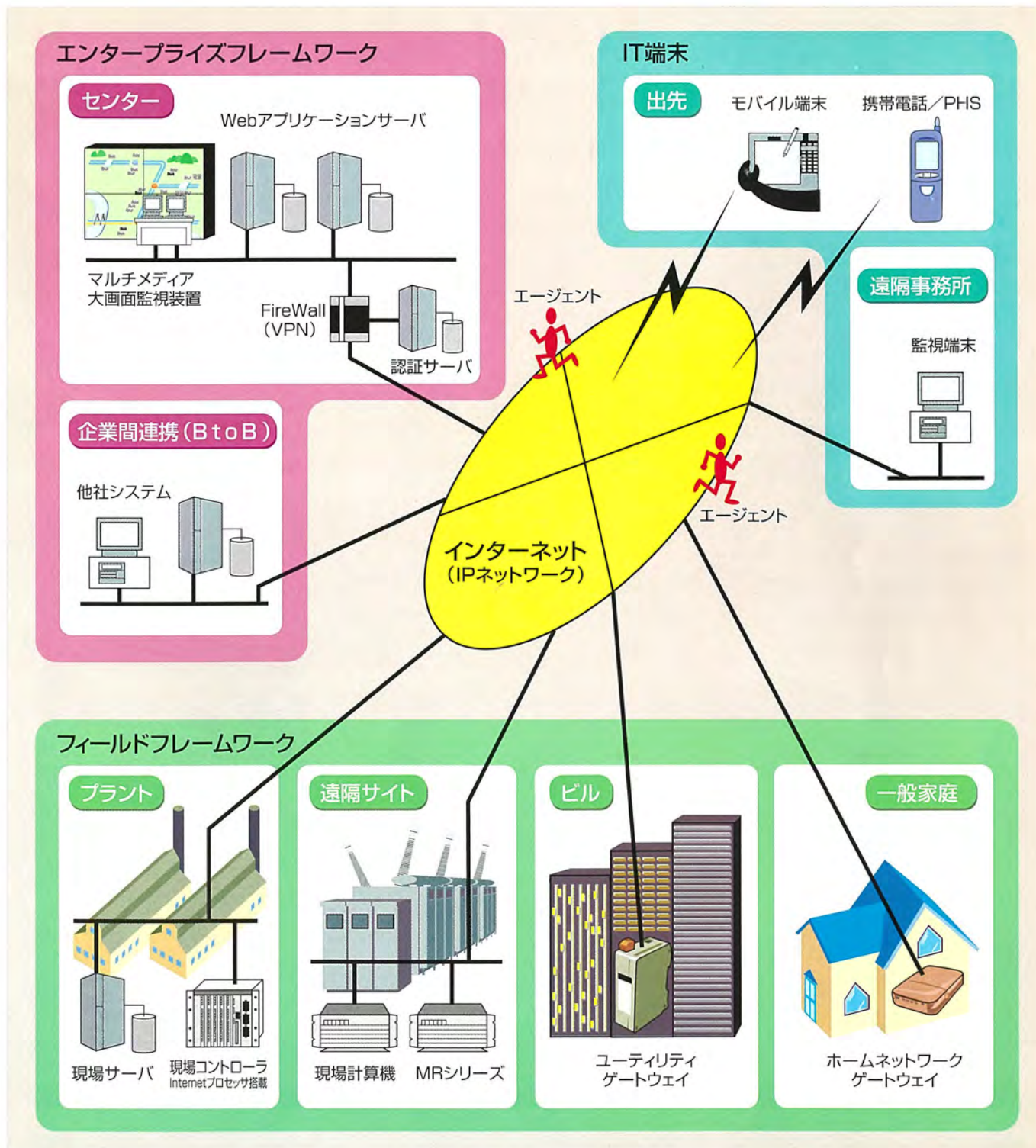


MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.74 No.12

特集「21世紀のニーズにこたえる電力・産業システム」

2000/12



目次

特集「21世紀のニーズにこたえる電力・産業システム」

21世紀のニーズにこたえる電力・産業システム 前原史彦	1
電力自由化時代の需要家サービスシステム 塚本幸辰・前川隆昭・高橋正一・保坂丈世・長島義明	2
公共プラントWeb応用監視制御システム 佐藤正行・中道功二・井上勝行	7
CALS環境による企業間設計業務連携とエンジニアリング技術の伝承 上住好章・中山保夫・浦上雅彦	11
火力プラントにおける電力CALSの適用と運用管理 太田伸一・百地照雄・井上葉子	15
小型ユニット化を図った超分散型ローカルコントローラ 山西忠敏・上田晋司	19
FOUNDATION Fieldbus対応小規模計装制御システム 大川裕利・東内信治・平井敬秀	24
PIO用シリアルバス制御LSI 高田潤二・長尾 哲・石田仁志・堀越美香	28
デジタル式タービン監視計器の実機適用と信頼性試験 松本博充・高木雄二・上原理生・浅田幸広・田中久志	32
ハイブリッド型交流・直流電力システムシミュレータの導入 飯塚俊夫・大西俊一郎・畷尾昌弘	36
オーロラビジョン用新表示素子 原 善一郎・山口洋司・室園 透・鴨川裕司・世古幸治	40
液晶・半導体工場向けクリーンオゾンガス及びオゾン水製造装置 田畑要一郎・古澤伸元・安居院憲彰・葛本昌樹・野田清治	44
シリコン単結晶引上げ装置用超電導電磁石 豊田勝義・湊 恒明・今井良夫	49
最近のヒートパイプ応用製品 山蔭久明・好永功夫・小谷邦男	53
高効率無停電電源装置“MPC” 真田和法	57

特許と新案

「被害発生情報表示装置」「表示装置」	60
「デジタル入力回路」	61

スポットライト

CRT方式屋外用新型“オーロラビジョン”	(表3)
----------------------	------

三菱電機技報74巻総目次	62
--------------	----

表紙

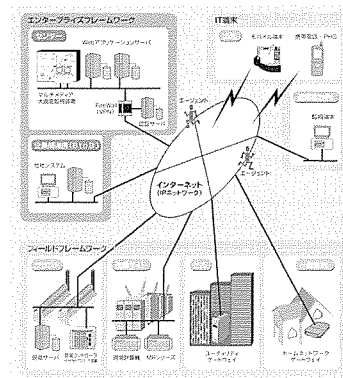
三菱電機(株)電力・産業システム事業所におけるIT事業への取組

当社の電力・産業システム事業所では、IT事業を推進するために、開発部を中心としてIT共通プラットフォームを提供します。

プラントやビルなどのフィールド情報を現場に置かれたゲートウェイサーバによって集積して、IPネットワーク経由でセンターのサーバに取り込みます。センターのサーバの情報は、いつでも、どこからでも、Webブラウザがあれば取り出して見ることができるわけです。このコンセプトを、表紙の図に示した主要コンポーネントで実現します。

他社との差別化のポイントは、国内外の研究所で開発された先端的なIT応用技術であるモバイルエージェント、セキュリティ技術、組み込みJava実行環境、JavaベースのWeb監視ミドルウェアなどです。

“Java”は、米国Sun Microsystems, Inc.の米国及び他の国における登録商標です。



21世紀のニーズにこたえる電力・産業システム



電力・産業システム事業所長

前原史彦

20世紀最後の三菱電機技報の特集号を発行するに当たり、システムインテグレーション技術によって顧客のニーズにマッチしたソリューションビジネスの展開を目指し、プラントメーカーとして“挑戦”を続けている電力・産業システムの技術動向とその取組を紹介する。

1990年代後半からのインターネットの爆発的な普及に代表されるように、情報革命を支えるIT (Information Technology) 技術の進歩は目覚ましいものがある。このIT技術を活用し、電力・産業システムで培ってきた技術を基に、既存ビジネスにいかに取り入れていくか、どのように新規ビジネスを創造し確立していくかが我々の“挑戦”である。また、従来のプラントビジネスを20世紀の遺産に終わらせず、21世紀に新たな形で創造し、顧客に大いに満足していただくことが我々の“使命”と考える。

電力・産業システム事業所では、ITソリューションを実現するために、IPネットワーク(インターネット)を核に、①エンタープライズフレームワーク、②フィールドフレームワーク、③IT端末の主要コンポーネントを開発し、これらにシステム構築技術を加えて、ITビジネスに適用できるプラットフォームを提供している。

電力分野を中心に、電力自由化の本格化に対応し、需要家サービス、電力流通ビジネス、電力e-ビジネス等のIT応用新規ビジネスの確立が急務となっている。また、既存の監視制御分野においてもWeb応用技術が拡大する傾向にある。これらの顧客ニーズにマッチしたソリューションビジネス展開を図っていく上で、従来のようにプラントメ

ーカーだけで構築していくシステムビジネスではなく、ユーザーと一体になったソリューションビジネスの構築がますます重要となっている。

ITソリューションとして具体的に新規ビジネスへ取り組んだ例としては、エンタープライズフレームワークでは、企業間業務連携を図り、エンジニアリング技術伝承に主眼を置いた“電力・鉄鋼CALSの適用技術”，フィールドフレームワークでは“電力自由化時代の需要家サービス”，IT端末を活用し場所や時間に制約を受けない監視制御を実現した“Web応用監視制御システム”等が挙げられる。

計装制御システムにおいても、従来の集中型情報制御システムからクライアント/サーバ型統合システムを経て、更により小型化・低価格化・分散化・高機能信頼化の傾向が著しいネットワークコンピューティング型の時代に入ってきた。このように新たな計装制御システムの構築に不可欠な制御コントローラ、プロセス入出力制御装置、オープンネットワーク技術の新規開発の加速と、その適用を進めている。

電力・産業システム事業所は、各産業分野におけるプラントやシステムの構築と、それらの構成要素の開発、製造、保守を一貫して行っており、顧客のニーズに適合した信頼性の高い最適なシステムを構築し提供していく役割を担っていると認識している。

今後も、時代の動きを先取りし、顧客の信頼にこたえられるエンジニアリング力を確保し、来るべき21世紀につなげていきたい。

電力自由化時代の需要家サービスシステム

塚本幸辰* 保坂丈世***
 前川隆昭** 長島義明**
 高橋正一*

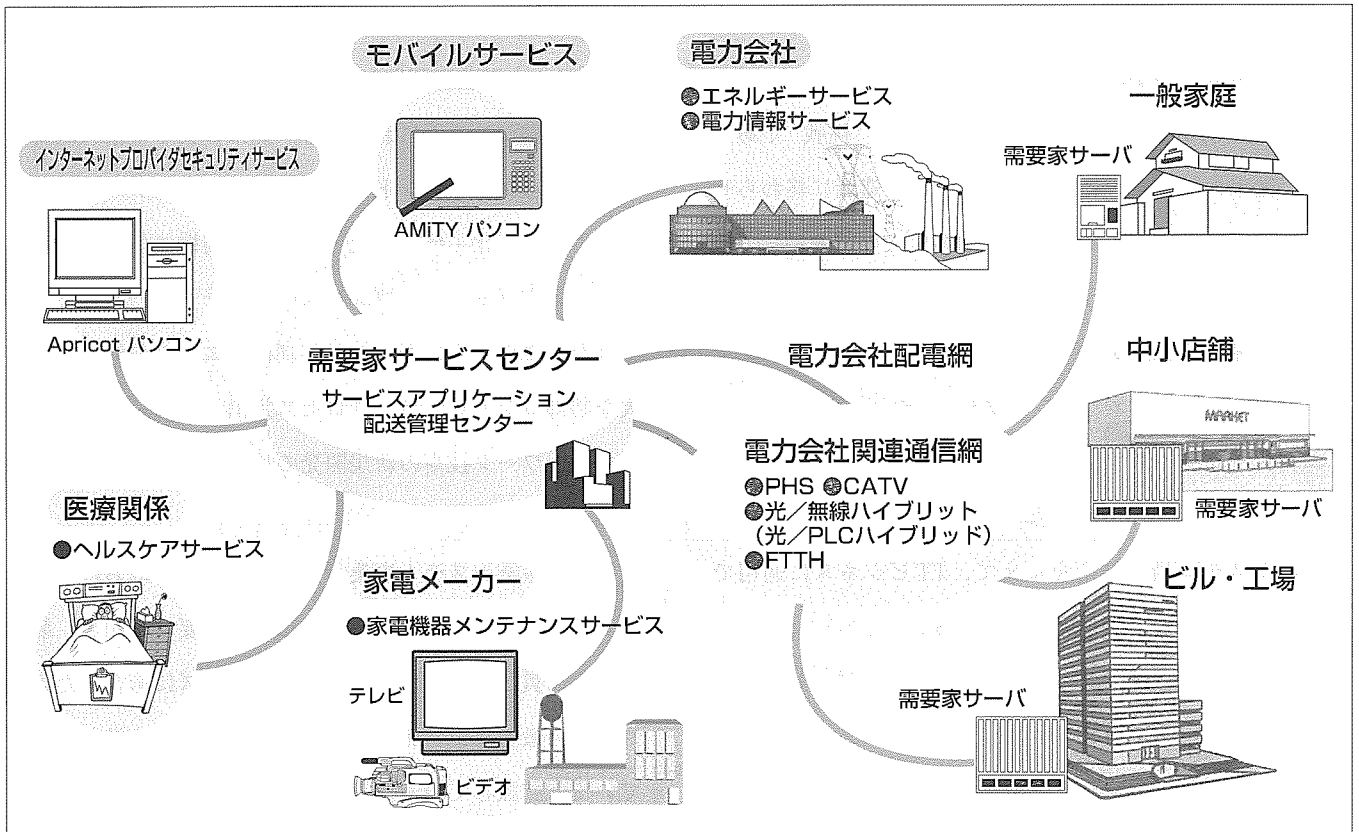
要旨

エネルギー事業への競争原理の導入に伴い、電力会社やガス会社などの公益企業が需要家への付加価値サービスを向上させることが急務となっている。また、昨今のIT(情報技術)応用分野の急速な普及により、公益企業が行う需要家サービスにもそれを適用し、付加価値の高いサービスを低コストでかつ広範囲に提供することが可能となってきた。

三菱電機では、公益企業が実施する需要家サービス向けに様々なソフトウェアとハードウェア技術を開発している。IT利用による付加価値サービスを提供するためには、各

需要家に設置される需要家サーバや宅内での通信を行うための電灯線搬送技術のほかに、広域系通信インフラとしての通信回線、及び広域系ネットワークミドルウェア、サービスを提供するためのサービス管理センター、各種アプリケーションソフトウェアなど広範囲な製品群が必要となる。

本稿では、需要家サービス事業展開の背景、需要家サービスのシステム概要、及び利用される各種要素技術について述べるとともに、四国電力株が進める新ネットワーク事業への適用事例について述べる。



三菱電機の提案する需要家サービスのソリューション

規制緩和に伴う新たな自由競争社会に向かって、需要家向けサービス向上のため、電力会社やガス会社などの公益企業の関連設備、及びITを活用した需要家サービスインフラシステムの構築に貢献する。

1. ま え が き

世界的なエネルギー事業への規制緩和と競争原理の導入に伴い、電力会社やガス会社などの公益企業が業務の効率化、顧客サービス・満足度向上、及び新たな収益源の確保等の観点からこれまで事業運営用に敷設してきた専用通信回線や通信事業者の公衆回線を利用して需要家への付加価値サービスを向上させることが急務となっている。また、ITの急速な普及により、公益企業が行う需要家サービスにもITを適用し、付加価値の高いサービスを低コストでかつ広範囲に提供することが可能となってきた。

三菱電機は、需要家サービスとして、①自動検針、温水器制御、分散電源監視などのユーティリティサービス系、②セキュリティ、省エネルギー、ヘルスケアなどの一般家庭用サービス系、③映像・音楽配信、ゲームなどのエンタテインメントを中心としたマルチメディア通信放送サービス系の三つの分野を推進している。

本稿では、需要家サービス事業展開の背景、需要家サービスのシステム概要、及び利用される各種要素技術について述べるとともに、四国電力㈱が進める新ネットワーク事業への適用事例について述べる。

2. 電力自由化と情報通信サービス

1995年の電気事業法改正により、IPP(独立系発電事業者)入札制度や卸託送制度の導入、及び特定電気事業の創設が行われ、電気事業への競争導入が始まった。2000年3月からは電力小売事業の一部が開放されている。

このような電力自由化の進展の中、兼業規制撤廃等の制度改革と並行してインターネットを中心としたITの爆発的普及があり、公益企業が情報通信サービス産業に進出するビジネスチャンスが到来している。

3. 需要家サービスシステムを支える要素技術

図1に家庭向け需要家サービスシステムの概要を示す。ここで使われている要素技術として、電力量メータに組み込まれた需要家サーバOpenDuet^(注1)、電灯線搬送技術である分散トーンPLC(Power Line Communication)、組み込みサーバ向けJava^(注2)実行環境TSUBASA^(注1)、セキュリティの完備したモバイルエージェントDiaConcord^(注1)がある。

3.1 需要家サーバOpenDuet

OpenDuetは、Javaが動作する小型のネットワークサーバで、IPベースのアクセス系通信とエコーネットなどの家庭内フィールドバスとの2種類のオープンなネットワークをつなぐゲートウェイである。3.3節で述べる組み込みサーバ向けJava実行環境TSUBASAと組み合わせることによって、少ないメモリの実装を可能にして低コスト・小型化を実現している。

3.2 電灯線搬送技術⁽¹⁾

電灯線を利用したホームネットは以前からあったが、最近ではインバータ機器の普及で高周波ノイズが顕著になり、従来の技術では通信エラーの頻度が多くなった。当社では、これを、図2に示すように、複数のキャリアから最適な組合せを選ぶ方式によって解決した。この技術は分散トーンPLCと呼ぶ当社独自技術であり、高い水準の耐ノイズ性能を持っている。

3.3 組み込みサーバ向けJava実行環境TSUBASA⁽²⁾

メモリ容量が小さい需要家サーバ上のJavaプログラムは、センターサーバからその都度ダウンロードして実行さ

(注1) “OpenDuet”“TSUBASA”は、三菱電機㈱の登録商標、“Dia-Concord”は、商標登録申請中である。
 (注2) “Java”は、米国Sun Microsystems, Inc.の登録商標である。

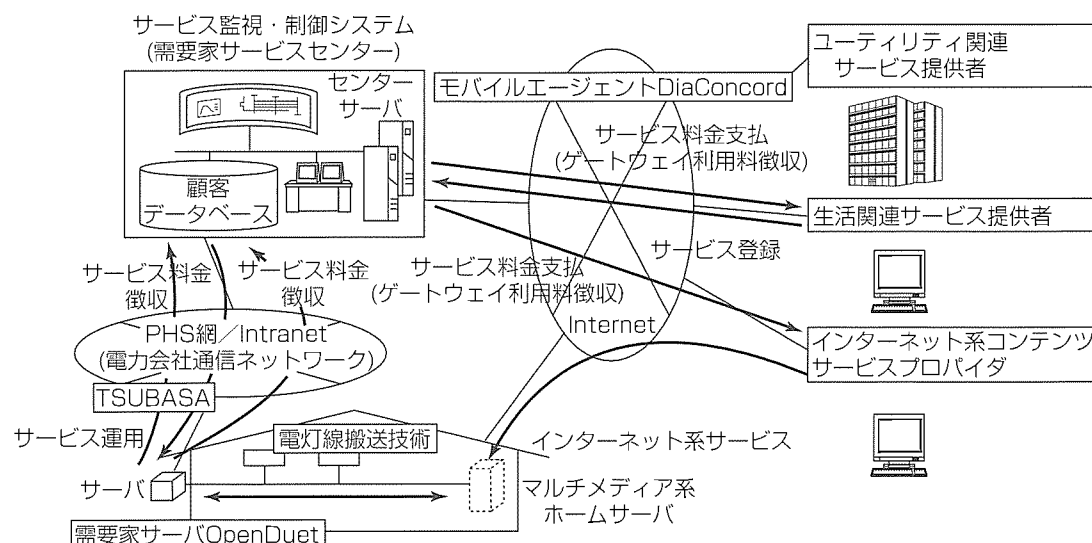


図1. 需要家サービスシステムの概要と主要要素技術

れる。この環境を提供するのが組み込み用Java実行環境のTSUBASAである。TSUBASAは、世界的な標準化団体であるOSGi(Open Services Gateway Initiative)が規定する規格に準拠し、軽量で高速な動作環境を提供する。図3にTSUBASAのソフトウェア構成を示す。JavaVM上に、サービスの形でセンターサーバからダウンロードしたアプリケーションを実行させる。

3.4 モバイルエージェントDiaConcord⁽³⁾

サービスプロバイダとセンターサーバはインターネットで結ばれるため、セキュリティの機能を持ったモバイルエージェントが、サービスを実行するJavaプログラムを安全確実に運ぶ。

4. システム展開

図4に需要家サービスを提供するためのシステム構成を示す。このシステムは、各需要家に設置した需要家サーバ

と需要家サービスを提供するセンターサーバを電力会社の自営アクセス網やPHSで接続し、各種付加価値サービスを提供するものである。この付加価値サービスは、単にセンターサーバが提供するだけでなく、センターサーバからインターネットを経由してつながったサービスプロバイダとの連携も可能であり、電力会社の業務の自動化だけでなく、情報提供、セキュリティ、高齢者支援など第三者のサービスプロバイダを含めた幅広いサービスへの対応を可能としている。以下に、需要家サービスシステムの主な構成要素について述べる。

4.1 センターサーバ

センターサーバは、サービスプロバイダと需要家サーバをつなぎ、システム全体の管理機能を持った需要家サービスシステムの中心である。主な機能としては、需要家情報の管理や認証管理、需要家サーバで動作するアプリケーション(サービスエージェント)の登録・管理、需要家サーバ

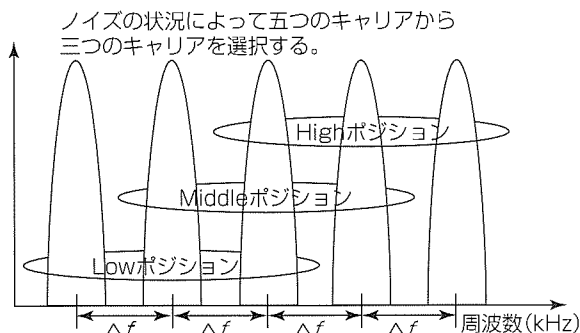


図2. 分散トーン型電灯線搬送技術

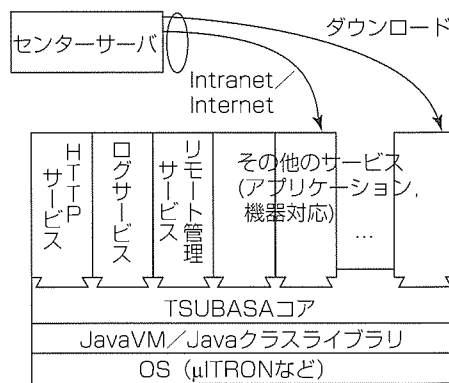


図3. TSUBASAのソフトウェア構成

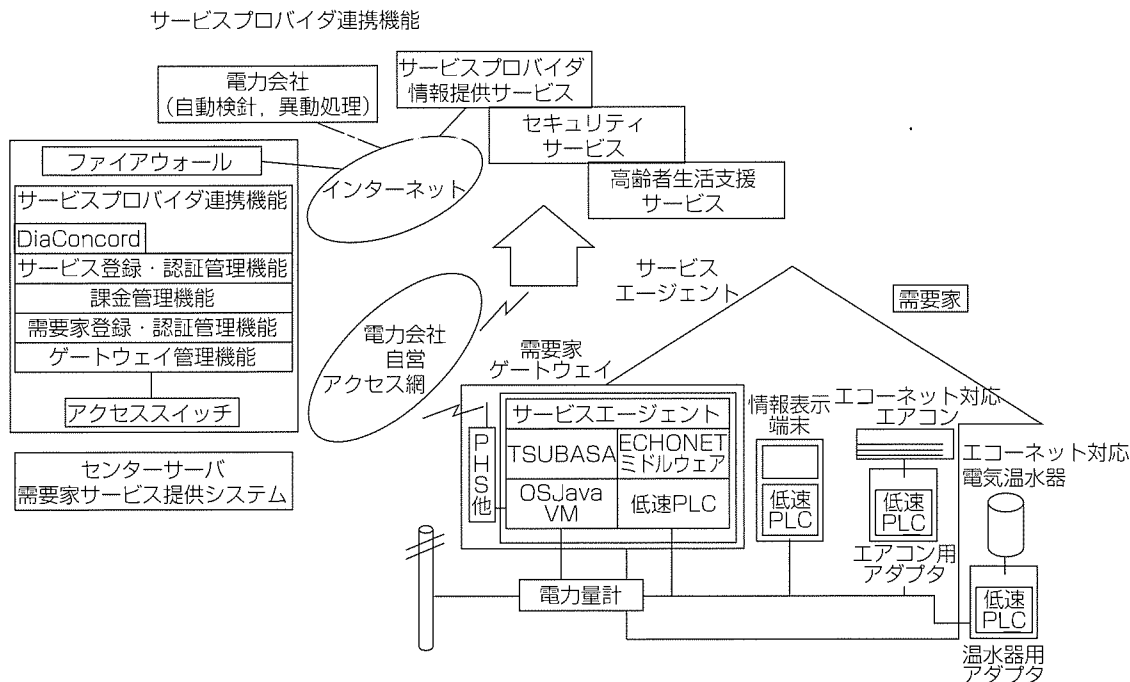


図4. 需要家サービスシステム構成例

とサービスプロバイダの間でやり取りするデータの管理、及び利用したサービスの課金機能を備えている。また、センターサーバを介して需要家サーバとサービスプロバイダをつなぐことにより、需要家サーバへのアクセスを制限しセキュリティを強化している。

4.2 需要家サーバ

需要家サーバは、各種サービスを需要家に提供するためのホームサーバの位置付けであり、3章で述べた要素技術をベースに構成されている。TSUBASAによるサービスエージェントの実行・管理機能と電灯線搬送をベースとしたECHONETミドルウェアにより、電力量計や情報端末、ECHONET対応家電又はセンサ等とセンターサーバ及びサービスプロバイダを有機的に連携することを実現し、これにより、需要家のニーズに応じた各種付加価値サービスをタイムリーに提供することができる。

4.3 サービスプロバイダとの連携

サービスプロバイダとセンターサーバの連携には、構築が比較的容易なインターネットを経由した接続を想定しており、FTP、Webサーバや電子メールといったデファクトスタンダードの方式やモバイルエージェント(DiaConcord)の利用が可能である。

特に、DiaConcordについては、サービスプロバイダの既存システムと連携するシステム構築の容易さやセキュリティ、信頼性への考慮が十分されている点から、オープンなインターネット環境と親和性が高く、今後利用されいくことが期待できる。

5. 四国電力(株)のオープンプラネット適用例

四国電力(株)では、ネットワークを高度に利用する遠隔監視・制御技術“オープンプラネット(OpenPLANET)”^(注3)を開発し、電力量計にサーバ機能を組み込んで需要家サーバとした新しい家庭向けネットワークの構築を他電力会社に先駆けて計画している。

(注3) “OpenPLANET”は、四国電力(株)の登録商標である。

このOpenPLANETの実証実験が2000年度から2001年度にかけて実施されることになり、当社はこの実証実験の開発委託を受けて当社需要家サービスシステムを実際に適用したので紹介する。

5.1 OpenPLANET実証実験の内容

OpenPLANETでは、既存の広域ネットワークと屋内電灯線搬送通信とを需要家サーバを経由して低コストでつなぎ、自動検針などの各種ユーティリティサービスや一般需要家を対象とした各種生活支援系サービスを始め、多様な新規サービスを創出する可能性を持っている。

実証実験では、OpenPLANETセンターから自動検針やDSMサービスなど電力会社主体のユーティリティサービスを実行し、また一般のサービスプロバイダからOpenPLANETのサービスインフラを使った家電機器のコントロールによるエネルギーの効率利用や、宅内のセンサ情報と組み合わせた快適で安心の生活環境を提供する生活支援サービス、そして毎日の暮らしをサポートする生活情報サービスの実証を行う。表1にこれらのサービス一覧を示す。

2000年度後半から1,000軒規模の試験営業を行う予定である。

5.2 OpenPLANETの実証実験システムの構成

OpenPLANET実証実験システムの構成を図5に示す。

一般需要家の電力量計にJavaマシンのサーバ機能を組み込み、OpenPLANETセンターサーバから既存のPHS網経由で、需要家サーバにXMLメッセージ形態の各種サービスエージェントをJust in timeで配信する。需要家サーバ上のサービスエージェントは、ECHONET方式の電灯線搬送通信を経由して、家電機器やセンサ類の監視・制御、表示端末へのデータ表示によって各種アプリケーションサービスを実行する。サービスエージェントは、サービスプロバイダが作成し、インターネット網経由でOpenPLANETセンターへ送られる。センターは、サービスエージェントの配信管理を行うとともに、課金等の一括処理も可能である。

表1. 実証実験で予定されているサービス一覧

サービス種別	サービス	内 容
電力 ユーティリティ サービス	自動検針	各家庭の電力量計の検針と検針結果の通知の自動化を行う
	DSM	電力ピーク削減のため家電機器の電力使用量の調整をセンターから行う
	ロードサーベイ	各電力機器ごとの電力使用量の調節をセンターから行う
付加価値 サービス	生活安心サービス	電力線に接続された各種センサからの信号によって留守宅の異常を検出したり、留守宅の情報を問い合わせたりするサービス
	家族伝言サービス	宅外から送信した電子メールを電力線に接続した簡易表示端末に表示し、家族間の伝言板として使用するサービス
第三者 サービス	広告(簡易注文)、 宅配サービス	地元スーパーマーケットや宅配業者から提供されるサービス

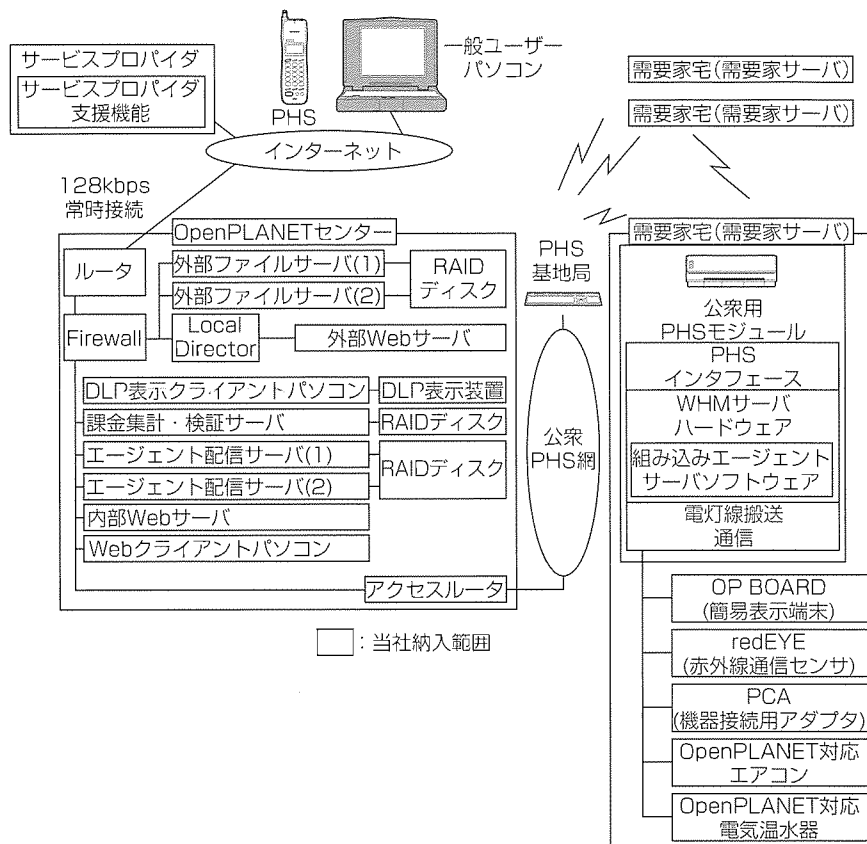


図5. オープンプラネットシステム構成

表2. 技術的要件と当社適用技術

技術的要件	当社需要家サービスシステムでの適用技術
マルチベンダー対応	Java, XML技術の採用
組み込みサーバソフトウェアの省メモリ化	組み込みサーバ向けJava実行環境TSUBASA
宅内電灯線搬送通信	分散トーン型電灯線搬送技術
PHSを使用した巡回通信方式	不安定な無線通信を前提としたロバスト性のある上位通信プロトコル方式
サービスプロバイダとOpenPLANETセンター間の通信方式(インターネット経由, セキュリティ確保)	FTP, Webサーバ, E-mail汎用方式の利用 モバイルエージェントDiaConcordの利用, 又はVPN構築技術

5.3 当社需要家サービスシステム技術の適用

OpenPLANET実証実験システムでは、需要家サーバの組み込みエージェントサーバソフトウェア、OpenPLANETセンター、及びサービスエージェントを作成するサービスプロバイダに提供されるサービスプロバイダ支援ソフトウェアといったシステムの基幹となる部分に、当社需要家サービスシステムが適用されている。

OpenPLANETの技術的要件と当社需要家サービスシステムの適用技術による対応を表2に示す。

6. むすび

以上、電気事業によるサービス事業への展開、及び需要家サービス事業に対する当社の取組について紹介した。エネルギー産業や通信産業の発展の中で、需要家サービスの在り方は、需要家と供給者(サービス提供者)との関係において重要な役割を担うことになる。

現在、国内各電力会社の指導の下、事業創出に向けてシステム設計・各種関連製品の開発、及び各種検証試験を実施している段階である。今後とも当社の開発する要素技術及び総合電機メーカーとしての総合力が当事業領域に貢献できれば幸いである。

参考文献

- (1) 安藤康臣, 小林 剛, 加藤正孝, 久保田 仁, 松本 渉: 分散トーン方式電灯線搬送通信, 電子情報通信学会2000年総合大会講演論文集, 通信2, 313 (2000)
- (2) 山口智久, 峯村治実, 大野次彦, 久山和宏, 下間芳樹: Javaによる組み込み用Webサーバの試作と評価, 情報処理学会研究報告, 2000, No.30, 67~72 (2000)
- (3) David Wong, 木野茂徳: モバイルエージェント“DiaConcord”, 三菱電機技報, 74, No.2, 164~168 (2000)

公共プラントWeb応用監視制御システム

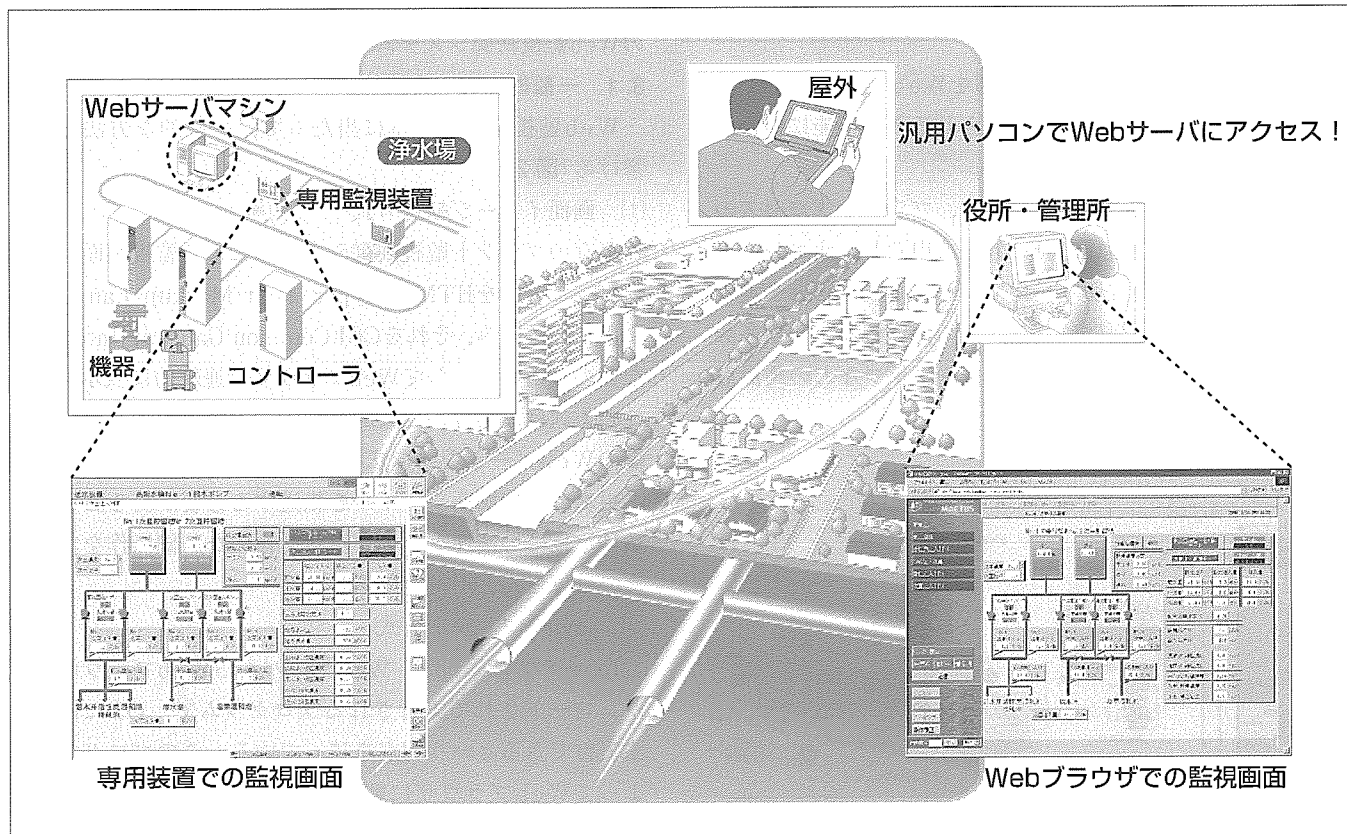
佐藤正行*
中道功二*
井上勝行**

要旨

近年のWeb(World Wide Web)技術の広まりとともに、水処理場などの公共プラントの監視においても、場所や時間の制約を受けずに監視制御を実現する“Web監視制御システム”が広まりつつある。しかし、これまで提案されてきたシステムは、機能や性能の面で、従来の専用装置に程遠いのが現実である。これに対して、三菱電機では、専用装置に近い監視制御機能を持つWeb監視制御システムを開発した。このシステムは、OSに依存しないという利点を持つJava^(注)技術に基づいている。一般的に、プラント監視制御のような複雑で高性能なシステムをJavaが標準

的に提供するライブラリのみを用いて構築するのは非常に困難である。そこで当社では、監視制御機能を効率的に実現する専用ライブラリを開発し、性能・機能を向上させている。また、専用装置で表示している既存の監視画面をJavaプログラムに自動変換するツールを開発し、既存資源の再利用も実現している。構築したシステムを評価して、十分な機能と性能を持つことを実証した。

(注) “Java”は、米国Sun Microsystems, Inc. の米国及び他の国の登録商標である。



公共プラントWeb応用監視制御システム

公共プラント(浄水場、下水処理場、ポンプ場など)にWebサーバマシンを設置し、屋外、事務所、遠隔地などから汎用パソコンのWebブラウザでアクセスすることによってプラントの監視制御を実現する。

1. ま え が き

近年、様々な分野でWebの技術が応用されている。例えば、自宅のパソコンのWebブラウザからニュースやスポーツ中継を見たりショッピングや株式売買も行えるようになった。このWeb技術の発展は“いつでも、どこでも、簡単に”というニーズが基になっている。

こうしたニーズは、水処理場などの公共プラントの監視業務においても存在する。従来から、浄水場、下水処理場、ポンプ所などでは、中央監視室に設置した専用装置によって監視制御を行う方法が確立されている。しかし、近年の無人化・省力化や災害時危機管理重視の流れから、場所(現場、遠隔地など)や時間(夜間、災害発生時など)の制約を受けずにプラント監視を行いたいという要求が強まっている。

そのためこれまでもWebブラウザを用いてプラント監視を行うシステムが幾つか提案されているが、高速性・操作性・描画性などの面で、従来の専用装置には程遠いものが多い。これに対して、三菱電機では、専用装置により近い機能を持ったWeb監視制御システムを開発し、実プラントに適用している。

本稿では、このWeb監視制御システムについて述べる。

2. プラント監視制御への要求

公共プラントにおける監視制御をWebブラウザ上で実現するに当たり、監視制御に求められる要求機能について述べる。

一般に平均的規模の水処理場では、プラントプロセスのフローを示す監視画面(図1)を数十枚用意し、オペレータがこれらの画面を適宜切り換えてプラント監視制御を実現する。それぞれの画面は、プラントの構成機器を示す多数の部品で構成される。また、一覧表やグラフなどの画面も一般的に使用される。

(1) 監視機能

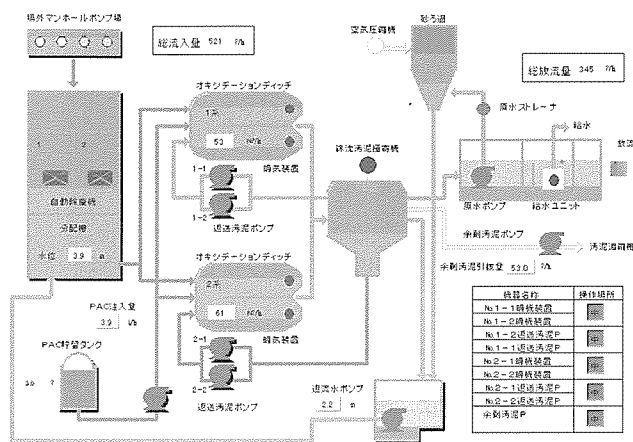


図1. 監視画面の例

プラントの現在状態に関する最新情報を監視画面上に表示する。具体的には、以下のような表示更新を行う。

- センサからの計測値情報を基に、監視画面中の表示数値を一定周期(一般的には秒単位)で更新する。
- ポンプや弁などの機器の現在状態によって機器を表す図形シンボルの表示色や形状を変化させる。例えば、運転状態時は赤色表示、停止状態時には緑色表示とする。

(2) 制御機能

機器の操作や設定値の変更を可能にする。当社のシステムでは、制御可能な機器は、監視画面上のシンボルに影を付けて表現している。このシンボルをマウスでクリックすることで、制御用ウィンドウを表示させ、操作・設定を行う。

(3) イベント表示機能

機器の異常発生などのイベントの履歴情報を一覧表示し、新たなイベント発生時には速報表示を行う。

(4) 時系列データの表示機能

機器の状態や各種計測値の情報を蓄積し、その時系列データをトレンドグラフや帳票の形式で表示する。

3. 実現方法の検討

前章で述べたような複雑なプラント監視制御機能を当社のWeb監視制御システムで実現した方法について述べる。

3.1 一般的な実現方式

Web監視を実現するに当たって、一般的な方法を二つ挙げる(図2)。

(1) 画面イメージ転送方式

既存のプラント監視制御システムによる監視画面のスナップショットをHTML(Hyper Text Markup Language)文書に埋め込み、それをCGI(Common Gateway Interface)などの技術を利用してWebブラウザで連続的に表示する。この方式は、実現が比較的容易で、天気予報やスポーツ中継のWebページなどで広く使われている。しかし、データ更新の都度画面ファイルを送送する必要があることから、数秒単位での高速なデータ更新や複雑な制御操作を実現するのはほとんど不可能である。

(2) Javaアプレット方式

Javaアプレットは、WebサーバからWebブラウザにダウンロードされて実行されるプログラムで、OSに依存せず実行できるという利点を持っている。このプログラムによってWebブラウザに監視画面を表示し、サーバ側で動作する監視制御プログラムとの間でデータを通信することによって監視制御機能を実現する。この方法では、画面の転送は初期起動時に限られ、以降はデータの通信のみとなるため、通信量自体は画面イメージ転送方式よりも減少される。

3.2 実現方式と課題の解決

当社では、高度な監視制御機能を実現するために、前節(2)のJavaアプレット方式を採用した。ただし、この方式を用いる場合、次の技術的課題が挙げられる。

それは、Java標準の描画用API(Application Programming Interface)であるAWT(Abstract Windowing Toolkit)は一般的に低速・低機能であり、これを用いて作成したアプレットで複雑な監視制御画面を描画することは困難である、ということである。

この課題に対して、当社では、監視制御機能を効率的に実現するJavaフレームワークライブラリDOOARS(Distributed Object-Oriented ARchitecture for web-based Systems)を開発した。このライブラリは、従来の監視制御機能に必要な基本機能を網羅し、高性能・高機能かつ軽量なJavaアプレットの作成を可能にする。

また、従来の専用装置と同一の監視画面をWebシステムで表示したいという要求事項も強い。そこで当社では、専用装置で用いていた監視画面データをJavaプログラムに自動変換するツールを開発した(図3)。これによって、既存資源の有効利用と互換性の確保を図ることができる。

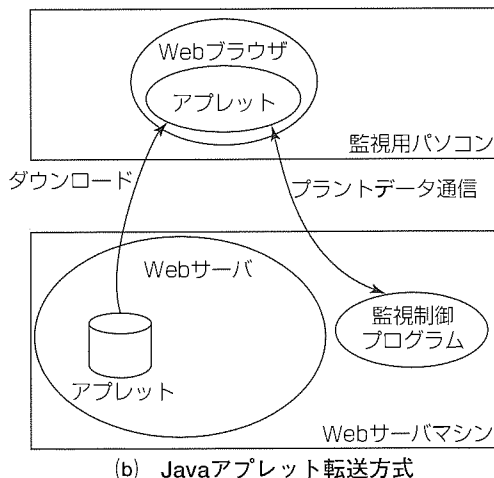
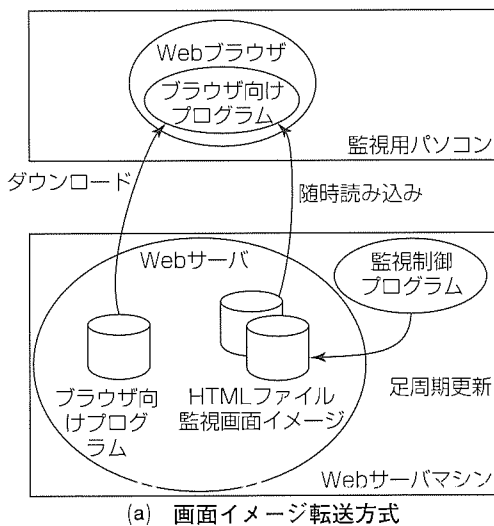


図2. Web監視実現方式

4. 構築システム

開発したWeb監視制御システムの構築例を図4に示す。汎用パソコンのWebブラウザからネットワークを通じてWebサーバマシンにアクセスすると、Javaプログラム(アプレット, DOOARS, 監視画面)がダウンロードされ、パソコン上で実行される。

表示されるWeb画面(図5)は左側の部分がメニューエリアとなっており、メニュー上のボタンをクリックすることで、右側の監視画面を任意に切り換えることができる。

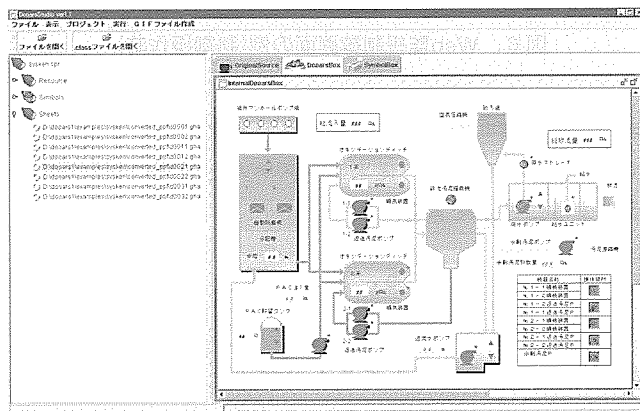


図3. Javaプログラムへの自動変換ツール

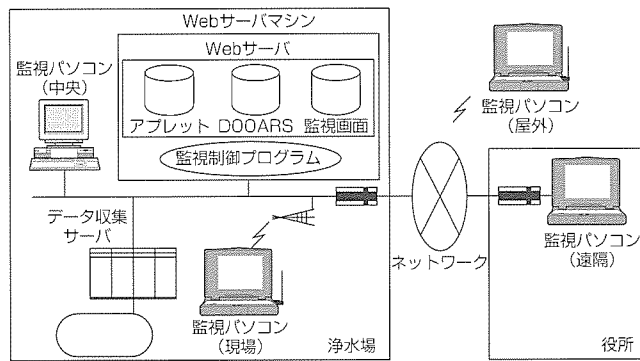


図4. Web監視制御システムの構築例

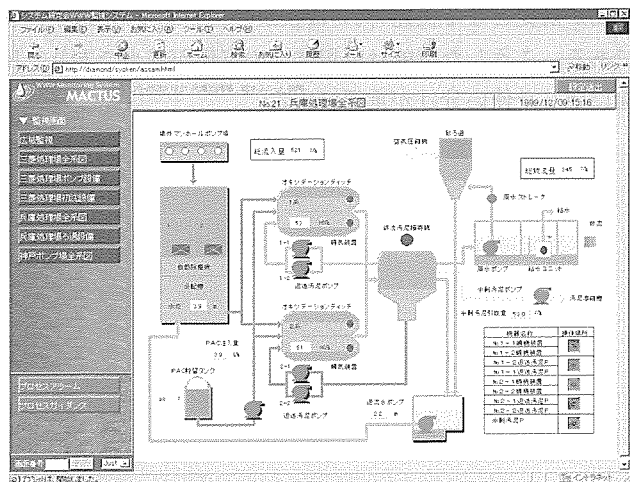


図5. Web監視制御画面の例

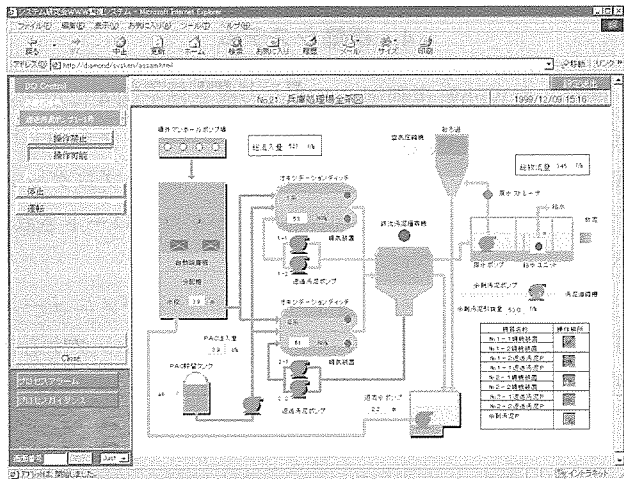


図6. Web監視制御画面の例(制御操作時)

また、監視画面中のシンボルをクリックすることで設定パネルを表示し(図6)、従来のシステムと同等の制御機能を実現することができる。

5. 評価

開発したWebシステムと従来の専用システムとの比較を表1に示す。Webシステムが有利な点は、ネットワークが接続されてサーバにアクセスすることさえできれば汎用パソコンで特別なソフトウェアなしに監視制御ができるという点である。さらに、アドレス(URL)指定によって複数機場に分散するWebサーバへの接続を切り換えることもでき、システムとして柔軟性が高いという点である。

また、描画更新や画面切換えの性能に関しては、専用システムよりはやや劣る(Java言語によるプログラムの実行性能に起因する。)が、数秒周期でのデータ更新性能は確保しており、業界トップレベルを誇る。また、パソコンのCPU性能の向上が今後も同じペースで続くと仮定すれば、数年後には現在の専用機の性能に並ぶことが見込まれる。

ただし、汎用パソコンやWebブラウザの特性上、監視パソコン側の連続稼働を保証することは困難なため、連続稼働が前提となる機能(例えば帳票の自動印字)には不向きである。こうした機能は専用機での実現が妥当であり、用途に応じた使い分けが重要である。

表1. 専用システムとWebシステムとの比較

	専用システム	Webシステム
監視端末側で専用ソフトウェアが不要	×	○
監視場所・時間が限定されない	×	○
連続稼働・RAS機能(サーバ側)	○	○
連続稼働・RAS機能(監視端末側)	○	×
監視機能	○	○
制御機能	○	○
イベント表示機能	○	○
データ更新性能	1秒	3~5秒
監視画面切換え性能	1秒	1~5秒
起動時間(OS起動を含む。)	5分程度	5分程度※

※測定条件は、標準的監視画面50枚、64kbps回線。

初回接続時のみ、ダウンロードのため更に10分程度必要である。

6. むすび

本稿では、公共プラントにおいて、場所や時間の制約を受けずに汎用パソコンのWebブラウザ上でプラント監視制御を実現するWeb監視制御システムについて述べた。このシステムはJava技術に基づいており、専用ライブラリによる性能向上や既存資源の再利用によって従来の専用装置に近い監視制御機能を提供する。

なお、公共性の高いシステムで重要な点の一つがセキュリティである。この点に関しては、パスワードでのチェックやIPアドレスでのフィルタリングに加えてファイアウォールや暗号化通信を組み合わせることで、不正侵入や盗聴を許さない頑強なシステムを構築できる。現時点ではイントラネットにおけるシステム適用を行っており、パスワードやIPアドレスフィルタリングの機構で十分であったが、今後は暗号化等の高度なセキュリティ技術を導入する予定である。

参考文献

- (1) 石原 鑑, 井上勝行, 野村 立, 宮本佳浩, 佐藤正行, 小島泰三: 監視制御システムにおけるWeb応用ヒューマンI/F技術の開発, 平成12年電気学会全国大会論文集, No.4, 1751~1752 (2000)
- (2) 前川隆昭, 野村 立, 久山和宏: 産業用イントラネット応用システムとネットワークソリューション, 三菱電機技報, 74, No. 2, 128~131 (2000)

CALS環境による企業間設計業務連携とエンジニアリング技術の伝承

上住好章*
中山保夫**
浦上雅彦***

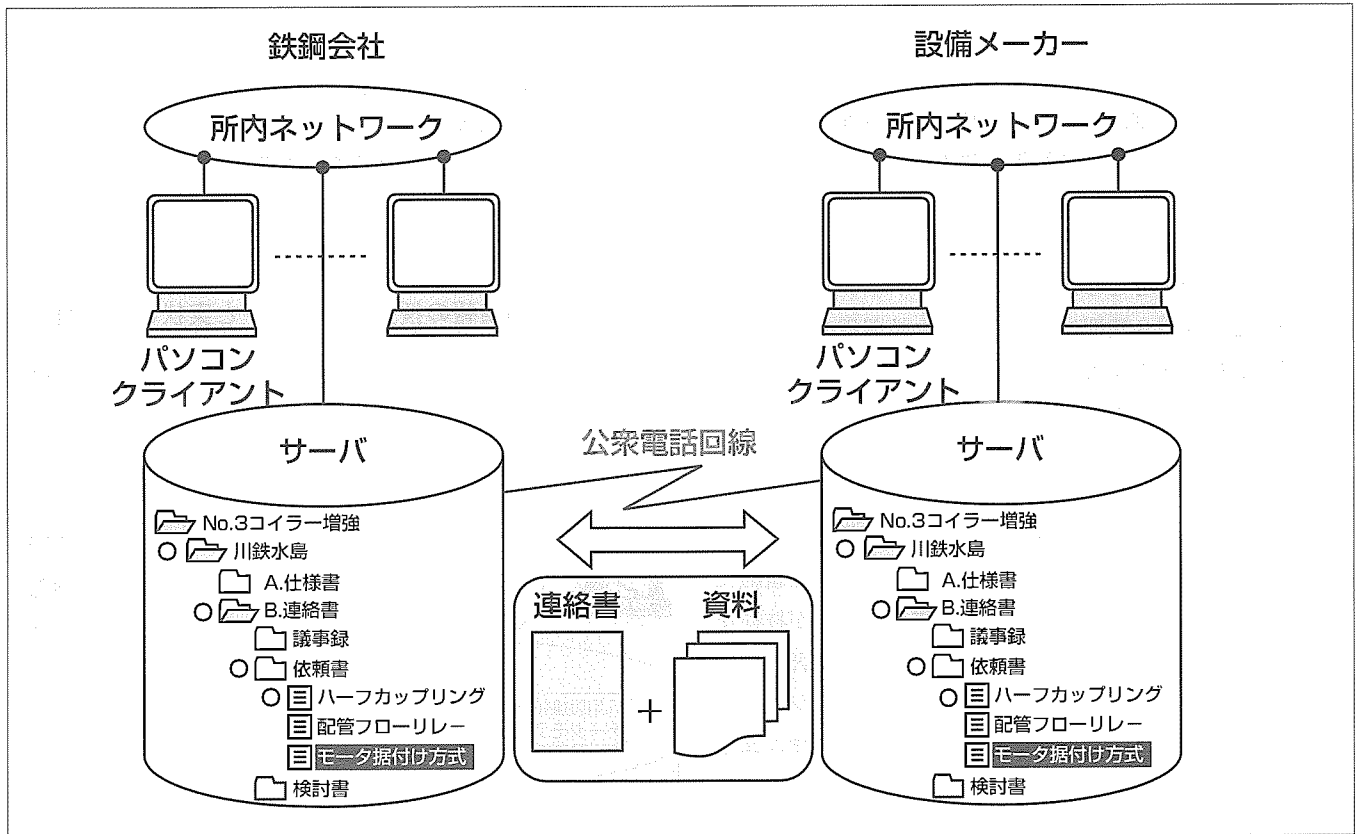
要旨

鉄鋼会社のプラント設備の発注から納入を経て稼働に至るライフサイクルの各々の点における設備メーカーとの間の企業間連携を行うため、電子データ交換によるCALS (Commerce at Light Speed) 環境が構築された。この枠組の中で、川崎製鉄㈱と三菱電機㈱とは、具体的な設備の建設を例にとり、エンジニアリング業務の効率化に加えて技術の伝承にも視点を向けた検討を行った。

エンジニアリングとは、散在する種々の技術情報の中から所期の目的にかなうものを集約し、再加工して、必要な技術パラメータを決定していく一連の手続きであり、各種の選択肢を持つがためにマニュアル化が困難な部分を持つ

ている。しかし、技術は技能と異なって基本的には文書化が可能で、CALC環境の中において企業間に授受される技術文書や図書資料類を体系的かつ自動的に蓄積する機能と、それらを検索する契機としての技術連絡書の導入を図った。集積された技術連絡書を閲覧することによって業務の経緯の概要を知り、また、それに添付された資料を参照して発生した問題点とその解決策の探索が可能である。

シナリオに基づく実証実験の結果からこのCALC環境の有効性を確認し、さらに、エンジニアリングプロセスの規範作りにも有用であることを示した。



CALS環境における技術連絡書の機能

Light CALS (鉄鋼設備CALS実用化プロジェクト) による電子データ交換環境の下では、鉄鋼会社と設備メーカーとの企業間の技術資料の授受は、それぞれの社内ネットワークに接続されたパソコンクライアントを始発点とする。パソコンからサーバに対して図面資料を登録し、これに技術連絡書を添付して相手方へ公衆電話回線を通じて送付する。資料はサーバ内においてあらかじめ取り決められた共通のカテゴリに従ってデータベース化され、技術連絡書はこの資料を添付して発行される。この連絡書によって各種の検索が可能となり、技術の伝承に貢献する。

1. ま え が き

平成11、12年度の2年間にわたって“鉄鋼設備CALSの
 実用化プロジェクト(Light CALS, 略称LCALS)”⁽¹⁾が
 実施された。この開発の主要点は、鉄鋼会社の各種プラント
 設備の発注から納入を経て稼働に至るライフサイクルの
 各々の点における設備メーカーとの間の企業間連携を効率
 化・体系化するため、電子データ交換によるCALS環境を
 構築し、その有効性を実験によって実証するものであった。
 この一環として、川崎製鉄(株)水島製鉄所と三菱電機(株)電
 力・産業システム事業所とは、具体的な設備の建設である
 熱延設備の巻取機増設(平成11年納入)を例にとり、CALS
 環境を導入した場合の評価を実施した。

2. 設備建設とエンジニアリングの特長⁽²⁾

国内において、鉄鋼会社の設備建設は高度成長期に比較
 して激減した。このことは、これらの設備に関与する技術
 者にとって経験獲得の機会の減少となり、かつ、前任者の
 技術を後任者に伝承する機会の減少になっている。

これらは受注生産であり、設計の段階では、最適化を図
 るようとするユーザーとこの要求にこたえながら機器製作上
 の拘束条件を守るべき設備メーカーとは、企業間における
 連携を行い、協力して目的達成を図らねばならない。

このような要求仕様と拘束条件との一致点を見出して設
 計作業を進めることがエンジニアリング業務の本質である
 が、経験的に言えば、エンジニアリングとはユーザーとメ
 ーカーとに散在する種々の技術情報の中から所期の目的に
 かなうものを集約し、再加工して、必要な技術パラメータ
 を決定していく一連の手続きであると解される。設備建設
 は受注生産の形態をとるため、エンジニアリング業務は発
 注側企業と受注側企業間における円滑な情報授受があって
 始めて目的を達成するものであり、ここに企業間連携作業
 としての意義を持つものである。

3. 技術の伝承の面からの検討

“勘”や“こつ”の修得を要するがゆえに、最終的には、
 個人に帰属する技能とは異なり、技術は最終的には組織に
 帰属すべきものである。このため、組織の構成員が技術を
 共有するため、マニュアル等の各種様式による文書化が図
 られる。しかし、受注生産である設備建設のエンジニア
 ング業務については、各種の選択肢があるためにマニュアル
 化が困難な部分がある。ある技術パラメータを決定する
 に際して、いかなる技術思想に基づいて、また、いかなる
 理由をもって決定を行ったのか、その判断の経緯を明らか
 にすることが技術の伝承を図る上で重要である。しかし、
 いわゆる技術思想とは基本的には未分化な概念であり、か
 つ、判断の経緯についても文書類は実務の進ちょく(抄)

に従って散在しており、必ずしも計画的・体系的には整備
 されていないので、マニュアル化が特に困難な部分と考え
 られる。

これらを前任者が後任者に教育の一環として説明するこ
 とによって技術の伝承を図ることは可能ではあろうが、時
 間的な損失が大きく、現実的でない。むしろ、技術は技能
 と異なって基本的には文書化が可能な点に着目し、企業間
 や企業内に往来する技術文書や図面資料類を体系的かつ自
 動的に蓄積する環境を構築することが、業務遂行時の担当
 技術者の負担を軽減し、また後任者が種々の観点から検
 索・閲覧できるようにするためには望ましい。Light
 CALSにおける電子データ交換環境を上記の目的のために
 利用することは、このように位置付けられる。

4. Light CALSの電子データ交換環境の概要

Light CALSにおいては、検索を主体とした軽装備型の
 システムを意識した電子データ交換環境の開発が行われた。
 この概念を図1に示す。すなわち、インターネット技術を
 基盤とする共通環境層、データベースやメッセージを制御
 する中間層、及び応用ソフトウェア共通部品を提供する業
 務層の3階層を構成している。また、各企業にサーバを設
 置し、企業間のデータ交換には公衆電話回線を使用して守
 秘性にも配慮している。実証実験にはリードタイム削減に
 よるメリットが大きい設備建設業務を取り上げ、鉄鋼会社
 5社、設備メーカー(電機、機械など5社)、及び中小の施
 工会社が参画した。

この枠組みの中で、発注者である川崎製鉄(株)と受注者で
 ある三菱電機(株)とは、業務の効率化に加えて技術の伝承を
 図る観点から検討と実験を行った。

5. 設備情報の授受、イメージと実状との差異

受注生産による設備建設のエンジニアリング業務に経験

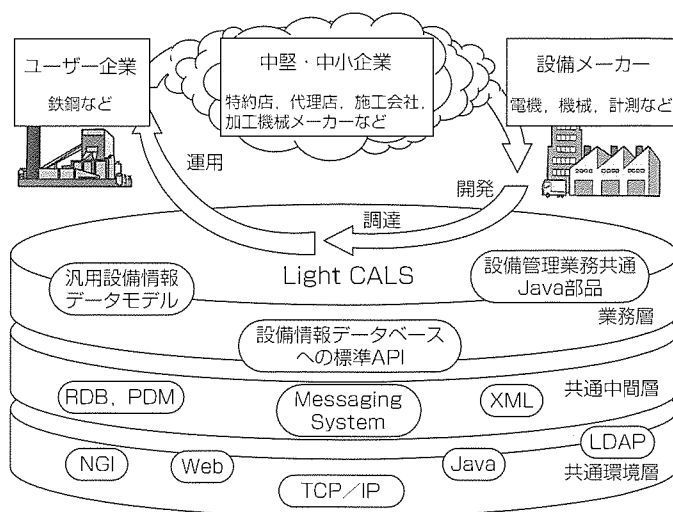


図1. 電子データ交換環境の概念

のある技術者は、実務の進捗について、自己の所属する部署が保有する大量のマニュアル文書を簡略化して自分なりの理想的な業務のイメージを確立しており、これに基づいた手順に従って業務を進めようとする。

この理想的なイメージが実務にどのように反映されているかを調査するため、今回の対象業務に関して企業間に往来したすべての技術文書の授受を総覧し、時系列的に整理した。この結果、必ずしもこのイメージに一致しないことが判明した。

イメージ的には技術文書類の授受と企業間の意思疎通は順次手戻りなく実施されるはずであるが、実際例では、受注生産に特有のユーザーのカスタマイズ要求とメーカーが保有する機器製作上の拘束条件との間の差異、すなわち問題点が発生し、その都度、既決定事項の見直しや再度の明確化、又は補足の付加等が発生していた。

また、図書の発行や送付は発注側と受注側とからランダムに生起せず、一連の送付と受領が交互に規則的に交替していることも判明した。すなわち、種々の目的、例えば検討や調査等のアクションを要請する目的で相手方に図書を送付した後、送付側は相手方の応答を待ち、この応答の後に行動が再開される。この様相を図2に示す。図では一行一項目であり、左側の強調部は発注者からの送付、右側は受注者からの送付を示す。

何等かの理由、例えば時間的なひっ(逼)迫、考え方のく(喰)い違いの発生により、このような書面による通常の意味疎通に破たん(綻)が生じる。これを解決し相互の意味疎通を新たに確立するために行われるのが打合せである。図書授受記録を見れば、このような打合せが実施される直前には特徴的な交替パターンが消えて不規則なパターンが出現し一種の破綻であるとの判断を裏付けている。

6. 電子データ交換環境と技術連絡書の評価

電子データ交換環境の導入による業務効率の向上に加えてイメージ的に理解された理想と実状との差異に配慮して

	日	月	年	日	時	分	秒	日	時	分	秒	日	時	分	秒
0															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															

図2. 資料の授受

業務の質的向上と技術の伝承とを図る場合には、付加機能が必要であると判断した。

この付加機能として、技術連絡書を評価した。技術連絡書にはその連絡を行う理由が簡単に記載されており、したがって問題点が発生し、これが解決されていく経過は、関連する技術連絡書を順次閲覧し、かつ関連づけられた技術資料を参照すれば理解が可能である。しかし、従来の紙文書をベースとした業務の中では、枚数の少ない技術連絡書は他の資料に埋没し、系統的に連絡書を並べて解析することと事前準備を行わない限り困難であった。

このため、前記の電子データ交換環境の開発に際して、この技術連絡書を追加することをLight CALS環境提供側へ要請した。技術連絡書の原形は、電力CALCにおいて発電所の設備の全ライフサイクルを支援するために導入されたECS(Engineering Communication Sheet)⁽³⁾である。Light CALSでは設備建設時の情報の授受に限定してこの形式を準用した。図3にこの技術連絡書の形式を示す。

すなわち、エンジニアリングの進捗に伴って発注者と受注者間に往来する各種の照会や回答と、それに添付される資料類とをデータベース化して閲覧できるようにした。これを通じて、担当外の技術者でも、集積された連絡書を閲覧してその業務の経緯の概要を知り、さらに添付資料を参照して発生した問題点とその解決策を探索できるようにした。

上記の目的のためにインターネット電子メールの適用は可能である。しかし、電子メールは、基本的には個人に帰属する性格が強く、データベース化の機構に乏しい欠点がある。今回の機能はこの欠点を補うものである。

7. 実証実験の意義と考え方

実務に対してLight CALS環境の持つ効果を実験的に確認するため、実験の手順と役割分担を示すシナリオを作成し、これに沿って実験を行った。これは管理過程、すなわ

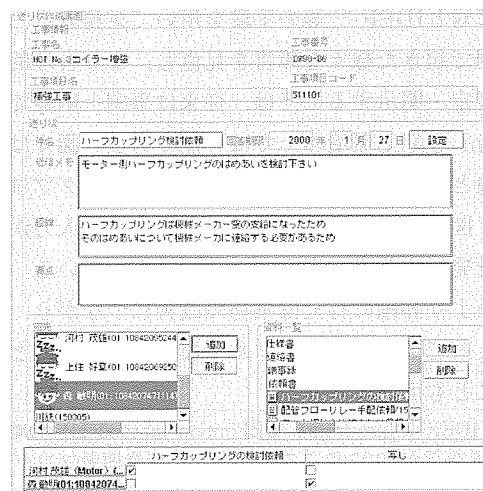


図3. 技術連絡書

ちPDCAサイクルによって意義付けされる。ファヨール⁽⁴⁾による古典的な意味を参照すれば、管理過程の初期は予測(Prévoyance)に始まるが、想定される効果を見越した実験用のシナリオを作成することがこの段階に対応し、その後、組織、指令、調整を経て統制、すなわち可能な範囲の改善(後述)を行い、システムをフィックスすることによってこのサイクルが一巡している。作成したシナリオには4幕41シーンの場面と2名の登場人物がいる。

また、実験の考え方には二通りあり、一方はイメージ的に理解されている理想的な手順によるもの、他方は実務進捗の実状を反映した、問題点の発生と手戻りを含むものである。前者は本来あるべき姿を伝えることができ、後者は業務の実状を知らしめることができるので、いずれも技術の伝承という教育的効果を考えた場合に有意であるが、今回は後者を採用した。設備建設のある規模以上の受注生産においては何らかの問題点が発生するのが通例であること、これに加えて、技術力のかかなりの部分は問題解決能力であり、この能力のか(涵)養のためシナリオに問題点の発生を含むことが望ましいと判断したものである。

8. 実証試験の内容と結果

実証試験は、設計資料の授受のための時間測定等の定量評価実験と、実験参加者へのアンケート調査による定性評価実験とで構成されている。資料の授受時間については、従来の郵送環境の2.1%で済み、当然のことながら非常に優れた結果が得られた。一方、アンケートによれば、添付資料がない場合は技術連絡書の送信ができないなど、技術連絡がLight CALS環境の中で完結しないと指摘があった。

しかしながら、紙文書の設計資料の授受を調査するのに10日要したものがLight CALS環境の上では技術連絡書のログをとることによって0.5日で済むことは、業務を分析しエンジニアリングプロセスの規範を確立するため非常に有効であることを改めて確認した。すなわち、事例データベースに対しIDEF^(注1)等の手段を用いて業務分析し、実設計の過程で起きた様々な障害を見直し、より合理的な業務手順を策定・明示することは、従来は事実上困難であったが、Light CALS環境の上では可能である。図4は実証実験の対象とした工事の一部のエンジニアリングプロセスを示すが、図示のように手戻りとなった部分は入力がなくとも出力を発行する不合理なパターンとなっている。これらの分析をより詳細に行えば業務の改善につながり、若年技術者にとって単なるマニュアルでない生きた規範として役立つことも可能である。

(注1) “IDEF”はIntegration DEFinition methodologyの略で、米国防空軍が1997年にスタートした研究開発プロジェクトICAM(Integrated Computer Aided Manufacturing)で開発されたシステム設計・分析・記述手法である。

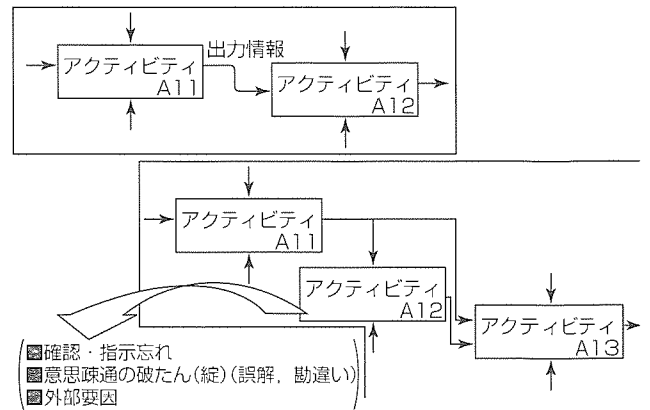


図4. IDEF0による不合理性発見

9. 実験結果に基づくシステム改善

実証実験の結果を受けてシステムの改善検討がLight CALS環境提供側においてなされた。結果的には、基本設計条件に抵触する技術連絡書の返信機能の一部の改善はできなかったが、その他の改善要望項目のほとんどは実現された。また、Light CALSのサーバから工事ごとの事例を引き出してCD-R等の媒体に収納し、サーバとネットワーク接続のないパソコンでも閲覧可能となり、応用範囲が広がったことが特筆される。

10. むすび

Light CALSの枠組の中で、具体的な設備建設を例にとって、企業間連携と技術の伝承を目指して実施した諸検討と実証実験の結果とについて述べた。

この研究に際して参加各社を取りまとめた日本鋼管(株)、またLight CALS環境提供を担当した(株)エヌケーエクスを始めとする関係各位に厚くお礼申し上げる。

この研究は、通商産業省が情報処理振興事業協会及び日本情報処理開発協会を通じて推進する“先進的情報システム開発実証事業”の一つである“鉄鋼設備CALC実用化プロジェクト”において実施されたものである。

参考文献

- (1) 竹腰篤尚, 宮原弘明, 泉田泰弘: 鉄鋼設備CALCの実用化推進, CALS NEWS BPR, 日刊工業新聞社, No. 12, 23~32 (1998)
- (2) 上住好章, 中山保夫, 石川好蔵, 浦上雅彦: 電子データ交換環境による企業間連携と技術の伝承, 実践経営学会誌, 37, 155~159 (2000)
- (3) 太田伸一, 百地照雄, 井上葉子: 火力プラントにおけるCALCの適用と運用管理, 三菱電機技報, 74, No. 12, 743~746 (2000)
- (4) 佐々木恒男訳: 公共心の覚醒, 48, 未来社 (1970) (原著H.Fayol: L'Éveil de l'Esprit Public, 1917)

火力プラントにおける電力CALSの適用と運用管理

太田伸一*
百地照雄*
井上葉子*

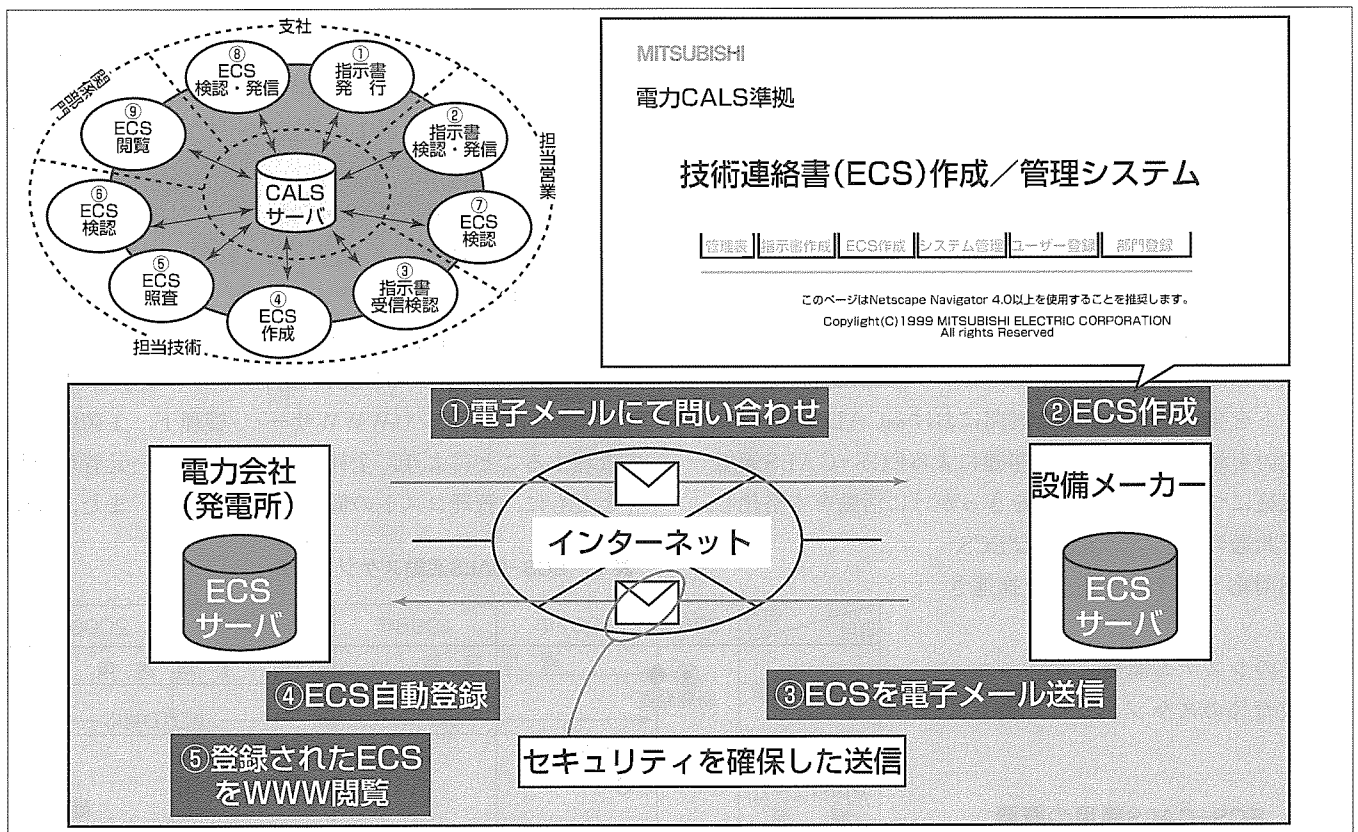
要旨

電力産業を取り巻く環境は規制緩和と競争拡大による社会情勢の変化の中で日々厳しさを増しており、低価格かつ高品質の製品供給という社会的要求を実現するためには、従来の企業内における業務改善や情報システムの導入による効率化に加え、電力会社、メーカー、その他協力会社を含む企業を越えた業務改善が必要となってきた。

これらに対応するため、電力業界では1995年末にCALS (Commerce at Light Speed: 生産・調達・運用支援統合情報システム)の業種別検討委員会を組織し、火力発電所の保守・運用業務に重点を絞った検討を重ねており、三菱

電機も日本電機工業会(JEMA)のメンバーとしてこれに参画してきた。

今回紹介する内容は、火力発電所の保守・運用業務の中で電力会社とメーカー間で交換する技術連絡書(Engineering Communication Sheet: ECS)を対象として、情報の電子化・共有化、ネットワークを介した情報伝達の迅速化を図ることを目的に電気事業連合会(電事連)とJEMAが中心となって実施した実証試験及び実適用への当社対応についてであり、当社が開発したECS-CALSシステムの概要を中心に活動の経緯、運用管理等について述べる。



技術連絡書 (ECS) の送受信の流れ

図は電力会社とメーカー間での作業フローの概念を示すもので、右上の図は当社が開発したECS作成/管理システム操作時の“タイトル画面”を示す。左上の図は社内における各部門の作業分担とシステムの集中化をイメージ化したものである。

1. ま え が き

近年話題になっているIT技術の活用例として、社内の業務プロセス改革を含めた技術連絡書(ECS)の電子標準化と作業進ちょく(捗)での部門責任を明確化した業務進捗管理システムを搭載した三菱電機の“ECS作成/管理システム”の特長、運用管理及びこのシステムを開発するに至った背景、経緯について以下に述べる。

2. ECS-CALS適用の背景と経緯

2.1 CALS適用の背景

CALSとは、製品・設備の設計から開発・調達・製造・運用に至る一連のライフサイクルにわたって発生するすべての情報を電子化・データベース化し、情報の共有化、ネットワークを介した迅速な授受を実現するシステムであり、米国で発祥した。このCALSの日本の産業界における有効性を検証し技術開発を進めるために発足した業種別CALSプロジェクトの一つである電力CALSでは、電力業界としての業務効率化について検討を進めてきた。

2.2 ECS-CALS適用の経緯

CALSのコンセプトに沿ったデータベースとネットワーク技術を基盤とした投資効果の大きいシステム化を推進する手始めとして、'95年11月に電事連の呼び掛けによって火力発電プラントを対象としたECSのCALS化適用についての実証試験を行うことになった。

適用試験は'97年1月から'99年4月の2年余りにわたって行い、CALS標準技術及び標準化ドキュメントの業務への有効性について検証を重ね、その結果を基に本格運用におけるガイドラインを制定し完了した。本格適用は'99年4月から各電力会社で順次開始されており、今後一層の適用拡大が予想される。

当社では、'96年8月にCALSインフラ基盤技術検討プロジェクトを発足させビジネス展開におけるCALS対応について検討を始めていたが、電事連によるECS-CALS適用試験実施についての新聞発表をきっかけに活動を本格化し、事業所共通のインフラ基盤及びECS-CALS対応システムの構築を推進させた。

当社のシステム開発、検証、ユーザー教育等のスケジュールを表1に示す。

3. ECS-CALS適用の概要

ドキュメント様式、データ授受のための情報技術等の企業間にまたがった標準化を実施し、従来は企業間において郵送や持ち届け等“紙”で提

出していたECSを“電子データ”で交換することにより、情報の共有化及び授受の迅速化を実現した。

電力CALSでは、技術情報の標準化として、データ形式は特定のソフトウェアに依存せず文書データの普遍性・拡張性の高い表現形式であるSGML(Standard Generalized Markup Language)を採用しており、外部ファイル(添付資料)はG4/TIFF, GIF, JPEG, PDF形式を採用し、SGML様式についても各社の既存様式の分析結果に業務面からの見直しを加味したDTD(Document Type Definition:文章型定義)の仕様を定めた。

本格適用に際してはこれら運用上の取決め及び考え方を示す“技術連絡書の電子データ交換運用ガイドライン”を制定し、電力会社/メーカーともこれに従ってシステムを構築・運用している。

なお、当社は、社内での情報の共有化、ペーパーレス等の合理化以外に適用試験において暗号ソフトに当社開発の暗号化アルゴリズム“MISTY”をインターネット上のセキュリティソフトとしてその製品をシステムに取り込み、本格適用に必要なセキュリティ確保機能の実証確認を行った。

4. ECS作成/管理システム

当社では、ECS-CALS適用に対応するためSGML形式のECSを正しく効率良く作成・管理することを目的として、イントラネット上にWWWベースのシステムを構築し、システム開発に当たっては、従来のワークフローを分析し、CALS対応を検討した図1の業務ワークフローをベースとした。

なお、添付資料形式については、当社ではマルチページ対応のTIFF, PDF形式を標準として採用している。

4.1 ECS作成/管理システムの特長

システムの主要機能は以下のとおりである。

- (1) CALSサーバによるECS、添付データの集中管理

ECSをCALSサーバ(WWWサーバ)管理下、1箇所集中管理することにより、全社各部門データの一元管理を行うとともに、管理コストの低減を図っている。また、検索

表1. ECS-CALS活動スケジュール

項目	年月	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
電事連の活動		● 新聞発表	◆ 適用試験	◆ IBDTD対応	◆ 本格適用	◆ 適用 ◆ 新DTD対応
社内システム開発		◆ 適用試験開始	◆ 適用試験対応システム	◆ IBDTD対応	◆ 本格適用開始 ◆ 本格運用版システム	◆ 最終版システム
事務局の活動(利用者教育)		◆ CALSインフラ基盤技術検討プロジェクト	◆ 適用試験対応説明会	◆ 本格運用対応説明会	◆ 運営委員会	◆ 最終説明会

機能の充実により、システムにアクセスすることで容易に閲覧ができ、従来各部門で行っていたファイリングが不要となる。

(2) CALSサーバによるワークフローの集中管理

指示書及びECSの作成システム、データ保管、認証システム、作成したデータのSGML変換、連絡／督促メール自動発信等のワークフローにかかわる全機能のCALSサーバによる集中管理を実現した。

(3) ワークフロー管理表による作業状況の一括管理

発電所からの問い合わせによってECSを作成し提出する一連のワークフローの進捗状況を進捗管理表(図2)としてブラウザ上に表示することで、処理状況の確認(期限確保)を容易にした。さらに、ユーザーの操作性を考慮し、この管理表を起点としてECSの作成・検認・出力・閲覧など、

一連の操作へのアクセスを可能としている。

(4) ブラウザ上からの簡易なECS情報入力によるSGML自動生成

SGMLのDTDや文書の階層構造を利用者に意識させないため、ブラウザ上でECSの入力テンプレートを表示した。作成したECSは自動的にSGML形式(電力提出用)及びHTML形式(出力/社内閲覧用)に生成される。

なお、入力テンプレート(図3)、出力フォーム(図4)は、従来の紙で使用していたフォームに極力近づけることで利用者の混乱を解消するとともに、全社でフォームを統一した。

(5) システムによる部門間連絡メールの自動発信

作業ワークフローにおいて必要となる次工程への処理依頼の連絡メールをシステムが自動発信する機能を装備した。

(6) システムによる督促メールの自動発信

期限切れECSについては管理表上でも「期限切れ」のアラーム表示をしているが、納期確保及び期限管理意識の定着化のために、期限切れECSの滞留部門に対してシステムが督促メールを自動発信する機能を装備した。

(7) 暗号化による安全なインターネットメール発信

ECS送信はインターネットを経由するため相手先に届くまでのセキュリティ確保が必要であり、当社は、適用試験段階から共通かぎ(鍵)暗号方式を採用しているMISTYYを使用して安全なインターネットメール発信を確立している。

(8) コメント返却時のファイル復号及び受領確認メールの自動処理

電力会社からのコメント返却メールの添付ファイルは圧縮/暗号化されており、復号/解凍処理が必要である。支社におけるこれらの手間を省くため、システムに転送することで自動的に復号/解凍処理及び電力会社への受領確認メールを発信する機能(図5)を装備した。

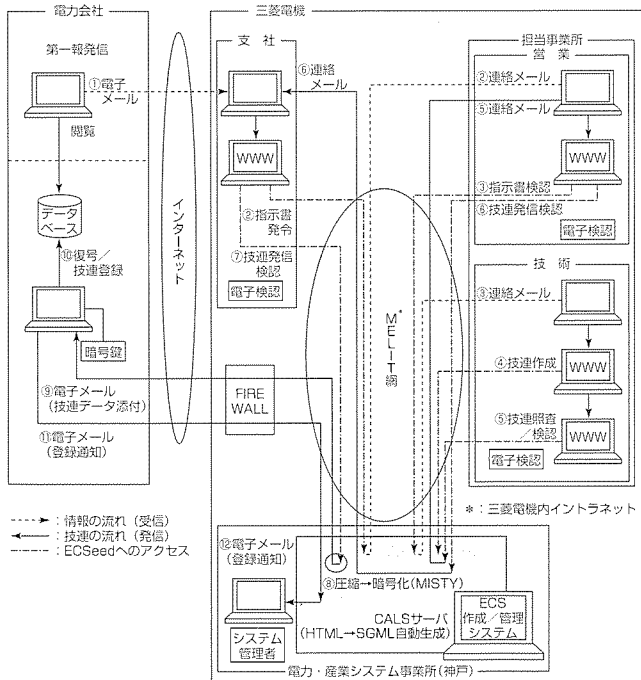


図1. 業務ワークフロー(CALS適用)

作業状況		指示書の受信検認・作成・発信			担当技術によるECS作成			場所営業	支社	送付
技術検討依頼番号 指示書ID (ECS発行番号)	支社	営業	担当技術	作成	照査	検認	検認	検認	検認	送付
68TMY-A00096 86G動作に係わる調査 (GAD-TK-T089)	(神)産電 発 2000-06-15	(神)産電 発 2000-06-15	火技術 発 2000-06-15	発 2000-06-16 GAD-TK-T089	発 2000-06-17 他部門照査1	発 2000-06-21 GAD-TK-T089	発 2000-06-21	受 2000-06-21 送付	期限 2000-06-19	
68THO-A00094 スリップロッド輪受け 油漏れ対策 (D20-0057)	神奈支 発 2000-06-09	(神)産電 発 2000-06-09	回達 発 2000-06-23	発 2000-06-23 D20-0057	発 2000-06-23 D20-0057	発 2000-06-23 D20-0057	発 2000-06-23	受 2000-06-01 送付	期限 2000-06-23	

図2. ECS作成/管理システム管理表(画面例)

【技術】ECS作成

※ECSファイル生成時の注意事項を必ずご確認ください。

作成者	承認者	作成日時	承認日時
作成部署	承認部署	作成機	承認機
作成場所	承認場所	作成機種	承認機種
作成機種	承認機種	作成OS	承認OS
作成バージョン	承認バージョン	作成環境	承認環境

技術連絡書

この技術連絡書は、三菱電機株式会社（以下「三菱電機」といいます。）の登録商標です。この技術連絡書は、三菱電機の技術情報であり、第三者に提供することを禁じます。また、この技術連絡書の内容を複製、転載、改変、または他の方法で公開することを禁じます。この技術連絡書を利用する場合は、必ず三菱電機との事前の承認を得る必要があります。また、この技術連絡書の内容を他の技術情報と組み合わせることはできません。

三菱電機株式会社 電力・産業システム事業部
発着部 電力プラント技術課

技術連絡書番号：51KKT-ADD0040
機密等級コード

件名：○○電力株式会社 ○○発電所 共用
○○電力株式会社 ○○発電所 共用
○○電力機送信テスト2 (A)の件

【経緯】
本技術連絡書は、○○電力株式会社CALO-ECS本格運用に向けての送電試験用として作成したものです。

【要点】
○○電力株式会社（共用）向けとして送電するもので、本書は、対象機密等級コードが指定されていない場合を想定した技術連絡書となっております。

【添付資料】
・技術連絡書の電子データ交換における機密保持の運用標準

作成	照査	検認	作成日付
井上	奥島	本野	2000-04-06
			発行番号
			51KKT-ADD0040
			改訂

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

図3. 作成テンプレート(抜粋)

○○電力株式会社 ○○発電所 機密課
○○機

技術連絡書

三菱電機株式会社 電力・産業システム事業部
発着部 電力プラント技術課

技術連絡書番号：51KKT-ADD0040
機密等級コード

件名：○○電力株式会社 ○○発電所 共用
○○電力株式会社 ○○発電所 共用
○○電力機送信テスト2 (A)の件

【経緯】
本技術連絡書は、○○電力株式会社CALO-ECS本格運用に向けての送電試験用として作成したものです。

【要点】
○○電力株式会社（共用）向けとして送電するもので、本書は、対象機密等級コードが指定されていない場合を想定した技術連絡書となっております。

【添付資料】
・技術連絡書の電子データ交換における機密保持の運用標準

作成	照査	検認	作成日付
井上	奥島	本野	2000-04-06
			発行番号
			51KKT-ADD0040
			改訂

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

図4. ECS出力フォーム

'99年4月からの本格運用移行後は、CALOサーバを保守・管理するシステム管理者を設置した。

システム管理業務の内容は次のとおりである。

- ユーザー情報／部門情報管理
- ディレクトリサービスデータの展開／不適合時のリラン
- サーババックアップの確認／不適合時のリラン
- サーバリポート
- ECSeedシステム不適合対応

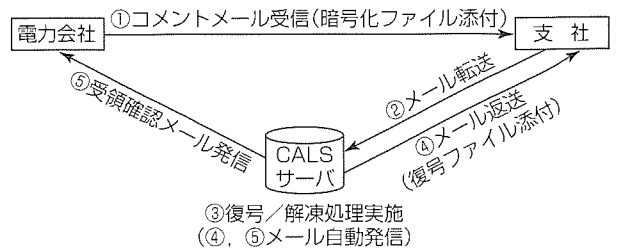


図5. コメントメール復号手順

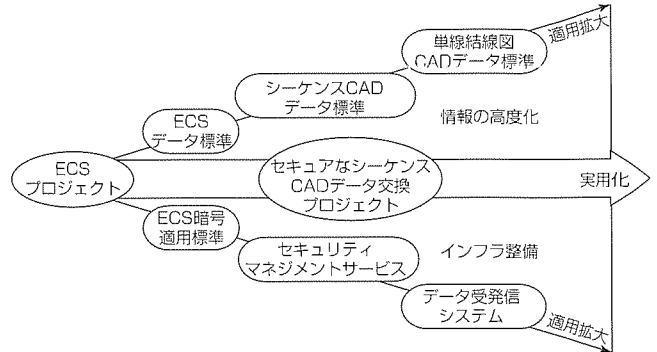


図6. 電力CALO取組の方向

5. 今後の問題と対応

5.1 今後の課題

今後このシステムを運用継続していく上での解決すべき課題は以下のとおりである。

- (1) 蓄積されたECSデータのシステムサーバからの退避時期及び保管期限について方針を決定する。
- (2) システム導入による業務の効率化・省力化の成果について机上検討との差異を含めて評価し、今後のシステム拡張方針を決定する。

5.2 今後の電力CALOの取組

今回紹介したECS-CALOを手始めに、シーケンス図面の電子データ交換など将来は電力会社とメーカー間で互いに活用できるデータを公開して電力業界での合理化を推進する方向にあり、それぞれの立場を尊重しつつ、業務改善を進めていきたい(図6)。

6. むすび

この活動は電気事業連合会、各電力会社、日本電機工業会、参加メーカーの相互協力によって実現できたものであり、この場を借りてお礼申し上げる次第である。

小型ユニット化を図った 超分散型ローカルコントローラ

山西忠敏*
上田晋司*

要旨

現在のパソコン計装に代表されるDCS(Digital Control System)は、フィールドコントロールステーション、リモート入出力ステーション、オペレータステーションが制御ネットワークで階層型に接続された階層型分散制御システムとなっている。三菱電機では、更なる低コスト化及び超分散化の要求にこたえるため、パソコン計装DCSとPLC(Programmable Logic Controller)を統合するとともに、更に進化発展させ、従来のCPU、PIO(Process Input Output)とネットワーク機能を小型端子台サイズのユニットに一体化した小型ローカルコントローラを開発した。

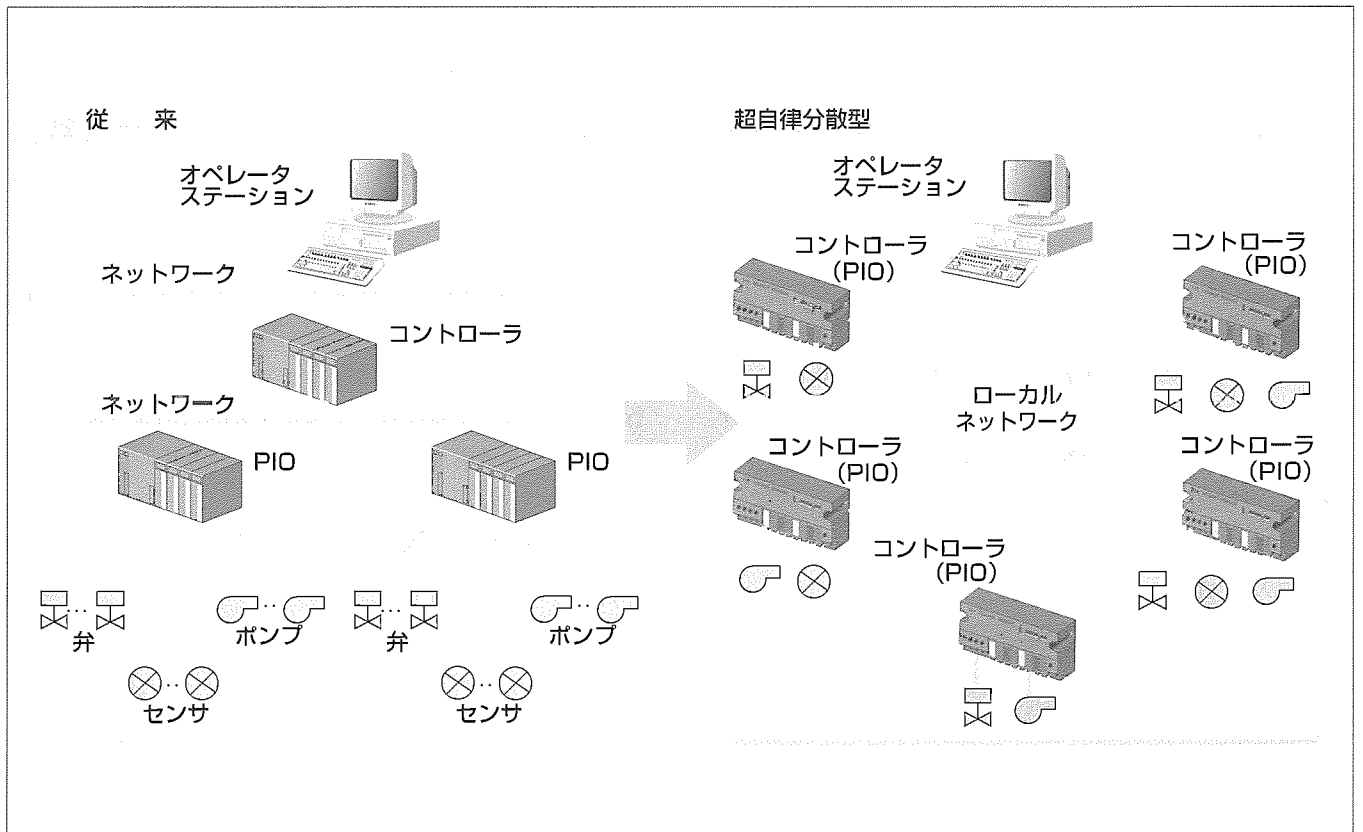
この小型ローカルコントローラは、各々に制御監視プログラムをエンジニアリングツールからダウンロードすることにより、各々のユニットが独立に自律分散可能となり、万が一の故障発生時もシステム全体が機能喪失することなく、その影響を最小限に食い止めることが可能である。ま

た、現場機器への組み込み等により、ケーブル配線、制御盤の設置等のコストを最小限に抑えることができる。

また、超分散されたローカルコントローラ間はネットワークを介してブロードキャスト通信によってコントローラ間で任意の信号を送受信可能であり、ユーザーに特別なソフトウェアの知識がなくても、エンジニアリングツールを使って容易に取り扱いができる。

この小型ローカルコントローラは、現場のワンループコントローラの更新とリモート・遠隔化等の機能拡張及び現場機器への組み込みによる機器のインテリジェント化、更には、汎用PLCの連続制御PA(Process Automation)との統合化と機能向上など、一般産業分野を含めてその適用範囲は広く、ユーザーからの期待も大きい。

本稿では、この小型ユニット化を図ったローカルコントローラのシステム概要とその適用事例について述べる。



小型ユニット化を図った超分散型ローカルコントローラ

CPU、PIO、ネットワークI/Fを端子台サイズのユニットに一体化しそれぞれのユニットが独立に自律分散可能な汎用制御システムを開発した。

1. ま え が き

汎用DCSは誕生から二十数年の間に“E(電気), I(計装), C(コンピュータ)”の統合をキーワードとして高性能化・大容量化が進められてきたが、最近では、小型化・低コスト化の要求に加えて“情報系と制御系”の統合を図ったオープンシステムアーキテクチャの下で各種の有効なアプリケーションパッケージを有効に活用できるオープン型DCSが求められており、パソコン計装がその主流となっている。

現在のパソコン計装に代表されるDCSは、フィールドコントロールステーション、リモート入出力ステーション、オペレータステーションが制御ネットワークで階層型に接続された階層型分散制御システムとなっている。三菱電機の電力・産業システム事業所においても、入出力モジュールをCC-Linkネットワークによって超分散配置した汎用DCSを製品化している。近年、一般産業分野では、低コスト化の追求から、現場の制御盤の削減と更なる超分散化の要求が急速に高まっている。

1.1 階層型分散システムから機器組み込み型超自律分散へ

当社では、パソコン計装DCSとPLCを統合するとともに更に進化発展させるために、従来のコントローラ、PIOの階層化したシステムからコントローラとPIOを一体化した小型ローカルコントローラユニットを開発した(図1)。

この小型ローカルコントローラユニットにはCPU、入出力、通信ネットワーク機能を内蔵しており、各々のユニットが自律分散可能であり、各々に制御監視プログラムをエンジニアリングツールによってダウンロード可能である。

このため、万が一の故障発生時もシステム全体が機能喪失することがなく、その影響を最小限に食い止めることが可能である。

さらに、各々のユニットは、(W)120×(H)50×(D)40(mm)の超小型端子台サイズであり、機器に組み込み、ケーブル配線、制御盤の設置等のインシャルコストを最小限に抑え、省力化できる。

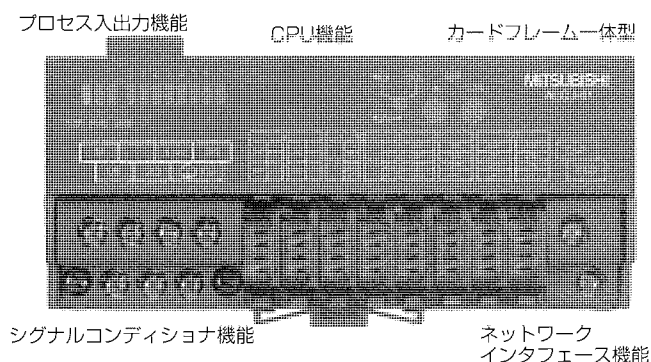


図1. 小型ローカルコントローラユニット

1.2 PAとFAの統合

PLCに代表されるFAシーケンサとパソコンDCSに代表される連続制御PAは、従来、個別に進化してきたが、近年、設備・情報の統合化による最適化によってPAとFAを統合した小型コントローラの製品化が望まれている。

当社では、汎用DCS MELTACシリーズのエンジニアリングツールとして従来からPOL(Problem Oriented Language)言語を採用しており、シーケンスロジックと連続制御ロジックを、グラフィックシンボルを使って同一シート上に記述している。このPAとFAを統合したエンジニアリングツールは、Windows NT上のアプリケーションとして提供され、コントローラにネットワークを介して接続される。

2. システム概要

2.1 システムコンセプト

ローカルコントローラは、従来のコントローラに内蔵していたCPU機能、プロセス入出力機能、シグナルコンディショナ機能、ネットワークインタフェース機能をコントローラユニットに一体化し、カードフレームそのものをなくすことを基本コンセプトとして開発した。

このため、各コントローラユニットを分散配置し、現場機器に組み込むとともに、ネットワークに接続されたエンジニアリングツールから制御プログラムをリモートでダウンロードして、各ユニットが個別に制御監視ユニットとして自律できる。また、各ユニット間でネットワークを介してデータ伝送/共有化が可能である(図2)。

この開発コンセプトを実現することにより、ユーザー側に次のメリットが生まれる。

- (1) 従来のDCSのフィールドコントロールステーション(制御盤)又はカードフレームが不要となる。
- (2) 現場機器及び現場盤とはネットワークでデータ授受を行うため、ケーブル物量、工事量が大幅に削減可能となる。
- (3) 超自律分散構成のため、万一の故障発生時の影響範囲を極小化できる。
- (4) PLCのアナログ機能が強化できる。

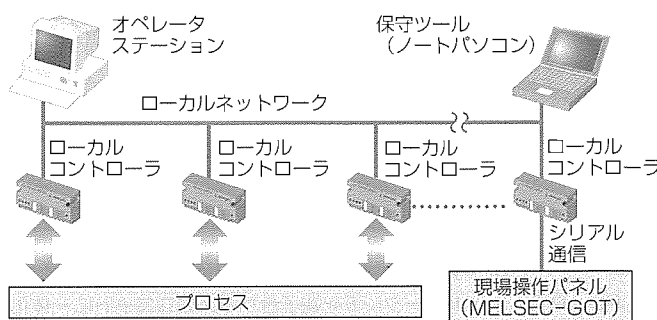


図2. 超自律分散システム構成例

(5) 超小型コントローラとして機器への組み込みによって機器のインテリジェント化が容易に実現可能となる。

2.2 システム構成

(1) 演算部には32ビットRISC型CPUを搭載し、外付けのフラッシュメモリに制御ロジックを格納し、動作させている。このため、電源喪失時プログラムの再ロードは不要であり、バッテリーも不要とした(表1)。

(2) ネットワークインタフェースについては、現在オープン化されており、そのインタフェースICが安価で入手容易であること、さらにはノード数が128以上で定周期性が保証されていることの条件を満足できるネットワークとして、ANSI/ATA878.1準拠のネットワークを選定した(表2)。なお、センサバスとして低速版Foundation Fieldbus(H1)はローカルコントローラで必要な性能要求を満足できないこと、また、高速版(H2)標準化は昨年度は仕様調整中であったことから、年間数十万ノード以上のシェアがあり中堅的なネットワークとして一般産業分野で採用されているANSI/ATA878.1のネットワークを採用した。

(3) プロセス入出力については、アナログ入力4点、アナログ出力2点、デジタル入力8点、デジタル出力8点を1個のコントローラユニットに内蔵している。

アナログ入力レンジの変更は、従来はアナログ入力カードのハードウェアの設定を変更して対応してきたが、ローカルコントローラでは、入力レンジはすべてソフトウェアによるリモート設定が可能である。

各プロセス入出力は、アナログについては個別絶縁、デジタルについては一括絶縁されており、フィールド機器とのアイソレーションを図っている(図3)。

(4) 供給電源については、DC24Vを外部から供給し、ユニット内部で絶縁電源を生成している。

表1. 演算部仕様

CPU	32ビットRISCチップ
クロック	28.7MHz
命令実行時間	35ns/命令
内蔵FROM	256kバイト
内蔵RAM	4kバイト
外付けRAM	256kバイト
外付けFROM	256kバイト

表2. ネットワーク仕様

伝送プロトコル	トークンパッシング
ネットワーク	Standard ANSI/ATA878.1準拠
伝送速度	2.5Mbps
最大ノード数	255
最大延長距離	6.4km
伝送路	RS-485
	光ファイバ
誤り検出	CRC

(5) 外部信号入力には電線被覆のストリッピングを行わずに接続可能な圧接型コネクタを採用し、現場での結線作業を容易にしている。表3に入出力仕様を示す。

(6) ローカルコントローラは、図4に示すように、拡張ユニットを1台まで接続可能であり、入出力点の増設が可能である。

(7) 小型ユニット化に伴い内部基板から発生する熱対策として、基板パターンを介して周囲のケース及び天井部のヒートシンクに放熱する構造として、周囲使用温度0~60℃仕様を満足させた。

2.3 ネットワーク接続形態とコントローラ間通信

(1) ネットワーク接続形態

各コントローラユニットにはネットワークI/FとしてRS-485電気タイプと光タイプの2種類があり、光タイプについてはHUBを介して接続される(図5)。

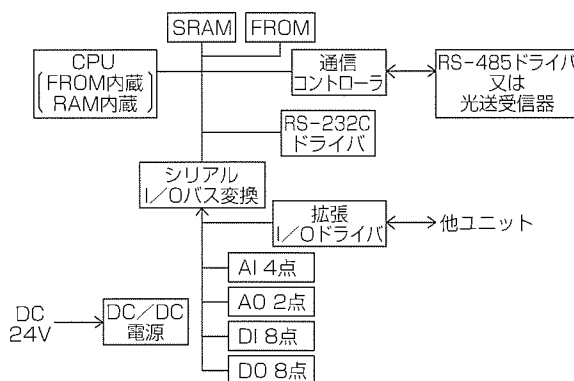


図3. 複合入出力ユニット内ハードウェア構成

表3. 入出力仕様

	仕 様
アナログ入力	4点
	入力レンジ (0~78mV) ~ (0~5V) (±78mV) ~ (±5V)
	分解能 16ビット
	精度 ±0.2%
	絶 縁 個別絶縁
アナログ出力	2点
	電流出力 4~20mA
	電圧出力 1~5V
	分解能 12ビット
	精度 ±0.2%
デジタル入力	8点 (無電圧接点入力)
	入力回路電源 DC24V (外部供給)
	絶 縁 AC500V, 1分間
デジタル出力	8点 (オープンコレクタ出力)
	外部印加電圧 DC30Vmax.
	出力ONシンク電流 100mAmax.
	絶縁耐力 AC500V, 1分間

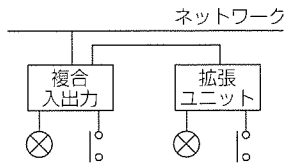


図4. 拡張ユニット接続

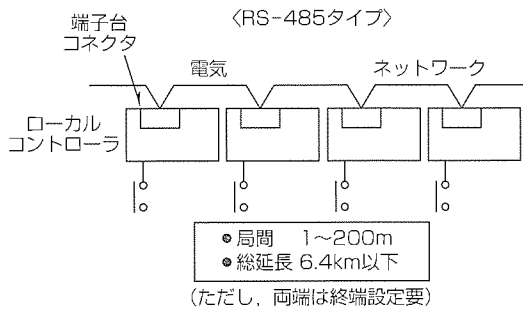


図5. RS-485接続

RS-485の場合、局間1~200mで、総延長6.4kmとする。
光の場合、局間(ローカルコントローラ~HUB)0.2~1kmで、最遠ノード距離6.4km以下とする(ただし、HUBは1台当たり270mに換算)(図6)。

(2) コントローラ間通信方式

各コントローラ間を接続しているネットワーク通信は、図7に示すようにトークンパッシング方式を採用しており、定周期性を保証している。

トークンパッシング方式では送信権をトークンという信号に持たせ、このトークンをネットワーク上に循環させることによって各ノードに送信権を渡している。トークンを渡されたノードは、全ステーションに対して、ブロードキャストでデータを送信する。このため、このプロトコルでは衝突がなく送信権が平等に各ノードに渡される。

例えば、ローカルコントローラが10台あり、各ノードが100バイト送信すれば、サイクリック周期は約6msであり、MELSEC-NET10による伝送とほぼ同程度の性能が得られた。

(3) コントローラ間通信ユーザーインターフェース

従来の汎用DCSでは、コントローラ間でプロセス信号をネットワークを介して送受信するケースは少なく、送受信が発生する場合は、サイクリックエリアのマップ割り付け等の設計をメーカーのシステム設計者が実施していた。

ローカルコントローラでは、分散されたローカルコントローラ間で送受信する信号のユーザー定義方法についても、ユーザーに詳細な知識がなくてもプロセス信号の伝送取り合いが容易にできるよう、下記のような規則を作り、受信側でノードNo.を線番の中で指定することで受信側が平等に受信できるようにした(図8)。

これにより、システム設計及び応用ソフトウェア設計時

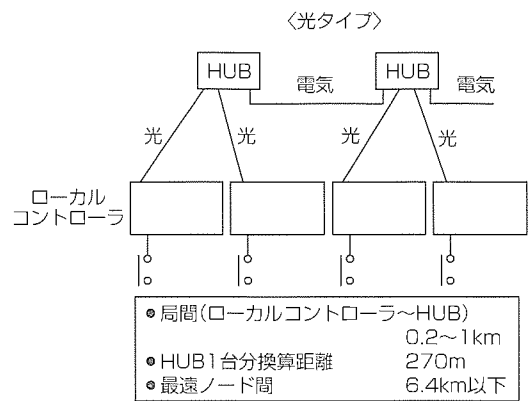


図6. 光接続

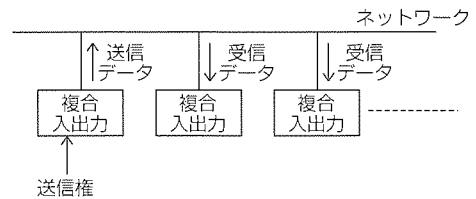


図7. コントローラ間通信プロトコル

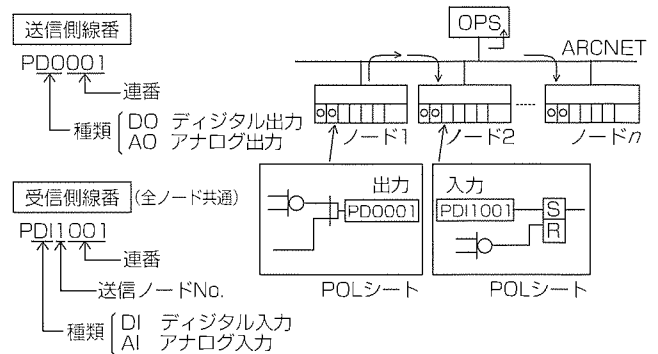


図8. コントローラ間通信方式

間の短縮を図った。

3. ローカルコントローラ適用例

3.1 現場機器のインテリジェント化の適用例

現場の機器(機械)を使って安価にインテリジェント化をしたい場合、ローカルコントローラを機器内に組み込み、分散化することにより、機器のインテリジェント化が容易に低コストで可能となる(図9)。

3.2 ワンループコントローラのリプレースと機能拡張例

ワンループコントローラを適用しているシステムにおいて、各ワンループコントローラ間のネットワーク化を図るとともに中央制御室での集中運転監視を行いたい場合、従来のDCSでは、分散制御システムを設置するスペースがなく工事費用も最小化したいケースではローカルコント

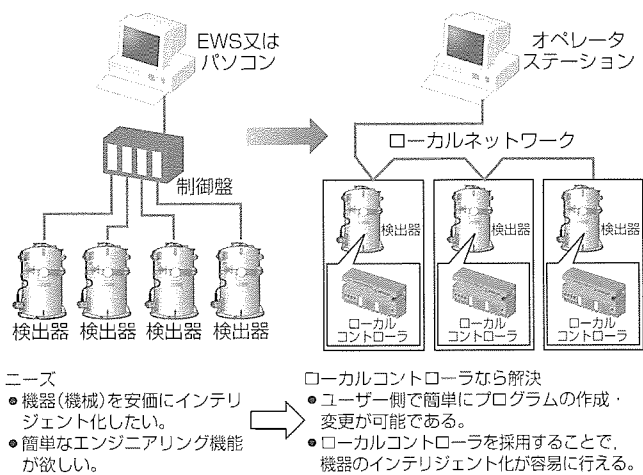


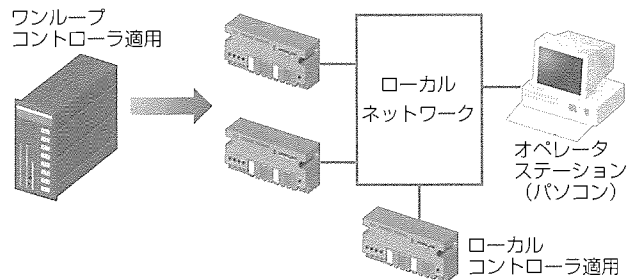
図9. 機器組み込み適用例

ニーズ

- 機器(機械)を安価にインテリジェント化したい。
- 簡単なエンジニアリング機能が欲しい。

ローカルコントローラなら解決

- ユーザー側で簡単にプログラムの作成・変更が可能である。
- ローカルコントローラを採用することで、機器のインテリジェント化が容易に行える。



ニーズ

- 中央(CRT)での集中運転操作を行いたい。
- ワンループコントローラ間の連携(ネットワーク化)を図りたい。
- 新規に分散制御システムを設置するスペースがない。
- プログラミングを簡単に行いたい。
- 導入費用(改造費)を最小にしたい。

ローカルコントローラなら解決

- ローカルコントローラでネットワーク化を行うことにより、コントローラ間のデータ共有が可能。より高度な制御を実現できる。
- 超小型サイズのため、現行システムに組み込み可能であり、リプレース時のシステム停止時間を最小にできる。
- ユーザー側で簡単にプログラムの作成・変更が可能である。このため、導入費用やメンテナンス費用を削減できる。

図10. ワンループコントローラ適用例

ローラシステムを適用することによってこれらの問題を解決できる(図10)。

4. むすび

一般産業分野では、制御監視システムに求められるオープン化・小型化・低コスト化の要求は今後ますます高くなっていくと考えられ、PAとFAの統合化も含めて、発展多機能型、ローエンド組み込み型のコントローラが求められている。

このような観点から、超自律分散型ローカルコントローラを開発し製品化してきた。

今後、ローカルコントローラの適用分野の拡大のため、各種インタフェースメニューの拡充及び他の汎用ネットワークとの接続化を図るとともに、エンジニアリングツール及びオペレータステーションの機能アップと標準化に取り組んでいく。

FOUNDATION Fieldbus対応 小規模計装制御システム

大川裕利*
東内信治**
平井敬秀**

要旨

計装制御システムにおいて、その手足に当たるフィールド機器はインテリジェント化され、オープンなフィールドネットワークによる中央機器との結合が進んでいる。

FOUNDATION[®] Fieldbus(以下“FFbus”という。)は、フィールド機器によるPID(比例・積分・微分)演算等ができ、システムの分散制御が可能なオープンネットワークである。三菱電機の“三菱オープン分散計装制御システム”では、FFbusを、今後計装制御システムの有望なフィールドネットワークと位置付けている。

一方、電気制御の主体であるシーケンサは、効率の良いシステム構築のため、計装制御システムへの取り込みが進んでいる。こうした中では、FFbusフィールド機器と当社MELSECシーケンサが円滑に結合していることがシステム構築で不可欠である。

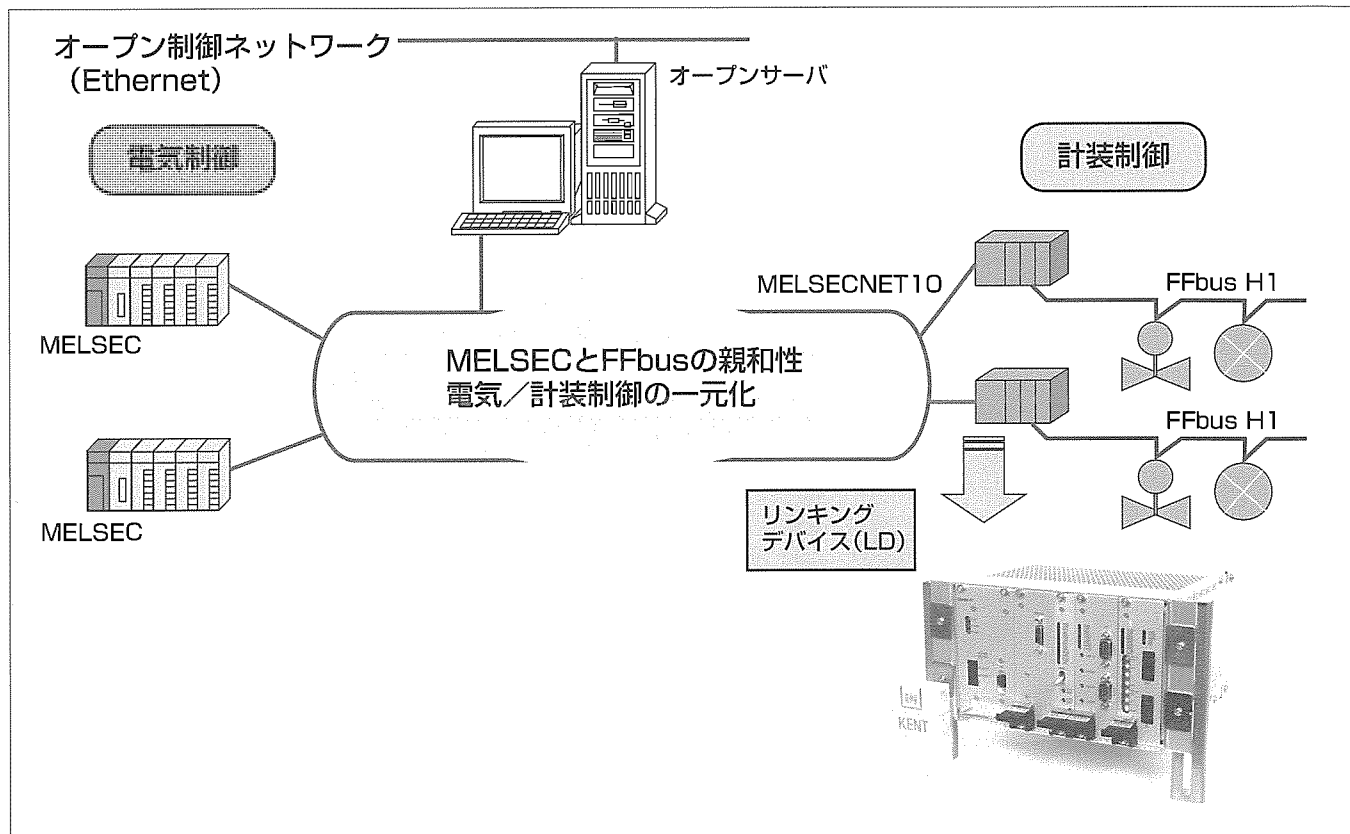
今回、MELSECシーケンサの代表的なネットワークで

あるMELSECNET10とFFbus H1を結合するリンキングデバイス(以下“LD”という。)を開発した。このLDにより、計装制御システムの中で、オープンサーバからMELSECシーケンサ及びFFbusフィールド機器の統合化されたエンジニアリングや、MELSECシーケンサとFFbusフィールド機器間のデータ収集が可能になる等、MELSECシーケンサ及びFFbusの親和性を実現している。

このLDは、当社排水処理設備に適用して稼働中である。排水処理設備では複数ベンダーのFFbusフィールド機器を接続しており、FFbusの持つマルチベンダー性をこのLDで確認できた。

なお、このLDは、山武産業システム(株)の技術提供と協力によって開発したものである。

(注)“FOUNDATION”は、フィールドバス協会の商標である。



FFbus対応小規模計装制御システム

MELSECNET10とFFbus H1を結合するLDを開発した。このLDにより、MELSECシーケンサとFFbus H1の親和性を実現でき、電気制御と計装制御を一元化した効率の良い小規模計装制御システムを構築できる。

1. ま え が き

計装制御システムは、インテリジェント化されたフィールド機器がフィールドネットワークによるデジタル伝送で結ばれる方式に移行してきている。このためのフィールドネットワークとしてCC-Link、Profibus、Devicenet、LonWorks、ARCNETなど様々なオープンネットワークが提唱され、それぞれが特長を生かしてシステムに適用されている。

FFbusは、こうしたオープンなフィールドネットワークの一つである。FFbusはフィールド機器でPID演算等ができ、これによってフィールド機器によるシステムの分散制御が可能である⁽¹⁾。三菱電機の“三菱オープン分散計装制御システム”⁽²⁾では、こうしたシステムの機能分散に適した特長を備えるFFbusを、計装制御システムの有望なフィールドネットワークとしてとらえている。

一方、特に小規模な計装制御システムでは、電気制御の主体であるシーケンサとの共存が一般化している。こうしたシステムにおいて、計装制御システムのいわば手足に当たるFFbusフィールド機器と当社MELSECシーケンサとの円滑な結合と親和性の確保がシステム構築に不可欠である。これによって電気制御と計装制御の一元化が図られ、顧客のニーズに合った効率の良いシステム構築が可能と考えられる。当社ではこのようなねらいをもってMELSECシーケンサ間の代表的なネットワークであるMELSEC NET10とFFbus H1を結合する機能デバイスとなるLDを開発したので本稿で紹介する。

2. FFbus対応計装制御システムの構成と特長

FFbus対応の計装制御システム(図1)は、以下の特長を持っている。

- (1) コントローラ、HMI、現場フィールド機器のエンジニアリングの統合化
- (2) FFbus H1及びFFbus HSE(High Speed Ethernet)間LDによるケーブル工事費の大幅削減
- (3) 当社MELSECシーケンサとの親和性確保

本稿で紹介するLDは、以上のうちMELSECシーケンサとの親和性を実現するもので、主として図1の中の小規模システムに適用される。MELSECNET10とFFbus H1を結合するため、このLDでは、両者が持つ通信プロトコル及びデータ構造を適切にマッピングさせている。

このLDにより、オープンサーバからMELSECシーケンサ及びFFbus対応フィールド機器(以下“FFbus機器”という。)への統合化されたエンジニアリングを実現している。さらに、MELSECシーケンサとFFbus機器間の定周期的なデータ転送を可能にしている。

3. FFbus通信

FFbusはオープンなフィールドネットワークで、その通信プロトコルはISA及びIEC標準規格となっている。また、FFbusは、通信プロトコルだけでなく、PID演算等の制御機能をファンクションブロック(以下“FB”という。)として規格化している。このFBは、フィールドネットワーク上の各機器に分散して配置される。各機器上のFBの実行及

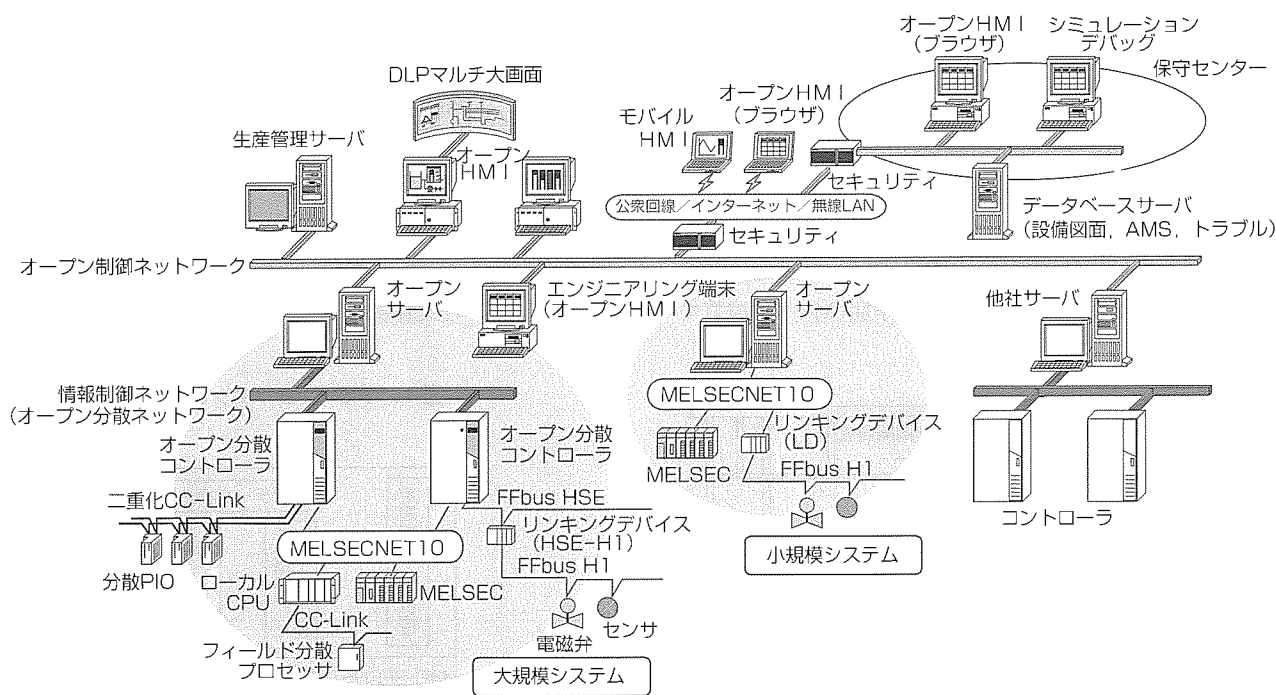


図1. FFbus対応オープン分散計装制御システム

びFB間の通信はすべて同期して行われる。

FFbusの基本的な動作を図2に示す。横軸は時間であり、マクロサイクルと呼ばれる制御実行周期ごとにFBが実行される。AI, PID, AOはそれぞれFBが実行される時間である。FB間の制御データの通信は、定周期通信と呼ばれ、マクロサイクルごとに行われる。

定周期通信は、あらかじめスケジューリングされ、他の通信に優先して実行される。定周期通信の実行されていない時間には非定周期通信を実行することができる。非定周期通信は、FBのパラメータ設定、監視データの伝送等に使用される。またFFbusでは各機器で自発的にアラームを発生させることも可能で、このアラーム伝送にも非定周期通信が利用される。

このLDでは、以上示したようなFFbus通信とMELSEC NET10の親和性確保のため、FBをオープンサーバが持つタグデータ構造にマッピングさせること、また、定周期通信、非定周期通信、及びアラーム伝送をMELSECNET10の通信プロトコルに変換することが必要になる。

4. MELSECNET10との親和性

4.1 タグデータ構造への対応

計装制御システムでは従来から特有のタグデータ構造を持ち、オープンサーバはこのタグデータ構造にアクセス(読み出し/書き込み)することで計装制御を行っている。

今回開発したLDにおいても、内部のソフトウェアでこのタグデータ構造に対応し、オープンサーバからのタグデータ構造へのアクセスを実現した。

4.2 FBによる計装制御

FFbus機器内のFBは、計装制御機器の単位機能をブロック化したものである。

図3は、アナログ入力(AI)を持った流量計とPID制御器(PID)、アナログ出力(AO)を持ったバルブとを組み合わせ代表的な制御ループであるPID制御ループを構成した例である。

FBを使用した計装制御では、PIDに設定した設定値(SV)を使用してプロセス変数(PV)から操作量(MV)を演算で

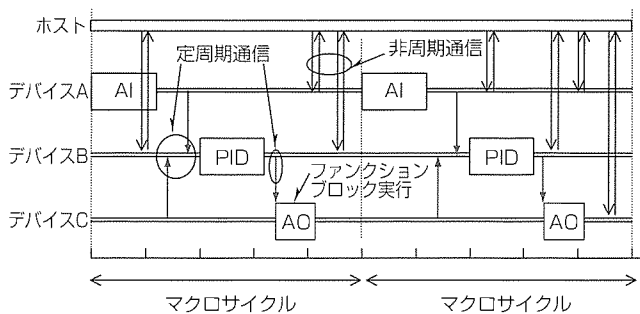


図2. FFbusの通信形態

求め、フィールド機器に出力することによって制御を行う。

4.3 FBのマッピング

FFbusの最大の特長はFBによる計装制御の実現である。このLDでは、タグデータ構造へのFBのマッピングにより、オープンサーバからのFFbus機器内のFBへアクセスを可能とした。

またFFbus機器から受信したアラームは、LD内のタグデータ構造に登録することにより、オープンサーバへのアラーム通知を可能とした。

タグデータ構造とFBとのマッピングを図4に示す。

5. 通信プロトコル変換

このLDのソフトウェアは、定周期データ処理、非定周期データ処理、アラーム処理、及びMELSECNET10のノードに対応したタグデータ構造で構成される(図5)。

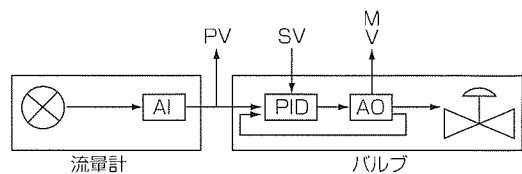


図3. PID制御

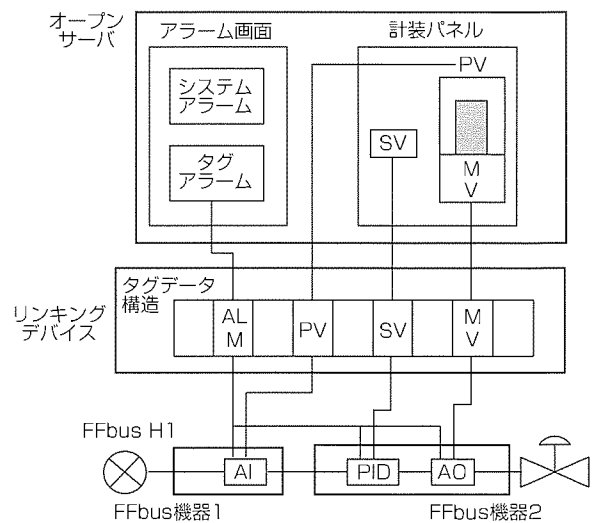


図4. タグとFBのマッピング

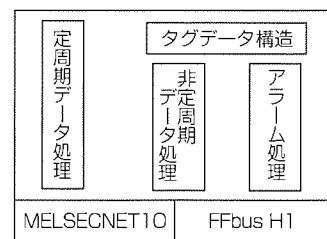


図5. LDのソフトウェア構成

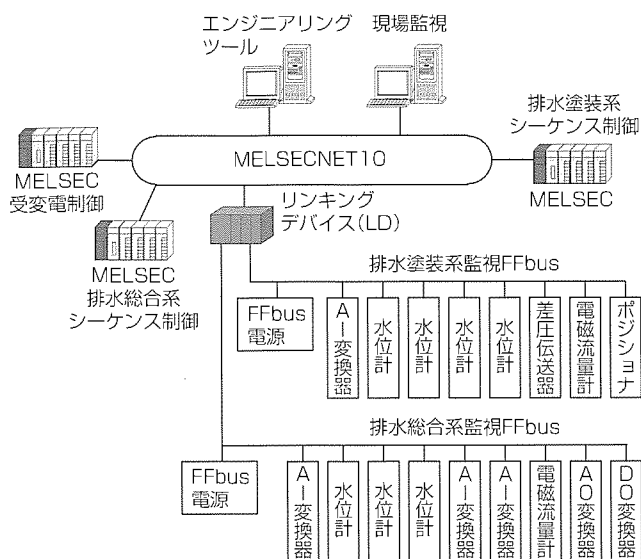


図 6. 排水処理設備のシステム構成

定周期データ処理では、定周期通信を実現するために、MELSECNET10のサイクリック転送とFFbusの定周期通信との間でデータの交換を行っている。非定周期データ処理では、オープンサーバからのタグデータ構造へのアクセス(読み出し/書き込み)をFBパラメータへのアクセスに変換している。またアラーム処理では、FFbus機器から受信したアラームをタグデータ構造に登録している。

以上のソフトウェアで、MELSECNET10上のノードとFFbus機器との通信を変換する処理を実現している。

6. 適用事例

今回、このLDを、当社電力・産業システム事業所の排水処理設備に適用した。この設備は、工場の生活排水及び塗装排水を処理し、約4,000m³/日の処理能力がある。

この設備の計装制御装置のシステム構成を図6に示す。ポンプ制御等のデジタル制御はMELSECシーケンサを使用し、流量計測やレベル計測等のアナログ値計測はFFbus機器を使用している。今回適用したLDには電磁流量計、差圧伝送器、AI変換器など、計17台のFFbus機器を2セグメントに分けて接続している。LDはMELSECNET10側から見ると1台の通常局という位置付けであり、他のMELSECシーケンサとともにMELSECNET10で結ばれ、オープンサーバで統合的な監視が可能となっている。図7に監視画面例を示す。

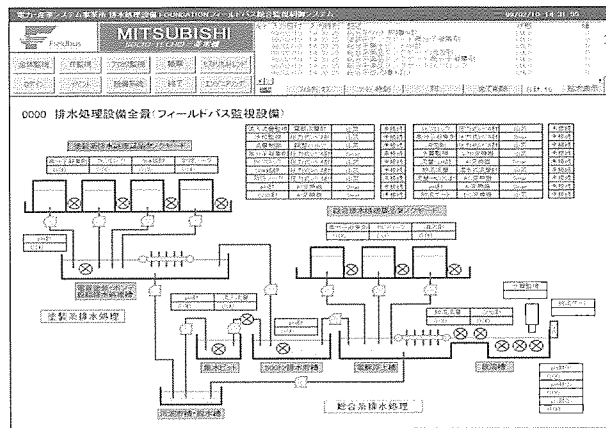


図 7. 監視画面例

7. むすび

小規模計装制御システムを主要ターゲットとして開発したMELSECNET10とFFbusを結合するリンクングデバイス(LD)を紹介した。このLDは、当社排水処理設備に適用し稼働中である。適用した排水処理設備は数社のフィールド機器からなっており、適用を通して、FFbusの特長の一つであるマルチベンダー性も確認できた。

今後各社からFFbus対応のフィールド機器の市場投入が進むことで、そのマルチベンダー性から、顧客は、低コスト化と保守の容易性等をFFbusに期待できる。当社では、これらの顧客の要望にこたえとともに、このLDの機能を生かし、電気制御の主体であるシーケンサと計装制御の手足となるFFbusフィールド機器の高い親和性を付加価値として、顧客にシステム提供をしていく所存である。

参考文献

- (1) 日本電気計測器工業会：JEMIMA フィールドバス，JEMIS，038-1999 (1999)
- (2) 戸田明男，佐藤千春，大川裕利，織田修司：オープン分散制御システムのコントローラ，三菱電機技報，73，No.6，397～401 (1999)
- (3) 大川裕利，吉田昭彦，野坂佳孝，平井敬秀：フィールドバスシステムの開発と適用事例，電気学会金属産業研究会，MID-99-45 (1999)
- (4) 大川裕利，大西宏明，平位隆史，平井敬秀，中山保夫：フィールドバス計装の実践，計測技術，27，No.9 (1999)

PIO用シリアルバス制御LSI

要 旨

FA (Factory Automation), PA (Process Automation), 受配電各分野のフィールド機器を利用する領域では、機器のインテリジェンスをプラントの手足となるフィールド機器に組み込み、デファクトでオープンなフィールドネットワークによって連結したシステムを構成しシステムのトータルコストダウンを図る動きが顕著である。

三菱電機の計装制御システムにおいても、業界デファクトスタンダードであるCC-Link^(注) (Control & Communication Link)等のオープンネットワークを採用し、現場配置可能なプロセス入出力制御装置(分散PIO(Process Input Output))を提供してきた。

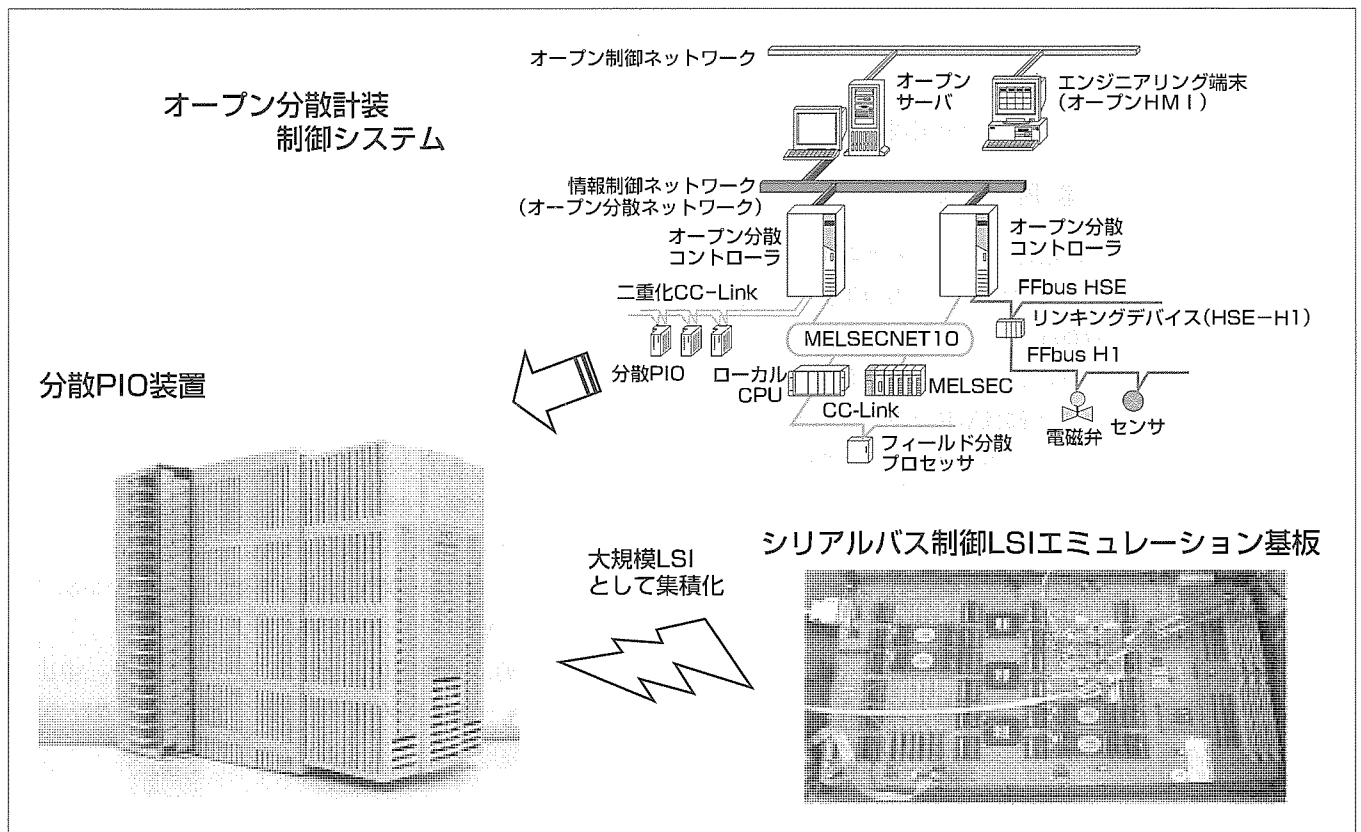
今回、現場配置の装置に必要な耐環境性を向上し、徹底したLSI化による小型化・低コスト化を図った分散PIO装置を開発した。電磁ノイズ耐量を向上させるため、新たに

RS-485準拠の伝送速度10Mbpsシリアルバス(HSB)方式を開発し、その機能をLSIに組み込んだ。特に、HSBマスタ機能は32ビットRISCプロセッサコアを周辺回路とともに1チップ化し、部品点数削減と消費電力低減を図っている。

LSI開発では、以下のような検証方式によって網羅性の高い試験を実施し、短期間で高品質なLSI開発を実現した。

- (1) FPGA(Field Programmable Gate Array)活用によるプロトタイピング
- (2) ランダムパターンシミュレーション
- (3) 静的タイミング解析

(注) “CC-Link”は、三菱電機が開発したオープンフィールドネットワークである。



分散PIO装置とシリアルバス制御LSIプロトタイピング

オープン分散計装制御システム(上図は部分的な図であり、システムの全体像は参考文献(1)を参照)のフィールドネットワークはCC-Link等業界標準であるオープンネットワークを採用し、PIO装置はフィールド機器の近傍に設置し、分散配置可能な方式としている。分散PIO装置内部のプロセス入出力通信には高速シリアルバス方式を採用しており、その機能を組み込んだ大規模LSI開発にはFPGAベースのエミュレーション技術等を適用し、高品質、短期間でLSI開発を実現した。

1. ま え が き

計装制御システム、電力系統制御システムの分野では、システムのトータルコストを削減するため、①オープンかつデファクトなフィールドネットワークによる配線コストの低減、②フィールド機器のインテリジェント化による監視及び制御機能の分散化を進めている。一方、シーズ面では、①各種フィールドネットワークと接続される機器の拡販、②低消費電力・高性能のマイクロプロセッサの登場や部品の小型化、実装技術の向上等により、現場に設置できる小型制御／監視装置の実現が可能となってきた。

三菱電機のオープン分散計装制御システムにおいても、プロセス入出力制御(PIO)装置は、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し、フィールド機器の近傍に分散配置が可能な方式としている⁽¹⁾。

本稿では、この分散PIO装置で採用した高速シリアルバス方式と、その機能を集積化した最新のLSI設計検証技術について述べる。

2. 高速シリアルバス(HSB)方式

2.1 プロセス入出力通信への要求

分散PIO装置のハードウェアは、モータやバルブ等のプロセス装置と接続されるフィールドカードと、これらフィールドカードの監視制御を行うマイクロプロセッサを搭載したメインカードで構成される。フィールドカードとメインカード間のリアルタイム処理を行うためには、カード間通信方式に対して、高速性、低コストに加えて次の要求がある。

(1) 周期時間保証

PIO装置の種別(アナログ／デジタル、入力／出力等)によって周期時間は数百 μ sから数十msの幅がある。各々の種別のPIO装置が混在するシステムにおいて、周期時間を保証する必要がある。

(2) ノイズ耐性

プロセス機器が設置される様々なフィールドのノイズ環境に対応するため、装置の電磁ノイズ耐性の向上が必要である。

2.2 機能概要

上記の要求を満たす通信方式としてHDLC(High Level Data Link Control)に準拠したシリアルバス方式を開発した。ノイズ耐量を向上させるため差動式を採用している。主な仕様を表1に示す。

2.3 特 長

周期時間を保証するために以下のような方式を採用した(図1)。

(1) 個別パケットの定義

PIO装置の種別によって個別のパケットを定義する。

(a) 同期パケット

データ更新の同時性を保証するために、タイミングを同報通知する。アナログ入力／デジタル入力ごとにパケットを設ける。更新したデータの取り込みは入力パケットを使用する。

(b) 入力パケット

フィールドカードからメインカードへデータを転送する。フィールドカードの構成情報やプロセス装置の状態等を転送する。

(c) 出力パケット

メインカードからフィールドカードへデータを転送する。フィールドカードの初期データやプロセス装置の更新データ等を転送する。

(2) 再送制御

周期時間処理中に転送異常又はビジー応答が発生した場合、再送処理は、システム的全PIO装置への正常アクセスが完了した後に実行する。この制御により、周期処理中のPIO装置の故障又はビジー応答発生にかかわらず、PIO装置当たりのアクセス周期時間を保証する。

3. 高速シリアルバスLSIの開発⁽²⁾

HSBのマスタ機能、スレーブ機能各々を組み込んだLSI 2品種を開発した。特に、マスタ機能は32ビットRISC型

表1. 高速シリアルバスの主な仕様

項目	仕様
伝送速度	10Mbps
誤り検出	CRC検出
接続距離	最大25m
物理仕様	RS-485準拠
データリンク仕様	不平衡型正規応答 フラグ同期方式 NRZI* 4B/5B ポーリング&リフレッシュ HDLC改良型
●通信方式	
●同期方式	
●伝送方式	
●符号化方式	
●データ転送手順	
●伝送フォーマット	HDLC改良型

* Non-Return-Zero Inversion

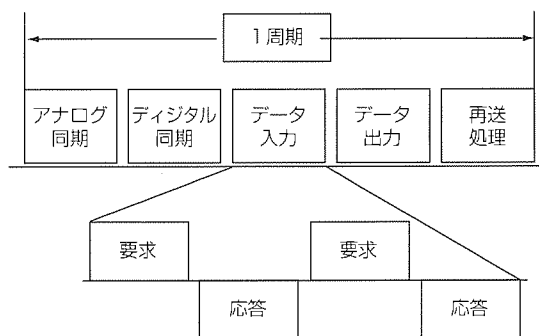


図1. 周期時間処理

CPUコアを周辺回路とともに1チップ化し、メインカードの大幅な部品点数削減を実現した。

3.1 LSIの仕様

各々のLSIのブロック図を図2及び図3に、仕様を表2に示す。各LSIのプロセスは量産性に優れた安定したプロセスを採用している。

(1) マスタ機能LSI

LSI内部のユーザー回路は、HSBマスタ側制御LSIとして以下の機能を持っている。

- (a) HSB通信インタフェース機能を内蔵し、フィールドカードとの高速シリアル通信を実現する。
- (b) 32ビットRISCプロセッサコアや周辺機能(割り込みコントローラ, RS-232C, WDT(Watch Dog Timer)

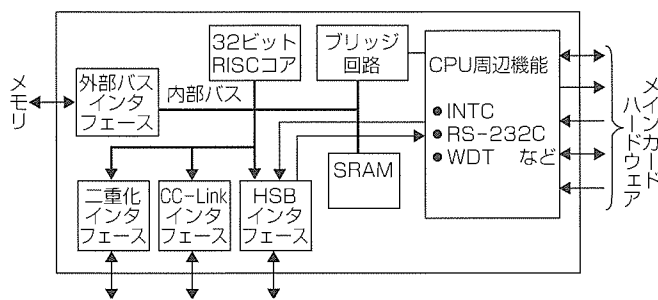


図2. マスタ機能LSI内部ブロック図

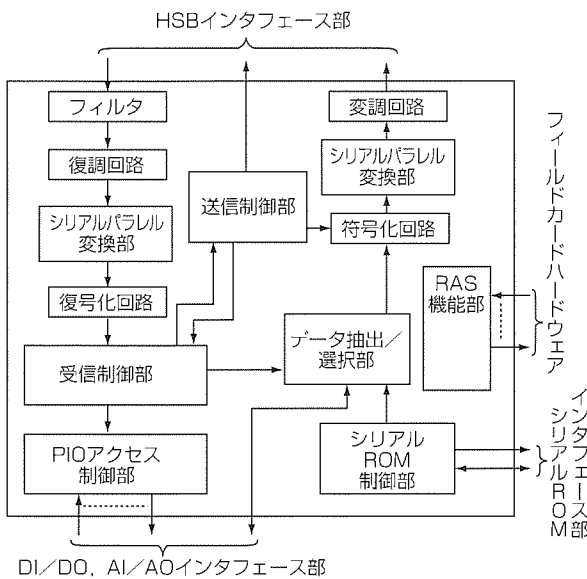


図3. スレーブ機能LSI内部ブロック図

表2. LSIの仕様

機能	ゲート規模	プロセス	パッケージ
HSBマスタ	13キロゲート (ユーザー回路)	0.35μm セルベース	100ピン QFP
HSBスレーブ	15キロゲート	0.5μm ゲートアレー	100ピン QFP

など)を接続するブリッジ回路を備える。

- (c) 通信RAS機能を内蔵し、異常通知/再送処理を行う。
 - (d) CC-Link制御LSIの制御機能も備える。
 - (e) メインカードの二重化インタフェース機能を備える。
- (2) スレーブ機能LSI

スレーブ機能LSIは、HSBスレーブ側制御LSIとして以下の機能を持っている。可能な限り各種フィールドカード上の機能を盛り込み、外部ハードウェア量を軽減している。

- (a) HSBバス通信インタフェース機能を内蔵し、メインカードとの高速シリアル通信を実現する。
- (b) 各種フィールドカード内部の論理制御を行う。
- (c) 通信RAS機能を内蔵し、異常通知/再送処理を行う。

3.2 LSI設計検証技術

今回の開発においては、特にCPUコアを組み込んだマスタ機能LSIの機能検証が大きな課題であった。独自仕様のHSBの品質確認を確実にし、短時間で手戻りなく開発を進めるために次のようなステップを踏んだ。

Step 1として、スレーブ機能LSIとマスタ機能LSIのユーザー回路部をFPGAで実現し、汎用マイクロプロセッサと組み合わせた試作機を開発し、ソフトウェア開発が並行して行えるようにした。

これらLSIとFPGAの設計においても、設計品質を高めるため、エミュレーションとランダムパターンシミュレーションを実施した。

次に、Step 2として、試作機の実機検証結果を反映しマスタ機能LSIの設計を行った。CPUコアのフルファンクションモデルを用いた機能検証と配置配線後の検証を効率的に行うため、言語レベルシミュレーションで利用したテストデータのゲートレベルシミュレーションへの流用及びタイミング検証には静的タイミング検証を適用した。

これらの検証技術で特徴的なエミュレーション、ランダムパターンシミュレーション、静的タイミング解析について以下に述べる。

(1) エミュレーション

HSBマスタ機能/スレーブ機能をFPGAベースのエミュレータ上に構築し、通信プロトコルとPIO制御を対象に実周波数(40MHz)で検証試験を実施し、まれなケースで発生する不具合も検出でき品質を高めることができた。図4にエミュレーションの構成を示す。

(2) ランダムパターンシミュレーション

従来、単一トランザクション及び最悪競合トランザクションについての機能検証をしてきたにもかかわらず実機検証段階でバグが発見されることがあった。この対策として、機能検証フローであらゆるテストパターンで検証する必要がある。そこで、その検証方法の一手法として、トランザ

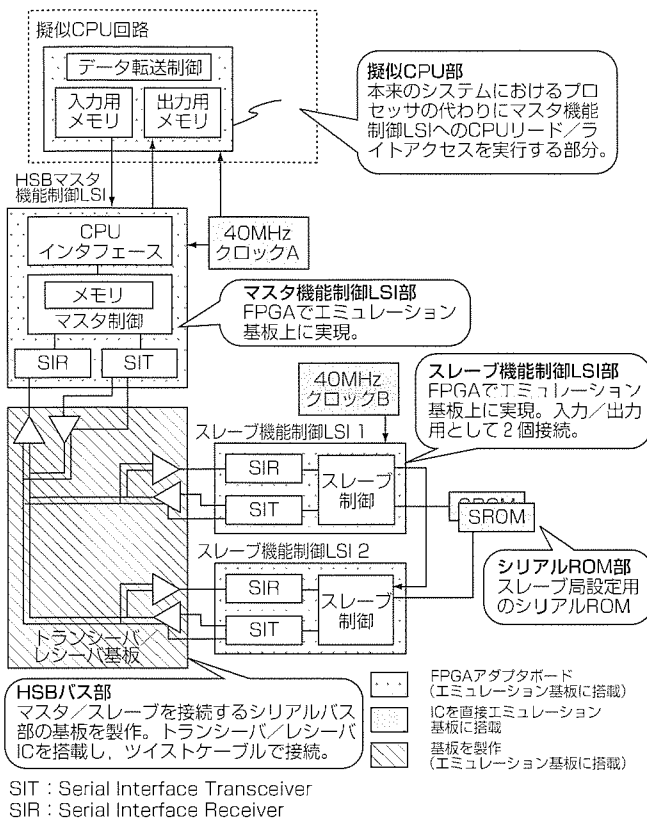


図4. HSBマスタ/スレーブ機能のエミュレーション構成

クションの競合ケースをランダムに発生させるランダムテストパターン検証法をスレーブ機能LSIの機能検証に採用した。具体的には、スレーブ機能LSIへのアクセスは、そのすべてのパラメータ(アドレス(局), データ, 要求種別)をランダムに発生させてシミュレーションを実施した。ただし、試験をより効率的に運用するため、各発生には重み付けを行っている。ランダムパターンシミュレーションの構成例を図5に示す。

(3) 静的タイミング解析

静的タイミング解析は、①入力セットアップ時間、②動作周波数、③出力遅延の3種について、クリティカルパスのマージンを算出させるタイミング検証手法である(図6)。この手法は、配置配線後のゲート/配線/容量から算出される遅延値を使用して検証することから、テストパターン要らずで、実行時間が短い。従来のイベントドリブンシミュレーションによる検証方法は機能とタイミングの双方を検証する手法である。したがって、クリティカルパスを検出するためにはすべての機能を実行する必要がある、“膨大なテストパターンの作成とシミュレーション実行時間及び結果解析時間”という工程を圧迫する大きな問題があった。この解決策として静的タイミング解析を実施した。

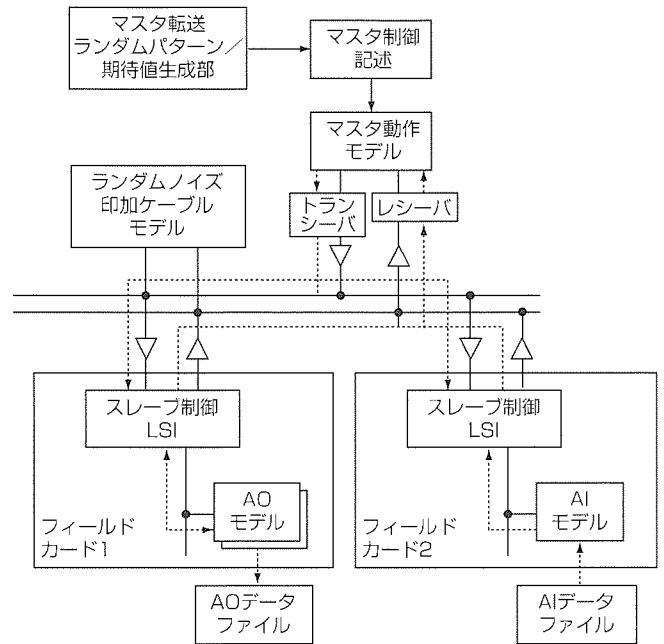


図5. ランダムパターンシミュレーション構成例

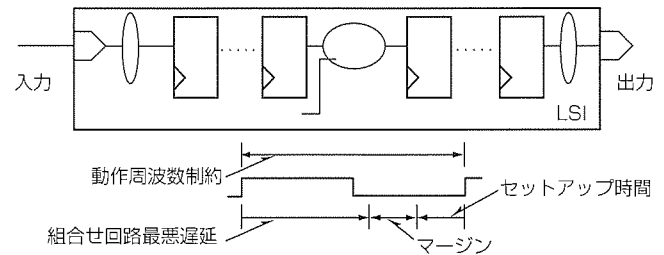


図6. 静的タイミング解析例(内部回路)

4. むすび

オープン分散計装制御システムのプロセス入出力(PIO)装置で適用している高速シリアルバス方式と、その機能を組み込んだLSI開発について述べてきた。

今後も、当社のシステムノウハウ(故障・監視・保守支援など)を実装したPIO装置を最新のハードウェア技術の活用によって低価格で実現し、フィールドシステムの高機能化と低コスト化を図っていく所存である。

参考文献

- (1) 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コントローラ, 三菱電機技報, 73, No.6, 397~401 (1999)
- (2) 石田仁志, 志賀 稔, 長尾 哲: リアルタイムシステム向け高速シリアルバス方式, 電子情報通信学会総合大会, 講演番号B-8-8 (2000)

デジタル式タービン監視計器の実機適用と信頼性試験

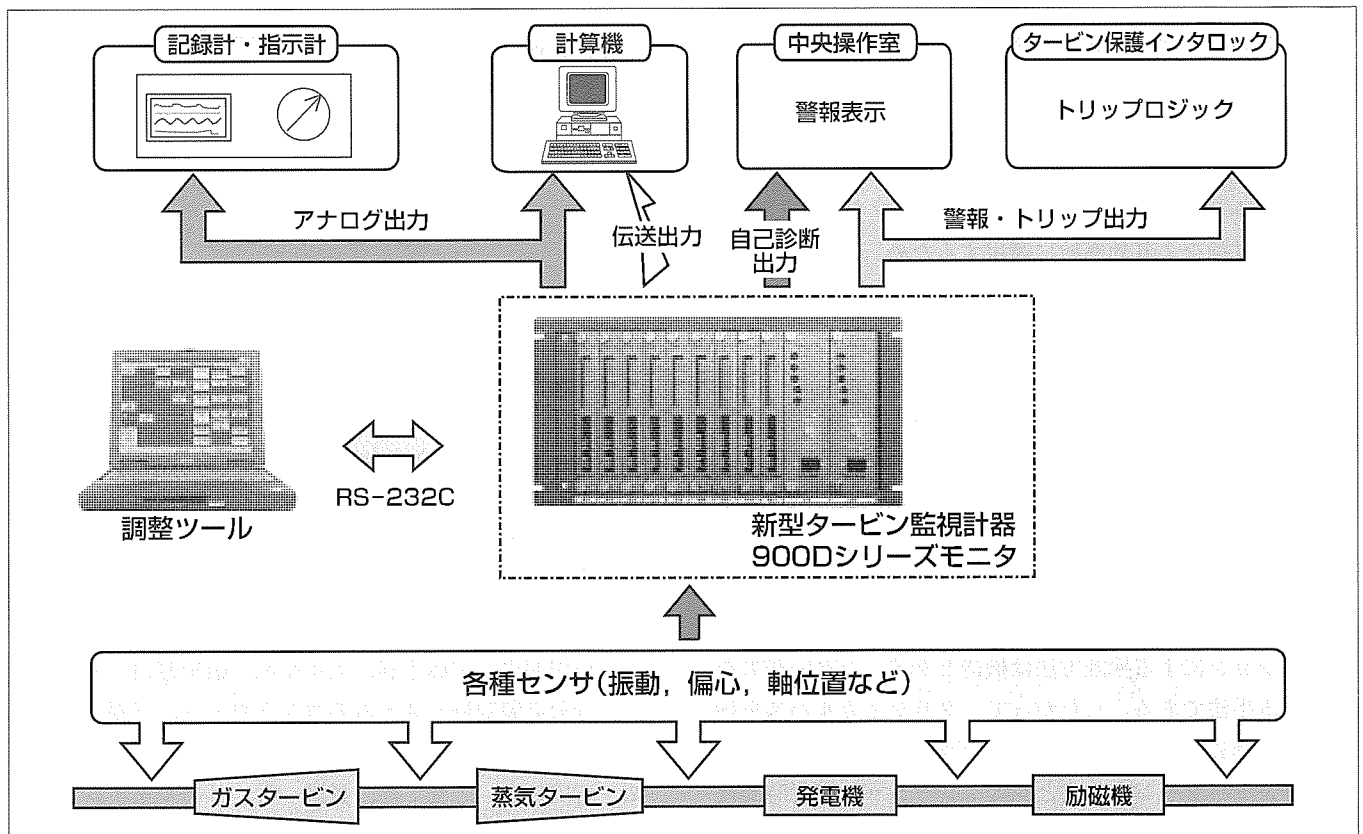
松本博充* 浅田幸広**
高木雄二** 田中久志***
上原理生**

要旨

発電プラントにおいて、タービン及び発電機の軸振動、偏心、軸位置など機械的諸量の変化を計測・監視するタービン監視計器では、センサで検出した機械量の変化を信号処理するモニタ部にデジタル信号処理方式を導入したシステムが実用化されている。

三菱電機でも、1998年にモニタ部にデジタル処理方式を導入した新型タービン監視計器(900Dシリーズ)を開発し、型式検証評価で耐環境性能、検出精度の向上、高速応答性、保守の容易さ、通信インタフェース機能など、その優れた機能と性能を確認し、実機に適用している。

本稿では、これらを実機に適用するに当たり特に重要計器である振動計を例として実プラント環境において、長期にわたるフィールド検証試験、タービンの工場試験中に実施した性能評価試験、及び適用プラント試運転中の様々な運転状態における健全性評価試験など入念な検証を行った結果、タービン及び発電機の監視、保護計器として実運用環境においても十分な信頼性と高速応答性など目的どおりの機能・性能があることを確認したので、その結果について述べる。



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、タービン及び発電機に起こり得る機械的諸量の変化量をセンサ及びモニタを通してDC信号に変換し出力する。モニタ部にデジタル信号処理を行う方式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

発電プラントにおいて、タービン及び発電機の軸振動、偏心、軸位置など機械的諸量の変化を計測・監視するタービン監視計器では、センサで検出した機械量諸量の変化を信号処理するモニタ部にデジタル信号処理方式を導入した計器が実用化されている。

三菱電機(以下、当社)でも1998年にモニタ部にデジタル信号処理方式を採用した新型タービン監視計器(900Dシリーズ)を開発してその優れた性能を確認したが、本稿では、新型タービン監視計器の概要と実機に適用するに当たって特に計器の信頼性を入念に確認した検証方法、及びその結果確認できた新型タービン監視計器の性能について、振動計を例に述べる。

2. 新型タービン監視計器の概要と特長

2.1 計器の構成

タービン監視計器は、タービンの機械的諸量の変化を検出するセンサと、センサの検出信号を入力して信号処理するモニタで構成されている。

また、モニタの調整にはパソコンによる調整ツールを使用する。

(1) センサ

新型タービン監視計器の計器メニュー及び使用するセンサは表1のとおりである。センサは、当社の従来機種(6100シリーズ)と同一の形式を採用している。

(2) モニタ

図1にモニタ及び調整ツールの外観を示す。

モニタは従来型式と同様モニタラックに収納したカードモジュール構造としているが、内部回路にはデジタル信号処理方式を採用し、機能・性能の向上を図っている。

(3) 調整ツール

モニタにデジタル信号処理方式を導入した結果、計器の調整には汎用のパソコンに専用のソフトウェアを搭載した調整ツールを採用している。調整ツールは、ブロック図イメージの画面によって入力信号のレンジ、ゼロ点、警報の設定値などが容易に設定できるものとなっている(図1)。

2.2 計器の特長

新型タービン監視計器は、高機能、高信頼性、保守の容易性、ネットワークへの接続機能など機能・性能面の向上を目的に開発した。表2に新型タービン監視計器(900Dシリーズ)の機能・性能の向上項目を示す。

3. 製品適用における検証

振動計は、タービン及び発電機の軸振動値が所定のレベルを超える場合には警報発信又は自動的にタービンを停止する信号を発信し、主機の損傷など重大事故に至る前に主

表1. 新型タービン監視計器製品メニュー

	名 称	計測点数 /モニタ	検 出 器
1	接触式振動計	1	接触式 (TV-33)
2	非接触式振動計	1又は2	渦電流式
3	偏心計	1	渦電流式
4	伸び差計(差動)	1	渦電流式
5	軸位置計(差動)	1	渦電流式
6	伸び差計(シングル)	1	渦電流式
7	軸位置計(シングル)	1	渦電流式
8	伸び計	1	差動トランス
9	弁開度計	1又は2	差動トランス
10	回転計	1又は2	電磁ピックアップ 又は渦電流式
11	ゼロスピード計	1	渦電流式

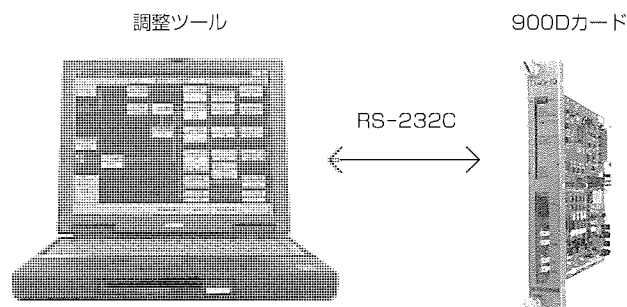


図1. モニタ及び調整ツールの外観

表2. 新型タービン監視計器機能・性能の向上項目

	新型900Dシリーズ	従来型6100シリーズ
非接触振動計応答時間	遅れ時間可変 ^(注1)	1.7秒以下 ^(注1)
非接触振動計周波数域	10~140Hz 又は10~500Hz	10~140Hz
ループ精度 伸び差計 回転計	3%以下 0.5%以下	4%以下 2.5%以下
ゼロ速度計応答時間	2秒	20秒
偏心計計測信号	Peak to Peak検出 又はダイレクト検出	Peak to Peak検出
振動計警報接点数	3点	2点
回転計速度接点数	4点	3点
アナログ出力信号点数	2点	1点
通信インタフェース機能	あり	なし
調整用可変抵抗	なし	あり
カード内部自己診断機能	あり	なし
使用周囲温度	-10~65℃	0~50℃

(注1) 指示(アナログ出力)が63%に到達する時間

機を保護する役割を担っている。

したがって、実機への適用に当たっては、計器がプラントの実使用環境においても長期の連続使用に耐えることと、計器の計測・監視・保護などの機能が要求どおりの性能を維持し発揮できることを検証することが重要である。

さらに、従来型式の振動計モニタでは応答性に回路固有の遅れを持っていたが、デジタル処理を採用した新型振動計モニタは、モニタ内部の遅れ時間設定を可変にできるものとしている。実機適用に当たっては、従来よりも応答性を向上した値で遅れ時間設定値を選定し、その妥当性を確認する必要がある。これらについて以下のような検証を重ね、実使用環境においても従来品と同等の信頼性を持ち、応答性が改善されたものであることを確認した。

3.1 フィールド検証

振動計には、ガスタービンなどに適用する非接触タイプ及び大型蒸気タービンに適用する接触タイプのセンサがある。両方式のモニタについて、既に運転開始したプラントのタービン発電機に対し、予備の振動計測ポイントに実設備と並行して新型タービン監視計器を取り付け、実設備の振動計と新型振動計の計測信号を連続記録し、両者の検出した振動値に差がないことを確認するフィールド検証を実施した。

非接触タイプのモニタは150MWのガスタービン発電機で1997年12月から'99年8月までの約2年間、また接触タイプのモニタは165MW抽気・復水蒸気タービン発電機で'98年6月から2000年5月までの約2年間連続使用試験を実施し、既設の振動計と同等の検出性能を持っていること、及び実使用環境下での長期の稼働に対して問題がないことを確認した。

3.2 実機システムにおける検証

新型タービン監視計器は、'99年5月に運転を開始した東北電力(株)東新潟4号系列のコンバインド発電プラントに初号機を適用した。

このプラントのタービン監視計器では、特に非接触式振動計を対象にプラント運転開始までに以下に記載の検証を重ね、実機適用に当たって十分な信頼性と応答性を持っていることを確認した。

3.2.1 出荷前システム検証試験

既に開発段階で試作システムが電氣的仕様、耐環境性能、計測性能などについて設計どおりの性能を持つことを検証済みであるが、製品システムに対し、これらに漏れがないことと、保守や取扱いに問題がないことなど、製品としての検証を実施し、良好であることを確認した。

3.2.2 ガスタービン工場試運転試験

工場試運転試験では、実機と同一仕様の新型タービン監視計器を使用し、振動計モニタの応答時間を規定する遅れ時間設定の選定の妥当性を確認した。

(1) 非接触式振動計モニタの応答性確認

振動計モニタ内部の遅れ時間設定を“0秒”として、モニタの入力信号に対する出力信号の応答性を確認するために、振動計及び回転計の入出力波形をレコーダで連続的に採取した。この結果、モニタ入力信号の変化に応答して出力信号が遅れなく追従することを確認した。

図2に波形観測データを示す。モニタ入力信号の変化とほぼ同時に出力信号(アナログ/警報/トリップ出力)が変化しており、モニタ内部の遅れ時間設定が0秒の場合は、設定どおりの高速応答性があることが確認できた。

主機の保護のためには応答性は速いほどよいが、一方では、ノイズ等によるモニタ入力信号の不要な瞬時変化に応答して警報やトリップ出力が頻繁に発信することはプラント運用面から実用的ではない。

そこで、従来機種よりも応答性能を向上しかつ不要な瞬時変化による誤警報出力、誤トリップ出力を回避するモニタ内部の遅れ時間設定として、“1.0秒”を選定した。

(2) 非接触式振動モニタの内部設定値の妥当性確認

上記(1)項に基づき遅れ時間を設定した振動計モニタを、工場試運転中のガスタービンの振動計測に使用した。

その結果、図3の波形観測データに示すとおり、高速応答性(1秒以下)を維持するとともに、モニタ入力信号の不要な瞬時変化によるモニタの誤警報出力と誤トリップ出力が防止されていることが確認できた。

3.2.3 プラント試運転中の健全性確認

プラント据付け後の試運転段階では、非接触式振動計と回転計を対象として、振動計モニタ内部の遅れ時間設定は工場試運転と同じ1.0秒とし、さらに、外部タイマを0.2秒に調整した後、一連のプラント運転状況における入出力信号の波形観測を実施した。

(1) モニタ入出力信号の妥当性評価

モニタの入力信号波形に対する出力信号の妥当性を確認

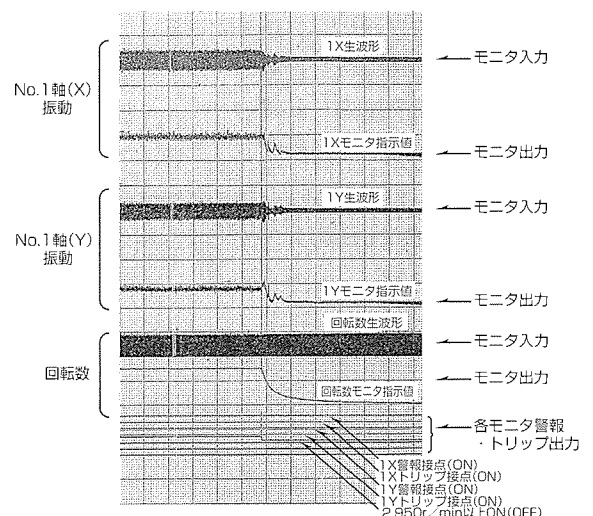


図2. 工場試運転時の波形観測データ(モニタ内部遅れ時間設定: 0秒)

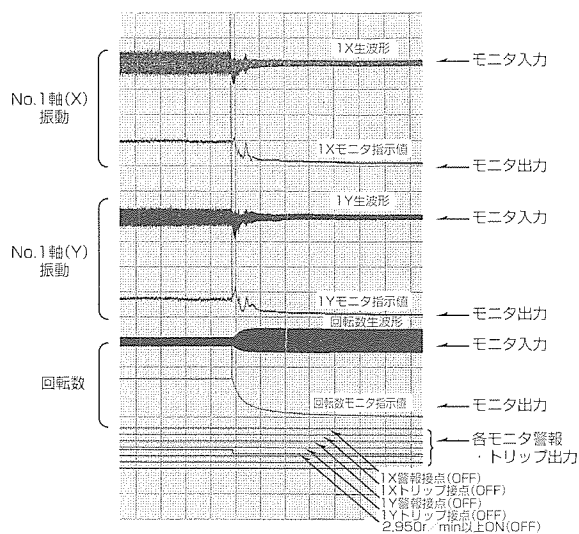


図3. 工場試運転時の波形観測データ(モニタ内部遅れ時間設定: 1秒)

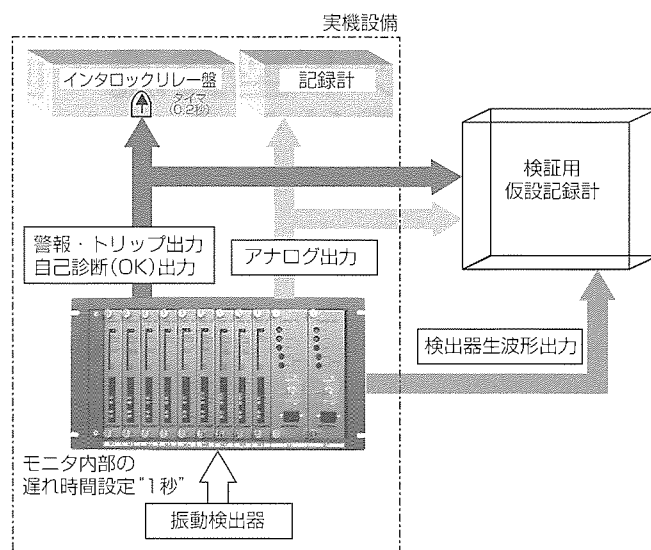


図4. 波形観測システムブロック図

するために、仮設のレコーダを設置し、全軸受の振動計及び回転計を対象に、モニタの入出力波形をタービン起動から定格負荷、負荷遮断試験、降速中など各運転モードにおいて記録した。図4に波形観測システムのブロック図を示す。

この結果、モニタ入力波形から換算した振動値とモニタ出力信号が指示する振動値との差は許容値内(2.5%F.S.以下)であり、設計どおりの精度で信号処理を行っていることが確認できた。代表例として定格全負荷時(発電機出力270MW時)の波形観測データを図5に示す。

(2) 振動トリップ出力タイマ設定の妥当性評価

一連のプラント運転モードにおける振動モニタの入出力波形を連続記録したが、振動モニタがトリップ出力を誤発信した形跡は全くなく、当然のことながらシステムとしての振動大トリップ出力の誤発信もなかった。

このことからモニタ内部の遅れ時間1.0秒の設定と外部タイマ0.2秒の設定が実用上妥当であると判定し、振動大トリップ検出時間を従来の約1/3に短縮することが可能となった。

4. む す び

モニタ部にデジタル信号処理方式を採用した新型ター

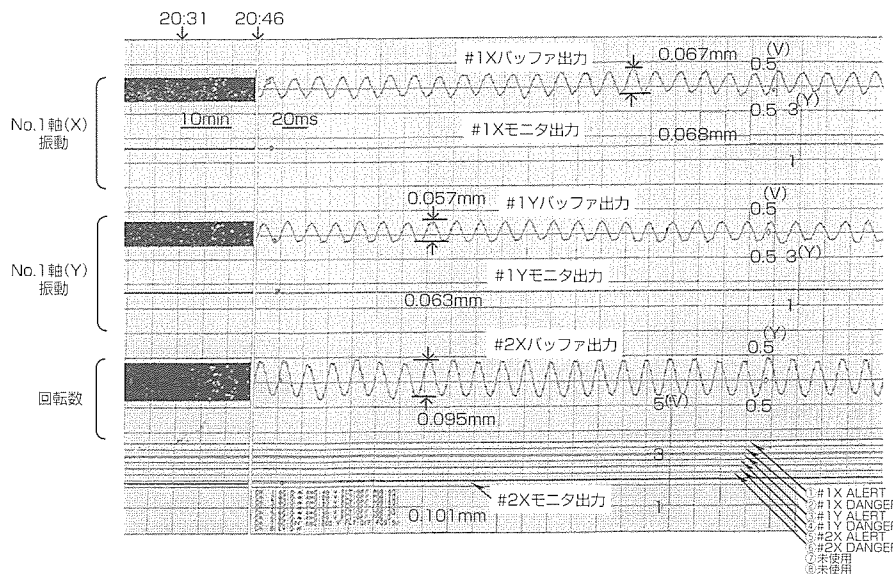


図5. モニタ入出力波形観測データ(定格全負荷時)

ビン監視計器の実機適用における検証を通じて、当社のモニタが期待どおりの性能を持つものであることを述べた。

接触式振動計の実機適用における試運転中の健全性確認も非接触式振動計と同様に実施済みであり、今後の技術課題は、ネットワーク技術の適用拡充と考えている。これらの新要素機能を最大限に活用するため、今後とも品質、信頼性の確認されたより先進的な計測システムの確立を目指して開発を継続する所存である。

最後に、新型タービン監視計器の信頼性検証においてご支援をいただいた東北電力(株)東新潟火力4号系列の関係者に厚くお礼申し上げます。

ハイブリッド型交流・直流 電力系統シミュレータの導入

飯塚俊夫*
大西俊一郎**
畠尾昌弘**

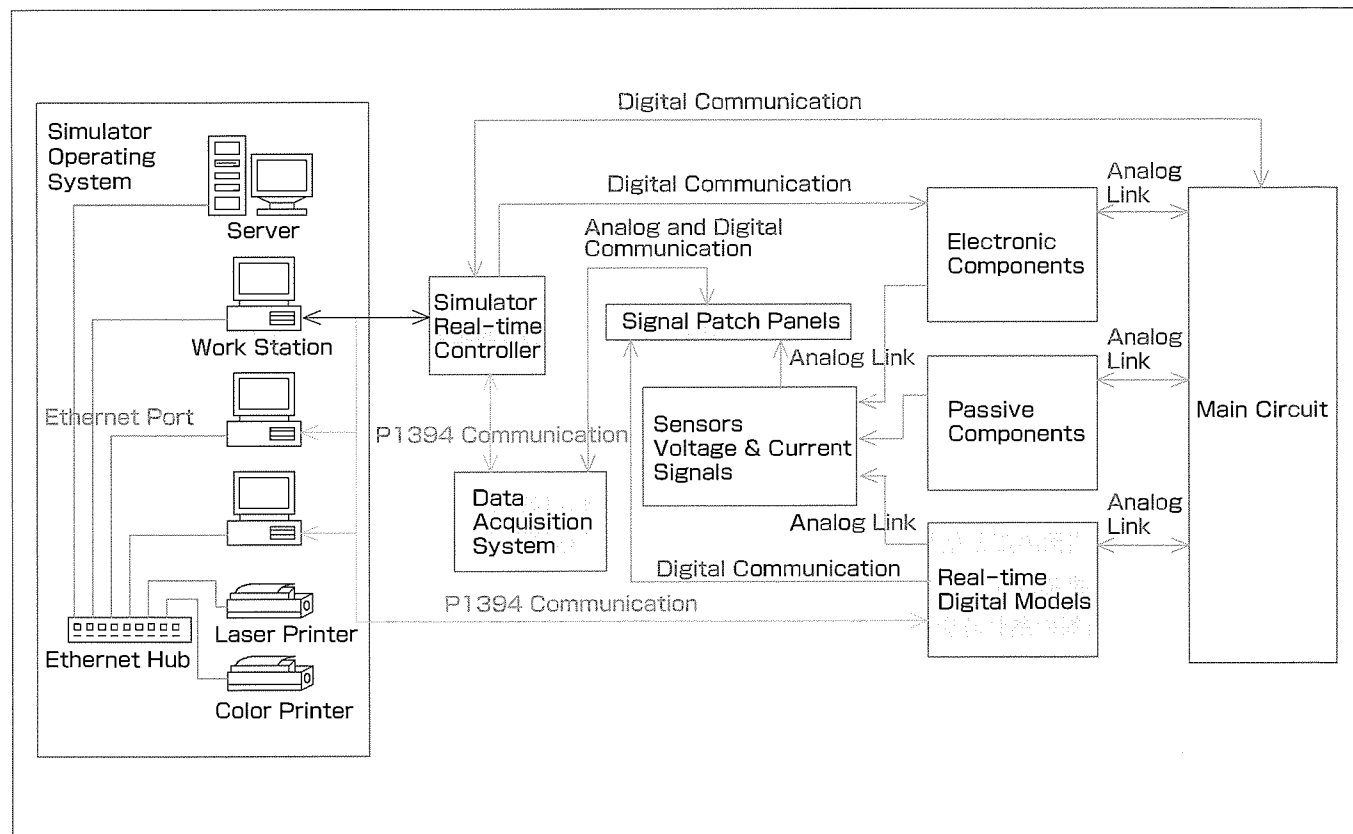
要 旨

近年、電力需要の急速な拡大に伴い、安定した電力を供給できる直流システムの必要性が高まっている。今年に入って紀伊水道直流連系設備の運転が始まり、今後ますます複雑な系統解析が必要となることが予想される。従来から系統解析を行う際に電力系統シミュレータが用いられているが、それらには様々な種類がある。また、解析するシステムに応じて、電力系統シミュレータの持つ機能も様々なものとなる。今回紹介するシミュレータは、TEQSIM International社(Hydro Quebec社と三菱電機㈱が共同出資)が開発した最新のシミュレータであり、電源開発㈱に

2000年6月から導入されている。シミュレータのタイプとしては一般にハイブリッド型と呼ばれるデジタルモデルとアナログモデルを組み合わせたタイプのもので、計算機、ソフトウェアが大幅に機能向上されている。

このシミュレータでは、下記の特長を持っている。

- (1) アナログ部の精度の良さ、及び小スペース化
- (2) 系統指令、計測システムのワークステーション上での操作
- (3) ブロック図レベルでのモデル変更可能
- (4) 支援システムによる自動計測機能



ハイブリッド方式のシミュレータのシステム図

このシミュレータでは、大きく①主回路部、②電子回路要素、③受動要素、④リアルタイムモデル、⑤計測システム、⑥運転管理システムに分けることができ、①②③をアナログ、④⑤⑥をデジタルで模擬して組み合わせている。このシミュレータでは、内部にデータベースを持っており、事前に各系統の接続情報や試験内容、電圧設定値などを組み込むことで、自動的にシミュレーションの実施とデータ管理を行うことができる。

1. ま え が き

三菱電機株式会社では、数年前からTEQSIM International社が開発したシミュレータを購入し、三菱電機でアレンジを加えたものを顧客に販売する事業を行っている。現在TEQSIM社が取り扱っているシミュレータの種類としては、フルデジタル方式とハイブリッド方式と呼ばれるものがある。フルデジタルシミュレータは、運用の自由度や柔軟性、大規模系への適応、ハイブリッド型シミュレータは、パワーエレクトロニクス機器等による非線形モデルやモデル化されていない現象の解析に適しているとされている。

本稿では、2000年6月に電源開発株式会社に納入したハイブリッド型シミュレータの概要及び特長について紹介する。

2. シミュレータの概要

ハイブリッド型のシミュレータは、その名のとおり、デジタルモデルとアナログモデルを組み合わせたシミュレータである。一般に、非線形モデルはアナログ部で、発電機などの回転体や制御系の模擬はデジタル部で実現している。図1に今回開発されたハイブリッド型のシミュレータの外観を示す。

このシミュレータでは、大きく①主回路部、②電子回路要素、③受動要素、④リアルタイムモデル、⑤計測システム、⑥運転管理システムに分けることができる。

(1) 主回路部

系統の主回路部は、基本的にアナログで構成されており、各要素の間をケーブルで接続し、各母線はパッチパネルという集中端子盤に集中させることで、接続を容易にしている。アナログで構成される主回路は標準的に線間電圧100Vを1.0puとしており、電力、電流、インピーダンスの1.0puはシミュレータで構成する系統の目的に応じて比率を変更している。

(2) 電子回路要素

系統の中で、アレスタモデル、遮断器モデル、サイリス

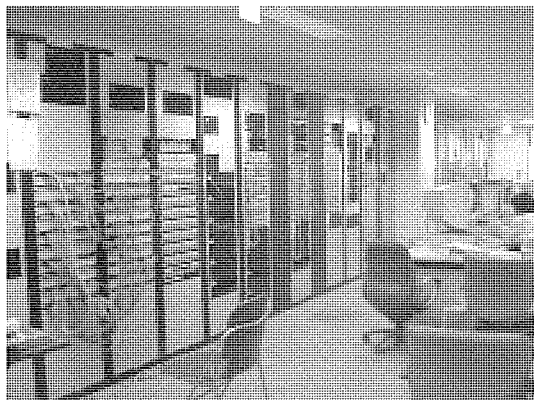


図1. シミュレータの外観

タモデルなどの要素については、制御部分に電子回路、主回路部分にアナログ回路を用いたモデル構成となっている。

(3) 受動要素

系統の中で、送電線モデル、変圧器モデル、インダクタモデル、フィルタモデル、抵抗モデル、キャパシタモデルなどの要素については、すべてアナログ回路を用いたモデル構成となっている。

(4) リアルタイムモデル

無限大母線、負荷特性モデル、同期機モデル、誘導機モデル、SVCモデル、HVDCモデルなどの要素については、制御とシーケンス部分を内蔵CPUで計算し、その結果を、各モデルが持つ外部入出力機能を用いてアナログ回路に出力している。

(5) 計測システム

主回路に組み込まれた電圧センサと電流センサからCPU内に系統情報を取り込み、ワークステーション内にあるデータの表示用ツールで表示する。

(6) 運転管理システム

ワークステーション上から、デジタルモデルの起動停止、制御パラメータの変更、遮断器モデルの開閉制御、計測システムの実行とデータ編集などの操作を行うことができる。また、系統を構成する際の支援システム機能も持っている。

運転管理システム中の各ワークステーション間は、標準のEthernet Portで接続されており、一つのローカルネットワークが形成されている。また、ワークステーションからリアルタイムモデルへP1394ケーブルを用いて高速に大量の情報のやり取りを行っている。ワークステーションにはSUN Ultra10及びUltra 5、そのOSとしてSolaris V2.6を用いている。また、リアルタイムモデル用のCPUとしてDEC α を用いている。

このシミュレータでは、内部にデータベースを持っており、事前に各系統の接続情報や試験内容、電圧設定値を組み込むことで、自動的に試験の実施、結果や単位系の管理を行うことができる。データベースを用いたときのシミュレーションのフローを図2に示す。

3. 代表的なモデル

このシミュレータで使用しているモデルの中で代表的なものを述べる。

(1) 変圧器モデル

従来のシミュレータでは、理想変圧器と飽和リアクトルの並列接続によって変圧器モデルを実現してきた。しかし、今回のシミュレータでは、飽和変圧器と飽和してからの特性を模擬する線形変圧器の直列接続によって変圧器を実現している。従来のアナログシミュレータでは理想変圧器の寸法が大きくなり広いスペースが必要となるが、後者の実

現方法によってコンパクト化を実現している。また、この変圧器モデルは、直流システムの中の変換器用変圧器を模擬した際に、事故ケースを実施した後の変圧器のコアに残る偏磁の影響を残さないように工夫されており、連続して直流システムを用いた試験を実施することが可能となっている。

(2) 送電線モデル

送電線モデルは、自己リアクタンスをインダクタと抵抗、送電線間や対地間との相互分をインダクタとキャパシタを用いて構成し、複数の π 型回路で送電線を実現している。このモデルでは、インダクタに含まれる抵抗の影響を小さくしてQ値が高くなるように工夫されており、また、負性抵抗を使用すればQ値をより高く実現することが可能となっている。

(3) 発電機モデル、定電圧源、誘導機モデル

発電機モデルは、パークモデルがベースとなっている。制御系、回転機をリアルタイムCPU内の演算によって実現しており、軸モデルも模擬可能である。演算結果は、D/A変換によって外部にアナログ信号で出力され、アンプによってその電圧を増幅している。また絶縁トランスによって主回路側とアンプとの絶縁をとっている。この絶縁トランスを用いて電圧を更に昇圧することも可能である。誘導機モデルも上記構成とほぼ同様である。

無限大母線についても同様の構成となっており、上記同様リアルタイムCPUによる演算が可能なことから、出力電圧の振幅や周波数のある範囲で変動させるモジュレーション機能や、電圧値をステップ的に変更させるステップ機能、さらに高調波を任意に基本波に重畳させる機能を持っている。この機能により、系統の $f-Z$ 特性を容易に計測することが可能であり、また安定化、及び保護システムの試験にも適用することが可能である。

リアルタイムモデルのヒューマンマシンインタフェースはIA (Interactive Animation) パネルと呼ばれており、ワークステーション上からマウス及びキーボードを使用して操作する。このIAパネルは、ユーザーが容易に変更することができる。無限大母線のIAパネルを図3に示す。このIAパネルでは、リアルタイムに系統上の電圧や電力の値を表示でき、またユーザーの希望に合わせて制御系の出力値もリアルタイムに表示することができる。このIAパネルは、一度設定したパラメータをファイルにセーブすることができる。

遮断器モデルは、メカニカルリレーとサイリスタの並列接続により、高速投入及び電流零点による遮断を実現している。また、単相ごとに開閉の制御やシミュレータ外部からの信号による制御も可能であるため、実機の制御保護システムとの組合せ試験も容易に実現することができる。なお、このシミュレータは、直流遮断器モデルも持っている。

(4) 遮断器モデル

サイリスタモデルは、サイリスタの特性は、FETを使い、サイリスタに流れる電流とサイリスタのA-K間電圧(アノード-カソード間)を計測してその値を演算することによって模擬している。またサイリスタの転流期間もユーザーで設定可能であり、直流システムの余裕角制御の検証にも役立つ。

アレスタモデルは、特性の異なるツェナーダイオードを組み合わせることで実現している。アレスタの特性はツェナーダイオードに直列に接続した抵抗値によって任意に変更可能となっている。

(5) サイリスタモデル

アレスタモデルは、特性の異なるツェナーダイオードを組み合わせることで実現している。アレスタの特性はツェナーダイオードに直列に接続した抵抗値によって任意に変更可能となっている。

(6) アレスタモデル

アレスタモデルは、特性の異なるツェナーダイオードを組み合わせることで実現している。アレスタの特性はツェナーダイオードに直列に接続した抵抗値によって任意に変更可能となっている。

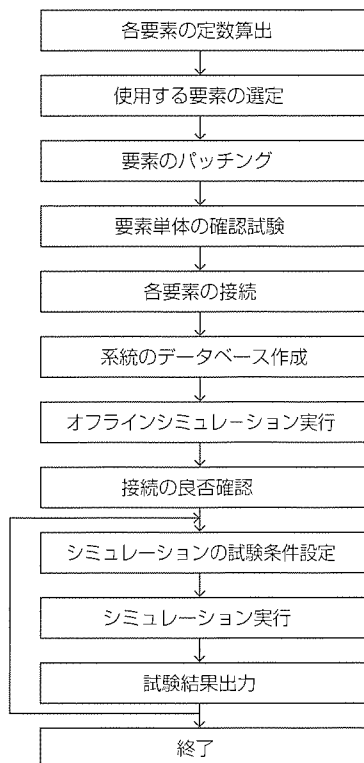


図2. シミュレーションのフロー

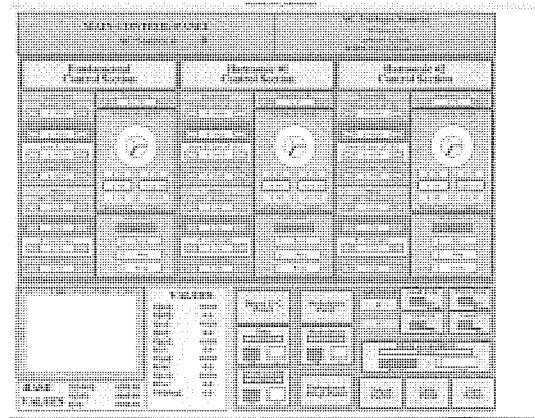


図3. 無限大母線の操作パネル(IAパネル)

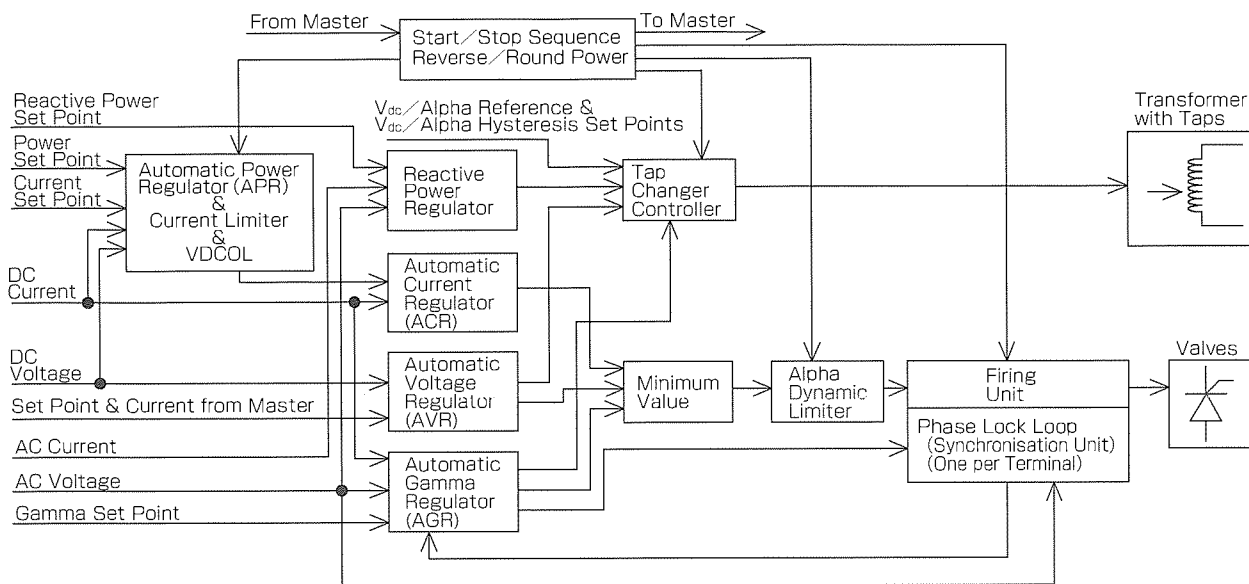


図 4. HVDCローカルコントローラのブロック図

(7) HVDCモデル

HVDCモデルは、発電機モデルと同様にリアルタイムモデルであり、ワークステーション上のIAパネルから操作を行う。制御系及びシーケンスをリアルタイムモデル用CPU内でリアルタイムで計算し、外部入出力ポートを介してシステムの電圧・電流を取り込み、内部で様々な処理を行った後、サイリスタモデルにパルスを出力しサイリスタ制御を模擬している。

HVDCモデルでは、一般的な制御方式であるACR, AVR, AGR, APR, PLLなどが組み込まれており、また保護システムも組み込まれている。HVDCモデルのローカルコントローラのブロック図を図4に示す。このローカルコントローラは150 μ sという高速サンプリングを実現しており、実機相当の制御装置を模擬することができる。

また、このHVDCモデルを使って直流多端子制御も構成可能である。

(8) 計測システム“SPECTRUM”

このシミュレータでは、模擬システムに設置した電圧及び電流センサの検出値や各々のリアルタイムモデルの内部演算諸量をワークステーションに取り込み、SPECTRUMと呼ばれる計測システムに出力する機能を持っている。SPECTRUMの画面例を図5に示す。

このSPECTRUMは、波形の拡大・縮小、重ね合わせ、データセーブ等の基本機能のほか、波形の高調波分析、周波数分析などの機能も兼ね備えている。また、 $f-Z$ 特性や変圧器のヒステリシスカーブも計測することができる。最小サンプリングは10 μ sとなっている。

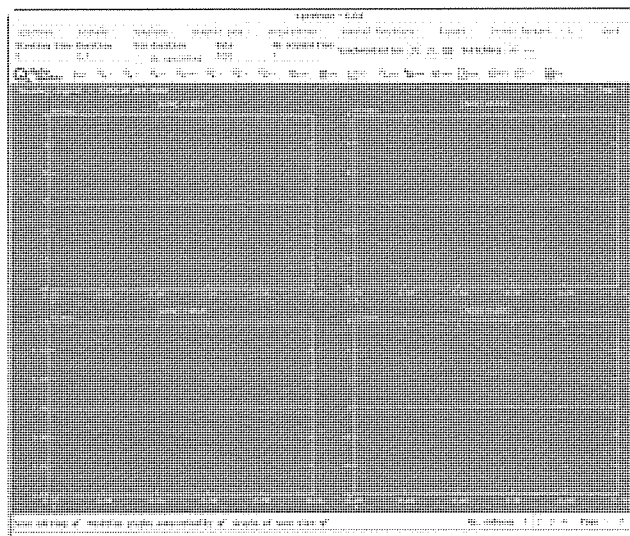


図 5. シミュレータの計測画面(SPECTRUM)

4. む す び

以上、TEQSIM社製の最新のハイブリッド型シミュレータを紹介した。このシミュレータは、高精度、フレキシブルで拡張性に優れたものとなっている。また、このシミュレータのベースとして、コントローラの精度向上、データベースソフトの充実がある。今日、CPUの性能向上とあいまって、フルデジタルのシミュレータが電力業界に普及しているが、アナログシミュレータの運用の自由度と柔軟性も向上しており、また、実系統の代わりとして高精度なアナログシミュレータは今後も必要であると考えられる。

オーロラビジョン用新表示素子

原 善一郎* 鴨川裕司**
 山口洋司* 世古幸治**
 室園 透*

要 旨

近年、IT技術の進展とともに、画像の果たす役割が重要になり、画像を表示する情報端末が急速に普及している。これらパーソナル用途に対し、大型ディスプレイは、多数の人々に同時に画像情報を提供する手段として、着実に発展している。オーロラビジョンは、独自の表示素子FMCRT(Flat Matrix CRT)を開発し、市場をリードしてきた。

近年、市場は、LEDを配列する方式の進出が目覚ましく、多数のメーカーがその製品化に注力し、ビルの壁面又は屋内の中小規模の用途はLED方式が主流になりつつある。

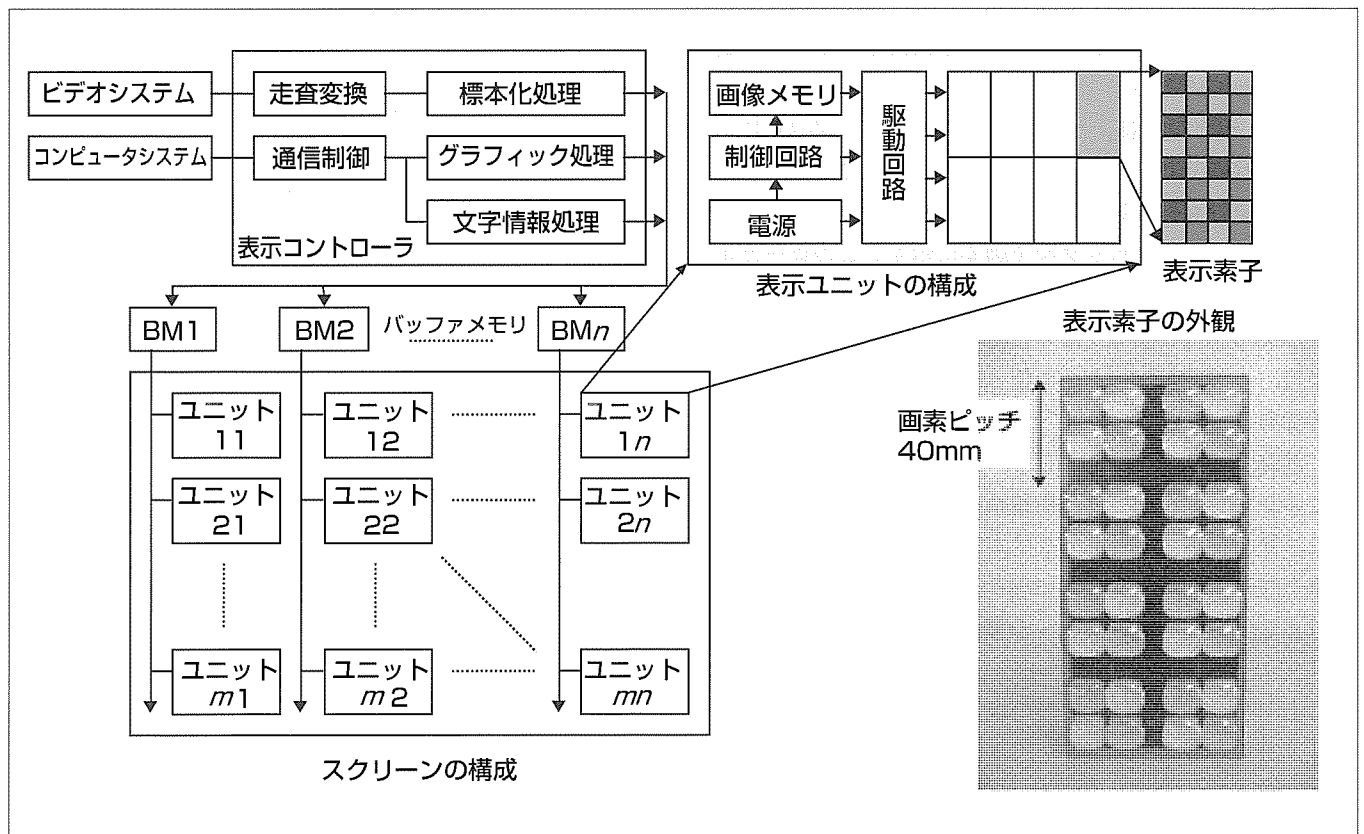
一方、FMCRTを配列する方式は、自然な色の再現と画面の均一性に優れ、最高水準の画質を誇る。しかもFMCRTは、他の方式に比べ、高発光効率で消費電力が低

く、省エネルギー化が重視される中で、超大型・高輝度用途における潜在能力は依然高い。

今回、FMCRTの優れた性能を生かすために徹底した構造の簡素化と高性能化に挑戦し、次の特長を持つ新しいFMCRTを開発した。

- (1) 表示部のサイズの2倍化、電極構造の簡素化などによる軽量化・高信頼性化
- (2) 電極構造の適正化による発光効率の改善
- (3) 高真空の維持対策によるカソードの長寿命化
- (4) 表示面の静電気対策による汚れの軽減

新FMCRTは、顧客にとって最も重要な高画質を長時間維持する優れた性能を実現した。今後とも、超大型・高輝度ディスプレイにおいて、重要な役割が期待される。



オーロラビジョンの階層的構成と表示素子FMCRTの外観

上図はオーロラビジョンの構成を階層的に示し、表示素子FMCRTの位置付けを説明している。表示部は、表示ユニット単位で任意のサイズ及び任意の解像度を構成できる。各表示ユニットはそれぞれの配置に対応して画像の一部を表示し、全体として一つの画像を表示する。表示素子FMCRTは、高輝度、低消費電力で、市場の苛酷な環境において長時間にわたって高画質を維持できるなどの優れた特長を持っている。

1. ま え が き

大型映像装置は、1980年に三菱電機のオーロラビジョン(海外名DIAMOND VISION)が世界で初めて実用化された。その後20年が経過し、この間、オーロラビジョンは、CRTの原理と蛍光表示管の製造技術を応用したFMCRTの開発により、輝度、解像度を中心に性能が飛躍的に向上した。FMCRTは、寿命、信頼性について継続的に改良され、競技場を中心に広く普及している。市場では、LED方式の進出が目覚ましく、各メーカーがその製品化と高性能化に注力している。これに対し1素子内に多数の画素を含む表示素子は、画素が高密度化するとコスト的に有利になることから、業界では、最近も地道な研究が続けられている⁽¹⁾⁽²⁾。特にFMCRTは、発光効率が高く、陰極近傍の空間電荷によって陰極の劣化が顕在化しにくいなど、熱陰極(カソード)特有の優れた特長を持っている。しかも、他の方式に比べて消費電力が小さいなど、省エネルギー化が重視される中で、大型ディスプレイ用表示素子としての潜在的な能力は依然高く、徹底したVA(Value Analysis)による競争力の強化が求められている。

本稿では、オーロラビジョン用の表示素子として従来の構造を一新した新しいFMCRTを開発したので紹介する。

2. 代表的FMCRTの動作原理と特長

2.1 動作原理と駆動方法

図1に屋外用途の代表的FMCRTの電極構造を示す。FMCRTは、カソードから放出された電子を真空中で加速し、10kVが印加された蛍光体に衝突させて、電気エネルギーを光に変換する。制御電極は、カソードの背面にスクリーン印刷された行電極と、カソードと陽極の間に位置しドーム状に成型されたメッシュ状の電子通過部を持つ列電極の2種類からなる。行電極に走査信号を、列電極に画像の濃淡に比例する時間幅のデータ信号を印加し、両者の交点に対応する画素を制御する。

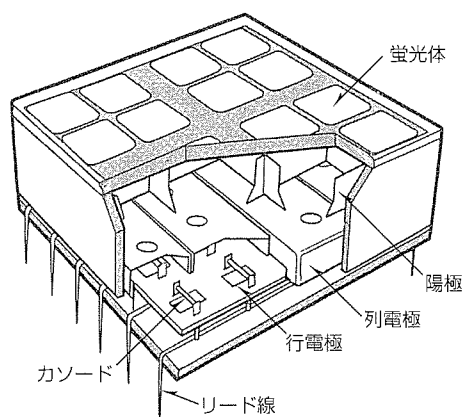


図1. 代表的FMCRTの電極構造

2.2 FMCRTの特長

(1) 蛍光体

表1に蛍光体の仕様を示す。各蛍光体は、応答が速く、高階調の表示の制御に適する。色の再現範囲は、家庭用テレビとして見慣れたCRTと同様、自然な色の表現が可能で、ハイビジョンの規格にも近い。例えばGは、劣化の少ない材料の選択も在り得るが、超高輝度で使用されるFMCRTでは、発熱を抑制しカソードの劣化軽減を含めて寿命を総合的に改善するために、発光効率を優先した。特に、高発光効率のGの面積を2倍化すると、消費電力が削減される。さらに表示部には、コントラストを改善するために、各蛍光体に対応してカラーフィルタを印刷したプラスチックレンズを装着する。

(2) カソード

カソードは、長さ8mm、直径10 μ mのタンゲステン心線に酸化物が被覆された直熱型線状カソードである。電子放出領域の酸化物(Ba, Sr, Ca)Oは、空气中で安定な炭酸塩(Ba, Sr, Ca)CO₃を排気工程で熱分解して得られる。各カソードは、蛍光体の配列に対応して架線され、CRTの電子銃に比べて低電力で効率良く電子を放出する。

2.3 信頼性と寿命

表2に、代表的な信頼性評価試験項目を示す。電氣的・機械的限界強度試験の結果に対して適切な安全率を見込み、容器構造などの機械的仕様と駆動条件などの電氣的仕様を決めた。さらに各種寿命試験、耐環境性試験により、氷点下、風雨時、砂漠などの高温直射日光、酸性雨などを想定した環境の中でも長時間にわたって安定して動作することを確認した。FMCRTの初期輝度6,000cd/m²は、家庭用テレビの15~20倍に及ぶ。寿命の目安とされた輝度の半減時間を経過しても十分な輝度を維持し、実用的な輝度(2,500cd/m²以上)と画質を確保できる有効使用時間は、通常のビデオ表示において、市場の実績で20,000時間を超える。輝度半減後の輝度の低下は緩やかで、使用条件によっては更に長時間の使用も可能である。

表1. 蛍光体の仕様

色	蛍光体	x	y
R	Y ₂ O ₃ :Eu	0.642	0.352
G	ZnS:Cu, Al	0.283	0.626
B	ZnS:Ag, Al	0.147	0.060

表2. 信頼性評価試験項目

評価項目	試験項目
寿命	通常寿命, 加速寿命
耐環境性	低温放置, 高温放置, 低温動作, 温度サイクル, 熱衝撃
強度一般	振動, 衝撃, ガラス容器耐圧
限界強度	振動, 加圧, 絶縁耐圧
耐水性	塩温水浸せき(漬)点灯, 酸性水浸漬点灯

3. 新FMCRTの構造

3.1 容器の構造

図2に新FMCRTの電極構造を示す。新FMCRTは、容器のサイズを2倍化し、単位表示面積当たりの製造工数を削減した。特にスペーサは、管内のアウトガスを吸着して高真空を維持するために内面にゲッタを配置する必要があるため、十分な面積を確保した。真空容器は、表面積とともに大気圧の影響が増大するため、ガラスの厚み、サイズなどをパラメータとして有限要素法によって容器の真空応力を解析し、概略寸法を算出した。さらにサンプルを試作して限界強度試験によって強度を実測し、十分な安全率を見込んで細部の寸法を決めた。フェースガラスはスペーサとの封止部をかん(嵌)合構造にして電氣的・機械的に強化し、各画素部をレンズ状に成形した。

3.2 制御電極の構造

図2において、列電極と各種電極の配線はベースガラス上の印刷膜で、ベース電極と行電極及びその配線の一部は所定の形状にエッチング加工された1枚のパーツである。すなわち、制御電極は、一層の厚膜印刷と一枚の板状電極を重ね合わせて構成し、いずれもカソード背面に配置した。配線の交差部は板状電極側にすき(隙)間を設けて短絡を防止し、電極の構造と製造工数を簡素化した。カソードは、支持電極上にカバー電極を重ねて両端を溶接し、支持電極ごとベース電極上に固定した。シールド電極は、カソードと各制御電極を陽極電圧から遮へい(蔽)する。各画素に対応するメッシュ状の電子通過部はドーム状に成形した。

3.3 蛍光面と陽極

図3に蛍光面及び陽極付近のFMCRTの断面を示す。フェースガラスは、内面にカラーフィルタを形成し、蛍光体における外光の反射を抑制した。表示面は、各発光部に対

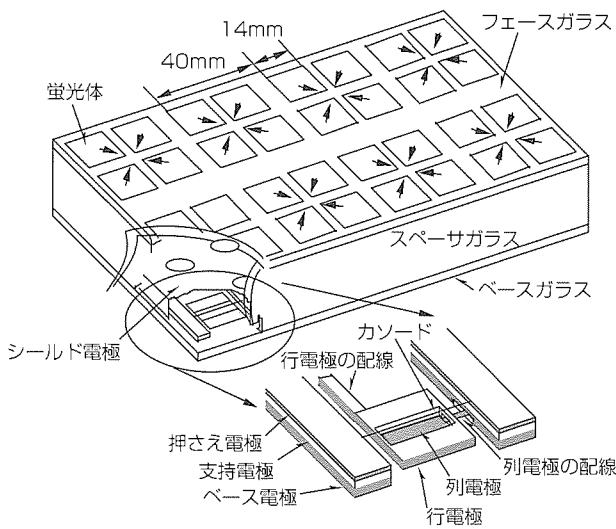


図2. 新FMCRTの電極構造

応して設けたレンズがフィルタによる外光の反射の抑制に付随する輝度の低下を補償し、コントラストを改善する。さらに、導電膜を塗布し、静電気による汚れを軽減した。シャドウマスク状陽極は、ゲッタの制御電極側への飛散を抑制し、電極の短絡を軽減する構造とした。管内のアウトガスは主に蛍光面から放出されると考えられ、ゲッタをガスの吸着確率が高くなるように蛍光面に近い容器側面に十分な量を形成した。開口部は、陽極への無効電流を軽減し、電子が蛍光体全体に照射されるように形状を適正化した。

4. 新FMCRTの仕様と特長

4.1 電氣的仕様と特性

表3に新FMCRTの電氣的仕様と各制御電極の駆動信号の電位関係を示す。シールド電極が高電圧を遮蔽するので、カソードの背面に配置された制御電極は、低電圧で電子を制御できる。図4は E_t - I_p 特性で、初期特性と約10,000時間点灯後の特性を併記した。横軸がカソードに印加される電圧 E_t (実行値)でカソード温度に対応し、縦軸が陽極電流 I_p で輝度に比例する。この特性はカソードに近接した厚膜印刷による電極の表面状態に依存し、列電極は、 I_p の飽和領域を拡大するための材質を選択した。 I_p が飽和すると、定格の条件ではカソードの劣化が顕在化し難い。これは、熱カソードの優れた特長であり、表示素子を長寿命化する上で重要である。 I_p は E_s に対して敏感に変化するため、個々のFMCRTの輝度ばらつきは E_s を調整して補正される。

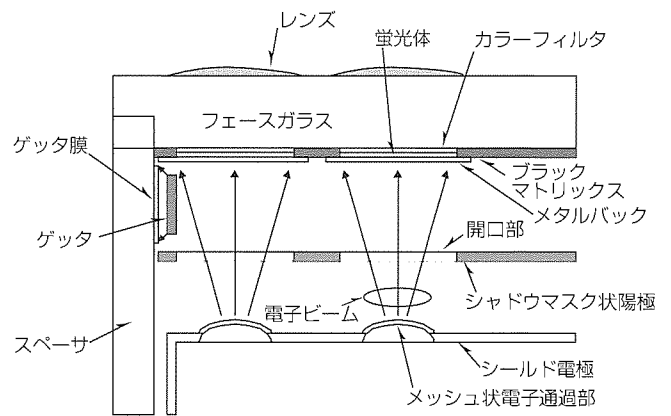


図3. 新FMCRTの陽極断面図

表3. 電氣的仕様と駆動信号の電位関係

項目	記号	定格値	駆動信号の電位関係
カソード電圧	E_t	2.0 (Vrms)	
X電極電圧	E_{cx}	8.0 (Vp-p)	
Y電極電圧	E_{cy}	8.0 (Vp-p)	
プレート電圧	E_p	10.0 (kVdc)	
シールド電圧	E_s	10.0 (Vdc)	
X電極消去電圧	E_{xco}	-60.0 (Vdc)	
Y電極消去電圧	E_{yco}	-60.0 (Vdc)	

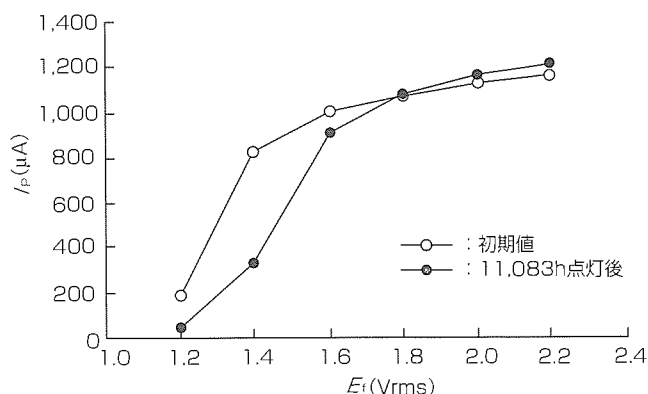


図4. E_r - I_p 特性

4.2 特長

(1) 高開口率

画素(蛍光体)は、一般に各画素間に継ぎ目の幅と同じ幅の隙間を設け、等間隔に配列される。FMCRTは、各蛍光体の面積を図2の矢印方向に拡大し、高輝度を得ることを特長とする。今回は、従来の開口率42%を更に拡大し、49%とした。このとき蛍光面の電流密度が一定であれば高輝度化され、逆に輝度が一定であれば、電流密度が低下し、長寿命化される。画素は等間隔ではなくなるが、画質は、高開口率化して輝度が高くなるとむしろ改善される。

(2) 高発光効率、広視野角

発光部は、面光源ゆえ視野角が広い。各電極における無効電流の低減、蛍光体における電流分布の均一化などによって発光効率が改善され、正面輝度を低下させずに視野角を拡大した。水平方向に $\pm 60^\circ$ を超えても、十分な輝度で輝度むらが少なく、良好な画質が得られる。

(3) 軽量

質量は、ガラスの厚みとサイズを適正化し、さらに内部構造を簡素化し、従来比で17%削減した。

(4) 汚れの軽減

表示面は、陽極電圧の影響で帯電すると、汚れを吸着しやすくなる。従来プラスチックレンズが汚れを軽減してきたが、新FMCRTは、表示面に導電膜を形成して接地することにより、静電気による汚れが更に軽減された。

5. 高画質の維持

大型ディスプレイは、画面の輝度むらが増加すると画質が著しく低下するため、輝度の均一性を長時間維持するために各FMCRTの輝度の低下を均一化する必要がある。輝度の低下は、ガラスのブラウニングを含む蛍光面の発光効率の低下と、カソードの劣化による。前者は蛍光面への電子の流入量の積算値に依存し、カソードが劣化しなければ、家庭用TVのCRTと同様、各FMCRTの発光効率は、全体が均一に低下する。後者は、酸化物の蒸発消耗、アウトガスによる真空度の低下などに依存し、輝度むらの原因とな

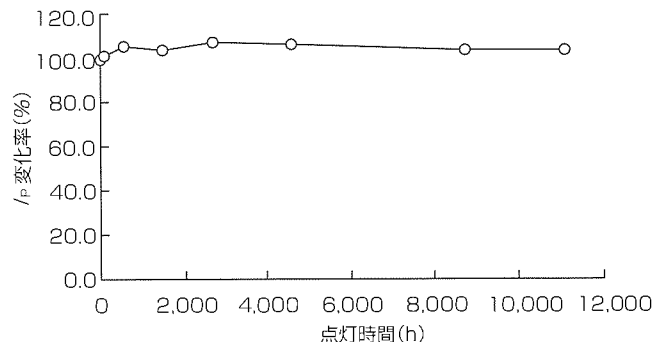


図5. I_p の経時変化

る。ここで、蛍光体に対しては高開口率化して電流密度を低減し、カソードに関しては高発光効率化による管の発熱の抑制、電極構造の簡素化による内蔵物の削減、ゲッタの量と配置の適正化などを行い、管内のアウトガスを抑制した。図5に I_p の経時変化を示す。10,000時間程度の点灯では定格駆動時の I_p はほとんど低下しないことが確認された。しかも、図4によれば、低 E_r 時の I_p に劣化が見られるが、定格($E_r=2V$)付近では、特性の飽和は維持され、その後更に長時間 I_p の劣化が抑制されると考えられる。また、FMCRTは、主な構成要素がガラスと金属パーツであり、耐候性に優れ、信頼性も高い。信頼性は表2と同等の条件で検証し、特に導電膜は屋外暴露試験によって汚れ防止効果が低下しないことを確認した。すなわち、新FMCRTを配列した大型ディスプレイは、輝度の低下が主に発光効率の低下に依存し、通常のテレビ画像の表示においては、輝度低下のむら又は汚れによる輝度むらが軽減され、高品位の画質が維持される。

6. むすび

大型ディスプレイは、今やハイビジョンも表示可能な高画質表示装置へと進化した。FMCRTを配列する方式は、色再現能力と画面の均一性に優れ、他の方式に比べて最高水準の画質を誇る。特に、今回、発熱の抑制、高真空の維持対策などカソード能力を強化し、初期の画質を長時間維持する性能を実現した。市場環境における評価は今後の実績によるが、加速試験によれば従来の実績を上回る優れた性能が確認され、新FMCRTは、今後とも超大型・高輝度の大型ディスプレイにおいて重要な役割が期待される。

参考文献

- (1) Fink. R. L., et al.: Carbon Cold Cathode Picture Element Tubes for Large Area Displays, IDW'99, 911~912 (1999)
- (2) Ito. A., et al.: Titled Display Device utilizing PDP Discharge for Large Area Full-Color Flat Screen, IDW'99, 1117~1118 (1999)

液晶・半導体工場向けクリーン オゾンガス及びオゾン水製造装置

田畑要一郎* 葛本昌樹**
古澤伸元* 野田清治***
安居院憲彰*

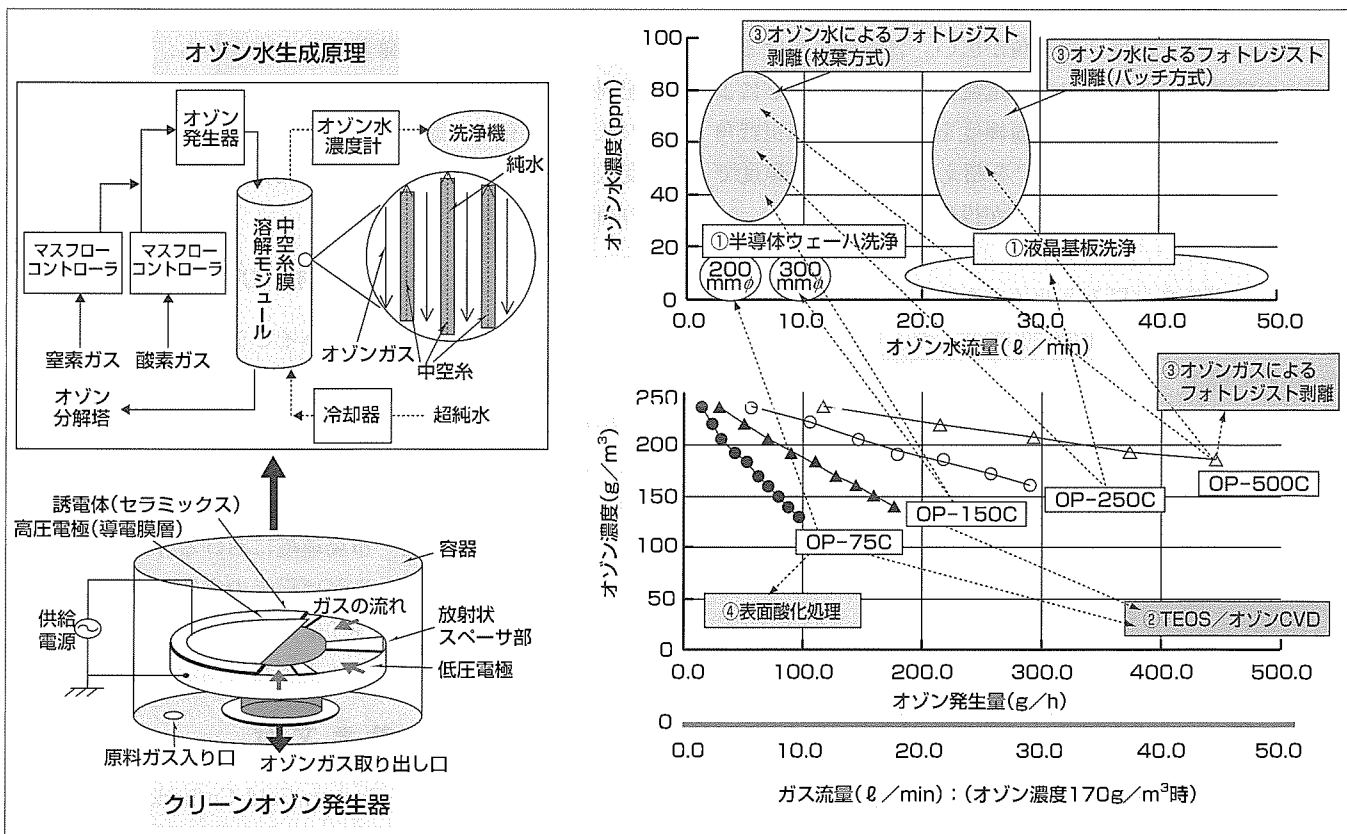
要旨

携帯電話、パソコン、ナビゲーションシステム、デジタルカメラ等の情報機器の普及が1990年後半から急速に伸びてきた。これらの機器の主要部品である液晶基板と半導体デバイスは、極限に近い品質追求と高集積化が要求される。そのため、液晶・半導体製造分野においては、製造技術自体の改善見直しが日進月歩で進んでいる。

その中で、クリーンオゾンガス及びオゾン水製造装置は、オゾンの強力な酸化力を利用した①液晶基板と半導体ウェーハの前洗浄工程、②高集積化したIC基板回路の絶縁膜成膜工程、③フォトレジスト膜のはく(剥)離工程、及び④表面酸化処理工程に次世代製造技術として積極的に採用されつつある。

また、2001年のPRTR(環境汚染物質排出・移動登録)法施行によって化学物質の管理がより一層強化されるため、多量の薬品を消費してきた既存の処理方式から環境を考慮した処理方式に移行しつつある。その処理方式において、オゾンガス及びオゾン水の適用工程が拡大してきている。

本稿では、三菱電機のクリーンオゾンガス発生技術とオゾンガスによるクリーンオゾン水生成技術について紹介するとともに、液晶・半導体製造分野のオゾン適用市場に見合った製品機種種のラインアップとそれぞれの機種性能について紹介する。今後、この製品機種種を基盤として、より使いやすい製品を追求し、オゾン利用分野の拡大に貢献する。



オゾンガス製造装置“クリーンオゾナイザ”及びクリーンオゾン水製造装置の製品群とニーズ

高圧力・高濃度オゾン発生技術に基づいてクリーンオゾナイザを製品化している。この製品は、液晶・半導体製造分野の①オゾン水洗浄、②絶縁成膜、③オゾンガスとオゾン水によるフォトレジスト剥離、④表面酸化処理工程に適用可能な製品機種種をそろえている。

1. ま え が き

液晶・半導体工場では、液晶基板、ウェーハの洗浄、絶縁膜形成やフォトリソ剥離における新プロセスの開発、省エネルギー、環境負荷軽減を目的に、新しいオゾン応用が進められている。

特にISO14001を認証取得し環境負荷軽減を実施していくことは、液晶・半導体業界においても重大な責任となっている。また、2001年のPRTR法施行によって化学物質の管理がより一層強化される。そのため、多量の薬品を使っている工程、例えば液晶基板の洗浄、ウェーハの洗浄、ICの酸化膜形成、フォトリソの剥離用途などへオゾンの適用を拡大していこうとしている。

液晶・半導体業界においては、オゾンをより積極的に採用していくために、オゾンガス及びオゾン水製造装置に対して、より高圧力・高濃度オゾンガス発生や高濃度・大流量のクリーンオゾン水生成を求めている。

本稿では、これらのニーズにこたえる技術力とそれを生かした製品群を紹介する。

2. クリーンオゾン発生器・クリーンオゾン水生成技術

三菱電機のクリーンオゾン発生器の構造及びオゾン水生成原理について図1、図2に示す。オゾン発生器は、図1のように、セラミックス円板(径230mm×厚さ1mm)の片面に導電膜層を形成し、誘電体・高圧電極とした。また、水冷したステンレス製の低圧電極も全面をセラミックスで覆っている。さらに、この低圧電極面に0.1mm厚の放射状のセラミックの段差(スペーサ)を設けた構造にすることにより、高圧電極と低圧電極が対向する面に約0.1mmギャップの放射状の放電部を均一に構成している。

この発生器は誘電体(セラミックス)を介して放電ギャップに交流・高電圧を印加し、放電ギャップ部に無声放電を発生させている。原料ガス入り口から酸素ガスを供給し、酸素ガスが放電中を通過することで、オゾン化ガスを連続的に取り出せる。このようにオゾン発生器は、電極全面をセラミックスで覆い、かつ極短ギャップの均一放電空間を実現することで、高吐出圧力(約0.2~0.3MPa)で、200g/m³

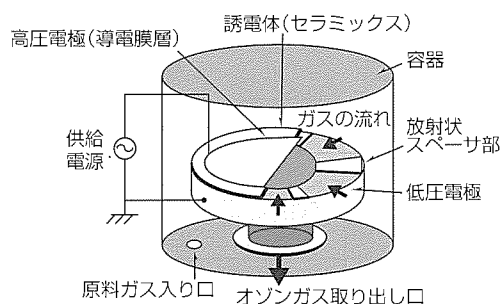


図1. クリーンオゾナイザの構造

程度の高濃度の不純物を含まないクリーンオゾンを出力できる⁽¹⁾⁽²⁾。この装置は、周波数約10kHzのコンパクトな高精度インバータ電源から交流・高電圧を発生器へ供給し、一定量のオゾン発生が安定に得られるようにしている。

オゾン水は、図2のオゾン水生成原理図に示すように、中空糸膜溶解モジュールを採用して、オゾンガスから高濃度のクリーンオゾン水を生成している。この溶解モジュールはテフロン製で、図中のモジュールの詳細部に示すように、水は中空糸内を流れ、一方、気体はその外側を流れ、中空糸膜を介して気体が水に溶解する構造にしている。この中空糸内に純水をガス圧よりも高めに設定して流し、中空糸膜の外壁部に高濃度のオゾン化ガスを高圧力で通過させることにより、純水にオゾンが溶解しクリーンオゾン水が生成される。この方式は、気泡を発生させずにオゾンガスを溶解できるため、気泡のないオゾン水が製造できる。処理物とオゾン水との接触を妨害する気泡を抑制でき、ウェーハ前洗浄、液晶基板洗浄、フォトリソ剥離でのオゾン水生成には必ず(須)技術である。

3. 液晶・半導体製造工程におけるオゾン利用

液晶基板と半導体デバイスは、高集積化に伴い微細加工の追求と同時に①基板の洗浄、②微細な配線部分の絶縁膜形成、③フォトリソ膜の剥離、及び④表面酸化処理の技術向上が重要な課題である。特に①、③については、硫酸、アンモニア、塩酸及びふっ酸等による薬液処理方式が採用されてきており、薬品の消費を削減する目的でオゾンによるプロセスの見直しが検討されている。オゾンは強力な酸化力を持っているが、酸化物質と反応後の副生成物が元来自然界に存在する酸素・水・炭酸ガスになるため、環境に優しい処理物質として積極的に適用されてきている。図3は、オゾン水の要求仕様として濃度・流量による適用範囲例を示す。半導体ウェーハ洗浄は、1処理工程当たり10ppm前後のオゾン濃度で5~10ℓ/min程度で使用され、30~80g/h程度のオゾナイザが必要である。液晶基板洗浄は、ウェーハ洗浄の2~5倍の流量を必要とし、100~300g/h程度のオゾナイザが必要である。また、フォトレ

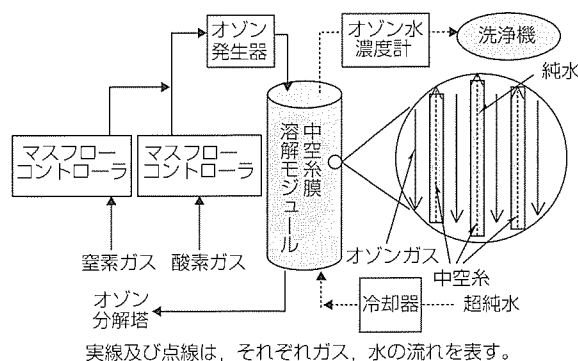


図2. オゾン水生成原理図

ジスト剥離は、オゾン水を利用する方式と高濃度のオゾンガスを直接利用する方式があるが、いずれにおいてもオゾン水洗浄に比べて高濃度のオゾン水、高濃度のオゾンガスが要求されるため、100~500g/h程度のオゾナイザが必要である。さらに、②絶縁膜形成工程や④表面処理工程は、特に処理面の品質が問われるため、100から200g/m³程度の高濃度オゾンガスを安定に供給することが要求される。しかしオゾンガス量は反応処理量が比較的少なく済むため、オゾン発生量は50~150g/h程度である。

当社は、これらのニーズを考慮して、オゾンガス製造装置としてオゾン濃度200g/m³前後の高濃度で発生量が数十~数百g/hの高圧力(0.3MPa程度)の機種を製品化している。また、クリーンオゾン水製造装置は、数ppm~数十ppmの濃度で、小流量から大流量タイプの機種をそろえている。

3.1 基板洗浄プロセスへの適用

従来、液晶・半導体基板洗浄には薬液洗浄が用いられてきた。このプロセスは、硫酸と過酸化水素との混合液(120℃)による有機物除去、アンモニアと過酸化水素との混合液(120℃)によるパーティクル除去、塩酸と過酸化水素との混合液(120℃)による金属除去、さらにふっ酸による酸化膜除去を基本構成としている。プロセスに用いられる薬液費用は、200mmφウェーハ月産2万枚の工場では年間43億円といわれている⁽³⁾。環境負荷とランニングコスト低減のためオゾン水による薬品代替洗浄技術が必要である。オゾン水による有機物や金属除去については既に性能が確認されており⁽⁴⁾、実用化のため材料の耐オゾン性評価などが進められている。特にオゾン水と0.1%程度の希ふっ酸を併用することにより、除去が困難とされていた銅汚染も十分除去可能であることが実証されている⁽⁵⁾。

現在、オゾンによる基板洗浄プロセスは実用段階であり、当社のクリーンオゾン水製造装置が製造ラインに導入されている。今後、デバイスメーカーや洗浄メーカーと密接にタイアップして、より使いやすく高品質の装置を提供していく。

3.2 フォトレジスト剥離プロセスへの適用

このプロセスは洗浄プロセスと同様に大量の薬液が使用

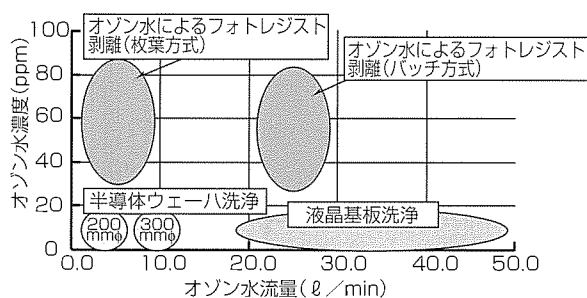


図3. オゾン水の濃度・流量と適用範囲例

されてきたため、オゾンによるフォトレジスト剥離が環境面から最も期待されている。このプロセスは、露光後不要になったフォトレジスト材料を剥離するもので、一般に高温の濃硫酸や106液(ジメチルスルホキシドとモノエタノールアミンの混合液)などの専用液が使用されている。このプロセスへのオゾン導入には、剥離速度の改善が最大の課題である。したがって、オゾン水でフォトレジスト剥離を行うためには、オゾン水濃度を高めることで剥離速度を大きくする必要があり。フォトレジスト膜の剥離速度がオゾン水濃度にほぼ比例することは既に確認されている。また、オゾン水を使用せず、直接オゾンガスによるフォトレジスト剥離方法も検討中である。

フォトレジスト剥離プロセスについては、オゾンの適用は実証段階であり、更なる技術開発により、十分な剥離速度を得るための大容量・高濃度のオゾンガス又はオゾン水が必要になる。このような要求にこたえ、大容量機種の充実を図っていく。

3.3 絶縁膜形成・表面酸化処理プロセスへの適用

オゾンガスを利用した半導体基板上での絶縁膜形成プロセスは、SiO₂絶縁膜を成膜するためにTEOS(Tetra Ethyl Ortho Silicate)/O₃ CVD(Chemical Vapor Deposition)法が採用されている。この方法は、図4に示すように、Siを核にした材料(TEOS)をオゾン(O₃)でCO₂やH₂Oに酸化し、SiO₂の形で基板上にたい(堆)積(デポジション)させるものである。TEOSは結合して多量体(TEOS)_nを形成し基板上で液状の動きをするため、平たん(坦)な絶縁膜を形成しやすい特長がある。液状の(TEOS)_n膜の表面にオゾンが接触することで絶縁膜SiO₂を形成するため、凹凸のある複雑な面においても均一で品質の良い絶縁膜が形成できる。この特長を利用して、現在、64M-DRAMの多層配線において層間絶縁膜の成膜する手段として当社のオゾンガス製造装置OP-150C(表1)が採用され、品質面で高い評価を受けている。

また、表面酸化処理プロセスでは、オゾン雰囲気中でアニール処理をすると、表面の改質と同時に膜質の改善が可能である。特にオゾンガスを利用することで良質な誘電体

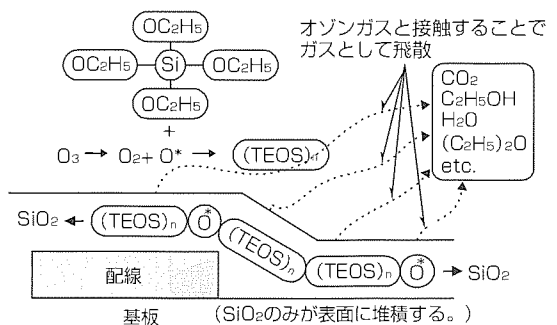


図4. TEOS/O₃ CVD(絶縁成膜)法

薄膜の形成に有効であると報告されている⁽⁶⁾。絶縁膜形成・表面処理プロセスは、処理後の膜質の性能が重要なポイントであるため、より高濃度で発生量の安定度が良く、供給オゾン濃度に対する応答性の良い装置が求められる。

4. 製品概要

4.1 クリーンオゾンガス製造装置“クリーンオゾナイザ”

当社の液晶・半導体製造向けクリーンオゾナイザは、オゾン発生ユニット“OGシリーズ”とオゾナイザシステム“OPシリーズ”の二つのシリーズからなる。オゾン発生器ユニットは、オゾナイザ電源と発生器及び冷却水系の簡単なインタロックのみで構成されている。また、オゾナイザシステムは、オゾン発生器ユニットに加え、ガス制御部、オゾンガス出力制御部、オゾン漏えい(洩)検知、漏水センサ、装置本体の排気設備及び運転操作、動作表示、故障表示を行うシーケンサ等を標準装備している。また、流量コントローラ(MFC)、自動圧力コントローラ(APC)及びオゾン濃度計については、ユーザー仕様に応じて、オプション対応でこのシステムに組み込めるようにしている。以下に各シリーズの型名、性能及び当社の装置の特長を述べる。

(1) OG, OPシリーズの標準仕様

当社の装置は、各用途に合った機種選択ができるように、発生量に応じて装置のシリーズ化を図っている(表1)。OG又はOPシリーズは、発生量(75g/h, 150g/h, 250g/h, 500g/h)によって機種分け(-75C, -150C, -250C, -500C)している。また、各機種の標準仕様を表の下欄に示す。図5に当社の75g/hオゾン発生器の外観を示し、図6にオゾン発生ユニットの外観を示す。また、図7にオゾナイザシステムOP-500Cの外観を示す。

(2) OG, OPシリーズの性能

図8に、各クリーンオゾナイザのシリーズに対応したオゾン発生性能を示す。図の(a)は供給するガス流量とオゾン発生量の特性を示し、(b)は供給するガス流量とオゾン濃度の特性を示す。図の(b)に示すように、オゾン濃度は約

100g/m³から最大230~240g/m³までの高濃度オゾンが得られることが分かる。また、図の(a)から、機種に応じて、OP(G)-75Cで0~100g/h, OP(G)-150Cで0~180g/h, OP(G)-250Cで0~300g/h, OP(G)-500Cで0~520g/h程度のオゾン発生量が得られることが分かる。

(3) 当社の装置の特長

- 200g/m³以上の高濃度のクリーンオゾンガスを±2%以内の安定度で出力できる。
- 約1分程度の立ち上がり時間で所定オゾンガス濃度、発生量を出力できる。
- 高吐出圧でクリーンオゾンガスを出力できる。

4.2 クリーンオゾン水製造装置

当社の液晶・半導体向けクリーンオゾン水製造装置はOzonized Waterの頭文字をとって“OWシリーズ”と称し

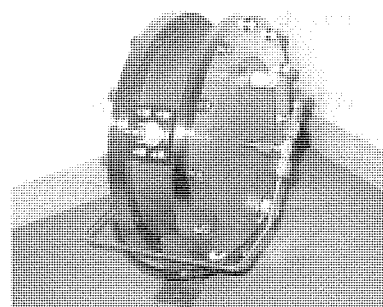


図5. 75g/hオゾン発生器

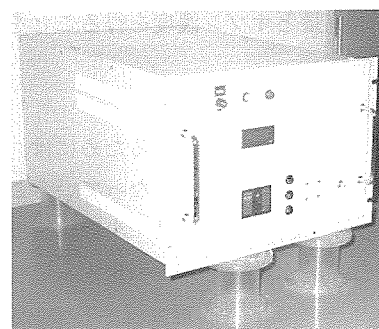


図6. オゾン発生器ユニット

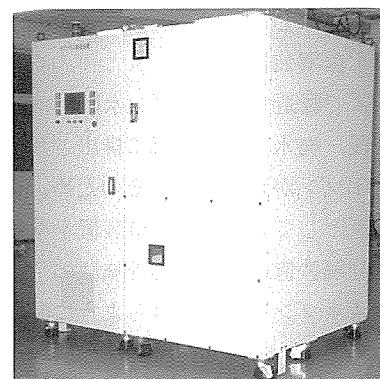


図7. OP-500Cオゾナイザシステム

表1. クリーンオゾナイザの機種別仕様

型名	オゾナイザシステム		OP-75C	OP-150C	OP-250C	OP-500C
	発生器ユニット		OG-75C	OG-150C	OG-250C	OG-500C
特性仕様		単位				
	オゾン発生量	g/h	75	150	250	500
	オゾン濃度	g/m ³	170	170	170	170
	原料ガス流量	ℓ/min	7.8	15.6	31.2	62.4
	電源		AC200V. 3φ			
	入力容量	kVA	2.5	2.5	5	10
	冷却水量	ℓ/min	5	10	20	40
	水質		上水			
冷却水温	℃	20	20	20	20	

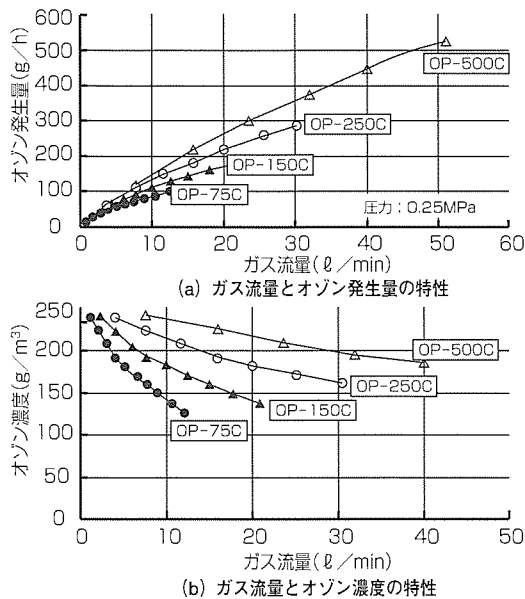


図 8. 機種別オゾン発生性能

ている。以下、OWシリーズ及び周辺装置について特長を述べる。

(1) OWシリーズ(クリーンオゾン水製造装置)本体

図9にOWシリーズの外形図を示す。OWシリーズでは、超純水にオゾン溶解させる方法として中空糸膜を用いたオゾン溶解モジュールを採用している。また、このオゾン溶解モジュールには現状3通り(小タイプ、中タイプ、大タイプ)の種類があり、その適切な組合せにより、必要とされるオゾン水流量とオゾン濃度を得ることを可能にしている。

(2) ポンプユニット

高濃度オゾン水を製造・供給するためには、オゾン溶解させる純水の圧力が一定以上となっていることが必要となる。しかしながら、実際の液晶・半導体工場では、ユーティリティからの純水供給圧力が不足する場合がある。そこで、OWシリーズでは、周辺装置として“ポンプユニット”を準備している。このポンプユニットは、ユーティリティからの純水をバッファタンクにいったん貯蔵し、プースタポンプによって加圧した純水をオゾン水製造装置に供給可能となるようにした。

(3) 排オゾン水分解装置

OWシリーズで製造されたオゾン水は、液晶・半導体製造装置で使用後、廃水として外部に排出されるが、この廃水中にも残留オゾンが存在する。そのため、OWシリーズでは、周辺装置としてオゾン水分解装置を準備している。このオゾン水分解装置は、廃水処理施設の手前に設けることにより、残留オゾン分解できるようにしている。

5. む す び

以上、三菱電機製のクリーンオゾンガス及びオゾン水製

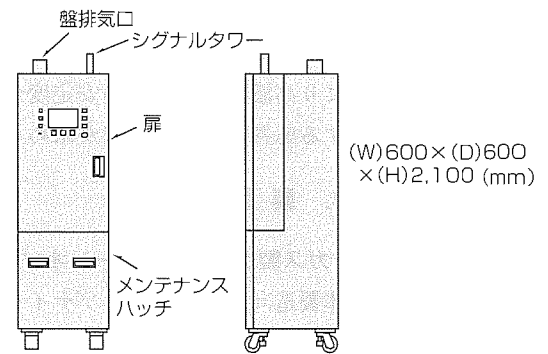


図 9. オゾン水製造装置“OWシリーズ”の外形図

造装置を紹介してきた。当社では顧客情報はもとより、自社半導体工場や関連会社への適用を通じてプロセスからの要求事項を把握し、製品にフィードバックしていく努力を積み重ねることにより、より安価で使いやすい高品質の装置を追求し、製品の充実と製品レパートリの拡大を図っている。

様々な応用について述べてきたが、特にフォトレジストの剥離については剥離スピードを早くすることが喫緊の開発課題で、オゾン水又はオゾンガスでより高速で確実な剥離が行える条件設定等について現在検証中である。要求にマッチした高濃度・大容量タイプのオゾンナイザとオゾン水製造装置を供給することで、オゾンによるフォトレジスト剥離の早期実用化を図る。このように、液晶・半導体製造業界で、当社のオゾン装置がより多く利用されることで、生産性の向上を図りながら環境負荷の低減も図れるプロセスの革新に貢献していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 葛本昌樹, 田畑要一郎, 吉沢憲治, 八木重典: 100μm級極短ギャップ下における無声放電による高濃度オゾン発生, 電学論A, **116**, No.2, 121~127 (1996)
- (2) 葛本昌樹, 田畑要一郎, 廣辻淳二: 高濃度・高効率オゾンナイザ, 電気評論'96年, No 3, 49~52 (1996)
- (3) NIKKEI MICRODEVICES, 165~166 (1995-9)
- (4) Osaka, T., Okamoto, A., Saga, K., Kuniyasu, H., Hattori, T.: Environment-Friendly Single-Wafer Spin Cleaning with Alternate Use of Ozonized Water and Dilute HF, 7th International Symposium on Semiconductor Manufacturing, 113~116 (1998)
- (5) 浅岡保宏, 横井直樹, 大森寿朗, 林出吉生: DHF/O₃水による金属Cu汚染除去性へのHF濃度の影響, 応用物理学会講演会, 28a-PB-18 (1998)
- (6) 前田和夫: VLSI製造技術へのオゾンの応用, クリーンテクノロジー, 62~69 (1994-2)

シリコン単結晶引き上げ装置用超電導電磁石

豊田勝義*
 湊 恒明**
 今井良夫*

要 旨

IT化技術を支える基盤材料として必要不可欠なシリコンウェーハは、数年周期で大口径化が進み、10mm以下の小口径からスタートし、現在は直径200mmまで大口径化され、次世代300mmウェーハの試作を経て量産化が開始されようとしている。シリコンウェーハの大口径化は、更に高機能化・高集積化された半導体デバイスを大量・安価に供給するために必要不可欠である⁽¹⁾。

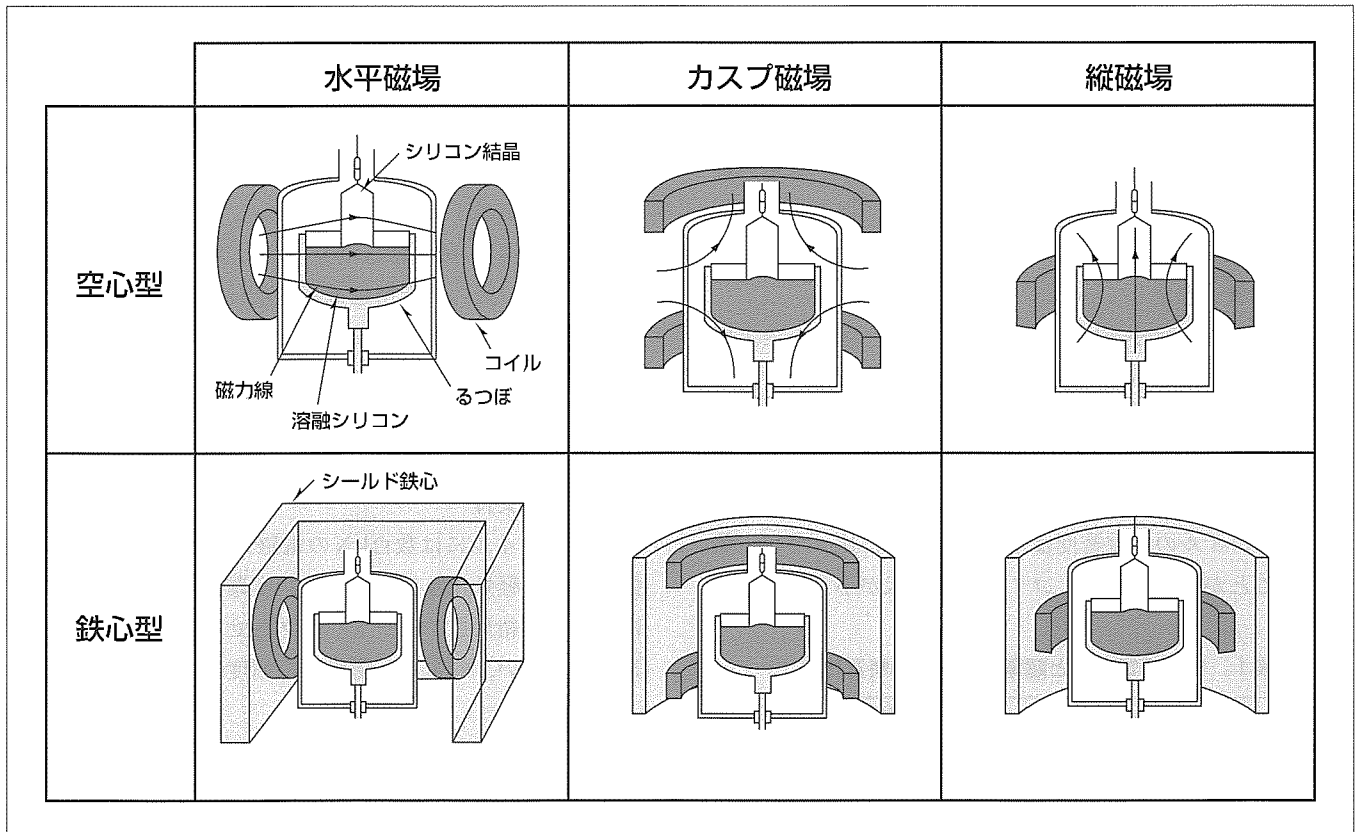
シリコン単結晶は、CZ法(チョコラルスキー法)と呼ばれる方法で製作されている。CZ法は、るつぼ中で多結晶シリコンを溶融させ、これに種結晶を入れて回しながら引

き上げて製作する方法である⁽²⁾。

200mmから300mmへの大口径化においては、るつぼ中のシリコン溶液に磁場を印加し、電磁制動効果を利用して熱対流を制御して、単結晶化の安定性、酸素濃度制御などの技術が必ず(須)とされている。

磁場印加方法には3種類の方法があり、今日用いられているのはカスプ磁場配置と水平磁場配置である。

これらの磁場印加装置として開発してきた超電導電磁石について述べる。



シリコン単結晶引き上げ装置(CZ法)と磁場印加用電磁石

磁場配置として水平磁場配置、カスプ磁場配置、縦磁場配置があり、それぞれ鉄心なしのタイプと鉄心ありのタイプがある。鉄心は、起磁力低減と漏えい(浅)磁場低減に寄与する。

1. ま え が き

超電導電磁石は広い空間に高磁場を発生することが可能であり、加速器、核融合用の大型超電導電磁石の開発を通して技術の向上と蓄積が図られてきた。近年、これら蓄積してきた技術を利用して、工業分野の新規応用として、シリコン単結晶引上げ装置用超電導電磁石が急速に立ち上がりつつある。

シリコン単結晶引上げ時につばに磁場を印加すると、つば中の熔融シリコンの対流が抑制され、結晶中の酸素濃度制御など各種効果が得られる⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。この方法は、シリコン単結晶の大径化に伴い必須の技術となっており、超電導電磁石の新規市場として期待されている。実用化されている印加磁場配置としては、水平磁場配置とカスプ磁場配置がある。必要とする磁場空間は、200mmウェーハ用で直径1.2m級、300mmウェーハ用で1.6m級であり、必要磁場強度は、水平磁場配置の場合はつば中心で300～500mT、カスプ磁場配置ではつば壁面で50～150mTである。三菱電機は、1990年に液体ヘリウム浸せき(漬)冷却式の水平磁場印加用超電導電磁石を開発して以来、工業用として顧客が使いやすい結晶引上げ装置用超電導電磁石の開発を続けてきた。

本稿では、最近の成果について述べる。

2. 常電導電磁石と超電導電磁石

室温空間1m級の水平磁場印加方式を例にして、常電導電磁石と超電導電磁石の特質比較を表1に示す。常電導電磁石システム、超電導電磁石システムとも、従来の円形2コイルで構成されるシステムの場合であり、中心磁場強度は500mT級を想定している。

超電導電磁石は小電力で容易に500mTの磁場を発生可能であるが、常電導電磁石では起磁力を下げるために鉄心が必須であり、結果として磁場均一性は高くなる。最近、より磁場均一性が高く漏洩磁場の小さな超電導電磁石を開発した。これについては5章に述べる。

超電導コイルの電流密度は常電導コイルに比べて数十倍とすることが可能であり、コイル断面形状が小さいために

コイルの空間配置に自由度があり、磁場分布要求仕様への対応が容易となる。

鉄心付き超電導電磁石の質量は、漏洩磁場の要求仕様によって異なる。

超電導電磁石の電力は、数kWの電磁石電源と超電導コイルを極低温に保つための小型冷凍機の電力の和である。

超電導電磁石は、コイルを超電導状態に維持するために極低温冷媒である液体ヘリウムの使用が必要であり、操作性に劣る。ただし、4章に述べるように、カスプ磁場配置用では液体ヘリウムを使用しない伝導冷却式超電導電磁石を開発し、製品化している。

超電導電磁石の主たるメリットは、上記のように運転電力が常電導電磁石システムに比べて1けた以上小さいことである。

3. 結晶引上げ装置用超電導電磁石の技術課題

結晶引上げ装置用超電導電磁石には前章に述べたような特長があるが、幾つかの技術課題が存在する。以下に技術課題とその解決策を示す。

(1) 低熱侵入化

超電導電磁石は、超電導コイルを極低温状態に保ち超電導状態を維持するために、室温からの伝導、ふく(輻)射熱の侵入を低減する必要がある。低熱侵入化はユーザーの操作性に直結する重要な技術課題である。

この技術課題に対しては、積層断熱材と断熱支持構造材の最適化設計及び高温超電導体電流リードの採用により、従来の超電導電磁石では数W～十数Wあった極低温部への侵入熱を1W以下まで低減している。

高温超電導体(酸化物超電導体)は、低熱侵入化を目的として加速器分野の研究用超電導電磁石に使用してきたが、もろ(脆)く取扱いが困難な部品であった。結晶引上げ装置用超電導電磁石への適用に際し、熱侵入を増加させることなく機械的強度を増す構造設計を行い、一般工業部品としての取扱いを可能とした。

(2) 電磁力支持

超電導コイルには数百kNの電磁力が加わる。電磁力支持と電磁石軽量化及び磁場要求精度確保のため、構造解析に磁場解析結果をフィードバックさせながら電磁力支持構造設計を行い、軽量化と磁場要求精度を達成している。

(3) 漏洩磁場

漏洩磁場の課題は、結晶引上げ装置操作員が磁場中作業となること、及び周囲の機器との磁氣的相互作用である。

周囲機器との磁氣的相互作用では、周囲の磁性体構造物との磁氣的相互作用でつば部磁場分布に影響を与えること、及び引上げ装置本体に付属している磁気スイッチなどへの影響がある。また、磁性体構造物と超電導コイル間の不均一電磁力に対する支持構造が極低温部への侵入熱量を

表1. 常電導電磁石と超電導電磁石の特質比較

項目	常電導電磁石 (鉄心あり)	超電導電磁石	
		鉄心あり	鉄心なし
磁場均一性	◎	◎	○
磁場分布仕様への対応	△	◎	◎
漏洩磁場	◎	◎～○	△
質量	約50t	約50～15t	約5t
電力	約300kW	約10kW	約10kW
操作性	◎	△	△

増加させるなどの課題もある。

これらの課題に対して、開発してきた超電導電磁石は、磁気シールド装着を標準仕様として漏洩磁場を下げ、周囲への影響を低減している。磁気シールドを設けることによって電磁石の質量は増加する。開発においては、引上げ装置への組み込みを考慮して、磁界解析による磁気シールド形状最適化を行って軽量化を図っている。

(4) 操作性

超電導電磁石は、超電導状態を維持するために極低温冷媒である液体ヘリウムで冷却する必要があり、潜熱が小さく蒸発しやすい液体ヘリウムの補充に煩雑な手間が掛かっていた。超電導電磁石の断熱構造の改良、高温超電導電流リードの信頼性ある構造設計により、コンパクトで液体ヘリウム貯液量の少ない超電導電磁石においても煩雑な液体ヘリウム注液間隔を約1年とする目処を付けた。また、構造が単純で超電導安定性の良い超電導電磁石は、液体ヘリウムを使用することなく小型冷凍機のみで冷却可能とし、ユーザーにとっての操作性を格段に向上させた。

(5) 超電導安定性

超電導コイルは、電磁力又は冷却時熱応力の開放などが原因となる数十 μm の超電導線の動きで超電導線の温度が上昇し、超電導状態が破れてコイル全体が常電導に転移するクエンチ現象に至ることがある。

超電導電磁石設計と製造において、次のようにして超電導安定性を確保している。

- 超電導線臨界電流特性に対する適切な超電導コイルの運転電流の選定
- 電磁力に対するコイル支持構造解析によるコイル全体としての動きの防止
- コイル巻線精度管理，組立て寸法管理，適切な含浸レジンの選定による超電導線動きの防止

4. 伝導冷却式カスプ磁場発生用超電導電磁石

加速器用として開発してきた液体ヘリウムを使用せずに極低温小型冷凍機のみで冷却する超電導電磁石設計・製作技術を活用して、200mm結晶引上げ装置用カスプ磁場発生用の伝導冷却式超電導電磁石を開発した。図1に開発した超電導電磁石の外観を、表2に諸元を示す。

伝導冷却式大口径超電導電磁石開発のポイントは、冷凍機から超電導コイルへの熱伝導を良くし冷却効率を高めること、及び極低温部の常温からの断熱構造設計である。これにより、小型冷凍機1台で常温から超電導状態までの初期冷却及び冷却維持を可能とし、ユーザーの操作性の向上を図った。また、小型冷凍機冷却式超電導電磁石でメンテナンスを必要とするのは冷凍機であり、この作業は冷凍機を交換して実施するが、この電磁石において、冷却した状態で冷凍機の交換作業を可能とする方法を開発し、電磁石

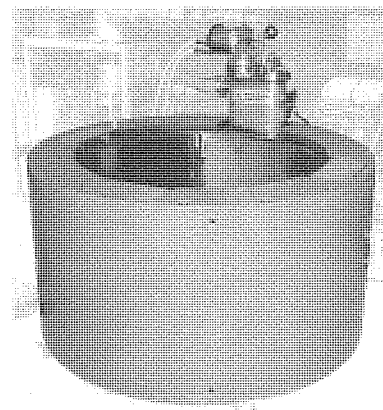


図1. 200mm結晶引上げ機用伝導冷却式超電導電磁石

表2. 200mm結晶引上げ機用伝導冷却式超電導電磁石の諸元

磁場形式	カスプ磁場
外径寸法	
内径	1,250mm
外径	1,750mm
高さ	950mm
質量	3,300kg
極低温小型冷凍機	1台

の停止期間の短縮化を図った。

5. 400mm級結晶研究開発用カスプ磁場発生用超電導電磁石

(株)スーパーシリコン研究所では、次世代超大口径シリコンウェーハの研究開発として、400mm級シリコン単結晶の引上げ研究を行っている。この引上げ研究用としてカスプ磁場発生用の超電導電磁石を開発し納入した。

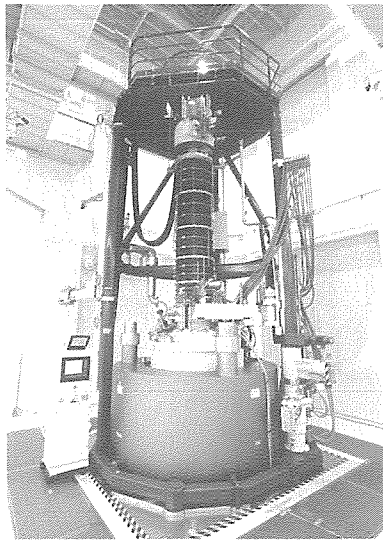
図2に結晶引上げ装置と組み合わされた超電導電磁石の外観を、表3に電磁石の諸元を示す。

室温空間径2,040mmのこの電磁石は、引上げ研究用であり、るつぼ壁位置での磁場密度は定格350mTである。この電磁石は、蓄積エネルギー10MJの大型電磁石であるので、超電導安定性の面から液体ヘリウム浸漬冷却を採用している。大型超電導電磁石であるが、運転電流の小電流化によって極低温部への侵入熱量低減を図り、液体ヘリウムの低蒸発量を達成している。

6. 水平磁場発生用くら(鞍)型コイル式超電導電磁石

従来の円形2コイルを用いた水平磁場発生システムは、磁気シールドを設けた場合は質量が大きくなり、磁気シールドを設けない場合は磁場干渉を避けるために引上げ装置の設置間隔を離す必要があり、工場利用率が悪いなどの課題を持っていた。

水平磁場発生用超電導電磁石でも漏洩磁場対策が容易なように、鞍型コイル式水平磁場発生用超電導電磁石を開発した。磁気シールドは円筒型の常温容器全体を覆う構造で



写真提供：(株)スーパーシリコン研究所

図 2. 400mm結晶引上げ機と組み合わされた超電導電磁石

表 3. 400mm結晶引上げ研究用超電導電磁石の諸元

磁場形式	カスプ磁場
磁束密度	350mT at R=444mm
外径寸法	
内 径	2,040mm
外 径	3,240mm
高 さ	3,475mm
質 量	14,500kg

ある。この電磁石は、従来の円形 2 コイルシステムに比べて、コンパクトであり、磁場均一度が良く、さらにはカスプ磁場発生用超電導電磁石と置き換え可能であるなどの特長も持っている。また、漏洩磁場が小さく、外部の磁性構造物との間に働く電磁力が小さいことも特長である。鞍型コイルの模式図と、開発した室温空間径1.2m級の超電導電磁石の外観を図 3、図 4 に示す。

この超電導電磁石の設計・製造においては、円形コイルに比べてコイル形状が複雑なため、適切な磁場分布を得るための磁場解析によるコイル最適化設計、超電導コイル安定性を確保するための構造解析による電磁力支持構造設計、コイル巻線・組立て精度管理などを必要とする。

表 4 に、室温空間1.6m級の超電導電磁石で、鞍型電磁石方式の特長を従来方式と比較して示す。るつぼ中心磁場は400mTの場合である。質量を除くすべての評価項目で鞍型コイル式の方が優れている。特に、漏洩磁場に関しては、円形コイル式の約 1 / 8 であり、漏洩磁場対策及び引上げ装置間隔、引上げ装置の磁性部品制限が大幅に緩和されるメリットがある。円形コイル式で同様の効果を得るためには100トン近い大型磁気シールドを必要とする。

7. む す び

IT化技術を支える基盤材料として必要不可欠なシリコンウェーハの大径化、特性向上に必須であるシリコン単結

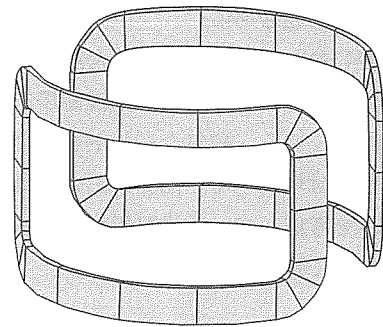


図 3. 鞍型コイルの模式図

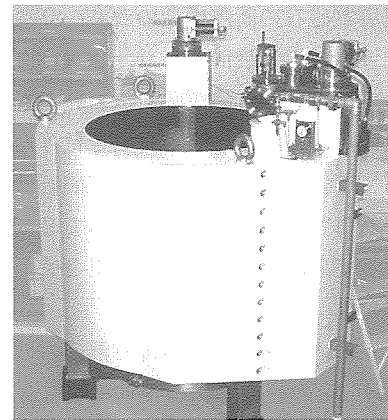


図 4. 鞍型コイル方式超電導電磁石

表 4. 鞍型コイル方式超電導電磁石の特長

項 目	鞍型コイル式	円形コイル式
漏洩磁場*1	1.1mT	9 mT
磁場均一度*2	6 %	12%
電磁石占有面積	4.5m ²	6.4m ²
質 量	約15t	約 7 t
電磁石設置間隔*3	4 m	10m

* 1 磁力線方向の電磁石中心から 5 mでの値

* 2 電磁石中心面内φ600mmの範囲

* 3 電磁石同士の電磁力からの制限

晶引上げ装置磁場印加用電磁石として、上述のように各種超電導電磁石の開発を行ってきた。今後、更なる信頼性の向上、標準化を図り、ユーザーに提案・提供していく所存である。

参 考 文 献

- (1) (株)スーパーシリコン研究所のホームページ：
<http://www.super-si.co.jp>
- (2) 布施川 泉, 太田友彦, 長澤 繁：強磁場中での半導体シリコン単結晶の製造, 低温工学, **33**, No.2, 54 ~59 (1998)
- (3) 湊 恒明, 豊田勝義, 尾原昭徳, 黒田成紀：産業装置用超電導マグネット, 三菱電機技報, **66**, No.5, 556 ~558 (1992)

最近のヒートパイプ応用製品

山蔭久明*
好永功夫*
小谷邦男*

要 旨

近年の電子機器の小型化要求及び高精度加工プロセスにおける温度精度の改善要求は一層高まっており、新たな熱技術の適用による解決が必要となってきている。三菱電機では、これらの要求に沿うため、熱の超伝導体であるヒートパイプを応用した高機能製品の開発を進めてきた。

本稿では、最近のヒートパイプ応用製品として、以下の代表製品について紹介する。

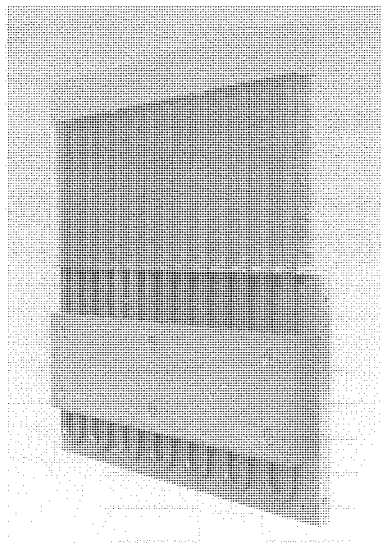
(1) 超薄型ヒートパイプ式ヒートシンク

高出力電子機器やパワートランジスタ類が発生する熱量は増加の一途をたどっており、より効率的な冷却方式が必要になっている。特にモータ制御用のインバータ装置などでは制御盤の小型・薄型化の要求が強く、高性能、薄型の空気冷却器が望まれている。この空冷機能の増加のために、

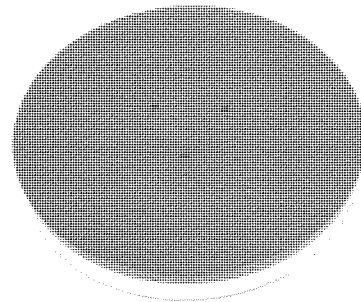
ヒートパイプを用いて素子伝熱面と放熱部を上下に分離し、放熱部に高性能空調用フィンを設置することによって従来のアルミ製ヒートシンクに比べて1/3以下の容積となる薄型のヒートパイプ式ヒートシンクを製品化した。

(2) 高精度ヒートパイプ式均熱プレート

ヒートパイプの持つ優れた均熱性及び熱応答性を応用した工業用均熱プレートを製品化した。これは、70~160℃の範囲内で±0.15Kの面内温度分布精度を示すとともに、高応答性で省エネルギー性も高いという特長を持っている。また、温度上昇時にもプレート全体が均一な温度変化を示し、熱ひずみも少なく、精密な温度履歴を必要とする半導体ウェーハや液晶などの加熱プロセスに適している。



超薄型ヒートパイプ式ヒートシンク



高精度ヒートパイプ式均熱プレート

ヒートパイプ応用製品

写真左は冷却フィンに高性能空調用フィンを用いた超薄型ヒートパイプ式ヒートシンクである。従来の熱伝導によるアルミ製ヒートシンクに比べ、体積を1/3以下に小型化した。また、サイズは幅300mm×高さ310mm×厚み22mmであり、超薄型の特長を持っている。

写真右は200mmφウェーハ加熱用の高精度ヒートパイプ式均熱プレートの例である。高い温度分布精度が要求されるプロセスで使用される。

1. ま え が き

ヒートパイプは内部に作動液を保持し、その蒸発・凝縮に伴う潜熱の授受による熱移動を利用した超伝熱素子である。ヒートパイプが1960年代に宇宙用熱制御手段として利用されてから、地上用の伝熱促進素子としても応用されるようになり、現在では、各種産業分野において、冷却・加熱・熱回収・均熱等の用途に幅広く応用されている⁽¹⁾。三菱電機においても密閉きょう(筐)体の冷却用、排熱回収用を始めとしたヒートパイプ応用製品群を市場に投入してきたが、今回、更にヒートパイプの機能を発揮させることで小型化・高精度化を図った超薄型ヒートパイプ式ヒートシンク及び高精度の均熱プレートを開発した。これらはいずれも作動液として水を使用しており、環境面でも配慮されている。

以下にその製品概要を紹介する。

2. 超薄型ヒートパイプ式ヒートシンク

2.1 構造及び仕様

図1にその構造を示す。アルミベースに取り付けられたモジュール素子等の発熱をヒートパイプによって上部に輸送し、空調用の高性能フィン(材質:アルミ)で放熱する構造としている。ヒートパイプの受熱部は、アルミベースの片面に押さえブロックを介して熱的に接合されている。

このヒートシンクは900Wの発熱量での素子取付け面の温度上昇30K以下を目標とするもので、熱抵抗値は0.033K/W(風速2m/s)である。最大寸法は幅300mm、高さ310mm、厚さ22mmの薄型品で、質量も2.4kgと軽量である。ヒートパイプの容器は外径約8mmの銅管である。

2.2 冷却能力の評価

(1) 計算値と実測値の比較

ヒートシンクの冷却能力は式(1)で定義された全熱抵抗

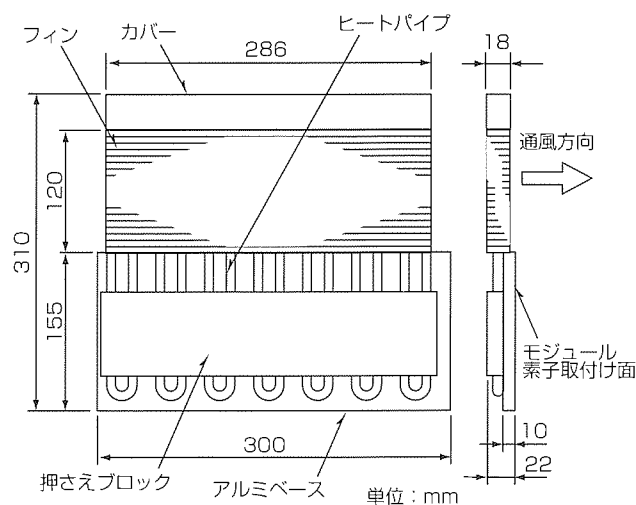


図1. ヒートパイプ式ヒートシンク

R_t [K/W]で表され、素子取付け面の温度上昇 ΔT [K]は式(2)で示される。この全熱抵抗 R_t を計算するためのモデルを図2に示す。

$$R_t = R_b + R_g + R_o + R_c + R_e + R_f + R_a \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta T = Q \cdot R_t \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

- R_b : ベース熱抵抗 [K/W]
- R_g : 接触熱抵抗 [K/W]
- R_o : ブロック熱抵抗 [K/W]
- R_c : 蒸発熱抵抗 [K/W]
- R_e : 凝縮熱抵抗 [K/W]
- R_f : フィン-空気間熱抵抗 [K/W]
- R_a : 空気温度上昇による熱抵抗 [K/W]
- Q : 入熱量 [W]
- T_b : ベース温度 [°C]
- T_i : 入口空気温度 [°C]
- T_o : 出口空気温度 [°C]
- T_m : 平均空気温度 [°C]

である。

上記による全熱抵抗 R_t の計算値は0.035[K/W]であった。各部の熱抵抗のうちフィン-空気間の熱抵抗 R_f は全熱抵抗の約35%を占めており、フィン部の設計が重要であることを意味している。実測熱抵抗値は0.031[K/W]であり、上記の計算式による計算値よりも約11%小さな値であった。

(2) 従来品との冷却能力の比較

冷却対象が数百Wの領域では、一般的には、アルミ製のくし(櫛)型又は格子型のヒートシンクが用いられている。ここでは、今回の開発品と櫛型ヒートシンクとで冷却能力に対する質量及び容積の比較をする。

櫛型ヒートシンクの冷却能力の計算には、当社が開発したヒートシンク熱設計プログラム“MeI VETTY”⁽²⁾を用いた。熱抵抗が開発品と同等の値になるような櫛型ヒートシ

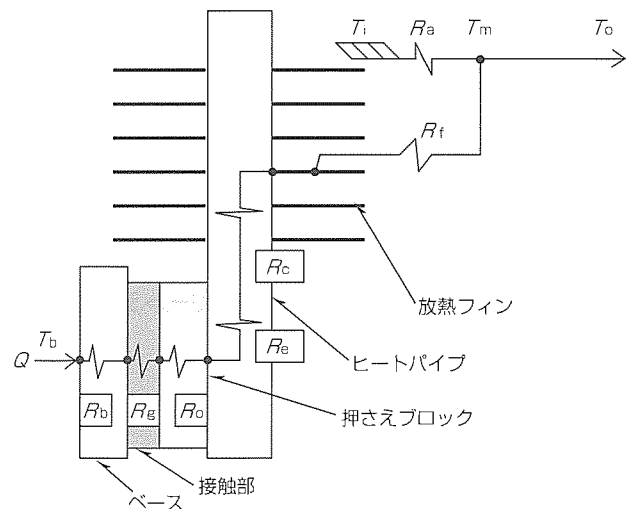


図2. 熱抵抗計算モデル

ンク形状を検討し、幅300mm，奥行き300mm，高さ80mm，フィン厚み3mm，フィン枚数38として計算した。この楕形ヒートシンクの形状を図3に示す。開発品と楕型ヒートシンクの単位質量及び単位容積当たりの冷却能力の計算値比較を表1及び表2に示す。なお，両者は同一フィンを使用するとして性能を比較した。開発品は質量比，容積比ともに楕型ヒートシンクの3倍以上の冷却能力を持っている。厚さを比較すると，楕型ヒートシンクが80mmであるのに対し，開発品は22mmと薄くなっており，寸法(特に厚さ方向)の制約が厳しい制御装置への適用が可能である。

3. 高精度ヒートパイプ式均熱プレート

3.1 原理と特長

ヒートパイプ式均熱プレートは，ヒートパイプの優れた熱輸送特性と高い均熱性を応用した製品である。プレート内部には中空部が形成されており，内部を真空排気した後，所定量の作動液が充てん(填)されている。プレート内部に電気ヒーターが設置されており，この発熱をヒートパイプの蒸発部で効率的に作動液に伝え，作動液の蒸発と凝縮による熱輸送によってプレート各部を均一に加熱するもので

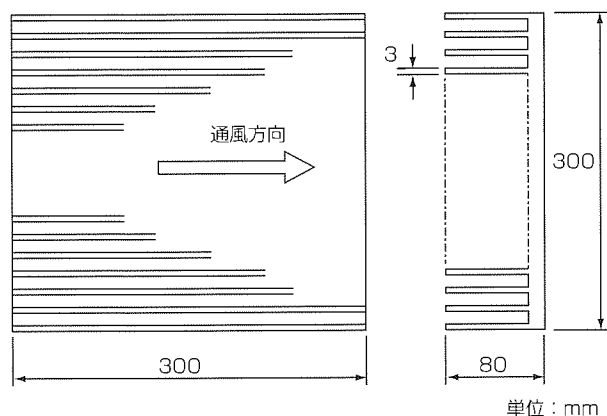


図3. 従来型ヒートシンクの形状

表1. 単位質量当たりの冷却能力の比較

ヒートシンク種類	質量 (kg)	熱抵抗 (K/W)	熱コンダクタンス (W/K)	単位質量当たりの冷却能力 ((W/K)/kg)	単位質量当たりの冷却能力比
開発品	2.4	0.035	28.6	11.9	1
従来品	8.1	0.033	30.3	3.7	0.31

表2. 単位容積当たりの冷却能力の比較

ヒートシンク種類	容積 (ℓ)	熱抵抗 (K/W)	熱コンダクタンス (W/K)	単位容積当たりの冷却能力 ((W/K)/ℓ)	単位容積当たりの冷却能力比
開発品	2.0	0.035	28.6	14.3	1
従来品	7.2	0.033	30.3	4.2	0.29

ある。

このヒートパイプ式均熱プレートは以下の特長を持っている。

(1) 面内の均熱性が高い

作動液の蒸気が低温度差で移動

(2) 応答性が良い

熱容量が小さく，蒸気によって瞬時に熱をプレート各部に拡散

(3) 省エネルギー

熱容量が小さく，外周及び下面からの放熱を抑制

(4) 熱変形が小さい

プレート全体を均一に昇温

3.2 仕様例

ウェーハ加熱用として開発した製品仕様の例を表3に示す。

3.3 従来方式との比較

この種の加熱プレートとしては，面状発熱体をプレート材料(例えばアルミ)の下面に接着し，この発熱体に発生する熱をプレート材料に伝え，熱伝導による熱拡散によって全体を加熱する方式が一般に用いられている。

この方式の場合は面状発熱体とプレート材料との接触状態にばらつきが生じやすく表面の温度むらを生じやすいこと，プレートの熱容量のために熱応答性が鈍いことなどの問題点があるが，上述したヒートパイプ方式によると，これらの課題を解決することが可能となる。200mmφウェーハ加熱用を対象として，ヒートパイプ方式及び従来方式における温度特性の実測例を図4及び図5に示す。試験は，プレート単体を静止空气中に置き，常温からの温度上昇の特性を測定したものである。それぞれのプレート表面(中心部，中間部，外周部)に温度センサを張り付け，常温から約110℃までの昇温特性を計測した。なお，昇温は双方とも同一のPID制御によって行い，ヒーター容量はヒートパイプ方式が500W，従来方式は550Wとした。図4及び図5のプレート表面温度は設定温度に到達する付近の状況を拡大して示したものであり，面内温度差は常温スタートから設定温度に至るまでのプレート表面温度のばらつきの変化を示している。

図4，図5に示すように，従来方式では設定温度

表3. ヒートパイプ式均熱プレートの仕様(ウェーハ加熱例)

	200mmφウェーハ用	300mmφウェーハ用
寸法	φ228 × t 30 mm	φ330 × t 30 mm
質量	4 kg	7 kg
使用温度範囲	室温~160℃	
温度分布精度	±0.15K以内(定常時)	
有効範囲	直径200mm以内	直径300mm以内
平面度	0.02mm以下	0.03mm以下

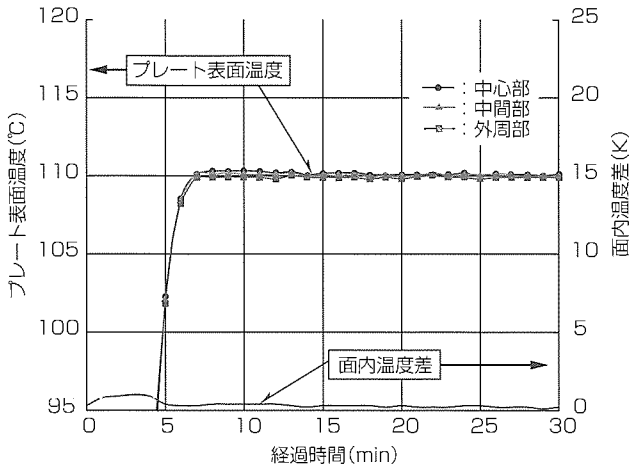


図4. ヒートパイプ方式の温度特性

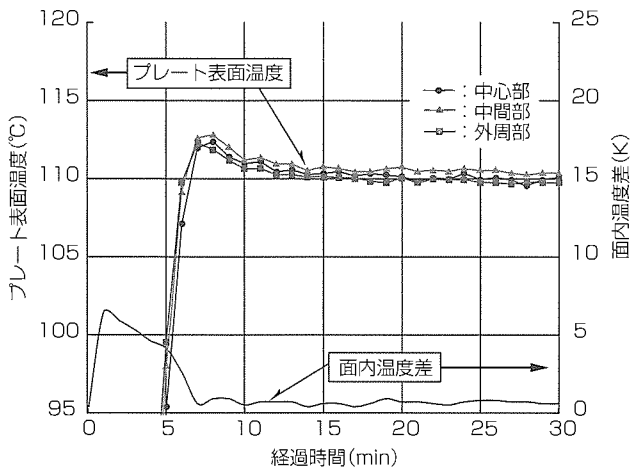


図5. 従来方式の温度特性

に対し2 K程度のオーバーシュートが見られ、温度の安定時間も長くなるが、ヒートパイプ方式ではオーバーシュートもなく安定が早い。また、昇温時の面内温度のばらつきは、従来方式では昇温時に6 K程度あるが、ヒートパイプ方式では昇温時でも1 K程度の温度分布であり安定した温

度分布を保ちながら温度上昇することを示している。また、プレートの温度上昇速度はヒートパイプ方式の方が従来方式よりも速く、さらに、ヒーター容量が従来方式よりも10%程度低いことから省エネルギーで昇温できることを示している。

以上、200mmφサイズのプレートを例にとり、従来方式との特性比較によってヒートパイプ方式の特長について述べた。ヒートパイプ方式は、その均熱特性より、半導体ウェーハ加熱、液晶プロセス、その他精密な温度管理を必要とする接着、キュアなどのプロセスに適している。また、ヒートパイプの伝熱形態から見ても、対象とするプレートが大型化するにつれてヒートパイプ方式と従来方式との特性差が更に顕著になるものと思われる。

4. むすび

ヒートパイプを応用した最近の製品実例について述べた。近年、パソコンのCPU冷却などにもヒートパイプが身近に使用されるようになってきており一般ユーザーにも十分その効果が理解されるようになってきた。ヒートパイプの利用技術は既に飽和したと見られている傾向もあるが、従来方式にないヒートパイプの伝熱形態を今一度見詰め直し、これを有効に利用することで、新たな特性を持つ製品を生み出す可能性は十分にあると考える。これまでの製品群に加え、今後も新たな熱技術の利用によって省エネルギー、小型化、高精度化等へ貢献できるものが製品化されていくものと期待される。

参考文献

- (1) 日本ヒートパイプ協会編著：実用ヒートパイプ，日刊工業新聞社（1985）
- (2) 菱光コンピュータシステム(株)カタログ，MelVETTY A02版

高効率無停電電源装置“MPC”

真田和法*

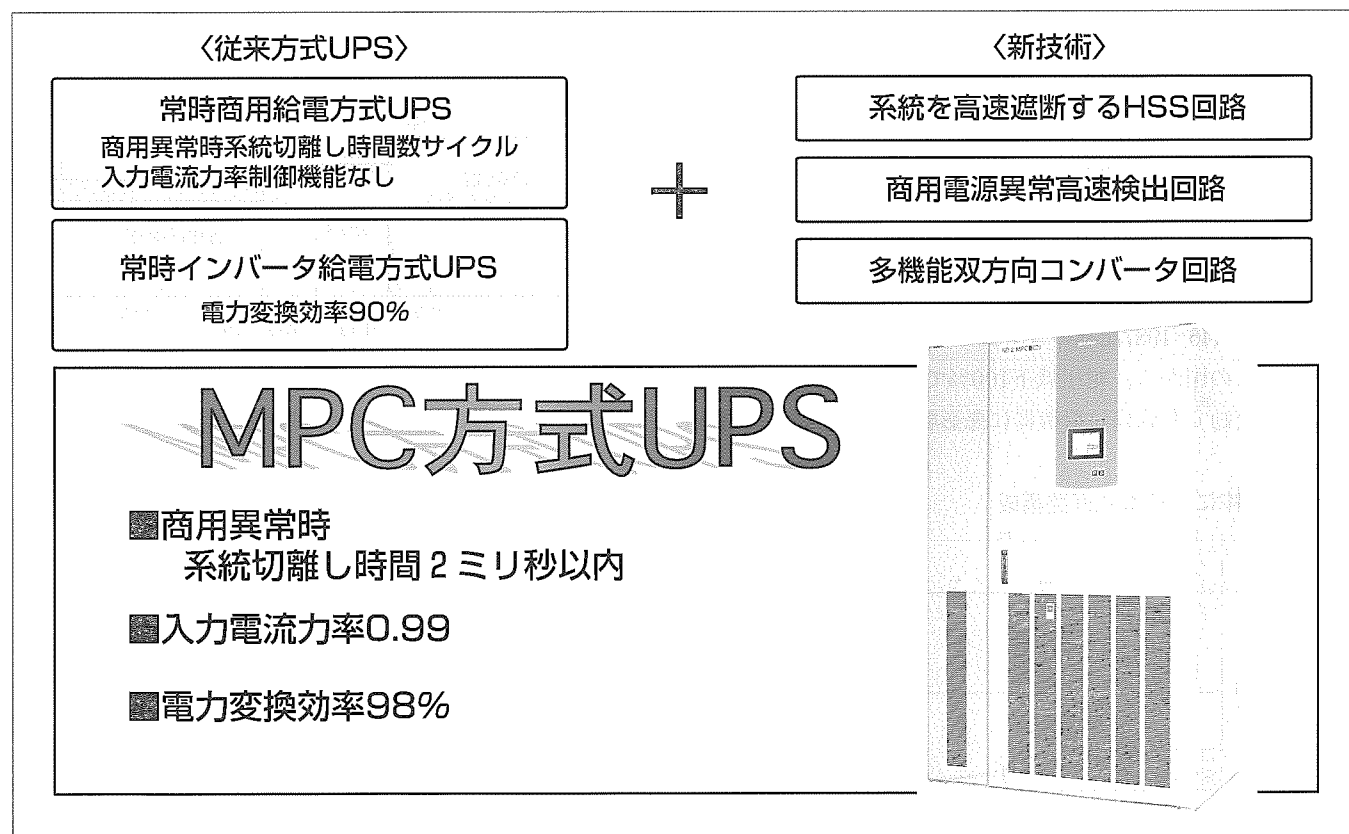
要旨

情報ネットワーク産業が急速に発展し普及していく中、その電源である無停電電源装置(Uninterruptible Power Supply: UPS)に対しても様々な要求が出てきている。特に最近では、高信頼性化・小型化・低価格化に加え、ランニングコスト低減や地球温暖化防止の一貫としての省エネルギー化を目的とした電力変換効率の向上に対する要求がある。

今回、この要求にこたえるため、常時商用給電方式を採用するとともにHSS(High Speed Switch)回路と双方向コンバータ回路の開発を行い、高効率で給電信頼性の高い

MPC(Multiple Power Compensator)方式のUPSを開発した。

これにより、電力変換効率を90%から98%(100kVAで)と大幅に改善するとともに、従来の商用給電方式UPSの欠点であった商用電源異常時の給電系統切換え時間を負荷機器に影響を及ぼさない2ミリ秒まで短縮させ、この切換え時にも瞬断することなく負荷給電を継続できるようにした。さらに、通常の給電時には双方向コンバータに入力電流の高調波補償機能を持たせ、入力力率0.99を達成した。



MPC方式UPSの特長と外観

常時商用給電方式UPSにHSS回路と双方向コンバータ回路と高速商用電源異常検出回路を適用し、商用電源異常時の系統切離し時間2ミリ秒以下、入力電流力率0.99、電力変換効率98%を実現した。写真はMPC方式UPSの200kVA双方向コンバータの外観で、サイズは幅1,200mm×奥行750mm×高さ1,900mmである。

1. ま え が き

UPSの給電方式には常時インバータ給電方式と常時商用給電方式がある。常時インバータ給電方式は、常時インバータで負荷給電する方式で入力電源の状態とは無関係に安定した給電が可能であるが、電力変換回路による電力損失が発生する。一方、常時商用給電方式は、電力変換回路を介さず負荷給電する方式で電力損失は少ないが、商用電源異常時に給電経路を商用電源からインバータに切り換える必要があり、その切り換え期間は給電が瞬断してしまう。今回開発したMPC方式UPSは、下記の技術開発による常時商用給電方式でありながら、商用電源異常時も安定した給電を実現した装置である。

- 必要機能を損なわず高効率化できる構成
→MPC方式
- 無瞬断給電経路切換え技術

以下、今回開発したMPC方式UPSの構成と特長を紹介するとともに、運転特性を示す。

2. 高効率化に最適な主回路構成 (MPC方式UPS)

2.1 日本国内の電源事情

国内の電源の安定度は高く、通常運転状態での電圧変動は振幅で±10%以内、周波数変動で±0.2Hz以内である。しかし、送配電線への雷害や雪害による瞬低(瞬時電圧低下)、事故による停電などの電源障害が年に数回～数十回程度発生し、負荷機器に悪影響を与えている。

2.2 負荷機器の電源仕様

コンピュータなどで代表される負荷機器は装置電源部に整流回路を内蔵し直流電力で動作するため、周波数変動に強く、また多少の電圧変動でも問題なく運転できる。図1はIEEE Std.446-1987記載のコンピュータの電圧許容範囲⁽¹⁾であり、この図から、電圧低下100%であっても0.5サイクル以内の変動であれば負荷機器に悪影響を及ぼさないことが分かる。

2.3 高効率に最適な主回路構成

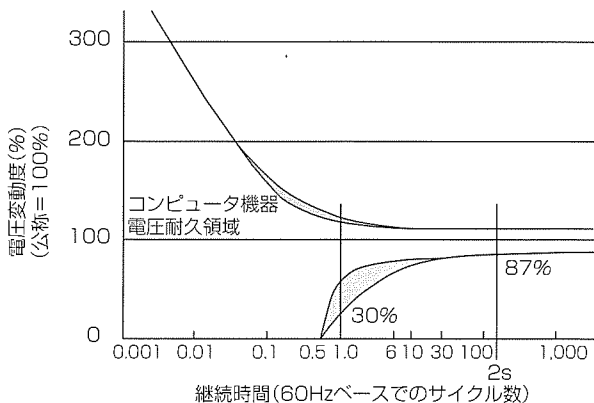


図1. コンピュータの電圧許容範囲

電源事情と負荷機器の電源仕様を考えると、通常の商用電源で負荷機器に悪影響を及ぼすことはなく、年に数回発生する瞬低・停電時に、瞬時にUPS給電できればよいことが分かる。

したがって、国内の電源事情に合った高効率なUPS構成とは、常時は商用電源で負荷に電力を供給することで電力変換効率を向上させ、商用電源異常時は事故があった商用電源系統を瞬時に負荷から切り離してUPSから負荷に電力を供給する構成である。

ここで、この瞬時動作期間に発生する電圧変動が問題となるが、図1で示す動作範囲を十分満足するものであれば問題ない。図2は、東京電力(株)との共同研究によって決定した瞬時電圧低下の定義を記載した負荷機器の安全動作領域であり、網掛けで囲った部分が負荷機器の安全に動作できる領域である。これは図1で示す動作範囲よりも安全サイドに設定したもので、いかなる負荷機器でも問題が発生しないようにしたものである。

この瞬時切り離し機能を持った常時商用給電方式のUPSに常時インバータ給電UPSの入力高効率機能を持たせた装置が、今回開発したMPC方式UPSである。

3. MPC方式UPSの主回路構成

図3の(a)は今回開発したMPC方式UPSで、図の(b)の従来の常時インバータ給電方式UPSと比較してその動作を説

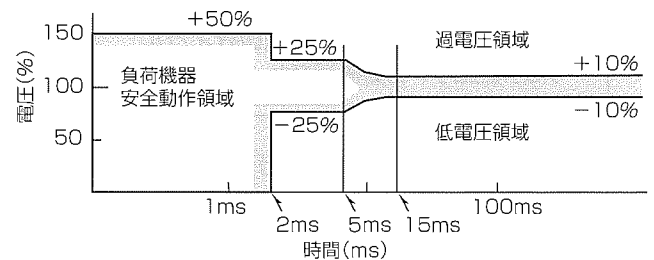


図2. 負荷機器の安全動作領域

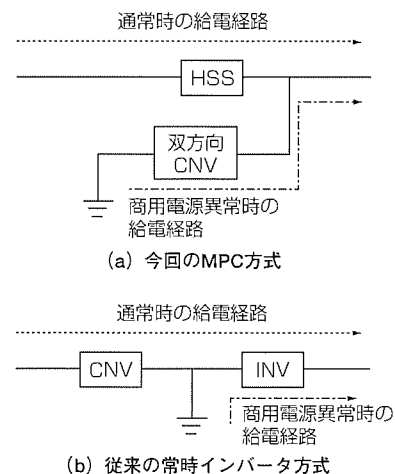


図3. UPSの回路構成

明する。図の(a)において、HSSは高速遮断スイッチで、メカニカルスイッチのため、導通損失がほぼゼロである。また、図中の双方向コンバータ回路はバッテリー充電・放電制御を高速に切り換えできる双方向電力変換回路である。この回路方式により、通常の給電において従来の常時インバータ給電方式UPSのように電力変換回路(CON(コンバータ)、INV(インバータ))を介することなくHSS経由で電力を供給できるので、画期的な高効率を実現できる。また、この双方向コンバータ回路は、通常運転時、蓄電池を充電するとともに、入力電流の高調波補償や無効電流を補償する機能も持っており、正に多機能電源装置である。

また、電動機負荷など起動電流が流れる負荷の場合、常時インバータ給電方式UPSではインバータの給電限界を超える過負荷となると電圧が垂下してしまうが(又は電圧垂下を回避するためには過負荷電流を供給するためのバイパス回路の追加が必要)、MPC方式であれば商用電源のパワーで起動電流を流せるので電動機負荷にも最適である。

4. 無瞬断給電経路切換え技術

HSS回路は、オフ指令に従って約1ミリ秒でオフ動作するメカニカルスイッチと、オフ時にスイッチの接点間に発生するアーク電流をキャンセルさせる転流回路で構成する。双方向コンバータ回路は、商用電源異常検出回路と双方向電力制御回路とコンバータで構成する。

図4において、商用電源異常検出回路で商用電源の異常を検出すると、HSS回路と双方向電力制御回路に商用異常信号を出力し、その信号によってHSS回路はメカニカルスイッチをオフさせるとともに、電流回路を動作させスイッチ間に発生するアーク電流をキャンセルさせる。この一連の動作により、商用システムを高速に切り離すことができる。一方、双方向コンバータは商用異常信号によって商用電源との連系運転モードからインバータ運転モードに高速に切り換わる。

なお、この商用電源の異常検出は、誤検出防止のため、約0.6ミリ秒の検出確認時限がある。その後HSS回路のスイッチの動作に0.8ミリ秒かかり、遮断が終了してからインバータ電圧が復帰するまで約0.6ミリ秒かかるため、全体の切換え動作時間が2ミリ秒となる。

5. 運転特性

図5は停電時の出力電圧波形で、電源異常が、発生からインバータ給電までの所要時間が2ミリ秒以内で完了していることが分かる。

図6の(a)はコンデンサインプット負荷時の入力電流波形で、図の(b)はそのときの出力電流波形である。この二つの図から、コンデンサインプット負荷においても、入力電流は双方向コンバータの動作によって高調波成分が抑制され

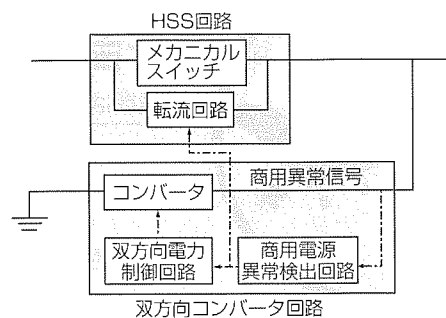


図4. MPC方式UPSの内部構成

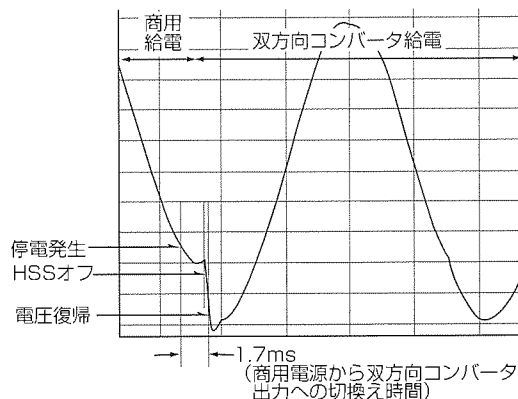


図5. 停電時の装置出力電圧波形

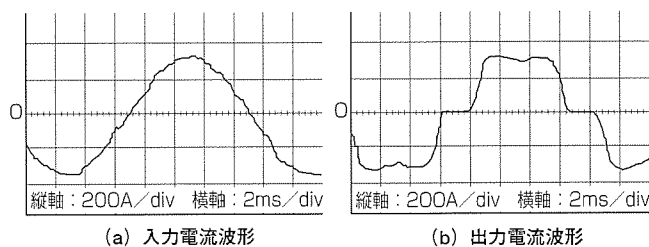


図6. コンデンサインプット時の波形

た正弦波電流となることが分かる。

6. む す び

今回開発したMPC方式UPSは、東京電力(株)との共同開発によって画期的な高効率化を達成した。MPC方式UPSの用途は、従来のUPS市場はもちろんのこと、数秒程度の瞬低補償のみを必要とした市場にも最適である。今後、様々な用途への適用を考えていく所存である。

参考文献

- (1) ANSI/IEEE Std.446-1987
- (2) 大島正明, 中村文則, 玉井伸三, 山本融真, 森 治義: 電力変換装置の高速バックアップ動作による瞬低対策電源装置の開発, 平成12年電気学会D部門大会, 817~822 (2000)



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)

被害発生情報表示装置 (特許 第2826030号, 特開平6-208691号)

発明者 高倉健次

この発明は、地図データ表示機能を備えた表示装置によって災害情報データを一括管理する被害発生情報表示装置に関するものである。従来の被害発生状況管理では、人手によって被害件数を災害報告書(紙)に記入し、災害発生地域を白地図(紙)に筆記具でマーキングしていた。誤差が生じる上、処理時間がかかり、完成した報告書・地図の信頼性にも難点があるなどの問題があった。この発明は、このような従来の問題点を解決するためになされたもので、図1に示すように、デジタル地図データ記憶手段(10)からの地図データに基づいて地図を表示装置(1)に表示する画像処理手段(11)と、マウス(2)等の入力手段の操作に基づいて座標位置を発生する座標位置発生手段(12)、この座標位置発生手段(12)からのデータに基づき地図上の特定位置に被害発生地域をハッチング等で表示(図2)する被害発生地域表示手段(13)、被害件数表示ウィンドウ(22)(図2)を設定する被害件数表示ウィンドウ設定手段(16)、措置活動表示ウィンドウ(26)(図3)を設定する措置活動表示ウィンドウ設定手段(18)とを備え、上記被害件数表示ウィンドウ(22)及び措置活

動表示ウィンドウ(26)に所定のデータを書き込み可能としたものである。この発明は、火災、水害、地震災害などの各種災害の防災管理システムに活用でき、その場合、手作業と異なり入力上の誤差がなくなり、しかも処理時間を速くでき、さらに出力結果としてのデータの信頼性を高めることができ、防災管理に貢献できるものである。

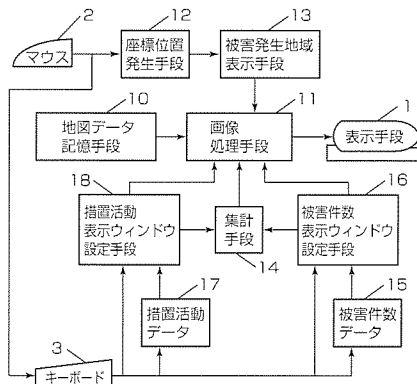


図1

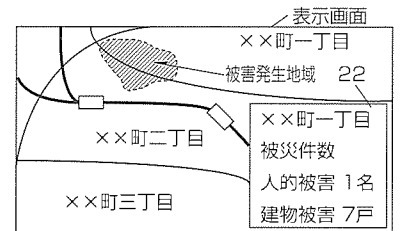


図2

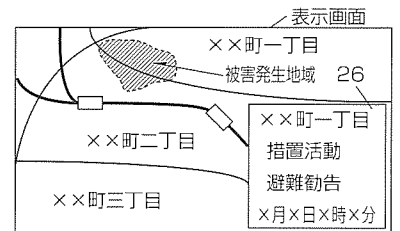


図3

表示装置 (実用新案登録 第2088988号, 実開昭63-174377号)

考案者 原 善一郎

この考案は、多数の発光体ユニットが縦横にマトリックス状に配列されて大画面に構成される表示装置に関するものである。従来の大画面の表示装置は、図1の従来図に示すように、マトリックス状に配置された発光画素(2)の画素単位相互間の間隔(T4)は発光ユニット(PU)のユニット相互間の間隔(T5)とほぼ等しくして構成されている。このように構成された大画面表示装置は、全表示面積に対する全発光画素面積が小さくなることもあり、輝度が低いという問題があった。

この考案は、このような従来の問題点を解決するためになされたもので、図2の今回の考案の図に示すように、隣接する発光体ユニット(PU)相互間の最も近接する発光画素(2)の画素単位同志の間隔(T3)と、発光画素群(12)の中の発光画素単位相互の間隔(T2)と、

発光画素群(12)の画素群相互の間隔(T1)との関係が $T2 < T1 < T3$ の関係になるように構成したものである。

この考案によれば、 $T2 < T1 < T3$ の関係にすることにより、全表示面積に対する全発光画素面積が従来よりも大きくでき、大画面でありながら輝度が大きくなる。

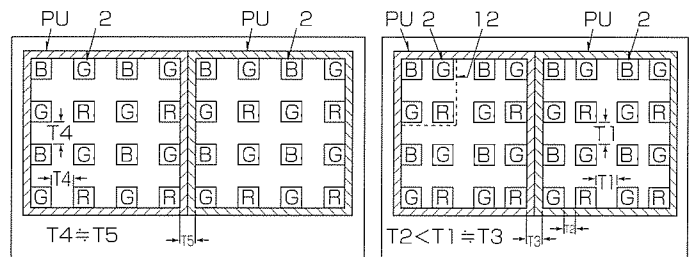


図1. 従来装置

図2. 今回考案の装置



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)

デジタル入力回路 (特許 第1746285号, 特開昭59-51623号)

発明者 江上憲位

この発明は、プログラマブルコントローラや制御用コンピュータ等に使用するマトリックス方式のデジタル入力回路に関するものである。デジタル入力回路の従来回路を図1に、この発明の回路を図2に示す。従来回路及び今回の発明回路のいずれも、プログラマブルコントローラ、制御用コンピュータ等の入出力部(図3)におけるデコーダ回路(61)の出力(W0~W3)の状態に応じて、図1、図2のデジタル入力回路におけるゲート素子(5、...)の動作と、ON/OFF情報取り込み接点(1、...)の動作とに連動する出力素子(4、...)が作動し、その出力(D0~D7)を図3のデュアルポートメモリ(57)の入力(I0~I7)に供給するものである。このデジタル入力回路に印加する電源は、従来(図1)は直流電源(7)であった。この発明(図2)は、交流(8)を全波整流する全波整流回路を電源とするとともに、全波整流後の脈流の低電圧時に基づく信号に同期して、接点(1、...)に与えられるON/OFF情報を出力素子(4、...)を介して図3のメモリ(57)に信号T0として供給する制御回路(6、4)

を設けたものである。直流電源は安価で手軽に使用できるのは精々50Vであるが、この発明のように交流を使用すれば100V以上の電圧で使用でき、S/N比を取りやすいので、ON/OFF情報取り込み接点(1、...)が数百m~数千mの遠距離地点にある場合にも信頼性の高いプログラマブルコントローラ、制御用コンピュータ等を実現できる。また、制御回路(6、4)を設けたことにより、従来要した発信回路(51)(図3)も不要となる。

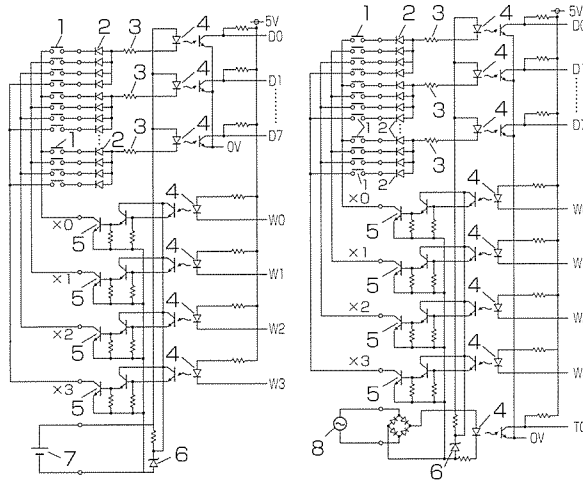


図1. 従来回路

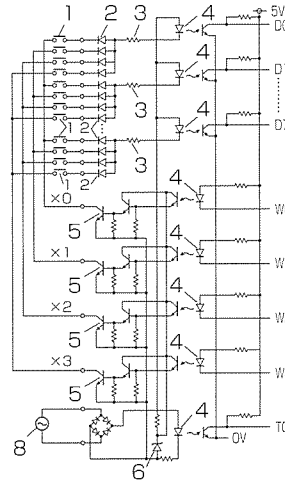


図2. 今回発明の回路

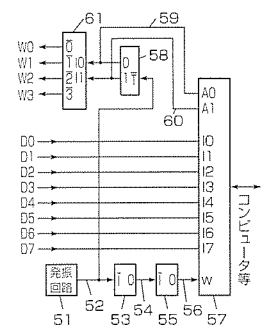


図3. コントローラ、コンピュータ等の入出力部

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.75 No.1 「21世紀を創るキーテクノロジー」特集

- 研究・開発
- 宇宙及び衛星通信、電波応用関連機器・システム
- 仕環境機器・システム
- 発電及び産業・公共関連機器・システム
- 通信関連機器・システム
- FA及び産業メカトロニクス関連機器・システム
- 系統変電及び電気鉄道関連機器・システム
- 情報関連機器・システム
- 自動車関連機器・システム
- 昇降機とビルシステム関連機器・システム(空調、照明含む)
- 映像情報関連機器・システム
- 半導体と電子デバイス

<p>三菱電機技報編集委員 委員長 鈴木 新 委員 中村 治樹 荒木 政敏 藤川 裕夫 河内 浩明 浜 敬三 茅 嶋 宏 佐々木和則 吉原 孝夫 畑谷 正雄 松本 修 村松 洋 西谷 一治 伊藤 敬 幹事 名畑健之助 12月号特集担当 川端 達明</p>	<p>三菱電機技報 74巻12号 2000年12月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2000年12月25日 発行</p> <p>編集人 鈴木 新 発行人 名畑 健之助 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 東京都港区芝公園二丁目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 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>URL http://www.melco.co.jp/giho/</p>	<p>三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp</p>

三菱電機技報 (2000年 第74巻) 総目次

1号 20世紀の主要成果と21世紀の展望	6号 特集「宇宙から海底まで IT社会を支える光・高周波デバイス」	9号 特集「人と車の融和をはかる先進技術」
2号 特集「産業用インフォメーション テクノロジー応用システム」	7号 特集「シーケンサ及び関連製品 の最新技術」	10号 特集「最新のデジタル放送システム」
3号 特集「LSI」	8号 特集I「原子力プラント電気・ 計装技術」	11号 特集「最新の水力発電技術」
4号 特集「三菱情報システムソリューション Co.Solution」	特集II「ATM通信」	12号 特集「21世紀のニーズにこたえる電力・ 産業システム」
5号 特集「鉄鋼を支える最新技術」		

“20世紀の主要成果と21世紀の展望” 特集

号	ページ	号	ページ
巻頭言	1 … 4	7. 情報関連機器・システム	1 … 64
カラートピックス・社外技術表彰	1 … 8	8. 映像情報関連機器・システム	1 … 69
1. 研究・開発	1 … 31	9. 住環境機器・システム	1 … 73
2. 発電及び産業・公共関連機器・システム	1 … 41	10. FA及び産業メカトロニクス関連機器・システム	1 … 77
3. 系統変電及び電気鉄道関連機器・システム	1 … 45	11. 自動車関連機器・システム	1 … 83
4. 昇降機とビルシステム関連機器・システム	1 … 50	12. 半導体	1 … 88
5. 宇宙及び衛星通信, 電波応用関連機器・システム	1 … 55	社外技術表彰一覧・総目次	1 … 96
6. 通信関連機器・システム	1 … 60		

特集論文

特集「産業用インフォメーションテクノロジー応用システム」

1. 産業用インフォメーションテクノロジー応用システムの現状と展望	松崎 正・岡村 繁・浅野光雄	2 … 108
2. リアルタイム計算機	岡本 弘・西川隆博	2 … 112
3. 64ビットUNIXオープン分散ミドルウェア“MODERN”	上田昌広・矢野哲雄・武曾 徹	2 … 116
4. 計装制御システム	江上憲位	2 … 120
5. 情報制御ネットワーク	根本泰典・柴原 信・久保昭彦	2 … 124
6. 産業用イントラネット応用システムとネットワークソリューション	前川隆昭・野村 立・久山和宏	2 … 128
7. イントラネット応用広域監視情報集配信システム	坂下龍司・牧本健二・岩瀬正尚	2 … 132
8. 火力発電プラントにおける監視・制御システム	大野啓明・小川 明・長沼一裕	2 … 136
9. 変電所自動化システム	大垣健二・金子精二	2 … 140
10. 64ビット大規模系統制御システム——東京電力(株)系統制御システムへの適用——	松沢邦夫・野田正弘・尼子量之	2 … 144
11. 上下水道向けイントラネットシステム	川田卓嗣・末吉尊徳	2 … 148
12. 走行支援道路システムにおける画像処理技術	黒田伸一・堀口 彰・鷺見和彦	2 … 152
13. 産業用設備情報システム	塩谷景一・阿部紀彦・斎藤正裕・土江博美・森 雅克	2 … 156
14. フィールドオブジェクトシステム	堀池 聡・高田秀志・島川博光・杉本 明	2 … 160
15. モバイルエージェント“DiaConcord”	David Wong・木野茂徳	2 … 164

特集「LSI」

1. システムLSIの現状と将来展望	松本平八	3 … 172
2. モータ制御用16ビットマイコン M37906/M37905グループ	浜川 彰・井上尚起・榎原清彦・井上稔博・阿部 浩	3 … 178
3. LCD駆動制御回路内蔵16ビットマイコン	三尾雅夫・吉田博成・熊谷 勉	3 … 182
4. 1チップDVDバックエンドデコーダLSI	浦本紳一・高島明彦・川井孝洋・原 哲也・大河原良平	3 … 186
5. デジタルテレビ放送用MPEG-2エンコーダチップセット	松村哲哉・熊木 哲・花見充雄・加瀬沢 正・丹野興一	3 … 190
6. メディアプロセッサD10V	圓山俊幸・松尾雅仁・寺岡栄一	3 … 194
7. リズムフレーズプレーヤーLSI	原田博行・有住雅子・大木正司	3 … 198
8. NTSC方式カラーテレビ用1チップLSI	宮本浩樹	3 … 202

9. 40Mビット3Dグラフィックス用フレームバッファメモリ(3D-RAM5)	京屋貴則・中村 尚・山本耕次	3	206
10. 0.18 μ m256Mビットシングルデータレート/ダブルデータレートSDRAM	古谷清広・瀬戸川 潤・安間正俊	3	210
11. 0.18 μ mプロセスを用いた8MビットSRAM	池田和也・坂口定則・芦田 基	3	214
12. 0.18 μ m eDRAMコアの開発による0.18 μ m DRAM混載システムLSIコア技術の確立	林 勇・山崎 彰・藤野 毅・辰巳 隆・井上一成	3	218
13. 携帯電話用高密度小型ICパッケージ	板東晃司・木村通孝・秋山龍彦	3	224
特集「三菱情報システムソリューション Co.Solution」			
1. 三菱情報システムソリューションCo.Solutionのねらいと展望	香取和之・櫻田 孝・岡崎正一	4	232
2. 金融システムソリューション	林 博之・星 久信	4	236
3. 流通システムソリューション	櫻田 孝・永寿孝一・藤井宏尚・村田 篤	4	242
4. 製造業システムソリューション	古形 昌・綿貫 寛・片岡正俊	4	248
5. 官公・自治体システムソリューション	堂坂 辰・高木正博・金子新吾・松本裕司	4	254
6. 医療・ウェルネスシステムソリューション	佐田耕一・倉岡立郎・松本裕司・伊東十三男・大場宏一	4	260
7. EC・セキュリティソリューション	佐々木 誠・勝山光太郎・桑原 悟・遠藤 淳・長浜隆次	4	266
8. データウェアハウスソリューションとエンタープライズデータインテグレーションハブ	伏見信也・塩尻浩司・安藤隆朗・瀬津幸吉	4	270
9. 三菱CTIソリューションとコールビジネスアセスメント	村田 篤・小野健一・魚住光成・佐藤雅之	4	274
10. モバイルソリューションの現状と将来展望	小川義高・大高謙二・村 雅之	4	278
11. 統合業務システム“HYPEROLUTION”	新田俊晴・奥村千枝男・高原照明・寺内直久	4	282
12. マルチメディア衛星情報システム“MEDIABIRD”の適用事例	武田公咲・福田 隆・栗原まり子・石川康雄	4	286
13. 三菱クライアント・サーバコンピュータapricot FT8000と可用性を高めるWindows NT構築技法	黒田健児・中村洋一・古家俊幸・岡村克樹・新堂隆夫	4	290
特集「鉄鋼を支える最新技術」			
1. 鉄鋼プラント用電機品の展望	大塚真正・米増享二	5	298
2. プラントトータル操業・保守支援システム	山中喜美雄・小林 靖・吉田幸彦	5	302
3. 製鉄・製鋼プラント用電機品	渡辺直和・村中隆生	5	306
4. 熱間圧延プラント用電機品	岡本 健・下田道雄・中川佳昭	5	312
5. 冷延・プロセスプラント用電機品	山中宣也・久保直博・高柳誠治	5	317
6. 鉄鋼プラント用可変速ドライブシステム	増田博之・吉村 誠・豊田 勝・山本国成	5	322
7. 鉄鋼プラント制御用計算機システム	松田茂彦・平塚紀嘉・水野秀司	5	329
8. 鉄鋼用プラントコントローラシステム	菊地原博夫・平山光憲・支田誠一・布勢啓一	5	335
9. 熱間圧延における品質制御の異常診断システム	若宮宣範・新田勤子	5	341
10. 鉄鋼プラント用溶接機と誘導加熱装置の最近の動向	宮田淳二・袖野恵嗣・江口俊信	5	345
11. レーザ走査型センサを用いた厚板キャンバ計	杉山昌之・中島利郎・田壺宏和・段 儀治・藤内秀人	5	351
特集「宇宙から海底まで IT社会を支える光・高周波デバイス」			
1. 光・高周波デバイスの現状と展望	松川隆行	6	360
2. 光通信用高性能2.5Gbps-PD/APDプリアンプ	船場真司・島田証明・水落 均	6	365
3. 10Gbps波長多重通信用変調器集積型レーザ	中島康雄・多田仁史・蔵本恭介	6	369
4. マイクロ波信号伝送用EA変調器モジュール	金子進一・高木和久・八田竜夫	6	373
5. Erドープファイバアンプ励起用0.98 μ m高出力半導体レーザ	山村真一・川崎和重・嶋原君男	6	377
6. Prドープファイバアンプ励起用1.02 μ m高出力半導体レーザ	嶋原君男・久保田昌夫・久世祐輔・川崎和重・山村真一	6	381
7. 8倍速CD-R/RW用780nm低電流型高出力半導体レーザ	川津善平・西口晴美・島 顕洋	6	385
8. DVD-RAM/RW用赤色低動作電流・高出力半導体レーザ	加藤素子・宮下宗治・島 顕洋	6	389
9. リードレス構造低雑音HEMT	宮本 裕・宮脇勝巳・相原育貴	6	393

10. 高周波高出力RFMOSFET	藤田光一・稲葉克彦・久恒正美	6	397
11. 移動体通信用HBT MMIC増幅器.....	森 一富・長明健一郎・紫村輝之・池田幸夫・高木 直	6	401
12. W-CDMA用高効率パワーアンプ	北林文政・太田 彰・森 一富・新庄真太郎・森本浩司	6	405
13. 埋め込みPHS構造を用いたX帯動作高出力MMIC増幅器	塚原良洋・佐々木善伸・安藤直人・奥田康典・川野 肇	6	409
14. ミリ波帯マルチメディア通信用ダウンコンバータチップセット	柏 卓夫・加藤隆幸・石川高英	6	413
15. 50GHz帯高利得モノリシック平衡形ゲートミキサ	川上憲司・上原直久・伊東健治・磯田陽次	6	417
特集「シーケンサ及び関連製品の最新技術」			
1. コントローラ市場の現状とシーケンサ及び関連製品の動向	杉山 彰・丹羽正美	7	424
2. シーケンサの最新動向	森田英昭・宮部和明・西雪 弘	7	429
3. MELSEC-Qシリーズの基本システム	秋月啓一・坂本 昇・原野谷卓久	7	433
4. MELSEC-Qシリーズのネットワークシステム	可知祐紀・吉田 茂	7	437
5. MELSEC-Qシリーズのインテリジェント機能ユニット	伊丹伸司・村井厚子	7	441
6. FA共通プラットフォーム“EZSocket”	二瓶貴行・小倉雄一郎	7	445
7. シーケンサにおける統合プログラミング環境	神谷善栄・伴 信行	7	449
8. パソコン用インタフェースボード	吉尾智誓・都築貴之	7	453
9. プログラマブル表示器の動向	近藤治彦	7	457
10. 表示器における統合エンジニアリング環境	赤塚成啓・宇佐美哲之	7	461
11. 超小型マイクロシーケンサの最新技術動向	小林 裕・横川伸介	7	465
12. 新市場向け小型コントローラ用プログラミングソフトウェア	末次伸浩・萩野明生	7	469
13. FA用プログラマブル操作ターミナルの最新動向.....	磯部倫明・高田省吾	7	473
14. QシーケンサマルチCPUシステム対応モーションCPUユニット	戸祭和彦・松本英彦・高久秀昭	7	477
15. シーケンサにおける統合エンジニアリング環境	高瀬利行・富永博之	7	481
特集Ⅰ「原子力プラント電気・計装技術」			
1. 原子力プラント電気・計装技術への取組	早川利文	8	488
2. 原子力プラント総合デジタル化システム	赤木克己・門原穂積・谷口 学	8	493
3. 新型デジタル制御棒位置指示装置	田室 勝・松村俊明・福光裕之	8	497
4. 新型放射線計装システム	松尾慶一・高岡 章・浦中康夫	8	501
5. 原子力保全管理システム	山路好弘・阿部紀彦	8	505
6. 原子力用大容量タービン発電機	前田 進・三木隆広・鈴木一市	8	509
特集Ⅱ「ATM通信」			
1. ATMネットワークシステムの現状と展望	菊地克昭・大島一能・手島邦夫	8	514
2. ATMクロスコネクトシステム	小須田伸一・井上博義・高橋 章	8	518
3. ATMアクセスシステム	上田広之・土田 充・鈴木孝昌・高井伸之・福田康宏	8	522
4. 次世代IPネットワーク“IP over ATM”	妹尾尚一郎・松本 康・東方敦司・市橋立機・枝廣圭一	8	527
5. ATMトラヒック制御技術	横谷哲也・山田浩利・大久保啓示・寺内弘典・吉田俊和	8	531
6. ATM通信用LSI	小泉直子・小口和海・工野勝彦・小浜茂樹・小崎成治	8	535
7. ATM光通信用デバイス	野上正道・金子進一・小崎成治・浅芝慶弘・牧野真也	8	539
特集「人と車の融和をはかる先進技術」			
1. 自動車機器技術の現状とその展望	山田忠利	9	546
2. 自動車を取り巻く情報通信技術の動向	大野次彦・斎藤謙一・大越丈弘	9	551
3. ドライバー適合型インタフェース	大矢富保・沢田久美子・上村 勉	9	555
4. 車載ディスプレイ	山川正樹・清水昌宏	9	559
5. カーナビゲーションの音声インタフェース技術	山崎秀典・野木和行・岩崎知弘	9	563
6. 筒内噴射システム開発へのCFD技術適用	片柴秀昭・西山亮治・川尻和彦	9	567
7. GMR素子の回転センサへの応用	深見達也・堤 和彦・池内正之	9	571
8. 車載インバータの小型化技術	前川博敏・ゴープ マジウムダール・長瀬昌彦	9	575

9. ポキポキモータの車載機への応用	中原裕治・五十棲秀三・三宅俊彦	9	579
10. 自動車搭載用ミリ波レーダ技術	本間信一・上原直久・赤須雅平	9	583
11. 車載カメラの画像処理部一体化技術	藤井善行・塚岡英樹・炭田昌人	9	587
12. 電動パワーステアリングの据え切り制御	栗重正彦・喜福隆之・銭谷 享	9	591
13. カーナビゲーションソフトウェア開発環境	草間利樹・上川哲生・井手野宏昭	9	595
14. パワートレイン制御システムの開発支援	隅谷次郎・安西清治・山下善臣	9	599
15. カーラジオ用デジタル信号処理技術	辻下雅啓・浅野英二・菊地素一郎	9	603

特集「最新のデジタル放送システム」

1. デジタル放送の動向と当社の取組	上杉 豪・山口哲成・村上篤道	10	612
2. 地上波送出システム	中澤宣彦・芦田 泰・篠原 潔・伊藤浩朗・今井邦一	10	618
3. コーデック・多重化システム	松室昌宏・丹野興一・柴田邦夫	10	622
4. 電子番組ガイドシステム	吉沢健一・泉 丙完	10	626
5. データ放送	福地雄史・虻川雅浩・厚井裕司	10	630
6. SNG用HDTV新型車載局	奥村敬二・福島知朗・尾崎 裕・猪股英樹	10	634
7. 放送用情報処理システム	小泉裕一・坂田賢志・藤原重之	10	639
8. デジタル放送用送信機	水川繁光・安永敏郎	10	643
9. デジタル放送用SFN中継放送機	長野順一・三木正道・生岩量久・竹内安弘	10	647
10. デジタル放送用アンテナ制御形キャンセラ	米澤ルミ子・千葉 勇・生岩量久・竹内安弘	10	651
11. SFN中継機用ベースバンド処理型回り込みキャンセラ技術	山崎健一郎・石津文雄・三宅 真・竹内安弘・生岩量久	10	655
12. 地上波デジタル放送用受信機	上田幸治・中山裕之・横山幸雄	10	659
13. BSデジタル放送用受信機	厚井裕司・菅 隆志・泉 丙完	10	663

特集「最新の水力発電技術」

1. 水力発電所設備の変遷と展望	岡崎勝広・町野 毅	11	670
2. 水車発電機／発電電動機における最新技術	松枝泰生・落合 務・後藤英之・富沢正雄・田宮洋一	11	674
3. 水車／ポンプ水車の最新技術動向	清水昭二・岩崎純弘・坂元 篤	11	679
4. 水力発電所における監視制御システムの動向	石黒達也・町野利太	11	683
5. 中小水力発電所向け一体形配電盤技術	大川雅博・村岡正隆・石黒達也	11	688
6. 発電機励磁制御における技術動向	森田和宏・田中誠一	11	692
7. 水車調速機制御における技術動向	三宮靖典・若林 聖・中島 満・藤森貞暢・曾我泰経	11	697
8. プラント状態監視システムの最新技術	町野利太・矢倉武直	11	701
9. 水力発電所建設における輸送・据付工事の最新技術	鈴木重則・塚田光政・川人真佐行	11	706
10. 既設水力発電所への最新技術の応用	行木靖代志・佐野賢三・坂元 篤	11	710
11. 水力プラントの総合解析・検証システム	夏 毓鷗・森 健志・下村 勝	11	714
12. 水系制御システム	大川雅博・監崎 章・佐藤裕二・長谷川誠一・内林 輝	11	718
13. 東京電力(株)葛野川発電所2号機の概要	岡崎勝広・橘 浩司・岩崎純弘	11	722

特集「21世紀のニーズにこたえる電力・産業システム」

1. 電力自由化時代の需要家サービスシステム	塚本幸辰・前川隆昭・高橋正一・保坂丈世・長島義明	12	730
2. 公共プラントWeb応用監視制御システム	佐藤正行・中道功二・井上勝行	12	735
3. CALS環境による企業間設計業務連携とエンジニアリング技術の伝承	上住好章・中山保夫・浦上雅彦	12	739
4. 火力プラントにおける電力CALCの適用と運用管理	太田伸一・百地照雄・井上葉子	12	743
5. 小型ユニット化を図った超分散型ローカルコントローラ	山西忠敏・上田晋司	12	747
6. FOUNDATION Fieldbus対応小規模計装制御システム	大川裕利・東内信治・平井敬秀	12	752
7. PIO用シリアルバス制御LSI	高田潤二・長尾 哲・石田仁志・堀越美香	12	756
8. デジタル式タービン監視計器の実機適用と信頼性試験	松本博充・高木雄二・上原理生・浅田幸広・田中久志	12	760
9. ハイブリッド型交流・直流電力系統シミュレータの導入	飯塚俊夫・大西俊一郎・唎尾昌弘	12	764

10. オーロラビジョン用新表示素子	原 善一郎・山口洋司・室園 透・鴨川裕司・世古幸治	12 ……768
11. 液晶・半導体工場向けクリーンオゾンガス及びオゾン水製造装置	田畑要一郎・古澤伸元・安居院憲彰・葛本昌樹・野田清治	12 ……772
12. シリコン単結晶引上げ装置用超電導電磁石	豊田勝義・湊 恒明・今井良夫	12 ……777
13. 最近のヒートパイプ応用製品	山蔭久明・好永功夫・小谷邦男	12 ……781
14. 高効率無停電電源装置“MPC”	真田和法	12 ……785



スポットライト

CRT方式屋外用 新型“オーロラビジョン”

大型映像装置オーロラビジョンは三菱電機が世界に先駆けて市場に送り出して以来20年余り経過し、その間、表示素子や映像信号処理などの分野で大きな進歩がありました。特に当社では、表示素子の分野でCRT方式の高輝度化や高精細化を達成し、また最近では、高輝度青色LEDの登場によってLED方式のオーロラビジョンを製品化しており、屋外用の超大型スクリーンから軽量・薄型・高精細の屋内競技場用やビル壁面用スクリーンまで幅広いニーズにこたえることが可能となっております。

このたび、当社では、近年の省エネルギー推進を踏まえた低消費電力化と更なる高画質化の要求にこたえるために、新型のCRT方式屋外用オーロラビジョンを製品化しました。

特長

オーロラビジョンは、表示ユニットを縦横に配列して一つのスクリーンを構成しています。各表示ユニットは、CRT方式の表示素子、制御基板、電源で構成されています。今回の新型オーロラビジョンは、特にこの表示ユニット部を重点的に改良しており、以下のような特長が挙げられます。

1. 新表示素子

新表示素子は、従来と比較してサイズを2倍化し、さらに、プラスチックレンズを廃止して容器一体型のレンズにしたことにより製造工数の削減と高発光効率化を達成しました。また、高開口率化とカソードの劣化抑制により、表示素子の長寿命化も実現しました。併せて、長期使用後の表示素子表面の汚れ対策として表面に導電性の高い膜を形成することにより、静電気による汚れ付着を軽減しました。

2. 低消費電力

表示素子の高発光効率化、制御基板内ドライバ回路のLSI化、電源の無効電力削減などにより、表示ユニットの低消費電力化を図りました。その結果、スクリーン全体で10%以上(当社従来比)の消費電力を低減しました。

3. 高画質化

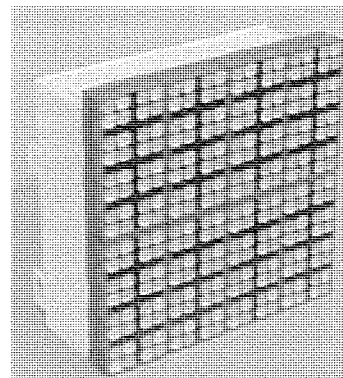
従来は、表示素子単位に実施していた輝度調整を表示素子内の発光単位であるドットごとにきめ細かな輝度調整を実施することにより、スクリーンの表示むらを軽減しました。さらに、新型オーロラビジョンは、表示素子表面の汚れ対策とカソードの劣化抑制対策の効果により、初期の画質のみならず、長期使用後の画質も表示むらの少ない均一な画質を維持できるようになっています。

4. 異常検出機能搭載

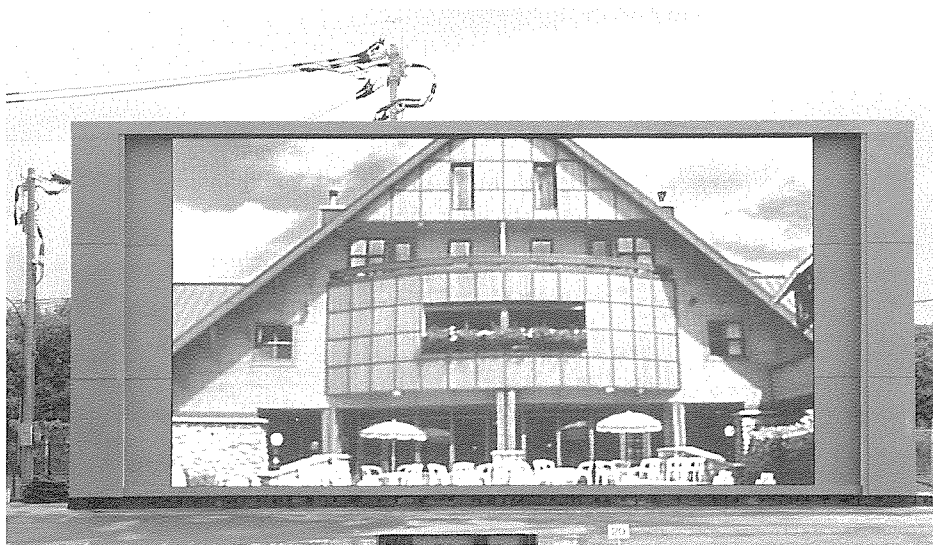
表示素子のドットごとの点灯不良検出機能、さらには電源の出力異常検出機能を搭載しており、スクリーンに異常が発生した場合でも速やかな対処が可能です。

5. 軽量化

シミュレーション技術を活用した表示素子の容器構造の最適化や制御基板内ICのLSI化などにより、使用部材の削減と軽量化を達成しました。



表示ユニット



新型オーロラビジョンの映像表示例