

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	力学的拘束を満足するデータ写像に基づいたロボットの運動設計
Title(English)	
著者(和文)	宮寄哲郎
Author(English)	Tetsurou Miyazaki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9446号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岡田 昌史,岩附 信行,武田 行生,三平 満司,山浦 弘
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9446号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	宮寄 哲郎	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	岡田 昌史	准教授	山浦 弘	教授
	審査員	岩附 信行	教授		
		武田 行生	教授		
三平 満司		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「力学的拘束を満足するデータ写像に基づいたロボットの運動設計」と題し、以下の7章からなる。

第1章「序論」では、福祉工学における人の運動解析やロボットの運動生成において、運動実現のための条件や力学特性の異なる対象間での運動の比較を容易に行える必要があるが、運動は身体、環境、制御の相互作用から生成されるため、これらを統合的に扱うことが不可欠であると述べている。特に、これらを同時に扱える、場に基づいた運動設計では非線形な力学系を扱いやすく、これまでに提案された軌道アトラクタに基づく自律制御系設計手法の有用性を述べるとともに、これを発展させるためには人の運動を利用可能とするモーションキャプチャが有効であり、得られたデータをロボットなどの他の力学系に利用するために力学特性の違いをつなぐ変換が必要であることから、力学的な拘束のもと、運動の変換手法を与えることが本論文の目的であると述べている。

第2章「軌道アトラクタに基づいた自律制御系の設計」では、自律制御系の設計手法を適用するにあたり、先に実現可能な運動データが必要であることを問題点として指摘し、そのために、制御系はロボットごと、運動ごとに設計しなければならず、これには多くの計算を必要とすること、さらに、非ホロノミック系の場合には実現可能な運動データが得にくいことを指摘し、すでに設計した自律制御系の情報や人の運動データを利用することが有効であるとともに、そのためには、もとの運動をロボットの力学特性に合致させる変換が必要であると述べている。

第3章「非線形状態空間写像による力学構造の一致を利用したロボットの運動生成」では、すでに得られているロボットの運動を状態空間内のベクトル場でモデル化し、場に基づいて新たなロボットの運動を実現するコントローラを写像によって求める手法を提案している。これはロボットの力学構造を考慮し、コントローラが生成する場がロボットの運動方程式を満たすことを拘束条件として写像関数を得る手法であり、ロボットが足踏み動作を行う場合に適用し安定な運動を生成させることでその有効性を検証している。

第4章「非線形状態空間写像を用いた力学的整合を持つ運動変換」では、第3章で提案した手法が極めて多くの計算量を必要とするため、適用できるロボットの自由度が制限されること、写像関数の選択によっては拘束条件を満たされにくいことを問題点として指摘し、運動データ(関節角度と角速度のデータ)を変換する状態空間写像を求める手法を新たに提案している。これにより、計算が簡易化されること、拘束条件を満たしやすくなることを示し、複数のロボットが足踏み動作を行う場合の運動に適用することで、有効性を検証している。

第5章「位置・速度・加速度の微分関係と力学的整合性を満たす運動パターンの生成」では、さらに計算量を減らすために、床反力が正であるといった運動を満たすべき少数の条件を与え、設計パラメータを関節角度データとし、主成分分析を用いた運動の低次元化を加えた運動変換手法を提案している。特に、関節角度と角速度、角加速度の関係を擬似微分と零位相フィルタによって与えることで、これらの関係が伝達関数とのたたみ込み積分を表す行列の乗算で表されることを示し、関節角度の設計のみで運動方程式を満たすための拘束条件が考慮できること、また、任意の運動について変換可能であることを示している。また、モーションキャプチャによって得られた人の運動データをロボットの運動へ変換する例を示すことで有効性を検証している。

第6章「力学的整合を満たす加速度運動パターン設計」では、第5章で提案した手法が、零位相フィルタを用いることで4階微分可能な関節角データとなること、さらに、これが歩行のように状態が切り替わる運動において、角加速度の不連続性を許容せず、適切な運動を生成しない場合があることを問題点として指摘するとともに、関節の角加速度を設計パラメータとした新たな運動変換手法を提案している。関節角加速度の不連続性が許容されることから関節角度データは2階微分可能なデータに留まり、また、第5章の方法と同様に、積分器の伝達関数とのたたみ込み積分を表す行列の乗算により、関節角加速度を角速度、角度に変換することで閉回路条件のような関節角度に関する拘束条件を与えられると述べている。さらに、この方法を用いて人の歩行をロボットの歩行に変換した結果を示し、提案する手法の有効性を検討している。

第7章「結論」では、本論文における提案手法、および、成果をまとめ、提案する運動変換手法の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は場に基づいた自律運動の変換・設計手法を提案し、それらの有効性を検証したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値があると認められる。