

ダンスパフォーマンスのための動作に基づく映像効果制御システム

牧 成一[†] 竹川佳成[‡] 寺田 努[†] 塚本昌彦[†]

[†] 神戸大学大学院工学研究科

[‡] 神戸大学自然科学系先端融合研究環

近年、ダンスと映像効果を組み合わせた新たなパフォーマンスが注目を集めている。しかし、既存の映像効果生成ツールは、キーボードなどのPC操作入力インタフェースによって操作しており、パフォーマンス中にパフォーマ自身で操作することが困難である。また、他者が操作する場合、パフォーマンスの意図を忠実に反映したり、思いつきでパフォーマンスを変更することが困難となる。そこで本研究では、パフォーマンスの動作によって映像効果を制御するシステムを提案する。提案システムは、パフォーマンスがLEDを取り付けた服を身にまとい、カメラによってLEDを検出することで身体の動作を認識する。また、スクリプト記述を採用することでユーザが映像効果と身体動作とのマッピングを容易に記述でき、ユーザの自由な発想を反映できるようにする。提案システムを2008年神戸ルミナリエのイベントにて実際に試用し、その有効性を確認した。

A Visual Effects Management System Controlled by Performer's Motion for Dance Performances

Seiichi MAKI[†] Yoshinari TAKEGAWA[‡] Tsutomu TERADA[†] Masahiko TSUKAMOTO[†]

[†]Graduates school of Engineering, Kobe University

[‡]Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University

In recent years, a new performance that combines dance with visual effects attracts a lot of attention. However, it is difficult to operate the existing visual effect generation tools during performance because they were operated by PC interfaces such as a keyboard. On the other hand, if another person operates it, it is difficult to reflect the intention of performer correctly. Therefore, in this study, we propose a visual effects controlling system by performer's movement. In the system, a performer wear a cloth equipped with multiple LEDs, and the system recognizes physical movement by detecting LEDs using a camera, and changes visual effects according to predescribed scripts. We have actually used our prototype system on an event stage of Kobe Luminarie in 2008.

1 はじめに

近年、映像処理技術やセンシング技術をはじめとするマルチメディアやインタラクションに関わる技術の発展に伴い、多くの研究者や芸術家がこれらのテクノロジーを活用した作品を提案している。特にVJ(Video Jockey)システムやEffecTV[1]など手軽に映像効果を生成できるツールは、ダンス・演劇・ミュージカル・漫才・音楽ライブなどの興行における新たな表現手段として注目されている。

しかし、既存の映像効果生成ツールは、キーボードやマウスといったPC操作入力インタフェースで操作するものが多いため、パフォーマンス中に演者が直接操作することは難しく、パフォーマンス以外の者に操作を依頼することが一般的である。一方、他者が操作する場合、パフォーマンスの意図を忠実に反映したり、即興でパフォーマンスや映像効果を変更することが難しい。

そこで、本研究では、ダンスを対象とし、演技中のパフォーマンスが動きで映像効果を制御可能なシステムの構築を目的とする。提案システムは、パフォーマンスをできるだけ妨げないようカメラおよびマ-

カを用いた画像処理によりパフォーマンスの動作を検出し映像効果を制御する。また、ダンスパフォーマンスの特徴を適用した補正処理によりマーカ認識率を高めている。さらに、動作と映像効果とのマッピングを定義できるスクリプト言語を提案することで、直観的かつ多彩な映像効果の操作を実現する。

以下、2章では設計について述べ、3章ではシステムの実装について説明する。4章では実装および実運用について述べ、5章で関連研究について説明する。最後に6章で本研究のまとめを行う。

2 設計

提案する映像効果制御システムはステージ背面に設置された巨大スクリーンに映像効果を表示し、パフォーマンスの動きを認識することで動きにより映像効果を制御する。例えば、両手を広げると両手からオーラのような映像効果を追加したり、座った状態で足を巧みに絡み合わせることで光を放出する映像効果を追加する。ダンスには立った状態で肢体を巧みに扱う動きや、座った状態でバランスを保ちつつ足を素早く回転させる動きなどさまざまな身体

表現がある。このような多様な身体表現に対し、パフォーマンスが望む最適なタイミングで映像効果を加えられればより表現性豊かなパフォーマンスができると考えられる。

2.1 設計方針

本研究で構築する映像効果制御システムは、以下の方針をもとに設計した。

- 表現性**
 ダンスパフォーマンスを盛り上げる映像効果には、ダンサーの足元や特定の肢体の部位に重畳させる、あるいはそれらの周囲に表示するような場合と、ダンサーの位置を考慮せず映像を表示する場合がある。前者は、ダンサーの位置を計測する必要があるが、例えば「ブレイクダンスにおいて、素早い動きに残像のような効果を与えることができる」「バレエでは動きが激しい場合には荒々しい効果を、穏やかな動きの場合は緩やかな効果を付加することで、動作の緩急を視覚的に表現する」といったように効果的な演出が可能となる。そこで提案システムでは、カメラによる画像処理からダンサーの物理的な位置を取得する。
- 装着性**
 提案システムは、ステージ上のライブパフォーマンスなどパフォーマンスに集中している状況で利用することを想定しており、できるだけパフォーマンスを妨げない、つまり余計なデバイスを装着せずにシステムを実現することを目指した。そこで、提案システムでは、ダンサーの各肢体に複数のマーカを装着させ、ダンサーの位置を取得するカメラの画像からダンサーの位置と動きを認識する。
- リアルタイム性および信頼性**
 提案システムは、リアルタイム性を実現するために、1台のカメラによるシンプルな画像処理によるマーカ認識を行う。しかし、ダンスパフォーマンスは、高速な動きや、複雑な動きが頻繁に行われるため、正確なマーカ認識が困難となる。そこで、ダンスパフォーマンスの特徴的な動きを適用した補完処理によりマーカ認識率を高める。
- 創作性**
 映像コンテンツは無数に存在し、それらをコントロールするパラメータも数多い。ダンサー自身が、動きと映像効果とのマッピングを手軽に定義できれば、ダンサーの意図する表現をより忠実に再現できる。そこで、動作と映像効果とのマッピングを定義できるスクリプト言語を提案し、直観的かつ多彩な映像効果の操作を実現する。

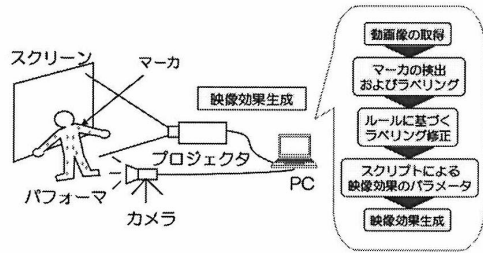


図 1: システム構成

2.2 システム構成

提案する映像効果制御システムの処理の流れを図 1 に示す。カメラはパフォーマンスの前に固定し、パフォーマンスはあらかじめマーカを肢体の各部位に装着しており、提案するスクリプト言語により動作と映像効果とのマッピングが定義されている。

システムはカメラ画像から常にマーカを監視し、時節で述べるラベリング手法により各マーカへのラベルの付与および動作を認識する。スクリプトにより定義されている動きと合致する動作が行われた場合、その定義にもとづき映像効果を制御する。

2.3 パフォーマンスのトラッキング

提案システムは、画像処理によって検出したマーカの動きから映像効果を制御しているが、同一のマーカがパフォーマンスの肢体の各部位に複数貼り付けられているため、マーカの動きを認識するためには、検出したマーカを継続的にトラッキングする必要がある。そのために、システムは検出したマーカに対してラベリングを行い、同じ部位のマーカに対して同じラベルを割り当てる。

マーカのラベリングは、検出したマーカに対し、直近の過去のマーカ群から最近傍のマーカのラベルを割り当てる。存在していたマーカが消失した場合、そのマーカのラベルと座標を記憶させておき、再度マーカが検出されれば、検出されたマーカ座標と記憶していた座標を照合し一定距離内であれば記憶していたラベルを再付与する。新たなマーカが出現した場合、新たなラベルを付与する。

一般にこのようなトラッキングシステムでは複数のカメラを用いて多方向からマーカを撮影し、できるだけマーカを見失わないようにするが、本研究では単色マーカを1つのカメラで撮影するのみであるため、誤ラベリングやマーカの見失いが多くなる。そこで、上記手法に加えて、ダンスパフォーマンスの特性を活かした以下の補正処理を適用することでラベリングの認識精度を向上させる。

1. 重心のベクトルによる修正

検出したマーカの座標から重心を計算し、記憶していた座標に重心の遷移した位置情報を加えて、その中でマーカを探索する。先に述べた条件であると動作が大きく、マーカがなかなか検出できなかった場合に異なるラベルを付加する可能性がある。この修正では、ダンサーの身体全体が左右に移動するような場合に、正しいラベルが付与できる。

2. 4象限に分割した重心ベクトルで修正

1. と同様の処理を4象限に分割した重心により修正を施す。この修正では、同じ部位のラベルは多く場合、同象限にあると考える。したがって、同じ部位であると同じ方向に動くと仮定されるので、ある部位だけ激しく動作するような場合に、有効である。

3. 動いた部分のみの重心ベクトルで修正

ある一定距離内でしか動いていないマーカは動いていないとみなし、動いている部分だけの重心を計算して修正を施す。動いたと認識されるラベルは、同じ部位である可能性が高い。したがって、2と同様にある特定の部位のみ動作する場合に有効である。

4. 全体の重心とマーカの x 座標と y 座標の最小値と最大値から4つに分割した重心での修正

マーカ全体の重心を計算し、同時にマーカの x 座標と y 座標の最小値と最大値を求めておく。x 座標と y 座標のそれぞれの最小値と最大値から得られる矩形を重心によって4分割しそれぞれの重心の移動量により修正を施す。先に述べたように4分割することで両手両足のラベルが分割されると考えられ、特定の部位のみ動作する場合に有効な修正である。また全体の矩形の縦横比から立っている状態や座っている状態を認識するのに役立つ。

2.4 スクリプト言語

映像効果には、映像の種類、映像中の模様の色や大きさなどさまざまなパラメータがある。一方、マーカのコンテキストはマーカの位置や存在時間、動き、出現パターンなど多様である。映像制御パラメータとマーカのコンテキストとの関連付けを行うことは煩雑な作業であるため、関連付け作業を支援するスクリプト言語を提案する。提案するスクリプト言語は、表1の定義に従い記述できる。以下、表2の例をもとにスクリプトを説明する。

- (1) Effect color により映像効果の色を *Color* に設定する。
- (2) 座っている状態を認識するための y 座標のしきい値を 270 に設定する。

表 1: スクリプト関数

関数	説明
Effect color	映像効果の色の定義
move	身体の動作の定義
sit, stand	座る, 立つの動作定義
blink	点滅を定義
state threshold level X	状態のしきい値 X の定義
change	映像効果の変更
for X times	X 回のイベントを定義
after	後に続く動作を定義
read	ファイルを読み込む定義

表 2: スクリプトの記述例

```
Effect color Color ...(1)
Sitting threshold level 270 ...(2)
Standing threshold level 320 ...(3)
Dancer move from right to left, change ZOOM ...(5)
Lights blink for 3 times, change BUNSHIN ...(6)
Dancer sit, change RIPPLE ...(7)
Dancer sit after stand, read maki.txt ...(8)
```

- (3) 立っている状態を認識するための y 座標のしきい値を 320 に設定にする。座っている状態のしきい値だけでは誤認識する可能性があるので立っている状態のしきい値を設定している。
- (4) dancer が右から左に移動した場合に、ZOOM という映像効果に変更する。
- (5) マーカ群が3回点滅した場合に、BUNSHIN という映像効果に変更する。
- (6) ダンサーが座った場合、RIPPLE という映像効果に変更する。
- (7) ダンサーが座った後に立つことで *maki.txt* というスクリプトが記述されたテキストファイルが読み込まれる。これは例えば別のダンサーが引き続きパフォーマンスを行う場合や、音楽が切替わる場合などに使用するスクリプトを変更したいときに使うことができる。

3 実装と実運用

2章で述べた映像効果制御システムを実装した。PC としては、SONY 社の VGN-SZ84PS (CPU 2.2 × 2GHz, RAM 1.5GB) を使用した。カメラは、Unibrain 社の IEEE1394 規格である Fire-i (YUV411 フォーマット 解像度 640 × 480, フレー



図 2: LED 服

表 3: 実運用で用いたスクリプト

DANMAKU ルミナリエ <i>Sitting threshold level 270</i> <i>Standing threshold level 320</i> <i>Dancer move from right to left , change DANMAKU</i> <i>Lights blink for 3 times , change PARTICLE</i> <i>Lights blink for 3 times more , change ZOOM</i> <i>Lights blink for 3 times more , change BUNSHIN</i> <i>Dancer sit , change PARTICLE</i>

ムレート 最大 30fps) を用いた。PC 上のソフトウェアは、Vine Linux 上で C 言語および SDL ライブラリを用いて開発した。

3.1 実運用

2008 年 12 月 13 日および 14 日に神戸ルミナリエが主催する神戸ルミナリエイベントステージにてプロトタイプシステムを用いて 3 分間ほどのダンスパフォーマンスを行った。図 2 に制作した LED 服を示す。LED 服は表面の手足・胸にフルカラー LED を合計 50 個埋め込んでいる。一般的にブレイクダンスは、背中で回るなど背中を使うことが多いため、背面に LED を配置することは避けた。LED は各部位ごとに直列で配線されているため、一部の配線が断線すると部位全体が光らなくなってしまう。LED と配線との接合部分など断線しやすい箇所に力が加わらないよう補強した。また、フルカラー LED を PIC マイコン (PIC16F877A) で制御した。これにより LED の光の色や点滅パターンを BGM に合わせて変更させた。

また、LED の光点を検出するためにレーザポイ

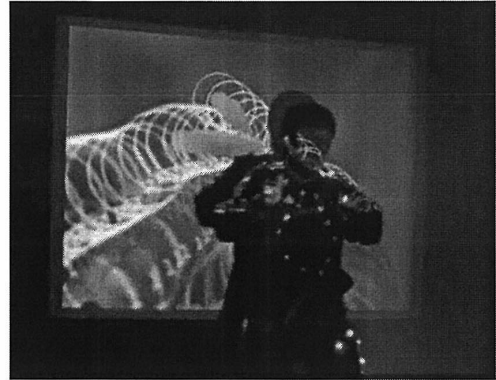


図 3: 映像効果 ZOOM

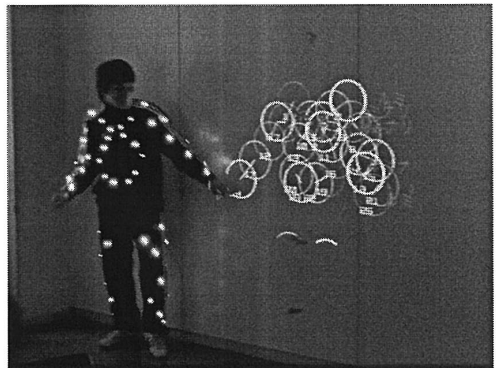


図 4: 映像効果 BUNSHIN

ンタ追跡システム [2] の機能の一部を利用した。映像効果は、図 3 や図 4 に示すように、光点付近からオーラを出すような映像効果や、検出したマーカをパフォーマンスの左右に配置することで複数人で踊っているようにみせる映像効果を作成した。なお、映像効果はプロジェクタを使って表示した。

さらに、ステージでは、表 3 に示すようなスクリプトを記述し、パフォーマンスを行った。LED と PIC マイコンの利用および身体を反転させることで、マーカの点滅を実現できたため、スクリプトの blink 関数を用い、3 回点滅するごとに PARTICLE, ZOOM, BUNSHIN という映像効果に順々に変更させた。また、座っている状態、立っている状態を認識するために、事前のリハーサルにおいてあらかじめある程度のしきい値を設定することで状態を認識可能にし、座った状態である場合に PARTICLE という映像効果に変更した。身体が横に移動することで映像効果を制御するために move 関数を用いて右



図 5: ステージの様子

から左に移動した場合には映像効果を DANMAKU に変更した。

ステージでは、第一著者を含め 4 人の演者が入れ替わってパフォーマンスした。ステージでの様子を図 5 に示す。4 人のパフォーマンスのうち、3 人がブレイクダンス歴が 5 年以上、1 人がポップダンス歴 5 年以上の熟達者である。パフォーマンスでは、システムが動作しない可能性を考え、PC 用のキーボードでも映像効果を変更できるようにした。

3.2 考察

ステージでは、パフォーマンス自身の動作で映像効果を変更できた。中には、アドリブで映像効果を変更していたパフォーマンスもいた。また、LED の光に映像効果が重畳される様子は美しく、観客はパフォーマンスに陶醉していた。しかし、イベントステージは LED の光や映像効果が見えるよう照明を暗めにしてもらったが、イベントステージから離れた街灯などの光に反応してしまい一部誤認識してしまう場合もあった。街灯などは移動しないため、あらかじめパフォーマンスの前に街灯の光点は無視をするようフィルタリングすることで防げると考えられる。

また、動作で映像効果を変更する場合、映像効果の制御のためにダンスの流れにマッチしない動作しなければいけない可能性がある。今回のステージは、映像効果制御にマッチするような振り付けを考えることで違和感は少なかったが、アドリブでダンスをするときには動きの制約が生じてしまう。今後は、あらゆるダンスに基本の動作が存在するので基本動作を認識させることでどの場面で用いても違和感の少ない動作をマッピングすることでこの問題を解決していきたい。

4 関連研究

映像処理技術やセンシング技術の発展に伴い、加速度センサやモーションキャプチャを用いて映像や音などのメディアを制御する試みがなされている。

これらは大きく装着したセンサから身体情報を取得し映像効果を制御する事例と画像処理により映像効果を制御する事例に分けられる。

文献 [3] では、RFID タグと加速度センサを用いて映像効果を制御している。複数の RFID タグをワッペン形式で身体のさまざまな部位に取り付けておく。そして、RFID リーダを備えたグローブを装着し各部位に取り付けた RFID に触れると同時に無線によって情報を飛ばしバックに映し出される映像を変更する。また、グローブに内蔵した加速度センサによりある動作をすることで映像速度を制御したり、映像を逆再生するなどの制御を行っている。このような場合、身体の動きをセンサでとらえるため、比較的簡単な動作取得が可能となりバックに流れる映像を制御することはできるが、パフォーマンスの位置情報によりインタラクティブに映像効果を生じさせる場合に困難なものとなる。

一方、身体情報を画像処理により検出するという技術では、モーションキャプチャという手法が一般的に用いられる。モーションキャプチャとは、現実世界の人物や物体の動作をデジタル的に記録する技術であり、主に光学式という手法が広く用いられている。光学式では、各部位に反射するマーカを身につけ、いくつかの照明で体を照らし、その映像を複数のカメラで捕らえ、画像解析することで動きをとらえる。

文献 [4] ではステージ上部に計 16 個のカメラを固定配置することでダンサーの動作を認識している。各カメラの周囲には赤外線を発する器具が取り付けられ、ダンサーの上半身に赤外線を反射するマーカを服に装着している。マーカの反射により位置情報を得ることで各ダンサーをモーションキャプチャを行っている。マーカの位置情報により各ダンサーを特定し、ダンサーの近接度や組み分け、構成、身体の動きの類似度といったデータからリアルタイムに映像効果や音を生成している。このようなシステムを用いると、高精度な動作認識が可能となるが、多数の高性能なカメラを用いる必要があり多大なコストがかかる。また、専用のスタジオにカメラを固定しなければならない場合も想定され使用環境が限定されてしまうという欠点もある。

5 まとめ

本研究では、動きにより映像効果を制御するシステムを提案した。提案システムはパフォーマンスをできるだけ妨げないよう画像処理による動作の検出を行い、ダンスパフォーマンスの特性を適用した補正処理によりマーカの認識精度の向上を図った。プロトタイプシステムを用いた実運用によりシステムの動作確認を行った。

今後の課題としては、これまでの章で述べたもの以外に、複数人でのシステムの同時利用、より広い

ステージでパフォーマンスできるように計算機間の連携などがあげられる。また、ラベリングの認識精度に関する評価実験を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (A)(20240007)、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (A)(20240009) および中山隼雄科学技術文化財団研究助成の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Kentaro Fukuchi, Sam Mertens and Ed Tannenbaum: EffectTV: a real-time software video effect processor for entertainment, *Proceedings of the 3th International Conference on Entertainment Computing(ICEC 2004)*, pp. 602-605, 2004.
- [2] Kentaro Fukuchi: A Laser Pointer/Laser Trails Tracking System for Visual Performance, *Proceedings of IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction(INTERACT 2005)*, pp. 1050-1053, 2005.
- [3] On the body:
<http://www.mindness.net/ivrea/onthebody/index.html>
- [4] Jodi James, Todd Ingalls, Gang Qian, Loren Olsen, Daniel Whiteley, Siew Wong, Thanassis Rikakis: Movement-based Interactive Dance Performance, *Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia(MULTIMEDIA '06)*, pp. 470-479, 2006.