

The Influence of Material on Tone of Shakuhachi

Toshiyuki Sasaki

Dept. of Aerospace Eng., Nagoya University

尺八の音色に及ぼす管材の影響

1. はじめに

昨年はアメリカのボルダー市に於いて、ボルダー国際尺八音楽フェスティバル'98が開催されるなど、近年の邦楽ブームにより、尺八の愛好者が増加している。尺八の素材は通常、天然の竹であり、手工芸品であるため高価である。このため従来から木製、合竹製（竹を接着してそれを加工したもの）、塩ビ水道パイプ製の安価なものが作られている。また、最近ではやや高価ではあるがビジュアル的要素が強い透明アクリル製のもの、その他、試験的にはあるがセラミック製のものもある。

尚、竹製の中には手工芸品であることのほかに、竹の芸術的希少価値、装飾の豪華さなどの点から高価なものも少なくない。

尺八のようなエアリードの楽器の研究は、従来フルートを中心に行われており、尺八に関しては、安藤由典（東京情報大学教授、元九州芸術工科大学学長）、吉川 茂（九州芸術工科大学教授）らの研究がある。経験的な尺八の鳴りに関する諸説は一部の製管師の間では確立されたものになっているようであるが、一般の尺八愛好家の間では、木製やプラスチック製では本来の竹の音が出ない、堅い竹ほど透き通った音が出るなどと竹の素材に拘り、その中でもより高価な竹製を好む傾向にある。

そこで、竹、塩化ビニール、硬質プラスチック（アクリル）、木、鉄、アルミなどのいろいろな素材による尺八を製作し、尺八の材質による音色の違いを検証し、素人尺八界隈での通説に対する疑問を少しでも解明することを目的に実験的研究を行ったので報告する。

2. 尺八の概要

尺八は縦笛で、竹の中でも真竹の根の上の7節（なぜか楽器の長短に関わらず7節を使用）までを使った手工製品である。製管には竹の採取、油ぬき、乾燥、節抜き、中継ぎの製作、手孔あけ、歌口（エッジ部）の挿入、下塗り、研ぎ、調律、仕上げなど、多くの時間を費やす作業が続き、また竹の曲がり、末広がり、太い細い、色模様など、自然のままを生かして製作されている。

クラリネットなどと違って、リード（Reed）の無い、即ち、奏者の呼気がリードの機能を果たすエアリード（Air-Reed）楽器である。その形状は両端開口の1本のパイプで、上部を斜めにカットして歌口（吹き口エッジ部）を作り、前側に4個、後側に1個の手孔（指孔）があり、音階が調節できる。

調子によって1尺1寸（約33cm）程度から3尺近くまで色々あるが、1尺8寸のものが普通であるため、これらを総称して尺八という。因みにお正月によく聞かれる春の海は1尺6寸で吹奏される。

尺八の内径は、一般的には歌口から管尻に向かって次第に小さく（細く）なり、第2孔（下から2番目の孔）当たりで最細となって、再び管尻に向って次第に大きくなっており、一様でない。これは、尺八では手孔位置が決まっており、所定の音階を出すためにこの内径分布曲線で調整しているためである。この内径のパターンは安藤らの研究によりその音色への影響が解明されている。また、それぞれの製管師においては経験則により大体決まっており、その製管師の味として秘密となっている場合が多い。

3. 音響学からみた尺八の振動特性

尺八はフルートなどと同様な空気そのものが音源となるエアリード（Air-Reed）楽器で、唇からの薄いシート状のジェット気流が歌口（吹き口）部のエッジに当たり、管内で加工（管内気柱の共鳴）される。これらの相互作用により管内に強い持続振動音波を生じさせ、その一部が管端（管尻）や手孔より音として放射される。共鳴周波数から算出される管長は実際の管長より若干長い。これは尺八が両端開口のパイプとみなせ、その管端の開口度（開口比）の影響によるもので開口端補正と呼んでいる。大胆かつ微妙に音程を調整する「メリ」「カリ」という尺八の奏法は、この開口端補正を利用したものである。また、空気ビームと協働して持続的に発振する管の共鳴は整数倍の周波数で生ずる。

4. 尺八の音色に関するパラメータ

尺八の音色に関するパラメータとしては次のものが考えられる。

形状関連（*中継ぎ：現在の尺八は管の中央部で切り離せるようになっている。）

- ・全体形状関係： 外形関係 外観（直線型、末太型、末曲型等）、節の形状、太さ、肉厚、長さ等
内形関係 内径形状曲線パターン、管内の滑度や湿気状態、付着物（唾など）
その他 材質とその不均一さ、硬さ、柔らかさ
- ・中継ぎ関係： 中継ぎの工作精度（上管と下管のずれ等）、重ね合わせ長さ、厚み
- ・手孔関係： 手孔位置、孔径、孔形状

音源関連

- ・歌口関係： エッジの傾斜角、厚み（シャープさ）、くぼみの深さ、幅、曲線形状
管頭部の開口具合（顎あたりの度合い）、顎あたり部の傾斜角
- ・吐息関係： シート状の吐息の温度、湿度、速さ、量、厚み、幅、気流の乱れ具合
吐息の立ち上り・立ち下りの鋭さ、温度、湿度
歌口エッジと気流の各中心線の偏心率（偏差量）、室内の温度、湿度、大気圧

5. 実験

5.1 供試尺八の製作

本報告は前記の尺八の音色に関係する多くのパラメータの中でも、尺八の材質に注目してその音色への影響を調べるものである。このため管の材質以外のより多くの他のパラメータを合わせるため、竹、塩化ビニール、透明アクリル、木、鉄、アルミ合金の6種について、内径、肉厚が同一の市販のパイプを使って製作した。但し、竹管だけはパイプが市販されていないので近似の竹を選んで製作した。

長さは尺八を代表する 1尺8寸管を模擬し、筒音でD音が出る様にチューナ（SEIKO ST-1100）により計測し、全長545mmとした。尚、歌口近傍の外形は実際の尺八の平均的な値をとった。（35mm径）

また、肉厚の影響を調べるため、同じ内径で肉厚の異なる供試尺八を透明アクリル管で製作した。内径20mmで、肉厚はそれぞれ2、3、5mmとした。

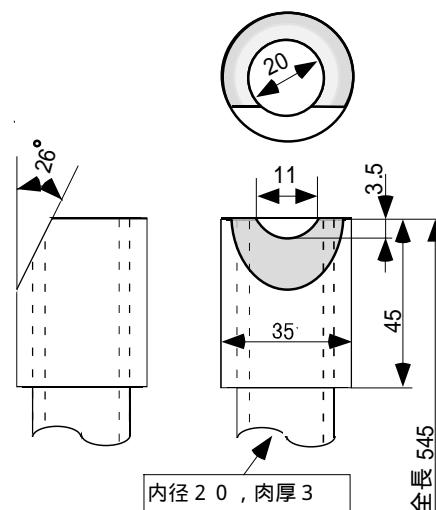


図1 供試尺八

5.2 試験装置の製作

エアリード楽器である尺八は音を出すために様々な不安定要素が存在する。そこで、供試尺八の実験条件を合わせるため、図2の様にエアコンプレッサによる空気源、圧力計、圧力レギュレータ、吐出ノズルからなる人間の口にあたる、制御可能な空気吹出し装置及び、尺八の歌口と空気吹出しノズルとの距離、角度などの調整が可能な4自由度微動装置及び、顎あたりの調整装置を含めた尺八吹鳴装置を製作した。

エアコンプレッサからの空気を圧力レギュレータを通して10kPA以下に減圧し、圧力可変型のリリースバルブで、0～5kPAの任意圧力に制御可能である。

また、吐出ノズルの形状は演奏時の筆者の唇スリット形状を計測して1mm×10mm×40mm長とした。

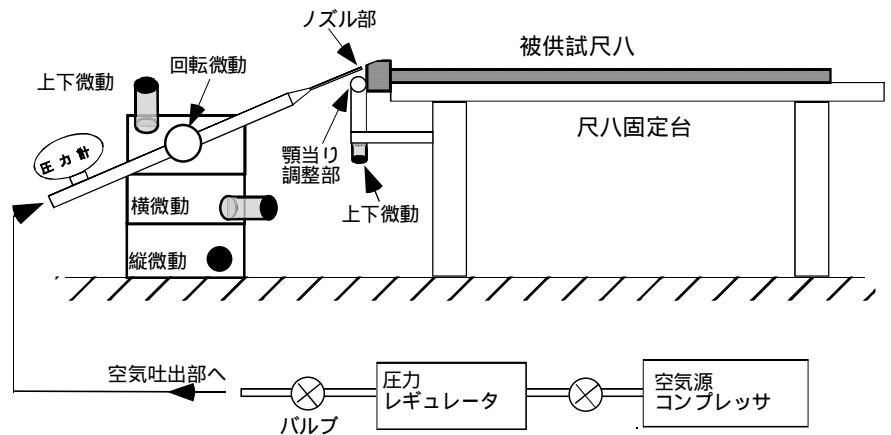


図2. 吹鳴試験装置

5.3 音響試験および結果

安藤、吉川らの「尺八の音色の良し悪しは筒音に現れ、筒音が尺八の良否判断に適する。」あるいは、「筒音の倍音構造は良管と悪管の相違を表示しうる。」という研究結果（文献参照）により、今回の試験では筒音のみの比較により、その材質の影響を調べた。（製作した尺八に、手孔は設けていない。）

前述の試験装置を用いて、材質以外のパラメータを同一にして製作された各供試尺八について、空気の吐出圧力、ノズルと歌口（エッジ）間の距離、角度、中心からの偏差量ならびに顎あたり量（尺八は吹き口の開口部を顎によりふさがないと音は出ない）などの最適値を試し、発生した音をマイク（SONY F-99s）とデジタルテープレコーダ（TEAC RD-180T）により記録し、FFTアナライザ（B&K Type 2034）とテクニカルコンピュータ（TEAC PS-90222F）により、スペクトル分布を計測した。

計測した結果、各尺八のスペクトル分布（倍音構造）は一致しなかった。

前述のように音響学においては尺八は気柱振動であるので、材質の影響は無いとされていること等を鑑み、塩ビパイプで同じ形状のものを新たに数本製作し、同じ計測を試みたが、その結果も一致しなかった。

そこで、これは歌口（エッジ部）の機械加工精度や吐出ノズルと歌口間ならびに顎あたり量の微妙な位置関係が問題ではないか？ つまり音源の条件不一致ではないかと？ 材質の影響を調べるのに、実際の尺八吹奏と同様に、歌口に空気ジェットを吹きかけ、吹鳴させたことに原因があるのではないかと考え、エッジ部で発生する音源を同一にし、純粋に材質の影響のみをみるべく、実験用音源として市販のアルトリコーダ（ゼンオン Alto 1000B）の音源部を使用することを試みた。リコーダの上管の下に各種材料のパイプをはめ、そのパイプ長さは前試験と同様に筒音でD音が出るように切断した。

前述の試験装置とこれらの供試体により同様な試験を行った結果、どの材質に於いても同様なスペクトル分布が得られた。また、管の肉厚による影響に関して影響が無いに等しかった。

因みに、筒音は0.3kPa、そのオーバーブローイングは0.7kPaの圧力で吹鳴した。オーバーブローイング時のスペクトル例を図3.1～図3.4に示す。

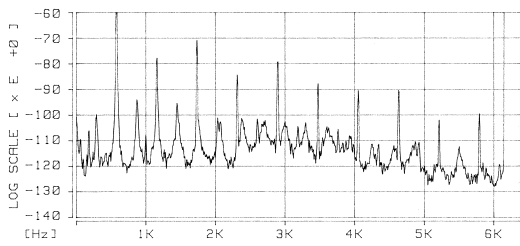


図3.1 透明アクリルパイプ

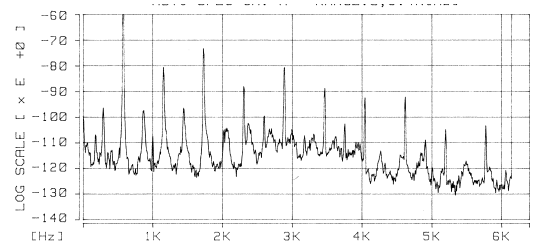


図3.2 アルミ合金

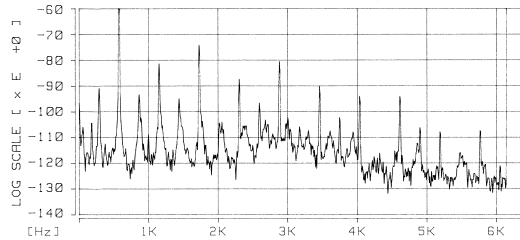


図3.3 鉄

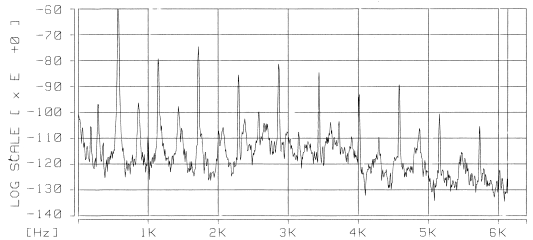


図3.4 竹

尺八の音色に影響しそうなパラメータは非常に多い。今回はその中でも管の材料（素材）に的を絞り、その影響を解明するために実験的研究を行った。しかし、被供試尺八の製作段階において、管材以外のパラメータを一致させることが如何に難しいことか、初めは無垢の丸棒を機械加工してパイプを製作しようと試みたが、如何にばかげているかが判り、方針を変えて既製のパイプ材を使うことにした。

製作条件を合致させて作った供試尺八ではあるが、いざ吹鳴する段になると、顎あたりによる開口比の具合や吐出口のわずかの位置違いで全然鳴らなかつたり、エッジトーンの発生やパイプトーンのオーバーブローイングの音になったり、大変微妙で最適な発音の位置、圧力をみつけるのに多くの労力を費やした。

リコーダにより音源を統一してから、定常状態における管材による倍音構造の違いがみられなかったということは、逆に、歌口形状を含む音源の違いによる音色への影響が、管材のそれと比較して相当大きい事が証明されたと考えられる。素人尺八愛好者は、素材の竹（しかも高価な竹に）に拘る前に、まず自分の吐息と歌口で構成される音源作りが鳴りを良くする大きな要素であるということを深く認識することが必要且つ重要である。安易に管材のせいにするのは考え物だと感じた。

一方、尺八の音色は音の立ち上がりや立ち下がり時に味があり、音響・振動学では表すことが難しいこれらの音に関する管材の影響や人間の感覚における物理量を試験するのは大変むずかしいことである。

6. あとがき

技術研究会ということで、実験的研究の失敗談、実験の変更経緯や反省点などを中心に報告した。

今後は、今回の試験装置の改良とメカトロ技術により、吹鳴に関して多くの不安定要素が存在するため未だに実現されていない？「尺八自動演奏装置、むらいき君」の製作を目指す所存である。

最後に工作の面でアドバイスを頂いた電気工学専攻技術室の福森 勉技官、実験的研究に関して多くの助言を頂いた航空宇宙工学専攻の池田忠繁助教授に感謝の意を表します。

尚、この実験的研究は平成10年度科学研究費補助金（奨励研究(B)）課題番号10914021の援助を受けた。

参考文献

楽器の音響学、安藤由典、音楽の友社

ピアノの音色はタッチで変わるか（楽器の中の物理学）、吉川 茂、日経サイエンス社
注）日本音響学会誌などにおける尺八に関する文献の詳細は、上記書籍の文献の項を参照