

バリアフリー環境における市民の動作の可視化

張替 美穂、加藤 光、大越 孝道、上田 穰

会津大学

山本裕二 工藤 和俊

名古屋大学 東京大学

この研究では、市民にとって住みやすい都市環境を構築するために、市民の動作を測定、分析し可視化する。人体動作に関しては、これまでにスポーツの動作解析など、限られた動作を対象とする研究が数多く発表されてきた。我々は、その様なスポーツの動作も日常的動作もまとめて捉え、人体動作のデータベースを作成した。あらゆる動作をカバーするため、日本語を約 22 万語を収録した辞書から、動作に関する単語を抽出し分類した。その中から基本的な動作を選び、実際に人間の動作を測定して可視化し、動画ライブラリとした。

Visualization of Common People's Behavior in The Barrier Free Environment

Miho Harikae, Koh Katoh, Takamichi Ohkoshi, Minoru Ueda

The University of Aizu

Yuji Yamamoto Kazutoshi Kudo

Nagoya University University of Tokyo

In this research, in order to do the town construction which is easy to live for citizen, we measure and analyze human actions and have changed it visibility. It will not be limited to any specific field such as sports or recreational activities and will even include common activities of normal people in daily life. We will first try to construct a text based database of human movement. We measure actions of human, and have changed it visibility. Then we changed the textbase database to animation database.

1 はじめに

現在の都市構造というものは、日常生活になら問題の無い健康な人達を前提とした造りになっている。歩道の段差、長い階段、狭い通路などは当然のように存在する。また、これらは建物内でも言える。しかし、障害者や身体機能が低下している人達にとっては、移動の際の大きな障壁となっており、事故につながる恐れがある。またこれは、健康な人達にとっても起こりうる可能性がある。今後は、市民にとって障壁となるものを排除した環境を整備していく必要がある。

最近では、高齢者や障害者が利用しやすいバリアフリー環境が注目されている。バリアフリーとは、障害のある人が社会生活をしていく上で障壁となるものを除去するという意味で、1974年に、国連障害者生活環境専門会議で報告された。[1] 現在では、国内外を問わず、バリアフリー社会の実現に向け、様々な施策が行なわれている。

今までそこで暮らす人達への配慮を欠いた環境が、整備され続けた理由としては、あらゆるタイプの人達を被験者としたシミュレーションが、あまり行なわれていなかったことが考えられる。そこで我々は、日常生活における人々の動作とは、実際どのようなものなのかということに注目し、運動学の観点から見てみることにした。

2 人体動作のデータベース

我々はまず始めに、あらゆる人体動作をカバーした、テキストベースのデータベースを作成した。これまで、人体動作に関しての様々な研究が発表されてきたが、それらは例えば、剣道や柔道の型だったりゴルフのフォームだったり、ある種のスポーツでの限られた動作が対象であった。我々は、それらスポーツの動作に限らず日常的動作も含めて、データベースを作成した。人間の動作を調査するにあたり、日本語辞書から人間の動作に関係のある単語を選出し、その後実際の動作データを測定装置を使って得た。

2.1 “動作”に関連する単語の抽出

一つに動作といっても数多くあり、思い浮かんだ単語を列挙してみたところで、人間の動作に関する単語を全てカバーすることはできない。そこで我々は、現代語から古語にいたるまで約22万語を収載した辞書(広辞苑)[2]から、動作に関する単語を選出することにした。始めに、広辞苑の500ページ分から、動作の意味合いを少しでも含む単語と、人体に関連する単語を抽出し、以下のような11のグループに分類した。そのグループに基づき、広辞苑の残りのページについても単語の抽出を行なった。その結果、約2万の単語が選び出された。

1. 解剖学的名前 (e.g. 心臓、足、気管)
2. 分泌物 (e.g. 汗、尿)
3. 先天的な体質、気質 (e.g. 気楽)
4. 癖 (e.g. 早起き)
5. 症状、状態 (e.g. 熱っぽい、骨折)
6. 感情 (e.g. 嬉しい、悲しい)
7. 動作を伴う感情 (e.g. 泣く、笑う) 6番と7番は、外面的可視化のために区別されなければならない。
8. 動作 (e.g. 歩く、走る、投げる)
9. 技の名、動作の集合 (e.g. サッカー、剣道)
10. 動作に伴う擬声語、擬音語 (e.g. ギャツと叫ぶ)
11. 体に装着する物 (e.g. メガネ、靴)

この11グループの中から、“動作”そのものを意味するグループ8に重点を置き、他のグループについては、グループ8を補足するものとして扱う。

グループ8は、約9000の単語が含まれている。これらを一通り見てみると、一つ一つ独立しているわけではなく、お互いに関連していることがわかる。ある基本的な動作があって、それに、副詞や形容詞などの品詞がついて、ほかの単語が出来ている。そこでグループ8を、それ以上分割出来ない、且つ他の単語の基本となる単語と、そうでないもの(例えば、「歩み寄る」は、「歩く」と「寄る」に分割できるが、各々はそれ以上分割出来ない。)とに、更に分類した結果、約200の単語が基本動作として選び出された。全体として、それらを階層構造とした。

図1は「歩く」を例にしている。トップレベルにおいて最も基本的な単語「歩く」から出発して、関連する「よろよろ歩く」などのような単語は、次の低いレベルにリストされる。

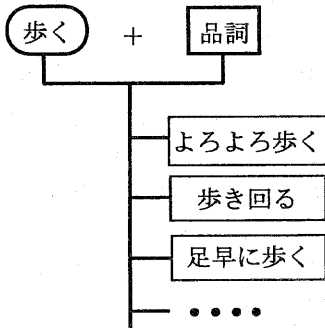


図1: 「歩く」から派生する単語群

2.2 データベースの構築

前節をふまえて、人体動作のデータベースをテキストベースで作成した。図2はデータメンバー間の関係を表している。今回我々は人間の体を、頭、胴、腕、腰、足の5つの要素に分類し、そのデータを各動作に持たせた。図2で表すように、階層構造の第1層に最も基本的な単語を、第2層に関連する単語群を、第3層に人体要素を置いた。

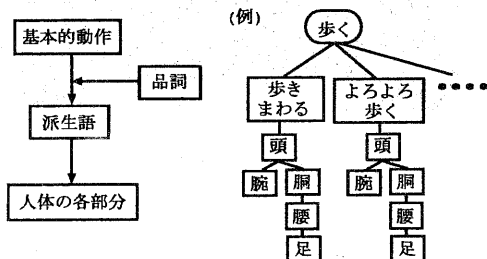


図2: データメンバーの関係

このテキストベースのデータベースを可視化するために、ロボットのような3D-Widgetを作成した。Windowから単語(例えば、「the head」)を入

力すると、3D-Widgetで形成されたロボットの頭の部分が点滅する。また、ロボットの各部分をクリックすると、その部分に関連のある単語やフレーズがSubwindowに表示され、前述の階層構造を辿り下ることができる。さらにズーム機能を使用することにより、人体の内部機関(血静脈など)を表示することができる。3D-Widgetで形成された人体モデルの利点は、我々が望むいかなる部分も選択、拡大、回転などができることである。これを利用すれば、最も容易にグループ1(解剖学的な名前)を付加することができる。グループ8、グループ9、グループ10に属する単語群も同様に扱える。問題点として、いかにグループ3(先天的な体質、気質)とグループ4(癖)の単語群を明示するかが挙げられる。なぜなら、これらは人体の特定の一部分に関連しているというよりはむしろ、全体の特徴として関連づけられるからである。

2.3 データ入力方法

3D-Widgetは、人体の静的情報の可視化にとっては良いアプローチであるが、我々は、人体動作のためにアニメーションデータベースを作成しなければならない。(例えば、3D-Widgetの足がクリックされたら、「歩く」、「走る」などの動画が表示される。)

人体動作が自然に見えるアニメーションを作成することは、他のアニメーションを作成するのに比べて非常に難しい。なぜなら、我々は日常生活において、人間の行動を数多く見ているので、いかなる不自然な動作も即座にかつ容易に、見つけることができるからである。

人体動作のアニメーション化の方法は、動作の測定方法により幾つかに分けられる。以下に、その最も一般的な方法を挙げる。

1. キーフレーム法: イメージベースによるキーフレーム法は、ユーザーがいくつかの基本となる(キーフレーム)イメージ又は3次元モデルを用意し、コンピュータが、そのキーフレームとキーフレームの間のイメージを自動的に補間する。パラメーターキーフレーム法では、パラメー

ターで表された被験者の動作は、各パラメーターのキーの値を与えることによって、示される。キーとキーの間の値をスプライン補間などの補間法を使用して計算される。[3][4] しかしながら、熟練したアニメーターでも、キーフレーム法を使って納得のいくアニメーションを作成することは難しい。

2. インバースキネマティックス: アニメーターは、エンドパーツのために別個のポジション、及び、運動を指定する。そして、システムは指定された部分を、望んだポーズにするために、体の他の部分における必要なジョイントアングルと、オリエンテーションを計算する。このアプローチは、シンプルなリンケージにとっては、十分に機能する。しかし、リンケージの数が増加すると、インバースキネマティックスの計算は、より複雑になってしまう。[3]

3. モーションキャプチャー:

- Digitizing(旧方法): 被験者の体上のいくつかのポイントに、マーカー(カラーペーパーパッチ)を置く。被験者の動作をカメラで記録し、イメージに変換する。各イメージにおける各マーカーの(X,Y)座標は、デジタル化される。各マーカーの動きのグラフは、時間に応じて描かれ、被験者の全体の動きは、グラフ全体を通して概算される。これは、最も古い方法ですべてのマーカーの(X,Y)座標をデジタル化しなければならないので膨大な時間を費やす。

- Optic method: 多数のリフレクターが被験者の体に付けられ、数台のカメラが被験者の周りに置かれる。この方法は、1990年以降開発された。現在、数多くのパッケージソフトウェアが市場を占め、“de facto”標準になった。この方法の欠点は、各リフレクターの区別が容易ではないことである。ユーザーは、30個を超えるリフレクターを被験者に取り付け、さらに、各リフレクターが体のどの部分を表すか、システムに

入力しなければならない。この作業だけでも、かなりの時間を費やしてしまう。

- Magnetic methods: 被験者は、マザーボックスから送られた、特定の周波数に反応する磁気マーカーを、体の数箇所に付ける。マザーボックスからの使用することができる距離は、およそ半径1.5mである。マーカーは、制御装置とワイヤーで結ばれているため、容易に区別することができるが、被験者は同時に8つのマーカーしか付けることができない。また、被験者にワイヤーが巻き付かないように、誰かが防がなければならない。

4. MONKEY(操り人形): 1994年にSIGGRAPHにおいて、アメリカのDigital Image Design Inc.が、データインプットデバイスとして、MONKEYを発表した。MONKEYは39関節を持っていて、ねじったり曲げたりしたデータは、RS232Cケーブルと制御装置を経由してコンピュータに送られる。

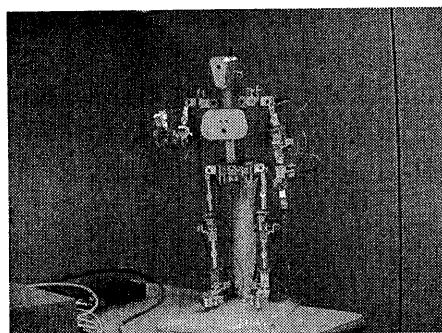


図 3: Monkey

Monkeyはキーフレーム法を使用しているが、前述の問題点を解決するような性質を持っている。例えば、ユーザーがMonkeyの右足首を曲げれば、スクリーン上の人体モデルが同時に、全く同じように右足首が曲がるのを見ることができる。このように、データ転送はリアルタイムで行なわれている。モーションキャプチャー

システムと比較すると、MONKEYはデータを
入力したその時に、セーブしている。それゆえ、
日本のゲームメーカーの多くは、1995年に市
場にMONKEYが出た時、いち早く導入して
いる。

3 実測結果

今回我々は、日常生活において最も一般的である、
「歩く」を選んでモーションキャプチャーを使用して
測定した。被験者は、健康な20代の男女数名であ
る。測定は、体全体に対して行なうのだが、今回は
特に、「歩く」動作が周りの環境と一番関わりがあ
ると思われる、足元に注目した。測定ポイントは、
頭(4)、左右の肩(各1)、肘(各1)、手首(各2)、指
先(各1)、胸(2)、背中(2)、腰(4)、足については、
膝(各1)、かかと(各1)、爪先(各2)の30点で行
なった。

図4は、測定結果の一例で、左右の足の動きをグ
ラフ化したものである。全被験者とも、膝、かかと、
爪先の軌跡の相互関係は同じようになった。3点の
軌跡を見ると、足を前へ出し始めるのと一緒に、膝
とかかとの高さが増していく。そして、かかとが下
へ降りてくるのに反比例して、爪先の高さが増して
いき、かかとが着地したと思われる時点で、最高値
に達している。このことは、かかとから着地し、そ
の間爪先は十分に上を向いていることを顕著に示し
ている。よって、健康な若い人達にとっては、床面
に少々の突起や障害物があっても、つまづくことは
あまりない。

しかし、これが高齢者や障害者であった場合は、
違ってくる。高齢者は、身体機能が低下しており、
歩く際に膝を高く上げることが困難である。そうす
ると、かかとが十分に上がらず、爪先から着地する
格好になってしまう。その結果、重心が前寄りにな
り、ちょっとした突起でも、つまづいたりよろめい
たりしてしまう恐れがある。

4 まとめ

人体動作を、基本動作を頂点とした階層構造のデー
タベースとすることが出来た。またその中から、日
常生活で不可欠な「歩く」動作についての、実測デー
タが得られた。高齢化が進むこれからの社会では、
身体機能が低下している人達の動作を十分に把握し、
彼らの観点からシミュレーションして環境を整備し
ていく必要がある。今後は、他のタイプの被験者や
動作についても測定、分析する予定である。

参考文献

- [1] “バリアフリー社会をめざして”，障害者白書，総
理府，(1995).
- [2] 広辞苑 第四版，新村 出編，岩波書店
- [3] Computer Animation(Theory and Practice)
Second Revised Edition, Madia Magnenat
Thalmann, Daniel Thalmann, Springer Verlag
Tokyo, p71-p72, p175-p176, 1990.
- [4] 3-D Computer Animation, John Vince,
Addison-Wesley, p253-p256, 1992.

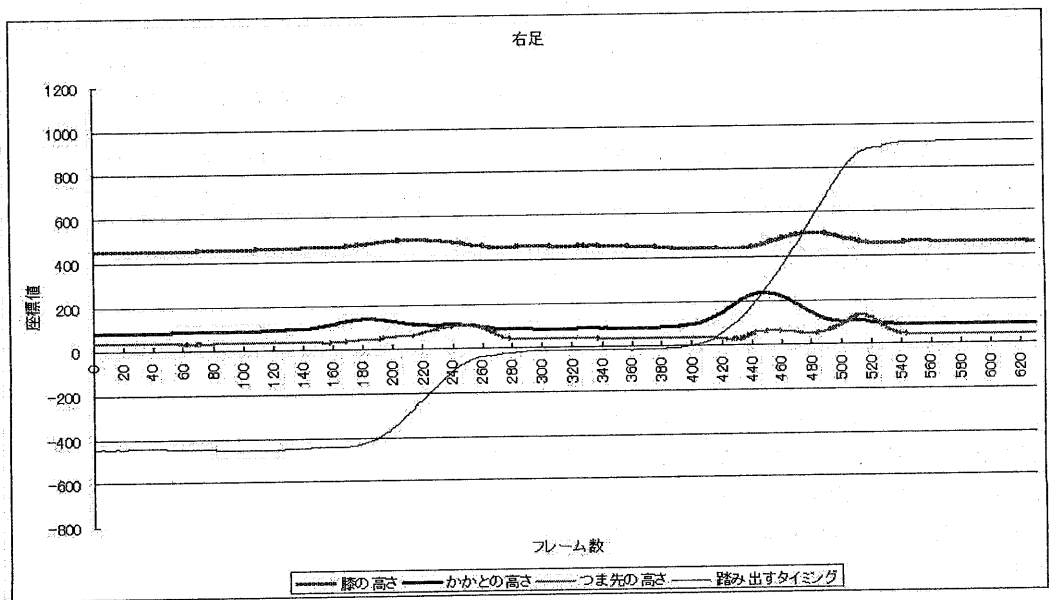
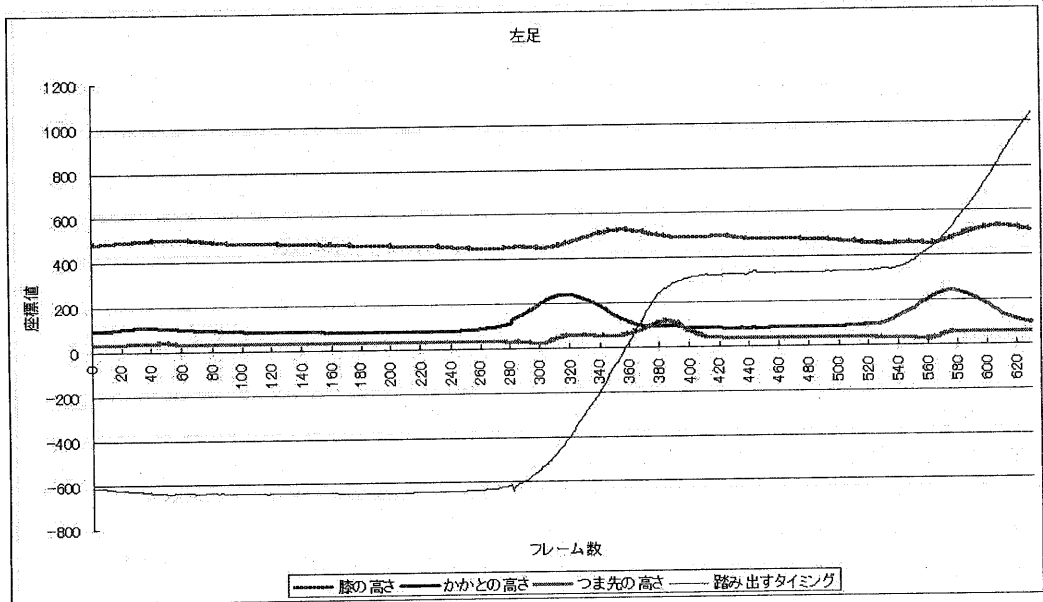


図 4: 歩く動作において、左右の足の膝、爪先、かかとの推移