

8

ダンスパフォーマンスのための動作認識手法

寺田 努 (神戸大学工学研究科)

近年、コンピュータを用いて音楽とダンスを結びつける新しいエンタテインメントに注目が集まっている。本稿では、筆者らが開発した、ダンサーのステップを認識して演奏を制御するウェアラブルダンス楽器システムについて述べ、ダンスのステップを認識するための動作認識アルゴリズムを解説する。

■ダンスと音楽を統合するウェアラブルダンス楽器システム

ストリートダンスやジャズダンス、コンテンポラリーダンスなど、ダンスは人の身体表現によって自己を表現し、感情や意思の伝達を可能にする優れたパフォーマンスである。ダンスの表現技法は多岐にわたり、その歴史も長い。これまでのダンスは「音楽に合わせて踊るもの」という音楽に対する受動性から脱却できていない。一方、ダンスパフォーマンスを構成する要素としては、実際の踊りと同様にそのBGM (Back Ground Music) や効果音が重要な役割を果たす。したがって、受動的に音楽に合わせて踊るだけではなく、ダンスによって能動的に音を出力することの意義は大きく、メディアアーティストを中心としてさまざまな取り組みが行われてきた。たとえばヤマハ社のMIBURI¹⁾は、人の動きを曲げセンサにより取得し、動きに合わせて音を出力する。筋電位センサを用いたBioMuse²⁾は、筋電位情報を音に変換する装置である。しかしこれまでのシステムでは体に装着したセンサのアナログ値をそのまま音やエフェクトパラメータに変換するものが多く、環境音楽のようなものを出力するだけであったり、意図する音楽を出力するためにはダンスとしては不自然な動作をする必要があるといった問題があった。これは、音を出力するという目的のために、主目的であるダンス自体の表現力を狭める結果になっているといえる。

ダンスにとってステップはきわめて重要であり、特にストリートダンスでは、リズムに合わせて1拍や2拍程度のさまざまなステップを繰り返すことでダンサー自身が音とシンクロする心地良さを重視しており、各ステ

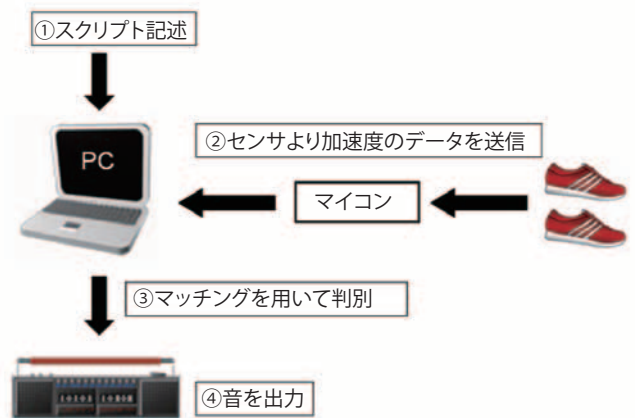


図-1 システムの構成

ップに音を割り当ててダンスによる音出力を行うことで、その心地よさを活かしたまま、ダンスによる表現力と音楽による表現力を併せ持つ新たなパフォーマンスが創造できると考えられる。そこで筆者らは、ダンスを踊りながらステップに合わせた音を出力するウェアラブルダンス楽器システムを提案してきた^{3), 4)}。

提案システムの構成を図-1に示す。ダンサーは両足に3軸加速度センサを取り付け、得られたデータをもとにDPマッチングを用いてステップの認識を行う。DPマッチングは、動的計画法 (Dynamic Programming) によるマッチング方式で、高速にパターン間の類似度を計算できる。具体的には、ダンスのステップを実際に行うことでサンプルとなる波形をあらかじめシステムに登録しておき、システム利用時には登録したサンプルと、現在の加速度センサからのデータをリアルタイムで照合する。

ステップを認識した結果行う処理はあらかじめスクリプトで記述しておく。スクリプト記述の例を図-2に示す。図中の3行目の記述は、右足の動きがSample1にマッチしたときにMusic1を2拍分出力することを意味する。また、6行目は両足の動きがSample2とマッチしたときにグループを切り替えることを意味する。グループを用いることで、ひとつのアクションで、BGMの変更、ステップと音の組合せの変更をまとめて行えるた

```
[Group 1]
BGM is Music7
Right Sample1 play Music1 2count
Left Sample1 start-stop Loop Music2
Both Sample1 reset all Loop
Both Sample2 change group1-2
[Group 2]
BGM is Music6
Right Sample1 change BGM to Music3
Left Sample1 stop BGM
Right Sample2 after Left Sample2 play Music4
Right Sample2 *2 start-stop Loop Music5
Both Sample1 change group2-1
Both Sample2 change group2-3
...
```

図-2 スクリプトの記述例

め、雰囲気切り替えられる。たとえば、グループ1ではすべてのステップでドラムの音を演奏し、グループ2ではすべてのステップでベースの音を演奏する、といった変化をつけることが可能となる。複数人で演奏を行う場合には、相手に合わせて演奏する楽器を変更する、といったことが踊りながら行える。

このシステムのプロトタイプを2007年12月8日および9日に行われた神戸ルミナリエのイベントステージにおいて利用した(図-3)。プロトタイプにおける加速度センサは、筆者の所属する研究室で開発した無線通信機能付き加速度センサモジュール Nao_RF を用いた。センサモジュールと、センサを装着した靴の外観を図-4に示す。加速度センサの出力は、最大 ±4G で、サンプリング周波数は 100Hz である。アプリケーションは Apple 社の Xcode 上で、Objective-C を用いて実装した。音源には自作の AIFF 音源を 30 種類用意した。

ステージでは、2人のブレイクダンサーが交互にダンスを披露した。スクリプト記述により、立った状態と屈んだ状態において、音の種類を変更するなどの変化をつけた。また、2人が同じ動きで同じ音を出力し、途中から同じ動きで異なる音を出力するといったパフォーマンスを行った。提案システムを利用することでこれまでにない、ダンスと音楽を融合した新たなインタラクティブパフォーマンスを実現できた。

一方、実運用からいくつかの問題点も明らかとなった。特に重要であったのは、ダンスのステップにより出力した音が、BGMのリズムと合わないという問題である。これは、従来のジェスチャ認識技術では、ジェスチャを認識してから次の処理を行うため、動きに対して出力音の開始が遅れていたことが原因であり、音と動きとが同期する「心地良さ」をダンサーに十分与えられないという結果となった。

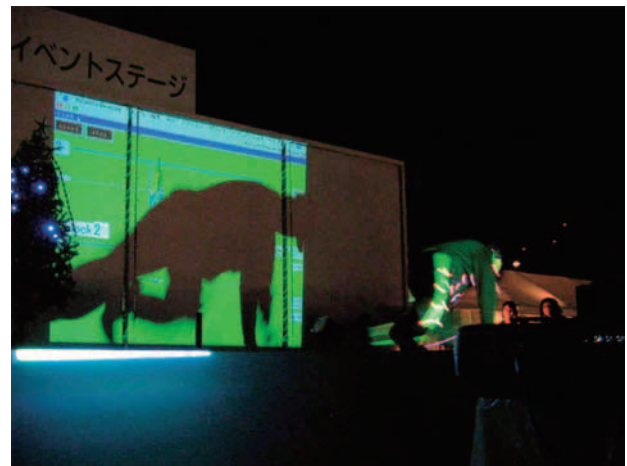


図-3 ルミナリエでのステージパフォーマンス

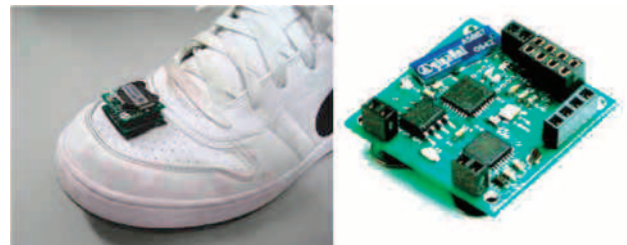


図-4 小型無線加速度センサ

■ ダンスパフォーマンスのための動作認識手法

前章で示したように、提案システムは新たなパフォーマンスを実現できたものの、ステップと音楽のタイミングについての問題点が明らかになった。発音の遅延は提案システムにおいて致命的な問題となる。一方、動作認識を行うためにはある程度の遅延は起こり、高精度な認識を行おうとするほどその遅延は大きくなる。そこで、遅延の許容範囲を調べるために、ダンサー 10 人、観客 10 人を集め、動きと音に関する感性実験を行った。詳細は文献 4) に示すが、得られた結果は次の通りである。

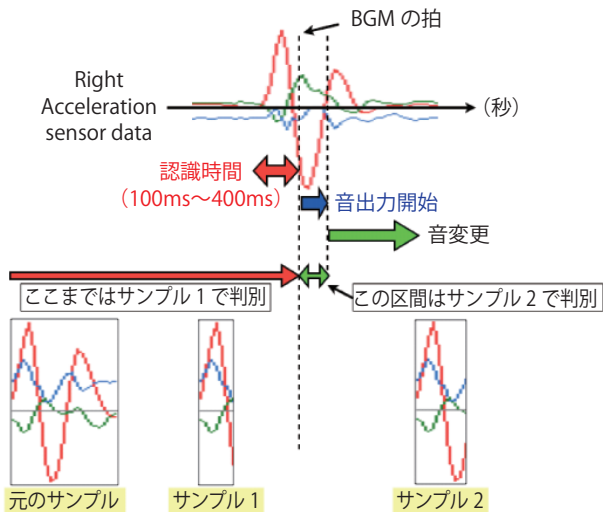


図-5 2段階認識の模式図

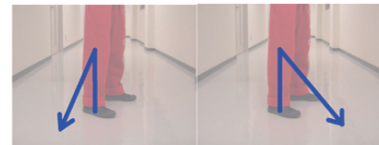


図-6 実験用のステップ5種類

・ 出力音を遅らせた場合の違和感

ダンサー、観客ともに出力音の遅れには敏感であった。たとえば、ダンサーはステップを入力した拍のタイミングから音出力が50ms遅れるだけでも大きな違和感を感じていた。BGMのリズムから少しでも出力音のタイミングがずれると違和感を生じるため、出力音の開始はBGMの拍のタイミングに合わせる必要があり、動きの判別は拍までに行う必要がある。

・ 出力音を途中で消した場合の違和感

拍に間に合う範囲内のデータのみを用いて動作認識しなければならない場合、十分な認識時間が得られないために誤認識が生じるが、音を出した後にシステムが認識間違いに気付いて音を途中で消した場合、人はそれに違和感を感じるかを調査した。結果、音の違いにかかわらず、実際に演奏しているダンサーは違和感を感じることが分かった。ダンサーが思った通りの演奏を行うためには、出力した音が間違っていた場合に音を消すという手法は有効ではないといえる。

・ 出力音を途中で変更した場合の違和感

上記実験と同様の状況で、音を消すのではなく、途中で正しい音に切り替えた場合の違和感を調査した。結果から、音量や音色が近い組合せの場合、途中で異なる音に変更してもダンサー、観客ともに違和感を感じないことが分かった。

上記の結果から、本研究では新たに「認識の締切時間検出」「2段階認識」「出力音の動的変更」の3つの機能をジェスチャ認識システムに加えることで、問題を解決した⁴⁾。図-5を用いて具体的に述べると、まず出力音をBGMの拍のタイミングで出力できるように、認識するステップをBGMに合わせて実際に踊らせることでステップのモーションのうち認識に使える部分を抽出する

システムを開発した。このシステムにより、ステップを表すモーション(図中の「元のサンプル」)に対して、実際認識に使えるのは前半の一部(図中の「サンプル1」)であることが分かる。一方、前半部分だけで認識を行うと、似たステップの場合など誤認識が多くなる。そこで、さらなる工夫として、前半部分のモーションによる認識でまず音を出力しつつ、継続して認識を行い(図中の「サンプル2」)、もし前半部分での認識結果が間違っていた場合には出力音を正しいものに変更するというアルゴリズムを提案した。

■ 評価

提案する動作認識手法の有用性を検証するため、図-6に示す5種類のステップを順番に10回ずつ行うことを10セット行い、認識率を調査する実験を行った。比較手法として、(1)サンプルの前半部分のみで判別、(2)サンプルの前半部分+100msのみで判別する手法、を用意した。実験はダンス歴7年のダンサー1名が行った。実験結果を表-1に示す。

結果より、前半のみで認識した場合は認識時間が少ないため誤認識が多くなっていることが分かる。特に、ステップ2とステップ4の動きは最後に足を着くだけの違いであり、判別ができていない。しかし、必ず前半部分のみで判別を行うため動きと音は同期しており、自ら音を奏でている感覚があった。前半部分+100msで認識した場合は、誤認識がほとんど起こっていないが、この方法では動きと音がずれているため違和感を感じた。

提案手法では、動きの前半部分(1段階目)だけでは誤認識が多いものの、2段階目の認識により正しいステップとして認識結果が変更されるため、結果として誤認識や未認識はほとんど起こっていない。また、1段階目の

ステップ番号	前半のみ					前半+ 100ms					提案手法				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
認識	99	62	100	96	100	100	98	100	98	99	99	62	100	96	99
誤認識	0	38	0	3	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0
未認識	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0
正しいステップへ変更											0	37	0	2	0
誤変更											0	1	0	0	1

表-1 3つの手法における認識回数

認識で音を出力するため、出力のタイミングも動作と同期しており違和感を感じなかった。

実利用による評価として、2008年12月13日および14日に行われた神戸ルミナリエのイベントステージにおいて、本システムを用いたパフォーマンスを行った。ステップを行うたびにさまざまな音出力されるパフォーマンスにより、観客から歓声があがっていた。システムを用いたダンサーの意見から、提案手法により動きのタイミングに合った音出力されることで音とダンスに一体感をもたせたパフォーマンスが行えたことが分かった。さらに、本システムを利用することでダンサーは演奏者となるため、このパフォーマンスにおいてはダンスの技術だけでなく、音に対する感性が重要となり、うまく演奏できたときには動きと音が一体化した表現力の高いパフォーマンスが行えたという意見が得られた。

■ まとめ

本研究では、ダンスのステップにより音を奏で、スクリプトによりダンスの構成を作ることが可能なウェアラブルダンス楽器ダンシング演奏システムについて述べた。スクリプト記述により、動きに対応した音の制御、BGMなどの演奏全体の制御が行え、直観的かつ表現力豊かな音楽制作が可能となった。また、動きと音のタイミングの重要性を考慮した動作認識手法を提案した。提案手法により、ダンスのステップに合った音出力を高精度で行えるようになった。

本システムの応用例としては、ダンスバトルのようなセッション演奏の新しい形が考えられる。ダンスバトルとは、お互いに向かい合い、DJが流す曲に合わせてダンサーが交互に踊り、審査員や観客が勝敗を決めるもの

であるが、そこにステップによる演奏の要素を加えることで、単にダンスステップによる挑発や主張だけでなく、どの音とどの動きを組み合わせるかのセンスが問われるようになり、さらには相手が出力した音に対して自分の出力音をいかに適切に切り替えるか、といった点も勝負の重要なポイントとなる。

このように、提案システムを用いることで、ダンスおよび音楽演奏の領域において新たな表現方法や他人とのインタラクション方法が確立できると考えている。

参考文献

- 1) YAMAHA「MIBURI」Webページ: <http://www.yamaha.co.jp/design/products/1990/miburi/>
- 2) Tanaka, A.: Musical Technical Issues in Using Interactive Instrument Technology with Application to the BioMuse, Proc. of the International Computer Music Conference (ICMC'93), pp.124-126 (1993).
- 3) Fujimoto, M., Fujita, N., Takegawa, Y., Terada, T. and Tsukamoto, M.: Musical B-boying: a Wearable Musical Instrument by Dancing, Proc. of the 7th International Conference on Entertainment Computing (ICEC2008), pp.155-160 (2008).
- 4) Fujimoto, M., Fujita, N., Takegawa, Y., Terada, T. and Tsukamoto, M.: A Motion Recognition Method for a Wearable Dancing Musical Instrument, Proc. of the 13th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC '09), pp.9-16 (2009).

(平成21年11月11日受付)

寺田 努 (正会員)

tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

1997年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。1999年同大学院工学研究科博士前期課程修了。2000年同大学院工学研究科博士後期課程退学。同年より大阪大学サイバーメディアセンター助手。2005年より同講師。2007年神戸大学大学院工学研究科准教授。現在に至る。2004年より特定非営利活動法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構理事、2005年には同機構事務局長を兼務。工学博士。アクティブデータベース、ウェアラブルコンピューティング、ユビキタスコンピューティングの研究に従事。IEEE、電子情報通信学会、日本データベース学会、ヒューマンインタフェース学会各会員。