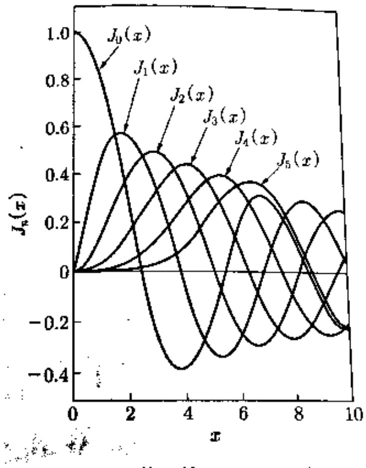
11/21 提出用

nが 0 または正の整数の時

$J_n(x)$は次の図の通り。



出典:教科書 71 頁 図 6-1

nが負の整数の時

$$J_n(x) = \left(\frac{x}{2}\right)^n \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m \left(\frac{x}{2}\right)^{2m}}{m!\,(n+m)!}$$

より、

$|J_n(x)| = |J_{-n}(x)|$

と考えてよい

出典:教科書 72 頁 式 6-8

図より

$$|J_5(4)| = 0.13$$
$$|J_4(4)| = 0.28$$
$$|J_3(4)| = 0.43$$
$$|J_2(4)| = 0.36$$
$$|J_1(4)| = 0.07$$
$$|J_0(4)| = 0.40$$

であるため、

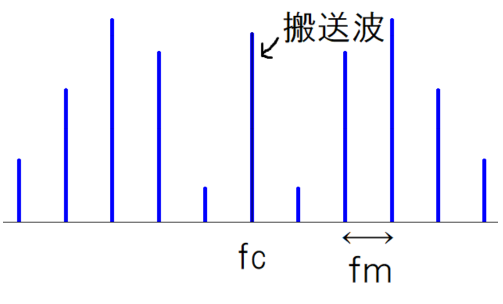
$$|J_{-5}(4)| = 0.13$$
$$|J_{-4}(4)| = 0.28$$
$$|J_{-3}(4)| = 0.43$$
$$|J_{-2}(4)| = 0.36$$
$$|J_{-1}(4)| = 0.07$$

ともいえる。
ここで、

$$f_{FM}(t) = A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(m_{FM}) \cos\left(2\pi(f_c + nf_m)t + \frac{n\pi}{2}\right)$$

出典:教科書 70 頁 式 6-7

であり、周波数変調波は、周波数$f_c + nf_m$で振幅$A_c|J_n(m_{FM})|$の正弦波を合成したものであるといえる。よって、スペクトルは



となる。

補足:

$$f_{FM}(t) = A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(m_{FM}) \cos\left(2\pi(f_c + nf_m)t + \frac{n\pi}{2}\right)$$

出典:教科書 70 頁 式 6-7

より、

$f_{FM}(t)$をフーリエ変換した$F_{FM}(f)$は

$$F_{FM}(f) = A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} J_n(m_{FM}) \cos\left(2\pi(f_c + nf_m)t + \frac{n\pi}{2}\right) e^{-j2\pi ft} \mathrm{d}t$$

であるが、

$$J_n(m_{FM}) \cos\left(2\pi(f_c + nf_m)t + \frac{n\pi}{2}\right)$$

は周波数$f_c + nf_m$で振幅$|J_n(m_{FM})|$の正弦波そのもの

なので、

$$F_{FM}(f) = A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} |J_n(m_{FM})|(f_c + nf_m)$$