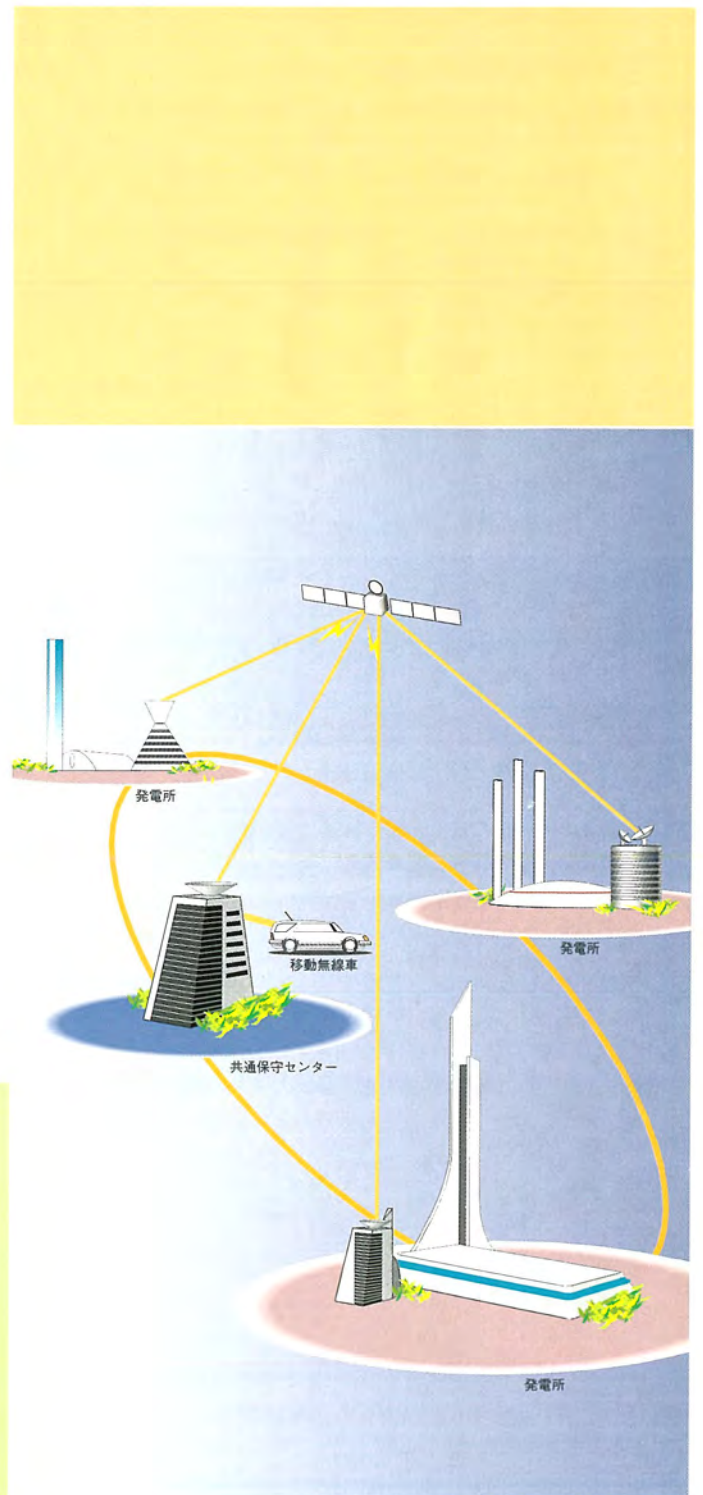


# MITSUBISHI

## 三菱電機技報 Vol.73 No.6

特集 “オープン分散計装制御システム”  
“最新の火力発電技術”

# '99 6



## 特集 “オープン分散計装制御システム”

### “最新の火力発電技術”

#### 目次

##### 特集論文

##### オープン分散計装制御システム

オープン分散計装制御システムへの期待	1
久保英嗣	
オープン分散計装制御システムの現状と展望	2
岡村 繁・江上憲位・菊地原博夫	
オープン分散計装制御システムのコントローラ	7
戸田明男・佐藤千春・大川裕利・織田修司	
オープン分散計装制御システムのヒューマンインタフェース	12
清水広之・巻田幸司・森岡雄二・井上敦士	
オープン分散計装制御システムのオープン分散ネットワーク	18
田中康博・矢口幸男・神余浩夫・水沼一郎	
オープン分散計装制御システムのエンジニアリング	22
廣島郁芳・中村正博・杉谷 稯	
上下水道分野におけるオープン分散計装制御システム	27
安藤 隆・池田洋一・中川貴雄	
一般工業分野におけるオープン分散計装制御システム	32
西元朗雄・那須広実・中村修一	
発電原子力分野におけるオープン分散計装制御システムと そのエンジニアリングツール	36
小倉啓七・原田和世・小菅真人	

##### 最新の火力発電技術

最近の火力発電所技術	41
前原史彦	
火力発電設備における現状と展望	42
岡村信行・赤木一夫・濱本総一	
大容量タービン発電機における最新技術	46
河瀬千春・中野直広・鈴木一市	
発電機励磁制御による電力系統安定度向上技術	49
下村 勝・田中誠一・夏 鏡嶋・北村仁美	
タービン監視計器における最新技術	53
藤田高規・高木雄二・浅田幸広	
火力発電所における監視制御システムの動向	57
山田止成・松野聡之・船越淳司	
火力発電設備監視制御室トータルデザイン	61
伊藤伸哉・金子達史	
配線工事における最新技術	66
塚田光政・佐藤 寛・佐々木順一	
経年火力発電所での最新の監視・制御システム	69
土手内 巧・武田和茂・阿南義憲	
中国電力(株)三隅発電所第1号機の概要と適用技術	73
百地照雄	

##### 特許と新案

「プラント監視装置」「電力系統安定化装置」	77
「测温抵抗体入力装置」	78

##### スポットライト

クリーンオゾン水製造装置	40
リアルタイムプロセスデータベース“RT-SQL”	(表3)

#### 表紙

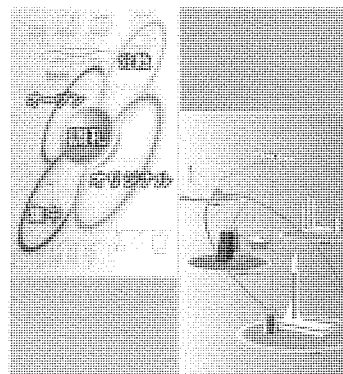
##### オープン分散計装制御システム

オープン分散計装制御システムは、オープン技術を全面採用し、将来にわたる発展性・継続性を保証するとともに、高信頼性・高保守性、従来システムとの互換性を実現している。また、ネットワーク階層透過機構等による全情報の一元管理やリモート監視/保守等を実現し、設備全体維持費用の削減に貢献できる。

##### 近未来の火力発電所イメージ

イラストは、近未来の火力発電所及び発電所を結ぶ遠隔監視と保守ネットワークをイメージしたものである。発電所は地球環境への優しさが追求され、運転操作をつかさどる中央制御室はインテリジェントオフィス化されて、明るく快適で先進的な空間となる。

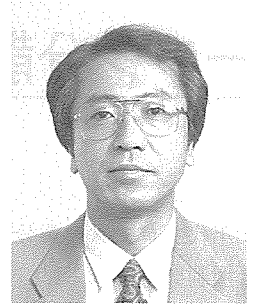
発電所の保守業務は共通保守センターで集中的に管理され、設備や保守情報の共有が進められる。各発電所と共通保守センターの間は広域ネットワークと衛星通信で接続され、高度な情報通信システムによって遠隔監視・遠隔保守が実現される。



## オープン分散計装制御システムへの期待

情報技術の進展とともに、社会のあらゆる場面で様々な情報システムが構築されている。しかし、昨今の厳しい経済状況においては、従来のような経営・開発・生産といった部門別の情報化ではなく、企業の生き残り戦略としての企業全体のシステム化は避けて通れないものとなっている。特に、経営戦略や市場の動向に迅速かつ柔軟に対応可能なシステム化が求められている。このためには、ビジネス分野に限らず、エンジニアリング分野、ひいては生産現場において、いかに全体として効率的に情報システムを構築していくかが重要な要件となっている。また、このような情報技術の分野においてはグローバル化・ボーダレス化が今後ますます進展し、その中で生き残るためには、国際標準や業界標準を意識した製品開発が求められていく。こうした状況から、企業活動におけるあらゆる場面でオープン化が求められている。企業における製品の生産現場では国際的な競争力強化のためにより一層のコスト削減が求められ、そのためのシステムに対する投資効率を向上させる必要がある。

以上のような背景から、計装制御分野においてもオープン化は必ず(須)のものとなっていると言えよう。この意味で、この特集号は時宜を得た意義深いものと言える。オープン分散計装制御システムは、フィールド及びセルレベルの制御系ネットワークと情報系ネットワークを階層的に構成し、その上にプロセス制御・監視システムを実現したものと言える。そして、それらを業界標準・国際標準に対応したコンポーネントで構築し、オープン化を図っている。したがって、プロセッサ、コントローラ、ネットワークといったハードウェアのレイヤから、その上に構築されるミドルウェアとしての制御・監視システムのレイヤ、そして



立命館大学理工学部  
情報学科  
教授 工学博士

大久保英嗣

HMIのレイヤまでの各レイヤにおけるオープン化のための技術が必要となる。特に、そこにおけるソフトウェアには、従来からのリアルタイム性や信頼性のみならず、プラットフォーム独立を目指した適応性や移植性などが求められる。

計装制御の分野における従来のシステム開発は、アドホックなものであり、汎用の環境を導入するには性能や使い勝手などから困難な面があった。しかし、昨今のハードウェア及びソフトウェア技術の進展に伴い、リアルタイム性を要求される分野においても、十分に汎用的な環境を整備することが可能な状況となっている。これは、例えば、NCやロボットコントローラなどの制御装置にWindows NTやWindows CEなどのデファクトOSが使用されたり、それらのHMIにおいてJavaやOLEなどが使用されていることから明らかである。さらに、JavaをHMIのみならずリアルタイム性が要求される制御システムやマルチメディアシステムに適用するためのRT-Javaの研究も始まっている。センサやコントローラ、そのためのドライバソフト、HMIといったハードウェアからソフトウェアまでのコンポーネントフュージョン(マルチベンダー化)が現実のものとなっている。したがって、このような状況において、そのようなフュージョンを可能とするためのシステム構築技法やソフトウェア設計法などが重要となってこよう。

今後、情報技術は、制御分野のみならず企業組織や社会・経済などあらゆる分野に広がり、トータルソリューションとしての情報システムの構築が必要となってくることが予想される。その一つの解がオープン化であり、企業はオープン化への対応をますます求められていくことになると言えよう。

# オープン分散計装制御システムの現状と展望

## 要旨

1980年代プロセス産業分野に登場した電気制御・計装制御統合型制御システムは、電気・計装制御の機能共通化と重複排除によってコストダウン等に貢献してきた。

しかしながら、近年の厳しい経済情勢は、より一層の低コスト化を要求し、調達・生産・物流・販売の企業活動すべてにわたるグローバル／スタンダード化を推し進める原動力になっている。特に工場生産管理部門では、市場変化に追随するため、変動する操業条件に迅速・柔軟に対応できるように情報システム系と制御システム系のシームレスな結合要求が増大している。また、フィールド側では、フィールドバスの規格化が進展し、制御システムのマルチベンダー化、フィールド分散化等が加速している。

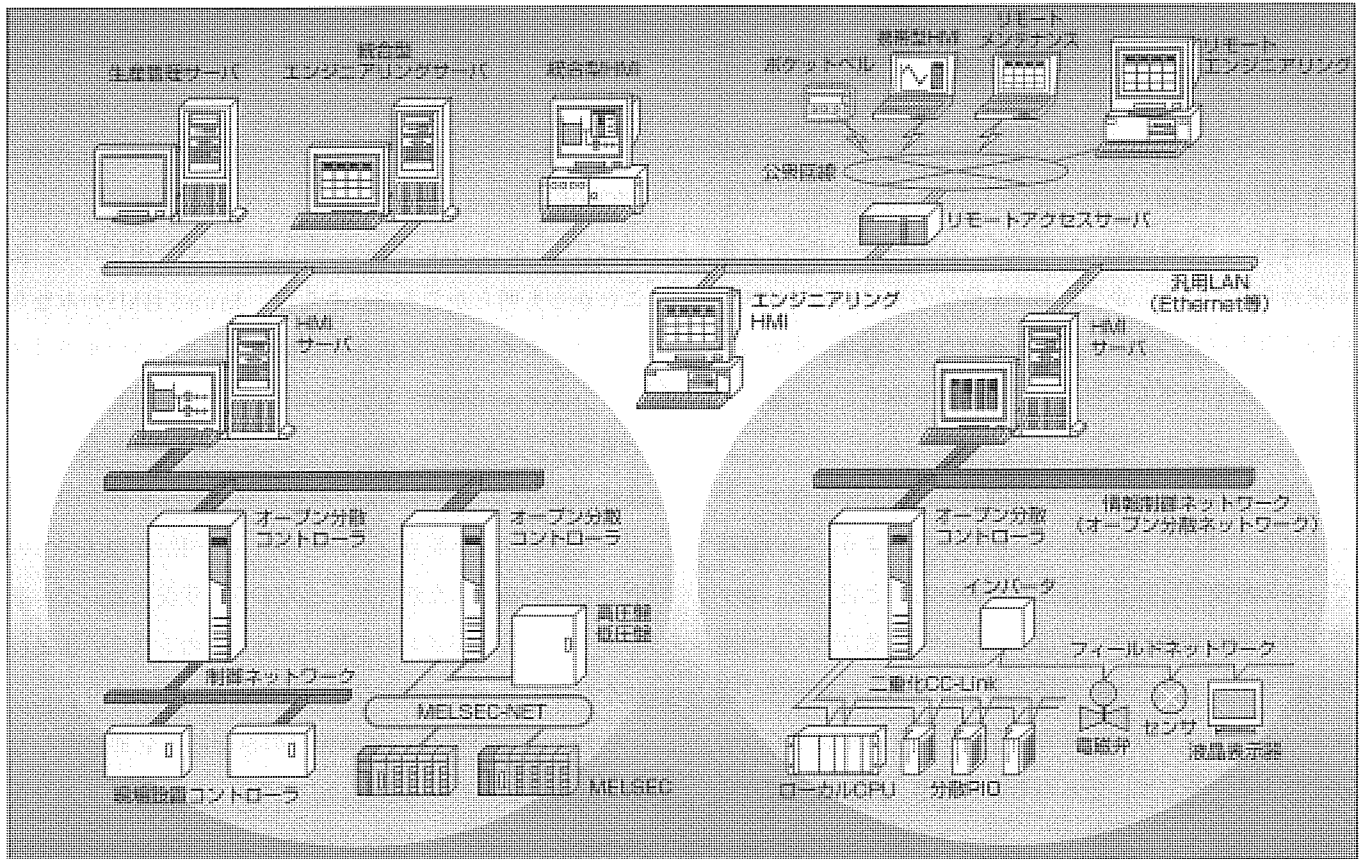
このような動向から、制御システムに対する主要課題は

次に示すものとなる。

- 制御システムのグローバル／スタンダード化
- 経営管理情報系と制御系のシームレスな結合
- 高信頼性・高保守性実現によるプラント安定操業
- 工場全体維持費用の削減
- 制御システムの容易化・フィールド分散化

上記課題に対応するため、三菱電機オープン分散計装制御システムは、次の開発コンセプトを掲げて開発し製品化した。

- オープン／標準技術の全面採用
- 信頼性・保守性・継続性の確保
- 既存システムを含む情報の一元管理
- 場所に依存しない情報取得・分散制御の実現



## オープン分散計装制御システムの全体システム構成

オープン分散計装制御システムは、オープン／標準技術を全面的に採用し、将来にわたる発展性・継続性を保証するとともに、高信頼性・高保守性、従来システムとの互換性を実現している。また、ネットワーク階層透過機構等によるセンサ、アクチュエータ、シーケンサを含む全情報の一元管理や、モバイルパソコン、公衆回線等を利用した、使用場所を選ばないリモート監視／保守／エンジニアリングを実現し、設備全体維持費用の削減に貢献できる。



## 1. ま え が き

1980年代半ば、省力化、プラント監視のシングルビュー化、制御システムの統一化等の要求から、プロセス制御システムは、電気制御と計装制御の独立したシステムから電気と計装の統合化したシステムへと変ぼう(貌)した。

図1に示すように、電気制御・計装制御統合システムは、コントローラ/HMI(Human-Machine Interface)/制御ネットワーク等に関して重複排除と共通機能化による制御システムのコストダウンを可能とした。

さらに、大競争時代を迎えた現在、制御システムは、監視と制御を中心とした役割から、経営管理情報系との融合等トータルコストダウンを担う中核へと変貌を遂げてきている。

本稿では、制御システムの動向と課題、当社オープン分散計装制御システムの特長と概要について述べる。

## 2. 制御システムの動向と課題

### 2.1 制御システムの動向

プロセス産業の生産現場では、分散型計装制御システム(Distributed Control System: DCS)が広く普及し、製品の低価格化・高品質化に貢献してきた。

しかしながら、最近の厳しい経済情勢は国内外においてより一層の低コスト化を要求し、調達・生産・物流・販売の企業活動すべてにわたるグローバル/スタンダードな情報システム導入の原動力となっている。このため、工場では、市場変化に追随するため変動する操業条件に迅速・柔軟に対応できるように、制御システム系と経営情報システム系とのシームレスな統合の要求が増大している。フィールド側では、Foundation Field Busによる実証試験を通じ

て、各社機器間での相互接続性の確認が実施され、小規模システムへの適用が立ち上がってきている。これにより、制御システムのマルチベンダー化、フィールド分散化等のパラダイムシフトに拍車が掛かっている。

また海外では、プラント全体図から各種の詳細なグラフィック図や制御記述図面(最下部はファンクションブロック等のプログラム、個々の計器用パラメータ設定画面等)に順次展開でき直感的なエンジニアリングやオペレーションが可能なオブジェクト指向の制御・監視システムが開発され製品化されつつある。ソフトウェアの生産性・保守性を向上させる技術として注目されている。

### 2.2 制御システムの課題と対応

制御システムの主要課題は、その動向から次に示すものとなる。

- 制御システムのグローバル/スタンダード化
- 経営管理情報系と制御システムのシームレスな統合
- 高信頼性・高保守性実現によるプラント安定操業
- 工場全体維持費用の削減
- 制御システムの容易化・フィールド分散化

各課題は相互に関連したものであり、これらの共通要素は、国際標準・業界標準技術を前提とした制御システムの構築である。一方、プラント新設が低迷する中では、従来機種との互換性・継続性維持も重要な技術要素と考えてシステム構築を図る必要がある。また、制御システムのフィールド分散化に関しては、従来のDCSシステムとシームレスなエンジニアリング環境の構築を図る必要がある。

## 3. オープン分散計装制御システムの開発コンセプト

オープン分散計装制御システムは、オープン/標準技術

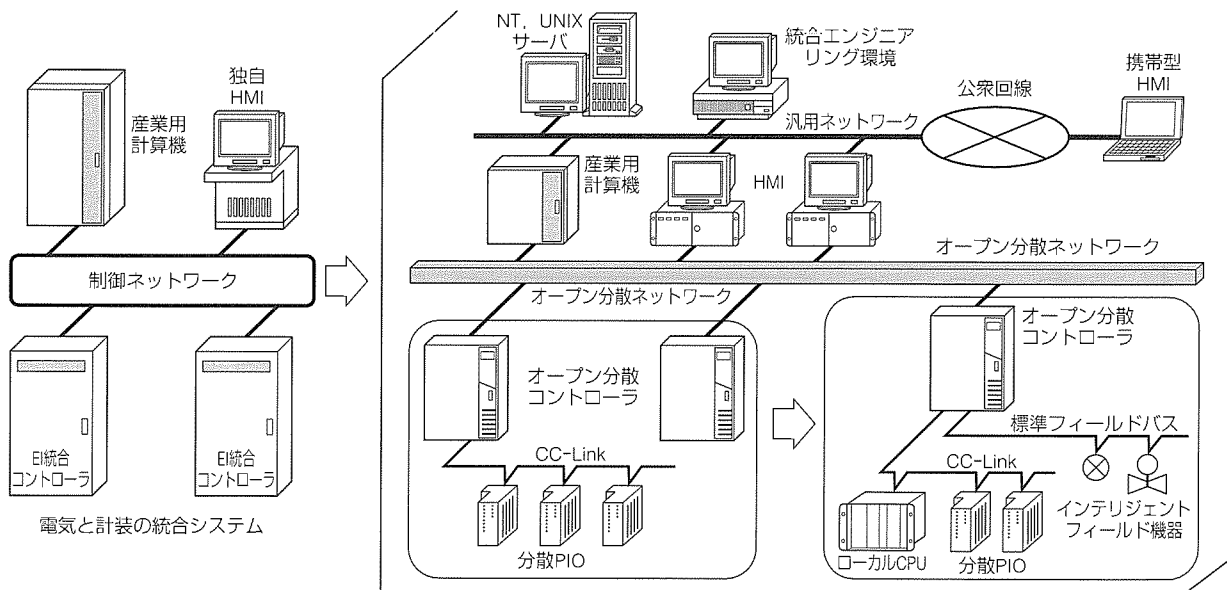


図1. 三菱分散制御システムの変遷

を全面採用した上で、従来との互換性維持、高信頼性・高保守性確保を図り、従来システムを含む情報の一元管理、場所に依存しない情報取得、制御分散を実現している。その使命は、オープン／標準技術と固有技術、分散と集中の調和・融合によるスパイラル効果創出にある(図2)。

以下開発コンセプトについて述べる。

### 3.1 オープン／標準技術の全面採用

(1) 企業経営管理を担当するERP(Enterprise Resource Planning), MES(Manufacturing Execution System)等の情報システム系と容易にシステム接続でき、急変する操業条件に対し迅速・柔軟に対応可能なように、オープン／標準インターフェースを全面採用している。

(2) 近年のニーズは、機能・性能向上から将来にわたる継続性・発展性確保、各社間の互換性確保へと移ってきている。オープン分散計装制御システムでは、コンパクトPCI(Peripheral Component Interconnect), OPC(OLE for Process Control), 国際標準言語IEC61131-3, フィールドバス等の国際・業界標準を全面採用し、マルチベンダー指向の実現を容易化している。

### 3.2 信頼性・保守性・継続性の確保

(1) 最も重要な工場の安定操業を実現するために、オープン／標準技術の上に、二重化, 異常情報把握用RAS(Reliability Availability Servicability)等を付加し, 高信頼性・高保守性を実現している。

(2) 既設システムの拡張・改造コストと期間を極小化できるように、ハードウェア／ソフトウェア共に従来システムとの接続性・互換性を確保している。

### 3.3 既存システムを含む情報の一元管理

(1) 制御システムを含む生産設備は、新旧様々な設備・機器が混在して、長期にわたり保守・運営される。増設／改造を含む工場全体の維持費削減のため、フィールド側のセ

ンサ／アクチュエータやディスクリット制御等を担当するシーケンサまで、従来システムや他社製品を含む各種機器のソフトウェア／保守情報を一元管理できる統合型エンジニアリングサーバを用意している。

(2) ソフトウェア設計・製作・改造, トラブルシューティング等が容易なように、取扱いや操作の統一化を図った用途対応言語, デバッグツール, 保守支援ツール等を用意している。また直感的で簡単なエンジニアリングオペレーションが可能のように、オブジェクト指向を進める。

### 3.4 場所に依存しない情報取得・分散制御の実現

(1) 監視情報・保守情報・設計情報がどこにいても取り出せるように、モバイルパソコン, 公衆回線, 無線通信を利用したりリモート監視／保守／エンジニアリングを実現している。

(2) フィールドバスを適用し, ケーブル削減, 電気室省スペース化, 機器の高性能化／高機能化／保守性向上が図れ, 危険分散制御等の柔軟なシステム構築が可能なフィールド分散自律制御を実現していく。

## 4. オープン分散計装制御システムの特長と概要

オープン分散計装制御システムを構成するシステムコンポーネントの特長と概要について述べる。

### 4.1 オープン分散コントローラ

(1) 従来コントローラは、電気制御と計装制御の機能をメーカー固有技術をベースに統合化したメーカーオリジナルな電気・計装統合型コントローラである。

一方、オープン分散コントローラは、従来の電気制御・計装制御統合型ソフトウェアと国際標準言語IEC61131-3ソフトウェアを同時に実行可能とした新しいコンセプトの統合型コントローラである。

この新しい統合化によって、国際標準準拠と従来システ

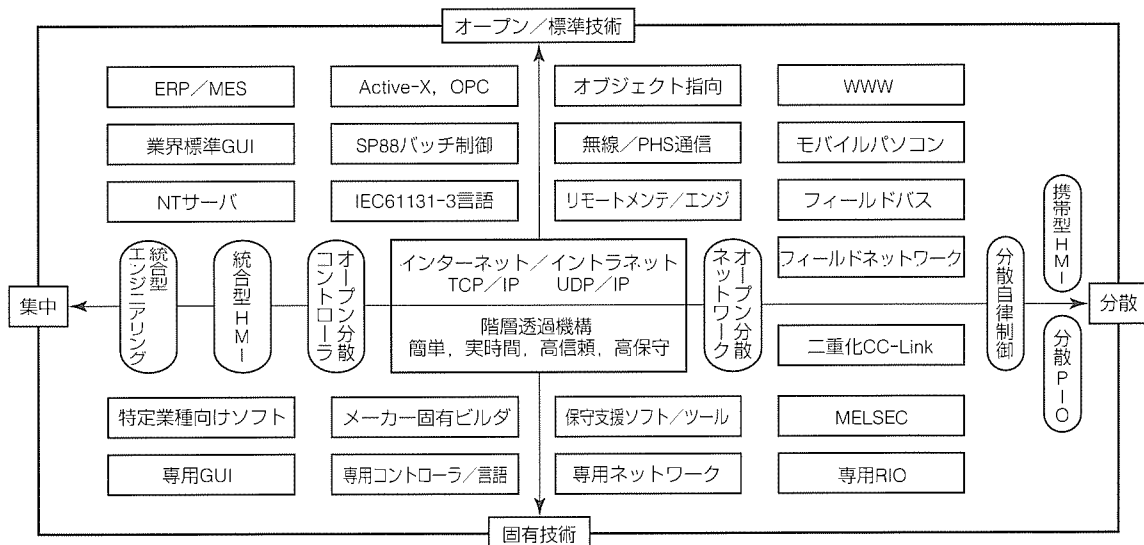


図2. オープン分散計装制御システムの製品コンセプト

ムとの互換性・継続性維持という相反する要求に同時にこたえることができる。

(2) ハードウェアは、業界標準技術であるコンパクトPCIとパソコンに取り入れられている各種技術を採用し、その上に高速化手法、RAS機能・二重化機能等を付加することで、オープン性/高信頼性/高保守性/高機能/高性能/低価格化を同時に実現している。

#### 4.2 ヒューマンマシンインタフェース(HMI)

(1) HMIは、OS(Operating System)にWindows NTを、プログラムインタフェースにActive-X、OPCを採用したことで、様々なオープン/標準ネットワーク使用システムと容易に接続可能である。

(2) HMIは、データ収集・蓄積、データ処理、データ表示・入力ソフトウェア3レイヤを明確に分離し、その間のインタフェースを国際標準プロトコルのTCP/IPベースに統一したことで、拡張性・柔軟性に富むシステム構築が可能である(図3)。

(3) データ表示・入力レイヤは、CPU負荷の軽いオブジェクト/ソフトウェア部品で構成しているため、高性能でないパソコンに搭載しても軽快な操作が可能である。

そのため、PHS(Personal Handy Phone System)等の無線通信やモバイルパソコンを利用し、プラントの立ち上げ/立ち下げ作業、保守作業の効率化に役立つ携帯型オペレータステーションや従来各種プロセスごとに配置してい

るHMIを集約化し、計器室の統合、オペレータの集約化を図ることができる統合型HMIを容易に実現できる。

また集約化に伴い、プラントの信頼性要求度に応じた冗長化構成が可能である。

(4) オープン分散計装制御システムは、食品・紙パルプ等の一般工業、上下水処理、鉄鋼、発電等の各種アプリケーションや、既設システムへ適用するため、様々なネットワーク、ユーザーインタフェースに対応する必要がある。ソフトウェア構成レイヤを明確に分離しているため、様々なネットワークへの対応はデータ収集・蓄積レイヤの一部変更だけで、またユーザーインタフェースへの対応はデータ表示・入力レイヤのソフトウェア部品の変更だけで容易に対応可能である。

(5) ハードウェアは、業界標準パソコンをそのまま使うことも可能であるが、有寿命品(電源、空冷用ファン、ハードディスク)の交換容易化、温度異常・電源異常検知等のRAS機能の付加等で、信頼性・保守性を向上させている。

#### 4.3 オープン分散ネットワーク

(1) オープン分散ネットワークは、各種システムと容易に接続可能なように国際標準プロトコルであるUDP/IPを採用し、その上に当社開発の分散プロトコルを搭載している。この分散プロトコルは、オープン性の確保とともに、リアルタイム性確保、ネットワーク二重化、RAS機能充実化を実現している。

(2) コントローラ間には、制御情報の高速データ交換が不可欠なため、既存システム同様、定周期高速サイクリック通信をハードウェアレベルで実現している。

(3) コンポーネント間のデータ交換は、階層透過機構により、アプリケーションソフトウェアからネットワークの階層・差異を意識せずにデータ通信可能である。この階層透過機構によって、ソフトウェア・保守情報等の一元管理や、場所を選ばない監視・保守等が可能となる。

(4) 階層透過機構は、業界標準のOPCインタフェース機能を保有し、各種情報システムや他社システムとも容易に接続可能である。

#### 4.4 統合エンジニアリング環境

(1) 統合エンジニアリング環境は、階層透過機構を活用して、オープン分散計装制御システムの全コンポーネント以外にシーケンサ、フィールドバス準拠機器など、従来システムや他社システムを含めた一元的なソフト/保守情報管理が可能である(図3)。

さらに、フィールドバス機器など機能を多数のプロセッサに分散実装していても、一つの画面一つのプロセッサで実行しているかのように見える

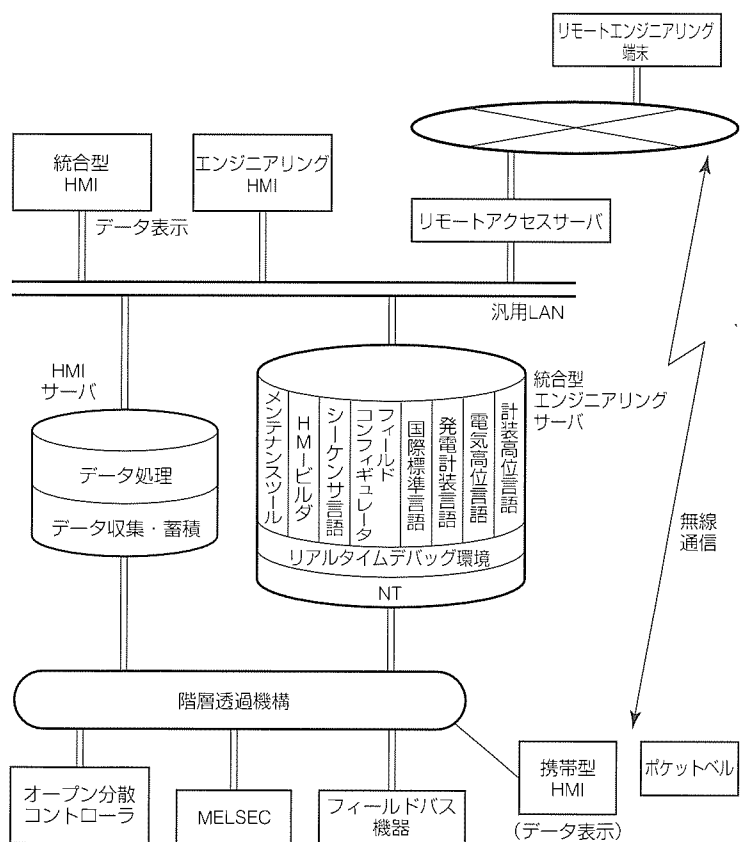


図3. 情報のオープン分散化と一元管理概念図

仕組み、シーケンサのプログラムをオープン分散コントローラの高次言語で記載する仕組みを今後サポートしていく。

(2) ユーザーとメーカーでの分担製作等の、緊密連携・迅速対応を要するグループ作業のやりやすいリモートエンジニアリングが可能である。

(3) Windows NT上で通常のパソコンジョブとコントローラの命令をエミュレートするリアルタイムジョブを同時に実行できる環境を開発し、オフラインリアルタイムデバッグ環境として提供した。実機がなくても、パソコンだけを使って時間的にも実システムに近いアプリケーションソフト製作が可能である。

## 4.5 フィールドネットワーク、分散PIO

(1) プロセス入出力(PIO)は、IO盤による集中型から省配線、電気室の省スペース化、保守性向上をねらった現場分散設置方式に向かっている。

この動向を受け、業界標準のフィールドネットワークの地位を築きつつあるCC-Linkを使用し、コンパクトな形状に高度なインテリジェント機能を持った分散PIOシステムを開発し製品化した。フィールド機器の分散設置に合わせた少点数からの分散配置を可能とするPIOシステムとして、ケーブル工事費削減、電気室・計器室の省スペース化、保守性向上に貢献できるものと期待している。

(2) 制御情報が集中するフィールドネットワーク(CC-Link)は、二重化構成が可能なるようにして、更なる信頼性向上を図っている。

(3) 今後業界標準として普及してくると思われる各種フィールドネットワークに対しては、CC-Link以外にFoundation Field Bus等をターゲットに、統合エンジニアリング環境でソフトウェア保守・製作を行う環境を整備していく。

## 5. 今後の展望

制御システムは、Foundation Field Bus等フィールドバスにより、急速にフィールド分散化に向かう。また、フィールド機器のインテリジェント化による自律性の向上が、プロセス加工情報や設備稼働情報等の蓄積・配信の容易化

を推進する。

さらに、フィールド機器のインテリジェント化は、そのエンジニアリング環境にも変化を加える。特に、システム設計の容易化/低コスト化のため、“制御、監視操作、設備管理”を同時に扱うことを可能とするオブジェクト指向設計環境へと進化する。この中で、制御の記述には、オブジェクト指向設計及びインタオペラビリティの要請から国際標準言語(IEC61131-3, IEC61499等)の活用が進展する。

このようにオブジェクト指向技術は、制御システムのコスト低減、オープン化、設計・保守の容易化を実現する原動力となる。

また、制御システムのオブジェクト指向化は、システムコンポーネント(コントローラ、HMI等)を接続する制御ネットワークも、ロバスト性・リアルタイム性を備えたオブジェクト指向型制御ネットワークへと進化していく。

三菱オープン分散計装制御システムは、今後の制御システムの展開方向を考慮し、オブジェクト指向技術をベースとしたフィールド分散制御システムを視野に入れたシステムアーキテクチャを指向している。

## 6. むすび

以上、当社オープン分散計装制御システムのコンセプトと概要について述べてきた。機能的にもコスト的にも、最も技術進歩が速い情報通信分野の技術を、今後とも、製品に取り込んでいく必要がある。課題は、汎用オープン技術を使った上で、制御・監視システムとして具備すべき高信頼性・高保守性と従来との継続性を確保しつつ、新たな有益な機能をいかにして実現していくかである。

今後とも国際標準・業界標準の最新キー技術を積極的に取り入れ、ユーザーの多様な要求、付加価値創造、生産効率化等に貢献できるシステムを提案していく。

## 参考文献

- (1) 流郷忠彦, 香取和之, 石井哲夫, 山中喜美雄, 菊地原博夫: プラント制御用デジタル制御システムの現状と展望, 三菱電機技報, 69, No.8, 704~709 (1995)



# オープン分散計装制御システムのコントローラ

戸田明男\* 織田修司\*  
佐藤千春\*  
大川裕利\*

## 要旨

近年、制御システムのヒューマンマシンインタフェース (HMI)、エンジニアリングツールの領域では、パソコンベースの汎用プラットフォームを適用したオープン化システムの構築が進展している。

一方、コントローラは、高速性・リアルタイム性・高信頼性・高保守性(異常時の解析容易性)が要求されるため、メーカー独自の技術を適用して作り上げることが多く、汎用技術の適用とオープン化への移行が容易ではなかった。

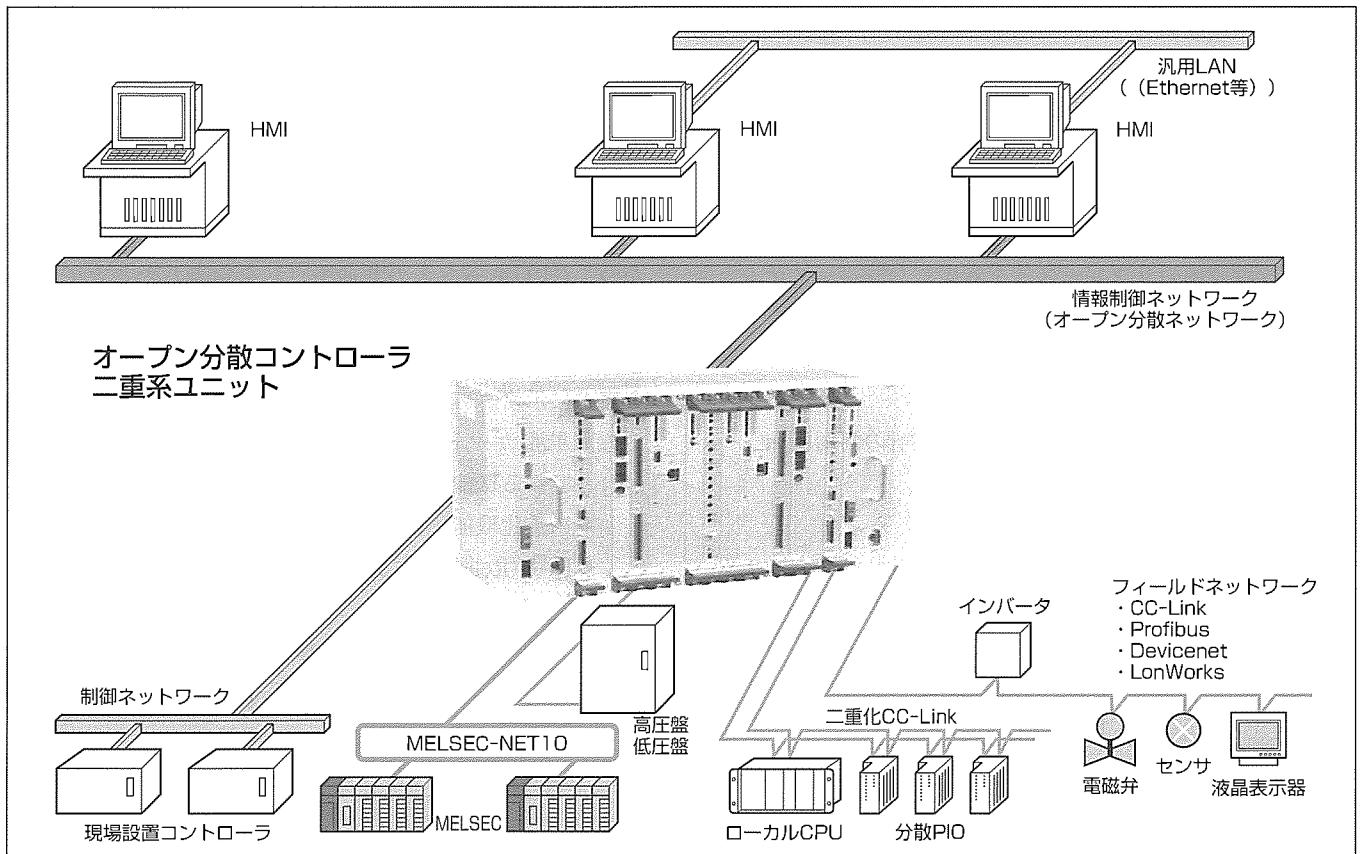
しかし、昨今の技術進展により、汎用技術をベースに高速・高信頼コントローラを構築できる土壌が熟成してきた。マルチベンダー化やシステムの保守・拡張容易性等のユーザーメリットを重視し、積極的に国際標準/業界標準技術製品を適用したシステム構築が可能となった。

三菱オープン分散計装制御システムのコントローラでは、

ハードウェアアーキテクチャとして、産業用途国際標準規格であるコンパクトPCIを採用した。また、国際標準プログラミング言語として、海外を中心に進展が加速されているIEC61131-3を採用するとともに、ネットワークにおいても、上位基幹ネットワークからフィールドネットワークに至るまで、ATM, FastEthernet, CC-Link等のオープンネットワークを採用した。

一方で、コントローラへの基本的な要求である高速性・高信頼性をサポートし従来のコントローラシステムとの接続性・連続性を保つため、既存言語での動作と既存ネットワークへの接続も可能とした。

このコントローラシステムの適用により、今後の著しい技術の進歩にも追随できる、標準化・オープン化へ対応した制御システムの構築が可能となる。



## オープン分散システムのコントローラ

オープン分散計装制御システムのコントローラは、各種分野で実績のある既存プログラミング言語に加えて国際標準言語IEC61131-3をサポートするとともに、上位レベルの情報・制御ネットワークから下位レベルのフィールドネットワークに至るまで、国際標準/業界標準のネットワークをサポートし、ユーザーニーズに応じたフレキシブルなシステム構築を可能としている。

## 1. ま え が き

従来の制御システムでは、機能・性能・保守性等で他社差別化を図るため、メーカー独自の仕様・技術の中核とした製品開発を行ってきた。しかし、近年は、制御システムのコンポーネントに適用されているマイクロプロセッサ技術が十二分の機能・性能を保有するようになったため、ユーザーの関心は、機能・性能面より、従来との継続性確保、他社製品や将来にわたる互換性維持、又はソフトウェア／ハードウェア双方での保守容易性の方向に向かっている。

したがって、制御システムの中核をなすコントローラにおいても、国際標準／業界標準技術を積極的に取り込む一方で、オープン化によって産業用コントローラの基本的要件である高信頼・高性能を損なわないように実現することが望まれる。

## 2. コントローラシステムの製品コンセプト

### 2.1 コントローラへのシステムニーズ

コントローラシステムは、発電・原子力プラントから、工業プラント、水処理プラント等に至る幅広い市場分野に適用されている。これらの各種市場に適用されるコントローラに対するニーズとして次のことが挙げられる。

- (1) 機能・性能面
  - 安全操作のための高信頼性・高保守性の確保
  - プラントの応答性能に追従するための高速演算性能の確保
  - 長期間にわたり運用されるシステムであるため、将来にわたる互換性・発展性の確保
  - 既設設備のリプレース等を考慮した既存システムとの接続性確保
  - 各種フィールドネットワークへの対応
- (2) 設置環境の面
  - 設置面積の省スペース化と設置個所の制約緩和
  - 工事・配線費用の削減

### 2.2 開発コンセプトと適用技術

上記ニーズを踏まえて、オープン分散計装制御システム

- のコントローラは、以下のコンセプトの下に開発した。
- (1) 汎用アーキテクチャ、オープンネットワーク採用によって他社接続性に対応するとともに、プラント規模に応じた電気制御／計装制御、高性能要求に対し、同一アーキテクチャで柔軟に対応できる。
  - (2) 国際標準技術の容易な取り込みを可能とする。
  - (3) 高信頼性・高保守性等の確保と既設ネットワークでの接続性が確保できる。
  - (4) 将来にわたるシステムの継続性・拡張性が保証できる。
  - (5) シーケンサ(MELSEC)との親和性が確保できる。

以下に、これらのコンセプトを具現化したコントローラアーキテクチャとフィールドアーキテクチャについて述べる。

## 3. アーキテクチャと特長

### 3.1 コントローラアーキテクチャ

オープン分散コントローラのアーキテクチャは、国際標準／業界デファクトスタンダードをプラットフォームとしたコントローラとして具備しなければならない機能属性を追加搭載したアーキテクチャである。このアーキテクチャを採用することによって次のメリットが得られる。

- (1) CPUカードはPCアーキテクチャで構成しているため、世の中のハードウェア技術の進歩にタイムリーに追従できる。
- (2) コントローラ独自機能は機能拡張カードとして分離して実現しており、CPUカードの高速化・高機能化に対しても影響を受けることなく継続的な使用が可能である。
- (3) CPUカードと周辺カードとはコンパクトPCIで接続し、かつ、CPUカードとの共通I/Fを定義したことで、各種周辺カードの増設・拡張が容易である。

コントローラのユニット内構成を図1に示し、主な仕様を表1に示す。

機能拡張カードでサポートしコントローラとして必ず(須)とされる機能には次の機能がある。

- 二重化機能
- RAS(Reliability Availability Serviceability)情報の

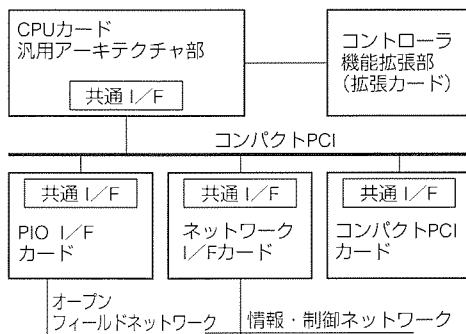


図1. コントローラのユニット内カード構成

表1. 主な仕様

項目	仕様
C P U	Pentium
O S	リアルタイムOS
バックプレーン	コンパクトPCI準拠
カードサイズ	233.35×160(mm)
プログラムサイズ	96kステップ
命令性能	最速90ns
最小実行周期	5 ms
R A S	冗長化システム、メモリのエラー、クロックロス、コンパクトPCIバスのエラー等

検知保存

- アプリケーションプログラム保存用の不揮発性メモリ
- 鉄鋼など演算の高速実行が必要なユーザー向けのシーケンス制御の高速実行専用ASICの搭載

さらに、次の特長を持っている。

- 高速・高性能のコントローラにもかかわらずユニットファンレスを実現
- ハードウェアアーキテクチャのオープン化のみでなく、上位ネットワークからフィールドネットワークに至るまで、オープンネットワークに接続可能

またソフトウェア面では、最小実行周期を5msでアプリケーションを実行制御するPOLスケジューラ上に、POL命令実行部を搭載し、次に示す多くのユーザーが慣れ親しんだ従来プログラミング言語と国際標準言語の命令セットを用意し(図2)、エンジニアリング環境も各言語間で違和感のない環境を提供している。

- 電気制御向けの既存言語
- 計装制御向け既存言語
- 国際標準IEC61131-3言語

この中でIEC61131-3言語は、海外で標準として用いられており、今後の国内の制御システムにもマルチベンダーの進展とともに浸透しつつあり、即座に対応を可能としている。

3.2 フィールドアーキテクチャ

オープン分散コントローラのフィールドアーキテクチャとして、国際標準のProfibus, Devicenetや業界デファクトスタンダードであるCC-Link等のオープンネットワークを採用する一方で、オープン技術の上に産業用途として必須の二重化等の高信頼化機能, RAS機能を付加している。またプロセス入出力(PIO)装置は、フィールド機器の近傍に設置し、分散配置が可能な方式とした。

このアーキテクチャの採用によって次のメリットが得られる。

- (1) オープンネットワークの採用で、インバータ, 表示器など汎用デバイスと接続可能となる。これによってユーザーニーズに合った汎用デバイスを海外を含め広く調達することができる。

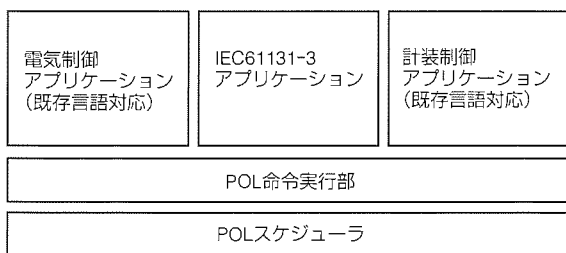


図2. ソフトウェア構成

- (2) 産業用フィールドネットワークとして具備すべき二重化機能・RAS機能の高信頼化機能は、CC-Linkの上位互換性として実現し、信頼性を強化できる。

- (3) PIOの現場分散配置により、PIO, フィールド機器間の配線を削減でき、ケーブルの工事費用及びメンテナンス費用の削減が可能となる。

図3にオープン分散コントローラシステムのフィールドネットワークを示す。基本となるフィールドネットワークにはCC-Link準拠のネットワークを採用している。またProfibusはヨーロッパ, Devicenetは北米におけるフィールド機器の種類が豊富なネットワークであり、これら各種のオープンネットワークを取り入れることで、プラントに合わせてフィールド機器を広く選択できる。

4. 高信頼・高性能・保守容易性

オープン分散コントローラシステムは、オープンシステム, 国際標準の適用を進める一方で、コントローラシステムとして必須の高信頼・高性能・保守容易性を、標準技術をベースに継承・向上を図っている。

4.1 高信頼性(RAS機能)

コントローラにおいて、メモリのエラー等の故障を検出し、故障要因に応じた処理を行うことは必要不可欠なことである。計装制御システムの分散コントローラでは、コンパクトPCI等の標準アーキテクチャの上位レイヤ仕様としてRAS機能を実現している。つまり、各部の故障に対してコントローラシステムに搭載された各カードがサポートすべきRAS機能をI/Oアーキテクチャ仕様として定義し、それに基づきRAS管理機能を実現している。これにより、各カードの故障を統一した方法とデータ処理構造で処理可能となり、故障解析容易性を向上させている。

図4に示すように、各カードには共通定義に従ったカード内RAS機能を搭載しており、次に記載の手順で故障処理とCPUへの通知を行っている。

- (1) 各カードで検知された故障は、カード内RASによ

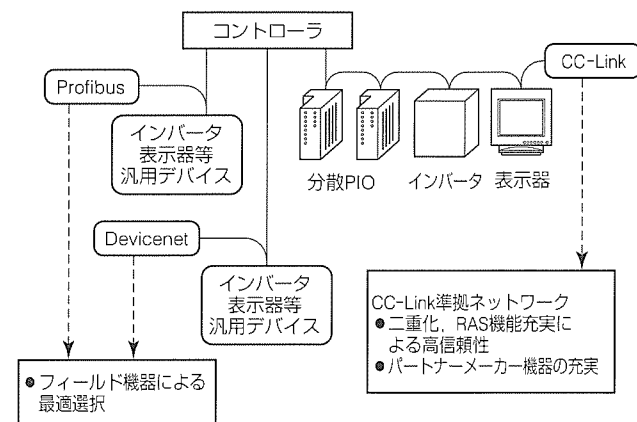


図3. フィールドネットワーク

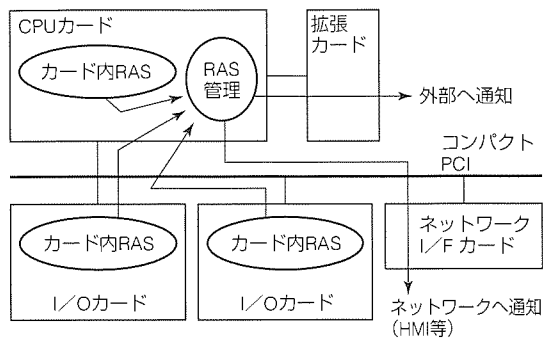


図4. 故障通知の流れ

てCPUカードのRAS管理機能に通知される。

(2) CPUカードに一元的に集められたコントローラシステム全体のRAS情報は、図の拡張カードから外部へ通知される。

(3) RAS情報は、情報・制御ネットワークを通して、ヒューマンインタフェース等への通知も行われる。

(4) 故障情報は不揮発性のRASテーブルに保存され、エンジニアリングツールからの読み出しにより、故障状態を再現でき、トラブル発生時の保守性を向上させている。

#### 4.2 高信頼性(二重化機能)

高信頼性を確保する機能として、二重化機能はコントローラシステムで要求される必須機能である。図5に、コントローラA系/B系による二重化、及びこれに接続されているフィールドネットワークの伝送路A系/B系による二重化構成を示す。

コントローラの二重化ではA系/B系システムで保持するデータの同値化の実現が重要であるが、分散コントローラシステムでは、データ空間の同値化のタイミングに次の2種類のタイミングをサポートしており、ユーザーニーズに応じた使い分けができるようにしている。

(1) プログラムの実行中にデータのライトがあるごとにハードウェアで同値化を行い、常にA系/B系でのデータの一致を図る。

(2) プログラムの実行周期ごとに同値化を行い、A系/B系で同じプログラムを実行している場合に、プログラム間の同期をとる。

いずれの方式でも、二重化切換えではモジュールの継続実行が可能のように構成している。さらに、保守性を考慮し、データの同値化はケーブル接続は行わず、バックプレーン上での信号で行っている。

一方、フィールドネットワークの二重化は、CC-Link準拠のネットワークの上で実現している。ネットワークの仕様を表2に示す。コントローラA系を制御系、B系を待機系とした場合、B系は伝送路上のデータをモニタすることで、コントローラA系/B系のPIOデータが同値化されている。また、伝送路A系/B系にはコントローラ、PIOの

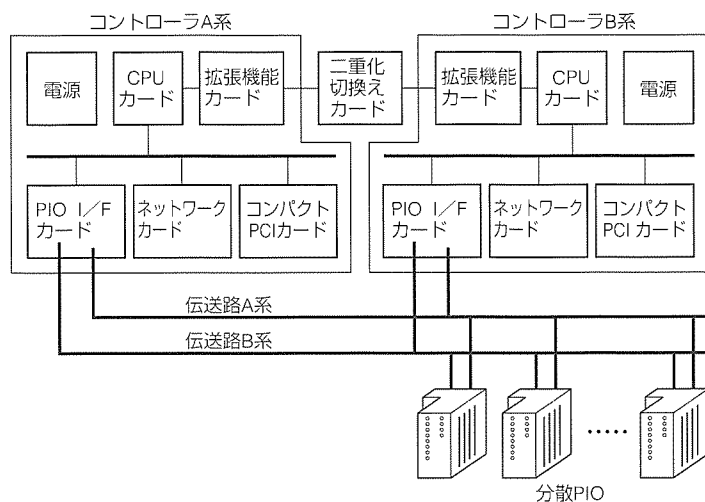


図5. 二重化構成

表2. CC-Link準拠ネットワークの仕様

項目	仕様
通信速度	10Mbps
通信方式	ポーリング方式
同期方式	フレーム同期方式
符号化方式	NRZI
伝送フォーマット	HDLC準拠
最大伝送距離	100m(ツイストペアケーブル)
	2km(光ファイバケーブル)
誤り制御	CRC(X16+X12+X5+1)
二重化機能	伝送路二重化 マスタ局二重化

各送信時にハードウェアで両系にデータが流され、受信側で指定された正常な伝送路からデータを取得している。

また光伝送のサポートにより、耐ノイズ性能が必要な用途へも適用を可能にしている。光伝送によるケーブル長は最大2kmで、大規模な発電プラントや製鉄所設備への適用を可能にしている。

#### 4.3 高性能

オープン分散コントローラでは、制御対象を高精度に制御するために、短周期での高速制御を可能としている。このため、アプリケーションの実行制御を5ms周期でスケジューリングを行い、かつどのような負荷状況であってもエンジニアリングツールやヒューマンインタフェースからの要求を処理できるようにしている。

また、鉄鋼分野等の高速制御が必要とされる分野に対応するため、オプションとして拡張機能カードにPOL命令の高速実行のための専用ASICを搭載することも可能である。この場合拡張機能カード上のメモリへの高速アクセスが可能であり、これにより、最速90nsの命令実行性能を実現した。さらに、POL命令実行以外の処理は、PentiumプロセッサでPCアーキテクチャの上で実行されるが、これもマイクロプロセッサの性能向上に追従して性能向上が

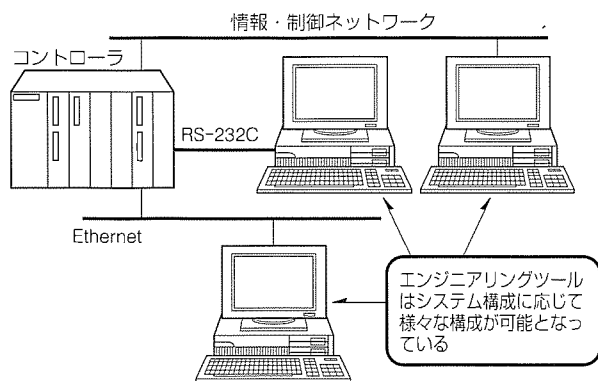


図6. エンジニアリングツール接続

可能である。

また、フィールドネットワークで採用しているCC-Link準拠ネットワークでは、コントローラとの間で1~10ms周期のサイクリック伝送が可能である。

#### 4.4 保守容易性

オープン分散コントローラシステムは、コントローラのCPU部からフィールドシステムに至るまで、保守員が容易に保守できる汎用パソコンをベースとしたエンジニアリングツールを準備し、高い保守性を確保している。ツールのコントローラとの接続形態を図6に示す。

図に示すように、ツールとコントローラとの接続形態は、RS-232C, Ethernet, 情報・制御ネットワークの3種をサポートし、システム構成によって最適な接続が選択できるようにした。

またPIOの保守も、以下のように、小型で、容易に保守できるようにしている。図7に分散PIO装置と単体構造を示す。

- (1) 現場フィールド機器近傍での分散配置に合わせ、90×58×144(mm)の小型省スペースである。
- (2) 分散PIO装置はPIO機能部と外線接続部からなる。外線のシグナルコンディショナ機能、プロセッサによるPIO装置の自己診断機能、外線I/Fの工学値変換等のインテリジェント機能、ネットワーク通信機能を備えているPIO機能部は、外線接続部から着脱可能であり、外線ケーブルを外すことなく容易にPIO機能部の交換ができる構造としている。

#### 5. 今後の動向

今回紹介したオープン分散コントローラは標準技術/デファクトスタンダード技術を適用しながらコントローラ機

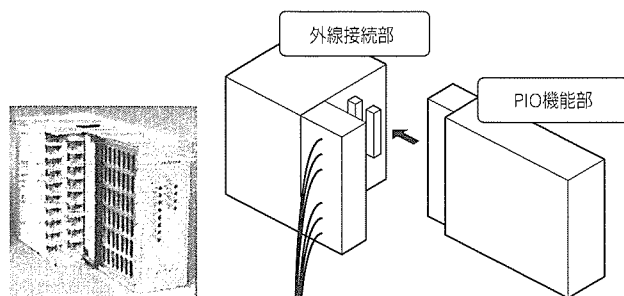


図7. 分散PIO装置と単体構造

能実現のためのメーカーのオリジナルな技術の融合とコントローラのオープン化への実現を果たしたものであるが、現在の制御システムの流れから見て、今後のコントローラは次のような方向に進んでいくと考えられる。

- (1) コントローラはより小型化されるとともに現場設置型となり、機器単位で分散配置される。
- (2) フィールドネットワーク領域では、Foundation Fieldbus等の標準バスが浸透するに従い、より分散された機器の統合エンジニアリング環境が重要となる。

#### 6. むすび

オープン分散計装制御システムのコントローラについて述べてきたが、オープン分散コントローラは、国際標準/業界のデファクトスタンダードといったオープンな技術を適用しながら従来のコントローラに要求される高信頼性・高速性能等を実現したものである。今後は、コントローラからフィールドデバイスまでを含めて、今回確立したアーキテクチャをより汎用化し標準化することで、汎用的な接続性・接続機器拡大を高めていきたいと考えている。

今後、ユーザー各位からの御指導・御べんたつ(鞭撻)により、エンジニアリング環境をも統合・高度化することにより、ユーザーがコントローラを特に意識しなくてもよいようなシステムを開発し製造していく所存である。

#### 参考文献

- (1) 流郷忠彦, 香取和之, 石井哲夫, 山中喜美雄, 菊地原博夫: プラント制御用デジタル制御システムの現状と展望, 三菱電機技報, 69, No. 8, 704~709 (1995)
- (2) 長尾 哲, 戸田明男, 高橋裕司, 角田裕明, 小島賢二: 情報制御基本システム—大規模プラント用マイクロプロセッサ適用コントローラ—, 三菱電機技報, 69, No. 8, 721~725 (1995)

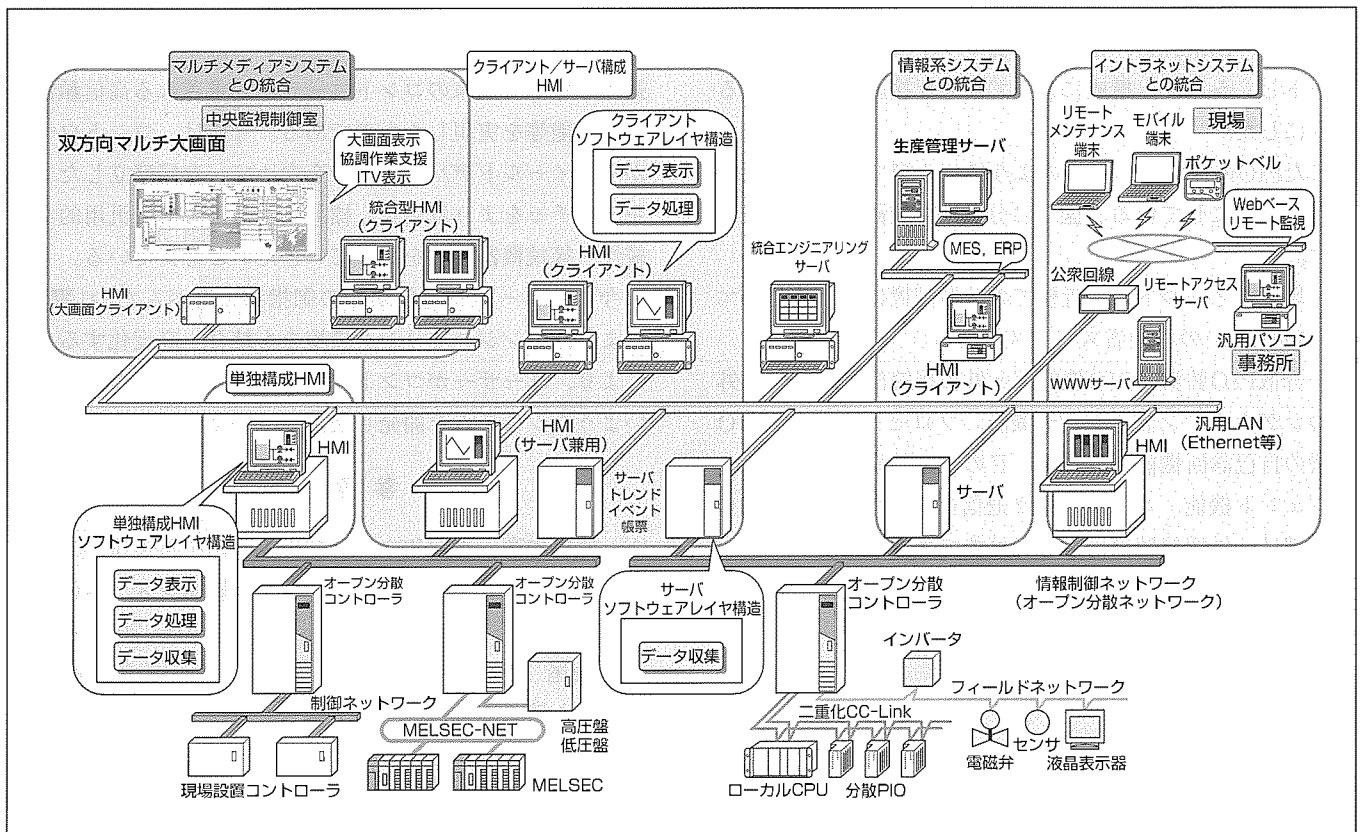
# オープン分散計装制御システムの ヒューマンインタフェース

清水広之\* 井上敦士\*  
巻田幸司\*  
森岡雄二\*

## 要旨

計装制御システムでは、近年の標準化・オープン化の進展に伴い、省人化、効率化、トータルコスト低減への要求が一層高まっている。これらの実現のため、オープン分散計装制御システムでは、ヒューマンマシンインタフェース (Human Machine Interface : HMI) としてオープン分散HMIを提供する。オープン分散HMIは、オブジェクト指向技術、標準・オープン技術、システム構築技術を基盤技術として、①柔軟性、拡張性、使いやすさの追求、②高機能、高性能、高信頼の追及、③効率化、省人化、保守性向上の追及を行ったもので、既存システムとの継続性を保持しながら将来への発展性のあるシステムを目指したものである。

オープン分散HMIでは、産業用途向けに信頼性・保守性の向上を図った業界標準のPC/AT互換ハードウェア及びWindows NTをプラットフォームとして、全面的にオブジェクト指向技術を適用するとともに三層構造モデルのソフトウェアアーキテクチャを採用しており、クライアント/サーバ型システムなど柔軟性・拡張性を備えたシステムを構築可能である。各種システム形態に対応した製品レパートリーをそろえ、統合画面表示機能等を備えた監視制御機能や帳票機能に加えて、ActiveX、OPC技術適用によるイントラネットシステム、情報系システム、マルチメディアシステムとの統合機能を提供している。



## オープン分散HMIのシステム構成

オープン分散HMIではデータ表示/処理/収集レイヤからなる三層構造モデルのソフトウェアアーキテクチャを採用しており、単独構成のほか、各レイヤを分散させたクライアント/サーバ構成等の柔軟で拡張性のあるシステムを構築可能である。また、ActiveX、OPC技術適用によるWebベースのリモート監視機能、MES(Manufacturing Execution System)やERP(Enterprise Resource Planning)等の情報系システムとの統合機能、大画面システムとの融合による協調作業支援機能等を提供している。



## 1. ま え が き

従来、計装制御システムのHMIは、オペレータステーションとして監視操作機能を主体に提供してきた。しかし、近年の計装制御システムでの標準化・オープン化の進展に伴い、省人化、効率化、トータルコスト低減のためのMESやERP等の情報系システム、イントラネットシステム、マルチメディアシステムとの統合への対応などが要求されている。

オープン分散計装制御システムのヒューマンインタフェースであるオープン分散HMIはこのような要求に対応したもので、既存システムとの継続性を保持しながら標準化・オープン化への対応を行い、HMIとしての使いやすさやシステムの柔軟性・拡張性の向上、制御システムとしての高性能化・高信頼化、そして省人化・保守性向上を図り、統合化による将来への発展性のあるシステムを目指したものである。

本稿では、オープン分散HMIの開発コンセプト、特長・機能、及びその技術について述べる。

## 2. HMIの動向と課題

近年の景気の低迷と国際的な競争激化により、各製造業では、一層の効率化、省力・省人化、そしてコストダウンが必要となってきている。このため、企業レベルでの生産・経営など各種情報のリアルタイムでの共有・利用と各種システムの統合が進展している。このような状況の中、計装制御システムのHMIでは、従来の制御システムの監視・操作のためのHMIとしてのみでなく、図1に示すようなトータルコストダウン、リモート監視/保守、マルチ

メディア監視等のニーズに対応して、制御システムと情報系システム、マルチメディアシステム、イントラネットシステム等とを統合するHMIとしての役割が必要となってきている。また、HMIシステム形態としても、統合型HMI、携帯型HMI等の様々な適用形態が必要となってきている。

このようなニーズや動向からHMIの主な課題をまとめると以下に示すものとなる。

- (1) 様々な適用形態に対応可能な柔軟性や拡張性、将来への発展性のあるHMIシステムの構築
- (2) 監視操作機能を集約化するための統合型HMIや現場作業効率化のための携帯型HMIへの対応
- (3) MESやERP等の情報系システムとの統合によるトータルコストダウン
- (4) 双方向マルチ大画面システムやデジタル映像システム等のマルチメディアシステムとの統合による臨場感あふれるマルチメディア監視の実現
- (5) Webベースのリモート監視やエージェント応用広域監視等のイントラネットシステムとの統合によるリモート監視/保守、現場作業の効率化
- (6) システム構築/保守コストダウンのためのトータルエンジニアリングへの対応、フィールド分散への対応

## 3. オープン分散HMIの開発コンセプトと基盤技術

オープン分散HMIでは、前述の課題を解決し各々のニーズに対応するため、オブジェクト指向技術、標準・オープン技術、システム構築技術を基盤技術として適用し、①柔軟性、拡張性、使いやすさの追求、②高機能、高性能、高信頼の追及、③効率化、省人化、保守性向上の追及を行っている。これらの基盤技術は互いに関連しており、オープン分散HMIでは、具体的には図2に示した各種技術を適用している。

	1990	1995	2000
HMI関連ニーズ動向			(将来への発展性) (増設変更が容易) (マルチベンダー対応) (GUI, 高い視認性, 操作性, 直感的) (臨場感, マルチメディアインタフェース) (リモート監視/保守) (現場作業の効率化) (制御システムコストダウン) (企業レベルでのトータルコストダウン) (トータルエンジニアリング) (フィールド分散への対応)
HMIシステム形態	中央集中型	分散型	分散/統合型, 携帯型
HMIプラットフォーム	専用ハードウェア, UNIX	標準ハードウェア, Windows NT	マルチプラットフォーム, Java
HMI関連技術動向	オブジェクト指向技術, 標準・オープン技術	標準・オープン技術	標準・オープン技術
HMI関連基盤技術	コンポーネント化, ActiveX, Java	ソフトウェア連携, OPC, フレームワーク	ソフトウェア連携, OPC, フレームワーク
産業用マルチメディア	ITV映像表示	双方向マルチ大画面	デジタル映像監視
産業用イントラネット		Webベースリモート監視	エージェント応用広域監視
情報系システム		生産管理(MES)	企業情報管理(ERP)

図1. HMI関連のニーズと技術動向

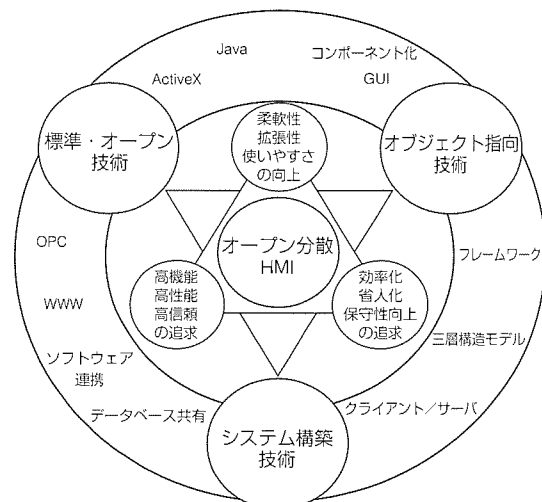


図2. オープン分散HMIの開発コンセプトと基盤技術

### 3.1 開発コンセプト

オープン分散HMIの開発コンセプトを以下に示す。

#### 3.1.1 柔軟性, 拡張性, 使いやすさの追求

(1) 既存システムとの継続性を保持しながら増設やシステム変更等へ容易に対応可能な拡張性・柔軟性を備えたシステムを構築可能とし、様々な適用形態へのニーズに対応可能とする。

(2) 直感的に分かりやすく操作性に優れた使いやすいインタフェースを提供する。さらに、映像表示等のマルチメディア応用によって臨場感のあるインタフェースを提供する。

#### 3.1.2 高機能, 高性能, 高信頼の追求

(1) 通常の監視操作の高機能化のみでなく、映像監視やリモート監視等を可能とするマルチメディア/イントラネットシステムとの統合のためのHMIの高機能化を図る。

(2) ハードウェア, ソフトウェアの高性能化を図り、産業用途向けの高い信頼性を確保する。

#### 3.1.3 効率化, 省人化, 保守性向上の追求

(1) これまでプロセスやプラントごとに分散設置されてきたHMIを統合/集約化した統合型HMIにより、システム運用の合理化のための集中監視制御へも容易に対応可能とする。

(2) 情報系/マルチメディア/イントラネットシステムとの統合を実現し、トータルコストダウンのための効率化, 省人化, 保守性向上を図る。

(3) トータルエンジニアリングのためのエンジニアリング統合によってシステム構築の効率化を図り、ハードウェア, ソフトウェアの保守性の向上を図る。

### 3.2 オープン分散HMIを支える基盤技術

オープン分散HMIでは、オブジェクト指向技術, 標準・オープン技術, システム構築技術を基盤技術として適用しており、ここではこれら技術の具体的な適用について示す。

#### 3.2.1 オブジェクト指向技術の全面採用

(1) データ表示のみでなくデータ処理/収集まで含めたソフトウェアコンポーネント化と三層構造モデルソフトウェアアーキテクチャの導入により、拡張性・柔軟性のあるシ

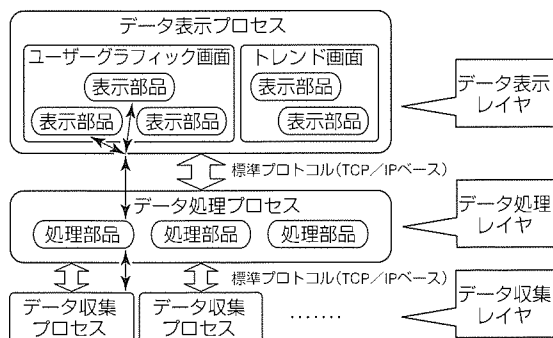


図3. オープン分散HMIのソフトウェアアーキテクチャ

ステムを提供し、クライアント/サーバ(C/S)構成等の様々な適用形態へのニーズに容易に対応可能とする。

(2) 当社開発のオブジェクト指向GUIの適用により、統一的なユーザーインタフェース, そして分野や用途に応じてカスタマイズ可能な柔軟性を備えたユーザーインタフェースを提供し、分かりやすさ, 操作性の向上を図る。

#### 3.2.2 標準・オープン技術への対応

(1) Windows NTを採用し、ActiveX, OPC, Java, WWW技術等を適用し、市販ソフトウェアの利用を可能とするとともに、情報系/マルチメディア/イントラネットシステムとの統合を実現する。

(2) ハードウェアは業界標準準拠のPC/AT互換とするとともに、産業用途向けに信頼性・保守性の向上を図る。

#### 3.2.3 分散システム構築技術の導入

(1) ソフトウェア連携, データベース共有技術等により、分散システム構築を可能とし、情報系/マルチメディア/イントラネットシステムとの統合的なシステム構築を図る。

(2) 上記技術の適用により、上位システム設計/HMI/CNSの各エンジニアリング機能を統合したトータルエンジニアリングによってシステム構築の効率化を図る。さらに、フィールド分散システムへの対応では、オブジェクト指向技術をベースとしたフレームワーク技術やシステムコンフィグレーション技術を適用することにより、従来ベースのエンジニアリング環境からオブジェクト指向エンジニアリング環境への移行を図り、大幅なシステム構築の効率化を図る。

### 4. オープン分散HMIのアーキテクチャと特長

#### 4.1 ソフトウェアアーキテクチャ

オープン分散HMIの大きな特長の一つはそのソフトウェアアーキテクチャにある。

図3に示すように、オープン分散HMIでは、オブジェクト指向技術を適用し、データ表示/処理/収集の各基本機能のソフトウェアコンポーネント化を図るとともに、ソフトウェアアーキテクチャとしてデータ表示/処理/収集

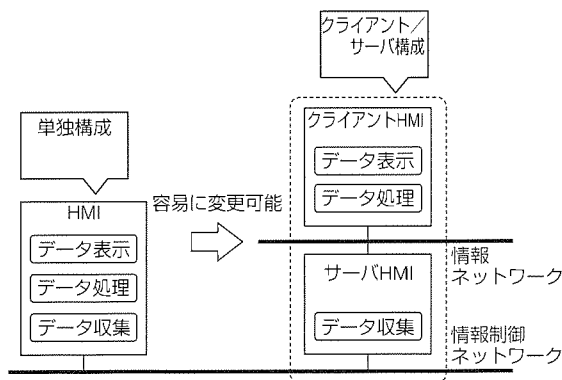


図4. システム構成の柔軟性・拡張性

のレイヤからなる三層構造モデルを採用している。そして、各レイヤ間のメッセージ送受信プロトコルはTCP/IPベースで標準化している。

このため、各レイヤの分散配置が可能であり、多様な適用形態ニーズに対応した柔軟で拡張性のあるシステム構築が可能である。例えば、図4に示すように、データ表示/処理レイヤを別マシンに搭載することにより、単独構成HMIからC/S構成へと容易にシステム変更が可能である。

#### 4.2 オープン分散HMIの特長

オープン分散HMIの特長を以下に示す。

##### 4.2.1 柔軟性・拡張性を備えたC/S型

###### 分散システム

データ表示/処理/収集の各レイヤを分散配置できるため、通常の単独構成のほか、表示(クライアント)とデータ収集/処理(サーバ)を分散させたC/S構成等の柔軟で拡張性のあるシステム構成が可能である。さらに、大容量サーバ(トレンド、イベント、帳票等)を専用に設けることで、長期データの監視・解析が可能である。

##### 4.2.2 統一された使いやすいユーザーインターフェース

オブジェクト指向技術の適用によるGUI部品化、オンラインソフトウェアとオフラインビルダとの部品共通化等により、統一的なユーザーインターフェースを実現し、直感的に分かりやすく操作性に優れたGUI機能を提供している。

##### 4.2.3 効率化・省人化を可能とするオープン化・統合化

Java, ActiveXやOPC技術の適用によってオープン化へ対応し、以下の統合が可能である。

###### (1) イン트라ネットシステムとの統合

Java, ActiveX技術の適用により、汎用ブラウザでのWebベースのリモート監視/メンテナンスが可能である。

###### (2) マルチメディアシステムとの統合

当社で開発した双方向マルチ大画面システムとの融合により、ITV表示や画面共有/転送機能を使用して複数作業員での協調作業支援環境を提供している。

###### (3) 情報系との統合/連携

ODBCやOPC適用による制御/情報系のデータ共有や連携により、MESやERPとの統合が可能である。

##### 4.2.4 信頼性, 保守性を高めた業界標準ハードウェア

ハードウェアは、業界標準のPC/AT互換とするとともに、産業用途としての適用に耐え得るよう以下を実現した。

- (1) 産業用部品採用による信頼性と寿命の向上
- (2) 各種デバイス装置(ハードディスク等), 電源装置, ユニットファン等の有寿命品の交換容易化による保守性の向上
- (3) 温度/電源異常検出等のRAS機能の充実, 及び耐環境性の向上による高信頼化
- (4) CPUファンレス化によるメンテナンスフリーの実現

表1. オペレーション機能の特長と主な仕様

項目	特長と主な仕様
基本ソフトウェア	GUI: GhostHouse(当社製)
ユーザーグラフィック	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ユーザー定義画面での監視/操作を行う機能, 画面内に自由にエリアを組み込みデータ設定等の操作が可能</li> <li>●トレンド/計装部品等の埋め込みが可能</li> <li>●最大画面数: 4,096</li> </ul>
トレンド	<ul style="list-style-type: none"> <li>●指定周期で時系列データを収集・保存・表示, オンラインで表示/収集内容変更やデータ保存/再生(HD, PD)可能</li> <li>●収集周期: 1秒~60分, 収集時間: 周期×3,600</li> <li>●収集データ点数: 4,096</li> <li>●最大画面数: 1,024, 16ペン/画面</li> </ul>
イベント	<ul style="list-style-type: none"> <li>●各種アラーム/ガイダンスを収集・蓄積, 音声出力が可能</li> <li>●登録点数: 30,000</li> <li>●画面表示点数: 512点, 24点/画面</li> <li>●履歴保存点数: 10,000</li> </ul>
計装制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>●タグナンバーベースで計器の監視操作を行う機能</li> <li>●札掛けは1タグに4種類可能, 札掛けウィンドウ: 256種</li> <li>●コントロール画面数: 4,096, 16計器/画面</li> <li>●チューニング画面数: 65,536</li> </ul>

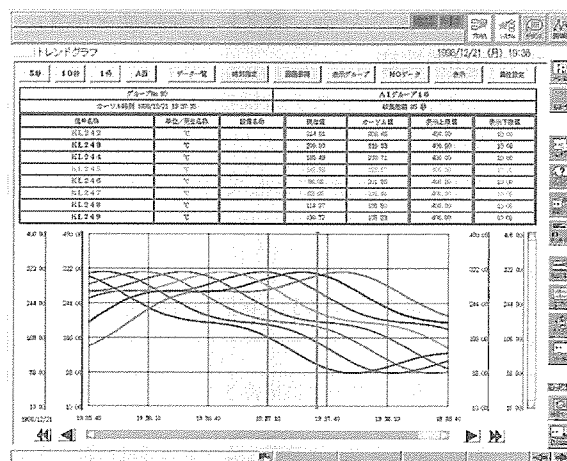


図5. 監視制御画面(トレンド)

## 5. オープン分散HMI機能

### 5.1 オペレーション機能

オペレーション機能では従来との継続性を考慮したユーザーグラフィック, トレンド, 計装等の機能を提供するとともに種々の高機能化を行っている。各機能の標準画面は画面ビルダでカスタマイズ可能であり, 複数画面を組み合わせ表示可能な統合画面機能も提供している。表1に主なオペレーション機能の特長と主な仕様を, 図5に画面例を示す。

### 5.2 エンジニアリング機能

エンジニアリング機能では表形式で監視操作機能の動作定義等を行う表形式ビルダと監視操作画面を作成する画面ビルダを提供しており, 監視操作機能の種々の動作をプログラムレスで容易に定義可能である。

#### (1) 表形式ビルダ

柔軟なデータ編集/チェック機能によって効率的な入力が行え, データ入力不正時の色替え表示によって視覚的に

チェックを行える等の作業性の向上を図っている。また、データのインポート／エクスポート機能を提供しており、Excel等の市販ソフトウェアのデータを利用可能である。

(2) 画面ビルダ

ユーザーグラフィック画面のほか、トレンド、計装等の標準画面及び帳票画面の作成、カスタマイズが可能である。約50種の図形やグラフ部品を組み合わせて監視操作画面を構成し、ロジックやアクション部品を使用して部品の動作(動的表示変更や操作アクション)を定義し画面を作成でき、部品のユーザー拡張も可能である。さらに、オンライン表示のシミュレーションも行え、データ製作の効率化を実現している。

5.3 システム状態監視機能

システム全体の状態をHMI上で詳細に表示することで、システム異常時の迅速な対応や異常部位の特定によって保守性の向上に寄与している。表2に主な機能を示す。

5.4 統合型HMI機能

図6に統合型HMIのシステム構成を示す。

(1) 計器室の統合

従来型HMIでの監視形態としては下記の問題点があり計器室統合化の妨げとなっていた。

- 制御システム単位で計器室が独立しており、それぞれの操作員が必要であった。
- CRTの台数が多くなりコストアップとなる。
- オペレーション方法の統一化を図るのが困難であった。

C/S型の統合型HMIでは上記の問題点が解決される。

- 計器室の統合化が可能となり省人化が図れる。
- CRT台数の削減によってコストダウンが図れる。
- オペレーション方法の統一化が図れる。

図7に従来型HMIと統合型HMIの構成例を示す。

(2) マルチメディアシステムとの統合機能

双方向マルチ大画面システムとの組合せで複数オペレータによる協調作業環境を提供し、通常時の誤操作の防止、計画業務の支援、緊急時の迅速な対応等を支援する。図8に示すように、複数のオペレータがそれぞれの手元HMIのマウスを用いてリモートカーソルで大画面上での操作を行えるリモートマルチカーソル機能、大画面とHMIとの間でウィンドウや画面情報の共有／転送が双方向に行える画面共有／転送機能、映像サーバを介して監視映像(ライブ、蓄積映像)を大画面上にウィンドウ表示し映像操作が行えるITV映像表示機能等を提供する。

(3) イントラネットシステムとの統合機能

C/S機能によるリモート監視機能のほかに、監視装置とは別に設置したWWWサーバを介して、イントラネットで結ばれたパソコン上の汎用ブラウザでプラント情報をモニタ可能としたりリモート監視機能を提供する。オープン分散HMIでは、部品を画面単位でActiveXコントロール化して通常のHMIの画面データを使用可能としている。

これにより、携帯端末パソコンを使用した携帯型HMIを実現できる。携帯型HMIの使用によって現場

表2. システム状態監視機能

項目	機能
システムモニタ	ネットワークに接続されている全コンポーネントの状態表示
ネットワークモニタ	ネットワーク装置・カードの詳細情報、ネットワーク状態履歴、通信異常ログ表示
HMIモニタ	ハードウェアの温度異常、ファン異常、ウォッチドグタイマ異常、電源異常及びソフトウェア異常、周辺機器異常表示
CNSモニタ	ソフトウェア異常、カード異常、CPU動作状態表示
IOモニタ	カード配置・種別・異常表示

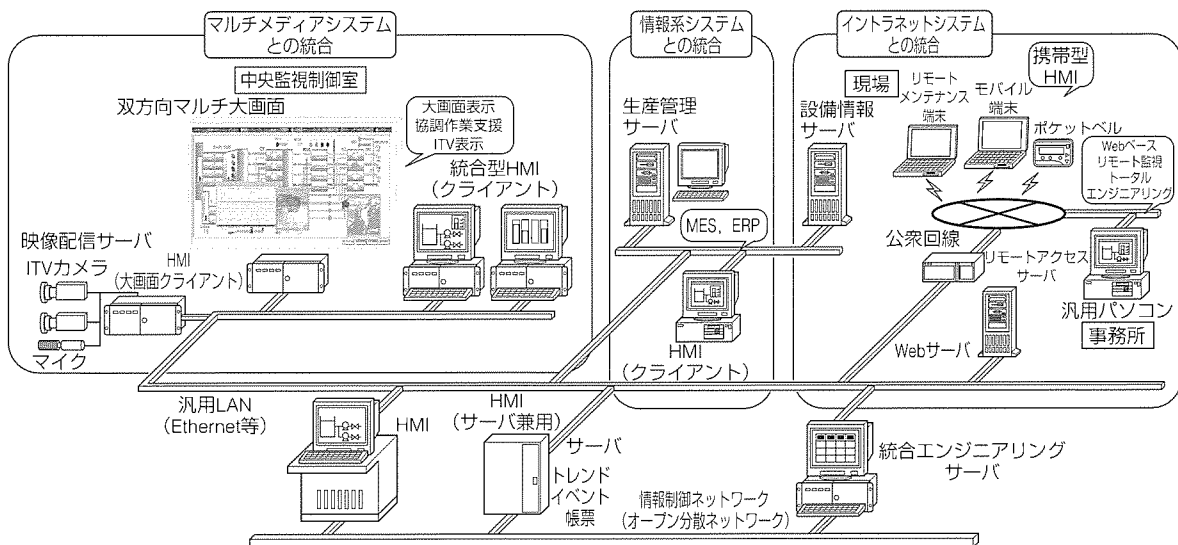


図6. 統合型HMIのシステム構成

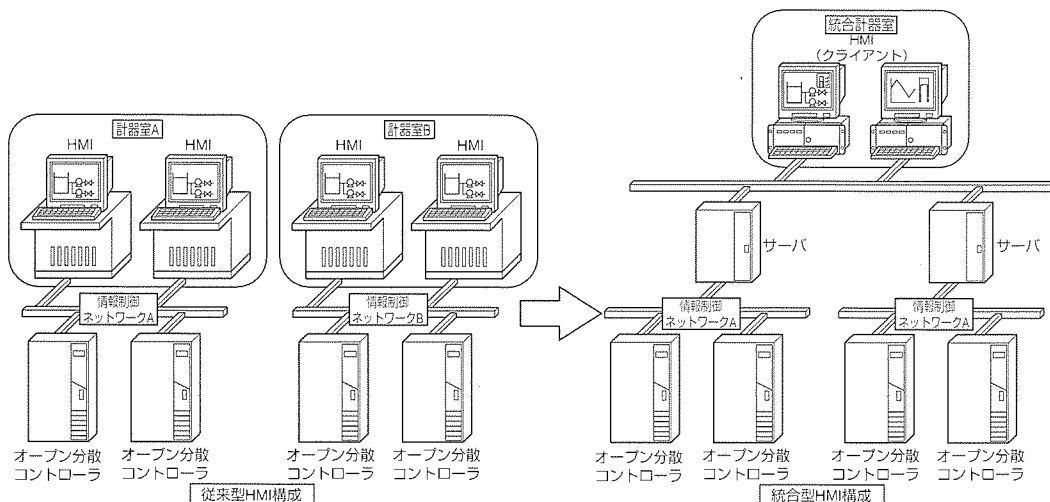


図7. 従来型HMIと統合型HMIの構成例

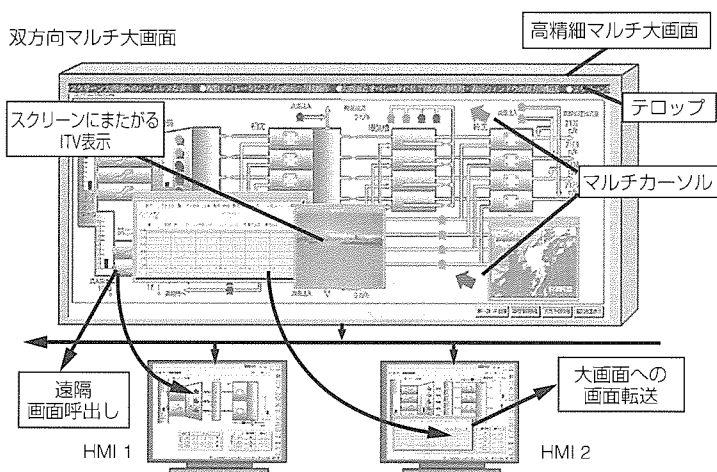


図8. 双方向マルチ画面システムとの統合

にしながら操作室と同様の監視・操作が可能となり、現場作業の効率化が図れる。

(4) 情報系システムとの統合

情報系データベース (MS-SQL Server, Oracle等) や情報系システム (ERP/MES) との統合はODBCやOPC機能等を使用したデータ共有/連携によって可能となり、単なる監視制御から情報系も含めたトータルな業務支援が可能となる。

6. HMIシステムの今後の動向

(1) マルチベンダー対応

これまでメーカー独自の仕様でHMIを構成してきたが、標準・オープン化技術の普及 (OPC, Java等) により、当社HMIもプラットフォームを選ばないマルチベンダー化への対応が可能となる。

(2) エージェント応用広域監視

従来のHMIは主にプラント監視が中心であったが、遠

隔地での監視の一元化に伴い、プラント監視以外の目的で分散された設備情報や保守情報を高速に検索・表示することが必要となる。これらのアクセスにはモバイルエージェント技術を使用する。

モバイルエージェント技術とは、ネットワーク上の離れた計算機間を

自由に移動しながら必要な情報を収集して帰ってくる機能で、これによって広域分散ネットワーク上でも高速な検索システムを構築することが可能となる。

(3) トータルエンジニアリング

HMIのみでなくCNS, IOを含めたシステム全体のエンジニアリングではシステム設計時のデータを活用 (データベースの一元管理) する環境を構築しており、エンジニアリング時間の短縮化、システム構築コストの低減を図ることができる。

また、今後は、フィールドのインテリジェント化に伴い、フィールドから制御・監視・情報系を含めたトータルなエンジニアリング環境を構築していく。

これらのエンジニアリングでは、産業用イントラネット技術を使用することにより、遠隔地から高速で安全にエンジニアリングすることが可能となる。

7. むすび

オープン分散計装制御システムのヒューマンインタフェースであるオープン分散HMIについて紹介した。今後は特に、エンタープライズソリューションとしての情報系との統合機能、トータルエンジニアリングのための統合分散エンジニアリング機能の充実を図るとともに、エージェント技術等の最新技術を導入した監視制御機能の高度化を図り、効率化・省人化など様々なニーズに対応した統合的なHMIの提供を行っていく所存である。

参考文献

(1) 西元朗雄, 清水広之, 森 隆三, 中道功二, 定森三雄: 情報制御基本システム — 大規模プラント用監視制御マンマシン —, 三菱電機技報, 69, No. 8, 726~731 (1995)

# オープン分散計装制御システムの オープン分散ネットワーク

田中康博\* 水沼一郎\*\*  
矢口幸男\*  
神余浩夫\*

## 要 旨

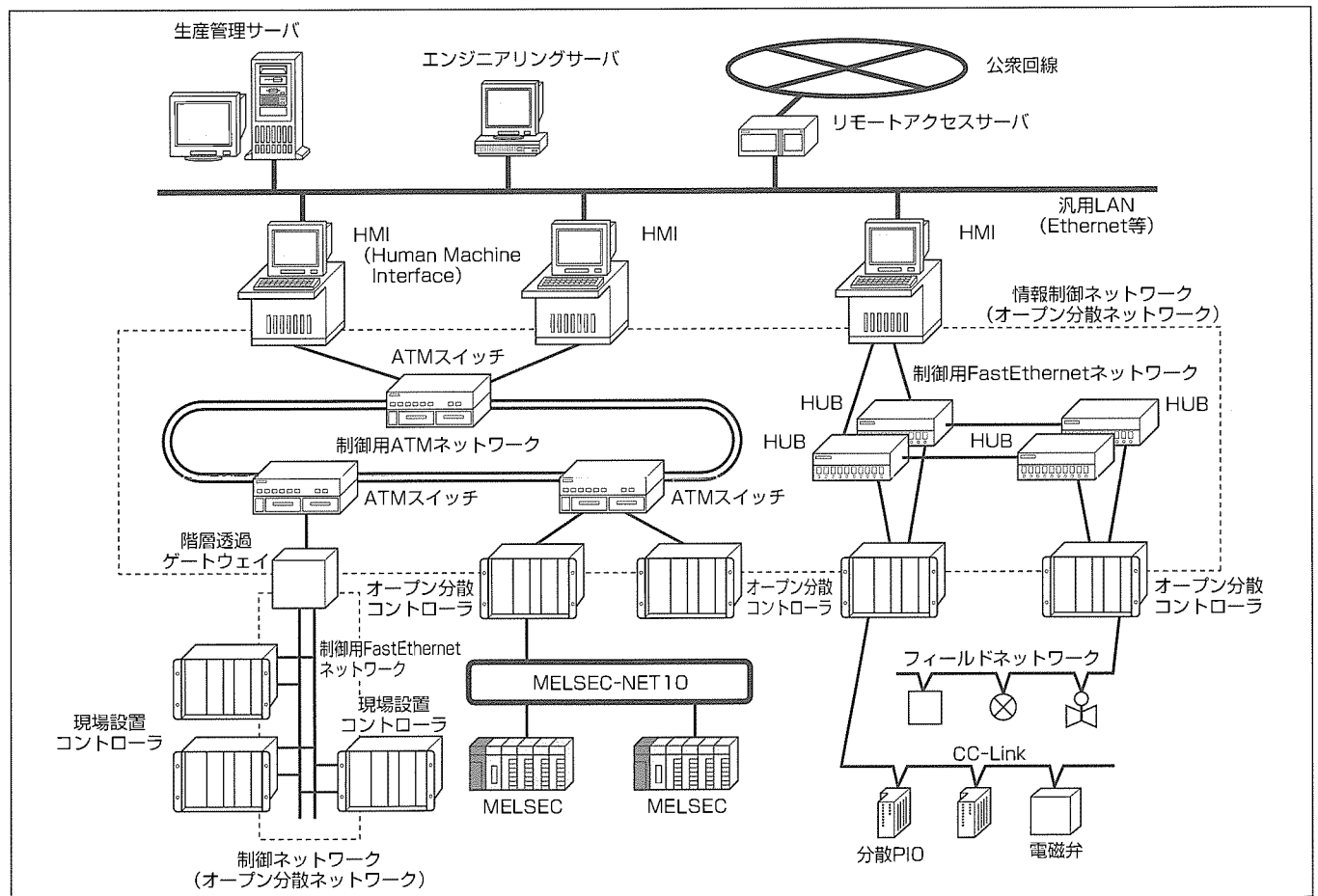
プロセス産業分野での監視・制御データ通信に使用するネットワークは、従来、そのリアルタイム性と高信頼性という要件を満たすため、シングルベンダーでシステムを構築する、いわゆるクローズドシステムであった。

一方、近年のインターネット／イントラネットの急速な発展を支えているのは国際標準／業界標準技術である。標準技術を採用することで、最新技術へのスピーディなグレードアップによる発展性の保証が得られ、システムコストの低減が期待できる。

オープン分散制御システムに適用するオープン分散ネットワークは、クローズドシステムから脱却して標準技術を基盤とし、①高機能、高性能、高信頼の追求、②柔軟な分

散システムの構築、③システムコスト低減を目指している。

オープン分散ネットワークでは、分散ミドルウェアによってネットワーク階層を意識しないデータアクセスが可能であり、システム変更に対応できる柔軟な監視制御システムを構築できる。この分散ミドルウェアは、業界標準であるUDP/IP上に実装されるため、パソコンやワークステーションの適用も可能である。また、物理ネットワークとして制御用ATM(Asynchronous Transfer Mode)と制御用FastEthernetネットワークを準備し、さらに各種既存ネットワークへの接続インタフェースを開発することにより、システム規模・コスト・性能・機能の要求に細かく対応できる。



## オープン分散ネットワークの構成

オープン分散ネットワークは情報制御ネットワークと制御ネットワークの2階層からなり、双方の階層間は階層透過ゲートウェイで接続される。オープン分散ミドルウェアは、階層内と同じように階層間をまたがったデータアクセス機能を提供する。さらにOPC(OLE for Process Control)機能によるデータアクセスも提供している。情報制御/制御ネットワークとして標準技術を採用した制御用ATMネットワークと制御用FastEthernetネットワークを用意し、いずれも標準技術に高信頼化・高リアルタイム化技術を付加している。



## 1. ま え が き

従来の計装制御システムにおけるネットワークは、ベンダーが独自開発した伝送技術を用いたものかFDDI(Fiber Distributed Data Interface)やEthernetといった国際標準技術を基本伝送技術に採用しながら通信のリアルタイム性やシステムの高信頼性を確保するために、シングルベンダーで構築されてきた。一方、計装制御分野以外では、インターネット／イントラネットに代表される情報通信ネットワークビジネスの世界的な拡大に伴い、マルチベンダーで構築されたネットワークの伝送帯域の向上、データのネットワーク分散化、ネットワーク接続コストの低下が、すさまじい勢いで進展している。そこで、オープン分散計装制御システムでは、国際標準又はデファクト標準技術を積極的に採用して時代の最先端の技術をタイムリーに取り込むとともに、従来から計装制御システムに必ず(須)のリアルタイム性／高信頼性機能を付加したオープンネットワークを開発した。

## 2. オープン分散ネットワークの製品コンセプト

オープン分散計装制御システムのオープン分散ネットワークは、以下のコンセプトを基に開発を行った。

- (1) 国際標準／デファクト標準技術を適用したネットワークを構築することで、最先端のネットワーク技術をタイムリーに提供する。
- (2) オープン性とリアルタイム性／高信頼性を共存させる。
- (3) 専用の分散ミドルウェアを用意することにより、物理的なネットワーク差異／階層を意識しないデータアクセス機構(階層透過機構)を提供し、情報の一元管理、場所を選ばない監視・保守、システム変更への速やかな対応が可能な柔軟な分散システムを提供する。
- (4) 業界標準のOPCインタフェース機能を提供し、異機種や他社システムとの接続も容易に可能とする。
- (5) 高度なプラント監視を実現するために動画や音声データといったマルチメディア通信を統合できるネットワークとする。

## 3. オープン分散ネットワークの構成と特長

オープン分散ネットワークの機能構成を図1に示す。

- (1) ネットワークハードウェア部はそれぞれ標準のATM技術とFastEthernet技術を採用し、これに高信頼化機能を追加
- (2) 国際標準プロトコルであるUDP/IPと従来から計装制御システムで用いられてきたサイクリック通信機能を実装し、UDP/IP層によって市販のパソコンとの通信が可能
- (3) UDP/IP上にオープン分散ネットワーク用ミドル

ウェアMidART+(Middleware for Advanced Real Timecontrol plus)を構築してネットワーク下位層に依存しないリアルタイム分散システムを構築

- (4) OPCインタフェース機能を実装し、標準インタフェースでのアプリケーション開発が可能

### 3.1 オープン分散ネットワーク用ミドルウェア

MidART+は、情報制御／制御ネットワークで要求されるリアルタイム通信機能と高信頼性及び監視制御サービス機能をネットワーク下位層に依存せずに提供するミドルウェアである。

#### 3.1.1 リアルタイム通信機能

MidART+のリアルタイム通信機能は、到達遅延時間を保証し、優先度管理された通信サービスを提供する。

この機能では、システム内のすべての通信を通信経路(チャネル)で管理し、チャネルが要求する遅延時間に応じた優先度制御と各送受信端やスイッチングHUBでのバッファあふれを回避するパケット送出レートのスケジューリングを行う。

この機能により、ソフトウェアのみで100msオーダーのリアルタイム性能を実現できる。さらにリアルタイム性が要求される場合は、後述のサイクリック通信機能が使用できる。

#### 3.1.2 高信頼化機能

MidART+の高信頼化機能は、情報制御用ネットワークに接続された機器の構成管理、障害発生時の通知管理、及び二重化ネットワークとコントローラ二重系における経路管理を実行する。これによってアプリケーションは冗長系制御から解放され、MidART+が提供する管理情報をモニタするだけでよい。

この機能は、システムコンポーネントのネットワークへの参入、電源断や故障による離脱、コントローラ二重系の主系切換え、ネットワーク二重系の片系故障を監視・通知し、各システムコンポーネントが独立にネットワーク構成情報として管理する。従来は各システムコンポーネントが他の全システムコンポーネントに各自のステータスをブロードキャストで定周期通知する管理方式を採っていたが、

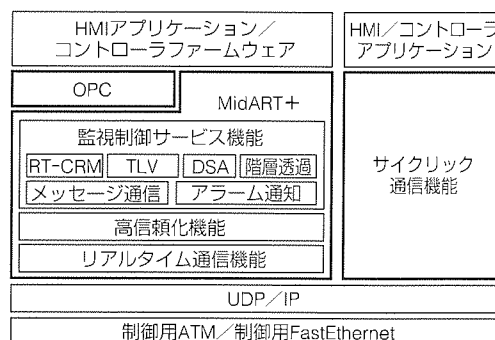


図1. オープン分散ネットワークの機能構成

ブロードキャストは近年発展の著しいスイッチ型ネットワークの伝送効率を著しく低下させるため、隣接コンポーネント間で定周期監視を行い構成変更時のみブロードキャスト通知するアルゴリズムを開発した。

### 3.1.3 監視制御サービス機能

MidART+の監視制御サービス機能は、監視データ、アラーム、制御信号などのコンポーネント間にまたがるアクセスを可能とする。また、階層透過機能を使用してネットワーク階層を越えたアクセスも可能である。以下に提供する機能を概説する。

#### (1) 階層透過機構

階層透過機構は、情報制御/制御の両ネットワーク間にまたがるデータアクセスを各ネットワーク内のアクセスと同様に行わせるための機能である。この機能は、異なるネットワーク間に設置された階層透過ゲートウェイ装置を経由して実現される。階層透過機構の最大の特長は、それが単なるパケットのルーティング機能ではなく、各ネットワーク階層のリアルタイム性に影響を与えないようにパケット送出レート制御を実施することにある。その概念を図2に示す。

#### (2) RT-CRM

RT-CRM(Real-Time Channel-based Reflective Memory)は、各システムコンポーネントの任意のメモリ空間上のデータを任意の周期で指定された他システムコンポーネントのメモリ空間へ反映する一種の分散共有メモリである。この機能により、アプリケーションはあたかも自分のメモリ空間のように他システムコンポーネント上のデータをアクセスすることができ、アプリケーション開発工数低減を実現できる。

#### (3) TLV

TLV(Tag-Label View)は、HMI上の画面の展開/消去に応じて各RT-CRMの反映を開始/停止制御する機能である。TLVでは、実際に表示されている画面に対してのみ周期的なデータ転送が行われるので、従来のサイクリッ

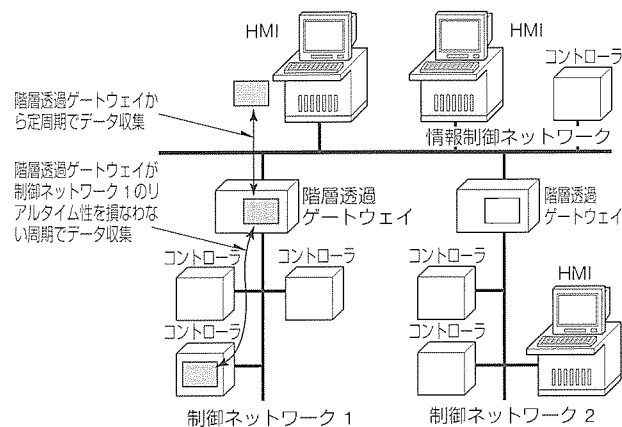


図2. 階層透過機能の概念

ク通信を用いた方式に比べてネットワーク負荷の大幅な低減を実現することができる。

#### (4) その他の機能

①各システムコンポーネント上で発生したシステム/プロセスアラーム(状態)の検出と高信頼な通知機能を提供するアラーム通知機能、②アプリケーションが物理的な配置を意識せず機能間でデータ交換が可能なメッセージ通信機能、③設定値更新やメンテナンス用に任意のシステムコンポーネントのメモリ空間上への散発的なアクセスを提供するDSA(Direct Source Access)機能を備える。

### 3.2 OPCインターフェース

HMIは、オープンなOPCインターフェースを用いたデータアクセスもサポートする。自社製コンポーネントに対するアクセスの場合は、MidART+を経由して獲得したデータをOPCインターフェースに変換してアプリケーションに与える。OPCデータサーバを実装した他社製コンポーネントに対するアクセスの場合は、直接UDP/IPを使用して通信しデータアクセスを行う。

### 3.3 制御用ATMネットワーク

情報制御用LANには、プラント監視制御の高度化と大規模化を目的として、100Mbps以上の高速化とマルチメディアデータの統合が必要となっている。この要求を満た

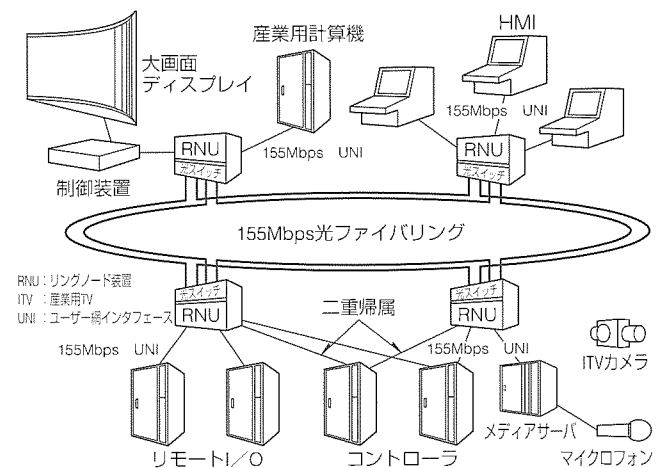


図3. 制御用ATMネットワークのシステム構成

表1. 制御用ATMネットワークの主な仕様

接続形態	PVC(半固定接続)
端末接続インターフェース	155Mbps(ATMフォーラム UNI準拠)
端末接続数	最大6ポート/ノード
ノード-端末間距離	最大2km
ノード間接続インターフェース	155Mbps(ノード間)
ノード間距離	リングノード間最大1km(光リピータ使用時20km)
最大ノード数	最大63リングノード
最大端末数	最大256端末
通信プロトコル	サイクリック伝送 更新周期5ms~1s TCP/UDP/IP
RAS機能	電源モジュール二重化 リング伝送路障害時のループバック 異なるATMスイッチへの二重帰属

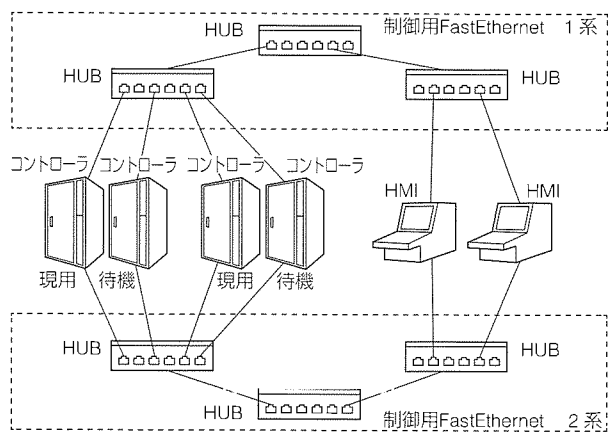


図4. 制御用FastEthernetのシステム構成

し得る伝送技術でかつ国際標準技術としてATM(非同期転送モード)があり、これをベースにした制御用LANの開発を行った。その全体システム構成を図3に、主な仕様を表1に示す。

### 3.3.1 ATMの特長

ATMは、高帯域ISDNを実現する伝送技術であり、すべてのメッセージ及び画像・音声データを53バイトのATMセルと呼ばれる単位に分割して送信し、受信側で元のメッセージ又は画像・音声データを再生する。

#### (1) リアルタイム性

53バイトATMセルへの分割送信による低遅延の保証とデータ遅延優先制御により、高優先度のプロセスデータのリアルタイム性を保証できる。

#### (2) オープン性

ユーザーネットワークインタフェースは国際標準に準拠しているため汎用ATM機器の接続が可能であり、オープンシステムの構築が容易である。

### 3.3.2 制御用LANとしての付加機能

制御用LANとしてのATMネットワークには、ATMの相互接続性を損なわない範囲で、以下の機能を付加した。

#### (1) サイクリック伝送機能

プロセスデータ伝送のリアルタイム性を保証するために、ネットワーク分散された共有メモリ(サイクリックメモリ)の内容を一定周期でブロードキャスト配布するサイクリック伝送機能を提供する。

#### (2) 高信頼化

(a) ATMスイッチのリング状接続機能を追加することにより、以下の高信頼化機能を実現する。

- ループバックによるリング伝送路障害の自動回避
- 故障したATMスイッチは光バイパスして障害局所化

(b) 端末は異なるATMスイッチに二重帰属し、故障したATMスイッチ又は接続光ケーブルを自動的に(迂)回する。

### 3.4 制御用FastEthernet

オープン分散計装制御システムのオープン分散ネットワーク・田中・矢口・神余・水沼

表2. 制御用FastEthernetの主な仕様

伝送規格	802.3u
伝送速度	100Mbps
端末接続インタフェース	100Base-TX, TPカテゴリ-5
最大接続端末数	最大32台
通信プロトコル	サイクリック伝送 更新周期20ms~1s TCP/UDP/IP
RAS機能	ネットワーク二重化

システムによっては、マルチメディア統合といったプラント監視制御の高度化よりもシステムコスト低減の要求が強い場合がある。その要求にこたえるため、高速LAN技術の本命であり国際標準規格である100M Ethernet技術を適用した制御用FastEthernetネットワークの開発を行った。その全体システム構成を図4に、主な仕様を表2に示す。

制御用ATMネットワークはネットワーク自身がネットワーク二重化管理を行うが、制御用FastEthernetは分散ミドルウェアであるMidART+の経路管理機能を用いて二重系の運用管理を行う。アプリケーション通信は、主系のみで通信し待機系は帯域確保のみ行う運用と、両系に送信し主系データのみ採用する運用を選択できる。このようにネットワーク機器ではなくミドルウェアが冗長系管理を行うので、専用品ではない市販のHUBを適用することができ、システムコストの低減を図ることができる。

### 3.5 既存ネットワークの接続

オープン分散制御システムのために、新規にオープン分散ミドルウェア、制御用ATMネットワークと制御用Fast Ethernetネットワークを開発した。また、コントローラやHMIのみのリプレース案件にも対応可能とするため、既存の制御用ネットワーク(EICバス、統合制御バスなど)への接続インタフェースも同時に実現した。

## 4. む す び

以上、当社オープン分散計装制御システムに適用するオープン分散ネットワークの特長と概要を述べた。特に進歩の著しい汎用の情報通信技術にオープン性を損なわない範囲で計装制御システムに必須のリアルタイム性と高信頼性を付加することで、高性能、高機能、高信頼を低コストで実現できたと自負している。今後も更に情報通信技術は高速化・高機能化を続けるが、特に無線データ通信が台頭してくると考えられ、当社は継続的にこれら国際標準/業界標準の技術シードを積極的に取り入れ、高度な監視・制御システムの提案を続けていく所存である。

### 参考文献

- (1) 根本泰典, 田中康博, 市橋立機, 岩本 明, 中谷敏男: プラント監視制御・管理ネットワーク, 三菱電機技報, 70, No.7, 678~683 (1996)

# オープン分散計装制御システムのエンジニアリング

## 要 旨

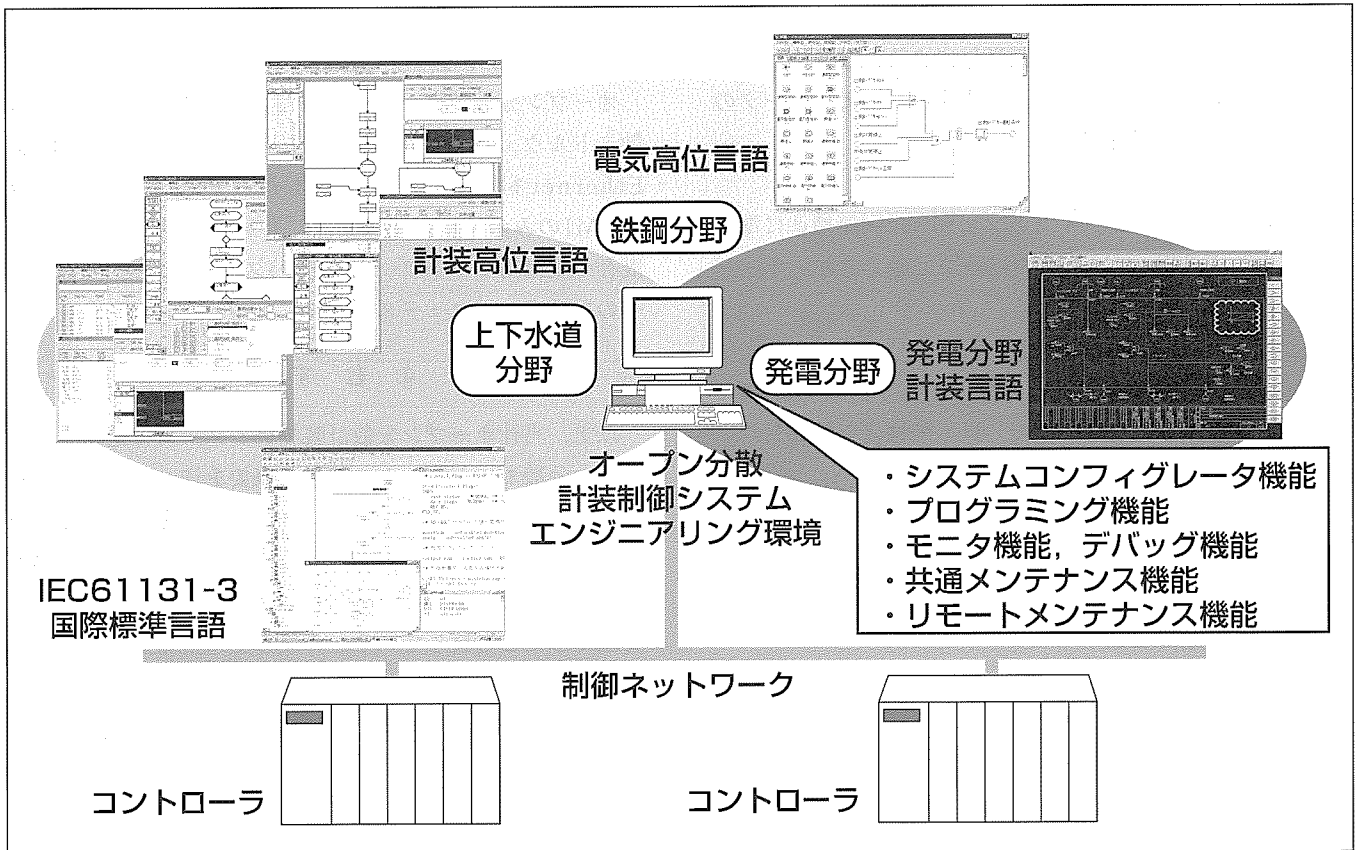
オープン分散計装制御システムのエンジニアリングは、プラント運転における多様なユーザーニーズに迅速・柔軟に対応し、かつプラント設計、ソフトウェア製作、試験、保守といったエンジニアリング業務をトータルに支援し、プラントのエンジニアリングコストを抑えることを最大の目的として開発された。

主な特長は次のとおりである。

(1) エンジニアリング環境には国際標準／業界標準を積極的に取り入れ、Windows上のPCアプリケーションとの連携強化、国際標準言語採用によるエンジニアリングへの教育投資の削減、マルチベンダー制御システムへの対応を容易にした。

(2) エンジニアリング作業と保守作業の効率化のため、プラント設計、ソフトウェア製作、試験、保守までのエンジニアリングをトータルに支援し、各作業間で情報交換を可能にした。また、適用分野に特化した高位言語のメニュー拡充と機能拡充を実施し、アプリケーション設計の効率化を図った。さらに、試験期間短縮のため、エンジニアリング環境上での実機レスでの試験環境をサポートした。

(3) ユーザーが要求する形態でのエンジニアリングをサポートするため、コントローラ直結のEthernet通信から広域網や工場LAN経由でのリモートエンジニアリングを可能とした。



## オープン分散計装制御システムのエンジニアリングの概念図

オープン分散計装制御システムのエンジニアリング環境は、プラントの計画・設計からソフトウェアプログラミング、デバッグ、保守までをトータルに支援し、プラントエンジニアリングコストの極小化に貢献する。

## 1. ま え が き

近年、プロセス産業の生産現場では、分散型制御システム(DCS)が広く普及し、製品の低価格化・高品質化に貢献してきた。さらに、国内外においてより一層の競争力強化、多様なユーザーニーズの変化に迅速・柔軟に対応できる制御システムの提供を目的として、三菱オープン分散計装制御システムを開発した。

当社オープン分散計装制御システムのエンジニアリングは、プラント運転における操業条件の変動に迅速・柔軟に対応でき、かつプラント設計、制御ソフトウェア製作、試験、保守といったエンジニアリングをトータルに支援し、エンジニアリングコストを極小化することを最大の目的として開発された。

本稿では、オープン分散計装制御システムのエンジニアリング環境の開発コンセプト及びその特長について述べる。

## 2. エンジニアリングの開発コンセプト

### 2.1 オープン化への対応

エンジニアリング環境には国際標準／業界標準を積極的に取り入れ、将来にわたる発展性・継続性を維持しつつ、高機能で快適な環境をユーザーに提供する。

#### (1) プラットフォームのオープン化

エンジニアリング環境のプラットフォームとして、DOS/VパソコンとWindowsを採用した。これにより、市販データベース、市販CAD、PCアプリケーション等の導入が容易になり、自社／他社エンジニアリングツールとの連携の強化、将来にわたる継続的な性能向上、機能向上を可能とした。

#### (2) 国際標準言語のサポート

コントローラ言語のオープン化の対応として、当社が従来から提供していた特定分野向け言語(Problem Oriented Language: POL)に加え、欧州・米国を中心に急速に普及してきた国際標準言語IEC61131-3をサポートした。これにより、下記への対応が可能となった。

##### (a) 新たな教育投資の削減

国際標準言語使用経験のあるエンジニアであれば、容易に当社のコントローラが使用可能である。

##### (b) マルチベンダーシステムへの対応が容易

異なるメーカーのコントローラ間で同一言語でのアプリケーションエンジニアリングが可能であり、また、ユーザーの既存資産の流用やコントローラのリプレースによる移植の時間を低減できる。

### 2.2 エンジニアリング作業の効率化への対応

プラントエンジニアリングコストの削減を目指し、プラントのエンジニアリングをトータルに支援する環境を実現する。

#### (1) 完成度の高い生産環境の実現

1台のエンジニアリング環境でプラントのエンジニアリングのプラント設計、制御ソフトウェア製作から試験、保守までの作業フェーズをトータルに支援しており、各作業でのアウトプットは次の作業のインプット情報として使用される。このため、設計フェーズ間で情報の分断がなく、人の介入を極小化することでヒューマンエラーをなくし、完成度の高いソフトウェアを短期間で生産できる環境を提供する。

#### (2) ソフトウェア設計・製作フェーズの作業効率の改善

従来から提供していた特定分野向けプラント記述言語のメニュー拡充(計装高位言語、電気高位言語、電力プラント向け計装言語など)及び機能強化を図り、プラントの様記述に近い形式でのアプリケーション設計環境を提供し、アプリケーションソフトウェアの生産効率と保守性の向上を図る。

#### (3) ソフトウェア試験期間の短縮

エンジニアリング環境上で、実機ハードウェアを使用することなく、コントローラのタイミングを含めたソフトウェアデバッグを可能とする(オフラインシミュレーション機能)。

### 2.3 あらゆる場所からのエンジニアリングに対応

エンジニアリング環境は、ユーザーの機能、可搬性、性能等に対する各種要求に柔軟にこたえるため、可搬性のノート型と、17インチ以上の画面、大容量のHDを備えた据置き型の2種類のタイプをサポートしており、現場や事務所等のユーザーが要求する場所からエンジニアリングを可

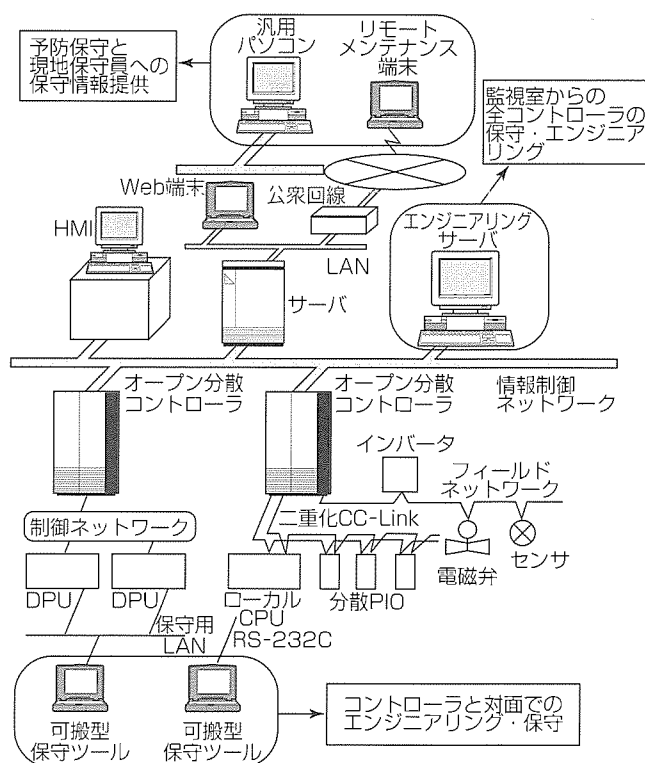


図1. エンジニアリングシステムの構成例

能とする。エンジニアリングシステムの構成例を図1に示す。

エンジニアリング環境の接続形態は次のとおりである。

- (1) RS-232C等のシリアルや保守用のLAN (Ethernet通信)を用いてコントローラとエンジニアリングツールを直結し、コントローラと対面しながら、エンジニアリング・保守を行う。
- (2) 監視室に設置されたHMI(Human Machine Interface)からプラントの状態を監視しながら、プラント内の全コントローラのエンジニアリング・保守を行う。
- (3) 公衆回線経由でメーカー側の保守員と接続し、プラント情報を監視することで、メーカーでの予防保守を行うとともに、公衆回線経由でメーカーが保有している設計データや過去の類似障害情報等を現場保守作業員へ提供し、迅速な保守作業を行う。
- (4) LAN等で接続されたパソコンのWeb端末からコントローラのエンジニアリング・保守情報の獲得を行う。

### 3. エンジニアリング機能の概要と特長

#### 3.1 エンジニアリング機能の構成

2章で述べた開発コンセプトを実現するため、当社オープン分散制御システムのエンジニアリング環境は、Windows上のソフトウェアとして構築した。図2にエンジニアリング環境の機能構成を示す。

エンジニアリングの各機能はパッケージ化されており、エンジニアリング環境の使用目的に合わせて、1台のエンジニアリングツールでエンジニアリングのすべての機能の搭載や設計・製作機能、又は保守機能のみのような選択的な機能提供が可能である。

#### 3.2 エンジニアリング機能の概要

図2に示した機能はエンジニアリング環境の基本画面からメニューによって起動され、マウス操作やキーボード操作によるWindowsベースで統一された操作環境を提供し

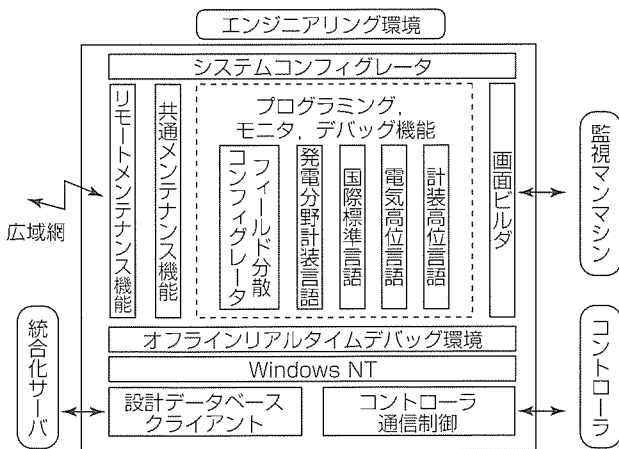


図2. エンジニアリング環境の機能構成

た。

エンジニアリング環境の機能一覧を表1に示す。

#### (1) システムコンフィグレータの特長

電機品データやタグ・信号定義等の大量のプラント情報を一元管理し、プラント拡張や設計変更に伴うデータの保守・管理に要する時間を極小化する機能を提供する。

#### (2) プログラミング、モニタ、デバッグ/共通メンテナンス機能の特長

アプリケーションシステムの円滑な早期立ち上げ、容易な改造・保守、故障に対して迅速・的確に対応するため、従来からの機能を継承し発展させた。内容を下記に示す。

(a) プラント記述言語(高位言語)をベースにしたプログラム、デバッグ、メンテナンス機能の充実により、高位言語画面でのモニタ、コンパイルエラー情報から高位言語マクロ命令へのジャンプ、プログラムシート間変数サーチ等が可能となり、アプリケーションソフトウェアのデバッグを容易にした。

(b) データトレース、トレンド機能の充実により、アプリケーションソフトウェアのエラー原因の特定を容易にした。

#### (3) リモートメンテナンス機能

LAN経由や公衆回線経由でパソコンやエンジニアリング環境を制御システムと接続することにより、最新のプラント情報、エンジニアリング情報の獲得を可能とした。ま

表1. エンジニアリング環境の機能一覧

項目	機能	
システムコンフィグレータ機能	ワークスペース	プロジェクトのデータ管理・表示、起動
	電機品リスト	プラントの電機品情報の登録
	タグ・信号定義	プラントのタグ、信号、バス項目等を定義
プログラミング・モニタ・デバッグ機能	プログラムエディット機能	プログラム間カット&ペースト 高位言語トランスレータ・コンパイラ プログラムシート間ジャンプ
	オンラインモニタ機能	プログラム同期モニタ 非同期モニタ
	オンラインデバッグ機能	ステップ実行 変数実行サーチ
	オンラインメンテナンス機能	ダウンロード/アップロード CNSモジュールベリファイ
共通メンテナンス機能		パラメータチューニング TAGトレンド表示・TAGモニタ 出力値固定・上下限チェック モジュール実行時間測定 CNSパラメータ表示・設定 CNSエラー履歴表示・クリア 制御ネットワーク状態表示・設定 分散PIO監視・設定 モジュール状態モニタ・実行トレース
	ユーティリティ機能	プログラム・TAG印刷
		クロスリファレンス印刷
		ファイル保存・参照機能
	リモートメンテナンス機能	工場内外のパソコンとネットワーク経由で接続し、エンジニアリング情報を提供する機能

注 一部言語のみに対応している機能あり。





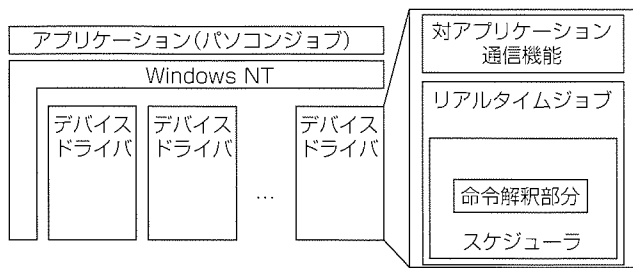


図6. リアルタイムデバッグ環境のソフトウェア構成

ケーションの実行を阻害し、アプリケーションの実行が400ms以上も遅延させられる場合があり、パソコンジョブではリアルタイムでのロジックシミュレーションが不可能であった。今回開発したリアルタイムデバッグ環境では、ドライバレベルで動作するリアルタイムジョブとしてコントローラと同じタイミングで動作するスケジューラと命令解釈部分をWindows NT上に組み込むことにより、コントローラとほぼ同じタイミングで命令を実行することが可能となった。オフラインリアルタイムデバッグ環境のソフトウェア構成を図6に示す。

オフラインリアルタイムデバッグ環境ではコントローラのソフトウェアのリアルタイムでのロジックシミュレーションが可能であるが、今後、エンジニアリング環境上にHMI機能を搭載することにより、コントローラとHMIの組合せ試験環境を実機レスの環境で提供することが可能である。

#### 4. 今後の展開

今後、制御システムのフィールド分散化に伴うフィールド分散エンジニアリング環境の開発、及びエンジニアリング作業の更なる効率向上のためのエンジニアリング環境の統合化を推進していく予定である。具体的な内容を下記に示す。

##### (1) フィールド分散制御システムへの対応

フィールド分散システムのエンジニアリング環境として、オープン分散コントローラのみならず、現場設置型コントローラ、当社MELSEC、フィールド機器等のソフトウェアの設計・製作・保守がネットワーク階層を意識せず一元的に可能な統合型エンジニアリングサーバ環境を構築する。さらに、Foundation Filed Busを用いたフィールド分散システムでは、フィールド機器のインテリジェント化に対応

し、オブジェクト指向技術をベースにフィールドオブジェクトの部品を組み合わせることで、フィールド上の分散を意識せずにエンジニアリングできる環境を構築する予定である。なお、フィールド分散システムへの使用言語のメニューの一つとして、ファンクションブロックベースに国際標準言語IEC61499への展開も図っていく。

##### (2) 上流図書、ハードウェア図面情報との統合

プラント上流図書である運転方案やハードウェアシーケンス図は、手書きや専用CADツールを用いて作成されているものが多く、エンジニアリング情報として共有が難しかった。これらの情報を、Windows上で、オブジェクトとしての管理やCAD情報の変換により、プラント設計データベースの情報として一元管理を行う。特に、ユーザーや他社メーカーが作成したシステム設計データを電子データとして受け取り、次の設計フェーズで流用することにより、信頼性の高い、かつ作業効率の良いエンジニアリングが可能となる。

さらに、プラント上流図面やハードウェア情報を含め、プラント情報として管理し、プラント計画、設計、製造、保守、再利用といったあらゆるフェーズで情報を共有することにより、プラント設計作業のトータルな支援を推進する。

#### 5. む す び

三菱オープン分散計装制御システムのエンジニアリング環境について述べた。エンジニアリング環境は、プラントのエンジニアリングコストを極小化するため国際標準/業界標準を積極的に取り入れ、かつ、プラント設計から制御ソフトウェア製作・試験・保守までをトータルに支援した。今後、制御システムに対して高度化・高信頼化を始め多様な要求がますます高くなるに従い、エンジニアリング環境が提供する機能が重要となる。今後もユーザーからの要求に迅速にこたえ、真にユーザーが満足するエンジニアリング環境を目指して努力する所存であり、ユーザー各位のご指導をお願いいたします。

#### 参 考 文 献

- (1) 高橋裕司, 杉谷 穰, 新谷嘉浩, 戸田明男: 情報制御基本システムのエンジニアリング, 三菱電機技報, 69, No.8, 732~737 (1995)

# 上下水道分野における オープン分散計装制御システム

安藤 隆\*  
池田洋一\*  
中川貴雄\*

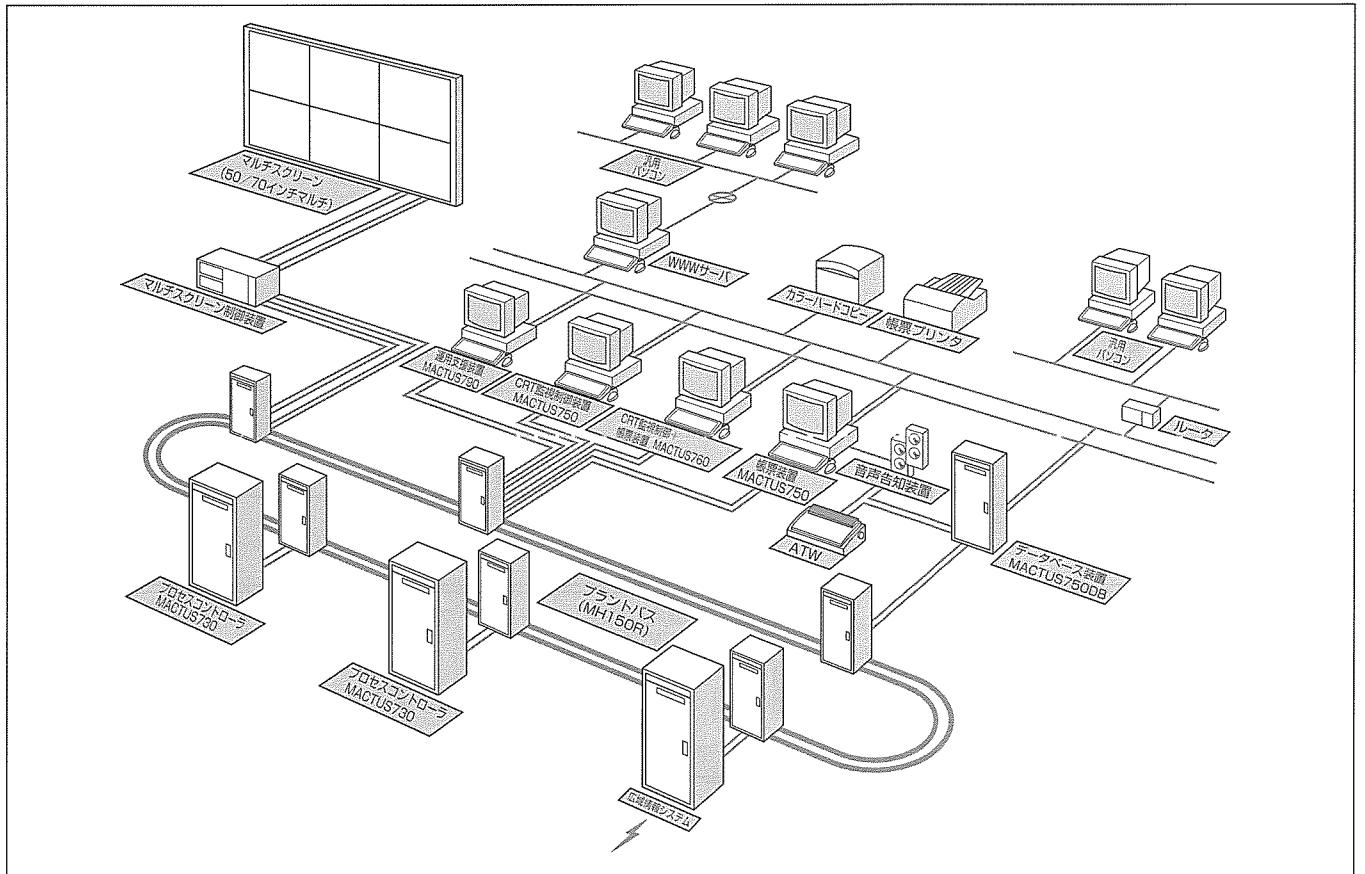
## 要 旨

水処理施設は、主要都市においては、高い普及率によって建設の時代から維持・管理の時代への移行、既存設備の更新・改築及び高度処理化へ変化し、また中小都市部においては、普及率の向上へと進んできており、これらに対応したシステムの提供が求められている。さらに、維持・運用コストの削減の傾向はますます加速化している。

このような要求にこたえるため、従来の監視制御機能に加え、設備維持管理等のオフライン系の業務支援の統合、監視制御の広域化による業務の効率化や運用の安全性向上・効率向上をねらいとし、システム情報処理領域を含めたオープン性を重視した総合情報管理システムの開発を推し進めている。

今回開発した上下水道向けオープン分散計装制御システムは、前述のニーズにこたえたものであり、このシステムの特長は次のとおりである。

- (1) 汎用アーキテクチャを採用し、リアルタイム性、オープン化、情報分野との融合、将来的な機能拡張性の確保を実現
- (2) 広域ネットワークとの接続により、監視領域の拡大、無人化機場の統合監視など省力化・自動化を実現
- (3) 映像・音声などのマルチメディアを駆使した直感的監視環境を提供
- (4) 自律分散システムにより、高い運転連続性と増設・変更へのフレキシブルな対応を実現



## 上下水道向けオープン分散計装制御システム“MACTUS”

プラントの高度化・多様化するニーズにこたえるため、オープン化・分散化を追求した分散計装制御システムである。リアルタイム性、監視制御の広域化、高信頼性、システムの拡張性を実現しており、柔軟なシステム構築、高い操作性を可能としている。

## 1. まえがき

上水道施設は全国普及率が96%に達しており、また下水道についても大都市部では100%近い普及率となり、今後はシステムの更新改築及び下水道の高度処理への対応が中心となる。また反面、中小都市部では更なる普及率向上へと進んでおり、これら双方に的確に対応した技術開発が重要となっている。その中で、監視制御システムの分野においては、情報処理領域を含めたオープン性を重視した総合情報システムへの展開が要求されている。従来のプラントオンライン監視制御機能に加え、設備維持管理等のオフライン系の業務支援を統合化した総合情報管理システムや、処理場構内にとどまった監視制御から処理場群や配水/排水区域群を集中的に管理する広域管理運用システムといった、業務の効率化や運用の安全性向上と効率向上、コスト削減を目指すシステムが求められてきている。

本稿では、これらのニーズにこたえるオープン分散制御システムのコンセプトに基づいた最新の上下水道監視制御システムについて、その機能・特長及び適用事例について述べる。

## 2. 上下水道監視制御システムの動向と課題

従来の上下水プラント向け監視制御システムは、当社の総合計装制御システム“MACTUSシリーズ”に代表されるプラントの規模・特性に適合した最適の機種を用意し、浄水場、下水処理場、ポンプ所など、機場ごとにネットワークを中心とした水平分散システムの構築を行ってきた。

近年、維持管理コストの削減や効率的な水運用を目的と

して、施設を無人化し、複数の施設を広域ネットワークを介して集中監視制御することで、従来の機場内に限定した監視制御機能から遠隔監視、情報管理や広域管理といった幅広い分野をカバーするシステムが求められている。従来のシステムが実現した高信頼性やリアルタイム性といった基本的機能に加え、高いオープン性と拡張性及び操作員に負担を掛けない高いヒューマンインタフェース機能が求められてきている。一方、映像、音、数値データを統合的に扱えるマルチメディア技術が、情報量の拡大、監視負荷の軽減と緊急時の対応を支援できる技術として、実用化段階に入ってきている。双方向大画面システムやITV画像蓄積・表示機能等の監視制御システムの導入検討が進みつつある。

プロセス制御の分野では、プラントにおける処理の高度化、データの増加による処理速度の高速化、プラントの継続運転の維持のため、信頼性・保守性の高いシステムが求められてきている。特に信頼性の面では、システムとして、負荷・機器ごとに制御分散するシステム構成の導入が進められている。また、制御領域の広域化、多様化する各種機器との接続は必要不可欠なものとなっており、そのため、オープンでかつ豊富なネットワークインタフェースも必要となっている。さらに、プラントの持つ特性上、既設プラントの増設・改造に対応するため、従来機種との互換性の確保、及び更新時期を迎えた既設設備をユーザーの予算・ニーズに応じ、最適なりペースが図られるシステムの提供が重要な課題となっている。

## 3. MACTUS監視制御システムの取組

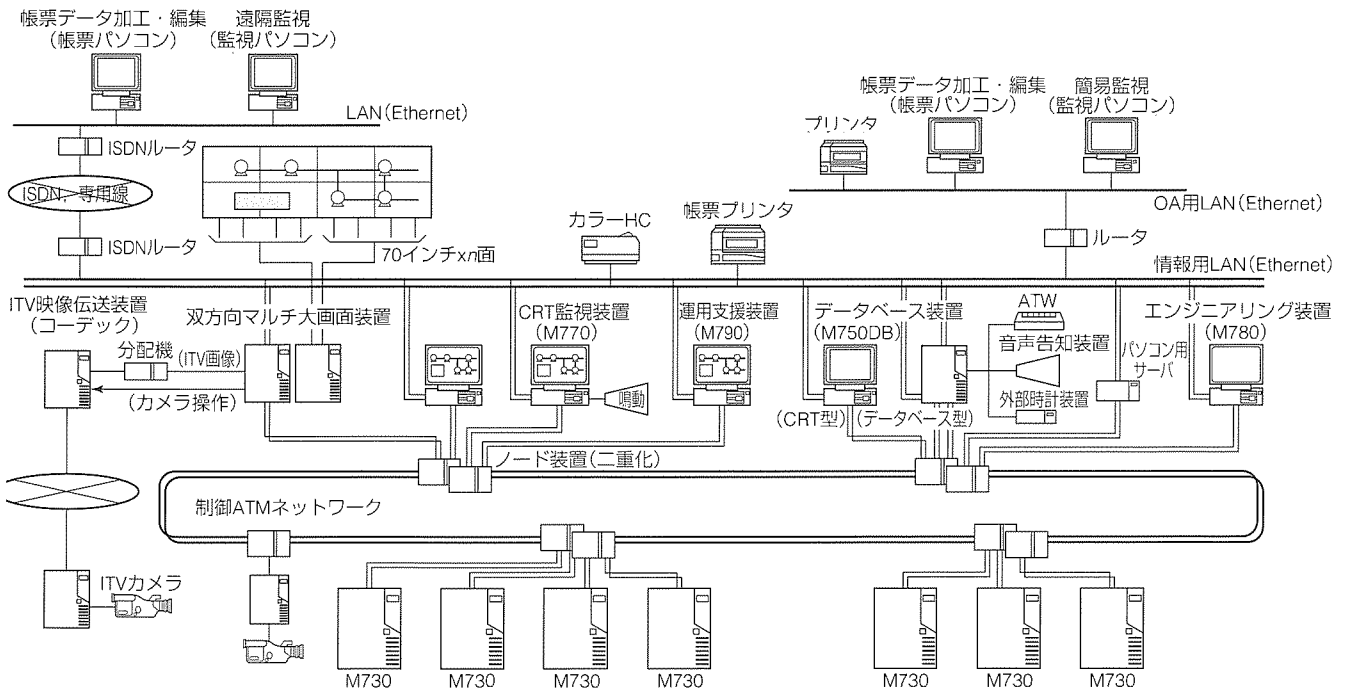


図1. 大規模監視制御システム全体構成

### 3.1 全体システム構成

上記課題への対応として、オープン分散計装制御システムを基本コンポーネントに構築した最新の上下水道監視制御システムについて紹介する。大規模システムでの全体システム構成を図1に示す。このシステムは、ATM (Asynchronous Transfer Mode)方式制御ネットワーク、ヒューマンインタフェース、コントローラを基本に下記装置を自律分散接続している。

- 帳票装置 : MACTUS750
- データベース装置 : MACTUS750DB
- CRT監視装置 : MACTUS770
- エンジニアリング装置 : MACTUS780
- 運用支援装置 : MACTUS790
- プロセスコントローラ : MACTUS730
- 双方向マルチ大画面装置

### 3.2 ヒューマンインタフェースと情報処理機能

#### 3.2.1 概要

CRT監視操作、帳票作成、運用制御、データベース等の上位の監視制御・情報処理装置としては、オープン性とユーザーフレンドリ性に優れたオープン分散ヒューマンインタフェースを適用し、ネットワーク化した分散システムを構成する。各装置は、産業向けPC/AT互換ハードウェアとWindows NTをOSに、オブジェクト指向技術を活用したフレームワークに基づく統一したソフトウェアプラットフォーム上に構築されており、各装置間でのデータの共

有や機能連携、GUI操作の統一性を実現している。OA用LANに汎用パソコンの接続を行うことで、データベース装置のデータを自由に編集・加工するオフライン機能と監視機能の融合が可能となる。また、LANをルータ経由でNTT回線や自営線に接続することにより、遠隔地でCRT監視操作や帳票作成等の機能が実現可能となる。このほか、イントラネットやマルチメディア技術等の導入により、幅広い拡張性を持ったシステムが構築できる。

#### 3.2.2 オープン分散化への適用事例

上記コンポーネントを適用した上下水道分野におけるオープン分散システムの代表事例を紹介する。

##### (1) 複数機場の統合監視

プラント監視制御システムは、公共システムとしての高い信頼性と安全性が要求される一方、建設費・更新費・維持費を含めた全体としての経済性が要求される。システムのダウンサイジング化とともに、運用の合理化という形でも進められている。その代表的な例として、無人化された機場の統合監視システムを図2に示す。複数機場の統合化において、広域ネットワークが必要不可欠であるが、近年管路を利用した光ケーブルの自営網を敷設する事業者も増加しつつあり、その自営網を制御用ネットワークとして適用することによって統合監視システムを実現する。

##### (2) 情報系システムとの融合

設備管理・機器管理といった情報系との融合を図った監視制御システムを図3に示す。

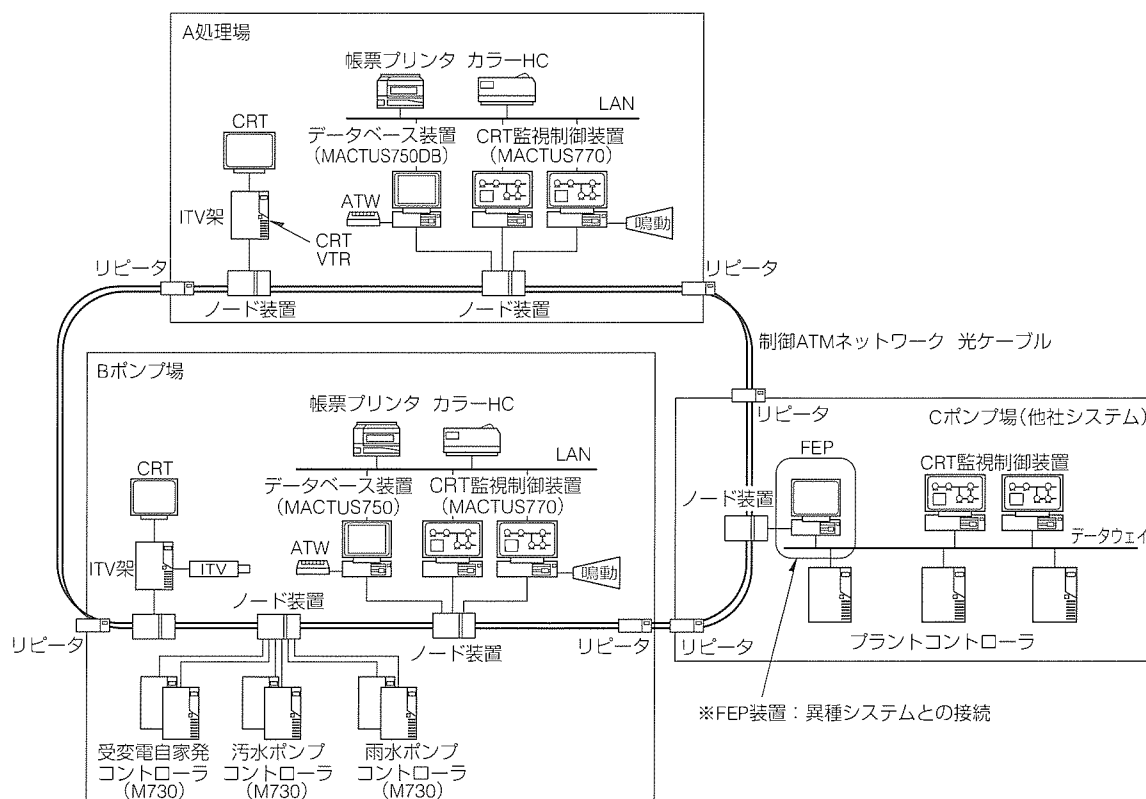


図2. 複数機場統合監視システム

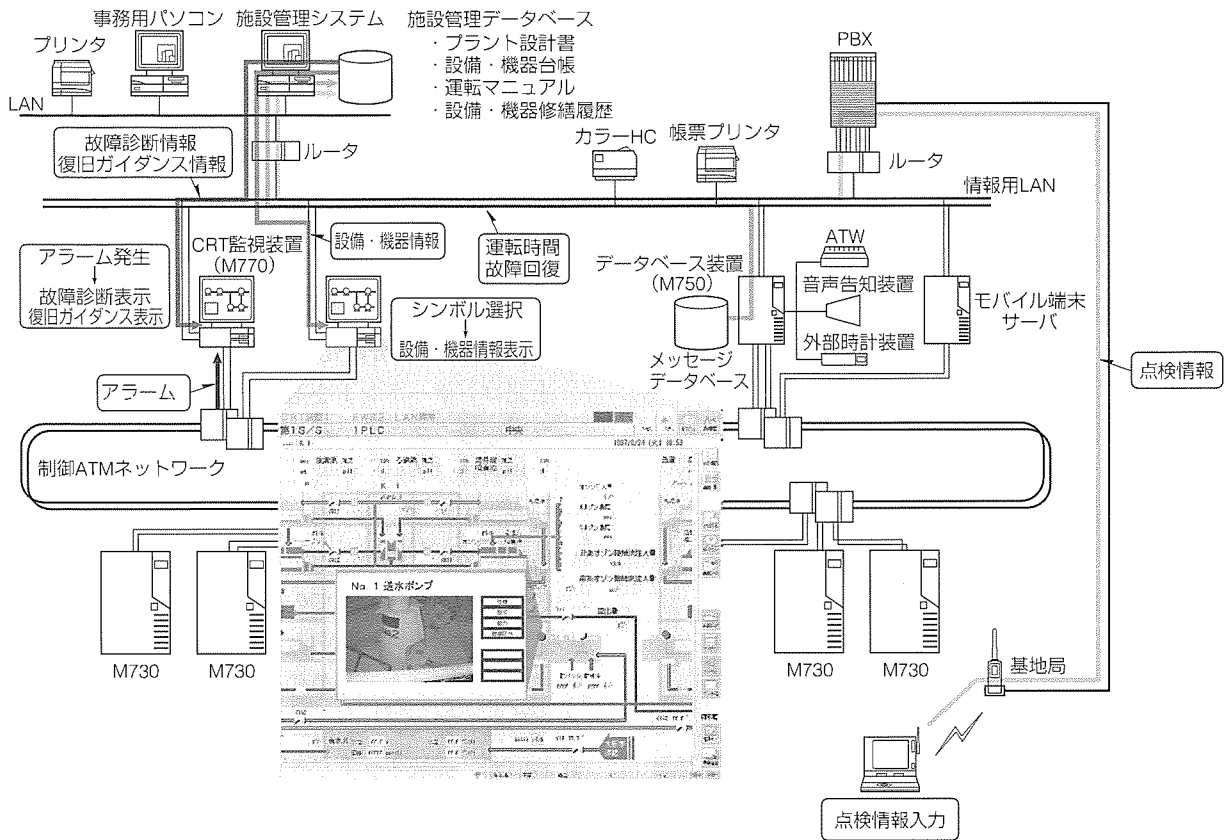


図3. 情報系システムとの融合

データベース装置には各機器の運転時間や故障回数といった情報が蓄積されており、情報系システムから自由にアクセスしてデータを取り出すことが可能である。このデータを基に、情報系システムでは、故障統計解析、メンテナンス機器のピックアップ、設備台帳の管理を行う。

また、オンライン系システムとのダイナミックなデータリンクを行うことにより、画面に表示された機器シンボルを選択するだけで、その機器に関する情報を画面に表示したり、故障発生時には詳細な故障診断と復旧ガイダンスを表示する機能も実現可能となる。

### 3.3 コントローラと通信ネットワークへの対応

#### 3.3.1 プロセスコントローラ

##### (1) 高速化・高機能化・高信頼化

高速化・高信頼化には、汎用アーキテクチャの採用及びオープン化を指向したオープン分散システムコントローラを適用して、これら要求を実現している。

これに加えて、現場でのループ監視機能とバックアップ機能を併せ持ったループインタフェースユニットとの接続を行い、公共プラントに特化する機能を実現している。

また、CPU、電源、IOの各二重化を可能とし、高信頼性に対応している。

##### (2) オープン化・分散システム化

CPUのバックプレーンにはCompact-PCI<sup>(注1)</sup>を採用しており、汎用アーキテクチャの採用によって将来における機

能拡張を容易なものとしている。

また、他のメーカーや異機種間との接続に対しては、現在主に使用されているRS-232C、Ethernet<sup>(注2)</sup>インタフェース及び各種プロトコルをサポートし、オープン化に対応している。

##### (3) 操作性・保守性の向上

プログラム言語としては、従来からのプラント制御用専用高位言語に加えて、よりプラント運転仕様記述に近いグラフィカルな高位言語を採用しており、生産性・操作性・保守性を向上している。

##### (4) システムの拡張

更新時期を迎えた設備のリプレースを最適に行うため、MACTUSコントローラは、コンポーネントごとにビルドアップしていく構成としている。また、各コンポーネントごとに既存機種との互換性を確保しているため、これによってコンポーネントごとのリプレースができ、技術進歩が急速なCPUユニット部又はネットワークI/F部のみを更新して、費用を抑えながら最新機能へグレードアップすることを可能としている。

### 3.3.2 通信ネットワークへの対応

#### (1) 制御ネットワーク

(注1) "Compact-PCI": Compact Peripheral Component Interconnectの略で、産業用途向けのバス規格

(注2) "Ethernet"は、米国Xerox Corp.の商標である。



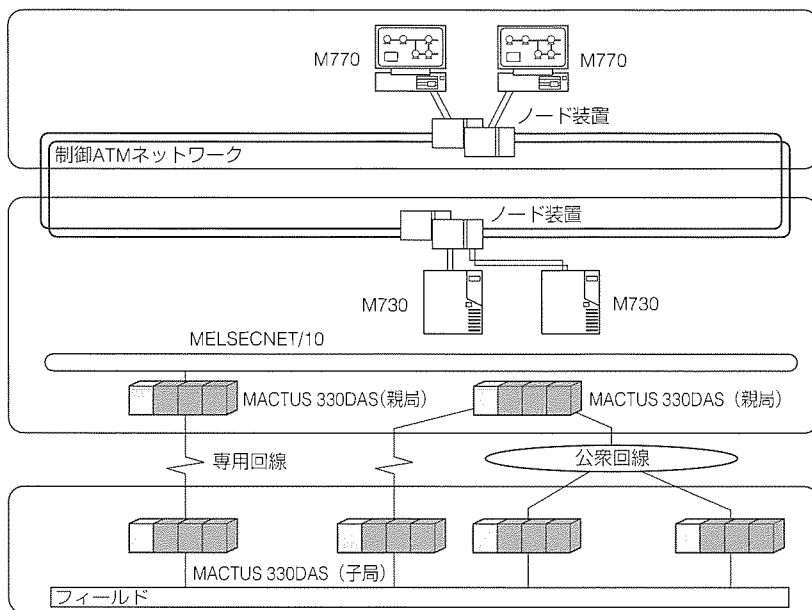


図4. 遠隔制御通信システム構成

監視機器と制御機器とを結ぶ制御ネットワークには、前述したATM方式を採用したオープン分散ネットワークを適用して、リアルタイム性の確保、大容量データの転送、長距離化、及び豊富なRAS機能を実現している。また、伝送路の二重化とバイパス機能により、プラントに必要な高信頼性を実現している。

伝送距離は、SM光ケーブルを用いることにより、最大20kmまでの長距離化ができ、各設備間や機場間をまたぐ接続が可能となっている。

(2) ローカル制御ネットワーク

現場と電気室間は、コントロールセンターや機械負荷単位の分散制御が可能な現場盤の電子化により、中央からの監視制御と現場単独での自動運転を可能としており、プラント増改造時におけるプラントの継続運転、故障に対する危険分散、電子化・省配線による低コスト化を実現している。

さらに、近年実用化が進められつつあるFoundation Field Bus<sup>(注3)</sup>との接続も推進しており、今後各メーカーか

(注3) Foundation Field Bus：フィールドバス協会が提唱するフィールドネットワーク

ら製品化されるフィールドバス規格に適合した各種計装機器(センサ、アクチュエータ等)を自由に接続することが可能である。

(3) 遠隔通信ネットワーク

広域化への対応としては、公衆回線・専用回線を活用した遠隔制御監視システムを実現し、広域にわたり点在する無人施設を容易に監視・制御することができ、データの集中管理による省力化・自動化に対応している(図4)。

4. 今後の展望

電子・情報処理技術の飛躍的な進歩・向上に伴う高機能化要求とともに、建設・維持管理コストの低減要求が非常に強くなっている。プラントの年度ごとの段階施工と運用をいかに柔軟に低コストで実現するかが大きな課題となっている。本稿で紹介したシステムを核とすることで、大規模から小規模システムまでどのシステムでも統一されたアーキテクチャの上で、互いに接続・拡張することが可能となる。

今後も、汎用機器と汎用ネットワークを用いたマルチベンダー／オープンシステムの構築、インターネット技術を応用した広域監視制御システム等を発展させていく予定である。

5. むすび

以上、上下水道分野におけるオープン分散化への取組について最新システムを事例にその動向を紹介した。多様化するニーズに柔軟に対応した拡張性あるシステムとして、これからも先端技術を積極的に取り入れ、使いやすく信頼できるシステム作りを目指していく所存である。

参考文献

(1) 中川貴雄：統合監視制御システム、三菱電機公共システム研究会、1-34~36、44 (1998)

# 一般工業分野における オープン分散計装制御システム

西元朗雄\*  
那須広実\*  
中村修一\*

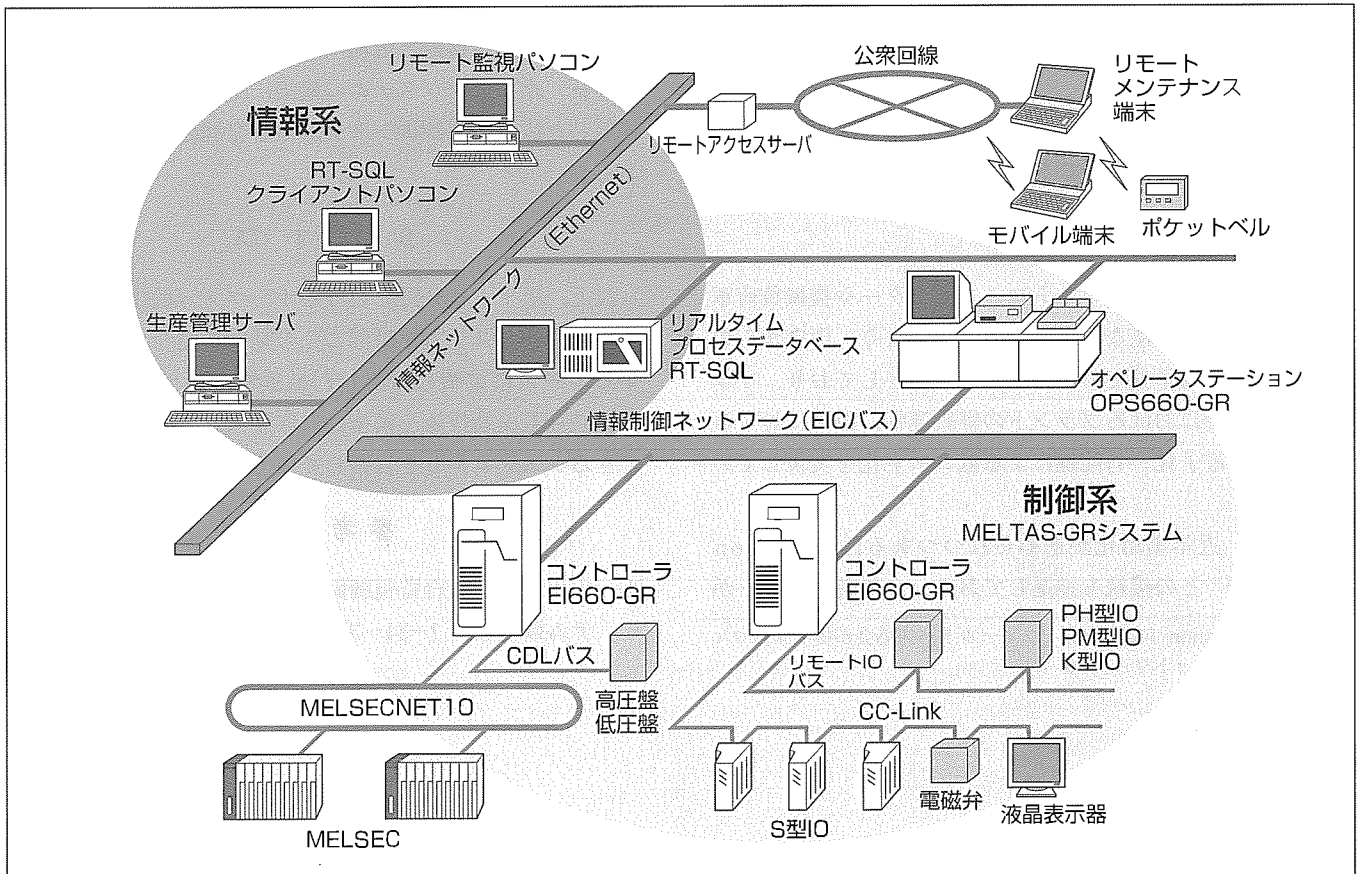
## 要旨

製造業の課題である省人・省力化，安定操業，最適適量生産などの実現に向けて，DCS(Distributed Control System)が克服すべき課題として，監視制御機能の革新，情報と制御の融合，既存システムとの親和性確保などがある。三菱電機のオープン分散計装制御システム“MELTAS-GRシステム”は，①業界標準技術の全面採用とオープン化，②フィールド分散制御とデータの一元管理，③情報と制御の融合，④既存システムとの親和性／将来への継続性保証をコンセプトとして開発した新製品であり，製造業の多様なニーズに対するソリューションを提供するものである。

コントローラは従来機種からの連続性・高信頼性を維持

しながら大幅な性能向上とコスト低減を行い，プロセス入出力には，従来からのレパートリーに加え，設備設置状況に応じてコンパクトに分散配置が可能なS型IOシステムを提供している。ヒューマンマシンインタフェースとなるOPS(Operator's Station)は，先進技術を駆使し，オープンなアーキテクチャに基づいて，直感的監視環境，現場作業との協調，リモート監視／リモートメンテナンス機能を実現している。

さらに，情報と制御の橋渡しを行うRT-SQLシステム(リアルタイムプロセスデータベース)を導入し，最適適量生産の効率的推進に向けた生産活動支援を行う。



## MELTAS-GRシステム構成

制御系のMELTAS-GRシステムは，情報制御ネットワーク(EICバス)を中心に，コントローラ(EI660-GR)，オペレータステーション(OPS660-GR)，プロセス入出力(S型IOなど)で構成している。また，情報ネットワーク(Ethernet)と情報制御ネットワークとを接続する形でリアルタイムプロセスデータベース(RT-SQL)を設置し，情報系システムと制御系システムとの融合を図っている。



コスト低減、将来への拡張性確保を図っている。さらに、プログラム容量を96Kステップに拡大し、制御の多様化・複雑化への対応、コントローラ台数削減の効果もねらっている。

プログラム言語は、従来からのPOL, DDC, SCOLに加え、仕様記述言語と位置付けられるILFC (Instrumentation Loop Function Chart), ISFC (Instrumentation Sequence Function Chart), IBFC (Instrumentation Block Function Chart), 国際標準言語であるIEC61131-3をサポートし、エンジニアリング作業の効率改善を図っている。さらには、シーケンサやフィールド機器のエンジニアリング環境までを統合したエンジニアリングサーバの実現を計画している。

プロセス入出力は現場分散化の方向にあり、従来からのレパトリーに加えて分散型PIO (S型IO)を追加し、ケーブル工事費、試験調整等の大幅な削減が可能となった。また、伝送路に業界標準の地位を築きつつあるCC-Linkを採用したことにより、電磁弁・記録計などの汎用入出力機器との共存も可能となり、システム構築のフレキシビリティを向上させている。さらに、今後業界標準としての普及が予想されるFoundation Field Busのサポートも計画しており、フィールド自立分散化、オープン化に向けた取組を進めていく。

情報制御ネットワークには二重化E ICバス (20Mbps)を適用し、既存システムとの完全な互換性を確保している。

(2) ヒューマンマシンインタフェース

OPSは、情報通信分野の先進技術を駆使し、大幅な機能・操作性・視認性の向上を図っている。また、業界標準技術の採用によるオープン化を推進し、各種システムとの接続性や将来にわたる発展性・継続性を確保している。

以下に特徴的機能を述べる。

(a) プラントの挙動が直感できる監視環境

現場ITV映像の表示や音声の取り込み、臨場感あふれる高度なグラフィカル表示を実現できる。

(b) 現場作業の一新

構内無線とのリンクにより、システムと連動したポケットベル通知、ハンディターミナルとの情報授受など高度な現場作業を実現できる。

(c) リモート監視/メンテナンス

事務所等の汎用パソコンにOPSの

クライアント機能を搭載し、構内LANを介してシステムと接続することによってOPSと同一の画面による監視が可能である。さらに遠隔地にある汎用パソコンを公衆回線を経由して接続し、遠隔地からのメンテナンスが可能である。

図2にOPSの監視画面例を示す。

3.2 情報と制御の融合

情報系と制御系との接続に関しては、双方で共有するデータをプロセスデータベースに格納する方式を採用し、この中核装置としてRT-SQLシステムを新たに開発した。

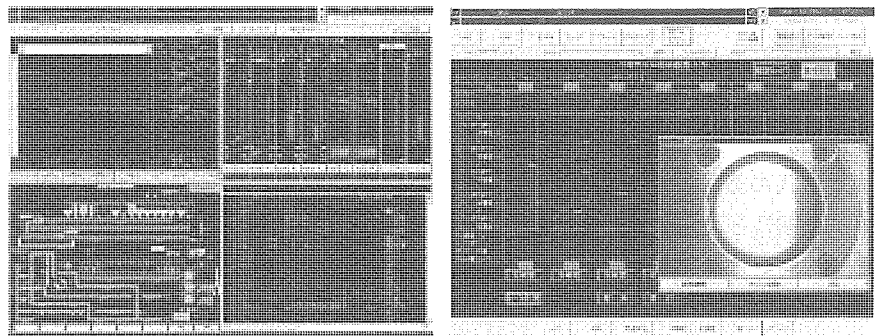
RT-SQLの主な特長を以下に述べる。

(1) 大容量リアルタイムデータ収集

最大5,000点のプロセスデータを最短1秒周期でリアルタイムに収集/蓄積し、標準で1年間分のデータを保管できる。

(2) バッチ関連データ検索

従来、プロセスデータベースの検索はデータ種別・期間などを指定する方法が主流であったが、RT-SQLでは、収集データをバッチ単位に管理し、製品ロットナンバー等の



(a) 統合画面 (b) グラフィック画面+ITVウィンドウ

図2. OPS監視画面の例

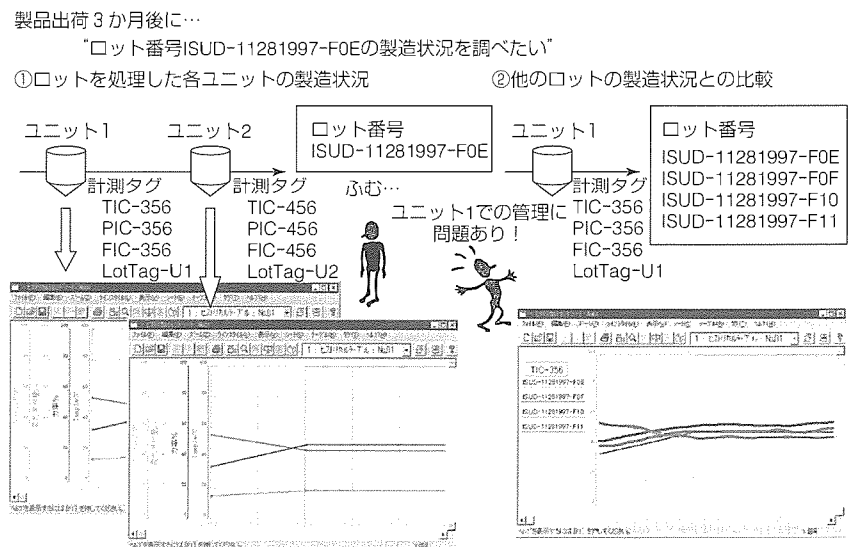


図3. RT-SQLによる製造実績確認操作の例

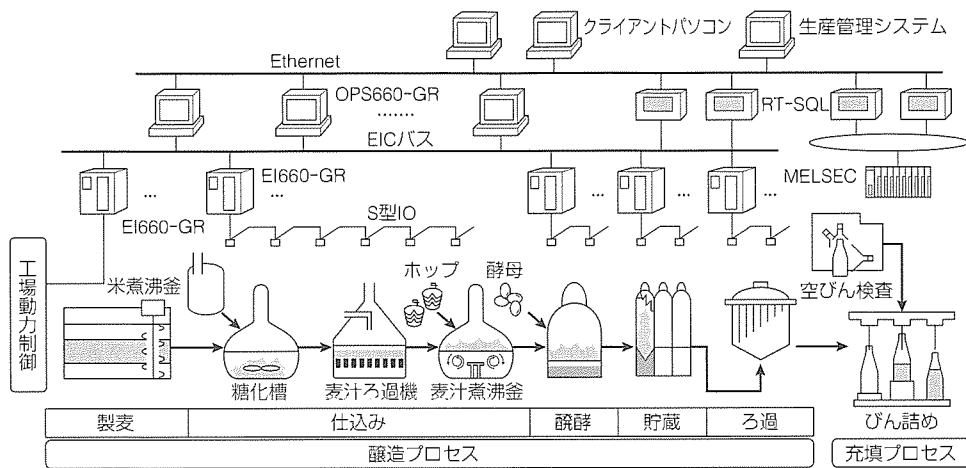


図4. ビール工場へ適用時のシステム構成

識別IDをキーとして検索／参照することも可能とした。

(3) 高度クライアント機能

RT-SQLに格納されたデータは、情報ネットワークを介して接続されたクライアントパソコンから容易にアクセス可能である。トレンドグラフ表示による各ロットの製造状況の確認や製品ロット間の製造実績の比較、EXCELデータへの変換機能等を標準でサポートしている。

(4) ゲートウェイ機能

制御系と情報系との間のゲートウェイ機能を具備し、バッチプロセスの各工程完了時点の実績データをイベント的に送受信することも可能としている。

RT-SQLを用いたバッチプロセス製造実績確認操作の一例を図3に示す。

今後更に情報と制御の融合を進め、ERP (Enterprise Resource Planning) / DCS間の連携機能モデルに基づいたMES (Manufacturing Execution Systems) 機能のパッケージ化を推進する予定である。

3.3 既設システムとの親和性

既存の生産システムの部分的・段階的リプレースや増設を容易に実現するために、MELTAS-GRシステムでは以下の機能をサポートしている。

(1) 既設MELTASシステムの更新

MELTAS-GRは、当然のことながら、従来のMELTASシリーズと同一制御システム中に共存可能である。また、コントローラのプログラミング言語も従来との互換性を維持しており、増設・改造に柔軟に対応可能である。

(2) MACTUS620システムの更新

MELTASシリーズの前身であるMACTUS620シリーズのリプレースに対しては、以下の機能をサポートしている。

(a) プロセス入出力の共用

MELTAS-GRでは、MACTUS620のプロセスIOカード (PM型IO) をユニット構成のまま流用できる。また、

稼働中のMACTUS620リモートIOへMELTAS-GRを並列接続して動作確認を行うこともでき、更新工事費用を大幅に削減できる。

(b) 既存ソフトウェアの有効活用

MACTUS620のコントローラプログラムは、POLコンバータによってMELTAS-GRへ容易に移植できる。

4. 適用事例

この章では、MELTAS-GRシステムを核とした生産システムの一部としてビール工場への適用例を示す。

ビール製造工程は、原料受入れから仕込み、発酵、貯蔵、ろ過までの醸造プロセスと、出来上がったビールをビンや缶、たる(樽)に詰め込む充てん(填)プロセス、及び工場動力制御で構成される。図4にそのシステム構成を示す。

醸造プロセスの制御はバッチ制御主体であり、複数台のコントローラで工程ごとに機能分担している。仕込み工程には国際標準規格であるS.88準拠のバッチ制御パッケージソフトウェアを適用し、制御モデルの標準化を図ると同時にアプリケーションソフトウェアの開発ボリュームを大幅に削減している。

プロセス入出力にはS型IOを適用し、PIOモジュールを各タンクの直近に少数単位で分散配置することにより、ケーブル工事費の削減を図っている。

RT-SQLは、各工程のプロセスデータを逐次収集し、生産情報サーバへ生産実績データを配信すると同時に、計画データ授受のためのゲートウェイとしても動作する。さらに、品質トレースバック機能等の付加機能も備え、情報と制御の融合を図っている。なお、システムの信頼性向上のためRT-SQLサーバについては二重化構成を可能としている。

5. むすび

以上、製造業の直面している課題を踏まえ、生産システムの革新に向けて当社のオープン分散計装制御システムMELTAS-GRが提供するシステム技術、及び適用事例を紹介した。

今後も技術の革新、ニーズの多様化に追従し、先進技術を積極的に取り込んで、製造業とともに理想の生産システム構築に向けて努力していく所存である。

# 発電原子力分野におけるオープン分散計装制御システムとそのエンジニアリングツール

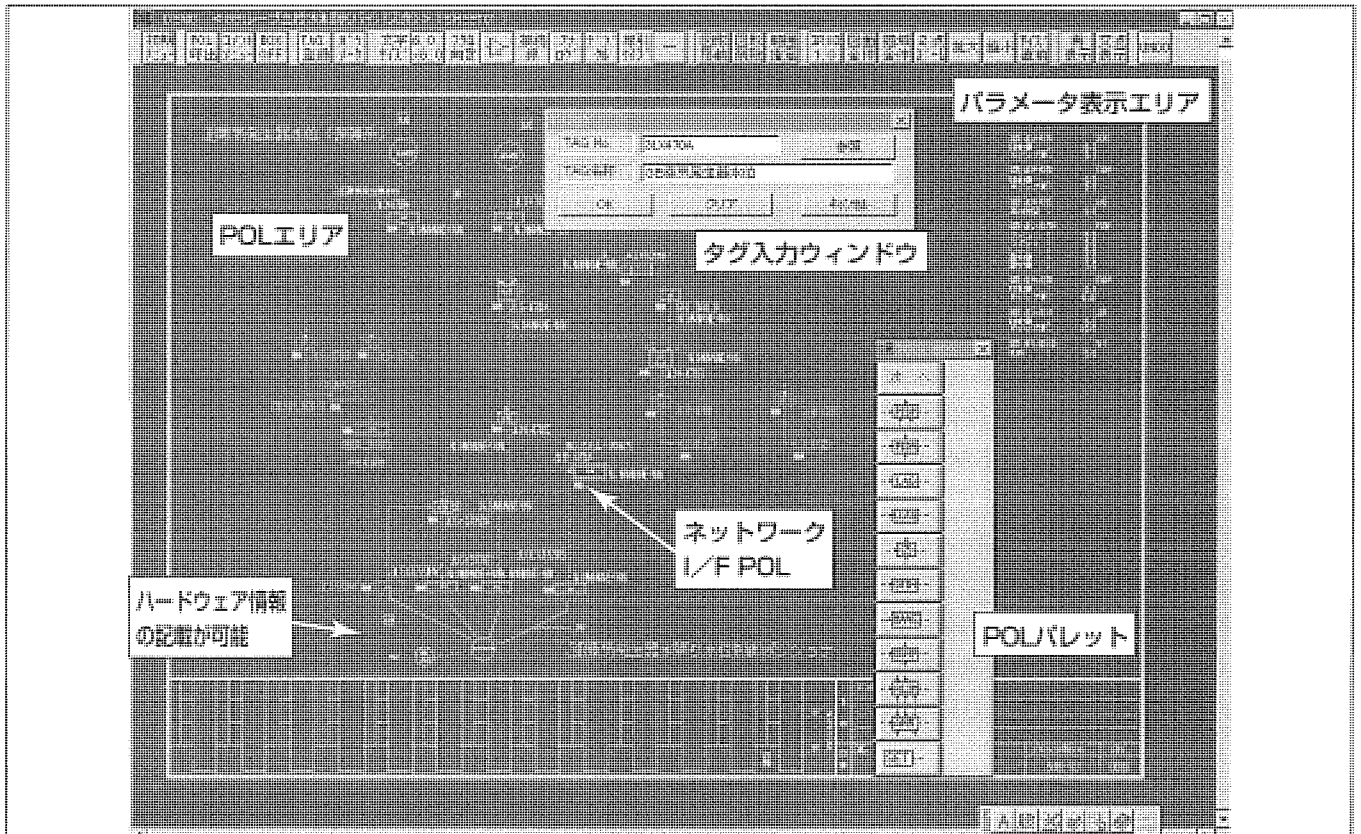
小倉啓七\*  
原田和世\*  
小菅真人\*

## 要旨

発電原子力分野における計装制御システムに対するユーザーニーズ(コスト低減, 容易な試験・保守)を踏まえた今後のオープン分散制御システムの特長と, これを更に強化する発電原子力分野における計装/電気ロジック記述機能を基本としたエンジニアリングツールについて述べる。このツールは, 制御プログラム自動生成と各種オンライン/オフライン機能を持ち, ソフトウェアライフサイクルの全

領域をサポートする。

このツールは, 下図のごとくCAD入力データから制御装置の実行モジュールを自動生成し, ソフトウェアの設計製作の容易化を図った。また, CAD化した図面をそのまま用いて制御ロジックシミュレーション, オンラインモニタ, パラメータ調整が可能であり, 試験・保守の容易化を実現した。



## 設計図面をこのエンジニアリングツールにCAD入力した画面例

このツールは次の特長を持っている。

- (1) 制御ソフトウェアロジックをハードウェア情報と混在した設計図面として入力できる。
- (2) 制御ソフトウェアロジック部分を自動抽出し, 制御装置実行モジュールを生成する。
- (3) ネットワーク I/F データも, 制御ソフトウェアロジックの一部として記載可能である。

## 1. ま え が き

発電原子力分野における計装制御装置は、昨今の電力業界を取り巻く社会情勢の変化により、高品質・高信頼性に加えて、経済性(インシタルコスト、ランニングコストの低減)の向上が強く求められている。これに対応して、分散型デジタル制御装置が、発電所の周辺機器制御のみならず、原子炉やタービン/ボイラの主要制御系にも適用されている。さらには原子炉保護系機器への適用も計画されている。

本稿では、一層の経済性追求を目指したオープン分散制御システムの動向と、この適用効果を高めるために開発した発電原子力分野向けエンジニアリングツールについて紹介する。

## 2. ユーザーニーズ

最近の発電原子力分野における計装制御システムに対する主要なユーザーニーズを下記に示す。

### (1) コスト低減

新規プラントの建設コスト低減は当然のことであるが、既設プラントにおいても、定期検査の合理化により、設備稼働率を向上し、トータルコストを低減することが求められている。このため、検査調整作業が煩雑であった従来のアナログ式制御計器や旧型のデジタル制御装置から、メンテナンスフリー化や検査項目合理化を図り、汎用技術を取り込んだ改良型分散計装制御システムへのリプレースが進展しつつある。

### (2) 容易な試験・保守

近年は、計測制御システムに対してユーザー(客先)自らが制御プログラムの保守を行うために、システムの追加改造を容易化したり、改訂履歴管理をする、またドキュメント生成を自動化する等、きめ細かな運用性改善が求められている。

## 3. 発電原子力分野における制御システムの動向

発電原子力プラントへの分散デジタル制御システム導入については、周辺設備制御システムから導入が開始され、主要制御系設備へと適用が拡大してきた。今後、原子炉保護系や、原子炉及びタービン/ボイラの主要制御系設備については、その固有要求仕様を満足しつつ、一般産業分野における制御システムの技術進

展を反映し、分散デジタル制御システムの適用拡大が更に進むものと考えられる。

また、周辺設備・付帯設備については、今後は汎用デジタル計装制御設備の適用が前提である。このとき、特に既設制御装置のリプレースにおいては、オープン分散制御システムの下記の特長が発揮できる。

(1) 汎用化技術を適用した各装置をネットワークで接続する分散システムであるため、既設設備とのリプレースを段階的に行うことが可能であり、工事計画に柔軟に対応が可能である。

(2) 従来集中配置していたプロセス入出力(PIO)部の分散配置を可能とした超分散PIO(RIO)の適用により、柔軟な工事計画が可能である。これにより、工期の短縮やケーブル工事量削減が図れる。

今後の発電所の計装制御設備の全体構成とオープン分散計装制御システムの適用例を図1に示す。

## 4. エンジニアリングツール

オープン分散制御システムの特長を更に強化するものとして、発電原子力分野での計装/電気ロジック記述のためのCAD機能を基本とし、制御プログラム自動生成と各種オンライン/オフライン機能を持つエンジニアリングツールを開発した。

このツールは、ソフトウェアライフサイクル(設計から製作・試験・調整・管理・運用まで)の全領域をサポートし、コスト低減と運用性向上に寄与するものである。

図2にソフトウェアライフサイクルを示す。

### 4.1 設計・製作の容易化

従来の発電原子力プラント向け制御装置では、計装プロ

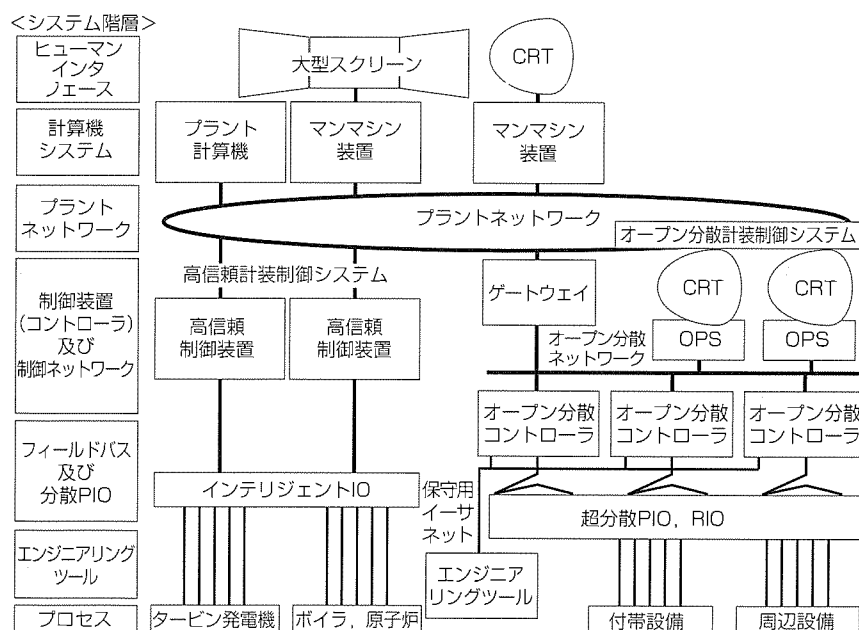


図1. オープン分散制御システムの適用例



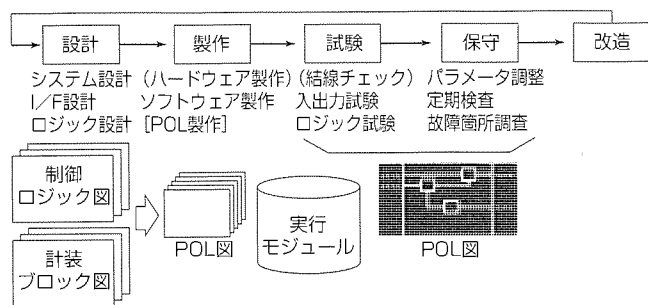


図2. ソフトウェアライフサイクル

ック図及び制御ロジック図と同等のシンボルを線で結んでデータの流と処理を記述するタイプの、問題向き言語 (Problem Oriented Language : POL) を使用してきた。この言語は、計装制御とシーケンス制御を混在した形で表現でき、プログラムの可視化と分かりやすさに重点を置いており、多くのユーザーに受け入れられてきている。今回のツールでは、この特長を更に強化するため、POL図のエディタに電気系CADを適用した。これにより、レイアウト、ハードウェアとのI/F情報・コメントの記載の自由度が向上し、POL図に設計図面と同等の情報を記載可能とした。

このツールのソフトウェア設計製作面から見たメリットを述べる。

(1) POLロジックの認知性向上

POL図の記載密度を上げ、一枚のシートで関連するループのロジックを記載可能とした。これにより、制御ロジックを機能単位に記述することを容易にした。

また、ハードウェアとのI/F信号(入出力信号)及びネットワーク送受信信号は、従来、線番という概念を使用していたが、ハードウェア情報と制御ロジック情報の独立性を高めるため、信号情報をすべてタグナンバー(論理的ラベル)で管理することとした。

さらに、図面任意位置で日本語入力や図形張り付け等を可能とし、POLロジックの認知性を向上した。

(2) 制御プログラム自動生成

このツールを用いて設計図面(例えば、計装ブロック図)をCAD入力することにより、このCADデータからソフトウェアロジック(POL図部分)を自動抽出し、入出力情報等のハードウェアに依存する情報をリンクし、制御プログラムの実行モジュールを生成可能とした。このため、コントローラのプログラミング言語としてのPOL図を別入力することなく、実行モジュールを生成できる。

(3) シミュレーション機能

図面内の制御ロジックをシミュレーションすることで、設計段階でのロジック妥当性のチェックを可能とした。

(4) 作図作業の効率化

このツールは電気系CADをエディタとしており、その

特長を生かして、図面作成時の操作性とデータ変換において以下の機能を実現した。

- POLシンボルパーツの配置/削除/移動に応じた接続線の自動分断・合成・連動
- 図面差分表示機能による図面の改訂箇所表示
- 図面任意位置での日本語入力/編集
- 任意の拡大/縮小
- カット&ペースト機能によって図形やテキストの切り張りを實現
- DXFフォーマットによるデータ変換をサポート
- セルフドキュメント機能のサポート

(5) 他のツールとのリンクの容易化

大規模システムにおける他のツールとのデータインタフェースを考慮して、汎用帳票ツールで作成した入出力リスト等をデータベースに取り込み、このツールで一元管理を可能としている。

図面作成の際は、この入出力リストを元にタグナンバー選択のポップアップウィンドウを表示し、データの重複入力を回避する等、操作性向上を図っている。

(6) ネットワークとのインタフェース機能

このツールでは、ネットワークを経由した他のシステムとのインタフェースを、CAD図面上にシンボルとして記載することができる。これにより、他の装置との通信信号を自コントローラの制御ロジックに取り込み、I/F定義の煩雑さの解消を図っている。

このツールで作成したCAD画面例を要旨の図に示す。また、図3にこのツールを用いた設計・製作フローを示す。

4.2 試験・保守の容易化

このツールでは、CAD図面をベースに、制御ロジックのシミュレーション、オンラインモニタ、パラメータ調整を実現し、試験・調整時のロジック変更作業の容易化を図った。

試験・調整面から見た特長は次のとおりである。

- (1) ブロック図面上からのチューニングにより、ハードウェア情報の記載と日本語コメントを確認しながら、チューニング作業が確実に実施可能
- (2) 入力信号値の任意設定、ホールド機能により、インタロック試験その他の試験条件の成立作業を簡素化
- (3) 出力信号の任意設定/ホールド/切離しにより、フィールドとの隔離作業を容易化
- (4) 制御ロジックのPOLの不信頼伝搬機能により、不信頼範囲のリアルタイム監視を實現し、信号、カード異常時の影響範囲の確認を容易化
- (5) コントローラとの接続等の手順の自動化により、ソフトウェア変更作業の簡素化及びヒューマンエラーを抑止
- (6) 保守履歴の自動管理機能により、ロジック修正、ロー

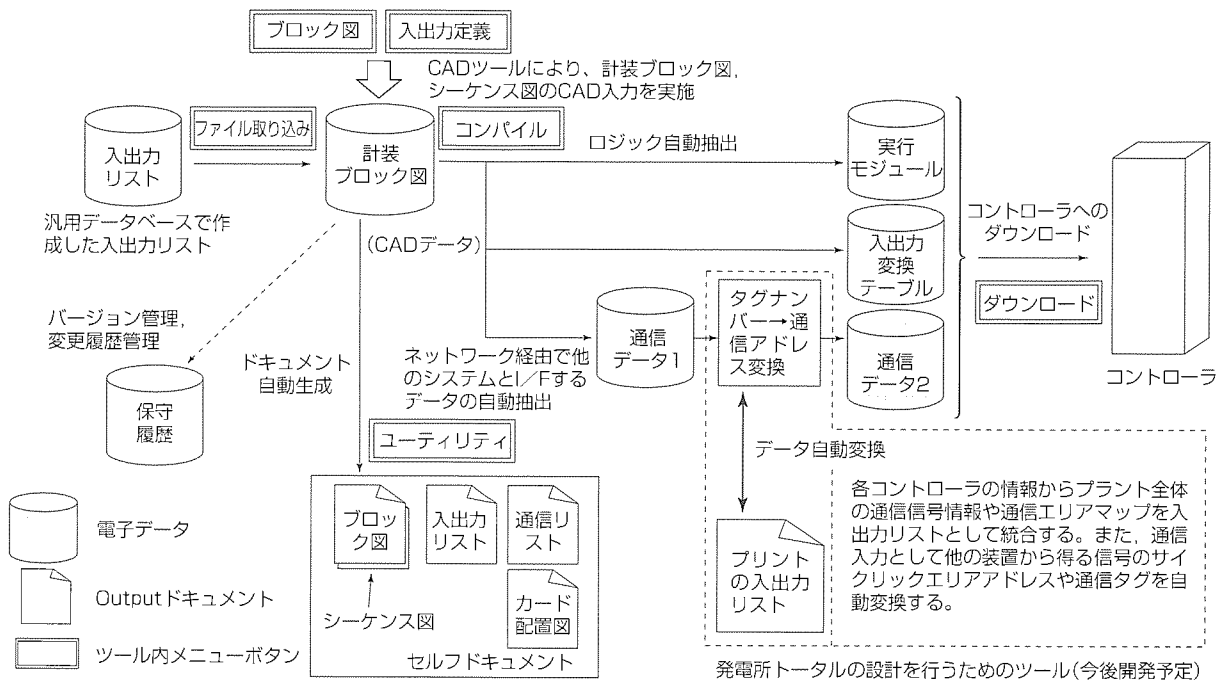


図3. このツールを用いた設計・製作フロー

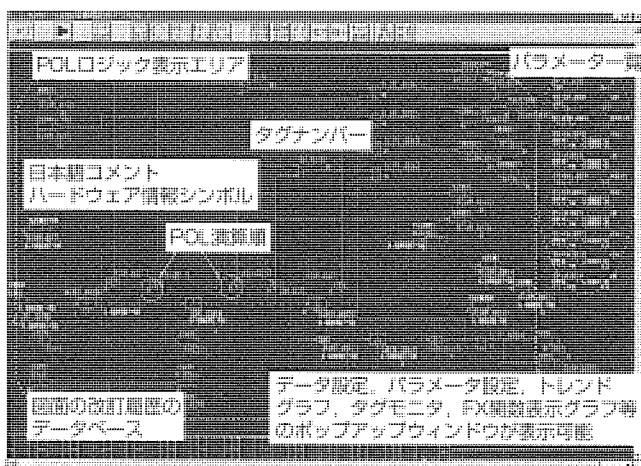


図4. オンラインモニタ/シミュレーション画面

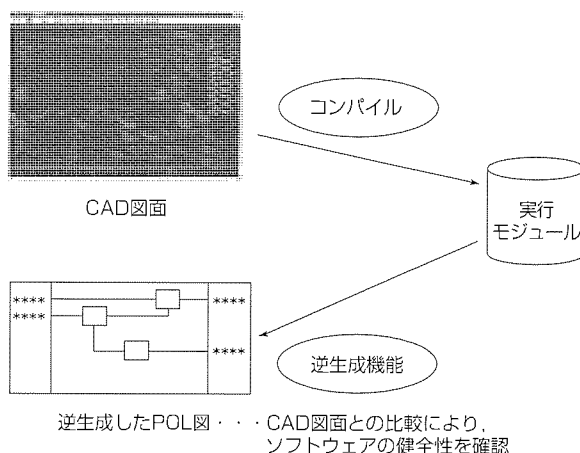


図5. プログラム図の逆生成機能

ド、チューニング作業の確認を容易とし、履歴管理の煩雑さを軽減

(7) 図面間のリンクシンボルにより、図面展開を容易化

図4にオンラインモニタ/シミュレーション画面を示す。

#### 4.3 ソフトウェア機能検証の容易化

このツールは、CAD図面から生成されたソフトウェア実行モジュール検証の容易化のために、制御ロジックPOL図を再生成する機能を持っている。これにより、制御ロジック、制御パラメータ、タグナンバー等が設計どおりに生成されていることをCAD図面と逆生成したPOL図の比較によって確認可能となる(図5)。

この機能により、厳密なソフトウェアの検証性を要求されるシステムに対しても、応用ソフトウェアに対する機能

検証を容易化している。

### 5. むすび

以上のように、オープン分散制御システムと発電原子力向けエンジニアリングツールにより、発電原子力分野のユーザーニーズに対応したこれからの計装制御システムの構築が可能である。

このエンジニアリングツールは、周辺装置に適用計画中のオープン分散制御システムのみならず、主要制御装置向けシステムにも適用する計画である。

また、このツールを発電所トータルの設計データベースと連携・統合化し、発電所全体システムの設計をサポートするツールへと展開する計画である。

# スポットライト クリーンオゾン水製造装置

三菱クリーンオゾン水製造装置は、当社が開発した超高濃度／高吐出圧力クリーンオゾナイザとオゾン溶解モジュールの最適な組み合わせにより、高濃度で大容量のオゾン水を高速で製造する装置です。

半導体や液晶等の製造プロセス特に洗浄分野では、オゾンの強い酸化分解力及び酸素に戻る特長を生かし、薬液に代わる洗浄方式としてオゾン水の適用が活発化しています。オゾン水を使用することにより、低温処理でも高スループット(高生産性)が得られるほか、廃液処理も軽減され、環境負荷の低減が図れることから、環境に優しい製造プロセスの実現に貢献する装置です。

## 特長

### ●高濃度・大容量・高吐出圧力オゾン水

オゾン溶解モジュールの性能を十分に発揮できるオゾン発生器の採用により、オゾン濃度：最大30ppm、オゾン水量：最大20ℓ/min、オゾン水吐出圧力：0.2Mpaの高濃度・大容量・高吐出圧力オゾン水を生成します。

### ●クリーンオゾン水

厳選された耐オゾン材料、極短ギャップ電極に非金属材料の採用により、Ca, Cr, Fe, Ni, Cuについてはいずれも測定限界( $1 \times 10^{10}$ atoms/cm<sup>3</sup>)以下のクリーンなオゾン水を実現しました。

### ●迅速な濃度立ち上がり・高速応答性

高濃度・高吐出圧力オゾナイザの採用と溶解モジュールの最

適化により、設定濃度までの立ち上がり特性及び濃度・流量変更時の高速応答性を実現しました(立ち上がり時間：3分間で定格オゾン水濃度に到達)。

### ●オゾン水濃度・流量の可変制御

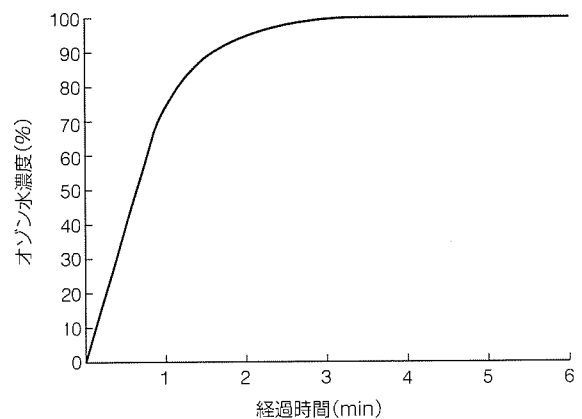
オゾン水の濃度及び流量の可変制御に追従し、安定した濃度出力を確保しています。例えば、オゾン水濃度“高濃度→低濃度→中濃度→ゼロ”等の任意設定に確実に追従します。

### ●容易な操作性・高信頼性

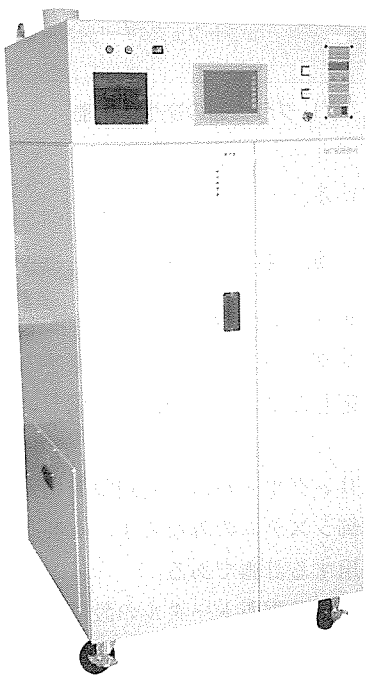
操作部は、タッチパネル方式の採用により、表示・操作機能を集約し操作性を向上させました。さらに、構成部材を厳選し、オゾナイザ電極のセラミック化等を図り、信頼性が向上しました。

装置メニュー

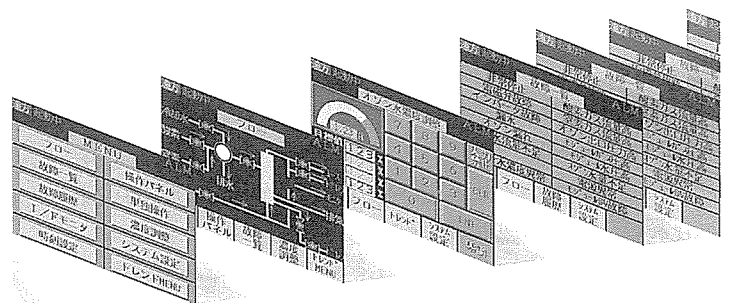
型名	仕様	
	オゾン水流量 (ℓ/min)	オゾン水濃度 (ppm)
OW0530	5	30
OW1020	10	20
OW1515	15	15
OW2010	20	10



オゾン水濃度応答特性



クリーンオゾン水装置



モニタ画面

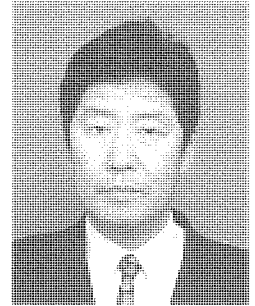
## 最近の火力発電所技術

21世紀を目前にひかえ、デジタル技術やネットワーク技術の進歩が情報・通信・映像の分野の発展や融合を進め、新しいサービスが次々と誕生して、社会・家庭・企業の在り方も大きく変革しようとしている。今まで夢であったことが現実となり、より便利なものがより安価に日常生活で享受できるようになった。

このことは、世界的な規制緩和、企業のグローバル化、技術のデファクトスタンダード化などを背景にした産業界のたゆ（弛）みなき技術開発とコストダウンの努力の結果であると言える。

火力発電の分野でも、電気料金の引下げ、電気事業法の改正に伴う卸売り電力市場の自由化などの大きな変革が引き起きており、電力業界は、従来からの課題である安定した電力の供給、設備の信頼性の維持、環境問題への取組などを維持した上で、規制緩和や国際標準化への対応、建設・保守コストの低減の実現など、より一層の事業の効率化に取り組む必要がある。

電機設備におけるコストの低減の観点では、装置の小型化、配線ケーブルの削減、建設工事の合理化技術などとともに、保護リレーのデジタル化などに象徴される最新技術・汎用技術を効果的に採用していくことが重要な課題であり、今後とも従来の信頼性と性能を維持した上での取組が必要である。



電力・産業システム事業所  
副所長 前原史彦

保守コストの低減に求められるのは、発電設備をできる限り延命して資源及びコストの投入を最小限にする技術、さらに既存の設備をできる限り残した上で部分的・段階的な設備更新を実施し、最小の資源投入で効果を得ていく技術である。

これは、発電設備の保守点検履歴、寿命診断、劣化傾向をデータベース化し、個々の機器の最適な更新計画を提供する設備情報管理システムや旧型の監視システムの一部を最新の技術を投入した設備に更新することで、監視性の大幅な強化を実現する方式などが考えられる。

プラントの監視制御技術の分野では、ハードウェア、ソフトウェアの最新技術を投入した分散型制御システムが適用されてきており、従来の信頼性レベルを保持しながらシステムのダウンサイジングと高機能化を実現していくことが課題である。

さらに、デジタル技術、ネットワーク技術を活用してより使いやすく、安価で、セキュリティの高いシステムが求められる。

この特集では、最近の火力発電が置かれている状況を踏まえ、当社の取組と最近の成果について紹介する。

今後とも、火力発電事業のニーズを的確に把握し、最新技術を取り入れた提案・開発を行い、社会に貢献できる機器やシステムを提供していく所存である。

# 火力発電設備における現状と展望

岡村信行\*  
赤木一夫\*\*  
濱本総一\*\*\*

## 要旨

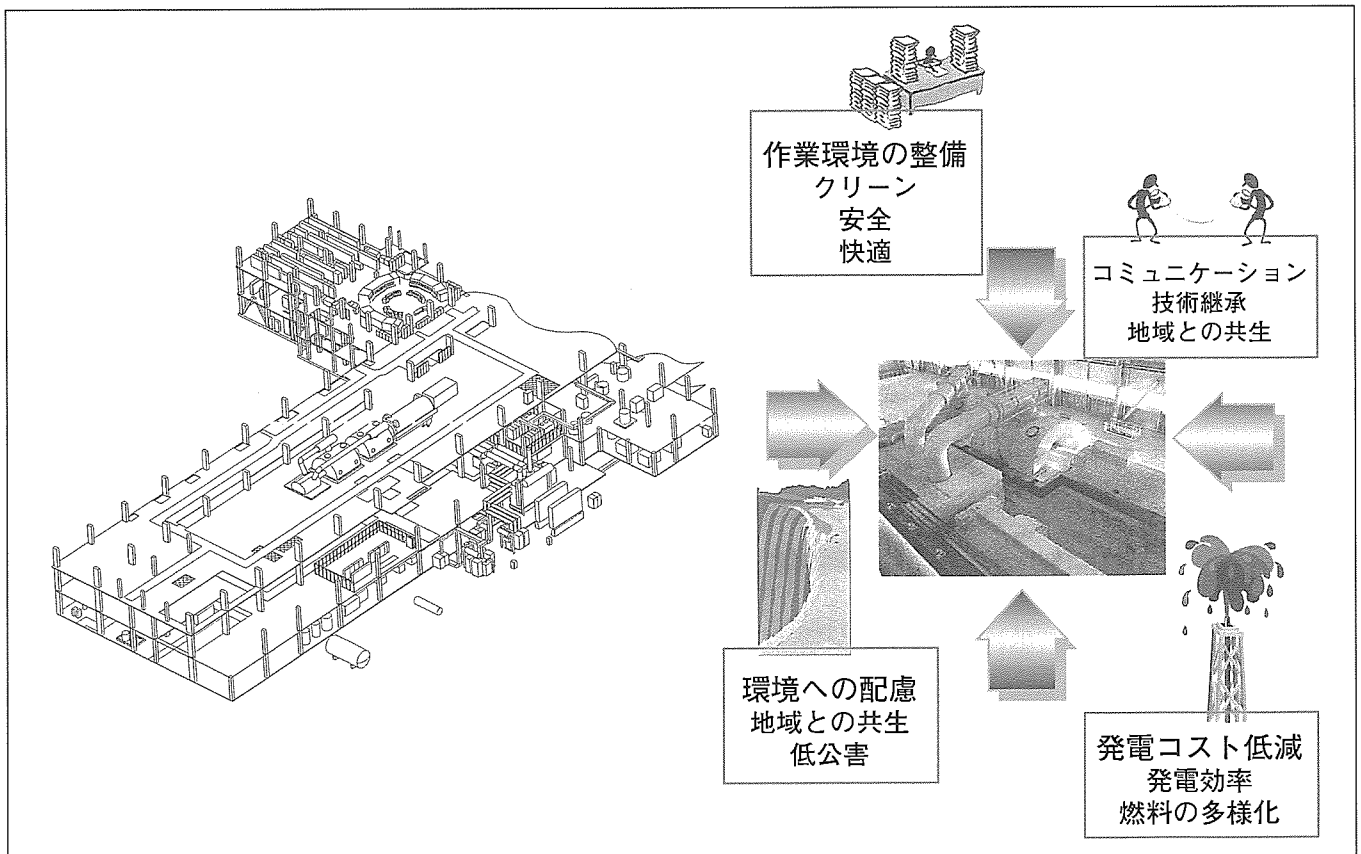
近年、事業用火力発電設備の建設においては、従来実績重視によるシステム構築の傾向から、少人数による中央集中監視の高度化及び建設費低減の傾向に伴って、新技術特にデジタル機器応用指向、主要電気機器の合理化が急速に推進されてきている。また、制御ロジックのソフトウェア化、信号路の伝送化の拡大は設備の高度化・合理化両面において優位に働いている。

事業用火力発電設備は、高信頼性と高稼働率が要求され、電力の安定供給の中核を担っている。発電機と励磁制御装置、発電所監視制御システムは、発電所単位の高機能化、電力系統安定化における協調制御等において重要な役割を担っている。

火力発電所の監視は少人数での中央集中による一括監視・制御の傾向が強まり、監視・操作・履歴管理機能の高

度化、作業環境の整備が急速に進展してきており、これは少なからず近年のデジタル機器応用拡大が大きく寄与し、信頼性を確保したトータルシステムの構築といった発電所システムエンジニアリングの領域拡大と重要性が増してきた要因と言える。

火力発電所制御システムの高度化は、主要機器の安定した運転とも深く関連し、近年の発電設備建設において重要な課題の一つとなっている。一方で、火力発電所の監視・制御項目は膨大で、急速な発展を遂げるデジタル技術を効率良く導入し設備の高度化を推進していく必要性は将来にわたり大きいものとする。ここでは、近年の発電機の技術動向と監視制御システムの技術動向を紹介するとともに、今後の展望について述べる。



## 火力発電所を取り巻く環境

事業用火力発電所は、大容量化に伴い、制御及び監視用信号点数10,000点、ケーブルわたり(巨)長1,000,000mを超えている。多様な設備の集合体としての機能の統合はもとより、発電所内・外の環境整備、発電コストの低減など要求も多様である。

1. ま え が き

実績重視の傾向が強かった火力発電所電気設備にも他分野で実績を積み重ねてきた新技術が採用されてきており、従来技術との融合が進んできている。具体的には、コントロールセンタの監視制御信号を伝送させたCDL (Control Center Data Link)伝送システム、保護リレーのデジタル化、サイリスタ起動装置等が挙げられる。この3点を適用事例とともに紹介する。

2. CDL伝送システム

(1) システム概要

火力発電所向けに実績のあるプラント制御装置とCDL伝送システムとのインタフェースシステムを開発し、コントロールセンタ補機の起動・停止指令、故障状態等をプラント制御装置を経由し中央に集約している。また、コントロールセンタ各補機ユニットにはマルチコントローラが設

置されており、中央CRTオペレーション装置からの補機操作・監視は1本の伝送ラインを経由しての完全なデジタル制御を実現可能としている。さらに、マルチコントローラの以下の付加機能によって設備の高度化を実現している(図1)。

(a) プログラマブルシーケンス機能

フレキシブルにシーケンスの作成が可能である。これにより、補助リレー、タイマ、ランプが削減される。

(b) 自己診断機能、フェールセーフ機能

CPUの自己診断機能とCPU異常時のフェールセーフ機能により、異常発生時における補機運転のフェールセーフ側(トリップ/ロック)の選択を可能とし補機制御システムとしての信頼性向上を図っている。

さらに、このシステムの効果として、従来制御信号ごとに布設されていたケーブルや盤内配線が大幅に削減されるのみでなく、据付け後のシーケンス変更によるハードウェア変更の極小化に与えるメリットは大きい(表1)。

(2) 火力発電所への適用

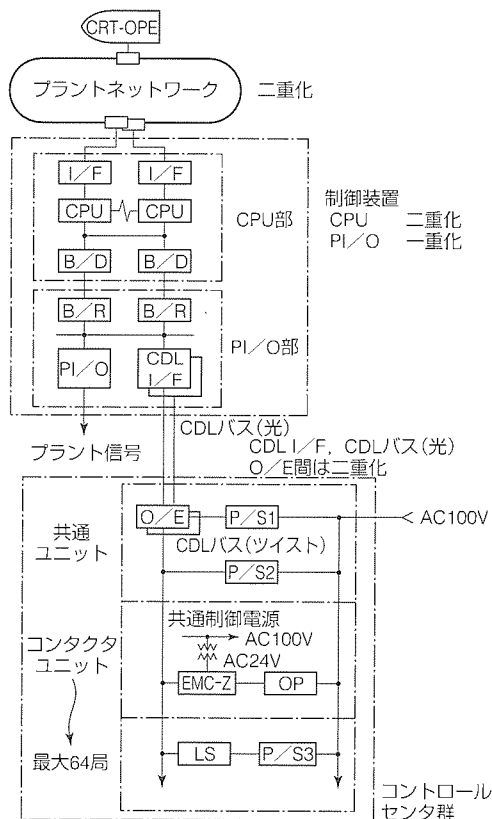
火力発電所への適用に際しては、更なる信頼性確保のためにシステムの冗長化はもとより、システム重故障時を考慮し、機器保護又は保安防災上動作を必要とする補機についてはハード回路を残し対応している。

CDL適用除外とする回路は次のとおりである。

(a) 機器保護にかかわる回路

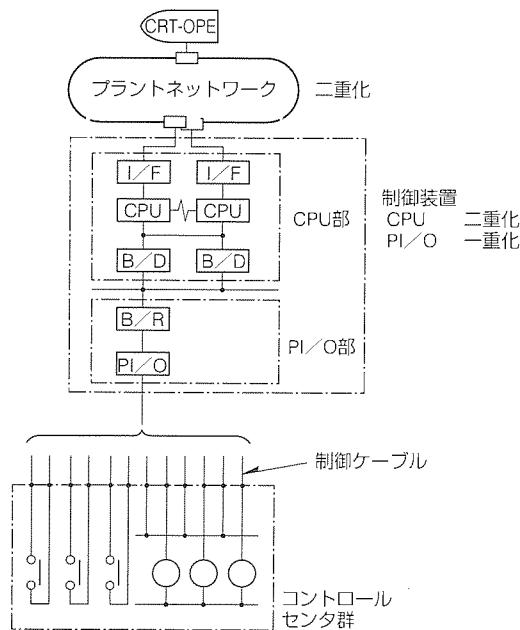
- 油ポンプの自動起動回路
- 電動弁の自動閉止回路
- ターニングモータの自動起動回路

(b) 保安防災にかかわる回路



- CRT-OPE・・・CRTオペレーション装置
- I/F・・・プラントネットインタフェースカード
- CPU・・・CPUカード
- B/D・・・バスドライバ
- B/R・・・バスレシーバ
- PI/O・・・通常の入出力カード
- CDL I/F・・・CDLネットインタフェースI/F
- O/E・・・光-電気変換器
- P/S1・・・電源装置(O/E用)
- P/S2・・・CDLネット用電源装置
- P/S3・・・LS用電源装置
- EMC-Z・・・EMC-Z形マルチコントローラ
- OP・・・EMC-Z用オプションユニット(増設/O)
- LS・・・汎用入力ユニット

(a) CDL適用システム



(b) 従来システム

図1. システム構成

●油ポンプの非常停止回路

(3) 今後の展望

CDL伝送システムは、分散型リモートPI/O適用への第一段階としてインテリジェント化されたコントロールセンタユニットと中央集中監視を組み合わせ、設備の高度化・合理化に対し大きな効果が期待できる。将来は、補機の起動・停止、故障情報に限らず、現場配置のリモートPI/Oにより、膨大な現場プロセス信号を伝送化することによって信号路が集約されケーブル物量削減に更に大きな

効果が得られることは確実である。現段階は、その端緒についたばかりであり、今後の開発においては信頼性確保を念頭に置き分散化・高機能化に対応するものとしなければならない。

3. 保護リレーのデジタル化

送・変電設備保護用としては主流となっているデジタル保護リレーを、送・変電設備保護において培われた技術を基礎に、火力発電所向けのシステムとして改良し適用を開始している。

現在、火力発電所の保護リレーとしては、機械式又は静止形アナログ方式を採用した継電器が使用されている。これに対し、火力発電所の中央集中監視の指向は年々高まってきており、保守性が高く高機能なデジタル保護リレーの適用が望まれてきていた。デジタル保護リレーの採用により、自己診断機能・状態監視機能が充実し、保守監視が容易となるのみでなく、保護リレー要素の保護特性の向上が容易となる(表2)。

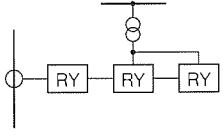
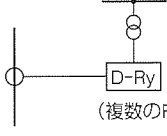
火力発電所向けとして最適システム構成の実現を図るため、信頼性・保守性・経済性を評価し、以下の特長を持つものとなっている。

(1) 発電所内主回路保護方式の最適化を目的としたアルゴリズム・ソフトウェアの導入を図り、新

表1. CDL適用による従来システムとの物量比較

		CDL運用システム	従来システム
		図1(a)参照	図1(b)参照
1.回路構成			
2.物量 (参考例)	(1)	●面数 約95面 ●EMCコントローラ、光変換器、CDLバスなどを収納する。	●面数 同左 ●補助リレー、サーマルリレー、ランプなどを収納する。
	(2) 工事	●光ケーブル(2C) 光ケーブル 約14本 約3.1km ●伝送容量 9,600bps	●ケーブル CVV6C-2sq 約380本 約38km CVV10C-2sq 約170本 約17km 計 約55km
	(3) 制御装置	●面数 : 29面 ●カード枚数: -DI 7枚 -DO 5枚 -CDLインタフェースカード 42枚 (二重化での総枚数) ●PI/O点数: 608点	●面数 : 28面 ●カード枚数: -DI 28枚 -DO 25枚 ●PI/O点数: 2,480点 (予備含まず) (DI: 64点/枚, DO: 32点/枚)

表2. デジタル保護装置とアナログ保護装置の比較

項目	従来の電気機械式保護継電器	デジタル式保護継電器
CT・PT回路接続	保護継電器ケースごとに配線 	CPUごとの配線  (複数のRy要素)
CT・PT負担	—	従来型に比べて少ない
CT・PT台数	—	従来型と同じ
試験端子の要否	CT・PT回路ごとに設置	同左
制御電源	DC電源構成で86ごとの電源分割。電源容量は少ない。	DC電源装置2系統持ち、2系統受電。
DCシーケンス回路構成	ハードワイヤード	保護リレー要素とは別の専用シーケンスCPUにてソフトウェア(POL)で実現
多重化構成	主保護・後備保護を分割	保護要素はCPU単位の二重化構成
盤面数	7面×(W)800×(D)800×(H)2,300(mm)	7面×(W)800×(D)800×(H)2,300(mm) (D-RY盤)
常時監視・自動点検機能	静止形アナログ保護リレーにのみ異常監視機能あり。電源及び86コイル断線監視機能はシーケンス上で対応可能。	常時監視及び自動監視機能あり。電源監視を含むが86コイル断線監視機能はハードワイヤードシーケンスで対応。
故障表示機能	なし	表示パネル上で故障部位及び故障内容を表示。
CT・PT入力異常監視	なし	アナログ入力回路の三相平衡監視機能等あり。
保守点検	1.定検時、単体試験、総合試験等で時間を要するとともに、リレー形式ごとの個別の保守点検技術を要す。 2.定検所用日数: 56人日/年 (同等プラント実績)	1.自己監視機能を搭載することで日常点検は不要。定検時は保護要素特性の経年劣化がないので動作管理ポイントによって可能であり、保守の合理化が図れる。 2.二重化構成でハードウェア分離によって保守性向上。 3.定検所要日数: 28人日/年
サービス機能	動作表示器(ICS)のみ	動作表示以外に異常内容の表示、さらにはトリップ時の故障値をセーブするデータセーブ機能等あり。
整定・動作試験	タップ・ダイヤルによる目視作業	整定は上げ下げPBで値はLED表示 動作試験可能。



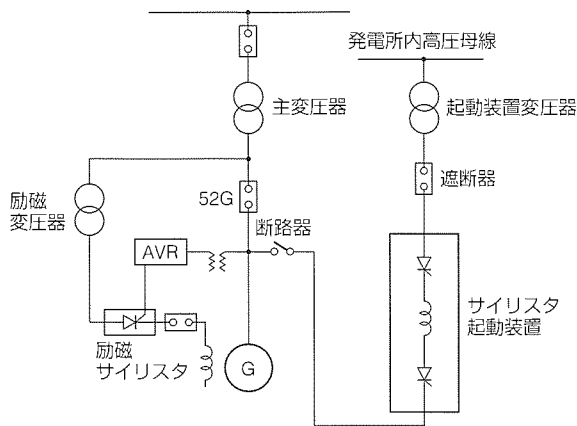


図2. サイリスタ起動主回路構成

規リレー要素の追加を容易とし、従来保護リレーの特性の改善を図っている。

火力発電所向けとして保護要素の最適化を図った項目例として、

- 低周波域対応のアルゴリズム実現
- 高精度周波数演算アルゴリズムの実現
- 過励磁、逆電力、逆相保護の特性改善

が挙げられる。

(2) システム信頼性の向上のみならず(二重化システムの構成が容易)、常時監視・自動点検機能を充実させ保守・点検上の省力化を可能としている。

(3) 耐環境性は従来と同等以上の仕様とし、特に耐震性に優れたシステムとなっている。

(4) 将来付加機能の充実等、ハードウェア、ソフトウェア両面からの性能向上が期待でき、今後の火力発電所システムの高度化に追従できるシステムである。

火力発電所へのデジタル保護リレー適用は実現したばかりであるが、今後、他の設備高度化との協調は必然となり、リレー特性のビジュアル化、事故解析情報のビジュアル化等、既にこれらの機能を持つ次世代デジタル保護リレー導入への期待が高まってきている。

#### 4. サイリスタ起動装置

クリーンな燃料で高効率を実現できるコンバインドサイクル発電設備建設の増加とガスタービンの大容量化に対応し、サイリスタ起動装置の火力発電所への適用が進んでいる。

サイリスタ起動装置は、発電機を同期電動機として使用し駆動することで、発電機に直結されているガスタービンが自立運転可能となる回転速度域までに必要なガスタービンの回転動力を供給するシステムである。

図2にサイリスタ起動を採用した発電機主回路構成を示す。発電機が系統に併入する前の昇速期間において定格速度の20%程度 of ガスタービン着火回転数を制御し、ガスタ

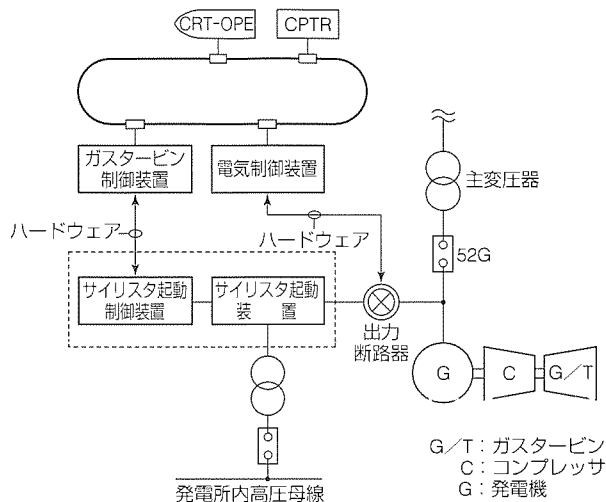


図3. サイリスタ起動制御システム構成

ービンが自立速度に到達した後は出力断路器によって主回路から切り離される。

従来は、ガスタービン1台に起動用電動機1台を対応させ、トルクコンバータを介してガスタービンへ連結した起動装置が使用されてきたが、所内電源系統構成上の問題から起動用電動機の大容量化に制限があること、トルクコンバータによる速度制御のためガスタービンの要求に応じた速度制御が困難であること、起動用電動機が短時間定格のため起動時間・連続起動に制約がある等の問題を持っており、サイリスタ起動装置はこれら問題を解決する手段として採用されている。

さらに、サイリスタ起動装置は複数台のガスタービンに対し1台のサイリスタ起動装置を切り換えて使用することができ(一般に複数軸構成となるコンバインドプラント発電の特長とも合致し)、合理的な設備構成を可能とする。また、着火前・後のガスタービンの速度制御もガスタービン特性に合わせてフレキシブルに設定することができ、コンバインド発電プラントの重要設備の一面を占めている(図3)。

既に事業用火力発電所への適用事例もあり、今後ともガスタービンの大容量化、設備の合理化、制御の高度化に対応して採用が期待される。

#### 5. むすび

デジタル技術の進歩は目覚ましく、実績を重視してきた火力発電所も様々な新技術を取り入れていくことにより、大きな変革期を迎えている。また、デジタル技術の有効活用なくしては、設備の高度化のみならず、コストパフォーマンスの優れたシステム構築は困難なものとなった。信頼性のある技術を基盤に、従来から培われてきた優れた思想と新技術を融合し、顧客とともに魅力ある火力発電所を築き上げていく所存である。

# 大容量タービン発電機における最新技術

河瀬千春\*  
中野直広\*  
鈴木一市\*

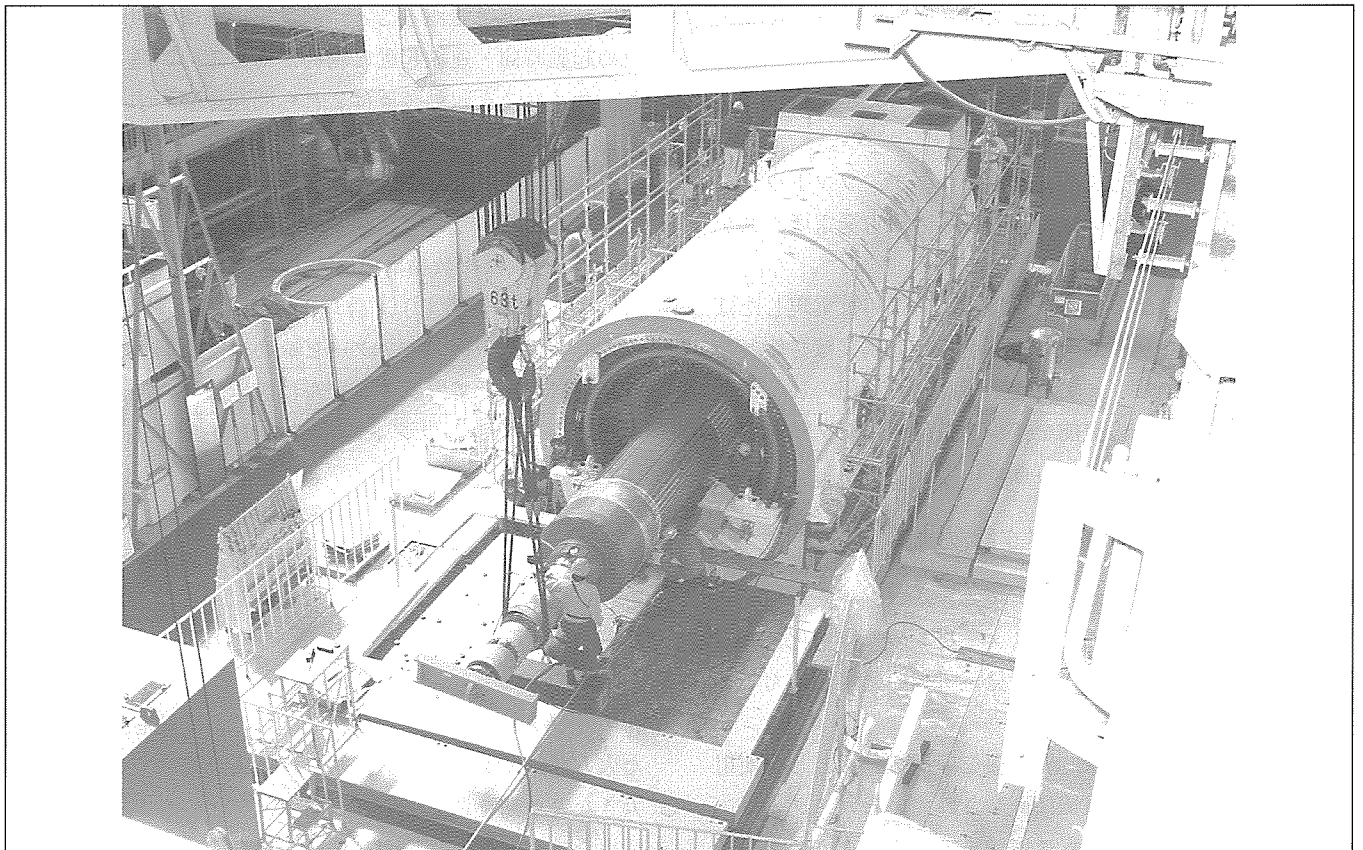
## 要 旨

火力発電プラントにおける単機容量の増大に対応し、三菱電機では、1980年代から2極1,000MW級発電機的设计・製作技術を確立するための要素技術開発に取り組んできた。発電機の大容量化には、回転子大径化、固定子コイル端部支持強化が不可欠であり、直径1,170mmの大径回転子開発、及び固定子の支持構造に関する要素技術開発を行った。

発電機回転子の径大径化開発のため、高遠心力に耐える材料を開発するとともに、2極1,000MW機と同一径で軸長を短縮したモデル回転子を製作して検証を行い、信頼性を確認した。

さらに、発電機の大容量化に伴う電磁力増大に対応して、固定子コイル端部支持剛性の増加のため、大型のレジコンと呼ばれる絶縁物を用いた支持構造を適用して実物大のモデル固定子を製作し、突発短絡試験等を行ってコイル端部支持構造の信頼性を検証した。固定子設計・製作技術は700MW発電機まで適用され運転実績を得ている。

これらの開発成果を基に、1,000MW級発電機と直径が同じ体格である海外火力向け990MVAタービン発電機を製作した。この発電機の試験により、1,000MW級発電機の開発課題に対する検証が完了し、設計・製作技術の信頼性が高いことが確認された。



## 990MVAタービン発電機

火力発電プラントの大容量化の要求に対応し、2極1,000MW級発電機的设计・製作技術を開発した。開発成果を990MVA機に適用し、工場試験によって1,000MW級発電機の信頼性を確認した。

## 1. ま え が き

当社では、4極機で、1970年代前半に単機容量1,000MVAを超え、現時点で単機容量1,310MVAの製作実績を持っている。一方、2極機でも、1,000MW級機をターゲットとして、'80年代から、モデル固定子及びモデル回転子の製作検証を通じて、発電機の大容量化開発を行ってきた。

本稿では、モデルによる発電機の大容量化要素技術開発、及びこれらの成果を適用して製作した2極990MVA機の工場試験によって信頼性が検証された1,000MW級大容量発電機の開発について述べる。

## 2. 発電機の大容量化

2極1,000MW級発電機の開発に当たって目標とした仕様と発電機の体格を、従来機と比較して表1に示す。発電機の大容量化には回転子の径が大径化が不可欠であり、1,000MW級機に直径1,170mmの回転子を採用する。このため固定子径も大径化が必要となる。

2極1,000MW級発電機の特長と開発内容を以下に述べる。

### (1) 回転子

1,000MW大径化のため回転子には従来以上に高い遠心力が作用する。このため、高遠心力に耐える軸材やリテイニングリング材を開発し、実機と同一断面、同一構造のモデル回転子を設計・製作し、回転子各部の機械強度及び温

表1. 2極1,000MW級発電機の仕様

仕 様	700MW機	840MW機	1,000MW級機
容量(MVA)	800	990	1,112
力 率	0.90	0.85	0.90
端子電圧(kV)	25	24	25
電機子電流(A)	18,475	23,816	25,681
界磁電流(A)	4,405	6,405	6,000
ガス圧(kg/cm <sup>2</sup> -g)	4	5	5.5
周波数(Hz)	60	50	60
回転子径(mm)	1,100	1,170	1,170
軸受間長(mm)	11,320	11,550	12,500
回転子質量(t)	71.0	83.7	89.0
固定子外径(mm)	4,000	4,300	4,300
固定子質量(t)	350	392	416

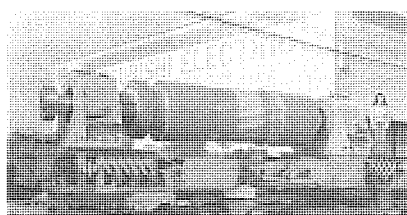


図1. 2極1,000MW級モデル回転子

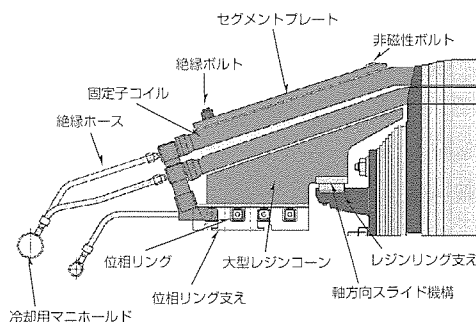


図2. 固定子コイル端部構造

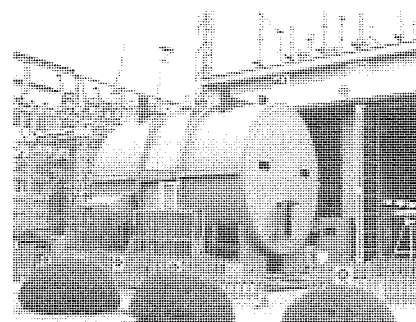


図3. 2極1,000MW級モデル固定子

度の検証を行った<sup>(1)</sup>。表2にモデル回転子の仕様を、図1に外観を示す。

### (2) 固定子

2極1,000MW級発電機の固定子は外径が大きくなるために、コイル支持剛性が小さくなる傾向にある反面、固定子コイル電流は増加しコイル端部に作用する電磁力が増加する。このため、電磁振動の増加を防止するために、固定子コイル端部支持には高剛性の確保できる構造を開発した。このコイル端部支持構造を図2に示す。

大型レジンコーン、セグメントプレート、及び締付ボルトによってコイル端部をコーン状の完全一体構造にするとともに、コイル間には絶縁物を挿入し、コイルの相対変位を防止する構造としている。また、発電機の起動/停止、負荷の反復変化によって繰り返して発生する固定子コイルと固定子鉄心の熱膨脹差に対して、軸方向スライド機構を設けて信頼性向上を図っている。

固定子についても、実機と同一の固定子コイル端部構造を持つモデル固定子を製作して、連続通電試験、突発短絡試験等を実施し、信頼性を確認した。図3に試験中のモデル固定子を示す<sup>(2)</sup>。

モデル固定子の検証を通じて得られた技術は国内火力向け800MVA機の実機に適用され、順調に稼働中である。

## 3. 1,000MW級発電機の信頼性実証

前項で述べた技術を背景に、今回、990MVA発電機を設計し製作した。図4に990MVA発電機の断面を示す。固定子コイル端部は、前述のように、発電機大径化に対応してレジンコーンによって支持される構造となっている。

表2. モデル回転子の仕様

	モデル回転子	2極1,000MW機
回 転 子 径	1,170mm	同左
軸 受 間 長	7.5m	12.5m
軸 材	Ni-Cr-Mo-V鋼 耐力 80kg/mm <sup>2</sup> 級	同左
リテイニングリング材	18Mn-18Cr鋼 耐力 130kg/mm <sup>2</sup> 級	同左
回 転 数	3,600r/min	同左
定格界磁電流	6,000A	同左

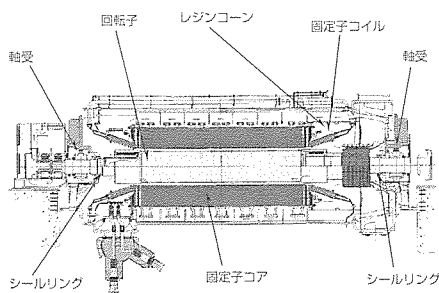


図4. 990MVA機の断面

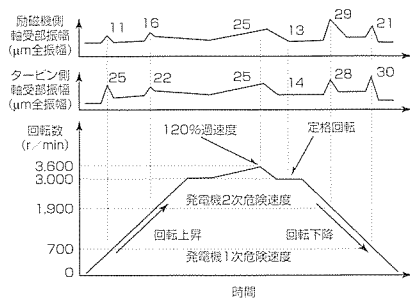


図5. 昇速/降速時の軸振動

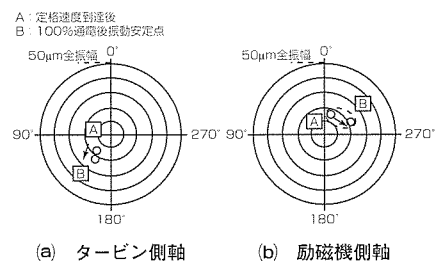


図6. 温度上昇時の軸振動

表3. 開発課題

開発要素	技術課題	モデル回転子 モデル固定子	990MVA機
回転子強度	軸テイス部 リテイニングリング	○	
軸振動制御技術	昇速/降速時、及び 定格負荷相当温度上 昇時の軸振動		○
大径軸受 シールリング	排油・メタル温度		○
冷却設計	各部温度	○	○
固定子コイル端部 振動抑制技術	コイル端部振動	○	○
大容量スリップリング	各部温度、振動特性	○	

軸受及びシールリングも1,000MW級発電機と同一のものである。また電流も1,000MW級発電機とほぼ同じである。なお通風冷却は、実績のある固定子水冷却、回転子水素冷却方式を採用した。

このように990MVA発電機は1,000MW級発電機と仕様がほぼ同じであるので、運転試験を実施することで、1,000MVA級発電機に対する信頼性評価と同等の検証を行うことが可能である。

1,000MW級発電機を製作するに当たり必要な開発課題を表3に示す。これらの中で、回転子強度、冷却設計、固定子コイル端部振動抑制技術、大容量スリップリングに関しては、既に固定子及び回転子の実物大モデルによって信頼性が検証されている。軸振動抑制技術、大径軸受及びシールリングの各項目については、990MVA発電機の実機試験を通じて信頼性評価を完了した。

上記の990MVA発電機の試験によって得られた主な結果を以下に示す。

(1) 軸振動抑制

回転数上昇/下降時の軸振動の変化は、図5に示すように、小さく問題ないことが確認された。

また、ガス圧を下げ温度を定格負荷運転時と同じにしたときの軸振動計測結果を図6に示す。振動は小さく安定したものであることが確認された。

(2) 大径軸受、シールリング

軸受及びシールリングの温度計測結果は規格値に対して十分余裕のあるもので、軸受設計に問題ないことが確認さ

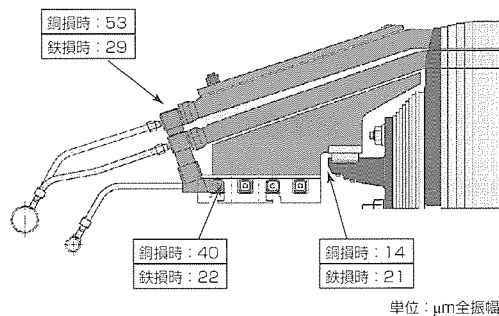


図7. 固定子コイル端部の振動計測結果

れた。

(3) 冷却設計

工場試験時の各部温度計測の結果は規格値に対して余裕のあるもので、冷却設計に問題がないことを確認した。

(4) 固定子コイル端部振動

固定子コイル端部の振動計測結果を図7に示す。各部の振動値は従来機以下であり、コイル端部支持構造が電磁加振力に対し十分な剛性を持っていることを確認した。

以上に述べた各種検証試験の結果はいずれも良好で、1,000MW級機としての信頼性が検証された。

4. むすび

実物大モデル試験及び990MVA機の工場試験を実施し、1,000MW級大容量機の技術課題を検証し確認した。その結果により、1,000MW級大容量機製作に当たり、高い信頼性が得られた。これらの技術を反映して、今後、更なる大容量発電機の開発に取り組んでいく予定である。

参考文献

(1) Matsuo, Y., Hirao, T., Ueda, A., Oishi, N., Inoue, A.: Development of 2-pole 1000MW Class Turbine-Generators, JSME-ASME, I-cope93 (1993)  
 (2) 兎太 享, 柵山正樹, 松崎盛夫, 中野直広: 関西電力 榑南港発電所向け1号600MW水冷却タービン発電機, 三菱電機技報, 64, No.6, 495~500 (1990)

# 発電機励磁制御による 電力系統安定度向上技術

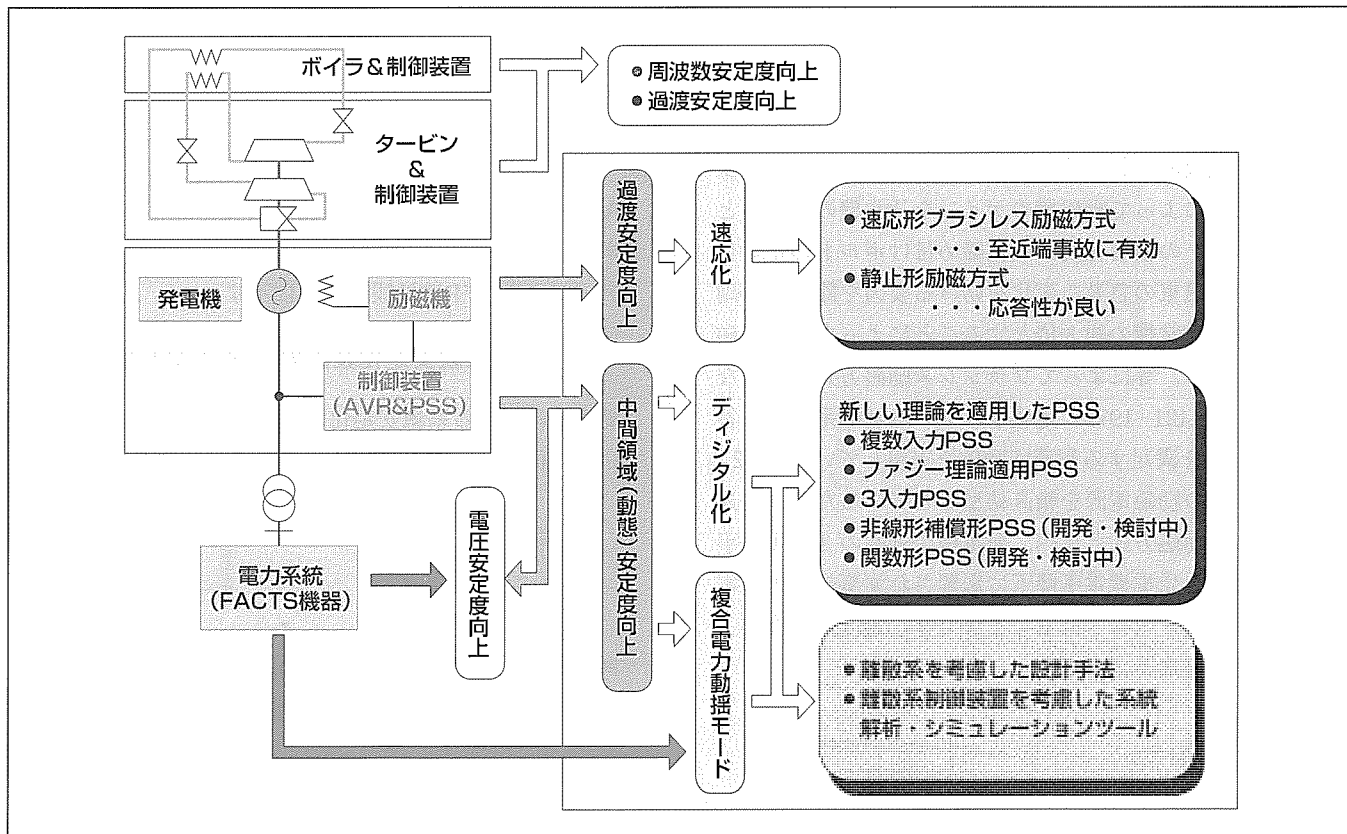
下村 勝\* 北村仁美\*  
田中誠一\*  
夏 毓鷗\*

## 要 旨

発電機励磁装置による電力系統安定度向上は、大きく分けて、①過渡安定度向上、②中間領域(動態)安定度向上、③電圧安定度向上に分類できる。本稿では、①、②に関する最近の技術動向、制御装置のデジタル化による新方式、新技術及びこれらの解析技術を中心に紹介する。

過渡安定度向上に有効な発電機励磁装置の励磁方式として、三菱電機では、速応形ブラシレス励磁方式及び静止形励磁方式を製作している。これらは系統構成や事故点によってその効果に差異があるが、発電機電圧の大きな低下を伴う事故時の安定度が問題となるような場合には、他励方式である速応形ブラシレス励磁方式の方が有利なことが多い。

一方、制御装置については、デジタル機器が主流となっており、この特長を生かした中間領域の安定度向上に効果がある新しい系統安定化装置(Power System Stabilizer : PSS)の開発を行っている。本稿では、実用化の段階にある方式として、複数入力PSSを発展させたものとして①ファジー理論適用のPSS、②3入力PSSを、また解析・シミュレーションでの検討段階の方式として、①非線形補償形PSS、②関数形PSS等を紹介する。また、制御装置がアナログ(連続系)からデジタル(離散系)へ変化したことに伴い新しく開発した設計及び解析技術についても紹介する。



## 発電機励磁装置による電力系統安定度向上技術

発電設備は、ボイラ・タービンの制御装置による周波数、過渡安定度向上、発電機の励磁制御による電圧安定度、過渡領域及び中間領域(動態)の安定度向上に有効である。特に発電機励磁装置に関しては、制御装置のデジタル化によって新しい系統安定化装置(PSS)の開発及び離散系を考慮した設計手法、解析・シミュレーションツールを開発している。

1. ま え が き

発電設備、特に発電機及びこれらの制御装置は電力系統の運用及び安定度とは密接な関係があり、電圧安定度に関しては発電機の励磁制御、電力系統での事故時の過渡安定度に関しては発電機の速応励磁、また中間領域(動態)安定度に関しては発電機励磁制御へ補助信号を導入した系統安定化装置PSSが有効であることが知られている。

本稿では、これら励磁制御装置のデジタル化に伴う新技術を中心に、最近の技術動向及び当社の技術について紹介する。

2. 励磁制御装置の動向と新技術

発電機の電圧制御を行う励磁制御装置は、運転に不可欠な装置であることから、高い信頼性及び容易な保守性・操作性が要求される。また上記のごとく、系統安定度向上に対する要求がますます高まる傾向にある。過渡安定度を向上するための励磁装置の速応度及び頂上電圧を大きくすることへの要求、並びに動態安定度を向上するためのAVRへの要求とその新技術について紹介する。

2.1 励磁装置

当社は、超速応励磁方式として、超速応ブラシレス励磁方式及びサイリスタ励磁方式のいずれの方式についても十分な製作・運転実績を持っている。

励磁装置の構成を図1に示す。

2.1.1 超速応ブラシレス励磁方式

①交流励磁機の磁気装荷を低く、界磁コイル巻回数を少なくすることによって励磁機のゲインを通常機の約5倍とする、②ヨークの積層化及び磁極締め付けボルトの絶縁化によって界磁磁束の急激な変化を妨げる要因を除く、③副励磁機容量を通常機の約3倍とすることによって強制励磁量を増加させる、等によってブラシレス励磁方式でありながらIEEE std.421-1972に定義されている励磁系電圧応答時間0.1秒以下を満足する超速応励磁を実現している(図2)。この方式はその励磁電源を軸直結型としているため、後述のサイリスタ励磁方式と比べ、発電機至近端の3相短絡事故時の場合でも発電機電圧降下に影響されず事故中の発電機内部誘起電圧を上昇させることができ、過渡安定度向上に優れた励磁方式と言える。



(a) ブラシレス励磁方式 (b) 均一ブリッジ型サイリスタ励磁方式

図1. 励磁方式の構成

2.1.2 サイリスタ励磁装置

サイリスタ整流器の出力を直接界磁巻線に供給する方式であり、速応性に優れた静止型の励磁方式である。励磁系頂上電圧に対する要求はますます高まっており、従来では無負荷定格電圧時の界磁電圧の3~4倍であったものが近年5~7.5倍が一般的な仕様になりつつある。この励磁装置の大容量化を実現するために、当社では、1,500A、4,000V又は2,500A、2,800Vの国内最大級のサイリスタ素子を採用しており、省スペースとコストダウンを図っている。

サイリスタ励磁装置の外観を図3に示す。

2.2 デジタルAVR(D-AVR)

当社では、1991年にD-AVR開発以来、既に60台以上の製作実績を持っている。D-AVRの主な特長は、

(1) 高機能・高性能な制御の実現

主CPUに32ビット高速マイクロプロセッサを採用することによって高速演算処理を実現し、制御定数の自己設計、PSS等の付加機能を容易に装備可能とした。

(2) 操作性・保守性の向上

自己診断機能と階層化された警報システムの実現及び保守ツールによってオンラインモニタ等の多彩な機能を充実した。

(3) 信頼性の向上

機能のソフトウェア化による部品点数・配線量の削減及び多重化システムの構築が可能。

(4) スペースファクタの向上

従来5面構成を2面で実現できる。

(5) 総合的な経済性の向上

AQR機能などの統合化が可能。

が挙げられる。

デジタルAVR盤外観を図4に示す。

3. 系統安定化装置の動向と新技術

励磁系における系統安定化装置としてPSSが広く使われている。PSSは、電力動揺を検出して励磁制御を適切に行



(a) ブラシレス励磁方式 (b) サイリスタ励磁方式

図2. 励磁系実効速応度

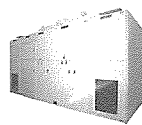


図3. サイリスタ励磁装置の外観

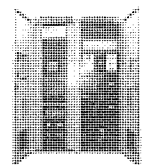


図4. デジタルAVR盤の外観

うことにより、電力動揺の減衰を速めるものである。

### 3.1 従来のPSS

従来は発電機有効電力偏差を入力信号とする $\Delta P$ 形PSSが一般的であった。近年、長周期電力動揺の安定度低下の対策として、発電機の回転数偏差を入力とする $\Delta\omega$ 形PSS、又は発電機の周波数偏差を入力信号とする $\Delta f$ 形PSSが $\Delta P$ 形PSSに付加されて、複合入力形のPSS( $\Delta P + \Delta\omega$ 形、 $\Delta P + \Delta f$ 形)が採用されている(図5)。

### 3.2 新しいPSS

電力システムに存在する発電機のローカル動揺、機間動揺、系統間長周期動揺などの異なる周波数の動揺をすべて有効的に抑えるには、従来の安定化制御方式だけでは対応できない。一方、発電機励磁系の急速なデジタル化の中、より効果的なデジタル制御装置の開発が可能となった。デジタル制御装置は、CPUによる様々な処理が可能になったため、アナログ制御装置よりも広い設計空間を持っている。この特長を生かして、近年、次のような新しい制御方式を開発している。

#### (1) ファジー形PSS

ファジー形PSSは、発電機回転数偏差又は発電機周波数偏差を入力信号とするファジーロジックPSS、発電機有効電力偏差を入力信号とする従来形PSS及び出力協調制御部で構成される系統安定化装置<sup>(1)</sup>で、その構成を図6に示す。

ファジー形PSSは、発電機回転速度と回転加速度の変化域を判断して励磁への出力を決定するので、中間領域の大外乱を速やかに抑えることができ、系統運転条件の変化に対してロバスト性を持っている。また、実績のある従来形PSSに付加する形で簡単にシステム構築が可能で信頼性の

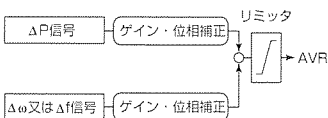


図5. 複数入力PSSブロック図

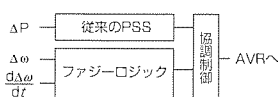


図6. ファジー形PSSの構成

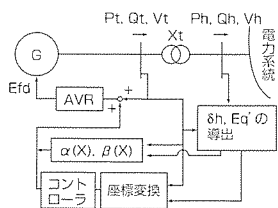


図7. 非線形補償形PSSの構成

圧、発電機内部電圧及び高圧側母線の通過潮流から算定した相差角偏差 $\Delta\delta$ を入力信号とするPSSを、従来の $\Delta P + \Delta\omega$ 形PSSに付加した系統安定化装置である<sup>(2)</sup>。

この信号が従来のPSSの入力信号と比べてより系統側に近く、系統変動の影響をより多く含んでいること、軸ねじれ振動などのノイズの影響を受けにくいことから、より広い領域の安定度改善に効果があるPSSを構築できる。様々な数値シミュレーションにより、その安定化効果を確認している<sup>(2)</sup>。

#### (3) 非線形補償形PSS

非線形補償形PSSは、座標変換やフィードバック変換によって発電機から主変圧器までのシステムを厳密的に線形化して、そして線形化されたシステムに対して最適レギュレータを採用した安定化装置<sup>(3)</sup>で、その構成を図7に示す。

非線形システムを忠実に線形化したため、従来の方法で線形化したモデルと比べて制御可能な範囲が大きく広がり、系統状態変化に対して高いロバスト性を持っている。その優れた特性を様々な数値シミュレーションによって検証している<sup>(3)</sup>。その一例を図8に示す。

#### (4) 関数形PSS

入力信号は従来のPSSと同じ有効電力偏差 $\Delta P$ 、回転数偏差 $\Delta\omega$ 又は周波数偏差 $\Delta f$ であるが、PSSが次のようなデジタル関数によって構成される<sup>(4)</sup>。

$$G(z) = k_c (k_0 + k_1 z^{-1} + k_2 z^{-2} + k_3 z^{-3} + \dots + k_n z^{-n}) \cdot (1)$$

制動トルク特性を適切に保つと同時に、同期トルク特性を余り変化させないような特性を持つので、広い周波数領域において高い制動力を持っている。数値シミュレーションによってその安定化効果が確認された<sup>(4)</sup>。また、その構成が単純なデジタル関数であるため、実現が簡単で、CPU処理時間の短縮が図れる。

## 4. PSSの設計手法

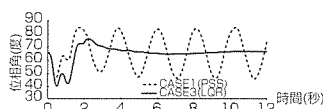
### 4.1 従来の設計手法

従来のPSSの設計手法として固有値感度法<sup>(5)</sup>、周波数応答法が適用されている。

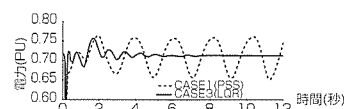
#### (1) 固有値感度法

電力動揺モードのダンピングを可能な範囲で改善されるように固有値を配置することによってPSSを設計する手法である。多機系、他機との協調設計及び複合形PSSの設計へも適用している。

#### (2) 周波数応答法



(a) 発電機位相角



(b) 発電機有効電力

図8. 数値シミュレーション結果の例



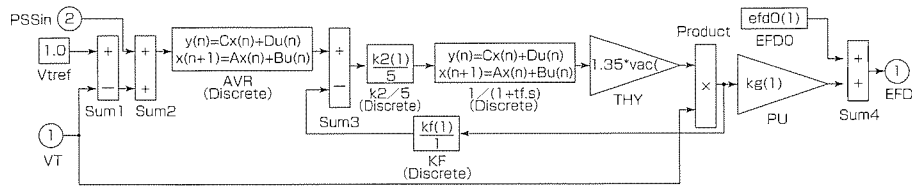


図9. 励磁制御系モデル例

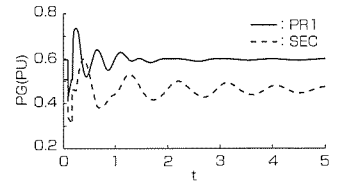


図10. シミュレーション結果

発電機制御系の制動トルクと同期トルクの周波数特性を求め、電力動揺周波数領域において所望の制動トルクと同期化トルク特性を確保できるようにPSSを設計する。

#### 4.2 デジタルPSSの設計手法

励磁装置のデジタル化に伴い、デジタル変換による制御系特性の変化を配慮した設計が適用され、更にデジタル化の特長を生かした設計手法が開発された。

##### (1) 補償設計

デジタル演算遅れ及びデジタル変換による高周波領域の位相特性とゲイン特性の変化に対して、補償設計を行う。

##### (2) デジタル領域の設計

発電機系の制動トルクを適切に保つとともに、同期トルクを変化させないような理想的なPSSの周波数特性を基に、PSSのデジタルパルス関数を構成する設計手法<sup>(6)</sup>である。この手法では、従来のアナログ系で設計された制御系をデジタル系に変換する手法と異なり、直接デジタル領域でPSSを構成することができる。

### 5. 解析技術

システムの安定度確認、制御方式の開発・検証、及び発電機器の検討などに以下の解析プログラムを適用している。

##### (1) 実効値ベースの多機系シミュレーションツール

多機系において、様々な運用条件での潮流計算、様々な事故態で主な状態量のダイナミックスのグラフ表示などができるので、運用計画、安定度検討、制御系検証に広く使われている。

##### (2) 固有値解析ツール

システムの固有値と固有ベクトルを計算することにより、特定の発電機が関与する動揺モードの安定性を確認することができ、制御系の効果の検討・解析に用いている。

##### (3) EMTDC (Electro-Magnetic Transients Program for DC)

MANITOBA社によって開発された瞬時値ベースの電力システムの過渡現象解析プログラムで、実装置相当のモデルで解析が可能のため、制御方式・保護方式の開発及び検証、機器の定格・性能及び耐量の確認・検証に用いている。

##### (4) MATLAB解析プログラム

制御装置のデジタル化に伴い、より実装置の特性に近い解析・検討を行うため、離散系システムと連続系システ

ムとを同時に容易に扱える特長を持ったMATLAB(The Math Works社製)を用いた多機系統解析プログラムを開発した。また、MATLABの任意ブロック作成機能を用いることによって励磁制御・調速制御といった制御系が容易に構成できるため、各種制御系の整定や制御方式の開発・検証に有効である。

励磁制御系モデル例を図9に、シミュレーション結果を図10に示す。

### 6. むすび

本稿では概要的かつ当社技術の一端しか紹介できなかったが、もし、興味ある技術、励磁制御以外のタービン制御等を含めた発電設備に起因又は要求する電力システムの運用、安定度に対する課題等があれば、遠慮なく照会いただくようお願いしたい。

### 参考文献

- (1) 北野 悟, 鈴木昭男, 柳田美行, 森田和宏, 松島邦隆, 下村 勝: ファジィ形PSSの実系統試験データの解析結果とシステムの改善効果, 電力研究会, PE-95-86, 41~49 (1995)
- (2) 関田昌弘, 木田雄三, 南部雅彦, 田中誠一, 下村勝: 3入力型PSSによる系統安定度の向上効果について, 平成10年電気学会全国大会, No.1392 (1998)
- (3) 南部雅彦, 大沢靖治: 発電所内情報を利用した非線形補償形系統安定化制御方式の開発, 電学論B, 116-6 (1996)
- (4) Sekita, M., Xia, Y., Shimomura, M.: A New Design Method for Digital PSS, IEEE, POWERCON'98 Proceedings, 2, 795~799 (1998)
- (5) 三枝和彦, 道上 勉, 南部雅彦, 伊藤正伸, 下村勝: 電力システムの動揺周波数領域でのロバスト性を考慮したPSS設計手法の開発, 平成5年電力エネルギー部門大会, PE-93-70, 71~80 (1993)
- (6) 関田昌弘, 木田雄三, 夏 毓鷗, 田中誠一, 下村勝: デジタルPSSの新しい設計法, 平成10年電気学会全国大会, No.1393, 6-203~204 (1998)
- (7) 南部雅彦, 河野良之: 数値解析向けソフトを利用した多機系統解析ツールの開発, PE-97-180, 41~45 (1997)

# タービン監視計器における最新技術

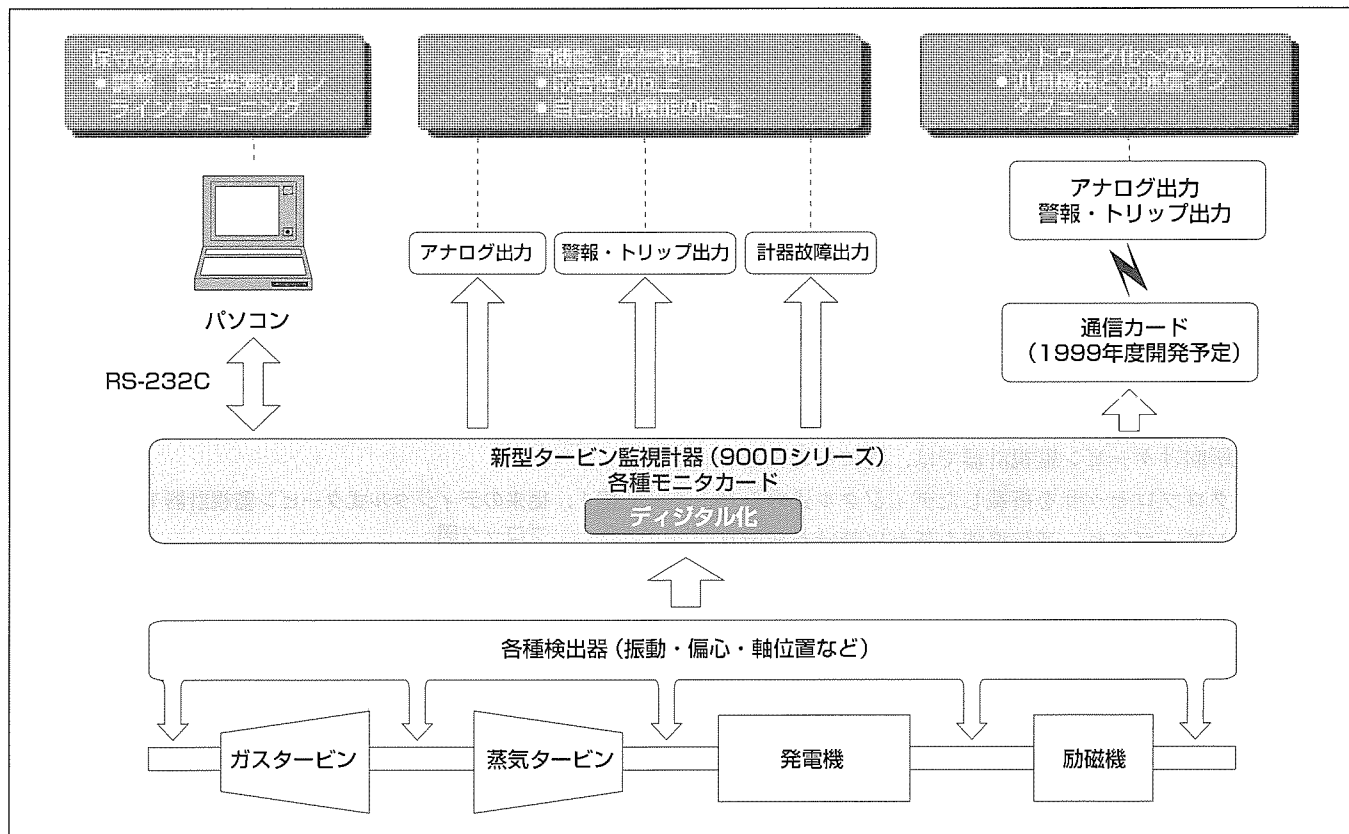
## 要旨

タービン・発電機を安全に運転するためには、回転軸の振動・偏心・軸位置等の各種変位量を計測監視する必要がある。三菱電機では、従来からアナログ式タービン監視計器(6100シリーズ)を用いて計測監視を実施しているが、近年における技術動向として、モニタカード内にマイクロプロセッサを搭載し、①機能・信頼性の向上、②保守性の向上、③ネットワークへの接続容易化へ移行しつつある。

そこで、従来品であるアナログ式タービン監視計器(6100シリーズ)の基本設計を継承しつつ、モニタ部にマイクロプロセッサを搭載することによるデジタル信号処理を導入したデジタル式タービン監視計器(900Dシリーズ)を今回新たに開発した。

特に、機能・信頼性面では、従来の検出器からの出力信号波形信号処理機能を高速化することによる応答性の向上、自己診断機能の向上を図った。保守面では、アナログ式に存在していたゲイン調整・ゼロ調整・警報設定等の各種可変抵抗類をすべてソフトウェア化し、パソコンを用いた調整ツールによるオンラインチューニングを実現した。また、ネットワーク化への対応としては、上位計算機との通信インタフェースが可能なハードウェアを構築した。

本稿では、デジタル式タービン監視計器の開発ポイント及び特長を、従来機種であるアナログ式との比較を行いながら紹介する。



## デジタル式タービン監視計器システム

タービン監視計器は、タービン・発電機に起こり得る機械的諸量の変化を検出器及びモニタカードを通してDC信号に変換してモニタ出力する。モニタ部にデジタル信号処理を導入したことにより、機能・信頼性・保守性の向上、ネットワーク化への対応が実現可能となった。

1. ま え が き

火力発電設備の中で、タービン監視計器(Turbine Supervisory Instrument: TSI)は、タービン・発電機を安全に運転するための運転状態を左右する回転軸の振動・偏心・軸位置等の機械的諸量の微小な変化を監視する上で重要な役割を担っている。近年コンバインドサイクル発電方式が採用される中で、特にガスタービンの本体保護の観点から計測監視の強化に伴う検出応答性の高速化、発電所における定期点検の期間短縮と周期延長に伴う保守性の容易化、及び将来の計装・制御システムをにらんだネットワークへの接続容易化が必要になってきている。従来のアナログ方式では実現し得なかったが、モニタ部にデジタル信号処理方式を導入したデジタル式タービン監視計器を新規に開発し導入することによってこれらのことが実現可能となった。

本稿では、タービン監視計器の技術動向と当社のデジタル式タービン監視計器の開発ポイント及び特長について紹介する。

2. タービン監視計器の技術動向

タービン・発電機の回転軸の各種変位量を計測監視するタービン監視計器は、運転に不可欠な装置であることから、前述のごとく、高機能・高信頼性及び容易な保守性に対する要求が高まっている。一方、将来の発電所における計装・制御システムの動向としては、①ユニットのネットワーク化領域拡大による上位計算機との通信によってケーブル量削減とハードウェアのスリム化実現、②異常監視機能の導入拡大による監視機能の向上、③保守の容易化、へ移行しつつある。このような状況の中で、現在のタービン監視計器の技術動向、及び当社タービン監視計器の現状について紹介する。

2.1 現在のタービン監視計器の技術動向

火力発電所向けタービン監視計器では、既にモニタカード内にマイクロプロセッサを搭載したデジタル式のシリーズがラインアップされ、通信機能を新たに設けた新製品へ移行しつつある。ただし、検出器からの出力信号波形(AC波形)をモニタ内でDCレベルに変換する部分は、従来と同様にアナログ処理しそれ以降をデジタル処理する方式であり、モニタ内部のデジタル処理範囲が限定されたものが多い。

図1に、従来のデジタル式タービン監視計器モニタ内部ブロック図を示す。

2.2 当社タービン監視計器の現状

当社では、アナログ式タービン監視計器として、1970年から5100シリーズのドロワー型を、'87年から6100シリーズのカードモジュール型を採用してきた。6100シリーズの設計思想を継承しながら更なる特性・機能の向上を図ることを目的として、'96年にデジタル式タービン監視計器(900Dシリーズ)の開発に着手し、工場での試作検証及び実機火力発電所でのフィールド検証を経て'98年に開発を完了した。

表1に当社タービン監視計器の機種変遷を示す。

3. デジタル式タービン監視計器(900Dシリーズ)

当社では、'98年に900Dシリーズを開発し、既に2プラントに出荷し、順調に試運転中である。900Dシリーズの製品メニューとして表2に示すものをラインアップしている。開発コンセプト及び具体的な仕様・特長を、従来機種である6100シリーズと比較する形で述べる。

3.1 開発経緯

タービン監視計器の役割である本体保護の観点から特にガスタービンにおける振動監視強化に伴う検出応答性の高速化、発電所における保守性の容易化、将来の発電プラントの計装・制御システムのネットワーク化拡大に対して適用が容易となる信号の通信処理化実現を中心とした以下の開発コンセプトに基づき、900Dシリーズを開発した。

(1) 高機能・高信頼性への移行

従来の検出器からの出力信号波形の信号処理機能を高速化し、応答性を向上する。また、自己診断機能の向上によ

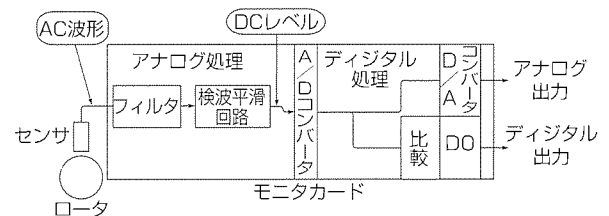


図1. 従来のデジタル式タービン監視計器モニタ内部ブロック図

表1. 当社タービン監視計器の機種変遷

		1980年代	1990年代	2000年代
TSI機種変遷	ドロワー型	5100シリーズ		
	カードモジュール型	6100シリーズ	1987	
	デジタル式	900Dシリーズ		1998
検出器	接触式振動計			
	非接触式振動計			
	インダクタンス可変型*1			
	渦電流式*2			
	ポテンショメータ*3			
	差動トランス*4			
電磁ピックアップ(回転数)				

注 \*1 偏心, 軸位置, 伸び差計 \*2 偏心, 軸位置, 伸び差計, ゼロスビード, 回転数 \*3 伸び, 弁開度 \*4 伸び, 弁開度

表 2. 当社タービン監視計器(900Dシリーズ)製品メニュー

	名称	計測点	検出器	6100	900D
1	接触式振動モニタカード	1	接触式(TV-33)	○	○
2	非接触式振動モニタカード	1	渦電流式	○	○
3	偏心モニタカード	1	同上	○	○
4	軸位置モニタカード(差動)	1	同上	○	○
5	伸び差モニタカード(差動)	1	同上	○	○
6	軸位置モニタカード(シングル)	1	同上	○	○
7	伸び差モニタカード(シングル)	1	同上	○	○
8	伸びモニタカード	1	差動トランス	○	○
9	弁開度モニタカード	1	同上	○	○
10	回転数モニタカード	1	電磁ピックアップ	○	○
11	回転数モニタカード	1	渦電流式	○	○
12	ゼロスピードモニタカード	1	同上	○	○
13	通信カード	—	—	—	○

○：ラインアップ

り、高い信頼性を確保する。

(2) 保守性の容易化

発電所における定期点検の期間短縮と周期延長に伴う保守・メンテナンスの容易化及び劣化部品の削減を図る。また、自己診断機能の充実を図り、従来の検出器断線モードのみによる計器故障監視からモニタカード内部故障モードも含めた計器故障監視への改善を行い、トラブル時の迅速な対応を可能とする。

(3) ネットワークへの接続

信号処理のデジタル化を図り、将来的にネットワーク化領域の拡大による上位計算機との通信インタフェースが可能なハードウェアを構築する。

(4) 6100シリーズの設計思想の継承

従来の6100シリーズで培ってきた設計思想を継承しつつ図2に示すような機能の向上を図る。

(5) タービン監視計器のデジタル化

特に応答性を向上させることを目的にマイクロプロセッサを用いた検出波形のデジタル処理を行い、高速化を実現する。

3.2 仕様

900Dシリーズと従来機種(6100シリーズ)との形状及び各種仕様比較を表3に示す。

3.3 特長

900Dシリーズの主な特長は以下のとおりである。

(1) 信号処理のデジタル化

検出器からの出力信号波形(AC波形)をモニタ内でA/D変換した後にソフトウェア処理(振幅変換、警報処理等)を行っており、他社製デジタル式タービン監視計器と比較して、デジタル処理範囲を拡大することにより、より優れた機能及び応答特性の向上を図った(図1, 図3)。

		新型の特長	従来品の特長
システム構成の容易性	豊富なラインアップにより、カードの種類と必要数の組合せで規模に応じたシステム構成が可能	◎	○
	アナログ出力は4~20mA又は1~5Vを1回路、1~5V又は0~5Vを1回路と多様な出力が可能	◎	○
機能・性能の向上	センサは従来の6100シリーズと同一品を使用	○	○
	ハードウェア回路による出力に加え、通信インタフェースによる出力が可能	◎	
信頼性の向上	信号変換、トリップ、アラーム設定はマイクロプロセッサによるソフトウェア処理による機能、操作性が向上	◎	
	各種モニタカードは各チャンネル独立構成とし、アナログ出力はバッファアンプ経由出力	○	○
保守性	モニタの故障監視はセンサ回路の監視(断線検出)に加えてカード内部の故障監視を実施	◎	○
	カードの故障時にカード出力はロックし、誤出力を防止	○	○
	活線挿抜によるオンラインメンテナンス	◎	○
	ゼロ点、ゲイン調整や警報設定等は専用ソフトをインストールしたパソコンによってオンラインチューニング可能	◎	

◎：従来品からの向上点、○：従来品からの特長

図 2. 従来機種(6100シリーズ)からの機能向上ポイント

各種モニタカードの機能を当社従来機種(6100シリーズ)と比較し表4に示す。

(2) 簡単な調整・保守

モニタカード内のゲイン調整・ゼロ調整・警報設定等のすべての調整・設定要素をソフトウェア化し、パソコンを用いた専用の調整ツールとモニタカードとをRS-232Cケーブルで接続することによってオンラインチューニングを可能とした(図4)。調整ツールの主な特長は、①モニタカード内の信号の流れや各種信号の変換機能の挙動監視及び設定値の調整を、調整ツールの機能ブロック表示された画面上でオンラインで実施可能、②調整ツールからテスト信号の入力を行い、警報動作点及び出力動作の確認が可能、③誤操作を防止するためのパスワードセキュリティによる保護などが挙げられる。

(3) 通信機能

信号処理のデジタル化により、専用の通信カード('99年度開発予定)を介してEthernetやCC-Link<sup>(注1)</sup>等への伝送出力(アナログ信号出力、警報出力)を可能とした。

4. むすび

本稿では、デジタル式タービン監視計器(900Dシリー

(注1) 単なるビット制御だけでなくデータ制御やメッセージ送受信の機能が加わった次世代のフィールドネットワーク

表 3. 従来機種 (6100シリーズ) との仕様比較



	カードモジュール型 6100シリーズ	デジタル式 900Dシリーズ
1. モニタ形状		
サイズ 幅×高さ×奥行	30.5×208×330 (mm)	29×208×220 (mm)
2. 電源電圧	電源一重又は二重 ● AC100/115V (+10, -15%) 50/60Hz (±5%) ● DC110V (75~140)	同左 ● AC100/115V (+20, -20%) 同左 ● DC110V (88~165V)
3. 使用温度	0~50℃	-10~65℃
4. アナログ出力	DC 4~20mA又は1~5Vの いずれか1点	DC 4~20mA又は1~5V 1点 DC 1~5V又は0~5V 1点
5. 警報接点	2点	3点(振動)
6. ループ精度		
振動	±5%	同左
偏心	±5%	同左
軸位置	±4%	同左
伸び差	±4%	±3%
伸び, 弁開度	±2.5%	同左
回転数	±0.75%	±0.5%
ゼロスピード	±1 r/min	同左
7. 通信機能	なし	あり
8. 保守性		
● 調整ボリューム	あり(10点)/カード1枚	なし(ソフトウェア設定)
● ユニット内配線	0本/1ラック(マザーボード採用)	同左
● 自己診断回路	あり(入力断線診断回路)	あり(入力断線診断回路及びカード内部回路をデジタル処理で自己診断)

表 4. 従来機種 (6100シリーズ) との機能比較

	6100シリーズ	900Dシリーズ
振動計応答時間		
接触式振動計	1.7秒*	1.7秒*
非接触式振動計	1.7秒*	0.5秒*
振動計警報設定点数 (接触式/非接触式)	2点	3点
振動計周波数域		
接触式振動計	10~140Hz	10~140Hz
非接触式振動計	10~140Hz	10~140Hz又は10~500Hz
偏心計出力	peak to peak 検出	peak to peak 検出 又はダイレクト出力
軸位置/伸び差計	片チャンネル異常時は, 手動スイッチで片系監視 モードに切り換える	片チャンネル異常時は, 自動 的に片系監視モードに切り 換わる
ゼロスピード応答時間	20秒	2秒
回転数モニタ速度検出回路	3点	4点
共通事項		
信号処理方式	アナログ処理方式	デジタル処理方式
調整手段	可変抵抗によって調整	ソフトウェア設定 (可変抵抗なし)
通信機能	なし	あり

注 \* 指示が63%に到達する時間

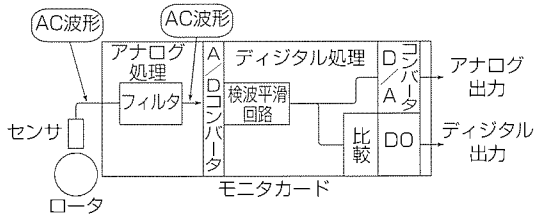


図 3. 当社タービン監視計器 (900Dシリーズ) モニタ内部ブロック図

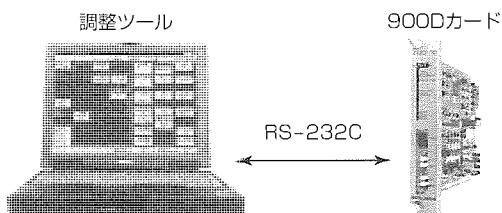


図 4. 調整ツール

ズ)について, その開発ポイントと特長を紹介した。

今後, この900Dシリーズを当社のタービン監視計器の

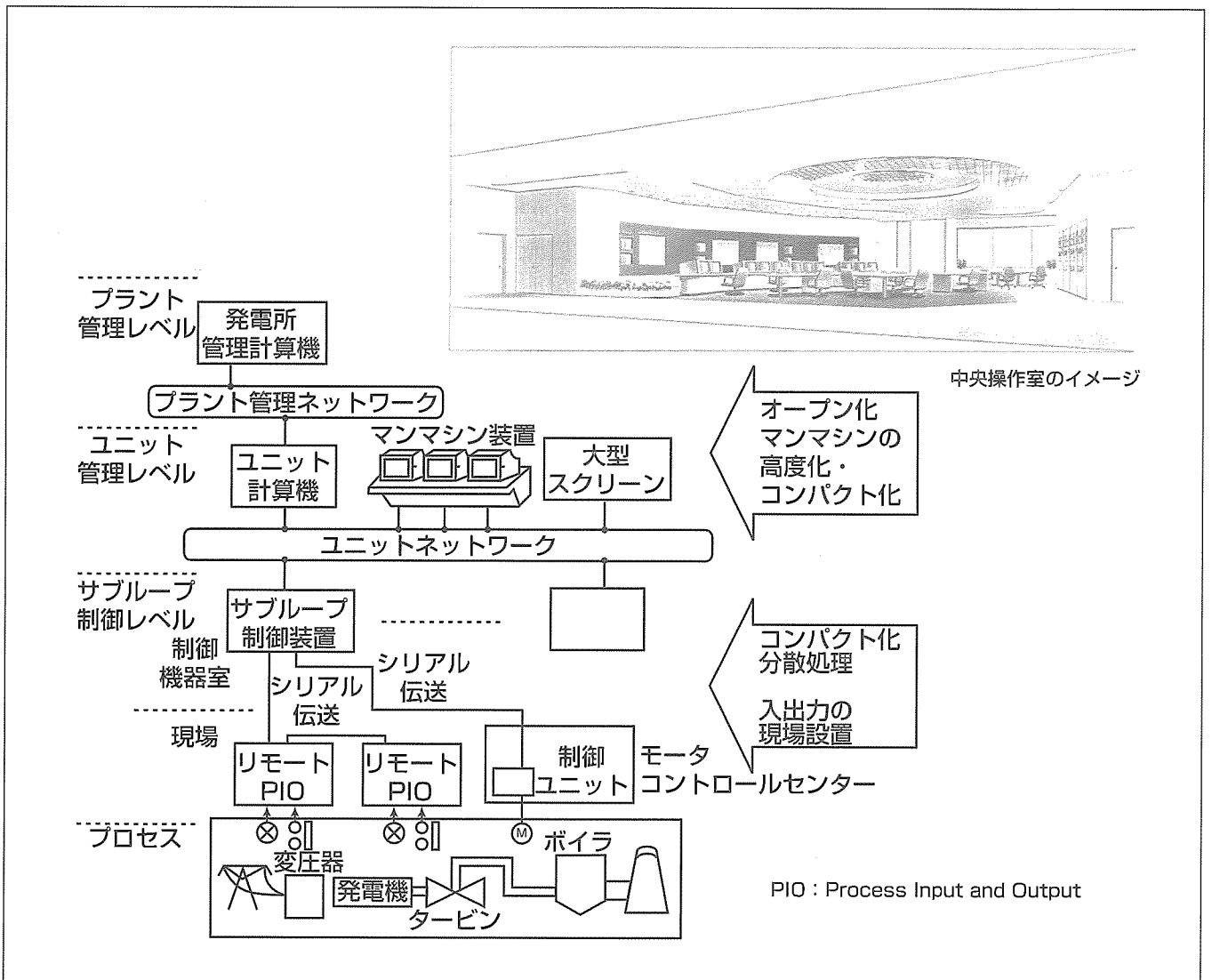
主力機種として広く適用し, 高機能, 高信頼性で, かつ使いやすいシステムを供給していく所存である。

# 火力発電所における監視制御システムの動向

## 要 旨

事業用の火力発電設備は、電力事業の規制緩和、電力料金見直しに対応して、合理化・簡素化が進められている。三菱電機の火力発電所向け監視制御システムについても最近の技術進歩を反映し、発電所の中核系統として必要な高

信頼性を確保した上での合理化に取り組んでおり、本稿では、監視装置の分散設置、入出力装置の現場設置とシリアル伝送の適用、配開装置との伝送接続を図った新シリーズを紹介する。



## 火力発電所トータル監視制御システムの技術動向

監視制御システムは、プラント管理レベル、ユニット管理・協調制御レベル、サブループ制御レベルに階層化し、管理・監視の集中化と制御の分散化を実現している。プラント管理レベルでは情報のオープン化、ユニット管理・協調制御レベルでは分散処理化、コンパクト化、マンマシンの高度化、サブループ制御レベルではコンパクト化、入出力の現場設置、分散処理を実現している。

### 1. ま え が き

火力発電設備の監視制御システムは現代社会に不可欠な安定した電力供給を実現するための高信頼性とプラントの高効率運転を実現する高機能・高性能を実現してきているが、電力事業の規制緩和と料金見直しに対応して、建設コスト・運用コストの削減が大きな課題となっている。当社の火力発電所向け監視制御システムについても、この課題に沿って、最近の目覚ましいコンピュータ技術の進歩、通信技術の進歩を取り入れ、高機能・高信頼性と合理化の両立に取り組んでいる。

本稿では、最新の火力発電所向け制御システム MELSEP-550とマンマシン／計算機システムについて紹介する。

### 2. 火力発電所向け監視制御システムの動向

最近の半導体技術と通信技術の飛躍的向上により、マイクロコンピュータの性能向上、メモリ容量の増加、通信回路の高速化・小型化が実現しており、これらを反映して、

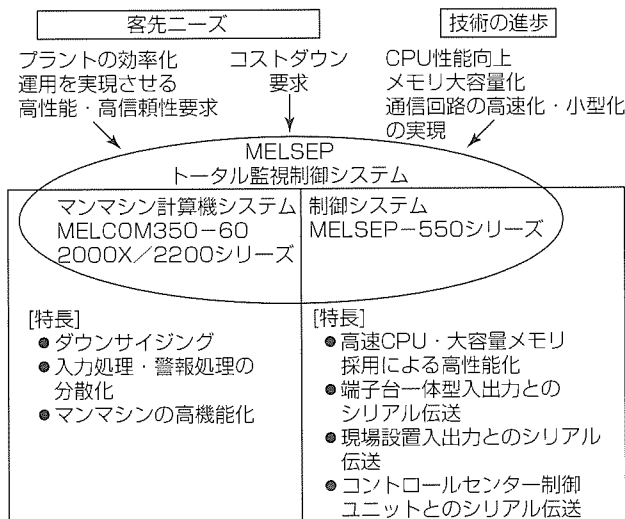


図1. 火力発電所監視制御システムの動向

客先のニーズである高信頼性、高機能、高性能を維持した上でのシステム合理化を実現している。

プラント管理レベル、ユニット管理・協調制御レベルを担うマンマシン／計算機システムでは、分散処理化、コンパクト化、マンマシンの高度化を行っている。詳細を3章で紹介する。

サブグループ制御レベルを担う制御装置では、演算処理の高速化と大容量メモリの採用により、従来性能不足で実施できなかった複数の演算処理装置の統合が可能となった。また、入出力カードと端子台部分との一体化により、カード収納ユニット、レシーバカード、盤内ケーブルの省略を図り、入出力カードの現場分散配置を容易とし、CPUと入出力カードの間をシリアル伝送で接続することでケーブル布設工事量の削減を図っている。また、コントロールセンターの制御ユニットとのシリアル伝送接続を可能とし、この部分のケーブル布設工事費の削減を図っている。詳細を4章で紹介する。

なお、火力発電所監視制御システムの動向を図1に示す。

### 3. 計算機システム

#### 3.1 計算機システムの変遷

計算機システムは、同一OSであるMI-RT (Mitsubishi Real Time OS) 及び電力向けの監視制御機能を取りそろえたミドルウェアを搭載したホスト計算機とマンマシン／CRTオペレーション装置とで、クライアント／サーバ形式の分散システムを構成している。ホスト計算機では情報一元化が必要なデータ処理機能(警報処理、日誌、性能計算)、自動化機能、デバイス管理機能を分担し、マンマシン／CRTオペレーション装置では高速応答性が要求されるマンマシン機能、CRTオペレーション機能を分担し、それぞれが制御用ネットワークに接続されている。

図2に近年の計算機システムの変遷を示す。

近年の著しいCPU処理性能の向上で、火力発電プラントの監視・制御も多彩なニーズに対応することが可能とな

	1990	1995	2000
計算機	M60/200	M60/800 → M60/800 II	M60/3300 → M60/2200
		CRTフルグラ化	分散化 リアルタイムUNIX コンパクト化
CRT オペレーション	M60/200	MELSEP-2000	MELSEP-2000X
		CRTオペレーション専用機による機能・性能向上 RISC型マイクロプロセッサの採用	計算機・マンマシンの統合 クライアント／サーバ方式 コンパクト化
ネットワーク	MELSEP-Hネットワーク	MELSEP-Xネットワーク	MELSEP-φネットワーク
	Ethernet (10M)	高速化 FDDI採用	高速化 ATM採用 Ethernet (100M) オープン化

図2. 火力発電所向け計算機システムの変遷



り、特にマンマシンインタフェースの監視・操作性においては、従来に比べ著しい高機能化が図られている。

ここでは、火力発電プラント向け計算機システムの変遷を特徴付ける主な技術について紹介する。

### 3.2 ダウンサイジング

マンマシン/CRTオペレーション装置については、各周辺回路の徹底したLSI(大規模集積回路)化により、大幅なコンパクト化を実現し、デスク収納を可能とした。

また、従来のホスト計算機の二重化機構は、切換えパネル、リレーロジック、系間共有メモリ、二重化ディスクユニットで構成されていたが、切換えロジックのソフトウェア化、系間トラッキングデータをネットワーク経由とすることで、大幅なハードウェアの削減を実施し、二重化ホスト計算機システムを盤1面で構成可能とした。

### 3.3 監視信号入力・警報処理部の分散化

従来ユニット計算機の直結PIOで入力していた監視信号

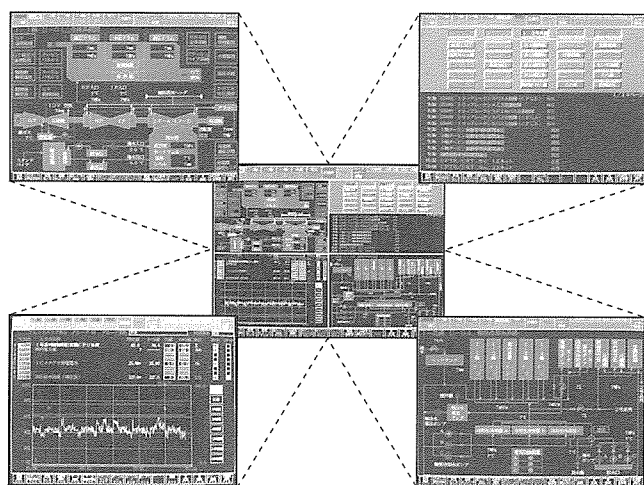


図3. 独立操作可能な4画面表示機能

は、ユニットネットワーク上に別置きする監視入力装置でその役割を実施する形態へ移行し、以下を可能としている。

(1) ホスト計算機停止時でも、各マンマシン装置が独立でプロセス量や警報個別要因の監視を可能とした。

(2) アナログ警報判定(L/Hモニタ)を監視入力装置で実施することにより、警報設定値の一元管理を可能とした。

### 3.4 マンマシン高機能化

UNIX<sup>(注1)</sup>環境の標準ウィンドウシステムであるX-Windowをベースとした各種ソフトウェア部品を充実することで、パソコンライクなウィンドウ制御、スクロール、機能間の画面展開などによる操作性の向上、カット&ペースト・検索などの入力支援機能の充実、リクエストキーやシンボルなどの立体化による視認性の向上などを実現している。また、図3に示すように4画面構成を基本とし、各画面ごとに独立した画面展開を実現したことで、複数設備の監視/操作を最少のCRT台数で実施することを可能とした。

### 3.5 既存システムとの互換性強化

保守コスト削減のため、設備投資を最小限に抑え既存の設備を生かした上での部分的な設備の更新が求められている。このニーズに対応するため、既存システムの部分更新の技術開発を図っている。既存計算機のPIOバス(MDWS-5)と互換性のあるIOカードを適用し既設設備(レシーバ、PIOカード、端子台、及びケーブル類)の流用を実現する手法や、図4に示すように、既設計算機システム(M60/800)を残した上でマンマシン部のみ最新機種(MELSEP-2000X)への更新を行い監視を強化する手法を

(注1) "UNIX"は、X/Open Co.Ltd.の登録商標である。

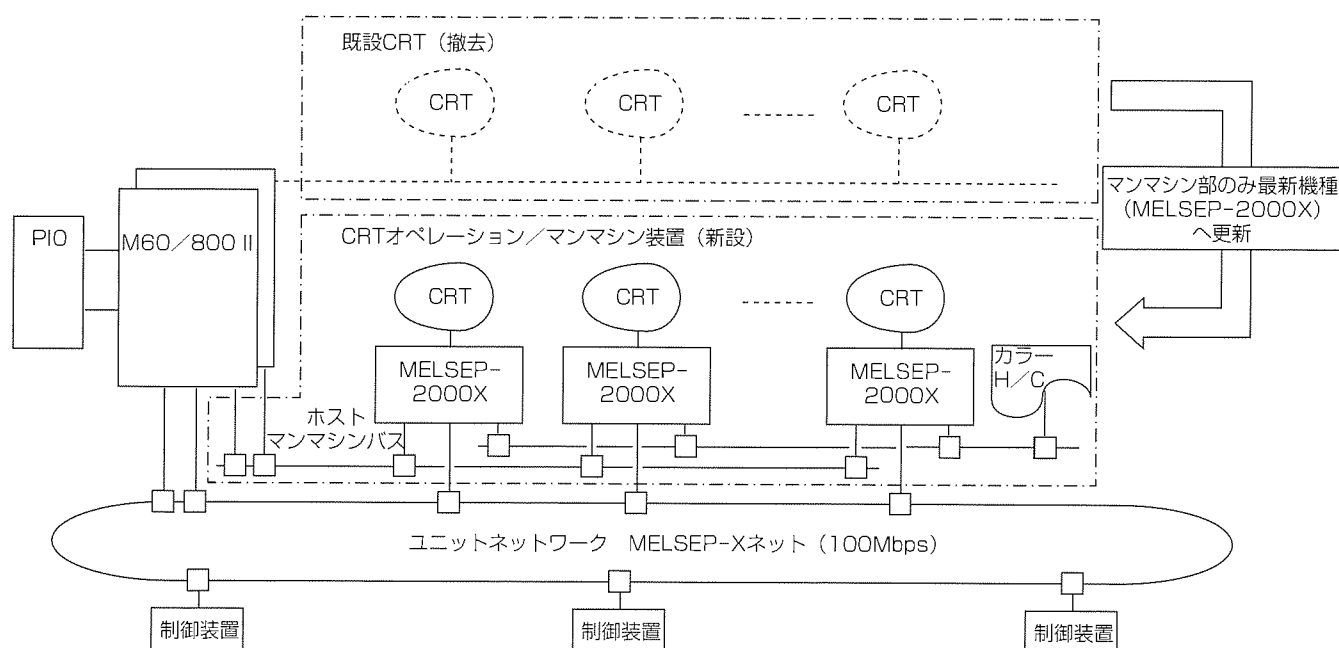


図4. 既設CRT更新工事例

	'83から	'93から	'99から
機種	MELSEP-700/500	MELSEP-500PLUS	MELSEP-550
CPU	16MHz	高性能 25MHz	高性能 133MHz
	マルチボード	小型化 ワンボード	小型化 ワンボード
PIO	PIOカードと外部端子台分離設置	収納盤の小型化	端子台一体型
	高集積度 32点/カード	収納盤の小型化 高集積度 64点/カード	分散設置 対応 小点数 8点/カード

図5. デジタル制御装置の変遷

開発している。

今後は、この種の更新が増加すると考えられ、一層の拡充を図っていく。

### 3.6 保守性の向上

ISDN回線利用で計算機保守用EWSと工場設置の遠隔保守装置を接続することにより、ソフトウェアのリモートメンテナンスを可能とした。これにより、工場サポートによるソフトウェア改造時間の短縮、及び故障時の解析データの送信による故障解析と復旧時間の短縮化を図った。

## 4. 監視・制御システム

### 4.1 デジタル制御装置の変遷

図5にデジタル制御装置の変遷を示す。

火力発電所向け監視制御システムでは、1980年代に入り従来のアナログ制御装置を装置単位にデジタル化し、'80年後半から'90年代では各装置間及び監視用計算機を伝送で接続したデジタル総合監視・制御システムが確立された。当社では、従来システムで培ってきた高信頼性・保守性・品質を維持し、コンパクト化とシステム合理化を実現する新機種MELSEP-550を開発した。

### 4.2 監視・制御装置の特長

MELSEP-550の主な特長を以下に記す。

- (1) メインプロセッサは32ビットのPentium<sup>(注2)</sup> (133MHz)を搭載し、コンパクトPCI(Peripheral Component Interconnect)バスの採用によって高速演算処理を実現した(CPU性能は従来の5倍以上/当社比)。
- (2) 高密度メモリ素子の採用によってメモリ容量を拡大した(RAM64Mバイト、フラッシュメモリ9Mバイト)。
- (3) PIOカードと外部端子台とを一体型とし、PIOカード収納ユニットをなくし、カード1枚当たりの収納点数を少なくし、必要に応じた点数を最適に設置可能とし、制御盤のコンパクト化(盤面数の削減)を実現した。また、充電部に触れることなく機能モジュール部を活線のまま交換可能とし、保守の容易化を考慮している。

MELSEP-550のPIO外観を図6に示す。

- (4) PIOバスはフィールドバス方式を採用し、通信処理回

(注2) "Pentium"は、Intel Corp.の登録商標である。

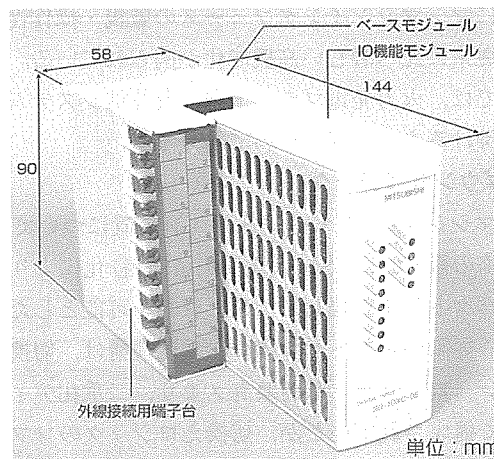


図6. MELSEP-550のPIO外観

路をコンパクト化してPIOカードごとに伝送機能を持たせ、現場機器に隣接してリモート入力を設置するPIOの最適分散設置を可能とした。

以上の(1)(2)により、機能の集中と分散構成を行う上での制約が少なくなり、より最適な制御システムを構築することができる。また、(3)(4)により、リモートPIOを設置することで、制御機器室の制御盤設置スペースを縮小化できるだけでなく、従来現場機器から制御機器室まで布設していたケーブルを大幅に削減することができ、ケーブル布設工期の短縮にも寄与できる。なお、PIOモジュールのメニューとしては、①調節弁対応の操作出力、プロセス入力、操作ステーション入出力を備えた操作端モジュール、②熱電対入力補償導線を直接接続できる熱電対入力カード、③インテリジェンススイッチギヤと信号が伝送で授受できるCDL(Control Center Data Link)インタフェースカードなど発電設備に必要なモジュールのメニューを豊富にそろえている。

### 4.3 ネットワーク

CRTオペレーションが一般的となりサブグループ制御装置の分散が進んだ結果、各装置間のネットワーク情報量は従来に比べて飛躍的に増大し、制御ネットワークの信号は、大容量化に対応できる高速性が要求される。当社は、制御ネットワークとして伝送速度が100MbpsのFDDI(Fiber Distributed Data Interface)を適用したMELSEP-Xネットワークを従来機種から採用しており、新機種でもこのネットワークに接続可能なハードウェアとしている。

## 5. むすび

以上、火力発電プラントにおける監視・制御システムの動向と当社で開発したMELSEPシリーズについて紹介した。今後も、操作性・信頼性・保守性を確保した上で、経済性を追求し、ユーザーのニーズにこたえるシステム開発に取り組んでいく所存である。

# 火力発電設備監視制御室トータルデザイン

伊藤伸哉\*  
金子達史\*\*

## 要 旨

火力発電所の監視制御室のシステムとデザインの整合を図る技術、つまりトータルデザインを実施することで、機能性・快適性・社会性に優れた監視制御室を実現できる。

トータルデザインの目的は、次の3点である。

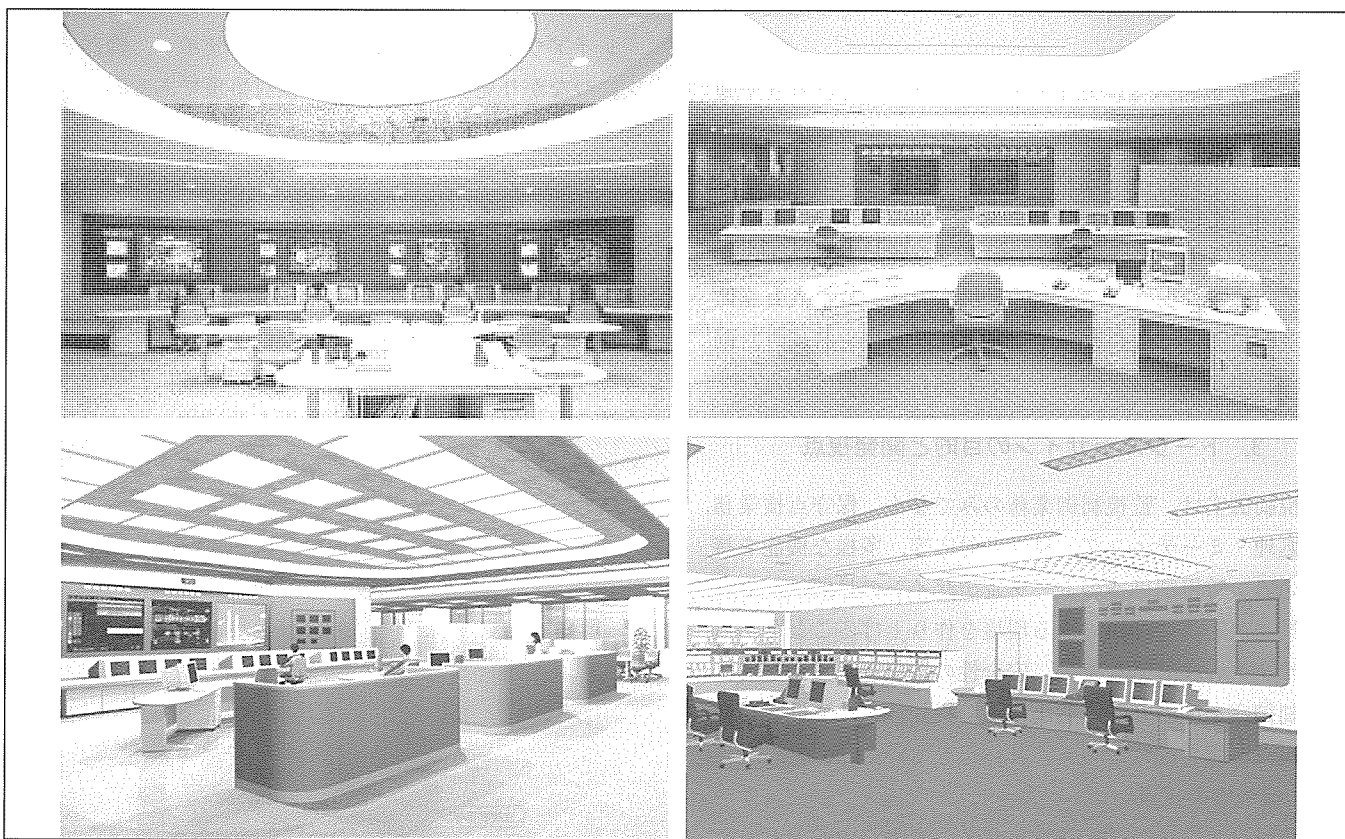
- 機能性：人と機器の関係を最適化し業務環境を向上する
- 快適性：ストレスの低減や職場環境の向上を図る
- 社会性：社会に開かれた企業イメージの向上を実現する

トータルデザインの開発項目は、レイアウトデザイン、インテリアデザイン、機器デザイン、画面デザインがあり、プラントシステムの特性や工事規模・内容に応じてデザイン提案している。

開発手法として、既設発電所の現地調査、三次元コンピュータグラフィックス、リアルスケール検討、スケールモデル(ミニチュアモデル)などがあり、開発の段階や検証項目に応じて使い分けている。

最近の実績として、中操近代化工事で大型スクリーンとCRTオペレーションの導入効果最適化を図った事例、コンバインドサイクル発電所で運転・定期点検エリアを機能分離した事例、コンバインドサイクルとLNG設備が一体の監視制御室の事例、既設発電所の監視制御室を拡張・増設した事例、がある。

本稿では、トータルデザインの考え方、方法、事例について紹介する。



## 火力発電所監視制御室トータルデザイン実施例

(左上) 東京電力(株)南横浜火力発電所  
(左下) 東京電力(株)千葉火力発電所

(右上) 中部電力(株)川越火力発電所  
(右下) 東北電力(株)東新潟火力発電所

## 1. ま え が き

発電所の監視制御室(中央制御室)を統一した思想の下、室内全体から個別の制御監視盤まで総合的に最適設計する技術が監視制御室トータルデザインである。当社は火力発電分野において多くの実績を持っている。

本稿では、その考え方と方法及び事例について紹介する。

## 2. システムとデザイン

火力発電所の監視制御室は、発電所の中核であるとともに、システムとそれを運転する人間との接点と位置付けられる。そこでは常時膨大な監視情報が集まり、この情報を基に運転員は正確かつ迅速な判断と対応を求められる。近年のプラントシステムの複雑化と計算機を中心とする情報システムの高度化は、プラント制御監視の情報量の更なる増大を招き、運転員に対する負荷も大きくなっている。また、大型スクリーンやCRTオペレーション等の新しいマンマシンインタフェース装置導入によって操作監視方法や、運転員の運転・作業形態も大きく変わってきている。

一方、自動化の導入に伴い、経験豊富な運転員から若手運転員への知識・ノウハウの継承と平準化が困難となってきた。監視制御室では、運転員全員が情報を共有し、異常時においても組織的に対応できるシステムや環境が求められる。

また、監視制御室は見学者も多く、企業活動のPRや地域住民の発電所に対する理解向上、地域交流の役割も担っている。

そこで、人とシステムが全体として最適となる監視制御室を実現するトータルデザインが大きな効果を発揮する。

監視制御室のトータルデザインは、システムと人と空間を総合的にとらえた業務環境の創造であり、システム計画の初期段階からの総合的なデザイン検討が必要である。

## 3. トータルデザインの目的と開発視点

監視制御室は、監視制御業務のみでなく、保守点検業務、事務処理・ミーティング、見学者対応等、多様な機能を持っている。監視制御室のトータルデザインの目的は、これらの業務が的確に運用できる環境を作り上げることである。

デザインの検討過程では、安全性の確保を基盤として、監視制御室を中心とした職場環境の機能性・快適性・社会性の視点を総合的にとらえ、具体化していく(図1)。

### 3.1 機能性の視点

エルゴノミクス(人間工学)デザイン視点を中心としたデザイン検討により、人と機器の関係における操作性・視認性の確保から作業環境としての運用性向上を目指す。

### 3.2 快適性の視点

監視制御室は、運転員が一日の多くの時間を過ごす居住

環境ともとらえられ、職場環境の快適化は重要な視点である。運転員の負担やストレス要因の軽減がヒューマンエラーの低減やモラルの向上、魅力ある職場環境の実現に役立つ。

### 3.3 社会性の視点

電力会社が地域社会と共生するイメージを定着するため発電所は積極的に見学者を受け入れており、洗練された監視制御室をアピールすることで地域社会との共生やより良い企業イメージを構築するという効果が期待できる。

## 4. トータルデザインの開発項目

監視制御室のトータルデザインでは、コンセプト策定からレイアウトデザイン、室内のインテリアデザイン、操作卓等の機器のデザイン、CRT画面のGUI(Graphical User Interface)デザインまで広範なデザイン開発を行っている。

### 4.1 レイアウトデザイン

作業環境としての運用性、運転員を中心とした発電所職員の作業動線、制御盤や大型監視盤(スクリーン)の視認性など、ヒューマンインタフェース技術を基盤としてレイアウト計画から実施設計までを行う。監視制御室のほか、日勤室、休養室、湯沸室、トイレ、階段等の周辺居室との関係など、フロア全体の計画から建屋全体の計画も含めたレイアウトが必要である。

レイアウトデザインはインテリアデザイン、機器デザインにつながり発展していく基本検討事項である。

### 4.2 インテリアデザイン

室内のインテリア検討では、空間の形状(床、壁、天井)、窓やドア等のスペース計画から、心理的影響の大きい色彩計画、照明計画、植栽の導入等きめ細かい配慮が必要である。

色彩は、単に室内の雰囲気や左右するだけでなく、そこで働く人々の感情、意志、行動にまで微妙に影響を与え、業務の運用性にも少なからず影響を及ぼす。トータルな色彩計画により、機能的かつ快適な業務環境が創出できる。

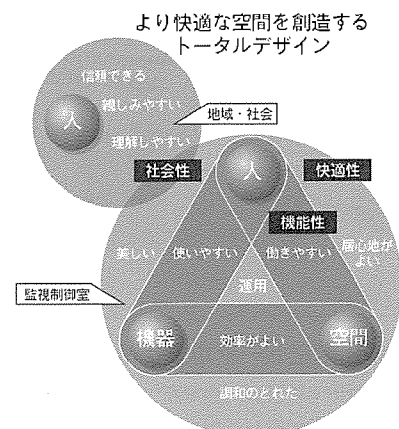


図1. トータルデザインの考え方

照明は快適な労働環境を作る重要な要素である。照明計画では、適正照度の確保やCRT等への映り込み防止はもとより、落ち着きや活気といった雰囲気作りにも配慮する。

#### 4.3 機器デザイン

監視制御業務の中心となる代表的な機器として、操作卓・制御盤・監視盤(大型スクリーン等)が挙げられる。人間の作業域や視覚域などのエルゴノミクス技術に基づく検討に加え、日常業務での利便性や疲労の軽減を目指したデザイン検討を実施する。運転員相互のコミュニケーション、十分な事務作業スペース、様々な作業姿勢に適合可能な操作卓やじゅう(什)器、肌合いを考慮した形状や素材などを考慮する。

#### 4.4 GUIデザイン

人間工学や認知心理学を基盤として、運転員の視点に立った見やすく分かりやすい制御監視システムのCRT画面を提供する。GUIデザインは、近年の運転の自動化、CRTオペレーション等の流れの中では特に重要である。人間の情報処理能力に配慮したデザイン設計がヒューマンエラー低減に大きく寄与する。

### 5. トータルデザインの開発手法

監視制御室トータルデザインで最も重要なことは、前提条件(システム構成、建築条件、業務運用形態など)や顧客要望を的確にとらえ、それらを実際の監視制御室空間として実現していくことにある。そのため、デザインの検討プロセスに応じ様々な調査・検証・評価を実施している(図2)。

以下に、その手法について述べる。

#### 5.1 既設発電所の現地調査

デザインの初期段階では、現地調査、既設発電所調査、客先インタビュー、アンケートの実施によって顧客要望を的確に把握する。得られた調査結果の集計・分析から、既設発電所や現状の問題点、改善対策、顧客ニーズを抽出し、デザイン設計要件を設定する。この設計要件をデザイン評価チェックリストとしてデザインプロセスの要所所でデザインの確認・評価に用いている。また同様の調査を監視

制御室の運転開始後にも行うことで、前後相互のデータを比較してデザイン効果を測定することも可能である。

#### 5.2 三次元コンピュータグラフィック(3D-CG)

デザイン検討段階では、顧客とのデザイン確認、情報共有のための表現手法として、3D-CGが効果的である。プロセスの段階に応じて簡易的な3D-CGモデルから詳細モデルまでを使い分けて、検討の効率を上げている。ただし、全体像やスケール感の把握にやや難があるため、中間段階での検討に用いることが多い。

#### 5.3 リアルスケール検討

操作性・視認性の検証や空間が人に与える心理的影響を確認するためにはリアルスケールによる検討が効果的である。当社のデザイン研究所では、監視制御室デザイン実験室を整備し、リアルスケールによる検証に活用している。平素から様々なヒューマンインタフェース実験を行い、ここで得たデータを実際のデザインに反映し、信頼性の高いデザインを実現している(図3、図4)

#### 5.4 スケールモデル検討(ミニチュアモデル)

デザイン最終段階では、監視制御室のスケールモデルによる最終検証が有効である。3D-CGに欠ける全体像やスケール感の確認ができ、CCDカメラを使えば実際の目線に近い臨場感のある検証も可能である。製作期間や費用面、修正が容易でないことから、最終デザインの確認に用いることが多い。最近ではCGで代用し省略する場合もある。

これらの調査、検証、評価手法により、信頼性と先進性

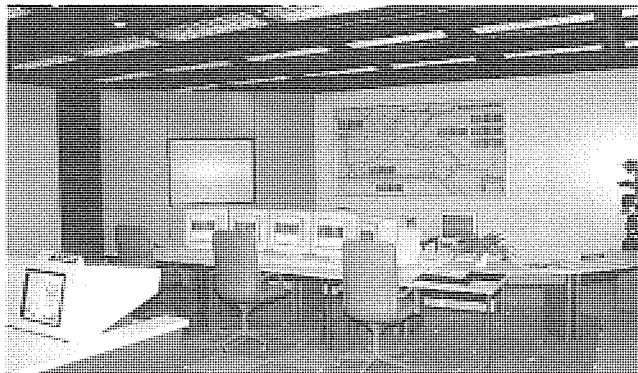


図3. 監視制御室デザイン実験室

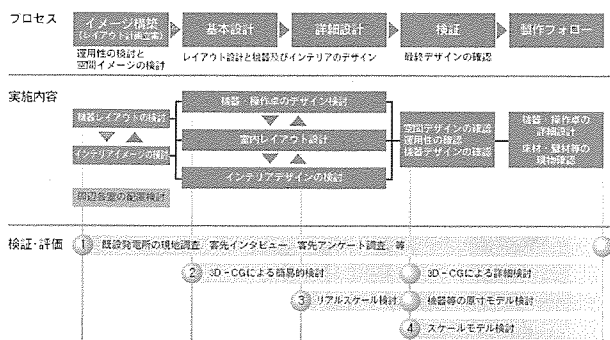


図2. トータルデザイン開発プロセス

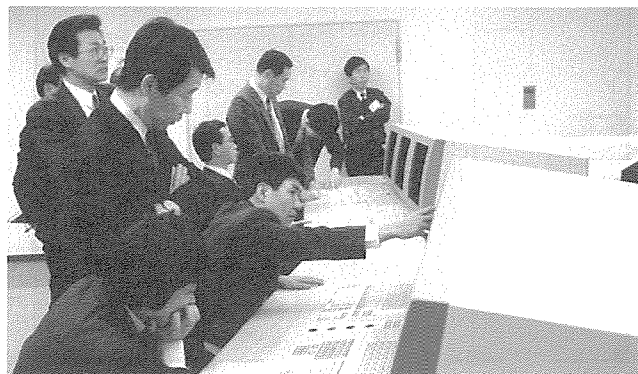


図4. リアルスケールによる検証の様相



に優れた顧客満足度の高い監視制御室デザインを実現している。

## 6. トータルデザインの開発事例

最近の火力発電所監視制御室のトータルデザイン開発事例を紹介する。監視制御室トータルデザインで最も重要なことは、それぞれの発電所における個別の条件に最適な監視制御室を実現していくことにある。

例えば、コンバインドサイクル発電所では、軸ごとの定期点検となり、同一室内同一エリアで営業運転と定期点検が混在するため、人の動線や運用形態に合わせた室内配置検討が必要となる。既設発電所の監視制御システム更新工事(近代化工事)の場合は、更新する機器と継続使用する機器の調和や室内の改築範囲・内容とシステムの整合をとることも重要である。

### 6.1 東京電力(株)南横浜火力発電所(図5, 図6)

#### (1) 工事内容

中操近代化工事で、旧中央操作室を残しながら別建屋にCRTオペレーションと大型スクリーンを採用した新中央操作室を増設。コンベンショナルプラント3ユニット/1中操室

#### (2) デザインテーマ

大型スクリーンやCRTオペレーション導入効果の最適化と日勤職場との一体化、社会に開かれた中央操作室の実現

#### (3) トータルデザインの特長

- 視認性、外光、見学者からの視線を考慮し、70イン

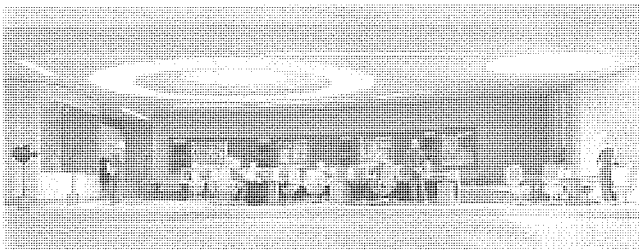


図5. 東京電力(株)南横浜火力発電所中央操作室

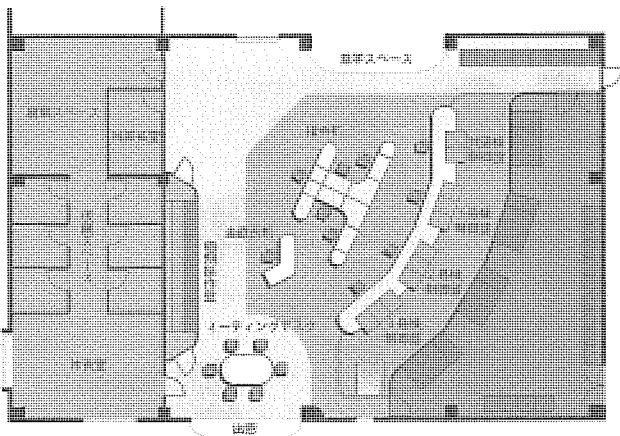


図6. 南横浜火力発電所中央操作室レイアウト

チ大型スクリーン4面・主制御盤を斜めに盤をレイアウト

- 屋外が見える出窓、見学者用出窓による開放性
- 休養室、仮眠室を中心にユーティリティスペース設計
- 機能性の追求から導いたシンボリックなサークル照明

### 6.2 東京電力(株)千葉火力発電所(図7, 図8)

#### (1) 工事内容

コンバインドサイクル発電所新設工事。2系列/1中操室

#### (2) デザインテーマ

定期点検エリアと制御エリアの機能分離の実現を明確にした中央操作室

#### (3) トータルデザインの特長

- 定期点検エリアと制御エリアを明確に機能分けした中操室
- 点検員の動線を考慮したレイアウト設計
- 110インチ3面の大型スクリーンの視認性を考慮した主制御盤のレイアウトデザイン

### 6.3 中部電力(株)川越火力発電所(図9, 図10)



図7. 東京電力(株)千葉火力発電所中央操作室

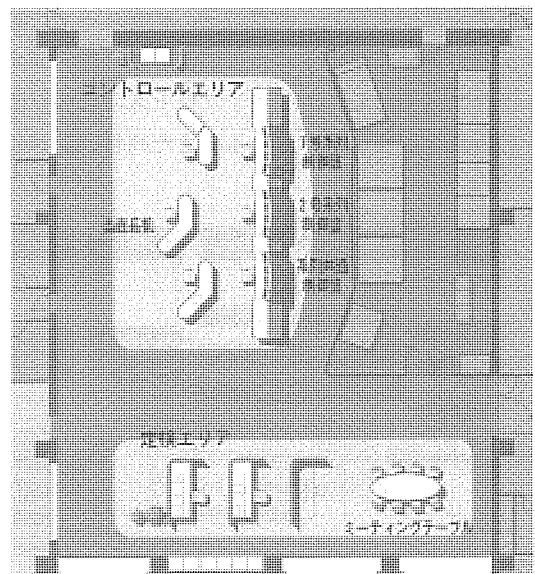


図8. 千葉火力発電所中央操作室レイアウト

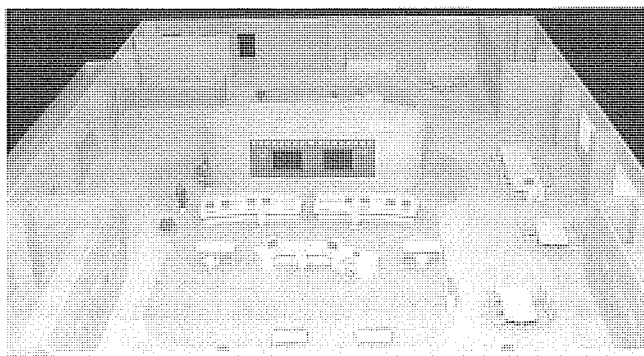


図9. 中部電力(株)川越火力発電所3・4号系列・LNG設備中央制御室

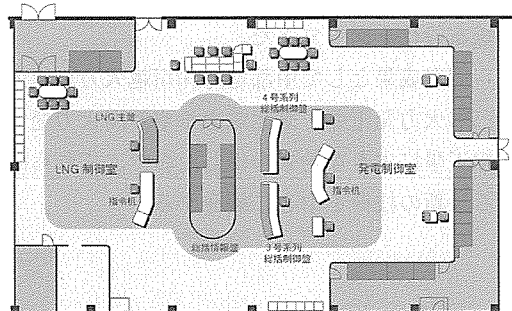


図10. 川越火力発電所3・4号系列・LNG設備中央制御室レイアウト

(1) 工事内容

コンバインドサイクル発電所新設工事。発電設備とLNG設備の制御室を一体化。2系列+LNG設備/1中制御室

(2) デザインテーマ

発電制御室とLNG制御室の一体化、営業運転/定期点検エリアの機能分離、機能性と快適性の両立

(3) トータルデザインの特長

- 各系列及びLNG設備の70インチ大型スクリーン(計3面)と各系列7軸分の各軸制御盤と総括制御盤及び指令機の配置
- 発電制御室とLNG制御室の一体化された開放性と二つの制御室の機能分離を両立した室内中央の総括情報盤

6.4 東北電力(株)東新潟火力発電所(図11, 図12)

(1) 工事内容

4号系列増設工事。既設3号系列中央制御室を拡張して4号系列を同一の中央制御室に追設。3号のボードオペレーションに対し4号はCRTオペレーションを採用。2系列/1中制室

(2) デザインテーマ

同一空間の既設3号ボードオペレーションタイプと増設4号系列との調和と連携を実現

(3) トータルデザインの特長

- 既設3号系列と増設4号系列の調和と連続性を考慮した70インチスクリーン2面・主制御デスクのレ

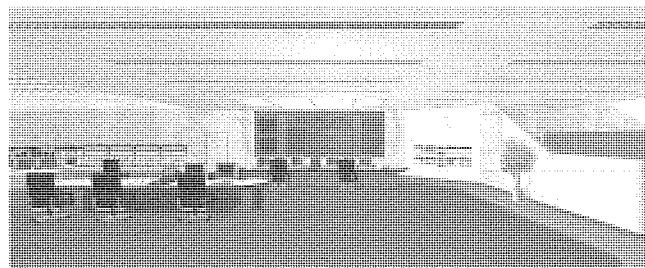


図11. 東北電力(株)東新潟火力発電所中央制御室

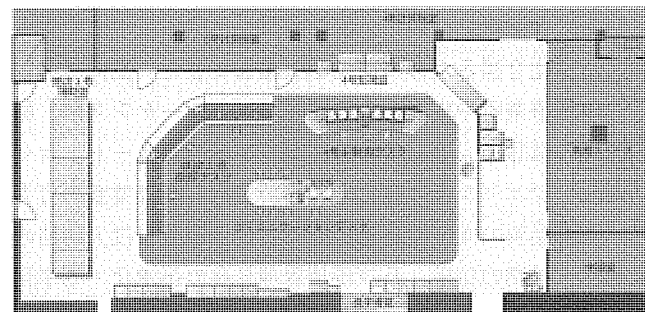


図12. 東新潟火力発電所中央制御室レイアウト

レイアウト設計

- コミュニケーションデスクを中心とした3・4号の連携
- 各オペレーションに的確な照明計画

7. 将来動向

トータルデザインの検討対象として今後予想されるテーマとして次のものが挙げられる。

- 女性に対する配慮
- 中高年又は高齢者への配慮
- 熟練運転員減少対策
- 新マンマシンインタフェース装置・新OA機器の導入・リプレース対策
- コストダウン(初期費用, 運転費用)
- 環境及び廃棄物対策

当社では、過去の実績と前述した様々な取組を基に新たなテーマへの対応を目指して研究・開発に取り組んでいる。顧客からの様々な要望に対し、先進性・信頼性の高い次世代の監視制御室トータルデザインの創造が可能であると信じている。

8. むすび

以上、火力発電設備の監視制御室トータルデザインの考え方・方法・事例を紹介した。当社は各発電所の設備や工事内容に適したトータルデザインの実績があり、今後もより機能的で快適な監視制御室の実現に役立っていきたいと考える。

最後に、開発に際してのご協力とともに本稿への掲載にご理解をいただいた東京電力(株)、中部電力(株)、東北電力(株)の関係者の方々に感謝の意を表する次第です。



# 配線工事における最新技術

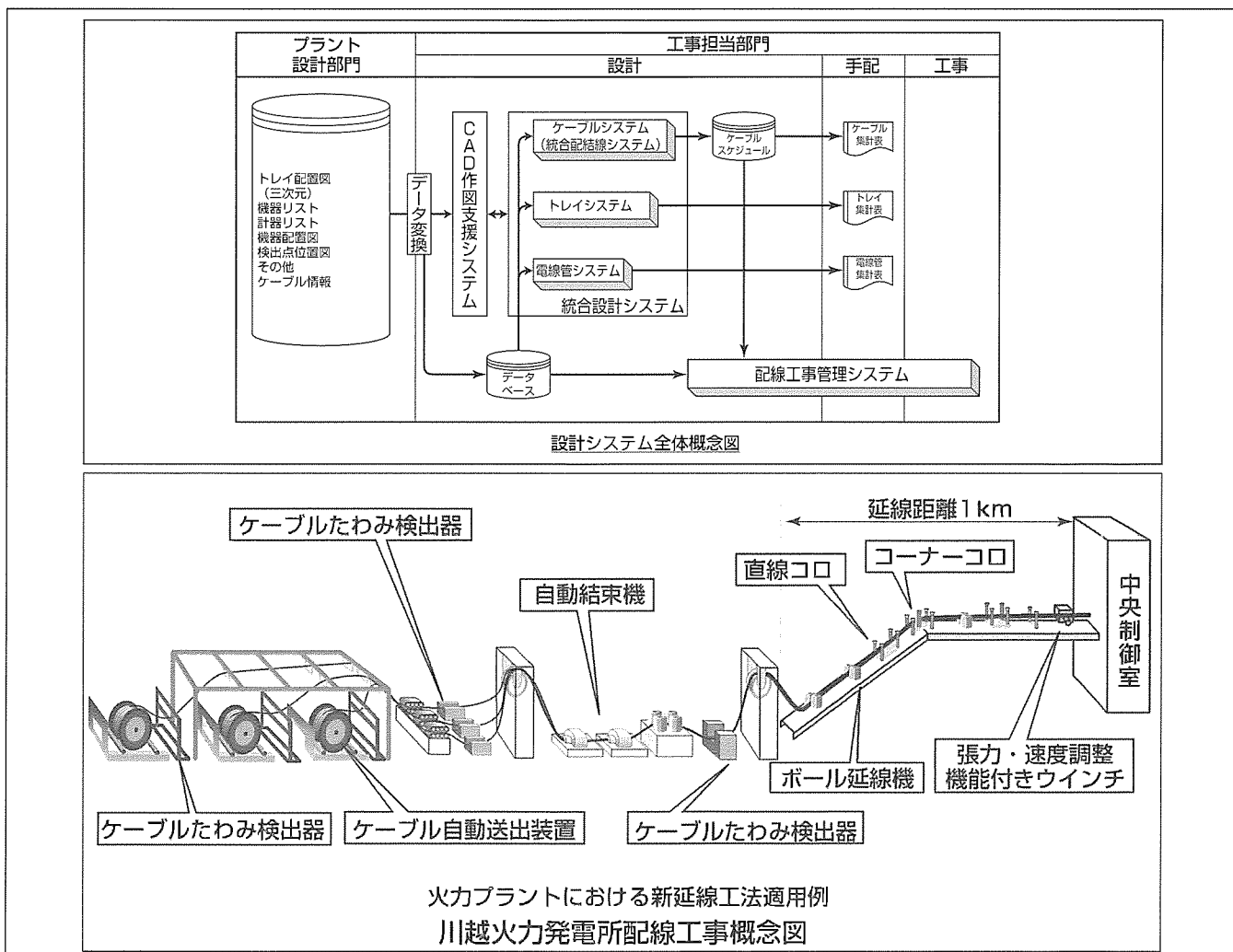
塚田光政\*  
佐藤 寛\*  
佐々木順一\*

## 要 旨

火力発電設備の電気関連工事で最も大きな工事量になっている配線工事について、配線設計から延線工事まで省力化と合理化を図るための開発を実施してきた。配線設計では、関連事業所や顧客から機器配置図、シーケンス図、結線図等の情報を入手して、施工図、ケーブルルート、ケーブルスケジュールを作成している。これら設計業務の省力化、設計品質の向上と最適設計による工事材料投入時期の最適化、工期の短縮、及び現地管理業務の迅速化・効率化、管理精度と品質の向上を図るため、CAD及びCAEの適用拡大にかかわる開発を実施してきた。

延線工事では、ウインチ方式引延線工法に始まり、ロープ式エンドレス延線工法、キャタピラ式延線機、ウインチ方式制御線多条引延線工法、ボール延線機制御線多条引延線工法と開発を進め、ケーブル布設工事の自動化・高速化・多線布設化を図ってきた。

これら開発成果として中部電力(株)川越火力発電所、中国電力(株)三隅火力発電所、東北電力(株)東新潟火力発電所などでの配線工事に大きな効果を出したので、これら配線工事における最新の技術を中心に紹介する。



## 設計システム及び配線工事概念図

工事期間の短縮、ケーブル等部材量の適正化及び工事品質の確保のために、プラント建設統括部内で関連事業所や顧客等、プラント設計部門からの情報を基に展開する配線工事設計・施工管理システムの概念図を示す。

このシステムは、多年の継続的な開発によって機能向上を図っており、①上流データ取り込みシステム、②作図支援システム、③統合設計システム、④配線工事管理システムの4システムを柱としている。

## 1. ま え が き

最近の火力プラントでは、運転・保守の自動化範囲の拡大に伴って配線工事物量が増大してきている。一方、客先ニーズとして工期短縮要求がある。このような状況に対し、火力プラントにおける配線工事合理化について1992年から全社的に本格的な検討を開始し、ケーブル物量低減を目的としたケーブル多心化を始めとする物量低減、及び延線・据付け工事省力化等の合理化を行った。これら合理化の中で取り組んできた配線工事の最新技術を紹介する。

## 2. 配線工事設計・施工管理システム

設計・工事期間の短縮、ケーブル材等の量の適正化、及び工事品質の確保を目的にシステム化を図った。主たる設計システムの流れは設計システム全体概念図に示すとおりである。

開発当初は各システム単位での構築を図ったが、その後、入力作業の改善(システムのシームレス化)及び大規模プラント(ケーブル本数2万本以上)でも適用可能にするなど機能改善を図り、今日に至っている。

### 2.1 統合設計システム

このシステムは、CADシステム上にケーブル布設・接続に関する配線工事設計機能を組み込み、主要材料であるケーブル、トレイ、電線管の材料集計を行うシステムであり、'92年から開発に着手し、以降、機能向上を図ってきた。

配線設計機能としては、アイソメ図(トレイ配線経路)情報とケーブル情報(From/To)を組み合わせ、最短のケーブル配線ルートを選定、配線長とその集計を行う。

システム構築当初は、データ入力負荷が大きいトレイ占積率を考慮せずに配線ルート選定を行い、実作業との差異が生じる等の課題があった。現在では、当社の電力・産業システム事業所のシーケンス情報を基に、ケーブル情報を

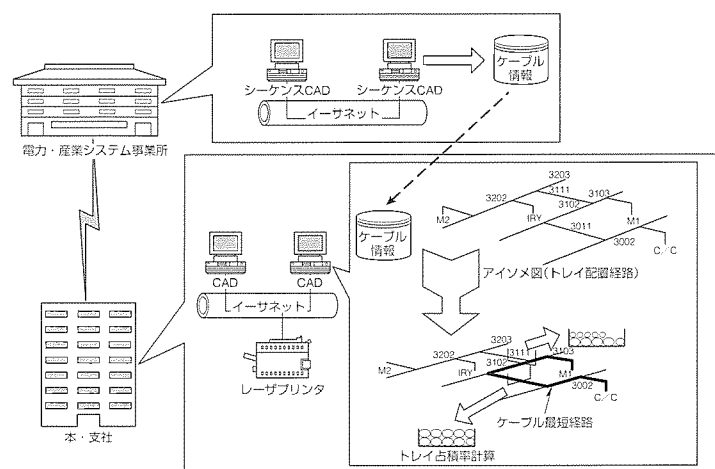


図1. 配線設計機能

電子データで取り込み、入力負荷の軽減を図るとともに、ケーブル配線ルートを選定ではトレイごとの占積率を考慮しながら0.32秒/ケーブル(1万本のケーブルを1時間以内)で処理が可能となり、設計時間の短縮を図った(図1)。

### 2.2 配線工事管理システム

このシステムは、ケーブル配線工事の進捗(捗)管理とドラム管理の正確化・簡素化・効率化を目的に、'82年開発以来、改良と機能強化によるシステムの充実を図った(図2)。

上位システムや周辺機器とのインタフェースの充実、データベース及び各種帳票類のフレキシブルな設計等により、入力作業の軽減、情報の有効活用(ケーブル札、マークチューブの自動作成)が可能であり、作業実績を一括管理することで試験工程との進捗調整も行える。

また、本・支社-現場事務所間のデータ通信により、設計・実績情報のタイムリーな相互授受が可能である。

## 3. ケーブル布設工事における新工法技術

ケーブル布設工事は、当社独自の延線工法技術の開発によって布設工事の機械化・省力化、及び3K職種の払しょく(拭)を図った。

図3にケーブル布設と開発延線工法の関係を示す。

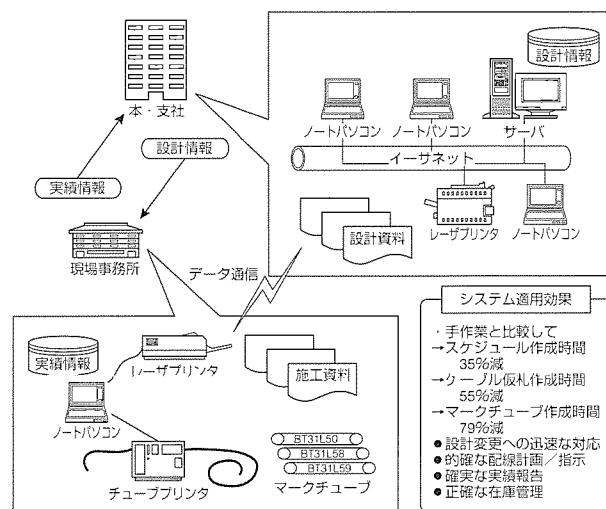


図2. 配線工事管理システム概要

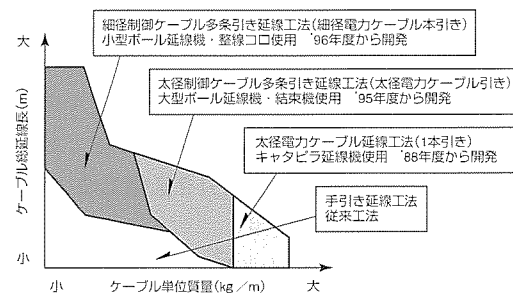


図3. ケーブル布設と開発延線工法との関係

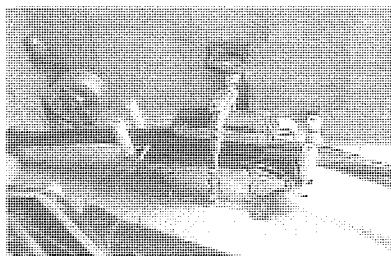


図4. キャタピラ式延線機の外観

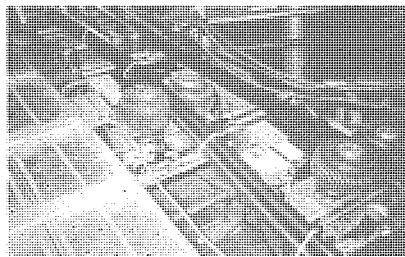


図5. 大型ボール延線機の外観

### 3.1 太径電力ケーブルの延線工法(キャタピラ延線機使用)

太径電力ケーブルは単位質量が重く手引き工法では延線作業が困難なため、以前からケーブル先端部をウインチで引く工法が採られてきた。ウインチでケーブル先端部を引くと自重による張力がケーブル自身に加わり、長距離のケーブル布設が困難であった。当社は、'88年度から、ケーブルを挟んで押し出すキャタピラ式延線機を布設ルートに配置する工法開発により、長距離の電力ケーブル布設を実現した。

'98年には、東北電力(株)東新潟火力発電所において、曲がり個所の多い埋設管路1.3kmにわたり6.6kV CVT 400sqトリプレックスケーブル(直径91mm, 14.1kg/m)の布設を行った。埋設管路ルートのマンホール内に配置した大型キャタピラ式延線機の外観を図4に示す。

### 3.2 太径制御ケーブル多条引き延線工法(大型ボール延線機使用)

'96年に、中部電力(株)川越火力発電所4号系列の中央制御室と発電設備との間約1kmにわたり、561本の太径制御ケーブルを多条引きする延線工法を開発導入し、従来工法の約半分の工期短縮と作業人工の大幅低減を達成した。

太径制御ケーブル多条引き延線工法は、ケーブル自動送出装置、自動結束機、大型ボール延線機、張力・速度調節機能付きウインチで構成されている。

複数の制御ケーブルをケーブル自動送出装置で送出し、自動結束機によって一定の間隔で複数ケーブルを一条に束ねた後、布設ルート上に設置した大型ボール延線機とルート先端に設けたウインチで延線し、最大10本のケーブルを7m/minのスピードで布設する能力がある。ケーブルトレイはすべて片持ちとし、ケーブルトレイの外側に大型ボール延線機を配置した。大型ボール延線機(図5)は、圧縮空気の入った2個の球状ボールでケーブルを挟み込み、ボールを回転させケーブルを押し出す装置である。

### 3.3 細径制御ケーブル多条引き延線工法(小型ボール延線機及び整線コロ使用)

ケーブル布設工事の大多数を占める細径制御ケーブルは従来は手引き工法領域であったが、同業他社に先駆けて細径制御ケーブル多条引き延線工法を開発し、'97年には中

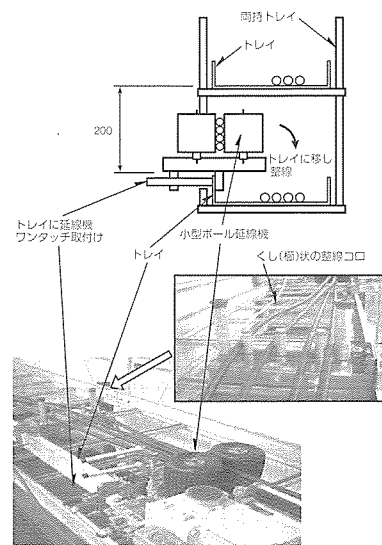


図6. 小型ボール延線機・整線コロの外観

国電力(株)二隅火力発電所で細径制御ケーブル多条引き延線工法を導入し、従来の手引き工法よりも大幅な作業人工削減に成功

した。細径制御ケーブル多条引き延線工法が導入できた理由として、下記が挙げられる。

- (1) 細径制御ケーブルは軽いため、手引きで2本15m/minの処理を、4本までの多条引きとし20m/min以上の処理ができるようにした。
- (2) 従来、制御ケーブル延線後、ケーブルトレイに整線作業を必要とする現場が多く、手引き延線を行っていた。今回、多条引きとしたときにケーブル相互にねじれ・よじれが生じないように整線コロを配置して整線作業が容易に行えるようにした。
- (3) 火力プラントでは両持ちケーブルトレイが多く、多段トレイでトレイ上下間が200mmと狭かった。このたび両持ちケーブルトレイの内側に小型ボール延線機及び整線コロ等の機材が取り付けられるように小型・軽量化した。
- (4) ケーブル布設1ルート当たりの布設長が短く、かつ1ルート当たりのケーブル本数が少なかったが、機材の取り付け/取外しの段取時間が短くできるように、延線機材のワンタッチ取付けを可能とした。

細径制御ケーブル多条引き延線工法は、ケーブル自動送出装置、布設ルート上に設置した圧縮空気の入った2個の円柱状のボールでケーブルを挟み込みボールを回転させることによってケーブルを送り出す小型ボール延線機(図6)、整線コロで構成されて、最大4本までの制御ケーブルを20m/min程度のスピードで布設可能である。

## 4. む す び

今後の火力プラントでは、工程・コスト面から見てますます配線工事に対する合理化が求められている状況にあり、工事物量削減と省力化が一層必要となる。今後とも新機能を加えた改良開発を継続する所存である。

# 経年火力発電所での 最新の監視・制御システム

土手内 巧\*  
武田和茂\*  
阿南義憲\*

## 要 旨

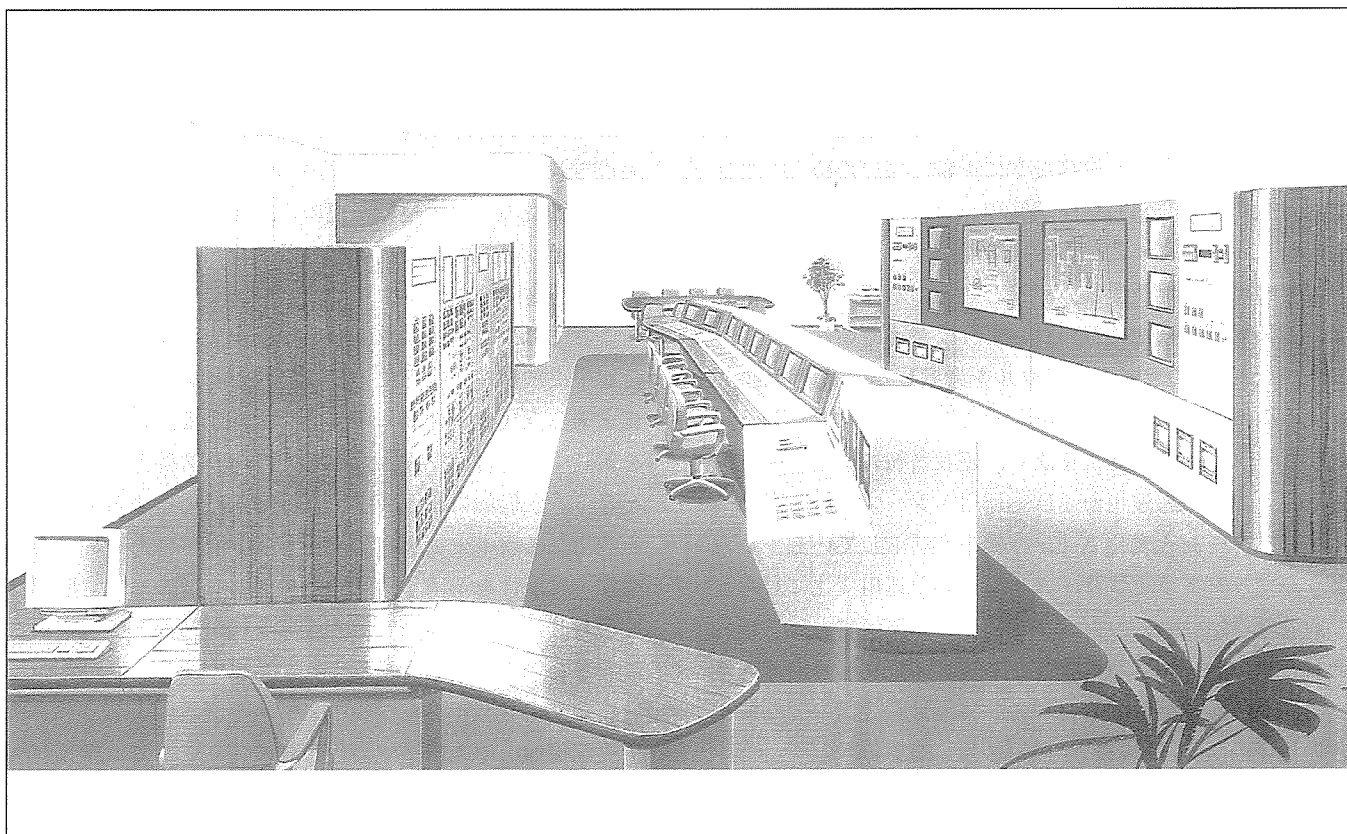
近年の火力発電設備は運開後15年を経過したユニットの割合が50%以上になっており、運転年数が経過するに従って建設当初のベースロード運用からDSS(Decision Support System)運用・シーズン火力運用へと運転パターンや稼働率の変化が生じている。また、規制緩和による定検インターバルの延長やプラントの延命化、職場環境の向上等の課題に対し、監視・制御システムとして以下に示す方策が必要である。

- (1) 中央制御室における運転・監視の高度化
- (2) 現場巡回から中央リモート監視
- (3) 省エネルギー・高効率化

## (4) 設備履歴情報管理

これらの課題に対し、三菱電機は最新の電子技術・ソフトウェア技術を駆使したシステムへの更新を提案しているが、重要なのは設備投資費用とその結果得られる効果(メリット)とのバランスである。

本稿では、複数ユニットの中央制御室を一か所に集中化し運転監視の共有化を行うことで省力化を図るシステムと、長期運転停止プラントにおける運転・監視の合理化及び共通付帯設備において分散した制御室を一か所に集中化したシステムの事例を紹介する。



## 中央制御室における運転監視の高度化

中央制御室の集中化システムデザイン例を示す。

## 1. ま え が き

運転後15年前後を経過した経年火力発電所においては、設備の有効利用が従来にも増して重要な課題である。信頼性を確保しながらプラントの延命化、DSS運用やシーズン火力への運転の多様化、定検インターバルの延長に対応するとともに、省力・省エネルギー化等のニーズを実現することが求められている。そのためには、プラントのライフサイクルを考慮した効率的な設備の近代化や、寿命診断・保守点検履歴を活用した適切な設備保全が必要である。

本稿では、最近の設備保全の動向と、経年発電所における運転監視の高度化と監視・制御の集中化システム事例を紹介する。

## 2. 設備保全の動向

近年、火力発電プラントでは、規制緩和によって事業環境が大きく変化しており、発電原価の引下げが今まで以上に求められている。経年火力発電所では、前述のように、運用形態の変化に加え、稼働率も低下の傾向を示している。

このような変化に対応して設備保全に求められる内容は、

- 電力の安定供給継続
- プラントのライフサイクルを考慮した設備近代化
- トータルメンテナンスコストの低減

がある。

### 2.1 電源の安定供給

電力の安定供給を継続することは、経年設備においても必ず(須)条件である。設備を常に正常に保つために、当社では、納入火力発電設備保全管理システム“MELRAP-T”を運用し、定期交換部品の交換時期管理、製造中止品の保守限界時点での更新提案、不適合対策の水平展開等の活動で、設備保全が適切に行われるように努めている。

### 2.2 プラントのライフサイクルを考慮した設備近代化

火力発電プラントは、運転年数を経るに従って新しい高効率プラントへその地位を譲り、建設当初のベースロード運用・ミドル火力運用からDSS運用・シーズン火力運用へと運転パターンを変化させ、稼働率も低下している。このようなプラントライフサイクルに応じた運用変化に対応して、設備は“一層の合理化”が求められ、運転省力化を目的とした複数中央制御室の集中化や遠隔監視化、長期運転停止中における運転監視の合理化、共通付帯設備の運転監視合理化等の“設備改善策”が採用されつつある。

### 2.3 トータルメンテナンスコストの低減

昨今の厳しい経済情勢下、設備保全も予防保全から事後保全へと移る傾向にある。プラントの寿命をあらかじめ想定して各機器の保守点検履歴、寿命診断、プラントの運用計画を考慮したトータルメンテナンスコストの低減が可能な設備改善が重要課題であり、これを実現するため、機器

の保守点検履歴、寿命診断、傾向データをベースとした機器の更新計画等を盛り込んだ設備管理システムが求められている。

## 3. 経年火力発電所における最新の監視・制御システム

経年火力発電所を取り巻く環境の変化に伴い、監視・制御システムに対しては、運転員の少人数化及び業務の効率化等を実現できるシステムへの改善ニーズが出ている。

最近の主なニーズとして、

- 中央制御室における運転監視の高度化
- 低稼働発電所に対する運転監視の合理化
- 共通付帯設備等における運転監視の統合化

がある。

以下に、経年火力発電所の最新の監視・制御システム技術について述べる。

### 3.1 中央制御室における運転監視の高度化

最近の新設火力発電所は、少人数運転可能な運転監視システムを導入し、発電トータルコスト低減を図っている。

一方、経年火力発電所では、多人数で運転する前提で製作された大型盤の度重なる改造で監視・操作性の低下が起こっており、設備更新で追加された監視機器類で中央制御室の居住性も低下している。したがって、経年火力発電所では、低稼働にもかかわらず運転員の大幅な削減には至らず、発電トータルコストは低減できないケースが多い。

最近経年火力発電所では、設備投入コストに対しその結果得られる発電コスト等効果のバランスを考慮しながら、中央制御盤の改善、運転監視の高度化・省力化を基本とし、少人数運転可能な中央制御室の近代化・集中化を導入することで発電トータルコスト削減に努めている。

ここでは、複数ユニットの運転監視を一か所に集中化した新中央制御室で行うことで、当社が提案した運転の効率化を図る近代化システムの事例を紹介する。新中央制御棟を新設する場合は、投入コストとスペース確保がポイントとなる。一般的には既設中央制御室又は隣接するスペースを利用して新中央制御室にするが、制限された条件下で快適性・機能性を追求するためには機器レイアウト、照明等を含む制御室のトータルデザインを検討し、運転監視などに問題ないことを確認することも重要である。

また、信号ケーブルが集中している既設中央制御盤を新中央制御盤の中継端子盤の代わりに使うことで、投入コストの削減が可能である。既設中央制御盤機能、ケーブル処理方法、継電器室等の現状調査を行い、最も効率的な工事工法を選択する必要がある。

システム提案例及び中央制御室レイアウトデザイン例を図1及び図2に示す。

このシステム提案例では、3ユニット/1中央制御室と

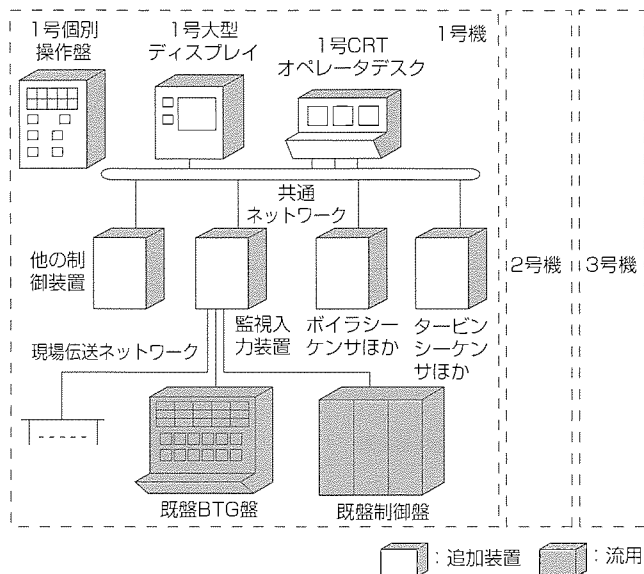


図1. 中央制御室集中化システム提案例

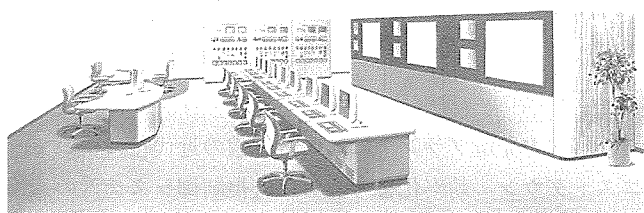


図2. 中央制御室レイアウトデザイン例

し、操作/監視を集中するCRTオペレーションデスク、監視の共有化を図る大型ディスプレイ、及び保安機器等の操作器と監視計器類を取り付けた個別操作盤を設置している。

継電器室には、ボイラ/タービン用制御装置、ボイラ/タービン共用監視入力装置などを集約化し、設備コストに見合うシンプルなシステム構成を考えている。

この制御システム構成は、コンパクトな分散型システムを採用し、信頼性及び拡張性を持たせている。

### 3.2 長期運転停止における運転監視の合理化

ピーク負荷対応で低稼働率高発電コストの発電ユニットを対象に、運転停止期間の長期化へと運用が変化し、“長期運転停止における運転監視の合理化”のニーズが出てきた。

長期停止中の操作/監視項目には以下がある。

- 共通設備の操作/監視/警報
- 受電系統の操作/監視/警報
- 侵入監視
- 防災監視

停止中にも監視が必要な共通設備及び受電系統について

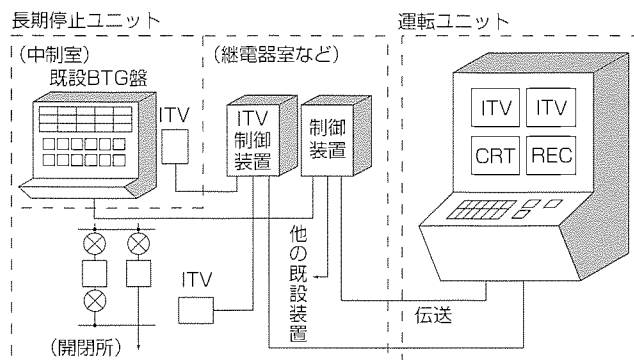


図3. 共用設備/送電系統の操作/監視/警報システム例

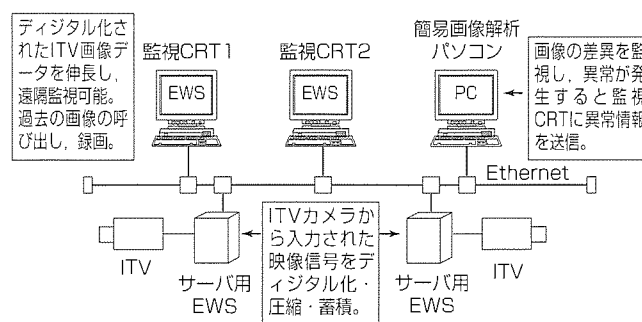


図4. 侵入監視システム例

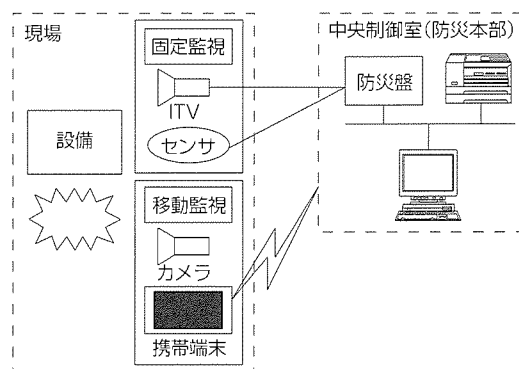


図5. 防災システム例

は、操作/監視に必要な項目を集約して稼働しているユニットに伝送し、遠隔操作/監視することで監視負荷の削減を図ることが可能である。停止中の制御盤にある警報灯等の計器をITVで監視すれば経済的にシステムを構成できる。図3に共通設備/送電系統の操作/監視/警報システム例を示す。

なお、図4に侵入監視システム例、図5に防災システム例を示す。

少ない要員で設備の監視や保安を確保するには、侵入監視システムを導入することで現場パトロールや監視の負荷軽減が図れる。

このシステムは、ITV映像情報を簡易画像処理して、人

の通過や火災等の通常映像と異なる状態を検出し、監視員への報知や異常画像の自動録画等の機能を設けて効率アップを図ったものである。

防災監視は、発電所の稼働率によらずITVやセンサで構成した監視システムが用いられている。ITVの小型化や構内通信網での映像伝送で、映像での監視が多用されている。異常発生時には、ハンディなITVと携帯端末及びPHS等の無線通信網を利用した現場映像監視も実用可能になっている。

以上の監視システムは、当然、稼働中の発電ユニットに対しても有効なものである。停止中のユニット監視への適用においては、既存設備を有効に活用しながら効率的に省力化可能なシステムを実現することが重要である。

### 3.3 共通付帯設備等の運転監視合理化

経年火力発電所の共通付帯設備運転監視は、ローカル制御室と中央制御室で分担している。さらに複数ユニットにまたがる共通設備のため、設備を起動/停止するには他の中央制御室でユニットの運転状況を確認しながら操作することになり、非効率であるのが現状である。

この対策として、共通設備の運転監視に必要な信号を共通ネットワークに乗せることで、中央制御室に設置した操作監視端末に集約することが可能になり、省力化とヒューマンエラーの防止が図れる。複数中央制御室の場合、端末を各々設置することで、情報の共有化が図れる。

共通設備運転監視集中化システム例を図6に示す。このシステム例は、3中央制御室に運転監視用CRTを各1台設置し、継電器室等に設置したサーバと共通設備の制御装置間をオープン化されたネットワークで結合している。

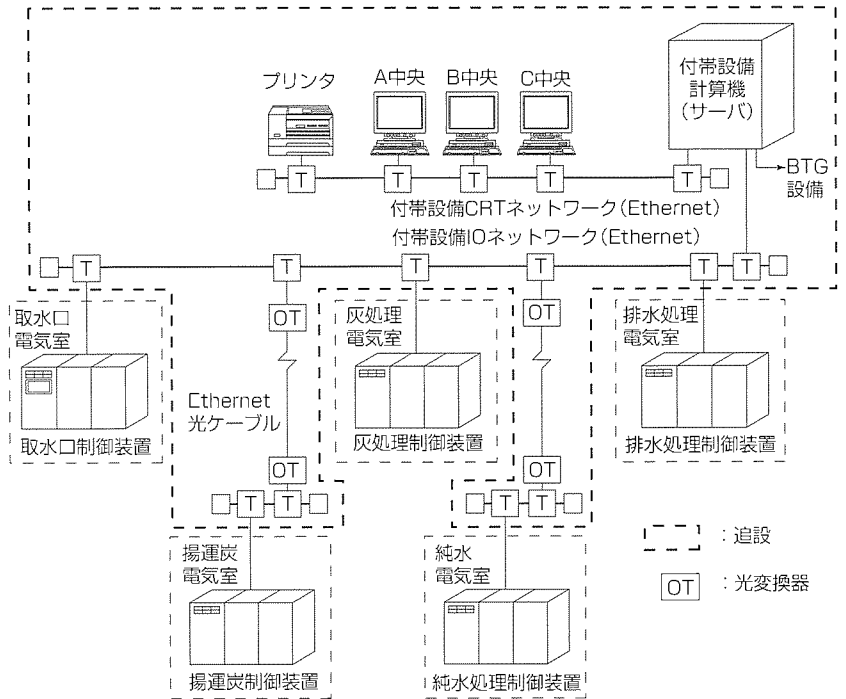


図6. 共通設備運転集中化システム例

## 4. むすび

経年火力発電プラントにおける設備の近代化について、コストダウン/効率化を考慮した監視制御システムの適用例、運用コスト削減に寄与するシステム技術などについて当社の対応事例を紹介した。

経年発電設備の保全や高度化は、信頼性を確保した上で設備のライフサイクルとトータルメンテナンスコスト低減を考慮したものとする必要があり、今後も、これらの条件を満たしながら、既設設備の有効活用と最新のシステム技術を適用して、一つ一つの火力発電所の現状とお客様の御要求に応じて、最適の設備の近代化・高度化を進めていく所存である。



# 中国電力(株)三隅発電所 第1号機の概要と適用技術

百地照雄\*

## 要旨

我が国での電力供給はクリーンで安定なエネルギー源としての役割に加えて省エネルギー・省資源による経済性の追求及び一層の環境適合性が要求されており、国内の火力発電分野では、このニーズから高効率コンバインドサイクル発電と大型の石炭火力を中心とした商談が活発である。

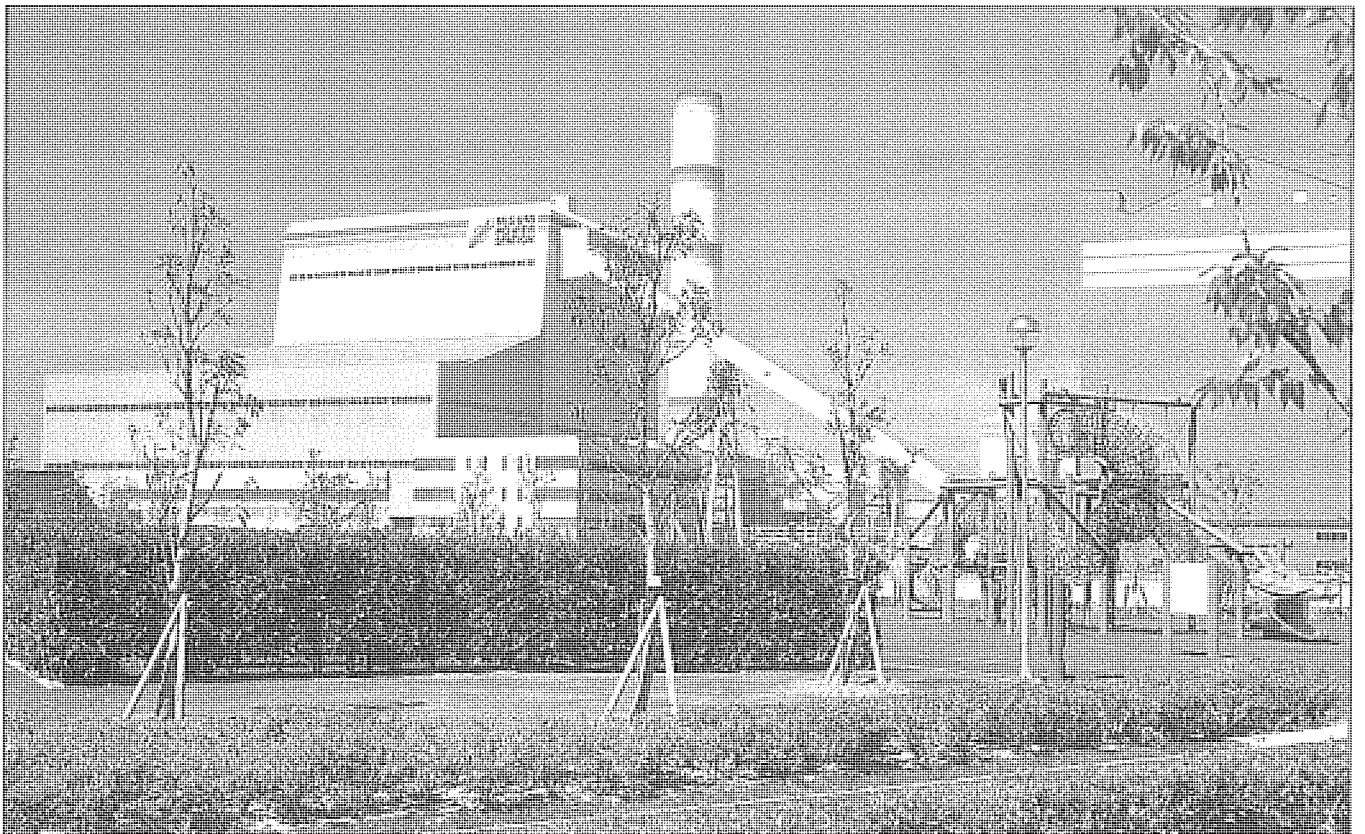
大型石炭火力としての三菱電機の最新実績では、中国電力(株)三隅発電所第1号機に単機出力100万kWクロスコンパウンド機の発電設備を納めている。

このプラントは1995年1月に着工し '98年6月に営業運転を開始した熱効率43%保証性能を持った高効率発電プラ

ントであり、そのために当社は高効率の固定子水冷却発電機の採用を行い、さらに、少人数監視化・省スペース化対応として、監視・制御において、電気設備を含めた全面的なCRTオペレーション方式を採用した。

これらの技術と数々の合理化・改善技術は、現在計画中の電源開発(株)橋湾火力発電所第2号機に引き継がれ、当社の大型の石炭火力向けの技術基盤を構築するものである。

本稿では、三隅発電所の概要と各電気設備で採用した改善技術について述べる。



中国電力(株)三隅発電所第1号機

写真は正面ゲート右側にあるふれあい広場から見た全景である。

正面の煙突左側の建物がボイラ建屋、その前面の幅の広い建屋がタービン建屋、煙突の手前が事務室と中央制御室及び屋外制御室が統合された管理棟であり、煙突右側に見えるのが世界初の大型鋼製角型集合石炭サイロである。

### 1. ま え が き

1998年6月25日に、単機容量では中国電力管内のみならず国内火力最大級となる出力100万kW石炭専焼クロスコンパウンド機の三隅発電所第1号機が営業運転を開始した。

三隅発電所は島根県那賀郡三隅町にあり、“水澄みの里”と呼ばれるように、海、山、川と大自然の恵みが伺える山紫水明の地に最新の環境調和と保全対策設備を備え、ふれあいホール、テニスコート、ふれあい広場等も兼ね備えた地域に密着した発電設備である。

このプラントは、中央制御室に大型スクリーンを備え、CRTオペレーションを全面的に採用し、デジタル制御装置による制御ロジックのソフトウェア化を最大限に駆使した最新鋭の火力発電設備である。

また、納入した設備は、発電主要設備から各種付帯設備まで広範囲に及び、当社の技術が集約されたプラントである。

本稿では、この三隅発電所第1号機について、その概要や採用した改善技術等について述べる。

### 2. 発電プラント仕様・工程概要

表1に主要設備の仕様概要を、表2に建設工程概要を示す。

### 3. 納入設備

表1. 主要設備の仕様概要

主機設備	タービン	容量：1,000MW 回転数：3,600/1,800 r/min 蒸気条件：(タービン入口蒸気圧力)24.5MPa (タービン入口蒸気温度)600℃
	ボイラ	容量：2,900 t/h
電気設備	発電機	一次 657MVA, 22 kV, 3,600 r/min
		二次 474MVA, 22 kV, 1,800 r/min
	主変圧器	1,050MVA, 220/21.4 kV, 導油風冷式
	GIS	240 kV 全三相一括形
	非常用予備発電装置	2,000PS, 1,800 r/min, 1,600 kVA, 6.9 kV

表2. 建設工程概要

主要工程	1995年	1996年	1997年	1998年
1号機着工 (本館くい(杭)打ち)	▼1/12			
ボイラ立柱	9/13▼			
発電機オンベース		11/24, 29▼		
主変圧器オンベース			▼4/14	
受電			▼6/30	
通水			▼7/23	
石炭船初入港			9/22▼	
ボイラ点火			10/16▼	
タービン通気			12/1▼	
発電機並列			12/8▼	
定格負荷運転				▼1/9
負荷遮断試験				▼1/16
使用前検査				▼6/22~
営業運転開始				▼6/25

ボイラ、タービン・発電機を始めとする主要設備については三菱重工業㈱と当社で納めた。

図1に主要設備の構内配置を、表3に当社の納入設備を示す。

### 4. 発電機、変圧器、GIS設備

#### 4.1 発電機及び関連設備

発電機は効率99%を保証するために一次発電機、二次発電機共に固定子水冷却方式を採用し、固定子冷却水装置は1台で一次・二次発電機を兼用した。さらに、密封油処理装置も1台で兼用し、発電機下部の省スペース化を図った。

また、発電機補機現場盤は、プラント全体の操作・監視基本方針に従い、操作・監視をCRTオペレーションに集約することがオペレータの運転監視性の向上が図れるため、次の現場盤を省略した。

- 発電機水素ガス・密封油制御盤
- 発電機固定子冷却水制御盤
- IPB冷却装置盤

これらにより、従来では発電機補機・現場盤が集中し混雑する発電機下部1FL面スペースでの補機メンテナンス性が向上した(図2)。

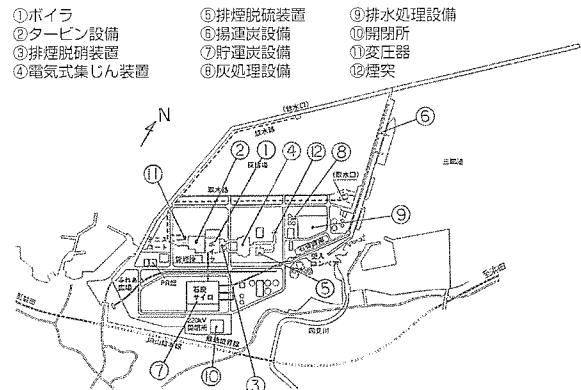


図1. 主要設備の構内配置

表3. 当社の納入設備

当社 主要 納入 設備	発電機及び付属装置
	GMCS(離相母線)
	電動機
	大型スクリーン
	監視・制御装置
	保護継電器
	ユニット計算機
	制御用空調設備
	主変圧器
	起動変圧器
	ガス絶縁開閉装置(GIS)
	配電盤(M/C, L/C, C/C, 分電盤)
	監視ITV設備
	無線ページング装置
保守員位置検出装置	
PR館映像装置	
エレベーター	

## 4.2 変圧器

起動変圧器の冷却能力の向上による設備合理化として、従来の小風量形多数設置冷却ファンに代わって大風量形少数設置冷却ファンを採用し、放熱器と冷却ファン台数削減、補機損の低減、保守・点検の簡素化を図った

## 4.3 240kV GIS

工事期間短縮及び省スペース化を考慮して全三相一括形GISを採用した(図3)。

## 5. 監視制御設備

このプラントでは、従来からボイラ/タービンの計装・制御の分野で採用していたCRTオペレーションによる操作・監視、制御ロジックのソフトウェア化を、発電機及び電気関係遮断器の操作・制御の領域にも適用拡大を図り、新しい制御方式を実現した。

その内容は、電気関係遮断器の全面CRTオペレーションの採用及び制御ロジックのソフトウェア化であり、以下にその概要を述べる。

### (1) 基本方針

- (a) CRTオペレーションを全面的に採用して、監視の集中化、操作性の向上を図った。
- (b) 万一のCRTオペレーション故障時に備え、バックアップとしてマスタスイッチ(ハードスイッチ)及び電気系統監視盤による遮断器・母線の状態監視を可能とした。
- (c) 保護回路は従来と同様のハードワイヤード回路によってインタロックを構成した。

### (2) CRTオペレーション適用対象遮断器

従来、中央制御盤及び現場(M/C, L/C)で操作していた遮断器を、同期検定入り/切り回路を含めCRTオペレーション対象とした。

- 220kV送電線遮断器・断路器
- 起変遮断器
- M/C, L/C受電遮断器(所内, 共通)
- M/C, L/C母線連絡遮断器
- 動変遮断器(所内, 共通)
- M/C, L/Cフィーダ(所内, 共通)
- 界磁遮断器

### (3) CRTオペレーションの操作について

- (a) CRTのメニュー画面選択スイッチによる電気系統画面又は操作対象遮断器の一覧表の呼び出し
- (b) 電気系統画面又は一覧表から対象遮断器を選択する

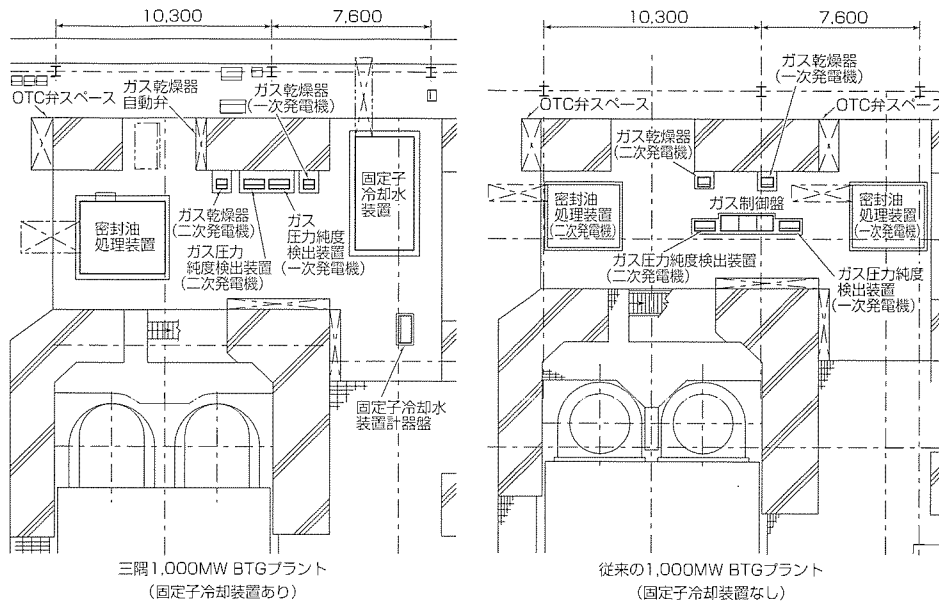


図2. 発電機下部1FL面での従来プラントとの配置比較

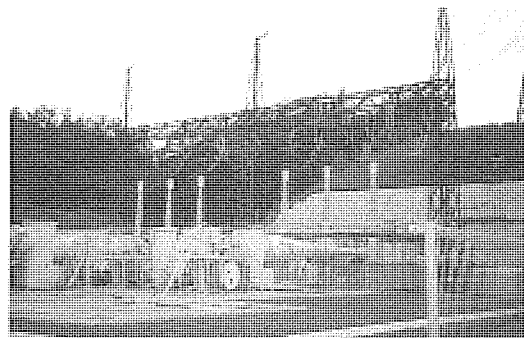


図3. 全三相一括形GIS

ことによる操作フレームの表示

- (c) 操作フレームのうち、入り/切りどちらかを選択後、ハード操作スイッチ(キーボード)による実行
- (4) 定例操作の自動化

CRTオペレーションによってオペレータが運転状態とプラント状態を見て任意に操作可能なことはもとより、運転支援システムからの指令を受けての自動的に定例操作が可能とした。

- 非常用密封油ポンプ自動起動テスト
- IPB冷却ファン切換え
- ガス乾燥器再活性
- 固定子冷却ポンプ切換え
- 純度更新
- 並列時の主変断路器操作(マスタ化)

### (5) システム構成

CRTオペレーション装置は、オペレーションコンソールに4台(図4)、BTG補助盤に2台、共通補助盤に1台の計7台で操作・監視を実施し、制御ロジックはユニット関係の遮断器をタービンシーケンス制御装置で、共通関係



図4. 中央制御室内(100インチ大型スクリーン採用)

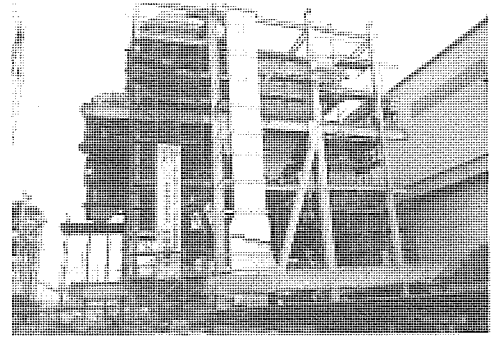


図6. ボイラモジュール(手前がケーブルシャフト)

表4. 遮断器の操作・監視機能区分

対象遮断器	該当CRT(操作・監視)	該当制御装置(制御ロジック)
220kV送電線遮断器	共通CRT	共通制御装置
起変遮断器	共通CRT	共通制御装置
共通M/C, L/C	共通CRT	共通制御装置
1号所内M/C, L/C	1号ユニットCRT	1号タービンシーケンス制御装置
界磁遮断器	1号ユニットCRT	1号タービンシーケンス制御装置

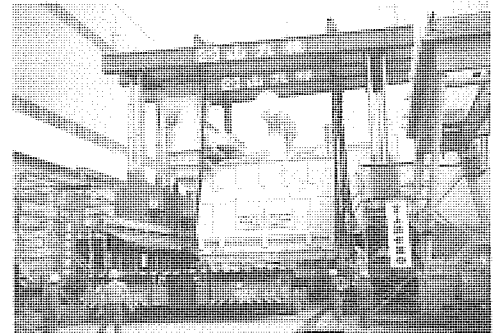


図7. 主変圧器据付け面でのオンベース状況

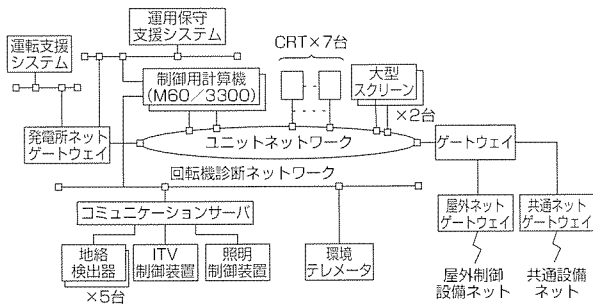


図5. 計算機システム構成

の遮断器を共通制御装置内で構成した。対象遮断器の操作・監視は表4のように機能分割した。

(6) 制御ロジックソフトウェア化の範囲

- 従来ハードスイッチによって操作していた遮断器の基本操作(入り/切り指令)回路
- 従来ハードワイヤード回路によって構成していた所内母線切換回路

6. 計算機設備

このプラントの制御計算機はRISCアーキテクチャのCPUを使用したホストマンマシンの分散型であるM60/3300を採用し、監視制御操作の応答性向上を図った。図5に計算機システム構成の概略を示すが、制御計算機によって回転機診断、コミュニケーションサーバ、運用保守支援、運転支援等のシステム監視も行った。

7. 据付け・配線工事工法

工事工法は以下の3点の改善を図った。

(1) ケーブル多心化

制御室及び現場全区域の双方にケーブル中継端子盤を配置し、多心化によってケーブル総長を削減した。

(2) ボイラモジュール工法

ボイラは、三菱重工業(株)が工場ブロック化して製作することで、現地工事との平行作業による工期短縮及び現地高所作業の低減を図った。

当社もこのブロック工法に参画し、ケーブルトレイ約61トンを工場内で組み込むことで、高所作業を低減し安全性の向上を図ることができた(図6)。

(3) 変圧器の据付け工法

据付けに対しては、コロ引きによる従来工法からトレーラによる搬入とつり(吊)上げ装置による変圧器のオンベースを実施し、工期短縮を図った(図7)。

8. むすび

当社の中国電力(株)への火力プラントの納入は、出力50万kWタンデム機の岩国3号機(1981年9月営業運転開始)以来17年ぶりであった。大容量最新鋭火力プラントを完成させることができたのは、三菱重工業(株)を始め、グループ各社の安定した技術基盤や営業の努力及び客先のご指導とご支援のたまものとする。



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

## プラント監視装置 (特許 第2094070号, 特公平8-14764号)

発明者 上住好章, 高橋 勇, 須山 勉

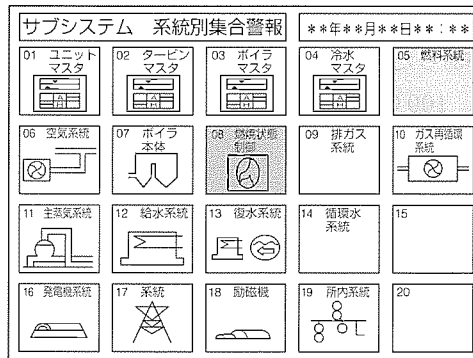
この発明は、CRTオペレーション(CRTを用いた運転操作)を使用してプロセスの運転状態を監視するプラント監視装置に関するものである。

従来は、CRTオペレーションにおける画面展開の基礎としてタグナンバーやグループ名を集合表示したオーバービュー画面が用いられてきたが、タグナンバー数の増大に伴い、プロセス全体のふかん(俯瞰)というオーバービュー画面の機能の機動性が低下するという問題があった。

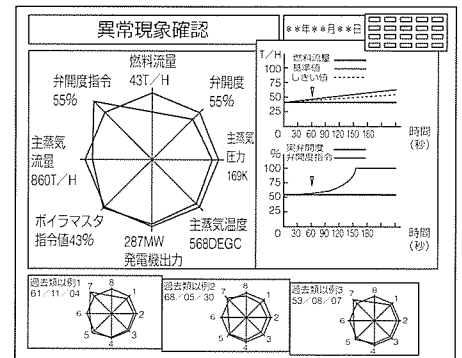
この発明は、このような問題点を解決するためになされたものである。図はこの発明による実施例を示す。プロセスデータとしきい(閾)値に基づく知識情報処理等によって異常を判定した場合に、判定結果を系統ごとにまとめてオーバービュー画面上の区画表示された系統を表すシンボル画を表示した小ウィンドウの表示色を緑色から黄色、オレンジ色、赤色と順次色替えることによってオペレータに注意を促す。さらに次ステップの詳細画面では、詳細確認用

データの表示とともにオーバービュー画面を縮小簡略化した小ウィンドウ画面をオーバーラップ表示することにより、現在表示中のデータ画面がどの系統のものを容易に知ることができるようにした。

以上のように区分された系統を表すシンボル画を表示するオーバービュー画面表示方式において、画面展開された詳細データ表示画面の一部に展開前の縮小オーバービュー画面を設けたことにより、現在表示されている詳細データ表示画面がプラントのどの部分の詳細データか一目で分かるようになり、より機動的なマンマシンインタフェースを持つプラント監視装置が得られる効果がある。



オーバービュー画面



詳細データ表示画面

## 電力系統安定化装置 (特許 第1745745号, 特公平4-35975号)

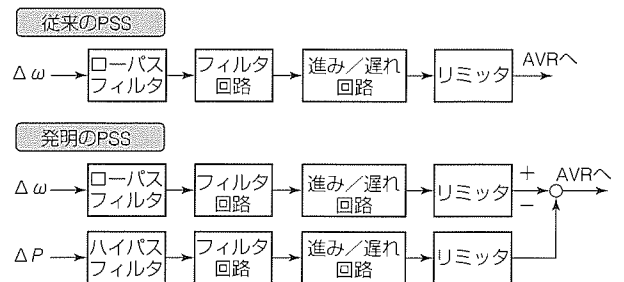
発明者 石黒富士雄

この発明は、励磁制御装置に設けられ系統事故などによって発生する電力動揺の減衰を速めるための電力系統安定化装置(PSS)に関するものである。

従来のPSSは、発電機回転子の回転数偏差( $\Delta\omega$ )又は発電機出力偏差( $\Delta P$ )を入力信号としていた。図のような $\Delta\omega$ を入力信号とするPSSでは、ゲインが高くなる周波数の高い領域において、PSSの入力信号に含まれるノイズやタービンと発電機との間の軸系ねじり振動(5~30Hz)の影響を除去するためのローパスフィルタを設けているが、そのカットオフ周波数が高ければノイズの影響が残り、低ければ期待する電力動揺抑制効果が得られないという問題点があった。

この発明では、ローパスフィルタを通した $\Delta\omega$ を入力とするPSSの出力からハイパスフィルタを通した $\Delta P$ を入力

とするPSSの出力を差し引いて新しいPSSの出力とするようにPSSを構成したので、PSSの入力信号に含まれるノイズや軸系ねじり振動の影響を受けることがなく、また安定度を最大限に向上できるという効果が得られる。このPSSは、約10プラントに納入されるなど、多数の実施実績が上がっている。





# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

## 測温抵抗体入力装置

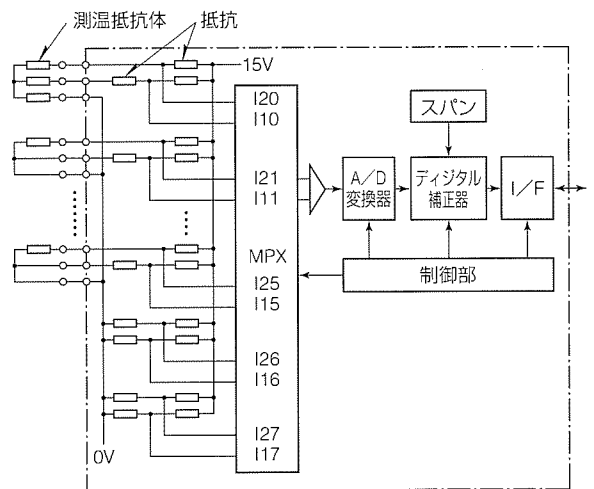
(特許 第1654557号, 特公平3-13535号)

発明者 江上憲位

この発明は、ブリッジ回路で測温抵抗体の抵抗値変化を電圧変化に変え、増幅後デジタル値に変換して取り込む装置において、既知の2種類の温度に相当する抵抗値のブリッジ回路を準備し、その二つのブリッジ回路のデジタル変換値を使って計測値に補正をかけるようにしたことで、安価で高精度な測温抵抗体入力装置を得ることを可能としている。通常、アナログ回路では、温度変化や経年変化により、電源電圧や増幅回路のオフセット値、ゲイン値は変動する。従来の測温抵抗体入力装置では、ブリッジ回路に供給する電源電圧の変動や増幅回路のオフセット値、ゲイン値の変動に対し補正をかける手段を保有していなかった。そのため、温度変動や経年変化に対し精度が悪化したり、逆に高精度を実現しようとした場合、高精度な部品を選定する必要が生じ、高価格になるという欠点があった。

この発明では、2種類の温度(例えば0℃, 100℃)に相当する抵抗値のブリッジ回路を二つ準備し、マルチプレクサで切り換えて測定用ブリッジ回路と同じ増幅回路に取り込み、アナログ/デジタル変換し、既知の二つのブリッジ回路のデジタル変換値を使って、測定対象に対し補正をかけるようにした。そのため、ブリッジ回路に供給する

電源電圧が変動しても、また温度等で増幅回路のオフセット値やゲイン値の変動があっても、2種類の温度に相当するブリッジ回路のバランス変動を小さくなるように設計すれば、高精度に補正することが可能となる。ブリッジ回路には抵抗しか用いないため、安価に高精度を実現することは容易である。以上のように、この発明により、安価で高精度な測温抵抗体入力装置を得ることが可能となる。



### <次号予定> 三菱電機技報 Vol.73 No.7 “パワーエレクトロニクス/光・マイクロ波デバイス”

#### 特集論文

- パワーエレクトロニクス新世代の幕開け
- パワーエレクトロニクスの現状と展望
- 高耐圧・大容量パワーデバイスの技術動向
- 電力系統用パワーエレクトロニクス機器
- 鉄鋼プラント用可変速ドライブシステム
- 鉄道車両用3.3kV HVIPMインバータ

- 省エネルギー高圧インバータ“MELTRAC-F500HVシリーズ”
- エレベーター駆動制御システム
- 汎用モータリング機能を搭載した中大容量UPS
- 光・マイクロ波デバイス特集に寄せて
- 光・マイクロ波デバイスの現状と展望
- 長距離伝送用2.5Gbps変調器集積半導体レーザ

- 2.5GbpsアンクルドDFBレーザモジュール
- CD-R/RW用780nm帯低動作電流型レーザ
- DVD-RAM用650nm帯70mWレーザ
- 基地局用高出力FFET
- 地上マイクロ波リンク用K/Ka帯MMIC増幅器
- 携帯電話用0.1cc送信電力増幅モジュール

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 鈴木 新</p> <p>委員 中村 治樹 河内 浩明 宇治 資正 永峰 隆 植木 恵介 茅島 宏 奥山 雅和 石川 孝治 小林 保雄 津金 常夫 畑谷 正雄 才田 敏和 中島 秀樹 猪熊 章 本庄 正司</p> <p>幹事 鈴木 隆二</p> <p>6月号特集担当 江上 憲位 岡村 信行</p>	<p>三菱電機技報 73巻6号 1999年6月22日 印刷</p> <p>(無断転載・複製を禁ず) 1999年6月25日 発行</p> <p>編集人 鈴木 新</p> <p>発行人 鈴木 隆二</p> <p>発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 ドキュメント事業部 〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4番1号 秀和芝パークビルA館9階 電話(03)3437局2692</p> <p>印刷所 菱電印刷株式会社</p> <p>発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話(03)3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円) 送料別</p>
	<p>お問い合わせ先 giho@hon.melco.co.jp</p>



# スポットライト

# リアルタイムプロセス データベース“RT-SQL”

鉄鋼・紙パルプ・食品・化学などの装置産業では、製品品質や製品収率の向上、多品種適量生産への対応、リードタイムの短縮、エネルギー単位の最小化などの要求に対して柔軟かつスピーディに対応できる生産システムが求められています。

こうした市場のニーズにこたえるため、三菱電機では、三菱リアルタイムデータベース“RT-SQL”を発売いたしました。RT-SQLは、データを収集するサーバ部と抽出したデータを表示するクライアント部で構成されます。サーバ機能は、過酷な生産現場での連続運転を考慮してFA仕様の専用機上に構築しており、当社DCS“MELTASシリーズ”の制御バスであるEICバスやMELSECNET/10に直結してプロセスデータを収集できます。クライアント機能は、サーバ機上で、又は情報バスや電話回線を介して市販パソコン上で動作できます。

## 特長

### 1. 高速・長期間収集

1秒での高速収集が可能です。また、三菱独自のデータ圧縮・解凍技術とデッドバンド機能の付加により、長期にわたって効率良くデータの収集保存ができます。

### 2. DCSとのプロセスデータの共有化

RT-SQLの収集タグ定義にはDCSのタグ定義情報が流用できます。また、RT-SQLで収集したデータはDCSで自由にアクセスできます。

### 3. 情報系(クライアント)へのオープン化

クライアントではMS-Excel<sup>®</sup>上の簡単なメニュー操作で必要なデータを抽出できますし、また、ユーザーアプリケーションソフトウェアに対してはAPI(Application Programming Interface)を提供できます。さらに、利便性を追求した専用のビュアツールもサポートしています。

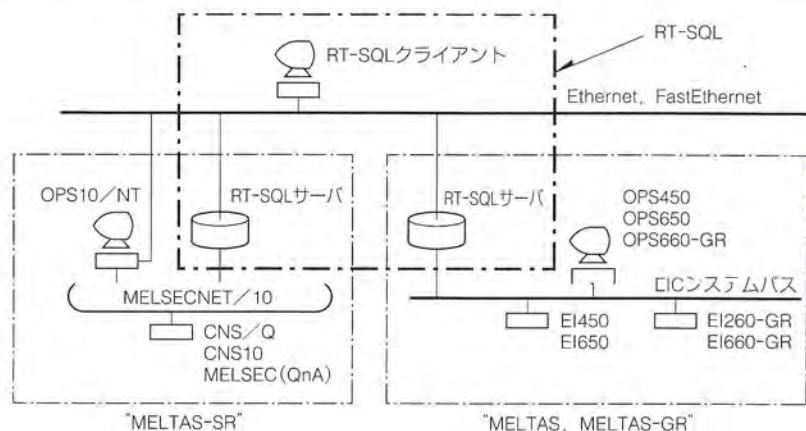
### 4. 適用プロセスの広範囲化

クライアントでは時間要素以外にプロセス要素やプロダクション要素も加味して必要なデータが容易に抽出できますので、連続プロセスだけでなくバッチプロセスにも適用することができます。

### 5. ゲートウェイ機能の補完

クライアントからセットポイントやレシピデータなどをコントローラにダウンロードする場合や、逆にコントローラから操業実績などをクライアントにアップロードする場合にはゲート

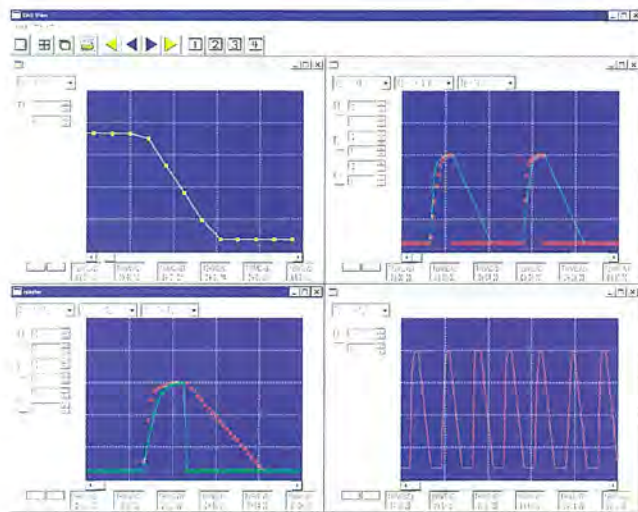
(注) “MS-Excel”は、Microsoft Corp.の登録商標です。



システム構成



RT-SQLサーバの外観



RT-SQLクライアント画面例

ウェイ機能が有効です。

### 6. 広域化

複数の生産工場のサーバと電話回線を介してクライアントと接続することにより、クライアントから各工場のプロセスデータをアクセスすることができます。