

ヒューマノイドロボットに加わる 外力の推定と制御

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

ヒューマノイドロボットは人間を模した形状を生かし、人間用に整えられたインフラや道具を人間と同じように使用し、人間社会へ適応することが期待されているが、依然様々な課題がある。本研究ではヒューマノイドロボットに加わる外力に着目する。人間との協働や狭所での作業時に、機体が環境に接触するなどして外力が加わることが考えられる。しかし、現在のヒューマノイドロボットでは手、足首以外の部分に加わる力を測定することができない。本研究では、既存のセンサ情報から機体に加わる外力を推定し、適切に制御することで全身運動や環境の活用を可能にすることを旨とする。

■ 活動内容

本研究ではヒューマノイドロボットの手首、足首以外の部分に加わる外力を推定し、適切に制御することで多彩な動作を可能とすることを目的としている。ヒューマノイドロボットは現在、6軸力センサが搭載されている手首足首以外の部分に加わる外力を検出することが難しく、大きな外乱となる。しかし、人間との共同作業や狭所での作業時など、力センサが搭載されている部分以外に外力が加わる可能性が高い。本研究により力センサ非搭載部分に加わる外力を制御できるようになれば、このような状況でも姿勢を崩さず、安定して動作することが可能になる。また、全身動作時に手先足先以外の肘や膝などの部位が環境との接触に使用できればヒューマノイドロボットにより多様な作業が可能になると考えられる。本研究でロボットに加わる外力を推定には、状態推定器KineticsObserverを使用する。実験環境は産総研が開発したmc_rtcとchoreonoidを使用し、シミュレータ上と実機両方での実験を試みる。ロボットは同じく産総研が開発したHRP5Pを主に使用する。

● 研究計画

まず、6軸力センサが搭載されている部分に外力を加えた際の測定値とKineticsObserverを用いて推定した推定値を比較、推定器を評価する。次に、手首6軸力センサの情報を使用せず、KineticsObserverによる推定値をもとに多点接触動作を行うことができるか確認する。これにより、加わっている外力の真値がわかる状態で外力を推定することができる。この後、6軸力センサが搭載されていない部分に外力を加え、推定を行う。最後に、力センサが搭載されていない部分が環境と接触(外力が加わる)するような多点接触動作を行い、外力を適切に推定、制御することができるか確認する。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

● 状態推定器 KineticsObserver

KineticsObserverとは、A. Demontらが提案した脚ロボット用の状態推定器である。KineticsObserverはロボットに搭載された慣性計測装置(IMU)、各関節エンコーダ、6軸力センサの情報からロボットの接触力や外乱、運動学などの状態 Multiplicative Extended Kalman Filter に基づいてリアルタイムに推定することができる。LiDARなどの測域センサやトルクセンサなどを必要とせず、脚型ロボットに標準的に搭載されているセンサ類を用いて推定することができる。またKineticsObserverの特徴としてvisco-elasticモデルを取り入れている。地面をはじめとしたロボットとの接触点は変形しない剛体としてモデル化されることが多いが、実際は変形している場合が多い。visco-elastic(粘性-弾性)モデルは接触点の現在の位置・姿勢と接触環境の変形がない状態との”ずれ”に基づいて、接触力とトルクを計算する。このとき、接触環境の変形をバネ・ダンパの並列系として捉えることで滑りなどの影響を受けず高精度で安定した推定が可能になった。visco-elasticモデルの概要図を下部に示す。KineticsObserverは接触力や外力のほかにも浮遊リンクの位置・姿勢や、接触力・接触位置を考慮に入れることでドリフトを抑制した位置・姿勢の6次元オドメトリ、ジャイロセンサに含まれるバイアスなど様々な状態を推定することが可能である。



KineticsObserver で取り入れられている visco-elastic モデルの概略図
接触点のずれにもとづき、接触力を推定する。

代表発表者 青山 祐之介(あおやま ゆうのすけ)
所属 筑波大学大学院知能機能システム学位プログラムヒューマノイド研究室
問合せ先 〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1
つくば中央事業所本部・情報棟
TEL: 050-3522-3592
S202420709@u.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1)ヒューマノイドロボット
(2)脚ロボット
(3)状態推定
■共同研究者: 金広文男
筑波大学大学院知能機能システム学位プログラムヒューマノイド研究室