

# トランペット演奏時の音高や強度の変化が 口唇周囲の筋肉に及ぼす影響

松方 翔吾<sup>1,a)</sup> 寺澤 洋子<sup>2,3,b)</sup> 松原 正樹<sup>2,c)</sup> 北原 鉄朗<sup>1,d)</sup>

**概要:** 本研究は、トランペット演奏時の口唇周囲の筋活動を解析することを目的とする。口唇周囲の筋肉は口の形（アンブシュア）を一定に保つために深く関わっており、アンブシュアを保つことはトランペットを上手に演奏するために必要とされている。従来研究では、音の高さや強さ、楽器習熟度の観点からトランペット演奏時の口唇周囲の筋活動を解析していたが、プレイヤーの演奏可能な音域や他楽器の演奏経験を考慮していなかった。そこで我々は、それらの問題を解決するために、口唇周囲の筋活動（上唇の口輪筋、下唇の口輪筋、口角下制筋、口角挙筋）を表面筋電図を用いて解析した。その結果、次のことが分かった。（1）低い音より高い音を演奏中の方が筋活動が活発になるが、その度合いは演奏者の演奏可能な音域によって変化する。（2）初心者は上唇より下唇の筋活動の方が活発であり、熟達者はその違いはない。そして、トランペットと同様に唇を震わせて演奏する金管楽器の奏者は、初心者と同じような筋活動を示す。

**キーワード:** トランペット, 表面筋電図, 音域, 熟達度, 筋活動, EMG

## The Relationship Between the Muscle Activities and the Musical Performance in Playing Trumpet

**Abstract:** In this paper, we investigated the relationship between the muscle activities around the lips and the sounds of playing the trumpet. While one is playing the trumpet, it is important but also difficult to keep an embouchure. Previous studies have investigated the difference between muscle activities for register and proficiency, but these studies have not considered the player's playable register and the influence of experience playing other instruments. Thus, in this study we aimed to solve these problems by examining the surface electromyograms (EMGs) around the lips: the orbicularis oris superioris, orbicularis oris inferioris, depressor anguli oris, and levator anguli oris. As a result, we found that (1) muscle activity is greater in the high register than the low register, but muscle activities in the high register are not significantly greater than those in the low register for the wide range of the playable register in the fixed register (FR); and (2) a novice trumpeter has greater muscle activity in the upper lip than in the lower lip, while an expert shows no difference. The muscle activity is the same as for the novice player when a non-trumpet brass player plays the trumpet.

**Keywords:** Trumpet, Electromyogram, Register, Proficiency, Muscle activities, EMG

### 1. 緒言

トランペットは、吹奏楽やジャズ、オーケストラなどで活躍する有名な楽器であるが、演奏が難しい楽器としても知られている。トランペットの演奏には、唇を適切に振動させ音を出す為に口の形（アンブシュア）を一定に保つ事が重要で、アンブシュアの形成には口唇周囲の筋肉が深く関わっている [1],[2],[3].

<sup>1</sup> 日本大学 文理学部  
Nihon University, College of Humanities and Sciences  
<sup>2</sup> 筑波大学 図書館情報メディア系  
Faculty of Library, Information and Media Science, University of Tsukuba  
<sup>3</sup> JST さきがけ  
JST, PRESTO  
a) matsukata@kthrlab.jp  
b) terasawa@slis.tsukuba.ac.jp  
c) masaki@slis.tsukuba.ac.jp  
d) kitahara@kthrlab.jp

しかし、長時間の演奏や高音の吹き過ぎによる筋疲労によって、アンブシュアを一定に保つことは難しい [4],[5],[6]. そこで本研究では、トランペット演奏中の筋活動と演奏音の関係に着目して、演奏中にどのような筋活動が行われているのかを解析する. 演奏中に特定の筋活動が確認されれば、演奏者は特別な機器による筋肉の測定を行わず、自らの演奏音のみで筋活動を把握でき、吹き過ぎによる筋疲労の防止が可能となると考えている.

トランペット演奏時の筋活動を解析した研究に White らの研究が挙げられる [7]. 彼らは 18 人のトランペット奏者に対して、音域や習熟度の違いによる筋活動を解析し、以下の事を述べている.

- (1) 低い音より高い音を演奏中の方が筋活動が活発になる.
- (2) 初心者は上唇より下唇の筋活動が活発であり、熟達者にその違いは無い.

しかし、White らは、G3 と C4 を低音域、G5 と C6 を高音域と定め実験を行っている. 金管楽器の演奏可能な音域は演奏者によって異なり、White らの実験方法では演奏可能な音域について考慮されていない.

また、White らが言う初心者や熟達者がトランペットのみの経験を指すのであれば、他の金管楽器奏者がトランペットを吹く際にはどのような筋活動を示すのかが分かっていない. つまりトランペットと同じように唇を振動させて吹く金管楽器 (ホルンやトロンボーンなど) の楽器経験が考慮していないことになる.

つまり以下の事が、分かっていない事になる.

- (1) 演奏可能な音域が違っていても、低音域と高音域で口唇周囲の筋活動に差はあるのか.
- (2) 他の金管楽器奏者がトランペットを吹いた際、口唇周囲の筋活動はどのような活動を示すのか.

本研究では、この疑問を解決するために表面筋電図を用いて、2つの実験を行った.

- (1) 高音域を、演奏者による最も高い音域に設定し、低音域と高音域の筋活動差を解析する. 次に、演奏者全員の高音域を共通で設定し、低音域と高音域の筋活動差を解析する. その2つの結果から、演奏可能な音域が違っていても、口唇周囲の筋活動に差があるかを判断する.
- (2) トランペットを専攻している初心者と熟達者にトランペットを吹いてもらい、上下の唇の筋活動差を解析する. 次に、他の金管楽器を専攻している熟達者にトランペットを吹いてもらい、上下唇の筋活動は初心者と熟達者のどちらに似るのかを解析する.

## 2. 実験準備

### 2.1 被験者

被験者は 19 歳から 23 歳の男女 4 人の金管楽器奏者を対象とした. トランペットの演奏経験は、トランペット以外の金管楽器奏者を含め 0 年から 7 年となっている (表 1).

我々は、被験者 A をトランペットの熟達者、被験者 B をトランペットの初心者とし、被験者 C と D はホルンの熟達者であるが、トランペットの初心者であると分類し実験を行った.

表 1 被験者情報

	年齢	性別	経験年数 (年)
被験者 A	22	male	トランペット 7
被験者 B	19	female	トランペット 0.5
被験者 C	22	female	ホルン 12 (トランペット 0)
被験者 D	23	male	ホルン 8 (トランペット 0)

### 2.2 測定部位

測定部位は White らの研究と同じく、以下の 4 つ (図 1) を対象とした [7].

- 上唇の口輪筋, orbicularis oris superioris (OOS)
- 下唇の口輪筋, orbicularis oris inferioris (OOI)
- 口角下制筋, depressor anguli oris (DAO)
- 口角挙筋, levator anguli oris (LAO)

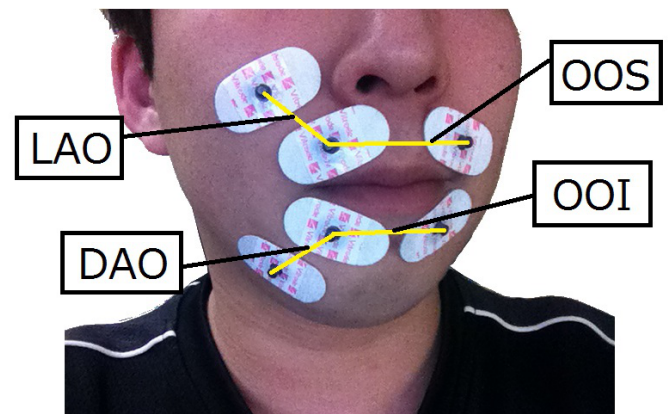


図 1 測定した筋肉の部位

### 2.3 使用機器

使用機器は、「ワイヤレス EMG ロガー (ロジカルプロダクト製)」と「筋電センサー (追坂電子機器製)」を使用して筋活動を測定し、「C519M (AKG 製)」を使用して楽器の音を録音した. また、楽器による計測誤差を無くすため、全員「YTR-4335GS (YAMAHA 製)」を使用した (図 2).

### 2.4 データ処理の方法

筋活動と楽器の音を同時に測定し、以下の方法でデータ処理を行った.

- 雑音処理の為に音データに対して、最大振幅の 10 % 以下を切り捨てる (図 3 左側).

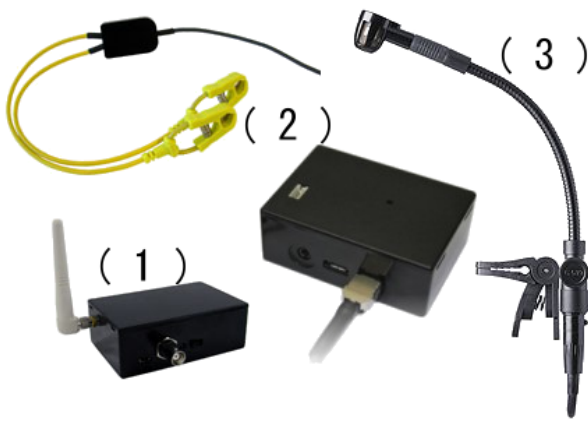


図 2 実験に使用した機器  
(1) ワイヤレス EMG ロガー, (2)EMG センサー, (3) マイク  
ロフォン (C519M)

- 各音に対して出始めと出終わりを見つけ、その区間内で最大振幅の 75 %以上を発音区間と定めた。
- 発音区間に対応した筋活動データに対して、二乗根号平均 (RMS 値) を計算して実験に使用した (図 3 右側)。

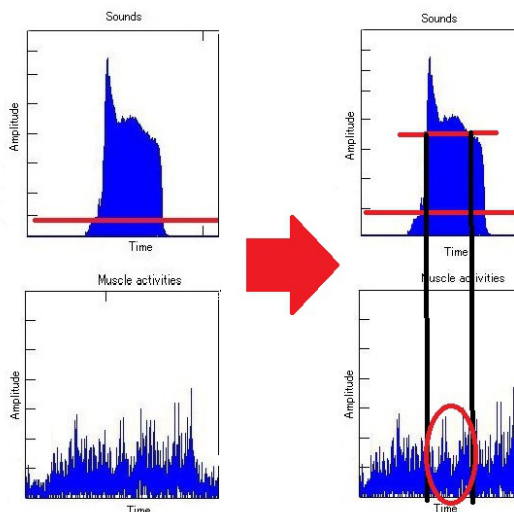


図 3 データの処理方法  
ノイズ除去 (左側) と対応した筋活動データの RMS 値の算出 (右側)

### 3. 音域と筋活動の関係性について

本章では、演奏可能な音域によって低音域と高音域の筋活動に差があるのかを検証する。

#### 3.1 音域の設定

被験者は、変ロ長調の音階で B3 から一音ずつ口を休めながら演奏可能な音高まで演奏した。図 4 は各被験者の演奏可能な音域と、実験に用いた音高を示す。実験には、それぞれ IR(individual range) と FR(fixed range) の 2 つを検証した。IR は各被験者の最も低い音と最も高い音から 3 音

づつを用い、FR は全被験者で共通している、最も低い音と最も高い音から 3 音づつを用いた。

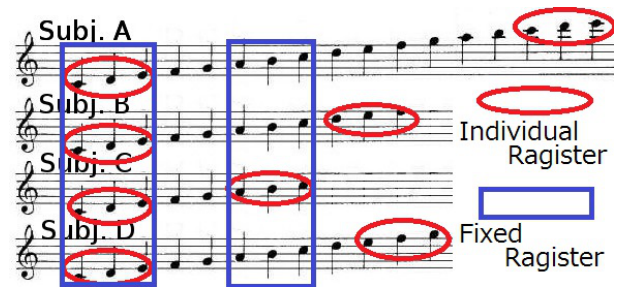


図 4 各被験者の演奏可能な音域 (in B)  
IR (赤い丸) と FR (青い四角)

#### 3.2 結果

表 2 は IR での低音域と高音域の比較結果の有意差を示している。有意差は、マンホイットニーの U 検定を行った後にボンフェローニの補正を行って算出した。各記号は検定後の P 値を表し、それぞれ -が有意差無し、\*が  $p < 0.05$ , \*\*が  $p < 0.01$ , \*\*\*が  $p < 0.001$  を表している。

IR での低音域と高音域の筋活動差は全被験者が有意水準 1 % で棄却でき、低音域よりも高音域を演奏中の方が筋活動が活発になると分かる。

表 2 低音域と高音域を IR で比較した場合の結果  
(-: 有意差無し, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ )

Muscle	Subj. A	Subj. B	Subj. C	Subj. D
OOS	***	***	***	***
OOI	***	***	***	***
DAO	**	***	***	***
LAO	**	***	***	***

表 3 は FR での低音域と高音域の比較結果の有意差を示している。有意差は IR と同様にマンホイットニーの U 検定の後にボンフェローニの補正を行い算出した。

演奏可能な音域が広い被験者 A は有意水準 5 % で棄却出来ない筋肉が存在した。これにより、低い音より高い音を演奏中の方が筋活動が活発になるが、その度合いは演奏者の演奏可能な音域によって変化するとと言える。

表 3 低音域と高音域を FR で比較した場合の結果  
(-: 有意差無し, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ )

Muscle	Subj. A	Subj. B	Subj. C	Subj. D
OOS	***	***	***	***
OOI	-	**	***	***
DAO	-	-	***	***
LAO	-	***	***	***

## 4. 習熟度と筋活動の関係性について

本章ではトランペット以外の金管楽器奏者がトランペットを演奏中に上下の唇がどのような筋活動をするのかを解析する。

### 4.1 熟達度について

被験者 A はトランペットの熟達者であり、被験者 B をトランペットの初心者と定め、被験者 C と D に関しては、ホルンの熟達者であるがトランペットでは初心者とした。実験に用いた筋活動データは、変ロ長調の音階で B3 から B4 までを演奏時の 8 つの音を使用し、上唇の口輪筋 (OOS) と下唇の口輪筋 (OOI) の筋活動差を解析した。また、有意差検定は音域の実験と同様、マンホイットニーの U 検定の後、ボンフェローニの補正を行い、算出したものを使用した。

### 4.2 結果

表 4 は被験者ごとの上唇と下唇の筋活動差の解析した結果である。トランペットの熟達者である被験者 A は上下の唇間で筋活動に差は無く、初心者である被験者 B は、上下の唇間で筋活動に差が見られた。

また、ホルンを専攻している被験者 C と D は被験者 B と同様に上下の唇間で筋活動に差が見られた。つまりトランペット以外の金管楽器奏者がトランペットを演奏した際、上下の唇間の筋活動は、初心者と同じような活動を示した。

表 4 各被験者の上下口輪筋の検定結果

(-: 有意差無し, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ )

Subj. A	Subj. B	Subj. C	Subj. D
-	***	**	***

## 5. 考察

今回行った被験者実験で、以下の事が得られた。

- (1) 低音域より高音域の演奏中の方が、筋活動が活発になるが、その度合いは演奏者の演奏可能な音域によって変化する。
- (2) 初心者は上唇より下唇の筋活動の方が活発であり、熟達者にその違いはない。そして、トランペットと同様に唇を震わせて演奏する金管楽器の奏者は、初心者と同じような筋活動を示す。

### 5.1 音域の違いによる筋活動差について

低音域と高音域を被験者個人の演奏可能な音域 (IR) で解析した場合、表 2 のような結果となった。これは White らの主張と同じく、低音域より高音域を演奏中の方が筋活動が活発になるという結果が得られた。しかし、高音域を被験者共通に設定した場合 (FR) では、演奏可能な音域が広い被験者 A において、有意水準 5% で棄却できない筋肉

が存在した。

実際に被験者 A の下唇の筋活動を見ると、低音域と高音域で明らかな差があるのがわかる (図 5 赤の四角)。しかし、全被験者で共通に設定した低音域と高音域 (FR) では、あまり差が見られ無かった (図 5 青四角)。

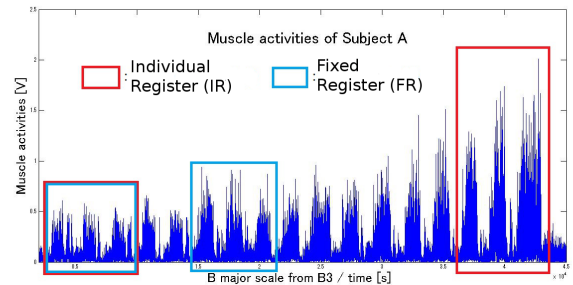


図 5 被験者 A の IR と FR の比較 (変ロ長調の音階で B3 から順番に演奏した際の筋活動)

### 5.2 熟達度による筋活動差について

初心者 (被験者 B) と熟達者 (被験者 A) の上下唇の筋活動を解析した結果、表のようになった。これは、White らの主張と同じく、初心者は上唇より下唇の筋活動が活発であり、熟達者にはその違いが無いという結果が得られた。実際に被験者 A の上下唇の変ロ長調演奏時の筋活動を見ると、上下の唇であまり差が無いことがわかる (図 6)。逆に被験者 B の上下唇の変ロ長調演奏時の筋活動を見ると、上唇より下唇の筋活動の方が活発であるのがわかる (図 7)。

また、ホルンを専攻している被験者 C と D は、トランペットを演奏した際は初心) と同じ筋活動の傾向を示した。

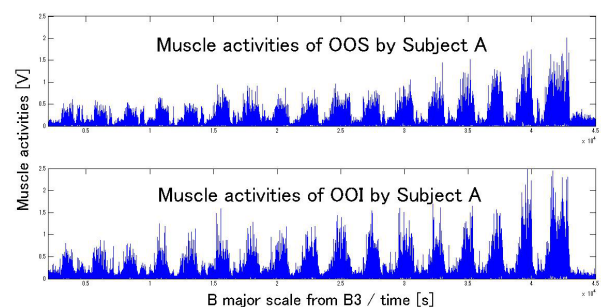


図 6 被験者 A の上下口輪筋の活動データ (変ロ長調の音階で B3 から順番に演奏した際の筋活動)  
上唇の口輪筋の活動 (上段) と下唇の口輪筋の活動 (下段)

## 6. 結言

本研究では、トランペット演奏時の音域や習熟度の変化が口唇周囲筋にどのような影響を及ぼすのかを解析した。その結果、以下の事がわかった。

- (1) 低音域より高音域の演奏中の方が、筋活動が活発にな

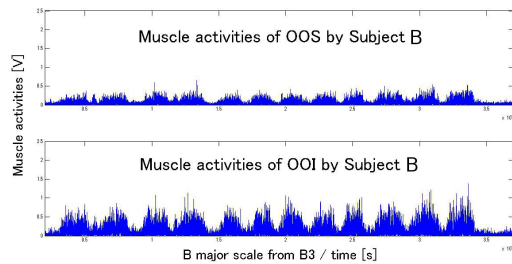


図 7 被験者 D の上下口輪筋の活動データ (変ロ長調の音階で B3 から順番に演奏した際の筋活動)  
上唇の口輪筋の活動 (上段) と下唇の口輪筋の活動 (下段)

るが、その度合いは演奏者の演奏可能な音域によって変化する。

- (2) 初心者は上唇より下唇の筋活動の方が活発であり、熟達者にその違いはない。そして、トランペットと同様に唇を震わせて演奏する金管楽器の奏者は、初心者と同じような筋活動を示す。

今後は、初心者から熟達者へ成長する際に、上下の唇がどのように変化を示すのかを分析をしたい。熟達者は上下の唇間で筋活動に明確な差が無く、バランスのとれた筋活動を示したが、初心者が熟達者になる過程で、下唇の筋活動が低調して上下の唇でバランスがとれるのか、あるいは、上唇の筋活動が上昇して上下の唇でバランスがとれるのかを分析を行う必要がある。

また、その変化を演奏者にリアルタイムにフィードバックすることによって、演奏技術の習得に役立ててもらおうと考えている。実際に、スポーツなどの分野でも、筋活動をリアルタイムにフィードバックすることで、技術の習得を行う研究が行われている [8],[9],[10],[11]。

そのためにも、より多くの被験者に協力してもらい成長の過程を分析し、口唇周囲の筋活動を意識して熟達者のような筋活動を行えるような練習支援システムの構築を目指していきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] Papsin BC, Maaske LA, McGrail JS, “Orbicularis oris muscle injury in brass players”, *The Laryngoscope*, vol.6, no.106, pp.757-760, 1996
- [2] Iltis PW, Michael WG, “EMG Characterization of Embouchure Muscle Activity: Reliability and Application to Embouchure Dystonia”, *Medical Problems of Performing Artists*, vol.1, no.20, pp.25-34, 2005
- [3] 伊藤 京子, 平野 剛, 能任 一文, 西田 正吾, 大築 立志, “金管楽器演奏動作の上達に向けた練習指標の提案: アンブシュアの形状を一定の状態に保つということ”, *電気学会論文誌 C 電子・情報・システム部門誌*, vol.131 no.10, pp.1775-1785, 2011
- [4] Kourakata I, Moriyama K, Hara T, “Identification of Control Parameters for Brass Player’s Embouchure by Measuring Contact Pressure on the Teeth Buccal Surface”, *JSME international journal. Series C, Mechanical systems, machine elements and manufacturing*,

- vol.4, no.44, pp.1142-51, 2001
- [5] Yoshikawa S, “Acoustical behavior of brass player’s lips”, *J Acoust Soc Am.*, vol.3, no.97, pp.1929-39, 1995
- [6] Bianco T, Freour V, Cossette I, Bevilacqua F, Causse R, “Measures of Facial Muscle Activation, Intra-oral Pressure and Mouthpiece Force in Trumpet Playing”, *Journal of New Music Research*, vol.1, no.41, pp.49-65, 2012
- [7] White RE, Basmajian VJ, “Electromyographic Analysis of Embouchure Muscle Function in Trumpet Playing”, *Journal of Research in Music Education Winter*, vol.4, no.22, pp.292-304, 1974
- [8] Morasky RL, Reynolds C, Sowell LE, “Generalization of lowered EMG levels during musical performance following biofeedback training”, *Biofeedback Self Regul.*, vol.2, no.8, pp.207-216, 1983
- [9] Tsubouchi Y, Suzuki K, “BioTones: a wearable device for EMG auditory biofeedback”, *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.2010* pp.6543-46, 2010
- [10] Matsubara M, Terasawa H, Kadone H, Suzuki K, Makino S, “Sonification of muscular activity in human movements using the temporal patterns in EMG”, *Signal & Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC), 2012 Asia-Pacific*, vol.6, no.3, pp.1-5, 2012
- [11] Andy H, Sandra P, “Use of Sound for Physiotherapy Analysis and Feedback”, *The Sonification Handbook. Logos Verlag Berlin*, 2011.