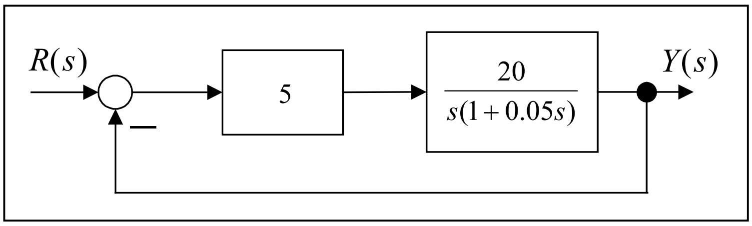
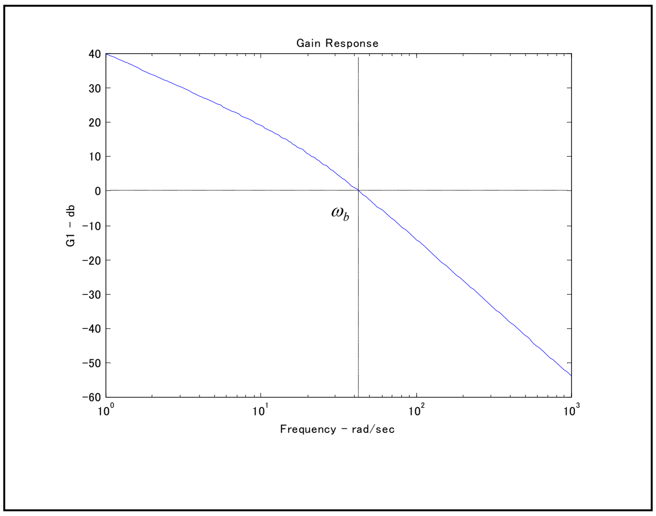


開ループ伝達関数 $G=\dfrac{100}{s(1+0.05s)}$

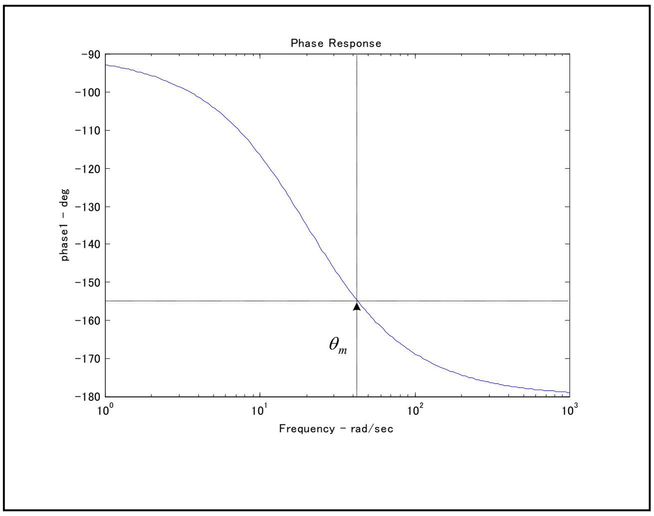
閉ループ伝達関数 $W=\dfrac{2000}{s^2+20s+2000}$ ，　固有角周波数 $\omega_n \cong 44.7$ ，　減衰係数 $\zeta \cong 0.22$

交差周波数 $\omega_b=\omega_n\sqrt{\sqrt{4\zeta^4+1}-2\zeta^2}$ ，

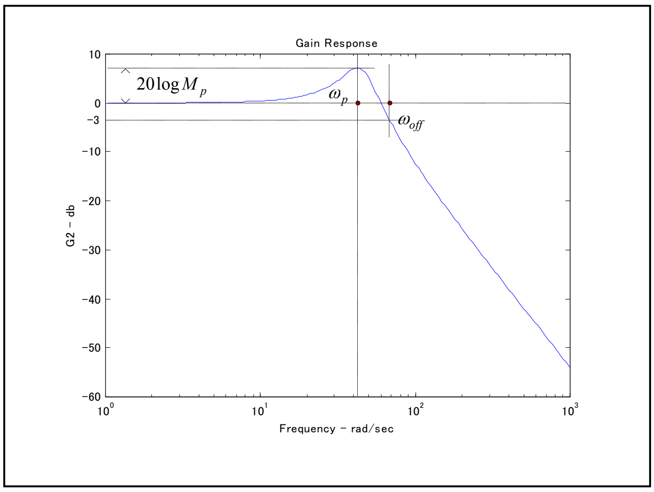
位相余裕 $\theta_m=90^o-\tan^{-1}\left(\dfrac{1}{2\zeta}\sqrt{\sqrt{4\zeta^4+1}-2\zeta^2}\right)=90^o-\tan^{-1}\left(\dfrac{\omega_b}{2\zeta\omega_n}\right)$



G の Bode 線図(ゲイン)　交差周波数 $\omega_b \cong 42.6$

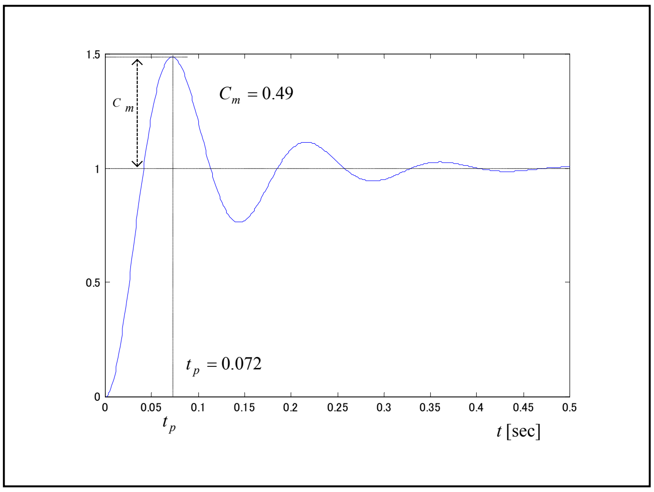


G の Bode 線図(位相)　位相余裕 $\theta_m \cong 24.8$ [deg]



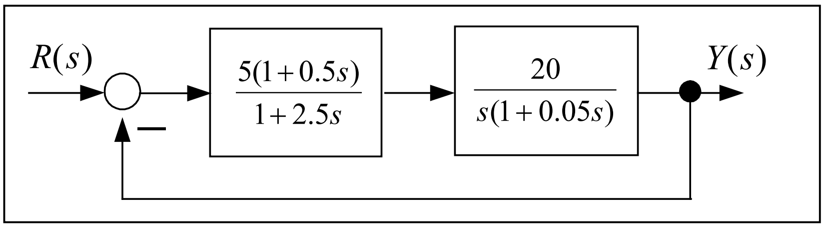
W の Bode 線図　ピークゲイン $M_p \cong 2.33$

$g_p=20\log M_p \cong 7.4$ [dB]



閉ループ系のステップ応答 (最大行過ぎ量 C_m =49%)

遅相補償例



開ループ伝達関数

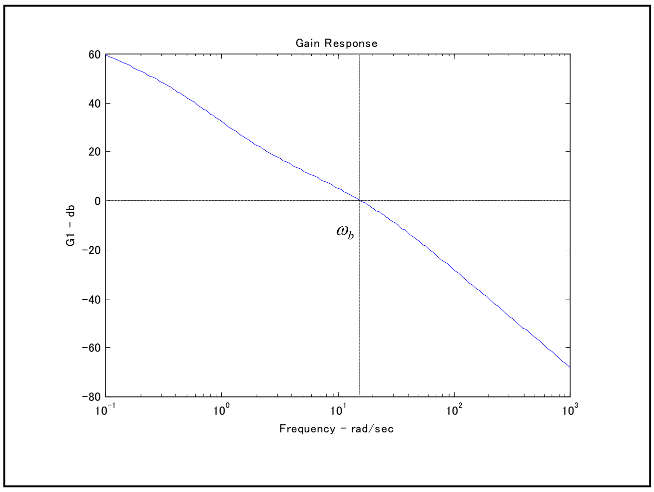
$$G=\frac{100(1+0.5s)}{s(1+0.05s)(1+2.5s)}$$

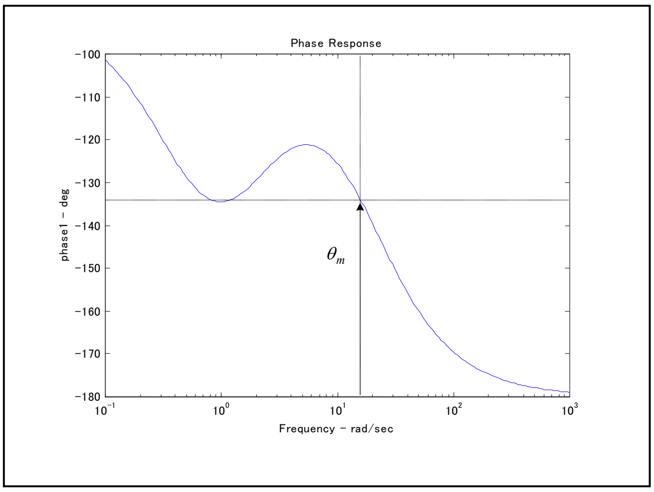
閉ループ伝達関数

$$W=\frac{G}{1+G}=\frac{100(1+0.5s)}{s(1+0.05s)(1+2.5s)+100(1+0.5s)}=\frac{50s+100}{0.125s^3+2.55s^2+51s+100}$$

$$=\frac{400(s+2)}{s^3+20.4s^2+408s+800}\cong\frac{400(s+2)}{(s+2.2)(s^2+18.2s+368)}$$

位相補償　遅相補償設計（位相余裕 45[deg]の設計）　確認用 Bode 線図

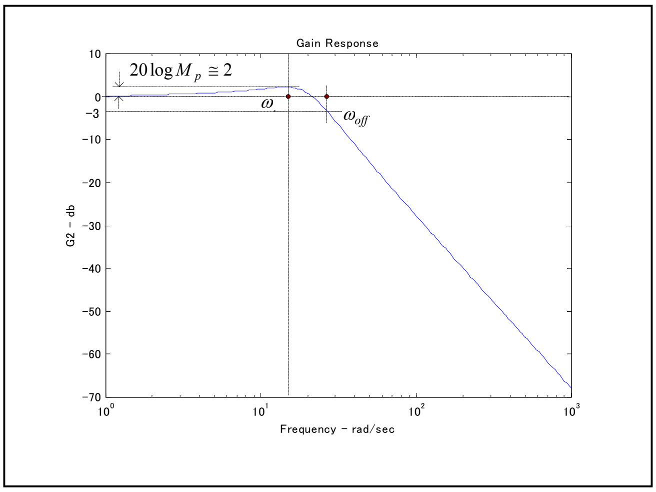


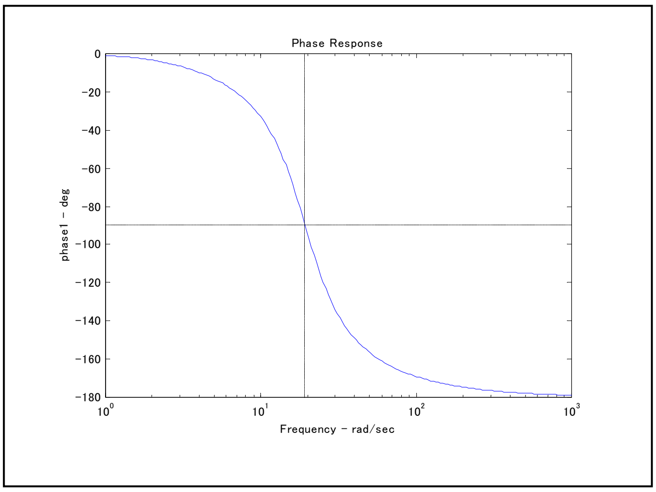


G の Bode 線図(ゲイン)　交差周波数 $\omega_b \cong 16$

G の Bode 線図(位相)　位相余裕 $\theta_m \cong 46$ [deg]

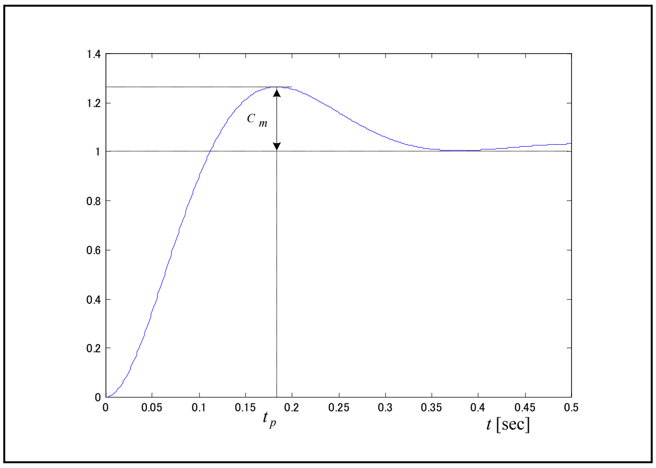
制御系設計後の閉ループ系の特性





W の Bode 線図　ピークゲイン $M_p \cong 1.26$

W の Bode 線図(位相)



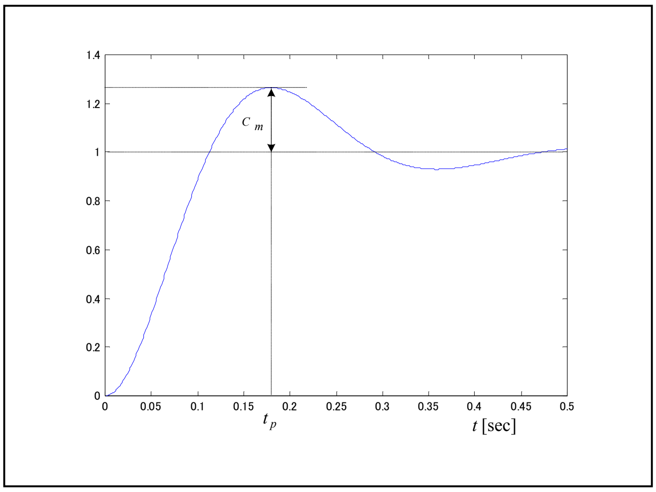
$$C_m = \exp x \quad , \quad x = -\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$\zeta = \sqrt{\frac{x^2}{\pi^2 + x^2}} \quad , \quad t_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}$$

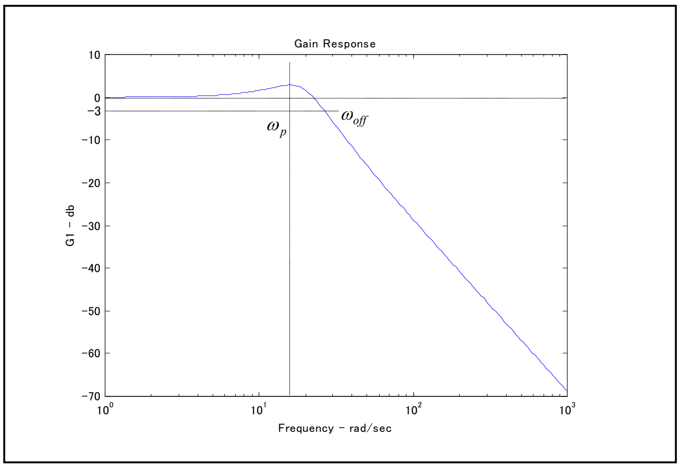
閉ループ系のステップ応答（最大行過ぎ量C_m =26%）

このステップ応答の最大行過ぎ量$C_m = 0.26$と最大行過ぎ時間$t_p = 0.18$ [sec]から近似系として 2 次系モデルを求める。上式より、$\zeta \cong 0.39$　$\omega_n \cong 19$が得られ、以下の近似伝達関数を得る。

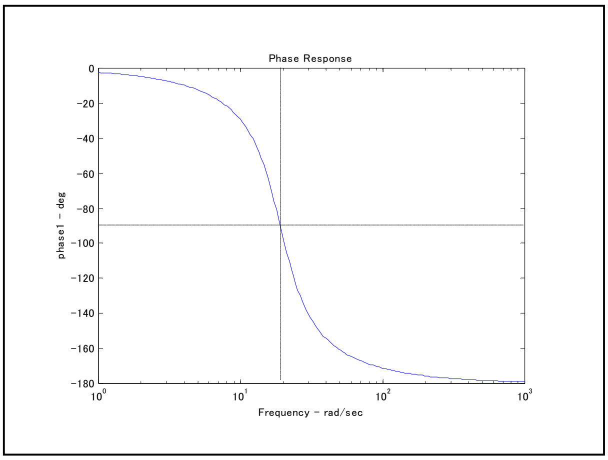
$$W_a = \frac{361}{s^2 + 14.8s + 361}$$



近似系のステップ応答



近似系W_aの Bode 線図



近似系W_aの Bode 線図(位相)