

外部入力リズムを用いた人体動作解析
ー内挿法を用いた踊り動作の再現手法ー

小島一成¹, 広永美喜也², 長江貞彦²

¹立命館大学アトリサーチセンター, ²近畿大学

筆者らは、記録映像（連続した2次元画像）から無形の伝統芸能（踊り動作）をコンピュータグラフィクスで再現する事を目標としている。本稿では、2次元画像内の対象者の動作を抽出し、この抽出した動作をアニメーションで表現するため、キーフレーム法を用いて踊り動作を補間する手法について検討をおこなった。本手法により、記録映像内の動作を表現することができ、アニメーションで表現する可能性を示した。

Human Motion Analysis Using the Rhythm Input Data From Outside
ー A Reproducing Method of Dance Motion with the Interpolate Model ー

Kazuya KOJIMA¹, Mikiya HIRONAGA², Sadahiko NAGAE³

¹Art Research Center, Ritsumeikan University, ²Kinki University

Recently, the researches of digital archive that preserves and reproduces the traditional performing arts by the dance researcher of the humanities and the researcher of the informatics have been widely carried out. Most intangible traditional performing arts were preserved as recorded images. It is important to preserve the recorded images as a digital archives. There has been no study that tried to preserve intangible traditional performing arts in digital information. It is difficult to reproduce the dance of object person from recorded image. On our studies, we have focused on traditional performing arts recorded in images. In this study, we aim to reproduce dance motion of recorded images. Then, this paper was examined about an interpolation method in the reproduction of the dance motion. To reproduce the dance motion, we define the word of "Rhythm Points" or the time of the start and the end of the motion. We introduced new terms for these variables in the formula of the splines and we designed our spline curve for the change of the angle of the knee to interpolate frames. As a result, we got good result compared to spline before. However, we have carried out the examination for the control point. Our studies need to examine the interpolation method in the continued motion. Then, we added the condition of the period spline, and it was examined again. We also got a good result on this technique. Our studies found the possibility of digital saving of the traditional performing arts preserved as recorded image.

1. はじめに

近年、人文科学の舞踊研究者と情報学の研究者によって伝統芸能（日本舞踊や歌舞伎など）を保存・再現する研究が盛んにおこなわれている[1][2][3]。この無形の伝統芸能とりわけ舞踊において、これまでは師から弟子への伝承で受け継がれてきた。名高い舞踊は、伝承が受け継がれることも可能であるが、後継者不足により伝承が困難である舞

踊は、デジタル情報の形で保存することが必要である。具体例として、図1に示す市町村などの村祭りのような無形の伝統芸能は、過疎化によって伝承が困難になってきている。この村祭りなどは記録媒体（写真や映像）で保存されている。また、過去において人間国宝級の舞踊家の振る舞いなども、記録映像として保存されている。このように無形の伝統芸能の多くは、記録映像として保存されている。この記録映像（連続した2次元画像）から無形の伝統芸能を再現する手法の研究は、未だ手がつけられていないのが現状である。筆者らはこの記録映像（連続した2次元画像）から無形の伝統芸能（踊り動作）をコンピュータグラフィックスで再現する事を目標としている。本稿では、まず、図2に示す身体寸法が既知である被計測者にメトロノーム音にあわせて足踏み動作（反復動作）を行なわせた記録映像を作成し、三角法を用いて2次元画像内の対象者の動作を抽出した[4][5]。この抽出した動作をアニメーションで表現するため、キーフレーム法を用いた補間手法について検討をおこなった。



図1 寒川祭り（和歌山県）

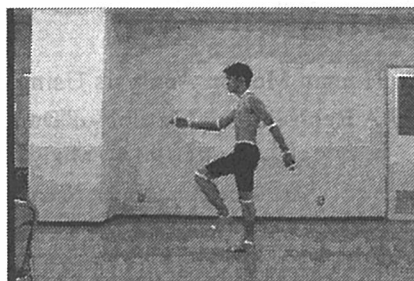


図2 足踏み動作

2. 外部入力リズムと踊り動作

本研究で対象目標とする無形の伝統芸能（踊り）は、市町村でおこなわれる祭りの登場人物の振る舞いである。祭りの登場人物の振る舞いにおいて、動作の背景には太鼓など演奏がおこなわれている。このように祭りなどの踊り動作と音楽は密接な関係があると考えられる。図3に画像データベースと踊り動作、音楽の関係を示す。ここで、一般に時系列で連続している情報を分割することは困難である。そこで、本研究ではこの時間的区分を”リズムポイント”と定義した。このリズムポイントを外部入力として扱う事によって、踊り動作の時間的区分の姿勢（振り）を決定することができる。この決定した姿勢（振り）をキーフレームとし、キーフレーム間を補間法を用いて踊り動作を表現する[6]。

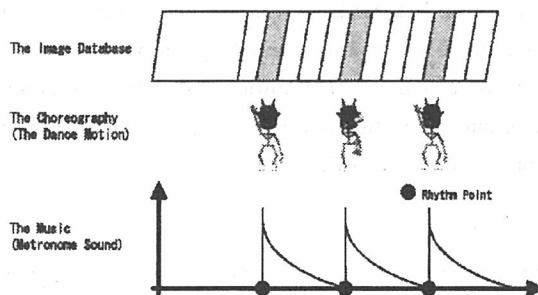


図3 画像データベースと踊り動作の関係

2.1 リズムポイントの抽出

祭りなどの記録媒体に録音された音声データは、太鼓などの楽器の複合的な音楽である。本研究では、メトロノーム音を採用し、リズムポイントの抽出をおこなった。抽出方法の手順を以下に示す。このとき、テンポ92、クリック音を発音するメトロノーム音を用いた。メトロノーム音の power を図4に示し、抽出したリズムポイントを図5に示す。

1. 記録済みの映像から連番静止画像と音声データに分割する。
2. 分割した音声データ (wav format: mono, 8bit PCM, 44.1kHz) を ASCII データへ変換する。
3. メトロノーム音の power を求める。
4. メトロノーム音の power データを判別2値化するため、ヒストグラムを求め、しきい値を決定する。このとき、しきい値=81とした。
5. ヒストグラムにより求めたしきい値を用いて、判別2値化をおこなった。
6. 2値化したデータに対し、エッジの抽出をおこなった。条件として、前の値が0で次の値が0でないものとした。ここで、時系列の単位をサンプルポイント数からフレーム数に変更し、power の値をしきい値で0と1に変換した。
7. まず、3連続するフレームを残した。次に、最初のフレームから最後のフレームまでのフレーム数を求め、メトロノーム音の発音回数で割り、フレームの間隔を求めた。求めたフレーム間隔以外のフレームを除去し、メトロノーム音の発音時のフレームを抽出した。この抽出したフレームをリズムポイントとした。

以上の手順によって、メトロノーム音の発音間隔を指定するだけでリズムポイントを自動的に抽出することができた。

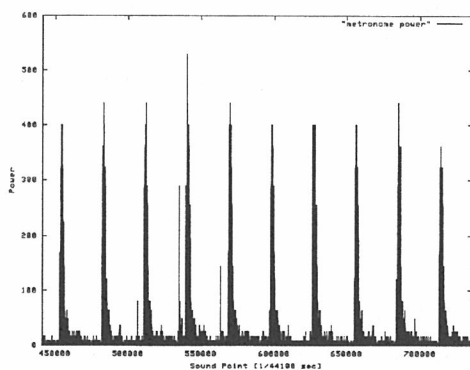


図4 メトロノーム音

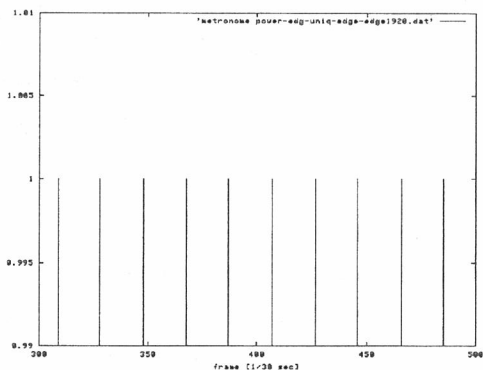


図5 リズムポイントの抽出

3. 踊り動作における補間手法

キャラクターの動作を生成するために補間手法は作業を減少する手段としてアニメーション分野でよく使われる手法である。本稿では、図6に示す膝関節の動作について、2つの手法を用いて動作の補間結果を比較し検討を行った。

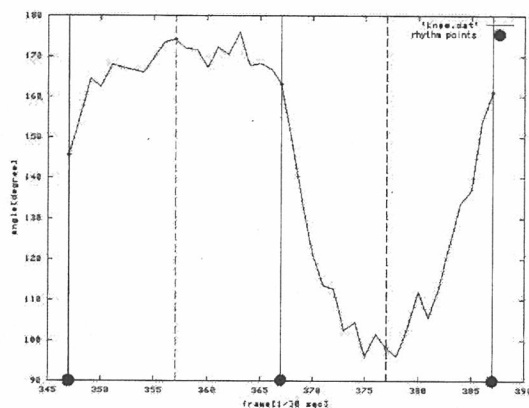


図 6 膝の角度変化とキーフレーム

最初に，補間手法でよく用いられる 3 次スプラインを用いて動作を補間した．3 次スプラインは，以下の条件で決まる関数である．この 3 次スプラインで補間した結果を図 7 に示す．

1. 小区間の上では 3 次式．
2. 小区間の両端点で指定された関数値をとる．
3. 小区間の境界において，2 階までの導関数が連続につながる．

図 7 より，測定データと 3 次スプラインを用いた補間結果の最大誤差は，370 フレームで $-19.525[\text{degree}]$ である．また，357 フレームから 367 フレームの 3 次スプラインを用いた補間は，測定データからおおきく外れた曲線を描いているが，この 3 次スプラインを用いた補間はリズムポイント間を滑らかに補間している．しかし，本稿で対象動作とする踊り動作を表現するという目的には不十分である．

そこで，本稿が提案する手法は，対象動作の踊り動作における補間手法を提案する．ここで，リズムポイント間を補間する手法として，次に示す 5 つの条件の補間手法を用いる．その条件式を以下に示す．

- 1) 小区間の上では 4 次式．
- 2) 小区間の両端点で指定された関数値をとる．
- 3) 小区間の境界において，3 階までの導関数が連続につながる．
- 4) 求める関数において，連続につながる端点が極値をとるとき 1 階導関数は 0 とおく．
- 5) 求める関数において全区間の両端点で 2 階導関数は 0 とおく．

上記の条件の補間手法で補間した結果を図 8 に示す．図 8 より，本稿で提案する補間手法は，従来の 3 次スプラインを用いた補間手法よりも測定データに沿った曲線を描いている．しかし，367 フレームから 377 フレームにおいて，このフレーム間は測定データと両手法の間の誤差が他のフレーム間よりも差が大きくなっている．これは，両手法が 3

点（始点，中割り点（In-Between Point），終点）で補間しているためである．これにより，リズムポイントの数について今後の検討が必要である．また，3 次スプラインを用いた補間手法と本稿で提案する補間手法は 370 フレームで誤差がともに最大値を示している．

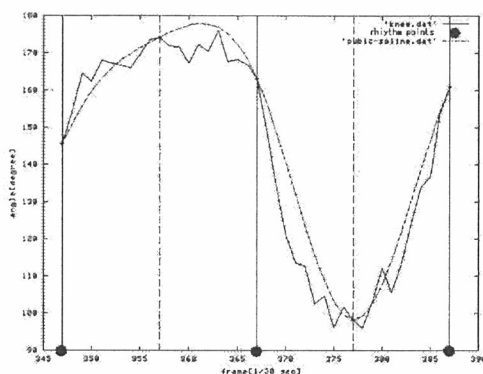


図 7 3 次スプラインで補間した結果

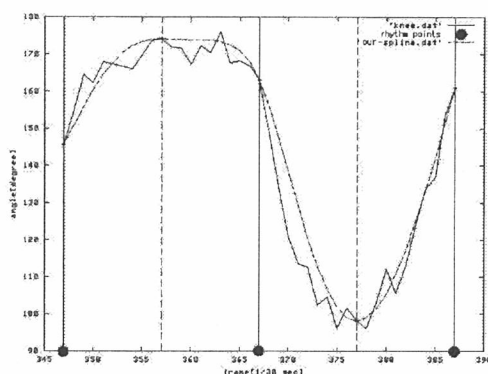


図 8 本手法で補間した結果

これまで，リズムポイントと中割り点，つまり制御点に対する検討を行ってきた．ここで，振りが連続に繋がる踊りを考えた場合，本研究で着目するような市町村の伝統芸能にあてはめることができる．そこで，連続した振りをおこなう踊り，言い換えれば周期的な動作における補間方法について検討をおこなう必要がある．先に述べた 3 次スプラインの補間条件を満たすスプライン関数 S において，以下の条件式を満たす周期(b-a)の周期スプラインがある[7]．

$$S^{(p)}(a+) = S^{(p)}(b-) \quad (p = 0, 1, 2)$$

そこで，本章で踊り動作を特性として活かすスプライン補間をおこなうため，この周期スプラインについて，以下に示す 2 つのケースを本手法のスプライン補間に導入し，検討をおこなった．

$$1. \quad S^1(x_1-) = S^1(x_n+), S^2(x_1-) = S^2(x_n+)$$

$$2. \quad S^2(x_1-) = S^2(x_n+), S^3(x_1-) = S^3(x_n+)$$

ここで，Case1 と Case2 の周期スプラインの最大誤差と誤差の 2 乗和を比較した結果を表 1 に示す．表 1 より，Case2 の方が最大値と誤差の 2 乗和でよい結果を得た．

表 1 Case1 と Case2 の誤差の 2 乗和と最大値の比較

	The maximum error [degree]	The sum of the error squared [degree]
Case1	-17.679	1457.058
Case2	-17.429	1382.152

4. おわりに

踊り動作の再現において本稿に示す手法は人体動作の特性を活かす補間方法を提案した。本研究では、制御点と動作の周期性に着目しスプライン補間の検討をおこなった。従来のアニメーションのキーフレーム法で動作付けをおこなう際は、始点・中割り点・終点の前後に新しくキーフレームを追加することで制作者が目的とする動作を生成している。しかし、本手法のような動作の属性・要素を条件として加えることで目的とする動作が生成できることを見出した。

本研究で扱う動作は、対称的な動作である。動作の開始時もしくは終了時にみられる対称的でない動作については、中割り点の位置や数について検討する必要がある。今後の課題として、対称でない動作および周期性をもたない動作について研究を進めていきたい。

参考文献

- [1] 海賀孝明,湯川崇,長瀬一男,工藤公樹,佐々木信也,小原直子,玉本英夫:“舞踊符による動作の記述法の提案”人文科学とコンピュータシンポジウム論文集 42-5,pp.31-38 (1999)
- [2] 松本敏良,八村広三郎:“モーションキャプチャーからの基本身体動作の抽出”IPS,じんもんこん 2000, pp.17-24 (2000)
- [3] Kozaburo HACHIMURA,Yutaka OHNO:“A system for the representation of human body movement from dance scores”Elsevier Science Publishers B.V. pp1-9 (1987)
- [4] Hsi-Jian Lee,Zen Chen:“Determination of 3D Human Body Postures from a Single View”COMPUTER VISION GRAPHICS<,AND IMAGE PROCESSING 30,pp148-168 (1985)
- [5] 美濃導彦:“3次元人体形状モデルの作成”知性連合推進機構フォーラム資料集,pp.60-64 (1997)
- [6] Michel O'Rourke (袋谷, 大久保訳): "Principles of Three-Dimensional Computer Animation -- Modeling, Rendering, and Animation with 3D Computer Graphics. 3次元コンピュータアニメーションの原理" トッパン印刷 (1995)
- [7] 市田浩三,吉本富士市:“スプライン関数とその応用”教育出版 (1979)