感覚提示装置を用いた人型ロボット安定操作

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

近年，ロボットの遠隔操作やVR体験のリアリティ向上のために，人間が作業に用いる手や腕に力や触感を再現する研究がさまざま行われている．足裏は手に次いで感覚が鋭敏であるといわれており，足裏に力や触感を再現できれば，VR体験として通常の路面だけでなく階段や草原，砂浜を歩く感触を感じるなど遠隔存在感の向上や，ロボットの足裏が受ける力を人間にリアルタイムに再現することでロボットの傾きを足裏で感じながらの全身での遠隔操作を行うなどへの応用が期待できる．しかし，足裏に対しては，手への触力覚提示技術を応用し主に振動を与えることによる触感再現は行われているが，人間の運動時に足裏が受けるものと同程度の力覚提示はあまり研究されていない．これは，人間の運動時には足裏は人間の体重を支える必要があるため，手に比べて受ける力が非常に大きくこれを再現する機構が必要となることが問題の一つとして挙げられる．また，手の場合は実際の作業では指を主に用いるため指先に刺激を与える手法が用いられるが，足裏の場合は全体が地面に接触し，歩行などの運動時にはその接触部が刻一刻と変化するため，力覚提示も複数点に設けなければCOP（Center of Pressure）の認識や歩行などの運動の判別が困難となる．

人間が足裏反力情報から重心投影点を推定していることから，ロボット運動時の床反力を再現可能な足裏反力再現装置を用いて力を忠実に再現し提示することにより，被験者が足裏力覚情報のみからロボットの重心投影点を推定できるかを検証した．

２．主な研究成果

＜異なる大きさの足裏反力提示下における重心投影点位置推定能力に関する調査＞

足裏反力の提示により重心投影点位置推定が可能かを検証した．提示する足裏反力はロボットが上半身を前後左右の各方向に倒した際に計測し，それをそのまま提示した場合，被験者の体重程度に合わせた場合の2通りで推定精度に差があるかを比較した．足裏反力再現装置（図1）を用いて足裏反力を提示し，被験者が推定した重心投影点を回答システムにより回答してもらう．実験時の概要図を図2に示す．

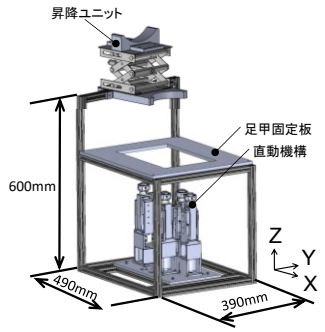


図1　足裏反力再現装置（片足分）

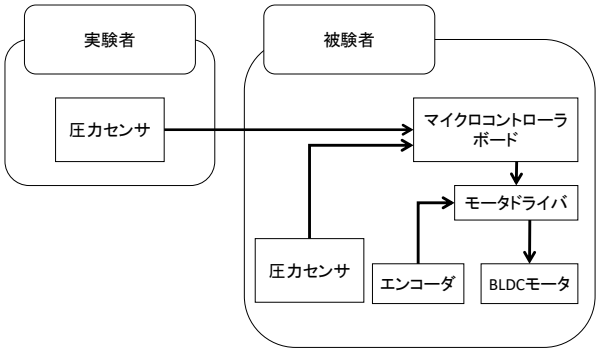
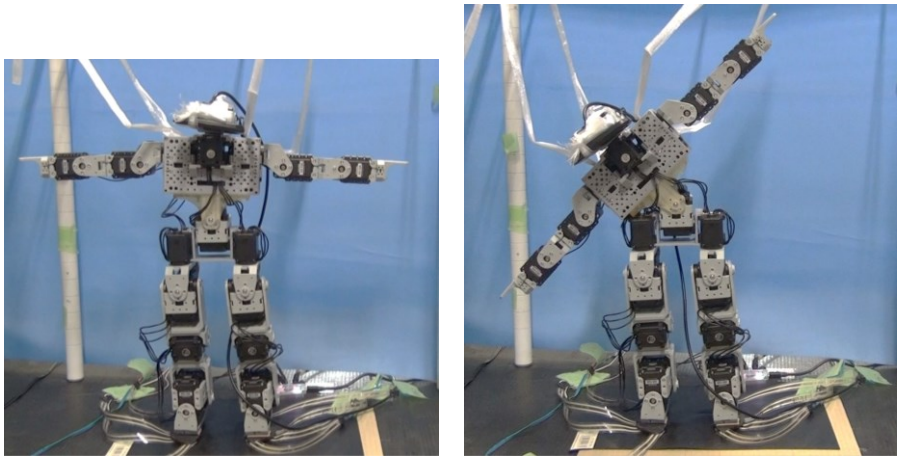
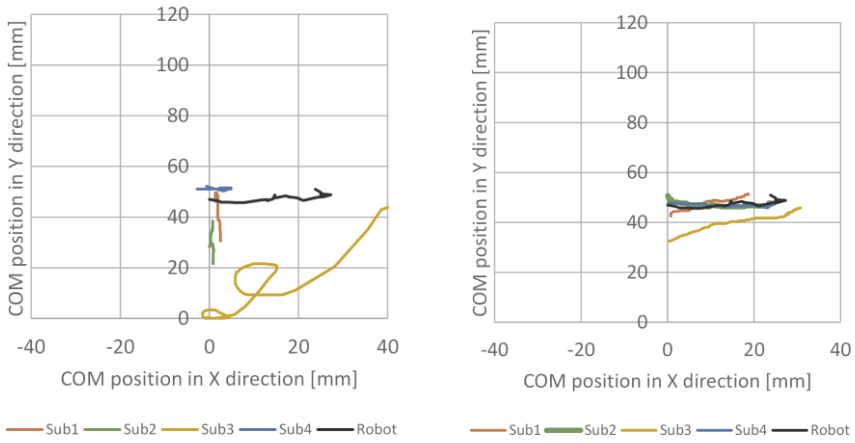


図2　足裏反力再現装置システム図



(a)　直立時　　(b) 右傾時

図3　実験時のロボット動作



(b)　等倍床反力提示時　　(b) 拡大床反力提示時

図4 床反力再現時の推定重心投影点

その結果，小型ヒューマノイドの床反力をそのまま提示した場合は重心投影点の推定が困難であるが，被験者が普段感じる自重程度に拡大することで正確な重心投影点の推定が可能であることが示唆された．これにより，小型ロボットを操縦する際にも，拡大した床反力を提示することでロボット操縦の安定性向上が期待できることが確認できた．

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, Atsuo Takanishi, Makoto Nakamura, and Koichi Kimura, “Optimization of Link Length Fitting between an Operator and a Robot with Digital Annealer for a Leader-Follower Operation,” robotics 2022, 11(1), 12, January 2022.

- 大谷拓也，黒岩祐志，高西淳夫，“異なる大きさの足裏反力提示下における重心投影点位置推定能力に関する調査，”知能と情報，33 巻 3 号，pp. 671-677，2021 年 8 月．
- 大谷拓也，孫 瀟，小川 駿也，鈴木 滋英，山田 晃久，小西 瑶果，清水 智壮，正宗 賢，村垣 善浩，高西淳夫，“任意の対象人物への非装着型音声伝達システムのための基礎検討，”日本ロボット学会誌，Vol. 39，No. 4，pp. 363-366，2021 年 5 月．
- Yasutaka Takebe, Megumi Shiina, Yurina Sugamiya, Yusuke Nakae, Tamotsu Katayama, Takuya Otani, Hiroyuki Ishii and Atsuo Takanishi, "Development of Neonatal Airway Management Simulator for Evaluation of Tracheal Intubation", 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), pp. 7535-7538, 2021.
- Yasutaka Takebe, Kento Imamura, Yurina Sugamiya, Yusuke Nakae, Tamotsu Katayama, Takuya Otani, Hiroyuki Ishii, Atsuo Takanishi, "Development of Robot Simulator for Interactive Training of Neonatal Cardio-Pulmonary Resuscitation", 2021 30th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 1230-1235, 2021.

4.2 総説・著書

4.3 招待講演
- 大谷拓也，カーボンニュートラル実現に向けた農作業支援ロボット ，早稲田大学 第 7 回次世代ロボット研究機構シンポジウム「カーボンニュートラルを実現するロボット技術」, 2022 年 2 月 26 日．
- 大谷拓也，「あ、ロボット見よっと。」，早稲田祭 2021，2021 年 11 月 7 日
- 大谷拓也，人間を模擬するヒューマノイドロボット開発，日本電子材料技術協会　協会セミナー「ロボティクスの最前線研究」, September, 2021.
- 大谷拓也，「ロボットになりきる」ための遠隔操縦システム，JST 新技術説明会，June, 2021.

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

・第 49 回日本バイオフィードバック学会総会　事務局長

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．