

管楽器指向性測定システムの開発

江原史朗*

Measurement of Radiation Directivity Patterns of Wind Instruments

Fumiaki EHARA*

Abstract : The radiation-directivity patterns of wind instruments are measured using an artificial blowing system which can ensure stable and reproducible tones. In this study, we measured the patterns of three kinds of clarinets whose wall materials are different. Lateral and circumferential directivity patterns are measured when all keys are untouched. A characteristic conical radiation is commonly indicated in lateral directivity patterns of three clarinets. Also, the effect of tone holes appreciably appears in circumferential directivity patterns measured near the clarinet center or in far field. However, that effect may be almost negligible in circumferential directivity measured near the barrel and bell. Proper improvements of the blowing system as well as careful applications of directivity measurement and near-field measurement will draw some correlations between the wall material and the radiated sound of wind instruments.

Key words : wind instruments, radiation-directivity patterns, artificial blowing system, wall materials

1. はじめに

管楽器の管の材質が音に与える影響は、これまで音響学の分野ではほとんど無視できるものとして扱われてきた[1]。木や金属といった管の材質の質量が空気の質量に比べて極めて大きいため、管内の空気振動が管体にほとんど伝播しないためである。しかしながら、プロの管楽器奏者や楽器製作者は経験的に管の材質が音に影響を与えることを知っている。彼らは例えば同じメーカーの同じモデルの楽器であっても、音質や演奏感がまったく異なるという。そのような音の違いがどのような原因により起こるのであるのか。現代の技術であっても、そのような小さな違いを測定するのは困難である。そのような点では、人間の感覚が科学測定に勝っているといえる。

管の材質が音に与える影響がどのようなものか解明するためには、人工吹鳴による詳細な測定が不可欠である。人間の奏者を対象にした実験ではその再現性や一般性といった点にあいまいさが残る。人工吹鳴実験で得られる吹鳴音は定常状態では実際の人間奏者によるものと区別がつけ難く、両者は近似的には同じ振動をしていると見なす。本研究では、Idogawaら[2]が考案した木管楽器の人工吹鳴装置を参考にクラリネットの人工吹鳴装置を作成し、指向性測定を行った。

楽器の指向性測定については、これまで打楽器や弦楽器については、その指向性の測定が行われてきたが、管楽器についてはほとんど行われていない[3]。打楽器や弦楽器では比較的簡単に音を発することができるのに対し、管楽器は発音のメカニズムが複雑で、吹鳴が困難なためである。

本研究では管楽器として木管楽器に分類されるクラリネットを用いて測定を行った。管の材質は一般的なクラリネットに用いられているグラナディラ材とセラミックを用い、材質の異なる3種類のクラリネットについて測定を行った。クラリネットの軸に対し平行な面と垂直な面の2種類の指向性測定を行った。指向性はマイクロフォンを固定し、回転台によりクラリネットを回転させることにより得た。これはオルガンパイプ等の指向性測定に一般的に用いられている手法である[4]。

2. 人工吹鳴実験

2.1 実験装置

Fig.1 は人工吹鳴実験装置の全体図である。Fig.2 は今回の測定で用いた実験装置の写真である。測定は無響室で行われた。吹鳴器、クラリネットは鉄のアングルの台に固定されている。無響室の外にある空気圧縮器により加圧された空気は無響室内にある圧力調整器で希望する圧力に調整される。人工の口である吹鳴器は厚さ 5 mm の透明アクリル板を用いて

(西暦 2005 年 11 月 24 日受理)

* 宇部工業高等専門学校制御情報工学科

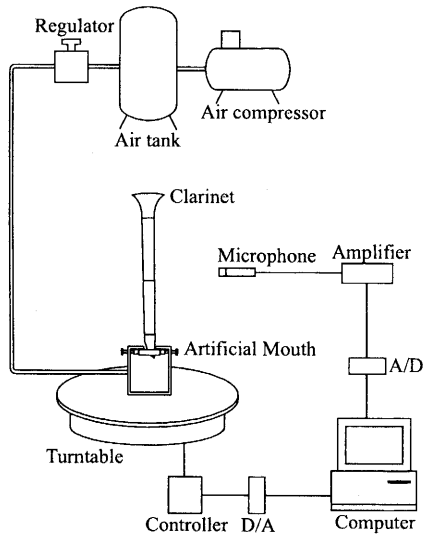


Fig. 1: A system to measure clarinet-sound directivity.

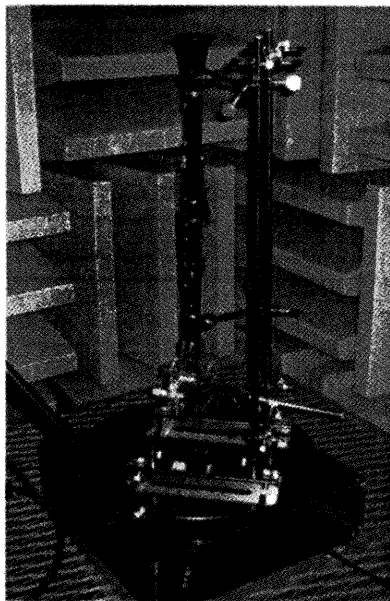


Fig. 2: An experimental clarinet on a turntable.

作成した。人工唇はシリコンゴム（信越化学 KE114S）を用いて作成した。クラリネットのマウスピースは人工唇によって固定される。リードを締め付ける唇の強さは、吹鳴器に取り付けたネジによって調整できる。

本研究では、材質の異なる 3 種類のクラリネットを使用して測定を行った。2 つはクラリネット管に一般的に用いられているグラナディラ材、(YAMAHA 製・Grenadilla-Yamaha と、Buffet Crampon 製・Grenadilla-Crampon) もう一つはセラミック (YAMAHA 製・Ceramic-Yamaha) の楽器を用いた。

吹鳴器に人工唇、クラリネットを取り付け、吹鳴圧力を上げるとリードが振動を始める。人工吹鳴実験で得られる吹鳴音は定常状態では実際の間奏者によるものと区別がつけ難い。そのため、両者は近似的には同じ振動をしていると見なした。唇の設定や吹鳴圧力を変化させることによりさまざま

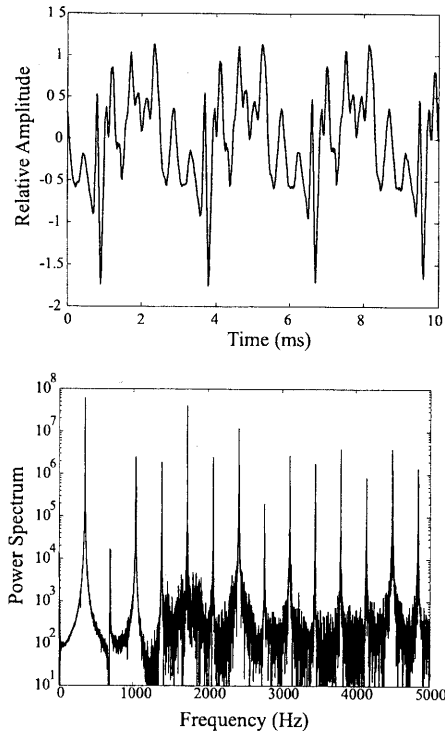
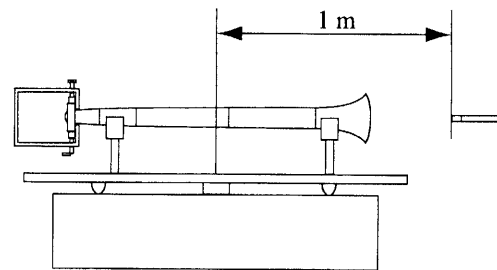
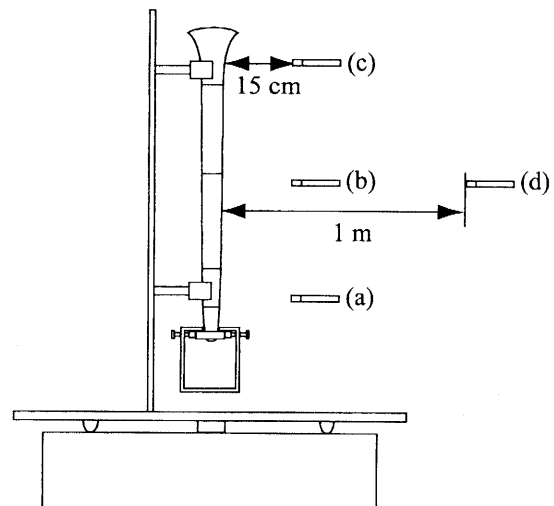


Fig.3: An example of tone produced by an artificial blowing system (grenadilla-Yamaha clarinet, 345 Hz).



(a) "lateral directivity" measurement



(b) "circumferential directivity" measurement

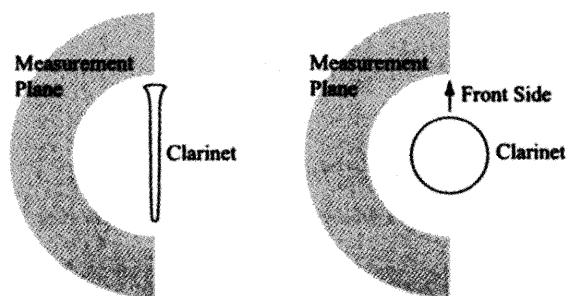
Fig. 4: Configuration of the clarinet and microphone.

まな振動が励起される。測定中は唇の設定、吹鳴圧力を固定し、一定の振動を保つ。Fig.3は、人工吹鳴装置により演奏されたクラリネット音の波形である。周波数解析を行った結果も示している。第2倍音の値が小さくなっており、偶数次倍音が小さくなるというクラリネット音の性質を表している。

2.2 指向性測定

管楽器の指向性測定は、再現性のある長時間の演奏が必要となる。管楽器を人工吹鳴させることにより、指向性の測定が可能となる。指向性を測定するためには楽器から発せられる音を全ての方角から測定を行う必要がある。本研究では回転台を用いて管楽器を回転させることによりその問題を解決した。本研究では、クラリネットの軸に対し平行な面と垂直な面上 2 種類の指向性測定を行った。前者を"lateral directivity"、後者を"circumferential directivity"と呼ぶ。Fig.4に2つの測定について、クラリネット、マイクロフォンの位置を示している。指向性はマイクロフォンを固定し、回転台によりクラリネットを回転させることにより測定した。クラリネット人工吹鳴させ、回転台を7.2度ずつ回転させて測定を行った。音の測定中は回転を行っていないので、モータ音等の影響は受けない。左半面の26点について測定を行った。Fig.5はその測定面を図示したものである。

クラリネットの軸に対し平行な面上の指向性測定では、クラリネットの中心からおよそ1m離れた点にマイクロフォンを固定した。垂直な面上の指向性測定では、(a) バレル部、(b) 管の中央、(c) ベル付近では楽器からおよそ15cm離れた位置で、(d) 遠方では楽器からおよそ1m離れた位置でマイクロフォンを固定し、4つの位置での指向性測定を行った。1/2インチコンデンサマイクロフォンを用い測定を行った。回転台からの音の反射の影響を少なくするため、ベルを上方向に向けて固定した。



(a) lateral directivity (b) circumferential directivity

Fig. 5: Measurent plane (top view).

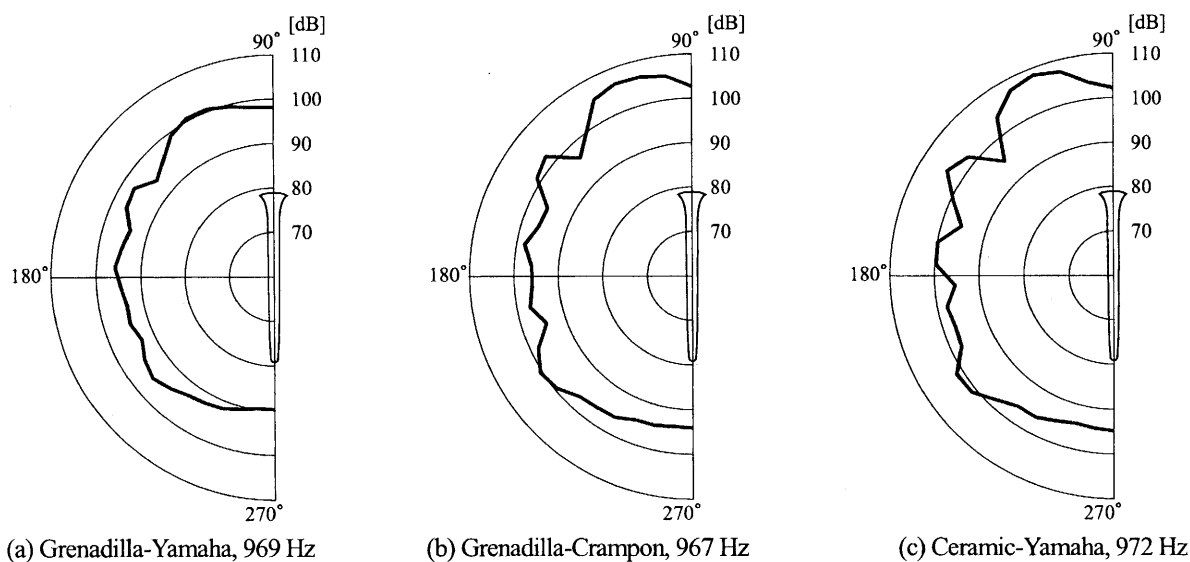


Fig. 6: Lateral directivity patterns of three clarinets.

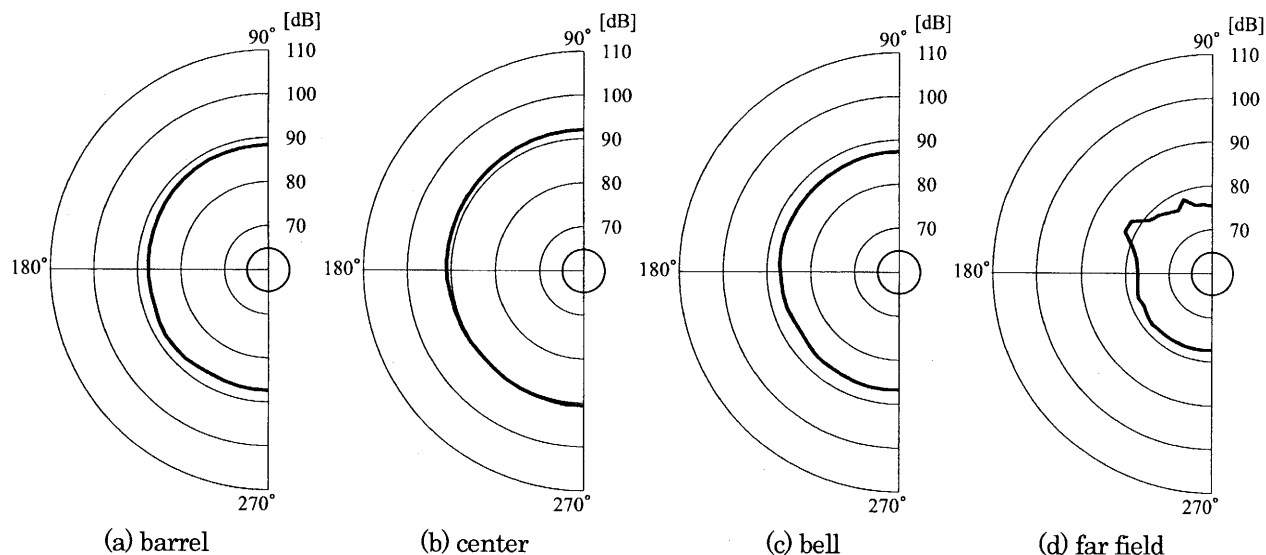


Fig. 7: Circumferential directivity patterns of grenadilla-Crampon clarinet (sounding frequency: 356 Hz).

3. 測定結果

Fig.6 は 3 種類のクラリネットについて、管の軸に対して平行な面についての指向性測定を行った結果である。今回の測定では、クラリネットのすべてのキーを開放した状態で測定を行った。リードを締め付ける唇の強さや吹鳴圧力といった条件は変えない方が望ましいが、これらは非常に微妙な設定が要求され、3 種類のクラリネットを全て同じ条件で吹鳴させることはできなかった。今後、吹鳴装置を改良し、改善していきたい。周波数はそれぞれ、(a) Grenadilla-Yamaha が 969 Hz、(b) Grenadilla-Crampon が 967 Hz、(c) Ceramic-Yamaha が 972 Hz となった。111 度の方向で音圧レベルが極大となっている。3 つの音圧の測定結果はどれも同じような曲線となった。これは指穴からの音の放射の影響と考えられる[5]。

Fig.7 は軸に対して垂直な面の指向性である。クラリネットは Crampon 製のものを使用し、発振周波数は 356 Hz (F4) である。バレル部、ベル部は、音圧の曲線がほぼ円となっているのに対し、中央部ではクラリネット前面 (90 度の方向) の音圧が大きくなっている。1 m 離れたものの測定結果では、159 度の方向で極大となっている。これについても指穴からの放射の影響が大きいと思われる。バレル部、ベル部といったクラリネット壁面に近い部分での指向性に指穴からの放射の影響がほとんど見られなかったことは非常に興味深い。今後、管の材質が音にどのような影響を与えるか議論する際、近距離音場ホログラフィの測定手法が有効と考えられる。しかしながら、今回の測定結果だけでは、管の素材が音にどのような影響を与えるか議論するには不十分である。今後、さらに詳細な測定を行ってきたい。

4. まとめ

本研究では、管楽器の指向性測定システムの作成を行った。木管楽器であるクラリネットについて、その人工吹鳴装置を作成した。回転台を用いることで指向性測定を実現した。材質の異なる 3 種類のクラリネットを使用して指向性測定を行い、クラリネット円筒管の軸に対して平行な面と垂直な面についての 2 種類の指向性を測定した。

クラリネット円筒管の軸に対して平行な面上の指向性の測定結果からは、指穴からの音の放射が指向性に与える影響が示された。垂直な面での測定からは、クラリネット壁面に近い部分での指向性に指穴からの放射の影響がほとんど見られないという結果が得られた。これは、近距離音場ホログラフィの測定手法の有効性を示唆している。

今後、更なる吹鳴装置の改良を行い、管の材質が音にどのような影響を与えるか検討を行ってきたい。

参考文献

- [1] J. Backus and T.C. Hundley, 'Wall vibrations in flue organ pipes and their effect on tone,' J. Acoust. Soc. Am. 39, pp. 936-945 (1965).
- [2] T. Idogawa, T. Kobata, K. Komuro and M. Iwaki, 'Nonlinear vibrations in the air column of a clarinet artificially brown,' J. Acoust. Soc. Am. 93, pp. 540-551 (1993).
- [3] N.H.Fletcher and T.D.Rossing, The Physics of Musical Instruments, Second Edition (Springer-Verlag, New York, 1998).
- [4] S.Yoshikawa, 'Radiation field of underwater organ pipes,' J. Acoust. Soc. Jpn. (E) 6, pp. 309-313 (1985).
- [5] A.H. Benade, 'On the mathematical theory of woodwind finger holes,' J. Acoust. Soc. Am. 32, pp. 1591-1608 (1960).