

## 装着型センサを用いたウェアラブル DJ システムの開発と実運用

富林 豊<sup>†</sup> 竹川佳成<sup>‡</sup> 寺田 努<sup>†</sup> 塚本昌彦<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 神戸大学大学院工学研究科

<sup>‡</sup> 神戸大学自然科学系先端融合研究環

近年、人と音楽との新たな関わり方として、クラブやイベント会場における BGM の選曲や再生をコントロールする DJ (Disc Jockey) が現れた。DJ は選曲を行い、曲と曲のスムーズなつなぎ合わせやエフェクトの選択を行い、聴衆を盛り上げる重要な役割をもつ一方、行動範囲は機器が設置されているブース内に限られている。そこで本研究では、ウェアラブルコンピューティング技術を活用することで、この問題を解決した新たな DJ 支援システムを提案する。提案システムでは装着型の無線通信機能付き加速度センサとジェスチャ認識技術を活用することで、場所を問わずに直観的な操作で DJ パフォーマンスを行える。本研究では、2007 年神戸ルミナリエのイベントステージにて実際にシステムを試用し、BGM の制御を行った。また、評価実験により、状況認識用のセンサを新たに装着することで認識精度を損なうことなく自由度の高いジェスチャ認識が行えることを確認した。

### Development and Actual Use of a Wearable DJ System using Wearable Sensors

Yutaka TOMIBAYASHI<sup>†</sup> Yoshinari TAKEGAWA<sup>‡</sup> Tsutomu TERADA<sup>†</sup> Masahiko TSUKAMOTO<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate school of Engineering, Kobe University

<sup>‡</sup> Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University

In recent years, DJ (Disc Jockey) who selects and plays music has attracted a great deal of attention. DJ selects music, changes the playing music to another music smoothly, applies the effect, and excites audience. DJ cannot get away from the booth where there are DJ equipments. Therefore, in this study, we propose a new DJ system that solves this problem by using wearable computing and behavior recognition technologies. The system proposed enables DJ to perform DJ techniques by intuitive gesture operations using wearable acceleration sensors. We have actually used our prototype system on an event stage of Kobe Ruminarie in 2007. We have evaluated the accuracy of the gesture recognition by changing the parameters, and we confirmed the effectiveness of the proposed system.

## 1 はじめに

現在一般的な音楽と人との関わり方は iPod や CD プレーヤーで音楽を「聴く」という受動的なものである。能動的な音楽への関わり方としては、作曲や楽器演奏があるが、これらは音楽を楽しむというよりは音楽の創出が目的であった。

一方、近年では新たな音楽との接し方として、既存の曲の選曲や再生をコントロールする DJ (Disc Jockey) が現れた。DJ は選曲やエフェクト制御をパフォーマンスとして演じ、曲と曲のスムーズなつなぎ合わせやノリのよいエフェクトの選択などのテクニックを駆使することで、聴衆を盛り上げる役割をもつ。さらに、近年の電子技術の発展により、DJ の表現力は格段に上昇し、いまや DJ はクリエイティブなパフォーマンスとしての要素が求められるようになった [1]。

しかし、DJ は機器の操作や音源の変更が主な作業となるため、その行動範囲は機器が設置されているブース内に限られ、自由なパフォーマンスが行えなかった。そこで本研究では、ウェアラブルコンピューティング技術を活用することで、これらの

問題を解決した新たな DJ システムを提案する。提案するウェアラブル DJ システムは、装着型センサとジェスチャ認識技術を用いることで、場所を問わずに直観的な操作で DJ パフォーマンスを行える。ユーザは、任意のジェスチャを DJ 機能に割り当てることで、さまざまなパフォーマンスを容易に実現できる。

以下、2 章では関連研究について説明し、3 章でシステムの設計について述べる。4 章でシステムの実装について説明し、5 章でシステムの評価実験について述べる、最後に 6 章でまとめを行う。

## 2 関連研究

これまで国内外において、センシングした身体情報や生理情報を音楽制御に応用したさまざまな事例が報告されている。たとえば Joseph Pradiso らは、靴にセンサを取り付けたダンシングシューズを用い、ダンスをしながら演奏や楽曲選択を行うシステムを開発した [2]。しかしこのシステムは、直接的に音楽を創り出すことを目的としており、既存音楽を制御する DJ をターゲットとする本研究とは目的

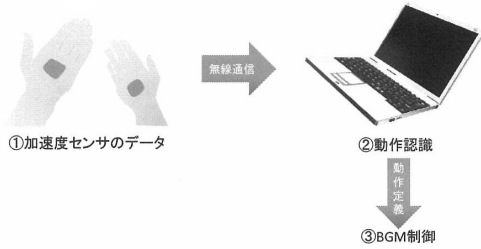


図 1: ウェアラブル DJ システムの構成

が異なる。また、藤本らはウェアラブル DJ システムの開発に取り組んでおり、従来の DJ 操作にとられない新たな DJ システム構築のために、PC やキーボードを搭載したウェアラブルジャケットや、オリジナルの DJ アプリケーションを開発している [3]。一方、本研究では DJ や既存の DJ 装置の特性を考慮し、加速度センサによるジェスチャ認識技術を用いることで見た目にもパフォーマンスが理解しやすいウェアラブル DJ システムの実現をめざしており、設計コンセプトが異なる。

### 3 システムの設計

1 章で述べたように、現在 DJ パフォーマンスは DJ ブースの中だけに固定されており、曲変更やエフェクトを行っている様子も聴衆に理解されづらい。したがって、提案システムでは装着型センサを活用することでこれらの問題点を解決することが目的となる。提案するウェアラブル DJ システムは、DJ パフォーマンスを自由に、かつ見た目にカッコよくさせることを目指している。そのために、システム設計における要件として下記の 4 点を挙げる。

1. 自由に移動できる
2. 視覚的にパフォーマンスが理解できる
3. カスタマイズ性が高い
4. DJ パフォーマンスに必要な機能をもつ

まず、1 つ目要件はブースやフロア、ステージ上など場所を問わず、自由に DJ パフォーマンスを行えることの必要性を示している。2 つ目の要件は、「手を上げ下げすることで音量の大小を制御する」といったように、視聴者が視覚的に DJ が行っている動作とその効果を理解できるようにする必要があることを示している。3 つ目の要件は、DJ それぞれが求める機能を実現できるように、ジェスチャと機能の関係や、ジェスチャ動作の種類などは自由に定義できる必要があることを表す。また、4 つ目の要件は既存の DJ パフォーマンスで必要な音量の

表 1: システムの機能

機能	内容
再生	音楽を再生する
停止	現在流している音楽を停止する
フェードイン	曲を徐々に音量を上げながら再生する
フェードアウト	音量を徐々に下げて 0 になれば停止する
クロスフェード	2 つの曲に対し、フェードインとフェードアウトを同時に行う
音量	音量の調整をする
パン	L・R チャンネルの音のバランスを調整する
ピッチ	再生している曲の高さを調整する
スクラッチ	DJ のスクラッチのような効果を与える
エフェクト	音楽に様々な効果を与える
キューポイント	特定の場所から再生する

表 2: エフェクトの種類

エフェクト	効果
リバーブ	残響音を加えて、コンサートホールで聴いているような効果を加える
エコー	反響音を加えて、こだましているような効果を加える
ディストーション	音割れに似た効果を加える
イコライザ	任意の周波数帯域の音量を調整する
コンプレッサ	指定した音量以上の音を減衰させる
ガウグル	音量に揺らぎ・揺さぶりを加える
フランジャー	遅延時間を変調した遅延音を混ぜることで波の干渉を利用して音色の連続的な変化を得る

調整やエフェクトの挿入、ピッチやテンポの変更といった機能が必要であることを表す。

#### 3.1 システム構成

システムの構成を図 1 に示す。ユーザは、加速度センサを身に付けてさまざまな動作を行う。PC は、受信した加速度のデータから動作認識を行い、あらかじめ登録された動作定義に従って BGM やエフェクトの制御を行う。提案システムでユーザが身に付けるのは小型の加速度センサのみであり、ユーザの動きを制限しない。また無線通信を用いるためユーザは PC の位置に拘束されずフロア内を自由に動き回ることが可能である。BGM 制御をジェスチャで行うことで、視覚的にわかりやすく、パフォーマンスとして楽しめるものになる。また、提案システムではそれぞれのジェスチャのパターンを自由に登録でき、ジェスチャと BGM 制御のマッピングも自由に変更できる。さらに、パターンの長さや認識レベルも自由に変更できるなど高いカスタマイズ性をもつ。動作認識に関しては、ユーザの状況を考慮してマッチングの対象を絞り込む機構を備えるため、高い認識精度を実現できる。

#### 3.2 BGM 制御

提案するウェアラブル DJ システムがもつ BGM 制御機能を表 1 に示す。また、エフェクト機能の詳細を表 2 に示す。提案システムは、曲の再生、停止機能の他にスムーズに曲の変更を行えるように、フェードイン、フェードアウト、クロスフェードの機能をもつ。また、現在再生している BGM の音量やパンの制御、ピッチの変更、スクラッチや様々なエフェクトを挿入できる機能をもたせた。DJ はヘッドホンで次の曲を聞いて、今再生している曲を



図 2: センサの装着の様子

ピッチを合わせて曲の入れ替えをスムーズにするという作業を行っている。提案システムでもこの機能を実装しており、再生している曲と別の曲をヘッドホンで聞くことが可能である。

### 3.3 ジェスチャの認識

前節までに述べたように、提案システムはユーザの動作を認識することで曲やエフェクトの制御を行う。本節では、ユーザの動作を認識する方式および認識結果に対していかに機能を割り当てるかという点について述べる。

#### 3.3.1 認識アルゴリズム

提案システムでは図2に示すように両手甲に3軸加速度センサを装着する。これらのセンサからPCに無線でデータが送信され、PC上で得られたデータが解析される。行動を認識する方法としては、あらかじめ記録しておいた各行動ごとの加速度データから得られた特徴量と現在の加速度データから得られた特徴量を比較することで行うが、特徴量としては瞬時値を用いた方式と時系列データを用いた方式が考えられる。前者は、加速度の値から腕の角度や足の角度などを得られるため、その値を直接反映させたリアルタイムなBGM制御が可能となる。一方、瞬時値は激しく手を動かしている時など値が安定せず、制御に用いづらい。

後者の方式は、時系列データをあらかじめ登録しておいたサンプルデータ系列と比較することでマッチングを行うため、激しい変化にも強く、動作のバリエーションを容易に増やすことができる。本研究では、代表的な時系列データ比較手法の1つであるDP (Dynamic Programming) マッチングを用いる。DP マッチングは、データ系列間の類似度を計算するパターン認識の方式で、データ系列の伸縮に対応できることが特徴である。

前者の方式は、後者の方式と比べリアルタイム性が高い一方、後者は認識パターンの数が多い。したがって、各方式の利点欠点を考慮した上でBGM制御と動作のマッピングを行う必要がある。

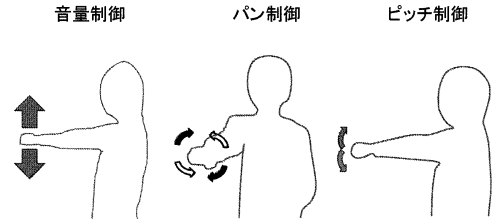


図 3: 音量、パン、ピッチの制御方法

#### 3.3.2 BGM 制御と動作のマッピング

音量、パン、ピッチはDJパフォーマンスにおいて連続的なコントロールが求められるため、これらの制御は、加速度の瞬時値を用いて動作認識を行う。しかし、DJパフォーマンス中常にこれらの値が変化するのは好ましくないため、まずDP マッチングによりモードのON/OFFの切り替えを行い、モードがONのときのみ音量、パン、ピッチが制御可能となる。具体的には加速度センサを図2のように装着した場合、まず、あらかじめ登録した動作を行いそれぞれ音量・パン・ピッチモードに変更した後、図3に示すように手を上下させることで、加速度センサのz軸の値から音量の制御を行う。また、手を左右に傾けることでx軸の値からパンの制御を行う。時計回りの回転はRチャンネルに、反時計回りの回転はLチャンネルにマッピングしている。さらに、ピッチは手の先を上下に付けることによってピッチを制御する。手を上に向けると再生速度が上がり、手を下に向けると再生速度が下がる。制御が終了したタイミングでもう一度登録したパターンの動作を行い、それぞれのモードを抜ける。

一方、スクラッチや再生、停止などは、単発で利用することが多いため、それらはDP マッチングを用いたジェスチャ認識によって操作を行う。機能とジェスチャのマッピングは視覚的なカッコ良さと、DP マッチングの任意のジェスチャを認識できるという特徴を活かし、ユーザは好みのジェスチャに対して機能を割り当てられるようにする。

#### 3.3.3 状況判別

提案システムは操作する人がフロアで動き回る、観客と一緒に踊るといった自由度をもたせることを想定している。しかし、センサを装着した状態で自由に手を動かすと、誤反応が頻繁に起こることが予想される。そのため提案システムでは、DJがDJ操作を行う意図があるかどうかを判別するためにもうひとつセンサを用いて、状況によって、操作可能な機能を制限する機能をもつ。実際には、「座っている」「立っている」「動いている」の3つの状況を足の太ももに取り付けた加速度センサによって判別しており、状況ごとに認識可能なジェスチャ群を登録

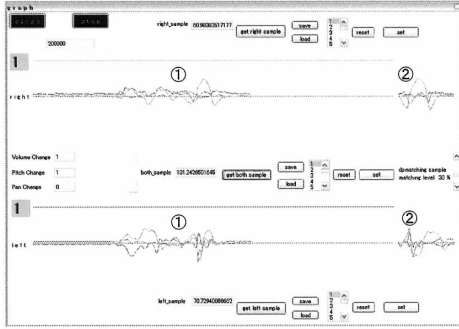


図 4: PC 上のソフトウェアのスクリーンショット

できるようにしている。

## 4 実装

ウェアラブル DJ システムのプロトタイプを実装した。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加速度センサモジュール Nao\_RF[4]を用いた。また、PC 上のソフトウェアは Windows XP 上で C#.NET 2005 を用い、DirectX の DirectSound ライブラリを用いて開発した。プロトタイプのスクリンショットを図 4 に示す。図 4 において 1) に加速度センサから取得した 3 軸の値を、2) に登録パターンの波形を表示しており、上段が右手、下段が左手のグラフである。ジェスチャは左手、右手、両手それぞれ 30 パターンずつの計 90 パターンが登録可能である。

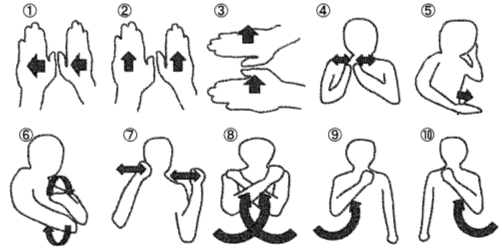
## 5 評価実験

プロトタイプシステムにおける各種のパラメータがジェスチャ認識精度に与える影響を評価する。

### 5.1 しきい値の影響

図 5 に示す 10 種類のジェスチャについてウィンドウ幅を 40 サンプルに固定したまま、類似度のしきい値を変えて認識率を調査した。

しきい値は完全にマッチすると 100 になるが実際に完全にマッチすることはほとんどないため 10, 20, 30, 40, 50 の 5 種類について調べた。10 種類のジェスチャを 30 回ずつ行い、その反応を表 3 に示す。表の左端の数字がしきい値で上段の数字が図 5 におけるジェスチャの番号である。また、実験結果の表はすべて 1 行目が正しく認識した回数、2 行目が誤認識した回数、3 行目が未認識だった回数である。結果より、全体的にしきい値が高い場合、誤認識は少なくなる一方、未認識が増加する。また、図 5 のジェスチャ 4 のような一時的に大きな衝撃のある動作については、しきい値によって誤認識や未認識が高い場合がある。ジェスチャ 1, 2, 3, 6, 8 など単純



ジェスチャ1 両手を x 軸正の方向に動かす動作  
 ジェスチャ2 両手を y 軸正の方向に動かす動作  
 ジェスチャ3 両手を z 軸正の方向に動かす動作  
 ジェスチャ4 拍手をする動作  
 ジェスチャ5 DJ のスクラッチのような動作  
 ジェスチャ6 両手を体の前で回す動作  
 ジェスチャ7 両手を左右に振る動作  
 ジェスチャ8 両手体の前で交差させる動作  
 ジェスチャ9 右手だけ上げる動作  
 ジェスチャ10 左手だけ上げる動作

図 5: 評価に用いたジェスチャ

表 3: しきい値の影響の実験結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	25	0	30	4	0	30	0	4	0	15
	5	30	0	0	30	0	30	26	30	15
	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0
20	30	30	30	27	6	30	7	28	28	30
	0	0	0	3	24	0	22	2	2	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
30	30	30	30	30	23	30	26	30	30	30
	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0
40	23	23	30	16	15	26	12	30	30	29
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	7	7	0	14	15	4	18	0	0	1
50	9	7	30	0	4	10	0	30	27	24
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	23	0	30	26	20	30	0	5	6

でわかりやすい動きは認識率が比較的高かった。しかし、ジェスチャ 4 のように単純であっても衝撃のあるものやジェスチャ 5 のような手の動きが細かいジェスチャはしきい値がある程度高くなるとまったく反応しなくなる。ジェスチャ 7 の動作に関しては、手首が動いてしまうと反応しなくなることがありしきい値が高いとほとんど反応しなかった。

これらの結果により各ジェスチャに応じて最適なしきい値は異なり、ジェスチャごとに適切な値を設定することで認識率が高くなることがわかる。

### 5.2 ウィンドウ幅の影響

図 5 に示す 10 種類のジェスチャについて DP マッチングにおける認識ウィンドウの長さを変えて認識率を調査した。認識ウィンドウとは登録パターンの長さである。動作パターンの長さは 20, 40, 60 サンプルの 3 種類で行った。なお、しきい値は前述の実験においてもとも結果が良かった 30 に固定し、10 種類の動作をそれぞれ 30 回ずつ行った。

実験結果を表 4 に示す。各項目の意味は、表の左

表 4: ウィンドウ幅の影響の実験結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	30	30	27	22	21	18	30	30	30	5
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	25
	0	0	3	7	9	12	0	0	0	0
40	30	30	30	30	23	30	26	30	30	30
	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0
60	30	26	29	26	30	28	29	30	30	30
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	4	1	4	0	2	1	0	0	0

端の数字がウィンドウ幅を示すこと以外は表 3 と同様である。結果より、ウィンドウ幅が小さいと似ている動作での判別がつきにくく、誤認識が生じている。ウィンドウ幅が大きいと認識率もが高くなったが、認識するまで時間がかかるため、ウィンドウ幅が大きすぎると BGM 制御がリアルタイムに行えない可能性がある。具体的には図 5 の 1 の動作に対して曲の再生を割り当てた場合、ウィンドウ幅が 20 の場合はジェスチャをしている最中に再生が始まるが、ウィンドウ幅が 60 の場合だとジェスチャが終わってから一瞬間が空いてから再生が始まる。

### 5.3 適応的なしきい値設定の評価

評価実験 1 よりジェスチャそれぞれに最適なしきい値がわかった。この結果を利用して実際にステージなどで使われるような状況を想定し、以下のようなシナリオにおける認識率を調べた。

- 1 曲目を再生する。
- ボリュームの調整を行う。
- 1 曲目を停止する。
- 拍手をする。
- 2 曲目を再生する。
- ボリュームの調整を行う。
- クロスフェード再生して 3 曲目をかける。
- ボリュームの調整を行う。
- スクラッチを 5 回行う。
- エフェクトをかける。
- 3 曲目を停止する。

これらの操作を表 5 のジェスチャを使って行う。確実に反応してほしいものや誤認識して欲しくないもの、多少は誤認識しても許せるものなどを考慮してそれぞれの操作について表 5 のようにジェスチャとしきい値を割り当てた。

表 5 の割り当てを用いた場合と、しきい値をすべて 30 にした場合にそれぞれにおいて実際にシナリオ通りに DJ パフォーマンスを行って、ジェスチャの認識率を比較した。実験結果を表 6 に示す。上段の数字がジェスチャの番号である。

実験 3 の結果より、シナリオを通しての認識率は、しきい値がすべて同じ場合は 65% で、最適なしきい値を用いた場合は 88% であった。後者では、誤認識が少なくステージで使用の上で十分使えると考えられる。ジェスチャ 4 の拍手をする動作やジェ

表 5: ジェスチャの割り当て

操作	ジェスチャ	しきい値
1 曲目を再生	1	30
2 曲目を再生	2	30
3 曲目を再生	3	50
1 曲目を停止	6	40
3 曲目を停止	8	50
ボリュームチェンジ ON	9	50
ボリュームチェンジ OFF	10	50
拍手	4	40
スクラッチ	5	35
エフェクト	7	30

スチャ 5 のスクラッチをする動作はしきい値を高くすることで、他の動作をするときに誤認識する回数が減った。また、ジェスチャ 9, 10 の動作は 1 回の動作において反応が複数回になることがあったが、しきい値を上げることでこの問題を解決できた。

### 5.4 状況判別の影響

前節のシナリオにおけるしきい値をすべて 30 とし、以下のように設定した状況判別機能を用いた場合の認識率を調べた。

1. 「動いている」場合はすべての機能を操作不可にする。
2. 再生・停止は「立っている」「座っている」のどちらの場合でも操作可能である。
3. 音量・パン・ピッチの調整は「立っている」「座っている」のどちらの場合でも操作可能であるが、座っているときは細かい調整ができるよう分解能が異なる。
4. 拍手・エフェクト・スクラッチは「立っている」場合のみ有効な操作である。

実験結果を表 7 に示す。上段の数字はジェスチャの番号である。表 6 のすべておなじしきい値の場合と比べるとジェスチャ 9, 10 の誤認識率はあまり変わらないが、ジェスチャ 4 の誤認識やジェスチャ 5 の未認識が改善されているのがわかる。また、表 6 の最適なしきい値の場合と比べるとジェスチャ 9, 10 に関してはしきい値を適切にした方がよい結果がでていたが、ジェスチャ 5 の未認識に関しては状況判別した方が良くなっている。この結果から、状況判別を取り入れるとあまりしきい値をあげないで誤認識を防げるため未認識率を減らすことができる。さらに、状況判別に適応的なしきい値を用いて実験したところ、認識率が 94% まで上がった。

## 6 実運用

提案システムの有効性を検証するために 2007 年 12 月 8 日及び 9 日に行われた、神戸ルミナリエ

表 6: 適応的なしきい値の実験結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
同じ	30	27	30	11	128	30	25	29	57	63
	0	0	0	18	0	0	0	0	33	27
	0	3	0	1	48	0	5	1	9	0
異議	30	28	28	25	102	28	23	29	90	90
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	2	2	5	48	2	7	1	0	0

表 7: 状況判別の影響の実験結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	30	30	18	139	30	29	27	52	55	
0	0	0	10	0	0	0	0	34	30	
1	0	0	2	11	0	1	3	4	5	

のイベントステージにおいてプロトタイプシステムを使用した(図6)。ステージでは、提案システムを用いて、ダンスショーなどのBGMの再生・フェードアウト・クロスフェード再生を実行した。さらに会場を盛り上げるための拍手などの効果音を出したり、パフォーマンスとして音量の上げ下げ・再生速度の変化・再生している曲にリバーブのエフェクトをかけるなどの操作を行った。ルミナリエのステージでは無線加速度センサの不安定さから途中でシステムが停止したり、誤認識・未認識があった。このようなトラブルはBGMのコントロールにおいて致命的であるため、ある曲が流れている間は停止の操作は無効化するなど、DJ専用のルールを作り他の動作と重みを変えることが必要であるとわかった。また、曲を止める動作は他の動作と全く違う動きにして誤認識を防ぐといった対策も有効である。さらに、実際の利用では、人や物にぶつかったときなど予期せぬ衝撃によって誤認識が生じる場合も考えられる。そこで、角加速度センサなどの他のセンサの使用や、HMM (Hidden Markov Model), SVM (Support Vector Machine) などの他の動作認識アルゴリズムを併用することで、より認識精度や安定性の高いシステムが実現できると考えられる。現在のシステムでは、ルミナリエのときにはなかった状況判別のシステムが追加されており、状況判別することによりどれだけ誤反応がなく正確に認識できるかを、実際に使用することで実用性を確かめたい。現在の状況判別は「立っている」「座っている」「動いている」の3つを判別しているが、実際に使用することで「走っている」「歩いている」などの判別が必要になる可能性もある。その点においても今後のステージで実運用するときには注意していきたい。これらのセンサや動作認識はそれぞれ利点欠点があるため、今後は、それぞれの特性を精査し、ウェアラブルDJシステムに適した手法を調査していきたい。実運用においては、効果的なジェスチャを用いることも大事である。他のジェスチャと混合しにくく、さらに見た目にもわかりやすいジェスチャを考える必要がある。



図 6: ルミナリエステージでの実運用

## 7 おわりに

本研究では、DJが場所を問わず、自由にパフォーマンスできるジェスチャによるウェアラブルDJシステムを開発した。提案システムは、任意のジェスチャでDJパフォーマンスを行えるため、見た目インパクトがあり人の目を引き付けるパフォーマンスを行える。また、使用するジェスチャに適した動作マッチングアルゴリズムのパラメータ調整を行うことで、ジェスチャの誤認識や未認識を防ぐことができ、これを評価実験から確認した。

今後の課題としては、ユーザが容易にジェスチャとBGM操作のマッピングやシステムのカスタマイズを行えるようなスクリプト言語の開発や、他のセンサを用いた動作表現の拡大、さまざまなDJによる使用評価実験を行う予定である。

## 参考文献

- [1] B. Brewster and F. Broughton: Last Night a DJ Saved My Life, *Headline Book Publishing*, pp. 379-380, 1999.
- [2] J. Paradiso, K. Hsiao, and E. Hu: Interactive Music for Instrumented Dancing Shoes: *Proceedings of the International Computer Music Conference*, pp. 453-456, 1999.
- [3] 藤本貴之, 西本一志: ブースをフロアへとシームレスに拡張する Wearable DJ システム, *エンタテインメントコンピューティング 2003 論文集*, Vol. 2003, No. 1, pp. 47-52, 2003.
- [4] 藤田直生, 義久智樹, 塚本昌彦: 放送型配信を用いたデータ収集のためのセンシングシステム, *マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2007) シンポジウム*, Vol. 2007, pp. 1440-1447, 2007.