

モーションキャプチャデータを用いた多様な歩行動作制御手法の検討 A Study on Human Walk Control Model Using by Motion Capture Data

板野 貴之[†] 森野 岳宏[†] 長船 大毅[†] 誉田 雅彰[†] 村上 真[‡] 白井 克彦[†]
Takayuki Itano Takehiro Morino Daiki Osafune Masaaki Honda Makoto Murakami Katsuhiko Shirai

1. はじめに

今日、コンピュータの著しい発達に伴い、映像コンテンツ制作の多様な手法が確立されている。映像コンテンツ制作における人物動作においては、動作を記述し、さらに演出による効果を付随する必要がある。特に演出による効果は、現在モーションキャプチャやキーフレームアニメーションなどを用いてCGアーティストが手作業で行っている。しかし、この手法では、コスト高やスキル不足、さらに仕事量や時間量といった問題が考えられる。

コンピュータ上の人物動作をより容易に表現可能とするためには、あらかじめ動作に応じてその拘束条件と自由度をモデル化し、それによって自然かつ多様な動作を生成・制御させる必要がある。動作生成におけるモデル構築には、過去では関数近似を用いたもの [1]、または人間の筋肉の収縮運動を考慮したものなどがある [2]。従来の研究は動作における人間の可動部位の運動をそれぞれ独立に考えており、可動部位の連動性に言及したものはない。人物動作はこの可動部位を連動させて制御させることから、本稿では、まず歩行動作に特化し、関節間の連動性を考慮し、多様な歩行動作を表現可能な歩行動作制御モデルを構築する。

2. 歩行動作制御モデル

2.1 定義

歩行動作制御モデルとは、簡単な操作で多様な歩行動作を表現可能としたモデルのことである。歩行動作において、「手を大きく振って歩く」や「速く歩く」といった物理的な変化を加えた歩行動作においては皆ほぼ共通の動きをするが、「嬉しそうに歩く」や「怒って歩く」といった感情を付加した歩行動作においては、人や状況に応じて様々な動作表現が考えられる。そこで、「普通に歩く」から「速さ」「大きさ」「姿勢」といった物理的な変化を付加することで、感情を含めたすべての歩行動作を表現可能なモデルの構築を試みた。

2.2 構築手法

歩行動作制御モデルは、2段階に分けて構築する。まず、各関節動作の連動性を分析することにより、歩行動作における人物の関節構造がどのようになっているのかを明確にする。次に、関節間の連動性を考慮し、モーションキャプチャで収録した物理的な変化を加えた歩行動作と「普通に歩く」とのスペクトルの差分を用いることにより、4つの動作制御特徴量を抽出する。歩行動作は、「普通に歩く」に強さを制御した4つの動作制御特徴量を加えることにより制御可能とした。

[†]早稲田大学理工学部, Waseda University, Department of Computer Science

[‡]東洋大学工学部, Toyo University, School of Engineering

2.3 収録歩行動作

歩行動作制御モデルを構築する際に必要となる歩行動作を、モーションキャプチャを用いて収録した。収録する歩行動作は以下の8種類であり、35人の被験者に対して収録を行った。

- 普通に歩く
- ゆっくり歩く
- 速く歩く
- 大きく手を振って歩く
- 大股で歩く
- 細かく歩く
- 胸を張って歩く
- うつむいて歩く

モーションキャプチャで収録された動作データには各関節の1フレームごとのローカルな座標系での回転角度(19関節×3軸方向)の情報が含まれており、本稿ではそのデータを扱う。

歩行動作における関節動作は全て周期的な運動をするため、それらの時系列データは周期信号として捉えることが可能である。よって、全関節動作の時系列データは式(1)のようにフーリエ級数で近似できる。

$$\theta(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{i \frac{2\pi n}{T} t} \quad (1)$$

また、過去の研究より、人物動作における関節動作は、全て第3高調波までのスペクトル情報で十分動作を再現可能であることが示されている [1]。従って、本稿では、全関節運動の時系列データを第3高調波までのスペクトル情報に集約しモデルを構築する。

3. 連動性の分析

人間の関節構造を簡略化するために、連動性の分析を行った。連動性の分析には、重回帰分析を用いる。図1に重回帰分析を用いた連動性の分析手法を示す。

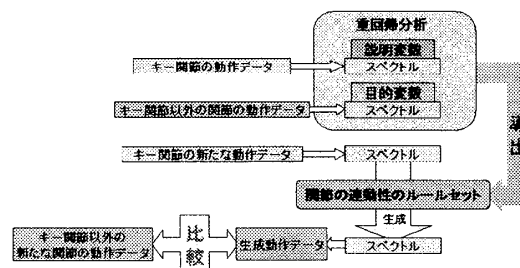


図1: 重回帰分析を用いた連動性の分析

オープンなデータを用いて、連動性のルールセットによる関節動作の再現度を相関係数を用いて導出した。再現度の高い関節動作ほど、キー関節動作との連動性が高いことが言える。表1に、分析結果の1つである右脚部位における再現度(相関係数)表を示す。

表 1: 再現度表 - 右脚部位

関節動作名	再現度
RightKnee-Z	0.8553
RightKnee-X	0.9410
RightKnee-Y	0.7048
RightAnkle-Z	0.6801
RightAnkle-X	0.8541
RightAnkle-Y	0.3531

ここで閾値を 0.5 とし、連動性の高い関節動作と連動性の低い関節動作に分類した。連動性の低い関節動作においては、その中でもう一度分析を行い、新たに分類を行った。その結果を図 2 に示す。

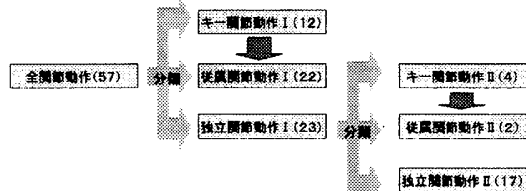


図 2: 関節動作の分類図

この結果を基に、連動性の高い関節動作をまとめると、上半身を制御する関節動作群と下半身を制御する関節動作群に分類できた。また、連動性の低い関節動作は主に身体の末端に位置する関節動作であることがわかった。

4. 歩行動作制御モデルの構築

4.1 動作制御特徴量の抽出

歩行動作を制御可能な動作制御特徴量の抽出法を表 2 に示す。まず、収録した各歩行動作の平均化を行う。そして、物理的な変化を加えた歩行動作と「普通に歩く」とのスペクトルの差分を導出する。各関節動作のスペクトルの差分の中で、物理的な変化に影響される関節動作のみを制御可能としたのが動作制御特徴量となる。

表 2: 特徴量の抽出

特徴量	歩行動作名	制御する関節動作グループ
速さ	ゆっくり歩く	上半身グループ+下半身グループ
	速く歩く	上半身グループ+下半身グループ
手の振り	細かく歩く	上半身グループ
	大きく手を振って歩く	上半身グループ
脚の振り	細かく歩く	下半身グループ
	大股で歩く	下半身
姿勢	うつむいて歩く	上半身グループ+下半身グループ
	胸を張って歩く	上半身グループ+下半身グループ

4.2 動作制御特徴量の制御による歩行動作の生成

動作制御特徴量の強さを制御可能とし、歩行動作制御モデルを構築した。歩行動作制御モデルによる生成歩行動作の動作データは (2) 式のように求まる。

$$\theta(t) = \sum_{n=-3}^3 \{C_n + \sum_{k=1}^4 C_{nk} \gamma_k\} e^{i \frac{2\pi n}{T} t} \quad (2)$$

5. モデル評価実験

本稿で構築した歩行動作制御モデルの評価を行った。このモデルの構築に使用していないオープンな動作データを用いて、このモデルからの再現性を調べた。

まず、計 33 動作 (11 種類×3 人) について、モーションキャプチャで収録した歩行動作と構築したモデルによって生成した歩行動作との類似度を、20 人の大学生に 5 段階 (1. 全く似てない、2. 似てない、3. どちらとも言えな

表 3: 各歩行動作における心理評価の平均

歩行動作名	心理評価
普通に歩く	4.200
ゆっくり歩く	4.300
速く歩く	4.267
大きく手を振って歩く	4.183
大股で歩く	4.017
細かく歩く	3.967
胸を張って歩く	3.933
うつむいて歩く	4.100
怒って歩く	2.017
楽しそうに歩く	2.433
悲しそうに歩く	3.067

い、4. 似ている、5. 非常に似ている) で心理評価してもらった。表 3 にその結果を載せる。

次に、モーションキャプチャで収録した歩行動作と構築したモデルによって生成した歩行動作に対して、計 55 動作 (11 種類×5 人) における各関節動作の相関係数の平均を導出した。表 4 に左脚部位における関節動作の再現度を載せる。

表 4: 左脚部位における関節動作の再現度

関節動作名 (左脚部位)	再現度	
	物理動作	感情動作
LeftHip_z	0.690	0.466
LeftHip_x	0.980	0.945
LeftHip_y	0.876	0.654
LeftKnee_z	0.818	0.707
LeftKnee_x	0.947	0.845
LeftKnee_y	0.848	0.601
LeftAnkle_z	0.844	0.728
LeftAnkle_x	0.896	0.639
LeftAnkle_y	0.309	0.369

表 3 から、物理的な変化を加えた歩行動作に関しては、ほぼ再現可能であることがわかる。しかし、感情を付加した歩行動作に関しては、十分に再現できるとは言い難い。表 4 を見ると、感情を付加した歩行動作を表現する際、再現度が大幅に低下した関節動作があることがわかる。これらは、以下の 3 点であることがわかった。

- 腕 (Elbow・Wrist) の Y 軸方向
- 脚 (Hip・Knee・Ankle) の Z, Y 軸方向
- 胸 (Chest・Chest2) の X 軸方向

6. まとめと今後

本稿では、少ない指示により、多様な歩行動作を表現可能な歩行動作制御モデルの構築を試みた。モデルの構築にあたり、まず、各関節の 1 週期分の時系列データをフーリエ変換により第 3 高調波までのスペクトル情報に集約した。歩行動作において、連動性の高い関節群はまとめて制御可能とするために、重回帰分析を用いて全関節動作をいくつかのグループに分類した。この結果を基に、4 つの動作制御特徴量を抽出した。そして、その強さを制御することにより、動作制御特徴量の内挿・外挿表現、また、4 つの動作制御特徴量を補間することにより、様々な物理的な変化を持った歩行動作が表現可能となった。評価実験から、4 つの動作制御特徴量だけでは、歩行動作を十分に表現できないことがわかった。今後は、再現度の低下した関節動作を制御可能な動作制御特徴量を抽出し、再度モデルの評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 鶴沼宗利, 竹内良二, " コンピュータアニメーションにおける感情を伴った人間の歩行動作の生成方法 ", 電子情報通信学会論文誌, D Vol. J76-D pp. 1822-1831, 1998-08
- [2] 西田諭司, 杉浦彰彦, " アクションユニットを用いた人間の動作の分析・作成 ", 豊橋技術科学大学学会論文誌, J82-D-II, No. 10, pp. 1655-1665