

2008 年度 プロセス制御工学試験

あるプロセスを対象に PID 制御器を設計する。以下の問いに答えよ。

- 1) プロセスの伝達関数モデルを得るために、ステップ応答実験を実施した。そのときの応答波形を図 1 に示す。ここで、 y が制御変数、 u が操作変数である。プロセスの伝達関数モデルが、一次遅れ+むだ時間要素で近似できるものとする。二点法を用いて、ステップ応答から伝達関数モデルを導出せよ。ただし、定常ゲイン、時定数、むだ時間をそれぞれ K, T, L とし、次の関係式を用いるものとする。

$$T = 0.67(t_{85.3\%} - t_{35.3\%}) \quad (1)$$

$$L = 1.3t_{35.3\%} - 0.29t_{85.3\%} \quad (2)$$

- 2) 導出した伝達関数モデルについて、操作変数を大きさ 1 だけステップ状に変化させたときの応答波形を図示せよ。ただし、図中に、定常ゲイン、時定数、むだ時間を明示すること。
- 3) 内部モデル制御 (IMC) を利用して、PID 制御器を設計する。導出した伝達関数モデルのむだ時間を無視し、一次の IMC フィルタ

$$F(s) = \frac{1}{\lambda s + 1} \quad (3)$$

を用いる場合について、比例ゲイン、積分時間、微分時間を求めよ。

- 4) IMC フィルタ時定数を試行錯誤により決定して制御実験を実施したところ、図 2 のような制御結果を得た。この結果より、行過ぎ量、減衰比、立上り時間、整定時間を求めよ。
- 5) この制御系について、開ループ伝達関数のボード線図を描いたところ、図 3 を得た。ゲイン余裕および位相余裕を求めよ。
- 6) ゲイン余裕を 10dB にするためには、比例ゲインを何倍にすればよいか、答えよ。
- 7) 図 2 の制御結果、およびゲイン余裕を 10dB に変更した後の制御結果において、ステップ状設定値変更直後に操作変数の急激な変化が観察された。本プロセスの運転上、この急激な変化は望ましくない。ステップ状設定値変更に対して、操作変数の急激な変化をなくすには、どのような制御手法を利用すればよいか。その名称を、制御系のブロック線図と共に答えよ。
- 8) 導出した伝達関数モデルを制御対象として、比例制御を用いて大きさ 10 の設定値変更を実施したところ、定常偏差が 4 となった。このときの比例ゲインを求めよ。
- 9) 伝達関数の極と安定性の関係について説明せよ。
- 10) むだ時間のあるプロセスに対してスミス補償器が有効とされる。その理由を説明せよ。

以上

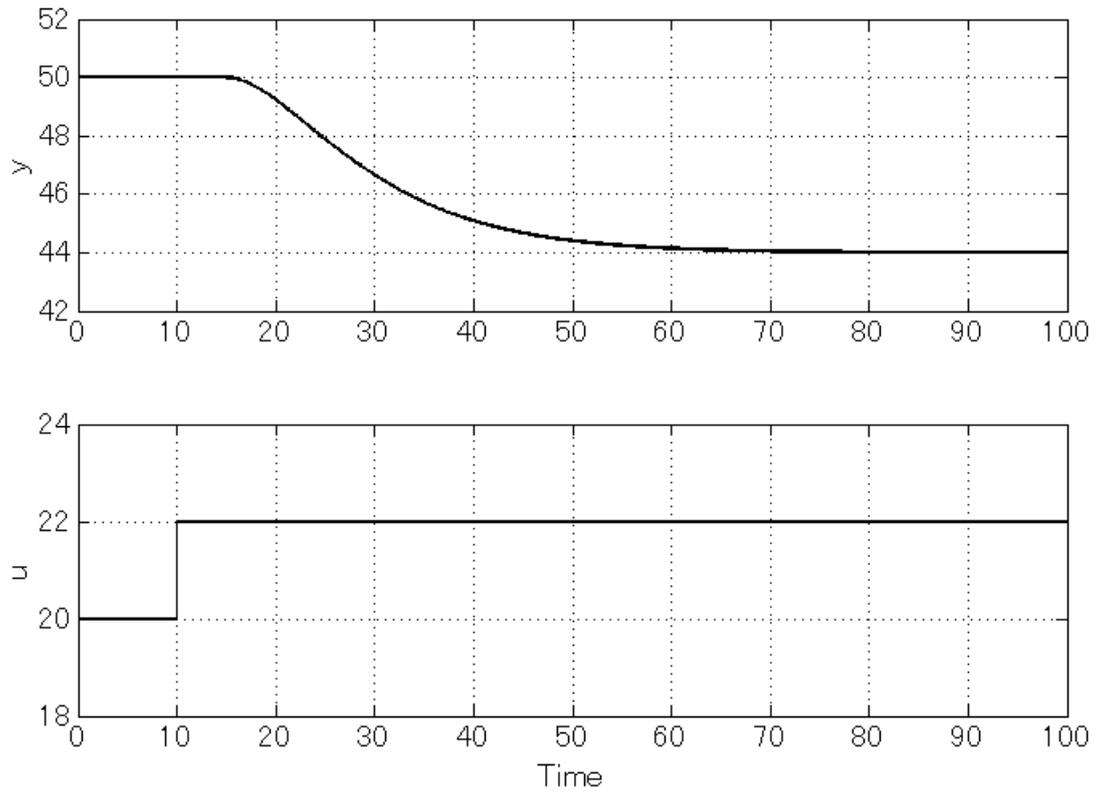


図1 ステップ応答実験結果

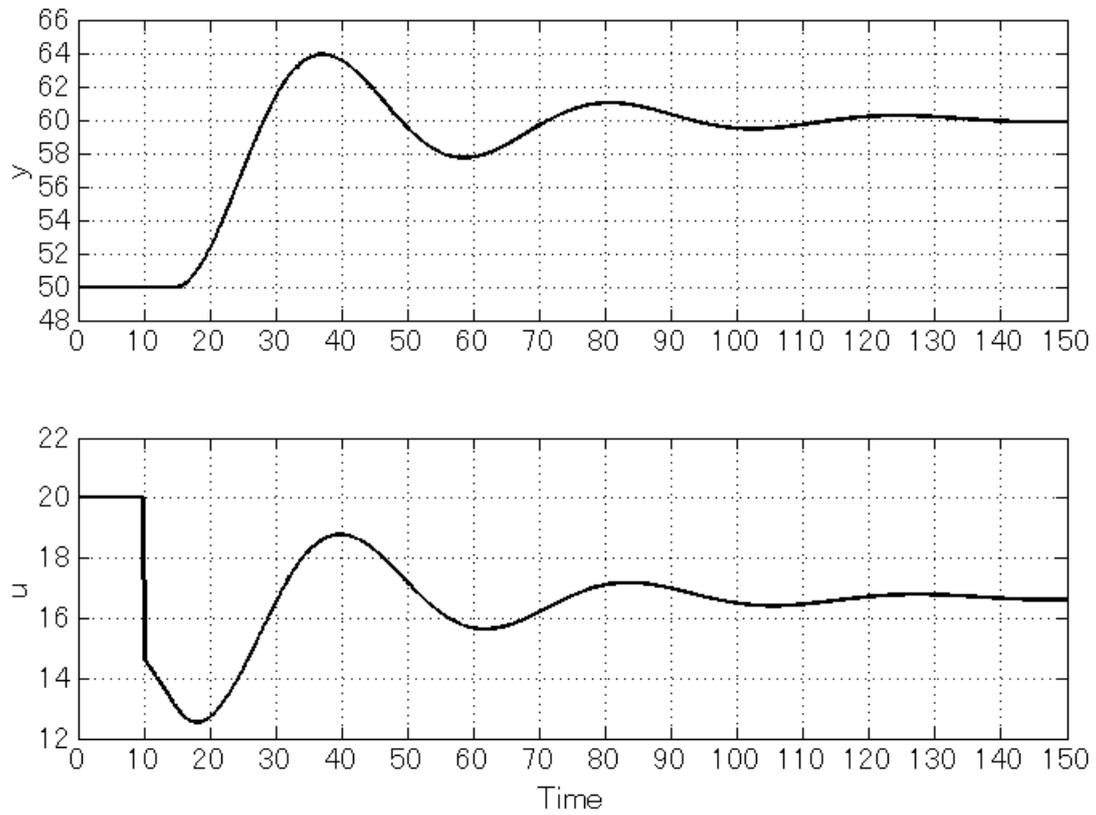


図2 制御結果

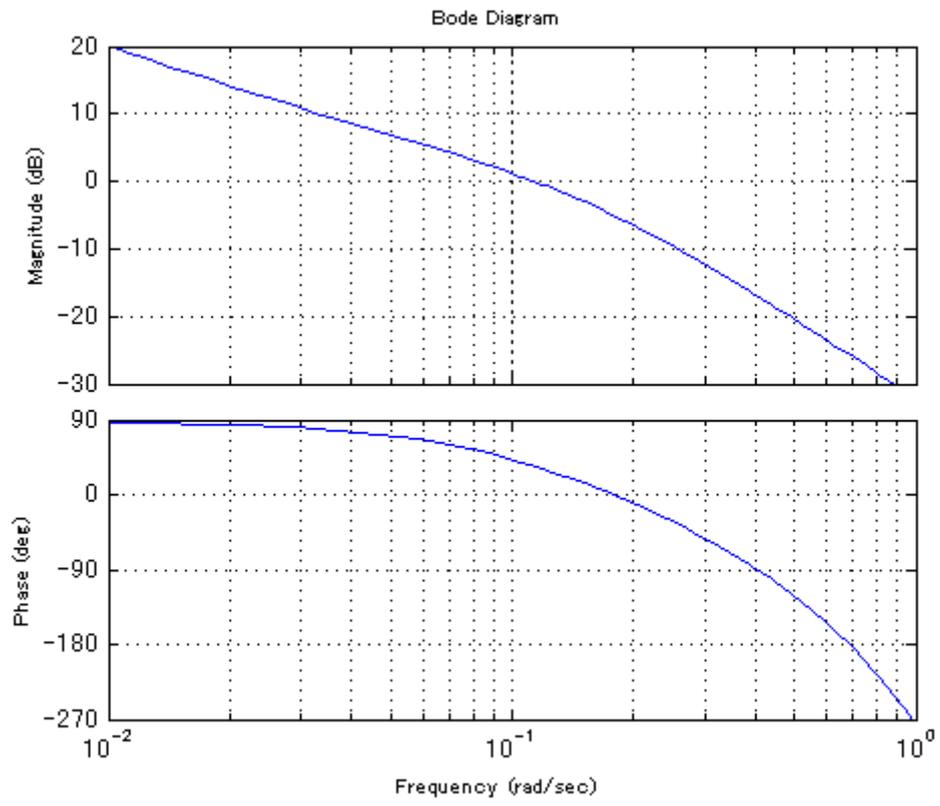


図3 ポー下線図