

平成 24 年度 卒業論文

トランペット演奏時における
口唇周囲の筋活動と音響情報の関係性

指導教員 北原鉄朗専任講師

日本大学文理学部情報システム解析学科

松方 翔吾

2013 年 2 月 提出

概 要

楽器演奏は生涯にわたって楽しめる娯楽の一つだが、トランペットをはじめとする金管楽器は音を出すこと自体が難しいとされている。また、初心者が無理に音を出そうとして筋肉に余計な力を加えると、後の上達に影響を与える可能性がある。そこで演奏中の口唇周囲の筋活動を調査するために、音域や強度の高低による筋活動の差や熟達度による筋活動の差を、トランペットの演奏音と口唇周囲の筋活動を同時に採取し統計学的検定を行い以下の結果を得た。

- 低音域の演奏中よりも高音域の演奏中の方が、筋活動が活発になる。ただし、その度合いは特定の音高に対して決まるのではなく、個人が演奏可能な音域に依存する。
- 低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が、筋活動が活発になる筋肉が存在する。ただし、音域と強度のどちらが筋活動により影響を与えるかは一概には言えない。
- 初心者は上唇の筋活動が下唇の活動より小さく、熟達者にその違いはない。また、トランペット以外の奏者がトランペットを演奏した場合、上下の唇間で差が見られた。

目 次

目 次	iii
図 目 次	v
表 目 次	vii
第 1 章 序 論	1
1.1 本研究の背景	1
1.2 本研究の目的	2
1.3 本論文の構成	4
第 2 章 準 備	5
2.1 先行研究について	5
2.2 計測機器について	7
2.3 筋活動の計測場所について	7
2.4 測定データの扱いについて	8
2.5 被験者について	8
第 3 章 被験者実験	11
3.1 実 験 1	11
3.1.1 方 法	11
3.1.2 マンホイットニーの U 検定について	11
3.1.3 結 果	12
3.2 実 験 2	14
3.2.1 実験方法	14

3.2.2	実験結果	14
3.3	実験 3	15
3.3.1	実験方法	15
3.3.2	実験結果	15
3.4	被験者実験まとめ	17
第 4 章	結 論	19
参考文献		23

目 次

2.1 上下口輪筋	9
2.2 口角下制筋	9
2.3 口角拳筋	9

表 目 次

2.1	被験者	8
3.1	実験に用いた各被験者の低音部および高音部	12
3.2	被験者個人の低音域，高音域を比較した場合	13
3.3	被験者全員の音域を揃え比較した場合	13
3.4	低強度演奏時と強強度演奏時の筋活動を比較	16
3.5	音域と強度の筋活動への影響について	16
3.6	OOS および OOI について検定した結果	16

第1章 序 論

本章では、本研究の背景、目的、従来研究との違いなどを述べ、最後に本論文の構成を述べる。

1.1 本研究の背景

トランペットは、中学校や高等学校などのクラブ活動に用いられるなど身近な楽器の一つであり、オーケストラや吹奏楽では花形と言っていいほど人気がある楽器である。楽器の演奏は、生涯にわたり楽しむ事が出来る娯楽の一つであり、練習の反復によって自らの上達を実感し、他者とのアンサンブル演奏を楽しむ事でコミュニケーション促進に繋がると考えられる。そのため、演奏スキルを修得することに憧れを抱く者も多く、音楽教室へ通うことは習い事の一つとして確立されていると言ってよい。しかし、演奏に必要な基本的なスキルの修得には、長期的かつ継続的な反復練習が必要不可欠となり、経済的な理由から教室に通えない者や、教室へ通う程ではないが楽器演奏に興味がある者も居るのが現実であり、音楽教室以外でも個人で練習を行う事がしばしば見受けられる。

しかし、トランペット等を代表とする金管楽器は音を出すこと自体が難しい楽器であり、息を吹き込むだけで音が鳴る訳ではない。音を出すには、口唇周囲の筋肉を適度に緊張させ、独特な口の形を作り、唇を振動させて音を奏でる [1]。この独特な口の形は「アンブシュア」と呼ばれ、形状を一定に保つことが重要であると言われている [2]。しかし「アンブシュア」がどのような状態であるかを楽器未経験者が理解するのは難しく、独学で学ぶことは困難と思われる。これにより、金管楽器の演奏は困難という印象持たれ、結果

的に趣味の拡大やアンサンブル等による他者とのコミュニケーションの機会が阻害されてしまいがちである。

また、初心者が無理に音を出そうとして筋肉に余計な力が加わってくると、疲れやすくなり長時間のパフォーマンスに支障を来たすだけでなく、その後の上達に影響を与える可能性がある [3]。実際、楽器演奏によって起こる怪我や病気については、身体機能や顎機能の分野や歯科学分野で検討され研究が進んでいる [4][5]。

しかし、初心者だけでなく、数年の演奏経験を持った奏者でも、自らこの筋肉の「力み」に気付くのは困難である。よって、トランペットの演奏に必要な筋肉の活動を知ることができれば、無駄な力みを解消し、怪我の心配の無い練習が行え、上達への足掛かりとなると考えられる。

1.2 本研究の目的

トランペットの演奏と筋活動の関係を調査した研究として、Elmar らの研究 [6] がある。この論文では、18 人のトランペット奏者を対象に、演奏時の音域や音の強さが習熟度へどのような影響を及ぼすかを調査している。彼らは、針筋電図¹である細線電極を用いてトランペット演奏中の筋活動を測定したが、これによる痛みは無く被験者のパフォーマンスに影響は無かったと報告している。

その結果として Elmar らは、次の様に結論付けた。

1. 低音域の演奏中よりも高音域の演奏中の方が、筋活動が活発になる。
2. 低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が、筋活動が活発になる。ただし、強度よりも音域の方が筋活動へ与える影響は大きい。
3. 初心者は上唇の筋活動が下唇の筋活動より小さく、熟達者にその違いは無かった。

¹針筋電図とは、針状の電極を筋肉に挿入して筋肉局所の活動電位を記録する方法である [8]。

しかし、高音域の演奏と言っても、トランペットは各奏者で演奏可能な最も高い音高が異なる。奏者の「音域が狭い場合の最高音」と「音域が広い場合の最高音」とでは、同じ様な結果が得られるかは言及されていない。また、後藤田らは自身の研究 [7] で、トランペット奏者を含む木管楽器演奏者と金管楽器演奏者の合わせて 30 名の被験者を対象に、顎関節や口輪筋などの咀嚼筋へかかる負荷を検討している。それによれば、口輪筋などの咀嚼筋は音の強度による各筋の活動量に違いは無かったと結論付けている。これは Elmar らの「低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が、筋活動が活発になる」という結論に矛盾する。そして、最後の結論における初心者と熟達者の上下唇の筋活動は、トランペットと同じ金管楽器であるホルンやトロンボーンに当てはまるのかという疑問が残る。

つまり、Elmar らの結論に対して、

1. 演奏可能な音域が狭い奏者と演奏可能な音域が広い奏者では、低音域と高音域の間で同じように筋活動差が出るのか。
2. 強度間で筋活動に差があるという研究結果と明確な差は無いという研究結果が存在するが、どちらが正しいのか。
3. 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に、初心者に分類されるのか熟達者に分類されるのか。

の 3 つの課題が残る。

そこで本研究では、Elmar らの結論の妥当性を、比較的簡単に筋活動が計測ができて、被験者が普段通りに演奏可能な表面筋電図²を用いて検証していく。

²表面筋電図とは、皮膚表面に電極を貼りつけて、皮膚の上から筋肉の活動電位を記録する方法である [8]

1.3 本論文の構成

本論文は次の構成からなる．第2章では，トランペットの演奏と筋活動の関係についての研究を紹介し，それらを踏まえて検証すべき内容をまとめ，実験機材等の被験者実験の準備について説明する．第3章では，被験者実験の詳細及び，結果を仮説ごとに考察し述べ，最後に得られた結論を述べる．第4章では，本論文で述べてきた研究成果についてまとめ，本研究の今後について考察する．

第2章 準備

本章では、関連研究を紹介し、被験者実験を行う上での計測器機や筋肉の計測場所、計測データの処理方法、被験者について述べる。

2.1 先行研究について

楽器演奏に関する研究はいくつか存在している。

- 斎藤ら [11] は国内の音楽家（138 名）を対象に、彼らが抱える身体的症状をアンケートによって調査した。その報告では、アンケート調査対象者の 85% が顎や肩、腰などに何らかの症状があるとしていて、それらの症状の出現条件が演奏に伴うと回答した人が 44% になっている。また、その症状は、整復術や鍼灸、マッサージなどの身体トレーニング指導による治療で改善効果があり、医療やリハビリテーション分野での治療の重要性を述べている。
- 森ら [10] は日本人に一般的にみられる歯列の並びなどの身体的特徴を考慮しながら演奏を行う場合の問題点を検証している。彼らの報告では、各国の一般的な人の歯列は、その国の歯科矯正治療への保険適用など社会的背景によって変化し楽器を選ぶ際に重要な要素となると考え、自らに適合する楽器を選ぶ事がより高いレベルへの達成に必要だと述べている。
- 古屋 [4] は、ピアノ演奏による不必要な筋収縮の特徴及びそれを引き起こす様々な要因を概説した。身体運動のための筋活動や楽器からの反力による筋活動、姿勢保持のための筋活動、緊張による筋活動などを調査

した．これらの要因は，演奏者だけでなく指導者にとって必要不可欠な情報だと述べている．

- 後藤田ら [7] は，管楽器演奏者 30 名を対象に演奏中の咀嚼筋活動や顎機能の特徴を調査している．その結果，演奏中に口輪筋に筋活動量は大きくなるが，音量の大小で各筋に明確な差は見られなかったとしている．また，木管楽器と金管楽器で咬筋などの筋活動量に明確な差はなかった．また後藤田らの別の研究 [5] では，金管楽器奏者 15 名を対象に，演奏による顎関節や咀嚼筋への影響について調査した．その結果，金管楽器演奏時に咬筋側頭筋ともに活動が活発になる事を示した．特に咬筋が活発になる事を示唆している．そして被験者間の習熟度に関する筋活動差についてを課題としている．
- 小浦方ら [3] は，金管楽器演奏中のマウスピースと口唇周囲筋の挙動について調査した．その結果，マウスピースの口唇に対する押し付ける力は金管楽器演奏のための主たるアンブシュア制御パラメータにはなり得ないとしている．また口の閉鎖力は口角挙筋や口角下制筋の協調動作が非常に重要だと述べた．そして，頬筋によって口唇に強い張力を与える事は適さないとしている．
- 伊藤ら [2] は，ホルン奏者を対象にアンブシュアを一定に保つ為の練習指標の提案を行った．今まで経験則的に語られてきた，演奏のコツを解明する為に習熟度による筋活動差を調査した．また筋活動だけでなく頬の移動距離からアンブシュアを一定に保つ事が可能という結果を得ている．
- Elmar ら [6] は，トランペット演奏時の口唇周囲筋に着目し，音域や強度といった演奏が習熟度にどのような影響を与えるかを筋電図を用いて調査した．その結果，習熟度に関係なく低音域より高音域の演奏中の方が筋活動が活発になり，低強度よりも高強度の演奏中の方が筋活動が活発なるという結論付けている．また，初心者は上唇の筋活動が下唇の

筋活動より小さく熟達者にその違いは無いとしている．これによりトランペット演奏による演奏中の筋活動や，習熟度による筋活動の差が分かった．

これらの研究は，演奏による身体的悪影響を医学面から調査する内容や楽器演奏に必要な筋活動の調査をする内容が多く，その影響を未然に防ぐための演奏法の研究は少ない．その為，本研究では演奏による身体的悪影響を未然に防ぐ事を目標に，演奏に必要な筋活動と不必要な筋活動を見出す．不必要な筋活動を抑えられれば筋疲労による影響を抑制できると考えている．それには Elmar らの研究結果をより詳しく調査する必要がある．

2.2 計測機器について

計測機器は，筋電計測に「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，録音に「C519M (AKG 製)」を使用した．また，楽器による計測誤差を無くするため，全員「YTR-4335GS (YAMAHA 製)」を使用した．

2.3 筋活動の計測場所について

筋活動の測定場所は，Elmar らの研究 [6] と同じく，

- 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)

を調査対象とし，電極は文献 [9] を参考に装着した．

2.4 測定データの扱いについて

本研究では、筋電図と楽器音を同時に記録し楽器音が鳴っている際の、最大振幅の75%以上を発音区間と定義した。まず初めに、一つの音データ全体に対して最大振幅の10%以下の部分を雑音と見なし、10%以上となる部分（時刻）を音の開始点、その次に10%以下になる部分（時刻）を音の終了点として求め、それぞれを一音分の区間とした。次に、各音高の開始点から終了点までの区間内で、最大振幅の75%以上となっている時間を求め、対応する筋活動データを取り出す。そして、その筋活動データの二乗平均平方根を計算し、一音一数值として統計学的検定に用いた。

2.5 被験者について

本研究の実験に協力していただいた被験者は表 2.1 に示す 4 名である。また、トランペットと同じ金管楽器であるホルンを演奏している者について、トランペットとホルンの演奏方法の違い（筋肉の活動に違い）があるのかを観察すべく、ホルン演奏者にもトランペットの演奏実験に協力してもらった。

表 2.1: 被験者

被験者 A	22 歳	男性	トランペット歴 7 年
被験者 B	22 歳	女性	トランペット歴なし (ホルン歴 12 年)
被験者 C	23 歳	男性	トランペット歴なし 8 年 (ホルン歴 8 年)
被験者 D	19 歳	女性	トランペット歴半年

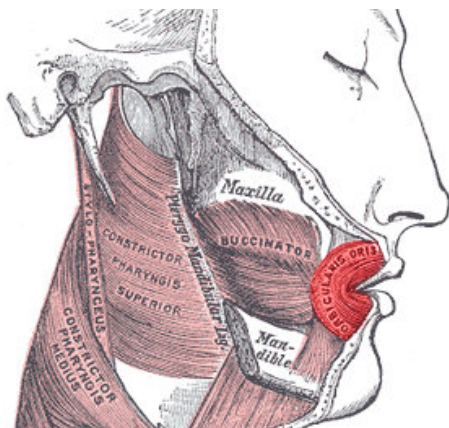


図 2.1: 上下口輪筋

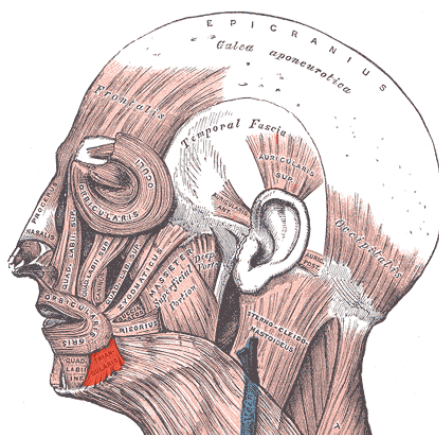


図 2.2: 口角下制筋

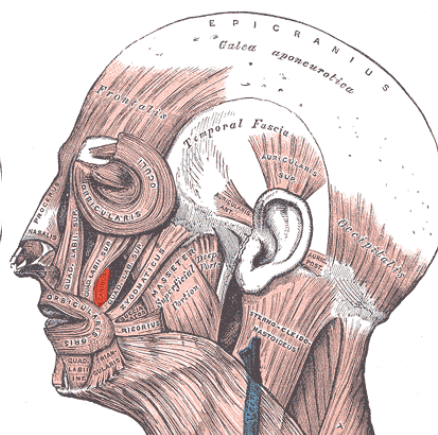


図 2.3: 口角挙筋

第3章 被験者実験

3.1 実 験 1

本節では、低音域の演奏中よりも高音域を演奏中の方が、筋活動が活発になるという Elmar らの結論に対して、演奏可能な音域の違いが筋活動にどのような影響を及ぼすかという疑問について検証していく。

3.1.1 方 法

被験者には B $\flat$ 3 から変口長調の音階で 1 音ずつ口を休め、演奏可能な音高まで吹いてもらった。低音域には、B $\flat$ 3 から 3 音 (B $\flat$ 3, C4, D4)、高音域には、はっきりと発音された最も高い音を含む 3 音を使用した。被験者個人で最高音が違うため、

1. 被験者個人の音域内で、低音部と高音部の筋活動を比較検定した場合
2. 被験者全員の高音域部分を揃えて、低音部と高音部の筋活動を比較検定した場合

の 2 パターンについて、Elmar らが用いたマンホイットニーの U 検定で比較検定を行った。

3.1.2 マンホイットニーの U 検定について

マンホイットニーの U 検定は、ノンパラメトリックな統計的検定でよく知られていて、ウィルコクソンの順位和検定と呼ばれている。パラメトリック検定で使用する要素が、平均値や分散などに対し、ノンパラメトリック検定

では、代表値や分散度を検定する。マンホイットニーの U 検定では、母集団が正規分布を仮定出来ない場合に、2 群の分布について「両標本が同じ母集団から抽出された」という帰無仮説に基づいて検定する方法である。つまり、結果として得られた P 値が小さくて、帰無仮説が棄却された場合、検定した 2 群の間には差があるということになる。本論文で「棄却された」と言った場合、特に断りが無ければ有意水準 5% で帰無仮説が棄却された事を意味する。

3.1.3 結 果

被験者個人の音域に着目し、それぞれの音域内で低音部、高音部（表 3.1）を比較した場合、表 3.2 の結果となり、全被験者、各筋肉において棄却できる結果となった。これにより、低音域の演奏中よりも高音域を演奏中の方が、筋活動が活発になると言える。

表 3.1: 実験に用いた各被験者の低音部および高音部

	低音部			高音部		
被験者 A	Bb3	C4	D4	A5	Bb5	C6
被験者 B	Bb3	C4	D4	G4	A4	Bb4
被験者 C	Bb3	C4	D4	Es5	F5	G5
被験者 D	Bb3	C4	D4	D5	Es5	F5

また、高音域というのが奏者が演奏可能な高音を指すのか、特定の音より高い音が高音として筋活動に影響を与えているのかを調査すべく、被験者全員の音域を Bb3 から Bb4 までの 1 オクターブ分に揃え、低音部を Bb3, C4, D4 とし、高音部を G4, A4, Bb4 として比較した場合、表 3.3 の結果となり、棄却できない筋肉が表れた。これにより、特定の音高に対して演奏に必要な筋活動量が決まるのではなく、各被験者の演奏可能な音域によって、低音部と高音部で筋活動に差が出るという事が分かる。

表 3.2: 被験者個人の低音域，高音域を比較した場合

P 値	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D
OOS	5.3111×10^{-7}	2.2422×10^{-6}	3.8144×10^{-7}	7.3666×10^{-7}
OOI	5.6062×10^{-6}	3.8144×10^{-7}	3.8144×10^{-7}	4.7810×10^{-5}
DAO	1.2000×10^{-3}	4.1135×10^{-5}	4.1135×10^{-5}	8.2271×10^{-5}
LAO	2.8000×10^{-3}	4.1135×10^{-5}	4.1135×10^{-5}	8.2271×10^{-5}

表 3.3: 被験者全員の音域を揃え比較した場合

P 値	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D
OOS	5.0050×10^{-4}	2.2422×10^{-6}	1.9206×10^{-6}	5.4551×10^{-5}
OOI	2.7800×10^{-2}	3.8144×10^{-7}	3.2278×10^{-7}	2.5000×10^{-3}
DAO	3.4010×10^{-1}	4.1135×10^{-5}	4.1135×10^{-5}	7.7000×10^{-2}
LAO	7.9620×10^{-1}	4.1135×10^{-5}	4.1135×10^{-5}	4.9362×10^{-4}

3.2 実 験 2

本節では、低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が、筋活動が活発になる。ただし、強度よりも音域の差の方が筋活動へ与える影響は大きいという Elmar らの結論と、後藤田らの強度間の違いによって筋活動に明確な差は無いという結論の矛盾点について検証する。

3.2.1 実験方法

Elmar らの結論でもある「低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が、筋活動が活発になる」という仮説は、後藤田らの結論である「音の強さによって筋活動に明らかな違いは無い」に矛盾する。これらを調査すべく、被験者には低強度と高強度をそれぞれ B $\flat$ 3 と B $\flat$ 4 の音高で演奏してもらい、被験者ごとの、低強度演奏時と高強度演奏時の筋活動を比較検定した。検定には実験 1 と同様に、U 検定を用いた。また、音域と強度のどちらが筋活動へより影響を与えるかを調査するために、B $\flat$ 3 と B $\flat$ 4 の音域間の筋活動値の差と、低強度演奏時と高強度演奏時の強度間の筋活動値の差を求め、U 検定で比較検定した。

3.2.2 実験結果

被験者個人で比較し、表 3.4 の結果が得られた。これにより、上唇の口輪筋（OOS）と下唇の口輪筋（OOI）の両筋肉に関しては、全被験者共通で有意水準 5% で有意差ありとの判定となった。しかし、口角下制筋（LAO）や口角拳筋（DAO）に関しては、棄却できるの被験者（A, B）も居れば、棄却できないの被験者（C, D）も居た。つまり、音の強さによって筋活動が高まる筋肉が存在すると言える。

また、音域と強度の筋活動への影響度については、表 3.5 のような結果となり、被験者ごとの各筋肉によって有意差ありの場合と有意差無しの場合があった。特定の筋肉のみが有意差無しや、熟達度によって有意差無しではな

いため、強度よりも音域の方が筋活動に影響を与えると一概には言えない事が分かった。

3.3 実 験 3

本節では、初心者は上唇の筋活動が下唇の筋活動より小さく、熟達者にその違いはないという Elmar らの結論に対して、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に初心者に分類されるのか熟達者に分類されるのかを検証する。

3.3.1 実験方法

実験 1 で使用した変口長調スケールの筋活動値を元に、B $\flat$ 3 から B $\flat$ 4 までの 1 オクターブ分（8 つの音高）の上下唇の口輪筋の筋活動が熟達度によって違いがあるのかを比較検定した。仮説が金管楽器の初心者と熟達者ではなく、あくまでトランペット演奏の初心者と熟達者を指すのであれば、被験者 A はトランペットを長年演奏しているため、上下唇の筋活動に差は出ない事になる。逆にトランペット歴の短いあるいは無い他の被験者に関しては、差が見られると考えられる。検定には実験 1 と同様に、U 検定を使用した。

3.3.2 実験結果

各被験者の上唇の口輪筋 および下唇の口輪筋について検定した結果、表 3.6 の結果が得られた。これにより、トランペット歴の長い被験者 A は上下の口輪筋の間に有意差は無く、トランペット歴の浅い他の被験者は有意差があり、仮説通りの結果が得られた。また、トランペットと同じ金管楽器であるホルンを専攻している被験者 B と被験者 C について、上下の口輪筋間で差が見られた事により、トランペットとホルンでは演奏の際の上下口輪筋の使い方が違うと考えられる。

表 3.4: 低強度演奏時と強強度演奏時の筋活動を比較

P 値	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D
OOS	4.7768×10^{-4}	1.7900×10^{-2}	1.7900×10^{-2}	2.9000×10^{-3}
OOI	4.6949×10^{-5}	3.8420×10^{-4}	4.0400×10^{-2}	9.0094×10^{-4}
LAO	1.5200×10^{-2}	2.6000×10^{-2}	1.7970×10^{-1}	8.4400×10^{-2}
DAO	2.2000×10^{-3}	2.2000×10^{-3}	1.7970×10^{-1}	6.4900×10^{-2}

表 3.5: 音域と強度の筋活動への影響について

P 値	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D
OOS	1.2600×10^{-1}	7.3400×10^{-2}	7.3000×10^{-3}	5.4440×10^{-1}
OOI	4.2733×10^{-4}	2.6020×10^{-1}	3.6442×10^{-5}	2.1450×10^{-1}
LAO	5.8870×10^{-1}	9.3720×10^{-1}	2.2000×10^{-3}	4.1100×10^{-2}
DAO	2.6000×10^{-2}	1.5200×10^{-2}	2.2000×10^{-3}	5.8870×10^{-1}

表 3.6: OOS および OOI について検定した結果

被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D
2.4400×10^{-1}	2.5000×10^{-3}	6.2096×10^{-8}	3.0487×10^{-9}

3.4 被験者実験まとめ

本研究では，Elmar らの結論を元に下記の問題を被験者実験によって検証した．

1. 低音域の演奏中よりも高音域の演奏中の方が，筋活動が活発になるとあるが，演奏可能な音域が狭い奏者と演奏可能な音域が広い奏者では，低音域と高音域の間で同じような筋活動差がでるのか．
2. 低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が，筋活動が活発になるとあるが，強度間で筋活動に明確な差は無いという研究結果があり，どちらが正しいのか．
3. 初心者は上唇の筋活動が下唇の筋活動より小さく，熟達者にその違いは無かったとあるが，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に，初心者に分類されるのか熟達者に分類されるのか．

低音域の演奏中よりも高音域の演奏中の方が，筋活動が活発になるという仮説の検証では，各個人が演奏可能な最も高い音高で比較した場合と高音域部分を揃えて比較した場合について考えた．単に低音域の演奏中と高音域の演奏中で筋活動に差があるのかを調べるだけでなく，その差は何に依存して変化するものなのかを検証し，「低音域の演奏中よりも高音域を演奏中の方が，筋活動が活発になり，その度合いは特定の音高に対して決まるのではなく，個人が演奏可能な音域に依存する」という結論に至った．

低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が，筋活動が活発になるという仮説の検証では，音の強さによって筋活動に影響を与えているかを，低強度と高強度に演奏によって検証した．それにより，Elmar らの結論と類似する「低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が，筋活動が活発になる筋肉が存在する」という結論に至った．また，音域と強度のどちらが，より筋活動に影響を与えるかの検証では，1 オクターブ離れた B $\flat$ の低強度と高強度の音を用いて，音域間の筋活動値の差と強度間の筋活動値の差を求めて検証した．これにより，被験者の各筋肉によって，有意水準 5%で「2 つの群は差がある」

という帰無仮説が棄却出来る場合と出来ない場合が存在した。つまり、音域と強度のどちらが筋活動により影響を与えるかは分からなかった。

初心者は上唇の筋活動が下唇の筋活動より小さく、熟達者にその違いはなかったとする仮説の検証では、トランペットの演奏歴が長い被験者 A のみが有意水準 5% で差が見られず、トランペット歴の短いまたは無い、他の被験者は差が見られた。また、同じ金管楽器であるホルンを専攻して演奏している被験者も上下口輪筋で差が見られたことから、トランペットの演奏とホルンの演奏では、上下唇の筋肉の使い方が違うと考えられ「初心者は上唇の筋活動が下唇の筋活動より小さく、熟達者にその違いは無い」という仮説は、トランペットにおける初心者と熟達者であって、ホルンの演奏では成立しないと考えられる。

以下、本実験で得られた結果を簡単に示す。

1. 低音域の演奏中よりも高音域を演奏中の方が、筋活動が活発になり、その度合いは特定の音高に対して決まるのではなく、個人が演奏可能な音域に依存する。
2. 低強度の演奏中よりも高強度を演奏中の方が、筋活動が活発になる筋肉が存在する。ただし音域と強度では、どちらの方が筋活動に影響があるかは、一概には言えない。
3. トランペット演奏において、初心者は上唇の筋活動が下唇の筋活動より小さく、熟達者にその違いはない。また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は、上唇と下唇の筋活動に差が現れた。

第4章 結 論

本章では，本研究で得られた成果および，今後に残された問題を総括する．
本研究では，Elmar らの結論の課題点

- 低音域の演奏中よりも高音域の演奏中の方が，筋活動が活発になるとあるが，高音域とは，ある特定の音高以上の音を指すのか，演奏者の演奏可能な高い音を指すのか．
- Elmar らの「低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が，筋活動が高まる」という結論と，後藤田らの「音の強さによって筋活動に影響は無い」という結論はどちらが正しいのか．
- トランペットの初心者と熟達者の上下口輪筋の筋活動の違いは，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した際は初心者に分類されるのか熟達者に分類されるのか．

の調査をすべく，トランペット演奏中の音域や強度が筋活動にどのような影響を与えるのかを被験者実験によって調査し，以下の結果が得られた．

1. 低音域の演奏中よりも高音域を演奏中の方が，筋活動が活発になり，その度合いは特定の音高に対して決まるのではなく，個人が演奏可能な音域に依存する．
2. 低強度の演奏中よりも高強度を演奏中の方が，筋活動が活発になる筋肉が存在する．ただし音域と強度では，どちらの方が筋活動に影響があるかは，一概には言えない．
3. トランペット演奏において，初心者は上唇の筋活動が下唇の筋活動より小さく，熟達者にその違いはない．また，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には、上唇と下唇の筋活動に差が現れた。

これらの結果は Elmar らの研究と類似するものとなったが、音域と強度の筋活動への影響度に関して有意な差は見られず、どちらの方がより筋活動に影響を与えるかは分からなかった。また、本実験では低強度の演奏中よりも高強度の演奏中の方が筋活動が活発になる筋肉が存在し、Elmar らの結論の正しさが示された。被験者実験によってトランペットと同じ金管楽器であるホルンの演奏は、口唇周囲の筋肉の使い方が違うと分かり、トランペット以外の金管楽器演奏時にはどのような筋活動を行うのかを調査する必要がある。また、今回の結果でトランペット演奏における、初心者と熟達者で上下の口輪筋の筋活動に差が見られたが、初心者が練習によって熟達者の筋活動に近づく際に、上唇の筋活動が活発になり上下の口輪筋で差が無くなるのか、あるいは下唇の筋活動が低調して上下の口輪筋で差が無くなるのかという問題も残った。

今後の課題として、被験者数を増やし初心者と熟達者の違いを上下口輪筋の差を中心に詳しく調べ、トランペットの演奏に必要な筋活動と不必要な筋活動に分け、後に影響を及ぼす癖や吹き方を解消できる練習支援へと繋げていく事が重要だと考えられる。男女間や国籍の違い [10] による骨格の違いによって、筋活動にどのような影響を及ぼすのかを調査したい。また、楽器演奏には姿勢や呼吸法などの要素も深く関わっているとされ、それらの調査の為に口唇周囲だけでなく、喉や胸の筋肉の筋活動も調査する必要があると考えられる。

演奏される音が口唇周囲の筋活動に影響を及ぼすという事は、その逆の影響も考えられ、筋肉の使い方で演奏される音に影響があるとも考えられる。その関係が解明されれば楽器を用いずに口唇周囲の筋肉を動かす事により、楽器演奏の練習を行う事が可能となる。これによりマンションなどの演奏の自由が限られた場所での練習が可能となり、より上達へと繋がると考えられる。また、初心者と熟達者の間で演奏中の口唇周囲の筋肉の使い方に差がある事

が分かり、初心者には熟達者の様な筋肉の使い方を真似る奏法を提示し、熟達者へは今まで通りあるいは余計な力が入らない様な奏法を提示する事によって、本来の目標である、独学でのトランペット演奏支援が可能となると考えている。

参考文献

- [1] 板倉 駿夫：“うまくならう！トランペット”，音楽之友社 1991 .
- [2] 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 131(10)，1775-1785，2011
- [3] 小浦方 格，守山 光三，原 利昭：“歯頬面接触圧力による金管楽器奏者のアンブシュア制御パラメータの同定”，日本機械学会論文集．C 編 68(665)，101-108，2002 .
- [4] 古屋 晋一：“楽器演奏のパフォーマンスを阻害する筋収縮”，Journal of the Society of Biomechanisms 35(3)，168-175，2011 .
- [5] 後藤田 章人，山口 泰彦，岡田 和樹，松樹 隆光，三上 紗季：“金管楽器演奏が咀嚼筋活動に及ぼす影響”，日本顎口腔機能学会雑誌 13(1)，56-57，2006 .
- [6] Elmer R . White , John V . Basmajian：“Electromyographic Analysis of Embouchure Muscle Function in Trumpet Playing”，Journal of Research in Music Education vol . 22 no . 4 292-304 1974 .
- [7] 後藤田 章人，山口 泰彦，岡田 和樹，松樹 隆光：“管楽器演奏時の顎機能解析 Gnathofunctional analyses during playing wind instruments ”，日本顎口腔機能学会雑誌 13(2)，93-102，2007 .
- [8] 木下 真男，高宮 清之：“筋電図の読み方”，新興医学出版社，1998 .

- [9] 河合 良訓, 原島 広至: “肉単”, エヌ・ティー・エス, 2004 .
- [10] 森 利幸, 三川 美幸: “金管楽器奏法における適正について -身体的特徴とアンブシュアの関係-”, 中国学園紀要 9, 125-129, 2010 .
- [11] 斎藤 里果, 秋山 純和: “音楽家の身体症状とその対処法 -音楽家へのアンケート結果より-”, 理学療法科学 21(9), 447-451, 2006 .

謝 辞

本研究は日本大学文理学部情報システム解析学科北原研究室の卒業研究の研究テーマとして実施されました。本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた卒業論文指導教員の北原鉄朗先生に感謝致します。また、研究の方針や被験者実験の方法に関して、数多くの意見やコメントを下さいました筑波大学の寺澤洋子氏、松原正樹氏、被験者実験に協力頂いた方々、北原研究室の先輩、同期、後輩の皆様に感謝致します。