

内面ヒダ付き管の気流音

Aerodynamic sound of a duct with corrugated inner surface

坂尾 富士彦 (近畿大・工)

Fujihiko Sakao

School of Engineering, Kinki University, Higashihiroshima 739-2116, Japan

Experimental investigation is carried out aiming at a unified interpretation of duct-flow sound with corrugated inner surfaces. In such duct-flows included are that of a human being's trachea, a heat exchanger with finely corrugated surface, and so-called "music pipe". Various models corresponding to them were examined for the flow-induced sound. Actually, much to the author's dismay, a "music pipe" always made by far a larger sound than any other, notwithstanding the fact that their inner surfaces are of very similar structures. In effect, the present results are mainly concerned with the music pipe: The relation of sound and flow conditions with a music pipe.

1. 緒 論

ヒトの呼吸音の聴診によって気道内部の異常を検出する可能性の探究を目標として、かねてから種々の実験を続けている¹⁾。最近は枕の使用などによって気道が曲った場合の呼吸音の増加をも調べた。この場合、管の端から出る音と、軟らかい管壁を透して観測される音とでは曲りによる音の増減の傾向が反対になる場合もあったが、例外はあっても大勢としては曲りによって音の発生は増加するらしい事が確かめられた。

処で、これ迄の実験は全て、流路の内面は滑らかで平らな場合に就いてであった。実際にはヒトの気管の内面には緩やかな波状の起伏があると云う。それがあっても曲りによって音の変化は生じるのか。一方で、流路の内面に波状の起伏(但しかなり急角度の)があると流れによって大きな音が発生する場合もある。熱交換器その他の内面にそのような起伏があると、ある条件の下では(共振も手伝って)甚だしく大きい音が発生する場合もある²⁾。流路の内面に云わばヒダのような起伏がある例としては、所謂ミュージックパイプを忘れる訳にはいかない。これは内径3 cm程度、長さ1 m足らずのプラスチックの管で、管壁はピッチ6 mm、高さ3 mm程度の波状をしている。これを手でゆっくり振り回すだけで、遠心力によって生じる気流によって明瞭な共振音が発生し、一種の楽器のようである。これについてはかなり以前に本誌上の解説³⁾もあるが、発音機構の詳細についての検討や説明は十分でないように見受けられる。即ち、エッジトーンと共鳴によると云われても、この場合の機構とエッジトーンとの共通点が筆者にはよく理解できない。

今回の実験はこれらに共通な発音機構を詳細に調べ、必要な場合にはその防止・静粛化にも役立つようにとの意図で始めたものである。ただ、実際に始めてみると所謂ミュージックパイプのみが音が極めて出易く、それと一見同等な他の管では音を発生させる事自体が

容易でない、と云う意外な結果になった。この結果、当管はミュージックパイプでどんな条件下で音が発生し、或いは発生しないか、を先ず詳しく調べようとしている。

2. 実験方法

実験用の気流は径20 mmの円形噴流で、出口では層流である。本稿で結果を記す実験では風速は出口で約14 mmAqである。この下流、中心線上に内面にヒダ付きの管を置いて、内部に気流を貫流させる。内面ヒダ付き管の中で、ミュージックパイプはかつて市販されていた最小内径2.5 mm、最大内径3.1 mm、長さ87 cmのものである。即ち、内面の起伏は高さ3 mm、ピッチは6 mmである。比較の目的で用いたのは内径はほんの少し大きい、同様の内面形状の管数種で、但し長さは約20 cm強と短い。これらはガソリン供給用のポリエチレン製ヒダ付きパイプ、それを型にして作ったエポキシ樹脂製の同じ内面形状の管(2つ割りの半円形断面を合体させて円形にする)、切削加工した特製の型を用いて作った同様な管、の3種である。いずれも、内径も内面の軸方向形状もミュージックパイプのそれと大差は無い。特に特製型で作った管は忠実な再現を意図したもので、計測上は差が認められない。また、上記の第2の種類は2本を接いで40 cm以上の長さにする。ミュージックパイプとガソリンホースは共に軟らかくて曲る事ができる。両者とも、外側にほぼびったりのアクリル樹脂パイプを被せる事もできる。

音の測定は噴流ノズル出口の横方向、中心軸から15 cmの場所に公称径6.3 mmの計測用コンデンサマイクロホンを置いて行なった。出力の処理は今の処、パワースペクトルを求める事である。

3. 結果と検討

本稿執筆当時まで、明瞭な笛のような音の発生するのはミュージックパイプのみである。他の管ではどうしても鳴らないが、内面形状が区別できない程類似している事を考えれば、鳴らない理由は理解できない。(但し何も加工しない単純な円管だけは、その内径が噴流と大差無く、入り口をノズルから適当に離れた場合には全ての中で最も大きい音で鳴る)。ノズルにアタッチメントを付けて噴流の径を調節しても、他の管は鳴らす事ができないのに、ミュージックパイプのみは噴流径が少々大きくても小さくても、距離が離れても近くても、また、口で吹いても、ドライヤーの風を当ててもよく鳴る。全く不思議である。

ミュージックパイプの場合も入り口をノズルに密着させると音は大変小さくなる。それ以外の場合には、それらしい音は全く出なくなる。これは配置の対称性により、音は入り口での空気の入りを伴うモードと考えられるから、当然である。最初に述べた熱交換器の騒音の場合も入り口が圧力一定で流れの出入りは自由な条件の時だけ音が出る例を聞いた事がある。ただこの場合でもミュージックパイプだけはかなりの音を出す。それを模擬した他の管では、色々苦心しても音が出ないのに、である。ただ、ミュージックパイプでも途中で丸棒を置くなどで噴流を乱すと、音は出難くなる。入り口で「綺麗な」流れである事は音の発生に好都合な条件のようである。

ミュージックパイプの音に共鳴が関与しているのは明らかなので、管の十分な長さが必要なのかも知れない。他のモデルは未だそれ自体で十分な長さは作りできていないが、管の下流部分はヒダが不可欠とは考え難いので、下流に直管を付けてみたが、効果は認められなかった。

種々な条件でのミュージックパイプの音のワースペクトルを図に示す。横軸は周波数で0~5 kHzの直線目盛り、縦軸はスペクトルレベルで10 dB/divの対数目盛である。鋭いピークは管の共振によるものであるが、その周波数は両端開として計算した値と少しずれているようである。開口端の補正、内部气流による共振周波数の低下などを考慮してもなお、少し違う。

4. 終わりに

これ迄の所では分からない事を羅列するだけに終わって仕舞ったが、どうして音の出方がこうも違うのか、解明したいと考えている。

5. 引用文献

- 1) 坂尾：FD 2001 講演論文集(2001) 305 及びその引用文献。
- 2) 青木他：第21 回流力騒音シンポジウム(2001)
- 3) 中村、深町：ミュージックパイプにおける音の発生、ながれ、3(1984) 199.

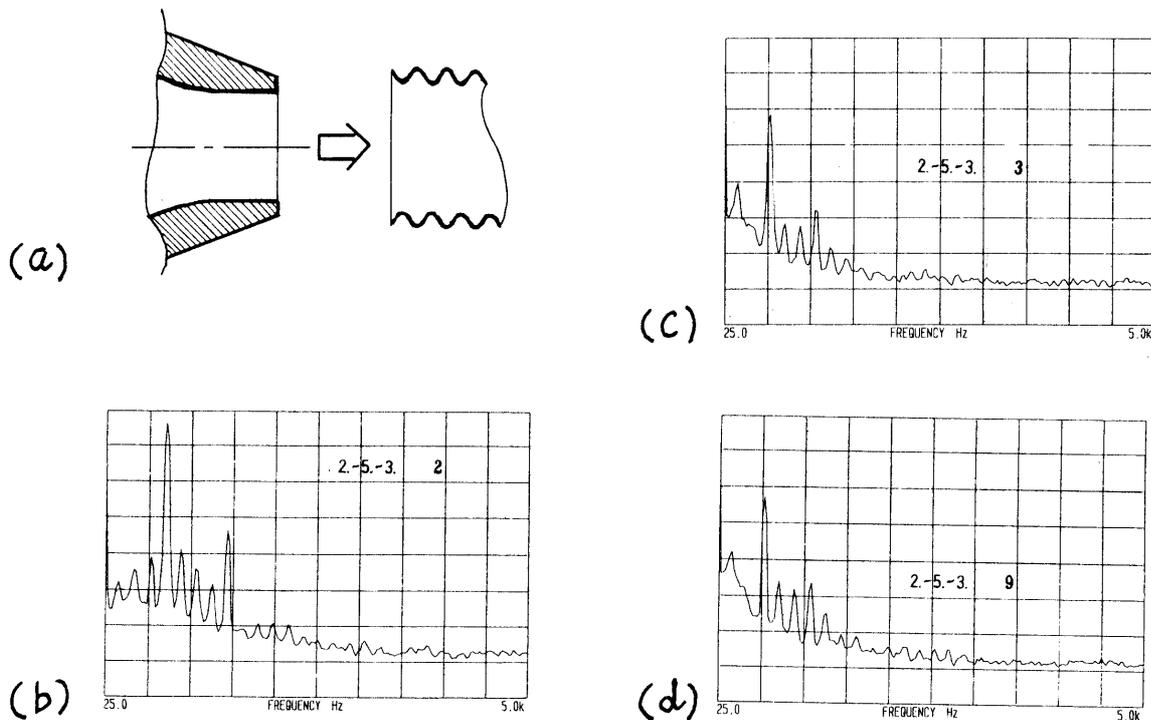


Figure. Schematic of experimental setup and power spectra of sound. (a) The jet and pipe. (b) Spectrum; A typical case. (c) The pipe inlet at 150 mm downstream the jet nozzle. (d) The pipe inlet covered with another, larger short tube.