昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成16年11月10日発行（年6回1，3，5，7，9，11月の10日発行）富士時報　第77巻　第6号（通巻第829号）　ISSN 0367-3332

e-Front runners

富士時報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

11
Nov. 2004
Vol. 77 No. 6

特集1　情報制御システム
特集2　無停電電源装置（UPS）

富士電機グループ

富士時報
FUJI ELECTRIC JOURNAL

11
Nov. 2004
VOL. 77 NO. 6

特集1 情報制御システム
特集2 無停電電源装置（UPS）

目　次

特集1 情報制御システム

流動場測定技術の進展と流体力学の展開 397（1）
武田　靖

情報制御システムの現状と展望 398（2）
橋本　親・中島　千尋・黒江　潤一

新情報制御システム「MICREX-NX」 404（8）
酒井　敏・坂上　浩一・鈴木　哲雄

新情報制御システム「MICREX-NX」の高度情報制御パッケージ 409（13）
池田　卓史・中野　正人

新情報制御システム「MICREX-NX」のマイグレーション方法 413（17）
山田　隆雄・藤田　史彦

新情報制御システム「MICREX-NX」のエンジニアリング支援ツール 418（22）
竹内　良友・山野　景章・森　貴繁

新情報制御システム「MICREX-NX」のキャビネット実装技術 423（27）
一戸　均・塩　哲二・池戸　弘泰

中小規模監視制御システム「EGFMAC-SIRIUS」 427（31）
黒田　昌吾・羽原　茂広・伊藤　伸一

ハイブリッド超音波流量計 432（36）
矢尾　博信・平山　紀友・大室　善則

ディジタル指示調節計「PXH」 436（40）
小西　英之

情報制御・計測システムを支える設計製造技術 440（44）
町田　潤一・坂田　晃次・橘　諭貴

高速・高精度を実現する制御系設計技術 444（48）
吉田　收志・金子　貴之・平井　洋武

特集2 無停電電源装置（UPS）

インテリジェント UPS 技術を目指して 448（52）
羽根吉寿正

富士ミニ UPS「GX シリーズ」 449（53）
内藤　英臣・大熊　康浩・松尾　浩之

並列冗長方式ミニ UPS「RX シリーズ」 453（57）
山方　義彦・橋本　圭史・小林　宣之

大容量 UPS「UPS8000 シリーズ」 458（62）
廣瀬　順・谷津　誠・福田　幸夫

UPS 応用電源 463（67）
本木　泰・倉島　和義・岸　俊宏

無停止化技術を適用した直流電源 467（71）
保高　伸洋・軽部　邦彦

富士時報　VOL.77 2004（平成 16 年）総目次　（巻末 3 ページ）

表紙写真

企業を取り巻く環境は大きく変貌（へんぼう）し，市場の変化に柔軟かつ迅速に対応できる生産の仕組みが強く求められている。そのためには，生産現場から生産管理・経営レベルまで有機的に結合し，生産現場に必要なさまざまなコンポーネントとソリューションパッケージをシームレスに結合する垂直水平統合ソリューションが必要になる。

富士電機はこれに応えて，分野別のソリューションパッケージの提供，制御システムのオープン化，エンジニアリングの高効率・高品質化，フィールド機器のインテリジェント化などにより，トータルな対応を進めている。

表紙写真は，新しい情報制御システム「MICREX-NX」をはじめ，プログラマブルコントローラ，センサ，無停電電源装置などにより実現される垂直水平統合ソリューションをイメージ的に表現している。

流動場測定技術の進展と流体力学の展開

武田　　靖（たけだ　やすし）
北海道大学工学研究科教授　工学博士　理学博士

流体力学・流体計測を専門とするものにとっては非常に心配で重大な事故が最近発生した。関西電力（関電）美浜発電所（美浜）での配管破裂事故である。同様の事故としては以前，動力炉・核燃料開発事業団（動燃）高速炉でナトリウム配管の事故が発生している。これらの 2 件の重大事故は単純な直配管での事故だが，どちらも計測装置と関連した部位で発生していることに気が付いているだろうか。動燃の事故では，配管に挿入した温度計ピンの折損から配管が破壊した。今回の美浜の事故では，流量測定用オリフィスの後部配管の減肉により破裂した。どちらも計測装置の設置に起因しているとされている。本稿ではこれらの事故と計測装置との関連ついて考えてみたい。

まず始めに，両事故直後に動燃と関電から発表され一般報道された事故の技術的直接原因が，どちらも液体の流れを問題としている点である。動燃事故では，温度計ピンの後ろにできるカルマン渦によってピンが振動，疲労破壊を起こしたとされ，美浜事故では，オリフィス後流の壁面近傍にできる渦が配管壁を削ったとのこと。どちらについても筆者には十分は納得できていない。

まず，カルマン渦は流れの中に置かれた円柱等の後ろに交番的にできるものだが，2 次元配置でなければ，説明されたようなカルマン渦はできない。温度計ピンは管の途中まで挿入されていて 3 次元構造なので，発生する渦はカルマン渦とは異なるはずである。今回の美浜の場合では，単なる液体中に発生する渦だけで減肉が発生したとは考えにくい。別の現象が含まれているはずである。そうでなければ，オリフィス等の流れの障害物は配管のいたるところにあって，今回の部分だけに強くでるということを説明できない。

このような流動現象を理解するための観察手段としての実験技術には，この 15 年ほどで大きな変革が起きている。これまでの流体計測は，流量，圧力損失といった積分値の測定か，可視化写真による流動観察，熱線流速計や LDA 等での速度の点測定が主であった。これらは，空間の固定点における時系列や，一時刻における空間情報を求めているに過ぎなかった。しかし近年の実験技術は，超音波による流動場の線測定やレーザ PIV 法等による面測定が普通に行われるところまで発展してきた。しかも高速測定によって瞬時流動場を捕捉することが可能になっている。そしてこのように波動を使うことによって，流れにプローブを挿入することなく non-invasive に測定できて，流れを乱すことが無い。

これらの方法はとりもなおさず，流動を場の量として微分的かつ定量的に測定することであり，時空間情報の捕捉が行われることである。流れ場は 3 次元空間内の 3 次元ベクトルが基本量であり，それを扱うことが本質的には必要である。理論や数値計算では初めからこの物理量が微分的に取り扱われているが，実験ではそれが不可能であった。上記の実験技術の発達によりそれが可能となり，流体力学研究が大きく変わって来ている。いったん流動場の時空間情報が捕捉できれば，これまでに構築された理論流体力学が直接適用できるばかりでなく，理論のより直接的な検証が可能になり，流体力学全体に大きな進展が期待できるのである。

このような実験流体力学における方法論の大きな変化は，当然その応用としての産業計測機器や開発研究の手段としての流体計測へも影響がある。先端技術の利用に積極的な企業研究者は，すでにこれらの技術を使い始めているが，測定結果の解釈については，現在ではまだ従来の観方から脱しておらず，単に流れ場をより便利に眺める手段としてしか使われていない。今後はこの結果をどのように解釈し，流動場をどう理解するか。そこでは理論との結合をどう進めるかが問われることとなろう。

さらに工学・産業界としては，それらを取り込むことを念頭においた装置の開発が必要であろう。そこには全く新しい考え方で工業・産業施設の状態を計測し，その情報をどのように利用していくか。さらには，流動場の積分測定から微分測定へという大きな変化は，その利用・応用にも，考え方にコペルニクス的大転換をせまるであろう。大学人としてはやるべき事は沢山あるし，企業としてもシーズはいくらでも転がっていると思われる。

情報制御システムの現状と展望

橋本　親（はしもと　しん）　中島　千尋（なかじま　ちひろ）　黒江　潤一（くろえ　じゅんいち）

1　まえがき

日本経済はバブル崩壊後の10余年間，今まで経験したことのない低成長の時代を過ごしてきた。しかしながら，2004年度4～6月期の法人企業景気予測調査[(1)]では，2004年度の製造業の設備投資は前年比19.8％と増加見通しとなっている。先行きの明るさが見えてきたものの厳しい経営環境には変わりなく，低成長下でも勝ち残れる企業体質の改善が求められている。一方，デフレ傾向にある日本市場での材料，製品の低価格化を背景として，製造拠点のグローバル化は中国をはじめとするアジアを中心にますます拡大している。

このような状況において製造業が直面している課題は，国内では高付加価値製品へのシフト，高効率生産システムの構築，省エネルギーを含む環境負荷対応などであり，国外では資材調達の安定化，生産拠点の構築，流通販売網の立上げ，さらには製品，製造プロセスの国際規格への対応などであり，これらの解決が急務となっている。

従来，基幹業務システムやMES（製造実行管理システム）はIT技術の発達に支えられ，生産管理，運用管理の最適化を志向してきた。一方，PAS（プロセスオートメーションシステム）は，監視制御を中心とした製造プロセスの最適化を目指し実績を上げてきた。生産システム全体を考えると，これらの機能は本来一体のシステムとして取り扱い，全体を最適化する仕組みを構築することが情報制御システムの役割である。

このような背景から情報制御システムの目指すべき方向は，**図1**に示すようなフィールドレベルから生産管理，経営レベルまでを有機的に結合する垂直統合と，製造プラントの上流プロセスから下流プロセスまでをシームレスに統合する水平統合をトータルに実現する垂直水平統合ソリューションと考える。

本稿では，情報制御システムの市場動向とユーザーニーズの分析および技術動向を踏まえ，垂直水平統合ソリューションを提供する富士電機の情報制御システムへの取組みについて述べる。

2　情報制御システムの市場動向とユーザーニーズ

情報制御システムにおいて中心的な役割を果たすDCS（分散型制御システム）に対する世界，アジアおよび日本の市場予測を**図2**に示す。今後数年間の平均の年成長率は世界市場で2.5％，アジア市場で6.4％，日本市場では0.5％と予測されている。日本市場の伸びは小さくほぼフラットである一方，アジア市場は中国を中心に今後も成長を続ける[(2)]。

業種別の市場予測データによると，世界，アジア，日本に共通して，素材産業がおしなべて平均成長率以下であるのに対し，医薬品，食品・飲料の伸びは平均成長率に比べて最も大きく，次に電力，上下水道であると見込まれている。

これらの市場状況において，鉄鋼・金属，石油精製・化学，セメント・ガラスなどの素材産業では，新規プラント建設の需要は少なく，設備の更新期間は長期化しつつあり，これまでに投資されたプラントを維持するための設備更新の需要が大半となる。

このような市場環境の中で，情報制御システムに対するユーザーニーズはここ数年で大きく変化してきている[(3)]。すなわち，従来の機能，性能の向上あるいは初期投資時点でのコスト削減から，ライフサイクルでの経済性の向上へと移ってきている。これはシステムの構築（構想，設計，製作，試験）から運用・保守，設備更新，そして廃棄に至るまでに要するいわゆるライフサイクルコスト[(5)]を低減することを意味する。プラント設備のライフサイクルコストを最適化するためには，初期投資を抑えることはもちろんのこと，運用以降の保全・保守コスト，設備更新コストをいかに引き下げるかがポイントとなる。

保守・保全においては，そもそも情報制御システムの素材ともいうべきハードウェア，ソフトウェアプラットフォームが高い信頼性を確保していることを前提に，いかにアセットマネジメント（設備管理）をシステム化できるか，また，設備更新においては，IT技術によって進化し続ける監視操作系の最新技術・製品をいかに既存設備を部

橋本　親

情報制御システムの製品企画・開発に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部長。電気学会会員。

中島　千尋

制御用ネットワークシステムおよび分散型制御システムの企画・開発に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部長。計測自動制御学会会員。

黒江　潤一

計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)産業・交通システム本部計測プラント統括部長。

図１　垂直水平統合ソリューション

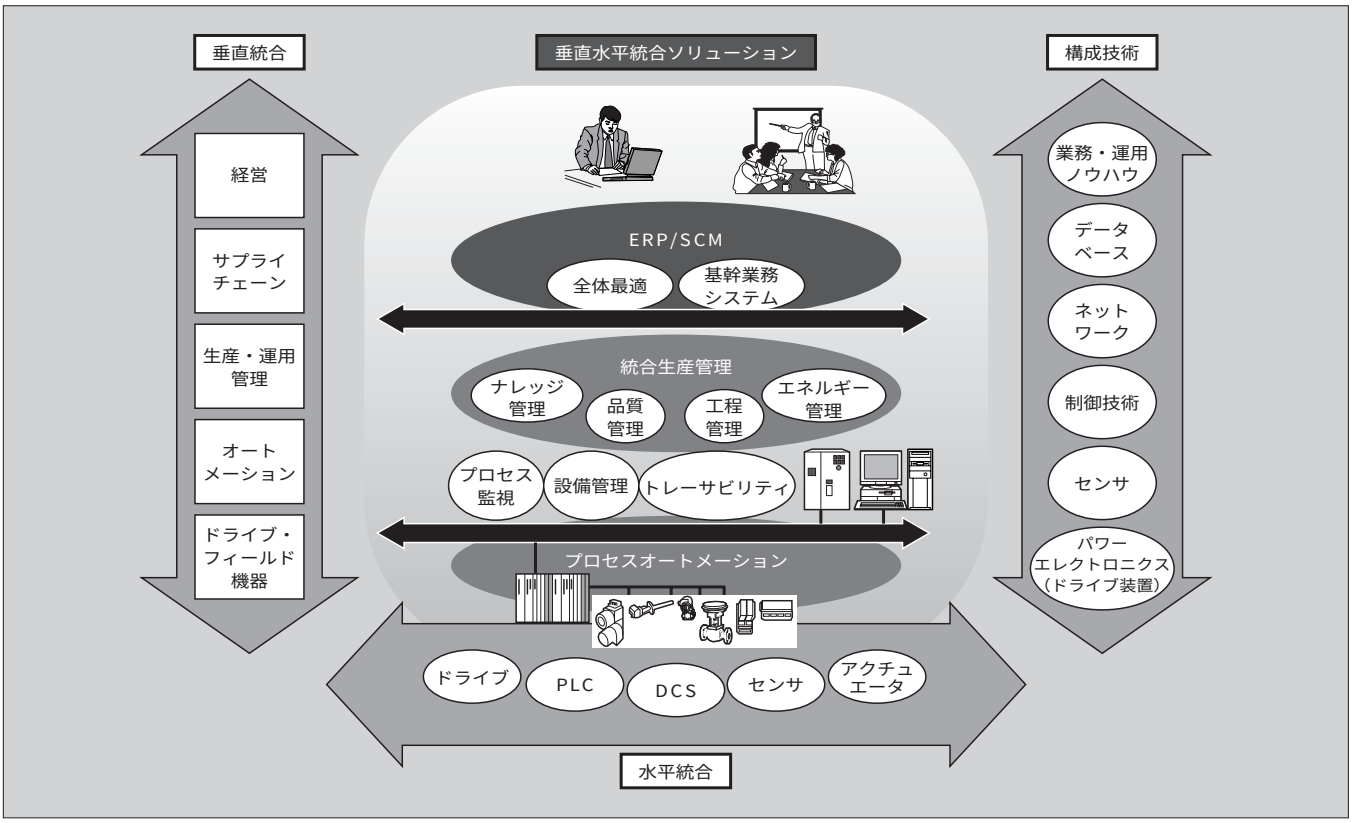
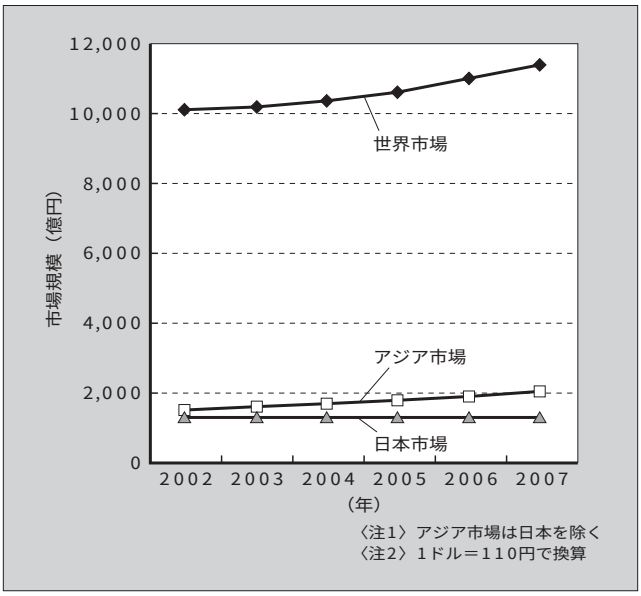


図２　世界，アジアおよび日本のプロセスオートメーション市場予測



分更新しながら調和させていくか，さらには既存設備のユーザーノウハウをいかに新規設備に移行するかが，今日におけるユーザーの大きな関心事項といってよい。

3　情報制御システムの技術動向

情報制御システムは，先に挙げたユーザーニーズに応えるべく，最新の情報制御技術を取り入れながら発展している。以下に，ここ数年の代表的な技術動向と将来への展望を述べる。

3.1　生産システム統合化の進展

PAS は今や単独では存在しえず，基幹業務システムである ERP（Enterprise Resource Planning），SCM（Supply Chain Management），MES との効率的な連携動作，すなわち垂直方向への広がり（垂直統合）と，プロセスを原料搬入，プロセス制御，搬送制御，梱包（こんぽう）搬出，さらにはユーティリティ管理までをトータルに管理する水平方向の広がり（水平統合）が必須となっている。これらは，製造拠点の海外へのシフトにおいても，現地での資材調達を含めて重要な課題である。

垂直統合において，監視制御システムとの結合が強い MES においては，以下の 2 点が重要視されてきている。

(1)　MES の本来の使命は，生産システムの工程管理，仕掛管理，進捗（しんちょく）管理，実績管理，生産設備管理，品質管理などであるが，今日ではそれだけにとどまらず，工程改善やその改善効果の解析など，プロセスのパフォーマンス評価に基づいた経営判断のツールとして着目されており，従来の管理機能に増して実績データの分析，可視化に力点が移ってきている。

(2)　従来は MES を構築する方法として，ソフトウェアを個別に作り上げるオーダメードのソリューション対応が主流であった。今後はシステム設計のさらなる効率化と信頼性の確保のために，標準的なコンポーネントを組み合わせた実行環境を提供する MES のプラットフォーム

化が進むと考えている。

3.2　DCS の技術動向

(1)　オープン技術の導入

IT 技術の急速な進展によってもたらされた，いわゆるオープン技術が DCS の分野にも急速に普及してきている。導入が進んでいる代表的なオープン技術を以下に記す。

① パソコンおよびデファクトスタンダード OS（Windows〈注1〉）

② 標準 LAN 技術（Ethernet〈注2〉，PROFIBUS，Foundation Fieldbus〈注3〉など）

③ 標準インタフェースプロトコル（TCP/IP，OPC など）

④ インターネット技術

⑤ オブジェクト指向ソフトウェア技術

(2)　汎用製品の活用

従来，DCS 専用に開発設計していたコンポーネントに替えて，汎用製品を素材としたコンポーネントを使用する一方，システム製品としての機能，性能，信頼性，安全性をソフトウェアにてトータルに確保し，コスト面でもメリットを出す取組みが多くなってきている。例えば，監視操作系では，SCADA（監視操作ソフトウェア），制御系では PLC（プログラマブルコントローラ）をベースとすることなどが代表例である。

〈注1〉Windows ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

〈注2〉Ethernet ：米国 Xerox Corp. の登録商標

〈注3〉Foundation Fieldbus ：フィールドバス協会の登録商標

(3)　国際規格への対応

製造拠点の海外へのシフトおよびプラントの海外輸出において，国際規格に準拠した設備を要求されることが増えてきている。これは海外でのシステム構築，保守部品調達のしやすさに加え，例えば，海外のエンドユーザーからの指定に基づく対応が必要になる場合がある。さらに，JIS の国際化の流れから，IEC 規格の内容が JIS に反映されつつあり，国内でのプラント設備も国際規格に適合した技術・製品を取り入れるケースが多くなっている。

4　富士電機の取組み

情報制御システムは 1970 年代に DCS が出現したことにより，高度化，高性能化し現在に至っている。富士電機は**図 3** に示すように，DCS の初期から製品を市場に投入してきた。1980 年前半の第一・第二世代において個別に発展した E（電気），I（計装）に，第三世代では C（コンピュータ）機能を結合し EIC 統合を果たした。1990 年代後半には，オープン化および進化と継承をコンセプトに，第四世代である MICREX-AX（Advanced System）を発表した。2004 年では，これまでのコンセプトを踏襲しつつ垂直水平統合および統合化エンジニアリングを特長とする次世代情報制御システムとして MICREX-NX（Next Generation System）を開発し市場投入した。MICREX-NX による垂直水平統合ソリューションを**図 4** に示す。また，富士電機の既存の情報制御システムと MICREX-NX の位置づけを**図 5** に示す。

MICREX-NX は，富士電機とドイツ・シーメンス社の

図3　富士電機の情報制御システムの発展

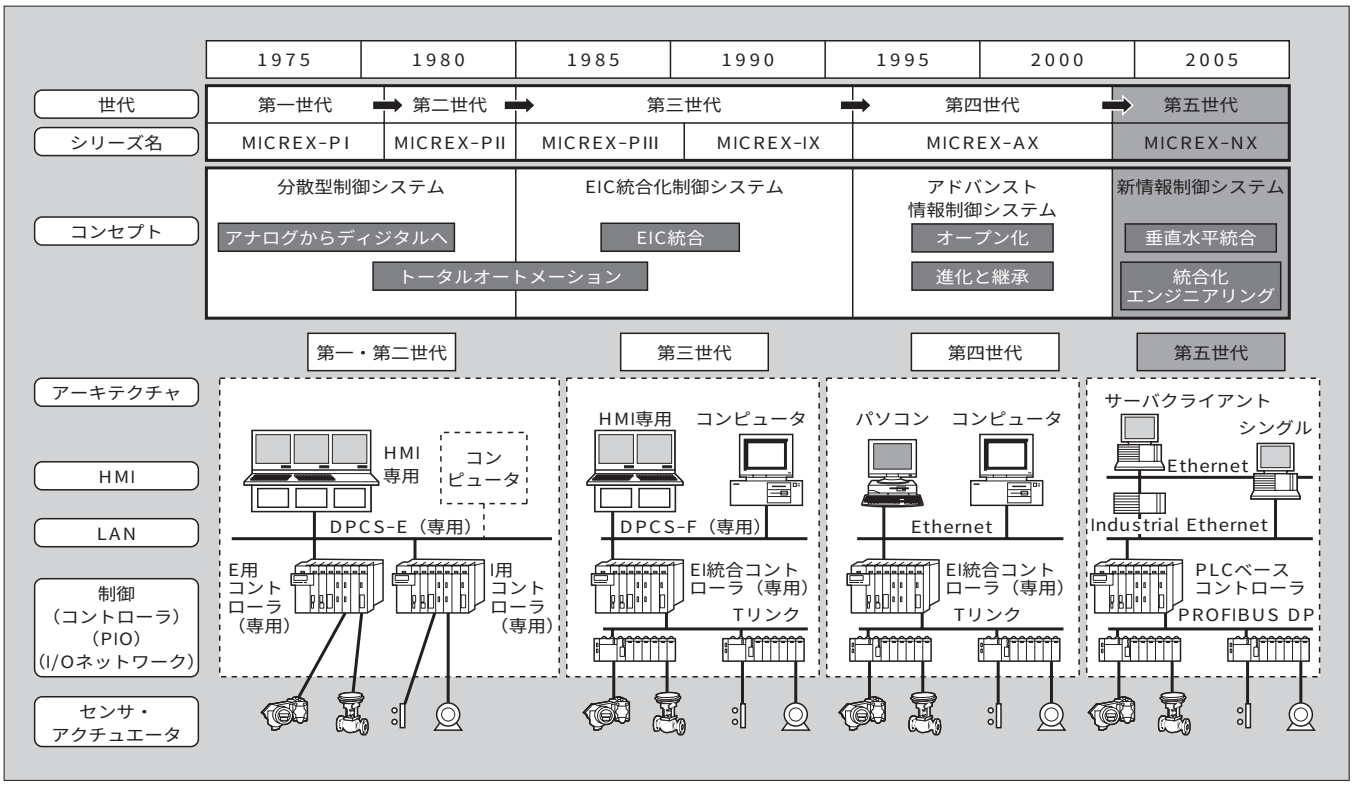
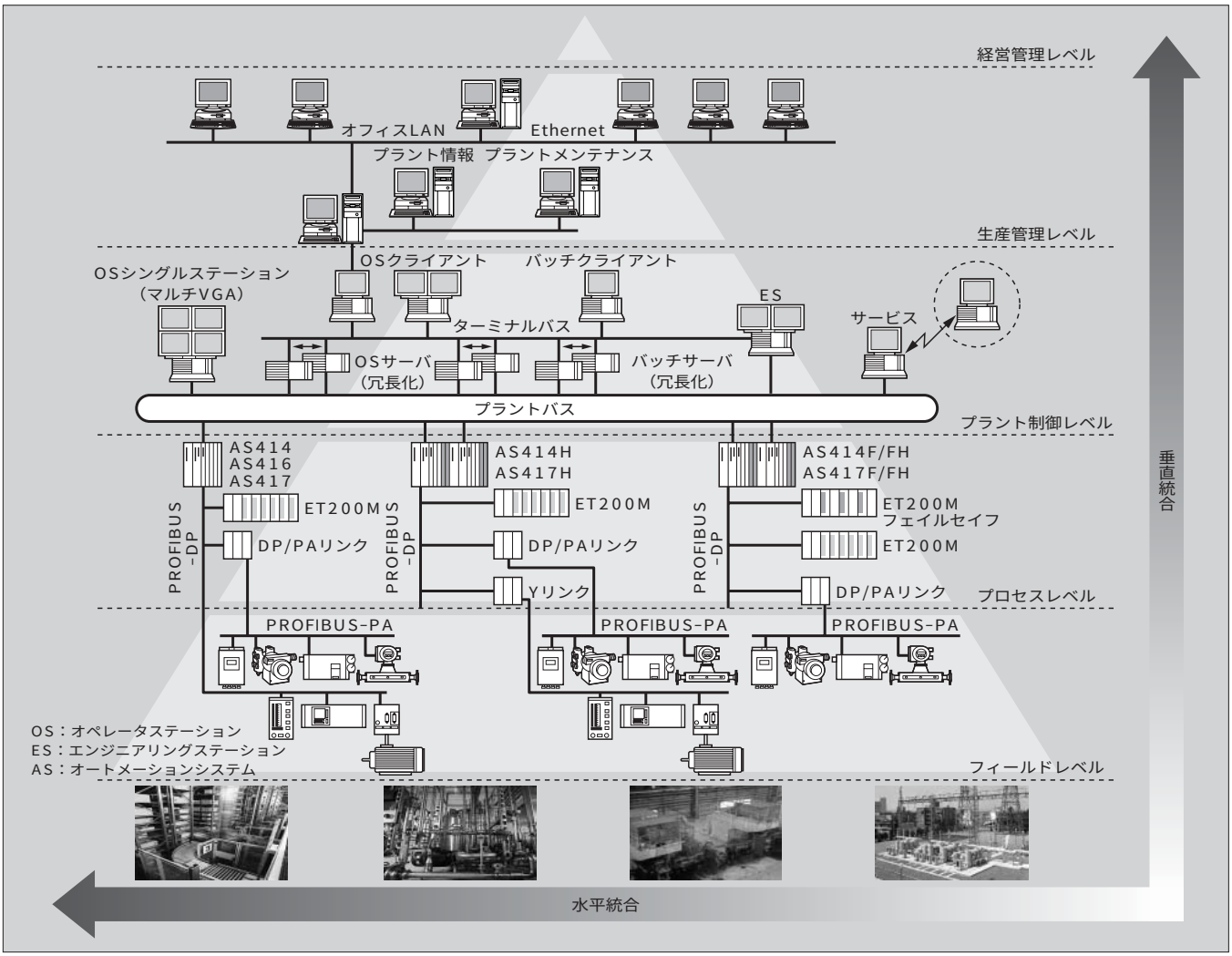


図4　MICREX-NX を核にした情報制御システム



PAS 事業での協業の一環として，シーメンス社の DCS である PCS7 をベースに共同開発した次世代の情報制御システムであり，2004 年 9 月から販売を開始した。

ユーザーニーズに立脚した次世代の DCS である MICREX-NX を核にして，富士電機の情報制御システムは次のような点が強化されている。

4.1　垂直水平統合の進展

(1)　垂直統合システム

富士電機の MES は，製造ワークフローに基づきフレキシブルかつ高効率な生産計画を実現するとともに，PAS とシームレスな連携が可能である。以下に主な特長を記す。

①　設備・機器，品質検査，操業などに関する作業指示・操業実績を一括してリアルタイムに管理し，全体最適を実現している。

②　製造現場で発生する情報を統合化し，実績分析（工程ロットフロー，相関解析，工程内挙動解析など）による操業改善および製造プロセスのトレーサビリティを確保している。

③　MES のプラットフォーム化により，標準的なコンポーネントを組み合わせてシステム構築できる環境を整備している。

④　MES と DCS を統合的にエンジニアリングする環境を提供している。

⑤　TCP/IP，OPC などのデータ交換に関する国際規格に基づいたインタフェースにより，MES と DCS のデータ連携を容易に実現している。

(2)　水平統合システム

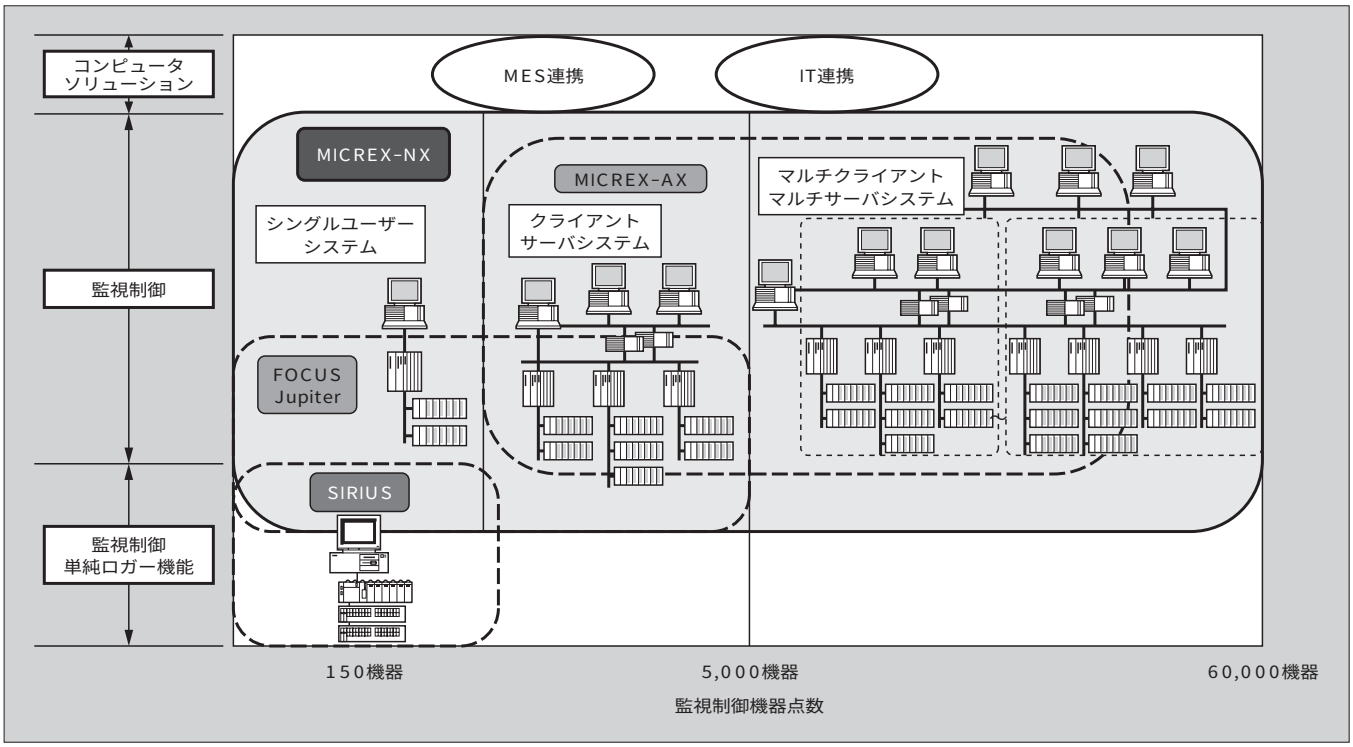
従来の EI 統合の概念を一歩進め，製造工程内のプロセス制御と電機制御にとどまらず，材料搬送から物流，ユーティリティまでも含めた一貫したフィールドレベルでの統合を果たす。

富士電機の水平統合システムは次のような特長を持っている。

①　制御コンポーネントは高性能な PLC をベースとしたものであり，高速応答が要求される電機制御と定周期性が要求されるプロセス制御を共通のプラントバス（IE ： Industrial Ethernet）を介して協調動作させることができる。さらに，統合化されたエンジニアリングツールにより，システム設計，試験を連携させて実施できる。

②　フィールドレベルのネットワークは国際規格である

図5　MICREX-NX の位置づけ



PROFIBUS-DP および PROFIBUS-PA であり，ドライブ装置から計測機器までを用途に応じてフラットに接続し，監視制御できる。

③　垂直統合された MES と DCS の連携により，プロセスラインの運転状況と連動した前後工程（材料搬送，物流，ユーティリティなど）のフレキシブルな運用が可能である。

4.2　ライフサイクルにおけるトータルソリューションの提供

MICREX-NX はプラントの各ライフサイクルフェーズにおいてコストを低減し，安定したプラント操業を確保するために次のような仕組みを持っている。

(1)　システム構築フェーズ（構想，設計，製作，試験）

(a)　スケーラブルなシステム構築

システム規模に応じて，小規模プラント向けのエントリシステム「BOX シリーズ」と小中規模から大規模まで 150 機器から 60,000 機器までのスケーラビリティを持つ「PRO シリーズ」の二つのシリーズをラインアップした。これらのシリーズは同一のエンジニアリング環境によって，最小規模の投資で構築した設備や獲得したノウハウをプラントの拡張の際にも継承できるため，ユーザーは投資を確実に回収できる。

(b)　国際標準，業界標準の規格に対応

プラントの各階層での国際規格 LAN（Ethernet, Industrial Ethernet, PROFIBUS-DP/PA, HART, AS-i, MODBUS〈注4〉など）への対応や国際標準言語 IEC 61131-3 の採用は当然ながら，グローバル化に向けた競争力を高めるバッチプラント向けの制御パッケージ SIMATIC BATCH〔IEC61512（ISA S88）に適合〕，米国食品薬品局（FDA）が定めた電子記録・電子署名に関する規定（FDA 21 CFR Part11）に準拠した食品・医薬品製造プロセス向けの電子記録・電子署名・監査記録対応システム，安全計装システム（IEC61508 準拠）などを用意している。

(c)　統合化エンジニアリング

①　これは MICREX-NX のコンセプトの一つである。統合化されたエンジニアリングデータベースにより，監視操作系，制御系，設備管理に加え，SIMATIC BATCH，安全計装システムなどの高付加価値機能が統一されたエンジニアリング環境で構築できる。

②　ユーザーの知的財産であるソフトウェアをライブラリ化し蓄積・再利用しやすい仕組みにより，ノウハウの作り込みと活用が加速できる。

③　実機を使用しないデバッグにより設計・試験の効率向上・高品質化を実現できる，コントローラ，PIO，プラントの 3 段階のシミュレータを利用できる。

(2)　運用保守フェーズ

(a)　稼動率の向上

MICREX-NX はネットワーク，データベースサーバ，オペレータステーション，コントローラ，PIO，電源のあらゆるレベルにおいて多重故障に対応できる完全冗長化を実現した。また，ハードウェア自体の堅ろう・高信頼設計に加え，プラント運転，エンジニアリング，試験，ソフトウェア変更などのさまざまな作業を行う場面でログオン機能によるセキュリティ対策にも配慮するなど，

〈注4〉MODBUS ： Gould Modicon 社の登録商標

あらゆる角度から高い稼動率を確保している。

(b)　保守の容易化

システムの故障診断と状態表示の充実に加え，次のような特長ある仕組みによって日常保守のしやすさと故障時の復旧時間の短縮を図っている。

①　統合化された設備管理システムによる水平統合された設備機器の診断と予防保全

②　変更履歴管理機能によるアプリケーションソフトウェアの世代管理のシステム化

③　最小 10 ms（分解能 1 ms）のタイムスタンプ機能による障害発生時の原因特定の迅速化

④　コントローラ，PIO モジュールのオンライン交換と交換後の自動バックアップ

(3)　設備更新フェーズ

段階的なマイグレーションにより，ユーザーの設備更新計画に応じてフレキシブルにプラントを維持，発展させることができる。また，既設 MICREX と MICREX-NX を連携させるハードウェア群とユーザーのソフトウェア資産を継承させるソフトウェアコンバータにより，最小限の投資で設備やノウハウをロングスパンで継承することができる。

4.3　プラントノウハウおよび制御技術の継承と進化

長年培ってきたプラントのノウハウや制御技術をいかに継続的に活用しかつ進化させるかは，ユーザーのみならずメーカーにおいても重要な課題の一つである。プラント運転ノウハウ，制御ノウハウ，かつこれらのノウハウを活用するツール環境を含めた，いわゆるコンテンツに対して富士電機は次のように取り組んでいる。

(1)　産業分野，環境分野，水処理分野，エネルギー分野などで長年にわたって蓄積してきた制御および監視用のソフトウェア部品を MICREX-NX の統合化エンジニアリング環境の下で共通ライブラリ化している。特に，制御ライブラリはコントローラ部品，HMI（Human Machine Interface）部品に加えて制御アルゴリズムなどの付加情報を一つのオブジェクトとしてパッキングし，ライブラリの再利用時の効率化と合わせてノウハウの継承を容易にしている。

制御コンテンツは PID 制御，アドバンスト制御からモデル予測制御まで用途に応じて最適に使い分けできるメニューを用意した。

(2)　プラント運転のノウハウは主にユーザー側に存在する。MICREX-NX ではユーザーが持つプラント運転ノウハウを最大限に生かす運転支援パッケージを充実させている。例えば，ルートコントロールパッケージは，食品，飲料，薬品，化学などの分野における複雑な配管ルートやタンクヤードの運転に大きな効果を発揮する。

5　あとがき

情報制御システムは IT 技術の急速な進歩と世界的な技術標準化の波に乗り，年々進化し続けている。海外生産に象徴される製造のグローバル化は周知のことであるが，プラントを支える情報制御システムに関してももはや 1 社ですべてを完結させるより，よりグローバルな視点でユーザーニーズを取り込みながら進化させる時代が来たといえる。すなわち，情報制御システムに対する付加価値は単なるハードウェア，ソフトウェアプラットフォームだけではなく，個別の地域，産業分野に即したノウハウをいかに整理統合し将来にまで継承・進化できるかにかかっている。この観点に立って，富士電機はドイツ・シーメンス社と相互の強い技術を活用し，さらに共同開発，製造分担を行うことでスピーディに成果を出し，グローバルな製品展開を進めている。

今後もさらにユーザーニーズに立脚したソリューションを提案し，ユーザーが将来にわたって満足し続けられるシステムを開発，提供していく所存である。

参考文献

(1)　第 1 回法人企業景気予測調査（平成 16 年 4 ～ 6 月調査）について．内閣府・財務省報道発表．2004-06-24.

(2)　O'Brien, L. DCS Worldwide Outlook. ARC Advisory Group. 2003.

(3)　2003 計装制御技術会議．日本能率協会．2003-11-12 ～ 14.

(4)　宮田淳ほか．鉄鋼プロセスにおける制御システムの変遷と今後の課題．計装．vol.47, no.8, 2004, p.17-20.

(5)　石井信明．制御システム更新におけるライフサイクルコストと経済性評価．計装．vol.47, no.8, 2004, p.34-37.

(6)　松浦由武ほか．情報・計測制御システムの現状と展望．富士時報．vol.76, no.9, 2003, p.508-512.

新情報制御システム「MICREX-NX」

酒井　敏（さかい　さとし）　坂上　浩一（さかがみ　こういち）　鈴木　哲雄（すずき　てつお）

1　まえがき

DCS（Distributed Control System：分散型制御システム）は二十数年前から，プラントの監視制御装置として幅広く使用され，水処理分野や計測システム分野を中心とする，プラントビジネスを支える中核コンポーネントである。

従来は，全分野を最大公約数的にカバーする機能を専用ハードウェア，専用ソフトウェアを中心に構築した高性能・高信頼性 DCS である Heavy DCS が主流を占めてきた。

近年，長期低迷する経済情勢の中で生産現場の情報を全社的に共有し，製造計画や生産計画に適用することで，プラントをより効率的に運用したいという要求が強くなってきた。また，保守やエンジニアリングにかける費用の削減要求もますます大きくなってきており，オープン技術と先進ソフトウェアにより，フィールドレベルから MES（Manufacturing Execution System：生産実行システム）まで垂直統合され，FA（Factory Automation：工場自動化）分野まで適用可能な水平統合ソリューションビジネスの展開に適した，用途に応じた使い分けが可能な自由度の高い DCS である Light DCS が求められている。

これに対応するため，新情報制御システム「MICREX-NX」を開発した。ここでは，MICREX-NX のシステム構成およびその概要について説明する。

2　MICREX-NX システムアーキテクチャ

MICREX-NX システムは，富士電機とシーメンス社との共同開発のベースとなったシーメンス社 PCS7 の思想および実績に裏付けられた高い信頼性・機能性を持つシステムである。「垂直水平統合」の思想のもとに，統一化されたプラットフォームを持つハードウェアとソフトウェアにより，一つのシステムで広範囲な制御対象をカバーするように考えられている。さらに，既設システムと接続可能なコンポーネントも準備する予定である。

2.1　システム構成

MICREX-NX システムは，操作監視装置であるオペレータステーション（OS），各種設定を行うエンジニアリングステーション（ES），制御装置であるオートメーションシステム（AS），プロセス入出力をつかさどる ET200 シリーズで構成されている。OS には工業用パソコンを使い，Windows〈注1〉ベースのオープンインタフェースを実現している。ES は，制御プログラムや画面部品を容易にライブラリ化でき，生産性向上を狙っている。AS および ET 200 には高信頼性プログラマブルコントローラ（PLC）および I/O を使用している。これらを接続するネットワークには Ethernet〈注2〉ベースのプラントバス（Industrial Ethernet）を，フィールドネットワークには PROFIBUS を使用し，汎用性と信頼性を確保している。また，IEC 61512（ISA S88）に準拠したバッチシステムや米国食品医薬局（FDA）が定めた電子記録・電子署名に関する規定（FDA 21 CFR Part11）の対応，安全計装システム（IEC61508）の実現など，最新の国際規格，業界標準に対応している（**図1**参照）。

2.2　垂直統合と水平統合

MICREX-NX システムは統一化されたデータ管理，コミュニケーションを有している。メインプロセスに MICREX-NX コンポーネントを据え，補助プロセスや入出庫管理にはそれらを得意とする種類豊富なソフトウェアパッケージを使用することで，生産現場での上流から下流まですべてを同じ製品アーキテクチャで統一することができる。これらはエンジニアリング・操業トレーニング・保守といった各フェーズにおいて，作業の容易化・費用削減に寄与する。同様に，これらの統一された豊富なコンポーネントにより，プロセス産業分野，機械加工分野，およびハイブリッド分野（連続・バッチ・ディスクリートプロセスが混在しているような分野）に対してすべて同じアーキテク

〈注1〉Windows：米国 Microsoft Corp. の登録商標

〈注2〉Ethernet：米国 Xerox Corp. の登録商標

酒井　敏

分散型制御システムの開発設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部担当課長。

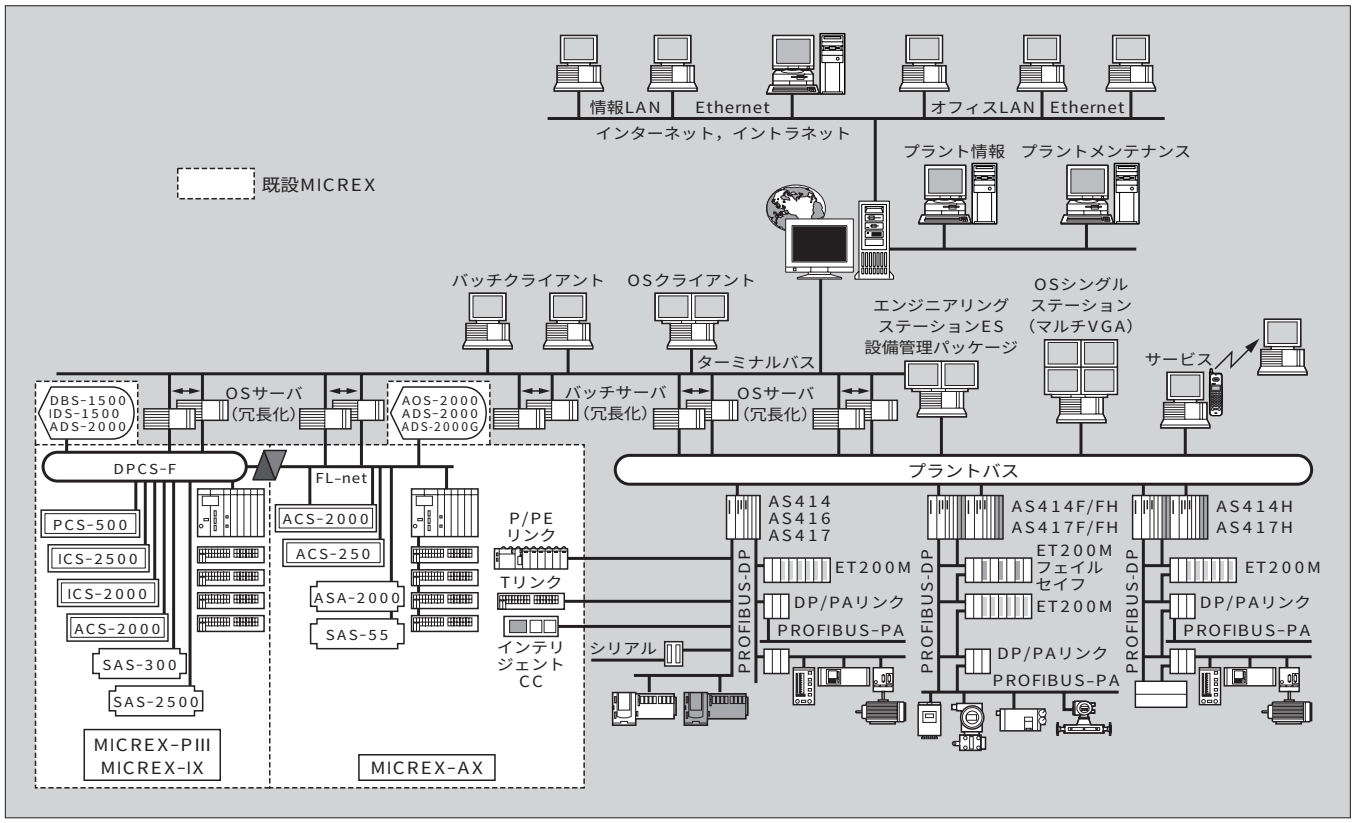
坂上　浩一

分散型制御システムの開発に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部主任。

鈴木　哲雄

制御システムおよび制御コンポーネントの開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)MES・DCS 統合開発部主任。

図1　MICREX-NX システムの全体像



チャの製品を供給することが可能である。

また，これらデータ管理の統合化により ERP（Enterprise Resource Planning：企業資源計画）や MES レベルからフィールドレベルまでの情報を共有することが可能である。

2.3　高信頼性

MICREX-NX は，完全冗長化に対応可能なシステムである。操作監視装置からネットワーク，制御装置，I/O に至るまですべてを二重化でき，システムの多重故障に対応している。また，イベント管理機能，高度な時刻同期とタイムスタンプ付加機能，強化された自己診断機能により，障害発生時にも迅速な対応が可能となっている。

3　エンジニアリングステーション（ES）

3.1　統合化されたエンジニアリングシステム

従来のシステムでは制御系・監視系のエンジニアリングは別々に行われ，両者間のインタフェースを定義することに時間を割いていた。これに対し，MICREX-NX では，フィールドデバイス，ネットワーク，コントローラアプリケーションから，オペレータステーションまでのすべてのエンジニアリングを統合化された環境で行える。コントローラアプリケーションの作成には，SFC（Sequential Function Chart）と CFC（Continuance Function Chart）が使用できる。CFC のブロックには，メッセージや，監視操作に関連したすべてのデータが含まれており，CFC によるコントローラアプリケーションから自動的に監視操作用のブロックアイコンとフェースプレートを生成できる。これらにより，オペレータステーションのエンジニアリングを効率的に行えるうえ，標準化された画面部品を利用できるので，単体試験の工数削減を図れる。

図2 に監視操作用部品の自動生成を示す。

3.2　エンジニアリングの効率化

(1)　豊富なライブラリ

モータ，バルブ，PID コントローラなどの標準的なコンポーネントは，あらかじめソフトウェアオブジェクトとしてライブラリに準備されている。

また，容易にユーザーライブラリが作成できるので，コントローラアプリケーションの再利用が行え，効率的である。

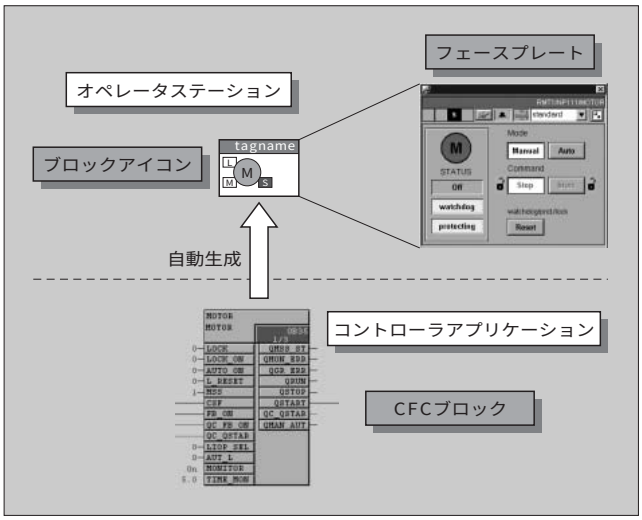
(2)　シミュレーション環境の充実

シミュレーションソフトウェアを使用して，CFC/SFC によって作成されたコントローラアプリケーションはエンジニアリングシステム上で，実機を使用しない試験が可能である。これにより，早い段階でのエラー検出・除去が行え，結果として早い現地調整・低コスト・高品質のプログラム生産が可能となる。

3.3　マルチプロジェクトエンジニアリング

幾つかのチームが並行してプロジェクトを構築するために，プロジェクトをサブプロジェクトに分割し，個別にエンジニアリングが行える。個別のサブプロジェクトはいつ

図２　監視操作用部品の自動生成



でもプロジェクトに挿入・削除が行える。

4　オペレータステーション（OS）

4.1　システム構成

従来システムの監視操作装置では，構成要素や構成台数の組合せが決められたものであったのに対し，MICREX-NX では，監視対象の規模や拡張に対応して，下記のスケーラブルな構成をとることができる。

(1)　シングルユーザーシステム

1 台のオペレータステーションで構成されるシステムである。

(2)　クライアントサーバ構造のマルチユーザーシステム

最大 12 台の OS サーバと最大 32 台の OS クライアントで構成されるシステムである。オプションでサーバの冗長化や大量の時系列データを収集するためのアーカイブサーバを設置する構成をとれる。

4.2　オペレータステーションの特徴

従来システムでは設備ごとのオペレーション画面をメニューにより管理するにとどまり，実体に即した「分かりやすいオペレーション」を実現するためには多くのエンジニアリングを必要とした。これに対し MICREX-NX では，次の特徴がある。

(1)　標準的機能として，プラント全体を設備単位に分割し，これらを「エリア」として管理できる。

(2)　エリア内の最大五つの階層構造に対応した表示により，直感的な対象設備の監視操作が可能である。

(3)　エリアごとにオペレーターの監視・操作の権限設定により，セキュリティを強化できる。

(4)　ループインアラーム機能により，ワンタッチで発生したアラームのプラント画面を表示することが可能である。

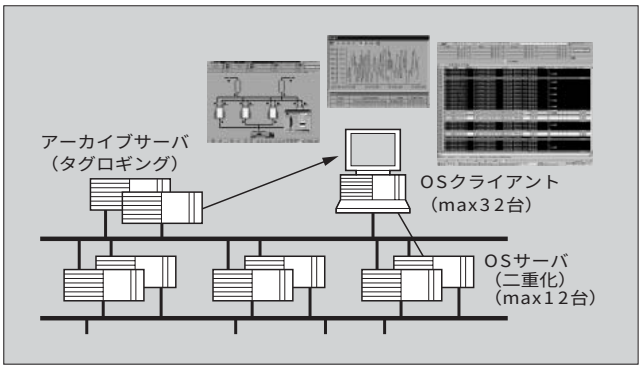
また，その他の特徴としては下記 2 点がある。

(1)　SFC ビジュアライゼーション機能により，プラント画面を監視しながら SFC 記述されたシーケンス制御の表示および操作ができる。

(2)　オンラインで日本語と英語の言語切替えが可能である。

図３にオペレータステーションの構成を示す。

図３　オペレータステーションの全体像



4.3　プラント監視画面作成機能

プラント監視画面は，下記の特徴を持つ専用の作画ツールにより，従来よりさらに容易に作成することができる。

(1)　カスタマイズオブジェクト機能により，表示用部品（オブジェクト）を作成できる。

(2)　ダイナミックウィザード，コンフィグレーションダイアログによる動作設定の簡素化が行える。

(3)　OLE コンポーネントの組込みが容易である。

(4)　多種描画用部品ライブラリを標準装備している。

(5)　VB スクリプト，C スクリプトの 2 種類のスクリプト言語によるデータ処理機能と充実した標準ライブラリを持っている。

5　MICREX-NX BOX

MICREX-NX BOX は，制御機能を搭載したパソコンカードを工業用パソコンに実装したシステムである。エンジニアリングステーション，オペレータステーション，オートメーションシステムの機能を一つのコンポーネントで実現している。制御機能パソコンカードは，リモート I/O を PROFIBUS により接続可能で，パソコン本体とは電源系統・制御信号系統（リセット信号など）ともに分離されており，パソコン側での Windows フリーズや電源断などの異常発生に影響されず制御が継続できる仕組みとなっている。使用用途は，小規模プラントやユーティリティプラント，テスト・教育・訓練・研究用システムである。ソフトウェアおよびエンジニアリングデータは OS クライアントサーバシステムのものと共通であり，これらシステムとの連携や機能拡張も容易な設計となっている。

図４に MICREX-NX BOX システムの構成を示す。

6　ネットワーク

MICREX-NX のシステムバスには，プラントバスが使用されている。

図4　MICREX-NX BOX システムの構成

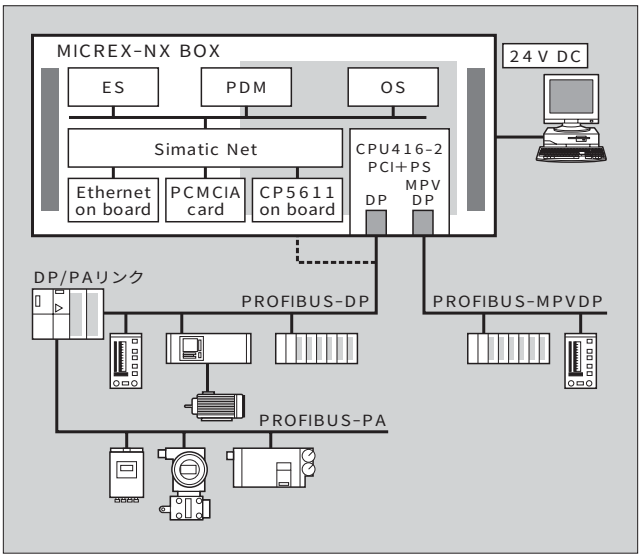
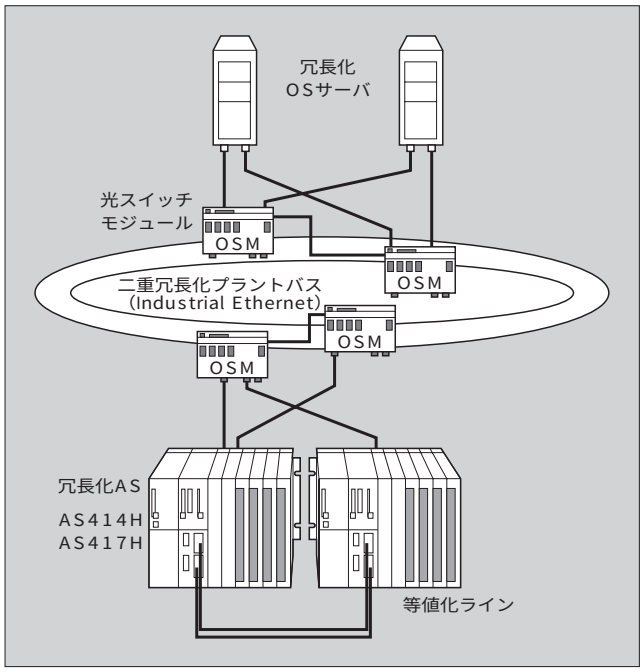


図5　冗長化リング構成



6.1　特　徴

プラントバスは，IEEE802.3 規格に基づく強力なセルネットワークである。プロトコルは通常の TCP/IP ではなく，ISO プロトコルを用いている。

プラントバスの特徴は，以下のとおりである。

(1)　100 Mbps の高速通信が可能である。

(2)　工業用として専用設計され，耐環境性に優れている。

(3)　光および電気でのリング構成による冗長化が可能である。異常発生時の切替えは 0.3 秒と高速である。

(4)　総延長：電気 5 km，光 150 km

6.2　構成ハードウェア

プラントバスには，以下のようなハードウェアコンポーネントが用意されている。

(1)　光スイッチモジュール（OSM）

光ファイバケーブルによるリング構成をとる場合に使用する。リング構成での異常検出からループバックまでを最大 0.3 秒で行うことが可能である。1 リングあたり OSM は 50 個接続できる。

(2)　電気スイッチモジュール（ESM）

電気ケーブルによるリング構成をとる場合に使用する。その他の仕様は OSM と同様である。

(3)　コミュニケーションモジュール

コミュニケーションプロセッサモジュール（CP443-1）はオートメーションシステムをプラントバスに接続するためのカードである。オペレータステーションではコミュニケーションプロセッサカード（CP1613）を実装することで同様にプラントバスへの接続が可能となる。

(4)　ケーブル

使用できるケーブルにはマルチモードおよびシングルモードの光ファイバケーブル，ツイストペアケーブルおよび電気的に強化した工業用ツイストペアケーブルがある。

図 5 に冗長化リング構成を示す。

7　オートメーションシステム（AS）

7.1　CPU の二重化

従来，コントローラ二重化は部分的なデータ等値化によるウォームスタンバイ二重化方式であったのに対し，MICREX-NX では，イベント同期によるものである。これは，外部 I/O などのデバイスアクセスや割込み処理によるメモリエリアの同期および処理実行タイミングの同期を取る方式であり，これまでスタンバイ側への切替えに 1 秒程度要していたものを 100 ミリ秒以下で切替え可能となり，短時間の運転停止も許されないようなプラントにも適用可能である。またこれらの仕組みによりアプリケーション作成時に二重化システムを意識する必要がなくなっている。

本二重化システムの構成は，2 台の冗長化 CPU と CPU 間の同期ケーブル，2 系統の PROFIBUS，その両方の PROFIBUS に接続するリモート I/O（ET200M）である。

CPU 間の同期は，2 本の同期化ケーブル（光ファイバケーブル）と 4 個の同期化モジュールによって行われる。

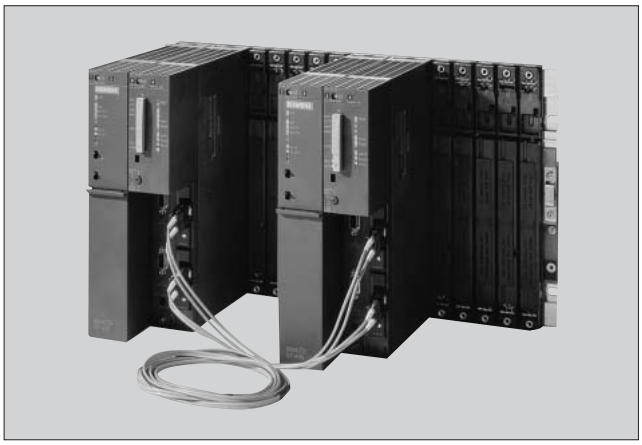
リモート I/O にも PROFIBUS スレーブインタフェースモジュール（IM153-2）を 2 台使うため，インタフェースも二重化されている。

図 6 にオートメーションシステムの外観を示す。

7.2　ネットワーク

CPU 間の通信や上位のコンピュータとの通信は PROFIBUS またはプラントバスを採用，リモート I/O やモータドライブなどのフィールド機器との通信は IEC 準拠の PROFIBUS-DP を使用している。

図6　オートメーションシステムの外観



7.3　制御向け言語

プログラムの標準化，モジュール化を進めるにあたりさまざまな言語を用意している。

(1)　CFC（Continuance Function Chart）

プロセスフローチャートのイメージであり，各ファンクションブロック同士を，エディタ上の線でつないで作成する。

(2)　SFC（Sequential Function Chart）

IEC61131-3 の SFC に準拠し，工程が段階的に分割しやすい制御に向いている。

(3)　SCL（Standard Control Language）

IEC61131-3 の ST（Structured Text）に準拠している。高級言語で複雑なデータ処理に適している。

8　プロセス入出力（PIO）

MICREX-NX の PIO には，リモート I/O と直結 I/O が用意されている。リモート I/O は，PROFIBUS により分散制御を実現できる。PROFIBUS は，ヨーロッパにおいて規格化された優れたリモート I/O 用ネットワークであり，世界標準の一つになりつつある。またシーメンス社製およびサードパーティー製の豊富なコンポーネントによりいろいろなプラントに容易に対応できる。この PROFIBUS は 12 Mbps までの用途に応じた伝送速度の選択が可能であり，1 セグメントあたり 100 m までケーブル拡張が可能である。

リモート I/O の ET200M は，電源モジュール，PROFIBUS モジュール，最大 8 枚実装可能な I/O モジュールで構成されている。ET200M は，豊富な種類の I/O を用意してあり，この I/O モジュールは，ソフトウェア設定・メジャリングレンジにより基本 I/O レンジを設定することが可能である。また CPU ラックの二重化にも対応しており，PROFIBUS の I/O 伝送ラインの二重化も対応可能である。そして，冗長化可能な I/O も用意されている。各 I/O は自己診断機能を持っている。それゆえ OS，ES で詳細な I/O の診断情報を表示可能である。また当然ながら運転中に I/O モジュールの追加，パラメータ変更も可能である。

9　プラント制御パッケージ

MICREX-NX では，バッチ制御や配管ルート制御などの各種プラント制御パッケージが豊富に用意されている。ここでは代表例としてバッチ制御パッケージであるバッチシステムについて説明する。

9.1　バッチシステムの概要

バッチシステムはバッチ制御の国際規格である IEC 61512（ISA S88），医薬品業界で強く求められている FDA 21 CFR Part11 に対応しており，現在の市場のニーズと適合するパッケージである。

9.2　バッチシステムの特徴

(1)　プラントハイアラーキー

バッチシステムは ISA S88.01 に対応した階層構造設計が可能である。階層構造による表現により，どの機器が何の工程で利用されているか明確に分かり，製造品目に応じた機器のフレキシブルな利用が可能である。

(2)　FDA 21 CFR Part11 対応

バッチシステムは FDA 21 CFR Part11 で求められるアクセス管理，電子署名，データ保存，監査記録などに対応したパッケージである。アクセス権限を設定することにより操作権限のないオペレーターによる操作からプラントを保護し，オペレーターの操作履歴の記録，実行した製造工程の履歴データの保存などを行うことが可能である。

(3)　レシピの作成・変更

オペレーターが通常監視・操作を行うバッチシステム・コントロールセンターを用いてレシピの作成・変更が可能である。生産量や使用する機器または製造工程に至るまですべてのバッチプロセスにかかわる項目について，オペレーターによるカスタマイズが行える。

10　あとがき

今後は，垂直水平方向の情報融合がますます進み，プラント個々に応じた自由なシステム構築（オープン化・マルチベンダー化）が求められていくと考える。

その中でメーカーとして今後ともユーザーニーズに応えるべく，より信頼性の高い，柔軟性のある，長期保守が容易な DCS 製品の実現と最適なソリューションの提供に向けて，さらに尽力していく所存である。

新情報制御システム「MICREX-NX」の高度情報制御パッケージ

池田　卓史（いけだ　たかし）　　中野　正人（なかの　まさと）

1　まえがき

近年，IT 技術の発展とともに制御システムの高度な情報統合，ネットワーク化が進展している。その背景にはシステムの効率化・統合化に加え，プラントの安全性，インターネット技術の進展に伴うセキュリティ問題，業界標準，各種法規制への対応を求めるユーザーニーズがある。

新情報制御システム「MICREX-NX」は垂直水平統合をコンセプトに，小規模から大規模プラントまで対応できる高いスケーラビリティを持つシステムである。統一されたエンジニアリング環境の下，フィールド機器のインテリジェント化への対応，プロセス系とディスクリート系の統合，さらに上位 MES（Manufacturing Execution System）との情報連携を実現している。これらの機能は MICREX-NX の持つ基本機能に加え，各種情報制御パッケージを組み合わせることにより，共通のエンジニアリング環境の中で，モデル化（抽象化）されたシステム構成要素を組み合わせることにより実現している。

本稿では，新情報制御システム MICREX-NX の情報制御パッケージである，設備管理パッケージ（SIMATIC PDM），バッチシステム（SIMATIC BATCH），ルートコントロール（SIMATIC ROUTE CONTROL）を紹介する。

2　設備管理パッケージ

2.1　設備管理パッケージの概要

設備管理パッケージ PDM（Process Device Manager）は MICREX-NX に接続するフィールド機器などを管理するソフトウェアパッケージである。PROFIBUS 上のプロセス機器の測定データだけでなく機器診断情報，機器固有情報などを自在に扱え情報統合が行えるため，各機器の診断情報を総合的にとらえ，プラントや機械の故障発生傾向を検出することが可能な診断技術の基礎情報を提供する。これらの情報を基に予防保全のための定周期診断や機械の定期オーバホールなどの保守業務を大幅に改善できる。

さらに，設備管理パッケージは，MICREX-NX のエンジニアリングソフトウェア（SIMATIC Manager）上で動作し，統一されたエンジニアリング環境で動作するためフィールド情報と運転管理情報の統合が可能となる。フィールド機器のインテリジェント化と各種パラメータの標準化は，プロセスの計画，設計から稼動，保守に至る全ライフサイクルにおける情報化を促進し，人手のかかる作業を大幅に改善する。

設備管理パッケージはインテリジェント機能を持つプロセス機器のシステム構築，パラメータ管理，自己診断情報収集，解析の機能を持ち，ES（Engineering Station）上で動作するだけでなく，スタンドアロンで現地試験における動作確認にも使用できる。また，プロセス機器だけでなく，PROFIBUS-DP に接続されるプロセス機器や HART，MOD バスなどの標準化されたネットワークに接続された機器もフィールド機器固有の情報を電子式デバイス記述言語（EDDL）によりサポートすることができる。

この電子式デバイス記述言語は，プロセス機器（温度，圧力，流量などの各種フィールド機器）固有のパラメータを統一的に記述する言語であり，プロセス機器のメーカーから提供される。メーカーが計測制御機器にアプリケーション情報を組み込み，提供することにより，計測制御システムの設計・実装・検証・出荷に至るプロセスを大幅に改善できる。

2.2　設備管理パッケージの特長

PDM の機能および特長を以下に記す（PDM のサポート機器および機能概要を**図1**に示す）。

(1)　PROFIBUS-DP/PA などに接続されているフィールド機器の校正，調整，および各種パラメータの変更
(2)　フィールド機器のデバイス状態，通信状態の自動診断
(3)　オンラインデバイスデータとオフラインデバイスデータの比較
(4)　スレーブ（ネットワーク）アドレスの割当て・構成
(5)　フィールド機器のマネジメント，シミュレーション，試験調整
(6)　選択された値，アラーム，およびステータス信号のオ

池田　卓史

計測・制御機器，システムの開発企画業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部営業企画部担当課長。

中野　正人

分散型制御システムの開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部担当課長。

図１　設備管理パッケージ PDM のサポート機器および機能概要

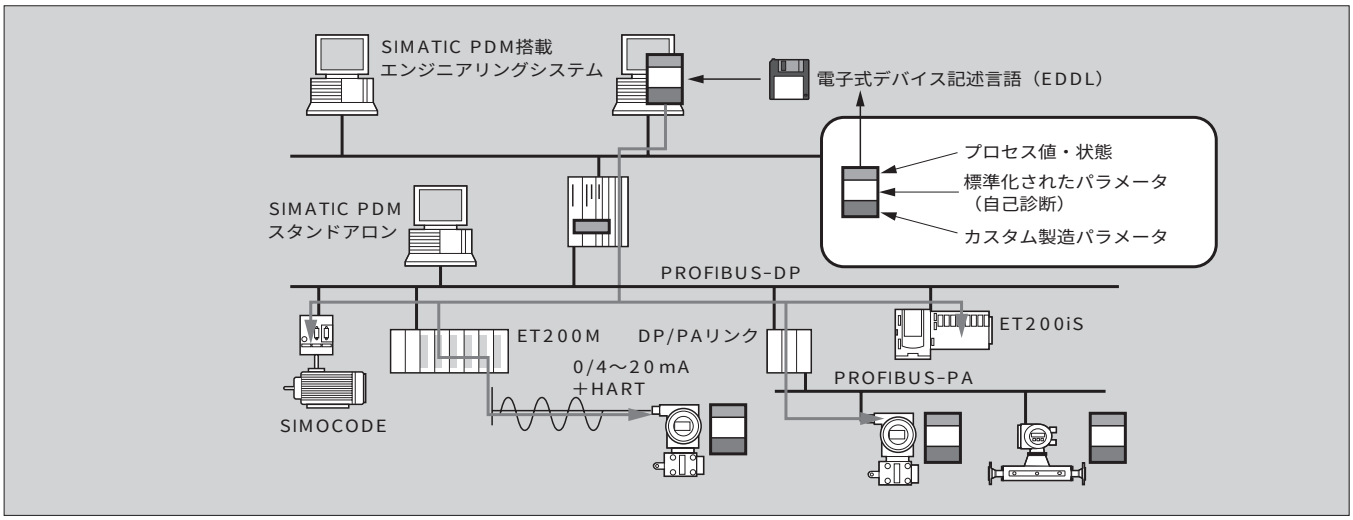


図２　設備管理パッケージ PDM の画面例（デバイスのパラメータビュー）

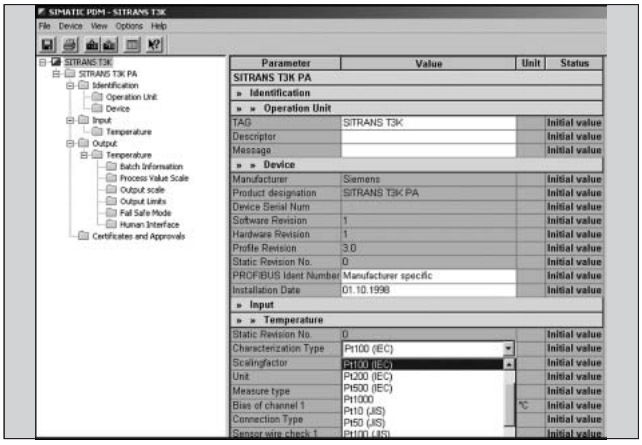
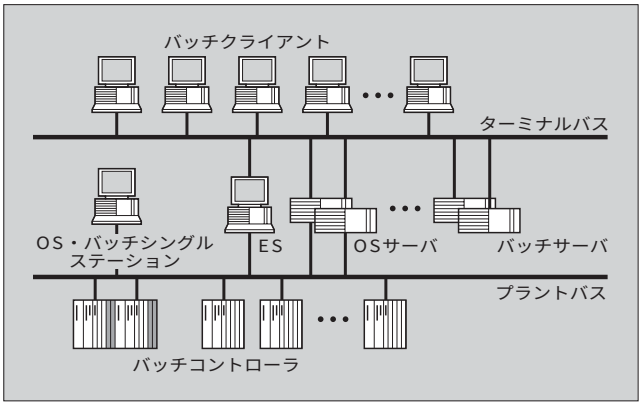


図３　バッチシステムの構成例



ンラインモニタ

(7)　既設フィールド機器の接続状態（通信の可否）を自動検出するためのライフリスト

2.3　設備管理パッケージの表示機能

設備管理パッケージの表示機能を以下に記す。

PDM はオンラインで以下の情報を OS（オペレータステーション）に表示する（表示画面例を**図２**に示す）。

(1)　プロセスデバイスネットワーク表示

診断状態を含むデバイス情報を表示し，ネットワーク形態によって分類する。

(2)　プロセスデバイスプラント表示

構成されたネットワークによるシステムにおけるすべての機器の診断状態を含む，デバイス情報を表示する。

(3)　フィールドデバイスパラメータ表示

表形式およびグラフィカルにデバイスパラメータ情報を表示する。

3　バッチシステム

3.1　バッチシステムの概要

近年，食品・薬品・化学業界では製品に対する品質管理，安全性に関する業界標準，各種法規が強化され，これらの規制に対応した制御システムが求められている。MICREX-NX のバッチシステムは，バッチ制御規格〔IEC61512（ISA S88）〕および米国食品薬品局（FDA）が定めた電子記録・電子署名に関する規定（FDA 21 CFR Part11）に準拠したソフトウェアパッケージである。設備規模により OS シングルユーザー，クライアントサーバシステムが可能で，小規模から大規模プラントまで，バッチプロセスの規模に応じたシステムへ適用できる。また，バッチサーバを冗長化することにより安全性を高めることが可能である。**図３**にシステム構成を示す。

バッチシステムは IEC61512（ISA S88）に準拠した三つのバッチ構造モデル（「手順制御」「物理」および「プロセス」）を基本としてバッチシステムを記述している。単純な４階層構造モデル概念を導入し，モデル間の関連づけを統一的に記述することにより，システム全体を見通しよく設計と保守を行えることが特長である。特に製品の品質

に影響を与えるレシピ（処方）を階層化することにより，バッチプラント全体から設備，フィールド機器に至る各要素を統一した表現方式で記述している。**図4**にバッチ構造モデルを示す。

バッチシステムは，MICREX-NX の ES（エンジニアリングステーション）により構築したシステム構成情報とバッチレシピエディタにより作成したマスタレシピを基に，バッチコントロールセンタがバッチ制御を統括する。バッチシステムでは，バッチシステムに必要な機能を ISA S88.01 の構造モデルに準拠した専用ライブラリとして登録管理できる仕組みを提供している。このライブラリは SFC（シーケンシャルファンクションチャート）で記述されているため，MICREX-NX の標準機能（SFC のビジュアライゼーション機能）を使用して OS 上でオンラインの監視操作が可能である。**表1**にバッチシステムのソフトウェア構成を示す。また，バッチ計画はバッチコントロールセンタの機能を使用しバッチシステム単独でも運用が可能であるが，ISA S95.01 に準拠した上位の MES パッケージ（SIMATIC IT）と組み合わせることにより，生産管理レベルからフィールドレベルまで統合した情報制御システムを構築することが可能である。

また，FDA 21 CFR Part11 に対応し，アクセスのセキュリティ，製造記録データの保管，検索や電子認証，監査証跡などを高い信頼性で管理する機能を有する（**図5**）。

これらの機能は Windows〈注〉のセキュリティ機能を基にした，オペレーターのアクセス管理ツールを組み合わせることにより実現している。

〈注〉Windows ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

図4　ISA S88 に基づくバッチモデルの概要

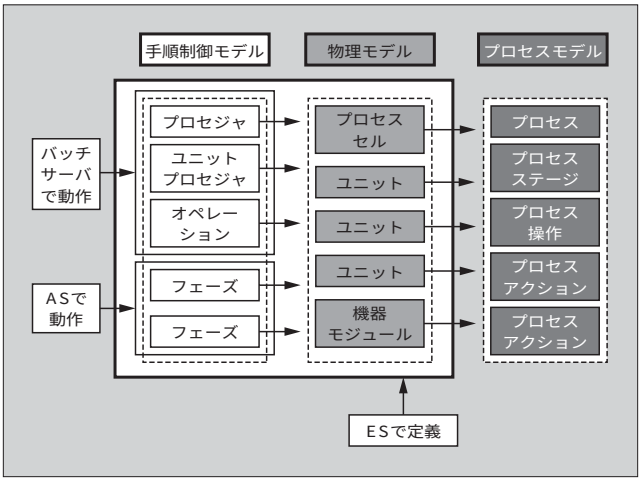


表1　バッチシステムのソフトウェア構成

ソフトウェア名称		主な機能	備　考
基本ソフトウェア	バッチコントロールセンタ	バッチ計画，バッチ制御	バッチクライアント
	バッチ帳票	レシピ，バッチデータの印字	バッチクライアント
	バッチレシピエディタ	マスタレシピ，ライブラリの作成，変更画面	バッチクライアント
	バッチコントロールサーバ	バッチデータの通信（コントローラ－モニタ間）	バッチサーバ
オプションパッケージ	バッチプランニング	バッチコントロールセンタの構成	
	階層化レシピ	ISA S88.01準拠のレシピ	
	APIインタフェース	MES関連ソフトウェアとのインタフェース	

図5　FDA 21 CFR Part11 対応

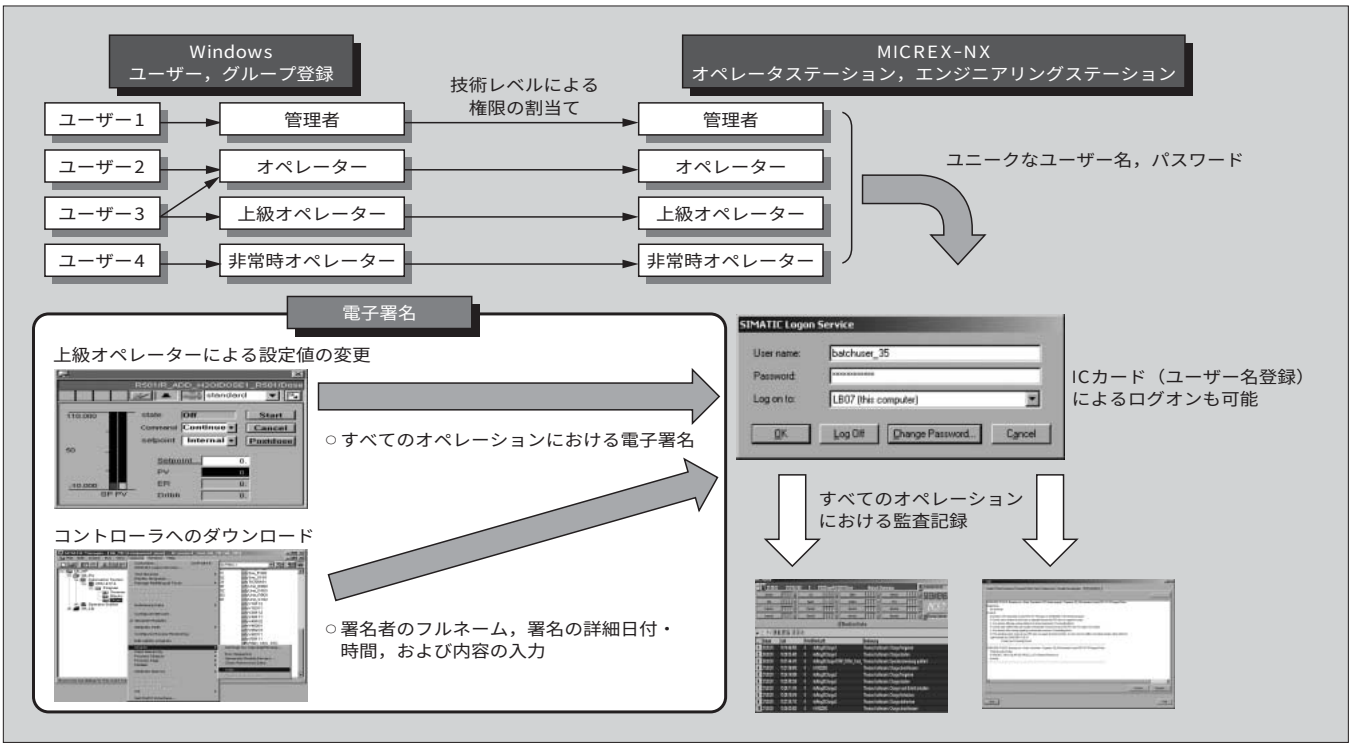


図6　ルートコントロールのシステム構成

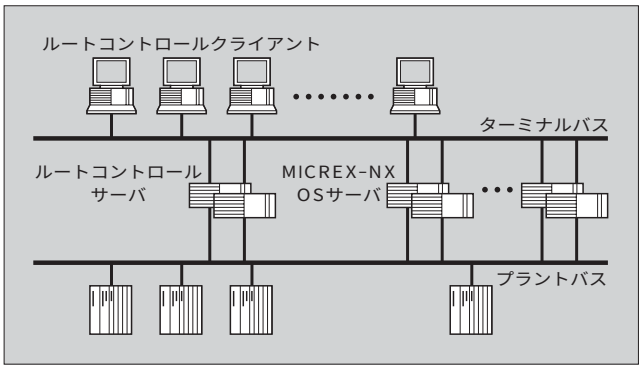


表2　ルートコントロールのシステム規模

項　目	規　模
AS（オートメーションシステム）	最大32台
AS1台あたりの要素数	○1,024個のモータ，ダンパ，バルブなど ○1,024個のリンク要素，パイプラインのセクションなど ○1,024個のセンサ要素，プロセス値 ○1,024個のパラメータ要素
パラレル移送ルート	最大300
部分ルート	最大64,000の部分ルート
ASの重複ルート	最大32台
1ルートあたりの要素数	ASあたり最大400要素
1ルートあたりのモード数	最大32モード

3.2　バッチシステムの特長

バッチシステムの特長は次のとおりである。

(1)　ISA S88.01に従った構造モデルと階層化レシピ

(2)　すべての制御ポイントにアクセスする分散されたOSサーバと相互のサーバへアクセスすることで，小規模から大規模プロジェクトまで対応できるスケーラビリティ

(3)　FDA 21 CFR Part11サポート：ユーザー管理，電子認証，監査証拠，版数処理

(4)　冗長化OSサーバによる高信頼システム

(5)　統合エンジニアリングツールで動作

(6)　ユニット，フェーズ，オペレーションのためのOSフェースプレート

4　ルートコントロール

ルートコントロールシステムは，配管，パイプラインで流体を移送するシステムの監視，制御，診断を行うオプションパッケージである。主に配管ルートが複雑な食薬品・化学プラントや石油化学のタンクヤードで使用し，製品の効率的な自動移送制御を実現する。

図6にシステム構成，**表2**にシステム規模を示す。

MICREX-NXの標準エンジニアリング機能とルートコントロールの主な機能は次のとおりである。

(1)　移送ルートおよび関連要素（バルブなど）の監視制御

(2)　移送ルートおよび関連要素（バルブなど）の診断と警報

(3)　部分ルートと全体ルートのダイナミックな結合

(4)　複合ルートのエンジニアリング

MICREX-NXシステムの標準エンジニアリング機能と専用ライブラリを利用して，システム構築が可能である。また，上位のMESやバッチシステムと組み合わせることも可能である。

5　あとがき

新情報制御システムMICREX-NXの高度情報制御システムの一例として，設備管理パッケージ，バッチシステムなどを紹介した。MICREX-NXはプラントの安全，効率化を促進する数多くのパッケージを提供している。例えば，現在，国内でも対応を求められているIEC61508およびIEC61511に準拠した安全計装システムや適用制御ソフトウェアパッケージなど数多くのオプションソフトウェアを準備している。今後とも情報制御システムの高度な実用化へ向けた取組みをしていく所存である。

参考文献

(1)　Theilmann, B. ; Edmund, L. Online plant asset management integrated in process control systems. Automation Technology in Practice. 2004-01.

新情報制御システム「MICREX-NX」のマイグレーション方法

山田　隆雄（やまだ　たかお）　　藤田　史彦（ふじた　ふみひこ）

1　まえがき

富士電機は1975年から，プラントシステムに適用するための分散型制御システム（DCS：Distributed Control System）を開発し，鉄鋼，ごみ処理といった民需分野から，水処理などの公共分野の各プラントシステムに適用してきた。現在，第四世代のDCSとしてMICREX-AXを市場に投入している。しかし日本におけるDCSの市場は頭打ち状態にあり，富士電機としても従来の鉄鋼，ごみ処理や水処理といった分野だけでなく，食品・薬品などへの新たな市場や海外市場に向けて新たなプラットフォームアーキテクチャを持ったMICREX-NXを投入し，PAS（Process Automation System）ビジネスの広がりを目指している。**図1**は，これまでに富士電機が開発してきたMICREXシステムの変遷である。

今後，MICREX-PIIIを中心として，富士電機が納めてきたこれらシステムの多くが更新時期を迎える。しかしながら顧客予算の減少も絡んで設備の一括更新が困難な状況にあり，TOC（Total Cost of Ownership）のミニマム化を考慮しながら実施していく必要がある。

富士電機は，顧客の既存システムのハードウェアならびにソフトウェアを継承しながら順次MICREX-NXに置き換え，顧客既存システムの延命化を図るとともにMICREX-NXの先進性により顧客の生産性を向上させる手段を提供する。

本稿では，既存MICREXシステムからMICREX-NXへの置換えに際して，エンジニアリングの労力やコストを低く抑えながら，顧客の既存システムの資産を有効に継承するMICREX-NXのマイグレーション方法について述べる。

2　既設システムのマイグレーションシナリオ

顧客の既存システムの延命化ならびに生産性向上のために既存のMICREXシステムをMICREX-NXシステムへ切り替えていくマイグレーションシナリオの例を以下に述べるとともに，**図2**に示す。

(1)　HMIのみの部分更新

HMI（Human Machine Interface）系の部品は，CRTやハードディスクなど汎用的な部品が使われるため，最も早く生産中止の対象となる。そのため，後のコントローラの更新を視野に入れ最新のHMIへ更新を行う。

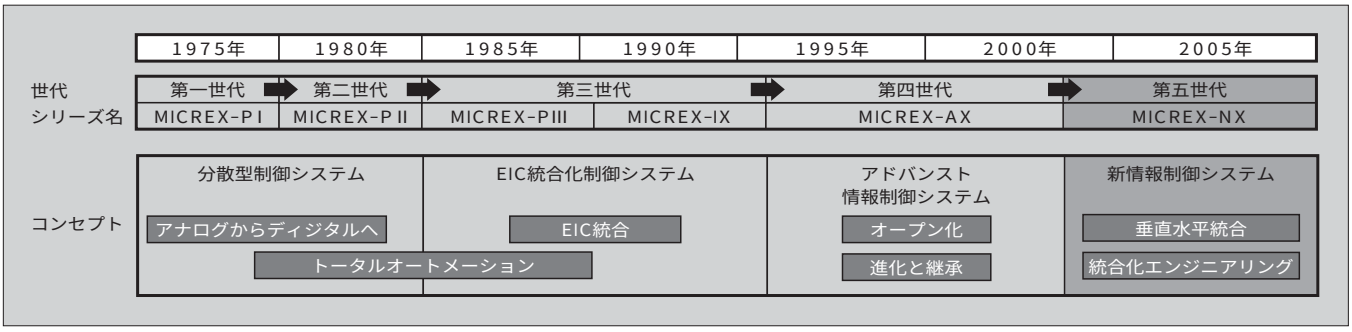
(2)　既設のPIOを残した部分更新

配線の煩わしさや設備投資の削減などの理由により，既設のPIO部分を残し，コントローラとHMIの更新を行う。

(3)　設備単位での更新・増設

老朽設備の更新や生産性向上のため，PIOを含むコントローラとHMIを一括で更新または増設を行う。

図1　富士電機のMICREXシステムの変遷



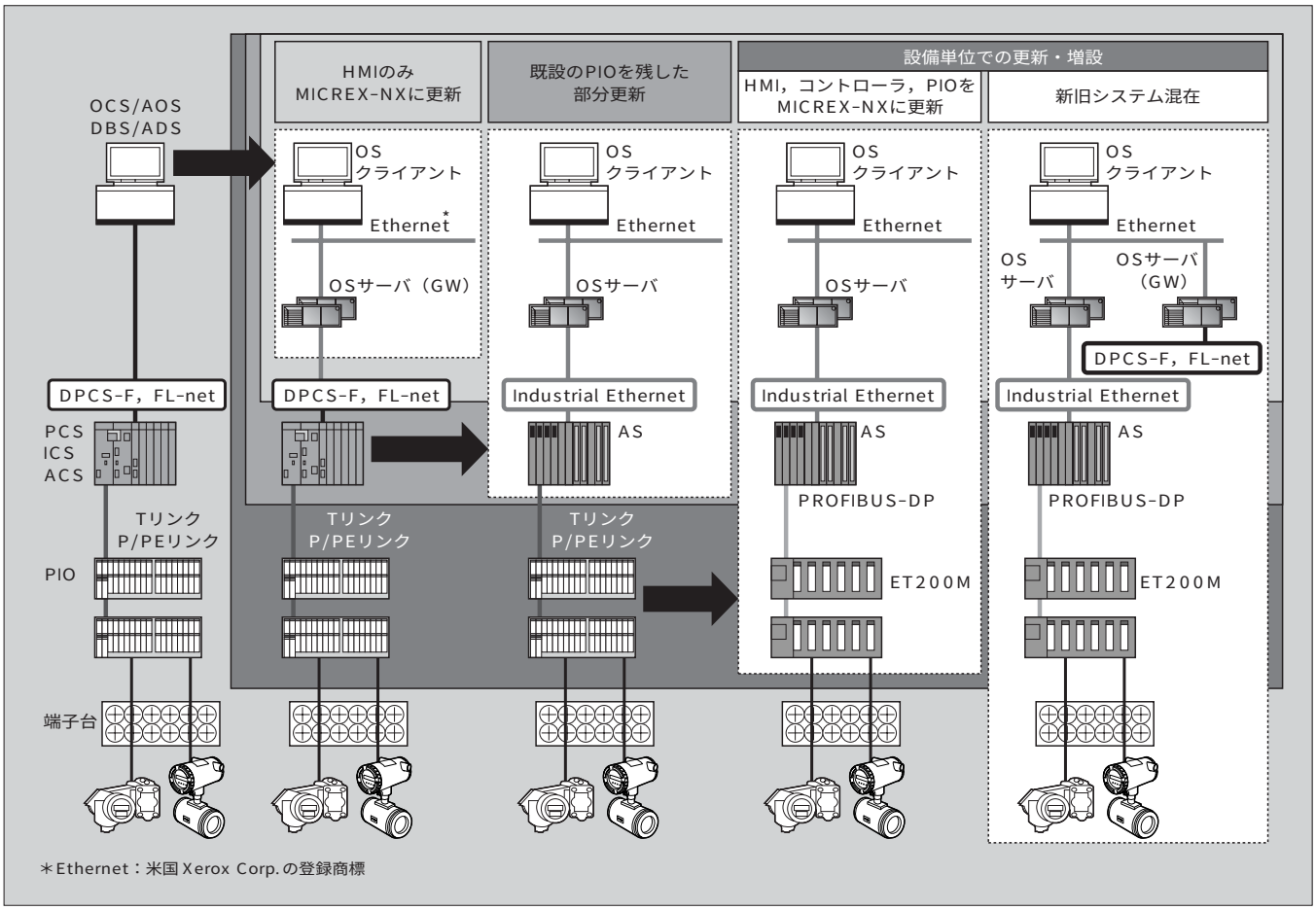
山田　隆雄

制御システムおよび制御コンポーネントの開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)MES・DCS統合開発部課長。

藤田　史彦

制御システムおよび制御ネットワークの開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)MES・DCS統合開発部。

図2　マイグレーションシナリオ例



3　MICREX-NXにおけるマイグレーション方法の考え方

マイグレーション方法の考え方としては，顧客の持つ既存のDCSの資産を最大限有効活用しながら，プラントハイアラーキーの考え方やコントローラ内の計器モジュールとHMIフェースプレートとの自動関連づけなど新しいMICREX-NXのメリットを顧客が享受しつつ，既存のシステムの部分更新，増設を可能とする仕組みを提供する。

以下に従来機能を継承しながらシステムの部分更新，増設を実現するために提供するMICREX-NXのマイグレーション手法を紹介する。また，**図3**にマイグレーションの全体を示す。

3.1　既存システムとMICREX-NXの容易な接続

既存システムとしてMICREX-PIII以降（MICREX-PIII，MICREX-IX，MICREX-AX）をターゲットとし，既存システムから新たなMICREX-NXシステムへの部分更新，増設を可能とする。そのために既存システムの制御ネットワーク，リモートI/OネットワークをMICREX-NXに接続するコンポーネントとしてのゲートウェイ（GW）やリンクデバイスを提供する。

(1)　ゲートウェイ

富士電機の基幹ネットワークであるDPCS-FやFL-net準拠LANとMICREX-NXのプラントバスを接続する。

(2)　リンクデバイス

富士電機の持つ既存システムのリモートI/Oネットワークや，汎用プログラマブルコントローラ（PLC）と接続するためのPリンクおよびPEリンクをMICREX-NXのコントローラに接続する。

3.2　既存システムの機能の継承

(1)　HMI画面，データベース（DB）情報の移行

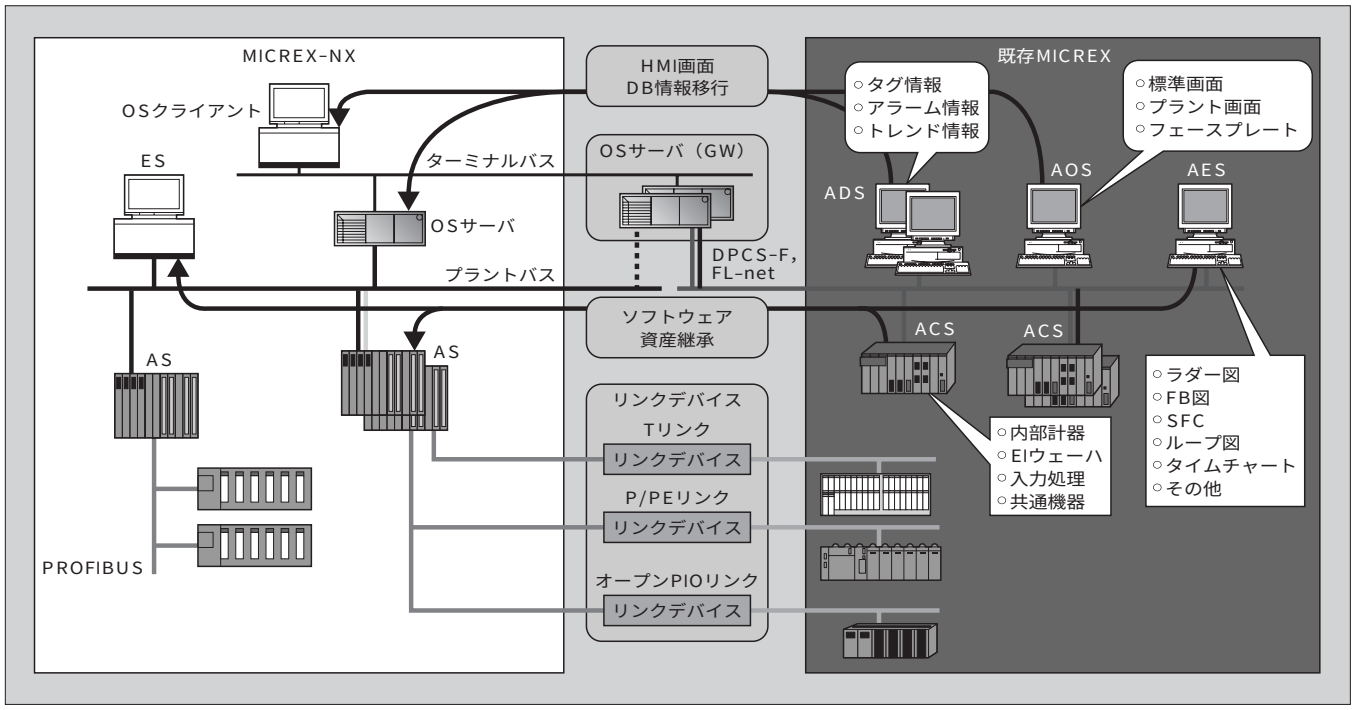
顧客が今まで使い慣れてきたHMIの画面表示や操作との違いや，同じコントロールルームの中でHMI画面や操作の不統一さを意識させないことも重要である。

スムーズなマイグレーションのために，既存のMICREXと同等のフェースプレートや診断画面を用意するとともに，データベースのコンバージョンツールを用意する。

(2)　コントローラのソフトウェア資産の継承

MICREX-NXでは，既存システムのコントローラのアプリケーションプログラムをコンバートし，新たに新システムのアプリケーションプログラムを新規に開発することなくスムーズな更新が可能になるようにコンバータを提供する。

図3　MICREX-NX によるマイグレーション



4　マイグレーションコンポーネント

4.1　OS サーバ（GW）

制御レベルネットワークとして富士電機は，オリジナルのネットワークとしての DPCS-F，また JIS 規格である FL-net をベースとして開発された FL-net 準拠 LAN を持っている。これらの制御レベルネットワークを MICREX-NX のネットワークであるプラントバスに接続するために，MICREX-NX の標準として使われている OS（Operator Station）サーバをベースとしたゲートウェイを提供する。このゲートウェイは，OS クライアントから既設コントローラへのデータアクセス機能のほか以下の機能を持つ。

(1)　既存システムで発生するアラーム情報を MICREX-NX のメッセージシステムに変換し，クライアント OS への通知，表示，承認操作など MICREX-NX の手法へ従来システムのアラーム情報を統合する。

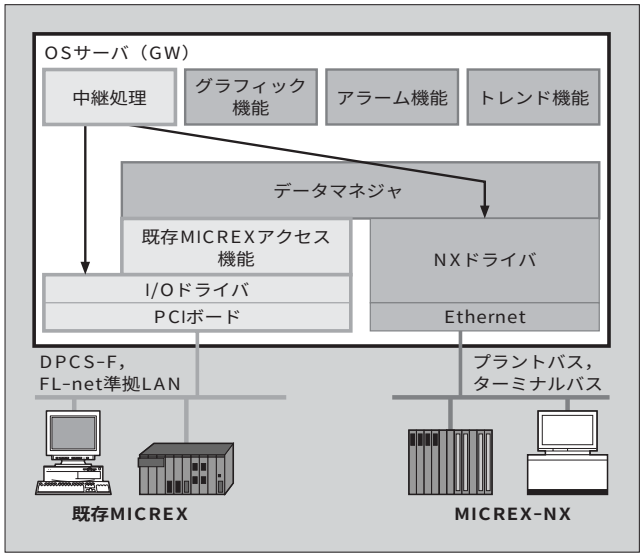
(2)　既存システムのコントローラの生存情報ならびに診断情報を OS クライアントに通知する。

(3)　既存システムの冗長化を MICREX-NX の手法に統合する。

上記の機能を実現するための OS サーバ（GW）の基本的アーキテクチャを**図4**に示す。

この図に示されるとおり，OS サーバ（GW）は，標準の MICREX-NX の OS サーバに従来のネットワークである DPCS-F や FL-net 準拠 LAN と物理的に接続するための PCI インタフェースカードを実装する。MICREX-NX の基本機構（グラフィックシステム，トレンドシステムなど）によるデータアクセスは，データマネジャを経由し既存 MICREX アクセス機能によって，DPCS-F や FL-net 準拠 LAN のサービスであるブロードキャスト通信やメッセージ通信，またはファイルアクセス（IJF アクセス）に変換され，既存 MICREX のコントローラへの実データアクセス処理として実行される。

図4　OS サーバ（GW）機能構造



4.2　T リンク用リンクデバイス

リモート I/O 用のネットワークとしては，富士電機のオリジナルネットワークとして，T リンク，オープン PIO，オプティカル FFI などが存在する。特に T リンクは，富士電機の PIO を接続するネットワークとして MICREX-PIIIで主流であった入出力ユニット（IOU）や MICREX-IX ならびに MICREX-AX で多数の実績を持つ入出力ユ

ニット（IPU）などのほか，接続できるPIOの種類のバリエーションも数多くサポートされてきた。**表1**にその例を示す。

このTリンクをMICREX-NXのコントローラに接続するコンポーネントとしてMICREX-NXの標準リモートI/Oのインタフェースとなる PROFIBUS-DPとのリンクデバイスを準備する。これにより既設のPIOやケーブルをそのまま使用してMICREX-NXに接続することができる。また，PROFIBUS-DPを採用したことにより，MICREX-NXが特長として持つコンフィギュレーション手法や，HMIへの故障・診断情報などの通知に対してもMICREX-NXとして統一された方式でのエンジニアリングが可能となり，将来的なシステムの進化にも対応することができる（**図5**参照）。

このリンクデバイスは，PROFIBUSインタフェースのもと，TリンクのPIOデータリフレッシュのほか，以下のようなTリンク機能の統合化を行う。

(1)　Tリンクに接続された各PIOモジュールの診断とその通知を行う。

(2)　通信モジュールなどアプリケーションプログラムによって制御される特殊なモジュールに対するパラメータ設定やデータの送受信など特定モジュールに対するメッセージ通信を行う。

(3)　従来システムの二重化機能をMICREX-NXの新たな冗長化アーキテクチャの中で実現する。

4.3　P/PEリンク用リンクデバイス

富士電機のP/PEリンクは，DCSコントローラだけでなく富士電機の汎用PLCとの接続のための簡易ネットワークとして多数の製番で使用されてきた。このP/PEリンクに関しても，**図6**に示すように，MICREX-NXと接続するリンクデバイスを提供する。これにより既存システムに接続されたMICREX-FやMICREX-SXの汎用PLC

表1　Tリンクがサポートする I/O一覧

IO種別 ＼ システム		MICREX-NX	MICREX-PIII PCS-500	MICREX-PIII HDC-500	MICREX-IX MICREX-AX
IOU（PCS）	Tシングル	○	○	×	×
	T二重化	○	○	×	×
IOU（HDC）	Tシングル	○	×	○	○
	T二重化	○	×	○	×
TKカプセル		○	○	○	○
CIO		○	×	○	○
FTL		○	×	○	○
IPU（含むFFI）		○	×	×	○

図6　MICREX-NXにおけるP/PEリンクシステム構成

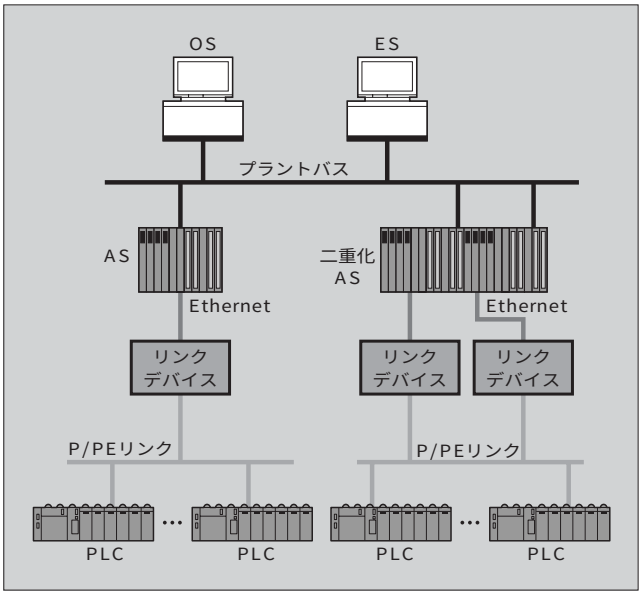


図5　MICREX-NXにおけるTリンクシステム構成

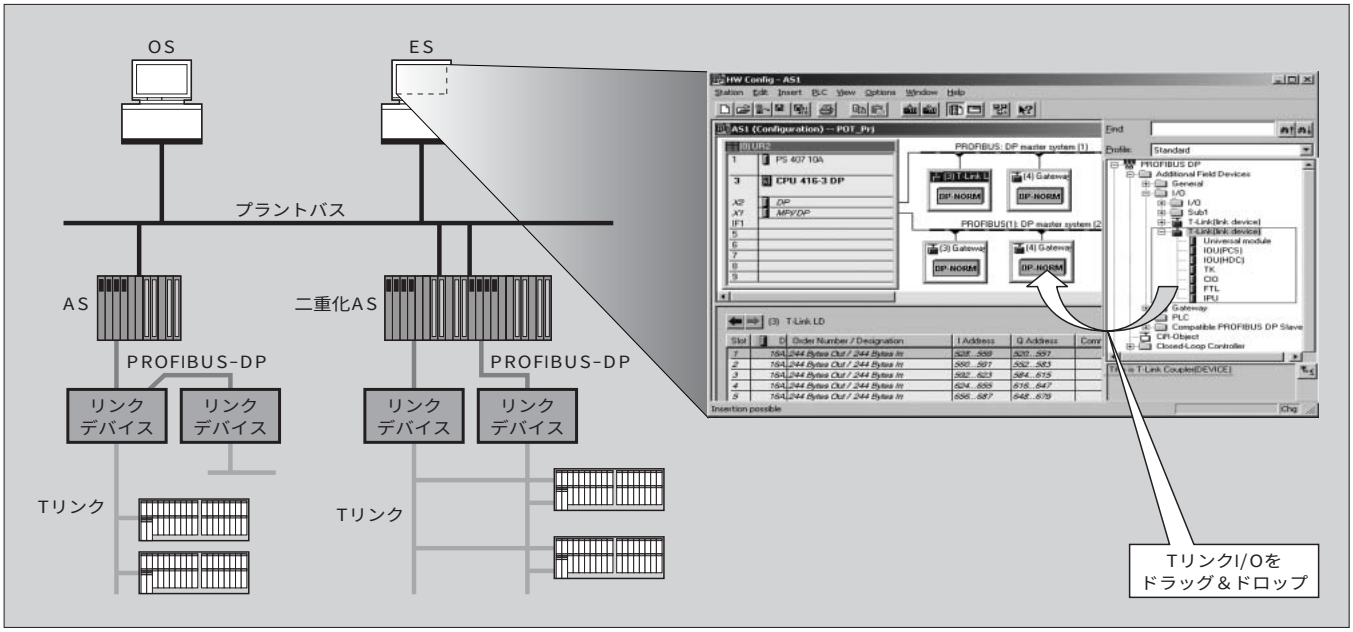
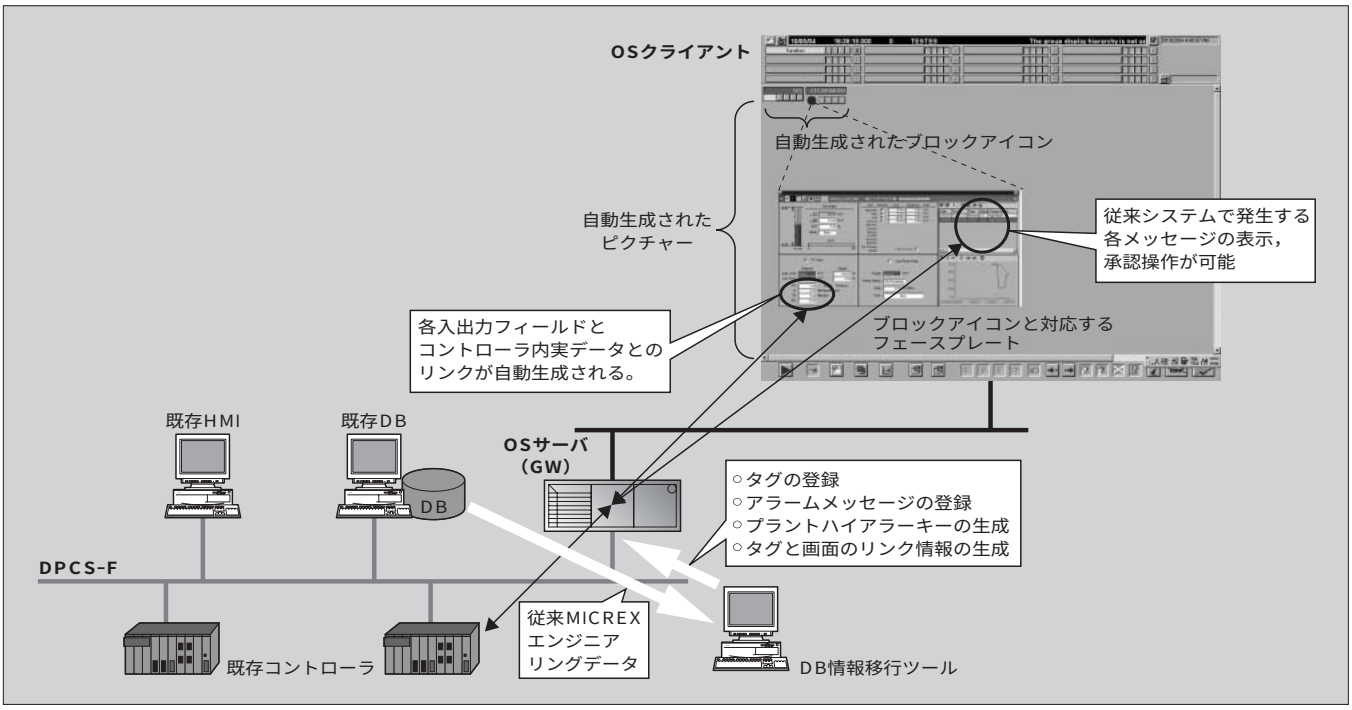


図７　DB 情報移行ツールによるエンジニアリング



と MICREX-NX コントローラとのデータハンドリングが可能である。そのほかにもメッセージ通信機能や二重化機能など P/PE リンクの持つ機能を MICREX-NX のアーキテクチャの中に標準として統合している。

4.4　DB 情報移行ツール

MICREX-NX システムから既存システム上のデータに従来どおりの名前でアクセスするためには，既存 MICREX システムで持つエンジニアリング情報（タグ定義，アラームメッセージ定義など）を MICREX-NX の環境に取り込む必要がある。この点については DB 情報移行ツールを使用することで実現する（**図７**参照）。

本ツールの機能は以下のとおりである。

(1)　タグ（ユーザータグ，モジュールタグ，システムタグ）の登録

(2)　アラームメッセージの登録

(3)　プラントハイアラーキー（ピクチャーツリー）の生成

(4)　タグとブロックアイコン，フェースプレートとのリンクの生成

本ツールの利用により既存システムの必要エンジニアリング情報を自動で取り込むことができ，１点１点手入力する必要がなくなる。また同時に，OS クライアント上の画面作成において既存 MICREX システム上のタグ名や，コントローラ機器モジュールに対応するフェースプレートが利用可能となり，プラント画面（ピクチャー）上に該当フェースプレートをはり付けるだけで機器のデータ表示や画面からの設定などとの連携が実現できる。

4.5　ソフトコンバータ

第三世代の MICREX- PIII以降のコントローラ用アプリケーションは，そのエンジニアリングツールである FPROCES で作成されている。今回，MICREX-NX へのコントローラアプリケーションプログラムの移植に関しても一部制約はあるものの，コンバータを準備している。FPROCES で作成されたラダー図，FB 図，SFC，ループ図などの各種表現形式で作成されたアプリケーションプログラムは，このソフトコンバータを使用することにより，MICREX-NX のプログラムとして実行可能になる。

5　あとがき

MICREX-NX における既存システムへのマイグレーション方法について紹介した。

富士電機は，従来から「進化と継承」をコンセプトとし，顧客の既存システムの資産を継承しながら，新しいテクノロジーへの進化を進めてきた。今回新たな DCS である MICREX-NX を市場に投入するにあたり，スムーズなマイグレーションをいかに可能とするかが顧客に対する強力なアピールとなり，富士電機がこれから目指す新情報制御システムへの大きな武器となると考える。

MICREX-NX を新たな DCS のプラットフォームとする中，今後とも富士電機の強みを生かし，顧客の利益に貢献できるシステムの提供を図っていく所存である。

参考文献

(1)　2003 計装制御技術会議．日本能率協会．2003-11-12～14.

(2)　笹谷俊幸．顧客レガシー（設備財産）を継承する分散制御システム．富士時報．vol.74, no.9, 2001, p.502-506.

新情報制御システム「MICREX-NX」のエンジニアリング支援ツール

竹内　良友（たけうち　よしとも）　山野　景章（やまの　けいしょう）　森　貴繁（もり　たかしげ）

1　まえがき

近年，日本国内におけるプロセスオートメーションシステムの市場は，新規需要が主体の成長期から，更新需要が主体の成熟期に遷移しており，市場の大きな伸びが期待できない状況が続いている。一方，プロセスオートメーションシステムは，そのハードウェア部分において，監視端末，コントローラ，入出力，それらをつなぐネットワークそれぞれについてのオープン化が進み，他社との差別化がしにくい状況になっている。このような市場環境下において，システムベンダーは，そのアプリケーションソフトウェアの高付加価値化，つまりシステムベンダーが技術の蓄積として保有する制御ノウハウの有効活用による他社との差別化に加え，成熟市場における激しい価格競争に勝ち抜くことのできる高効率・高品質なエンジニアリングを同時に実現せねばならないという難題を抱えている。

言い換えると，システムベンダーにとってエンジニアリングは重要性を増す一方であり，それを支援するツールは上記を解決するための適切なプラットフォームを提供しなければならない。

MICREX-NX のエンジニアリング支援ツールである ES（Engineering Station）は，先に述べたエンジニアリング支援ツールに対するニーズを満足すべく，さまざまな機能を提供する。

2　ES の機能と特徴

2.1　ES の機能

図1に ES の機能概観を示す。ES は，Windows〈注1〉パソコン上に構築され，HMI（Human Machine Interface），コントローラなど各種支援ツールの共通プラットフォームである。ES は複数のエンジニアリング用ソフトウェアの集合であり，それらすべてのソフトウェアは Manager によって統合管理されている。Manager は各種エンジニアリング支援ツールを呼び出し，ソフトウェア間のデータ連携や共通したプラットフォームにより支援ソフトウェアの管理を行う機能を提供する。

〈注1〉Windows：米国 Microsoft Corp. の登録商標

2.2　ES の特徴

(1)　統合されたエンジニアリングデータ

Manager から呼び出される各種エンジニアリング支援ツールのデータは，データベースによって統合管理されている。入力されたデータは，データベースにて一元化されるため，データを1か所で入力するだけで関連する複数のデータは自動更新される。これにより入力作業が効率化されるうえ，入力ミスなどのヒューマンエラーによるデータ不整合をなくし，ソフトウェア品質を向上させることができる。

(2)　階層化エンジニアリング

ES における，制御監視ソフトウェアなどのプロジェクトデータおよびライブラリデータは，Windows のエクスプローラライクな画面により階層化管理されている。これによりエンジニアは，直感的かつスピーディーに目的とするデータにアクセスすることができるとともに，階層単位のコピーアンドモディファイを容易に行うことができる。

(3)　View の構成

MICREX-NX エンジニアリングの中心となる三つの View は，それぞれの View が統合されたエンジニアリングデータを異なった角度から可視化する。エンジニアは自分が置かれた立場やそのフェーズによって，適宜 View を使い分けることができる。**図2**にその画面例を示す。

①　Component View

制御システムの AS（Automation System），AS に提供される I/O，OS（Operator Station），ES およびそれらをつなぐネットワークに関するハードウェア設定を行う。特徴としては，AS のリソース使用状況の監視を行うことができることが挙げられる。また，本 View から起動される HW Config（Hardware Configuration）は，既存の I/O をマイグレーションとして流用する場合にも対応しており，PDM（Process Device Manager）は，

竹内　良友

新情報制御システムの開発業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部マネージャー。

山野　景章

新情報制御システムの開発業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部。

森　貴繁

新情報制御システムの開発・企画業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部。

図１　ES の機能概観

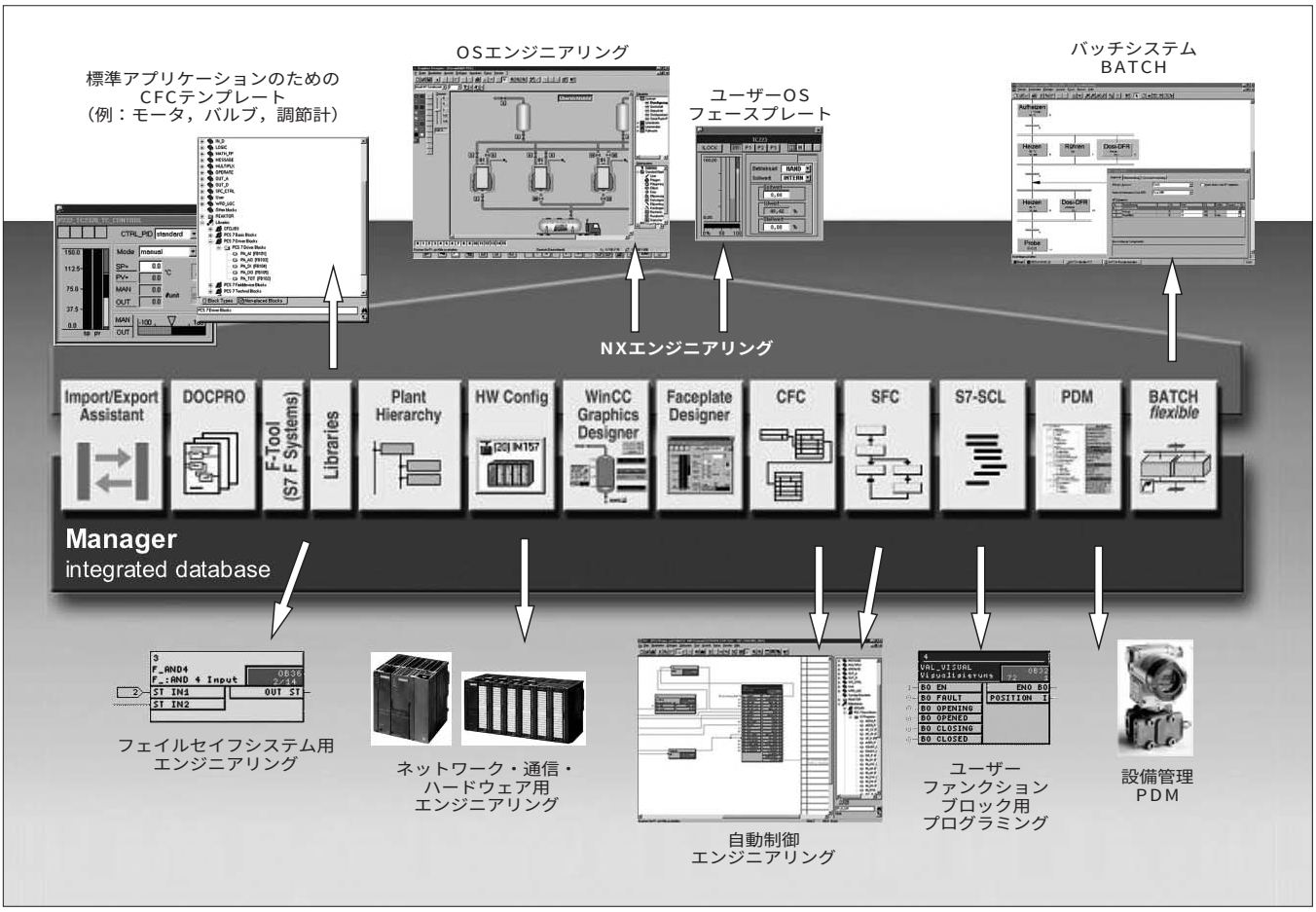
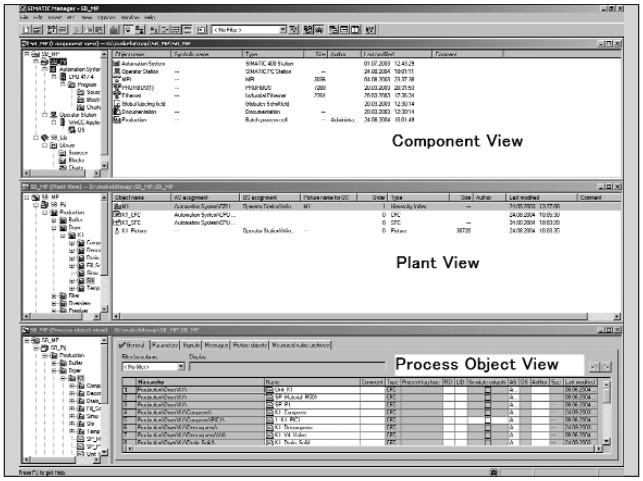


図２　View の構成



インテリジェントフィールド機器の集中的な設定，故障診断，ループチェックを行うことができる。

②　Plant View

制御対象となるプラントの分かりやすいオーバービューを目的とした階層管理アーキテクチャである。バッチ制御の国際標準である IEC61512（ISA S88）に対応した階層構造であり，Windows のエクスプローラライクな画面と操作で，実際のプラント階層構造に合わせた階層を作成することにより，コントローラ制御プログラムと HMI 画面を効率よく管理することができる。また，ここで定義されたプラント階層は OS の画面階層に自動展開される。

③　Process Object View

Plant View における階層管理では，散在して全体が把握し難い Process Object を集中管理する環境を提供する。個別の制御プログラムや HMI 画面に散在するバルブやモータなどの Process Object の各種パラメータを，個別ファイルを開くことなく，Excel〈注2〉ライクな画面と操作で一括した設定や変更ができる。Office〈注3〉との連携により，顧客から受領した I/O リストなどの各種リストからのコピーアンドペーストも容易である。

(4)　ライブラリ

MICREX-NX ではプロジェクトごとにライブラリを持ち，エンジニアは作成した制御プログラムをコピーアンドペーストの要領で容易にライブラリ化することができる。したがって，今まで培ってきた制御ノウハウを蓄積して，その後のエンジニアリングで活用していくことが容易である。また，折れ線近似などの機能ブロックや，制御ブロックとブロックアイコンおよびフェースプレートがセットに

〈注２〉Excel：米国 Microsoft Corp. の登録商標

〈注３〉Office：米国 Microsoft Corp. の登録商標

なったテクノロジカルブロックを多数搭載したライブラリパッケージも用意され，エンジニアは高度な制御を容易に実現することができる。

3　エンジニアリング機能と特徴

3.1　MICREX-NX のエンジニアリングの概要

MICREX-NX のエンジニアリングフローを**図3**に示す。MICREX-NX ではコントローラのエンジニアリングと HMI のエンジニアリングを行うシステムが相互連携し，効率的なエンジニアリングができる。

3.2　コントローラエンジニアリング機能と特徴

コントローラ制御プログラムの作成は，以下に述べる3種の言語を目的に合わせ，組み合わせて作成する。いずれの言語で作成しても，各制御プログラムにおいて使用される変数などのメモリは，そのプログラム内のみで使用できるように自動的に割り当てられるため，複数の制御プログラムから同一の物理メモリに書込みを行う二重書きの問題からエンジニアを解放するうえ，作成した制御プログラムのライブラリ化を容易にする。従来機種と比較しても機能が大幅に強化されているポイントである。

また，制御プログラムのデバッグは，ES に AS を接続するか，または ES 上でコントローラシミュレータである PLCSIM を動作させた状態で，各制御プログラムをオンラインモニタすることでで き，制御プログラムのデバッグ効率を大幅に向上することができる。

(1)　CFC（Continuous Function Chart）

IEC61131（422 ページの「解説」参照）の FBD に準拠する CFC は，MICREX-NX における連続制御プログラムの作成を行う。**図4**に CFC Editor の画面例を示す。本例は，モータの運転制御の例を示し，保護インタロック機能，操作機能，制御機能から構成される。CFC Editor 上では FB（Function Block），FC（Function Call）と呼ばれる制御ブロックをライブラリからドラッグアンドドロップし制御ブロック間を結線するだけで制御プログラムの作成ができる。制御ブロックとして，計装ループ制御，シーケンシャル制御，数値演算，論理演算など多彩なブロックが用意され，これらのプログラム構成要素を制御目的に応じて同一チャート上で自由に組み合わせて作成することができるため，富士電機の従来機種に見られた制御機能ごとの複雑な縦割りエンジニアリングから洗練されたフラットなエンジニアリングへと進化している。また，演算順序のカスタマイズや，制御ブロックの不使用端子の非表示など，きめ細かいニーズにも対応している。さらに，機能的にまとまったチャートを制御ブロック化することもでき，制御プログラムを容易に再利用できる環境を提供する。以上の特徴が有機的に相互作用し，エンジニアリング効率を向上させることができる。

(2)　SFC（Sequential Function Chart）

IEC61131 の SFC に準拠した，シーケンスによる逐次制御プログラムの作成を行う。**図5**に SFC Editor の画面例を示す。Step や Transition の作成における信号の割付は，制御ブロックのパラメータ一覧リストから必要な信号の選択を行うだけでできる。また，SFC Visualization パッ

図3　MICREX-NX のエンジニアリングフロー

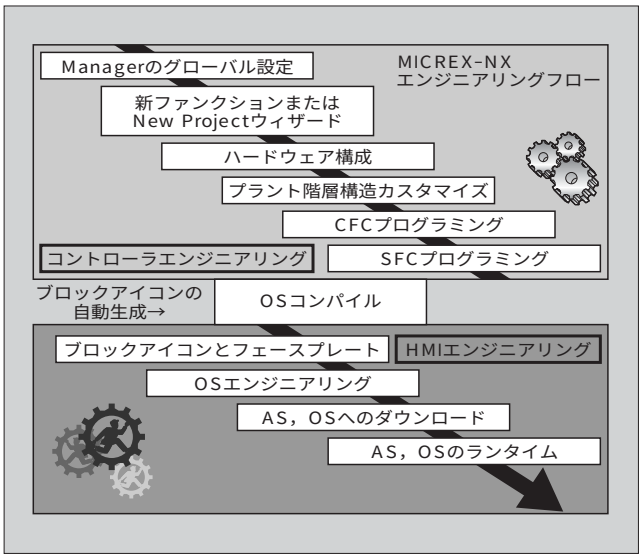


図4　CFC Editor の画面例

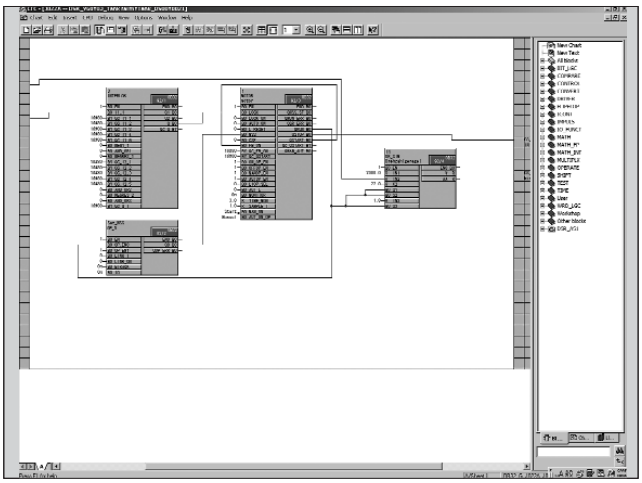
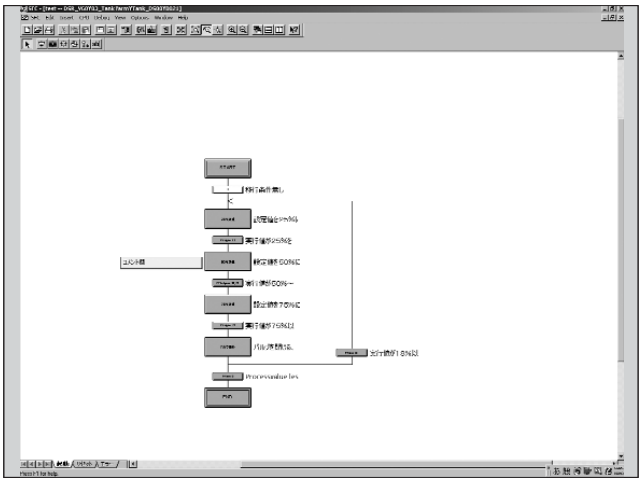


図5　SFC Editor の画面例



ケージを使用することにより，特別なエンジニアリングなしで，OS からオンラインで SFC の状態表示や操作ができる。

(3)　SCL（Structured Control Language）

IEC61131 の ST（Structured Text）に準拠するプログラミング言語である。プログラムに制御構造を持たせることができるため，主に CFC における FB/FC の作成に使用される。ユーザーが必要とする機能を自ら作成し，利用できるため，SCL を活用することでより自由度の高い制御プログラムの作成ができる。

3.3　HMI エンジニアリング機能と特徴

MICREX-NX における HMI エンジニアリングは，すでに述べたとおり，コントローラにおける制御プログラムの作成と密接に関連している。コントローラにおいて，HMI による表示や操作が前提の制御ブロック，例えば PID 制御などが作成された場合，HMI 画面上のシンボルとなるブロックアイコンと，ブロックアイコンをクリックすることで呼び出され，詳細な状態表示や操作・設定を行うウィンドウ，例えば PID 制御における計器図ウィンドウであるフェースプレートがあらかじめ指定した HMI 画面に自動生成される。一方，グラフィックデザイナにより HMI 画面をプロセスイメージに合わせて作成し，この上に自動生成されたブロックアイコンをイメージに合わせて再配置することで，HMI 画面が完成する。なお，フェースプレートは，Faceplate Designer を用いてユーザーニーズに合わせて作成することもできる。

(1)　WinCC Explorer

WinCC Explorer は，HMI エンジニアリングの共通プラットフォームである。上述のグラフィックデザイナもその一つであり，ほかにも，グローバルスクリプトやユーザー管理など多様な機能を提供する。

(2)　グラフィックデザイナ

図 6 にグラフィックデザイナの画面例を示す。HMI 画面の作成ソフトウェアであるグラフィックデザイナは，汎用の画像処理ソフトウェアと同様の操作性と表現力で HMI 画面の作成を支援する。また，ユーザーがライブラリを作ることができるため，過去に作った HMI の部品を蓄積して再利用できるほか，画面操作性の向上など画面作成の効率向上につながるような仕組みを提供している。

(3)　グローバルスクリプト

C 言語または VB（Visual Basic）言語に準拠したスクリプトを実装し，汎用 SCADA に相当する柔軟な画面のカスタマイズができる。

(4)　ユーザー管理

プラントのセキュリティやトレーサビリティの見地からすべてのオペレーターへのきめ細かな権限の付与を行う。操作の許可といったオペレーションレベルを，設備単位で指定することができる。

3.4　支援ソフトウェア

MICREX-NX エンジニアリングの効率および品質を向上させるツール群を紹介する。

(1)　Import Export Assistant

同じ機能を持つ複数の制御プログラムを一括で作成する機能を提供する。制御プログラムのひな型を作成し，作成先や入出力パラメータなどの制御プログラムごとに異なる情報を Excel ライクな画面と操作で一括設定し，複数プログラムを展開することができる。展開を行った設定ファイルは ES に保存できるため，制御プログラムに変更が必要な場合もすでにある設定ファイルを用いて即座に複数の制御プログラムに変更を反映することができる。**図 7** に Import Export Assistant の概要を示す。

(2)　Version Cross Checker

作成した制御プログラムのバージョン管理ができる。このソフトウェアは，変更前後のプロジェクトについてその追加，削除および変更箇所と内容を反転表示によりグラフィカルに確認できる機能を備えているため，制御プログラムの版数管理，障害解析など幅広い用途で用いることができる。**図 8** に Version Cross Checker による比較結果の画面例を示す。

(3)　コントローラシミュレータ（PLCSIM）

MICREX-NX ではコントローラのシミュレーションを

図 6　グラフィックデザイナの画面例

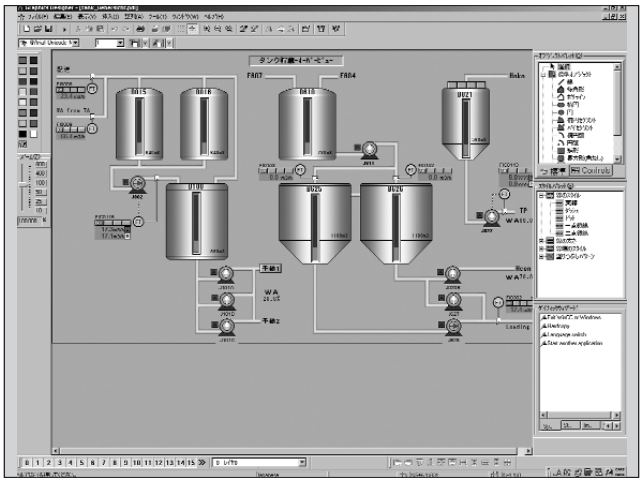


図 7　Import Export Assistant の概要

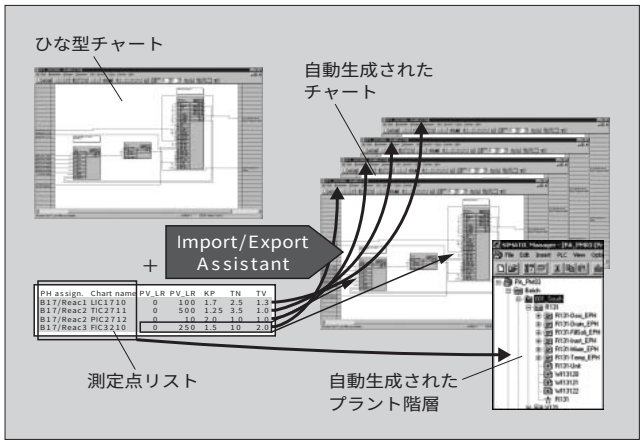
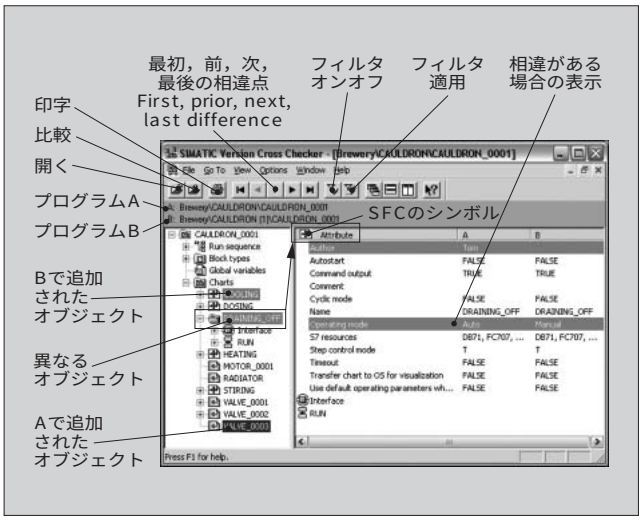


図8　Version Cross Checkerの画面例



ESパソコン上で実行することができる。シミュレーション環境は容易に構築でき，1台のESパソコンでOS，ASが各1台接続されているのと同等のデバッグができる。これにより，コントローラとHMI画面のデバッグ効率が大幅に向上する。また1台のパソコンへのオールインワンにより可搬性が向上し，出先での機能確認など場所を選ばない対応ができる。

4　あとがき

洗練された機能を持つMICREX-NXエンジニアリング支援ツールにより，これまでに培ってきた制御のノウハウを十分に活用し市場の要求に応えられる高効率・高品質なエンジニアリングを実現した。今後，さらに理想的なエンジニアリングプラットフォームを提供し，プロセスオートメーションシステムの発展に寄与していく所存である。

解　説　IEC61131

IEC（International Electrotechnical Commission）では，1979年に作業部会を設置し，プログラマブルコントローラのハードウェア設計，インストール，テスト，ドキュメンテーション，プログラミング，通信からなるプログラマブルコントローラの仕様の標準化を行った。仕様は以下のとおり，五つのPartに分かれる。

Part1：General information（一般情報）
Part2：Equipment and test requirements（機器要求事項および試験）
Part3：Programming languages（プログラム言語）
Part4：User guidelines（使用者の手引）
Part5：Communications（通信）

このうち，Part3がプログラム言語に関する規定であり，次の5言語が規定されている。

(1)　SFC（Sequential Function Chart）
(2)　IL（Instruction List）
(3)　ST（Structured Text）
(4)　LD（Ladder Diagram）
(5)　FBD（Function Block Diagram）

MICREX-NXには，SFC，STおよびFBDに準拠したプログラミング言語があり，ユーザーは制御内容に応じて，適した言語を使い分けることができる。

新情報制御システム「MICREX-NX」のキャビネット実装技術

一戸　均（いちのへ　ひとし）　塩　哲二（しお　てつじ）　池戸　弘泰（いけど　ひろやす）

1　まえがき

制御装置は耐環境性や機能，管理範囲の観点から，顧客指定サイズのキャビネットに実装されることが多い。限られた体積内に機器を構成し安定して動作させるためには，内部温度の上昇を抑え，設置環境で想定される外来ノイズに備える設計をすることが基本である。新情報制御システム「MICREX-NX」のキャビネット設計に際してはこれに加え，ユーロ端子のI/Oモジュールを採用して高密度実装を実現した。また，外線端子を従来製品と同じねじ端子のインタフェースに変換しつつ従来と同等の実装効率を実現した。ここでは，これらの実装技術の概要を紹介する。

2　キャビネットの必要性

工業用システム装置をキャビネットに収納する意義・必要性として次が挙げられる。

(1)　管理・運用・セキュリティ対策

①　装置の業務範囲や契約範囲を明確にする。

②　電源分岐盤と装置を1対1で保守可能とする。

③　施錠し鍵の管理で，管理者・責任範囲を明確にする。

(2)　環境対策

①　熱：キャビネット周囲温度に対し，内部の冷却や加熱により装置周囲を適切な温度に保つ。

②　雰囲気：腐食性ガス・じんあいに対して内部を保護する。

③　振動：地震や大型設備の振動から装置を保護する。

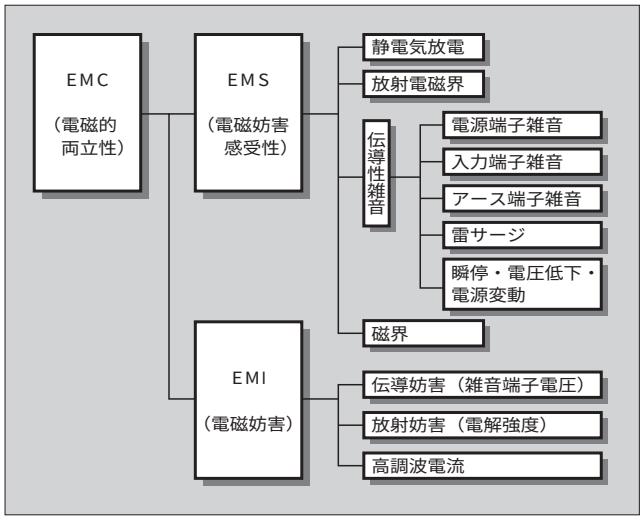
④　EMC：EMC（Electro Magnetic Compatibility）とは電磁両立性のことであり，**図1**に示すように，他からの影響を受けないEMS（Electro Magnetic Susceptibility）と，他に対して影響を与えないEMI（Electro Magnetic Interference）の双方を実現する。

(3)　安全対策

①　人体保護のため，充電部，発熱部，ファンなどの可動部への接触を防止する。

②　作業者が不用意に触れないようにする（誤動作防止）。

図1　EMCの分類



以上を考慮して設計したMICREX-NXのキャビネットに関して，特に，熱設計，安全・EMC環境設計，およびユーロ端子ーねじ端子変換について紹介する。

3　熱設計

3.1　キャビネットの冷却方式

装置をキャビネットに実装するということは閉ざされた空間に配置することで，熱的には悪影響を与えるだけとなる。その悪影響を極少にすることが熱設計である。そのために，熱以外の条件も考慮し各種冷却方式が考案されている。

熱以外の条件とは，キャビネットへの実装効率，EMC，じんあいや腐食性ガスなどの環境からの保護であり，それらは温度上昇とのトレードオフとなる。

図2に各冷却方式を示し，以下にその特徴を述べる。

(1)　自然空冷

キャビネットの上部や下部にスリットを設け，自然対流により排熱する方式である。冷却のための特別な装置を必

一戸　均

情報制御システムの電源・周辺装置およびキャビネット設計業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部担当課長。

塩　哲二

情報制御システムの制御盤設計，周辺装置設計業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部東京工場盤装置部課長補佐。

池戸　弘泰

情報制御システムのPIO装置の開発およびキャビネット設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部担当課長。電気学会会員。

要とせず，コスト的および実装効率的に有利な方式である。

(2)　強制空冷

ファンによる強制的な対流により排熱を行う。

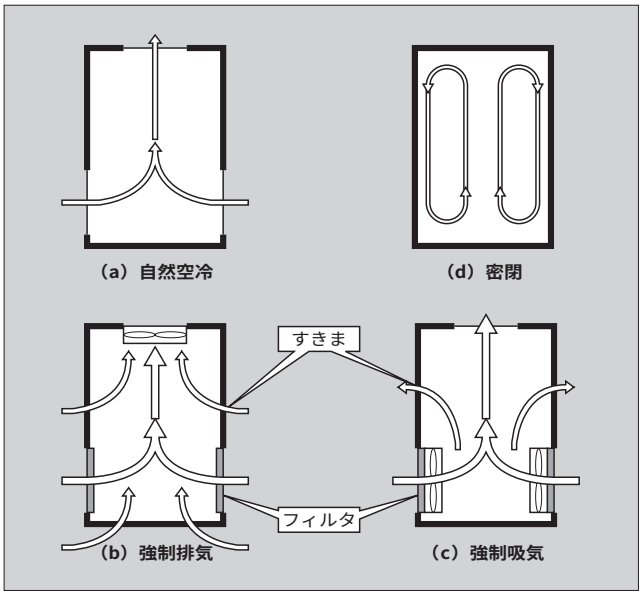
①　強制排気

キャビネット下部のフィルタを通して上部（天井）ファンによる対流で排熱を行う。キャビネット内が外気に対して負圧となり，フィルタ以外の微小なすきまからも吸気してしまうので，じんあいや腐食性ガスなどの環境では不利となる。

②　強制吸気

キャビネット下部のフィルタを通して下部のファン（押込ファン）による対流で，上部から排熱する。キャビネット内は外気に対して正圧となり，吸気が必ずフィルタを通過し耐環境的に優れている。しかし，キャビネット下部にフィルタとファンが集中し実装効率の点では不利となる。

図２　冷却方式



(3)　密　閉

これは，キャビネットを完全に密閉する方式で，冷却用のファンやフィルタを用いず，キャビネット内外での空気の対流がないのでじんあいや腐食性ガスの点では理想的な方式である。しかし，排熱はキャビネット表面からの放熱だけとなるため冷却効果は低い。さらに，保守の際に扉を開け再び閉じると腐食性ガスがキャビネット内に侵入したままになってしまうという欠点がある。

強制空冷の場合にはこの侵入外気は時間の経過とともにフィルタでろ過された外気と交換され，問題は発生しない。

3.2　MICREX-NX キャビネットの実装

MICREX-NX の実装設計ではこれらすべての冷却方式を可能とすることを目標として実装設計を行った。熱設計の条件としては，実装される装置の使用温度範囲 60 ℃以下を満足することである。

図３　コントローラキャビネット（実装図）

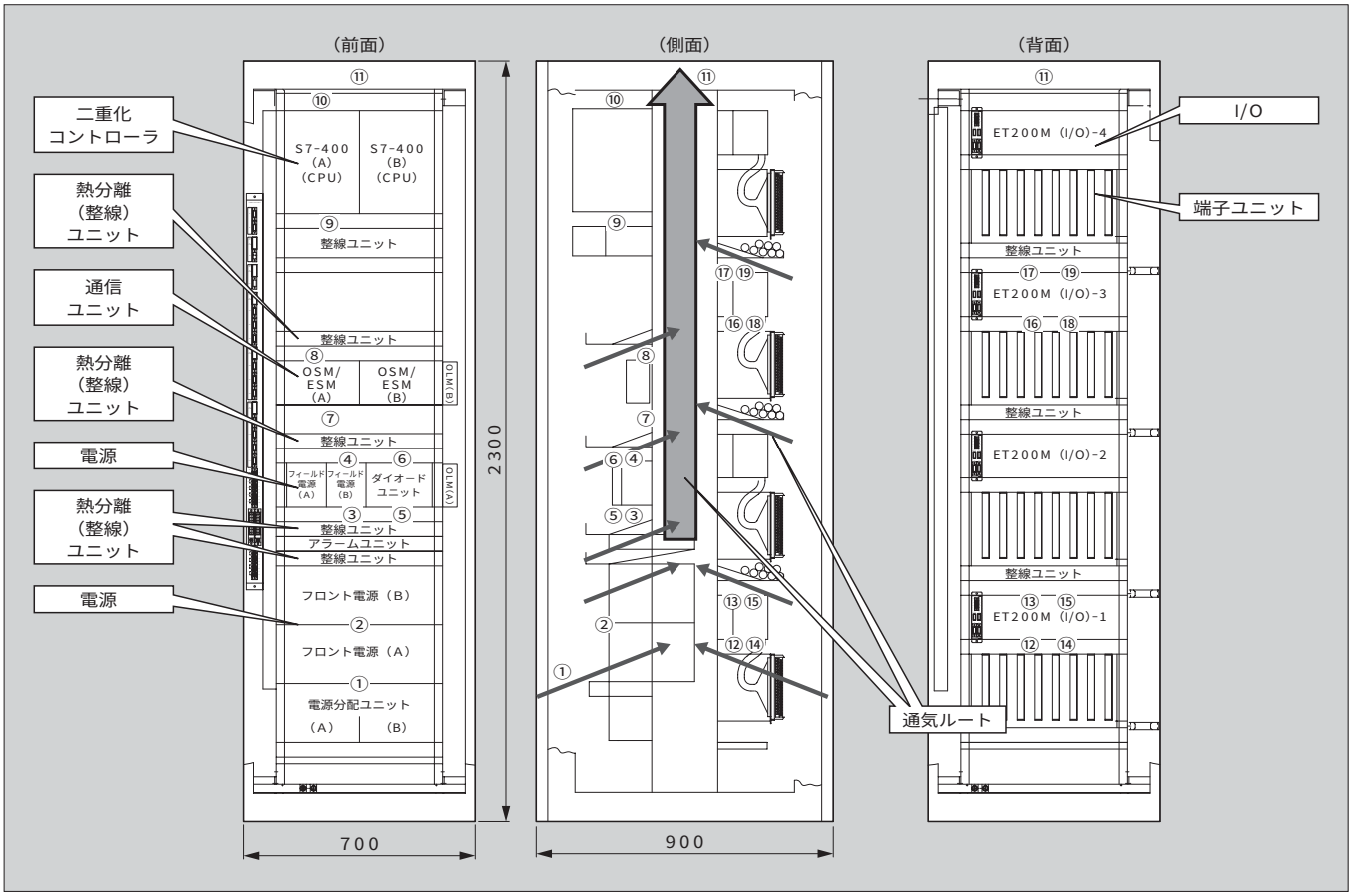


図４　コントローラキャビネットの外観

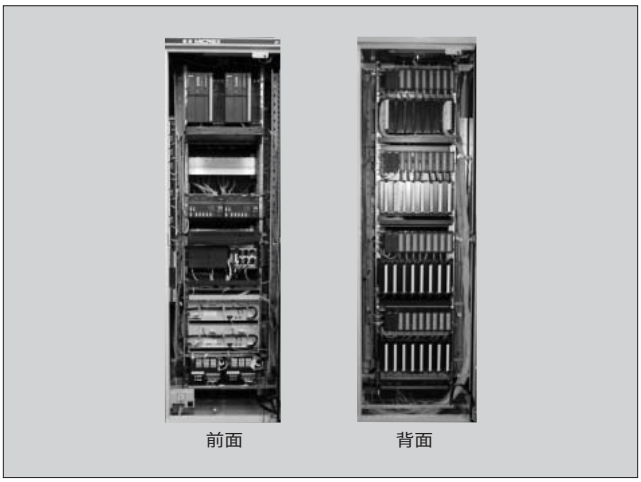


図５　温度測定結果

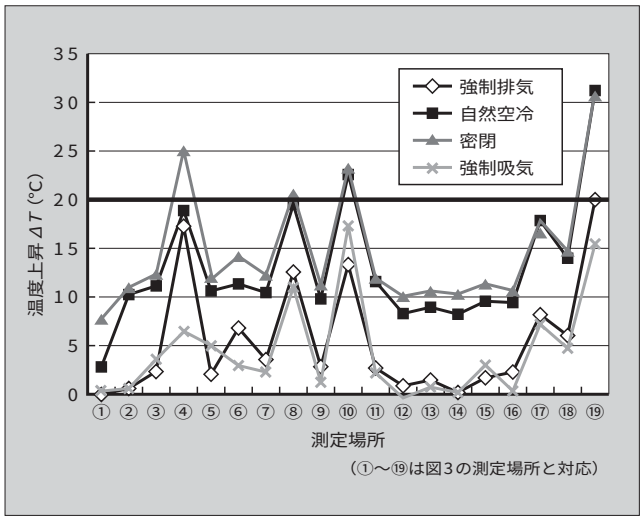


図３に MICREX-NX のコントローラキャビネットの実装図を，**図４**にその外観を示す。

前面には二重化コントローラ，制御 LAN 通信装置，電源とその受配電用の装置，およびアラームユニットを実装している。背面にはフィールド信号を扱う I/O 装置とフィールド配線を接続するユーロ端子－ねじ端子変換ケーブルを実装している。

3.3　熱設計の実際

(1)　熱バランス

実装設計の基本として，発熱装置を連続して実装しないこととした。これによりキャビネット内に熱集中を生じることなく温度を平均化することが可能となる。

キャビネット前面は発熱体であるコントローラおよび電源と低発熱の装置とを交互に実装してある。背面は各 I/O 装置とまったく発熱しないユーロ端子－ねじ端子変換ケーブルが交互に実装してある。

(2)　熱遮へいと通気ルート

キャビネットに実装される各装置の発熱が他の装置へ影響しないようにすることは，温度上昇防止の点で非常に重要である。MICREX-NX キャビネットの実装では，積み重ねられた各装置の間に熱分離ユニットを採用している。

これは自己の発熱を上段に伝えることなく後ろ上部に排熱し，上下の装置間で熱を遮へいするとともに，各装置に接続されるケーブルを支持する機能も持たせてある。

さらに，後部に排出された熱は，キャビネット中央に設けた煙突のような通気ルートを通り上部から効率的に排熱できる設計となっている。

(3)　温度分布の実測評価

以上の設計に対し，各冷却方式におけるキャビネット内の温度分布測定を行い設計の妥当性を確認した。その結果を**図５**に示す。

各装置の使用周囲温度条件は 60 ℃以下である。また，キャビネットの周囲温度条件は最大 40 ℃で，キャビネット内実装装置の吸気口温度上昇は 20 ℃以下が熱設計の条件となる。

この条件に対し，各装置の全吸気口の温度上昇は 15 ℃以下であり，5 ℃の設計余裕を確保している。温度上昇が 20 ℃を超えているのはすべて各装置の排気口であり，設計条件を満足している。

以上のように MICREX-NX キャビネットの熱設計は，実装効率（コスト），EMC，じんあいや腐食性ガスなどの耐環境性の点でそれぞれに優劣を持っている自然空冷，強制空冷，密閉のすべての冷却方式に対応可能な実装を実現している。

4　安全・EMC 環境設計

システム装置の安全動作を保証するうえで，熱とともに重要なことは EMC 対策であり，外乱やノイズの侵入路となる受電部と電源系統のレイアウトが深い関係を持つ。

要求仕様を効率よく実現するために，キャビネットの受電および電源系統は，フロント電源方式とした。供給電源をフロント電源で一括受電し，DC24 V の安全な低電圧に変換した後，各装置に給電している。

このフロント電源を耐ノイズ設計することにより，EMC 対策および以下に挙げるキャビネットへの要求仕様を実現している。他の内部機器やキャビネットレイアウトは外部要求を気にせず機能設計・熱設計に注力できるため設計品質向上につながる。

(1)　人体への感電予防・絶縁

AC100 V 配線は，受電端子からフロント電源までのコネクタ接続のみとする。絶縁の管理もこの区間だけとなる。

(2)　耐ノイズ性

キャビネット内で強電線の引き回しが減り，強電線と信号線との電磁干渉が少なくなる。

(3)　高調波抑制機能の対応

フロント電源に力率改善機能および高調波抑制機能を持たせているため，装置個々にアクティブフィルタを構成する必要がない。

(4)　入力ワイドレンジ電源に対応

入力仕様 AC100 ～ 220 V，DC110 ～ 220 V をフロント電源で対応するため，内部機器は DC24 V 入力に統一できる。

(5)　電源ラインノイズ・雷サージ対応

フロント電源の強力なノイズフィルタにより，ラインノイズ・サージノイズを遮断する。

5　高密度設計およびユーロ端子－ねじ端子変換

高密度実装により装置を小型化し，盤面数を削減することで省スペース・コストダウンの要求に応える。ユーロ端子式 I/O モジュールの採用，熱設計，集中給電方式により，MPU 二重化構成での I/O 点数 1,536 点（ユーロ端子），1,024 点（ねじ端子）を実現した。

5.1　ユーロ端子の特徴とねじ変換の必要性

ユーロ端子の特徴は電線の被覆をはいだ銅線のまま（または棒状の端子を付けて）端子に挿入しねじ締め固定する方式である。その主なメリットは次の 2 点である。

(1)　日本のねじ端子に比べ，配線 1 本あたりの占有面積が小さく実装密度を高くできる。

(2)　配線作業が簡単で工数削減になる。

以上のメリットをそのまま使えば最大 1,536 点の高密度実装を少ない工数で実現可能である。しかし日本では，ねじ端子の要求が強いので，ユーロ端子をねじ端子に変換する構成を準備する。

5.2　ユーロ端子－ねじ端子変換の設計

ユーロ端子－ねじ端子変換の設計は，現行機種 MICREX-AX の I/O（IPU-II）を参考にし，特に構造の見直しを行った。

検討の結果，**図 6** に示すユーロ端子－ねじ端子変換ケーブルを開発した。ここで得たメリットを次に説明する。

(1)　構造のコンパクト化

配線をねじ端子台リードに直接はんだ付けとすることで端子変換部をスリム化し，かつ耐電圧を確保した。

これで MPU 二重化キャビネット 1 面あたりの I/O 点数を 768 点から 1,024 点に増やした。

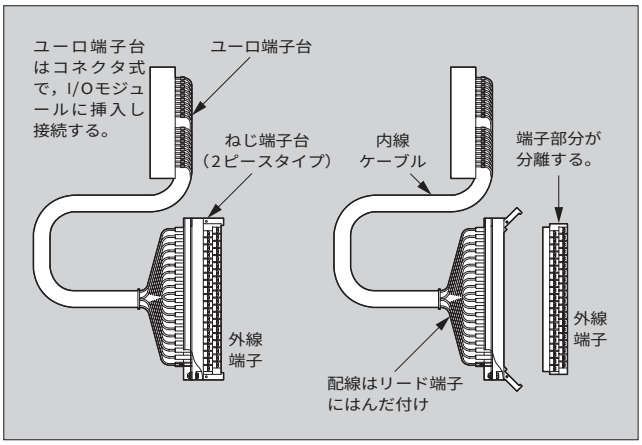
(2)　作業性向上

端子台は 2 ピースタイプとして，試験設備からのつなぎ込みを端子台の差替えで可能とし，試験工数削減を図る。

(3)　ケーブル配線の部品化

キャビネットのレイアウトで，外線端子台の位置を各 I/O モジュール直下に配置し，ユーロ端子－ねじ端子変換のケーブル長を固定にした。これまで製番固有であった外線端子部の配線をキャビネットから分離し，ケーブル組立部品として仕込み生産を可能とした。

図 6　ユーロ端子－ねじ端子変換



6　あとがき

MICREX-NX キャビネットの熱設計，安全・ EMC 環境設計，およびユーロ端子－ねじ端子変換について説明した。最近はこれら機能・性能に加え，環境配慮設計が求められている。

富士電機グループとしての取組みは，キャビネットを構成する部材の，再利用，再資源化および部材の調達から製造・輸送・使用および廃棄に至る製品のライフサイクルすべてにおいて，環境負荷を軽減するよう設計することを宣言している。

再利用や再資源化の点では，構成部材の原材料表示やアングル溶接構造に替わってリベットを採用し，分解容易性を高める設計を行っている。

また，ライフサイクルにおける環境負荷の低減の観点では，制御装置の分野で日本初となる(社)産業環境管理機構（JEMAI）の定める TYPEIII環境ラベルの取得〔「低圧モータコントロールセンタ」として，JEMAI のホームページに公開中（http://www.jemai.or.jp/）である。〕など富士電機グループとしてさまざまな取組みを行っており，環境配慮設計の技術を向上させている。

今後は，単に装置の機能・性能にとどまらず環境配慮などの社会的貢献の点でもトップレベルを維持し，市場要求に応え続け，社会に貢献していく所存である。

参考文献

(1)　電磁両立性．IEC 61000-4-1. 2000.

(2)　プログラマブルコントローラ装置への要求事項および試験．JIS B 3502. 2004.

中小規模監視制御システム「EGFMAC-SIRIUS」

黒田　昌吾（くろだ　しょうご）　羽原　茂広（はばら　しげひろ）　伊藤　伸一（いとう　しんいち）

1　まえがき

多くの監視制御システムは老朽化に伴う更新時期を迎えているが，更新に際しては機能と品質を維持・向上しつつも，低価格で無駄のないシステムの提供が望まれている。

そこで，このような要望に応えるため，対象設備の規模と用途に応じた適正なシステムを構築できる，中小規模監視制御システム「EGFMAC-SIRIUS（Easy and General FES Monitoring And Control system-SIRIUS）」を開発した。EGFMAC-SIRIUSは，ハードウェア，ソフトウェアとも汎用品をベースとして手軽に構築できるうえ，富士電機がさまざまな分野で培ってきた実績を基にした，豊富なパッケージ群と容易なエンジニアリング手法を備えた監視制御システムである。

本稿では，EGFMAC-SIRIUSの概要，パッケージ群やエンジニアリング手法の機能・特長などについて述べる。

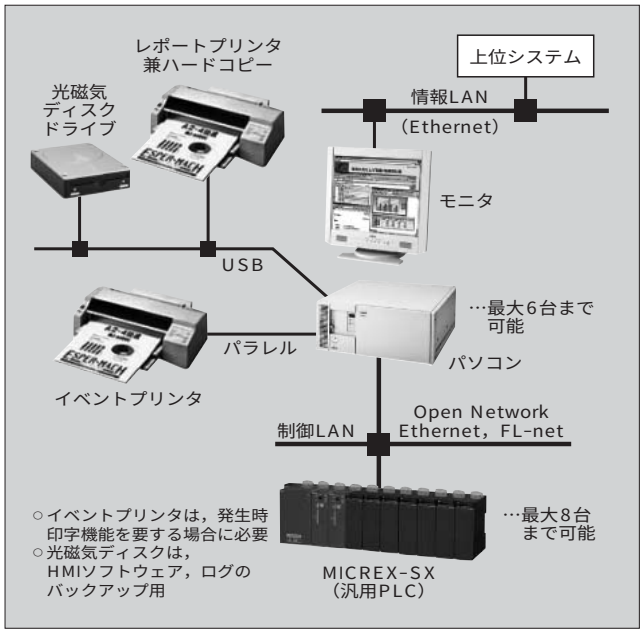
2　EGFMAC-SIRIUSの概要

従来，監視制御システムは専用システムを用いて構築する場合が多かったが，最近では，高性能化したパソコンをプラットフォームとしたオープンな環境でシステムを構築するニーズが高まっている。そこで，パソコンと汎用プログラマブルコントローラ（PLC）を用いた監視制御システムを導入する事例が増えてきているが，これらのシステムに対してユーザーは，「専用システムに比べて機能が貧弱であるため，アプリケーションで作り込まなければならないものが多い」というような不満を抱いている。

EGFMAC-SIRIUSは，このようなユーザーの不満を解決するため，パッケージソフトウェアやエンジニアリング手法などを充実させた，パソコンと汎用PLCによって構築する中小規模用の監視制御システムである。**図1**にシステムの基本構成例（推奨構成）を，**図2**にシステムのソフトウェア構造を示す。

HMI（Human Machine Interface）にはパソコン（PC/AT〈注1〉互換機）を採用し，オペレーティングシステム（OS）は Windows〈注2〉XP Professional を，また業界シェア1位の汎用SCADAソフトウェア iFIX〈注3〉を用いて，操作性と親和性に優れたユーザーインタフェースを提供している。

図1　システムの基本構成例（推奨構成）



PLCにはIEC61131準拠品を採用し，グローバル化を図るとともに，ソフトウェアの部品化や階層構造などによりプログラムの再利用を促進している。

また，エンジニアリングの際には，分野ごとに用意されたパッケージソフトウェア群の中から必要なものだけを選択できるので，要求仕様に適合したシステムを構築することができる。パッケージソフトウェア群だけでは実現できない機能なども，パソコンのアプリケーションソフトウェ

〈注1〉PC/AT：米国 International Business Machines Corp. の登録商標

〈注2〉Windows：米国Microsoft Corp. の登録商標

〈注3〉iFIX：GE Fanuc Automation North America, Inc. の登録商標

黒田　昌吾

産業プラント用制御システムの企画・設計・開発業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)産業・交通システム本部技術センター主任。

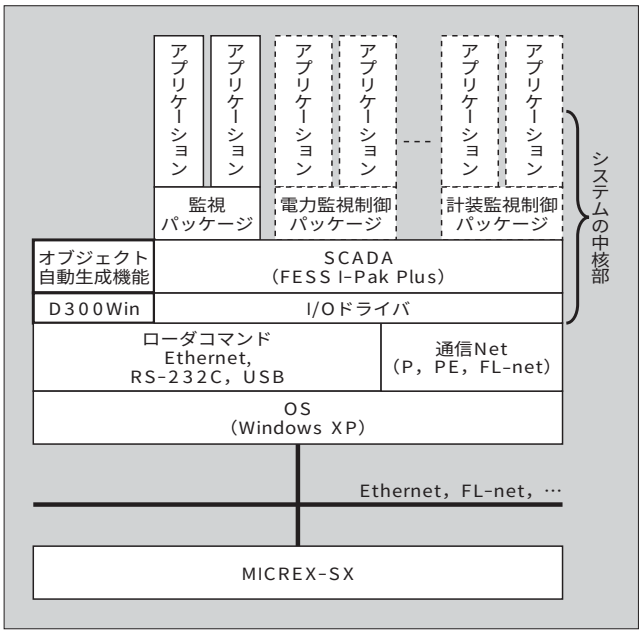
羽原　茂広

産業プラント用制御システムの企画・設計・開発業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)産業・交通システム本部技術センター主任。

伊藤　伸一

産業プラント用制御システムの企画・設計・開発業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)産業・交通システム本部技術センター担当課長。

図２　システムのソフトウェア構造



アとして最も一般的な VBA（Visual Basic for Application）によって簡単に組み込める仕組みとなっている。したがって，地域に密着しながらユーザーの要求仕様に合わせて迅速かつ柔軟にカスタマイズすることができる。

以降に，各種パッケージソフトウェアについて述べる。

3　パッケージソフトウェア群

3.1　監視パッケージ

PLC プログラミングに依存することなく，パソコン監視システムを構築できる。以下に主な特長を記す。

(1) 容易なエンジニアリング

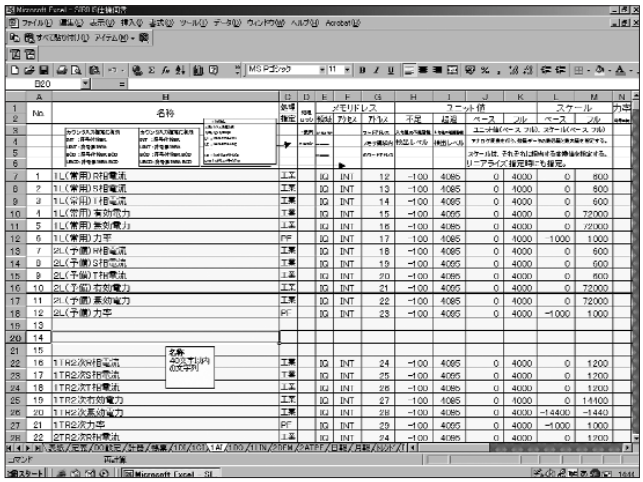
従来，監視システムの構築は，まず仕様書を作成し，これに基づいて設計するのが一般的である。このパッケージでは，エンジニアリングシートという，入出力仕様書や設定表を兼ねた Excel〈注4〉形式の表へ必要事項を記入することで，標準機能に対するエンジニアリングを行うことができる。エンジニアリングシートは，「表紙シート」「定義シート」「DI シート」「AI シート」「PI シート」「トレンドシート」「計器シート」から構成される。

定義シートで入出力点数を指定すると，DI シート，AI シート，PI シートが作成される。トレンドシートと計器シートは標準構成に従って自動記入されるが，任意の構成に修正することもできる。作成したエンジニアリングシートを順次インポートすれば，標準機能に対するエンジニアリングおよび設計が完了する。インポートのモードには，新規，全更新，部分更新があるので，エンジニアリングの局面に合わせて作業時間を最適化できる。

帳票は，自由度を考え合わせて，エンジニアリングシートには含めずに，専用の設定ツールで設計するものとした。

〈注４〉Excel ：米国 Microsoft Corp. の登録商標

図３　AI シートの例



(2) 汎用性

PLC との通信は，パソコンに標準実装されているインタフェースを利用しており，Ethernet〈注5〉，USB，シリアル通信から選択できる。

また，より高いリアルタイム性などを重視する場合に対し，専用ハードウェアとして OPCN2（FL-net），富士電機オリジナルの P/PE リンクにも対応している。

(3) 柔軟性

監視システムでは，監視対象となる PLC に監視目的に合わせたプログラムが必要な場合があるが，このパッケージでは PLC には監視システム用の特別なプログラムを必要としない。PLC と論理的に結合していないので，どのような PLC プログラムにも対応できる。そのため，このパッケージは種々のプラントに適用することができる。

3.2　電力監視制御パッケージ

監視パッケージに対し，PLC に電力監視制御用プログラムを実装したパッケージである。

このパッケージの主な特長を以下に記す。

(1) 容易なエンジニアリング

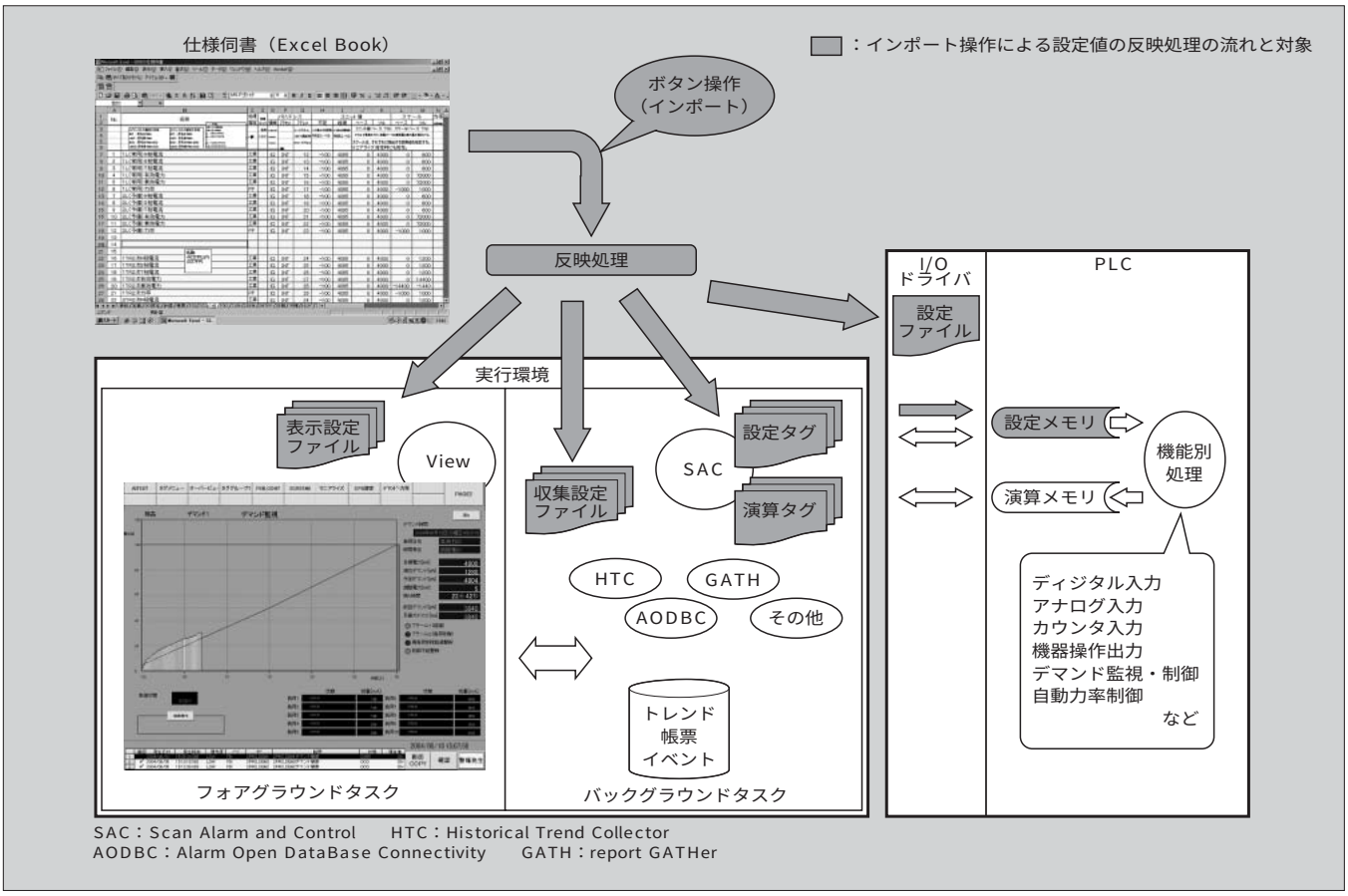
監視パッケージと同じく，仕様伺書という Excel 形式の表を埋めることでエンジニアリングが完了する。作表の際は，定義シートで PLC の CPU 構成を定義すれば，必要なシートが自動的に準備される。

PLC の CPU には，標準 CPU とデマンド・力率制御 CPU があり，負荷および機能を分散している。電力監視制御用プログラムを PLC へ事前にインストールしておき，仕様伺書で作成したデータをインポートすれば，パソコンと PLC に設定値が同時に反映されるので，監視パッケージと同様，容易にエンジニアリングを行うことができる。

図３に AI シートの例を，**図４**に Excel シートのインポートにより設定値が反映される仕組みの概要を示す。**図４**で，前述の監視パッケージでは，PLC に特別なプログラムが不要なため PLC へ反映される部分が不要となる。

〈注５〉Ethernet：米国 Xerox Corp. の登録商標

図４　Excel シートからの設定値反映の仕組み



(2)　高速性と機能分散

入出力処理と各種制御処理のすべては PLC でリアルタイムに高速処理し，また，表示記録処理はパソコンで処理しており，完全に機能分散している。そのため，仮にパソコンに不測の事態が発生しても，PLC 単独で警報通知や制御出力ができるので，設備の最低限の運用が可能となる。

(3)　電力監視機能

このパッケージには，デマンド監視制御機能，自動力率制御機能が標準添付されているので，電気設備の要求機能に応じて最適なシステムが構成できる。

以下に，それぞれの機能を記す。

①　デマンド監視制御

取引電力量，またはそれに相当する電力量信号を定周期で監視し，予測電力を計算して超過警報，負荷制御警報，高負荷制限超過警報の 3 段階の警報を出力する。電力量の監視周期設定は，15 分，30 分，60 分の中から選択できる。また，需要電力に合わせた負荷制御や，契約電力に合わせたスケジュール制御を行うことができる。これらの機能は 1 台の CPU で 3 系統まで処理できる。

監視結果（負荷実績）はパソコンに記憶されるので，過去の実績を表示することもできる。

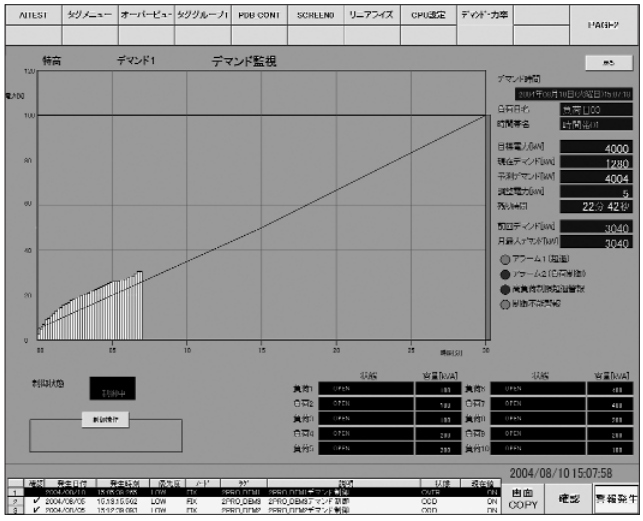
図５に，デマンド監視画面の例を示す。

②　自動力率制御

電力系統の監視点の力率が目標力率になるように，その電力系統に設置された進相用コンデンサの最適制御を行う。異種容量のコンデンサに対応しており，1 台の CPU で 3 バンクのコンデンサを制御できる。さらに，それぞれの設備を連結する連絡用遮断器の運転状況を把握することで，バンク間のコンデンサの連携運転にも対応している。

また，自家発電を行っている場合にはコンデンサ設備を有効に稼動できないこともあるが，このパッケージでは，発電機の無効電力を監視することで発電機を効率的に運転させるので，コンデンサ設備を有効に稼動させる

図５　デマンド監視画面の例



ことができる。さらに，コンデンサ制御に伴う電圧変動で発電設備保護装置である高速限流遮断器が誤動作する場合があるが，これを防止するロック信号出力機能も標準実装した。

図6に，自動力率制御バンク監視画面の例を示す。

3.3　計装監視制御パッケージ

EGFMAC-SIRIUSは，汎用品をベースとしたシステムを構築している。このコンセプトのもと，計装監視制御パッケージは中小規模プラントへの適用をターゲットとし，PLC計装としてパッケージ化した。

汎用のSCADAソフトウェアを使用する場合，その仕様や機能の制約により種々の機能を実装した結果，エンジニアリング時の操作性の悪さとして現れ，エンジニアリング工数の増大や信号点数の肥大化を招くことがよくある。このパッケージでは，計装制御や電機制御などの機能を実装する際に，iFIXの特性を利用してインタフェースを標準化することでこれらの問題に対処した。

専用DCSでは，操作性や耐環境性などを強力にサポートするために，専用コンソール，タッチパネルCRT，専用キーボードといった特殊なデバイスを実装しているが，EGFMAC-SIRIUSは，JISキーボードおよびマウスオペレーションとし，特殊なデバイスは使用していない。

計測プラントでは，システムの障害がプラントの全面停止や人身災害，火災事故などに波及することがあるので，システムトラブルがプラント制御系に影響しないような障害対策が必要である。このパッケージでは，高信頼性PLCを採用することで，PLC電源，CPU，制御LANの構成を冗長化できるので，活線での保守が可能となる。

図7に，システムの冗長化構成例を示す。

制御用LANにはEthernet，FL-net（シングル構成時），FL-net準拠LAN（冗長化構成時）を使用する。冗長化構成時にはHMIは二重化設置を行うが，監視用途としてクライアントノードを別途Ethernet回線上に追加することができる。

このパッケージの機能について，概要を以下に記す。

(1)　計装制御機能

内部計器は1台のPLCに最大64ループ実装でき，その制御周期は200 msである。内部計器は20種類のフェースプレートを標準実装しており，また，入力処理は19種類を用意している。

(2)　電機制御機能

電機制御機能として，電動機制御，電磁弁制御，電動弁制御などの標準ロジックとフェースプレートを用意しており，案件ごとに内部をカスタマイズできるようにしてある。電機制御機能は，PLCのプログラム容量の範囲内で実装できる。

(3)　エンジニアリング

HMIのシステム設計はiFIX上に用意された，システム構成定義画面，信号定義画面，グラフィックエディタなどの支援画面を用いて作業し，PLCの設計はプログラミングローダD300Win上で作業する。

図8に計器グループ画面，**図9**に計器チューニング画面の例を示す。

図7　システムの冗長化構成例

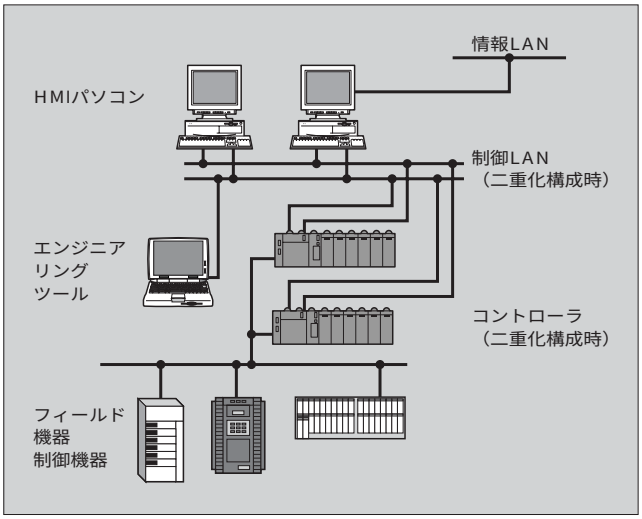


図6　自動力率制御バンク監視画面の例

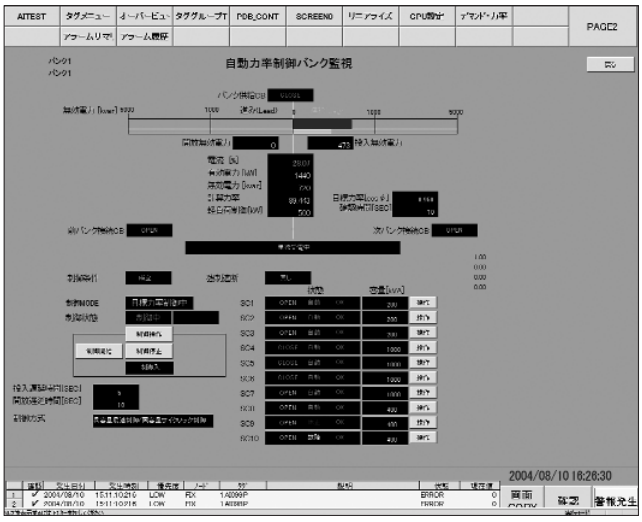


図8　計器グループ画面の例

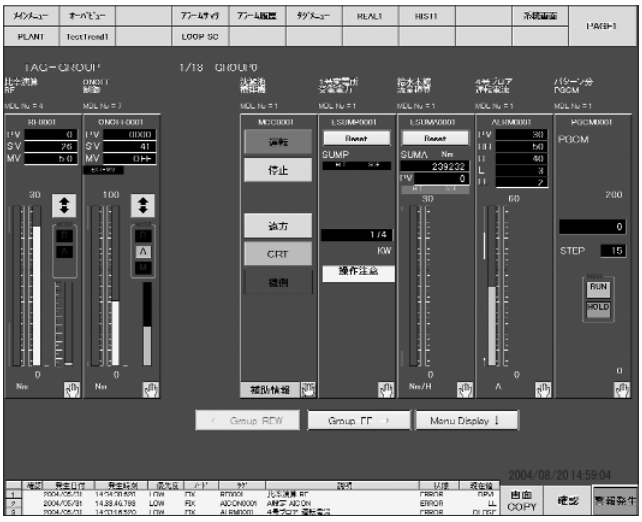


図９　計器チューニング画面の例

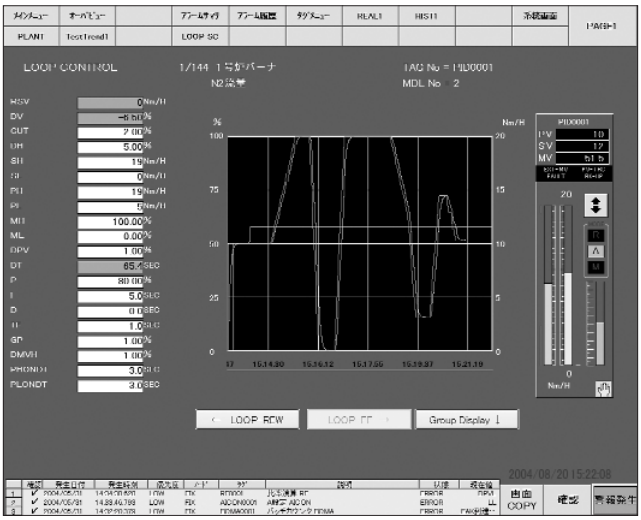
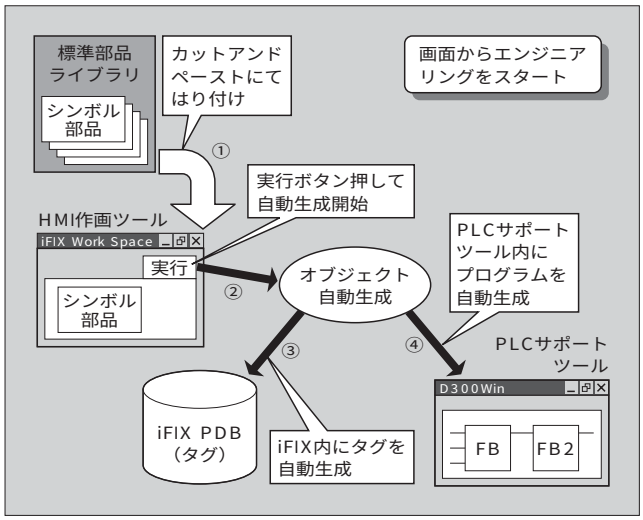


図10　オブジェクト自動生成機能



4　オブジェクト自動生成機能

電機制御向けの HMI は，案件ごとに仕様の異なるプラント画面が主体で構成される。EGFMAC-SIRIUS は，このエンジニアリングを支援する仕組みを備えている。この仕組みは，標準部品のパッケージに画面情報と PLC ソフトウェア情報を一体化することで，従来，手作業で行っていたタグ定義，PLC プログラム作成，変数定義など，画面と PLC ソフトウェアの対応を自動的に行う。そのため，人為的ミスの少ないエンジニアリング手法となっている。

HMI の iFIX 上でプラント画面を編集中に，オブジェクト自動生成用に用意された画面シンボル部品をはり付け，タグ名を設定するタグ生成ボタンを押すと，タグが自動生成されデータベース（DB）にタグ情報が記録される。一方，PLC に対しては，DB のタグ情報を基に，D300Win 上に変数定義と画面インタフェース用ファンクションブロック（FB）を自動生成する。

図10に，オブジェクト自動生成機能の概要を示す。

5　あとがき

中小規模監視制御システム「EGFMAC-SIRIUS」について，その概要，パッケージ群やエンジニアリング手法の機能・特長などについて述べた。

EGFMAC-SIRIUS は，パソコンと汎用 PLC で手軽にシステムが構築でき，また，分野ごとの豊富なパッケージ群と容易なエンジニアリング手法を備えた監視制御システムである。今後もさらにニーズを反映し，パッケージ群の充実などを図って，よりよいシステムへと進化させていく所存である。

参考文献

(1)　伊藤伸一ほか．EGFMAC-SIRIUS. 計測技術．（2004 年 2 月増刊号）．vol.32, no.3, 2004, p.86-88.

ハイブリッド超音波流量計

矢尾　博信（やお　ひろのぶ）　平山　紀友（ひらやま　のりとも）　大室　善則（おおむろ　よしのり）

1　まえがき

近年，超音波パルスドップラー流速分布法（UVP法）の工業流量計測への応用に関する報告が見られるようになった。[(1),(2)] UVP法は直接流速分布を測定するために，伝搬時間差法など他の測定原理で必要な補正係数が不要であり，非成長流れにおいても高精度測定が可能である。したがって，従来の伝搬時間差法にて適用が困難であった高粘性流体，気泡やパーティクルなど異物が混入した流体の高精度非接触測定が可能となり，電磁流量計や容積式流量計など他方式流量計の適用分野への応用が考えられる。また，流速分布をリアルタイムに測定できることから，設備診断ツールへの応用も考えられる。しかし，測定原理からくる制約がある。第一に，十分なエコー信号を得るために，測定流体内には流動場のトレーサとなる気泡やパーティクルなどの反射体が必要不可欠である。第二に，サンプリング定理の制約のために，測定可能な最大流速は，他の測定原理（伝搬時間差法：32 m/s や電磁式：15 m/s など）と比較して低い傾向にある。第三に，超音波トランスデューサ近傍の音響ノイズの影響により，直径全域にわたる流速分布の測定が難しい。

一方，伝搬時間差法は，測定流体に非接触な工業用超音波流量計として広く使用されている。[(3)～(5)] 伝搬時間差法は，一般的に超音波を測定流体中で透過させるため，半導体分野で使用される超純水などの清浄な流体の測定に適している。気泡混入がない場合，測定可能な最大流速に制限はない。しかしながら同様に幾つかの制限がある。第一に，平均流速を計算するための換算係数が必要であり，この換算係数は十分に発達した流れを仮定している。第二に，ディジタル信号処理技術の適用により耐気泡性能は向上したものの，大量の気泡を含んだ場合や高濁度の液体など，すべての液体の流量測定に適用できるほど強くはない。

以上のように，それぞれの測定原理には長所と短所があるが，それらは相互補完的な関係にある。今回，世界に先駆けて UVP 法と伝搬時間差法を使用できるハイブリッド超音波流量計を開発した。本流量計では，一対のクランプオン形の超音波トランスデューサを，測定配管に対向させて設置する構成とした。この設置により，UVP 法による直径全体にわたる流速分布の測定と同時に，伝搬時間差法による測定も可能となる。測定流体の状態や測定流速に応じて，測定法を切り換えながら測定することを可能とした。

以下，開発した流量計の主な仕様と構成について述べる。

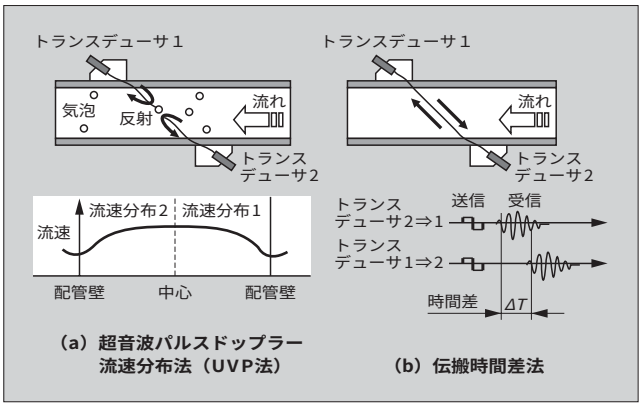
2　新ハイブリッド超音波流量計

現在，工業用超音波流量計に採用されている測定原理には，伝搬時間差法とドップラー法（ただし，流速分布を測定できない。以下，旧ドップラー法と呼ぶ）がある。伝搬時間差法は，比較的高精度（±1 %）の測定が可能であるが，気泡やパーティクルが多く混入した液体の測定には向かない。他方，旧ドップラー法は，伝搬時間差法と比較し気泡やパーティクルの混入に強いが，測定精度が劣る（±3 ～ 5 %）。

今回，UVP 法と伝搬時間差法のいずれかの測定原理で流量測定が可能な新タイプのハイブリッド超音波流量計を世界で初めて開発した。**図1**に測定原理を示す。

伝搬時間差法は，配管内の流体を斜めに横切る経路で超音波パルスを往復させる。超音波パルスが上流から下流に伝搬する時間と逆に，下流から上流に伝搬する時間の差か

図1　測定原理



(a) 超音波パルスドップラー流速分布法（UVP法）　(b) 伝搬時間差法

矢尾　博信

フィールド機器，特に流量計・発信器の設計・開発に従事。現在，富士電機インスツルメンツ(株)センサー機器技術部主査。計測自動制御学会会員。

平山　紀友

工業用計測機器，光応用機器の研究開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)機器技術研究所副主任研究員。ISA 会員。

大室　善則

ファームウェアの研究開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)情報通信制御部主任。

表１　ハイブリッド超音波流量計の主な開発仕様

		UVP法	伝搬時間差法
機能	検出器取付法	クランプオン	
	測線数	2～4測線	1～2測線
	適用配管口径	φ25～1,000 mm	φ13～6,000 mm
	適用配管材質	金属管，ライニング管，プラスチック	
	測定範囲	0～±0.3…±4 m/s	0～±0.3…±32 m/s
	測定温度	−40～+100℃	
	出力	DC4～20 mA（負荷1 kΩ） 接点：3点，RS-232C/RS-485	
	防爆	ATEX EEx m II T6	
性能	精度	±0.5 % of rate	±1 % of rate
	直管長	上流5D，下流2D	上流10D，下流5D
	応答性能	0.1 s	0.5 s
	気泡量	0.02～20 vol.%	0～12 vol.%
	非成長流れ	適用可能	適用不可

ら流量を測定する方式である。

$$Q=(\pi D^2/4)(1/K)\{C/(2\sin\theta)\}\{\Delta T/(T_0-\tau)\} \cdots\cdots (1)$$

ここで，Q：体積流量，D：配管内径，K：平均流速の換算係数，C：測定流体の音速，θ：測定流体への入射角，ΔT：伝搬時間差，T_0：静水時の伝搬時間，τ：配管およびトランスデューサ内の伝搬時間である。

他方，UVP法は，流体中に含まれる気泡やパーティクルが流体と同じ速度で移動すると仮定し，気泡やパーティクルの移動速度から流体の流量を測定する方式である。気泡やパーティクルなどのトレーサに反射された超音波の周波数がドップラー効果により変化することから，伝搬経路上の各部のドップラー周波数を計測し各部のトレーサの移動速度を測定する。

$$Q=\iint v(x)\,dS \cdots\cdots (2)$$

$$v(x)=\{C/(2\sin\theta)\}\{f_d(x)/f_0\} \cdots\cdots (3)$$

$$x=(Ct)/2 \cdots\cdots (4)$$

ここで，$v(x)$：位置 x における流速，$f_d(x)$：位置 x におけるドップラーシフト周波数，f_0：基本励振周波数，t：トランスデューサと位置 x 間の超音波パルスの往復時間，その他の記号は式(1)と同じである。

今回開発したハイブリッド超音波流量計の主な開発仕様を**表１**に示す。

3　流量計の構成

図２に今回開発した流量計の構成を示す。流量計は，配管表面に設置する検出部と信号処理を行う変換器から構成される。

3.1　変換器

図３に今回開発した流量変換器のハードウェアのブロック図を示す。ハードウェアは，計測ボード，制御ボード，設定ボード，および電源ボードの四つの部分から構成される。

図２　システム構成

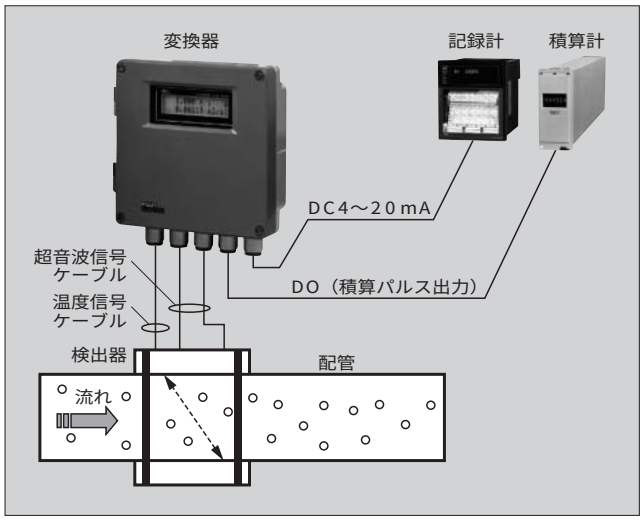
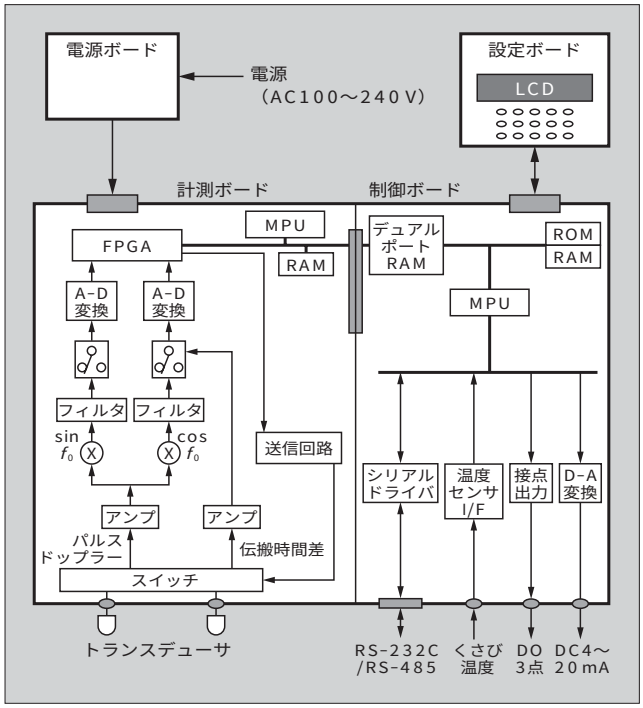


図３　変換器



る。

(1)　計測ボード

一対の超音波トランスデューサに送信信号を与え，受信信号（エコー波，または透過波）を増幅後，A-D変換し，ディジタル信号処理を行って流量演算を行う。

(2)　制御ボード

入力（くさび温度信号，キー入力），出力（DC4～20 mA，接点），通信（シリアルインタフェース）および液晶表示の制御を行う。

(3)　設定ボード

配管や測定流体パラメータの表示・設定を行う。

(4)　電源ボード

各ボードへ電源の供給を行う。

図４　検出器の構造

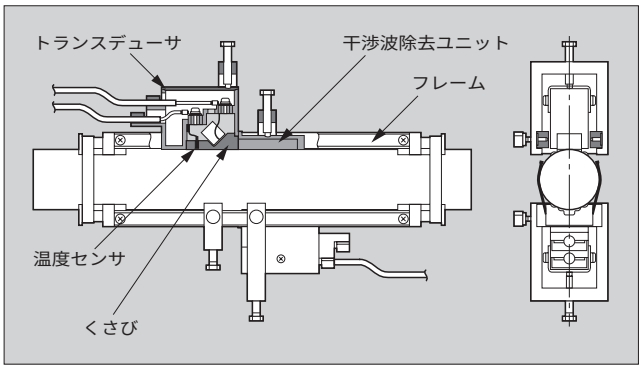
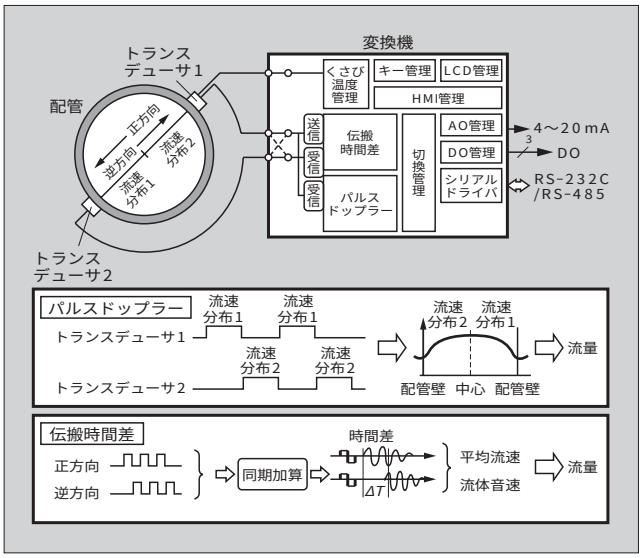


図５　一対のトランスデューサによる計測



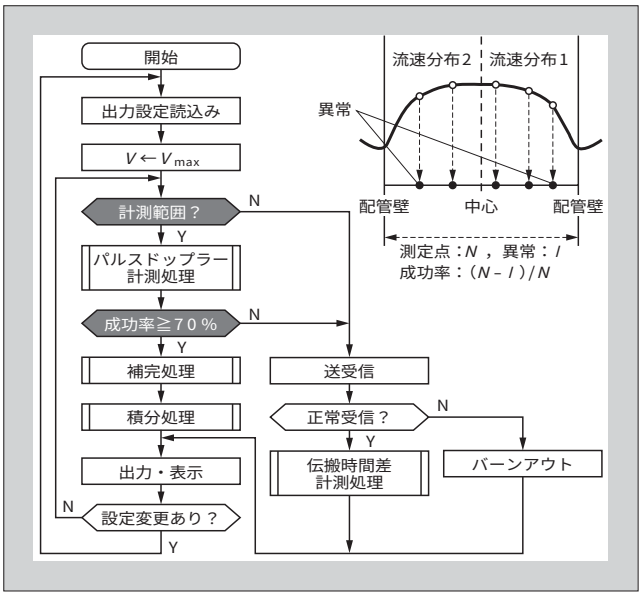
3.2　検出器

図４に今回開発した検出器の構造を示す。UVP 法に使用される超音波トランスデューサにはコンポジット振動子が採用されているが，検出器の低コスト化と流量計の使用流体温度範囲（−40 ～＋100 ℃）を考慮し，PZT（圧電セラミックス）円板振動子を採用した。振動子の背面層構造を最適化し，円板振動子の採用にもかかわらずコンポジット振動子を使用したトランスデューサと同程度以上の Low-Q 化を実現した。

また，広い流体温度範囲で高精度測定を実現するためにくさびに温度センサを付け，くさび音速の温度補正を行うとともに，流速演算の自動温度補正を可能にした。**図５**に示すように一対のトランスデューサを対向設置にすることで，直径全域にわたる流速分布の測定を可能とし，同時に伝搬時間差法のトランスデューサとしても使用できる構成とした。したがって，センサの設置替えを行うことなく，同一センサによる伝搬時間差法での測定が可能である。

さらに，UVP 法における誤差の要因の一つである配管内の多重反射の影響を低減するために，トランスデューサ前方に干渉波除去ユニットを設置できる構成とした。

図６　切換処理の概要



4　測定方式の切換

本製品は，上記構成とすることにより UVP 法と伝搬時間差法の両方で測定することが可能となった。したがって，液体内に十分な反射体がなくエコー信号が得られない場合や流速が速く UVP 法の測定範囲を超える場合は，伝搬時間差法に切り換えて測定する。また，伝搬時間差法での測定の場合，気泡やパーティクルの混入量が増え測定が困難になった場合に UVP 法に切り換え，測定を継続する。このように，測定方式の自動切換を行って，両方式の相互補完的な特質を利用すれば，時刻や時期により状態変化する液体の流量計測が可能となり，より広範囲なアプリケーションへの適用が可能になる。

図６に今回検討した切換アルゴリズムの概要を示す。パラメータの設定（配管の材質，口径，肉厚，測定流体の種類，最大流量など）を行い UVP 法の測定範囲にあるか判定し，測定可能範囲であれば UVP 法の測定を開始する。測定状態を判定し正常な測定が行われている場合は測定を継続する。設定されたパラメータや測定結果から測定可能範囲を超える，あるいは正常な測定が行われていないと判定された場合は伝搬時間差法へ切換を行う。伝搬時間差法で測定を行う場合は，透過受信波の状態を判定し，受波異常と判定された場合，異常処理を行う。この切換アルゴリズムの採用により，測定流体の状態が変化した場合においても，測定法を自動的に切り換えながら流量計測することができる。

5　実流試験

流量計を使用した精度評価試験を実施した。使用した配管は，口径 100 A で材質 SUS（ステンレス鋼），CS（炭素鋼）の 2 種類の材質について評価試験を実施した。測定に

図７　試験ループの概要

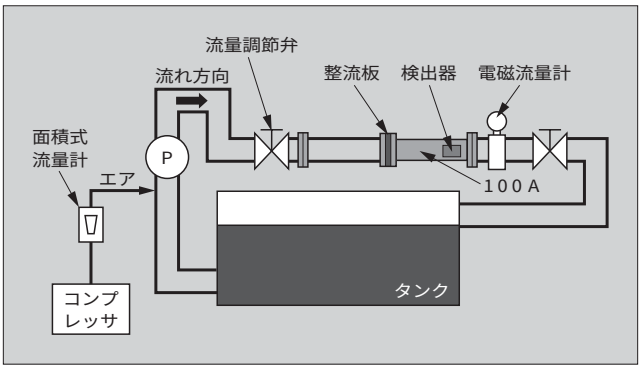


図８　精度試験（ステンレス鋼管）

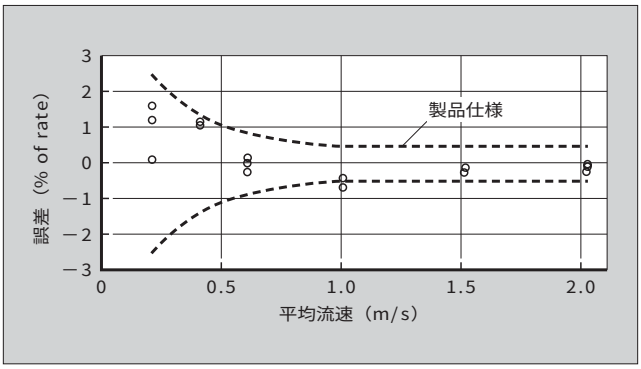
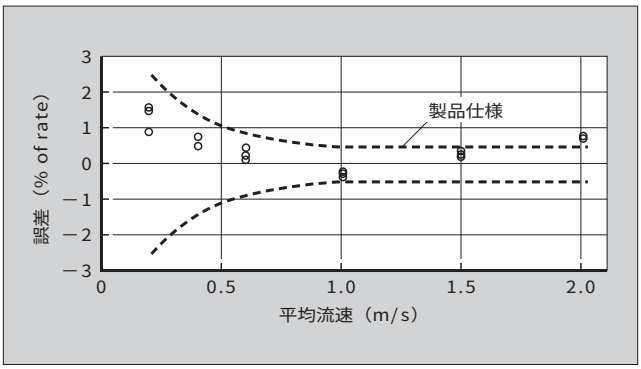


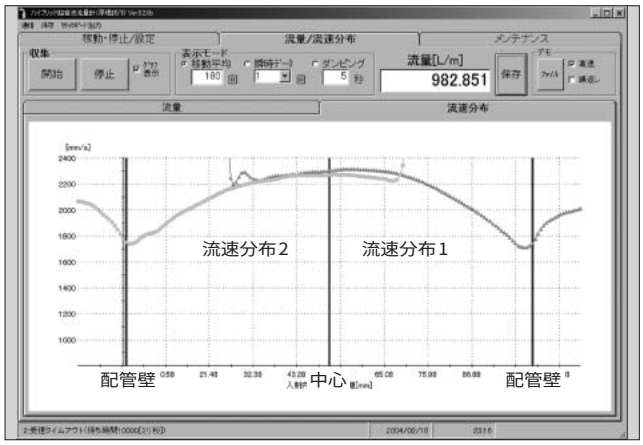
図９　精度試験（炭素鋼管）



使用した試験ループの概要を**図７**に示す。試験に使用したパイプの上流に整流板を設置し，整流板から7*D*の位置に検出器を設置し測定を行った。評価は比較法により実施した。マスタメータとして，下流側に設置されている電磁流量計を使用した。この電磁流量計は，質量法により各流量ポイントで±0.1％以内に校正されている。測定流体は水を使用し，トレーサとして気泡を使用した。空気をポンプの吸込口から入れ，ポンプで破砕した。気泡の混入率は，流量により0.02～0.2 vol.％程度である。

上記試験装置を使用して流速0.2～2 m/sの範囲で実流試験を実施した結果を**図８**，**図９**に示す。流速0.4 m/s以上の範囲ではおよそ±1％ of rate以内の精度が得られ，流速1 m/s以上の範囲ではおよそ±0.5％ of rate以内の精度が得られた。

図10　流速分布（ステンレス鋼管）



また，超音波トランスデューサを対向設置し二つのトランスデューサを切り換えながら流速分布の測定を実施した。口径100 Aのステンレス鋼管を使用し，流速2 m/sの測定した流速分布の例を**図10**に示す。クランプオン設置でありながら，測定管の直径全域にわたり流速分布が測定されていることが分かる。

⑥　あとがき

今回，世界に先駆けてUVP法と伝搬時間差法を組み合わせた工業用のハイブリッド超音波流量計の開発を行った。本流量計により従来，気泡や異物の混入のため伝搬時間差法による安定な測定が困難であった用途，例えば気泡を多く含んだ水や異物を含んだ排水などへの適用や，食品分野における製品や原料の高粘性流体や，パルプを含んだ流体の計測など，より広いアプリケーションへの適用が期待できる。さらに，流速分布がリアルタイムに測定できることから，設備診断やメンテナンスツールへの応用も考えられる。今後はさらに改良を重ね洗練された製品に仕上げていくとともに，UVP法の技術を核とした製品開発を行っていく所存である。

参考文献

(1)　Takeda, Y. Velocity profile measurement by ultrasound Doppler shift method. Int. J. HEAT & Fluid Flow. vol.17, no.4, 1986, p.313-318.

(2)　Mori, M. et al. Development of a novel flow metering system using ultrasonic velocity profile measurement. Exp. Fluids. vol.32, 2002, p.153-160.

(3)　山本俊広．可搬形超音波流量計「ポータフローX」．富士時報．vol.68, no.9, 1995, p.497-500.

(4)　山本俊広ほか．新形超音波流量計「NEW TIME DELTAシリーズ」．富士時報．vol.73, no.10, 2000, p.537-541.

(5)　山本俊広．超音波流量計M-Flow．超音波TECHNO. vol.5, no.6, 2002.

ディジタル指示調節計「PXH」

小西　英之（こにし　ひでゆき）

1　まえがき

産業構造の変化により，熟練技術者が減少する一方，国内での製造は，アジア諸国の低コスト製品に対抗し，高付加価値製品に活路を見いだそうとしている。こうした背景から，製造設備に対しては，「簡単・高性能」の要求が高まっている。

また，半導体製造装置をはじめとした最先端の加工技術においては，厳密な温度管理が非常に重要となっており，このためには温度測定を高分解能で行い，高速に制御する必要がある。

以上から，調節計には次のことが求められている。

○ 高度な機能と簡単に使用できることの両立
○ 高速・高精度な制御性

この要求に対して，「高性能・高機能でありながら使いやすい調節計」をコンセプトに，ディジタル指示調節計（形式：PXH）を開発した。

2　PXH の概要

今回新たに開発した，高性能ディジタル指示調節計「PXH」を**図1**に示す。主としてパネル取付けで使用され，前面寸法は 96 × 96（mm）である。

PXH は，富士電機の普及形温度調節計「PXR シリーズ」と同様，「表示が大きい」「コンパクト」という現場での扱いやすさはそのままに，前述の「高速・高精度」「高機能簡単設定」といった特長を持った調節計である。

前面の測定値表示器は，独自の設計により，明るく鮮明かつ文字高さ 20 mm ・ 5 けたの大型表示器を備え，抜群の視認性を実現している。また奥行寸法は従来機種（PYH）の約 50 %という，大幅な短胴化を達成した。これにより，制御盤では，他の機器との干渉の可能性が減るなどの利便性はもとより，盤そのものの薄型化にも貢献することができる。

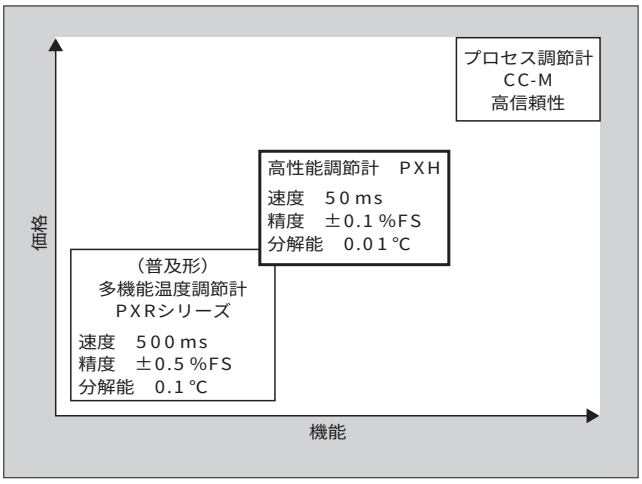
富士電機の調節計ファミリーを**図2**に示す。普及形温度調節計の PXR，プロセス用マルチループ調節計の CC-M の中間に PXH が位置づけられる。

PXH は，入力指示精度，制御演算周期といった基本性能面で，PXR を大きく上回る性能を実現している。

一方，上位機種の CC-M と比較すると，「高度な設定を簡単に行える」という点が特長である。CC-M は非常に柔軟かつ強力な機能を有する反面，その設定および使いこなしには高度の専門性を必要とする。PXH では，「数式演

図1　PXH の外観

図2　富士電機の調節計ファミリー



小西　英之

温度調節計の開発に従事。現在，富士電機インスツルメンツ(株)技術本部電子機器技術部主任。

算機能」「制御テンプレート」という考え方を導入し，高機能なモデルに付随する設定の煩雑さを解消し，かつ構成の柔軟さを確保した。

3　特　長

PXH の主な仕様を**表 1** に示す。主な特長は次のとおりである。

(1)　入力サンプリング・制御演算周期：50 ms
(2)　入力指示精度：測定レンジの±0.1 %
(3)　最小指示分解能：0.01 ℃
(4)　豊富な入出力
　○アナログ入力 3 点，アナログ出力 2 点
　○ディジタル入力 9 点，ディジタル出力 9 点
(5)　2 系統の通信インタフェース
　○RS-485
　○RS-232C（パソコンローダインタフェース）
(6)　前面防水構造：IP66・NEMA-4X 相当

表１　PXHの主な仕様

機　能	仕　様
電源電圧	AC100～240V　50/60Hz
測定値入力信号	熱電対，測温抵抗体，直流電圧・電流（フルマルチ入力）
測定値指示精度	フルスケールの±0.1％
入力サンプリング周期	50ms
入力値補正機能	ゼロ調整・スパン調整，開平演算，フィルタ
補助アナログ入力信号	DC1～5V，0～5V，0～10Vの中から1点
ディジタル入力	点数：4点または9点 無電圧接点またはトランジスタ入力
数式演算機能	温圧補正，平均，最大・最小セレクタ，入力切換
制御出力	リレー接点，SSR/SSC駆動，DC4～20mAの中から1点
ディジタル出力	2点または9点出力，1a接点または1c接点
アナログ転送出力	DC4～20mA，2点まで可能
発信器用電源内蔵	2線式発信器用供給電源（DC17～30V）
制御方式	オートチューニング付2自由度PID制御
制御テンプレート	制御対象に合わせた演算ブロック，I/O定義を装備
制御モード	オート/マニュアル/リモート
警報機能	警報設定点数8点
警報種類	32種類（ラッチ，励磁・非励磁，ディレーなど動作オプション可）
通信機能	RS-485（Modbus）
前面キー	ユーザーファンクションキーあり，キーロック機能付き
表示器	LED表示：SV値とPV値は5けた表示
前面保護構造	IP66，NEMA-4X相当
外形寸法，質量	W96×H96×D81.5（mm），約500g
ケース色	グレー
取付け方法	パネル埋込み形
外部配線端子	M3ねじ

(7)　高度な設定を簡単操作で実現
　○数式演算機能
　○制御テンプレート機能

4　使いやすさのための機能

4.1　数式演算機能

一般にプロセス制御では，制御量を直接計測可能なことは少なく，何点かの測定値を演算して制御量を得ていることが多い。流量を求める温圧補正などがその代表例である。

PXH は，**図 3** に示すようにアナログ入力として最大 3 点の入力ができ，その入力間で演算を行い，制御量として使用することが可能である。演算式はあらかじめ用意されており，選択するだけで利用できる。また，演算は浮動小数点工業値（物理量）で行っており，複雑なスケーリングに対する考慮は不要である。

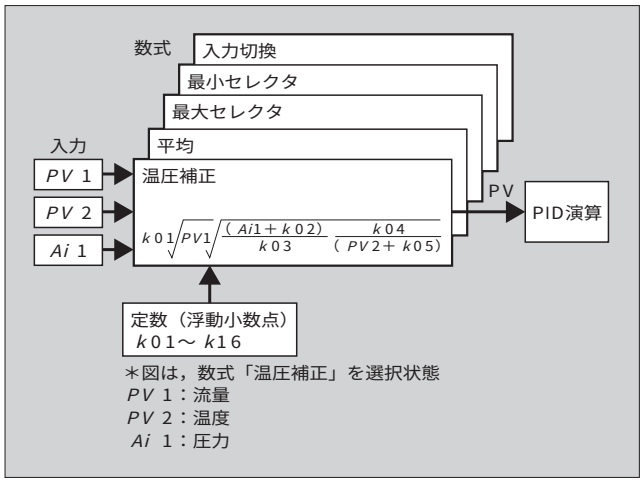
4.2　制御テンプレート機能

PXH は，**表 1** に示すように制御対象や PXH が組み込まれるシステムに応じて，入出力点数を増やすことができる。この際，豊富な入出力および内部演算ブロックの構成を簡単に設定する機能として「制御テンプレート」という考え方を導入した。この方式により，多くの入出力を持ち，高度な演算機能を備えているにもかかわらず，非常に使い勝手のよい製品となっている。

PXH では，入出力機能の割付けおよび内部演算ブロックの構築を，「演算ウェーハ結線方式」によって行っている。「演算ウェーハ結線方式」は富士電機のプロセス調節計（現行機種 CC-M）にて，その柔軟性が高い評価を受けている方式である。

PXH では，従来手動で行っていた演算ウェーハの結線を自動で行うようにした。そのために，あらかじめ各種アプリケーションに対応した結線情報（これを制御テンプレートと呼ぶ）を内部に保有しており，ユーザーは，目的の制御テンプレートを選択して使用する。結線はその制御テンプレートの選択が変更されたときのみ再結線が行われ

図３　数式演算機能



る（登録情報に初期化される）ことで，制御テンプレート選択後に必要に応じて入出力割付けを変更することを可能としている。以上の概念を**図4**に示す。

4.3　パラメータ番号表示機能

このクラスの調節計では，各種の機能を実現するため，数多くのパラメータを持っている。**図5**に示すようにPXHではパラメータ設定・変更時に，パラメータ記号（アルファベット表記）に加え，パラメータの位置を示す番号表示を行うようにした。これにより，7セグメントのアルファベット表記に慣れていないユーザーでも，目的のパラメータが簡単に呼出し・設定変更可能となっている。

図4　制御テンプレート

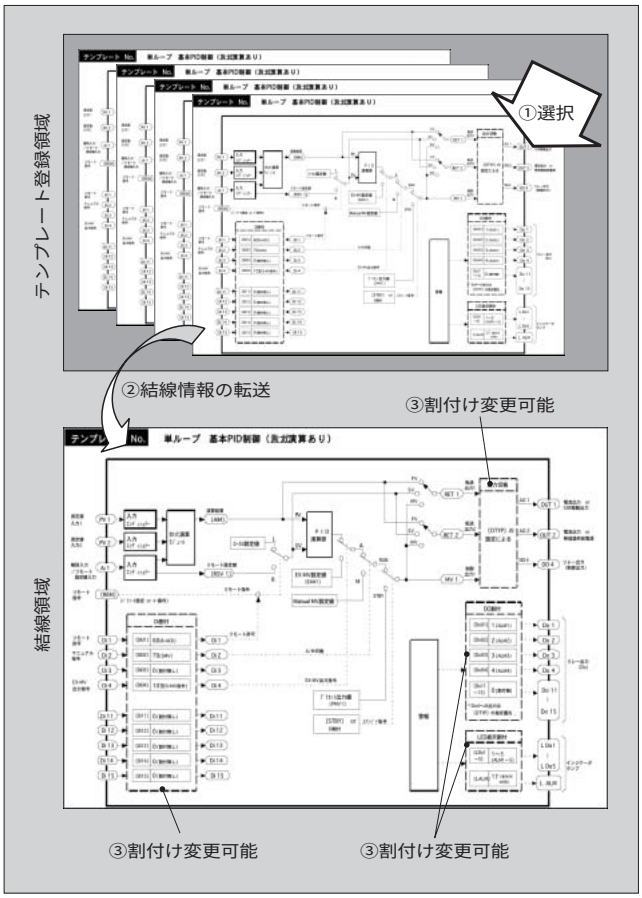
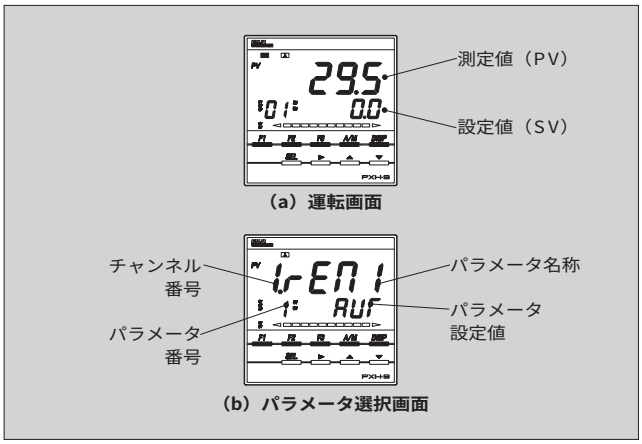


図5　パラメータ番号表示機能



4.4　ユーザー割付けファンクションキー

現実のアプリケーションでは，頻繁に使用する機能に専用キーを設けたいという要求は多い。PXHでは，ユーザーが自由に機能を割り付けることができるファンクションキーを3キー装備した。**表2**に，ファンクションキーに割り当てることができる機能を示す。例えば，内部タイマ，ディジタル入力を組み合わせることにより，外部スイッチなしに調節計の運転モードをさまざまに変化させることができる。

4.5　パラメータローダソフトウェア

PXHでは，ローダ通信用RS-232Cインタフェースを標準で備え，また，パソコン上で動作するパラメータ設定用のローダソフトウェアを標準添付している。このローダソフトウェアはRS-485インタフェース経由でも使用することができ，さらに，このソフトウェアには制御状態のトレンドを監視できる機能もあるため，RS-485インタフェースを使用すれば，遠隔地の制御状態の監視を手軽に行うことができる。ローダソフトウェアの画面例を**図6**に示す。

5　その他の機能

5.1　通信機能

PXHには，調節計の分野では標準となりつつあるModbus〈注1〉（RTU）プロトコルを搭載している。富士電機のプログラマブル操作表示器（UGシリーズ）や，Citect5〈注2〉（SCADAパッケージ）に容易に接続できるため，ユーザーはプログラムレスで制御監視システムを構築すること

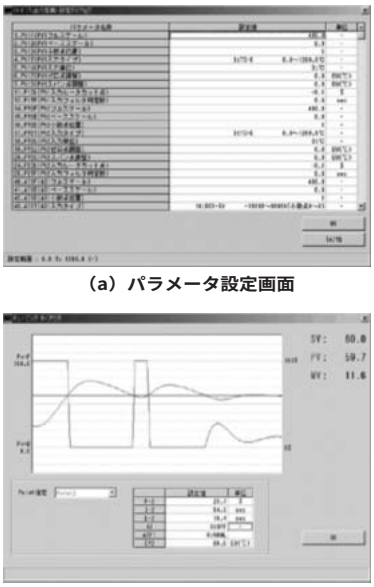
〈注1〉Modbus ： Gould Modicon社の登録商標

〈注2〉Citect5 ：オーストラリア・サイテクト社が開発したSCADAソフトウェア

表2　ファンクションキー機能一覧

F1～F3設定値	キー動作
0	キー無効
1	DSV表示 リモート/オート切換（2秒押し）
2	スタンバイ切換（1秒押し）
3	アラームラッチクリア
10	AT（オートチューニング）スタート/ストップ
20	アラームタイマ開始・停止（ALM1）
21	アラームタイマ開始・停止（ALM2）
22	アラームタイマ開始・停止（ALM3）
23	アラームタイマ開始・停止（ALM4）
24	アラームタイマ開始・停止（ALM5）
25	アラームタイマ開始・停止（ALM6）
26	アラームタイマ開始・停止（ALM7）
27	アラームタイマ開始・停止（ALM8）

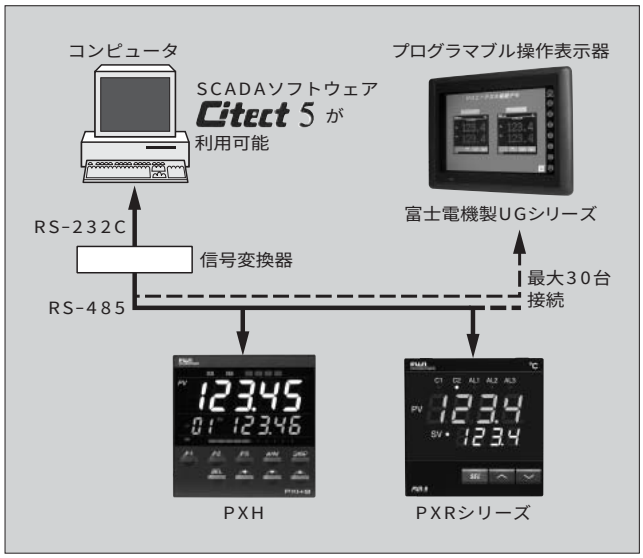
図６　ローダソフトウェア「PXH Loader」



（a）パラメータ設定画面

（b）チューニング画面

図７　通信システム構成例



ができる。電気的仕様は，RS-485 となっており，最大 31 台，総延長 500 m までの通信接続が可能である。

なお，この通信仕様は，普及形温度調節計 PXR と同一であるため，システム上での PXR との共存も可能である。

図 7 に通信システム構成例を示す。

5.2　PID パレット機能

最大 7 組の PID 設定値を設定可能で，これらの切換方法を，パラメータによる指定，SV（設定値）に伴う切換，PV（測定値）に伴う切換から選択することができる。これにより，温度により PID パラメータの変更を必要とするようなアプリケーションに細かく対応することができる。

6　あとがき

PXH は，高性能と高機能を普及形と同様の使いやすさにまとめた製品であり，温度・圧力・流量を問わず，さまざまなアプリケーションに使用できる調節計である。

演算式および制御テンプレートは，拡張が容易に行える設計となっており，今後大幅に種類を増やしていく。また，ハードウェア面でも拡張性を考慮した設計となっており，適用可能なアプリケーションを拡大していく計画である。

今後とも，顧客の立場に立った製品を開発していく所存である。

参考文献

(1)　萩岡信和．温度調節計「PXR シリーズ」．富士時報．vol.76, no.9, 2003, p.545-548.

情報制御・計測システムを支える設計製造技術

町田　潤一（まちだ　じゅんいち）　坂田　晃次（さかた　こうじ）　橘　諭貴（たちばな　ゆたか）

1　まえがき

近年，携帯電話やディジタルカメラなど電子機器の小型化・高性能化の流れが制御機器分野にも浸透している。

それに伴いプリント基板における配線および L/S（配線幅・配線間隔）の細線化や高密度実装への要求が著しく高くなってきている。この要求に対し，現在のプリント基板での細線化は数十 μm で限界に達すると思われ，この延長での劇的な細線化は困難と考える。

一方，細線化という方向では，シリコン基板を用いた集積回路（システム LSI）などで 0.1 μm レベルの細線化が実現されている。しかし，システム LSI などの集積回路を実際に適用する場合，さまざまな設計上の制約が発生したり膨大な設備投資や開発期間が必要になる。さらには一度に多大な数量を製作する必要があるという問題点がある。

富士電機では，従来の制御機器に対してプリント基板の高密度実装技術を適用している。今後ますます求められる小型化・高性能化への対応として，シリコン基板を用いた設計製造技術である高密度小型モジュール（IMM：Intelligent Micro Module）について紹介する。

2　IMM

ロット数量とモジュールサイズの相関で，**図1**に示すようなプリント基板とシステム LSI の間に大きな隔たりが生じた領域（ミッシングゾーン）が存在する。

このミッシングゾーンをターゲットにした技術として，シリコン基板上への微細配線の形成および汎用チップ実装による IMM を開発した。

富士電機では，この IMM を今後の情報制御・計測システムを支えていく設計製造技術と位置づけている。

3　IMM の内部構成

IMM には，シリコンの特徴を生かして多層配線および薄膜抵抗，MOS コンデンサを内蔵することができる。代表的な IMM の外観を**図2**に示す。

これを形成する技術は LSI を形成する技術と同様であるが，富士電機の保有技術である MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）（443 ページの「解説」参照）技術を応用し，また多品種・少量生産に対応可能な IMM を提案するため，高額な設備投資を必要とせず，かつ低コストで設計・製造が可能な製法ルールや設計ルールを開発した。IMM の各部の説明にあたって断面構造を**図3**に示す。

図1　IMM のターゲット領域

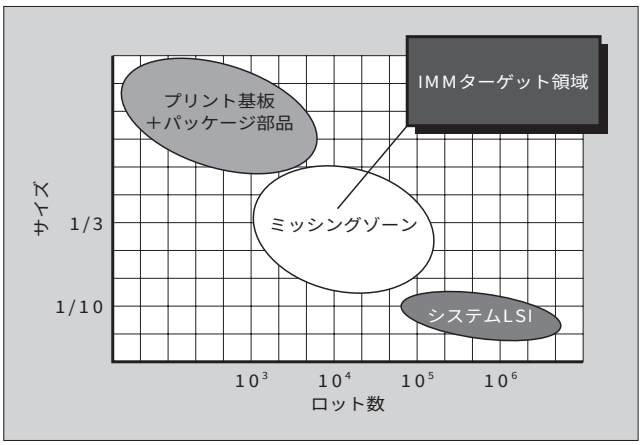
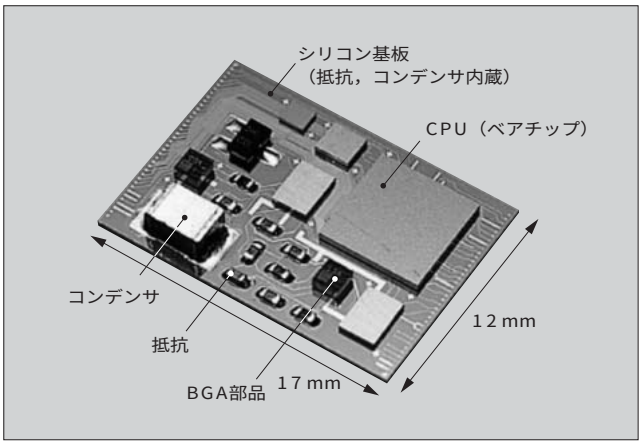


図2　IMM の外観例



町田　潤一

高密度小型モジュール（IMM）適用製品の開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部東京工場ファインテック機器部主任。

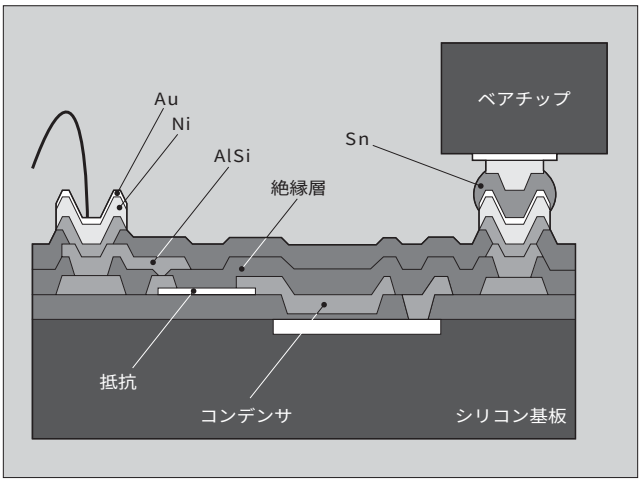
坂田　晃次

高密度小型モジュール（IMM）製造プロセスの開発に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部東京工場ファインテック機器部。エレクトロニクス実装学会会員，応用物理学会分科会会員。

橘　諭貴

高密度小型モジュール（IMM）製造プロセスの開発に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部東京工場ファインテック機器部。

図３　シリコン基板の断面構造



(1)　配　線

材質は AlSi（アルミニウム・シリコン）を用い，コンタクトメタルを使用せず，シリコンおよび層間の低抵抗コンタクトを可能にしている。

層間絶縁層はシリコン酸化膜を用いており，配線は最小幅 10 μm，最大 3 層までの形成ができる。配線の細線化（L/S が小さい）により，IMM の 3 層はプリント基板に換算すると 8 層分に相当する。

(2)　内蔵抵抗

内蔵抵抗は NiCr（ニッケル・クロム）薄膜を用いている。通常 LSI などでは拡散抵抗などが主流であるが，少ロット生産対応を考慮し金属薄膜抵抗を採用した。NiCr 薄膜抵抗により 1 kΩから 100 kΩ程度までの抵抗値を形成することができる。

(3)　内蔵コンデンサ

内蔵コンデンサは MOS 型を採用した。上部電極は第 1 層配線と同一層に形成し，下部電極には拡散電極を用いた。なお，誘電層には熱酸化膜を用いている。

この構造により，内蔵コンデンサは数十 pF から数 nF 程度までの容量を形成することができる。耐圧を持たせたまま大容量を確保するためには誘電層の面積を大きくする必要があるが，少量生産を考慮した工程を用いるなどの対策を行っている。

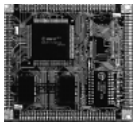
(4)　チップ部品実装

汎用 CPU や汎用メモリなどを混載することにより，システム LSI と同等の機能を IMM 上で実現する。搭載する部品および搭載方法は，ベアチップのフリップチップ実装や，BGA（Ball Grid Array）部品，チップ部品のリフロー実装などを混在させることができる。

(5)　パッド

パッド部構造は，さまざまな形態の部品実装に加えシリコン基板からの入出力信号用にワイヤボンディングにも対応している必要がある。ワイヤボンディングおよびはんだ接合用パッドは Au（金）/Ni（ニッケル）/AlSi，フリップチップ接合用パッドは Sn（すず）/Au/Ni/AlSi 構造を採用している。

表１　IMMとの比較

	プリント基板	IMM	システムLSI
概　　要			
	ガラスエポキシなどの樹脂基板に電子回路部品を実装	シリコン基板に電子回路素子の一部を形成し，CPUやメモリなどのベアチップを実装した複合モジュール	LSIとしてワンチップ化
面　積　比（プリント基板を100とする）	100	20～30程度	5～10程度
配　線　幅	50 μm～	5～50 μm	～1 μm
最 適 物 量	1台～/年	数百～数万台程度/年	10万台以上/年
製 作 納 期（回路設計完了後）	1週間程度	1～2か月程度	6か月程度
機密保持性（ブラックボックス化）	模倣されやすい	模倣されにくい	模倣されにくい
初期開発額	小	中	大

4　IMM の優位性

表１に示すように，IMM はプリント基板より小型化ができ，システム LSI に比べ多品種少量生産，設計開発期間の短縮および開発費の削減が実現できる。

5　IMM の特徴

制御機器は，多大なノイズ環境で使用されたり，高度な信頼性を強く要求されたりしている。

近年，高集積化された CPU，メモリなどで構成されたマイコン回路はノイズなどによる誤動作防止のため，回路全体に安定なグラウンド（GND）電位を供給しなければならない。マイコン回路部分を IMM に適用するとシリコン基板全体（厚さ 0.5 mm）を GND 電位として使用するので，回路全体に安定な GND 電位を供給することが容易である。これにより制御装置のノイズ耐量を大幅に向上できる（**図４**）。

図５はプリント基板（4 層板）とシリコン基板における信号波形の比較を行ったものである。

波形は同一条件の信号（100 MHz 相当）を出力する集積回路を基板に実装し，基板の配線にて接続された異なる集積回路の入力端子に対して出力させた信号と入力端子に到達した信号である。波形から分かるようにプリント基板では過渡応答的な信号の発振現象や信号の遅延が確認できる。この過渡応答的な波形や遅延が機器の誤動作を招いたり，機器の放射ノイズを増大させる原因となる。

プリント基板に対してシリコン基板の信号は，過渡応答的な現象や遅延がない。シリコン基板の等価回路に示すように，シリコン基板の配線はプリント基板の配線より若干多くの抵抗を有しているので，高速動作する信号に対してダンピング抵抗の役割を有している。したがって，機器の誤動作や装置の放射ノイズを低減することができる。

そのほかに，IMM には次の特徴がある。

図4　シリコン基板とプリント基板の接合

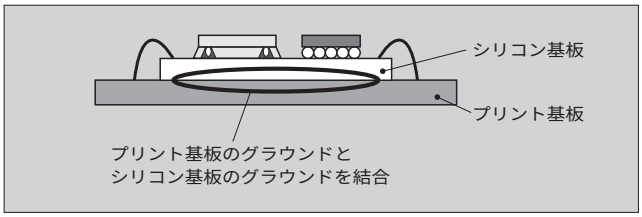
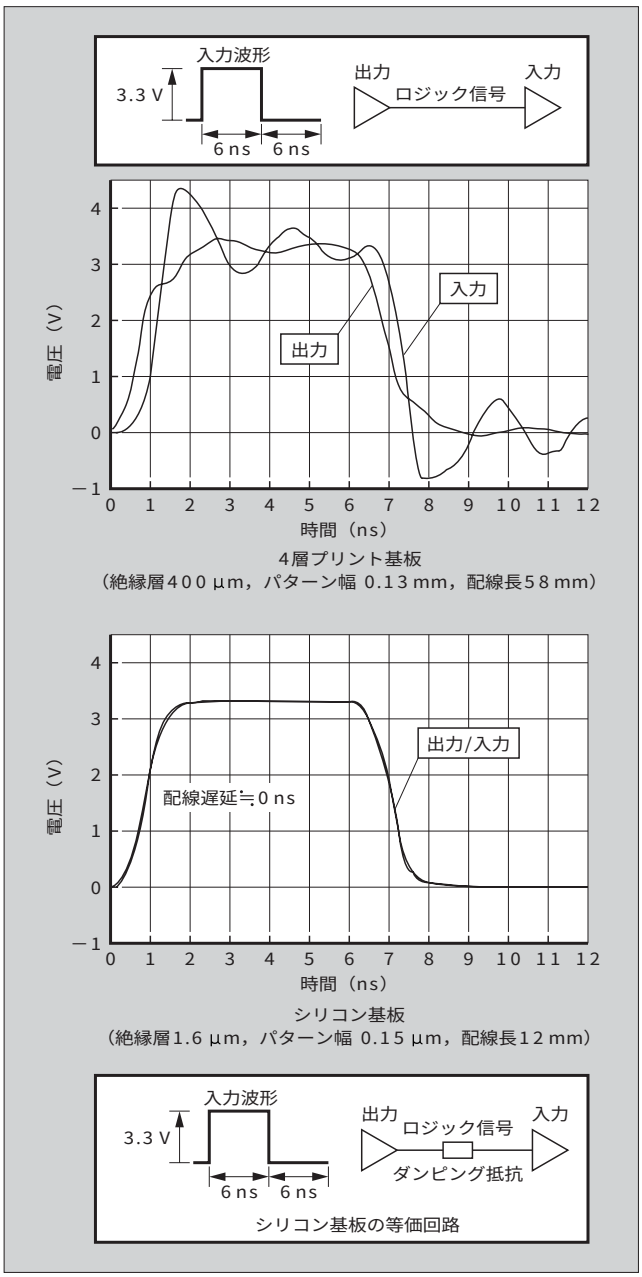


図5　シリコン基板とプリント基板の信号波形比較



(1)　高密度実装（プリント基板の約 1/3）
(2)　高性能化の実現
(3)　システム LSI の開発より短期間での開発が可能
(4)　少量生産対応が可能
(5)　重要回路の模倣防止（ブラックボックス化）

6　IMM 適用製品の設計の流れ

IMM を適用した製品を開発する場合，製品設計者と IMM 部位設計者は綿密に協議を行い，製品化を目指す。一般的な設計フローを**図6**に示す。

7　IMM の適用事例

富士電機の制御機器での主な製品への適用事例として，**図7**のようにフィールド Web アダプタ，アナログ計測器，

図6　IMM の設計フロー

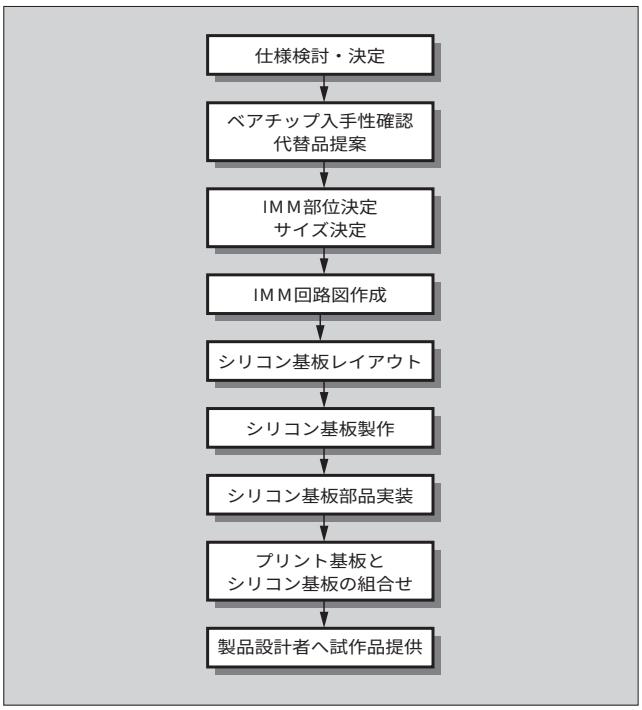
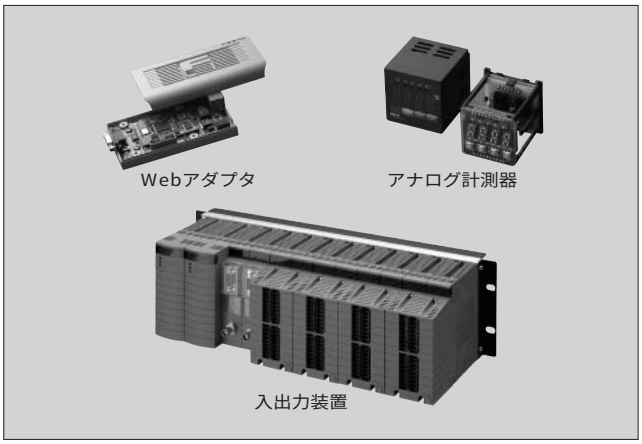


図7　富士電機製品への適用例



入出力装置などがある。これらの製品はCPUやメモリ，周辺回路をIMM化することで高機能，小型化，高密度実装を実現している。今後さらにIMM適用製品は増えていくと考えられる。

またCPU周辺回路にIMMを適用することによって，小型化の実現のみならず，共有モジュール化や小型化によって空いたプリント基板スペースに，通信機能などを持った回路を追加することにより機能や付加価値を高めることが可能である。

8　あとがき

情報制御・計測システムを今後支えていく設計製造技術としてIMMについて紹介した。

IMMはその最大の特徴である小型化，高性能さらには模倣防止といった観点から，富士電機の計測機器への適用のほかに富士電機グループ以外からの問合せや見積り依頼を多数受けている。

すでに医療機器分野や計測センサ機器分野から開発を委託され設計を実施している。

今後，IMMが富士電機グループのみならず，さらに幅広い分野に適用できるよう努めていく所存である。

参考文献

(1)　丹呉浩侑ほか．半導体プロセス技術．培風館．1998-11.

(2)　桜井貴康ほか．スーパーコネクト技術．表面技術．vol.53, no.4, 2002, p.224-227.

(3)　Goto, T. et al. Three-Dimensional Microfabrication of Single-Crystal Silicon by Plasma Etching IEICE TRANS. ELECTRON. vol.E78-C, no.2, 1995, p.167.

(4)　武居正彦ほか．シリコンを利用した配線板小型化技術．第12回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集．2002, p.275-278.

(5)　坂田晃次ほか．シリコン基板を用いたDC/DCコンバータの小型化技術．第13回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集．2003, p.248-251.

解　説　MEMS（メムス）

一般にMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）とは，半導体の微細加工技術を用いて，機械，電子，光，化学などの多様な機能を集積化したデバイスのことである。

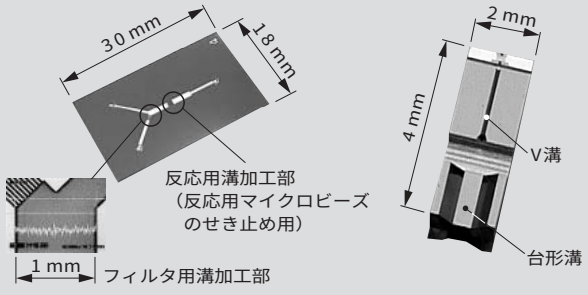
加工する素材はさまざまだが，代表的なものとしてはSi（シリコン）ウェーハやガラスウェーハなどがある。LSI製造と同一の設備を使用し製造することができる。MEMSの構造体形成技術としては，Si基板などの表面上に積層構造物を形成するサーフェース・マイクロマシニングとSi基板自体を加工して構造物を形成するバルク・マイクロマシニングがある。

MEMSデバイスが電気製品や自動車などに汎用的に搭載されるようになってから20年程度しかたっていないが，身近な製品にMEMSデバイスは適用されている。代表的なものとしてエンジン制御を行う圧力センサ，カーナビゲーションに使用されるジャイロ（角速度）センサなどがある。

近年，MEMS分野では記述したセンサだけでなく，光通信用部品や化学合成チップ，分析チップなど，新しい分野への応用・開発も盛んに行っている。

富士電機では過去から記録計ヘッド（IJP）や発信器の圧力センサを製造している。そのほかに分析チップとしてμ-TAS，光通信用部品としてMEMS光モジュール（シリコン光中継素子）を開発中である。

開発中のMEMSデバイス



μ-TAS　　MEMS光モジュール

高速・高精度を実現する制御系設計技術

吉田　收志（よしだ　あつし）　金子　貴之（かねこ　たかゆき）　平井　洋武（ひらい　ひろむ）

1　まえがき

産業用ロボットや各種工作機械に代表されるメカトロニクス機器においては，生産性向上を目的とした位置決めの高速化とともに，加工部品の小型化に伴う位置決めの高精度化についても要求が高まっている。

本稿では，産業用ロボットや半導体検査装置などを想定した位置決め装置に対して，高速・高精度位置決めを実現する制御系の設計手法を紹介する。ボールねじ駆動テーブルを用いた位置決め機構は，その機構系の共振とともにボールねじ部やテーブルリニアガイド部に存在する非線形摩擦の影響が位置決め精度の劣化を引き起こす。さらに，制御系においては，センサ信号取込み通信時間などがむだ時間要素となり制御性能を劣化させる。そこで，非線形摩擦を制御対象に作用する外乱成分とみなし，むだ時間を考慮した外乱オブザーバ（447ページの「解説」参照）を設計することにより摩擦補償を行う[(1),(2)]。そのうえで，既約分解表現を用いた2自由度制御系を構築し[(3)]，負荷の振動抑制を伴う位置決めの高速・高精度化を実現する。

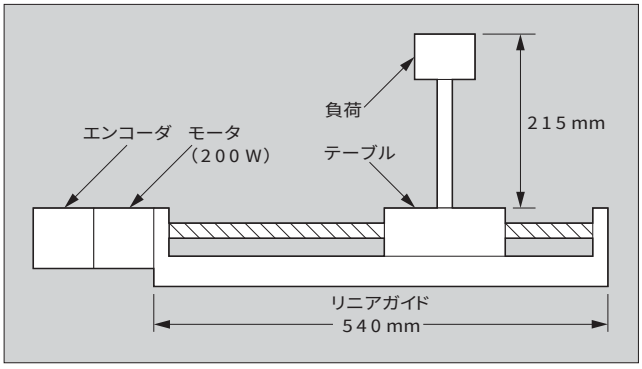
2　制御対象の特性とモデル化

2.1　駆動システム

図1に対象とした位置決め機構を，**図2**に実験に用いた検証用駆動システムの概略を示す。位置決め機構はテーブルと負荷を結ぶはりの部分で共振を励起する機構となっており，産業用ロボットなどで問題となる振動系を模擬している。

制御系はパソコンに内蔵されたDSP（Digital Signal Processor）で構成されており，エンコーダのパルス信号はサーボアンプを経由してDSP内に取り込まれる。DSPではトルク指令値を演算し，サーボアンプへ出力する。サーボアンプは，トルク指令およびセンサ信号を取り込み，各種フィルタと電流制御系を介してモータを駆動する電流を制御する。なお，サーボアンプがエンコーダ情報を取り込む際には一定の時間を要するので，そこにむだ時間が発生する。そこで，サーボアンプを含めた位置決め機構を制御対象とみなして制御系設計を行う。

図1　位置決め機構

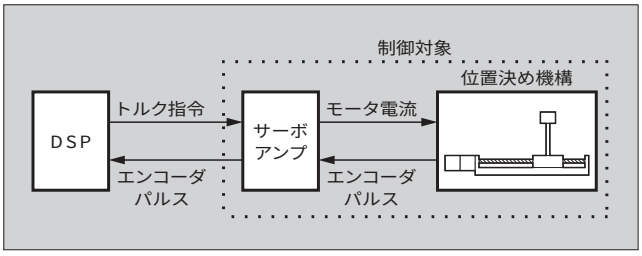


2.2　制御対象の特性

(1)　制御対象の周波数特性

図3の実線は，制御入力であるモータトルク指令値からモータ位置までの周波数特性である。この図から，85 Hzの一次振動モードのほかに，525 Hzの二次振動モード，723 Hzの三次振動モードがあるのが分かる。制御対象のモデル化に際しては，本位置決め機構の負荷とはりの部分の共振周波数，制御系のサーボ帯域から考えて，二次振動モードおよび三次振動モードの振動を考慮しないこととし，制御系を**図4**に示す2慣性モデルとして扱う。図中，τはモータトルク，θ_Mはモータ位置，θ_Lは負荷位置，uはトルク指令値であり，J_Mはモータ慣性モーメント，J_Lは負

図2　検証用駆動システムの概略



吉田　收志

パワーエレクトロニクス製品の研究開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)エレクトロニクス技術研究所主任研究員。電子情報通信学会会員。

金子　貴之

モーション制御の研究開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)エレクトロニクス技術研究所。電気学会会員，精密工学会会員。

平井　洋武

名古屋工業大学大学院工学研究科教授。工学博士。

荷慣性モーメント，K_1 はばね定数，D_1 は粘性摩擦係数である。運動方程式を初期値 0 の下でラプラス変換すると，u から θ_M ・ θ_L までの伝達関数はそれぞれ次式 $P_M(s)$，$P_L(s)$ で与えられる。

$$P_M(s)=\frac{K_t(J_L s^2+D_1 s+K_1)}{J_M J_L s^4+(J_M+J_L)D_1 s^3+(J_M+J_L)K_1 s^2} \quad \cdots\cdots(1)$$

$$P_L(s)=\frac{K_t(D_1 s+K_1)}{J_M J_L s^4+(J_M+J_L)D_1 s^3+(J_M+J_L)K_1 s^2} \quad \cdots\cdots(2)$$

2.1 節で述べたように，本システムでむだ時間要素として最も影響が顕著な要素は，エンコーダパルス信号の取込みに要する時間である。むだ時間をモデル化し，実測の位相－周波数特性と合うように，制御入力からモータ位置出力までのむだ時間を調整する。

図 3 の破線が，調整したむだ時間を含めた $P_M(s)$ の周波数特性である。一次振動モードのゲインと位相，ならびに高域の位相特性がよく合っている。

(2)　非線形摩擦特性

ボールねじを用いた位置決め機構では，一般的に摩擦やバックラッシといった非線形要素が存在し，それが位置決め精度を劣化させる。本制御対象では，ボールねじナット部やテーブルとリニアガイドとの接触面間に非線形摩擦が発生する。実測でも速度に依存する粘性摩擦や，移動方向に依存するクーロン摩擦の存在を確認している。また，静止状態からテーブルを駆動する場合には，静止摩擦を超えるトルクを与える必要がある。なお，この摩擦特性が連続駆動やテーブルの位置など駆動条件によって変動することも確認している。したがって，この非線形摩擦を，制御対象に加わる未知の外乱とみなし，外乱圧縮性能を考慮した制御系設計が必要となる。

図３　モータトルク指令からモータ位置までの周波数特性

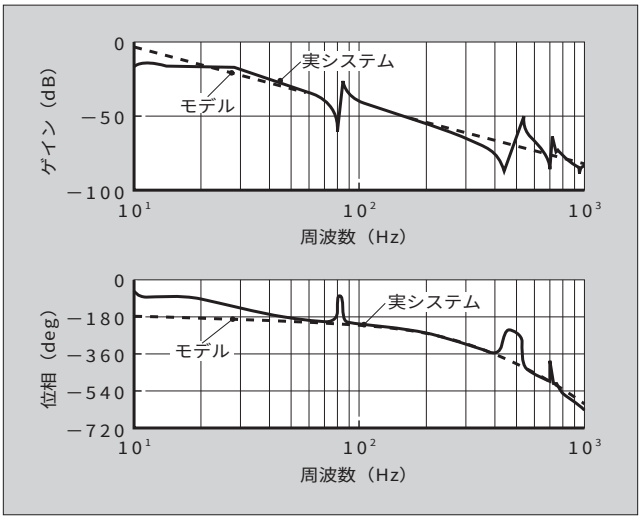
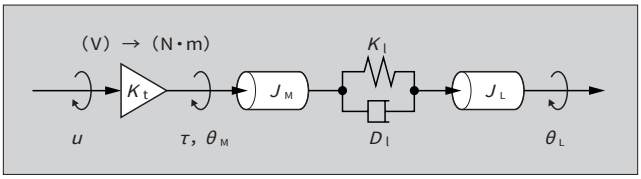


図４　2 慣性モデル



3　制御系の設計

前章で述べたように，位置決め性能の向上を阻害する要因には共振，むだ時間，非線形摩擦の 3 点が挙げられる。高速・高精度位置決めを実現するためには，これらに着目した制御系の設計を行う必要がある。

まず，共振に対しては，制御系を 2 自由度位置決め制御系とし，制御対象のモデルに基づくフィードフォワード補償器を構築することで，負荷位置に振動を励起させない軌道生成を実現し，抑制する。

非線形摩擦に対しては，外乱オブザーバと前向き補償トルクで摩擦を補償する。外乱オブザーバをフィードバック系に内在させて，非線形摩擦を外乱として補償する。むだ時間に対しては，これを考慮した外乱オブザーバとする。さらに駆動直後には外乱推定遅れにより外乱オブザーバによる補償が十分でないため，フィードフォワード的に前向き補償トルクを追加する[(4)]。

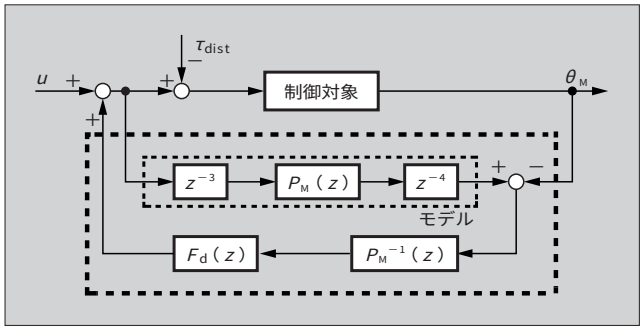
3.1　外乱オブザーバの設計

外乱オブザーバの設計法として，出力に制御対象の逆特性を乗じたあとに入力との差をとって外乱推定を行う設計法がある。ところが，制御対象にむだ時間要素が存在する場合にはその逆特性を計算することは物理的に不可能である。そこで，本稿では，**図 5** に示すように式(1)の 2 慣性モデル P_M にむだ時間要素を付加したものをモデルとする。そのモデルを入力側に設置し，推定出力と実出力との差を位置外乱とみなす。そして，その差にモデルの逆特性を乗じてフィルタを介して外乱推定値とする。なお，ここではサンプル値系でオブザーバを構成することを前提に，むだ時間を 7 サンプル遅れとして表現している。このとき，u および τ_{dist} から θ_M までの伝達特性は次式で与えられる。

$$\theta_M(z)=\frac{P(z)}{1-z^{-7}F_d(z)+F_d(z)P(z)P_M(z)}u(z)+\frac{P(z)\{1-z^{-7}F_d(z)\}}{1-z^{-7}F_d(z)+F_d(z)P(z)P_M(z)}\tau_{dist}(z) \cdots\cdots(3)$$

ここで，定常状態の特性は式(3)において $z=1$ とすることによって得られる。フィルタ $F_d(z)$ が十分な帯域を有したローパスフィルタであれば，$F_d(1)=1$ であるから次

図５　外乱オブザーバの構成例



式が成り立つ。

$$\theta_M(1)=P_M(1)\,u(1) \quad \cdots\cdots (4)$$

したがって，外乱オブザーバを含めた制御対象の特性は見かけ上設計プラント $P_M(z)$ と同等になり，制御系はI型となることが保証される。

フィルタ $F_d(z)$ は，外乱オブザーバの推定帯域を決定するため，できるだけ帯域を拡大することが望ましい。高周波ノイズの低減を考慮して，連続時間系で次式に示される四次のフィルタを設計した。実装の際には，これを双一次変換して $F_d(z)$ とする。

$$F_d(s)=\frac{\omega_{d1}^2}{s^2+2\zeta_{d1}\omega_{d1}s+\omega_{d1}^2}\cdot\frac{\omega_{d2}^2}{s^2+2\zeta_{d2}\omega_{d2}s+\omega_{d2}^2} \quad \cdots\cdots (5)$$

ただし，$\omega_{d1}=2\pi\times 300$ (rad/s)，$\zeta_{d1}=1.0$

$\omega_{d2}=2\pi\times 500$ (rad/s)，$\zeta_{d2}=0.7$

3.2　既約分解表現に基づくフィードフォワード補償器の設計

図6に，既約分解表現に基づく2自由度制御系[5]を示す。

図中，$C_{PD}(s)$ は直列フィードバック補償器であり，前節で設計した外乱オブザーバによって制御系がI型になることを踏まえてPD補償器とし，制御系の安定性を確保する設計を行う。一方，$N(s)/F_c(s)$，$D(s)/F_c(s)$ は既約分解表現に基づくフィードフォワード補償器である。ここで，制御対象の伝達特性を次式のように既約分解する。

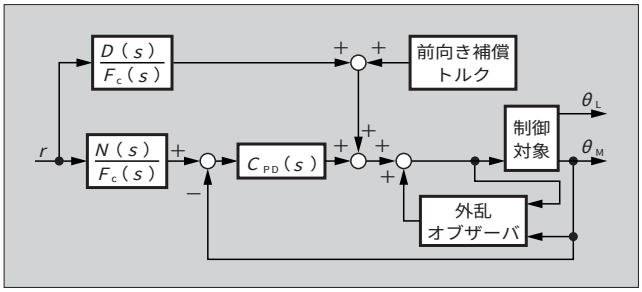
$$\frac{\theta_M(s)}{u(s)}=\frac{P_{Mn}(s)}{P_d(s)} \quad \cdots\cdots (6)$$

$$\frac{\theta_L(s)}{u(s)}=\frac{P_{Ln}(s)}{P_d(s)} \quad \cdots\cdots (7)$$

ここで，$P_{Mn}(s)$ は制御入力からモータ位置までの分子多項式，$P_{Ln}(s)$ は制御入力から負荷位置までの分子多項式，また，$P_d(s)$ は両者に共通の分母多項式である。このとき，**図6**において，r から θ_M までの伝達関数は式(8)となる。

$$\frac{\theta_M(s)}{r(s)}=\frac{\dfrac{N(s)}{F_c(s)}C(s)+\dfrac{D(s)}{F_c(s)}}{\dfrac{P_d(s)}{P_{Mn}(s)}+C(s)}=\frac{P_{Mn}(s)}{F_c(s)}\cdot\frac{N(s)\cdot C(s)+D(s)}{P_{Mn}(s)\cdot C(s)+P_d(s)} \quad \cdots\cdots (8)$$

図6　既約分解表現に基づく2自由度制御系



ここで，

$$N(s)=P_{Mn}(s),\quad D(s)=P_d(s) \quad \cdots\cdots (9)$$

と設定すれば，式(8)は次式となる。

$$\frac{\theta_M(s)}{r(s)}=\frac{N(s)}{F_c(s)} \quad \cdots\cdots (10)$$

同様に，式(9)の条件の下で，r から θ_L までの伝達関数は次式となる。

$$\frac{\theta_L(s)}{r(s)}=\frac{\theta_M(s)}{r(s)}\cdot\frac{P_d(s)}{P_{Mn}(s)}\cdot\frac{P_{Ln}(s)}{P_d(s)}=\frac{P_{Ln}(s)}{F_c(s)} \quad \cdots\cdots (11)$$

以上から，$F_c(s)$ によって制御量までの極配置が任意に決定できる。本制御対象に対しては，設計モデルは式(1)の2慣性モデルを選び，$N(s)$，$D(s)$ は定常ゲインを1にするために K_tK_1 で除して次式とする。

$$N(s)=\frac{K_t(J_1s^2+D_1s+K_1)}{K_tK_1} \quad \cdots\cdots (12)$$

$$D(s)=\frac{J_MJ_Ls^4+(J_M+J_L)D_1s^3+(J_M+J_L)K_1s^2}{K_tK_1} \quad \cdots\cdots (13)$$

むだ時間は分子多項式 $N(s)$ に含ませることとし，サンプル値系の補償器として実装するにあたっては，双一次変換した $N(z)/F_c(z)$ に遅れ要素を付加する。

一方，$F_c(s)$ の設計に際しては，高速追従性を確保するため時定数の小さいフィルタにする必要があるが，過小とすると高次振動モードの励振や制御入力の飽和の原因となる。そこで，$N(s)/F_c(s)$，$D(s)/F_c(s)$ をプロパーとすることを考慮しながら，モータ位置指令が10 msで目標値に到達するよう四次のフィルタとして次式のとおり設計する。

$$\frac{1}{F_c(s)}=\frac{\omega_{c1}^2}{s^2+2\zeta_{c1}\omega_{c1}s+\omega_{c1}^2}\cdot\frac{\omega_{c2}^2}{s^2+2\zeta_{c2}\omega_{c2}s+\omega_{c2}^2} \quad \cdots\cdots (14)$$

ただし，$\omega_{c1}=2\pi\times 200$ (rad/s)，$\zeta_{c1}=0.8$

$\omega_{c2}=2\pi\times 350$ (rad/s)，$\zeta_{c2}=1.5$

4　位置決め応答の実験

設計した制御系で，位置決め応答特性の検証実験を行った。位置決め動作に対して設定した目標性能は，0.1 mm変位の位置指令に対して，負荷位置偏差±10 μm内に10 ms以下で整定させるものである。ここでは，負荷位置偏差を±10 μm内に整定する時間を整定時間とする。

実験におけるモータ位置応答波形を**図7**に，負荷位置応答波形を**図8**に示す。比較のために，外乱オブザーバならびに前向き補償トルクによる摩擦補償を行う場合と行わない場合の結果を示す。なお，負荷位置の測定には計測用のレーザセンサを用いている。

図7中の破線は，**図6**中のフィードフォワード補償器を離散化し，むだ時間を付加して求めた目標軌道（目標値）を示している。「摩擦補償あり」の場合では，目標軌道に対してモータ位置応答がよく追従しており，その結果，**図8**のように負荷位置応答は振動を励振することなく速やかに目標値に到達している。整定範囲は図中に破線で示した。このときの整定時間は7.6 msであり，目標性能を満足す

図７　モータ位置応答波形

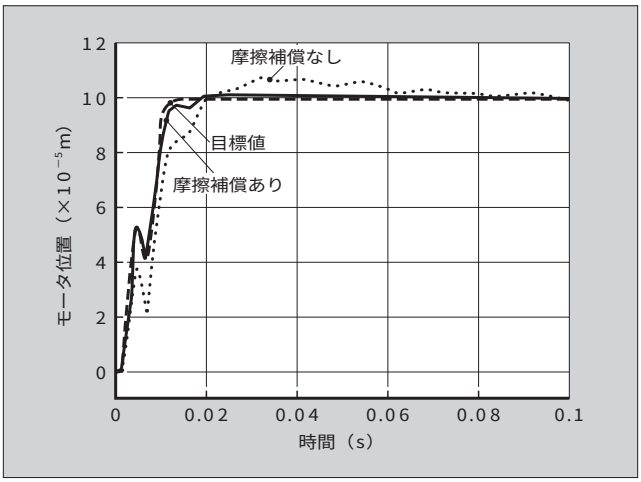
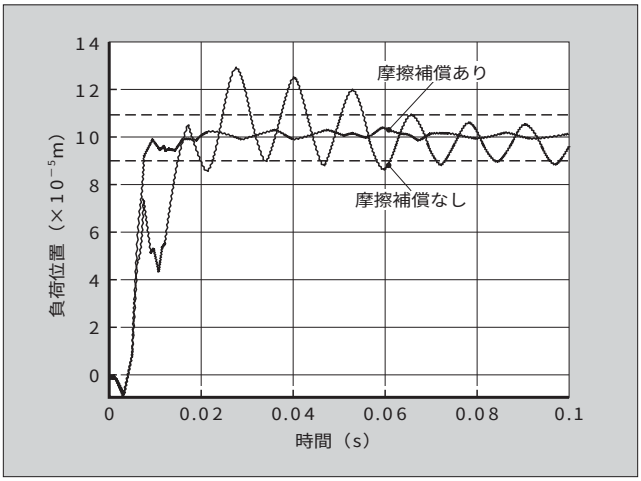


図８　負荷位置応答波形



る応答を得ている。一方，「摩擦補償なし」の場合には，目標軌道に対してモータ位置応答が追従せず，しかも負荷位置応答は振動的である。このことから，制御性能の改善に摩擦補償が有効であることが確認できた。

5　あとがき

非線形摩擦とむだ時間を有する振動負荷系の高速・高精度位置決めを実現する制御系設計手法を紹介した。フィードバック系ではむだ時間を考慮した外乱オブザーバに加えて，静止摩擦に着目した前向き補償を併用することで非線形摩擦の影響を抑圧した。そのうえで，既約分解に基づく2自由度制御系に拡張して振動抑制，高速・高精度位置決めを実現した。本手法が，設定した目標性能を満足していることを実験により確認し，摩擦補償の有効性を示した。

今後，高速・高精度位置決めが要求される産業用ロボットや半導体検査装置などの位置決め制御装置への応用を検討していく所存である。

参考文献

(1)　則次俊郎，高岩昌弘．圧力制御ループに外乱オブザーバを用いた空気圧駆動系の位置決め制御．計測自動制御学会論文集．vol.31, no.12, 1995, p.1970-1977.

(2)　則次俊郎，高岩昌弘．外乱オブザーバを用いた空気圧位置決め制御系の設計．計測自動制御学会論文集．vol.31, no.1, 1995, p.82-85.

(3)　前田肇，杉江俊治．アドバンスト制御のためのシステム制御理論．朝倉書店．1990.

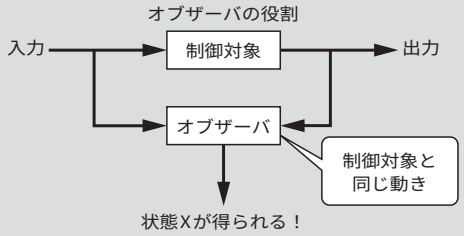
(4)　清水将人ほか．共振負荷系に対する摩擦補償を考慮した高速・高精度位置決め制御．電気学会産業計測制御研究会資料．IIC-04-37, 2004, p.77-82.

(5)　伊藤和晃ほか．既約分解表現に基づく2自由度位置決め制御系のGAによる自律設計．電気学会産業応用部門誌．vol.124, no.1, 2004, p.69-76.

解　説　オブザーバ

オブザーバは状態観測器である。制御対象の状態が直接得られない場合に，制御対象と同じモデルをコンピュータ内に構築し，制御対象の入力をモデルにも与え，出力とモデルの出力偏差をフィードバックさせることにより，モデルから制御対象の状態を知ることができる。外乱オブザーバは，未知外乱を推定するもので，外乱の影響をキャンセルする場合にしばしば用いられる。

オブザーバの役割



インテリジェント UPS 技術を目指して

羽根吉 寿正（はねよし としまさ）
東京電機大学理工学部教授 工学博士

ディジタル通信技術，マイクロエレクトロニクス技術，光通信および衛星通信技術などの急速な発展と電気通信事業の自由化の世界的潮流との中で，わが国はコンピュータと通信機器との融合による情報ネットワーク社会となり，さらに急速に発展している。情報ネットワークは中央から地方へ，企業のコンピュータルームからオフィスや家庭へ，国内から世界へと広がり，インテリジェントビルやインテリジェントハウスが実現している。この情報社会を支える電力供給の基盤として UPS がきわめて重要になってきている。

私の UPS システムに関する研究は，18 年前，米国に留学したミズーリ大学（UMC）での研究が始まりである。最近局所的ではあるが，停電が発生し，コンピュータ制御された各種の社会制御システムが停止し都市機能の麻痺を経験している。このことから，現代社会の脆弱性と電気の重要性を改めて認識させられた。わが国の電力系統は発電地点と電力の消費地点が必ずしも一致していない。山間部や僻地で発電された電力が消費地である都市部に送られてきており，各所に存在している発電所と連系され膨大なネットワークを構築している。送電線の故障原因の比率は，自然災害による故障が全体の 70 %を占めている。なかでも落雷によるものが圧倒的である。送電線に落雷すると短絡または地絡が発生し，大きな短絡電流を流すと共に系統電圧は瞬時に低下する。それと同時に保護継電器が動作して故障系統は切り離され，健全系統にて送電は継続される。この間の時間が 0.07 ～ 2 秒程度で，現状の技術では限界とされている。コンピュータなどのエレクトロニクス機器は，電源電圧の変動に敏感で，場合によって 0.01 秒程度の一瞬の電圧低下でも誤動作，あるいは停止して，再度稼動を開始するのには長時間を要することがある。情報通信機器は，瞬時値や波形も重要なファクタとなっており，従来以上に良質の電気を必要としている。このことは，質の良い電力はシステムの信頼度を向上させることを示している。

最近の技術動向を反映して無停電化が必要となり，UPS 方式や UPS 自家発電設備併用方式が普及拡大している。UPS の基本性能のうち，問題になるものの一つが，給電中の出力電圧波形の歪みである。これは負荷機器の電流が，多くの高調波を含んでいるために発生する現象である。この改善のために，私の研究室では，インテリジェントな電圧制御方式を採用し，高調波電流を含んだ負荷でも負荷制限することなく，波形歪みの少ない出力が得られる「マイクロプロセッサを用いた PWM インバータの予測型瞬時値ディジタル制御システム」を開発し，実用化を果たした。また，UPS の環境問題の解決のために，制御の高度化を図った PWM 整流方式あるいは SMR コンバータの採用により高調波電流のみならず無効電力もほとんどない入力力率をほぼ 1.0 とした低入力形 UPS も開発されてきた。

マイクロコンピュータ，DSP，ASIC などの新制御デバイスを用いることにより装置の高性能化が実現できると共に，制御回路の全ディジタル化により部品点数の大幅な削減による高信頼化が図られる。また，全ディジタル化は，調整要素が少なく温度変化や経年変化の影響がない安定な制御回路をもたらす。さらに，各種モニタは，故障診断機能や予測保全機能などが進展し，各種のサービス機能の充実も図られる。

今後，高調波抑制などの環境改善技術，大容量高周波技術を支える実装技術と冷却技術と共に，UPS のインテリジェント化が進み，より高いレベルでコンピュータとのコミュニケーション技術が発展すると思われる。ユビキタス・コンピューティングでどこにでもコンピュータがある世界を実現するには，それらのコンピュータに電気エネルギーを安定供給する電源技術の更なる進歩が期待されるところである。

富士ミニ UPS「GX シリーズ」

内藤　英臣（ないとう　ひでおみ）　大熊　康浩（おおくま　やすひろ）　松尾　浩之（まつお　ひろゆき）

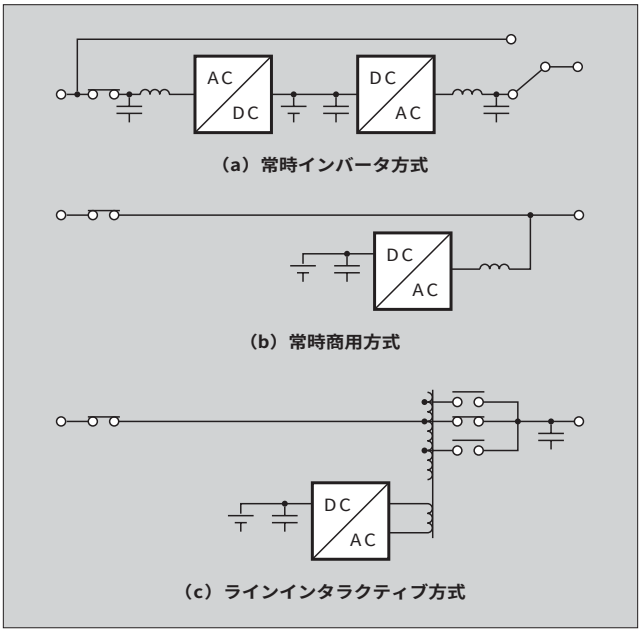
1　まえがき

近年，コンピュータシステムの発展に伴い，無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power Supply）の需要が高まっている。これら UPS への要求事項としては，高い信頼性と性能，さらには高い変換効率があげられる。

本稿で取り上げる 3 kVA 以下のミニ UPS の分野では，これまで上記要求を満足するために，**図 1** に示す常時インバータ方式や常時商用方式，またはラインインタラクティブ方式の UPS が採用されている。しかしながら，いずれの方式にも一長一短があるのが現状である。

このような背景のもと，富士電機では交流チョッパ技術[1]を展開した直並列変換技術に基づく新しい変換方式「デュアルコンバージョン方式」を採用したミニ UPS「GX シリーズ」（特許出願中）を開発し，製品化した[2]。この UPS は，交流電源電圧の過不足分を補償しながら負荷に安定した電力を供給する。その結果，高性能と高効率を実現する。

図 1　各種 UPS の主回路ブロック図

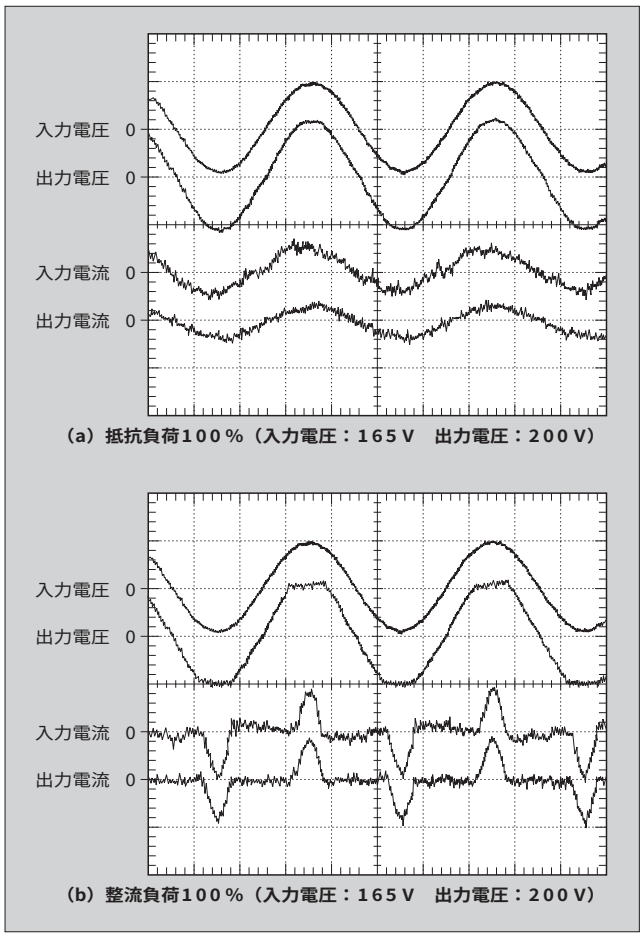


以下では，GX シリーズの特長と製品仕様，回路動作について述べる。

2　特　長

この装置は，常時インバータとラインインタラクティブの両方式の特長を兼ね備えた方式であり，以下に述べる特長がある。

図 2　入出力波形（電圧：250 V/div，電流：10 A/div，時間：5 ms/div）



内藤　英臣

UPS の開発，戦略，販売促進にかかわる商品企画に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部電源統括部商品企画部。

大熊　康浩

電力変換装置の主回路トポロジーに関する研究開発と UPS の開発，製品化に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置部課長。電気学会会員，PCIM Advisory Board Member。

松尾　浩之

UPS の製品開発，設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置部課長補佐。

(1)　高性能・高機能

GX シリーズは，通常運転時において IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を用いたスイッチング周波数 20 kHz の高周波 PWM（Pulse Width Modulation）制御により，電源変動を抑制しながら低ひずみ率の正弦波電圧を負荷に供給する。**図2**(a)，(b)は，電源電圧が低下している時，すなわち昇圧運転時の入出力波形の一例である。出力電圧波形のひずみ率は，(a)の抵抗負荷時で 2.5 %，(b)の整流負荷時で 5.7 %と良好な波形が得られている。また，常時インバータ方式と同様，**図3**に示すように，停電復電動作も無瞬断切換動作を実現している。さらに，瞬時波形制御の効果により，過渡変動時においても高速応答を実現し，**図4**に示すとおり安定した出力電圧波形を供給している。

一方，保護機能も充実している。例えば，整流負荷 100 %投入時の入力突入電流抑制保護により安全に装置が起動できる。また，毎起動時および一定時間ごとに実施されるバッテリーの劣化チェック機能も装備している。さらに，入力電圧異常やバッテリー異常などの各種警報出力も備えている。

(2)　高効率

デュアルコンバージョン方式は，電源電圧をベースとして，出力電圧の過不足分だけを補償する方式である。そのため，(1)で述べた高性能と高機能を維持したままでの高効率化が可能となっている。装置の変換効率は非常に高く，700 VA で 95 %，3,000 VA で 97 %と従来の常時インバータ方式に比べて 8 ～ 9 ポイント改善されている。

(3)　容易なメンテナンスと豊富なインタフェース

バッテリー交換は，UPS 出力を停止させることなく，システムを稼動した状態で，前面から安全に行うことが可能である。また，700 VA 自立タイプは自然空冷方式を採

図3　停電復電切換動作波形

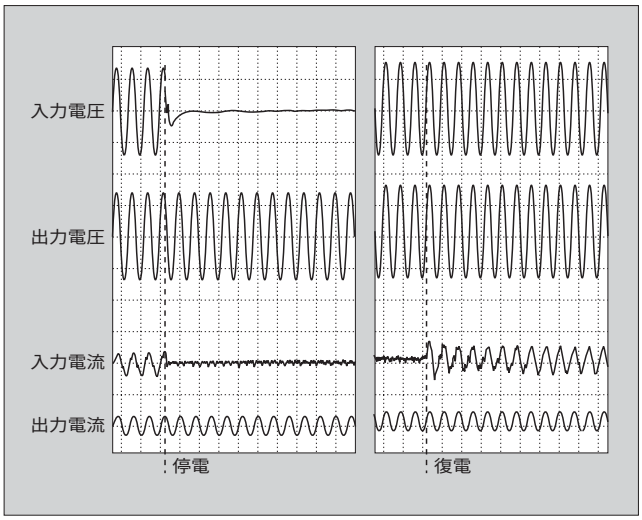


図4　過渡変動波形

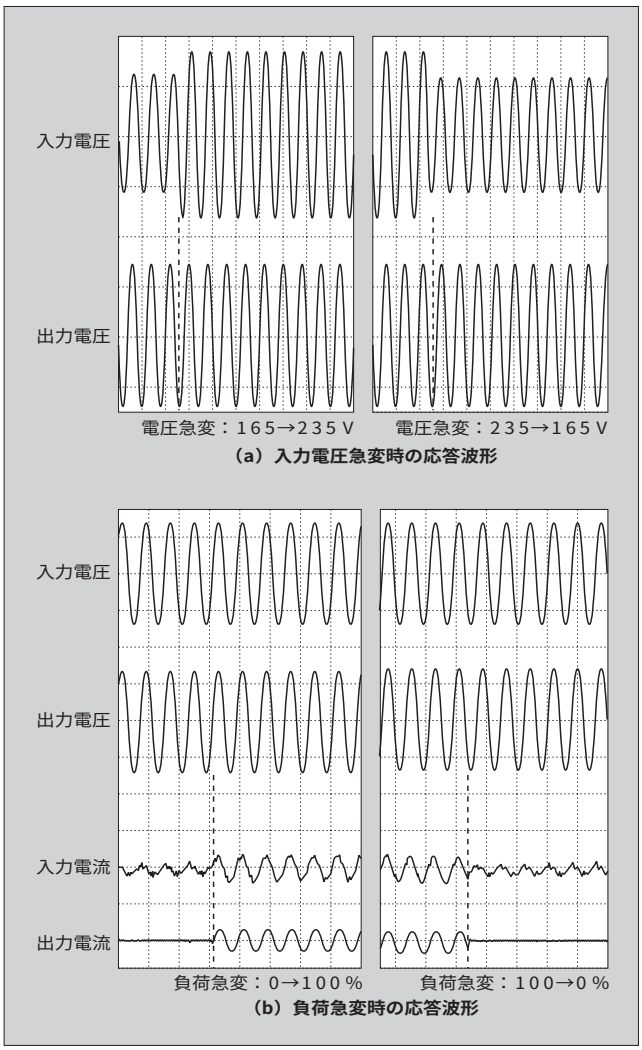


図5　GX シリーズの装置外観

用しているため，ファン交換が不要である。

外部との通信インタフェースとして，D-sub 9pin を用いた標準インタフェースボードが準備されている。このボードは，異常情報出力や UPS 自動シャットダウン信号，RS-232C シリアル通信などに対応している。UPS 管理ソフトウェア「NetpowerViewF」との組合せにより，より多くの情報を提供するとともに，電源トラブルに対する UPS の対応をより高度に設定することが可能となる。さらに，標準インタフェースと差し替えることで，Web ブラウザなどを利用して遠隔地から複数のサーバの電源管理と操作を可能とする，Web/SNMP カードを用意している。このカードは，SNMP エージェント機能もあり，市販の SNMP マネージャを用いてネットワーク管理をしている場合にも有効である。

3　製品仕様

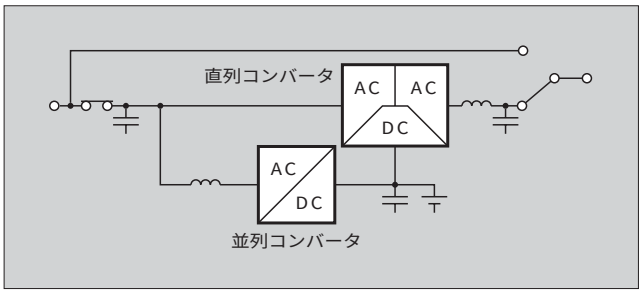
図 5 に GX シリーズの装置外観を示す。同図(a)は 700 VA 自立タイプ，(b)は 1,400 VA ラックタイプ，(c)は 3,000 VA ラックタイプである。700 VA 自立タイプは，フルモールド構成とすることで軽量化を実現している。また，(b)および(c)のラックタイプはサーバラックでの UPS 使用環境を考慮し，3,000 VA で 2U，1,400 VA で 1U とトップレベルの低背型を実現した。

表 1 に製品仕様と系列を示す。容量 3 系列，外形 2 タイプの合計 6 シリーズ構成となっている。また，装置の交流

表 1　製品仕様一覧

項目 ＼ 容量				700 VA	1,400 VA	3,000 VA
型式	自立			M-UPS007AD2S-UL（CE）	M-UPS014AD2S-UL（CE）	M-UPS030AD2S-UL（CE）
	ラック			M-UPS007AD2R-UL（CE）	M-UPS014AD2R-UL（CE）	M-UPS030AD2R-UL（CE）
運転方式				デュアルコンバージョン方式		
交流入力	定格電圧（200 V系）			200 V±20％，220/230 V±25％，240 V±20％		
	相数・線数			単相・2線		
	周波数			50/60 Hz		
	最大入力電流			5 A	10 A	21 A
交流出力	定格出力容量			700 VA/450 W	1,400 VA/1,120 W	3,000 VA/2,400 W
	相数・線数			単相・2線		
	出力電圧			200/220/230/240 V±3％		
	出力周波数			50/60 Hz±0.1％（バックアップ時）		
	波形			正弦波		
	停電切換時間			無瞬断		
	直送バイパス回路			あり		
バッテリー	種類			小型シール鉛蓄電池（長寿命タイプ）		
	バックアップ時間			5分（定格負荷，周囲温度25 ℃，初期特性）		
	充電時間			3時間（定格負荷時，90％まで）		
	公称電圧			24 V	48 V	96 V
	バッテリー交換			前面部から交換（ホットスワップ可能）		
コンセント	200 V系	入力		IEC-320-C14 インレット	IEC-320-C14 インレット	端子台（5Mねじ）
		出力	自立	IEC-320-C13×4	IEC-320-C13×8	IEC-320-C13×8
			ラック		IEC-320-C13×4	IEC-320-C19×1
オプションカードスロット				あり（標準インタフェースボード搭載）		
環境条件	周囲温度			0～＋40 ℃（標高：1,500 m以下） 0～＋35 ℃（標高：1,500～3,000 m）		
	相対湿度			20～95％（結露なきこと）		
	騒音		自立	40 dB（A）以下	45 dB（A）以下	
			ラック	45 dB（A）以下		
	冷却方式		自立	自然空冷	強制空冷	
			ラック	強制空冷		
外形寸法	自立（W×D×H）			137×358×158（mm）	170×480×216（mm）	190×530×432（mm）
	ラック（W×D×H）			482×680×43〔1U〕（mm）	482×680×43〔1U〕（mm）	482×680×87〔2U〕（mm）
質量	自立			8.5 kg	20 kg	40 kg
	ラック			18 kg	25 kg	40 kg

図６　主回路ブロック図



入力電圧仕様は，200 V，220 V，230 V，240 V と国内外の電源事情に対応できる仕様となっている。700 VA 自立タイプは自然空冷方式のため，40 dB（A）以下と低騒音で，オフィスのデスクサイドにも気軽に置くことが可能である。

4　回路構成と動作

図６に主回路ブロック図を示す。システム構成としては，「デュアルコンバージョン方式」で，交流入力電源電圧が規定の範囲にある場合の通常運転状態においては，電源電圧の変動分を直列コンバータが補償する。その結果，負荷には安定化した電圧が供給される。この時，並列コンバータは直列コンバータが電圧補償を行う際に使用するエネルギー分だけを補償しながら直流中間電圧を一定に制御する。このように，並列コンバータ部は電圧補償分だけのエネルギーを変換するため，変換時のエネルギー損失を大幅に低減できるため，高効率化が可能となる。

交流電源に停電が発生すると，入力のリレーを開放すると同時に，直列コンバータと並列コンバータを用いてバッテリーから負荷に連続的に安定した電力を供給する。

5　あとがき

デュアルコンバージョン方式のミニ UPS「GX シリーズ」の特長，仕様，回路構成などを述べた。この UPS は，高い信頼性と機能，さらには高効率といったコンピュータシステムからの要求に十分応えられる製品となっている。また，200 V 系というこの装置の特質を生かし，これまでのコンピュータシステム用途だけでなく，各種製造装置などへの組込み電源分野への展開が期待される。今後は，100 V 系電圧対応機種の開発を推進するとともに，一層の信頼性向上を図るとともに，幅広い顧客ニーズに応えるべく UPS の開発，製品化に注力していく所存である。

参考文献

(1)　大熊康浩．交流チョッパ技術に基づくＰWM制御交流電源とその適用例．電気学会論文誌 D．vol.119-D, no.3, 1999, p.412-418.

(2)　Okuma, Y. et al. Novel Single-Phase UPS for IA Server Systems Based on Series Parallel Processing. PCIM Europe 2004 Conference Rec. S7a-3, 2004.

並列冗長方式ミニ UPS「RX シリーズ」

山方　義彦（やまがた　よしひこ）　橋本　圭史（はしもと　けいじ）　小林　宣之（こばやし　のぶゆき）

1　まえがき

近年，インターネットや IP 電話などが急速に進展する高度情報化社会において，コンピュータ（サーバ）のみでなく，ネットワーク全体での安定稼動に対する高信頼性の要求がますます高くなってきている。そのため，電源障害（電圧低下や瞬断など）によるネットワークの誤動作・停止に対応するために無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power Supply）を設置して保護することが増加している。

ネットワーク全体の電源は，CPU の高性能化に伴う消費電力の増加により大容量化の傾向にある。また，ブレードサーバ，1U サーバなどの高密度実装による熱処理の問題と環境への意識の高まりにより，UPS の発生損失低減の要求も高まっている。

今回，富士電機では，これらのニーズに対応すべく並列冗長方式を採用することにより信頼性と容量拡張性に優れ，デュアルコンバージョン方式を採用することにより高効率を実現した新型ミニ UPS「RX シリーズ」を開発した。以下にその概要を述べる。

2　特　長

RX シリーズは，下記の特長を備えている。

2.1　小型化

図 1 に装置の外観を示す。

装置は，サーバとの融合を前提に設計されており，サーバの周辺機器として違和感のないスマートな外観デザインとなっている。また，最近のサーバは，19 インチラックに収納されるものが主流となっているため，19 インチラックマウントタイプで製品化している。

デュアルコンバージョン方式の採用による高効率化により小型化を図り，ラック搭載時 21 kVA を床面積わずか 560 × 850（mm）で実現している。

図 1　21 kVA 装置の外観

2.2　高効率・高性能

デュアルコンバージョン方式の採用により高効率・高性能の両立を図っている。

(1)　高効率

図 2 に従来の常時インバータ給電方式とデュアルコンバージョン方式の比較を示す。

常時インバータ給電方式では出力するすべての電力を整流器とインバータで変換している。一方，デュアルコンバージョン方式では整流器部分で変換する電力が出力電圧の補償分のみなので，整流器部分での電力変換時の損失を低減でき，効率の向上を図ることができる。そのため，入出力商用絶縁ながら 91 %の高効率を実現している。

(2)　高性能

この UPS はインバータの瞬時電圧波形制御により，過渡変動時においても安定した出力電圧を供給する。さらに，瞬時電流バランス制御の効果により，過渡変動時における UPS ユニット間の電流はバランスしている。

図 3 に停電・復電時の入力電圧，出力電圧を示す。停電・復電時にも瞬断が発生せず，常に波形ひずみの少ない

山方　義彦

ミニ UPS の電気設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置部。

橋本　圭史

ミニ UPS の開発に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場品質保証部。

小林　宣之

パワーエレクトロニクス製品の開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)エレクトロニクス技術研究所。電気学会会員。

正弦波を出力している。

図 4 に入力電圧急変時の入力電圧，出力電圧を示す。入力電圧急変時にも出力電圧波形が安定している。

図 5 に負荷急変時の出力電圧，出力電流，各 UPS ユニット電流を示す。負荷急変時にも出力電圧波形が安定しているとともに各 UPS ユニット電流がバランスしている。

図 6 に１台の UPS ユニットが故障により切り離される場合の出力電圧，出力電流，各 UPS ユニット電流を示す。１台故障切離し時にも出力電圧波形が安定しているとともに，各 UPS ユニット電流がバランスしている。

図２　方式比較

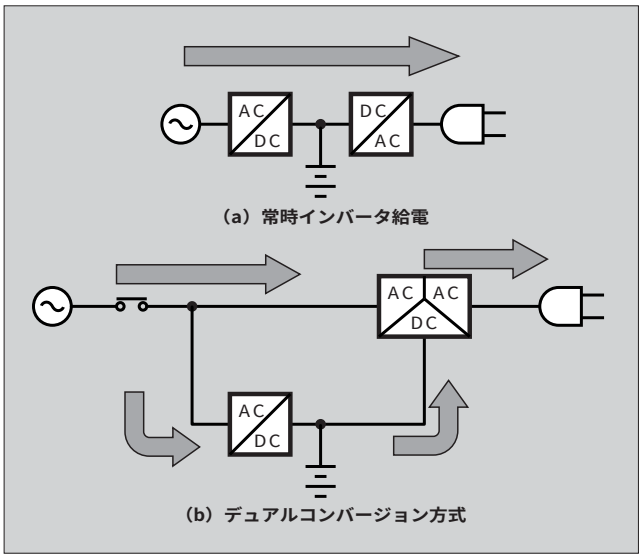


図３　停電・復電時の動作

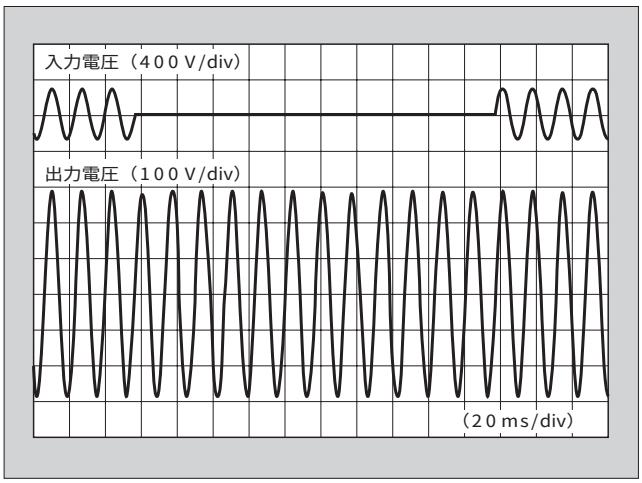


図４　入力電圧急変時の動作（170 V→230 V→170 V）

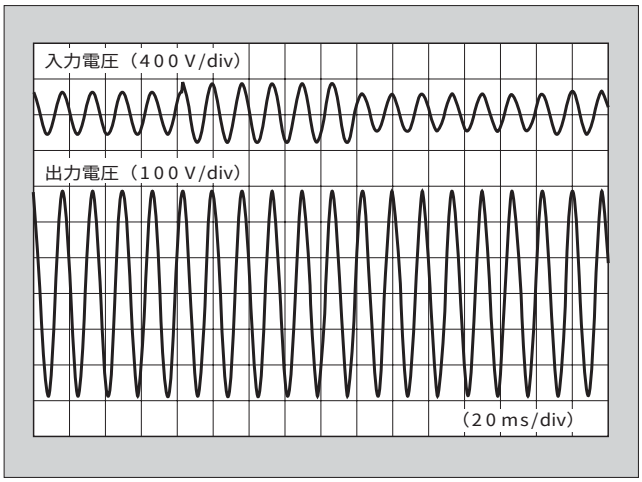


図５　負荷急変時の動作（抵抗負荷 0 %→100 %→0 %）

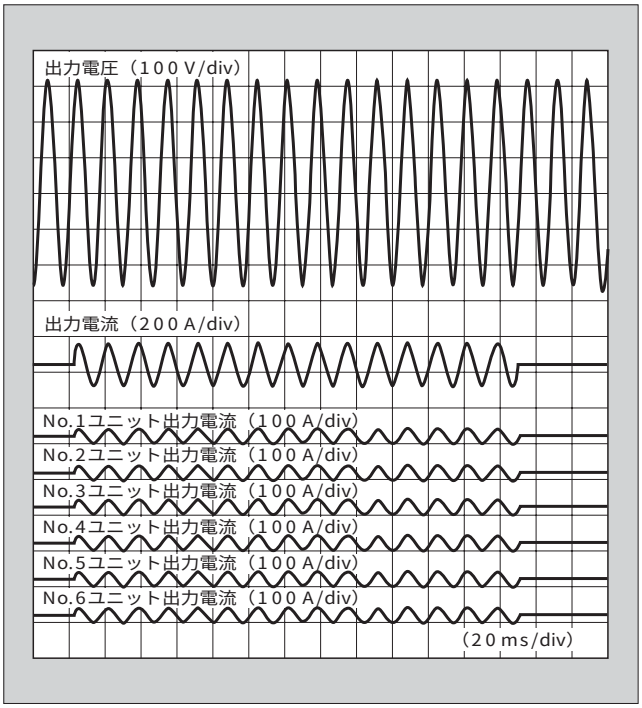
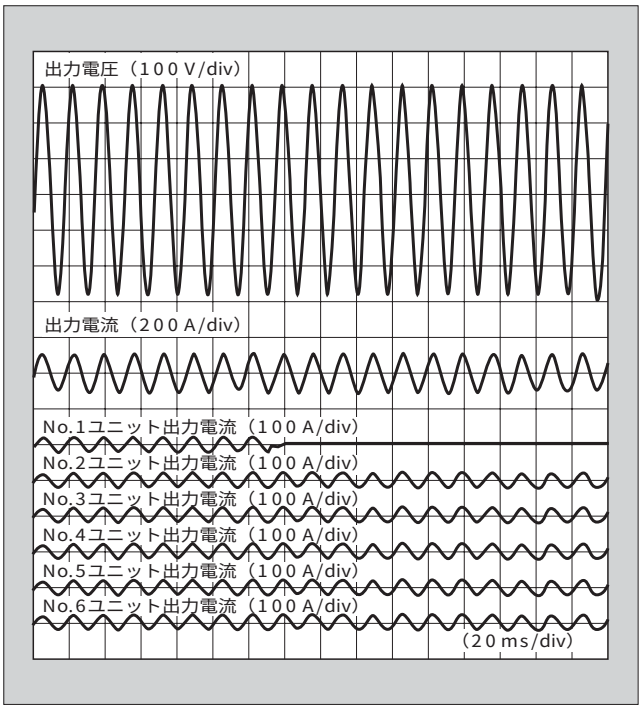


図６　No.1 ユニット故障解列時の動作



2.3　電源継続性の向上

図 7 に装置構成を示す。

UPS ユニットは，パワーモジュールとバッテリーモジュールで構成されている。1 ユニットあたり 3.5 kVA の UPS ユニットを最大 6 並列，21 kVA まで構成可能である。

(1)　個別並列冗長制御による電源継続性の向上

並列制御方式の中でも信頼性の高い，制御機能（CPU）を各 UPS ユニットが持つ個別並列制御方式を採用した。個別に制御された UPS ユニットを並列冗長動作させることで，万が一の故障時にも故障ユニットのみを切り離し，運転を継続できるようにしている。また，切り離すことが可能な故障ユニット数は 1 ユニットではなく，負荷容量に余裕がある限り複数台のユニットの切離しが可能である。

(2)　メンテナンス性向上による電源継続性向上

図 8 にパワーモジュールの交換実施例を，**図 9** にバッテリーモジュールの交換実施例を示す。UPS の運転を継続したままで，装置の前面から，安全かつ簡単に交換することができる（ホットスワップ方式の採用）。

入出力ユニットはメンテナンスバイパス機能を持っており，商用給電を継続した状態でラック構造の UPS ユニットを安全に交換することも可能である。

2.4　入出力商用絶縁

図 10 に 200 V 電源の接地の種類を示す。さまざまな接地方法があり，非絶縁方式の UPS において出力を接地する場合に問題が発生する可能性がある。また，UPS の負荷機器としては大容量化に伴い 200 V 対応機器が増加しているが，100 V 対応機器のニーズも高い。よって，入力に対して商用絶縁された単相 3 線の 100 V/200 V が出力可能な構成としている。

2.5　ネットワーク対応

最近では，ネットワークに接続しているサーバ，クライアントから UPS を遠隔監視，操作する要求が高くなっている。それにより UPS の機能としてバックアップはもち

図 7　装置構成

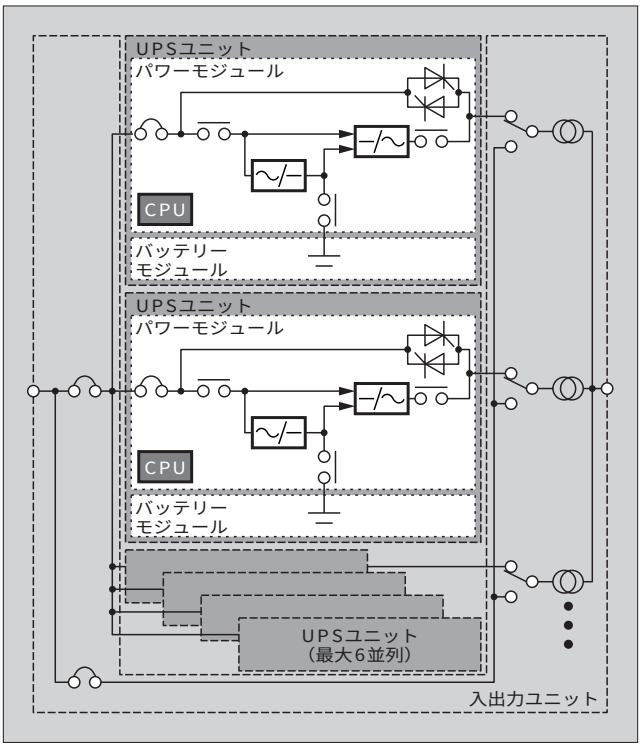


図 8　パワーモジュール交換の実施例

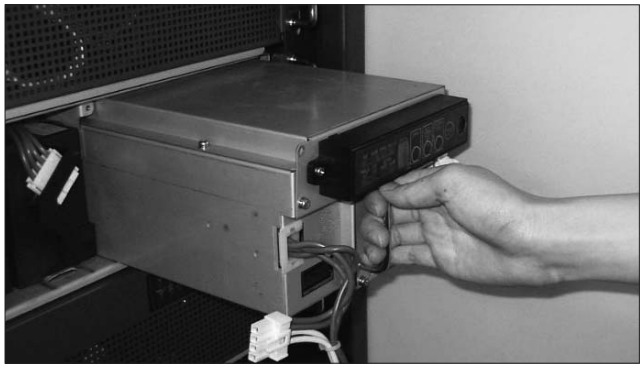


図 9　バッテリーモジュール交換の実施例

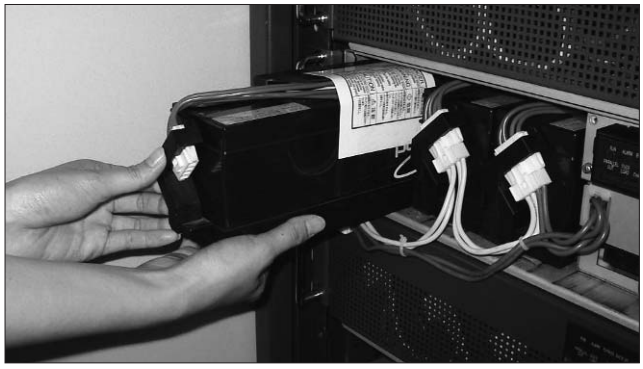
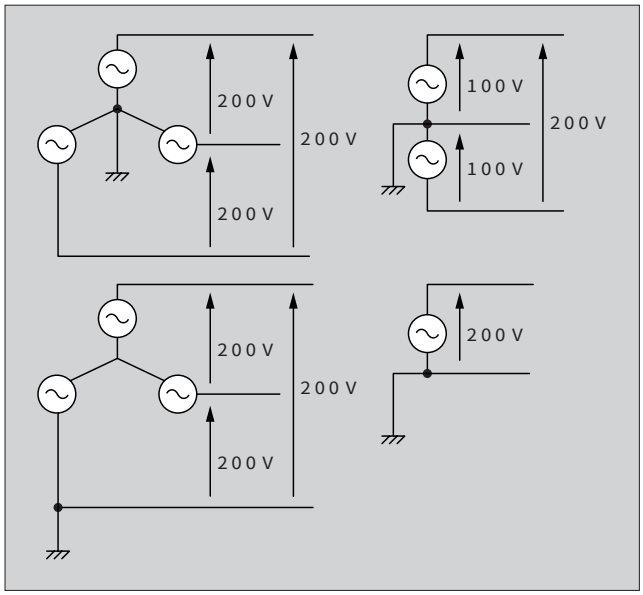


図 10　200 V 電源接地の種類



ろんのこと，状態監視機能，自動シャットダウン機能，スケジュール運転機能などネットワーク対応機能が必要不可欠になっている。

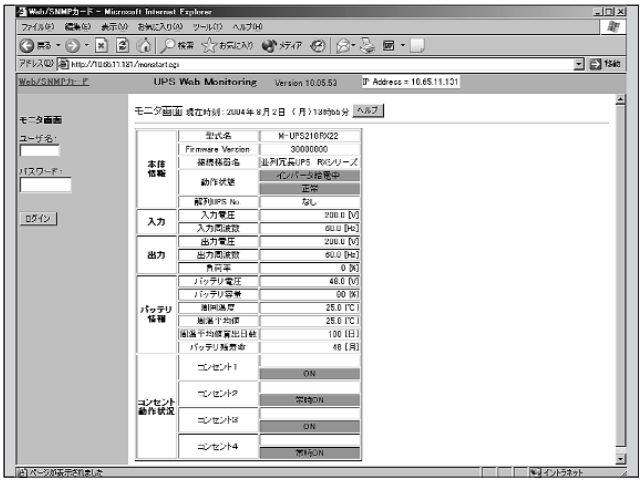
これらに対応するために，RX シリーズでは「Web/SNMP カード」を標準装備し，電源障害に対する対応をより確実なものにすることができる。

(1)　リアルモニタリング機能

汎用ブラウザソフトウェアがインストールされているクライアントパソコンから，特別なソフトウェアをインストールすることなしに，ネットワークに接続されている Web/SNMP カードを介して，UPS の状態が管理できる。

図11 にリアルモニタリングの画面例を示す。

図 11　モニタ画面例



(2)　マルチサーバシャットダウン機能

ネットワーク全体をバックアップする場合，複数台のサーバが UPS の負荷に接続される。これらの複数台のサーバを停電時やスケジュールオフ時に，安全にシャットダウンさせることが必要である。**図12** に UPS に実装された Web/SNMP カードからシャットダウン指令（RCCMD：Remote Console Command）を送信し，複数台のサーバをシャットダウンするシステム構成例を示す。

停電発生時，Web/SNMP カードは，RCCMD のソフトモジュールをインストールした複数のサーバにネットワーク（TCP/IP）経由でシャットダウン指令を送る。シャットダウン指令を受けたサーバはさらに他のサーバにシャットダウン指令を転送する。このシャットダウン指令により，UPS から電源を供給されている各サーバはプログラムの終了処理を実行し，安全に OS シャットダウンを行うことができる。

この転送を繰り返すことにより複数台のサーバをシャットダウンするシステム構成が可能である。

3　仕　様

表 1 に仕様および容量系列を示す。

7 kVA/10.5 kVA/14 kVA/17.5 kVA/21 kVA 機を製品化している。

図 12　シャットダウンシステム構成例

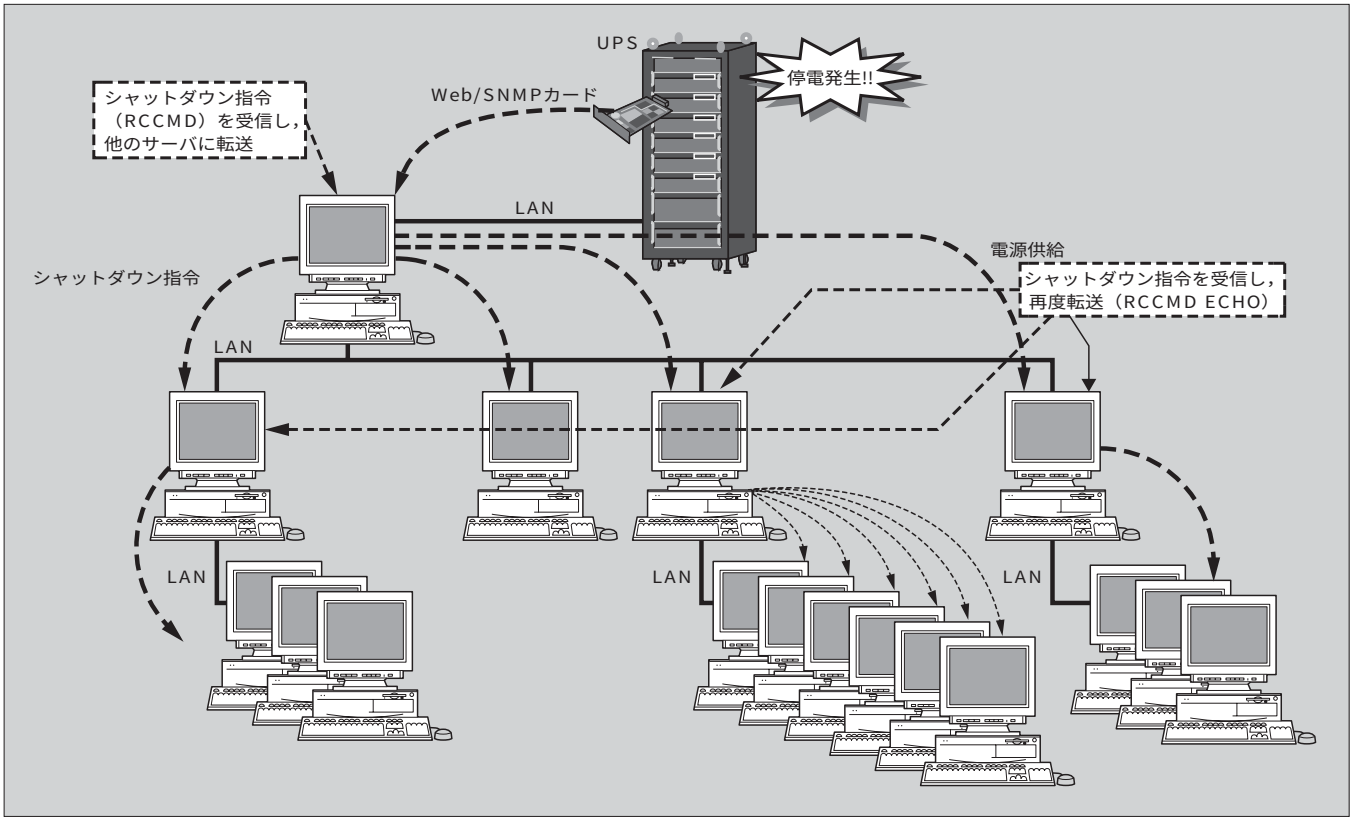


表１　仕様および容量系列

項目 ＼ 型式		M-UPS070RX22	M-UPS105RX22	M-UPS140RX22	M-UPS175RX22	M-UPS210RX22
運転方式		デュアルコンバージョン方式				
冷却方式		強制空冷				
入力	電圧	単相2線　200V±15％				
	周波数	50Hz/60Hz（自動選定）				
出力	出力容量	7kVA/5.6kW	10.5kVA/8.4kW	14kVA/11.2kW	17.5kVA/14kW	21kVA/16.8kW
	定格出力電圧	単相3線　100V/200V（入出力絶縁）				
	電圧精度	±2％				
	出力電圧ひずみ率	線形負荷時：＜3％，整流負荷時：＜7％				
商用切換		無瞬断（サイリスタ切換方式）				
効　率※		91％				
バックアップ時間		10分				
外形寸法（W×D×H）		560×750×870（mm）		560×750×1,450（mm）		
質　量		360kg	420kg	620kg	680kg	740kg
入出力形態		入出力端子台（M8），出力コンセント（8口，4系統）				
使用環境		周囲温度0～40℃，湿度20～90％，標高1,000m以下				

※：入力定格電圧，出力抵抗負荷定格

4　あとがき

デュアルコンバージョン方式を並列 UPS に適用した新型ミニ UPS「RX シリーズ」の概要を紹介した。

本シリーズは，ますます重要性の高まるネットワーク全体をバックアップすることを考慮し，電源信頼性の向上と高効率の両立をコンセプトにネットワークとの融合を実現した製品となっている。

今後とも情報化社会が発展していくに伴って UPS の高信頼性への要求がますます高まることは必至である。また，環境に対する意識の高まりにより，高効率化への要求も一段と高まると考えられる。

これらの要求に対応するためにもさらなる高信頼性の向上とともに，広く顧客ニーズに応える UPS の開発，製品化に尽力する所存である。

参考文献

(1)　松尾浩之ほか．新型ミニ UPS「NetpowerProtect シリーズ」．富士時報．vol.74, no.7, 2001, p.427-430.

(2)　田中伸央ほか．瞬時電圧低下保護装置「DipHunter」．富士時報．vol.75, no.8, 2002, p.481-484.

(3)　三反畑博ほか．ミニ UPS の系列拡大とネットワーク対応．富士時報．vol.76, no.8, 2003, p.488-492.

大容量 UPS「UPS8000 シリーズ」

廣瀬　順（ひろせ　じゅん）　谷津　誠（やつ　まこと）　福田　幸夫（ふくだ　さちお）

1　まえがき

無停電電源装置（UPS）を必要とする情報通信機器は従来の金融，公共サービスといった分野に加え，ニューメディア（VAN，INS）やインターネットデータセンターなどに市場が広がってきている。また最近は，病院設備や半導体製造工場といった情報通信機器以外の負荷設備も電力の安定供給への必要性が高まり，UPS の適用分野も広がっている。

このように UPS の適用範囲が広がり，容量，系列，仕様，性能，機能，信頼性などに対する顧客ニーズも多様化している。特に近年は地球環境問題への意識の高まりから，共通した顧客ニーズとして高効率化への要求が注目されている。

現在，国内各社の大容量 UPS は IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を用いた常時インバータ給電方式（471 ページの「解説」参照）が主流であり，高効率化施策として，低損失 IGBT の採用，変圧器を用いない非絶縁方式の採用，スイッチング周波数の低減などが最近実用化されているが，変換効率は 92 ～ 94 %程度である。一方，原理的に高効率である常時商用給電方式は低コストであることから従来，小容量 UPS の分野で普及してきたが，大容量 UPS の分野では停電切換時に発生する瞬断に伴うリスクの懸念により広く普及するに至っていないのが現状である。

今回，富士電機では常時商用給電方式並みの 98 %という圧倒的な高効率でありながら，入力高調波補償機能，出力電圧の安定化機能，停電時の無瞬断機能を有し，常時インバータ給電方式と同等の入出力特性を有するデュアルプロセッシング方式の高効率・大容量 UPS8000 シリーズを開発した。

本稿ではその特長，仕様，容量系列，要素技術などを紹介する。

2　特　長

UPS8000 シリーズは下記の特長を持っている。

2.1　高効率

デュアルプロセッシング方式は常時商用給電方式と同様に通常運転時の発生損失が非常に少ないため，総合効率 98 %（定格時）を実現した。装置そのものが省電力であると同時に UPS の損失による発熱を処理する空調機消費電力費の削減の効果も大きい。**表 1** に UPS（100 kVA）における高効率化による電気料金および CO_2 排出量の比較例を示す。本計算例では UPS の総合効率が 10 ポイント上がると 100 kVA あたり年間約 170 万円の節約，CO_2 排出量では 41.4 t の削減が可能となることを示している。さらに，副次的効果として冷却ファンの責務低減による交換保守コストの低減，盤内部品の温度責務低減による高信頼度化が期待できる。このように高効率化はトータルランニングコストの低減をもたらすため本 UPS のユーザーメリットは大変大きいと考える。

表 1　UPS（100 kVA）における高効率化による電気料金およびCO_2排出量の比較例

UPS容量	100kVA（80kW）		備　考
UPS種類	当社従来UPS	UPS8000シリーズ	
総合効率	88％	98％	
発生損失	10.9kW	1.6kW	
空調機消費電力	3.90kW	0.45kW	
UPS損失差	9.3kW		＝10.9－1.6（kW）
空調消費電力差	3.45kW		＝3.90－0.45（kW）
年間電力量	111,690kWh		＝（9.3＋3.45）kW×24時間×365日
年間節約電気料金	168万円		電気料金：15円/kWh
年間CO_2削減量	41.4t		排出原単位：0.371kg/kWh

廣瀬　順

中大容量 UPS の開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置部課長補佐。電気学会会員。

谷津　誠

UPS を主とした各種電源装置の開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー(株)エレクトロニクス技術研究所。電気学会会員。

福田　幸夫

中大容量 UPS の開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置部。

2.2　高性能

デュアルプロセッシング方式の採用により商用電源の変動や停電に対して定電圧・無瞬断の出力電圧供給を可能とし，負荷機器が発生する無効電流や高調波電流もアクティブフィルタ機能により入力系統への流出を抑制しており常時インバータ給電方式相当の入出力性能を実現した。

2.3　小型・省スペース

整流器とインバータの 2 台の主変換器が必要な常時インバータ給電方式に比べデュアルプロッセッシング方式は主変換器を 1 台で構成するため小型化が可能である。さらに保守バイパス機能を内蔵させることで，従来 UPS に比べ約 65 %の縮小化（当社従来機比較）を実現した。また，エレベータによる搬入を考慮した質量，寸法とし搬入時の費用低減を図った。

2.4　高力率負荷対応

常時インバータ方式 UPS の場合，負荷力率は 0.8 や 0.9 が一般的であり，UPS 容量選定の場合，負荷の力率を考慮する必要がある。一方，最近の負荷機器は力率を改善している高力率形が多く，負荷電流値だけで容量選定すると UPS の整流器が過負荷となる場合がある。デュアルプロセッシング方式はこのような負荷電力を制限する要素がなく，また負荷力率が高いほど発生損失は少なくなるため，力率 1.0 の負荷接続も問題ない。したがって，常時インバータ方式のように有効電力による容量低減を必要とせず経済的な設備計画が可能となる。

2.5　高過負荷耐量

最近の負荷機器は省電力化が進んで，定常動作時や待機時の電力を低減している一方，受電時の突入電流や装置の起動電流は従来と変化していない場合が多く，定常負荷電力で UPS 容量を選定した場合，一過性の過負荷を検出する事例が増えてきている。本 UPS では過負荷時にデュアルプロセッシング方式の特長を利用し，主変換器と交流入力を協調運転させることで 200 %で 1 分間の過負荷耐量を実現した。常時インバータ方式の 150 %で 1 分間を大きく上回っており経済的な容量選定が可能となる。

2.6　入出力電圧対応

装置の入出力電圧は 200 V 系および 400 V 系双方のモデルを標準系列に備えた。従来 UPS では 200 V 系を標準系列とし 400 V 系には入力あるいは出力に外付けの変圧器で対応する例が一般的であったが，効率面，外形面で不利となるため，本 UPS ではそれぞれの電圧に対して専用の設計を行い高効率化と小型化を実現した。

2.7　並列運転対応

最大 8 台までの並列運転を可能とし，高信頼度の電源システムの構築を可能とした。

2.8　バッテリーマネジメント機能

過放電防止，温度保護充電機能に加え寿命警報機能，自動テスト機能といったバッテリーの保護および診断機能を有し，バッテリーメンテナンスの効率化を実現した。

3　仕様と容量系列

表 2 に UPS8000 シリーズの仕様と容量系列を示す。

表２　UPS8000シリーズの仕様と容量系列

UPS方式		デュアルプロセッシング方式（並列冗長運転可）											
定格出力容量（kVA）		100	150	200	250	300	400	500	600	750	1,000	1,500	2,000
停電時切換時間		無瞬断											
交流入力	相　数	三相3線											
	電　圧	200V±15%，415V±15%											
	周波数	50/60 Hz（±1～±5%設定可能）											
	力　率	0.98以上（定格時）											
	高調波電流補償率	80%以上（定格時）											
直流入力	電　圧	307～438V：制御弁式鉛蓄電池192セル相当											
交流出力	電　圧	三相200Vまたは415V											
	周波数	入力に同じ。ただし，バッテリー運転時±0.01%											
	負荷力率	0.8（遅れ）～1.0（定格1.0）											
	電圧精度（整定時）	AVRモード時：±2%以下，ECOモード時：±5%（設定可能）											
	過渡電圧変動	±5%以下（負荷0↔100%），JEC-2433 出力電圧過渡変動特性　クラス1準拠											
	電圧波形ひずみ率	5%以下											
	過負荷耐量	通常時：125%10分間，200%1分間，1,000%1サイクル，停電時：150%10秒，125%1分間											

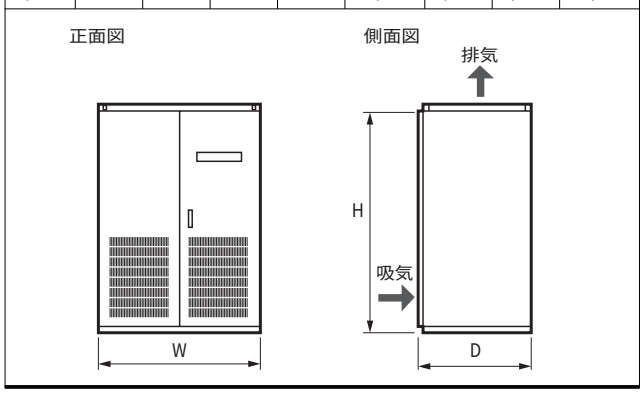
4　外観および外形寸法・質量

図1に UPS8000 シリーズ 150 kVA 機の外観を示す。また，**表3**に寸法・質量の一覧表を示す。

図1　UPS8000D-3/150　150 kVA 機の外観

表3　UPS8000シリーズの寸法・質量

容量 (kVA)	電圧							
	200 V				415 V			
	幅：W (mm)	奥行：D (mm)	高さ：H (mm)	質量 (kg)	幅：W (mm)	奥行：D (mm)	高さ：H (mm)	質量 (kg)
100	1,200	850	1,950	1,100	1,200	850	1,950	1,350
150	1,600	850	1,950	1,700	1,200	850	1,950	1,450
200	1,600	850	1,950	1,800	1,200	850	1,950	1,550
250	2,200	1,000	1,950	2,700	2,000	1,000	1,950	2,700
300	2,200	1,000	1,950	3,000	2,000	1,000	1,950	3,000
400	3,500	1,000	1,950	4,500	2,800	1,000	1,950	4,500
500	3,500	1,000	1,950	4,800	2,800	1,000	1,950	4,800
600	—	—	—	—	4,200	1,200	2,350	6,000
750	—	—	—	—	7,100	1,200	2,350	9,000
1,000	—	—	—	—	7,600	1,300	2,350	10,000
1,500	—	—	—	—	8,400	1,300	2,350	11,000
2,000	—	—	—	—	10,400	1,500	2,350	13,000



5　構成および要素技術

5.1　主回路構成と動作概要

図2に主回路ブロック図を示す。システム構成は電源に直列の電力インタフェース部と並列コンバータからなるデュアルプロセッシング方式で，交流入力電圧が正常範囲にある通常運転状態では，交流入力の電圧変動分を電力インタフェースによりリニアに補償し，安定化した電力を負荷に供給する。このとき，並列コンバータは蓄電池の充電とともにアクティブフィルタ運転を行い，負荷が流す高調波電流や無効電流成分を補償し，UPS の交流入力電流が力率　1 の正弦波となるように動作する。

交流入力に停電が発生すると，並列コンバータの運転をアクティブフィルタ運転から UPS 運転に切り換え，蓄電池からの電力で負荷に連続した安定電力を供給する。この停電発生時には，入力側の AC スイッチを瞬時に遮断することで，従来の常時インバータ給電方式と同等の無瞬断切換を実現している。

5.2　高効率化技術

この UPS8000 シリーズでは停電前の通常運転モードとして，AVR モードと ECO（省エネルギー）モードの 2 種類が備わっている。

AVR モードでは，電力インタフェースが常に，交流入力電圧の変動を補償する動作を行い，その出力電圧特性は，**図3**に示すように，従来式の常時インバータ給電方式の UPS と同等な高性能化を実現している。

この電力インタフェースは，**図4**に示すように，直列コンバータと直列トランスから構成される。この装置容量は，交流入力電圧の変動を補償するのに必要な 20 %程度と小さく，損失も低減しているため UPS の高効率化に寄与している。この AVR モードでの効率は，定格時最大 97 %と高効率になっている。

ECO モードでは，交流入力電圧を監視し，一定時間以上（時間設定可能）の間，規定範囲内（範囲設定可能）の条件で，交流入力は安定と判断し，電力インタフェースを待機運転させる。この待機運転により，損失はさらに低減

図2　主回路ブロック図

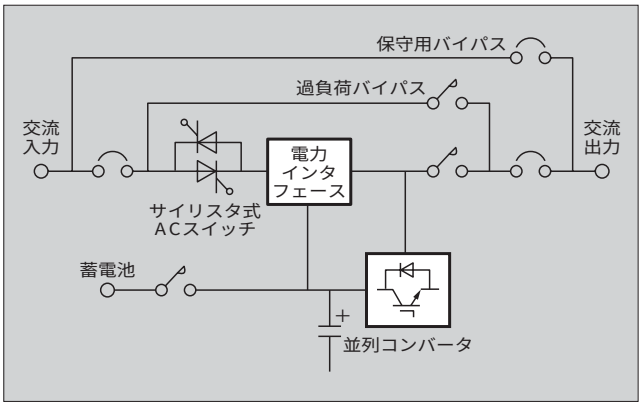


図３　入力電圧－出力電圧特性

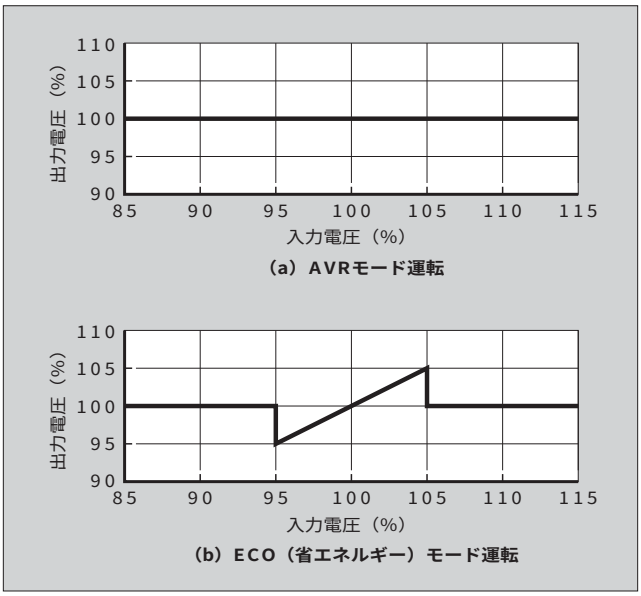


図４　電力インタフェースの構成

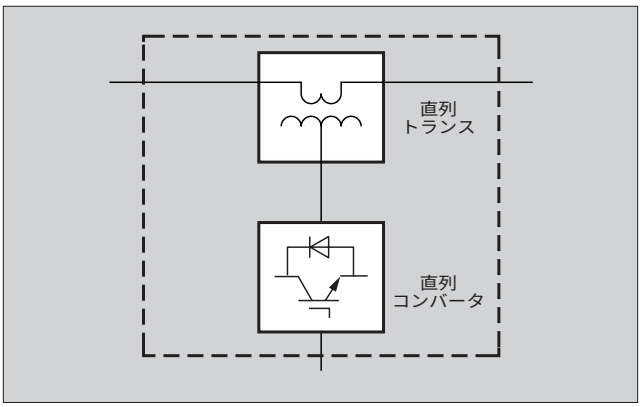


図５　交流入力電圧補償の制御ブロック図

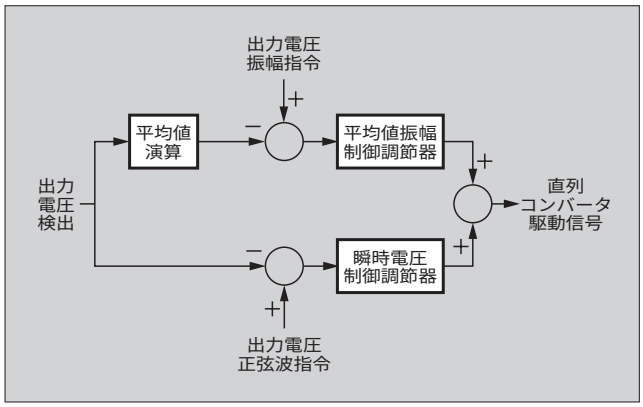


図６　出力電圧過渡特性（入力電圧急変時）

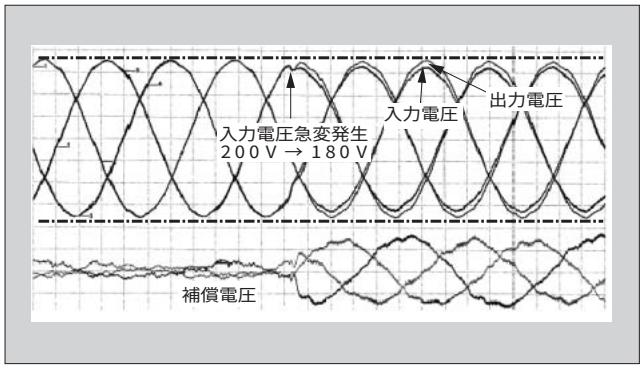


図７　アクティブフィルタ動作の制御ブロック図

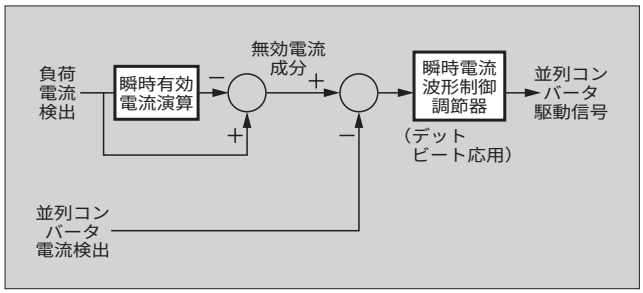
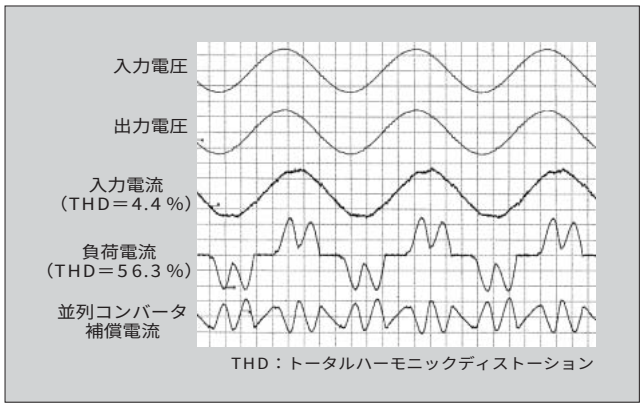


図８　入出力特性（整流負荷 100 %時）



され，ECO モードでの効率は定格時最大 98 %ときわめて高い効率を実現している。また ECO モード中，交流入力電圧が変動した場合は，AVR モードに戻り，瞬時に出力電圧を安定化する。

5.3　制御技術

電力インタフェースによる交流入力電圧補償の制御ブロック図を**図５**に示す。この制御では，UPS 出力電圧を検出し，その UPS 出力電圧の振幅を一定に保つための平均値振幅制御と，さらに入力電圧の急変に対応するための瞬時電圧波形制御を併用することで，出力電圧の精度を波形レベルで向上させ，さらに過渡変動も抑制している。評価試験機による入力電圧急変時の動作波形を**図６**に示す。約 1 ms 以内の応答で，良好な結果が得られている。

次に並列コンバータによるアクティブフィルタ動作の制御ブロック図を**図７**に示す。この制御では，負荷電流を検出し，瞬時有効電流演算により補償すべき無効電流成分を抽出し，アクティブフィルタ動作の電流指令値を作り出している。この電流指令値に並列コンバータの補償電流が追従するよう制御を行っており，今回新たに開発したデットビート制御に基づく瞬時電流波形制御により補償性能を向上させている。

このアクティブフィルタ動作により，整流負荷などの非

図9　出力電圧過渡変動特性「クラス 1」（出典：JEC-2433 無停電電源システム）

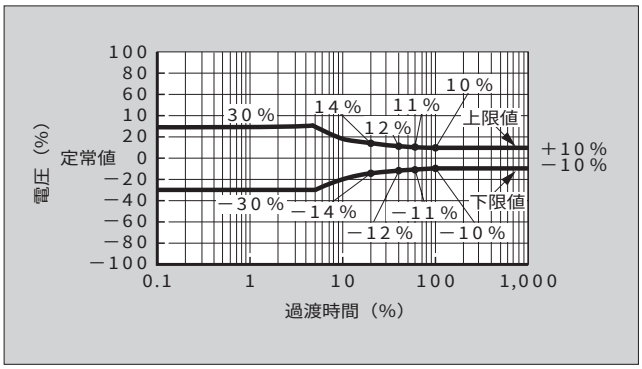
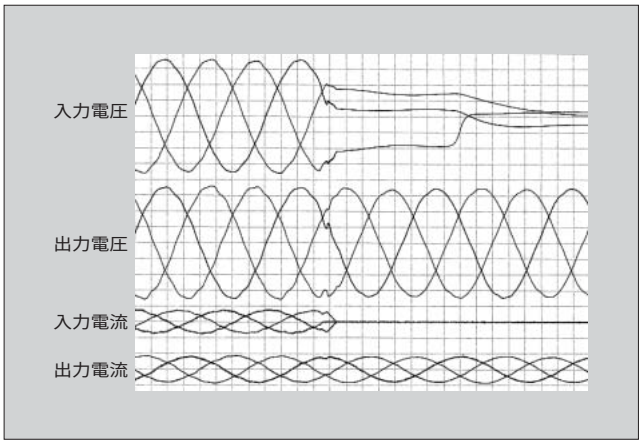


図10　停電切換波形（開放停電・ 100 % RL 負荷時）



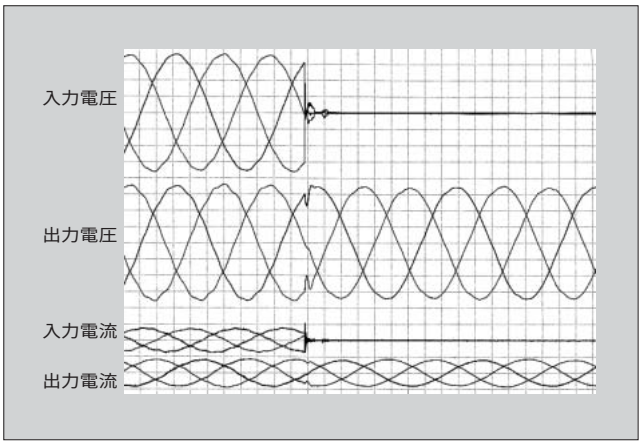
線形負荷時においても，高調波電流の影響が抑制され，交流入力や交流出力の電圧ひずみが改善される。評価試験機による 100 %整流負荷時の動作波形を**図 8** に示す。高調波補償率は 90 %以上となり，さらに入出力電圧へのひずみの影響もない良好な結果が得られている。

5.4　停電時無瞬断化技術

UPS の役割は，連続した安定電力の供給である。このため，停電時切換の特性は UPS を代表する性能の一つである。近年，発行された UPS に関する JIS 規格（JIS C 4411-3）や JEC 規格（JEC-2433）においても「出力電圧の過渡特性」として三つのクラスに分類定義されている。UPS8000 シリーズはその中で最も厳しい「クラス 1」の特性を満足する性能としている。その「クラス 1」の限度値（JIS，JEC 共通）を**図 9** に示す。

停電時無瞬断化のために最も重要な技術としては，「停電検出」と「停電時交流入力遮断」の二つが挙げられる。

図11　停電切換波形（短絡停電・ 100 % RL 負荷時）



本装置では，新規採用の瞬時ベクトル演算による停電検出器を用いることで，高速で信頼性の高い停電検出を実現している。また，交流入力遮断については，半導体サイリスタ式 AC スイッチを採用することで，機械式高速 AC スイッチの遮断時間（一般的に 2 ms 以上）に比べ 0.5 ms 以下と十分に速い入力遮断を可能としている。評価試験機による停電時切換波形を**図10**，**図11** に示す。各種停電条件によるいずれの条件においても「クラス 1」を満足する良好な結果が得られている。

6　あとがき

デュアルプロセッシング方式を用いた UPS8000 シリーズを紹介した。この製品は現在主流の常時インバータ給電方式並みの入出力性能を有しながら，変換効率 98 %の圧倒的な高効率を実現した装置である。現在，地球環境問題への関心が高まるにつれ UPS の高効率化が注目され，高効率を実現した本 UPS は今後の UPS の主流になるものと確信する。

今後も新しい技術を積極に取り入れ，顧客ニーズにあった電源装置の開発，製品化にまい進する所存である。

参考文献

(1)　山本弘ほか．大容量 UPS「UPS6000D-3 シリーズ」．富士時報．vol.76, no.8, 2003, p.480-483.
(2)　本木泰ほか．大容量 UPS「UPS600 シリーズ」．富士時報．vol.71, no.7, 1998, p.416-420.
(3)　JEC-2433-2003「無停電電源システム」.
(4)　JIS C 4413-3：2004「無停電電源装置（UPS）-第 3 部：性能及び試験要求事項」.

UPS 応用電源

本木　　泰（もとき　やすし）　　倉島　和義（くらしま　かずよし）　　岸　　俊宏（きし　としひろ）

1　まえがき

UPS（Uninterruptible Power Supply），SPS（Stanby Power Supply）の基本要素技術である①高周波 PWM（Pulse Width Modulation）技術，②自立運転時の瞬時電圧制御，③並列運転制御技術，④系統連系時の瞬時有効・無効電力制御を駆使しながら最新の低損失 IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を用いて変換器を構成し，装置効率を追求した大容量の変換装置を今回開発し，電力応用分野へ適用した。一つは二次電池，すなわちレドックスフロー電池と組み合わせた単機 1,500 kVA 風力発電出力平滑化装置（システムとしては 6,000 kVA）であり，もう一つは単機 1,500 kVA 周波数変換装置（システム容量としては 3,000 kVA）である。以下に二つの大容量変換装置の適用例を紹介する。

2　大容量風力発電出力平滑化装置

2.1　装置の概要

近年，全国各地に大容量の風力発電設備が導入されつつある。風変動に比例した発電電力をそのまま各地域の電力系統に接続した場合，系統電源の電圧変動の要因となり出力平滑化装置が必要となる。今回開発した装置は，レドックスフロー電池を用いた単機容量 1,500 kVA の大容量風力発電出力平滑化装置である。

2.2　単機装置の仕様・システム構成・外形寸法

表 1 に単機装置の仕様を示す。主回路変換機の構成は IGBT を用いた高周波 PWM 方式で，運転方式は系統連系運転である。直流電源は高サイクルユースのレドックスフロー電池で，直流電圧変動範囲は 410 ～ 690 V である。

交流系統は 6,600 V/50 Hz への接続で交流受電端定格容量は 1,500 kVA（単機あたり）である。効率の規定は装置の通常運用容量である 500kW，1,000kW 時において片側効率（DC–AC または AC–DC 変換効率）は 95 %以上，系統側の高調波電流含有率規定は総合 5 %以下，各次 3 %以下，入力力率は 0.95 以上である。

表１　装置の仕様

項　目		仕　様
方　式	主回路・変換方式	自励式電圧形高周波ＰＷＭ方式（素子IGBT）
	制御方式	電圧形電流制御方式
	運転方式	系統連系
	冷却方式	強制空冷方式
直流入出力	直流分岐数	6分岐
	直流電圧範囲	ＤＣ４１０～６９１Ｖ
	直流最大電流	連続７００Ａ（直流1分岐あたり）
交流入出力	相　数	三相3線式
	定格電圧と変動範囲	6,600 V±5%
	定格周波数と変動範囲	50 Hz±1 Hz
	交流受電端定格容量	連続1,500 kVA/変換器盤1セット（連続6,000 kVA/変換器盤4セット）
	変換効率	95 %以上（変換器盤1セットあたり交流端で500 kW/1,000 kW充電・放電時にて）
	高調波電流含有率	総合5 %以下　各次3 %以下
	力　率	0.95以上
制御応答		制御応答時間は－100～＋100 %にて1秒以内のこと
騒　音		70 dB以下
外形寸法		W8,800×D1,250×H2,300（mm）

装置の基本性能である制御応答については交流側 6,600 V での有効電力変動応答が－100 %（充電 1,500 kVA）から＋100 %（放電 1,500 kVA）のステップ指令に対して 1 秒以内の応答を目標としている。

図 1 に大容量風力発電出力平滑化システム構成を示す。システム容量としては 6,000 kVA であり，単機 1,500 kVA の装置を 4 台並列で系統連系運転させることで実現している。

図 2 に装置の外観を示す。単機の装置寸法は W8,800 × D1,250 × H2,300（mm）である。

本木　　泰

UPS および応用電源装置の開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置設計部課長補佐。電気学会会員。

倉島　和義

UPS および応用電源装置の開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置設計部。

岸　　俊宏

UPS および応用電源装置の開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部神戸工場電源装置設計部。

図１　システム構成

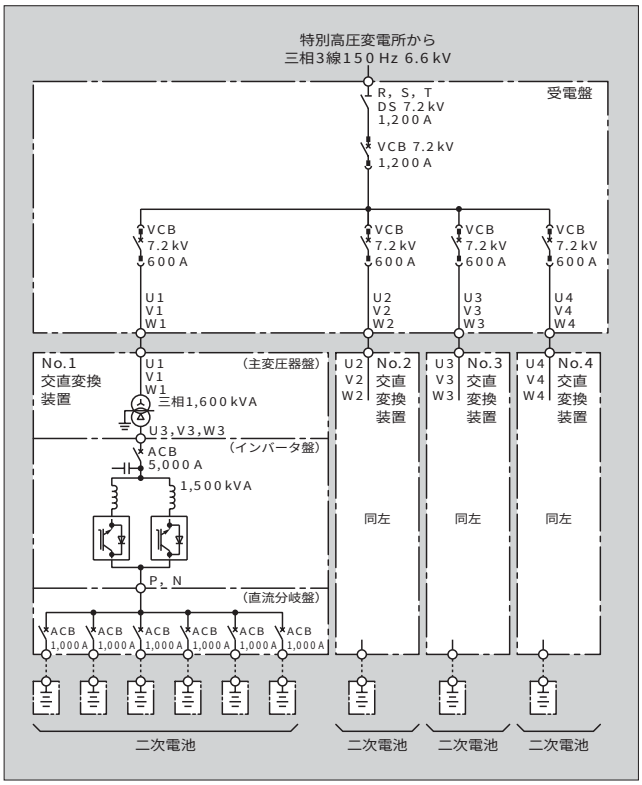
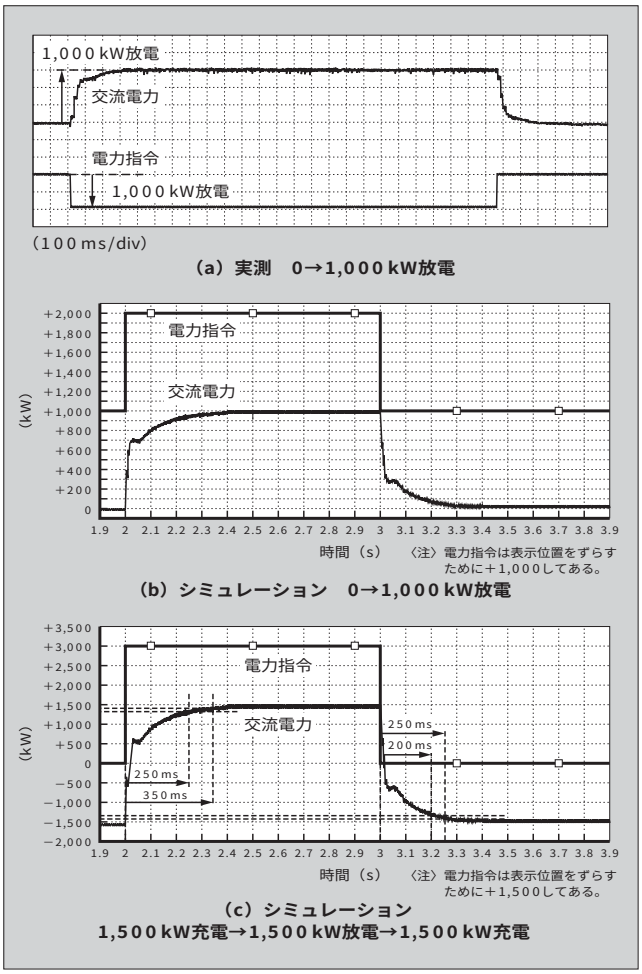


図２　装置の外観

2.3　システム構成およびインバータの構成

本システムは風力発電システム群から地域の電力系統に接続される箇所に発電システム群と並列に設置されている。それぞれの装置では主連系変圧器 1,600 kVA にて電圧変換してインバータに接続している。PWM インバータは最新の低損失 IGBT（第五世代 IGBT）を用いて変換器を構成し，750 kVA ユニット二つをリアクトル結合させることで定格容量 1,500 kVA を実現している。直流母線はレドックスフロー電池（6 分岐）に接続し，効率規定を満足するために直流電圧マッチングのためのチョッパは採用せず，シンプルなインバータ構成としている。

図３　制御性能結果



2.4　試験結果

(1)　効　率

直流電圧変動範囲の平均値において 500 kW，1,000 kW の充電・放電時ともに実測 95.2 %以上を達成した。

(2)　高調波電流含有率

1,500 kW 充電時において 4.54 %であった。

(3)　入力力率

1,500kW 充電時において 0.996 を達成した。

(4)　制御性能

図３にシミュレーション結果と運転動作時の実測結果を示す。シミュレーション結果によれば 0→1,000 kW 放電のステップ応答ではオンオフ時ともに約 400 ms 以内で動作が完了する。工場での実測結果も同様の応答速度を満足しており，仕様を十分満足する結果となっている。

3　大容量周波数変換装置

3.1　装置の概要

UPS に接続されるバッテリーは停電時のバックアップ電源と直流中間回路の電圧を安定させる役割がある。最近，整流器が PWM 制御により直流中間回路部の応答が速いため，出力特性はバッテリーの有無にかかわらず同等の特

性を得ることができる。また，UPS は高信頼度が要求される電源であるため，容易に並列冗長運転などのシステムが構成可能である。

このような背景のもと，バッテリーを付けない UPS が周波数変換装置として特別な工場設備などにも導入されている。ここでは単機容量 1,500 kVA の 3 台並列冗長運転で，システム容量 3,000 kVA の周波数変換装置について説明する。

表２　周波数変換装置の仕様

項目		仕様
方式	主回路方式	自励式電圧形
	主回路素子	IGBT（1,400 V　400 A）
	制御方式	PWM方式
	冷却	強制風冷
入力	定格電圧	370 V
	定格周波数	50 Hz
	相数および線数	三相3線
	入力容量	1,500 kVA
	入力高調波電流	5 %以下
	入力力率	98 %以上
出力	定格電圧	440 V
	定格周波数	60 Hz
	相数および線数	三相3線
	負荷力率	0.7（遅れ）～1.0
	定格容量	1,500 kVA連続
	過負荷耐量	150 %　1分間
	電圧精度	±1.0 %以内
	過渡電圧変動	±5 %以内（負荷急変0↔100 %時）
	整定時間	50 ms以内
	波形ひずみ率	3 %以下（直線性負荷） 5 %以下（100 %整流負荷）
	電圧不平衡比	±2 %以内（100 %不平衡負荷時）
	周波数精度	±1.0 %以内
外形寸法		W7,600×D1,300×H2,300（mm）

3.2　単機装置の仕様・システム構成・外形寸法

表２に 1,500 kVA 周波数変換装置の仕様を示す。

図４に大容量周波数変換システム構成を示す。本システムは，4,000 kVA 入力変圧器，3 × 1,500 kVA 周波数変換装置および 3,000 kVA 出力変圧器から構成されている。

入出力仕様は，入力が三相 3 線，3,300 V，50 Hz，出力が三相 3 線，3,300 V，60 Hz で，50 Hz を 60 Hz に変換し電力を供給する。

1,500 kVA 変換装置は，整流器部には PWM 整流器方式を採用することにより，高力率・低高調波特性を，インバータ部には瞬時値制御の高周波 PWM インバータを採用することにより，負荷変動特性・低ひずみ率特性を有している。

高信頼度化として 1,500 kVA 周波数変換装置を 3 台並列運転し，1 台は冗長として構成している。

3.3　装置の特長

本装置の特長は次のとおりである。

(1)　高力率・低高調波

整流器は PWM 整流器により入力力率をほぼ 1 としており，省エネルギー化を図っている。また，高調波電流 5 %以下と系統に対して高調波電流を抑制した。

図４　大容量周波数変換システムの構成

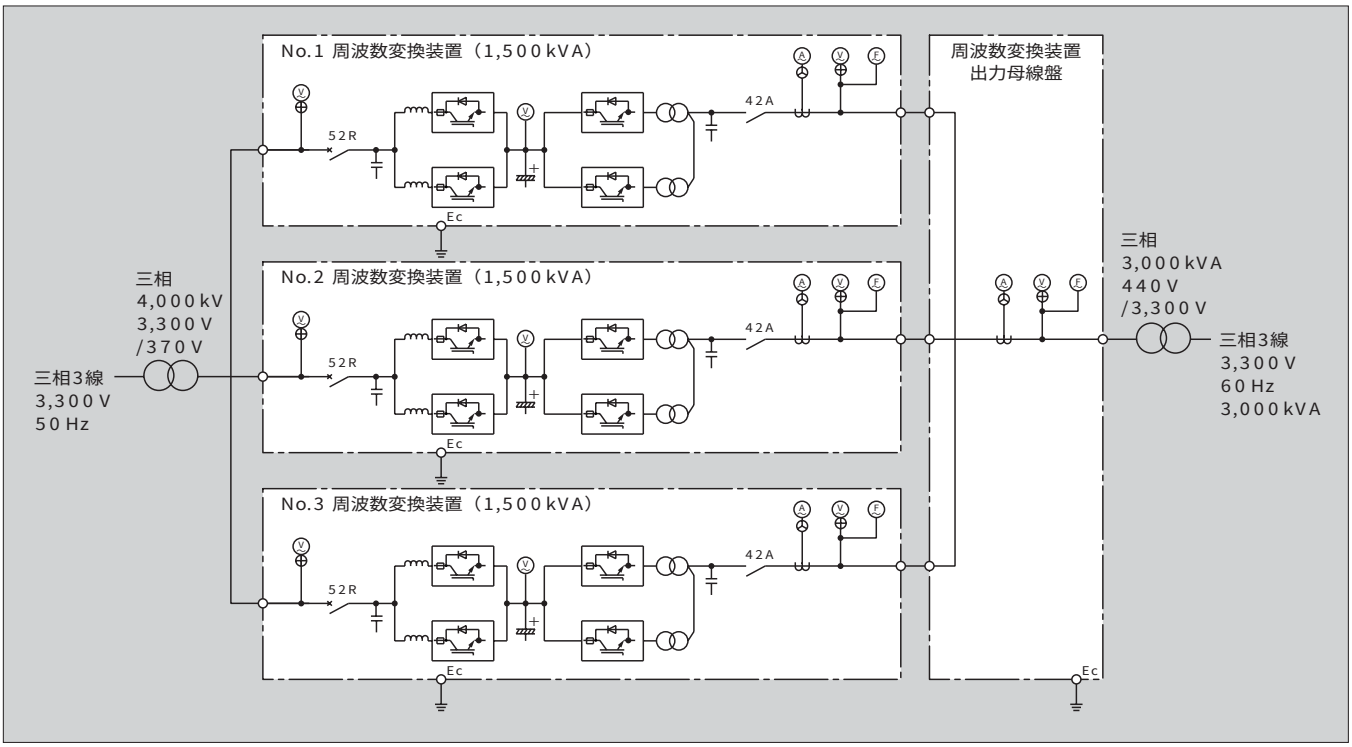
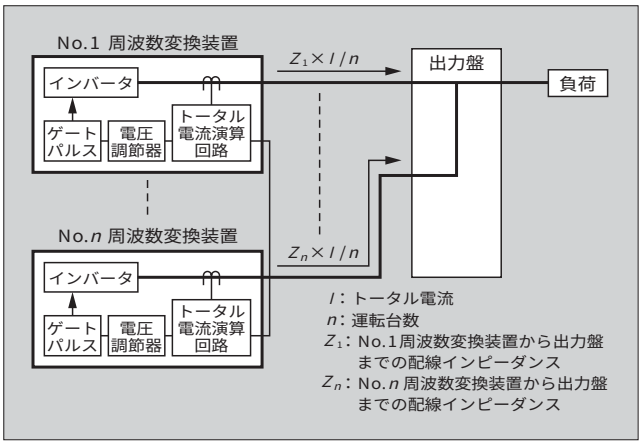


図5　IGBT パワーモジュールの外観

図6　個別 *IZ* 制御方式



(2)　低ひずみ率で過渡電圧変動が少ないソフトスタート機能

インバータは PWM 方式で，瞬時値制御により 100 % 整流負荷においても電圧波形ひずみ率 5 %以下とし，0↔100 %の負荷急変においても電圧変動±5 %以内を実現した。また，起動時の出力電圧のソフトスタート機能（出力電圧をゆるやかに上げる）により，負荷側の変圧器への突入電流を抑制することができる。

3.4　IGBT パワーモジュール

図 5 に IGBT パワーモジュールの外観を示す。本モジュールは標準化を志向して，整流器部とインバータ部は共用ユニット化している。モジュールは IGBT 素子，ゲート駆動回路，スナバ，直流中間コンデンサ，ヒューズおよび冷却フィンから構成されている。また，モジュールの主回路への接続をプラグイン式のトレイ構造とすることで収納盤前面からの取付け，取外しを容易にし，保守性を向上させている。IGBT 素子には第五世代 1,200 V，450 A を採用して，直流回路の高圧化と低損失を実現している。

3.5　制御方式

(1)　制御装置

制御は，DDC を採用し入力力率 1 の電流制御，直流電圧一定制御および出力電圧一定制御を行っている。また，DDC 基板には高性能プロセッサを複数個搭載し，それぞれがシーケンス制御用，整流器・インバータ制御用および高速判定シーケンス用として制御と異常監視の独立化を図り高信頼度化を実現している。

(2)　並列システムの分担電流均等制御

大容量並列システムでは装置外形も大きく，また，運転台数が増えるにつれてレイアウトに制限が発生し，各装置とその出力をつなげる出力盤までの配線のインピーダンスが均一とすることができず，各装置の出力電流にアンバランスを生じるという課題がある。この対策として**図 6** に示す個別 *IZ* 制御方式を開発し，各装置と出力盤の電圧降下補正分をトータル電流検出から算出し，出力電圧に加算して出力盤での電圧を一定制御し現地の配線ケーブルを意識せず設置でき，また，並列運転台数を最大 8 並列まで可能とした。

4　あとがき

UPS 応用電源として，大容量風力発電出力平滑化装置は課題である高効率，低高調波，高力率，そして，高速制御応答を満足できる結果が得られた。また，周波数変換装置については大容量，高信頼度の装置を完成させた。

最新のパワーエレクトロニクス技術を結集したものであり，今後も多方面にこの応用技術として広範な開発を推進する所存である。

最後に，大容量風力発電出力平準化装置の開発・設計・製作にあたり，多大なご指導・ご協力をいただいた住友電気工業(株)殿に深く感謝する次第である。

参考文献

(1)　小松木和成，藤倉政信．二次電池電力貯蔵用交直変換装置．富士時報．vol.74, no.5, 2001, p.278–282.

(2)　馬場謙二ほか．新幹線車両走行試験用周波数変換装置．富士時報．vol.74, no.5, 2001, p.322–326.

無停止化技術を適用した直流電源

保高　伸洋（ほたか　のぶひろ）　　軽部　邦彦（かるべ　くにひこ）

1　まえがき

近年のIT分野における市場規模の拡大には目を見張るものがある。それに伴い，使用されるハードウェア，例えばパソコン，サーバ，ストレージなどの装置需要も伸長し，より高度な信頼性が求められている。特に，電源の停止によりシステムダウンが発生することは万が一にもあってはならない。そのため，無停電電源装置（UPS）を装置の前段に配置し停電に備えることが一般的である。

しかし，最近のハードウェアの特徴として，装置に内蔵されている直流電源を直接バッテリーでバックアップして停電に備える，１台の電源が動作不能になっても電源システムとして正常に機能するように複数の直流電源を並列接続する，などの対策を取り入れるケースが増えている。

富士電機では30年間にわたり，高い信頼性が要求される情報通信システム，FA機器用直流電源の開発に取り組んでいる。直流バックアップを適用した電源は開発機種の約20％あり，多様なお客様の要求に応えてきた。以下に富士電機の直流バックアップ技術と電源の高信頼化のための並列冗長技術，これら技術を応用した製品例について紹介する。

2　無停止化技術

2.1　直流バックアップ

図1に一般的な直流電源のブロック図を示す。出力A～Cは，交流入力電圧値がこの電源の動作可能範囲にあれば停止することなく出力される。しかし何らかの原因で交流入力が，停電あるいは動作範囲から逸脱した場合，その時間によっては出力の停止，電圧の低下という負荷に対して大きな問題を発生する。

このような事態を回避するため，商用入力と直流電源の間に交流出力の無停電電源を挿入し，対策が取られている。しかし最近では，省スペース，省エネルギーという観点から，直流電源の内部にバッテリーバックアップの機能を搭載した直流出力の無停電電源が注目されてきている。

図１　直流電源回路のブロック図

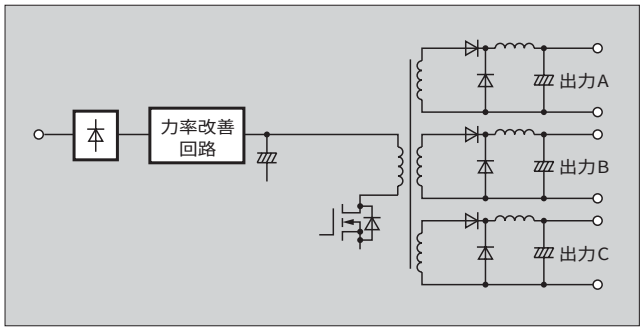


図２　直流電源回路＋バッテリーバックアップ回路１

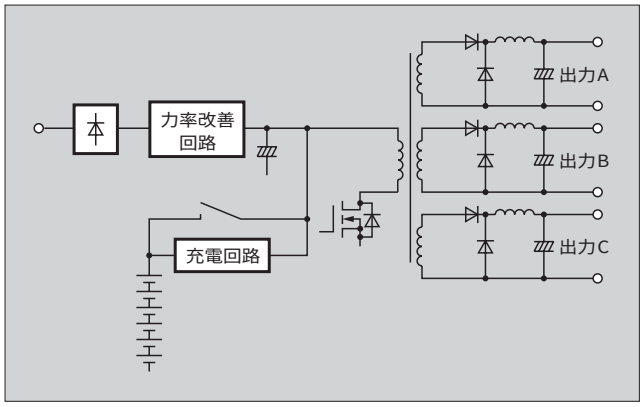
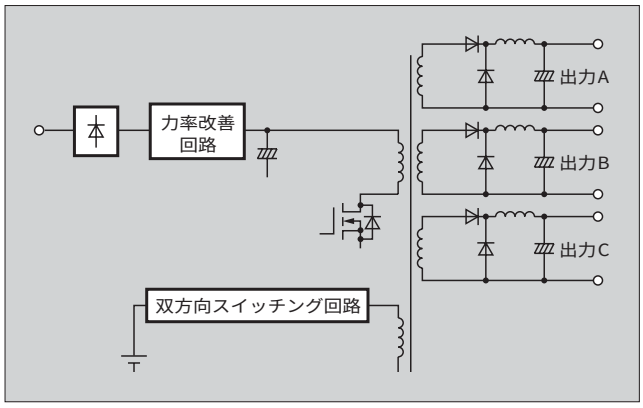


図３　直流電源回路＋バッテリーバックアップ回路２



保高　伸洋

交流無停電電源および直流安定化電源の研究・開発に従事。現在，富士電機ハイテック(株)設計開発部長。

軽部　邦彦

高周波交流電源および直流安定化電源の研究・開発に従事。現在，富士電機ハイテック(株)設計開発部担当課長。電気学会会員。

図４　直流電源回路＋バッテリーバックアップ回路３

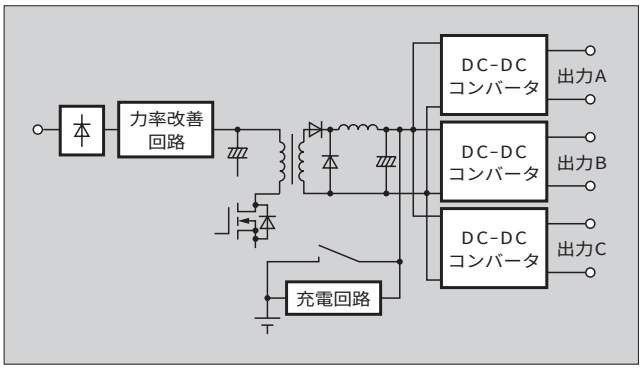


表１　バッテリーバックアップ方式の比較

項　目 ＼ 回路構成方式	図2	図3	図4
商用運転時効率	○	○	△
バッテリー運転時効率	○	△	○
バッテリー個数	△	○	○
安全規格対応	△	○	○

図２～**４**に直流電源にバッテリーを接続し無停電電源機能を装備した例を示す。

図２は直流電源の直流高電圧部に充電器とスイッチ回路を設け，商用入力が正常の場合はバッテリーを充電，異常の場合はバッテリーから放電する。

図３は直流電源の絶縁トランスの部分にもう一つ巻線と双方向スイッチング回路を追加し，その回路の入力としてバッテリーを接続したものである。商用入力が正常の場合はトランスから双方向スイッチング回路を経由してバッテリーを充電し，異常の場合はバッテリーからトランスにエネルギーを供給する。

図４は**図２**，**図３**の回路方式と異なり，二次側トランス巻線出力は一つだけにして，A～Cの出力を得るために個別のDC-DCコンバータを用いている。バッテリーはトランス巻線出力のところに充電器とスイッチを設け，商用入力が正常な場合はバッテリーを充電，異常の場合はバッテリーから放電する。

上記三つの回路方式を比較すると，**図２**の回路は電源の高圧ラインにぶら下がるためバッテリー電圧が数百V必要であり直列数が増加する。しかしバッテリー運転時の効率は商用運転時に比べて5％程度向上するので数kWクラスの装置に適用例がある。**図３**の回路はバッテリーで動作する場合，バッテリー電圧をいったん高周波電圧に変換してトランスに供給している。そのため変換回路での損失が発生する。この方式のバッテリー運転時の電源効率は60％台である。一方，**図４**の方式はバッテリーからスイッチを介してDC-DCコンバータに供給するのでバッテリー運転時の効率は85～90％となる。しかしDC-DCコンバータがスイッチング変換回路として直列に含まれるため，商用運転時は**図３**の回路のほうが2～3％ほど効率はよい。

図５　並列冗長方式

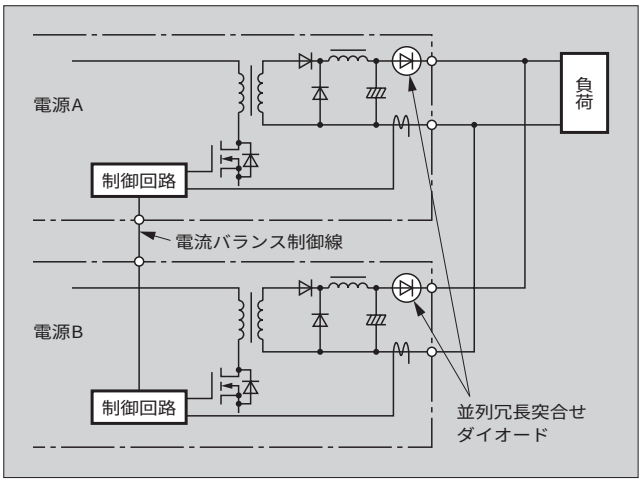


表１にバッテリーバックアップ方式の比較を示す。

2.2　並列冗長

直流電源自身が故障した場合，負荷にエネルギーを供給することができなくなりシステムダウンを招いてしまう。この状況を回避するために複数の電源を並列接続して，そのうちの１台が故障してもシステムダウンしない電源構成を $N+1$ 冗長という。例えば，400 Wの電力を必要とするシステムに対して，１台の直流電源の出力が200 Wのものを用いると，２＋１冗長（３台構成）となり，１台故障しても400 Wシステムに電力を供給し続けることができる。最近の事例では1,500 W × 36台の並列冗長システムを製作した実績がある。

このような冗長用電源は**図５**に示すような回路構成となっている。出力端子の手前にダイオードを挿入し，例えば電解コンデンサの短絡故障が発生した場合，他の並列接続された電源からの電流の回り込みを防止している。最近では効率向上のためダイオードをMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）に置き換えている例もある。

電源の故障は，出力の電圧低下や電圧上昇などいろいろなモードが発生するが，あらゆる故障に対し負荷の動作に影響なく運転を継続させるためには，出力電圧の過渡変動を抑える工夫も重要である。過渡電圧変動を抑える手法としては電流モード制御などによる電源の応答性の改善や，おのおのの電源の出力電流を能動的にバランスさせ，電流の変動値を小さくする電流バランス回路の採用などがある。電流バランス回路は電源の責務を低減させる効果もあり，信頼性向上にも有効である。

2.3　バッテリー

富士電機では環境問題に対応するため，はんだの鉛フリー化，RoHS（特定有害物質使用制限）対応に取り組んでいる。そのため，鉛バッテリーから，環境に優しいニッケル水素バッテリー，リチウムイオンバッテリーへの転換を行っている。また，鉛バッテリーに比較してニッケル水

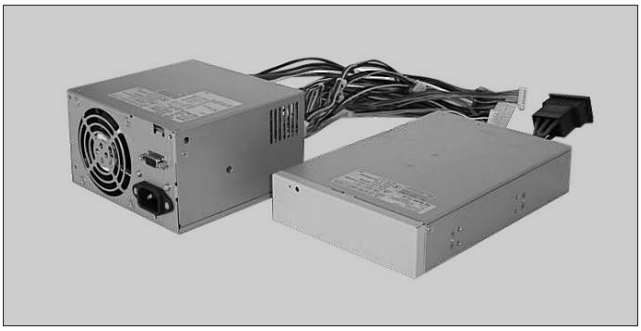
素バッテリーはエネルギー密度が約２倍なので，バッテリーユニットの小型化が可能である。

3　応用例

3.1　FH0420BP

図６に外観，**図７**に回路ブロック図，**表２**に仕様を示す。

図６　FH0420BP の外観



外形寸法はタワータイプのパソコン筐体（きょうたい）に収まるサイズであり，バッテリーユニットは５インチベイ

図７　FH0420BP の回路ブロック図

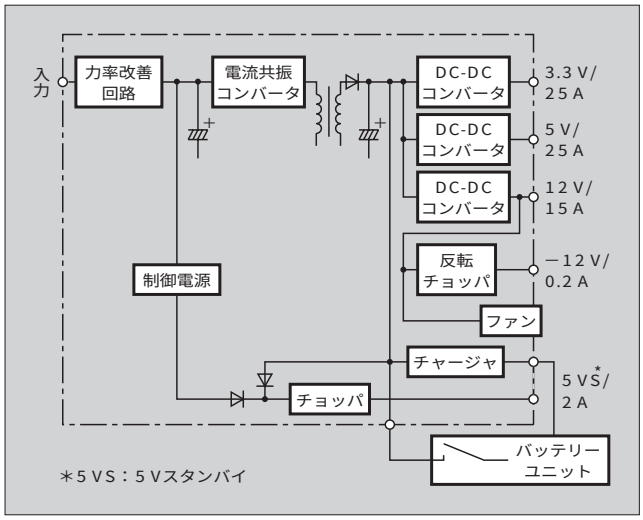


表２　FH0420BPの仕様

入力特性	入力電圧	AC100～240 V				
	定格周波数	50/60 Hz				
	突入電流	30 A以下				
	効　率	75～80％（AC受電時）/85％以上（バックアップ時）				
	力　率	99％（AC100 V）97％（AC240 V）				
出力特性	定格電圧	5 V	3.3 V	12 V	−12 V	5 VS
	定格電流	25 A	25 A	15 A	0.8 A	2 A
	ピーク電流	30 A	26 A	18 A	0.8 A	2 A
	最小電流	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A
	出力電力	定格　300 W　（ピーク　420 W　5秒間）				
	総合電圧精度	±5％以下	±5％以下	±5％以下	±10％以下	±5％以下
	最大リプル電圧	50 mVp-p	50 mVp-p	120 mVp-p	120 mVp-p	50 mVp-p
	最大スパイク電圧	100 mVp-p	100 mVp-p	200 mVp-p	200 mVp-p	100 mVp-p
	過電流保護	26.3 A以上	26.3 A以上	18.2 A以上	短絡保護	短絡保護
	過電圧保護	5.74～7.0 V	3.76～4.3 V	13.4～15.6 V	—	—
バックアップ	専用バッテリー型式	FH0300BU（5インチベイスロット搭載可能）				
	使用バッテリー	ニッケル水素バッテリー				
	バッテリー期待寿命	6～7年（周囲温度25 ℃環境）				
	バックアップ時間	8分（周囲温度25 ℃環境，初期値，300 W負荷時）				
インタフェース	ソフトウェア	Windows標準UPSサービス対応（対応OS　2000/XP/NT）				
	信号コネクタ	①D-sub　9ピンコネクタ（RS-232C）＊D-sub　9ピンストレートケーブル（別売）が必要 ②5ピンナイロンコネクタ（TTLレベル）				
構　造	外形寸法（W×D×H），質量	FH0420BP（電源部）　150×140×86（mm）　2.2 kg FH0300BP（バッテリーユニット）　146×220×42（mm）　9.2 kg				
その他	使用温度・湿度	0～50 ℃（0～45 ℃：バックアップ時）　20～85％RH				
	冷却方法	強制空冷				
	漏れ電流	1 mA以下（AC240 V）				
	雑音端子電圧	VCCIクラスB，FCCクラスB，EN55022クラスB　各準拠				
	高調波電流規制	IEC6100-3-2　クラスA，EN61000-3-2　クラスA　各準拠				
	安全規格	UL60950認証，CSA60950-1認証，EN60950　準拠				
	保証期間	納入後1年（常温常湿のもと。バッテリーは除く）				

スロットに収まる。この電源の特徴は次のとおりである。

(1)　電流共振コンバータの開発[1]

図7に示すようにトランス前置コンバータに電流共振方式を開発し，出力段のDC-DCコンバータ化による商用運転時のトータル損失の低減を図っている。当社比では，ハードスイッチングによるフォワードコンバータを適用した電源より約10％効率が向上している。

(2)　ニッケル水素バッテリーの採用

環境問題，放電容量，外形寸法を考えた結果，ニッケル水素バッテリーを採用した。バッテリーユニットを5インチベイスロットに収めるためには，直列数に制約があり，9V程度が限界である。そのため必要な12V出力には不足するが，(3)の対応により解決した。

(3)　昇降圧コンバータの新開発

この電源には12V出力が必須であり，降圧型DC-DCコンバータでは，バックアップ時のバッテリー電圧は放電終止付近で12V以上必要である。しかし，バッテリーの直列数に制限があるため，放電終止電圧が10V以下になる。そのため非絶縁昇降圧コンバータを新たに開発し適用した。本コンバータの適用により，バッテリーの直列数を増やすことなく安定した12V出力を供給することができる。

(4)　OSの電源管理機能対応

パソコンで使用される場合，OSに付属している電源管理機能に対応することが要求される。本電源はWindows[注]NT，2000，XPの電源管理機能に対応している。

図8　FH0120BPの外観

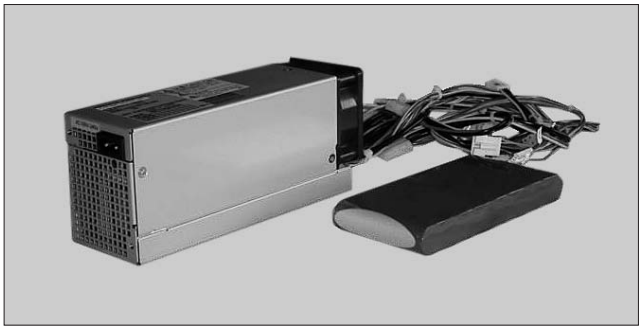


表3　FH0120BPの概略仕様

入力電圧	AC100～240V				
定格周波数	50/60Hz				
効　率	65～70％（AC受電時）/ 85％以上（バックアップ時）				
力　率	99％（AC100V）97％（AC240V）				
定格電圧	5V	3.3V	12V	−12V	5VS
定格電流	3A	6A	7A	0.2A	1A
使用バッテリー	ニッケル水素バッテリー				
バックアップ時間	13分（周囲温度25℃環境，初期値， 120W負荷時）				
外形寸法（W×D×H）	60×180×78（mm）				
質　量	1.2kg				

3.2　FH0120BP

図8に外観，**表3**に概略仕様を示す。回路構成はFH0420BPと同様にDC-DCコンバータを使用している。外形寸法はミニタワータイプのパソコン筐体に収まるサイズであり，バッテリーユニットは3.5インチベイスロットに収まる。

〈注〉Windows：米国Microsoft Corp.の登録商標

図9　FH2400BP2の外観

図10　FH2400BP2のブロック図

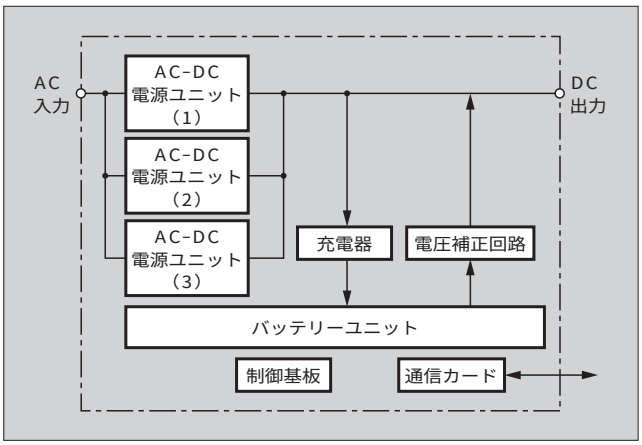


表4　FH2400BP2の概略仕様

入力電圧	AC180～264V
定格周波数	47～63Hz
効　率	81％
力　率	95％
出力定格電圧	48V
出力定格電流	50A
出力電力	2,400W
バックアップ時間	6分
外形寸法（W×D×H）	447×133×730（mm）
通信機能	オプションボード対応
その他	電源・バッテリーユニットはホットスワップ対応
	電源ユニットは並列冗長対応

3.3　FH2400BP2

図9に外観，**図10**に回路ブロック図，**表4**に概略仕様を示す。回路はAC-DC電源ユニットとバッテリーユニットから構成されており，外形寸法は19インチラックに収納できるよう設計されている。AC-DC電源は並列冗長構成をとっており，バッテリーユニットとともにホットスワップ対応である。

通信ネットワークに対応しており，Webブラウザを利用して遠隔地からの電源管理，操作が可能である。

4　あとがき

直流電源の無停止化技術とその応用例を紹介した。電流共振コンバータ，昇降圧DC-DCコンバータ，ニッケル水素バッテリーの適用によりタワータイプのパソコンに納まるサイズで，実出力300 W，ピーク420 Wの出力を実現した。また，並列冗長方式と直流バックアップ方式を組み合わせた19インチラックマウントタイプの電源を開発した。

これらの方式を適用した直流電源は，今後さらに多様化するお客様のシステム信頼性のニーズに対応できるものと考えており，さらなる系列化を進めていく所存である。

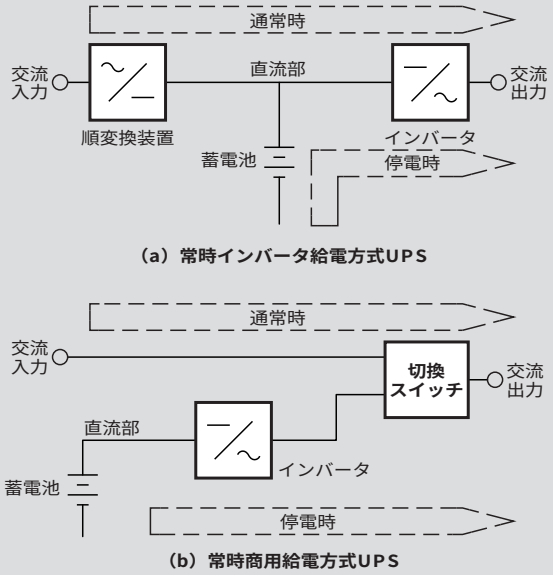
参考文献

(1)　鷄頭政和ほか．PWM制御方式電流共振コンバータの高効率化．電気学会全国大会．no.4-050, 2003.

解　説　「常時インバータ給電方式」と「常時商用給電方式」

常時インバータ給電方式のUPSは順変換装置とインバータの組合せで，常にインバータから負荷に電力を供給する。交流入力の停電や電圧変動などは，直流部の蓄電池により自然と安定化されるため，システムとしての信頼性が高く，高性能化が容易となる。しかし，通常時にもインバータから給電しているため効率の面では不利となる。

常時商用給電方式のUPSは切換スイッチとインバータの組合せで，停電が発生したときだけ，切換スイッチによりインバータから負荷に電力を供給する。通常時はインバータが待機状態で交流入力がそのまま交流出力となるため，損失が少なく高効率化は容易となる。しかし，通常時の出力電圧調整機能はなく，性能や信頼性は限定される。



主要営業品目

富士電機システムズ（株）

情報・通信・制御システム，水処理・計測システム，電力システム，放射線管理システム，FA・物流システム，環境システム，電動力応用システム，産業用電源，車両用電機品，クリーンルーム設備，レーザ機器，ビジョン機器，電力量計，変電システム，火力機器，水力機器，原子力機器，省エネルギーシステム，新エネルギーシステム，UPS，ミニ UPS

富士電機機器制御（株）

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，電力制御機器，電力監視機器，交流電力調整器，検出用スイッチ，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，ネットワーク機器，インダクションモータ，同期モータ，ギヤードモータ，ブレーキモータ，ファン，クーラントポンプ，ブロワ，汎用インバータ，サーボシステム，加熱用インバータ

富士電機デバイステクノロジー（株）

磁気記録媒体，パワートランジスタ，パワーモジュール，スマートパワーデバイス，整流ダイオード，モノリシック IC，ハイブリッド IC，半導体センサ，サージアブソーバ，感光体，画像周辺機器

富士電機リテイルシステムズ（株）

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，カードシステム

富士時報	第 77 巻 第 6 号	平成 16 年 10 月 30 日 印刷 平成 16 年 11 月 10 日 発行 定価 735 円（本体 700 円・送料別）
編集兼発行人	原 嶋 孝 一	
発行所	富士電機ホールディングス株式会社 技術企画部	〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目 11 番 2 号 （ゲートシティ大崎イーストタワー）
編集室	富士電機情報サービス株式会社内 「富士時報」編集室	〒151-0053 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（03）5388 －7826 FAX（03）5388 －7988
印刷所	富士電機情報サービス株式会社	〒151-0053 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（03）5388 －8241
発売元	株式会社オーム社	〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目 1 番地 電話（03）3233 －0641 振替口座 東京 6－20018

© 2004 Fuji Electric Holdings Co., Ltd., Printed in Japan（禁無断転載）

富 士 時 報 VOL.77 2004（平成16年）総 目 次

No.1　技術成果と展望

新しい年を迎えて …… 2
ハイライト …… 4
富士電機システムズ株式会社
　全員で新しい商品作り …… 12
e-ソリューション …… 13
環境システム …… 28
産業・交通システム …… 34
発電プラント …… 47
サービス …… 52
富士電機機器制御株式会社
　最強のシステムコンポーネンツ専業を目指して …… 56
システムコンポーネント …… 57
富士電機デバイステクノロジー株式会社
　技術をコンピタンスとしてグローバルトップへ …… 66
情報機器関連コンポーネント …… 67
電子デバイス・半導体 …… 70
富士電機リテイルシステムズ株式会社
　快適商空間の創造 …… 75
流通機器システム …… 76
富士電機アドバンストテクノロジー株式会社
　富士電機グループの「技術の核」として，高い技術に挑戦 …… 82
技術開発・生産技術 …… 83

No.2　特集 最近の研究開発

特集 最近の研究開発

交差相関物性学のすすめ …… 十倉　好紀 101（1）
最近の研究開発動向 …… 古庄　　昇 102（2）
有機電子材料を用いた双安定性素子 …… 川上　春雄　加藤　久人　山城　啓輔 103（3）
環境調和型材料の開発 …… 渡邉　裕彦　管野　敏之　古川　雅晴 107（7）
コンビナトリアル成膜による誘電体薄膜材料の高速合成 …… 米澤　喜幸　小西　義則　清水　了典 112（12）
新型半導体素子とトレンチ加工技術 …… 長安　芳彦　望月　邦雄　藤島　直人 117（17）
垂直磁気記録膜の構造制御 …… 竹野入俊司　酒井　泰志　渡辺　貞幸 121（21）
微生物の迅速検査技術 …… 野田　直広　浅野　貴正　北出雄二郎 124（24）
トップエミッション型 CCM 方式有機 EL …… 木村　　浩 128（28）
無線設計技術と非接触 IC カード …… 近藤　史郎　四蔵　達之 133（33）
最新の最適化手法とソリューションの展開 …… 北川　慎治　竹中　道夫　福山　良和 137（37）
マトリックスコンバータを利用した高効率電力変換 …… 伊東　淳一　小高　章弘　佐藤以久也 142（42）
蒸気タービンロータの異種材料溶接技術 …… 今村　清治　和泉　　栄　飯塚　　実 146（46）
放射光 X 線によるナノレベル結晶構造解析 …… 田沼　良平　久保登士和　大沢　通夫 150（50）
エッチングプロセスのシミュレーション技術 …… 金子　公寿 154（54）
零相変流器における三次元非線形動的電磁界解析 …… 松本　廣太　工藤　高裕　浅野　久伸 158（58）
パワーエレクトロニクス主回路構造の解析技術 …… 滝沢　聡毅　ジニーオルゲス 162（62）

普通論文

原動力設備プラントの最適運用と適用事例 …… 項　　東輝　川森　　亨　福山　良和 166（66）

No.3　特集 水処理ソリューション

浄水技術のソルーションは何が求められているのか …… 眞柄　泰基 173（1）
水処理ソリューションの動向と展望 …… 初又　繁　木田　友康　多田　弘 174（2）
流域全体を対象とした水環境統合管理システムの提言 …… 中山　敬　大槻　均　宗宮　功 179（7）
水道事業運営ソリューション …… 上野　健郎　梅津　一吉　中野　博之 184（12）
製造業向け総合水処理ソリューション …… 青木　隆　國谷　正　茂松　信幸 189（17）
水処理設備におけるエネルギーソリューション技術 …… 山本総一郎　長倉　善則 194（22）
小河内貯水池太陽光発電事業および水質改善等調査研究 …… 山本総一郎　小野　正敏 198（26）
Java を採用した最新 Web 監視制御システム …… 奥田　昇　生駒　雅一　小山　深 204（32）
DoPa 網を利用した工業用水自動検針システム …… 上野　隆史　石橋　景二　藤井　勝敏 208（36）
浄水用富士膜ろ過システム …… 久保田康幹　角川　功明　本山　信行 212（40）
トリハロメタン生成能計 …… 細川浩一郎　外山　文生　田中　良春 216（44）
油膜センサ …… 金川　直樹　増澤　栄一　金井　秀夫 219（47）
下水道水位情報システム …… 関根　賢　小林　晋哉 223（51）
サイフォン式ろ過濃縮装置を用いた上下水汚泥処理 …… 山口　幹昌　数井　宏信　田中　義郎 227（55）
オゾン利用による下水処理・廃水処理 …… 加藤　康弘　山崎　正志　木村総一郎 232（60）
活性汚泥の生物反応シミュレータ …… 古屋　勇治　水谷　高明　福嶋　俊貴 237（65）

No.4　特集1 磁気記録媒体／特集2 感光体

特集1 磁気記録媒体

高密度磁気ストレージ技術の将来を思う …… 村岡　裕明 243（1）
磁気記録媒体の現状と展望 …… 今川　誠　小沢　賢治 244（2）
アルミポリッシュ基板 …… 矢吹　和彦　増田　光男 249（7）
長手アルミ基板媒体 …… 坂口　庄司　二村　和男　柏倉　良晴 252（10）
ガラス基板媒体 …… 松尾　壮太　増田　克也　白井　信二 260（18）
グラニュラー型垂直磁気記録媒体 …… 上住　洋之　川田　辰実　横澤　照久 265（23）
400 Gbits/in^2 を目指す垂直磁気記録媒体技術 …… 河田　泰之　及川　忠昭 270（28）
低浮上状態におけるヘッド試験評価技術 …… 佐藤　公紀　片野　智紀 275（33）

特集2 感光体

電子写真という発明 …… 竹内　学 281（39）
感光体の現状と展望 …… 成田　満　田中　辰雄 282（40）
プリンタ用有機感光体 …… 寺崎　成史　池田　豊　小日向俊紀 286（44）
ディジタル複写機用有機感光体 …… 篠崎　美調　宮本　貴仁 291（49）
正帯電型有機感光体 …… 中村　洋一　面川　真一　竹嶋　基浩 295（53）
１ドット潜像電位評価技術 …… 会沢　宏一　上野　芳弘　竹嶋　基浩 299（57）

No.5　特集1 半導体／特集2 放射線システム

特集1 半導体

パワー半導体デバイスへの期待 …… 松瀬　貢規 307（1）
半導体の現状と展望 …… 金田　裕和　松田　昭憲 308（2）
U シリーズ IGBT モジュール …… 宮下　秀仁 313（7）
U シリーズ IGBT-IPM（600 V） …… 関川　貴善　遠藤　弘　脇本　博樹 317（11）
新絶縁基板を用いた次世代 IGBT モジュール技術 …… 西村　芳孝　望月　英司　高橋　良和 321（15）
パワーデバイス用ゲート酸化膜形成技術 …… 松本　良輔　加藤　博久 326（20）
ワンチップ技術による高圧センサ …… 上柳　勝道　篠田　茂　芦野　仁泰 330（24）
電源二次側整流器用ダイオード「低 I_R-SBD シリーズ」 …… 掛布　光泰　一ノ瀬正樹 334（28）
60 V 耐圧 MOSFET 内蔵型降圧同期整流電源 IC …… 藤井　優孝　米田　保 338（32）
PDP 用中耐圧 MOSFET …… 原　幸仁　井上　正範 342（36）
汎用 PDP スキャンドライバ IC …… 小林　英登　多田　元　澄田　仁志 346（40）
PDP ドライバ IC 用デバイス・プロセス技術 …… 澄田　仁志 350（44）

特集2 放射線システム

放射線機器の可能性について …… 中村　尚司 355（49）
放射線システムの現状と展望 …… 河野　悦雄 356（50）
個人線量モニタリングシステム …… 青山　敬　上田　治　河村　岳司 358（52）
環境放射線モニタリングシステム …… 高木　俊博　木村　修　皆越　敦 364（58）
環境放射線測定器 …… 小林　裕信　酒巻　剛　増井　馨 369（63）
放射性物質汚染検査装置 …… 長谷川　透　橋本　忠雄　橋本　学 373（67）
大規模放射線監視システム …… 藤本　敏明　伊藤　勝人　中島　定雄 380（74）
放射線管理計算機システム …… 三保谷英一　田辺　健一　明石　倫雄 385（79）
RI 利用施設向け放射線管理システム …… 佐藤　正昭　水野　裕元　籔谷　孝志 389（83）
放射線応用機器 …… 門野　浅雄 392（86）

No.6　特集1 情報制御システム／特集2 無停電電源装置（UPS）

特集1 情報制御システム

流動場測定技術の進展と流体力学の展開 …… 武田　靖 397（1）
情報制御システムの現状と展望 …… 橋本　親　中島　千尋　黒江　潤一 398（2）
新情報制御システム「MICREX-NX」 …… 酒井　敏　坂上　浩一　鈴木　哲雄 404（8）
新情報制御システム「MICREX-NX」の高度情報制御パッケージ …… 池田　卓史　中野　正人 409（13）
新情報制御システム「MICREX-NX」のマイグレーション方法 …… 山田　隆雄　藤田　史彦 413（17）
新情報制御システム「MICREX-NX」のエンジニアリング支援ツール …… 竹内　良友　山野　景章　森　貴繁 418（22）
新情報制御システム「MICREX-NX」のキャビネット実装技術 …… 一戸　均　塩　哲二　池戸　弘泰 423（27）
中小規模監視制御システム「EGFMAC-SIRIUS」 …… 黒田　昌吾　羽原　茂広　伊藤　伸一 427（31）
ハイブリッド超音波流量計 …… 矢尾　博信　平山　紀友　大室　善則 432（36）
ディジタル指示調節計「PXH」 …… 小西　英之 436（40）
情報制御・計測システムを支える設計製造技術 …… 町田　潤一　坂田　晃次　橘　諭貴 440（44）
高速・高精度を実現する制御系設計技術 …… 吉田　收志　金子　貴之　平井　洋武 444（48）

特集2 無停電電源装置（UPS）

インテリジェント UPS 技術を目指して …… 羽根吉寿正 448（52）
富士ミニ UPS「GX シリーズ」 …… 内藤　英臣　大熊　康浩　松尾　浩之 449（53）
並列冗長方式ミニ UPS「RX シリーズ」 …… 山方　義彦　橋本　圭史　小林　宣之 453（57）
大容量 UPS「UPS8000 シリーズ」 …… 廣瀬　順　谷津　誠　福田　幸夫 458（62）
UPS 応用電源 …… 本木　泰　倉島　和義　岸　俊宏 463（67）
無停止化技術を適用した直流電源 …… 保高　伸洋　軽部　邦彦 467（71）

富士時報論文抄録

情報制御システムの現状と展望

橋本　親　　中島　千尋　　黒江　潤一
富士時報　Vol.77 No.6 p.398-403（2004）

低い経済成長が続きかつ製造拠点のグローバル化が進む中で，情報制御システムに求められることは，プラントのライフサイクルを通したコストを最小化することである。新情報制御システム「MICREX-NX」は，経営レベルからフィールドレベルまでの情報の統合と，製造プロセスの上流から下流までの制御・管理を統合する垂直水平統合をコンセプトとしている。さらに，統合されたエンジニアリング環境，高信頼性，高い保守性，従来機種との互換性，国際標準規格への対応などにより，ユーザーの資産やノウハウを継承し進化させることができる。

新情報制御システム「MICREX-NX」

酒井　敏　　坂上　浩一　　鈴木　哲雄
富士時報　Vol.77 No.6 p.404-408（2004）

新情報制御システム「MICREX-NX」は，オープン技術と先進ソフトウェアにより，フィールドレベルから MES（Manufacturing Execution System）まで垂直統合し，FA 分野においても適用可能な水平統合ソリューションビジネスの展開に適し，なおかつ用途に応じた使い分けが可能な自由度の高い DCS（Distributed Control System）である。本稿では，この MICREX-NX のシステムアーキテクチャ，ならびにその構成要素，要素技術について紹介する。

新情報制御システム「MICREX-NX」の高度情報制御パッケージ

池田　卓史　　中野　正人
富士時報　Vol.77 No.6 p.409-412（2004）

新情報制御システム「MICREX-NX」の高度情報制御パッケージとして，設備管理パッケージ　SIMATIC PDM（Process Device Manager），バッチシステム（SIMATIC BATCH），ルートコントロール（SIMATIC ROUTE CONTROL）を紹介する。これらのパッケージは統一されたエンジニアリング環境の下，垂直水平統合を実現するソリューションを提供する。

新情報制御システム「MICREX-NX」のマイグレーション方法

山田　隆雄　　藤田　史彦
富士時報　Vol.77 No.6 p.413-417（2004）

MICREX-NX は，これからの富士電機の PAS（Process Automation System）ビジネスの核となる DCS（Distributed Control System）である。この MICREX-NX の適用に関しては，PAS ビジネスの多くが既存設備の更新・増設であることを踏まえ，顧客の既存システムとのスムーズな継承を図っていくことが大きな課題である。マイグレーションの考え方としては，顧客の持つ既存の DCS の資産を最大限有効活用し，新しい MICREX-NX のメリットを顧客が享受しつつ，既存のシステムの部分更新・増設を可能とする仕組みを提供する。本稿では，従来機能を継承しながらシステムの部分更新を実現するために提供する MICREX-NX のマイグレーション手法を紹介する。

新情報制御システム「MICREX-NX」のエンジニアリング支援ツール

竹内　良友　　山野　景章　　森　貴繁
富士時報　Vol.77 No.6 p.418-422（2004）

MICREX-NX のエンジニアリング支援ツールは，高度化・複雑化するプロセスオートメーションシステムのエンジニアリングを，高効率・高品質に実現することを狙っている。この支援ツールは，データベースにより統合化されたエンジニアリングデータを，目的に応じて用意された多様な View を利用して作成し，またそのデバッグと再利用を容易に実現する環境を提供する。

新情報制御システム「MICREX-NX」のキャビネット実装技術

一戸　均　　塩　哲二　　池戸　弘泰
富士時報　Vol.77 No.6 p.423-426（2004）

制御装置はセキュリティ，耐環境，安全性などの観点からキャビネットへ実装され，装置や設備ごとに管理運用される。MICREX-NX のキャビネット設計では，温度設計，安全設計および高密度設計について多くの課題解決を行った。特に大きな課題は，「EMC 対策」と，「ユーロ端子を日本のねじ端子に変換するための小型変換ケーブルの設計」であった。以上をふまえた熱設計の結果，MICREX-NX のキャビネットは強制空冷（吸気・排気），自然空冷および密閉というすべての冷却方式を実現している。

中小規模監視制御システム「EGFMAC-SIRIUS」

黒田　昌吾　　羽原　茂広　　伊藤　伸一
富士時報　Vol.77 No.6 p.427-431（2004）

パソコンと汎用プログラマブルコントローラで手軽に構築できる中小規模用監視制御システム「EGFMAC-SIRIUS」について，システムの概要，特長などを説明する。さらに各種パッケージソフトウェアの中から，標準の監視パッケージ，電力監視制御パッケージ，計装監視制御パッケージなどの機能やエンジニアリングシートによる容易なエンジニアリング手法，ならびに従来は手作業で設計していたプラント画面のエンジニアリングを大幅に自動化して支援する，オブジェクト自動生成機能について述べる。

ハイブリッド超音波流量計

矢尾　博信　　平山　紀友　　大室　善則
富士時報　Vol.77 No.6 p.432-435（2004）

超音波パルスドップラー流速分布法（UVP 法）と伝搬時間差法を併せ持つハイブリッド超音波流量計を世界で初めて開発した。本製品は，一対のクランプオン型の超音波センサを測定配管上に対向して設置し，測定流体（気泡などの混入状態や流速など）の性状に応じて測定方式を自動的に切り換えて測定する。UVP 法では，直径全体の流速分布をリアルタイムに測定できるために補正係数が不要となり，高精度な測定が可能である。

Abstracts (Fuji Electric Journal)

The New MICREX-NX Information and Control System

Satoshi Sakai Kouichi Sakagami Tetsuo Suzuki

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.404-408 (2004)

The newly developed MICREX-NX information and control system is a highly flexible DCS (distributed control system) that utilizes open system hardware and advanced software to provide vertical integration from the field level to the MES (manufacturing execution system) level, and can be used for various applications, such as developing horizontally integrated business solutions suitable for the FA (factory automation) field. This paper introduces the MICREX-NX system architecture, its constituent elements and technologies.

Trends and Prospects of Information and Control Systems

Shin Hashimoto Chihiro Nakajima Junichi Kuroe

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.398-403 (2004)

During a time of sluggish economic growth and increasing globalization of production, minimization of cost throughout a plant's lifecycle is a key requirement of information and control systems. The new MICREX-NX information and control system is designed to integrate information from the administrative through field levels, and also to provide vertical and horizontal integration that integrates control and management from upstream to downstream manufacturing processes. Additional features such as an integrated engineering environment, high reliability, high maintainability, compatibility with prior models, and compliance with international standards enable the inheritance and refinement of user resources and technical know-how.

Migration Scenario for the MICREX-NX

Takao Yamada Fumihiko Fujita

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.413-417 (2004)

MICREX-NX is a new DCS (distributed control system) that will form the core of Fuji Electric's PAS (process automation system) business. Because most PAS business involves the updating or replacing of a customer's existing system, it is important that this MICREX-NX is able to inherit smoothly a customer's resources. The underlying concept of migration is to make the maximum effective use of the customer's existing DCS resources and to provide an easy method for updating or replacing portions of the customer's existing system while benefiting from the merits of the new MICREX-NX. This paper describes the MICREX-NX migration method for updating or replacing a portion of the customer's existing system while inheriting the functions of that system.

Advanced Information and Control Software Packages of the MICREX-NX

Takashi Ikeda Masato Nakano

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.409-412 (2004)

This paper introduces the following advanced information and control software packages for the MICREX-NX: the SIMATIC PDM (process device manager) for maintenance of field devices, the SIMATIC BATCH for batch systems and the SIMATIC ROUTE CONTROL for materials transport. These packages provide vertical and horizontal integration within an integrated engineering environment.

Cabinet Mounting of the MICREX-NX

Hitoshi Ichinohe Tetsuji Shio Hiroyasu Ikedo

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.423-426 (2004)

For security, environmental and safety reasons, the controller is mounted inside a cabinet and devices and equipment are controlled individually. In the development of the MICREX-NX cabinet, many design problems relating to temperature, safety and high-density were solved. Especially, a big problem was "Agreement to EMC restriction", and "Design of the small conversion cable to convert the Euro terminal into the Japanese type screw terminal." As a result of the heat design that based on the above, the cabinet of MICREX-NX has achieved all the cooling methods such as the air cooling with flows (suction and exhaust) and the air cooling without blowers and sealed cooling.

Engineering Support Tools for the MICREX-NX

Yoshitomo Takeuchi Keisho Yamano Takashige Mori

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.418-422 (2004)

Engineering support tools for the MICREX-NX are provided to achieve highly efficient and high quality realizations of increasingly sophisticated and complex process automation systems. Provided with a diversity of options, these support tools are used to generate a database of integrated engineering data and to provide an environment in which debugging and reuse of resources can be accomplished with ease.

Hybrid Ultrasonic Flow Meter

Hironobu Yao Noritomo Hirayama Yoshinori Ohmuro

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.432-435 (2004)

Fuji Electric has developed the world's first hybrid ultrasonic flow meter, which combines both UVP (ultrasonic-doppler velocity profile) and transit time methods. In this product, a pair of clamp-on ultrasonic transducers mounted opposite to each other on a pipe surface measure the flow rate by means of a function that automatically switches the measurement method according to conditions of the measurement liquid, such as velocity or bubble content. The UVP method measures diametric velocity profiles in real time. This method enables accurate flow rate measurement without any correction coefficients.

Package Software and Engineering of the EGFMAC-SIRIUS Small and Medium-scale Monitoring and Control System

Shougo Kuroda Shigehiro Habara Shinichi Ito

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.427-431 (2004)

This paper presents a system overview and describes features of the EGFMAC-SIRIUS small and medium-scale monitoring and control system, which is easily configured with a PC and general-purpose programmable controller. Functions of the various software packages are also described, including the standard monitoring package, power monitoring and control package, and the instrumentation monitoring and control package, as well as simple design methods based on engineering sheets, and the automated object generation function that supports by automation of the engineering of plant drawings, which formally was a manual design process.

ディジタル指示調節計「PXH」

小西　英之
富士時報　Vol.77 No.6 p.436-439（2004）

高性能ディジタル指示調節計「PXH」を開発した。PXH は，高速・高精度化の要求が高まっている温度制御から，高度の機能を要求するプロセス制御まで幅広く対応できる調節計である。前面寸法 96 × 96（mm），奥行 81.5 mm というコンパクトなボディの中に，プロセスコントローラ並みの機能と，普及形温度調節計並みの使いやすさを実現した。

情報制御・計測システムを支える設計製造技術

町田　潤一　　坂田　晃次　　橘　　諭貴
富士時報　Vol.77 No.6 p.440-443（2004）

近年，携帯電話やディジタルカメラなど電子機器の小型化・高性能化の流れが制御機器分野にも浸透している。富士電機では，多品種少量生産に対応できるシリコン基板上への微細配線の形成および汎用チップ実装による高密度小型モジュール（IMM：Intelligent Micro Module）を開発した。この IMM を情報制御・計測システムの今後を支えていく設計製造技術として位置づけている。

高速・高精度を実現する制御系設計技術

吉田　收志　　金子　貴之　　平井　洋武
富士時報　Vol.77 No.6 p.444-447（2004）

非線形摩擦とむだ時間を有する共振負荷系の高速・高精度位置決め制御を実現するため，既約分解に基づく 2 自由度制御系を適用し，制御系を設計した。むだ時間を考慮した外乱オブザーバに加えて，前向き補償トルクを併用することにより非線形摩擦の影響を抑圧した。評価システムによる実験により，外乱オブザーバと前向き補償トルクによる摩擦補償の有効性を確認した。

富士ミニ UPS「GX シリーズ」

内藤　英臣　　大熊　康浩　　松尾　浩之
富士時報　Vol.77 No.6 p.449-452（2004）

近年，コンピュータシステムの発展に伴い，無停電電源装置（UPS）の需要が高まっている。UPS には，高い性能と機能および高効率が要求される。このような背景のもと，富士電機では新しい回路トポロジーを適用したミニ UPS「GX シリーズ」を開発，製品化した。本稿では，GX シリーズの特長と製品仕様，回路動作について述べる。

並列冗長方式ミニ UPS「RX シリーズ」

山方　義彦　　橋本　圭史　　小林　宣之
富士時報　Vol.77 No.6 p.453-457（2004）

IT 技術の急速な発達に伴い，情報ネットワーク全体の安定稼動に対する要求が高まっている。そのため，これらネットワークの電源として用いられるミニ UPS（無停電電源装置）に対しても高信頼性の要求が高まっている。さらに，環境への意識の高まりにより高効率化が求められている。今回，富士電機では，並列冗長方式を採用することで信頼性に優れ，デュアルコンバージョン方式を適用することで高効率と高性能の両立を実現したミニ UPS を製品化した。本稿では，それらの仕様および特長を紹介する。

大容量 UPS「UPS8000 シリーズ」

廣瀬　　順　　谷津　　誠　　福田　幸夫
富士時報　Vol.77 No.6 p.458-462（2004）

近年，地球環境問題が注目される中，無停電電源装置（UPS）には高効率化へのニーズが高まっている。今回，富士電機では常時商用給電方式並みの 98 %という高効率と，入力高調波補償機能，出力電圧の安定化機能，停電時の無瞬断機能を有し常時インバータ給電方式と同等の入出力特性を実現する新方式としてデュアルプロセッシング方式の UPS を開発した。本稿ではデュアルプロセッシング方式を用いた高効率大容量 UPS8000 シリーズの特長，仕様，系列，要素技術を紹介する。

UPS 応用電源

本木　　泰　　倉島　和義　　岸　　俊宏
富士時報　Vol.77 No.6 p.463-466（2004）

UPS（Uninterruptible Power Supply），SPS（Stanby Power Supply）の基本要素技術である①高周波 PWM 技術，②自立運転時の瞬時電圧制御技術，③並列運転制御技術，④系統連系運転時の瞬時有効・無効電力制御技術を駆使し，電力応用分野へ適用した。一つはレドックスフロー電池と組み合わせた単機 1,500 kVA 風力発電出力平滑化装置（システムとしては 6,000 kVA）であり，もう一つは単機 1,500 kVA 周波数変換装置（システム容量としては 3,000kVA）である。二つの大容量変換装置への適用例を紹介する。

無停止化技術を適用した直流電源

保高　伸洋　　軽部　邦彦
富士時報　Vol.77 No.6 p.467-471（2004）

情報通信，FA 機器分野において電源停止によるシステムダウンはあってはならない。システムダウンの要因としては入力 AC ラインの停電と電源自体の故障停止がある。本稿ではシステムに使用される直流電源を入力停電時に直接バッテリーでバックアップする，新しい考え方の無停電電源装置を開発製品化したので紹介する。また，直流電源の故障に対して電源の無停止化を行うため，複数台の直流電源を組み合わせた並列冗長技術についても紹介する。

Design and Manufacturing Technology which Improves Information, Instrumentation and Control Technology

Junichi Machida Kouji Sakata Yutaka Tachibana

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.440–443 (2004)

The recent trends of cellular phones, digital cameras and other electronic devices toward miniaturization and greater functionality have also spread to the field of control devices. Fuji Electric has developed a high density, miniature module known as the IMM (intelligent micro module) that incorporates fine wire technology on a silicon substrate and is equipped with general-purpose chips. Supporting the manufacture of a wide variety of products in small quantities, the IMM is poised to improve the design and manufacture of future information, instrumentation and control technology.

PXH Digital Controller

Hideyuki Konishi

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.436–439 (2004)

Fuji Electric has developed the PXH high-performance digital controller. The PXH controller is suitable for a wide range of control applications, ranging from temperature control, which requires ever-faster speeds and higher precision, to process control, which requires high performance. The functionality of a process controller and ease-of-use of a common temperature controller have been realized within a compact body size of 96 (H)× 96 (W) × 81.5 (D) mm.

Fuji's Mini-UPS "GX Series"

Hideomi Naito Yasuhiro Okuma Hiroyuki Matsuo

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.449–452 (2004)

In recent years, the demand for uninterruptible power supplies (UPS) has been increasing with the rapid development of computer systems. Such a UPS is required to provide a high level of performance and functionality and to be highly efficient. In response to these circumstances, Fuji Electric has completed the development and commercial production of a new UPS model known as the GX series which incorporates a new circuit topology. This paper describes the features, product specifications and operation of the GX series.

Fast-response and High-precision Control Design Technique

Atsushi Yoshida Takayuki Kaneko Hiromu Hirai

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.444–447 (2004)

A robust 2-degrees-of-freedom (2DOF) controller based on coprime factorization is designed for a highly responsive, high-precision positioning system. To compensate for the effects of nonlinear friction, a disturbance observer and torque feedforward compensation are both adopted. The effectiveness of the proposed controller has been verified by experiments using test equipment.

UPS8000 Series of Large Capacity Uninterruptible Power Supplies

Jun Hirose Makoto Yatsu Sachio Fukuda

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.458–462 (2004)

As awareness of global environmental issues has heightened in recent years, the need for higher efficiency of uninterruptible power supplies (UPSs) has also increased. In response, Fuji Electric has developed a new dual-processing UPS, exhibiting high efficiency of 98% (comparable to the efficiency rating of a standby power system), provided with an input harmonic compensation function, an output voltage stabilizing function and a function for uninterrupted operation during a power outage, and realizing I/O characteristics equivalent to those of an online power system. This paper introduces the features, specifications, series and constituent technologies of Fuji's high efficiency, large capacity UPS8000 series that uses dual processing.

Redundant Mini-UPS "RX Series"

Yoshihiko Yamagata Keiji Hashimoto Nobuyuki Kobayashi

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.453–457 (2004)

With the rapid development of IT technology, the stable operation of information networks is becoming increasingly crucial. Accordingly, high reliability is increasingly being demanded of the UPSs (uninterruptible power supplies) used as the power supplies for these networks. Recently, the demand for high-efficiency UPSs has rapidly increased as environmental awareness has risen. Fuji Electric has commercialized a new UPS that uses redundancy to achieve high reliability and uses a dual-conversion method to achieve high efficiency and performance. This paper introduces the specifications and features of this new series of UPSs.

DC Power Supply that Applies Uninterruptive Technology

Nobuhiro Hotaka Kunihiko Karube

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.467–471 (2004)

In the telecommunications and factory automation fields, it is unacceptable for a power outage to cause a system to become inoperable. A system can become inoperable due to power outage of the input AC line or malfunction of the power supply itself. This paper introduces a novel uninterruptible power supply that has been developed and commercialized by Fuji Electric. In this uninterruptible power supply, the DC supply that powers the system is backed up directly by a battery to prevent outage in the case of a failure of input power. Also described is parallel redundant technology that combines multiple DC power supplies in order to prevent interruption of the power supply in the case of a DC power supply malfunction.

UPS Applied Power Supplies

Yasushi Motoki Kazuyoshi Kurashima Toshihiro Kishi

Fuji Electric Journal Vol.77 No.6 p.463–466 (2004)

The UPS (Uninterruptible Power Supply) and SPS (standby power supply) basic elemental technologies of ① high-frequency PWM technology, ② technology for instantaneous voltage control during autonomous operation, ③ parallel operation control technology, and ④ technology for instantaneous active/reactive power control during grid-connected operation have been applied to the field of electric power applications. One resultant device is a single 1,500 kVA wind-power output smoothing apparatus combined with a secondary battery (system capacity of 6,000 kVA) and the other is a single 1,500 kVA frequency converter (system capacity of 3,000 kVA). Examples of application to two large capacity converters are described.

情報システムやネットワーク機器などのミッションクリティカルな設備・機器・装置を停電などの電源障害から守るため，UPS（無停電電源装置）を準備することはシステムを管理するうえで必要不可欠と考えられるようになってきました。

UPSが普及するにつれ，高信頼化，小型化，ネットワーク化など，UPSの技術もより高度に進化してきました。

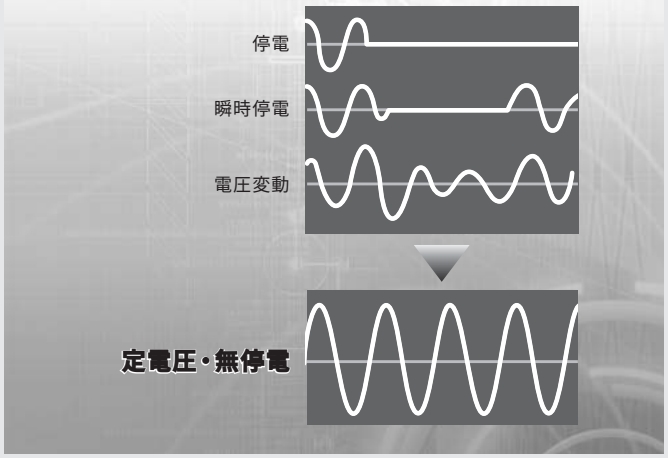
いま，富士電機の新技術デュアルコンバージョン方式により，UPSは新世代UPSへと進化します。

高信頼UPSの進化形 デュアルコンバージョン方式

常時インバータ給電方式と常時商用給電方式の両方の長所を兼ね備えた新方式，
それがデュアルコンバージョン（Dual-Conversion）方式です（特許出願中）。

高信頼の出力安定性

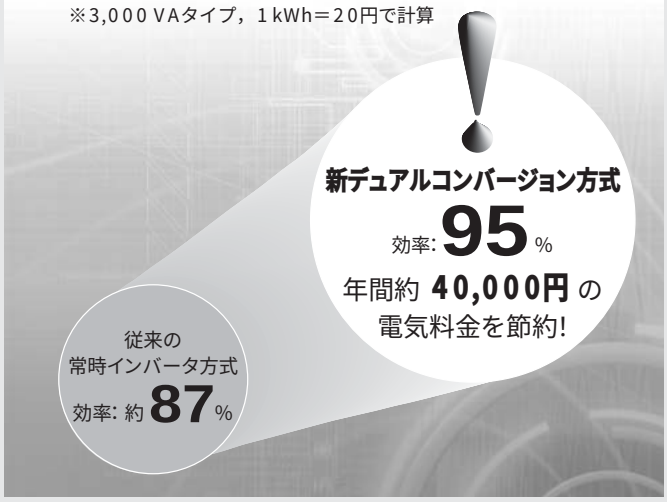
■停電時のバッテリー給電への切換時も，無瞬断で負荷をバックアップします。
■入力電圧変動時も，安定した電圧を出力します。



高効率による省エネ効果

■独自の新回路方式により，電源の損失が少なく，高効率（95％）です。

※3,000 VAタイプ，1kWh＝20円で計算



無停電電源装置
富士グローバルミニUPS GX シリーズ

700～3,000VA

お問合せ先：富士電機システムズ株式会社 電話（03）3515-7500 http://www.fesys.co.jp/sougou/seihin/ups/

昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成16年11月10日発行（年6回1，3，5，7，9，11月の10日発行）富士時報　第77巻　第6号（通巻第829号）

e-Front runners

本誌は再生紙を使用しています。

雑誌コード 07797-11　　定価 735円（本体 700円）