

A18 ドップラー効果

77.

ドップラー効果

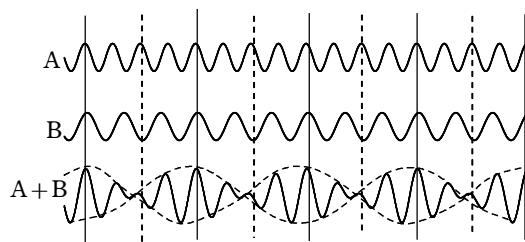
(1) 観測者が静止している場合のドップラー効果の式 $f' = f \frac{V}{V-u}$ を導け

(2) 発振源が静止している場合のドップラー効果の式 $f' = f \frac{V-v}{V}$ を導け

(3) 両方が動いている場合のドップラー効果の式 $f' = f \frac{V-v}{V-u}$ を導け

うなり

(4) 振動数 f の音と、振動数 f' の音を同時に聞いたときのうなりを n とすると、 $|f-f'|=n$ が成立ことを示せ。



(解説)

(1) 振動数 f の波源が t 秒間音を発したときの波数は ft である。

この音を t' 秒間で聞いた場合。この人が聞く振動数 f' は $f' = \frac{ft}{t'}$ である。

音速を V とすると、音の波の長さは Vt である。

この音源が速さ u で音の方向に移動しながら t 秒間

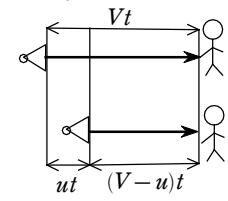
音を発した場合の音の長さは図より $(V-u)t$ である。

この音の鳴り終わりまでの時間を t' とすると、

$Vt' = (V-u)t$ が成立する。

よって、 $t' = \frac{V-u}{V} t$

$$f' = \frac{ft}{t'} = f \frac{V}{V-u}$$



(2) 聞く人が速さ v で動いている場合

音を聞いている間にこの人が動いた

距離は vt' 、この間に音が動いた距離は

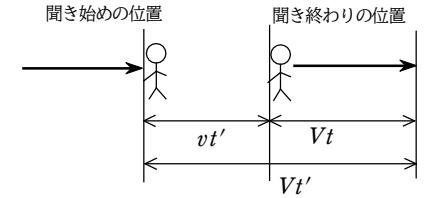
Vt' 、音の長さは Vt である。

図より、 $Vt' = vt' + Vt$

$$\text{これより、 } t' = \frac{V}{V-v} t$$

よって、

$$f' = \frac{ft}{t'} = f \frac{V-v}{V}$$

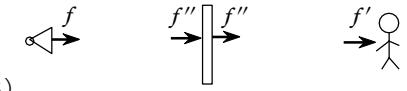


(3) 音源、聞く人共に動いている場合は、

間に壁を置いて考える。

この壁は聞いた音と同じ音を

発するとする。（実質壁がないと同じ）



f で発した音を壁が、 f'' で聞く場合、(1)より、 $f'' = f \frac{V}{V-u}$

f'' で壁が発した音を人が f' で聞く場合、(2)より、 $f' = f'' \frac{V-v}{V}$

この2式から f'' を消去すると、 $f' = f \frac{V-v}{V-u}$ となる。

(4) Aの波とBの波を合成するとき、

合成した波が良くゆれているのは

AとBの位相が一致しているときで

位相が逆のときはゆれていらない。

図は位相の一致したところを

縦線で示している。

この縦線の間は1回のうなりであるが

AとBの波数は1異なっている。

つまり、波数が1ずれると1回うなるということである。1秒間の波数の差は振動数の差である。よって、 $|f-f'|=n$ が成立。

