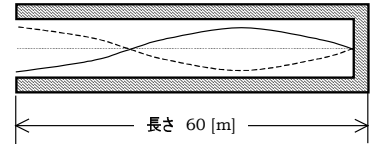


**波動⑥ 標準演習**

( ) 組 ( ) 番 氏名 ( )

**パイプの共鳴**

右の図は一端を閉じた長さ 60[cm] のパイプの共鳴実験を行った。パイプの中には右の図に示すような定常波が生じていた。次に文章を読んで下の各問いに答えなさい。ただし、音速を 340[m/s] とする。



共鳴させたとき、空気の圧力変化最大の位置はパイプの口から ① [m] であり、また、空気の振動速度が最大になるところはパイプの口から ② [m] である。また、この共鳴で出る音の波長は ③ [m] であるので、振動数は ④ である。

このパイプが共鳴する振動数はこの振動数以外にもいくつか存在する。次に高い振動数は ⑤ [Hz] であり、また、共鳴する振動数の最小は ⑤ [Hz] である。

- (1) 上の文章の空欄に適当な数値を入れなさい。  
 (2) このパイプで振動数 2 倍の音(1オクターブ上の音) が出せるか。説明しなさい。

- (3) 気温が上昇したとき共鳴する音の振動数が高くなる理由を 100 字以内で説明しなさい。

**ドップラー効果①**

下の文章を読んで次の各問いに答えなさい。ただし、音速が  $V$  [m/s] であるとしなさい。

速度  $v$  [m/s] で進む航空母艦の船首の甲板から振動数  $f_0$  [Hz] の汽笛を鳴らした。この船の前方に停止している護衛艦の乗員がこの汽笛を聞いたとき、その汽笛の振動数は ① [Hz] である。航空母艦への返事の汽笛を護衛艦の乗組員は鳴らした。この振動数を  $f_1$  [Hz] とする。航空母艦の乗員が聞く汽笛の振動数は ② [Hz] になる

ドップラー効果の公式

$$f = f_0 \times \frac{V - v_O}{V - v_S}$$

はずである。航空母艦と連絡をとり、返事の汽笛の振動数を調整したところ、航空母艦の乗員が聞く返事の汽笛の振動数が  $f_0$  [Hz] になり、航空母艦の乗員にはうなりはまったく聞こえなかった。

- (1) 上の文章の空欄に適当な数式を入れなさい。  
 (2) 護衛艦が鳴らした汽笛の振動数  $f_1$  を  $f_0$ 、 $V$ 、 $v$  を使って表しなさい。

- (3) 護衛艦の乗員が聞くうなりの振動数はいくらになるか。

- (4) 護衛艦の乗員が聞くうなりの振動数から航空母艦の速度を求めなさい。

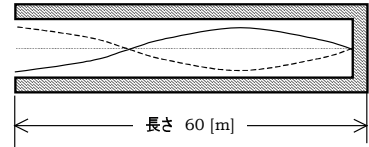
**波動⑥ 標準演習 (解説)**

( ) 組 ( ) 番 氏名 ( )

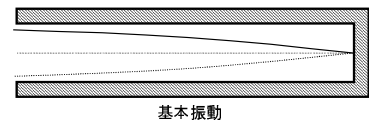
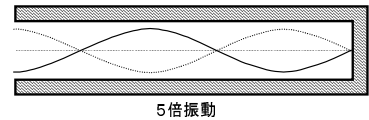
**パイプの共鳴**

閉管共鳴では、基本振動、3倍振動、5倍振動...があり、定常波

の出来方から 波長=節腹間隔×4 を求め、 振動数=速度÷波長 から求めると良い。



- (1) 共鳴させたとき、空気の圧力変化最大の位置は節のところだから、パイプの口から  $0.200[m](=20.0[cm])$ 、 $0.600[m](=60.0[cm])$ ...① であり、また、空気の振動速度が最大になるところは腹の位置だからパイプの口から  $0[m](=0[cm])$ 、 $0.400[m](=40.0[cm])$ ...② である。また、この共鳴で出る音の波長は節腹の間隔  $0.20[m]$ の4倍だから、 $0.800[m](=80.0[cm])$ ...③ である。また、振動数は公式  $f\lambda=v$  を使って求めると、 $340\div 0.80=425[Hz]$ ...④ である。この3倍振動の共鳴の次の共鳴は5倍振動だから、節腹間隔が  $0.600\div 5=0.120[m]$ になる。したがって、波長は  $0.480[m]$ になるから、振動数は  $708[Hz]$ ...⑤ である。共鳴する振動数の最小は基本振動のときだから、節腹間隔は  $0.600[m]$ になる。したがって、波長は  $2.40[m]$ だから、振動数は  $142[Hz]$ ...⑤ である。



- (2) 振動数2倍の音(1オクターブ上の音)は波長が半分の音である。したがって、節腹の間隔が半分になるので、パイプの共鳴は不可能になり出せないが正解。(節腹のユニットが偶数個になるため閉管共鳴の条件→節腹のユニットが奇数個=パイプの長さに合わない。)
- (3) 振動数  $f$ 、音速  $v$ 、波長  $\lambda$  の間の関係は  $f\lambda=v$  である。パイプの長さで波長が決まるので、温度上昇とともに大きくなる音速と振動数は比例する。したがって、共鳴する振動数は大きくなる。

**ドップラー効果①**

下の文章を読んで次の各問いに答えなさい。ただし、音速が  $V[m/s]$  であるとしなさい。

- (1) 音源である航空母艦が速度  $v[m/s]$  で進み、観測者である護衛艦は停止しているので、ドップラー効果の公式

$$f = f_0 \times \frac{V - v_o}{V - v_s} \text{ より、 } f = f_0 \times \frac{V}{V - v} \dots \text{① の振動}$$

数の音を護衛艦の乗員が聞く。

- (2) 返事の汽笛のドップラー効果では、音源が静止、観測者が音源に向かって動くので、 $f' = f_1 \times \frac{V + v}{V} \dots \text{② の}$

振動数の汽笛を航空母艦の乗員が聞く。音源が静止し、

観測者が動くドップラー効果なので  $f_0 = f_1 \times \frac{V + v}{V}$  である。これより、護衛艦が鳴らした汽笛の振動数

$$f_1 = f_0 \times \frac{V}{V + v} [Hz] \text{ の音を護衛艦は鳴らした。}$$

**ドップラー効果の公式**

$$f = f_0 \times \frac{V - v_o}{V - v_s}$$

- (3) 護衛艦の乗員は、「航空母艦からの汽笛の音  $f[Hz]$ 」と「自分が鳴らす返事の汽笛の音  $f_1[Hz]$ 」の音を同時に聞くことになる。したがって、それらの振動数の差の振動数のうなりが聞こえる。したがって、うなりの振動数は

$$f_{\text{うなり}} = f - f_1 = f_1 \times \frac{V}{V - v} - f_1 = f_1 \times \left( \frac{V + v}{V - v} - 1 \right) \text{ になるので、 } f_{\text{うなり}} = \frac{2f_1 v}{V - v} \text{ である。}$$

- (4) 船の速度は音速に比べて十分に小さいので  $f_{\text{うなり}} = \frac{2f_1 v}{V}$  となる。したがって、うなりの振動数と護衛艦が鳴らす汽笛の振動数で航空母艦の速度を示すと 航空母艦の速度は  $v = \frac{V}{2f_1} \times f_{\text{うなり}}$  であることがわかる。