



| | |
|--------------|---|
| Title | Learning Periodic Human Motion Through Imitation Using Eigenposes |
| Author(s) | Chalodhorn, Rawichote |
| Citation | 大阪大学, 2009, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/26356 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

| | |
|---------------|--|
| 【5】 | |
| 氏 名 | ラウィチョー チャロトン Rawichote Chalodhorn |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学) |
| 学 位 記 番 号 | 第 2 3 2 8 5 号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 21 年 6 月 30 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 | Learning Periodic Human Motion Through Imitation Using Eigenposes (アイゲンポーズを使用した模倣に基づく人間の周期的動作の学習) |
| 論 文 審 査 委 員 | (主査) 教 授 浅 田 稔 (副査) 教 授 石 黒 浩 教 授 菅 沼 克 昭 教 授 中 谷 彰 宏 教 授 平 田 勝 弘 准 教 授 細 田 耕 教 授 南 埜 宜 俊 教 授 安 田 秀 幸 |

論 文 内 容 の 要 旨

This dissertation provides the first demonstration that a humanoid robot can learn to perform human dynamic motion such as walking directly by imitating a human gait obtained from motion capture data without any prior information of its dynamics model. Programming a humanoid robot to perform an action that takes into account the robot's complex dynamics is a challenging problem. Traditional approaches typically require highly accurate prior knowledge of the robot's dynamics and environment in order to devise complex (and often brittle) control algorithms for generating a stable dynamic motion. Training using human motion capture is an intuitive and flexible approach to programming a robot but direct usage of mocap data usually results in dynamically unstable motion. Furthermore, optimization using mocap data in the humanoid full-body joint-space is typically intractable. This dissertation purposes a new model-free approach to tractable imitation-based learning in humanoids. Kinematic information from human motion capture is represented in a low dimensional subspace. Motor commands in this low-dimensional space are mapped to sensory feedback to learn a predictive dynamic model. This model is used within an optimization framework to estimate optimal motor commands that satisfy the initial kinematic constraints as best as possible while at the same time generating dynamically stable motion. The viability of this approach is demonstrated by providing examples of dynamically stable walking learned from motion capture data using both a simulator and a real humanoid robot.

The framework of the proposing method works as follow. First, a motion capture system transforms Cartesian position of markers attached to the human body to joint angles based on kinematic relationships between the human and robot bodies. Then, linear PCA as dimensionality reduction to represent posture information in a compact low-dimensional subspace is employed. Optimization of whole-body robot dynamics to match human motion is performed in the low dimensional subspaces. In particular, sensory feedback data are recorded

from the robot during motion and a causal relationship between actions in the low dimensional feature space and the expected sensory feedback is learned. This learned sensory-motor mapping allows humanoid motion dynamics to be optimized. An inverse mapping from the reduced space back to the original joint space is then used to generate optimized motion on the robot. Several results demonstrating that the proposed approach allows a humanoid robot to learn to walk based solely on human motion capture without the need for a detailed physical model of the robot are presented in this dissertation.

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本博士学位論文は、ダイナミクスモデルなしに、モーションキャプチャーによる人間の運動の観測データから直接ヒューマノイドロボットを制御する手法について研究している。ロボットのダイナミクスモデルを考慮してロボットを制御することは困難であり、従来、ダイナミクスモデルのパラメータや環境変数に関する正確な知識を必要としてきた。本論文では、モデルフリーの手法として、モーションキャプチャーから得られた高次元の運動学的データを低次元に圧縮し、その空間への運動指令は、予測的ダイナミクスモデルを学習するために、センサフィードバック空間にマップされる。初期軌道にならいつつも、安定化の軌道とのバランスをとって運動を実現する。

本手法は実際のヒューマノイドロボットを用いて実験し、有効性を検証した。線形 PCA を用いて次元圧縮し、その空間で軌道合わせし、運動制御した。実験では、安定した動きが実現され、本提案手法の有効性が検証された。

以上のように、本論文はダイナミクスのモデル無しに、多自由度のヒューマノイドロボットを制御するシンプルで頑強な手法として提案され、その有効性が実ロボットを使って検証した。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。