

MIDI データに基づく自動人形の動作生成

Generation of dancing motion for the CCA based on MIDI data

○ 伊藤真二*, 猪岡光*

○ Shinji Ito*, Hikaru Inooka*

*東北大学大学院情報科学研究科

*Graduate School of Information Science, Tohoku University

キーワード：自動人形(Automata), 舞踊動作(Dancing Motion), MIDI(MIDI), 自動生成(Automatic Generation)

連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 01 東北大学工学部機械系 2 号館 猪岡研究室

伊藤真二, Tel.: (022)217-7021, Fax.: (022)217-7019, E-mail: itosinji@control.is.tohoku.ac.jp

1. 緒言

人を楽しませることを目的としたアミューズメントロボットの一つに、音楽に合わせて踊りを踊る自動人形がある。従来の自動人形は 1 種類の踊りを繰り返すのみであったが、池浦らによりコンピュータ制御による自動人形(CCA: Computer Controlled Automata)¹⁾が開発され、ハードウェアの交換なしに複数の踊りを躍らせることが可能となっている。

CCA のような見る人を「楽しませる」ことを目的としたアミューズメントロボットでは、ロボットが多種多様な動きをすることが望ましい。この要求は、CCA においては多種多様な踊りを踊れるということに相当する。しかし、その動作教示において教示者は舞踊およびハードウェアの知識や多大な作業時間を必要とするため、現在 CCA の舞踊動作は曲にして 6 曲分という少数のものしか教

示されておらず、動作教示方法の簡略化や動作の自動生成法が望まれる。

音楽に合わせて動作をすることが「踊る」ということであるから、音楽と舞踊動作の間には密接



Fig.1 Overview of the CCA

な関係がある。そこで、与えられた楽曲の情報を利用してコンピュータが自動的に舞踊動作を生成することができれば、教示者、教示作業を必要とせず多種多様の舞踊動作が得られることになり、CCA に対する要求を満たすと考えられる。本研究では、音楽情報として MIDI データを用い、そこから得られる情報を利用して自動的に舞踊動作を生成する手法を提案する。

2. 音楽情報の利用

楽曲中の重要な要素としてはメロディー、ハーモニー、リズムなどが挙げられる。これらの楽曲の情報を動作生成法に利用するために、まずその楽曲を解析する必要がある。音楽情報は様々なものがあるが、コンピュータ上で使用される代表的なものとして WAVE ファイルや MIDI ファイルがある。WAVE ファイルは実際の波形データをデジタルサンプリングしたファイルで、MIDI ファイルは、楽器同士を接続しその音楽情報をデジタル信号によって伝達するためのインターフェースである MIDI(Musical Instrument Digital Interface) の標準フォーマットで作られたファイルである。

WAVE ファイルから情報を取得する手法²⁾では、楽曲中の簡単なリズム、テンポの情報を得ることができたが、メロディーや曲調などの情報は得ることが困難であった。一方、MIDI ファイルはバイナリデータを解析することで、音の鳴るタイミング、鳴っている長さ、音程、音量の情報を取得することができる。そこで、本研究では情報取得までの処理が比較的容易な MIDI ファイルを利用することとした。

3. MIDI データに基づく動作生成

動作生成は一度 MIDI データを解析した後、オフラインで行うものとする。時間的な制約がない

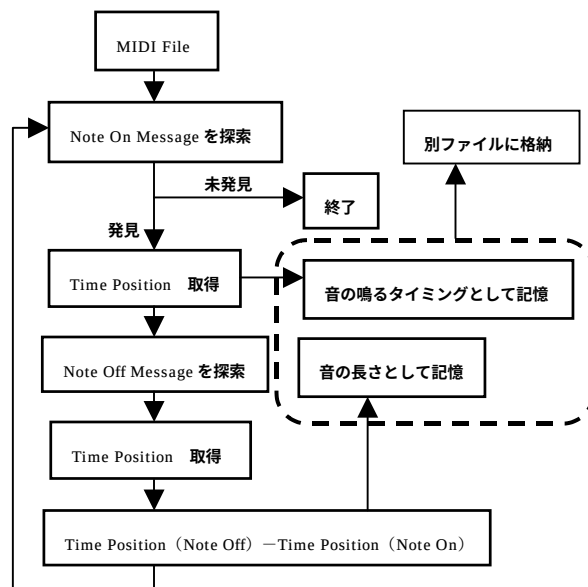


Fig.2 Algorithm of getting MIDI information

分、滑らかで自然な動作、情緒のある踊りを生成することが求められる。これまでに MIDI データから得られた情報を利用した動作生成法として、一定区間毎にエネルギーを考え、ばねのモデルに当てはめる手法³⁾、予め演奏情報と対応したポーズのマッピングを作り、それを選択して動作を作る手法⁴⁾などが開発されているが、自動人形のような多自由度のモデルへの適用し、踊りとして面白い動作を生成することは困難である。

本研究では自動人形の可動限界や舞踊動作から得られる特徴をルールとして設定し、そのルールに従って動作生成を行うことで自然な動作、面白さの感じられる舞踊動作を生成することを目指す。

3.1 MIDI ファイルからの情報取得

MIDI データの中で重要なのはノートオンメッセージとノートオフメッセージで、それぞれ音を鳴らす、音を止めるという命令である。またメッセージの前には、1つ前のメッセージからの経過時間が必ず入る。このメッセージから各チャンネルでの音程、音量の情報が得られる⁵⁾。本手法では音の鳴るタイミングと長さを利用することとし、チ

チャンネル毎に情報を取得する。そのアルゴリズムを Fig.2 に示す。

3.2 MIDI データに基づく動作生成法

これまでに教示された動作データから得られる舞踊動作の一つの特徴として、リズムにあわせて動作が始まる、あるいは止まるというものがある。得られた情報から舞踊動作を生成するために、この特徴を利用する。つまり、MIDI データを解析し得られた情報から音の鳴るタイミング、音の止まるタイミングがわかるので、そのタイミングにあわせて人形の各関節も動作させるものとする。一つの音の始まりと終わりが一つの動作の始点、終点に対応することとなる。コンピュータは始点と終点での人形の各関節の角度を決定しその間の動作を補完することで一連の動作を生成することが可能である。

音が鳴っている間の動作については、三角関数を用いて次のように関節角度を与える(Fig.3)。

$$\theta(t) = \theta_n + \frac{\theta_{n+1} - \theta_n}{2} \left\{ 1 - \cos \left(\frac{t - T_n}{T_{n+1} - T_n} \pi \right) \right\} \quad (1)$$

このとき角速度は境界時刻 ($t = T_n, T_{n+1}$) では常に 0 となり、動作が止まることになる。

3.3 舞踊動作のルールによる動作生成

実際の動作では入る音全てに対して動作するわけではないので、自然な動作を作るためには止まっている状態も作る必要がある。これには舞踊動作における各関節の相関⁹⁾を利用することにする。舞踊動作の特徴は音楽や踊りの種類により無数にあると考えられる。ここでは CCA に教示されているバレエ音楽の動作データからそのルールを設定する。まず、各関節がどの程度の確率で動作するかを調べるために以下の 3 つの指標を定義する。

1) 支配率: ある一つの楽曲の中で一つの関節が動いている時間が全体のどの程度を占めるか

をあらわす。

2) 同期率: ある一つの音楽中で二つの関節のうちどちらか一方が動いている場合において、もう一方の関節の動いている時間がどの程度を占めるかをあらわす。

3) 連鎖率: ある一つの音楽中で一つの関節が動いたとき、その前に動いていた関節の割合を表す。

このような指標を用いて動作データを調べると、

- ・ 回転動作が最も多い
- ・ 両腕は同期して動きやすい
- ・ 腰と両手は交互に動きやすい

などのルールを得ることができる。これらのルールを、音が鳴ったときに関節が動作するかどうかの判定に取り入れ動作生成を行う。

音が鳴ったときに関節 j の動作状態を、関節 i との組み合わせを考慮して決定する関数 $f_{comb}(j)$ を作り次式で与える。

$$f_{comb}(j) = P_i \cdot P_{1j} + \overline{P_i} \cdot P_{4j} \quad (2)$$

ただし、 P_i, P_{1j}, P_{4j} は確率変数であり、定められた確率分布に従い 0 か 1 をとる。 P_i は関節 i の動作状態、 P_{1j}, P_{4j} はそれぞれ関節 j が動作をしたとき、しないときの関節 j の動作状態を決定する。また、 $\cdot$ は論理積、 $+$ は論理和を表す。ここで関節 i を踊りの中で最も重要な関節とすると、式 (2) は次のように表される。

$$f_{comb}(j) = P_{imp} \cdot P_{1j} + \overline{P_{imp}} \cdot P_{4j} \quad (3)$$

この他に、関節 j の動作状態を、一つ前の全関節の動作状態を考慮して決定する関数 $f_{chain}(j)$ を次式で与える。

$$f_{chain}(j) = \sum_{i=1}^5 n_i \cdot C_{i,j} \quad (4)$$

ここで、 n_i は一つ前の時間での関節 i の動作状態で動作時は 1、非動作時は 0 をとる。 $C_{i,j}$ は確率変数で、定められた確率分布に従い 0 か 1 をとり、

一つ前の時間で関節 i が動いたときの関節 j の動作状態を決定する．最終的な動作判定はこの 2 つの関数の論理和により行われる．

Fig.3, Fig.4 に本手法により生成した動作波形を示す．左腕を最重要関節として 25%の確率で動作するように設定した．これを見ると右腕と左腕がよく同期していることなど，関節の相関が考慮された動作が生成されていることがわかる．また，Fig.3 と Fig.4 は同一の楽曲に対して生成した動作であるが波形は異なっており，生成するたびに新しいデータを作れている．これは舞踊動作データの増加に有用である．

しかし，角度決定に対してはルールを設定していないため踊りとしての表現は低いものとなっている．

4. 結言

本研究では CCA の舞踊動作データを生成するために MIDI データを利用する方法を提案した．また，人形の自然な動作を作るために舞踊動作から得られるルールに従って動作生成を行う手法を提案した．以上の手法により人形の可動範囲内で滑らかな動作波形を生成することが可能であった．しかし，踊りとしての表現はまだ乏しい．今後，実際に生成した動作をアニメーションにより表示し，その成功度を評価することが必要である．また，音程，音量など利用する情報を増やして踊りの表現度を高めることが考えられる．

参考文献

- 1) R.Ikeura, M.Kimura and H.Inooka : Motion Planning of Computer Controlled Automata, 2nd IEEE International Workshop on Robot and Human Communication (ROMAN'93), 356/360 (Nov.1993)
- 2)伊藤 真二：音楽のリズムを利用した自動人形の動作生成，東北大学卒業研修 (2000)

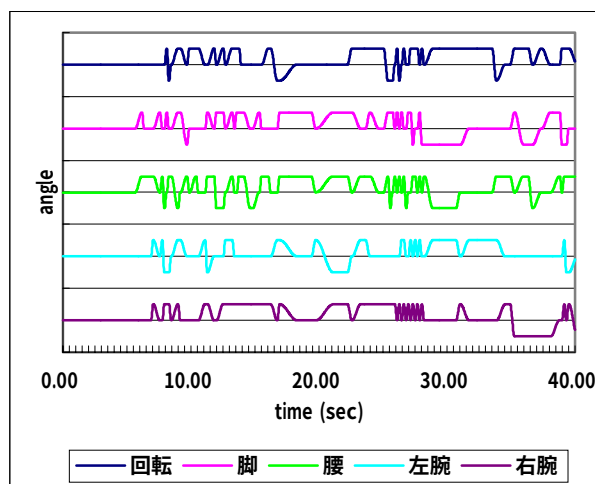


Fig.3 Example of generated motion

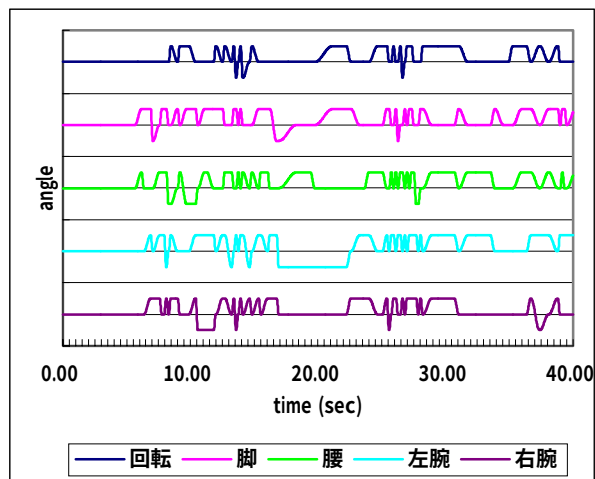


Fig.4 Example of generated motion

- 3)Q.Wang, N.Saiwaki, S.Nishida : Automatic Motion Synthesis with Music Factors based on 3D Spring Model, 2000 IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, 184/189, (2000)
- 4)後藤 真孝, 村岡 洋一：音楽に踊らされる CG ダンサーによるインタラクティブパフォーマンス, コンピュータソフトウェア, Vol.14, No.3, 20/29 (May 1997)
- 5)Y.Nakajima : MIDI Bible I, Ritter Music (1997)
- 6)屋代 聡：基本動作を用いる自動人形の舞踊動作生成，東北大学修士学位論文 (1999)