

問題 1. 制御対象 $P(s) = \frac{1}{10(s+1)^2}$ に対するフィードバックコントローラ的设计を考える. 以下の間に答えなさい.

問 1. 開ループ特性 $L_0(s) = P(s)$ を Fig. 1(a) に, 対応するステップ応答 $y_0(t)$ を Fig. 1(b) に示す.

- (1) 低周波数ゲイン $\lim_{\omega \rightarrow 0} |L_0(j\omega)|$ を求めなさい.
- (2) 出力の最終値 $\lim_{t \rightarrow \infty} y_0(t)$ を求めなさい.

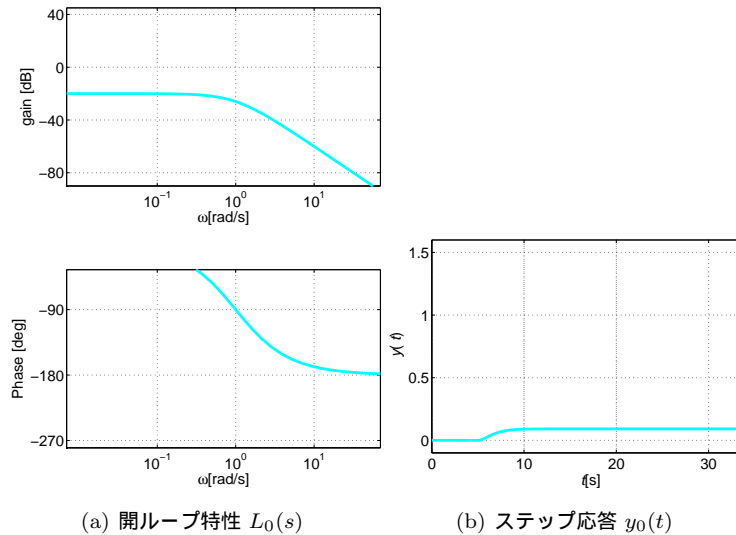


Fig. 1: 開ループ特性 $L_0(s)$ と対応するステップ応答 $y_0(t)$

問 2. 積分補償器 $C_1(s) = \frac{1}{s}$ を適用する. 開ループ特性 $L_1(s) = P(s)C_1(s)$ を Fig. 2(a) に, 対応するステップ応答 $y_1(t)$ を Fig. 2(b) に示す.

- (1) ゲイン交差角周波数, 位相余裕, 低周波数ゲイン $\lim_{\omega \rightarrow 0} |L_1(j\omega)|$ を求めなさい.
- (2) 出力の最終値 $\lim_{t \rightarrow \infty} y_1(t)$ を求めなさい.
- (3) $y_0(t)$ と $y_1(t)$ を比較すると, $y_0(t)$ には定常偏差が生じている. この理由を, $L_0(s)$ と $L_1(s)$ の開ループ特性の違いにもとづき説明しなさい.

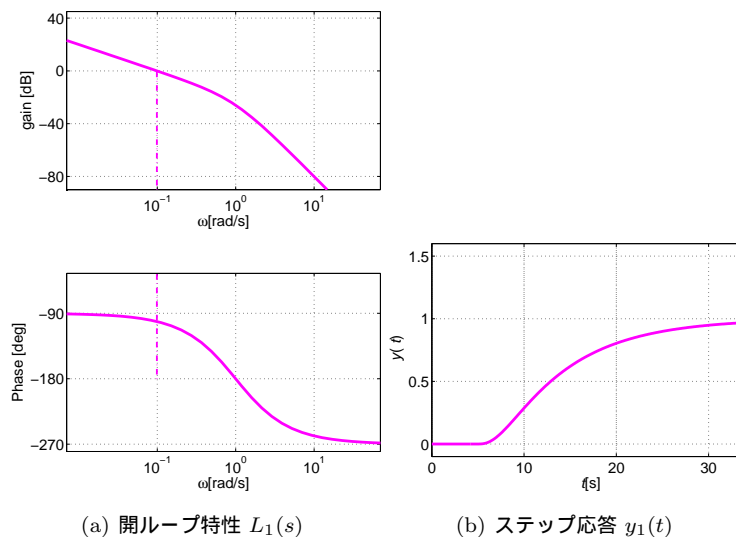


Fig. 2: 開ループ特性 $L_1(s)$ と対応するステップ応答 $y_1(t)$

問 3. $C_1(s)$ に比例補償を加え, $C_2(s) = 10 \times C_1(s)$ を新たな補償器とする. 開ループ特性 $L_2(s) = P(s)C_2(s)$ を Fig. 3(a) に, 対応するステップ応答 $y_2(t)$ を Fig. 3(b) に示す.

- (1) ゲイン交差角周波数, 位相余裕, 低周波数ゲイン $\lim_{\omega \rightarrow 0} |L_2(j\omega)|$ を求めなさい.
- (2) $y_1(t)$ と $y_2(t)$ を比較すると, $y_2(s)$ の方が速応性に優れている. この理由を, $L_1(s)$ と $L_2(s)$ の開ループ特性の違いにもとづき説明しなさい.

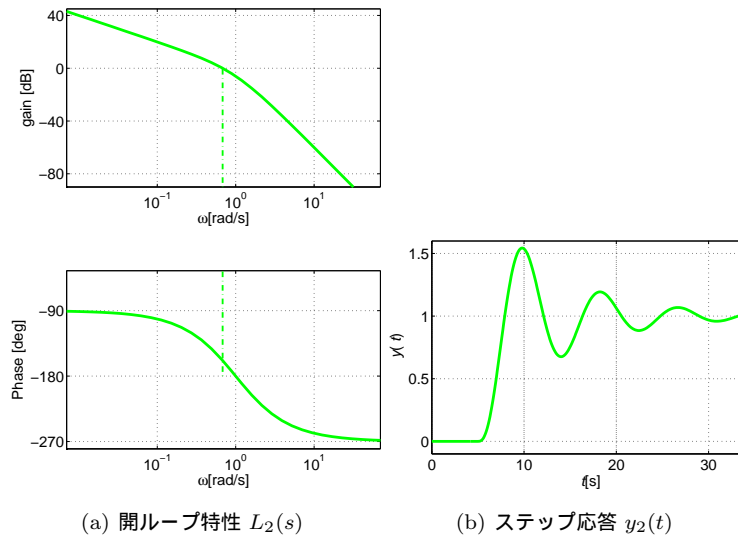


Fig. 3: 開ループ特性 $L_2(s)$ と対応するステップ応答 $y_2(t)$

問 4. $C_2(s)$ に PD (位相進み) 補償を加え, $C_3(s) = \frac{\omega_3}{\omega_4} \frac{s + \omega_4}{s + \omega_3} \times C_2(s)$, $\omega_3 = 10$, $\omega_4 = 1$ を新たな補償器とする. 開ループ特性 $L_3(s) = P(s)C_3(s)$ を Fig. 4(a) に, 対応するステップ応答 $y_3(t)$ を Fig. 4(b) に示す.

- (1) ゲイン交差角周波数, 位相余裕, 低周波数ゲイン $\lim_{\omega \rightarrow 0} |L_3(j\omega)|$ を求めなさい.
- (2) $y_2(t)$ と $y_3(t)$ を比較すると, $y_3(t)$ は $y_2(t)$ に見られた振動的な振る舞いが抑制されており, 安定性が改善されたといえる. この理由を, $L_2(s)$ と $L_3(s)$ の開ループ特性の違いにもとづき説明しなさい.

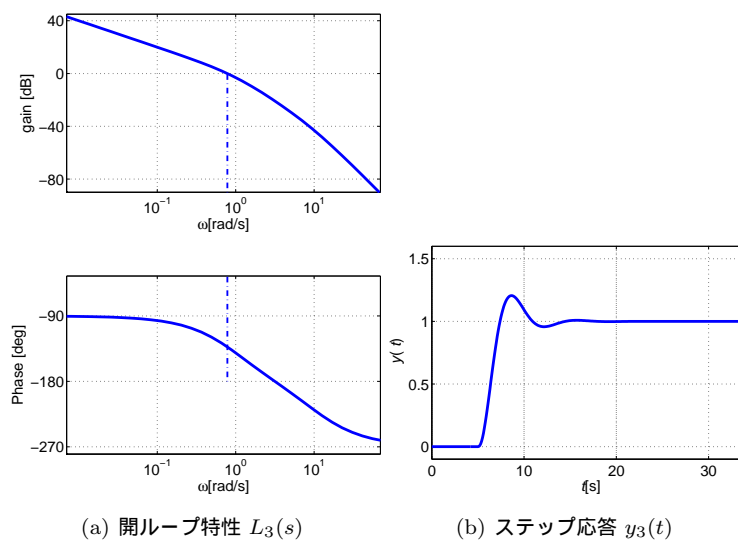


Fig. 4: 開ループ特性 $L_3(s)$ と対応するステップ応答 $y_3(t)$

問題 2. 制御対象 $P(s) = \frac{1}{10s(s+1)}$ に対するフィードバックコントローラ的设计を考える. 以下の問に答えなさい¹.

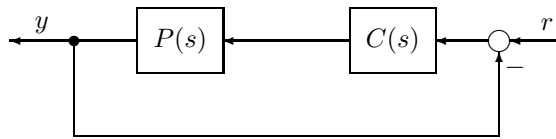


Fig. 5: フィードバック制御系

問 1. $P(s)$ の Bode 線図を, 折れ線近似により描きなさい.

問 2. 問 1 の結果にもとづき, ゲイン交差角周波数, 位相余裕を求めなさい.

問 3. 比例補償器 $C_1(s) = K$ を適用する. 開ループ $L_1(s) = P(s)C_1(s)$ のゲイン交差角周波数 $10^0 (= 1)$ [rad/s], 位相余裕 45 [deg] を確保したい. K の値を定めなさい.

問 4. 問 3 の結果にもとづき, この制御系の開ループ特性 $L_1(s)$ を, 折れ線近似により描きなさい.

問 5. $C_1(s)$ に PI (位相遅れ) 補償を加え, $C_2(s) = \frac{Ts+1}{Ts} \times C_1(s)$, $T = 10$ を新たな補償器とする. $C_2(s)$ の Bode 線図を, 折れ線近似により描きなさい.

問 6. この制御系の開ループ特性 $L_2(s) = P(s)C_2(s)$ を, 折れ線近似により描きなさい.

問 7. 問 6 の結果にもとづき, ゲイン交差角周波数, 位相余裕を求めなさい.

¹グラフ用紙は, 講義 HP からダウンロードしてください