

## 環境適応型歩行動作生成法の検討†

1 L-9

筒口 拳

NTT ヒューマンインタフェース研究所

## 1 まえがき

筆者の属するグループは人物像を介したヒューマンインタフェースの研究に取り組んでおり、その中で人物全身像の自然な動きをコンピュータ・グラフィックス(CG)を用いて生成することが重要な課題となっている。筆者は、環境の変化に適応した人物全身像の動作を自動的に生成するヒューマン・アニメーション手法の実現を目指しているが、その中でも人間の基本的かつ重要な動作である「歩行」に着目して研究を進めており、人物像の「自然な歩行動作」をできるだけ少ないパラメータにより制御できるアルゴリズムの構築を目的としている。

コンピュータ・アニメーション(CA)による人物像動作の生成手法は、マシンパワーの向上と共に伝統的なキーフレーム法から物理法則を用いた自動制御的な生成手法に移行しつつある。それとともに、goal-directedな概念に基づく階層的システムのアルゴリズムの構築が提唱されている[3][4]。しかしながら自然な人物像動作を自動的に生成する決定的手法は未だ確立されておらず、発展途上の分野であるといえる。

本論文では、人物像と環境との物理的相互作用を考慮した環境適応型歩行動作生成手法を提案し、その1つのモジュールである平地歩行動作生成手法について詳細に述べる。

## 2 環境適応型歩行動作生成手法

歩行動作生成手法に関しては幾つかの手法が発表されているが[1][5][6]、限定された環境(平地など)中での歩行のみが可能であり、坂道・階段昇降などの現実世界の環境への適応が実現されていない。環境に適応できる歩行動作を自動的に生成することにより、建築物等のCGに歩行する人物像を加えて現実感を出したり、コンピュータ・ビジョン技術への動画像提供など幅広い応用面が期待できるとともに、アニメータの負担を軽減できる。

筆者の目指す環境適応型歩行動作生成手法は、以下のようなものである(図1参照)。以下、地形における1つの単位を「部分地形」と記述する。

まず、環境としての地形データを記述する。その際、階段・坂道などの部分地形の位置情報などが3次元デカルト座標で完全に把握できるものとする。

歩行の軌道はあらかじめ与えられるものとし、その軌道に沿った各部分地形に適応した歩行パラメータ(速度、歩幅)を計算、あるいは入力する。

「コントロール・モジュール」は、歩行中の現在位置を把握し、その地形情報から現在の歩行動作として最も適切なものを選択し、各「歩行動作モジュール」へと移行させる。

軌道上の地形に変化が生じた場合、不連続的に異なる「歩行動作モジュール」へとジャンプさせるのではなく、「移行動作モジュール」により滑らかな歩行動作変化が行なえるようにする。

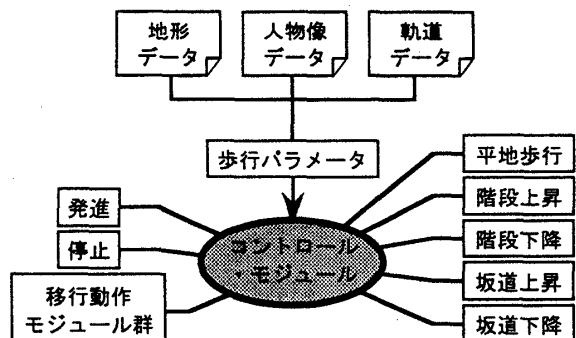


図1: 環境適応型歩行動作生成手法の概要

## 3 人物像及び歩行動作のモデル

前節で、人間の動作は外部世界との物理的相互作用であることから「環境適応型」の歩行モデルについて述べたが、実際に歩行動作を映像化する際にはアニメータの負担を軽減するために物理法則に基づく自動生成手法を採用することが望ましい。筆者は、人間のように多くの自由度を持つ複雑な構造体の動きを表現するに当たって、多関節構造体としての多リンクモデルの運動として生成することを目的とし、そのために物理法則に基づく運動の自動生成、及びそれを運動学的に補う手法を採用した。

†An investigation of surroundings adaptable computer animation of human walking

Ken Tsutsuguchi

NTT Human Interface Laboratories

即ち、図2左のように人体を大きく上半身、右大腿部、右下腿部、左大腿部、左下腿部の5つのパーツに分け、動力学を適用して動きを自動的に生成し、その後図2右のように運動学的装飾を加えて動きを補うこととした。この場合、頭部、肩部、腕部、腰部、足部に、それぞれ動力学的な動き (dynamic motion) に応じた動き (kinematic cosmetics) が加わることになる。

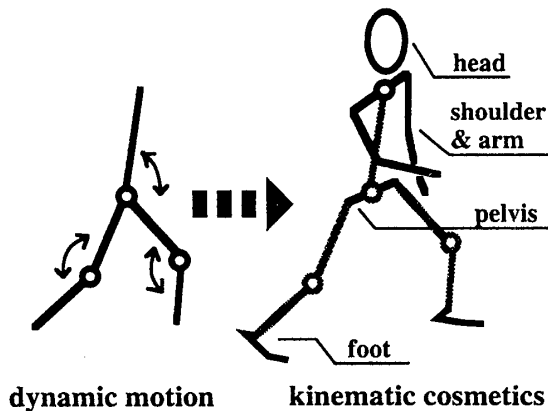


図2: 人体のモデル

#### 4 平地歩行動作生成手法の検討

歩行動作生成の最もプリミティブなものは、いうまでもなく平地歩行動作生成である。平地歩行動作生成手法に関しては、物理法則を用い、かつ少数パラメータで制御できる特徴があるという理由でBruderlinのKLaw (Keyframe-Less Animation of Walking) system [1][2]をベースとした。

この手法は、(1)モデルの単純化により運動方程式の直観的適用を容易にしている、(2)立脚と遊脚とを分離して考察し、立脚にvirtual leg conceptを導入することにより運動方程式の未知数を減らしている、(3)小数パラメータにより、自動的に歩行動作が生成できる；などの長所がある一方で、(1)運動学的要素の多くが観察データからの引用であり、動作生成の一般性が低い、(2)力やトルクの関数形が未だ不完全である、(3)遊脚の軌道が4次関数で近似されており動きの制約が大きい、(4)運動方程式自体が3次元への拡張性がない；などの問題点もある。

上記問題点を解決し、他の歩行動作へも適用できるように、遊脚軌道を4次関数としたまま拡張し、それぞれの歩行動作モジュールで4次関数の係数決定のための条件式を変えることができるようにした。

上記手法による平地歩行動作生成結果を図3に示す。この映像は、人物像モデルを身長180.0 cm、体重75.0 kgとし、歩行パラメータを速度80 m/分、歩幅79 cmとして自動生成されたものである。

#### 5 まとめ

CAにより、人物像と環境との物理的相互作用を可能とする環境適応型歩行動作生成手法について述べ、その例として平地歩行動作生成手法について詳細に述べた。なお、今後、

- ・ 運動方程式を採用するためのモデル化を、より効率的なものとする。
  - ・ より自然に近い動作を生むために、力やトルクがどのような形で与えられるかを考察する。
  - ・ そのために、縮退された逆問題をどのように解決するかを考察する。
  - ・ 動作生成での数値計算において、計算時間と精度等とのバランスの取れた計算手法を採用する。
- ことを進め、より一層の自動化を図る予定である。

また、自動生成された歩行動作を検証するために、ビデオカメラなどによるデータ採取等による上記手法の評価を行う予定である。

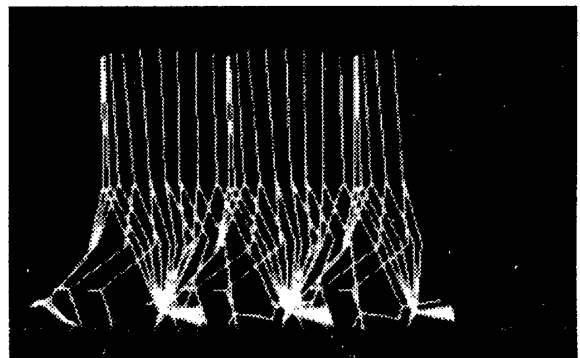


図3: 平地歩行動作生成状況；速度80m/分、歩幅79cm

#### 謝辞

日頃御指導頂く遠藤隆也マルチメディア処理研究部長、質問に丁寧にお答え下さったSFUのArmin Bruderlin氏、御討論頂いた視覚情報処理研究グループの皆様へ深く感謝致します。

#### 参考文献

- [1] A. Bruderlin, T. W. Calvert, "Goal-Directed, Dynamic Animation of Human Walking", *Computer Graphics*, Vol.23, Number 3, July 1989.
- [2] A. Bruderlin, "Goal-Directed, Dynamic Animation of Bipedal Locomotion", Master Th., School of Computer Science, Simon Fraser University, 1988.
- [3] Alan H. Barr, "Teleological Modeling", *ACM SIGGRAPH*, Course Note 30, 1989.
- [4] Ronen Barzel, Alan H. Barr, "Controlling Rigid Bodies with Dynamic Constraints", *ACM SIGGRAPH*, Course Note 30, 1989.
- [5] David Zeltzer, "Motor Control Techniques for Figure Animation", *IEEE Computer Graphics and Applications* 2, vol.9, pp.53-59, 1982.
- [6] Nadia Magnenat-Thalmann, Richard Laperriere, Daniel Thalmann, "Joint-Dependent Local Deformations for Hand Animation and Object Grasping" *Graphics Interface '88*, pp.26-33, 1988.
- [7] 福井 一夫, "コンピュータアニメーション", *テレビジョン学会誌*, Vol.46, Number 9, 1992. Jul. 1990.