

実験Ⅱ 「管楽器を作ってみよう」

1 実験のねらい

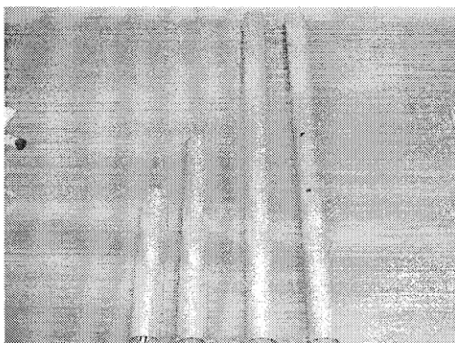
身近な材料を用いて簡単な管楽器を製作することを通し、気柱の共鳴に関する理解を深める。

2 準備

- (1) 印刷機用マスターの空芯（4本）
- (2) 低周波発信器、オーディオアンプ、スピーカー
- (3) 周波数カウンター
- (4) コルクボーラー
- (5) ゴムホース
- (6) プラスチック製の漏斗（100円ショップで購入）
- (7) トランペット練習用マウスピース（楽器店で購入、1個220円程度）

3 実験の手順

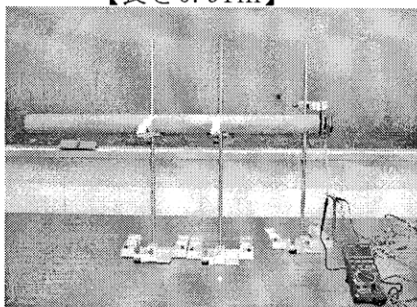
- (1) 印刷機用マスターの空芯を3本用意し、その内1本は長さが2分の1に、別の1本は長さが3分の1になるように切断する。
- (2) 上記(1)の3本の空芯について、低周波発信器の正弦波信号をアンプで増幅して、管口に固定したスピーカーから空芯内部に向かって出力し、低周波発信器の振動数を変化させて共鳴点を探る。振動数を最低の値から徐々に大きくしていき、共鳴が起こって音の大きさが最大になったときの振動数を周波数カウンターで読むことにより、それぞれの基本振動数を測定する。また、その結果から、3本の空芯の基本振動数の比がほぼ1:2:3になっていることを確認する。
- (3) 4本目の空芯を用意し、コルクボーラーを用いて、空芯の中央の位置及び一端からの距離が空芯全体の長さの3分の1の位置に、それぞれ穴を開ける。
- (4) 上記(3)で2つの穴を開けた空芯の、中央でない方の穴に近い方の管口にスピーカーを固定して(2)と同様の実験を行い、以下の①、②、③について、それぞれの基本振動数を測定する。また、それらの比が、(2)と同様に、ほぼ1:2:3になっていることを確認する。
 - ①両方の穴をビニルテープで塞いだとき
 - ②スピーカーに近い方の穴のみをビニルテープで塞いだとき
 - ③どちらの穴も塞がなかったとき
- (5) 2つの穴を開けた空芯の、中央でない方の穴に近い方の管口にトランペット用のマウスピースを、反対側の管口にプラスチック製漏斗をそれぞれ取り付け、マウスピースを口で吹くことによって音を出す。2つの穴を指で閉じたり開いたりして、音程が変わることを確認する。
- (6) ゴムホースの一端にリコーダーの先端部分を、他方にプラスチック製漏斗をそれぞれガムテープ等で取り付ける。リコーダーの歌口からの距離が適当な場所に穴を開けていき、簡易ホルンを作成して、予想通りの音階の音が出ることを確認する。



4 実験結果の例（長さ0.91mの空芯を使用）

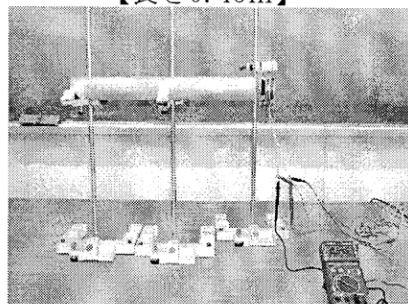
（1）長さの異なる円筒の基本振動数測定

【長さ0.91m】



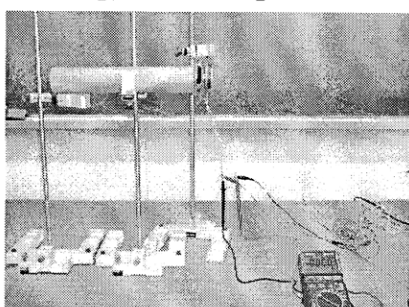
基本振動数 177.5Hz

【長さ0.46m】



基本振動数 344.8Hz

【長さ0.30m】



基本振動数 531.8Hz

開口端補正を無視すれば、開管の基本振動数 f は、円筒の長さ L と音速 V を用いて、

$$f = \frac{V}{2L}$$

であり L に反比例するから、これらの振動数の比は、

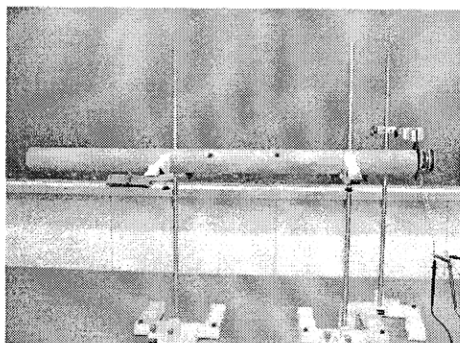
$$\frac{1}{0.91} : \frac{1}{0.46} : \frac{1}{0.30} = 1 : 2.0 : 3.0$$

となるはずであるが、実測値は、

$$178 : 345 : 532 = 1 : 1.9 : 3.0$$

であった。

（2）2つの穴を開けた空芯（長さ0.91m）の基本振動数測定

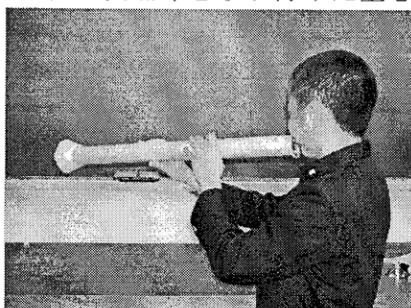
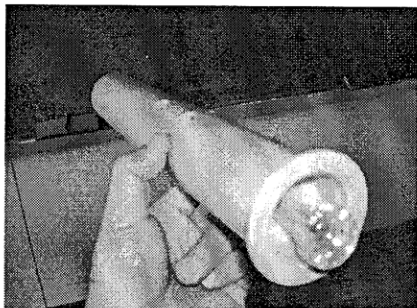


2つの穴の位置は、写真のスピーカー側の管口から測って、0.30m及び0.46mであった。結果は以下の通りである。

全ての穴を塞いだとき	180Hz
右側の穴のみを塞いだとき	359Hz
どちらの穴も塞がなかったとき	561Hz

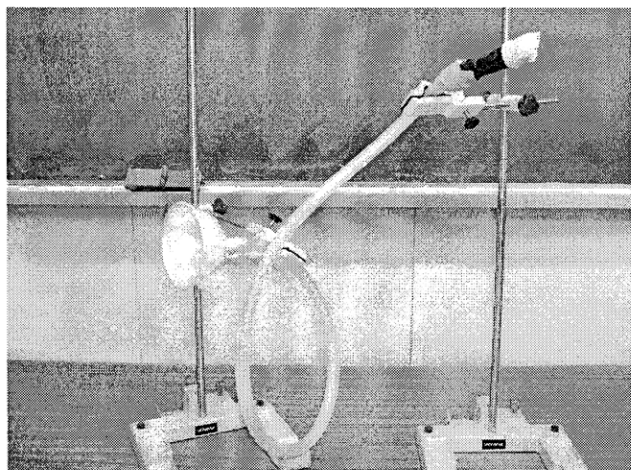
（基本振動数の比 $180 : 359 : 561 = 1 : 2.0 : 3.1$ ）

（3）トランペット用マウスピース及びプラスチック製漏斗を取り付けた空芯



穴を押さえてマウスピースを吹くと、トランペットに似た大きな音が出て、押さえた指には気柱の振動が伝わってくる。唇を調節すれば倍音さえも出せるが、演奏者がマウスピースに慣れていないと音を出すのは難しい。写真の生徒は音楽部に所属し、トランペットを担当しているため、見事な音色で様々な音階の音を出すことができた。

(4) ゴムホースを用いた簡易ホルンの製作



写真のように、リコーダーの先端部分を用いれば、マウスピースに慣れていない生徒でも、容易に音を出すことができる。

また、ゴムホースの他端にプラスチック製の漏斗を取り付けることによって、より大きな音を出すことができる。これは、漏斗を取り付けることによって、音がゴムホース内部から外部の空間に出るときの音響インピーダンスの整合が良くなり、境界部の反射が減るためと考えられる。

【基本振動の音階と穴の位置について】

リコーダーの歌口から任意の穴までの、ホースに沿った距離を L とすると、その途中に穴がないか、あっても閉じられている場合の基本振動数 f は、マスターの空芯を用いた場合と同様に、

$$f = \frac{v}{2L}$$

で表される。

また、様々な音楽で最も一般的に用いられている音階である平均律は、1オクターブの振動数間隔を、12段階の等比数列で分割したものであるため、その公比を r とすると、

$$r^{12} = 2 \quad \therefore r = 2^{\frac{1}{12}} \approx 1.06$$

したがって、音階が半音上がると振動数は約1.06倍となる。

これらを基に、リコーダーの歌口から適切な位置に穴を開けることによって、好きな音階を出せる簡易ホルンを作成できる。