

|              |  |
|--------------|--|
| Title        | Embodiment Approaches to Humanoid Behavior :<br>Energy efficient walking and visuo-motor mapping |
| Author(s)    | 荻野, 正樹   |
| Citation     | 大阪大学, 2005, 博士論文   |
| Version Type | VoR  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/2460">https://hdl.handle.net/11094/2460</a>                |
| rights       |  |
| Note         |  |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

|            |  |
|------------|--|
| 氏名         | おぎのまさき<br>荻野正樹   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)   |
| 学位記番号      | 第 19477 号  |
| 学位授与年月日    | 平成 17 年 3 月 25 日   |
| 学位授与の要件    | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>工学研究科知能・機能創成工学専攻   |
| 学位論文名      | Embodiment Approaches to Humanoid Behavior—Energy efficient walking and visuo-motor mapping—<br>(ヒューマノイドの行動生成への身体性によるアプローチ—歩行エネルギーの効率化と視覚運動マッピング—) |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 浅田 稔<br><br>(副査)<br>教授 石黒 浩 助教授 細田 耕 教授 池田 雅夫<br>神戸大学工学部機械工学科教授 大須賀公一 教授 白井 良明<br>教授 南埜 宜俊 教授 安田 秀幸 教授 黄地 尚義<br>教授 中谷 彰宏 教授 菅沼 克昭       |

### 論文内容の要旨

近年、ロボットの運動実現の手法として、設計者の視点によらずに運動情報とセンサー情報を協調させロボット自身の身体を持つダイナミクスを利用する、身体性に基づいた運動実現の手法が注目されている。しかし、ヒューマノイドは多自由度で不安定であるために、車輪型で培われてきた手法をそのままに用いることは困難である。本研究では、安定なリミットサイクルを構成するセンサー信号によって位相調整を行う二足歩行制御器を基盤として、二足歩行に関わる運動技能の獲得、すなわち、二足歩行のエネルギー効率化と視覚と運動の協調運動の実現を目指したものである。

本論文は以下の構成となっている。

第 1 章では、モデルを用いずにヒューマノイドロボットの二足歩行に関わる運動を実現することを目的とする場合、位相調整を行う二足歩行制御器が初期コントローラとしてよい性質を持つことを述べた。

第 2 章では、これまで行われてきたヒューマノイドの二足歩行研究を、ロボットのモデルを用いて実現する手法とモデルを用いずに実現する手法を対比させながら概観した。

第 3 章では、位相調整によって歩行の安定化を行う下層の制御器と、エネルギーの効率化のための下層の制御器のパラメータ探索を行う上層の学習器からなる階層型システムの提案を行った。この提案システムを上半身を持たない 2 脚モデルに適用し、最終的にエネルギーを全く用いない受動歩行を実現することが可能であることを示した。

第 4 章では、歩行の位相ごとに制御をトルク制御、受動状態、位置制御と切り替えることによって、より安定な歩行を実現する歩行制御器の提案を行った。この歩行制御器のパラメータを学習器によって探索することにより、人間と同程度のエネルギー効率で二足歩行を実現することが可能であることを示した。

第 5 章では、ヒューマノイドロボットと脚式型ロボットにおいて視覚情報と歩行運動を関連づけを行った過去の研究について概観した。

第6章では、位相調整によって二足歩行を実現する歩行制御器のパラメータを、ヒューマノイドのカメラから得られる視覚情報、自身の運動情報をもとに強化学習法によって学習させる手法の提案を行った。また提案手法を実ロボットに適用し、視覚情報を使って蹴球を行うための適切な位置へ歩行によって到達するタスクを実現可能であることを確認した。

第7章では、位相調整に基づいた二足歩行制御器、蹴球動作等の連続的なパラメータを持つ行動を最小単位として視覚情報とのマッピングを行い、その行動を階層的に組み合わせることによって運動制御システムを構築した。提案手法を身体パラメータの異なる2体の小型ヒューマノイドロボットに適用し、互いにボールを蹴りあうパス行動を実現し提案手法の有効性を示した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、身体性アプローチによるヒューマノイドの運動獲得を目指したものである。ヒューマノイドロボットは転倒しやすく二足歩行を実現することは一般に難しい問題である。しかし近年、ロボットのモデルを使わずとも、センサー信号による位相調整により安定な二足歩行を実現する制御手法が注目され始めている。このような歩行制御器は安定な二足歩行のリミットサイクルを構成しやすいため、安定な二足歩行を保ったまま求める状態へのパラメータ探索を行うことを可能にし、また多様な歩行運動を構成する基盤として利用できる。本論文では、位相調整を行う二足歩行の制御器を基盤として、(1)エネルギー効率の良い二足歩行の実現が可能であることをシミュレーションによって示し、(2)実ロボットを用いて視覚情報を利用した合目的な運動の実現を行っている。

(1)では、遊脚期を受動状態にしたバリスティック歩行をモデル化することによってエネルギーの効率化を行っている。ポワンカレ平面上の状態遷移を利用したフィードバック制御、歩行の位相ごとにトルク制御、受動状態、位置制御を切り替える制御によってバリスティック歩行の安定化を行い、その制御システムのパラメータを上位の学習器が探索することでエネルギー最小の歩行を実現している。ヒトと同じ物理パラメータを持つモデルで行ったシミュレーション実験では、ヒトと同程度の二足歩行が実現できることを確認している。

(2)では、位相調整によって二足歩行を実現する歩行制御器のパラメータを、ヒューマノイドのカメラから得られる視覚情報、自身の運動情報をもとに強化学習法によって学習させている。また、連続的なパラメータを持つ行動を最小単位として視覚情報とのマッピングを行い、その行動を階層的に組み合わせることによって運動制御システムを構築している。さらに提案システムを、身体パラメータとカメラパラメータの異なる2体の小型ヒューマノイドロボットに適用し、それぞれ視覚と運動のマッピングを獲得させることによって互いにボールを蹴りあうパス行動を実現し、提案手法の有効性を示している。

以上の研究は身体性に基づいたヒューマノイドの行動学習の端緒となっており、今後更なる発展が期待できる。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認められる。