

# うなり

「2つの おんさ を同時に鳴らすとどのようなことが起こりますか？」

おんさの振動数が等しいときは、干渉により音が大きく聞こえる場所や小さく聞こえる場所ができます。おんさの振動数がわずかに違うときは、「うなり」が聞こえます。

「うなりとはどのような現象ですか？」

ッワーン、ッワーンと強弱が周期的に繰り返される現象です。100Hz と 102Hz のおんさを鳴らすと、1秒間に強弱が  $102 - 100 = 2$  回聞こえます。

「聞こえる音の振動数はどうなりますか？」

2つのおんさの振動数を平均した値になります。上の場合は  $(100 + 102) \div 2 = 101\text{Hz}$  となります。

「どうしてそのようなことが起こるのか説明してください」

図1のように、 $x$  軸の正方向に進む波の式は、 $y = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = A \sin 2\pi \left( ft - \frac{x}{\lambda} \right)$  となる。  
 $y$  変位,  $A$  振幅,  $t$  時刻,  $T$  周期,  $\lambda$  波長,  $f$  振動数である。 $x$  はすっきりした名前がなくいつも困るが「波の進行方向にとった軸」とでもよぶことにする。

波（音波）の進行に伴い、空気の各点は振動する。波形と共に移動するのではない。図2は、 $x = 0$  の点の振動の様子を表したグラフである。

例えば、 $T = 0.01$  秒のとき、 $f = 100\text{Hz}$ 、空気は1秒間に100回振動している。

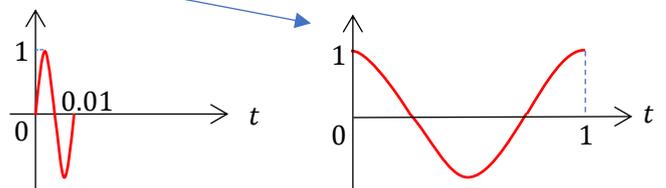
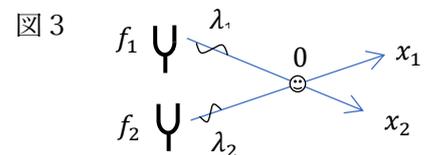
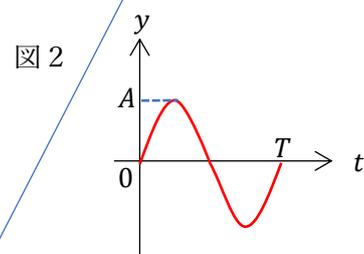
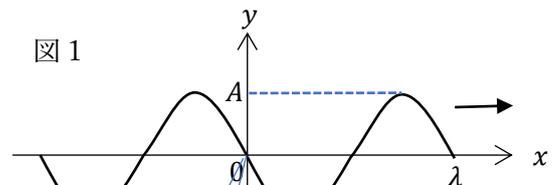
図3のように、2つのおんさを鳴らす。観測点を原点にとると、合成した波の式（聞こえる音波）は、

$$y = A \sin 2\pi \left( f_1 t - \frac{0}{\lambda_1} \right) + A \sin 2\pi \left( f_2 t - \frac{0}{\lambda_2} \right) \text{ となる。}$$

※ 波の振幅を同じとし、時刻  $t = 0$  に2つの波の先端がやってきたとする。

この式は三角関数の公式より  $y = 2A \times \sin 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t \times \cos 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t$  と変形できる。

例えば、 $f_1 = 101\text{Hz}$ ,  $f_2 = 99\text{Hz}$ , とすると、  
 $f = \frac{f_1 + f_2}{2} = 100\text{Hz}$ , 周期  $T = \frac{1}{f} = 0.01\text{s}$  と  
 $f' = \frac{f_1 - f_2}{2} = 1\text{Hz}$ , 周期  $T' = \frac{1}{f'} = 1\text{s}$  の2つの振動のかけ算となる。



結果、右図のような振動が聞こえてくることになる。

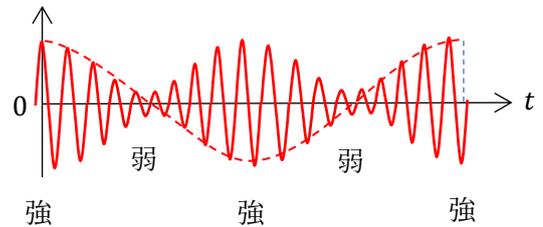
ところで、この図の中にうなりは何回あるのか？

答えは、2回である。

したがって、1秒あたりのうなりの回数は、

$f_1 - f_2 = 101 - 99 = 2$  回となる。また聞こえる音の

振動数は、 $\frac{f_1 + f_2}{2} = \frac{101 + 99}{2} = 100$  Hz である。



「同じ振動数のおんさを鳴らしたときのように、音が大きく聞こえたり小さく聞こえたりする場所はどこですか？」

できません。どこでも同じように「うなり」が聞こえます。ただし、おんさから遠ざかると減衰の効果により徐々に音は小さくなります。

「音波は縦波です。変位  $y$  は横波と同じように2つの変位をたしていいのでしょうか？」

媒質（空気）の変位方向が異なるので、正確に処理する式は違ってきます。ただし、観測点から見た変位方向（2つの変位のなす角度）は変化しないので、「うなり」の現象として処理するのであれば、このままでよいと思います。また、音波は空気の圧力（密度）変化なので、位相が  $90^\circ$ （ $1/4$  波長分、または  $1/4$  周期分）ずれますが、向きはなく大きさとして処理できるので、やはり現象としては同じ結果になります。