

Kinect とワイヤレスマウスを併用した ダンス学習支援システムの試作

山内 雅史¹ 篠本 亮¹ 西脇 絵里子¹ 小野澤 理沙¹ 北原 鉄朗^{1,a)}

概要: 本稿では、Kinect とワイヤレスマウスを併用したダンス学習支援システムを提案する。これまで Kinect を使った様々なダンス支援システムやダンスゲームが開発されてきたが、ダンスの重要な要素であるリズム感のよさを Kinect で推定するのは困難である。本研究では、ワイヤレスマウスによるタッピングを併用することで、リズム感と振りの習得度合いとを区別して判定できるシステムを提案する。実装・実験の結果、判定機能のないシステムに比べて、飽きずに効果的に練習を続けられることが明らかになった。

Development of Dance Training Support System Using Kinect and Wireless Mouse

MASASHI YAMANOUCHI¹ AKIRA SHINOMOTO¹ ERIKO NISHIWAKI¹ RISA ONOZAWA¹
TETSURO KITAHARA^{1,a)}

Abstract: This paper proposes a dance training support system using both Kinect and a wireless mouse. There have been developed various systems and games concerning dance using Kinect, but it is difficult to estimate rhythmic sense only using Kinect. We propose a system that is capable to judge the user's rhythmic sense and accuracy of choreography based on wireless mouse tapping in addition to motion capturing through Kinect. Experimental results showed that our system made dance training more enjoyable and effective.

1. はじめに

近年、小中学校の体育でダンスが必修化されたことに伴い、ダンス学習支援を目的とした研究 [1], [2], [3], [4], [5] が行われている。例えば [1] では、授業内で課題となるダンスの動画をパソコン上で見ることができるソフトウェアと、自分の動きを後から確認できる動画遅延再生装置を用いて、学習者の使用効果を検討している。また、教育とゲームを結ぶような活動事例として、KONAMI のダンス音楽ゲームである DanceDanceRevolution が、アメリカ・ウェストバージニア州で、子どもたちの肥満問題への対応策として活用されており、州内すべての公立中学校および高校の体育や健康関連の授業への導入も行われている [6]。このように、様々な場面でダンス未経験者がダンスを体験する機会が多くなっている。その一方で、学習者が正しく

踊れているかどうかを独力で判定し、改善していくのは難しく、体育の授業やダンス教室以外でダンスを練習するのは容易ではない。そのため、本格的にダンスを学ぶほどの動機がない人が手軽にダンスを学ぶのは難しく、カラオケのように誰もが手軽に楽しめる娯楽にはなっていないのが実状である。

DanceEvolution[7] をはじめとするダンスゲームは、ダンスの未経験者が手軽にダンスを楽しめる社会を作る上で、大変有望である。これらのゲームでは、あらかじめ楽曲と振りが用意され、コンピュータグラフィクスなどで見本の振りが表示されるのに合わせて、ユーザが同じ振りを踊る。ユーザの踊りが見本の振りと一致したときに得点が入る仕組みになっており、得点の高さを競い合うものである。しかし、ダンスの基礎をじっくり学ぶという観点からは、十分なものとは言い難い。まず、用意されている振りが、必ずしもダンスの基礎を学ぶのに適したものにはなっていない。特定の楽曲に特化して設計された振りをその通

¹ 日本大学 文理学部

^{a)} kitahara@chs.nihon-u.ac.jp

り真似するのが基本であるため、再利用可能な汎用性の高い振りを覚えるためのものにはなっていない。次に、ユーザのダンスのどこが悪いのかを分析する方法が不十分である。詳しくは後述するが、ダンスを正しく踊れていない場合、振りを覚えていない状態とリズムを取れていない状態の2つがあると考えられる。ユーザのダンスがそのどちらなのかを判定するのは現状では困難である。さらに、ユーザのダンスの悪い点を踏まえて適応的に練習内容を変化させる手段が不足している。ユーザがうまく踊れなかったとしても、既存のゲームでは同じものをもう一度行うことしかできない。テンポを下げたり振りを一部簡単にして練習を続ける手段は、通常用意されていない。

本研究では、指摘した3つの問題点のうち、2つめと3つめに着目してダンス学習支援システムを開発する。提案するシステムの骨子は、DanceEvolutionと同様、画面上の見本に合わせてユーザがダンスをし、システムがKinectを用いてその情報を読み取って見本との類似度を計算するものである。しかし、リズム感についてはKinectだけでは判定が困難なので、ワイヤレスマウスによるタッピングを併用する。タッピングをしながら踊り、タッピングが本来のビートからずれていたらリズム感に問題があると判定し、タッピングはずれていないが体の動きにずれがあったら振りを習得していないと判定する。その後、その判定に基づいて、テンポを落とした練習やより簡単な振りによる練習をシステム側からユーザに提案する。

以下、2章で実現上の課題について議論し、3章で提案するシステムの構成について述べる。4・5章でシステムの実装・試用・評価実験について述べ、6章でまとめをする。

2. 実現上の課題と方針

本研究では、ユーザのダンスをKinectで観測し、正確に踊れていなかったらテンポを下げたり、より簡単な振り付けの練習を提示することによって、ユーザが漸進的にダンスを習得することを支援するシステムを目指す。ここで問題となるのは、指定された振り付けを正確に踊れていないという状況には以下の2点が挙げられる。

- (1) そもそもリズム自体を正しく取れていない
- (2) リズムは正確に取れているが、体の動かし方を習得していない

文献[2]で述べられているように、ダンスなどの技能習得の過程においては、見本との身体動作との差異や、リズム感の計測というのはシステムを構成する上で非常に重要な要素となる。しかし、これらをKinectの観測データのみで区別するのは難しいということが考えられる。そこで本研究では、Kinectに加え、Bluetoothによるワイヤレスミニマウスを併用し、ユーザにはマウスを手を持ってもらい、ビートに合わせてマウスボタンをクリックしながら踊ってもらうという方策を取る。もしもダンスに気を取ら

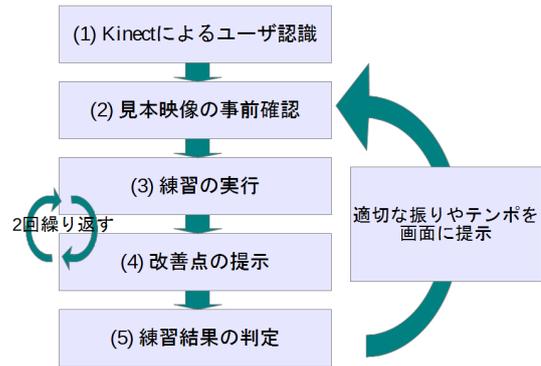


図1 処理の流れ図

れてビートに合わせてマウスクリックできていないのであれば、リズムを取ることで自分ができていないとみなし、ダンスの振り付けをより簡単なものにしてリズムを取る練習を行う。一方、マウスクリックが正確にできているのであれば、リズムは取れているが振り付けを習得できていないとみなし、テンポを落として振り付けの習得に重点を置いた練習を行う。

3. システム構成

本研究では、ユーザの動作と予め用意した振り付けの動作との比較判定を行うことにより、改善点の提示や、より簡単な振り付けでの練習への移行を行う。処理の流れを図1に記述する。

練習の手順としては、ユーザは「Kinectによるユーザ認識」と「見本映像の事前確認」を済ませた後、「練習の実行」と「改善点の提示」を2回繰り返す。その結果から「練習結果の判定」によりシステム側が適切なテンポや振り付けを用意し、「見本映像の事前確認」に戻って、変わったテンポや振り付けを確認し、再度練習を行う流れとなっている。以下の節でその詳細を述べる。

3.1 Kinectによるユーザ認識

ユーザがKinectの正面で両腕を上上げるポーズ(キャリブレーションポーズ)をとると、Kinectがユーザを認識し、骨格追従を開始する。人体を検出すると、各関節点(図2)の座標 (x, y) をリアルタイムに取得する。

3.2 練習の実行

「ユーザ認識」「見本映像の事前確認」が終了したら、音楽の再生が始まる。図3のように画面には右半分に見本の映像、左半分に自分の映像が表示されるので、ユーザは見本に合わせてダンスを行う。この際、手にワイヤレスマウスを持ち、4分音符の間隔でマウスクリックをしながらダンスを行うものとする。ユーザが踊ったダンスの振りの正確さはKinectで、リズムの正確さはマウスクリック時刻から判定する。それぞれの判定方法を3.2.1節、3.2.2節で

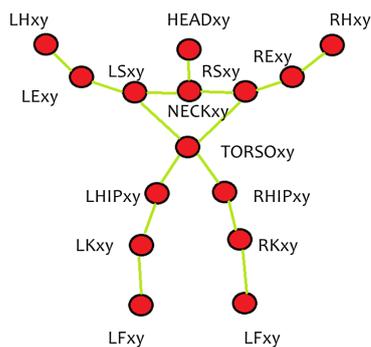


図 2 Kinect が認識する関節点

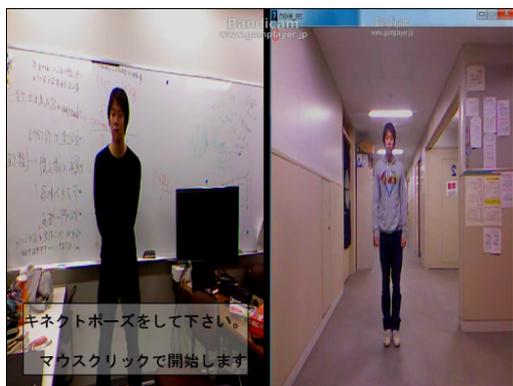


図 3 二分割された練習画面

述べる。

3.2.1 Kinect による振り習得判定

ユーザのダンスに対してリアルタイムで各関節の座標を求め、あらかじめ用意した見本の座標データとの比較を行う。現在の実装では、簡単のため振りには腕を動かすものに限定し、左右それぞれの肩の座標を基準とした手関節の座標で判定する。具体的には、肩の座標を基準に上下左右の4つの領域に分け、ユーザの手関節と見本の手関節が同じ領域にあれば「一致」と判断する。この判定処理は、音楽再生時より計測される4分音符間隔のビート時刻上で行う。ビート時刻はあらかじめ手で付与しておくものとする。ビートごとの判定結果のうち「一致」の割合が6割未満のときに、振りを習得していないと判定する。

3.2.2 ワイヤレスマウスによるリズム感の判定

図 4 に示すように、リズムの判定範囲は現在のビート時刻と次のビート時刻の差を4等分したものに、JUST, SLOW, FAST を設定する。また、図 5 のように、ユーザのクリック時刻が JUST の範囲内であれば正しいリズムを取れていると判定し、リズムが正しくない場合は、ユーザのクリック時刻の方が早ければ「FAST」、遅ければ「SLOW」と表示する。ビートごとの判定結果のうち、正しいリズムが7割未満のときにリズムが取れていないとみなす。

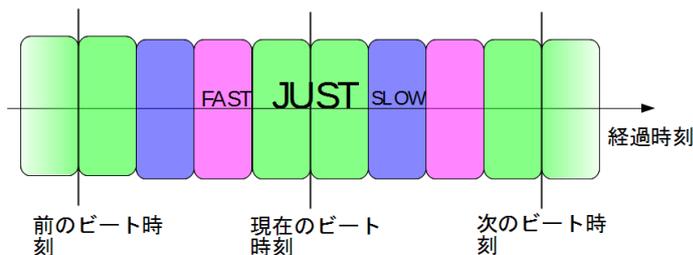


図 4 4等分して割り当てられたリズムの判定範囲

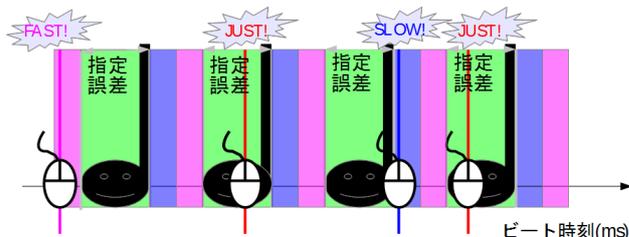


図 5 マウスクリックによるリズム判定

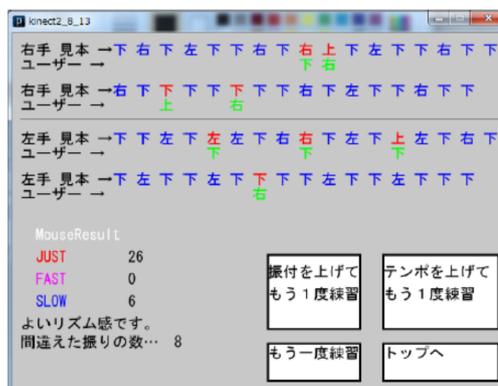


図 6 結果画面

3.3 改善点の提示

練習が終了したら、結果を図 6 のように表示する。ビートごとの左右の手関節位置が表示され、見本と一致しなかったものは別の色で表示される。また、リズムの正確さについても「リズムがもたつきがちです。」のように表示される。

3.4 練習結果の判定

2回の練習により得られた Kinect による一致度とワイヤレスマウスによるリズム感の判定結果から、体の動かし方が習得できていないならば「テンポを下げる」、リズム感が取れていないならば「振り付けのレベルを下げる」、どちらも出来ていない場合は「振り付けとテンポを下げる」を画面に表示し、ユーザはそれに従い再度練習を行う (表 1)。片方が出来ている場合はそれぞれ、「テンポを上げる」「振り付けのレベルを上げる」を表示し、どちらも出来ている場合は、「振り付けのレベルを上げる」と「テンポを上げる」の両方を表示することで、ユーザがどちらかを選択出来るようになっている。

表 1 判定結果に基づく次の練習方法の決定

	振り ○	振り ×
リズム感 ○	振りを 1 段階難しくするか、テンポを 1 段階速くする	テンポを 1 段階遅くする
リズム感 ×	振りを 1 段階簡単にする	振りを 1 段階簡単にし、テンポを 1 段階遅くする

4. 実装と実行例

4.1 実装

3章で述べたシステムは Microsoft 社の Windows 7 上で Processing を用いて実装した。Kinect の制御には、オープンソースのライブラリである OpenNI[8]、および、OpenNI の Processing 用ラッパライブラリである SimpleOpenNI[9] を使用した。

4.2 実行例

本システムが設計通りに動作することを確認する為に、以下の手順でシステムを試用した。

- (1) 正しいリズムで踊るが、振りはわざと見本と異なる踊りをする
- (2) 正しくない振りで踊るのに加えて、わざと本来のビート時刻からずれたタイミングでマウスクリックをする
- (3) 正しい振りで踊り、正しいリズムでマウスクリックをする

(1) の試行を行うと、リズムは 7 割以上の正確さでクリックしたので、良いリズム感と判定され、振りは練習実行の間、わざと両腕をしたに下げたままの状態にしたので、間違えた振りの数は 48 回と判定された。これらより、リズムは正確に取れていて振りの習得が出来ていないと判定されたので、テンポを下げてもう 1 度練習の画面が表示された (図 7)。この状態で (2) を試行した場合、振りの習得もできておらず、リズムも取れていないと判断され、振りのレベルがさらに 1 段階下げられ、テンポが 1 段階遅くして練習する画面が表示された (図 8)。さらにこの状態で (3) を試行すると、リズムも振りも正確であったと判定され、振りのレベルを 1 段階上げるかテンポを上げるかを選ぶ画面が表示された (図 9)。このように、Kinect とワイヤレスマウスの併用により、振り習得とリズムの正確さを判断し、それに合わせた練習法を提示することができた。

5. 評価実験

本章では、本システムによる練習法で、ダンス初心者がどれだけ振りの習得が出来たかを確認するために行った評価実験について述べる。

5.1 実験環境

実験は下記のような環境で行った。

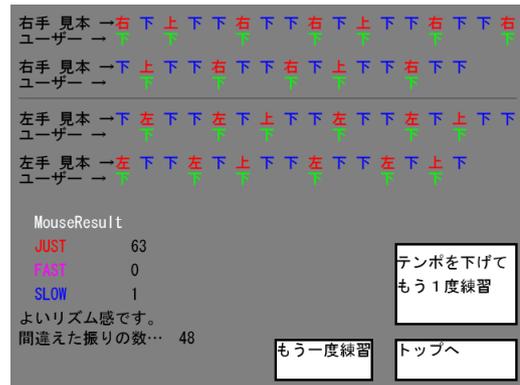


図 7 (1) の試行結果画面

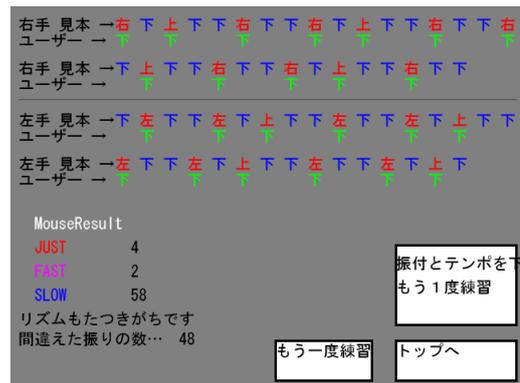


図 8 (2) の試行結果画面

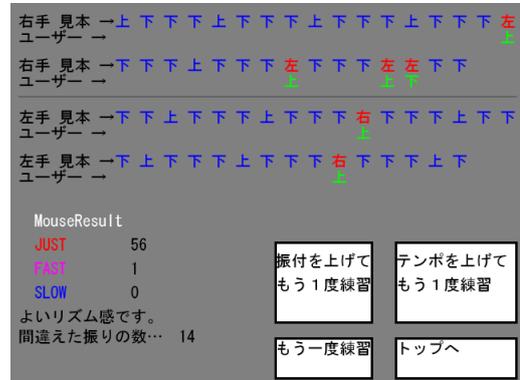


図 9 (3) の試行結果画面

- ユーザから Kinect までの距離: 250cm
- Kinect からスクリーン画面までの距離: 200cm
- Kinect の高さ: 110cm
- スクリーン画面のサイズ: 100×75cm

5.2 実験方法

本システムがユーザに対してダンス学習支援ができているか確認する為に複数の被験者を集め評価実験を行った。実験方法としては、システムの判定機能をつけての練習と、それらの機能を除いたものでの練習での比較実験をすることにより、有用性の確認を行った。以下にその実験手順を示す。

- (1) 実験の概要説明 (5分)
- (2) 練習用システムの実行 (15分)
- (3) 休憩 (5分)
- (4) 本システムの実行 (15分)
- (5) 休憩 (10分)
- (6) 本システムの判定表示をなくしたシステムの実行 (15分)

21-24歳の男性3人、女性1人のダンス初心者の被験者を2つのグループに分けて実験を行った。1つ目のグループでは上記の手順で実験を行い、もう一方のグループには(4)と(6)の順番を入れ替えた手順で実験を行った。これは練習の順序によって生じる印象の差を無くす為である。なお、本実験ではRWC研究用音楽データベース[10]より、ジャンル:ダンス(ソウル/R&B)より、「It's Time to Fly」を練習用の楽曲として使用した。

5.2.1 実験の概要説明

今回の実験ではダンス学習支援を目的としたプログラムを試用してもらうこと、また具体的な実験内容、システムの操作方法を説明した。

5.2.2 練習用システムの実行

被験者に、実際の実験に入る前に本システムに慣れてもらう為の仮実験用の練習のプログラムを実際に実行してもらった。そうすることにより(4)で測定するユーザのデータにシステムに慣れていないために生じると予想されるデータの揺らぎを減らす働きを持たせた。

5.2.3 休憩

(3)と(5)の「休憩」ではユーザが聞きたい音楽をスピーカーで流し、自由に聞いてもらった。これは、(2)、(4)、(6)のそれぞれのシステムで使用される音楽は同一である為、実験を進めていくにつれシステム実行中の音楽を覚えてしまい、良いデータがとれないという事態を避けるための措置である。

5.2.4 本システムの実行

ここでは本システムのプログラムを実行した。最初の1回目の練習結果のレベル3・等速の振りの間違えた回数と、マウスのリズム判定結果を記録した後に、15分間の練習を行ってもらい、その後再度レベル3・等速の振りの間違えた回数とマウスのリズム判定結果を記録した。

5.2.5 本システムの判定表示をなくしたシステムの実行

ここでは、主に結果画面の判定表示機能とユーザの踊りの結果における振りのレベルやテンポの速度の変更機能を除いたプログラムを実行した。またこのときに表示はされていないが、本システムの実行の時と同様に、レベル3・等速の振りの間違えた回数とマウスのリズム判定結果を記録した後に練習を開始し、15分後にまたもう一度レベル33・等速の振りの間違えた回数とマウスのリズム判定結果を記録した。

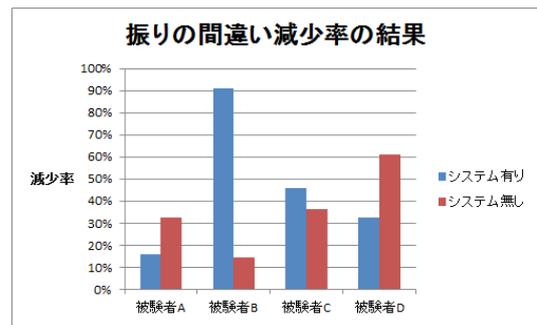


図 10 振りの間違い減少率の結果

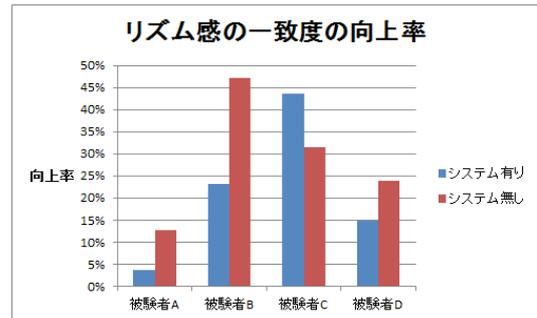


図 11 リズム感の一致度の向上率の結果

5.3 実験結果・考察

図 10 で示された振りの間違い減少率とは、練習の1番最初に測定した振りの間違いと、15分後の最後に測定した振りの間違いを比較して、どれだけ間違いが減少したかを表す割合のことである。被験者 B では 90.9% という振りの間違い減少率が得られた。また被験者 A, D で、振りの間違い減少率が比較用のプログラムの方が高く、被験者 B, C では間違い減少率は本システムの方が高いという結果が得られた。

図 12 で示されたリズム感の一致度の向上率とは、練習の1番最初に測定したマウスクリックによるリズム感判定と、15分後の最後に測定したリズム感判定を比較して、どれだけマウスクリックの精度が上がり、ビート時刻との一致度が向上したかを表す割合のことである。被験者 A, B, D で、システム無しによるマウスクリックを行ったほうが向上率が高いという結果が得られた。

図 10 の結果から、被験者によって間違い減少率が異なることが読み取れる。被験者によって異なる理由について、表 2 と表 5 から被験者 A, D は 15 分間の練習で目標となるレベル 3 の振りでテンポは等速の状態まで戻って来られず、間違い減少率が低く、一方表 3 と表 4 から被験者 B, C は目標となるレベル 3 の振りでテンポは等速の状態まで戻ってきているので、間違い減少率が高い。従って被験者 A, D は 15 分間という短い練習時間ではなく、目標となるレベル 3 の振りでテンポは等速の状態まで戻って来られるまで練習を続けることにより、間違い減少率を高くすることができると予想される。

表 2 被験者 A の 15 分間の練習結果の判定推移表

練習回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
振りレベル	3	2	2	2	2	1	2	2	3
テンポ	3	2	1	2	3	2	2	1	3
JUST	13	41	44	54	34	45	53	54	17
FAST	9	4	11	4	9	9	3	7	16
SLOW	17	53	8	8	34	8	4	5	13
振り間違い	70	32	22	22	45	25	32	28	59

表 3 被験者 B の 15 分間の練習結果の判定推移表

練習回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
振りレベル	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3
テンポ	3	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3
JUST	12	48	53	54	62	30	52	33	62	52	44
FAST	3	5	1	1	0	9	1	0	0	0	1
SLOW	12	2	6	6	1	21	7	21	6	12	20
振り間違い	44	11	47	28	21	25	17	11	14	11	4

表 4 被験者 C の 15 分間の練習結果の判定推移表

練習回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
振りレベル	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3
テンポ	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3
JUST	24	54	67	41	54	60	60	45	45	55
FAST	12	8	3	3	3	6	1	4	20	6
SLOW	19	3	8	20	8	8	6	39	6	6

表 5 被験者 D の 15 分間の練習結果の判定推移表

練習回数	1	2	3	4	5	6
振りレベル	3	2	1	2	1	3
テンポ	3	2	1	1	1	3
JUST	34	45	41	48	54	4
FAST	4	11	4	11	13	8
SLOW	19	8	9	6	9	7
振り間違い	40	44	2	29	4	27

5.4 アンケート方法

アンケートではそれぞれの質問は 7 段階で答えるようになっており、またそれらの質問の回答に対して、その回答に至った理由を答えるようになっている。アンケートで質問した内容を下記に記す。

- (1) スポーツ経験の有無、(有りの場合、スポーツ名とその経験年数)
- (2) スポーツは好きですか
- (3) 目標の振り付けを習得することが出来ましたか
- (4) 振り付けのレベルやテンポの変更の指示は適切だと思いましたか
- (5) 結果画面の内容は分かりやすかったですか
- (6) 上下左右、リズムの判定を練習に活かすことが出来ましたか

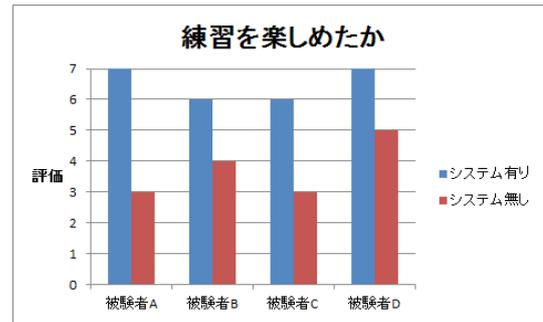


図 12 練習は楽しめたかという質問に対するアンケート結果

- (7) 独りで行う練習で、本システムは有用だと思えましたか
- (8) 練習を楽しめましたか
- (9) 意見・感想・アドバイスをお願いします

5.5 アンケート結果・考察

図 12 から分かるように、練習は楽しめたかという質問に対して、全ての被験者がシステム無しよりも、システム有りの方に高い評価をつけた。また、被験者 A, D は最も評価の高い 7 をつけているのも明らかになった。

先ほどの図 10 と図 12 を照らし合わせてみると、被験者 A, D は共に間違い減少率が低かったが、どちらも練習の楽しさについては最も高い 7 の評価をつけている。これは、初心者がダンスを継続的に練習することを仮定すると、同じ練習の繰り返しである判定機能を除いたシステム無しのものよりも、本システムを使って練習をした方が、ユーザは飽きることなく続けることができるという可能性を示している。この結果から、振りの習得度以外のユーザが練習をする上でのモチベーションの面からも、本システムの有用性が窺える。

6. おわりに

本稿では、ダンス初心者を対象にしたダンス学習支援システムの開発を目指し、課題となっていた、ダンスが正確に踊れていない状況における、「そもそもリズム自体を正しく取れていない」と「リズムは正確に取れているが、体の動かし方を習得していない」の 2 つの場合を、Kinect とワイヤレスマウスを用いることで区別して判定し、結果からユーザに合わせた練習法を提示するシステムを実現した。提案手法で評価実験を行った結果、15 分間の練習で、最初の振りとテンポに戻って来られた被験者は、振りの間違い減少率が比較実験用の練習システムと比べて、高かったことを確認することができた。しかし、15 分間の練習で最初の振りとテンポに戻って来られなかった被験者については、間違い減少率は低かったことも明らかになった。この結果から、もし実験時間が長時間設けられている条件ならば、間違い減少率が低かった被験者も、減少率が高くな

る可能性があるという考察をした。更にアンケート結果では、ユーザのレベルに適したテンポや振りを提示する機能により、比較実験用の練習システムと比べて、ユーザが飽きることなく楽しく基礎的な振りを学習することが出来るという評価を得ることが出来たので、実験時間の見直しをすることで、本システムの有用性を高められるのではないかという改善策を見出すことが出来た。

今後の課題として、今回の評価実験で、本システムと比較用の本研究の提案手法の機能を抜いたシステムでは、練習時間内で大きな間違い減少率の差は見られなかったので、振りやリズム感の判定方法に改良の余地があるということが考えられる。また、長期的な実験計画として、15分間の練習時間での振り間違い減少率が低かった被験者が、練習を始めてから最終的に目標となるレベル3の等速のテンポに戻ってくる事が出来る状態になるまで実験を続けさせるような方法にすることで、減少率の向上が期待される。その他、今回のシステムで実装した判定部位は両手に限定されていたので、下半身を含む他の部位も判定に考慮できるようにするということや、更に発展としては、個別の振りの練習だけでなく、複数の振りを合わせた一連のフレーズでの練習をできるようにすることが挙げられる。

参考文献

- [1] 安藤幸, 賀川昌明, 藤田雅文, 木原資裕:小学校体育授業における表現運動「学習支援デジタル教材」の開発と評価, 鳴門教育大学研究紀要 24, 191-203, 2009
- [2] 石川航平, 山本知幸, 藤波努:モーション・キャプチャ装置を用いたサンバ・リズム習得過程の分析, 人工知能学会第20回全国大会予稿集 2006
- [3] 宮川則子, 渡邊伸:ダンスの初心者指導について(教科教育), 信州大学教育学部紀要 116:103-110(2005)
- [4] 曾我 麻佐子, 海野 敏:ダンス教育支援を目的とした自動振付システムの試作:バレエとコンテンポラリーダンスの複合振付の生成(ヒューマンコミュニケーショングループ(HCG)シンポジウム), 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎 106(611), 25-28, 2007-03-16
- [5] 松本 奈緒:デジタルコンテンツを活用した秋田の盆踊りの学習 -モーション キャプチャー技術を応用したDVDを用いて-, 秋田大学教育文化学部研究紀要:教育科学 第65集, 2010-3
- [6] KONAMI のゲームがアメリカで体育や健康関連授業のプログラムに コナミ株式会社 (<http://www.konami.co.jp/ja/socialsupport/community/product.html>)
- [7] Dance Evolution コナミデジタルエンタテインメント (<http://www.konami.jp/gs/game/danceevolution/>)
- [8] OpenNI The standard framework for 3D sensing (www.openni.org/)
- [9] Simple OpenNI (<http://code.google.com/p/simple-openni/>)
- [10] 後藤 他: RWC 研究用音楽データベース: 研究目的で利用可能な著作権処理済み楽曲・楽器音データベース, 情報学論, Vol.45, No.3, pp.728-738 (2004).