

フルート演奏支援システムのための音響分析：演奏音収集方法の再検討

大下沙偉[†]大澤智恵[‡]北原鉄朗[†][†] 日本大学大学院総合基礎科学研究科[‡] 武庫川女子大学音楽学部応用音楽学科

1. はじめに

フルートは吹き方を変えた時の音の変化量が大きい楽器であり、唇の隙間の大きさ（口の大きさ）や唄口の傾きなどを細かくコントロールする必要がある。しかし、フルートの基礎的な奏法を指南する書籍において、これらについて明確に書かれているものは多くない。

フルートの音響に関しては、これまで様々な分析がおこなわれてきた。安藤^{1),2)}, Ron Yorita ら³⁾, N. H. Fletcher⁴⁾の論文では音響的分析が主であり、吹き方との関係は扱っていなかった。一方、疋崎⁵⁾の論文では吹き方が音に与える影響をあつまっているものの、良い音かどうかは判断していなかった。

我々は以前、様々な吹き方の演奏音をオンラインで集め、音響分析による自動評価を試行した⁶⁾が、録音環境の差が大きく、指示通りに吹いているかの信憑性が低いという問題があった。本稿では、録音環境を統一する、映像を併用するなど、上述の問題点を解決する方法について検討する。

2. 前報の結果とその問題点

以前の研究⁶⁾では、クラウドソーシングサービスを利用し、次の実験を行った。

(1) 初学者から経験者まで幅広い層の演奏者に、次の内容を演奏してもらった。

演奏楽譜：C5/C6 ロングトーン、C4-G4-C5-G4-C4 のアルペジオ、C5-G5-C6-G5-C5 のアルペジオ

演奏方法：[普通] [口を大きめ] [口を小さめ] [息を上向きに] [息を下向きに]

ここで、[普通] 以外は不適切な吹き方を意図的に再現することを意図している。演奏音は演奏者が自身のスマートフォンや PC などで収録し、Google Form 経由で提出する。

(2) 経験者（音楽大学または高校音楽科のフルート専攻所属または卒業で、フルート歴が 12 か月以上）に (1) で収録した音の主観評価（5 段階）をしてもらった。

収集した演奏音に対して特徴量を抽出し、特徴量と主観評価や吹き方の関係を重回帰分析や決定木にて分析した。

その結果、評価が高い音の方が振幅と基本周波数 (F0) の時間変化が少なく、高次倍音が豊富に含まれていた。主観評価に対する線形回帰の二乗平均平方根誤差は約 0.67、主観評価を 3 クラスに分割した場合の決定木による分類精度は 83% であった。一方、吹き方による特徴量の分布の違いは見られず、決定木による分類精度は [普通] と [その他] でも 71%、吹き方ごとでは 36% であった。

しかしながら、この実験には次の問題があった。

- [口を大きめ] [息を上向きに] などに関してどの程度そうするのかの指示が明確ではなく、各演奏者にゆだねられていた。また、映像などが残っていないため、後から口の大きさや息の向きを分析することもできない。
- 各演奏者が自身のスマートフォンなどで収録するため、マイクロホンなどが異なり、音響条件が一定でなかった。
- 各自が収録したものを web 経由で送付する形式のため、収録時の様子を実験者が確認することができず、実験の意図と異なる状況であっても、修正できなかった。

3. 実験方法

3.1 実験方針の見直し

前節で述べた問題点を解決するため、本稿では次の方針にて演奏音を収集することとした。

- フルート演奏歴が十分に長い演奏者が、口の開き具合やフルートの向きを細かく制御しつつ演奏する。
- 口の開き具合やフルートの向きを画像から分析できるように、音に加えて映像を記録する。映像の記録には 2 台のスマートフォンを使い、1 台は正面から口の大きさを、もう 1 台は横からフルートの向きを記録する。
- 実験者が適宜指示をしながら進行できるように、演奏者と実験者が Zoom につないだ状態で進める。
- 記録は Zoom のレコーディング機能を用いる。
- 演奏音を収録するためのマイクロホン、映像を記録するためのスマートフォンは、実験者が演奏者に送付する。
- 演奏音の主観評価は、演奏者自身が行う。

演奏音を忠実に記録するため、スマートフォン上の Zoom の設定を「オリジナルサウンド」に変更した。それでも、存在しない低音（純音に近い音色）が混入することがあった。特徴抽出の際に、この低音が影響しないように振幅スペクトルを見ながら抽出の際の条件を調整することとし、そのまま続行した。また、16kHz 以上には周波数成分が全く存在しなかった（サンプリング周波数が 32kHz と思われる）が、同条件の演奏音のみの比較をするため、問題ないと判断した。

また、フルートの角度を推定するため、半分を黒く塗った円形のマスキングテープをフルートの頭部間の頂点に貼ってもらった。プライバシー保護のため、口元のみが映るようにスマートフォンの向きを調整してもらった。

3.2 実験手順・演奏内容

必要な機器などを実験参加者に送付し、図 1 のように配置するよう文書にて指示した。2 台のスマートフォン (ASUS ZenFone 4 Max, X00HD) を正面と側面に配置し、正面のスマートフォンにマイクロホン (SENNHEISER, MKE200 Mobile Kit) を接続した。参加者は、両方のスマートフォンから指定された Zoom 会議室に入室し、両方のスマートフォンのカメラをオン、オーディオは正面のスマートフォンのみ有効にし、次の内容を演奏した。

演奏内容：F4/F5/F6 ロングトーン、F4-C5-F5-C5-F4 の

Acoustic analysis for flute performance support system: Re-consideration of sound collection method
Oshita Sai (Nihon Univ.), Ohsawa Chie (Mukogawa Women's Univ.), and Kitahara Tetsuro (Nihon Univ.)

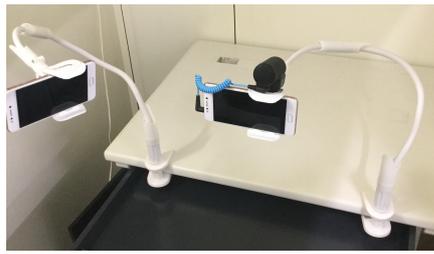


図1 機材の位置

表1 主観評価における質問項目

1	どのくらい良い音だったか
2	どの程度澄んでいたか
3	聞こえる息の量はどのくらい少なかったか

アルペジオ, F5-C6-F6-C6-F5 のアルペジオ

演奏方法: [普通] [口を大きめ] [口を小さめ] [楽器を手前に傾けて] [楽器を奥に傾けて] [タンギング強めに] [タンギング弱めに]([普通] 以外は小・中・大の3段階)

たとえば [口を大きめ] であれば, 音が全く出なくなる直前まで口を大きくし, それを「大」とした. 音が出なくなる直前の口の大きさは, 収録を開始する前にあらかじめ確かめ, それに基づいて「大」「中」「小」の口の大きさを参加者自身が決めた. それ以外の演奏方法も同様である.

演奏終了後, 参加者自身が主観評価を行った. 質問内容は表1の3つで, 全ての質問で VAS(Visual Analogue Scale)を使用した.

3.3 実験参加者

演奏収録に参加したのは第2著者である. 第2著者は音楽学部の理論系の教員であり, フルート演奏歴は30年である.

3.4 音響分析方法

前報⁶⁾と同様, 無音区間を除去した後, 振幅やF0に関する特徴量を5個, 振幅スペクトルに関する特徴量を3個抽出する. ただし, 「音高の正確さ」は本稿で新たに用いる.

振幅やF0の時間変化に関する特徴量

- d_v : 振幅の時間差分の平均値
- d_f : F0の時間差分の平均値
- r_v : 振幅の時間変化の範囲
- r_f : F0の時間変化の範囲
- v_f : 音高の正確さ (演奏音のF0の時間平均と正解のF0の差, 正解のF0は平均律にて計算)

振幅スペクトルに関する特徴量

- o_s : 吹き始め1秒間の倍音 (F0成分を含む) の個数
- f_s : 吹き始め1秒間の全倍音中のF0成分の割合
- n_s : 吹き始めのスペクトル全体における調波成分の割合

4. 結果

収集した演奏音のうち, F4ロングトーンの音響特徴量を図2に示す. 読み取れる事柄の一部を以下に示す.

- [口を大きめ] [楽器を奥に傾けて] [タンギング強めに] において, v_f は高い値を取った.
- [口を大きめ] [口を小さめ] [楽器を手前に傾けて] [楽器を奥に傾けて] [タンギング弱めに] において, その程度を大きくするほど d_v が高い値を取る傾向が見られた.
- 楽器の向きを変化させた場合に, 通常よりも o_s が低い

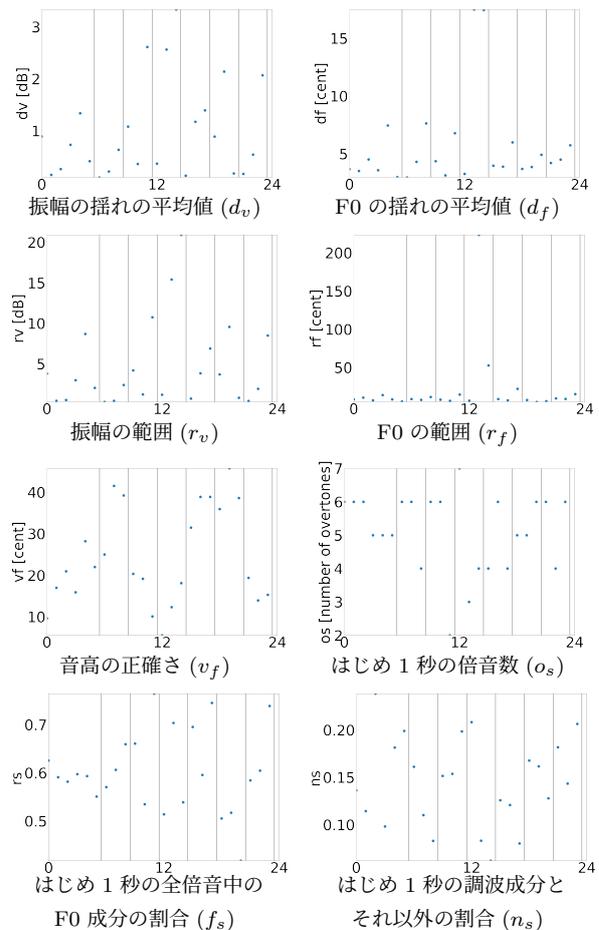


図2 各演奏音の特徴量の分布 (左から [普通] [口を大きめ] [口を小さめ] [楽器を手前に傾けて] [楽器を奥に傾けて] [タンギング強めに] [タンギング弱めに], 演奏内容ごとでは左から度合が小・中・大)

値を取る傾向が見られた.

5. おわりに

本稿では, フルートの演奏習得支援を目指し, 新たな方法でフルート演奏音を収集した. 現在はまだ第2著者による演奏音しか収集できていないため, 協力者を募って収集を進めるとともに, ロングトーン以外の演奏音の分析も進めていく.

謝辞本研究は, 科研費 22H03711, 21H03572 の支援を受けた.

参考文献

- 1) 安藤, 音楽・音楽学と楽器音響学, 日本音響学会誌, 59(3), pp.146-152, 2003
- 2) 加藤, 西村, 安藤, 解析信号を用いたフルート音の倍音の周波数分析, 情報研報, 2000-MUS-039(16), pp.43-50, 2001
- 3) Ron Y, and John C, Using Spectral Analysis to Evaluate Flute Tone Quality, Proc. of Meetings on Acoustics, 23(035001), 2015
- 4) Fletcher. N. H, Acoustical Correlates of Flute Performance Technique, The Journal of the Acoustical Society of America 57, 233, 1975
- 5) 疋崎, 太田, フルート吹奏時の唇の計測による唇の形状が吹奏音に与える影響の検討, 音響研資, 音楽音響, vol.39, No.8, pp.53-57, 2021
- 6) S. Oshita, and T. Kitahara, Automatic classification of blowing properness in flute sounds, Proc. ICA, ABS-0467, 2022