

## 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	KIM Hyejong (きむ へじょん)	
○学位の種類	博士 (工学)	
○授与番号	甲 第 1234 号	
○授与年月日	2018 年 3 月 31 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	Mechanical Design and Control of Inflatable Robotic Arm (インフレータブルロボットアームの機構設計と制御)	
○審査委員	(主査) 川村 貞夫	(立命館大学工学部教授)
	野方 誠	(立命館大学工学部教授)
	小澤 隆太	(立命館大学工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

#### 論文内容の要旨

この論文は、人間の安全を確保するために、柔軟で軽量な多関節ロボットアームを空気のインフレータブル構造で実現するための機構と制御を提案する。高分子材料膜によるインフレータブル構造のロボットアームは新しい試みであり、機構設計や制御法に未知の課題が多い。本論文では、高精度な位置決めを実現可能なインフレータブルロボットアームの機構設計法と制御法を提案する。

#### 論文の構成

論文構成は以下である。1 章：研究の意義目的を示す。2 章：高精度位置決めに適したインフレータブルリンク構造の設計製作法と解析を述べる。3 章：空気圧バッグアクチュエータの設計/製作法，出力トルク特性解析，制御モデルを明確にする。4 章：関節のねじれを防止するプラスチック製関節固定具を提案する。さらに，提案する固定具に回転運動の摩擦力を調整可能な装置を提案している。5 章：4 自由度のロボットアームを利用して，運動制御のための基本性能を明らかにする。6 章：ユーザが直感的にインフレータブルロボットを操作できるように，ジョイスティックを用いた手動制御方式を提案する。7 章：インフレータブルロボットアームに適した相対位置誤差に基づく視覚サーボを提案する。提案方式によって制御された 2 自由度アームでは 1mm 以下の位置精度，また 3 自由度アームは約 2mm 程度の位置精度を達成できることを実験結果から実証する。8 章：結論と今後の課題が示される。

## <論文審査の結果の要旨>

### 論文の特徴

従来のロボットアームは、剛体の力学を基盤として、金属材料で構成されてきた。本論文では、従来のロボットアームの機構設計、製作、制御が適用不可の柔軟のインフレータブル構造を対象とする。そのために、本論文では、ロボットアームシステム実現のために、機構設計、製作、制御と幅広く研究し、柔軟構造では困難なロボットアームの手先位置精度向上を達成した。

### 論文の評価

インフレータブル構造のロボットアームは、宇宙開発用、研究室内でのロボットとして、提案されている。しかし、制御性能までを論じているものはほとんど見られない。特に、本論文では産業用ロボットなどで要求される位置決め精度を詳細に議論している。本論文の内容で独創的であり、高く評価できる点は以下に示される。

- (1) リンク構造の製作法を提案し、力学的な基礎特性を明らかにしている。
- (2) バッグ型アクチュエータの設計/製作法を開発し、そのトルク特性を詳細に解析した。この解析が、位置制御性能を高める結果を導いた。
- (3) 手先位置精度を劣化させる大きな原因がリンクのねじれにあることに注目し、プラスチック製関節部を設計/製作した。さらに、この関節部に、摩擦力を調整可能な機構を付加し、速度フィードバック制御によって、疑似的に粘性を制御可能であることを実験によって実証した。
- (4) 視覚フィードバック制御によって、ロボットアームの手先位置が、1mm～2mm 程度の位置決めが達成できることを実験的に実証した。さらに、食事支援を目的としたロボットアームを実現して、運動性能を評価した。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、学位審議委員会は、一致して、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>

本論文の主査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科機械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2月5日(月)13時00分～14時30分イーストウイング4階第1セミナー室において行われた。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 KIM Hyejong 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ロボットの安全性、製作法の妥当性、制御法の検証法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、学位審議委員会は、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。