

氏名	畠山 友史		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第7714号		
学位授与年月日	平成28年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Studies on Shooting Manipulation (シューティングマニピュレーションの研究)		
主査	筑波大学 准教授	博士(情報科学)	望山 洋
副査	筑波大学 教授	Ph.D.(工学)	堀 憲之
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	相山 康道
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	伊達 央
副査	首都大学東京 准教授	博士(工学)	武居 直行

論文の要旨

本論文では、従来型のロボットマニピュレーションの拡張を目的として、シューティングマニピュレーションという手先効果器投擲型のロボットマニピュレーションを提案する。

シューティングマニピュレーションは、手先効果器を投擲することによって、離れた場所にある対象物体にアプローチし、手先効果器を拘束する手段を最大限活用しながら、対象物体に望ましい力学的作用を施すロボットマニピュレーションである。ロボットの手先効果器を投擲する場合には、タスクを達成するための手先効果器の初速度の下限が存在することがあることに着目し、この初速度を臨界速度と名付けた上で、手先効果器をインパルス力によって臨界速度よりも高速に送り出す点が、提案するシューティングマニピュレーションの最大の特徴である。

目標地点で手先効果器の速度がほぼゼロとなることを要求する、シューティングマニピュレーションにおける最も典型的な動作である Reaching において、臨界速度が存在することを示す。また、シューティングマニピュレーションでは、フィードバック制御よりも、フォードフォワード制御のためのパラメータ調整が現実的であるが、Reaching を実現するパラメータ調整手法を提案する。

シューティングマニピュレーションを実現するシステムでは、手先効果器を高速に送り出すための瞬発力発生装置が必要となるが、本論文では、エアジェットを利用したプロトタイプを用いて、従来の手先効果器投擲型マニピュレーションでは実現し得なかった様々なタスクを実証する。まず、カメラオンがその舌を射出することにより獲物を捕獲するときのように、素早く遠隔の物体にアクセスし、吸盤型の手先効果器などを利用して手元に引き寄せることができることを示す。また、縦方向のみならず横方向の死角へのアクセス、さらには、紐状物体のルーピングも達成できることを示す。

審査の要旨

【批評】

本論文では、ユニークなロボットマニピュレーションの手法が提案され、様々なタスクが提案手法により実現できることが実証されている。本論文の寄与は下記の3つである。

1. キャスティングマニピュレーションに代表される従来の手先効果器投擲型マニピュレーションに対し、タスクを達成する際に必要な臨界速度が存在することを明らかにし、手先効果器にインパルス力を加えて十分な初速度で射出する新しいロボットマニピュレーションの手法を考案している点。
2. 提案するシューティングマニピュレーションにより、従来の手先効果器投擲型ロボットマニピュレーションではなし得なかった様々なタスク、すなわち、カメレオンの舌による獲物捕獲のような高速物体捕獲、縦方向のみならず横方向の死角へのアクセス、紐状物体のルーピングを実現している点。
3. シューティングマニピュレーションにおいて最も基本的な動作である Reaching を定式化し、これを実現するためのパラメータ調整が可能であることをシミュレーションにより示し、シューティングマニピュレーションの理論の基礎を築いている点。

手先効果器投擲型マニピュレーションにおいては、キャスティングマニピュレーションという手法が代表であったが、達成できるタスクが極めて限られていた。カメレオンの舌による高速捕獲にヒントを得て、実現タスクを拡大するカギが、手先効果器に十分な初速度を与えることであるという発想に到り、空気ジェットによる瞬発力発生機構を利用したプロトタイプを用いて、様々なタスクの実証を行っている点は、評価に値する。

本論文の成果の一部は、既にロボティクスにおける2大国際会議の1つ IEEE/RSJ IROS において、国際会議論文として採択・発表済みであるだけでなく、ロボティクス・メカトロニクス分野におけるトップジャーナルである IEEE/ASME Trans. on Mechatronics にも採録済みであり、世界的にも確固たる評価を得ている。

理論構築において整備すべき課題を残しているものの、手先効果器投擲型のロボットマニピュレーションの新しい可能性を示し、またソフトロボティクスの新しい展開を示した点で、ロボティクスにおける十分に価値のある成果であると認められる。

【最終試験の結果】

平成28年1月25日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。