

## 論文の内容の要旨

論文題目      インタラクティブグラフィクスのための  
                         実時間モーシヨン生成手法

氏 名            川地克明

計算機を利用した映像制作手法 (Computer Graphics, CG) の発達により、物体の形状や質感などを計算機上のモデルとして表現し、高度に写実的な映像を得ることが可能になりつつある。また、映像上の物体や人物を運動させるためには、計算機上の数値シミュレーションや実世界での運動の測定を行うことによって運動を表すパラメータを生成する手法を利用することができる。運動を表すパラメータは物体や人物の位置と姿勢を表す時系列データであり、以下ではこれを単に「モーシヨン」と書く。

インタラクティブグラフィクスは、ユーザが対話的に映像に介入することを可能にした CG の一種である。映画などの非対話的な映像作品で利用される CG では、ユーザはあらかじめ作成された映像を再生することしかできない。しかし、インタラクティブグラフィクスを用いた映像では、ユーザの意図は計算機に備えられた入力装置を介して映像に反映させることができるので、ユーザの入力に応じて物体のモーシヨンを動的に生成・変更する必要がある。これに加えて、インタラクティブグラフィクスでは 1 秒間に数十回程度の割合で行われる画像の更

新に対して物体の位置姿勢を逐次更新する必要がある。このような高頻度でのモーションの更新を行う手法を本研究では実時間モーション生成手法と呼ぶ。実時間モーション生成手法にはモーション生成に要する計算量が少ないことと、モーション生成に要する計算量が時間的に平準であることが必要とされる。本研究ではこのような実時間モーション生成を可能にする手法を開発することを目的とし、CGで表される物体の中でも、特に剛体(機械部品などの変形しない物体)と人体(人間やそれに類する構造を持つ物体)とをモーション生成の対象とする。

剛体のモーションを生成するためには、CGアニメーションの生成手法の中でも Physically Based Modeling と呼ばれる運動シミュレーション手法を利用することができる。この手法は、簡略化した力学モデルを用いて物体に働く力を高速に計算するアルゴリズムだが、この手法による運動シミュレーションの速度は、運動方程式を時間積分する際の時間刻みの大きさに大きく影響される。本研究ではある運動状態下では短い間隔で連続して剛体の衝突が起こり、シミュレーションの速度を著しく低下させる場合があることを明らかにし、このようなシミュレーション速度の低下を回避できる運動シミュレーション手法を開発した。

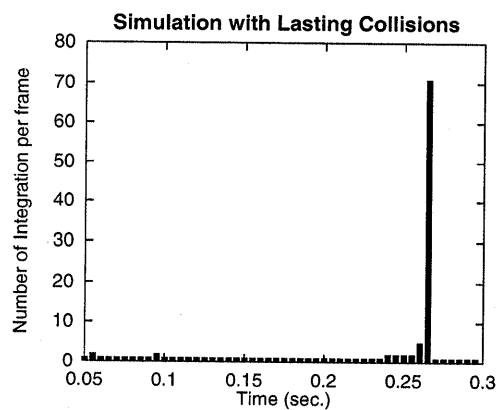


図 1: 連続した衝突による速度低下

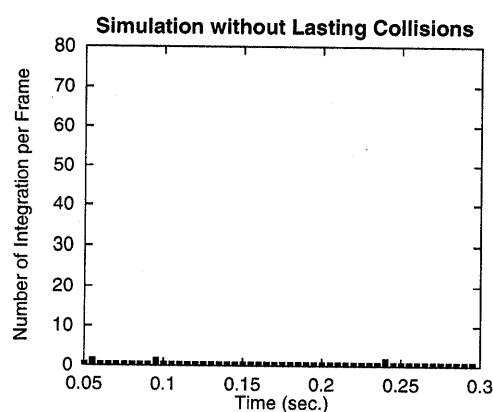


図 2: 速度低下の回避

図 1 および 図 2 は、シミュレーションの時間を 0.005 だけ進めるのに何回数値積分が必要だったかを示すグラフであり、横軸は時間  $t$ 、縦軸は数値積分の回数である。従来の運動シミュレーション手法を用いた場合には、 $t = 0.240$  から  $t = 0.265$  にかけて、短い時間間隔での連続した衝突が起こる (図 1)。この衝突は、数

値演算精度の限界から衝突後の速度が0に丸められて収束しているが、 $t = 0.265$ ではシミュレーションの時間を0.005だけ進めるのに71回の数値積分を必要としている。これに対し、本研究で開発した手法を用いた場合には、図2に示すように上のような連続した衝突は起こらず、常に1回または2回の数値積分を行うだけでシミュレーションの時間を0.005進めることができ、運動シミュレーションを安定した速度で行うことが可能になっている。

本研究ではまた、人体のモーション生成を実時間で行う手法を開発した。人間のような複雑な構造をもつ物体を計算機上のキャラクタとして表現し、ユーザの要求に従って動作させることはいまだに難しい作業である(以下では、計算機上に表現された人間をキャラクタと呼ぶ)。特に、インタラクティブグラフィクスを用いた映像では、非対話的なCG映像制作の場合のようにアニメータの介入によって実行時の不自然な動作をあらかじめ検査しておくことができない。そこで、「歩く」「走る」等のキャラクタの動作パターンをあらかじめ基本的なモーションのデータベースとして作成しておき、これらのモーションを組み合わせ、接続することで一連の動作を生成するといった方法が用いられる。従来の実時間モーション生成手法では、モーションを外部条件に合致するように変形したり、他のモーションと混ぜ合わせたりするような編集を行う際には単純な関節角の線形補完を行っていたので、必ずしも自然なモーションが生成されるとは限らなかった。

このようなモーションの編集を行うためには、CGアニメーションの生成手法の中でもモーションの人間的な動きの成分を保存しつつ目的に応じて編集するMotion Editingと呼ばれる手法を利用することができる。この手法を用いたモーションの編集は計算に時間がかかるため、本研究では計算量の少ない簡単なMotion Editing手法を開発した。また、このようなモーションの編集を行って多様な外部条件に対応する実時間モーション生成を行うための計算機上でのキャラクタの表現形式と、データベースとなるモーションの格納手法についても開発を行った。

図3, 4, 5, 6は、本研究で開発した人体のモーション生成手法を用いてデータベース内の歩行のモーションを様々に編集し、一連のモーションを生成した結果を表している。ここで用いる歩行のモーションはモーションキャプチャによって得た歩行のデータのうち、右足を軸として一步踏み出す部分である。図3はこの一

歩踏み出すモーションを左右反転したデータを作成し、これを並べて連続した歩行ループ運動の生成を行った結果を示している。図4は、歩行ループ運動の生成で用いたデータに拘束条件を与え、しだいに歩幅が狭くなるような編集操作を行った結果を示している。本研究のモーション生成手法では、モーションのおおまかな特徴を表すデータと細かな特徴を表すデータを重ね合わせることでモーションの生成を行っているため、このようなモーションのおおまかな編集操作を簡単に行うことができる。同様に、図5は歩行モーションを別の体格に割り当てた例、図6は歩行モーションを段差を降りるモーションに重ね合わせて接続し、一連のモーションを生成した例を示す。このように、本研究では開発したキャラクターのモーション生成手法はさまざまな拘束条件に柔軟に対応した運動を実時間で生成することを可能にした。

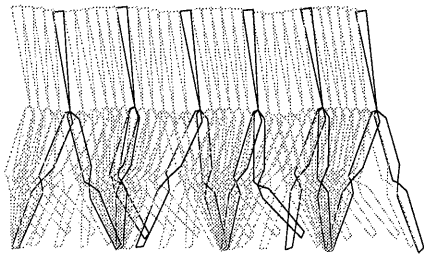


図3: 歩行ループ運動の生成

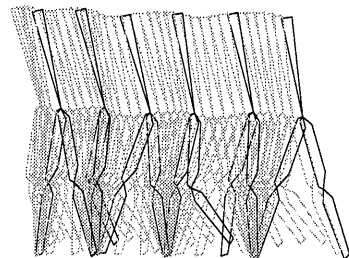


図4: 歩幅の変更

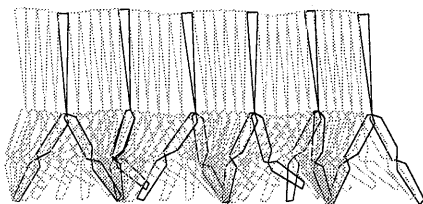


図5: 体格の変更

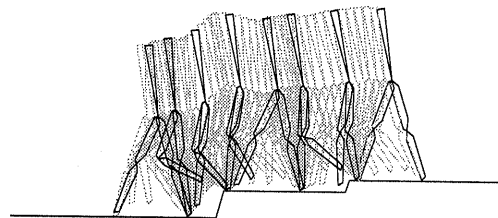


図6: 段差降り