さらに**AB**と平行に歩き続けると，しだいに音は小さくなり，**A**，**B**からの音が逆位相のところで再びほとんど聞こえなくなる。

14 固有振動（復習） p.34～35

公式に慣れよう！

(1) 基本振動では，$\lambda = 2L$ であるから，

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{S}{\rho}} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{S}{\rho}}$$

よって，$350\,\text{Hz} = \dfrac{1}{2 \times 1.0\,\text{m}}\sqrt{\dfrac{M \times 9.8\,\text{m/s}^2}{1.0 \times 10^{-4}\,\text{kg/m}}}$

これより，$M = $ **5.0kg**

(2) n 倍振動の振動数は，$f_n = \dfrac{n}{2L}\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$ であるから，題意から，

$$\frac{4}{2L}\sqrt{\frac{Mg}{\rho}} = \frac{6}{2L}\sqrt{\frac{mg}{\rho}}$$

よって，$\sqrt{\dfrac{M}{m}} = \dfrac{6}{4} = \dfrac{3}{2}$

これより，M と m の値の比は，**9：4**である。

(3) 管を長くすると波長が長くなる。よって，$f = \dfrac{v}{\lambda}$ により，振動数が小さくなるため，音は**低くなる**。

(4) 音速は温度とともに大きくなる。よって，$f = \dfrac{v}{\lambda}$ から，音速が大きくなると振動数も大きくなり，**高い**音になる。

(5) (ア)圧力変化は，**節**の位置で最大となる。
(イ)空気の振動は，**腹**の位置で最も激しい。

15 ドップラー効果① p.36～37

公式に慣れよう！

(1) ①(a)**波長は短くなる** (b)**多い数の波**
②(c)**波長は変化せず** (d)**多い数の波**
③(e)**○** (f)**少ない数の波**
④(g)**○** (h)**少ない数の波**

(2) ①$\lambda' = \dfrac{V-v}{f} = \dfrac{340\,\text{m/s} - (-10\,\text{m/s})}{300\,\text{Hz}} \fallingdotseq 1.167\,\text{m}$

$\fallingdotseq$ **1.17m**

②$f' = \dfrac{V}{\lambda'} = \dfrac{340\,\text{m/s}}{1.167\,\text{m}} \fallingdotseq$ **291Hz**

③音の高低は振動数で決まる。②から観測者に聞こえる音の振動数は291Hzと，もとの300Hzより小さいから観測者には**低い音**が聞こえる。

(3) ①例題2の①同様，音源が静止しているので，波長は観測者の運動によらず一定である。

$\lambda' = \dfrac{V}{f} = \dfrac{340\,\text{m/s}}{680\,\text{Hz}} =$ **0.500m**

②$f' = \dfrac{V-v}{V}f = \dfrac{340\,\text{m/s} - (-40\,\text{m/s})}{340\,\text{m/s}} \times 680\,\text{Hz}$

$=$ **760Hz**

③音の高低は振動数で決まる。②から観測者に聞こえる音の振動数は760Hzと，もとの680Hzより大きいから観測者には**高い音**が聞こえる。

(4) 音源が動くときのドップラー効果の式

$f' = \dfrac{V}{V-v_S}f$ より，

$v_S = \dfrac{f'-f}{f'}V = \dfrac{360\,\text{Hz} - 400\,\text{Hz}}{360\,\text{Hz}} \times 340\,\text{m/s}$

$\fallingdotseq -37.8\,\text{m/s}$

よって，音源が遠ざかる速さは **37.8m/s**

(5) 観測者が動くときのドップラー効果の式

$f' = \dfrac{V-v_O}{V}f$ より，

$v_O = \dfrac{f-f'}{f}V = \dfrac{400\,\text{Hz} - 440\,\text{Hz}}{400\,\text{Hz}} \times 340\,\text{m/s}$

$= -34.0\,\text{m/s}$

よって，観測者が近づく速さは **34.0m/s**

16 ドップラー効果② p.38～39

公式に慣れよう！

(1) ①$\lambda' = \dfrac{V-v_S}{f} = \dfrac{340\,\text{m/s} - (-40\,\text{m/s})}{600\,\text{Hz}}$

$\fallingdotseq$ **0.633m**

②$f' = \dfrac{V-v_O}{\lambda'} = \dfrac{V-v_O}{V-v_S}f$

$= \dfrac{340\,\text{m/s} - 60\,\text{m/s}}{340\,\text{m/s} - (-40\,\text{m/s})} \times 600\,\text{Hz} \fallingdotseq$ **442Hz**

(2) ①音源の波長は，音源の動きで決まる。
よって，求める波長は(1)の①と同じで，

$\lambda' = \dfrac{V-v_S}{f} = \dfrac{340\,\text{m/s} - (-40\,\text{m/s})}{600\,\text{Hz}}$

$\fallingdotseq$ **0.633m**

②$f' = \dfrac{V-v_O}{\lambda'} = \dfrac{V-v_O}{V-v_S}f$

$= \dfrac{340\,\text{m/s} - (-60\,\text{m/s})}{340\,\text{m/s} - (-40\,\text{m/s})} \times 600\,\text{Hz} \fallingdotseq$ **632Hz**

(3) $f' = \dfrac{V+w}{V+w-v_S}f$

$= \dfrac{340\,\text{m/s} + (-20\,\text{m/s})}{340\,\text{m/s} + (-20\,\text{m/s}) - 60\,\text{m/s}} \times 560\,\text{Hz}$

$\fallingdotseq$ **689Hz**

(4) 例題2①(観測者は風下にいる)の結果(672Hz)と，上の(3)(観測者は風上にいる)の結果(689Hz)を比較すると，**観測者は風上にいる方がより高い音が聞こえる。**

(5) ①$f' = \dfrac{V'}{\lambda'} = \dfrac{V-v_O}{V-v_S}f$

$= \dfrac{340\,\text{m/s} - 30\,\text{m/s}}{340\,\text{m/s} - 20\,\text{m/s}} \times 600\,\text{Hz} \fallingdotseq$ **581Hz**

②$f' = \dfrac{V'}{\lambda'} = \dfrac{(V+w) - v_O}{(V+w) - v_S}f$

$$= \frac{(340\,\mathrm{m/s} + 40\,\mathrm{m/s}) - 30\,\mathrm{m/s}}{(340\,\mathrm{m/s} + 40\,\mathrm{m/s}) - 20\,\mathrm{m/s}} \times 600\,\mathrm{Hz}$$

$\fallingdotseq$ **583**Hz

(6) ① $f' = \dfrac{V'}{\lambda'} = \dfrac{V - v_O}{V - v_S} f$

$$= \frac{340\,\mathrm{m/s} - 10\,\mathrm{m/s}}{340\,\mathrm{m/s} - (-20\,\mathrm{m/s})} \times 500\,\mathrm{Hz} \fallingdotseq \mathbf{458}\,\mathrm{Hz}$$

② $f' = \dfrac{V'}{\lambda'} = \dfrac{(V + w) - v_O}{(V + w) - v_S} f$

$$= \frac{\{340\,\mathrm{m/s} + (-30\,\mathrm{m/s})\} - 10\,\mathrm{m/s}}{\{340\,\mathrm{m/s} + (-30\,\mathrm{m/s})\} - (-20\,\mathrm{m/s})} \times 500\,\mathrm{Hz}$$

$\fallingdotseq$ **455**Hz

17 ドップラー効果③ p.40～41

公式に慣れよう!

(1) ①反射板Rを観測者と見なすと，観測者が動く場合のドップラー効果の式より，

$$f_R = \frac{V - v_R}{V} f = \frac{340\,\mathrm{m/s} - (-5.0\,\mathrm{m/s})}{340\,\mathrm{m/s}} \times 400\,\mathrm{Hz}$$

$\fallingdotseq$ **406**Hz

②反射板Rを，振動数 f' の音源と見なすと，音源が動く場合のドップラー効果の式より，

$$f_O = \frac{V}{V + v_R} f' = \frac{V - v_R}{V + v_R} f$$

$$= \frac{340\,\mathrm{m/s} - (-5.0\,\mathrm{m/s})}{340\,\mathrm{m/s} + (-5.0\,\mathrm{m/s})} \times 400\,\mathrm{Hz} \fallingdotseq \mathbf{412}\,\mathrm{Hz}$$

③単位時間に聞くうなりの回数は，音源Sからの直接の音と，反射板Rからの反射音との振動数の差に等しいから，

$n = |f - f_O| = 412\,\mathrm{Hz} - 400\,\mathrm{Hz} = 12\,\mathrm{Hz}$

よって，**12回**

(2) $f_O = \dfrac{V - v_R}{V + v_R} f$ より，

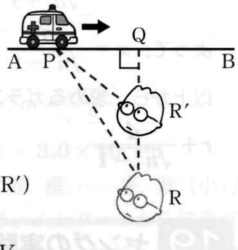
$$v_R = \frac{f - f_O}{f + f_O} V = \frac{400\,\mathrm{Hz} - 380\,\mathrm{Hz}}{400\,\mathrm{Hz} + 380\,\mathrm{Hz}} \times 340\,\mathrm{m/s}$$

$\fallingdotseq$ **8.7m/s**

(3) このときの音源は，速度 $v\cos 60°$ で遠ざかるから，

$$f'' = \frac{V}{V - (-v\cos 60°)} f_0 = \mathbf{\frac{2V}{2V + v} f_0}$$

(4) 観測者の移動後の位置をR′とすると，∠QPR（＝60°）＞∠QPR′を満たす。このとき，音源の観測者に向かう速度成分は



$v\cos(\angle\mathrm{QPR}) < v\cos(\angle\mathrm{QPR'})$

であるから，

$$\frac{V}{V - v\cos 60°} f_0 < \frac{V}{V - v\cos(\angle\mathrm{QPR'})} f_0$$

したがって，Qに近い位置に移動した方がより**高い音**が聞こえる。

(5) グラフから，観測者を通過する前，また通過後の観測者が聞く音源の振動数はそれぞれ一定であるから，観測者は，∠QPR＝0°の位置，すなわち**位置Q**にいたことになる。

(6) 音源の速度が観測者から遠ざかる向きとなる**点C**で発した音が，最も低く聞こえる。また，このとき観測者に聞こえる音の振動数は，

$$f = \mathbf{\frac{V}{V + v} f_0}$$

問題に慣れよう! p.42～43

1 (1) 点Qでは，A，Bからの音が干渉によって強め合う。AQ＝L_1，BQ＝L_2 とすると $L_2 - L_1 = \lambda$ を満たす。

三平方の定理より，BQ＝L_2＝5.0mであるから，

$\lambda = 5.0\,\mathrm{m} - 4.0\,\mathrm{m} = \mathbf{1.0\,m}$

(2) スピーカーの振動数 f は，

$f = \dfrac{v}{\lambda} = \dfrac{340}{1.0} = 340$ より，**3.4×10^2Hz**

2 (1) 長さ，質量，時間の次元をそれぞれL，M，Tとすると，

左辺：$[v] = [\mathrm{LT^{-1}}]$

右辺：$[T^x d^y] = [(\mathrm{MLT^{-2}})^x] \times [(\mathrm{ML^{-1}})^y]$

$= [\mathrm{M}^{x+y}\mathrm{L}^{x-y}\mathrm{T}^{-2x}]$

両辺でL，M，Tの指数が等しいから，

Tについて：$-1 = -2x$

よって，$x = \mathbf{\dfrac{1}{2}}$

Lについて：$1 = x - y$

よって，$y = x - 1 = \dfrac{1}{2} - 1 = \mathbf{-\dfrac{1}{2}}$

(2) $f = \dfrac{1}{2L}\sqrt{\dfrac{T}{d}} = \dfrac{1}{2 \times 0.70\,\mathrm{m}}\sqrt{\dfrac{4.0\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2}}{5.0 \times 10^{-4}\,\mathrm{kg/m}}}$

$\fallingdotseq$ **2.0×10^2Hz**

(3) 管の長さを L，音速を V とすると，題意から，

$\dfrac{1}{2L_1}\sqrt{\dfrac{T}{d}} = \dfrac{V}{4L}$ …①

$\dfrac{1}{2L_2}\sqrt{\dfrac{T}{d}} = \dfrac{3V}{4L}$ …②

①，②より，$\dfrac{L_2}{L_1} = \dfrac{1}{3}$

よって，$\mathbf{\dfrac{1}{3}}$ **倍**

3 (1) 互いに接近しているから，

$$f = \frac{V - (-u)}{V - v} f_0 = \mathbf{\frac{V + u}{V - v} f_0}$$

(2) 互いに遠ざかっているから，

$$f = \frac{V - u}{V - (-v)} f_0 = \mathbf{\frac{V - u}{V + v} f_0}$$

(3) (ア) 音源が止まっていて，観測者が相対速度 $v + u$ で音源に近づくとき，観測者に聞こえる音の振動数 f_1 は，