

操縦感を損なわない人間型ロボット安定操縦手法の開発

研究代表者 大谷 拓也
(理工学術院総合研究所 次席研究員)

1. 研究課題

ロボットの制御技術は急速に発展しているが、完全に自律的に意思決定できるようになるにはまだ課題が多く、ロボットを実環境で活用するには人間による操縦が有用であると考え、これまでに、2足ヒューマノイドロボットを開発するとともに、全身運動計測装置を用いた2足ヒューマノイドロボットの遠隔操縦システムを開発し、開発したシステムによる動力学シミュレータ上のロボットモデルの操縦検証実験を行っている。特に、人間がロボットを操縦する場合、特に人間とロボットのサイズや重量・関節配置といった構造の違いにより操縦者の意図通りに操縦ができない点を考慮し、操縦者の身体リンクの動きをロボットに反映させる変換手法を開発するとともに、操縦者が違和感なくロボットを操縦する身体操縦感を損なわない自動安定制御の開発を進めた。しかし、現状の課題として、操縦者とロボットの運動のズレや通信遅延により、安定した操縦は難しい。

そこで本研究では、身体操縦感を維持しつつ安定した運動を実現することを目指し、自動安定制御においてロボット腰リンクの傾きや角速度および地面反力の情報を用いた安定操縦システムを開発した。

2. 主な研究成果

＜自動安定操縦システムの開発＞

遠隔操縦システムの概要をFig. 1に示す。システムはROS (Robot Operating system) により統合されており、操縦者は全身モーションキャプチャーを装備し、計測された動作データがROSに送信される。操縦者の動作データからロボットへの運動指令の生成は、操縦者とロボットの運動量補正、自動運動量安定化制御、足首制御から成る。自動運動量安定化制御は、ロボットが転倒する運動量をフィードバックとしてロボットが安定する運動量を実現する動作補正を行う。ロボットの実際のbaseリンクの姿勢と各関節の回転角度を計測し、そのデータからbaseリンク角速

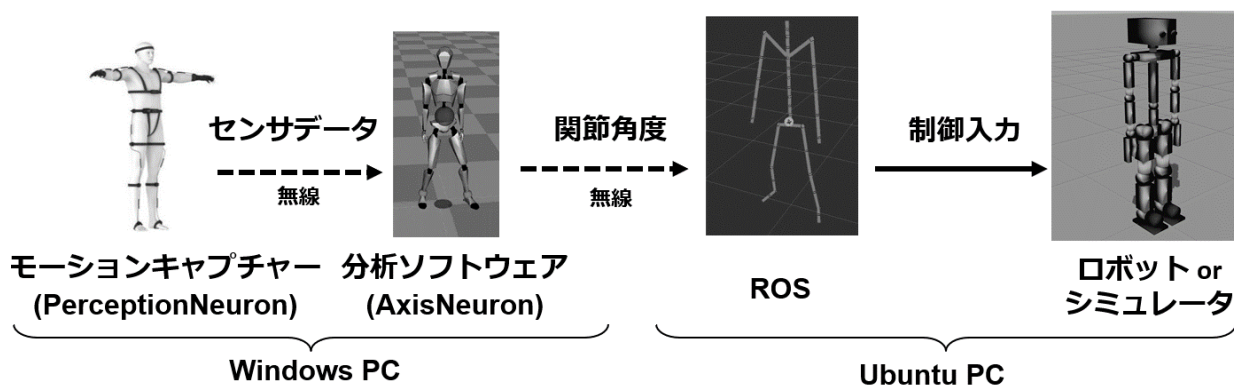


図1 遠隔操縦システム

度ベクトルおよびロボット全身の角運動量を計算する。

動力学シミュレーション上のロボットモデルを操縦する実験において、提案する制御の有無によって、安定運動維持時間が 30%程度向上することを確認した（図 2、図 3）。

今後は、制御システムの有効性を動力学シミュレータおよび実際のロボットを用いて確認していく。また、ロボットを操縦する際の操縦者の慣れを実験により検証するとともに、予測制御などの対策を検討する。

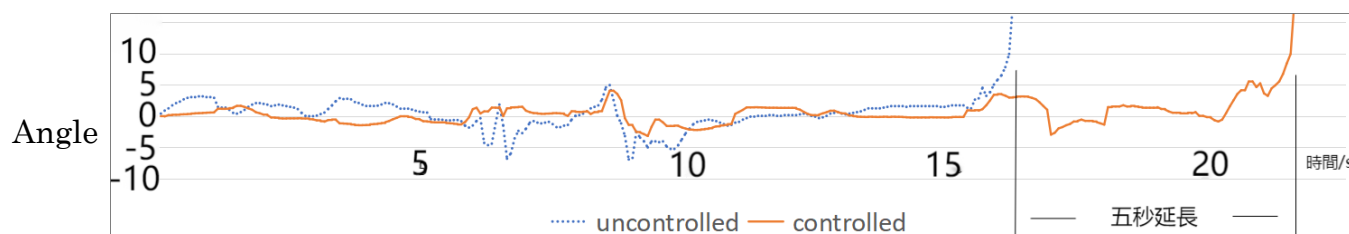


図 2 提案手法の有無による操縦安定時間比較

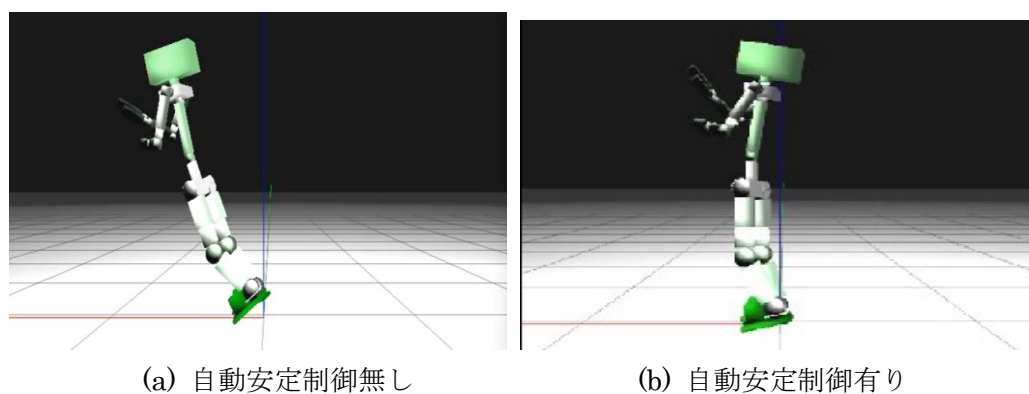


図 3 提案手法の有無による操縦安定時間比較

3. 共同研究者

高西 淳夫（創造理工学部・総合機械工学科・教授）

4. 研究業績

4.1 学術論文

- Takuya Otani, Akira Itoh, Hideki Mizukami, Masatsugu Murakami, Shunya Yoshida, Kota Terae, Taiga Tanaka, Koki Masaya, Shuntaro Aotake, Masatoshi Funabashi, and Atsuo Takanishi, “Agricultural Robot under Solar Panels for Sowing, Pruning, and Harvesting in a Synecoculture Environment,” *Agriculture* 13, no. 1: 18.
- 田中 大雅, 政谷 巧樹, 寺江 航汰, 水上 英紀, 村上 将嗣, 吉田 駿也, 青竹 峻太郎, 船橋 真俊, 大谷拓也, 高西淳夫, “協生農法環境における農作業支援ロボットの開発-第 1 報：圃場移動の開発および剪定・収穫動作の実現-,” *日本ロボット学会誌*, Vol. 40, No. 9, pp. 845-848, 2022 年 11 月.
- Takuya Otani, Hiroki Mineshita, Keigo Miyazawa, Yuri Nakazawa, Hideyuki Kasuga,

Ryuki Kawai, Atsuo Takanishi, “Energy Efficiency Improvement of a Robotic Finger With Ultra High Molecular Weight Polyethylene Gear,” IEEE Access, Vol. 10, pp. 100033-100040, September, 2022.

- Hiroki Mineshita, Takuya Otani, Yuji Kuroiwa, Masanori Sakaguchi, Yasuo Kawakami, Hun ok Lim, Atsuo Takanishi, “Development of Joint Mechanism that can Achieve Both Active Drive and Variable Joint Quasi-stiffness by Utilizing 4-Bar and 5-Bar Composite Linkage,” CISM International Centre for Mechanical Sciences, Courses and Lectures, 606 pp. 231-237, 2022.

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

- 大谷拓也, ロボットのエネルギー効率向上を目指して, システムナノ技術に関する特別研究専門委員会第1回研究会「エネルギーの高効率利用を考える革新的システムナノ技術」, 2023年1月31日.

4.4 受賞・表彰

4.5 学会および社会的活動

- ・ 日本ロボット学会会誌編集委員会
- ・ 日本科学未来館イベント, 「発見しよう! 身体能力を引き出す「コツ」」
- ・ 日本科学未来館イベント, 「動くカラダのひみつ! 人体が発揮できる能力を解明する」
- ・ 日本科学未来館イベント, 「知らなかった! 動く体のこと 人間の身体能力はどうやって調べる?」
- ・ 日本科学未来館イベント, 「きみとロボット ニンゲンッテ、ナンダ?」

5. 研究活動の課題と展望

本研究成果を利用して, 人間型ロボットの安定的な遠隔操縦を実現する. そのために, 操縦性の高い操縦システムの開発もさらに進めていく. また, 本研究の他に, 所属するプロジェクト研究において提案手法の社会実装を進める.