

2006 年度 プロセス制御工学試験

【問題 1】

図 1 に示すような、2 槽からなる貯留タンクシステムがある。ここで、断面積を  $A$  [ $\text{m}^2$ ], 液レベルを  $L_i$  [ $\text{m}$ ], 流量を  $F_i$  [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] および  $D$  [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] で表す ( $i=0, 1, 2$ )。また、液密度  $\rho$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ] は一定とする。さらに、貯留タンクの液レベルと流出流量の関係は、 $C_i$  を定数として、次式で与えられるとする。

$$F_i = C_i \sqrt{L_i} \quad (i=1, 2) \quad (1)$$

基準とする定常状態での各変数の値を  $L_i^*$ ,  $F_i^*$ ,  $D^*$  とし、それら定常値からのずれを  $\Delta L_i$ ,  $\Delta F_i$ ,  $\Delta D$  とする。このとき、以下の問いに答えよ。

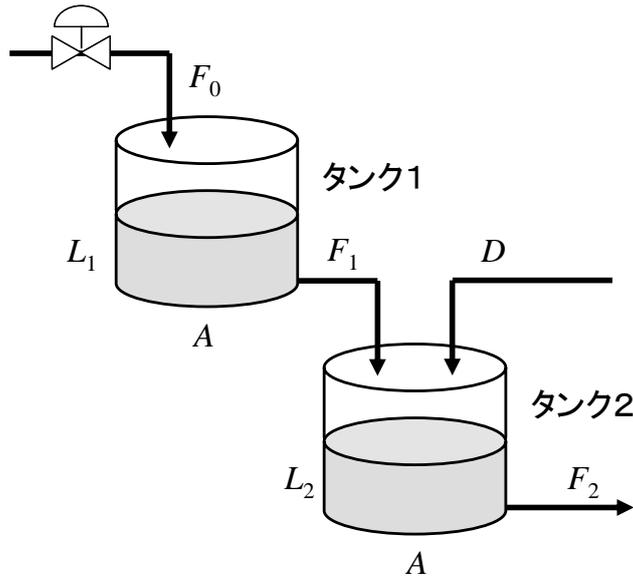


図 1 貯留タンクシステム

- 1) タンク 2 の物質収支式を導出した上で、変数について線形化し、 $\Delta L_1$  から  $\Delta L_2$  への伝達関数および  $\Delta D$  から  $\Delta L_2$  への伝達関数を求めよ。なお、 $C_i$  は  $L_i^*$ ,  $F_i^*$  を用いて表すこと。
- 2) 流量  $\Delta F_0$  を操作変数、流量  $\Delta D$  を外乱、液レベル  $\Delta L_2$  を制御変数とするフィードバック制御系のブロック線図を描け。ただし、比例ゲイン  $K_P$  の比例制御を行うものとして、すべてのブロックの伝達関数を示すこと。
- 3) 2) の制御系について、液レベル  $\Delta L_2$  の設定値をステップ状に大きさ  $R$  だけ変更するとき、オフセット（定常偏差）を求めよ。
- 4) 貯留タンクシステムに対して PI コントローラを設計したところ、制御系のゲイン余裕が 40dB となった。比例ゲインに定数  $K$  を乗じてゲイン余裕を 20dB としたい。適切な定数  $K$  を求めよ。

【問題 2】

図 2 に示す連続蒸留塔がある。この蒸留塔では、缶出液製品組成を測定するための分析装置が導入されていないため、製品組成を制御する代わりに、塔内温度  $T$  を熱媒流量  $F$  で制御している。なお、この温度制御はカスケード制御になっており、熱媒流量  $F$  はバルブ開度  $U$  で制御されている。この様子をブロック線図で表現すると、図 3 のようになる。実験結果より、プロセスの伝達関数は次式のように与えられることがわかっている。

$$P_F(s) = \frac{5}{20s+1} \quad (2)$$

$$P_T(s) = \frac{4}{150s+1} \quad (3)$$

このとき、以下の問いに答えよ。

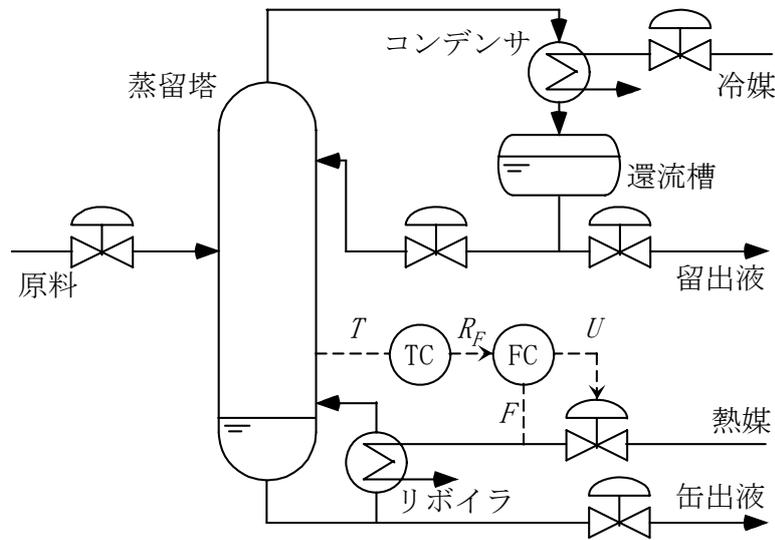


図2 連続蒸留塔

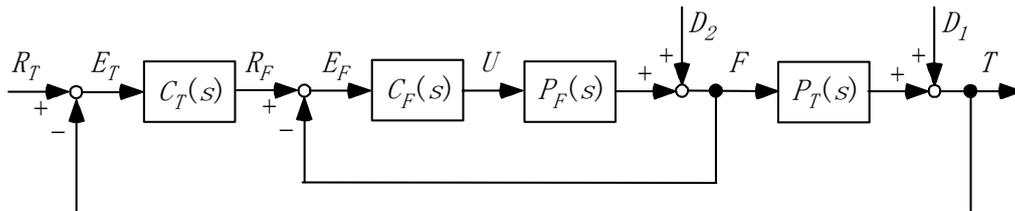


図3 カスケード制御系のブロック線図

- 1) 流量制御を次式で与えられる PI 制御で実現する。

$$C_F(s) = 0.5 \left( 1 + \frac{1}{20s} \right) \quad (4)$$

このとき、流量設定値  $R_F$  から流量  $F$  への閉ループ伝達関数  $H_F(s)$  を求め、 $H_F(s)$  が一次遅れ要素となることを示せ。

- 2) 温度制御を次式で与えられる PI 制御で実現する。

$$C_T(s) = 0.4 \left( 1 + \frac{1}{150s} \right) \quad (5)$$

このとき、温度設定値  $R_T$  から温度  $T$  への閉ループ伝達関数  $H_T(s)$  を求めよ。

- 3) 上記の温度制御系（カスケード制御系）が安定であること、および定常状態において偏差が残らないことを示せ。
- 4) 上記の温度制御系（カスケード制御系）について、温度設定値  $R_T$  をステップ上に変更した場合、温度  $T$  が振動的となるか非振動的となるかを、理由と共に答えよ。

以上