

空気の振動と音速

□ 目的

ガラス棒を摩擦して、伸び縮みの振動をおこし、クント管 (ガラス管) の中の空気に、ガラス棒と同じ振動数の振動をおこさせ、これを使って空気中の音速を求める。

□ 実験用具

クント管 (長さ約 1m のガラス管)、ガラス棒、ゴム管、粉末、万力、巻尺、アルコール、ガーゼ

□ 解説

- (1) クント (A.A.Kundt) は 19 世紀のドイツの音響学者であって、気体中の音速の測定法の開拓者であった。ここでは彼の方法を使って空気中の音速を測ることにしよう。図 1 に示すように、クント管とガラス棒は B のコルク板でつないでおく。

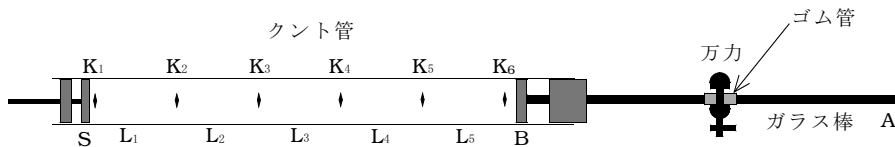


図 1

- (2) ガラス棒の midpoint M を固定しておいて、棒を摩擦して、わずかな伸び縮みの振動をおこさせる。 midpoint M が固定してある場合には、図 2 に示すように、端 A が伸びるときには端 B も伸び、端 A が縮むときには端 B も縮むのである。

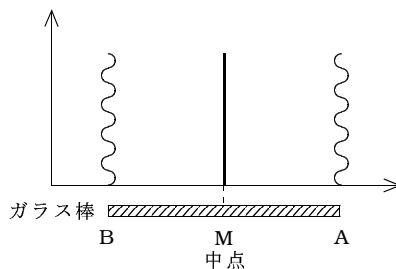


図 2 ガラス棒の両端 A,B の伸び縮みの振動

- (3) 振動は波動を重ねあわせたものと考えることが出来るので、まず波について考えてみることにしよう。

一般に波の速度 v は、図 3 で見られるように、波長 λ と振動数 f の積に等しい。

$$v = \lambda f \quad (1)$$

振動数 f の代わりにその逆数である周期 T [s] を使うこともある。

$$T = \frac{1}{f} \quad (2)$$

1 周期の間に波は 1 波長分だけ進む。

ガラス棒を伝わる縦波（振動が進行方向と同じ波）の速度 v は、ガラスの成分や温度によって異なるが、ガラス棒の伸び縮みの振動において、弾性の大きさを示すヤング率 E と、慣性の大きさの目安となるガラスの密度 ρ との間には

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (3)$$

の関係があり、この実験では E と ρ として、次の値を用いる。

$$\begin{aligned} E &= 7.10 \times 10^{10} \text{ [N/m}^2\text{]} \\ \rho &= 2.52 \times 10^3 \text{ [kg/m}^3\text{]} \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、N（ニュートン）は、力の単位であって $1 \text{ [N]} = 1 \text{ [kg} \cdot \text{m/s}^2\text{]}$ である。

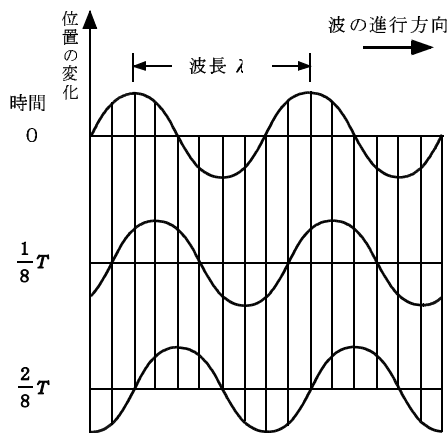


図 3

- (4) 縦波が棒の端に達すると反射波を生じる。この様子を 図 4 に示す。横軸は棒 BMA の端からの距離であり、縦軸は伸び縮みの変位を表し、右に動く場合を +、左に動く場合を - としている。時間の経過と共に変化する様子を、図の上から下に描いてある。進行波が時間とともに A から B に向かって動いていき、端 B で反射して反射波
- (7) また、空気中の音速は温度によって変わり、 0°C における速度 v_0 と t [$^\circ\text{C}$] における速度 v_A との間には、次の関係がある。

$$v_A = v_0 \sqrt{\frac{273 + t}{273}} \quad (6)$$

となる。反射波は時間とともに B から A に向かって動いていく。そして端 A で反射して、もとの進行波に重なる。進行波と反射波を重ねあわせた波を太線で表してある。中点 M の位置は伸び縮みしないことが図から読みとれる。左右の各部分は、右側が伸びると左側も同じ長さだけ伸びている（変位は符号が逆で、大きさが同じ）。これが棒の伸び縮みの振動である。このように進行波と反射波が重なりあって左右に移動していかない波を定常波という。この実験の場合、ガラス棒の中点 M は固定してあるので振動の節になり、両端 A、B が振動の腹となる。

- (5) ガラス棒の振動を、進行波と反射波の重ね合わせと考えたとき、波長 λ が棒の長さ l の 2 倍である波が安定した振動を作り出す。
- (6) ガラス棒の端 B の振動は、クント管の中の空気柱と同じ振動数 f の音波を作る。空気柱が共鳴しているときは、定常波ができていく。空気中の音速を v_A 、波長を λ_A とすると次の関係がある。

$$v_A = \lambda_A f \quad (5)$$

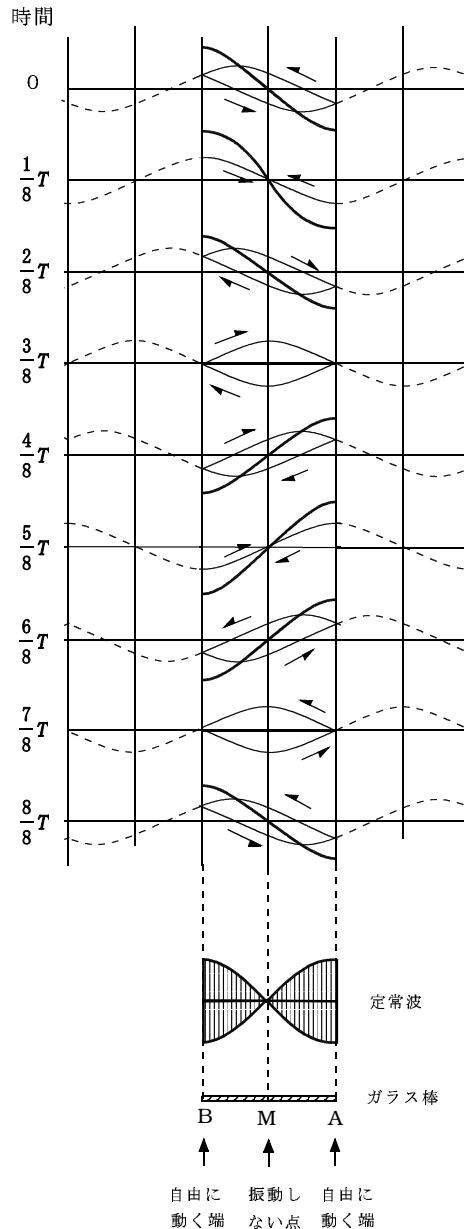


図 4 進行波と反射波と定常波の関係

ここで v_0 の値は

$$v_0 = 331.45 \text{ [m/s]} \quad (7)$$

である。

□ 実験方法

(図 1 参照)

- (1) 万力を机の端近くに取り付ける。
- (2) よく乾かしたクント管に粉末を少量入れ、管を傾けて外から軽くたたき、管の端から端まで、うすく一様に粉末を分布させる。
- (3) ガラス棒 AB の長さ l を測り (コルク板 B の厚さを含める)、その中点 M にゴム管を巻く。
- (4) ガラス棒をコルク板 B の付いた側からクント管の中に入れる。クント管の軸とガラス棒の軸を一致させて、ガラス棒の中点をゴム管の上から万力でしっかりと固定する。
- (5) アルコールを付けたガーゼで、ガラス棒を中央付近から手前の A にむけて繰り返し引っ張り、音が出るようにする。それとともに S のコルク板の位置を静かに動かして、粉末が等間隔の K_1, K_2, K_3, \dots にきれいに集まるように、クント管中の空気柱の長さを調節する。

注意 ガラス棒は手のひらでにぎるようにして摩擦するのがよい。決して押しはいけない。押す力が大きいとガラス棒が折れる危険性がある。

- (6) 粉末が集まったところ K_1, K_2, K_3, \dots は、空気が振動していないところ (振動の節) であり、粉末のなくなったところ L_1, L_2, L_3, \dots は、空気がはげしく振動しているところ (振動の腹) である。隣り合った 2 つの節の間の距離 (クント管の中に生じた音波の半波長分の長さ) を求めるため、はっきりしている節のうち、最も離れた 2 つを選ぶ。巻尺の先端のつまみを管の端に引っかけるようにして管の外から巻尺を当てて、管の端からそれぞれの節までの距離 X_1, X_2 を読み取り、その間にある腹の数 n をかぞえる。
- (7) クント管を取り外し、再び粉末を (2) のようにうすく一様に分布させて、新しい分布模様を作り、(5) ~ (6) の測定をくりかえす。
- (8) 実験室の気温を測定しておく。廊下で実験を行う場合は、廊下の気温を測定すること。

□ 実験結果の整理

(必ず単位を記入すること。)

- (1) ガラス棒に生じた定常波の波長 λ を求めよ。

$$\lambda = 2l =$$

- (2) 解説 (3) の (1)、(3)、(4) 式を用いて、ガラス棒を伝わる縦波の速度 v と、振動数 f を求めよ。

$$v =$$

$$f = \frac{v}{\lambda} =$$

- (3) クント管の中に生じた音波の波長 λ_A を求めよ。

$$\lambda_A = 2 \times \frac{|X_1 - X_2| \text{ の合計}}{n \text{ の合計}} =$$

- (4) 空気中の音速 v_A を求めよ。

$$v_A = \lambda_A f =$$

- (5) ガラス棒を伝わる縦波の速度と空気中の音速の比はどれだけか。

$$\frac{v}{v_A} =$$

- (6) 解説 (7) の (6)、(7) 式より実験室の気温における音速を求め、これを v'_A とする。

$$v'_A =$$

- (7) 上の (4) で求めた v_A をこの値と比較してみよ。

$$\frac{v_A}{v'_A} =$$