

<実践報告>

ロングトーン練習に着目した 初学者向け学校吹奏楽練習支援システムの開発

森下 孟 信州大学学術研究院教育学系
 小口宙暉 信州大学大学院総合理工学系研究科
 國宗永佳 千葉工業大学情報科学部
 桐原 礼 信州大学学術研究院教育学系
 本間喜子 信州大学学術研究・産学官連携推進機構

Development of a Support System for Beginners to Practice Long-Tones in School Wind Instruments

MORISHITA Takeshi: Institute of Education, Shinshu University
 OGUCHI Hiroaki: Graduate School of Science and Technology, Shinshu University
 KUNIMUNE Hisayoshi: Faculty of Information and Computer Science,
 Chiba Institute of Technology
 KIRIHARA Aya: Institute of Education, Shinshu University
 HONMA Yoshiko: Shinshu University-Innovative Research and Liaison Organization

研究の目的	音の周波数や音量の大小などの物理的な情報の可視化による初学者向け学校吹奏楽練習支援システムの開発
キーワード	システム開発 吹奏楽 ロングトーン練習 音高検出 演奏音の可視化
実践の目的	周波数や音量の大小などの物理的な情報に基づく演奏技能の可視化
実践者名	第1著者および第4著者と同じ
対象者	A小学校吹奏楽部 教員2名, 児童5名
実践期間	2018年2月
実践研究の方法と経過	(1) ロングトーン練習に着目した吹奏楽練習支援システムの開発 (2) 初学者らによる開発システムの試行と評価
実践から得られた知見・提言	本システムは, グラフ上で得られる情報をある程度パターン化することで初学者の演奏音の特徴を捉え, その特徴や傾向に応じて演奏技能の向上に効果的なフィードバックを与えることを可能とした. 被験者である児童たちは本システムを今後も使いたいと高く評価し, 音高や音量などの物理的な情報に基づき, 客観的に自分の演奏音を可視化し省察する練習手法は, 初学者の演奏技能の向上に有用であることを明らかにした.

1. はじめに

楽器演奏において、正確な運指を習得することは演奏技能向上のための第一歩である。澤ら（2010）は、ウッドベースの正確な運指を学習させるために、カメラを用いて運指を取得するシステムを構築し、収集した運指情報に基づき、指導者が遠隔で指導できることを示唆した。

しかし、吹奏楽で用いられる木管・金管楽器は同一の運指であっても、演奏者の唇・口内の形状や息の吹き込み方によって、音高（ピッチ）や音量、音色などが変化する。そのため、熟達した指導者は、個人やパート、または全体の演奏を聴きながら、楽譜に書かれた音階やリズムの正確さだけでなく、演奏者間の音高の差や音量のバランス、音色などについても注意を払い、質の良い演奏であるかどうかを適宜評価しながら指導している。

これらの評価基準は、熟達した指導者が長い経験の中で作り上げてきた暗黙知であり、指導者間での個人差も大きい。そのため、未熟な指導者が短期間にそれらの評価基準を獲得し、適切な評価・指導を行えるようになることは容易ではない。実際、新山王・矢崎（2005）は、「知識や技術、経験の有無に拘わらず音楽専科教員が吹奏楽部を指導せざるを得ない場合が増えている。しかし現実には吹奏楽や合唱等の部活動を経験した音楽科教員は決して多いとは言えず『教えたくても教えられない』場合も少なくない」と述べ、学校吹奏楽における適切な指導・評価を行うことの困難さを指摘している。

このような背景のもと、学校吹奏楽指導の課題を以下のとおりに整理することができる。

1. 学校現場の吹奏楽指導者は必ずしも吹奏楽の熟達者であるとは限らない。熟達した指導者のもとに指導を受けた小・中学生の演奏技能の向上は著しいが、吹奏楽を専門としてこなかった指導者のもとでは、演奏技能の向上を図ることは難しい。
2. 熟達の度合いによらず、客観的な評価・助言を与える指導者が存在しない場面では、自身の演奏のどこがいけないかを把握することはできない。そのため、初学者が自身の演奏音を客観的に振り返りながら個人練習をすることは、事実上困難である。

芸術は主観的、直感的、感覚的で独特な側面を有し、一様に絶対的な評価基準を設けることは難しい。しかし、基礎的な合奏練習（スケールやハーモニーなど）に限れば、演奏の質を評価する基準は多くの指導者にとって共通であると考えられる。その基準を明示化することによって、未熟な指導者であっても適切に演奏の質を評価できるようになる。さらに、個人練習や少人数でのパート練習など、演奏者自身が演奏の質を評価・改善する場合においても、演奏音を適切に評価でき、演奏に対する省察を行い演奏技能の向上を図ることができるように考えられる。

そこで、本研究では、ピッチ練習やロングトーン練習と呼ばれる基礎練習に着目し、その学習履歴を活用した学校吹奏楽初学者向けの個人練習支援システムの開発を目的とした。

この際、演奏の質を評価するための基準には様々な観点が考えられる。しかし、初学者の演奏基礎力を向上させるという点に限れば、客観的な指標に基づき自身の演奏音を振り返り、適切なフィードバックを受けることが可能である。永尾・臼杵（2014）は、テンポ・

強弱・音程の3要素のミスを評価する仕組みを用いた練習支援システムを提案し、正しい運指ができるようになったこと、達成度の提示が練習のモチベーション維持に効果があることを示した。また、森下ら（2017）は、演奏音から良い音／悪い音を評価する仕組みを用いて継続的に基礎練習を行う実験を通じて、音色の豊かさや音高・音色の安定度などの客観的な指標に基づくフィードバックを与えることで、個人練習でも学校吹奏楽初学者の演奏基礎力の向上が期待できることを示唆した。

これら先行研究で得られた示唆を踏まえ、本研究では、音の周波数や音量の大小などの物理的な情報の可視化を通じた学校吹奏楽練習支援システムの開発を行うこととした。

2. 研究方法

本研究では、小中学校吹奏楽部に所属する吹奏楽経験3年未満の児童生徒を初学者と定義し、これら初学者の演奏技能を向上させるための個人練習用システムの開発を行った。まず、システムに必要な機能・要件を明らかにするため、吹奏楽部を指導し県大会レベル以上の大会出場経験を有する指導者（A 小学校音楽科教員：2名）にインタビュー調査を行った。続いて、インタビュー調査を通じて明らかになった機能・要件をもとにシステムを開発し、初学者を対象に試行・評価を行った。評価では、対象の初学者らからシステムを使っの感想や課題などを自由に発言してもらい、その発話記録をもとに分析した。

3. ロングトーン練習に着目した個人練習支援システムの開発

A 小学校音楽科教員らにインタビュー調査を行った結果、次の課題が明らかになった。

- 音感のない児童生徒が多い。特に小学生は基礎練習に掛ける時間も少なく、ロングトーンなどの基礎的な練習を促進し、個人単位で適切に行えるようにしたい。
- 児童生徒に自分の音の良し悪しを判断できる力量（知識や体感）を身に付けさせる必要がある。しかし、個別にトレーナーをつけることは難しく、音の可視化を通じて自分の音を振り返り、適切なフィードバックを与えたい。

つまり、学校吹奏楽初学者の演奏技能を向上させるためには、基礎練習の反復と適切なフィードバックが求められる。石田（2016）は、2005年から10年間の小学校での音楽教育指導を通じて、個々の演奏技能を向上させるための効果的な方法として交互奏を用い、複数の児童が互いの演奏音を聞き合い、相互に評価・助言することの有用性を示唆した。このことから、初学者個々の演奏音を可視化・振り返るための機能が必要とされる。

基礎練習の内容については、安定したブレスができるようになることを課題とした取り組みが必要である。読譜などをはじめとした音楽的な知識の詰め込みよりも、初学者自身の演奏音を客観的に評価し、基準となる演奏音を体感的に身につけることが重要である。そこで、本研究では、基礎練習法のひとつであるロングトーン練習に焦点化し、学校吹奏楽初学者の演奏基礎力を向上させるための個人練習用システムを開発することとした。

3.1 設計

次の機能・条件を満たす個人練習支援システムを設計・開発することとした（図 1）。

- (1) ブラウザや OS（Operating System）に依存せずに利用できる
- (2) 音高のズレを時系列に並べてグラフ上に表示できる【音高の可視化機能】
- (3) 音形（音量を数値化したもの）をグラフ上に表示できる【音形の可視化機能】
- (4) 自分の練習音を再生できる【再生機能】

3.2 開発

ロングトーン練習における音高の正確性と安定性に着目し、吹奏楽演奏技能を向上させるための練習支援システムを開発した。練習パターンは、テンポを 65BPM（Beats Per Minute）に設定し、ド・レ・ミ・ファ・ソ・ラ・シ・1 オクターブ上のドの各音を 7 拍（約 6.5 秒）演奏、1 音 1 音の間を 2 拍（約 1.8 秒）休むことを繰り返すこととした。

3.2.1 要件

ロングトーン練習における音高に関する評価項目として、「理想的な音高と演奏音の音高の差異の大きさ」と「演奏音の音高の経時的な変化（ブレ）の大きさ」を設定した。これら項目をもとに客観的に演奏者自身が演奏音を評価するため、以下の要件を定めた。

- (1) 理想的な音高と演奏音の音高の差異を演奏者自身が客観的に把握できること
- (2) 7 拍の演奏における音高のブレを演奏者自身が客観的に把握できること
- (3) 演奏中、演奏後に上記の客観的な評価を演奏者自身が操作・把握できること

この要件を満たすため、本システムでは、①入力された演奏音の音高を即時的に検出し（小口ほか 2017）、②検出した音高を可視化してフィードバックを与え、③入力された演奏音とフィードバックの内容を蓄積し演奏後に提示することを実装した。

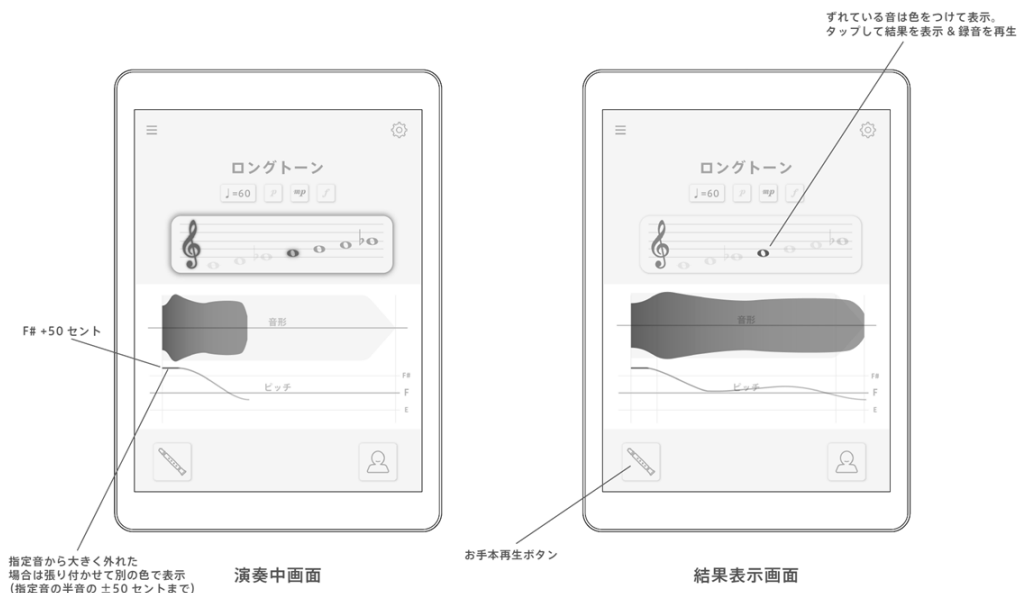


図 1 開発システムのイメージ

3.2.2 構成

練習場所は学校内に限らず、自宅や楽器の音を出すことが許容される店舗など、様々な場所が考えられる。その際には、演奏者が普段から使用しているスマートフォンやタブレット端末の利用が期待される。また、同一の演奏者が様々な端末を用いて練習することを想定し、多様な端末で同一システムの利用を容易とする

Web アプリケーションの開発が

求められる。そこで、本開発シス

テムでは、Web 上で動作するプログラム（以下、サーバ側プログラム）とブラウザ上で動作するプログラム（以下、ブラウザ側プログラム）で構成することとした（図 2）。

ブラウザ側プログラムは、端末に接続されたコンタクトマイクなどの音声入力デバイスから演奏音を記録・解析し、得られた音高データをグラフ上で可視化する。これと同時に、グラフを描画するための数値データと音声データをサーバ側プログラムに送信する。サーバ側プログラムでは、各回の練習データや音源をデータベースやフォルダに蓄積する。

3.3 実装

本システムでは、「練習モード」と「振り返りモード」の 2 つのモードが存在する。

3.3.1 練習モード

ト音記号（図 3①）をクリックすると練習が始まり、五線譜上の音符の色が変わって演奏すべき音を表示する。7 拍の演奏中は青色、2 拍の休みは黄色で示し、テンポにあわせて点滅する。点滅する音符は左下のドから右上のドに向かって順に変わっていく（図 3②）。

演奏中は、五線譜の下にあるグラフに演奏音の音高がリアルタイムに描画される。グラフの縦軸は音高を示しており、縦軸中央にある横線にある理想的な音高とのズレを視覚的に表している。具体的には、図 3 (A), (C) 部分は理想的な音高から 1 音半以上高く、または低く離れた音高であることを示している。また、演奏音が検出できなかった場合には、図 3 (D) のようにグラフが途切れて示される。したがって、練習モードでの演奏中は常に図 3 (B) にあるような理想的な音高に近づけることが課題となり、自身が演奏音との差を視覚的に捉えることで演奏音を自発的に修正することを促す。

3.3.2 振り返りモード

自身の演奏音を聞き返すとともに、自身の演奏音が理想的な音高からどの程度ズレていたかを確認することができる。図 3③のボタンをクリックすると、直近の演奏音を聞き返すことができる。その際には、演奏中の時と同様に、自身の演奏音と理想的な音高の差がグラフ上に描画される。1 音ずつ確認したい場合に図 3②の任意の音符をクリックすると、

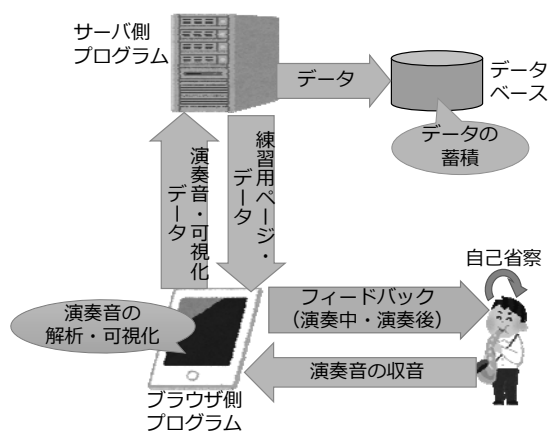


図2 練習支援システムの構成

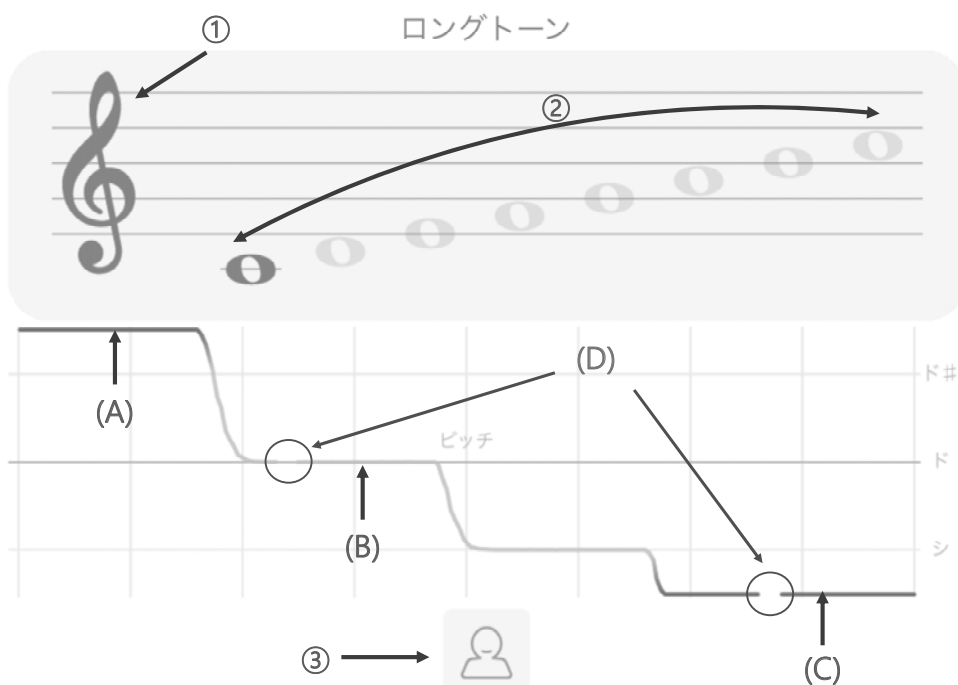


図3 画面構成とシステムの動作例

その音階を演奏した時の実際の音高が、練習モードと同じくグラフ上に描画される。この機能により、学校吹奏楽指導者や児童生徒同士が演奏音を確認したり、グラフ上に描画された結果について意見交換したりしながら演奏音の評価し改善につなげることができる。



図4 システム試行の様子

4. 試行・評価

A小学校の児童5名を対象とし、2018年2月にシステムの試行・評価を実施した(図4)。使用した楽器はクラリネット(1名)、ホルネット(2名)、トランペット(2名)であった。試行は児童1名ずつ行い、その後5名全員が集まって座談会形式で評価してもらった。

児童には、まず練習モードで演奏音を録音してもらった。收音にはコンタクトマイクを使用し、φ3.5 ミニプラグー標準ジャックの変換アダプタを挟んで Apple 社製タブレット端末(iPad)と接続した。練習モードでの收音後、実践者(本稿著者ら)の立会いのもと、演奏者である児童が振り返りモードを使って自身の演奏音を振り返った。その際、実践者は「ピッチのぶれ」「音の途切れ」「出だしの遅れ・不安定さ」を主な評価観点として明示し、児童に演奏音を振り返ってどのように感じたのかを口頭で答えてもらった。

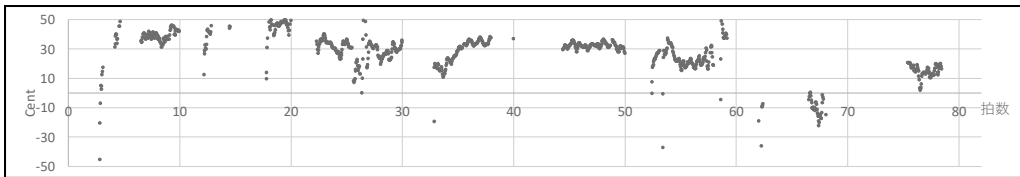


図5 音高のズレの可視化 (Tp. : トランペット)

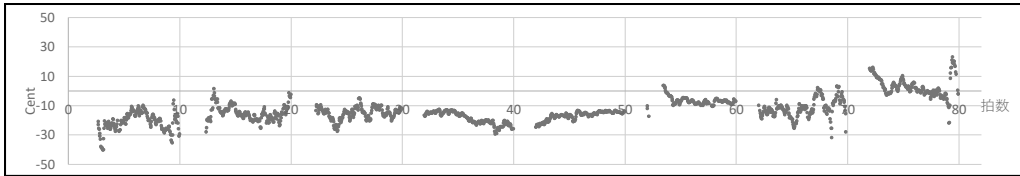


図6 音高のズレの可視化 (Cort.01 : コルネット)

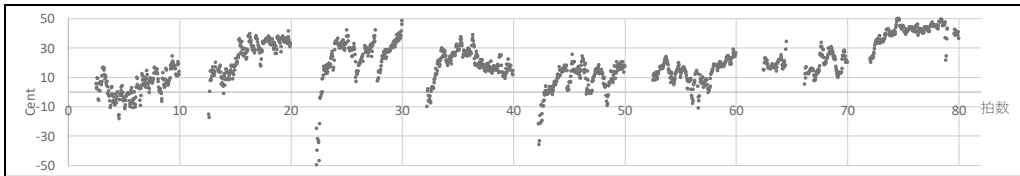


図7 音高のズレの可視化 (Cort.02 : コルネット)

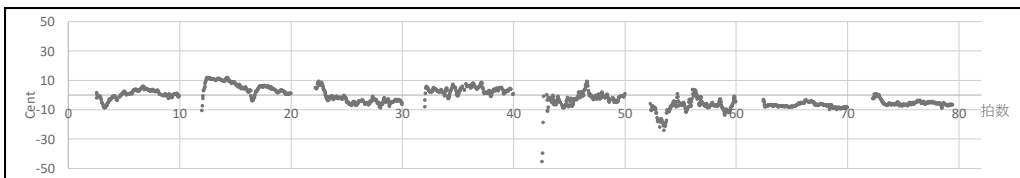


図8 音高のズレの可視化 (Cl. : クラリネット)

4.1 音高の可視化による「音感のズレ」「ブレスの不安定さ」の省察

図5～8は児童4名の演奏音について、理想的な音高からどの程度ズレが生じていたかをグラフ上に可視化したものである。縦軸中央の0centラインが理想的な音高であり、理想的な音高と比べてどの程度高かった／低かったのかを±50cent幅でグラフ化している。なお、対象児童は5名であったが、1名のデータに欠損が認められ分析対象から除外した。

Cl. (図8) は、±10cent以内に収まっていた。検出精度に多少の誤差がある可能性を考慮しても、全体を通じてほぼ正確な音高であった。しかし、それ以外の3名については音高がバラバラであり、音感のトレーニングが必要であると考えられる。具体的に、Tp. (図5) と Cort.02 (図7) は全体的に音高が上ずっている傾向がみられ、Cort.01 (図6) は全体的に音高が下がっている傾向がみられた。3名とも出だしが理想的な音高から離れ、一定に定まっていなかった。しかし、シの音付近(60～70拍目)から徐々に理想的な音高に近づいていること、Tp.とCort.02の2名は同じ音階のなかでも音高が30centほどぶれており、ズレの修正を試みていると思われることから、この3名の児童はリアルタイムで描画されるグラフをみながら自身の演奏音を修正していたと考えられる。

これらのことは、実践者の立ち合いによる振り返りのなかにもみることができた。児童

Tp.は「ミからラくらいまでは出る」と語っていたが、実際には理想的な音高から 20～30cent 近く離れており、本人が出ていると思う音高とズレていることが窺えた。また、児童 Cort.01 は「低い音、ド、レが音が合わない感じ」「チューニングしても合わなかった」と語っており、音感が低く音高を調整する技能に乏しい様子が窺えた。したがって、初学者は理想的な音高に対して自身の音感にズレが生じており、音高を調整できる技能を身につけるための反復した音感トレーニングが必要であると考えられる。

また、児童 Cort.02 は「音が震えちゃう」「(息が足りなくなつて) 結構つらい」と語っており、ブレスが足りず音高が安定しない様子が窺えた。グラフ上でもプロットされた点が散乱しており、しっかりとした線状になっていなかった。ある一定時間、ブレスを継続することができるようにトレーニングをする必要があると考えられる。

以上の「理想的な音高に対して自身の音感にズレが生じていること」「ブレスが続かないこと」は、児童が振り返りのなかで語ったことを裏付ける形で描画されたグラフ上から読み解くことができた。つまり、グラフ上で得られる情報がある程度パターン化することによって、その特徴や傾向に応じて適切なフィードバックを与えることが可能であると考えられる。このことから、音高や音量などの物理的に得られる情報を可視化し分析することによって、初学者の演奏音の振り返りを促し演奏技能向上に寄与できる可能性が窺えた。

4.2 児童の感想に基づくシステムの有用性と課題

演奏技能向上への期待は、児童の感想のなかでも窺えた(資料 1)。児童たちは「まだ目標が達成できていないので、達成できるようにしたい」(発話 No.4) や「自分がどこできていないとかわかったので、これからそこを練習すればいいからわかりやすいと思った」(発話 No.5) と語っており、本研究で開発したシステムを通じて、練習に対する意欲を向上させている様子がみられた。また、「チューナーだとピッチが描いてないから難しい。…ピッチができなかった所を見返したり、直したりできるのがいいと思った。」(発話 No.8) と語っており、演奏音を客観的に可視化することで、既存のチューナー練習ではわからなかった音高の揺れ幅を認識し、どのように改善すべきかを省察していることが窺えた。

本研究で開発したシステムに対する改善点としては、「黄色と青色が見にくい」(発話 No.10) や「(1 か月前の記録とか) そうやって見れた方が振り返れる」(発話 No.18), 「メモとかできるようにしてほしい」(発話 No.25) などがあげられた。

5. まとめ

本研究では、基礎練習法のひとつであるロングトーン練習に着目し、学校吹奏楽初学者の演奏基礎力を向上させるための個人練習支援システムを開発した。

本研究で開発したシステムを試行・評価した結果、グラフ上で得られる情報がある程度パターン化することで、その特徴や傾向に応じて適切なフィードバックを与えることが可能であることを明らかにした。また、開発したシステムは初学者の演奏音の特徴を捉えており、学校吹奏楽初学者の省察に有用であり、彼らの演奏技能の向上に効果的なフィード

バックを与えられることを示唆した。被験者である児童たちから、本開発システムを今後も使いたいと評価する声も寄せられ、同システムを用いた指導法開発の必要性が窺えた。

一方、本研究の最終目的は、学習履歴を活用した学校吹奏楽初学者向けの練習支援システムの開発にある。ロングトーン練習に着目し、演奏音の物理的な情報の可視化を通じて個人練習支援のためのプロトタイプを開発したが、音形や音質の可視化、学習履歴の活用に至っていない。また、試行・評価の被験者は5名（うち1名はデータ欠損）と少数であり、校種も小学校に限定されていたため、その有用性が十分に示せたとは言い難い。

今後の課題は、学校吹奏楽に関わる県内外学校教諭や児童生徒へのさらなる試用調査とその評価結果に基づいてシステムの有用性を検証するとともに、学習履歴の蓄積・活用や音形の可視化機能の実装などを通じた演奏技能向上への効果を明らかにすることである。

付記・謝辞

本稿の一部は、小口ほか（2018）で発表した内容を加筆修正し再構成したものである。

本研究にご協力いただいた信州大学教育学部附属松本小学校・石田雄太教諭、井出貴博教諭、および同校吹奏楽部の児童の皆さんに感謝する。なお、本研究は JSPS 科研費 JP16K13583, JP17H04707, 株式会社コルグによる助成・協力を受けたものである。

文献

- 石田修一, 2016, 小学校における効果的な管打楽器指導法についての考察—音楽授業と連携しシステム化された効率的管打楽器教育方法—, 開智国際大学紀要, 15, pp.95-126
- 森下孟, 桐原礼, 國宗永佳, 白神晃子, 2017, 演奏音の客観的評価による管楽器演奏技能向上の試み, 日本教育工学会研究報告集, JSET17-1, pp.37-40
- 永尾謙伍, 白杵潤, 2014, MIDI 鍵盤演奏におけるテンポと強弱に着目した練習支援法に関する研究, 情報処理学会研究報告デジタルコンテンツクリエーション(DCC), 2014-DCC-8(12), pp.1-6
- 小口宙暉, 國宗永佳, 森下孟, 桐原礼, 白神晃子, 山本樹, 倉山めぐみ, 金子大輔, 新村正明, 2017, 初学者を対象とした吹奏楽練習支援システムの基礎検討, 教育システム情報学会 2016 年度学生研究発表会 北信越地区, pp.21-22
- 小口宙暉, 國宗永佳, 針谷航, 小林匡輔, 新村正明, 桐原礼, 本間喜子, 森下孟, 2018, 初学者向け吹奏楽練習支援システムの開発, 教育システム情報学会 2017 年度学生研究発表会 関東地区, pp.45-46
- 澤光映, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, 演奏ルールを用いたウッドベースのための実時間運指取得システムの設計と実装, コンピュータソフトウェア, 27(1), pp.56-66
- 新山王政和, 矢崎佑, 2005, 学校吹奏楽における外部指導者システムの確立をめざした一考察 —自治体による試行事例と諸外国のコミュニティ支援システムの比較を参考にし—, 日本管打・吹奏楽学会研究論文<付・機関誌アコール 28 号>, pp.30-39

資料 1 個人練習支援システムのインタビュー調査結果（一部抜粋）

No.	話者	発話内容（下線部は著者による補足箇所を示す）
1	実践者 A	感想を教えてください。やってみてどうだった？
2	児童 A	グラフが出てくるのが面白かった。
3	児童 B	<u>揺れがしっかり見えるところが面白かった</u> 。自分がどこで失敗したとかが見えるから。
4	児童 C	最初はジグザグで、ピッチが合わなかったけど、2回目はうまくいった。まだ目標が達成できてないので、達成できるようにしたい。
5	児童 D	普段のロングトーンの練習よりものばすのが長くて大変だったけど、自分がどこでできていないとかわかったので、これからそこを練習すればいいからわかりやすいと思った。
6	実践者 A	どんな所がわかりやすいの？
7	児童 D	揺れとかズレてるとか。これから苦手な部分を練習していけばもっと上手になるかな。
8	児童 E	チューナーだとピッチが描いてないから難しい。見返したりできないから直しにくい。 <u>このシステムは</u> 、ピッチができなかった所を見返したり、直したりできるのいいと思った。
9	実践者 A	もうちょっとこうだったらいいなっていう要望は？
10	児童 B	黄色と青色が見にくい。パッと見てもわかるように。
11	児童 E	最初の入るタイミングが 4 くらいあった方が入りやすい。
12	児童 C	棒じゃなくて、「3, 2, 1, どうぞ」みたいな。
13	実践者 B	1 人 1 台あったら <u>このシステム</u> を使ってくれるかな？
14	児童全員	うんうん（頷く）。
15	児童 C	見てるのが楽しい。
16	児童 E	ピッチのゆらゆらするのとか面白い。
17	実践者 A	自分の 1 か月前の記録とかも聞けるといい？
18	児童 E	そうやって見れた方が振り返れる。上達したのがわかんない。
19	児童 C	今はこんなにうまくなったんだとかわかる。
20	児童 A	ランキングつけたらいいんじゃないか。
21	実践者 B	点数がどんどん上がっていくほうがやる気になる？
22	児童 C	そうすれば、どんな風に吹いてやっていけばいいかわかる。
23	実践者 A	最後に言いたいことはありますか？
24	児童 C	ぜひこれ出してほしい。
25	児童 A	メモとかできるようにしてほしい。どこが悪かったとか。
26	児童 E	下にスライドするとメモ欄が出てくる <u>といい</u> 。

（2018 年 9 月 28 日 受付）