

# ファジー推論評価関数と遺伝的アルゴリズムによる、 人体の動作データの自動生成手法の提案

三淵啓自<sup>†</sup> 和田祐爾<sup>‡</sup> 越智裕之<sup>†</sup> 杉山知之<sup>†</sup>

デジタルハリウッド大学院  
メディアサイエンス研究所

Graduate School of Digital Hollywood  
Media Science Lab.<sup>†</sup>

株式会社日本 Web コンセプト  
Nihon Web Concepts Inc.<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

群衆のCG映像制作において、多量の動作データが必要になるが、モーションキャプチャー法や、キーフレーム法による、動作データの収集・作成のコストが課題となっている<sup>[1]</sup>。

本論文では、モーションキャプチャー法にて収集された人体の歩行と走行に関する動作データの主成分特性から、ファジー推論評価関数を自動生成し、遺伝的アルゴリズムを用いて多量の動作データを自動生成する手法を提案する。

これにより、多量の動作データを予め用意しなくとも、自動生成により多数のバリエーションを持ち、且つ人間が目視して違和感の無い動作を個々の個体が行う可能性を指摘する。

## 2. 主成分分析のデータ処理

歩行と走行のデータとしては、①栗山繁<sup>1</sup>氏提供のデータ（歩行 92 ファイル、走行 41 ファイル、人体特徴として身長/体重/性別/年齢情報）と②カーネギーメロン大学提供のデータ<sup>2</sup>（歩行 64 ファイル、走行 20 ファイル）を利用し、それを簡易化したスケルトンモデルに近いボーンデータに変換した。

作成されたボーンデータから Alias 社 Motion Builder®によりキャラクタライズをし（図1）、約 1600 箇所（約 1600 箇所）のボーンデータの動作一周期分 64 フレームについてのデータを作成した。

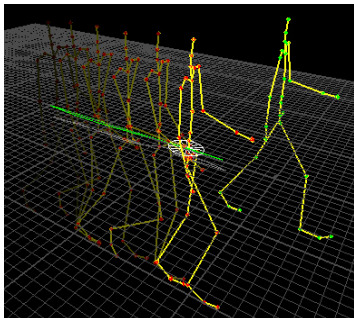


図 1

次に KL 変換（Karhunen-Loève transform）<sup>[2]</sup>を利用して主成分分析を実施し、固有値・固有ベクトルを得た。

実験では、角度データを使った主成分分析と相対座標を使った主成分分析を試み、復元がより容易である角度データの主成分分析によるデータを採用した。

## 3. ファジー推論評価関数の自動生成

データ処理で得られた分析結果に対して、実際に重み付けをした動作データでのモーションの再生実験を行っ

た（図1）。その結果、標準偏差を用いて、主成分得点を主成分方向へある程度重み付けすることで、多種多様の動作データを生成できる事がわかったが、標準偏差の3倍程度ずらすと、データのバラつきが大きくなり、自然な動作にならずに破綻した動作データが生じる事が目視確認できた。

そこで、ファジー推論のメンバーシップ関数（MF 関数）を用いて、主成分分析された主成分ベクトル空間を分割し、遺伝的アルゴリズム（GA）により合成された動作データ  $X$  の、主成分得点空間における動作データサンプルとの適合度  $\mu$  を評価する、評価関数とした。

また、時系列データである動作データを直接主成分分析しているため、特徴が分散している。このため比較的高次の主成分を取り除いてしまうと、動作データの復元が難しいことがわかっている。

そこで、ファジールールを高次元まで定義し、それぞれの固有サンプルの高次の主成分データを活用することにより、多種多様の安定した動作データを生成することを検証した。今回の実験では、1~20 次元までの主成分得点を元に動作データの合成を行った。

以上から、評価関数を構成する定義として、主成分得点次元  $i$  と動作サンプルの ID  $j$  を、

$$i = [1..n], n = 20 \tag{1}$$

$$j = [1..m] \quad m = \text{サンプル数} \tag{2}$$

とすると、サンプル  $j$  の主成分得点  $A$  は

$$A_j = \{a_{1j}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{nj}\} \tag{3}$$

また、主成分得点標準偏差  $\Sigma$  と、評価対象である生成動作データ  $X$  は

$$\Sigma = \{\sigma_1, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_n\} \tag{4}$$

$$X = \{x_1, \dots, x_i, \dots, x_n\} \tag{5}$$

で表される。また、MF 関数  $M(X)$  とルール  $R$  を、

$$M_{ij}(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{if } |x_i - a_{ij}| \geq \alpha \cdot \sigma_i \\ 1, & \text{if } x_i = a_{ij} \\ 1 - \frac{|x_i - a_{ij}|}{\alpha \cdot \sigma_i}, & \text{other} \end{cases} \tag{6}$$

<sup>1</sup> 豊橋技術科学大学 情報工学系 教授

<sup>2</sup> <http://mocap.cs.cmu.edu/>

$$R_j: \text{ If } x_1 = M_{1j}, \dots, x_i = M_{ij}, \dots, x_n = M_{nj} \text{ then } Y = j \quad (7)$$

とし、ファジー推論関数を生成する。

推論には、高速性と、合成時に主成分得点次元  $i$  が 20 を超える高次元の使用サンプル ID を選出する必要があるため、直接法 (max-min 法) を活用した。MF の幅を決定する変数  $\alpha$  に関しては暫定的に “2” とした。

評価対象データ  $X$  (生成動作データ) の適合度  $\mu_j$  を評価する。推論結果より、生成動作データとしては適合度の最大となったサンプル ID  $j$  を、活用する。

適合度

$$\mu_j = \min_i \{M_{ij}(x_i)\} \quad (8)$$

推論結果

$$Y = \max_j \{\mu_j\} \quad (9)$$

#### 4. 遺伝的アルゴリズム (GA)

サンプルデータからの動作データの生成には、高次元空間で多数の動作データを作成する手法として、遺伝的アルゴリズム (GA) を活用した。

ただし、本論文では、最適な歩行動作を生み出すのが目的ではなく、より自然でありながらも、多種多様な歩行動作を生成するのが目的であるため、評価関数の最大を求めるのではなく、高次元空間内に可能な限り分散しながらも、ある一定の空間内に納まる解を求める様に GA を利用しなくてはならない。

そこで、対象を、主成分得点  $\phi$ 、世代  $G$

$$\phi = \{x_1, \dots, x_i, \dots, x_n\} \quad (10)$$

$$G = \{\phi_1, \dots, \phi_k, \dots, \phi_N\} \quad (11)$$

とし、初期  $\phi$  は乱数により生成する事とするが、探索空間を狭めるために、

$$x_i = \text{rand}(\min\{a_{ij}\} - \alpha \cdot \sigma_i, \max\{a_{ij}\} + \alpha \cdot \sigma_i) \quad (12)$$

とする。これにより、突然変異もの起きる回数は、 $N$  に対し確立  $\rho = 0.1$  として、設定する。世代の全てのランダムに選択された固体同士で一点交叉し、次世代とした。選択 (淘汰) は、ファジー推論結果  $Y$

$$Y(\phi) \geq 0.01 \quad (13)$$

で起こされるが、評価値が、生成動作データの安定度になるため、(12) 式にある乱数も、グルーピング後に選択するなど、評価値よっての詳細な評価を行っていく必要があるが、本論文では課題とする。

#### 5. 結果

GA によって生成された動作データは、淘汰はするものの、選択により多数のバリエーションを生成する。本論文では評価関数にファジー推論を利用することで高速な生成が可能かどうかを、生成回数と生成時間を測定して検証した。(表 1)

検証環境は、CPU: Intel Pentium M 1.80GHz である。この事から、本論文で展開してきた方式により、比較的高

速な動作データ生成が可能であると推測される。

目標個体数	生成回数	生成時間 (秒)
1000	77	34 秒
10000	787	5 分 38 秒
100000	7698	55 分 10 秒

表 1

#### 6. まとめ

本論文では、ファジー推論を利用した評価関数を自動生成し、GA を利用した合成を行うことで、歩行動作に関して、限定的な元データから、膨大なデータの自動生成を短時間で実現できる可能性を検証した。

今後の課題・展望としては、下記 3 点を課題と捉えて実施する予定である。

1. 歩行動作以外に歩行と走行の中間のデータの合成や、多種の動作の合成など、適用範囲を広げての実験
2. 時系列データを直接、主成分分析したため、特徴量抽出が不完全であったので、高速フーリエ変換 (FFT) およびウェーブレット処理 (wavelet transformation) を行い、データ圧縮による、合成効率の向上の測定と、動作バリエーションの増加の検証
3. GA の構造変更により、合成動作データの偏りや、データ探索の効率を上げる試行

#### 7. 参考文献

- [1] 栗山繁 “大量のデータに基づく動作生成技術” 精密工学会誌, vol.71, no.4, pp. 419-422, 2005.
- [2] <http://home.f01.itscom.net/toge> /programingreport/program/clang/klt2.html (KL変換プログラム)
- [3] K. Mitsubuchi, S. Isaka, and Z. Y. Zhao, “A fuzzy rule generation system,” in Proc. IFSA World Congress Seoul, Korea, 1993, pp. 11-14.
- [4] K. A. De Jong, “An analysis of the behavior of class of genetic adaptiv system,” Ph.D Thesis, University of Michigan, 1975
- [5] K. Weber, “Fuzzy rules generation from data through fuzzy evaluation of fuzzy rules” Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems and Allied Technologies, 2000. Proceedings. 30 Aug.-1 Sept. 2000 Page(s):365 - 368 vol.1
- [6] H. Inoue, K. Kamei, and K. Inoue, “Rule pairing methods for crossover in GA for automatic generation of fuzzy control rules” Fuzzy Systems Proceedings, 1998. Computational Intelligence 1998, IEEE Congress on 4-9 May 1998 Page(s):1223 - 1228 vol.2