

Title	ヒトを規範としたロボットハンドに関する研究
Author(s)	白藤, 翔平
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/50565
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (白藤 翔平)	
論文題名	ヒトを規範としたロボットハンドに関する研究
論文内容の要旨	
<p>既存のロボットハンドの多くが、様々な局面に対して適応的に運動を計画、実行するには、複雑な計算が必要になるのに対して、ヒトの手の運動では身体や神経系を通じた形態学的演算が複雑な計算を肩代わりしていると言われている。</p> <p>そこで、ヒトが持つ機構、またはその機構によって生じる性質をロボットハンドに忠実に再現し、その形態の持つ意味を明らかにするとともに、それを利用した制御が従来のロボット工学における手法よりも計算量や、その適応性の面で優位であることを示すことを本論文の目的とする。</p> <p>第1章では、既存のロボットをヒトの機構や機能と比較し、本研究の目的と内容を紹介する。</p> <p>第2章ではロボットの柔軟な皮膚から得られる情報を利用した把持力の調整タスクの実現について述べる。振動を検出することのできるフィルム状のポリフッ化ビニリデン(PVDF)で把持物体の滑りの発生を検出するとともに、その際の皮膚の変形を多数のひずみゲージで計測し、滑りの発生の際の皮膚の変形パターンを捉える。このパターンを機械学習させることで事前に滑りを予測し、微々たる滑りさえも防ぐ手法を提案する。</p> <p>第3章ではヒトの指の構造を忠実に再現した腱駆動ロボットフィンガの開発と運動学解析手法の提案について述べる。ここではロボット工学における従来の腱駆動機構では再現が困難であったヒトの指の筋腱構造を、その運動学的性質を保つように再構築する手法を提案することで、ヒトの腱を通した筋と関節の関係を忠実に再現したロボットフィンガを開発する。このロボットフィンガでは、自由度の変化という現象が生じ、この現象の観点から軌道生成やマニピュレーションなどに対して、ヒトの身体構造がロボットにとっても利点の多い構造であることも示す。</p> <p>第4章では腱駆動機構において容易な関節剛性調整を実現する機構の設計手法について述べる。腱駆動機構で機械的に関節剛性を変化させる場合には、複数の非線形弾性要素の長さを同時に調整することで機構の内力だけを上昇させ剛性を変化させる。しかし、関節位置と内力との関係の複雑さにより、運動中にこれを調整することは容易ではない。そこで、この複雑な関係をあらかじめ解消する構造を設けることで、容易に関節位置と剛性の制御を独立に扱うことのできる機構の設計手法を提案する。</p> <p>第5章ではヒトの運動特性に基づくロボットフィンガの軌道調性手法について述べる。ここでの研究ではヒトの指の運動特性を解析することで、よく知られる指の典型的な軌道に対して、ヒトの筋腱構造の果たす役割について運動学的に解析する。ここでの結果を実際に第3章で開発したロボットフィンガに適用し、ヒトの運動特性を保ちながら機能ごとにアクチュエータを分離する手法や、運動計画が単純化などについて考察、実証する。</p> <p>最後に、第6章ではこれらの結果をまとめるとともに、今後の課題について議論する。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (白 藤 翔 平)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授 薦田 憲久
	副 査	教 授 藤原 融
	副 査	教 授 西尾 章治郎
	副 査	教 授 下條 真司
	副 査	教 授 細田 耕 (大阪大学大学院基礎工学研究科)
	副 査	教 授 横小路 泰義 (神戸大学大学院工学研究科)
	副 査	准 教 授 前川 卓也

論文審査の結果の要旨

ヒトの手の運動では、情報処理系と接触する環境との間に、複雑な身体が存在している。この複雑な身体の介在が、単純な構造のロボットハンドでは達成が困難なさまざまなタスクを、ヒトが容易におこなうことができる背景に存在しているものと考えられる。ヒトの筋骨格や皮膚といった特有の構造や、その機構によって生じる性質の持つ意味を明らかにし、それを利用することで、計算量や適応性といった面で、従来のロボット工学における手法よりも、優れた機構の設計法や制御手法が得られる可能性がある。

本論文ではこれを踏まえ、ヒトの手の筋骨格や皮膚の構造や、そこで観察される特性を、それぞれロボットハンドのセンシング機構、駆動機構、制御手法として再現している。それらの解析や実験を通して、それぞれ次のようなヒトの身体を持つ利点や、その利点をロボットハンドで活用する手法を示している。

- 柔軟な皮膚が、指先で生じる現象に関する豊富な情報を伝達することに着目し、種類の異なるセンサが捉える時間特性の異なる情報を利用することで柔軟な皮膚の伝える情報を上手く処理する手法を示している。実験では、物体を把持させ、滑りの検出とその発生の予測を皮膚の伝達する情報を用いておこない、物体の重さに合わせた把持の力の調整を実現している。
- ヒトの手の複雑な筋腱構造をロボット工学における腱駆動機構として再現する手法を示している。これとともに、ここで見られる腱の分岐といった特殊な構造の運動学解析手法についても提案しており、その解析を通してヒトの手の筋腱構造がその系のもつ自由度を制限することで、容易な制御を可能にしていることを示している。実験では、ヒトの筋腱構造を正確に再現したロボットフィンガを実現するとともに、提案手法の実証と有用性を示している。
- ロボットハンドの制御において、ヒトの手で観測されるような可変な関節剛性が重要な役割を持つことを指摘し、ロボットハンドとそのアクチュエータの間に特殊な機構を設けることで、関節剛性の調整を可能にする手法を提案するとともに、実験でこれを検証している。また、これとは別に、腱駆動機構においてアクチュエータの作用が腱を通して複数の関節に伝達されること着目し、同じく腱駆動であるヒトの筋腱構造の解析をおこなうことで、効率よく腱駆動機構のロボットハンドの関節を駆動する手法を提案している。実際に開発したヒトの筋腱構造を再現したロボットフィンガを用いてその手法を検証するとともにその有効性を示している。

このように、本論文ではヒトの複雑な身体を持つ特性が、ロボットハンドにおいても有効な性質であることを指摘し、解析や実験によりその有効性を示している。よって、博士 (情報科学) の学位論文として価値のあるものと認める。