

連続プロセスライン計装

中谷 一彦(なかや かずひこ)

① まえがき

鉄鋼プロセスの最終段階に位置するプロセスラインは、設備のコンピュータ化、高速化、多品種多処理化の傾向が強く、連続熱処理設備、連続焼純酸洗設備、連続亜鉛めっき設備などにみられるように設備が大きく変ぼうしてきている。

これらプロセスラインの計装としてのニーズは、複雑化した設備に対して、信頼性の向上、制御性の向上、保守性の向上、省エネルギー、省力化などである。

富士電機では、これらのニーズに十分にこたえられるコストパフォーマンスの高いシステムを提供している。

本稿では連続プロセスラインへの分散形制御システム適

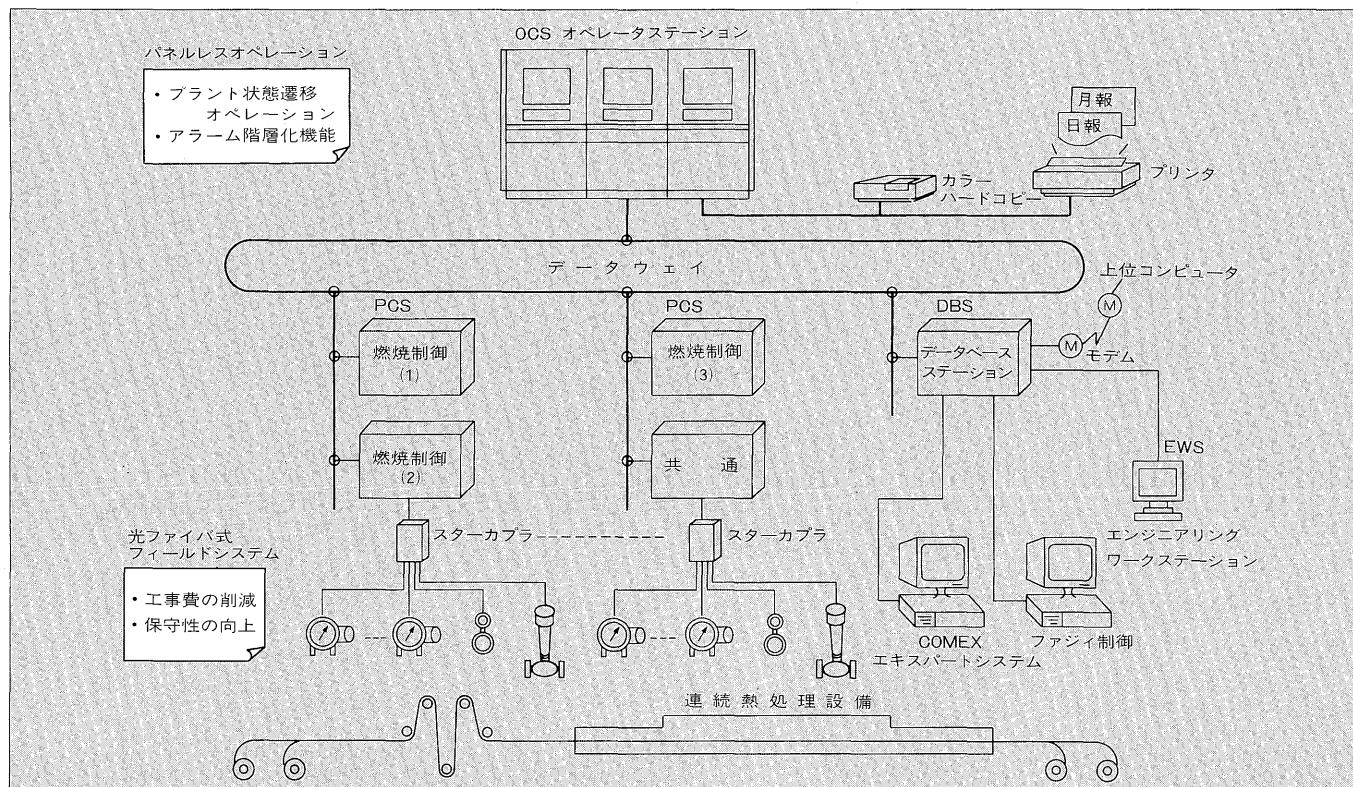
用例をもとに、システム構成、運転監視機能、制御機能などについて述べる。特に連続プロセスラインの中で重要な位置を占める板温制御については、誘導加熱装置を使ったプロセスラインを例に、そのアドバンスト制御機能について詳述する。

② システム構成

システムの構築にあたっては、制御の分散と情報の集中管理を協調させ、「制御機能はアドバンストに、制御装置はシンプルに」を基本に制御の高機能化とマンマシンの充実を図り、効率的な運転監視を可能としている。

連続熱処理設備計装システム構成例を図1に示す。

図1 連続熱処理設備計装システム構成図



中谷 一彦

昭和50年入社。鉄鋼プラント計測
制御システムのエンジニアリング
業務に従事。現在、東京工場計測
技術第一部。



この中で、現場には防爆、耐ノイズ性、保守性に優れた光ファイバ式フィールド計装システム(FFI)を採用している。制御装置は、計装プロセスステーションとしてPCS、データベースステーションとしてDBSを使用し、保守用としてエンジニアリングワークステーションが設けてある。更に、各種操業データや制御定数の運転・監視を専用のオペレータコンソールOCSに集約し、操作場所の集中化による要員配置の適正化を図り、操作性の向上と省力化を実現している。また、設備診断用としてエキスパートシステムCOMEXを導入し、より一層使いやすいシステムとなっている。

③ 運転・監視

マンマシンインタフェースにCRTディスプレイを導入後も、ややもすると従来のアナログ操作から脱却できず、操業に応じて調節モードの変更、設定値の変更などの操作介入が必要であった。

そこで、OCSの充実した監視操作機能とPCS、DBSの制御、データ管理機能を基に大幅に使いやすいシステムを実現した。例えば燃焼方式による熱処理設備の場合、炉の着火・昇温・降温・消火そして緊急遮断といった状態管理を行い、それに応じて、各種操業データ、制御データを自動的に移行するものである。また、連続炉の炉温設定は、現コイルと次コイルの継ぎ目をトラッキングして、所定ポイントにて自動的に設定変更を行うものである。

図2 連続熱処理炉状態遷移オペレーションシステム

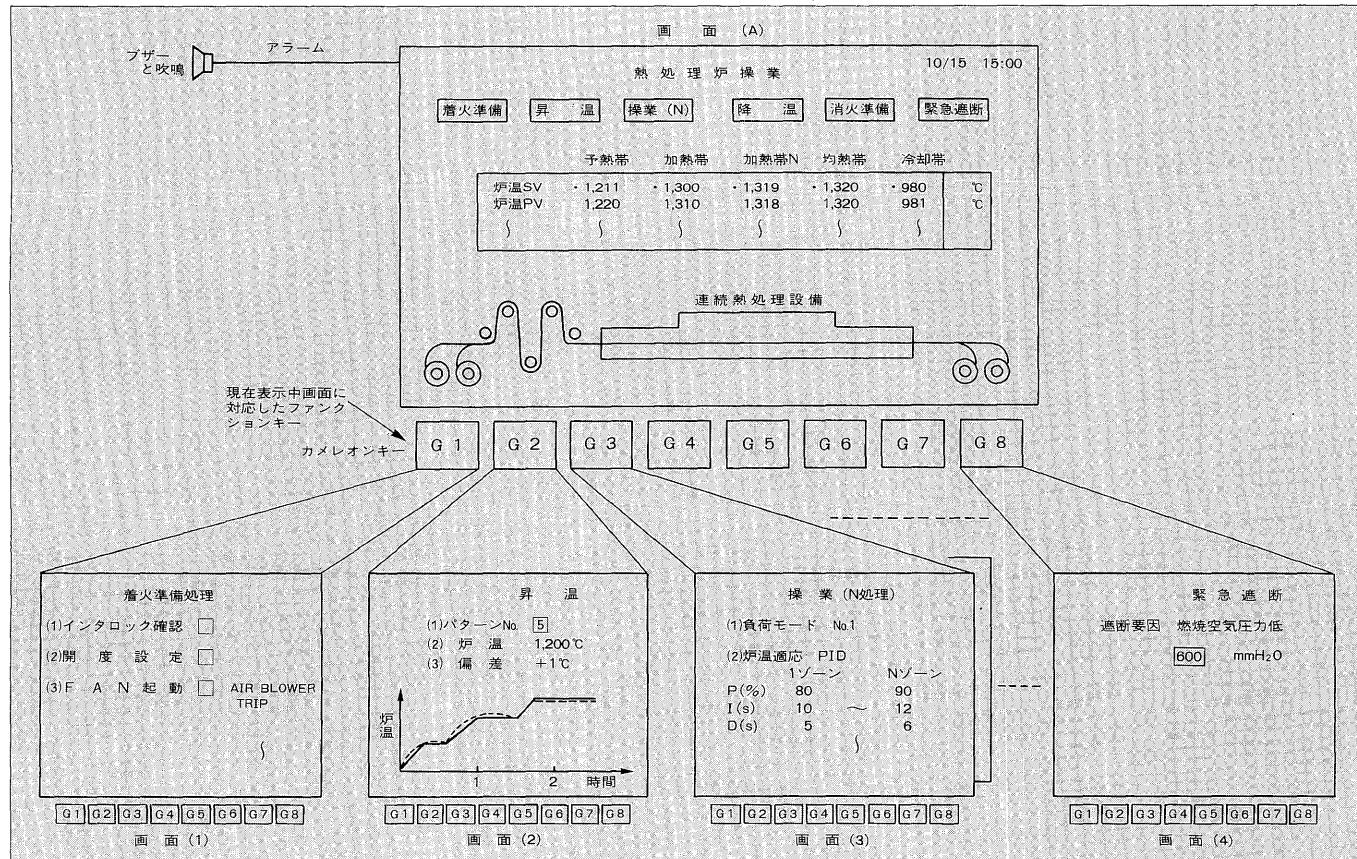


図2に連続熱処理炉状態遷移オペレーションシステム例を示す。

通常、画面(A)で連続熱処理炉の操業を行う。本画面は、現在の状態遷移状況、各種データを一括して表示するとともに設定操作ができる。また、各状態遷移に応じた画面を装備し、その画面をワンタッチで呼出しが可能である。

④ 制御機能

プロセスラインのMICREXを使用したアドバンスト制御例を紹介する。

4.1 誘導加熱プロセスラインの板温制御

誘導加熱プロセスラインを図3に示す。

プロセスは、通板条件(板厚、板幅、温度パターンなど)の異なる鋼板を連続的に塗装、乾燥、焼付するもので、ここで通板の変更点におけるラインスピード加減速時の板温制御について説明する。

制御ブロックを図4に示す。

電力は、電力計算式によりフィードフォワードで与え、板温測定値をフィードバックすることにより制御を行う。実操業において、プロセスゲイン(k_c)は、ラインスピード(V)、板厚(t)、板幅(W)の変化により10倍以上変化し、プロセスの無駄時間(L)も8倍変化する。

したがって、制御定数を次の式に基づいて適応させる。

$$k_c = k \cdot t \cdot W \cdot V$$

図3 誘導加熱プロセスライン

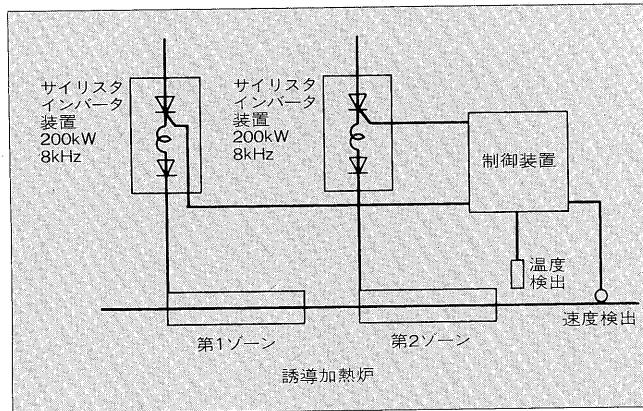
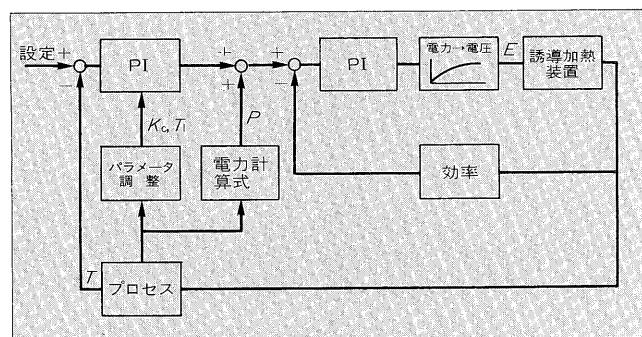


図4 誘導加熱プロセスラインにおける制御ブロック図



$$T_1 = i/V$$

k : ゲイン係数, T_1 : 積分時間, i : 積分係数

図5にラインスピード変化時のシミュレーション結果を示す。

このように、操業条件によりプロセス特性、制御条件が変化するが、それに応じて制御パラメータを追随させる「適応制御」は、従来に比較して飛躍的な制御精度と応答性の向上が実現できる。

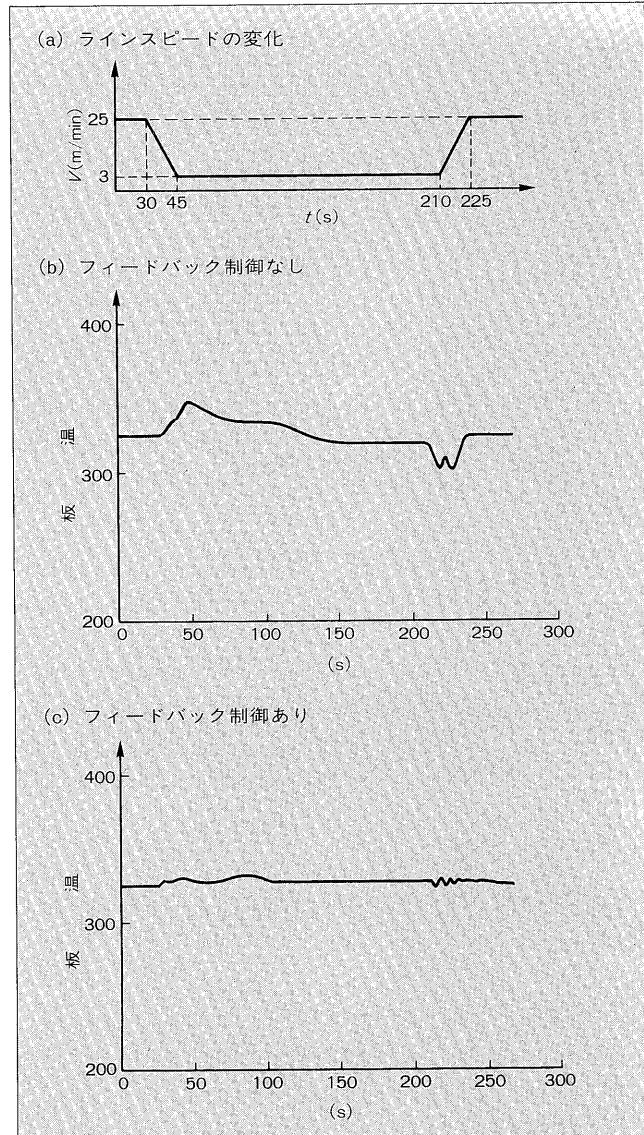
4.2 炉内温度非干渉制御

燃焼炉のゾーン間において、炉温が相互に干渉し合う。このような干渉系において、プロセスに干渉があっても制御部としては、あたかも干渉がない二つの独立したループであるかのように伝達関数を利用して非干渉化を図ることができる。ここで、非干渉伝達関数はプロセスの状態で変化するので、ゲイン要素だけの前置補償器に置換して実施すると良好な結果が得られる。

4.3 ハンチング防止制御

プロセスのフィードバック制御において、通常状態では制御ゲインを大きくできるが、予測のできない外乱があるため小さく設定して対応する場合がある。この対策として制御ゲインが強すぎる時に生じるハンチング現象を検知し、制御ゲインを $1/\alpha$ (α は 1.5 程度) に弱める。逆に、MV が変化しているにもかかわらずハンチング徵候がない状態が一定時間続くとゲインを α 倍にする。ハンチング検出を行う際外乱、ノイズによる変動と区別するため、PV 値と MV

図5 ラインスピード変化時の板温シミュレーション結果



値の極値を探査し、求まった極値に対し次の 3 点をチェックする。

(1) 振幅幅のチェック

検出された極値がノイズによるものと区別する。

$$|X_1 - X_2| \geq DX \quad \text{又は} \quad |X_2 - X_3| \geq DX \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$|Y_1 - Y_2| \geq DY \quad \text{又は} \quad |Y_2 - Y_3| \geq DY \quad \dots \dots \dots (2)$$

DX : プロセス変数の想定ノイズ振幅幅

DY : 操作変数の想定ノイズ振幅幅

(2) 振動周期のチェック

$$\left| \frac{t_{X_3} - t_{X_1}}{t_{X_3} - t_{X_1}} - 1 \right| \leq \varepsilon_1 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\left| \frac{t_{Y_3} - t_{Y_1}}{T_h} - 1 \right| \leq \varepsilon_2 \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\left| \frac{t_{Y_3} - t_{Y_1}}{T_h} - 1 \right| \leq \varepsilon_2 \quad \dots \dots \dots (5)$$

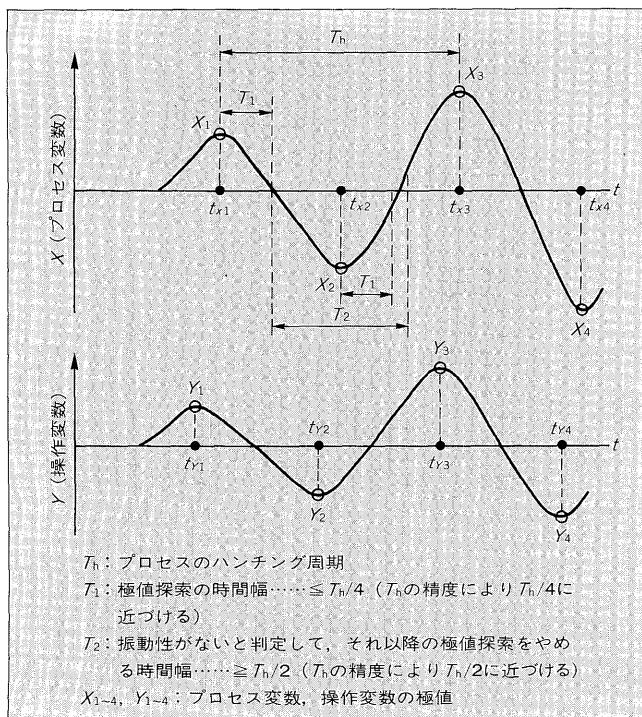
$\varepsilon_1, \varepsilon_2$: パラメータ

T_h : 想定されるハンチング周期

(3) 減衰率のチェック

$$|X_3 - X_2| > \beta \cdot |X_2 - X_1| \quad \dots \dots \dots (6)$$

図 6 プロセス変数、操作変数ハンチング図



β ：不安定と判定する振幅の最小減衰率

式(1)～(7)がすべて満足するとハンチングと判断する。

これに要する時間はハンチング周期の1.5倍であり、ハンチングによる被害を最少限にくいとめることができる。

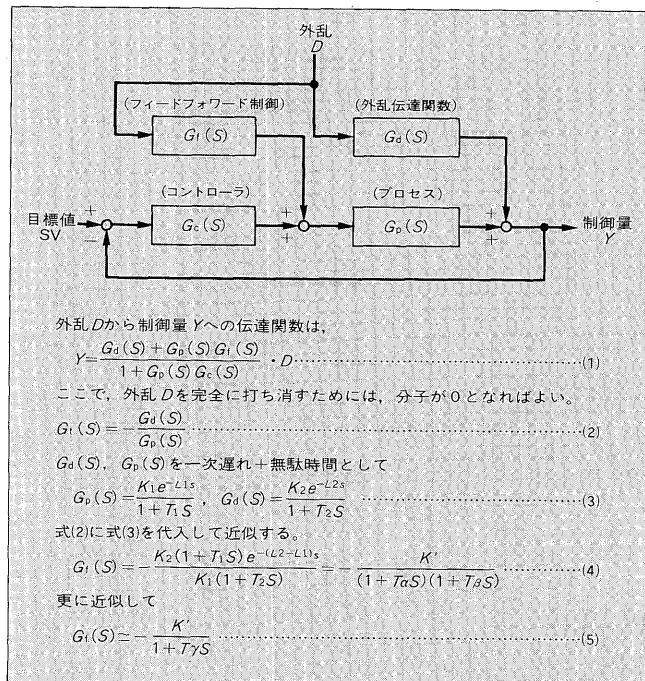
4.4 炉圧フィードフォワード制御

燃焼炉における炉圧は、燃焼負荷変動により大きく影響される。

そこで、燃焼負荷変動を求めるフィードフォワード制御を行う。図7にフィードフォワードとフィードバック制御を組み合わせたブロック図を示す。実際には、外乱伝達関数 $G_d(S)$ やプロセス $G_p(S)$ を正確に知ることができないので、図7の式(5)のように簡略化して使用する。

フィードフォワードの $G_f(S)$ のゲイン K' を考えると、総排ガス流量に対する変化量で求められる。 $G_f(S)$ の一次

図7 フィードフォワード+フィードバックブロック図



遅れ時定数は、総排ガス流量と炉圧の応答に依存するので、これらの値により適応させていく必要がある。

5 あとがき

プロセスラインは、製品の品質決定に重要な役割を担っているため、設備の目的に対応した高度な計装技術が望まれている。

富士電機では、なお一層の制御性向上をめざし、AI技術適用などの制御技術向上に努めてゆきたい。

参考文献

- (1) 中谷一彦: MICREX-P のアプリケーション(3)加熱炉プロセス、計装、Vol. 29, No. 9, pp. 78-84 (1986)
 - (2) 船生豊・中谷一彦: 热処理炉におけるアドバンスコントロールシステム、富士時報、Vol. 55, No. 11, pp. 724-726 (1982)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。