

様々な地形に対応できる歩行動作の自動生成

陶山 恒 南城 康之 小野 智司 水野 一徳 西原 清一 福井 幸男

筑波大学 電子・情報工学系

1 はじめに

近年、コンピュータ・グラフィックスによる仮想環境において、様々な動作を行う人体モデルに関する研究が行われている。その中でも歩行動作に関する研究は盛んであり、様々な動作制御メカニズムによる動作生成が行われてきた[1]。また、歩行という動作は日常生活でもっとも頻繁に行われる行為であり、複雑な地形での歩行はあたり前のように行われている。そのため、人の歩行動作は常に地形に関する情報を得ながら、その地形に合わせ、変化していかなければならない。しかし、歩行動作中に常に地形を認識しながら歩行動作を生成するといった研究はあまり行われていない。

このような背景から、本稿では対話的な歩行動作生成を様々な地形上で実現する手法を提案する。本手法を用いることにより、リアルタイムで歩行動作の進行方向、歩幅、歩行サイクルの周期などの基本パラメータを変更しながら、障害物に対応した動作を生成することが可能になる。本手法では、対話的な動作生成を行うために、常に障害物と人体モデルとの位置関係を求め、次にとるべき動作の決定を行っている。また、複雑な地形ではバリエーションのある動作が必要となってくる。そのため、測定データをもとに動作を生成するモーションキャプチャー・システムではデータの量が莫大になってしまう。そこで、股関節とかかとの2点の位置を与えるだけで動作生成が可能な逆運動学を用い[2]、障害物にたいして、登る、降りる、またぐといった動作の生成を行う。

2 歩行動作生成における処理

歩行という動作は周期的であり、一步一步の動作をつなげていく事で生成が可能である。そこで本手法では、歩行の一步ごとに図1のような処理を行い動作生成することによって、歩行動作中でも基本パラメータの変更を行えるようにした。

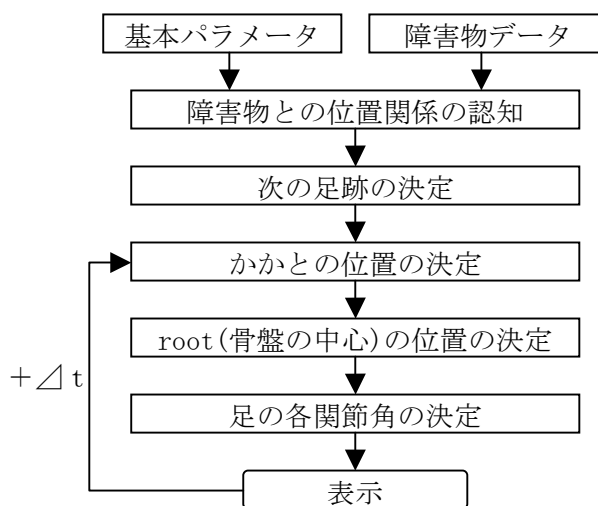


図1 一步ごとに行う処理

2. 1 障害物との位置関係

本稿では、いくつかの直方体を組み合わせることによって様々な地形を表現しているが、そのような障害物に対応した歩行動作を生成するためには、まずその障害物の位置情報（距離や高さなど）を得る必要がある。そこで、本手法では次のように位置情報を求めている。

- 人体モデルから進行方向ベクトルを出し、障害物の各面との交点を計算し、人体モデルと障害物の面との距離を求める。
- 高さを求めたい位置から真上にベクトルを出し、障害物の面との交点を計算し、高さを求める。

2. 2 足跡の決定

足跡の位置と向きは、進行方向と歩幅によって決定する。また、障害物の段差がある場合はその段差に合わせて歩幅の修正を行い、地形に対して自然な動作生成を行えるような足跡を決定する。

2. 3 かかとの通る軌跡

かかとの通る軌跡は NURBS 曲線によって生成を行う。ここで問題となってくるのが障害物を避けるような軌跡を描くためにどのような位置に制御点を設置するかである。本手法では制御

Automatic generation of virtual human walking on various terrain

Hisashi SUYAMA, Yasuyuki NANJOH, Satoshi ONO, Kazunori MIZUNO, Seiichi NISHIHARA, Yukio FUKUI
Institute of Information Sciences and Electronics,
University of Tsukuba

点の数は6個であり、次のような位置に設置してある。(図2)

水平方向：軌跡のはじめと終りに2個ずつ、
残りの2つはその間に等間隔に設置
垂直方向：制御点1 → はじまりの位置の高さ
制御点2 → 障害物の最大の高さ
制御点3、4 → 最大の高さ+任意の値
制御点5、6 → 終りの位置の高さ

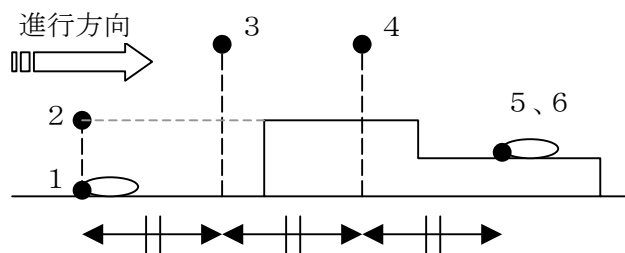


図2 制御点の位置

2. 4 root の位置

root の位置は compass gait という考え方を利用して求めている[1]。

➤ compass gait

膝の曲がりを考えず、コンパスが歩いているように歩行動作を考えるという方法である。この考え方を利用すれば、足の長さや両足の距離から root の位置を求めることが可能である。(図3)

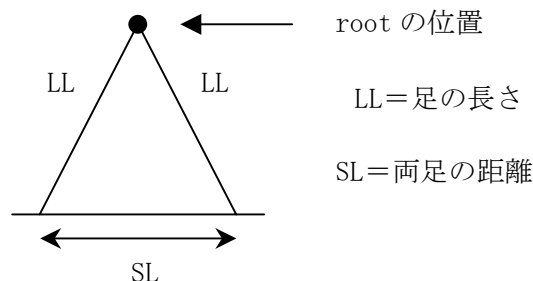


図3 compass gait

2. 5 足の各関節角

ロボット工学などの分野で多く使われる逆運動学を利用して足の各関節角を求めている[2]。逆運動学を用いる動作生成法は、2つの目標位置(股関節とかかとの位置)を与えるだけで、その間の関節角度(足の各関節角)を決定することが出来るので、本稿のように地形に合わせて多くの動作を生成しなければならない場合には非常に適しているといえる。また、本手法では股関節を3自由度にするための工夫として図4のようにZ軸、Y軸、回転軸 α (股関節とかかとを通る軸)の3つの軸回りの回転を行う。

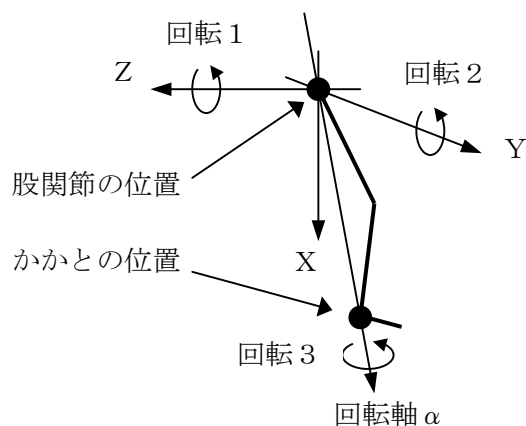


図4 3つの回転軸

3 結果

以上に述べた手法で実装した結果、障害物に合わせた動作(登る、降りる、またぐ)の自動生成を対話的に行うことが可能となった。

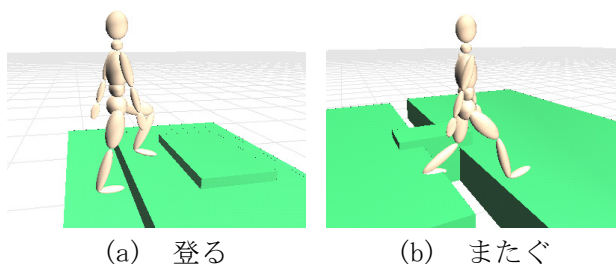


図5 実行結果

4 おわりに

本稿により、地形に対応した動作の自動生成を対話的に行う方法を提案した。この手法を用いれば、様々な仮想環境の下で人体モデルの動きを容易に操作し、様々なシミュレーションを行うことが可能となる。今後は、より自然な動作生成を行えているかどうかの評価を行うために、人体モデルにかかる負荷などの力学的な要素を取り入れる予定である。また、現段階では比較的段差の小さい障害物に対しての動作生成しか行えないので、より大きな障害物も乗り越えるために、足を大きく上げる動きや、バランスをとるための上体の動きも考えていきたい。

参考文献

- [1] Armin, Bruderlin., Thomas, W. Calvert.: "Goal-Directed, Dynamic Animation of Human Walking" SIGGRAPH'89 Computer Graphics, volume 23 Number 3 July 1989, pp233-240
- [2] 計測自動制御学会編: "生体とロボットにおける運動制御", コロナ社, 1991