



Title	Dynamic Bipedal Locomotion utilizing Antagonistic Pneumatic Actuators
Author(s)	田熊, 隆史
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48681">https://hdl.handle.net/11094/48681</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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</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	た 田 くま 隆 し 史
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 1 5 7 2 号
学位授与年月日	平成 19 年 9 月 26 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	Dynamic Bipedal Locomotion utilizing Antagonistic Pneumatic Actuators (拮抗配置した空気圧アクチュエータによる多様な二足運動の実現)
論文審査委員	(主査) 准教授 細田 耕  (副査) 教授 浅田 稔 教授 石黒 浩 神戸大学教授 大須賀公一 教授 大塚 敏之 教授 南埜 宜俊 教授 安田 秀幸 教授 中谷 彰宏 教授 平田 勝弘 教授 菅沼 克昭

### 論 文 内 容 の 要 旨

現在二脚ロボットに課された課題の一つは、歩行だけでなく跳躍、走行—ここではダイナミックロコモーションと総称する—を実現することである。本論文ではダイナミックロコモーションを実現するために、弾性を有すること、弾性が操作可能であることが有効であると考えた。現在多くのロボットが有する関節は減速器を装着した電動モータによって駆動されており、その高い比率の減速器のため剛性が高い。そのため、着地時の衝撃を避けるための関節軌道計算コストが膨大なものとなり、ダイナミックロコモーションの実現を阻害している。一方で関節が弾性を有することにより、関節軌道を計画することなく着地時の衝撃吸収が可能となる。また弾性を調節することにより、ロボットの持つダイナミクスが変えられ、その運動が操作可能となる。このように弾性が可変な関節は剛体に近い関節にはない特徴を有する。

関節の弾性が調節可能となるために、本論文では関節にマッキベン型空気圧アクチュエータを拮抗に配置した。マッキベン型アクチュエータは弾性を持ち、注入する空気の圧力に応じてその弾性を変えることができる、そのため、拮抗駆動する関節は各アクチュエータ内の圧力を変えることで、その弾性を調節することができる。

本論文では以上に述べた弾性関節を有する二脚ロボットを試作した。次に試作したロボットを用いて主に以下の実験を行った。

1. 関節弾性の調整による、歩行における挙動（歩行周期、速度）の操作
2. 環境（傾斜角）に対するロバスト性を向上する弾性の探索
3. 足首弾性を利用した、計算コストの低い歩行・跳躍・走行の実現

弾性を有するロボットは、自己の持つダイナミクスと地面とのインタラクションを利用することで歩行が可能となる。そこで実験 1 においては、弾性を変えることでロボットのダイナミクスが変わり、それによって挙動が変わることを示した。また実験 2 では関節弾性を調節することにより、路面状況（傾斜角）に応じた運動を生成することを示した。更に実験 3 では適切な足首弾性を選ぶことで、衝突については制御することなく走行・跳躍が可能であること

を示した。

このように弾性が調節可能であることは、ダイナミックロコモーションの実現に有効である。本論文ではその有効性を、実際に歩行するロボットを用いて示した。

## 論文審査の結果の要旨

現在の二脚ロボットに課された課題の一つは、ヒトのように歩行・跳躍・走行など様々な種類のロコモーション（ダイナミックロコモーション）を実現することである。多くの二脚ロボットとヒトが持つ構造の違いの一つは、関節の弾性である。ヒトの関節は弾性を有する筋肉によって駆動されるため、その関節は弾性を持つ。また筋肉の弾性係数を調整することにより、結果的に関節の弾性係数を操作することができる。一方多くの二脚ロボットは減速比の高い電動モータによって関節を駆動するため、その関節は弾性を持たず、高い剛性を有する。

本論文では関節の弾性がダイナミックロコモーションに大きく寄与していると考え、弾性を有するロボットを試作、実験することでその有効性を示している。弾性を有する関節を実現するために、人工筋の一種であるマッキベン型空気圧アクチュエータを用い、アクチュエータを関節に拮抗に配置する。実験では主に次のような特性を観察し、弾性がダイナミックロコモーションに有効に働いていることを示す。

- ・関節弾性を操作することで歩行周期や歩行速度が操作可能であること

関節弾性を操作することでロボットのダイナミクスが変わる。そのため、歩行周期や歩行速度は弾性を変えることで操作可能であると考えられる。実験ではアクチュエータの弾性を操作することで、観測される歩行周期や歩行速度が変わることを示す。

- ・路面傾斜に対してロバスト性を有すること

弾性を有するロボットの挙動は、環境（地面）とのインタラクションによって決定する。従って適切な弾性を選ぶことにより、路面の変化に対してロバストな歩行が実現可能であると考えられる。実験では異なる傾斜角に対してロバストに歩行可能となる関節弾性が存在することを示す。

- ・歩行、跳躍、走行が可能であること

ロボットが歩行だけでなく跳躍や走行を実現するためには、それぞれのロコモーションにおいて適切な弾性を選択する必要がある。実験ではロボットの足首関節の弾性を操作し、単純なフィードフォワード制御によってそれぞれのロコモーションが実現可能であることを示す。

このように、本論文では関節の弾性がダイナミックロコモーション実現のキーとなることを指摘し、実験によりその有効性を示している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。