

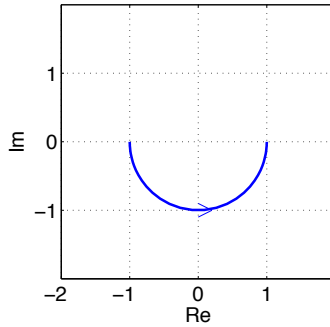
問題 2.

次いで, $\omega = 0, 1, \infty$ についてゲインと位相を求めると, 次のようになる.

$$\omega = 0; |P(j0)| = 1, \angle P(j0) = -180 \text{ [deg]} \quad (6)$$

$$\omega = 1; |P(j1)| = 1, \angle P(j1) = -90 \text{ [deg]} \quad (7)$$

$$\omega \rightarrow \infty; |P(j\infty)| = 1, \angle P(j\infty) \rightarrow 0 \text{ [deg]} \quad (8)$$



Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 2.

問 3. 一巡伝達関数の周波数伝達関数 $L(j\omega)$ は, 以下で与えられる.

$$L(j\omega) = kP(j\omega)C(j\omega) = \frac{k(1+j\omega)}{(-1+j\omega)(2+j\omega)} \quad (12)$$

これより, $|L(j\omega)|$ および $\angle L(j\omega)$ は以下で与えられる.

$$|L(j\omega)| = |k||P(j\omega)||C(j\omega)| = k \cdot 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{4+\omega^2}} = \frac{k}{\sqrt{4+\omega^2}} \quad (13)$$

$$\angle L(j\omega) = \angle k + \angle P(j\omega) + \angle C(j\omega) \quad (14)$$

$$= -\pi + 2 \tan^{-1} \omega - \tan^{-1} \frac{\omega}{2} \quad (15)$$

Navigation icons: back, forward, search, etc.

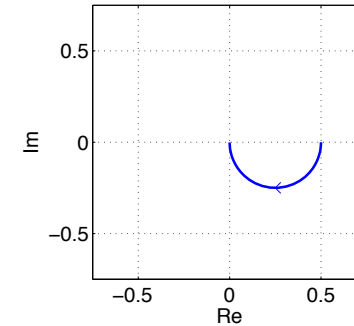
問題 2.

問 2. 問 1. と同様に, $|C(j\omega)|$ と $\angle C(j\omega)$ は次のように求められる.

$$|C(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{4+\omega^2}} \quad (9)$$

$$\angle C(j\omega) = -\angle(2+j\omega) \quad (10)$$

$$= -\tan^{-1} \frac{\omega}{2} \quad (11)$$



Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 2.

問 4. ゲイン交差角周波数は, $|L(j\omega)| = 1$ となる角周波数である.

$$|L(j\omega)| = \frac{k}{\sqrt{4+\omega^2}} = 1 \quad (16)$$

$$\omega_{gc} = \sqrt{k^2 - 4} \quad (17)$$

問 5. $k = 3$ より, $\omega_{gc} = \sqrt{5}$ を得る.

$$\angle L(j\sqrt{5}) = -\pi + 2 \tan^{-1} \sqrt{5} - \tan^{-1} \frac{\sqrt{5}}{2} = -96.4 \text{ [deg]} \quad (18)$$

Navigation icons: back, forward, search, etc.

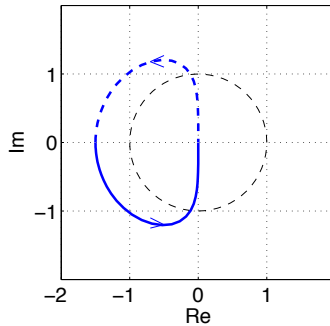
問題 2.

問 6. $\omega = 0, 1, \infty$ でのゲインと位相は、それぞれ次のようになる。

$$\omega = 0; \quad |L(j0)| = \frac{3}{2}, \quad \angle L(j0) = -180 \text{ [deg]} \quad (19)$$

$$\omega = 1; \quad |L(j1)| = \frac{3}{\sqrt{5}}, \quad \angle L(j1) = -116.5 \text{ [deg]} \quad (20)$$

$$\omega \rightarrow \infty; \quad |L(j\infty)| \rightarrow 0, \quad \angle L(j\infty) \rightarrow -90 \text{ [deg]} \quad (21)$$

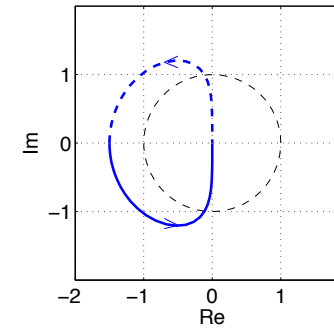


Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 2.

- 点 $(-1, 0)$ を反時計方向に 1 回転: $N = -1$.
- $L(s)$ の実部が正である極 (不安定極) の数: $H = 1$.
- 閉ループ系の不安定極の数: $Z = N + H = -1 + 1 = 0$.

$Z = 0$ であるから, $k = 3$ において閉ループ系は安定.



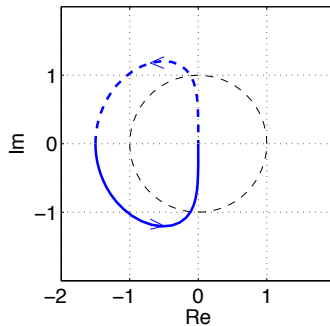
Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 2.

問 7. $L(s)$ のナイキスト軌跡は, $\omega = 0$ [rad/s] のとき負の実軸と交わる。

- $\omega = 0$ [rad/s] のとき $L(j0) = -\frac{k}{2}$.
- 安定性を保つためには $|L(j0)| > 1$ が必要.

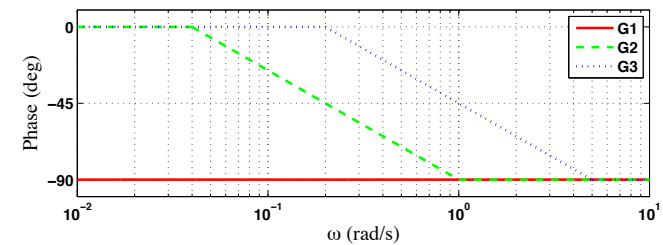
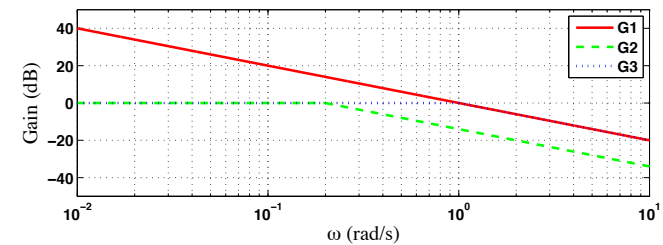
$$|L(j0)| = \left| -\frac{k}{2} \right| > 1 \Rightarrow \underline{k > 2 \text{ であれば, 制御系は安定となる.}}$$



Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 3.

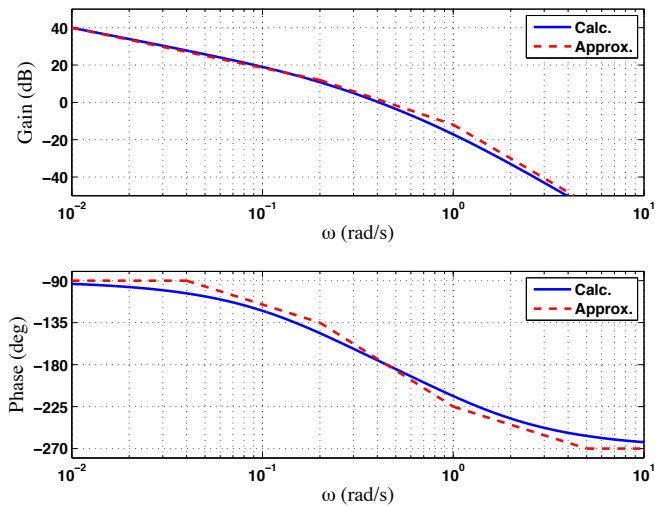
問 1. $G_1(s) = \frac{1}{s}$, $G_2(s) = \frac{1}{5s+1}$, $G_3(s) = \frac{1}{s+1}$ とおく.



Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 3.

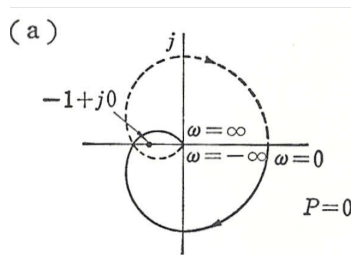
問 2. 問 1. の結果の重ね合わせから, $L(s)$ の Bode 線図が得られる.



Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 4.

(a) $N = 2, P = 0$ より, 閉ループ系の不安定極の数は $Z = N + P = 2$. したがって, フィードバック制御系は不安定.



Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 3.

問 3. 問 2. の結果から, 位相交差角周波数 $\omega_{pc} = 0.45$ [rad/s] を読み取る.

$$L(j\omega) = \frac{1}{j\omega} \frac{1}{j\omega + 1} \frac{1}{5j\omega + 1} \quad (22)$$

$$|L(j\omega)| = \frac{1}{\omega} \frac{1}{\sqrt{\omega^2 + 1}} \frac{1}{\sqrt{25\omega^2 + 1}} \quad (23)$$

$$|L(0.45j)| = \frac{1}{0.45} \frac{1}{\sqrt{0.45^2 + 1}} \frac{1}{\sqrt{25 \times 0.45^2 + 1}} \approx 0.82 \quad (24)$$

$$20 \log |L(0.45j)| \approx 20 \log |0.82| = -1.7 \text{ [dB]} \quad (25)$$

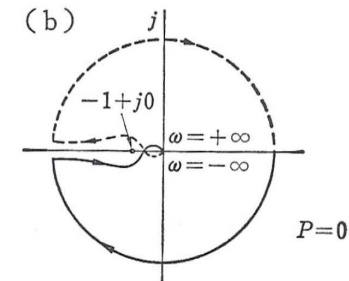
ゲイン余裕 GM = 10 [dB] とする K:

$$K = -10 - (-1.7) = -8.3 \text{ [dB]} = 10^{-8.3/20} = 0.38 \quad (26)$$

Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 4.

(b) $N = 0, P = 0$ より, 閉ループ系の不安定極の数は $Z = N + P = 0$. したがって, フィードバック制御系は安定.



Navigation icons: back, forward, search, etc.

問題 4.

(c) $N = 0, P = 0$ より, 閉ループ系の不安定極の数は $Z = N + P = 0$. したがって, フィードバック制御系は安定.

