

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Approximation algorithms for single-machine scheduling problems with a non-renewable resource
著者(和文)	橋本進
Author(English)	Susumu Hashimoto
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12274号, 授与年月日:2022年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:塩浦 昭義,松井 知己,梅室 博行,大和 毅彦,中田 和秀,水野 眞治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12274号, Conferred date:2022/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		橋本 進	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	塩浦 昭義	教授	審査員	中田 和秀	教授
	審査員	松井 知己	教授		水野 眞治	名誉教授
		梅室 博行	教授			
		大和 毅彦	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Approximation algorithms for single-machine scheduling problems with a non-renewable resource（非再生資源を持つ単一機械スケジューリング問題に対する近似アルゴリズム）」と題し、非再生資源を持つ単一機械スケジューリング問題（以下 NR-SSP と呼ぶ）に対する近似アルゴリズムを研究している。ここで、単一機械スケジューリング問題とは、処理しなければならない複数のジョブとそれを処理できる 1 つの機械が所与のもとで、ジョブを処理する順と時間を決定する最適化問題である。また、非再生資源とは、ジョブを処理する際に必要となり、処理と同時に消費される資源であり、例えば、生産工場における原料や中間生産品などである。NR-SSP は、この非再生資源が各ジョブに必要であり、資源が供給されるスケジュールが既知のもとで、ジョブの処理を決定する問題である。完了時間重み和と呼ばれる目的関数を最小化する NR-SSP は、NP 困難であることが示されているため、近似アルゴリズムの研究が盛んに行われている。最小化問題に対する α -近似アルゴリズムとは、対象とする最小化問題の任意の入力例に対して、最適値の α 倍以下の解を多項式時間で得ることができるアルゴリズムのことであり、このときの α を近似比という。本論文では、完了時間重み和を目的関数とする 2 種類の NR-SSP を研究し、処理時間が単一である場合には、既存のリストスケジューリングアルゴリズムが 2 近似アルゴリズムとなることを示し、処理時間が単一とは限らない場合には、新しいアルゴリズムを提案し、それが 3 近似アルゴリズムとなることを示した。本論文は、次の 6 章から構成されている。

第 1 章「Introduction（序論）」では、本論文で扱う問題 NR-SSP とそれに対するリストスケジューリングアルゴリズムを説明した後に、論文の目的と結果をまとめ、論文の構成について述べている。

第 2 章「Preliminary（準備）」では、本研究に必要な基礎事項を説明し、NR-SSP と関連する既存研究の結果をまとめ、研究の動機と論文の貢献等を述べている。

第 3 章「Problem simplification（問題の単純化）」では、本論文の主要な結果の導出に必要な NR-SSP の単純化定理を証明している。ここで、NR-SSP の単純化とは「あるアルゴリズム A がある入力の制限 R を仮定した NR-SSP に対して α -近似であれば、R を含む一般的な制限である R' を仮定した NR-SSP に対しても α -近似となる」という性質のことを指す。この性質の下では、R' を仮定した NR-SSP に対する A の α -近似性を証明するためには、R を含むより特殊な入力の制約 R を仮定した NR-SSP に対する A の α -近似性を示せば十分である。この章では、ある種のリストスケジューリングアルゴリズムに対して、ジョブの重みとの資源消費量が正比例するという仮定した NR-SSP が、この仮定に加

えて非再生資源の供給を固定するという入力制約を仮定した問題に単純化できることを示している。

第4章「A 2-approximation algorithm for a single-machine scheduling problem with a non-renewable resource and unit processing times (非再生資源を持ち単位生産時間である単一機械スケジューリング問題に対する2近似アルゴリズム)」では、ジョブの重みと資源消費量が正比例して、ジョブの処理時間が等しく単位時間であるNR-SSPに対して、既存のリストスケジューリングアルゴリズムが2-近似アルゴリズムであることを証明している。この結果は、このアルゴリズムに対してGyörgyi and Kis (2020)が示した近似比3を上回るものであり、さらに同論文で予想された結果を証明したものとなっている。また、得られた近似比2がこのアルゴリズムにとって最良であることも示している。

第5章「A 3-approximation algorithm for a single-machine scheduling problem with a non-renewable resource (非再生資源を持つ単一機械スケジューリング問題に対する3近似アルゴリズム)」では、ジョブの重みとの資源消費量が正比例したNR-SSPに対して、リストスケジューリングアルゴリズムを提案し、それが3-近似アルゴリズムであることを証明している。この問題は、第4章で扱ったものと比べてより一般的な問題であり、この問題に対する近似アルゴリズムはこれまで発見されていなかった。本章では、Bérczi ら(2020)がある種のNR-SSPに対して提案した6-近似アルゴリズムを基本とした、新たなリストスケジューリングアルゴリズムを提案している。さらに、提案したアルゴリズムが本問題に対する3-近似アルゴリズムであり、近似比3がこのアルゴリズムにとって最良であることを示している。

第6章「Conclusion (結論)」では、本論文の主要な結果をまとめている。

以上を総括するに、本論文は、非再生資源を持つ単一機械スケジューリング問題に対する既存の近似アルゴリズムの評価の精緻化や、新たな近似アルゴリズムの開発に関する研究を行っている。この問題は現実問題にもよく現れる状況をモデル化したものであり、理論的側面のみならず、実務的にも有用な研究である。したがって、この研究は経営工学に大きく貢献するものである。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。