

印象差のある舞踊上肢運動の多変量時系列解析による特徴抽出

神里 志穂子[†] 山田 孝治[†]

[†]琉球大学工学部

あらまし 本研究では、主観的印象によって分類された舞踊動作の上肢関節自由度の相互関連性を明らかにすることを目的としている。知識差のある観察者の印象評価による踊りの分類をもとに印象得点の高い舞踊動作の運動計測を行い、多変量自己回帰モデルを用いて、上肢関節2自由度以上の相互関連性を調べその特徴を抽出することを試みる。観察者の印象における踊りの分類をもとに舞踊動作の3次元運動計測をモーションキャプチャシステムを用いて行った。上肢関節自由度の相互関連性を検討する印象として、舞踊の知識無し被験者の第3主成分「動的な－静的な」印象と舞踊の知識有り被験者の第2主成分「固い－柔らかい」印象の得点が高い舞踊動作を多変量自己回帰モデルを用いて解析した。その結果、2関節間で調べるよりもより特徴的な運動の傾向が確認できた。

Feature extraction of the dance arms motion which varies impression by multivariate time series analysis

Shihoko KAMISATO[†] and Koji YAMADA[†]

[†]Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

Abstract In this research, we measured the dancer who was judged by previous research at three dimensional motion capture system of a magnetic formula for the purpose of quantitative description of characteristic and contingency of motion in free style dance.

At first classed a dance by impression evaluation of subject with knowledge difference. Tried that we measured motion of dance motion of impression high score on the basis of it and we examined the relation among motions of elbow,

wrist rotation and wrist abduction through the cumulative power contribution and impulse response of the multivariate autoregressive model.

As a result it was important, as for the soft impression, wrist abduction moves speed in accordance with movement of elbow earlier than the wrist rotation.

Furthermore, were able to confirm tendency of motion more peculiar to it than I searched it between 2 joint.

1. はじめに

舞踊における美しさや上手さの評価は、ヒトの主観的印象によって判断されている。美しい舞踊動作や上手な舞踊動作の評価を明らかにする研究では、感性情報を用い、踊り手に対する観察者の印象から踊りの印象構造を探ることを目的とした研究や踊りの印象と身体運動との関連性を調べるための研究がなされてきた。

例えば、多変量解析の因子分析を用いた舞踊の印象構造の研究では、陽気さ、重量感、力強さといった3因子から8因子であると報告されている[1], [2]。舞踊は、観察者の知識や経験による主観的な印象が大きく影響してくるため、主観的な印象評価による研究は、重要なものであるといえる。我々の先行研究でも[3], [4], 知識差による印象構造の比較を行っており、主成分分析によって要約された印象構造の違いはなかったが、印象評価した形容語間では、舞踊の知識差によって優位な差が示されている。

また、物理的な運動計測の面でも振りの巧みさや個性の部分動作抽出とその定量化を行い、演者の表現の違いを熟達者と初心者で比較検討すること[5] や動作特徴を周波数解析により抽出し、コンピュータグラフィクスを用いて特定の印象を与える動作合成法の提案[6] がされている。

さらに、中里らが行なった、舞踊運動モデルにおける自由度と感性評価の関係に関する研[7]では、上肢や下肢関節、体関節の回転運動や前後運動が印象を与える関節として重要であるとの報告がなされており、「躍動感」や「美しさ」を表現するためにはより多くの自由度が必要であると報告がなされている。

舞踊動作において「躍動感」や「美しさ」を表現するためには、上肢の滑らかな動き、多くの自由度の組み合わせが重要であることは容易に考えることができるが、どのような身体情報が観察者のどのような印象に関連するのか明らかにしておらず、このような運動特性を作り出す自由度の組み合わせや関連性に関しては、これまで、ほとんど検討されてこなかった。主観的印象に関連する舞踊動作の上肢関節の相互関連性を明らかにすることを目的とした我々の先行研究[8] では、観察者の印象における踊りの分類をもとに「上手」と判断された舞踊動作の運動計測を行い、多変量自己回帰モデルを用いて、その関連性を明らかにすることを試みている。

そこで本研究では、主観的印象によって分類された舞踊動作の上肢関節自由度の相互関連性を明らかにすることを目的としている。知識差のある観察者の印象評価による踊りの分類をもとに印象得点の高い舞踊動作の運動計測を行い、多変量自己回帰モデルを用いて、上肢関節2自由度以上の相互関連性を調べその特徴を抽出することを試みる。

本研究では、ヒトの上肢運動のみでも、細かい自由度の組み合わせが存在し、舞踊時の腕の動きにも様々な印象を生み出す自由度の組み合わせが存在していると考え、磁気式モーションキャプチャシステムを用いて、肩関節屈曲－伸展、肩関節内転－外転、肘関節屈曲－伸展、手首関節屈曲－伸展、手首関節内転－外転、手首関節回内－回外の6自由度に対し、3次元計測を行い、舞踊時の各自由度間の関連性について検討を行なう。

本研究で、上肢運動のみに着目している理由として、上肢は、自由度が多く関節動

作の組み合わせによって、無数に動きを生み出すことができ、また、複雑な動きを生成することが可能である点があげられる。沖縄では、「上手に舞う人」のことを「ユー（舞）モ－ヤー」といい、これは、「手振り」の美しさを指して使われ、また、「巧に踊る」ことは、「ユー（踊）ウドウイン」といい、「面使い、体使い、足の運び」など踊る姿の美しさと「手振り・身振り・足どり」の調和がとれていることを意味する表現が存在する[9]。このことから、舞踊のような複雑な動作において、上肢運動は、その身体部位の動きのみで、観察者に上手や下手などの様々な印象を与えることができる考えたためである。

2. 舞踊動作の主観的印象による分類

2. 1 感性情報による動作パターンの抽出

本研究では、沖縄舞踊の一つであるカチャーシーを用いて感性評価を行った[4]。舞踊動作の選出には、予め、様々な踊りを集め、上肢運動が行なわれる領域の広さ、上肢運動が行なわれる位置、運動の方向性、速度、複雑さ1周期における停留回数、1周期の長さなどの条件をもとに上肢の動作パターンが異なる26パターンの踊りを選出した。

感性評価には、26パターンの舞踊動作を30対の形容詞対を用いて、舞踊の知識を持つ被験者20人と舞踊の知識を持たない被験者30人に評価を行なうよう指示した。感性評価の結果を主成分分析を用いて解析し、対象とした舞踊動作の印象構造を調べるため形容語の要約を行なった。主成分分析を行った結果から印象構造を抽出し、それぞれの主成分に評価軸としてのラベル付けを行った。図1、図2 にラベル付けを行った評価軸と各舞踊動作の主成分得点をプロットしたグラフを示す。主成分得点とは、各評価単語に対して固有ベクトルとして求められる重みと標準化した得点をかけ合わせた合計で求められる値で各舞踊パターンに対し平均化した得点のことを指す。

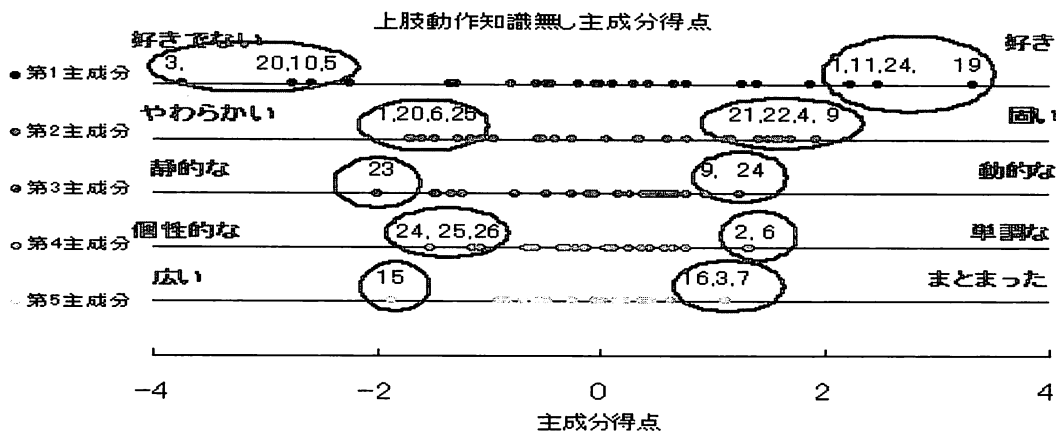


図1 舞踊の知識無し被験者主成分得点

本研究では、得点の高い踊りに共通する運動特性を抽出することで、印象に関連する運動特性を明らかにできると考えている。図1は、舞踊の知識無し被験者に対する感性評価の結果を示し、図2は、舞踊の知識有り被験者に対する感性評価の結果を示

す。プロットされた点の側にある数字は、踊りのナンバーを示している。今回、上肢関節自由度の相互関連性を検討する印象として、舞踊の知識無し被験者の第3主成分「動的な－静的な」印象と舞踊の知識有り被験者の第2主成分「固い－柔らかい」印象の得点が高い舞踊動作を検討する。その理由として、先行研究[3]でこの二つの印象評価軸では、関連する運動特性として上肢関節2関節間の位相差が関連している結果が得られていることがあげられる。

しかし、2関節以上の相互関連性を検討することがなされていない。今回、関連する運動特性が同じで、印象評価が異なる2つのグループに対して多変量間の関連性を検討することで、主観的印象に関連する運動特性のさらに詳しい要素を明らかにすることに繋がると考えている。

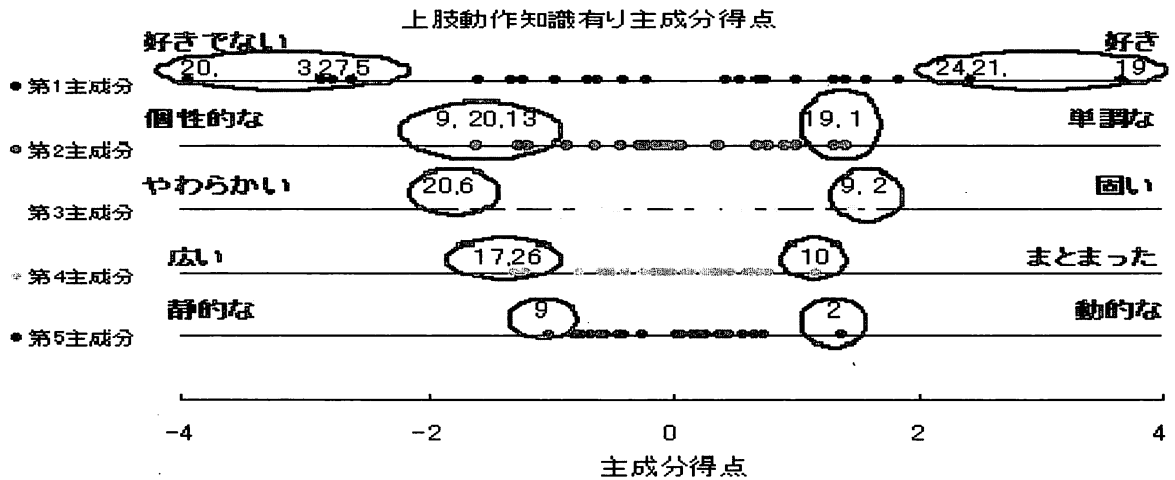


図2 舞踊の知識有り被験者主成分得点

3. 上肢運動の特徴抽出

3. 1 多変量自己回帰モデル

多変量自己回帰モデルは、生体内におけるフィードバック解析[10]や歩行の運動解析[11]などに用いられている。そこで、各関節の時系列角度変化に対して、運動の相互関連性と時間随伴性は、多変量の自己回帰モデルを用いて周波数領域及び時間領域において調べた。

多変量自己回帰モデルは、図3に示すような x_1 , x_2 の2変数からなる単純なフィードバック系のシステムを考え、 x_1 の変動は、 x_2 に、 x_2 の変動は、 x_1 に伝わるとする。

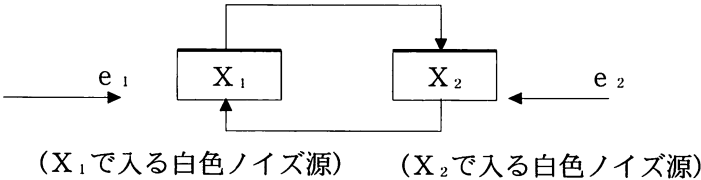


図3 X_1, X_2 の2変数から成る単純なフィードバック系

しかし、 x_1 と x_2 の変動状態だけを見ていると、どちらがどちらを動かしているかわからない。そこで、 x_1 と x_2 の過去の線形和だけでなく、それぞれの変数に固有の変動を起こす入力 e_1 と e_2 が有るとすると仮定する。このときの両変数のそれぞれに固有の変動を起こしている入力 e_1, e_2 を x_1 と x_2 から取り出す手段として2変量の自己回帰モデルは、式(1)と式(2)のように表せられる。

これらの式は、本質的には、1変量の自己回帰モデルと同じものである。

$$x_1(s) = \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^M a_{1j}(m)x_j(s-m) + e_1(s) \quad (1)$$

$$x_2(s) = \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^M a_{2j}(m)x_j(s-m) + e_2(s) \quad (2)$$

そこで、式(1)と式(2)をK変量の場合に拡張すると式(3)のようになり、これを多変量の自己回帰モデルとなすことができる。

$$x_i(s) = \sum_{j=1}^k \sum_{m=1}^M a_{ij}(m)x_j(s-m) + e_i(s) \quad (3)$$

ここで、 $x_i(s)$ は、i番目の変数のs時点の出力、mは次数、 a_{ij} は自己回帰係数、 $e_i(s)$ は、残差である。式(3)は、次式のように変形できる。

$$e_i(s) = x_i(s) - \sum_{j=1}^k \sum_{m=1}^M a_{ij}(m)x_j(s-m) \quad (4)$$

それゆえ、残差部分の分散、共分散は、次式のように表される。

$$Re_i e_j(n) = \sum_{l=0}^M \sum_{m=0}^M \sum_{r=1}^k \sum_{s=1}^k a_{ij}(l)a_{js}(m)R_{rs}(n-l+m) \quad (5)$$

残差についての最小二乗原理に従い、次式のYule-Walker 方程式が求められる。

$$\sum_{j=1}^k \sum_{m=1}^M a_{ij}(m)R_{jk}(s-m) = R_{ik}(s) \quad (6)$$

$$(i, h = 1, 2, 3, \dots, k)$$

この連立方程式を解くことにより、自己回帰係数 $a_{ij}(n)$ が求まる。最適な次数は、赤池の情報量基準(AIC)の最小値により決定する。

4. 上肢の運動解析

4. 1 関節自由度の角度計測

主観的な印象によって分類された舞踊動作の上肢関節自由度の相互関連性を明らかにすることを目的として、観察者の印象における踊りの分類をもとに舞踊動作の3次元運動計測をモーションキャプチャシステムを用いて行った。

舞踊動作の計測には、すべての舞踊動作とも1人の踊り手により再現するよう指示を与え、十分に練習を行ってから計測を実施し、演者の違いによる舞踊動作の特徴

の違いを無くすようにした。上肢関節の計測は、肩関節屈曲－伸展、肩関節内転－外転、肘関節屈曲－伸展、手首関節屈曲－伸展、手首関節内転－外転、手首関節回内－回外の6つの自由度に対して行なった。

サンプリング周波数は、20[Hz]とし、15秒間計測している。

関節角度の時系列変化の結果として、6つの自由度のうち先行研究[4]において、2関節間の位相差における運動特性が印象に与えていた肘関節屈曲－伸展、手首関節回内－回外、手首関節内転－外転の3つの自由度を示す。

図4には、舞踊の知識無し被験者の印象評価において、「動的－静的」な印象得点が高い舞踊動作の関節角度時系列データ例を示す。図5には、舞踊の知識有り被験者の印象評価において、「固い－柔らかい」印象得点が高い舞踊動作の関節角度時系列データ例を示す。

各印象の得点が高い関節角度の時系列変化を比較すると、時間的に見るとすべてのグラフで関節間の位相差があるように見て取れ、知識無し被験者の「静的」な印象の関節角度のみ1周期にかかる時間が長い。また、知識無し被験者の「動的」な印象のグラフと知識有り被験者の「固い」印象のグラフを比較すると関節時系列角度はやや二峰生で、しかし、「動的」な印象のグラフの方が台形に近い波形をしているところが特徴として現れていた。

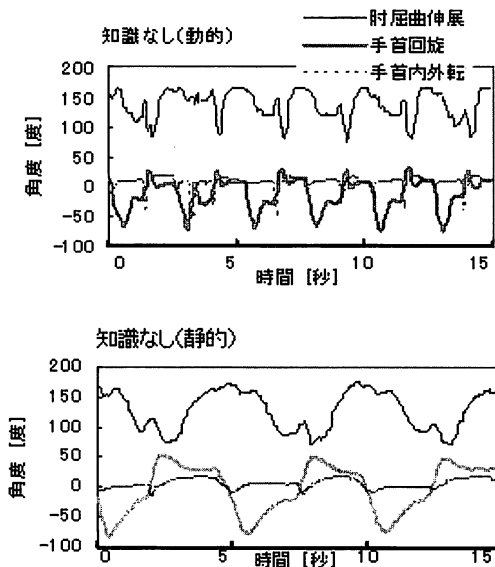


図4 知識無し被験者の「動的－静的」印象得点が高い舞踊動作関節角度時系列データ

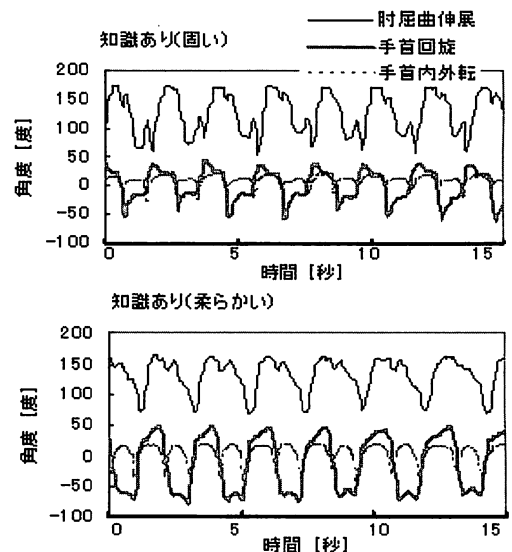


図5 知識有り被験者の「固い－柔らかい」印象得点が高い舞踊動作関節角度時系列データ

4. 2 解析結果と考察

上肢関節自由度の相互関連性を検討する印象として、舞踊の知識無し被験者の第3主成分「動的な－静的な」印象と舞踊の知識有り被験者の第2主成分「固い－柔らかい」印象の得点が高い舞踊動作を多変量自己回帰モデルを用いて解析した結果を示す。多変量自己回帰モデルを時間領域から示した各関節へのインパルス入力に対するその他の関節の応答を見る。最も特徴的な結果が得られた、知識有り被験者に「固い」と

評価されたインパルス応答の結果を図6に「柔らかい」と評価されたインパルス応答の結果を図7に示す。

2つの印象に関連する舞踊動作の結果を比較すると上段の2つのグラフから肘のインパルス入力に対して、他の2つの関節自由度も大きく動いているが、図6の「固い」印象の結果では、手首回旋の動きが振動しながら動作を続けているのに対し、図7の「柔らかい」印象の結果では、手首の内外転の動作が大きく振動しながら肘関節の動きに連動しているのが現れている。柔らかい印象を与える動作を行うには、肘が動きに合わせて手首を回旋させ、そのスピードよりも早く手首の内外転動作を行うことがいいと示唆される。また、印象に関連する運動特性として、2関節間の位相が抽出されていた、知識無し被験者に「動的」と評価された舞踊動作のインパルス応答の結果のみを図8に示す。動的な印象の評価が高い舞踊動作では、共通して手首回旋のインパルス入力に対する肘屈伸の関節動作が大きく影響していた。その他のインパルス入力の刺激に対しては、ピークの値は小さかったが、関節間の位相などは確認することができた。

知識差において、インパルス応答の結果を比較すると、知識有り被験者では、肘関節から手首回旋と手首内外転に動作が伝わっている傾向があり、柔らかさや固さの印象を前腕から手先への動きの伝わり方で評価していると考えられる。また、知識無し被験者では、動的な印象に対して、手首回旋から肘屈伸の動作が特徴として現れていることから最も動きが目立つ部分に着目して印象を評価していることが示唆される。

これらの結果から、同じ関節間の位相差が関連する印象でもさらに複数の関節間の関連性を検討する必要があることが示唆された。

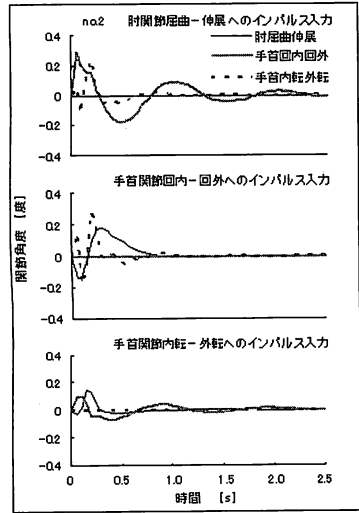


図6 知識有り被験者の「固い」印象得点が高い舞踊動作インパルス応答

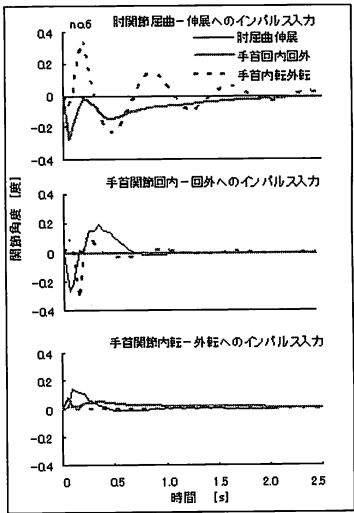


図7 知識有り被験者の「柔らかい」印象得点が高い舞踊動作インパルス応答

5. まとめ

本研究では、主観的印象によって分類された舞踊動作の上肢関節自由度の相互関連性を明らかにすることを目的として、知識差のある観察者の印象評価による踊りの分類をもとに印象得点の高い舞踊動作の運動計測を行い、多変量自己回帰モデルを用いて、上肢関節2自由度以上の相互関連性を調べその特徴を抽出することを試みた。

その結果, 2 関節間で調べるよりもより特徴的な運動の傾向が確認できた. 今後, 他の関節との関連性や上肢以外の関節自由度に対しても多変数でその関連性を検討できる方法の検討が必要である.

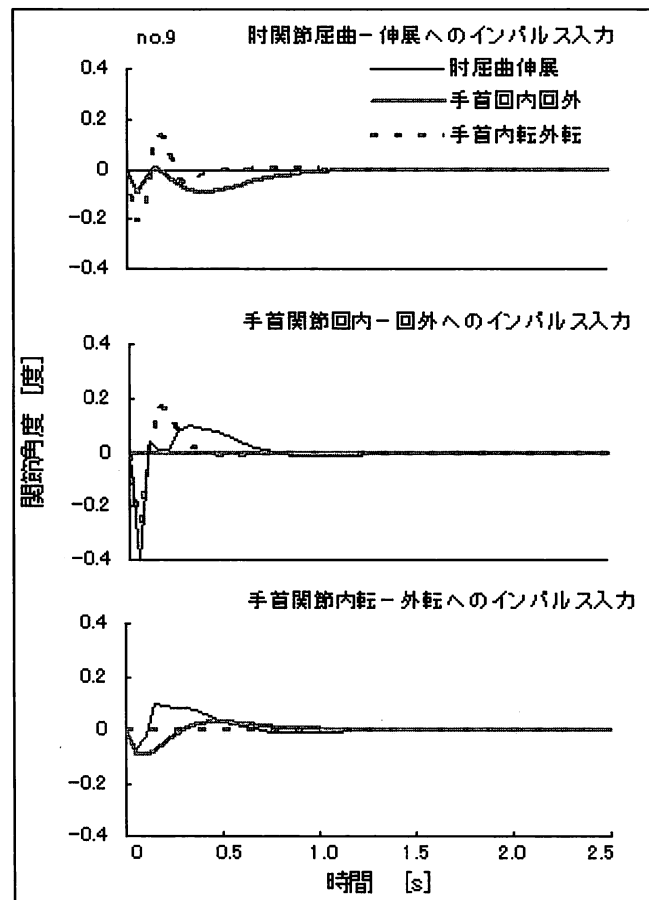


図8 知識無し被験者の「動的」印象得点が高い舞踊動作インパルス応答

文 献

- [1] 金城光子: "舞踊の鑑賞構造～琉球舞踊を中心に～," 体育の科学, 1991.
- [2] 頭川昭子: "舞踊のイメージ探求," 不昧堂出版, 1995.
- [3] 神里志穂子, 小渡悟, 山田孝治, 玉城史朗, 星野聖: "舞踊動作を用いた上肢運動特性の解析と感性要素の抽出," 第9回ロボティクス・シンポジウム予稿集, pp.50-55.
- [4] Shihoko Kamisato, Satoru Odo, Kiyoshi Hoshino, Yoshino Ishikawa: "Extraction of motion characteristics corresponding to sensitivity information using dance movement," JACIII, pp.168-180, 2004.
- [5] 吉村ミツ, 酒井由美子, 甲斐民子, 吉村功: "日本舞踊の「振り」部分抽出とその特性の定量化の試み," 電子情報通信学会論文誌, Vol.J-84-D-II, No.12, pp.2644-2653, 2001.
- [6] 新垣武士, 星野聖: "主観的印象の合成を目的としたCG 舞踊動作の生成," 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 101 Num. 594 pp.55-59, 2002.
- [7] 中里央, 池浦良淳, 猪岡光: "舞踊動作モデルにおける自由度と感性評価との関係," 人間工学, Vol.32, no.4, pp.189-196, 1996.
- [8] 神里志穂子, 山田孝治, 玉城孝治: "舞踊動作における感性情報と上肢運動の解析," 第18回人工知能学会全国大会予稿集, 2004.
- [9] 金城光子: "琉球舞踊の世界," 琉球芸能文化学院, 1991.
- [10] 和田孝雄: "生体のゆらぎとリズム," 講談社, 1997.
- [11] 鶴岡政子: "身体運動のスペクトル解析," 測量, Vol.2, pp.24-28, 2000.