

装着型無線加速度センサを用いたウェアラブルDJシステム

A Wearable DJ System using Wireless Wearable Sensors

富林 豊 竹川 佳成 寺田 努 塚本 昌彦*

Summary. 近年、人と音楽との新たな関わり方として、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追加、サンプリングなどを用いて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動的計画法によるマッチング (DP マッチング: Dynamic Programming) を用いた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。また、本システムを、2007年神戸ミナリエのイベントステージにて実際に試用した結果から明らかとなった問題に対処するために、DJの特性を活用したジェスチャのしきい値設定、状況認識用センサによるジェスチャ絞込機能、制約に基づくジェスチャ割当て機構を実装した。これらの機能により、認識精度と自由度を兼ね備えたDJパフォーマンスを行えるシステムが開発できた。

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と実運用について説明し、5章でシステムの改良について述べる、6章で評価実験について考察し、最後に7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、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、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。最近では Hercules mobile DJ や Pacemaker といったポータブルDJデバイスが発売されている [4][5]。これらのデバイスは、ボタンやスライダなどのインタフェースによって高い可搬性と操作性を兼ね備えているが、見た目に分かりやすいパフォーマンスを行うことは難しい。

Copyright is held by the author(s).

* Yutaka Tomibayashi, Tsutomu Terada and Masahiko Tsukamoto, 神戸大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻, Yoshinari Takegawa, 神戸大学自然科学系先端融合研究環



図 1. ウェアラブル DJ システムの構成

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適用す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。また、DJ パフォーマンス全体における本システムの位置づけは、DJ がパフォーマンスを魅せたいときに利用されることを想定しており、既存の DJ デバイスとの併用が望ましいと考えている。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 つ目の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マッピングや、ジェスチャ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

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
ガーグル	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、音色にうねりを出す

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。

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、今再生している曲とピッチを合わせてスムーズに曲を入れかえ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

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 1 に示すように両手の甲に 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。

3.3.2 BGM 制御機能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。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 2 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向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



図 2. 音量、パン、ピッチの制御方法

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。

4 実装と実運用

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[6]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。

提案システムの有効性を検証するために 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プロトタイプシステムを使用した(図 3)。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・再生している曲にエフェクトをかけるなどの操作を行った。これらのほとんどは、直観的に操作内容を理解しやすいジェスチャを選んだため、観客にパフォーマンスを分かってもらえ楽しんでもらった。また、曲の再生や停止は、オリジナルのダイナミックなジェスチャを使用し、特にジェスチャに合わせて停止操作がうまく行われたときは、フロアから歓声があがった。一方、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システムが停止したり、誤認識や未認識があった。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り、解決すべき重要な問題といえる。また、ジェスチャのサンプリングは直立の状態を取得したが、サンプリング時の状態と異なる状況で操作をした場合、認識率に影響が出るため、ステージ上で自由に



図 3. ルミナリエステージでの実運用

動き回ることが難しかった。さらに、BGM 制御機能とジェスチャのマッピングは多数の組合せが考えられ、認識率などを考慮した最適なマッピングの導出は、試行錯誤の多い煩雑な作業であった。

5 システムの改良

実運用で明らかになった問題を解決するため、ジェスチャ絞込機能、ジェスチャ推薦機能を提案する。

5.1 状況判別によるジェスチャ絞込機能

提案システムは DJ がフロアで動き回る、観客と一緒に踊るといった利用シーンを想定している。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。そこで提案システムでは、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状況判別用センサを導入し、状況によって、操作可能な BGM 制御機能を制限する。具体的には「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認識可能なジェスチャ群や各機能の設定を動的に変更する。設定の一例を以下に示す。

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とする。
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、座っているときは微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とする。

5.2 ジェスチャ推薦機能

提案システムを使用するユーザは、BGM 制御機能と自身が登録したジェスチャをマッピングする必

要がある。しかし、ジェスチャはそれぞれ誤認識率・未認識率・他のジェスチャとの識別率など異なる特性をもち、また、この特性はジェスチャを認識する指標となるしきい値によっても変化する。さらに、「停止は誤認識率・未認識率ともに低いジェスチャを割り当てたい」「再生と停止は混合してほしい」「リバーブは複数回反応しても問題ないため未認識は許容できるが誤認識は低い方がよい」といったように機能ごとに要求も異なる。加えて「スクラッチは必ずこのジェスチャを使いたい」といったようにユーザがジェスチャを固定する場合もある。これらの制約を満たしながら、最適なジェスチャと BGM 制御機能のマッピングを見つけることは難しいため、誤り傾向を示すコンフュージョンマトリクスを用いたジェスチャ推薦機能を提案する。コンフュージョンマトリクスからしきい値ごとの各ジェスチャの認識率・未認識率・誤認識率・識別率を算出することで、制約を最も満たすジェスチャとしきい値の組合せを求める。具体的には、ジェスチャと機能のマッピング、しきい値のすべての組合せを考え機能ごとに必要な条件（例えば、再生のジェスチャは誤認識率が 10%以下）を満たすときにポイントを与え、ポイントが最も高い組合せを最適な組合せとする。条件としては認識率、未認識率、誤認識率、他のジェスチャとの識別率が設定できる。

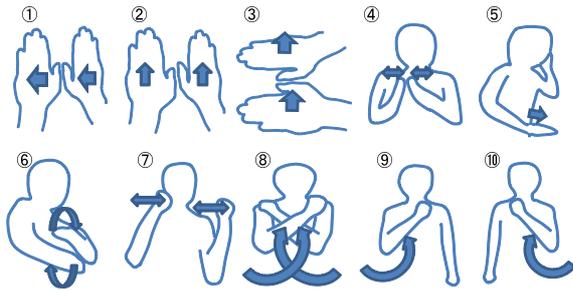
6 評価実験

6.1 しきい値の影響

図 4 に示す 10 種類のジェスチャについて、類似度のしきい値を変えて認識率を調査した。しきい値は値が小さいほど類似していなくても認識するようになり、完全にマッチすると 100 であ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 について調べた。各ジェスチャを 30 回ずつ行ったときの認識結果を表 3 に示す。なお、以降の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を示す。

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。ジェスチャ 1, 2, 3, 6, 8 など単純でわかりやすい動きは認識率が比較的に高かった。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のがわかる。



- 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 4. 評価に用いたジェスチャ

表 3. しきい値を変化させたときの認識回数

		ジェスチャ番号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
し	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
き	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
い	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
値	40	23	23	30	16	15	26	12	30	30	29
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		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	3	6

6.2 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。この結果を用いて実際にステージでシステムを利用する状況を想定し、以下のようなシナリオにおける認識率を調べた。

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

表 4. 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

11. 3 曲目を停止する

これらの操作を表 4 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ほしいもの、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 4 のようにジェスチャとしきい値を割り当てた。表 4 の割り当てを用いた場合と、しきい値をすべて 30 にした場合において実際にシナリオ通りに DJ パフォーマンスを行い、ジェスチャの認識率を比較した。結果を表 6 に示す。

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する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、高めのしきい値に設定することでこの問題を解決できた。

6.3 ジェスチャ絞込機能の有用性に関する評価

前節のシナリオにおけるしきい値をすべて 30 とし、状況判別によるジェスチャ絞込機能の有用性を検証した。実験で使用した状況とジェスチャのマッピングを表 5 に示す。実験では、状況判別の有効性を調査するため、ボリュームチェンジを座った状態、他の操作を立った状態で行い、操作をしないときは足踏みをした。

結果を表 7 に示す。表 6 のすべて同じしきい値の場合と比べるとジェスチャ 9, 10 の誤認識率はほぼ同じであるが、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。一方、表 6 の最適なしきい値の結果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改善されている。

以上の結果から、状況判別機能を適用することでしきい値を高く設定せず誤認識を防げ、結果として未認識率を減らすことができる。さらに、状況判別

表 5. 状況とジェスチャのマッピング

ジェスチャ	座っている	立っている	動いている
1			x
2			x
3			x
4	x		x
5	x		x
6			x
7	x		x
8			x
9			x
10			x

表 6. 適応的なしきい値を用いた場合の認識回数

	ジェスチャ番号									
	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	0	0
最適	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

機能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。

6.4 ジェスチャ推薦機能の有用性に関する評価

同様のシナリオにおいてジェスチャ推薦機能の有用性を検証した。ジェスチャ推薦システムでは候補となるジェスチャが多いほどいいので図4の他に5種類のジェスチャを用意した。また、「再生3曲目」「停止3曲目」「ボリューム調整OFF」「スクラッチ」「拍手」のジェスチャは表4の通り決まっている場合を考えその他の機能について残りの10個のジェスチャから5種類の機能への割当てをジェスチャ推薦機能を使って行い、認識率を調査した。

結果を表8に示す。表6の最適なしきい値の結果と比べると、拍手(表8のジェスチャ4)の誤認識率が少し上がった。一方、最適なしきい値設定の場合、他のジェスチャとの組合せは考慮していなかったが、ジェスチャ推薦システムでは他のジェスチャとの組合せが考慮されているため、しきい値を下げることでスクラッチ(表8のジェスチャ5)の認識率が向上した。「再生は誤認識率が低いジェスチャを割り当てたい」「停止は再生と誤認識しにくいようにしたい」などの要求を満たしており、全体的に見て最適なしきい値の結果と比べても認識率や誤認識率の点で見劣りしない結果が得られた。最適なしきい値を求める場合、手動での設定は手間がかかるが、ジェスチャ推薦機能を使えば登録した機能を何回か行うだけで適したしきい値を設定することができる。これらの結果より、ジェスチャ推薦システムの有効性を確認できた。

表 7. ジェスチャ絞込機能を使用した場合の認識回数

ジェスチャ番号										
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	

表 8. ジェスチャ推薦機能を使用したときの認識回数

ジェスチャ番号										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	26	28	20	140	28	30	30	90	90	
0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	
0	4	2	5	10	2	0	0	0	0	

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、見た目に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や、ユーザの状況を考慮したジェスチャの絞り込み、DJパフォーマンスの特性を考慮したジェスチャの推薦により、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] <http://www.hercules.com/>.
- [5] <http://www.pacemaker.net/>.
- [6] 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, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2007)*, Vol. 2007, pp. 1440-1447, 2007.