

スマートフォンを用いた合奏システムの試作

廣岡 彩笑^{†1,a)} 北原 鉄朗^{†1,b)}

概要：本研究の目的は、楽器未経験者でも合奏の楽しさを味わえるシステムの実現である。楽器未経験者が合奏を体験できるものに各種音楽ゲームがあるが、タイミングや音の強さはあらかじめ決められており、演奏者同士でこれらを合わせるといった観点はない。本研究では、スマートフォンの画面をタッチすることで発音し、マイクに息を吹きかけることで強弱をつけるシステムを開発する。実験で、本システムでタイミングを合わせることができるのか、息で強弱を制御することができるのかを調べた結果、本システムでタイミングと強弱を同時に制御しながらの合奏は難しいが、演奏者同士でタイミングを合わせることで楽しさが得られることと、息による強弱の制御は可能であることが示唆された。

1. はじめに

本研究の目的は、楽器未経験者でも合奏の楽しさを味わうことができるシステムの実現である。合奏は演奏者同士が互いにタイミングや音の強さを合わせることで息の合った演奏を作り出すことに醍醐味があるが、楽器未経験者は楽器を習得する必要があるため合奏するまでに時間がかかる。

このような問題を気にせず、手軽に合奏を体験できるようになったものに [1], [2] などの合奏ゲームや [3], [4] などの研究がある。これらは特別な練習なしにボタンを押す操作やリモコンを振ったり手を動かしたりといったジェスチャーで音を鳴らすことができるため、参加者全員が楽器未経験者であっても簡単に合奏に似た体験ができる。

しかしこのような楽器未経験者向けのシステムではタイミングまたは音の強弱があらかじめ決められており、演奏者同士でこれらを合わせるといった観点はない。本来合奏は演奏者が自らタイミングと強弱を決定しており、相手も人間であるためこれらの感覚を合わせることは難しい。だからこそ全員でタイミングも強弱も合わせることができるのととても気持ちがよく、楽しいと感じると我々は考える。従って従来の合奏システムでは、本物の合奏で得られるような楽しさを味わえているとは言えない。

本研究では、合奏の楽しさを提供するために以下の2つの要件を満たすシステムを開発する。

- (1) 演奏者同士でタイミングを合わせる
- (2) 強弱により表現をつける

[5] の実験結果で、主体的にリズムを合わせるプロセスや相手を意識する度合いで楽しさや一体感が高まることがわかっている。この結果から、合奏で楽しさや一体感を得るには (1) を主体的に行い、周りを意識できる環境が必要であるといえる。[1], [2], [3] ではシステムがテンポを指定しているため、周りの音よりもシステムに意識が向いてしまう。よって周りの音に意識を向けるには、システムが管理するテンポや背景音楽にタイミングを合わせるのではなく、ユーザ間でタイミングを合わせることで、システムが介入しない合奏に近づけることが重要である。

[6] で音楽演奏初心者は音を並べることに精一杯で、同時に表情付けを実現することができないと説明している。これは演奏データを計算機にリアルタイムで入力することについての話であるが、楽器演奏でも同じことが言える。そのため今までのシステムでは [1], [3], [4] のようなリアルタイムでの表現を省いたものや逆に [7] のように表現のみに特化したものが多い。しかし本来合奏は人間が演奏するため常に強弱は微妙に変化するものであり、(2) がないとゲームらしさが増してしまい音楽と離れてしまう。

これらのことから、

- 譜面はディスプレイに出てくるが、タイミングはユーザが決める
- スマートフォンのマイクロフォンに息を入れ、その息の強度で音の強さを決める

というアプローチをとる。

タイミングと音の強弱を同時に操作することは難しいため、運指と譜面をシステムによって支援する。運指があると好きな音を出すことができるため、自由に演奏ができる楽器を作るという目的であれば必要である。しかし運指は

^{†1} 現在、日本大学
Presently with Nihon University

a) hirooka@kthrlab.jp

b) kitahara@chs.nihon-u.ac.jp

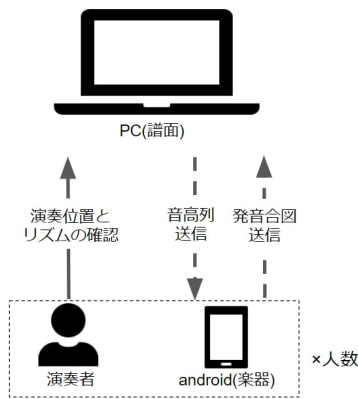


図1 システム構成図

練習が必要となり楽器未経験者にとって負担になることと、合奏は譜面上の決まった音高通り演奏し好きな音を出せる必要はないため、本システムではあらかじめ用意した音高列に従って演奏することで運指をなくす。また、楽器未経験者は譜面を読むことに慣れていないことが想定されるため、現在の演奏位置の表示や、演奏がずれたら自動で演奏位置を修正するといった支援を行う。[8]でもマイクに吹き込まれた息の振幅を音量やトーンに変換しているが、運指があり表現力豊かな楽器を作ることを目的としている点で、運指を必要とせず合奏を楽しむことを目的とした本システムとは異なる。

2. システムの概要

システム構成図を図1に示す。本システムはパソコン画面に表示された譜面を見ながらスマートフォンを楽器として合奏を行う。パソコンとスマートフォンはソケット通信で接続する。

2.1 スマートフォンでの処理

スマートフォンでは演奏するパートを選び接続する。接続すると図2に示す設定画面に移動するので、録音ボタンを押してマイクに向かって自分の思う最大の大きさで息を吹き込んでもらう。息を吹き込むことによりマイクから入る音の振幅÷MIDIの音量最大値(127)が、のちに楽器の音量を決定する際の基準値 A_{base} となる。終わったら楽器を選び演奏を開始する。音はCMXライブラリ(CrestMuse-Toolkit)とFluidSynthMIDIというシンセサイザーアプリケーションを用いて鳴らしている。パソコンから送られてきたノートナンバーは順番にキューに挿入される。

2.1.1 演奏方法

演奏時の処理を図3に示す。画面をタッチしたタイミングで、キューから先頭のノートナンバーを取り出し、ヴェロシティ最大値(127)でノートオンメッセージが実行される。その際同時に息の振幅をエクспレッション値に変換しコントロールチェンジを行う。そのためヴェロシティが

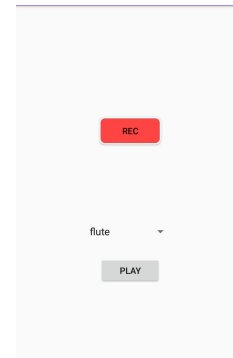


図2 設定画面

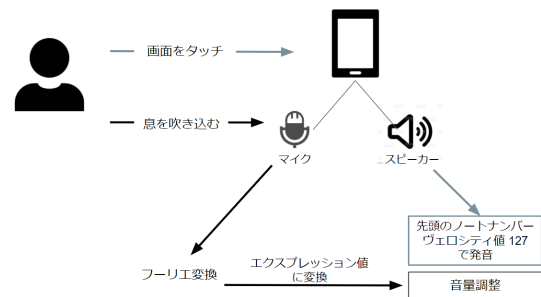


図3 演奏時の処理

最大でも息を吹き込んでいなければエクspレッション値が0になり音が鳴らず、思いっきり息を吹き込めばエクspレッション値が127になり最大音量で楽器音が鳴る。タッチしている間は音が鳴り続け、指を離すとノートオフメッセージが実行される。

2.1.2 息を吹き込むことによるリアルタイムでの音量調整

演奏中は常に録音状態になっており、マイクに息を吹き込んだ時の振幅を用いて楽器の音量に変換する。その際マイクから取得した振幅をそのまま使うと、スピーカーから出てくる楽器音も含まれているため、息の音量に関係なく楽器の音量が変化してしまう。一般に、楽器音は調波構造を持つため、周波数軸上のいくつかの箇所に強いピークが現れる。一方、息を吹き込むことによる雑音は、ホワイトノイズに近い音であり、周波数軸上のあらゆる箇所に弱いピークが幅広く分布する。従って、特に強いピークを除去してから音量を計算することで、スピーカーから発せられた楽器音の影響を抑えられると考えられる。そこで高速フーリエ変換を行い、振幅が閾値以上のピークを除去してから音量 $A(t)$ を計算する。そして、演奏開始前に計測した基準値 A_{base} を用いて $X(t) = 127 \times A(t)/A_{base}$ をその時刻 t におけるエクspレッション値とし、コントロールチェンジメッセージを送信する。

2.2 パソコンでの処理

パソコンの画面にはProcessingでMIDIファイルから生成された譜面を表示する(図4)。演奏者は画面を見ること

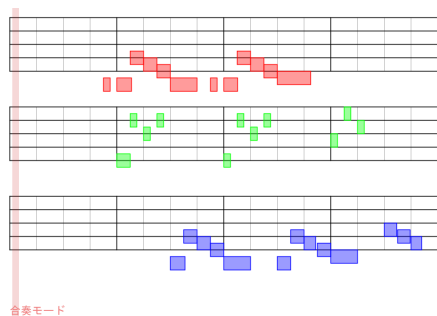


図 4 3人で合奏開始した時の譜面 (上からパート 1, 2, 3)

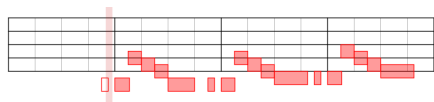


図 5 パート 1 のタッチの合図を受信した時

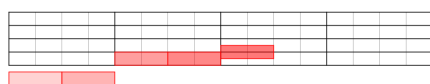


図 6 音の弱い順

でリズムの確認と現在の演奏位置を知ることができる。

2.2.1 譜面について

リズムと演奏している位置を確認するためのものであり、テンポを指示する機能はないため、演奏者同士で合奏を開始し自由にテンポと強弱を変えながら演奏する。

CMX ライブラリを用いて MIDI ファイルを読み込み、パートごとにノートナンバー、オンセットタイム、オフセットタイムを取得し、この情報から音符に見立てたボックスを自動で配置する。ノートナンバーはボックスの y 座標を決めており、元の譜面を再現するが、演奏者にとって音高情報は関係ないため見やすさを優先し、五線から外れたものはオクターブを上下することで五線に収まるようにする。オンセットタイムは x 座標、オフセットとオンセットの差からボックスの長さを決定する。ボックスは発音合図が送られてくると色が消え、次の音の発音合図で消える。

2.2.2 演奏位置の確認

図 5 のように、演奏位置は色が消えることで確認できるが全員で音を合わせるためには他の演奏者の位置を知ることが必要である。本システムではパート 1 に他のパートが合わせることで、パート 1 の動きにあわせてバー (図 4 の赤い線) が動く。バーは基本テンポ 60 程度の速さで動いており、バーより速く演奏するとバーも速くなり、遅く演奏するとバーも遅くなる。またパート 2 とパート 3 がバーと四分音符分離れると、バーの x 座標の位置まで自動で進み (または戻り)、そこから演奏を再開することができる。

2.2.3 強弱の確認

図 6 のように、ボックスの色の濃さによって強弱を指示している。色が薄いほど弱く、濃いほど強く演奏する。

3. 評価実験 1

本実験は、比較システムと提案システムを比較することで、提案システムで上手くタイミングを合わせられるのか、息の強さで思い通りに強弱を制御できるのかを確認する。

3.1 実験方法

3 種類のシステムで合奏を行い、アンケートに答えてもらう。アンケートでは楽器の演奏経験に関することと、システムについて 7 段階で答えてもらい、最後に感想や意見を記入してもらう。

3.2 実験で使用するシステム

実験では 3 種類のシステムを以下の順番で使用する。

- 比較システム 1: システムの管理するテンポにタイミングを合わせ、息を吹き込むことによって強弱をつける。
- 比較システム 2: 演奏者同士でタイミングを合わせる。強弱はつけない。
- 提案システム: 演奏者同士でタイミングを合わせ、息を吹き込むことによって強弱をつける。

3.3 実験条件

以下の条件で実験を行う。

- マスクの内側にマイクを取り付ける。
- 実験者と、被験者 2 人の 3 人 1 組で行う。
- 合奏曲はジングルベルとミッキーマウスマーチの 2 曲である。
- システムごとにそれぞれ演奏するパートを変える。
- 比較システム 2 と提案システムはパート 1 の演奏者の合図で合奏を開始する。パート 2 とパート 3 の演奏者はパート 1 に演奏を合わせる。

3.4 被験者

実験は第 1 著者の家族 2 名に協力してもらった。被験者 A は楽器演奏経験がない。被験者 B はピアノの演奏歴が 6 年あり、ブランクは 10 年以上である。

3.5 実験手順

実験は以下の手順で行う。

- (1) 比較システム 1 の説明を行う。
- (2) 簡単な曲 (きらきら星) でシステムに慣れるための練習を行う。
- (3) システムの自動合奏モードを用いて 1 曲目 (ジングルベル) のお手本を流し、練習を行う。
- (4) 1 曲目の本番を行う。
- (5) 2 曲目 (ミッキーマウスマーチ) のお手本を流し、練習

表 1 質問 (5) に対するアンケート結果

	被験者 A	被験者 B	平均値
比較システム 1	4	1	2.5
比較システム 2	5	4	4.5
提案システム	4	1	2.5

表 2 質問 (6) に対するアンケート結果

	被験者 A	被験者 B	平均値
比較システム 1	5	1	3.0
提案システム	4	1	2.5

表 3 質問 (7) に対するアンケート結果

	被験者 A	被験者 B	平均値
比較システム 1	5	4	4.5
比較システム 2	5	4	4.5
提案システム	5	4	4.5

表 4 質問 (8) に対するアンケート結果

	被験者 A	被験者 B	平均値
比較システム 1	5	4	4.5
比較システム 2	5	4	4.5
提案システム	5	4	4.5

表 5 質問 (9) に対するアンケート結果

	システム	理由
被験者 A	提案システム	特になし
被験者 B	比較システム 2	1 番やりやすかったから

を行う。

(6) 2 曲目の本番を行う。

(7) 休憩を挟む。その間に比較システム 1 のアンケートに回答してもらう。

この流れを比較システム 2, 提案システムでも行う。

3.6 実験結果：アンケート

アンケートの結果は以下の通りである。質問 (1)~(4) は本人の音楽経験に関する質問であり、実験実施に関する質問ではないため、ここでは言及を省略する。

(5) 他の演奏者と音のタイミングを合わせるのは簡単でしたか。

(6) 息を使って音量を変えるのは簡単でしたか。

(7) 楽器を演奏している感覚はありましたか。

(8) 合奏している感覚はありましたか。

(9) どのシステムが楽しかったですか。

(10) 感想や改善点などがありましたらご回答ください。

質問 (5) は比較システム 2 が最も簡単だという結果になり、強弱がつくと、タイミングを合わせることが難しくなることがわかる。被験者 B はピアノ経験者のためシステムの譜面の見方になれなかったことや、強弱の調整が上手くいかなかったことも原因だと考えられる。被験者 A は (5) の理由から周りの音を聴き、他の演奏者とタイミングを合わせようとしており、合奏を楽しむための要件 (1) の「演

	(5)他の演奏者とタイミングを合わせるのは簡単でしたか	(6)息を使って音量を変えるのは簡単でしたか	(7)楽器を演奏している感覚はありましたか	(8)合奏している感覚はありましたか
比較システム1	笑ってしまうため／画面を見るのに必死で合わせられない	色の濃さが違ってわかりやすかった／変わっているかどうかよくわからない	息を曲に合わせて吹いたから／なし	みんなと一緒にやったから／なし
比較システム2	それどころではない／せーので始めるし、周りの音を聴きながらできるから		リズムに合わせて叩くから／なし	みんなと一緒にやったから／なし
提案システム	練習が必要と感じた／人の音を聴きながら合わせるけど、自分ので精一杯になつてたまに聴けないから	小さくしたときが難しかった／変わっているかどうかよくわからない	音が出るから／息を吹いているから	みんなと一緒にやったから／なし

図 7 アンケート理由 (被験者 A / 被験者 B)

奏者同士でタイミングを合わせることを主体的に行うことをシステムによって提供できる可能性があると言える。

質問 (6) では比較システム 1 の方が少し簡単であるという結果になった。比較システム 1 では色の濃さが違ってわかりやすかったという意見があった。質問には沿っていないが、被験者 A は指示通りに近い強弱をつけられていたことも踏まえると、色の濃さで強弱を指示することは楽譜をあまり読んだことがない人には有効であることがわかった。被験者 A の理由を見てみると、提案システムで小さくした時が難しかったと答えており、被験者 B は両システムで変わっているかどうかよくわからないと回答していた。これについては 3.8 で考察する。

質問 (7)(8) ではシステムにタイミングを合わせても演奏者同士でタイミングを合わせても楽器らしさや合奏らしさには影響が出ないことがわかった。しかし質問 (9) で比較システム 1 が選ばれていないことや質問 (5) の理由から、演奏者同士でタイミングを合わせた方が相手を意識でき楽しめたのではないかと考えられる。

質問 (10) では、「息を吹くやつはどうしても笑ってしまう」「音符に慣れているためシステムの譜面だと分かりづらい」という意見が得られた。

3.7 実験結果：タイミングに関する分析

表 6, 7 はタッチのタイミングをミリ秒単位で計測し、その結果からタイミングが合っていた割合を算出したものである。

Rasch[11] の計測によると、リコーダーなどのプロの合奏における演奏者間のずれは 30 から 50 ミリ秒で、この程度のずれであれば同時に鳴っていると言え、およそ 100 ミリ秒を超えると演奏家は問題視し始めると述べている。本研究の実験では合奏未経験者が参加していることを考慮し、本来 3 人で合わせるべき回数に対し、本番でずれが 50 ミリ秒・100 ミリ秒以内であった回数から、どの程度タイ

表 6 ずれが 50 ミリ秒以内の割合

	比較システム 1	比較システム 2	提案システム
1 曲目	0.44	0.60	0.43
2 曲目	0.30	0.28	0.30

表 7 ずれが 100 ミリ秒以内の割合

	比較システム 1	比較システム 2	提案システム
1 曲目	0.76	0.92	0.83
2 曲目	0.70	0.78	0.85

表 8 ずれが 50 ミリ秒以内の割合 (ベースパート以外で算出)

	比較システム 1	比較システム 2	提案システム
1 曲目	0.61	0.74	0.61
2 曲目	0.52	0.78	0.59

表 9 ずれが 100 ミリ秒以内の割合 (ベースパート以外で算出)

	比較システム 1	比較システム 2	提案システム
1 曲目	0.81	0.93	0.88
2 曲目	0.82	0.96	0.92

ミングが合っていたかを調べる。

表 6, 7 から, 1 曲目では比較システム 2 が最もタイミングが合っていたが, 2 曲目では 50 ミリ秒以内が比較システム 1 と提案システム, 100 ミリ秒以内は提案システムが最も合っていた。表 6 では, 比較システム 2 の 1 曲目以外は 5 割を切っており, 3 パートが同時に鳴っている音は少なかった。しかし, 表 7 では比較システム 2 の 1 曲目と提案システムでは 8 割を超しており, 説明なども含めて 1 つのシステムにつき約 25 分の使用であることを考えると, 更に時間をかければ合奏として成り立つと考えられる。

実験中にベースパートが難しいという意見があったため, ベースパート以外の 2 パート同士での割合も算出した (表 8, 表 9)。録画したものを聴いてみると, 比較システム 2 の 2 曲目はベースパートのタイミングが先行する傾向にあった。表 8 を見てみても, 3 パートでは比較システム 2 が最も低かったが, ベースパート以外の 2 パートで比較すると比較システム 2 が最も高かった。このことからベースパートがずれてしまったことが 3 パートで揃わない原因になってしまったと予想できる。1 曲目ではベースパートありとなしであり大きな差はなかったため, 2 曲目のベースパートが特に難しかったことが考えられる。

また, システムにタイミングを合わせる比較システム 1 と, 演奏者同士でタイミングを合わせる提案システムでは若干ではあるが全体的に提案システムの方が高い割合となった。この結果から, 楽器演奏未経験者でもテンポを指示せず演奏者間で合わせることができる可能性が示された。

3.8 実験結果：強弱に関する分析

強弱を合わせる箇所は 1 曲につき 3 か所あり, その部分が全員で合わせられているかを確認する。本システムでは色によって強弱を指示しており, 明確にエクспレッション値を指定しているわけではないため, 数値があっているかではなく指示通り強弱が変化しているかを見る。



図 8 比較システム 1 で 1 曲目のエクспレッション値 (パート 1, 被験者 B)

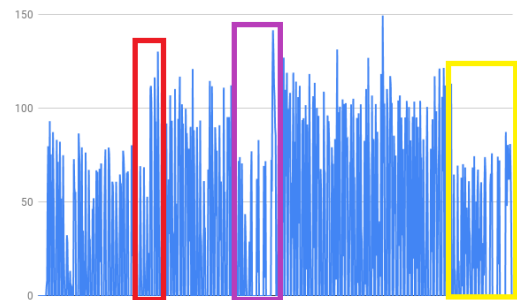


図 9 比較システム 1 で 1 曲目のエクспレッション値 (パート 2, 実験者)

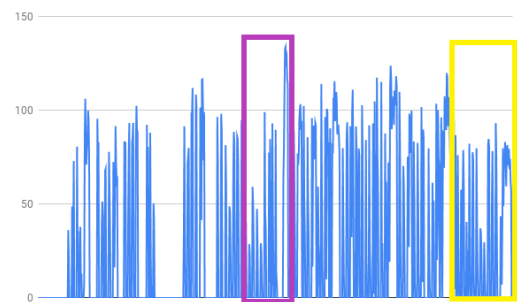


図 10 比較システム 1 で 1 曲目のエクспレッション値 (パート 3, 被験者 A)

3.8.1 比較システム 1

3.8.1.1 1 曲目 (図 8, 9, 10)

まず適切に強弱をつけられているか確認する。パート 1 は全体的に強く演奏しており, 最大エクспレッション値である 127 を超えてしまっている音がほとんどである。本システムでは 127 を超えてしまった値は全て 127 で出力されるため, この場合楽器の音量はほぼ一定となる。パート 1 を演奏した被験者 B は, 質問 (6) で変わっているかどうかよくわからないと回答していたが, 強弱をつけてもほとんど 127 のままであったからだとわかった。127 を超える音が多いということは設定画面で基準値を決める際, 演奏中よりも弱く吹いてしまい失敗してしまったことが考えられる。パート 2 では四か所, パート 3 では 1 か所 127 を超える部分があったが, 強弱の設定は概ね成功していると言える。

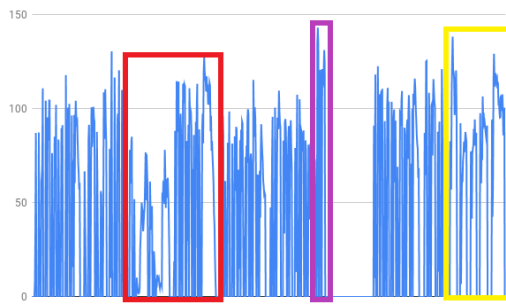


図 11 比較システム 1 で 2 曲目のエクспRESSION値 (パート 1, 実験者)



図 13 比較システム 1 で 2 曲目のエクспRESSION値 (パート 3, 被験者 A)

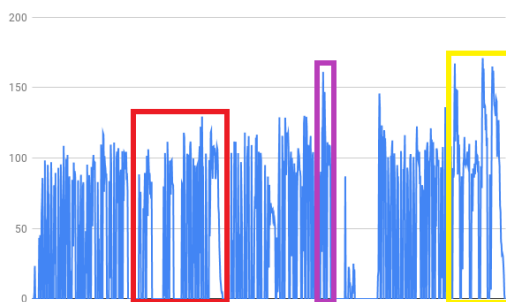


図 12 比較システム 1 で 2 曲目のエクспRESSION値 (パート 2, 被験者 B)



図 14 提案システムで 1 曲目のエクспRESSION値 (パート 1, 実験者)

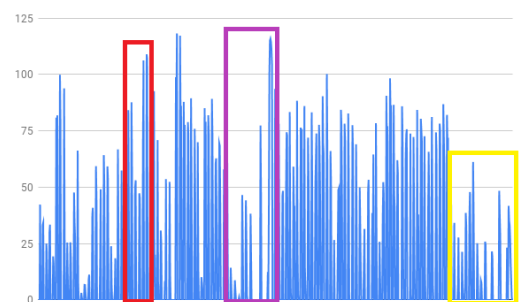


図 15 提案システムで 1 曲目のエクспRESSION値 (パート 2, 被験者 A)

次に強弱を合わせる箇所を比較する。赤枠はクレッシェンドをする部分である。パート 3 は赤枠部分の演奏を飛ばしてしまったためデータがない。パート 1 もパート 2 も最後の音を大きくすることはできているが、それまでの過程がばらついている。クレッシェンドは 6 音に渡ってかけるため、演奏途中に 6 段階強くしていくのが難しかったことや、実験者が担当したパート 2 も前半が上手くいっていないため楽器の音を拾ってしまったことが原因と考えられる。

紫枠は、パート 1 と 3 が 10 音、パート 2 が 8 音ある。そのうち最後の音だけ最大の強さで、それ以外の音は赤枠と紫枠の間の音より弱く吹く。パート 1 は指示通りの強弱でなかったが、パート 2 とパート 3 は概ねできている。

黄枠は、紫枠と黄枠の間の音より弱く吹く部分である。どのパートも、直前までより息の量を小さくできているが、パート 1 は黄枠の直前の強さが 200 を超えており、息を小さくしてもずっと最大値である 127 を維持している。

3.8.1.2 2 曲目 (図 11, 12, 13)

強弱を合わせる箇所を比較する。赤枠は、枠内の前半を赤枠以前より弱く吹き、後半はクレッシェンドをかける。パート 1 とパート 3 は前半と最後の音を強く吹くことはできているが、クレッシェンドをつけられていない。

紫枠は、最大強度で吹く部分である。パート 2 は最初の音だけ強く、その後リズムを間違えて小さくなってしまったが、全員この部分を強く吹くことはできたと言える。

黄枠は、5 音を 127, 30, 60, 90, 127 のように、最初と

最後を強く吹き、間にクレッシェンドを入れる。パート 1 とパート 3 の形を見ると指示通り強弱をつけられている。パート 2 は最初と最後を大きく吹くことはできているが、間のクレッシェンドが上手くいっていなかった。

3.8.2 提案システム

3.8.2.1 1 曲目 (図 14, 15, 16)

まず適切に強弱をつけられているか確認する。被験者 2 人が担当したパート 2 とパート 3 では 1 度も最大値である 127 まで届いていなかった。提案システム使用時、疲れたという声があったため疲労により息の量が不足していたことが考えられるが、これについては 2 曲目で考察する。全体的にエクспRESSION値は低かったが、両パートとも強弱をつけながら演奏しているように見える。特に比較システム 1 でパート 1 を演奏していた被験者 B は、提案シス

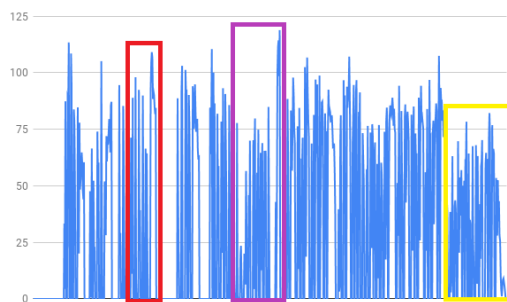


図 16 提案システムで 1 曲目のエクспRESSION値 (パート 3, 被験者 B)

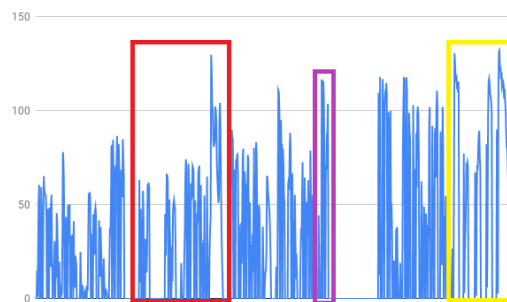


図 18 提案システムで 2 曲目のエクспRESSION値 (パート 2, 被験者 A)

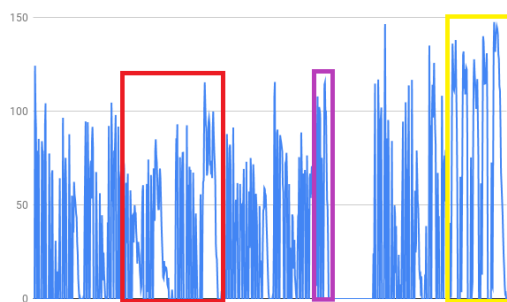


図 17 提案システムで 2 曲目のエクспRESSION値 (パート 1, 被験者 B)

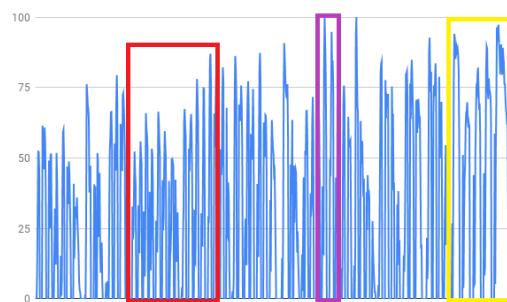


図 19 提案システムで 2 曲目のエクспRESSION値 (パート 3, 実験者)

テムのパート 3 演奏時の方が強弱をつけられている。

次に強弱を合わせる箇所を比較する。合わせる箇所と強弱の変化の付け方は比較システム 1 と同じである。

赤枠は、どのパートも最後の音を最も強く吹くということではできていたが、クレッシェンドは正確にかけられていなかった。比較システム 1 の結果も踏まえると本システムでクレッシェンドをかけることは難しいと考えられる。クレッシェンドを正確にかけるには、息の振幅の動きに適切に対応できるように、楽器音による影響を更に省くことで息の振幅をより精密に取得することが必要である。

紫枠はどのパートも指示通りに強弱をつけられていたが、本システムでは合奏中エクспRESSION値が 30 以下になると聴こえづらくなるため、質問 (6) の回答のように変わっているかわからない状況になったと考えられる。

黄枠も全員が弱く吹けていたが、紫枠と同じようにパート 2 は弱くしすぎていた。パート 3 もできているが、全体的にエクспRESSION値が小さいことにより、息を弱くすると音が聴こえなくなることから、質問 (6) で小さくしたときに難しかったという回答に繋がったと推測できる。

3.8.2.2 2 曲目 (図 17, 18, 19)

提案システムの 2 曲目で気づいたことは、実験者が担当したパート 3 のエクспRESSION値が一度も 100 を超していなかったことである。実験者は吹奏楽部に所属していたため疲れは感じておらず、この時も自身の音が聴こえづらくてかなり強めに吹いていた。そのため疲れ以外の要因

でも全体のエクспRESSION値が下がっている可能性がある。考えられるのはマイクとの距離や向きである。マイクはマスクに付けて使用しているが手で押さえていないとずれてしまうためなるべく動かさない工夫が必要がある。

次に強弱を合わせる箇所を比較すると、赤枠は、前半弱くすることと最後の音を強くすることはできていたが、やはりクレッシェンドが上手くいっていなかった。

紫枠は、全員強めに吹けていたが、細かく見るとパート 1 は 4 音中 3 音目が、パート 2 は最初の音が弱かった。パート 2 の場合は息を強くするタイミングが遅れただけの可能性もあるが、パート 1 の場合真ん中の音が弱くなっているため一定の強さを保つことが難しかったとも考えられる。息継ぎが被ってしまったことも考えられるがこの実験ではそこまでわからなかった。しかし実験中息を吸うタイミングがわからないといった会話があったため、この部分に限らず息継ぎが発音タイミングと被っている可能性はある。

黄枠は、パート 2 とパート 3 はできていたが、パート 1 が 2 音目を弱くしきれていなかった。しかし比較システム 1 のときと比べると指示した形に近づいているため、息を使うことへの慣れや、提案システムではメロディパート担当のため強弱をつけることに集中できたと考えられる。

提案システムでは強弱をつけるのは難しいことがわかった。アンケートの質問 (9) でやりやすさが楽しいと感じる理由になったことから、いきなり全ての音を細かく調整できるのではなく、3 段階の範囲でのみ強弱が調整できるな

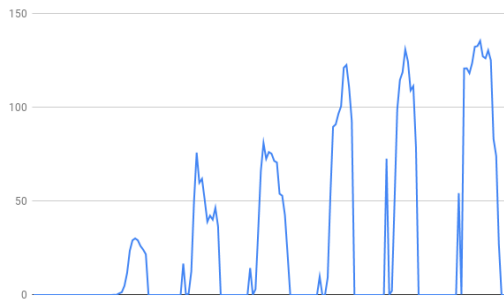


図 20 被験者 A の結果



図 21 被験者 B の結果

どの制限を設けた方が楽器未経験者にとっては操作しやすく、強弱を合わせる楽しさも味わってもらえたのではないかと考えた。また、息継ぎのタイミングに関しての指示は本システムでは行っていなかったため、譜面にマークを入れた方がスムーズに強弱を調整できたかもしれない。

4. 評価実験 2

本実験は、同じ音が 6 音続いている譜面を最も弱い音から最も強い音まで順に吹いてもらい、楽器の強さも 6 段階で増加しているかを調べる。1 人 5 回行い、そのうち最も指示通り演奏できていたものを見る。実験は、実験者と被験者 A, B の 3 人で行う。

結果は図 20, 図 21, 図 22 である。どのグラフも単調増加になっていることから、息の強さが楽器の強弱に反映されており、本システムで息による強弱の制御は可能なことがわかった。しかし被験者 2 人は最後の 2 音のエクスペリメンテーション値が 127 を超えていた。これは設定画面での録音時より演奏中の方が強く吹いた場合に起こる。合奏中にも何度か 127 を超していたため、設定画面で基準値を決めるより、実際に曲を演奏してもらって曲中の最大エクスペリメンテーション値から基準値を決めた方が精度を上げられるのではないかと考えた。

5. 結論

本研究では、楽器未経験者でも合奏の楽しさを味わえるシステムの実現を目指し、タイミングや音の強弱を演奏者が自ら制御できる合奏システムを提案した。

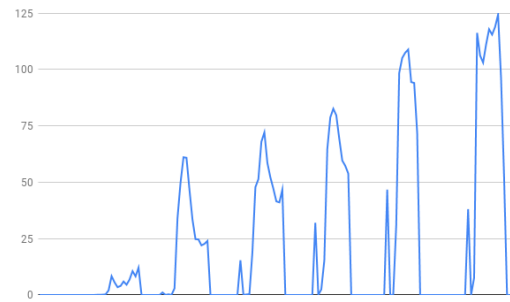


図 22 実験者の結果

評価実験 1 では、本システムでタイミングと強弱を同時に制御することは難しいという結果となった。しかし比較システム 1 に比べ提案システムの方が指示通り強弱を付けられていたことと、今回の実験では 1 つのシステムにつき説明時間も含め使用時間が 25 分と短かったことから、息を吹いて強弱をつける練習をもう少し取り入れれば良い結果になる可能性もあるのではないかと考えられる。

評価実験 2 では、本システムで息による強弱の制御はできるとわかった。しかしエクスペリメンテーション値が 127 を超すことがあるため、基準値を決める際に工夫が必要である。

今後は更に楽器未経験者にとって難しい部分をシステムによって支援し、より簡単にタイミングと音の強弱を制御できるシステムを目指したい。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費〈19K12288〉から支援を受けた。

参考文献

- [1] 任天堂株式会社：“大合奏バンドブラザーズ P”，2013.
- [2] 任天堂株式会社：“Wii Music”，2008.
- [3] 水野創太，他：“即興合奏支援システムのためのスマートフォンセンサーを用いた身体動作認識手法”，情報処理学会 第 79 回全国大会講演論文集，2017.
- [4] 明神聖子，他：“協調演奏支援システム DropSTAR の提案と評価”，情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング EC，Vol. 2006，No. 24，pp. 49-56，2006.
- [5] 仲谷美江，他：“リズムを介した感性協調支援実験”，情報処理学会研究報告 CVIM，Vol. 2003，No. 140，pp. 155-162，2003.
- [6] 宮川洋平，他：“Coloring-in Piano による 2 ステップ打ち込みの提案”，情報処理学会研究報告音楽情報科学 MUS，Vol. 2001，No. 125，pp. 21-26，2001.
- [7] 上田健太郎，他：“Two Finger Piano の改良”，インタラクシオン 2000 論文集，Vol. 2000，No. 4，2000.
- [8] Ge Wang：“Designing Smule’s iPhone Ocarina”，2009.
- [9] 中家武志，他：“演奏の感じを伝える音楽演奏システム”，情報処理学会研究報告 HCI，Vol. 2007，No. 126，pp. 37-44，2007.
- [10] Marcelo Cicconet，他：“On Multi-Touch Interfaces for Music Improvisation: The Blues Machine Project”，2010.
- [11] Rasch，他：“Synchronization in Performed Ensemble Music”，Acustica，Vol. 43，No. 2，pp. 121-131，1979.