

機関番号：13101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21730155

研究課題名(和文) 近似的メカニズムによるマッチングマーケットデザインの新手法

研究課題名(英文) A new method in matching market design by means of approximation mechanisms

研究代表者

高宮 浩司(TAKAMIYA KOJI)

新潟大学・人文社会・教育科学系・准教授

研究者番号：40333588

研究成果の概要(和文): マッチングメカニズムは価格制度に頼らない新しい資源配分の方法として近年実用化が進んでいる。本研究は、新しい手法のメカニズムを設計し、マッチングメカニズムの適用範囲を広げることを目的とした。これまで応用が進んでいなかったタイプのマッチング環境の数理的性質を、数値シミュレーションと理論的方法を併用して分析し、いくつかの理論的な結果を得た。一例としては、望ましいメカニズムの利用可能性の判定に要する計算量について有用な結果を得た。これは国際学会で報告された。

研究成果の概要(英文): “Matching mechanisms” have recently been applied to the real-world use as a new means of resource allocation which does not utilize the price system. The present research aimed at expanding the applicability of matching mechanisms by designing new mechanisms. We looked at the types of matching which had not been much considered in application, and investigated their mathematical properties by means of both computer simulation and theoretical analysis. We have obtained some theoretical results including a significant one concerning the computational complexity in deciding the availability of “nice” mechanisms. This result was reported at an international conference.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・理論経済学

キーワード：ミクロ経済学、経済理論、メカニズムデザイン、マーケットデザイン

1. 研究開始当初の背景

マッチングメカニズムは価格制度に頼らない新しい資源配分の方法として、近年実社会への応用が進められてきている。経済学では伝統的に価格制度の下での自発的な取引を前提とした資源配分を中心に考えてきた。価格制度は個人の選好にもとづき効率的な

資源配分を実現する点にその最大の利点がある。しかし、金銭を介しての取引にふさわしくない事物は多々存在し、そのようなものは個人の選好とは無関係なルールに則って配分される場合がほとんどである。そのような事物に対しても、個人の選好にもとづく効率的な取引がもし可能であれば、限られた資

源を活かして社会の厚生を改善させることができる。そこで、そのような資源配分を価格制度を使用せずに実現できるような取引制度（メカニズム）を人工的に設計・実装することが考えられる。価格制度を含む資源配分制度全般について一般的な見地から再検討をする類の研究はメカニズムデザインと呼ばれ、1970年代から広く行われてきたが、2000年代以降、それまでの理論的な研究の蓄積を受けて、価格を用いないタイプの人工的メカニズムの実用化が盛んになってきた。この種類のメカニズムは主にマッチングの数理モデルにもとづいている。マッチングとは人と物、人と人などを対応付けすることを意味する。取引という行為自体が数学的にはある種の対応付けと考えられるので、マッチングの数理モデルにもとづいて取引制度を設計するのは極めて自然である。マッチングメカニズムの実用化の具体例として、臓器移植におけるドナーと患者のマッチング、越境入学における学生と学校のマッチングなどがあり、これらは相当な政策的インパクトを及ぼした。

現行のマッチングメカニズムの実用は全て2部マッチングと呼ばれる特定のタイプのマッチング環境でのものであり、非2部のマッチング環境については応用がすすんでいない。ここで、2部というのは2つの独立したグループの間にマッチングを付けるという意味である。2部マッチングのみが応用される理由は、それが非常に性質のよい環境であり、安定性・効率性条件とインセンティブ条件を主とする各種の望ましい条件を満足するメカニズムが得られやすいからである。一方で、様々な種類の非2部マッチング環境において、2部マッチングで 사용되는ものと同じようなメカニズムを設計するのは困難であることが、それまでの理論的研究で明らかにされてきた。しかし、現実社会においては、非2部マッチング環境で応用が期待される事例がいくつもある。例えば、インターネット上の余剰計算資源の再配分においては、ネットワーク上の計算機という1つの集団からマッチングを付けるが、これは2部ではなく1部のマッチング環境として定式化するのがふさわしい。したがって、マッチングメカニズムの適用範囲を広げるためには、非2部マッチング環境で機能するメカニズムの設計を避けて通ることはできない。しかし、そのためには従来の2部マッチングの場合とは違う発想でのメカニズム設計を行うことが必要となる。

2. 研究の目的

上述の背景を受けて、本研究では、非2部マッチング環境で機能するメカニズムの設計・提案を最終目的とした。すでに述べたと

おり、それを行うには2部マッチングの場合とは異なった手法の（すなわち「新手法」の）メカニズムを設計しなければならない。そのような手法は様々考えられるが、とくにこの研究で想定する「新手法」は「近似的方法」である。これは、安定性・効率性条件またはインセンティブ条件の充足を近似的に評価する方法に基づいたものである。この評価法の存在により、上述の2条件を厳密には満足せずとも、近似的に満足するメカニズムを設計する可能性がひらける。

近似的方法にとくに着目する理由は以下である。ここで考えられているインセンティブ条件とは耐戦略性と呼ばれる比較的強いものであり、2部マッチングで実用されているメカニズムは耐戦略性を満足している。耐戦略性は厳しい条件であり満たされづらいため、メカニズムデザインの先行研究においては、耐戦略性を緩和した様々なインセンティブ条件が提案されている。しかし、そのような条件の多くはメカニズムの参加者の情報処理能力についての理想的な想定にもとづいており、たとえ満足されたとしても実装において上手く機能するとは考えづらい。本研究はあくまでもメカニズムの実用化のためのものであるので、耐戦略性に固執する。しかしながら、非2部マッチング環境でもやはり耐戦略性が満足されることは稀である。このような理由で、耐戦略性の完全な充足をあきらめつつも、代替的なインセンティブ条件を用いるのではなく、近似的に耐戦略性を満足するようなメカニズムを目指すのである。

この近似的評価法の基本的なアイディアは以下のとおりである。安定性・効率性条件、インセンティブ条件ともに参加者の選好に参照して定義されている。したがって、これらの条件に近似性の概念を取り入れるためには、選好にある種の強度（基数性）の概念を取り入れなければならない。しかし、マッチングメカニズムの実装においては、基数的選好を表明させることは情報量の観点から見ても現実的ではない。そこでこの評価法においては、選好の表現に、通常の順序付け（ランキング）によるそれに加えて、より粗いタイプの表現（例えば「良い」「悪い」にグループ分けするなど）を組合せることにより、選好の強度をある程度まで表現させている。この近似的評価法は本研究代表者の過去の研究にもとづくものである。

このように近似的方法により、上述の2条件を厳密には満足せずとも、近似的に満足するメカニズムを設計できる可能性がひらける。近似化の導入はメカニズム設計の可能性を一気に広げるが、しかしそのことで新しいメカニズムがすぐに得られるわけではない。実際に近似的メカニズムを設計するには、非

2部マッチング環境の数理的な性質を理論的に明らかにすることが必要であり、これが研究の必須部分となる。なかんずく、非2部マッチング環境における安定的、効率的な配分の性質、及びメカニズムの耐戦略性について詳細な分析が不可欠である。その結果にもとづいて、近似的メカニズムを設計・提案が初めて可能となる。

3. 研究の方法

本研究では計算機を使用した数値シミュレーションと純粋理論的手法をインタラクティブに用いることとした。本研究の目指す最終的産物は理論的なものであるが、シミュレーションを研究を進めるエンジンとして位置づけた。シミュレーションにより、理論的な分析の出発点となる洞察を得ることができ、また同時に、理論的分析を進める上で生ずる困難を打開するための新たな洞察を得ることができるからである。これはシミュレーションと理論的分析の相乗効果を狙った研究方法である。

研究体制としては、シミュレーションでは、計算機科学の専門家に研究協力者として参加してもらい、効率化を図った。また理論的分析では、国内外の研究協力者との議論、アイデア交換に重きをおき、柔軟な発想で研究を進めるよう図った。

4. 研究成果

研究全体の結果として、研究期間内には最終目的である新しい近似的メカニズムの設計・提案にまでは辿り着くことはできなかった。このような不確実性は理論研究においては不可避であるものの、2年間という比較的短い研究期間の設定に見通しの甘さがあったことは否めない。しかしながら、最終目的の達成のために不可欠な非2部マッチングの数理的性質の解明については、貴重な結果を得ることができた。これらは個々に重要な貢献であり、その意味で研究の成果は十分に得られたと考える。今後これらの結果がいかされ、メカニズムの設計・提案まで研究を進めることができるであろう。以下にこれまでに得られた成果を述べる。

(1) 1部マッチング環境におけるある確率過程の吸収状態について注目すべき性質をシミュレーション結果から予想し、さらにこの性質を理論的に分析しその数学的証明を得た。ここで1部マッチングとは非2部マッチングの1つで、文字通り1つのグループの中でマッチングが行われる環境である。この確率過程とは myopic blocking dynamics と呼ばれるものであり、自発的な再マッチングの繰返しの後にどのような配分が実現するかをモデル化したものである。この確率過程の吸収状態はある意味で「自然に導かれる

配分」と考えることができるので、設計すべきメカニズムが行うマッチングも同じような配分になるべきことが予測される。したがって、吸収状態の性質が分かったということは、設計すべきメカニズムについて重要な示唆が得られたことになる。この成果をさらに強化するため、上述の証明をより一般的な非2部マッチング環境へと拡張することに取組んだ。証明は現時点で未完成であるが、近いうちに発表できるであろう。

(2) 提携形成問題におけるメカニズム設計について、以前に得られた研究結果に改善を行った。ここで提携形成問題とは非2部マッチングのモデルの中でも取り分け柔軟性の高いもので、マッチングされる集団の構成がパラメータとして可変的になっている。したがって、このモデルで得られた結果は多様な非2部マッチング環境に適用することができる。この研究では、メカニズムが「各提携レベルの満場一致原則」なる自然な条件とインセンティブ条件（耐戦略性）を満足することの含意を特徴づけた。「各提携レベルの満場一致原則」は安定性・効率性条件に代わるものであり、安定性・効率性条件が満たされない場合、代替的に要求することが想定されるものである。すでに述べたように、非2部マッチング環境では安定性・効率性条件はインセンティブ条件とは同時に満足されづらいが、このような代替的条件を要求することは安定性・効率性条件を近似的に要求することに近い。したがって、この成果は設計すべき近似的メカニズムがどの程度の近似性を持つべきかについて重要な情報を与える。この研究成果は、学術誌 International Journal of Game Theory に投稿され、小改訂の条件付で掲載が受理された。近日中に正式に受理される予定である。この学術誌はゲーム理論の分野で国際的に最も有名な専門誌の一つである。

(3) あるクラスの非2部を含むマッチング環境において望ましいメカニズムの利用可能性の判定に要する計算量について理論的な結果を得た。ここで扱ったマッチングモデルもまたマッチングされる集団の構成がパラメータとして可変的になっている。そこで、パラメータを入力と考えたとき、そのパラメータの下で、効率性条件、インセンティブ条件（耐戦略性）及び参加制約条件を満足するメカニズムが存在するかどうかの判定を出力するような計算問題を考えた。理論的な分析の結果、この計算問題の時間計算量の分類を明らかにした。これは新手法のメカニズムの有効性を評価するのに有用な結果である。この結果は2010年9月にドイツで開催された国際学会で口頭報告された。なお、この学会はメカニズム設計を含む社会選択全般について、計算機科学、経済学など複数

の分野の研究者が報告を行うという学際的かつ先端的なものである。そこで本研究の成果が報告されたことは、本研究の先端性と学際性を示すものと言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計1件)

発表者：高宮 浩司

発表標題：Complexity consideration on the existence of strategy-proof social choice functions

学会等名：The Third International Workshop on Computational Social Choice

発表年月日：2010年9月16日

発表場所：デュッセルドルフ大学(ドイツ連邦共和国)

[その他]

ホームページ等

<http://ecows.econ.niigata-u.ac.jp/~takamiya/rsrch.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

()

研究者番号：

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：