

氏名	よね ざわ こう き 米 澤 弘 毅
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第125号
学位授与の日付	平成16年5月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科通信情報システム専攻
学位論文題目	Studies on Online Financial and Server-Location Problems (オンライン経済問題およびサーバ配置問題に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 岩間一雄 教授 富田真治 教授 湯浅太一

論文内容の要旨

本論文は、不完全な入力情報しか得られないという特色を持ち、近年多くの研究者の興味を引いているオンライン問題に対する効率的なアルゴリズムの設計とその解析について述べている。具体的には、通貨交換問題、CNN問題、近似1サーバ問題という3つの問題を議論しており、6章から構成されている。

第1章では本研究の背景、成果の概要が述べられている。オンラインアルゴリズムの問題設定は現実的で、計算機のOSの分野や経済活動などいくつかの応用が知られている。以下の各章で論じられる具体的な問題と結果を簡潔にまとめ、さらにオンラインアルゴリズムの概念を把握するための例題を提示し、その基本的アイデアと研究の意義を分かりやすく説明している。

第2章では通貨交換問題を扱っている。従来比較的単純なものしかなかった予測という概念を一般化し、その予測に基づいたアルゴリズムの設計手法を示している。また、予測を複数回行うことによってさらなる利益を得ようとするアルゴリズムの構築方法を提案し、投資家の希望に合わせた自由な投資戦略が構築できることを示している。さらに、これらのアルゴリズムの評価について計算機による数値解析を行い、理論的結果を補強している。

第3章、第4章ではCNN問題について議論している。この問題は長い間重要な未解決問題として広く知られ、盛んに研究が行われてきた。ごく最近になって、定数競合比を持つアルゴリズムの存在が証明されたが、競合比の上界が10万を超えていて、実用的には到底満足できるものではなかった。本論文では、軸拘束と直交性という2種類の制限を導入して、いずれも大幅に性能の良かつ構造の簡潔なアルゴリズムを設計できることを示している。具体的には、軸拘束CNN問題に対して競合比の上限として9、下限として $4 + \sqrt{5}$ を示した。直交CNN問題に対しても、やはり競合比9を持つアルゴリズムが示されている。解析は、ポテンシャル関数を使うことで非常に簡潔なものとなっている。

第5章では、新たに提案した近似1サーバ問題について議論している。この問題はサーバが要求点そのものに到達しなくても、その近傍に到達するだけでよい状況を的確にモデル化していて、上述のCNN問題の一般化にもなっている。本研究では、近傍領域の形による貪欲アルゴリズムの性能について議論をし、また、領域の如何に関わらず、競合比 $\sqrt{2}$ よりもよい性能を持つアルゴリズムが存在しないことを示している。

最後に第6章では、以上の結果をまとめ、さらに今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

オンライン問題の特色である入力情報の不完全性は、その解析を困難なものにすることが多く、多くの新しい解析テクニックが開発されてきた。本研究においても、独自のアイデアに基づく解析手法を提案しており、そのような解析によって得られた知見は、理論的面白さのみならず、実用的にも大きなインパクトがある。主要な結果は以下の通りである。

1. 通貨交換問題に対して予測の一般化を行い、さらに複数回の予測を許容することによって投資家の希望に応じた投資

戦略の設計を可能にしている。また、いくつかの典型的な戦略について、予測のレートと得られる競合比との関係を明らかにしている。

2. 一般には解析が非常に困難な CNN 問題に対し興味深い2つの制約を与えた。いずれの場合も、一般の場合に比べて格段に性能の良いアルゴリズムを設計できることが示されている。また、それぞれの問題に対し、オンラインアルゴリズムの性能の限界を示している。

3. 近似1サーバ問題という新たな問題を提案し、いくつかの要求領域に対する貪欲アルゴリズムの性能評価を行っている。また、要求領域の形とは関係のないオンラインアルゴリズムの性能の限界を示している。

各々の問題において得られた結果は、競合比解析と呼ばれるオンラインアルゴリズム独特な手法によっており、その理論的基盤は非常に明快である。競合比を改善できるアルゴリズム的戦略は多くの実用的知見も含んでいる。例えば、1の通貨交換問題では従来脅威原理に基づくアルゴリズムが最適とされてきたが、その保守性が批判されてきており、それを打開するための有力な手法を見出している。2で導入した制限も一見大きな制限には見えず、実用性を失っていない。それにもかかわらず、アルゴリズム設計を格段に容易にすることを実証した。

以上、本研究はオンラインアルゴリズムの設計および解析により、学術上有用な結果を導いている。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、平成16年4月23日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。