

2018 年中間試験問題要旨：
等身大ヒューマノイドにおける三次元環境認識に基づく自律歩行計画に関する研究
稻葉・岡田研究室 指導教員 稲葉雅幸 教授
機械情報工学科 4 年 03-160274 大森 悠貴

1 はじめに

近年、災害現場などで人間の代わりにロボットが作業を行うことが期待されている。特に等身大ヒューマノイドは、台車型ロボットでは難しい多様な足場環境でも立ち入れる機構を有しており、人間中心環境で様々な作業に対応することができると考えられる。しかし、現状多くのヒューマノイドは固定された足場、平面を前提とした歩行計画を行っており、そうした多様な足場での歩行を実現できていない。また、不安定な足場を含む場合、視覚による認識だけでは安定的に目標地までたどり着くには不十分である。これらを踏まえ、本研究では視覚、触覚、記憶に基づく多様な足場環境への対応できるシステムの確立に取り組む。

2 多様な足場環境に対応する自律歩行計画

はじめに、足平の支持領域と接触領域の関係、安定性、幾何学的特徴により足場の分類を行ったものを Fig.1 に示す。このうち、一番左上の領域は、多くのヒューマノイドロボットが歩行計画をする際に用いる足場である。上段の左から二番目の領域は Wiedebach ら [1] により、上半身のバランスをとることで実現されている。これらに加え、支持領域と接触領域がとなる足場を認識により着地位置候補に含め、下段の動的な足場を足探しによる安定性を確認した上で着地候補に含めることで、複雑な足場環境でも十分に着地可能な足場を確保できると考えられる。

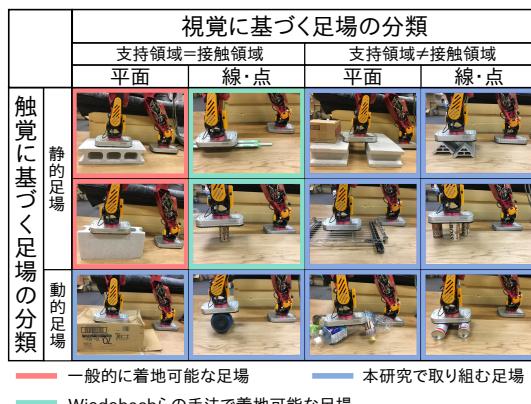


Fig. 1: 着地可能足場の分類

次に、この分類を踏まえた視覚、触覚を用いた、多様な足場環境に対応するシステムを Fig.2 に示す。効率化のため、記憶に基づく安全判断も合わせて行う。

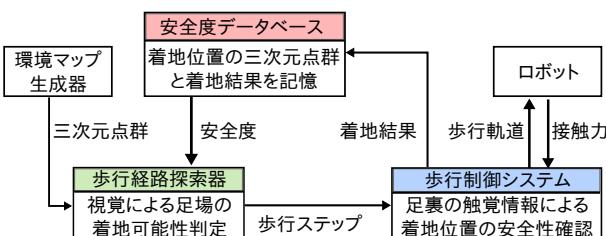


Fig. 2: システム構成図

2.1 視覚情報に基づく着地可能候補の拡大

植田ら [2] の手法に基づきハードウェアの制約から可能な領域を離散的な足配置で近似し、離散グラフの最良優先探索により歩行計画を行う。三次元環境点群情報に足配置を射影し、点群上に足配置が可能かどうかを判定する。その際に、従来の平面だけでなく、離散的な足場でも足平を安定して着地させることができれば、着地の可能判定を出せるように改良する。また、支持領域に基づき、ZMP の位置を一ステップごとに修正し、安定した着地を可能にする。

2.2 触覚情報に基づく足場安定性の確認

ZMP を支持脚の支持領域に収めたまま、遊脚による次のステップの足場の安定性を、少しだけ踏み込むことによって確認する。足裏のセンサを使用し、認識の高さ方向の情報を用いた推定圧力とセンサ値を比較し、足場として着地可能かを判断する。着地不可能と判断した場合は、その足場を使わない歩行経路を再計算する。

2.3 記憶情報に基づく足場安全性の見積

また、足場の安定性が確認されたものについては、視覚情報と合わせて記憶することで、次回以降同様の足場への着地をする際に、足場の安定性確認を省くことによる目標到達時間の短縮を試みる。

3 踏みしめによる足場環境確認実験

等身大ヒューマノイドと同じ脚をもつ二脚ロボットを用いて、遊脚による足場の安定性を確認する実験を行った。安定な足場と不安定な足場を踏んだ時の力センサの値の変化のグラフを Fig.3 に示す。静的足場として板を、動的足場として柔らかいマットを用いた。実験は複数回行ったが、足場により接触力遷移に差が確認できた。

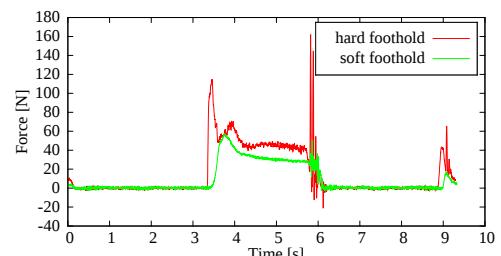


Fig. 3: 踏みしめによる足場環境確認実験

4 おわりに

今後は 2 章で提案した手法を実装し、シミュレーション・実機による歩行実験を行う。また、踏みしめによる安定性確認の追加実験、具体的なデータベースの構造設計を行う。これらを踏まえて、不整地歩行システムの確立を目指す。

参考文献

- [1] Wiedebach, et al. Walking on partial footholds including line contacts with the humanoid robot atlas. In *Hu-manoids2016*, pp. 1312–1319, 2016.
- [2] 植田亮平. 認識計画実行機能の評価制御機構を備えた等身大ヒューマノイド統合システムの研究. In *PhD thesis*. 東京大学, 2017.