

生徒実験：気柱の固有振動と音速

【1】目的

閉管内の気柱の固有振動を測定して音速を求め、波の基本式 $v = f \lambda$ を検証する。

【2】原理

閉管内の気柱の固有振動は、図1のように開端に腹、閉端に節をもつ定常波を生じるものでなければならない。したがって管の長さ l と定常波の波長 λ の間には

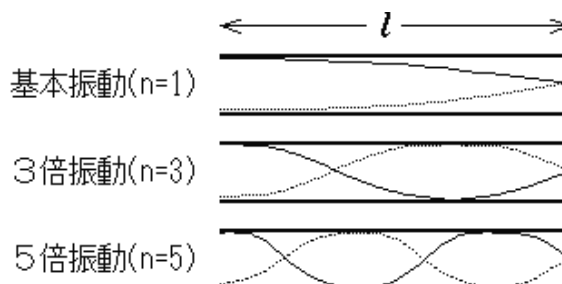


図 1

$$\lambda = \frac{4l}{n} \quad (n=1, 3, 5 \dots) \quad \dots\dots ①$$

の関係が成り立つ。閉管では奇数倍の倍振動しか許されないことに注意する。管内の音波の振動数を f とすると、音速 v は波の基本式により、

$$v = f \lambda \quad \dots\dots ②$$

として求めることができる。一方、 t (°C) の乾燥空気中での音速は

$$v = 331.5 + 0.6t \quad \dots\dots ③$$

となることも知られている。式②、③で求められる音速を比較して、波の基本式を検証することができる。

なお、共鳴が起きているときの開端付近の腹は、右図のように管口よりやや外側にできることが知られている。管口からこの腹までの距離 Δl を開口端補正と呼ぶが、この実験では Δl が無視できないので、図2のように複数の共鳴点の位置を測定し、例えば

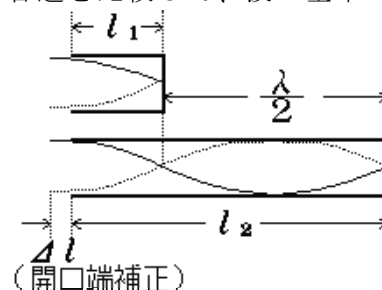


図 2

$$\lambda = 2(l_2 - l_1) \quad \dots\dots ④$$

などとして音波の波長を求め、式②に代入しなければならない。

【3】器具

気柱共鳴実験器、音源用MD、音源再生用MDプレーヤーおよびイヤホン（各班で持参）、棒温度計

【4】作業

①音源用MDをMDプレーヤーに入れ、トラック6～11のいずれかを選んで再生状態にする。トラックと振動数 f の関係は以下の通りである。

(6)315Hz (7)400Hz (8)500Hz (9)630Hz (10)800Hz (11)1000Hz

★各トラックの録音時間は3分間である。リピート再生を指定して、測定中に振動数が変わらないようにするとよい。音量は音がひずまない程度に大きくする。

②気柱共鳴実験器の水だめを管口付近まで持ち上げ、水面が管口から5cm以内にくるようにセットする。

③イヤホンを気柱共鳴実験器の管口付近で支えて、ヘッドホンステレオを再生状態にし、水だめをゆっくりと下げながら、気柱が共鳴して大きな音が聞こえるところを探す。共鳴点付近では水だめを小刻みに上下させ、最も大きな音になる位置を決定し、管口から水面までの距離 l_1 を測定する。

④さらに、水だめをゆっくりと下げていき、第二、第三……の共鳴点を可能な限り探し、 l_2 、 l_3 ……を測定する。

★およその目安として、 $l_2 \doteq 3 l_1$ 、 $l_3 \doteq 5 l_1$ である。その付近を探すとよい。波長によっては第二共鳴点までしか観測できないこともある。

⑤原理の式④や、 $\lambda = l_3 - l_1$ などにより、各測定値から定常波の波長 λ を計算し、その平均値を求める。

⑥原理の式②により、音速 v を求める。

⑦管内の気温 t を棒温度計で測定し、原理の式③により音速 v を求める。

⑧もうひとつ別の振動数を選び①～⑦の作業をくり返す。

【5】考察

①各回の測定を比較して振動数と音波の波長がどのような関係にあるか考察せよ。

②式②から求めた音速と、式③から求めた音速を比較せよ。

③この実験では開端から実際の腹までの距離、すなわち開口端補正 Δl はどのくらいか。図2をもとに工夫して求め、その求め方と共に示せ。

④各共鳴点での管の長さ、 l_1 、 l_2 、 l_3 に対応する気柱の基本振動数はいくらか。測定に用いた音波の振動数がそれぞれの何倍振動にあたるかをもとに考えよ。

⑤気温が上がると共鳴時の管の長さはどうなると予想されるか。

⑥湿度が高いときの音速は式③の数値よりやや大きくなる。このことは今回の測定にどう影響していると考えられるか。

測定結果

《1回目》 第3共鳴点が測定不能の場合は当該欄は空欄でよい。

音波の振動数	f (Hz)		
第1共鳴点	l_1 (m)		
第2共鳴点	l_2 (m)		$\lambda = 2(l_2 - l_1) =$
第3共鳴点	l_3 (m)		$\lambda = l_3 - l_1 =$
波長の平均値	λ (m)		←.....
開口端補正	Δl (m)		
式②から求めた音速 v (m/s)			
式③から求めた音速 v (m/s)		管内の気温 t (°C)	

《2回目》 第3共鳴点が測定不能の場合は当該欄は空欄でよい。

音波の振動数	f (Hz)		
第1共鳴点	l_1 (m)		
第2共鳴点	l_2 (m)		$\lambda = 2(l_2 - l_1) =$
第3共鳴点	l_3 (m)		$\lambda = l_3 - l_1 =$
波長の平均値	λ (m)		←.....
開口端補正	Δl (m)		
式②から求めた音速 v (m/s)			
式③から求めた音速 v (m/s)		管内の気温 t (°C)	

★気付いたこと・感想など

考察記入欄

①各回の測定を比較して振動数と音波の波長がどのような関係にあるか考察せよ。

②式②から求めた音速と、式③から求めた音速を比較せよ。

③この実験では開端から実際の腹までの距離、すなわち開口端補正 Δl はどのくらいか。図 2 をもとに工夫して求め、その求め方と共に示せ。

④各共鳴点での管の長さ、 l_1 、 l_2 、 l_3 に対応する気柱の**基本振動数**はいくらか。測定に用いた音波の振動数がそれぞれの何倍振動にあたるかをもとに考えよ。

⑤気温が上がると共鳴時の管の長さはどうなると予想されるか。

⑥湿度が高いときの音速は式③の数値よりやや大きくなる。このことは今回の測定にどう影響していると考えられるか。

年 組 番：氏名
