

自然なメカニズムデザインをめざして†

西條 辰義*
大和 毅彦**

2005年3月
2005年11月改訂

* 大阪大学社会経済研究所・東京工業品取引所市場構造研究所

** 東京工業大学大学院社会理工学研究科

† 論文作成にあたり，大瀬戸真次氏，鮫島裕輔氏，鈴木興太郎氏，芹澤成弘氏，松島齊氏，三原麗珠氏，山田玲良氏，及び吉田由寛氏の有益なコメントに謝意を表したい．本研究の一部は，文部科学省科学研究費補助金（課題番号16203012，15310023）の補助を受けた．

1. イントロダクション^{1,2}

性能のよい社会経済制度をデザインするという視点は古くからあるが、20世紀前半になされたいわゆる計画経済論争は、今日のエコニック・デザインという分野の出発点であるといえよう³。ミーゼスやハイエクたちは、私有と市場を否定する社会主義経済においては合理的な経済計算ができないと考える。一方、ランゲは、各経済主体が持つ情報を中央計画当局に集中しなくても中央計画当局が競売人の役割を果たすことによって合理的経済計算をすることができるという市場社会主義を提唱した。晩年のランゲは、このような経済計算が大型のコンピュータで連立方程式を解くことによって可能であるという議論を展開した。しかし、膨大な数の変数を持つ連立方程式を技術的に解くことができるかどうかという計算可能性の問題とともに連立方程式に関わる情報を集めることが可能かどうかという問題が残ることになる。たとえ計算が可能であるとしても、Hayek (1945)がいうように、このような情報を収集するのは原理的に不可能であるかもしれない。情報収集に膨大なコストがかかり、しかも集めた情報の信頼性に関する保証はどこにもない。

ミーゼスやハイエクたちの主張の理論的根拠は、現代風というならば、厚生経済学の二つの基本命題に集約されている。分権的な市場を通じて達成される競争均衡配分はパレート効率であり、パレート効率な配分は初期保有の適当な再配分を通じて競争均衡配分となりえるのである。この2命題は、競争メカニズムないしはワルラス対応の配分に関する効率性を記述しているので、配分効率性に関する厚生経済学の基本定理と呼んでもよいであろう。

計画経済論争を受けて、Hurwicz (1960)は、現存する経済体制のみならず、考えられるありとあらゆる経済体制の中から性能のよい経済制度を選択するという枠組みを提示し、今日のメカニズム・デザインの基礎を築いた。

配分効率性に関する厚生経済学の2命題を受けて、メカニズム・デザイナーたちが注目したのは経済主体間にて交わされる情報量であった。まずメカニズムに情報分権性を要求する。たとえば純粋交換経済において、競争メカニズムを用いると、各主体が自らの情報である初期保有および効用関数のみで需要関数を導出できる。このようにその主体の情報のみによってその主体が意思決定できるメカニズムは情報分権的

¹ 本章は展望論文ではあるが、メカニズム・デザインに関する文献を網羅的に紹介するものではない。以下に述べるテーマに焦点を当て、過去の研究や最近の展開を説明したものである。ここでは取り上げなかった他の重要なテーマについては、Maskin (1985), Postlewaite (1985), Hurwicz (1986), Groves-Ledyard (1987), Moore (1992), Palfrey (1992), Barbera (2001), Jackson (2001, 2003), Maskin-Sjöström (2002), 芹澤 (2003), 松島 (2005) などのサーベイ論文を参照されたい。

² 本章と重なりはあるが、より初等的な解説として西條 (1991), 石井=西條=塩沢 (1995)の7章がある。西條 (2004)も参照されたい。

³ 計画経済論争の詳細については、鈴木 (1982)の第1章を参照されたい。

(informationally decentralized)であるという。何らかのメカニズムをデザインし、資源配分を実行する場面を想定しよう。そのメカニズムによる配分はパレート効率であることが望ましい。配分効率性に関する厚生経済学の基本命題によれば、競争メカニズムはそのようなメカニズムである。さらに競争メカニズムは情報分権性も満たす。このパレート効率性と情報分権性を満たし、競争メカニズムよりも性能のよいメカニズムは存在するのだろうか。性能の良さの比較に主体間でどの程度の情報が交わされなければならないのかを考えてみよう。競争メカニズムの場合、主体の間でかわされる情報は価格と数量である。2財の経済では、 $2 \times 2 = 4$ 個の情報の交換が必要である⁴。このようにメッセージ空間の次元で情報量を計るとし、情報分権性を満たしかつパレート効率なメカニズムの中で最小の情報交換を行っているメカニズムを情報効率的であると呼ぶ。そうすると、「競争メカニズムは情報効率的である」という情報効率性に関する厚生経済学の第一命題を得る [Hurwicz (1972a)]。つまり、競争メカニズムよりもより少ない情報の交換でパレート効率性と情報分権性の2条件を満たすメカニズムは存在しないのである。二つの条件に加えて、メカニズムによる配分は初期保有よりも悪くはならないという個人合理性の条件を課すと、「競争メカニズムのみが情報効率的である」という情報効率性に関する厚生経済学の第二命題を得る [Jordan (1982)]。このように、ある社会目標を実現する (realize) メカニズムの情報効率性に注目する理論は、メカニズム・デザインの分野では実現理論 (realization theory) と呼ばれている。実現理論においては、経済主体のインセンティブの問題を捨象し、経済主体の間で交換される情報量のみ注目する⁵。

以上では、競争メカニズムに注目して情報効率性を眺めたが、本来メカニズム・デザイナーたちが注目したのは、競争メカニズムでは対処しえない非古典的な環境である。公共財などの外部性がある場合、将来に関する不確実性がある場合、収穫逓増が支配的である場合などにおいては市場は失敗するのである。たとえば、Hurwicz (1972a) および Calsamiglia (1977) は、収穫逓増が支配的である経済においてパレート効率性と情報分権性を満たすメカニズムのメッセージ空間の次元はかならず無限次元になることを示している。つまり、どんなメカニズムであれ、有限次元のメッセージ空間を用いるメカニズムはパレート効率性ないしは情報分権性を満たさないのである。

競争均衡が存在する古典的な環境および市場が失敗する非古典的な環境における情報効率性に関する性質が明らかになるにつれて、デザイナーたちの関心はインセンティブへと移ることになる。この分野の先駆的な業績は Hurwicz (1972b) である。彼は、配分効率性に関する厚生経済学の命題に疑念を呈し、従来の競争メカニズムに関する

⁴ 各主体が発する情報量は、予算制約式などを用いて (財の個数 - 1) まで少なくすることができる。Hurwicz (1972) および西條 (1995) を参照されたい。

⁵ 実現理論の枠組みおよび 80 年代中期までの主要な成果は Hurwicz (1987) のサーベイ論文が非常に有益である。

理論においては各主体が正直に行動することを暗黙のうちに仮定していた点を指摘した。すなわち、パレート効率性に加えて個人合理性の要求を考慮に入れると、必ずしも正直に行動することが自己の利益の最大化につながらないことを示した。外部性のない古典的な環境においてすらインセンティブの問題があることを指摘したのである。公共財を含む経済においても同様の問題があることを Ledyard-Roberts (1974) が示している。

インセンティブに関するメカニズム・デザインのブレイク・スルーは、Groves-Ledyard の 1977 年の論文である。彼らは公共財が存在する経済において、パレート効率な配分を達成する分権的なメカニズムをデザインするにはじめて成功したのである。つまり、メカニズムによる均衡配分が必ずパレート効率となるのである。古典的な環境においても Schmeidler (1980) がメカニズムのナッシュ均衡配分と競争均衡配分が一致するようなメカニズムのデザインに成功した。このようにメカニズムの均衡配分と社会目標となる配分が一致するとき、そのメカニズムは社会目標を遂行する (implement) という。メカニズム・デザインでは、実現理論との対比でインセンティブを明示的に扱う分野は遂行理論 (implementation theory) と呼ばれている。シュマイドラーの結果は、ワルラス対応はナッシュ遂行できると読み替えられるので、インセンティブに関する厚生経済学の第一命題といえる⁶。経済環境におけるメカニズム・デザインの成果を受けて、社会選択の環境のもとでも、Maskin (1977/1999) がナッシュ遂行するメカニズムの必要十分条件を提示している。経済環境における遂行理論においては、特定の社会目標を与件としてそれを遂行するメカニズムのデザインに注目し、一方、社会選択における遂行理論においては、遂行できる社会目標はどのような性質を持たねばならないのかに注目した。そのため、たとえばマスキンとその後継者たちは各主体が戦略の一部として整数を表明することを要求し、この整数表明を用いることによってメカニズムによる均衡が社会的に望ましい選択肢からはずれることのないようにしている。人工的な整数表明を用いるメカニズム・デザインは、後に Abreu-Matsushima (1992) と Jackson (1992) により批判され、彼らの論文は社会選択論におけるメカニズム・デザイン再考の出発点となった。他方、経済環境におけるほとんどのメカニズム・デザインにおいては、社会目標を固定しているため、整数表明などを各主体に要求しなくとも社会目標の遂行に成功している。

グローブス＝レジャード・メカニズムによる配分はパレート効率ではあるが、個人合理性を満たさない場合がある。だから、パレート効率性と個人合理性を満たすリンドール均衡配分を遂行するメカニズムのデザインの可否が問題となった。これは Hurwicz (1979a), Walker (1981) により肯定的に解決された。しかしながら、これらのメカニズムは、指定する配分が、均衡以外の配分において、各主体の消費可能性集合

⁶ インセンティブに関する厚生経済学の第二命題については、Hurwicz (1979b) および Nagahisa-Suh (1995) を参照されたい。

の外になる，という問題を解決できなかった．メカニズムの指定する配分が各主体の消費可能性集合の中に入らねばならないという個人実行可能性の条件を満たさないのである．さらには，メカニズムの指定する配分が需給バランスを満たしていなければならないというバランス条件やメカニズムの連続性も重要な課題となった．たとえば，Tian-Li (1991)は，これらの諸条件を満たすメカニズムのデザインに成功はしたが，諸条件を課すうちに，メカニズムそのものが非常に不自然なものとなった．すなわち，各主体の間で交換される情報量があまりにも多くなったり，交換する情報に経済学的な意味が付与できなかつたりしている．この点に着目し，できるだけ自然なメカニズムの設計を試みたのが，Sjöström (1991)，Dutta-Sen-Vohra (1995)，Saijo-Tatamitani-Yamato (1996a,b, 1999)の一連の研究である．西條＝豊谷＝大和は，各主体が用いることのできる戦略を価格と数量のみに限定し，均衡においては主体の表明した数量がそのまま消費できるという直裁性の条件，個人実行可能性，バランス条件および最適反応が必ず存在するという最適反応性をメカニズムに課し，これらの条件を満たすメカニズムを自然なメカニズムと呼ぶ．彼らが示したように，自然なメカニズムで遂行できる社会目標はかなり限定されてしまうのである．

グローブス＝レジャード以降の経済環境におけるメカニズム・デザインにおいては，私的財，公共財に関わりなく，パレート効率性，個人合理性，衡平性，公平性などの社会目標の遂行に成功している．換言すれば，これらのメカニズム・デザインにおいては，私的財と公共財のどこが違うのかを明確にできないでいる．この一つの要因として，従来のメカニズム・デザインにおいては，各主体がメカニズムに参加することを暗黙のうちに想定していることに着目したのが Saijo-Yamato (1997, 1999)である．とりわけ，公共財の場合には，メカニズムに参加せずに他の主体が供給する公共財のベネフィットにフリー・ライドできる．すなわち，従来のメカニズム・デザインにおいては，公共財の重要な特質の一つである非排除性を無視していたのである．西條＝大和はこの点を考慮に入れると，公共財の存在する経済においては分権的に社会目標を達成することができないという不可能性定理を提示している．

上記の不可能性定理ゆえに，我々は，分権的な社会の制度をデザインするという手法を放棄せねばならないのだろうか．この問いかけに対する解答のひとつの手がかりが Cason-Saijo-Yamato-Yokotani (2004)と Cason-Saijo-Yamato (2002)の経済実験である．公共財の自発的支払メカニズムにおいて，メカニズムへの参加の自由を認めた実験を実施したところ，被験者たちは進化論的に安定的なナッシュ均衡に到達するよりもむしろ互いに協力をしたのである．さらには，この協力の源泉が被験者間の報復的な行為にあることも判明した．既存の協力に関する理論とは異なり，ある意味で有限期間のうちに協力が創発 (emerge) したのである．

第2節では，社会選択の環境でナッシュ遂行の必要十分条件を示したマスキンの定理およびギバード＝マスキン＝ミューラー＝サタースウェイトの定理を概観する．第

3節では、経済環境において真の効用関数表明が支配戦略となるメカニズムのデザインができないことを示したハーヴィッツの定理、効用関数表明ゲームを断念し公共財経済においてパレート効率性をナッシュ遂行するグローブス＝レジャード・メカニズムを紹介する。第4節では、従来の複雑なメカニズム・デザインの路線とは異なつて、自然なメカニズムでの遂行可能性を探る。第5節では、公共財経済におけるメカニズム・デザインにおいて何が本質的に重要なのかを問い、公共財経済におけるメカニズム・デザインの基本的不可能性定理を提示する⁷。第6節では、第5節の不可能性定理の環境における経済実験の結果を報告する。第7節では、経済環境における社会的選択の分権化の今後の展望を試みる。

2. マスキンの定理

A を選択対象（社会状態）の集合とする。ある町でゴミの処理場の建設を考えているのなら、 A はその候補地の集合である。3節以降の経済環境ならば、エッジワースの箱やコルムの三角形の内部と境界、すなわち、 A は実現可能な配分の集合である。この社会には n 人の主体がいるとし、主体 i は A 上で効用関数 u_i を持っている。主体 i が持ちうる効用関数の集合を U_i 、 U_i の直積を U とする。社会を構成する各主体の効用関数のプロフィール（環境）が $u = (u_1, u_2, \dots, u_n) \in U$ で与えられるとき、それに対応する社会の望ましい状態を記述する多値関数（対応） $F: U \rightarrow A$ を**社会選択対応**と呼ぶ⁸。選挙における多数決ルールや財配分におけるワルラス対応、リンダール対応、衡平対応、公平対応などは社会選択対応の例である。

S_i を主体 i の戦略の集合とし、 S_i の直積を S とする。関数 $g: S \rightarrow A$ を**メカニズム**（ゲーム形式）と呼ぶ。戦略のプロファイル $s = (s_1, s_2, \dots, s_n) \in S$ において、 i 番目の戦略のみを s'_i に変更したものを (s'_i, s_{-i}) とする。戦略のプロファイル s が**ナッシュ均衡**であるというのは、任意の主体 i および任意の $s'_i \in S_i$ に対し、 $u_i(g(s_i, s_{-i})) \geq u_i(g(s'_i, s_{-i}))$ が成立することをいう。ここで真の効用関数のプロフィールが u のとき、ナッシュ均衡戦略の集合を $N_g(u)$ とし、 $N_g: U \rightarrow S$ を**ナッシュ均衡対応**と呼ぶ。この均衡集合 $N_g(u)$ をメカニズム g で評価すると帰結の集合 $g \cdot N_g(u)$ を得る。もし社会選択対応 $F(u)$ と $g \cdot N_g(u)$ が一致するなら、メカニズムにおいて各主体が自己の利益を最大にするという行動の結果、社会的にも望ましい帰結が得られることになる。すなわち、メカニズム g が社会選択対応 F を**ナッシュ遂行**するというのは、任意の u に対し、 $F(u) = g \cdot N_g(u)$ が成立することをいう。遂行問題をマウント・ライターは下図の三角形で示した。

⁷ 第4節と第5、6節は、独立に読むことができる。

⁸ $F: U \rightarrow A$ の2つの矢印は、関数ではなく対応（多値関数）を示す。

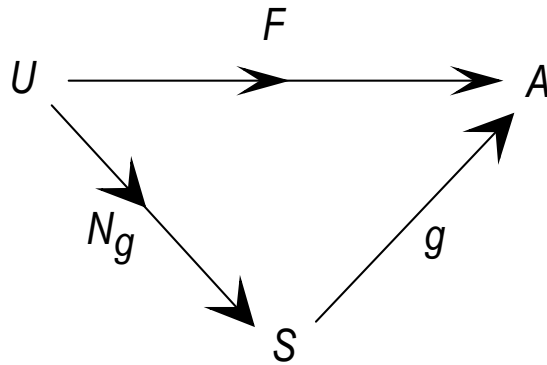


図1 マウンツ・ライターの三角形

ナッシュ遂行問題は、社会選択対応をナッシュ均衡対応とメカニズムに分解できるかどうかに着目する。社会選択環境で、社会選択対応をナッシュ均衡で遂行するための必要条件、十分条件を発見したのがマスキンである。いま、主体 i の効用関数が u_i の時、選択対象 $a \in A$ における弱下位集合 (weak lower contour set) を $L(a, u_i) = \{b \in A : u_i(a) \geq u_i(b)\}$ で示すことにしよう。

マスキン単調性：任意の $u, u' \in U$ ，任意の $a \in F(u)$ について、もしすべての i にとって $L(a, u_i) \subseteq L(a, u'_i)$ ならば、 $a \in F(u')$ である。

拒否権の不在：任意の $a \in A$ ，任意の $u \in U$ について、もし $\#\{i : L(a, u_i) = A\} \geq n - 1$ ならば、 $a \in F(u)$ である。

マスキンの定理 [Maskin (1977/1999)] (a) もし社会選択対応がナッシュ遂行できるとするならば、社会選択対応はマスキン単調性 (Maskin monotonicity) を満たす。

(b) 主体が少なくとも3人いる社会において、もし社会選択対応がマスキン単調性と拒否権の不在 (no veto power) を満たすならば、社会選択対応はナッシュ遂行可能である⁹。

一例として、ワルラス対応がマスキン単調性を満たすことを確認しよう¹⁰。図2のエッジワースの箱において、箱全体が実現可能な配分 A を示している。初期保有が ω のとき、効用関数のプロファイル (u_1, u_2) のもとで、配分 E はワルラス均衡配分である。

⁹ マスキン単調性は、ナッシュ遂行のための必要条件であるが十分条件ではない。ナッシュ遂行のための必要かつ十分条件については、Moore-Repullo (1990), Sjöström (1991), Danilov (1992), Yamato (1992)などを参照せよ。

¹⁰ 正確には、ワルラス均衡配分が実現可能な配分の集合の境界にならない選好のプロファイルの集合に限るならば、ワルラス対応はマスキン単調性を満たす。境界の問題については、Hurwicz-Maskin-Postlewaite (1995)を見よ。マスキン単調性の初等的な解説については、石井＝西條＝塩沢 (1995)のpp.233-4を参照せよ。

なお、図中の矢印は効用の増加の方向を示しており、矢印に付随する番号で主体の番号を示している。ここで、効用関数のプロファイルが (u'_1, u'_2) となるとしよう。 u_1 の E を通る弱下位集合 $L(E, u_1)$ (陰の部分) から $L(E, u'_1)$ (斜線の部分) へと変化し、 $L(E, u_1) \subseteq L(E, u'_1)$ となっている。このことは、 u_1 から u'_1 の変化に伴い E と無差別か E より好ましくない領域が増えていることを示している。すなわち、 u_1 から u'_1 の変化により、 E がより好ましくなっている。主体2も同様である。マスキンの単調性は、このようなとき、 (u'_1, u'_2) のもとでも E がワルラス均衡配分であることを要求する。確かに、 E は (u'_1, u'_2) のもとで、ワルラス均衡配分になっている。

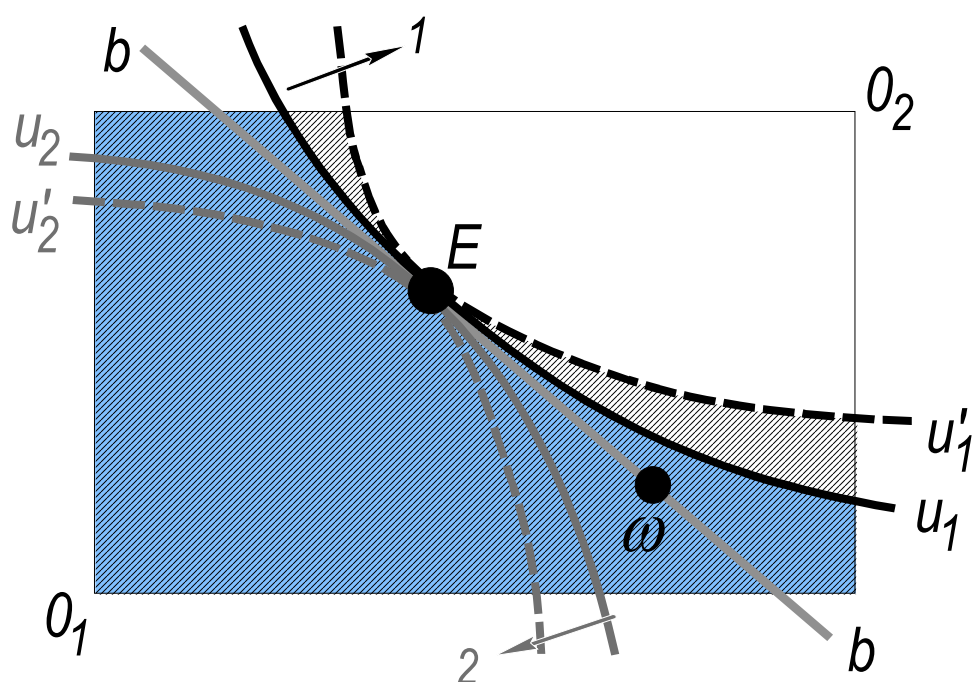


図2 ワルラス対応はマスキンの単調性を満たす

マスキンの単調性がナッシュ遂行性の必要条件となっていることを示そう。まず任意の $u, u' \in U$ と任意の $a \in F(u)$ をとり、すべての i について $L(a, u_i) \subseteq L(a, u'_i)$ であると想定する。 $a \in F(u')$ を示さねばならない。 F はナッシュ遂行されるので、あるメカニズム g が存在し、 $a \in g \cdot N_g(u) = F(u)$ が成立する。それ故、 $g(s) = a$ となる $s \in N_g(u)$ が見つかる。 s は u におけるナッシュ均衡なので、各 i について $g(S_i, s_{-i}) \equiv \{g(s'_i, s_{-i}) : \exists s'_i \in S\} \subseteq L(a, u_i)$ が成立する。前提により $L(a, u_i) \subseteq L(a, u'_i)$ なので、 $g(S_i, s_{-i}) \subseteq L(a, u'_i)$ となり、 s は u' におけるナッシュ均衡にもなっている。すなわち、 $s \in N_g(u')$ 。 F はナッシュ遂行できるので、 $a \in g \cdot N_g(u') = F(u')$ を得る。

ナッシュ遂行性の十分条件として、マスキンは社会選択対応のマスキンの単調性と共に拒否権の不在、すなわち、 a が一番であるという主体が少なくとも $n-1$ 人いる場

合、残りの主体は a が選ばれることを拒否できないという条件を用いた。十分条件の証明は実際にメカニズムを設計することによってなされた¹¹。戦略の集合を $S_i = U \times A \times \{0, 1, \dots, n-1\}$ とし、 $s_i = (t_i, m_i)$ とする。ただし、 t_i は効用関数のプロフィールと選択対象、 m_i は 0 から $n-1$ までの整数とし、メカニズム g を次のように定める。

ルール 1 : もし $t_1 = t_2 = \dots = t_n = (u, a)$ および $a \in F(u)$ ならば、 $g(s_1, s_2, \dots, s_n) = a$ 。

ルール 2 : もし主体 j をのぞいてすべての k について $t_k = (u, a)$ 、 $t_j = (u_j, a_j) \neq (u, a)$ および $a \in F(u)$ ならば、

$$g(s_j, s_{-j}) = a_j \text{ if } a_j \in L(a, u_j) \\ = a \text{ otherwise.}$$

ルール 3 : ルール 1、ルール 2 のどちらにも該当しない場合は、

$$g(s_1, s_2, \dots, s_n) = a_r, \text{ ただし } r = (\sum m_k) \pmod{n} + 1.$$

全員の効用関数のプロフィールと選択対象に関する戦略が一致し、しかも表明された効用関数のプロフィールで評価すると、表明された帰結が社会的に望ましいならば、その帰結を選ぶというのがルール 1 である。ルール 2 においては、一人離脱者がいる場合、帰結はその離脱者の a における弱下位集合の外にはでないように仕組みられている。ルール 3 は例で示そう。3 人の主体の整数の表明が $m_1 = 1$ 、 $m_2 = 2$ 、 $m_3 = 1$ だとすると、その和は、4 となり、4 を 3 で割った余り $(\sum m_k) \pmod{n}$ は 1 である。それゆえ、 $r = 2$ となり、主体 2 はどんな帰結でも選ぶことができるようになる。もちろん主体 2 以外の主体も整数表明を変えることにより、主体 2 と同様に任意の帰結を選び得る。すなわち、ルール 3 は戦略表明に食い違いのある場合がナッシュ均衡にならないように工夫されている¹²。

上記のメカニズム g が実際にマスキング単調性と拒否権の不在を満たす社会選択対応 F をナッシュ遂行する事を確かめるためには、任意の u に対し $g \cdot N_g(u) \supseteq F(u)$ 及び $g \cdot N_g(u) \subseteq F(u)$ を示せばよい。前者は効用関数のプロフィールが u の時、任意に $F(u)$ の中から a を選び、全員が $t_i = (u, a)$ で $a \in F(u)$ を満たす戦略を表明することにより容易に確認できる。この場合、ルール 1 により $g(s) = a$ 。ある主体 i が戦略 s_i を変えたなら

¹¹ 以下のメカニズムはマスキング (1977) のメカニズムそのものではない。Saijo (1985, 1988) を参照されたい。

¹² Abreu-Matsushima (1992) と Jackson (1992) が批判したのはこのルールである。ルール 3 に陥ってしまうと、どの主体も適当に整数を表明することによって他の主体の選ぶ最適な選択肢を阻止できるという連鎖から抜け出せなくなる。

ば、ルール2が適用されるので、 $g(S_i, s_{-i}) = L(a, u_i) = L(g(s), u_i)$ となる。すなわち、 s は g のナッシュ均衡になっている。ここではマスキンの単調性も拒否権の不在も用いていないが、 $g \cdot N_g(u) \subseteq F(u)$ を示す場合には両者が使われる。

次に、任意の u に対し $g \cdot N_g(u) \subseteq F(u)$ を示そう。任意の u 、任意の $\bar{s} = ((t_i, m_i)) \in N_g(u)$ をとる。このとき、 $g(\bar{s}) \in F(u)$ を示さねばならない。以下3つの場合を考える。

ケース1：すべての i について $t_i = (\bar{u}, \bar{a})$ かつ $\bar{a} \in F(\bar{u})$ 。

このとき、ルール1より $g(\bar{s}) = \bar{a}$ 。また、ルール2と \bar{s} がナッシュ均衡であることを用いると、すべての主体 i について、 $L(g(\bar{s}), \bar{u}_i) = g(S_i, \bar{s}_{-i}) \subseteq L(g(\bar{s}), u_i)$ を得る。 $\bar{a} \in F(\bar{u})$ なので、マスキンの単調性を用いると $\bar{a} = g(\bar{s}) \in F(u)$ を得る。

ケース2：すべての i について $t_i = (\bar{u}, \bar{a})$ かつ $\bar{a} \notin F(\bar{u})$ 。

このとき、ルール3より $g(\bar{s}) = \bar{a}$ 。また、ルール3により、すべての i について $g(S_i, \bar{s}_{-i}) = A$ 。 \bar{s} はナッシュ均衡なので、すべての主体 i について、 $A = g(S_i, \bar{s}_{-i}) \subseteq L(g(\bar{s}), u_i)$ となり、 u_i で評価すると \bar{a} が一番となる。それゆえ、拒否権の不在により、 $\bar{a} = g(\bar{s}) \in F(u)$ 。

ケース3：ケース1、2以外の場合。

ケース1、2が満たされていないので、 $t_k \neq t_v$ となる主体 k, v が存在する。ルール3により、 k, v 以外のすべての主体 i については、 $g(S_i, \bar{s}_{-i}) = A$ ¹³。 $t_k \neq t_v$ なので、任意の $j \neq k, v$ について、 $t_k \neq t_j$ ないしは $t_v \neq t_j$ 。一般性を失うことなく $t_k \neq t_j$ とすると、 $g(S_v, \bar{s}_{-v}) = A$ 。それゆえ、拒否権の不在により、 $g(\bar{s}) \in F(u)$ 。

社会選択対応ではなく社会選択関数 f におけるマスキンの定理の含意を定義域を限定しない場合について検討しよう。 A 上のすべての効用関数からなる集合を \tilde{U}_i としよう。このとき、社会選択関数は、どんな効用関数のプロファイルに対しても常に一定の選択対象を選択する、すなわち、社会選択関数が定値関数になることをSaijo (1987)が示した。このことを理解するため、2人の主体、二つの選択対象 a, b を考えよう。各々の主体は、(1) $u_i(a) > u_i(b)$ 、(2) $u_i(a) = u_i(b)$ 、(3) $u_i(b) > u_i(a)$ のどれかである。これら(1)、(2)、(3)のラベルを用いて、例えば(1,1)で両者共に a が b よりも好ましい場合の効用関数のプロファイルを表すとしよう。いま $f(1,1) = a$ と仮定する。このとき、マスキンの単調性により、 $f(2,2) = a$ である。(1,1)、(2,2)以外の効用関数のプロファイル (u_1, u_2) を考えよう。かりに $f(u_1, u_2) = b$ ならば、マスキンの単調性により、 $f(2,2) = b$

¹³ 主体が少なくとも3人いるので、そのような主体 i が存在する。

となるので矛盾。つまり、 $f(u_1, u_2) = a$ でなければならない。ゆえに、どんな効用関数のプロファイルに対しても f は a を選ぶ。同様の議論を通じて、 $f(1, 1) = b$ の場合は、 f は b を選ぶ。社会選択関数が定値関数になるということは、主体の効用関数が社会選択に全く反映されないことを意味する。

選択対象間の無差別性を認めないすべての効用関数からなる集合を \hat{U}_i としよう。このとき、Muller-Satterthwaite (1977) は、マスキン単調性と戦略的操作不能性が同値であることを示した。社会選択関数 f が、任意の u 、任意の i 、任意の u'_i に対し、 $u_i(f(u_i, u_{-i})) \geq u_i(f(u'_i, u_{-i}))$ を満たすならば、 f は**戦略的に操作不能**であるという。すなわち、真の効用関数（効用関数）の表明が支配戦略になっているのである。なお、戦略的操作不能性は**動機整合性**(incentive compatibility)とも呼ばれる。Gibbard (1973), Satterthwaite (1975) は、選択対象が少なくとも3個、主体が少なくとも2人、すべての主体 i にとって $U_i = \hat{U}_i$ 、 $f(U) = A$ ならば¹⁴、 f が戦略的に操作不能であることと f が独裁的であることが同値であることを示した。 f が**独裁的**であるとは、ある主体 i^* が最も好む選択対象が常に選ばれるような社会選択関数のことである。なお、独裁的な社会選択関数をナッシュ遂行するメカニズムは簡単に作れる。よって、以上をまとめると以下の定理を得る。

ギバード＝マスキン＝ミューラー＝サタースウェイトの定理 [Gibbard (1973), Satterthwaite (1975), Maskin (1977/1999), Muller-Satterthwaite (1977)] 選択対象が少なくとも3個、主体が少なくとも2人、すべての主体 i にとって $U_i = \hat{U}_i$ 、 $f(U) = A$ ならば、以下の4つの条件は同値である。

- (1) f は戦略的に操作不能（動機整合的）である；
- (2) f は独裁的である；
- (3) f はマスキン単調である；
- (4) f はナッシュ遂行できる¹⁵。

以上のように、社会選択関数の定義域を限定しない場合には、ナッシュ遂行できる社会選択関数は非常に限定されたもののみで、しかもそれらは決して性能のよい社会選択関数であるとは言い難い。マスキンの定理はナッシュ遂行に関する可能性定理ではあるが、定義域を限定しなければ、不可能性定理というべきである。

マスキンの定理以降、ナッシュ均衡のなかでもっともらしい均衡を選択するという意味でナッシュ均衡のリファインメントに基づく遂行に関する研究が開始された。

¹⁴ここで、 $f(U) = \{f(u) | u \in U\}$ は関数 f の値域を表す。

¹⁵すべての i について $U_i = \tilde{U}_i$ の場合でも、 f が戦略的に操作不能であることとそれが独裁的であることは同値である。たとえば、Peleg (1984) の7.4節を参照されたい。

たとえば、Moore-Repullo (1988)はサブゲーム・パーフェクト均衡、Palfrey-Srivastava (1991)は非支配ナッシュ均衡による遂行の必要・十分条件を発見した。彼らは、定義域などにほぼ条件を付与することなしにほとんどの社会選択対応（関数）を遂行することに成功したのである。また、Matsushima (1988)とAbreu-Sen (1991)は、選択肢上のくじを割り当てる確率的な社会選択対応を考察し、任意の社会選択対応がナッシュ均衡によって近似的に遂行可能（virtually implementable）であることを示している。

これらの結果は可能性定理ではあるが、どんな社会選択対応も遂行できるということは、社会選択対応の集合を遂行性の観点から分類することに失敗しているといえる。社会選択対応の集合を「遂行可能」という一色で染めてしまっているからである。その一因は、社会選択の環境があまりにも一般的すぎる点にある。

社会選択のフレームワークにおける研究とほぼ時を同じくして、経済環境に特化する遂行の研究がなされている。次節以降では、経済的な環境における遂行理論を概観する。

3. 経済環境におけるメカニズム・デザイン

純粋交換経済において動機整合的な社会を設計することは可能であろうか。もし設計者の目的がパレート効率な配分を達成することだけだとするなら簡単である。一人の主体を選び、実現可能な配分のなかでその主体の表明する効用関数で評価してその主体にとってベストの配分をすればよい。選ばれた主体は嘘をいうインセンティブはない。選ばれなかった主体は偽の効用関数表明によって得をしない。つまり、真の効用関数表明が支配戦略となる。選ばれた主体は独裁者であり、その主体以外に非自発的交換を強いることになる。そこで、社会選択対応の選ぶ配分が、各個人にとって初期保有よりも悪くはならないという条件（個人合理性）をパレート効率性に加えると、動機整合的な社会選択対応はあるのだろうか。今日のインセンティブの理論の出発点となったハーヴィッツによる不可能性定理がその解答である。

ハーヴィッツの定理 [Hurwicz (1972b)] 二人の主体から成る純粋交換経済において、パレート効率性、個人合理性および動機整合的な社会選択関数は存在しない¹⁶。

ハーヴィッツの定理の証明を概観する前に、真の効用関数の表明が支配戦略になることと真の効用関数の表明がナッシュ均衡戦略になることが同値であることを確認しておこう¹⁷。動機整合性の定義をみればわかるように、真の効用関数表明が支配戦略

¹⁶ Serizawa (2002)は、この定理が三人以上の主体が存在する場合にも成立することを示している。

¹⁷ Dasgupta-Hammond-Maskin (1979) の定理7.1.1を見よ。

であるならそれがナッシュ均衡戦略になることは自明である。真の効用関数のプロファイル u がナッシュ均衡戦略であるとする、任意の i 、任意の u'_i に対し、 $u_i(f(u_i, u_{-i})) \geq u_i(f(u'_i, u_{-i}))$ を得る。どんな効用関数のプロファイルも真の効用関数のプロファイルになり得るので、真の効用関数表明が支配戦略になる。つまり、真の選好表明にこだわる限り、支配戦略均衡概念からナッシュ均衡概念へと均衡概念を変えたところで動機整合的な社会選択関数の集合が大きくなることに注意しておこう。

Postlewaite (1985) に従ってハーヴィッツの定理の証明を眺めておこう。まず、パレート効率性、個人合理性および動機整合的な社会選択関数が存在するとしよう。図3のようにエッジワースの箱が正方形で、初期保有が ω 、主体1の ω を通る無差別曲線が $\omega-A-B$ で、残りの無差別曲線はこの無差別曲線の A を対角線上 0_1-0_2 上で平行移動したものであるとし、主体2も同じ無差別曲線を持っているとしよう。そうすると、 0_1-0_2 上の配分がパレート効率となり、個人合理性を満たす領域は、 $\omega-A-B-D-\omega$ の境界と内部である。つまり、パレート効率性と個人合理性を同時に満たす配分は、 $A-D$ となる。社会選択関数はパレート効率性と個人合理性を満たすので、 $A-D$ 上のどこかの配分を達成するに違いない。 $A-D$ を箱の中心である C でわけて、その関数が $C-D$ 上の配分、たとえば E 点を選ぶとしよう。その場合には、主体2が破線で示した偽の無差別曲線を表明することにより E よりもよりよい配分を達成できる。主体1の元の無差別曲線と主体2の破線の無差別曲線によるパレート効率性を満たしかつ個人合理性を満たす配分は、 $A-F$ 上の配分となり、これは、主体2にとって E よりもよりよい配分となる。つまり、社会選択関数が動機整合的であることに矛盾することになる。同様に、社会選択関数が $A-C$ 上の配分を選ぶ場合についても矛盾を導くことができる。

公共財の存在する経済においてパレート効率性・個人合理性を満たす配分を実現するメカニズムの設計は長い間、経済学のオープン・クエスチョンとして残されていた²⁰。この問題にたいする最初のブレイク・スルーが、Groves-Ledyard (1977)のメカニズムである。彼らのアイデアは、彼らのメカニズムそのものではないが、Hurwicz (1986)に従って次のメカニズムで示すことができる。1つの公共財 y 、1つの私的財 x 、線形の公共財の生産関数 $y = f(x) = x$ 、微分可能な効用関数 $u_i(x_i, y)$ を持つ3人の主体から構成される経済を考えよう。初期保有量として各主体は ω_i の私的財を持っているとし、公共財の初期保有はゼロとする。各々の主体の戦略集合を実数の集合 $S_i = \mathfrak{R}$ とし、表明された実数のプロフィール $s = (s_1, s_2, s_3)$ に従って公共財の水準 $y(s)$ と各主体に課される税 $t_i(s)$ が以下のメカニズムによって決定される。

$$\begin{aligned} y(s) &= (s_1 + s_2 + s_3)^2 \\ t_1(s) &= s_1^2 + 2s_2s_3 \\ t_2(s) &= s_2^2 + 2s_1s_3 \\ t_3(s) &= s_3^2 + 2s_1s_2 \end{aligned}$$

任意の s に対し、バランス条件

$$y(s) = (s_1 + s_2 + s_3)^2 = t_1(s) + t_2(s) + t_3(s)$$

が成立しているので、税収入でちょうど公共財の供給ができる。内点解を想定し、効用関数に上記のメカニズムを代入して、ナッシュ均衡を求めてみよう。すると一階の必要条件は、

$$\frac{\partial u_i(w_i - t_i(s), y(s))}{\partial s_i} = \frac{\partial u_i}{\partial x_i}(-2s_i) + \frac{\partial u_i}{\partial y} 2(s_1 + s_2 + s_3) = 0$$

となる。ここで、各主体の限界代替率を足し合わせると、

$$\frac{\partial u_1}{\partial y} \Big/ \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial y} \Big/ \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{\partial u_3}{\partial y} \Big/ \frac{\partial u_3}{\partial x_3} = 1$$

を得る。すなわち、パレート効率性の必要条件であるサミュエルソン条件である。公

²⁰ Clarke (1971)は、公共プロジェクトを実行するか否かを決定する方法として「ピボタル・メカニズム」を提唱した。このメカニズムは動機整合性を満たし、各主体にとって真の純便益を報告するのが唯一つの支配戦略となるという利点を持つ。しかしながら、パレート効率性や個人合理性は満たされない。また、ピボタル・メカニズムの実験では、被験者の多くが支配戦略を見つけることができず、真の純便益を報告していない。より詳しくは7節を参照せよ。

公共財がある経済においては、フリー・ライディングゆえに過小供給がおりパレート効率的な公共財水準は達成できないとされていたが、グローブス＝レジャード・メカニズム（GLメカニズムと略）はパレート効率的な公共財水準をナッシュ均衡で遂行することに成功したのである。ただ、GLメカニズムでは、初期保有よりも悪い財配分になるような主体が出現する可能性がある。

公共財経済においてパレート効率性に加えて個人合理性を満たす例はリンダール対応である。リンダール均衡配分は、実現可能な配分集合の内部でマスキンの単調性と拒否権の不在を満たす。だから実現可能な配分集合の内部でリンダール対応はナッシュ遂行可能である。マスキンの定理におけるメカニズムは抽象的な社会選択環境で構築されたものであり、経済的な構造を導入するとかなり簡単なメカニズムが構築されることをHurwicz (1979a), Walker (1981)が示している。ここでは、ウォーカー・メカニズムをさきのGLメカニズムと同じ環境で n 人の場合について紹介しよう。各主体の戦略集合を実数の集合とし、メカニズムを次のように定める。

$$y(s) = \sum_i s_i \quad \text{および} \quad t_i(s) = (1/n + s_{i+2} - s_{i+1})y(s).$$

ただし $n \geq 3$, $n+2=2$, $n+1=1$ とする。ここで $p_i(s) = 1/n + s_{i+2} - s_{i+1}$ とすると、主体 i の問題は、制約 $x_i(s) + p_i(s)y(s) = w_i$ のもとで効用関数を最大化することに帰着する。各主体は戦略を変更することによって自由に公共財の水準を選べるが、 $p_i(s)$ は他の主体の戦略によって決められているので変更することができない。すなわち $p_i(s)$ はリンダール価格に対応している。さらに任意の s に対し $\sum_i t_i(s) = y(s)$ なのでバランス条件も満たされている。ウォーカー・メカニズムの均衡配分はリンダール均衡配分である。逆にどんなリンダール均衡配分もウォーカー・メカニズムで実現できる。

しかし、ウォーカー・メカニズムでは、ある戦略の下で、主体の受け取る消費バンドルが彼の消費集合に入っていない可能性がある。すなわち、ウォーカー・メカニズムは**個人実行可能性(individual feasibility)**を満たさない。さらに、GLメカニズムも個人実行可能性を満たさない。個人実行可能性とバランス条件を満たしリンダール対応を遂行するメカニズムはHurwicz-Maskin-Postlewaite (1995), McKelvey (1989), Tian-Li (1991)らによって設計されている。これらのメカニズムは公共財が存在しないケースでも使用でき、その場合にはワルラス対応を遂行する。私的財のみが存在する経済に焦点をしばり、Chakravorty (1991), Tian (1992), Hong (1995)などは個人実行可能性とバランス条件を満たしワルラス対応を遂行するメカニズムを開発している。

4. 自然な遂行

第2節で述べたマスキンの定理の証明で用いられたメカニズムでは、各主体は自身の選好、他の人の選好、配分、および整数値を表明することを要求されていた。つまり各主体がすべての人に関する情報を伝達せねばならない。さらに経済的環境の下では選好の集合は通常無限次元である。これに対して、第3節で述べたグローブス＝レジャード・メカニズムやウォーカー・メカニズムの戦略集合の次元は有限で、各主体は一つの実数値を表明するだけでよい。しかし、マスキンのメカニズムのように彼らのメカニズムの戦略集合の経済的意味は明確ではない。また、彼らのメカニズムはある特定の社会選択対応だけを遂行するものであり、他の対応が遂行可能かどうかについてはわからない。この節では、これらの点を考慮に入れ、各主体の戦略集合が有限次元であり、その経済的意味が明確に解釈できるという条件を満たすようなメカニズムによって、どのような社会選択対応が遂行可能かという問題を吟味しよう。

以下では l 個の私的財、 n 人から成る純粋交換経済を考察する。 $I = \{1, 2, \dots, n\}$ を主体の集合とする。各主体 i の消費可能性集合は \mathfrak{R}_+^l 、 i の初期保有は $\omega_i \in \mathfrak{R}_+^l$ 、 i の選好は準凹性、強単調性、および微分可能性を満たす効用関数 $u_i: \mathfrak{R}_+^l \rightarrow \mathfrak{R}$ で表される。 $\Omega \equiv \sum_{i \in I} \omega_i \in \mathfrak{R}_+^{ln}$ を経済全体の初期保有としよう。実行可能な配分の集合は、 $A \equiv \{x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}_+^{ln} \mid \sum_{i \in I} x_i = \Omega\}$ である。ここで自由処分性(free disposal)は仮定されていない事に注意しよう。また、社会選択対応 F は常にエッジワースの箱の内点にあるパレート効率な配分を割り当てるものとする。 $x \in F(u)$ を u の下で F -最適な配分と呼ぼう。

効用関数 u_i の x_i における勾配ベクトルを $Du_i(x_i)$ で表そう。ただし、ベクトル $Du_i(x_i)$ は $l-1$ 次元単体 $\Delta \equiv \{p \in \mathfrak{R}_+^l \mid \sum_{j=1}^l p_j = 1\}$ に属するように正規化されたものとする。 $x \in \mathfrak{R}_+^{ln}$ と $u \in U$ について、 $\Pi(x, u) \equiv \{p \in \Delta \mid p = Du_i(x_i) \forall i \in I\}$ としよう。もし $x \in F(u)$ であれば、 x はパレート効率な配分でエッジワースの箱の内点にあるので、 $\Pi(x, u)$ はただ一つの要素からなり、 $\Pi(x, u)$ は x の下での u に関する一意な共通の限界代替率を表す。

戦略集合が有限次元であり、その経済的意味が明確に解釈できるメカニズムの一つとして、各主体が財の価格ベクトルと自分の消費バンドルを表明する**価格数量メカニズム**を考えよう。各主体 i の戦略集合を $S_i = \Delta \times Q$ とし、 $s_i = (p_i, x_i) \in S_i$ とする。ここで $Q \equiv \{x_i \in \mathfrak{R}_+^l \mid x_i \leq \Omega\}$ である。各主体の戦略 p_i と x_i に明確な経済的意味を与えるために、以下の条件をメカニズムに要求しよう。いま配分 x が効用関数のプロファイル u の下で F -最適であったとする。もし各主体 $i \in I$ が、 u の下での x における共通の限界代替率ベクトル p と自分の消費バンドル x_i を表明したならば、戦略プロファイルは u の下でナッシュ均衡を構成し、各主体は自分が表明したバンドル x_i を受け取る時、メカニズムは**直裁性**(forthrightness)を満たすという²¹。均衡戦略プロファイルの帰結を簡単

²¹ つまり、任意の $u \in U$ 、任意の $x \in F(u)$ について、もし $\Pi(x, u) = \{p\}$ でかつすべての i について

に計算できるという点で、直裁性を満たすメカニズムは「単純」である²²。

メカニズムが実行可能な配分を常に割り当てることを保証するために、各主体が自分の消費可能性集合に属するバンドルを常に受け取るという**個人実行可能性**と、主体の受け取る消費バンドルの和が初期保有の和に常に等しいという**バランス条件**をメカニズムに要求する。さらに、各主体は他の主体の戦略の組み合わせに対して最適反応を常に持つという**最適反応性 (best response property)**をメカニズムに要求する。この条件はナッシュ均衡を均衡概念として用いることを正当化するために必要となる²³。直裁性、個人実行可能性、バランス条件、最適反応性を満たす価格数量メカニズムを**自然な価格数量メカニズム**と呼ぼう。

Saijo-Tatamitani-Yamato (1996a)は、社会選択対応を自然な価格数量メカニズムでナッシュ遂行するための必要条件と十分条件を発見した。戦略空間に何ら条件を課さない場合にはマスクン単調性が遂行可能性の必要条件であった。では自然な価格数量メカニズムによる遂行可能性の必要条件とは何だろうか。いま、ある社会選択対応 F が自然な価格数量メカニズム g で遂行されるとしよう。任意の効用関数のプロファイル $u \in U$ と任意の F -最適な配分 $x \in F(u)$ をとり、 u に関する x における限界代替率 $\Pi(x, u)$ を p と表そう。いま、各主体 i が $s_i = (p, x_i)$ を表明したとしよう。この時、直裁性より $s \in N_g(u)$ でかつ $g(s) = x$ である。 s は u におけるナッシュ均衡なので、各 i について $g_i(S_i, s_{-i}) \subseteq L(x, u_i)$ が成立しなければならない。価格数量メカニズムでは、メカニズム・デザイナーは弱下位集合に関する完全な情報を得ることはできず、 x における限界代替率 p を知ることができるだけである。これ故、メカニズム・デザイナーは、 x が F -最適でかつ x の下での限界代替率が p であるようなすべての効用関数のプロファイルを考慮しなければならない。いま、このような効用関数のプロファイルの集合を $F^{-1}(x, u) \equiv \{u' \in U \mid x \in F(u') \text{ かつ } \Pi(x, u') = \Pi(x, u) = \{p\}\}$ と表そう。すると、任意の $u' \in F^{-1}(x, u)$ に関して、直裁性より $s \in N_g(u')$ となり、各 i について $g_i(S_i, s_{-i}) \subseteq L(x, u'_i)$ である。よって、すべての $u' \in F^{-1}(x, u)$ に関する弱下位集合 $L(x, u'_i)$ の積集合を $A_i^F(x, u) \equiv \bigcap_{u' \in F^{-1}(x, u)} L(x, u'_i)$ とすると、 $g_i(S_i, s_{-i}) \subseteq A_i^F(x, u)$ が成立する。さて、いま、ある u^* の下

$s_i = (p, x_i)$ ならば、 $s \in N_g(u)$ でかつ $g(s) = x$ である。内点解と微分可能性の仮定を外した場合には、共通の限界代替率は一意に決まるとは限らず、したがって直裁性の定義も変更を必要とする。この点については、Saijo-Tatamitani-Yamato (1999)を見よ。

²² 直裁性を満たさないメカニズムでは、有限次元の戦略集合はより小さい戦略集合に縮小することができる、つまり、「インフォメーション・スマグリング(information smuggling)」が可能となる(Dutta-Sen-Vohra (1995))。このようなメカニズムでは、均衡戦略プロファイルの帰結を得るために複雑な計算が必要となる。インフォメーション・スマグリングの問題については、Hurwicz (1972a, 1972b), Mount-Reiter (1974), Reichelstein-Reiter (1988), Chakravorti (1991)などを見よ。

²³ 最適反応性の条件はJackson-Palfrey-Srivastava (1994)に導入された。最適反応性を満たさないメカニズムの例とその問題点については、Dutta-Sen (1991)を参照せよ。

で、各 i について $A_i^F(x, u) \subseteq L(x, u_i^*)$ であったとしよう。この時、各 i について $g_i(S_i, s_{-i}) \subseteq L(x, u_i^*)$ なので、 s は u^* の下でもナッシュ均衡となっている。遂行性より、 $g(s) = x$ は u^* の下でも F -最適でなければならない。以上のことから、社会選択対応が自然な価格数量メカニズムで遂行可能であるならば、次の条件を満たさねばならないことがわかる。

条件M: 任意の $u, u^* \in U$, 任意の $x \in F(u)$, 任意の $i \in I$ について、 $A_i^F(x, u) \subseteq L(x, u_i^*)$ ならば、 $x \in F(u^*)$ である²⁴。

一例として、パレート対応 P が条件Mを満たすことを確認しよう。図4のエッジワースの箱において、効用関数のプロファイル $u = (u_1, u_2)$ のもとで、配分 x はパレート効率配分 $x \in P(u)$ で、 u に関する x における限界代替率 $\Pi(x, u)$ は p である。まず、集合 $A_1^P(x, u)$ の形状がどうなるかを検討しよう。例えば、効用関数のプロファイル $u' = (u'_1, u'_2)$ のもとでも、配分 x はパレート効率配分で、 u' に関する x における限界代替率も p である、つまり、 $u' \in F^{-1}(x, u)$ 。このような効用関数のプロファイルをすべて考慮し、主体1の弱下位集合の積をとったものが $A_1^P(x, u)$ であり、それは図4の領域 0_1CDE (斜線の部分) である。同様に、主体2に関する集合 $A_2^P(x, u)$ は、図5の領域 0_2BCD である。

次に、図5で表されるような効用関数のプロファイル $u^* = (u_1^*, u_2^*)$ を考えよう。ここで、 $A_1^F(x, u) \subseteq L(x, u_1^*)$ かつ $A_2^F(x, u) \subseteq L(x, u_2^*)$ が成立していることに注意しよう。条件Mは、このようなとき、 $u^* = (u_1^*, u_2^*)$ のもとでも x がパレート効率配分であることを要求する。確かに、 x は $u^* = (u_1^*, u_2^*)$ のもとでもパレート効率配分になっている。

²⁴ $x \in F(u^*)$ かつ $\Pi(x, u^*) \neq \Pi(x, u)$ であるような $u^* \in U$ については、 $u^* \notin F^{-1}(x, u)$ となり、任意の $i \in I$ について $A_i^F(x, u) \subseteq L(x, u_i^*)$ が成立しない可能性があることに注意しよう。

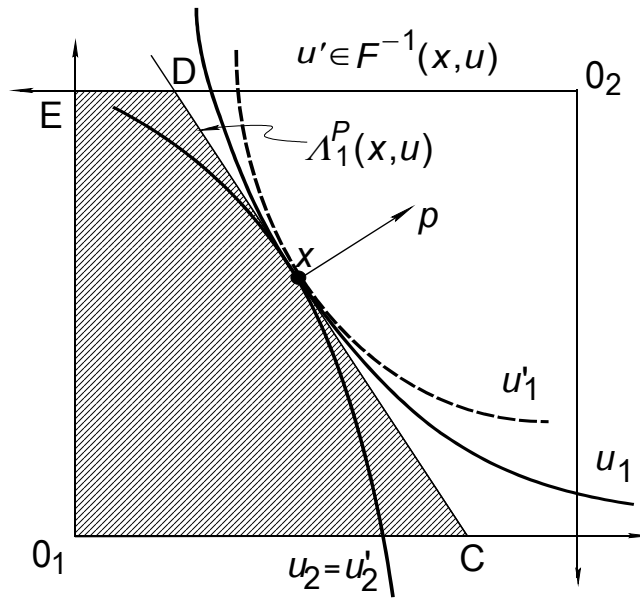


図4 $A_1^P(x, u)$ の形状：パレート対応

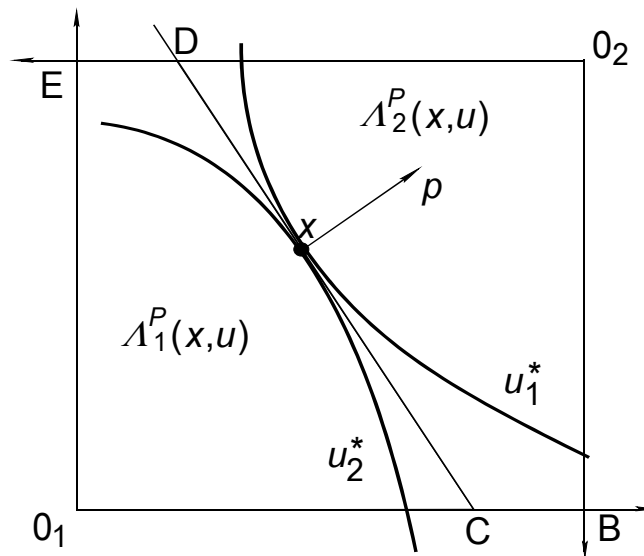


図5 パレート対応は条件Mを満たす

集合 $A_i^F(x, u)$ の形状は社会選択対応 F によって異なる。図4の斜線部で示すように、パレート対応 P に関する集合 $A_i^P(x, u)$ は、 x_i を通り $p = Du_i(x_i)$ を法線ベクトルとする閉半空間とエッジワースの箱の共通部分となる。ワルラス対応についても同様である。他方、図6は主体の数が3である場合の公平対応 NP に関する集合 $A_1^{NP}(x, u)$ を例示している²⁵。集合 $A_1^{NP}(x, u)$ は領域 $0_1 Ax_2 Bx_1 Cx_3 D$ である。この集合は、 x_i を通り $p =$

²⁵ 配分 x が以下の二つの条件を満たす時、 x は公平である (fair) と呼ばれる。(a) 各主体 i にとって、

$Du_i(x_i)$ を法線ベクトルとする閉半区間に比べて、より正確に弱下位集合を近似している。

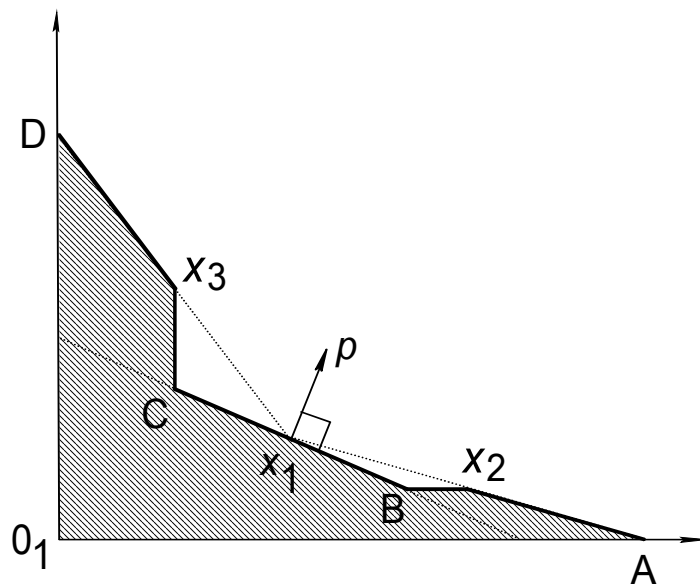


図6 $A_1^{NP}(x, u)$ の形状：公平対応

条件Mは自然な価格数量メカニズムによる遂行のための必要条件であるが、それだけでは十分条件とはならない。マスキンの定理の証明と同様に、十分性の証明はメカニズムを実際に設計することによってなされる。価格数量メカニズムを設計する際に生じる重要な問題は、各主体が同じ価格ベクトルを表明しているのだが、表明された数量に基づく配分が実行可能でない時、誰にペナルティーを与え処罰すべきかということである。

いま、一例として $n=3$, $s_i=(p, x_i)$, $i=1,2,3$, $x=(x_1, x_2, x_3) \notin A$ とする。また、主体2と3は表明した消費バンドルを受け取り、主体1は残りを受け取る配分 $((\Omega - x_2 - x_3), x_2, x_3)$ が、ある効用関数のプロファイル u' について F -最適でかつこの配分における限界代替率が p であるとする。他方、配分 $(x_1, (\Omega - x_1 - x_3), x_3)$ と $(x_1, x_2, (\Omega - x_1 - x_2))$ については、 F -最適でかつ限界代替率が p であるような効用関数のプロファイルが存在しないとする。この時、ルールを適用するメカニズム・デザイナーは、主体1が x_1 よりもむしろ $(\Omega - x_2 - x_3)$ を表明すべきであると考えている。よって、この場合、主体1は処罰されるべきである、つまり、主体1が x_1 を表明した時に得られる効用は、彼が $(\Omega - x_2 - x_3)$ を表明した時の効用よりも小さくなければならない。このような主体を「潜在的逸脱者(potential deviator)」と呼ぼう。この場合、主体1

自分が受け取る消費バンドル x_i が他の人 $j \neq i$ が受け取る消費バンドル x_j と無差別であるかもしくはより好ましい。(b) x がパレート効率である。条件(a)は「公平性の条件」と呼ばれる。

だけが潜在的逸脱者なので、彼に何も与えないことによって簡単に処罰できる。

しかし、すべての人が潜在的逸脱者となる場合、つまり、三つの配分 $((\Omega - x_2 - x_3), x_2, x_3)$, $(x_1, (\Omega - x_1 - x_3), x_3)$, $(x_1, x_2, (\Omega - x_1 - x_2))$ の各々について、 F -最適でかつ限界代替率が p であるような効用関数のプロファイルが存在する場合にはどうすればよいであろうか？この場合、全員を同時に処罰しなければならないが、全員に何も与えないという簡単な処罰方法は使用できない。なぜなら、財の自由処分は許されず、バランス条件が満たされねばならないからである。よって、全員が潜在的逸脱者の場合には、全員を同時に処罰できるような実行可能な配分の存在が必要となる。さらに、もしこの処罰配分がある効用関数のプロファイル u^* の下で均衡配分であった場合には、遂行性より、それは u^* の下で F -最適でなければならない。

上記の条件を一般的に定義しよう。 $p \in \Delta$ と $x = (x_i)_{i \in I} \in Q \times \dots \times Q$ に関して、 $F^{-1}(x, p) \equiv \{u' \in U \mid x \in F(u') \text{ かつ } \{p\} = \Pi(x, u')\}$, $A_i^F(x, p) \equiv \bigcap_{u' \in F^{-1}(x, p)} L(x, u'_i)$ としよう。また、潜在的逸脱者の集合を $I(p, x) \equiv \{i \in I \mid F^{-1}(((\Omega - \sum_{j \neq i} x_j), x_{-i}), p) \neq \emptyset\}$ で表そう。

条件PQ: $I(p, x) = I$ を満たす任意の $(p, x) \in \Delta \times Q \times \dots \times Q$ について、以下の二つの条件を満たす実行可能な配分 $z(p, x) \in A$ が存在する。(i) 各 $i \in I$ について、 $z_i(p, x) \in A_i^F(((\Omega - \sum_{j \neq i} x_j), x_{-i}), p)$ である。(ii) もし、各 $i \in I$ について、 $A_i^F(((\Omega - \sum_{j \neq i} x_j), x_{-i}), p) \subseteq L(z_i(p, x), u_i^*)$ を満たす $u^* \in U$ が存在したならば、 $z(p, x) \in F(u^*)$ である。

条件Mと条件PQは自然な価格数量メカニズムによる遂行のための必要かつ十分条件となる。

定理 1 [Saijo-Tatamitani-Yamato (1996a)] 主体が少なくとも 3 人いる交換経済において、パレート効率性を満たす社会選択対応 F が自然な価格数量メカニズムで遂行可能である時かつその時のみ F は条件Mと条件PQを満たす²⁶。

ワルラス対応と公平対応は条件Mと条件PQを満たし、それらは自然な価格数量メカニズムで遂行できる。しかし、パレート対応は条件PQを満たさない²⁷。よって、パレート対応はマスキンの選好表明メカニズムで遂行できるが、自然な価格数量メカニズムでは遂行できない。

²⁶ 定理 1 の証明は、Saijo-Tatamitani-Yamato (1996a) を見よ。定理 1 の十分性の証明で用いられたメカニズムでも、マスキンのメカニズムのルール 3 と同様の手法が用いられている。Sjöström (1996) はこのような不自然な手法を排除することに成功したが、彼のメカニズムはバランス条件や最適反応性を満たさないという問題点がある。これらの条件の間にはどのようなトレード・オフがあるのかを吟味することは残された課題の一つである。

²⁷ これらの証明については、Saijo-Tatamitani-Yamato (1996a) を見よ。

もし、各主体が、価格ベクトルと自分の消費バンドルに加えて、他のひとりの消費バンドルを表明するならば、遂行可能な社会選択対応のクラスは大きくなる。例えば、パレート対応はこのような**自然な価格数量²メカニズム**で遂行できる。しかし、各主体に三つ以上の消費バンドルを表明させても、遂行可能性には全く影響がない、つまり、各主体が価格ベクトルと配分を表明する**自然な価格配分メカニズム**で遂行可能な対応のクラスは、自然な価格数量²メカニズムで遂行可能な対応のクラスと同じである。

一方、各主体が自分の消費バンドルだけを表明し、価格ベクトルは表明しない**自然な数量メカニズム**で遂行可能な社会選択対応のクラスは非常に小さくなる。公正対応、財の数が3以上の場合のワルラス対応²⁸、コア対応、パレート対応などパレート効率性を満たす多くの対応は、自然な数量メカニズムで遂行できない。これらの対応は、各主体が自分の消費バンドルに加えて、他のひとりの人の消費バンドルを表明する**自然な数量²メカニズム**でも遂行できない。自然な数量メカニズムで遂行できないが、自然な数量²メカニズムで遂行できる興味ある対応は、**衡平対応 (no-envy correspondence)**だけである。また、各主体が配分を表明する**自然な配分メカニズム**で遂行可能な社会選択対応のクラスは、自然な数量²メカニズムで遂行可能な社会選択対応のクラスと同じである。

このように、各主体が価格ベクトルを表明するか否かによって遂行可能性は大きく異なるのである。パレート効率性を満たす対応を遂行するためには、各主体はメカニズム・デザイナーに、限界代替率などの無差別曲線に関する局所的情報を伝える必要がある。これは、各主体に価格ベクトルを表明させることによって可能となる。

公共財の存在する経済に関しては、Dutta-Sen-Vohra (1995)が価格数量メカニズムによる遂行可能性の必要・十分条件を発見している。例えば、リンダール対応は彼らの価格数量メカニズムで遂行できる。

単純で自然なメカニズムによる遂行問題は、さまざまな経済モデルについて吟味されている。生産経済に関しては、Yoshihara (2000), Yamada-Yoshihara (2004), Tian (2005), 共有地問題については、Shin-Sue (1997), Yoshihara (1999), Corchón-Puy (2002), 私的財と公共財が存在する一般的な生産経済に関しては、Duggan (2003)による研究がある。また、多段階から成るメカニズムを用いた、サブゲーム・パーフェクト均衡のもとでの自然な遂行についても、Jackson-Palfrey (1998), Brusco-Jackson (1999), Kaplan-Wettstein (2000), Chakravorti-Conley-Taub (2002), Miyagawa (2002a), Samejima (2003a)など数多くの研究が行われている。さらに、一般的な環境での自然な遂行の研究としては、Miyagawa (2002b), Peleg-Winter (2002), Gaspart (2003)などがある。

²⁸ 財の数が2の場合には、数量の表明から価格に関する情報を知ることができ、ワルラス対応は遂行可能である。

5. 公共財の存在する経済におけるメカニズム・デザインの根本的問題

これまでの研究においては、公共財がある経済、私的財のみの経済の両者のメカニズム・デザインにおいて、基本的にはほとんど差異がでていない。換言すれば、公共財が存在する経済におけるグローブス＝レジャード以降の一連のメカニズム・デザインは、公共財の存在をモデルに反映していないと考えられる。問題となる点は、これまでのメカニズムにおいては、社会の成員が全員メカニズムに参加することを暗黙のうちに想定されていたことである。しかし、社会の成員が自由にメカニズムに参加するか否かを決定できる場合には、メカニズムに参加した人たちが作った公共財を、メカニズムに参加しない人も享受できるということを考慮に入れる必要がある。

また、メカニズムを作成した主体が、メカニズムに必ず参加するとは限らない。たとえば、国際公共財の供給に関する国際条約は条約署名国が必ずしも批准国になるとは限らない。例えば、地球温暖化を引き起こす二酸化炭素などの「温室効果ガス」という国際公共財を削減する目的で作成されたメカニズムとして「京都議定書」を考えよう。米国は世界最大の温室効果ガス排出国である。しかしながら、米国は議定書に署名しているものの、批准するつもりがない。批准（参加）しなければ議定書に従う必要がなく、他の批准（参加）国による「温室効果ガスの削減」にただ乗りできる。このため、たとえ議定書が発効したとしても米国の参加なしに大きな効力はない。このように、不参加によるただ乗りの問題は、国際公共財の供給に関する国際条約において特に重要である²⁹。

Saijo-Yamato (1997, 1999)は、メカニズムに参加の自由が認められたケースについて考察し、各主体が自発的に参加するインセンティブを常に持つメカニズムを設計することは不可能であることを示した。以下では、この不可能性定理を例示するために、「自発的支払メカニズム(the voluntary contribution mechanism)」を考察する³⁰。

一つの私的財、一つの公共財、二人の主体から成る経済を考えよう。各主体 i の消費バンドルは $(x_i, y) \in \mathbb{R}_+^2$ で表される。ここで、 x_i は主体 i の私的財の消費水準、 y は公共財の水準を表す。また、各主体 i の私的財の初期保有量を ω_i 、公共財の初期保有量を ω_y で表わそう。公共財は私的財から収穫一定の生産技術を用いて生産することができ、 $y = f(x) = x$ を公共財の生産関数とする。主体 i の私的財の公共財への支払額を c_i とすると、 $x_i = \omega_i - c_i$ 、 $y = c_1 + c_2 + \omega_y$ となる。二人の主体の選好は同じで、コブ＝ダグラス型の効用関数 $u_i(x_i, y) = x_i^\alpha y^{1-\alpha}$ を単調変換した効用関数

$$\{(\omega_i - c_i)^\alpha (c_1 + c_2 + \omega_y)^{1-\alpha}\}^{4.45} / 50 + 500 \quad (0 < \alpha < 1)$$

²⁹ 参加の自由を認めるメカニズムは数多くある。例えば、合法であるかどうかを別として、公共放送の受信料の支払いは各家庭にゆだねられている。

³⁰ 自発的支払メカニズムについては、石井＝西條＝塩澤 (1995) の pp.243-9 を参照せよ。

で表されるものとする。各主体 i の初期保有も同じで $(\omega_i, \omega_y) = (24, 3)$ とする。ここでは、初期保有や生産関数は知られているが、選好パラメータ α の本当の値は知られていない状況を分析する。

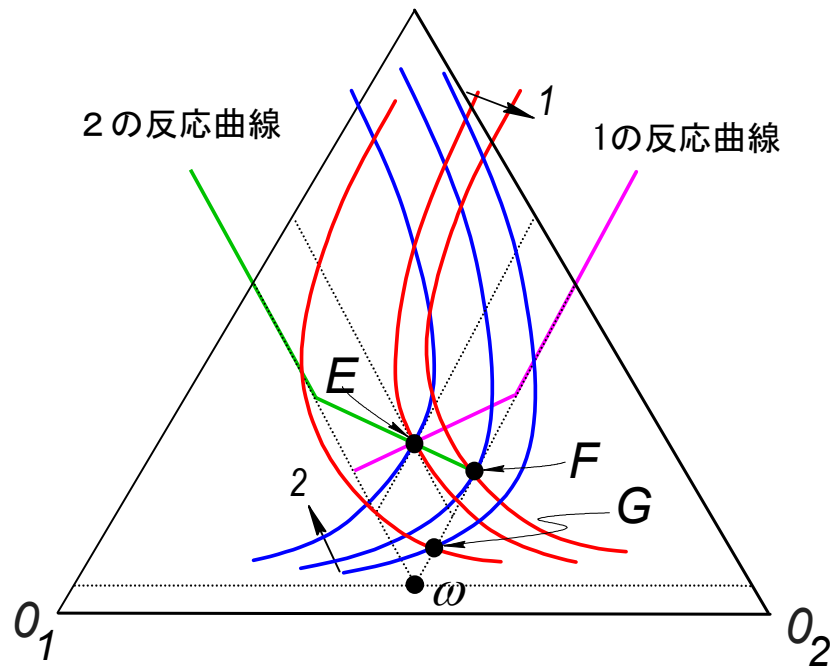


図7 参加のインセンティブとスパイト

これまでの自発的支払メカニズムに関する研究では、メカニズムへ参加することを各主体は強制されていた。他方、ここではメカニズムへの参加の自由を各主体に認めたケースを考察する。実はこの場合、各主体が自発的支払メカニズムに参加するインセンティブを常に持つとは限らないのである。図7は、コルムの三角形を使って、この事実を例示したものである³¹。いま、 $\alpha = 0.47$ としよう。自発的支払メカニズムでは、各主体は他の主体の支払額を与件として、自分の効用を最大にするように自分の支払額を決める。二人とも自発的支払メカニズムに参加した時のナッシュ均衡配分は、二人の反応曲線の交点Eである。均衡における各主体の支払額は $c_i = 7.69$ 、私的財の消費量は $x_i = 16.31$ 、公共財の供給量は $y = 18.38$ である。一方、点Fは、主体1はメカニズムに参加しないが主体2は参加する場合における均衡配分を表している。均衡における主体2の支払額は $c_2 = 11.31$ 、公共財の供給量は $y = 14.31$ である。主体1は自分の私的財の初期保有と、主体2の支払によって供給される公共財を享受できる。いま、点Eにおける主体1の効用 $u_1(16.31, 18.38) = 7345$ は、点Fにおける彼の効用 $u_1(24, 14.31)$

³¹ コルムの三角形については、石井＝西條＝塩澤 (1995)のpp.212-7を参照せよ。

= 8278よりも小さいので、主体2がメカニズムに参加する時、主体1は参加しないであろう。同じことは主体2についても成立する。

このようにメカニズムに参加しないインセンティブが働くケースは、希なケースではない。事実、二人経済においては α の値が0.39よりも大きければ、各主体は自発的支払メカニズムに参加するより参加しない方がより高い効用を得ることを示せる。参加を強制した時の均衡が自発的参加を認めた時には達成できないのである。つまり、自発的支払メカニズムは、その名前に反して、本来の意味で「自発的」ではなかったのである。

参加の自由を認めた場合の自発的支払メカニズムは、図8の2段階ゲームで表せる。第一ステージでは各主体は自発的支払メカニズムに参加するか否かを決定する。第二ステージでは、第一ステージで各主体が参加するか否かを知った後で、第一ステージで参加することを選択した人たちが公共財への支払額を決定する。この2段階ゲームのサブゲーム・パーフェクト均衡を検討しよう。第二ステージでナッシュ均衡が実現されるものとする、第一ステージの参加の決定に関する利得表は表1で与えられる。

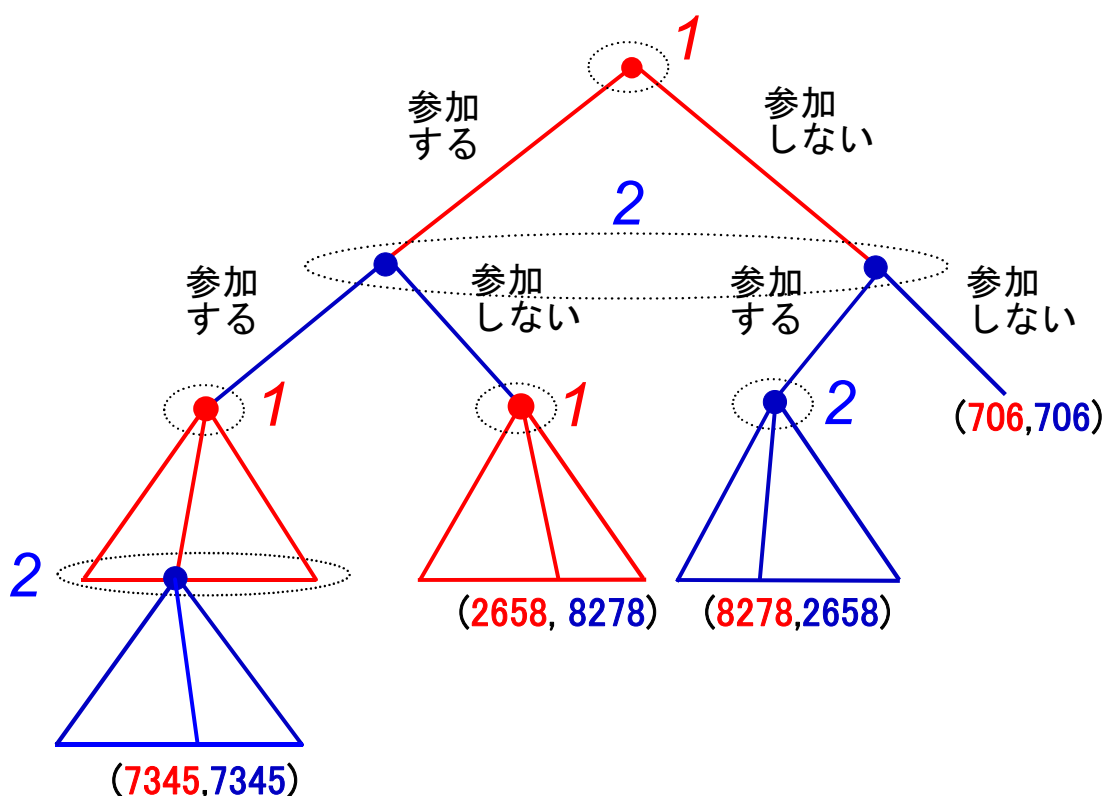


図8 参加の自由を認めた時の自発的支払メカニズムのゲーム・ツリー

		2	
		参加する	参加しない
1	参加する	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 7345 7345 </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 2658 8278 </div>
	参加しない	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 8278 2658 </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 706 706 </div>

表1 参加の決定に関する利得表

この利得表で表されるようなゲームは、「鷹鳩ゲーム (Hawk-Dove Game)」と呼ばれる³²。一般に公共財供給における「ただ乗り」の問題を表しているのは、「囚人のジレンマゲーム」であると考えられてきた。しかし、参加の自由を認めた場合には、それは鷹鳩ゲームとなるのである。鷹鳩ゲームは囚人のジレンマゲームよりも、公共財供給におけるただ乗りの問題をより正確に表現していると考えられる。なぜなら、ただ乗りという言葉の意味には、公共財供給の決定を行うメカニズムに参加せずに得をするということも含まれているからである。

いま、 p_i を主体 i が「参加する」を選ぶ確率としよう。表1で表されるゲームのナッシュ均衡(p_1, p_2)は、(1,0)、(0,1)、(0.68,0.68)の三つである。二人とも参加するのは均衡ではない。また、**進化論的に安定な戦略**(evolutionarily stable strategy, 以下ESSと略)は、三つの均衡のうち混合戦略 $p_i = 0.68$ だけである³³。

上記の自発的参加に関する否定的な結果は一般的に成立する。自発的支払メカニズムはほんの一例に過ぎない。以下では、経済構成員全員が自発的に参加するインセンティブを常に持つようなメカニズムを作ることは不可能であることを示す。さらに、これまではナッシュ均衡を均衡概念として考えたが、この不可能性定理はどんな均衡概念でも成立する。

³² ここでは、「参加する」を「鳩」戦略、「参加しない」を「鷹」戦略と解釈すれば、通常の鷹鳩ゲームと同じ利得構造になっている。つまり、相手が鳩戦略(参加)を選んできた場合には、鷹戦略(不参加)の方が鳩戦略(参加)より高い利得を得られ、逆に、相手が鷹戦略(不参加)の場合には、鳩戦略(参加)の方が鷹戦略(不参加)より高い利得を得られる。また、二人とも鳩戦略(参加)を選んだ方が、両者とも鷹戦略(不参加)を選ぶ場合よりも、はるかに大きな利得を得られる。

³³ 主体 i が戦略 p_i を選び他のプレイヤー j が戦略 p_j を選んだ時の i の期待利得を $\pi_i(p_i, p_j)$ で表そう。戦略 p_i^* がESSであるとは、任意の他の戦略 p_i' に関して、

(a) $\pi_i(p_i^*, p_i^*) \geq \pi_i(p_i', p_i^*)$ がかつ

(b) $\pi_i(p_i^*, p_i^*) = \pi_i(p_i', p_i^*)$ ならば $\pi_i(p_i^*, p_i') > \pi_i(p_i', p_i')$

が成立することである。この概念はMaynard Smith-Price (1973)によって導入された。

まず、各主体が自発的にメカニズムに参加するインセンティブを常に持つという条件を一般的に定義しよう。いま、ある任意のメカニズムと任意の均衡概念が与えられたものとする。各主体 $i \in I$ について、主体 i が参加せず他の人すべてがメカニズムに参加するとき均衡において得られる公共財の水準を、 $y^{I-\{i\}}$ で表わす。任意の効用関数のプロファイル $u \in U$ をとり、 (x^I, y^I) を全員がメカニズムに参加した時の u の下での均衡配分としよう。任意の $i \in I$ について、 $u_i(x_i^I, y^I) \geq u_i(\omega_i, y^{I-\{i\}})$ が成立するならば、メカニズムは**自発的参加条件**を満たすという。いま、ある主体がメカニズムに参加しなかったとしよう。この時、彼は自分の私的財を全く供給することなくメカニズムに参加した他の主体によって生産された公共財を享受できる。他方、彼は公共財供給量の決定については影響力を持たない。自発的参加の条件は、いかなる主体もこのような参加をしないことによるフリー・ライディングを行うことによって得をしないことを要求する。

この自発的参加条件は、以下の二つの弱い条件と両立しえない。一つ目の条件は、ただ一人だけがメカニズムに参加した場合には、均衡において、参加者は彼にとって最適な配分を選択するという**ロビンソン・クルーソー条件**である。もう一つの条件は、均衡配分は常に実行可能でなければならないという**実行可能性(feasibility)**の条件である。この条件は実行可能性を均衡においてのみ要求し、均衡外では実行可能性を要求しておらず、実行可能性を満たすメカニズムは、個人実行可能性やバランス条件を満たす必要はないことに注意しよう。

以下では、二人経済において、上で述べた三つの条件を満たすメカニズムは存在しないことを示す。いま、 $U^{SCD} = \{ (u_i)_{i \in I} \mid \forall i \in I, u_i(x_i, y) = u_i^\alpha(x_i, y) = \alpha \ln x_i + (1-\alpha) \ln y, \alpha \in (0,1) \}$ をすべての主体が同じコブ・ダグラス型効用関数を持つような効用プロファイルのクラスとする。

定理 2 [Saijo-Yamato (1997)] (a) 経済主体の数は 2 で、(b) $U \supseteq U^{SCD}$ でかつ、(c) 各主体 $i \in I$ について、 $\omega_i = \omega > 0$ と仮定する。この時、どんな均衡概念に関しても、実行可能性、ロビンソン・クルーソー条件および自発的参加条件を満たすメカニズムは存在しない。

この定理の証明は、図 9 で表わされる。実行可能性、ロビンソン・クルーソー条件および自発的参加条件を満たすメカニズムが存在すると仮定し、矛盾を導こう。いま、二人の主体の効用関数が同じコブ・ダグラス型関数で、 $\alpha = 0.6$ であるとしよう。主体 1 はメカニズムに参加せず主体 2 だけが参加した時は、ロビンソン・クルーソー条件から、主体 2 は点 C を選ぶ。さらに、もしメカニズムが自発的参加条件を満たすならば、二人とも参加した時の均衡において、主体 1 は点 C と無差別かよりも好ましい消費バンドルを受け取らねばならない。主体 2 はメカニズムに参加せず主体 1 だけが参

加した時は、同様に、二人とも参加した時の均衡において主体2の受け取る消費バンドルは、点Dと無差別かより好ましくなければならない。ところが、図9が示すように、二つの弱上位集合（weak upper contour set）（斜線の部分）は交わらないので、実行可能性の条件が満たされない。

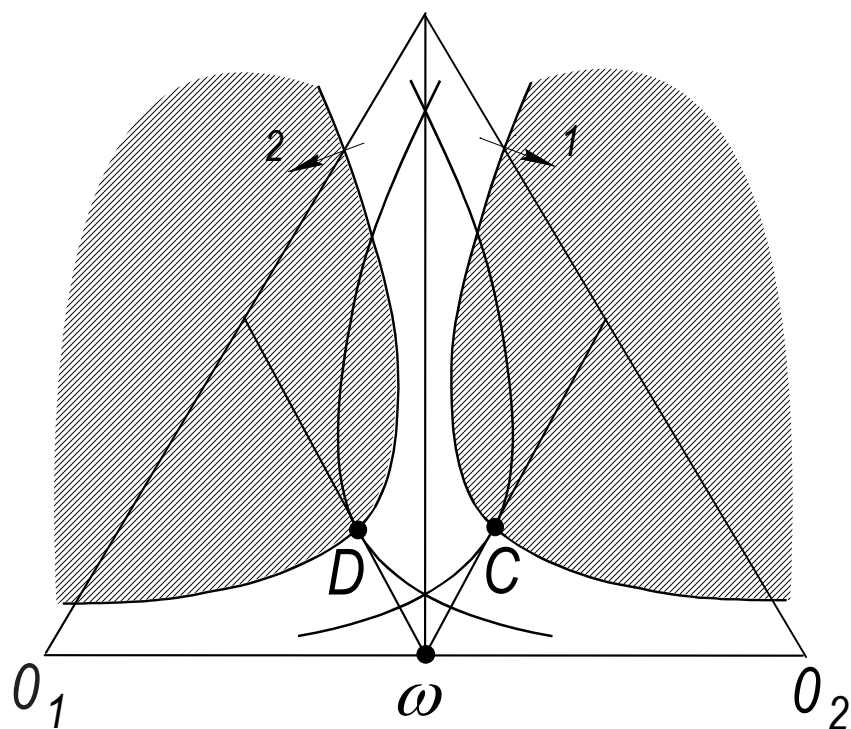


図9 参加のインセンティブに関する不可能性定理の証明

経済主体の数が3以上の場合でも、同様の不可能性定理は成立する。さらに、経済主体の数が多くなるほど、各主体はメカニズムに参加するインセンティブを失う可能性が高くなることを示せる。

上記の2段階参加ゲームでは、経済主体が参加の意志決定を同時に行うと仮定し、主体が提携を形成する可能性も排除してきた。Samejima (2003b)は、参加の意思決定を同時ではなく順番に行う多段階ゲームでは、全員参加がサブゲーム・パーフェクト均衡となりうることを指摘している。さらに、Shinohara (2003, 2004, 2005)は、強均衡（strong equilibrium）や提携操作不能均衡（coalition-proof equilibrium）を均衡概念として用いて、経済主体が提携を形成する場合における参加問題を吟味している。また、さまざまな経済状況において参加問題の重要性が認識されてきている。コース定理に関してはDixit-Olson (2000)、技術革新に関する情報の非排除性についてはBoldrin-Levine (2003, 2004)、特定のグループだけが取得できる排除可能な公共財の供給についてはBaik-Kim-Na (2001)、京都議定書に関してはYu (2001)、繰り返しゲームについてはFujiwara-Greve (1999)などの研究がある。

6. 自発的支払メカニズムに関する実験

前節では、メカニズムに参加の自由を認めた場合には、各主体は参加するインセンティブを持たず、従来想定されていた二人とも参加した場合の均衡は達成されないことを見た。公共財供給の問題は囚人のジレンマゲームではなく、鷹鳩ゲームによって記述されるのである。しかし、鷹鳩ゲームでは複数のナッシュ均衡が存在する。そこで、Cason-Saijo-Yamato-Yokotani (2004)は以下のような自発的支払メカニズムに関する実験を行い、実際にどの均衡が実現されるのか、あるいは理論が全く予測しなかった結果が得られるのか否かを吟味した。

6.1. 実験のデザイン

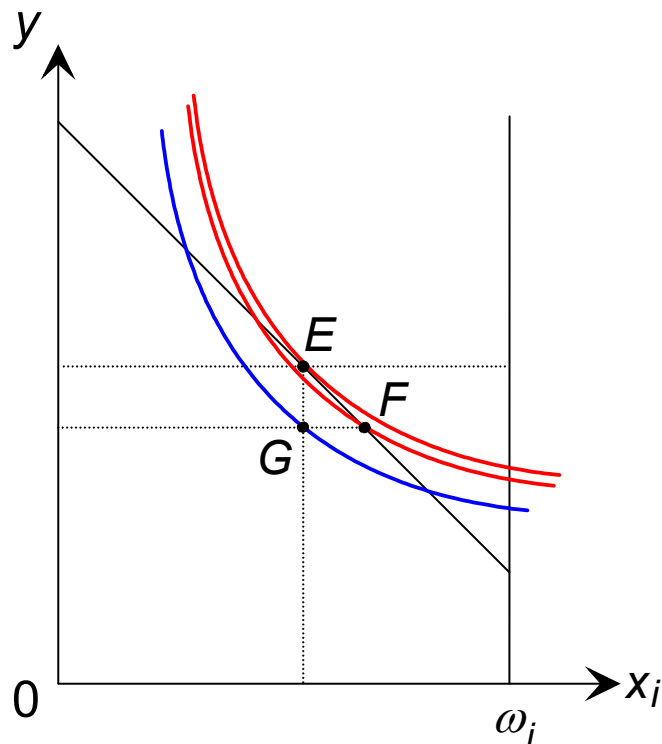
二種類の実験A、Bが行われた。実験Aは全員が自発的支払メカニズムに参加するケースの実験である。実験Bは各被験者がメカニズムへ参加するか否かを選択できるケースの実験である。各実験では言葉による誘導を避ける目的で、「公共財」という言葉は使わず、また「支払」を「投資」と呼んだ。以下では投資という。実験Aと実験Bの各々において、筑波大学の様々な専攻の学生20人が被験者となった。被験者は実験者によって2人ずつのペアにされ、全部で10組のペアができる。各被験者はこのペアとなる相手と対戦する。実験は15回繰り返され、対戦ペアは各回ごとに変わる。被験者は毎回違う相手と対戦しているのはわかっているが、実際に誰と対戦しているかはわからない。また、被験者間のコミュニケーションは一切禁止した。

実験Aにおいては全員が投資に参加する。各回ごとに各被験者には24単位の初期保有を持っている。各被験者は、自分の投資数と対戦相手の投資数の組み合わせで自分への配当がどのように決まるかを表す25行25列の「配当表」を与えられる。配当表は、前節で述べた自発的支払メカニズムの数値例に従って作成されたものを使用した。各被験者は配当表を見て、0から24の間で投資数を決定する。このような実験を15回繰り返した。

実験Bが実験Aと異なる点は、実験Bでは投資数が決定される前に、投資への参加の意思決定が行なわれることである。各被験者は、2人とも参加する場合の配当表、自分は参加するが相手は参加しない時の配当表、自分は参加しないが相手は参加する時の配当表の合計3枚の配当表を与えられる。これらの配当表は、実験Aと同じ数値例に従って作成された。2人とも参加しない時の各被験者の配当は706となる。これらの配当表を見て、投資に参加するか、参加しないかの意思決定をまず最初に行う。各被験者は対戦相手が投資に参加するかどうかを知らされた後、もし自分が参加するを選択したならば、配当表を見て0から24の間で投資数を決定する。このような実験を15回繰り返した。

6.2 実験結果

全員が投資に参加する実験Aは、投資に参加するのが自由な実験Bとの比較実験であり、ナッシュ均衡が観察されるか否かを検討した。15回の実験全般に関して、各回の投資数の平均値はナッシュ均衡値より低めになる傾向を観察した。では、なぜ投資数が均衡値より少なめになったのであろうか。図10で、E点は二人の主体が投資に参加した時のナッシュ均衡を表している。いま、一人の主体が公共財への投資をE点からF点へ若干減少させたとする。この時、彼の効用は減少するが、その減少量は小さい。均衡点Eで効用最大化の一階の条件は満たされているので、そこからの僅かな乖離は自分の効用に大きな影響を与えないからである。これに対して、対戦相手の効用はE点からG点へと大幅に減少する。つまり、投資に参加した人は自分の効用を若干下げてでも相手に大きなダメージを与え、相手を「スパイト(spite)」することができる³⁴。事実、今回の実験では各被験者に各回毎の投資の決定要因を記入させたが、上記の様にスパイトを投資決定の理由として明確に述べている被験者は4人いた。そこで、これらのスパイト的投資を行ったと記入した被験者のデータを取り除くと、投資数は全般的に上昇し、投資の平均値はほぼナッシュ均衡に近くなるということが示された。



³⁴スパイト的な現象は他の経済実験でも観察されている。Saijo-Nakamura (1995)、宇根＝西條(1996)などを参照せよ。

図10 スパイトによる効用の変化

投資への参加が自由な実験Bでは、全員が参加する実験Aと比較して異なる投資が観察されるのか、またESSが観察されるか否かについて検討した。以下のことが実験Bでは観察された。

1) 投資への参加率は、15回の実験のうち前半ではESSであるが、15回の実験のうち後半ではESSではない。また、実験の回数が進むにつれ、投資への参加率は高くなる(図11参照)。

2) 15回の実験のうち後半に関して、投資の平均値は実験Aと実験Bでは大差はない。また、二人とも参加する場合および一人だけが参加する場合の両方のケースについて、実験Bで観察された投資数は均衡値より少なめになる。

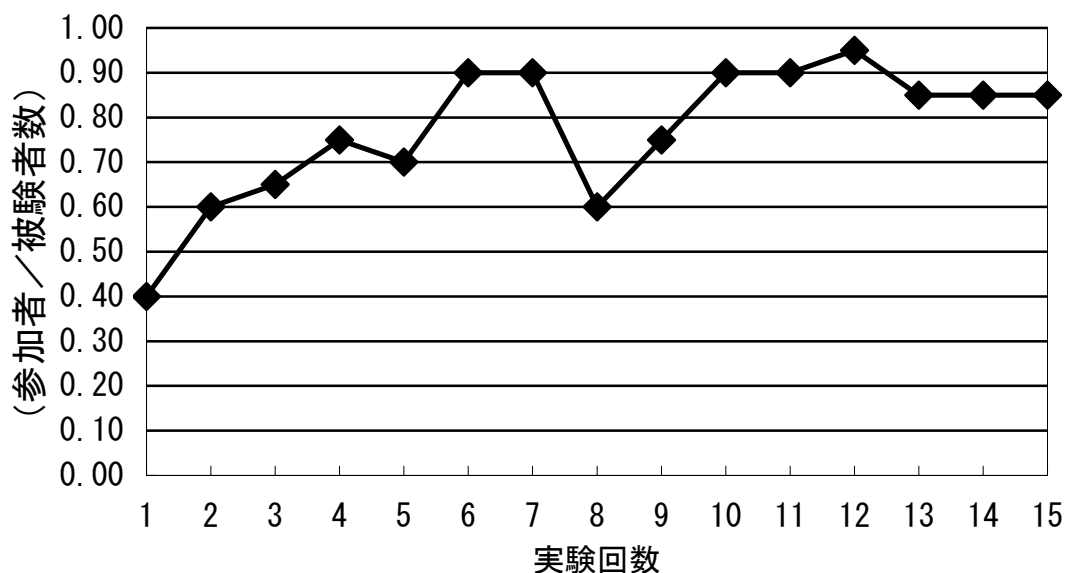


図11 投資への参加率

各人の参加確率がESSである、つまり68%であるという仮説の下では、20人のうち参加しない人の数が2人以下である確率は2.8%、20人のうち参加しない人の数が3人以下である確率は7.6%である。しかし、図11が示すように、参加率は回が進むにつれて上昇し、後半では全被験者の70~80%の人が参加している。実験の回数が進むにつれて、参加する人が増え協力が起こったのである。実は、この協力が生じた源泉は、人々が他人をおとしめようという「スパイト的行動」なのである。この一見不可解に思える現象は、以下のように説明できる。図7で、主体2だけが参加して主体1が参加しない場合、主体2はF点で自分の効用を最大化できる。いま、主体2がF点

からG点へと投資を減少させたとすると、自分の効用の減少幅は相対的に小さいが、相手の効用は大幅に減少し、自分の利得を少し下げても相手に大きなダメージを与えことができる³⁵。このスパイト行動により、二人とも参加する場合の効用（E点）の方が、自分が参加せず相手が参加した場合の効用（G点）より大きくなる。すなわち、スパイト行動の結果、参加の決定に関する利得表は、表1の鷹鳩ゲームから、参加をすることが支配戦略均衡になる別のゲームに変化したのである。被験者は実験の回数が進むにつれて、このゲームの変化を学習し、参加をすることを選択するようになったと考えられる。無限期間ではなく有限期間のゲームで協力がおこり、理論が全く予測しなかった結果が観察されたのである³⁶。

7. 結語

本論文では、社会選択の環境におけるマスキンの定理から始まり、経済環境におけるさまざまなメカニズムを検討し、公共財経済において主体のメカニズムへの参加の自発性を認めると分権的なメカニズム・デザインが不可能になることを確認した。しかしながら、この不可能性定理は我々の研究プランが袋小路に入ったことを決して意味しない。参加の自発性を認めた日本の実験では、不参加によって大幅な利得を得ることを阻止するメカニズムが自然に発生し、これが引き金となって協力が創発したのである。我々の理論的な予測の範囲の外で被験者は行動したのである。市場の失敗という重要な問題に対し、新たな理論的な枠組みが構築されねばならないのであろう。

近年のメカニズムに関する実験結果は新たな理論を構築するのに重要な示唆を与えてくれている。Chen-Plott (1996) のグローブス=レジャード・メカニズムの実験では、パニシュメント・パラメーターを適切にとると、このメカニズムが理論通りに機能することが示されている。また、Chen-Gazzale (2004)は、同じ被験者を用いて、グローブス・レジャード・メカニズム実験を数百回繰り返すことによってナッシュ均衡に収束することを確認している。しかしながら、均衡に収束するのに百回を越えなければならぬメカニズムの実用性はほぼないであろう。一方、Chen-Tang (1998)は、ウォーカー・メカニズムが機能しないことを実験により発見している。さらに、Hamaguchi-Saijo-Mitani (2003)は、排出権取引実験でバリアン・メカニズムが機能しないことを確認している。このようにメカニズムが機能する要因を解析するという重要なトピックが残されている。

まず、記述されたメカニズムそのものを被験者たちが理解できるのかどうかという

³⁵事実、自分は参加したが対戦相手が参加しなかった場合、自分の配当を最大にする投資数より小さい投資数を選んだ被験者は11人いた。彼らは全員、対戦相手をスパイトできることを投資の決定要因にあげている。

³⁶ 他方、同じ参加実験を米国でも実施したところ、米国の被験者はスパイト行動をとらず、ほぼ理論通りに行動した。参加率は日本での実験の方が米国の実験での実験より高くなり、効率性も日本の方が高くなったのである。詳しくは、Cason-Saijo-Yamato (2002) を参照せよ。

問題がある。あまりにも複雑であるが故にゲームのルールが理解不能ということになりかねない。たとえ、ゲームのルールを理解したとしてもそのルールの中で最適な戦略を見つけられるかどうかという問題も残る。Kawagoe-Mori (2001)は、公共財供給におけるピボタル・メカニズムの実験の中で被験者たちが支配戦略を見つけだせないことを確認している。ピボタル・メカニズムにおいては、真の選好表明が支配戦略となっており、戦略的操作不能である。たとえ、支配戦略均衡が存在するようなメカニズムでも、被験者たちがそれを発見できないのではメカニズムが機能するとはいえない。よいパソコン・ソフトは知らず知らずのうちに使い方がわかるものである。このように最適戦略に関する学習可能性も未解決の問題のひとつである。

Cason-Saijo-Sjöström-Yamato (2005) と Saijo-Sjöström-Yamato (2004)は、戦略的操作不能なメカニズムがうまく機能しない理由として、支配戦略均衡以外に多くの非効率なナッシュ均衡が存在することを指摘している。実験で、支配戦略均衡以外のナッシュ均衡がたくさんあるピボタル・メカニズムと、支配戦略均衡以外にナッシュ均衡は存在しないグローブス・メカニズムを比較したところ、後者の方が前者より、支配戦略が選択される割合が有意に大きいことを発見している。

計算に関する複雑性については、Mount-Reiter (1990)が、ニューラル・ネットワーク・モデルを用い、メッセージ空間の次元と計算複雑性の間にトレード・オフがあることを示し、このフロンティア上に競争メカニズムがあることを示している。すなわち、計算の複雑性に関する厚生経済学の第一命題である。

以上のように、メカニズムの複雑性、最適戦略の学習可能性、計算の複雑性などをキーワードとする研究が今後盛んになされることを期待したい。

参考文献

- ABREU, D. AND A. SEN, "Virtual Implementation in Nash Equilibrium," *Econometrica* 59 (1991), 997-1021.
- ABREU, D. AND H. MATSUSHIMA, "Virtual Implementation in Iteratively Undominated Strategies: Complete Information," *Econometrica* 60 (1992), 993-1008.
- BAIK, K. H., I.-G. KIM AND S. NA, "Bidding for a Group-Specific Public-Good Prize," *Journal of Public Economics* 82 (2001), 415-429.
- BARBERÀ, S., "An Introduction to Strategy-proof Social Choice Functions," *Social Choice and Welfare* 18 (2001), 619-653.
- BOLDRIN, M. AND D. K. LEVINE, "Rent Seeking and Innovation," *Journal of Monetary Economics* 51 (2004), 127-160.
- BOLDRIN, M. AND D. K. LEVINE, "Perfectly Competitive Innovation," mimeo, 2003.
- BRUSCO, S. AND M. O. JACKSON, "The Optimal Design of a Market," *Journal of Economic Theory* 88

(1999), 1-39.

- CALSAMIGLIA, X., "Decentralized Resource Allocation and Increasing Returns," *Journal of Economic Theory* 14 (1977), 263-283.
- CASON, T., T. SAIJO, AND T. YAMATO, "Voluntary Participation and Spite in Public Good Provision Experiments: An International Comparison," *Experimental Economics*, 5 (2002), 133-153.
- CASON, T., T. SAIJO, T. YAMATO, AND K. YOKOTANI, "Non-Excludable Public Good Experiments," *Games and Economic Behavior*, 49 (2004), 81-102.
- CASON, T., T. SAIJO, T. SJÖSTRÖM, AND T. YAMATO, "Secure Implementation Experiments: Do Strategy-proof Mechanisms Really Work?" *Games and Economic Behavior* (2005), forthcoming.
- CHAKRAVORTI, B., "Strategy Space Reduction for Feasible Implementation of Walrasian Performance," *Social Choice and Welfare* 8 (1991), 235-245.
- CHAKRAVORTI, B., J. P. CONLEY, AND B. TAUB, "Probabilistic Cheap Talk," *Social Choice and Welfare* 19 (2002), 281 - 294
- CHEN, Y. AND R. GAZZALE, "When Does Learning in Games Generate Convergence to Nash Equilibria? The Role of Supermodularity in an Experimental Setting," *American Economic Review* 94 (2004), 1505-1535.
- CHEN, Y., AND C. R. PLOTT, "The Groves-Ledyard Mechanism: An Experimental Study of Institutional Design," *Journal of Public Economics* 59 (1996), 335-364.
- CHEN, Y., AND F.-F. TANG, "Learning and Incentive Compatible Mechanisms for Public Goods Provision: An Experimental Study," *Journal of Political Economy* 106 (1998), 633-662.
- CLARKE, E. H., "Multipart Pricing of Public Goods," *Public Choice* 2 (1971), 19-33.
- CORCHÓN, L. C. AND M. S. PUY, "Existence and Nash Implementation of Efficient Sharing Rules for a Commonly Owned Technology," *Social Choice and Welfare* 19 (2002), 369 - 379.
- DANILOV, V. I., "Implementation via Nash Equilibria," *Econometrica* 60 (1992), 43-56.
- DASGUPTA, P., P. HAMMOND, AND E. MASKIN, "The Implementation of Social Choice Rules: Some General Results on Incentive Compatibility," *Review of Economic Studies* 46 (1979), 185-216.
- DIXIT, A. AND M. OLSON, "Does Voluntary Participation Undermine the Coase Theorem?," *Journal of Public Economics* 76 (2000), 309-335.
- DUGGAN, J. "Nash Implementation with a Private Good," *Economic Theory* 21 (2003), 117 - 131.
- DUTTA, B. AND A. SEN, "A Necessary and Sufficient Condition for Two-Person Nash Implementation," *Review of Economic Studies* 58 (1991), 121-128.
- DUTTA, B., A. SEN, AND R. VOHRA, "Nash Implementation through Elementary Mechanisms in

Economic Environments," *Economic Design* 1 (1995), 173-204.

FUJIWARA-GREVE, T., "Repeated Games with Outside Offers," mimeo, 1999.

GASPART, F., "A General Concept of Procedural Fairness for One-Stage Implementation," *Social Choice and Welfare* 21 (2003), 311 - 322.

GIBBARD, A., "Manipulation of Voting Schemes: A General Result," *Econometrica* 41 (1973), 587-601.

GROVES, T. AND J. LEDYARD, "Optimal Allocation of Public Goods: A Solution to the 'Free Rider' Problem," *Econometrica* 45 (1977), 783-811.

GROVES, T., AND J. LEDYARD, "Incentive Compatibility Since 1972," in T. Groves, R. Radner, and S. Reiter, eds., *Information, Incentives, and Economic Mechanisms: Essays in Honor of Leonid Hurwicz* (Minneapolis: University of Minnesota Press, 1987), 48-111.

HAMAGUCHI, Y., T. SAJO, AND S. MITANI, "Does the Varian Mechanism Work?: Emissions Trading as an Example" *International Journal of Business and Economics* 2 (2003), 85-96.

HAYEK, F. A., "The Use of Knowledge in Society," *American Economic Review* 35 (1945), 519-530.

HONG, L., "Nash Implementation in Production Economies," *Economic Theory* 5 (1995), 401-417.

HURWICZ, L., "Optimality and Informationally Efficiency in Resource Allocation Processes," in K. J. Arrow, S. Karlin and P. Suppes, eds., *Mathematical Methods in the Social Sciences* (Stanford University Press, 1960), 27-46.

HURWICZ, L., "On the Dimensional Requirements of Informationally Decentralized Pareto-Satisfactory Processes," mimeo., 1972a, Reprinted in K. J. Arrow and L. Hurwicz, eds., *Studies in Resource Allocation Processes* (Cambridge: Cambridge University Press, 1977), 413-424.

HURWICZ, L., "On Informationally Decentralized Systems," in R. Radner and C. B. McGuire, eds., *Decision and Organization: A Volume in Honor of J. Marschak* (Amsterdam: North-Holland, 1972b), 297-336.

HURWICZ, L., "Outcome Functions Yielding Walrasian and Lindahl Allocations at Nash Equilibrium Points," *Review of Economic Studies* 46 (1979a), 217-225.

HURWICZ, L., "On Allocations Attainable through Nash Equilibria," *Journal of Economic Theory* 21 (1979b), 140-165.

HURWICZ, L., "Incentive Aspects of Decentralization," in K. J. Arrow and M. D. Intriligator, eds., *Handbook of Mathematical Economics*, Vol. III (Amsterdam: North-Holland, 1986), 1441-1482.

HURWICZ, L., "On Informational Decentralization and Efficiency in Resource Allocation Mechanisms," in Stanley Reiter ed., *Studies in Mathematical Economics*, 238-350, 1987.

HURWICZ, L., E. MASKIN, AND A. POSTLEWAITE, "Feasible Implementation of Social Choice Rules when the Designer Does Not Know Endowments or Production Sets," in J. O. Ledyard, ed., *The Economics of Informational Decentralization: Complexity, Efficiency, and Stability*

(Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 1995).

- JACKSON, M. O., "Implementation in Undominated Strategies: A Look at Bounded Mechanisms," *Review of Economic Studies* 59 (1992), 757-775.
- JACKSON, M. O., "A Crash Course in Implementation Theory," *Social Choice and Welfare*, 18 (2001), 655 - 708.
- JACKSON, M. O., "Mechanism Theory," in U. Derigs, ed., *The Encyclopedia of Life Support Systems* (Oxford UK: the EOLSS Publishers, 2003).
- JACKSON, M. O. AND T. PALFREY, "Efficiency and Voluntary Implementation in Markets with Repeated Pairwise Bargaining," *Econometrica* 66 (1998), 1353-1388.
- JACKSON, M. O., T. PALFREY, AND S. SRIVASTAVA, "Undominated Nash Implementation in Bounded Mechanisms," *Games and Economic Behavior* 6 (1994), 474-501.
- JORDAN, J., "The Competitive Allocation Process is Informationally Efficient Uniquely," *Journal of Economic Theory* 28 (1982), 1-18.
- KAPLAN, T. R. AND D. WETTSTEIN, "Surplus Sharing with a Two-Stage Mechanism," *International Economic Review* 41 (2000), 399-409.
- KAWAGOE, T. AND T. MORI, "Can the Pivotal Mechanism Induce Truth-Telling? An Experimental Study," *Public Choice*, 108 (2001), 331-354
- LEDYARD, J., AND J. ROBERTS, "On the Incentive Problem with Public Goods," mimeo., Northwestern, 1974.
- MASKIN, E., "Nash Equilibrium and Welfare Optimality," mimeo, MIT, 1977; revised version appeared in *Review of Economic Studies*, 66 (1999), 23-38.
- MASKIN, E., "The Theory of Implementation in Nash Equilibrium: A Survey," in L. Hurwicz, D. Schmeidler, and H. Sonnenschein, eds., *Social Goals and Social Organization: Volume in Memory of Elisha Pazner*, (London/New York: Cambridge University Press, 1985), 173-204.
- MASKIN, E. AND T. SJÖSTRÖM, "Implementation Theory," in K. Arrow, A. Sen, and K. Suzumura, eds., *Handbook of Social Choice and Welfare, Volume 1*, (Amsterdam: North Holland, 2002), 237-288.
- MATSUSHIMA, H., "A New Approach to the Implementation Problem," *Journal of Economic Theory* 45 (1988), 128-144.
- MAYNARD SMITH, J. AND G. PRICE, "The Logic of Animal Conflicts," *Nature* 246 (1973), 15-18.
- MCKELVEY, R. D., "Game Forms for Nash Implementation of General Social Choice Correspondences," *Social Choice and Welfare* 6 (1989), 139-156.
- MIYAGAWA, E. "Subgame-perfect Implementation of Bargaining Solutions," *Games and Economic Behavior*, 41 (2002a), 292-308.
- MIYAGAWA, E., "Reduced-Form Implementation", Discussion Paper Series #0203-09,

Department of Economics, Columbia University, 2002b.

- MOORE, J., "Implementation, Contracts, and Renegotiation in Environments with Complete Information," in J.-J. Laffont, ed., *Advances in Economic Theory: Invited Papers for the Sixth World Congress of the Econometric Society*, Vol. I (Cambridge: Cambridge University Press, 1992), 182-282.
- MOORE, J. AND R. REPULLO, "Subgame Perfect Implementation," *Econometrica* 56 (1988), 1191-1220.
- MOORE, J. AND R. REPULLO, "Nash Implementation: A Full Characterization," *Econometrica* 58 (1990), 1083-1099.
- MOUNT, K. AND S. REITER, "The Informational Size of Message Spaces," *Journal of Economic Theory* 8 (1974), 161-192.
- MOUNT, K. AND S. REITER, "A Model of Computing with Human Agents," mimeo., Northwestern University, 1990.
- MULLER, E. AND M. SATTERTHWAITTE, "The Equivalence of Strong Positive Association and Strategy-Proofness," *Journal of Economic Theory* 14 (1977), 412-18.
- NAGAHISA, R., AND SUH, S.-C., "A Characterization of the Walras Rule," *Social Choice and Welfare* 12 (1995), 335-352.
- PALFREY, T. "Implementation in Bayesian Equilibrium: The Multiple Equilibrium Problem in Mechanism Design," in J.-J. Laffont ed., *Advances in Economic Theory Vol. 1, Econometric Society Monographs No. 20*. (Cambridge: Cambridge University Press, 1992), 283-323.
- PALFREY, T. AND S. SRIVASTAVA, "Nash Implementation Using Undominated Strategies," *Econometrica* 59 (1991), 479-501.
- PELEG, B., *Game Theoretic Analysis of Voting in Committees*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
- PELEG, B. AND E. WINTER, "Constitutional implementation," *Review of Economic Design* 7 (2002), 187 -204.
- POSTLEWAITE, A., "Implementation via Nash Equilibria in Economic Environments," in L. Hurwicz, D. Schmeidler, and H. Sonnenschein eds., *Social Goals and Social Organization: Essays in Memory of Elisha Pazner* (Cambridge: Cambridge University Press, 1985), 205-228.
- REICHELSTEIN, S. AND S. REITER, "Game Forms with Minimal Message Spaces," *Econometrica* 56 (1988), 661-692.
- REPULLO, R., "A Simple Proof of Maskin's Theorem on Nash Implementation," *Social Choice and Welfare* 4 (1987), 39-41.
- SAIJO, T., "Nash Implementation Theory," Ph.D. Thesis, University of Minnesota, 1985.
- SAIJO, T., "On Constant Maskin Monotonic Social Choice Functions," *Journal of Economic Theory* 42 (1987), 382-386.

- SAIJO, T., "Strategy Space Reduction in Maskin's Theorem: Sufficient Conditions for Nash Implementation," *Econometrica* 56 (1988), 693-700.
- SAIJO, T. AND H. NAKAMURA, "The 'Spite' Dilemma in Voluntary Contribution Mechanism Experiments," *Journal of Conflict Resolution* 39 (1995), 535-560.
- SAIJO, T., T. SJÖSTRÖM, AND T. YAMATO, "Secure Implementation," mimeo, 2004.
- SAIJO, T., Y. TATAMITANI, AND T. YAMATO, "Toward Natural Implementation," *International Economic Review* 37 (1996a), 949-980.
- SAIJO, T., Y. TATAMITANI, AND T. YAMATO, "Natural Implementation with a Simple Punishment," *Japanese Economic Review* 47 (1996b), 170-185.
- SAIJO, T., Y. TATAMITANI, AND T. YAMATO, "Characterizing Natural Implementability: The Fair and Walras Correspondences," *Games and Economic Behavior*, 28 (1999), 271-293.
- SAIJO, T. AND T. YAMATO, "Fundamental Difficulties in the Provision of Public Goods: 'A Solution to the Free-Rider Problem' Twenty Years After," Osaka University, Institute of Social and Economic Research Discussion Paper No. 445, June 1997.
- SAIJO, T. AND T. YAMATO, "A Voluntary Participation Game with a Non-Excludable Public Good," *Journal of Economic Theory*, 84 (1999), 227-242.
- SAMEJIMA, Y., "Implementation of Nucleolus Correspondence," mimeo, 2003a
- SAMEJIMA, Y., "Inducing Participation in Lindahl Mechanisms," mimeo, 2003b.
- SATTERTHWAITE, M., "Strategy-Proofness and Arrow's Conditions: Existence and Correspondence Theorems for Voting Procedures and Social Welfare Functions," *Journal of Economic Theory* 10 (1975), 187-217.
- SCHMEIDLER, D., "Walrasian Analysis via Strategic Outcome Functions," *Econometrica* 48 (1980), 1585-1593.
- SERIZAWA, S., "Inefficiency of Strategy-Proof Rules for Pure Exchange Economies," *Journal of Economic Theory* 106 (2002), 219-241.
- SHIN, S. AND S.-C. SUH, "Double Implementation by a Simple Game Form in the Commons Problem," *Journal of Economic Theory* 77 (1997), 205-213.
- SHINOHARA, R., "Coalition-Proof Equilibria in a Voluntary Participation Game," mimeo, 2003.
- SHINOHARA, R. "Strong Equilibrium in a Participation Game Implementing a Public Project," mimeo, 2004.
- SHINOHARA, R. "Coalition-Proofness and Dominance Relations," *Economics Letters* 89 (2005), 174-179.
- SJÖSTRÖM, T., "On the Necessary and Sufficient Conditions for Nash Implementation," *Social Choice and Welfare* 8 (1991), 333-340.

- SJÖSTRÖM, T., "Implementation by Demand Mechanisms," *Economic Design* 1 (1996), 343-354.
- TIAN, G., "Implementation of the Walrasian Correspondence without Continuous, Convex, and Ordered Preferences," *Social Choice and Welfare* 9 (1992), 117-130.
- TIAN, G., "Implementation in Production Economies with Increasing Returns," *Mathematical Social Sciences* 49 (2005), 309-325.
- TIAN, G. AND Q. LI, "Completely Feasible Continuous Implementation of the Lindahl Correspondence with any Number of Goods," *Mathematical Social Sciences* 21 (1991), 67-79.
- WALKER, M., "A Simple Incentive Compatible Scheme for Attaining Lindahl Allocations," *Econometrica* 49 (1981), 65-71.
- YAMADA, A. AND N. YOSHIHARA, "Triple Implementation by Sharing Mechanisms in Production Economies with Unequal Labor Skills," mimeo, 2004.
- YAMATO, T. "On Nash Implementation of Social Choice Correspondences," *Games and Economic Behavior* 4 (1992), 484-492.
- YOSHIHARA, N. "Natural and Double Implementation of Public Ownership Solutions in Differentiable Production Economies," *Review of Economic Design* 4 (1999), 127-151.
- YOSHIHARA, N. "A Characterization of Natural and Double Implementation in Production Economies," *Social Choice and Welfare* 17 (2000), 571-599.
- YU, Z., "A Strategic Trade and Environmental Policy: Argument for the Kyoto Protocol," mimeo, 2001.
- 石井安憲・西條辰義・塩澤修平『入門ミクロ経済学』有斐閣，1995年。
- 宇根正志・西條辰義「競争・公平・スパイト・談合：日本企業システムへの実験経済学アプローチ」伊藤秀史編，『日本企業システムの経済分析』東京大学出版会，1996年
- 西條辰義「公共的意思決定のメカニズム・デザイン」金本・宮島編『公共セクターの効率化』東京大学出版会，53～70，1991年。
- 西條辰義「デザイン・サイエンス序説：今，何が問題なのか」『経済セミナー』2004年11月号。
- 西條辰義「厚生経済学における基本定理」『経済研究』46 (1995)，11-21。
- 鈴木興太郎『経済計画理論』筑摩書房，1982年。
- 芹澤成弘「戦略的虚偽表明を防止する社会的意決定の方法：効率性と平等性の追求 vs. 戦略的虚偽表明の防止」日本経済学会，『現代経済学の潮流』，第5章，東洋経済新報社，2003年。
- 松島斉「モデルの細部から独立なメカニズム・デザインと合理性について」日本経済学会，『現代経済学の潮流』，第2章，東洋経済新報社，2005年。