

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。**

5 周波数応答

5.3 ボード線図

周波数 ω 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 ω 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

積分系 $G(j\omega) = \frac{1}{j\omega}$

ゲイン(デシベル値)

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

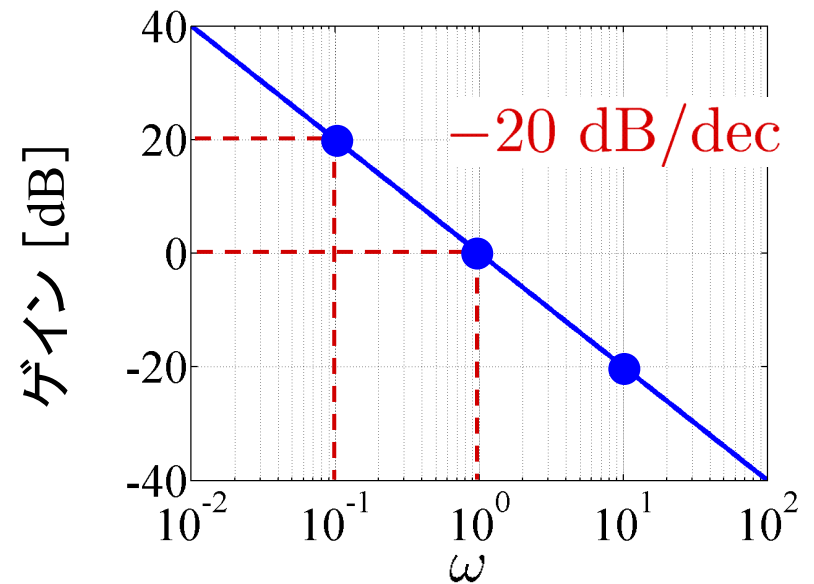
$$= 20 \log \frac{1}{|\omega|} = -20 \log |\omega|$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega = 0.1 \\ -20 \log 0.1 = -20 \times (-1) = 20 \text{ dB} \\ \omega = 1 \\ -20 \log 1 = -20 \times 0 = 0 \text{ dB} \\ \omega = 10 \\ -20 \log 10 = -20 \times 1 = -20 \text{ dB} \end{array} \right.$$

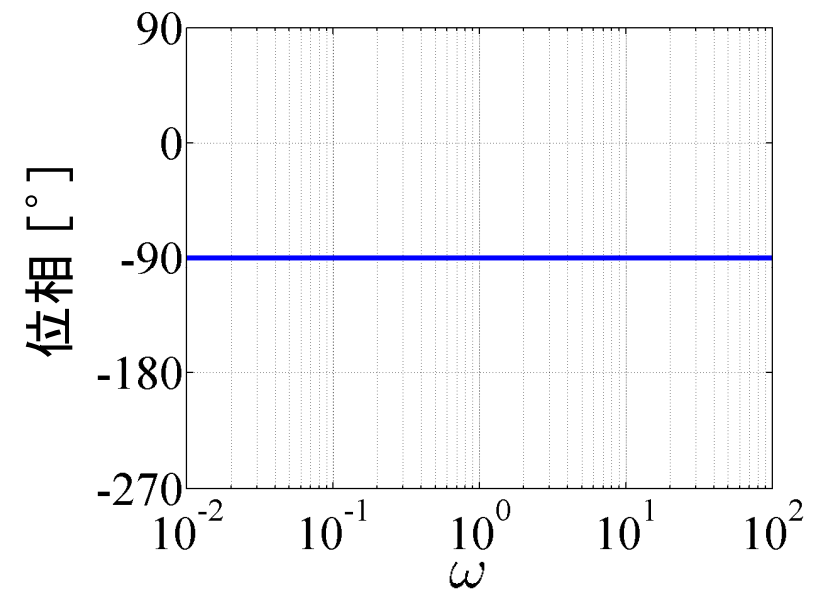
位相

$$\angle G(j\omega) = \angle \frac{1}{j\omega} = \angle \frac{1}{j} = \angle 1 - \angle j$$

$$= 0^\circ - 90^\circ = -90^\circ$$



(a) ゲイン線図



(b) 位相線図

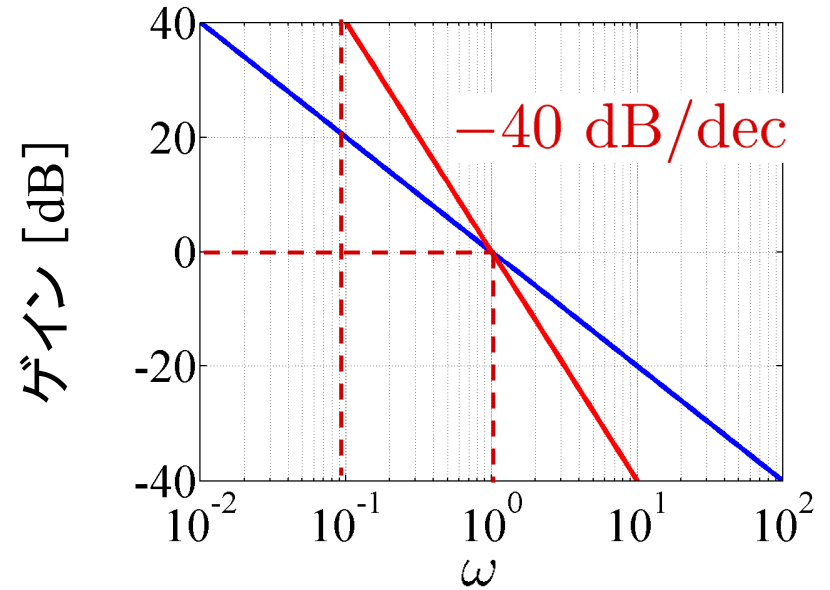
2重積分系 $G(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2}$

ゲイン(デシベル値)

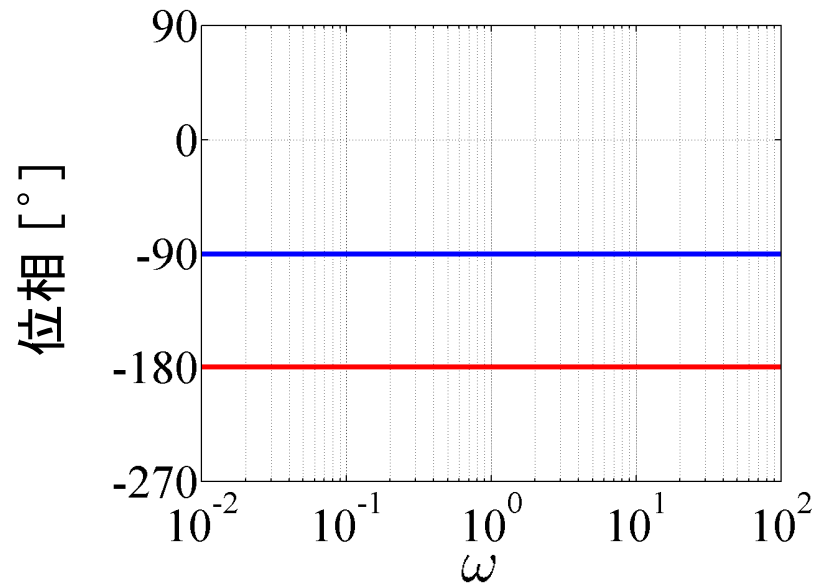
$$\begin{aligned} 20 \log \frac{1}{|(j\omega)^2|} &= 20 \log \frac{1}{\omega^2} \\ &= 20 \log \omega^{-2} = -40 \log |\omega| \end{aligned}$$

位相

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



(a) ゲイン線図



(b) 位相線図

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)

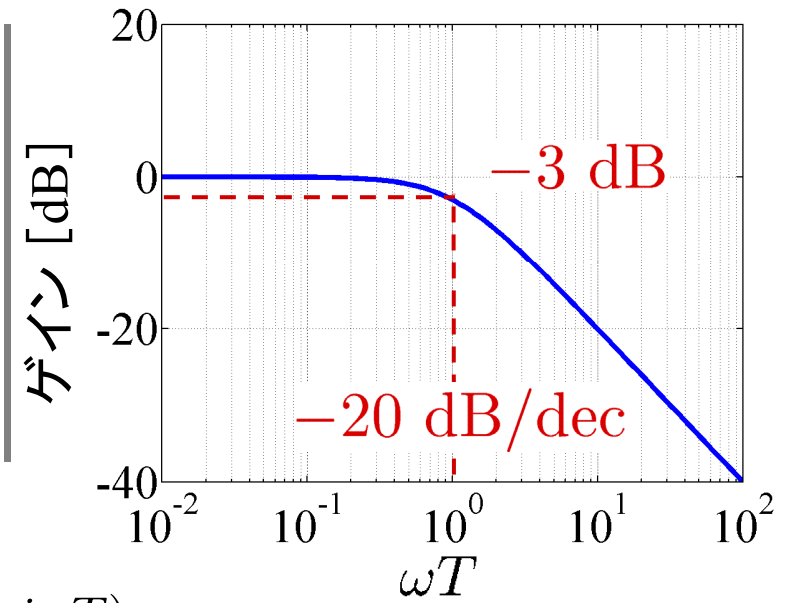
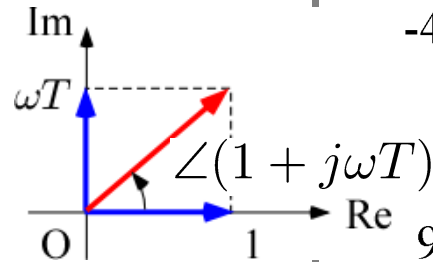
$$20 \log |G(j\omega)| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}}$$

位相

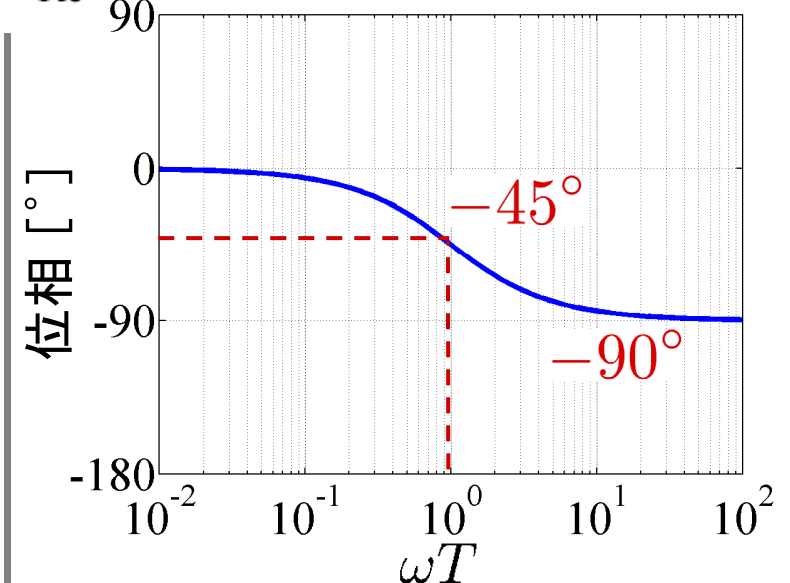
$$\begin{aligned} \angle G(j\omega) &= \angle 1 - \angle(1 + j\omega T) \\ &= -\angle(1 + j\omega T) \end{aligned}$$

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

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



(a) ゲイン線図



(b) 位相線図

$$\left[\begin{array}{l} \omega T \ll 1 \quad 20 \log |G| \approx 20 \log 1 = 0 \text{ dB} \\ \quad \quad \quad \angle G = 0^\circ \\ \omega T = 1 \quad 20 \log |G| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{2}} = -3 \text{ dB} \\ \quad \quad \quad \angle G = -45^\circ \\ \omega T \gg 1 \quad 20 \log |G| \approx -20 \log |\omega T| \text{ dB} \\ \quad \quad \quad \angle G \approx -90^\circ \end{array} \right.$$

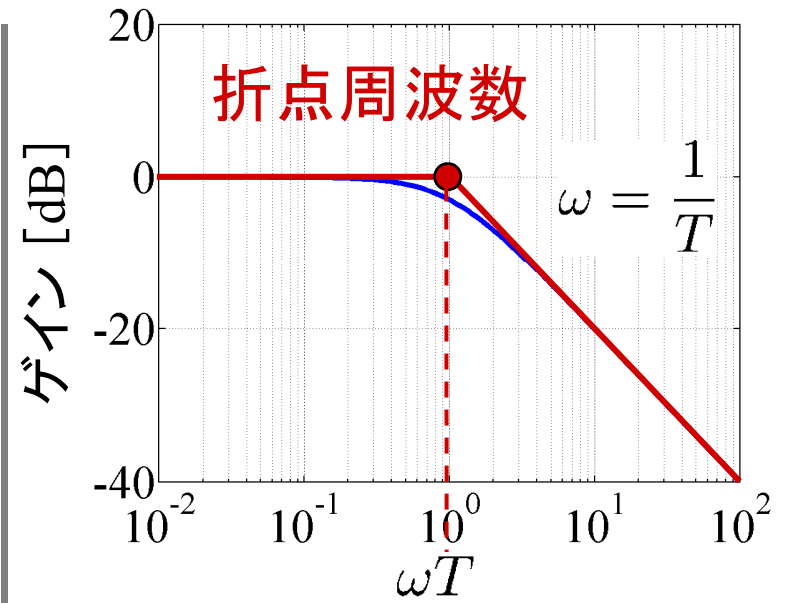
図 5.7 1 次系のボード線図₅

折れ線近似

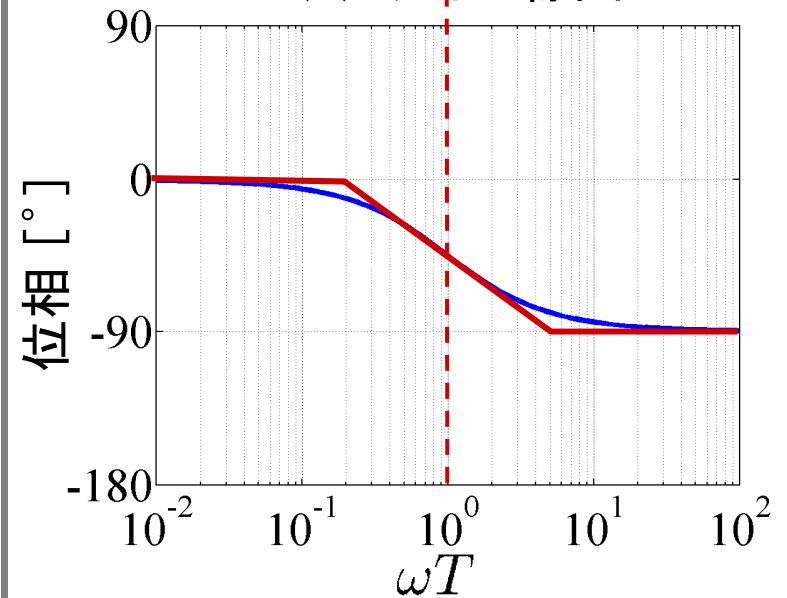
(ゲイン) 0 dB と -20 dB/dec
の 2 本の直線

(位相) $\omega \leq \frac{0.2}{T}$ で 0°

$\omega \geq \frac{5}{T}$ で -90°



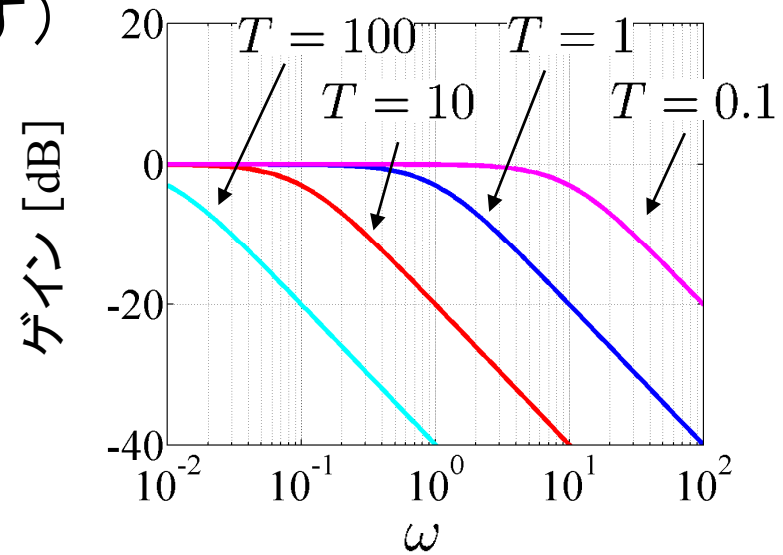
(a) ゲイン線図



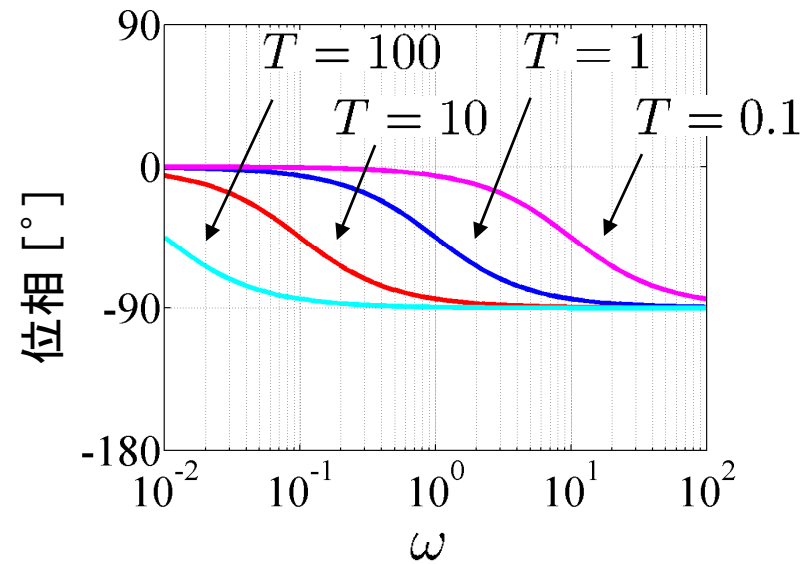
(b) 位相線図

図 5.7 1 次系のボード線図₆

T が変化しても(形を変えず)
横軸方向に平行移動



(a) ゲイン線図

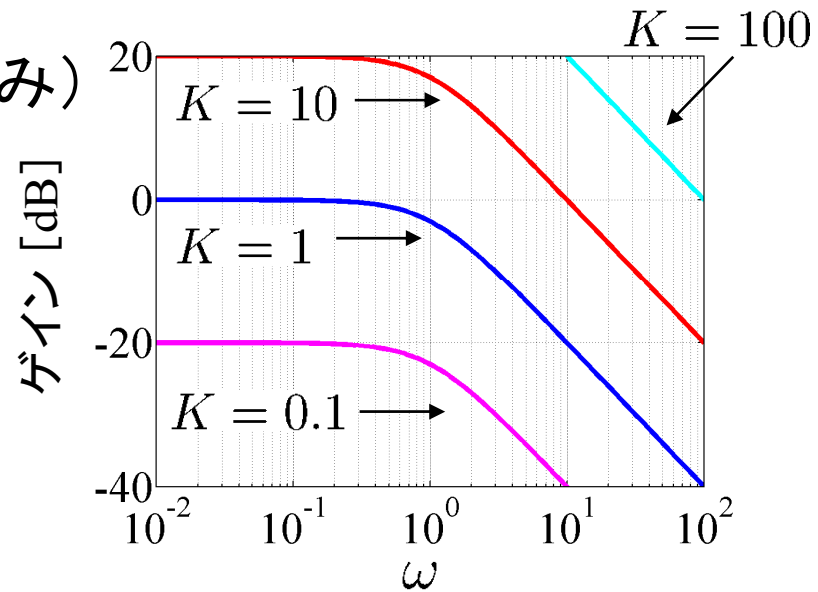


(b) 位相線図

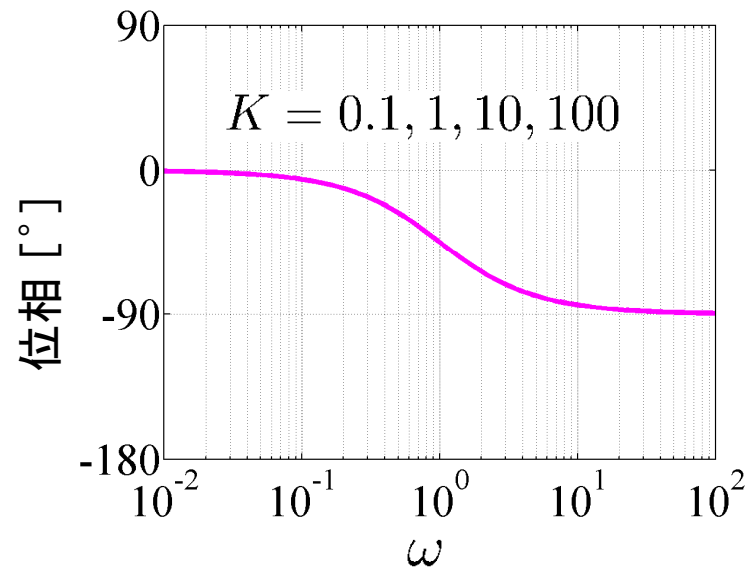
図 5.8 種々の時定数に対する 1 次系のボード線図 7

ゲイン K 倍しても(形を変えず)
縦軸方向に平行移動(ゲインのみ)

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



(a) ゲイン線図



(b) 位相線図

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。**