

論文内容の要旨

博士論文題目 Fast Solution of Whole-body Inverse Kinematics and Generation of Target Movement Using Prior Knowledge for Humanoid Robots

(ヒューマノイドロボットのための全身逆運動学の高速解法と予備知識を用いた運動目標の生成)

氏名 袴田 有哉

(論文内容の要旨)

As robotics technology advances, we expect humanoid robots to perform tasks that need applying force instead of us. In daily life, we frequently conduct object manipulations. In particular, many household tasks need pushing and pulling motions. To make the humanoid robots work in our daily-life environments, two requirements should be satisfied. First, the robots should manipulate objects including physical interaction. Second, the robots should conduct work in a short time, with similar speed to human movements.

I propose two methods to speed up whole-body motion generation for humanoid robots. One method is to control the whole body's momentum using analytical inverse kinematics and Resolved Momentum Control. It is possible to reduce the computation time because no iterative calculation is required. The other is to derive the target trajectories of the Center of Mass and hands using prior knowledge of the target object. As a prior knowledge, by configuring a reaction force of the object in a pushing motion, I derive target trajectories of the whole body to obtain the stable motion in a short time.

In this study, the effectiveness of the proposed method is verified by using a humanoid robot, HRP-4, in dynamics simulations and a real robot. First, I conducted the experiment of the motion generation using the proposed momentum control in the dynamics simulation. Next, I conducted an experiment of the motion generation to push a 10 kg box and open the refrigerator door. It was completed 6 s and 12 s, respectively.

(論文審査結果の要旨)

本研究は、ヒューマノイドロボットの普及が試みられる中で、日常生活に不可欠な、扉を開けたり引き出しを引いたりといった、物を押す、引くという力が必要な動作の高速化に着手している。動作を高速化するために、高速な全身運動量の制御方法、および予備知識を用いた動作目標の導出方法を確立した。さらに、物理シミュレーションおよび、実際のロボットを用いて実験を行うことで、本研究の性能や有用性を確認している。本論文の主な成果は、以下に要約される。

1. 解析的逆運動学と分解運動量制御を用いた全身運動量の制御方法を確立した。手先と重心位置に対する反復計算を必要としないため、計算時間の削減を可能とした。
2. 対象物体の予備知識を用いた重心及び手先の目標軌道の導出方法を確立した。予備知識として押し動作時の反力を与えることで、短時間で安定した動作を実現する目標軌道を導出可能とした。
3. 動力学シミュレーションにて、ヒューマノイドロボットHRP-4のモデルを用いて全身運動量の制御の検証を行った。蹴り動作を行わせた際に、脚で発生した運動量を打ち消す動作が上半身で生成されることを確認した。従来法との比較として計算時間および足位置と重心位置の目標値との差を計測し、有効性を確認した。
4. 実際のヒューマノイドロボットHRP-4を用いて押し動作及び引き動作の実験を行った。本研究で提案している二つの手法、全身運動量制御と予備知識を用いた動作目標軌道を組み合わせて制御を行った。10 [kg] の箱を押す動作を6 [s] で達成している。さらに、冷蔵庫の扉開けを12 [s] で行えることを確認した。実験により、提案手法を実際のロボットに適応可能であることが示された。

以上のように、本論文はヒューマノイドロボットの動作性能に関し、計算時間の削減および適切な動作目標の導出によって向上させ、人間の生活環境でヒューマノイドロボットを活躍させるために必要な動作時間の短縮に貢献している。よって本論文は、博士(工学)の学位論文としての価値があるものと認める。