



Title	Humanoid robots that crawl, stand, and walk utilizing synergistic musculoskeletal bodies
Author(s)	成岡, 健一
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59951">https://hdl.handle.net/11094/59951</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	なり 成 岡 健 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	第 26182 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 25 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学 位 論 文 名	Humanoid robots that crawl, stand, and walk utilizing synergistic musculoskeletal bodies (筋骨格身体の協応性を利用したヒューマノイドロボットのロコモーション)
論 文 審 査 委 員 (主査)	教 授 細田 耕
(副査)	教 授 浅田 稔 教 授 大須賀 公一 准教授 杉原 知道 教 授 中谷 彰宏 教 授 平田 勝弘 教 授 南埜 宣俊 教 授 安田 秀幸 教 授 菅沼 克昭

## 論文内容の要旨

ヒトと同等の運動能力を有するヒューマノイドロボットの開発は工学の究極の目標のひとつであるが、両者の運動能力には依然として大きな隔たりがある。ロボットの運動性能を飛躍的に高めるためには、ヒトの運動の背後に存在するメカニズムをより深く理解し、ロボットの設計および制御に還元することが不可欠である。

近年の身体性認知科学研究では、ヒトやロボットの運動において、脳、身体、環境の三者間の動的相互作用を規定する身体性が極めて重要な意味を持つことが指摘されている。本研究では、特にヒトの身体基盤である筋骨格系に着目し、その複雑な構造や柔軟性から生じる協応的作用がロコモーションを中心とする運動においてどのような役割を果たしているのかを、ロボットを用いた構成的手法により調査した。ヒトの代表的運動である這行（ハイハイ）、立位姿勢の維持、二足歩行の三種類を対象とし、空気圧人工筋骨格系を有するヒューマノイドロボットを用いてそれらの運動を実現させ、筋の駆動パターンやコンプライアンス等の実験条件を変えながら、運動における筋骨格系の役割を詳細に調査した。

第一に、乳幼児型の筋骨格身体を有するロボットを開発し、ハイハイの学習過程における筋骨格身体の役割について調べた。人工筋骨格系と神経振動子系を組み合わせたモデルを提案し、振動子パラメータの最適化によって四肢および体幹の筋の協調的関係が形成されることを示した。また、脊椎の姿勢および剛性が及ぼす影響について実験的に明らかにした。

第二に、極めて複雑な成人型筋骨格身体を有するロボットを開発した。立位姿勢を維持するための足首戦略を実装し、身体のコンプライアンスを変化させながら振る舞いを観察することで、筋骨格身体の役割を明らかにした。また、ヒトの筋電位に基づく筋駆動パターンによる二足歩行を実現した。

第三に、全身の協応的作用に基づく二足歩行について、より詳細に調査可能な成人型筋骨格ロボットを開発し、身体ダイナミクスを利用した三次元歩行を実現させた。また、生体力学分野で提唱されている歩行特徴Roll-over shapeに着目し、その生成と制御において、足首関節の姿勢と剛性が重要な役割を果たしていることを構成的に明らかにした。さらに、ヒトの機能解剖学的な特性を有する足部モデルを開発して歩行ロボットに実装し、足底腱膜のコンプライアンスが二足歩行に及ぼす影響について実験的に示した。

## 論文審査の結果の要旨

本博士論文は、ヒトの運動生成における身体の役割について、ロボットを用いた構成的手法を用いて論じたものである。脳、身体、環境の三者間の動的相互作用を通じて運動が生成されるという身体性認知科学的立場に立脚しつつ、その相互作用を規定するヒトの筋骨格系身体に着目し、その構造から生じる協応性と運動との連関について調査するため、空気圧人工筋を利用した人工筋骨格系を有するヒューマノイドロボットを開発している。ヒトの代表的運動として這行、立位維持、二足歩行を取り上げ、複数のロボットによってそれらの運動を実現させるとともに、運動の背後に存在するメカニズムについての詳細な考察が示されている。

第一に、乳幼児型の筋骨格身体を有するロボットを開発し、乳幼児の代表的移動形態である這行運動の学習過程における筋骨格身体の役割が述べられている。人工筋骨格系と神経振動子系を組み合わせたモデルを提案し、振動子パラメータの最適化によって四肢および体幹の筋の協調的関係が形成されること、および脊椎の姿勢と剛性が学習を促進することが明らかにされた。第二に、極めて複雑な成人型筋骨格身体を有するロボットを開発し、立位姿勢を維持するための足首戦略を提案している。また、筋骨格身体のパラメータを変化させながら外乱に対する安定性を詳細に調査し、全身のコンプライアンスが安定性の向上に寄与することを明らかにしている。また、ヒトの筋電位データに基づく筋駆動パターンによる二足歩行が実現されている。第三に、全身の協応的作用に基づく二足歩行について、より詳細に調査可能な成人型筋骨格ロボットを開発し、身体ダイナミクスを利用した三次元歩行が実現されている。また、生体力学分野で提唱されている歩行特徴 Roll-over shape に着目し、その生成と制御において、足首関節の姿勢と剛性が重要な役割を果たしていることが明らかにされた。さらには、ヒトの機能解剖学的な特性を有する足部モデルを開発して歩行ロボットに実装し、足底腱膜のコンプライアンスが二足歩行に及ぼす影響について実験的に示されている。

以上のように、本論文は運動生成における筋骨格身体の役割について、空気圧人工筋骨格ヒューマノイドを用いた新規かつ多角的な結果が示されている。ヒトの運動メカニズムの理解のみならず、ロボットの運動性能の向上にも貢献する成果であり、その学術的意義は極めて大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。