

ロボティック・センス・オブ・ムーブメント

研究代表者 高西 淳夫
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

1. 研究課題

2足ヒューマノイドロボットの開発を通して、ヒトの脳機能や運動制御のメカニズムを解明することを本研究の長期的目標とし、災害対応にも利用可能な高い移動能力を持つ超人ロボットの開発を目指し研究を進めている。昨年度までにヒトの走歩行運動を計測・解析・モデル化し、ヒト走行運動モデルに基づいた2足走行ロボット WATHLETE (WAseda aTHLETE) を開発した。今年度は WATHLETE を改良し、実機での走行運動実現に向けた走行運動制御を開発する。また、ヒトの走歩行運動のメカニズムを応用し、極限環境においても自由に動き回ることができるような高い移動能力を持つ災害対応ロボットも開発する。

2. 主な研究成果

2.1 2足走行ロボットの広範囲剛性可変機構

昨年度までに開発した2足走行ロボットは膝関節に剛性可変機構を有していたが、現状の機構では5.0~6.6[m/s]の走行速度に対応した剛性しか実現できていなかった。さらに、剛性を変化させる速度も遅く、単に板ばね全長を長くして剛性範囲を拡大しても跳躍中に剛性変化を完了できないという課題があった。そこで本年度は、人間の走行運動の模倣が可能な2足走行ロボットの開発を目指し、低速走行(2.0[m/s])から高速走行(6.6[m/s])への遷移に対応した膝関節剛性を模倣するために、広い剛性範囲を持ち遊脚期間中に最低剛性から最高剛性まで能動的に変化可能な剛性可変機構を開発した。まず、人体計測に関する先行研究および人体計測データから要求仕様を決定した。そして、CFRP板ばねを弾性要素とし、図1に示すような板ばねの固定点位置を能動的に変化させる方式により広い剛性範囲を実現した。ボールねじと高耐荷重直動ガイドによりこの方式を実現する剛性可変機構を開発した(図2)。その後、剛性範囲とトルク強度、可変速度を確認する実験を行った。実験により、機構が要求仕様に対応した剛性範囲とトルク強度、剛性可変速度(図3)を満たすことを確認した。

2.2 2足走行ロボットの角運動量を考慮した跳躍時体幹制御

人間の走行運動の模倣に向けて、跳躍中の上半身の動きに着目した角運動量制御を開発した。人間の走行時には、跳躍中に腰部姿勢が水平に維持されるといわれており、2足走行ロボットにおいても跳躍中の腰部姿勢を水平に維持することは跳躍から立脚に切り替わる際に同じ条件を維持することになるため、安定した走行に有効であると考えられる。そこで、腰部姿勢を水平に維持することを目標とし、下半身の運動により生じる角運動量を算出し、腰部姿勢のずれに応じて全身の角運動量を制御するよう上半身の運動を決定する角運動量制御を開発した。動力学シミュレーションによる評価実験において、開発した制御を用いることで動作継続時間を延長できることを確認した(図4)。

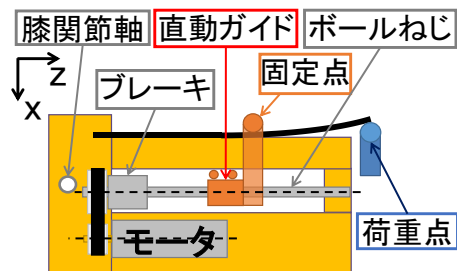


Fig. 1 剛性可変機構の機構図

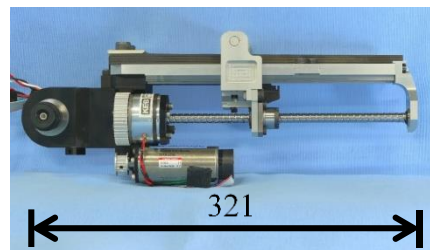


Fig. 2 開発した剛性可変機構

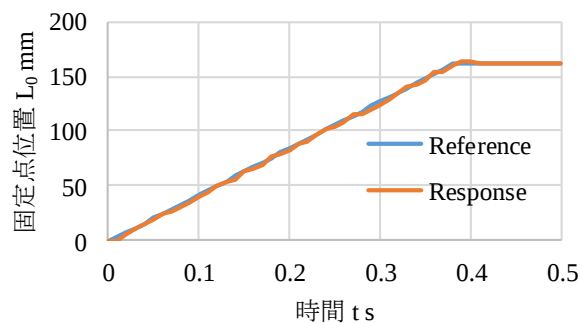


Fig. 3 剛性可変速度の評価実験結果

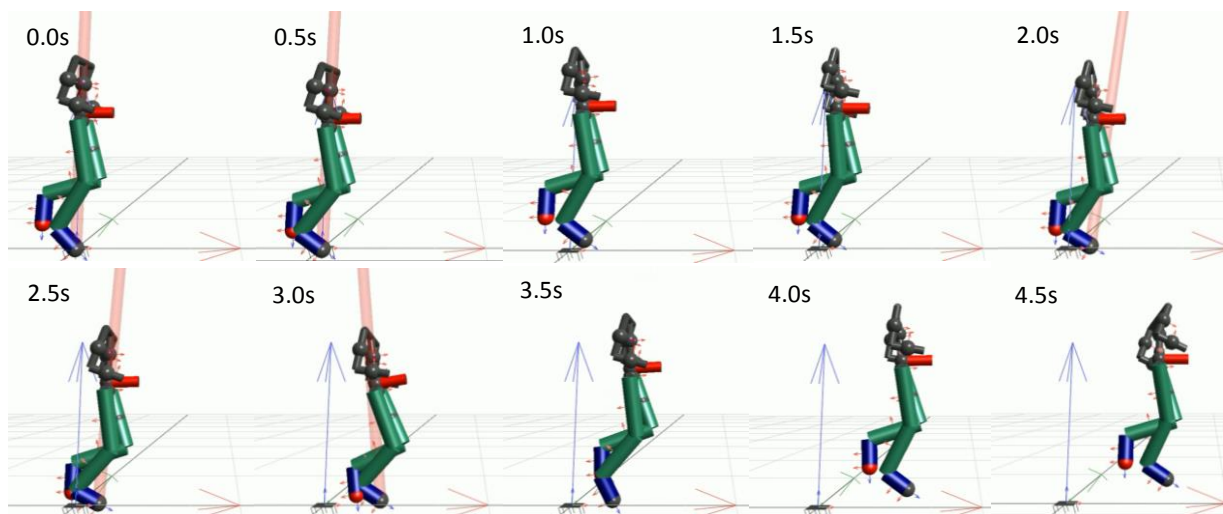


Fig. 4 角運動量制御の効果を検証するため動力学シミュレーション

3. 共同研究者

橋本 健二 (高等研究所 准教授)

Aiman Musa Mohamed Omer (理工学術院 助教)

大谷 拓也 (創造理工学部 総合機械工学科 助手)

林 憲玉 (理工学研究所 客員教授)

4. 研究業績

4.1 学術論文

Takuya Otani, Kenji Hashimoto, Shunsuke Miyamae, Hiroki Ueta, Akira Natsuhara, Masanori Sakaguchi, Yasuo Kawakami, Hun-ok Lim and Atsuo Takanishi, "Upper-Body

Control and Mechanism of Humanoids to Compensate for Angular Momentum in Yaw Direction based on Human Running,” Applied Sciences, Vol. 8, No. 1, 16 pages, 2018.

4.2 総説・著書

橋本健二，高西淳夫，“ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける脚ロボットの研究開発,” 日本ロボット学会誌, Vol. 35, No. 10, pp. 707-710, 2017 年 12 月.

橋本健二，高西淳夫，“極限環境下で移動・作業可能な 4 肢ロボットー電動モータを利用した WAREC-1 の課題と油圧化への期待,” 油空圧技術, Vol. 56, No. 8, pp. 19-22, 2017 年 8 月.

4.3 招待講演

“ヒューマノイドロボット研究と災害対応ロボット,” 日仏会館科学講座 日仏ヒューマノイドロボットとその応用, 日仏会館ホール, 2018 年 1 月 27 日.

“ヒューマノイドにおけるハードウェア技術の研究動向,” ヒューマノイド・ロボットの研究動向と将来展望 (日刊工業新聞社主催), 東京ビッグサイト 会議棟 7F 703 会議室, 2017 年 11 月 29 日.

“力学モデリングを利用した脚ロボットのハード・制御系設計と災害対応ロボット,” 第 6 回 Mathematics for Industry シンポジウム (サイバネットシステム株式会社主催), 秋葉原ダイビル, 2017 年 10 月 18 日.

4.4 受賞・表彰

競基弘学術業績賞, 2018 年 1 月.

4.5 学会および社会的活動

日本 IFToMM 会議 実行委員長

4.6 国内学会における発表

夏原彬，張春宇，大谷拓也，橋本健二，阪口正律，川上泰雄，林憲玉，高西淳夫，“骨盤運動に着目した 2 足走行ロボットの開発 (第 19 報：CFRP 重ね板ばねによる弾性関節機構の小型化),” 第 18 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集, pp. 2543-2547, 宮城県, 2017 年 12 月.

大谷拓也，磯道貴矢，橋本健二，林憲玉，高西淳夫，“骨盤運動に着目した 2 足走行ロボットの開発 (第 18 報：角運動量を考慮した跳躍時体幹制御),” 第 35 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3L1-06, 埼玉県, 2017 年 9 月.

赤堀孝太，大谷拓也，橋本健二，磯道貴矢，夏原彬，植田大貴，尾原睦月，阪口正律，川上泰雄，林憲玉，高西淳夫，“骨盤運動に着目した 2 足走行ロボットの開発 (第 16 報：広範囲剛性関節機構のための台形 CFRP 重ね板ばね),” 第 35 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3L1-04, 埼玉県, 2017 年 9 月.

尾原睦月，大谷拓也，橋本健二，磯道貴矢，夏原彬，植田大貴，赤堀孝太，阪口正律，川上泰雄，林憲玉，高西淳夫，“骨盤運動に着目した 2 足走行ロボットの開発 (第 17 報：低速走行から高速走行への遷移に対応した広範囲剛性可変機構),” 第 35 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2L1-03, 埼玉県, 2017 年 9 月.

5. 研究活動の課題と展望

本年度は，2 足走行ロボットの広範囲剛性可変機構を開発し，角運動量を考慮した跳躍時体幹制御を考案した．2018 年度は，広範囲剛性可変機構の実機への搭載と，角運動量制御を実機にて検証するとともに，跳躍瞬間の角運動量を低減する立脚時の運動生成法を開発する．