

Title	他者に聴かせる練習音量を個別に調整できる集団内での楽器個人練習支援システムの提案と検証
Author(s)	村瀬, ゆり; 高島, 健太郎; 西本, 一志
Citation	情報処理学会研究報告. HCI, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, 2018-HCI-177(2): 1-8
Issue Date	2018-03-09
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/15870
Rights	社団法人 情報処理学会, 村瀬 ゆり, 高島 健太郎, 西本 一志, 情報処理学会研究報告. HCI, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, 2018-HCI-177(2), 2018, 1-8. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

他者に聴かせる練習音量を個別に調整できる 集団内での楽器個人練習支援システムの提案と検証

村瀬ゆり^{†1} 高島健太郎^{†1} 西本一志^{†1}

概要：音楽団体に所属する複数の楽器演奏者が、同一空間で同時に個人練習をすることがある。このような形態の個人練習には、他者の演奏音を聴くことや演奏姿を観察することによって良い点を学んだり、演奏の良くない点を上級者から指導してもらったりできるメリットがある。一方で、他者を気にすることで練習音を聴かれない部分は音量を下げるなど萎縮した演奏をしてしまい、練習に支障が出るというデメリットがある。そこで本稿では、このメリットを活かしつつデメリットを軽減するために、各練習者が、同一空間で練習している他者それぞれに対して自身の練習音量を調整した音をストリーミング配信し、他の練習者の音を聴きながら個人練習ができるシステムを提案する。本システムを利用して個人練習を行うことで、聴かれても良い箇所と聴かれない箇所を相手によって音量調整でき、他者を気にせず個人練習することが可能になり効率的な練習が行えるようになることが期待される。本稿では、システムの概要と構成を説明し、評価実験によって提案手法の有用性を議論する。検証の結果、本システムは集団内での個人練習の効率を向上させる可能性があることが示唆された。

キーワード：集団練習、個人練習、バイオリン

An Individual Practice Support System of Musical Instruments in a Group by Adjusting Sound Volume for Each Other Player

Yuri Murase^{†1} Kentaro Takashima^{†1} Kazushi Nishimoto^{†1}

Abstract: A number of musical instrument players belonging to a music organization sometimes hold individual practice at the same time in the same space. This way of individual practice has advantages that they can learn good points by listening to others' performance and by observing their body motions, and that superior players can teach points where the performance is not good. On the other hand, there is a disadvantage that the practice is hindered: some of the players are atrophied and play some parts to which they do not want to be listened by the other players with very small sound. Therefore, in order to eliminate the disadvantage as well as to make use of the advantages, this paper proposes a supporting system named "GP-Mixer" for individual practice in a group. By using this system, each player can control the sound volume of his/her performance that each of the other players listens to. For instance, he/she can make some players listen to a part louder, while he/she can make the others listen to it with small sound. Thus, this system allows the users to individually practice without worrying about being listened to by some players to whom they do not expect to be listened to the performance, which will bring effective individual practice in a group. This paper describes the system setup, and discusses the usefulness of the proposed system based on the results of user studies. As a result, it was suggested that this system could improve the efficiency of individual practice within the group.

Keywords: Group practice, Individual practice, Violin

1. はじめに

オーケストラなどの音楽団体において、同じ楽器演奏者複数人が同一空間で個人練習をする機会が必ずある。集団内で個人練習をすることのメリットは、他者の演奏する姿や演奏音を参考にできること、他者からのアドバイスを受けられることである。例えば Di Su[1]は、1人で練習していても気付かないことをスタジオ練習で指摘し合うことが効率的な練習方法であり、そのような練習過程が相互理解を深めると述べている。一方で、集団内で個人練習をすることのデメリットは、練習音を聴かれても良い人だけではなく聴かれない人（自分より演奏レベルの高い人や同等

レベルの人など）も存在するために、つい音量を抑えて演奏をし、萎縮した効率の悪い練習になってしまうことがあることである。

本研究の目的は、聴かれてアドバイスをもらうことや他者の演奏姿を参考にすることなどの、集団内での楽器個人練習における既存のメリットを活かしながら、同時に周囲を気にして萎縮した演奏になるようなデメリットを解決することで、集団内での楽器個人練習の効率を向上させることである。その実現のために本稿では、各練習者が、他の練習者に聴こえる自身の演奏音の音量を自由に調整できるシステムを提案し、その有効性を検証する。

2. 関連研究

従来、楽器の個人練習支援では、練習者の練習意欲の維

^{†1} 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
Graduate School of Advanced Science and Technology, Japan
Advanced Institute of Science and Technology

持や、教師がいない場合でも効率良く練習を行えるようにすることが課題になってきた。

村井ら[2]は、バイオリン練習曲を、ポピュラー音楽楽曲の伴奏に自動的に編曲・提示するシステムを提案した。このシステムは、単調で飽きやすいバイオリンの練習曲を、学習者が好んで聴取しているポピュラー音楽などの楽曲に対して、練習曲の要素を含んだ伴奏を自動的に編曲・提示することで、楽器練習意欲を維持・向上させるシステムである。Kia Ng ら[3]は、バイオリン学習者に演奏結果をフィードバックすることや、3D モデルで作られた教師を提示することにより、教師がいない普通の練習でも効率の良い練習を行うことができるシステムを提案した。また楽器練習でのフィードバックの効率を向上させる研究として Sam ら[4]は、リアルタイムの音響分析によって演奏情報を視覚的にフィードバックするシステムを提案している。この提案システムにより、練習者が高速なフィードバックを受け、解釈する速度を大幅に向上させることが可能になった。楽器初心者に対する楽器個人練習支援では、大島ら[5]が初心者の親と子どものための合奏システムを提案している。このシステムは楽器初心者の子どもの家庭内で合奏を通じて音楽によるインタラクションを楽しむシステムである。また子どもと一緒に楽器演奏をしたいという親の願望を実現し、親子間のコミュニケーションの増加、双方の練習意欲の向上を実現した。

これらのような、従来の楽器個人練習支援システムに関する研究は、1 人の練習者に対する支援である。しかしながら、集団内での楽器個人練習支援に関する研究は、著者らの知る限りは存在しない。

また、後述するように、本研究ではインターネットを介して相互に演奏音をやりとりするシステムを構築する。このような、ネットワークを経由した音楽演奏に関する取り組みとして、Oda ら[6]がネットワーク演奏における遅延を低減するために、パーカッションの打撃タイミングと強弱の予測可能性について検討している。この研究での提案システムは、予測されたパーカッションの打撃に関する情報をネットワークを介して送信し、受信側で送信者の打撃が発生するものである。またネットワーク音楽の問題として遅延のリアルタイムコラボレーション障害が挙げられる。この問題を解決するための研究として、リアルタイムで想定された通信遅延にテンポを動的に適合させることで、遅延をソフトウェア機能として組み込むネットワーク楽器を作成する研究[7]や、ネットワークを介して行われる同期演奏における音声通信の新しい方法として、事前に録音された伴奏をライブ演奏に同期させ、ソフトウェアエージェントが演奏家の演奏にリアルタイムで追従する方法を提案している[8]。ネットワーク音楽の応用システムとして LOLA(Low LATency audio visual streaming system)[9]や、ネットワーク対応のオーディオバック楽器として GroupLoop

がある[10]。LOLA は高度なパケットネットワークを介して分散舞台芸術の対話を行うシステムであり、GroupLoop とは複数の音響空間を接続して、1 つのパフォーマンス空間で演奏を行うシステムである。

これらのようにネットワーク音楽の問題点として音の遅延が挙げられ、遅延問題を解決する取り組みが行われている。一方本研究で構築するシステムは、ネットワークを通して合奏するのではなく、集団内での個人練習で自分の演奏中に、自分の演奏とは直接的な関係が無い他者の演奏音が聞こえてくることを実現するものであり、集団での演奏音を同期させる必要がないため、音の遅延に対する問題は少ない。

3. 予備調査

音楽団体では、全員が集まってある楽曲の合奏練習を開始する前に、奏者が集まって当該楽曲を個々に練習する機会がしばしばある。その際には同じ楽器演奏者が近くにいることが多く、容易に他者の練習音を聴くことができる。本研究が支援対象としている、集団内で個人練習をするに關する予備調査として、オーケストラや吹奏楽団などの音楽団体に所属しているアマチュア演奏家ら 82 名を対象にアンケート調査を行った。

アンケートの結果、51%の回答者が「集団の中で個人練習をするとき、周囲の人に練習音を聴かれることを気にしている」と回答した。その中でも特に「自分より演奏レベルの高い人」に聴かれることを気にしている回答者が 62%、「自分と同等レベルの人」に聴かれることを気にしている回答者が 12%いることが明らかになった。また「その他」の自由記述では、「誰でも」、「レベルに関係なく」という回答を得たことから、相手の演奏レベルに関わらず、とにかく誰かに自分の練習音を聴かれることを気にしている人も相当数いることが明らかになった。以上の結果から、集団内で個人練習をする時に、自分の練習音を他の練習者に聴かれることが気になる人が相当数いること、気になる相手は、人それぞれに様々であることが示され、集団内での微妙な人間関係によって個人練習が非効率になっている可能性が示唆された。

4. GP-Mixer

4.1 システム構成

本稿で提案する、集団内での個人練習支援システム GP-Mixer の動作概要を図 1 に示す。利用者は、本システムを用いて他者に対して聴かせる自分の演奏音の音量を調整することができる。たとえば図 1 の例では、利用者 A は、利用者 B に対しては自分の演奏音を 50%の音量で、また利用者 C に対しては自分の演奏音を 80%の音量で聴かせる設定にしている。

本システムは、サーバ・クライアント構成をとり、各利

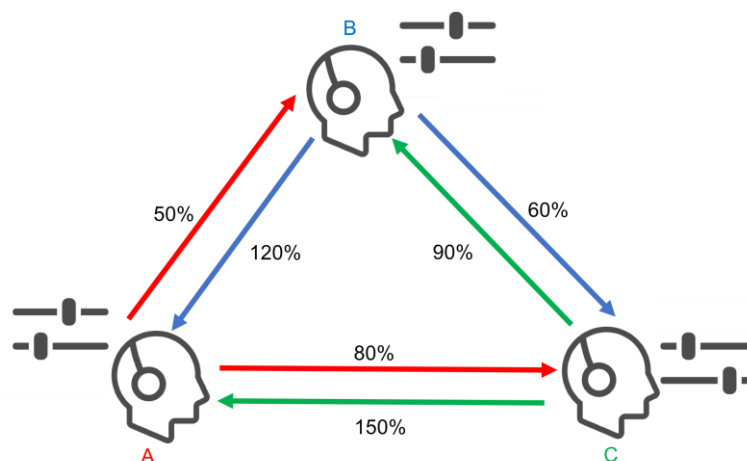


図1 GP-Mixer の動作概要
Figure1 Overview of GP-Mixer

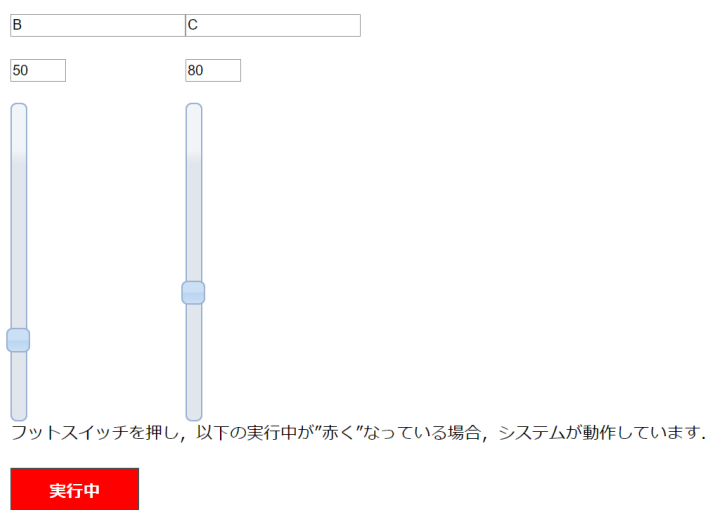


図2 システム実行中の画面
Figure2 Screen during system execution

用者は、それぞれ1台のクライアントPCを利用する。各利用者は、クライアントPC (Microsoft Surface) に接続されたインナーイヤー型ヘッドホンを両耳に装着し、その上から外部からの音を極力遮断するためのイヤーマフを装着して楽器を演奏する。各利用者による楽器の演奏音はマイクを使って、クライアントPCに入力される。入力された演奏音は、後述する演奏音の音量調整を施された上でサーバに送られ、さらに各クライアントPCにストリーミング配信される。各利用者は、ストリーミング配信される他の演奏者の音を聴きながら個人練習を行う。

図2に、クライアントシステム上に表示される音量調整のためのユーザインタフェースを示す。自分以外の他利用者に対して、表示されているスライダーを上下に操作することで、個々の他利用者に聴かせる自分の演奏音の音量を調整することができる。スライダーの設定音量として、何

も音量調整を加えていないデフォルトの状態の音量を100とし、0～200の間で設定可能とした。設定値200の場合は音圧が2倍となり、0では消音となる。図2には、図1の利用者Aによる音量設定を例示している。この場合、Bに対してA自身の音量を50%に設定し、Cに対して80%で聴かせるという設定をしている。

4.2 使用手順

ユーザは <https://voicechat2.mybluemix.net/> に接続し、ユーザIDを入力してログインする。ログイン後、他ユーザのユーザID・音量数値・音量調整スライダーと実行中ボタンが表示される。

個人練習中に、各ユーザはスライダーを上下に操作し、他利用者に聴かせる音量を随時任意に設定できる。通常はデフォルト（設定値100）の音量でストリーミングされるが、設定した音量を適用したい箇所に自分の演奏が到達し

表 1 被験者情報

Table1 Subject information

被験者	A	B	C	D	E	F
バイオリンを始めた年齢 (歳)	30	6	18	19	18	5
バイオリンの演奏年数 (年)	30	31	5	6	7	23
音楽団体 (オーケストラ等) の所属年数 (年)	25	16	6	6	7	9
“第九” の演奏年数 (年)	10	10	3	3	2	4
“第九” の演奏パート	1st	1st	1st	2nd	2nd	2nd
実験 1 回目 (10 分間)	参加	参加	-	参加	参加	-
実験 2 回目 (15 分間)	参加	-	-	参加	参加	参加
実験 3 回目 (20 分間)	参加	-	参加	参加	-	参加

た際に、クライアント PC に接続されているフットスイッチを踏むと、設定した音量が適用される。その際、クライアント PC 上に「実行中」という表示が赤く表示され、音量設定が適用されていることが示される。フットスイッチを放すと、デフォルトの音量 (100) に戻る。なお、各利用者がどのような音量設定にしているかは、その設定をした利用者以外の他利用者には一切通知されない。

GP-Mixer の特徴は、一般的なミキサーとは逆に、聴かせる側 (音の送出側) が音量調整でき、聴く側 (音の受け手側) は相手の音量を調整できないことである。聴かれても良い人と聴かれない人に対する音量調整を相手に知られることなく操作できることにより、「聴いてもらいたい人に聴いてもらう」という集団内で個人練習することのメリットを残しつつ、同時に各練習者それぞれが「聴かれない人に聴かれる」ことによる心理的負担を感じることなく快適に個人練習できる環境を実現できる。

5. 実験

5.1 実験方法

利用者が、提案システムをどのように集団内での個人練習で利用するかに関する検証を行うため、6 名のバイオリン演奏者 A~F を被験者として実験を行った。各被験者の属性情報を表 1 に示す。

1 回あたり 4 人の被験者で、GP-Mixer を週 1 回 10~20 分程度、3 週連続で利用してもらい、毎回実験終了後に記述式のアンケート調査を行った。実験の様子を図 3 に示す。被験者には

GP-Mixer を用いて課題曲であるベートーベン交響曲第 9 番を練習してもらった。実験中には、スライダー操作の様子を把握するために PC 画面と演奏者の姿を録画した。撮影した録画データをもとに、被験者がスライダーを操作した時間・回数、他被験者に対して設定した音量数値、フットスイッチを押した回数、フットスイッチを押していた時間を秒単位で計測した。録画データの分析後、必要に応じて各被験者にインタビューを行った。

5.2 実験結果

GP-Mixer を使用しながら課題曲を集団内で個人練習してもらい、被験者全員の録画データをもとに音量調整の変化、フットスイッチを踏んだ時間を抽出し、ストリーミング配信している音量の時間変化を表した実験結果を図 4 から図 9 に示す。縦軸は音量設定値 (0~200) であり、横軸は経過時間 (秒) を示す。実験 1 回目は 10 分間実験を行ったた



図 3 実験の様子

Figure3 Experimental situation

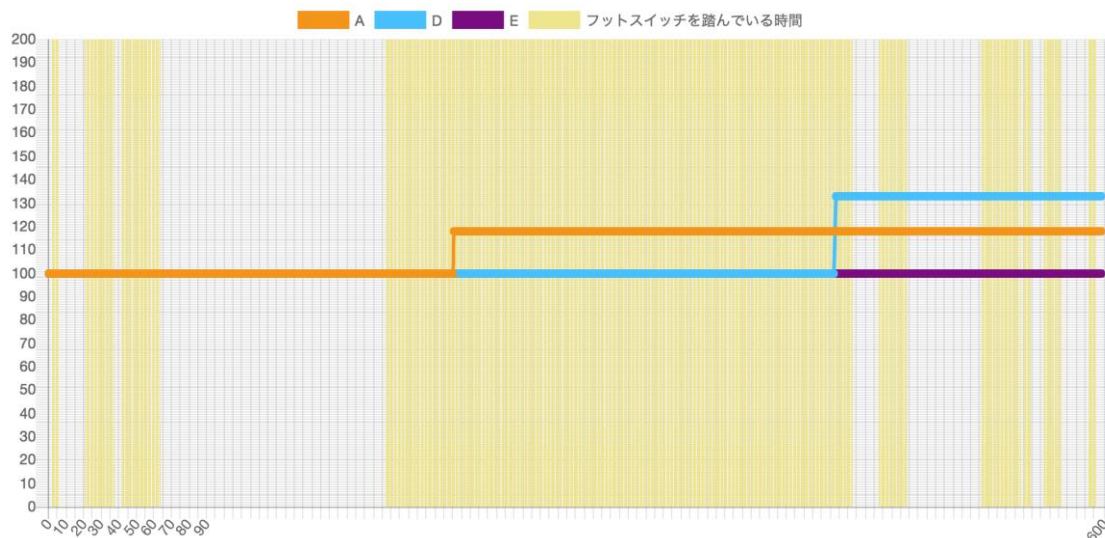


図 4 1 回目：被験者 B の実験結果

Figure4 Experimental result of B in the 1st experiment

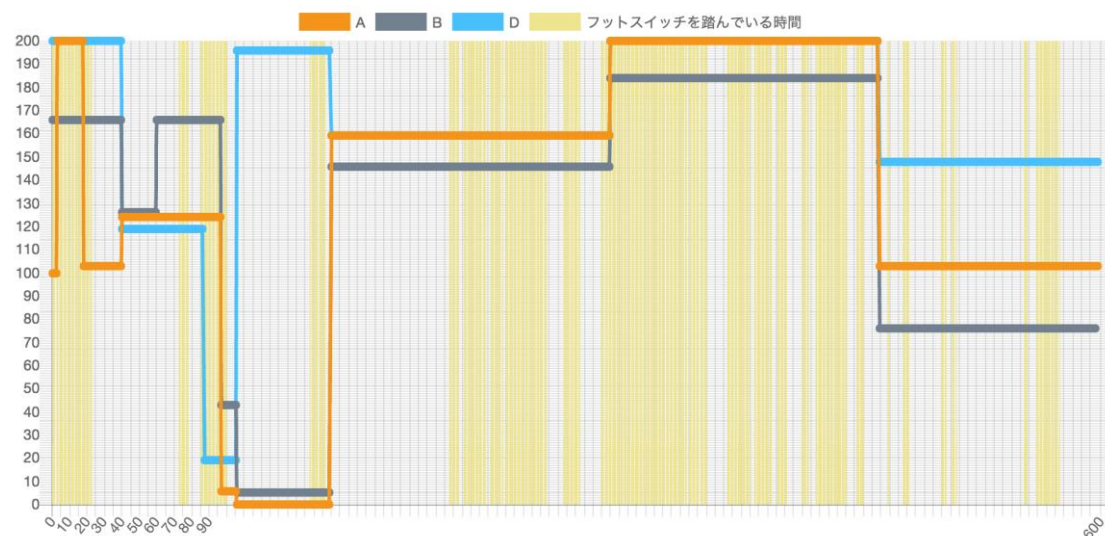


図 5 1 回目：被験者 E の実験結果

Figure5 Experimental result of E in the 1st experiment

め横軸は 600, 2 回目は 15 分間の実験のため 900, 3 回目は 20 分間の実験のため 1200 としている。黄色く塗りつぶされている部分は、被験者がフットスイッチを踏んでいる時間帯を示す。

5.2.1 実験 1 回目結果

被験者 B の実験 1 回目のデータを図 4 に示す。B はフットスイッチを合計 9 回、合計 368 秒踏んだ。開始 232 秒から A に対して音量を 118 まで上げ、次に 449 秒から D に対して音量を 133 まで上げているが、E に対しては音量調整を行っていない。特に、同じパートである A に対して音量を上げている間、フットスイッチを長時間踏んでいることがわかる。

被験者 E の実験 1 回目のデータを図 5 に示す。E はフッ

トスイッチを 25 回、234 秒踏んだ。特に E は他被験者に比べ、極端な音量調整を行っており、フットスイッチの操作も頻繁に行っていることがわかる。実験開始直後から A と D に対して 200 まで音量を上げ、100～200 秒までを見ると 1st パートの A と B に対して音量を下げて 2nd パートの D に対して音量を上げている。このように、パートごとに対照的な音量調整をしている。200～475 秒間では A, B, D の全員に対して音量を上げてフットスイッチを操作して音を送っていることがわかる。

実験 1 回目のアンケート結果, B は「同じパートの人(A)に向けて音量を上げ、音の出し方を伝えたかった」、E は「どのようなレスポンスが返ってくるか気になったためしつこくフットスイッチを踏んだ」と回答した。

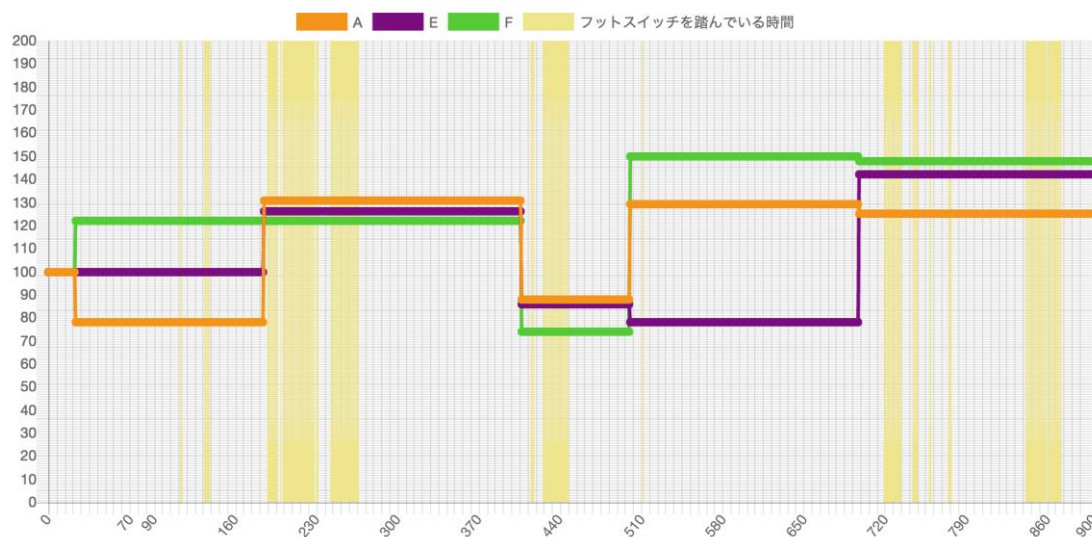


図 6 2 回目：被験者 D の実験結果

Figure6 Experimental result of D in the 2nd experiment

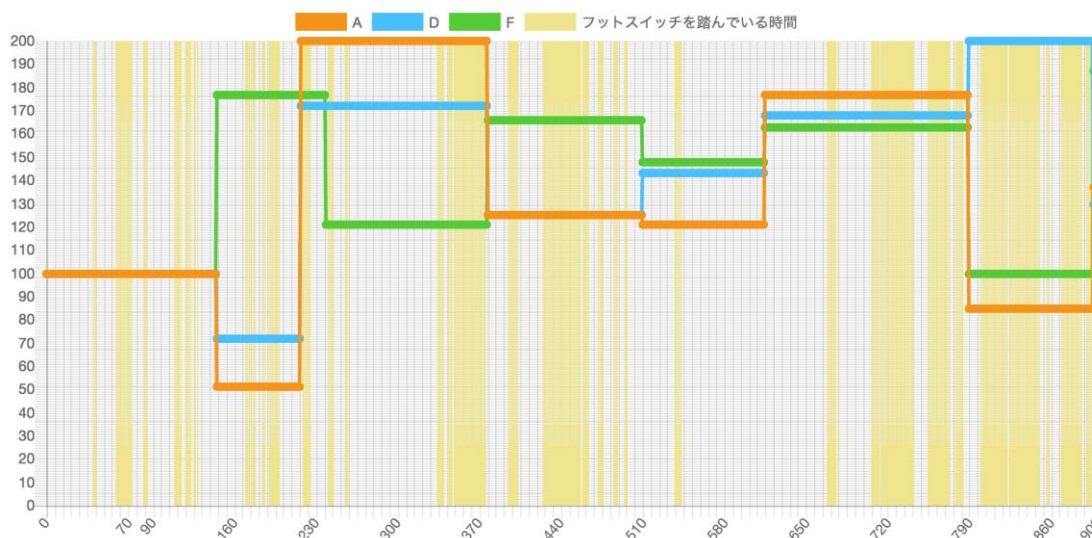


図 7 2 回目：被験者 E の実験結果

Figure7 Experimental result of E in the 2nd experiment

5.2.2 実験 2 回目結果

被験者 D の実験 2 回目のデータを図 6 に示す。D はフットスイッチを合計 13 回、145 秒踏んだ。特に 4 回目は 31 秒、5 回目は 24 秒、7 回目は 22 秒、9 回目は 15 秒、13 回目は 30 秒と長時間踏んでいた。音量調整の変化を見ると、180 秒までは A に対して音量を下げ F に対して音量を上げていることがわかる。その直後から全員に対して音量を上げ、フットスイッチを踏んで全員に音を送信している。更に 409 秒で全員に対して音量を下げ、フットスイッチを踏んでいる。その後、502 秒から A と F に対して音量を上げ、E に対して音量を下げています。

被験者 E の実験 2 回目のデータを図 7 に示す。E はフットスイッチを合計 30 回、310 秒と頻繁に操作した。特に 15

回目は 32 秒、17 回目は 39 秒、23 回目は 36 秒、26 回目は 51 秒と長時間踏んでいた。音量調整の変化を見ると、開始 145 秒は操作しておらず 146 秒から A と D に対して音量を下げ F に対して音量を上げた。その後 A に対して音量を最大の 200 まで上げ、791 秒からは D に対して音量を 200 まで上げている。

実験 2 回目のアンケート結果、D は「自分の音をしっかり聴きつつ、自信のある部分は聴かせようとした」、E は「D の音がよく聴こえたため意識して音量を上げた」と回答した。

5.2.3 実験 3 回目結果

被験者 D の実験 3 回目のデータを図 8 に示す。D はフットスイッチを合計 4 回、48 秒踏んでいる。音量調整の変化

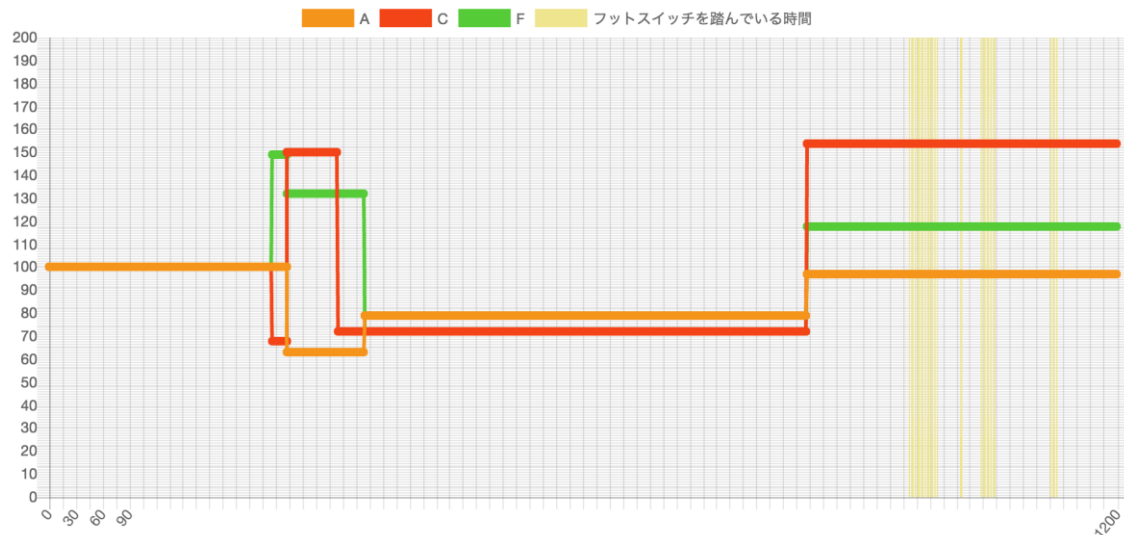


図 8 3 回目：被験者 D の実験結果

Figure8 Experimental result of D in the 3rd experiment

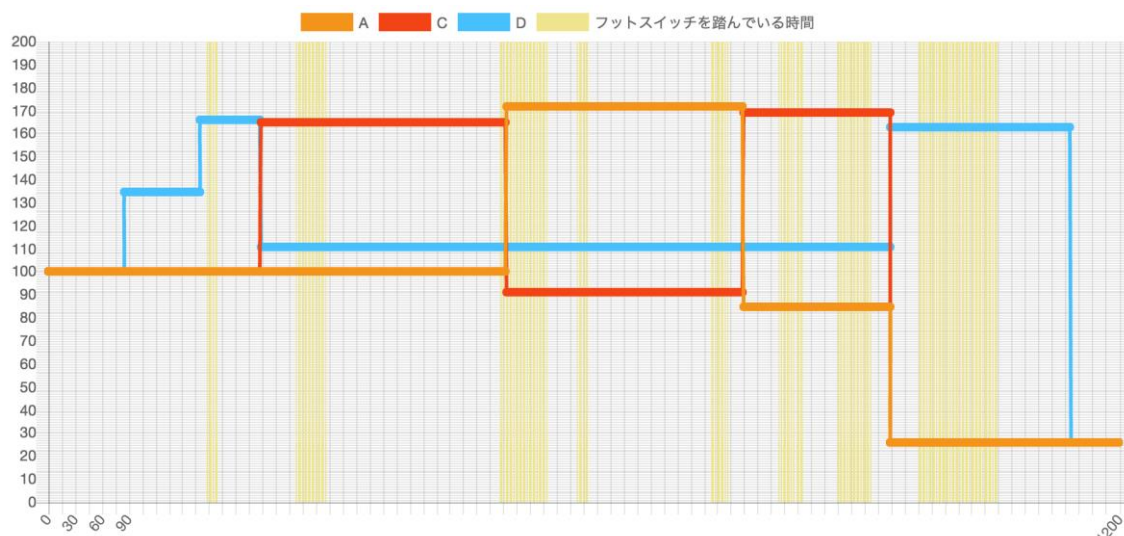


図 9 3 回目：被験者 F の実験結果

Figure9 Experimental result of F in the 3rd experiment

を見ると、全体的に同じような変化をしていることがわかるが、C に対して音量を高めに設定し、A に対して音量を低めに設定している。

被験者 F の実験 3 回目のデータを図 9 に示す。F はフットスイッチを合計 9 回、273 秒踏んでいる。音量変化を見ると、D、C、A、C、D というように他被験者 1 人ずつに対して順番に音量を上げていることがわかる。

実験 3 回目のアンケート結果、D は「自分の音に集中して練習したため、音量は下げ目にした」、F は「個人練習に専念している人に対して音量を下げて邪魔にならないように配慮した」と回答した。

5.2.4 実験後アンケート

実験 3 回目のアンケートでは、毎回のアンケート項目に

加え、集団内での個人練習について、GP-Mixer の良かった点・改善すべき点について回答してもらった。ただし、被験者らは予備調査のアンケートには回答していない。

集団内での個人練習について、「集団の中で個人練習をする時周囲が気になるか」では 6 人中 5 人が「気になる」と回答した。また「人に聴かれていると思うと音程などを気にしすぎて気持ちよく練習できない」というコメントを得た。

次に「どのような人に聴かれるのが気になるか」という質問には、4 人が「自分より演奏レベルの高い人」、2 人が「その他」と回答した。レベルの高い人に聴かれることを気にする人から、「音程が悪いなあとか思われていると思うとやり辛い」、「弾けていないところ（音程・リズム）を聴

かれるのは気になる」と回答を得た。

「どのような人に聴かれてもいいか」という質問には、「レベルの高い人」が1人、「同等レベルの人」が3人、「レベルの低い人」が1人、「その他」が1人であった。レベルの高い人に聴かれてもいいと回答した人は、「アドバイスをもらえるかもしれない」とコメントした。

GP-Mixer の良かった点では、「自分の音を聴かせたい時に使える」、「自分の音に集中できる」、「人によって音量を変えられるのは面白い」、「自分の存在をアピールできる」などの回答を得た。一方、改善すべき点は「自分の音が少し遅れて聴こえてくるため、聴きすぎると普段通りに弾けない」、「音が途切れる」、「有線が弾く時に邪魔だったのでコードレスにしてほしい」、「相手がどこのページを弾いているのか興味があり、相手の譜面が見られると良いと思った」などの回答を得ることができた。

6. 考察

5章で示した実験の結果から、聴かれてアドバイスをもらうことや他者の演奏姿を参考にするなどの、集団内での楽器個人練習における既存のメリットを活かしながら、周囲を気にして萎縮した演奏になるようなデメリットを、提案手法によって解決できる可能性が示唆された。実際、苦手な部分では音量を下げめにして練習することで、他者を気にせず個人練習している場面も見られた。

録画分析の結果、同じパートの人や一緒に演奏をする機会が多い人、付き合いの長い人に対して音量を高めにし、演奏レベルの高い人に対して音量を低めにする傾向がみられた。我々は当初、レベルの高い人や同等レベルの人に対して音量を下げ、レベルの低い人に対して音量を上げる使い方をすると予想していた。しかし実際にはより複雑な設定がなされており、集団内での微妙な人間関係が影響を及ぼしていることが推測された。

一方でアンケートからは、「音量を上げることで自分の存在をアピールできる」、「自分の音を聴かせたい時や、参考にして欲しい時に使える」という意見があり、我々が当初想定していなかった使い方がされることも示された。

以上から、いくつか当初想定していた用法とは異なる用法がなされたケースも見られたが、集団内での個人練習中に他者に対して聴こえる自身の練習音量を変化させることを可能にすることで、他者を気にせず萎縮した個人練習を防ぐことができ効率的な練習が実現できるという、我々の仮説は、おおむね支持されたと言える。よって、本システムには有用性があると考えられる。

ただし、アンケートから「自分の出した音が少し遅れて聴こえてくるため、聴きすぎると普段通りに弾けない」という意見があった。これは自身の練習音を他者のマイクが拾ったことにより、自身の練習音が遅延して聞こえてきたものと考えられる。自身の練習音の遅延を解決するために

は、関連研究で挙げたネットワーク音楽の遅延問題を解決した技術を使用して無遅延化させる必要がある。また「相手の弾いている箇所を知りたい、相手の楽譜が見られると良い」という意見もあり、GP-Mixer に他者の練習箇所を可視化する機能も付加させることでさらに効率のよい集団内での個人練習環境が実現できると考えられる。

7. 結論

本研究では集団内で周囲の人を気にせず、効率よく個人練習できる環境を提供することを目的として、各練習者が、他の練習者に対して聴かせる自身の演奏音の音量を自由に調整できるシステム GP-Mixer を提案し、その有効性を検証した。実験からは、提案システムを用いることによって集団内での個人練習の効率化を促進させる可能性が示された。

今後、集団内での個人練習をより効率的なものにするためには、無遅延化の技術を取り入れる必要がある。また無遅延化を可能にした後、他者の練習している箇所を可視化させる必要があると考えられる。これらを実現することで、アンサンブルをしながら練習をすることが可能になることにより、集団内の個人練習の支援に留まらず集団内でのアンサンブル練習の支援にも繋がるようにしたい。

謝辞 本研究での調査・実験にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。本研究は JSPS 科研費 JP26280126 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Di Su : Fundamental Concepts in Violin Studio Teaching: Sharing Thought with New Teachers, pp.34-37, 2016
- [2] 村井孝明, 西本一志 : Amuse étude : 楽器の練習意欲維持のために練習曲を他楽曲の伴奏に編曲するシステム, 情報処理学会 インタラクシオン 2015, pp.1-8, 2015
- [3] Kia Ng, Tillman Weyde, Paolo Nesi : I-MAESTRO: TECHNOLOGY ENHANCED LEARNING FOR MUSIC
- [4] Sam Ferguson, Andrew Vande Moere, Densil Cabrera : Seeing Sound: Real-time Visualisation in Visual Feedback Loops used for Training Musicians, 2005
- [5] 大島千佳, 西本一志 : Family Ensemble: 初心者の子どものための合奏システム, インタラクシオン 2004 論文集 情報処理学会シンポジウムシリーズ 2004, pp.105-112, 2004
- [6] Reid Oda, Adam Finkelstein, Rebecca Fiebrink : Towards Note-Level Prediction for Networked Music Performance, 2013
- [7] Álvaro Barbosa, Jorge Cardoso, Gunter Geiger : Network Latency Adaptive Tempo in the Public Sound Objects System, 2005
- [8] Chrisoula Alexandraki, Rolf Bader : Using Computer Accompaniment to Assist Networked Music Performance, pp.1-10, 2014
- [9] Carlo Drioli, Claudio Allocchio, Nicola Buso : Networked Performances and Natural Interaction via LOLA: Low High Quality A/V Streaming System, pp.240-250, 2013.
- [10] David B. Ramsay, Joseph A. Paradiso : GroupLoop: A collaborative, Network-Enabled Audio Feedback Instrument, pp.1-10, 2015.