

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す。プロジェクト研究の2期目までにヒトの走歩行運動を計測・解析・モデル化し、ヒト走歩行運動モデルに基づいた2足走歩行ロボットの開発を通して、モデル化の妥当性を検証した。3期目では、2足走歩行ロボットを完成させ、スポーツ技能の向上を図った新しいスポーツコーチング学の創出を目指す。また、ヒトの走歩行運動のメカニズムを応用し、極限環境での高いアクセシビリティ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足走歩行ロボットの足関節・足部機構の改良

2期目までに開発した2足走歩行ロボットの足関節は、ヒトと同じく機械的な弾性要素を持っている。しかし、アクチュエータが搭載されていないため能動的な動作ができず、さらにPitch軸のみの単軸で、Roll軸周りに動作できないといった課題があった。そこで本年度は、弾性要素と能動2自由度を有し路面への倣い動作が可能な足関節・足部機構を開発した。

人体運動計測データを解析してロボットの要求仕様を決定し、ウォームギアと4節リンクを複合的に用いることで、足関節機構をヒトと同等の質点配置をもつように下腿に搭載した。さらに、板ばねがねじれ変形を発生させるような足部構造とし、路面への倣い動作が可能な足部機構を考案した。実機での実験により片脚での連続跳躍において着地時に足部が路面に倣う様子を確認し、跳躍時の衝撃に耐えながら着地の際には足部を路面に倣うヒトの足関節・足部周りの動作を模擬することができた。

2.2 ヒトと同等の角運動量が発生可能でヒトの質量特性を模擬した上半身機構の開発

ヒト走歩行運動の模擬が可能な2足走歩行ロボットの開発を目指し、上半身機構でヒトと同等の角運動量を発生して下肢で生じる角運動量を補償するために、ヒトと同等の質量特性とリンク長を有する上半身機構を開発した。

ヒトの走歩行運動に関する研究と人体計測データから機構の要求仕様を決定した。そしてCFRP部材や左右対称にモータや減速機を配置するなどの工夫をすることで、ヒトと同等の質量特性とリンク長を有する上半身機構を開発することができた。その後、上半身機構の発生角運動量やYaw方向の角運動量補償を確認する実験を行った。実験により、各方向にヒトと同等の角運動量を発生可能であることと、下肢で生じるYaw方向の角運動量を補償できることを確認した。

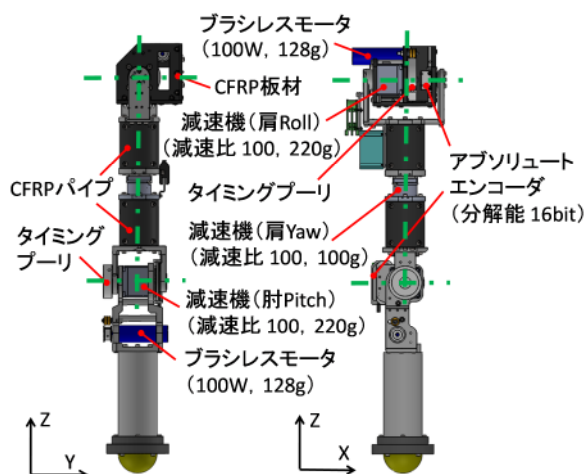


Fig. 1 腕部機構

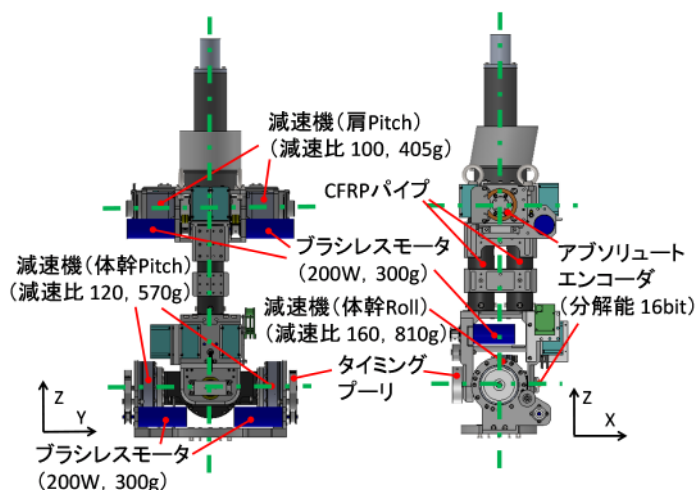
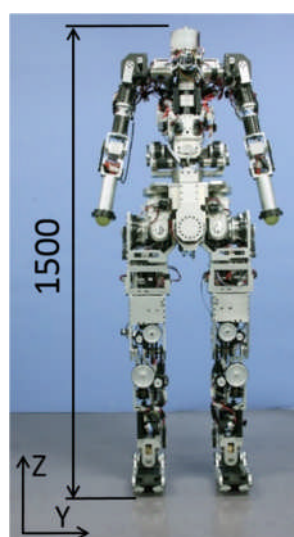
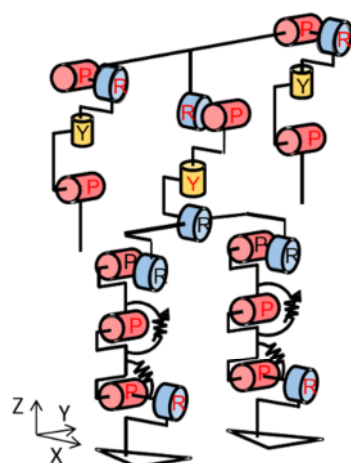


Fig. 2 体幹部機構



(a) 全体像



P, R, Y: アブソリュートエンコーダ実装

(b) 自由度構成図

Fig. 3 開発した2足走行ロボット WATHLETE (Waseda aTHLETE)

3. 共同研究者

橋本 健二 (高等研究所 助教)

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

Tatsuhiro Kishi, Soichiro Shimomura, Hajime Futaki, Hiroshi Yanagino, Masaaki Yahara, Sarah Cosentino, Takashi Nozawa, Kenji Hashimoto and Atsuo Takanishi, "Development of a Humorous Humanoid Robot Capable of Quick-and-Wide Arm Motion," IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L), Vol. 1, Issue 2, pp. 1081-1088, July, 2016.

4.2 総説・著書

Kenji Hashimoto, Kosuke Nishikawa, Juri Shimizu, Aiman Omer, Hun-Ok Lim and Atsuo

Takanishi, “Disturbance Force Generator for Biped Robots,” ROMANSY 21 - Robot Design, Dynamics and Control, pp. 267-274, Springer, June, 2016.

Takuya Otani, Kenji Hashimoto, Takaya Isomichi, Shunsuke Miyamae, Masanori Sakaguchi, Yasuo Kawakami, Hun-Ok Lim and Atsuo Takanishi, “Joint Mechanism Coping with both of Active Pushing-off and Joint Stiffness Based on Human,” ROMANSY 21 - Robot Design, Dynamics and Control, pp. 243-250, Springer, June, 2016.

4.3 招待講演

“Fall Prevention, Damage Reduction, and Novel Locomotion Style to Avoid Falling for Legged Robot”, Half-day workshop at 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation: Legged Robot Falling: Fall Detection, Damage Prevention, and Recovery Actions, Stockholm, Sweden, May, 2016.

4.4 受賞・表彰

JTCF Novel Technology Paper Award for Amusement Culture Finalist, 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2016), October, 2016.

4.5 学会および社会的活動

日本ロボット学会会長

4.6 国内学会における発表

植田大貴, 大谷拓也, 橋本健二, 宮前俊介, 磯道貴矢, 夏原彬, 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13報: 人間と同等の角運動量が発生可能で人間の質量特性を模擬した上半身機構),” 第34回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3Y3-07, 山形県, 2016年9月.

夏原彬, 大谷拓也, 橋本健二, 宮前俊介, 磯道貴矢, 植田大貴, 赤堀孝太, 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14報: 弾性要素を有し能動動作と路面への倣い動作が可能な足関節・足部機構),” 第34回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3Y2-01, 山形県, 2016年9月.

大谷拓也, 夏原彬, 橋本健二, 阪口正律, 川上泰雄, 林憲玉, 高西淳夫, “ヒューマノイドロボットによる人間の走行模擬のための足関節に着目した人体運動解析,” 第34回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2X2-04, 山形県, 2016年9月.

大谷拓也, 橋本健二, 阪口正律, 川上泰雄, 林憲玉, 高西淳夫, “ヒト走行時の骨盤運動解析に基づくヒューマノイドによる跳躍運動,” LIFE2016, 2A1-C02, pp. 100-103, 宮城県, 2016年9月.

大谷拓也, 宮前俊介, 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12報: 上半身を用いるYaw方向角運動量制御),” 日本IFTOMM会議シンポジウム前刷集 (第22回), pp. 29-36, 東京都, 2016年7月.

5. 研究活動の課題と展望

本年度は, 2足走行ロボットの足関節・足部機構を改良し, 新規に上半身機構を開発した. しかし, まだ実機での走行運動が実現できていないため, 2017年度は, 視知覚システムを利用した運動制御アルゴリズムの開発に取り組む. 具体的には, 下肢の動きによって発生するYaw軸モーメントを上半身によってキャンセルする姿勢安定化制御を開発する.