

## 2018 年中間試問要旨：

## 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、人間に適した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。しかし従来研究では、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・記憶情報に基づいた環境認識により、多様な足場へ対応した自律歩行計画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

着地点の三次元的特徴・安定性に基づく足場の分類と、本研究で対応する足場環境を Fig.1 に示す。このうち、赤枠の領域は、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。緑枠の領域は 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、認識により青枠上段の離散的接触領域を、足探りにより青枠下段の動的な足場を着地点候補に含める。その結果、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。

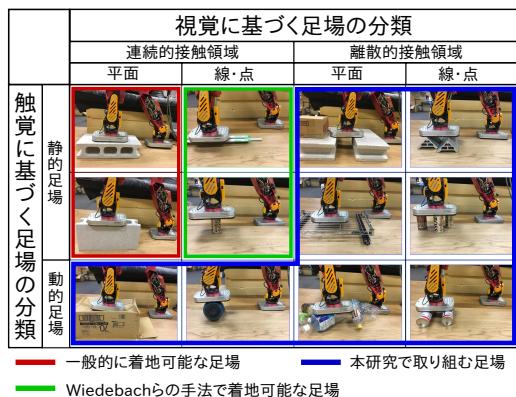


Fig. 1: 着地可能な足場の分類

次に、この分類を踏まえた、多様な足場環境に対応するシステムをFig.2に示す。提案システムでは、視覚に基づいた歩行経路探索器(2.1項)と、触覚に基づいた歩行制御システム(2.2項)により、安定的に多様な足場環境の踏破を目指す。さらに、一度安定性を確認した視覚・触覚情報を合わせて安全度データベース(2.3項)として記憶することで、目標到達時間の短縮を試みる。

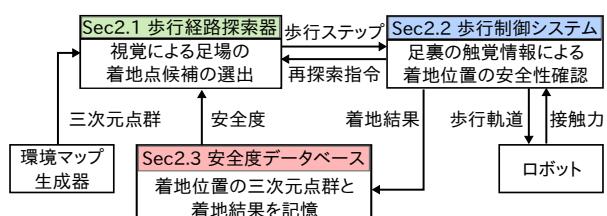


Fig. 2: システム構成図

## 2.1 視覚情報に基づく着地点候補の拡大

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、連続的接触領域だけでなく、離散的接触領域（Fig.1 の 3,4 列目）でも足平を安定して着地させることができれば、着地点候補として選出する。また、支持領域に基づき、目標 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 觸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、次のステップの足場の安定性を、足探りにより確認する。足裏の力センサを使用し、着地候補点付近の形状や剛性などを推定し、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、その足場を使用しない歩行経路を再探索する。

### 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 足探しによる足場環境確認実験

2.2 項の検証実験として、二脚ロボットを用いて足場の安定性を確認する実験を行った。静的な足場と動的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 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。足場による接触力遷移に差が確認できたため、触覚情報から足場の安定性を推定できることが期待される。

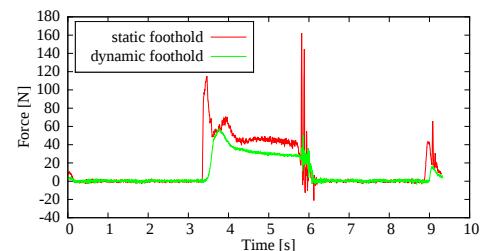


Fig. 3: 足探しによる足裏の接触力遷移

4 おわりに

本研究では、視覚・触覚・記憶を用いることにより、多様な足場環境下で歩行を可能にする個々のモジュールと全体システムを考案した。今後は、提案手法を実装し、多様な足場への着地を試みる他、2.3 項の具体的なデータベースの構造設計を行う。

参考文献

- [1] Wiedebach, et al. Walking on partial footholds including line contacts with the humanoid robot atlas. In *Humanoids 2016*, 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, 2015.