

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	濱田 浩気
論文題目	Algorithms for Stable Matching Problems toward Real-World Applications (現実世界での応用に向けた安定マッチング問題のアルゴリズム)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、安定マッチング問題と呼ばれる組合せ問題を実世界に応用するために必要な拡張を施し、それらの拡張問題に対する計算可能性や計算困難性について、アルゴリズム理論および計算量理論の観点から考察するものであり、全7章から構成されている。それぞれの章の内容は以下のとおりである。</p> <p>第1章は緒論であり、本研究の背景、目的、および取り扱う問題について述べた後、本研究で得られた結果の概要を説明している。</p> <p>第2章は準備として位置づけられており、本論文を読み進めるうえで必要となる定義や、本研究で開発したアルゴリズムの基となる既存のアルゴリズム等を説明している。また、安定マッチング問題に対する従来研究の中から本研究の内容に密接に関わるものを厳選し、体系的に整理している。</p> <p>第3章では、安定性を多少犠牲にしてもより多くの人をマッチさせるという利用局面を想定し、最大サイズのマッチングの中で、より安定性の高い（ブロッキングペア数の少ない）ものを求める最適化問題を取り扱っている。先行研究では、希望リストの長さに応じて多項式時間可解な場合とNP困難な場合についての境界が示されていたが、定数近似可能性については未解決であった。本研究では、希望リストの長さが高々3でも定数近似不可能であることを示し、先行研究で示されていた境界に、より大きなギャップがあることを示している。</p> <p>第4章では、日本国内でも問題となっている研修医の地域偏在を解消するために、各病院に配属数下限を設定したモデルを提案している。この設定では安定マッチングが存在しない場合もあるが、第3章と同様にブロッキングペア数を最小化する最適化問題として定式化している。ここでも問題が定数近似不可能であることを示している一方、近似下限とほぼ一致する近似度を持つアルゴリズムを設計することにより、近似度の厳密な上下界を与えている。また、安定性に関する別指標（ブロッキングペアに関わる研修医数）でも近似度を論じており、前者の指標よりも良い近似度を与えることに成功している。</p> <p>第5章では、物理的制約下での安定マッチング問題を取り扱っている。具体的には、参加者が2直線上に配置されているという設定の下、枝が交差しないような安定マッチングを求めることを目的とする。先行研究では弱安定性、強安定性という2つの安定性に対して多項式時間可解性に関する未解決問題が提示されていたが、本研究はその両方に多項式時間アルゴリズムを与えることにより、これらを肯定的に解決している。さらに希望リストに同順位を含むモデルへと拡張し、それらの多項式時間可解性やNP完全性も示している。</p> <p>第6章では、希望リストに同順位と不完全性を導入した拡張問題に対する近似可能性について論じている。近似可能性は通常、アルゴリズムが多項式時間で停止することを前提に議論され、本問題に対してもその観点からの従来研究は多数存在するが、本研究では「嘘の申告をしても得をしない」という耐戦略性を持つ条件下での近似可能性を論じている。本研究では3つの問題設定全てに対し、近似度の厳密な上下界を与えている。</p> <p>第7章では、結論として、安定マッチング問題を実世界に応用するために拡張を施し、拡張問題に対する計算可能性や計算困難性をアルゴリズム理論、計算量理論的観点から論じる本研究を総括し、今後の展望について述べている。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、安定マッチング問題を実世界に応用するために必要な拡張を施し、それらの拡張問題に対する計算可能性や計算困難性について考察するものである。本論文では、安定性の最適化条件化、物理的制約への対応、耐戦略性の導入という3つの視点から拡張を施した4つの具体的問題に対し、アルゴリズム理論、計算量理論の観点から成果を上げている。本論文の特徴的な点は以下のとおりである。

(1) 得られた結果は、計算可能性と計算困難性の厳密な境界を与えるものを多数含んでいる。例えば、第4章では出力されるマッチングに含まれるブロッキングペア数について、第6章では出力されるマッチングのサイズについて、それぞれ近似度の厳密な上下界を示している。また、第3章では多項式時間可解である場合と近似困難である場合について、第5章では多項式時間可解である場合とNP困難である場合について、それぞれ希望リストの長さをパラメータとして境界を示している。このような結果は、その問題の計算複雑性解析に対して最終決着を与えたという点において、理論計算機科学分野では高く評価される意義深い成果である。

(2) 安定マッチング分野における共通認識を強化する結果や、新たな知見を与える結果を得ている。例えば第3章や第4章で最小化の対象としたブロッキングペア数は、マッチングの安定性を表す指標として最も自然なものであるが、様々な問題に対する従来研究の結果から近似が困難であるという共通認識があった。第3章と第4章で更に2つの問題に対する近似困難性を示すことにより、この共通認識を強めるに至った。また、第6章で得られた耐戦略性という制約下での近似度の下限は、既存研究における多項式時間制約下での近似度の上限より大きく、多項式時間停止性よりも耐戦略性の方がより厳しい条件であることを示唆している。

(3) 本論文で得られた成果が、多くの後続研究を誘発している。例えば第4章で示された配属数下限付きモデルに対する近似困難性を受けて、無羨望マッチング、ポピュラーマッチングといった安定性を緩めた解概念において近似可能性を議論するという後続研究が複数行われている。また、第6章で提案した耐戦略性を有する近似アルゴリズムは、既に2つの後続研究において、別の問題を解くアルゴリズムのベースとして使われている。

このように本研究は、安定マッチング問題を実世界に応用するという目的の下、4つの拡張問題を理論計算機科学の立場から解析し、計算可能性や計算困難性の観点から多くの重要な成果を得ている。得られた結果は新たな知見を含んでおり、また多くの後続研究を誘発しているという点で、安定マッチングの研究分野に多大な影響を及ぼした大いに意義のある成果と言える。また、本論文を構成する第3章から第6章までの各章の成果は、いずれも理論計算機科学分野における一流の論文誌あるいは国際会議に採録されており、本論文の質の高さを客観的に評価できる。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、令和4年2月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。さらに、本論文のインターネットでの全文公表についても支障がないことを確認した。

要旨公開可能日： 年 月 日以降