

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、ヒト走歩行運動モデルに基づいた2足走歩行ロボット WATHLETE (WAseda aTHLETE)を開発した。今年度は WATHLETE を改良し、実機での走歩行運動実現に向けた走歩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足走歩行ロボットの足関節・足部機構の改良

人間の足関節は走行中に回転ばねのように振る舞い、走行速度の変化に応じて関節剛性値を変更する。また蹴り出す際に能動的に蹴ることで走行に必要なエネルギーを得る。しかし、これまでに開発したロボットの足関節は関節剛性を変更することはできず、また走行立脚時に能動的に関節を駆動することができない。そこで跳躍、走行時に能動的に蹴り出すことができ、走行速度に応じた関節剛性を模擬できる足関節機構を開発した (Fig. 1)。まず人体運動の解析を行い、ロボットの要求仕様を決定し、能動蹴り出しが可能になるようにダブルモータと4節リンクを利用した駆動部を設計した (Fig. 2)。さらに走行時の低剛性な関節の模擬のために、CFRP製の板ばねを直列に用いる機構を設計し、片方の板ばね剛性可変機構を搭載することで走行速度の変化に対応できるよう設計した。能動トルクを実際に計測したところ、人間の能動蹴り出し時と同等のトルク 110[Nm]の発揮を確認した。

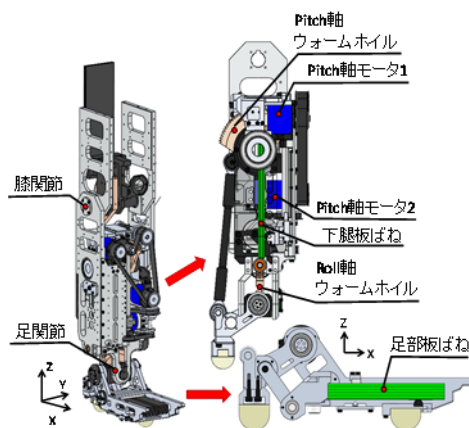


Fig. 1 CAD図

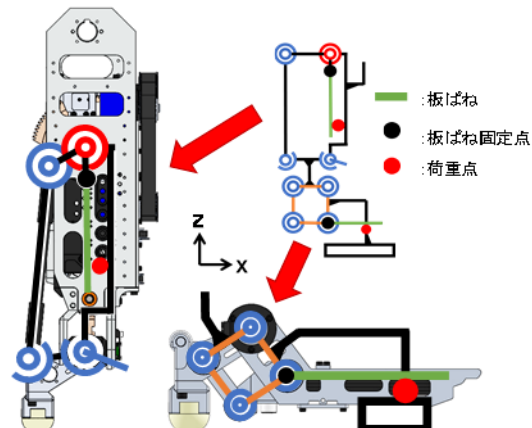


Fig. 2 4節リンク適応図

2.2 2足走行ロボットの脚関節弾性を考慮した跳躍制御

これまでに、ヒューマノイドロボットの運動能力向上に向けてアクチュエータと弾性要素を併せ持つ関節機構を開発したが、アクチュエータと弾性要素は直列に配置されているため、弾性要素に蓄積されたエネルギーを発揮して伸展している際にアクチュエータも同等以上のトルクを発揮し続けなければ、弾性要素が伸展しようとしてもアクチュエータ部が関節を屈曲させる側に回転してしまい、結果として関節の伸展動作が達成できない。そこで、弾性を考慮した重心軌道およびそれを実現する関節角度を生成した後、動力学方程式を用いて各関節のアクチュエータ動作を生成する跳躍運動制御を開発した。実機実験にて、能動駆動および弾性を両方用いた跳躍運動を実現した (Fig. 3)。

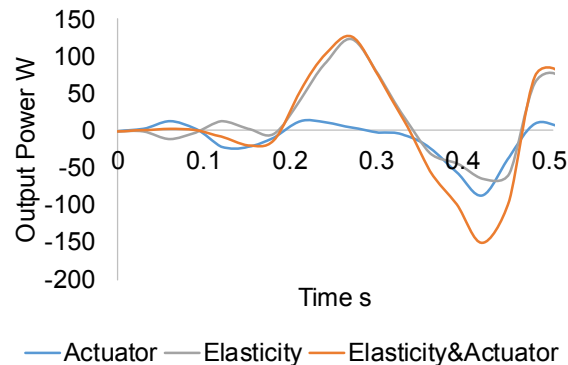


Fig. 3 跳躍実験時の足関節発揮出力

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 助教)

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, Takaya Isomichi, Akira Natsuhara, Masanori Sakaguchi, Yasuo Kawakami, Hun-ok Lim and Atsuo Takanishi, "Trunk motion control during the flight phase while hopping considering angular momentum of a humanoid," *Advanced Robotics*, vol. 32, Issue 22, pp. 1-10, 2018. (Impact factor 0.961)

4.2 学会および社会的活動

日本 IFToMM 会議 実行委員長

日本ロボット学会 監事

4.3 国際学会における発表

Takuya Otani, Kenji Hashimoto, Ueta Hiroki, Masanori Sakaguchi, Yasuo Kawakami, Hun-ok Lim and Atsuo Takanishi, "Jumping Motion Generation of a Humanoid Robot Utilizing Human-like Joint Elasticity," *Proceedings of the 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2018)*, pp. 8707-8714, Madrid, Spain, October, 2018. Accept rate 46%

Takuya Otani, Kenji Hashimoto, Akira Natsuhara, Masanori Sakaguchi, Yasuo Kawakami, Hun-ok Lim and Atsuo Takanishi, “Ankle and Foot Mechanism Mimicking Joint Stiffness and Following Motion based on Human,” *Proceedings of the 22nd CISM-IFToMM Symposium on Robot Design, Dynamics and Control (ROMANSY 2018)*, pp. 86-93, Rennes, France, June, 2018.

4.4 国内学会における発表

大谷拓也，植田大貴，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22報：能動駆動と弾性発揮を活用する跳躍運動の実現），”第36回日本ロボット学会学術講演会予稿集，1J1-03，愛知県，2018年9月．

峯下弘毅，大谷拓也，橋本健二，張春宇，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21報：跳躍・走行時の能動蹴り出しや走行速度の変化に対応した足関節機構），”第36回日本ロボット学会学術講演会予稿集，1J1-02，愛知県，2018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．今後は，シミュレーションでは実現されている安定した走行をロボットにて実現するため，ロボット自体の性能向上と整備性の向上を目指す．また，スポーツトレーニングにおける利用を進めていく．