

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：13401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14692

研究課題名（和文）多脚ロボットの衝突安全性を高めるための全身力覚センシングシステムの実現

研究課題名（英文）Development of a full-body force sensing system for improving collision safety of multi-legged robots

研究代表者

梅本 和希 (Umemoto, Kazuki)

福井大学・学術研究院工学系部門・准教授

研究者番号：10734428

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、直列弾性アクチュエータ（SEA）を用いた多脚ロボットを開発した。SEAの弾性体として、ウレタンゴムを用いた。また、全身力覚推定システムを構成し、開発した多脚ロボットに適用し推定実験を行った。ウレタンゴムを用いたSEAは、過去に開発したトーションバネを用いたSEAと比べ、小型化が可能である利点がある。開発したロボットシステムに対し、推定法を適用し行った推定実験から、高加重時に高い精度で推定が可能であることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発した全身力覚推定システムを用いると、力覚センサレスでロボットが受ける力を推定することができる。また、力覚センサを用いないことで、故障リスクを軽減し、コストを削減することができる。それにより、ロボットが社会により広く普及することを後押しする。

研究成果の概要（英文）：In this research project, a multi-legged robot using a series elastic actuator (SEA) was developed. Urethane rubber was used as the elastic body of the SEA. A whole-body force estimation system was configured and applied to the developed multi-legged robot for estimation experiments. The SEA using urethane rubber has the advantage of being smaller than the previously developed SEA using torsion springs. From the estimation experiments conducted by applying the estimation method to the developed robot system, it was confirmed that the estimation was possible with high accuracy under high load.

研究分野：ロボティクス

キーワード：多脚ロボット 直列弾性アクチュエータ 力覚推定

1. 研究開始当初の背景

近年、運動性能の高い多脚ロボットが開発され、注目を集めているが、移動中に人や物と接触した場合、接触物に危害を与える恐れがある。これは動物が全身の力覚情報を皮膚感覚から得ているのに対し、既存の多脚ロボットは限られた力覚情報しか得られていないためである。安全性を高めるために、衝突時の衝撃を緩和する動作制御を行うための動物のような全身力覚センシングを実現しなければならない。また、ギャロップ走行などを行う多脚ロボットにおいては、検出は衝撃力にロバストでなければならず、衝突時に故障の恐れのある触覚センサを用いることはできない。

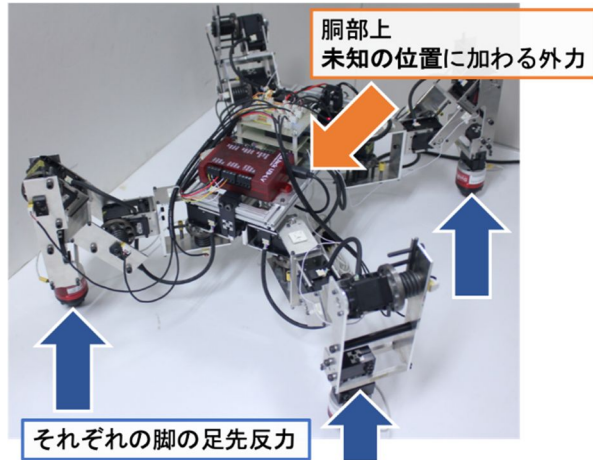


図 1: 全身力覚センシングで推定する力

2. 研究の目的

本申請課題では、衝撃力にロバストな胸部と脚部を含めた全身の力覚センシングを実現する推定システムを構築する。これは申請者らが過去に提案した直列弾性アクチュエータ(SEA)を備える多脚ロボットの力覚センサレス足先反力推定法を拡張して足先反力に加え胸部に働く力とモーメントを同時に推定し、さらに力とモーメント推定に基づく胸部への力が加わる位置の推定を組み合わせることにより実現される。また開発したロボットに適用し、推定精度とリアルタイム性を検証する。

3. 研究の方法

全身力覚センシングとして、本研究では胸部に加わる外力と外力が加わる位置・足先反力の全てを同時に推定することを目指す。研究は次の項目を順に実施する。 [A. ロボットシステムの開発] ウレタンゴムを用いたSEAおよびそれを用いたロボットシステムの開発。 [B. 推定法の構築] 推定法を2stepで構成する。 [C. 推定法の検証実験] 開発したロボットに推定法を適用し、力覚センサによる計測値と推定値を比較し、有効性を検証する。

[A. ロボットシステムの開発] 過去に開発したトーションバネを用いたSEAはアクチュエータのサイズが大きくなる課題があった。ウレタンゴムを用いたSEAにより、小型なロボットシステムを実現できる。

[B. 推定法の構築] 足先への反力と、胸部表面の未知点に働く外力とその位置の推定を目指す。推定のフローを図2に示す。接触力推定は下記の2stepで実現する。

Step 1 (足先反力、胸部外力と Step 2 に必要な胸部モーメント推定): 申請者らは図3に示す直列弾性アクチュエータ(SEA)を用いた柔軟な多脚ロボットの研究を進めている。SEAは弾性体を直列的に動力源とリンクとの間に設置することで、柔軟な構造を実現するアクチュエータである。SEAは、モータに搭載されたエンコーダと、リンク部に搭載されたポジションセンサの変位差を計算することで、トーションバネのたわみ角が導出できる。バネの弾性係数から、SEAが出力するトルクを測定することが可能となる。この特徴を利用し、申請者らは、ロボットの運動を考える上で中心的な役割を果たす足先反力に着目し、接触センサや力覚センサを用いない足先反力の推定法を提案した。提案したSEAを用いた推定法は変位計測に基づくため、低

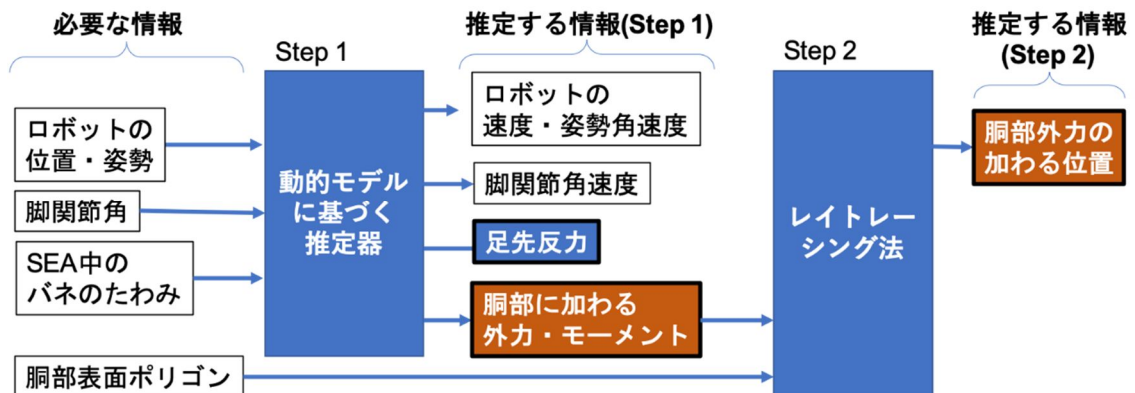


図 2: 推定アプローチ

ノイズで足先反力の推定が実現できる。

Step 2 (取得データを用いた接触位置推定): 拡張した推定法によって得た胸部が受ける外力とモーメントと胴体表面を表すポリゴンデータから、Salisbury により提案された、接触位置推定法を応用し接触位置を推定する。この方法は、胸部に加わるモーメントが、外力によってのみ発生する場合に、力が加わる位置を推定する方法である。

[C. 推定法の検証実験] 推定アプローチに関して、開発したロボットを用いて、推定実験を実施する。

4. 研究成果

開発したロボットシステムを図3に示す。本ロボットで使用するSEAは、弾性体としてウレタンゴムを使用していることにより、トーションパネを用いて過去に作成したSEAより小型になっている。

本ロボットシステムを用い、約25Nの加重を繰り返し与えた場合の推定実験を行った。結果を図4に示す。図4から、加重時には高精度に推定が行えていること、また無加重時に大きく推定誤差が発生していることが確認できる。これは、低加重時には摩擦の影響が大きいことによるものと考えられる。また、SEAの弾性特性を取得する際の誤差もある[1]。

より高い精度の推定を実現するために、今後の課題として、これらの要因を解消する方法を検討する。

参考文献

[1] 直列弾性アクチュエータを用いた多脚ロボットの力推定、大浦 翼, 明田川 正人, 梅本 和希, 精密工学会春季大会



図3: 開発したSEA

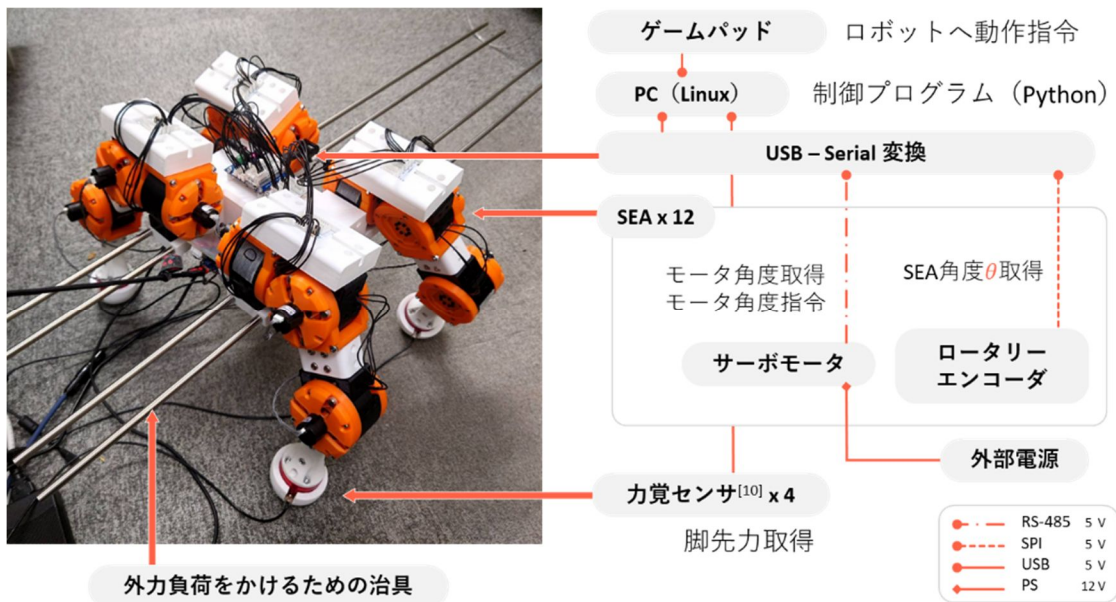


図3: 開発したロボットシステム

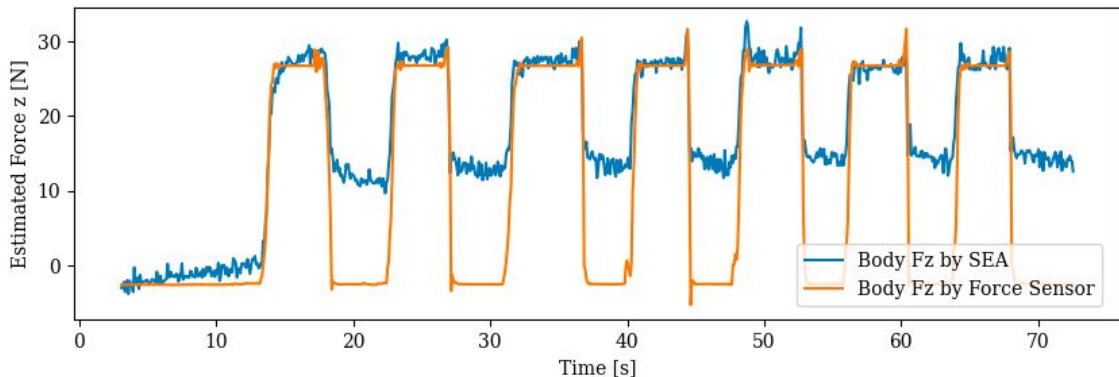


図4: 胸部への外力推定結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大浦 翼, 明田川 正人, 梅本 和希
2. 発表標題 直列弾性アクチュエータを用いた多脚ロボットの力推定
3. 学会等名 精密工学会春季大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------