

産業プラントへの応用

豊田 耕作(とよだ こうさく)

大内 茂人(おおうち しげと)

小田 孝一(おだ こういち)

① まえがき

鉄鋼、製紙プラントなど産業プラントへのプログラマブルコントローラ(PC)の応用は、1970年代前半の論理演算を主体としたシーケンサに端を発するが、数値演算、データ操作をはじめとする処理機能の高度化、高速化及び大容量化に伴い、次第に普及の度を早め、現在ではプラント制御に欠かせない重要な地位を占めるに至っている。更に最近では、制御の分散、情報の集中といった要求に沿って、伝送システム及びマンマシンインタフェース機能の充実が急ピッチで進められている。このような状況のもと、最近の産業プラントへのPC応用がどのように行われているのか、その概要を紹介する。

② PC応用のコンセプト

2.1 PCの位置づけ

製鉄設備、製紙設備といった産業プラントでは、小規模のものに対し、PCのスタンドアロンシステムも存在するが、多くは図1に示す階層化した制御システムを構成している。この階層は次の四つの機能レベルに区分される。

(1) 生産管理レベル

プラント全体の生産計画、工程管理などの機能を持つ。

(2) プロセス制御レベル

各工程における最適スケジューリング計算(圧延工程のセットアップ計算など)や総合的な運転監視の機能を持つ。

(3) 直接制御レベル

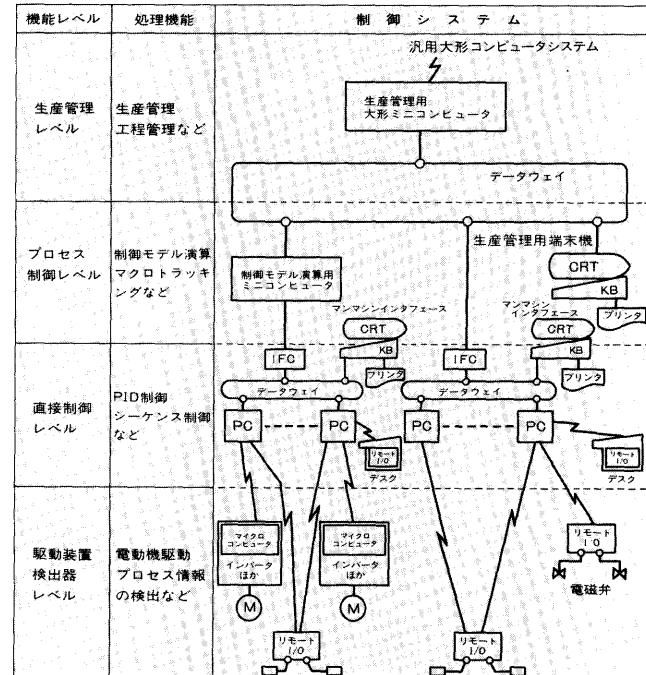
機械設備を直接制御するレベルであり、PCはこのレベルのコントローラである。位置決め制御、張力制御などのPID制御やシーケンス制御の機能をもつ。そしてマンマシンインタフェースとしてCRT付プログラマブル監視・制御システム(PMS)が用いられる。

(4) 駆動装置・検出器レベル

制御指令に基づく機器の駆動及びプロセス情報の検出などプラントと制御システムとの境界部の機能を持つ。

マイクロエレクトロニクスの発展を背景に、各レベルで

図1 階層化制御システム



処理される機能は急速に増大し、過去に上位レベルで処理されていた機能はより下位レベルで処理される傾向にある。

2.2 PC応用の方針

産業プラントへのPC応用に当たっては、高性能、高品質、経済性、高保守性、短納期など様々な観点での検討が必要であるが、富士電機では次のような方針に基づき、PC応用の展開を図っている。

(1) 新技術の導入

制御の離散時間系での取扱いや最適制御など、アドバンスト制御の導入を積極的に行い、PCの有効利用や高性能化を目指す。

(2) PCの機能分担

制御機能の過度の集中を避け、PC単位の適正化を図る。ハードウェアコスト上は、単位PC当たりの機能をPC能

豊田 耕作



昭和45年入社。電動力応用システムの企画・設計に従事。現在、電機システム統括部システム設計部課長。

大内 茂人



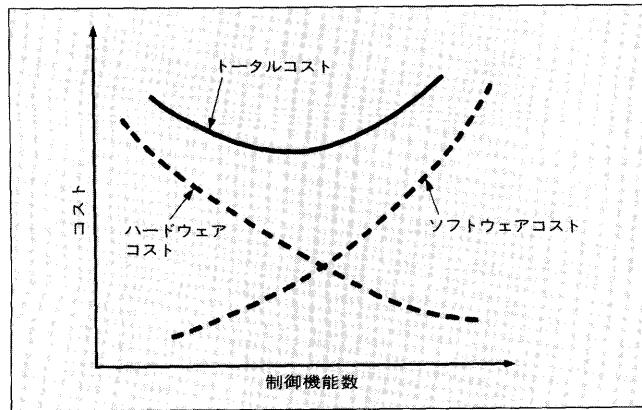
昭和55年入社。電動力応用システムの企画・設計に従事。現在、電機システム統括部システム設計部。

小田 孝一



昭和56年入社。電動力応用システムの企画・設計に従事。現在、電機システム統括部システム設計部。

図2 PCのコスト



力の許す限り取り込むのが有利であるが、ソフトウェア設計から現地試験調整までのソフトウェアコストとのトータルコストを考慮すると、図2に示す最適点がある。この配慮は、プラント設備の改良・改造への良好な対応性の面からも欠かせない。

(3) マンマシンインターフェースの利用

マンマシンインターフェースとしてのPMSは、操作面、監視面でデスクとの使い分けを明確にし、設定、監視機能を中心に分担する。また、このPMSはプラント制御機能のほか、プラント保守性向上の観点から、保守監視機能も搭載し、その充実を図る。

(4) 駆動装置・検出器レベルとのインターフェース

駆動装置レベルの標準化を図り、設備から求められるプラントオリエンティッドな機能はPCで処理する。また、I/O機器は操作デスクへの収納などにより分散化し、更に高パワー、耐環境性の優れたI/O機器によりリミットスイッチ受信盤、電磁弁盤などのインターフェース盤を削減する。

(5) ソフトウェア生産技術の向上⁽¹⁾

PC応用分野の拡大、要求機能の増大並びに短納期といった要因により、PCにおいてもソフトウェアの生産効率向上及び品質向上が大きな課題である。これに対処するため、コンピュータによるソフトウェア設計支援システムを開発し、運用した。現在運用している支援機能の主なものを以下に示す。

- (a) AIによる知的プログラム検索及びガイド
- (b) ソフトウェアのライブラリー登録・再利用
- (c) 対話設計
- (d) 高品質なドキュメント出力（漢字コメント、クロスリファレンスなど）

③ 産業プラントへのPC応用

産業プラントにおける製品の高品質化への要求に伴い、PCのソフトウェアも高機能化が求められている。富士電機では、これらの動向を踏まえ、PCを用いたフィードバック制御に対しては、現代制御理論の中でも、特にデジタル制御理論を用いたソフトウェアの開発を推進してきた。^{(2),(3)} このソフトウェアは、連続系の近似としてのデジタル制

御ではないため、サンプリング周期を従来方式の2～3倍に伸ばすことができ、演算処理時間の有効利用を図ることができる。以下に離散時間系におけるオブザーバ理論、及び最適制御理論の産業プラントへの応用例を示す。また、その他特徴ある制御も合わせて紹介する。

3.1 鉄鋼プラントへのPC応用

3.1.1 ループオブザーバ

条鋼圧延などにおいては、製品の寸法精度向上のため、圧延材に作用する張力又は圧縮力を零として圧延することが求められる。そこで仕上列においては、スタンド間にループを形成し、そのループを一定に保つことで無張力化している。圧延スタンドへの圧延材のかみ込み時にループ量が変動するが、図3に示すオブザーバは相手スタンドの圧延材速度を推定し、その推定値により速度制御系へフィードバックする。

図3 オブザーバを用いたループ制御

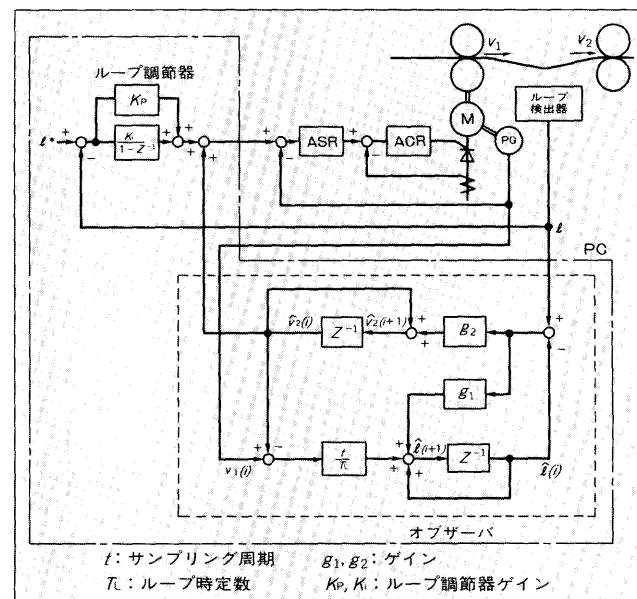


図4 最適レギュレータを用いたリール制御

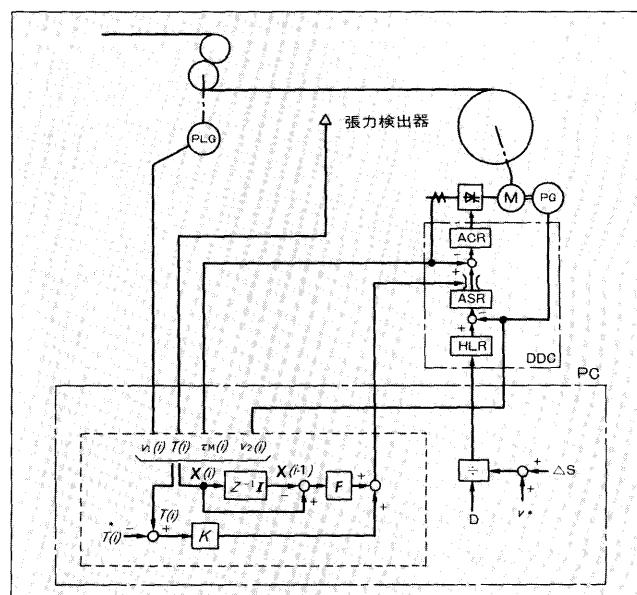
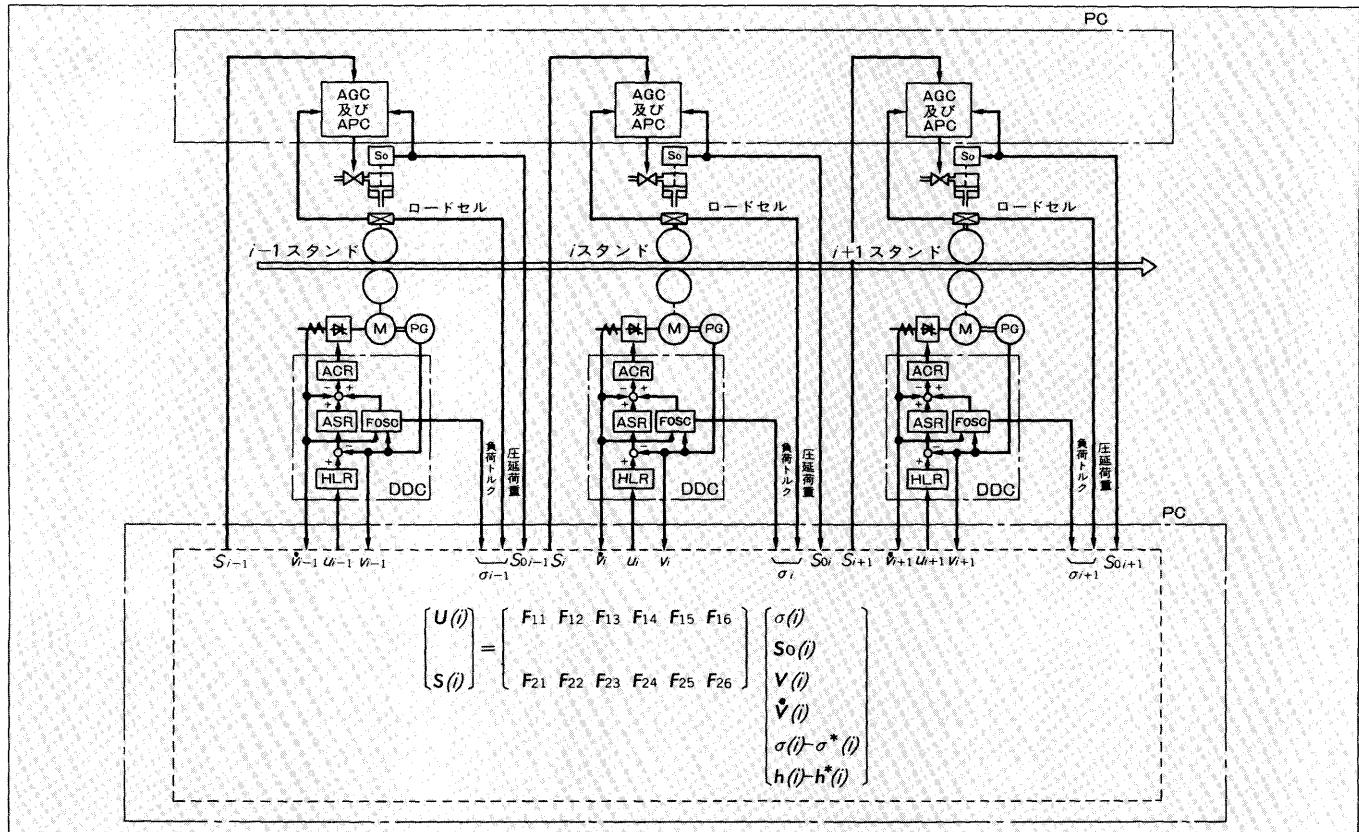


図5 最適レギュレータを用いた条鋼圧延制御



ドフォワード的に補正を加えることでループ量の変動を抑制するものである。

3.1.2 最適レギュレータの適用

(1) リール張力制御

冷間圧延などにおいて圧延された板をコイル状に巻き取るテンションリールや、コイル状に巻かれた板を巻き戻すペイオフリールにおける張力制御では、数 Hz の張力振動が発生することがある。

図4に示す制御方式は、状態フィードバックを施すことにより張力振動を抑制しようとするものであり、従来制御では不可能であった数 Hz 程度の張力振動の抑制に有効である。

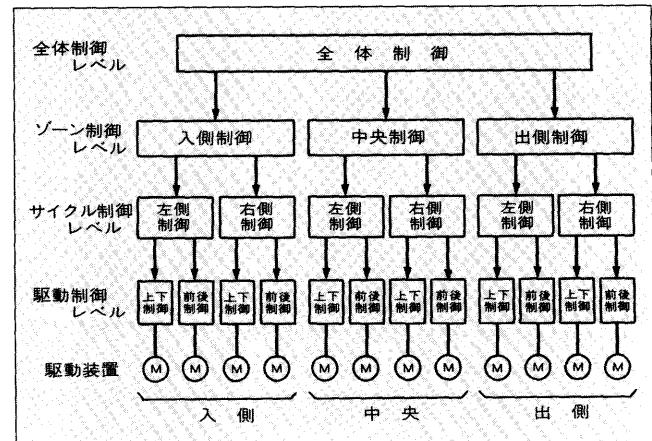
(2) 形状制御⁽⁴⁾

3.1.1項でも述べたように条鋼圧延では、製品の品質向上のため、中間列、粗列においても、無張力圧延を行う傾向にある。また、近年、圧延スタンドのロールギャップの制御により、より寸法精度の高い製品を生産しようとする気運も出てきている。図5に示す制御は、圧下制御と無張力制御を結合した形状制御である。状態変数として、張力、ロールギャップ、ロール周速、電動機トルク、張力誤差、出側板厚誤差を取り、状態フィードバックを施すことにより各スタンド駆動電動機の速度補正、及び圧下量の補正をして形状を目標に近づけようとするものであり、高品質の製品の生産が可能となる。

3.1.3 搬送制御

圧延工程の前工程に位置する加熱炉においては、近年、

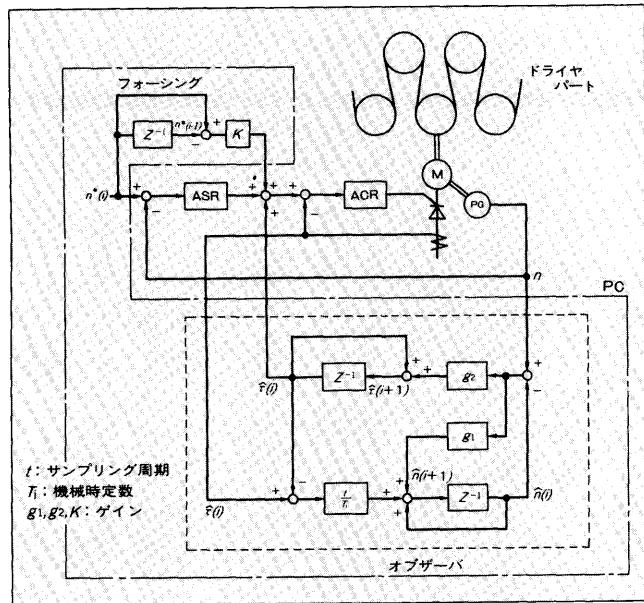
図6 階層制御構造をもつ搬送制御



炉内を数分割して各々個別に搬送制御を行い、多種類の鋼材を同時に効率よく加熱しようとする傾向にある。それに伴い炉内の鋼材の搬送制御は複雑になり、時には搬送パターンは数百という数になる。そのようなパターンをすべて想定してソフトウェアを設計することは非常に困難な場合が多い。

そこで、富士電機では図6に示すようなシステムをソフトウェアで作り対処している。このソフトウェアは、制御を駆動制御レベル、サイクル制御レベル、ゾーン制御レベル、全体制御レベルの四つのレベルに分割し、各レベルへ上位から起動信号が入力されると、個々のレベルごとにそのレベルに応じた鋼材搬送のための制約条件をチェックし、条件が成立すると下位へ起動信号を出力する。このような

図7 オブザーバを用いた速度制御



ソフトウェアの構造のため、機械は炉内の状況に応じて鋼材を整然と搬送できる。

また、ソフトウェアの設計者は制約条件だけに注意していれば鋼材の搬送順序について詳細を知らなくとも、ソフトウェアの設計ができるという特徴を持っている。

このソフトウェアは加熱炉に限らず、同様な設備への適用ももちろん可能である。

3.2 紙プラントへのPC応用

3.2.1 速度変動抑制オブザーバ

抄紙機設備において特に大慣性なドライヤ、カレンダ・パートでは、紙切れ、紙通し時の速度変動、回復時間が操業に支障をきたす。このためオブザーバーを用い紙切れ、紙通し時の速度変動を抑制している。図7にオブザーバーを使用した速度制御系を示す。オブザーバーは、負荷外乱を推定し、その推定値により電流制御系へフィードフォワード的に補正を加えることで速度変動の抑制、回復時間の短縮を図っている。また、速度設定に対しては、フォーシング指令を与え速度の追従性を高めている。

4 あとがき

産業プラントへのPC応用について紹介した。今後もPCは直接制御レベルのコントローラとして多用され、その重要性は高まって行くものと思われる。富士電機としては、新技術のPC適用、ソフトウェア生産技術の向上など、不断の努力を続け、ますます高度化する産業プラントのニーズにマッチした高性能、高品質なシステムを供給していく所存である。

参考文献

- (1) 紙本博史ほか：プログラマブルコントローラシステムのソフトウェア生産技術、富士時報、Vol. 60, No. 4, p. 305–310 (1987)
- (2) 古田勝久ほか：メカニカルシステム制御、オーム社 (1984)
- (3) 美多勉：ディジタル制御理論、昭晃堂 (1984)
- (4) 目黒宏ほか：富士の圧延シミュレーション技術、富士時報、Vol. 58, No. 12, p. 740–746 (1985)

最近公告になった富士出願

〔特許〕

公 告 番 号	名 称	発 明 者	公 告 番 号	名 称	発 明 者
特公昭62- 9721	低圧タービンバイパス系統を有する蒸気タービン	佐藤喜代志	特公昭62-11276	平壁型冷凍、冷蔵オープンショーケース	肥野 和彦 水谷 正巳
特公昭62- 9746	波力空気タービン発電装置	立野 政義	特公昭62-11729	位置決め方法	中田 一衛 中島 明貴尚 笠原 向
特公昭62-10094	無停電電源装置の運転方法	星 敏彦 定由 征次	特公昭62-11924	連続圧延機におけるスタンド間の張力・圧縮力の検出装置	篠倉 恒樹
特公昭62-10097	遠方操作表示形スイッチ	渡辺 克己	特公昭62-12127	スプリング分離整流機	藤田 謙治
特公昭62-10113	電動機の制御装置	磯貝 裕久 紙本 博史	特公昭62-12474	放射線検出器	篠崎 松藏 上田 一
特公昭62-10447	絶縁形ディジタル信号入力回路	富沢 敬一	特公昭62-12735	遠隔制御スイッチ装置	吉沢 敬
特公昭62-11176	内燃機関用電気カバナ	津田喜一郎 川崎 哲男	特公昭62-12864	スマヤ装置	楠戸 豊士 柳島 良平
特公昭62-11274	水冷蓄熱式飲料冷却装置	澄川 輝明	特公昭62-13622	酸素センサーの製造方法	谷口 春隆 原白石 健一 秀夫
特公昭62-11275	水冷蓄熱式飲料冷却装置	原田 豊一 江上 元隆 桜井 隆 田中 創 福頼 寿彦	特公昭62-13690	CRT ディスプレイ制御方式	武井 勝彦 柿間 克彦 野尻 裕昭
			特公昭62-13828	アモルファスシリコン太陽電池	酒井 孝憲 神山 道也 山田 克己



*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。