



研究課題名 人型ロボットの身体内保存力学的エネルギー活用による 高効率運搬・スポーツ動作の実現

早稲田大学・理工学術院・教授

たかにし あつお
高西 淳夫

研究課題番号： 21H05055

研究者番号： 50179462

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 146,000千円

キーワード： ロボティクス、ヒューマノイド、関節弾性、脱力、スポーツ科学

【研究の背景・目的】

超高齢化社会を迎え労働人口の減少が危惧される中ロボットの活用が始まっている。特に人型ロボットは人に近い形状であるため、環境をロボットに合わせるのではなく、人に合わせて設計されたさまざまな環境において人間を代替することが期待されている。実用化が近づいたため問題となり始めた障害として、現在の人型ロボットはエネルギー効率が非常に低い。近年、人型ロボットは運動能力を向上させるために全身の高出力化が進んでいる。人型ロボットの全身の高出力化に伴いロボット自身も大型・高重量化しており、ロボット自身の重い体を動かすためにより多くのエネルギーを消費してしまう。また、運動生成においても、必要なエネルギーは逐次的にすべて電気エネルギーにより賄う能動駆動が一般的なため、例えば重心高さが低くなった場合はその分の重力ポテンシャルエネルギーを無駄にしている。一方、人型ロボットの目標としての人間は非常に高効率に運動する。人間の手足は肩や股関節などの付け根から先端に向かって筋肉は少なくなり細く軽くなる。『付け根を大きな筋肉による高出力で駆動』し、先端の関節ほど筋肉の発揮力ではなく『アキレス腱といった腱による弾性力』や『付け根の駆動が伝達された慣性力』により受動的に動く。そこで本研究では、運動時消費エネルギーの低減を目指した、人型ロボットの身体各部エネルギー活用運動生成法および人間規範能動・弾性・脱力共存構造を明らかにし、提案手法を実際のロボットを用いて検証する。

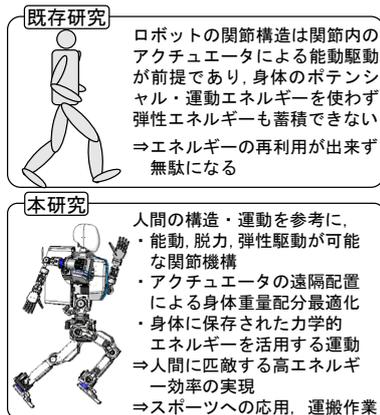


図1 研究概要

【研究の方法】

上記の目標達成に向け、(A) 力学的エネルギーの3形態変換を伴う消費エネルギー最小運動生成法の確立、(B) 弾性の発揮・脱力が可能な高出力関節メカニズムの開発、(C) 動力伝達機構を用いた人間規範軽量四肢構造の開発、(D) スポーツフォームの違いによるエネルギー効率への影響検証、(E) エネルギー効率の高い運搬作業の実現の5点を研究の重点課題とする。

運動生成法では、これまでに我々が提案している安定を維持する制御法を拡張し、消費エネルギーが少ない運動を生成する手法とする。人間の動作戦略を基に、全身運動量制御法と全身力学的エネルギー統括法を

用いて各部間の力学的エネルギーの変換運動を導く運動生成法を確立する。

既存のロボットの構造では、関節の駆動源であるアクチュエータは能動駆動のみを行うことが多く、駆動する関節の近くに配置する必要があった。人間の構造に学び、弾性の発揮や脱力も可能な駆動源を被駆動関節よりも離れた位置に、特に他の関節を超えて配置できる設計方法を確立する。

人間の運動戦略を基にした提案手法によって、運動の目標に対して人型ロボットの身体構造を考慮した高エネルギー効率動作を自動生成することが可能となる。これを用いて、逆に人間が運動する際に、高エネルギー効率な運動を新たに提案する。人間各人の身体的パラメータを反映させることにより、筋力や弾性・受動性の割合について各個人に適した運動動作を提案し効果を検証する。

【期待される成果と意義】

これまでの人型ロボット研究では発揮力やスピード、バランス能力など運動能力の向上を目指した研究が多く行われているが、実用にはエネルギー効率の向上が必須である。これには運動制御・構造の両面からのアプローチが必要であり、本研究ではそれらの併用を目指す。運動制御・構造のそれぞれの寄与度を明らかにし、消費エネルギーを考慮した人型ロボットの設計法・運用法の基盤形成が可能となる。

さらには、ヒューマノイドのためのロボット技術をスポーツ科学に活用する新たな試みにより、人間のパフォーマンスを高める新たなトレーニング法の構築が期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ 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.
- ・ Hiroki Mineshita, Takuya Otani, Masanori Sakaguchi, Yasuo Kawakami, Hun-ok Lim and Atsuo Takanishi, "Jumping Motion Generation for Humanoid Robot Using Arm Swing Effectively and Changing in Foot Contact Status," *Proceedings of the 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 3823-3828, 2020.

【ホームページ等】

<http://www.takanishi.mech.waseda.ac.jp/top/index.htm>
contact@takanishi.mech.waseda.ac.jp