

# 産業分野における 計測・制御システムのソリューション

Solutions for Measurement and Control Systems in Industrial Processing Fields

太田 宏 中野 浩

■ OTA Hiroshi

■ NAKANO Hiroshi

デジタル技術が計測制御の分野に本格的に導入され始めて30年が経過しようとしている。高度成長期が終わって一時停滞していた設備投資は、近年の中国経済の成長がけん引となり、鉄鋼や石油化学を中心とした素材産業で上昇傾向にあり、計装システムの更新を推進できる環境が整ってきた。一方、高度成長期を支えてきた世代が高齢化し、それまでベテラン運転員の経験やスキルによって実現してきた安全安定操業と高均質な品質の維持が難しくなってきた。DCS (Distributed Control System) 更新時期と並行して、装置産業における2007年問題が大きな課題となっている。

東芝三菱電機産業システム(株)は、計装システムを提供するベンダーとしてこれらの環境に対しコンポーネントとアプリケーション両面からアプローチし、最小限の期間と投資で既存のシステムを新システムに移行する方法を実現した。更にIT技術を活用して、ベテラン運転員及びエンジニアのノウハウを体系的に継承するソリューションパッケージを開発した。

Thirty years have passed since digital technology was introduced in the field of measurement and control systems. Investment in plant and equipment has been rising in raw material industries such as steel and petrochemicals due to the recent growth of the Chinese economy, and this in turn has promoted the renewal of instrument systems. On the other hand, the operators who have supported the high-growth period of the Japanese economy are now aging, and it is becoming increasingly difficult to maintain safe and stable operations as well as the uniformly high quality realized by the experience and skill of these expert operators up to now. In particular, problems are expected to arise from 2007 onward with regard to the renewal of distributed control systems (DCS).

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp. has been investigating components and applications as a vendor of instrument systems in this environment and has realized ways of switching from existing to new systems with minimum time and investment. We have also developed solution packages that systematically incorporate the know-how of expert operators and engineers using information technology.

## 1 まえがき

装置産業分野は1980年代の半ばから1990年代の初めにかけて、右肩上がりの経済成長を背景に、設備増強に伴った監視制御システムの新規導入を積極的に行った。一方、デジタル技術の発展に伴い、各計装メーカーから本格的DCS (Distributed Control System) が市場に投入され、効率化や省力化を目的とした、自動化及びCRT (ブラウン管) オペレーション化を含む計器室統合による操業が主流となった。

この時代から既に約20年が経過し、当時のDCSも製品寿命を迎えつつあり、各社から製造中止や保守中止が報告されている。この状況から、ユーザーもメーカーも本格的DCS更新に対して共通の問題意識を持ち、具体的な対策を検討してきている。設備の機器寿命は40年程度とDCSの2倍以上あり、DCS更新後も操業及び制御の方法は継続するケースがほとんどである。一方、当時中核であった運転員や計装エンジニアは、定年時期にあるケースや既にリタイアしているケースが少なくない。また、DCS更新に際し、生産効率の面から、設備停止期間を極力短くする要求が一段と強くなっている。このため、よりいっそう既存の資産を有効

かつ十分に利用した、最短期間でのシステム更新が求められている。

この要求に対し東芝三菱電機産業システム(株)は、既存システムのソフトウェアを100%活用できるエミュレーション技術による製品をリリースし、実際のDCS更新に適用している。

ここではまず、そのエミュレーション技術・製品による更新手法、実績及びエンジニアリング効率改善効果について述べる。次に、現在のIT技術を有効に利用した、操業・制御のノウハウを後継者に伝承するための操業支援ソリューションの特長と実施効果について述べる。

## 2 エミュレーション技術によるDCSの効率的更新

情報系技術分野で一般的に使用されていたエミュレーション技術は、旧ハードウェア向けに開発されたソフトウェアを新規ハードウェア上で実行させるものである。ハードウェア設計の違いを吸収するために、旧ハードウェアを模擬する“エミュレータ”と呼ばれるソフトウェアを実行させ、そのうえで既存のソフトウェアを動作させる。汎用コンピュータ分野で多く利用されている技術であるが、DCSへの適用は最初

で、リアルタイム制御特有の工夫が織り込まれている。

既存の連続制御やシーケンスプログラムは、制御対象を効率的に運転するよう長年にわたる改造や変更によってブラッシュアップを繰り返してきたノウハウの結晶である。したがって、新規のプログラムに置き換える場合、当初プログラムを導入したときに近い設計・検証時間を要すことになる。また、何度にもわたる改造などで作成されるドキュメントにはノウハウなどの記載が不足している場合もあり、詳細に理解している運転員やエンジニアが既にリタイアしている場合も多い。このような場合、既設の制御プログラムがそのまま動作するエミュレータは、大きな威力を発揮する。

エミュレータを使用した場合の効果を以下に列記する。

- (1) 設計期間の短縮 既設の制御プログラムがそのまま使用でき、新規の設計作業はオペレータステーション（監視操作端末）及びインタフェースに関する登録だけとなる。このため設計期間は、新たに制御プログラムを設計する場合の20%以下に短縮できる。
- (2) 試験・検証期間の短縮 既設の制御プログラムに関する機能試験・検証は、主要機能のサンプル的な試験及び検証で十分である。したがって、プロセスフロー画面などのオペレータステーションプログラム試験と、制御プログラムとのインタフェース試験だけ行えばよくなるため、試験期間も20%以下に短縮できる。
- (3) 現地工事期間の短縮 旧DCSを撤去し、新DCSに全面的に置き換える場合、切替え工事と、全点に対するインタフェース試験及び空打ち・水運転などによる機能確認試験を実施することが必要である。DCS全面更新時の設備停止は、設備の規模にもよるが最低でも1週間から1か月程度必要となる。エミュレータを使用した場合、I/O (Input/Output) 割付け及び制御プログラムは既設のものをそのまま引き継ぐため、ハードウェアの切替え工事期間だけに圧縮できる。
- (4) チューニング期間の短縮 PID (比例, 積分, 微分), 警報・制限値などのパラメータはDCS切替え前のデータをそのまま引き継ぐことができ、制御アルゴリズムも互換であるため、パラメータ再チューニングの必要はない。しかし、全面的に新DCSに更新する場合は、アルゴリズムの差異による再調整が必要となる。

### 3 エミュレーション技術適用製品とその実績

過去に適用したDCSの変遷を図1に示す。エミュレーション技術を利用したDCSは、PCSエミュレータ (Process Control Station エミュレータ: 以下、PCS/Eと略記) とDPCSエミュレータ (Distributed PCSエミュレータ: 以下、DPCS/Eと略記) がある。

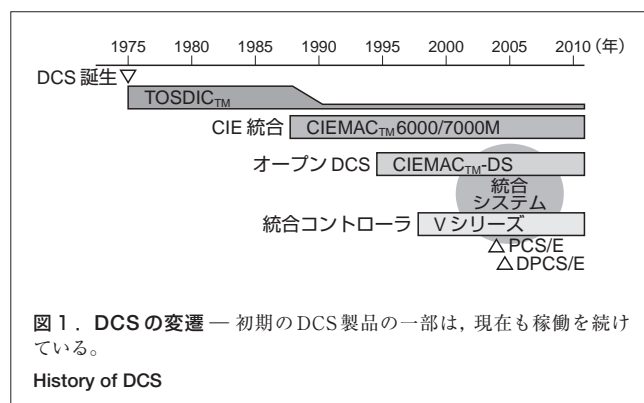


図1. DCSの変遷 — 初期のDCS製品のの一部は、現在も稼働を続けている。

History of DCS

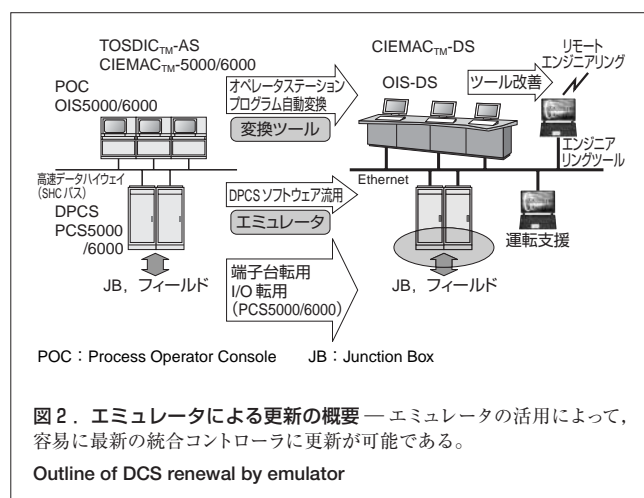


図2. エミュレータによる更新の概要 — エミュレータの活用によって、容易に最新の統合コントローラに更新が可能である。

Outline of DCS renewal by emulator

エミュレータによるリニューアルの概要を図2に示す。

エミュレータソフトウェアをファームウェア化することにより、PCS/EとDPCS/Eのハードウェアは、最新の統合コントローラモデル2000に機種統一した。

#### 3.1 PCS/E

PCS/EはコントロールステーションPCS6000のエミュレータで、最新オペレータステーションであるOIS-DS (Operator Interface Station-Dominant System)と統合する、又はそれに更新する手段として開発された。

PCS/Eの実装状態を図3に示す。

PCS/EはPCS6000のシリアルI/Oをそのまま接続し、制御プログラムを既存どおりに実行し、OIS-DSと接続する。

2004年リリース以降、既に紙パルプ分野、半導体水処理分野、ガラス分野、及び化学繊維分野などに多数導入され、順調に稼働している。

半導体工場は24時間365日の連続操業が基本で、設備停止期間は長くて2日、短い場合は24時間となる。実際の導入ユーザーの事例では、24時間の設備停止期間ですべての更新工事を完了している。これはエミュレータによる特長が顕著に生かされた結果である。また、半導体水処理設備は制御プログラムのほとんどがシーケンス制御機能である。事例

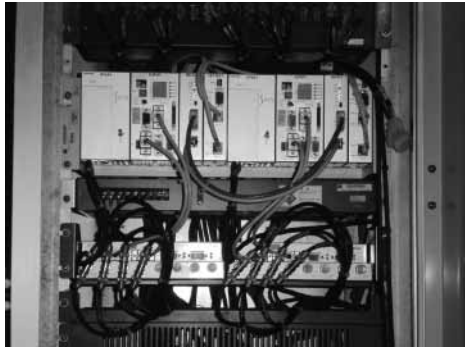


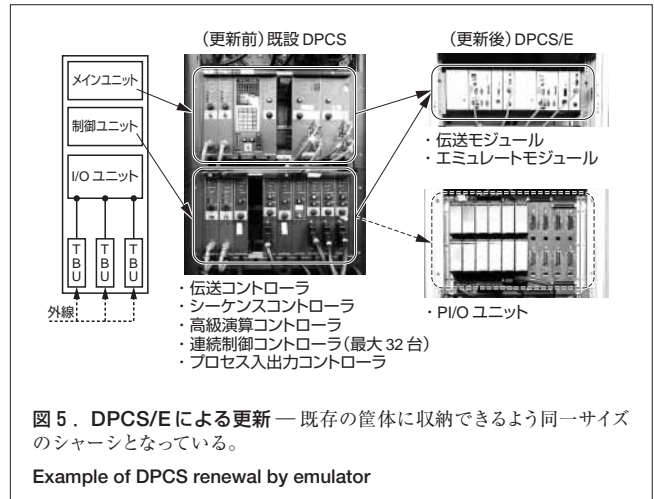
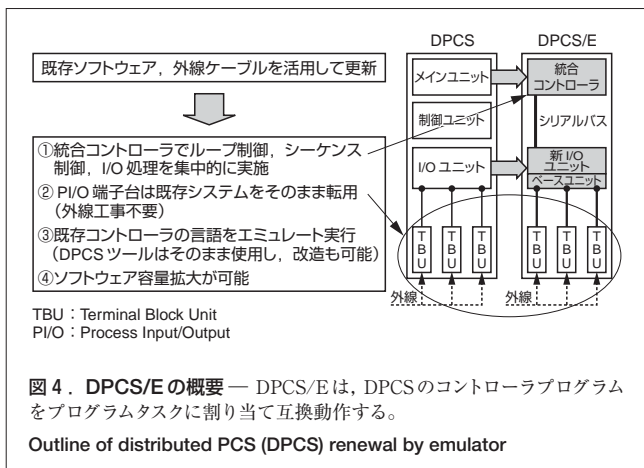
図3. PCS/Eの実装例 — 既存のシステムに容易に組み込むことが可能である。

Example of process control station (PCS) emulator implementation

では、切替え直後そのシーケンス制御機能を使用して立ち上げたが、大きな問題もなく操業運転に移行できたことは、エミュレータによるソフトウェアの互換性が大きく貢献していると言える。紙パルプ分野の原料系処理設備も複雑で大容量のシーケンスが多数あり、同様にエミュレータが有効であった。

### 3.2 DPCS/E

1980年代に最初のDCSとしてTOSDIC™-SS/ASをリリースし、その構成装置であるコントロールステーションDPCSは納入後20年以上経過しているものも多い。DPCS/Eは、既設のDPCSを更新する手段として開発され、I/Oも含めたりリニューアルに対応して、2005年3月にリリースされた(図4)。DPCSは一つのステーションで30～40台の分散コントローラによって構成されている。DPCS/Eは一つのCPUで構成され、個々のコントローラのプログラムをプログラムタスクに割り当て互換動作する。I/Oは最新のインテリジェントシリアルI/Oユニットを使用して、DPCSのI/Oシャーシにそのまま取付けできるように、同一サイズのシャーシを製作して収納した(図5)。外線を接続しているI/O端子台はそのまま



ま流用し、既存の筐体(きょうたい)を有効に利用した更新が実現できるシステムとした。

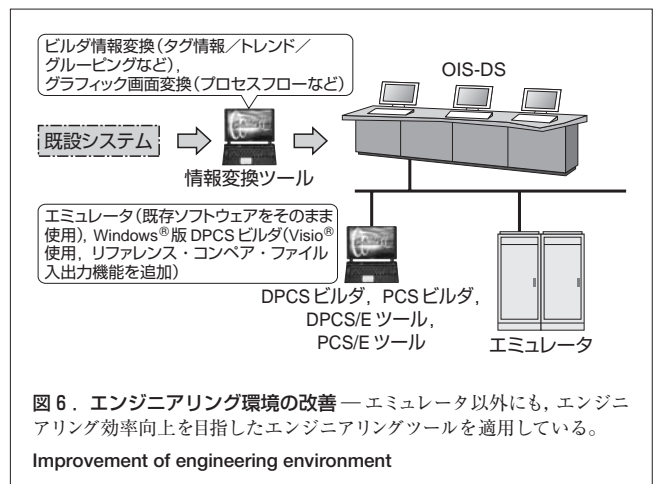
あるユーザーでは、2005年末の工場運転休止時に合わせて、DPCS/EによるDCSの更新を計画している。

### 3.3 エンジニアリング環境の改善

PCS/EやDPCS/E以外にも、更なる効率向上を目指したエンジニアリングツールを適用している(図6)。

- (1) システムビルダ情報変換ツール 既設DCSのタグ情報、トレンド割付け、計器グルーピング割付けをPCS/E、DPCS/Eツールのフォーマットに変換し、インポートするツールである。
- (2) グラフィック画面変換ツール 既設DCSのグラフィック画面をOIS-DSのグラフィックソースに変換して提供するものである。変換率は80%以上で、設計及び試験期間の短縮におおいに貢献している。更新後も運転員は慣れ親しんだ画面で違和感なく操業できる。
- (3) DPCSエンジニアリングツール(DPCSビルダ)

DOS(Disk Operating System)をOSとしたツールであ



るが、DPCS/Eのリリースに合わせてWindows<sup>®</sup>(注1)版のDPCSビルダを開発した。ミドルウェアに汎用CADであるVisio<sup>®</sup>(注2)を採用して、カット&ペースト、機能モジュールの部品による選択などWindows<sup>®</sup>ベースの作業環境をフルに活用し、エンジニアリングの改善を図っている。また、データレファレンス、プログラムコンペア、ファイル入出力機能などを追加し、改造時の利便性を向上した。

## 4 ソリューションの概要

ベテラン運転員の高齢化(2007年問題)対策は、経験と勘により培われた非定型な運転ノウハウ依存から、データドリブンな運転への変革が必要である。ベテランが今まで持っていたノウハウを文書で残し、その文書を利用して運転ができるような仕組みの構築や、更に一步進めて、従来のDCSでは自動制御できない機能を自動制御できるようにしていく必要がある。

これらは高付加価値ステーションを追加して実現するほうが、既設システムを改造するより効果的である。高付加価値をもたらす各ステーションのソリューション構成を図7に示す。

これらのソリューションの中から、特に実績収集とその管理、ベテラン運転員のノウハウを生かすための操業支援、及び運転員の安全を支援するライフセンサに絞って、以下に説明する。

## 5 実績収集ソリューション

### PLANETMEISTER<sup>TM</sup>シリーズ/DB-Wide<sup>TM</sup>

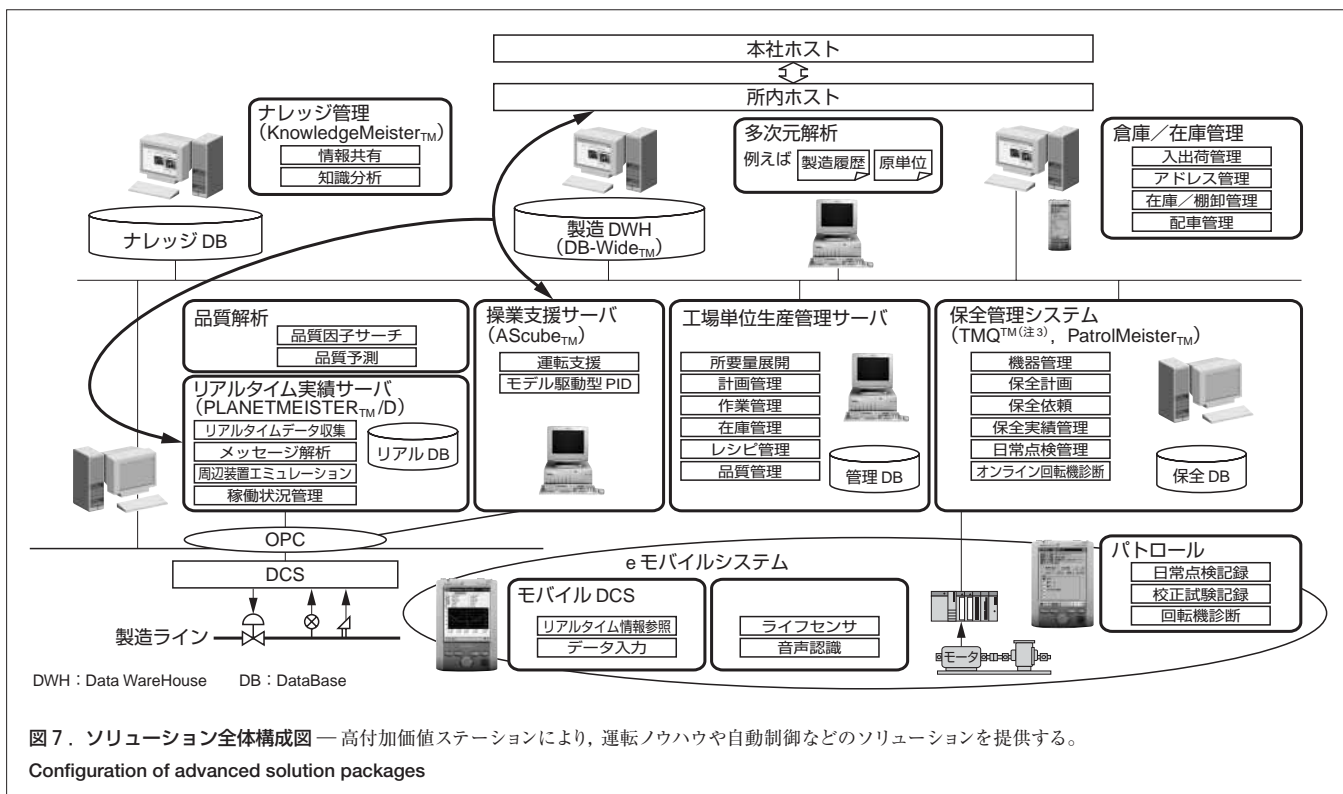
#### 5.1 概要

PLANETMEISTER<sup>TM</sup>シリーズは、DCSのデータを長期間蓄積するデータベース機能、及びDCSが出力する警報・操作履歴のメッセージ解析機能などのDCSの機能拡張と、DCSの周辺装置であるプリンタやカラーハードコピー装置を、パソコンで実現することを目的としたソリューションパッケージである。DCSの1システムに直結して運転するものであるが、その拡張版で、複数のDCSシステムを接続して工場全体のプラント実績を統合管理できるDB-Wide<sup>TM</sup>もリリースしている。

#### 5.2 導入メリットと機能

実績収集ソリューションは次のようなメリットを提供している。

- (1) プロセス全体を見やすく簡単に管理 どこでも、ウェブグラフィック画面でプロセス全体の状況をすばやく確認でき、また、履歴グラフィック表示機能で過去の日時を指定してデータを確認できる。更に、再生機能によりプロセスの過去の動きも確認することができる。
- (2) データ収集・解析時間を低減 容易にデータをCSV (Comma Separated Value) 形式でダウンロードができ、データ収集の煩わしさを解消できる。更に、Excelアドイン機能により欲しい現在値、過去値を自由に取り

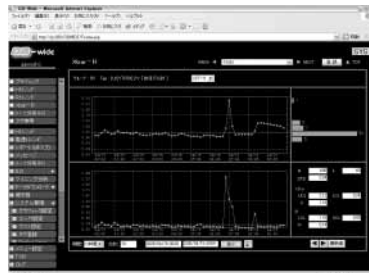


(注1)、(注2) Windows、Visioは、米国 Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標。

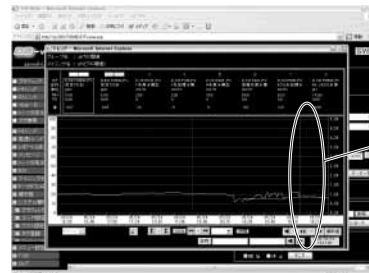
(注3) TMQは、旭化成エンジニアリング(株)の商標。



(a) XY分布図(相関分布)



(b) Xbar-R 図



(c) 予測トレンド

図8. PLANETMEISTER™の画面例 — 代表的な分析評価画面を示す。データの収集, 分析, 予測などを容易に表示できる。

Example of analysis and estimation displays of PLANETMEISTER™ series

込められるので、リアルタイムデータと履歴データの比較ができる。それによりプロセス傾向を把握することができるので、先手の管理を実現して製造ロスなどの防止を図ることができる。

(3) プラント運転の効率化 相関分布図による2変数の関連から、プロセスの診断や省エネ活動の評価(例えば、外気温と電力の関係)を定量化でき、運転効率化の指標を提供することができる。また、品質管理図としてよく使われるXbar-R図の評価を用いたプラント傾向判断により、是正処置を先手で行うこともできる。

(4) 異常を事前に予測してロスを低減 蓄積されたデータからデータマイニング技術を用いてルールを構築し、未来値を予測してトレンド表示できる。また、異常データの要因分析も可能である。異常の予測による事前回避行動がとれるとともに、異常の要因を把握することができるようになる。

PLANETMEISTER™シリーズの画面表示例を図8に示す。

## 6 操業支援ソリューション AScube™ シリーズ

### 6.1 概要

多数のプラントにDCSが導入され、プロセス制御はほぼ自動化された。しかし依然として、手動介入の必要な運転時やスタートアップ・シャットダウンのような年に数回程度しか行わない非常作業などの自動化できないシーケンスや、自動制御モードに投入できないプロセスが存在する。自動化できないシーケンスは、運転員が常時介入する“はりつき運転”が必要である。これらのはりつき運転にはプロセスの早期安定化や切替え時間の短縮などが求められ、ベテラン運転員が対応することが多い。また、はりつき運転だけでなく、自動制御モードに入れられない制御ループも運転員にとって手動介入する必要があるため、運転員の負荷は高い。このため、ベテラン運転員のノウハウを運転に生かせるようにドキュメント化し、どのようにしてプラントを効率的かつ安定的に維持するか、という

解決策が求められている。その解決策が操業支援システムAScube™ (All Situation Settling Support system)である。

### 6.2 特長

このパッケージはパソコン上で動作し、次のような特長を持っている。

- (1) 多様な接続インターフェース 専用インターフェースを持ったDCS以外でも、OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control)を活用することにより、すべてのDCSと接続可能である。
- (2) 運転業務の容易な構築 運転員がフローチャート記述し、登録するだけで実行することができ、煩わしいコンパイルや神経を使うダウンロードが不要である。
- (3) 全運転領域での運転支援 シーケンス的な作業支援だけでなく、自動モードに投入できなかった連続制御ループにも自動制御ロジックを適用できるようにした。シーケンス的な作業支援のための運転支援パッケージと、連続制御ループのためのモデル駆動型PIDパッケージの2パッケージをリリースした。

### 6.3 AScube™の運転支援パッケージ

運転支援パッケージは、従来の非常運転支援から日常の定時に行う運転員の業務まで適用可能である。実際の適用例では、毎日定時刻に行う作業又はある条件を満足したときに行う作業を、このパッケージに登録して実行させているケースが多い。

運転支援パッケージの画面例を図9に示す。

このパッケージは、単に運転員の操作をフローチャート記述し、ステーション上で実行命令するだけで実現でき、運転員の操作負荷を大幅に軽減できる。つまり、これからベテラン運転員が減少していくなかで、ベテラン運転員の運転操作をフローチャート記述することで、ノウハウを若い運転員に継承していくことが可能となる。更に、完成したフローチャートは運転プログラムそのものであり、同時に標準運転方案書(SOP)でもある。ドキュメントとプログラムが一致するので、運転プログラムの生産性が向上するというメリットもある。

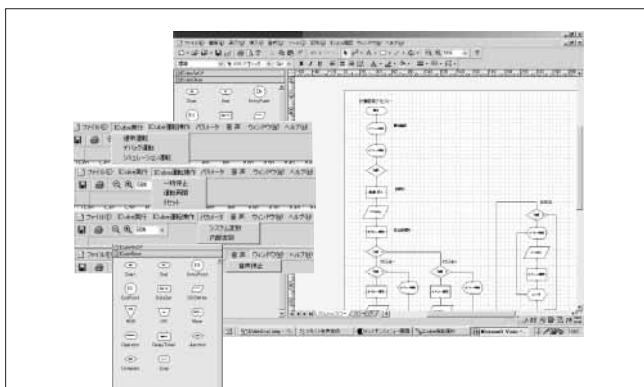


図9. AScube™/運転支援パッケージ画面例 —ベテランの運転操作をフローチャート記述することでノウハウの継承が可能となる。  
Display of operation support package of AScube™

### 6.4 AScube™のモデル駆動型PID制御パッケージ

従来のPID制御では制御安定性が悪い、あるいはむだ時間が大きい自動モードに投入できない制御ループに対して、モデル駆動型PID制御<sup>(注4)</sup>パッケージは非常に効果がある。この制御の特長は、従来のPID制御と違い、パラメータのチューニングが容易である点である。PID制御のパラメータはパラメータどうしの相互干渉があり、チューニングするためのスキルが必要であった。しかしモデル駆動型PID制御は、プロセス同定した結果のプロセスゲイン、1次遅れ、及びむだ時間をパラメータとして設定するだけで、非常によい制御応答が得られる。

試験的に導入した紙パルプ業界の焼成用燃焼設備での事例を図10に示す。制御開始前の領域はモデル駆動型PID制御の適用前、制御開始後の領域が適用後である。適用後は燃料流量の大きな変動がなく、温度の揺らぎが小さくなった。

短期データ分析結果では、炉内温度の揺らぎを60%改善、燃料使用量は2.5%改善した。更に、制御開始前の領域では

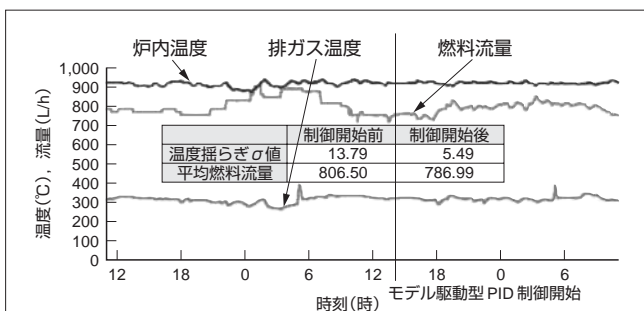


図10. AScube™/モデル駆動型PID制御パッケージ導入事例 — 焼成用燃焼設備での導入例で、適用後は温度変化が少なく、燃料流量も少なくなっている。

Response of model-driven proportional integral differential (MPPID) control in combustion equipment

(注4) モデル駆動制御システムは、2000年に東京大学の木村英紀教授が提案した制御概念。

自動モードに投入できず手動運転であったが、制御開始後の領域ではモデル駆動型PIDによる自動制御が実現でき、運転員の運転負荷の低減効果があった。

## 7 ライフセンサ

これからますます、現場業務の効率化が求められるようになる。究極は無人化であるが、無人化できないところでは最低の人数、つまり1名で1プラントを見ることになる。その場合、いかに1名の運転員の安全を確保するかが問題になる。ライフセンサはその問題を解決するものである。

ライフセンサは、運転員の脈と運動量を計測するセンサが搭載されており、そのセンサ情報を判断して、異常があれば24時間勤務の守衛あるいは防災センターへ通報することにより、初動の救急活動がすばやくできるようにするものである。

異常となった運転員がいる位置は、構内PHS網あるいは無線LAN網の位置情報システムから情報を収集して、特定できるようになっている。一人勤務が必要な部署では、安全確保のために必須のソリューションと考える。

既にプロトタイプによる検証は完了しており、近々量産化モデルをリリースするよう、現在開発を進めている。

## 8 あとがき

既設ソフトウェアの継承性を高めるエミュレーション技術は、これからのDCS更新を短期間に品質よく実現できる。また2007年問題に対しても、DCS更新に合わせて、業務をフローチャート記述してそれを実行するだけで、ベテランと同じように業務を遂行できるようになってきた。

しかし、単純に移行しただけで常に改善の意識がなければ、ソフトウェアや業務フローはどのような意味合いをもって記述されたか、ますますわからなくなってしまいます。それを防止するためにも、実績収集データを元に運転状況を解析して業務改善し、単純に移植できたソフトウェアをブラッシュアップしていくという、PDCA (Plan-Do-Check-Action) サイクルが回ることを期待する。すべての業務の原点はPDCAであることを忘れてはならない。



太田 宏 OTA Hiroshi

東芝三菱電機産業システム(株) 産業システムソリューション技術部 技術第一課長。計装制御システム(DCS)のエンジニアリングに従事。

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



中野 浩 NAKANO Hiroshi

東芝三菱電機産業システム(株) 産業システムソリューション技術部 技術第四課長。情報系ソリューションシステムのエンジニアリングに従事。

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.