

弦の振動

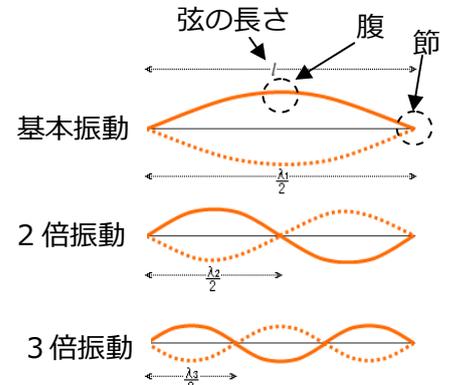


●固有振動

物体にはそれぞれ振動しやすい固有の**振動数**があり、その振動数を**固有振動数**といいます。石をハンマーで叩くと石によって色々な高さの音を発しますが、そのときの**音の高さ**がその石の固有振動数です。ピ〜んと張った弦はその長さや張力、材質によって固有振動数が決まっています。

●弦の振動は両端が節

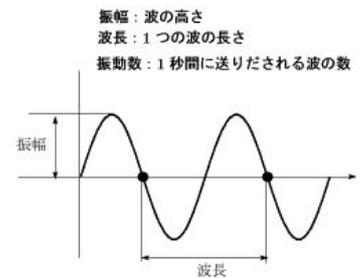
ピンと張った弦を弾くと、右図のような波が発生します。弦が空気を振動させ人間の耳に一定の高さの**音**が聞こえます。これらの波のうち、腹が1つの振動を**基本振動**、腹が2つの振動を**2倍振動**、腹が3つの振動を**3倍振動**、…といいます。弦の固有振動数は複数あり、それらの振動は同時に起こっています。



●弦の長さと波長の関係

弦の長さを L 、 n 倍振動 ($n=1,2,3,\dots$) での波長を λ_n とします。

- ・基本振動 ($n=1$) : 波長 λ_1 , $L = \frac{\lambda_1}{2} \times 1 \quad \therefore \lambda_1 = 2L$
- ・2倍振動 ($n=2$) : 波長 λ_2 , $L = \frac{\lambda_2}{2} \times 2 \quad \therefore \lambda_2 = \frac{2L}{2}$
- ・3倍振動 ($n=3$) : 波長 λ_3 , $L = \frac{\lambda_3}{2} \times 3 \quad \therefore \lambda_3 = \frac{2L}{3}$
- ⋮
- ・ n 倍振動 ($n=n$) : 波長 λ_n , $L = \frac{\lambda_n}{2} \times n \quad \therefore \lambda_n = \frac{2L}{n}$



●弦の固有振動数

n 倍振動の振動数 (f_n) は基本振動の振動数 (f_1) の n 倍になります。

$$f_n = n \times f_1$$

弦を弾いて 440Hz の音を出したとき、その整数倍の 880Hz、1320Hz、1760Hz、…の音も小さいですが同時に出ています。また弦の固有振動数 f_n は弦を張る力を H 、1m 当たりの弦の重さ (質量) を W とすると次の関係があります。

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{H}{W}}, \quad f_2 = \frac{2}{2L} \sqrt{\frac{H}{W}}, \quad f_3 = \frac{3}{2L} \sqrt{\frac{H}{W}}, \dots, \quad f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{H}{W}}$$

この式から、振動数を大きくする (音を高くする) には、

- ・弦の長さ L を小さくする。(根元に近いフレットを押さえた方が音が高くなる。)
- ・張力 H を大きくする。(調律するときペグを巻き上げた方が音が高くなる。)
- ・線密度 W を小さくする。(弦が軽い方が音が高い。)

ということがわかります。

Memo

☆音の三要素

- ・ **大きさ** : 波の振幅大きいと音も大きい。
- ・ **高さ** : 振動数が高くなると音も高くなる。
- ・ **音色** : 倍音の含まれる割合で音色が変わる。