

# 基本動作制御モデル構築のための歩行動作の分析・生成

## An Analysis of Human Walk for Basic Motion Control Model

森野 岳宏\*1  
Takehiro MORINO

大隈 健史\*1  
Takeshi OKUMA

長船 大毅\*1  
Daiki OSAFUNE

村上 真\*2  
Makoto MURAKAMI

白井 克彦\*1  
Katsuhiko SHIRAI

\*1 早稲田大学理工学部  
Waseda University

\*2 東洋大学工学部  
Toyo University

In order to simplify the production of the human motion animation, it is required the model which describes human motion as a few rule set. We have analyzed human motion data obtained by motion capture system mainly in interaction with each joint motion. In the result, human walk consists of some motions hierarchically; one motion in a level is independent of another. And each independent motion can be generated from some "key joints" in our experiment.

### 1. はじめに

現在の CG 作成の現場で用いられている人物動作生成手法（モーションキャプチャ、キーフレームアニメーションなど）を個人の映像コンテンツ制作に適用する場合、コスト高やスキル不足のような問題が考えられる。そこで、これらの問題を解決する為に、従来とは異なった手法を提案する。それはコンピュータ内の俳優（デジタルアクタ）に対して、人間が言葉で指示を出し、頭の中で描いている動作を行うまで演技指導をするという手法である。これにより、人間同士のコミュニケーションに近い直感的なインターフェースを用いて、感情豊かな動作を含む映像コンテンツを制作する事が可能となる。

デジタルアクタに対して演技指導を行う為には、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・制御しなければならない。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][2]、または人間の筋肉の収縮運動を考慮したもの [3] などがある。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。人間の動作は個々の可動部位を連動させて制御される事から、本研究では、各部位の空間的及び時間的連動性を考慮し、その連動性の高い部位をまとめて動作生成・制御可能なモデルの構築を試みる。このモデルにより、動作を制御する際の操作部位を少なくする事ができ、部位の連動性をもとにリアルな動作表現が可能となる。

### 2. 基本動作制御モデル

#### 2.1 定義

基本動作制御モデルとは感情を反映させる基本動作を定義し、その動作を制御可能にしたモデルである。基本動作制御モデルは、動作における関節の連動性のルールセットからなる。全ての動作というのは、個々の関節を連動させて制御されるものであり、その連動性のルールセットによって動作の定義、制御が可能となる。また、人物動作は人それぞれの個性が反映されるが、モーションキャプチャによって収録した多人数の動作データを用いて動作をモデル化すれば、動作者の個性を吸収した動作を生成する事が可能となる。

#### 2.2 モデル構築法

本研究では、基本動作の中でも歩行動作に特化した動作制御モデルの構築を試みる。

まず、歩行動作の際に、他の関節と連動性が高いと推測される関節をキー関節として定義する。動作データで定義されている人体モデルにおいて、身体関節は全部で 19 個あり、その中から 4 つの関節をキー関節として設定した。

次に、説明変数にキー関節の動作データ（関節の 3 軸方向回転角度の時系列データ）を前後に数フレームシフトしたデータを複数用い、目的変数にはキー関節以外の関節の動作データを使用して、前者のデータから後者のデータを生成する関数群を重回帰分析によって導出する。説明変数にシフトデータを用いたのは、キー関節とそれ以外の関節の動作データの遅延を考慮するためである。この関数群を動作生成関数群と定義し、関節間の連動性のルールセットとする。

この動作生成関数群によって、キー関節の新たな動作データを与えれば、他の関節の新たな動作データを生成する事ができ、動作全体を生成する事が可能となる。設定したキー関節と、その関節から他の関節の動作生成の様子は図 1 に示す。

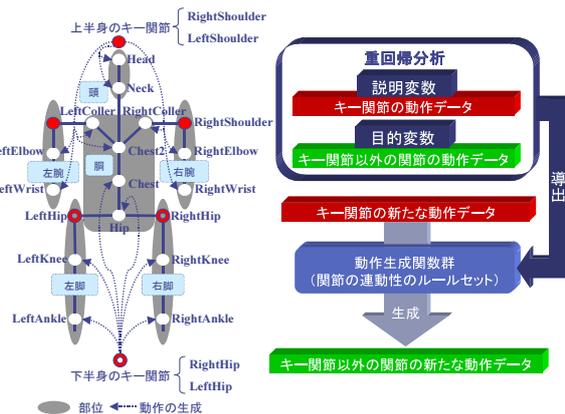


図 1: モデル構築法概念図

### 3. モデル評価実験

#### 3.1 実験手法

ジャックナイフ法 [4] を用いて、構築したモデルの評価実験を行う。31 人の動作データから 1 人を除いた 30 人分のデー

連絡先: 森野岳宏, 早稲田大学理工学部, 東京都新宿区大久保 3-4-1, 電話番号 03-3200-1399, Fax 番号 03-3200-1399, e-mail: takehiro-morino@suou.waseda.jp

タセットでモデルを構築し、除いた1人のデータのキー関節の動作データをこのモデルに適用して動作を生成する。そして、除くデータを替えながら、この作業を5回繰り返し5つの動作データを生成する。評価の指標としては、生成した動作データと元動作データとの相関係数を用いる。この相関係数を5つの生成された動作データについて、各関節の3軸方向毎に平均値を算出した。また、この際にキー関節の動作データのシフトフレーム数を前後18・9・0フレームの3種類を試す。

### 3.2 結果例

表1に、実験結果の1つである左脚部位における相関係数表を示す。表1の関節動作名の項目において、関節名\_3軸方向とあるが、これはその関節の3軸方向の回転動作を意味している。

表 1: 相関係数表 - 左脚部位

合計シフトフレーム数	動作名 (関節_3軸方向)	3軸方向毎の平均	3軸方向毎の標準偏差
前後 18rag	LeftKnee_z	0.7437	0.1931
	LeftKnee_x	0.9578	0.0194
	LeftKnee_y	0.6868	0.1717
	LeftAnkle_z	0.7089	0.1045
	LeftAnkle_x	0.8327	0.0217
	LeftAnkle_y	0.2405	0.4803
前後 9rag	LeftKnee_z	0.7302	0.1381
	LeftKnee_x	0.9614	0.0180
	LeftKnee_y	0.6352	0.2973
	LeftAnkle_z	0.6947	0.1252
	LeftAnkle_x	0.8609	0.0469
	LeftAnkle_y	0.2658	0.4632
0rag	LeftKnee_z	0.4807	0.3003
	LeftKnee_x	0.8146	0.1364
	LeftKnee_y	0.6150	0.2632
	LeftAnkle_z	0.4713	0.3610
	LeftAnkle_x	0.7784	0.0903
	LeftAnkle_y	0.1071	0.2441

### 3.3 評価実験に対する考察

シフトフレーム数を前後9フレームにすれば、動作の再現性が高くなる事が確認された。ここから、キー関節の動きと他の関節の動きが前後9フレームの範囲内で相関性を持っていると推測される。

また、キー関節の動きから他の全ての関節の動きが生成されていない事も確認された。動作の再現性の高い関節動作は、キー関節との連動性が高く、動作の再現性の低い関節動作は、キー関節との連動性が低いと推測される。ここで、平均相関係数が0.5以上の関節動作を(キー関節に対する)従属関節動作とし、平均相関係数が0.5以下の関節動作を(同)独立関節動作とする。すると、全関節動作(19関節×3軸方向=57動作)からキー関節動作(4関節×3軸方向=12動作)を除いた45の関節動作の内、従属関節動作は22動作、独立関節動作は23動作あった。これら独立関節動作は、設定したキー関節で構築したモデルにおいては、動作の生成が困難である。従って、独立関節動作において、新たにモデルを構築する必要がある。

## 4. モデル改良

### 4.1 独立関節動作のモデル構築

まず、独立関節動作において、連動性があると推測される関節動作を胸部位、頭部位、左腕部位、右腕部位、と4つのグループに分け、そのグループ内でそれぞれキー関節動作を設定する。次に、そのキー関節動作からそのグループ内のキー関節動作以外の関節動作を生成する動作生成関数群を重回帰分析によって導出する。設定したキー関節動作と、その動作から生成する関節動作の対応を図2に示す。

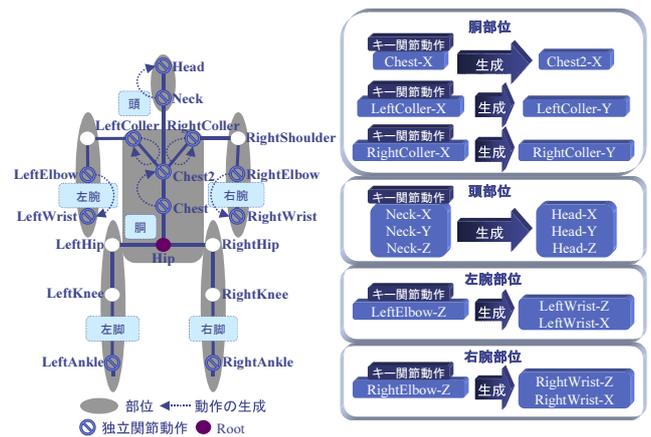


図 2: 独立関節動作のモデル構築法概念図

### 4.2 再度モデル評価実験及び考察

独立関節動作において構築したモデルの評価実験を再度行う。実験手法は3.1節の手法と同様である。表2に実験結果を示す。

表 2: 相関係数表 - 独立関節動作

部位名	動作名 (関節_3軸方向)	平均 (モデル改良後)	標準偏差 (モデル改良後)
左腕部位	LeftWrist_z	0.2749	0.5044
	LeftWrist_x	0.4325	0.2285
右腕部位	RightWrist_z	0.0972	0.6321
	RightWrist_x	0.1668	0.4412
胸部位	Chest2_x	0.9991	0.0004
	LeftCollar_y	0.8212	0.2059
	RightCollar_y	0.9070	0.0937
頭部位	Head_z	0.4595	0.3610
	Head_x	0.1631	0.5616
	Head_y	0.9106	0.0644

3.3節と同様に、相関係数の閾値を0.5として、関節動作を(キー関節動作に対する)従属関節動作、独立関節動作に分類すると、3.3節も含め、関節動作を2段階で分類した事になる。2段階目での分類で独立関節動作となった関節動作は、その関節動作のみでモデルを構築する事は動作数からも困難であり、動作生成の際には独自にパラメータを与える事にする。よって、全関節動作(57動作)を、1段階目で設定したキー関節動作(4関節×3軸方向=12動作)、2段階目で設定したキー関節動作(8動作)及び最終的に独立関節動作となった関節動作(11動作)の合計31の関節動作で生成する事になる(図3参照)。

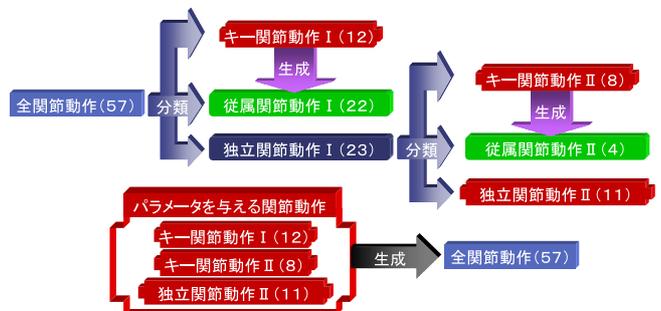


図 3: 関節動作の分類図

最終的に独立関節動作となった関節動作というのは、主にHead, Ankle、及びWristなどの身体の末端に位置する関節に

見られる。ここから、歩行動作においては、身体の末端に位置する関節はそれ以外の関節とは独立して動いている事が分かる。一方、身体の末端に位置する関節以外の関節は互いに連動して動いている事が分かる。

## 5. まとめと今後の予定

2段階にわたる重回帰分析によるモデル構築により、31の関節動作で全関節動作(57動作)を生成可能なモデルを構築した。この事から、歩行動作は幾つかのレベルの独立な動作として構成されており、それぞれの動作は幾つかのキー関節動作から生成可能である事が確認された。

今後は、動作を生成可能なだけでなく制御可能なモデルの構築が必要である。さらに、構築したモデルを実際にデジタルアクタに実装し、その利便性、有効性を確かめなければならない。また、基本動作制御モデルの構築の為に、歩行動作以外の動作についても、同様にモデルを構築する必要がある。

## 参考文献

- [1] 鷓沼宗利, 武内良三, "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方法," 電子情報通信学会論文誌,D-II, Vol.J76-D-II, No.8, pp.1822-1831
- [2] 稲田和彦, 佐藤潤一, 中川雅通, 浜田正弘, 前原文雄, "関数近似と逆運動学を用いた人物動作の生成方法," 画像電子学会研究予稿, 94-01-02
- [3] 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
- [4] 浅香緑, 女部田武史, 井上直, 岡澤俊士, 後藤滋樹, "不正侵入の痕跡と判別分析によるリモートアタックの検出法," 電子情報通信学会論文誌,B, Vol.J85-B, No1, pp60-74