

# 多脚ロボットののための接地・接触・測距センサを統合した脚先の開発

2020sc011 林雷

指導教員：稲垣伸吉

## 1 はじめに

6脚ロボットは災害時に様々な地形を探索しなければならない。このとき、脚先にセンサを取り付けることで、走行時のトラブルを防ぐことができる。草地や水溜まりなどの地形が正確に認識できない場所でも、安定して走行できるようにするには、脚先センサの性能向上が求められる。

従来研究 [1] では、感圧センサを弾性脚の足裏に張り付けて、走行性能を改善している。従来研究 [2] では、足裏にリニアシート感圧センサを埋め込むことで、接地力の検知を可能にしている。さらに、従来研究 [3] では、測距センサと接触センサを統合した脚を開発し、6脚ロボットの歩行能力を改善した。

従来研究 [3] では図 1 の脚先を製作した。脚先に接地センサの代わりに測距センサを使っていたため、接地した時の反力を検出できず、草地での歩行が不向きであった。また、測距センサは足先に取り付けられていたため、泥やゴミが詰まる可能性があった。本研究は接地センサ、接触センサ、測距センサを統合したセンサシステムの開発と、新しい脚の設計、製作、評価を目的とする。

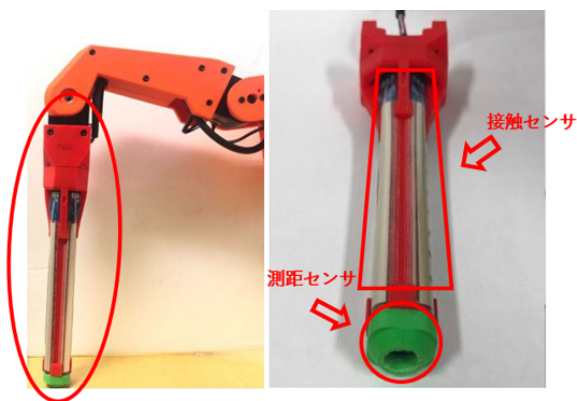


図 1 従来研究 [3] における脚先

## 2 脚先の大まかな構造

測距センサはセンサ内部から照射された光が対象物と反射し、光が帰ってくるまでの時間を計ることにより、距離を測定するセンサである。従来の研究 [3] では距離センサを接地センサとして使用したが、今回は障害物との距離を測定するために使用する。よって、測距センサは脚先に干渉しない、図 2 のように配置にする。

接地センサは脚先に物体が接触したかどうかを感知するセンサである。今回は円形のリニアシート感圧センサを使用する。構造は図 2 の通りである。丸 1 のパーツは独立しており、上下に動かせるようにわずかな隙間がある。丸 1

のパーツの上部には円形リニアシート感圧センサに接触するシリコンゴムを付けており、脚先が地面に接触すると丸 1 部分が動くことで、シリコンゴムがリニアシートセンサに当たり、作動する。

接触センサは物体がセンサ部分に接触したかどうかを感知するセンサで、今回は正面と横の 3 方向に設置する。

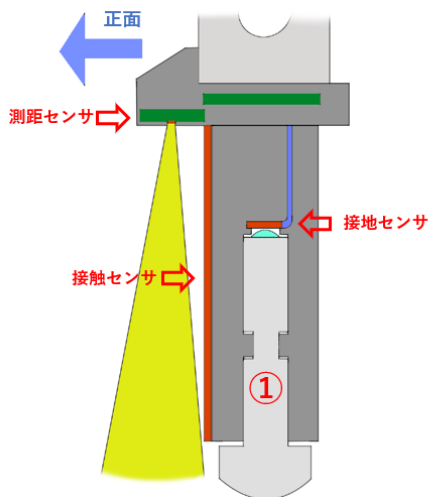


図 2 新しい脚先の大まかな構造

## 3 制作した脚先モデル

製作したモデルは図 3 である。この脚先モデルは図 2 の通り、測距センサ、接触センサ、接地センサを組み込んだ構造を持っている。脚先リンクの長さは 108mm、直径は 10mm、距離センサから脚先までの距離は約 100mm である。先述のように、丸 1 のパーツがわずかに上下に動くことで丸形リニアシート感圧センサを圧縮し、接地センサが作動する。また、丸 1 のパーツを定位置に戻すためのパネを取り付けることで、接地センサの誤作動を防ぐことができる。実際に製作した脚先は図 4 である。

## 4 接触センサの精度検証

接触センサの精度を検証した。

位置の出力は、AD コンバータからの電圧データを事前に 5 点でキャリブレーションし、その間を線形補完することで求めている。センサの出力は図 5 のようになった。

## 5 距離センサの精度検証

距離センサの精度を検証した。脚先を土台に取り付け、脚先だけを上下に動かして地面との距離を測定する。脚先を 0mm とし、脚先と地面の距離を 0 から 150mm の間で 10mm 刻みで変化させて計測を行った。結果は図 6 のようになった。測定値は 30 ステップの出力の平均値である。

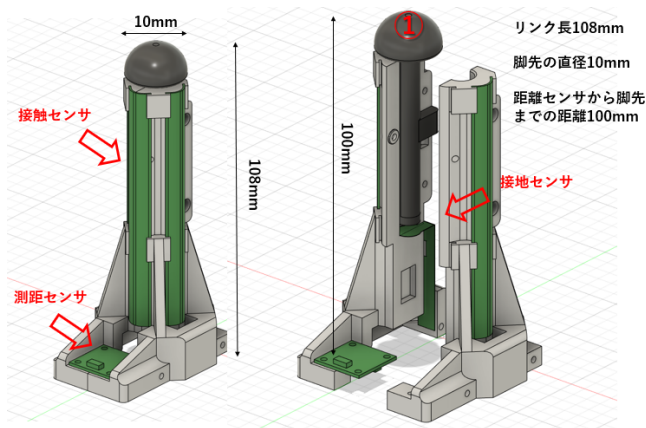


図3 設計した脚先モデル

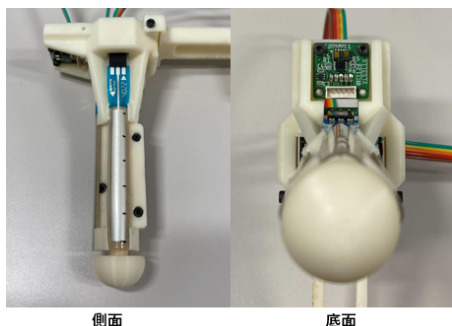


図4 完成したセンサ付き脚先

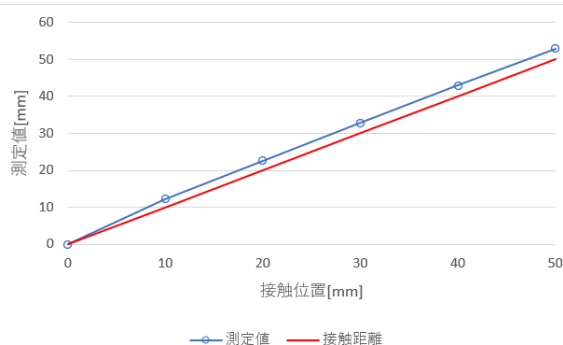


図5 接触センサの測定値

## 6 接地センサの精度検証

接地センサの精度を検証した。土台に取り付け脚先パーツの先端にデジタルはかりを置き、脚先を徐々に降ろし、はかりの出力 0g ~ 500g の間の接地センサの出力を計測した。測定値は 10 ステップの出力の平均値である。結果は図7のようになった。

## 7 考察

接触センサについて、位置の最大誤差は 3mm であり、障害物などの接触を検知する上では十分小さい値と言えるため、局所制御に使用するセンサとして問題ないと考えられる。距離センサについて、距離の誤差は最大で約 10mm、

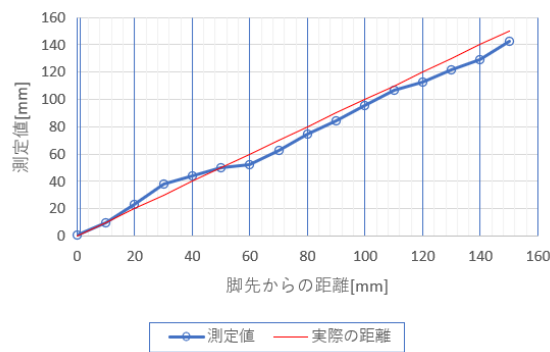


図6 距離センサの測定値

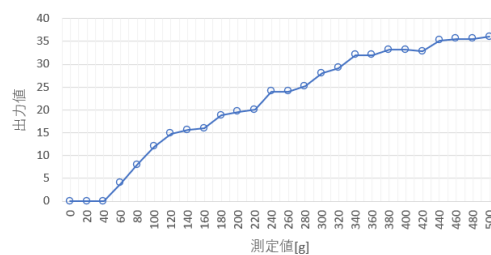


図7 接地センサの出力

平均誤差 3mm である。また、距離 40mm ~ 50mm の測定値にばらつきが生じる原因として、使用した距離センサの性質またはセンサの不具合と考えられる。接地センサについて、接地センサは 60g で接地を検知する。今後の課題として、距離センサを交換し、性能に差異があるかどうかを検証する。そして、接地の閾値が 60 g で十分かどうか歩行実験での検証が必要である。

## 8 おわりに

本研究では、従来の脚先に接地センサを加え、接地・接触・測距センサの統合を行った。新たに接地センサの構造を設計し、測距センサの位置を改良、性能検証を行った。

## 参考文献

- [1] X. Alice Wu, Tae Myung Huh, Aaron Sabin, Srinivasan A. Suresh, and Mark R. Cutkosky, "Tactile Sensing and Terrain-Based Gait Control for Small Legged Robots", IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, Vol.36, No.1, pp.15-27, 2020.
- [2] Mahdi Agheli, Stephen S. Nestinger, "Foot Force Based Reactive Stability of Multi-Legged Robots to External Perturbations", Journal of Intelligent & Robotic Systems, Vol.81, No.3-4, pp.287-300, 2016.
- [3] 藤井海斗, 稲垣伸吉, 鈴木達也: 『接地点追従型多脚移動ロボットにおける脚先の接触・接地センサの開発と局所制御の統合』, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021.