

## 6 正弦波信号と変調のしくみ

### (1) 正弦波信号

信号とは、「物理系の状態に関する情報を何らかの方法で伝達する量」と定義されます。信号を数学的に表すために、次のような三角関数で記述される、正弦波信号 (sinusoidal signal) を用いることが基本となります。

$$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \phi)$$

ただし、 $\omega_0$  ラジアン (rad) は (基本) 角周波数 (angular frequency) ((基本) 角振動数ともいう)、 $\phi$  ラジアン (rad) は位相 (phase)、 $A$  は (最大) 振幅 (amplitude) を表しています。

- (a) 三角関数の性質から  $\sin$  は位相をずらせば、 $\cos$  でも表すことができます。
- (b) 基本角周波数  $\omega_0$  は 一秒間に回転する角度 を表していて、その単振動の 1 回転から 1 周期の波が生成されると考えると、基本角周波数 (毎秒角度) を  $2\pi$  (一回り) で割った値が一秒間に送り出される波の数になります。これが基本周波数 (frequency)  $f_0 := \frac{\omega_0}{2\pi}$  です。周波数はその整数倍で振動数とも呼ばれます。
- (c) また、 $T := \frac{1}{f_0}$  (秒) を基本周期と呼び、1 つの波が進む時間 を表しています。これも、1 秒を基本周波数 (一秒間に送り出される波の数) で割ることで、一つの波の進む時間になります。波の速さを  $v$  (m/s) とすれば、 $\lambda := vT$  (m) が媒質を進む波の 1 周期分の距離となります。これを波長と呼び、 $\lambda f_0 = v$  が成り立ちます。光や電波の場合は速度が一定と考えられるので、周波数と波長は反比例の関係にあります。
- (d) 媒質の 1 点 ( $x = 0$ ) に周期  $T$  (s) の単振動が起こった時、その単振動が速さ  $v$  (m/s) で次々に伝わっていくことを考えると、(b) と (c) から  $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$  あるいは  $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$  が成立するので、原点から  $x$  (m) 離れた地点の時刻  $t$  (s) による変位  $y$  (m) を表す単振動は次のように表されます。

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{v} \right) \quad \text{周波数 } f_0 \text{ を使うと } \quad y = A \sin 2\pi f_0 \left( t - \frac{x}{v} \right)$$

特に、原点  $x = 0$  での変位  $y$  (m) は次の式で表されます。

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad \text{周波数 } f_0 \text{ を使うと } \quad y = A \sin 2\pi f_0 t$$

角周波数 ( $\omega$ ) rad/s	周波数 ヘルツ ( $f = \omega/2\pi$ )	周期 (秒) ( $T = 2\pi/\omega$ )	振幅が 1 の単振動
$\omega = 1$	$f =$	$T = 2\pi$	$x_1(t) = \sin t$
$\omega = 2$	$f =$	$T = \pi$	$x_2(t) = \sin 2t$
$\omega = 3$	$f =$	$T = \frac{2\pi}{3}$	$x_3(t) = \sin 3t$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\omega = 2\pi$	$f =$	$T = 1$	$(x(t) = \sin 2\pi t)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\omega = n$	$f =$	$T = \frac{2\pi}{n}$	$x_n(t) = \sin nt$
$\omega =$	$f = 100$	$T =$	$x(t) =$

(2) 電波の周波数と波長

電波も光も電磁波の1種類なので、その速さは光の速さと同じです。(毎秒 万キロメートルでした。)電波の速さと周波数、波長の間には次のような関係が成り立ちます。

--



(3) 周波数 (振動数) とは、「1秒間に送り出せる波の数」を意味します。単位は、「ヘルツ (Hz)」を使うので、100MHz といったら、1秒間に  $100 \times 10^6$  個の波を送り出すことになります。

**問題** 100MHz の電波の波長は何メートルか？計算して求めなさい。

(4) 変調

情報を電波に乗せるために電気信号に変換することを「変調」と呼んでいます。電波は波の性質を持っているので、振幅、周期、位相が異なると別の波になります。そこで、それらを伝えたい情報量に従って変化させることでそれらを電波に乗せて伝えることが出来るのです。情報を位相も振幅もそろった正弦波の電波 (搬送波と呼ぶ) に乗せることを変調と呼びます。

**問題** 振幅、周期、位相のそれぞれに1ビットずつ情報を割り当てる様子を正弦波を用いて説明せよ。

(5) 変調の種類

入力信号に対応して、アナログ変調とデジタル変調の2つがあり、変調方式には、振幅変調 (AM: Amplitude modulation)、周波数変調 (FM: Frequency modulation)、位相変調 (PM: Phase modulation) があります。もともと、ラジオ放送とテレビ放送が発明された時には、どちらも振幅変調であったようです。その後、周波数変調がラジオ放送で採用され、その後テレビ放送でも利用されるようになりました。現在の地上波デジタル放送とは、この「デジタル変調方式」によって送信しているテレビ放送のことを指します。つまり、変調方式が「アナログ変調」から「デジタル変調」へ移行したということです。受信機はもちろん買い換えるか、コンバータを必要とします。

(入力信号) \ 変調方式			
アナログ変調 (アナログ信号)			
デジタル変調 (デジタル信号)	(振幅偏移変調)	(周波数偏移変調)	(位相偏移変調)