

Title	集団内の人間関係を考慮した楽器個人練習システム
Author(s)	村瀬, ゆり
Citation	
Issue Date	2018-06
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/15346">http://hdl.handle.net/10119/15346</a>
Rights	
Description	Supervisor:西本 一志, 先端科学技術研究科, 修士 (知識科学)

# 修 士 論 文

## 集団内の人間関係を考慮した 楽器個人練習支援システム

1610186 村瀬 ゆり

主指導教員 西本 一志  
審査委員主査 西本 一志  
審査委員 宮田 一乗  
由井園 隆也  
吉高 淳夫

北陸先端科学技術大学院大学  
先端科学技術研究科 [知識科学]

平成 30 年 5 月

Personal practice support system for  
musical instruments considering human relations  
within group

Yuri Murase

School of Advanced Science and Technology,  
Japan Advanced Institute of Science and Technology

May 2018

keywords: Group practice, Personal practice, Human relations, Violin

Some musical instrument players belonging to a music organization sometimes have opportunities to individually practice the musical instruments together at the same time in the same space. Personal practice in such a situation has an advantage of learning by listening to the others' performances as well as of having advices from advanced players. On the other hand, however, there is a disadvantage that some of them feel awkward to care about some other players, which hinders their practice. Therefore, in this thesis, in order to reduce the disadvantage as well as to make the most of the advantage, I propose a system named "GP-Mixer," which allows each player to control his/her practice sound volume that is listened to by the other players for one by one. By using this system, each player becomes able

to adjust his/her practice sound volume considering relationship with each other player. I describe the system set up and discuss usefulness of the proposed system based on results of user studies. As a result, it was suggested that this system can improve the efficiency of individual practice within the group.

In chapter 2, I overview several related works. Chapter 3 describes pre-liminary survey about personal practice within a group. In Chapter 4, the outline of the proposed system is illustrated. Chapter 5 describes user studies and the results. Based on the results, usefulness of this system is discussed. Chapter 6 concludes this thesis.

Copyright ©2018 by Yuri Murase

# 目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	研究の背景と目的	1
1.2	本論文の構成	1
第 2 章	関連研究	2
2.1	楽器個人練習支援システム	2
2.2	ネットワーク音楽に関する取り組み	3
第 3 章	予備調査	4
第 4 章	GP-Mixer	10
4.1	システム名	10
4.2	システム構成	10
4.3	使用手順	12
第 5 章	実験	13
5.1	実験方法	13
5.2	実験結果および考察	14
第 6 章	考察	30
6.1	考察	30
6.2	課題	31
6.3	今後の展望	31
	謝辞	32

# 表目次

5.1	被験者情報 . . . . .	13
5.2	音量調整した回数 (回) . . . . .	24
5.3	フットスイッチを踏んだ回数 (回) . . . . .	24
5.4	フットスイッチを踏んだ時間 (秒) . . . . .	24

# 目次

3.1	予備アンケート項目 1 . . . . .	6
3.2	予備アンケート項目 2 . . . . .	6
3.3	予備アンケート項目 3 . . . . .	6
3.4	予備アンケート項目 4 . . . . .	6
3.5	予備アンケート項目 5 . . . . .	7
3.6	予備アンケート項目 6 . . . . .	7
3.7	予備アンケート項目 7 . . . . .	7
3.8	予備アンケート項目 8 . . . . .	7
3.9	予備アンケート項目 9 . . . . .	8
3.10	予備アンケート項目 10 . . . . .	8
3.11	予備アンケート項目 11 . . . . .	8
3.12	予備アンケート項目 12 . . . . .	8
3.13	予備アンケート項目 13 . . . . .	9
3.14	予備アンケート項目 14 . . . . .	9
4.1	システム構成図 . . . . .	10
4.2	システム実行中の画面 . . . . .	11
5.1	実験の様子 . . . . .	14
5.2	被験者 A の結果 . . . . .	15
5.3	被験者 B の結果 . . . . .	16
5.4	被験者 D の結果 . . . . .	16
5.5	被験者 E の結果 . . . . .	17
5.6	被験者 A の結果 . . . . .	18
5.7	被験者 D の結果 . . . . .	19
5.8	被験者 E の結果 . . . . .	19
5.9	被験者 F の結果 . . . . .	20
5.10	被験者 A の結果 . . . . .	21

5.11	被験者 C の結果 . . . . .	22
5.12	被験者 D の結果 . . . . .	22
5.13	被験者 F の結果 . . . . .	23
5.14	実験後アンケート項目 1 . . . . .	26
5.15	実験後アンケート項目 2 . . . . .	26
5.16	実験後アンケート項目 3 . . . . .	26
5.17	実験後アンケート項目 4 . . . . .	26
5.18	実験後アンケート項目 5 . . . . .	27
5.19	実験後アンケート項目 6 . . . . .	27
5.20	実験後アンケート項目 7 . . . . .	27



# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究の背景と目的

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することが可能であること、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[8] 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）も存在するために、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、同時に集団内の人間関係を考慮し、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、他の練習者に聞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。

### 1.2 本論文の構成

第 2 章では関連研究、第 3 章では集団内で個人練習をすることについての予備調査結果について述べる。第 4 章では、提案するシステムの概要を説明する。第 5 章では、提案システムを使用した実験の概要と結果を述べ、それに基づいた本システムの有用性を議論する。第 6 章は考察である。

## 第 2 章

# 関連研究

### 2.1 楽器個人練習支援システム

従来，楽器の個人練習支援では，練習者の練習意欲の維持や，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 [10] 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 [6] 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，教師がいない普段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 [5] は，リアルタイムの音響分析によるリアルタイムの音の視覚をフィードバックとして使用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る。

楽器初心者に対する楽器個人練習支援では，大島ら [9] 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するシステムを提案した。

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り，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。

## 2.2 ネットワーク音楽に関する取り組み

ネットワーク音楽に関する研究では、Oda ら [7] 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 [2] 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 [4]。

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) [1] 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 [3]。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、一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。本研究ではネットワークを通して合奏することを目的とするのではなく、集団内での個人練習で自分の演奏中に他者の演奏音が聴こえてくる必要があるため、音の遅延に対する問題は少ない。

## 第3章

# 予備調査

音楽団体では、全員が集まって合奏練習を開始する前に、奏者が集まってその日に合奏で練習する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ことに関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。以下にアンケート項目を示す。

1. 年齢
2. 性別
3. オーケストラでの主な演奏楽器
4. 上記の楽器を始めた年齢
  - 0-5 歳, 6-10 歳, 11-15 歳, 16-20 歳, 20 歳以上
5. 上記の楽器の演奏年数
  - 0-5 年, 6-10 年, 11-15 年, 16-20 年, 20 年以上
6. オーケストラ所属年数
  - 0-5 年・ 6-10 年・ 11-15 年・ 16-20 年・ 20 年以上
7. 現在所属している、あるいは以前所属していたオーケストラの練習頻度
  - 毎日・週 4-6 日・週 1-3 日・月 3 日程度・月 2 日程度・月 1 日以下
8. 個人練習の頻度
  - 毎日・週 4-6 日・週 1-3 日・月 3 日程度・月 2 日程度・月 1 日以下
9. 個人練習の時間
  - 30 分以下・ 30 分以上 1 時間未満・ 1 時間以上 2 時間未満・ 2 時間以上 3 時間未満・ 3 時間以上
10. 主な個人練習場所
  - 自宅・スタジオ・オーケストラの練習場・その他

11. 集団の中で個人練習をするとき（合奏前など）に，周囲の人に自分の練習音を聴かれることが気になりますか
  - はい・いいえ
12. “はい”と答えた方に聞きます．誰に聴かれることが気になりますか
  - 自分より演奏レベルの高い人・自分より演奏レベルの低い人・自分と同等レベルの人・その他
13. その中で“聴かれたくない人”，“聴いて欲しい人（聴かれても良い人）”，“どちらでもない人”が存在しますか
  - はい・いいえ
14. “はい”と答えた方に聞きます．誰に聴いて欲しい（聴かれても良い）ですか
  - 自分より演奏レベルの高い人・自分より演奏レベルの低い人・自分と同等レベルの人・その他

上記のアンケート項目の結果を図3.1～図3.14に示す．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たくないと思う人が相当数いること，聴かれたくない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的になっている可能性が示唆された．

年齢

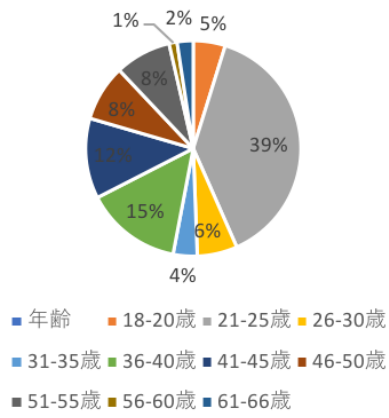


図3.1 予備アンケート項目 1

性別

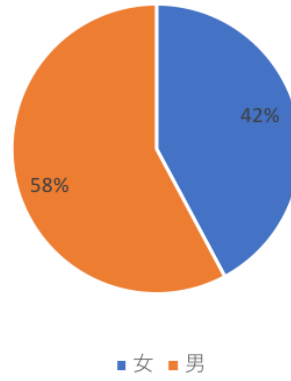


図3.2 予備アンケート項目 2

オーケストラでの主な演奏楽器

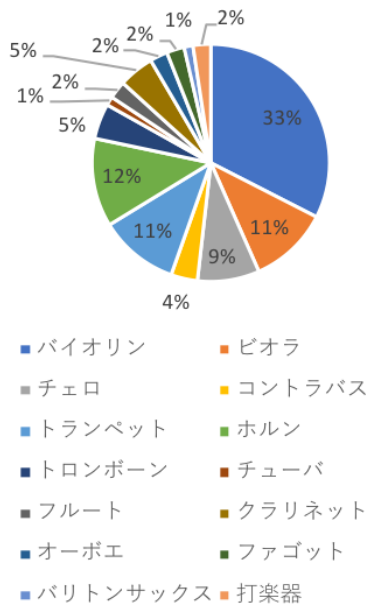


図3.3 予備アンケート項目 3

上記の楽器を始めた年齢

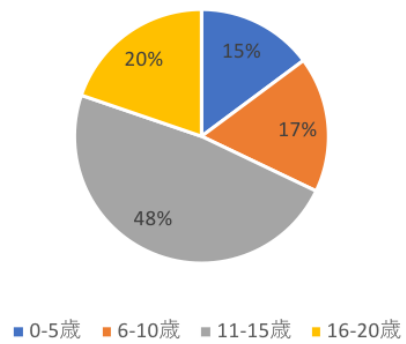


図3.4 予備アンケート項目 4

上記の楽器の演奏年数

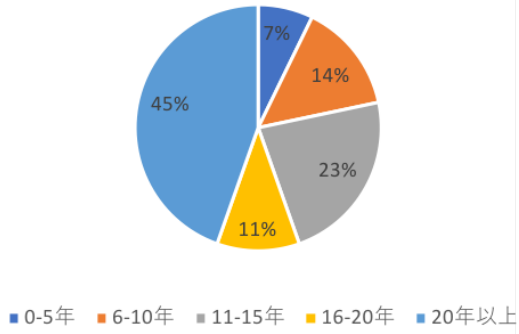


図3.5 予備アンケート項目 5

オーケストラ所属年数

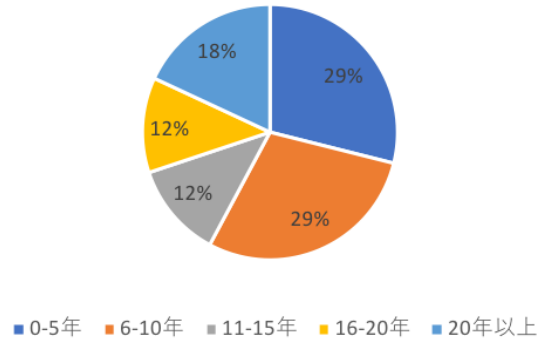


図3.6 予備アンケート項目 6

オーケストラの練習頻度

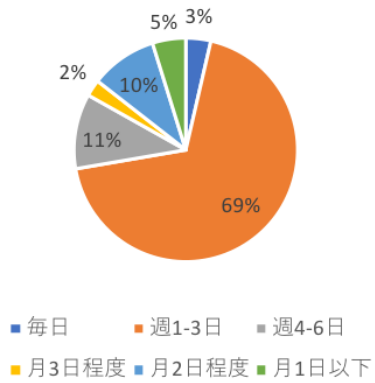


図3.7 予備アンケート項目 7

個人練習の頻度

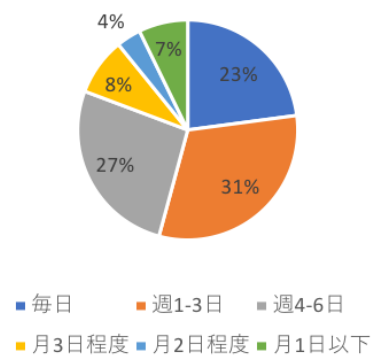


図3.8 予備アンケート項目 8

1回あたりの個人練習時間

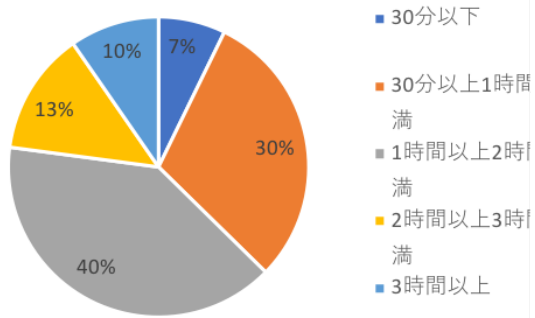


図3.9 予備アンケート項目 9

主な個人練習場所

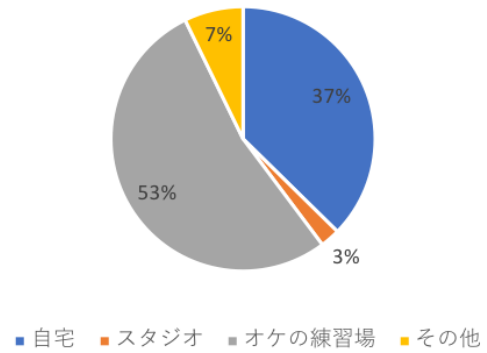


図3.10 予備アンケート項目 10

集団の中で個人練習をする時周囲が気になりますか

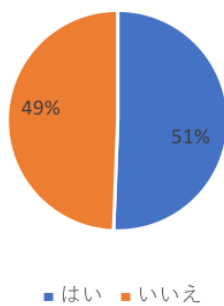


図3.11 予備アンケート項目 11

誰に聴かれるのが気になるか

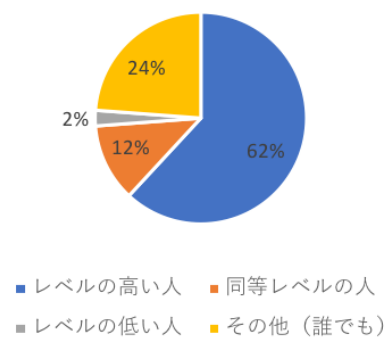


図3.12 予備アンケート項目 12



その中で聴かれたくない人が存在するか

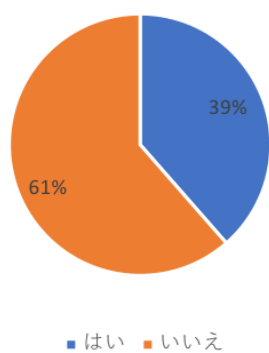


図3.13 予備アンケート項目 13

誰に聴いてほしい・聴かれても良いか

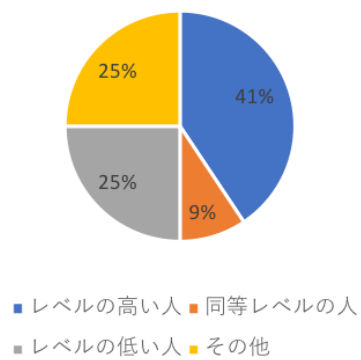


図3.14 予備アンケート項目 14

## 第 4 章

# GP-Mixer

### 4.1 システム名

本研究で開発したシステムを”GP-Mixer”と名付けた。本システムは集団内での個人練習中に他の練習者に対して自身の練習音量を調整したものをストリーミング配信するため、集団練習と個人練習のミキサーと表現した。

### 4.2 システム構成

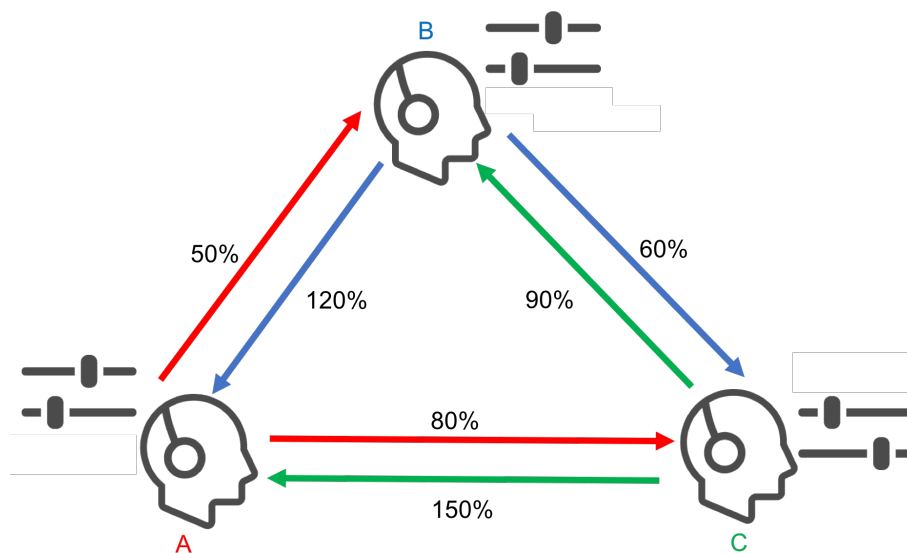


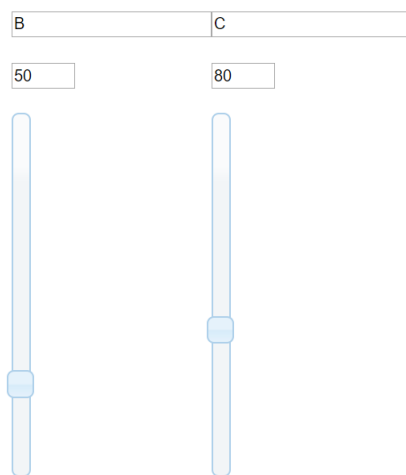
図4.1 システム構成図

本稿で提案するシステム GP-Mixer の動作概念図を図4.1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4.1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ロフォンを使って、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。本研究では合奏ではなく個人練習を行うことから、ネットワークによる音の遅延に関する問題は少ない。

図4.2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4.2には、図4.1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。



フットスイッチを押し、以下の実行中が“赤く”なっている場合、システムが動作しています。



図4.2 システム実行中の画面

## 4.3 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。これにより聴かれても良い人と聴かれたく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、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。

## 第 5 章

# 実験

第 5 章ではユーザが GP-Mixer を集団内での個人練習中にどのように使用し、どのような人に対して音量調整を行っているかを検証することを目的として、GP-Mixer を使用しながら集団内で個人練習を行う実験をする。ただし、被験者らには本研究の目的を説明せず機能面のみを説明し、自由に本システムを使用しながら個人練習をしてもらった。

### 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,B,C,D,E,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5.1に示す。

表5.1 被験者情報

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

1 回あたり 4 名の被験者で、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5.1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。



図5.1 実験の様子

## 5.2 実験結果および考察

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5.2から図5.13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め横軸は 600、2 回目は 15 分実験のため 900、3 回目は 20 分実験のため 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を示す。各被験者の実験データの後に、アンケート回答結果を示す。

### 5.2.1 実験 1 回目

実験 1 回目では A,B,D,E が参加し、10 分間 GP-Mixer を使用しながら課題曲を個人練習してもらった。

被験者 A の実験 1 回目のデータを図5.2に示す。A は音量調整を一度も行わず、フ

ットスイッチを2秒踏んだ。しかし音量調整を行わずットスイッチを2秒しか踏んでいないため、他被験者には何も影響していない。一方、被験者 B,D,E は音量調整とットスイッチの両方を操作していた。

被験者 B の実験 1 回目のデータを図5.3に示す。B はットスイッチを合計 9 回、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、ットスイッチを長時間踏んでいることがわかる。

被験者 D の実験 1 回目のデータをの図5.4に示す。D はットスイッチを合計 6 回、67 秒踏んだ。ットスイッチを踏んでいる時間は短いものの、音量変化がパートごとに明らかに対照的であることがわかる。A と B は 1st パートであり、D と E は 2nd パートである。A と B に対して音量を下げた場合 E に対して音量を上げ、A と B に対して音量を上げた場合 E に対して音量を下げていることがわかる。

被験者 E の実験 1 回目のデータを図5.5に示す。E はットスイッチを 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、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と 2nd パートの D に対して音量を上げるように、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ットスイッチを操作して音を送っていることがわかる。

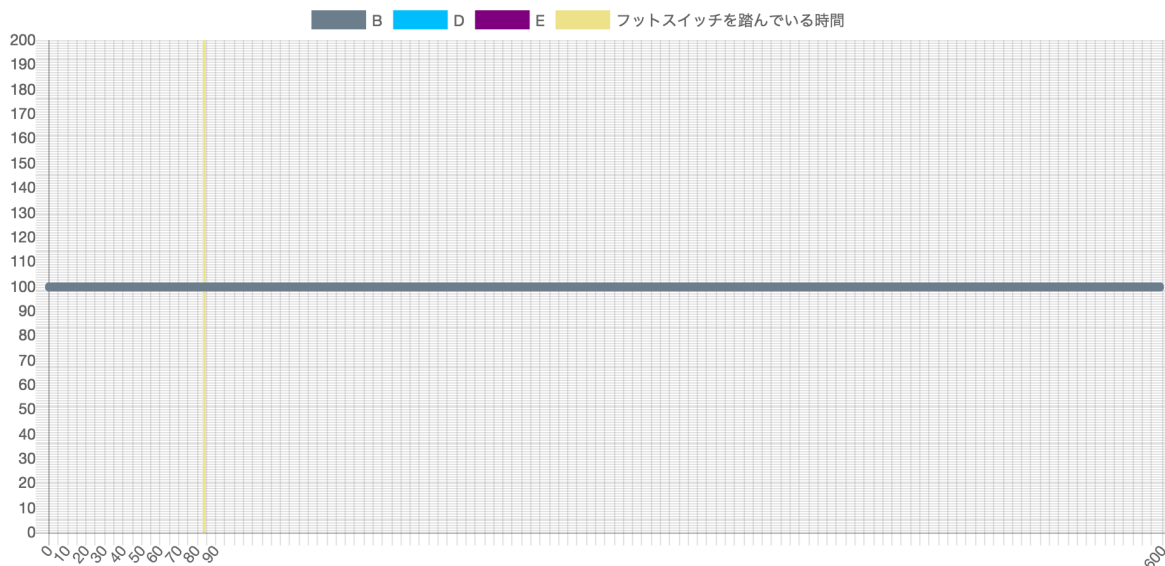


図5.2 被験者 A の結果

実験 1 回目終了後、各被験者に対してアンケートを実施した。アンケートの設問と



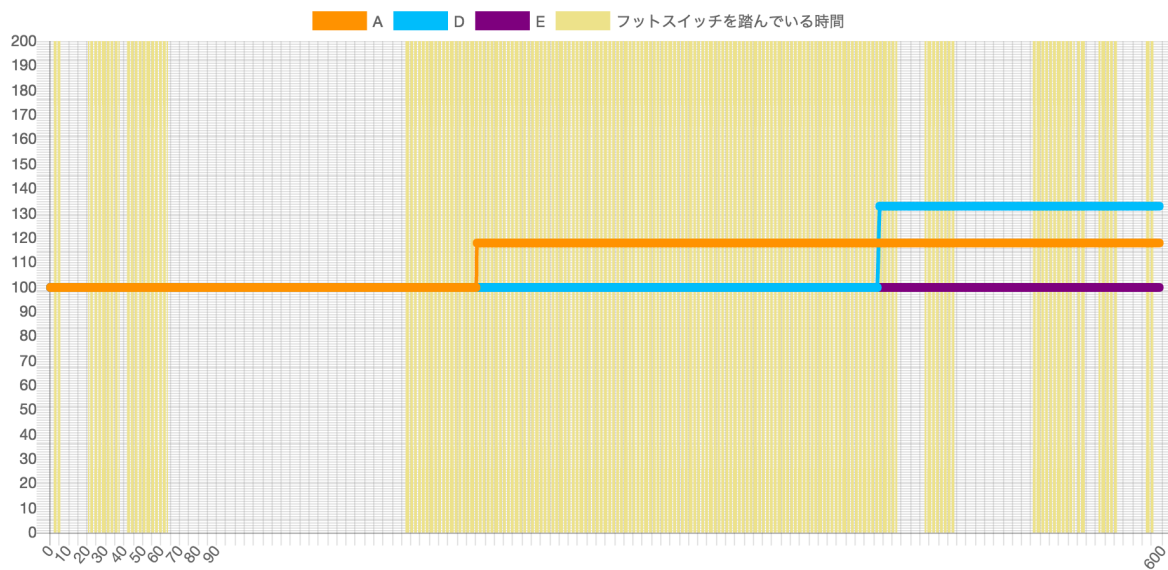


図5.3 被験者 B の結果

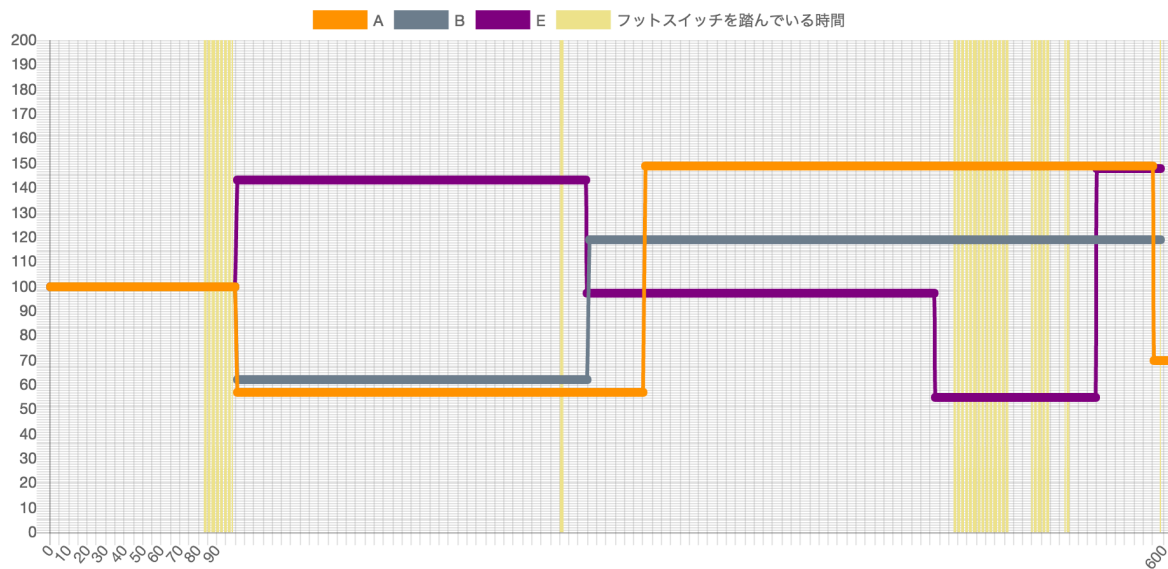


図5.4 被験者 D の結果

回答は、以下の通りである。

実験 1 回目アンケート項目

1. どのような操作をしましたか
2. なぜ上記のような操作をしましたか



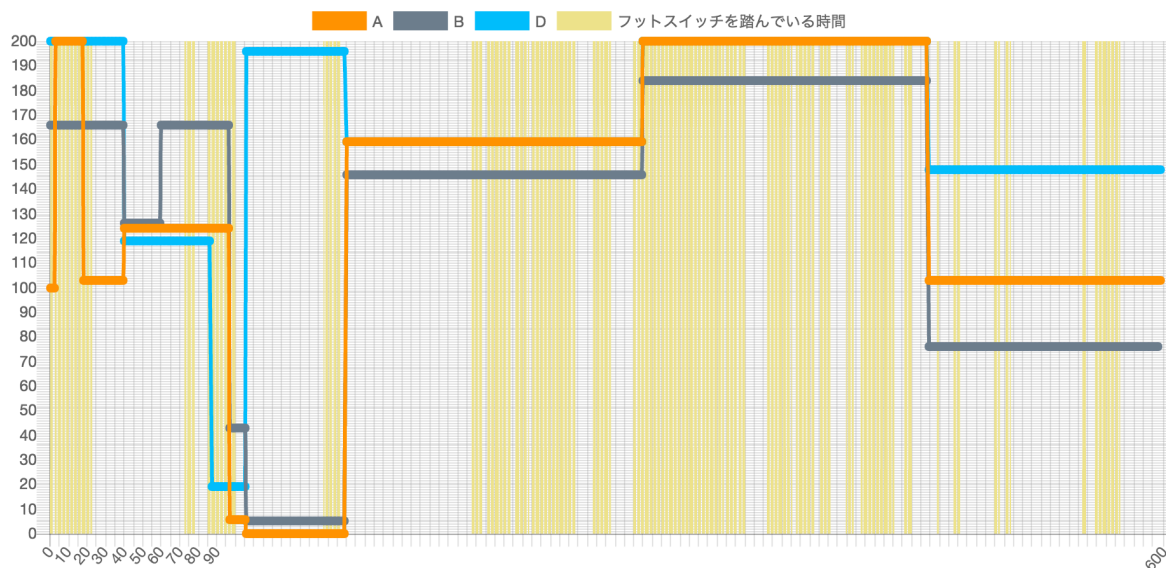


図5.5 被験者 E の結果

#### 実験 1 回目アンケート結果

- 被験者 A
  1. 回答なし
  2. 回答なし
- 被験者 B
  1. 同じパートの人に向けて少し音量を上げた
  2. 音の出し方を伝えたかった
- 被験者 D
  1. 同じパートの人に対して音量を上げた
  2. 前半は他人の音を聴くことをメインにしていたのであまりフットスイッチを踏んでいなかった
- 被験者 E
  1. 全員にまんべんなく音を届けた
  2. どのようなレスポンスが返ってくるか気になったので、しつこくフットスイッチを踏んだ

#### 5.2.2 実験 2 回目

実験 2 回目には A,D,E,F が参加し、15 分間 GP-Mixer を使用しながら課題曲を個人練習してもらった。

被験者 A の実験 2 回目のデータを図5.6に示す。A はフットスイッチを合計 4 回、33 秒踏んだ。1 回目は 1 秒、2 回目は 23 秒、3 回目は 3 秒、4 回目は 6 秒踏んでいた。今回の実験では A と同じ 1st パートの被験者がいなかったため、パートを意識した操作は見られなかった。D に対しては音量調整を一度も行っておらず、特に F に対して音量調整を頻繁に行っていることがわかる。

被験者 D の実験 2 回目のデータを図5.7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5.8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。

被験者 F の実験 2 回目のデータを図5.9に示す。F は実験 2 回目から参加した。F はフットスイッチを操作せず音量調整を D に対してのみを行った。A と F に対しては一度も操作をせず、D に対して音量を高めめに設定していた。フットスイッチを踏んでいないため他被験者には何も影響していない。

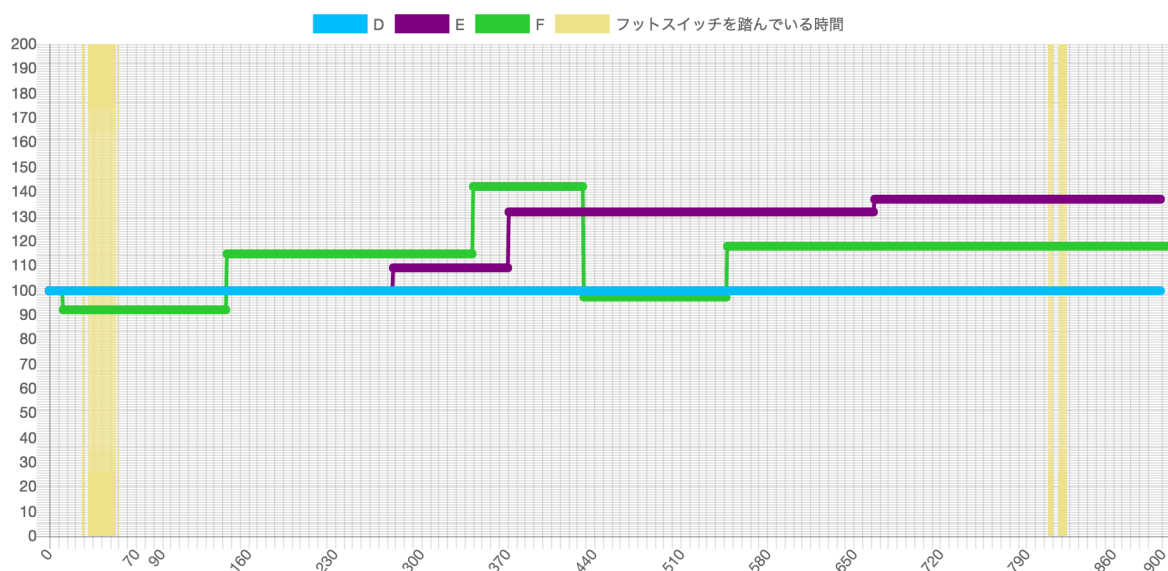


図5.6 被験者 A の結果

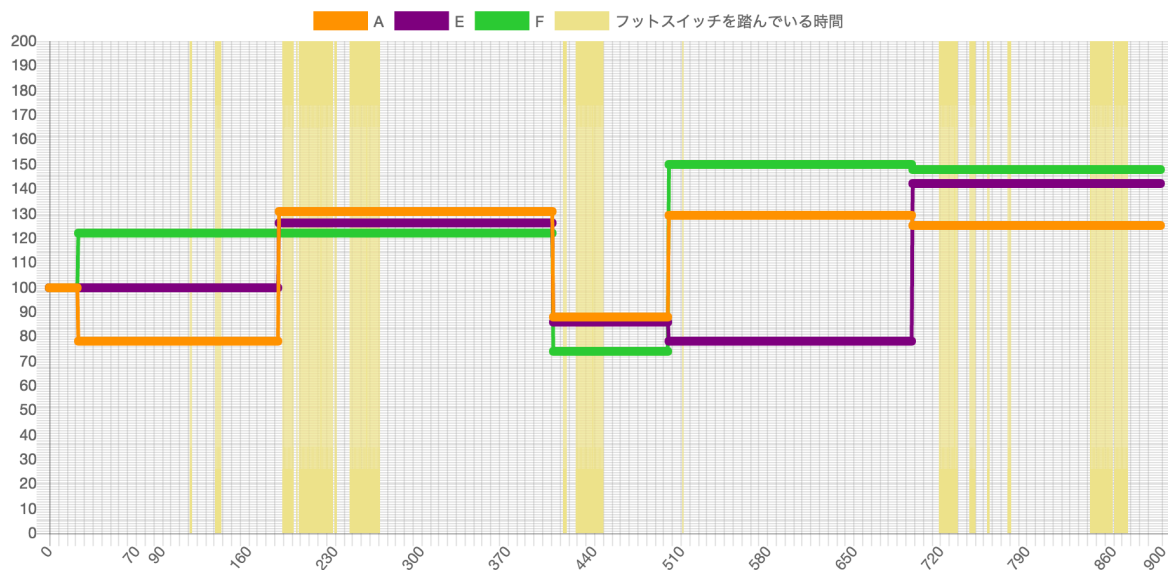


図5.7 被験者 D の結果

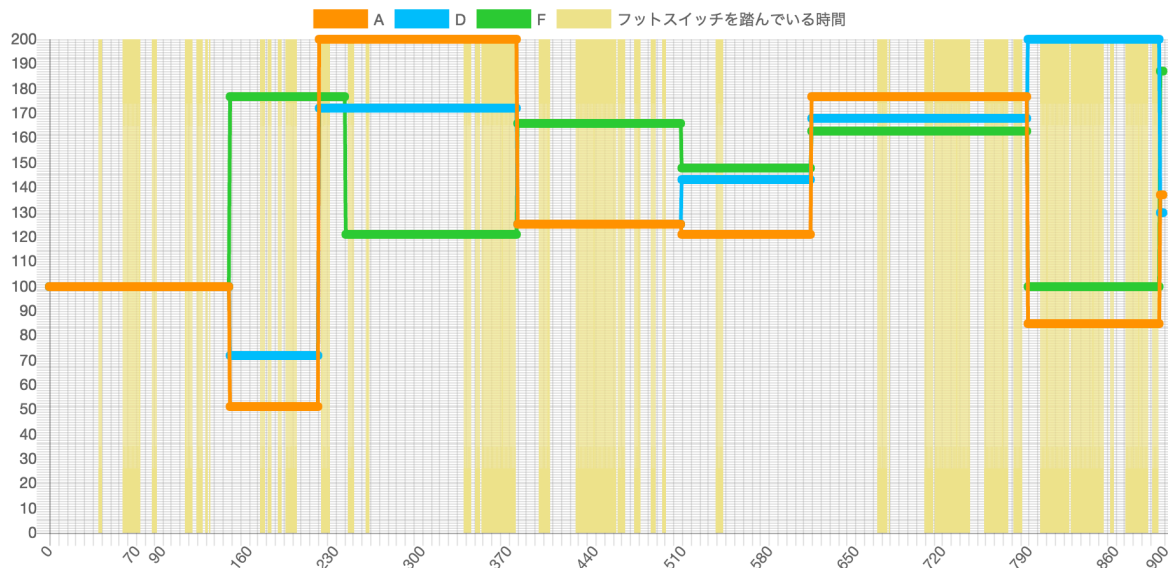


図5.8 被験者 E の結果

実験 2 回目終了後、各被験者に対してアンケートを実施した。アンケートの設問と回答は、以下の通りである。

#### 実験 2 回目アンケート項目

1. どのような操作をしましたか
2. なぜ上記のような操作をしましたか
3. 今回の実験で何を意識しましたか (実験 2 回目以降)

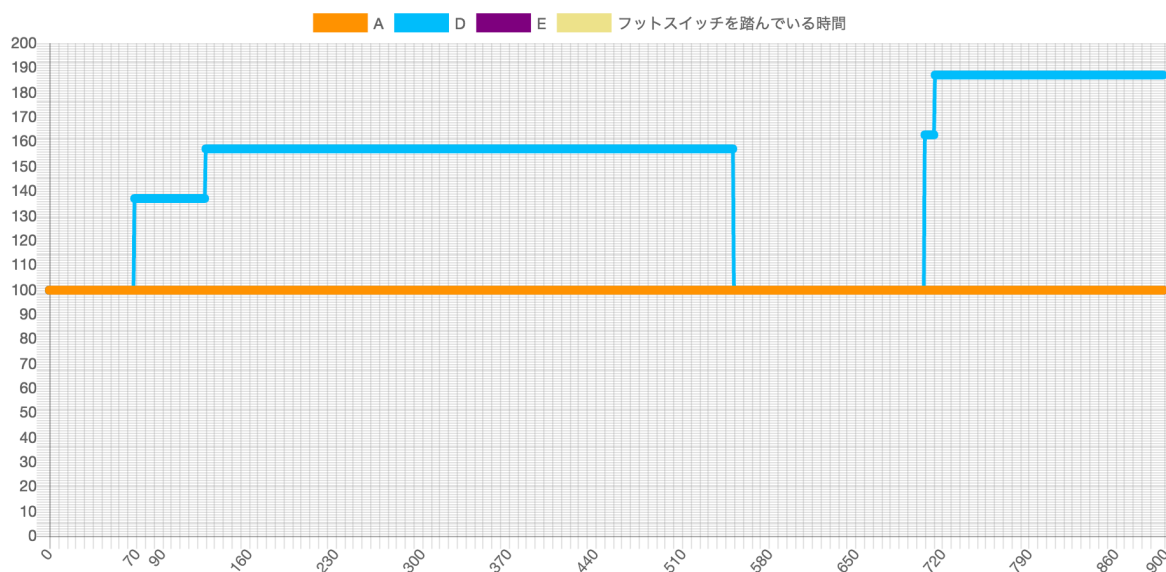


図5.9 被験者 F の結果

## 実験 2 回目アンケート結果

- 被験者 A
  1. 回答なし
  2. 同じパートの人がいない中で合わせて弾けないか? と思ったため
  3. 1 回目よりフットスイッチを多く踏んだ
- 被験者 D
  1. 3 人とも基本的に大きな音量で聴こえるようにしていた
  2. 自分の音をしっかり聴きつつ, 多少自信のある部分は聴かせようとした
  3. 1 回目よりもフットスイッチを踏む時間を増やした. 音量は基本的に高めにした
- 被験者 E
  1. 基本的にまんべんなく音量をいじった. 途中 D を意識して音量を上げた
  2. D の音がよく聴こえたのでお返しをした
  3. 音がよく聴こえる人に対して音量を上げた
- 被験者 F (初回の実験のためアンケート項目は 1,2 のみ)
  1. 同じ楽章を練習している人に対して音量を上げた
  2. 自分がアンサンブルの練習をしたい箇所をアピールするため

### 5.2.3 実験 3 回目

実験 3 回目には A,C,D,F が参加し、20 分間 GP-Mixer を使用しながら課題曲を個人練習してもらった。

被験者 A の実験 3 回目のデータを図5.10に示す。A はフットスイッチを操作せず音量調整しか操作していないため、他被験者には何も影響していない。音量変化を見るとデフォルトの音量 (100) から下げることは一度もなく、全員に対して音量を上げている。F, D, C, F というように他被験者一人ずつに対して順番に音量を上げていることがわかる。

被験者 C の実験 3 回目のデータを図5.11に示す。C は今回の実験のみ参加した。C はフットスイッチを合計 23 回、348 秒踏んだ。音量調整の変化を見ると、0 ~ 200 まで操作し大きく変化していることがわかる。特に 295 ~ 483 秒、544 ~ 670 秒、909 秒以降では同じパートである A に対して音量を上げているとき、フットスイッチを頻繁に操作していることがわかる。

被験者 D の実験 3 回目のデータを図5.12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めに設定し、A に対して音量を低めに設定してる。

被験者 F の実験 3 回目のデータを図5.13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、C と同様に、D, C, A, C, D というように他被験者一人ずつに対して順番に音量を上げていることがわかる。

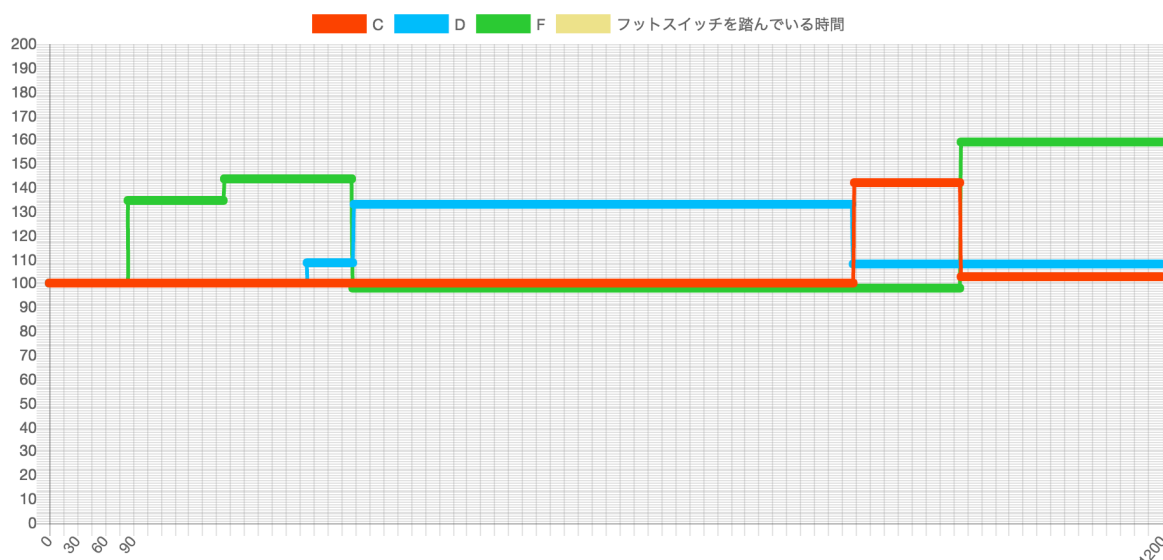


図5.10 被験者 A の結果

実験 3 回目終了後、各被験者に対してアンケートを実施した。アンケートの設問と



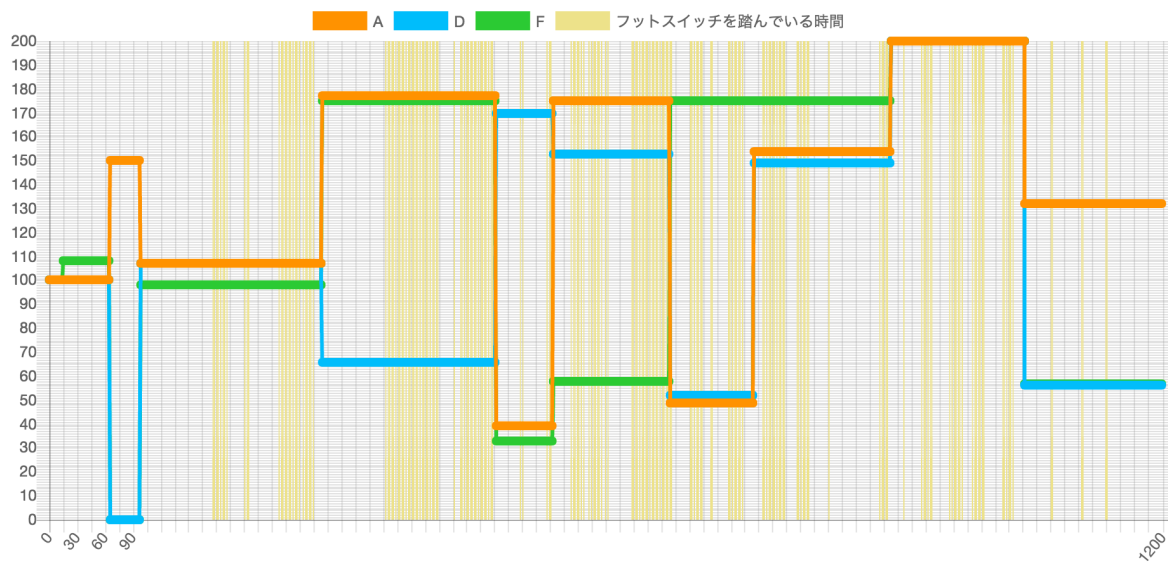


図5.11 被験者 C の結果

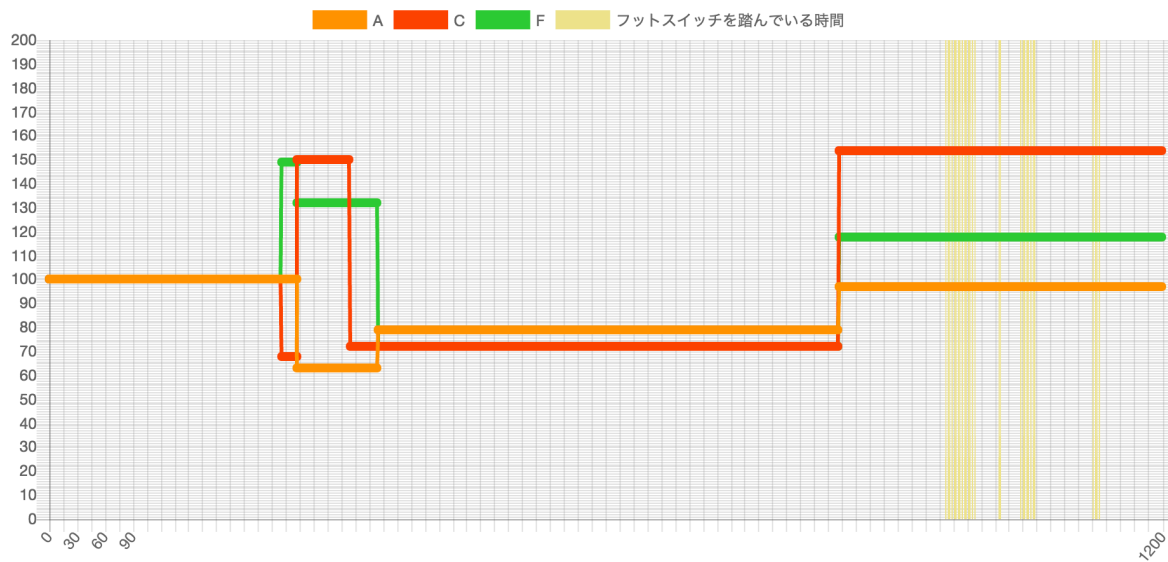


図5.12 被験者 D の結果

回答は、以下の通りである。

実験 3 回目アンケート項目

1. どのような操作をしましたか
2. なぜ上記のような操作をしましたか
3. 今回の実験で何を意識しましたか

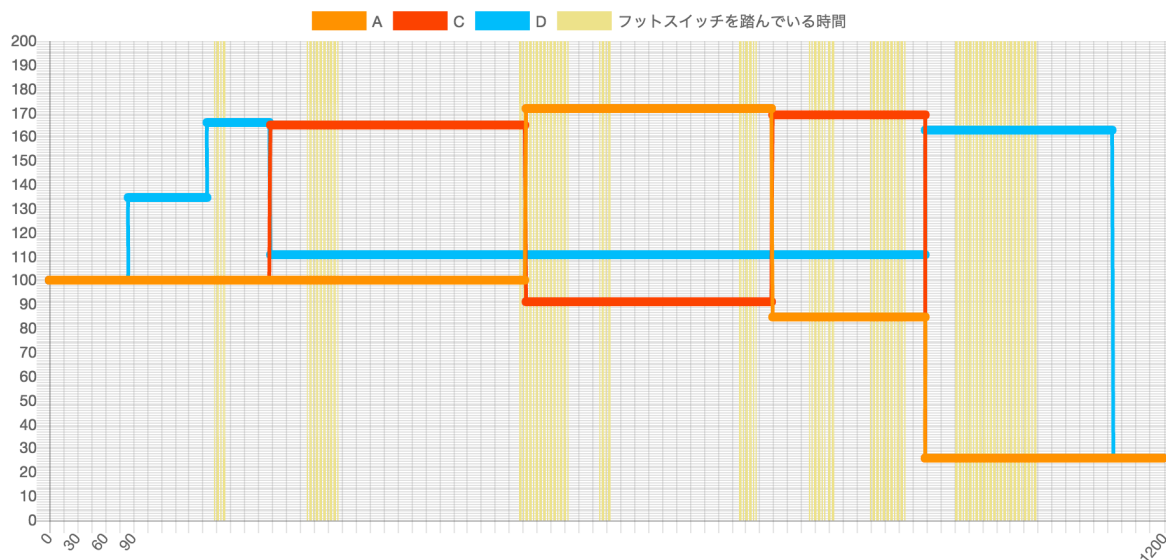


図5.13 被験者 F の結果

### 実験 3 回目アンケート結果

- 被験者 A
  1. いろいろな人に音量を上げてみた
  2. いろいろ聴こえてきたので
  3. フットスイッチを長めに踏んだ

補足：A はフットスイッチを実験 2 回目より長めに踏んだと回答しているが、データを見ると一度もフットスイッチを踏んでいないことがわかる。これは A がフットスイッチを軽めに踏んでいたなどの原因から、システム側が反応していなかったことが考えられる。
- 被験者 C (初回の実験のためアンケート項目は 1,2 のみ)
  1. 弾いている途中でペダルを踏んだり踏まなかったりした
  2. 自分は同じ音量で弾いていても、相手に伝える音量を要所要所で変えた
- 被験者 D
  1. フットスイッチを多めに踏んだ。これまでよりも音量下げ目で弾いた
  2. 自分の音に集中して練習したため、音量は下げ目にした
  3. 音量下げめで弾く時間を増やした
- 被験者 F
  1. 伴奏をしたい人に対して合わせて欲しいので音量を上げた
  2. 個人練習に専念している人に対しては音量を下げることで邪魔にならないように配慮した

### 3. もう少し考えながらスライダーを操作した

#### 5.2.4 実験データまとめ

以下に実験データのまとめとして、各被験者の音量調整をした回数、フットスイッチを踏んだ回数、フットスイッチを踏んだ時間を実験ごとに表5.2～表5.4に示す。

表5.2 音量調整した回数 (回)

被験者	A	B	C	D	E	F
実験 1 回目	0	9	-	4	9	-
実験 2 回目	7	-	-	6	8	5
実験 3 回目	5	-	10	4	-	6

表5.3 フットスイッチを踏んだ回数 (回)

被験者	A	B	C	D	E	F
実験 1 回目	1	2	-	6	25	-
実験 2 回目	4	-	-	13	30	0
実験 3 回目	0	-	33	4	-	9

表5.4 フットスイッチを踏んだ時間 (秒)

被験者	A	B	C	D	E	F
実験 1 回目	1	368	-	54	234	-
実験 2 回目	33	-	-	145	310	0
実験 3 回目	0	-	348	48	-	273

#### 5.2.5 最終アンケート

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、本システムの良かった点・改善すべき点について回答してもらった。以下にアンケート項目とアンケート結果を示す。

##### 1. 集団内で個人練習をする際に周囲が気になりますか

- はい・いいえ



2. 普段の集団内（合奏前等）での個人練習と、本システムを利用して集団内で個人練習をした場合での違いはありましたか
  - あり・なし
3. 相手（周囲の各練習者）によって音量を変えましたか
  - 変えた・変えなかった
4. どのような人に聴かれるのが気になりますか（聴かれたくない箇所等を）
  - 自分より演奏レベルの高い人・自分より演奏レベルの低い人・自分と同等レベルの人・その他
5. どのような人に聴かれても良いと思いますか
  - 自分より演奏レベルの高い人・自分より演奏レベルの低い人・自分と同等レベルの人・その他
6. どのような人に対して音量を上げましたか
  - 自分より演奏レベルの高い人・自分より演奏レベルの低い人・自分と同等レベルの人・その他
7. どのような人に対して音量を下げましたか
  - 自分より演奏レベルの高い人・自分より演奏レベルの低い人・自分と同等レベルの人・その他
8. 相手による違いは何ですか
  - 相手が参考にしてほしいかどうか
  - 特に意識せずに音量を変えた（全員に対して上げ下げした）
  - 同等レベルの人に対して音量を上げ目にした傾向はあったかもしれない
  - 自分より明らかに上手な人に聴かれていると思うとのびのび練習できない
  - 自分の練習したい付近を相手が練習しているかどうか
9. 本システムのよかったところ
  - いろいろな人の生音が聴けて参考になる
  - 周りの人の音がよく聴こえるので、自分の音を聴かせたい時には使えると
  - 人の声などの雑音が聴こえなかったのでバイオリンの音（自分の音も他人の音も）に集中できた
  - 自分の音に集中できた
  - 人によって音量を変えられるのは面白い
  - フットスイッチを押すと音が届く
  - 自分の存在をアピールできること
10. 改善すべき点
  - 自分の音が時間差で聴こえてきて、時々リズムが違ったかと思った（3連符や16分、8分などの細かい音符）

- 自分の出した音が少し遅れて聴こえるので、聴きすぎると普段通りに弾けない
- 違いを聴き取ることが難しかった
- ブチブチ音が途切れるのが気になった
- イヤホンの有線が弾くのに邪魔だったのでコードレスだと良いと思った
- 相手がどこのページを弾いているのか興味があり、相手の譜面が見れると良いと思った

集団の中で個人練習をする時周囲が気になりますか

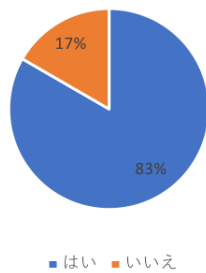


図5.14 実験後アンケート項目 1

どのような人に聴かれるのが気になりますか

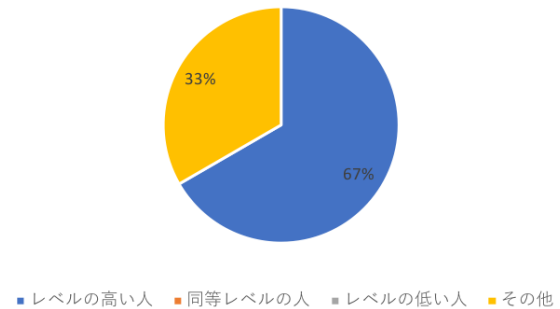


図5.15 実験後アンケート項目 2

どのような人に聴かれても良いか

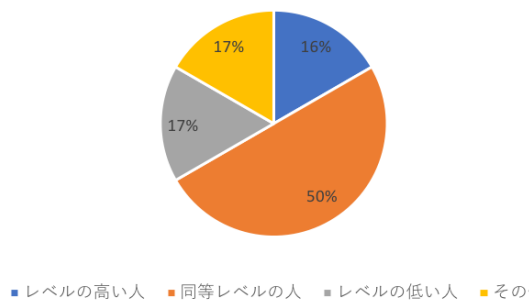


図5.16 実験後アンケート項目 3

普段の集団内での個人練習との違いはあったか

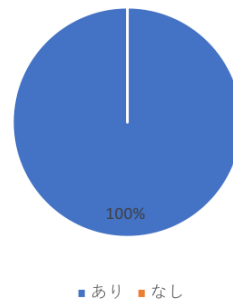


図5.17 実験後アンケート項目 4

## 5.2.6 実験後インタビュー

実験終了後、録画データを分析した後、アンケートや録画分析で気になった点を被験者 B,C,D,E にインタビューした。以下にアンケートの設問と回答は以下の通りである。

相手によって音量を変えたか

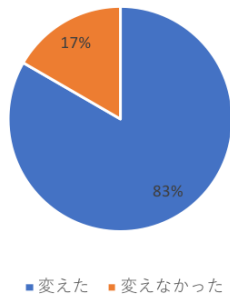


図5.18 実験後アンケート項目 5

どのような人に対して音量を上げたか

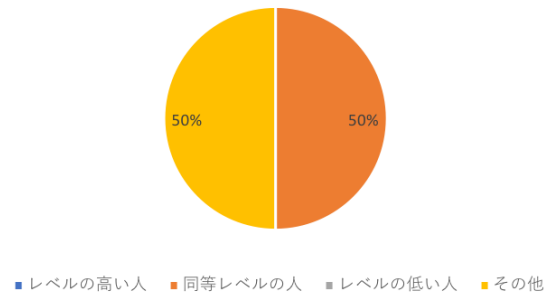


図5.19 実験後アンケート項目 6

どのような人に対して音量を下げたか

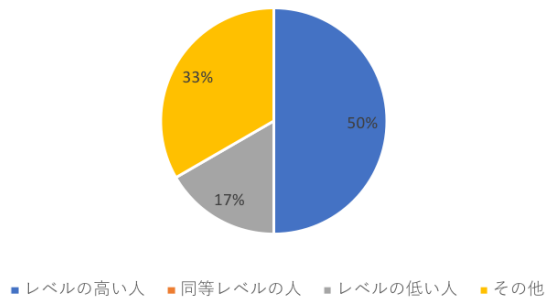


図5.20 実験後アンケート項目 7

### 被験者 B

- 実験 1 回目：A に対して音を上げたのはなぜか
  - 同じパートの人に向けて音量を上げて音の出し方を伝えたかった

### 被験者 C

- 実験 3 回目：2 回目の音量調整で D と F に対して 0 にしたのは A に聴かせたかったからか
  - A は普段練習のときに話している人なので、親しみがあり聴かせたいと思ったから
- 実験 3 回目：音量調整 10 回目で D に音量を上げ、A と F に下げたのはなぜか
  - 9 回目まで A と F を音量大、D を音量小にしていた、逆にして色々変化さ

せたいと思ったから

- 実験 3 回目：A と F に音量高め (音量調整 7,8,9 回目) で長時間踏んでいたのはなぜか
  - 他の人に自分の音がどのように聞こえているのか気になったから (特に人は意識していない)
- 実験 3 回目：A に対して音量高めで長時間踏んでいるのが多いのは同じパートだからか
  - A は普段同じパートと一緒に引く機会が多いので、自分の音を聞いてもらうことに抵抗感が少なかったから

#### 被験者 D

- 実験 1 回目：フットスイッチを一番長く踏んでいる 3 回目に 1st の 2 人に音量を上げて、同パートの E に下げているのはなぜか
  - あまり意識はしていないが、せっかくなら違うパートの動きが聴こえたら面白いと思った
- 実験 1 回目：1st と 2nd で逆の操作をしているのはなぜか (パートを意識している?)
  - パートを意識してセットで音量を変えていた
- 実験 2 回目：全体的に音量上げ目だったのはなぜか
  - 自分の音に集中して練習ができて聴かせられる音になると思った
- 実験 2 回目：音量調整 7 回目で一気に下げたのはなぜか
  - あまり自信がない箇所を練習するから
- 実験 2 回目：10 回目の音量調整で E に音量を上げたのはなぜか
  - 旧知の中で一番音を聴かせやすい相手だから
- 実験 2 回目：押している時間がかなり増えたのは聴かせたり、聴かせたくない箇所が多かったから?
  - せっかく弾いている音が他人に届かないのはつまらないと思った
- 実験 3 回目：2 回目に比べてかなり操作回数が減ったがなぜか (操作忘れ?)
  - しっかり踏めていなかったのかも (最初から結構踏んでいるつもりだった)

#### 被験者 E

- 実験 1 回目：短時間でフットスイッチを何回も操作したのはなぜか
  - あまり意識はしていませんでした。基本的に、弾く時には踏んでいた感じです。

- 実験 1 回目：音量変化の緩急が大きいのはなぜか
  - 中途半端にやっても変化がわかりづらいと思ったから
- 実験 1 回目：B に対して他の 2 人に比べて音量が低いのはなぜか
  - バイオリンがお上手な B に自分の練習を聴かれるのが、恥ずかしかったからかも
- 実験 1 回目：D に対して全体的に音量高めなのはなぜか
  - A とは逆に、D とは学生時代からよく練習していたし、自分の音をきかせるのに抵抗がなかったのかもしれませんが、彼の音がよく聞こえた気がしたので、それに返す意味でも大きくした場面もあった気がします。
- 実験 2 回目：A と D は似たような操作をしているのに対し、F は反対なのはなぜか
  - 前回の練習に F がいなかったことや、F のことをあまりよくわかっていないのもあって、F に特別な意識があったのかもしれませんが

## 第6章

# 考察

### 6.1 考察

以上の結果から、本研究の目的である、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、同時に集団内の人間関係を考慮し、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。

筆者の仮説は、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が可能になることで、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点である。また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。ストーリーミングで音の遅延が問題として挙げられているが、合奏をするのではなく個人練習をする際に他者の練習音が聴こえる必要があるため遅延問題は少ないとした。

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あるといえる。筆者が予想していた、苦手な部分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。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、筆者が予想していなかった使い方がされることが示された。これらのことから筆者の仮説は支持され、さらに幅広い使い方をすることができるといえる。

## 6.2 課題

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。

しかしながら、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に聴こえてくる練習音が遅延していたと考えられる。そのため、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完全に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。

## 6.3 今後の展望

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

本研究を進めるにあたり，ご指導頂いた主指導教員である西本一志教授に感謝致します。同研究室 D2 の生田氏には，システム開発を進めていく上で JavaScript や WebRTC など基礎から多くのことを学ばせて頂きました。また実験に協力して頂いた，石川フィルハーモニーの団員の方々にも感謝致します。

最後に，本研究を進める中で様々な助言をして頂いた西本研究室の皆様に対して，心より感謝致します。



# 参考文献

- [1] Carlo Drioli and Claudio Allocchio and Nicola Buso. In *Networked Performances and Natural Interaction via LOLA: Low High Quality A/V Streaming System*, pages 240–250, 2013.
- [2] Alvaro Barbosa and Jorge Cardoso and Gunter Geiger Fiebrink. In *Network Latency Adaptive Tempo in the Public Sound Objects System*, 2005.
- [3] David B. Ramsay and Joseph A. Paradiso. In *GroupLoop: A Collaborative, Network-Enabled Audio Feedback Instrument*, pages 251–254, 2015.
- [4] Chrisoula Alexandraki and Rolf Bader. In *Using Computer Accompaniment to Assist Networked Music Performance*, pages 1–10, Jan 2014.
- [5] Sam Ferguson, Andrew Vande Moere, and Densil Cabrera. In *Seeing Sound: Real-time Visualisation in Visual Feedback Loop used for Training Musicians*, 2005.
- [6] Kia Ng, Tillman Wayde, and Paolo Nesi. In *I-MAESTRO: TECHNOLOGY-ENHANCED LEARNING FOR MUSIC*.
- [7] Reid Oda, Adam Finkelstein, and Rebecca Fiebrink. In *Towards Note-Level Prediction for Networked Music Performance*, 2013.
- [8] Di Su. In *Fundamental Concepts in Violin Studio Teaching: Sharing Thought with New Teachers*, pages 34–37, May 2016.
- [9] 大島千佳 and 西本一志. In *Family Ensemble: 初心者の親と子どものための合奏システム*, pages 1–8.
- [10] 村井孝明 and 西本一志. In *Amuse Etude: 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*, pages 361–366. 情報処理学会 インタラクシオン 2015, Mar 2015.