



Title	ヒトの運動制御を規範とする筋骨格システムの協調的な制御
Author(s)	渡邊, 英知
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/73588">https://hdl.handle.net/11094/73588</a>
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、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>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 ( 渡邊 英知 )	
論文題名	ヒトの運動制御を規範とする筋骨格システムの協調的な制御
<p>ヒトの運動制御を理解することは、ヒトの運動機能への介入や調和を目指すロボットの開発にとって極めて重要である。本研究は、ヒトの前方及び後方回転のペダリングの運動戦略を平衡点とメカニカルインピーダンスの観点から解明し、筋骨格ロボットの制御に応用を試みることを目的とする。神経科学で取り組まれる、筋電位情報を用いたヒトの運動解析のアプローチと、ロボット工学で行われる筋骨格構造を有するロボット開発のアプローチの両方を取り入れた学際的な研究である。</p> <p>神経科学で注目される仮説「筋シナジー仮説」と「平衡点仮説」に則り、筋の協調性をメカニカルインピーダンスと平衡点の観点から議論することを可能とする「平衡点に基づく筋シナジー」を提案した。この手法により、ヒトの前方及び後方回転のペダリングの筋活動から、平衡点の筋シナジーを抽出し、メカニカルインピーダンスと平衡点について考察を行った。結果は、(1)メカニカルインピーダンスは被験者及び回転方向に依らず不変であること、(2)平衡点は被験者及び回転方向に依存し特徴的であること、(3)前方及び後方回転間で、脚を前後に動かす平衡点の機能の位相が180[deg]ずれること、が明らかになった。これらの結果を、平衡点の筋シナジーとして、ヒトを模した筋骨格ロボットの制御に応用した。ロボットは前方回転の筋シナジーに基づき、前方回転のペダリングを再現した。さらに、(3)の知見を制御に応用し、前方回転の筋シナジーに基づき、後方回転のペダリングも再現した。筋シナジーによるロボットの制御は解析結果をサポートするものとなった。</p> <p>本研究は、ペダリング運動は、不变構造を成すメカニカルインピーダンスに基づき、タスクや個人に依存する平衡点軌道が計画されることで、実現することを明らかにした。さらに、それらの知見の検証実験を通し、平衡点とメカニカルインピーダンスの観点から解明されたヒトの運動戦略が、筋骨格ロボットの制御に有効であることを確認した。</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 渡邊 英知 )		
論文審査担当者	(職)	氏 名
	主査 教授	西川 敦
	副査 教授	野村 泰伸
	副査 教授	細田 耕
	副査 准教授	平井 宏明

## 論文審査の結果の要旨

ヒトの滑らかな随意運動は、冗長な自由度を有する神経・筋骨格系の構造とその制御に由来する。首尾良く振る舞う運動器系の機能や制御を理解することは、ヒトおよび環境と物理的な相互作用を伴うあらゆる機器の開発において有用となる。本研究は、下肢両脚の協調運動であるペダリング運動に焦点を絞り、ヒトの前方および後方回転のペダリングの運動戦略を、平衡点と機械インピーダンスの観点から解析し、ヒトの身体構造を模した筋骨格ロボットの制御へ応用を試みたものである。

本研究では、5名の被験者を対象とした前方・後方回転のペダリング時の運動学および筋活動から、下肢筋骨格系の物理モデルに基づき平衡点の筋シナジーを抽出し解析を行うことで、(1)機械インピーダンスの特定のバランス（筋シナジー）は被験者および回転方向に依らず不变であること、(2)平衡点軌道は被験者および回転方向に依存し特徴的であること、(3)前方と後方回転では、足首平行移動の平衡点軌道の偏角方向の位相が逆転すること、の3点を明らかにしている。これは、ヒトはタスクに依らないある種の不变構造を共通して保有し、その不变構造をベースに平衡点軌道をタスクに応じて個々に計画していることを示唆するものであり、さらには運動戦略のモジュール性を裏付ける結果としても興味深い。

さらに、上述した各被験者の前方ペダリングから得られた平衡点に基づく筋シナジーを用いて、前方回転と後方回転のペダリングを同一の下肢筋骨格ロボットで個別に再現する実験にも成功している。ヒトの前方回転のペダリングから得られた平衡点の筋シナジーに基づき、ロボットが各被験者特有の前方回転を実現できたことは、平衡点と機械インピーダンスで記述された筋シナジーとしての運動戦略がロボットの制御に応用できる可能性を示唆するものである。前方回転のシナジーから後方回転のペダリングを再現できたことは、運動戦略のモジュール性を用いて冗長性を有するロボット制御を簡略化できることを示唆するものである。

以上のように、本研究は、身体運動科学とロボット工学の双方の発展とそれらの学際融合に大きく貢献するものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。