

音楽演奏から抽出される感性情報による CGの舞踊表現の制御

濱田 雅史

八村 広三郎

立命館大学 理工学部 情報学科

今日、「踊り」や「音楽」における研究が活発になっており、それぞれの感性情報についても関心が高くなっている。そこで本稿では、「踊り」がそれに付随する「音楽」から受ける効果を視覚化することを目的としている。身体動作として「踊り」を取り上げ、「踊り」が様々な雰囲気「音楽」から受ける効果を3次元CG人体モデルを使って視覚的に捉えられるシステムを提案する。具体的には、モーションキャプチャ・データによってあらかじめ踊りの標準的な「振り」を与えられた3次元CG人体モデルに対して、音楽演奏情報から抽出した感性情報をもとに、舞踊の感性情報である”motive”を導き出し、各 motive に対応して「振り」を変化させることで「音楽」による効果を表現する。

Modification of CG character's dance motion by Kansei information extracted from a music performance

Masafumi Hamada

Kozaburo Hachimura

Department of Computer Science
Ritsumeikan University

Today, researches on computer analysis of dance and music are becoming quite popular, and many researchers pay attention to Kansei information processing about dance and/or music. This paper proposes a method of modifying the motion of dance produced by CG character animation by music performance. We extract some Kansei parameters from performed music from a MIDI music instrument and derives "motives" information, which characterizes the body motion of dance. We prepare "standard" dance motion obtained by using a motion capture system, and modify the body motion according to the "motives" extracted from a music performance.

1 はじめに

計算機の処理能力の向上や3次元グラフィックス処理性能の向上、さらにマンマシンインタフェースの高度化に伴い、人間の身体動作を計算機上で扱おうとする研究が数多く行われるようになってきた。最近では、身体運動からリアルタイムに感性情報を抽出する研究 [1] や、舞踊譜 Labanotation を編集・表示するシステムの開発、モーションキャプチャ・データを扱った研究など様々な研究が行われるようになっている [2][3]。

一方、文献 [4][5][6] などのように音楽の感性情報

を計算機によって視覚化したり、音楽演奏を生成する研究も行われており、また文献 [7][8][9] では、人間の楽器演奏をCG人体モデルを使って視覚化する研究や音楽を使ったアニメーション作成の研究など、身体動作と音楽を関連づけて扱っている研究も行われている。

このように、身体動作や音楽、それらの持つ感性情報などを計算機システムで扱うことに対する関心が高まっている。

身体動作としての「踊り」をコンピュータシステム上で表示する際には、「踊り」に付随して演奏される「音楽」との関係を考えることが重要である。

「踊り」と「音楽」とは常に表裏一体の関係にあり、また相互に大きく関連しあっている。つまり、「踊り」はその「音楽」のリズム・調性・雰囲気などによって大きな影響を受ける。

そこで、本研究では身体動作として「踊り」を取り上げ、その「踊り」が「音楽」から受ける影響を3次元CG人体モデルを用いて視覚的に表現することを試みる。すなわち、モーションキャプチャ・データによってあらかじめ踊りの標準的な「振り」を与えられた3次元CG人体モデルに対して、MIDI楽器の演奏情報から抽出した音の高さ・強さ等の感性情報をもとに、舞踊の感性情報 (motive) を導き出すためのパラメータを求め、その結果から motive を決定し、それをもとに与えられた「振り」を変化させることで「音楽」による影響を表現するというものである。

motive とは、身体動作を7種類の典型的な動き(「楽しい」・「寂しい」等)に分類したもので、舞踊の感性情報を示すものとして文献 [11][12][13] でも扱われている。

以上の処理により、「踊り」をコンピュータシステム上でCGとして表示するだけでなく、「踊り」が「音楽」によって受ける影響をも考慮した表示を行い、その影響を視覚化する。

2 システム概要

本研究では図1のようなシステムで実験を行った。システムの処理内容を図2に示す。このシステムは、以下の処理から構成されている。

- モーションキャプチャ・データをもとにしたアニメーション処理
- 演奏された音楽から感性情報を抽出する処理
- 舞踊に対して与える感性情報を算出する処理
- 踊りの動作制御 (振りの変化) を行う処理

2.1 CGによるモーションデータ

事前にモーションキャプチャ・システムを使って踊り際の身体動作データを取得した。モーションキャプチャ・データは図3のように32個のマーカー座標値で構成される。

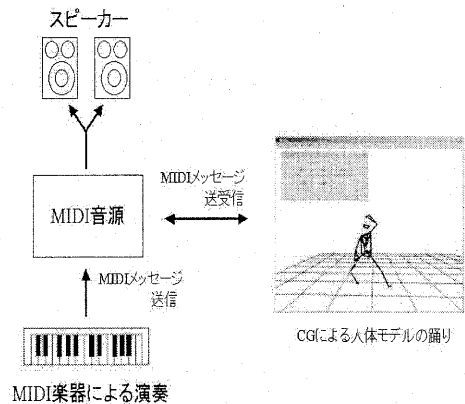


図1: 実験環境

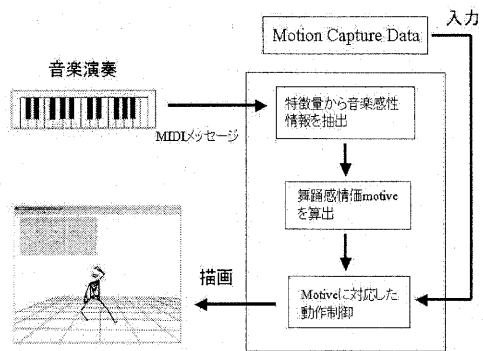


図2: システムの全体構成

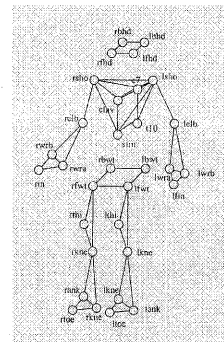


図3: モーションキャプチャマーカー位置

モーションキャプチャ・データは TRC 形式と呼ばれるもので、図4のように記述されている。ヘッダ部分には、データレートやマーカー数、総フレーム数、また各マーカーの名前等が記述されており、データ部分には、フレーム数、データ測定開始からの経過時間、各マーカーの3次元位置座標が順に記述されている。

Frame	Time	marker1	marker2	marker3	marker4
1	0.0000	-334.81	395.45	1480.2	-493.24
2	0.0083	-335.01	395.45	1480.8	-493.17
3	0.0167	-335.18	396.53	1480.8	-493.11
4	0.0250	-335.18	397.22	1481.1	-493.11
5	0.0333	-335.12	397.33	1481.5	-493.11
6	0.0417	-335.24	397.27	1481.9	-492.88
7	0.0500	-335.24	398.01	1482.5	-492.8
8	0.0583	-334.95	409.35	1484	-492.48
9	0.0667	-335.24	398.81	1482.6	-492.49
10	0.0750	-335.18	397.44	1482.1	-492.97
11	0.0833	-335.01	397.67	1482.9	-492.49
12	0.0917	-334.89	397.64	1483.9	-492.81
13	0.1000	-334.81	398.07	1482.4	-491.88
14	0.1083	-334.38	398.43	1483	-491.52
15	0.1167	-334.27	400.41	1483.7	-491.24

図4: モーションキャプチャ・データ

本研究では「踊り」の中でも特に「創作ダンス」と呼ばれるものを対象とする。研究に使用する「踊り」のモーションキャプチャに際しては、プロの演者に協力を頂いた。そして、演奏曲として坂本龍一の「paradise lost」(落ち着いた感じの曲)を使用した。曲の一部を流し(約30秒間)、その間、演者にできる限り「動きの表情なく」踊ってもらい、これを標準的な「踊り」のデータとした。ただし、「動きの表情なく」とは、ここでは音楽的な影響による感情を「踊り」の動きの中に表さないように、という意味であることを説明して、その意図で踊ってもらった。

舞踊表現の制御の際には音楽演奏は標準的「踊り」のモーションキャプチャの際に使用したものと同一曲を用いる。この曲を1つの楽器で、テンポや調性を変えて演奏を行っている。

2.2 処理の流れ

モーションキャプチャ・データをもとにCGによるキャラクタのアニメーションの表示を行い、それと同時にMIDI楽器による音楽演奏を行う。処理の

流れは図5に示す。

音楽演奏から特徴量を抽出

ピッチ
ヴェロシティ + 各変化量
テンポ

音楽演奏のパラメータ算出

スピードのある
ゆっくりした
なめらかな
規則正しい
アクセントのある

軽い
重い
強い
持続的な
急変的な

各motive強度を算出

楽しい
流れるような
寂しい
儼かな

さりげない
鋭い
躍動的な

各motiveに対応した動作制御

速く
遅く
重心高く
重心低く

動きの変化大きく
動きの変化小さく
前のフレームと同じ速さ

図5: 処理の流れ

音楽演奏の入力と出力はMIDI[14](Musical Instrument Digital Interface)により行う。MIDI楽器より得られるMIDIメッセージをもとに音楽演奏について情報分析し、特徴量を取得する。

次にこの特徴量から、対応関係(後述)に基づいて舞踊感情価 motive(後述)を求めるために必要なパラメータ強度を計算する。そして、各パラメータ強度をもとに motive 強度を計算し、強度の最も大きい motive を求める。

求めた motive に応じて、時性・力性の観点からCGアニメーションの動作制御を行う。すなわち、モーションキャプチャによって得られている標準的「踊り」データの身体各部のマーカー位置の座標値を変換することで動作制御を行う。

2.3 音楽演奏の感性情報の抽出

音楽演奏から特徴量を抽出する際には、過去3秒間の演奏の分析から得られる特徴量を、次の1秒間における舞踊の感性情報の導出に用いるようにしている(図6)。

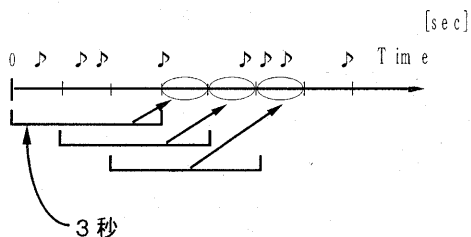


図6: 演奏の感性情報の抽出

現在、音楽演奏情報からは以下の3種類の特徴量を抽出している。

- ピッチ (Pitch, 以下 P)

音の高さを表す特徴量。3秒間に発音した音の高さ(MIDI note number)の平均値を求める。0-127の数値で得られるので、これを100段階に変換する。

- ヴェロシティ(Velocity, 以下 V)

音の強さを表す特徴量。3秒間に発音して音の強さ(MIDI velocity number)の平均値を求める。ヴェロシティもピッチと同じく0-127の数値で得られるので、これを100段階に変換する。

- テンポ (Tempo, 以下 T)

音楽のテンポの速さを表す特徴量。3秒間に発音した音数を求める。標準的「踊り」データの取得時に使用した演奏音楽の3秒間あたりの平均発音数を基準として100段階で評価する。

また、これらの各特徴量について、時間的変化量も算出して利用する。

これらの6種類の特徴量をもとに表1に示すような12種類の値を計算する。このとき、「高さ・大きさ・速さ」と示されるものについてはそのままの値を用いるが「低さ・小ささ・遅さ」と示されるものに関しては、

例えば

$$\bar{P} = 100 - P$$

のような式によって求めている。

表1: 12種類の音楽感性情報

音楽感性情報	対応する特徴量
ピッチの高さ	P
ピッチの低さ	\bar{P}
ヴェロシティの大きさ	V
ヴェロシティの小ささ	\bar{V}
テンポの速さ	T
テンポの遅さ	\bar{T}
ピッチ変化の大きさ	ΔP
ピッチ変化の小ささ	$\overline{\Delta P}$
ヴェロシティ変化の大きさ	ΔV
ヴェロシティ変化の小ささ	$\overline{\Delta V}$
テンポ変化の大きさ	ΔT
テンポ変化の小ささ	$\overline{\Delta T}$

2.4 舞踊の感性情報の算出

2.4.1 motive

舞踊の感性情報を示すものとして、「motive」と呼ばれるものを用いる。これは創作ダンスにおける身体動作を7種類の典型的な動き(以下、7 motives)に分類する考え方[11][12][13]に基づいている。この分類方法はダンスの研究者として著名なルドルフ・ラバンの考案した身体動作の記述方法の1つである「Effort-Shape Description」[10]に基づいたもので、ここでは motive という心理的な特徴と時性・力性という物理的な特徴(因子)とが表2のように対応づけられる。

例えば、身体動作の「楽しい」という感情は、時性的には「スピードのある」、力的には「軽い」といった形容詞で表される特徴と対応している。

2.4.2 パラメータ強度の算出と motive 決定

本研究では、7 motives の時性・力性を表現する各特徴(軽い、重い等)を motive 強度を導き出すための「パラメータ」と呼んでいる。motives の時性・力性の強度と12種類の音楽感性情報とを、プ

表 2: motive と時性・力性の関係

motive	時性	力性
楽しい	スピードのある	軽い
流れるような	なめらかな	軽い
寂しい	ゆっくりとした	持続的な
さりげない	規則正しい	持続的な
厳かな	ゆっくりとした	重い
鋭い	アクセントのある	急変的な
躍動的な	スピードのある	強い

口の演者のアドバイスをもとに作成した表 3 に示すように対応づけ、motives を決定するための時性・力性を表現する各パラメータの強度を以下の値により求める。

そして、表 2 の対応関係をもとに、各 motive の強度を時性的特徴と力性的特徴との和で算出する (表 4)。その中から最も値の大きい motive を求め、これをこの踊りの表現のための motive とする。

2.5 動作制御

motive を決定した後、各 motive に対応して CG キャラクタの動作制御を行う。モーションキャプチャを用いて取得した踊りのデータは 32 個のマーカーで構成されており、この 32 個のマーカー座標値を変換することで動き (振り) を制御する。このとき、各 motive と動作制御の対応関係は表 5 のように定義する。動作制御の種類は、主に以下の 3 つである。

- 速く / 遅く

「速く」のときは、フレームの間引きを行いアニメーションスピードを上げる。「遅く」のときは、各フレーム間にフレームの追加を行いアニメーションのスピードを下げる。追加するフレームとしては、前後フレームをもとに生成した中間フレームを使用する。

- 重心を高く / 低く

motive 強度に応じて、モーションキャプチャデータの各マーカー座標のうち Z 座標 (高さ) を変換し、上下に重心を変化させる。

- 動きの変化を大きく / 小さく

表 3: 各パラメータと音楽感性情報との対応

パラメータ	音楽感性情報
スピードのある (Spd)	テンポの速さ T
ゆっくりした (Slw)	テンポの遅さ \bar{T}
なめらかな (Smo)	テンポ変化の小ささ ΔT
規則正しい (Rgr)	テンポ変化の小ささ $\Delta \bar{T}$
アクセントのある (Acc)	テンポ変化の大きさ ΔT
軽い (Lgt)	ピッチの高さ P
重い (Hvy)	ピッチの低さ \bar{P}
強い (Stg)	ヴェロシティの大きさ V
持続的な (Cnt)	ヴェロシティ変化の小ささ ΔV
急変的な (SCh)	ピッチ変化の大きさ ヴェロシティ変化の大きさ $(\Delta P + \Delta V)/2$

表 4: motive と motive 強度の算出

motive	motive 強度
楽しい (Happy)	Spd+Lgt $(T + P)$
流れるような (Flowing)	Smo+Cnt $(\Delta \bar{T} + P)$
寂しい (Lonely)	Slw+Cnt $(\bar{T} + \Delta \bar{V})$
さりげない (Natural)	Rgr+Cnt $(\Delta \bar{T} + \Delta \bar{V})$
厳かな (Solemn)	Slw+Hvy $(\bar{T} + \bar{P})$
鋭い (Sharp)	Acc+SCh $(\Delta T + (\Delta P + \Delta v)/2)$
躍動的な (Dynamic)	Spd+Stg $(T + V)$

表 5: motive と動作制御との対応

motive	動作制御
楽しい	速く/重心を高く
流れるような	動きの変化を小さく 重心を高く
寂しい	遅く/動きの変化を小さく
さりげない	前フレームと同じ速さ 動きの変化を小さく
厳かな	遅く/重心を低く 動きの変化を小さく
鋭い	速さの変化を大きく 動きの変化を大きく
躍動的な	速く/動きの変化を大きく

前後フレーム間で、人体モデルの各部位（肘、肩など）ごとにそれぞれの座標 2 点間の距離を大きく/小さくするように、座標変換を行う（図 7）。

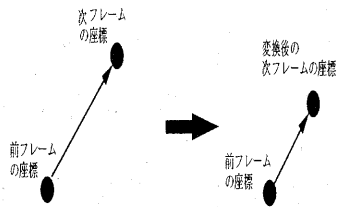


図 7: 動きの変化の与え方

3 実験結果

試作したシステムにより、実際に音楽による踊りの影響を視覚化できているかを確認する実験を行った。音楽演奏の楽器には MIDI ギター² (Roland GK-2A,GI-10) を使用した。

実験に用いた標準的「踊り」のアニメーション表示の一部を図 8 に示す。

今回、実験条件として表 6 のような 5 種類の演奏パターンを用いた。その結果、それぞれの場合において得られた motive は表 7 のようになった。

図 9 は、演奏 A のもとでのアニメーションの様子を示す。ここでは、「ピッチの高さ」、「テンポの

² 特殊なピックアップをつけることにより MIDI 出力を可能にしたギター

表 6: 実験時に用いた音楽演奏のパターンと特徴量

種類	Pitch	Velocity	Tempo
演奏 A	高い	強い	速い
演奏 B	低い	弱い	遅い
演奏 C	普通	普通	普通
演奏 D	高い	普通	遅い
演奏 E	普通	強い	速い

表 7: 実験パターンごとの結果

種類	選ばれた motive
演奏 A	楽しい
演奏 B	厳かな
演奏 C	さりげない
演奏 D	寂しい
演奏 E	躍動的な

速さ」という特徴が強いため、motive として「楽しい」が選択されている。その結果、重心が高く、アニメーションの速度が速くなっている。

図 10 では、演奏 B のもとでのアニメーションの様子を示す。ここでは、「ピッチの低さ」、「テンポの遅さ」という特徴が強いため、motive として「厳かな」が選択されている。その結果、重心が低く、アニメーションの速度が遅くなっている。

4 考察

実験の結果、音楽演奏によってリアルタイムに CG 人体モデルの踊りの振りを制御することができることを確認した。また、テンポが速く高音が多いときには motive が「楽しい」となり、逆にテンポが遅く低音が多いときは「厳かな」となっており、適切な音楽感性情報が抽出されていることも確認できた。そして、選ばれた motive に応じて適切な振りの変化を行うことも確認できた。

しかし、いくつかの問題点もある。例えば、明るい音楽から暗い音楽に変わった場合、「ピッチが低い/テンポが遅い」という特徴よりも「ピッチ変化が大きい/テンポ変化が大きい」という特徴の方が強調される傾向がある。

例えば、ピッチが高くテンポが速い音楽から急変して、ピッチが低くテンポが遅い音楽に変わったとき、「厳かな」ではなく「鋭い」が選択される。こ

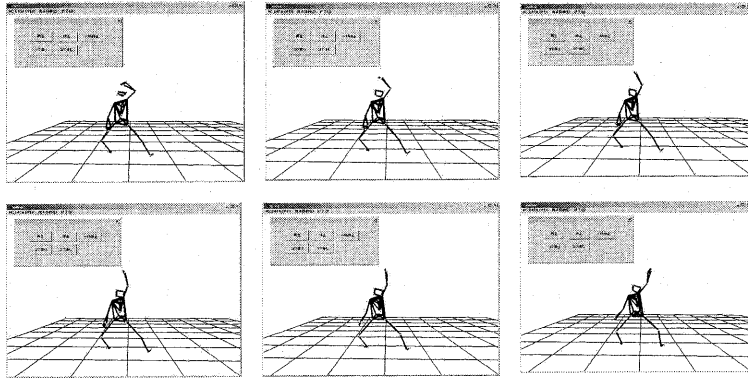


図 8: 標準的「踊り」のアニメーション

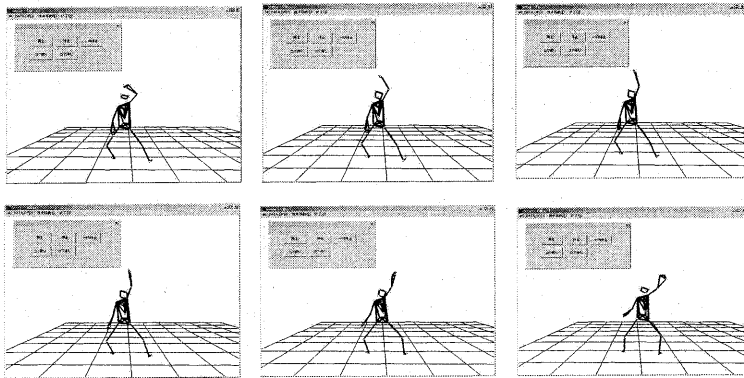


図 9: 演奏 A : motive = 「楽しい」

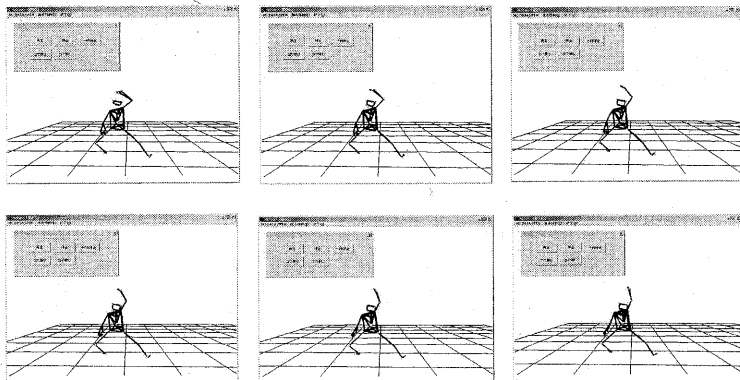


図 10: 演奏 B : motive = 「厳かな」

れは必ずしも誤りではないが、このような場合、演奏する側のイメージと画面に表示される motive とでギャップが生じる。

このようなことを防ぐために、今後心理実験等により motive 強度の算出方法(表4)の改善を行い、よりイメージとマッチした motive が求められるようにする必要がある。また、現時点では動作制御についても、演奏とCGの同期が完全にはとれていないという問題もある。今後、十分な評価実験を繰り返し、改良をする必要がある。

5 おわりに

本論文では、「踊り」と「音楽」との関係に着目し、演奏が踊りに与える効果をCG人体モデルを用いて視覚化することを試みた。具体的には、音楽演奏から得られるMIDIデータをもとに、音楽情報処理をリアルタイムに行い、その結果から舞踊の感情価 motive の各強度を求めるための計算をし、決定した motive に応じて踊りの「振り」の変化を行った。

実験結果で報告したように、ある程度の成果を得ることができたが、まだ不十分な点が多くあり、改善する必要がある。更に、評価実験を行いながら感性情報をより適切に反映できるようなシステムにする必要がある。

今後、以下の点でも改良を行う予定である。

- motive 強度の算出方法の検討
- motive を1つに決定するのではなく、各 motive の強度を総合的に反映できるようにする。
- 調性・音色などの音楽演奏情報についても考慮する。

謝辞

本研究を進めるにあたって舞踊のモーションキャプチャに協力して頂いたとともに、有益な助言を頂いた舞踊家宮北裕美さんに感謝します。

参考文献

[1] Midas(ATR):<http://www.mic.atr.co.jp/mao/midas/>

- [2] 平松尚子、八村広三郎：“身体動作の記述と表示のための実行制御環境の開発”、情報処理学会論文誌 第40巻 第3号、pp.939-948、1999
- [3] 岡本賢一、八村広三郎、中村美奈子：“舞踊譜 Labanotation に基づく身体運動データの入力・編集・表示システムの開発”、人文科学とコンピュータシンポジウム論文集、pp.73-80、2001
- [4] 春口巖：“音と映像に関する考察—サウンドビジュアルライザー”、情報処理学会 グラフィクスとCAD、70-5、pp.25-29、1994
- [5] 武藤誠、半田伊吹、坂井修一、田中英彦：“音楽認知モデルによる感性情報抽出”、情報処理学会 音楽情報科学、36-5、pp.25-30、2000
- [6] 岸田良朗、大林幹生、林恒俊：“ポピュラー音楽のアドリブ生成システムBOP3の実装”、情報処理学会 音楽情報科学、30-1、pp.1-6、1999
- [7] 松本英明、後藤真孝、村岡洋一：“音楽演奏情報による仮想演奏者のCGアニメーション生成”、情報処理学会 グラフィクスとCAD、89-3、pp.11-16、1998
- [8] 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”、日本ソフトウェア科学会 コンピュータソフトウェア、Vol.14、No.3、pp.20-29、1997
- [9] 村田克之、山内康晋、土井美和子：“音楽を用いた3次元CGアニメーション”、情報処理学会 グラフィクスとCAD、90-8、pp.43-48、1998
- [10] Hutchinson,A., "Labanotation", Dance Books, 1996
- [11] 松本千代栄，“舞踊研究：課題設定と課題解決学習II — 運動の質と感情価”、日本女子体育連盟紀要、pp.53-89、1987
- [12] Shiba,M., "Extractoin of Kansei Information in Dance Movements", Proc. ATR Workshop on Virtual Communication Enviroments, pp.70-85, 1998
- [13] 阪田真紀子、柴眞理子、米谷涼、蓼沼眞：“舞踊運動における身体メディア情報のモデル構築”、ヒューマンインタフェース学会誌 Vol.3、No.4、pp.45-54、2001
- [14] MIDI規格協議会規格検討委員会：MIDI1.0規格(Document Ver.4.1日本語版)、MIDI規格協議会、1989