

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：12701
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2017～2023
課題番号：17K13698
研究課題名（和文）動学的な資源配分のメカニズムデザイン

研究課題名（英文）Research on dynamic mechanism design

研究代表者

佐野 隆司 (Sano, Ryuji)

横浜国立大学・大学院国際社会科学研究院・准教授

研究者番号：50611208

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、時間を通じて資源配分が行われる状況における望ましい取引メカニズムの設計について分析した。売り手が繰り返し財を配分し、買い手に財の価値と時間選好の2次元の私的情報があるときの、最適な取引メカニズムを導出した。並行して、逐次的なコミュニケーションを通じて取引内容を決定するメカニズムに関する公理的な分析を行ったほか、資源配分の成果が事後の投資活動により内生的に決定される状況下のオークションの理論的性質を特徴づけた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、動学的メカニズムデザインと呼ばれるミクロ経済理論の先端的研究に貢献した。特に、私的情報が多次元であるときの最適制度設計はミクロ経済理論において特に難しい問題とされており、本研究の成果はこの分野に新たな知見を提供するものである。また、本研究の成果のうちオークション設計に関するものは、現実の制度設計に直接応用可能な示唆を与えるもので、その成果が実際のオークション設計に活用されることが期待される。

研究成果の概要（英文）：I studied the design of desirable mechanisms where resource allocations dynamically take place over time. I derived the optimal selling mechanism when the seller repeatedly allocates goods and buyers have two-dimensional private signals regarding the value of the good and time preferences. In parallel, I conducted an axiomatic analysis of iterative mechanisms in which allocation is determined through sequential open communication. Also, I characterized the theoretical properties of auctions when the valuation of the good is endogenously determined by ex-post investment.

研究分野：ゲーム理論・メカニズムデザイン

キーワード：メカニズムデザイン オークション マーケットデザイン

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

メカニズムデザイン理論は、財に対する価値評価等に関して情報の非対称性があるとき、どのような資源配分ルールが実現可能か、また望ましい結果を実現するためにはどのような取引ルールを設計したらよいか、といった問題をゲーム理論の枠組みを用いて解き明かす理論である。動学的メカニズムデザイン (dynamic mechanism design) は、特に時間を通じて資源配分が行われる状況下における取引ルールの設計を分析する。ホテル予約や航空チケット販売など収益管理 (revenue management) と呼ばれる分野の問題に、メカニズムデザインのアプローチを応用・発展させる研究が代表的で、近年ではミクロ経済理論・ゲーム理論分野における国際的な研究トレンドの一つとなっている。

その中で、研究代表者はそれまでの自身の研究を継続・発展させ、ホテル予約や航空券販売のように資源配分が定期的に繰り返し実施される状況に着目し、財の取引時点の異質性 (財によって取引される時点が異なる) や、買い手の多様な価値評価 (単一需要、代替財、補完財などの可能性) といった既存研究では十分に考慮されていなかった要素を取り入れ、現実的な環境で望ましい取引メカニズム (販売ルール) の設計を試みることにした。

2. 研究の目的

本研究では、財が定期的に繰り返し販売されるような状況に着目する。潜在的な買い手が様々なタイミングで取引メカニズムに到着し、彼らの需要構造や私的情報について様々な状況を定式化する。例えば、

- ・ 買い手は常に直ちに財を獲得することを希望し、高々1単位のみ需要する (一般的なスケジューリングのモデル)
- ・ 買い手によって、購入したい時点が異なる (例: 買い手によって旅行予定日が異なる)
- ・ 買い手によって、時点の異なる複数の財を需要する (例: ホテルの連泊や往復チケット購入) などの状況が考えられる。こうした買い手の価値評価構造や私的情報に関して様々なケースを定式化した上で、
- ・ 買い手が持つ私的情報を正確に引き出すための条件 (誘因両立条件) の特徴づけ
- ・ 社会的に望ましい (効率的な) 取引メカニズム
- ・ 売り手の期待利潤を最大化する取引メカニズム

を理論的に明らかにする。更に、「片道/往復チケットによる価格差別」や「ホテルなどの長期滞在割引」といった現実に観察される商慣行との比較を行う。

3. 研究の方法

前項の研究目的を踏まえ、Bergemann and Valimaki (2010) や Hinnosaar (2017) などが考察したモデルをベースに、資源配分が繰り返し実施される環境を数理モデルで記述し、ゲーム理論・メカニズムデザインのアプローチに従って望ましい取引メカニズムについて理論的に考察する。

具体的には、各時点 $t = 1, 2, \dots$ において財が販売される。潜在的な買い手がランダムに時点 t に到着し、メカニズムに参加する。参加者は財の評価額や需要構造に関する様々な私的情報を持っている。メカニズムデザインの基礎原理である表明原理に基づき、買い手が自身の私的情報を売り手に伝えるような直接表明メカニズムに着目し、買い手が自分の情報を正確に伝える誘因両立条件を明らかにするとともに、効率性や売り手収入の意味で最適な取引メカニズムがどのようなものかを考察する。

研究を進めるにあたって、国内外の主要な学会・コンファレンスに積極的に参加し、自身の研究報告を通じて研究成果を洗練させていくほか、この研究分野に関する最新の研究動向を調査するよう努めた。また、ベンチマークモデルの分析を進めるなかで、研究が当初計画通りに進まない場合は、単純化したモデルから始め、どのような方向の発展が可能かを探りながら分析を進めた。

本研究では、研究開始当初には予期できなかったこととして、新型コロナ禍が生じ、また研究代表者自身のライフイベント (育児等) により、学会・コンファレンス等への参加を縮小せざるをえなくなった。また、上述した資源配分が繰り返し行われるモデルの分析は当初期待したほど順調には進展しなかった。しかしこの研究期間の間、広くメカニズムデザインに関する近年の研究を調査し、資源配分が繰り返されるようなモデルだけでなく、広く動学的に実施される資源配分問題を考え、メカニズムデザインの理論に基づく分析を行うことで、次節で説明するようない

くつかの重要な研究成果を得ることができた。

4. 研究成果

本研究の主たる研究成果は3点ある。第1に、前項の当初の研究計画に基づく繰り返し資源配分問題において、買い手が2次元の私的情報をもつ環境下における最適取引メカニズムについて明らかにした。

残りの研究成果は、繰り返し資源配分問題に関する直接の研究成果ではないものの、時間を通じて資源配分が行われる環境におけるメカニズムデザインや(その関連分野である)オークション理論に関する研究成果である。その一つは、売り手が潜在的な買い手と逐次的なコミュニケーションを通じて取引を決定する状況を理論的に定式化し、現実に広く使われる「競り上げオークション」を公理的に特徴づけた。もう一つの成果は、オークションの後に落札者による投資活動があり、それによって財の価値が内生的に決定される状況下におけるオークションメカニズムの設計に関する成果である。

(1) 繰り返し資源配分問題の分析

Sano (2021b)は、売り手が毎期一定量の財(時間スロット)を配分し、買い手がランダムに到着する状況を考えて。買い手は直ちに財を獲得することを希望しているが、一部の買い手は忍耐強く、配分が遅くても構わないと考えている。買い手の財に対する価値と忍耐強さの二つが買い手の私的情報であるとき、取引メカニズムが買い手の私的情報を正しく収集するための必要十分条件を特徴づけた。その上で、限定的な条件下では「最低落札価格付きの動学的VCGオークション」が売り手の期待収益を最大化することを示した。ただし、この条件は非常に限定的であるため、一般的に期待収益を最大化するメカニズムを導出することは極めて困難であることを論じた。

本論文は Hinno Saar (2017)を拡張した分析で、買い手の忍耐強さの異質性という現実的な要素を加味した多次元タイプのメカニズムデザイン研究となっている。類似する多次元タイプの動学的メカニズムデザインの研究として Mierendorff (2016)などがあるが、それらと比較しても本研究が導出した条件は非常に厳しいものである。これは、忍耐強さに関する誘因両立条件が先行研究におけるそれよりも強い制約となることに起因している。本論文は動学的メカニズムデザインの研究に新たな知見を提供するとともに、多次元タイプのメカニズムデザイン理論にも貢献するもので、ゲーム理論の国際的トップジャーナルである *Games and Economic Behavior* に掲載された。

(2) 競り上げオークションの公理的分析

Sano (2021a)は、資源配分が時間を通じた多段階のコミュニケーションを通じて行われる状況を分析した。特に、売り手と多数の買い手がいるオークションの環境で、売り手が2択質問を繰り返して情報収集し、取引相手と価格を決定する動学的メカニズムを考える。このとき、配分の効率性と買い手の誘因両立性を共に満たすメカニズムが「競り上げオークション」のみであることを示した。

本論文は「自明な支配戦略 (obviously dominant strategy)」というインセンティブ条件を提案して競り上げ型のメカニズムを特徴づけた Li (2017)の結果を補完するものだ。Li (2017)とは異なり、本論文では「2択質問を繰り返しながら、取引相手と価格を決定する」という形であらかじめメカニズムのクラスを限定した。その上で、インセンティブ条件は Li (2017)よりも弱い、既存研究でもしばしば用いられる「事後均衡 (ex-post Nash equilibrium)」を用いて競り上げ型のメカニズムを特徴づけた。更に、配分の効率性を考慮することによって、競り上げオークションを公理的に特徴づけた。本論文の成果は、競り上げオークションがなぜ現実に広く使われているかを理論的に解き明かすものと解釈でき、社会的選択・メカニズムデザイン分野で定評のある国際ジャーナルである *Social Choice and Welfare* に掲載された。

(3) 事後投資のあるオークションの分析

Sano (2023)は、配分される財の価値が事後的な投資活動により内生的に決定される状況におけるオークションの分析と設計について考察した。特許・免許や企業買収などのオークションでは、落札者が事後的にどれだけ積極的な設備投資等を行うかによって財の価値が変動する。また、こうした大規模なオークションの場合、入札者は落札額や投資額を賄うだけの現金を保有しておらず、金融市場で借り入れるなどの資金調達費用に直面している。そのような環境で、売り手の収入や落札者の投資量がオークションのルールによってどのように異なるかを考察した。財の価値が投資量の一次関数であるような場合には、売り手の期待収入や落札者の投資量について、様々なオークションルールの間で同値定理が成り立つことを示した。また、財の価値が投資量の凹関数であるような場合には、売り手の期待収入は一位価格オークションの方が二位価格

オークションよりも高くなる一方、落札後の投資量は二位価格オークションの方が多くなることを示した。

本論文は、資源配分（オークション）と投資インセンティブの関係を簡潔なモデルで分析し、特許・免許や企業買収等の現実的な状況におけるオークション設計に対して新たな知見を提供するものである。本研究成果は理論経済学の国際的なトップジャーナルである *Journal of Economic Theory* に掲載された。

(4) その他の研究成果

また、本研究に付随する成果として、近年注目される複数財のパッケージオークションの均衡を分析した Sano (2018) がある。本論文では、近年周波数割当オークションで採用されつつある「コア選択オークション」と呼ばれる複数財オークションについて、そこでの入札者のインセンティブについて分析した。このオークションは一般に誘因両立性を満たさず、均衡における配分が非効率的であることが知られているが、売り手が適切な最低落札価格を設定することにより、配分の効率性を改善することが可能であることをメカニズムデザインのアプローチを用いて示した。この成果については、メカニズムデザインの分野で定評のある国際ジャーナルである *Review of Economic Design* に掲載された。

本研究では、上記の研究成果のほかに、資源配分が繰り返し実施され、かつ買い手が配分時点の異なる複数の財を需要する可能性がある状況、具体的には期日の異なる航空券販売で、買い手（旅行者）は片道／往復など異なる需要構造を持ちうる状況を分析した研究を進めており、この結果については国際的な学術雑誌掲載に向け改訂を続けているところであり、引き続き動学的メカニズムデザインの研究を進めていく計画である。

また、Sano (2023) に関連して、資源配分（オークション）とその前後に実施される投資インセンティブの関係について新たな研究を始めており、メカニズムデザイン・オークション理論に関する研究を引き続き継続していく計画である。

< 引用文献 >

- Bergemann, D., Valimaki, J., “The dynamic pivot mechanism,” *Econometrica*, Vol. 78, pp. 771-789 (2010)
- Hinnosaar, T., “Calendar mechanisms,” *Games and Economic Behavior*, Vol. 104, pp. 252-270 (2017)
- Li, S., “Obviously strategy-proof mechanisms,” *American Economic Review*, Vol. 107, pp. 3257-3287 (2017)
- Mierendorff, K., “Optimal dynamic mechanism design with deadlines,” *Journal of Economic Theory*, Vol. 161, pp. 190-222 (2016)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ryuji Sano	4. 巻 213
2. 論文標題 Post-auction investment by financially constrained bidders	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Economic Theory	6. 最初と最後の頁 no.105742
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jet.2023.105742	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryuji Sano	4. 巻 130
2. 論文標題 Dynamic slot allocations with different patience levels	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Games and Economic Behavior	6. 最初と最後の頁 465-473
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.geb.2021.09.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ryuji Sano	4. 巻 -
2. 論文標題 Dynamic communication mechanism design	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Social Choice and Welfare	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00355-021-01309-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryuji Sano	4. 巻 Vol. 22
2. 論文標題 An equilibrium analysis of a core-selecting package auction with reserve prices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Review of Economic Design	6. 最初と最後の頁 pp. 101-122
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10058-018-0212-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計16件(うち招待講演 2件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 Multiple-object auctions with multidimensional types: revenue maximization and efficiency
3. 学会等名 Asian Meeting of the Econometric Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野隆司
2. 発表標題 Post-auction Investment by Financially Constrained Bidders
3. 学会等名 ゲーム理論ワークショップ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 Optimal mechanism design for selling complementary goods
3. 学会等名 Australasia Meeting of the Econometric Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野隆司
2. 発表標題 Dynamic slot allocations with different patience levels
3. 学会等名 日本経済学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野隆司
2. 発表標題 Position auctions with multidimensional types: revenue maximization and efficiency
3. 学会等名 ゲーム理論ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 Dynamic slot allocations with different patience levels
3. 学会等名 Annual Congress of the European Economic Association (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 Dynamic Communication Mechanism Design
3. 学会等名 Conference on Economic Design 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐野隆司
2. 発表標題 Dynamic Slot Allocations with Different Patience Levels
3. 学会等名 横浜国立大学近経研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐野隆司
2. 発表標題 Dynamic Slot Allocations with Different Patience Levels
3. 学会等名 ゲーム理論ワークショップ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐野隆司
2. 発表標題 Dynamic Communication Mechanism Design
3. 学会等名 日本経済学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 A Dynamic Mechanism Design with Different Deadlines and Multi-unit Demands
3. 学会等名 Annual Congress of the European Economic Association (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 A Dynamic Mechanism Design with Deadlines and Multi-unit Demands
3. 学会等名 Australasian Economic Theory Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 A Dynamic Mechanism Design with Different Deadlines and Multi-unit Demand
3. 学会等名 一橋大学経済理論ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 A Dynamic Mechanism Design with Deadlines and Multi-unit Demands
3. 学会等名 Pan Pacific Conference in Economic Research(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryuji Sano
2. 発表標題 The Virtual Valuation Approach to Multi-object Auction Design
3. 学会等名 Asian Meeting of the Econometric Society(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐野隆司
2. 発表標題 The Virtual Valuation Approach to Multi-object Auction Design
3. 学会等名 DCコンファレンス
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

個人ホームページ
<https://sites.google.com/site/sanosweb/>

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
---------	---------