

データと規範応答のマッチングに基づく2自由度制御器のチューニング

学籍番号：90155126 旧藤井研究室 西木 清朗

1 はじめに

プラントモデルを用いて制御系を設計する場合、プラントや外乱のモデリングそのものにコストや時間の面で不利な点が多く、また、得られたモデルにおいても実システムの動特性を完全に表現することはできない。そこで本報告では、プラントモデルを用いることなく、プラントの入出力データと規範応答を用いて2自由度制御器のパラメータ調整を行なう手法を提案する。

2 問題設定

図1で示されるシステムを考える。プラントは未知伝達関数 $P(z)$ で表される SISO, LTI の離散時間システムである。1自由度制御器 $C(\phi, z)$, 2自由度制御器 $F(\varphi, z)$ はそれぞれパラメータベクトル ϕ, φ でパラメタライズされるものとする。最初 $C(\phi_0, z) = K(z)$, $F(\varphi, z) = 0$ で閉ループ系を安定化できており、まず $C(\hat{\phi}, z)$ をチューニングする。さらに $C(\phi, z) = C(\hat{\phi}, z)$ の場合でのプラント入出力データ u_{c1}, y_{c1} を取得する。目標伝達関数を $M(z)$ とし、参照入力 r に対する規範応答を $y_r = M(z)r$ とする。目標は、 $P(z)$ を求めることなく、 r に対するプラントの出力を y_r に近づけるような $F(\hat{\varphi}, z)$ を求めることである。すなわち、次の問題を考える。

Find $\varphi = \hat{\varphi}$
 s.t. $\min \left\| y_r - \frac{P(z)C(\hat{\phi}, z) + P(z)F(\varphi, z)}{1 + P(z)C(\hat{\phi}, z)} r \right\|$ (1)

3 設計・チューニングの手法

伝達関数 $\tilde{Q}_C(z)$ を

$$\tilde{Q}_C(z) = \arg \min \left\| (1 - M(z))y_{c1} - \tilde{Q}_C(z)u_{c1} \right\|$$
 (2)

により求める。得られた $\tilde{Q}_C(z)$ を用いて制御器のパラメータ $\hat{\varphi}$ を

$$\hat{\varphi} = \arg \min \left\| (y_r - y_{c1}) - F(\varphi, z)\tilde{Q}_C(z)r \right\|$$
 (3)

により求める。

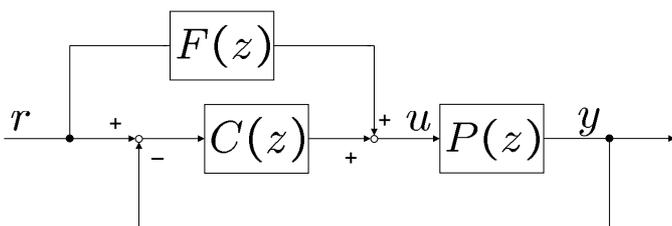


図 1: 2 自由度制御系

4 数値例

(1) に対する解を求める。シミュレーションで用いるシステムは

$$\text{プラント} : P(z) = \frac{0.08z + 0.02}{z^2 - 1.1z + 0.18}$$
 (4)

$$\text{目標伝達関数} : M(z) = \frac{0.2}{z - 0.8}$$
 (5)

であり、参照入力 r はステップ入力、サンプリング周期 0.01[sec], 実験時間 5[sec](データ数は 500 個) とした。

まず、初期安定化制御器 $K(z) = \frac{2z - 1}{z - 1}$ でシステムを安定化し、続いて 1 自由度系制御器 $C(z)$ が

$$C(\hat{\phi}, z) = \frac{1.1188z^2 - 0.4845z - 0.4373}{z^2 + 0.8876z + 0.3448}$$
 (6)

とチューニングされた。さらに (2) 式, (3) 式に基づいて $F(z)$ をチューニングした結果

$$F(\hat{\varphi}, z) = \frac{-0.2883z^2 + 1.3496z - 1.0045}{z^2 - 0.7276z - 0.1566}$$
 (7)

を得た。得られた制御器を用いたときのステップ応答波形を図2に示す。まず 1 点鎖線は、初期安定化制御器 $K(z)$ を用いた場合の応答である。1 自由度制御器 $C(\hat{\phi}, z)$ を用いると鎖線で表される応答が得られた。2 自由度制御器 $F(\hat{\varphi}, z)$ を用いると実線で表される応答が得られ、これは点線で表される規範応答と重なっており、チューニング後の応答が規範応答に近づいていることが確認できる。

5 おわりに

プラントモデルを同定することなく、プラントの入出力データと規範応答を用いて 2 自由度制御器を設計する方法を提案した。また、シミュレーションによってその有効性を確認した。

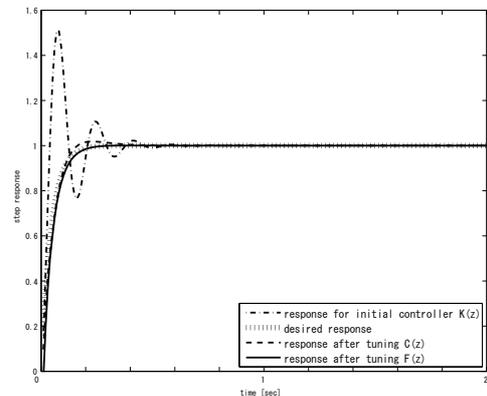


図 2: チューニング前後でのステップ応答