



Title	Cooperative Object Transportation With Multiple Humanoid Robots [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	呉, 孟鴻
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12047号
Issue Date	2015-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/60468
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Meng-Hung_Wu_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 呉 孟鴻

審査担当者 主 査 教 授 近野 敦
副 査 教 授 山下 裕
副 査 教 授 小笠原 悟司

学位論文題名

Cooperative Object Transportation With Multiple Humanoid Robots

(複数ヒューマノイドロボットによる協調物体搬送)

近年の急速な技術開発により, 工場や人間の日常生活でロボットがますます普及してきている. 中でもヒューマノイドロボットは人間と似た形状をしていることから, 現在人間が行っている危険な作業や災害発生時の復旧活動などを人間に代わって行うことが期待されている. しかしそのような作業においては, 一台のロボットで行えることは限られる. 複数のヒューマノイドロボットが協調して作業を行うための制御の枠組みが確立されれば, ヒューマノイドロボットが行える作業の種類は飛躍的に増大する. しかし, これまで車輪型の複数ロボットの協調制御は盛んに研究されてきたが, 複数ヒューマノイドロボットの協調制御の研究例は, 国内外を問わず全く行われていなかった. 車輪型ロボットでは階段昇降ができないなど移動が制限され, 人間の危険な作業を代替することが難しい. ヒューマノイドロボットの協調作業では, 複数のヒューマノイドロボットが一つの物体を同時に把持する必要がある, 物体に作用する力を適切に制御しないと転倒に至るという, 車輪型ロボットの協調作業にはない困難さが存在する.

本論文は以上の問題を解決するために, 世界に先駆けて複数ヒューマノイドロボットの協調制御の枠組みを提案するもので, 全編 6 章からなる.

第 1 章は序論であり, 本研究の背景および目的を述べている.

第 2 章では, 本研究で使用するヒューマノイドロボット HRP-2 のハードウェアシステムおよびその制御ソフトウェアについて述べている.

ヒューマノイドロボットが障害物を検知して自律的に回避軌道を生成したり, 人間の操作者が遠隔地からロボットの移動方向を指示するとき, ロボットはその移動起動に沿うように歩容を実時間で生成する必要がある. 第 3 章ではヒューマノイドロボットの実時間歩容生成手法について議論している.

第 4 章ではリーダー・フォロワ型の複数ヒューマノイドロボット協調制御の枠組みを提案している. この枠組みでは複数のヒューマノイドロボットで一つの物体を搬送するとき, 1 台のヒューマノイドロボットがリーダーとなり物体を目的の方向に移動するように力を作用し, 残りのロボットがフォロワとなり, リーダーの作用する力を検知してリーダーの動きに追従する. この方式は車輪型の複数ロボット協調制御では一般的な方式であるが, ヒューマノイドロボットでは転倒の危険性があるため適用が難しく, これまで複数ヒューマノイドロボットの協調制御に応用した例は無かった. 本論文では実ヒューマノイドロボット HRP-2 を用いた実験で有効性を確認しており, 世界で初めての複数のヒューマノイドロボット協調制御を実現した.

リーダー・フォロワ型協調制御では、リーダーが動作を始めてから、遅れてフォロワが動作するために、その時間差により内力が発生し、それが原因で転倒の可能性が高まる。第5章ではその問題を解決するために、対称型協調制御の枠組みを提案している。対称型協調制御では複数のヒューマノイドロボットはリーダーとフォロワのような役割が無く、対等に同期して動作する。動作を同期するための通信量が増大するが、複数のロボット間での動作の時間差が無く、理想的な環境下では内力の変化が無い。したがってリーダー・フォロワ型協調制御と比較すると、転倒の危険性は大幅に減少する。2台のヒューマノイドロボットで一つの物体を搬送する動力学シミュレーションを行い、リーダーフォロワ型協調制御では転倒してしまうような移動速度でも、対称型協調制御では安定して物体を搬送できることを確認している。更に実ヒューマノイドロボットで協調物体搬送実験を行い、提案手法の有効性を確認している。本章の成果は、複数ヒューマノイドロボットによる協調作業の実用化の可能性を大いに高めるもので、工学的に極めて重要な成果である。

第6章は結論である。

以上要するに、本論文は複数ヒューマノイドロボットで協調して作業を安定に行うための枠組みを提案し、動力学シミュレーションと実験でその有効性を確認したもので、世界に先駆けて複数ヒューマノイドロボットの協調制御を実現したことを考慮すると、システム情報科学およびロボット工学の発展に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。