

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：32605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750241

研究課題名(和文)金管楽器奏者の表情筋活動と口腔内圧力とマウスピースフォースの協調制御について

研究課題名(英文)Coordination control in facial muscle activities, mouthpiece force and oral pressure for brass instrument players

研究代表者

平野 剛(Hirano, Takeshi)

桜美林大学・芸術・文化学系・助教

研究者番号：00707515

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、金管楽器演奏時の表情筋の活動、マウスピースを唇に押し付ける力、口腔内圧力を同時計測することで、これらの経時変化ならびに協調関係を検討した。その結果、表情筋の活動とマウスピースを唇に押し付ける力、口腔内圧力とマウスピースを唇に押し付ける力の間に相関関係があることが示された。これら一連の成果について、国内・国際学会で公表するとともに、一般向け講演などのアウトリーチ活動を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this project was to investigate coordination control in facial muscle activities, mouthpiece force and oral pressure while playing the brass instruments. Experimental results showed significant relationships between the magnitudes of facial muscle activity and mouthpiece force, and between the magnitudes of mouthpiece force and oral pressure. These findings were presented to international and domestic conferences and made open to the public through outreach activities.

研究分野：複合領域

キーワード：生体情報解析 金管楽器演奏 熟達化

### 1. 研究開始当初の背景

金管楽器演奏では、奏者の唇をマウスピースに当て、奏者が唇を振動させて、その振動が楽器本体に共鳴することで音が鳴る。奏者は、この振動する唇の振幅や周波数を調節することによって、意図した音量や音の高さの演奏を実現している。金管楽器奏者を対象にした先行研究では、「表情筋の活動」と「マウスピースを唇に押しつける力」によって振動する唇の質量や粘弾特性が変化し、また「口腔内圧力」によって唇の振動が励起・持続することが示唆されている。しかし、先行研究ではこれら指標の詳細な経時変化は検討されておらず、音を鳴らしている間と音を鳴らす直前の間にどのような違いがあるかはわかっていない。この違いを検討することで、金管楽器奏者の各指標のより詳細な制御メカニズムが明らかになると考えられる。また、先行研究の多くはこれらの指標を単独で計測していることから、上記3つの指標の相互関係については不明である。これら3つの指標を同時計測することで、これら指標の協制御メカニズムが明らかになると考えられる。

また金管楽器奏者を対象にした研究では、熟達度に関する研究は極めて少なく、さらに少ない研究の中でも、結論が一致していないこともある。例えば、「マウスピースを唇に押しつける力」に熟達度差は認められないと結論付ける研究が存在する一方で、未熟な奏者ほど力を強く発揮していると結論付けている研究も存在する。この差は、研究によってさまざまなレベルの演奏課題が用いられていること、また得られたデータを定量化する解析区間が異なることが原因と考えられる。そこで、さまざまなレベルの演奏課題を設定し、上記3つの指標を計測・解析し、最終的に統計処理を行うことで、熟達度による違いを明らかにすることが可能になると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、金管楽器演奏時の表情筋の活動、マウスピースを唇に押しつける力、口腔内圧力を同時計測することで、音高調節と音量調節に対するそれぞれの経時変化、ならびにこれらの指標の相互関係を明らかにすることを目的とした。また熟達奏者と未熟達奏者のデータを比較することで、熟達化に伴う運動制御方略の違いを検討することを目的とした。本研究では、金管楽器の中でも演奏で広い音域を必要とされるホルン奏者を対象に実験を行った。

### 3. 研究の方法

本研究では、まずマウスピースを唇に押しつける力を計測する装置（マウスピースフォース計測装置）の設計および開発を行った。ホルン奏者を対象に実験を実施するため、測定装置はホルンのマウスピースの形状をモ

デルにして真鍮材を旋盤加工し吹き口部とセンサ土台部とを作成した。ひずみ計測部にストレインゲージを貼りホイートストンブリッジを形成することで計測部の垂直方向に作用する力を計測できるように開発した。続いて、表情筋の活動、マウスピースを唇に押しつける力、口腔内圧力そして騒音計から取り込む音圧データを同時計測できるシステムを開発した。開発したシステムを用いて、熟達奏者と未熟達奏者を対象に音を2秒間鳴らして2秒休みを繰り返す単音演奏課題と、異なる高さの音を途切れることなく連続して演奏する連続音演奏課題、さらに疲労を伴う高い音を連続で演奏する疲労演奏課題をそれぞれ演奏させた。

騒音計から得られた音圧データをもとに音開始時刻を決定し、音の鳴る直前と音を鳴らしているときの2つの解析区間を設定して、音高・音量とマウスピースを唇に押しつける力の関係、表情筋の活動とマウスピースを唇に押しつける力の関係、マウスピースを唇に押しつける力と口腔内圧力の関係などを検討した。

### 4. 研究成果

単音演奏課題を用いて音高調節および音量調節におけるマウスピースを唇に押しつける力の関係をそれぞれ調べた結果、熟達奏者と未熟達奏者のどちらにおいても音の開始時刻の力および音出し区間の平均力の双方でマウスピースを唇に押しつける力は音高に依存してほぼ線形に増加することが確認された。さらに音開始時より前に現れる力微分波形のピーク値も両群において音高が高いほど有意に高かった。これらの結果から、演奏者はマウスピースを唇に押しつける力を音出し以前に既にターゲット音に対して必要な強度まで発揮しており、音高変化に対してマウスピースを唇に押しつける力はフィードフォワードな制御を行っていることが示唆された。一方で、音圧が大きいほど音出し区間のマウスピースを唇に押しつける力は強く発揮されたが、音の開始時刻ではその力の変化は音出し区間のそれと比べて弱かった。これは音圧が強くなると音高制御がより困難になるため音高と音圧の操作が同時ではなく、順序性を伴って実行されていることを示唆しているものと思われる。これらの結果は、金管楽器における音高制御がフィードフォワード的な制御であるのに対して音圧制御（特に強音圧域）はフィードバック的な形で実施されていることも示していると考えられる。また連続音演奏課題を用いてマウスピースを唇に押しつける力の熟達度差を検討したが、音開始時の力、演奏時の力の平均値、ピーク値に群間の差は認められなかった。おそらくホルン演奏におけるマウスピースを唇に押しつける力の制御は、音を鳴らす上で必要不可欠な要素であることから、これらの解析では両群に差が現れなかつ

たと考えられる。

単音演奏課題を用いて音高調節における表情筋の活動とマウスピースを唇に押し付ける力の関係を解析した結果、音出し区間において両変数の間には相関関係があることが示された。また疲労演奏課題では、マウスピースを唇に押し付ける力は音を鳴らすことのできる直前までほぼ一定であったが、表情筋の活動強度は経過時間とともに減少する結果を得た。このことからホルン演奏において表情筋の活動とマウスピースを唇に押し付ける力は、相補的に振動する唇の張力ならびに質量を調節していることが示唆され、また高い音域での唇の高張力を可能にする筋力を持続的に発揮できる表情筋の発達が高音域演奏では欠かせないことが示唆された。

単音演奏課題を用いて音圧調節における口腔内圧力とマウスピースを唇に押し付ける力の関係を解析した結果、音出し区間において両変数の間には相関関係があることが示された。このことからホルン演奏では、音圧によって変化する口腔内圧力に対して、息漏れを起こすことなく演奏する音高に対応した適切な唇の振動を確保するために、奏者はマウスピースを唇に押し付ける力を調節していることが示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 木下博, 小幡哲史&平野剛(2016) 音楽演奏の運動解析 日本音響学会誌, 72(12), 783-789. <http://id.ndl.go.jp/bib/027785434>, 査読有.
- ② 平野剛, 木下博&平松佑一(2015) ホルン演奏時のマウスピース力と上腕二頭筋の活動 大阪成蹊大学紀要, 第1号, 86-89. [http://ci.nii.ac.jp/els/contentscinii\\_20170524133053.pdf?id=ART010467438](http://ci.nii.ac.jp/els/contentscinii_20170524133053.pdf?id=ART010467438), 査読無.
- ③ 平野剛, 那須大毅, 小幡哲史&木下博(2014) ホルン熟達奏者の筋活動および皮膚表面の動き, バイオメカニクス 22 巻, 27-36. <http://doi.org/10.3951/biomechanisms.22.27>, 査読有.

[学会発表] (計 9 件)

- ① Takeshi, H. & Kinoshita, K. (2016.12.2) Mouthpiece pressing force for pitch and loudness control in playing the French horn. 5th joint meeting Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan. Honolulu, USA.
- ② 平野剛&木下博. (2016.11.12) ホルン演奏の熟達度とマウスピース力制御. 第37回バイオメカニクス学術講演会, 富山県立大学, 富山県.

- ③ 平野剛&木下博. (2016.10.8) 科学的アプローチによる金管楽器奏者の計測－ホルン演奏時のマウスピースを唇に押し付ける力－, 日本音楽教育学会, 第47回横浜大会, 横浜国立大学, 神奈川県
- ④ 平野剛&木下博. (2016.9.3) 金管楽器演奏での音高・音圧調節に関わるマウスピース力, 第10回 Motor Control 研究会, 慶應義塾大学, 神奈川県
- ⑤ Takeshi, H. & Kinoshita, K. (2015.9.5) Mouthpiece Force in French horn Playing. *International Symposium on Performance Science 2015*. Kyoto, Japan.
- ⑥ 平野剛&木下博. (2015.5.24) フレンチホルンの音とマウスピースを唇に押し付ける力の関係について, 音楽シンポジウム 2015, 電気通信大学, 東京都
- ⑦ 平野剛&木下博. (2014.12.14) 金管楽器演奏時のマウスピース力と音との関係, 日本音響学会関西支部, 第17回若手研究者交流研究発表会, 関西大学, 大阪府
- ⑧ 平野剛&木下博. (2014.11.9) ホルン演奏時のマウスピース押し当て力計測, 第35回バイオメカニクス学術講演会, 岡山大学, 岡山県
- ⑨ 平野剛&木下博. (2014.6.22) ホルン演奏時の楽器と唇の間に発生する力, 第26回音楽の科学研究会, 武庫川女子大学, 兵庫県

[その他]

商業雑誌への寄稿 (1件)

- ① 平野剛. (2014, 9月) ギネス級!? ホルン演奏を科学する, ヤマハ音楽研究所情報サイト『ON-KEN SCOPE』[http://www.yamaha-mf.or.jp/onkenscope/hiranotakeshi1\\_chapter1/](http://www.yamaha-mf.or.jp/onkenscope/hiranotakeshi1_chapter1/), 査読なし

アウトリーチ活動 (計6件)

- ① 2017年3月12日 第2回 Music Science Seminar－演奏家を科学する－開催, 桜美林大学(神奈川県, 相模原市)
- ② 2015年2月21日 第1回 Music Science Seminar－ホルン演奏を科学する－開催, 大阪大学(大阪府, 豊中市)
- ③ 平野剛. (2015, 11月29日) 科学で解き明かす! ホルン上達へのアプローチ. ホルンフェスティバル 2015, 東京音楽大学(東京都, 豊島区)
- ④ 平野剛. (2015, 6月27日) 科学で解き明かす! プロ奏者のマウスピース力制御. 池袋サイエンスカフェ, 立教大学(東京都, 豊島区)
- ⑤ 平野剛. (2014, 12月22日) 金管楽器奏者の表情筋活動とマウスピース力の制御. 技能情報学研究ステーション第6回セミナー, 電気通信大学(東京都, 調布市)

- ⑥ 平野剛. (2014, 11月3日) ホルン演奏における表情筋活動およびマウスピース力の調節. 第4回 日本音楽家医学研究会, 東京大学 (東京都, 目黒区)

ホームページ等

<http://takeshi-hirano.com/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

平野 剛 (HIRANO, Takeshi)

桜美林大学・芸術・文化学系・助教

研究者番号：00707515