

残像を用いた動作の流れの特徴抽出による舞踊動作評価

高橋 智也[†] 松田 浩一[†]
海賀 孝明^{††} 長瀬 一男^{††}

本研究では、地域伝統舞踊の習得において、「教材が学習者に合わせてくれる学習環境」を実現し、学習者ごとの個人差や習熟度変化に対応した学習を提供することを目的とする。学習者の動作を評価し、適切な学習情報を提供することで、学習者ごとに合わせた学習が可能となる。また、舞踊では動作が連続しているため、瞬間の動作を評価するよりも動作の流れを評価することに重要な意味がある。そこで筆者らは、舞踊動作を評価するため、動作の流れを5種類の特徴別に分類して捉える手法を提案してきた。本稿では、分類した特徴を表す5つの動作モデルを作成することで、一連の動作を動作モデルの組み合わせとして表現する。また、一連の動作の区切りごとに手本と学習者の動作モデルを比較することで、学習者動作に修正が必要な点の判定や、学習によって習熟度が向上したことを判定することが可能となる。

A feature extraction of the traditional dance's motion flow by using afterimage

TOMONARI TAKAHASHI,[†] KOICHI MATSUDA,[†]
TAKAAKI KAIGA^{††} and KAZUO NAGASE^{††}

In the paper, we propose a feature extraction method for traditional dance's motion by using afterimage. "Motion flow" is an important factor for learning the dance. So we are trying how to get "motion flow" on the dance by using after image. As the motion is very complex, we define the motion to 5 categories from "motion flow". And we try categorizing a traditional dance by using the categories. By using the categories, the changes in the learner's motion can be distinguished on the learning.

1. はじめに

従来、地域伝統舞踊の学習は、指導者と学習者が同じ空間に立って指導を行う直接指導が行われていた。指導者は、学習者にあわせて必要な指導を行うため、効率的に舞踊を習得することが可能である。しかし、近年では指導者の不足や時間調整の手間などの制約により指導機会が減少しているため、場所や時間を選ばず、一人でも舞踊を学習可能な映像教材¹⁾での独習が行われている。

しかし独習は、学習者の理解度や体格、運動能力などの様々な個人差に非対応であるという問題がある。また、映像教材はあらかじめ決められた情報しか用意されていないので、学習者が上達しても同じ情報を用

いて学習しなければならず、効率の良い学習ができるとは限らない。学習者は自分の動作のどこを修正すればいいのか、どのように修正すればいいのかを自分自身で判断するのが困難であるという問題もある。さらに、自分の動作が向上していることが実感できないため、練習による達成感を得られず、習熟度の向上を妨げる恐れがある。

これらのことから、現在の独習環境では、「学習者が教材に合わせなければならない学習環境」であると言える。そこで本研究では、「教材が学習者に合わせてくれる学習環境」を作り上げていくことを目標とする。教材が以下の3段階を踏むことで、学習者は直接指導を受けているような独習を行うことができる。

(1) 手本動作と学習者動作の比較・判定

学習者の舞踊動作を手本動作と比較し、修正すべき動作や、あっている動作などを教材が判定することで、学習者ごとに異なる学習ポイントを絞り込む。

[†] 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科
Graduate Course of Software and Information Science,
Iwate Prefectural University
^{††} 株式会社わらび座 DAF
Warabi-za Digital Art Factory

(2) 舞踊動作の評価

判定結果を元に、なぜ動作に修正が必要なのか、どのような修正が必要なのかを評価する。舞踊動作を評価していくことで、学習者は自分の動作に修正が必要な部分を重点的に学習することが可能になる。また、自分の動作が上達したことを実感することができる。

(3) 適切な学習情報の提供

学習ポイントの評価結果を元に、どうすれば動作が向上するかといった学習情報を提供する。舞踊動作ごとに適切な学習情報を提供することが可能なため、学習者は指導者に直接指導を受けているような、自分に合った学習を行うことが可能となる。

これらのことから、学習者ごとに合わせた学習を行うためにはまず、教材が手本と学習者の動作を比較し、学習ポイントを判定する必要があると考える。

そこで本稿では(1)の段階である、手本と学習者の動作の比較判定を行うために、舞踊動作の特徴を捉える方法を提案する。舞踊では連続した動作の流れに重要な意味があるため、一部の動作を習得しても、前後の動作とのつながりが無ければあまり意味が無い。このことから、学習者動作の判定も、意味のある動作の集合である「一連の動作」から判断することが重要と考える。よって、動作の特徴を表す動作モデルを作成し、一連の動作の流れを動作モデルの組み合わせで表現する。また、手本と学習者の動作モデルを比較することで、修正が必要な動作や手本とあっている動作を判定する。

以下、第2節には舞踊動作の学習に関連した、身体動作の解析や評価を行っている従来手法を述べる。第3節では動作の流れを特徴抽出してモデル化する方法を示し、第4節では動作モデルを用いて、舞踊動作の流れを表現する方法を述べる。第5節では舞踊の学習実験を行い、動作モデルの組み合わせで比較・検証を行い、考察する。最後に、本稿の結論と今後の課題をまとめる。

2. 関連研究

身体動作の学習を支援する教材として、遠隔教育のための身体動作の簡易評価システム²⁾がある。動画画像や3DCGを用いて手本と学習者の動作を対比させ、差異を抽出して表示することによって手本動作との違いを認識することが容易になる。しかし、どこがどれだけ違うか、どうすれば修正できるかなどは学習者が

自分で判断しなければならない。教材が学習者にあわせるためには、舞踊動作を評価し、適切な学習情報を提供することが必要である。

舞踊動作を観察して学習するロボット³⁾は、手本となる舞踊動作を解析し、同じ舞踊動作ができるように学習を行う。手本動作と完全に一致した舞踊を行うことが可能だが、舞踊動作の習得は手本動作を完全にコピーする必要は無く、手本動作の流れを、自分の動きとして習得することが重要である。よって、手本と学習者の動作を詳細に判定するよりも、動作の流れを追えているかを判定することで、舞踊動作の習得支援を行う。

学習者に合わせた舞踊動作学習教材として、振り動作の修正点を自動で提示するシステム⁴⁾では、パターンマッチングを用いた身体動作の類似度比較により身体部位別に評価を行っている。一つ一つの振り動作に対して学習者ごとに合わせた学習情報を提供することが可能となるが、一連の動作の流れを対象とした場合は身体部位ごとに細かく評価する必要があるため、全身の動きを対象にして評価を行う。

3. 動作の流れの特徴抽出

先行研究⁵⁾では、教材が手本と学習者の動作を比較・判定するため、動作の流れを5種類の特徴別に分類して捉えた。動作の特徴を表す動作モデルを作成することで、一連の動作を動作モデルの組み合わせとして表現することができる。

本稿では、実際の舞踊動作に対して動作モデルを適用する方法を示す。また舞踊動作は、意味のある動作の集合である「一連の動作」ごとに区切ることができる。一連の動作ごとに動作モデルの組み合わせを比較することで、手本と学習者の動作を比較するのが容易になると考える。

図1は舞踊動作の流れを、動作量の推移としてグラフで表したものである。A~Lの間隔はそれぞれ拍の区間を表している。また、グラフ下部には動作モデルの組み合わせを示す。このように、舞踊動作を拍単位でモデル化し、動作モデルを適用していくことで、動作の流れを動作モデルの組み合わせとして認識することが可能となる。また、一連の動作ごとに舞踊動作の流れを区切ることで、異なる動作同士を比較する基準とすることができる。

次節から、動作の流れから特徴抽出を行い、動作モデルを作成する方法を述べる。その後、舞踊動作への動作モデルの適用方法と、一連の動作で舞踊動作の流れを区切る方法を示す。

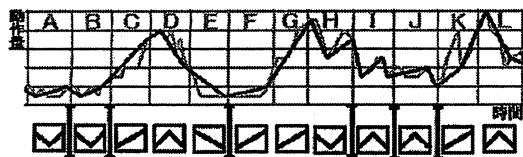


図 1 動作モデルを適用した舞踊動作例

3.1 動作量の数値化

Web カメラを用いて動作を撮影し、取得した映像に表れる動作の残像を数値として捉える。Web カメラでの撮影では、早くて大きい動きになるほど残像が発生する。このことを用いて、連続フレーム間隔で残像の差分をとることで画面を占める残像の面積を求め、発生した動作の量として捉えた。それにより、動作の流れを動作量の推移として数値化することができた。なお、Web カメラによる撮影時のフレームレートは 15fps であり、動作量を十分な数値として検出することがわかった。動作が発生すると動作量も上昇するため、図 2 のように時間経過による動作量推移として、動作の流れを表すことができる。

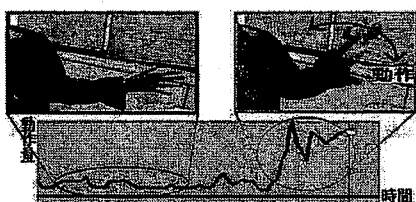


図 2 時間経過による動作量推移

3.2 動作モデルの作成

舞踊動作は、ある瞬間の動きでなく、動作の流れとして捉えることが必要である。よって、舞踊を学習する際に動作のきっかけとなる重要なタイミングである「拍」を用い、拍単位で動作を表すことにより、学習者が動作の流れを認識しやすくなると考える。

そこで、拍と拍の間でどのような動きが行われたかという特徴のみを動作量推移から抽出し、拍単位で動作をモデル化する。舞踊では拍の間隔は一定でなく、感情や振りによって微妙に異なるため、モデル化には指導者や学習者が感じている拍の間隔を入力して用いる。動作の特徴のみを用いてモデル化することで、体格や服装などの個人差や、撮影環境の違いなどにより動作量が上下しても、動作の流れの特徴が同じであれば同じ動作モデルが適用され、動作モデルを用いてロバストな評価を行うことが可能となる。

図 3 に、5 種類の動作モデルを示す。各モデルは左から、拍区間の動作が安定している、動作が発生している、動作が終了している、発生していた動作が終了した、前の動作が終了して次の動作が発生した、といった動作の特徴を表している。拍単位で動作の流れをモデル化することで、一連の動作の流れを動作モデルの組み合わせで表現することが可能となった。



図 3 5 種類の動作モデル

3.3 拍単位での動作モデル適用

拍を基準にして行われる舞踊動作は、拍の間隔で動作の流れを細分化することができる。このとき、1 拍の間で行われる動作は多くてもひとつだけであり、図 4[B] のように一つの動作モデルを適用することで表すことができる。拍区間で複雑な動作量変化があっても、一つの動作モデルで近似して表すことが可能である。また、3 拍にわたって大きな動作が行われる場合は、図 4[CDE] のように複数の動作モデルを組み合わせることで表すことができる。大きな動作が数拍にわたって行われる場合は、拍の記号を [] で囲むことによって一連の動作であることを示す。

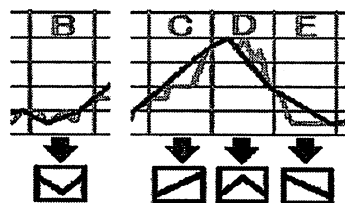


図 4 動作モデルの適用例

3.4 一連の動作の区切り

舞踊動作を模倣学習する際、学習者は動作が遅れたり間違ったりしても、一連の動作の終わり際につじつまを合わせようと動く傾向がある。また、指導者が学習者に舞踊動作を模倣させる場合、終わり際を合わせるようにゆっくり動くことがある。このようなことから、「舞踊の振り動作は一連の動作の終わり際を基準とする」と言える。

そこで、動作の流れを一連の動作ごとに区切ることで、動作の流れの理解や評価の基準とすることができる。図 5(a) は、[FGH] の 3 拍にわたって行われる大きな動作の後、[I][J] と 1 拍ずつで細かい動作が行わ

れる流れを表した動作モデルの組み合わせである。[I]と[J]の動作は共に独立した動作であり、動作モデルの組み合わせから、前の動作が終了し次の動作へ移ったことが判断できる。よって、図5(b)のように動作モデルを区切ることができる。このとき、[H]の拍での動作の特徴を表している図5の動作モデル*は、前の動作が終了して次の動作が発生したことを表している。よって、一連の動作の終わり際を含んでいると言えるため、[H]と[I]の拍の間に動作の区切りがあると考えることができる。

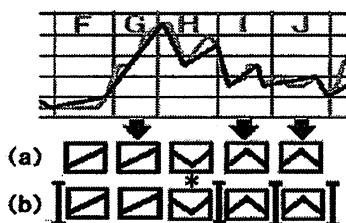


図5 一連の動作ごとの区切り例

このように、舞踊動作をモデル化し、動作モデルを適用して表すことで、動作の流れの認識を支援することができる。また、一連の動作の区切りを基準として手本と学習者の動作モデルの組み合わせを比較することで、学習者動作の学習ポイントや、習熟度の変化を判定することが可能となる。

4. 舞踊動作への動作モデル適用と比較・判定

本稿では、地域伝統舞踊『ソーラン節』に現代風のアレンジを加え、踊りやすくした『NEW ソーラン節¹⁾』を対象に動作の流れのモデル化を行った。NEW ソーラン節は拍が取りやすく、それぞれの振りに「網を引っ張る」、「櫓を漕ぐ」などの意味があるため、比較的容易に動作を理解することが可能である。また、意味を持った一連の動作ごとに区切り、動作モデルの組み合わせで表現することで、動作を比較する際の基準にしやすと考えられる。

NEW ソーラン節を手本動作とし、初めて踊る学習者を対象に、舞踊動作の比較・判定実験を行った。手本動作の流れを追えるようになったと学習者自身が判断するまで、手本映像を見ながら模倣練習を繰り返す。学習者が模倣を行うたびに動作を映像として取得し、本手法を用いてモデル化を行う。今回の実験では、学習者が練習後に入力した拍の間隔を基準に用いてモデル化を行った。手本と同じ拍を用いると、学習者が教材の基準に合わせた学習をしなくてはならな

くなるため、今回は学習者の拍を用いた。そうすることにより、学習者の感覚に合わせた舞踊動作の判定が可能になると考える。

また、動作の流れを一連の動作で区切り、比較する際の基準とする。手本と学習者の動作モデルの組み合わせを比較することで、練習過程の学習者動作の判定を行う。さらに、練習が進んだ学習者の動作がどのように変化したか、習熟度の変化を判定する。

4.1 結果

図6(1)は、手本動作の流れを動作量推移のグラフで表し、モデル化して得られた動作モデルの組み合わせを一連の動作で区切ったものである。A～Lの間隔はそれぞれ拍の区間を表している。また、画像(a)～(i)のはそれぞれ一連の動作に含まれる特徴的な動作部分を映像から抜き出したものである。

同様に図6(2)は練習初期段階である1回目の模倣練習、図6(3)は練習が進みある程度の流れを追えるようになった段階である8回目の模倣練習、図6(4)は学習者本人が舞踊を習得できたと感じた段階である22回目の模倣練習を行った学習者動作の流れを動作量推移のグラフで表し、モデル化して一連の動作で区切ったものである。画像(a)～(i)には特徴的な動作部分を示す。

一連の動作の区切りを基準に動作モデルの組み合わせを比較し、手本と学習者の動作の判定を行った。動作モデルの下部にある帯では、学習者動作の流れが手本と異なっている部分を赤で示す。また、特徴的な動作部分の画像を比較することで、主観による考察も同時に行った。

4.1.1 学習者の1回目の舞踊動作判定と考察

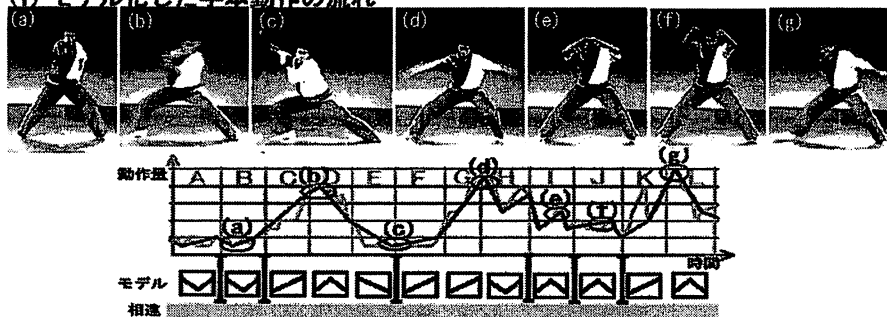
図6(1)と図6(2)を比較すると、一回目の模倣練習を行った学習者動作は、一連の動作の区切りが手本と同期していない。動作量も激しく上下し、細かく動作が区切られてしまっている。特徴的な動作部分の画像を比較しても、図6(1)の画像(a)から(c)へ手本動作が流れる部分に比べ、学習者は図6(2)の画像(b)、(c)のように途中で動きが止まってしまっている。

このことから、練習開始直後の学習者は、全体を通して手本動作の流れをほとんど追えていないことが分かる。また、余分な動きをする、動きが分からずに止まってしまう、などの理由で途中で区切れてしまい、動作がうまく流れていないことがわかる。

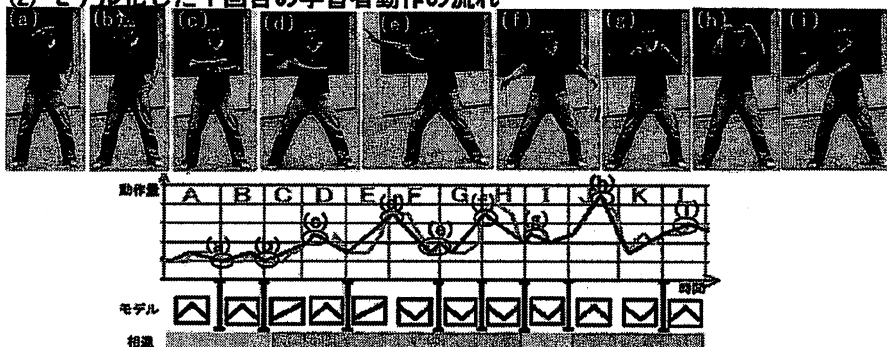
4.1.2 学習者の8回目の舞踊動作判定と考察

図6(3)では、[A][B][CDE]部分の組み合わせは手本動作の一連の流れと同期している。画像(a)から(c)

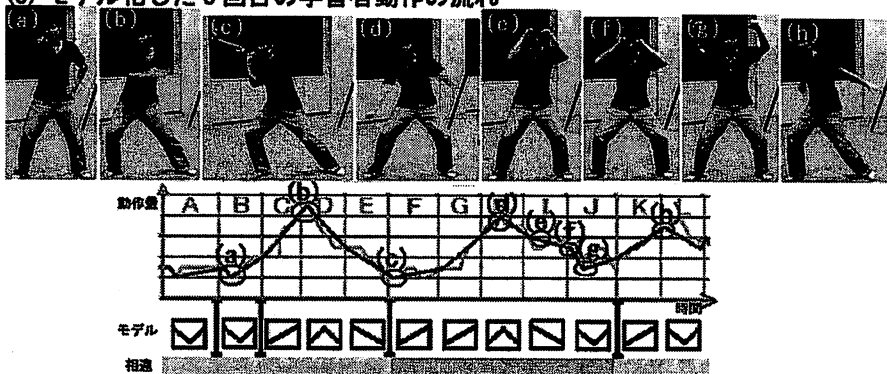
(1) モデル化した手本動作の流れ



(2) モデル化した1回目の学習者動作の流れ



(3) モデル化した8回目の学習者動作の流れ



(4) モデル化した22回目の学習者動作の流れ

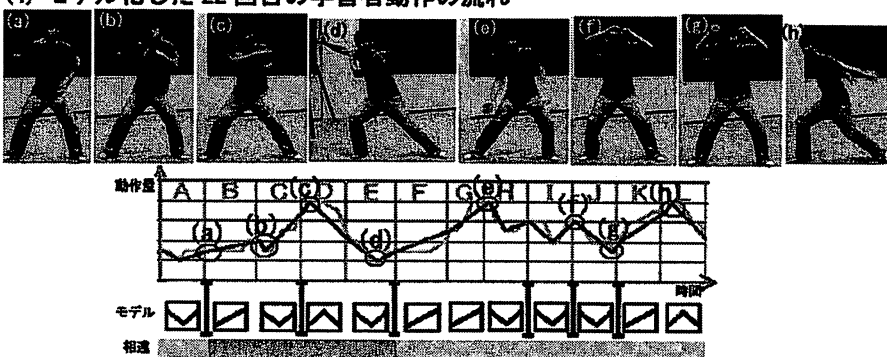


図 6 舞踊動作への動作モデル適用と一連の動作での区切り

の流れを見ても、図 6(1) の画像 (a) から (c) の手本動作の流れと同じであることが判定できる。しかし、[F～J] 部分では動作の流れが一連の大きな動作であると判定されてしまっている。図 6(1) の画像 (d) から (f) と比較しても、手本動作は全身を安定させながら動作しているのに比べて、図 6(3) の画像 (d) から (g) の学習者動作は全身が動いてしまっていることが判定できる。

このことから、模倣練習を繰り返すことによって [A]～[E] 部分の手本動作の流れは習得できたことが分かった。しかし、[F]～[L] 部分の動作はまだ細かい動作を表現しきれておらず、さらなる練習が必要であることが分かる。動作を向上させるためには、動作の流れにはっきりとしたメリハリをつけることが必要だと考えることができる。

4.1.3 学習者の 22 回目の舞踊動作判定と考察

その後、練習を繰り返すことによって図 6(4) の [FGH][I][J][KL] 部分のように、一連の動作の流れが手本と同期するようになったことが判定できる。画像 (d) から (h) の流れを見ても、図 6(1) の画像 (c) から (g) の手本動作の流れと同じである。しかし、以前に習得できていた [A][BC][DE] 部分が手本と同期しなくなってしまうことから、学習者動作に修正が必要になってしまったことが判定できる。図 6(3) の画像 (a) から (d) の動作の流れを見ても、図 6(1) の画像 (a) から (c) の手本動作と比べ、途中で一瞬動きが止まってしまっていることが判定できる。

このことから、今まで流れを追えていなかった [F]～[L] 部分の舞踊動作を習得でき、さらに習熟度が上がったことが分かった。しかし、[A]～[E] 部分の舞踊動作には修正が必要であると判定された。この部分での学習動作の流れは、勢いをつけて動作するために一瞬 [B] 部分で動きを溜めてしまっていることがわかった。よって、全体的に手本動作の流れは追えているのだが、[A]～[E] 部分によりスムーズな動作が必要であると考えることができる。

4.2 考 察

一連の動作の区切りを基準に動作モデルの組み合わせを比較することで、学習者動作に修正が必要な点の判定や、学習によって習熟度が向上したことを判定することができた。また、特徴的な動作部分の画像を比較して主観による考察も同時に行うことで、より直感的な舞踊動作の判定が可能となった。

今回の判定結果から、学習者が動作を向上させるためにはどうすればよいかを考えることができた。この

ように、教材が判定結果を元に舞踊動作を評価することができれば、学習者に対してどうすれば動作を向上することができるかといった適切な学習情報を提供することができる。そうすることで、実際に指導者が舞踊動作を指導してくれるような効率的な学習が可能になると考える。さらに、学習者が模倣練習を行うたびに舞踊動作評価を行い、学習情報を提供することで「教材が学習者に合わせてくれる学習環境」を実現することができる。

そのためにも、今後はそれぞれの動作モデルの意味や並び方、配置などを考慮し、学習者動作の流れがどのように違うのか、どうすれば手本動作の流れに近づくのかを教材が自動で評価する必要がある。

5. おわりに

本稿では、実際の舞踊動作を対象に学習実験を行い、手本と学習者の動作の流れに対しモデル化を行った。動作モデルの組み合わせと、特徴的な動作部分の画像を比較することで、学習者の舞踊動作に対して学習ポイントの判定を行った。それにより、学習者動作に練習が必要な点や、練習によって習熟度が上がったことが判定できた。

今後は、動作モデルの意味や並び方、配置などを考慮した具体的な舞踊動作評価を行い、どうすれば動作が向上するかといった学習情報の提供を可能にすることで、学習者に合わせてくれる教材を実現して行く。

参 考 文 献

- 1) 株式会社わらび座 DAF, "DVD でおぼえる NEW ソーラン節", 2004.
- 2) 高内一平, 飯田尚紀, 武田昌一, "身体動作に対する遠隔教育支援システム—動作教育の提示・簡易評価手法の研究—", FIT2006 第 5 回情報科学技術フォーラム, K-029, 2006.
- 3) 中岡慎一郎, 池内克史, "脚動作の認識に基づく舞踊動作観察学習ロボットの実現", コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, No.2006-CVIM-154, 154-35, 2006.
- 4) 高橋雅人, 林貴宏, 尾内理紀夫, "「振り」の練習を支援するインタラクティブシステム", インタラクシオン 2004 論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, No.5, pp.97-104, 2004.
- 5) 高橋智也, 松田浩一, 海賀孝明, 長瀬一男, "舞踊学習のための残像を用いたリアルタイム動作遅延判定", 情報処理学会第 68 回全国大会, 4S-5, 2006.