

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 $\begin{cases} |G(j\omega)| \text{ の変化を表す } \mathbf{ゲイン曲線} \\ \angle G(j\omega) \text{ の変化を表す } \mathbf{位相曲線} \end{cases}$

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

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

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

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

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

(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
 $\angle G(j\omega) = \angle 1 - \angle(1+j\omega T)$
 $= -\angle(1+j\omega T)$

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

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

(a) ゲイン線図
 (b) 位相線図

図 5.7 1次系のボード線図

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°

折点周波数

(a) ゲイン線図
 (b) 位相線図

図 5.7 1次系のボード線図

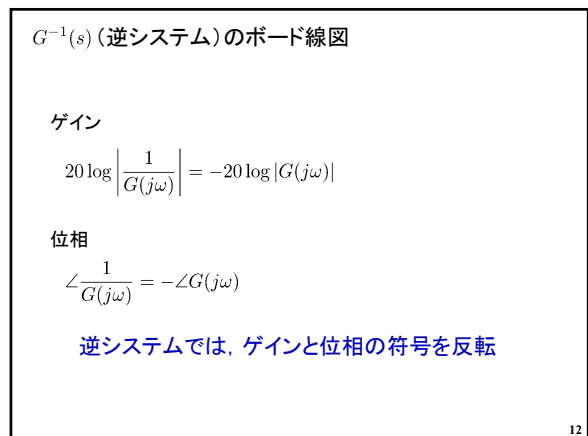
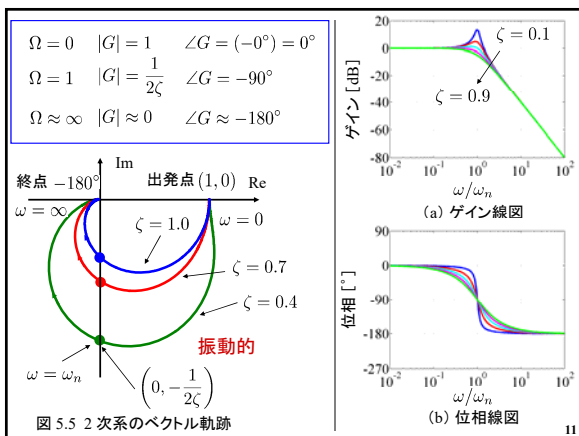
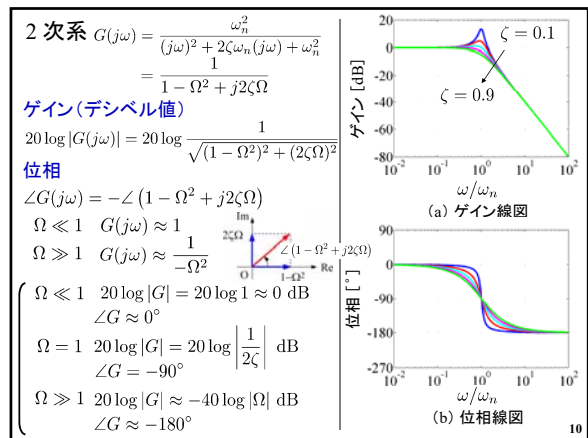
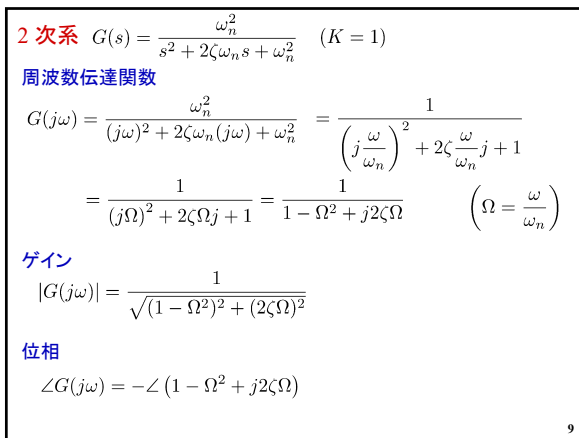
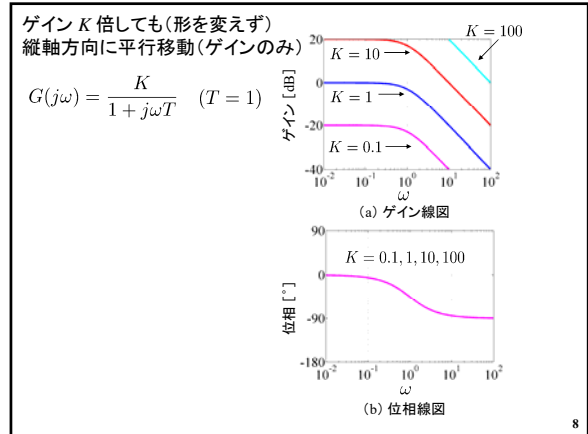
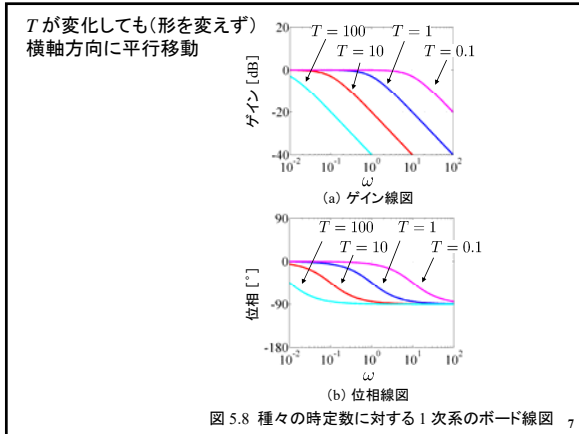
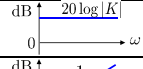

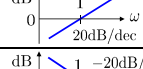
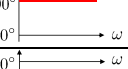
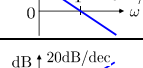
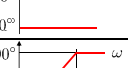
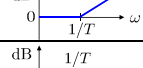
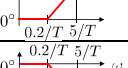
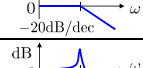
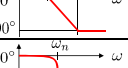
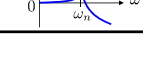
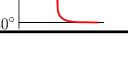


表 5.1 基本要素のボード線図

| $G(s)$ | ゲイン曲線 | 位相曲線 |
|--|---|---|
| K |  |  |
| s |  |  |
| $\frac{1}{s}$ |  |  |
| $Ts + 1$ |  |  |
| $\frac{1}{Ts + 1}$ |  |  |
| $\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ |  |  |

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。