

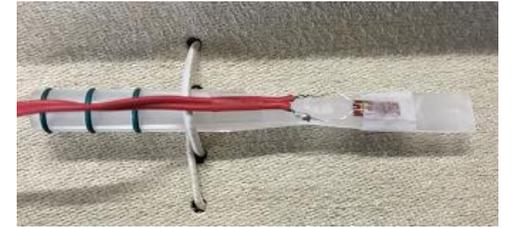
研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/3)

研究題目	オーボエ演奏での唇リード間の力とアンブシュア筋活動の解析	報告書作成者	平野剛
研究従事者	平野剛、辻功、木下博		
研究目的	<p>世界一難しい木管楽器として知られるオーボエは、葦でできた二枚のリードを唇でくわえ、唇力と呼気調節によってリードの振動具合を調節し、さまざまな音色、音高、音圧を奏でている。演奏が困難な理由は、吹き込む息の量が制限された状況下でリードに高い呼気圧を加え続けるのと同時にリードを加えて振動を調節する力と口腔内圧に抵抗して口腔形状を保ち続ける顔の表情筋(アンブシュア)が強く関わっているからである。これまでにオーボエ演奏と呼気圧(Bowling, 2016; Fuks ら 1999; Schmidtman ら、2011; 市江、2004)、眼圧(Schuman, 2000)、血圧(市江、2004)、心拍数(Landreth, 1974; 市江、2004)の関係が外国および国内の文献で報告されているが、オーボエ演奏と唇力および表情筋(アンブシュア筋)活動との関係は一切報告されていない。そこで本研究では、プロとアマチュアの奏者を対象とし、オーボエ演奏における基本的な演奏課題時の唇力および表情筋の活動計測を通して、オーボエ演奏の困難さに秘める唇力とアンブシュアの役割を明らかにすることを目的とする。</p> <p>現在、オーボエ演奏の教育の現場では指導者の主観による感覚的な指導が多く、客観的な数値をもとにしたいわゆる科学的な指導はほとんど行われていない。プロ奏者の間では良い音色でオーボエを演奏するためにはリードを唇ではさむ力の加減が重要であるという共通認識があるにも関わらず科学的な指導がほとんど行われていない背景には、この力がどの程度であるかを精査した研究がこれまで無かったことが主たる要因であると考えられる。アマチュアのみならずプロ奏者の間でもこのリードに加わる力の調節に関する意見は分かれており、教育の現場では少なからず混乱が生じている。このことから本研究は、教育現場において指導者の主観による感覚的な指導から科学的な指標に基づく指導に移行するための客観的な資料として役立つと考えられる。これまで生徒らは適切な力を習得するために感覚のみを頼りに多くの時間を費やさねばならなかったが、本研究で得られた知見を活用することで効率の良くスキルを高めることのできる奏者が増えてくると考えられる。また演奏障害に関する研究では、不随意的な表情筋の活動によって演奏が妨げられてしまうジストニアが報告されており、オーボエ奏者は木管楽器の中でも特に罹患率が高いと報告されている(Frucht, 2009)。楽器演奏におけるジストニアは、長期間に及ぶ過度な反復練習により中枢神経系が障害されることで発症すると推測されているが、詳細なメカニズムはいまだわかっていない。オーボエ演奏中のリードに加わる力と表情筋の活動を同時計測して得られる本研究のデータは、このアンブシュアジストニアの発症メカニズム解明への基礎的データとしての活用が期待できる。さらに本研究で得られた知見は、医学・工学分野に活用することで、上達を促す支援システムの構築や新たな楽器やリードが将来的に開発されると期待される。</p>		

研究内容

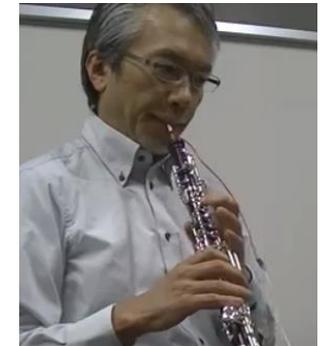
【片持ち梁式力覚センサーリードの開発】唇力計測のための葦リードは、市販の製品の上部に歪ゲージを貼り付けて作成した(右図上)。歪ゲージからの電線は、楽器側を通して増幅器に連結させる。このリードは片持ち梁の構造のため、接触する唇の位置(負荷位置)によって得られる電圧データが大きく変化する。そのため実際の演奏に近い状況を作り出すことはできるが、正確な力の計測は難しい。



【両持ち梁式模擬リードの開発】唇力を正確に計測できるようにするために、葦リードとほぼ同サイズの真鍮材を用いて両持ち梁式で4枚の歪ゲージを用いた力覚センサー模擬リードを作成した(右図下)。この模擬リードは、小管を内部に設置するため呼気圧を楽器に入れることはできるが振動しない構造であり、奏者がそれを吹いても音は出ない。しかし両持ち梁の構造になっているため、出力される力を正確に計測できる。なお模擬リードに重さの異なる錘を吊るして出力電圧を確認したところ、得られる電圧と力の関係は $\pm 0.02\text{N}$ の誤差範囲内に収まっていることが確認できた。



【実験】被験者は、指定された音をまず片持ち梁式力覚センサーリードで音を出しながら演奏し(右図)、その後すぐに両持ち梁式模擬リードで演奏を行う。両持ち梁式模擬リードは音が鳴らないため、表面筋電図から得られる口輪筋の活動強度を片持ち梁式力覚センサーリードのそれと比較することで、両方のリードで奏者が同じパフォーマンスを行っていたことを確認する。歪ゲージからの信号は応力アンプを介して、増幅後、AD変換器を介してPC内に取り込む。表面筋電図から得られる信号も同様にAD変換後PC内に記録する。また演奏音の信号も楽器正面に配置した騒音計を使用し、PC内に同時記録する。サンプリング周波数は1kHzとした。演奏に用いる音は4つの音高(D4=293Hz、A4=440Hz、D5=587Hz、A5=880Hz)と2つの音量(p または mf)を組み合わせた8種類の音とし、被験者はそれぞれの音を2秒演奏し2秒休みを6回繰り返した。



【データ解析】得られた典型的な波形は、説明書図1に添付した。両持ち梁式模擬リードから得られた波形は、5 Hzのデジタルローパスフィルターで平滑化して、音を鳴らすパフォーマンスをしている2秒間の内、真ん中の0.5秒間の平均値を算出した。口輪筋からの導出された電位は、増幅後、全波整流し、10 Hzのデジタルローパスフィルターで平滑化後、力波形と同じ区間(0.5秒間)の平均値を算出した。8種類の音をそれぞれ6回ずつ演奏したため、リードから得られた力波形と口輪筋から導出された波形ともに、6回の平均値と標準偏差を求めてその値をグラフにした(説明書図2と図3)。

研究のポイント	<p>本研究のポイントは、両持ち梁式の力覚センサー模擬リードを作成し、リードに加わる上唇の力を正確に計測した点にある。現在のところ実験を行った被験者はプロ奏者 1 名のみだが、オーボエ演奏中のリードに加わる力の時間的変化を確かめることができた(説明書の図1)。また上唇がリードに及ぼす力は、オーボエが通常演奏する2ターブ内において約1Nから2Nの間であることが本研究で初めて示された。さらに本研究では、リードに加わる力のほかに口輪筋の活動も同時に計測している。オーボエ演奏では唇周りの形状いわゆるアンブシュアもパフォーマンスに重要な要素とされており、これまでアンブシュアを制御する表情筋の活動を計測した研究は数少ない。リードに加わる力と口輪筋の相互作用を検討することで唇力とアンブシュアの役割を明らかにできる点が、本研究のポイントと言える。</p>
研究結果	<p>音量・音高とリードに加わる力(説明書の図2)</p> <p>演奏する音が高いほど、リードに加わる力は強くなった。音量が <i>p</i> のときは D4(293Hz)、A4(440Hz)、D5(587Hz)、A5(880Hz)においてそれぞれ 1.1N、1.5N、1.6N、2.0N の力が発揮された。また <i>mf</i> のときは D4(293Hz)、A4(440Hz)、D5(587Hz)、A5(880Hz)においてそれぞれ、1.2N、0.8N、0.8N、1.9N の力が発揮された。奏者は力を強くすることで、リードの振動部位を狭めて高い音を演奏していると考えられる。</p> <p>音量・音高と口輪筋の活動(説明書の図3)</p> <p>演奏する音高によらず、口輪筋の活動は一定になる傾向が示された。また音量が <i>p</i> よりも <i>mf</i> のときに口輪筋の活動は弱い傾向が示された。オーボエ演奏では、音量が大きいほどリードに吹き込む息の量を多くする必要があるため、口輪筋の活動は <i>p</i> よりも <i>mf</i> のときに弱くなったと考えられる。</p>
今後の課題	<p>これまで音量・音高とリードに加わる力の関係、口輪筋の活動の関係を示してきたが、これらの結果はプロ奏者 1 名からのデータから導いている。より精度の高い結論を導くためには、今後、被験者の数を増やして適切な統計処理を行う必要がある。ただしコロナ感染症拡大の影響により大学側から実験施設の使用に制限が課せられているため、十分な実験が行える状況にまだない。複数の奏者に対して本実験への協力の呼びかけは既に済ませているので、コロナ感染症が収束したら迅速に実験を行い、データ解析をして学会や論文などで結果報告を行いたいと考えている。またこれまでの実験課題は、単音演奏しかなかった。音量変化の伴う課題(クレッシェンド、デクレッシェンド)や異なる音を連続して演奏する課題(曲演奏など)で、リードに加わる力や口輪筋の活動がどのように制御されているか、それぞれのデータを比較して確かめる必要がある。さらにプロ奏者群アマチュア奏者の間で、リードに加える力と口輪筋の活動がどの程度異なるのかを検討する必要がある。</p>

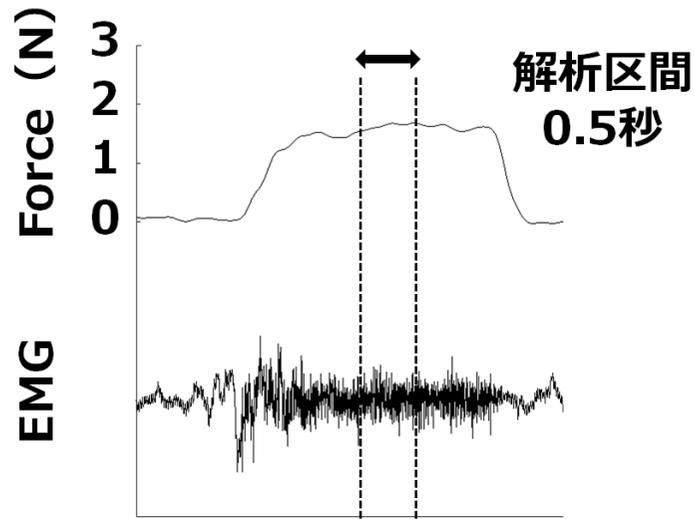


図1 オーボエ演奏時の力波形(上)と筋電図波形(下)

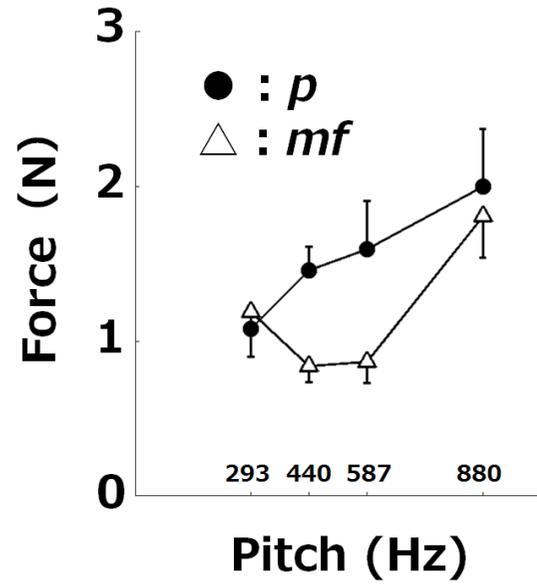


図2 力の平均値と標準偏差

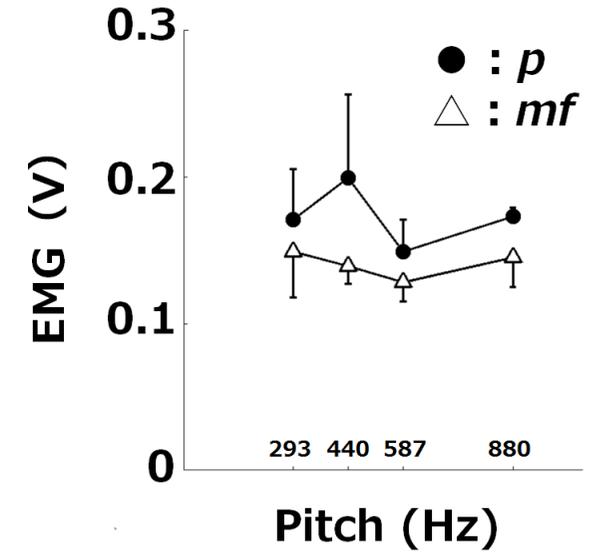


図3 筋活動強度の平均値と標準偏差