

Title	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
Author(s)	村井, 孝明; 西本, 一志
Citation	インタラクシヨ2015論文集: 361-366
Issue Date	2015-02-26
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12856
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 村井 孝明, 西本 一志, インタラクシヨ2015論文集, 2015, 361-366. 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.</p>
Description	

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

村井 孝明^{†1} 西本 一志^{†2}

概要 : バイオリンの練習曲の練習における意欲を保つことは一般的に難しい。多くの練習曲は単調で、飽きられやすいためである。そこで本稿では、ポピュラーミュージックなどの練習者が好んで聴取している楽曲に対して、基礎練習のための練習曲の要素を含んだ伴奏を自動的に編曲するシステム Amuse étude を提案する。本システムが編曲する伴奏を好みの楽曲に合わせて演奏することで、楽しみながら基礎練習を行えるようになることが期待される。本稿では、システム構成と編曲手法を説明し、ユーザスタディによって提案手法の有用性を評価する。実験の結果、本システムは従来の練習方法に比べ、練習意欲を向上させる可能性があることを示す。

Amuse étude: An Arrangement System of an Etude into an Accompaniment of Another Musical Piece

TAKAAKI MURAI^{†1} KAZUSHI NISHIMOTO^{†2}

Abstract: It is generally difficult to keep motivation of practice of etudes for a violin. Most of the etudes are monotonous, which causes violin learners' being tired of practicing them. We propose a system named Amuse étude, which arranges an etude into an accompaniment of a musical piece such as a popular music that the learner likes to listen to it. By playing the arranged etudes accompanying with the musical piece, he/she becomes able to practice the etude with joy. This paper illustrates a system setup and how to arrange the etudes and evaluates its usefulness based on user studies. As a result, we confirmed that the proposed method has possibility to keep the learners' motivation in practice comparing to the ordinary practice methods.

1. はじめに

楽器の演奏は楽しい。自分の好きな楽器で、好みの楽曲を演奏することは、心の豊かさや生きがいをもたらしてくれる、非常に楽しい創造的行為である。しかしながら、楽器を思い通りに弾きこなせるようになることは一般に非常に困難であり、その実現には膨大な時間と労力が必要となり、しかも多くの場合苦痛を伴う。このためか、日本人を対象とした総務省の調査によれば、楽器の演奏者人口が次第に減少していることが明らかになっている [1]。このような状況を憂い、筆者らの研究室では、楽器演奏に伴う様々な障壁を軽減し、誰もが意のままに音楽を演奏すること可能とする技術の研究開発を、これまでに多数推進してきた。

本研究はその一環であり、特にバイオリン演奏の学習者を対象として練習意欲を継続させる手段の実現を目指している。バイオリンは音を鳴らすことすら難しい楽器と一般的に言われており、初歩的な楽曲を演奏できるようになる

ためだけでもとりわけ多くの練習が必要となる。それゆえ、道半ばで挫折してしまうケースが非常に多い。バイオリン演奏の習熟過程において、特に重要であるにもかかわらず、一般にきわめて退屈であるがために挫折の要因となってしまうことが多い基礎練習に楽しく取り組むことを可能とする手段が求められている。

そこで本稿では、バイオリン学習者が好んで聴取しているポピュラーミュージックなどの楽曲に対して、基礎練習のための練習曲の要素を含んだ伴奏を自動的に編曲・提示する、バイオリン練習指向伴奏自動編曲システム Amuse étude を提案する。Amuse étude が提示する伴奏パートを、対応する楽曲の再生音にあわせて演奏することで、楽しく練習曲を演奏することが可能となることを期待している。本提案の基礎的な有用性を検証するために実施したユーザスタディの結果についても、併せて報告する。

2. 関連研究

新たな楽器の練習支援方法が多数提案されている。例えば、筆者らの研究室の Family Ensemble[2]は、ピアノ演奏経験のない家族とピアノ初学者の子どもが容易に連弾演奏できるようにすることで、子どもの家庭における練習意欲を向上させるシステムである。Digital Violin Tutor[3]は、バイ

1 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
2 北陸先端科学技術大学院大学 ライフスタイルデザイン研究センター
Research Center for Innovative Lifestyle Design, Japan Advanced Institute of Science and Technology

オリン演奏学習者に演奏結果をフィードバックしたり、3Dモデルで作られた教師を提示したりすることにより、教師がない普通の練習でも、効率の良い練習を行えるようにするシステムである。榊原ら[4]は、音を鳴らさず運指の練習を可能とするシステムを提案している。しかし、これらのシステムは、スケールやエチュードの練習を支援対象とはしていない。

一方、自動編曲システムに関しても多くの研究がある。たとえば、音楽理論 GTTM に基づいたメロディーモーフィングを行うもの[5][6]や、オーケストラの曲を自動的にピアノアレンジしてくれるシステム[7][8]の研究がある。しかし、スケールやエチュードの要素を採り入れた伴奏を編曲するシステムは、筆者らの知る限り存在しない。

3. 予備調査

バイオリンの練習では、一般的にスケールやエチュードと呼ばれる基礎練習のための練習曲と、発表会等で演奏するような楽曲（ここでは課題曲と呼ぶ）の、2種類の楽曲に対する練習を行う。スポーツにたとえるならば、体力作りのための基礎的な鍛錬が練習曲に相当し、練習試合が課題曲に相当する。課題曲を弾きこなすためには、練習曲の十分な練習が不可欠である。

本研究が支援対象としている日常的な基礎練習に関する予備調査として、バイオリンを演奏しているアマチュア・音大生・音大卒業生ら16名にアンケートを行った。アンケートの結果、約88%の回答者が基礎練習の重要性を指摘していた。にもかかわらず、約63%の回答者が「練習をつらく飽きると感じることもある」と回答し、特に練習曲の練習はつらいとする回答が多かった。そのように感じる理由として、「課題曲の練習に時間を使いたい」、「練習曲が単調である」、「練習曲を弾きすぎて飽きている」という回答が目立った。以上の結果から、多くの場合、バイオリンの練習全体がつらいのではなく、練習曲の練習がつらいのであるということが示唆された。

4. Amuse étude

4.1 使用手順

Amuse étude を用いる手順について、図1をもとに説明する。

① 練習曲の指定

初めに、ユーザは練習したい練習曲（たとえば、「クロイツェルの練習曲2番」など）を指定する。システムは、指定された練習曲のデータを練習曲データベース上で検索し、取得する。

② 被伴奏楽曲の指定

次に、ユーザは好みの楽曲（これを「被伴奏楽曲」と呼ぶ）のMIDIデータをシステムに入力する。システムは入力されたMIDIデータを解析し、すでに取得している

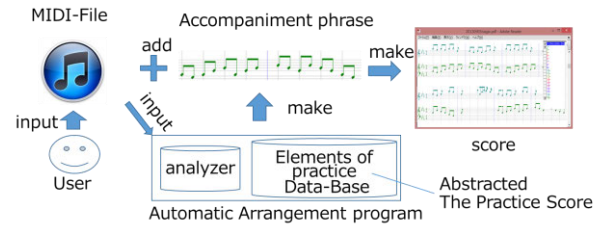


図1 使用手順の概要

Figure 1 Flow of System Usage

練習曲データを元に、伴奏パートを自動編曲する。自動編曲の具体的な手法については、後述する。

③ 楽曲データの統合

システムは、被伴奏楽曲のMIDIデータと、編曲した伴奏パートを統合したMIDIデータを生成し、出力する。

④ 楽譜の提示

ユーザは、システムが出力したMIDIデータを、別途用意された既存の楽譜表示ソフトウェア（たとえば世界樹[9]など）に入力し、楽譜として表示する。

⑤ 演奏

手順②でユーザが入力した被伴奏楽曲のMIDIデータ、または同じ楽曲のmp3音源等を再生しながら、手順④で提示された楽譜の伴奏パートをユーザが演奏し、練習する。なお、被伴奏楽曲の再生時のキーは、指定した練習曲のキーに合わせる。これは、練習曲側のキーを変更すると運指が大きく変化し、本来なすべき練習が実施できなくなるためである。

4.2 システム詳細

4.2.1 MIDI データ

本システムでは、被伴奏楽曲は、ヤマハ株式会社が提案するXFフォーマット[10]に従うMIDIデータとしてシステムに与える。これは、正確な楽譜化を行うためと、以下で述べるように、被伴奏楽曲の和声（コード）情報および調性（キー）情報を取得する必要があるためである。なお、XFフォーマットで記述された楽曲データは、ヤマハ音楽データショップ[11]から多数入手可能である。

4.2.2 練習曲データベース

練習曲データベースは、音楽理論に精通した者が、あらかじめ個々の練習曲を一定の単位パターンに区切って細分化・抽象化したものを、練習曲ごとにまとめたものの集合である。細分化と抽象化の基本的な手段については次節で述べる。なお、5章で述べる実験で使用した練習曲データベースには、カイザーの練習曲から選定した第4番について、本稿第1筆者が細分化・抽象化したデータを登録した。

4.2.3 練習曲データベースの作成方法

図2はカイザーと呼ばれるエチュードの4番の曲の一部である。練習曲であるスケールやエチュードは、図2に示



図2 練習曲のサンプルの一部

Figure 2 A sample of Etude.



図3 図2の練習曲から得られたすべての単位パターン
Figure 3 Unit patterns obtained from Etude shown in Fig.2

す事例のように、類似したパターンが何度も繰り返されることが多い。このような類似パターンの繰り返しが基礎練習として重要である反面、これが練習に対する飽きを引き起こす大きな原因の1つであると考えられる。

図2の練習曲の場合、16分音符4つ分、つまり1拍分を単位パターンとして区切ることとする。単位パターンの区切り方は様々に考えられるが、単位パターン長を長くとりすぎると、次節で説明する伴奏フレーズの生成時に適用できないパターンが発生してしまう可能性が高くなる。ゆえに、単位パターンは、練習要素を損なわない範囲で、できるだけ短く区切ることが望ましい。図3に、図2の練習曲から得られるすべての単位パターンを示す。

次に、収集した単位パターンを抽象化し、抽象化単位パターンを生成する。ここで抽象化とは、絶対的な音高で記述されている各単位パターンを、相対的な音程で記述しなおすことをいう。たとえば、図3の最初の単位パターン [E, G, E, G] は、最初の音Eを基準(0)とすれば、Gは半音3つ分高い音となるので、[0, 3, 0, 3]と抽象化される。このようにして、得られたすべての単位パターンを抽象化した抽象化単位パターンを、元の単位パターンと併せて練習曲データベースに登録する。

強弱記号やスラー等のその他の記号については、各練習曲で行うべき練習を考慮して、必要に応じて情報を練習曲データベースに登録する。図2の練習曲の場合は、スラーを4拍分(16分音符16個分)にかけること、アクセント

BPM=120



図4 被伴奏楽曲のサンプル

Figure 4 A sample of musical piece that is accompanied with

は2拍目頭や4拍目頭などに置くこと、などを登録する。これらの情報は、単位パターンとセットにして登録するもの(たとえばアクセント位置)と、個々の単位パターンとは関係なく、伴奏を生成後に適用するもの(たとえばスラーをかける拍数)とに分けておく必要がある。なお、図2の場合、テンポについてはAllegro(快速に)と書かれてあるだけであり、明確なテンポの指定はない。そのため、ここでデータ作成者がおおよその速さをBPMで指定する。今回の例では本稿第1筆者の裁量でBPM=95と決めた。

4.2.4 伴奏の生成

本節では、被伴奏楽曲として図4に示す楽曲のMIDIデータをシステムに入力し、図2に示す練習曲を指定した場合を想定して説明する。

まず、被伴奏楽曲として入力されたMIDIデータの再生速度情報と、指定された練習曲のテンポ情報に基づき、単位パターンを構成する各音符の音価を調整する。基本的には、被伴奏楽曲の演奏速度はそのまま維持しつつ、練習曲の演奏速度がもともと指定されている練習曲の演奏速度にできるだけ近く、かつ過度に演奏困難にならないように音価を変える。

例えば図4の被伴奏楽曲の再生速度はbpm=120であり、図2の練習曲の演奏速度はbpm=95であるので、練習曲をそのまま被伴奏楽曲の再生速度で演奏しようとする、速すぎて演奏が困難になる。そこで、この場合は練習曲の各音符の音価を、元の16分音符の倍の長さの8分音符にすることにより、演奏可能な速度になるように調整する。逆に、被伴奏楽曲の再生速度が遅すぎる場合は、練習曲の音価を元の音価よりも短くする。次に、被伴奏楽曲のキーを、指定された練習曲のキーに移調する。この時、被伴奏楽曲に附属するすべてのコード情報も、キーの移動に合わせて根音を相対的に移動させる。

以上の前処理の後に、練習曲データベースから取得した



図5 生成された伴奏のサンプル

Figure 5 A sample of automatically arranged accompaniment

単位パターンを被伴奏曲の各部にあてはめる処理に移る。単位パターンのあてはめ方法としては、練習重視型、伴奏重視型、中間型の3つの方法を用意した。練習重視型はなるべく練習曲に出てくる単位パターンをできるだけそのまま変形せずにあてはめて伴奏を作成する方法である。伴奏重視型は、被伴奏楽曲の各コードにおけるコード構成音を重視して作成するものである。中間型はその両方の要素を含んだものである。ここでは紙面の都合上、中間型での伴奏パートの生成についてのみ詳細に述べる。

中間型では、まず練習曲データベースから取得した単位パターン1つ分の長さに対応する長さで、被伴奏楽曲を分割する。前述したように、音価を調整した結果、単位パターンは8分音符4つ分（すなわち、2拍分）の長さを持っている。ゆえに、図4の被伴奏楽曲については、2拍分ごとにあてはめ処理を施すことになる。あてはめ処理は、データベースに登録されている単位パターンに対して、その登録順に以下の規則を番号順に適用し、規則を満たしたものを順に採用していく。

- ① 被伴奏楽曲のあてはめ対象箇所指定されているコードの構成音のみで構成される単位パターンを探し、該当する単位パターンが見つければ、それを当該あてはめ対象箇所の伴奏として採用する。
- ② ①に該当する単位パターンが見つからない場合、強拍部とコード指定がある拍の音はコードの構成音で構成され、弱拍部の音はアヴェイラブル・ノート・スケールに含まれる音で構成される単位パターンを探し、該当する単位パターンが見つければ、それを当該あてはめ対象箇所の伴奏として採用する。
- ③ ②に該当する単位パターンも見つからない場合、抽象化単位パターンの最初の音が当該あてはめ対象箇所のコードのルート音となるように具象化（つまり、相対音高を絶対音高に変換）し、具象化された単位パターンの構成音が、当該あてはめ対象箇所のコード構成音で構成されるものを探す。該当する具象化単位パターンが見つければ、それを当該あてはめ対象箇所の伴奏と

して採用する。

- ④ ③に該当する単位パターンも見つからない場合、抽象化単位パターンの最初の音が当該あてはめ対象箇所のコードのルート音となるように具象化し、具象化された単位パターンの構成音のうち、強拍部とコード指定がある拍の音はコードの構成音で構成され、弱拍部の音はアヴェイラブル・ノート・スケールに含まれる音で構成される単位パターンを探し、該当する具象化単位パターンが見つければ、それを当該あてはめ対象箇所の伴奏として採用する。
- ⑤ 以上すべてが不可能な場合、当該あてはめ対象箇所すべては休符とする

また、副次的規則として以下の3項目を設定した：

- A) 被伴奏楽曲に、3小節以上の長さの同一のフレーズやメロディが繰り返し現れ、その部分に指定されているコードも同一である場合、それらの箇所には同じ伴奏を付与する。これは、例えば被伴奏楽曲が歌唱曲である場合の1番と2番のようなケースであり、同じメロディには同じ伴奏を付与することで、楽曲全体の統一感を出すためである。
- B) 項目A)に該当しない箇所については、一度使用された（抽象化されていない）単位パターンは、以後使用しない。これは、なるべく多くのパターンを用いることにより、練習効率を上げることを図るためである。
- C) 移弦¹が困難にならないよう、前のフレーズと次のフレーズは移弦可能な範囲の動きに収める。具体的には、あるパターンの最後の音と、次に来るパターンの最初の音との音程が10度以上にならないようにする。

例えば、図4の被伴奏楽曲の最初の2拍のコードはFなので、まず [F, A, C] の音で構成されている単位パターンを図3のデータから順に探してくる。今回の場合、2つめの単位パターン [F, A, F, A] がすべてコード構成音で構成されているので、この単位パターンを被伴奏楽曲の最初の2拍分の伴奏として採用する。次に、被伴奏楽曲の3拍目と4拍目の部分のコードはGなので、[G, B, D] の音で構成されている単位パターンを探す。図3の4つめの単位パターン [B, D, B, D] がすべてコード構成音で構成されているので、この単位パターンを被伴奏楽曲の当該箇所2拍分の伴奏として採用する。このような処理の結果生成される伴奏楽譜を、図5に示す。

5. 実験

提案手法により、練習曲に対する練習態度がどのように変化するかに関する基礎的な検証を行うため、4名のバイ

¹ 移弦とは、弾いている弦から他の弦へ弓を移すこと。通常は1つ隣の弦に移すことしか許されない。

表 1 実験の順序

Table 1 Procedure of experiments

被験者	A	B	C	D
前半 (Dは初日)	従来手法	従来手法	提案手法	従来手法
後半 (Dは後日)	提案手法	提案手法	従来手法	提案手法
練習曲	クロイツェル2番(エチュード)	カイザー4番(エチュード)	クロイツェル10番(エチュード)	カールフレッシュ(スケール)
作成した伴奏数	2	3	3	2

オリン演奏者 A, B, C, D を被験者として比較実験を行った。

5.1 実験方法

1つの練習曲について、提案手法を用いた場合と用いない場合(従来手法)の2つの条件の比較実験を行った。

提案手法の実験では、実験に先立ち、各被験者に好みの楽曲を選定してもらい、これを被伴奏楽曲とした。なお、今回の実験では4章で説明したシステムは用いず、本稿第1著者が4.2.4節で説明した伴奏生成手法に従い、伴奏楽譜を手作業で作成した。被験者には、指定された練習曲の原曲楽譜(紙に印刷されたもの)と、提案手法で生成された伴奏の楽譜(紙に印刷したものと、PC画面上に表示したもの)、ならびに被伴奏楽曲を再生するためのプレーヤを与えた。生成した伴奏は、AとDでは2曲、BとCでは3曲であった。被験者には、基本的には練習曲の原曲を通常通り練習することを勧め、それに飽きたら提案手法の楽譜を使用するよう教示した。ただし、この使い方を強制するわけではなく、自分の好きなように使って構わないと指示した。実験中、携帯電話等の利用や、トイレまたは気分転換のための外出は許可し、日常的な練習のような気分で練習していただいた。ただし、他者との会話は不許可とした。

従来手法の実験では、指定された練習曲の原曲だけを決められた時間練習していただいた。それ以外は、提案手法での実験条件と同じである。

実験の手順と使用した練習曲を表1に示す。実験は、それぞれ1時間10分から1時間30分、合計2時間20分から3時間行われた。被験者A, B, Cについては同じ日のうちに2つの実験を行った。AとBには、先に従来手法で練習してもらい、休憩を10分はさんだ後に提案手法で練習してもらった。一方Cには、先に提案手法で、後半に従来手法で練習を行ってもらった。被験者Dについては、先に従来手法で練習し、その翌々日に提案手法で練習してもらった。練習中の様子はすべて録画し、実験終了後にはアンケートとインタビューに答えてもらった。また、被験者Cに関しては、実験中の提案手法での練習時間が極端に短かったため、実験終了後に再度提案手法での練習を求め、アンケートとインタビューに答えてもらった。

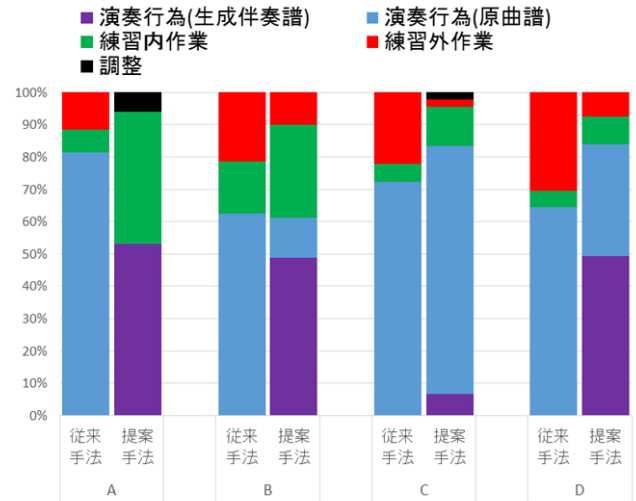


図6 行動分析の結果

Figure 6 Results of behavior analyses

5.2 実験結果

撮影したビデオデータをもとに、被験者の行動を演奏行為、練習内作業、練習外作業、システムの調整または不明時間へと秒単位で振り分け、その合計時間を計測した。図6に、被験者毎の従来手法と提案手法それぞれにおける、各作業が占めた割合を示す。ここで演奏行為とは、チューニングを除く、弓を用いてバイオリンで音を出している状態であり、提案手法の実験では生成した伴奏譜を用いている場合と、指定された練習曲の原曲楽譜を用いている場合とに分けて示している。練習内作業とは練習のために必要と思われる行為であり、楽譜を眺める、チューニング、指の体操、水分補給等の動作を含める。練習外作業とは、練習に必要ないと思われる行為であり、携帯の操作、気分転換等に相当する。調整とは、被験者が誤った操作を行ったことによる修正作業である。なお、Aに関しては提案手法での実験において、カメラの不具合による一部詳細が不明な時間がある。

図7にアンケートの結果を示す。縦軸は質問項目であり、横軸は各質問項目に対して「そう思う」「ややそう思う」と回答した被験者の人数である。なお、最後の質問項目である「その他」は自由記述項目であり、「エチュードの利用で効果的である」、「自分の音をよく聴かないといけない(弾けない)」ということについて書かれていた。

実験終了後のインタビューでは、被験者に提案手法の感想を述べてもらった。Aは終わりの時間を気にせずに来たと述べ、Bは伴奏パートの一部に違和感があったものの、楽しく練習できたと述べた。Cは提案手法での実験時も、練習曲の原曲の練習に対する集中力を維持できたので、生成伴奏譜はほとんど使用されなかった。そこで実験終了後に生成伴奏譜を利用してもらったところ、楽しめて弾ける、テンポの練習にもなり、メトロノームよりも良いと答えた。

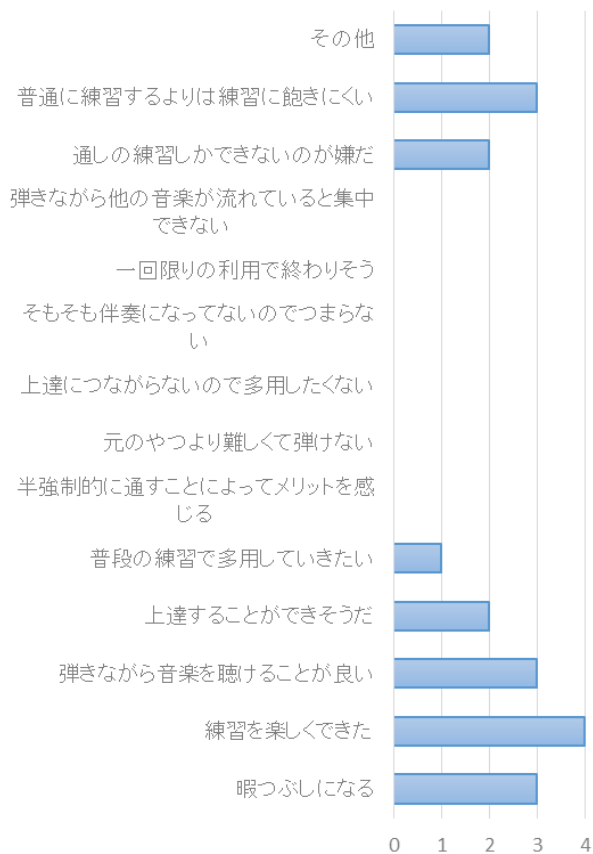


図7 アンケートの結果
Figure 7 Results of inquiry

Dは、従来手法よりも提案手法の方が練習時間を長くできたということ、スケールの使い道を感じることができたと述べたものの、目的意識を失うと練習効率が悪くなりそうだと述べた。

5.3 考察

行動分析の結果、提案手法を用いた場合に練習外作業がすべての被験者について減少したこと、被験者CとDでは演奏行為が増加し、被験者Bでも演奏行為の割合は従来手法と比べてほぼ同じだったことから（被験者Aの提案手法のビデオデータはトラブルで不完全だったため、検証対象にできない）、提案手法を用いることで練習行為により集中・注力することができるようになったといえる。一方、提案手法を用いた場合、練習内作業もすべての被験者で増えている。これは、再生プレーヤの操作時間が必要になることなどによると思われる。

アンケートからは、練習の退屈さが提案手法によって和らいでいる（「暇つぶしになる」:3,「練習を楽しくできた」:4,「弾きながら音楽を聴けることが良い」:3,「普通に練習するよりは練習に飽きにくい」:3）ことが示された。しかしながら、「通しの練習しかできない」ことについて不満があった（2名）。

インタビューからは筆者らが予想していなかったコメントもあり、テンポに関することやスケールの使い道など、

提案手法の新たな可能性が見えた。しかし、伴奏パートに対して違和感があったことや、練習効率の悪化可能性に関するコメントもあるため、改善すべき課題も多く出た。

全体的にどの分析からも練習意欲が向上したことが示され、提案手法の有用性が明らかになった。

6. 結論

本研究では楽器の練習意欲を維持・向上することを目的として、ポピュラーミュージックなどの楽曲に対して、基礎練習のための練習曲の要素を含んだ伴奏を自動的に編曲・提示する、バイオリン練習指向伴奏自動編曲システム *Amuse étude* を提案し、その有用性評価実験を行った。実験からは、提案手法を用いることによってバイオリン練習者の練習意欲を維持・向上させる可能性が示された。今後の課題として、練習意欲に関わる要素（例えば伴奏感）や、練習効率をどの程度保てるかということについて研究を行いたい。

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。

参考文献

- 1) 総務省統計局: 平成23年社会生活基本調査 <http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/index.htm#kekka> (2011).
- 2) Chika Oshima, Kazushi Nishimoto and Norihiro Hagita: A Piano Duo Support System for Parents to Lead Children to Practice Musical Performances, *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications (ACM TOMCCAP)*, Vol.3, Issue 2, Article 9, 2007.
- 3) Jun Yin, Ye Wang and David Hsu: Digital violin tutor: an integrated system for beginning violin learners, *Proc. of the ACM Multimedia 2005*, pp. 976-985, 2005
- 4) 榊原絵里, 宮下芳明: ヴァイオリン初心者のための無音運指練習支援システム, *エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集*, pp.235-237, 2011.
- 5) Keiji Hirata, Satoshi Tojo, and Masatoshi Hamanaka: Melodic Morphing Algorithm in Formalism, *Mathematics and Computation in Music: Lecture Notes in Computer Science Vol. 6726*, pp 338-341, 2011
- 6) 染矢さらら, 安藤大地, 笠原信一: メロディーモーフィング手法を用いた初学者向けの作曲支援システム, *インタラクシオン 2014 論文集*, pp.285-288, 2014.
- 7) 大沼翔, 浜中雅俊: "編曲作業の時系列分析・オーケストラ譜からピアノ譜への変換", *情報処理学会全国大会, 09-IPJSJ-71-2*, pp.2.227-2.228 2009
- 8) SC Chiu, MK Shan and JL Huang: Automatic System for Arrangement of Piano Reduction, *Multimedia, ISM.2009.105*, pp.459-464, 2009.
- 9) MIDI シーケンサーソフト「世界樹」, <http://openmidiproject.sourceforge.jp/Sekaiju.html>
- 10) ヤマハ株式会社: XF フォーマット仕様書, http://download.yamaha.com/api/asset/file/?language=ja&site=jp.yamaha.com&asset_id=45941
- 11) 音楽データショップ, <https://www.music-eclub.com/musicdata/>