

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：12608

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26885028

研究課題名(和文) ジョブローテーションにおける望ましいスケジューリング方法についての理論分析

研究課題名(英文) Designing job rotation schedules using matching theory

研究代表者

坂東 桂介 (Bando, Keisuke)

東京工業大学・社会理工学研究科・助教

研究者番号：50735412

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：ジョブローテーションとは、同一企業内の労働者が決められた期間内でいくつかの部署を移動することを意味する。本研究の目的は、労働者の希望を反映した望ましい性質を満たすスケジューリング方法を提案することである。本研究では、ジョブローテーションのスケジューリングを分析するための新たな理論的枠組みを構築した。また、本研究では、いくつかの労働者の選好に関する仮定のもとで、効率性と安定性を満たすスケジューリングを探すアルゴリズムを提案した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to design job rotation schedules that reflect preferences of workers. To do so, we developed a theoretical model called dynamic matching model with constraints. We propose an algorithm to find efficient and stable job rotation schedules under some assumptions on the preferences of workers.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：マッチング ジョブローテーション スケジューリング

1. 研究開始当初の背景

ジョブローテーションとは、同一の企業内で定期的に労働者が職場異動を行うことを意味する。現在、多くの企業で新入社員の研修等を目的としてジョブローテーションが行われている。ジョブローテーションを行うメリットとして「労働者が様々な職場を体験することで多様な能力が身に付けられる」、「企業は労働者の能力をより把握できるようになる」等が考えられる。また、ジョブローテーションを適切に実施することで、同じ仕事を繰り返し行う事によって生じる健康被害のリスクが分散できる。このように、様々な観点からジョブローテーションは有用であると考えられている。ジョブローテーションを行う際、労働者にとって「いつどの職場に割り当てられるのか」は今後のキャリアを形成していくうえで重要な要因となる。また、職場にとって「いつどのような労働者を受け入れるか」は業務を遂行するうえで重要な要因となる。よって、労働者(職場)は「いつどこで働くか(いつだれを受け入れるか)」についての選好をもっている。このような状況において、労働者と職場の選好に基づいて労働者と職場の不満をなるべく少なくするようにジョブローテーションのスケジュールを定める事は、企業運営の円滑化につながると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では労働者及び職場の選好を反映した望ましい性質をもつジョブローテーションのスケジュール方法を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究ではマッチング理論を用いた分析を行う。マッチング理論はGale and Shapley (1962) によって提案されたゲーム理論の一分野である。マッチング理論は、男性と女性、学校と学生、企業と労働者等、2つの異なる集団に属する人と人をどのようにつなぐの

よいかという問題を考察する。マッチング理論は、学生を公立学校に割り当てる際や研修医を病院に割り当てる際のマッチング制度に活用されている事から、近年多くの研究が成されている分野である。

Gale and Shapley (1962) はマッチングの望ましさを指標として安定性を提案した。これは、「いかなる職場と労働者のペアを考えたも、現在のマッチングにおけるパートナーとの関係を解消して新たに関係を結ぶことで効用が増加しない」という性質をもつマッチングで、職場や労働者の不満がない状態であると解釈できる。安定マッチングは、ゲールシャープレイ(GS) アルゴリズムとよばれるアルゴリズムで効率的な計算時間で求めることができる。GSアルゴリズムは次のような手続きでマッチングを決める。「各労働者は第一希望の職場に応募し、各職場は応募してきた労働者の中から優先順位に従って定員に達するまで労働者を受け入れる。受け入れられなかった労働者がいる場合、その労働者は次に希望する職場に応募し、各職場はこれまでに受け入れている労働者と新たに応募してきた労働者の中から優先順位に従って定員に達するまで新たに労働者を受け入れる。」このプロセスを全ての労働者が職場に受け入れられるまで行う。

労働者をどの職場に割り当てるかを一回だけ決める問題はマッチング理論の典型的な応用例である。しかし、Gale and Shapley (1962) の理論はマッチングを一回だけ決める状況しか考えていないので、マッチングを繰り返し決めるジョブローテーションの問題に直接適用する事はできない。

そこで、本研究では従来のマッチング理論の枠組みをジョブローテーション問題に適用できるように拡張し、望ましい性質をもつスケジュール方法を明らかにする。

また、本研究ではより基礎的な問題であるマッチングを一回限り行う問題におけるマッ

チングメカニズムの性質についての分析を行う。

4. 研究成果

制約付き繰り返しマッチング問題

本研究では制約付き繰り返しマッチング問題という枠組みを提案し、ジョブローテーションのスケジューリング方法の分析を行った。

まずは、関連する先行研究についての紹介を行う。Damiano and Lam (2005) はマッチングを与えられた期間の間に繰り返しきめる問題(以後、繰り返しマッチング問題という)を分析している。繰り返しマッチング問題では、各期ごとのマッチングを指定するマッチングスケジュールについての安定性の分析が主に成されている。既存研究の結果は、各期ごとにGS アルゴリズムでマッチングを決める方法は繰り返しマッチング問題における望ましいマッチング方法であることを示唆するものとなっている。

これ以降、マッチングを繰り返し行う状況を分析する研究は盛んに行われている。繰り返しマッチング問題はジョブローテーション問題と密接に関わっているので、私自身の研究にとりかかる前に、繰り返しマッチング問題に関する既存研究をまとめ、"Two-sided matching problem: A survey" と題されたサーベイ論文を完成させた。この論文では繰り返しマッチング問題と外部性マッチング問題と呼ばれる問題との関連性を指摘している。この論文は、Journal of the Operations Research Society of Japan誌に掲載されている。

繰り返しマッチング問題に関連する先行研究はいくつかあるが、先行研究のアプローチはジョブローテーションの問題に直接適用することはできない。なぜならば、ジョブローテーションでは各労働者の職場が定期的に変わるので、「各期ごとに各労働者の職場が異なる」という制約を考慮したマッチングスケ

ジュールを考える必要があるからである。

そこで、本研究では「各期ごとに各労働者の職場が異なる」という制約付きの繰り返しマッチング問題(以後、制約付き繰り返しマッチング問題という)という新たなモデルを構築した。特に制約付き繰り返しマッチングモデルにおけるGSアルゴリズムの性質に焦点を当て分析を行った。

制約がある場合のモデルでも、「これまで組んだ相手とはマッチできない」という制約を加えて各期ごとにGSアルゴリズムを行うことで、制約を満たす安定的なスケジューリングを求めることができる。しかし、制約があることによりこの方法で求まるスケジューリングはパレート最適でない可能性があることを明らかにした。そこで、本研究では安定かつパレート効率なスケジューリングを求めるアルゴリズムの提案を行った。しかし、このアルゴリズムはある特殊な限られた選好の範囲でないと適用することができない。より一般的な選好の範囲でパレート効率かつ安定性を満たすスケジューリングを求めるアルゴリズムを構築することは今後の課題とする。

GSアルゴリズムにおける戦略的行動についての分析

先に述べたGSアルゴリズムにおいて、各労働者は必ずしも正直に希望順を申告する必要はなく、最終的なマッチングは他の労働者が申告した希望順に依存する。すなわち、GSアルゴリズムにおいて、労働者はゲーム的な状況に直面している。このとき、各労働者は虚偽の希望順を申告しても得ることができないことがDubins and Feedman (1981)で示されている。一方で、労働者がグループを組み相談しながら希望順を申告する状況を考えると、虚偽の申告をすることで得できる可能性があることも示されている。

研究室所属などの例を考えると、学生がグループを組み相談しながら希望順を出す事は

自然な仮定と考えられる。そこで、本研究ではGSアルゴリズムの下でプレイヤーがグループを組み戦略的に行動した際の均衡について分析を行った。特に、狭義強ナッシュ均衡とよばれる均衡解の存在問題についての考察を行った。狭義強ナッシュ均衡はどのようなプレイヤーのグループも戦略を変更することで、そのグループ全員の効用を悪化させることなく少なくとも一人のグループのメンバーの効用を厳密に増加させることができない状態である。

本研究では以下の結果を得た。(i)狭義強ナッシュ均衡を求めるアルゴリズムを提案し、均衡の存在を証明した。このアルゴリズムは、「GSアルゴリズムを行った際に最後に応募するプレイヤーを逐次的に問題から取り除く」という単純な手続きに基づいている。(ii)本研究が提案したアルゴリズムから導かれる均衡マッチングは、既存研究で提案されているいくつかの解概念(望ましい性質をもつマッチング)に一致することを示した。

この論文の貢献は、主に以下の二つである。一つ目は、狭義強ナッシュ均衡が存在するゲームのクラスは希有である事が知られているにも関わらず、その存在を構成的に証明したことである。二つ目は、実装しやすい比較的単純なアルゴリズムによって、既存研究で提案されている解と同じものを求めることが可能になった点である。本研究の成果は "On the existence of a strictly strong Nash equilibrium in the student-optimal deferred acceptance algorithm" と題された論文としてまとめられ、Games and Economic Behavior誌に掲載されている。

GSアルゴリズムの特徴付け

先に述べたようにGSアルゴリズムは現実のマッチング問題にも適用されている。GSアルゴリズム以外にもマッチングを決める手続き

は多数存在しうるが、その中でGSアルゴリズムはどのような点で他のルールよりも優れているのかという疑問が生じる。

先行研究のKojima and Manea (2010)はこの問題の分析を行っている。彼らは、マッチングを決める手続きを各プレイヤーの選好に対してマッチングを一つ指定する関数として定式化し、これをマッチングルールと呼んでいる。このとき、GSアルゴリズムはマッチングルールの一つとなる。Kojima and Manea (2010)は、膨大に存在するマッチングルールの中で「弱効率性」「人口単調性」「弱マスクイン単調性」とよばれる条件を満たすのはGSアルゴリズムしかないことを示した。彼らの命題は、数あるマッチングルールの中からGSアルゴリズムの特徴を完璧にとらえるものになっている。

しかし、彼らの提案した弱マスクイン単調性は数学的な条件であり直感的な意義が乏しい。そこで、本研究では弱マスクイン単調性の意義について再考察を行い、戦略的行動の観点から弱マスクイン単調性を特徴付けた。具体的には、弱マスクイン単調性を満たすマッチングルールは「プレイヤーはグループを組み戦略的に行動しても、グループ全員の効用を厳密に上げることはできない」、「人気のないプレイヤーとマッチしているプレイヤーは、いかなるグループを組んで戦略的に行動しようとも効用を厳密に増加させることができない」という2条件を満たすマッチングルールに一致するという結果を得た。この結果により、弱マスクイン単調性に対してゲーム理論的な意味付けを与えることができる。また、GSアルゴリズムに対しても新たな特徴づけを行うことができる。本研究の成果は "A necessary and sufficient condition for weak Maskin monotonicity in an allocation problem with indivisible goods" と題され論文としてまとめ、国際学会UECE Lisbon Meetings 2014: Game Theory and

Applicationsにおいて報告を行った。現在、国際学術誌に投稿中である。

参考文献

- Damiano, E., Lam, R., 2005. Stability in dynamic matching markets. *Games and Economic Behavior* 52, 34-53.
- Dubins, L., Freedman, D., 1981. Machiavelli and the Gale-Shapley algorithm, *American Mathematical Monthly* 88, 485-494.
- Gale, D., Shapley, L.S., 1962. College admissions and the stability of marriage. *American Mathematical Monthly* 69, 9-15.
- Kojima, F., Manea, M., 2010. Axioms for Deferred Acceptance. *Econometrica* 78, 633-653.

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)

[雑誌論文](計2件)

Keisuke Bando, Ryo Kawasaki and Shigeo Muto, "Two-sided matching with externalities: A survey," *Journal of the Operations Research Society of Japan* (59), 2016年3月, 35-71 (査読有). DOI: 10.15807/jorsj.59.35

Keisuke Bando, "On the existence of a strictly strong Nash equilibrium under the student-optimal deferred acceptance algorithm," *Games and Economic Behavior* (87), 2014年9月, 269-287 (査読有)

DOI: 10.1016/j.geb.2014.05.009

[学会発表](計2件)

Keisuke Bando and Kenzo Imamura, "A necessary and sufficient condition for weak Maskin monotonicity in an allocation problem with indivisible goods," 2014年度首都大学東京経済学セミナー(首都大学

東京), 2014年12月.(査読無し)

Keisuke Bando and Kenzo

Imamura, "A necessary and sufficient condition for weak Maskin monotonicity in an allocation problem with indivisible goods," UECE Lisbon Meetings 2014: Game Theory and Applications (Technical University of Lisbon, Lisbon, Portugal), 2014年11月.(査読有)

6. 研究組織

(1)研究代表者

坂東 桂介 (Bando, Keisuke)

東京工業大学・社会理工学研究科・助教

研究者番号: 50735412