

マキシミン・メカニズムの有効性と 個人の戦略選択行動の分析¹⁾

曾 山 典 子²⁾
森 徹³⁾

1. 研究の概要

個人と政府との間の直接的情報交換を通じて、公共サービスに対する個人の評価の正直な表明を誘発するメカニズムの探求に関しては、1970年代～80年代初頭にかけて経済理論家によって精力的に行われ、公共サービスへの真の需要の表明が支配戦略となるグローブス・メカニズムや真の需要表明がマキシミン戦略となるマキシミン・メカニズムが提案された。われわれはこれまで、主に、グローブス・メカニズムのひとつであるピボタル・メカニズムの有効性について実験研究を通して検証してきた。

ピボタル・メカニズムは公共財供給に対する選好表明を支配戦略均衡によって正直に遂行する誘因両立的メカニズムとして、Clarke [2] によって提案された。ピボタル・メカニズムは理論的には真の需要表明を誘発すると期待されているが、実際には、Tideman [13], Scherr and Babb [12] や Attiyeh et al. [1] らの先行実験の結果からも、真の需要表明の誘発に失敗する可能性が高いことが示唆されている。われわれは、この要因がピボタル・メカニズムの利得構造の複雑さにあり、実験で評価値を選択する被験者が利得構造を把握することができないことにあると考え、利得構造を単純化するモデルを建て、さらに実験を重ねた。その結果、利得構造を最も単純化した場合において真の需要表明の割合は高まったが、この結果は必ずしも被験者が利得構造を理解した上で支配戦略行動をとった結果ではないことがわかった (Mori and Soyama [6] 参照)。われわれはこの結果から、誘因両立性を満たすメカニズムであるピボタル・メカニズムが期待された性能を発揮できないことが判明した以上、真の需要表明を誘発する他のメカニズムについてその性能を検討することが必要であると考え、Thomson [10] の提案する「マキシミン・メカニズム」の有効性についても実験的に検証することとした。

1) 本研究は、(財)学術振興会野村基金、および(独)日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究C(2)、課題番号16530130)の助成を受けている。

2) 天理大学人間学部総合教育研究センター

3) 名古屋市立大学大学院経済研究科

マキシミン・メカニズムでは公共サービスへの真の需要表明がマキシミン戦略となる、つまり、他の個人が常に自分にとって最も不利な戦略を取ると想定した場合に、自己の利得を最も高める戦略を取るとするならば、公共サービスへの真の需要表明を引き出すことができるメカニズムである。ピボタル・メカニズムと異なり、真の需要表明が支配戦略ではないが、ピボタル・メカニズム実験において被験者が支配戦略を見つけることができない要因となるクラーク税ルールのような付加的なルールが存在しない。本稿では、マキシミン・メカニズムを2主体3戦略の最も単純化なフレームワークで実験的に適用し、その結果からマキシミン・メカニズムの有効性を検証し、さらに実験において被験者がとった行動について分類し、個人の戦略選択行動様式の特特定化を試みた。

本稿の以下の部分の構成は、次の通りである。

2節では、Thomson [10] の提案したマキシミン・メカニズムの構造と本稿で報告する実験で用いた「単純化マキシミン・メカニズム」の構造について説明する。

3節では、われわれが過去に行ったマキシミン・メカニズムの先行実験と本研究での実験について、その実験設定と実験結果を述べる。先行実験では意思決定主体数および戦略空間を5主体51戦略で行っており、本研究の実験で設定したフレームワーク（2主体3戦略）と異なるが、真の評価値と各被験者の選択値との乖離度をメカニズムの有効性を検証するための尺度として比較した。その結果から、戦略空間が小さくなると真の需要表明割合が高くなり、メカニズムの性能が上がることがわかった。この節では、本研究の実験で設定したフレームワーク、および実験システム（コンピュータ・ネットワークを利用したシステム）と実験環境について説明し、最後に本研究の実験結果について報告する。

4節では、本研究の実験結果から分析したマキシミン・メカニズムにおける個人の戦略選択行動について述べる。2主体3戦略のマキシミン・メカニズム・フレームワークの下で、個人がとりうるマキシミン戦略選択行動以外の行動について仮説を立て、その戦略選択行動仮説について自己組織化マップ（SOM）を用いて検証した。その結果、マキシミン戦略行動以外に期待利得最大化行動をとる被験者が少なからず存在することが明らかになった。

最後の5節では、実験結果に関する議論と今後の研究について展望する。

2. マキシミン・メカニズム

本節では、Thomson [10] の考案したマキシミン・メカニズムの構造について整理した上で、本稿で報告する実験において用いた「単純化マキシミン・メカニズム」について説明する。

2.1. マキシミン・メカニズムの構造

マキシミン・メカニズムはピボタル・メカニズムと同様、直接表示メカニズムであり、以下の3つの要素で成り立つ。ただし、以下において、 C は公共プロジェクトの実施費用を表わす。

(1) メッセージ s_i ：

公共プロジェクトに対する評価（真の評価値 p_i と異なる値となる場合もある）

(2) プロジェクトの決定ルール：

$\sum_i s_i \geq C$ ならば、プロジェクトは実施、 $\sum_i s_i < C$ ならばプロジェクトは中止

(3) 費用負担 c_i ：

プロジェクトが実施ならば、 $c_i = \frac{s_i}{2} + \frac{C}{2n} - \frac{a_i}{2}(\sum s_i - C)$ 、

プロジェクトが中止ならば、 $c_i = -\frac{s_i}{2} + \frac{C}{2n} + \frac{a_i}{2}(\sum s_i - C)$ 、

ただし、 n は個人の数であり、すべての i につき、 $a_i \geq 0$ かつ $\sum a_i = 1$ 。

以上のような構造を持つマキシミン・メカニズムの下で、個人 i が得る利得 u_i は、次のように求められる。

プロジェクトが実施ならば、 $u_i = p_i - c_i = p_i - \frac{s_i}{2} - \frac{C}{2n} + \frac{a_i}{2}(\sum s_i - C)$

プロジェクトが中止ならば、 $u_i = -c_i = \frac{s_i}{2} - \frac{C}{2n} - \frac{a_i}{2}(\sum s_i - C)$

上記のマキシミン・メカニズムにおいて、プロジェクトが実施される場合($\sum s_i - C \geq 0$)、個人 i にとっての最小の利得は、 $\hat{u}_i = p_i - s_i/2 - C/2n$ と表わされ、プロジェクトが中止される場合($\sum s_i - C < 0$)、個人 i にとっての最小の利得は、 $\hat{u}_i = s_i/2 - C/2n$ と表わされる。 \hat{u}_i は s_i に関して単調減少、 \hat{u}_i は s_i に関して単調増加であり、両者は $s_i = p_i$ のとき等しくなることから、マキシミン・メカニズムの下では、真実表明($s_i = p_i$)が一意的なマキシミン戦略となっていることがわかる。さらに、プロジェクトが実施される場合、 $\sum c_i = C$ であり、プロジェクトが中止される場合には、 $\sum c_i = 0$ となることから、収支均衡条件が満たされていることがわかる。このように、Thomson [10] のオリジナルなマキシミン・メカニズムは、真実表明が一意的なマキシミン戦略になるという意味での誘因特性を持つと同時に、常に収支均衡条件を満たしている。

2.2. 単純化マキシミン・メカニズムの構造

われわれは、ピボタル・メカニズムの有効性に関して、これまでに数多くの実験研究を行っ

てきた。ピボタル・メカニズムでは、1節でも述べたように真実表明が支配戦略であるにもかかわらず、被験者が真の需要表明を行うことが非常に少ない。その要因はピボタル・メカニズムの利得構造にフラットな部分が存在し、利得構造全体を把握することが困難であることである。われわれは最近のピボタル・メカニズム研究において、利得構造を可能な限り単純化した2主体3戦略のフレームワークで実験を行い、真の需要表明率が高まるという結果を得ることができた。マキシミン・メカニズムにおいても、利得構造を単純化することは、真実表明を誘発する上でのメカニズムの性能を高める可能性があると考え、本稿で報告する実験では、前項で説明した Thomson [10] のマキシミン・メカニズムをより単純化させたメカニズム（以下「単純化マキシミン・メカニズム」と呼ぶ）を用い、2主体3戦略のフレームワークの下で実験デザインを設定する。

本稿の実験で用いた単純化マキシミン・メカニズムの構造は次の通りである。

- (1) メッセージ s_i : プロジェクトに対する評価 $s_i \in \{s^L, s^M, s^H\}$ ただし、 $s^L < s^M < s^H$
- (2) プロジェクトの決定ルール :
 $s_1 + s_2 \geq C$ ならば、プロジェクトは実施、 $s_1 + s_2 < C$ ならばプロジェクトは中止。
- (3) 費用負担 c_i :
 プロジェクトが実施ならば、 $c_i = s_i/2$ 、プロジェクトが中止ならば、 $c_i = -s_i/2$

このような構造を持つ単純化マキシミン・メカニズムの下で、個人 i が得る利得 u_i は、プロジェクトが実施ならば、 $u_i = p_i - s_i/2$ 、プロジェクトが中止ならば、 $u_i = s_i/2$ と求められる。ただし、 p_i は、プロジェクトに対する真の評価値を表わしている、

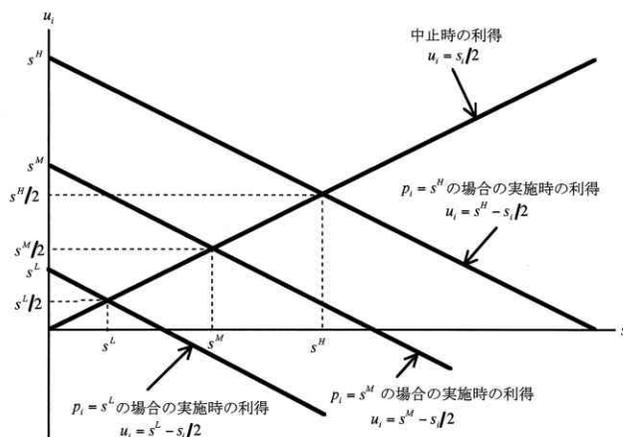


図 1. 単純化マキシミン・メカニズムにおける利得構造

図1の3本の右下りの直線は、単純化マキシミン・メカニズムにおいて、真の評価値が、それぞれ、 s^L , s^M , s^H のときにプロジェクトが実施された場合の利得を示している。プロジェクトが中止になる場合は真の評価値が s^L , s^M , s^H いずれの値でも同じ利得を得ることになり、図1では右上りの直線で表わされる。プロジェクトの実施と中止の交差する点に対応するメッセージの値がマキシミン戦略となる。図1からわかるように、真実表明($s_i=p_i$)が一意的なマキシミン戦略となっており、単純化マキシミン・メカニズムにおいても、Thomson [10] のオリジナルなメカニズムが持つ誘因特性は保持されている。しかし、単純化マキシミン・メカニズムでは、収支均衡条件は満たされていない。

3. 実験研究

3.1. 先行実験

われわれは、本稿での実験に先行して、1997年7月に帝塚山大学において5主体51戦略状況でマキシミン・メカニズムの実験を行っている。メカニズム構造としては、2節で説明した単純化マキシミン・メカニズムを用いている。各値は次のように設定した。

s_i (プロジェクトに対する評価の表明値) : $-25 \leq s_i \leq 25$ の整数

p_i (真の評価値) : $p_i \in \{-10, -5, -2, 5, 15\}$

C (プロジェクトの実施費用) : 0

u_i (利得) : プロジェクトが実施ならば、 $u_i = p_i - s_i/2$, 中止ならば、 $u_i = s_i/2$

なお、真の評価値の設定は、各被験者(5主体)に異なる p_i 値を全ラウンドで固定して設定した。また、最終的に得る利得が与えられた p_i 値によって不平等にならないように、初期資金として p_i 値に対応した得点を初回に与えた。

先行実験の被験者は帝塚山大学の経済学部学生2名、教養学部8名の計10名で2グループを構成し、同じ部屋で行った。被験者は互いに同一グループの他のメンバーが誰かわからない状態で実験に臨んだ。実験で使用したシステムについての詳細は、森・曾山 [8] に記している。

この実験において、メカニズムの性能を測る指標として、真の評価値 p_i と被験者の選択値 s_i の乖離度を計算した。この乖離度 D_i (%)は次のように定義される； $s_i \geq p_i$ ならば $D_i = 100 + \times |(s_i - p_i)/(25 - p_i)|$, $s_i < p_i$ ならば $D_i = 100 + \times |(s_i - p_i)/(25 + p_i)|$ 。

表2は、全ラウンド(10回)の各被験者に与えられた真の評価値 p_i 、被験者の選択した評価

値 s_i と評価値 s_i 10 回分の平均を示し、表 3 は、被験者 10 名の各ラウンドにおける乖離度とその平均を示している。全被験者の乖離度の平均は 46.3%であった。

表 2. 被験者の選択した評価値 s_i と真の評価値 p_i

Round	表明した評価値 (s_i)									
	グループ 1					グループ 2				
	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 6	被験者 7	被験者 8	被験者 9	被験者 10
1	-10	-10	5	10	0	5	10	-5	0	-15
2	-6	15	-5	-10	25	1	-5	10	4	15
3	-10	5	8	-25	25	-25	0	10	4	25
4	-12	15	-3	25	25	-25	5	-10	2	25
5	-8	2	-10	20	25	-20	-10	-10	4	25
6	-8	-4	-12	25	25	20	-20	25	6	20
7	-11	25	-15	15	25	-25	-20	3	4	25
8	-8	-1	-18	-20	25	15	-12	5	4	25
9	-12	1	-5	10	25	2	11	-8	4	15
10	-10	-2	-4	-21	25	5	15	-10	6	25
平均	-9.5	4.6	-5.9	2.9	22.5	-4.7	-2.6	1	3.8	18.5
真の評価値 (p_i)	-10	-5	-2	5	15	-10	-5	-2	5	15

表 3. 被験者の選択した評価値 s_i と真の評価値 p_i との乖離度 D_i (%)

Round	グループ 1					グループ 2				
	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 6	被験者 7	被験者 8	被験者 9	被験者 10
1	0.0	25.0	25.9	25.0	37.5	42.9	50.0	13.0	16.7	75.0
2	11.4	66.7	13.0	50.0	100.0	31.4	0.0	44.4	3.3	0.0
3	0.0	33.3	37.0	100.0	100.0	100.0	16.7	44.4	3.3	100.0
4	13.3	66.7	4.3	100.0	100.0	100.0	33.3	34.8	10.0	100.0
5	5.7	23.3	34.8	75.0	100.0	66.7	25.0	34.8	3.3	100.0
6	5.7	3.3	43.5	100.0	100.0	85.7	75.0	100.0	5.0	50.0
7	6.7	100.0	56.5	50.0	100.0	100.0	75.0	18.5	3.3	100.0
8	5.7	13.3	69.6	83.3	100.0	71.4	35.0	25.9	3.3	100.0
9	13.3	20.0	13.0	25.0	100.0	34.3	53.3	26.1	3.3	0.0
10	0.0	10.0	8.7	86.7	100.0	42.9	66.7	34.8	5.0	100.0
平均	6.2	36.2	30.6	69.5	93.8	67.5	43.0	37.7	5.7	72.5

3.2. 2主体3戦略のフレームワークにおける単純化マキシミン・メカニズム実験

本実験では、2節で説明した単純化マキシミン・メカニズム構造の下で、フレームワークを2主体3戦略とし、各値を次のように設定した。

s_i (プロジェクトに対する評価の表明値) : $s^L=3, s^M=9, s^H=15$ のいずれか。

p_i (真の需要評価値) : $p_i \in \{3, 9, 15\}$ で、各値が1セッション中、4回ずつ、同じ値が連続して出現しないように設定。

C (プロジェクトの実施費用) : 高コストケースは22, 低コストケースは16に設定し、16か22のいずれかの値が1セッション中、固定で設定される。被験者は、第1セッションを16, 第2セッションを22で設定したグループと、第1セッションを22, 第2セッションを16で設定したグループの2グループに分けられた。

また、本実験では2主体を被験者自身(人間)とコンピュータとし、被験者に相手がコンピュータであることを明らかにした上で実験を行った。実際には、実験システムでコンピュータがランダムな値を評価値として選択するように設定している。われわれの過去の実験結果から、被験者が意思決定を行う時、相手が人間であるという事実が心理的に働き、相手の手を読む行動(実際には根拠なく相手の選択値を予想し、結果的にランダムな選択を行っている)を取らせる傾向があることがわかっている。相手をコンピュータとした理由は、可能な限り被験者が与えられた情報のみで意思決定を行うことを期待したからである。ピボタル・メカニズムの実験において、2主体を人間対コンピュータとした実験では、2主体を人間同士で行った実験と比較して、相手の手を読む行動を取る被験者が減り、何らかのルールを作成した上で評価値を選択する安定した戦略選択行動を取る被験者が増えた。

表4は、本実験で被験者が獲得する得点をプロジェクトの実施費用別にまとめた利得表を示している。

3.3. 実験システム

公共的意思決定メカニズムに関する実験では手作業で行う実験も多く行われているが、ピボタル・メカニズムの実験のように実験者と被験者との間の放射状の情報交換が中心となる実験では手作業による実験よりコンピュータ・ネットワークを利用した実験の方が、実験の迅速性、被験者(学生)のメカニズムの理論特性に関する理解度のいずれにおいても高いパフォーマンスを示すことがこれまでのわれわれの研究結果からわかっている(森・曾山[9]参照)。マキ

表4. プロジェクトの実施費用別利得表

真の評価値=3				真の評価値=9				真の評価値=15			
相手\自己	3	9	15	相手\自己	3	9	15	相手\自己	3	9	15
3	1.5	4.5	-4.5	3	1.5	4.5	1.5	3	1.5	4.5	7.5
9	1.5	-1.5	-4.5	9	1.5	4.5	1.5	9	1.5	10.5	7.5
15	1.5	-1.5	-4.5	15	7.5	4.5	1.5	15	13.5	10.5	7.5

真の評価値=3				真の評価値=9				真の評価値=15			
相手\自己	3	9	15	相手\自己	3	9	15	相手\自己	3	9	15
3	1.5	4.5	7.5	3	1.5	4.5	7.5	3	1.5	4.5	7.5
9	1.5	4.5	-4.5	9	1.5	4.5	1.5	9	1.5	4.5	7.5
15	1.5	-1.5	-4.5	15	1.5	4.5	1.5	15	1.5	10.5	7.5

シミン・メカニズムもピボタル・メカニズムと同様に放射状の情報交換が中心となるタイプのメカニズムであるので、本研究での実験はコンピュータ・ネットワークに接続したパソコンを使って行った。

本実験のために開発したシステムはWWWを利用している。意思決定実験を行うために必要な情報をWebブラウザ上に載せ、CGIプログラム⁴⁾を通して、被験者が選択した値を処理している。基本的には、手作業実験で必要とされる実験者による集計表の回収、被験者の手計算による費用負担と利得の算出をコンピュータで行い、各ラウンドにおける情報（自己の評価値、グループ全体の評価の合計、プロジェクトの実施の可否の決定、利益、自己の費用負担および利得）を表示し、同時に各ラウンドにおける累計点をコンピュータの画面上に表示する。

3.4. 実験環境と被験者

実験は、2004年12月に奈良女子大学と天理大学において、2回に分けて行われた。実験の被験者は公募によって募集された上記大学または大学院に所属する学生であり、本実験以前に公共的意思決定メカニズム実験の経験がない事を条件として採用した。なお、今回の実験の被験者には、経済学部所属の学生はいない。全被験者は、Webブラウザの使用方法には熟知しており、パソコンの操作に関する問題はない。被験者の所属学部などは、以下の通りである。奈

4) CGI (Common Gateway Interface) はWWWサーバとWWWアプリケーションが通信する方法を規定したものである。CGIスクリプト(プログラム)は、WWWブラウザからのリクエストに応じて、WWWサーバによって実行されるプログラムである。

良女子大学 22 名（理学部 9 名，文学部 8 名，生活環境学部 2 名，大学院・情報科学専攻 2 名，大学院・人間行動科学専攻 1 名），天理大学 20 名（人間学部 6 名，国際文化学部 12 名，体育学部 2 名）。

実験はそれぞれの大学構内のパソコン演習室で行った。パソコンの台数に余裕のある演習室において，可能なかぎり被験者が隣接しないように座らせ，実験中は他の被験者と話すことを禁止し，質問に関しては実験者に行うように指示した。実験に要した時間は，実験説明，実験（2セッション，計 24 回の選択），報酬を渡す作業などで 2 時間弱であった。選択決定までの時間は個人差があり，1 セッションにつき早い被験者で 20 分，遅い被験者はラウンドによって異なるが最も長い被験者で 40 分程度であった⁵⁾。

3.5. 実験手順

被験者は，セッション 1 の第 1 ラウンドの入力画面を表示させた端末の前に座り，「実験説明用紙」，選択した評価値やその他の情報を記入する「実験記入用紙」を受け取る。被験者は 1 セッション終了後に，実験記入用紙の下部にかかれた質問について回答を記すことになる（付録の「実験記入用紙」参照）。実験者は，実験説明用紙に書かれた実験手順を説明し，説明後に質問がないか聞き，質問があればそれに回答する。質問がなくなった時点で，実験者は，実験を開始する合図を出し，各被験者は評価の選択を開始する。

被験者が評価値を選択する画面（図 5 「初回ラウンドの評価値選択画面」参照）には，評価値を選択するために必要な情報を表示させている。被験者が評価値を誤って選択した場合に変更できるように，毎回評価値を選択して OK ボタンをクリックした後，確認画面を表示しており，何度でも評価値を選択し直すことができるようにしている。選択値決定後の画面では，被

実験セッション=1 あなたの被験者番号=24
プロジェクトの実施費用は です プロジェクトが実行された場合のあなたの利益Pi=
あなたの評価を選んでください <input type="text" value="2"/> <input type="button" value="OK"/>

図 5. 初回ラウンドの評価値選択画面

5) 実験説明後，初回の決定まで約 10 分間パソコンの操作を禁止し，考える時間を与えている。決定が早い被験者は数分で評価値を決定するが，利得構造を考える被験者ほど初回の選択決定まで時間を要している。

実験セッション=1
あなたの被験者番号=24

プロジェクトの実施費用は です

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
回	あなたの評価	評価の合計	グループ決定	利益	費用負担	得点	得点累計
	S_i	$S_i + S - i$		P_i	C_i	U_i	
1							

プロジェクトが実行された場合のあなたの利益 $P_i =$
あなたの評価を選んでください

図6. 第2ラウンド以降の評価値選択画面

験者が選択した評価値とコンピュータがランダムに選択した評価値による当該ラウンドの結果が表示され、その下部に次回ラウンドの評価値を選択するために必要な情報が表示されている(図6に示された「第2ラウンド以降の評価値選択画面」参照)。第2ラウンド以降は、図6の画面のように前ラウンドまでの結果の情報を確認することができる。被験者は、前ラウンドの結果情報を、「実験記入用紙」に記入した後、次ラウンドの評価値の選択を行う。第2セッションの最終ラウンドでは、第1セッションと第2セッションで獲得した得点の累計と報酬金額が表示される。

実験は1セッション12ラウンドで、2セッション行い(計24回の評価値の選択)、1セッション終了後は全員が終了するまで待機することにした。各セッション終了後、被験者に実験についての質問に回答してもらった。質問の内容は次の通りである:「あなたは、この実験(セッション1または2)において、どのような方針または基準でプロジェクトに対する「あなたの評価 S_i 」を選択しましたか? あなたの取った方針または基準を記してください」。

3.6. 実験結果

本研究における実験結果の詳細なデータは付録(実験の結果)に載せたのでこれを参照されたい。実験結果から求めた奈良女子大学・天理大学全体での真実表明割合は表7に示したとおり62.8%とかなり高い。本節3.1で紹介した帝塚山大学で行った先行実験(5主体51戦略マキシミン・メカニズム実験)の結果と比較するため、本実験データについても、真の評価値 p_i と被験者の選択した評価値 s_i の乖離度を計算した。なお、本実験は2主体3戦略のフレームワークで行ったので、乖離度 $D_i(\%)$ を次ように定義する: $p_i=9$ のとき $D_i=100 \times |(s_i - p_i)/6|$,

表7. 実験結果（真の評価値 p_i ごとの評価値 s_i の選択割合）

$p_i \setminus s_i$	3	9	15
3	69.3%	21.3%	9.5%
9	17.6%	66.6%	15.9%
15	11.5%	35.8%	52.7%

表8. 実施費用別の真の評価値 p_i ごとの評価値 s_i の選択割合

費用C=16				費用C=22			
$p_i \setminus s_i$	3	9	15	$p_i \setminus s_i$	3	9	15
3	74.3%	17.6%	8.1%	3	64.2%	25.0%	10.8%
9	25.0%	63.5%	11.5%	9	10.1%	69.6%	20.3%
15	12.8%	43.2%	43.9%	15	10.1%	28.4%	61.5%

$p_i \neq 9$ のとき $D_i = 100 \times |(s_i - p_i)/12|$.

上式に従って本実験における全被験者の乖離度の平均を計算した結果は 27.6%であった。マキシミン・メカニズムにおいても、2主体3戦略のフレームワークで利得構造を単純化することが高い真実表明を誘発することがわかった。しかし、真の評価値 p_i ごとの s_i の選択率に着目すると、 p_i の全ての値について、これと同値を評価値 s_i として選択する真実表明割合はどれも3種の s_i の値の中で最も高いが、真の評価値 p_i が15のときに15を選択する割合は相対的に低い。表8は真の評価値 p_i ごとの評価値 s_i の選択割合を示しており、設定されたプロジェクトの実施費用 C の値によって選択割合に差があることがわかる。実施費用 C が低コスト（16）のとき、真の評価値 p_i が15の場合に評価値 s_i として15を選択する割合と9を選択する割合との差は僅差である。この結果は、真実表明の割合が高くなった結果が、必ずしも被験者が常にマキシミン戦略をとり、真の評価値 p_i と同値の評価を s_i として選択したのではなく、マキシミン戦略選択行動以外の何らかの戦略行動の結果として同値の評価を選択した可能性があることを示唆している。

4. 個人の戦略選択行動についての分析

本節では、マキシミン戦略行動以外に被験者がとったと考えられる戦略行動を実験結果から分析し、戦略選択行動様式の特特定化を行う。想定される個人の戦略選択行動としては、マキシミン戦略行動（真の需要表明）、利得構造を考慮した上で何らかの選択ルールを決めて戦略を選択するマキシミン戦略行動以外の行動、それに利得構造を考えずにランダムに値を選択する行

動が考えられる。ランダムに値を選択しているか否かの判断は難しいが、本稿では、実験後の質問の回答から、選択ルールの存在を確認できる戦略行動のみを考えることにする。

4.1. 個人の戦略選択行動仮説

被験者は与えられた情報（プロジェクトの実施費用、プロジェクトが実施された場合の利益）をもとに、できるだけ高い得点を得ることができるように評価値を決定する。プロジェクトの実施または中止を決定するために必要な情報は、実施費用 C と相手の評価値 s_{-i} であるが、相手の評価値（本実験ではコンピュータが選択した値）は自分が評価値を決定する時点ではわからないので、プロジェクトが実施される場合と中止される場合の双方の得点を計算することになる。実際に、セッション終了後の質問の回答からも被験者の大半が得点の計算を行っていることがわかった。また、回答からは、得点の完全な利得構造を理解するために利得表の作成を試みる被験者と利得表を作成することが不可能または利得表そのものの存在に気づかない被験者もある程度判別できる。ピボタル・メカニズムでは真実表明が支配戦略であるので、被験者が正確な利得表を作成できれば支配戦略を選択すると考えることができるが、マキシミン・メカニズムの場合は真実表明が支配戦略ではないために、正確な利得表を作成できたとしてもマキシミン戦略を取るとは限らない。質問の回答には、必ずしも正確ではないが、利得計算を行った上で高い得点を狙ったという趣旨が読みとれる被験者が少なくなかった。被験者がとりうるマキシミン戦略行動以外の変則的戦略行動様式を全て抽出することはできないが、被験者が利得構造を考え、何らかのルールを作成した上で評価値を決定したと判断できるものを抽出し、3つの変則的戦略行動様式の仮説を立てることにする。

各戦略選択行動仮説についての説明の下の表9から表12は、各戦略選択行動において真の評価値 p_i ごとに評価値 s_i の選択割合を示したものである。選択割合は12ラウンド全てにおいて同一の戦略行動で評価値を選択したと仮定して1としている。質問の回答から、12ラウンド全てにおいて同一の戦略行動で評価値を選択していない被験者が多く存在することもわかっているが、その選択割合を質問の回答から判断することは困難であるのでこの点は考慮しないことにした。

上記の前提のもとに、2主体3戦略のフレームワークの下でのマキシミン・メカニズムにおける戦略選択行動の様式とその戦略行動が採用された場合の選択割合に関する仮説を以下のように設定する。

マキシミン戦略行動（MB：Maximin Behavior）

自己の戦略のそれぞれについて、相手の戦略との組み合わせで決まる自己の利得を計算し、

その最小値を最大化する戦略を選択する。これは、マキシミン・メカニズムの下では、真実表明を行う行動である。

表9. マキシミン戦略行動における真の評価値 p_i ごとの評価値 s_i の選択割合

実施費用 = 16				実施費用 = 22			
$p_i \backslash s_i$	3	9	15	$p_i \backslash s_i$	3	9	15
3	1	0	0	3	1	0	0
9	0	1	0	9	0	1	0
15	0	0	1	15	0	0	1

期待利得最大化行動 (EB: Expected utility maximization Behavior)

次の2つのルールのいずれかによって算出される期待利得を最大化する自己の戦略を選択する。なお、以下のルール1とルール2で求められる各戦略ごとの期待利得は同値である。

〈ルール1〉

相手が3つの戦略を均等確率 (1/3) で選択するものと想定し、自己の各戦略について相手の各戦略との組合せで決まる利得に1/3を乗じて合計した値を自己の各戦略の期待利得と考える。

〈ルール2〉

自己の各戦略につき、プロジェクトが実施される場合の利得 ($u_i = p_i - s_i/2$) と中止される場合の利得 ($u_i = s_i/2$) にそれぞれプロジェクトが実施される確率 (自己の戦略を前提として、相手がプロジェクトを実施させる戦略をとるケースの数に1/3を乗じた値) とプロジェクトが中止される確率 (自己の戦略を前提として、相手がプロジェクトを中止させる戦略をとるケースの数に1/3を乗じた値) を乗じて合計した加重平均を自己の各戦略の期待利得と考える。

表10. 期待利得最大化行動における真の評価値 p_i ごとの評価値 s_i の選択割合

実施費用 = 16				実施費用 = 22			
$p_i \backslash s_i$	3	9	15	$p_i \backslash s_i$	3	9	15
3	1	0	0	3	0	1	0
9	0	1	0	9	0	1	0
15	0	1	0	15	0	0	1

均等利得戦略行動 (PB: Proportional Behavior)

自己の各戦略につき、プロジェクトが実施される場合の利得とプロジェクトが中止される場合の利得の平均を求め、実施時と中止時の平均値の差が最小値となる自己の戦略を選択する。

表11. 均等利得戦略行動における真の評価値 p_i ごとの評価値 s_j の選択割合

実施費用 = 16				実施費用 = 22			
$p_i \setminus s_j$	3	9	15	$p_i \setminus s_j$	3	9	15
3	1	0	0	3	1	0	0
9	0	1	0	9	0	1	0
15	0	1	0	15	0	0	1

ギャンブル戦略行動 (GB : Gamble Behavior)⁶⁾

自己の各戦略につき、相手の戦略との組み合わせで決まる自己の利得を計算し、最も高い利得を得ることができる自己の戦略を選択する。リスクも大きいが高リターンをねらって選択する行動である。質問の回答からも「損をするかもしれないが、高得点を得ることを期待して選択した」と回答している被験者が少なくなかった。

表12. ギャンブル戦略行動における真の評価値 p_i ごとの評価値 s_j の選択割合

実施費用 = 16				実施費用 = 22			
$p_i \setminus s_j$	3	9	15	$p_i \setminus s_j$	3	9	15
3	0	1	0	3	0	0	1
9	1	0	0	9	0	0	1
15	1	0	0	15	0	1	0

4.2. 個人の戦略選択行動仮説と SOM による検証

仮説を立てた戦略行動の検証を行うため、自己組織化マップ (SOM: : Self-Organization Maps) を使って、実験結果を分析することにする。SOM は Kohonen [4] が提案したニューラルネットワークの1つの方法であり、様々な多次元のデータを予備的な知識なし (教師なし) にクラスタリングし、低次元のマップを描いて可視化することができる。SOM は工学的分野で応用されていたが、近年、金融、経済、市場分析などの分野においても非常に有効な技術であることがわかり、これらの分野で探索的データ分析やデータマイニングの一つの手法として利用されている。

本研究では、真の評価値ごとの被験者の評価値の選択割合を戦略選択行動パターンデータとし SOM を用いてこれを分類し、その結果から被験者のとる戦略選択行動パターンに何らかの傾向が存在するか、またそのパターンは上に示した仮説に沿ったいずれかの戦略選択行動に合致するのかを調べる。

6) この行動は、マキシマックス戦略を選択する行動に相当する。

4.2.1. 自己組織化マップ (SOM : Self-Organization Maps)

SOM アルゴリズムは、教師なしニューラルネットワークの1つであり、高次元空間からマップユニット (2次元格子) 上に、類似の入力データベクトルを集め、効果的にマップ化するアルゴリズムである。ここで、簡単に SOM アルゴリズムの基本的な考え方を説明する。

SOM はニューロン (神経細胞) を数式モデル化しており、Kohonen は次式で表している。

$$m_i(t+1) = m_i(t) + h_{ci}(t)[x(t) - m_i(t)]$$

i を神経細胞 (ノード), t を時刻, $x(t)$ を外部から入る入力信号, $m_i(t)$ をノード i が時刻 t で情報を処理する能力, h_{ci} は学習率係数を含めた近傍関数とする。 $x(t)$ が n 次元の入力ベクトルであれば、参照ベクトル $m_i(t)$ も同じ n 次元のベクトルを持つことになる。この式は入力信号を学習し、次の時刻では入力信号により近い情報処理能力 $m_i(t+1)$ を持つことを示している。SOM は2層のネットワークであり、第1層は n 次元の入力層 $x(t)$ であり、第2層は $m_i(t)$ で表され n 個の要素を持つ出力層である。第2層は多次元でも可能であるが、本研究では2次元配列のマップユニットとしている。

SOM の学習ではユークリッド距離を測度として用いている。入力ベクトル $x(t)$ は、ユークリッド距離 $|x - m_i|$ を最小にするノード i を探し、これを勝者とする。たとえば、 c 番目のノードが勝者であるとしたとき、 $m_c(t)$ を持つユニットは勝者ユニットと呼ばれる。勝者ユニットの周りに近傍領域が定義されており (近傍サイズ N_c を最初は大きくとっておく)、近傍領域内のベクトルは上記の式に従って学習を繰り返す行い、学習を繰り返す行うごとに近傍サイズを減らし最終的に勝者ユニットのみを学習させるようにする。近傍関数 h_{ci} は、近傍内のノードに関しては $h_{ci} = \alpha(t)$ で学習し、近傍外のノードに関しては $h_{ci} = 0$ で学習しない。学習率係数 $\alpha(t)$ は、 $0 < \alpha(t) < 1$ で値を持ち、近傍サイズと共に学習時間が経過するにつれて単調減少させる。

4.2.2. 本研究における SOM の設定

本研究では、SOM_PAK (The Self-Organizing Map Program Package ; Kohonen [5]) を使って分析を行った。SOM を実行する上で初期値として与えた各値、および学習データは次の通りである。

学習率係数初期値 $\alpha(0)$: 0.3

初期近傍領域サイズ $N_c(0)$: 4

学習回数 : 10,000 回

マップサイズ：縦 13 × 横 11 で、計 143 ユニット

学習データ：被験者 37 人の戦略選択行動パターンデータ

学習データとした各被験者の戦略選択行動パターンデータは、1 セッション（12 ラウンド）における真の評価値 p_i と被験者の選択した評価値 s_i のクロス集計結果から計算した p_i ごとの s_i の選択率である。表 13 は、ある被験者の 1 セッションの各ラウンドにおける p_i と s_i の組合せを示しており、表 14 と表 15 は p_i と s_i のクロス集計結果と各 p_i における s_i の選択率を示している。これを表 16 のように p_i が 3, 9, 15 の順になるように 1 次元データに置き換えたレコードを被験者 1 名の戦略選択行動パターンデータとした。

4.2.3. SOM の分析結果

図 17 は、プロジェクトの実施費用が低コスト（16）の場合の実験結果（37 名の戦略選択行動パターンデータを SOM で分類した結果）である。図中のラベル n1~n22 は奈良女子大学の被験者、t1~t15 は天理大学の被験者である。

SOM では、学習データ（本研究では戦略選択行動パターンデータ）が類似しているものが近

表13. 各ラウンドの真の評価値

p_i と被験者の選択した評価値 s_i

ラウンド	p_i	s_i
1	9	9
2	3	3
3	15	15
4	9	3
5	3	3
6	3	3
7	15	3
8	9	3
9	15	3
10	15	3
11	3	3
12	9	3

表14. p_i と s_i のクロス集計

$p_i \setminus s_i$	3	9	15
3	4	0	0
9	3	1	0
15	3	0	1

表15. 各 p_i における s_i の選択率

$p_i \setminus s_i$	3	9	15
3	1	0	0
9	0.75	0.25	0
15	0.75	0	0.25

表16. 被験者の戦略選択行動パターンデータ

1	0	0	0.75	0.25	0	0.75	0	0.25
---	---	---	------	------	---	------	---	------

い領域に集まる。色の濃いユニット部分はユークリッド距離が遠いことを示している。図 17 では、中央部分に色の濃い部分が見える。たとえば、図中の t7 と t14 の間には濃いユニットが存在するが、このように濃いユニットで分断されているデータは類似していない。一方、t7 と n21 の間には薄いユニットしか存在していない。このようなデータは類似していることを示している。これらのラベルに対応する学習データは表 18 の通りである。n21 と t7 のデータパターンは、t7 と t14 のデータパターンより類似していることがわかる。

図 17 で楕円または長方形、三角形、雲形などで囲まれている被験者ラベルは、実験後の質問に対して何らかのルールを決めて評価値を選択したと回答している被験者を抽出し、戦略選択行動様式の仮説に従って印を付けている。ただし、全ラウンドを同じ基準で選択していない被験者も含んでいる。楕円の被験者はマキシミン行動(MB)、長方形は期待利得最大化行動(EB)、三角形はギャンブル戦略行動(GB)、円の雲形はマキシミン戦略と期待利得最大化行動の両方を取る行動(MEB)、三角形の雲形はギャンブル戦略行動と均等利得戦略行動の両方を取る行動(PGB)である。点線で囲んだ被験者ラベルは、質問の回答に記した選択基準は各戦略行動ルールに合うが、実際に戦略行動の基準通りの値を選択していないラウンドも多く、結果的に

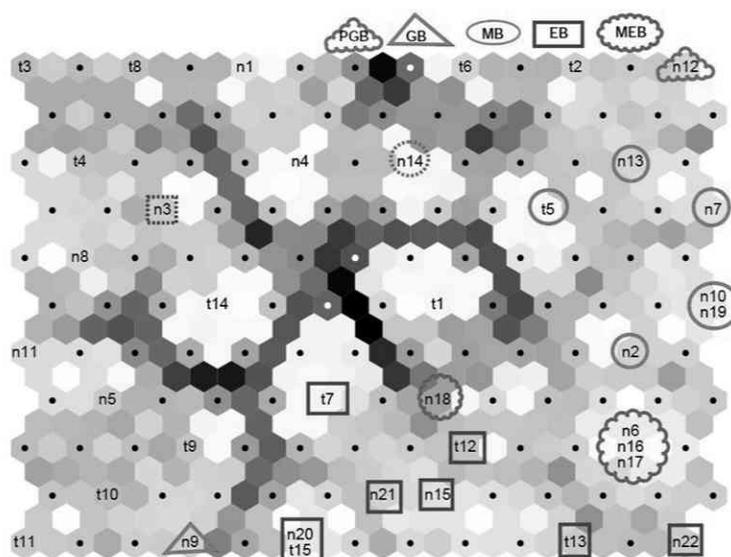


図 17. SOM による分類 (実施費用が低コスト(t16)の場合の実験結果)

表18. SOMによるデータの分類結果

n21	1	0	0	0.25	0.75	0	0	1	0
t7	0.75	0.25	0	0.25	0.75	0	0	0.75	0.25
t14	0.5	0.25	0.25	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0

表19. 実施費用が低コスト (16) の場合のマキシミン行動と期待利得最大化行動の選択率

マキシミン行動				期待利得最大化行動			
$p_i \backslash s_i$	3	9	15	$p_i \backslash s_i$	3	9	15
3	0.83	0.17	0	3	0.94	0.06	0
9	0.04	0.96	0	9	0.19	0.81	0
15	0	0.13	0.88	15	0.03	0.88	0.09

仮説で立てた行動別選択率のパターンとは異なる被験者を示している。均等利得戦略行動 (PB) に関しては、費用が 16 の時に戦略パターンが期待利得最大化行動 (EB) と同じであり、戦略選択行動パターンデータからの判断は難しい。質問に関する回答においても「真の評価値の値 p_i によって異なる行動を取った」と記されており、ギャンブル戦略行動 (GB) と均等利得戦略行動 (PB) は一貫して行う行動ではなく、その時に与えられた費用負担と真の評価値により決定した行動であることがわかっている。これらの戦略行動を SOM を用いて分類するためには学習データの内容を別の形式にする必要があると考えられる。

SOM で分類した戦略行動パターンデータは、同じ戦略の被験者が顕著に集まっていることが図 17 に示されている。図の右側にマキシミン行動の被験者ラベルが集まり、下側に期待利得最大化行動の被験者ラベルが集まっており、マキシミン行動と期待利得最大化行動の両方をとった被験者ラベルはその中間に位置している。表 19 は、図 17 のマキシミン行動と期待利得最大化行動を取ったと判断できる被験者 (図 17 でラベルに印がある被験者) の学習データをそれぞれの行動別に集計し、真の評価値 p_i における s_i の選択率の平均値を示している。ここで示された結果は、仮説で立てたマキシミン戦略行動と期待利得最大化行動の選択率の表の各値と非常に近い値を示している。このことは、前節で立てた戦略選択行動の仮説は質問の回答から被験者が選択値を選択するときのルールを抽出し推測した行動であるが、費用負担が低コスト (16) の場合にマキシミン行動と期待利得最大化行動をとった被験者が明らかに存在することを示唆している。

5. 実験結果に関する議論と今後の研究について

本稿では、Thomson [10] の提案したマキシミン・メカニズムの構造を単純化し、2 主体 3 戦略のフレームワークで実験を行った結果と、個人の戦略選択行動について分析した結果を報告した。単純化マキシミン・メカニズム構造の下で行った先行実験 (5 主体 51 戦略のフレームワーク) の結果と比較して、2 主体 3 戦略のフレームワークにおける実験結果では真実表明割

合は高くなり、マキシミン・メカニズムの性能を高めることができた。しかし、プロジェクトの実施費用が低コスト（16）の場合に真実表明割合に偏りがあり、真の評価値 p_i が15の時に、評価値 s_i として15と9を選択する被験者の割合が僅差であり、この結果は、真実表明の割合が高くなった結果が必ずしも被験者が常にマキシミン戦略をとり、真の評価値 p_i と同値の評価を s_i として選択したのではなく、マキシミン以外の何らかの戦略行動として、真の評価値と同値の評価を選択したことを示唆していると考え、その変則的戦略行動としての3つの戦略行動様式の仮説を立て検証を行った。仮説の検証方法として自己組織化マップ（SOM）を用い、本実験における真の評価値ごとの評価値の選択割合を学習データとし、個人の戦略選択行動の分類を行った。その結果、仮説で立てた4つの戦略選択行動のうち、マキシミン行動と期待利得最大化行動をとる被験者が存在することが示された。

5.1. 個人の戦略選択行動分析に関する議論

本稿では、実験後に行った質問の回答から個人の戦略選択行動の仮説を立てた。これに関しては、「質問に対する回答は被験者の表現力に依存し、主観的で不確実なデータである」、「全ラウンドを一貫して同じルールで行動するとは限らない」、「質問に対して回答している行動と選択している値との矛盾がある」など多くの問題点がある。しかし、本研究で個人の戦略行動を分析する最終的な目的は、個人の変則的戦略行動を特定化することによって、真の需要表明を誘発するはずのメカニズムの有効性を妨げる要因を見いだすことであり、全ての被験者の戦略選択行動を特定化する必要はない。また、公共的意思決定メカニズムの有効性を研究する上で多くの実験を行ってきた中で、実験における被験者の行動には様々な要因が働いており、全被験者のデータが分析データとして有効であるとは限らないことが経験的にわかっている。例えば、実験説明を受けた時点でメカニズムについて理解できずランダムに評価値を選択する、もしくはメカニズムについて誤った認識をしている（全ラウンドではなく実験前半にその傾向が強い）被験者も少なからず存在する。しかし、本研究ではこのような被験者の行動には言及せず、あるメカニズムの実験において、被験者が取る戦略の中で最も傾向の強い戦略行動に着目した。

本実験結果からは、マキシミン・メカニズムの2主体3戦略フレームワークにおいて、頻繁に観察される戦略選択行動は、真実表明を行うマキシミン行動と期待利得最大化行動があるという結論を得た。今後、被験者が、なぜ変則的戦略選択行動のひとつである期待利得最大化行動を取るのかを検討することによって、真実表明を誘発する上でのマキシミン・メカニズムの問題点が抽出できると考えられる。

5.2. マキシミン・メカニズムの有効性に関する議論

公共的意思決定メカニズムのひとつであるピボタル・メカニズムは真実表明が支配戦略であるので、被験者が正確な利得表を作成できれば支配戦略を選択すると考えることができ、変則的行動をとる被験者は利得構造が正確に理解できなかったと言える。しかし、マキシミン・メカニズムの場合は、真実表明が支配戦略ではないために、正確な利得表を作成できたとしてもマキシミン戦略を取るとは限らない。事実、変則的戦略行動仮説であげた行動（期待利得最大化行動、均等利得行動、ギャンブル戦略行動）を取っている被験者の回答には、利得表または利得構造についての簡単な説明が記入されている。つまり、マキシミン・メカニズムにおいては、支配戦略が存在しないことが、被験者に期待利得最大化行動などの変則的戦略行動をとるひとつの重要な要因となっていると言えよう。

マキシミン・メカニズムとピボタル・メカニズムの有効性に関する研究において行った先行実験（5主体51戦略フレームワーク）では、マキシミン・メカニズムがピボタル・メカニズムより真の需要表明の誘発に優れているという結果を得ていた（森・曾山〔8〕参照）。その要因としては、ピボタル・メカニズムの利得構造のフラット性と、マキシミン・メカニズムには存在しないクラーク税ルールが追加されることによるメカニズムの複雑性が挙げられた。しかし、ピボタル・メカニズムにおいても、2主体3戦略フレームワークで実験を行った場合、真実表明の割合はマキシミン・メカニズムとほぼ同じ結果を得ている（Mori and Soyama〔6〕参照）。2主体3戦略フレームワークにおけるピボタル・メカニズムの実験データについても個人の戦略選択行動分析を行った結果、真の需要表明を行う支配戦略以外の変則的行動をとる被験者が存在することがわかっている。しかし、ピボタル・メカニズムでは支配戦略が一意的に決まっているので、支配戦略以外の戦略選択行動をとる被験者はメカニズムのもつ利得構造が正確に理解できないということになる⁷⁾。このことは、ピボタル・メカニズムの場合には、意思決定主体が利得構造の包括的理解を得やすい環境を構築することによって、真実表明を誘発する上でのメカニズムの性能を高めることができることを意味している。これに対して、マキシミン・メカニズムでは、意思決定主体が利得構造を正確に理解したとしても、マキシミン戦略（真実表明）をとる保証はなく、その意味で、真実表明誘発上の性能を高めることが難しいメカニズムであると言える。

5.3. 実験設定の問題点と今後の研究について

3節の表8（費用別の真の評価値 p_i ごとの評価値 s_i の選択割合）では、実施費用が低コスト

7) 変則的戦略行動で最も頻繁に観察された行動は、クラーク税を無視して戦略を選択する行動である。

(16) に設定されている場合に、真の需要表明割合に偏りがあり、特に真の評価値 p_i が 15 の時に評価値 s_i として 15 と 9 を選択する被験者の割合が僅差であるという結果が示されている。しかし、実施費用が高コスト (22) の場合には、真の評価値間で真実表明割合に大きな偏りは見られない。図 20 は、高コストの場合の実験結果データを SOM で分類した結果である。実施費用が低コストの場合に期待利得最大化行動をとる被験者が多く見られたが、高コストの場合は期待利得最大化行動的戦略をとる被験者は 2 名で、1 名はアンケートで行動を明示しておらず、他の 1 名は期待利得最大化行動と明示しているが、低コスト時に選択した値は期待利得最大化行動がとりうる値でなかった。

被験者は評価値を選択するに当って、プロジェクトが実施される可能性を自分の選択する評価値と相手が選択する評価値の和と実施費用とを比較する。利得構造が理解できる被験者は、低コストの場合には、評価値を s^H としてプロジェクトを実施する決定を行い、高コストの場合は s^L としてプロジェクトを中止する決定を行うはずである。しかし期待利得最大化行動をとる被験者は、相手が選択する評価値によっては予想に反する結果となるかもしれないが、敢えて s^M を選択して高得点を狙う。高コストにおいて期待利得最大化行動をとる被験者が少なかった要因のひとつは、今回の実験で設定した得点にあると考えられる。期待利得最大化行動は、被験者の選択する評価値の組合せで決まる利得の合計の 1/3 の値が最も高くなる時の評価値を選択する。3 節の表 4 (実施費用別利得表) にある値をこの方法で計算した結果は、両コストとも真の評価値を選択した時に獲得する利得と期待利得最大化行動を取るために s^M を選択した時の利得の差は 1 である。期待利得最大化行動を取るのであれば、この計算結果から判

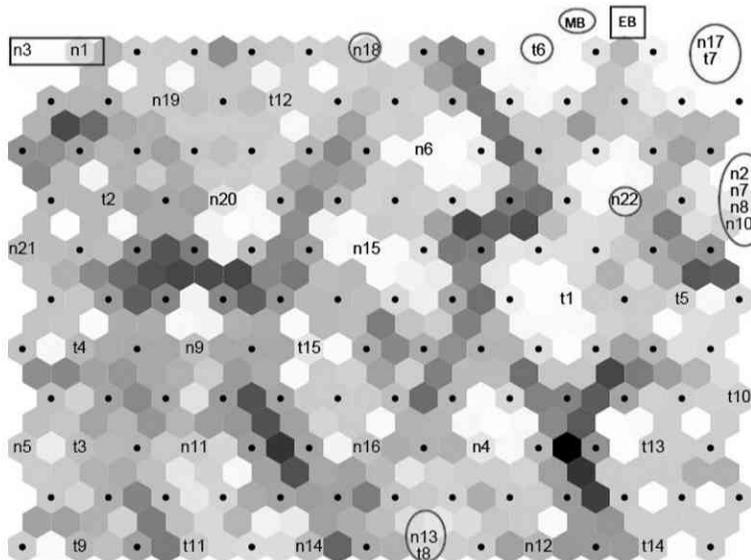


図 20. SOM による分類 (実施費用が高コスト(22)の場合の実験結果)

断し、両コストにおいて s^M を選択するはずである。高コストで被験者が s^M を選択しなかった理由は、おそらく高コストの場合の利得表の負の利得を避けたいという心理が働いたためではないかと考えられる。高コストにおいて真の評価値が3であるとき、3を選択すれば負の得点になることはないが、9を選択すると負の得点を得る可能性がある。しかし、低コストの場合には、真の評価値が15であるときに、9を選択しても負の得点を得ることはないのである。

今回の実験において、プロジェクトの実施費用として設定した2つのコストは、両被験者の評価の合計との差 $(|s_i + s_j - c|)$ が異なる値となるように設定していた。このことが期待利得最大化行動をとる被験者が実施費用によって異なる行動をとる結果に影響したとも考えられるが、そうであれば高コストの方が低コストより差が大きく、プロジェクトを中止させようとする意志を促すことになり、真の評価値が15のときに期待利得最大化行動をとる被験者が増えるはずであるが、結果はその逆で、低コスト時に期待利得最大化行動をとる被験者が多かった。この点の解明に関しては、プロジェクトの実施費用や戦略の設定値、戦略数などを変更して、より多くの実験を行う必要があると考えられる。

参考文献

- [1] Attiyeh, G., R. Franciosi and R. M. Issac, Experiments with the pivot process for providing public goods, *Public Choice* 102, pp. 95-114, 2000.
- [2] Clarke, E. H., Multipart pricing of public goods, *Public Choice* 11, pp. 17-33, 1971
- [3] Kawagoe, T. and Mori, T., Can the Pivotal mechanism induce truth-telling? An experimental study, *Public Choice* 108, pp.331-354, 2001.
- [4] Kohonen, T. *Self-Organization and Associative Memory*, Springer Series in Information Sciences, Vol. 8, 1984.
- [5] Kohonen, T. SOM_PAK, (http://www.cis.hut.fi/research/som_pak/)
- [6] Mori, T. and Soyama, N., How does a subject behave under the Pivotal mechanism?: An experimental study on the problem of providing an indivisible public goods in the case of 2 subjects with 3 strategies, *Discussion Papers in Economics No. 378*, Nagoya City University 2003.
- [7] 森徹 『公共的意思決定メカニズムの有効性—実験経済学的アプローチ』, 多賀出版, 1996年
- [8] 森徹・曾山典子 「ピボタル・メカニズムの有効性: 実験経済学的検討」, 『帝塚山大学経済学』, 第6巻, pp. 39-67, 1997年
- [9] 森徹・曾山典子 「経済学教育における実験手法の効果—手作業実験とコンピュータ実験の教育効果の比較検討—」, 『オイコノミカ』, 第39巻, 第2号, pp. 31-52, 2002年
- [10] Thomsom, W., Maxmin Strategies and Elicitation of Preferences, pp.245-268 in J-J Laffont ed. *Aggregation and Revelation of Preferences*, North-Holland, 1979.
- [11] 徳高平蔵・岸田悟・藤村喜九郎 『自己組織化マップの応用』, 海文堂, 1999年
- [12] Scherr, B. A. and E. M. Babb, Pricing public goods: An experiment with two proposed pricing systems, *Public Choice* 23, pp. 35-48, 1975.
- [13] Tideman, T. N., An experiment in the demand-revealing process, *Public Choice* 41, pp. 387-401, 1983.

(2005年5月27日受領)

付録 1：実験説明

公共的意思決定メカニズム実験の説明

1. 実験のあらましと注意事項

これから行う実験は、あなたに利益（または損）をもたらす、ある公共プロジェクトの実施または中止の決定と、各個人の費用負担の決定とを行うものです。

実験は2セッション行い、各実験セッションにおいて、あなたは、公共プロジェクトに対するあなたの評価を12回（ラウンド）繰り返して選択します。

実験であなたの得る報酬は、実験の各ラウンド（計24ラウンド）で得た「得点」の合計を25倍した金額（円）です。つまり、報酬は、得点1点当たり25円です。いずれの被験者についても「得点」の合計が大きくなれば報酬も多くなりますので、「得点」の合計がなるべく大きくなるように公共プロジェクトに対するあなたの評価を選択してください。

実験中は、お互いに話をしないようにしてください。

まず、「実験記入用紙」に学部学科学年、氏名を記入してください。実験はパソコンを使って行いますが、ラウンドごとに必要な値などを記し、セッション終了後、そのセッションで得た得点累計と質問に対する回答を記入してください。

2. 実験の手順

①公共プロジェクトの実施または中止の決定

あなたは3, 9, 15の3つの整数の中からひとつをプロジェクトに対する「あなたの評価 S_i 」として選びます。

プロジェクトの実施費用は、被験者番号1～12については、セッション1では16、セッション2では22とし、被験者番号13～24のセッション1では22、セッション2では16とします。

あなたの選択した「あなたの評価 S_i 」とコンピュータの選択した評価の合計は、コンピュータ画面上の表の「(B) 評価の合計」に表示されます。「(B) 評価の合計」が、プロジェクトの実施費用以上であれば、このグループではプロジェクトは「実施」と決定され、実施費用未満であればプロジェクトは「中止」となります。すなわち、あなたが選択した「あなたの評価」を S_i 、「コンピュータの評価」を S_{-i} とすると、「(C) グループの決定」欄は以下の通りとなります。

す。

$S_i + S_{-i} \geq \text{実施費用}$ ならば プロジェクトは実施 (「(C) グループの決定」欄は○)
 $S_i + S_{-i} < \text{実施費用}$ ならば プロジェクトは中止 (「(C) グループの決定」欄は×)

②費用負担の計算

この実験では、プロジェクトが実施された場合、あなたは、あなたの評価の 1/2 に等しい「(E) 費用負担 C_i 」を負うこととなります。プロジェクトが中止された場合には、あなたの「(E) 費用負担 C_i 」はゼロです。すなわち、

プロジェクトが実施された場合には、あなたの「(E) 費用負担 C_i 」=あなたの評価 S_i の
1/2

プロジェクトが中止された場合には、あなたの「(E) 費用負担 C_i 」= 0 (ゼロ)

③得点の計算

この実験では、そのラウンドにおけるあなたの「(F) 得点 U_i 」は次のように決まります。

プロジェクトが実施された場合には、画面に表示された「プロジェクトが実行された場合のあなたの利益 P_i 」の値から、②で求めた「(E) 費用負担 C_i 」を差し引いた値であり、プロジェクトが中止された場合には、あなたの評価 S_i の 1/2 です。したがって、次のようになります。

プロジェクトが実施された場合には、あなたの「(F) 得点 U_i 」= $P_i - C_i$

プロジェクトが中止された場合には、あなたの「(F) 得点 U_i 」= $S_i/2$

「プロジェクトが実行された場合のあなたの利益 P_i 」は、ラウンドごとに異なります。毎回評価値を選択する画面で表示される値を見て判断してください。

なお、上記のように計算される得点 (U_i) はマイナスとなることもあります。

以上の手順を 12 回繰り返した後、1 つの実験セッションが終了します。

終了後、このセッションで得た得点累計を記入し、「質問」に答えてください。

セッション 1 の「実験記入用紙」の記入が終わったら回収します。全員の用紙を回収後、実

験者がセッション2の開始合図を出しますので、画面（12ラウンドの結果の表が表示されている画面）の「OK」をクリックして下さい。

セッション2では、最終回ラウンドの結果に2つの実験セッションで得たあなたの「得点総計」と、これに25円を乗じた「報酬額」が画面に表示されます。これらの値を「実験記入用紙」に記入して下さい。

実験の終了後、「実験記入用紙」を回収し、報酬を支払います。

3. コンピュータによる実験手順

- (1) ▼をクリックし、3, 9, 15の3つの中から一つをプロジェクトに対する「あなたの評価 S_i 」として選択し、OKをクリックします。次画面で、選択した評価値が正しいか問われます。正しいければYESを、選択しなおしたい場合はNOをクリックしてください。

実験セッション = 1 あなたの被験者番号 = 24	
プロジェクトの実施費用は 25円です プロジェクトが実行された場合のあなたの利益 $P_i =$	
あなたの評価を選んでください <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="9"/> <input type="text" value="15"/>	
<input type="button" value="OK"/>	

- (2) 両者の評価が決定した時に、下図のように各ラウンドの結果が表示されます。

実験セッション = 1 あなたの被験者番号 = 24							
プロジェクトの実施費用は 25円です							
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
回	あなたの評価	評価の合計	グループ決定	利益	費用負担	得点	得点累計
	S_i	$S_i + S_{-i}$		P_i	C_i	U_i	
1							
プロジェクトが実行された場合のあなたの利益 $P_i =$							
あなたの評価を選んでください <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="9"/> <input type="text" value="15"/>							
<input type="button" value="OK"/>							

- (3) 結果の表を見て、次の回の値（プロジェクトに対するあなたの評価）を選択します。

付録3-1：実験結果（奈良女子大学）

	C=16					C=22				
	Rno	Pi	Si	Pi	Si	Rno	Pi	Si	Pi	Si
n1	1	9	9	15	15	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9	2	3	3	9	9
	3	15	15	15	9	3	15	15	15	15
	4	9	3	9	9	4	9	3	9	9
	5	3	3	3	9	5	3	3	3	9
	6	3	3	15	15	6	3	3	15	15
	7	15	3	9	9	7	15	3	9	9
	8	9	3	9	9	8	9	3	9	9
	9	15	3	3	15	9	15	3	3	15
	10	15	3	15	15	10	15	3	15	15
	11	3	3	3	9	11	3	3	3	9
	12	9	3	3	9	12	9	3	3	9
n2	1	9	9	15	15	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9	2	3	3	9	9
	3	15	15	15	15	3	15	15	15	15
	4	9	9	9	9	4	9	9	9	9
	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3
	6	3	3	15	15	6	3	3	15	15
	7	15	15	9	9	7	15	15	9	9
	8	9	3	9	9	8	9	3	9	9
	9	15	15	3	3	9	15	15	3	3
	10	15	9	15	15	10	15	9	15	15
	11	3	3	3	3	11	3	3	3	3
	12	9	3	3	3	12	9	3	3	3
n3	1	9	9	15	15	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9	2	3	3	9	9
	3	15	3	15	15	3	15	3	15	15
	4	9	15	9	9	4	9	15	9	9
	5	3	15	3	9	5	3	15	3	9
	6	3	3	15	15	6	3	3	15	15
	7	15	3	9	9	7	15	3	9	9
	8	9	3	9	9	8	9	3	9	9
	9	15	9	3	9	9	15	9	3	9
	10	15	15	15	15	10	15	15	15	15
	11	3	3	3	9	11	3	3	3	9
	12	9	3	3	3	12	9	3	3	3
n4	1	9	3	15	15	1	9	3	15	15
	2	3	3	9	3	2	3	3	9	3
	3	15	15	15	15	3	15	15	15	15
	4	9	9	9	3	4	9	9	9	3
	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3
	6	3	3	15	15	6	3	3	15	15
	7	15	3	9	9	7	15	3	9	9
	8	9	9	9	9	8	9	9	9	9
	9	15	3	3	3	9	15	3	3	3
	10	15	15	15	9	10	15	15	15	9
	11	3	3	3	3	11	3	3	3	3
	12	9	3	3	3	12	9	3	3	3
n5	1	9	9	15	3	1	9	9	15	3
	2	3	3	9	3	2	3	3	9	3
	3	15	15	15	15	3	15	15	15	15
	4	9	15	9	9	4	9	15	9	9
	5	3	3	3	9	5	3	3	3	9
	6	3	3	15	3	6	3	3	15	3
	7	15	9	9	15	7	15	9	9	15
	8	9	15	9	9	8	9	15	9	9
	9	15	9	3	3	9	15	9	3	3
	10	15	15	15	15	10	15	15	15	15
	11	3	3	3	9	11	3	3	3	9
	12	9	3	3	15	12	9	3	3	15
n6	1	9	9	15	15	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9	2	3	3	9	9
	3	15	9	15	15	3	15	9	15	15
	4	9	9	9	9	4	9	9	9	9
	5	3	3	3	9	5	3	3	3	9
	6	3	3	15	15	6	3	3	15	15
	7	15	9	9	9	7	15	9	9	9
	8	9	9	9	9	8	9	9	9	9
	9	15	15	3	3	9	15	15	3	3
	10	15	15	15	15	10	15	15	15	15
	11	3	3	3	3	11	3	3	3	3
	12	9	9	3	3	12	9	9	3	3
n7	1	9	9	15	15	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9	2	3	3	9	9
	3	15	15	15	15	3	15	15	15	15
	4	9	9	9	9	4	9	9	9	9
	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3
	6	3	9	15	15	6	3	9	15	15
	7	15	15	9	9	7	15	15	9	9
	8	9	9	9	9	8	9	9	9	9
	9	15	15	3	3	9	15	15	3	3
	10	15	9	15	15	10	15	9	15	15
	11	3	3	3	3	11	3	3	3	3
	12	9	9	3	3	12	9	9	3	3
n8	1	9	9	15	15	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9	2	3	3	9	9
	3	15	15	15	15	3	15	15	15	15
	4	9	3	9	9	4	9	3	9	9
	5	3	15	3	3	5	3	15	3	3
	6	3	15	15	15	6	3	15	15	15
	7	15	9	9	9	7	15	9	9	9
	8	9	3	9	9	8	9	3	9	9
	9	15	3	3	3	9	15	3	3	3
	10	15	9	15	15	10	15	9	15	15
	11	3	3	3	3	11	3	3	3	3
	12	9	9	3	3	12	9	9	3	3
n9	1	9	3	15	9	1	9	3	15	9
	2	3	3	9	15	2	3	3	9	15
	3	15	15	15	9	3	15	15	15	9
	4	9	3	9	15	4	9	3	9	15
	5	3	3	3	9	5	3	3	3	9
	6	3	9	15	9	6	3	9	15	9
	7	15	9	9	9	7	15	9	9	9
	8	9	15	9	9	8	9	15	9	9
	9	15	9	3	3	9	15	9	3	3
	10	15	15	15	9	10	15	15	15	9
	11	3	3	3	15	11	3	3	3	15
	12	9	3	3	3	12	9	3	3	3
n10	1	9	9	15	15	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9	2	3	3	9	9
	3	15	15	15	15	3	15	15	15	15
	4	9	9	9	9	4	9	9	9	9
	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3
	6	3	3	15	15	6	3	3	15	15
	7	15	15	9	9	7	15	15	9	9
	8	9	9	9	9	8	9	9	9	9
	9	15	15	3	3	9	15	15	3	3
	10	15	15	15	15	10	15	15	15	15
	11	3	3	3	3	11	3	3	3	3
	12	9	9	3	3	12	9	9	3	3
n11	1	9	9	15	9	1	9	9	15	9
	2	3	15	9	3	2	3	15	9	3
	3	15	15	15	3	3	15	15	15	3
	4	9	3	9	15	4	9	3	9	15
	5	3	9	3	3	5	3	9	3	3
	6	3	3	15	3	6	3	3	15	3
	7	15	9	9	15	7	15	9	9	15
	8	9	15	9	9	8	9	15	9	9
	9	15	15	3	15	9	15	15	3	15
	10	15	9	15	9	10	15	9	15	9
	11	3	3	3	3	11	3	3	3	3
	12	9	15	3	9	12	9	15	3	9
n12	1	9	9	15	15	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9	2	3	3	9	9
	3	15	15	15	9	3	15	15	15	9
	4	9	9	9	3	4	9	9	9	3
	5	3	9	3	3	5	3	9	3	3
	6	15	15	3	15	6	15	15	3	15
	7	9	9	15	15	7	9	9	15	15
	8	9	9	9	15	8	9	9	9	15
	9	3	9	15	15	9	3	9	15	15
	10	15	15	15	15	10	15	15	15	15
	11	3	3	3	3	11	3	3	3	3
	12	3	3	9	9	12	3	3	9	9
n13	1	15	3	9	3	1	15	3	9	3
	2	9	9	3	3	2	9	9	3	3
	3	15	15	15	9	3	15	15	15	9
	4	9	9	9	3	4	9	9	9	3
	5	3	9	3	3	5	3	9	3	3
	6	15	15							

付録3-2：実験結果（天理大学）

		C=16		C=22	
	Rno	Pi	Si	Pi	Si
t1	1	9	15	15	15
	2	3	3	9	9
	3	15	15	15	9
	4	9	15	9	9
	5	3	3	3	3
	6	3	3	15	15
	7	15	15	9	15
	8	9	15	9	15
	9	15	15	3	3
	10	15	15	15	15
	11	3	3	3	3
	12	9	9	3	3
t2	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9
	3	15	15	15	15
	4	9	9	9	15
	5	3	9	3	15
	6	3	3	15	9
	7	15	15	9	15
	8	9	9	9	9
	9	15	9	3	9
	10	15	15	15	9
	11	3	9	3	9
	12	9	3	3	15
t3	1	9	3	15	3
	2	3	9	9	9
	3	15	9	15	9
	4	9	3	9	3
	5	3	9	3	3
	6	3	15	15	15
	7	15	3	9	15
	8	9	3	9	9
	9	15	3	3	9
	10	15	3	15	3
	11	3	3	3	9
	12	9	9	3	3
t4	1	9	9	15	3
	2	3	15	9	15
	3	15	9	15	9
	4	9	3	9	3
	5	3	9	3	15
	6	3	15	15	9
	7	15	3	9	9
	8	9	9	9	9
	9	15	15	3	9
	10	15	9	15	9
	11	3	9	3	9
	12	9	15	3	9
t5	1	9	3	9	9
	2	3	9	3	3
	3	15	15	15	15
	4	9	9	9	15
	5	3	3	3	3
	6	3	3	3	3
	7	15	15	15	15
	8	9	9	9	15
	9	15	15	15	15
	10	15	15	15	15
	11	3	3	3	3
	12	9	9	9	15

		C=16		C=22	
	Rto	Pi	Si	Pi	Si
16	1	9	9	15	15
	2	3	15	9	9
	3	15	15	15	9
	4	9	15	9	9
	5	3	15	3	15
	6	3	9	15	15
	7	15	15	9	9
	8	9	9	9	9
	9	15	15	3	3
	10	15	15	15	15
	11	3	3	3	3
	12	9	9	3	3
17	1	9	9	15	15
	2	3	3	9	9
	3	15	9	15	9
	4	9	9	9	9
	5	3	9	3	3
	6	3	3	15	15
	7	15	9	9	9
	8	9	3	9	9
	9	15	15	3	3
	10	15	9	15	15
	11	3	3	3	3
	12	9	9	3	3
18	1	9	3	15	9
	2	3	15	9	9
	3	15	3	15	15
	4	9	3	9	9
	5	3	9	3	3
	6	3	3	15	15
	7	15	3	9	9
	8	9	9	9	3
	9	15	9	3	3
	10	15	3	15	15
	11	3	3	3	3
	12	9	9	3	3

		C=16		C=22	
	Rto	Pi	Si	Pi	Si
t13	1	15	15	9	9
	2	9	3	3	9
	3	15	9	15	3
	4	9	3	9	3
	5	3	3	3	3
	6	15	9	3	3
	7	9	9	15	3
	8	9	3	9	3
	9	3	3	15	3
	10	15	15	15	3
	11	3	3	3	9
	12	3	3	9	9
t14	1	15	15	9	9
	2	9	15	3	3
	3	15	9	15	15
	4	9	3	9	15
	5	3	3	3	3
	6	15	9	3	9
	7	9	3	15	15
	8	9	3	9	15
	9	3	9	15	15
	10	15	9	15	15
	11	3	3	3	3
	12	3	15	9	15
t15	1	15	9	9	9
	2	9	3	3	15
	3	15	9	15	9
	4	9	15	9	9
	5	3	3	3	9
	6	15	9	3	3
	7	9	3	15	9
	8	9	15	9	15
	9	3	3	15	3
	10	15	9	15	3
	11	3	9	3	3
	12	3	9	9	9
t16	1	15	9	9	3
	2	9	9	3	3
	3	15	9	15	15
	4	9	9	9	9
	5	3	3	3	9
	6	15	15	3	15
	7	9	9	15	9
	8	9	9	9	9
	9	3	3	15	15
	10	15	9	15	15
	11	3	3	3	3
	12	3	3	9	9
t17	1	15	9	9	15
	2	9	9	3	15
	3	15	9	15	15
	4	9	9	9	15
	5	3	3	3	3
	6	15	9	3	9
	7	9	9	15	15
	8	9	9	9	15
	9	3	3	15	15
	10	15	9	15	15
	11	3	3	3	3
	12	3	9	9	15

		C=16		C=22	
	Rto	Pi	Si	Pi	Si
t18	1	15	3	9	15
	2	9	15	3	15
	3	15	3	15	15
	4	9	9	9	15
	5	3	9	3	3
	6	15	9	3	3
	7	9	15	15	15
	8	9	9	9	15
	9	3	3	15	15
	10	15	9	15	9
	11	3	3	3	15
	12	3	15	9	15
t19	1	15	9	9	9
	2	9	3	3	3
	3	15	9	15	15
	4	9	9	9	9
	5	3	3	3	9
	6	15	9	3	3
	7	9	3	15	9
	8	9	9	9	9
	9	3	3	15	9
	10	15	9	15	9
	11	3	3	3	3
	12	3	3	9	9