

一方に情報の非対称性がある場合の 2 サイドマッチングプロトコルの設計

畠中 将徳 松原 繁夫

京都大学大学院情報学研究科

1 はじめに

2 サイドマッチングとは、労働市場における求職者と企業のような、互いに相手に対する選好をもつエージェント集合の間で組み合わせを見つける問題である。この分野の研究は、研修医配属など、現実のマッチングに応用されており、重要な分野である。我々は、エージェント間の情報の非対称性に着目し、新たな問題として情報隠蔽問題を指摘し、条件付選好の提示と情報共有に基づくマッチングプロトコルを提案する。提案プロトコルはつねに情報開示に誘因を与えるものではないが、シミュレーションによって、情報隠蔽がほとんど生じないことを、また、マッチングの品質が改善されることを示す。

2 情報隠蔽問題

労働市場における求職者と企業を考える。ある企業に関して有益な情報をもつ求職者がいたとする。このとき、その情報を求職者間で共有することにより、社会的に好ましいマッチングを得ることができると考えられる。しかし、求職者が利己的にふるまう場合、その企業の競争率増加を恐れて有益な情報を意図的に隠す可能性がある。これにより、有益な情報が求職者間で共有されず、不十分な情報の元で選好を表明したために、望まない相手とのマッチングが起こる可能性がある。この問題を克服するため、我々は、情報を開示することに対し誘因を与えるマッチング方式を設計する。

3 プロトコル設計

我々は、情報を開示した求職者の効用に基づきマッチングを決定するメカニズムを提案した。これにより、情報提供者の戦略が、情報を開示するかしないかの 2 択である戦略形ゲームとして表現できる。最も単純な解は、得られる戦略形ゲームのナッシュ均衡を採用することであるが、ナッシュ均衡はつねに存在するとは限らない。そこで、求職者にランダムな順序割当を行い、部分ゲーム完全均衡を採用する手法を提案する。図 1

は求職者 a_1, a_2 が情報を提供する／しないの場合分けによる木構造を示す。括弧内の数字は先頭から、 a_1 のマッチ順位、 a_2 のマッチ順位を表す。この場合、木構造を後退帰納法により探索し、部分ゲーム完全均衡となるマッチング μ_1 を採用する。

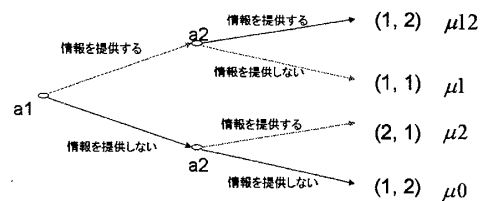


図 1: 2 人の求職者の例

我々は、上記のメカニズムを用いて、情報隠蔽問題を考慮した IAC プロトコル (Informers As Coordinators Protocol) を設計した。このプロトコルにおいて、求職者は条件付選好リストを利用する。条件付選好リストは、選好順序と条件のペアからなり、その条件が成立するときに、対応する選好順序が適用される。プロトコルを以下に示す。

1. 求職者や企業が、面接などにより相手の選好に関する情報を獲得する。
2. 企業は得た情報を元に求職者に対する選好順リストを作成する。
3. 求職者は自分の持つ限られた情報から、条件付選好リストを作成する。
4. 企業は単純な選好順リストを、求職者は条件付選好リストを予め中央集権的なマッチング機構に申告する。
5. 求職者は自らのもつ私的情報を、マッチング機構を通じて他の求職者に通知する。マッチング機構は前述のメカニズムを用いてマッチングを一意に定める。
6. マッチング機構は結果を全ての求職者と企業に通知する。

Designing Two-sided Matching Protocols under Asymmetric information
Masanori HATANAKA Shigeo MATSUBARA
Department of Social Informatics, Kyoto University

4 評価

4.1 解析的評価

以下の命題が成り立つ。

(命題) IAC プロトコルは、情報提供に対し必ずしも誘因両立的とはならない。

反例を示すことで証明する。以下の条件を満たすような選好を持つ情報提供者 a_1, a_2 を仮定することは一般性を失わずに可能である。(1) a_1 の効用が、 a_2 のみが情報を提供した時最大となり、かつ、全く情報が共有されない時より、 a_1 のみが情報を提供した時の方が a_1 の効用が大きくなる。(2) 同様に、 a_2 の効用が、 a_1 のみが情報を提供した時最大となり、かつ、全く情報が共有されない時より、 a_2 のみが情報を提供した時の方が a_2 の効用が大きくなる。この時、IAC プロトコルでは、4つのマッチング候補が作成されるが、上記(1),(2)を満たす a_1, a_2 の場合は、一方が情報提供したとき、もう一方は自分の情報を提供しない方が、自分の効用を上げることができる。□

4.2 定量的評価

IAP プロトコルは理論的に情報提供の誘因両立性を満たすことはできないが、どの程度の情報隠蔽が生じるか、実際のケースに対してシミュレーションを行って調べた。図2のグラフは、8対8のマッチングにおいて、2人の情報提供者がいる場合について調べたものである。一方が情報を提供している場合に、もう一方の情報提供者の効用が、情報を提供することによってどう変化したかを示している。結果、マッチ順位が下がることはほとんどない (a_1 : 0%, a_2 : 0.12%) ことが判明した。したがって、ほとんどの場合において、情報をもつ求職者は、情報を提供することがナッシュ均衡戦略となる。

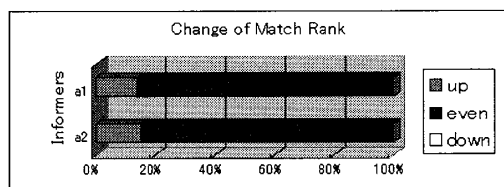


図2: 情報提供とマッチ順位の関係

また、提案手法によりマッチングがどのくらい改善されているのかを調べる。図3は、情報を持たない求職者(非情報提供者)の平均効用を、情報提供により影響を受ける求職者の割合に従ってグラフ化したものである。IAC Protocol が提案手法を、Basic Protocol は、情

報を共有する機構が存在しない場合を、All Shared が、何もメカニズムもなしに情報共有がなされるという理想的な場合をそれぞれ示している。情報共有により影響を受ける求職者の割合が多いほど、つまり、事前共有できたはずの情報が多いほど、提案手法によって非情報提供者の効用がより改善されることがわかる。

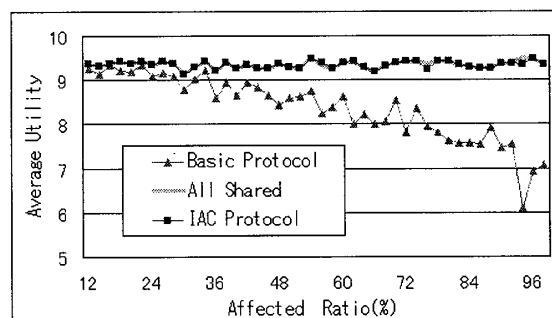


図3: 非情報提供者の効用

5 まとめ

本研究では、2サイドマッチングにおける新たな問題として情報隠蔽問題を定義し、メカニズムデザインのアプローチを用いて情報開示を動機付けるマッチングプロトコルを提案した。理論的解析により、提案プロトコルは情報開示に対する誘因両立性を満たさないことが判明したが、シミュレーションによる定量的評価により、情報開示による効用の低下の可能性がほぼ0であり、かつ、マッチングの品質を高めることができることを示した。今後の展望としては、情報開示の誘因両立性が成立する厳密な条件について模索する必要があると考えている。また、本研究では一方に情報の非対称性がある場合を扱っているが、求職者と企業の両方に、情報の非対称性が存在する場合など、2サイドマッチングの特性を考慮した拡張が想定できる。本研究は日本学術振興会科学研究費基盤研究(B)(19300054, 平成19年度~21年度)の補助を受けた。

参考文献

- [1] D. Gale and LS Shapley. College Admissions and the Stability of Marriage. *The American Mathematical Monthly*, Vol. 69, No. 1, pp. 9-15, 1962.
- [2] T. Ito, M. Yokoo, and S. Matsubara. Designing an Auction Protocol under Asymmetric Information on Nature's Selection. In Proceedings of the First International joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-2002), 2002.