

富士ファコム制御

石井 信義

○ 川合 成治

富士電機製造

菅 興彦

1 緒言 一般に分布ラグをもつ多数系のプロセス制御において、操業データにより多次元自己回帰モデルの同定をおこない、最適制御理論を適用するのは有効な方法である。ここでは高炉炉況制御にこの手法を適用することの可能性についてオフライン・シミュレーションで検討した結果を報告する。

2 解析方法 高炉炉況の制御目標としてSi%を一定にすることを考える。制御変数として、Si%, 炉頂ガス温度(TG), $(CO+CO_2)/N_2$, H_2/N_2 , 操作変数として、送風温度(TA), 送風湿度(H), 送風流量(FL), 重油吹込量(FU), 鉬石投入量(Ore)を考える。

2.1 多次元自己回帰モデルによる同定。

$X(k) = [x_1(k), \dots, x_m(k), u_1(k), \dots, u_n(k)]'$ なる $(m+n)$ 次元の定常確率過程とする。ここで $x_1 \sim x_m$ は制御変数, $u_1 \sim u_n$ は操作変数を示す。 $X(k)$ に次の多次元自己回帰モデルを考える。

$$X(k) = \sum_{i=1}^m A(i)X(k-i) + W(k) \quad (1)$$

ここで $A(i)$; $(m+n)$ 行の正方行列, $W(k) = [w_1(k), \dots, w_{m+n}(k)]'$; ノイズである。 $\{X(k)\}$ が与えられたとき, $E\{w_i(k)^2\}$ が最小になるように、赤池のFPE法により M , $A(i)$ を求める。このとき同時に $W(k)$ の推定共分散行列 d_M も求まる。

2.2 寄与率の計算。

$A(i)$, d_M が求まれば, i 番目の変数のパワースペクトル $P_{ii}(f)$ が, $P_{ii}(f) = \sum_{j=1}^{m+n} q_{ij}(f)$

の形で求まる。ここで $q_{ij}(f)$ は w_j に起因するパワーを示し, 寄与率 $r_{ij}(f) = q_{ij}(f) / P_{ii}(f)$ を計算することにより, 各変数の変動要因が周波数領域でわかる。

2.3 DPによる最適制御

(1)式が求まると状態空間表現が可能となり, 二次評価式 $J_i = E \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (z(k)Qz(k) + U'(k)RU(k)) \right\}$ を最小にする操作量 $U(k)$ が, DPにより最適フィードバックゲイン G を求めて, $U(k) = GZ(k)$ で与えられる。

3 解析例 前述の9変数を用いて, $A(i)$, d_M を求めSiの寄与率を計算した結果を図1に示す。これによると低周波帯ではFU, FLによつて変動しているが高周波帯ではTG, H_2/N_2 の

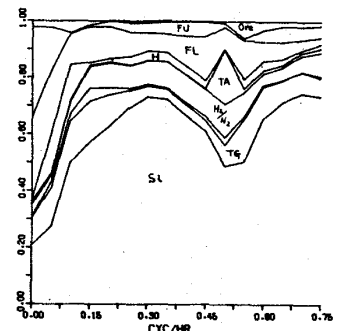


図1 Siの寄与率

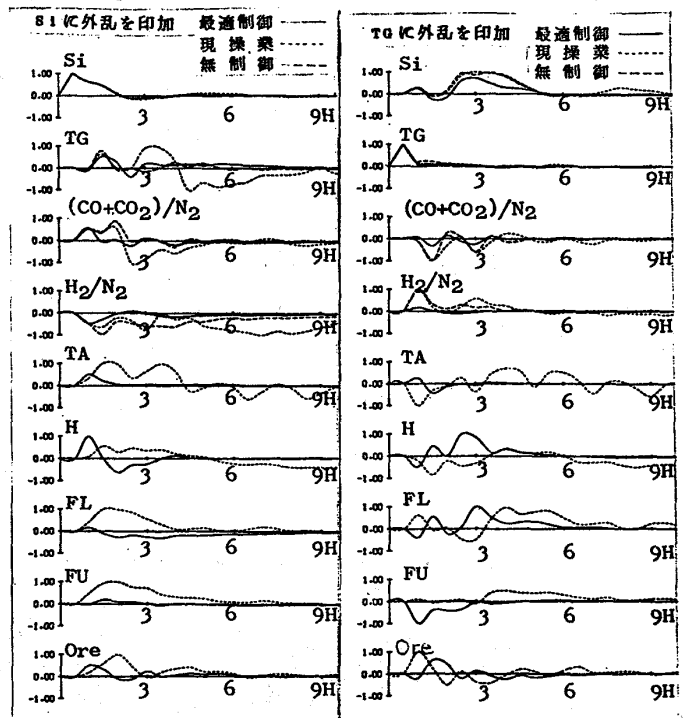


図2 シミュレーション結果

影響が目立つ。図2に同定結果を用いてSi, TGにインパルス外乱を与えたときの最適制御, 現操業, 無制御の各変数の応答を示す。これによるとSiの外乱に対しては, Siを一定にするという意味では最適制御の効果はないが, TGの外乱に対しては効果がある。これらのことはSiを制御するためにはSiを直接制御しても効果はうすく, 炉頂部分に注目する必要があることを示している。