

氏名(本籍)	すずかあやみ 鈴鹿順美(広島県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第3935号		
学位授与年月日	平成18年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Efficient Algorithms for Sports Scheduling Problems (スポーツのスケジューリング問題に対する効率の良い解法)		
主査	筑波大学教授	工学博士	山本芳嗣
副査	筑波大学教授	博士(工学)	鈴木勉
副査	東京大学大学院助教授	博士(理学)	松井知己
副査	筑波大学助教授	工学博士	吉瀬章子
副査	筑波大学講師	博士(工学)	後藤順哉

論文の内容の要旨

本論文は、総当たり戦形式で行われる競技会の最適な試合日程を作成するスケジューリング問題を扱っている。本論文の中心テーマである移動トーナメント問題とは、競技会開催上、望ましくないとされる会場割当てパターンを避け、与えられた目的関数を最適化するスケジュールを作成する問題である。目的関数として、参加チームの総移動距離や予想集客数等を設定することが多い。この移動トーナメント問題は、整数計画問題として容易に定式化できるが、NP-困難な問題であると予想されていることから分かるように、解くのが非常に難しい問題であり、整数計画問題に定式化された実用的な規模の問題を解くことは、いまだに可能ではない。

まず、著者は上記の問題が部分的にネットワーク構造を持つことに着目し、分枝限定法を基礎にしたアルゴリズムを提案している。分枝規則と変数の釘付け方法に対して幾つかの独自の提案を行い、計算機実験を実施している。そして、解くべき子問題の急激な増加のために、この方法を適用できる問題のサイズが大きく制限されることを報告している。

次に、より大規模な問題を解くことのできるアルゴリズムを開発するために、著者は移動トーナメント問題の部分問題として現れる会場割当て問題に着目している。会場割当て問題とは、対戦組合せを所与のものとして、参加チームの本拠地間の距離データを元に総移動距離を最小にする会場割当てを求める問題である。この会場割当て問題を整数計画問題として定式化し、この整数計画問題の変数の整数条件を緩和して得られる線形緩和問題が、半整数性を満たす最適解を持つ、すなわちその最適解ではどの変数の値も0.5の非負整数倍となる、ことを証明している。

さらに、問題の半正定値緩和問題を考案し、上記の線形緩和問題に基づくアルゴリズムと、半正定値緩和問題に基づくアルゴリズムの2種のアルゴリズムを提案し、計算機実験を行っている。計算機実験の結果を元に、これらのアルゴリズムによって会場割当て問題の非常に精度の高い近似解が高速に得られていると結論づけている。実際、線形緩和に基づく近似解法は、他のアルゴリズムに比べて非常に高速であり、ほとん

どの問題例で最適解に対する近似比率が 1.20 倍以下である解が得られている。一方、半正定値緩和に基づくアルゴリズムでは、常に 1.005 倍以下という非常に精度の良い近似解が得られており、これは問題例のサイズに依存していない。なお、計算時間は、30 チームによる 1 重総当たり戦の問題例で 12 秒、24 チームによる 2 重総当たり戦の問題例で 811 秒であった。

以上より、提案するアルゴリズムを用いて会場割当て問題の精度の良い解を繰り返し求めることで、そもそも問題である移動トーナメント問題を効率良く解くことができると結論づけている。

審査の結果の要旨

本論文の貢献は以下の 3 点にまとめることができる。

その 1 は、第 3 章 Traveling Tournament Problem に書かれたネットワーク構造に着目したアルゴリズムの提案と計算機実験によるその性能評価である。ここで対象としている整数計画問題の変数の個数は、参加総チーム数の 2 乗にスロット数を乗じた程度であり、問題規模の増加に伴って容易に膨大なものとなることから、提案アルゴリズムの計算時間の長さは致し方ないものと思えるが、一方、計算結果からは提案した分枝規則にはまだ工夫の余地があるように思われる。

貢献その 2 は、第 4 章 Home-Away Assignment Problem 前半にある会場割当て問題に対する線形緩和と derandomization を用いたアルゴリズムの提案である。証明された線形緩和問題の最適解の半整数性、この性質をうまく利用したアルゴリズムのいずれも理論的に興味深いが、計算機実験でも成功しているといえる。

貢献その 3 は、同じ章の後半に書かれた半正定値計画問題への緩和に基づくアルゴリズムである。まず、会場割当て問題が MIN RES CUT と呼ばれる制約付きの最小カット問題に定式化できることを示し、最大カット問題に対して提案されている方法にヒントを得て、アルゴリズムを提案している。理論と計算結果のいずれも興味深い成果と言える。

より規模の大きな移動トーナメント問題を解くことを目指して、第 4 章のアルゴリズムが提案されているにもかかわらず、本論文では、これらのアルゴリズムを用いて移動トーナメント問題を解くまでには至っていない点が惜しまれるが、学位に値する論文である。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。