

物理プリント(ドップラー効果)

() 組 () 番 氏名 ()

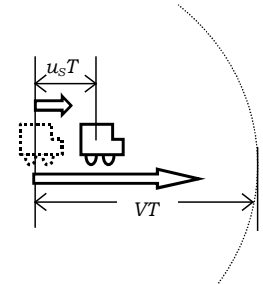
動いている場合に聞こえる音の振動数はもとの音と異なることがある。この現象を「ドップラー効果」という。具体的な例として

[]
[]

ドップラー効果の理論

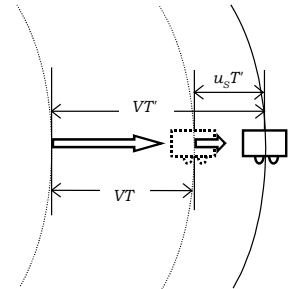
音を出す「音源(Source)」と音を聞く「観測者(Observer)」の 2 者の動きがキーワードになる。教科書に記載されている方法とは違った導き方で説明してみよう。(旅人算による方法)

- ① 音源Sが動き、観測者Oが静止している場合 (救急車の音のドップラー効果)



振動数は $f = \frac{V}{\lambda'} = \frac{V}{(V - u_s)T} = f_0 \cdot \frac{V}{V - u_s}$ である。

- ② 観測者Oが動き、音源Sが静止している場合 (踏み切り音のドップラー効果)



振動数は $f = \frac{1}{T'} = \frac{1}{T} \cdot \frac{V - u_o}{V} = f_0 \cdot \frac{V - u_o}{V}$ である。

- ③ 音源S、観測者Oともに動いている場合 (最も複雑なドップラー効果)

振動数は $f = \frac{1}{T'} = \frac{1}{T} \cdot \frac{V - u_o}{V - u_s} = f_0 \cdot \frac{V - u_o}{V - u_s}$ である。

ドップラー効果の公式

→ [

]

(音源Sから観測者Oへの向きを正とする)

入門 静止しているとき 1000[Hz]のサイレン音をだす救急車が 20[m/s]で近づいてくるとき、いくらの振動数のサイレンに聞こえるか。ただし、音速は 340[m/s]とする。

初級 静止しているとき 1000[Hz]のサイレン音をだす救急車がある。音速を 340[m/s]として次の各問いに答えなさい。

- (1) 救急車の速さが 20[m/s]のとき、近づいてくるときと、通過後遠ざかるときとのサイレン音の振動数の差はいくらになるか。
- (2) 救急車が近づいてくるときと、遠ざかるときとの振動数の差が 100[Hz]であった。このときの救急車の通過した速さはいくらであったか。

物理プリント(ドップラー効果)解説

動いている場合に聞こえる音の振動数はもとの音と異なることがある。この現象を「ドップラー効果」という。

☆ 「救急車のサイレンの音の高さが近づいてくるとき高く聞こえ、遠ざかるとき低く聞こえる」

☆ 「踏み切りの警報音の高さが通過時に高く聞こえ、電車に乗っている」

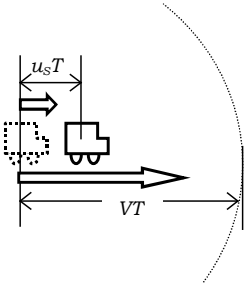
ドップラー効果の理論

音を出す「音源(Source)」と音を聞く「観測者(Observer)」の 2 者の動きがキーワードになる。教科書に記載されている方法とは違った導き方で説明してみよう。(旅人算による方法)

① 音源Sが動き、観測者Oが静止している場合 (救急車の音のドップラー効果)

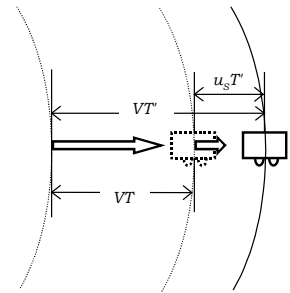
時刻ゼロ ($t = 0$) のとき音源Sから音波の「山」が出たとすると、時刻が1周期 ($t = T$) のとき次の音波の「山」を出す。その間に最初の音波の「山」は VT 進み、音源Sは $u_s T$ 進む。したがって、音波の「山」から「山」の距離(波長)は $\lambda' = VT - u_s T = (V - u_s)T$ である。音速は V であるので、観測者Oが聞く音の振動数は $\nu = f\lambda$ より、

$$f = \frac{V}{\lambda'} = \frac{V}{(V - u_s)T} = f_0 \cdot \frac{V}{V - u_s} \text{ である。}$$



② 観測者Oが動き、音源Sが静止している場合 (踏み切り音のドップラー効果)

時刻ゼロ ($t = 0$) のとき音源Sから音波の「山」が出たとすると、時刻が1周期 ($t = T$) のとき次の音波の「山」を出す。音源が静止しているので「山」と「山」の間隔(波長)は VT である。 V で進む音波が u_o で進む観測者を追越す時間が観測者が聞く音の周期に相当する。したがって、 $\lambda = VT = (V - u_o)T'$ である。したがって、観測者Oが聞く音の振動数は $f = \frac{1}{T'} = \frac{1}{T} \cdot \frac{V - u_o}{V} = f_0 \cdot \frac{V - u_o}{V}$



$$f = \frac{1}{T'} = \frac{1}{T} \cdot \frac{V - u_o}{V} = f_0 \cdot \frac{V - u_o}{V}$$

である。

③ 音源S、観測者Oともに動いている場合 (最も複雑なドップラー効果)

音源Sが動きながら出す音波の波長は①で示した $\lambda' = VT - u_s T = (V - u_s)T$ であり、この波長の波を②に示したように観測者を追い越すので、 $\lambda' = (V - u_s)T = (V - u_o)T'$ である。したがって、観測者Oが聞く音の振動数は

$$f = \frac{1}{T'} = \frac{1}{T} \cdot \frac{V - u_o}{V - u_s} = f_0 \cdot \frac{V - u_o}{V - u_s} \text{ である。}$$

公式

$$f = f_0 \cdot \frac{V - u_o}{V - u_s} \text{ (音源Sから観測者Oへの向きを正)}$$

入門 音源から観測者への向きが正の向きなので、公式に代入する音源(救急車)の速度は+20[m/s]である。

$f = f_0 \cdot \frac{V - u_o}{V - u_s}$ より、 $f = 1000 \cdot \frac{340 - 0}{340 - 20} = 1062.5$ だから、サイレンの振動数は 1063[Hz]に聞こえる。

初級 公式に代入するだけの問題だ。

(1) 近づいてくるときは**入門**の答えになるので省略する。通過後遠ざかるときは公式に代入する音源(救急車)

の速度は-20[m/s]である。 $f = f_0 \cdot \frac{V - u_o}{V - u_s}$ より、 $f = 1000 \cdot \frac{340 - 0}{340 - (-20)} = 944.4$ だから、サイレンの振

動数の差は $1062.5 - 944.4 = 68.1$ だから、サイレン音の振動数の差は 68[Hz]。

(2) 速さを v [m/s]としてみる。振動数の差は $\Delta f = 1000 \cdot \frac{340 - 0}{340 - v} - 1000 \cdot \frac{340 - 0}{340 + v} = 1000 \cdot \frac{680v}{340^2 - v^2} = 100$ であ

るので、 $v^2 + 6800v - 340^2 = 0$ だから、 $v = -3400 \pm \sqrt{3400^2 + 340^2} = 16.9527$ であるので救急車の速さは 17[m/s]であったことになる。