昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成9年11月10日発行（毎月1回10日発行）富士時報　第70巻　第11号（通巻第752号）　ISSN 0367-3332

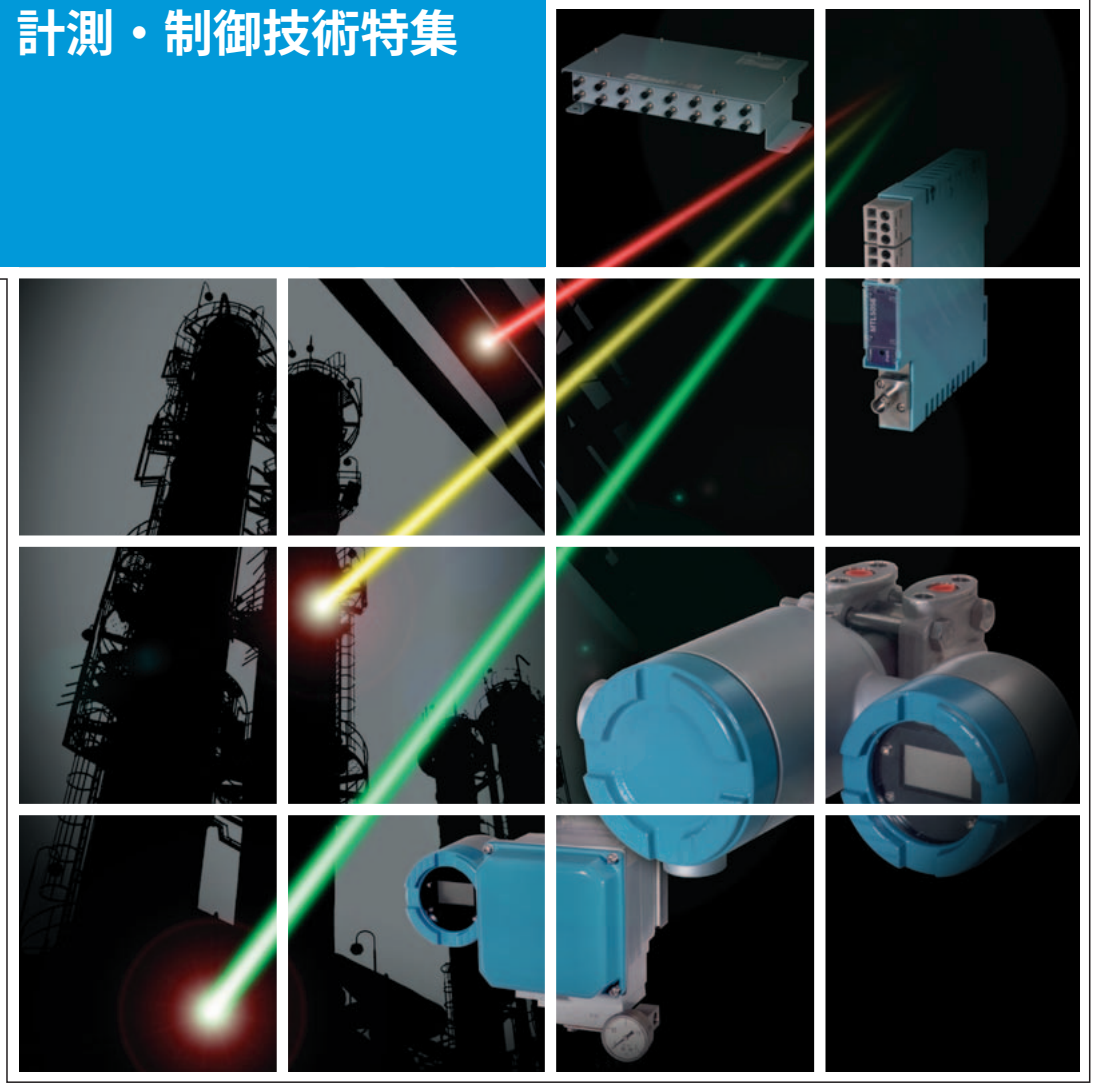
富士時報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

11

1997 VOL.70

計測・制御技術特集



FUJI ELECTRIC

聞こえてきますか、技術の鼓動。── 富士電機

FUJI ELECTRIC

「開発」「製造」「販売」がひとつになって、

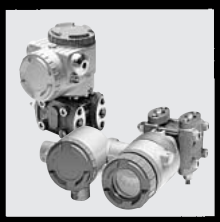
始動！
富士電機インスツルメンツ

私たち富士電機インスツルメンツは、
「お客様第一」を合言葉に、事業体制をさらに強化しました。
富士電機の計測機器事業部門を当社に移管。
「開発」「製造」「販売」を一体化することにより、
皆様のニーズに、より速やかに、より確実にお応えしてまいります。
計測ソリューションの明日を拓くエキスパート集団、
富士電機インスツルメンツにご期待ください。

FIC

Fuji Electric Instruments Co.,Ltd.

富士電機インスツルメンツ株式会社


電子式発信器

電磁流量計

超音波流量計

マイクロジェット記録計

温度調節計

ガス分析計

営業本部　〒100 東京都千代田区有楽町1-12-1（新有楽町ビル） TEL.03-3211-7405　本社　〒404 山梨県塩山市小屋敷2140 TEL.0553-33-9660（代）

富士時報
FUJI ELECTRIC JOURNAL

11
1997 VOL.70

計測・制御技術特集

目　次

情報技術の進展と社会への影響 562（2）
斎藤　信男

計測・制御技術の動向と展望 563（3）
福本　武也

光フィールドバスシステムの展開 567（7）
神崎　昇・松平　竹央・郡司　琢巳

オープン統合化制御システム FOCUS 573（13）
井上　芳範・吉田　裕

計測機器分野の新技術 579（19）
中野　昌芳

鉄鋼分野向けオープンシステム 584（24）
大池　克幸・吉川　肇

プラントシミュレータのごみ焼却設備への適用 589（29）
中谷　一彦

運転支援システムの石油分野への適用 594（34）
東　尚巳・植草　誠

マルチメディア携帯端末システムの適用 600（40）
飯野　光俊・田中　優

超高解像度ビジョンシステム FAY-1000 604（44）
福田　和彦

最近登録になった富士出願 572（12），593（33）

技術論文社外公表一覧 610（50），611（51）

表紙写真

多数の計測機器が分散して配置されている現場のシステム化は，中央の監視・制御装置側に比べて遅れていた。

富士電機はオープンな国際規格であるフィールドバスの標準化に当初から参画し，計測分野で長年培ってきた光伝送技術を IEC に提案し，1995 年 11 月の国際規格化に貢献した。

光フィールドバスはフィールドバス本来の特長に加え，光ファイバによる伝送により，耐ノイズ性，耐雷性，本質安全防爆性などを実現している。

表紙写真は，各種のフィールドバス機器，ならびに光スターカプラ，電気－光フィールドバス変換器などを組み合わせ，現場の新しいフィールドバス環境をイメージ的に表現したものである。

情報技術の進展と社会への影響

斎藤　信男（さいとう　のぶお）
慶應義塾大学環境情報学部長 教授 工学博士

現在の情報技術は，他の科学技術と同様に急速な進展と変化を示している。VLSI 化されたマイクロプロセッサの性能はどこまで伸びていくのか，予測もつかない。急速に広まったネットワークは，地球規模であらゆるコンピュータを飲み込もうとしている。いわゆるマルチメディアと呼ばれる技術により，動画や音声も容易にユーザーが操作出来るようになり，エンドユーザーの満足出来るような応用がどんどん広がっている。この勢いでは，昔から夢であったサイボーグ化された人間の出現もあり得るかも知れない。

情報は，材料，エネルギーとならんで工業を構成する重要な要素であり，また人間の構成する社会の基盤としてその進展は大きな影響を与えるので，従来の人間社会の持つ慣習，常識，規則，組織，機能などを変革してしまう要因になる。インターネットの発達と外為法の改正により，従来の国単位の金融システムは意味がなくなる。放送局は，自前の放送施設を持って番組を送り出していたが，インターネット上で放送を流すことも可能になり，通信と放送の境界がどんどんなくなって行く。

情報技術の最近の傾向を「ネオダマ」と呼ぶことがある。ネットワーク，オープンシステム，ダウンサイジング，マルチメディアの 4 つである。この中でオープンシステムは，技術開発あるいは技術競争という観点から見て，重要な哲学である。1970 年代のメインフレームを中心とした情報システムの時代には，重要なソフトウェア技術は，秘中の秘として，決して競争相手には見せなかった。それこそが，利益をもたらす重要な技術であった。ところが，個人用コンピュータが中心となってきた 1980 年代後半から，重要なソフトウェア技術を公開し，それに興味のある企業や人が集まって技術開発をしていこうという新しい方式が出現してきた。これは，どうやって利益を得るかということになると，やや不利であるが，技術情報を公開することにより，一人では出来ないことを，他人の協力を得て実現出来る可能性が出てくる。その結果，ソフトウェア技術がどんどん進展し，情報システムはどんどん良いものが出てくるわけである。ネットワークは，本来オープンなものであって初めて役割を果たすわけであり，ネットワーク化の時代には，オープンな技術がふさわしい。

オープンという考え方は，社会のあり方に関連する。いわゆる情報公開である。日本の社会が国際標準からずれていると言われる原因は，ひとえに情報公開が進んでいないことにあるといっても過言ではない。「知らしむべからず，寄らしむべし」は，今の時代にはふさわしくない。

日本は，オープンシステムに遅れを取っているという見方も出来るが，一方で評価出来る技術を持っている。21 世紀の重要な課題は環境問題であるが，現在の消費化時代を続けていけば，早晩限られた地球資源が汚染し，枯渇し，人間の住む環境でなくなってくる。環境問題を解決するのは，最終的には高度な政治判断が必要であるが，それを支援するのは環境関連技術である。日本の産業界における環境関連技術は世界でトップであり，これからの地球規模の課題の解決に大きな力を発揮する。環境問題は，製造技術の情報公開がなかったなら解決出来ないものであり，日本の産業界での情報公開はうまく行なわれている証拠である。環境問題は，簡単には解決出来ない広範で困難な問題であるが，多くの企業や技術者の協力と知恵の出し合いで挑戦していかなければならず，その意味でもオープン化は重要な考え方なのである。今回の特集にも，オープンシステム関連技術，環境関連技術，製造関連技術の論文が見られるが，関係諸氏のますますの活躍を期待したい。

計測・制御技術の動向と展望

福本　武也（ふくもと　たけや）

1　まえがき

市場の状況から見れば，円高が是正され産業界の生産量は回復したが，民需分野の設備投資の内容は，生産拡大のための新規建設は少なく，「価格競争力の強化を狙った設備の集約化，合理化のための増設・改造・リプレース」や「海外への生産シフトのための工場建設」などが多い。

さらに工業製品の価格が 1993 ～ 1995 年に大幅に下落したことと相まって，日本の工業計器の金額ベースの生産高推移は，**図 1** に示すように 1991 年以来下がり続けたが，この 2 年でほぼ底を打った。今後は年率約 3 %の成長が期待されている。

海外での設備投資は，アジアを中心に活発であり，「DCS（Distributed Control System）を中心とする世界のプロセス用監視・制御・情報システム（PAS ： Process Automation System）は，1996 年の約 8,000 億円が 2001 年まで年率約 8 %の成長」，「そのうちアジアの成長率は年率約 16 %」と見込まれている。

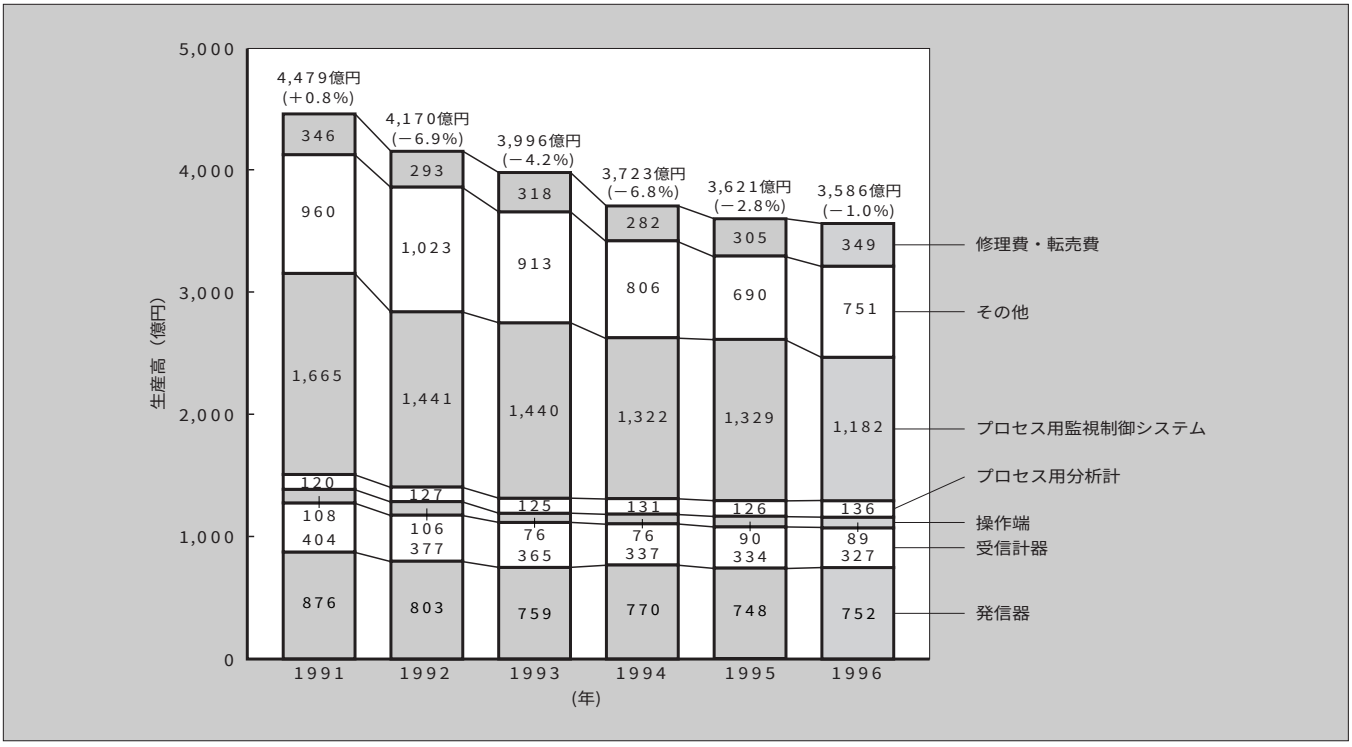
一方，世界の大手工業計器メーカーは革新的な技術開発の推進と企業の合併・買収（M&A ： Merger and Acquisition）による企業統合戦略を展開している。

本稿では，世界と日本の動向を概観し，富士電機の情報・制御システムと計測機器の開発方向を説明したい。

2　情報・制御システムの技術と市場の動向

最近は制御と情報の融合が従来にも増して重要となり，情報・制御システムとしてとらえることが重要となった。

図 1　工業計器の生産高推移［出典：日本電気計測器工業会統計年報（1997-7）］



福本　武也

計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在，システム事業本部計測システム事業部副事業部長。

2.1　技術革新の基本要素とシステム構成

技術革新の要（かなめ）となっているのは，パーソナルコンピュータ（パソコン）を核としたオープンネットワーク，オープンデータベース，マルチメディアである。技術・市場の動向の概念図を**図2**に示す。

2.1.1　パソコンと Windows NT〈注1〉の採用拡大

パソコンはますます技術革新が速くなり，コストパフォーマンスの向上のため数か月ごとに新製品が出される。さらにオープンな使用環境から生まれる豊富な高機能パッケージソフトウェアにより，OA（Office Automation）分野での情報処理はもちろん，個人使用も急速に拡大している。

パソコンのハードウェアの性能・信頼性の向上と Windows NT のリアルタイム性・信頼性の向上から，パソコンの利用は OA にとどまらず，PA（Process Automation），FA（Factory Automation）でも使用可能となった。

情報・制御システムの世界の HCI（Human Communication Interface）用 OS（Operating System）として各社固有の OS や UNIX〈注2〉に代わって Windows NT の採用が進んでいる。今後システム規模や要求性能との適合性が検証されて，Windows NT のシステム領域が大きく広がると推定している。

2.1.2　オープンネットワークの利用推進

情報・制御システム用のネットワークは，情報用ネットワーク，制御用ネットワーク，フィールド用ネットワークの3階層に大きく分かれる。情報用ネットワークはすでにオープン化されており，他の2階層のオープン化をめざして，世界での標準規格化と企業間での仲間作りが戦略的に進んでいる。

(1)　情報ネットワークへのイントラネットの活用

「工場内の情報と経営管理システムとの結合」や「地域的な制約に左右されない管理」のために，イントラネットによって「経営管理情報・メンテナンス情報・データ解析情報など」を簡単にアクセスできるようになった。このことにより「経営者によるデータ収集」や「技術者からの操業者へのサポート」などで大きな効果が期待される。

(2)　フィールドネットワークのオープン化

フィールドバス協会のフィールドバスには，「PA の計測制御信号用の低速フィールドバス（H1）」と「DCS 間やプログラマブルコントローラ（PLC）-DCS 間の接続用の高速フィールドバス（H2）」の2種類がある。H1 は最終仕様に基づき，各社の製品が ISA '96 や INTERMAC '97 で大々的に展示・相互接続された。1998 年度にはかなりのメーカーから対応製品が発売されると思われる。なお H2 についてはフィールドバス協会にて仕様固めを推進中である。

オープンなフィールドバスになれば，①オープンなマルチベンダシステムの実現，②遠隔キャリブレーション・設定定数の変更，③高精度測定，④状態信号伝送，など多くのユーザーメリットが生まれる。

2.1.3　フィールドから経営までのシームレス結合

製造業において，販売・製造・物流は密接に関係しており，各部門のデータが他部門にタイムリーに必要となっている。従来は各部門で独立したシステムを作成し，部門間の情報結合に多大の注力をしてきた。

これに対し今後は，部門間の情報をオープンネットワークにより直結させ，あたかも一つのシステムで構築されているかのようにする。この結果，販売・製造・物流の直結による，的確な判断と迅速な意思決定が可能なシステムとなる。

フィールドから経営までのシームレス結合の概念図を**図3**に示す。

2.2　次世代システムの技術領域

富士電機の次世代システムでは，情報通信機能の範囲拡大により「フィールドから経営までのシームレス化」が可能なシステムをめざす。

一方，フィールドバスの進展により，「オープンなインタフェースを持つインテリジェントセンサやインテリジェントドライバを用いたシステム化」を進める。この結果，コントローラ機能の一部がセンサや駆動装置に含まれ，制御システムは従来に比べ，センサとドライバの比重が上が

〈注1〉Windows NT ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

〈注2〉UNIX ：X/Open Company Ltd. がライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標

図2　技術・市場の動向の概念図

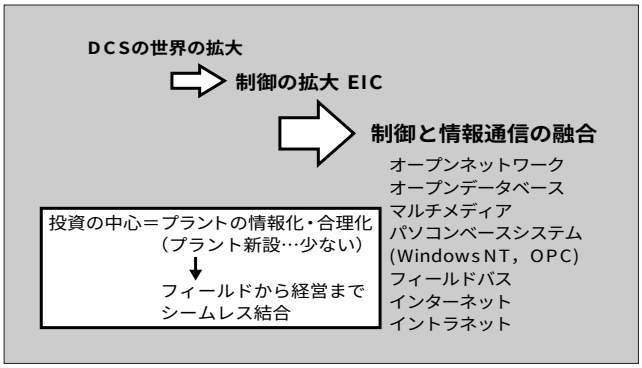
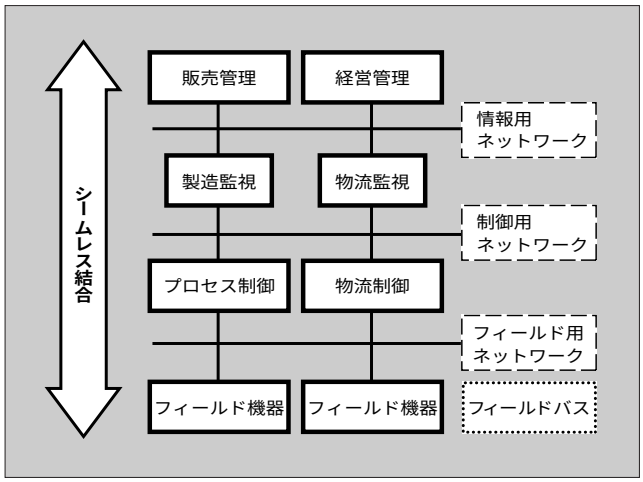


図3　フィールドから経営までのシームレス結合の概念図



り，コントローラの機能，位置づけが大きく変わることになる。

オープンなシステムソフトウェアの対応により，進化への迅速な対応を図る。上記概念を**図4**に示す。

2.3　富士電機の情報・制御システム

富士電機は電気・計装・コンピュータ（EIC）統合化システム MICREX-IX により多数のシステムを納入してきた。さらに MICREX-IX の上位機種として，オープン LAN（Local Area Network）（FDDI 準拠，TCP/IP プロトコル）とマルチメディアの採用および情報処理機能を高めたアドバンスト情報・制御システム MICREX-AX を開発した。

一方，1996 年 10 月には中小システム対応のパソコンベースのオープン統合化制御システム（FOCUS）を発売した。このシステムは Windows NT をベースとし，情報用ネットワークと制御用ネットワークには Ethernet〈注3〉を用いている。今回さらにフィールド用ネットワークとしてフィールドバスに対応し，ネットワークのオープン化を高めた。さらにインテリジェントコントロールセンタを Profibus 経由で接続でき，高機能な EI 融合コントローラ ICS-2000 との組合せにより，**図5**のような次世代システムの仕様を織り込んだオープンな EIC 統合化システムが構築できる。

図4　次世代システムの技術領域

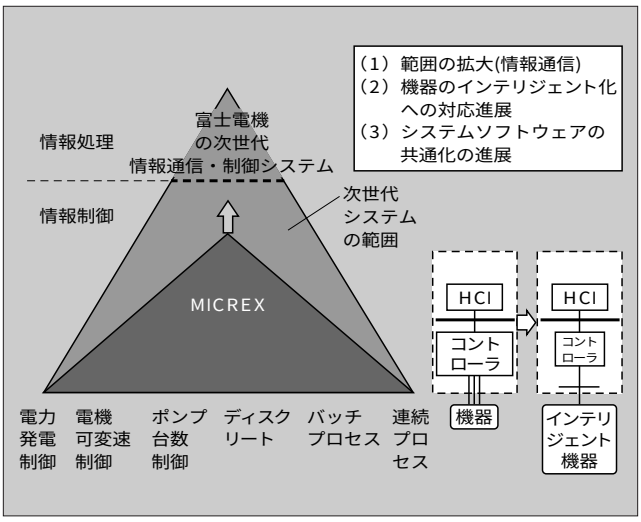
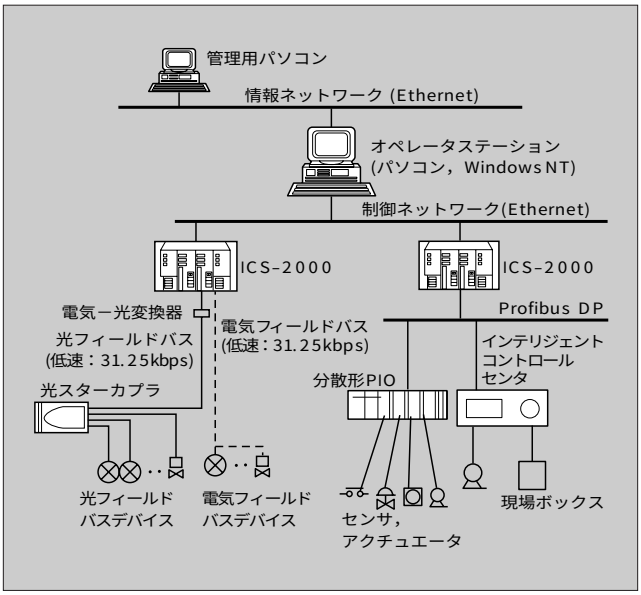


図5　FOCUS ベースのオープン EIC 統合化システム



3　計測機器の動向

計測業界を計測機器メーカーの生産高という視点からみると，長期にわたる民間需要の停滞と為替問題が各企業のリストラクチャリングを加速し，やっと安定期を迎え，やや明るさが見えてきた。

この間に計測機器業界に起きたことは，プロセス機器の 20 %から 30 %に及ぶ価格低下と，その結果による計測機器メーカーの経営の圧迫と，必然的な世界的 M&A による再編成の波であった。ここまでくるともはや一介の製品のコストダウンということで済まず，富士電機はさらなる効率向上を求めて計測機器専門メーカー「富士電機インスツルメンツ（株）」を設立し，世の中の変化への素早い対応と顧客への要望にこたえられる事業体とした。

3.1　フィールド機器

富士電機の計測機器は製造，販売ともにグローバル化が進んでおり，特に発信器の製造・販売会社として中国に引き続き，1995 年には「フランス富士電機」を設立し，また 1996 年にはインドに「サーマックス富士電機」を設立した。

差圧発信器は国際的にも製品完成度が高く，また供給可能なメーカーが限られている。したがって単体機能だけでなく，周辺付加装置をも含めた形でニーズにこたえる開発を志向している。このなかで富士電機の製品は機能，性能，価格などいずれの面でも国際レベルにあり，多くのユーザーから高い評価を得ている。

今回，食品・製薬業界向けのサニタリー仕様，石油・石油化学業界向けの差圧流量計用および一般用レベル計用としての小口径フランジ仕様を加え，顧客ニーズに対応した製品を完成し品ぞろえを行った。

富士電機は圧力・差圧発信器に加えて超音波流量計を今後の基本的な重要計測コンポーネントと考えており，需要が大きく拡大すると期待している。1995 年の携帯用超音波流量計の発売に引き続き，設置形流量計の全面的な改良を行い，測定精度と応答特性の向上を図るとともに，流体中の気泡による影響度を大きく改善した。さらに小形軽量化し，機能面でも多測線，多配管仕様を加え，機能，性能を向上させた。

一方，電磁流量計の品ぞろえを図り，サニタリー仕様，水中形・防爆仕様を加えた。

さらにフィールドバスにおいては，富士電機は光ファイバ式フィールドバス機器の製品開発を行った。

技術的にはキーコンポーネントの光スターカプラを新規

〈注3〉Ethernet ：米国 Xerox Corp. の登録商標

に開発し，H1 レベルの光フィールドバスシステムに適応させた。千代田化工建設（株）のご協力を得て，現在，シェルのパイロットプラント（オランダ）でフィールド実証試験中であり，雷被害の多い場所や防爆地域での安全操業に大きく貢献できると考えている。

3.2　パネル計器

調節計，指示・記録計などのパネル計器分野では，主要機種である温度調節計と記録計の新製品を市場に投入した。温度調節計は高級機・中級機・経済機のシリーズラインアップをすでに完成させていたが，経済機については発売後 10 年を経過したため，コストダウンと機能向上を図るため全面モデルチェンジを実施した。

新シリーズには以下の特長を盛り込み，使いやすくした。

(1)　国内初の，前面寸法 48×24（mm）の超小形サイズの追加による，小形機械装置への適応性の向上

(2)　前面防水構造タイプの追加による耐環境性強化

(3)　商用電源以外に AC24 V，DC24 V 仕様追加

(4)　全機種へのファジィ制御機能の標準搭載による，低オーバシュートや耐外乱特性の向上

そのほかの PLC 組込形の温度調節計を発売した。PLC の位置決め制御用，通信用などの既存機能モジュールと同じ構造の PLC 組込形の温度調節計である。

この温度調節計は，シーケンス制御主体の機械制御で，温度制御も数点必要な中小機械・装置に適している。一つのモジュールで独立 2 ループの制御が可能で，ファジィ制御機能も搭載できるのが特長である。

記録計については，富士電機が一貫して進めてきたインクジェット式記録計のシリーズに新機種を追加した。

チャート式記録計はとみに日用品化が進んでおり，いずれ高級機種が簡易形にとってかわり，ハイブリッド記録計だけの市場になると考えられる。

新機種は，「経済的でかつアナログ感覚で使えるハイブリッド記録計」というコンセプトに基づき，簡便に記録が採れかつディジタル印字ができることが特徴で，時代の要求に沿うものである。

3.3　分析計

富士電機の分析計はプロセス用と環境用が主体であり，機種としては赤外線分析計と酸素計が中心である。

プロセス用国内市場はここ数年横ばい状態であり，環境用市場は 1993 年からの減少傾向が 1996 年に回復基調に転じている。

最近は，ごみ焼却施設から発生するダイオキシン類の削減対策に関連して用いられる分析装置の市場が活発化している。海外では欧米先進国を中心に固定発生源や自動車排ガスに対する規制強化が推進され，環太平洋諸国でも規制強化が進められており，これらに伴う需要の増加が見込まれている。

このような状況のなかで，富士電機は環境測定用の分析装置の改良を進め，ごみ焼却施設におけるダイオキシン対策用分析装置やボイラの燃焼排ガス測定用分析装置などを多数市場に供給している。

一方，水質計については「安全でおいしい水」の要求にこたえるため，常に時代を先取りする新しいタイプの商品の開発を進めている。バイオ技術を応用して急性毒物を検知する水質安全モニタ，光学応用の凝集センサ，化学応用のトリハロメタン計，光学・化学応用の給水水質モニタ（色・濁り計）など，富士電機が持っていたセンサ技術にバイオ・化学・光学技術を結集して特長ある商品の開発を行った。また，半導体用超純水中の微粒子計測に用いられるレーザ散乱光による計測技術をベースに，高感度濁度計を開発した。本器は 0.001 度の低濁度と 0.5 μm 以上の微粒子計測が可能で，厚生省のクリプトスポリジウム暫定対策指針に沿った浄水場沪過池出口水の濁度管理を精度よく行うことができる。

4　あとがき

以上，情報・制御システムと計測機器について展望した。世界の製造業は，ボーダレスな価格競争に対し，技術・生産・管理の合理化とスピーディな経営によって乗り切ろうとしている。競争力強化のために優れた情報・制御システムを駆使することが必須（ひっす）である。先進技術によって，顧客ニーズに合った計測機器と情報・制御システムの提供ができるよう，富士電機は今後も努力する所存である。

参考文献

(1)　福本武也ほか：計測・制御技術および計測機器の現状と展望，富士時報，Vol.68，No.9，p.487-492（1995）

(2)　新井弘志：DCS とその周辺におけるオープンソフトウェア利用システム技術，オートメーション，Vol.42，No.1，p.35-42（1997）

光フィールドバスシステムの展開

神崎　昇（かんざき　のぼる）　松平　竹央（まつだいら　たけおう）　郡司　琢巳（ぐんじ　たくみ）

1　まえがき

石油・化学プラントなどの基礎素材産業分野では厳しい国際競争のなか，グローバル化の進展・高付加価値製品の追求がますます高まってきている。

このため，計測制御・情報システムはオープンな技術を駆使し，高機能で低価格なシステムの提供が必要になってきている。

富士電機では，オープンなシステムを提供すべく，計測制御分野において，フィールドバスの国際標準化活動，製品化展開を積極的に推進している。

フィールドバスの国際標準化の推進を目的として，世界中の 100 社以上の企業が参加し，フィールドバス協会が 1994 年 9 月に発足した。富士電機も発足当初から理事会社として参画し，仕様開発，ハードウェア開発，普及・広報の活動の一翼を担ってきた。

フィールドバス協会は 1996 年 1 月，米国にて低速フィールドバスの通信プロトコル試験を実施し，1996 年 6 月に最終仕様（FS ： Final Specification）を完成させた。また，富士電機が主体となり，1996 年 12 月に光フィールドバスワーキンググループを発足させ，光フィールドバス機器の仕様を作成している。

本稿では IEC 規格およびフィールドバス協会の仕様に基づいた光フィールドバスを中心とする富士電機のフィールドバスシステムの特長，開発仕様を紹介する。

2　光フィールドバスシステムの概要と構成

2.1　光フィールドバスシステムの概要

フィールドバスとは，計測制御システムを構成する各フィールド機器と制御機器とを相互に結ぶ，従来の 4 ～ 20 mA のアナログ電流信号に代わるディジタル通信である。フィールドバスの信号の伝送路として光ファイバを使用し，耐ノイズ性，安全性など光信号の持つ優れた伝送特性を生かしたものが光フィールドバスである。

光フィールドバスの物理層規格には IEC1158-2 光ファイバ伝送媒体（15～18 節）を採用し，物理層より上位層は電気フィールドバスと同じフィールドバス協会仕様を採用している。

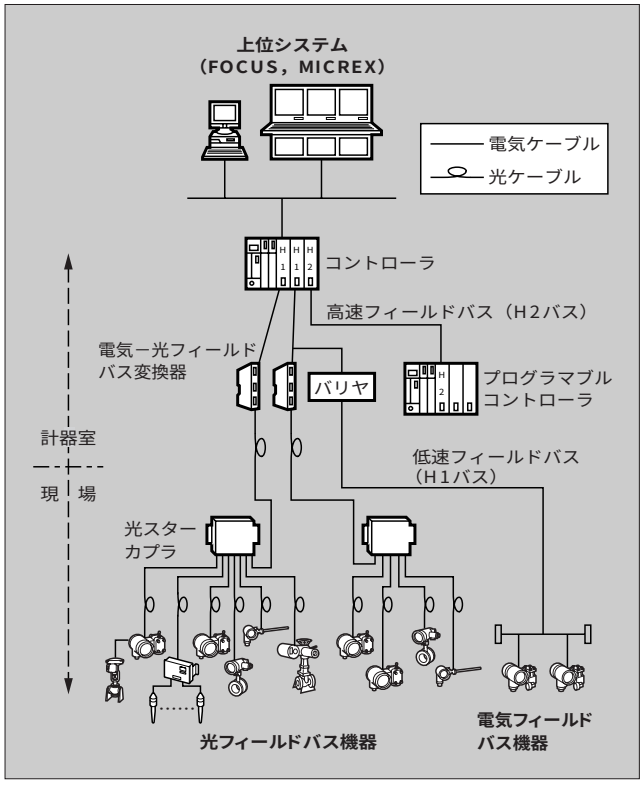
2.2　光フィールドバスシステムの構成

光フィールドバスシステムの構成機器はセンサ，アクチュエータなどのフィールド機器，光スターカプラ，電気－光フィールドバス変換器，上位システム機器の四つに大別され，それらが光ファイバケーブルや電気ケーブルで接続される。**図 1** にシステム構成を示す。

2.2.1　フィールド機器

光フィールドバスのフィールド機器は一般のセンサやアクチュエータに加え，光ユニットと呼ばれる光学部品が内

図 1　光フィールドバスシステムの構成



神崎　昇

エレクトロニクス研究開発に従事。現在，システム事業本部計測システム事業部開発推進室主査兼(株)富士電機総合研究所電子機器開発研究所電子応用グループ主任技師。

松平　竹央

計測・制御機器，システムの開発企画業務に従事。現在，システム事業本部計測システム事業部開発推進室。

郡司　琢巳

発信器の開発，設計に従事。現在，富士電機インスツルメンツ(株)開発部。

蔵された構造となっている。光ユニットは光信号の送受信のための発光ダイオードやホトダイオードと光コネクタが一体となった構造となっており，1本の光ファイバで双方向の伝送を可能にしている。

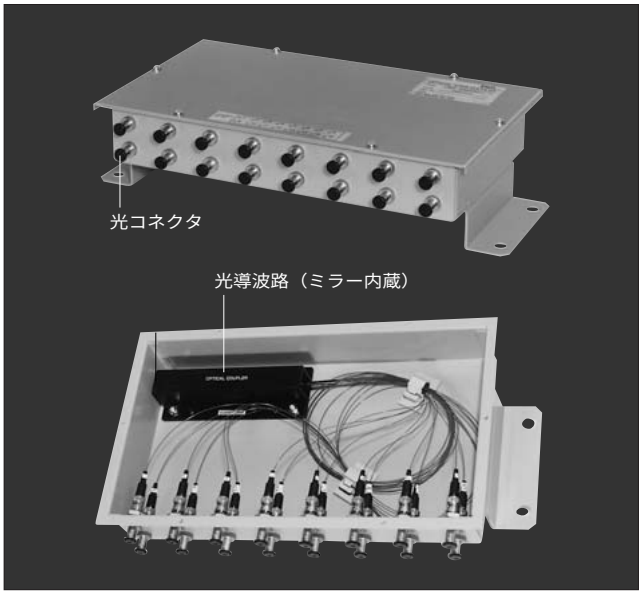
フィールド機器の多くは電源として内蔵リチウム電池を採用している。このため各機器への電源ラインは不要となり，フィールド機器は外部から電気的に絶縁される。

2.2.2　光スターカプラ

光スターカプラは現場に設置される電源不要の光学機器で，複数のフィールド機器の信号を多重化して1本の光ファイバで上位機器へ伝送する役割と，反対に上位機器からの信号を各フィールド機器に分配する役割を持つ。**図2**に光スターカプラの外観・内部構造を示す。

光スターカプラは16個の光コネクタを持ち，フィールド機器や上位機器など合計で最大16台の機器を接続できる。光スターカプラの内部にはミラーが内蔵されており，各光コネクタから入力された光信号は内蔵ミラーで反射され，すべての光コネクタから出力される。このためフィールド機器は上位機器だけでなく，フィールド機器間での通信も可能である。

図2　光スターカプラの外観・内部構造



2.2.3　電気－光フィールドバス変換器

電気－光フィールドバス変換器は，フィールドバスの電気信号と光信号とを相互に変換する装置である。外観を**図3**に示す。電源は電気フィールドバスの信号とともに電線媒体から供給される。電気－光フィールドバス変換器は上位機器とともに計器室に設置され，フィールド機器と上位機器とのインタフェースの役割を果たす。この変換器は英国のバリヤメーカーであるMTL社（Measurement Technology Limited）と共同で開発を進めている。

2.2.4　上位機器

上位機器としては分散形制御システム（DCS）やパーソナルコンピュータ（パソコン）が挙げられる。上位機器にはフィールドバス信号を送受信するためのインタフェース機器が実装される。上位機器は電気，光を問わずフィールドバスに共通である。

2.2.5　光ファイバケーブル

光フィールドバス用の光ファイバとして具備すべき要件は，実用上要求される伝送特性や経済性に加え，光コネクタの組立を現場で行う必要性があることを考慮すると，ある程度ファイバ径が大きく取扱いが容易であることも重要である。

これらの要件から**表1**に示す2種類のファイバを採用している。光コネクタはFCコネクタとSTコネクタの2種類を採用している。

光ケーブルの構造はコード集合形とし，光ケーブルはフィールド機器の端子ボックス内の光コネクタに接続され

図3　電気－光フィールドバス変換器の外観

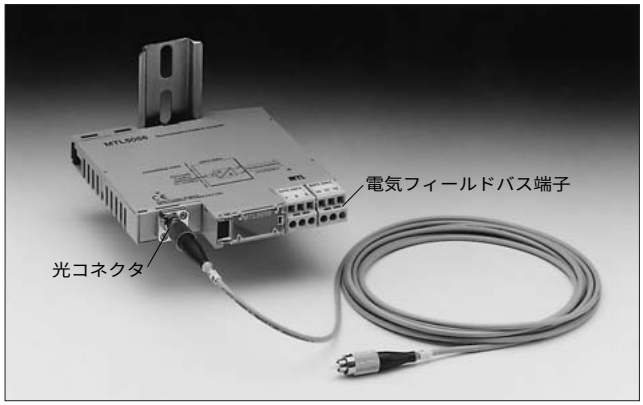
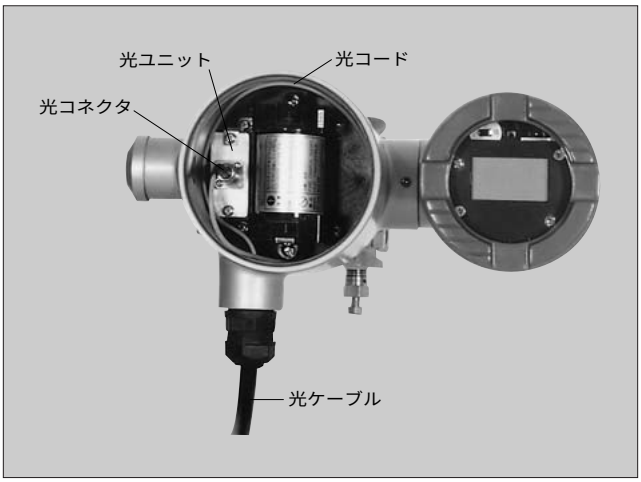


表1　光フィールドバス用の光ファイバケーブル

光ファイバの種類		光減衰率と伝送距離	光コネクタ組立の容易性	用途・備考
タイプ	コア径/クラッド径			
石英ファイバ	50/125 μm	光減衰率：小 伝送距離：大	困難	○コンピュータ通信 ○制御システム用LAN PLC通信
石英ファイバ	62.5/125 μm	↕	↕	
石英ファイバ	100/140 μm			光フィールドバス用として採用 （光減衰率 4 dB/kmで最大伝送距離1.2 km）
プラスチッククラッドファイバ（PCF）	200/230 μm	光減衰率：大 伝送距離：小	容易	光フィールドバス用として採用 （光減衰率 6 dB/kmで最大伝送距離0.7 km）
光コネクタ　：FCコネクタおよびSTコネクタ ケーブル構造　：コード集合形				

図４　光ケーブルの接続例



る。**図４**に光ケーブルの接続例を示す。

3　光フィールドバスの特長

光フィールドバスシステムには，フィールドバスとしての特長に加え，光伝送の持つ特長を兼ね備えている。

3.1　双方向ディジタル通信

フィールドバスはフィールド機器と DCS などの上位機器とを相互に接続，通信可能とする計測制御システムにおけるインフラストラクチャ技術であり，従来のアナログ伝送では実現できなかったさまざまなインテリジェンス機能の実現が期待できる。

具体的にはフィールド機器間の通信により信号検出，制御演算，操作などをフィールド機器にて行うフィールド分散制御や，高度な機器保全機能などの実現が可能となる。

3.2　マルチドロップ接続

従来の 4～20 mA の電流を利用したアナログ伝送ではフィールド機器と上位機器とを１対１で接続する構成であったため，各フィールド機器に対し一対の電線が必要であった。

フィールドバスではディジタル通信により一つのバス上に複数台のフィールド機器を接続できるため，信号ケーブルの削減，配線工事の合理化といったメリットが得られる。トポロジー（接続形態）は電気フィールドバスではバス形を基本とし，ツリー形やスプリットスター形をとることもできる。光フィールドバスでは光スターカプラを利用したスター形をとる。

3.3　優れた伝送特性

フィールドバスではディジタル通信を正常に行うため，ノイズや信号波形のひずみに対して誤り制御などのソフトウェア手法により対策する機能を持つ。電気フィールドバスの場合，信号伝送媒体が電線であるため，電磁誘導など外部ノイズを根本的に回避する手段はなく，ケーブルの選定やケーブルルートの工夫によりノイズの影響を低減する対策がとられる。

光フィールドバスでは光信号により伝送を行うため，本質的に外部ノイズによる影響がない。このため信頼性の高い伝送が可能である。

3.4　耐雷性

電気フィールドバスでは一つのバスに複数台のフィールド機器が接続される。このため，雷サージによる被害は従来のアナログ伝送の場合より重大になることが懸念される。このため，システム設計時に従来のように避雷器を設置するほか，一つのバスに接続する機器の種類や台数を制限して危険分散を図るといった対策がとられる。

一方，光フィールドバスの機器の多くは電気的に絶縁されており，基本的に耐雷性にも優れている。

3.5　本質安全防爆

電気フィールドバスにて本質安全防爆（以下，本安と略す）の対応をとる場合には，バスごとにバリヤを１台接続する形態となる。

フィールドバスの規格上は一つのバス上に接続可能な機器の台数は最大で 32 であるが，本安の対応をとる場合には消費電流を制約する必要があるため制限される。さらに，本安の条件を満たすかどうかの判定はそれぞれの機器が実際に接続された場合を想定して行われなければならない。したがって，何台まで接続できるかの判断はどのメーカーのどの機器を接続するかに依存する。

光フィールドバスの場合，本安の認定は機器ごとに行われるため上記のような接続機器台数の制約を受けない。また，機器の多くはバッテリー駆動で外部給電が不要のためバリヤなしで本安とすることができる。

3.6　伝送ラインの二重化

光フィールドバスでは光スターカプラのコネクタを２チャネル使用して光ケーブルの幹線（光スターカプラ－計器室間光ケーブル），および上位機器を二重化することが可能である。これによりフィールド機器を一つのバス上に複数台接続できることによる経済的メリットと，信頼性の向上とを両立している。

図５に二重化システムの構成例を示す。

4　光フィールドバス機器の開発仕様と今後の展開

4.1　機器の開発仕様

現在開発中の主なフィールド機器の概要と仕様は次のとおりである。

4.1.1　圧力・差圧発信器

本計器は，各種流体測定に使用される静電容量式の高精度圧力および差圧発信器である（**図６**）。

伝送はフィールドバス協会仕様（FS1.0）に準拠したプロトコルを実装し，機器間同士での相互運用性（インタオペ

ラビリティ）を実現するためにフィールドバス協会仕様のファンクションブロックを実装している。各部構成には供給電源と供給クロックを個別に制限できるパワーマネジメント制御を実装し，低消費電力化を図っている。

(1) 構　成

機器構成は，圧力計測を行うセンサユニット，その出力の信号処理と通信を行うアンプユニット，光通信信号の送受を行う光ユニット，圧力値などを表示する表示ユニット，電源の安定化を行う電源ユニットからなり，すべての回路は内蔵リチウム電池で駆動されている（**図7**）。

(2) 仕　様

(a) 精　度　：±0.1 %
(b) 周囲温度：－30～＋70 ℃
(c) 電　源　：内蔵リチウム電池（1 個）
(d) 測定範囲：圧力；1.6～50,000 kPa
　　差圧；0.1～3,000 kPa
(e) 防　爆　：本安

4.1.2　温度変換器・多点温度変換器

1 点または最大 16 点の熱電対・測温抵抗体温度センサからの信号を入力として光フィールドバスシステムに接続される温度変換器（1 点用）・多点温度変換器（最大 16 点）である。多点温度変換器の外観を**図8**に示す。

温度センサ断線検知，ファンクションブロックのアラーム処理などの診断機能をもち，多点温度変換器は最大 16 点の温度データをマルチプレクスし，1 本の光ケーブルで上位に伝送できる。

(1) 構　成

入力信号は内蔵マイクロプロセッサにより高精度 A-D 変換した後，標準 AI ファンクションブロック（フィールドバス協会仕様）で処理される。温度変換器（1 点用）は内蔵バッテリーで駆動され，多点温度変換器は外部電源により駆動される。

(2) 仕　様

(a) 電　源　　：温度変換器（1 点用）；内蔵リチウム電池（1 個）
　　多点温度変換器；DC24 V,
　　AC100/115/220 V
(b) 測定範囲　：－200 ～＋1,200 ℃
(c) 適用センサ：熱電対，測温抵抗体
(d) 防　爆　　：本安

4.1.3　光－空気圧変換器

本計器は，光フィールドバスを通して入力される設定値

図5　光フィールドバス二重化システムの構成

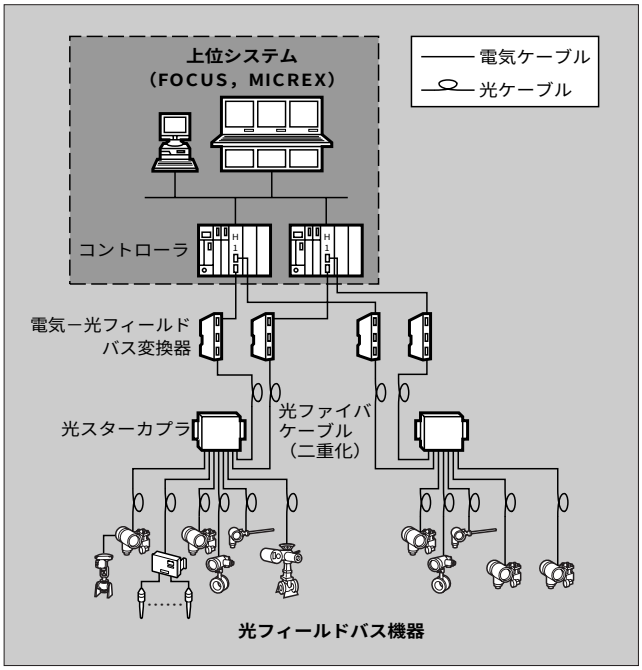


図6　圧力発信器の外観

図7　光フィールドバス発信器の内部構成

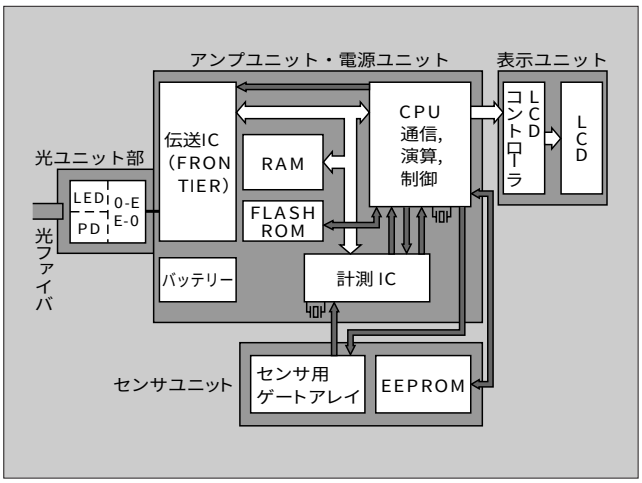
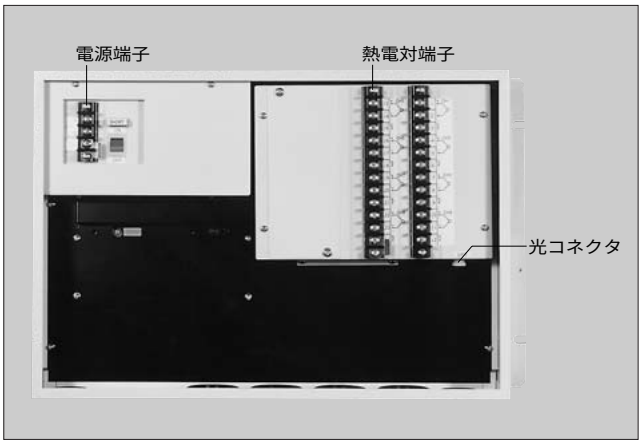


図8　多点温度変換器の構造



に応じて空気圧（20～100 kPa など）を出力し，ダイヤフラム式調節弁などを駆動する（**図９**）。

外部給電を必要としないため，単体で本安構造が実現可能であり，出力のリードバックや入力断線時のバーンアウト機能などを備えている。

(1) 構　成

機器構成は，通信および制御処理を実行する制御部，その出力を空気圧に変換する電気－空気圧変換部，出力圧を測定するフィードバックセンサ部からなり，すべての回路は内蔵リチウム電池で駆動される。

(2) 仕　様

(a) 空気圧出力：20～100 kPa

(b) 電　源　　：内蔵リチウム電池（1 個または 2 個）

図９　光－空気圧変換器の外観

(c) 防　爆　　：本安

4.1.4　光リピータ

フィールド機器から受信部までの伝送距離が長い場合に光の増幅器として使用する。

長距離伝送により微弱となった光信号強度を基準レベルに戻して送出し（－40 dBm →－13.5 dBm），劣化した信号のひずみ特性を改善する。

(1) 構　成

機能的に次の三つの部分で構成される。

(a) 入力した光信号を電気信号に変換する O-E 変換部

(b) 変換された電気信号の信号品質を改善するロジック回路部

(c) その出力を再び光信号に変換する E-O 変換部

(2) 仕　様

(a) 入出力信号：フィールドバス光ディジタル信号

(b) 伝送距離：フィールド機器と上位機器間；最大 7 km

(c) 電　源　：DC24 V（DC20～30 V）

(d) 周囲温度：－10～＋50 ℃

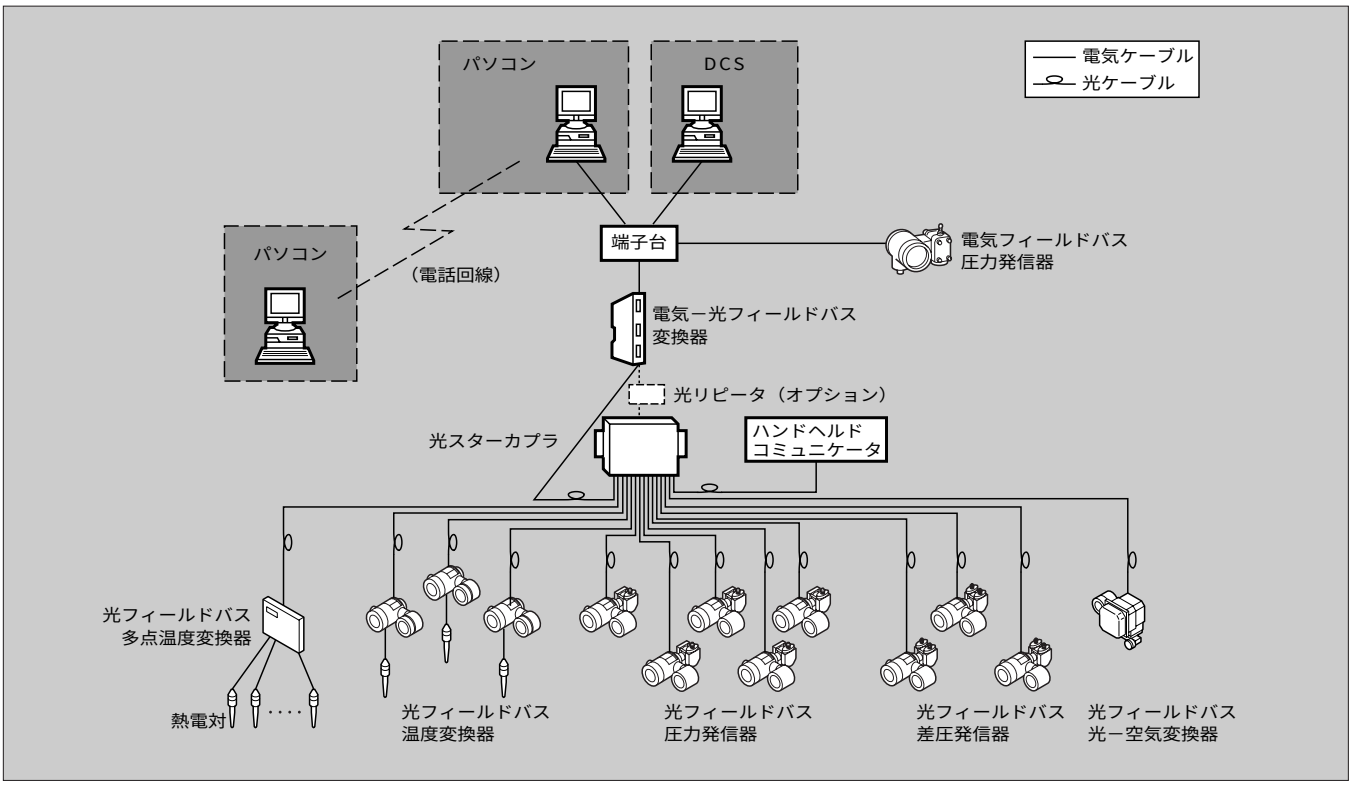
(e) 防　爆　：本安

4.2　今後の展開

本稿で説明した各機器はプラント構成上の基本デバイスであり，今後は機種ぞろえを図ることが必要である。既存信号（4～20 mA，1～5 V）と光フィールドバス信号の変換器，HHC（ハンドヘルドコミュニケータ）などが考えられよう。

また，フィールドバスは制御データに対する保護機能が強力であるが，その機能を十分に使いこなすためのメンテ

図 10　フィールド実証試験システムの構成



ナンスツールの充実，通信解析ノウハウの蓄積，保守・技術要員のビルドアップなどが課題である。早急な立上げのためにも，これらの充実化を図っていくことがフィールドバス普及の一つの方策と考えている。

5　光フィールドバスのフィールド実証試験

現在，千代田化工建設(株)のご協力のもと石油メジャーのシェルとともにSRTCA（Shell Research and Technology Centre Amsterdam）にて光フィールドバスシステムのフィールド実証試験の計画を進めている。**図10**に評価システムの構成図を示す。1997年10月から1998年3月までの間，フィールド機器の設置や光ケーブル敷設の容易性から，システムの性能，機能，信頼性など，ユーザーサイドから見た実用性を重点的に評価する。

6　あとがき

光フィールドバスシステムの構成，特長，開発仕様について紹介した。

フィールドバスの製品化に向け，1997年10月に米国のISA TECH '97および日本のINTERMAC '97（国際計測工業展）への出展，さらにフィールド実証試験の実施により，光フィールドバスシステムは製品化最終段階となり，今後実用化に向けた活動を展開する所存である。

参考文献

(1)　松平竹央：光フィールドバスシステムの展開，富士時報，Vol.68，No.11，p.617-621（1995）
(2)　池田卓史ほか：光フィールドバスシステム，富士時報，Vol.69，No.10，p.527-530（1996）

最近登録になった富士出願

〔特　　許〕

登録番号	名　　称	発明者
2639152	冷凍冷蔵ショーケース	平田　賢二
2639159	静電容量式差圧検出器	玉井　満 湯原　忠徳 中村　公弘 北村　和明 高野　敏行 高浜　禎造 松田　幹彦 相馬　伸一
2639170	固定磁気ディスク装置の学習制御方法	佐野　友美
2639195	誘導加熱用インバータの出力制御装置	軽部　邦彦 野村　年弘 久本　正昭 白石　博隆
2639198	自動販売機の洗浄装置	小池　輝男 嘉住　周一
2639206	ブレーキモータの回転検出器取付装置	富井　栄一 松村　光美
2639214	カード搬送装置	板敷　栄二 村田　靖
2639215	レーザ加工装置	宮本　信幸
2639217	光電スイッチおよび光電スイッチ本体ケースカバーの保持構造	岡本　泰道 藤掛　章雄 長谷川喜吉
2639308	力センサ，温度センサおよび温度・力センサ装置	酒井　利明 松崎　一夫 天野　彰
2641913	直流アーク炉の操業方法	岡崎　金造
2641914	直流アーク炉の点弧回路制御方法	鶴田　正己
2642618	表示灯装置	西尾　三男 竹内　剛久
2642690	電圧非直線抵抗体の製造方法	坂口　豊重 津田　孝一 向江　和郎 石井　孝志
2642755	放電性事故点地上探査方法	金田元四郎 中川　和三
2642760	DMA伝送データ受信装置	佐々木　敦
2642779	クロックホールド回路付計時装置	奥畑　一也 細田　直樹 高谷　松彦
2642790	加圧式注湯炉	林　静男 川西　清和 金城　秋夫
2643214	電子写真用感光体	服部　芳正 古庄　昇
2643216	電子写真用感光体	古庄　昇 折笠　仁
2643384	超電導マグネット	小野　春雄 藤田　満
2643413	多相無接点接触器	石川　雅英 清水都美雄
2643431	高耐圧半導体装置の製造方法	熊谷　直樹
2643443	乾式薄膜加工方法	長尾　泰明
2643479	自動販売機のデータ収集装置	広田　光二
2643482	端末用網制御装置の給電装置	神崎　昇
2643487	表面実装用のコンデンサ	唐津　了三

オープン統合化制御システム FOCUS

井上　芳範（いのうえ　よしのり）　　吉田　　裕（よしだ　ゆたか）

1　まえがき

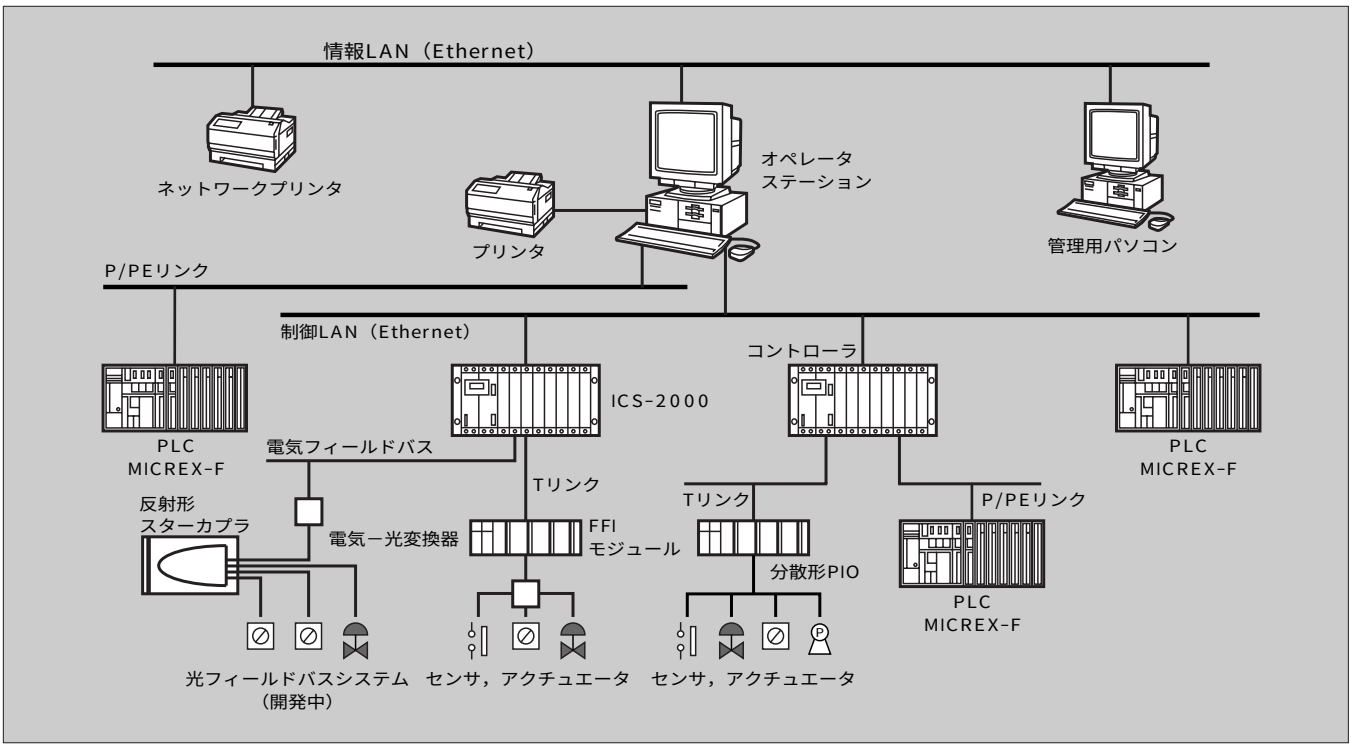
最近のプラント監視制御装置はますます高度化する傾向にある。対象となるプラントは物理的システムで築かれており，インプットや内部を通過する物質の流れと，必要なエネルギーを最小にし，最大のアウトプットを得るために作られている。監視制御装置はこのようなプラントを効率的な運用に導き，さらに最少のオペレータ数で最大の生産性をあげることが必要になる。現象が起きる前の予知や予測，オペレータの知識に基づく操作が望ましい結果につながるようにしなければならない。

このために，従来のプラント監視制御装置に対し，情報のレベルをより一層引き上げ，しかも手ごろな価格でシステムが構築できなければならない。計画系と製造系との融合や汎用品の使用がソリューションとなる。そして，人と現場の情報およびコンピュータのなかの世界が密接につながる工夫がベンダの役割になる。

今日，パーソナルコンピュータ（パソコン）の機能・性能の向上により，オフィスから産業の現場へもその利用が急速に広がっている。表現力に富むグラフィカルヒューマンインタフェース，オープン化された情報通信機能が手軽に計測制御の世界で使えるようになった。近年の厳しい経済環境や低迷する設備投資のなかにあって，高度なシステムが導入しやすくなっている。

パソコンを使った制御システムの形態も新たな展開が求められている。応用範囲も小規模システムは無論，システム規模にとらわれない展開が必要である。以下，ライトサイジング，ライトセレクションのコンセプトに基づき開発

図1　FOCUS のシステム構成



井上　芳範

火力，原子力，化学プラントなどの計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在，システム事業本部計測システム事業部技術第二部主査。

吉田　　裕

分散形制御システムの開発に従事。現在，東京工場システム開発部主査。

したオープン統合化制御システム「FOCUS」（Fuji Open Control Universal System）について述べる。

2　システム構成と特長

2.1　システム構成

パソコン関連のオープン素材とコントローラの組合せにより，各種のシステムを構築することができる。

(1)　システム構成を**図１**に示す。オペレータステーション１台とコントローラ１台の最小構成から，オペレータステーション６台とコントローラ８台の最大構成まで構築することができる。オペレータステーションとコントローラは制御 LAN（Local Area Network）（Ethernet〈注1〉）で接続する。同一の Ethernet 上に DCS（Distributed Control System）コントローラ ICS-2000 とプログラマブルコントローラ（PLC）MICREX-F を接続し，制御を分担することができる。MICREX-F は P/PE リンクにも接続できる。

情報 LAN（Ethernet）により他システムとのデータ連携が可能となり，製造，物流，保全などのシステムと統合することができる。また，情報 LAN にネットワークプリンタを接続し，複数のオペレータステーションで１台のプリンタを共用することもできる。

(2)　FOCUS を核としたクライアント・サーバシステムが構成できる。サーバとコントローラが制御 LAN で接続され，アプリケーションプログラムおよびプロセスデータはサーバに一元管理される。複数のクライアントオペレータステーションがサーバと情報 LAN で接続される。一元管理されたアプリケーションプログラムにより，複数のオペレータが一元管理されたデータを使用して，異なる設備の監視・操作を行うことができる。

(3)　オペレータステーションのリモート接続構成を**図２**に示す。ローカルオペレータステーションとリモートオペレータステーションを電話回線，ISDN などで接続する。現場から離れた事務所などで，現場と同様な操作・監視を行うことができる。

リモート接続，モバイルコンピューティング，無線技術を使用し，現場巡回端末のカメラの画像をオペレータステーションで監視したり，現場で端末により監視・操作することもできる。

2.2　オペレータステーション

(1)　オペレータステーションとして IBM PC/AT〈注2〉互換パソコンを使用する。OS（Operating System）は，優れたユーザーインタフェースと信頼性を兼ね備えた Windows NT〈注3〉を採用した。

より信頼性が求められるシステムでは，FA パソコンを使用することもできる。FA パソコンは，耐環境性に優れ，24 時間連続運転が考慮されている。

(2)　入力デバイスとしては，標準キーボード，マウス，タッチパネル，アプリケーションキーボードがある。システムの性格により，選択することができる。

(3)　コンソールデスクを用意しており，従来の制御室にも違和感なく設置することができる。

(4)　DCS の経験を生かし，操作性のよい各種の監視・操作画面を搭載している。監視・操作画面一覧を**表１**に示す。また，画面例を**図３**，**図４**に示す。プラント画面は InTouch〈注4〉（ワンダーウェア社の運転・監視ソフトウェアパッケージ）で作成する。プラント画面で使用する計器図，ポンプ，バルブなどの部品を備えており，画面作成が効率化できる。帳票は EXCEL〈注5〉でフォーマットを作成でき，プロセスデータの演算およびデータのグラフ化が容易であり，帳票をビジュアル化することができる。

2.3　コントローラ

富士電機の DCS である MICREX-IX シリーズと共通な

〈注1〉Ethernet ：米国 Xerox Corp. の登録商標
〈注2〉PC/AT ：米国 International Business Machines, Corp. の商標
〈注3〉Windows NT ：米国 Microsoft Corp. の登録商標
〈注4〉InTouch ：米国 Wonderware 社の商標
〈注5〉EXCEL ：米国 Microsoft Corp. の商品名称

図２　オペレータステーションのリモート接続構成

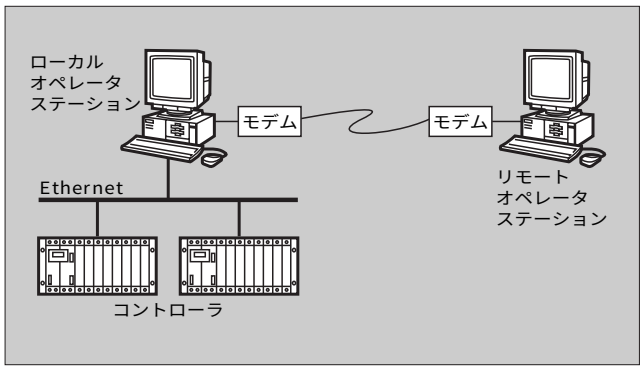


表１　監視・操作パネル一覧

プラントパネル	512点×100ページ	プラントの設備，系統図などを表示
グループパネル	8タグ×384ページ	8個の計器モジュールを表示
ループパネル	1タグ×2,304ページ	計器モジュールの詳細を表示
アラームパネル	20点/画面（スクロール表示2,000点）	アラームを時系列に表示
ヒストリカルメッセージパネル	20点×100ページ	操作履歴を時系列に表示
アナンシエータパネル	32点×16ページ	アナンシエータ窓に表示
システムコンディションパネル	1ページ	システム状態を表示
トレンドパネル	8ペン×64ページ	蓄積データを時系列グラフで表示
帳票パネル	日報：20種 月報：20種 年報：20種	データを表形式で表示

EI（Electric Instrumentation）統合コントローラ ICS-2000 およびプログラマブルコントローラ MICREX-F を使用することができ，目的に合わせて最適な機種を選択することができる。さらに，同一の画面から ICS-2000 と MICREX-F の監視・操作を行うことができる。MICREX-F でフィードバック制御を行うこともでき，この場合は同一のグループ画面に ICS-2000 と MICREX-F の計器図を表示することも可能である。

2.3.1　EI 統合コントローラ ICS-2000

ICS-2000 の制御仕様を**表 2** に示す。また，特長を以下に述べる。

(1)　MICREX-IX と共通のコントローラであり，パソコン計装システムにおいても，従来の DCS と同様な，高速シーケンス制御とループ制御を有機的に結合した EI 統合制御，ファジィ制御を行うことができる。

図 3　FOCUS のプラント画面例

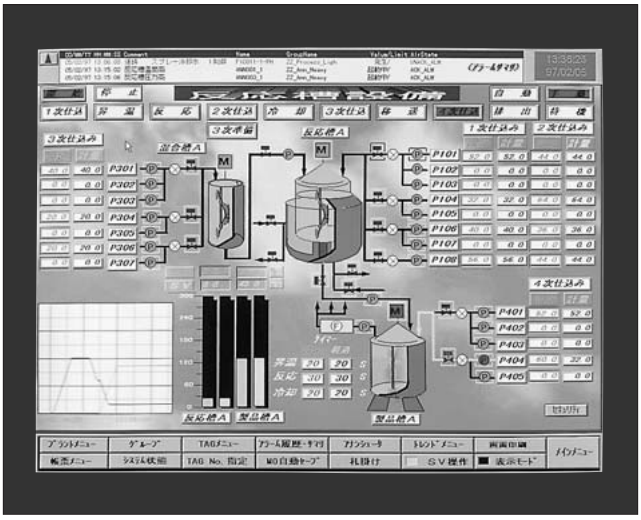


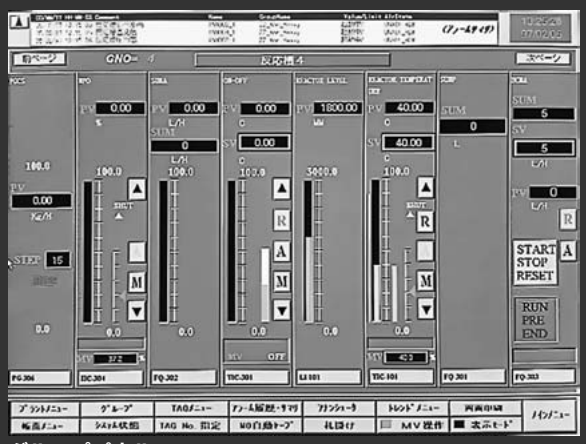
表 2　ICS-2000の制御仕様

計測制御	内部計器	288モジュール PID位置形出力，PID速度形出力，比率演算器，2値オンオフ調節計，指示警報器，手動操作器など
	シーケンス	64シーケンステーブル
タスク制御	タスク数	5レベル　100本
	割込み制御	1ms/10 ms 定周期割込み，事象割込み
	サブルーチン	480本
処理速度	命令実行時間	0.125 μs（シーケンス演算）
	内部計器演算周期	最小 60 ms
	タイムチャート演算周期	200 ms×n 倍
メモリ容量	プログラム	256 k ワード
	データ	128 k ワード
入出力点数		最大　ディジタル：8,704点 アナログ　：2,048点
プログラム表現		ラダー図，ファンクションブロック図，SFC，条件テーブル，ループ図，タイムチャート
データタイプ		ビット，ワード，ダブルワード，浮動小数点

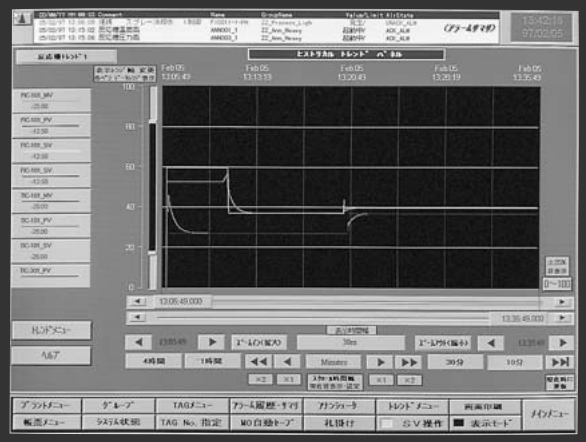
(2)　耐環境性に優れたモジュール構造であり，専用ロッカ以外にも取付けが可能である。

(3)　フィールド LAN（T リンク）により，分散形 PIO（IPU）を接続する。IPU は，現場に分散設置でき，1 点単位のモジュール構造である。光ファイバ式フィールド計装システム FFI（Fiber-optic Field Instrumentation）

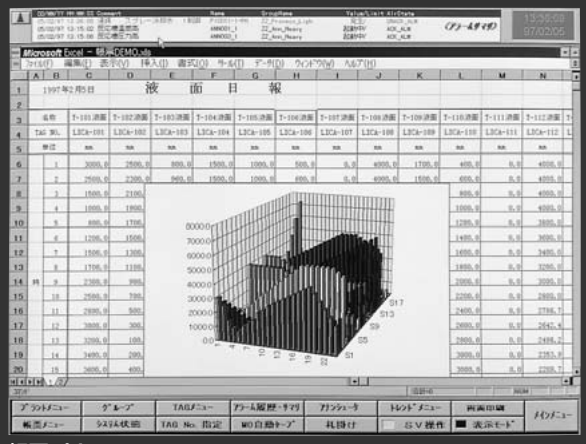
図 4　FOCUS の標準画面例



グループパネル
タグメニューパネルの下位画面で8点の計器の監視や操作を行う。



トレンドパネル
プラントデータの時間推移のグラフ表示を行う。
拡大機能やスクロール表示機能を持っている。



帳票パネル
日報・月報・年報をEXCELシートで表示する。
手入力もこのシートで可能である。

を接続できる。また，光フィールドバス対応も開発中である。

2.3.2　プログラマブルコントローラ MICREX-F

シーケンス制御主体のシステムをコストミニマムに構築する。PID モジュールまたは T リンク接続によるシングルループコントローラにより，PID 制御が可能である。また，PID 制御をソフトウェアで行うためのソフトウェアモジュールを用意している。

2.4　周辺機器

市販のパソコン関連の周辺機器を使用することができ，以下のように安価にシステムを構築することができる。

(1)　アラーム印刷はカラーインクジェットプリンタ，帳票はレーザプリンタというようにプリンタを使い分けることができる。

(2)　ソフトウェアパッケージを高速にインストールする CD-ROM（Compact Disc Read Only Memory）装置，アプリケーションプログラムやトレンドデータをバックアップ保存する MO（Magneto-Optical）ディスク装置を使用することができる。

(3)　パソコンのサウンドボードにより音声アラームを出力することができる。

(4)　パソコンのビデオキャプチャボードによりビデオ画像を取り込むことができ，現場の監視を行うことができる。

2.5　冗長化

システムを構成する各部分を以下のように用途に応じて冗長化することにより，信頼性を向上することができる。

(1)　オペレータステーションは並列設置する。1 台のオペレータステーションがダウンしても，他のオペレータステーションで監視・操作を行うことができる。

(2)　コントローラ ICS-2000 は，シェルフ単位に二重化する。2 台の MPU がそれぞれ独立してまったく同一の制御を行うウォームスタンバイ方式である。常に稼動 MPU から待機 MPU にデータを等値化し，稼動 MPU ダウン時は待機 MPU が制御を継続する。

(3)　Ethernet ケーブルを二重化することができる。

(4)　T リンクケーブルを二重化することができる。

(5)　PIO は，I/O モジュール単位に二重化することができる。

2.6　エンジニアリング

(1)　プラント監視画面は，InTouch によりグラフィカルなアニメーションを用いた直観的な画面を容易に作成することができる。

(2)　データの表示・設定はもちろん，データによりシンボルの形・色を変化させることもプログラムレスで行うことができる。

(3)　コントローラのプログラムはパソコン上で作成・試験を行うことができる。

(4)　ラダー図，ファンクションブロック図，SFC（Sequential Function Chart），計装ループ図，タイムチャートなどの多彩な表現形式でプログラミングできる。

(5)　定義したタグをオペレータステーションのタグデータベースに展開し，エンジニアリングを効率化する。

3　ソフトウェア構造

図 5 にオペレータステーションのソフトウェア構造を示す。

DDE I/O サーバはコントローラとデータの送受信を行う。DDE I/O サーバは DDE（Dynamic Data Exchange）〈注6〉によりデータをインタフェースする。DDE は，Windows 環境のアプリケーションがデータを相互に送受信できるようにマイクロソフト社が開発した通信プロトコルであり，InTouch だけでなく，他のソフトウェアパッケージともデータを送受信することができ，容易にデータ連携することができる。InTouch は，DDE を高速化した FastDDE により DDE I/O サーバとデータを授受する。

DDE インタフェースにより，Ethernet を介したデータの授受も可能であり，管理用パソコンなどの他のシステムと容易にデータ連携することができる。また，ネットワークを介した DDE インタフェースにより，クライアント・サーバシステムを容易に構築する。

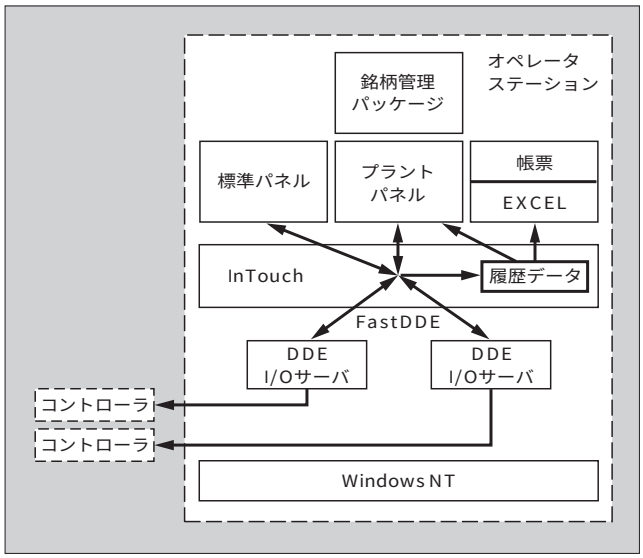
各種の DDE I/O サーバが市販されており，他社の PLC と接続することも可能である。

標準パネルおよびプラントパネルは InTouch 上で動作し，コントローラのアドレスを意識することなく，タグ名でデータの表示・設定ができる。

帳票に関しては，EXCEL シートのフォーマットに従い，マクロ処理により履歴データからデータを取り込み，プロセスデータ，演算値，グラフが表示・印刷される。

〈注6〉Windows：米国 Microsoft Corp. の登録商標

図5　ソフトウェア構造



4　システム応用例

FOCUS は化学，食品，薬品・化粧品，鉄鋼，ボイラ，ごみ処理などの各分野で導入されている。導入の動機はオープンな環境のプラットホームが HCI（Human Communication Interface）に採用され，目的に合わせたコントローラの使用，簡単操作のエンジニアリングなど，FOCUS の特徴にあり，短納期対応，経済性，用途に応じて選択できる高信頼度化対応などである。導入後もユーザーから好評を得ている。以下に応用事例を記す。

4.1　小規模 EIC システム

近年の市場環境は大形プラントの建設は少なく，中小規模のプラント建設や部分的改修が多くなっている。従来，小規模 EI 制御システムは MICREX-IX シリーズなどの DCS を使って構築されてきた。

FOCUS を導入することにより，高度な制御システムが低コストで実現でき，分かりやすいグラフィカルインタフェース，強力なデータ管理と合わせ，信頼性と安全性の高いオペレーションが確保できる。

図 6 に DCS コントローラを使用したシステム構成例を，**図 7** に PLC MICREX-F を使用したシステム構成例を示す。

いずれも，数百点の PIO を 1 台のコントローラに取り込み，高速演算制御が行われる。2 台の HCI では，オペレーションガイド，動力の監視操作およびプラントの監視操作が行われる。さらにプラントの性能計算に基づく日報，月報，四半期報，年報の帳票処理および各種管理データの帳票処理やプラントの試験成績書の作成が行われる。帳票は情報 LAN またはパソコンのプリンタポートに，OA（Office Automation）で使われるレーザプリンタを接続し出力される。ハードコピーは汎用のインクジェットプリンタを用いて出力される。

4.2　クライアント・サーバシステム

化学，食品，薬品・化粧品プラントでは変種変量生産が行われ，生産管理情報と銘柄管理情報がプラント監視制御装置に伝達され，スムーズな生産につなげることが必要である。また，銘柄管理情報は生産事情を基に適切にスケジューリングされなければならない。

図 8 に FOCUS のクライアント・サーバシステムで，生産管理および製造管理システムを構築した例を示す。

現場のプロセス情報はパソコンサーバで一元管理され，クライアントからグラフィック画面，グループ画面，アナンシエータ画面，ヒストリカルメッセージ画面などで監視操作が行われる。

原料倉庫，製品倉庫を含む生産計画系と製造管理系を情報 LAN で接続し，生産計画系からの指示がペーパーレスで製造管理パソコンサーバに伝達され，本サーバ内に組み込まれた，AI バッチスケジューリングパッケージ，銘柄管理パッケージ（FLEX-BATCH[2]）でプロセス指令値に加工され，スムーズな生産が行われる。

図 9 に AI バッチスケジューリング画面例を示す。

AI バッチスケジューリングパッケージは以下の特徴を持っている。

(1)　生産オーダにより製造計画の高速スケジューリングが可能
(2)　実績データに基づくシミュレーションがガントチャート上で可能
(3)　FLEX-BATCH との連携により製造実績を取り込み，実運転に近いスケジューリングが可能
(4)　ロットごとの傾向予測トレンドを得ることが可能
(5)　ロットごとの最適処方データが自動生成
(6)　インテリジェントアラーム出力が可能

図 6　FOCUS 小規模 EIC システムの構成例（DCS コントローラ使用）

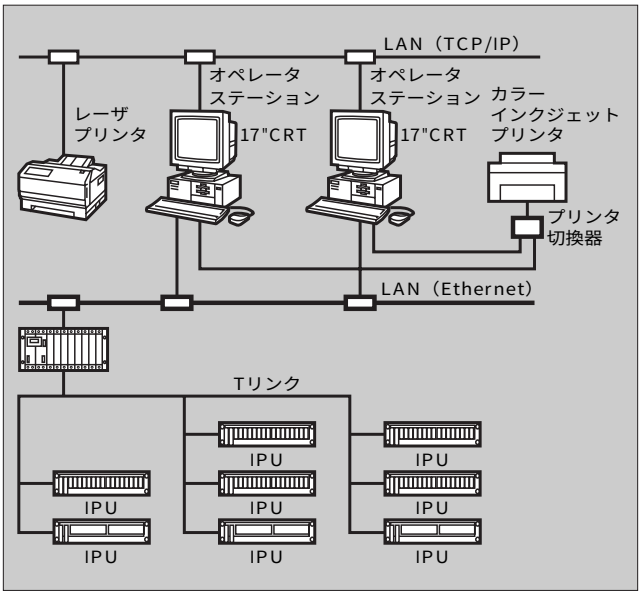


図 7　FOCUS 小規模 EIC システムの構成例（PLC 使用）

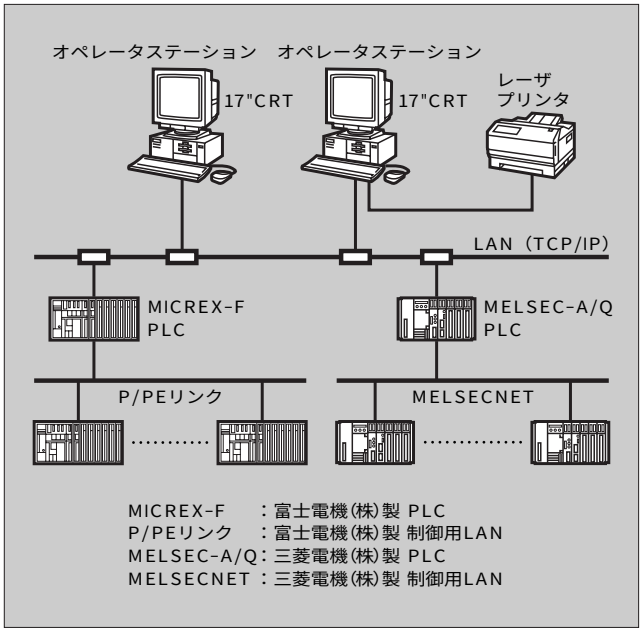


図８　FOCUS クライアント・サーバシステムの構成例

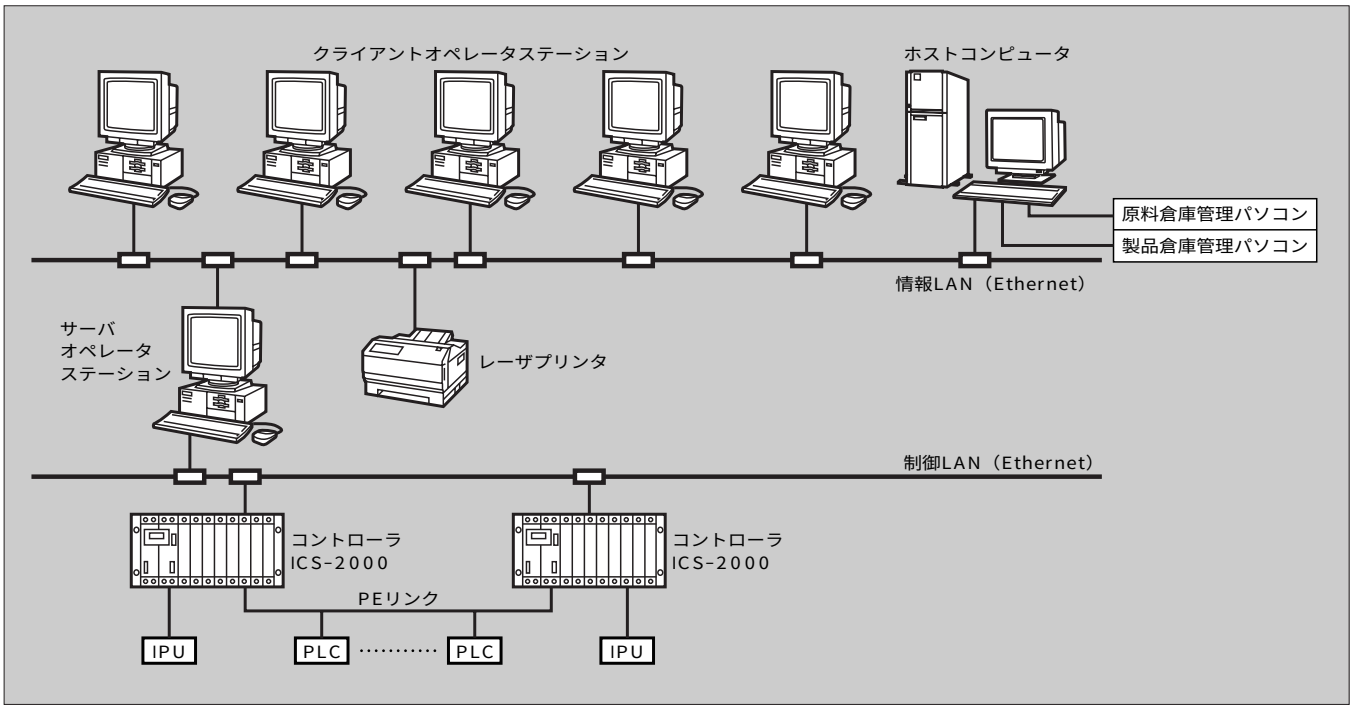
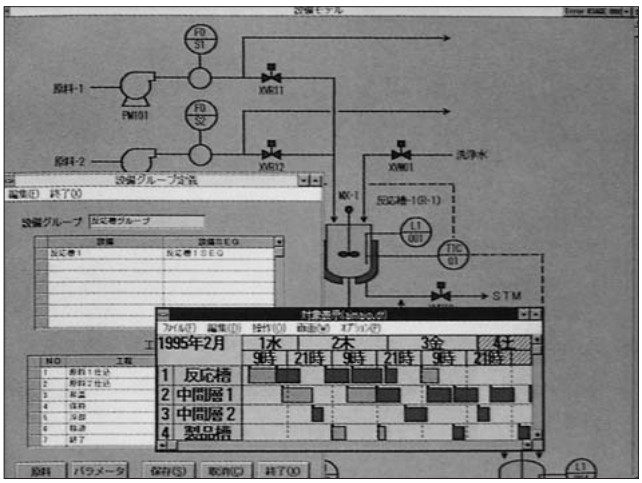


図９　バッチスケジューリングパッケージの画面例



これらの特徴を生かして，以下のユーザーメリットが得られる。

(1)　納期と製造能力をマッチさせた操業への移行

(2)　マンパワー，ユーティリティ負荷平準化によるコストダウン

(3)　不慮の事故による生産計画，実績への影響をリアルタイムかつダイナミックに調査

(4)　製造情報とエンジニアリング情報の一元管理

5　あとがき

FOCUS の基本システムおよび応用例について述べた。FOCUS は，パソコン関連のオープン技術と実績ある DCS 技術を組み合わせ，各種の制御システムへのソリューションである。富士電機は，これまでの DCS 適用のノウハウに基づき，各種制御システムを総合的に構築でき，エンドユーザーコンピューティングも可能なシステムを提供する。

さらに，適用範囲の拡大，信頼性の向上，自由なシステム構築をめざし，OPC（OLE for Process Control：制御アプリケーション，フィールド装置，オフィスアプリケーション間の通信標準規格），クラスタ（負荷分散，障害時の代替を目的とし，複数のコンピュータをネットワークで接続し，連携して処理するシステム），インターネットなどの新しい技術を取り入れ一層の充実を図っていく所存である。

参考文献

(1)　吉田裕ほか：オープン統合化制御システム「FOCUS」，富士時報，Vol.69，No.10，p.541-545（1996）

(2)　御厨隆：バッチプロセスコントローラ，計測技術，Vol.25，No.7，p.32-41（1997）

計測機器分野の新技術

中野　昌芳（なかの　まさよし）

1　まえがき

富士電機の計測機器は約50年の歴史をもち，この間つねに業界をリードする新技術の開発，新商品の提供を行ってきた。最近の計測機器の分野では，性能，機能の向上はもちろん，多様なアプリケーションへの対応，機器自身に加え，工事，保守も含めた経済性の重視，さらにISO 14000にみられる環境問題への対応など，商品としての深みを要求されてきている。

このような状況のなか，富士電機では，

(1)　市場ニーズに応じたタイムリーな商品提供

(2)　革新的，独創的技術による差別化商品の開発

(3)　国際的に通用する商品の品ぞろえ

を基本コンセプトに，機種群ごとに特長ある新商品の開発に注力してきた。

フィールド機器では，国際的に高い評価を得ている発信器に，一般民需とりわけ食品・薬品業界で要求されるサニタリー仕様，石油，石油化学向けや一般レベル計にも要求される小口径フランジ仕様を加え，総合的なコスト見直しを実現した。

超音波流量計は，流量計群のなかでも特に需要の拡大が期待されており，今回，小形軽量の設置形をポータブル形に引き続き開発した。多様化するユーザーニーズに対応すべく，測定精度と応答特性の向上を図るとともに，多測線，多配管測定など機能，性能の向上を図っている。また，電磁流量計は，水処理，食品，石油化学などの分野へ幅広く対応するために，ウェーハ形，フランジ形のほかに，サニタリー形，防爆形，水中形などを商品化し品ぞろえを充実させた。

受信計器では，普及タイプの温度調節計のモデルチェンジを行い，ファジィ制御機能搭載による機能の強化，拡充を図り，フロントサイズの小形化による盤，機械装置の小形化への対応，さらに食品分野向けに防水規格NEMA4対応を実現したPXZシリーズを開発した。また，記録計については高機能化，多機能化が進むなか，経済的で簡便に使えるタイプへのユーザーの要望は根強い。富士電機は，これまで一貫して進めてきた鮮明で高品位な記録・印字が行えるインクジェット式記録計に，経済的でかつアナログ感覚で使用できる工業用ハイブリッド記録計「マイクロジェット記録計-E」を開発しシリーズ化した。

分析計では，焼却施設から発生するダイオキシンの削減対策や，ISO 14000に関連して用いられる分析装置の市場が活発化しており，これらに対応するために新たに赤外線ガス分析計を開発した。小形モジュール構造により1台で最大5成分の同時測定が可能で，燃焼排ガスをはじめとして各種のガス濃度測定に適用可能である。

本稿では，上記の各機種についてその詳細を述べる。

2　フィールド機器

2.1　FCX-Aシリーズ小口径フランジ発信器

近年，圧力，流量，液面測定においては，小形装置に直結できる小口径フランジ発信器およびそれを使用した導圧管不要の計装など，工事や保守コスト低減に対するユーザーの要求が強い。従来のフランジ接続形発信器のフランジサイズは，3B，4Bが主流であったが，こうしたユーザーからの要求に対応すべく，より小さいフランジサイズ（$1\frac{1}{2}$B，2Bさらには$\frac{1}{2}$B，$\frac{3}{4}$B）の発信器を開発した。

商品開発において，技術的に解決・工夫した点は以下のとおりである。

(1)　従来の接液部を単純に小口径化した場合，シールダイアフラムが直線性よく動作する範囲が狭くて使用できないため，必要な直線動作領域が確保できるように，接液部の構造を最適設計した。

(2)　入手しやすい市販のガスケットが使用可能な接液部構造を採用した。

(3)　標準フランジ口径は$1\frac{1}{2}$B，2Bとし，それ以下の口径には，アダプタで対応した。また，アダプタ構造により，さまざまなプロセスの口径に柔軟に対応可能とした。

図1には小口径フランジ発信器の中心機種であるリモートシール形差圧発信器の外観を示す。

中野　昌芳

工業用分析計の開発，設計に従事。現在，富士電機インスツルメンツ(株)営業本部マーケティング部主席。

図１　小口径フランジリモートシール形差圧発信器

N68-420-7

表１　FCX-A 小口径フランジ発信器の仕様

分類 / 項目	レベル計	リモートシール形	
		差圧計	圧力計
フランジ口径	$\frac{1}{2}$B，$\frac{3}{4}$B，$1\frac{1}{2}$B，2B		
フランジ定格	JIS 10，20，30K ANSI/JPI 150，300LB	JIS 10，20，30，63K ANSI/JPI 150，300，600LB	
測定スパン	3～130 kPa 12.5～500 kPa	0.05～3 MPa 0.25～10 MPa	
接液部材質	SUS316L，ハステロイ		
キャピラリ長さ	―――	1.5，3，5（m）	
周囲温度範囲	－15～＋65 ℃		
接液温度範囲	－40～＋120 ℃		
精度定格	0.25%		
温度特性（ゼロ点変化）	±1%/ 55 ℃ （測定スパン：最大スパンの1/2以上）	±1%/ 55 ℃ （測定スパン：最大スパンの1/2以上）	

2.1.1　仕　様

FCX-A 小口径フランジ発信器の仕様を**表１**に示す。小形装置への直接取付け，導圧管の置換えなどに幅広く対応するため，各種フランジ口径を用意した。

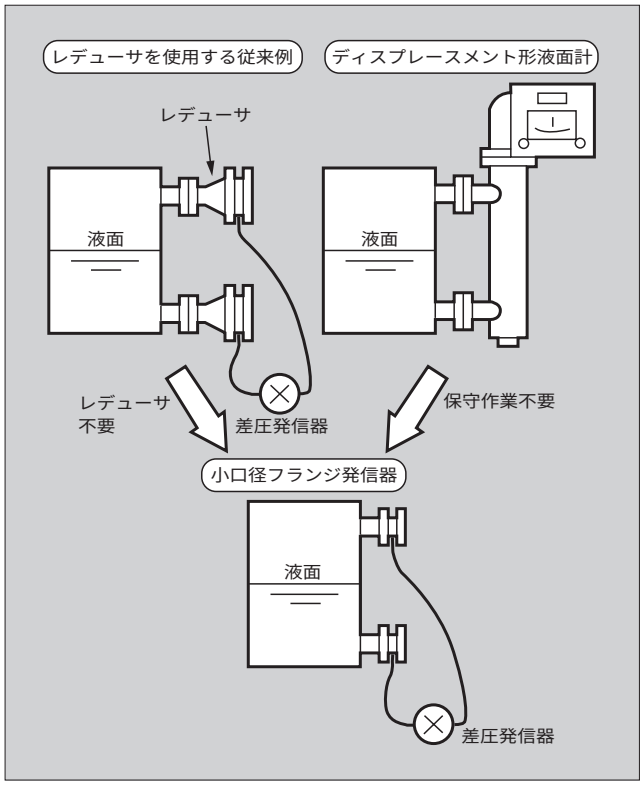
2.1.2　小口径フランジ発信器による液面計測例

小口径フランジ発信器による液面計測例を**図２**に示す。小形のタンクの圧力取出しノズルは，$1\frac{1}{2}$B，2B のフランジサイズが一般的である。このような小形タンクに従来の 3B フランジ接続の発信器を使用する場合，レデューサを介して接続する必要があった。しかし，今回開発した小口径フランジ発信器を使用することにより，レデューサは不要となり，レデューサコストの削減が可能になる。また，小形タンクの液面計測にディスプレースメント形液面計がよく使用されてきたが，機械的可動部があるため，定期的な保守が必要であった。既設のディスプレースメント形液面計を可動部のない小口径フランジリモートシール形発信器にリプレースすることにより，ディスプレースメント形液面計で必要な分解・掃除などの定期的な保守作業が不要となり，保守コストの削減が図られる。

2.2　新形超音波流量計

可搬形超音波流量計「ポータフロー X」（1995 年発売）

図２　小口径フランジ発信器による液面計測例



に続き，設置形の新機種を開発した。以下にその概要を述べる。

2.2.1　特　長

(1)　小形・軽量

最新のエレクトロニクスとディジタル信号処理の採用により，変換器の大きさと質量は，当社従来品の 1/2 である。

(2)　優れた耐気泡性能

ディジタル信号処理により，気泡耐量は当社従来品の 10 倍以上である。

(3)　優れた温度特性

超音波の伝搬経路と測定流体の音速をリアルタイムに計測し，流体の温度と圧力の影響を補償し優れた温度特性を実現した。

(4)　多様な製品構成

変換器は，１測線・単機能の標準形と多測線あるいは多配管測定が可能な高機能形の 2 機種を用意している。

2.2.2　仕　様

新形超音波流量計（**図３**）の主な仕様を**表２**に示す。

2.3　新形電磁流量計

電磁流量計は今回の改良開発により商品シリーズを一新した。概要は以下のとおりである。

2.3.1　特　長

(1)　豊富な商品メニュー

ウェーハ形，フランジ形のほか，サニタリー形，防爆形，水中形，および水道メータを用意している。

(2)　最適磁界設計

図３　新形超音波流量計

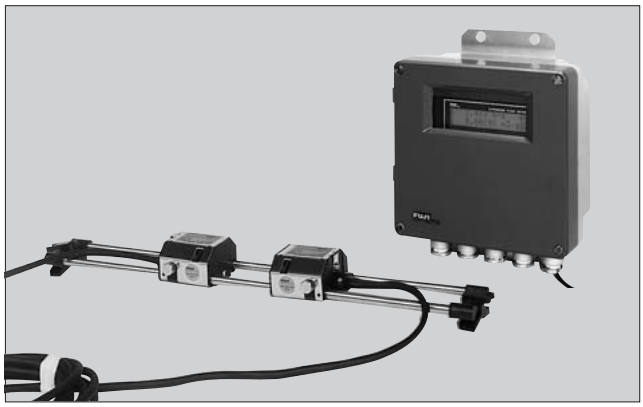


表２　新形超音波流量計の仕様

項　目	仕　様
適用配管口径	13～6,000 mm（センサ種類による）
測　線　数	最大4測線まで（変換器種類による）
測 定 流 体	濁度 10,000 mg/L 以下の均質な液体
測 定 範 囲	0～0.3 … 32 m/s
精 度 定 格	±0.5% of rate （流量 20% 以上）
電　　源	AC100～240 V ±10%，50/60 Hz
入 出 力 信 号	DC 4～20 mA，積算出力，ステータス入出力，各1点
現 場 表 示	16けた・2行，バックライト付LCD

図４　新形電磁流量計

表３　新形電磁流量計の仕様

項　目	仕　様
口 径 範 囲	2.5 A～300 A（種類による）
電 極 材 質	SUS316L，タンタル，ハステロイC，白金・イリジウム
ライニング	PFAテフロン，ポリウレタン
測 定 流 体	導電率 3 μS/cm 以上の導電性液体
測 定 範 囲	0～0.1…15 m/s
精 度 定 格	±0.5% of rate （流量 20% 以上）
電　　源	AC100～240 V±10%，50/60 Hz
入出力信号	DC 4～20 mA，積算出力，ステータス入出力，各1点
現 場 表 示	16けた・2行，バックライト付LCD

最適磁界設計により，流速分布や隣接配管材質の影響が少ない。

(3)　結露・冠水対策

一体形アンプケースや分離形検出器の端子箱は，気密２室構造であり，結露や冠水に強い。

(4)　第３種接地可能な防爆形

絶縁分離構造のハウジングと内蔵バリヤにより，防爆形の接地工事は第３種で済む（実用新案）。

2.3.2　仕　様

新形電磁流量計（**図４**）の主な仕様を**表３**に示す。

3　受信計器

3.1　温度調節計 PXZ シリーズ

近年，温度調節計は比較的簡単な温度制御から，従来プロセス調節と呼ばれていた領域の制御まで幅広く対応できるようになってきている。これに伴い，温度調節計も幾つかの範囲に分類され，普及機，中級機，高級機と分けることができ，温度調節計の守備範囲が広がるにつれ，普及機をはじめとし機能の強化が求められてきている。今回，このような，温度調節計の流れを読み取り，普及形温度調節計の大幅なモデルチェンジを行った。従来，Ｚシリーズ温度調節計の代表形式であった PYZ をはじめ PYV，PYW の全機種について，以下の基本方針に基づきモデルチェンジを行った（**図５**）。

(1)　従来機種との連続性を保ちつつ，機能の強化と機種の拡張を行う。

(2)　全機種にファジィ制御を搭載し，オーバシュートを防止する。

(3)　容易な操作性を実現する。

(4)　全機種に防水規格 NEMA4X，UL，CE マークを取得する。

以下に上記方針の具体的展開を述べる。

3.1.1　特　長

(1)　機能強化と機種の拡張

(a)　ランプソーク機能の搭載

温度制御では簡単なプログラム制御が望まれる場合がある。従来では，専用のプログラムコントローラが使用されていたが，今回の機能強化により比較的安価に実現することができる。

(b)　機種の拡張

図５　温度調節計 PXZ シリーズ

N68-409-6A

フロントサイズ 48×24（mm）の形式 PXV3 を追加することで，制御装置の盤面を縮小することが可能となり，制御装置全体のコンパクト化が実現できることとなった。また，全機種 DC24 V 電源への対応が可能であり，低電圧電源が望まれる装置にも使用可能となった。

(2) ファジィ制御機能の標準搭載

従来から定評のあったファジィ制御機能を普及機種に搭載し，オーバシュートの大幅な低減を可能としている。

(3) 容易な操作性

温度調節計の機能が高級になるにつれ，パラメータの数が大幅に増えるなど，逆に使いづらくなるという弊害も生じてきた。これを防止するため，すべてのパラメータについて個々に表示，非表示の選択ができるようにした。これにより，不必要なパラメータを表示しなくて済むので，操作の煩わしさを軽減することが可能となった。

(4) NEMA4X，UL，CE マーク

従来から，代表的な海外規格である UL，CE マークは取得していたが，今回，防水規格である NEMA4X の取得を実現したことで，使用環境が大幅に拡張された。

3.2 記録計

工業用帯状チャート式記録計の市場規模は日本国内で約 130 億円[(1)]，全世界で約 400 億円と推定される。ここ数年の推移をみると，その規模は若干ながら減少傾向にある。技術面での進歩にも支えられて，単に記録する道具からプラントシステムの重要なコンポーネントの位置を占めるに至った記録計だが，昨今のパーソナルコンピュータ（パソコン）の発展と簡便なソフトウェアの普及がもたらしたパソコン計装システムにとってかわりつつあり，記録計としても複雑な機能性よりも単純な操作性を求められるようになっている。

富士電機の工業用記録計の歴史は約 40 年になるが，そのなかで特筆すべきは，自社開発したインクジェット方式による「マイクロジェット記録計」（商品名）を 1991 年から発売し，世界中のユーザー，計測機器メーカーから大いに注目を集めたことである。現在ではインクジェット方式はパソコン用プリンタや製図用プロッタ，産業用印刷装置など各方面，各分野で使用されている。その理由はインクジェット方式には他の記録方式では実現がきわめて困難な優位性が多くあるからである。

インクジェット方式は，多点，多色，高速記録に適した記録技術であり，記録紙への直接記録なので鮮明，高品位な記録結果が得られる。また，１個のインクカートリッジで自在な記録・印字が行えるので，内部の記録機構が非常にシンプルに構成できる。さらに，インクの高速吐出により旧来のサインペン式記録計と同様な実線連続記録を何本も描けるので，小形でありながら多ペン記録計が簡単に実現できるうえに，複数のペンではなく１個のカートリッジを用いているのでペン位相差のない同一時間軸上への記録ができるなど，今や記録技術の代表的存在といえるであろう。富士電機は，これまで一貫して進めてきたインクジェット方式という独創的技術をもって，今後とも市場に対応していく方針である。

今回，富士電機は「マイクロジェット記録計-E」（商品名）という新機種を市場に投入した（**図６**，**表４**）。これは，インクジェット方式を採用し，経済性を追求した工業用ハイブリッド記録計である。

ハイブリッド記録計の登場以来，各記録計メーカーはひたすら高機能化，多機能化をめざして進んできた。その結果，確かに大きな利便を多くのユーザーに提供することができた。しかし，その反面，経済的で操作が簡単というコンベンショナルなタイプを要求するユーザーの市場に目が

図６　マイクロジェット記録計-E

表４　マイクロジェット記録計-Eの仕様

項目		仕様
入力部	入力点数	1連続，2連続，6打点
	入力信号	熱電対12種類 測温抵抗体 Pt100，JPt100 直流電圧 ±50 mV～±50 V 直流電流 4～20 mA　10～50 mA
記録部	記録方式	インクジェット方式
	記録周期	連続式：2～40秒 打点式：30秒
	記録紙速度	10，20，24，30，50，120，200，300，400，1,000，1,200，1,500（mm/h）
	記録紙	折りたたみ　15.08 m
	ディジタル印字	定間隔印字，目盛印字，チャネル番号印字，警報印字，バーンアウト印字
	記録色	1連続：紫 2連続：チャネル1赤，チャネル2青 6打点：チャネル1橙，チャネル2緑，チャネル3紫，チャネル4赤，チャネル5黒，チャネル6青
ディジタル表示		LED7セグメント6けた
指示精度		±(0.3%＋1digit)（入力レンジに対して）
記録精度		指示精度±0.2%（記録レンジに対して）
警報リレー出力オプション		1連続：2点，2連続：4点，6打点：6点
外部制御オプション		記録紙速度切換（記録開始停止を含む）
電源		AC85～132 V，AC180～264 V
構造	ケース	モールド
外形寸法，質量		連続式：144×144×175（mm），約1.2 kg 打点式：144×144×197（mm），約1.5 kg

いかなくなったという反省がある。

マイクロジェット記録計-E は，経済的でかつアナログ感覚で使えるハイブリッド記録計というコンセプトに基づくもので，まさにこうした分野のユーザーにこたえるべく開発したものである。

大きな特長として，

(1) 従来のアナログ記録計にハイブリッド機能をも取り込み，また，インクジェット方式をそのまま採用したので鮮明な記録が簡便に採れるだけでなく，各種ディジタル印字も可能になっている。

(2) 各種記録条件をユーザーの指定どおりに設定して納入する方式なので，立上げ時の煩雑な操作が不要である。

(3) プラスチックハウジングの採用で，このクラスでは画期的な超軽量の記録計となっており，機械・装置への組込み用途に最適となっている。

4　分析計

4.1　赤外線ガス分析計

赤外線ガス分析計は，各種のガスが固有の波長の赤外線を吸収し，その吸収強さがガスの濃度に比例することを利用してガス濃度を測定する装置であり，各種工業炉内の雰囲気制御や燃焼排ガス中の環境汚染成分ガスの測定など広く応用されている。近年，環境規制の強化などにより 1 測定点あたりの測定成分数の増加に対応して，分析計の多成分化の傾向が強まる一方，設置面積の制約から装置の小形化に対する要求も強まっている。

富士電機は従来から赤外線ガス分析計の分野で業界をリードし，世界に商品を提供してきた。今回，上記のような背景のなかで，小形・多成分に対応する新形赤外線ガス分析計（**図 7**）を開発したのでその概要を紹介する。

4.1.1　構　成

赤外線ガス分析計は分析部（光学系）と信号処理/表示操作部とにより構成される。また，分析計の感度は分析部を構成する赤外線光源の温度が高い（高輝度）ほど，また測定ガスが導入されるセル内での光路長が長いほど高くなる。新開発の分析計では，ファインセラミックスの新素材を用いた小形高輝度光源，精密機械加工により光軸調整を不要とした小形多重反射セル，および高感度マスフローセンサを新たに開発して，分析部の大きさを体積比で従来の 1/10 以下に小形化した。

4.1.2　性能・仕様

小形化した分析部は幅 70×高さ 150×奥行 300（mm）のプリアンプ内蔵のモジュールとし，幅 435×高さ 177×奥行 400（mm）の 19 インチタイプのケースに最大 3 モジュール搭載できる。1 モジュールあたり最大 2 成分測定に対応でき，1 台あたり最大 5 成分の同時測定が可能である。また，外部の酸素センサの信号を入力して酸素濃度表示および基準酸素濃度換算出力演算が可能である。主な仕様を**表 5** に示す。

図 7　赤外線ガス分析計

表 5　新形赤外線ガス分析計の仕様

項　目	仕　様
測定対象成分	CO，CO_2，NO，SO_2，CH_4 など
最小測定範囲	0～100 ppm （CO_2：0～50 ppm，CH_4：0～500 ppm）
再　現　性	±0.5% FS
出 力 信 号	DC 0～1 V または DC 4～20 mA
濃 度 表 示	LCD［320×240（ドット）］
オプション機能	自動校正 酸素濃度表示・換算出力 1時間または4時間平均値出力 H/Lアラーム接点出力 レンジ識別接点出力　など
外 形 寸 法	幅435×高さ177×奥行400（mm）
質　　量	約 20 kg

分析部の大幅な小形化により，分析装置全体の小形化が可能になるとともに，ポータブル化や種々のアプリケーションにおいて大きなフレキシビリティを持つことになった。今後は，さらに本分析計の応用範囲の拡大を図っていく予定である。

5　あとがき

以上，富士電機の計測機器の新技術，新商品について紹介した。いずれも差別化技術をベースに多くの特長をもち，国内および海外のニーズに十分こたえられる国際商品であり，世界市場に貢献できるものと確信している。

富士電機では今後とも優れた要素技術，商品の開発に努め，ユーザーニーズにこたえていく所存である。

参考文献

(1) 日本電気計測器工業会生産統計（1996 年度，指示計を含む）

鉄鋼分野向けオープンシステム

大池　克幸（おおいけ　かつゆき）　　吉川　　肇（よしかわ　はじめ）

1　まえがき

鉄鋼分野のコンピュータシステムは，製鉄所の操業を支えるうえで必要不可欠な位置づけにある。そのため，24時間稼動できる信頼性の確保と，円滑な操業を維持するうえで，レスポンスを保証するためのリアルタイム性の確保が重要なポイントとなっている。

一方，世の中のオープン化の流れは鉄鋼分野のコンピュータシステムにも及んでおり，生産性の向上や保守の容易性などの観点から積極的に導入されていく方向にある。

本稿では，鉄鋼分野向けに適用中のオープン化ミドルウェアについて紹介する。

2　鉄鋼分野のオープン化のニーズ

鉄鋼分野のオープン化のニーズは主としてコンピュータ内に蓄えている情報の共有化と，従来，信頼性および保守性の維持のために使用してきたメーカー独自のコンピュータに替えて，汎用のパーソナルコンピュータ（パソコン）（Windows NT〈注1〉）を活用したいというニーズである。これらのオープン化ニーズの概要を**図1**に示す。

(1)　コンピュータ内に蓄積されたデータを活用したい

コンピュータに蓄積されている操業情報をネットワークに接続したパソコンに取り込み，解析ツールを用いて操業状況の解析をしたり，新規に導入した操業支援システムに取り込んでシステムの付加価値を高めたい。

(2)　操業情報を自分のパソコンに表示したい

オペレータが使用している画面内容をそのまま自分のパソコンに表示できるようにすることで，自分の席から現場の操業状態を遠隔監視したり，他部門の操業状況を容易に把握することで自部門の操業計画に役立て，生産効率の向上を図りたい。

(3)　エンジニアリング環境のオープン化

システム開発を従来のコンピュータ専用のツールを用いて開発するのでなく，パソコンと汎用的な市販ソフトウェアを利用して開発を行いたい。それにより，従来，開発時のネックになっていた開発マシンの制約から抜け出し，さらに市販のソフトウェアを活用して高効率な開発環境により生産性の向上を図りたい。

(4)　コンピュータとして Windows NT パソコンを活用したい

Windows NT パソコンを用いて従来の UNIX〈注2〉を用いたコンピュータと比較してライフサイクルコストに優れ，かつ拡張性のあるシステムを構築したい。

3　鉄鋼分野のオープン化ミドルウェア

富士電機では鉄鋼分野のオープン化のニーズを踏まえ，**表1**に示すようなミドルウェアを提供している。

3.1　リアルタイムデータベース

従来，コンピュータが収集した操業データをネットワー

〈注1〉Windows NT ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

〈注2〉UNIX ： X/Open Company Ltd. がライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標

表1　オープン化ミドルウェア

項　目	機　能	サポートOS
リアルタイムデータベース	優先処理対応 主記憶配置 ODBCドライバ	UXP/DS
イントラネット対応HCI	画面表示 Web対応 帳票機能 アラーム機能	UXP/DS Windows NT VMS
統合開発環境	データ辞書 ファイル仕様書 伝送フォーマット テーブル自動生成	UXP/DS Windows NT
パソコン対応ミドルウェア	DF-ROSE PFILE FSINET modePro PEリンク，Tリンク HCI（画面・帳票・アラーム） RAS	Windows NT

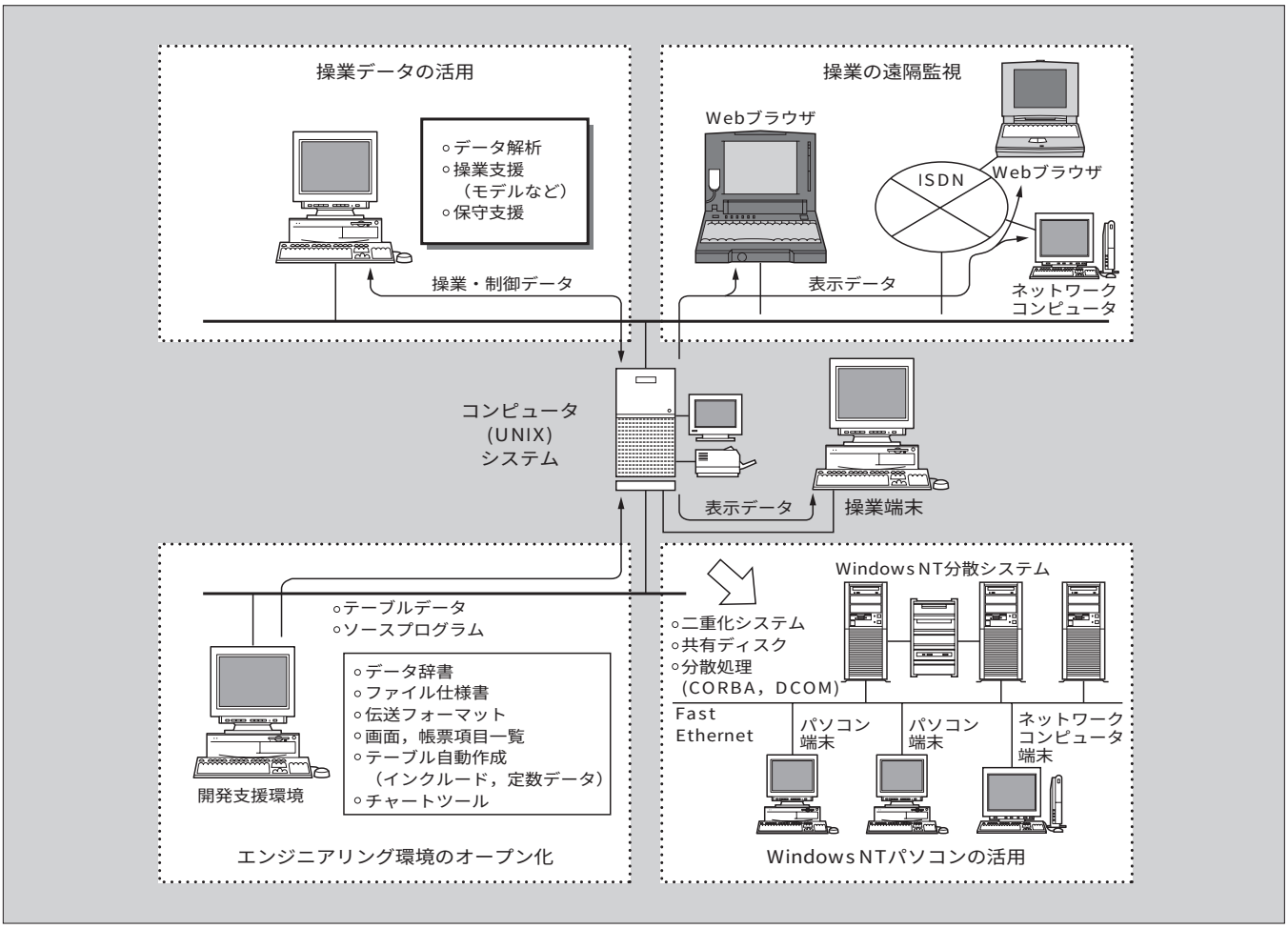
大池　克幸

産業分野向けコンピュータ制御システムのシステムエンジニアリング業務に従事。現在，富士ファコム制御(株)システム本部産業システム部長。

吉川　　肇

産業分野向けコンピュータ制御システムのシステムエンジニアリング業務に従事。現在，富士ファコム制御(株)システム本部産業システム部課長。

図１　鉄鋼分野のオープン化ニーズ



クに接続されたパソコンにデータサービスするためには，本体のコンピュータシステムのデータベース（ファイル）のほかに，**図２**に示すように汎用データベースを用いてデータサービス専用のデータベースを構築してきた。

このようにデータを二重に持つとアプリケーションプログラムの製作量も増大し，データの修正も二重管理のため複雑になるなどの欠点があった。そこで，データを汎用データベースに統一する方法が考えられるが，**表２**に示すような問題があり，厳しいリアルタイム性を必要としているシステムへの適用には難しい面があった。

これらの問題点を解決するため，富士電機では従来から高速データベースとして提供してきたHRDMを機能強化し，**図３**に示す特徴を持つデータベースとして提供している。

(1)　優先処理対応

データベースにアクセスするアプリケーションプログラムに優先順位をつけて配置することができるため，画面処理などレスポンスが要求される処理の優先順位を高くすることにより，高レスポンスを確保することが可能である。

(2)　データベースの主記憶化

アクセス頻度の高いデータベースを主記憶に配置することで，アクセス時間の短縮を図ることが可能である。これにより汎用データベースに比べ，主記憶化した場合には数十倍の性能向上が可能である。

(3)　パソコンインタフェースの追加

パソコンとのインタフェースとして標準的なODBC（Open DataBase Connectivity）ドライバを提供し，次のインタフェースを提供することでオープン化への配慮を行っている。

(a)　MS-Query

(b)　Visual Basic〈注3〉用RDO（Remote Data Object）インタフェース

(4)　項目数の拡張

一つのデータベースが扱える項目数を最大2,000項目まで拡大した。このため，例えば転炉コンピュータシステムに応用した場合でも実績ファイルを分割して持つ必要はなくなり，一つのデータベースに統合することができる。

3.2　イントラネット対応HCI

オペレータが使用する端末の機能については次のような要件がある。

(a)　操業用端末は24時間連続使用

(b)　従来の操作方法を踏襲（カーソルキーの使用）

(c)　操業で使う画面の表示時間は3秒以内

〈注3〉Visual Basic：米国Microsoft Corp.の登録商標

(d)　画面開発効率のアップ
(e)　スタッフ部門での操業監視
(f)　ドキュメントの端末での自由な閲覧
(g)　保守コストの削減

これらの要件を満たしつつ，イントラネットへの対応を図り，Web ブラウザにて操業用画面を表示することができる**図４**，**図５**に示す機能を持つ HCI（Human Communication Interface）パッケージを提供している。

この HCI パッケージの特徴は次のとおりである。

(1)　Visual Basic がベース

Visual Basic をベースとしたことにより，今後 Windows〈注4〉に関する新技術が開発された場合でも，Visual Basic の機能アップに従いパッケージもバージョンアップすることになり，容易に新技術を取り込み，迅速にユーザーに提供することが可能である。

(2)　オペレータに優しいインタフェース

Windows ベースのアプリケーションプログラムは通常マウス操作を基本とした Windows 標準の操作インタフェースを持っている。ところが，鉄鋼分野の画面オペレーションでは従来のカーソルキー操作を基本とした方式が求められており，この HCI パッケージでは以下の機能を実現している。

(a)　カーソルキー操作でカーソル位置を移動可能
(b)　カーソルキー操作時の移動場所を指定可能
(c)　カーソル位置の背景色を変更してカーソル位置を明示
(d)　入力済みデータを色替えすることが可能
(e)　マウス操作およびタッチパネル操作にも対応

(3)　高機能画面部品の活用

Visual Basic 用として市販されている高機能な Active-X 部品を自由にユーザー自身でパッケージに組み込むことができるため，市販の高機能部品を使うことで画面開発の効率向上が可能である。

(4)　Web 用アプリケーションプログラムが不要

オペレータ端末用に開発したアプリケーションプログラムを変更しないで Web ブラウザ用に使用可能であるため，画面を Web 化するためのアプリケーションプログラムの開発コストは不要である。

3.3　統合開発環境

設計から製作・テスト工程において，開発効率を向上させるため市販ソフトウェアを活用した開発支援システムを提供中である。ここでは現在提供中の主として設計工程で

〈注4〉Windows ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

図２　汎用データベースを用いたデータサービス

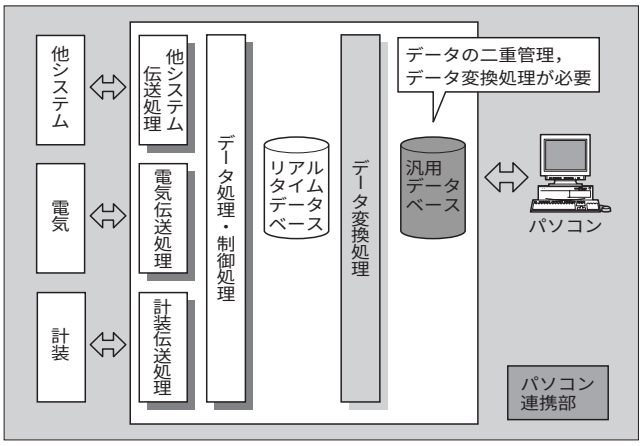


表２　汎用データベースの問題点

問題点	詳細内容
高速応答性	汎用のデータベースではデータ自身を主記憶に配置できないため，主記憶常駐の高レスポンスが要求される処理への適用が難しい。
優先処理不可	汎用データベースではデータベースにアクセスするプログラムをすべて同一優先順に配置する必要がある。このため処理に優先度がつけられないため，優先度の高い処理の処理遅れが発生する可能性がある。
定義可能項目数が少ない	高炉や転炉システムでは１ファイルあたりのデータ項目数が1,000項目を超える場合が多い。テーブルを分割することで対応可能であるが，複数のテーブルを操作することになり，プログラミングやデータの管理が複雑になりやすい。

図３　HRDM の特徴

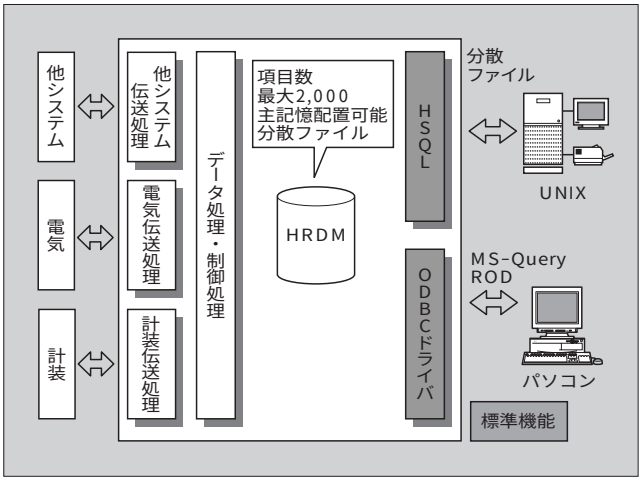


図４　HCI の構成

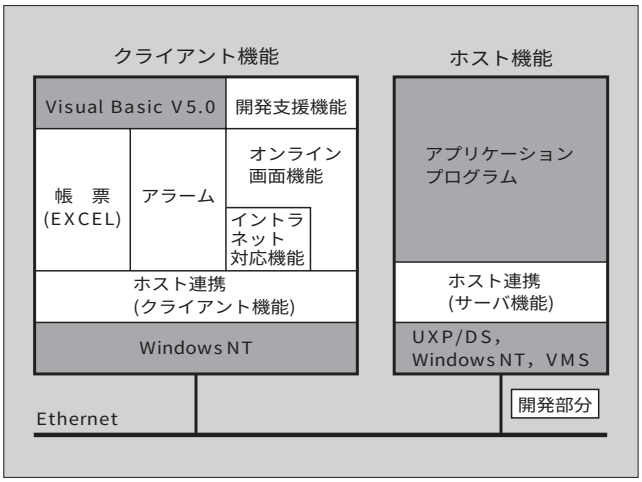
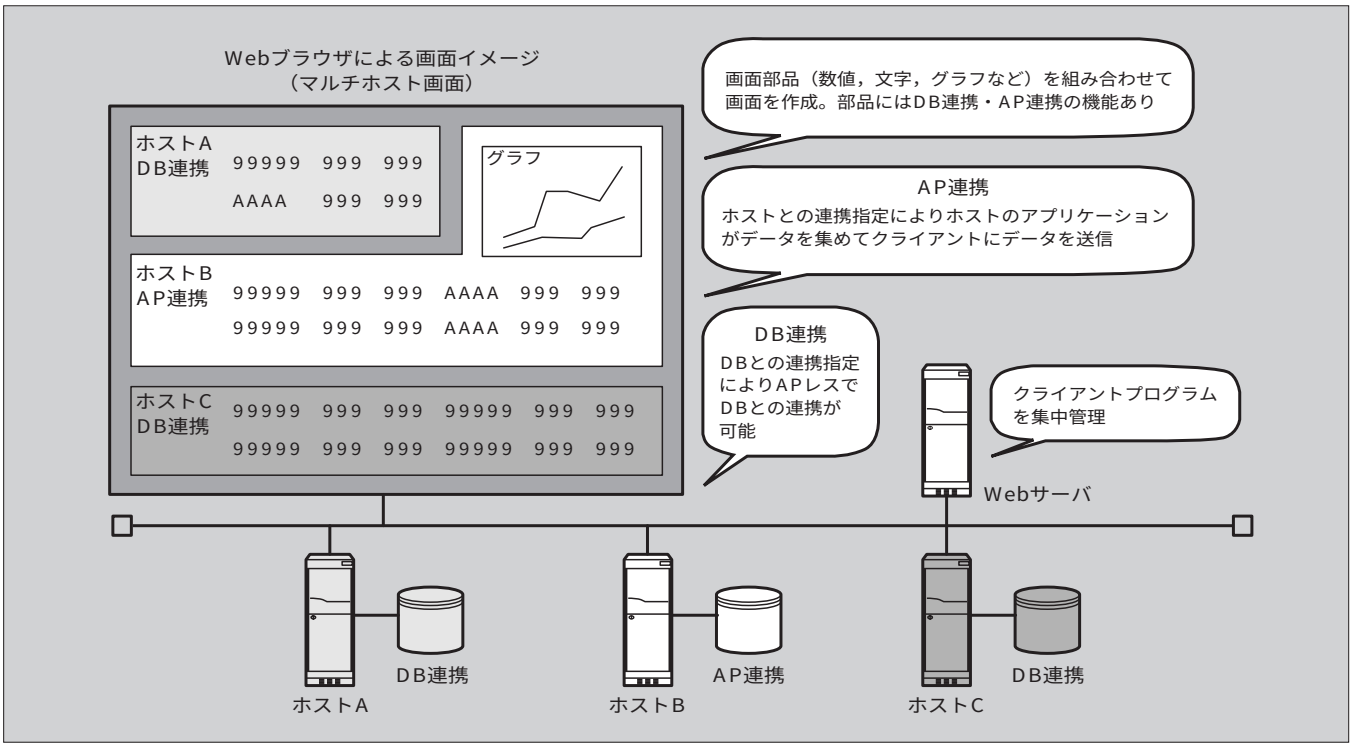


図５　Web による画面イメージ



使用するデータ辞書を中心とした，**図６**に示す開発支援環境について紹介する。

(1)　データ辞書機能

システムで使用しているデータをすべてデータベースを用いて管理する。管理する項目はデータ名，略称，型，単位，レンジなどである。

(2)　ファイル仕様書作成機能

データ辞書に登録してある情報を基に，データをファイルにリンクづけることによりファイル設計を行い，ファイル仕様書を自動的に作成する機能である。

(3)　伝送インタフェース作成機能

ファイル仕様書と同様，データ辞書から項目を選択することにより伝文フォーマットを作成することができる。

3.4　Windows NT 対応ミドルウェア

従来の UNIX システムと同等の，**図７**に示すシステムを構築するための UNIX と互換性のあるミドルウェアを提供している。

(1)　DF-ROSE（分散プロセス管理）

リアルタイム向けプロセス管理機能で，プロセスの優先順位管理，タイマ起動管理，ソフトウェアウオッチドッグタイマ，トレース機能などを持つ。分散環境に対する FSINET 経由の分散起動管理機能も備えている。

(2)　PFILE

一，二，三次元およびサイクリックファイルを提供し，主記憶・補助記憶・分散ファイルなど多彩なファイル配置に対応している。ファイルアクセストレースなどのサポート機能も UNIX 版と同一機能を準備しており，さまざまなファイル構成の要求にこたえている。

(3)　FSINET

Ethernet〈注5〉上の通信機能を提供している。伝送路の二重化，異機種間のデータ形式の自動変換をサポートし，UNIX 機とのシームレスな連携が可能である。

(4)　modePro（構成制御）

制御システム分野で要求される高信頼システムを効率よく実現するためのフレームワークで，稼動状態管理，機器状態管理，異常検出（コンソールメッセージ監視，ループ監視），時刻補正処理などにより高信頼システムを効率よく構築可能である。

(5)　HCI 機能

前述した UNIX 版のイントラネット対応 HCI と同一機能を実現している。また，UNIX と Windows NT マシンが混在したホスト環境もサポートしている。

(6)　PE リンク（制御用 LAN）

MICREX-F と通信するための制御用 LAN であり，ブロードキャスト通信，メッセージ通信機能を提供している。

(7)　RAS 機能

パソコン本体だけではサポートされていない RAS 機能を提供している。温度異常検出，ファン回転停止検出，ウオッチドッグタイマ機能，ハードディスクエラー検出，LAN 稼動情報などの検出を可能とし，異常部位の迅速な特定を可能としている。さらに，SNMP（Simple Network Management Protocol）にも対応し，リモートでの集中監視も可能である。

〈注5〉Ethernet ：米国 Xerox Corp. の登録商標

図６　開発支援環境

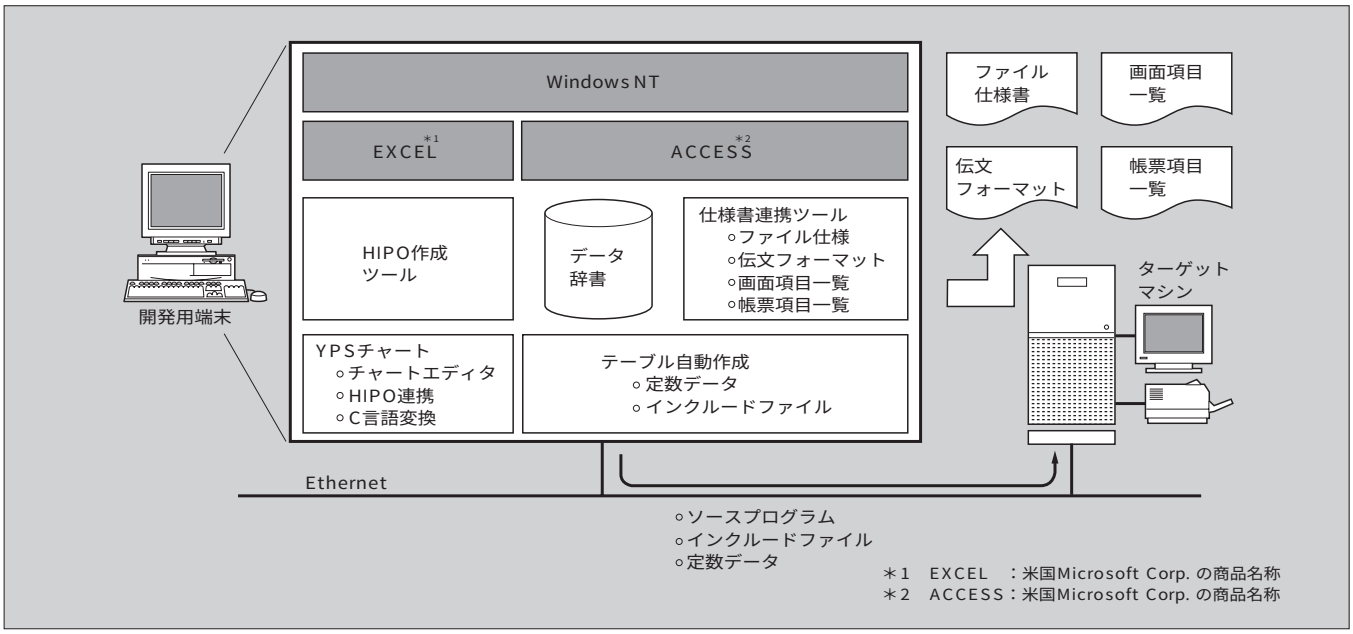
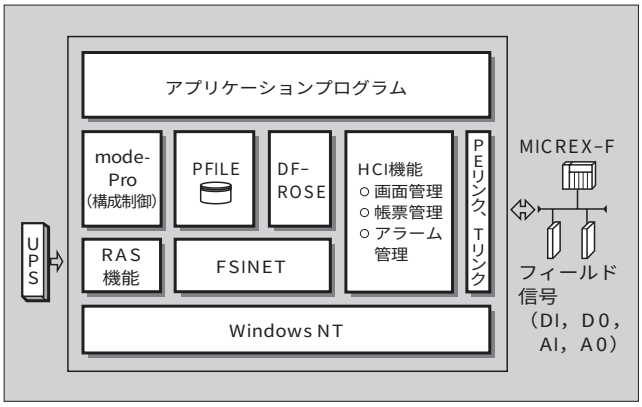


図７　Windows NT のミドルウェア



4　あとがき

鉄鋼分野向けオープンシステムを構築するためのミドルウェアについて提供中のパッケージの紹介を行った。この分野は信頼性・レスポンス性が重要視されるなかでオープン性が求められており，われわれメーカーとしても最新技術の早期実用化，高信頼化，低コスト化に努めている。

今後は CORBA（Common Object Request Broker Architecture），DCOM（Distributed Component Object Model）をベースとした分散コンピューティングへの対応，また HCI に関してはネットワークコンピュータへの対応について実用性の検証を進めていく所存である。

参考文献

(1)　林佳男・石川健一：コンピュータシステムを支えるミドルウェア，富士時報，Vol.70，No.2，p.105-108（1997）

プラントシミュレータのごみ焼却設備への適用

中谷　一彦（なかや　かずひこ）

1　まえがき

ごみ焼却設備は，ごみの増大，環境問題，エネルギー問題などの種々の要請にこたえるため，大形化，高機能化，複合化が進んでいる。これらの設備を効率よく安全に運転管理するために，分散形制御システム（DCS ： Distributed Control System）が積極的に導入されている。

プラント制御の自動化が急速に進むなか，運転員には非定常運転時やプラント異常時に迅速な対応が要求される。このため，運転員の訓練の問題がクローズアップされてきた。

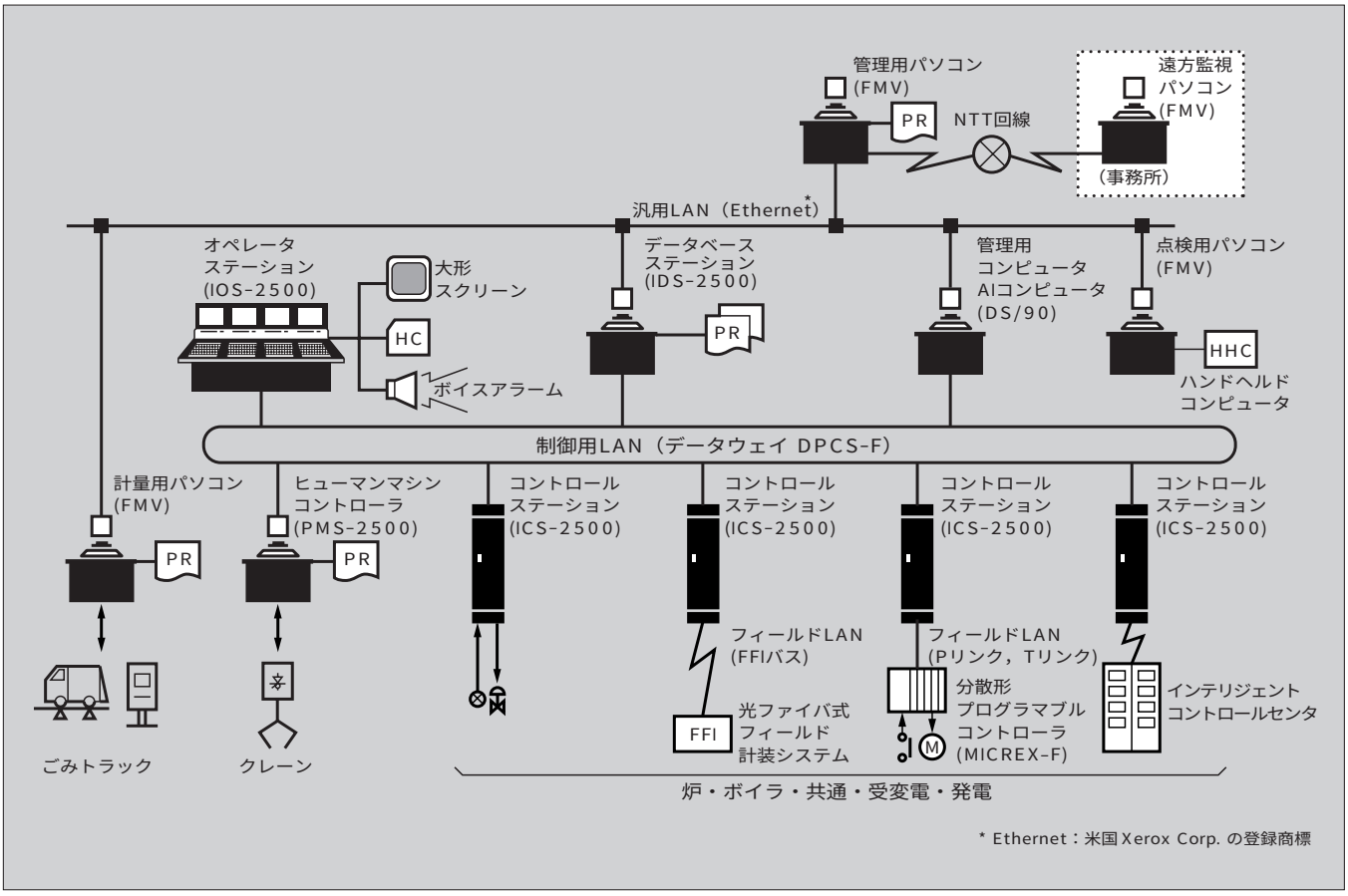
本稿では，最近の富士電機のごみ焼却計測制御システムIICS（Incinerator Instrumentation & Control System）とプラントシミュレータを紹介する。

2　最近のごみ焼却計測制御システム

2.1　システム構成

IICS のシステム構成を**図 1** に示す。ごみ焼却設備に適用される計測制御システムは，MICREX-IX シリーズで，

図 1　IICS のシステム構成



中谷　一彦

ごみ焼却処理施設などの計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在，システム事業本部計測システム事業部技術第三部主査。

ヒューマンインタフェースはIOS-2500，プラントデータの一元管理を行うデータベースステーションはIDS-2500，計測制御を行うコントロールステーションはICS-2500，制御用LAN（Local Area Network）はDPCS-Fから構成される。また，クレーンなどの現場監視制御には，スタンドアロンで監視・操作・制御・帳票が可能なPMS-2500を適用し，データウェイと接続する。さらに，管理用コンピュータを制御用LAN，汎用LANに接続し，プラントデータ，計量用パーソナルコンピュータ（パソコン）のデータ管理を行い，統合化システムを構築している。

2.2　システムの特長

IICSシステムの特長を次に説明する。

(1)　EIC統合

大規模化・複合化した工場を効率よく安全に運転・管理していくために，電気（E），計装（I），コンピュータ（C）の情報が同一のCRTで監視・操作できるようにしたEIC統合化システムである。

(2)　ネットワークの充実

ネットワークは，汎用LAN，制御用LAN，フィールドLANの3階層構成となっており，それぞれの階層内，階層間のデータ通信も容易で，高速水平・垂直ネットワークシステムとなっている。EIC統合と合わせて，工場全体の自動化，総合管理に大いに役立っている。

(3)　運転管理支援システムの充実

オペレータや保守員，あるいは工場管理者の負荷を軽減するために，次のような運転・管理支援システムが付加可能である。

(a)　予防保全，設備診断，運転支援システム

AI（Artificial Intelligence）技術を利用したシステムで，機器およびプロセスの異常状態の発生予測，警報出力を行い，機器・設備の予防保全を行う。また，トリップ時のプロセスの解析，原因推定，進展予測，波及予測など，オペレータに運転支援ガイダンスを行う。

(b)　在庫管理，機器台帳管理システム

予備品・消耗品の管理，設備機器の詳細仕様・点検履歴・部品交換履歴などの管理を行うシステムで，汎用パソコンを利用し，検索が容易となっている。

(c)　点検データ処理システム

炉立上げ前の現場点検，および定期的な現場保全管理において，ハンディターミナルを用いて，点検漏れ，手順ミスの防止，点検の簡易化を図るシステムである。DCSとオンライン接続し，点検データのリンケージを図ることができる。

(d)　遠方監視システム

ごみ焼却処理施設の各種データ（アラーム，計測値，トレンド，帳票データ）を公衆回線を利用して，遠隔に設置された端末にて監視することにより，運転状況の把握，異常（RAS情報）に関しては，DCSメーカーとの保守契約で，リモートメンテナンスサービスを実施することが可能である。

3　プラントシミュレータ

3.1　プラントシミュレータの概要

本プラントシミュレータは，プラント動作を模擬し，熟練技術者の不足や初心者オペレータの教育用システムとしてのニーズにこたえるだけでなく，効率的な学習プランにより早期熟練をめざすシステムである。プロセスの動特性や挙動を模擬するだけでなく，定常時には経験できないような事故や故障などが発生した際に，適切な操作や対応ができるような知識や技能を維持向上させるためのシステムである。本システムは，プラントモデル（動特性モデル，配管系統モデル，機器モデルなど）と，被訓練者の理解度合いを把握したり，間違いを起こしたときにその原因を同定するための学習者モデルという2種類のモデルを内在している。さらに，訓練目的や被訓練者の理解度合いに応じて学習のシナリオ（学習プラン）を立案できるという特徴を具備している。

3.2　プラントシミュレータの役割

(1)　異常発生時の原因解析支援

異常発生時（マルファンクション）の過去のトレンドデータを再現し，解析支援を行う。

(2)　プラント運転操作の訓練支援

プロセスの動特性を模擬するだけでなく，擬似異常を発生させ，プラントの挙動の把握および異常時の復旧操作の訓練を行う。

(3)　運転員の操作監視支援

運転員の操作量に基づき，将来の挙動をプラントモデルを用いてシミュレートし，運転操作監視支援を行う。

3.3　プラントシミュレータのハードウェア構成とソフトウェア構成

被訓練者の利用環境としては，実際のDCSと接続した実感のある利用環境でプラントシミュレータを用いる。被訓練者は，DCSの画面から実際のオペレーションとまったく同様にプラントの操作を行う。対象とされるプラントはプラントモデルとしてコンピュータ内でシミュレートされ，被訓練者は実際のプラントを操作する感覚で訓練を受けることができる。

そのほかに訓練管理，評価支援を行うインストラクタ用端末から構成される。ハードウェア構成を**図2**に，ソフトウェア構成を**図3**に示す。

3.4　訓練内容

本プラントシミュレータでは，プレイバック機能により過去に行った訓練を再度行うことができ，運転技術のレベルアップの確認や，不得意なオペレーションを集中的に練習することができる。

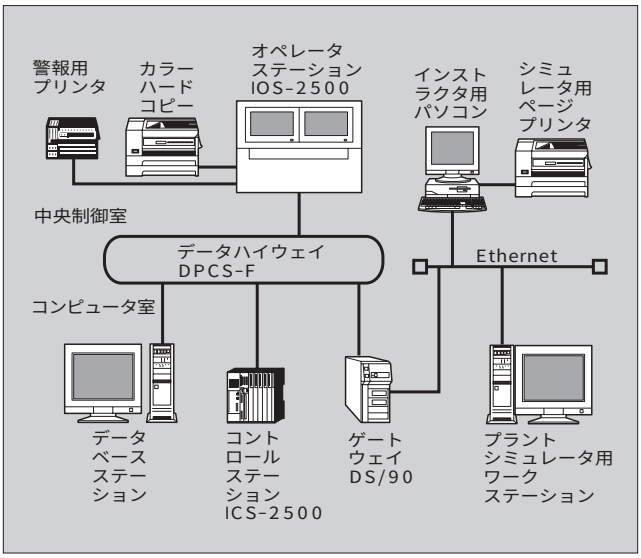
運転訓練項目は次のとおりである。

(1)　定常運転訓練

定常運転時における異常対応操作の訓練の例として次のような項目がある。

(a)　ボイラドラム圧力高
(b)　排ガス NO_x 濃度高
(c)　蒸気発生量の高低

図２　プラントシミュレータのハードウェア構成



(d)　ホッパブリッジ
(e)　商用電力ブリッジ

(2)　重大異常対応訓練

プラントの運転を継続することが不能となるような緊急を要する重大異常を想定した訓練として，次のような項目がある。

(a)　蒸気タービントリップ
(b)　ガスタービントリップ
(c)　押込送風機トリップ
(d)　誘引送風機トリップ
(e)　商用電力トリップ

(3)　非定常運転訓練

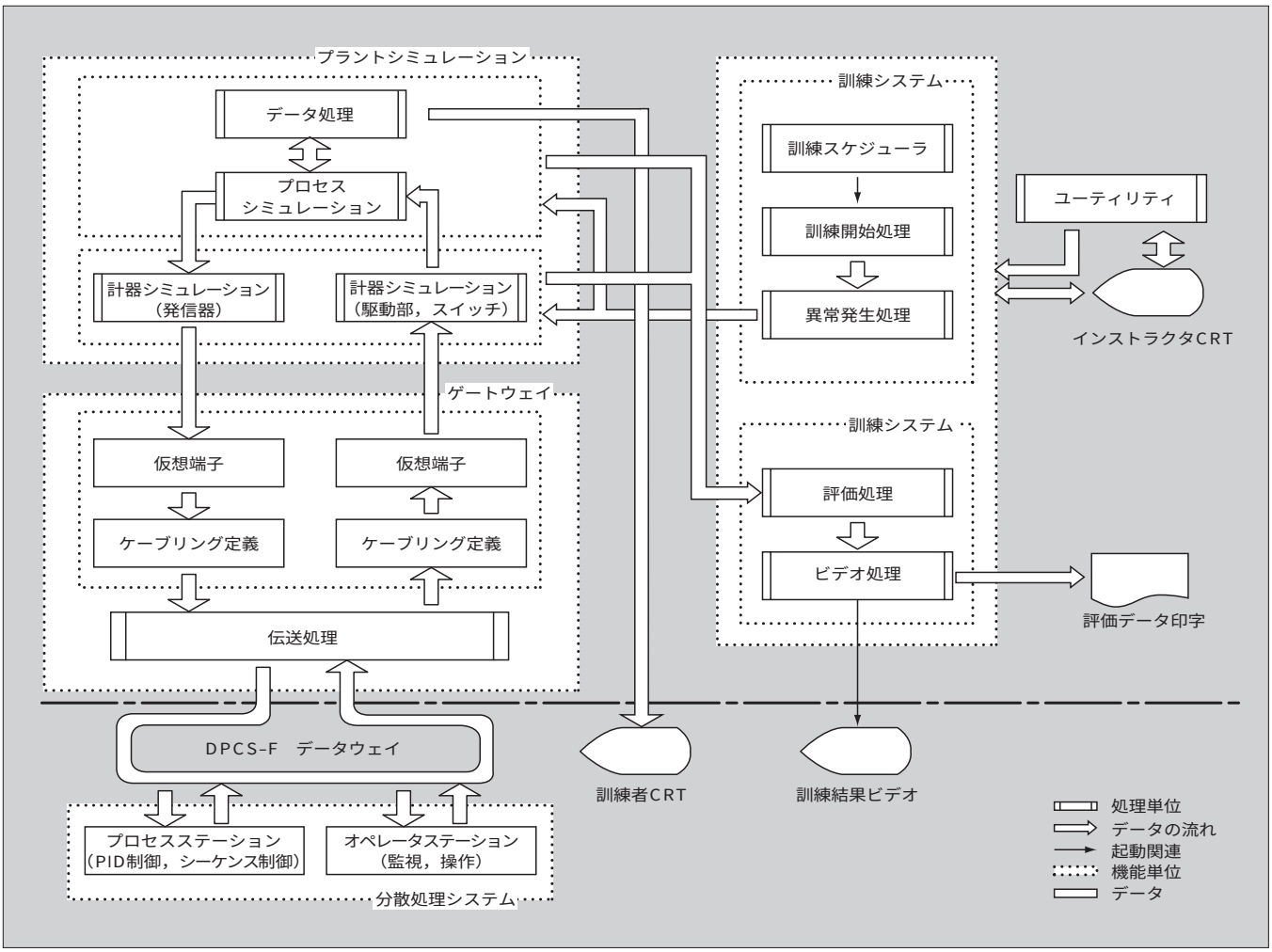
プラントの自動立上げ・立下げ時の監視操作および渋滞時対応操作の訓練がある。

(a)　ボイラの立上げ・立下げ
(b)　ごみ燃焼の立上げ・立下げ
(c)　蒸気タービンの立上げ・立下げ
(d)　ガスタービンの立上げ・立下げ

3.5　シミュレーションの管理機能

本機能は，数値計算・制御解析プログラム MATLAB〈注1〉配下で起動する動的システムのモデリング，シミュレーショ

図３　プラントシミュレータのソフトウェア構成



ンを行うプログラム SimuLink〈注2〉で構築されたプラントモデルと本プラント訓練シミュレータシステムとの連携を行う。以下，プラントモデル構築は MATLAB と記述する。

MATLAB で作成したプラントモデルをシミュレータで利用するためには，ソースコード生成プログラム RTW（Real-Time Workshop，MATLAB 配下で起動）で C ソースコードを生成する。シミュレータ用プラントモデルの構築において，MATLAB ではプラントモデル構築と C ソース生成までを実行する。

(1)　MATLAB のプラントモデルで使用される変数名を取り出し，ブロック名テーブルを作成する。このブロック名テーブルで，プラントモデルとシミュレータとの変数間のリンクをとる。

(2)　MATLAB で生成された C ソースコードを Windows NT〈注3〉で起動可能なようにする。

上記(1)，(2)は，本プラントシミュレータシステムから実行する。

3.6　訓練管理機能

本機能はインストラクタによる操作・設定を行う。

3.6.1　インストラクタによる操作

(1)　訓練の操作機能

訓練にはシミュレータの進行速度であるタイムスパンを実際の速度の 1/10 ～ 10 倍の範囲で変更ができる。訓練のスタート，ストップ，一時停止，再スタート，プレイバックの操作ボタンによりモデルの状態を変化させ訓練を行う。さらに，訓練シナリオを使用せずに，インストラクタの手動操作によりマルファンクションを発生させ，訓練を行うこともできる。

(2)　インストラクタ名の管理機能

インストラクタの名前を選択・追加し，訓練を受ける被訓練者の管理を行う。

(3)　被訓練者名の管理機能

被訓練者の名前を選択・追加し，訓練を行った実績や評価，シナリオが関連づけて管理される。

(4)　プラントモデルの管理機能

プラントシミュレータに使用するモデルは，本システムで使用・管理できるファイル名として選択・指定する。

(5)　訓練シナリオの管理機能

各モデルに対して訓練シナリオを設定し，訓練項目に応じたマルファンクションを順次発生させることができる。これらも訓練シナリオ名で管理され，訓練時に選択・実行される。

また，訓練シナリオは使用せず，初期状態だけを選択して，訓練実行時にインストラクタがマルファンクションを発生させ，訓練を行うこともできる。

(6)　マルファンクションの管理機能

選択されたプラントモデル，訓練シナリオに関してのマルファンクションの一覧表示および追加・削除（プラントモデルに対する追加・削除ではなく，訓練シナリオに対する追加と削除を意味する）を行う。

(7)　初期状態の管理機能

各プラントモデル・訓練シナリオに対して初期状態を選択する。初期状態の作成はプラントモデルをあらかじめ起動させ，安定状態を生成させたうえでスポットセーブ機能によりデータを取り込み作成する。

(8)　トレンドの表示機能

本シミュレータの稼動状態を表すプロセス変数のトレンドグラフと被訓練者が操作する操作変数を表示する。

3.6.2　被訓練者の操作

被訓練者は基本的にはインストラクタが立案した訓練シナリオに従って訓練を行う。このため操作としては，訓練時のパラメータ変更操作と訓練終了時の手本となる操作との比較結果の確認となる。

(1)　訓練時の操作設定機能

DCS を用いた訓練では操作量の設定はそのまま行えるが，スタンドアロンでの使用時には DCS を模擬した画面を準備するか，もしくはパソコン上の簡易的な設定画面を用いる。

(2)　トレンド表示機能

本シミュレータの稼動状態を表すプロセス変数のトレンドグラフと被訓練者が操作する操作変数を表示する。

3.7　訓練評価の支援機能

本機能はインストラクタが行う訓練評価を支援する機能である。

3.7.1　インストラクタの操作

(1)　マルファンクションの検知評価機能

マルファンクションの発生から，異常検知までの時間を評価指標として抽出する機能で，異常発生の兆候をとらえる訓練の評価を行う。

(2)　模範操作の抽出機能

訓練シナリオごとに，インストラクタが操作を行うことによって，模範操作を抽出する機能で，この模範操作を基準として，被訓練者の操作手順を操作量，操作タイミングの乖離（かいり）度を算出して訓練評価を行う。

(3)　プロセス挙動の評価機能

各プロセス変数の変動許容幅を設定し，この変動許容幅を超えた回数を評価指標として訓練結果を評価する。また，変動幅の最小値・最大値を提示する。

(4)　訓練結果のアドバイスの作成支援

訓練結果のアドバイスは，(1)～(3)の客観的評価とインストラクタが書くコメント分で構成する。訓練結果のフォーマットを提供する。

(5)　訓練シナリオの作成支援

訓練履歴から被訓練者の欠点を抽出し，訓練シナリオを作成することを支援する。

〈注1〉MATLAB ：米国 The Math Works, Inc. の登録商標

〈注2〉SimuLink ：米国 The Math Works, Inc. の登録商標

〈注3〉Windows NT ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

3.7.2　被訓練者の操作

(1)　訓練の評価表示機能

被訓練者が行った運転訓練結果を評価結果とともに表示する。

4　あとがき

プラントシミュレータは，プラントの数式モデルを作成し，コンピュータ上でシミュレートすることで，実プラントでは不可能であったさまざまな訓練を可能にする。本稿で紹介したプラントシミュレータが，他のプラントへの水平展開への参考となれば幸いである。

今後とも，環境事業の計測制御システムに携わる者として，人と環境に優しい最適システムを提供できるように，積極的に取り組んでいきたい。

参考文献

(1)　(株)クボタ環境プラント事業部：マルチメディアごみ発展プラント運転訓練シミュレータ，計測と制御，Vol.36，No.4，p.308-309（1997）

(2)　小林恒明：ごみ焼却処理施設の計測制御システム，富士時報，Vol.68，No.9，p.518-524（1995）

最近登録になった富士出願

〔特　　許〕

登録番号	名　　称	発明者
2643490	リンギングチョークコンバータの過電流保護回路	植木　浩一 田中　順造
2643510	視認度測定装置	財津　靖史 大戸時喜雄 平岡　睦久 星川　　寛 安本　浩二
2643511	電気浸透式脱水機	山口　幹昌 今西　　浩 吉田　正孝
2643550	外観検査装置	中島　康晴
2643566	光記録媒体	漆谷多二男 佐藤　喜一 荻野　慎次 小沢　賢治 川上　春雄
2643572	レーザ用電源装置の出力電圧制御方法	木戸口秀隆
2645162	分散配置型電源用逆圧検出回路	竹村　　健 清水　敏久
2646646	突入電流制限回路	岡村　幸一
2646654	電圧形インバータの保護回路	小西　茂雄
2646752	回路遮断器のトリップクロスバー	三浦　正夫 内田　直司 淺川　浩司
2646759	カップ自動販売機のカップ選択装置	伊藤　元志 竹中　勝巳 坂崎　隆司 山本　正弘
2646763	電力変換装置用トランジスタモジュール	飯田　清志 藤原　喜隆 三木　広志
2646765	MIS ゲート制御型サイリスタ半導体装置	土屋　和広
2646767	回路遮断器の開閉機構	高橋　龍典
2646773	超音波振動子	橋本　　貴
2646783	硬貨選別装置の硬貨リフター駆動装置	伊藤　義矩
2646792	電磁接触器の動作表示装置	日向　正光
2646796	ガスセンサ及びその製造方法	藤高　久士 曳田　　博 清野　純一 石倉　賢二
2646797	回路遮断器のトリップ機構	篠原　久次 大手　正一 朝日　信夫
2646815	タンディッシュの誘導加熱装置	川崎　道夫
2646821	半導体製造装置	細岡　　悟 八木　　亨
2646822	インバータの運転状態切替方法	市原　孝男
2646834	光合成リアクターシステム	西方　　聡
2646845	自動同期投入装置	斉藤　哲夫
2647658	両方向通電形半導体遮断器の制御方法	岡　　幸夫 荒井　研一 田中　滋夫
2650116	カップ式飲料自動販売機	津田喜一郎 福島　徹也
2650308	ショーケースの庫内温度制御方法	高野　元明

運転支援システムの石油分野への適用

東　　尚巳（あずま　なおみ）　　植草　　誠（うえくさ　まこと）

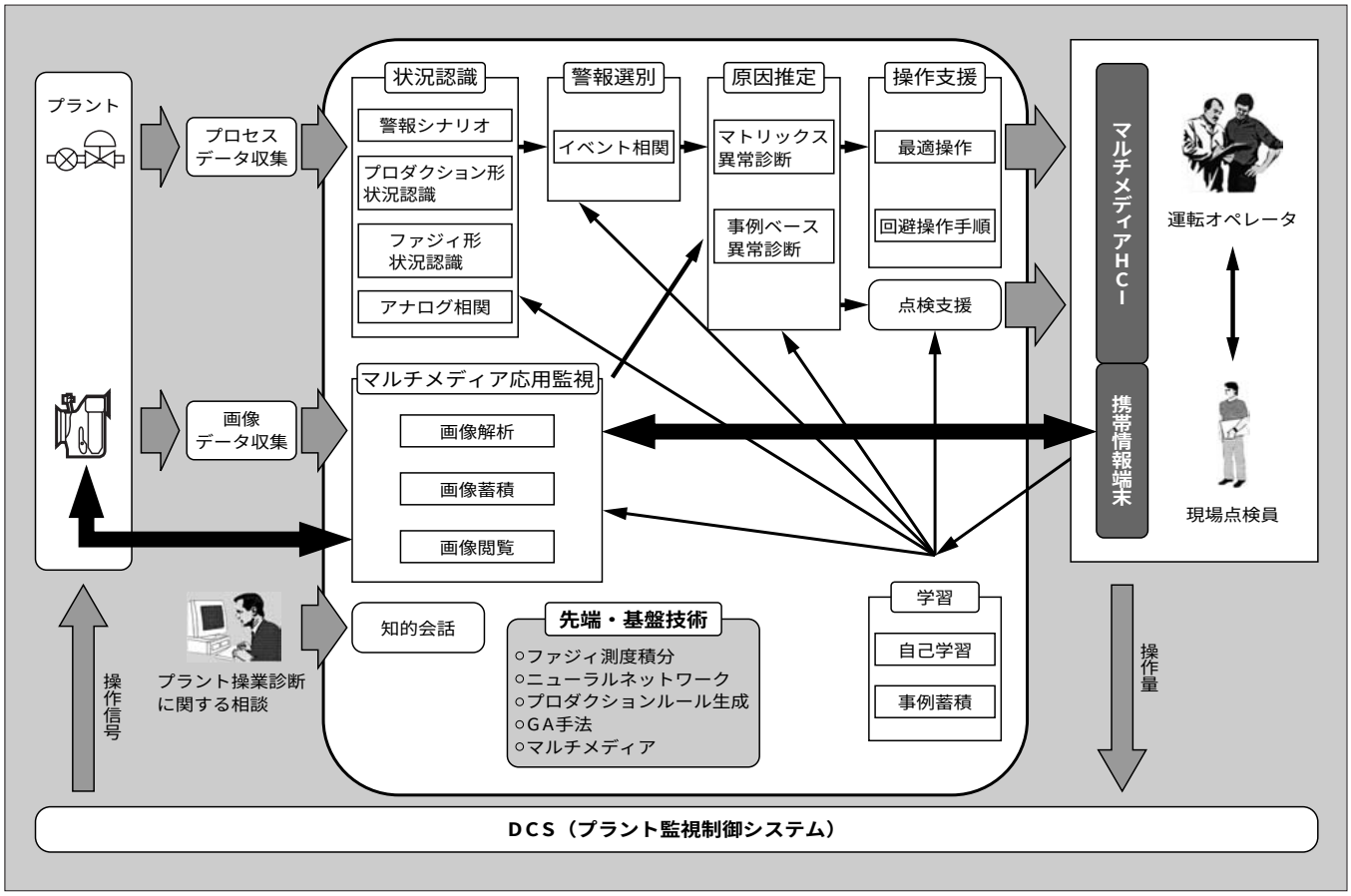
1　まえがき

石油業界では，装置運転およびオフサイトのDCS（Distributed Control System）化や情報化が行きわたり，製油所の操業面では高度な自動化・省力化が進められてきた。バブル崩壊や「特定石油製品輸入暫定措置法」廃止の影響で，大規模な設備投資はないものの，逆にこれらの余波を乗り切るために，同業他社までも視野に入れた物流の合理化や情報インフラストラクチャ整備などによる全社的な効率化が盛んである。

こうしたなかでも，製油所本来の基本理念「安全・安定操業」「長期連続運転」は不変であり，最近これらを支援する仕組みのシステム化が注目をあびている。

しかし，こういったシステムは従来の自動化・省力化システムに比べると，効果の評価尺度が不明確であるといわれがちである。その原因は，上記の基本理念が生産行為のようにアウトプットを数値で表現できないことと，一世代前のファジィやニューロに代表される，いわゆる「AIブーム」の産物が「動きは良いけど使えない，使ってもしかたない，メンテナンスできない」といった印象を植えつけた

図1　運転支援システムの全体構成



東　　尚巳

石油・化学プラント計装制御システムのエンジニアリングに従事。現在，システム事業本部計測システム事業部技術第二部主査。

植草　　誠

PA分野のコンピュータシステム開発に従事。現在，富士ファコム制御(株)システム本部第一システム統括部産業システム部課長補佐。

からと考える。

富士電機では，こうした一世代前の印象を一掃してオペレータの日常作業を支援する「運転支援システム」を構築できるように，最新ツールをベースに強力な HCI（Human Communication Interface）を装備したユーザーオリエンテッドなシステム商品を開発してきた。以下に，この「運転支援システム」の開発思想からそれを構成する各システム商品の仕組みを事例を交えながら紹介する。

2　運転支援システムの概要

近年，監視制御システムの高機能化，自動化範囲の拡大が進んできている。こうしたなか，増大していく情報を効率的に運転員へ提供するため，HCI のグラフィック化や，画像，音響，図面情報を提供するマルチメディア技術の適用も積極的に行われ始めている。

しかし，システム化の伸長と運転員の業務軽減化は必ずしも一致するものではない。運転員には，システム化が困難なプラントの状況認識，異常時の原因究明，最善な回避策決定などを，膨大な情報のなかからリアルタイムで判断，処理する属人的な業務が任されている。この業務支援には HCI の高機能化だけでは不十分であり，監視診断機能の高度化が求められている。

そこで，どのように高度化された分散形監視制御システムにおいても必ず行われている運転員の業務全般を支援すべくオープン，EUC（End User Computing）のコンセプトのもとに商品化を進めている。運転支援システムは，**図 1** に示すように，現在のプロセスの状態を監視，推定する「状況認識」，マルチメディア情報を使用した「マルチメディア応用監視」，発生したイベントに対して重要なイベントだけを選別する「警報選別」，発生した異常の原因を推定する「原因推定」，異常発生後の回避操作を行う「操作支援」から構成される。

3　状況認識

「状況認識」は，複数のプロセスデータからプラントの状況を総合的に判断する機能である。具体的には下記の機能から構成されている。

- ○警報シナリオ機能：プラントの立上げ・停止，ジョブ切換などにおいて，あらかじめ予測された挙動どおりに動作しているか否かを監視する。
- ○アナログ相関監視機能：2 変数間の相関関係に基づいた異常監視を行う。
- ○プロダクション形状況認識機能：プロセスモデルと if-then ルールを利用し異常兆候を検出する。
- ○ファジィ測度積分形状況認識機能：複数のプロセス情報間の相関度合いにより異常兆候を検出する。

3.1　警報シナリオ機能

プラントの立上げ・停止，運転モード変更など，あらかじめ定められているプロセスデータ挙動，操作タイミングなどをシナリオとして設定しておき，シナリオ起動用信号の入力時点からダイナミックな監視を開始する。起動信号ごとに複数のシナリオを分類・登録することが可能である。

例えば，**図 2** に示すようにボイラ通風後のタービン起動時には，タービン回転数，発電機出力値などを起動曲線に従って監視する必要がある。警報シナリオ監視機能では，タービン起動時の起動理想曲線と上下限値をグラフィカルに定義し，時間経過に従って正常範囲内にあるかどうか監視を行う。

さらに，監視結果の分析機能による各プロセス機器の異常動作頻度一覧の表示，警報シナリオの半自動生成などの機能も提供している。

3.2　アナログ相関監視機能

単純な上下限監視だけでは，複雑な条件下での検出は困難である。この機能は，相関のあるプロセス変数に対して正常な相関分布領域内にあるか否かで異常監視を行うものである。

例えば，多燃焼混合形のボイラでは，燃料のカロリーベースであらかじめ決まった燃焼混合比の範囲内で運用する必要がある。この機能では，ガス体燃料と燃料油の正常な燃料混焼比領域を**図 3** に示すように多角形で定義し，正常な

図２　警報シナリオ監視画面例

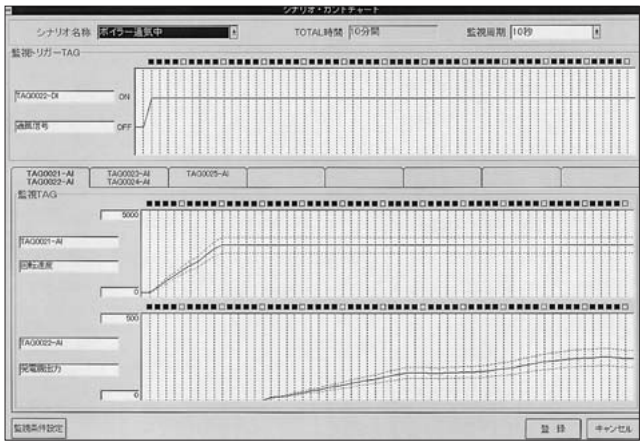
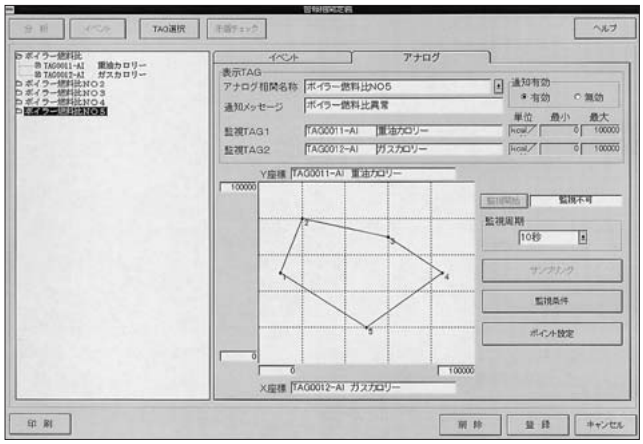


図３　アナログ相関監視画面例



燃料混焼比にあるかどうか監視を行う。

この領域も複数のプロセス状態ごとに定義できることから，時間経過に従ったダイナミックな異常監視が可能となっている。

また，運転員自身でのシステムレベルアップを実現するため，対話操作にて監視条件を任意に設定したり，正常な状態でプラントが運転されたときの時系列プロセスデータを利用して監視対象となる正常な関係を自動生成させる機能も有している。

3.3　プロダクション形状況認識機能

プロダクション形状況認識では，プロセスの状況を自己回帰モデルと if-then 形式のルールにて表現し，異常発生を予測する。

この機能の特長は，プロセスの定常・非定常状態の判定をモデルにて判定し，非定常状態をルールにて精密診断することにより，モデルに求められる厳密性の低減，傾向変動に対するロバスト性の向上，ルール数の減少を実現している点にある。

図4は，蒸気タービンの排気圧力異常監視を行っている例である。定常状態での排気圧力をタービン発電量とプロセス蒸気使用量で自己回帰式モデルを構築し，このモデルの予測値と実績値の誤差から定常状態か否かを判定する。非定常状態と判定された場合には，異常発生時の多数データから抽出された if-then ルールにより詳細な異常検知を実行する。

なお，モデルやルール構築には，プロセスデータから自動生成する機構を備えているため，データ解析，知識整理作業，運用下でのメンテナンス作業を大幅に効率化している。

3.4　ファジィ測度積分形状況認識機能

多数の計器類を監視し，そのなかから本質的な情報を抽出する作業を運転員に代わって行うものである。ここでは，プラントの計測情報を，認識すべき状況の兆候をとらえるファジィ命題の適合度に置き換え，それらの相互作用を考慮した状況認識値に統合するためにファジィ測度積分を応用している。

この機能では，推論結果が 0，1 の論理値でなく，異常をとらえるための命題の適合度をファジィ積分で統合するため連続した値となる。また，推論方法が線形でないため，さまざまな入力情報間の相互作用を評価できる。したがって，運用しながら，正誤結果によるファジィ命題，測度の調整を随時行っていくことで精度の向上を図ることができる（**図5**）。

例えば，ボイラの NO_x 異常などについては，ボイラの燃焼状態，燃料種類などで複雑に変化するため，事前に検知することが困難である。この機能では，NO_x 濃度の挙動に相関の強い変数を自動抽出し，過去に発生した NO_x 異常時のデータ解析を通して，各変数間の相互作用をファジィ命題，測度に自動展開する。オンライン監視では，この命題，測度からファジィ積分を行い，解析によって事前

図4　プロダクション形状況認識機構

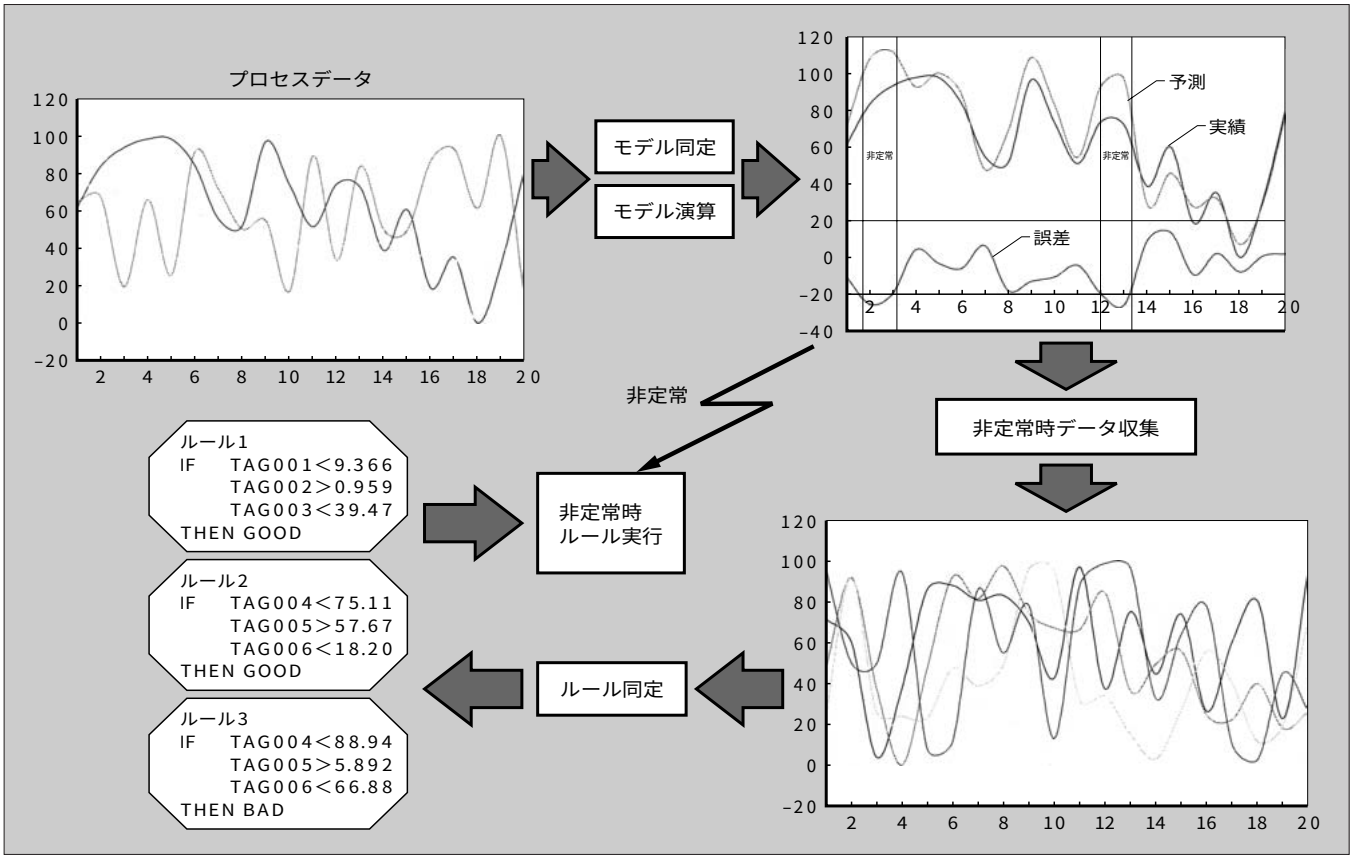
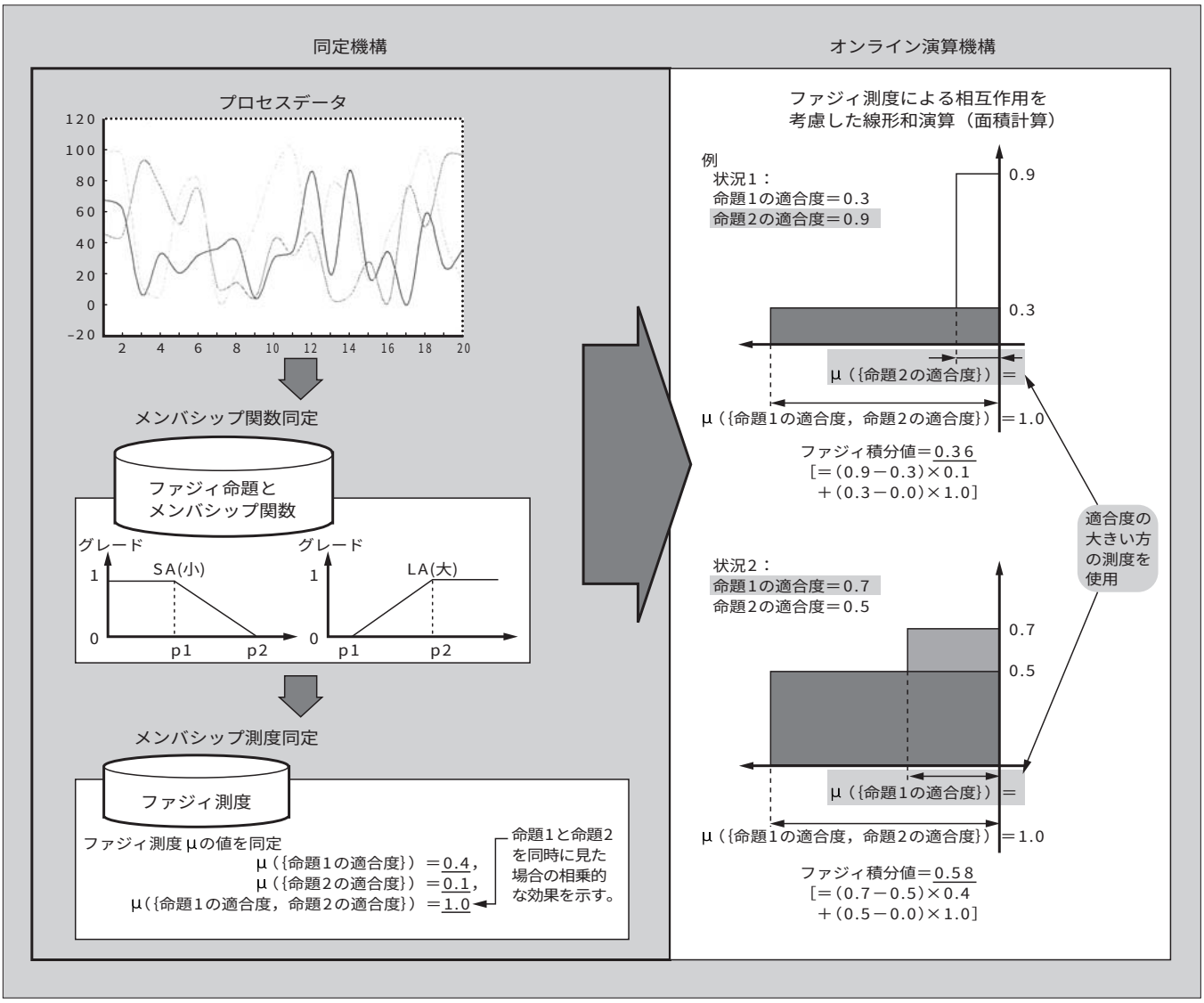


図５　ファジィ測度積分形状況認識機構



に決定しているしきい値と比べることで異常判定を行う。

現在，自己学習形による自動チューニング機構を構築中である。

4　マルチメディア応用監視

計測信号だけではプラントを取り巻く状況を正確に把握することはできない。プラント状況を正確に把握するためには，現場点検，現場作業が必須（ひっす）である。

最近のマルチメディア技術の進展により画像，音響データをも中央監視室へ取り込むことが進められてきている。しかしながら，運転員にとっては，情報の急速な増大となり，監視範囲，レベルの面で効率的な支援システムが求められている。

富士電機では，画像，音響データを現場サイドで自動取込み，解析，診断を行い（一次診断），必要時に運転員へ情報を提供する下記のシステム化を進めている。

○画像閲覧機能：現場に設置してあるカメラを自動または手動操作しながら現場状況を監視する。

○画像解析機能：定周期に取り込み，画像データを解析し異常監視を行う。

○画像蓄積機能：異常発生前後の動画情報を蓄積する。

4.1　画像閲覧機能

遠隔でマルチメディア情報による監視，操作が可能なように現場に設置してあるカメラを操作しながら現場状況を監視するために，次の処理を行っている。

(1)　プリセット登録処理

画面からカメラの操作を行いながら監視対象を事前にプリセット位置に登録することにより，自動的にカメラの位置，ズーム，フォーカスなどを制御し，現場の状況を画像表示する。

(2)　マニュアル操作処理

プリセット登録によるカメラの位置，ズーム，フォーカスなどの自動制御を中止し，画面からマニュアルにてカメラの操作を行いながら現場の画像を表示する。

(3)　メモ情報，詳細情報設定処理

表示されている画面の任意の位置に音声，テキスト情報

などのメモ情報またはプロセスデータのトレンド表示を詳細情報として登録する。登録したメモ情報または詳細情報は画面にシンボルとして表示され，シンボルをクリックすることにより音声の再生，テキストの表示またはプロセスデータのトレンド表示を行う。

4.2　画像解析機能

画像解析処理は，画像閲覧機能のプリセット登録位置にカメラを定周期的に移動させ，画像データから油漏れ，蒸気漏れ，侵入者などを監視する。監視結果により異常発生と判断した場合には，解析結果情報，異常発生時の静止画像データを保存し，中央監視室に設置してある HCI に異常通知を行う。

4.3　画像蓄積機能

プロセス情報および画像解析結果による異常発生時に，現場の画像情報を動画情報（MPEG1 形式）として蓄積し，蓄積した情報を検索し表示して事後解析や現場の状況把握を行う（**図6**）。

なお，蓄積した動画情報は，ブラウザなどにて表示可能としていることから，遠隔地で事後解析や現場の状況把握ができる。

5　警報選別

高度に自動化されたプラントでは，安全サイドへの配慮から多数のアラームが設定されている。しかし，重要な現象の見落としや誤操作を防止するためには，重要なアラームだけに絞り込む必要がある。

イベント（アラーム，状態変化）相関機能は，プラント運転中に多発するアラームを選別して運転員に知らせる回数を削減し，アラームの洪水に伴う負荷を軽減するものである。この機能は，関連ある複数のイベント間で主従関係を定義し，あるイベントが発生した後に，追随して発生するイベントはその通知を抑止する機能である。また，この機能は，活殺対象のイベント群，抑止時間などを定義しておくだけで，プラント運転中に多発するアラームを選別し通知する回数を削減するため，運転員の負荷軽減に貢献するものである。

例えば，**図7**に示すように重油ポンプ異常時に発生する多数のアラームをイベント相関として定義し，重油ポンプが異常停止した場合に同時発生する主蒸気圧力異常，重油バーナ前圧異常などを抑止して，運転員へ真の原因を確実に通知し，対応箇所を指示できるようにしている。

イベントの相関関係を整理しておくことで，アラームのリアルタイム通知の確実性を向上させるだけでなく，異常原因解析時の判断知識の共有化，均一化に大きな効果を発揮し，復旧の迅速化につながる。

また，運転員自身でのシステムレベルアップを可能とするため，過去に発生したアラームを保存管理しているイベントデータベースを分析して，イベント相関定義を自動生成させることが可能である。

6　対話形事例ベース異常判定支援

対話形異常判定支援は，現在の発生状況を，過去の事例

図6　マルチメディア応用監視機構

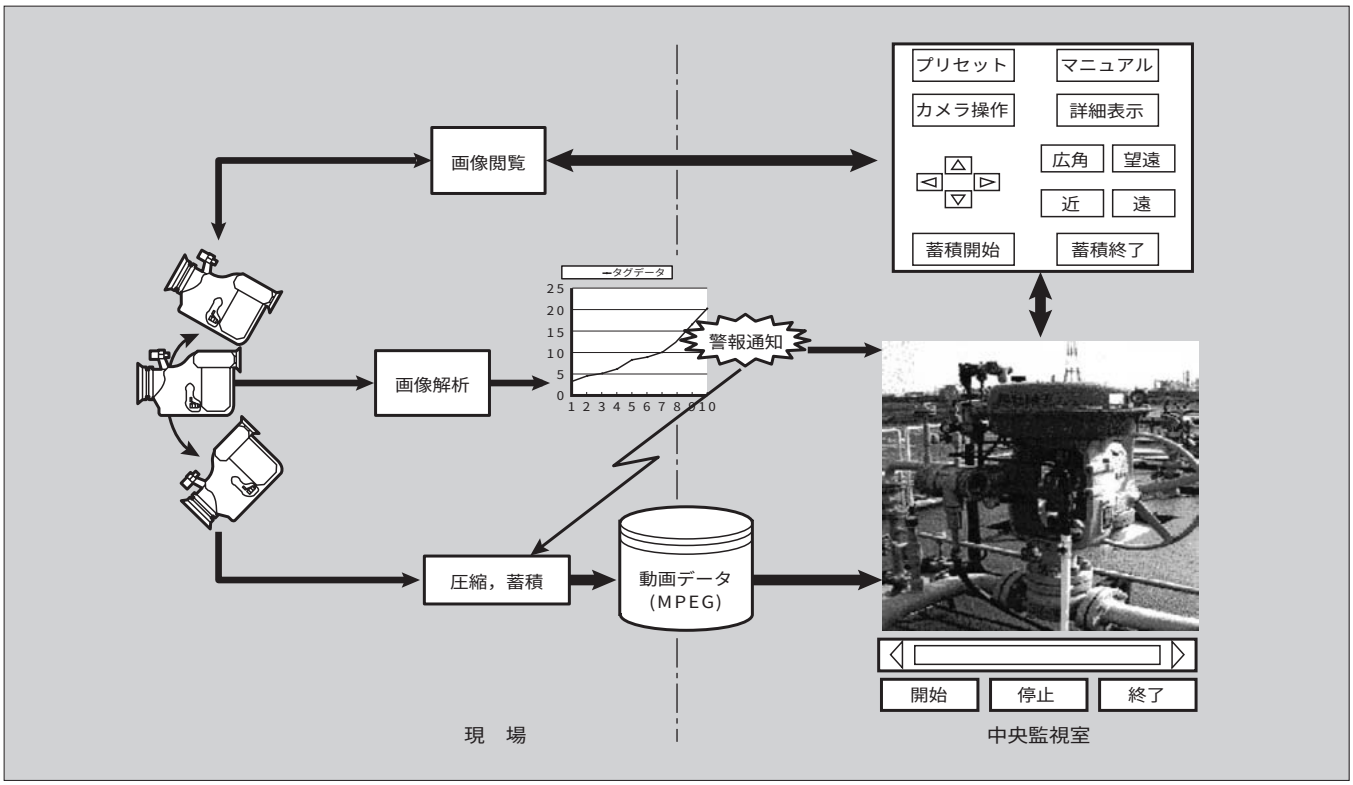


図７　イベント相関画面例

図８　事例登録画面例

データから類似度により収集整理し，原因究明を運転員と対話式で行うものである。

異常が発生した場合に，その症状を計測値などシステムにオンラインで取り込まれている情報を基に過去に発生したデータベースから類似事例を検索する。複数の事例から，現場などで確認するオフライン情報を自動抽出，並べ替えを行い運転員へ提示する。これに対し，運転員が現場状況を回答して行うことで，原因の絞込みを行っていく。

対話形異常判定に使用する過去の事例ベースは，診断結果により発生した症状，確認した項目，最終的な原因を事例ベースとして登録することにより順次レベルアップが可能となる。また，対応手順，対応方法内容の登録は，異常発生中のプロセス情報，イベント情報から実際の対応内容を推定し，対応時に関連する画像情報，プロセス情報，ドキュメント情報を含めて事例ベースに登録する（**図８**）。

7　操作支援

操作支援機能は，異常発生時の回避操作支援として，通常の運転員が行っている操作の自動化を目的として，操作端決定機構，操作量決定機構，プロセス全体への波及予測機構，各種アドバンスト制御，操作後監視機構から構成される。

操作支援の特徴は，操作端決定機構では，過去の運転履歴データから自動的に生成し，現在の状況にて操作すべき操作端を決定する。操作量決定機構では，ファジィ測度積分により決定する機構を採用している。操作量決定後にプロセスの系統状態および各設備モデルを使用し，影響をシミュレーションすることにより他への影響がないように操作端，操作量を決定する。また，波及予測にて予測した各プロセス情報の挙動を監視し，挙動が逸脱した場合に警報発生を行うことにより，操作後まで含めた操作支援機能となっている。

8　あとがき

運転支援システムを構築する各機能について紹介した。今後はこのようなシステムへの期待・需要が増大するものと考えられる。より広くユーザーニーズを収集して，さらに「人に優しく，簡単に，だれでも使える」システムに育てていく所存である。

しかしながら，このシステムの自動化の範囲は際限がなく，目的・目標・投資効果を事前に定量化しておく必要がある。富士電機では，導入を容易にするため，システム商品化し，ユーザーにて簡単にカストマイズでき，レベルアップを図っていくことで，真に有効な運転支援が行えるシステム化を進めている。

マルチメディア携帯端末システムの適用

飯野　光俊（いいの　みつとし）　　**田中　　優**（たなか　まさる）

1　まえがき

プラント設備機器の高機能化，高性能化，高信頼化の進展とともに，設備の保全業務もより複雑化している。プラント操業維持の観点からは，これらの複雑な設備の故障時に，的確な判断を短時間で行う必要がある。

一方で，市販情報機器の小形化・高性能化の進展と無線技術の発展により，小形軽量の端末装置［パーソナルコンピュータ（パソコン），PDA（Personal Digital Assistant）］を無線により結合し，システムとして構築することが可能となった。本稿では，小形軽量の可搬形情報端末装置と無線システムとを組み合わせたマルチメディア情報端末と，その応用システム例を紹介する。

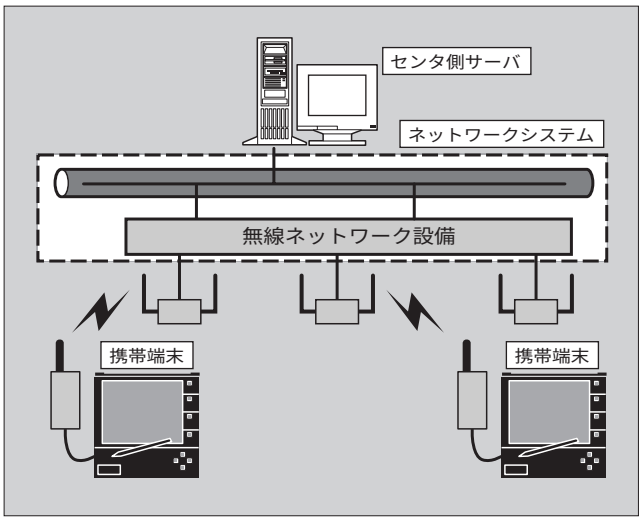
2　システムの概要

2.1　システム構成例

マルチメディア情報端末システムのシステム構成例，および各構成要素について以下に述べる。

マルチメディア情報端末システムは，プラント機器の巡回点検データを管理する中央のセンタシステムと，巡回点検や復旧作業を実際に行う作業員が携帯する情報端末，およびこれらをつなぐネットワークシステムから構成される。**図1**に，マルチメディア情報端末システムの概略構成を示す。

図1　マルチメディア情報端末システムの概略構成



2.1.1　センタシステム

センタシステムは Windows NT〈注1〉が動作するパソコンで構成され，データベース機能，映像表示機能を実行する。実際のシステムにおいては，設備管理サーバや図面管理サーバと共通化される。

2.1.2　マルチメディア携帯端末

現場で作業を行う作業員は小形の端末（ペンノートパソコン）を携帯する。この端末の OS（Operating System）は Windows 95〈注2〉にペン入力機能（Pen Service for Windows 95）が追加されたものである。**表1**にマルチメディア情報端末の仕様を示す。

このシステムでは，現場の映像をセンタへ送信したり点検の進捗（しんちょく）をセンタへ通知するために，ネットワークカードとカメラカードをマルチメディア情報端末に装備している。これらのカードは PCMCIA カード（タイプII）と呼ばれる標準仕様のものである。ネットワーク

〈注1〉Windows NT ：米国 Microsoft Corp. の登録商標
〈注2〉Windows 95 ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

表1　マルチメディア情報端末の仕様

CPU	Pentium 75 MHz 相当以上
メモリ	32 Mバイト以上
ハードディスク	510 Mバイト以上
解像度	640×480（ドット）
表示色	65,535色
PCカードスロット	PCMCIA タイプII×2スロット
OS	Windows 95
大きさ	250×170×40（mm）
質量	1.5 kg 以下

＊Pentium：米国 Intel Corp. の商標

飯野　光俊

産業分野向けマルチメディアシステムの研究開発に従事。現在，富士ファコム制御(株)システム本部第一 SI 統括部ソリューション技術部担当課長。

田中　　優

産業分野向けマルチメディアシステムの研究開発に従事。現在，富士ファコム制御(株)システム本部第一 SI 統括部ソリューション技術部主任。

カードは後述するように二つのタイプ［構内 PHS（Personal Handy-phone System）と SS（Spread Spectrum：スペクトラム拡散）無線 LAN（Local Area Network）］を用意しており，システムの規模や構成に合わせて選択できるようになっている。**図 2** に SS 無線 LAN カードとカメラカードを実装した携帯端末の外観を示す。

2.1.3　ネットワークシステム

マルチメディア情報端末システムを構成する重要な要素として，ネットワークシステムがある。端末を使用する場所は不特定であるため，無線を用いたネットワークシステムが必須（ひっす）である。無線系のネットワークは従来の有線系のネットワークに付加される形で構成される。無線系ネットワークシステムへの要求事項は以下の 5 点である。

(1)　無線免許が不要であること
(2)　ディジタル通信が可能であること
(3)　高速データ通信が可能であること
(4)　耐ノイズ性に優れ，かつ他の電子機器への障害波がないこと
(5)　秘話性に優れていること

以上の条件を満たす通信手段として，SS 無線 LAN と PHS の二つの方式を採用した。

設備のコストを比較すると，SS 無線 LAN はアクセスポイント（無線と有線の接続部分）の設置コストが比較的安い。逆に，PHS はディジタル交換機（PBX）を設置する必要があり，SS 無線 LAN に比べてコスト高となる。したがって，比較的規模が小さく，アクセスポイント数が少なく，既存の有線 LAN があるシステムでは SS 無線 LAN を利用することが有利である。また，規模が大きく通信エリアが広範囲にわたる場合は，PHS を利用することが有利である。

伝送速度では，SS 無線 LAN が 1.6 M ビット/秒（実効で約 400 k ビット/秒），PHS が 32 k ビット/秒（実効で約 29 k ビット/秒）と SS 無線 LAN が PHS の 10 倍以上の伝送速度である。ただし，SS 無線 LAN の場合，同一のアクセスポイントに複数台の端末が接続すると，伝送速度は「（1.6 M ビット/秒）/台数」に落ちるので注意する必要がある。

図 2　情報端末の外観

2.2　機　能

マルチメディア情報端末システムの機能は次のとおりである。

2.2.1　巡回点検機能

巡回点検機能はマルチメディア情報端末を用いて，プラント設備の点検を行う機能である。巡回点検機能はセンタシステム上の支援機能と，マルチメディア情報端末上の実行機能から構成される。従来の巡回点検と比較して，このシステムの導入効果は以下のとおりである。

(1)　点検順序や点検機器の位置を視覚的に示すルートマップを用いることで作業効率が向上する。
(2)　あらかじめ点検プランとして点検を実施する機器を登録できるので，曜日ごとや担当者別に点検機器を分ける場合に有利である。
(3)　点検データを直接端末へ入力するので，点検シートからのデータ再入力作業量を省ける。
(4)　マルチメディア情報端末とセンタシステムがオンラインで接続されているので，各機器の点検開始や点検終了をセンタに通知でき，点検の進捗状況をリアルタイムにセンタで把握できる。

実際の点検実行時の画面イメージ（ルートマップ）を**図 3** に示す。

2.2.2　映像伝送機能

プラント設備に異常や不具合が発生した際の対応作業において，現場の映像をセンタの操作員に見せる機能が映像伝送機能である。現場映像はマルチメディア情報端末に接続されているカメラによってディジタル化され，SS 無線 LAN または PHS を経由してセンタのパソコンへ表示される。映像の表示性能は以下のとおりである。

(1)　解像度　：320×240（ドット）
(2)　表示速度：1 画面/1 秒（SS 無線 LAN 使用時）
　　1 画面/4 秒（PHS 使用時）
(3)　センタシステムでは複数映像の同時表示が可能（最大 4 端末まで）

2.2.3　ホワイトボード機能

プラント設備の故障復旧作業において，現場とセンタ間で情報交換や情報共有が必要となる。従来は電話による音声で行っていたが，細かい作業指示などは困難である。

図 3　巡回点検実行時の画面例（ルートマップ表示）

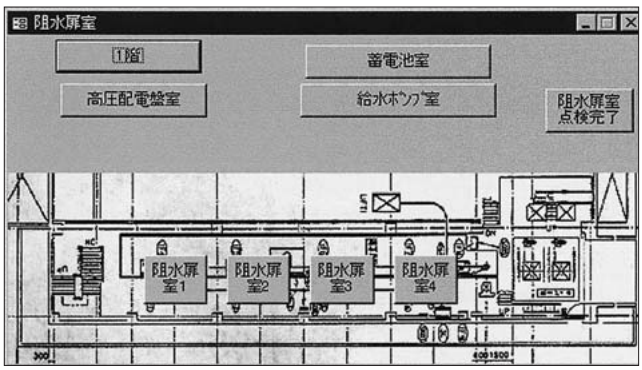


図４　ホワイトボードの画面例

ホワイトボード機能は，会議などで使用されるホワイトボードを現場作業員とセンタの作業員に提供する。共通のホワイトボードに文字を書いたり，図形を描いたりして，より細かいデータを共有し，現場とセンタが一体となって復旧作業を行うことが可能となる。また，ホワイトボードのデータをディスクに保存することもできるので，そのときの状況を後で確認することも可能である。

ホワイトボードの画面例を**図４**に示す。

3　応用例

上記各機能の応用例として，設備保全を支援する設備巡回点検支援システム，および緊急時（故障時）のプラント現場と監視センタ間の情報伝達を支援する現場協調作業システムの例を以下に述べる。

3.1　組立ラインにおける設備巡回点検支援システム

このシステムは，工場（製造業組立ライン）の設備点検をマルチメディア情報端末で実施するシステムである。設備巡回点検支援システムの概略構成を**図５**に示す。

このシステムでは以下の理由により，ネットワークとしてSS無線LANを採用した。

(1)　組立ライン近辺まで Ethernet〈注3〉が敷設されている。

(2)　工場自体の規模が小さく，2台程度のアクセスポイントで点検範囲をカバーできる（同時使用は最大4台を想定）。

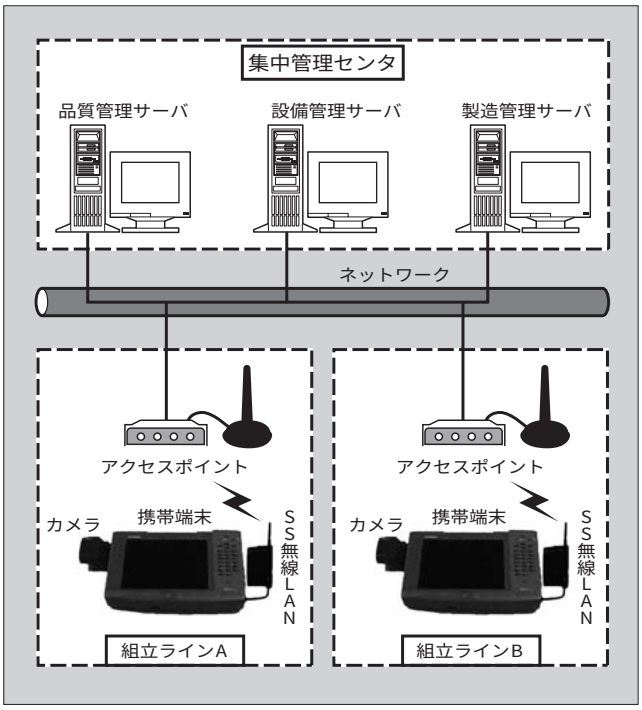
この設備管理システムの特長的な機能について以下に述べる。

(1)　バーコードリーダによる点検表の表示

点検対象となる機器に認識用のバーコードを張っておき，これを読むことにより該当機器の点検表を表示する。ルートマップ上からも機器の選択は可能であるが，バーコードを用いることで所定の点検表を表示するまでの時間が短縮

〈注3〉Ethernet：米国 Xerox Corp. の登録商標

図５　設備巡回点検支援システムの構成



され，点検表の選択ミスも防止できる。

(2)　センタでの点検の進捗管理表示

各機器の点検開始時と点検終了時にマルチメディア情報端末からメッセージをセンタシステムで受信し，各機器の点検状況（点検開始時刻，終了時刻，点検中，点検終了など）を一覧表としてパソコンの画面に表示する。

(3)　点検ガイダンス表示

日常の機器点検では，担当者が代わったり多少複雑な点検項目があったりする。このような場合のサポート機能として，点検ガイダンス表示機能を提供する。点検ガイダンスは静止画，音声，動画を使用することができる。ガイダンス画面の表示は点検結果を入力する画面から起動されるので，点検方法が分からないときなど素早く確認することができる。ガイダンスの作成はセンタ側のパソコン上の支援機能を使うことで簡単に作成することができる。

(4)　前回データ表示・上下限チェック

点検結果の入力画面上に，前回の入力結果が表示されるので今回の点検データの確認が可能である。さらに，数値入力の際には上下限チェックを行い，範囲を超えたデータは入力できないようになっている。これにより，データの入力ミスを防ぎ，データの異常から機器の故障を捕らえることができる。

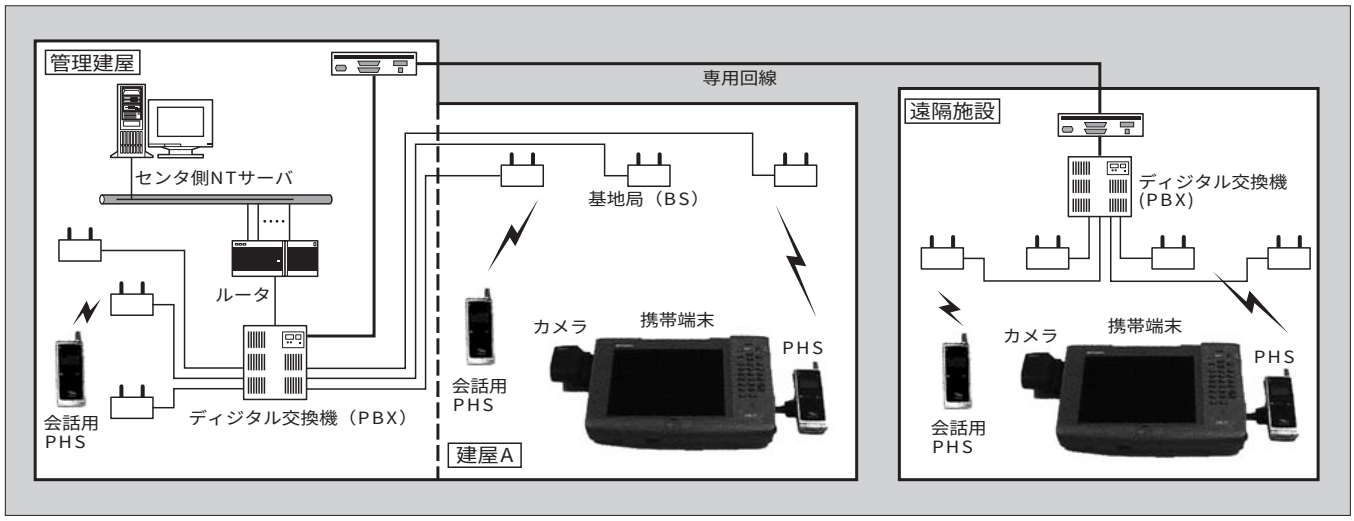
(5)　上位システムとの連携

巡回点検により取得した各機器の点検データはデータベース化され，総合的な設備管理システムの一部として管理することにより，より高度な活用を図ることができる。例えば，以下のような応用例が挙げられる。

(a)　日常点検データの傾向管理

傾向管理を行い，部品交換時期のガイダンスなど予防保全的な適用を可能とする。

図６　大規模プラント向け現場協調作業システム構成



(b)　設備維持管理システムとの連携

点検時の部品交換情報を直接設備維持管理システムに反映し，保守部品（予備品）の発注・手配の自動化や予算管理を実現する。

3.2　大規模プラント向け現場協調作業システム

このシステムは大規模プラントの設備故障時などにおいて，現場とセンタ間で協調作業を支援する。現場協調作業システムの概略構成を**図６**に示す。このシステムではネットワークとして PHS（構内用）を用いた。その理由は以下のとおりである。

(1)　協調作業の対象となるエリアが広く，かつ建屋内が細かく仕切られており，アクセスポイント（PHS の場合は基地局）が多い。

(2)　敷地内だけでなく，遠隔の施設との協調作業も行う。

(3)　内線電話を PHS 化することで，どこでも電話が使用できるようにしたい。

現場協調作業システムの機能と特長は以下のとおりである。

(1)　現場映像の伝送表示

現場の作業員が使用するマルチメディア情報端末に接続されたカメラを用いて，現場の映像をセンタのパソコンへ表示する。PHS を用いるので，データを圧縮することで１画面を４秒で表示できる。

(2)　受信映像の記録

センタシステムで受信した映像のうち，必要な映像はサーバのデータベースへディジタル保存される。保存する映像には，異常の状況などのコメントが付加できる。後日，記録された映像を用いて異常などの解析に有効活用できる。

(3)　ホワイトボード共有

図４で示したようなホワイトボードを現場とセンタで共有する。このホワイトボードは最大４か所と共有することができる。ホワイトボードの内容はサーバへ格納することができ，後の状況確認に有効である。

(4)　映像・ホワイトボードデータ管理

映像伝送によって保存された映像データとホワイトボード共有で保存されたホワイトボードデータをデータベース管理する。これらのデータを報告書に張り付けて利用したり，対応作業の妥当性を確認する議事録として利用可能である。

(5)　会話用 PHS の分離

センタと現場との会話は会話用の PHS を用いることとした。これは，データ通信用と会話用を分離することでデータ通信の伝送速度を確保するためである。

以上のような機能を実現する現場協調作業システムを導入することで，以下のような効果が期待できると考える。

(1)　緊急時や災害時にセンタから現場の状況を的確に把握するための手段を提供し，迅速な意志決定を支援する。

(2)　センタと現場間の情報伝達，意思伝達を確実かつ迅速に行うための手段を提供し，現場作業の効率と確実性を向上させる。

4　あとがき

小形軽量の可搬形情報端末装置と無線システムを組み合わせたマルチメディア情報端末と，その応用システム例としての組立ラインにおける設備巡回点検支援システムおよび大規模プラント向け現場協調作業システムを紹介した。可搬形情報端末（パソコン）技術と無線システムは，今後さらに小形化・高性能化・高機能化が見込まれ，よりユーザーフレンドリーなシステムとしてプロセス制御や組立産業などさまざまな分野で，必要不可欠なシステムツールとして普及するものと考える。

超高解像度ビジョンシステム FAY-1000

福田　和彦（ふくだ　かずひこ）

1　まえがき

各種ハイテクノロジー素材，エレクトロニクス，印刷などの超高精度化・高密度化が進展するにつれ，それぞれの製造工程における精密な自動外観検査の需要がますます増大している。特に，比較的大きな平面上の欠陥を微細に検査する必要のある印刷パターン検査やシート検査，半導体検査などは従来の汎用形ビジョンシステムでは対応できないため，需要がありながら実用化が遅れていた。また，平面でなく曲面上のワークについても，従来のエリア形CCD（Charge Coupled Device）カメラ方式では対応できないため，実用化に制約があった。

これら高密度・高精度加工部品や曲面上ワークの製造工程における最終検査は，現在自動化されてきてはいるが，目視に頼っている部分も多い。しかし，今後さらに実装密度や加工精度が高くなるに従って，人間の目視による完成品検査は事実上不可能になり，画像処理技術を適用した高精度の自動外観検査が不可欠な課題となってきている。

超高解像度ビジョンシステムの主要課題は以下の分野が対象となる。

(1)　容器印刷検査分野

缶，樹脂カップ，発泡スチロールカップなどの外面印刷検査など

(2)　シート検査分野

紙，アルミニウム，フィルム，鋼板などの無地もしくは印刷済みの連続シートの検査

(3)　半導体検査分野

ICウェーハ，TAB（Tape Automated Bonding），リードフレームなどの製造工程における超微細欠陥検査

(4)　フラットパネルディスプレイ検査分野

液晶パネルやプラズマディスプレイパネルなどのフラットパネルディスプレイの表面欠陥検査

(5)　円筒形ワーク検査分野

ドラムなど円筒上のワークの表面の微細欠陥検査

このような課題に対処するために富士電機では，超高解像度ラインセンサカメラと独自の濃淡処理技術やパターンマッチング技術を組み合わせた超高解像度かつ高速のビジョンシステムFAY-1000を開発した。以下にその技術の概要を述べる。

2　超高解像度ビジョンシステム FAY-1000 の特長

2.1　超高分解能

FA（Factory Automation）用などの外観検査においては，高分解能のシステムもあるが，現在実用レベルにあるのは，512×480（画素）のエリア形CCDカメラによる画像処理装置である。しかし，最近の超精密検査の需要に対応するためには，従来の200倍程度の画素分解能が必要とされる。

FAY-1000ではこのような超高分解能を実現するため，高分解能形ラインセンサカメラによる画像処理を基本としている。

標準タイプとして4,096画素/ライン，超高速・高感度タイプとして2,048画素/ライン，超高解像度タイプとして6,000～8,000画素/ラインのラインセンサ形カメラを選択できる。

また，1,024×1,024（画素）や2,048×2,048（画素）のエリア形カメラも接続可能である。

2.2　独自の濃淡処理技術

ラインセンサ形画像処理装置でありながら，富士電機で長年培ってきた二次元空間画像処理技術を駆使して，淡いむら，すじ，へこみ，しみなどの欠陥を検査できる。

2.3　動的パターンマッチング技術

大きな平面上のパターン検査を行う場合，ワーク自体に存在するか，もしくはワークの搬送時に発生するパターンの伸び縮み・曲がり・ずれが多く，従来の画像処理装置では対応できない場合が多かった。FAY-1000では，正規化相関演算によるグレースケール判定に加えて，伸び縮み・曲がり・ずれを自動補正する業界初の動的パターン

福田　和彦

画像処理・パターン認識基礎技術および応用システムの研究・開発・設計に従事。現在，富士ファコム制御(株)技術本部第一技術部課長。

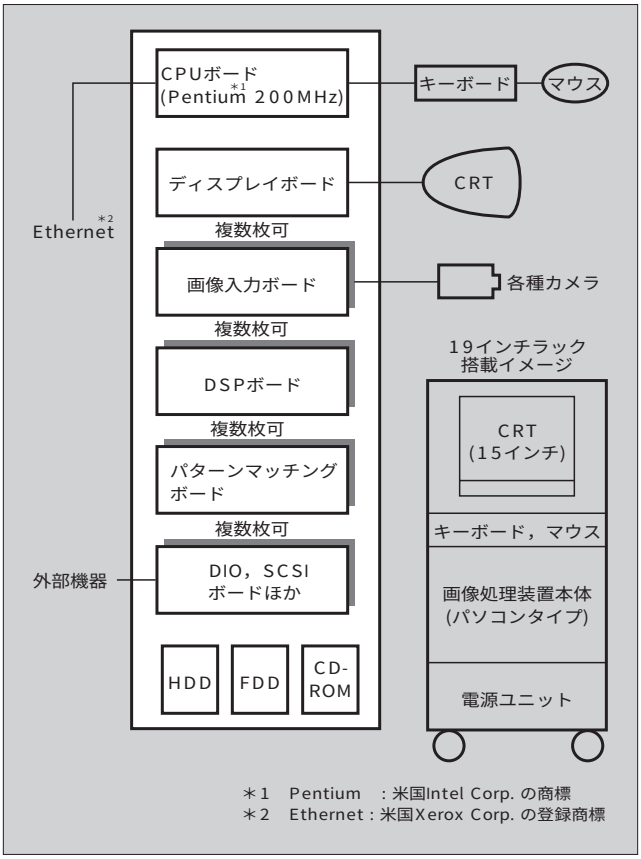
マッチング技術を開発した。

2.4　パーソナルコンピュータとの互換性

最近の外観検査の需要においては，単に検査を行うだけでなく，上流・下流工程とのネットワーク化，品質管理システムとの連動，検査結果のデータベース化など，情報処理技術と深く結びついている。FAY-1000は，パーソナルコンピュータ（パソコン）（Windows〈注1〉95，Windows NT〈注2〉）を採用することにより，生産ラインと直結できるシステムインテグレーションを提供できる。

図1　FAY-1000の外観

図2　FAY-1000の基本システム構成



3　FAY-1000の仕様

3.1　FAY-1000の外観

FAY-1000の外観を**図1**に示す。富士電機の従来のビデオセンサFAYシリーズ（FAY-400/600）と比較すると，専用機での適用のため，用途に個別対応できるラックマウント形を基本としている。

3.2　FAY-1000の基本機能

FAY-1000の基本システム構成を**図2**に示し，基本機能を**表1**に示す。

〈注1〉Windows 95：米国Microsoft Corp. の登録商標
〈注2〉Windows NT：米国Microsoft Corp. の登録商標

表1　FAY-1000の基本機能

項目	機能	
カメラ部	モノクロームラインセンサカメラ	超高速・高感度タイプ 2,048画素 標準タイプ 4,096画素 超高解像度タイプ 6,000～8,000画素
	カラーラインセンサカメラ	RGBフルカラータイプ 2,048×3画素
	エリアカメラ	大面積モノクロームエリア形 2,048画素×2,048画素
	カメラ台数	最大2台（拡張可能）
画像処理コントローラ部	処理画像サイズ	標準で水平2,000～8,000画素×垂直2,000～6,000画素
	濃淡階調	256階調（8ビット/画素）
	基準画像登録	良品サンプル入力方式（*N*個平均による）
	位置・回転補正	X，Y方向の位置補正および回転補正機能
	前処理機能	画像強調・平滑化・微分 ほか
	画像取込みタイミング	外部エンコーダによる
	速度変動補正	ワークの搬送，速度変動に追従
	位置サーチ機能	特定パターンでの位置サーチが可能
	濃度変換機能	ルックアップテーブルによる補正機能
	判定機能	面積判定・パターンマッチング判定，形状判定 ほか
	判定対象	異物付着，汚れ，パターン欠け・付着，ピンホール，文字欠け・つぶれ，色むら，色調不良，位置ずれ
	判定領域設定	方形，円形，多角形による設定
	判定条件設定	AND/ORによる判定条件設定可
	モニタリング	取込み画像表示，不良判定場所表示
	不良判定処理	欠陥種ごとに集計可能，および不良画像のセーブが可能
	調整	カメラ感度・ノイズレベル自動調整機能

4　FAY-1000 の適用分野別仕様と適用事例

FAY-1000 の代表的な適用分野別基本仕様を以下に紹介する。

4.1　容器外面印刷検査分野

容器の外面印刷検査は，主に下記のワークの外面印刷検査を対象とする。

○タイプ１：缶（ビール，ジュース，コーヒーなど）
○タイプ２：樹脂カップ（ヨーグルト，アイスなど）
○タイプ３：発泡スチロールカップ（ラーメン，うどんなど）

容器の外面印刷検査は，高速処理が要求されることと，印刷模様が複雑で種類が多いことなどから，実用化が遅れている分野である。FAY-1000 では，各種の容器外面印刷検査に対応するために，ラインセンサカメラによる曲面印刷の高速スキャン機能と印刷パターンの多少の伸び縮み，ずれ，曲がりなどにも対応できる DP（Dynamic Programming）マッチング機能を搭載している。

(1)　システム構成

容器外面印刷検査装置のシステム構成を**図３**に示す。

(2)　検査項目

容器外面印刷検査装置の検査項目は，対象ごとに異なるが，おおむね**表２**のようにまとめられる。

図３　容器外面印刷検査装置のシステム構成

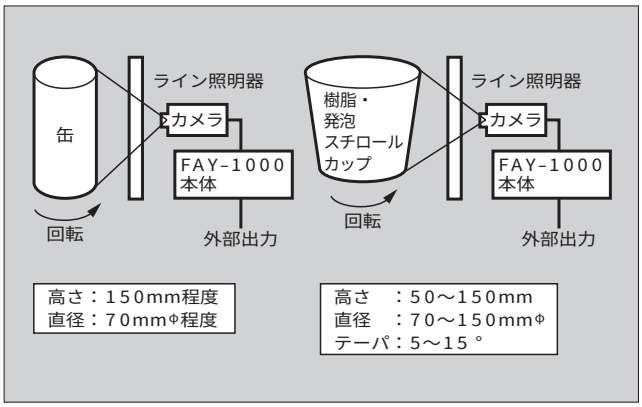


表２　容器外面印刷検査装置の代表的検査項目

検査項目	検査精度・仕様
ノープリント	あるべき印刷がないもの（限度見本による）
インキ汚れ	0.5～2.0 mm□
インキ飛び	0.5～2.0 mm□
欠け・かすれ	0.5～2.0 mm□
つぶれ・にじみ	0.5～2.0 mm□
すじ	0.5～2.0 mm□
見当ずれ	版の合わせ位置ずれによるすきまあるいは重なり
色調不良	色調が濃い・薄い（限度見本による）
インキ濃淡	インキの濃い・薄い（限度見本による）
印刷位置ずれ	印刷位置が上下方向で±0.5 mm以内

(3)　搬送条件

搬送はタクト送りで，最大 450 個/分，回転速度は最大 2,000 r/min まで可能である。

ワークの搬送条件は，回転速度変動：±1％以内，傾き：1 mm 以内であることが望ましいが，検出要求精度により異なる。

(4)　検出結果表示

ユーザー要求により，多くのメニューが用意されている。基本機能は次のとおりである。

(a)　判定結果表示

良・不良の判定結果をプログラマブルコントローラなどを通じて，外部へ出力する。

(b)　総数・不良数表示

各種検査項目ごとに，時間情報（日時分秒）とともに外部へ出力する。

(c)　不良画像セーブ

不良と判定した画像データを内部の画像メモリへ自動的にセーブする。標準で 30 画像までセーブできるが，オプションにより増設可能である。また，検査終了後に，MO（Magneto-Optical）ディスクなどへ画像データを転送し，オフラインで保存・解析することができる。

図４に容器外面印刷検査の適用例の画面を示す。

4.2　シート検査分野

ロール紙，フィルム，銅板など連続搬送されるシート状の表面の欠陥検査を行うものである。

検査対象物として，以下のようなものがある。

○タイプ１：ロール紙（無地または印刷模様付き）
○タイプ２：フィルム（透明または印刷模様付き）
○タイプ３：金属圧延板（銅，黄銅，鉄，アルミニウムなど）

シート検査は，すでに実用化されているケースも多いが，従来は点欠陥など１ライン状での欠陥有無判定が主体であった。

FAY-1000 では，淡い濃淡むらやすじ・線状欠陥の検出を可能にするために，ラインセンサカメラから取り込んだ画像を二次元画像データ［例えば，4,096×4,096（画素）］に展開し，富士電機独自の二次元濃淡処理アルゴリズムにより，淡い濃淡むらの検査を可能にしている。

図４　容器外面検査装置の適用例画面

(1)　システム構成

シート検査装置のシステム構成を**図5**に示す。

(2)　検査項目

シート検査装置の検査項目は，対象ごとに異なるが，おおむね**表3**のようにまとめられる。

(3)　搬送条件

搬送は連続送りで，最大 400 ～ 700 m/min まで可能である。

ワークの搬送条件は，ワークの蛇行：±10 mm 以内，ワークの上下動：±1 mm 以内であることが望ましいが，検出要求精度により異なる。

(4)　不良検出区分方式

欠陥部分のサイズによる大中小分類，および濃淡レベルにより大小分類が可能である。

(5)　検出結果表示

ユーザー要求により，多くのメニューが用意されている。基本機能は次のとおりである。

(a)　判定結果表示

○　縦方向（搬送方向）

スタート時からのエンコーダカウント値により mm 換算値で不良位置を出力する（最大 256 km）。

○　横方向（幅方向）

1 カメラあたり，2 ～ 4 か所の不良位置を mm 単位で出力する。

(b)　総数・不良数表示

各種検査項目ごとに，時間情報（日時分秒）とともに，外部へ出力する。

図5　シート検査装置のシステム構成

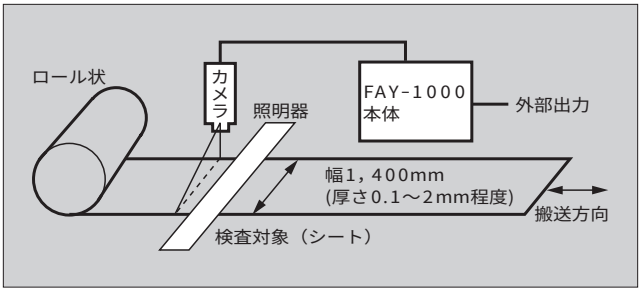


表3　シート検査装置の代表的検査項目

検査項目	検査精度・仕様
点　欠　陥	黒点　0.3～0.5 mm□ 白点　0.3～0.5 mm□
穴　欠　陥	0.3～0.5 mm□
線　状　欠　陥	黒系　0.3×3（mm）以上 白点　0.3×3（mm）以上
す　じ　欠　陥	紙よれによるすじは，搬送方向， 幅方向とも0.3×3（mm）以上
濃淡むら欠陥	薄汚れ　3.0～30 mmΦ （白地中の黄色　30 mmΦ 以上） かすれ　3.0～30 mmΦ
濃　淡　欠　陥	全体的に濃いかまたは薄い
周辺部破れ欠陥	3 mm 幅の破れが3～30 mm 程度あるもの（両端）

(c)　不良画像セーブ

不良と判定した画像データを内部の画像メモリへ自動的にセーブする。標準で 100 画像までセーブできるが，オプションにより増設可能である。また，検査終了後に，MO ディスクなどへ画像データを転送し，オフラインで保存・解析することができる。

図6にシート検査への適用例の画面を示す。

4.3　半導体検査分野

半導体分野の検査対象物は，以下のようなものがある。

○タイプ1：IC ウェーハ（無地またはパターン付き）

○タイプ2：BGA/PGA（Ball Grid Array/Pin Grid Array）パターン

○タイプ3：リードフレーム

図6　シート検査装置の適用例の画面

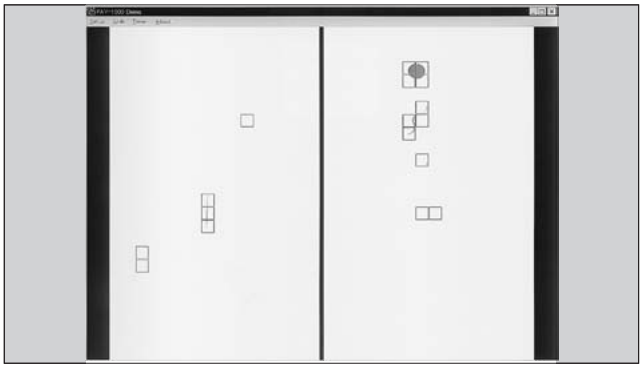


表4　半導体検査装置の代表的検査項目

検査項目	検査精度
異　物　付　着	それぞれ5～10 μm
パ　タ　ー　ン　欠　陥	
パ　タ　ー　ン　幅　不　良	
電　極　形　状　不　良	
ピ　ン　間　距　離　不　良	
パターン間ギャップ不良	

図7　IC ウェーハの外観検査事例

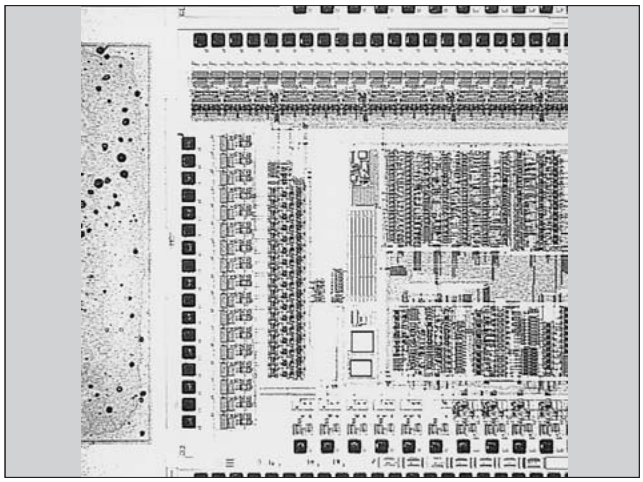


表4に半導体検査装置の代表的な検査項目を示す。また，**図7**にICウェーハの外観検査事例を示す。

4.4　フラットパネルディスプレイの検査分野

フラットパネルディスプレイの検査対象物は，以下のようなものがある。

○タイプ1：液晶パネル用ガラス基板

表5　フラットパネルディスプレイ検査装置の代表的検査項目

検査項目	検査精度・仕様
点　欠　陥	黒点　0.3～0.5 mm□ 白点　0.3～0.5 mm□
穴　欠　陥	0.3～0.5 mm□
線 状 欠 陥	黒系　0.3×3（mm）以上 白点　0.3×3（mm）以上
濃淡むら欠陥	薄汚れ　3.0～30 mmΦ かすれ　3.0～30 mmΦ
濃 淡 欠 陥	全体的に濃いかまたは薄い

図8　感光体ドラム検査装置の外観

表6　感光体ドラム検査装置の検査項目

外観欠陥項目			外観形態	規　格	画像欠陥	
					PPC	プリンタ
内部欠陥	黒欠陥	黒　点	点状に塗料の濃い部分（周囲が淡くなる）	$a \leqq \phi$ なきこと	白　点	黒点または淡い白抜き
		黒すじ	ライン状に塗料の濃い部分	$b \leqq 1$ なきこと	白すじ	黒すじ
	白欠陥	白　点	円形状に塗料の淡い部分	$c \leqq \phi$ なきこと	黒　点	白　点
		白すじ	ライン状に塗料の淡い部分	$d \leqq 1$ なきこと	黒すじ	白すじ
	塗布むら	色むら欠陥	不定形の塗料の濃い部分	限度見本による	不定形で白抜き部分	不定形で濃度が淡い部分
		汚　れ	不定形の塗料の淡い部分	限度見本による	不定形で白抜き部分	不定形で淡い白抜き部分
表面欠陥	異物付着		表面凹凸として現れるか，色の濃淡として現れる	なきこと	黒点または白抜き（不定形）	黒点または白抜き（不定形）
	き　ず		表面凹凸として現れる	$e \leqq \phi$ なきこと		

○タイプ2：液晶パネル完成品（バックライト点灯検査）

○タイプ3：カラーフィルタ

○タイプ4：プラズマディスプレイパネル

フラットパネルディスプレイ検査装置の検査項目は，対

図9　感光体ドラム検査装置の処理結果例（点欠陥検出の様子）

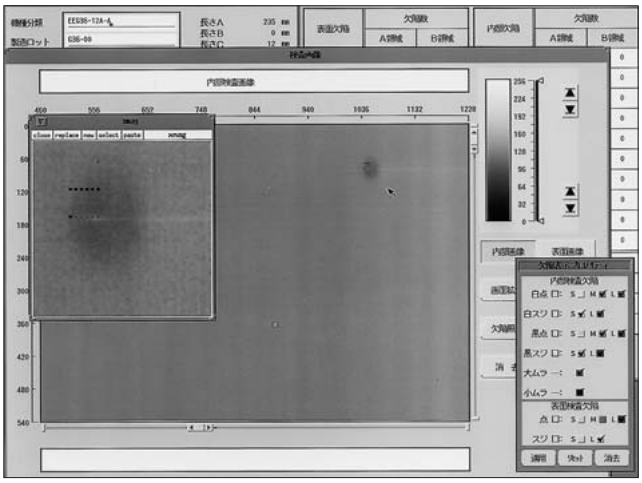


図10　感光体ドラム検査装置の処理結果例（むら欠陥検出の様子）

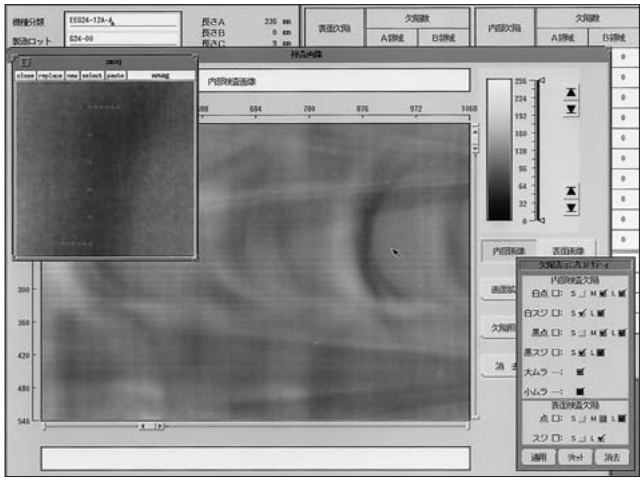
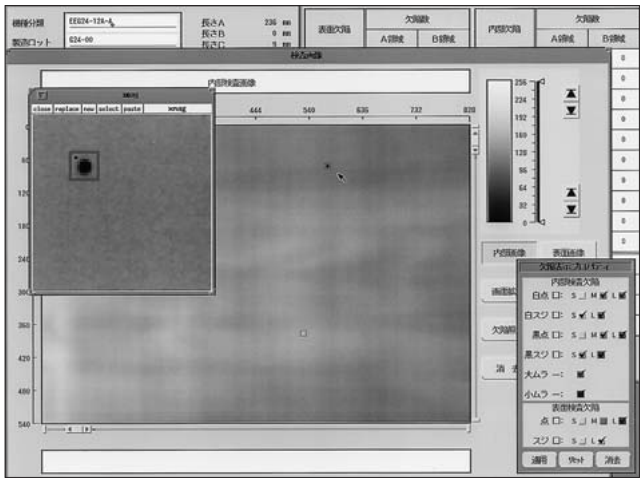


図11　感光体ドラム検査装置の処理結果例（むらの中にある点欠陥検出の様子）



象ごとに異なるが，おおむね**表5**のようにまとめられる。

4.5　円筒ワーク検査分野

円筒ワークの検査対象物は，以下のようなものがある。

○タイプ1：ドラム（感光体ドラムなど）
○タイプ2：金属棒（銅，黄銅，鉄など）
○タイプ3：円筒容器（包装容器など）

適用事例として，感光体ドラムの検査装置の例を挙げる。**図8**に感光体ドラム検査装置の外観を示す。また，感光体ドラム検査装置の検査項目を**表6**に示す。さらに，感光体ドラムの検査の処理結果例を**図9**，**図10**，**図11**に示す。

5　FAY-1000の適用形態

(1)　アプリケーションソフトウェア

FAY-1000は，各種用途にカスタマイズした専用機を提供するためのエンジンであり，ユーザーへはFAY-1000にアプリケーションソフトウェアを付加した形で装置が提供される。4章で述べた代表的用途へは，個別のソフトウェア開発期間を短縮するために，パッケージソフトウェアを充足していく計画である。

(2)　搬送機構

アプリケーションソフトウェアと同様に，FAY-1000では用途ごとに最適な搬送機構が必要である。

ソフトウェアと同様に代表的用途へは，個別の搬送機構開発期間を短縮するために，機構の標準化を計画している。ただし，機構部分は顧客側ラインとの整合性も要求されるため，基本的には顧客との打合せによるエンジニアリングが中心となる。

6　あとがき

高密度化する容器外面印刷，シート，半導体，フラットパネルディスプレイ，円筒物などの精密外観検査に適用できる超高解像度ビジョンシステムFAY-1000の技術概要とその応用事例を述べた。

今後の課題としては，これらの高精度外観検査に対応するため，表面の特性に合わせた柔軟な判定が可能な画像理解技術や，さらにサブミクロンレベルの分解能まで対応できる外観検査技術の開発が求められている。富士電機では，今後さらに精密外観検査技術の開発を推進していく計画であり，三次元表面検査への拡張，センサと照明との能動的な関係を利用したセンシング技術の開発，またレーザ光領域でのセンシング技術の開発など外観検査技術のさらなる拡大に努力していく所存である。

参考文献

(1)　ビジョンシステム応用特集，富士時報，Vol.67，No.9（1994）
(2)　画像処理技術特集，富士時報，Vol.70，No.5（1997）
(3)　福田和彦：マシンビジョン応用の現状と課題，平成7年電気学会全国大会シンポジウム（1995）
(4)　福田和彦・輿水大和：新しい産業応用と新しいビジョンの課題，画像の認識と理解シンポジウム（MIRU 96）（1996）
(5)　輿水大和監修・福田和彦編集：ネオマシンビジョンアプリケーション目視検査の自動化技術，テクノシステム（1995）
(6)　電気学会：外観検査の自動化（1984）
(7)　新田義雄監修：ビデオセンサ導入実戦ガイド，電気書院（1988）
(8)　目視検査の自動化技術調査委員会編集：画像処理による目視検査の自動化事例集，新技術コミュニケーションズ（1991）

技術論文社外公表一覧

標　　題	所　　属	氏　名	発　表　機　関	
バックラッシモデル	富士電機総合研究所	海田　英俊	アドバンストディジタルモーションコントロール調査専門委員会編　技術調査報告，No.638（1997）	電気学会
300 kV 相分離形 GIS の開発	富士電機総合研究所 〃	岩井　弘美 篠原　裔弘	電機，No.588（1997）	日本電機工業会
変圧器タップ群の逆動作に関する判定基準およびタップロック制御について	富士電機総合研究所	中西　要祐	電気学会電力・エネルギー部門誌，**117**–B，9（1997）	電気学会
富士電機のクリーン化技術「富士のガス分子汚染対策 CR システム」	社会システム事業部	横幕　博行	熱産業経済新聞（1997–8–25）	熱産業経済新聞社
固体電解質型燃料電池（SOFC）	富士電機総合研究所	小関　和雄	通産新報（1997–9–5）	通産新報社
光触媒シートの開発と脱硝システムへの応用	富士電機総合研究所	西方　聡	工業材料，**45**，10（1997）	日刊工業新聞社
光触媒による低濃度脱硝技術	社会システム事業部 富士総合サービス	高松　武史 高橋　武男	建設電気技術「技術報告集」，No.1（1997）	建設電気技術協会
高圧電動機の保守と点検	富士電機総合研究所	小原　孝志	OHM，No.7（1997）	オーム社
6 kV 系統用高速限流装置の開発および適用効果の検討	富士電機総合研究所 〃 〃	磯崎　優 岩井　弘美 山田　守	電気学会電力・エネルギー部門誌，**117**–B，10（1997）	電気学会
ニューラルコンピューティングの遊び方「ニューロン座談会」	S I センター	土屋　和広	bit，No.10（1997）	共立出版
富士電機における SOFC の開発状況	富士電機総合研究所	小関　和雄	FCDIC ニュースレター，**10**，1（1997）	燃料電池開発情報センター
統合図面管理システムの構築	三重工場	後藤　俊彦	FUJITSU ファミリ会論文集 平成 9 年度上巻（1997）	富士通
Development of HTS Current Leads for 1 kWh/1 MW Module Type SMES System (1) ー Design Study ー	富士電機原子力エンジニアリング 〃 千葉工場 富士電機総合研究所 〃	今野　雅行 上出　俊夫 榊　喜善 富岡　章 坊野　敬昭 能瀬　眞一	IEEE Transaction of Applied Superconductivity，**7**，2（1997）	IEEE
Development of HTS Current Leads for 1 kWh/1 MW Module Type SMES System (2) ー Manufacturing and Testing of Proto-type Leads ー	〃	坊野　敬昭 富岡　章 能瀬　眞一 今野　雅行 上出　俊夫 榊　喜善		
Preliminary Tests of a 500 kVA-Class Oxide Superconducting Transformer Cooled by Subcooled Nitrogen	富士電機総合研究所 〃 〃 富士電機原子力エンジニア	今野　雅行 笠川　勇介 伊藤　郁夫 能瀬　眞一		
In-Plane Anisotropy in Thin-Film Media Analyzed by Grazing Incidence X–Ray Diffraction	富士電機総合研究所 〃 〃 〃 〃 松本工場	広瀬　隆之 寺西　秀明 大沢　通夫 植田　厚 石渡　統 安宅　豊路	IEEE Transaction on Magnetics，**33**，5（1997）	IEEE
クリーンブースの気流解析例と車両用主変換装置内の冷却計算例	S I センター 〃	松本　悟史 平櫛ゆかり	第 1 回 PHOENICS 事例発表会（1997–7）	
仮想目標値制御による 3 慣性実験装置への適用	富士ファコム制御 〃 〃	菅野　智司 門﨑東洋史 黒谷　憲一	第 36 回計測自動制御学会学術講演会（SICE '97）（1997–7）	
仮想滑り速度制御による電車の空転制御	富士ファコム制御 〃 富士電機総合研究所 富士ファコム制御 交通・特機事業部	項　東輝 鈴木　聡 経種　勝 黒谷　憲一 油谷　浩助		
二輪速度差ユニットを二組用いた全方向移動車両の開発	富士電機総合研究所 〃 〃 〃 〃	川田　辰実 森　俊二 高木　昭 奥沢　好之 和田　正義	第 15 回日本ロボット学会学術講演会（1997–9）	
浮揚溶解の鉛丸棒連続鋳造実験	富士電機総合研究所 〃	貝沼　研吾 篠倉　恒樹	1997 年秋期日本金属学会（1997–9）	

技術論文社外公表一覧

標　　題	所　　属	氏　名	発　表　機　関
光合成細菌の水素発生における光の影響 －1－	富士電機総合研究所 〃	中田　栄寿 西方　　聡	日本化学会第73秋季大会第2回バイオテクノロジー部会シンポジウム（1997−9）
ガス絶縁変圧器巻線モデルのインパルス絶縁特性	富士電機総合研究所 〃 変電システム製作所 〃	藤井　　清 宮本　昌広 若月　貞男 池田　健二	電気学会放電研究会（1997−9）
電力変換装置から発生するノイズの解析と対策	富士電機総合研究所	滝沢　聡毅	電気学会東海支部計測自動制御学会中部支部（1997−9）
2.5 kV/1.8 kA パワーパック IGBT の構造	富士電機総合研究所 〃 〃 〃 〃 松　本　工　場	脇本　博樹 早乙女全紀 加藤　　勉 高橋　良和 関　　康和 桐畑　文明	電気学会電子デバイス・半導体電力変換合同研究会（1997−9）
ICTS 法による稀土類系 ZnO バリスタ単一粒界の電子状態評価	富士電機総合研究所 〃	田中　顕紀 向江　和郎	日本セラミックス協会秋季シンポジウム（1997−10）
微小電極による酸化亜鉛バリスタの単一粒界の評価	富士電機総合研究所 〃	田中　顕紀 向江　和郎	日本セラミックス協会第17回電子材料研究討論会（1997−10）
COSMARD の大型発電炉への適用性の研究	富士・川重原子力推進本部 〃 〃	高谷　純一 横田　修一 木内　喜雄	日本原子力学会秋の大会（1997−10）
浮揚溶解の鋳鉄丸棒連続鋳造実験	富士電機総合研究所 〃	貝沼　研吾 篠倉　恒樹	日本鋳造工学会第131回全国講演大会（1997−10）
クリーンルーム内化学汚染物質の分析	富士電機総合研究所 〃	佐渡　直彦 石渡　　統	日本分析化学会第46年会（1997−10）
高調波吸収同期機の電気制動機構の解析	富士電機総合研究所 鈴　鹿　工　場	遠藤　研二 芦沢　　厚	電気学会電力研究会（1997−10）
高耐圧 SOI 横型 MOSFET の素子耐圧におけるゲート構造依存性	松　本　工　場 〃	澄田　仁志 平林　温夫	応用物理学会秋季大会（1997−10）
コレクタショート層を導入した SOI 横型 IGBT の耐圧特性	松　本　工　場 〃	澄田　仁志 平林　温夫	
2 電極同時励起放電による a−Si の製膜	富士電機総合研究所 〃 〃	佐々木敏明 高野　章弘 市川　幸美	
模擬配電線系統による誘導発電機用単独運転検出機能の検証	富士電機総合研究所 〃 〃	中沢　親志 深井　裕幸 千原　　勲	電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会（1997−10）
ブラシレス励磁機用発電機最適制御方式の多機系統での制御性検証	富士電機総合研究所 〃	北川　慎治 小島　武彦	
ニューロ・ファジーによる出水予測手法	富士電機総合研究所 〃 〃	飯坂　達也 松井　哲郎 植木　芳照	
Modeling and Analysis for Fuel Processing Subsystem in Phosphoric Acid Fuel Cell Power Plant	富士ファコム制御 〃 〃 燃料電池事業推進室	鈴木　　聡 項　　東輝 黒谷　憲一 小松　　正	1997年動力エネルギー国際会議（ICOPE−97）（1997−7）
Improvement of Large-area SCAF Stracture a−Si Solar Cells with Plastic Flim Substrate	富士電機総合研究所 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃	田淵　勝也 藤掛　伸二 佐藤　広喜 斉藤　清雄 高野　章広 和田　雄人 吉田　　隆 市川　幸美 酒井　　博 夏目　文夫	26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference（1997−10）
Development of the Rare-earth Permanent Magnet Synchronous Machine	富士電機総合研究所	奥山　吉彦	CIGRE/IEEE Joint Colloquium on Rotating Electri Machines（1997−10）
Study of the Dissolved Ozone Consuming Substances in Raw Waters and the Ozone Consumption Kinetics	富士電機総合研究所 〃 〃	加藤　康弘 森岡　崇行 星川　　寛	13th Ozone World Conference（1997−10）
The Influence of SS on Ozone Disinfection of E. Coli	富士電機総合研究所 〃 〃 〃	佐々木康成 森岡　崇行 橋本　孝一 坂本真由美	

主要営業品目

電　機

電動機，可変速装置，誘導加熱装置，誘導炉，産業用電源装置，クリーンルームシステム，非常用電源装置，コンピュータ用電源装置，舶用電気品，車両用電気品，変圧器，遮断器，ガス絶縁開閉装置，電力変換装置，原子力機器，火力機器，水力機器，発電機，新エネルギー発電システム，発電設備用保護・監視・制御装置，発電設備用コンピュータ制御装置，誘導電動機，ギヤードモータ，ブレーキモータ，ファン，ポンプ，ブロワ，電磁開閉器，操作・表示機器，制御リレー，タイマ，ガス関連機器，配線用遮断器，漏電遮断器，限流ヒューズ，高圧受配電機器，汎用モールド変圧器，電力制御機器，プログラマブルコントローラ，プログラマブル操作表示器，多重伝送システム，汎用インバータ，サーボシステム，加熱用インバータ，可変速電動機，交流電力調整器，近接スイッチ，光応用センサ

制御・情報・電子デバイス

コンピュータ制御装置，運転訓練・系統解析シミュレータ，電力量計，放射線モニタリングシステム，保護・監視・制御装置，マイクロコントローラ，水処理装置，遠隔制御装置，オゾン処理システム，電気集じん機，FA システム，FA パソコン，電話自動選択着信装置，レーザ応用装置，ビデオセンサ応用装置，工業計測制御機器，分析機器，放射線計測機器，OCR，磁気記録媒体，複写機・プリンタ用感光体，パワートランジスタ，サイリスタ，シリコン整流素子，集積回路，パワーハイブリッド IC，サージアブソーバ，半導体センサ，スイッチング電源

業務用民生機器ほか

自動販売機，コインメカニズム，紙幣識別装置，貨幣処理システム，飲料ディスペンサ，自動給茶機，冷凍冷蔵ショーケース，ホテルベンダシステム，冷却装置，カードシステム，アルカリイオン水生成器

富士時報	**第 70 巻 第 11 号**	平成 9 年 10 月 30 日 印刷 平成 9 年 11 月 10 日 発行 定価 525 円（本体 500 円・送料別）
編集兼発行人	沢 邦 彦	
発行所	富士電機株式会社内 「富士時報」編集部	〒100 東京都千代田区有楽町一丁目 12 番 1 号 （新有楽町ビル） 電話 東京（03）3211 － 7111（大代表） 〔編集室：電話 東京（03）3211－1168〕
印刷所	富士電機情報サービス株式会社	〒 151 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 （新宿コヤマビル） 電話 東京（03）5388 －8241
発売元	株式会社オーム社	〒 101 東京都千代田区神田錦町三丁目 1 番地 電話 東京（03）3233－0641（代表） 振替口座 東京 6－20018

© 1997 Fuji Electric Co., Ltd., Printed in Japan （禁無断転載）

富士時報論文抄録

計測・制御技術の動向と展望

福本　武也
富士時報　Vol.70 No.11 p.563−566（1997）

パーソナルコンピュータはPA，FAでも使用可能となり，情報・制御システムのHCI用OSとしてWindows NTの利用が拡大している。オープンネットワークによりフィールドから経営までのシームレス結合のシステムが可能となった。開発中のFOCUSはフィールドバス接続とProfibus経由のインテリジェントコントロールセンタ接続が可能であり，オープンなEIC統合化システムを構築できる。DCSの発達とともに計測機器は機械組込用が主流となり，温度調節計のニーズは小形・高機能へと移ってきた。環境問題のクローズアップとともに環境測定分析装置，ダイオキシン対応分析装置が伸びている。

オープン統合化制御システムFOCUS

井上　芳範　　吉田　裕
富士時報　Vol.70 No.11 p.573−578（1997）

パーソナルコンピュータを使った計測制御システムの形態は小規模システムからクライアント・サーバシステムまで広い展開が求められている。近年の厳しい経済環境や低速する設備投資のなかにあって，高度な監視制御システムを低コストで実現することが求められている。ライトサイジング，ライトセレクションのコンセプトに基づき開発されたオープン統合化制御システム「FOCUS」の基本構成，特長および応用事例を紹介する。

鉄鋼分野向けオープンシステム

大池　克幸　　吉川　肇
富士時報　Vol.70 No.11 p.584−588（1997）

鉄鋼分野のコンピュータシステムでは，24時間稼動できる信頼性の確保と，円滑な操業を維持するためのリアルタイム性の確保が重要なポイントとなっている。また，世の中のオープン化の流れは鉄鋼分野にも及んでおり，生産性の向上と保守の容易性などにより，積極的に導入されつつある。富士電機ではこうした厳しいシステム要件のなかでオープン化のニーズにこたえるため，データベース，HCI，開発環境などの各種ミドルウェアを提供している。本稿では，こうしたオープン化ミドルウェアの概要，機能，特徴について紹介する。

運転支援システムの石油分野への適用

東　尚巳　　植草　誠
富士時報　Vol.70 No.11 p.594−599（1997）

石油業界では，装置運転およびオフサイトのDCS化や情報化が行きわたり，製油所の操業面では高度な自動化・省力化が進められてきた。しかし，システムの伸長とオペレータ負荷低減は必ずしも一致せず，膨大な情報量からのプラント状況認識，異常原因究明，回避策決定はオペレータの判断に依存している。富士電機では，このような属人的な業務を支援するために，運転支援システム商品を開発してきたので紹介する。

光フィールドバスシステムの展開

神崎　昇　　松平　竹央　　郡司　琢巳
富士時報　Vol.70 No.11 p.567−572（1997）

情報・計測システムは，グローバル化の進展・高付加価値化のマーケットニーズを受けてフィールドバスの国際標準化がIECを中心に進んでいる。富士電機はIECに光フィールドバス規格を提案し，規格化に貢献するとともに（1995年11月に国際規格化），機器開発に取り組んでいる。本稿では，1997年10月から石油メジャーのシェルとともに実施する光フィールドバスのフィールド実証試験に適用するシステムおよびフィールド機器の特長・開発仕様について紹介する。

計測機器分野の新技術

中野　昌芳
富士時報　Vol.70 No.11 p.579−583（1997）

計測機器の分野では，性能，機能の向上に加え，多様なアプリケーション対応，トータルな経済性の重視などが要求されてきており，富士電機はこれらのニーズに対応するための商品開発を進めている。ここでは，新たに開発した小口径フランジ発信器，超音波流量計，電磁流量計，温度調節計，インクジェット式記録計，赤外線ガス分析計についてその概要を紹介する。

プラントシミュレータのごみ焼却設備への適用

中谷　一彦
富士時報　Vol.70 No.11 p.589−593（1997）

ごみ焼却設備は，設備の大形化，複合化，高機能化が進むなか，設備を効率よく安全に運転するために分散形制御システムが導入されている。運転員の非定常運転やプラント異常時運転など，迅速な対応が要求され，運転員の訓練の問題がクローズアップされてきた。本稿では，富士電機の分散形制御システム（MICREX-IX）を使用した最近のごみ焼却計測制御システムとワークステーションを使用したプラントシミュレータを紹介する。

マルチメディア携帯端末システムの適用

飯野　光俊　　田中　優
富士時報　Vol.70 No.11 p.600−603（1997）

プラント設備機器の高機能化，高性能化，高信頼化の進展とともに，設備の保全業務もより複雑化している。プラント操業維持の観点からは，これらの設備の故障時に的確な判断を短時間で行う必要がある。今回，小形軽量の可搬形情報端末装置と無線システムを組み合わせ，①巡回点検機能，②映像伝送機能，③ホワイトボード機能，を備えたマルチメディア携帯端末システムを開発したので，システムの内容と応用システム例を紹介する。

Abstracts (Fuji Electric Journal)

Development of Optical Fieldbus Systems

Noboru Kanzaki Takeou Matsudaira Takumi Gunji
Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.567−572 (1997)

To meet market needs for instrumentation and information systems to be global and have high value added, the IEC has been taking the lead in the international standardization of fieldbus standards. Fuji Electric took part in the standardization by proposing an optical fieldbus standard to the IEC (internationally standardized in November 1995) and has striven for the device development. This paper introduces the system used for the field verification tests of the optical fieldbus to be performed by Shell, one of the Majors, and us from October 1997 and the features and development specifications of the field devices.

New Technologies for Measuring Instruments

Masayoshi Nakano
Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.579−583 (1997)

Measuring instruments have been required not only to improve in performance and functions but also to meet various applications and attach importance to total economical efficiency. Fuji Electric is promoting development of products to meet these needs. From among newly developed products, this paper introduces an outline of small flange transmitters, ultrasonic flowmeters, electromagnetic flowmeters, temperature controllers, ink-jet recorders, and infrared gas analyzers.

Instrumentation and Control System and Plant Simulator for Incineration Plants

Kazuhiko Nakaya
Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.589−593 (1997)

The equipment of incineration plants has become large and compound and advanced in functions. To operate the equipment efficiently and safely, distributed control systems have been introduced. Since quick measures are required to be taken in case of operator's nonstandard operations or emergency operations in plant abnormalities, problems of training operators have been posed. This paper introduces the latest instrumentation and control system for incineration plants using Fuji Electric's distributed control system MICREX−IX and plant simulator using a workstation.

Multimedia Mobile Terminal System for Maintenance

Mitsutoshi Iino Masaru Tanaka
Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.600−603 (1997)

As the functions, performance and reliability of plant equipment have made advance, the contents of equipment maintenance have become complicated. For the purpose of continuous plant operation, it is necessary to make a precise decision immediately after a fault occurs in the plant. Fuji Electric has developed a multimedia mobile terminal system that incorporate a small-size, light-weight mobile information terminal and a radio system. The system is provided with patrol inspection, picture transmission, and white-board functions. This paper introduces the contents of the system and its applications.

Trends of Instrumentation and Control Technology

Takeya Fukumoto
Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.563−566 (1997)

Windows NT has been widely used as an operating system for the human communication interface of information and control systems. The open network has enabled seamless connection of field to management systems. With the FOCUS under development that can be connected to fieldbuses and to intelligent control centers through the Profibus, open EIC−integrated systems can be structured. As distributed control systems developed, most of measuring instruments have been built in machines and needs for temperature controllers have shifted to smaller ones with advanced functions. Environmental problems publicly noticed increase needs for pollution and dioxin analyzers.

Open Integrated Instrumentation and Control System FOCUS

Yoshinori Inoue Yutaka Yoshida
Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.573−578 (1997)

The configuration of instrumentation and control systems using personal computers is desired to cover widely from small to client-server systems. Because of severe economics and sluggish investment for equipment these days, it is required to realize sophisticated monitoring and control systems at low cost. The open integrated system "FOCUS" has been developed according to the concept of right sizing and right selection. This paper introduces its basic configuration, features, and examples of application.

Open Systems for Steel Plants

Katsuyuki Oike Hajime Yoshikawa
Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.584−588 (1997)

In computer systems for steel plants, it is important to secure reliability for 24-hour operation and real-time processing to maintain smooth operation. The general current of open systems has extended to steel plants, being positively introduced because of higher productivity and easier maintenance. To meet needs for open systems with these severe system requirements, Fuji Electric has offered various types of middleware including databases, human communication interfaces, and development environments. This paper describes an outline, functions, and features of the middleware for open systems.

Operation Support System for Oil Refineries

Naomi Azuma Makoto Uekusa
Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.594−599 (1997)

In the petroleum industry, distributed control systems and information systems for operations of equipment and off-site facilities have prevailed, and automation and labor reduction in refinery operation have been promoted. However, reduction in operator's load has not always kept pace with the system development. Grasping the plant status, inquiring into abnormality causes, and taking measures to get through on the basis of vast quantities of information depend on operator's decision. To support the operator in these personal tasks, Fuji Electric has developed an operation support system, which is introduced in this paper.

超高解像度ビジョンシステム FAY-1000

福田　和彦

富士時報　Vol.70 No.11 p.604−609（1997）

加工精度や実装密度が高くなるに従い，完成品の目視検査は不可能になり，画像処理技術を適用した高精度の自動外観検査が不可欠となってきている。富士電機では，超高解像度ラインセンサカメラと独自の濃淡処理技術やパターンマッチング技術を組み合わせたFAY-1000を開発した。FAY-1000の主要用途としては，①容器外面印刷検査，②シート検査，③半導体検査，④フラットパネルディスプレイ検査，⑤曲面ワーク検査，などがある。本稿ではその概要を述べる。

Superhigh-Resolution Vision System FAY-1000

Kazuhiko Fukuda

Fuji Electric Journal Vol.70 No.11 p.604−609 (1997)

As machinig precision and mounting density increase, the visual inspection of finished parts become impossible, and automated, high-precision, external-view inspection utilizing image processing technology becomes indispensable. Fuji Electric has developed the FAY-1000 in which a superhigh-resolution line-sensor camera is combined with gray-scale and pattern matching technologies of its own. The major applications of FAY-1000 are ① can and cap printing inspection ② paper, film, metal sheet inspection ③ semiconductor inspection ④ flat-panel display inspection ⑤ curved-surface works and so on. This paper gives an outline of the system.

富士電機株式会社

本社事務所	☎(03)3211-7111	〒100	東京都千代田区有楽町一丁目12番1号（新有楽町ビル）
〃 新宿別館	☎(03)3375-7111	〒151	東京都渋谷区代々木四丁目30番3号（新宿コヤマビル）
北海道支社	☎(011)261-7231	〒060	札幌市中央区大通西四丁目1番地（道銀ビル）
東北支社	☎(022)225-5351	〒980	仙台市青葉区一番町一丁目2番25号（仙台NSビル）
北陸支社	☎(0764)41-1231	〒930	富山市桜橋通3番1号（富山電気ビル）
中部支社	☎(052)204-0290	〒460	名古屋市中区錦一丁目19番24号（名古屋第一ビル）
関西支社	☎(06) 455-3800	〒553	大阪市福島区鷺洲一丁目11番19号（富士電機大阪ビル）
中国支社	☎(082)247-4231	〒730	広島市中区胡町4番21号（朝日生命広島胡町ビル）
四国支社	☎(0878)51-9101	〒760	高松市番町一丁目6番8号（高松興銀ビル）
九州支社	☎(092)731-7111	〒810	福岡市中央区天神二丁目12番1号（天神ビル）
北関東支店	☎(0485)26-2200	〒360	熊谷市筑波一丁目195番地（能見ビル）
首都圏北部支店	☎(048)657-1231	〒330	大宮市宮町一丁目38番1号（野村不動産大宮共同ビル）
首都圏東部支店	☎(043)223-0701	〒260	千葉市中央区富士見二丁目15番11号（日本生命千葉富士見ビル）
神奈川支店	☎(045)325-5611	〒220	横浜市西区北幸二丁目8番4号（横浜西口KNビル）
新潟支店	☎(025)284-5314	〒950	新潟市新光町16番地4（荏原新潟ビル）
長野システム支店	☎(026)228-6731	〒380	長野市南県町1002番地（陽光エースビル）
長野支店	☎(0263)36-6740	〒390	松本市中央四丁目5番35号（長野鋳物会館）
松山支店	☎(0899)33-9100	〒790	松山市勝山町一丁目19番地3（青木第一ビル）
北見営業所	☎(0157)22-5225	〒090	北見市栄町一丁目1番地の18
釧路営業所	☎(0154)22-4295	〒085	釧路市新栄町8番13号
道東営業所	☎(0155)24-2416	〒080	帯広市東三条南十丁目15番地
青森営業所	☎(0177)77-7802	〒030	青森市長島二丁目25番3号（ニッセイ青森センタービル）
盛岡営業所	☎(0196)54-1741	〒020	盛岡市盛岡駅前通16番21号（住友生命盛岡駅前ビル）
秋田営業所	☎(0188)24-3401	〒010	秋田市八橋大畑一丁目5番16号
山形営業所	☎(0236)41-2371	〒990	山形市宮町一丁目10番12号
郡山営業所	☎(0249)32-0879	〒963	郡山市中町1番22号（郡山大同生命ビル）
金沢営業所	☎(076)221-9228	〒920	金沢市広岡一丁目1番18号（伊藤忠金沢ビル）
福井営業所	☎(0776)21-0605	〒910	福井市大手二丁目7番15号（安田生命福井ビル）
山梨営業所	☎(0552)22-4421	〒400	甲府市相生一丁目1番21号（清田ビル）
松本営業所	☎(0263)33-9141	〒390	松本市中央四丁目5番35号（長野鋳物会館）
岐阜営業所	☎(058)251-7110	〒500	岐阜市光明町3番1号（太陽ビル）
静岡営業所	☎(054)251-9532	〒420	静岡市安西二丁目21番地（木材会館）
浜松営業所	☎(053)458-0380	〒430	浜松市伝馬町312番地32（住友生命浜松伝馬町ビル）
豊田営業所	☎(0565)29-5771	〒471	豊田市曙町三丁目25番地1
和歌山営業所	☎(0734)72-6445	〒640	和歌山市黒田94番地24（鍋島ビル）
山陰営業所	☎(0852)21-9666	〒690	松江市中原町13番地
岡山営業所	☎(086)227-7500	〒700	岡山市磨屋町3番10号（住友生命岡山ニューシティビル）
山口営業所	☎(0836)21-3177	〒755	宇部市相生町8番1号（宇部興産ビル）
徳島営業所	☎(0886)55-3533	〒770	徳島市寺島本町東二丁目5番地1（元木ビル）
高知営業所	☎(0888)24-8122	〒780	高知市本町四丁目1番16号（高知電気ビル）
小倉営業所	☎(093)521-8084	〒802	北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号（富士電機小倉ビル）
長崎営業所	☎(0958)27-4657	〒850	長崎市金屋町7番12号
熊本営業所	☎(096)387-7351	〒862	熊本市神水一丁目24番1号（城見ビル）
南九州営業所	☎(099)224-8522	〒892	鹿児島市加治屋町12番7号（日本生命加治屋町ビル）
沖縄営業所	☎(098)862-8625	〒900	那覇市天久1131番地11（ダイオキビル）
エネルギー製作所	☎(044)333-7111	〒210	川崎市川崎区田辺新田1番1号
変電システム製作所	☎(0436)42-8111	〒290	市原市八幡海岸通7番地
東京工場	☎(0425)83-6111	〒191	日野市富士町1番地
神戸工場	☎(078)991-2111	〒651-22	神戸市西区高塚台四丁目1番地の1
鈴鹿工場	☎(0593)82-1201	〒513	鈴鹿市南玉垣町5520番地
松本工場	☎(0263)25-7111	〒390	松本市筑摩四丁目18番1号
山梨工場	☎(0552)85-6111	〒400-02	山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1
吹上工場	☎(0485)48-1111	〒369-01	埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号
大田原工場	☎(0287)22-7111	〒324	大田原市中田原1043番地
三重工場	☎(0593)30-1511	〒510	四日市市富士町1番27号
(株)富士電機総合研究所	☎(0468)56-1191	〒240-01	横須賀市長坂二丁目2番1号
富士ファコム制御(株)	☎(03)5351-0200	〒151	東京都渋谷区代々木四丁目30番3号（新宿コヤマビル）

昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成9年11月10日発行（毎月1回10日発行）富士時報　第70巻　第11号（通巻第752号）

FUJI ELECTRIC 富士電機

本誌はエコマーク認定の再生紙を使用しています。

定価525円（本体500円）