

実験Ⅰ 「開管にできる定常波について調べよう」

1 実験のねらい

アクリルパイプの一端にスピーカからの音を入射させ、共鳴が起こっているときの様子を、他端からパイプ内に入れた小型コンデンサーマイクの出力をオシロスコープで観察することによって調べる。

2 準備

- (1) アクリルパイプ (長さ 1 m、内径 3 cm)
- (2) コンデンサーマイク (6φ または 10φ)
- (3) 電解コンデンサー ($1.0 \sim 10 \mu\text{F}$)、電気抵抗 ($500 \Omega \sim 1 \text{ k}\Omega$)、直流電源 (1.5 ~ 15 V)
- (4) 木製の棒 (アクリルパイプの内径に対して十分細いもの)
- (5) オシロスコープ
- (6) 低周波発振器、オーディオアンプ、スピーカー
- (7) 温度計

3 実験の手順

- (1) アクリルパイプ内の気温を測定し、その値より音速 V を計算する。
- (2) アクリルパイプの長さ L と (1) で求めた V より、開口端補正を無視したときのアクリルパイプ (開管) の基本振動数、2 倍振動数、3 倍振動数をそれぞれ求める。
- (3) 低周波発振器の信号 (正弦波) をオーディオアンプで増幅し、アクリルパイプの管口に固定したスピーカーから出力する。
- (4) 低周波発振器の振動数を変化させ、共鳴が起こって音が大きく聞こえるときの振動数を周波数カウンターで読むことによって、基本振動数、2 倍振動数、3 倍振動数を測定する。
- (5) (2) と (4) の結果を比較する。また、(4) の結果より開口端補正の値を計算する。
- (6) 低周波発振器の振動数を調節することにより、アクリルパイプを 2 倍振動または 3 倍振動で共鳴させておき、小型コンデンサーマイクをアクリルパイプ内に入れて、その出力をオシロスコープで観察する。マイクをパイプ内で移動させ、オシロスコープに現れた波形の振幅が最大となる位置に付箋をはり、その位置が定常波の節であることを確認する。
- (7) 定常波の節の間隔を測ることによって、波長 λ を求めるとともに、その値を用いてパイプの両端付近の定常波の腹が、開口端からどれだけはみ出しているかを求め、(5) の結果と比較する。

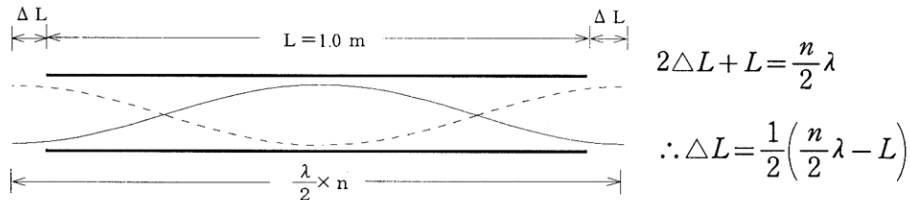
4 実験結果の例

(1) アクリルパイプ内の音速 V

アクリルパイプ内の気温 t は、 18.6°C であった。したがって、パイプ内の音速 V は、

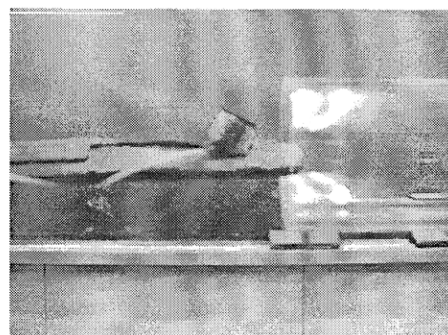
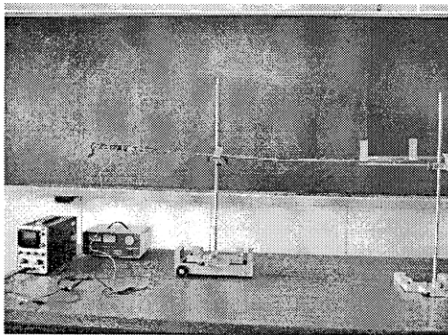
$$V = 331.5 + 0.6t = 331.5 + 0.6 \times 18.6 = 342.7 \text{ m/s}$$

(2) 固有振動数の実測値 f と、波長 λ 及び開口端補正 ΔL

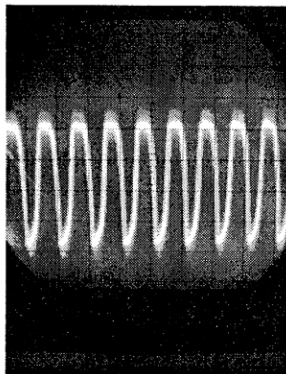


節の数 n	振動数 f [Hz]	$\lambda = \frac{V}{f}$ [m]	$\Delta L = \frac{1}{2}\left(\frac{n}{2}\lambda - L\right)$ [m]
1 (基本振動)	163.8	2.092	0.023
2 (2倍振動)	325.1	1.054	0.027
3 (3倍振動)	490.3	0.6989	0.024

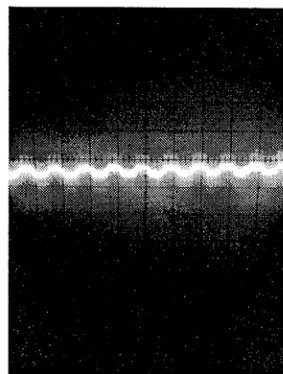
(3) オシロスコープによる観察



定常波の節での波形



定常波の腹での波形



縦波の定常波では、節の部分の密度変化が最大で、マイクは、気圧の変動を電圧の変動に変えるため、節の位置で電圧の振幅は最大となる。

一方、腹の部分は、媒質の振動の振幅は最大であるが、密度変化はなく、オシロスコープの波形の振幅は最小となる。

(4) コンデンサーマイクを用いた、開口端補正の実測値 (2倍振動のとき)

節の位置に貼り付けた付箋の間隔 a は、 $a = 0.520\text{m}$

開口端に最も近い節と開口端との距離 b は、 $b = 0.235\text{m}$

したがって、開口端補正の実測値は、

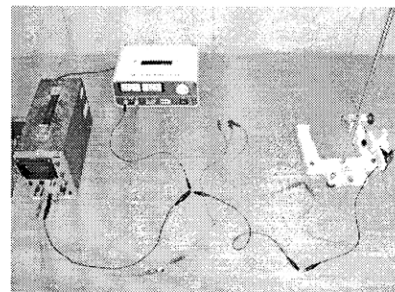
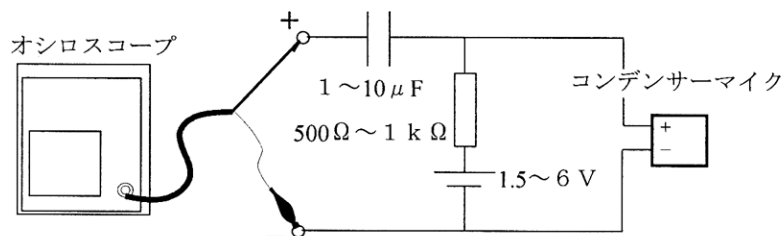
$$\frac{a}{2} - b = \frac{0.520}{2} - 0.235 = 0.025 \text{ m}$$

となり、マイクが大きさをもつことによる誤差や、読み取り誤差があるはずであるが、上記 (2) の ΔL の平均値 $= 0.0247\text{m}$ とほぼ一致している。

5 実験装置について

(1) コンデンサーマイク (正式にはエレクトレット・コンデンサ・マイクロフォン)

コンデンサーマイクの中にはFETが入っており、それを動作させるために電源 (一般的には1.5V～6V) が必要である。また極性があり、裏側の2端子のうち、金属ケースと接触している方がマイナス極になっている。

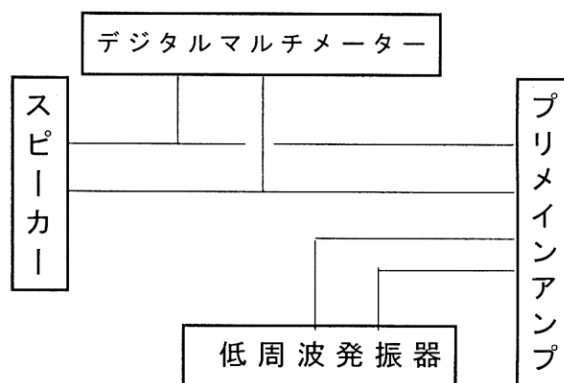
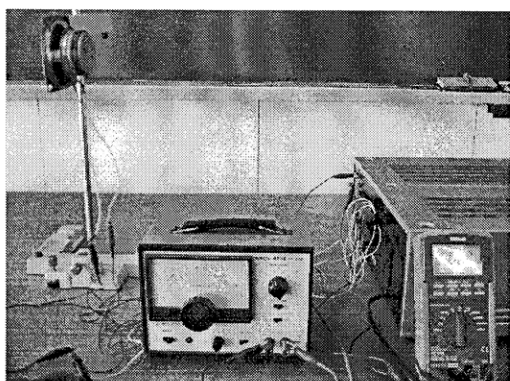


(2) 音源と周波数カウンター

本実験では、低周波発振器の正弦波信号をオーディオ用のプリメインアンプで増幅し、8Wのスピーカーから出力した。

※プリメインアンプはインターネットのオークションで、15000円で手に入れたもの。

※周波数カウンターは学校になかったため、周波数測定のできるデジタルマルチメーターで代用した。



低周波発振器がなくても、独立行政法人科学技術振興機構JSTの「理科ねっとわーく」から、ファンクションジェネレータソフト「発音 (はつね)」をダウンロードすることにより、Windowsパソコンを低周波発振器として用いることができる。「発音」は、任意の波形と振動数の信号を左右2chから出力でき、振動数は0.1Hz単位でch毎に設定できるため、「うなり」や「交流回路」の実験等、幅広く利用することが考えられる。なお、このソフトは、「理科ねっとわーく」に登録した教員であれば無料で利用できる。

理科ねっとわーく <http://rikanet2.jst.go.jp/index.php>