

# McKibben 型人工筋肉を用いた二足歩行ロボットの開発

○細田 耕, 成岡健一

(ERATO 浅田共創知能, JST, 大阪大学大学院工学研究科)

## Development of a Biped Walker Driven by McKibben Artificial Muscles

**Abstract** — Dynamic walking is emerged from interaction between the robot body and environmental dynamics. Body compliance is, in this sense, supposed to be important to design robust walking. In this paper, we introduce a design of a biped walker driven by McKibben artificial muscles, which provides the robot sufficient compliance to softly interacting with the environment. We have built a prototype robot which has 13 DOF, and performed several walking experiments.

**Key Words:** dynamic walking, biped walking, McKibben artificial muscle, pneumatic actuators

### 1. はじめに

これまで、さまざまな人間型二足歩行ロボットが提案され、静歩行、動歩行、走行などが実現されている[1][2][3]。しかしながら、これらのロボットが路面変化に対応するためには、変化を計測する視覚センサを用いるなどする必要があり、環境変化にロバストに適応できるとは言いがたい。また、ダイナミックな行動をすることができるロボットを構成するためには、エネルギーを一時的に保持し開放することや、衝撃を吸収するための弾性を持つことが重要であると考えられる[4]が、これまでの人間型ロボットでは、柔軟性をモータによって仮想的にエミュレートする方法が主であり、エネルギー効率の意味で適当ではないと考えられる。

一方で、人間の関節は筋肉による拮抗駆動によって動作しており、その柔軟性を変化させることによって環境変化に対応したり、エネルギーを一時的に保持、開放することによってさまざまな動的な行動を生成したりすることができる。ERATO浅田共創知能プロジェクト、身体的共創知能グループ（グループリーダー：細田耕）では、人間のように環境変化に柔軟に対処し、またダイナミックな行動を生み出すためには、人間のような柔軟な筋肉による拮抗駆動が本質的であると考え、拮抗駆動に基づく人間型ロボットを構成することにより、人間の二足ロコモーションの持つ知能を明らかにすることを目的としている。

本報告では、McKibben型人工筋肉を用いた本プロジェクトの最初の二足歩行プロトタイプ的设计と開発、および歩行実験について述べる。

### 2. McKibben 型人工筋肉を用いた二足歩行ロボットの設計と開発

#### 2.1. ロボットの概観

図 1 に、開発したロボットの概観を示す。ロボットは2本の脚と2本の腕、ならびに胴体部からなり、すべての関節がMcKibben型人工筋肉によって拮抗駆動されている。片脚あたり足首部に2自由度、膝部に1自由度、足の付け根に1自由度の関節が取り付けられ、さらに下半身と胴体の間にヨー軸周りの腰



図 1:McKibben 型人工筋を用いた二足歩行ロボット

回転軸を装備している。すべての人工筋肉は5ポート3位置ソレノイドバルブによって駆動されている（図 2）。また、足先には地面との接触を観測する接触センサが取り付けられている。地面との接触情報を受け取り、ソレノイドバルブを介して筋肉を駆動するためのコンピュータとして、ルネサステクノロジ社のマイクロコントローラH8-3069を搭載している。なお、これらのバルブとコントローラを駆動するためのリチウム・イオンバッテリーもロボットに搭載されている。

#### 2.2. ロボットの諸元

開発した二足歩行ロボットは、全高約 112cm、全幅約 32cm、足の付け根から足裏までの長さが約 70cm、腿とすねの長さがそれぞれ 28cm、42cm である。駆動用の気体源を除く、すべての制御装置はロボットに搭載されており、その総重量は約 9.6kg である。

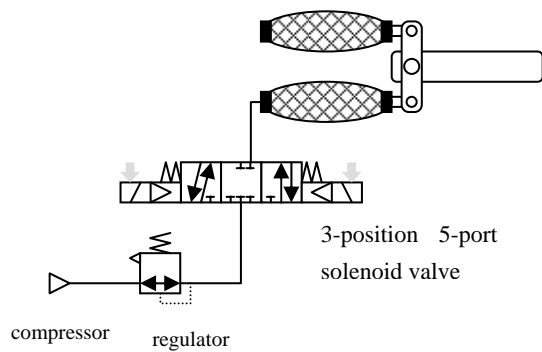


図 2：人工筋肉を駆動するための空気圧回路

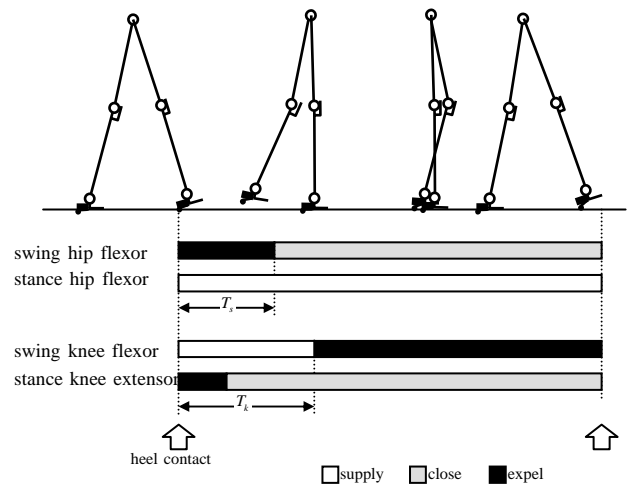


図 3：人工筋を駆動するバルブの開閉タイミング

### 3. 歩行実験

#### 3.1. 接地情報を用いた歩行制御

これまで Wisse and vanFrankenhuyzen[5]と我々の研究グループ[6]によって、人工筋肉を用いた歩行ロボットが接地情報をもとにした弾道学的歩行制御によって歩行が可能であることが示されている。ここでも、開発したロボットに対しセンサ情報による詳細なフィードバックを用いるのではなく、接地情報に基づいて、あらかじめ定められたバルブ操作によって弾道学的な歩行が実現可能であるかどうかを確かめる。

図 3 に、ここで用いた制御則を示す。歩行中に気体を出入する人工筋肉は、各脚付け根の屈曲筋（後面の筋肉）、膝部の伸展筋および屈曲筋のみであり、それ以外の筋肉については歩行を始める前に、一定量の気体をあらかじめ供給し、歩行実験中はそれを保持するものとする。ロボットは接地情報を検知すると遊脚の屈曲筋から排気することによって、遊脚を前に振り出す。同時に、支持脚の屈曲筋を緊張させることにより、支持脚全体の剛性を上げる。一方、遊脚の膝の屈曲筋に吸気することにより膝を曲げ、床との衝突を避ける。一方、支持脚の膝の伸展筋はその後遊脚になり、曲がる時の応答を改善するために、あらかじめ短い間排気しておく。

#### 3.2. 実験結果

図 3 の歩行のためのパラメータを調整することにより、水平面上を安定に歩行できることを実験的に検証した。圧縮空気は外部のコンプレッサから供給し、その圧力は 0.5[MPa]であった。歩行パラメータは試行錯誤的に  $T_s=320[ms]$ 、 $T_k=380[ms]$  と決めた。このときの歩行周期は約 700[ms]となった。

### 4. おわりに

本報告では、JST ERATO 浅田共創知能プロジェクト

ト、身体性共創知能グループにおいて開発された、全身を McKibben 型人工筋肉によって駆動する二足歩行ロボットの設計と開発、および基礎的な歩行実験について述べた。今後はこのロボットを用いてより安定な歩行の実現、各種のセンサによるフィードバックの実装、不整地のロボスタな歩行、より動的な行動の生成などを検証していく。

### 参考文献

- [1] K. Hirai et al., "The Development of Honda Humanoid Robot", Proc. of the 1998 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.1321-1326, 1998.
- [2] 黒木義博他, 「高度統合運動制御機能を有する小型二足歩行エンターテインメントロボット SDR-4X」, 日本ロボット学会第 20 回学術講演会予稿集, 1C-17, 2002.
- [3] 五十榎隆勝, 「ヒューマノイドロボットプラットフォーム HRP-2 の事業化」, 日本ロボット学会誌, 22 巻, 1 号, pp. 15-17, 2004.
- [4] M. Raibert, "Legged Robots That Balance", The MIT Press, 1986.
- [5] M. Wisse and J. van Frankenhuyzen, "Design and Construction of MIKE: 2D autonomous biped based on passive dynamic walking", Proceedings of the International Symposium on Adaptive Motion of Animals and Machines, CD-ROM, 2003.
- [6] T. Takuma et al., "Stabilization of Quasi-Passive Pneumatic Muscle Walker", IEEE-RAS/RSJ International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2004), CD-ROM, 2004.