ロバスト制御理論特論 期末試験 (2008.7.31)

出題 平田 光男

問 1. 図 1 のバネ-マス-ダンパ系の運動方程式は次式となる。

$$m\,\ddot{p}(t) + c\,\dot{p}(t) + k\,p(t) = f(t)$$

ただし，m は剛体の質量，k はバネ定数，c は粘性摩擦係数，$p(t)$ は剛体の平衡点からの変位，$f(t)$ は質点に加える力を表す。このとき，**状態方程式**と**出力方程式**及び $u(t)$ から $y(t)$ までの**伝達関数**を求めよ。なお，状態方程式を求める際，入力 $u(t)$ は $f(t)$，状態変数 $x(t)$ は $x(t) = [p(t), \dot{p}(t)]^T$，出力 $y(t)$ は $p(t)$ とする。

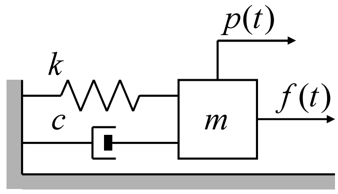

図 1:

問 2. 次式で定義される A, C に対し，(C, A) が可観測となるための必要十分条件を求めよ。ただし，λ_1, λ_2, c_1, c_2 はすべて実数とする。

$$A = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \end{bmatrix}$$

問 3. 図 2 の直結フィードバックシステムにおいて，目標値 r に出力 y がより高い周波数帯域まで追従して欲しい。感度関数 S と相補感度関数 T の周波数特性がどのようになるように制御器 K を設計すればよいか説明せよ。

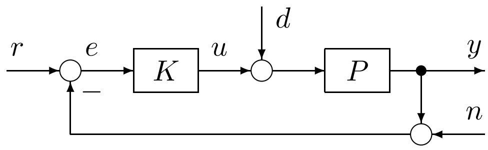

図 2:

問 4. 乗法的誤差 Δ_m を持つシステム $P_f = (1 + \Delta_m)P_n$ を考える。ここで，P_n はノミナルモデルである。今，2 種類の制御器 K_1 及び K_2 を設計したところ，ノミナルモデル P_n に対する相補感度関数

$$T_1 = \frac{P_n K_1}{1 + P_n K_1}, \quad T_2 = \frac{P_n K_2}{1 + P_n K_2}$$

は共に安定となり，その周波数応答は図 3 のようになった。次に，乗法的誤差を持つ実際のシステム P_f に K_1 及び K_2 を適用した。その結果，K_1 を用いた場合は，ロバスト安定となったが，K_2 を用いた場合は，不安定になってしまった。このことから，乗法的誤差 Δ_m の周波数応答を推測せよ。

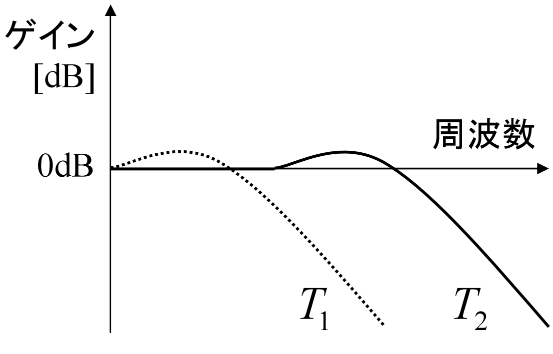

図 3: