

リズムの理解を助ける効果的な可視化手法とその評価

柿内梨那^{†1*} 大島千佳^{†1} 福田修^{†1} 奥村浩^{†1}

概要: 本研究は、ベースの楽曲のように、義務教育の音楽の時間に学ぶ能力だけでは、演奏が難しいリズムパターンを、楽譜とは異なるデザインの動画により可視化することで、自学でも習得しやすくすることを目指している。本稿では、動画による4種類のリズム可視化手法を提案し、2種類のリズムパターンで実装した。どの手法も各音符の演奏すべきタイミングに合わせて何らかの合図が示される。被験者に音なし/ありで、これらの可視化手法による動画を手本として見ながら、リズムを打ってもらった実験を行った。その結果、次の打叩タイミングがわかりにくい可視化手法は、他の手法と比較して有意に手本のリズムとのずれが大きかった。

キーワード: 演奏学習支援, ベース, AviUlt,

An Experiment to Examine Effective Visualization Type Which Helps Understand a Rhythm

RINA KAKIUCHI^{†1*} CHIKA OSHIMA^{†1}
OSAMU FUKUDA^{†1} HIROSHI OKUMURA^{†1}

1. はじめに

本稿は、ユーザが不慣れなリズムパターンでも演奏できるように支援するシステムの構築に向けて、理解を促すリズムの可視化に関する議論を行う。

これまで、楽器の演奏経験が乏しい人でもすぐに演奏できる支援システム/アプリケーションの開発が行われてきた。竹川らは、ピアノ演奏の初心者学習支援として、プロジェクトを使って次に弾くべき鍵に映像を映した[1]。「テオミルン」は Augmented Reality (AR: 拡張現実感) の技術を利用し、手本となる演奏の手の画像を鍵盤上に映した[a]。大島らは、ハーフミラーを利用して鍵盤上に手本の演奏映像を映す方法を提案した[2]。カシオのキーボードに付属した光ナビゲーションシステム (例えば LK-511 [b]) は、次に弾くべき鍵が光るため、練習者は光った鍵を見ながら打鍵すれば正しい音高で演奏できる。土井らは箏の上にプロジェクトを設置し、弦名、音長、奏法、タイミングを示す映像を映した[3]。元川らは AR の技術を利用し、ディスプレイに自分の姿とギターを映し出し、ギターの上に演奏を支援する情報を重ねて表示した[4]。三浦らはギターの初心者のために、五線譜から TAB 譜を自動生成するシステムを提案した[5]。藤井らは物理シミュレータ上で手のモデルを構築し、運指の負荷や移動距離、接触を計測することで、各個人の指の長さに応じた適切なギターの運指を示すシステムを開発した[6]。これらの研究は、主に正しい音

高での演奏を支援するシステムといえる。

第一筆者は、楽譜上の音符を読む能力を有しており、個人でベースの練習を行ってきた。ベースは単旋律の楽譜のため、ドレミといった音高を読むことは、筆者にとっては難しいことではない。一方でリズムは、義務教育の音楽の授業や、クラシック・ピアノの教育などで学ぶリズムとは様相が異なり、容易には演奏できない。さらに、ベースはドラムと共に、音楽全体のリズムを司るといっても過言ではないほどリズム感覚が重要視される。文献[1]~[6]と[a][b]のシステムでは、このような問題に対処できないと考える。

岩見らは、ドラムのリズム練習を支援するために、ユーザのリズム演奏を視覚化して評価を示すシステムを構築した[7]。ユーザの欠落音や打叩時刻のずれを評価対象にしている。三浦らは、「T-RHYTHM」という伴奏情報からテンポを抽出し、合唱の各パートに旋律のリズムを振動で伝えるシステムを開発した。実験により、メトロノームで拍を提示したり、旋律リズムを聴覚に提示したりするよりも、触覚フィードバックによる提示の方が、リズムの理解を促すことを示した[8]。サイミス (Cymis) はプログラム化した楽譜を内蔵するアクセシブル電子楽器であり[c]、モニターに大きく表示された音符に、一定の速さで移動する“棒”が重なるタイミングで音符にタッチすることで演奏できる[9]。モニターには従来の楽譜と同様の音符が表示されているため、音符が示す音価の学習も可能と考えられる。しかし、不慣れでイメージしにくいリズムを打つ場合には、棒が触れるタイミングで画面をタッチすることは意外に難しい。

これらの研究から、演奏経験が乏しい場合や、楽譜からリズムがイメージできないような不慣れなリズムの場合に

^{†1} 佐賀大学
Saga University.
* 現在、高周波熱錬株式会社
Presently, Neturen Co., Ltd.

a) <https://casio.jp/emi/products/lk511/>
b) <https://casio.jp/emi/products/lk511/>
c) <http://www.cymis.jp/>

は、自分が演奏したリズムと手本のリズムを比較した結果を与えても、習得は難しいと考える。また、リズムは時間軸で変わるもののため、イメージできていないリズムは、視覚、聴覚、触覚で次に打つタイミングを教えても遅れてしまう。モグラたたきのように、合図が出てから叩くという方法では、「リズムパターン」としてリズムの1フレーズを習得することは難しい。そのため、良い“リズム感”での打叩にはなかなか至らない。

そこで本研究では、1曲を通した演奏ではなく、難しいリズムパターンを取り出して練習を行う「部分練習」を推奨し、その部分練習を支援するリズムパターンの効果的な可視化方法について議論する。

2. 実験

4種類のリズムの可視化方法をデザインし、表示されたリズムを見ながら打つ実験を行う。どの可視化方法がリズムの習得に有効であるか調べる。

2.1 リズムの種類

リズムはベースの教本から、比較的易しいものと、難しいものの2種類を取り出し、一部修正した上で使用した。図1は易しいリズム（リズムパターンI）、図2は難しいリズム（リズムパターンII）を示す。どちらも四分の四拍子で2小節間のリズムである。

リズムパターンIは14音から成り（うち1音はタイでつながれている）、四分音符が3音、八分音符が9音、十六分音符が2音含まれる。休符は含まれない。始まりは四分音符2音から始まるため、拍子の間隔がわかりやすいであろうと予想した。

リズムパターンIIは15音から成り（うち1音はタイでつながれている）、四分音符が2音、八分音符が6音、十六分音符が7音含まれる。さらに八分休符が2つ、十六分休符が1つある。拍の頭（小節を四分音符4つに分けたときの1~4つめの箇所）のうち、2箇所は休符にあたるため、リズムをイメージしにくいであろうと予想した。

2.2 可視化のデザイン

リズムパターンIとIIを、4種類の可視化方法で表示した。図3~6に、表示ZN (Zigzag Notes)、表示CO (Course of Ball)、表示EC (Expansion of Circle)、表示DR (Drop of Rectangle)を示す。これらはフリーソフト AviUltra [d]を使って作成した動画である。

表示ZNは、第一筆者がベースを自学する際に、難しいリズムパターンを頭の中でイメージしたものが土台になっ



図1 リズムパターン I



図2 リズムパターン II

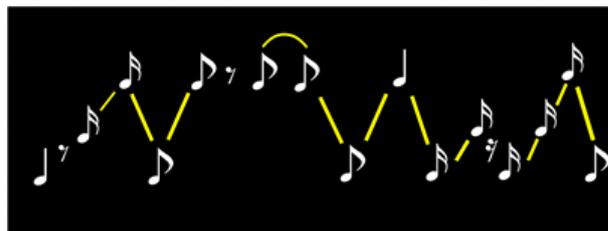


図3 リズム表示 ZN



図4 リズム表示 CO

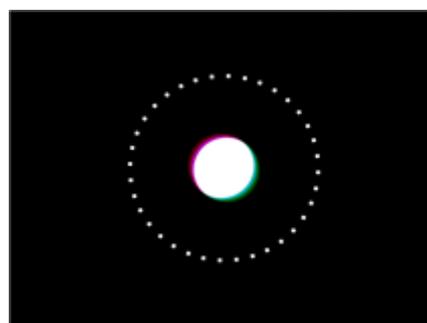


図5 リズム表示 EC

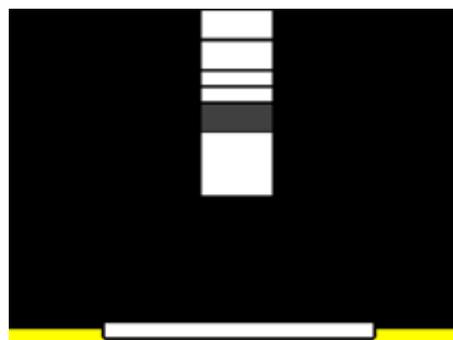


図6 リズム表示 DR

ている。上下のジグザグに並べられた各音符は、打叩タイミングになると拡大し、縮小する。次の音符の打叩タイミング（音符の拡大）までどれくらい近づいているか、視覚的に確認できない。

表示COは打叩タイミングを黒い点で示し、上下ジグザグに並べている。音符の長さ（音価）に合わせて、線の長さの割合を決定している。赤い球が一定の速さで動き、各音符の打叩タイミングで黒い点に重なる。これにより、表示ZNと比べて次の打叩タイミングが予測しやすい。しかし、音符間が短ければ予測する時間も少なくなる。

表示ECは、中央にある球とまわりの小さな点から成る

d) <https://aviutl.softonic.jp/>

円が、打叩タイミングに拡大し、縮小する。Windows Media Player の視覚エフェクトをイメージしてデザインしており、4 つの可視化の中で、最もリズム感を感じさせる表示方法と考えた。一方で、いつ円が拡大するか予測できない。

表示 DR は、長方形の図形が上から降りてきて、下の線に触れる時点が打叩タイミングになる。長方形の縦の長さは音価を示しており、四分音符より八分音符、八分音符より十六分音符は、2分の1短くなる。この方法は、ピアノを演奏するゲームやピアノ学習のアプリケーション[a]ではよく使われている方法であり、各鍵盤に長方形やマーク、バーなどが降りてくる。本実験では一ヶ所に降りてくる。

2.3 方法

被験者は 20 代前半の大学生 12 名(S1~S12)である。実験は下記の方法で行われた。

- ①紙に書かれたテスト用リズム譜を見ながらリズムを打つ（予備調査）
- ②リズムパターン I を可視化した映像（音なし）を 3 回見る
- ③同じ映像（音なし）を再び 3 回見ながらリズムを打つ
- ④リズムパターン I を可視化した映像（音あり）を 3 回見る
- ⑤同じ映像（音なし）を再び 3 回見ながらリズムを打つ
- ⑥リズムパターン II を可視化した映像（音あり）を 3 回見る
- ⑦同じ映像（音あり）を再び 3 回見ながらリズムを打つ
- ⑧リズムパターン II を可視化した映像（音あり）を 3 回見る
- ⑨同じ映像（音あり）を再び 3 回見ながらリズムを打つ
- ⑩アンケートに回答する。

まず、音楽経験のレベルを調べるために、リズムパターン I と II の中間程度の難易度のテスト用のリズムを作成した。被験者は、紙に書かれたそのリズム譜をまず 20 秒間見る。このとき、手足や鍵盤を使ってリズムを取っても構わない。次にリズム譜を見ながら、Musical Instrument Digital Interface (MIDI)データが出力できる電子ピアノの鍵の 1 つを、利き手の人差し指で打つことでリズムを表現した。紙のリズム譜であるため、速さは人により異なった (①)。

次に、表 1 に示す組み合わせで、割り当てられた表示方法で可視化したリズム（動画）を見ながら、電子ピアノの鍵を使ってリズムを打った。リズムの種類は、全員、リズムパターン I を先に行ってから (②~⑤) リズムパターン II を行った (⑥~⑨)。被験者がリズムの音を聞かしてしまうと、可視化の効果がわかりにくくなると考え、最初に音のない動画を見ながらリズムを打ち、次に音がある同じ動画を見ながらリズムを打った (②~⑨)。終了後に、被験者はアンケートに回答した。

表 1 リズムパターンとリズム表示の組み合わせ

リズム表示の種類		
被験者	リズムの種類	
	I	II
S1	ZN	CO
S2	ZN	EC
S3	ZN	DR
S4	CO	ZN
S5	CO	EC
S6	CO	DR
S7	EC	ZN
S8	EC	CO
S9	EC	DR
S10	DR	ZN
S11	DR	CO
S12	DR	EC

2.4 アンケート

アンケートは、下記の(1)~(9)の設問について回答してもらった。

a. 1 種類目のリズム表示について

- (1)「音無し」でリズムを見たとき、どんなリズムであるか、イメージできたか (1:全くできなかった~5:よくできた)。
- (2) (1)で 4 または 5 に○をつけた場合「音有り」でリズムを見たとき、「音無し」でイメージしたリズムと、どの程度同じであったか (1:全く違っていた~5:ほぼ同じだった)。
- (3) 1 種類目のリズムや表示方法について意見や感想。

b. 2 種類目のリズム表示について

- (4)「音無し」でリズムを見たとき、どんなリズムであるか、イメージできたか (1:全くできなかった~5:よくできた)。
- (5) (4)で 4 または 5 に○をつけた場合「音有り」でリズムを見たとき、「音無し」でイメージしたリズムと、どの程度同じであったか (1:全く違っていた~5:ほぼ同じだった)。
- (6) 2 種類目のリズムや表示方法について意見や感想。

c. 2 種類のリズムやリズム表示について

- (7)リズムの難しさはどの程度だったか (1:とても難しかった~5:とても簡単だった)。2 つのリズム (1 種類目と 2 種類目)を比較して回答する。
- (8)リズム表示のわかりやすさはどの程度だったか (1:とてもわかりにくかった~5:とてもわかりやすかった)。2 つのリズム (1 種類目と 2 種類目)を比較して回答する。

- (9)その他の意見、感想

2.5 リズムの分析方法

実験により取得した各 MIDI データと、リズム表示（手本）の MIDI データとの違いを計算する。MIDI データは発音時刻（Note on message）を対象とし、被験者のデータと手本のリズムとの「ずれ」の合計の絶対値を計算する。MIDI での時間の最小単位を「ティック」と呼び、本実験で使った MIDI シーケンサでは 1 ティックを 1/960 秒に設定していた。以後、ずれに関する数値の単位はティックである。

予備調査のリズム譜に書かれたリズムは、本実験で使ったリズムパターンと同じ速さで演奏した場合の MIDI データを「手本」として分析に使用した。各被験者の MIDI データをもとに、各音符におけるずれの長さの合計を算出した。

被験者のデータの中には、手本の音数よりも少ない場合があった。被験者の各打鍵が手本のどの箇所（音符）に合わせようとしたものであるか、分析した上でずれを計算すべきところではあるが、推定は困難であった。そこで、一律に前に詰めて、最後の不足分は 0 として計算した。一方で、被験者の打鍵が手本よりも多かった場合には、計算に含めなかった。

本実験の結果は、まず被験者の各条件における 1 回目の結果と 3 回目の結果に差異があるか、t 検定を行ったところ、有意な差はなかった ($p=0.75$)。そこで、各条件の 3 回目の結果のみを対象として、分散分析を用いて、手本とのずれの合計における次の 3 つの要因「リズムの種類 (I, II)」「リズム表示の種類 (ZN, CO, EC, DR)」「手本の音なし/あり」の主効果と交互作用を検定した。

3. 結果

3.1 リズム譜／リズム表示によるリズム打ちの違い

予備調査のリズム打ちの結果は、各音符における手本とのずれの合計の平均値が 5984.42（標準偏差 6836.11）であり、最小値が S1 の 976、最大値が S7 の 26551 であった。

1 番早く終わった S1 は約 5 秒、1 番時間がかかった S7 は約 33 秒で課題のリズム打ちを行った。

図 7 に、紙に書かれたリズム譜でのリズム打ちと、本稿で提案した動画のリズム表示を見ながらのリズム打ちの結果の関係を示す。横軸はリズム譜でのお手本とのずれの合計値を示し、縦軸はリズム表示でのお手本とのずれの合計値を示す。リズム表示の結果は、各被験者の 4 条件（リズムの種類 2 種類、音なし/音ありの 2 種類）のそれぞれ 3 回目のリズム打ちの結果の平均値を示す。なお、約 33 秒かかった S7 のデータは、紙面の都合で図 7 から抜いている。

このグラフから、リズム譜でのリズム打ちは、最小値と最大値で 6000 程度の差がある一方で、リズム表示を見ながらのリズム打ちは、1000 程度の差しかないことがわかる。予備調査の結果による被験者の実力は二分されているが、リズム表示を見ながらのリズム打ちの結果は、ほとんど差

異がないといえる。

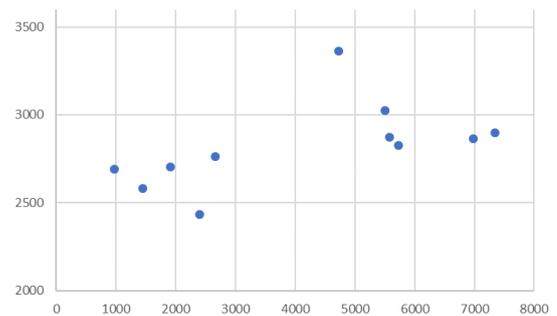


図 7 リズム譜とリズム表示での結果の関係

3.2 3 要因分散分析の結果

表 2 に各条件における各被験者の、お手本とのずれの合計値を示す。このデータをもとに分散分析を行った。

表 3 に、3 つの要因、要因 A（リズムの種類 (I, II)）、要因 B（リズム表示の種類 (ZN, CO, EC, DR)）、要因 C（手本の音なし/音あり）の主効果と交互作用の検定結果を示す。各 F 値の有意性を調べたところ、要因 A の主効果 ($p \leq 0.01$)、要因 C の主効果 ($p \leq 0.05$)、及び要因 A×B の交互作用が有意であることがわかった。

要因 A と C は、それぞれ 2 水準のため、リズムの種類、および音なし/ありについては有意な差異があるといえる。リズムの種類は I（易しい）の平均値が 1760.0、II（難しい）が 3867.83 で、I の方が有意にずれが小さかった。音なし/ありは音なしの平均値が 2961.58、音ありが 2666.25 で音ありの方が有意にずれが小さかった。要因 A×B の交互作用については、要因 A の効果が要因 B の処理水準によって異なるのか、または要因 B の効果が要因 A の処理水準によって異なるのか、具体的な様相を明らかにするために下位検定を行った。表 4 にその結果を示す。各 F 値の有意性を調べたところ、4 種類の各表示における、要因 A の単純主効果が有意であることがわかった ($p \leq 0.01$)。さらに、リズム II における、要因 B の単純主効果も有意であった ($p \leq 0.01$)。

要因 B は 4 水準のため、リズム II における要因 B の各水準の平均値間の差の検定として多重比較（テューキーの HSD 検定）を行った。表 5 にその結果を示す。表示 ZN と EC ($p \leq 0.01$)、表示 CO と EC、および表示 EC と DR ($p \leq 0.05$) に有意な差異があった。それぞれの平均値は表示 ZN が 3571.7、表示 CO が 3721.8、表示 EC が 4492.5、表示 DR が 3685.3 であった。

表 2 表示のリズムとのずれの合計値

	表示ZN		表示CO		表示EC		表示DR	
	音なし	音あり	音なし	音あり	音なし	音あり	音なし	音あり
リズムⅠ (易)	1438	1334	2727	1538	2302	1330	3025	1427
	1874	1480	1691	1626	1299	1392	1491	1535
	1945	2401	1858	1545	1620	1843	1921	1598
リズムⅡ (難)	3765	3455	3589	4397	5779	4315	3595	3524
	3727	3623	3519	3531	4485	4296	3772	3638
	3469	3391	3678	3617	4634	3446	3875	3708
平均値	2658.5		2776.3		3061.8		2759.1	

表 3 分散分析の結果

変動因	SS	df	MS	F値	
主効果 A	53315536.33	1	53315536.33	310.56	**
主効果 B	1079938.83	3	359979.61	2.10	
主効果 C	1046661.33	1	1046661.33	6.10	*
交互作用 A×B	2278402.50	3	759467.50	4.42	*
交互作用 A×C	29800.33	1	29800.33	0.17	
交互作用 B×C	472091.17	3	157363.72	0.92	
交互作用 A×B×C	1024535.17	3	341511.72	1.99	
誤差 WC	5493554.00	32	171673.56		
全体 T	64740519.67	47			

表 4 下位検定の結果

変動因	SS	df	MS	F	
表示ZNにおける要因Aの効果:A(b ₁)	10006480.33	1	10006480.33	58.29	**
表示COにおける要因Aの効果:A(b ₂)	10727643.00	1	10727643.00	62.49	**
表示ECにおける要因Aの効果:A(b ₃)	24564546.75	1	24564546.75	143.09	**
表示DRにおける要因Aの効果:A(b ₄)	10295268.75	1	10295268.75	59.97	**
リズム易における要因Bの効果:B(a ₁)	163069.00	3	54356.33	0.32	
リズム難における要因Bの効果:B(a ₂)	3195272.33	1	3195272.33	18.61	**
誤差: WC	5493554.00	32	171673.56		

表 5 リズムの種類(難)における要因 B の効果

表示ZNとCO	150.17	
表示ZNとEC	920.83	**
表示ZNとDR	113.67	
表示COとEC	770.67	*
表示COとDR	36.50	
表示ECとDR	807.17	*

表 6 2種類のリズム表示のわかりやすさの比較

	表示ZN	表示CO	表示EC	表示DR
リズムⅠ (易)	2	4	3	2
	5	4	3	4
	2	4	2	2
リズムⅡ (難)	3	4	2	5
	4	4	2	5
	4	3	3	5

3.3 アンケートの結果

「どんなリズムであるかイメージできたか(質問(1)(4)).」の回答(1: 全くできなかった~5: よくできた)を2要因分散分析した結果, リズム表示の種類 ($p=0.30$), リズムの種類 ($p=0.31$) のどちらにも有意な差異はなかった。

「2種類のリズムの難しさの比較(質問(7))」の回答(1: とても難しかった~5: とても簡単だった)をもとに2要因分散分析した結果, リズム表示の種類 ($p=0.12$), リズムの種類 ($p=0.18$) のどちらにも有意な差異はなかった。

表 6 に, 2種類のリズム表示のわかりやすさの比較(質問(8))の回答を示す(1: とてもわかりにくかった~5: とてもわかりやすかった)。2要因分散分析をした結果, リズム表示の種類は, 有意傾向があり ($p=0.08$), リズムの種類 ($p=0.20$) には有意な差異はなかった。

表 7 にリズム表示に対する感想を示す。表示 EC は 6 人とも感想を述べており, 「いつリズムを打てばいいかわからない」という内容の感想だった。

4. 考察

リズム譜を見ながらのリズム打ち(予備調査)の結果と, リズム表示(動画)を見ながらのリズム打ちの結果の比較(図 7)から, リズム表示を用いると, 演奏経験による習得しやすさの差異が縮まる可能性が示唆された。被験者は, 動的に示された, リズムを打つタイミングに合わせようとするため, リズムを打つことをあきらめなければ, 各音符間が大幅に長くなることはない。

本稿の実験では, 効果的な表示方法を調べるために, 音なし/ありの両方の条件で実験した。その結果, 音ありの条件の方が, 有意にずれが小さかった(3.2節)。どの被験者も音なし条件を先に行ったため, 音なし条件でリズム表示を6回見たあとに, 音あり条件に入っている。つまり音あり条件は課題のリズムを見ている回数が音なし条件より多く, 習得に好条件であった。その割には, 音なし条件と比較して大きく有効だったといえる結果ではない。松原ら[10]は, 聴覚障害者の音楽聴取時における視覚手がかりの有無による, リズム認知能力の短期的学習効果を検証した。視覚手がかりとして提案されたタッピングゲームは, 本稿の表示 DR に類似したものであり, 音楽の再生に合わせて短い白い横棒が上から下へ移動し, 特定の位置を通過するたびにタップするとリズムに合ったタッピングが行える。3回タッピングする実験の結果, 視覚手がかりの有無は有意にタッピング成績の増加に影響があった。松原らは聴覚障害者を対象としているが, 健常者であっても, 可視化した動的なリズム表示を見ることは, 音がなくても有効性を期待できると考える。

リズム表示の要因の主効果は有意ではなかったが, リズムⅡ(難)においては, 表示 ZN と EC, CO と EC, EC と

DR の組み合わせで有意な差異があり (表 5), リズムが難しくなると, 表示 EC が他の 3 種類の表示方法と比較して, ずれが大きくなるといえる. 表示 EC には他の 3 種類のリズム表示と比べて, 次の打叩タイミングが視覚的にはわからないという特徴があった (表 7). 一方で, 表示 ZN, CO, DR の結果に有意な差異はなかった.

表示 ZN は表示 EC と同様に, 次の音符の打叩タイミング (音符の拡大) までどれくらい近づいているか, 視覚的に確認できない. しかし, リズムパターンの全体が見えているため, 前の音符が終わったことが予兆になり, 次の打叩の準備がしやすかったと考えられる. また, ジグザグの表示方法が, メロディの高低のように音楽を感じさせて, リズムパターンを認識しやすくしていた可能性もある.

表示 CO は, 次の音符の打叩タイミングまでどれくらい近づいているか, 視覚的に確認できる. しかしもし, 音符を示す黒い丸印が一直線上に並べられていたら, タイミングを合わせて打つことがもっと難しかったかもしれない. この表示方法も, ジグザグであることがリズムパターンを認識しやすくしていた可能性がある.

表示 DR は表示 CO とは逆に, 打叩箇所が動くことでタイミングを知らせていると言える. よって, 表示 CO と同様に, 次のタイミングの予兆のようなものがわかりやすかったと考える.

5. おわりに

本稿では, 不慣れでイメージしにくいリズムパターンを習得する際に, 効果的なリズムの可視化方法がどのようなものであるか, 実験で調べることを目的とした. 4 種類の動的なリズム表示を提案し, 2 種類の易しい/難しいリズムパターンの手本表示を作成した. 被験者はリズム表示に合わせてリズムを打った. 実験の結果, 次の打叩タイミングがわからない表示方法は, 手本とのずれが大きくなることがわかった. また, 各音符に相当する印などがジグザグに表示されると, メロディの高低のように音楽を感じさせて, リズムパターンを認識しやすくなる可能性があり, 今後実験で調べる.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 15H02883 と 17H01950 の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] 竹川佳成, 椿本弥生, 田柳恵美子, 平田圭二. 鍵盤上への演奏補助情報投影機能をもつピアノ学習支援システムにおける熟達化プロセスの調査. 情報処理学会研究報告研究報告, 2013-EC-27(7), 2013.
- [2] Oshima, C., Machishima, K., Yamaguchi, Nakayama, K.. A Method of Displaying a Model Performance to Motivate Elderly Novice People to Play the Keyboard Instrument. Information and Media Technologies. 2016, vol. 11, p.236-249.
- [3] 土井麻由佳, 宮下芳明. 奏法を考慮した箏演奏学習支援手法に関する考察. 情報処理学会論文誌. 2018, vol. 61, no. 6, p. 912-928.
- [4] 元川洋一, 斎藤英雄. 拡張現実表示技術を用いたギターの演

表 7 リズム表示に対する感想

リズムの種類	リズム表示	感想
I(易)	CO	次のタイミングが見えていてわかりやすかった.
	EC	短く連続したリズムの時, 表示だけでは少しわかりにくいところがあった
	EC	どのタイミングで始まるかわかりづらかった
	EC	音の前後が分からないため, いつ打ち始めたらいいのか把握できなかった. それにより, リズムが見えてからキーを押すことにより遅れることがあった
	DR	キーを押すタイミングとはなすタイミングはわかりやすいと感じた
	DR	打つタイミングのみを目立たせたほうが分かりやすいと思った.
II(難)	CO	いつ次を打てばいいのか, 分かりやすかった
	CO	点線がななめだったらもう少しできたと思う
	EC	先読みがしづらかった
	EC	次の音がいつくるのか分からず全体像がつかめなかった.
	EC	リズムを覚えて打たなければならなかったのが難しかった.

奏支援システム. 映像情報メディア学会誌. 2007, vol. 59, no. 3, p. 789-796.

- [5] 三浦雅展, 柳田益造. 単旋律ギター演奏における最適押弦位置決定システムの構築, 情報処理学会研究報告. 2002-MUS-045, p. 127-132.
- [6] 藤井創太, 浜中雅俊, 長谷川晶一. Fingering Simulator: ギター単旋律の運指推定. 情報処理学会研究報告. 2008-MUS-076, p. 167-172.
- [7] 岩見直樹, 三浦雅展. MIDI 楽器を用いたドラム演奏練習支援システムの提案. 情報処理学会研究報告. 2007-MUS-072, p. 85-90.
- [8] 三浦宗介, 杉本雅則. T-RHYTHM: 振動デバイスを用いたリズム学習支援システム. 電子情報通信学会論文誌 D. 2006, vol. 89 巻, no. 6, p. 1260-1268.
- [9] 赤澤堅造, 藤井博之, 齋藤紗依里, 奥野竜平. 多点認識可能なタッチパネルを用いた電子楽器 Cymis の試作. 大阪工業大学紀要. 理工篇, 2008, vol. 52, p.1-9.
- [10] 松原正樹, 狩野直哉, 寺澤洋子, 平賀瑠美. 聴覚障害者向けタッピングゲームにおける視覚手がかりによるリズム認知の短期的学習効果. 情報処理学会論文誌. 2016, vol. 57, no. 5, p.1331-1340.