

DJ 初学者の基礎技術習得支援を目的とした 熟練者と初学者の注視点分析

南 和宏^{*1} 北村 尊義^{*1} 泉 朋子^{*2} 仲谷 善雄^{*1}

Gazing point analysis of DJ experts and beginners for a purpose of supporting basic skills acquisition for beginners.

Kazuhiro Minami^{*1}, Takayoshi Kitamura^{*1}, Tomoko Izumi^{*2} and Yoshio Nakatani^{*1}

Abstract - In recent years, the number of people interested in club music has increased, and the demand for equipment and school for DJ is increasing. However, in the domestic still minor DJ industry, there are few teachers about playing skills so beginners can't improve their skills. In this research, we built the following hypothesis that beginner's self-study can proceed effectively if they can understand the intention of action from the viewpoint of experts who is playing, and DJ's learning support system will be examined. To that end, using a head mounted display with a high immersion sense, we created a system that can record observer's viewpoint in a situation close to the actual DJ playing, and then we find differences between experts and beginners in gazing points.

Keywords : Learning Support, Eye Tracking, HMD, DJ, Music

1 はじめに

スポーツや音楽の場において、未経験者は熟練者の動作を模倣し反復することで技術を習得することが一般的である。しかし、国内であまり浸透していない競技や伝統工芸等では、関係者の人口自体が少ないため、指導の場の少なさや指導方法の未発達などが課題となっている。DJ プレイにおける技術習得も同様の課題を抱えている。

DJ とはディスクジョッキーの略であり、CD やレコードの音源から楽曲を選曲し、聴取者に対して滑らかに刺激的な楽曲移行を提示するプレイ（以下、DJ プレイ）をする者である。昨今の日本国内でのクラブミュージックの流行に伴い、主に若年層の間で「楽器」の 1 つとして DJ に関心を持つ人々が増加している。都市部では DJ 用機材や DJ スクール等の需要も高まっており、日本国内でも年々 DJ が身近なものになってきている。しかし、未だにスクール等は都市部に限られており、かつその数自体が少ないため、多くの初学者は DJ の基礎技術を独学で習得するのが主流である。しかし、特有の用語や独特な感覚の理解が困難なうえに、身近にそのような知識を伝えてくれる者も少ないことから、初学者が上達しづらい環境が問題となっており、DJ 用機材を販売する企業では、趣味の 1 つとして DJ を始めた多くの初学者が、基礎技術の習得ができずにすぐに辞めてしまうため、国内での市場

規模の拡大が困難である現状が問題視されている。

そこで本研究では、DJ 初学者が熟練者の視点から行動の意図を理解することができれば、感性が重要視される分野でも効果的に学習を進められるのではないかという仮説を立て、その検証のために、DJ プレイ動画を見る際の熟練者と初学者それぞれの注視点にどのような差があるのかを比較し、作成したシステムを用いて被験者の注視点の熟練者の注視点の影響を受けるかを分析し、評価を実施する。

2 関連研究

楽器演奏技術は言語化が困難なため熟練者が初学者へ指導する際の効率が悪いとされている。そのため、音楽教育の分野では、それぞれの楽器に特化した習得支援方法が数多く提案されている。ピアノ演奏支援では、視線計測機器を用いて楽譜の読譜支援を行い、指導効率の向上を図る研究が行われている[1]。ドラム演奏支援では、拡張現実感を利用した演奏者視点のアニメーションを作成し、さらに楽器の色を変化させることで演奏者の視線情報を可視化することで、要注意対象に誘導する研究がある[2]。しかし、これらのシステムはそれぞれの楽器の演奏方法に関する「あるべき理想形式」に近づくことを意識したものである。一方、DJ プレイのように、個人の感性が重要視されて定型的な形式が無い分野において初学者の支援を行うには、視覚や触覚等の感覚から、熟練者などの様々なバリエーションを経験する中から初学者独自の方法論の発見を促す支援方法が求められる。

日本国内での DJ の流行に伴い、数年前から ICT を利

*1: 立命館大学 情報理工学部

*2: 大阪工業大学 情報科学部

*1: College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

*2: College of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

用した DJ 技術習得支援の試みが行われている。石先ら[3]は、本来専門知識や機材等を必要とする DJ ミックスを全自動化することで、未経験者でも個人の蓄積した楽曲を利用して自然な楽曲再生を楽しむことを可能にした全自動 DJ ミックスシステムを提案している。このシステムにより、実際に DJ プレイをしないユーザでも DJ ミックスを作成できることが示されている。また、DJ として活動している人々を対象にした試みとして、富林らは、装着型センサを用いてウェアラブル DJ システムの開発を行っている[4]。本来 DJ の行動範囲は機器が設置されているブース内に限られ、パフォーマンスが制限されている。このシステムは、装着型センサとジェスチャ認識技術を用い、任意のジェスチャを DJ 機器が持つ機能に割り当ててことで、DJ が機材のあるブースから離れた場所においてもパフォーマンスを容易に行うことを可能にしている。

以上のように、関連研究では、聴取者と DJ 熟練者の支援は行われている。しかし、DJ をはじめて経験の浅い初学者の学習支援に着目した試みは見当たらない。以下では、DJ の視野を再現した仮想空間を構築して、DJ プレイの映像を見た熟練者の視線に関する情報を、同じ映像を見ている初学者に提示することで、要注意対象に関する気づきを初学者に与えるシステムを提案する。

3 システムの概要

本研究では、被験者の注視点情報を記録するため、没入感の高いヘッドマウントディスプレイ（以下、HMD）を用いた計測システムを作成した。阪田[5]によると、スポーツ等の運動中の視線計測では、運動を伴うためにアイカメラを完全に固定することが困難であったり、有線の場合には移動範囲が限られたり、また日光の影響によって見にくくなるなど、多くの問題も抱えている。DJ においても、DJ プレイ中は身体全体でリズムをとることが多く、視線計測を行う際に運動時と同じ問題が生じる。本研究では、VR 空間上で実際の DJ プレイに近い環境を構築することで、特殊な視線計測機器を用いずに被験者計測を行えるようにした。

図 1 に示すようにシステムでは、DJ 熟練者がプレイしている様子を真上から撮影した動画と、DJ がプレイ中に用いる DJ 用のソフトウェアの操作状況を録画した映像の 2 つを主な支援情報としている。この 2 つを視野の上下に配置し、HMD を通して見ることで、実際の DJ プレイ現場に近い環境を構築した。

本システムでは HMD の動きと連動したマウスカーソルの位置（視野の中心）を計測している。システム画面の左上を(x, y)=(0, 0)の位置とし、計測した座標と、その時点での動画の再生時刻が、1 秒間ごとにデータベースに格納される。また、被験者の自然な視線の動きを計測するため、視認性を阻害する可能性のあるマウスカーソルの表示を行っていない。システム内の 2 つの動画には合計 13 個の領域を設定しており、マウスカーソルが侵

入した領域の色が微量に白く変化することで、被験者が現在見ている位置を確認できる仕様となっている。なお、各領域には図 2 のようにそれぞれの機材やそれらの持つ役割に対応した領域名を振り分けており、座標、計測時の動画の再生時刻と同じように 1 秒間ごとにデータベースに記録している。例えば、図 1 では動画再生中に 9 番の領域が注視されていることがわかる。実際の再生動画内には枠や番号は表示されていない。



図 1 HMD に表示される画面
Fig.1 Screen displayed on HMD.

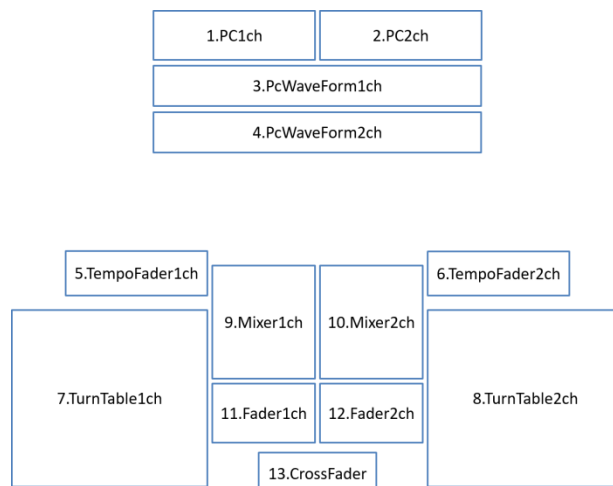


図 2 各エリアの名称
Fig.2 Names of each areas.

4 評価実験

前章で提案した注視点記録システムを用いることで、DJ 熟練者と初学者とで視線にどのような違いが生じるのかを評価するための実験を、DJ としての活動経験のある熟練者 5 名と、DJ プレイに関心のある初学者 5 名の計 10 名を対象として行った。DJ 熟練者と初学者に実験内容の説明を行った後に、図 3 に示すように HMD を装着してもらい、立った状態でシステムを利用してもらった。こ

の状況でDJプレイを行ってもらい、どのタイミングでどの箇所を注視していたのかの記録をとり、同時にシステム利用中の画面を録画した。また今回実験に用いた動画内では、ミックス動作（ある曲の途中から別の曲の特定の場所に接続する動作）を計3回行ってもらい、動作時の注視点の傾向を被験者ごとに分析する。



図3 実験中の様子

Fig.3 The view during experiment

一般的なDJプレイでは、ミックス動作と呼ばれる、選曲した曲どうしを途中で接続する動作を繰り返し行っている。最も基本的なミックス動作は、図4のように、まず次に流す曲の選曲を行い、その曲を流し始める位置を決定する。その後ヘッドホンを用いて現在流れている曲との速さを合わせ、2曲の音量等を調節しながら、先行する曲をフェードアウトさせながら次の曲に移行、場合によっては特定ポイントで切り替える。このミックス動作には様々な方式が存在し、各DJの個性やプレイする曲のジャンルによって異なる。今回の実験では、正確な比較を行うため、どの熟練者でも同様の手順で行う基本的なミックス動作を採用した。

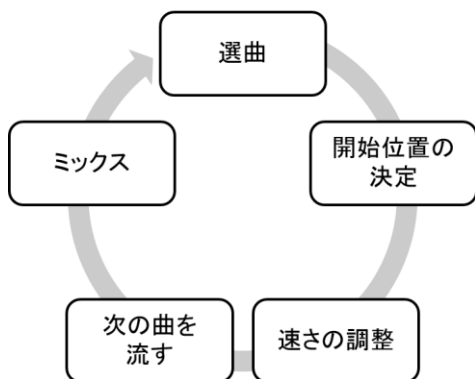


図4 基本的なミックス動作の手順
Fig.4 A basic mixing on DJ playing

実験の結果を2つの評価方法を用いて比較、分析を行う。

(1) 注視点の分析

- 各被験者が頻繁に注視したエリアを抽出 (N-gram 解析を使用)
- 注目度の高いエリアを求める
- 各エリアがどのタイミングで注視されているかを確認

(2) 実際のプレイでの注視点との比較

- 作成した基準データと被験者の注視点データとの合致数を求める
- 熟練者と初学者間に有意差が確認できるか検証：カイ二乗（独立性）検定

本実験に用いた動画では、どの熟練者でも同様の手順で行う基本的なミックス動作を採用しているため、比較の基準となる実際のプレイ中の視線データには、熟練者数名と共同で作成した映像を使用している。

これら2つの評価方法を、計3回のミックス動作ごとに行う。

5.1 N-gram 解析を用いた注視点抽出

本実験では、高木[6]による視線移動に関する試みを参考に、N-gram 解析を用いた注視点抽出方法を使用した。本来 N-gram 解析は、文字列内における単語の出現頻度を求める際に用いられる解析方法である。その解析の流れを図5に示す。

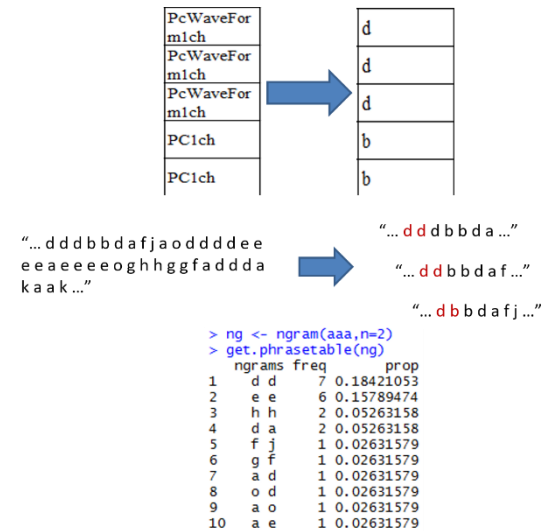


図5 N-gram 解析を用いた注視点抽出の流れ

Fig.5 Flow chart of gazing point extraction by using N-gram analysis

本システム内で設けた13個のエリアそれぞれを一文字のアルファベットに置き換える。データベースには被験者の1秒毎に計測された注視エリアがリスト化されており、それらを並べることで一つの文字列が生成される。今回は被験者が2秒以上注視した点を注視点として定義した。そこで、生成された文字列にn=2でN-gram解析

を行うことによって、注視点の出現頻度を上位のものから順に求めることができる。得られた結果から、各被験者の上位 2 位までの注視点を採用し、評価を行った。また解析には統計分析フリーソフト「R」を用いた。

5.2 注視点の分析結果

N-gram 解析を用いて、システム内で計 3 回行われるミックス動作毎に、注目度の高いエリアを求めた。そこから熟練者と初学者間での違いを確認した。

ミックス動作 1 回目において被験者の注目度の高かった 2 つのエリアについて分析する。結果を表 1 に示す。エリア e は次に流す曲の波形を示している。ミックス動作では、その時点で流れている曲と、次に流す曲のテンポを合わせる必要があるため、手順を熟知している熟練者 E1, E2, E4, E5 の 4 名は、選曲後や開始位置の決定時にこのエリアを注視している。またエリア f は 2 曲を混ぜ合わせる時に使用する部分であり、エリア f に数個あるツマミを操作することによって、楽曲の高音、中音、低音の音量を変更することができる。熟練者 E2, E4, E5 の 3 名と初学者 B3 の 1 名が、動画内でこれらのツマミを操作している場面でこのエリアを注視している。熟練者 E3 は終始エリア外に視点があり、初学者 3 名はミックス動作中エリア間の移動が多く、頻繁に注視された点が無かった。

表 1 ミックス動作 1 回目の結果

Table1 Result of first mixing movement.

熟練者	E1	E2	E3	E4	E5
エリア	e	f,d	無	e,f	e,f

初学者	B1	B2	B3	B4	B5
エリア	e	無	f	無	無

ミックス動作 2 回目において注目度の高かったエリアについて分析する。2 回目のミックス動作では、1 回目と逆のターンテーブルからミックス動作を行うため、ソフトウェアの部分についても各エリアの役割が変わる。そのため、1 回目ではエリア e が次に流す曲の波形を示していたのに対し、2 回目ではエリア d が次に流す曲の波形を示している。そのため今回はこのエリアに注目が集まった。熟練者 E1, E2, E4, E5 の 4 名は 2 曲のテンポの合致を確認するため、選曲された次の曲を流す前にこのエリアを注視していた。初学者 B1, B5 の 2 名は、2 回目のミックス動作中にエリア d と他のエリアを行き来する傾向が見られた。また、1 回目と同様に、熟練者 E3 は終始エリア外を注視し、初学者 B2, B4 の 2 名はエリア間の移動が多く、注視点が少ないといった結果が得られた。

3 回目のミックス動作では、1 回目、2 回目と同様の手順で基本的なミックス動作を行っているものの、速さの違う曲同士の楽曲移行を行っているため、両極の速さを合わせる工程が追加される。各ターンテーブルの上部に

表 2 ミックス動作 2 回目の結果

Table.2 Result of second mixing movement.

熟練者	E1	E2	E3	E4	E5
エリア	d,e	d,e	無	d	d,g

初学者	B1	B2	B3	B4	B5
エリア	d	無	f	無	d,e

表 3 ミックス動作 3 回目の結果

Table.3 Result of third mixing movement.

熟練者	E1	E2	E3	E4	E5
エリア	b,e	e,d	e	b	b,e

初学者	B1	B2	B3	B4	B5
エリア	b,e	無	無	b,f	e,d

設けられているメモリを操作することで、楽曲の速さを変更でき、ソフトウェア表示エリア b ではメモリに応じた楽曲の速さが常時表示されている。そのため、熟練者 E1, E4, E5, 初学者 B1, B5 の計 5 名が、曲の速さ等の情報が記載されているエリア b を注視した。また 3 回目のミックス動作でも多くの被験者が、次に流す曲を示すエリアを注視していた。図 6 に、3 回のミックスで最も注視されたエリアを示す。

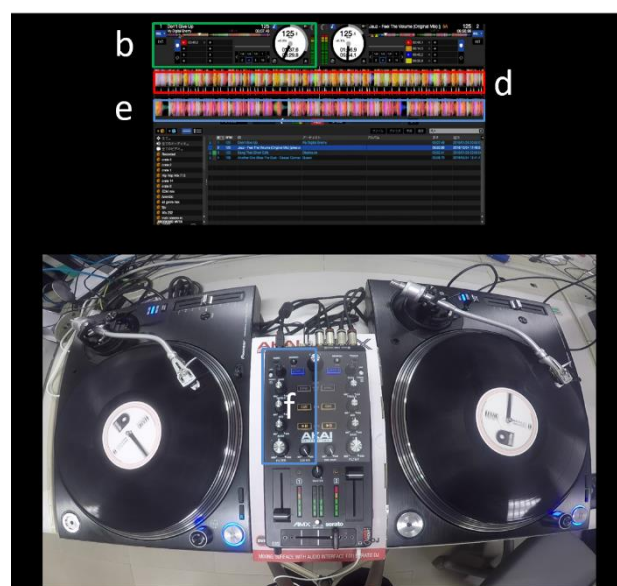


図 6 ミックス動作 3 回中に最も注視されたエリア

Fig.6 Areas gazed most attention during 3 mix movements.

5.3 実際のプレイ中の注視点との比較

熟練者が実際に基本的なミックス動作を行う際の各工程における注視点との比較を行った。熟練者 5 名と共同で作成した基準データでは、基本のミックス手順ごとに、その手順内で注視するエリアを設定している。そこで図 7 のように、被験者の視線データがそのエリアと合致し

ている数を求める。また、求めた合致数について、熟練者と初学者間に有意差が確認できるかを、独立性の検定（カイ二乗検定）を用いて検証した。

基準データ	被験者の視線データ		
開始位置の決定 l,e	766 759 763 799 781 792	313 495 319 606 49 67	a l l a b b
BPMの調整 b,c	857 867 890 891 885 890	35 52 40 46 39 56	b b b b b b

図 7 実際のプレイ中の注視点との比較手順
Fig.7 Procedure for comparing with gazing points during actual DJ play.

表 4 は、ミックス別に、基準データとの合致数と合致しなかった数について、熟練者 5 名の合計値と初学者 5 名の合計値をリスト化したものである。表 4 より、経験の豊富な熟練者でも、基準との合致数と合致しなかった数との差が小さいことが分かった。

表 4 カイ二乗検定の結果
Table.4 Result of Chi-squared test.

ミックス動作 1 回目

	基準との合致数	合致しなかった数
熟練者	95	95
初学者	64	126

p 値 = 0.03431 (P<0.5)
有意差あり

ミックス動作 2 回目

	基準との合致数	合致しなかった数
熟練者	103	92
初学者	78	117

p 値 = 0.1684 (P>0.5)
有意差無し

ミックス動作 3 回目

	基準との合致数	合致しなかった数
熟練者	133	92
初学者	80	145

p 値 = 4.938e-05 (P<0.5)
有意差あり

このことから、熟練者でも実際にプレイする時と、システム利用時では、違った視線の動きが見られることが分かった。しかし、経験の浅い初学者は基準との合致数

に比べて合致しなかった数が多く、熟練者と初学者を比較すると、DJ プレイの経験がシステム利用時の視線傾向に少なからず影響を及ぼしていることが考えられる。これらの結果について、熟練者と初学者の間に有意差が確認できるかを独立性の検定（カイ二乗検定）を用いて検証したところ、5%水準で、ミックス 1 回目と 3 回目に有意差を確認できた。

5.4 実験後アンケート

被験者に対して実験後に行ったアンケートについて述べる。アンケートでは以下の点を質問した。

- (1) 被験者自身が実験中特に意識して見ていたエリア（選択式、複数回答可）
- (2) DJ をどのようにして学んだか
- (3) 学び始めた時苦労したこと

熟練者には以下の点も質問した。

- (4) 初学者への指導経験の有無
- (5) 指導する際に難しいと感じた点

1 つ目の問いに関して、システム利用中に記録された注視点情報に基づいて各被験者が多く注視していたエリアを求めたものと、問 1 の回答（図 8）を比較したところ、熟練者 5 名については、全回答 22 個のうち、16 個の回答が一致した。それに対し、初学者 5 名は全回答 20 個のうち 7 個の回答が一致した。このことから、熟練者は初学者に比べ、本システムを利用する際に、意図的な視線の動きを行っている可能性が示された。また、問 1 の回答で最も多かったものが、曲の波形情報を表示する部分であり、N-gram 解析を利用した一つ目の評価の結果と一致した。図 8 の 3, 5 がそれらの部分にあたる。

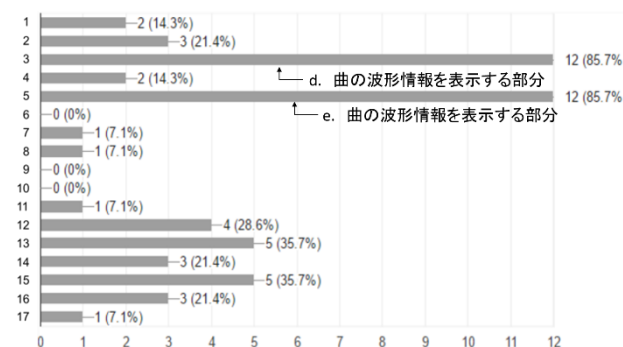


図 8 質問 1 の回答結果
Fig.8 Answers of question 1.

2 つ目の問いに対して、熟練者からは、独学、イベント等で熟練者の DJ プレイを見て学ぶ、経験者に教わる等の回答が得られた。初学者からは、現在も 2 名が独学で学習しており、3 名は経験者に教わったという回答が得られた。これらの問いと各被験者の属性を照合してみた

ところ、多くの被験者は、クラブイベントやダンスイベント等に頻繁に参加していた経験があり、熟練者のDJプレイを見ることも多く、熟練者からの指導等を受けやすい環境下にあることが分かった。しかし、独学で学習している2名の初学者については、上達意欲はあるものの、容易に指導を受けられる環境下にないため、基礎的な技術が身につけていないことが分かり、支援の必要性を示すものと言える。

問3に関しては、10名中7名がミックス動作中に関して答えており、楽曲の小節や拍の感覚が分からないため、次に流す曲を流し始めるタイミングについて難しさを感じていることがわかった。また、問5では多くの指導者が指導する際に音楽の構成要素である小節や拍を初学者に教示する段階に難しさを感じており、初学者が独学でDJプレイを学習する際に難しいと感じる点と、熟練者が初学者にDJプレイを指導する際に難しいと感じる点が一致していることが分かった。

これらのアンケートの結果から、意図をもって波形情報を注視することの重要性が示されるとともに、それが本システムで支援可能であることが示された。また楽曲の小節や拍の感覚を初学者に教示することができれば独学でも効率のよい学習を行うことができるのではないかという仮説が得られた。

6 考察

N-gram 解析を利用した注視点分析によって、本実験で作成した注視点記録システムにおいて、熟練者の多くが同じタイミングで共通して注視するエリアが存在することが分かった。また、初学者の多くは、ミックス動作中の視点の移動が多く、一つのエリアに2秒以上留まる時間が少ないことが分かった。

続いて、実際のプレイ中の注視点の動きとの比較を行った結果、熟練者でも実際にプレイする時と、システム利用時では違った視線の動きを行うことが分かった。しかし、一つ目の評価で、ミックス動作中において熟練者が同じタイミングで共通して注視するエリアがあり、それらが基準データと合致していることから、ミックス動作において重要とされる場面ではプレイ中の視線の動きと似た傾向が見られたと言える。また、熟練者と初学者の間で行った独立性の検定について、2回目には有意差が確認できなかった理由として、熟練者1名への実験前の教示不足が挙げられる。1名はHMD内で、眼球だけを動かすことによってシステム全体を注視していたため、終始エリア外に視点が留まる事が多く、十分な計測を行うことができなかった。また、教示が不足していた1名を除いて再度検定を行った結果、3回共に大きく有意差が確認できた(表5)。

7 まとめ

本研究では、DJプレイ動画を見る際の被験者それぞれの注視点比較を目的とし、没入感の高いHMDを用いた

表5 カイ二乗検定の結果

Table.5 Result of Chi-squared test without a subject with lack of teaching.

ミックス動作 1回目

	基準との合致数	合致しなかった数
熟練者	88	64
初学者	64	126

p 値 = 0.000489 (P<.05)

有意差あり

ミックス動作 2回目

	基準との合致数	合致しなかった数
熟練者	97	59
初学者	78	117

p 値 = 0.001887 (P>.05)

有意差あり

ミックス動作 3回目

	基準との合致数	合致しなかった数
熟練者	114	66
初学者	80	145

p 値 = 3.181e-06 (P<.05)

有意差あり

注視点計測システムを開発し、10名を対象に実験を行い、そこから得た結果に対し2つの評価方法を用いて比較分析を行った。その結果、いくつかの興味深い発見があり、今後の支援方法の検討に有用であると考えられる。今後は今回の知見に基づいて、DJ初学者の基礎技術習得支援を目的とした支援システムの検討開発を行う。

参考文献

- [1] 藤間渉, 中平勝子: 読譜視線分析によるピアノ技能獲得過程の記述, 第11回情報科学技術フォーラム(2012)
- [2] 早川和輝, 長谷川大, 佐久田博司: ドラム演奏支援における演奏者視点 AR アニメーションと視線情報の可視化の効果, 情報処理学会第76回全国大会(2014)
- [3] 石先広海, 帆足啓一郎, 滝嶋康弘: 聴取者違和感指標に基づく全自動DJミックスシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.2, pp.890-900 (2011).
- [4] 富林豊, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: 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, 情報処理学会研究報告音楽情報科学 (MUS), pp.39-44 (2008).
- [5] 阪田眞己子: 眼は口ほどにモノを言う: 眼球運動計測の研究事例, 表現文化研究, 6(1), pp.103-116 (2006)
- [6] 高木啓伸: 視線の移動パターンに基づくユーザの迷いの検出 - 効果的な作業支援を目指して, 情報処理学会論文誌, vol. 41, No. 5, pp.1317-1327 (2000).