

教科書13章 175～178ページ

13.2.3 設計例の例13.1と例13.2のプログラムをMATLABで作成した。これらを以下に示す。

佐伯正美 広島大学
2014年5月10日

1) 例13.1

```
% パラメータ平面法；周波数応答に基づくPID制御器の設計
% sec13_2_example1.m M. Saeki May 2014
% 数値例1 KIを与え，(KP, KD)平面に領域を描画する
%% プラントの特性，alpha, betaなどの設定
clear all; close all
KI=0.65%積分ゲインの設定
axis_data=[-20 20 -10 20];
s=tf('s');
sysD=s/(1+0.01*s);%近似微分器
N=300;w=logspace(-2, 2, N);%サンプル周波数
M=100;th_vec=linspace(0, 2*pi, M);%楕円を描くパラメータtheta
for i=1:N
    alpha(i)=1.5;%重みalphaの設定
    if w(i)<3 beta(i)=9; else beta(i)=0.1; end%重みbetaの設定
end
sysP=(12*s+8)/(20*s^4+113*s^3+146*s^2+62*s+8)*exp(-s);%制御対象
[a, b]=nyquist(sysP, w);
Pinv=1/(a+sqrt(-1)*b);% Pinv(s)=1/P(s)
%% 安定領域の表示
figure(1)
for i=1:N
    KP_stb(i)=-real(Pinv(i));
    KD_stb(i)=(1/w(i))*(KI/w(i)-imag(Pinv(i)));
end
plot(KP_stb(:), KD_stb(:))
xlabel('K_P');ylabel('K_I');grid;axis(axis_data)
%% 感度制約を満たす領域の表示 % |S| < alpha
figure(2)
```

```

for k=1:M
    th=th_vec(k);
    for i=1:N
        ejth=exp(sqrt(-1)*th);
        KP_S(i)=real((-1+ejth/alpha(i))*Pinv(i));
        KD_S(i)=(1/w(i))*(KI/w(i)+imag((-1+ejth/alpha(i))*Pinv(i)));
    end
    plot(KP_S(:),KD_S(:),'r')
    hold on
end
xlabel('K_P');ylabel('K_D');axis(axis_data);grid
%% 相補感度制約を満たす領域の表示 % |T| < beta
figure(3)
for i=1:N
    for k=1:M
        th=th_vec(k);
        ejth=exp(sqrt(-1)*th);
        KP_T(k)=real(beta(i)/(ejth-beta(i))*Pinv(i));
        KD_T(k)=(1/w(i))*(KI/w(i)+imag(beta(i)/(ejth-beta(i))*Pinv(i)));
    end
    if beta(i)>1
        plot(KP_T(:),KD_T(:),'r')
    else
        plot(KP_T(:),KD_T(:),'b')
    end
    hold on
end
xlabel('K_P');ylabel('K_D');grid;axis(axis_data)
%% 設計結果 ; SとTのゲイン特性の表示
figure(4)
sysK=2+0.65/s+2.8*s/(1+0.01*s);% 上記の設計で得られたPID制御器
sysL=sysP*sysK;%一巡ループ伝達関数
[rL, iL]=nyquist(sysL, w);
for i=1:N
    L=rL(i)+sqrt(-1)*iL(i);
    gS(i)=1/abs(1+L);%感度関数

```

```

    gT(i)=abs(L/(1+L));%相補感度関数
end
semilogx(w, 20*log10(gS), 'k', w, 20*log10(gT), 'k', ...
    w, 20*log10(beta), 'r--', w, 20*log10(alpha), 'b--')
axis([0.01, 10, -40 20]);
xlabel('¥omega[rad/s]');ylabel('S and T');grid;

```

2) 例 13. 2

```

% 数値例2 KDを与え, (KP, KI)平面に領域を描画する
% sec13_2_example2.m M. Saeki May 2014
%% プラントの特性, alpha, betaなどの設定
clear all;close all
p=0.20
KD=0 %この例ではKD=0に固定
axis_data=[-3 7 -0.1 1];
s=tf('s');
sysD=s/(1+0.01*s);
nw=400;w=logspace(-3, 2, nw);
nth=100;th_vec=linspace(0, 2*pi, nth);
M=2;A=0.1;sysalpha=M*(s+p*A)/(s+M*p);%重み関数alpha(s)の設定
[alpha, temp]=bode(sysalpha, w);
for i=1:nw %重みbetaの設定 (数値例2ではbeta=10により緩い制約)
    if w(i) <10 beta(i)=10; else beta(i)=10; end
end
end
sysP_vec(1)=(12*s+8)/(20*s^4+113*s^3+146*s^2+62*s+8)*...
    exp(-0.2*s);%プラントP1
sysP_vec(2)=(7*s+8)/(20*s^4+113*s^3+130*s^2+62*s+6)*...
    exp(-0.3*s);%プラントP2
sysP_vec(3)=(10*s+8)/(10*s^4+113*s^3+146*s^2+55*s+10)*...
    exp(-0.1*s);%プラントP3
for sys_no=1:max(size((sysP_vec)))
sysP=sysP_vec(sys_no);
[a, b]=nyquist(sysP, w);
Pinv=1/(a+sqrt(-1)*b);
%% 安定領域の表示

```

```

figure(1)
for i=1:nw
    KP_stb(i)=-real(Pinv(i));
    KI_stb(i)=w(i)*(KD*w(i)+imag(Pinv(i)));
end
plot(KP_stb(:), KI_stb(:))
hold on
plot(axis_data(1:2), [0, 0])
xlabel('K_P');ylabel('K_I');grid;axis(axis_data)
%% 感度制約 % |S| < alpha
figure(2)
for k=1:nth
    th=th_vec(k);
    for i=1:nw
        ejth=exp(sqrt(-1)*th);
        KP_S(i)=real((-1+ejth/alpha(i))*Pinv(i));
        KI_S(i)=w(i)*(KD-imag((-1+ejth/alpha(i))*Pinv(i)));
    end
    plot(KP_S(:), KI_S(:), 'r')
    hold on
end
hold on
plot(axis_data(1:2), [0, 0], 'k')%KI=0の直線を描く
xlabel('K_P');ylabel('K_I');grid;axis(axis_data)
%hold off %図を重ねて描かない場合に使用
pause
%% 相補感度制約 % |T| < beta
figure(3)
for i=1:nw
    for k=1:nth
        th=th_vec(k);
        ejth=exp(sqrt(-1)*th);
        KP_T(k)=real(beta(i)/(ejth-beta(i))*Pinv(i));
        KI_T(k)=w(i)*(KD-imag(beta(i)/(ejth-beta(i))*Pinv(i)));
    end
    if beta(i)>1

```

```

        plot(KP_T(:), KI_T(:), 'r')
    else
        plot(KP_T(:), KI_T(:), 'b')
    end
    hold on
end
hold on
plot(axis_data(1:2), [0, 0], 'k')%KI=0の直線を描く
xlabel('K_P');ylabel('K_I');grid;axis(axis_data)
%hold off %図を重ねて描かない場合に使用
end
%% 設計結果 ; SとTのゲイン特性の表示
figure(4)
for sys_no=1:max(size((sysP_vec)))
sysP=sysP_vec(sys_no);
sysK=1.8+0.21/s % 設計で得られたPI制御器
sysL=sysP*sysK;
[rL, iL]=nyquist(sysL, w);
for i=1:nw
    L=rL(i)+sqrt(-1)*iL(i);
    gS(i)=1/abs(1+L);
    gT(i)=abs(L/(1+L));
end
semilogx(w, 20*log10(gS), 'k', w, 20*log10(gT), 'k', w, 20*log10(beta), 'r--', ...
    w, 20*log10(alpha(:)), 'b--')
hold on
end
axis([0.001, 10, -40 20])
xlabel('¥omega[rad/s]');ylabel('S and T');grid

```