定され、(2)の調整方式にしたがって各主体

5) 実験参加者としては、筆者の所属する大学の経済学部4年次生5名を採用した。

に提示される公共財価格も四捨五入により整数として与えられた。ここで、45 という値は公共財供給量がゼロの場合の H タイプの限界評価を若干上回る値である。 L プロセスの実験にあたって各主体に手渡される「純収益表」は、このような範囲と刻みをもつ公共財量および公共財価格に対応する純収益 v_i の値を記載したものであるが、純収益がマイナスとなる場合には、その値を記載せず、実験参加者に対しては純収益がゼロであるものとするよう指示することとした。なお、 L プロセスにおける公共財価格の調整係数 δ の値は 1.5 に特定化した。この値は、調整係数としてはやや大きめであるが、公共財評価関数のパラメータの特定化とあいまって、競争的行動下での L プロセスの動学的安定性を保証する値となっている。

次に、 GL プロセスにおいては、各主体に手渡される「純収益表」は、公共財供給量 X と他主体の公共財増分需要合計値 S_i に対応する純収益から加算値 $(\gamma/2)\sigma_i^2$ を差し引いた値を表示したのとなっている。この表における X の範囲は、 L プロセスの場合と同様であり、 S_i は -1 以上 10 以下の 0.25 刻みの数値となっている⁶⁾。 GL プロセスにおいても、「純収益表」上の数値(純収益+加算値)がマイナスとなった場合には、その値を記載せず、純収益は加算値を加えてもゼロであるものと見なすよう各主体に指示することとした。さらに、 x_i の選択範囲については -5 以上 5 以下という限定が加えられた⁷⁾。

6) S_i の範囲を -1 以上 10 以下に限定したのは、これ以外の S_i の範囲では、 X のいかなる値に対しても、純収益+加算値の値が負になってしまうからである。

7) これは、 x_i の許容範囲を余りに大きくすると、プロセス進行過程において S_i の絶対値が過大となり、「純収益表」を参照して x_i の選択を行なうことが困難となる可能性があるためである。ただし、 x_i の範囲をこのように限定しても、プロセスのある試行においてすべての主体が絶対値の大きな負値を x_i として選択し、その結果、次の試行において S_i がかなり大きな負の値となったとき、これを打ち消すために各主体が x_i の上限に近い正値を選択すると、次の試行では今度は S_i がかなり大きな正値となり、さらにこれを相殺すべく各主体が絶対値の大きな負値を x_i として選択すれば、 S_i は以前にも増して大きな負値となる、と

前節の実験プロセスの記述においては、プロセスの停止条件は、厳密な等号関係で表現されていたが、実験においては、プロセスの円滑な収束をはかる必要からこれをやや緩和することとした。まず L プロセスにおいては、試行 t^* において、すべての主体の公共財需要と平均公共財需要の差の絶対値が 0.25 より小さくなったとき、すなわち、 $|X_i(t^*) - X_A(t^*)| < 0.25 (\forall i \in N)$ が成立したとき、プロセスはこの時点で停止するものとした。そしてさらに、期間の上限 T を定めておき、 $t=T$ となってもこの停止条件がみたされないときには、プロセスは T 期で強制的に中断されるものとした。また、 GL プロセスにおいては、Stopping Rule に記載した等号条件の他に、試行 t^* において、すべての主体について、公共財増分需要の今期と前期の値の差の絶対値および今期と前々期の値の差の絶対値がいずれも 0.25 以下となったとき、すなわち $|x_i(t^*) - x_i(t^*-1)| \leq 0.25$ かつ $|x_i(t^*) - x_i(t^*-2)| \leq 0.25 (\forall i \in N)$ が成立した場合にも t^* 期でプロセスは停止するものとし、さらに、 L プロセスの場合と同様、期間の上限 T を設けて T 期においてもプロセスが停止しない場合は、強制的にプロセスを中断するものとした。

最後に、実験参加者が割り当てられた公共財評価関数にもとづいて自己の純収益を最大化するように行動する誘因を与えるために、各実験参加者には、プロセスが T 期以前に停止した場合には、停止時点で最終的に算出される純収益の 10 倍の金額(円)を支払うものとした⁸⁾。

いった発散的経路に陥る可能性は存在している。そこで、実験にあたっては、このような発散的経路に陥らないよう、各主体に対し、与えられた S_i の絶対値が大きい場合には、これを相殺しようとしなくて、比較的小さな正の値を x_i として選択するように指示することとした。

8) この他に、実験参加者には若干の実験参加料が支払われたが、もしプロセスが期間の上限 T に至っても停止せず中断された場合には、この実験参加料を全実験回数で除した金額だけ実験参加料を減額するものとした。この措置は実験参加者にプロセスの収束に向けて努力する誘因を与えるために設けられたものである。なお、プロセスが停止した時点で純収益がマイナスとなった場合には、その実験参加者への支払いはゼロとされた。

表1 Lプロセスの実験結果

実験番号	平均公共財需要量 X_A	公共財価格					公共財需要量					プロセスの停止時点 t^*	進行期間の上限 T
		p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		
L1	2.20	20	5	23	32	21	2.25	2.00	2.25	2.25	2.25	14	15
L2	1.60	18	15	16	34	18	1.50	1.75	1.50	1.75	1.50	10	10
L3	0.85	15	28	19	18	19	1.00	1.00	1.00	0.50	0.75	—	10
L4	0.35	16	16	27	21	20	0.50	0.25	0.25	0.50	0.25	8	10
L5	0.60	19	20	21	21	19	0.75	0.50	0.75	0.50	0.50	5	10
理論値	5.07	21.9	21.9	21.9	17.2	17.2	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	—	—

このような支払いルールの設定によって、各実験参加者は、貨幣額に対して正の限界効用をもつ限り、自己の純収益を最大化するよう行動するものと期待できる。

4. 実験結果とその解析

実験は、LプロセスとGLプロセスのそれぞれについて5回ずつ計10回行なわれた。以下では、これらの実験結果を要約し、公共財の効率的供給を達成する上での両プロセスの有効性について検討する。

表1は、Lプロセスに関する5回の実験(L1~L5)について、プロセスが停止または中断された時点での平均公共財需要量(公共財供給量) X_A 、各主体の公共財価格 p_i および公共財需要量 X_i 、それに、プロセスの停止時点 t^* およびプロセス進行期間の上限 T を表示したものである。また、表2には、GLプロセスに関する5回の実験(GL1~GL5)について、プロセスが停止した時点での公共財供給量(各主体の公共財増分需要の集計値) X 、各主体の公共財増分需要 x_i および公共財需要量 x_i+S_i 、それに、プロセスの停止時点 t^* およびプロセス進行期間の上限 T が記載されている。いずれの表においても最下段の「理論値」には、前節のはじ

めに示した競争的行動下の値が記載されている⁹⁾。

さて、表1の実験結果をみると、Lプロセスの実験において実現された公共財供給量 X_A は、競争的行動を想定した場合の理論値 X^* よりかなり小さく、とりわけL3~L5においては実験値はゼロにかなり近い値となっている。もし、すべての主体がプロセスの進行過程において、自己の公共財需要をゼロと表明する完全なフリーライダー行動をとるならば、実現する公共財供給量もゼロとなろう。表1の実験結果をみると、各主体はこのような完全なフリーライダー行動にかなり近い行動をとったものと推測できる。そこでこの点を検証するために、次のような仮説をたて、表1の各主体の公共財需要量のデータを用いてこれを統計的に検定してみよう。

[仮説1] Lプロセス実験の最終試行において各主体により表明された公共財需要量 X_i は、平均0.5の正規分布に従う。

仮説1における0.5という値は、実験で各主体が選択し得る公共財需要量が0.25刻みの非負の値に限定されていることを勘案すれば、表1の X_1 を正規母集団からの標本値と見なした場合、考え得るほぼ最小の平均値であるといえよう。

実験L1~L5において観察されるプロセスの停止時点での各主体の公共財需要量のデータ数は25であり、その平均値は1.12、標準偏差は0.711である。これらの統計量を用いて t 検定を行なうと、仮説1は有意水準5%で棄却される。しかし、対象を実験L3~L5において観察されるデータに限ると、データ数15、平均値0.6、標準偏差0.264

9) Lプロセスの3回目の実験においては、期間の上限10に達しても停止条件がみたされず、プロセスは中断されたが、中断された時点において平均公共財需要量と0.25以上の開きをもった公共財需要を表明したのは主体4のみであり、その差も0.35と比較的小さかったので、L3についてもほぼ $t=10$ においてプロセスは停止したものと見なして差し支えないと考えられる。それゆえ、以下ではLプロセスの実験結果を分析するにあたって、L3の結果を他の実験結果と同等に扱うものとする。

表 2 GLプロセスの実験結果

実験番号	公共財供給量 X	公共財増分需要					公共財需要量 $X_i = x_i + S_i$					プロセスの停止時点 t^*	進行期間の上限 T
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		
GL1	4.50	1.25	1.00	1.25	0.75	0.25	4.25	4.50	4.25	4.25	4.25	9	10
GL2	5.00	1.25	1.25	1.25	1.00	0.25	5.00	5.25	4.75	5.00	5.00	10	10
GL3	4.75	1.25	1.00	1.25	1.00	0.25	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	7	8
GL4	4.75	1.25	1.00	1.25	0.75	0.25	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	8	8
GL5	4.50	1.25	0.75	1.25	1.00	0.25	4.75	4.75	4.50	4.75	4.75	5	8
理論値	5.07	1.13	1.13	1.13	0.84	0.84	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	—	—

となって、これらにもとづく t 検定の結果、仮説 1 は有意水準 5% で採択されることになる。さらに、仮説 1 における平均値を 0.5 から 1 に変更すると、実験 L1~L5 のすべてのデータを対象とした場合でも、仮説 1 は有意水準 20% で採択されることになる。

以上の検討結果から、L プロセスにおいてはフリーライダー行動が広範に行なわれ、しかも、その程度は各主体がプロセスの構造をより正確に把握できるようになる後半の実験においてより大きくなることが理解される。このことは、L プロセスが公共財の効率的供給を達成するための動学的調整プロセスとして有効に機能し得ないことを示唆している。

次に、表 2 の GL プロセスの実験結果をみると、L プロセスの場合とは対照的に、実現された公共財供給量 X は競争的行動を想定した場合の理論値 X^* にかかなり近い値となっている。そこで、ふたたびプロセスの停止時点における各主体の公共財需要量のデータを用いて、GL プロセスの実験が、競争的行動を想定した場合の公共財供給量の理論値、すなわち効率的な公共財供給水準にほぼ等しい結果を実現したといえるか否かを検証してみることにしよう。その際、競争的行動を想定した場合の公共財供給量の理論値は 5.07 であるが、3 節に示した公共財増分需要の選択範囲に対する制約や Stopping Rule の緩和等によって、実験上で各主体の競争的行動をシミュレートした場合に実現される公共財供給量は 4.75 と導出されることを考慮しなければならない。この点に留意した上で、次のような仮説を設定し、その統計的検証を通じて GL プロセスの有効性を検討しよう。

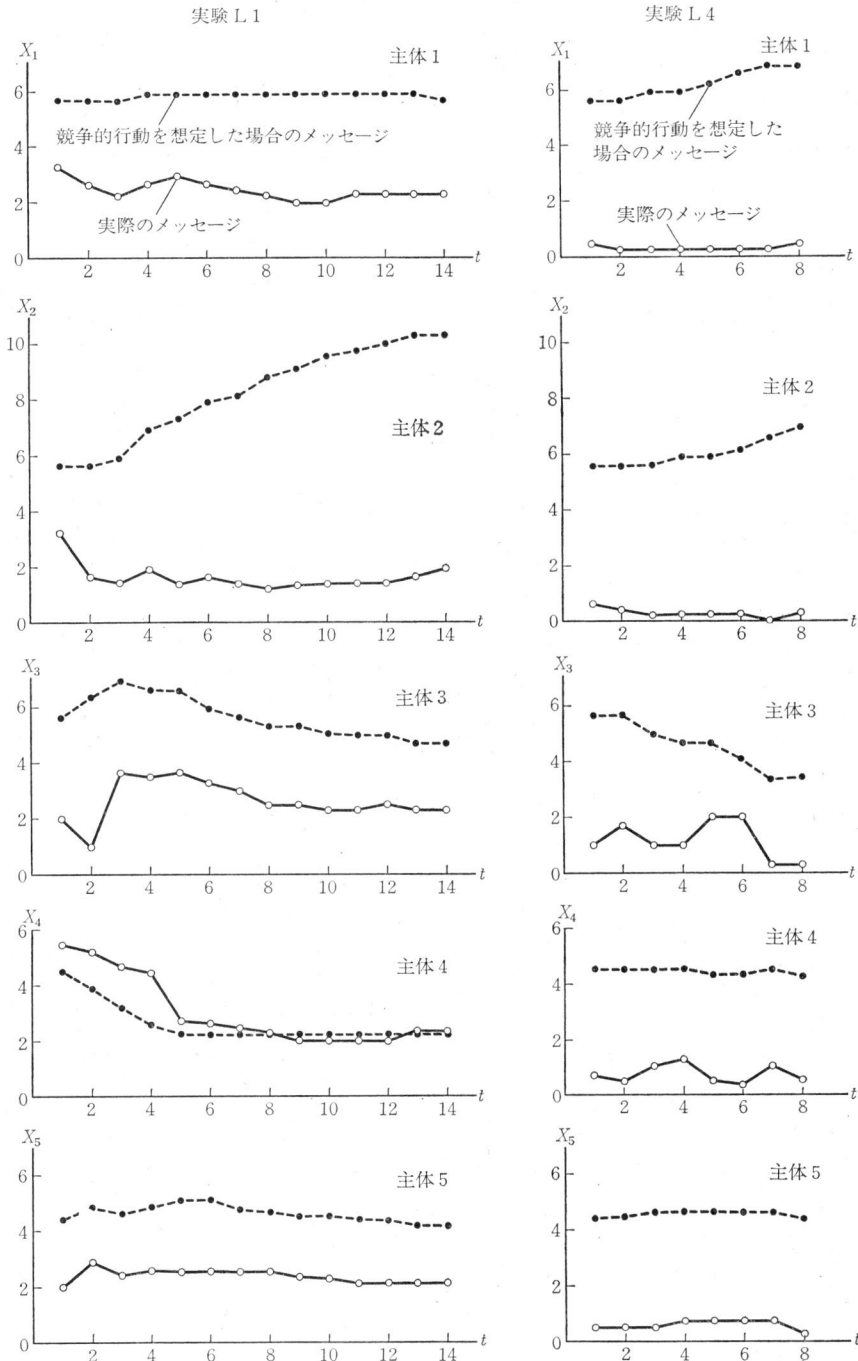
[仮説 2] GL プロセス実験の最終試行における各主体の公共財需要量 $x_i + S_i$ は、平均 4.75 の正規分布に従う。

実験 GL1~GL5 において観察される 25 個の公共財需要量のデータの平均値は 4.7、標準偏差は 0.25 であり、これらの値にもとづいて t 検定を行なうと、仮説 2 は有意水準 15% で採択される。仮説 2 は、GL プロセスが本稿の実験設定の下で公共財の効率的供給を達成し得ることを統計的仮説として表現したものであるから、これがかなり高い有意水準で採択されるという事実は公共財の効率的供給を達成する上での GL プロセスの有効性を示唆するものといえる。

以上においては、L プロセスと GL プロセスの各実験における最終試行の結果のみから、公共財の効率的供給プロセスとしての両者の有効性を検討した。そこで、今度は、両プロセスの実験において、各主体に与えられた情報とこれにもとづいて各主体が選択したメッセージとの関係を検討することによって、実験において示された各主体の行動パターンが競争的行動からどの程度乖離したものであったかを検証することにしよう。

図 1 は、L プロセスの最初の実験 L1 と、最も低い公共財供給量を記録した L4 とについて、各主体が各試行において与えられた公共財価格の下で競争的に行動した場合の公共財需要(破線)と、実際に表明した公共財需要(実線)とを比較したものである。これをみると、L プロセスの実験においては、各主体はかなり早い段階から公共財需要の過少表示による公共財価格の引き下げ効果、したがって純収益の増大効果を完全に認識し、競争

図1 Lプロセスの実験における各主体のメッセージ

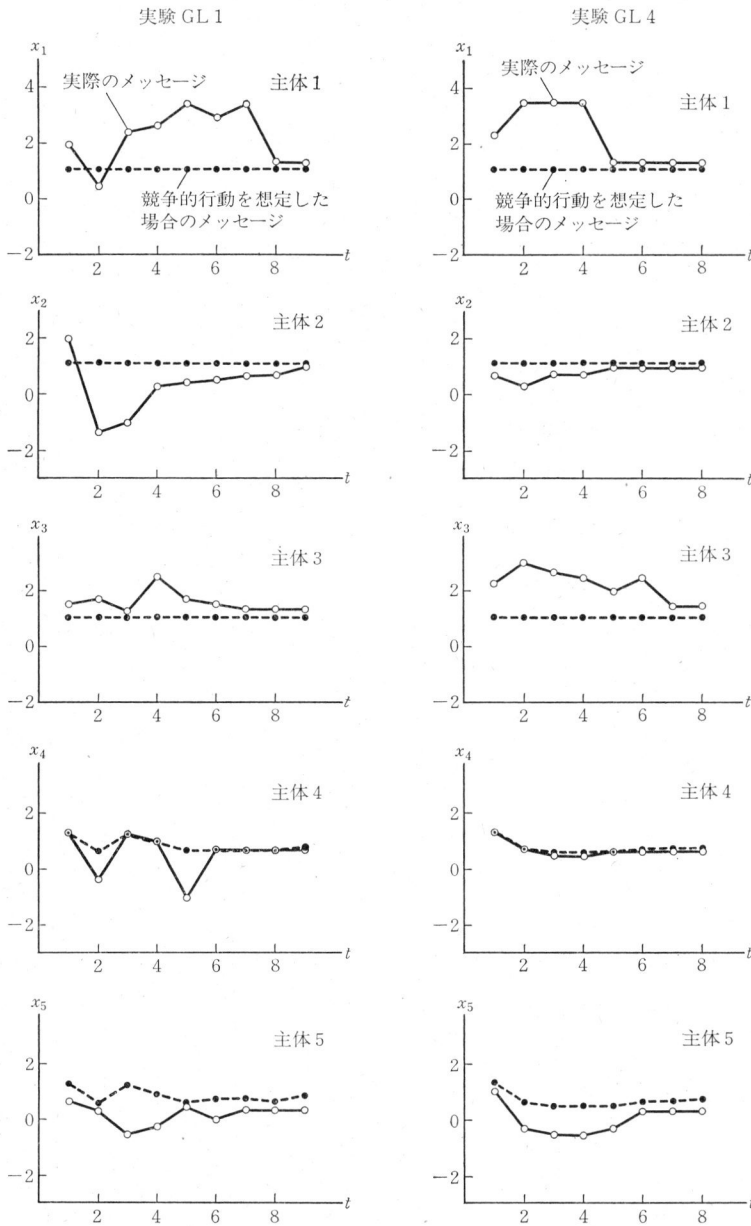


的行動とはまったく異なった戦略的行動をとっていたことがわかる。

次に図2は、GLプロセスの実験GL1とGL4

について、各主体が各試行において与えられた他主体の公共財増分需要合計値の下で競争的に行動した場合の公共財増分需要(破線)と実際に表明し

図 2 GL プロセスの実験における各主体のメッセージ



たメッセージの値(実線)とを比較したものである。この図から観察されることは、GL1とGL4のいずれにおいても、各主体は各実験の前半の試行においては競争的行動とは異なった行動をとろうとしているのに対して、後半とくに最後の2・3回の試行においてはほぼ競争的行動下の値に近いメッセ

ージを表明している点である。このことは、GLプロセスにおいては、各主体にとって、独自の戦略的行動によって自己の純収益を高めたままプロセスを収束に導くことが難しく、結局は、各主体が競争的行動をとることによって一種の協調的関係を主体間で作りあげていかなければならないことを示唆している。

ところで、もしGLプロセスの実験において各主体が競争的行動をとったのであれば、各実験の各試行において与えられる他主体の公共財増分需要合計値 S_t と各主体の表明した公共財増分需要 x_t の間には、前節の(9)に示した関係が成立していなければならない。そこで以下では、実験において得られた各主体の S_t と x_t のデータから両者の関係を推計し、これが(9)とどの程度整合的であるかを検討しておこう。表3の左側には、5名の主体のそれぞれについて、すべての実験の全試行から得られた x_t, S_t のデータを用いて両者の関係を推定した結果が記載されており、右側には、各実験の最終3回の試行におけるデータを用いて推定を行なった結果が記されている。

定係数の推定値の次の()内の値は t 値であるが、その右隣の[]内の数字は、次のような仮説3(定数項の場合)または仮説4(S_t の係数の場合)が採択される有意水準の上限を示している。

[仮説 3] GLプロセス実験から得られた x_t および

表3 GLプロセスにおける各主体の反応関数の推計

主体	全 試 行		各実験の最終3回の試行	
	定 数 項	S_i の 係 数	定 数 項	S_i の 係 数
1	2.0962(5.52) [0.7%]	-0.0885(-0.78) [22.0%]	2.1564(2.96) [9.1%]	-0.2141(-1.06) [15.4%]
2	0.9476(4.89) [17.3%]	-0.0590(-1.38) [8.8%]	1.2135(5.79) [35.1%]	-0.0726(-1.64) [6.2%]
3	1.6659(6.34) [2.4%]	-0.0080(-0.11) [45.6%]	1.6454(4.97) [7.2%]	-0.0600(-0.66) [26.0%]
4	1.2656(11.54) [44.6%]	-0.1120(-4.52) [38.9%]	1.0641(8.13) [6.0%]	-0.0445(-1.55) [2.7%]
5	0.5910(5.05) [0.0%]	-0.0981(-4.21) [38.4%]	0.9404(4.44) [6.6%]	-0.1502(-3.73) [14.1%]

※定数項の理論値は、Lタイプ(主体1~3)が1.132、Hタイプ(主体4,5)が1.281であり、 S_i の係数の理論値は、Lタイプがゼロ、Hタイプが-0.105である。

び S_i のデータを用いて推定される回帰式 $x_i = A + BS_i$ のパラメータAの真の値は、主体iがLタイプならば1.132に等しく、主体iがHタイプならば1.281に等しい。

[仮説4] GLプロセス実験から得られた x_i および S_i のデータを用いて推定される回帰式 $x_i = A + BS_i$ のパラメータBの真の値は、主体iがLタイプならば0に等しく、主体iがHタイプならば-0.105に等しい。

仮説3と4がともに高い有意水準で採択されるならば、その主体はほぼ競争的に行動したと判断できる。表3の[]内の数値をみると、まず、全試行のデータを用いた推計では、主体2と4の値が定数項および S_i の係数ともに高くなっており、実験の全体を通してこれら2主体がほぼ競争的行動をとったものとみなすことができる。残る3主体についても、各実験の最終3試行のデータを用いて推計を行なってみると、定数項・ S_i の係数ともに5%以上の有意水準で上記2つの仮説が採択される。以上の検定結果より、GLプロセスの実験では、各主体は、少なくとも各実験の停止時点に近い数回の試行において、ほぼ競争的に行動していたと判断することができる。このような検証結果から、GLプロセスが公共財の効率的供給を達成する上で良好なパフォーマンスを示したのは各主体の競争的行動の結果であって、各主体の無原則な戦略的行動が偶然に公共財の効率的供給を生み出したのではないことが推察される。

5. 結論的覚え書き

本稿では、Groves and Ledyardにより開発された最適メカニズムを有効に機能させるための動学的調整プロセス(GLプロセス)を設定し、Lindahlの自発的交換過程にもとづく調整プロセス(Lプロセス)と比較しながら、公共財の効率的供給を達成する上でその有効性を実験的に検証した。実験結果から得られた結論は、GLプロセスがLプロセスに比べ、公共財の効率的供給を達成する上で著しい有効性を示すということである。このような結果をもたらした要因は、Lプロセスにおいては、各主体の表明するメッセージが自己の公共財費用負担水準に直接的な影響を与え、他の主体のメッセージは間接的で限定された影響力しかもたない構造になっているのに対して、GLプロセスでは、これとは逆に、各主体の公共財費用負担水準が他の主体の表明するメッセージに直接影響を受け、自己のメッセージはきわめて限定された影響力しかもち得ない構造になっている点に求められる。こうした構造上の違いが、Lプロセスでは各主体の広範なフリーライダー行動を引き起こし、GLプロセスでは各主体の競争的行動を誘発する結果になったと考えられる。

本稿の実験は、予算均衡条件をみたさない不完全最適メカニズムを、動学理論の裏付けを欠いたまま反復的に適用して行なわれたSmithの実験に対する批判の上になつて、動学的調整プロセスへと変換された最適メカニズムの有効性を検証すべく試みられたものであったが、実験結果は、Smithの導いた結論以上に最適メカニズムの有効性を支持しており、最適メカニズムを有効に機能

させるための動学的調整プロセスの進行過程において深刻な戦略的行動が観察されるのではないかという Greenberg, Mackay and Tideman の懸念に対して否定的な結論を導いていると判断できる。しかし、このような実験結果は、公共財に対する各主体の選好についてのかなり厳しい限定の下で得られたものであることも事実である。もし、2節で設定された公共財評価関数とは異なるタイプの選好を各主体に割り当てた場合には、競争的行動下における GL プロセスの安定性自体が保証されなくなるかもしれないし、たとえ、安定性が保証されたとしても、各主体が競争的行動から乖離する可能性が高まるかもしれない。こうした可能性を検証するためには、最適メカニズムの動学的調整プロセスへの変換に関して、よりいっそうの理論的研究と実験的適用を試みる必要がある。さらに、実際の公共財供給の場において活用し得る公共財供給機構の開発を進めるためには、最適メカニズム以外の公共財供給機構についても、それらの動学的調整プロセスへの変換の可能性や、動学的調整プロセスに変換されたメカニズムの効率的公共財供給機構としての有効性を理論的・実験的に検討することが必要となる。

(論文受付日 1988 年 1 月 11 日、採用決定日 1988 年 6 月 27 日・福島大学経済学部)

参考文献

- [1] Clarke, E., "Multipart Pricing of Public Goods," *Public Choice*, 11, 17-33, 1971.
- [2] Green, J. and J. J. Laffont, "Characterization of Satisfactory Mechanisms for the Revelation of Preferences for Public Goods," *Econometrica*, 45, 427-438, 1977.
- [3] Greenberg, J., R. Mackay, and T. N. Tideman, "Some Limitations of the Groves-Ledyard Optimal Mechanism," *Public Choice*, 29, 129-137, 1977.
- [4] Groves, T., "Incentives in Teams," *Econometrica*, 41, 617-631, 1973.
- [5] Groves, T., and J. Ledyard, "Optimal Allocation of Public Goods: A Solution to the Free Rider Problem," *Econometrica*, 45, 783-809, 1977.
- [6] Hurwicz, L., "On the Existence of Allocation Systems Whose Manipulative Nash Equilibria are Pareto-Optimal," unpublished paper given at 3rd World Congress of the Econometric Society, Toronto, August, 1975.
- [7] Mori, T., "An Adjustment Process for Attaining Nash Equilibrium Messages in Walker's Mechanism," 『商学論集』第 50 巻第 4 号, 112-126, 1982.
- [8] Samuelson, P., "The Pure Theory of Public Expenditure," *The Review of Economics and Statistics*, 36, 387-389, 1954.
- [9] Smith, V., "Incentive Compatible Experimental Processes for the Provision of Public Goods," in *Research in Experimental Economics* (ed. V. Smith), Vol. 1 59-168, Greenwich, 1979.
- [10] Walker, M., "A Simple Incentive Compatible Scheme for Attaining Lindahl Allocations," *Econometrica*, 49, 65-71, 1981.