

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 2656 号
------	-----	----------

氏 名 鎌田 翔一郎

論 文 題 目

劣駆動メカニズムのタスクベース設計法の研究

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	大日方 五郎
委員	名古屋大学	教授	山田 克彦
委員	名古屋大学	教授	山田 陽滋
委員	名古屋大学	教授	新井 史人

論文審査の結果の要旨

鎌田翔一郎君提出の論文「劣駆動メカニズムのタスクベース設計法の研究」は、人間の手の機能を再現することを目指したロボットハンドを設計する研究であり、6つの章から構成されている。各章の概要は以下のとおりである。

第1章では、現在使われている電動義手の問題点を述べ、それが人の手の機能の再現という意味では低いレベルにとどまっていることを指摘し、上肢切断者のニーズに対応してより高い機能を発揮できる義手としてのロボットハンドの課題を整理している。すなわち、義手用のロボットハンドにおいて必要な機能を達成し、かつ体への装着を考慮してその重量を小さくすることを目標とする場合、アクチュエータを数多く用いることはできない。しかし、日常生活では様々な大きさや形状の異なる対象物を把握したり、操ったりする必要があるので関節数を極端に抑えることもできない。そこで、人の手と同等の機能を発揮でき、かつ少ないアクチュエータで駆動できるロボットハンドを設計する方法を研究の目的としている。第2章では、少ないアクチュエータで多くの関節自由度を駆動する機構（劣駆動機構）を実現するために、新しいメカニズムを提案している。この機構は幾つかのアクチュエータの変位を線形加算するためのものであり、設計を目指すロボットハンドはこのメカニズムを要素として持つものとなる。このメカニズムはワイヤとプーリからなる簡単なものであるが、これ自身が従来にないものであり、ロボットハンド以外への応用の可能性が大きく技術的な価値がある。第3章では、ロボットハンドのタスクが与えられた場合に、そのタスクを達成する劣駆動ハンドを設計する方法について記述している。その方法は、最初にすべての関節が独立に駆動できるという条件の下で、タスクを達成するロボットハンドをまず仮定する。そしてその多次元の関節角度時系列に主成分分析法を適用し、その幾つかの主成分を低次元で独立な変数として選択する。次に、この低次元な主成分を関節数より少ないアクチュエータの動きとして実現し、それを第2章で提案した変位を線形加算する機構を通して関節の運動に変換する方法を新たに提案している。また、ここで用いた主成分分析の代わりにBPLP(Back Projection for Lost Pixels)法を用いることも提案し、これら二つの設計法の違いをタスク達成度の面から比較する計算例を与えている。さらに、与えられたタスクを正確に実行できるすべての関節が独立に駆動できるハンドに対し、変数の低次元化を用いた方法のタスク達成度を評価する指標を提案し、その指標に基づいてロボットハンド中の設計パラメータであるリンク長さを最適化することも試みている。第4章では、ロボットハンドが対象物を把持し、それを操る際に重要となる対象物との間に生じる接触力に着目し、タスクが静力学の問題として与えられた場合のロボットハンド設計法を検討している。第2章で提案したロボットハンドの構成要素である線形加算機構に弾性を導入することを検討し、静力学的タスクの処理が可能となることを示した。ここで提案する構成では、対象物と接触しない状態では運動学タスクを処理でき、対象物と接触した時には静力学タスクを運動学タスクに変換することにより処理できることを示している。第5章では、実際の義手を想定した3次元のロボットハンドの設計を試みている。設計したロボットハンドは、3本の指をもち、各指に4つの関節をもっている。実際の義手では、様々な対象物を把握したり、操ったりすることができるなどの機能が求められるが、ここでの設計例では、「2本の指先で小さな対象物を把握するタスク」と「3本の指で抱え込むように大きな対象物を強く把握するタスク」、さらには「円柱型の対象物を3本の指の先で把握したままひねるタスク」の3つを実現することを目的としている。第4章までに与えた方法を適用して12関節を4つのアクチュエータで駆動するロボットハンドを設計し、設計された3次元のロボットハンドが設定されたタスクを達成できることを確かめている。第6章は、本論文の結論であり、研究内容のまとめと、本研究の今後の展望が記述されている。以上のように、本論文は、上肢切断者が利用する電動義手の設計を目指し、小型軽量で高機能なロボットハンド設計法を提案している。実用的なロボットハンドの実現のためには、多関節であるにもかかわらず、小型軽量にするために解決しなければならない課題があったが、それらの課題を解決するために変位を線形加算する機構、運動学における低次元化法、静力学問題を運動学問題に変換する方法を新たに提案した。また、これらの方法を用いて、實際上重要と考えられる3つの質の違うタスクを達成可能なロボットハンドの設計を行い、この論文で提案する方法の有効性をシミュレーションによって検証している。したがって、

論文審査の結果の要旨

本研究はロボットハンドの設計法としての学術上の寄与に加えて、上肢切断者のニーズに対応した実用的な義手の開発に寄与するところが大きいと判断される。よって本論文の提出者鎌田翔一郎君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判定した。