Vol.2012-MUS-95 No.11
2012/6/3

クラリネットにおけるリード振動の可視化と解析

村尾恵一[†]

クラリネットのリード振動を可視化するために高速度カメラにおいて撮影を試みた。その振動を解析し閉管楽器であるクラリネットのリードの振動特性を明らかにする。

Visualizaiton and analysis of vibration of the reed for clarinets

KEIICHI MURAO[†]

In order to visualize reed vibration of a clarinet, photography was tried using the high speed camera. The vibration is analyzed and the oscillation characteristic of a lead for clarinet which is a closed end tube is clarified.

1. はじめに

クラリネットは構造上木管楽器に分類され，管体はグラナディナ材を主とした木材で作られている。吹き口はサクソフォンとほぼ同形状のマウスピースに一枚のリードを装着するシングルリード楽器である。しかし，相違点としては，サクソフォンの管体は円錐状であることから整数倍の倍音を出す開管楽器であることに対し，クラリネットの管体は円柱状で奇数倍音しか出ない閉管楽器に分類される。「アルト・サクソフォンにおけるリード振動の可視化」においてリード振動の可視化から分析を行ったが，本論文ではサクソフォンと同様のシングルリード楽器であるクラリネットのリード振動を高速度カメラによって撮影を行い，可視化することによって比較分析を試みた。

この研究の目的は，クラリネット及びサクソフォンの演奏者にとってどのようなリードを選ぶのかが，吹奏感や音色，さらに演奏者の心理的なコンディションに大きな影響を与え，また、楽器を習い始めたばかりの初心者だけでなく，ある程度の経験を積んだ演奏者にとってもリードの選択や調整は日々の課題となっているためである。

シングルリード楽器の演奏者のほとんどは，リードを各メーカー独自の規格･硬さの基準をもとに製造された中から選択し，その中から一枚一枚微妙に異なるリードを選別している。また，演奏者によって差はあるが１ケース 10 枚の中で本番用として使用できるものは１枚有るか無いかであり，練習用としても半分程度使用することができれば良い方である。そしてリードを調整して使うことは熟練した技術と経験が必要である。

本研究においては，演奏時にリードがどのような振動をしているかを可視化するために高速度カメラにおいて撮影を行った。そして，可視化されたリードの動きから振動特性を明らかにし，新たなリード調整法を確立することを目的としている。

2. 市販シングルリードと演奏者の評価

2.1 リードの“硬さ”と“厚さ”

演奏者によってはリードの硬さを表す際に，リードが“厚い”や“薄い”という表現を使うことがある。しかし，リードの製造工程についてリコ社のカタログにおいて、「各ブランド（リードのカット）／種類毎に仕様どおりの形状にカットされ強度ごとに振り分ける。リードは２番のリードも４番のリードも全て厚さは同じである」と説明している。リードは自然物であるためこのようなことが起こるのである。個体差の大きい市販リードを扱う上で重要な要素となってくることは，リードの調整法となってくる。演奏者は基本的なリードの性質や特性からリードを管理調整してくことが求められている。

2.2 市販シングルリードの評価

シングルリード楽器の演奏のほとんどが市販のリードを使用して演奏している。市販リードの評価については様々なことが言われているが，実際にはどのように感じているのかアンケート調査を実施した。

アンケート結果については以下に示すとおりである。

総回答数：165 名 （中学生・高校生）

[†]神戸市立玉津中学校
Kobe Municipal Tamatsu Junior High School

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

楽器別回答数

Bクラリネット:87名　バス・クラリネット:12名

アルト・サクソフォン:32名　テナー・サクソフォン:23名

バリトン・サクソフォン:11名

● 1ケースの（10枚）の市販リードを購入した場合，調整しない状態での本番用，練習用，使用不可の数

楽器別の平均枚数

単位:枚

	調整前		
	本番用	練習用	使用不可
Bクラリネット	1.7	4.3	3.9
バス クラリネット	1.8	3.1	4.9
アルト サクソフォン	1.9	4.6	3.4
テナー サクソフォン	2.4	4.2	3.2
バリトン サクソフォン	2.9	4.4	2.7
平均	2.0	4.3	3.7

【考察】調整前のリードについては，大きなサイズのリードほど本番用リードが多い傾向にある。これはリードの質が良いと考えるよりも，リードの単価が高く，使わざるを得ないという状況とも考えられる。本番用リードは総回答数（165名）の平均が，10枚中2枚という結果であり，個別の回答では165名中13人が本番用リードは0枚と回答している。また，10枚中3.7枚が使用不可という平均回答となっており，使用できないリードの多さが明らかになった。この結果からは，多くの中学校・高校の演奏者が市販リードに対して悩んでいることが読み取ることができる。また，バス・クラリネットの平均枚数が使用不可の方に多くなったのは，一部の回答に“使用不可”の枚数が多かったものがあり，母数が12人と少なかったためある。

● リードを調整している割合と調整の方法

単位:人

	調整	
	する	しない
Bクラリネット	35	52
バス クラリネット	5	7
アルト サクソフォン	9	24
テナー サクソフォン	10	13
バリトン サクソフォン	3	7
合計	62	103
平均割合（%）	38%	62%

【考察】リードの調整は難しいと言われる中，38%の人が取り組んでいることは市販リードをそのまま使うことが困難であることが考えられる。リード調整は個人の判断で行っていると思われるものもあるが，学校ごとで調整を行うか否か，また調整法にも傾向が見られた。調整法は“ヤスリで削る”が多かったが，“指で触り左右の不揃いをそろえる”“音が抜けの悪いとき，先端から5mm位のところを削る”の回答があったが，その他の具体的な調整法の回答はなかった。

3. 高速度カメラによるリードの振動の可視化

シングルリードの振動については，実際に演奏者の口の中でどのようにリードが振動しているのかは十分に解明されていない。このリードの振動を高速度カメラによって撮影し可視化することによって，音域ごとにリードがどのような振動特性を示すのかを明らかにした。

3.1 実験の方法

リードの望ましい可視化状態として，演奏者の鼻腔から内視鏡カメラを挿入し，口腔内のリードの振動を撮影することが最も自然な状態であるが，現在使われている内視鏡カメラの撮影速度ではリードの振動速度が上回るため撮影は不可能である。そのため，可視化の方法として，口腔外でリードを振動させることとした。リードの振動が自然な状態であるかについては，演奏された音が音色・音高・音量ともにクラリネットの初級者レベルの状態が再現できることを基準とした。撮影時に吹奏した音については分析のために録音した。

クラリネットのリードの振動を高速度カメラによって音高ごとに撮影を行いリードの振動を分析した。測定した音高は低音より順に次のとおりである。

○測定音高

シャルモー音域

①F2(175Hz)　②B♭2(238Hz)　③E♭3(313Hz)

クラリオン音域

④C4(526Hz)　⑤E♭4(625Hz)

※アルティッシモ音域は高速度カメラのシャッター速度を越えているため撮影できなかった。

○撮影に使用したカメラ

デジタルハイスピードカメラ　MEMRECAM　GX-1 PLUS

(株)ナックイメージテクノロジー

○録音に使用したレコーダー

SONY　PCM－M10

○クラリネット　ビュッフェ クランポン　Prestige

○マウスピース　バンドーレン　5RV ライヤー

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

Vol.2012-MUS-95 No.11
2012/6/3

○リード　バンドーレン　トラディショナル3.5

3.2　リード振動の周期

リードの振動可視化により，音高と周期の関係が明らかとなった。下図はF2の振動の１周期であるが，その画像はおおよそ57 コマであった。1/100μ(秒)の撮影であることから，１周期に要する時間は 57/100μ(秒)となり，(10000／57)≒175.4Hzとなる。また、録音から測定された音高は175Hz でリード振動の１周期と音高が一致しており，これは他の音でも確認された。

また，正面からのリード振動の撮影も各音高で行った。撮影された映像はどの音高の振動もリードのティップ部が一様に揃って振動することが確認された。

①～⑤各音の左図は，リードの振動を横方向から撮影された映像を分析したものをグラフにおいて表したもので，マウスピースの先端部とリードのティップ(先端部)の距離を表す。横軸が時間(1/100μ秒)，縦軸はPixel で距離を示す。グラフにおけるPixel の最小値は，０となっていないが，リードのティップはマウスピースの先端に接していると考えられる。①～⑤各音の右図は，左図の振動をFFT 解析を用いてスペクトル解析を行ったもので，周波数スペクトルを表す。横軸は周波数(Hz)，縦軸は振幅(amplituda)を示す。

リード振動の周期(左図)とスペクトル解析(右図)

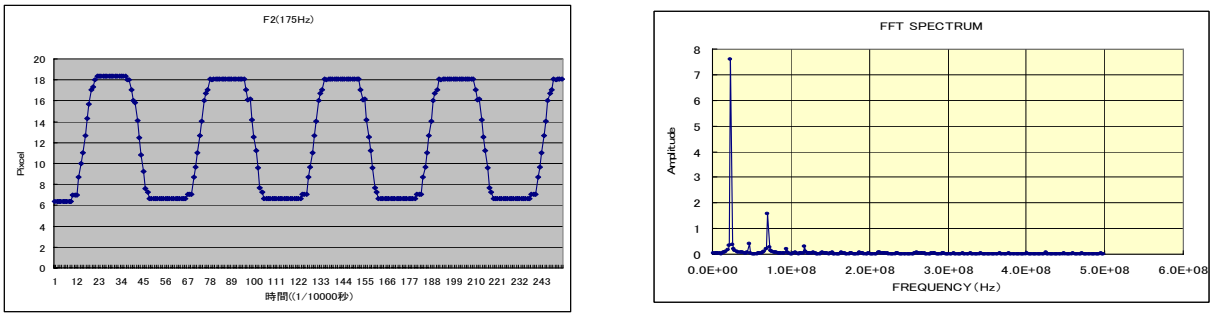


図　3-1　F2(175Hz)

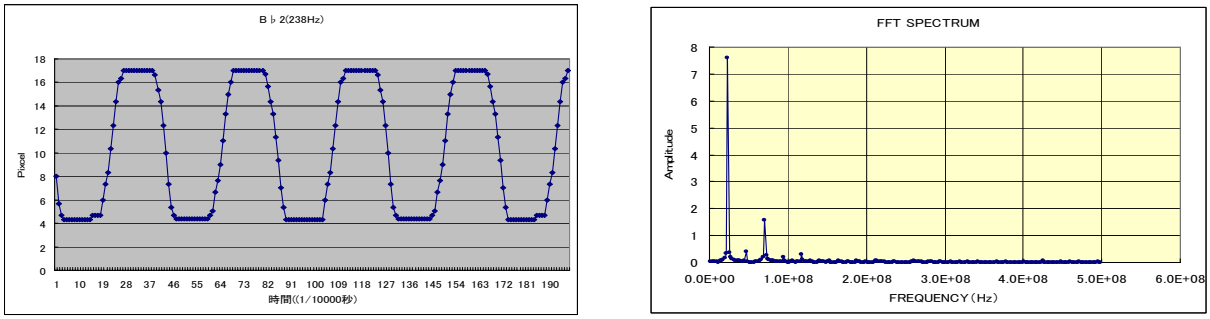


図　3-2　B♭2(238Hz)

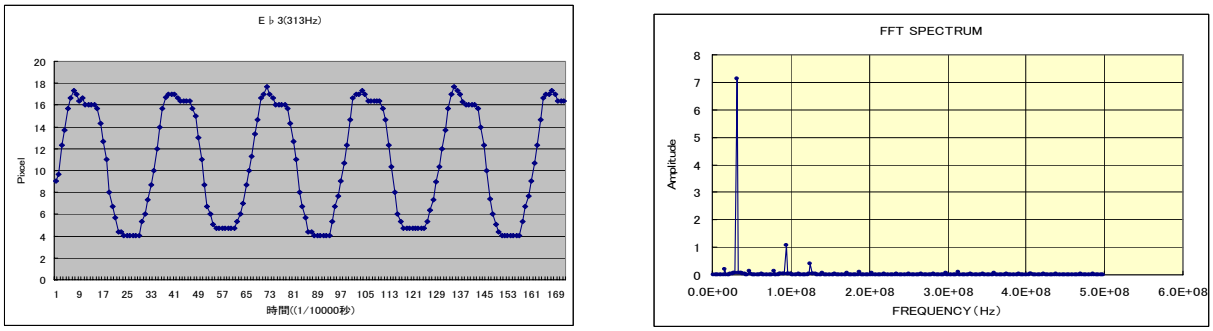


図　3-3　E♭3(313Hz)

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

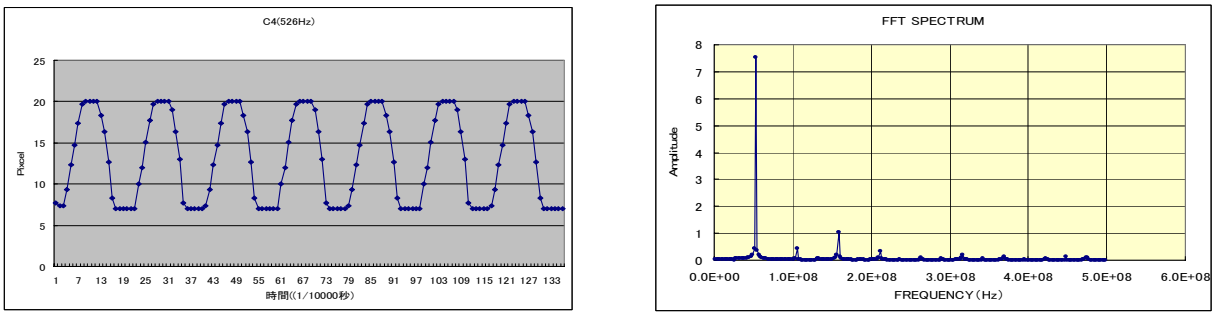


図 3-4　C4(526Hz)

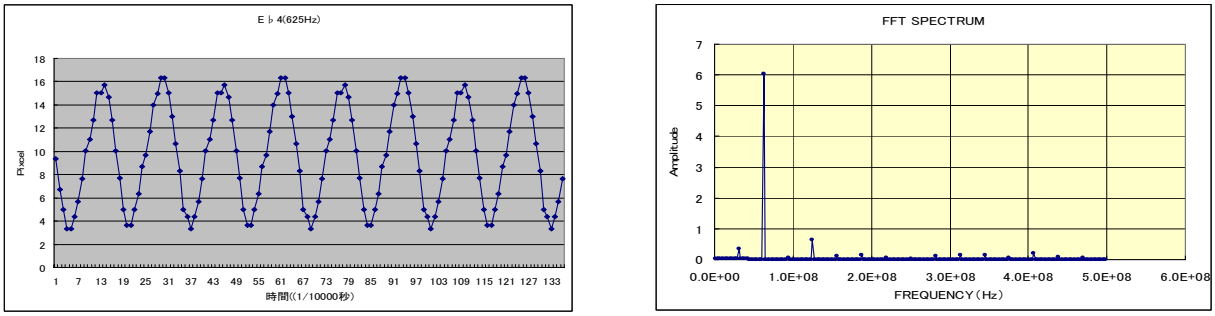


図 3-5　E♭4(625Hz)

3.3　測定結果からの考察

今回の測定は５音高のみの撮影となったため，これら以外の音高の振動は測定できていない。最初に撮影できた音高は，①F2(175Hz)である。サクソフォンと同様にリードの先端の振動は完全に一致して振動しており，先端部が複数の倍音をもたらす動きは確認できなかった。また，③E♭3(312Hz)より低い音は，④F3(355Hz)以上の高い音に比べて，リードの動きはそれぞれ特徴的な振動が確認できた。

次に各音高について考察を行った。

① F2(175Hz)は，クラリネットの音域の中では最低音から3 半音高い音で，管が比較的長い状態の音である。リードがマウスピースに接触している時間は１周期の約 32%程度，また完全に開いてほぼ停止している時間は約 40%である。残り時間の約 28 パーセントが動いていることとなる。

② B♭2(238Hz)は，①F2(175Hz)の動きとほぼ同様の振動が確認できた。リードがマウスピースに接触している時間は１周期の約 33%程度，た完全に開いてほぼ停止している時間は約 26%である。残り時間の約 41 パーセントが動いていることとなる。

③　E♭3(313Hz)は，①・②の振動と比較して共通の振動をしていることが確認できた。しかし，マウスピースに接触していることは共通しているが，最大限に離れている部分において微細な動きが確認できた。

④ C4(526Hz)は，リードがマウスピースに接触している時間は１周期の約 21%程度，また完全に開いてほぼ停止している時間は約 26%である。残り時間の約 53 パーセントが動いていることとなる。

⑤E♭4(625Hz)は、これまでの振動は異なる振動となった。リードがマウスピースに接触している時間，また完全に開いてほぼ停止している時間はほとんどなく，常に振動し続けていることが確認できた。

各音高のスペクトルからはサクソフォンのような倍音振動を確認することはできなかった。

4.　音色の分析

クラリネットの音色は他の管楽器と同様に楽器本体の材質や形状，マウスピースやリガチャ，リードによって音色は大きく変化する。また，演奏者自身のアンブシュアや呼気の入れ方によっても大きな影響を受ける。よって，同じクラリネットの音を演奏したとしてもその音色には特徴があり，音色を決定づける倍音の成分を検証した場合には，はっきりとした差が出てくる。

撮影時に録音した音の FFT 解析を行い、音色の分析を行った。各音のスペクトルからは音色の特徴を決定づけるホルマントが現れた。しかし，得られたデータからは振動と音色に関係性を見出すことはできなかった。

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

5. おわりに

今回のリード振動の可視化により，開管楽器と閉管楽器の違いが明確になった。リード振動の可視化により，音高によってリード振動に特性があり，レジスターキーを押さない基音では，基本振動と３倍音・５倍音までがリードの振動に現れた。しかし，レジスターキーを押しオーバートーンを強制的に出した音高では，ほぼ基音のみの振動となり，クラリネットとサクソフォンが共通したリード振動をもっていることが確認できる。また，全音高のリード振動は先端部が一様に振動していることが確認された。よって安定した振動の条件として，リードの先端部の反発力がより均一な状態であることが良いリードの条件であると推測できる。リード調整法については，リードマイスターの製作者である花井宏維らによって研究され発表された「シングルリードの新たな品質指標と調整法の研究」『音楽音響研究会資料』Vol.28 No.8 pp.7-12 (2010)で，「リードの先端部の剛性分布が左右対称でなだらかなリードは鳴りが良い」ということを裏付けている。

今後の研究として，演奏者にとって鳴りの良いリードと悪いリードは，リード振動にどのような違いがあるのかを探り，良いリードの条件を明らかにしたい。また，リードの調整法としては，先端部の反発力の均一性以外の要素について研究を進めたいと考えている。

謝辞

リードの振動の撮影に器材を提供して下さった株式会社ナック大阪営業所，撮影して下さった山本和矢氏に心より感謝をいたします。

参考文献

1)ラリー・ティール　大室勇一訳　『サクソフォーン演奏法』　全音楽譜出版社; レター1 版 (1998)
2)傳田文夫 『シングルリード調整法』 芸術現代社(1996)
3)N.H.フレッチャー/T.D.ロッシング著，岸憲史/久保田秀美/吉川茂訳　『楽器の物理学』　シュプリンガー・フェアラーク東京(2002)
4)Kalman Opperman　『Handbook for Making and Adjusting Single Reeds:For All Clarinets and Saxophones』　Chappell Music Co.(1956)
5)日本吹奏楽学会編　『中学生・高校生のための管打楽器入門 サクソフォーン』　音楽之友社(1996)
6)須川展也　『うまくなろう！サクソフォーン』　音楽之友社(1998)
7)服部通也、小原仁　『楽器の知識と奏法』　全音楽譜出版社(1975)
8)淺香淳編　『新版 吹奏楽講座 第一巻 木管楽器』　音楽之友社(1983)
9)安藤由典　『新版楽器の音響学』　音楽之友社(1996)
10)アレクサンダー・ウッド　J.M.バウシャー改訂　石井信生訳　『音楽の物理学』　音楽之友社 (1976)
11)安藤由典　『楽器の音色を探る』　中央公論社(1978)
12)難波精一郎　『音色の測定・評価法とその適応例：環境研究上極めて重要なテーマを科学的に解説した』　応用技術出版 (1992)
13)大蔵康義　『目で見る楽器の音』　国書刊行会(2004)
〈論文〉
14)村尾恵一　「アルトサクソフォンにおけるリードの振動の可視化」　『音楽音響研究会資料』Vol.30 No.1
15)花井宏維、花井計　「シングルリードの新たな品質指標と調整法の研究」　『音楽音響研究会資料』Vol.28 No.8 pp.7-12 (2010)
17)小幡谷英一　「クラリネットリード用葦(Arundo donax L.)材の物性」(1996)
18)高橋公也、橘崇哲、牧野武志　「シングルリード木管楽器の数値解析」　『音楽音響研究会資料』Vol.24 No.4 pp.31-36 (2005)
19)竹内明彦，山本義弘，河内晃，「管楽器製造現場の現状と音響学的研究への提言」『音響学会誌』第44号 pp.949-954(1988)
20)井戸川徹 「最近における木管楽器の音響学的研究」『音響学会誌』第44号pp.955-961(1988)
21)井戸川徹　「管楽器のカオス」『音響学会誌』第49号 pp.65-70(1993)
22)井戸川徹　「リード木管楽器の物理学」『音響学会誌』第49号pp.203-207(1993)
〈資料〉
23)花井宏維　特許第4001907　「シングルリード楽器のリード検査装置」(2007.8.24)
24)花井宏維　特許第4022248　「シングルリード楽器のリード検査装置」(2007.10.5)
25)月刊誌『パイパーズ 第351号』pp.23-26　「リード先端の固さのバランスを測定する！」　杉原書店(2010)
26)月刊誌『パイパーズ 第205号』　pp.82-84　「典型的なリードの変形」
杉原書店(1998)
27)月刊誌『パイパーズ 第199号』　pp.82-84　「葦に含まれる抽出成分がリードの品質に与える影響」　杉原書店(1998)
28)月刊誌『パイパーズ 第181号』　pp.32-34　「クラリネット奏者にとってのリード」　杉原書店(1998)
29)月刊誌『パイパーズ 第169号』　pp.80-83　「木管楽器用リード材 葦の物理的性質」　杉原書店(1998)
30)『NONAKA SAXOPHONE FRIENDS Vol.6』　野中貿易株式会社(2006年秋号)

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan