

氏名	かるのよしゆき 軽野義行
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	論情博第5号
学位授与の日付	平成12年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	Studies on Single-Vehicle Scheduling Problems (単一台車スケジューリング問題に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 茨木俊秀 教授 福嶋雅夫 教授 高橋 豊

論文内容の要旨

本論文は、単一台車スケジューリング問題に対する組合せ最適化の立場からの理論的解析を論じた結果をまとめたもので、7章からなっている。

第1章は序論であり、単一台車スケジューリング問題の応用面での背景の紹介、ならびに、問題の基本モデル、重要な目的関数および走行ネットワークについての説明を行ったあと、本研究の目的と研究成果の概要を述べている。すなわち、単一台車スケジューリング問題は、無人搬送車や搬送ロボットに関するマテリアルハンドリングの最適化を扱っているが、これらは柔軟生産システムや柔軟生産セルのような自動生産システムにおける最重要課題の一つである。さらに、同問題は、郵便配達、ゴミ収集、銀行における現金輸送などの物流の最適化においても、重要な部分問題としてしばしば登場し、その解決が求められている。とくに、対象とするネットワークが木構造や直線構造のような特殊な構造をもつ場合について、これらは実際によく現れるにもかかわらず、これまでは理論的な解析があまりなされていなかったことを指摘し、研究の必要性を述べている。

第2章では、計算の複雑さを解析する際に適用する NP 完全性の理論、ならびに、NP 困難な問題に対する近似解法とそれらの性能評価法について概説している。さらに、この章では、単一台車スケジューリング問題と関連の深い、一機械スケジューリング問題、柔軟生産セルスケジューリング問題、時間枠制約付きビークルルーティング問題、時間枠制約付き巡回セールスマン問題およびスタツカークレーン問題について、これまでの研究成果を紹介している。

第3章では、木状ネットワークにおけるツアー完了時間最小化問題を考察している。この問題は、強 NP 困難な組合せ問題 3-PARTITION からの多項式時間帰着可能性によって、一般的には、すべてのジョブの処理時間が 0 であっても強 NP 困難である。ここでは、まず、ビークルの訪問順序を深さ優先に限定することによって定義される最適スケジュールが多項式時間で得られることを示している。また、最適深さ優先スケジュールを元の問題の近似スケジュールとして用いたとき、そのツアー完了時間は最適値のたかだか 2 倍であることを示している。さらに、その近似比が漸近的に 2 に近づく問題例が存在することも示している。なお、この章では、NP 困難な組合せ問題 PARTITION からの多項式時間帰着可能性も示している。

第4章では、木状ネットワークにおける最大納期ずれ最小化問題を考察している。まず、前章のツアー完了時間最小化問題からの多項式時間帰着可能性を示すことにより、最大納期ずれ最小化問題が強 NP 困難であることを証明している。一方で、この問題に対する最適深さ優先スケジュールが、やはり多項式時間で得られることを示し、また、それを元の問題の近似スケジュールとして用いると、その最大納期ずれは最適値のたかだか 2 倍であることを示している。さらに、その近似比が漸近的に 2 に近づく問題例が存在することも示している。

第5章では、直線状ネットワークにおけるツアー完了時間最小化問題を考察している。この問題は、ジョブが任意の正の処理時間を持つとき、PARTITION からの多項式時間帰着可能性によって、NP 困難であることが知られているが、ここでは、そのツアー完了時間が最適値のたかだか $3/2$ 倍であるような多項式時間近似解法を与えている。また、その近似比

が漸近的に $3/2$ に近づく問題例が存在することも示している。

第6章では、直線状ネットワークにおける最大納期ずれ最小化問題を考察している。この問題の計算の複雑さは1990年代初期には未解決とされていたが、ここでは、前章のツアー完了時間最小化問題からの多項式時間帰着可能性を示すことにより、それがNP困難であることを証明している。また、この章では、その最大納期ずれが最適値（すなわち、最適スケジュールのツアー完了時間）のたかだか $3/2$ 倍であるような多項式時間近似解法を与えるとともに、その近似比が漸近的に $3/2$ に近づく問題例が存在することも示している。

第7章は結論であり、本論文で得られた結果を総括的にまとめ、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、単一台車スケジューリング問題の理論的性質に関する研究をまとめたものであり、問題の計算の複雑さ、多項式時間近似解法およびその性能保証に関する解析を含んでいる。得られた主な結果は以下の通りである。

1. 木状ネットワークにおけるツアー完了時間最小化問題は、一般的に強NP困難であるが、深さ優先スケジュールに限定すると、最適スケジュールが多項式時間で得られることを示している。また、最適深さ優先スケジュールを元の問題の近似スケジュールとして用いたとき、そのツアー完了時間は最適値のたかだか2倍であることを示している。
2. 木状ネットワークにおける最大納期ずれ最小化問題が強NP困難であることを証明している。一方で、最適深さ優先スケジュールが多項式時間で得られることを示し、さらに、それを元の問題の近似スケジュールとして用いると、その最大納期ずれは最適値のたかだか2倍であることを示している。
3. NP困難であることが知られている直線状ネットワークにおけるツアー完了時間最小化問題に対して、そのツアー完了時間が最適値のたかだか $3/2$ 倍であるような多項式時間近似解法を与えている。
4. 直線状ネットワークにおける最大納期ずれ最小化問題がNP困難であることを証明している、また、その最大納期ずれが最適スケジュールのツアー完了時間のたかだか $3/2$ 倍であるような多項式時間近似解法を与えている。

以上、本論文は、単一台車スケジューリング問題において、実用上重要ないくつかのネットワークを考察し、計算の複雑さを明らかにするとともに、性能保証を持つ多項式時間近似解法を与えており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

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12年7月24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。