

氏 名	ふじ 藤 原 ひろ し 志
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 215 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 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	Online Average-Case Analyses and Energy-Efficient Scheduling (オンライン問題に対する平均競合比の解析及び消費電力抑制のためのジョブスケジューリング)
論文調査委員	(主 査) 教 授 岩 間 一 雄 教 授 富 田 眞 治 教 授 永 持 仁

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、オンライン最適化問題に関して、アルゴリズムの性能評価手法および2つの新たなオンライン最適化問題の研究がなされている。具体的には、アルゴリズムの評価尺度として平均競合比、要求受理領域の与えられた1サーバ配置問題、消費電力抑制のためのジョブスケジューリングに関する結果が与えられている。

第1章では研究の背景及び結果の概要、およびオンライン最適化問題の基本的概念が述べられている。オンライン最適化問題の重要性や他の研究領域との関連性が紹介され、従来の研究での問題点が指摘されている。それを踏まえ、従来の研究と比較しながら平均競合比の意義が議論されている。また第4章以降で提案される新たなオンライン最適化問題に関して、その応用および関連する既存研究についても分かりやすくまとめられている。

第2章ではスキーレンタル問題に対し平均競合比の解析を行っている。スキーレンタル問題は代表的なオンライン最適化問題であり、その原理を経済活動の随所に見出せる問題である。本章では従来のアルゴリズム評価手法に代わり平均競合比が提案され、入力に確率分布が設定された上で実際に解析が行われている。最適なアルゴリズムを求めた結果、スキーの購入時期等、従来の評価で最適なアルゴリズムとは大きく異なることが証明されている。

第3章では通貨交換問題およびページング問題に対し平均競合比の解析を行っている。これらの問題はスキーレンタル問題より複雑な入力構造を持つ問題であるが、巧みに入力確率分布を設定することにより平均競合比が適用されている。通貨交換問題に対しては従来のアルゴリズムと大きく異なるアルゴリズムが得られており、ページング問題に対しては既存のアルゴリズムに対しより現実性の高い性能評価が可能になることを示している。

第4章では要求受理領域の与えられた1サーバ配置問題について述べている。通常サーバ配置問題ではサーバは要求点そのものに行くことが求められるが、ここでは領域を設定することによりサーバの行き先に自由度を与えている。この問題に対しては従来明確なアルゴリズムが考えられていなかったが、本章では正多角形領域に対する貪欲アルゴリズムの競合比の解析を行っており、しかもこの解析は最適である。また仕事関数アルゴリズムの解析も行っている。

第5章では消費電力抑制のためのジョブスケジューリングについての議論を行っている。情報機器の省電力化のためプロセス速度の動的制御が広く用いられており、その上での効率的なスケジューリングを求めることは重要な課題である。本章では、ジョブのフロータイムと消費電力を同時に管理する新たなモデルが提案されている。その上で有界な競合比を持つオンラインアルゴリズムが設計されている。

最後に第6章では、以上の結果をまとめ、さらに今後の方針が与えられている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

オンライン最適化問題の解析においては、入力が不完全であるためアルゴリズムの性能評価に単純な尺度が使えず、そのため競合比解析と呼ばれる独特な手法が研究されてきた。本論文においては入力の分布に着目した新たな評価尺度を導入し、

解析を行うことにより従来の評価尺度からは得られなかったアルゴリズムが導けることを実証している。またサーバ配置問題、ジョブスケジューリング問題は実用上極めて重要な問題である。本論文で新たに導入されたモデルは、そのような実用性から鑑みていずれも自然なものであり、今後の研究に対しても明確な指針を示している。これらの観点から、本論文の結果について特筆すべき点は以下の通りである。

1. 平均競合比を用いてオンライン最適化問題を解析することにより、近年指摘されてきたアルゴリズム性能評価の限界や現実との齟齬といった問題点を打破している。本論文に挙げてある問題例以外への応用も可能である。
2. 領域形状を与えた1サーバ配置問題に対し、具体的な形状情報を利用したアルゴリズム設計およびその性能評価を与えている。
3. 消費電力抑制のためのスケジューリングにおいて、従来ジョブの終了に関しては単に締め切り時刻を設定することがほとんどであったが、それをフロータイムとしてコストに組み入れることにより、消費電力とレスポンスという2つのコストを同時に管理するモデルを構築している。

論文の前半で議論されているアルゴリズム評価尺度はオンライン最適化問題の研究における中心的課題の一つであり、多くの研究者により様々な提案がなされている。平均競合比は問題の種類に関係なく定義可能であり、既存の問題に対し広範囲の応用が期待できる。また論文の後半のサーバ配置問題およびジョブスケジューリング問題は実社会での広い応用が期待される問題であり、共に研究者の高い関心を集めている。特にジョブスケジューリング最適化に関しては近年盛んにモデルの改良が行われているが、コストとして消費電力とフロータイムの和を用いるのは初めてであり、省電力化に向けた新たな可能性を示している。

以上、本研究はオンライン最適化問題に対するアルゴリズムの設計と解析に関して学術上意義深い結果を導いている。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18年2月20日に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。