

気柱共鳴装置 RA-88形

気柱共鳴装置は、空気柱の共鳴を利用しておんさの振動数の測定、または振動数既知のおんさを用いて、空気中の音速を求める実験装置です。

構造と特長

①は支持台、②は支柱、③は共鳴用ガラス管で、直径30mm目盛の長さ800mm、mm目盛つきで目盛を正確に読みとるため、管の裏面に乳白色の帯を入れ、その中央に青線を入れています。また、実験中おんさが管口に触れ、管口をこわす場合がありますから、防止のためにゴム製の口輪がかぶせてあります。

④は共鳴用ガラス管のささえ金具、⑤は水準びんで、ビニル管⑥で共鳴用ガラス管と連結しています。水準びんは、ささえ金具⑦で移動・固定をたやすく行なうことができ、水位（気柱の長さ）を任意にかえることができます。

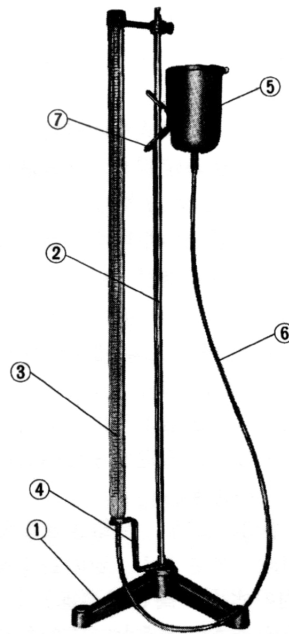


図1 装置の外観

原理

一方の端がふさがった管の開口の近くで、おんさや小形スピーカなどを鳴らすと、管の中の空気は音波（タテ振動）となって伝わり閉端で反射する。この進行波と反射波が干渉して、管の長さが適当なとき定常波ができます。この定常波は管の開口では腹、閉端では節となります。

閉管に定常波が生ずると、図2のよ

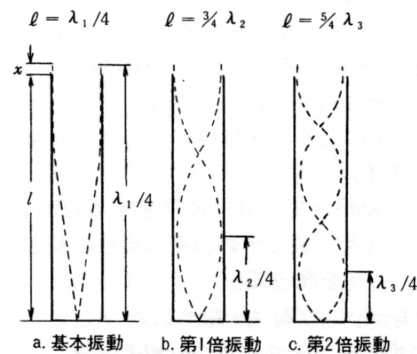


図2 閉管気柱の定常波

うに (a) 基本振動, (b, c) 倍振動となります。(a), (b), (c) の波長を $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, 振動数を n_1, n_2, n_3 , 管の長さを l , 空気中の音速を v とすると,

$$\lambda_1 = 4(l+x), \quad \lambda_2 = 4(l+x)/3, \\ \lambda_3 = 4(l+x)/5$$

となります。この式中の x は図2のように定常波の腹の位置が、管の開口端と一致しないで x だけ外になるための補正值で、普通管の半径を γ としたとき 0.6γ ほどになります。

$$v = n\lambda \text{ より} \\ n_1 = v/4(l+x), \quad n_2 = 3v/4(l+x), \\ n_3 = 5v/4(l+x)$$

この式からわかるように、気柱は管の長さにより、ある定まった固有振動数をもっています。

いま、図3のように振動させたおんさを開口近くでささえ、管の長さを加減(管内の水面の高さで調節)して、ある気柱の長さになると、この気柱の固有振動数とおんさの振動数 N が一致し、気柱がおんさに共鳴して大きく鳴り出します。

おんさの出す音の波長を λ とすると、水面から開口端までの長さが、 $l_1+x=1/4\lambda$, $l_2+x=3/4\lambda$, $l_3+x=5/4\lambda$ になるとき気柱がおんさに共鳴します。

したがって、気柱の共鳴する点 A_1, A_2, A_3 を実験で求め、その気柱の長さ l_1, l_2, l_3 を測って

$$l_2 - l_1 = \lambda/2, \quad l_3 - l_2 = \lambda/2,$$

$$\text{または } (l_2 - l_1) + (l_3 - l_2) = \lambda$$

から音波の波長 λ が求まります。そして、音波の速さは $v = 331.45 + 0.6t$

m/s (t =気温 $^{\circ}\text{C}$) ですからおんさの振動数 N は

$$N = v/\lambda = \frac{331.45 + 0.6t}{2(l_2 - l_1)} = \frac{331.45 + 0.6t}{2(l_3 - l_2)}$$

$$\text{または } \frac{331.45 + 0.6t}{(l_2 - l_1) + (l_3 - l_2)}$$

このように、共鳴する気柱の長さとおんさを測ればおんさの振動数を求めることができます。

また、振動数のわかっているおんさ(標準おんさなど)を用いますと、空気中の音速を求めることができます。

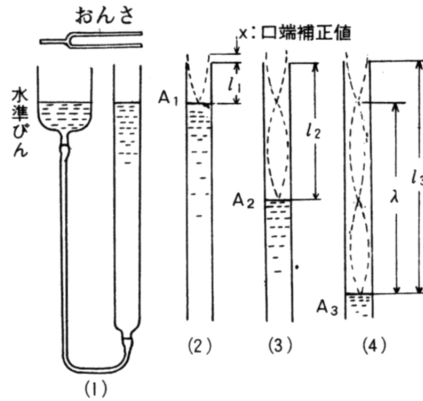


図3 水準びんを下げて気柱の長さを長くし、最初の共鳴点 A_1 つぎの共鳴点 A_2 , さらに水面を下げたときの共鳴点 A_3 の位置を求める。

使用法

<準備> 気柱共鳴装置, おんさ (Cat. No 130-320 気柱共鳴装置用おんさ, 同130-010 標準おんさ), 温度計

<操作>

1. まず、装置を図1のように組み立てたのち水準びんを下におろして水

準びんに一ばい水を入れます。そして、水準びんをあげてガラス管の上部まで水面をあげます。

2. おんさをつちで打って鳴らし、これをガラス管の管口上30~50mmのところできさえ、管内の水面を静かにさげながら気柱が最も強く共鳴する点 A_1 、 A_2 、 A_3 を求め、そのときの気柱の長さ l_1 、 l_2 、 l_3 をガラス管の目盛から直接読みとります。
3. 気温 $t^{\circ}\text{C}$ を温度計で読みとり、これらの数値を $N=v/\lambda$ の前式に代入して、おんさの振動数 N を算出します。

<参考>

1. 共鳴点の位置を求めるとき、水面をあげたときの音の最大点と水面を下げたときの音の最大点を測り、その平均値をとります。
2. 一般に管中の水位の目盛を読むときは図4 (a) のA点の目盛を読みますが、本器はとくに正確さを期すため、中央の青線がくびれる点 (図4, b) A'点の目盛を読んでください。

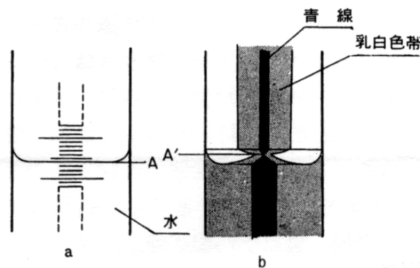


図4 目盛の視定法

3. 本器で実験するおんさは、3回目の共鳴点まで求めるためには振動数が500Hz以上のもの (Cat. No 130-320 気柱共鳴装置用おんさ) が必要で、振動数が低い400Hz台のおんさでは2回目の共鳴点までしか求めることはできません。

4. 実験のさい、おんさの振動が途中で衰えた場合は再び鳴らして実験を続けてください。このとき、おんさを管口に近づけたまま、つちで打つと、ガラス管におんさが当たって破損することがありますから、必ず離れたところで打ってください。

実験例

1. おんさの振動数を求める
気柱共鳴用おんさ
気温 $t=10^{\circ}\text{C}$

共鳴点	A_1	A_2	A_3
気柱長さ	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)
1	117	375	633
2	118	376	634
3	117	375	633
平均	117.3	375.3	633.3

波長 $\lambda = (l_2 - l_1) + (l_3 - l_2) = 516\text{mm}$

音速 $v = 331.45 + 0.6t = 331.45 + 0.6 \times 10 = 337.45\text{m/s}$

求めるおんさの振動数 N

$N = v/\lambda = 337.45 \times 10^3 / 516 = 654.0\text{Hz}$

2. 振動数既知のおんさを用いて空気中の音速を求める。

標準おんさ (演奏会調平均律 C_2 , 523.25Hz)

気温 $t=10^{\circ}\text{C}$

おんさの振動数 $N=523.25\text{Hz}$

気柱の長さとおんさの波長

気柱の長さ	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)
平均	148.5	471	790

波長 $\lambda=(l_2-l_1)+(l_3-l_2)=641.5\text{mm}$

空気中の音速 v

$$v=N\lambda=523.25\times 641.5\times 10^{-3}$$
$$=335.7\text{m/s}$$

0°C における音速 v_0

$$v_0=v-0.6t=335.7-0.6\times 10=329.7\text{m/s}$$

株式会社 **島津理化**

〒136-0071 東京都江東区亀戸6丁目1番8号

TEL. (03) 5626-6600 URL : <http://www.shimadzu-rika.co.jp>

本製品の技術のお問合せは、コールセンターまで

フリーダイヤル 0120-376-673 (携帯電話、PHSではご利用になれません。)

受付時間 平日 9:00~12:00, 13:00~17:00

e-mail : soudan@shimadzu-rika.co.jp FAX : (075) 823-2804

M130300D0911TY100

2009.11.100TD (134)
