

(論文内容の要旨)

オンライン問題とは、時間の経過と共に逐次的に情報（入力）が与えられ、未来の入力が分からない状況において各時点での判断を下す問題である。未来の入力が全く分かっていない状況で動作するアルゴリズム（オンラインアルゴリズム）の性能の評価は、未来の入力が仮想的に全て分かっている状況で動作するアルゴリズム（オフラインアルゴリズム）との性能の比（競合比）の解析によって行う。本論文は、ネットワークにおけるオンライン問題の競合比解析に関するもので、全6章から構成されており、それぞれの章の内容は以下の通りである。

第1章は緒論であり、研究の背景、オンライン問題と競合比解析の立場、ネットワークにおけるオンライン問題に関する既存の研究成果ならびに本研究の結果の概要が述べられている。

第2章では、本研究で扱うオンラインバッファ管理問題およびオンライン実時間スケジューリング問題について、モデルの定義とバリエーション、それぞれについて従来知られていた競合比の上限および下限について説明している。

第3章では、マルチキュースイッチモデルにおけるオンラインバッファ管理問題について論じ、セグメンタル・グリーディアルゴリズムと呼ぶアルゴリズムを提案している。それにより2ポートのマルチキュースイッチにおける競合比の上限を改良して既知の下限 ($16/13 \doteq 1.231$) に一致させている。

第4章では、共有メモリ型スイッチモデルにおけるオンラインバッファ管理問題について論じ、LQD (Longest Queue Drop) アルゴリズムの解析を従来研究より精緻に行うことで競合比の上限を改良している。特に2ポートのモデルにおいては競合比の上下限を一致させてLQDアルゴリズムが最適であることを示している。

第5章では、オンライン実時間スケジューリング問題について論じ、GSMM (General Shelf based Max Matching) アルゴリズムの解析を従来研究より精緻に行うことで、GSMMアルゴリズムの競合比の上限と下限をともに改良して一致させている ($2\sqrt{6}+6 \doteq 10.90$)。ジョブの到着から開始までに余裕時間がない場合の上限も示している。

第6章は結論であり、本研究で得られた結果とこの分野での位置付けについてまとめ、今後の展望について述べている。

(論文審査の結果の要旨)

ネットワークにおけるオンライン問題は、近年、インターネットにおけるQoS (Quality of Service) 保証の考え方が重視されるようになるとともに注目され、多くの研究者が盛んに研究を行っている。本論文では、サイズが有限のバッファを持つスイッチにおいて到着したパケットをできるだけ破棄することなく目的地へ向けて転送するためのバッファ管理の問題を定式化したオンラインバッファ管理問題と、ネットワーク上に存在するノード間でのジョブのスケジューリングに関する問題を定式化したオンライン実時間スケジューリング問題という、現実のニーズに近い問題を主題として、最悪の場合のアルゴリズムの性能である競合比の解析を行っている。本論文の結果について特徴的な点は以下の通りである。

1. マルチキュースイッチモデルは、複数の入力ポートがそれぞれ同じ固定長のバッファ（キュー）を持ち、出力をどのキューから行うかにアルゴリズムの自由度がある、現実のスイッチのアーキテクチャを忠実にとらえたモデルである。このモデルにおいてグリーディアルゴリズムを改良したセグメンタル・グリーディアルゴリズムを提案し、2ポートの場合に競合比 $16/13$ でありそれが最適アルゴリズムであることが示されている。
2. 共有メモリ型スイッチモデルは、複数の出力ポートがそれぞれ可変長のバッファ（キュー）を持ち、それらの総和に上限がある。出力はすべてのポートで同時に行うことができる。共有メモリにより実装された最近の並列型スイッチのアーキテクチャを反映したモデルである。このモデルにおいて最も単純なLQDアルゴリズムの競合比の解析を行い、上限を改良して、特に2ポートの場合にはLQDアルゴリズムの競合比が $(4M-4)/(3M-2)$ (M はバッファの総容量) でありそれが最適アルゴリズムであることが示されている。
3. オンライン実時間スケジューリングは、ネットワーク上で複数のノードが協調しつつ排他的に処理する必要がある実時間制約付きのジョブが時々刻々と到着する状況において、スループットを最大化する、実用性の高い問題である。この問題において、GSMMアルゴリズムとして知られるアルゴリズムの競合比を解析して上限を改良して $2\sqrt{6}+6$ を導くとともに、同じ値がこのアルゴリズムの下限であることも示している。

以上の通り、本研究では、多くの研究者が研究対象としてきた、ネットワークにおける著名なオンライン問題を取り上げ、従来研究における競合比の解析を改良し精密化することで、上限を改良し、いくつかの条件の下での最適性も示している点が、学術上高く評価できる。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、平成21年2月16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。