

## No.23

## 曲がった管内の非定常剥離音

坂尾 富士彦（近畿大学工学部・東広島）

## Aerodynamic sound due to unsteady boundary-layer separation in curved tubes

Fujihiko SAKAO

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

## ABSTRACT

Measurement of the aerodynamic sound of flow in curved tubes, probably generated by nonsteady separation of flow inside the tube wall, was conducted. It simulates sound generation by a patient whose neck is bent by the use of a pillow; in such a situation, the breath sound is known clinically to be enlarged. Although the experiment is of preliminary nature performed using a flexible plastic tube and observing sound emerging from one end of the tube, it was verified that the broadband sound is indeed increased considerably if the tube is vent.

**Keywords :** Aerodynamic sound, Curved tubes, Medical Investigation

## 1. はじめに

ヒトの気道内の異常を呼吸音の聴診で診断する方法の基礎研究<sup>1-2)</sup>を数年来続けているが、それに関連して、医師の臨床経験によると、対象者（患者）が枕などを使用して気管が首と共に曲がった状態になると、呼吸音が増大するとされる事が分った。その原因は管内気流の空力音が、管が曲がると増加する事によると考えられるが、筆者はその原因を、管の壁の凸面部で流れが非定常に剥離する事であろうと推定している。今まで多くの流れ場で殆ど常に、そうである事が確かめられたからである。この実験では、管内の気流の音が管の曲がりによって増加する事実を先ず確かめ、次にその原因を調べようとしている。今回は実験装置など、多くの点で未だ予備的な段階ではあるが、ある程度の成果が得られたので報告する。

## 2. 実験方法

別に設けた防音箱の中の送風機で気流を作り、ボスを通して鎮静部に供給する。断面積の急変化を利用して音を遮断する装置が送風機の上下流にある。鎮静部は木製の箱を利用し、内部は音を遮断するよう邪魔板を設け、全ての表面には吸音材を貼り付けてある。流れは内径 20 mm のノズルから流出

して噴流となる。ノズルの出口は先端部だけ内径が大きく、他の管をはめ込んで内面を滑らかに接ぐのに適した形状となっている。

気流の全圧場合は最高 60 mmAq 即ち約 3.2 m/s までで、管が無い場合には殆ど音は聞こえない。

比較の為の直管はアクリル製、曲がった管は塩化ビニール製のホースである。長さは共に約 19 cm である。曲がり管の曲率を正確に保つ為に、アルミニウム板を加工して作った治具を用いた。内側の曲率半径は 100 mm, 140 mm の2種類とした。この部分は本来なら、真っ直ぐの管路の場合と同様にアクリル樹脂などで3面を作り、曲り部外側の壁を紙製として透過音を測定する計画であったが、今回は間に合わず、上記のようになった。

マイクロホンも本来は紙壁の外側に置く計画であるが、今回は管の出口から軸に垂直に 130 mm ??? の位置に置いた。

マイクロホンの出力は信号解析器に入れてパワースペクトルを求めた。

## 3. 実験結果

図1に実験結果の一部として、音のパワースペクトルを比較し整理した例を示す。比較の基準にしたのはアクリル製直管の音で、図中の各場合毎に影を

付けて示してある。影の無いのはビニールホースを内側曲率半径 100 に曲げた管の音を示す (140 mm の結果は省略)。

横軸は周波数で目盛は直線で 0 から 5 kHz、縦軸は対数目盛のスペクトル強度で 10dB/div である。風速は全部で 3 種、動圧で 20, 40, 60 mmAq、中心風速は各 18, 26, 31 m/s である。夫々の場合に乱れの少ない場合 (S) と、上流でトリップリングによりかなり強い乱れを与えた場合 (R) とがある。装置が一部未完成の点がある為、直管と曲がった管で流量を厳密には同一に保てなかった。比較はこの点で近似的である。

結果の大部分は等間隔に並んだ複数の線スペクトルを特徴としており、明らかに管の音響共振の影響が認められる。管とノズルを合計した長さに対しては、線スペクトルの周波数は納得できる値である。

管を曲げると音の殆ど全ての成分が増加するが、共振に強く影響される線スペクトルのピーク値よりも、主としてピークの間の底を形成する広帯域騒音のレベルが一層大きく増加する場合が多い。ピーク部分のレベルは振幅が大きい結果、非線型効果による振幅制限効果をより強く受け、原因が増加してもレベルの増加が少ないのに対し、底の部分は非線型効果が無く直接に原因の大きさを反映するのであろう。但し最低速の場合は全く別で、この場合は線スペクトル成分の原因そのものが直管では殆ど無いのであろう。

曲がった管におけるレベルの増加、少なくとも底の部分の増加は、内壁の凸面側における流れの剥離の変動によるものと筆者は考えている。これ迄経験した多くの場合にそうであったし、今の場合も、風速による違い、流れの乱れによる違い等を取っても、それを否定する根拠は見出されていない……勿論、断定するのは今後確証を得てからであるが。直接的な証拠を得るには熱線風速計などによる流れの測定が必要であるが、今回は間に合わなかった。

#### 4. 結論

今回ののは色々な面で予備的な実験であるが、適当な条件下では管が曲げられる事によって広帯域騒音が増加する事は明確になった。原因については今後の実験により明らかにして行く予定である。

#### 文献

- 1) Sako, F. : Proc. 5th ACFM, Taejon, Korea 1992 pp.1-12 (1992) or SADHANA (Proc. Ind. Acad. Sci.) Vol.18, pp.369-385 (1993)
- 2) 坂尾ら、航空技研特別資料 SP-21, pp.1923 (1983) 及び続報

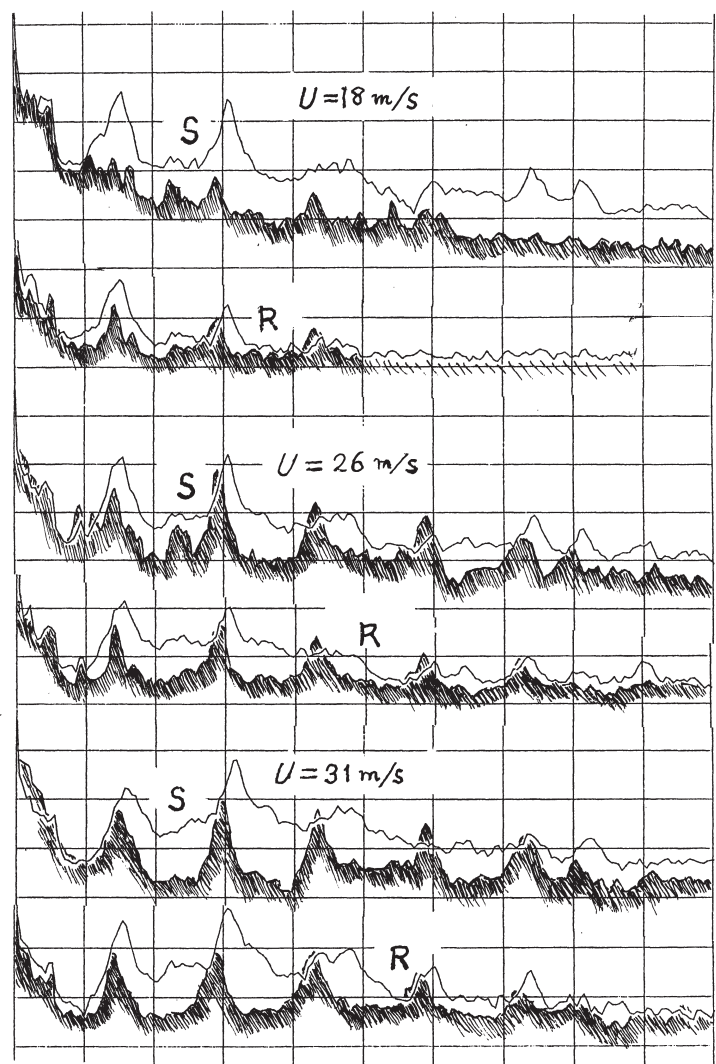


図1. 種々な流れに於ける、直管と曲がり管の音のスペクトルの比較。影を付けたのが直管のそれ。数値は中心風速、(S)は上流壁面が滑らで乱れが少ない場合、(R)は上流にトリップリングを置いた場合。