

制御システムにおけるソフトウェア技術とソリューション

Software Technologies and Solutions in Toshiba Control Systems

中川 浩一
NAKAGAWA Koichi

江木 博志
EGI Hiroshi

重政 隆
SHIGEMASA Takashi

近年、制御システムへのIT (Information Technology) 導入が進み、製造プラントなどの操業システムを構築する各サブシステムの連携および協調が容易にできるようになってきている。各サブシステムがもつ情報を相互に受け渡しし、各サブシステムがその情報を加工したり、再利用したりすることが可能になり、プラント全体におけるシステム構築技術の変化とシステム構築に欠かせないソフトウェア技術が重要視されている。当社では、様々なソフトウェア技術によって操業システムにおけるソリューションを提供している。

Through the adaptation of information technology(IT) to control systems in recent years, it has become possible to readily achieve the cooperation of individual subsystems comprising a manufacturing system. The data possessed by each subsystem are mutually delivered to the other subsystems, enabling each subsystem to reuse the data in various applications. Therefore, system integration and software technologies have become increasingly important in manufacturing systems, with software technologies providing advanced control functions and added value to the control system, and so on.

This paper describes software technologies that support design processes in the manufacturing system, with examples of applications.

1 まえがき

システム設計者が制御システムを構築する場合、低コストで高い生産性を上げること、安全かつ安定した操業システムを実現することが至上命題となる。

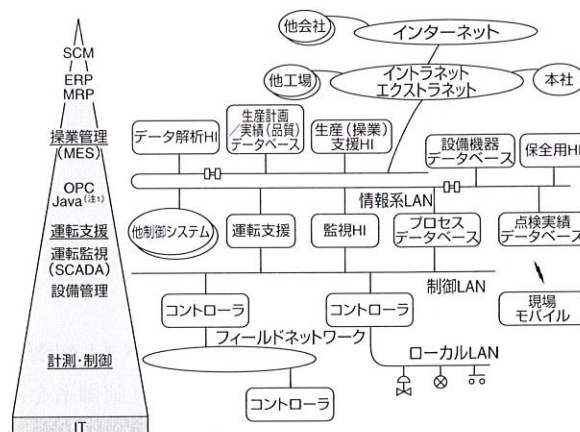
一方、近年のパソコン(PC)およびネットワーク通信技術の高性能化に伴うITは、制御システムの分野にも浸透しており、操業システム全体の環境は統合化されつつある。つまり、制御システムはプラットフォームのオープン化に伴い、操業システムの一部としてシームレスに接続できる環境が整ってきている。

このような背景から、ソフトウェア技術による操業システムにおけるソリューション(解決策)への関心が高まっている(図1)。

このなかから、制御システムの中核と言えるコントローラにおける“計測・制御”，制御システムにおけるオペレーションの省力化、効率化を目指す“運転支援”，情報システムまでを含めてシームレスなデータの受け渡し，統合生産システムの高度化を実現する“操業管理”に焦点を絞り，当社のCIE(コンピュータ・計装・電気制御)統合制御システムCIEMAC™と連携することでシステムの使い勝手が向上し，付加価値が提供できるソフトウェア技術について述べる。

2 計測・制御に関する技術

計測・制御技術においては長年培ってきた技術が数多く



HI: Human Interface SCM: Supply Chain Management MRP: Manufacturing Resource Planning

図1. 統合生産システムとソリューション 各種ソリューションが用意され、ITによりシームレスな統合生産システムを構築できる。 Solutions for manufacturing system

あり、計測・計装機器やコントローラなどに組み込まれている。そして最適な制御性能を実現するため、さらなる機能の拡充や新技術の提案が行われている。当社の計測・制御に関する主な技術を表1に示す。

2.1 モデル予測制御

当社で採用しているモデル予測制御SMPC (Simple Model Predictive Control)は、中小規模のプロセスへのコンパクトなモデル予測制御を容易に構築することができ、同定したプロセスモデルを用いて運転制約条件下で望ましい

(注1) Javaは、米国Sun Microsystems社の商標。

表1. 東芝の計測・制御技術

Toshiba instrumentation and control technologies

計測に関する技術	制御アルゴリズムに関する技術
デュアル位相検波	ハイパーPID
オートゼロ機能	セルフチューニング
ノイズサプレッサ	ダブルクロスリミット™燃焼制御方式 ^(注2)
	モデル予測制御
	閉ループでの部分空間同定法
	主成分分析法による異常検知
	ロバストPID制御
	BTG最適運用システム
	ビジュアルフィードバック制御

BTG : Boiler, Turbine, Generator

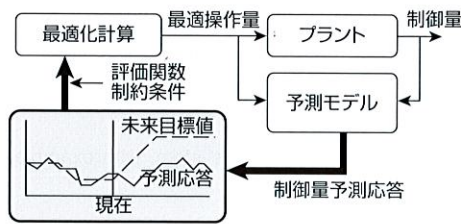


図2. モデル予測制御の原理 評価関数による制約条件を使って、プラントの応答を予測する。

Principle of model predictive control

運転状態になるための操作信号を生成することができる。図2にその原理を示す。

この制御技術を用いることにより、安全かつ安定した制御を維持することができ、ひいては運転員の省力化、生産効率の向上、製品の品質向上を図ることができる。

2.2 ロバストPID制御

プロセスの動特性同定技術においては、ロバスト制御理論に基づき、ロバストなPID(比例, 積分, 微分)制御系を設計する技術がある。CIEMAC™への適用例を図3に示す。

制御器の設計手順としては、まず同定した制御対象の動

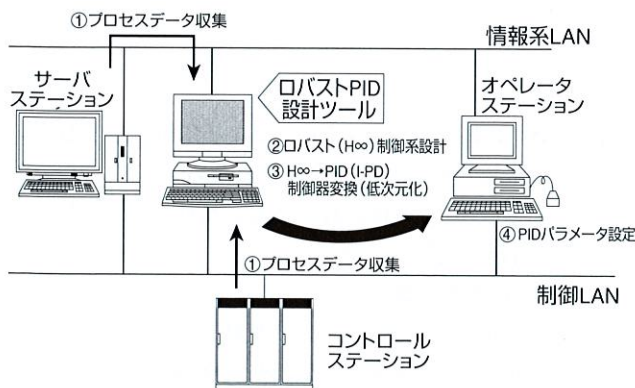


図3. ロバストPID制御のCIEMAC™への適用例 設計されたH∞制御をPID制御と等価になるようにし、実プロセスへ適用する。

Example of applying robust control design on CIEMAC™

特性に基づき多変数ロバスト制御器の設計を行う。しかし現場で多用されているのは、PIDあるいはI-PDタイプの制御器である。そのため設計された多変数ロバスト制御器をPIDあるいはI-PDタイプの制御器と等価にする必要がある(低次元化という)。そこで、多変数ロバスト制御器とPIDあるいはI-PDタイプの制御器の各周波数特性が、カットオフ周波数領域でできるだけ一致するようにPIDあるいはI-PDタイプの制御器の各定数を求める(図4)。試行錯誤ではチューニングすることが難しいロバストな多変数PID制御器を容易に設計することができるため、チューニング期間の短縮・効率化に有効である。

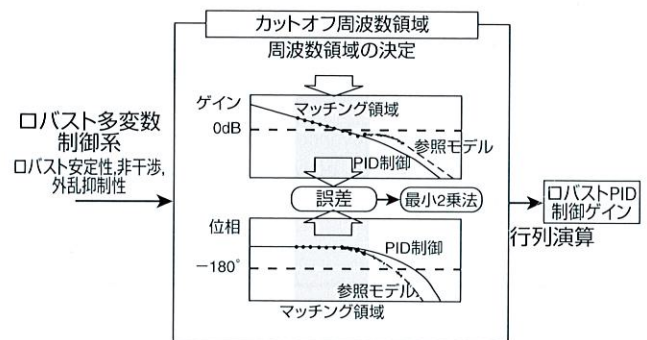


図4. PID制御器への低次元化方法 カットオフ周波数領域(網掛け領域)で特性が一致するようにPID制御器を設計する。

Identification with robust controller and PID controller

3 運転支援に関する技術

3.1 非定常運転操作支援システム

運転支援に関するシステムとしては、主に図5に示す製品を提供している。

プラント運転において、スタートアップ/シャットダウンや銘柄変更(生産物の品種変更)時には、各種の操作が頻繁に行われる。また、このような非定常運転時には、操作方法も場合に応じて様々であり、この操作を手順良く行うことがスタートアップ/シャットダウンや銘柄変更時間の短縮となり、生産効率の向上に大きく寄与する。さらに、効率良く操作を行なっているベテラン運転員のノウハウを整理してデータ化し、技術を伝達することも重要である。

非定常運転操作支援システムAS³(Abnormal Situation Support System)は、この非定常運転操作を整理・情報化し、活用することで生産効率向上を支援するものである。

AS³では圧力判定、ポンプの運転開始や運転停止、オン・オフ弁の操作、調節弁の開度設定操作など、非定常運転操作に必要な監視操作機能をアイコンとして用意している。このアイコンを画面上でつなぎ合わせ、アイコン内にメニュー

(注2) 安定時も、操業変化による変動時も、燃料と空気の的確な混合比率で最適な燃焼を制御する方式。

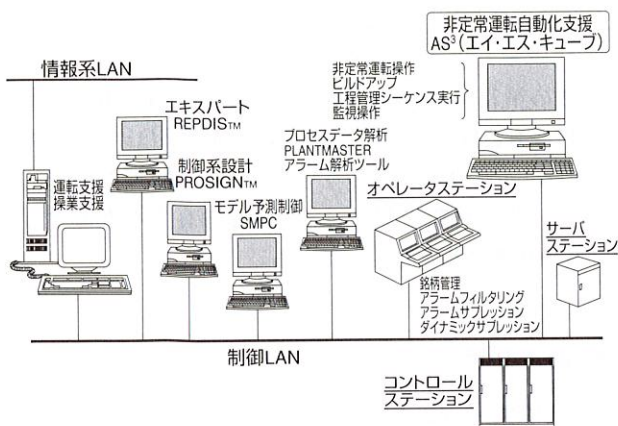


図5. 当社の運転支援システム 制御システムを支える数多くの運転支援システムをラインアップしている。

Toshiba operation support systems

化されている設定を行うことで、運転手順を容易に構築することができる。そして、構築した運転操作手順を自動で実行させることにより、工程進行を監視し、必要時には手動介入も加えながら、非正常運転の自動化を実現する。

AS³の工程設計・操作監視画面の例を図6に示す。非正常時に運転操作支援システムを適用することで、次のようなメリットが享受できる。

- (1) スタートアップ/シャットダウン操作の時間短縮、最適運転操作のガイドによる生産効率向上
- (2) 銘柄変更時間の短縮による規格外品生産の最少量化
- (3) ベテラン運転員のノウハウの継承
- (4) 運転の安全・安定性の向上

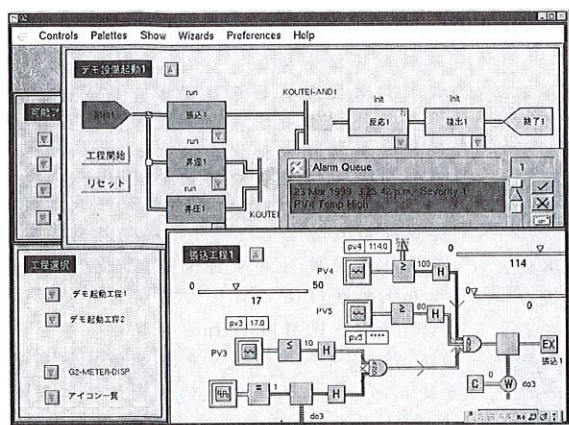


図6. AS³における監視操作画面例 アイコンを並べて運転手順を作成しガイドすることができる。

Example of AS³ display

3.2 エージェント機能

制御システムにおいてもOPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control)やJavaの活用が始まっており、エージェント機能実現のためのインフラが整備され

てきている。そこで今後は各種データを取捨選択し、ある判断基準に基づいて適切な操作・作業を行う必要が出てくると考えられる。大量かつ複数種のデータを用いて多角的な判断をすばやく行う必要が生じてくるため、判断を知的機能を用いて支援したり、処理したりするソフトウェア技術が必要になってくる。

当社は、マルチメディアコンテンツからの情報抽出技術、エージェント機能や知識共有システムを用いた操業支援システムなどの先端技術にも取り組んでいる。

4 操業管理に関する技術

操業管理を支援するシステムは、ERP (Enterprise Resource Planning)に代表される基幹系業務の要求に従って制御システムおよび運転支援システムを、より効率的で安全に機能させることである。当社では、操業支援に関するソリューションをFactoryDoctorシリーズと総称し、操業計画、品質計画、製造管理、設備保全管理、動画監視、ノウハウ継承などの支援サブシステム群を提供している。

4.1 操業計画支援システム

基幹系業務から与えられた生産計画に基づいて、製造計画を立案する場合、多くの制約条件下で多種多様な製品を最小リードタイムで製造する方法は複数あるが、効率良い方法を選択することは難しい問題である。操業ノウハウを熟知した操業責任者は、消費者のニーズの変化に即応するために、中間在庫を増加させるなどの防衛処置を講じるが、操業中の大きな変更に対応することが困難になっている。さらに、熟練者のノウハウは定型化されておらず、後継者の育成が困難になっている。

操業計画支援システムARESTMは、操業ノウハウを階層構造に定義でき、制約条件と要求納期を決めるだけで簡単にスケジューリングを行うことができる。

4.2 品質計画支援システム

決められた品質条件内で操業しても、原因不明の製品品質のバラツキによって原料の変更や操業条件のより厳密な管理が必要となり、原単位が上昇してしまう状況が多い。さらに、突然品質劣化が発生して中間製品を廃棄せざるを得ない状況が発生する場合もある。品質計画支援システムKINO-suiteTMは、複数の品質因子の結合度合いをルールとして抽出し、品質劣化を防止する作業手順の策定を支援することができる。プロセス情報をニューラルネットワークで学習し、その結果を人間に理解できるルール表現に翻訳する。そしてリアルタイムに品質因子を入力することにより、現在の操業状態を維持した場合の品質を予測する。

4.3 現場パトロールシステム

現場パトロールシステムMULTI-INTMは、現場業務を現場で完結させることを基本としたシステムである。モバイルコ

ンピュータを活用し、現場でパトロールしながらチェックリストを入力する形態をとっている。現場ではキーボード入力が困難であるため、チェックリストは音声入力、候補選択方式を採用している。また事故報告書は、詳細なイラスト絵などが重要であり、写真入力やその上への手書きコメント、音声コメントも付加できるようにし、マルチメディアモバイル環境を実現している。前回の点検状況、詳細ドキュメント、事故状況を現場パトロール中に確認することもできる。

4.4 設備保全管理システム

効率良く安定した品質で操業されている設備も突然停止すると、設備復旧や生産機会の喪失による直接的な損失だけでなく、予定外の作業や保全員の充実に対する間接的な損失も増加する。そのため突然の停止が起らないよう設備の保全管理機能が必要となる。図7は設備保全管理システムの一例として提供する計画保全管理システムである。機器台帳を基に保全の方法と周期を策定し、実際の保全結果を履歴管理することにより、保全方法を改善することができる。バックデータとして日常のパトロールチェックの結果、定期検査時調整結果、事故報告書の電子情報化が重要であり、先に述べた現場パトロールシステムMULTI-IN™を利用したシステム構成が有用である。

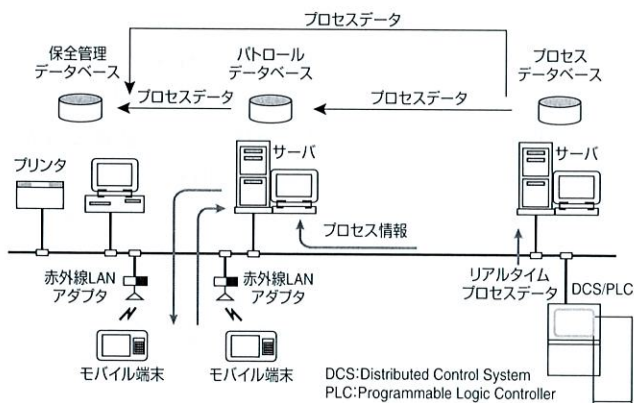


図7. 計画保全管理システム サーバとモバイル端末の最小構成からシステムの構築ができる。

Example of maintenance system configuration

4.5 動画監視システム

複合センサやエリアセンサなどが実用化されているが、人間の目で見、音を聞いて判断を行う重要性は、従来以上に増大している。事故時の現場状況、製品品質（反応状況、製品形状、包装）、設備稼働状況（コンベアなどの物流、大型機械回転部）、調整結果（ガタ、回転具合）、公害関連（排ガス、排水）、セキュリティなど、応用分野は増大している。動画監視システムFactoryEYEは、イントラネット／インターネット

ット上の任意のPCで、監視およびカメラの選択、操作（パン、チルト、ズームなど）を行う機能を提供している。イベント発生前後の情報、設備調整方法の定型化など画像判定と履歴管理機能も装備している。カメラは固定型のほか、可搬型超小型ワイヤレスカメラ、微少すき間調整用照明付きカメラも装備している。情報の配送は、伝送路の負荷を軽減する画像・音声圧縮技術を活用している。

5 あとがき

主に制御システムの観点からソフトウェア技術によるソリューションについて述べた。これらのソフトウェア技術は制御システムはもちろん、操業システムに対しても高い生産性と安全性を提供し、低コストで高品質の製品を製造するための一端を担っている。特に、PCの高性能化によって特殊なハードウェアがなくてもソフトウェア技術を導入するだけでシステム全体に付加価値を与え、新機能の追加を行うことができる。現在提供している機能のブラッシュアップとともに、ユーザーのニーズにこたえる新アルゴリズム、新機能の開発をいっそう進めていきたいと考えている。

文献

- (1) 飯野 穰, 他. モデル予測制御システムMIPCON™. 東芝レビュー. 50, 2, 1995, p.131-134.
- (2) 千田有一, 他. 周波数応答のモデルマッチングによる制御器の低次元化. 計測自動制御学会論文集. 34, 7, 1998, p.660-665.
- (3) 尾崎信之, 他. インターネットを用いたCCTVデジタル映像遠隔監視システム. 計装. 41, 12, 1998, p.81-85.
- (4) 江木博志. 設備保全管理に活用できるマルチメディア携帯端末. 計装. 40, 2, 1997, p.46-49.



中川 浩一 NAKAGAWA Koichi

情報・社会システム社 産業・電機・計装システム事業部
電機・計装プロダクトマーケティング部主務。制御システムの企画・立案に従事。計測自動制御学会会員。
Industrial Systems Div.



江木 博志 EGI Hiroshi

情報・社会システム社 産業・電機・計装システム事業部
産業システム部主幹。産業用計装制御システム業務の開発・設計に従事。計測自動制御学会会員。
Industrial Systems Div.



重政 隆 SHIGEMASA Takashi

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター技監。
プラント制御システム技術の研究・開発業務に従事。計測自動制御学会、電気学会、IEEE会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center