

動作データに基づく衝突回避歩行の自動生成

佐久間 健 栗山 繁 金子 豊久

豊橋技術科学大学 情報工学系

1. 目的

本研究の目的は、仮想人間の障害物を回避する歩行動作を自律的に生成することであり、障害物を回避しながら目的地へ歩行する、自然な動作を生成する手法を提案する。

本手法ではまず、仮想人間の経路を障害物のデータから求め、次にモーションキャプチャデータから動作を抽出して、それらを組み合わせて歩行動作を生成する。CGの分野ではこのように様々な動作を組み合わせることにより新たな動作を生成する手法が多く提案されている（例えば[1]）。本手法では特に障害物を回避する歩行動作に特化した手法を提案する。

2. 経路選択

現在地から障害物を回避し目的地へたどり着くための歩行経路を求めるために、本研究では A* for Path Planning[2] を導入した。まず、図1に示すように、障害物の頂点にノードを作成し、障害物の周囲を囲むパスを構成する。次に現在位置から目的地への直線パスを構成し、そのパス上に存在する障害物を回避する経路を構成する。この作業を繰り返すことにより、目的地までの経路がいくつか作成されるので、この中で現在地から目的地までの距離が最短となるものを選び、それを歩行経路とする。

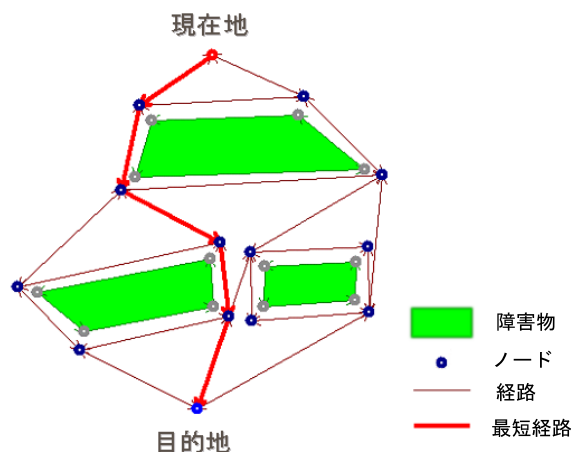


図1. A* for Path Planning による歩行経路の生成

3. 動作データの利用方法

本手法では曲率が移動距離に比例して連続的に増減するクロソイド曲線上を歩行する動作をモーションキャプチャ装置で計測したものをを用いて、歩行動作を生成する。

経路選択により生成される歩行経路は主に直進からなるので、モーションキャプチャデータの中から最も直線歩行に近く、かつ自己ループ可能な一步分の動作データを抜き出したものを直線歩行のデータとする。そして、曲がる必要が生じたときに直線歩行のデータから曲線歩行データへ遷移をおこなう。このときの曲線歩行はクロソイド曲線上を歩行するデータの中から類似の姿勢を有するフレームを抜き出し、曲線歩行を終了するフレームでの姿勢に最も近い直線歩行中の姿勢のフレームへ遷移する（図2参照）。この直線歩行と曲線歩行を交互に遷移させることによって目標軌道に沿った歩行動作を生成する。

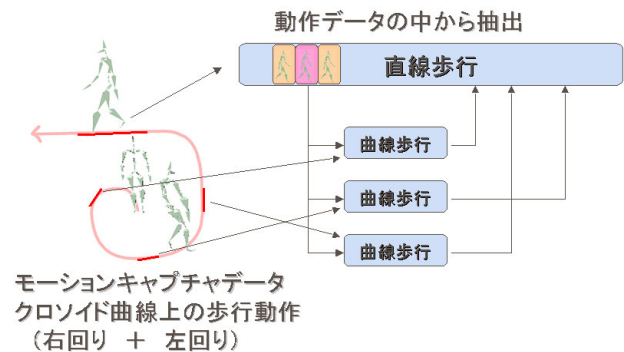


図2. 動作の抽出

直線歩行から曲線歩行へ遷移する際、本来連続的でない姿勢間で動作を遷移させるので、姿勢の不連続部分が生じる。さらに、曲線歩行によって得られる歩行軌道と経路選択により得られた折れ線軌道と間にも誤差が生じてしまう（図3参照）。このことから、歩行動作生成の際には、比較的姿勢の近い動作同士間で遷移させ、かつ折れ線軌道に近づけるような曲線歩行を探索する必要がある。

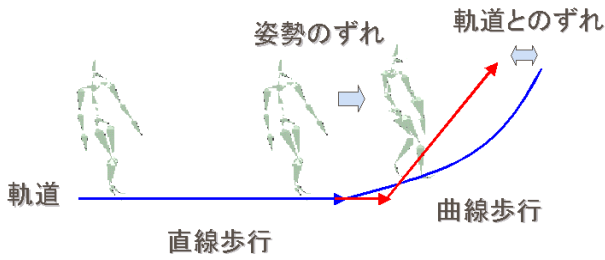


図 3. 動作の接続

4. 最適な遷移の学習

前節で述べた方法で歩行動作を生成する際に、ある一つの曲がり角に許容誤差が最小となる遷移を選択したとしても、次の曲がり角には良い遷移が得られない場合がある。また、ある遷移では多少の誤差を許容したとしても、次の遷移では誤差を非常に小さくできることもありうる。つまり、greedy なる局所的な探索法では歩行軌道全体としての最適な動作の遷移は得られない。

歩行軌道は直線歩行データの任意のフレームから曲線歩行データへ遷移し、これにはいくつかの候補が挙げられる(図2参照)。このとき曲がり角の増加に伴い、考えられる直線歩行と曲線歩行間の遷移の組み合わせは膨大な数になり、その最適な値を求めるには膨大な計算を要する。そこで、本手法では最適に近い動作の遷移を効率良く求めるためにQ学習を導入した[3]。本手法では直線歩行の各フレームをQ学習における状態とし、そこから曲線歩行のフレームへの遷移を行動とする。また、曲線歩行へ遷移した際の姿勢間の誤差と軌道からのずれを報酬として与える。ただし、行動選択戦略には ϵ -greedy を用いた。十分学習がおこなわれた後に、最大のQ値を持つ行動を選択していくことで、最適に近い動作遷移を得る。

5. 動作生成

表1に greedy な探索法とQ学習を用いたときの姿勢の誤差と軌道からのずれを計算した結果を示す。なお、軌道誤差は次の直線歩行に遷移した際の折れ線軌道からの距離を、角度誤差は直線歩行と折れ線軌道との角度の差を示したものである。

	姿勢の誤差	軌道誤差	角度誤差
greedy	8.68	27.57	0.31°
Q学習	8.28	21.52	0.34°

動作環境		学習時のパラメータ	
モーションデータ		学習率 0.3	
ファイル形式	BVH形式	割引率	0.9
フレーム数	1840[F]	学習回数	10000回
フレームレート	60[F/Sec]		0.3
マシンスペック		学習に要した計算時間 20秒	
Pentium III 500MHz			

表 1. 学習結果

このことからQ学習を用いることにより greedy な探索法よりも少ない誤差で動作が遷移されたことがわかる。

角度誤差に関しては、実際に曲線歩行を生成する際に、その誤差分を遷移時に強制的に補正する。このときの補正量が大きいと仮想人間の動作が不自然なものとなるが、表1の結果から、角度誤差の値は十分に小さいので見た目には影響しない。

生成された歩行動作を図4に示す。

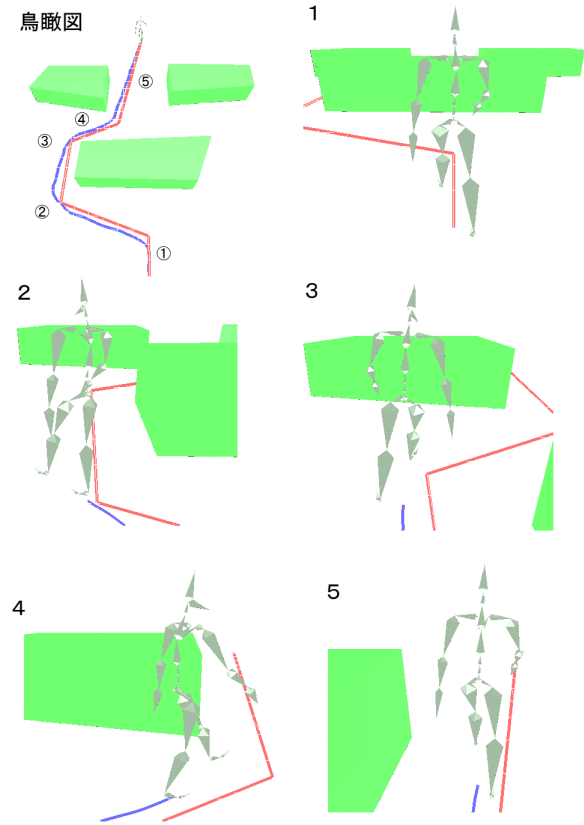


図 4. 歩行生成例

6. 結論

本報告ではモーションキャプチャデータを利用し、障害物を回避する自然な歩行動作を生成する手法を提案した。このとき歩行動作に特化した報酬を導入することにより、高精度で自然な歩行動作を生成することができた。また、Q学習を用いることにより比較的短時間に動作間の遷移を得ることができた。

歩行動作以外への応用が今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [1] Lucas Kovar, Michael Gleicher, and Frederic Pighin, "MotionGraphs", ACM Transactions on Graphic, 21 (3), pp. 473-482, 2002.
- [2] Bryan Stout, "GAME PROGRAMMING GEMS, 3.3 The Basics of A* for Path Planning", pp. 254-263.
- [3] Richard Sutton, and Andrew Barto, "Reinforcement Learning: An introduction, 6.5 Q-learning: Off-Policy TD Control", pp. 159-161, 1998.