

第5章：周波数応答

5.3 ボード線図

キーワード：ボード線図, ゲイン曲線  
位相曲線

学習目標：ボード線図を用いて周波数特性を図式的に表すことができるようになる。

1

5 周波数応答

5.3 ボード線図

周波数  $\omega$  に対し  $\begin{cases} |G(j\omega)| \text{ の変化を表すゲイン曲線} \\ \angle G(j\omega) \text{ の変化を表す位相曲線} \end{cases}$

横軸：周波数  $\omega$  を対数目盛り  $\omega_2 = 10\omega_1$  1 デカード(dec)

縦軸：ゲイン曲線  $20 \log_{10} |G(j\omega)|$  デシベル値(dB)

位相曲線 ( $^\circ$ ) 度

絶対値	0.1	1	$\sqrt{2}$	2	10	100
デシベル値	-20 dB	0 dB	3 dB	6 dB	20 dB	40 dB

2

積分系  $G(j\omega) = \frac{1}{j\omega}$

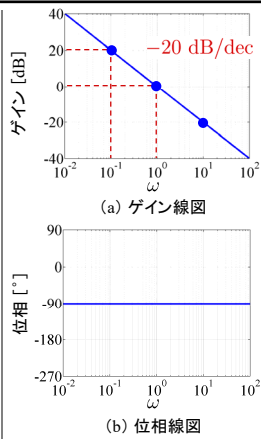
ゲイン(デシベル値)

$$20 \log |G(j\omega)| = 20 \log \left| \frac{1}{j\omega} \right| = 20 \log \frac{1}{|\omega|} = -20 \log |\omega|$$

$$\begin{cases} \omega = 0.1 & -20 \log 0.1 = -20 \times (-1) = 20 \text{ dB} \\ \omega = 1 & -20 \log 1 = -20 \times 0 = 0 \text{ dB} \\ \omega = 10 & -20 \log 10 = -20 \times 1 = -20 \text{ dB} \end{cases}$$

位相

$$\angle G(j\omega) = \angle \frac{1}{j\omega} = \angle \frac{1}{j} = \angle 1 - \angle j = 0^\circ - 90^\circ = -90^\circ$$



3

2重積分系  $G(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2}$

ゲイン(デシベル値)

$$20 \log \frac{1}{|(j\omega)^2|} = 20 \log \frac{1}{\omega^2} = 20 \log \omega^{-2} = -40 \log |\omega|$$

位相

$$\angle G(j\omega) = \angle \frac{1}{j^2} = \angle 1 - \angle j^2 = 0^\circ - 180^\circ = -180^\circ$$

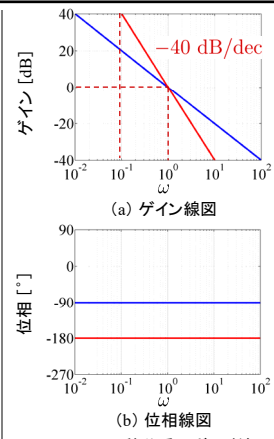


図 5.6 積分系のボード線図

1次系  $G(j\omega) = \frac{1}{1+j\omega T}$

ゲイン(デシベル値)

$$20 \log |G(j\omega)| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1+(\omega T)^2}}$$

位相

$$\angle G(j\omega) = \angle 1 - \angle(1+j\omega T) \overset{\text{Im}}{\text{Re}} = -\angle(1+j\omega T)$$

$$\omega T \ll 1 \quad G(j\omega) \approx 1$$

$$\omega T \gg 1 \quad G(j\omega) \approx \frac{1}{j\omega T}$$

$$\begin{cases} \omega T \ll 1 & 20 \log |G| \approx 20 \log 1 = 0 \text{ dB} \\ & \angle G = 0^\circ \\ \omega T = 1 & 20 \log |G| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{2}} = -3 \text{ dB} \\ & \angle G = -45^\circ \\ \omega T \gg 1 & 20 \log |G| \approx -20 \log |\omega T| \text{ dB} \\ & \angle G \approx -90^\circ \end{cases}$$

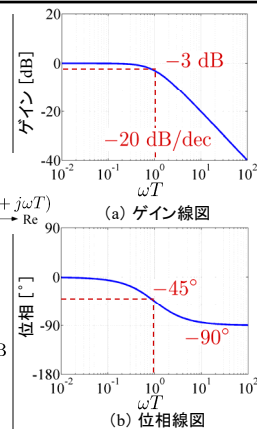


図 5.7 1次系のボード線図5

折れ線近似

(ゲイン) 0 dB と -20 dB/dec の2本の直線

(位相)  $\omega \leq \frac{0.2}{T}$  で  $0^\circ$

$\omega \geq \frac{5}{T}$  で  $-90^\circ$

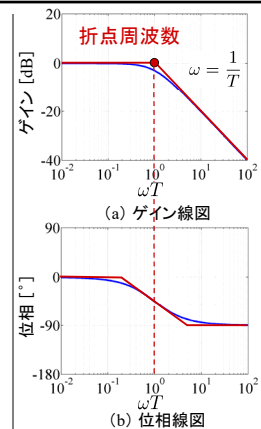
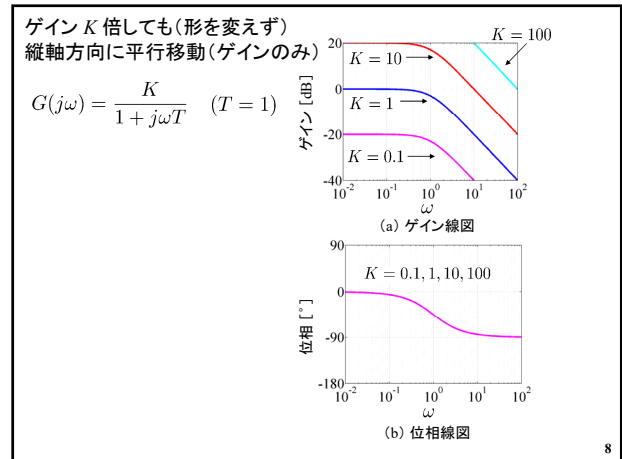
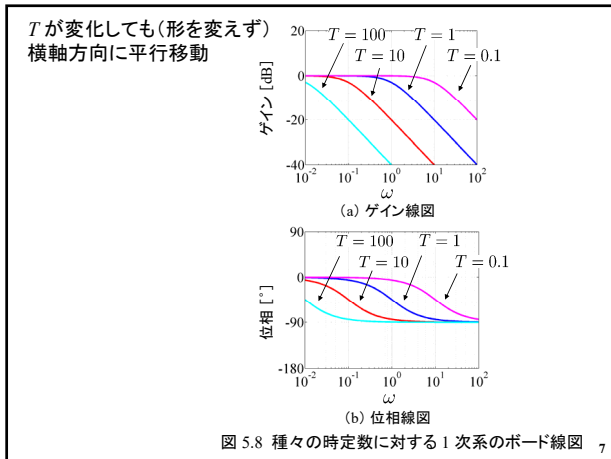


図 5.7 1次系のボード線図6



## 第5章:周波数応答

### 5.3 ボード線図

キーワード: **ボード線図**, **ゲイン曲線**  
**位相曲線**

学習目標: **ボード線図を用いて周波数特性を図式的に表すことができるようになる。**