

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：50103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01094

研究課題名（和文）リズムチューナー：身体知を可視化・可聴化する新しい音楽練習支援システム

研究課題名（英文）Rhythm Tuner: A Novel Music Practice Support System to Visualize Embodied Knowledge

研究代表者

山田 昌尚（Yamada, Masanao）

釧路工業高等専門学校・創造工学科・准教授

研究者番号：40220404

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：楽器演奏者の身体知獲得過程を可視化することで演奏支援を行うシステムであるリズムチューナーの開発を行った。特に発音検出のためのしきい値設定をアノテーション情報なしで自動化する方法を考案・実装することができた。また、ピアノ練習者の長期的な演奏熟達プロセスを分析するために、約120名を対象として1年間にわたる練習演奏データ記録を収集した。さらに、同じ対象者にアンケート調査を実施し、練習時に感じる演奏の困難さについて分析した結果、演奏技術を可視化して支援することの必要性が裏づけられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において考案した発音検出のしきい値設定方法は、独自の着眼点にもとづいて、煩雑なアノテーション情報の付与作業を必要せずに実時間でシステムを動作させる手法として有用性が高いと認められ、発表論文は情報処理学会より「FIT論文賞」を受賞した。また、ピアノ学習者を対象としたデータ収集は、これまでの演奏支援研究では実施されてこなかった長期的な情報蓄積であり価値が高い。これを演奏者に対するアンケート調査と組み合わせることで、ラーニングアナリティクスの観点から今後の研究に有用である。

研究成果の概要（英文）：We have developed a rhythm tuner, a system that visually supports improving musical instrument learners' physical knowledge, especially the acquisition process of rhythmic feeling. We devised and implemented a method to determine threshold parameters for onset detection without annotations automatically. Besides, we collected performance data records for about 120 piano players for a year in order to analyze the long-term process of acquiring performance proficiency. We also conducted a questionnaire survey to investigate the players' difficulties, and the result showed needs to visualize the players' performance.

研究分野：音楽情報処理

キーワード：音楽情報処理 演奏支援 情報可視化 リズム感 発音検出 信号処理 機械学習

### 1. 研究開始当初の背景

近年、研究の広がりを見せている分野のひとつに身体知の研究がある[1]。身体知は、いったん習得すれば永続性が高いものの、既習者・教授者から初学者への伝達が形式知よりも難しいという特徴があり、その獲得過程が十分明らかになっているとはいえない。身体知研究は、スポーツ科学の分野で精力的に展開されている[2]ほか、ものづくりの視点から熟練工スキルの伝承や安全性に関する研究[3]も進んでいる。本研究は、身体知のひとつである音楽演奏能力の獲得過程に焦点をあてている。

音楽演奏能力を向上させるうえで、音高とリズムを適切にコントロールできるようになることは基礎的かつ重要な要素のひとつである。音高やリズムを向上させる練習ではピアノやキーボード、メトロノームなどを用いて演奏者自身が判断し修正できるようになることが望ましいが、初心者にはそのような判断は難しい。また、ある程度演奏に習熟した中級者にとっても、演奏しながらその場で演奏内容の詳細を判断することは難しいため、演奏を録音して聞き直すことがしばしば行われている。このような練習を補助する手段として、音高に関してはチューナーが安価で普及しており、演奏者が自身の演奏を視覚的、定量的に知ることができる。しかしリズムに関してはそのような外部的な補助手段で客観的に可視化する方法は一般化していない。

一方、音楽情報科学の分野では演奏支援研究が活発に行われており、身体知獲得をサポートするものと位置づけることができる。こうした演奏支援システム研究における評価実験は、1日15分～30分程度の練習を数日間という期間で行われていることが多いが、一般的に楽器演奏の習得には長い期間が必要であることを考えれば、この実験期間はかなり短いといえるであろう。これには、被験者の協力を得るという制約からやむを得ない面はあるにせよ、身体知獲得という点からいえば、より長期的に視点で演奏技術の向上を分析・評価する必要性があると思われる。しかし、演奏支援システムを使うかどうかにかかわらず、演奏が上達していく過程がどういったプロセスであるかを定量的に調査した研究はみられず、その方法もほとんど検討されていない。

### 2. 研究の目的

本研究では2つの方向性から身体知としての音楽演奏能力の獲得について研究する。ひとつは、楽器練習者が演奏したリズムをリアルタイムに可視化するシステム「リズムチューナー」を開発し、演奏者自身のメタ認知をサポートすることである。対象とする楽器としては管楽器等の単音で演奏するものと考え、システムへの入力音響信号とする。特に、任意の楽譜を練習できるように、アノテーション情報を使用せずにパラメータを設定する方法について提案し、実験を行う。もうひとつは、ピアノ練習演奏データを継続的に蓄積し、その分析方法について検討することである。これは、1年間にわたって初級学習者約120名の練習状況を記録するもので、記録形式は電子ピアノによるMIDIである。リズムチューナーが演奏したその場でのフィードバックを提供するのに対して、ピアノ演奏データの記録は、練習項目とその実施状況をもとに、指導者の観察や参与も含めた長期的な演奏技能向上の枠組み構築を目指すもので、両者が相補的に機能することが期待される。

### 3. 研究の方法

#### (1) リズムチューナーの構成と発音検出

図1にリズムチューナーの構成を示す。ユーザが演奏するテンポと拍子を設定(①)すると、それによって、システムはメトロノーム音を生成しスピーカから音を鳴らす(②)。このとき強拍は880Hz、弱拍は440Hz周波数として区別する。ユーザはメトロノーム音を聴きながら楽器を演奏する(③)。システムは演奏された音をマイクから取り込んで発音検出し、検出した発音タイミングリアルタイムでディスプレイに表示する(④)。

発音検出は、音響信号を正規化した後、FFTフレームデータ数 $N$ の短時間フーリエ変換(STFT)を用いて時間周波数領域に変換し、スペクトログラム $X(n, k)$ を得る。 $n$ は時間、 $k$ は周波数である。スペクトログラムからスペクトルフラックス $SF(n)$ を求める。

$$SF(n) = \sum_{k=1}^{N/2-1} \max(0, |X(n, k)| - |X(n-1, k)|) \quad (1)$$

ピーク抽出では、しきい値を超える局所最大値(local maxima)を検出し、その時刻を発音時刻とする。しきい値として次式による動的しきい値 $TH(n)$ を用いる。

$$TH(n) = \delta + \lambda \cdot \text{median}(SF(n-v_1:n-v_2)) + \alpha \cdot \text{mean}(SF(n-v_1:n-v_2)) \quad (2)$$

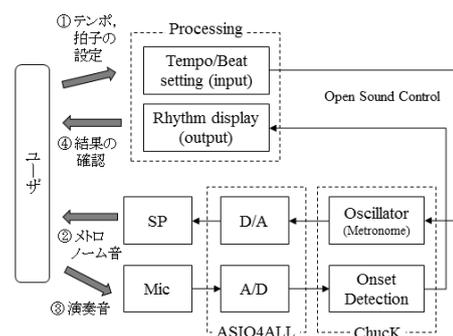


図1 リズムチューナーのシステム構成

ここで  $\delta$  はしきい値の定数項,  $\lambda$  および  $\alpha$  はそれぞれ中央値, 平均値に対する重みであり,  $v_1, v_2$  は動的しきい値の対象幅を表す. このしきい値を用いて, 検出関数  $DF(n)$  および発音  $OD(n)$  を次のように求める.

$$DF(n) = SF(n) - TH(n) \quad (3)$$

$$OD(n) = \begin{cases} 1, & DF(n) > 0 \text{ and } \operatorname{argmax}_{w_1 < m < w_2} DF(m) = n \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

ここで  $w_1, w_2$  は local maxima の探索範囲である. リズム練習支援システムとしては, (4) 式の  $OD(n) = 1$  となる時刻  $n$  を演奏者へのフィードバックとして表示する.

## (2) しきい値設定(キャリブレーション)方法

発音検出手法の性能について検討する場合, 一般的には検出した発音と, 別に用意したアノテーションデータを比較して true positive, false positive, false negative をカウントし, F 値を求めて評価基準とする. 前記のしきい値設定に関しても, 著者らは従来アノテーションデータを用いた精度の検証を行い, タンギング奏法およびレガート奏法のいずれにおいても 95%以上の F 値が得られることを確認していた[1]. しかし, リズムチューナーでは任意の演奏パターンを入力とするため, それぞれの入力にアノテーションデータを用意することは現実的でない. そこで, アノテーション情報なしでしきい値の算出に用いるパラメータを決定するため, 実際の練習を行う前にシステムの利用者に合わせてこのパラメータ設定を行うためのモードを設けることにした. これをキャリブレーションと呼ぶことにする. このキャリブレーションにおいては, システムを使用する演奏者が一定時間の間に任意のいくつかの音を演奏し, あわせて自分が発音した音数をシステムに入力する. システムは, 入力された音響信号から求めた発音検出数がユーザの指定した発音数とできるだけ近くなるように, しきい値算出に用いるパラメータを設定する. つまり, アノテーションデータなしでのしきい値算出パラメータ設定の問題を, 発音検出数を評価関数とする最適値探索問題として考える.

ここで (2) 式において, しきい値算出パラメータである  $\delta, \lambda, \alpha$  をすべて設定するのは煩雑である一方,  $TH(n)$  を求めるうえでは  $\delta$  が固定しきい値,  $\lambda$  と  $\alpha$  の項が区間  $[n - v_1 : n - v_2]$  の中央値と平均値による動的しきい値の効果をもつため,  $\lambda$  と  $\alpha$  のいずれかのみを用いることとして, それぞれを使用した場合の検出率を調べたところ  $\lambda$  を用いた方が効果的であったため,  $\alpha = 0$  とし,  $\delta$  と  $\lambda$  を対象に最適値を探索した.

具体的な最適値探索として, 山登り法と同様の手法を用いる. まず  $\lambda = 0$  と仮定して, 2 分法を用いて発音検出数がユーザの指定値に最も近くなる  $\delta$  を求める. 次に,  $\lambda$  を 0~1 の範囲で 20 等分し, その中で発音検出数がユーザの指定した発音数に最も近い  $\lambda$  と  $\alpha$  の組を用いることとした. このとき,  $\lambda$  を増加させた分,  $\delta$  を減少させることとした.

## 4. 研究成果

### (1) リズムチューナーの実験結果

前節で述べたアノテーション情報なしでしきい値算出パラメータを設定するキャリブレーションの妥当性を確認する実験と, そこで設定したパラメータを用いてリズム練習支援システムとしての被験者実験を行った.

アノテーション情報を用いないしきい値設定について検討するため, しきい値  $TH(n)$  を算出するパラメータと発音検出数の関係について調べた. システムが検出した発音数からユーザが指定した発音数を引いた値を「発音検出数差」と呼ぶことにする. 発音検出数差が 0 であれば, システムが検出した発音数とユーザが指定した発音数が等しいからしきい値が適切に設定されているといえる.

実験として, フルート, トランペット, ホルンの 3 種類の楽器で録音した音の発音検出を実施した. 録音したパターンは変ロ長調で 1 オクターブ音階をタンギングで演奏したもの (16 音, 約 5 秒) である. 前節(3), (4) 式のパラメータは  $v_1 = 100 \text{ ms}$ ,  $v_2 = 0$ ,  $w_1 = 50 \text{ ms}$  とした. 図 2 にホルンの場合の, しきい値算出パラメータ  $\delta, \lambda$  に対する発音検出数差の結果を示す. この図から,  $\lambda$  が一定であれば  $\delta$  に対して発音検出数差は一樣減少していることが確認できる. また,  $\lambda$  を増加させるにつれて発音検出数差が 0 となる位置は  $\delta$  を減少させることでも得られることがわかる. 3.2 節で述べたパラメータ探索は図 2 において, まず  $\lambda = 0$  となる奥側のライン上で 2 分法を用いて発音検出数差が 0 に近い点を探し, 次にそこから  $\lambda$  を変化させて, それぞれの  $\lambda$  に対して発音検出数差が 0 に近くなる  $\delta$  を求めて最適値を得ることになる. 最初に  $\delta$  で 2 分法を用いることにより, パラメータ空間全体を探索する必要をなくし, 効率を向上させている. 図 2 のようなしきい値算出パラメータに対す

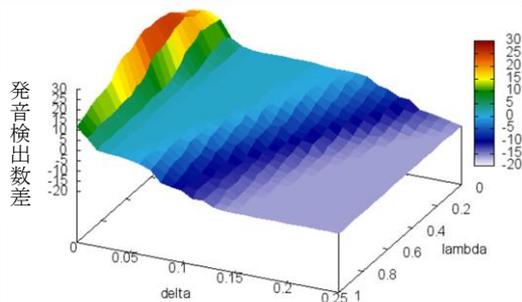


図 2 しきい値算出パラメータに対する発音検出数差

る発音検出数の関係は他の楽器やレガート奏法の場合でも同様の結果が得られており、この設定方法は妥当であるといえる。

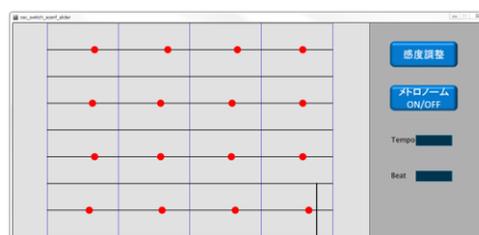
これまでに述べたしきい値算出パラメータの設定方法によりリズムチューナーを用いて被験者実験を行った。実験で演奏した内容は拍の頭に音がなく裏拍での発音が連続するリズムである。被験者は5人の吹奏楽経験者で、楽器演奏歴は1~7年である。まずリズムチューナー使用の前に、被験者ごとにしきい値パラメータの設定を行った。表1に、システムを使用開始時と5分間のリズムチューナー使用後について、それぞれ16拍分演奏したときの発音位置の平均値と標準偏差を示す。演奏テンポは100BPMで、16拍分の音高は同一とし、被験者が演奏しやすい音高で実施した。演奏楽器は被験者A, Bがホルン、被験者Cがトロンボーン、被験者Dがクラリネット、被験者Eがバスーンである。表1では1拍の長さを100と表しているのので後打ちの正しい発音位置は50となる。表1において、被験者Cを除いて、システム使用後は平均値が50に近づくとともに標準偏差も小さくなっていることから、正確なタイミングで安定して演奏できるようになっていることがわかる。被験者Cは、システム使用後の測定で画面表示を意識しすぎて演奏が乱れてしまった様子が実験時に観察された。

表1 被験者実験によるシステム使用前後の発音平均位置と標準偏差

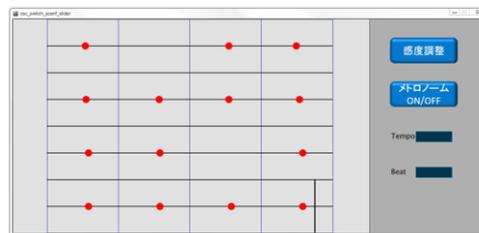
被験者	平均値		標準偏差	
	使用前	使用后	使用前	使用后
A	62.0	55.9	4.0	2.4
B	54.6	52.4	3.0	2.2
C	56.2	46.7	4.1	11.1
D	49.6	49.9	4.9	2.8
E	53.0	50.6	2.8	2.6

(1拍の長さを100としている)

図3に被験者Aがリズムチューナーを使用したときの画面表示を示す。図3(a)はシステムを使って練習する前、(b)はシステムを5分間使用した後である。画面右上の「感度設定」と表示されているボタンが、3.2節で述べたキャリブレーションモードに入るボタンである。このボタンを押すとシステムが10秒間カウントダウンを行うので、その間に演奏者がいくつかの音を演奏し、その発音数をキーボードから入力する。この発音数をもとにしきい値のパラメータ設定を行う。感度設定ボタンの下にはメトロノーム音の有無の切り替えと、テンポおよび拍子を入力するテキストボックスがある。画面左側が4段になっているのは演奏に対する発音検出を表示するもので、1段が1小節に対応する。図3では1小節あたり4拍分が表示されており、この拍数は左側のBeatテキストボックスで入力した値によって変化する。システムの使用中は、現在時刻を表すバーが左から右に移動して、メトロノームの視覚的役割を果たす。図3では、4小節目4拍目にあたる場所にこのバーが表示されている。このバーの移動とともに、発音を検出された位置に赤い点を打っていく。図3(b)で1小節目2拍目と3小節目3拍目に点がないが、これは演奏としては発音があったがシステムが検出しなかった false negative である。このように部分的な誤検出はあるものの、全体としてシステム使用前にやや遅れ気味だった奏者の発音タイミングが、システム使用後は改善していることが視覚的に確認できる。参考として、被験者から「視覚情報があることで練習に集中しやすい」などのコメントが得られた。



(a) システム使用前



(b) システム使用后

図3 リズムチューナーの実行画面 (被験者A)

検出精度に関しては、被験者5名全体で発音160個に対して false positive と false negative がそれぞれ5個ずつであったため、F値が96.8%となった。これは、筆者らの従来の研究でアノテーションデータを使用してしきい値算出パラメータを設定した場合と同等の水準となっているため、本論文で提案したアノテーションデータを用いないパラメータ設定方法の妥当性を示しているといえる。

## (2) ピアノ学習者の長期的練習データ記録

前節までで述べたリズムチューナーを用いた練習補助が、演奏したリズムに関する情報をその場で奏者にフィードバックするものであるのに対して、長期的な演奏技能向上の経過をとらえることを目的として実施したのがピアノ学習者の練習演奏データ記録である。この演奏データ収集は、大学の幼児教育専攻でピアノのグループ授業を受けている学生を対象とし、毎週90分、1年間の授業時間について、原則的にすべての演奏を記録することを2か年度にわたって実施した。対象学生数はあわせて約120名である。この授業を受けている学生の多くは保育士あるいは幼稚園教諭を目指しておりピアノ演奏獲得への必要性が高い一方で、ピアノ演奏経験の

ない状態から学習を始める者も少なくない。授業では電子ピアノを使用しているの、演奏データ記録には電子ピアノ付属の MIDI データ記録機能を用いた。学生が練習に使用するのはバイエルおよび弾き歌いの保育曲である。

記録した演奏技能を評価するうえで、初級者の場合は楽譜通りにミスなく弾けるようになることが上達であるとして差し支えないと考えられる。学習者が与えられた楽譜に対してどこどのように演奏を間違うかは個人ごとにばらつきがあり、また同一演奏者でも演奏のたびごとに変化し得る。これは、楽譜上のある音符が演奏されるべき音高およびタイミング (=真値) に対して、実際の演奏が誤差を含んだ測定値であると見ることができ、音楽演奏学習者が教授者の指導を受けながら長期的に練習を続けていけば、その演奏は望ましい方向へ変化していくはずである。今回対象とするのは特定の楽曲の習熟に限るものではなく、授業ではひとつの曲に習熟すれば次の曲へと課題曲が進んでいくから、上記に示したように演奏技能要素について楽譜との誤差が小さくなっていく過程として記述することは、単に特定の楽曲に慣れたということではなく、一般的な演奏技能の獲得を記録しているといえる。

そうした分析を行うにあたって、演奏の各部分と楽譜を対応付けるアノテーションが必要であるが、本研究で扱うような長時間の演奏データを扱うには、何らかの方法で自動化あるいは半自動化することが必要である。そこで、アノテーション作業の前段階として、連続して録音された複数の曲を含む練習演奏データからそれぞれの瞬間にどの曲が演奏されているかを深層学習を用いて推定する実験を行った。扱う対象が時系列信号のため、深層学習にはリカレントニューラルネットワークを用いた。

試験的に、ピアノ初心者の大学生 1 名が授業で電子ピアノを用いて個人練習として演奏した 60 分間の MIDI データから、曲間の無音部分を短縮した約 16 分間のデータを用いて分類を試みた。これにはバイエル 4 番～8 番の 5 曲の演奏情報が含まれている。それぞれの演奏時間は、4 番 349 秒、5 番 54 秒、6 番 69 秒、7 番 121 秒、8 番 367 秒 (順不同) である。演奏内容には音高やリズムの間違い、中断、繰り返しなどが多く含まれている。深層学習にはリカレントニューラルネットワークの一種である LSTM (Long Short-Time Memory) を使用した。ネットワークの入力層は使用された音高に対応して 38 ノード、中間層は 200 ノード、出力層は 5 曲分と無音部分で 6 ノードの分類問題である。出力層と教師信号から得る損失の算出には平均二乗誤差を用いた。

図 4 にエポック数 50 までの学習の収束の様子および検証用データを用いた推定結果を示す。学習における損失値は破線および右軸目盛で表されており、33.6 から 13.7 まで低下している。ミニバッチサイズを大きくしたり学習する系列長を大きくすれば、より小さな損失値になるが、必ずしも推定の正解率は上昇しなかった。検証用データを用いた推定の正解率は実線および左軸目盛で表されており、エポック 40 以上で概ね 70% を超えた。続いて、バイエルの楽譜から MIDI データを作成し、これを教師データとして同様に演奏データの分類推定を実施したが、その正解率は約 30%にとどまった。

長期的な演奏技能の向上について検討するうえでは、客観的な演奏情報の記録・分析とともに、指導者の評価やフィードバックも重要である。そこで、指導者からの効果的なフィードバックを提供するための手がかりとして、上記の演奏データ記録の対象者に、練習時に感じている困難さの調査を実施した。調査には、読譜に関する項目と具体的な練習方法に関する項目を設定した。集計の結果、読譜に関する困り感として、音高に関しては苦手意識をもちながらも理解できているのに対して、リズムに関しては自分自身が正しいリズムで演奏できているかを判断することが難しいと学習者が認識していることが明らかとなった。また楽譜の強弱については、知識としては理解できているがそれを音にしていく技術の習得が課題であることが示された。全体として、演奏技術の視覚的な支援の必要性および自分自身の演奏を可聴化する必要性があることが裏付けられた。今回の調査は、個人ごとの演奏記録内容と対応づけた分析には踏み込んでいないが、今後はリズムチューナーを用いた演奏者自身による修正、記録した演奏データの分析結果、指導者によるアドバイスを総合することで、学習効果が高まるとともに、身体知としての演奏技能向上についての知見が蓄積されることが期待できる。

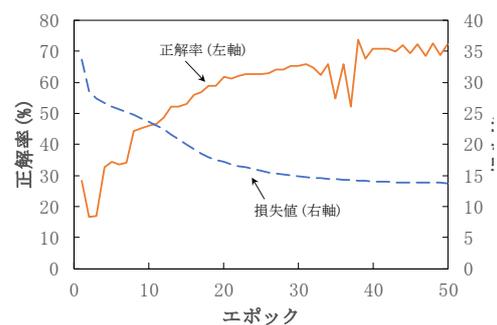


図 4 推定の正解率と損失値

## 参考文献

- [1] 古川康一ほか、「身体知研究の潮流—身体知の解明に向けて—」, 人工知能学会論文誌 20 巻 2 号, pp. 117-128, 2005.
- [2] 諏訪正樹, 「スポーツの技の習得のためのメタ認知的言語化: 学習方法論 (how) を探究する実践」, FIT2007, イベント企画「近未来技術と情報科学-スポーツと情報技術-」抄録, 2007.
- [3] 古川勇二ほか, 「身体性認知科学に基づくフライス加工技能の修得・伝承モデルの構築 第 1 報」, 2014 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp. 1041-1042, 2014.
- [4] 松尾章弘, 土江田織枝, 山田昌尚, 「リアルタイム発音検出のための動的しきい値自動最適化」, 情報処理学会第 78 回全国大会, 第 2 分冊, pp. 437-438, 2016.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masanao Yamada, Orié Doeda, Akihiro Matsuo, Yusuke Hara, Kyoko Mine	4. 巻 5
2. 論文標題 A rhythm practice support system with annotation-free real-time onset detection	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Conference on Advanced Informatics, Concepts, Theory, and Applications (ICAICTA)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICAICTA.2017.8090995	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山田昌尚, 松尾章弘, 峯恭子, 土江田織枝	4. 巻 FIT2016 第2分冊
2. 論文標題 リズムチューナー：アノテーション情報を用いないリアルタイム発音検出によるリズム練習支援システム	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 第15回情報科学技術フォーラム論文集	6. 最初と最後の頁 9-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 島谷翼, 峯恭子, 土江田織枝, 山田 昌尚
2. 発表標題 深層学習を用いたピアノ学習者の練習時間分析
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 峯 恭子, 山田 昌尚
2. 発表標題 保育者養成校におけるピアノ学習初心者への指導に関する一考察
3. 学会等名 日本保育学会第73回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷口 寛翔, 峯 恭子, 土江田 織枝, 山田 昌尚
2. 発表標題 ピアノ演奏技能の定量的な評価方法に関する検討
3. 学会等名 音学シンポジウム2018 (第119回 音楽情報科学研究会・第122回 音声言語情報処理研究会 共催研究会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirotō Taniguchi, Tsubasa Shimaya, Kyoko Mine, Ikuko Hamada, Oriē Doeda, Masanao Yamada
2. 発表標題 Music Pattern Classification for Piano Performance Skills Evaluation
3. 学会等名 The 37th JSST Annual International Conference on Simulation Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾章弘, 原佑輔, 土江田織枝, 山田昌尚
2. 発表標題 単音を対象としたリズム練習支援システム
3. 学会等名 音学シンポジウム2016 (第111回 音楽情報科学研究会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 原佑輔, 松尾章弘, 山田昌尚
2. 発表標題 リズム練習システムの発音検出精度向上に関する検討
3. 学会等名 音学シンポジウム2016 (第111回 音楽情報科学研究会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	土江田 織枝  (Doeda Oriie)  (10230723)	釧路工業高等専門学校・創造工学科・准教授   (50103)	
研究 分担者	峯 恭子  (Mine Kyoko)  (90611187)	大阪大谷大学・教育学部・准教授   (34414)	