

令和 6 年 5 月 13 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K01541

研究課題名（和文）公共プロジェクトのメカニズムデザイン：理論と実験

研究課題名（英文）Mechanism Design in Public Project Decision Problems: Theory and Experiments

研究代表者

大和 毅彦（Yamato, Takehiko）

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：90246778

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：公共プロジェクトの実施問題について、ピボタル・メカニズムと自発的支払メカニズムを経済実験で比較した。実験では、パレート効率な配分を達成する割合、個人合理的な配分を達成する割合、余剰最大化を実現する割合の観点から、自発的支払メカニズムがピボタル・メカニズムより高いパフォーマンスを示した。

また、公共財供給メカニズムに各主体が参加するか否かを定めるケースで、自発的支払メカニズムとパレート効率な配分を実現する任意のメカニズムを比較した。メカニズムへの参加確率、公共財の均衡期待水準、および均衡期待利得が、自発的支払メカニズムの方がパレート効率なメカニズムより大きくなる可能性が生じることを発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ある一定の規模の公共財を供給するか否かを定める公共プロジェクトの実施問題において、自発的支払メカニズムの方がピボタル・メカニズムより高いパフォーマンスを示すことを実験で発見した。さらに、公共財供給メカニズムに各主体が参加するか否かを定めるケースでは、自発的支払メカニズムの方がパレート効率なメカニズムより良い結果を導く可能性を指摘した。これらの結果は、全員参加の場合には自発的支払メカニズムはパレート効率な配分を達成できないものの、自発的支払メカニズムの方がよりうまく機能する可能性を示唆し、現実社会でなぜ自発的支払メカニズムが多く用いられているかについて一つの説明を与えている。

研究成果の概要（英文）：We conduct an experimental comparison of two well-known mechanisms for undertaking a binary public project: the pivotal mechanism and the voluntary contribution mechanism.

We then observe that the voluntary contribution mechanism works better than the pivotal mechanism from the perspectives of Pareto efficiency, individual rationality, and surplus maximization.

We also compare the voluntary contribution mechanism with any mechanism attaining Pareto-efficient allocations when each agent can choose whether he/she participates in the mechanism for the provision of a non-excludable public good. We find that, in our participation game, the voluntary contribution mechanism, because of its higher participation probability in the unique symmetric mixed strategy Nash equilibrium, may perform better than any Pareto-efficient mechanism in terms of the equilibrium expected provision level of the public good and the equilibrium expected payoff of each agent.

研究分野：ミクロ経済学

キーワード：メカニズム・デザイン

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

公共財の存在する経済では、各主体は他人による公共財供給の費用負担にただ乗り (free ride) しようとするために、効率的な資源配分の実現は容易ではない。このただ乗り問題に対して初めて理論的な解決方法を提示したのが、Clarke (1971) と Groves-Ledyard (1977) である。ある一定の規模の公共財を供給するか否かを定める公共プロジェクトの実施問題について、Clarke はピボタル・メカニズムを提唱した。このメカニズムは戦略的に操作不能 (strategy-proof) である、つまり、各人がプロジェクトから得られる便益について真の値を報告することが支配戦略となり、支配戦略均衡では公共プロジェクトの効率的な実施が遂行できる。また、公共財の供給水準が連続的に変化するケースに関して、Groves-Ledyard のメカニズムでは、ナッシュ均衡においてパレート効率な公共財供給が遂行される。彼らの研究以降、さまざまな改良が加えられて、たとえ各人が自己の利益を追求して行動したとしても、結果として、均衡では社会的に望ましい資源配分を遂行するメカニズムが提唱されてきた。

しかし、メカニズム・デザインの分野で提唱されてきた理論的に性能が良いとされるこれらのメカニズムが実際に社会で用いられたという事例は、残念ながら、知られていない。公共財供給問題において、現実に用いられている制度の多くは、各人が自己の所有する私的財を自発的に出し合って、公共財を生産する「自発的支払メカニズム」であろう。

これらの点を踏まえ、本研究の学術的「問い」は以下になる。1) メカニズム・デザインの分野で提唱されてきた理論的に優れた公共財供給メカニズムが現実に用いられる可能性はあるのか? 2) 自発的支払メカニズムが実際に多く用いられているのはなぜか?

2. 研究の目的

上記の二つの問いに答えるために、理論的に性能が良いとされている公共財供給メカニズムと自発的支払メカニズムのパフォーマンスを同じ経済環境の下で、経済実験を行い比較し、実験結果を踏まえて、公共財供給の理論を再構築することが本研究の目的である。

具体的には、ある一定の規模の公共財を供給するか否かを定める公共プロジェクトの実施問題を考察し、ピボタル・メカニズムと自発的支払メカニズムの比較実験を行う。ピボタル・メカニズムと自発的支払メカニズムについては、一つのメカニズムごと、別々に実験研究が行われてきた (Attieyeh et al. (2000)、Kawagoe-Mori (2001)、Chen (1999) 等)。しかしながら、複数の公共財供給メカニズムのパフォーマンスを、同じ経済環境の下で比較した実験研究は殆ど行われていない。

また、メカニズムへの参加問題を考察する。従来の研究では社会の構成員の全員がメカニズムに参加することが前提となっているが、ここでは、各主体がメカニズムへの参加の意思決定を自発的に選択できる状況进行分析し、自発的支払メカニズムとパレート効率な配分を実現するメカニズムを比較する。

3. 研究の方法

ミクロ経済理論とゲーム理論の手法を用いて理論分析を行い、導かれた理論を経済実験で検証する。さらに、実験結果を説明できるような理論モデルを考察する。

後述するように、ピボタル・メカニズムと自発的支払メカニズムは、理論的には一長一短で優越はつかず、被験者を用いた経済実験でメカニズムの性能を比較する必要がある。二つのメカニズムを、実験で観察されるパレート効率性、個人合理性、公共財供給の最適性の達成割合、均衡への収束の速さなどの基準を用いて比較し、どちらが優れているのか実験で明らかにする。今回の実験では、各参加者が他の参加者の利得に関する情報を知っている完備情報の下で、これらの二つのメカニズムを比較した。また、メカニズムのルールのみを参加者に説明し、利得表は用いずに実験を行った。

また、非排除性を満たす公共財を供給するメカニズムに、各経済主体が参加するか否かを定めることができるケースで、自発的支払メカニズムとパレート効率な配分を実現するメカニズムを比較する問題の分析については、2段階の参加ゲーム、つまり、1段階目では各主体が参加するかを決めて、2段階目では、1段階目で参加を選択した人のみで、メカニズムをプレイするゲームを考察した。

4. 研究成果

ピボタル・メカニズムと自発的支払メカニズムの理論的な特徴は以下の通りである。自発的支払メカニズムは、絞り込まれたナッシュ均衡 (支配される戦略を1回消去した後のゲームにおける支配されないナッシュ均衡) において、公共財供給の最適性、パレート効率性、個人合理性を満たす配分を遂行できるが、均衡が実現するためにはプレイヤー間の完備情報が必要とされる。他方、ピボタル・メカニズムでは、不完備情報の下でも理論的にはうまく機能し、公共プロジェクトから得られる便益について真の値を報告することが各人の支配戦略となる。しかし、支配戦略均衡で公共財供給の最適性は実現できるが、パレート効率性と個人合理性は満たされない。このように、二つのメカニズムには、理論的には一長一短で優越はつかない。

したがって、ピボタル・メカニズムと自発的支払メカニズムのパフォーマンスを同じ経済環境の下で実験を行い比較した。主な実験結果は以下の通りである。

1) 自発的支払メカニズム実験において、理論予測通り、絞り込まれたナッシュ均衡が達成される割合は、実験全体(20回繰り返し)では75% (= 301/400)であり、最後の10回では90% (= 179/200)であった。

2) ピボタル・メカニズム実験において、理論予測通り、支配戦略均衡が達成される割合は、実験全体(20回繰り返し)では46% (= 182/400)であり、最後の10回では57% (= 113/200)であった。

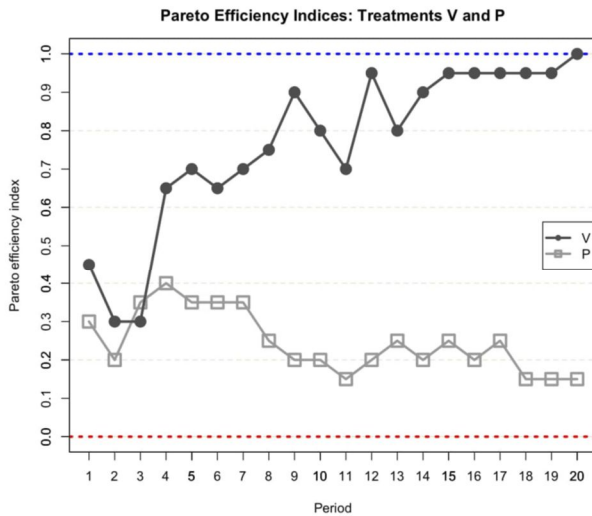
3) ピボタル・メカニズム実験において、良い(プロジェクトが実施される)ナッシュ均衡が達成される割合は、実験全体(20回繰り返し)では76% (= 302/400)であり、最後の10回では83% (= 165/200)であった。

4) パレート効率な配分が達成される割合は、自発的支払メカニズム実験の方が、ピボタル・メカニズム実験よりも、有意に高かった。

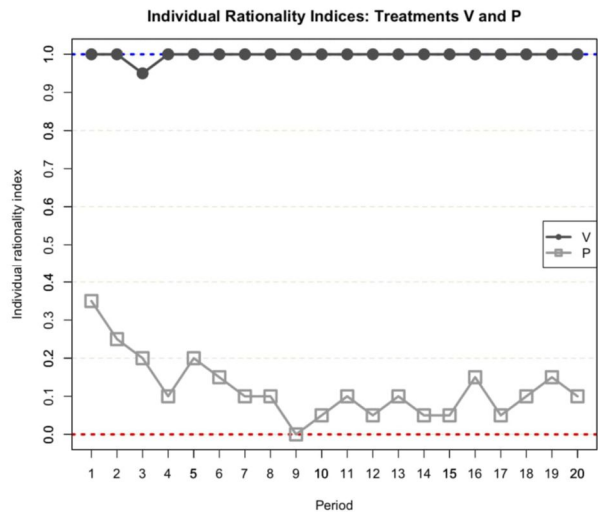
5) 個人合理的な配分が達成される割合は、自発的支払メカニズム実験の方が、ピボタル・メカニズム実験よりも、有意に高かった。

6) 余剰最大化が実現される割合は、自発的支払メカニズム実験の方が、ピボタル・メカニズム実験よりも、有意に高かった。

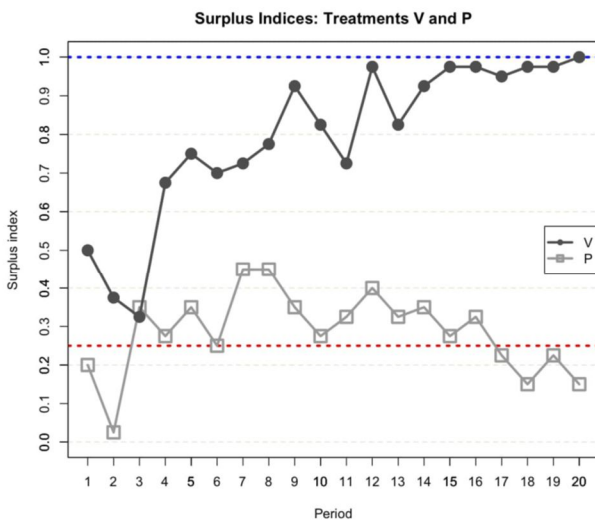
7) 公共プロジェクトを実施するか否かに関する決定効率性は、自発的支払メカニズム実験とピボタル・メカニズム実験で、有意な差はなかった。



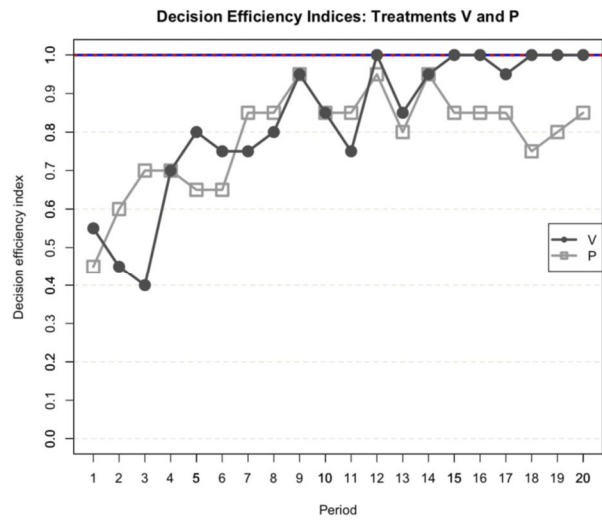
(a) パレート効率な配分を達成する割合



(b) 個人合理的な配分を達成する割合



(c) 余剰最大化を実現する割合



(d) 公共プロジェクトの決定効率性

図1：自発的支払メカニズム(V)とピボタル・メカニズム(P)の比較

このように、パレート効率な配分を達成する割合、個人合理的な配分を達成する割合、余剰最大化を実現する割合の観点からは、自発的支払メカニズムの方がピボタル・メカニズムより高いパフォーマンスを示した。他方、公共プロジェクトを実施するか否かに関する決定効率性の観点からは、自発的支払メカニズムとピボタル・メカニズムの間には有意な差は観察されなかった（図1参照）。これらの結果は、実際の応用において、自発的支払メカニズムの方がピボタル・メカニズムよりうまく機能する可能性を示唆している。

さらに、各実験参加者の行動を個別に分析した。自発的支払メカニズムについては、参加者のタイプを均衡戦略をとったタイプとそれ以外のタイプの二つに分けたところ、多くの参加者が均衡戦略をとったタイプに分類された。他方、ピボタル・メカニズムについては、実験参加者のタイプを、支配戦略を報告したタイプ、支配戦略より大きな値を報告したタイプ、支配戦略より小さな値を報告したタイプ、それ以外のタイプに分類したところ、支配戦略以外の値を報告するタイプの参加者も数多く存在した。この理由を、自分の利得だけでなく、他の人の利得も気にして、公平性も考慮に入れる社会的選好の不平等回避モデルを用いて説明した。

また、公共財供給メカニズムに、各経済主体が参加するか否かを自発的に決めることができるケースで、前述の2段階の参加ゲームを分析し、自発的支払メカニズムと任意のパレート効率なメカニズムを、メカニズムへの参加確率（唯一の混合戦略均衡）、公共財の均衡期待水準、および各主体の均衡期待利得の3つの観点から比較した。二人の経済主体のケースでは、自発的支払メカニズムはパレート効率なメカニズムより、これらの3点から劣る。しかしながら、主体の数が3人以上の場合には、反対の結果が得られる可能性がある。

まず、自発的支払メカニズムの参加確率はパレート効率なメカニズムへの参加確率よりも大きくなる傾向があり、その差は経済を構成する主体の人数が多くなるほど大きくなる（図2参照）。

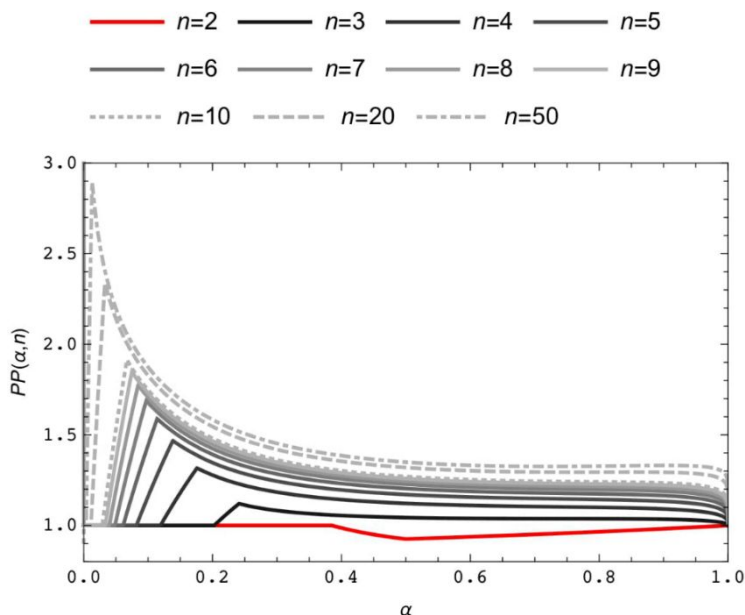


図2：参加確率の比較

：選好のパラメータ（ の値が小さいほど、私的財に対して公共財を重視する、 $0 < \alpha < 1$ ）

n ：経済を構成する主体の人数

$PP(\alpha, n) = (\text{自発的支払メカニズムへの参加確率}) / (\text{パレート効率なメカニズムへの参加確率})$

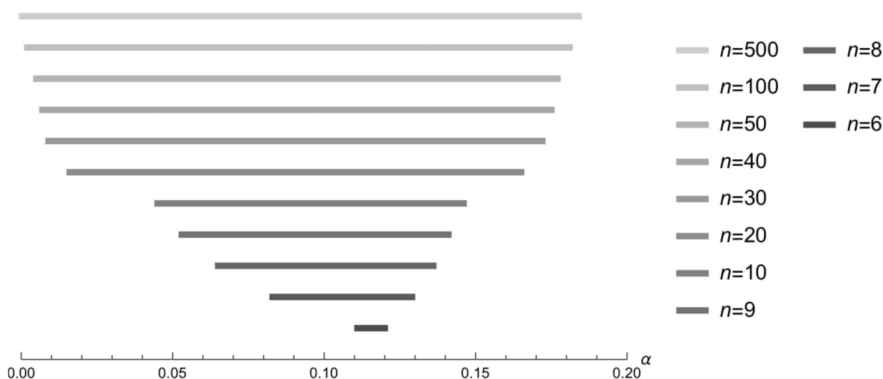


図3：自発的支払メカニズムにおける公共財の均衡期待水準）>（パレート効率なメカニズムにおける公共財の均衡期待水準）が成立する の値の範囲

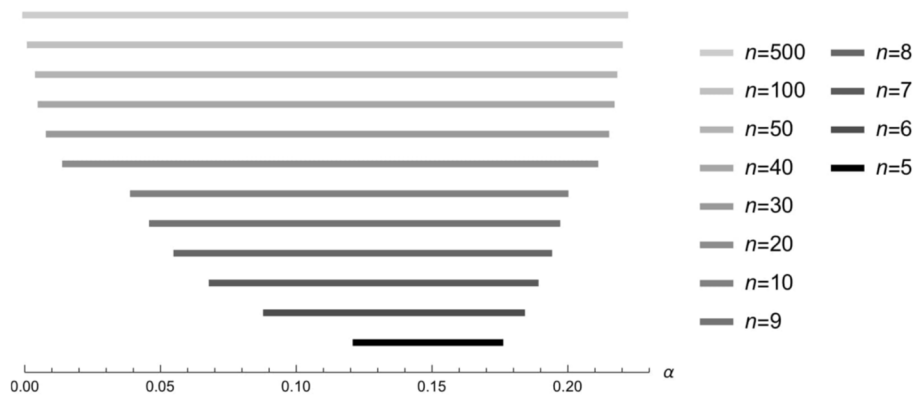


図4 : (自発的支払メカニズムの均衡期待利得) > (パレート効率なメカニズムの均衡期待利得) が成立する α の値の範囲

また、この高い参加確率により、公共財の均衡期待水準と各主体の均衡期待利得が、自発的支払メカニズムの方がパレート効率なメカニズムより大きくなる可能性が生じる。また、経済を構成する経済主体の数が大きくなるほど、この可能性(選好パラメータ α の値の範囲)は大きくなることからシミュレーション結果から判明した(図3と図4参照)。

さらに、期待参加人数、すなわち、「均衡におけるメカニズムへの参加確率」×「プレイヤーの人数」に関する分析を行った。プレイヤーの人数が増加した時に、均衡におけるメカニズムへの参加確率は減少してしまうために、これらの積である期待参加人数が増加するのか、減少するのは自明ではない。

数値シミュレーションにより、期待参加人数は、パレート効率なメカニズムについては、選好パラメータ α の値が十分に大きい時($\alpha = 0.9$)の時には、期待参加確率はプレイヤー人数が増加するにつれて増加するが、他のケースでは、減少することが判明した。他方、自発的支払メカニズムでは、多くのケースで、期待参加確率はプレイヤー人数が増加するにつれて増加するものの、 $\alpha = 0.2$ の場合には、期待参加確率はプレイヤー人数について非単調な関数となる。また、プレイヤー人数が与えられた下で、自発的支払メカニズムの期待参加人数は、パレート効率なメカニズムの期待参加人数よりも大きくなる傾向がある。

これらの結果は、参加が強制される場合には自発的支払メカニズムはパレート効率な配分を達成できないものの、メカニズムへの自発的な参加が可能な場合には、自発的支払メカニズムの方がパレート効率なメカニズムよりうまく機能する可能性を示唆している。

今後の課題：

ピボタル・メカニズムと自発的支払メカニズムのパフォーマンスを同じ経済環境の下で比較した今回の実験では、各参加者が他の参加者の利得に関する情報を知っている完備情報の仮定の下で行ったが、各参加者が他の参加者が公共プロジェクトから得られる便益について知らない不完備情報の下での実験も実施する必要がある。

また、メカニズムへ参加するか否かについて、各個人が自由に決定できる場合において、パレート効率なメカニズムと自発的支払メカニズムのパフォーマンスを比較した今回の理論研究の妥当性を実験で検証する必要がある。

引用文献：

Attiyah, G., Franciosi, R., and R. M. Isaac (2000) "Experiments with the Pivotal Process for Providing Public Goods," *Public Choice*, 102, 95-114.

Clarke, E. H., (1971) "Multipart Pricing of Public Goods," *Public Choice*, 2, 19-33.

Chen, Y. (2008) "Incentive-Compatible Mechanisms for Pure Public Goods: A Survey of Experimental Research," in Smith, V. and Plott, C., eds., *Handbook of Experimental Economics Results*, Volume 1, Pages 625-643.

Kawagoe, T., Mori, T., (2001) Can the pivotal mechanism induce truth-telling? An experimental study. *Public Choice* 108, 331-354.

Groves, T., and J. Ledyard (1977) Optimal Allocation of Public Goods: A Solution to the 'Free Rider' Problem, *Econometrica* 45, 783-811.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tatsuki Homma, Ryosuke Iba, Junyi Shen, Takuma Wakayama, Hirofumi Yamamura, Takehiko Yamato.	4. 巻 58
2. 論文標題 The pivotal mechanism versus the voluntary contribution mechanism: An experimental comparison	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Social Choice and Welfare	6. 最初と最後の頁 429-505
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Takuma Wakayama, Takehiko Yamato	4. 巻 52
2. 論文標題 Comparison of the voluntary contribution and Pareto-efficient mechanisms under voluntary participation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Game Theory	6. 最初と最後の頁 517-553
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Xiangdong Qin, Junyi Shen, Ken-Ichi Shimomura, Takehiko Yamato	4. 巻 67
2. 論文標題 Hometown-specific Bargaining Power in an Experimental Market in China	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Singapore Economic Review	6. 最初と最後の頁 1225-1252
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 該当する
1. 著者名 Junyi Shen, Ken-Ichi Shimomura, Takehiko Yamato, Tokinao Ohtaka, Kiyotaka Takahashi	4. 巻 2022
2. 論文標題 Revisiting Marshallian versus Walrasian Stability in an Experimental Market	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 In: Theory and History in Regional Perspective - Essays in Honor of Yasuhiro Sakai, edited by Kawano, M., Kourtit, K., Nijkamp, P., and Higano, Y.	6. 最初と最後の頁 49-78
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Toan L. D. Huynh, Marc Oliver Rieger, Mei Wang, David Berens, Duy-Linh Bui, Hung-Ling Chen, Tobias Peter Emering, Sen Geng, Yang Liu-Gerhards, Thomas Neumann, Thanh Dac Nguyen, Thong Trung Nguyen, Diefeng Peng, Thuy Chung Phan, Denis Reinhard, Junyi Shen, Hiromasa Takahashi, Bodo Vogt	4. 巻 7
2. 論文標題 Cheating, Trust and Social Norms: Data from Germany, Vietnam, China, Taiwan, and Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Data	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 Qinxin Guo, Junyi Shen	4. 巻 29
2. 論文標題 A Comparison between Mixed Logit Model and Latent Class Logit Model for Multi-profile Best-worst Scaling: Evidence from Mobile Payment Choice Dataset	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Economics Letters	6. 最初と最後の頁 1300-1305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 Guo Qinxin, Wang Enci, Nie Yongyou, Shen Junyi	4. 巻 73
2. 論文標題 Revisiting the impact of impure public goods on consumers' prosocial behavior: A lab experiment in Shanghai	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of Economic Research	6. 最初と最後の頁 51 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/boer.12233	査読の有無 無
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 下村研一・大和毅彦	4. 巻 12
2. 論文標題 民族多様性と市場メカニズムに関する実験研究—ケニアにおける相対取引実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 依田高典、岡田克彦編著、『行動経済学の現在と未来』、第12章	6. 最初と最後の頁 287-312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Hiromasa Takahashi, Junyi Shen, and Kazuhito Ogawa	4. 巻 17
2. 論文標題 Gender-specific Reference-dependent Preference in an Experimental Trust Game	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Evolutionary and Institutional Economics Review	6. 最初と最後の頁 25-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40844-019-00155-z	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 Chong Li and Junyi Shen	4. 巻 220
2. 論文標題 Examining the Factors Affecting the Choice of Mobile Payments: An Empirical Study Based on Survey Data in Shanghai	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 『国民経済雑誌』	6. 最初と最後の頁 73-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 該当する

1. 著者名 Riko Noguchi and Junyi Shen	4. 巻 123
2. 論文標題 Factors Affecting Participation in Health Checkups: Evidence from Japanese Survey Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Health Policy	6. 最初と最後の頁 360-366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.healthpol.2018.10.013	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0件

〔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
研究分担者	潘 俊毅 (Shen Junyi) (10432460)	神戸大学・経済経営研究所・教授 (14501)	

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