

2次元姿勢タイムラインを用いた動作データ編集

向井 智彦 栗山 繁
豊橋技術科学大学 情報工学系
{mukai, kuriyama}@ics.tut.ac.jp

本研究では、動作データの要約表示を利用したアニメーション編集システムを提案する。本手法では、2次元タイムライン上に表示されたキーフレーム姿勢に対するペイント操作やドラッグ、ドロップ操作により、動作の速度やタイミング、手足先の運動軌道等の幾何学的特徴を編集できる。さらに、複数回繰り返される類似動作を検出し、それらを単一の操作によって同時に編集する機構も開発した。編集結果はタイムライン上の要約画像に即座に反映されるため、直感的な動作データ編集が可能となる。

Motion Editing with Two-Dimensional Pose-Timeline

Tomohiko Mukai and Shigeru Kuriyama

Department of Information and Computer Sciences, Toyohashi University of Technology

We propose a system for editing motion data using a timeline which summarizes the content of motion sequence with icons of key poses. The spatio-temporal motion features, such as playback speed, movement timing, and trajectory of end-effectors, are easily edited by painting and drag-and-drop operation of the pose-icons. Moreover, our system automatically propagates a single editing operation to multiple similar segments. The motion sequence can be intuitively edited using a few simple operations since the editing result is quickly previewed with the summary timeline.

1. はじめに

一般的なアニメーションシステムは、関節角度波形の直接編集のためのスプライン波形エディタや、インバースキネマティクス法を用いてキーフレーム姿勢を編集するためのインターフェースを提供している。これらは詳細な編集作業を行う用途に適しているが、関節角度波形や静止姿勢のみから編集後の動作を直感的に理解するのは難しい。また、部分的な編集が動作全体の印象を変化させる場合もあり、自然な結果を得るには熟練や試行錯誤が必要である。

一方、近年のモーションキャプチャ技術の発展に伴い、長時間の動作データを容易に取得できる環境

が整いつつある。そうした長尺のデータを処理する際には、全体の内容や編集結果を効率的にプレビューする技術が重要となる。また、データには類似した複数の動作が含まれることが多く、全体の印象を統一するためには、それらに対して同一の編集操作を繰り返し適用する必要がある。

本研究では、簡易な操作体系と効率的なプレビュー機構を統合した、動作データの編集システムを提案する。提案法では、動作データのキーフレーム姿勢を選択して2次元タイムライン上に表示する。ユーザはアイコン表示された姿勢をドラッグ移動することで、全身もしくは身体各部位の運動速度やタイ

ミングを編集できる。また、手足先の運動軌道や関節回転量などの運動特徴をメニュー表示し、それらを別の動作セグメントにコピーすることで運動スタイルを編集できる。いずれの編集結果も姿勢アイコンの変化として即座に提示されるため、直感的にプレビューできる。さらに提案法では、動作データ内で複数回繰り返される類似動作を検出し、単一の編集操作を反復的に適用する。この機構により、長尺の動作データを少ない操作で効率的に編集できる。

2. 姿勢タイムラインインターフェース

提案システムは、動作データの内容を姿勢タイムラインとして可視化する。これは図1に示すように、動作データのキーフレームを2次元の姿勢アイコンとして表し、時間軸上に要約表示したものである[1]。また、姿勢タイムラインは動作のプレビュー表示だけでなく、編集インターフェースとしての役割も併せ持つため、ユーザ操作に応じて表示方法を調整できるのが望ましい。そのため姿勢アイコンの数は任意に変更でき、3次元姿勢の2次元投影方向は運動の進行方向、もしくは全身の姿勢を最大限に表示する方向の2種類から選択できるものとした。なお、可視化に際して身体全体の位置や方向の情報は失われるため、例えば歩行経路などは編集できない。

動作データを編集する場合には、まず対象の動作セグメントを、編集ウィンドウと呼ぶマスク領域に指定する。続いて、編集ウィンドウ内の姿勢アイコンを時間軸方向にドラッグ移動することで、運動の速度やタイミングを変更できる。また、姿勢アイコンの一部分をペイント選択すると、選択部位の運動特徴量を表すメニューが現れ、それを別の動作セグメントにドロップすることで運動スタイルを部分的にコピーできる。さらに、編集ウィンドウを指定すると同時に、類似した動作セグメントが自動的に検出され、反復ウィンドウと呼ぶマスク領域に指定される。編集ウィンドウへの操作は反復ウイ

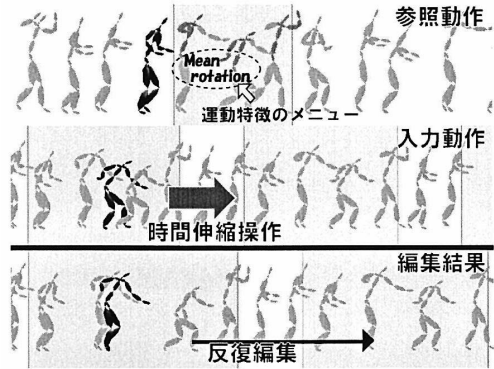


図1 提案システムのインターフェース

ンドウにも同時に適用され、例えば図1の例では、左側の編集ウィンドウに加えられた時間伸長操作が、右側の反復ウィンドウにも適用されている。

2.1. 姿勢アイコンの生成

姿勢アイコンは、動作データ中のキーフレームを2次元表示したものである。本研究では、Yasudaraのmotion belts[1]とAssaらのaction synopsis [2]を簡略化したアルゴリズムを用いて、周辺フレームからの姿勢変化量大きいフレームから順にアイコン表示する。まず各フレームにおいて、全関節の3次元位置を要素とするベクトルを計算する。このとき、ルート関節の水平位置と鉛直軸周りの回転量は無視する。次に、このベクトル時系列を主成分分析によって5~10次元の低次元空間に写像する。そして、Assaら[2]の姿勢選択法を用いて、各フレームの表示優先順位を計算する。

選択された姿勢を2次元平面に投影表示する方法として、本研究ではアイコンの占有面積の最大化と、運動速度ベクトルの最大化表示の2つの投影方法を提案する。ただし、計算の簡単化のために投影方向はキャラクターの側方に固定し、鉛直軸周りの回転量のみを最適化する。まず、姿勢アイコンの占有面積は、図1(a)に示すように関節位置の分布主軸を解析することで最大化される。具体的には、水平面上に

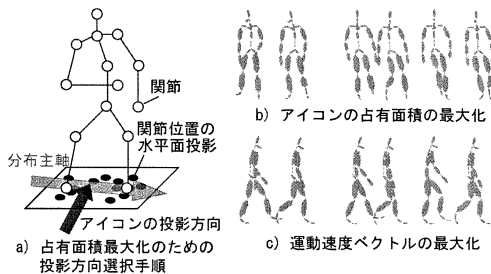


図 2 歩行動作の姿勢アイコン生成例

投影された全ての関節位置の分布主軸を最小二乗法によって求め、その垂線を姿勢の投影方向として決定する。一方、運動速度ベクトルを最大化表示するような投影角度は、同様の計算を全関節の移動速度ベクトルを対象に行うことで決定される。ただし、こうしたフレーム毎の解析では、投影角度がしばしば不連続に時間変化する。そのため、投影角度の時系列は移動平均フィルタを用いて平滑化する。

図 1 の(b)と(c)に、2 歩分の歩行動作を 6 つの姿勢アイコンで可視化した例を示す。足が接地する瞬間の姿勢がアイコン表示されており、動作の内容が効果的に要約されている。また、(b)の面積最大化表示では、多くの関節が表示されるため、身体部位の選択や編集が容易に行える。一方、(c)の運動速度の最大化表示では動作の内容を確認しやすく、プレビューに適した表示となっている。

2.2. 反復ウィンドウの検出

テクスチャやマテリアルの質感を対象とした反復型編集技法では、複数の類似領域に同一の編集を反復するために、暗黙的な最適化計算を用いる[3]。一方本手法では、編集ウィンドウに類似した動作セグメントを検索し、反復ウィンドウとして明示的に提示する。そのためユーザは、ウィンドウの追加や削除によって、反復対象を対話的に制御できる。

本研究では、類似動作を高速に検索するために、

match web と呼ばれる検索テーブルを前計算する[4]。これは動作データ中の任意のセグメント間の類似度を保持するテーブルで、検索クエリの動作セグメントの開始・終了時刻を指定するだけで、全ての類似セグメントを検索できる。ただし、match web を用いた検索は高速かつ頑健である反面、その構築には比較的長い計算時間を要する。例えば、30 秒程度の動作データに対しては 10 秒以上の計算時間を要するため、データが編集される度に再計算すると対話性を損ねる。そのため match web の更新はユーザが手動で指示する。

2.3. 運動速度とタイミングの編集

動作の速度やタイミングは、編集ウィンドウの長さや姿勢アイコンの位置を操作することで編集できる。まず、動作セグメントの時間長は編集ウィンドウを伸縮することで操作する。また、編集ウィンドウ内の姿勢アイコンを時間軸方向に移動することで、全体の再生時間を保ちつつ、運動タイミングを操作できる。さらに、アイコンの一部をペイント選択することで、非選択部位の動作を保持しながら選択部位の運動タイミングを変更できる。ただし、手足先のみをペイント選択した場合は、その運動軌道上の移動タイミングが操作される。なお、編集ウィンドウの伸縮や姿勢アイコンの移動量に比例して線形に時間伸縮すると、ウィンドウの両端で再生速度が不連続に変化する。そのため、ウィンドウの両端では、3 次スプラインを用いて時間伸縮量を滑らかに変化させる。

反復編集 編集ウィンドウの時間編集操作は、同時に反復ウィンドウにも適用される。まず、編集ウィンドウ内の姿勢アイコンのペイント状態を全ての反復ウィンドウに反映する。次に、時間伸縮では編集ウィンドウの伸縮比を、タイミング編集では編集ウィンドウ長に対する姿勢アイコンの移動量の比を、

それぞれ反復ウィンドウの時間操作に適用する。

2.4. 運動特徴のコピー編集

動作セグメントに含まれる幾何学的な運動特徴を、別の動作セグメントにコピーできる。まず、コピー元の動作セグメントと、コピー先の編集ウィンドウを指定する。次に、動作セグメントに含まれる運動特徴をメニュー表示し、提示されたアイテムを編集ウィンドウにドロップすることで運動スタイルをコピーする。本システムでは動作の長さやタイミングなどの時間的な特徴や、セグメント内の関節回転量の平均や分散、手先や足先の運動軌道などの空間的な特徴を操作できる。なお、提示されるメニューアイテムの種類は姿勢アイコンのペイント状態によって変化し、その対応関係は表1にまとめられる。運動スタイルのコピー編集の概要を図2に、それぞれの具体的な計算アルゴリズムを下記にまとめる。

時間整合化

姿勢距離に基づく動的時間伸縮法[5]により、編集ウィンドウを参照動作セグメントに同期させる。

身体先端部位の運動軌道

手先や足先の運動軌道を、参照動作からコピーする。まず、参照元の動作セグメントを編集ウィンドウに対して時空間的に整合化する[5]。次に、参照動作の運動軌道をコピーし、それに一致するように各時刻の腕や足の姿勢を解析的逆運動学法[6]によって再計算する。

選択関節と非選択部位の運動関係

手先や足先と選択部位の運動関係

関節間の運動関係を編集する技法[7]を用いて、複数の関節群の間、または関節群と身体先端部位の間の運動関係をコピーする。まず、参照動作の非選択関節の運動をコピー先に同期する。次に、選択部位の運動タイミングを参照動作に同期する[8]。最後に、最初に施した時間同期を解除する。

表1 姿勢アイコンのペイント状態と特徴量メニューアイテムの対応

ペイント状態	特徴量のメニューアイテム
なし	・時間的整合化
関節群	・時間的整合化 ・平均関節回転量, 回転量分散 ・選択部位と非選択部位の運動関係
手先, 足先のみ	・時間的整合化, 手先や足先の運動軌道 ・手先や足先と非選択部位の運動関係
関節群と手足先	・手先や足先と選択関節群の運動関係 ・他の全てのメニューアイテム

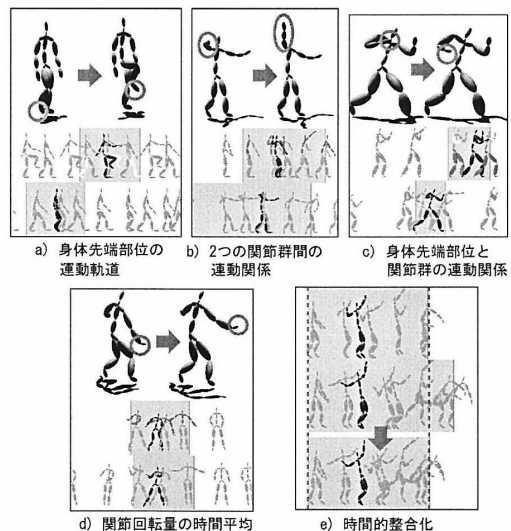


図3 運動特徴のコピーによる動作スタイル編集

関節回転量の平均, 分散

編集ウィンドウ中で指定された関節回転量の平均や分散が、参照動作セグメントに一致するように回転量を操作する[9]。この操作には、クォータニオン時系列のフィルタ処理法[10]を応用する。

反復編集 運動特徴メニューアイテムのドロップ位置により、編集操作の反復方法が変更される。ま

ず、メニューアイテムを編集ウィンドウ上にドロップした場合は、編集ウィンドウにのみ運動特徴がコピーされる。一方、未選択の領域にドロップした場合は、全ての編集ウィンドウと反復ウィンドウに同一の特徴を反復してコピーする。

3. アプリケーション例

3.1. 2体のキャラクタの動作編集

姿勢タイムラインを用いて、2体のキャラクタの格闘動作を編集した例を図4に示す。図4(a)は、左側のキャラクタが、右側のキャラクタに打撃された直後に後退する動作を示している。また、姿勢タイムラインにはキャラクタ同士の接触部位の色を変えて表示し、接触が発生したフレームを優先的に表示するように拡張している。その結果、図4(b)のように、接触を示す姿勢アイコンが無くなるように運動タイミングを操作することで、プレビュー再生することなく、打撃動作を回避するように動作を編集できる。

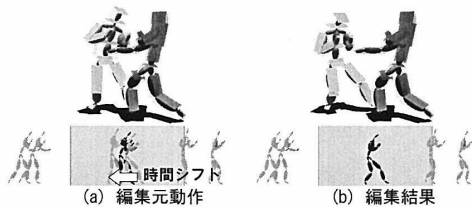


図4 タイミング編集による打撃動作の回避

3.2. 音楽シーケンスとの同期

タイムライン表示による動作データの可視化は、他の時系列データと連携したアニメーション編集に適している。図5に、歩行動作と音楽波形を同時に提示することで、歩行の接地タイミングを音楽のビートに一致させ、さらに脚の振り上げを誇張した編集結果を示している。この一連の編集は、次の4つの手順で行われる。(1) マーチング動作から、両足の運動軌道をコピーする。(2) 2歩分の歩行サイク

ルを編集ウィンドウで選択し、他のサイクルを反復ウィンドウとして検出する。(3) 全てのウィンドウを時間整合化し、各歩行サイクル長を正規化する。

(4) 編集ウィンドウの時間長とタイミングを操作し、接地姿勢を示すアイコンを音楽波形のピークに一致させる。ここで、全ての操作は編集ウィンドウに対してのみ行われ、反復ウィンドウの内容をユーザが確認する必要はない。そのため、約2分の動作データを1分程度の最小限の操作で編集できる。

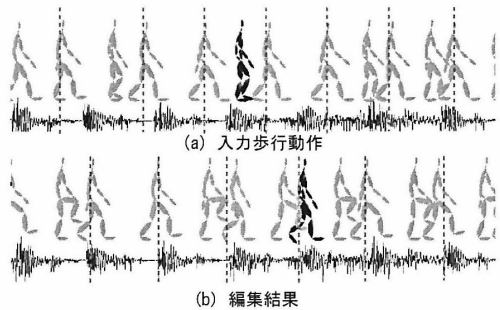


図5 音楽データへの歩行動作の同期

3.3. ユーザ評価実験

提案システムの有用性を検証するために、ユーザ評価実験を行った。被験者は3次元CG制作ツールの使用経験がある5名で、システムの操作方法を簡単に説明した後、3.2章に示したような、歩行動作を音楽データに同期させる編集を行うように指示した。その際、(1) 姿勢アイコンを表示しない場合、(2) 姿勢アイコンを表示するが反復ウィンドウを用いずに、全ての歩行サイクルを手作業で編集する場合、(3) 全ての機能を用いた場合、の3つの場合についての作業時間を計測した。表2に示す結果の通り、姿勢アイコンの表示と反復ウィンドウの使用によって、それぞれ作業時間を削減できることが確認された。なお被験者からは、足の接地状態などのより多くの情報が可視化されれば、作業効率をさらに改善できるという意見を得た。

表 2 ユーザ評価実験結果

Subject	A	B	C	D	E	avg.	min.	max.
(1)	222	227	236	306	244	247	222	306
(2)	249	249	176	185	215	214	176	249
(3)	140	145	179	145	156	153	140	179

4. おわりに

本研究では、動作データのタイムライン要約表示を用いた編集インターフェースを提案した。本システムでは動作の速度やタイミング、幾何学的な特徴量を簡易な操作によって編集でき、操作結果は姿勢タイムライン上で即座にプレビューできる。さらに、任意のセグメントに加えられた編集操作を、類似した別のセグメントに反復的に適用する機構も開発した。また、姿勢タイムライン上にキャラクタ同士の接触情報や他の時系列データを同時に可視化することで、様々な動作編集が可能となる。ユーザ評価実験の結果、動作データ編集の作業量を効率的に削減できることを確認した。

提案手法は、周辺に対する姿勢変化量が大きいフレームを姿勢アイコンとして表示する。この方法は動作データの要約には適するが、必ずしも編集操作に適した姿勢は選択されない。そのため姿勢アイコンの数や投影方向を手動で調整しているが、最適な表示を得るためには試行錯誤を要する。今後、より柔軟かつ頑健なキーフレーム選択法の導入が必要である。また、現在は編集対象とするセグメントを明示的に指定する必要がある。例えば、歩行中に足が接地する瞬間の姿勢を編集する場合でも、その編集が影響する周辺の時間幅をユーザが指定しなければならない。このように単一のフレームを編集する場合には、編集ウィンドウの時間幅を自動推定することでシステムの利便性を高められると考えている。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金・若手(B)・19700090、

基盤研究(B)・18300068 の援助により実施された。

参考文献

- [1] H. Yasuda, R. Kaihara, S. Saito and M. Nakajima: “Motion belts”, ACM SIGGRAPH 2007 Sketch, 2007.
- [2] J. Assa, Y.Caspi and D. Cohen-Or: “Action synopsis: pose selection and illustration”, ACM Transactions on Graphics, 24(3), pp.667-676, 2005.
- [3] F. Pellacini and J. Lawrence: “AppWand: Editing measured materials using appearance-driven optimization”, ACM Transactions on Graphics, 26(3), Article 54.
- [4] L. Kovar and M. Gleicher: “Automated extraction and parameterization of motions in large data sets”, ACM Transactions on Graphics, 23(3), pp.559-568, 2004.
- [5] L. Kovar and M. Gleicher: “Flexible automatic motion blending with registration curves”, ACM SIGGRAPH /Eurographics Symposium on Computer Animation 2003, pp. 214-224, 2003.
- [6] D. Tolani, A. Goswami and N. I. Badler: “Real-time inverse kinematics techniques for anthropomorphic limbs”, Graphical Models, 62(5), pp.353-368, 2000.
- [7] 向井智彦, 栗山繁: “時間的特徴解析に基づく運動タイミングの編集”, Visual Computing/GCAD 合同シンポジウム 2007, pp.33-38, 2007.
- [8] R. Heck and M. Gleicher: “Splicing upper-body actions with locomotion”, Computer Graphics Forum, 17(3-4), pp.219-227, 2006.
- [9] X. Wu, L. Ma, C. Zheng, Y. Chen and K.S. Huang: “On-line motion style transfer”, Int. Conf. on Entertainment Computing, pp.268-279, 2006.
- [10] J. Lee and S. Y. Shin: “General construction of time-domain filters for orientation data”, IEEE Transactions of Visualization and Computer Graphics, 8(2), pp.119-128, 2002.