



Title	Reflex-Based Control Systems in Robots Powered by Pneumatic Artificial Muscles
Author(s)	高橋, 隆
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/96115
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (高 橋 隆)	
論文題名	Reflex-Based Control Systems in Robots Powered by Pneumatic Artificial Muscles (空気圧人工筋駆動ロボットにおける反射を規範とした制御システム)
<p>論文内容の要旨</p> <p>ヒトの多彩な脚運動は、身体の形態学的な特徴を神経系が効果的に活用することによって生成される。脚運動が数百ミリ秒という短い周期で繰り返されることから、脳を介さずに高速に情報処理を行う脊髄の運動メカニズムが重要だと考えられている。特に、筋と脊髄の間で情報伝達が完結する筋反射は、跳躍のような動的で素早い動きの調整に役立っている。各筋と神経回路の解剖学的な知見は明らかになっているが、主に倫理的な観点から生きているヒトの神経系の制御経路を直接変更し、体系的に評価することは困難である。</p> <p>そこで本研究では、ヒトの筋骨格系を模した構造を持つロボットに筋反射系を構築し、脚運動を工学的に再現することで筋反射の運動調整メカニズムを構成的に理解することを目指す。動的で素早い運動として腕の外乱応答と跳躍に着目し、それぞれの運動に特化した3つのロボットを開発した。それらは、生体筋と定性的によく似た出力特性をもつ空気圧人工筋を用いてヒトの筋骨格構造を模倣している。機能的に選択された筋反射系を実装することで、そのシステムが各筋の強度バランスを適切に調整し、所望の運動を生成できるか実験的に検証した。</p> <p>本博士論文は、3つのロボットの実験的な研究で構成される。第2章では、倒立振り型のアームに拮抗駆動する2つの筋を搭載したプラットフォームを開発し、基本的な筋反射経路をロボットアームに実装する。第3章では、跳躍における姿勢安定性を向上させるために、大腿二関節筋に張力指向の筋反射系を実装する。第4章では、ヒトの膝関節を再現した単純な跳躍ロボットに筋の速度と張力に関する筋反射系を実装し、各経路の感度と跳躍高度の関係について調査する。第5章ではこれらの結果をまとめ、空圧筋駆動ロボットを用いた筋反射の運動メカニズムの構成論的調査に対する考察と今後の研究について議論する。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (高橋 隆)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	原 田 研 介
	副 査	教 授	佐 藤 宏 介
	副 査	教 授	石 黒 浩
	副 査	教 授	細 田 耕 (京 都 大 学)

論文審査の結果の要旨

本研究は、ヒトの筋骨格系を模した構造を持つロボットに筋反射系を構築し、脚運動を工学的に再現することで筋反射の運動調整メカニズムを構成的に理解することを目指す。動的で素早い運動として腕の外乱応答と跳躍に着目し、それぞれの運動に特化した3つのロボットを開発したものである。それらは、生体筋と定性的によく似た出力特性をもつ空気圧人工筋を用いてヒトの筋骨格構造を模倣している。機能的に選択された筋反射系を実装することで、そのシステムが各筋の強度バランスを適切に調整し、所望の運動を生成できるか実験的に検証した。

本博士論文は、3つのロボットの実験的な研究で構成される。第2章では、倒立振り型のアームに拮抗駆動する2つの筋を搭載したプラットフォームを開発し、基本的な筋反射経路をロボットアームに実装する。第3章では、跳躍における姿勢安定性を向上させるために、大腿二関節筋に張力指向の筋反射系を実装する。第4章では、ヒトの膝関節を再現した単純な跳躍ロボットに筋の速度と張力に関する筋反射系を実装し、各経路の感度と跳躍高度の関係について調査する。第5章ではこれらの結果をまとめ、空圧筋駆動ロボットを用いた筋反射の運動メカニズムの構成論的調査に対する考察と今後の研究について議論する。

主査、副査で論文の審査をおこなった結果、いくつかの疑問点が挙げられた。それらは主に、①姿勢制御とひき込み現象の関係、②張力センサと長さセンサを入れることの重要性、③センサの非線形性について、④反射が2重ループ系でモデル化できるという予測について、⑤フィードフォワードがある中でのフィードバックの重要性などであった。審査の際に出た疑問点に関する議論を中心に、最終審査をおこなった。最終審査では高橋氏は全ての疑問に明確に回答した。これにより、主査、副査全員一致で本論文は博士（工学）として価値があるものと認められた。