

令和 3 年 6 月 20 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K17087

研究課題名（和文）展開型メカニズムによるセキュアな遂行

研究課題名（英文）Secure implementation with extensive form mechanism

研究代表者

安達 剛 (Adachi, Tsuyoshi)

早稲田大学・政治経済学術院・准教授

研究者番号：00535122

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：情報構造の仮定に対して頑健であり、かつ要請として厳しすぎない遂行概念として、不完備情報下の被弱支配戦略の逐次消去による遂行を定式化し、その特徴付けを行った。これが段階的な意志決定メカニズムによって遂行可能であることを示した。また、部分的な正直さ付き遂行問題に特有の情報構造の仮定について分析し、その有効性が仮定に大きく依存していることを示した。段階的な意志決定手続きの1つである熟議デモクラシーにおける選択ルールについて、新たな問題を提唱した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

制度参加者の多様性を踏まえれば、情報構造の仮定に対する頑健さはメカニズムデザインにとって必須とも言えるが、既存の研究では強すぎる要請となっていた。本研究課題では、段階的な意志決定まで考慮すればメカニズムデザインの領域でしばしば研究される実用的なルールでも満たすものがあるレベルの要請になることが示された。また、逐次顕示メカニズムという、情報構造に頑健な多段階型のメカニズムデザインを分析する上で今後のスタンダードになりうるメカニズムを提唱することも出来た。

研究成果の概要（英文）：As an implementation concept that is robust to assumptions about information structure and not too demanding, implementation with iterated elimination of weakly dominated strategies under incomplete information was formulated and characterized. It was shown that a simple multi-stage decision-making mechanism can implement them. Also, the information structure assumptions specific to implementation with partial honesty was analyzed, and shown that the effectiveness is highly dependent on of these assumptions. Finally, a new problem about the choice rule in deliberative democracy as a case of multi-stage decision-making procedures was proposed.

研究分野：メカニズムデザイン、社会選択理論、公共経済学

キーワード：セキュア遂行 ロバスト遂行 遂行理論

1. 研究開始当初の背景

メカニズムデザインはルール (= 制度) が遂行可能か (= 想定通り機能するか) どうかをゲーム理論的に分析し、その分析結果に基づいて望ましいルールを設計する分野である。ルール (制度) の下で現実の個人 (= 制度参加者) 達がおかれる状況は多様であるから、個人達が特定の情報構造の下にあるときだけを分析して遂行可能性を判断することは望ましくない。しかし、特定の情報構造の仮定に依存しない頑健な均衡の分析はタイプ空間など複雑な概念を必要であり直観的とは言えない。セキュア遂行は完全遂行の文脈で弱支配戦略による遂行と情報構造の仮定に対して頑健な均衡による遂行の関係を示したが、その結論は情報構造の仮定に依存しない遂行はほとんどの場合で不可能、という否定的なものであった。

2. 研究の目的

Saijo et.al (2007)のセキュア遂行は、全個人が同時に一回だけの選択を行う、段階的な意志決定を伴わないメカニズムのみを対象とした分析であった。他方、段階的な意志決定を伴うメカニズムにおける支配戦略による遂行と情報構造の仮定の関係は未だ十分に明らかとは言えない。多段階型のメカニズムにおいても両者の間には論理的関係があるのか、また、その場合でも従来のセキュア遂行と同様に情報構造に対する頑健性は困難なままであるのか。本研究課題ではこれらを説明することを試みた。

3. 研究の方法

3つの観点から研究を進めた。

1点目は、従来の理論では困難であった遂行問題を解決する手段として近年注目されている正直遂行 (Dutta and Sen, 2012 他) について、それが持つ情報構造の仮定を分析し、その仮定に対する頑健性を研究することである。

2点目は、ゲーム理論の解概念の1つである、被弱支配戦略の逐次消去を用いた遂行を考えることである。(部分ゲーム完全均衡と後ろ向き帰納法の間関係のように) 展開型メカニズムの均衡は被弱支配戦略の逐次消去と関係があることが知られている。従来の被弱支配戦略の逐次消去は主に完備情報 (個人は相手のタイプを互いに知っている) の仮定の下で定義されていたが、これを情報構造に依存しない不完備情報下に拡張し、その遂行問題を考察した。

3点目は具体的かつ重要な段階的な意志決定過程の例として、政治理論における熟議デモクラシーにおける集約プロセスの性質について分析を行った (早稲田大学 Hun Chun 氏、東海大学栗原崇氏との共同研究)。

4. 研究成果

(1) 正直遂行 (部分的に正直な個人による遂行; Dutta and Sen, 2012 他) は、個人の一部が、結果が無差別であれば虚偽の申告より正直な申告を好む、という弱い意味で正直さへの選好を持つ場合の遂行問題を考察する領域であり、結果についての選好以外を一切考慮しない個人の行動を想定する従来の理論では不可能であったルールについても遂行可能になる、という意味で、困難な遂行問題を解決する手法として注目されている。

本研究では、この問題独自の情報的構造である、制度設計者は個人達にとって何が正直な申告であるかを完全に把握している、という前提について、その結果の頑健性の検討を行った。具体的には、個人達が正直と見なす申告をピンポイントではなく範囲の形で定義し、その範囲の外側にある申告については、個人はそれを虚偽の申告と見なして (結果が無差別ならば) 正直な申告の方を好むが、そうでは無い限り、制度設計者は個人が正直な申告を好むかどうか分からない、というモデルを設計し、分析を行った。

まず、このような遂行可能性の必要かつほぼ十分な条件が、局所マスキング単調性であることを明らかにした。この条件は、正直さへの選好がピンポイントである場合の条件 (Dutta and Sen, 2012) と、正直さへの選好がない従来の遂行における条件 (マスキング単調性) の両方を一般化するものである。また、各個人の特定のタイプにとっての正直な申告の範囲が、隣接する別タイプにとっての正直な申告の範囲と共通部分を持ち、さらにその隣接するタイプにとっての正直な範囲と共通部分を持ち... という形で、全く異なるタイプが、正直な申告の範囲の鎖によって結ばれてしまう場合、正直遂行は (正直さへの選好を持つ個人を仮定しない) 通常の遂行と同値になる、という性質を明らかにした。タイプ空間が連結した連続な空間である場合、正直な申告の範囲がわずかでも正の半径を含む限り、上記の鎖によって結ばれる性質が成立してしまう。

これらの結果は正直遂行の「通常の遂行問題における困難さを解決できる」という有効性が、制度設計者が個人が何を正直な申告であると捉えているかについて厳密な情報を持っている、という仮定がなければ成立しない、情報構造の細部に依存した結果である側面があることを明らかにしている。

(2) 不完備情報下の弱支配戦略の逐次消去による遂行の定式化については、以下の2つの分岐が考えられる。1つは不完備情報下の弱支配関係の定義である。戦略Xが戦略Yに支配されてい

るとは、戦略Xが戦略Yに比べて(他者の全ての戦略の下で少なくとも同等以下であることに加えて)(1)他者の少なくともあるタイプのある戦略の下で厳密に劣る戦略がある、ということを目指すのか(full-support)、それとも(2)他者の全てのタイプについて少なくともある戦略の下で厳密に劣ることを指すのか(robust)。2つ目の分岐は、逐次消去の順序についてであり、(A)各ラウンドにおいて全ての被支配戦略を消去する方法のみを考えるのか、それとも(B)任意の消去順序を認めるのか(order-independence)、である。

本研究では、まず4つのアプローチそれぞれについての必要条件・十分条件を明らかにした(表1)。これに加えて、(1)の方法を採用した場合、(A)(B)に関わらず、仮にそれらの定式化の下で遂行可能であるとしても、そのことは完備情報下の逐次消去による遂行を含意しない、ということを示した。すなわち、(1)の方法を取るかぎり、その意味で遂行可能であることは、個人達が互いのタイプについて知っている状況における遂行可能性を含意しない、ということになる。これは(1)のアプローチが個人の情報構造の細部に依存してしまう、という意味であり、本研究の目的に照らし合わせて不適切である。また、弱支配戦略の消去は消去の順番に依存することが知られている。そのため、最も頑健な遂行は(2)(B)のアプローチであるということになる。このときの必要十分条件である耐戦略性と非介入性は、公共財問題における中位ルールや、非分割財割り当てにおけるTTCルールなど実用的なルールが両立可能な性質として知られている。すなわちセキュア遂行ではなく、被弱支配戦略の逐次消去による遂行であれば、実用的な問題において肯定的な結果が得られる場合がある、ということになる。

	(A)	(B)
(1)	Full-support IWD implementation almost \iff 非被支配性	Full-support order-independent IWD implementation almost \iff 耐戦略性
(2)	Robust IWD implementation \Rightarrow 耐戦略性	Robust order independent IWD implementation \Leftrightarrow 耐戦略性 \wedge 非介入性

表1 4つの分類と遂行可能性

これに加えて本研究は、この(2)(B)の逐次消去によって遂行可能なルールが、情報構造について頑健なベイズゲームの均衡として遂行可能であるかを検討した。これらのルールは標準形メカニズムではベイジアンナッシュ均衡による遂行は不可能であるが、展開型メカニズムまで考えた場合、各主体が順番にタイプを表明する単純なメカニズム(逐次直接表明メカニズム)によって、情報構造に依存せず、逐次均衡として遂行可能であることが分かった。したがって、支配戦略の逐次消去によって遂行可能であれば、必ず、情報構造の仮定に依らず、上記の逐次直接表明メカニズムによって、均衡として遂行可能である。これは支配戦略による遂行と情報構造について頑健な遂行の関係を明らかにしたセキュア遂行の結果と対をなすものであり、展開型メカニズムにおいても、支配戦略に基づいた遂行概念と情報構造の仮定に対する頑健さの間に論理的関係があること、そして、標準形ゲーム(セキュア遂行)の場合と異なり、否定的な結果ではない実用的な遂行概念であることが明らかになった。

(3)

熟議デモクラシーにおいては、集まった人々が他者との熟議を通して自らの選好を再形成し、その後、投票などの集約手続きによって社会的意志決定を行う、という段階的な意志決定のプロセスが想定されている(Goodin 2008)。しかし既存の社会的選択理論においては、その過程の中で個人の選好が変化するような社会的意志決定の過程を分析することはなかった。本研究では、熟議を、人々の選好が互いに接近する第1段階、そして熟議後の選好を何らかのルールによって集約する第2段階、という段階的な意思決定プロセスであると定義し、第2段階のルールに、ある個人の選好が他者に接近した場合、選ばれる結果がその接近された他者にとってより悪いものであってはならない、という要求を課すことを検討した(熟議に対する非負反応性)。これはいかなるときも結果の変化は選好の変化に負の反応をしてはならない、という耐戦略性よりも弱い要請である。

本研究では、広範性を満たす選好ドメイン下において、弱パレート原理に加えてこの要求を満たすルールは必ず強い拒否権者の存在を必要とする、という結果を示した。広範な選好ドメインにおける耐戦略性は必ず独裁者の存在を含意する(ギバード=サタースウェイト定理)ことが知られているが、強い拒否権者は独裁者よりは権力が弱い。したがってこの新しい要請は、独裁者の存在を含意せずかつ弱パレート原理を満たすルールが存在する、という意味で耐戦略性よりは弱い条件であることが明らかになったが、強い拒否権者が存在するということが公平なルールであるとは言えず、その意味では厳しい要請であることも明らかになった。これは熟議デモクラシーと集約ルールとの関係についての新しい問題を提起するものであると言える。

<引用文献>

Dutta, B., A. Sen, "Nash implementation with partially honest individuals," *Games and Economic Behavior* 74 (2012) 154-169

Goodin, R. E. "First Talk, Then Vote," *Innovating Democracy: Democratic Theory and Practice after the Deliberative Turn*, (2008) 108-124.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Tsuyoshi Adachi
2. 発表標題 (The impossibility of) deliberation-consistent social choice
3. 学会等名 The 20th Annual SAET Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tsuyoshi Adachi
2. 発表標題 Iterated weak dominance implementation under incomplete information
3. 学会等名 2019 Conference on Economic Design Programme (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Adachi
2. 発表標題 Iterated dominance implementation of social choice correspondences under incomplete information
3. 学会等名 III Spain-Japan Meeting on Economic Theory (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Adachi
2. 発表標題 Nash implementation with honesty and ranges of honesty
3. 学会等名 The 14th Meeting of the Society for Social Choice and Welfare (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsuyoshi Aadachi
2. 発表標題 Strategy-proofness and double implementation with maximin and maximax strategies
3. 学会等名 5th World Congress of the Game Theory Society (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------