

モーションキャプチャデータを用いた歩行動作の分析と制御

Analysis and Control of Human Walk Using Motion Capture Data

長船 大毅[‡] 大隈 健史[‡] 森野 岳宏[‡] 村上 真[‡] 白井 克彦[‡]
 Daiki OSAFUNE Takeshi OKUMA Takehiro MORINO Makoto MURAKAMI Katsuhiko SHIRAI

[‡]早稲田大学理工学部 [‡]東洋大学工学部
 Waseda University Toyo University

This research aims at development of "Expressing Emotion Model" can create animation easily by directing motions of a CG actor from conversations, gestures, etc. In order to control motions of the actor more simply, we extract parts that generally have same changes from a large number of people's data of motion of walk, and controll motion of walk by changing only the parts.

1. はじめに

近年、CG 技術の進歩により、幅広い分野で CG アニメーションが用いられている。しかし現状では、個人での CG アニメーション作成は容易ではなく、簡単にアニメーション作成を行なえるようなシステムの構築が求められている [1][2]。

本研究は擬人化された CG のアクタに音声やテキストにより動作指示を与えることで、動作指示者の思考を反映した動作アニメーションを生成するデジタルアクタ制御システムの構築を目的とする。デジタルアクタは、各関節の角度パラメータを変化させることにより動作を制御する。しかし、全関節に対して独立に動作制御を行なうことは現実的には不可能であるため、少ない指示で簡単に動作制御することが重要となる。そこで、モーションキャプチャによって収録した動作データを用いて、動作を変化させた場合の特徴を分析する。特徴は各関節毎の角度パラメータの変化量から算出され、多くの被験者に共通した変化量が算出された部位をその動作の特徴部位とする。そして、その特徴部位のみを制御し、少ない動作指示からの動作制御を可能にする。

2. 特徴部位の分析手法

2.1 動作データ

使用データは、各関節についてのローカルな座標系での回転角度情報 (19 関節 × 3 方向) 及び体の中心の位置情報 (1 関節 × 3 方向) の時系列データ (計 60 パラメータ × フレーム数) により動作を表現している。ローカル座標系の回転方向は、人に対し横方向軸の回転を X、上方向軸の回転を Y、前方向軸の回転を Z とする。ただし、分析には位置情報は不要なので、それを除く 57 パラメータを用いる。

2.2 分析内容

本研究では、日常的な動作で且つ、規則性のある周期的な動作であるという点から、歩行動作について分析を行なう。特に本稿では、歩行速度を変化させる際に起こる特徴について分析する。具体的には大学生男子 20 人の各々について収録した「普通に歩く」「ゆっくり歩く」「速く歩く」の 3 データを用いる。そして、「普通に歩く」の動作データを基本の動作とし、それに「ゆっくり歩く」及び「速く歩く」を比較することで、動作を変化させた際の特徴を抽出する。

動作データは各関節の回転角度により定義されており、各データは離散的な波形データ $f(x_n)$, ($n = 0, 1, \dots, N \ominus 1$) として扱うことが可能であり、その回転角度の波形は以下の 3 種から構成されると考えられる。

姿勢 直流成分 $\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N \ominus 1} f(x_n)$

大きさ 振幅 A

速さ 振動数 f

そこで、歩行動作における上記の 3 種の構成要素の変化について分析する。特徴の表れ方は、姿勢・大きさについては各部位毎に、速さについては全部位共通に特徴抽出を行なう。

2.3 特徴の抽出 (姿勢・大きさ)

動作を変化させた際に生じる各部位の姿勢及び大きさの変化量として、変化の度合い K_{ij} を用いる。 i を各部位 (19 関節 × 3 方向)、 j を各人 ($j = 0, 1, \dots, J \ominus 1$) とし、「普通に歩く」の各パラメータの値を G_{ij} 、「ゆっくり歩く」の各パラメータの値を S_{ij} 、「速く歩く」の各パラメータの値を F_{ij} とすると変化の度合いは以下のように表される。

$$K_{ij}(\%) = \frac{(S_{ij} \text{ or } F_{ij}) \ominus G_{ij}}{G_{ij}} \times 100 \quad (1)$$

さらに、動作者の個人性によらない特徴を導くために変動係数 CV を用いる。 CV は平均 \square 、標準偏差 \square から、以下のように表される。

$$CV_i(\%) = \frac{\square_i}{\square_i} \times 100 \quad (2)$$

ただし、

$$\square_i = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J \ominus 1} K_{ij} \quad (3)$$

$$\square_i = \sqrt{\frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J \ominus 1} (K_{ij} \ominus \square_i)^2} \quad (4)$$

CV は、値の小さいもの程データの分散が小さいことを示すので、 CV の小さいものを選出する。選出には閾値を用い、絶対値が 250(%) 以下のものを特徴部位とした。

以上より一般的に同様の変化をする特徴を抽出する。そしてその部位について K_{ij} を分析し、選出された特徴部位のみを制御することが、本研究での動作制御となる。

連絡先: 長船 大毅, 早稲田大学理工学部,
 osahune@shirai.info.waseda.ac.jp

2.4 特徴の抽出 (速さ)

速さの特徴抽出式 (1) によって K_j を算出する (ただし、速さは全部位において共通であるので、 i は不要)。これにより、「普通に歩く」から「ゆっくり歩く」及び「速く歩く」へと変化した場合の周波数 f の変化量が算出可能である。

3. 分析結果

「ゆっくり歩く」の結果

表 1 のように、大きさについては尻・肩・肘・首の X 回転、腰・足首・肩・手首・首・頭の Y 回転が個人差の少ない、共通の変化を持つ部位であることが確認された。姿勢については CV の小さいパラメータが存在しなかった。したがって、以上の部位を「ゆっくり歩く」における特徴部位とする。

表 1: 20 人におけるゆっくり歩くの特徴 (大きさ)

	平均 [%]	標準偏差 [%]	変動係数 [%]
腰 Y	29.2	50.8	173.8
左尻 X	-7.1	14.6	-204.3
右尻 X	-9.4	18.4	-195.5
左足首 Y	34.5	63.5	183.9
右足首 Y	23.2	42.2	219.5
左肩 X	-16.6	22.1	-132.6
右肩 X	-14.1	25.3	-179.5
左肩 Y	-25.4	27.6	-108.6
右肩 Y	-21.5	32.6	-151.5
左肘 X	-19.4	33.2	-171.5
右肘 X	-29.5	25.7	-87.1
左手首 Y	-17.6	36.1	-205.3
右手首 Y	-14.6	27.7	-189.2
首 X	34.6	69.9	202.2
首 Y	38.2	87.5	229.0
頭 Y	64.3	149.3	232.1

「速く歩く」の結果

表 2、3 のように、姿勢については膝・胸の X 回転が、大きさについては尻・足首・肘の X 回転と肩の Y 回転が、共通の変化を持つ部位であることが確認された。したがって、以上の部位を「速く歩く」における特徴部位とする。

表 2: 20 人における速く歩くの特徴 (姿勢)

	平均 [%]	標準偏差 [%]	変動係数 [%]
左膝 X	19.4	20.2	104.1
右膝 X	16.4	21.9	133.4
上胸 X	22.2	49.7	223.5
下胸 X	22.9	50.1	218.8

表 3: 20 人における速く歩くの特徴 (大きさ)

	平均 [%]	標準偏差 [%]	変動係数 [%]
左尻 X	8.2	16.8	204.5
右尻 X	5.9	11.8	201.4
左足首 X	-8.2	17.2	-209.3
右足首 X	-13.3	13.9	-104.3
左肩 Y	14.5	34.4	238.0
右肩 Y	22.4	35.8	160.3
左肘 X	25.5	48.0	188.2
右肘 X	34.1	54.1	158.8

4. 動作制御実験

4.1 実験

ある一人の「普通に歩く」の動作データについて特徴部位に当たるパラメータのみを変化させることで、「速く歩く」と「ゆっくり歩く」の動作制御を試みる。制御方法は以下に示す。

大きさの制御 振幅 A を変化

姿勢の制御 直流成分 $\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(x_n)$ を変化

速さの制御 振動数 f を変化

4.2 実験結果

以下に、収録した歩行動作と動作制御により生成した歩行動作の連続画像を示す。この収録データはある一人の歩行動作のデータであり、開始フレームは全て右尻と左尻の X 方向の

値が最も近い、つまり一番両腿が重なって見える姿勢のフレームに設定した。連続画像は 5 フレームおきに撮影した。

上から、収録した「普通に歩く」、収録した「ゆっくり歩く」、「普通に歩く」に「ゆっくり歩く」の特徴を用い制御した「ゆっくり歩く」、収録した「速く歩く」、「普通に歩く」に「速く歩く」の特徴を用い制御した「速く歩く」、となっている。

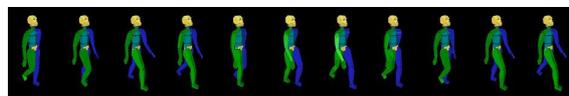


図 1: 収録した普通に歩く

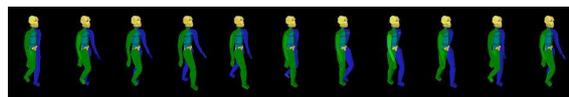


図 2: 収録したゆっくり歩く

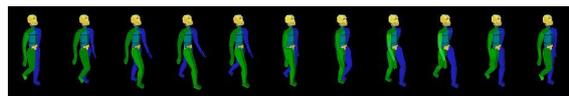


図 3: 制御したゆっくり歩く

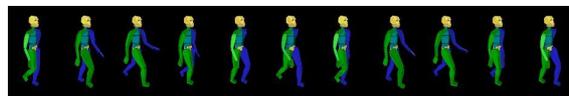


図 4: 収録した速く歩く

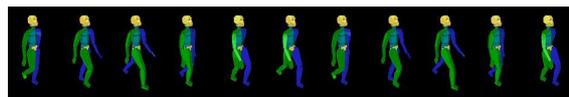


図 5: 制御した速く歩く

5. まとめと課題

本稿では、まず 20 人のデータから「普通に歩く」と「ゆっくり歩く」及び「速く歩く」の変化の度合い K_{ij} を算出した。次に変動係数 CV を用いてその K_{ij} を 20 人分比較することで、特徴部位を決定した。そしてその特徴部位での平均的な特徴の表れ方を示した。最終的に、抽出した特徴を用いて基本となる「普通に歩く」の波形を変化させ、「ゆっくり歩く」「速く歩く」の動作を制御した。しかし、2 種類の動作の違いから特徴を抽出し動作制御しただけなので、制御により得られた動作と収録した動作の類似度を示すような評価が必要となる。

本研究は平均値から抽出した一般的な特徴量のみ注目した分析である。したがって、変化の度合いの分散や最大値・最小値から特徴部位内での個人性も抽出できれば、特徴の内容の発展に繋がる。さらに、本手法は汎用性があり、走る動作やジャンプのような違う動作についての分析も可能である。そのように基本動作の幅を広げることも、本研究の発展に繋がる。

上記の様に動きを制御するための特徴量がより幅広く算出できれば、感情表出モデルに動作指示をするためのインタフェースの機能向上が可能となる。そして、その特徴を考慮したモデルを作成することにより、基本動作制御モデルから容易に動作を生成することも可能となる。

参考文献

- [1] 鷗沼宗利 竹内良三, " 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法" 電子情報通信学会, J76-D-II, No.8, pp.1822-1831
- [2] 河崎雷太 北村喜文 岸野文郎, " スポーツにおける運動の個性の抽出と異なる体型への適用" 日本バーチャリアリティ学会, Vol.7, No.2, pp.267-274