

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	LIU Yang (りゅう よう)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1270 号
○授与年月日	2018 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	<b>Scheduling Algorithms for Data-Parallel Tasks on Multicore Architectures</b> (データ並列タスクのマルチコアスケジューリングアルゴリズム)
○審査委員	(主査) 富山 宏之 (立命館大学工学部教授) 山崎 勝弘 (立命館大学工学部教授) 泉 知論 (立命館大学工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

本論文は、データ並列タスクのマルチコアスケジューリング問題に対して、学位申請者が種々のアルゴリズムを開発した成果をまとめたものであり、8つの章からなる。第1章は序論であり、本研究の背景と意義を説明している。第2章はタスクスケジューリングに関する過去の研究を網羅的に調査し、体系的に整理している。第3章は本論文で扱うタスクスケジューリング問題を形式的に定義している。第4章から第7章では、学位申請者が開発した種々のアルゴリズムを説明している。第4章ではリストスケジューリングアルゴリズム、第5章ではデュアルモードリストスケジューリングアルゴリズム、第6章では遺伝的アルゴリズム、第7章では分枝限定法アルゴリズムを提案し、実験結果を示している。第8章は結論であり、本論文のまとめと今後の展望を述べている。

多数の CPU コアを有したプロセッサ上で複数のタスクを実行する際は、タスク間の並列性 (タスク並列性) だけでなく、タスク内の並列性 (データ並列性) を活用したタスクスケジューリングが重要である。両者の並列性を活用するタスクスケジューリング問題に対して、リストスケジューリングアルゴリズム、デュアルモードリストスケジューリングアルゴリズム、遺伝的アルゴリズム、ならびに、分枝限定法アルゴリズムの 4 種類のアルゴリズムを開発した。リストスケジューリングアルゴリズム、デュアルモードリストスケジューリングアルゴリズム、遺伝的アルゴリズム、分枝限定法アルゴリズムの順で高速であり、その逆順で解の品質が高い。計算時間と解の品質はトレードオフの関係にあり、開発

したアルゴリズムを状況に応じて使い分けることが可能である。

#### <論文審査の結果の要旨>

本論文は、マルチコアプロセッサにおけるデータ並列タスクのスケジューリングに関する研究の成果をまとめたものである。タスクスケジューリングとは、複数のタスクが与えられたとき、すべてのタスクの実行時間を最短化するようなタスクの実行順序を決定する作業を指す。依存関係のない複数のタスクを異なるコア上で並列に実行することにより、実行時間を短縮する。タスクスケジューリングは、計算機科学分野における重要な問題であり、長年研究が行われてきた。古典的なタスクスケジューリング問題は、各タスクは一つのコア上で実行されることを想定している。一方、本論文では、各タスクがデータ並列性を内在しており、複数のコア上で実行されることを許している点に特徴がある。一般にタスクスケジューリング問題は NP 困難であり、最適解を保証する多項式時間アルゴリズムは存在しない。本論文では、データ並列タスクのスケジューリング問題に対して、大別して 4 種類のアルゴリズムを開発し、評価を行っている。

本論文は、以下の 5 点において、学術的および産業的に高い価値を有している。

- (1) データ並列タスクのスケジューリング問題を形式的に定義した。
- (2) 本スケジューリング問題に対して、非常に高速に解を求める 2 種類のヒューリスティックアルゴリズムを開発した。
- (3) 本スケジューリング問題に対して、広域的に解を探索するメタヒューリスティックアルゴリズムを開発した。
- (4) 本スケジューリング問題に対して、最適解を保証する厳密アルゴリズムを開発した。
- (5) 開発したアルゴリズムに対して、解の品質と求解時間の両面について定量的に評価し、利点と欠点を明らかにした。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、審査委員会は本論文が本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しい水準に達しているという判断で一致した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科電子システム専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じて日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文の公聴会は、2018 年 7 月 27 日（金）14 時 00 分～14 時 50 分、立命館大学びわこ・くさつキャンパス ローム記念館第 1 会議室において行われた。公聴会では、学位申請者 LIU Yang 氏による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、本研究の学術的新規性、データ並列性の意味、遺伝的アルゴリズムにおける解の表現法の完全性、提案手法の利点と欠点などの質問がな

されたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。審査委員会は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、審査委員会は、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。