

## 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	LE Nhat Tam (る なつと たむ)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	乙 第 551 号
○授与年月日	2017 年 3 月 3 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 2 項 学位規則第 4 条第 2 項
○学位論文の題名	Design of Redundant Drive Wire Mechanism with Velocity Constraint Modules to Reduce the Number of Actuators for Producing Fast and Precise Motions (アクチュエータ数を低減する速度拘束モジュールを有する高速・高精度動作生成のための冗長駆動ワイヤ機構の設計)
○審査委員	(主査) 永井 清 (立命館大学理工学部教授) 川村 貞夫 (立命館大学理工学部教授) 上野 哲 (立命館大学理工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

本論文は、高速・高精度な動作を生成するためのロボットである、冗長駆動ワイヤ機構 (RDWM: Redundant Drive Wire Mechanism) の設計について述べたものである。この RDWM は、二つのアクチュエータをもつダブルアクチュエータモジュール (DAM: Double Actuator Module) により構成され、トッププレートの高速な広域動作とトッププレート上の精密な局所動作の組み合わせにより、高速・高精度な動作を生成しようとするものである。本論文では、DAM を用いた RDWM の構成方法、速度拘束モジュール (VCM: Velocity Constraint Module) の導入によるアクチュエータ数の削減方法、および RDWM の試作機による動作実験について議論している。

本論文では第一に、DAM を用いた RDWM の構成方法として、RDWM の候補が、必要動作生成のための駆動力を発生できるかを判定する方法が示される。第二に、VCM の導入によるアクチュエータ数の削減方法として、VCM を導入した RDWM の候補が、必要動作生成のための駆動力を発生できるかを判定する方法が示される。第三に、RDWM 候補に対して、前述の二つの手法を適用した数値例が示される。最後に、1 自由度の RDWM の試作機を用いた実験結果が示される。

#### <論文審査の結果の要旨>

本論文で議論される冗長駆動ワイヤ機構は、二つのアクチュエータを一つのダブルアクチュエータモジュールとして扱うことにより、トッププレートの高速な広域動作とトッププレート上の精密な局所動作を同時に生成するものであり、その組み合わせにより、高速・高精度な動作が生成される。このような冗長な駆動系を用いた独自のワイヤ機構の構造を考案し、それを採用することによって、これまでのワイヤ機構では到達しにくいような高速・高精度な動作を生成しようとするところに本論文の特徴がある。

このような冗長駆動ワイヤ機構においては、ダブルアクチュエータモジュールを空間内にどのように配置してワイヤ機構を構成すれば良いかということが、設計における基本的な課題となる。本論文は、この基本的な課題の観点から、RDWMの候補が妥当な構成であるかを判定する方法、および、三次元空間を対象としたRDWMなどにおいて増加するアクチュエータ数を削減する方法を取り上げている。また、数値例により、提案手法の妥当性と有用性を検証し、実験により、ワイヤ機構の構造の妥当性を検証している。

本論文の評価は次のようにまとめられる。第一に、アクチュエータ数の増加に伴って複雑なワイヤ行列となるRDWMの候補の判定方法を単純化するため、判定に用いるワイヤ行列を新たな形式に変換し、その新たなワイヤ行列を用いた判定方法を明らかにしたことである。第二に、VCMの導入によってアクチュエータ数を削減するため、必要となる静力学解析と運動学解析の手順を整理し、アクチュエータ数を削減するための判定方法を明らかにしたことである。これらの提案手法の妥当性と有用性については、数値例で検証されている。このような本論文の研究成果は、高速・高精度な動作を生成する冗長駆動ワイヤ機構の設計を可能とするものであり、高速・高精度ロボットを実現するための重要な基礎技術となるものである。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと判断した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の公聴会は、2017年2月7日(火)9時30分～10時50分イーストウィング5階機械システム系第2会議室において行われた。学位申請者LE Nhat Tam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、研究対象としたワイヤメカニズムの機構や制御などについて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。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

また、本学学位規程第23条および第24条に基づき、学位申請者に対して学力確認のために専門科目3科目(力学、ロボット機構学、制御システム)および外国語(英語)の試

験を行った。試験結果を主査、副査で検討した結果、本学大学院博士課程後期課程修了者と同等以上の学力を有することが確認された。

以上の諸点を総合し、本学学位規程第 18 条第 2 項に基づき、学位申請者に対し、「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。