

人体データベースにおける運動メディエータの設計

今井 さやか 富井尚志 有澤 博

横浜国立大学 工学部 電子情報工学科

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

E-mail: {sayaka,tommy,arisawa}@arislab.dnj.ynu.ac.jp

データベースにおける人体動作情報のモデル化手法として、運動メディエータを導入し、データベースに個別の形、構造、動作などを蓄積・検索できるようにした。人間の運動をデータベースに蓄積する際には、人体動作の各時点の姿勢を時系列データとしてデータベースに蓄積していたが、それでは動作の内容に関する検索はできない。そのような問題を解決するために運動 mediator を導入し、少ないデータ量で、人間の動作の特徴的な部分を記述し原データから得られた姿勢時系列データとの関連づけを行った上でデータベースに蓄積する手法を提案した。さらに動作 mediator がどれだけ実際の動作と一致しているかの評価を行った。

Design of Motion Mediator for Human Database

Sayaka IMAI Takashi TOMII Hiroshi ARISAWA

Division of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering

Yokohama National University

79-5, Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama-shi, Japan

E-mail: {sayaka,tommy,arisawa}@arislab.dnj.ynu.ac.jp

This paper proposes a modeling methodology of human motions for databases. In order to describe human motions with small amount of data, we introduced "mediator" which can represent typical postures in a specific motion. By using Motion Mediator, to storing, retrieving and replaying the originla motions are possible. And we evaluate mediator by comparing mediator wiht posture sequence.

1 はじめに

マルチメディアデータベースの究極的な姿として、3次元的な時空間で行われている「事象」をそのままデータベースに記憶し、かつさまざまな視点から検索できるシステムが考えられる。また実世界の事象すなわち、さまざまな物体についての形状やふるまいを「あるがまま」「見たまま」取り込み、蓄積し、さまざまな検索に応えることのできるデータベースとしてリアルワールドデータベースが提案されている [1]。ここでいう「事象」を、構成する情報は

1. 事象が起きている「場」の情報(地面, 作業台などの固定したオブジェクト情報だけでな

く, そこに存在する物体の形状・構造・動作など)

2. 事象の中心となるオブジェクト(人間・ロボットなど)の意味・形状・属性情報
3. 一連の動作によって意味づけられる「ふるまい」

などがあげられる。一般に形状や動作に限らずデータベースにおける比較・評価や検索の対象とするためには、一連のインスタンス間で、比較や集約演算を可能とする規格化(モデル化)が行われていなければならない。ところで3次元空間内を動くオブジェクトについてのデータベース蓄積を対象とした表現手法(スキーマ化)は今まで行われておら

ず、したがって人間の動作に関する検索システムも、個別アプリケーションを除いて、存在しなかった。このことを解決するため、mediatorの存在が重要となる。実世界データベースにおけるmediatorの役割は、少ないデータ量で、データベースにおける実データの特徴とそのデータのある部分が示す意味情報との関連を記述するものであるといえる。我々は以前の研究でオブジェクトの形状についてのmediatorとして、データベースにおける形状記述を基本モデル-個別モデル-実データ(スキャンされたデータ)の3レベルに分け、近似・簡略化されたポリゴンモデルの姿勢を仮想空間にマップすることでシーンデータベースの作成を試みた[2]。

しかし、我々が考える空間内では対象となるオブジェクトは常にある「ふるまい」をしていると考えられている。ここで一歩進めて考えると、すなわちそのオブジェクトの「ふるまい」をキーとした検索を行う必要がある。従来の研究では、人間のプリミティブな動作の記述は、画像解析などから得られる物体の位置の時系列情報や、人体の各部位の相関関係(例えば関節角度)の時系列情報として記述されるようになってきた[3]。このような数値の時系列で動作を記述していたのでは、動作の内容を把握することができない。そこで我々は前述の形状についてのmediatorの概念を発展させ、動作のmediatorすなわち、動作の特徴を残しつつ少ないデータ量で空間内の構造を持ったオブジェクト-人間の振舞いを記述でき、蓄積・動作内容による検索を可能とするmediatorを考案し、その妥当性を検証した。

以下、2章では従来の形状のmediatorについて簡潔に述べ、一般的なmediatorについて述べる。また、3章では運動の定義とメディアエータの設計、4章運動mediatorの評価を行う。

2 人体動作データベースとmediatorの役割

2.1 人体動作データベース

我々はリアルワールドデータベースの一つの応用例として、作業データベースを提案している[1]。作業データベースでは、工場作業員である人間を対象とし、人間の構造や各部の動き、作業内容のモデル化を行い、蓄積を行っている。しかし、提案したモデル化の手法では、作業の「動作」「ふるまい」に関する検索は厳密には行うことができない。そこ

で我々は、作業データベースに代表されるような動作をも含めた人間に関する情報を蓄積したデータベースを人体動作データベースと呼び、人間の「～の部分がある動きをしている動作」などといった検索を可能とするために、以下に述べるような動作mediatorを導入し人間の「ふるまい」に関するモデル化を行った。

2.2 データベースにおけるmediatorの役割

実世界データベースにおけるmediatorの役割は、少ないデータ量で、データベースにおける実データの特徴とそのデータのある部分が示す意味情報との関連を記述するものであるといえる。我々が以前提案した形状mediatorは、データベースにおいて実際に取り込まれた形状データ(ex.頭の形状)と、物体の中の特徴(ex.頭の中の目の位置、鼻の位置など)を示す基本モデルとの関連づけを行うことで、取り込まれたデータの「意味」と実際に人間が定義した「意味」とのつながりを記述するものである。

したがって一般的に述べると、mediatorとは、個別オブジェクトの特徴を記述すると同時に、データベースに取り込んだ実データの意味を明示し、どの部分が何を示すデータなのか、何を意味するデータなのかを明らかにする役割を持つ。取り込んだデータのすべてを使った解析ができれば非常に詳細な内容・意味記述となり得るが、それは現実的に不可能に近く、実用的でない。そこで、データの量が少なく、実データの内容や意味を示す基本となるモデルを作成しておき、そのモデルと実データがどのように関連しているのかを記述するものがあれば、膨大な実データの内容や意味情報を少ないデータ量で管理・検索することができると考えられる。我々はこの両者間を関連づけるものとして、mediatorを提案した。以下、動作の内容を意味づける動作mediatorについて、その定義と作成方法を述べる。

2.3 形状mediatorの役割

まず、すでに提案した形状mediatorについてその概念について述べる。人体頭部の形状メディアエータの例を図1に示す。この個別モデル形状—mediatorを導入することで、個別モデル形状が定義されている人体のある部分、すなわち目や鼻の位置などをキーとした検索や物体間の位置関係をキーとした検索が可能となり、かつ、少ないデータ量で形状を

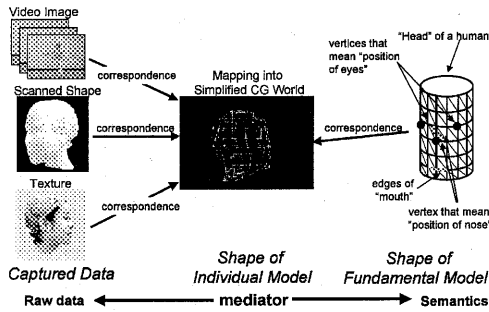


図 1: 基本モデル-個別モデル-実データの対応

ある程度反映させることができる。そこではまず、シーン内に存在する物体の基本モデル形状を作成し(顔の正面はどちらであるか、目・鼻・口の位置はどこであるかなどの意味情報がすでにわかっているモデル)、そのモデルを実データへフィッティングして得られる近似形状を個別モデル形状としている。その個別モデル形状を、データベースに蓄積することで、物体の精密な形状・物体内の意味を持った部位をそれぞれ関連を付与した状態で蓄積することができ、物体の位置や、物体間の位置関係などを用いたあらゆる検索に応えることができる。

3 運動の定義とメディアータの設計

3.1 モデリング手法

人間の動作の記述方法として、人体の最小単位である部品が時間の経過にともない、どのような位置にあり、部品同士がどのような位置関係にあるかを記述することで動作を表現することがよく行われている。さらに一歩進んで、被写体の人間の動作の特徴を「ふるまい」としてとらえ、その動作の解析も行われている。例えば、人間の「ふるまい」の一つである「歩行」を取り上げ、そのモデル化を行った例として、文献[4]があげられる。ここでは、歩行を撮影した映像から被写体のシルエットをとりだし、そのシルエットの重心の動きの特徴から個人を特定するというを行っている。しかし、ここでは本来ならば3次元的な動作を2次元的な動作に置き換えて解析しており、また動作を「歩行」に限定しているため、他の動作をしている場合には全

く利用できない。そのようなモデル化だけでは動作の内容をキーとして[～をしている動作]であるとか、「～の人体部位が～という動きをした動作」などといった人間の動作の検索を行うことは不可能である。

また、3次元空間内の物体形状のモデリングと同様に空間内の物体もしくは人間の「ふるまい」をモデリングするためには、まず「ふるまい」をどういふ視点からとらえるかということが重要である。本研究では人間の動作を、例えば「歩行」動作中の一歩というように、単位動作列に分解し、かつ各単位動作列においてその中の特徴的な姿勢をとりだし、その特徴姿勢の集合を動作の「意味」とであるととらえる。逆にある「意味」を持つ単位動作は必ずある特徴姿勢列をある順番で含むと考えられる。このように動作の意味情報をとらえた上で、実際にデータベースに取り込まれたある個人による動作の姿勢時系列データと対応させ、この個人に対する個別の動作モデルを作成することで、人間がどのような動作を行っているのかを明らかにすることができる。また、作成した動作モデルは姿勢時系列データのデータ量と比較して少ない情報で表すことができるが、単位動作の特徴を記述するのに十分な情報を含んでいるので、この動作モデルの他の時点における姿勢については時間的な補間をインバースキネマティクスなどの技術を用いて行えば、被写体の人間の動作の特徴を残しつつ、元の姿勢列データとほぼ同じ姿勢列を得ることができる。

このような議論を元に、以下に述べるように空間内でなにか動作する人体のふるまいに対して、3レベルのモデル化を行い、新しく基本動作モデルと個別動作モデルを導入し、人間の動作のモデル化を行った。

1. 姿勢時系列データ (Posture Sequence)・・・精密かつ等時間間隔なデータ (ex. 1/60sec 間隔など)。各個人が実際に動作したものを非常に精密に取り込んだデータ。リアルワールドデータベースのデータ取り込みなどで述べられているように、例えばすべてのステレオ映像に対して画像解析を行った結果得られる人体の各部位の位置情報などの時系列データ。非常に低レベルなデータということができる。当然、意味などは含まれていない。図2に姿勢時系列データの例を示す。図には動作中の各時点における人体各部位の相対関係を数値として示している。

2. 基本動作モデル…人間の単位動作 (ex. 歩行の一步など) 特徴的な動作を人体データの特定の姿勢の系列 (順番) で示したものを、例えば、「歩行」を例にとると、歩行の動作の基本動作として「一步」が繰り返されるものと考えられる。その基本動作の内容は以下のように表現すればよい。

OneStepinWalking:

I:初期動作—両足が地面に接している状態

II:主動作

II-1:両足が体軸に関して対称

II-2:左足に体の重心, 右足が地面からはなれる

II-3:右足が体の正面, 体の重心は両足の間

II-4:右足が地面に接し, 重心がのる

II-5:(は次のII-1)

III:終了動作—次の動作へ移る前の姿勢

といったように、動作の特徴を示す特徴姿勢系列とする。ここでIとIIIにおける姿勢動作は動作の始まり・終り、もしくは、連続した動作のある区間の切替え動作に当たり、厳密に言えば動作の境界について議論すべきであるが、本稿では動作の区間はすでにわかっているものとして、動作の境界については述べないこととする。

3. 運動 mediator…元データの非常に大量なデータの中から、ある個人によって行われた基本モデルに該当する姿勢とその時点の各部の位置 (Posture) かつ時刻を付加した (粗くて不均一な時間間隔の) 姿勢時系列データ。原データよりはるかにデータ量は少なく、動作の特徴は十分示されている。

3.2 動作情報を用いた運動 mediator の作成

運動 mediator を作成するためには、まず基本動作モデルがなければならぬ。本節では前節で述べたのと同様に「歩行」の動作を取り上げ、基本動作モデル-運動 mediator-姿勢時系列データの作成方法について述べる。「歩行」動作の解析については、特にバイオメカニズムや、グラフィック・シミュレータの人間モックアップなどではさまざまな解析が行われている。文献 [6, 7, 8] に、示されている研究では、特に人間の動作の中の「歩行」に焦点をあて、解析を行っている。それぞれロボットの動き

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.1	0	0	0	2100	0	0	0	0	0	0	0
0.2	0	0	0	2100	0	0	0	0	0	0	0
0.3	0	0	0	2100	0	0	0	0	0	0	0
0.4	0	0	0	2100	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	2100	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	2100	0	0	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	2100	0	0	0	0	0	0	5.8
0.8	0	0	0	2150	0	0	0	-0.75	0	0	16.23
0.9	0	0	0	2100	0	0	0	-1.01	0	0	27.98
1	0	0	0	2100	0	0	0	0	0	0	39.73
1.1	0	0	0	2150	0	0	0	-1.28	0	0	49.15
1.2	0	0	0	2100	0	0	0	-1.54	0	0	59.19
1.3	0	0	0	2100	0	0	0	-1.8	0	0	68.54
1.4	0	0	0	2100	0	0	0	-2.07	0	0	77.29
1.5	0	0	0	2100	0	0	0	-2.34	0	0	85.54
1.6	0	0	0	2150	0	0	0	-2.61	0	0	93.29
1.7	0	0	0	2100	0	0	0	-2.88	0	0	100.54
1.8	0	0	0	2100	0	0	0	-3.15	0	0	107.29
1.9	0	0	0	2150	0	0	0	-3.42	0	0	113.54
2	0	0	0	2100	0	0	0	-3.69	0	0	119.29
2.1	0	0	0	2100	0	0	0	-3.96	0	0	124.54
2.2	0	0	0	2100	0	0	0	-4.23	0	0	129.29
2.3	0	0	0	2150	0	0	0	-4.5	0	0	133.54
2.4	0	0	0	2100	0	0	0	-4.77	0	0	137.29
2.5	0	0	0	2100	0	0	0	-5.04	0	0	140.54
2.6	0	0	0	2100	0	0	0	-5.31	0	0	143.29
2.7	0	0	0	2150	0	0	0	-5.58	0	0	145.54
2.8	0	0	0	2100	0	0	0	-5.85	0	0	147.29
2.9	0	0	0	2100	0	0	0	-6.12	0	0	148.54
3	0	0	0	2100	0	0	0	-6.39	0	0	149.29

図 2: 姿勢時系列データの例

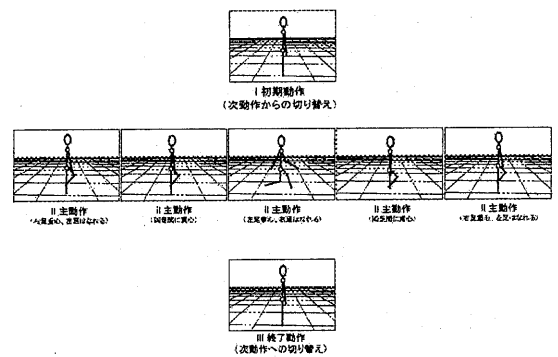


図 3: 基本動作モデル (歩行) の例

であったり、筋電図など医学的にしか意味を持たない解析方法ではあるが、一応の解を提示してあることから、本研究でも「歩行」動作を取り上げることとした。

図3に「歩行」に対する基本動作モデルの例を示す。図3では「歩行」動作からその動作を表すのに特徴を示していると思われる姿勢を取り上げ、その姿勢を図示したものである。

3.1 に示した基本動作モデルを元に、次に、被験者 1 の姿勢時系列データから、基本モデルのそれぞれの姿勢に一番近い姿勢をした時点の姿勢データを抜き出したデータをその被験者 1 に対する運動メデュータとする。また、図 4 に動作情報の部分のデータベーススキーマとそのインスタンス図を示す。

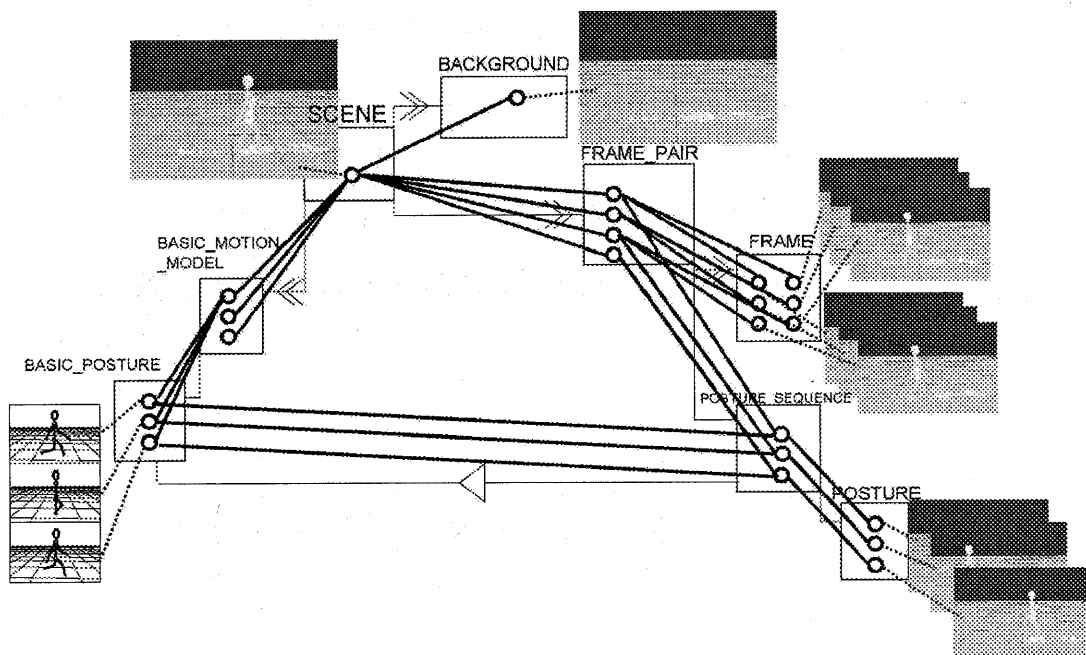


図 4: 動作情報のデータベーススキーマインスタンス

4 個別動作モデルの評価

個別動作モデルでは、「歩行」動作のある時点の特徴的な姿勢を取り出した。動作を取り出す元データとしては本研究ではステレオ映像を利用し、各部品的位置を検出する独自のアルゴリズムを開発している [5]。ここでは映像フレームコマごと、すなわち少なくとも 1/60 秒おきに人間の動作(その時点の人間の姿勢)を解析し、結果得られた非常に精密な姿勢データを用いた。

さらに、基本モデル動作は 3.1 で述べたようなモデルを用い、これを元に原データの姿勢時系列データから、基本モデルにもっとも近い姿勢をそれぞれ抜きだし、姿勢と時刻印の組の列とし、それを運動 mediator とした。前出の基本動作モデル (OneStepinWalking) は画像処理で容易に抽出できる特徴を持っているので、半自動的に検出できる。

図 5 に基本動作モデル-運動 mediator-姿勢時系列を対応させた図を示す。

また、運動 mediator の評価の方法としては、上記の方法で抜きだした運動時系列データ (運動 mediator) をグラフィックシミュレーションソフトの人間モックアップモデルにマッピングし、姿勢の間を

Inverse Kinematics を用いて補間した、姿勢時系列データを作成し、それをアニメーションとして表示した。そのアニメーションの各時点のフレーム映像と、姿勢時系列データの原映像を比較して、重ね合わせによってほぼ姿勢が一致していることが確認された。これにより、運動 mediator は被験者の運動の特徴をとらえていることが確認された。

5 まとめ

本稿では、形状 mediator を一歩進めた概念として、運動 mediator を提案し、運動のモデル化、データベースにおける運動の内容の蓄積・検索をできるようにした。運動 mediator は基本運動モデルを元に、原データよりは少ないデータ量で運動の特徴を記述することができ、しかも運動の特徴を明確に表現している。なおかつ Inverse Kinematics などの手法を用いて運動 mediator の姿勢列間を補間して得たアニメーションのフレーム列と元映像を重ね合わせることで、運動 mediator が運動の特徴を十分含んでいることを確認した。今後の展望としては、運動 mediator を利用した検索や、それぞれ

ステレオ映像列から得られたPosture Sequence

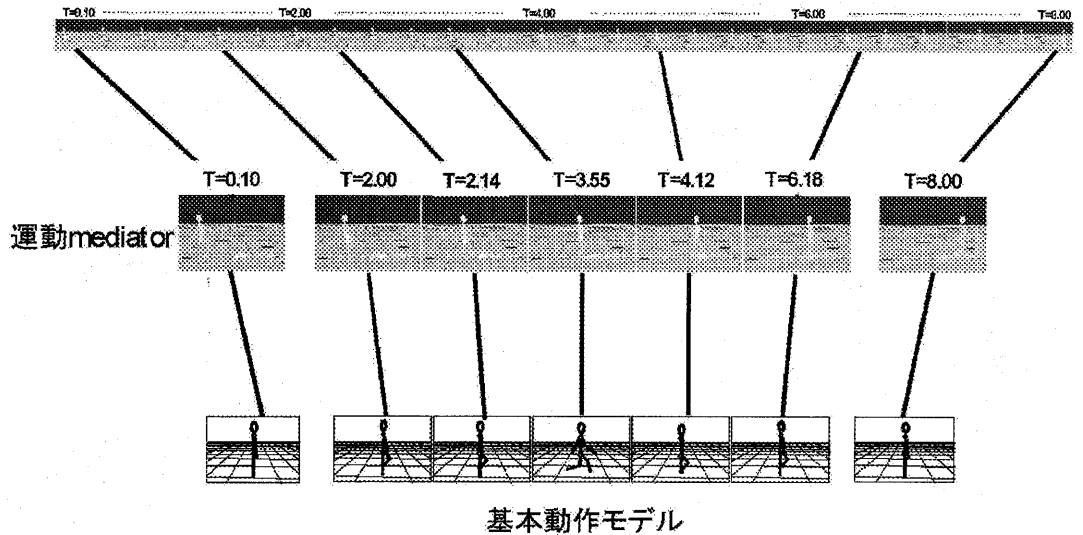


図 5: 各モデルの対応

のモデルを作成する要素技術の議論などがあげられる。

参考文献

- [1] 有澤博: “リアルワールドデータベースとその実現技術,” bit, 共立出版, 1996.9.10.11, Vol.28.29.30, Vo.9.10.11
- [2] 富井尚志, 小林みな子, 有澤博: “仮想CG空間へのマッピングによる現実シーンデータベースの設計”, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol.J80-D-I, No.1, pp.1581-1589, 1999年1月
- [3] T.Tomii, K.Salev, S.Imai and H.Arisawa: “Human Modelling and Design of Spatio-Temporal Queries on 3D Video Database”, Proc. of IFIP 2.6 Working Conference VISUAL DATABASE SYSTEMS-4, May, 1998.
- [4] 村瀬 洋: “シルエットを用いた歩行動画像からの個人識別”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J75-D-II, No.6, pp.1096-1098, 1992年6月
- [5] 岡本陽介, 富井尚志, 有澤博: “リアルワールドデータベース概念に基づく複雑な形状をもつ物の動きの解析・モデル化”, 第10回データ工学ワークショップ予稿集, 1A-2, 1999.3
- [6] 筒口 拳, 末永康仁, 渡部保日児, 下原勝憲: “3次元シーン内の人物像歩行動作生成システム”, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.4, pp.787-796, 1997年4月
- [7] 鶴沼宗利, 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, 1993年8月
- [8] 鈴木良平: “足のバイオメカニクスと歩行解析”, 日整会誌 (J.Jpn. Orthop. Assoc.) 61, pp.75-86, 1987