

# 閉ループ実験データを用いたFRITによるシステムのパラメータ同定

学籍番号：90193715 藤井研究室 宮地 誠

## 1 はじめに

これまでプラントの同定手法には多くの方法が提案されてきた。しかし時間や手間がかかったり、同定理論の基礎的な知識が必要であった。そこで、1つの参照入力に対する入出力データを使い、FRITを用いることでオフラインでプラントのパラメータ同定が可能な手法を提案する。この手法は容易に実行でき、制御仕様を反映したパラメータが得られる。また台車系の実験によりその有用性を示す。

## 2 準備

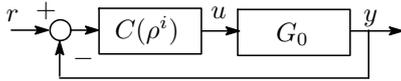


Fig. 1: 1自由度コントローラ

FRITは数式モデルではなく1回の実験データのみを用いた、非線形最適化によるコントローラチューニングの手法である。参照入力  $r$  に対するプラントの入出力応答から、目標応答  $T_d r$  に追従するコントローラが得られる。

プラントを  $G_0$  とする。  $\rho^i$  はコントローラのパラメータであり、添え字  $i$  は更新回数を表す。  $r$  から  $y$  への伝達関数を  $T_0(\rho^i)$  とし、最小化する評価関数を、

$$J = \frac{1}{2N} \sum_{t=1}^N ((T_0(\rho^i)r - T_d r)_t)^2$$

とする。ここで、実験で得た入出力データを離散時間信号  $u^0, y^0$  として、次の評価関数を考える。

$$J_e = \frac{1}{2N} \sum_{t=1}^N (y_t^0 - T_d \tilde{r}(\rho^i)_t)^2$$

$$\tilde{r}(\rho^i) = C^{-1}(\rho^i)u^0 + y^0$$

なお、  $y_t^0$  などは時刻  $t$  での値を表す。

このとき  $J = 0$  の必要十分条件は  $J_e = 0$  となることが示されている。FRITではオフラインで計算可能な  $J_e$  を最小化することで、最適なコントローラを求められる。

## 3 2自由度コントローラ

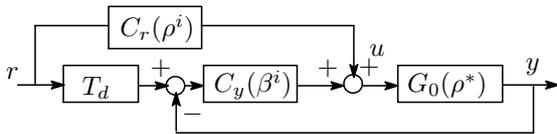


Fig. 2: 2自由度コントローラ

2自由度コントローラを用いると  $C_y$  で安定性、  $C_r$  で追従特性を独立に改善できる。今、目標の応答  $T_d r$  を達成したとする。このときコントローラ  $C_r$  は、

$$C_r(\rho^i) \rightarrow G_0^{-1}(\rho^*)T_d \quad (i \rightarrow \infty)$$

となる。つまり、  $r$  から  $y$  への伝達関数  $T_0(\rho^i, \beta^i)$  は、

$$T_0(\rho^i, \beta^i) \rightarrow \frac{G_0(\rho^*)\{G_0^{-1}(\rho^*)T_d + C_y(\beta^i)T_d\}}{1 + G_0(\rho^*)C_y(\beta^i)} = T_d \quad (i \rightarrow \infty)$$

である。よって  $C_r(\rho^i)$  にプラントの逆モデル  $G_0^{-1}(\rho^i)$  の構造を使い、  $C_r(\rho^i) = G_0^{-1}(\rho^i)T_d$  としてチューニングすることで、プラントのパラメータを同定できる。なお、出

力が目標応答に追従するようにチューニングするため、得られたプラントモデルは  $T_d$  の通過周波数帯域までの同定モデルとなる。

## 4 手順

以上の結果より、次の手順でパラメータ  $\rho^*$  を求める。

1. 同定したい周波数帯域に合わせて  $T_d$  を設定する。
2. 初期モデル  $G_0(\rho^0)$  を設定し、  $C_r(\rho^0)$  を実装する。
3. 閉ループ系を安定化させる  $C_y(\beta^0)$  を実装し、参照入力  $r$  に対する入出力データ、  $y^0, u^0$  を得る。
4. FRITによりコントローラを最適化する。得られた  $\rho^i$  をプラントの実パラメータとする。

## 5 台車系での実験結果

$T_d$  は  $10^2/(s+10)^2$  とした。  $G_0(\rho^0)$  は  $1000/(s^2+300s)$ 、参照入力  $r$  にはステップ信号を与えた。チューニングの結果、応答は Fig.3 のように目標応答に追従した。

このとき得られた同定モデルは  $1087.4/(s^2+208.2s)$  となった。周波数応答より求めた実モデル  $1075.8/(s^2+172.3s)$  とはいく近似を示している。 Fig.4 はモデルの比較グラフである。  $T_d$  の通過周波数帯域 (点線) までは同定モデルは実プラントの動特性を近似している。

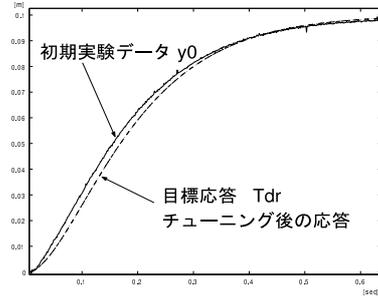


Fig. 3: 目標への追従性能

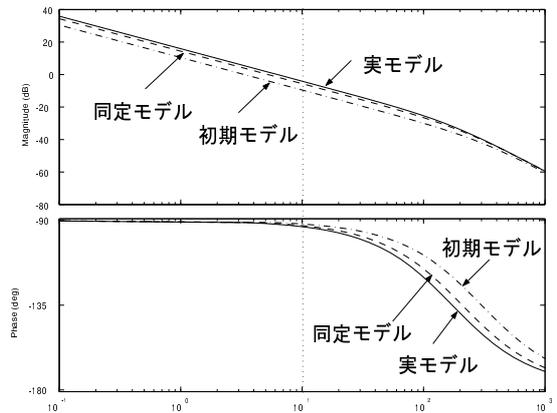


Fig. 4: プラントの同定結果

## 6 おわりに

本手法では閉ループ系でのプラントの同定ができるため、従来の方法より簡便にパラメータ同定が可能である。また、1パターンのテスト信号に対する入出力データから同定が可能であるため、時間や実験にかかるコストを抑えられる点が有利である。