

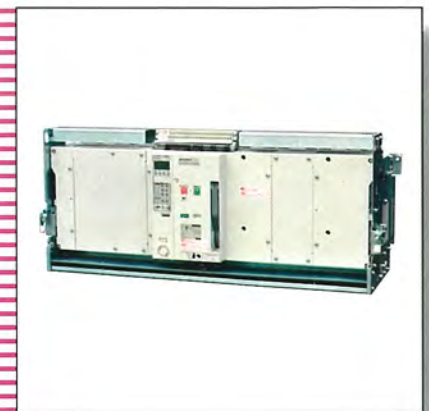
MITSUBISHI

三菱電機技報

Vol.80 No.11

2006 **11**

特集Ⅰ「FA機器」
特集Ⅱ「家電機器」



目次

特集I「FA機器」

“ものづくり”とFAについて 1
 杉山 彰

FAシステム機器の将来展望 2
 山下昭裕・尼崎新一

MESインタフェース製品 7
 吉川 勉

“MELSEC-Qシリーズ” C言語コントローラ 11
 井上直文・植木正史

絶縁多チャンネルアナログユニット 15
 野本浩主・斉藤成一

“MELSEC-Qシリーズ” 位置決めユニット 19
 大西厚子・山本順司

“GOT1000シリーズ”の機種・機能追加 23
 藤野寛史

M700シリーズ画面開発ツール“NC Designer” 27
 田中貴久・清水敏男

低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”の大容量化 31
 福谷和則・原本賢一

特集II「家電機器」

家電機器特集号に寄せて 35
 田代正登

家電機器の開発動向 36
 平原卓穂

ルームエアコン“霧ヶ峰ZW”シリーズ 41
 村上泰隆・日高 彰

空気清浄技術 45
 古橋拓也・森岡怜司・赤松久宇

“Wclass”冷蔵庫の新機能 49
 八木田 清・坂本克正

ジャー炊飯器のおいしさ向上技術
 —“本炭釜”の炊飯特性— 53
 井坂久夫・久保田哲正

家庭用IHクッキングヒータ技術 57
 鈴木浪平・私市広康

掃除機の低騒音化技術 61
 藤原 奨・近藤大介

Factory Automation Devices

“Monozukun” and FA
 Akira Sugiyama

Future Perspective of FA System Equipments
 Akihiro Yamashita, Shinichi Amasaki

MES Interface for Automation Systems
 Tsutomu Yoshikawa

“MELSEC-Q Series” C Controller
 Naotake Inoue, Tadashi Ueki

Channel Isolated Analog Module (Multi-channel)
 Hirokazu Nomoto, Seiichi Saito

MELSEC-Q Series Positioning Module
 Atsuko Onishi, Junji Yamamoto

New Models and New Functions of “GOT1000 Series”
 Hirofumi Fujino

M700 Series Screen Drawing Software “NC Designer”
 Takahisa Tanaka, Toshio Shimizu

Low Voltage Air Circuit Breakers “AE-SW Series” with High Current Ratings
 Kazunori Fukuya, Kenichi Haramoto

Home Appliances

Foreword to Special Issue on Technology of Home Appliances
 Masato Tashiro

Trend of Development for Home Appliances
 Takuho Hirahara

Room Air Conditioner “Kirigamine ZW” Series
 Yasutaka Murakami, Akira Hidaka

Indoor Air Cleaning Technologies
 Takuya Furuhashi, Reiji Morioka, Hisayuki Akamatsu

New Functions of “Wclass” Refrigerator
 Kiyoshi Yagita, Katsumasa Sakamoto

Characteristic of All Carbon Material Pot for IH Rice Cooker
 Hisao Isaka, Tetsumasa Kubota

Technologies of Mitsubishi IH-Cooker
 Namihei Suzuki, Hiroyasu Kisaichi

Noise Reduction Technologies for Vacuum Cleaner
 Susumu Fujiwara, Daisuke Kondo

特許と新案

「データ処理装置」「パーソナルコンピュータ組込み型
 数値制御装置」 65

「光走査式レーザ加工機」 66

スポットライト

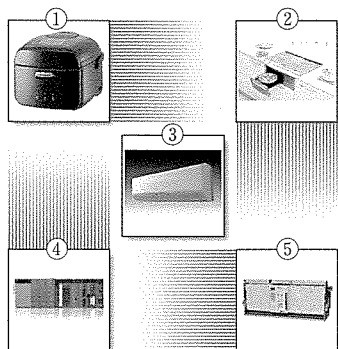
3口据置型IHクッキングヒータ

表紙：家電機器

①は、純度99.9%の炭材料を釜(かま)に採用した2006年発売の三菱炭炊きIHジャー炊飯器“NJ-WS10”，②は、ピザが焼ける大型グリル搭載の2005年発売のビルトインIHクッキングヒータ“CS-G3205BDSW”，③は、赤外線センサ“Wムーブアイ”を搭載し快適性と省エネルギー性の向上を両立させた2005年発売のルームエアコン霧ヶ峰“MSZ-ZW40TS”である。

表紙：FA機器

FA機器分野では、市場ニーズの変化にタイムリーに対応する新製品の開発に取り組んでいる。表紙写真はその一例で、計装分野のコントローラとしてシーケンサの適用拡大をねらう絶縁多チャンネルアナログユニット(④)、大規模ビル・工場などの低圧受配電システムの大容量化や船舶の大型化定格電流に対応するために機種拡大した気中遮断器“AE-SWシリーズ”(⑤)を示す。



I “ものづくり”とFAについて
“Monozukuri” and FA杉山 彰
Akira Sugiyama

昨今、国家主導で“ものづくり”について議論されている。製造業を取り巻く環境が、資源・環境・人口等の制約から、従来の大量生産の製造業を中心とした経済発展のパラダイムが限界になってきた。そこで、物質・労働負荷を低減した多品種変量の循環型の“ものづくりパラダイム”へ転換する必要があるというものである。

ものづくりとは、単に製品を作るのではなく、価値の創造であって、顧客や消費者の満足を高めることである。また、環境にも人間にも負荷をかけるものではなく、人類の幸福を実現するものでなければならない。人それぞれが様々な価値観を持ち、人それぞれの要求が異なる中で、個々人が満足できる製品をその時々には供給することが求められている。また、有形な製品だけでなく、その製品を活用したサービスやソリューションの提供も同様である。

バブル崩壊後、中国特需に沸き、メーカーはこぞって工場を海外に移してきた。しかし、昨今では、海外生産へのリスク意識の高まりと、開発製造力の強化等の観点から、デジタル家電や自動車等の付加価値の高い製品や多品種変量生産型の製品では、生産拠点の国内回帰も見られるようになってきている。今後は、製品に応じた全世界規模での最適生産が必要になると思われる。

三菱電機は、プログラマブルコントローラやサーボモータ、各種加工機等の製造装置の提供のみならず、これらの製造装置を活用し、工場全体を一つの生産システムとして機能させるソリューションの提供まで、FA(Factory Automation)総合メーカーとしてのトータルサポートに取り組んでいる。

全世界規模での最適生産を実現するには、“工場”そのものの付加価値も高めなければならない。当社は、単品種大量生産工場から、多様化するユーザーニーズに応じた、高付加価値製品の多品種変量生産工場に至るまで、工場の高付加価値化を実現するためのソリューションの一つとして、e-F@ctory^(注1)による工場の“見える化”を提案している。

e-F@ctoryとは、生産実績、稼働実績、品質情報などの生産現場の各種データを、製造装置内部から直接リアルタイムに収集し、情報システムで活用することで、品質向上、工期短縮、生産性向上等の製造現場における課題を解決する仕組みを構築した工場である。この製造装置と情報システムとの情報連携によって、“工場の生産プロセス全体の可視化”を行い、販売から生産までを連動し、生産指示と生産状況の把握を的確に行うことで、一つのラインで多品種製品の混流生産が可能となる。

今回の特集では、生産現場の各種データを製造装置内部から直接リアルタイムに収集し、情報システムへ通信するMES(Manufacturing Execution System: 製造実行システム)インタフェースを始め、プログラマブルコントローラ、プログラマブル表示器、数値制御装置、配線用遮断器等、工場の高付加価値化に必要な各種FAシステム機器について述べる。

ものづくりが注目されつつある昨今、当社は、ものづくりを実施する工場そのものの高付加価値化の実現に日々取り組み、種々のソリューションを提供していく所存である。

(注1) e-F@ctoryは、三菱電機の登録商標である。



山下昭裕*



尼崎新一**

FAシステム機器の将来展望

Future Perspective of FA System Equipments

Akihiro Yamashita, Shinichi Amasaki

要旨

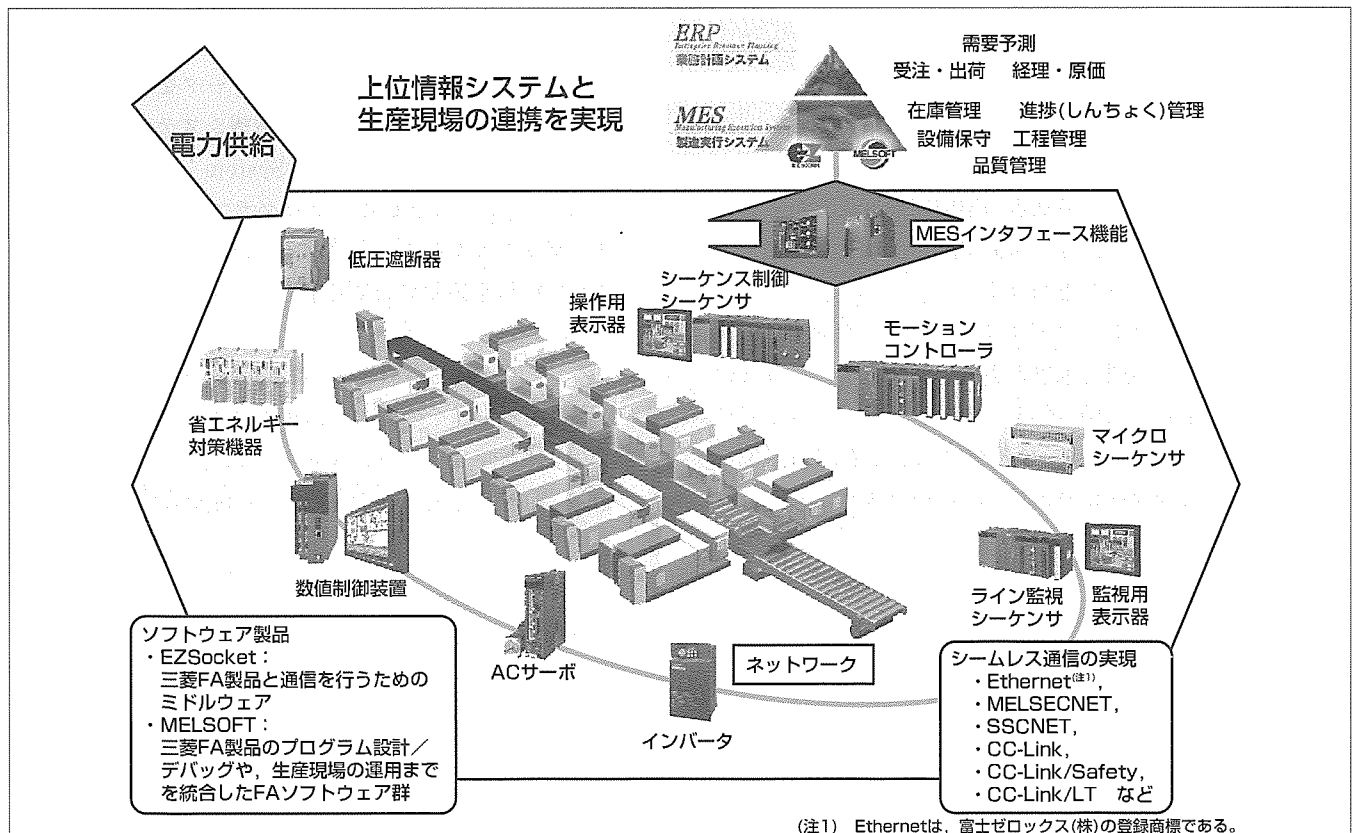
FA (Factory Automation) ビジネスは、国内外の自動車関連投資、FPD (Flat Panel Display) / 半導体関連投資等の増加により好調に推移している。しかし、市場環境は、三菱電機を含む三大FA総合メーカーが地域ごとのシェアを分け合う既存市場に加え、BRICs等新興市場の着実な立ち上がりを背景としながら、中国市場を中心とした有力メーカーによる覇権争いが一層激化する構図となっている。

市場ニーズは、製造業での熾烈(しれつ)な競争がFA機器に対しても機器単体での性能向上にとどまらず、設備・装置の企画から立ち上げ・運用・保守まで製造業におけるTCO (Total Cost of Ownership) 削減に向けたトータルソリューションサポートの要求へと変化しており、様々な機器群を提供するFA総合メーカーとして当社の真骨頂が問われている。

このような環境変化に対応するため、シーケンサでは計装/マイコン分野/安全規格対応の製品開発、表示器では装置のダウンタイム短縮のためのトラブルシューティング/操作ログ機能の開発、NC (Numerical Controller) では5軸加工/超高速・超精密加工/専用機向けのMELSECプラットフォームに搭載できるNCユニットの開発、サーボでは攻略分野(液晶・半導体、印刷・包装)対応の製品開発、汎用インバータでは省エネルギー/駆動特性向上開発、ネットワークでは高速・大容量化開発を実施するとともに、当社機器群をトータルのサポートする統合エンジニアリング環境を開発している。

本稿では、これらの環境変化に対応した当社FAシステム機器群の技術動向を概観し、将来展望について述べる。

特集
I



製造業の高付加価値化を実現する三菱電機のFA機器

上位情報システムと生産現場の連携を実現する各種FA機器の接続イメージ例を示す。

1. ま え が き

当社FAシステム事業は、製造業に向けて、その“モノづくり”の現場にある設備／装置を構成するメカトロニクス製品やシステム機器群を提供している。製造業にとって設備や装置は各メーカーの製造ノウハウが凝縮されたものであり、勝ち残りのキーである。したがって、そこで用いられる機器についても、性能／品質／コストとあらゆる要素への厳しい要求がある。

本稿では、このうち、FAシステム機器について技術動向を述べる。

2. FAビジネスの市場動向

製造業向けFAシステム機器は、装置の操作や状態表示を受け持つHMI(Human Machine Interface)、論理的な制御をつかさどるシーケンサ、装置の物理的な動きを制御するNCコントローラ／サーボコントローラ／インバータ、さらに、駆動源であるアンプ／モータ／配電制御機器などで構成される。

市場環境としては、当社を含む三大FA総合メーカーが欧・米・日韓台それぞれの地域を中心にシェアを分け合う既存市場に加え、近年ではアジアでの製造業の急拡大、インド・東欧・ロシア等新興市場の着実な立ち上がりなどを背景としながら、中国市場を中心とした有力メーカーによる覇権争いが一層激化する構図となっている。もちろんこれに加えて、日韓台の自動車・半導体等の勝ち組製造業がグローバル事業展開を加速させるなど、地域を問わない対応も必要とされている。

社会環境面では慢性的な素材高騰・原油高が最大懸念となっているが、一方で、環境・安全・省エネルギー等に対する規格化・法制化に対応した製品強化が新たな需要創出要因となるなど、堅調と言える。

ニーズ面では、製造業での熾烈な競争がFA機器に対してもコンポーネントレベルのパフォーマンス向上にとどまらず、設備・装置の企画から立ち上げ・運用・保守までの製造業におけるTCO削減に向けたトータルソリューションサポートの要求へと変化しており、様々な機器群を提供するFA総合メーカーとして当社の真骨頂が問われている。

3. FA機器の技術動向

3.1 シーケンサの技術／開発動向

ラダープログラムによる論理制御を中心とするシーケンサであるが、近年では、FA分野だけでなく、計装分野や、マイコン組込み分野への適用など、幅広い分野で使用されるケースが大幅に増えてきている。

当社の“MELSEC-Qシリーズ”では、これら幅広い分野での要望にこたえるため、各種コントローラを取りそろえて

いる。

(1) MELSEC計装—計装分野への適用—

FBD(ファンクション・ブロック・ダイアグラム)言語による計装制御命令を実装した“プロセスCPU”や、冗長性を更に高めるためにCPUやネットワークを二重化した“二重化CPU”を製品化している。また、プロセス制御へ対応するためのチャンネル間絶縁／高分解能アナログユニットや多チャンネル絶縁アナログユニットなど各種アナログユニットも品ぞろえを行っており、鉄鋼、水処理分野などDCS(Distributed Control System：分散制御システム)が使用されていたシステムにシーケンサを適用することで大幅なダウンサイジングが実現できる。

(2) C言語コントローラ—マイコン分野への適用—

C言語で演算・制御可能なコントローラとして“C言語コントローラ”がある。これは、従来のマイコンボードなどのC言語資産を流用でき、リアルタイムOS(Operating System)トップクラスの実績を誇るVxWorks^(注2)を搭載したコントローラである。

これにより、ハードウェアの長期安定供給とリアルタイム性の高い装置(システム)が実現できる。また、MELSEC-Qシリーズの豊富なI/O、ネットワーク製品を活用することで、より拡張性のある柔軟なシステム構築が可能となる(図1)。

(3) モーションコントローラ—駆動制御との融合—

位置決めユニットに適した少数軸や同期制御が不要な用途に加え、多軸・同期制御が必要とされる用途として“モーションCPU”がある。モーションCPUは、最大96軸の制御が可能であり、シーケンサCPUやC言語コントローラなどとマルチCPU構成で使用することで各CPUの特長を生かし、駆動制御とシーケンス制御、情報制御との融合が可能となる(図1)。

(4) 安全シーケンサ—機械安全への適用—

近年、欧米のみならず、日本国内においても機械安全に対する要望が高まっている。この安全機能をプログラマブ(注2) VxWorksは、Wind River Systems, Inc.の登録商標である。

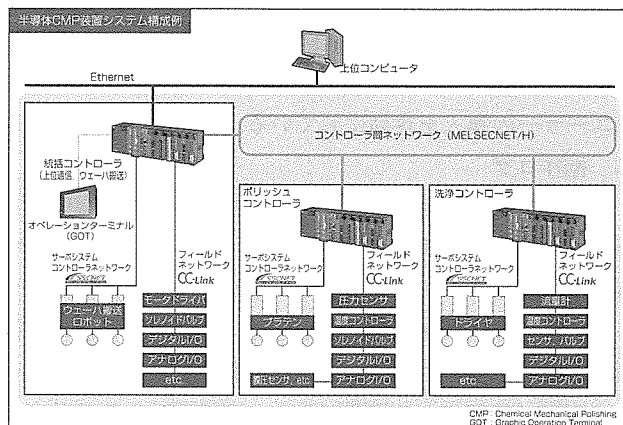


図1. C言語コントローラとモーションコントローラの適用例

ル化・ネットワーク化することにより、省スペース・省配線化と安全ロジックの開発・検証期間の短縮を実現し、コストパフォーマンスを追及しながら高度な安全システムが構築できる。当社では、安全システムを構築するソリューションとして、国際安全規格のIEC61508 SIL3、ISO13849-1 カテゴリー4に適合した安全シーケンサ及び安全フィールドネットワーク“CC-Link Safety”による三菱安全システムを提供している。

3.2 表示器の技術／開発動向

従来、表示器は、主にシーケンサに接続する操作盤としてのみ使用され、複雑な機能は要求されなかった。そのため、どのメーカーの表示器を使用しても機能が実現でき、比較的容易にメーカーを切り換えられる機種であった。

しかし、近年、表示器の高性能化に伴い、付加価値を組み込めるようになり、単純な操作盤以外の機能も要求されるようになってきた。

例えば、シーケンサ以外のFA機器のモニタ機能、複数のFA機器との同時接続、レシピデータ管理やロギングデータのヒストリカルトレンドグラフ表示による解析機能など、付加価値的機能を各社競って搭載する傾向が顕著である。

当社は、2005年度で表示器“GOT1000シリーズ”の品ぞろえを完了するとともに、継続的に機能拡充を進めてきた。今年度も、多岐にわたる機能拡充(接続機種拡大、ビデオ対応機種追加、MES(Manufacturing Execution System)インタフェース機能追加など)を進めているが、他社に先駆けて開発した“装置のダウンタイム短縮”という課題解決に威力を発揮する2つの機能について述べる。

(1) ドキュメント表示

従来、トラブルシュート用画面として、マニュアルの画像(BMP(BitMap)又はJPEG(Joint Photographic Experts Group)形式)を張り付けることは可能であったが、参照ページが複数にわたる場合など、マニュアルと同等に使用することはできなかった。今回、WordやPDF(Portable Document Format)など汎用マニュアルのイメージを丸々保存し、そこからズームイン／ズームアウトやページ送りなどを可能としたため利便性が一気に向上した。また、この機能に合わせて、三菱FA機器のマニュアルのトラブルシュート画面データをWebから提供可能としており、よりユーザーの導入を容易にしている。

(2) 操作ログ

装置の信頼性が上がるにつれて、発生頻度の少ない不具合に対する原因究明の必要性が高まっている。これに対する1つのソリューションとして、オペレータの操作をトレースできる操作ログ機能を実現した。操作ログ機能は、操作した画面切換えやスイッチ操作の履歴を表示器内に保存して画面で確認できる機能であり、誤操作による不具合原因究明に強力な支援ツールとなる。

3.3 NCコントローラの技術／開発動向

(1) 工作機械分野

近年、工作機械業界では、機械に付加価値を持たせるために複雑な形状を加工できる5軸加工機が増加している。当社NCでは、回転軸が旋回しても工具の先端が加工プログラムで指令された位置に制御する工具先端点制御など、5軸加工機に対応した制御機能を開発している。また、金型加工機分野では、高品位な金型を高速で加工することが求められてきており、NCの基本性能向上が要求される。当社最新の“MITSUBISHI CNC 700シリーズ”(図2)では、業界最速の処理能力によるサーボの高応答制御(ハイゲイン制御)と、微小な直線指令で滑らかな面を加工する機能であるSSS(Super Smooth Surface)制御機能により、高品位金型の高速加工に対応している。

(2) 超精密加工機分野

デジタル家電やIT関連等の先端分野では、超精密微細加工が要求され、加工精度がナノメートル単位に達してきている。MITSUBISHI CNC 700シリーズでは、指令処理部分からドライブユニットの処理までナノ単位の分解能で制御可能な完全ナノ制御を実現している。完全ナノ制御に、ハイゲイン制御、高分解能検出器を組み合わせると超精密微細加工分野に対応している。

(3) 専用機分野

自動車のエンジン加工ライン向け等の専用機分野では、タクトタイムの向上や保守部品の削減などが求められる。当社では、このような要求にこたえるため、当社シーケンサMELSECプラットフォームに搭載できるNCユニットの開発を行っている。シーケンサとNCが融合することによりタクトタイムの向上が実現でき、フィールドネットワークやFA統合ソリューション“e-F@ctory”への対応など、三菱FA製品で一貫したライン構築が可能となる。保守面では、加工ラインだけでなく、組立てラインと保守部品が共用できるなどのメリットがある。

3.4 サーボの技術／開発動向

機械の駆動や位置決めを行うサーボは様々な産業分野で用いられており、高生産性を実現するため、高速・高精度化と同時に、多様な用途や機械への対応が求められている。

(1) 液晶・半導体分野

液晶分野では、液晶基板の大型化に伴い、リニアサーボの採用が加速している。実装機、半導体関連においても、高速・高精度化、クリーン化要求によりリニアサーボ、DDモータが増加している。リニアモータは、様々な装置

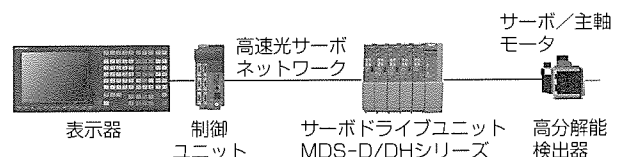


図2. MITSUBISHI CNC700シリーズ

に対応するため多様な推力、サイズが求められると同時に、小型化・低発熱化への要求も強い。このため、当社のリニアモータでは、ビルディングブロック方式コアの採用により多様なサイズに対応するとともに、最適磁気設計を行い、小型・低発熱を維持しつつコギングを低減している。DDモータにおいても、多様な市場ニーズに対応して、高分解能、高回転数、扁平(へんぺい)薄型で高トルク密度のモータを開発している。

(2) 実装機分野

実装機分野では、高速・高密度実装への要求から、高精度位置決め、高速整定が求められる。近年、機械の小型軽量化に伴って機械剛性が低下する傾向にあり、高速整定のためには制振制御が不可欠になってきている。これに対応して、当社サーボは、機械振動モデルに基づく制振技術、及びその自動調整機能を搭載している。

また、位置決め精度向上のため、機械の先端位置をフィードバックするフルクロズド制御が行われるが、機械振動の影響を受けやすく高速化が困難であった。このため、当社では、加速度情報を利用した安定化制御技術を開発し、フルクロズド制御における振動抑制と高速・高精度位置決めを同時に達成している。

(3) 印刷機・包装機分野

印刷機、包装機では、複数のモータを分散配置して機械を駆動するセクショナルドライブ化が進んでいる。従来の機械的な同期駆動を制動的に実現する必要があり、高精度の多軸同期制御が必要となる。このため、当社は、通信速度を従来の約10倍に向上した高速光サーボネットワークを開発し、動作指令の同期精度を向上した。さらに、アンプ間的高速通信による同期誤差補正も可能となった(図3)。

3.5 汎用インバータの技術/開発動向

産業界の合理化と省エネルギー化のニーズから、汎用インバータは、幅広く産業分野で使用されるようになった。特に、地球環境温暖化防止を背景とした省エネルギーニーズの高まりにより、省エネルギー対策機器として、今後、更なる需要が見込める。

(1) 省エネルギー・高効率化

インバータで回転数制御することにより省エネルギーを実現できることは知られているが、最近の高機能化された省エネルギーインバータでは、一歩進んだ制御法として、誘導電動機の高効率制御を取り入れており、省電力効果を向上させている。この制御方式は、最適励磁制御方式と呼ばれ、モータの電流を検出し、誘導電動機の効率が常に最大になるように出力電圧を制御する方式である。この方式

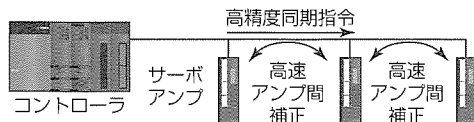


図3. 高速サーボネットワークによる同期制御

により、図4に示すように、ファン、ポンプ用途の駆動で使用する低トルク域における効率を従来のV/F(Voltage/Frequency)制御での2乗低減トルクパターンよりも向上させることができ、新開発の省エネルギーモニタ機能により、操作パネル、出力端子やネットワーク経由で省エネルギー効果が確認できる。

(2) 駆動特性の向上

インバータの適用分野を省エネルギー分野と二分する省力化・自動化を目的とする分野では、超低速から高速まで安定したトルク特性の要求が強く、最近の高機能化されたインバータは、速度検出器(PLG)なしで、超低速で高トルクを出力することが可能である。その制御方式として、従来のV/F制御、センサ付きベクトル制御に加え、誘導電動機の一次磁束を一定に制御する一次磁束ベクトル制御方式と、誘導電動機の二次磁束を一定に制御するリアルセンサレスベクトル制御方式があり、後者は、トルク制御も可能とした。V/F制御以外は、モータ速度制御に誘導電動機の定数が必要なため、インバータ自身がモータ定数を自動測定し記憶するオートチューニング機能が不可欠であるが、モータを回転することなく極めて簡単にチューニングできる特長を持っている。

(3) 環境への配慮

“FREQROL-F700/A700”は、新開発のノイズフィルタ(EMCフィルタ)を内蔵しており、インバータ単体でEMC指令(2nd Environment)に対応しており、環境に配慮した設計となっている。

3.6 低圧遮断器の技術/開発動向

高度に発達したFA機器へ、その動作エネルギーを安定して供給し、また、短絡事故時には、その回路を保護して被害が広がらないようにする役目を担うのが低圧遮断器である。この低圧遮断器の最近の技術動向について述べる。

(1) 製品規格・電気工事基準のグローバル化

グローバル化という世界単一市場化の波が低圧遮断器の市場にも押し寄せており、製品のJIS規格においても同様である。配線用遮断器の例では、従来のJISとIECをベースにしたJISの両方を含む統合化JISが2004年12月に発行されており、また、従来JISが2008年9月に廃止される予定のため、各社とも、統合化JISへの切換えを推進するものと思われる。当社は、2006年1月から、統合化JISを採用

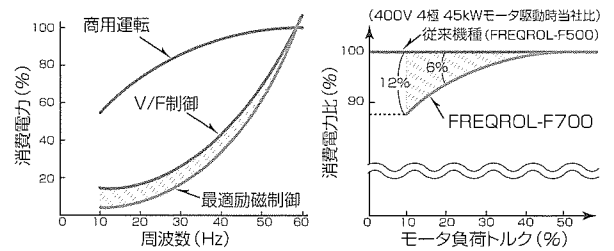


図4. 最適励磁制御による省エネルギー特性例

した新製品の市場投入を開始した。

電気工事の基準に関しても、グローバル化の環境が整ってきており、在来工事規定としての電気設備技術基準の解釈第3条～第271条と、IEC工事規定としての電気設備技術基準の解釈第272条(JIS C 0364建設電気設備工事)の両方があり、国内でもIEC工事が可能な環境となっている。このため、今後三相4線400V級で接地方式がTN方式(Terre Neutre)の電気設備が増える可能性がある。

(2) 負荷機器の動向

省エネルギーや精密な制御のため、モータのインバータ制御化など負荷機器の電子制御化は確実に増加している。これにより、低圧遮断器を流れる負荷電流の高調波は増加しており、ひずみ波形負荷電流による発音や、過電流引き外し用電磁コイルの過熱などの可能性も増えている。

また、三相4線回路において負荷電流が正弦波で三相バランスがとれている場合、中性線の電流はゼロとなるが、三相4線回路において負荷電流の第3高調波が大きいと、中性線の第3高調波負荷電流が電圧線の3倍になり、中性線の通電容量の拡大が必要となる。

このような負荷機器の動向を踏まえ、選定しやすい遮断器及び選定のための情報提供が今後も必要となる。

(3) 省エネルギー支援機器の動向

省エネルギーの流れはとどまらず、省エネルギー支援機器としてのMDU(Measuring Display Unit)ブレーカの適用範囲も拡大している。MDUブレーカは、電力量の計測のみでなく、CC-Linkなどの伝送機能を持ち、原単位管理のための生産現場からの生産量と、MDUブレーカの電力量情報をシームレスに連携可能である。

このMDUブレーカと同等な機能を持つ気中遮断器も、630Aフレームから6300Aフレームまで拡大されており、あらゆる容量の電気設備に対応可能となっている。

3.7 ネットワークの開発動向

FAシステム機器向けには、一般の情報通信に加え、有力メーカーがそれぞれ主導する機器の制御やセンサ等の入出力に最適化した分野固有ネットワークの普及が進んでおり、この性能や普及度が事業展開のキーともなっている。

まず、盤内・装置内、ライン内向けでは機器・入出力制御のためのCC-Link, CC-Link/LT, 及びサーボに最適化した“SSCNET”によってシーケンサやモーション, サーボ, インバータ, 表示器等の各種FA機器が容易に接続できる。

特にCC-Linkは、日本発のオープンフィールドネットワークとして、2001年にSEMIスタンダード, 2005年に中国国家規格GB(Guojia Biaozhun)/Zを認証され, 2006年にはISO国際標準化規格(ISO15745-5)を取得している。さらに、当社が主導するCC-Link協会(CLPA)では、2007年秋の産業用ネットワーク規格(IEC61158)取得を目

指し技術審議を進めている。CC-Linkは、オープンフィールドネットワークのグローバルスタン

ダードとして、現在745社, 740機種, 337万ノードの実績があり, 今後更に世界規模での普及・採用拡大が期待される。

この上位のライン間の制御に用いるコントローラ間ネットワークには、各種生産設備の高度化・複雑化により情報量の増大とリアルタイム性の両立が要求される。“MELSECNET”ではこのための“高速・大容量”を実現し、さらに、上位から下位まで機器固有ネットワークを意識しないシームレスな通信方式の開発にも取り組んでいる。

さらに、工場全体を最適化するトータルなシステム構築では、上位の情報システムからライン以下の制御システムへのアクセスはEthernet等の一般的な情報通信によって行われる。ここではパソコンや、通信プログラムを介さずFA機器から直接データ(SQL(Structured Query Language)文)通信を可能とするMESインタフェースユニットが提供され、生産設備と上位生産管理系が直結できるため、ユーザーは低コストで高度な生産システム構築が可能である(図5)。

3.8 エンジニアリング環境の開発動向

FAシステム機器を効率的に使いこなし装置開発の期間を短縮するためには、その設計エンジニアリング環境も重要性が高い。当社では、これまで個々にしか使えなかったシーケンサやモーション, サーボ, インバータ, 表示器等の各機種対応の設計ツール群を統一した操作性の下に提供するとともに、ツール間の連携機能を深め、例えばパソコン上で仮想シーケンサや仮想表示器を組み合わせることで装置全体のシミュレーション動作を行い、実機不要のデバッグも可能とした。さらに、ユーザープログラムの部品化や構造化, ファンクションブロック(FB)ライブラリによる設計効率向上等も合わせ、トータルなエンジニアリングコストの削減を可能とする統合エンジニアリング環境を提供している。

4. む す び

FAシステム機器群は、その受け持つ機能により技術基盤は多様である。しかし、製造業の高度なモノづくりを支えるためには、各々が最高レベルであることはもちろん、その組合せが更に大きな付加価値を生み出せるような製品群でなくてはならない。今後とも、相互のシナジーを含めた技術開発・製品開発に取り組みたい。

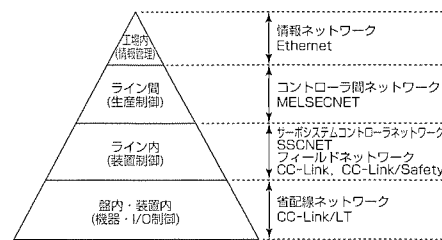


図5. ネットワーク階層

MESインタフェース製品

吉川 勉*

MES Interface for Automation Systems

Tsutomu Yoshikawa

要旨

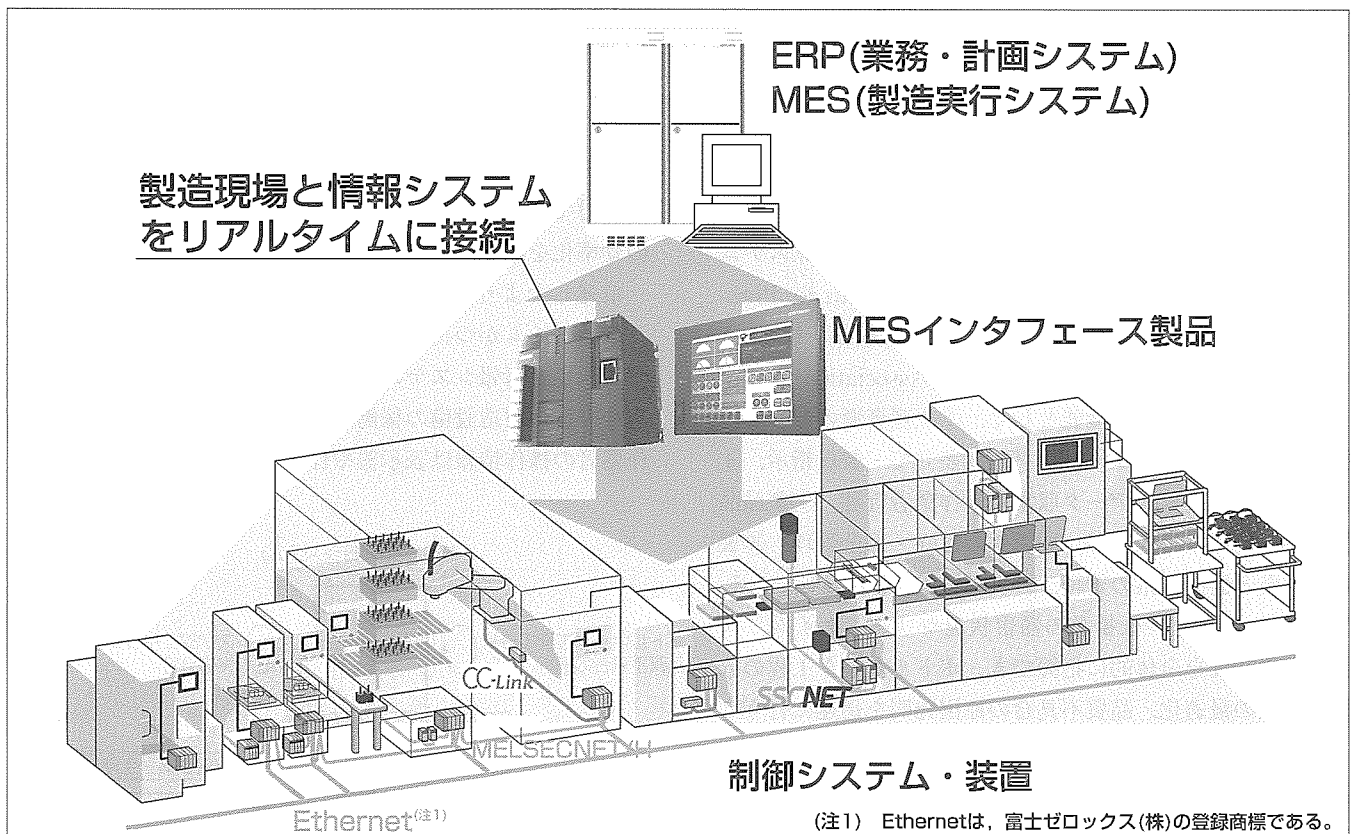
製造現場のIT化による生産効率の向上をねらい、MES (Manufacturing Execution System: 製造実行システム) の導入が進んでいる。効率的な納期管理、在庫管理に加え、特急品への対応、歩留り向上、設備トラブルの早期復旧、及び品質不具合の原因究明などに迅速に対応するためには、従来の人手による効率化では限界があり、MESは必要不可欠なものになっている。

MESを用いて生産効率の向上やトラブルの迅速な解決を行うためには、製造現場の設備、装置、作業の状況を的確に把握する“現場の可視化”が必要である。しかし、従来は作業者による実績入力に頼ることが多く、入力ミスや入力漏れの発生、情報把握までに時間を要するなどの問題があった。一方、自動的に現場データを取得するシステムの

構築には多大な費用がかかり、中規模以下のラインでは導入が困難であった。

MESインタフェース製品は、三菱電機が提案する統合ソリューションである“e-F@ctory”のコンセプトに基づき、製造現場と情報システムの連携を支援する製品である。製造現場のシーケンサ“MELSEC-Qシリーズ”，表示器“GOT1000シリーズ”に情報システムと接続容易な情報系通信機能を搭載し、情報システムのデータベースとの直接接続を実現した。データベースとの接続はプログラムレスで行うことができ、立ち上げ時間や保守コストを大幅に削減した。

本稿では、MESインタフェース製品のコンセプトと生産現場の可視化の実現について述べる。



MESインタフェース製品による生産現場の可視化

MESインタフェース製品のコンセプトと、MESインタフェース製品を用いた生産現場の可視化について示す。

*名古屋製作所

1. ま え が き

製造現場のIT化による生産効率の向上をねらい、MESの導入が進んでいる。MESを用いて生産効率の向上やトラブルの迅速な解決を行うためには、製造現場の設備、装置、作業の状況などを的確に把握する“現場の可視化”が必要である。しかし、従来は作業による実績入力に頼ることが多く、入力ミスや入力漏れの発生、情報把握までに時間を要するなどの問題があった。一方、自動的に現場データを取得するシステムの構築には多大な費用がかかり、中規模以下のラインでは導入が困難であった。

MESインタフェース製品は、これらの課題を解決し、製造現場と情報システムの連携を支援する製品である。

本稿では、MESインタフェース製品のコンセプトと製造現場の可視化の実現について述べる。

2. 工場のIT化とその課題

2.1 工場IT化の目的

従来から、製造現場では、日々の改善活動による生産性の向上や品質の維持・改善を進めてきた。しかし、生産システムの複雑化と多品種変量生産への移行により、納期管理、在庫管理が煩雑化し、これに加えて特急品への対応、設備トラブルの復旧、及び品質不具合の原因究明などへの迅速な対応が難しくなるなど、工程マンに頼る人手による効率化だけでは限界が見えてきた。このため、ITを用いることで、複雑化した生産システムをより簡単に把握し、少人数で多くの工程を管理・改善できる仕組みを導入する必要がある。

MESは、生産活動を管理し最適化するためのシステムで、業務・計画システム(Enterprise Resource Planning:ERP)と製造現場をつなぐものである。MESA(Manufacturing Enterprise Solutions Association) Internationalでは、MESの機能として、①生産資源の配分と監視、②作業のスケジューリング、③差立て・製造指示、④仕様・文書管理、⑤データ収集、⑥作業管理、⑦製品品質管理、⑧プロセス管理、⑨設備の保守・保安全管理、⑩製品の追跡と製品体系の管理、⑪実績分析、を定義している。MES導入により、仕掛品の滞留状況やリードタイム、設備の稼働状況を全体的に把握でき、ボトルネック工程の分析や工程の最適化、品質不具合の原因究明を迅速に行うことが可能になる(図1)。

2.2 工場IT化の課題

MESの機能を最大限に活用するためには、現場の情報を正確かつリアルタイムに収集する必要がある。生産システムは大きく分けてプロセス型とディスクリート型に分類されるが、従来からプロセス型の生産システムでは、流量計などの各種センサがシステム全般に組み込まれ、DCS

(Distributed Control System)を用いて制御と監視の一体化が実現されてきた。これに対し、組立て加工に代表されるディスクリート型の生産システムでは、自動化された作業と人手による作業が複雑に絡みあい、現場の把握が困難であった。例えば、現場の情報として、工程を追跡するためにワークに付加したバーコードやIDタグの情報、装置が持つ工程内情報、検査工程での品質情報、手作業による作業結果などがあり、現場の全体像を把握するためには、これらの情報をすべて付き合わせる必要があった。これに加えて、これらの情報は作業による実績入力に頼ることが多く、入力ミスや入力漏れが発生し、またインプットが半日～1日といった単位で行われるため情報把握までに時間を要するなどの問題があった。

これらの問題を解決するためには自動的に現場の情報を取得するシステムを構築する必要があるが、工程内のすべてのポイントにIDを導入し全装置へ通信インタフェースを装備するだけでなく、それらの通信インタフェースからの情報を収集するソフトウェアの購入、現場に合わせたソフトウェアの修正、継続的な改修作業など、多大な時間と費用が必要であった。

3. MESインタフェース製品

3.1 製品のコンセプト

MESインタフェース製品は、当社が提案するe-F@ctoryのコンセプトに基づき、現場の情報とMESの情報をリアルタイムに連携する製品である。e-F@ctoryは、FA(Factory Automation)機器製品単体の機能や性能の向上だけでなく、ITを用いて工場全体の生産性向上と経営の効率化をねらう統合ソリューションである。

前述したように、製造現場のIT化では、現場の情報をリアルタイムかつ正確に収集することが重要な課題である。製造現場と情報システム間の情報の流れを図2に示す。現場では、製造設備の稼働情報は制御機器の内部に、また作業者の操作情報は表示器や作業端末に存在している。一

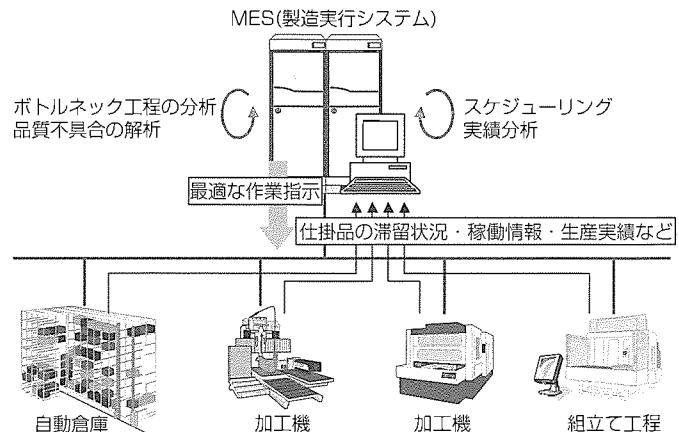


図1. MESによる製造現場の最適化

方、MESは多くの機能を持っているが、それらが扱う情報はすべてデータベースを中心に構成されている。MESインタフェース製品は、これら製造現場で使われている各種FA機器とMESのデータベースの接続を容易にすることで、現場情報収集の課題を解決するものである。これにより、MESを用いて常に最新の情報に基づく最適な意志決定することが可能になる。

3.2 製品構成と特長

MESインタフェース製品のラインアップとして、装置の制御に使用されるシーケンサ(MELSEC-Qシリーズ)ユニット、及び作業者が操作する表示器(GOT1000シリーズ)機能の2種類を製品化した(図3)。これらのMESインタフェース製品は、製造現場での使用を前提としており、信頼性や保守性を重視している。以下に製品の特長を示す。

(1) イベント駆動

MESインタフェースは、FA機器内でデータを監視し、条件が成立した場合に、データベースへデータを送信する(図4)。指定可能な条件としては、定周期のほか、値の一致や比較などを組み合わせることが可能で、最小限必要なデータのみを送信することができる。従来は設備の外部からデータを収集、監視していたために常に設備の全データをポーリングする必要があったが、MESインタフェースでは、イベント駆動にすることで、ネットワーク負荷を大幅に軽減した。

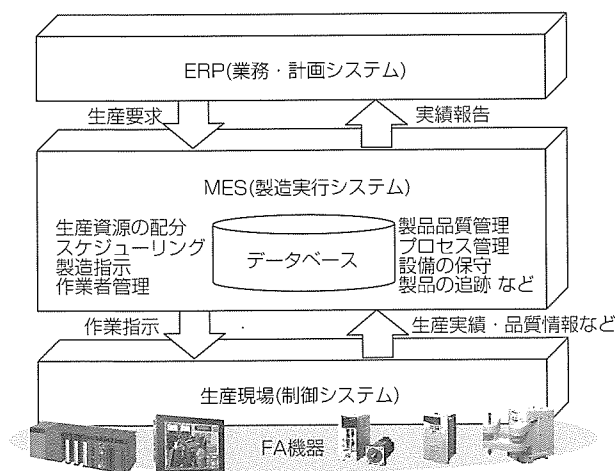
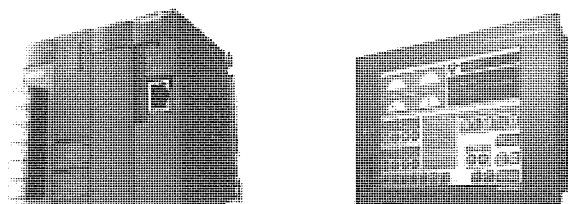


図2. 生産システムの情報の流れ



(a) MELSEC-Qシリーズ
MESインタフェースユニット
(QJ71MES96, SW*DNC-MESIF-J)
(b) GOT1000シリーズ
MESインタフェース機能
(GT15-MES48M, SW2D5C-GTD2-J)

図3. MESインタフェース製品

(2) プログラムレス

MESインタフェースは、設定ソフトウェア(図5)を用いて、製造現場のデバイスとデータベースの項目の関連付けを行う。設定ソフトウェアで定義された情報に基づき、MESインタフェース内部でデータを取得し、SQL(Structured Query Language)を自動生成してデータベースにアクセスする。データ収集やSQL生成を行う専用のソフトウェアを開発する場合に比べ、導入時の構築コストや期間を大幅に削減できる。また、製造現場の工程改善や各種分析のために収集するデータ項目を変更することは恒常的に行われるが、MESインタフェースでは、設定の変更のみでプログラムの仕様検討・修正・デバッグなどの作業が不要となり、保守コストを大幅に削減できる。

(3) 高信頼化

通信異常時やサーバダウン時など、収集したデータを即時にデータベースに書き込めない場合、データを一時保存するバッファリング機能を持っている。この機能はタイムスタンプ付きのデータをCF(Compact Flash)カードに一時保存し復帰時に自動再送を行うもので、データの抜け落ちを防ぐことができる。FA機器内でデータを保存するため、ネットワーク異常の場合でも重要なデータが失われることがない。

3.3 MESインタフェースの動作

MESインタフェース製品は共通の機能構造を持っている(図6)。装置からのデータの収集は、タグ機能によりFA機器の内部で行う。タグ機能は、装置のデータを周期的に監視し、設定ソフトウェアによって指定されたトリガ

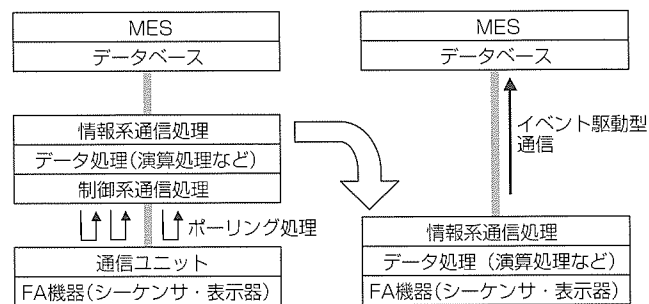


図4. MESインタフェースの特長

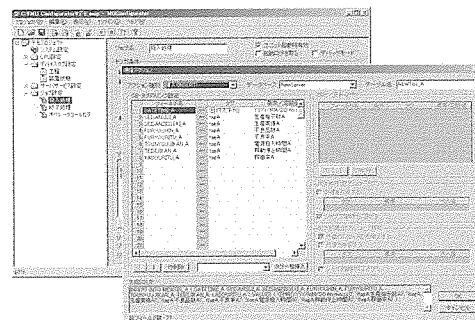


図5. 設定ソフトウェア

条件が成立すると、ジョブと呼ばれるデータベースとの通信処理を起動する。データベースとの通信は、情報系アプリケーションで標準的に使用されるSQLを利用している。ジョブは、一連のSQL文を処理するもので、各SQL文はアクションと呼ばれる実行単位で処理される。データベースへのアクセスの途中でエラーが起きた場合は、自動的にロールバック処理が行われ、データの整合性を維持する。

3.4 MESインタフェースを用いた生産システム

MESインタフェースは、製造現場の様々な箇所に存在するFA機器に搭載されている。これらのFA機器は、単体で動作するだけでなく、制御ネットワーク“MELSECNET”、フィールドネットワーク“CC-Link”、サーボネットワーク“SSCNET”などにつながっており、製造ラインの末端の情報までアクセス可能である。特に表示器は、作業者の操作情報だけでなく、バーコードリーダー等の各種入力機器との接続も容易であり、自動化された設備だけでなく、作業者も含めた生産システム全体の情報連携を実現できる。また、対応するデータベースも、比較的小規模なものから大規模なものまで幅広く対応しており、適用するシステム規模に合わせて柔軟に対応することができる。

4. む す び

e-F@ctoryのコンセプトに基づき、製造現場から情報

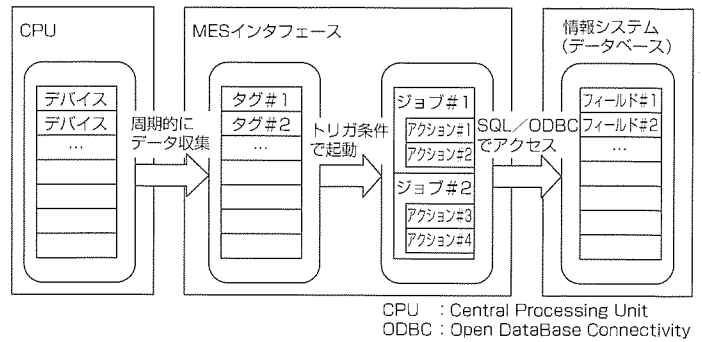


図6. MESインタフェースの基本構造

を発信し、工場全体の最適化を実現するMESインタフェース機能を製品化した。従来の専用の処理プログラムで情報システムと接続する方式に比べ、プログラム開発なしで製造現場をリアルタイムに把握できるため、現場の可視化を行うシステムの導入が容易になった。

今後、製品のラインアップを拡充するとともに、情報システムとの更なる連携強化の実現を目指す。

参 考 文 献

- (1) 中村 実, ほか: MES入門, 工業調査会, (2000)
- (2) 岩津 賢, ほか: FAコントローラにおけるMES連携機能の開発, 電気通信情報学会ソサイエティ大会, B-16-17 (2005)

“MELSEC-Qシリーズ” C言語コントローラ

井上直丈*
植木正史*

“MELSEC-Q Series” C Controller

Naotake Inoue, Tadashi Ueki

要旨

近年、VME(Versa Module Europe)ボードなどに代表される組み込みコントローラを使用するユーザーでは、採用している部品の生産中止やOS(Operating System)の改廃に伴う維持・管理コストの増大という問題から、長期安定供給され信頼性の高い汎用コントローラを使用したいという要求が高まっている。この要求にこたえる新コントローラとして、C言語コントローラを開発した。

この製品の主な特長は次のとおりである。

- (1) OS(VxWorks^(注1))や通信ドライバ・専用ライブラリを実装済みとし、ハードウェアやMPU(Micro Processing Unit)を意識することなくアプリケーション作成を行う開発スタイルを実現
- (2) グラフィカル機能を装備した統合開発環境Tornado^(注1)及び専用設定・診断ツールによるアプリケーション開発

支援により、エンジニアリングコスト削減を実現

- (3) QシリーズのシーケンサCPU(Central Processing Unit)やモーションCPUと組み合わせたマルチCPU構成によりI/Oシーケンス制御やサーボ制御など複数の制御を同時に実現し、規模や用途に応じた最適なシステムを柔軟に構築可能
 - (4) コントローラ間を結ぶ高速・大容量ネットワーク“MELSECNET/H”とデジタル・アナログ入出力を扱う高速フィールドネットワーク“CC-Link”に対応
- 本稿では、C言語コントローラの特長及び製品化の際に直面した課題とその対応について述べる。

(注1) VxWorks, Tornadoは、Wind River Systems, Inc.の登録商標である。

■導入前

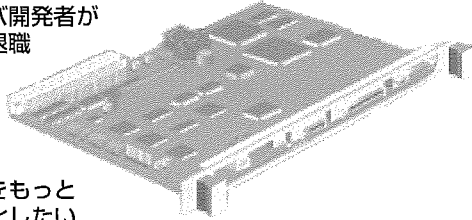
マイコン環境が抱える様々な問題点・・・

製品のライフサイクルが短く
維持が大変

チップが供給終了

ドライバ開発者が
退職

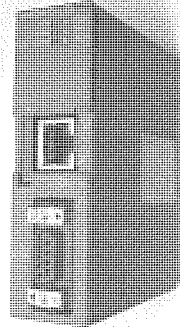
装置をもっと
小型化したい



現在使用しているボードが
いつ生産中止になるか不安

■C言語コントローラ導入後 (MELSEC-Qシリーズ環境移行)

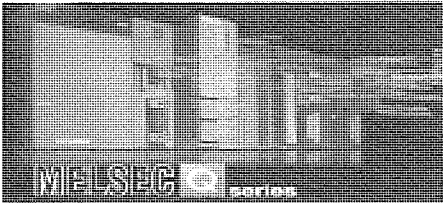
供給面での不安は解消。維持管理開発から脱却して、付加価値部分に開発集中可能



高信頼、
長期安定供給

メンテナンスコストを
大幅削減

マイコンボードでの
開発スタイルを維持。
C, C++活用可能



C言語コントローラの外観と導入のメリット

MELSEC-Qシリーズの新コントローラ“C言語コントローラ”である。C言語コントローラを導入してMELSEC-Qシリーズ環境を構築することで、ユーザーが抱えている問題点を解決して付加価値部分の開発へ集中することを可能にする。

1. ま え が き

近年、VMEボードなどに代表される組み込みコントローラを使用する半導体・液晶業界などのユーザーでは、採用している部品の生産中止やOSの改廃に伴う維持・管理コストの増大という問題から、長期安定供給され信頼性の高い汎用コントローラを使用したいという要求が高まっている。また、コントローラを置き換えるに当たり、慣れ親しんだC言語環境から新たにシーケンサ(ラダープログラム)を導入することはリスクが大きく、今までのC言語プログラムのソフトウェア資産を活用でき、かつ簡単に移行したいという要求も挙がっている。一方、従来からシーケンサを使用していたユーザーからは、MELSEC上での複雑な演算処理の高速化と自由度の高い情報処理の実現化への対応要求が発生している。

これらの要求にこたえるため、MELSEC-Qシリーズの新コントローラとしてC言語コントローラを開発した。C言語コントローラは、初めに大手搬送装置メーカー向けの個別製品として2003年8月に開発を完了し、その後の機能アップ開発とともに半導体・液晶製造装置メーカーのコントローラとしての採用実績も積み重ね、2006年6月に製品の広報発表をした。本稿では、C言語コントローラの製品特長及び製品化における課題と対応について述べる。

2. C言語コントローラの特長

2.1 C言語コントローラの概要

C言語コントローラは、ユーザーがハードウェア供給面での不安払拭(ふっしょく)と維持管理開発からの脱却を実現して、付加価値部分の開発に集中できること、さらに、三菱電機の提供するFA(Factory Automation)統合ソリューションのメリットを生かすことができることを考慮して開発をした。

C言語コントローラの基本仕様を表1に示す。

2.2 “Ready to Run”による簡易な立ち上げ

C言語コントローラは、OSとしてVxWorksを採用し、

表1. C言語コントローラの仕様

項目	仕様
MPU	SH-4 ^(注2) (236MHz)
標準ROM	16Mバイト(ユーザー使用可能容量: 6 Mバイト)
ワークRAM	32Mバイト(ユーザー使用可能容量: 14Mバイト)
バッテリバックアップRAM	128kバイト
通信I/F	RS-232 1ch, 10BASE-T/100BASE-TX 1ch
CFカードI/F	1スロット(最大1GバイトのCFカードが使用可能)
OS	VxWorks 5.4(出荷時組み込み済み)
プログラム開発環境	Tornado 2.1, 専用ユーティリティソフトウェア
プログラミング言語	C又はC++言語
外形寸法(W×H×D)	27.4mm×98mm×89.3mm

(注2) SHは、(株)ルネサステクノロジーの登録商標である。

VxWorksの実装(ランタイムライセンス費用不要)や通信ドライバを組み込み済みとした。これにより、OS、ドライバ開発に時間を割くことなくユーザーアプリケーション開発のみでリアルタイム性の高い制御システムを構築することを可能とした(“Ready to Run”)。また、各ユニットへのアクセスを簡易に実現する専用ライブラリ関数(以下、“QBF関数”“MD関数”という。)もユニットに実装したことで、ハードウェアやMPU(SH-4)を意識せずに容易なアプリケーション開発を可能とした(図1)。

2.3 専用開発ツールによる開発効率化・開発期間短縮

C言語コントローラのアプリケーションの開発には、エディターからコンパイル・デバッグまですべてが可能な生産性の高いグラフィカル機能を装備した統合開発環境Tornadoを利用する(図2)。これに加えて、装置(システム)の立ち上げ・解析・保守を支援する専用設定・診断ツール(図3)を提供することにより、ユーザーの開発効率を向上させエンジニアリングコストの削減を実現した。

2.4 トータルコントロール(各種制御の融合)を実現

C言語コントローラは、シーケンサCPUやモーションCPUと組み合わせたマルチCPU構成にすることで、I/Oシーケンス制御やサーボ制御など複数の制御を同時に実現し、規模や用途に応じた最適なシステムを柔軟に構築することを可能とした。マルチCPU間の連携についても、QBF関数、MD関数をコールするだけで、シーケンサCPU/モーションCPUへのデバイスアクセス、ダイレクト指令、

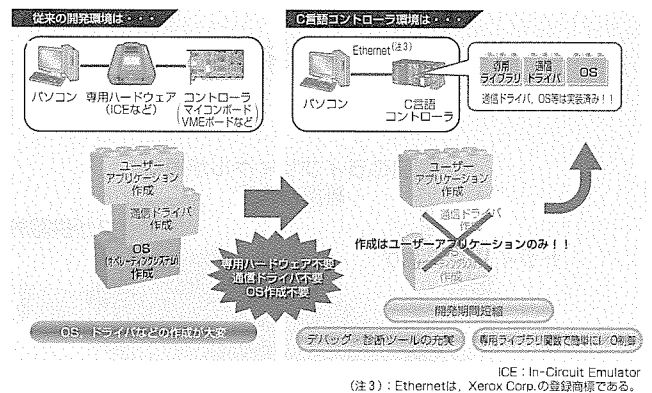


図1. “Ready to Run”の仕組み

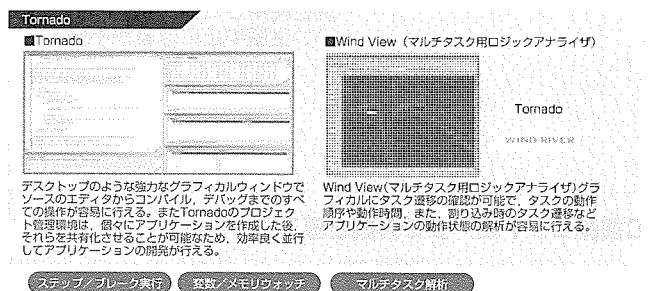


図2. Tornadoによる開発効率化

割り込み発行が簡単に実行できる仕組みとした(図4)。

また、従来QシリーズでマルチCPU構成とする場合に1号機CPUとしてシーケンサCPUが不可欠となっていたが、C言語コントローラでは、シーケンサCPUなしのモーションCPUとのマルチCPUシステムの構築を実現し、C言語コントローラから直接モーションCPUを制御することを可能とした。

2.5 多彩なネットワークや豊富なI/Oユニットの活用

C言語コントローラは、コントローラ間を結ぶ高速・大容量ネットワークMELSECNET/Hと入出力応答を扱う高速フィールドネットワークCC-Linkに対応した。また、用途に合わせてQシリーズの豊富なI/Oユニット、インテリジェント機能ユニットの活用を可能とした。

2.6 コンパクトサイズで装置の小型化を実現

コンパクトサイズのQシリーズをプラットフォームとしたことで、制御装置の省スペース化を可能とした。VMEカードラック(6Uタイプ)と比較して体積比1/10以下を実現した(図5)。

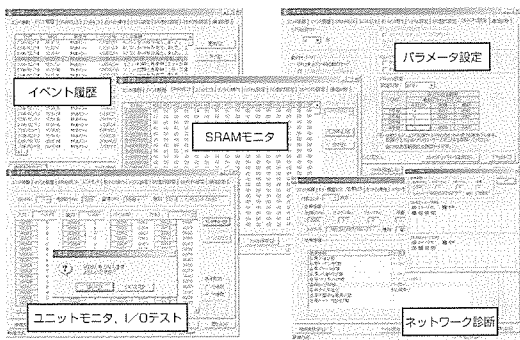


図3. 専用設定・診断ツールによる開発効率化

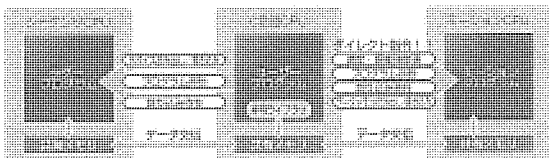


図4. シーケンサCPU/モーションCPUとの連携

3. 製品化における課題と対応

3.1 高性能・大容量化

汎用OS、通信ドライバ等のソフトウェアを高速に動作させるために、高性能マイコンを採用し、周辺回路についても高速・大容量化を実現した。マイコンについては、(株)ルネサステクノロジ製SH-4(動作周波数236MHz)を採用することにより高速処理を実現した。さらに、OS格納用/ユーザー用として16Mバイトのフラッシュメモリ(標準ROM)、ワーク用/ユーザー用として、32MバイトのSDRAM(ワークRAM)を採用し、32ビット 60MHzの高速アクセスを実現した。また、マルチCPU間共有メモリへのアクセスを高速化するため、マイコンからASIC(Application Specific Integrated Circuit)内蔵の共有メモリに対し、32ビット 60MHzでアクセス可能とした。

一方、大容量のデータを扱うことを可能とするため、CF(CompactFlash)カードのスロットを設け、1Gバイトまでのデータ、プログラムの格納を可能とした(図6)。

3.2 小型化

Qシリーズの小型サイズに対応するため、部品点数の削減と、部品サイズの小型化を実現した。バスインタフェース制御、マルチCPU間共有メモリ、CFカード制御、RS-232制御等のマイコン周辺回路を1チップ化したASIC

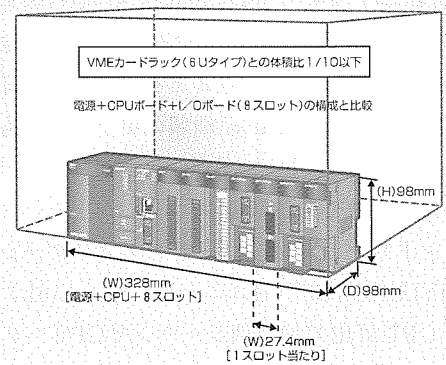


図5. 装置サイズの小型化

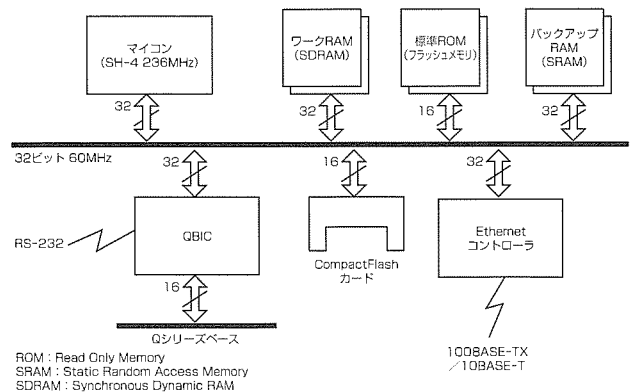


図6. ハードウェア概略構成

(図6には“QBIC”と表記)を新規開発し、部品点数を削減した。また、マイコン、ASIC共にBGA(Ball Grid Array)パッケージを採用することにより、小型基板への部品実装を可能とした。

一方、小型化に伴って発熱の問題が発生することが考えられるが、消費電力の小さいマイコンを採用し、周辺回路についても低電圧・省電力化を進めることにより、熱の問題をクリアした。

3.3 標準ROMの高寿命化

内蔵の標準ROMは、各種パラメータ・エラー履歴、及びユーザーアプリケーションの格納用ドライブとして使用される。標準ROMにフラッシュメモリを採用したことで同一エリアへの書き込み可能回数に寿命(10万回)があるため、標準ROMドライバを修正して以下の対策を実施し長寿命化を図った。

- (1) ウェア・レベリングにより、フラッシュROMをイレースユニット512バイト×128ブロック(ヘッダ部1+ブロック状態管理部1+データ部126個)に分割し、イレースユニットの消去回数を管理(平均化)する。
- (2) バッテリーバックアップRAM(SRAM)上に標準ROMライトバッファ用FIFO(First-In First-Out)キュー(512バイト×1,024ブロック)を実装した。標準ROMへの書き込みデータをSRAMライトバッファにキューイングしFIFOキューから書き込みデータがあふれたとき及び電源ON時/リセット時のみ標準ROMへ書き込みデータを転送することで標準ROMへの書き込み処理回数を削減した。さらに、ファイルアクセスごとに発生するFAT(File Allocation Table)情報の更新処理にもSRAMライトバッファを適用して高寿命化を図った。

3.4 シーケンサCPU通信機能

C言語コントローラでは、ユーザーアプリケーションから任意のMELSECNET/Hユニット、CC-Linkユニット及びマルチCPU経由で他号機シーケンサCPUへのデバイスアクセスを実行できるようにした。この実現のため、MD関数からコールされアクセス経路を自動判別してシーケンサCPUへシームレス接続できるEasySocketライブラリをWindows^(注3)からVxWorks用に移植した。移植に当たっては、格納サイズの制約から、EasysSocketライブラリのサイズ縮小化を図った。

そして、“Ready to Run”の設計思想を満たすため、標準ROMに読み出し専用エリアを確保し、OS、各種ドライバとともにQBF関数、MD関数、EasySocketモジュールを組み込み実装した。

3.5 例外エラーロギング機能

ユーザーアプリケーション実行中にC言語コントローラユニットで例外エラー(0除算、バス又はアドレスエラー

(注3) Windowsは、Microsoft Corp.の登録商標である。

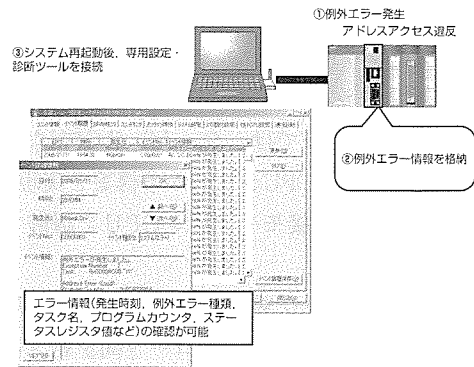


図7. 例外エラーロギングのイメージ

など)が発生したとき、エラー状況によりTornadoや専用設定・診断ツールの接続ができずシステムの再起動が必要となる場合がある。しかし、システムを再起動した場合にはエラー発生時の情報が失われるため、問題を発生したモジュール(ユーザーアプリケーション/三菱ドライバ/OSモジュールなど)を特定することが困難になる。そのため、不具合発生箇所の特異・エラー解決までのトラブルシューティングに時間を要するという問題が発生する。この問題を解決するために、例外エラー情報を検出してC言語コントローラユニット内部(SRAM)にロギングする機能を実装した。これにより、例外エラー発生後に問題の特定・解決ができ、C言語コントローラの信頼性・メンテナンス性の向上を図ることを可能とした(図7)。

3.6 I/Oアクセス高速化

ユーザーアプリケーションからQBF関数、MD関数をコールすると要求に応じた実処理はDispatchタスクで実施することで、複数タスクからの同時要求にも内部で自動で排他をとるように実装した。しかし、高速処理が要求されるQBF関数(I/Oアクセス処理)については、同一の処理方式にする性能が出ないため、ユーザーアプリケーションからのダイレクトアクセス方式を採用して性能改善を図り10μs(1ビット/1ワード)、30μs(16ワード)の高速アクセスを実現した。

4. む す び

C言語コントローラにより、ユーザーは、マイコン環境の問題点であった供給面での不安解消と維持管理から脱却して、アプリケーション開発に注力でき、開発工数と管理コストの削減を図ることができる。また、モーション制御や大容量ネットワーク、I/O製品などの活用により、FA統合ソリューションの利用と今までにない拡張性のあるシステム導入が可能となる。

今後も、ユーザーからのニーズを忠実に反映し、ユーザーの使い勝手と付加価値の向上を目指した製品開発を実施して、進化と継承のコンセプトに従った次世代のコントローラを作り上げていく所存である。

絶縁多チャンネルアナログユニット

野本浩主*
齊藤成一**

Channel Isolated Analog Module (Multi-channel)

Hirokazu Nomoto, Seiichi Saito

要旨

昨今、シーケンサは、FA分野で培われた性能・機能や信頼性・汎用性により、計装分野のコントローラとしても用途が拡大している。

計装分野では流体制御、温度制御などを多用するため、アナログユニットが多数使用される。また、システムを止められない設備に使用される場合が多く、一部の機器の故障が他の機器へ影響しないことや、各機器間に電位差が生じて計測できる必要があるため、チャンネル間を絶縁したアナログユニットが要求される。

そこで今回、従来のチャンネル間絶縁アナログユニットのチャンネル数を増加することで、システムの大幅なコスト削減・省スペース化を実現するチャンネル間絶縁アナログユニットを製品化した。

従来のアナログユニットでは、入力信号と内部回路との

絶縁にフォトカプラを用いており、チャンネル間絶縁を行うにはチャンネルごとに絶縁した電源を組み込む必要があるため、実装面積や消費電力などに課題があった。

そこで、今回開発したアナログユニットでは、チャンネル間絶縁にトランス絶縁方式を採用し、これらの課題を解決した。この方式では絶縁電源が不要となるため、チャンネルごとの実装面積が大幅に削減でき、多チャンネル化が実現できた。

本稿では、チャンネル間絶縁アナログユニットの品ぞろえと特長や性能、機能とともに、低消費電力技術、小型化技術について述べる。

今後は、この技術を他のアナログユニットにも適用し、計装分野のニーズにマッチしたアナログ製品の拡充を行い、シーケンサの適用範囲の拡大を図る。



絶縁多チャンネルアナログユニット

電源不要のトランス絶縁方式を採用することで小型化・低消費電力化を図り、従来のチャンネル間絶縁アナログユニットに比べ、1ユニット当たり2~3倍多チャンネル化した。

写真は左から、A/D変換ユニット“Q68AD-G”、ディストリビュータユニット“Q66AD-DG”、D/A変換ユニット“Q66DA-G”の外観を示す。

1. ま え が き

シーケンサを始めとするFA(Factory Automation)機器は、産業用コントローラとして大きく発展してきた。

FA分野で培われた高い信頼性・機能性・汎用性により、パソコンDCS(プラント計装)分野、調節計(装置計装)分野の専用コントローラの代替として適用範囲が拡大している。その要求にこたえるため、2002年に、Qシリーズをプラットフォームとした“MELSEC計装Qシリーズ”を市場投入した。PID(Proportional, Integral, Derivative)などの演算機能の強化、エンジニアリング環境の充実、二重化対応システムによる信頼性向上、アナログユニットの品ぞろえの拡充などを行うことで、計装分野でも広く使われるようになってきた。

適用範囲の拡大に伴い、製品の品ぞろえに対する要求も高まっている。計装分野では、流体制御・温度制御などを行うため、アナログユニットが多数使用される。また、二重化システムなど24時間連続稼働を必要とする設備に使用される場合が多いため、一部の機器の故障が他の機器へ影響しないことが非常に重要である。同時に、各機器間に電位差が生じて計測できる必要がある。このため、チャンネル間を絶縁したアナログユニットが要求される。

そこで、今回の開発では、このような期待にこたえるため、従来の絶縁アナログユニットに対してチャンネル数を増し、システム的大幅なコスト削減・省スペース化を実現するチャンネル間絶縁アナログユニットを製品化した。

本稿では、絶縁多チャンネルアナログユニットの特長や機能とともに、多チャンネル化における低消費電力技術・小型化技術等について述べる。

2. 製品の概略性能と特長

2.1 概略性能

表1に、今回開発した3機種製品の概略性能を示す。汎用的な電圧・電流の入力レンジを持ち、各種用途に対応できるようにした。

2.2 特 長

2.2.1 多チャンネル

従来のチャンネル間絶縁アナログユニットでは1ユニット当たりのチャンネル数は2~4チャンネルだったが、今回開発

表1. 製品の概略仕様

形名	Q68AD-G	Q66AD-DG	Q66DA-G
チャンネル数	8	6	6
レンジ	-10~10V 0~20mA	0~20mA 4~20mA	-10~10V 0~20mA
分解能	-10~10V: -16,000~16,000 0~20mA: 0~12,000	0~20mA: 0~12,000 4~20mA: 0~12,000	-10~10V: -16,000~16,000 0~20mA: 0~12,000
基準精度	±0.1% (25±5℃)		
変換時間	10ms/CH	10ms/CH	6ms/CH

したユニットでは1ユニット当たり6~8チャンネルを実現している。これにより、使用するユニット数が減らせるため、ユーザーにとって大幅な省スペース化が可能となる。また、チャンネル間絶縁のための信号変換器などのインタフェース機器が不要となるため、同時に大幅なコスト削減も可能となる。

2.2.2 高精度・高分解能

1ユニット当たりのチャンネル数が増えるため、内部の部品の小型化や部品点数削減などが必要となるが、従来のアナログユニットと同等の精度±0.1%(周囲温度: 25±5℃)を達成している。

また、分解能は必要に応じて切り換えが可能で、4,000(12ビット)から最大で16,000(14ビット)を実現している。

2.2.3 オンラインユニット交換機能

万一、運転中にアナログユニットが故障しても、システムの運転を止めることなく故障ユニットを交換することが可能となっている。これにより、システム全体で信頼性が求められる設備や連続稼働を必要とする設備への適用が可能である。

2.2.4 スケーリング機能

変換されるアナログ値、デジタル値の上下限値を任意の値に変換する機能を追加した。従来はユーザーがシーケンサのラダープログラムで値の変換を行って任意の工学値に変更していたが、この機能により、変換のラダープログラムが不要になるため、ユーザーの負担を軽くすることができる。多チャンネルのアナログ信号を多く使うユーザーには特に有意な機能である。

3. 製品品ぞろえ

従来、チャンネル間絶縁のアナログユニットは2から4チャンネルの品ぞろえだったが、今回の開発により最大8チャンネルまで対応できるようになった。これにより、ユーザーがシステムを構築する際、より最適なユニットを選択することができるようになった(図1)。

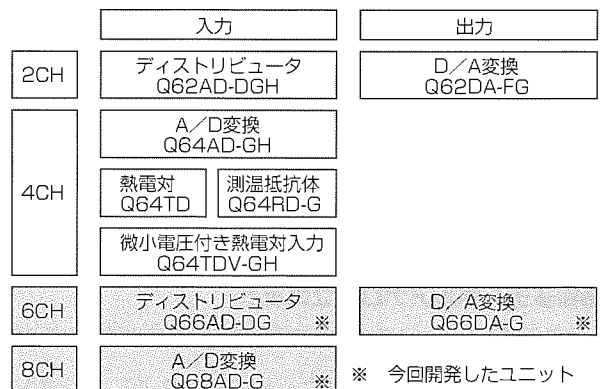


図1. チャンネル間絶縁アナログユニットの品ぞろえ

4. 絶縁多チャンネルを実現する技術

4.1 低消費電力技術

図2に、従来の回路と今回の回路の絶縁方式を表した回路図を示す。

従来のアナログ入力ユニットでは、入力信号と内部回路との絶縁をデジタル信号部でフォトカプラを用いて行っており、チャンネル間絶縁を行うにはチャンネルごとに絶縁した電源を組み込む必要があり、消費電力などに課題があった。

今回開発したアナログ入力ユニットでは、アナログ部で絶縁するトランス絶縁方式を採用することでチャンネル間絶縁を実現し、チャンネルごとの電源が不要になった。今回の方式では、入力信号をトランスと接続し、計測の瞬間だけトランスを駆動し、データサンプリングする方式を採用した。

この回路を用いることで、従来は1チャンネル当たり1.11Wだった消費電力が0.28Wへと、約1/4に低減することが可能となった。

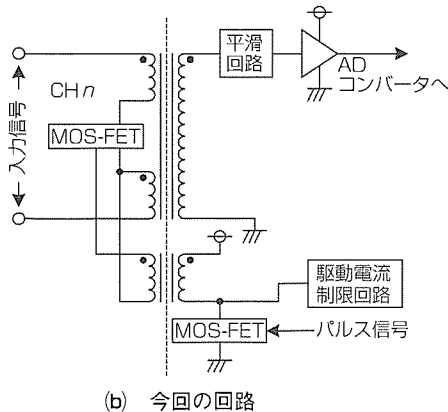
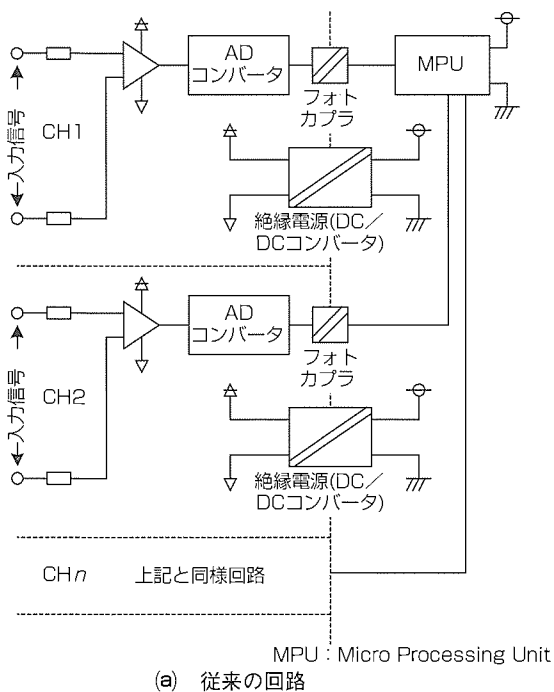


図2. 絶縁方式

4.2 小型化技術

今回採用したトランス絶縁方式では、チャンネルごとの電源が不要となるため、大幅に小型化が可能となった。しかし、それだけでは1ユニットの中に従来以上のチャンネルを収めるには十分でないため、個々の部品の小型化も同時に実施した。特に、トランスは部品高さが高く、小型化のボトルネックとなっていた。

単純にトランスのコアを小さくすると磁束が減ってしまうため、十分な信号伝達ができなくなってしまう。特に、高温時の磁束密度の低下が著しいため、性能を維持しながら小型化することが難しかった。

そこで、今回は、トランスに高透磁率のコア材を使用することでこの課題の解決を図った。しかし、これだけでは高温時の磁気飽和に対処しきれないため、更なる対策として、図2に記載したトランスの駆動電流制限回路を設け、同時にMOS-FET(Metal Oxided Semiconductor-Field Effect Transistor)を駆動するパルス信号を最適な時間に調整することでトランスの小型化が可能となった。

これにより、トランスの高さを9mmから3mmに低くすることができ(図3)、基板実装時の配置の柔軟性が高まり小型化が実現できた。

4.3 回路実装技術

アナログ特性を向上させるために、回路実装に関して下記の点に留意して設計した。これらの技術により、低消費電力、小型化を図りながら、目標とするアナログ性能を満足した。

- (1) デジタル回路からの誘導をなくすためのプリント基板の配置配線設計
- (2) 電源ノイズを除去してアナログ回路のS/N(Signal to Noise)比を高めて高精度化を実現する設計
- (3) アナログ回路の平衡を高めた実装設計
- (4) アナログ入力信号の平衡度を高めるためトランス中点に配置したMOS-FETスキャナ
- (5) 絶縁電源レス及びプリント基板配線設計によりグラウンドとの間の浮遊容量を極力減らして平衡度を極限まで高めた設計

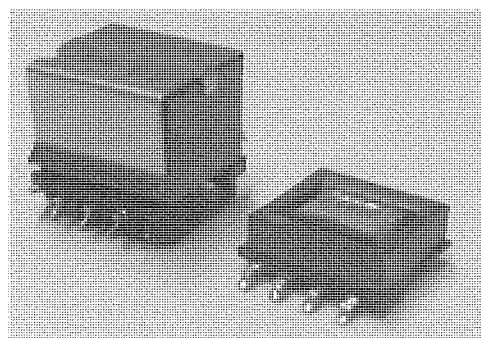


図3. トランスの外観

5. アナログ性能

5.1 精度特性

図4は、今回のトランス絶縁方式を用いた回路の精度特性の一例である。理想直線に対して、誤差： $\pm 0.02\%$ 以下であり、同時に、リニアリティ等の性能も非常に高く出ている。製品仕様 $\pm 0.1\%$ の精度を十分確保できる性能を持っていることが分かる。

5.2 CMRR特性

図5は、今回のトランス絶縁方式を用いた回路のCMRR (Common Mode Rejection Ratio)特性の一例である。通常大きなコモンモードノイズ重畳の可能性がある商用電源周波数(50/60Hz)に対しては、140dB程度(コモンモードノイズの入力信号への影響を1/10,000,000に低減)と非常に高いリジェクション特性が得られていることを確認した。

絶縁電源が不要になったため、基板パターン内の信号線とグラウンド層の結合がなくなり、その結果、コモンモードに対する信号線の対象性が高まり、CMRR特性の向上に結び付いたと考えられる。

計装分野ではプラントなどの大きな設備にシーケンサが用いられることがあり商用電源周波数の外乱が多くなる傾向があるが、今回の結果から、このような環境下でも安定して計測ができる特性を持っていることが分かる。

なお、1kHzにおいても90dBと良好な特性が計測された。

6. 今後の展開

今回の開発では、トランス絶縁方式を用いて、汎用的なアナログ-デジタル変換ユニット、ディストリビュータユニット、デジタル-アナログ変換ユニットを開発した。

今後は、同様な技術を応用して、熱電対入力ユニットや測温抵抗体入力ユニットを開発する。これらのユニットは扱う信号がmVオーダーと微弱であるため、ゲインを上げても精度が維持できるよう、更に回路を工夫する必要があると考えている。また、断線検出回路や高精度の定電流回路など新たな回路検討が必要であるため、基礎研究を含めて課題解決に取り組んでいく。

製品品ぞろえを拡充することで、ユーザーがシステムを

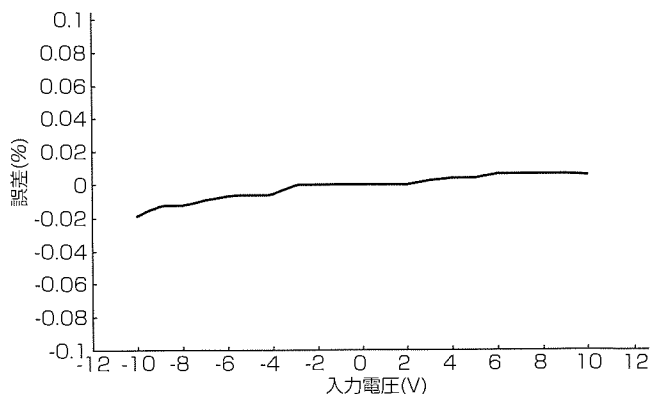


図4. 精度特性

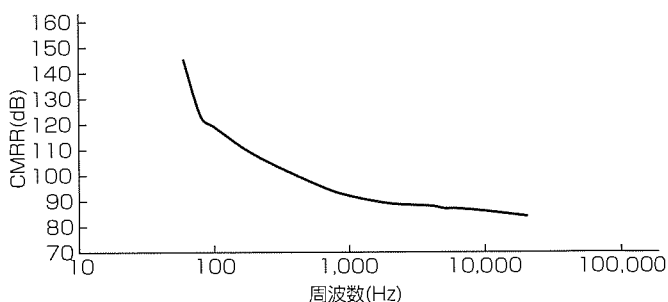


図5. CMRR特性

構築する際、より最適なユニットを選択できる環境を提供していく。

7. むすび

今回は3機種のチャンネル間絶縁アナログユニットを開発したが、計装分野におけるアナログユニットの品ぞろえ要求にはまだ十分こたえ切れていないと考える。熱電対入力ユニットや測温抵抗体入力ユニットなど、更に計装分野のニーズにマッチしたアナログ製品を拡充することで、MELSEC計装の用途拡大を図る所存である。

参考文献

- (1) 齊藤成一：アナログ回路のアイソレーション技術，電気学会技術報告I，No.151（1989-2）
- (2) 齊藤成一：アナログデジタル変換装置，登録特許：第1287672号 ほか

“MELSEC-Qシリーズ”位置決めユニット

大西厚子*
山本順司*

MELSEC-Q Series Positioning Module

Atsuko Onishi, Junji Yamamoto

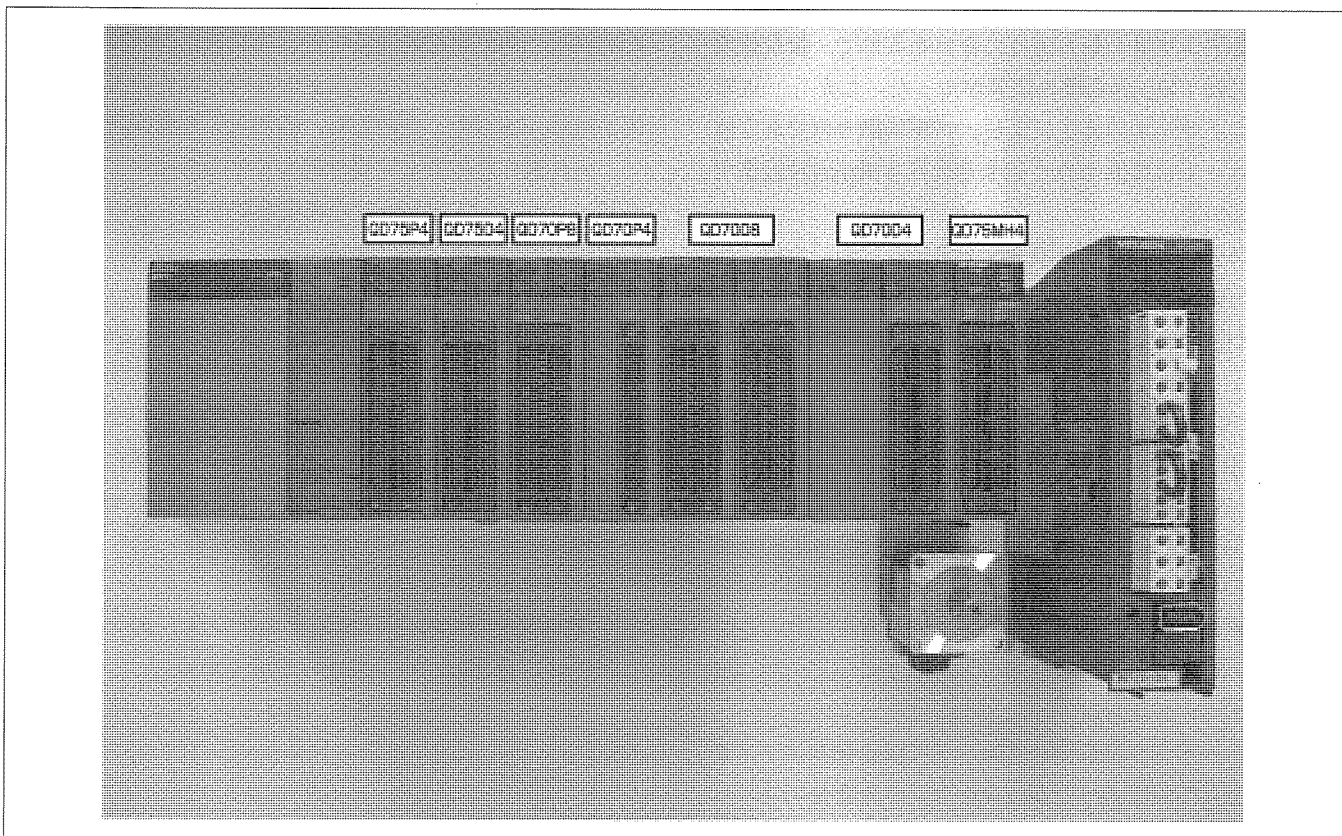
要 旨

MELSEC-Qシリーズが発売開始されてから7年が経過し、インテリジェント機能ユニットの一種である位置決めユニットも累計出荷台数(2006年4月)が10万台を超え、市場に広く浸透している。以前では、パルス列出力タイプのシーケンサ位置決めユニットに求められる最高指令速度は1 Mpps程度で十分なものであったが、近年、高性能なサーボアンプやリニアサーボの出現により、1 Mppsの指令速度では速度不足で精度が出ない、アンプの性能を發揮できない等の問題が発生してきた。そこで、MELSEC-Qシリーズの位置決めユニットとして、最高指令速度4 Mppsを実現した“QD70D”形位置決めユニットを新規開発し、2006年4月に発売を開始した。

QD70D形位置決めユニットでは、新規にパルス出力ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を開発することで、既存ユニットQD70P形位置決めユニットから機能を大幅に向上させている。

具体的には、差動出力の指令速度4 Mppsを実現しただけでなく、S字加減速機能、目標位置変更機能、原点復帰リトライ機能、速度変更機能等の機能を盛り込むことで、従来と比較して高速、高精度、高タクトタイムなユーザーシステムを構築することが可能となった。

本稿では、これらの特長を実現するための開発技術に関して主に述べることにし、その他のMELSEC-Qシリーズの位置決めユニットに関しても後述する。



MELSEC-Qシリーズの位置決めユニット各種とサーボアンプ

MELSEC-Qシリーズの各種位置決めユニット(QD75P4, QD75D4, QD70P8, QD70P4, QD70D4, QD70D8, QD75MH4)と、サーボアンプMR-J3-□A(4Mppsに対応するためには特殊対応品MR-J3-□A-KEが必要である。)の外観である。これらの製品群を使用することで、様々なユーザーシステムの位置決め制御に対応することができる。

*名古屋製作所

1. ま え が き

シーケンサを使用した位置決め制御は、“比較的簡単な動作であれば、制御プログラムの作成が容易”“ユーザーシステムの変更作業にも臨機応変に対応することが可能”などの長所から、現在ではFA(Factory Automation)業界の中で広く使用されるようになってきている。位置決めユニットの位置決め制御指令方式としては、パルス列指令方式、アナログ指令方式、シリアル通信指令方式などが挙げられる。三菱電機の“MELSEC-Aシリーズ”では、上記すべての制御指令方式の位置決めユニットを開発してきた。現在、“MELSEC-Qシリーズ”では、パルス列指令方式の“QD75(P/D)”形位置決めユニット、“QD70(P/D)”形位置決めユニット、シリアル通信指令方式の“QD75(M/MH)”形位置決めユニットの開発を完了し発売している。今回は、その中の最新機種である2006年4月に発売したQD70D形位置決めユニットの特長と開発技術に関して主に述べることにし、その他の位置決めユニット各種についても後述する。

2. QD70D形位置決めユニット

2.1 開発の背景

従来、パルス列指令方式の位置決めユニットでは、制御対象となるアンプ側の指令速度に合わせる形で、指令速度の高速化には1Mpps程度の限界があった。しかし、近年では、リニアサーボの誕生により、パルス出力側である位置決めユニットに要求される指令速度は4Mpps付近まで高速化している。

また、ユーザーシステムのタクトタイム短縮のため、従来品ではms単位のオーダーであった始動時間は μ sオーダーに短縮が求められている。これらの要求を満たすユニットとして、今回、QD70D形位置決めユニット(以下QD70Dという。)を開発し発売を開始した。既に、先行製品としてQD70P形位置決めユニット(以下QD70Pという。)があるが、QD70Dでは、指令速度の高速化だけでなく、更なる機能の追加を実現するため、新規にパルス出力ASICを開発し、指令速度4MppsとS字加減速機能、目標位置変更機能などの機能追加を実現している。

2.2 QD70Dの特長と開発技術

(1) 8軸までの多軸制御

従来のシーケンサ位置決めユニットでは4軸ユニットまでしか存在していなかったが、シーケンサ位置決めユニットと多軸(16軸以上)であるモーションコントローラの間隙(すきま)を埋めるため、1ユニットで8軸までの制御を可能とした。

QD70D用に開発されたパルス出力ASICでは1個のASICで4軸までの制御が可能であり、このASICを2個使

用することで1ユニット8軸の制御を実現した。このASICは、軸始動時にASIC間の同期をとる機能を搭載しており、その機能により、8軸の同時起動を実現している。

(2) 最高指令速度4Mpps

QD70Dでは4Mppsのパルス出力を実現した。これにより、汎用リニアサーボやDD(Direct Drive)モータ等、分解能が高いモータの制御を高速かつ高精度に行うことができる。

パルスの波形は、一定周期で信号のL/H(Low/High)を判別する方法で実現している。そのため、出力波形としてはパルス生成周期に依存したパルス幅(指令速度)しか生成できない(図1)。

パルス生成周期からは生成不可能なパルス幅(指令速度)があるため、指令速度に対して実際の出力速度は微小ながら速度が変動してしまう。

従来のパルス出力ASICを使用した場合、指令速度の範囲を1pps~4Mppsとした場合には、この変動率が大きくなってしまう。そのため、定速状態において、ユーザーシステムに振動等の問題が発生するおそれがある。

そこで、QD70D用のパルス出力ASICは、指令速度範囲1pps~4Mppsにおいて、変動率を大幅に下げよう開発を進めた。しかし、従来のパルスASICと同じ処理方式で1pps~4Mppsの範囲における変動率を大幅に下げするためには、内部動作周波数を非常に高速化(8倍以上)する必要があったが、熱などの問題から従来の処理方式では実現不可能であった。そのため、処理方式を再検討することで、内部動作周波数を実現可能な4倍の高速化に抑え、さらに、1pps~4Mppsでの速度変動率を8分の1に低減して出力速度の精度向上を図った。

(3) S字加減速(滑らかな加減速)

QD70Dでは、台形加減速だけでなく、S字(Sinカーブ)加減速を実現した。S字加減速により、停止状態から加速状態になるポイント、加速状態から定速状態になるポイントでの加速度の変化が小さくなるため、ユーザーシステムでは、メカ的な衝撃が発生しづらくなり滑らかな動作が可能となる(図2)。

(a) 滑らかな加減速の実現

位置決めユニットの加減速処理では、速度と時間がリニアに変化していくのが理想的である。

しかし実際の制御では、図3のように、速度が階段

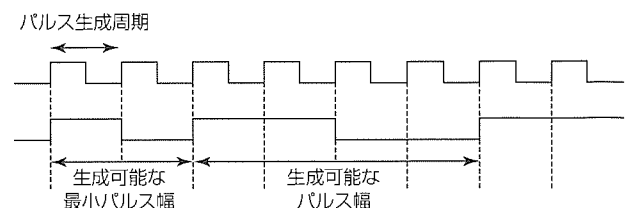


図1. パルス生成周期とパルス幅

状に変化することで擬似的に直線，又はSinカーブを実現している。この階段が細かいほど速度変化が滑らかになり，理想的な直線又はSinカーブ状態に近づくことになる。QD70(P/D)形位置決めユニットのパルス出力ASICでは，“初速と目標速度の差”と“加減速時間”との関係により速度の変化を一定の割合とする方法を採用した。この方法を使用した場合には，一定周期で速度を変化させる方法に比べ，加減速時間が短い場合にも階段数を増やすことが可能である。

図4は加減速時間の長短による速度変化を示した図であるが，加減速時間が短くなったときに速度変化量の違いが大きくなり，一定割合で速度を変化させる方式の方が滑らかに加速していくことが分かる。

なお，一定周期で速度を変化させる方式の場合も，周期を短くすることでより滑らかな加減速を行うことができる。しかし，この方式は，ソフトウェア処理により出力速度を算出している場合には，制御周期の限界がマイコンの処理能力に依存してしまうために，制御周期を短くすることは困難である。

(b) S字加減速の実現

QD70DのS字加減速では速度の算出を台形加減速のパターンからSin化する方法としている。この演算の処理時間が早ければ，加減速時の階段を細かくすることが

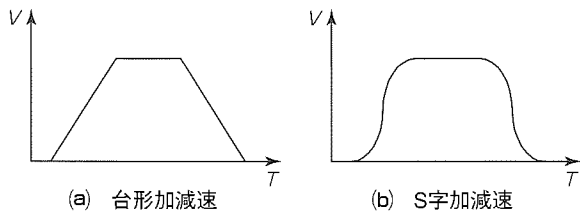


図2. 台形加減速とS字加減速

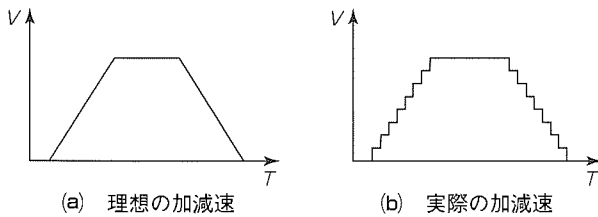


図3. 理想の加減速と実際の加減速

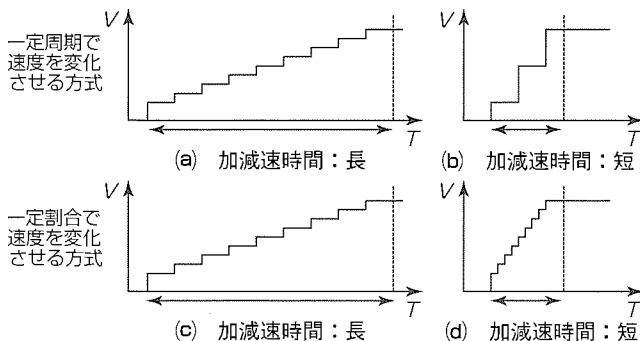


図4. 加減速時の速度変化

できるため，高速かつ連続して行う必要がある。

そこで，新規に開発したパルス出力ASICでは，図5に示すように，演算内容を4ステージに分割し，パイプライン化して処理を高速かつ連続して実施(最大2サイクルごとに速度の算出が可能)できるようにした。このパイプライン化により速度を変化させる周期を細かくすることが可能となり，QD70Dの特長の一つである滑らかな加減速をS字加減速においても実現している。

(4) 目標位置変更機能

QD70Pは，位置決め動作を開始すると途中での目標位置変更は不可能であった。そのため，ビジョンセンサ等を使用したシステムで微調整を繰り返しながら最終位置を確定するような用途への適用は，不向きであった。今回開発したQD70Dでは，位置決め動作中の目標位置変更機能を実現したため，前述の用途にも適した製品となっている(図6)。

(5) 原点復帰リトライ機能

位置決め制御中にワークが原点を越えて停止した場合など，停止位置によっては，機械原点復帰を行っても原点方向にワークが動かない場合がある。このような場合に，通常は，JOG運転などを使用して近点ドグの手前にワークを移動させてから再度機械原点復帰を始動する。この動作を自動的に行う機能が原点復帰リトライ機能である。原点復帰リトライスイッチを使用することにより，原点復帰方向と逆の方向に原点位置がある場合にも，位置確認作業，JOG運転の追加プログラムなどの面倒な作業なしで原点復帰動作が可能となり段取り時間の短縮が図れる(図7)。

(6) 速度変更機能

QD70Pは速度制御中のみ使用可能な機能であったが，QD70Dは，速度制御中に加えて位置決め中の速度変更機能を搭載し，より柔軟な位置決めパターンを実現可能とし

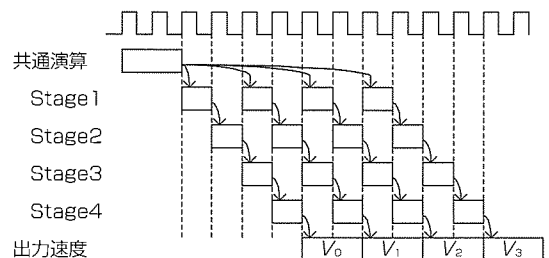


図5. Sin演算のパイプライン処理

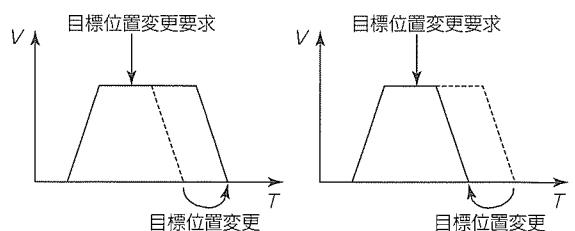


図6. 目標位置変更動作

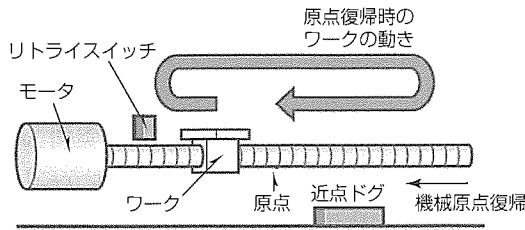


図7. 原点復帰リトライ動作

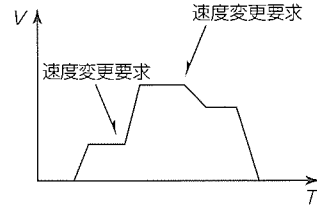


図8. 速度変更動作

た(図8)。

(7) 位置決め始動番号の任意選択

QD70Dでは、10個の位置決めデータを設定することが可能であり、任意の番号から始動することができる。あらかじめデータを設定しておけば、始動の番号の指定のみで位置決め始動でき、タクトタイムの向上が図れる。

(8) 従来品との相違点

上記ではQD70Dの特長に関して述べてきたが、ここで従来機種であるQD70Pとの仕様比較一覧を表1として載せる。QD70Dは、QD70Pに関してプログラム上は上位互換品となっている(入出力点数、スロット数、接続インタフェースは異なる)。

表1. QD70DとQD70Pの仕様比較

項目	機種	QD70D4(8)	QD70P4(8)
制御軸数		4(8)	
パルス出力方式		差動出力	オープンコレクタ
パルス出力モード		CW/CCW, PULSE/SIGN A相B相1通倍, A相B相4通倍	CW/CCW PULSE/SIGN
速度指令		4 Mpps	200kpps
制御方式		PTP制御, 軌跡制御, 速度位置切換制御	
位置決めデータ		10ポイント/軸	
始動番号指定		可	不可
位置決め範囲		-2,147,483,648~+2,147,483,647	
目標位置変更機能		あり	なし
加減速制御		台形/S字	台形
加減速時間		0~32,767ms	
原点復帰リトライ		あり	なし
占有スロット数		2スロット (アキ16点/インテリ32点)	1スロット (インテリ32点)

CW : Clock Wise
CCW : Counter CW
PTP : Point To Point

3. QD75形位置決めユニットの特長

その他の位置決めユニットであるQD75形位置決めユニットにはパルス列指令方式、シリアル通信指令方式が存在しており、ユーザーのシステムに合わせた形で機種を選択することが可能である。主な特長は以下のとおりである。

- (1) 1, 2, 4軸ユニットの品ぞろえ
- (2) 多彩な用途に使用可能な豊富な機能

直線・円弧補間、電子ギア機能、絶対位置復元機能、軌跡制御、“SSCNET”接続による省配線(M/MH)等がある。

- (3) 専用ソフトウェアパッケージによる立ち上げ、保守の簡単実行

この位置決めユニットは、QD70形位置決めユニットで実現することができない円弧補間動作や回転動作を伴うシステムの用途に向いており、適用範囲が非常に幅広い製品となっている。

4. む す び

今回のQD70Dの発売でMELSEC-Qシリーズ位置決めユニットの品ぞろえも16機種に達したが、今後の課題として以下の3点を挙げる。

- (1) 高機能位置決めユニットでの始動時間の短縮

QD70(P/D)形位置決めユニットでは始動時間のμs化を実現し始動時間の短縮化に成功しているが、市場からは、

高機能な位置決めユニットでも同様に始動時間の短縮化を求められている。今後は、高機能な位置決めユニットで始動時間を短縮させることが必要とされている。

- (2) フィードバックパルス用カウント機能の内蔵化

パルス列指令方式の位置決めユニットでは、モータのフィードバックパルスを読み込むためには別途カウンタユニットを用意する必要があるが、今後の位置決めユニットでは、この機能を内蔵し1つのユニットで位置確認、位置ずれ検出を可能とすることが求められている。

- (3) アナログ指令方式位置決めユニットの開発

現在、MELSEC-Qシリーズの位置決めユニットにはアナログ指令方式がないため、将来的には、アナログ指令方式の位置決めユニットを開発し、品ぞろえすることも必要である。

課題として品ぞろえの観点から上記3点を挙げたが、シーケンサ位置決めユニットに対する課題はこれだけではない。

今後は、ユーザーの利便性を向上させるために、アプリケーションの充実、ユニットFB(Function Block)の提供なども検討し実現させていき、FA業界での当社シーケンサ製品競争力強化のために尽力していく所存である。

“GOT1000シリーズ”の機種・機能追加

藤野寛史*

New Models and New Functions of “GOT1000 Series”

Hirofumi Fujino

要旨

近年、生産現場のグローバル化、アジア製造業の台頭、製品サイクルの加速化など、FA (Factory Automation) 市場を取り巻く環境は大きく変化している。

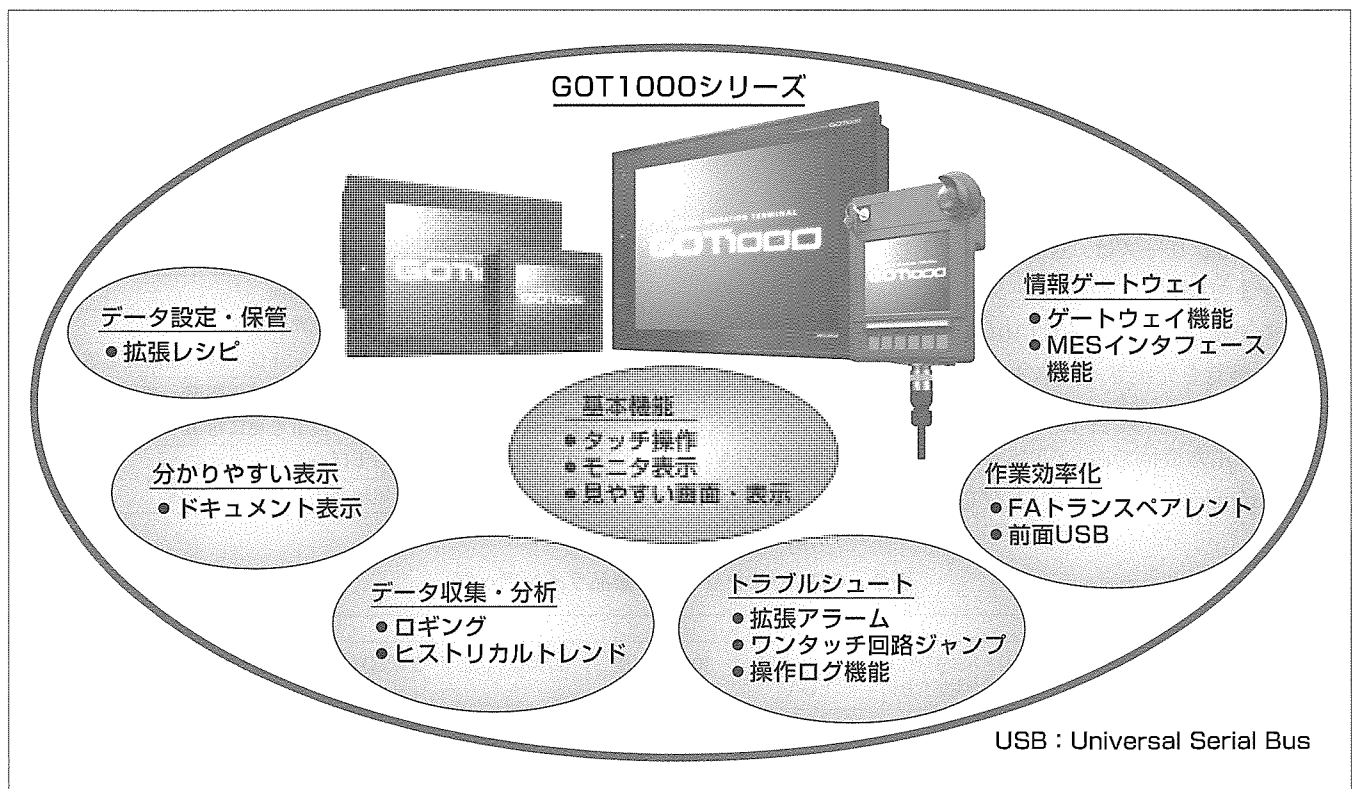
製造現場で使用される表示器に求められる役割も年々重要になっており、作業効率化・生産性向上、装置の差別化・高付加価値化、グローバル化に貢献する表示器が求められている。これらのニーズにこたえる表示器として、三菱電機は、2004年7月に“GOT1000シリーズ”の発売を開始した。

その後も上記ユーザーニーズに対応するため機種・機能拡充を続け、業界初の画面・高解像度液晶を採用した15型XGA (eXtended Graphics Array) 機種、産業用カメラの画像入力が可能なビデオ・RGB入力対応機種、中型サイズで大型機種と同等の機能を持ち業界最高速の性能を

実現した5.7型QVGA (Quarter Video Graphics Array) 機種、生産現場のハンディターミナルとなる5.7型QVGAハンディ機種、超小型3.7型機種など全29機種をラインアップした。

また、機能面でも、最大4系統のFA機器を同時接続可能なマルチチャンネル機能、表示器の画面上にマニュアル等のドキュメントを表示するドキュメント表示機能、表示器で収集したFA機器のデータをSQL (Structured Query Language) 文で直接データベースサーバに送信し工場の生産性向上を支援するMES (Manufacturing Execution System: 製造実行システム) インタフェース機能など、ユーザーの作業効率化に貢献する新機能を次々と製品化している。

本稿では、これらGOT1000シリーズの追加された新機種・新機能、及び適用技術について述べる。



GOT1000シリーズ

高速応答性、高品位表示といった基本性能の向上と、画面設計・デバッグの効率化・ダウンタイム短縮・グローバル化といったユーザー作業の効率化と装置の高付加価値化への貢献という開発コンセプトの下で製品化したGOT1000シリーズである。2004年7月に発売開始以来、機種・機能を拡張しながら進化を続け、現在では15型～3.7型までの全29機種をラインアップしている。

*名古屋製作所

1. ま え が き

表示器はFAラインにおけるシーケンサ等と接続し、人と機械・設備を結ぶHMI(ヒューマンマシンインタフェース)であり、①ラインの生産状況を数値・グラフ・ランプ等でグラフィカルにモニタする、②タッチキーを介して生産指示・数値入力を行う、③作画ソフトウェアを使用してユーザーが自由に、かつプログラムレスで画面を作成できる、という特長を持っている。

当社は、1992年に“A64GOT, A77GOTシリーズ”で本格的に表示器市場に参入した。その後も“GOT-A800シリーズ”(1996年)、“GOT-A900/F900シリーズ”(1998年)を市場投入し、“MELSECシーケンサ(以下、“MELSEC”という。))との親和性による他社差別化”戦略により業界第二位の国内シェアを占めるまでに成長した。更なる市場浸透・拡大を目指すため、2004年7月から新製品GOT1000シリーズを発売開始し、その後も機種拡充、機能拡大を続け、2006年3月に一通りの製品ラインアップができた。

本稿では、これらGOT1000シリーズの新機種・新機能及び適用技術について述べる。

2. GOT1000シリーズの開発コンセプト

GOT1000シリーズは、高速応答性の追求、美しく・表現力豊かな高品位表示といった基本性能の向上と、画面設計・デバッグの効率化、ダウンタイムの短縮、グローバル化といったユーザー作業の効率化と装置の高付加価値化への貢献をコンセプトとし、顧客の視点で製品化を行った(表1)。

3. GOT1000シリーズの製品ラインアップ

GOT1000シリーズは、GT15(ネットワークからスタンダアロンまで幅広いアプリケーションをカバーするフルスペックモデル)と、GT11/GT10(スタンダアロンユースとして基本機能を充実させたスタンダードモデル)の2シリーズ構成からなっている(表2)。

2004年に主力機種であるGT15シリーズの10.4/8.4型VGA(Video Graphics Array)機種、及び12.1/10.4型SVGA(Super

VGA)機種、GT11シリーズの5.7型QVGA機種を発売した。

その後も機種拡充を続け、2005年には海外規格(UL(Underwriters Laboratories), CEマーキング)の全機種標準対応化を行った。また、GT15シリーズでは、DC電源入力機種、低価格VGA機種、業界初の大画面・高解像度機種である15型XGA機種を発売した。GT11シリーズでは、5.7型QVGAハンディ機種を発売している。2006年にはGT15シリーズでビデオ・RGB入力対応SVGA機種、業界最速性能の5.7型QVGA機種を、GT10シリーズでは超小型の3.7型機種を発売し、全29機種の製品ラインアップとなっている。

接続形態では、MELSEC-A/Qバス接続を始めとし、MELSECNET/H, CC-Link, Ethernet(注1), RS-232/RS-422等の通信形態に対応した通信ユニットを発売している。また、PictBridge対応のプリンターで印刷が可能なプリンターユニット等、様々なオプションを発売している。

これらGOT1000シリーズの機種拡充・機能追加について次項以降で述べる。なお、GT15, GT11/GT10は多くの共通機能を持つが、基本アーキテクチャの違いから機種により対応していない機能も存在する。

4. GOT1000シリーズの機種・機能拡充

4.1 大画面・高解像度への対応

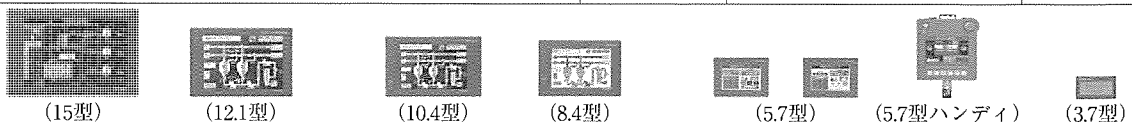
より多くの情報を画面に表示したいというユーザーニーズは多い。GOT1000シリーズでは、大画面化・高解像度化のニーズに対応した業界初の15型XGA液晶搭載機種を開発した。業界最大サイズの15型XGA液晶搭載に伴い、EMIノイズ(Electro Magnetic Interference: 表示器から(注1) Ethernetは、Xerox Corp.の登録商標である。

表1. GOT1000シリーズの開発コンセプト

コンセプト1: 磨かれた基本性能
①美しく、表現力豊かな画面
②USBインタフェース標準装備&前面配置
③描画・演算・通信・・・三位一体の超高速応答
コンセプト2: 作業効率化・ダウンタイム短縮・グローバル化
①画面設計・システム設計を更に自由・簡単に
②デバッグ・立ち上げをスピーディに
③ダウンタイム短縮と予防保全への貢献

表2. GOT1000シリーズの製品ラインアップ

シリーズ	GT15				GT11/GT10			
機種	15型XGA	12.1/10.4型SVGA (ビデオ対応含む)	10.4/8.4型VGA	10.4/8.4型VGA	5.7型QVGA	5.7型QVGA	5.7型QVGA ハンディ	3.7型
色数	65,536色			256/16色	65,536色	256色/モノクロ16階調		モノクロ
ユーザーメモリ	9Mバイト(最大57Mバイト)			5Mバイト (最大52Mバイト)	9Mバイト (最大57Mバイト)	3Mバイト		512kバイト
電源	AC100~240V/DC24V				DC24V	DC24V		DC24V



(注) GT15 5.7QVGA機種の色数はTFT(Thin Film Transistor)液晶: 65,536色, STN(Super Twisted Nematic)液晶 カラー: 4,096色, モノクロ: 16階調となる。

放射する電磁妨害ノイズ)低減に効果のあるLVDS(Low Voltage Differential Signaling)インタフェースを採用した。また、大型化・質量増に伴いパネル面を従来のプラスチック成型部品から金属筐体(きょうたい)化し強度・剛性アップを図った。さらに、電源基板の固定箇所を最適化することで、大画面にもかかわらず他機種と同等の耐振動性を確保した。

4.2 様々なFA機器を接続可能な拡張性

GOT1000は、標準装備のRS-232インタフェースに加え、背面に2つの拡張インタフェースを装備し、様々な拡張ユニットを装着可能な構造とした。さらに、これら2つの拡張インタフェースは亀(かめ)の子構造を採用し、それぞれ最大3台、合計5台の拡張ユニットを増設可能な構造とした。

この拡張インタフェースにより、MELSEC-A/Qバス接続、MELSECNET/H、CC-Link、Ethernet、RS-232/422等の多彩な通信形態への対応と、プリンター、産業用カメラ接続、RGB入出力機器接続などユーザーの多様なシステム構成に柔軟に対応できる拡張性の高いアーキテクチャとしている(図1)。

4.3 複数のFA機器の情報をGOT1台で一元管理

FA現場ではシーケンサ、サーボ、インバータ、温度調節器など様々なFA機器が使用されている。従来は、これらFA機器はシーケンサに接続され、シーケンサが収集したデータを表示器でモニタしていた。例えば、温度調節器のデータを表示器でモニタする場合、シーケンサに計算機リンクユニットを装着し温度調節器と接続することで、シーケンサが収集した温度調節器のデータをモニタしていた。しかし、この構成では温度調節器接続用の計算機リンクユニットが必要となりコストアップとなる、温度調節器接続用シーケンスプログラムが必要となりシーケンサに負荷がかかる、エンジニアリングコストがかかるという課題があり、もっと手軽に温度調節器のデータをモニタしたいという要望があった。

GOT1000シリーズでは、同時に最大4系統のFA機器をGOT(Graphic Operation Terminal)と直接接続してモニタすることができる“マルチチャンネル機能”を開発し要望にこたえた。前述の温度調節器の例では、GOTに直接温度調節器を接続しモニタすることで、計算機リンクユニット削減によるコストダウンと温調接続用シーケンスプログラム削減によるシーケンサの負荷軽減、これに伴うエンジニアリングコスト削減に貢献している。また、マルチチャンネル機能では、複数のFA機器がモニタ可能となることを利

用して、異なったメーカーのFA機器間でデータを交換したり、ネットワーク接続できないFA機器をネットワークに参加させることが可能となる。

マルチチャンネル機能は、前節で記載した亀の子構造によりユーザーシステムに合った通信ユニットを装着し、FA機器を接続することで実現する。また、複数のFA機器接続による性能劣化を通信系タスクの並列動作及びイベントドリブン処理(必要時のみタスクが動作)によりモニタ性能劣化を10%以下に抑え、高速モニタ性能を確保している(図2)。

4.4 FA機器との親和性・安全性の強化

製造業における共通の課題として生産性の向上、稼働率のアップが挙げられる。GOT1000シリーズでは、“ユーザー作業の効率化、ダウンタイム短縮”を開発コンセプトとして、MELSECシーケンサを始めとするサーボ、CNC(Computer Numerical Control)といった三菱FA機器との親和性を強化し、立ち上げ作業、ダウンタイム短縮に貢献する保全用モニタ機能を充実させた(表3)。

また、GOT画面上でシーケンスプログラムをモニタ可能とする従来の回路モニタ機能を改良し、装置の異常・ちょこ停などによる装置のダウンタイム短縮に威力を発揮する“ワンタッチ回路ジャンプ機能”を新たに開発した。

ワンタッチ回路ジャンプ機能の特長として、画面上のタッチスイッチにあらかじめシーケンスプログラムと検索対象のコイルを設定しておくことにより、画面上のスイッチをタッチすると対象コイルを含む回路ブロックを表示することが可能となる。この機能を利用すると、トラブル発生時に現場のオペレータがGOTを数回タッチすれば異常原因がサーチできるので復旧作業の時間短縮が可能となる(図3)。

ワンタッチ回路ジャンプ機能は迅速な回路表示を実現するために、複数のシーケンスプログラムをGOTのメモリ(CF(Compact Flash)カード)にあらかじめ読み込むことで、回路をスムーズに表示できるようにした。また、シーケンサ内の

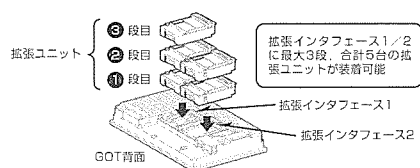


図1. 拡張インタフェース

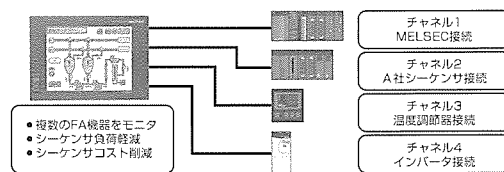


図2. マルチチャンネル機能

表3. 保全用モニタ機能

モニタ対象	モニタ機能
MELSEC	回路モニタ機能、Aリスト編集機能、FXリスト編集機能
シーケンサ	システムモニタ機能、ネットワークモニタ機能 インテリジェントユニットモニタ機能
サーボ、モーション	サーボアンプモニタ機能、Qモーションモニタ機能
CNC	CNCモニタ機能

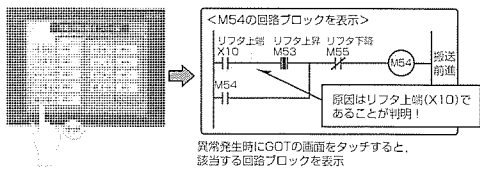


図3. ワンタッチ回路ジャンプ機能

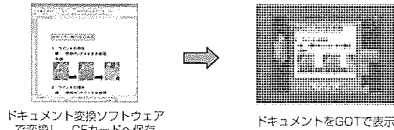


図4. ドキュメント表示機能

プログラムと不整合が生じないように、自動的に照合チェックを行い、差異がある場合には再読み込みを行うようにしている。

さらに、シーケンスプログラムを特定して設定可能とし、また、プログラム別のコメントを表示可能とすることで、より迅速・正確にトラブル発生箇所を検出可能とした。

4.5 現場で必要なドキュメントをGOT上で閲覧

ダウンタイム短縮への別の取り組みとして、GOT1000では、GOT画面上でドキュメントを閲覧可能とした“ドキュメント表示機能”を開発した。このドキュメント表示機能は、ワード等で作成したドキュメント(ファイル形式: doc, xls, ppt, pdf, jpg, bmp)を作画ソフトウェアと同梱(どうこん)しているドキュメント変換ソフトウェアでJPEG(Joint Photographic Experts Group)ファイルに変換してGOTのCFファイルに保存しておき、必要なときに画面上に表示する機能である。ページ切り換えやスクロール、拡大・縮小ができ、複数ページにまたがるドキュメント表示も可能であるため、操作性良くドキュメントを閲覧することができる。このドキュメント表示機能を利用して、システムの異常発生時にマニュアルを表示させたり、作業指示書の表示、さらにはクリーンルームなど紙を持ち込めない場所でもドキュメントの確認ができる(図4)。

4.6 データベースとの連携で工場の生産性向上を支援

近年、品質・生産量・納期・コストの最適化を目的として、製造現場にMESが導入されている。通常、MESでは、データベースサーバとFA機器の間にゲートウェイパソコンを設置し、FA機器の情報収集、演算処理を行っている。GOT1000シリーズでは、これらゲートウェイパソコンの機能をGOTで代用し、置き換えを可能とする“MESインタフェース機能”を開発した。

MESインタフェース機能は、①マルチチャネル等で接続され収集したFA機器の情報を、データベースの標準言語であるSQL文でGOTから直接データベースサーバにプログラムレスで送信することが可能、②ネットワーク異常等によりデータベースサーバとの通信ができなくなった場合でも収集した

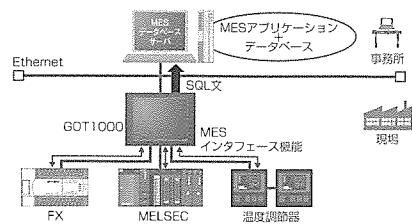


図5. MESインタフェース機能

情報をGOT内に蓄積しデータ漏れを防ぐ(DB(Data Base)バッファリング機能)等の特長を持っている。このMESインタフェース機能を使用することで、リアルタイムにFA機器の情報を吸い上げデータベースと情報交換を行うMES連携システムを低コスト・高信頼に実現可能とする(図5)。

4.7 表現力豊かな画面の実現

GOT1000シリーズでは、開発コンセプトである美しく、表現力豊かな画面の実現のため、新たに“ストロークフォント”を採用した。これにより、1ドット単位の自由なフォントサイズで見やすく美しい文字表示が可能となる。

また、従来から好評なコメントグループ機能がタッチスイッチ・ランプの銘板でも使用可能となり、ストロークフォントによる綺麗(きれい)な文字で銘板の言語切り換えができるようになった。

さらに、文字表示エリアに合わせて文字サイズを自動調整、表示する“コメントグループ文字列自動調整機能”を新たに開発した。これにより、タッチスイッチの銘板など限られた領域に文字数が異なるコメント文字列を切り換えて表示する場合でも、文字サイズを自動調整して表示するため画面の設計自由度が向上する。

5. 今後の取り組み

GOT1000は、今後とも、作業効率化・ダウンタイム短縮・グローバル化へ貢献する表示器として顧客潜在ニーズの実現を追求していく。

当社は総合FA機器メーカーであり、各FA機器は非常に製品力が高い。これら製品力のある三菱FA機器との相乗効果を生み出す仕組み作り、また作画ソフトウェアの更なる操作性向上、モニタ性能の更なる高速化などにより、ユーザー作業の効率化、ダウンタイムの短縮、装置の高付加価値化へ更に貢献していく。

6. む す び

以上述べたGOT1000シリーズの機種・機能は、全体のほんの一部に過ぎない。基本性能を追求するとともに、ユーザー作業の効率化、ダウンタイムの短縮、グローバル化へ真に貢献する表示器として、今後も時代に合わせて変化していくユーザーニーズを敏感にとらえ、また、新たな用途を開拓する表示器として日々進化させていく所存である。

M700シリーズ画面開発ツール“NC Designer”^{*} 田中貴久^{*} 清水敏男^{*}

M700 Series Screen Drawing Software “NC Designer”

Takahisa Tanaka, Toshio Shimizu

要 旨

近年、工作機械の多様化が進み、工作機械メーカーではその機械構成に応じた独自のCNC (Computerized Numerical Control) 操作画面を開発したいというニーズが高まっている。

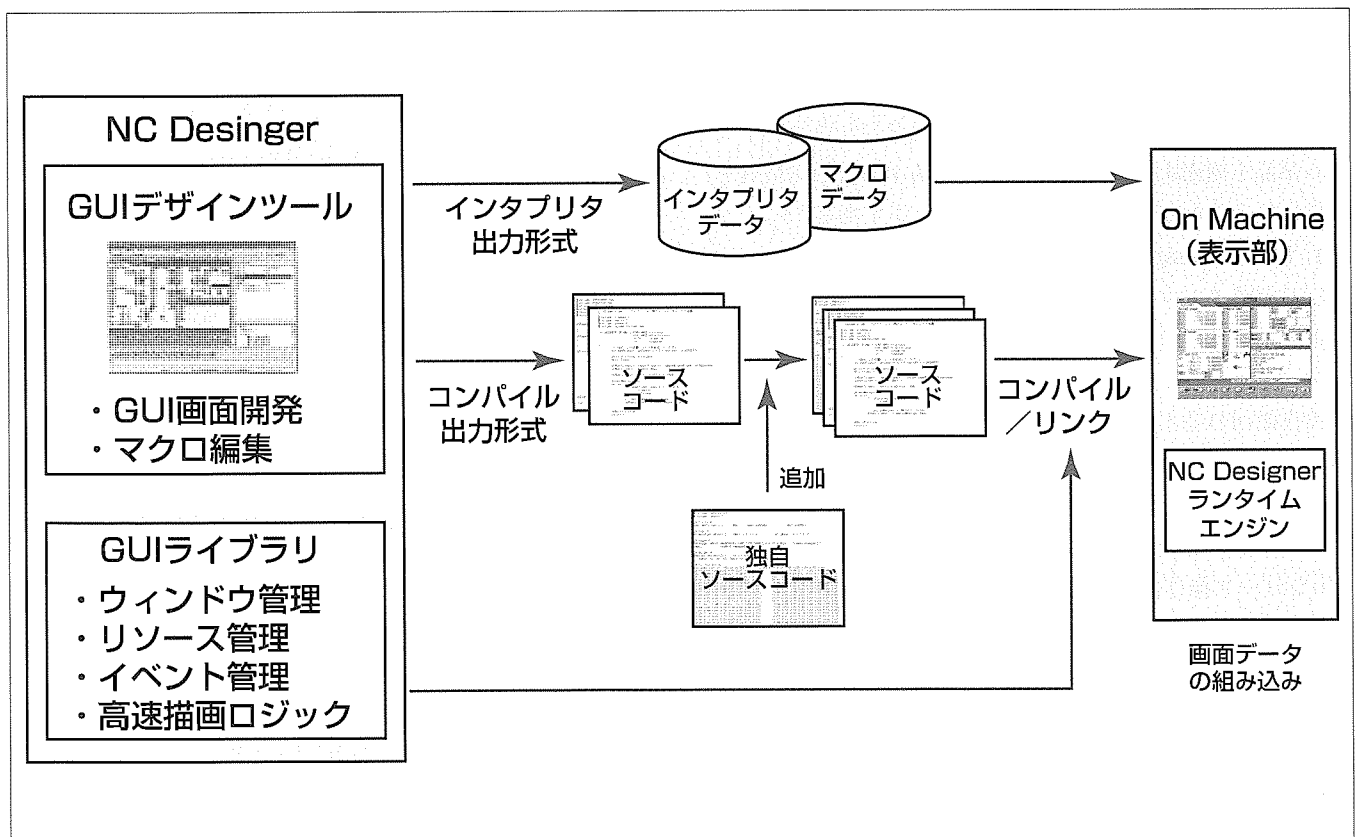
このような背景から、コントロール部品を画面上に配置するだけで基本的な画面開発を容易に行うことができる“NC Designer”の開発を行った。NC Designerでは、一般的な操作画面でよく使用される部品だけでなく、位置カウンタなどのCNC操作画面に特化した部品も提供している。また、描画処理やウィンドウ管理等をサポートする強力なライブラリも搭載しているため、複雑な処理を意識することなく開発を行うことができる。

NC Designerでは、開発する操作画面の規模に応じて、

2通りの画面データ出力形式をサポートしている。画面操作にかかわる処理が比較的簡単な場合は、画面イメージをそのまま出力し、NC Designerに搭載されたマクロ機能で処理を実装することができる。また、ソースコード形式の出力もサポートしており、複雑な処理もプログラム言語で実装することが可能である。

“MITSUBISHI CNC 700シリーズ”にはNC Designerのランタイムエンジンが搭載されており、NC Designerで開発した操作画面を容易にCNC操作画面に表示することができる。

このように、NC Designerを使用することで、今までよりも容易に画面開発を行うことができ、開発にかかる工数を大幅に短縮することが期待できる。



NC Designerを使用した画面開発

NC Designerを使用することで、視覚的に確認しながら画面開発を行うことができる。また、NC Designerでは、2通りの画面データ出力形式をサポートしており、開発する操作画面の規模に応じて選択することができる。MITSUBISHI CNC 700シリーズにはNC Designerランタイムエンジンが搭載されており、出力した画面データを容易にCNC操作画面に登録することができる。

1. ま え が き

近年、工作機械の多様化が進み、工作機械メーカーでは、その機械構成に応じた独自のCNC操作画面を開発することで競合メーカーとの差別化を図りたいというニーズが高まっている。

このニーズにこたえるため、三菱電機では、CNC操作画面表示部にアプリケーション開発が容易な汎用オペレーティングシステム(OS)を搭載し、工作機械メーカーでも画面開発を行える環境を提供してきた。しかし、画面開発には描画処理やウィンドウ管理といったアプリケーション開発特有の専門知識が必要であり、依然としてその負荷が大きい。

このような背景から、あらかじめ用意されたコントロール部品を画面上に配置するだけで基本的な画面開発を容易に行うことができるNC Designerの開発を行った。

本稿では、このNC Designerの特長について述べる。

2. NC Designerの構成

今回開発したNC Designerは、視覚的に確認しながら操作画面の作成を行うことができるGUI(Graphical User Interface)デザインツールと、作成した操作画面をCNC操作画面上で実行するランタイムエンジンから構成されている。

2.1 GUIデザインツール

GUIデザインツールは、あらかじめ用意されたコントロール部品を画面上に配置することで、基本的な画面開発を容易に行うことができるアプリケーションである。

2.1.1 NC Designerの構成要素

GUIデザインツール上で作成する操作画面の構成要素を以下に示す(図1)。

(1) パネル、ウィンドウ

操作画面の基本表示領域がパネルである。表示領域にはパネル以外にもウィンドウがあり、パネル上の一部領域を一時的に別の表示に切り換える際に使用する。

ウィンドウを使用することにより、MISTUBISHI CNC 700シリーズ操作画面の特長として挙げられるポップアップウィンドウと同様の表示を行うことができる(図2)。

(2) コントロール部品、図形

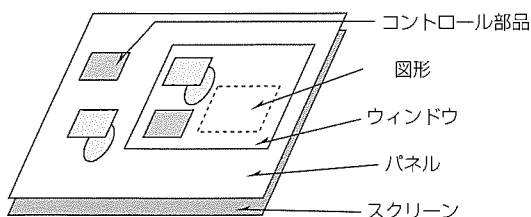


図1. NC Designerの構成要素

コントロール部品には、一般的な操作画面でよく使用されるテキストボックスやボタンといったコントロール部品だけではなく、位置カウンタやプログラムモニタといったCNC操作画面専用のコントロール部品も用意されている。

また、図形には直線や円弧、矩形(くけい)等が用意されており、操作画面を装飾するために使用する。

以上の構成要素を用いて、パネルやウィンドウ上にコントロール部品や図形を配置することで基本的な画面を作成する(図3)。

各構成要素にはそれぞれプロパティ(属性)があり、これらを変更することでオブジェクトの大きさや位置、構成要素上に表示される文字や線種等を変更することができる。

また、各構成要素の共通設定(例えば、文字列、塗りつぶしパターンや立体枠の形状)はリソースとして登録し、各部品の設定を一括して変更することもできる。

2.1.2 GUIデザインツールからの出力形式

GUIデザインツール上で作成した画面は、CNC操作画面で実行するために2通りのデータ形式で出力することができる。

(1) インタプリタ形式

GUIデザインツール上で作成した操作画面をそのまま実行データとして出力する形式である。簡単な操作画面であ

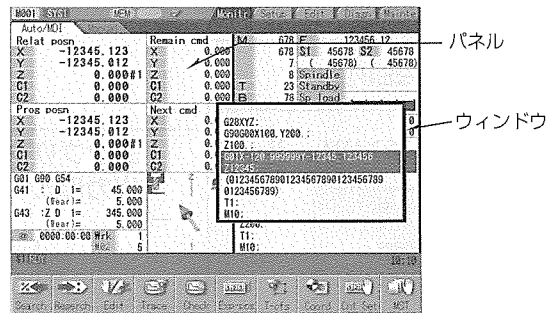


図2. ポップアップウィンドウ

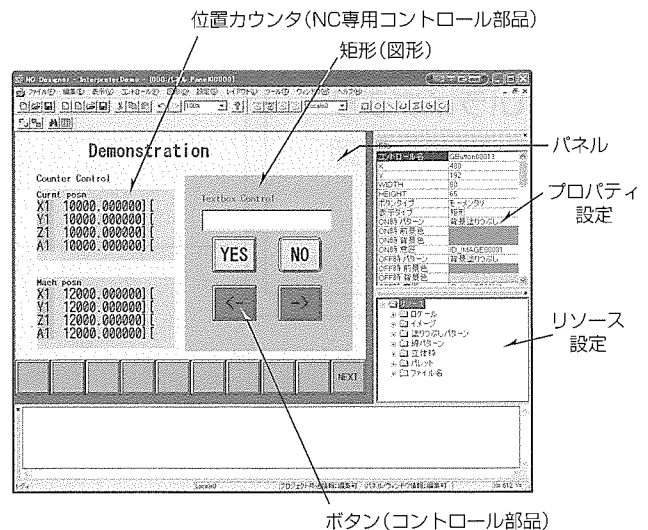


図3. コントロール部品・図形の配置例

れば、この形式で出力し、そのまま操作画面として使用することができる。画面操作にかかわる処理は、NC Designerに装備されたマクロ機能で簡単に実装することができる。

(2) コンパイル形式

作成した操作画面をソースコードで出力する形式である。画面操作にかかわる処理が複雑な場合は、この形式で出力し、必要な処理はプログラミング言語を用いてソースコードに直接実装することができる。この形式で出力した場合は、別途用意したコンパイラでビルドすることで実行データを生成する必要がある。

2方式の特徴を表1に示す。

2.1.3 マクロ機能

パネルやウィンドウ上にコントロール部品や図形を配置した後、画面実行時に各コントロール部品に対して行われる操作(クリックやキー入力など)に応じた処理を実装する必要がある。コンパイル方式ではソースコードに直接その処理を実装することになるが、インタプリタ形式ではNC Designerに搭載されたマクロ機能を使用することで実装することができる。

マクロ機能は、GUIデザインツール上に専用の編集画面が用意されており(図4)、各コントロール部品の操作ごとに対応する処理を記述する。例えば、ボタンコントロール部品をクリックしたときに画面切換えを行いたい場合は、ボタンクリック時にランタイムエンジンからコールされるコールバック関数(関数名は、コントロール名と操作名称から一意に決定される。ダイアログから選択することで、コールバック関数の雛形(ひながた)は自動生成される。)

表1. 各出力形式の特徴

	インタプリタ	コンパイル	従来の作成方法
作りやすさ	○ (コンパイラ不要)	△ (コンパイラ必要)	× (コンパイラ必要)
処理速度	△	○	○
変更への柔軟性	○	○	×
実現できる画面の機能	△	○	○

を定義し、その関数内に画面切換えの処理を記述すればよい。

なお、画面切換えやウィンドウ表示、各コントロールのプロパティ変更等を行う関数は、すべてGUIライブラリにより提供されている。

2.1.4 コンパイル方式での操作処理の追加

コンパイル方式でも、各コントロール部品の操作に対応するコールバック関数を使用することができる。GUIデザインツール上にある各コントロール部品のプロパティで、操作に対応するコールバック関数を有効にすればよい。これにより、ソースコード生成時に該当するコールバック関数が自動的にソースコード上に生成される。コンパイル方式でも、GUIライブラリで提供された関数を用いることで、必要な処理を実装することができる。

2.2 ランタイムエンジン

2.2.1 作成した操作画面の登録

MISTUBISHI CNC 700シリーズにはNC Designerランタイムエンジンが標準で搭載されており、NC Designerで開発した操作画面は、あらかじめ用意された設定ファイルを変更するだけで簡単に表示することができる。このとき、新規に操作画面を追加できるだけでなく、MISTUBISHI CNC 700シリーズの標準画面内にあるメニューにもポップアップウィンドウを追加することができる。

2.2.2 ランタイムエンジンの動作例

作成した操作画面の実行時にボタンコントロール部品をクリックされた場合を例に、ランタイムエンジンの動作例を示す(図5)。ここでは、ボタンコントロール部品のクリック操作に対応するコールバック関数に、画面切換えの処理が実装されているものとする。

- ① 操作画面上をクリックすることで、クリックされた座標値がイベント・タイマ処理部に通知される。
- ② クリックされた座標値から、ボタンコントロール部品がクリックされたことが判別され、コントロール管理部にその情報が通知される。
- ③ ボタンコントロール部品のクリック操作に対応した

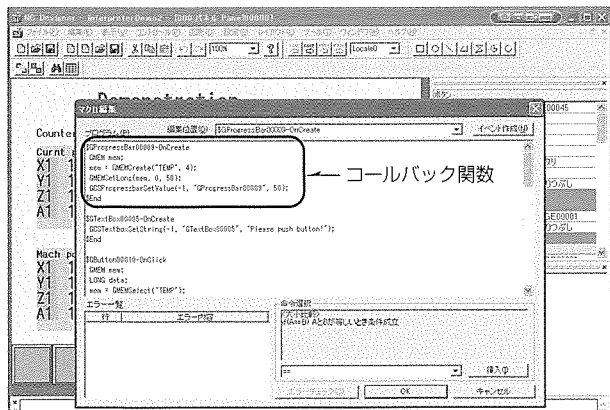


図4. マクロ機能

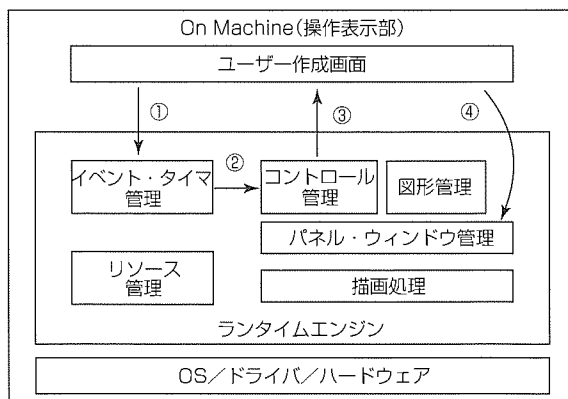


図5. ランタイムエンジン動作例

コールバック関数がコールされる。

- ④ コールバック関数内の画面切替の処理が実行される。パネル・ウィンドウ管理部に画面切替が通知され、実際に画面切替が行われる。

3. NC Designerを使用した画面開発

NC Designerを使用した画面開発の流れを図6に示す。

NC Designerで画面開発を行うために、まず、プロジェクトファイルの新規作成を行う。プロジェクトファイルにはGUIデザインツール上で作成する画面データが保存されるが、一つのプロジェクトファイル内には複数の操作画面を保存し、管理することができる。同一のプロジェクトファイル内に保存された操作画面データでは文字列やイメージデータなどのリソースを共有することができるため、関連のある画面データは一つのプロジェクトファイルに保存したほうがよい。リソースを共有することで、統一的な一連の操作画面を作成することができる。

なお、NC Designerでは、マルチユーザーでの作業をサポートしているため、同一のプロジェクトファイル内でも別々のパネル・ウィンドウであれば、複数の作業者が同時に編集することができる。

コントロール部品や図形を操作画面上に配置する画面レイアウトまでは、コンパイル方式及びインタプリタ方式ともに共通の作業となる。また、コンパイル形式及びインタプリタ形式でも、プロジェクトファイルは共通である。

インタプリタ形式で画面開発を行う場合は、引き続きGUIデザインツールにあるマクロ編集画面で操作に応じた処理の実装を行い、実行データの出力を行う。

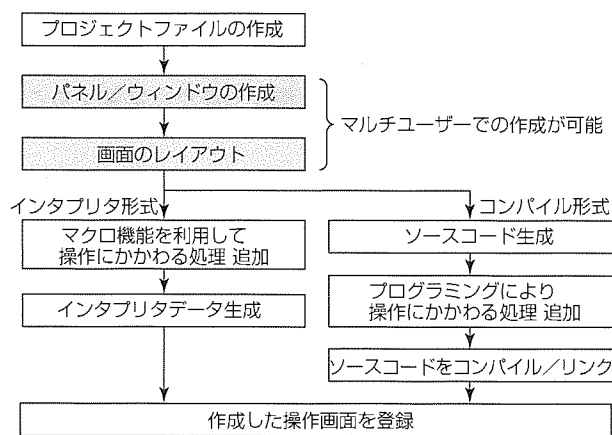


図6. NC Designerを使用した画面開発の流れ

コンパイル方式でソースコードを出力した場合は、ソースコードに必要な操作処理を実装し、別途用意したコンパイラでコンパイル・ビルドを実行することで、実行データの生成を行う。

実行データの生成後は、CNC操作表示部にそのデータをコピーし、あらかじめ用意された設定ファイルを書き換えるだけで、容易に画面表示を行うことができる。

4. む す び

以上のことから、NC Designerを使用することで、アプリケーション開発に必要な基本的な処理を一から構築する必要がなくなり、独自性の強い画面操作にかかわる機能開発に注力することができるようになる。これにより、工作機械メーカーでは画面開発にかかわる負荷を減らし、開発工数を大幅に短縮することが期待できる。

低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”の大容量化 福谷和則* 原本賢一*

Low Voltage Air Circuit Breakers “AE-SW Series” with High Current Ratings

Kazunori Fukuya, Kenichi Haramoto

要旨

大規模ビル・工場などの低圧受配電システムの大容量化や船舶の大型化などが進むのに伴い、主に海外の受配電システムや船舶用の主幹として使用される低圧気中遮断器 (Air Circuit Breaker : ACB) にも定格電流、遮断容量、選択協調のための短時間通電容量の拡大・向上が要求されてきている。

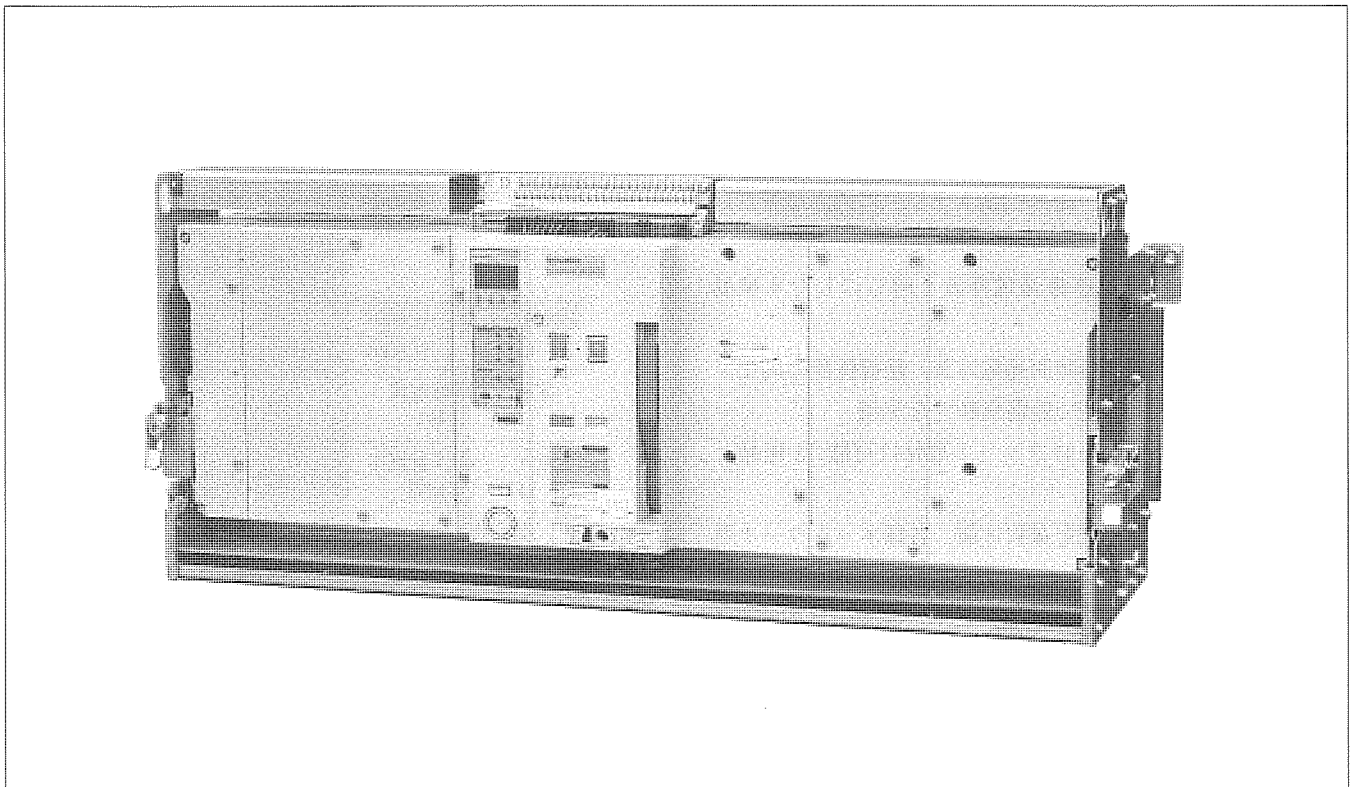
また、情報化社会の進展、急速に拡大するIT化により、負荷設備に高調波発生機器が多数接続されるようになり、三相4線配線方式では、中性相(N相)に各相の第3高調波電流が重畳された過大な電流が流れるため、4極遮断器の中性極(N極)通電容量の増大が求められてきている。

これらの要求にこたえるため、低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”において、2004年に製品化した630A～4000Aフレーム品に加え、新たに4000A～6300Aフレーム

品を開発し、製品シリーズを拡大した。

新形4000A～6300Aフレームの主な特長は次のとおりである。

- (1) N極通電容量を電圧極通電容量と同じにした4極品の追加
- (2) 高電圧遮断容量、短時間通電容量、絶縁性能の向上
- (3) 高耐久性能により高い開閉信頼性を実現
- (4) 既設の従来品にレトロフィット取付け可能(3極品、N極が電圧極の1/2通電容量の4極品)
- (5) 多種多様な保護機能を選択可能。各種ネットワーク対応の引きはずしリレー
- (6) 欧州RoHS(the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) 指令に標準対応



低圧気中遮断器AE-SWシリーズ 6300Aフレーム

AE6300-SW引出形4極品(中性極通電容量=電圧極通電容量)であり、ディスプレイ付き引きはずしリレーを搭載している。

1. ま え が き

大規模ビルや工場の低圧受配電システムの大容量化，船舶の大型化などが進み，これに伴い，主に海外の受配電システムや船舶用の主幹として使用される低圧気中遮断器(ACB)にも定格電流，遮断容量，選択協調のための短時間通電容量の拡大が要求されてきている。

また，情報化社会の進展，急速に拡大するIT化により，負荷設備に高調波発生機器が多数接続されるようになり，三相4線配線方式では，中性相(N相)に各相の第3高調波電流が重畳された過大な電流が流れるため，4極遮断器の中性極(N極)通電容量の増大が求められてきている。

これらの要求にこたえるため，低圧気中遮断器AE-SWシリーズにおいて新たに定格電流4000A～6300Aフレーム品を開発したので，その主な特長について述べる。

2. 製品概要と特長

低圧気中遮断器AE-SWシリーズの製品構成を表1に示す。630Aフレームから4000Aフレームまでの9機種に加え，新たに4000，5000，6300Aフレームの3機種(以下，まとめて6300Aフレームという。)を追加した。各Aフレームに固定形・引出形と3極品・4極品がある。新形6300Aフレームでは，従来機種と取付け寸法及び外形寸法の互換性を持ちN極が電圧極の1/2サイズの4極品(Half Neutral，以下“HN”という。)に加え，電圧極と同じサイズ・同じ通電容量のN極を持つ4極品(Full Neutral，以下“FN”という。)を新たに追加し，7種類のモジュール化外形寸法，全54種類の製品系列となった。6300Aフレームの新旧比較を表2に示す。新形6300Aフレームの主な特長は次のとおりである。

- (1) N極通電容量を電圧極通電容量と同じにした4極品(FN)の追加
- (2) 高電圧遮断容量，短時間通電容量，絶縁性能の向上
- (3) 高耐久性により高い開閉信頼性を実現
- (4) 既設の従来品にレトロフィット取付け可能(3極品，4極品HN)
- (5) 多種多様な保護機能を選択可能。各種ネットワーク対応の引きはずしリレー
- (6) 標準で欧州RoHS指令に対応

3. N極通電容量の拡大

AE-SWシリーズでは，4000Aフレーム(AE4000-SWA)以下の機種において，4極品のN極は標準品で電圧極と同じ通電容量を持っている。

6300Aフレームの通電部は3200Aフレームの通電部2極分を並列に連結した構造としているが，従来品のN極は3200Aフレームの1極分，すなわち電圧極の1/2の通電容量であった。

N極通電容量の拡大要求が高まる中，AE-SWシリーズ6300Aフレームでは，以下の課題解決の基に，N極にも3200Aフレームの2極分構造を採用し電圧極と同じ通電容量とした4極品(FN)を実現した。

3.1 主回路投入力の確保

ACBの投入動作の過程を図1に示す。投入動作は開閉機構部の投入ばね(圧縮ばね)の蓄積エネルギーをチャージアーム，リンク部，メインシャフト，絶縁リンクを介してACB可動部へ伝達させ，短時間(0.08秒以下)で接点を投入(ON)させる構造である。投入後の接点は，接圧ばねの荷重を受けて通電に必要な所定の接触力を得ている。

4極品FNでは，従来の4極品HNに対して1台当たりの接圧ばね荷重の総和が約8/7倍となり，機構部の投入ばねに必要とされるエネルギーも増える。しかし，小スペース・許容応力及びばね圧縮操作性などの制約条件により，投入ばねは容易に荷重アップができない。

接圧ばね荷重は，定格電流通電時の温度上昇を満足し，かつ，短時間通電容量で電磁力による接点発弧なく接触保

表2. 6300Aフレームの新旧比較

		新形AE-SW	従来品
		AE6300-SW	AE6300-SS
定格遮断容量 (kA)	AC690V	85	50
	AC500V	130	130
定格短時間耐電流 (kA, 1秒)		100	85
定格インパルス耐電圧 (kV) 主回路		12	8
開閉耐久回数 (3極品, 無通電)		10,000	2,000
4極品 N極通電容量 (A)		6,300(FN) 3,150(HN)	3,200

表1. AE-SWシリーズの製品構成

Aフレーム	630	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300
AE-SW シリーズ	AE630 -SW	AE1000 -SW	AE1250 -SW	AE1600 -SW	AE2000 -SWA					
					AE2000 -SW	AE2500 -SW	AE3200 -SW	AE4000 -SWA		
								AE4000 -SW	AE5000 -SW	AE6300 -SW

持力を保てるよう設定する必要がある。そこで、AE-SWシリーズの630A～4000Aフレームの開発で用いた熱回路網による熱解析及び三次元過渡電磁界解析をこの開発でも適用し、4極品FN 1台当たりの接圧ばね荷重総和を従来の4極品HNと同等以下とする接圧ばね荷重の最適化を図った。

三次元過渡電磁界解析に使用したAE6300-SW主回路導体メッシュモデルを図2に示す。各相は、6本のフィンガ導体で構成される3200Aフレーム品の通電部を2極並列にした12本のフィンガで構成される。解析では、A、B相において定格短時間耐電流100kAを通電したときの各フィンガの偏流分布(図3)及び接点反発力、接点圧力を求めた。その結果、偏流の小さい各相中央部分のフィンガでは、接圧ばねの荷重を約15%低減しても接点圧力が接点反発力に対して裕度を持つことを確認した。同時に、上記接圧低減が温度上昇に対してほとんど影響ないことを熱回路網による熱解析及び接触抵抗値の実測により推測した。

この仕様で、定格電流通電時の温度上昇、短時間通電容量での接触保持力を満足することを実機で確認し、接圧ばね荷重最適化を実施した結果、主回路の投入力を確保できた。

3.2 引出形挿入荷重

図4に、引出形ACBのジャンクション通電部構造を示す。ACB本体が引出枠に挿入されると、本体の電源側・負荷側両導体が、ばねにより接触通電を行うジャンクション部に嵌合(かごう)し、電源側・負荷側端子間の通電が可能になる。4極品FNの場合、ジャンクション部についても接点接圧ばねの例と同様に1台当たりの荷重総和が増加し、本体の引出枠への挿入荷重が増大する。そこで、ジャンクション部の接触圧力についても接圧ばねと同様に熱解析、電磁界解析を行い、温度上昇及び短時間通電容量での接触力確保するのに必要な荷重を求め、1台当たりの荷重総和及び挿入荷重を従来品並みに抑えた。

4極品FNでは、ほかにも、開閉機構部及び引出操作機構部を製品の中央に配置し、開閉や引き出し・挿入操作の

左右バランスを改善することで、主回路投入力の確保、引出形挿入操作性、開閉耐久回数の向上などを実現している。

4. 短絡遮断CO責務での再点弧防止

表2に示すように、新形6300Aフレームでは、AC690V遮断容量を50kAから85kAに向上させている。遮断容量の向上には短絡遮断時の再点弧防止が重要な課題であった。

短絡遮断にはO責務(遮断器をON状態で短絡電流を通じ、遮断する)とCO責務(短絡回路を形成しておき、遮断器を投入し、短絡電流を通じ、遮断する)とがある。短絡電流

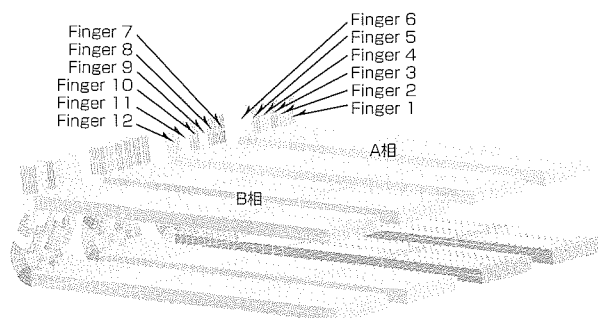


図2. AE6300-SW主回路導体のメッシュモデル

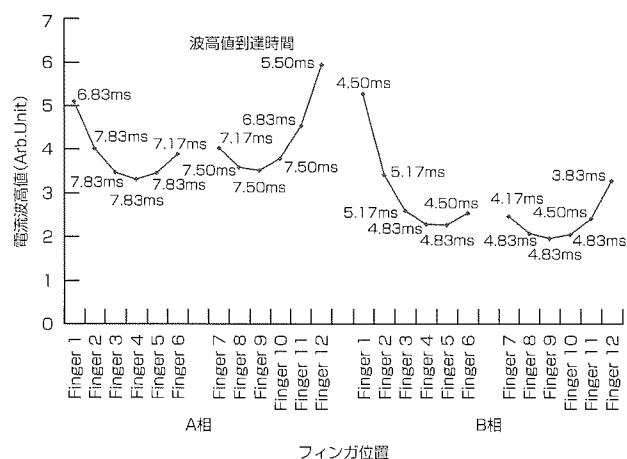
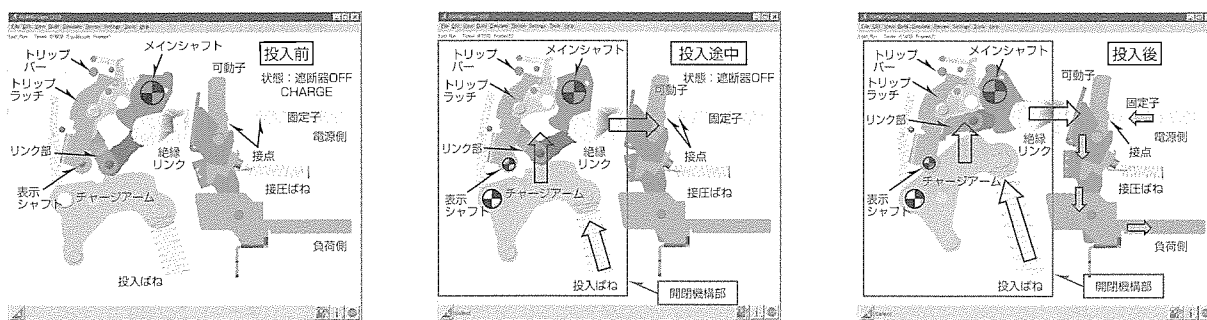


図3. AE6300-SW各フィンガの電流値



(a) 遮断器投入前(OFF状態) (b) 遮断器投入途中 (c) 遮断器投入後(ON状態)

図1. ACBの投入動作過程

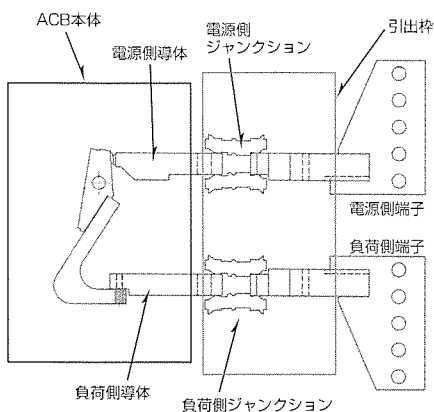


図4. 引出形ACBのジャンクション通電部構造

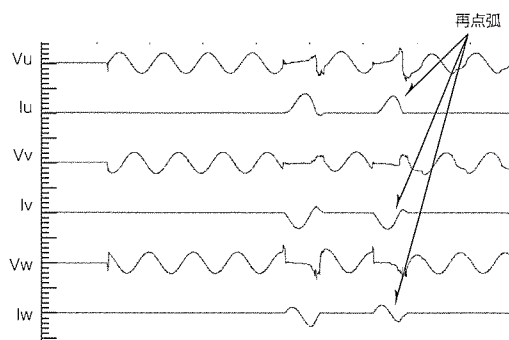


図5. 三相短絡遮断波形(CO責務)

が高くなると接点間に強い電磁反発力が働く。短時間通電容量は遮断器ON状態での通電に耐える電流値であるが、CO責務では、図1の遮断器投入動作過程において、投入途中で接点が接触した瞬間から短絡電流が流れ始める。このとき、機構部の投入は完了しておらず、電磁力で接点が開離しアークを発生する。更に接点開離が進むとアークはいったん消滅するが、それまでに電流検出・引きはずし指令・機構ラッチ開放など遮断器がトリップするための一連の動作が完了していないと、接点は投入方向へ戻されて接触し、再び短絡電流が流れる再点弧が起きる。図5に、三相短絡遮断CO責務において再点弧した場合の波形の例を示す。再点弧は一回の遮断責務中に2度遮断を行うことになり、接点消耗量や絶縁低下が増大し、場合によってはその対策にコストアップを要する。

そこで、短絡遮断CO責務における短絡電流による電磁反発トルクを計算し、引きはずし機構の動作と再点弧とのタイミングとを比較検証する解析ツールを作成し、対策を検討した。シミュレーションのフローを図6に示す。入力データとして投入ばね荷重、接圧ばね荷重、機構部摩擦力などを与え、投入動作中の各時点での主回路電磁力・トルク計算でメインシャフトの回転が機構ラッチをリセットするまでの時間を求め、実機の機構ラッチが開放するのに要する時間と比較してトリップか再点弧かを判定する。

解析パラメータとして、投入ばね荷重、接点接触位置、引きはずし機構ラッチのリセット／開放位置の角度寸法などを変化させ、対策効果を定量的に求めた。実機検証では、この中から効果として有効な幾つかの仕様を組み合わせるとして、AC690V 85kA, AC500V 130kAの遮断条件において再点弧防止が達成できた。

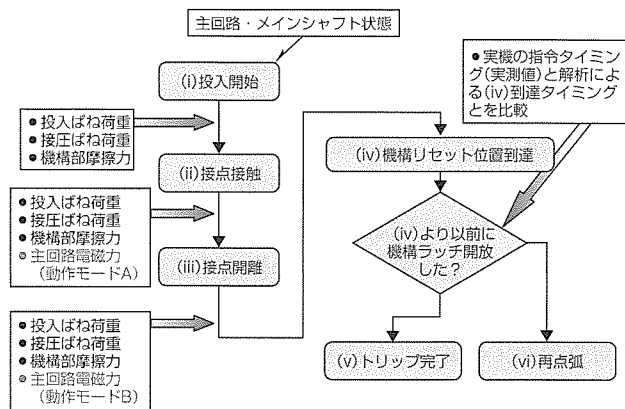


図6. 遮断CO責務での再点弧シミュレーションフロー

5. む す び

以上、低圧気中遮断器AE-SWシリーズの新形4000A～6300Aフレームの特長であるN極通電容量拡大、遮断容量向上の実現について述べた。そのほかにも、モジュール化による多種多様な保護機能と計測・表示及び各種ネットワークに対応した引きはずしリレー、RoHS対応など、AE-SWシリーズ共通の特長をも備えている。今後も、気中遮断器の製品競争力を更に向上させるため、市場ニーズにこたえる製品開発に取り組む所存である。

参 考 文 献

- (1) 岡下広史, ほか: 新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”, 三菱電機技報, 79, No.6, 377～380 (2005)
- (2) 牧田 陽, ほか: 新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”の短時間通電性能向上, 三菱電機技報, 79, No.6, 381～384 (2005)

II 家電機器特集号に寄せて

Foreword to Special Issue on Technology of Home Appliances

田代正登
Masato Tashiro

三菱電機技報“家電機器特集”号の刊行に当たり、一言ご挨拶申し上げます。

当社のリビング・デジタルメディア事業本部は、ルームエアコンや業務用エアコンなどの空調冷熱事業、IH (Induction Heating) クッキングヒータや電気温水器などの電材住設事業、冷蔵庫や洗濯機などの家事家電事業、テレビや大型映像表示装置などのデジタルメディア事業の4つの事業分野から成り立っている。これらの4事業分野に共通することは、“快適な住生活環境、オフィス・店舗などを含めた快適生活環境”の提供であり、“生活に欠かせない利便性の高い家事空間”及び“くつろぎ・楽しみの映像空間”の提供である。言い換えれば、人との直接的なインタフェースを持つこと、また、暮らしに密着していることである。

そこで、“人も地球も気持ち良く ユニ&エコ (ユニバーサルデザイン&エコロジー)”をスローガンとして設定し、常にマーケットや顧客に目を向け、マーケティングに立脚した開発力・技術力で、豊かで持続可能な暮らしを提案するソリューションビジネスの展開を本部全体で推進している。特に住宅向けの分野では、“おいでよ！ユニ&エコのある家”をキャッチフレーズに“e家まるごとソリューション”提案に重点的に取り組んでいる。

事業分野のうち、空調冷熱事業、電材住設事業の事業環

境は、短期的には、原料／エネルギーコストの高騰、中長期的には温暖化対策に伴うフロンガス規制、省エネルギー規制強化など、大きな変化が続いている。これらの製品群において、モータやパワーデバイス、センサなどのコア技術を核に、小型化・高効率化で本質的な競争力を発揮し、脅威をビジネスチャンスに変えていく。今回の特集では、この事業分野から“家庭用ルームエアコン”と“IHクッキングヒータ”を代表的な例として紹介する。

家事家電事業に関しては、ニーズの2極化が進んでおり、高価格商品も納得して買ってもらえる反面、当たり前機能に対しては、一層、低価格、高品質を厳しく要求される。これらの商品群において、“本炭釜”など高付加価値商品に代表される驚きのオンリーワン商品を創出するとともに、使いやすさと環境配慮にこだわった“ユニ&エコ商品”の開発で、基本の“ものづくり”を大切にしていこう。今回の特集では、この事業分野から、“Wclass冷蔵庫”“Wclass炊飯器『本炭釜』”“高性能空気清浄機”“低騒音クリーナー”の技術を代表的な例として紹介する。

今後とも、顧客の視点に立った“より良いものづくり”の推進により、顧客に一層の満足を提供し、持続可能な社会の実現に貢献できるよう挑戦を続けていく。

皆様なお一層のご助言、ご指導をお願いする次第である。



平原卓穂*

家電機器の開発動向

Trend of Development for Home Appliances

Takuho Hirahara

要旨

21世紀は循環型社会への幕開けと言われている。暮らしの豊かさを求める経済活動と地球との共生の両立が求められている。三菱電機では、“だれもが使いやすい製品デザイン(ユニバーサルデザイン)”と“環境負荷低減(エコロジー)”の両立を目指した製品コンセプト“ユニ&エコ”を設定した。

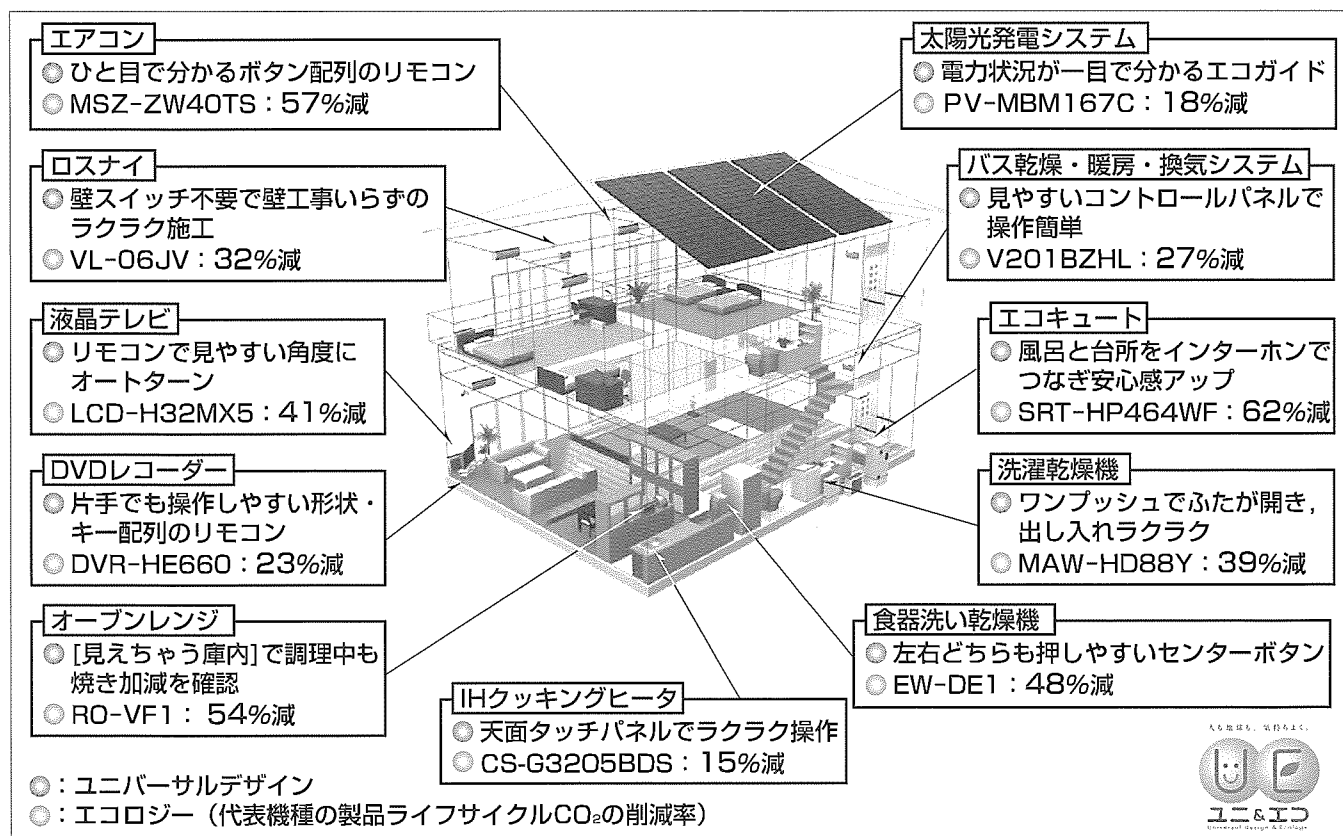
ユニバーサルデザインの実施に当たっては、多岐にわたるユーザーの実使用を想定した開発評価システムを構築し、デザイナーと設計者双方が開発初期からこのシステムを共用し製品設計に展開している。既に多くの製品に適用し、一層のユニバーサル性を実現している。エコロジーについては、製品使用時の省エネルギーはもとより、製造時、製品廃却時の環境に対する負荷も考慮した製品開発を進めている。よりリサイクルしやすい“環境適合設計(Design for

Environment: DfE)”を積み上げ、家電品から家電品への“自己循環(100%リサイクル)”を目指して開発を続けている。

循環型社会を実現するため、リサイクル技術を蓄積する一方で、省エネルギーのための、冷凍サイクル技術やモータ・インバータ等の電気・電子デバイス技術といった“コア技術”の強化も不可欠である。さらに、IT・ネットワーク技術を活用した、トータルシステムでの効率、利便性の追求も重要テーマとなりつつある。

成熟した家電製品ではあるが、安全、品質、環境に配慮した顧客に安心して使用される機器開発をベースとして、顧客の心に響き、顧客の顕在/潜在要求によりこたえ得る新しいコンセプトを提案し実現することが我々の使命である。

特集
II



家まるごと“ユニ&エコ”(UD採用とCO₂削減による快適な住空間の実現)

製品ライフサイクルCO₂とは、使用する家電製品等を、使用するときのエネルギーだけでなく、資源の採掘・製造・輸送・使用・リサイクルまでの製品サイクル全体の環境負荷をライフサイクルアセスメント(LCA)評価技術により把握したものを指す当社の基準である。表記ライフサイクルCO₂の削減率は過去10年前後の当社製品と比較して算出している。記載11機種合計の新旧比較で約49%のCO₂を削減している。

1. ま え が き

現在、日本の家電市場は、主力製品の普及率が高まったことから買い替えが中心となり、厳しい競争が続いている。しかしながら、ここ数年の急激な社会情勢の変動とともに顧客の意識も大幅に変わり、納得のいく本質製品、それに見合った適切な価格が要求されている状況にある。

2. 現 状 分 析

市場動向として、少子高齢化社会に伴う少人数世帯の増加、これによる消費行動パターンの2極化進展が挙げられる。図1に示す世帯構成比の将来推計からは、2人以下の少人数世帯が既に半数を占め、更に増加傾向を示し、図2に示す世帯主の年代別世帯構成比の将来推計からは、少人数世帯増加分はほとんどシニア世帯によって占められることが分かる。3人以上の世帯数減少に伴い、高齢少人数世帯向けの開発、具体的にはユニバーサルデザインを意識した開発が必要となる。

次に業界動向として、1997年の地球温暖化防止京都会議を受けた循環型社会への取り組みが重要性を増している。トップランナー方式による省エネルギー化対象機種には、新たにジャー炊飯器、電子レンジ等が追加され目標年度2008年で施行される予定である。さらに、チームマイナス6%活動の浸透や流通においても、省エネルギー販売推進優良店制度、JIS省エネラベリング制度等、省エネルギー

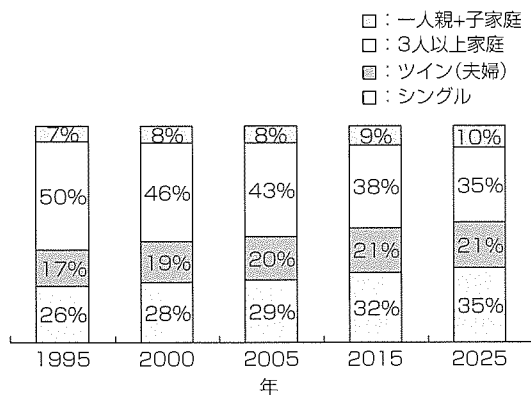


図1. 家族類型別世帯構成比の将来推計⁽¹⁾

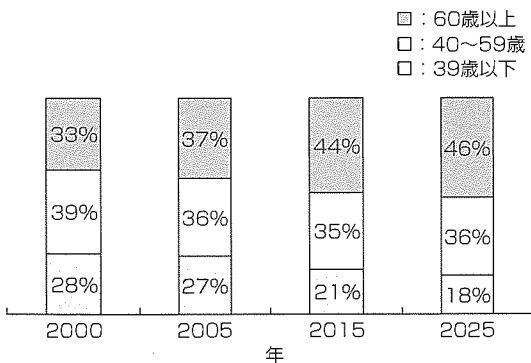


図2. 世帯主の年代別世帯構成比の将来推計⁽¹⁾

推進の施策が製販両面はもとよりユーザーにも求められている。

3. 循環型社会発展への取り組み

21世紀は、循環型社会への幕開けと言われている。暮らしの豊かさを求める経済活動と地球との共生の両立が求められている。当社では、だれもが使いやすい製品デザイン(ユニバーサルデザイン)と環境負荷低減(エコロジー)の両立を目指す製品コンセプト“ユニ&エコ”を設定し、地球環境に配慮した新しい暮らしの提案を通して循環型社会の創出を目指している。

3.1 ユニバーサルデザイン

日本は、図3に示すように、2015年には約4人に1人が高齢者という超高齢者社会を迎えると予測されている。急速に高齢化が進む中で、身体的な機能の低下が現れる50歳以上の世代や自立している障害者も加えると、既に現在約40%の人が身体的な不便さを感じていると言われている。年齢や性別、身体能力の違いなどによって生活に不便さを感じる事のない家電製品づくりが必要である。

具体的には、製品開発の早い段階から多岐にわたるユーザーの実使用テストによる評価と改善を取り入れ、このプロセスをシステム化した開発工程を経て最終製品を仕上げる。このプロセスの実行のため、デザイナーや設計者が共通で使えるユニバーサルデザイン(UD)開発評価システムを構築しており、UD開発視点の抽出及び具体的設計への展開が容易かつ効率的に可能となった。

製品例として、冷蔵庫では①閉め忘れがないオートクローザー、②身長に関係なくどの位置でも持てるハンドル、③開閉時の占有スペースが少なくすむフレンチドアがあり、エアコン用のリモコンでは①より見やすい液晶モニター、押しやすいキーサイズ、②手にしっくりなじむグリップエンド等を具現化している。

3.2 エコロジー(環境負荷低減)

製品使用時の省エネルギーはもとより、製造時、製品廃却時の環境に対する負荷も考慮したエコロジー製品が求められており、これを継続的に改良開発できるシステム作り

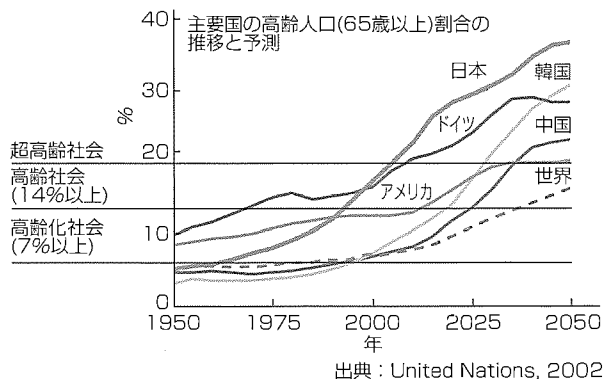


図3. 高齢人口割合の推移と予測

を目指している。

(1) ハイパーエコプロダクツ

当社ではMET (Material: 資源の有効利用, Energy: エネルギーの効率利用, Toxicity: 環境リスク物質の排出回避) の視点から環境適合設計に取り組んでいるが、なかでも“省エネルギー・静音・節水”といった使用時に得られる環境メリットに重点を置いた開発製品を“ハイパーエコプロダクツ”と定義し、顧客から評価される製品作りを目指している(図4)。製品例としては、エアコンの赤外線センサ“ムーブアイ”による省エネルギー・気流制御、掃除機の業界トップクラスの低騒音化技術などが挙げられる。

(2) ハイパーサイクルテクノロジー

使い終わった家電品から回収した部品を素材として再利用するリサイクルは高度の技術が必要となるが、リサイクルしやすい“環境適合設計(DfE)”を通して、家電品から家電品への“自己循環(100%リサイクル)”を目標に研究を続けている。回収材の高精度自動選別技術と再生技術開発により、既にプラスチック、フロン、塩水などの自己循環を実施している。また、簡易包装、循環包装の推進や、リサイクルマーク表示(材質判別・解体の容易化)も強力に推進している。具体的には、エアコンのクロスフローファンのリサイクル(ガラス繊維強化AS樹脂)、冷蔵庫のプラスチックケース回収材からエアコン部品へのリサイクル、洗濯機の塩水(洗濯槽バラサ)リサイクルなどを実現している。

3.3 コア技術の強化(革新的要素技術開発)

循環型社会実現のためにはリサイクル技術等の基盤技術の保持・発展が不可欠であるが、一方、冷蔵庫、エアコン等の省エネルギー化のためには、冷凍サイクル技術やモータ・インバータ、センサといった“コア技術”を強化する必要がある。さらに、オール電化住宅の普及やIT・ネットワーク技術の進歩が目覚ましい中、家丸ごとをターゲットにしたシステム技術も必要となる。一例を挙げれば、国土交通省が進める「住宅・建築関連先導技術開発助成事業」において、「エコ住宅」に関する共同研究が採択され、現在実証のための住宅を国際文化公園都市“彩都”に建設中である。在来工法の住宅に対し、通風・換気、日射遮蔽(しゃへ

い)・断熱・気密等の各種住宅工法や、全館空調、オール電化等の設備機器を統合的に導入し、システム技術により、省エネルギー性と快適性を両立させた住宅を実現させることを目的としている。

4. 家電技術の動向・展望

日本で家電市場が大発展した60~70年代は、メーカー(作り手)が先行する米国市場にならって続々と“新”家電製品を投入するシーズ指向型の開発の時代であった。続く80~90年代は、各製品の普及率が高まり、一巡した需要に対する買い替えが主力となって、消費者が自ら欲するものを強く主張する時代となった。消費者の要求を“形”にしたものがヒット商品になる“マーケットイン”(ニーズ指向型開発)の時代となり、消費者の期待を知りそれにこたえる“ものづくり”が必要とされた。

現代は“必需品がない消費社会”と言われ、顧客の“不足を満たす欲求”が減少している中、顧客の“潜在的な欲求”に触れる製品のみがヒット商品につながる状況となっている。市場のニーズとメーカーのシーズの相互関係を図5に“ダブルサイクルモデル”として示した。シーズ指向は作り手からの発想で市場に送り出され、ニーズ指向は消費者からスタートして製品を“カタチ”にする。しかし実際には、シーズを開拓しながらニーズを吸い上げ、それを再びシーズ開発に生かしていく活動が必要であり、図の内側に示した仮説と検証の絶え間ない繰返しが必要である。

4.1 空調家電機器

空調家電はルームエアコン、空気清浄機、除湿機、加湿機の製品群を指す。空調家電は、住宅空間を快適で健康的な状態に保つ機器である。ルームエアコンは1970年代から徐々に普及し、当初は必需品というよりは贅沢品(ぜいたくひん)としてとらえられていたが、今や一家に1台から一部屋に1台という時代となり、各部屋に対応した機種も出現し生活に欠かせない機器となっている。このため、家庭内で使用される電力量の約25%を占める状態になり、消費電力削減は不可欠で、新たに2010年を目標年度とする省エネルギー基準が設定されている。当社は、ファン・熱交換器やインバータ・圧縮機の高効率・低損失化などにより、図6に示すように、大きな成果を上げてきている。

特集 II



図4. 当社ユニ&エコの理念

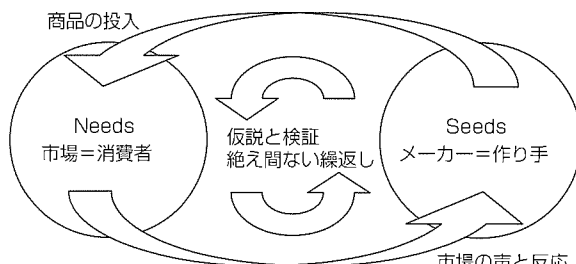


図5. ニーズ/シーズのダブルサイクルモデル⁽²⁾

当社は、このほかに、新たな消費電力削減手段として、部屋内部の温度分布を検知可能な独自の赤外線センサ“Wムーブアイ”によって効率的な気流制御を行い、従来エアコンに対して実用状態で更に約30%の省エネルギーを実現した。

今後、一層の冷暖房機能強化、省エネルギー促進に加え、快適性、集塵(しゅうじん)・脱臭などの空気清浄機能やエアコン自体の清潔性の維持などの付加機能が重視され、室内空気のトータルな高品質化が要求されている。

空気清浄機は、プレフィルタに付着する“チリ”“ホコリ”の自動清掃機能の搭載により、目詰まりと風量低下を抑え長期間の高性能維持を可能とした。また、新たな提案型製品として、空気清浄機能に加えて加湿機能を搭載した1台2役の加湿空気清浄機を製品化し市場で高い評価を得ている。除湿機は、洗濯物を部屋で干す生活スタイルの一般化に対応し、衣類乾燥機能を強化する一方、衣類に付いた“ニオイ”の消臭機能や手軽に涼感を得られる冷風機能などの新機能を搭載している。加湿器では、温度に合わせた湿度制御によってウイルスの活動を抑制する“のどガード”，住宅の結露は抑制しながらも肌の水分量を高める“はだガード”といった従来機能に加えて、ウイルス、ハウスダストなどの除去機能を搭載した。

4.2 調理家電(キッチン家電)機器

調理家電は、キッチンで使用される機器として、冷蔵庫、ジャー炊飯器、オープンレンジ、IH(Induction Heating)クッキングヒータ等の製品群がある。これらは、人の基本的活動である“食生活”のライフスタイルを一変させ、さらに、産業形態にも影響を及ぼしてきた製品群である。例えば、冷蔵庫は単なる冷蔵保存と製氷から冷凍やチルド保存へ発展したが、この冷凍保存の普及が冷凍食品の大量流通と電子レンジの需要を生み出した。今後は、健康・美容を意識した展開、また、オール電化の流れとともに更なる美味(おい)しさ向上・短時間化を可能とする200V化や、システムキッチンの普及に伴う調理家電機器のビルトイン化への展開が想定される。

冷蔵庫は、野菜に特定波長のLED(Light Emitting Diode)光を照射することによりビタミンCやポリフェノールを野菜購入時より増量させる機能や、透明製氷機能を搭

載した。さらに、扉開閉と食品の取り出しなど使い勝手を向上させた“オールセンター開き”のすべての扉に“オートクローザー”を搭載し、冷蔵・冷凍品質レベルの一層の向上を図っている。

ジャー炊飯器では、より美味しさを追求して炊飯中の米と水に超音波振動を与える“超音波IHジャー炊飯器”が、平成17年度の日本機械学会賞(技術賞)を受賞した(図7)。また18年3月からは、内釜(うちがま)に炭素材料99.9%以上を用いて電磁誘導加熱する“本炭釜”を発売している。炭素材料の物性値特性を最大限に生かせる釜形状と炊飯制御により、予熱工程の最適化(米の糖度アップ)、均一炊き上げを実現した。この本炭釜は、前述のダブルサイクルモデルにより創出された製品のひとつである。顧客の“より美味しいお米”を求める声と、“炭素材料がより理想的な電磁誘導加熱を実現できる”という技術シーズとのマッチングによって具現化された製品であり、市場で好評を得ている。

オープンレンジも、“一層の美味しさの追求”を目指して、遠赤外線利用の“炭がま焼き”オープン機能や、過熱蒸気を使った“300℃ハイブリッドスチーム焼き”等の付加調理機能を充実させている。また、新たに加えたフライパン調理機能による調理時間の短縮をねらった新展開も進めている。

IHクッキングヒータは、オール電化やシステムキッチンを牽引(けんいん)する中核製品であり、誘導加熱部の高効率化や使い勝手向上に加え、ロースター部のワイド化や、グリル調理時に発生する煙とニオイを抑える“パラジウム脱煙機能”等、キッチン環境を更に快適にするため、従来のコンロ機能を一新する開発を進めている。

4.3 家事家電機器

家事家電機器は、家事を容易かつ楽にする家事支援製品であり、その内容は清潔家電機器としてとらえることができ、全自動洗濯(乾燥)機、電気掃除機(クリーナー)等がある。家事支援機器の普及は、掃除・洗濯のような多大の労力を要する家事労働から女性を解放し生活にゆとりをもたらすとともに女性の社会進出を加速してきた。今後は、干し作業の労力低減や外干しできない高層マンションの増加に対応した一体型洗濯乾燥機に見られるような、更なる自動化と仕上がり品質の向上が求められている。

洗濯乾燥機は、“衣類のホームケア志向”にこたえるため、

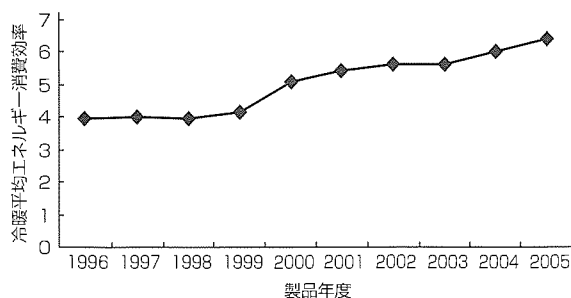


図6. エネルギー消費効率の推移(2.8kWクラス代表機種)

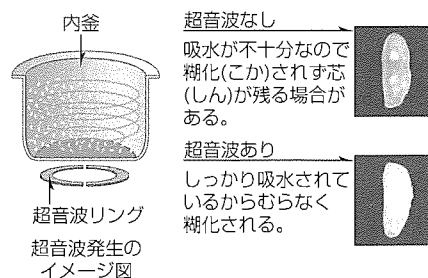
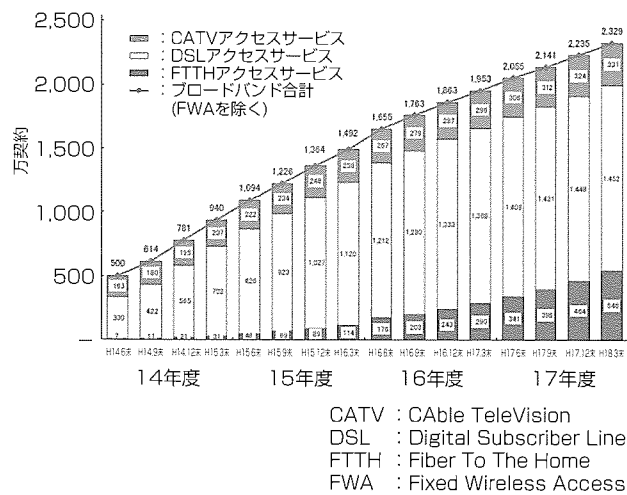


図7. 超音波発生イメージと米の吸水比較



CATV : Cable TeleVision
 DSL : Digital Subscriber Line
 FTTH : Fiber To The Home
 FWA : Fixed Wireless Access
 出典：ブロードバンドサービス等の契約数 (総務省，平成18年3月末)

図8. ブロードバンド契約数の推移

スーツやニットなどに付着したニオイを洗わずに除去でき、洗濯乾燥時には“シワ”を抑えてふんわり“キレイ”に仕上げる“浸透ミスト”，花粉を取り去る“銀イオンアレルフィルタ”を搭載し，また，業界で初めて洗濯容量と乾燥容量を同じにした“まるごと乾燥室”では，洗濯槽の深さを浅くし，高齢化社会に対応したユニバーサルデザインを適用している。

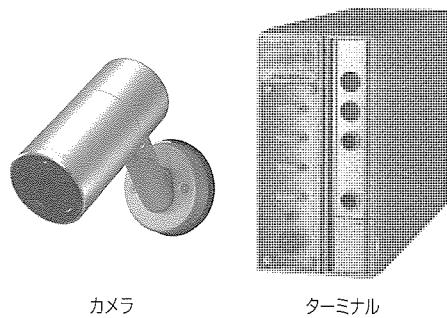
クリーナーは，簡単・清潔な“ゴミ捨て”と清潔な排気の実現をねらって，紙パックに手を触れることなくワンタッチで簡単・清潔にゴミを捨てられる“クリーンHEPA (High Efficiency Particulate Air filter) ボックス”に，消臭効果と抗菌に優れた“銀ナノHEPAフィルタ”を搭載した。また，吸音面積の増加とモータ外周部の音響迷路(二重音響カバー)により，業界最小の運転音を実現した。

4.4 ネットワーク機器

ブロードバンド接続の契約件数は平成18年3月末で約2,330万回線に達し(図8)，一般家庭の常時接続が普及してきた。家庭に設置したネットワーク家電を宅外のセンターとネットワークで接続し，宅外から生活をサポートするサービスの提供が始まっている。現在最も関心の高いサービスは，省エネルギー及び，安心・安全をサポートするサービスである。

省エネルギーにかかわるサービスでは，CO₂削減に貢献するオール電化システムへの関心が高まっている。当社では，エコキュート(ヒートポンプ式給湯機)の台所リモコンを進化させた“システムリモコン”を開発し，オール電化住設機器を簡単に操作することを可能にした。このシステムリモコンは，タッチパネル付きの大きなカラー液晶画面で，ネットワークを介してセンターと接続することにより，電力使用量や省エネルギー行動のためのアドバイス情報，マンションの回覧や掲示板など日々の暮らしをサポートする生活情報等を簡単に得られるシステムを構築できる。

一方，安心・安全をサポートするサービスとして，宅内



カメラ

ターミナル

図9. アイテリア

の様子を簡単に見守るルームエアコン“霧が峰みまもりさーばー”とホームセキュリティシステム“アイテリア”を提供している。“みまもりさーばー”は，当社ルームエアコンに接続する無線LAN(Local Area Network)対応のITコントローラで，“きりがみネット”サービスと契約し宅内とセンターを接続するとともに，さらに携帯電話との組み合わせで外出先でも様々な安心を得ることができる。“アイテリア”は，防犯カメラと画像内の動き検知機能により早い段階で侵入者を検知，威嚇，撃退する“敷地防犯”をコンセプトとする新しいホームセキュリティである(図9)。“アイテリアセキュリティサービス”を契約し，家庭とセンターとをネットワークで接続することで，携帯電話での敷地への侵入通知の受信や，侵入者の画像の確認，威嚇機器の遠隔操作などの対処が外出先から可能となる。侵入者を画像で確認することができるため，居住者自らが110番通報をすることにより迅速な対応が可能となる。今後は，オール電化機器との連携により家まるごと省エネルギー，快適性と更なる安心・安全を提供するサービスの発展を目指している。

5. む す び

成熟分野と言われる家電製品ではあるが，地球環境に配慮したエコロジー製品の開発には，引き続き地道な技術開発が不可欠である。環境，安全，品質に配慮した，ユーザーが安心して使用できる機器開発をベースとして，顧客の心に響き，顧客の顕在/潜在要求によりこたえ得る新しいコンセプトを提案し，実現することが我々の使命である。

参 考 文 献

- (1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の世帯数の将来推計(全国推計)の概要 [2003(平成15)年10月推計]
- (2) 山本直人：マーケティング企画技術，東洋経済新報社(2005)
- (3) 鷺野翔一，ほか：住宅機器・生活環境の制御，産業制御シリーズ⑥，コロナ社(2001-3)
- (4) 三菱電機：人も地球も気持ちよく，ユニ&エコカタログ(2006-3)

ルームエアコン“霧ヶ峰ZW”シリーズ

村上泰隆*
日高 彰*

Room Air Conditioner “Kirigamine ZW” Series

Yasutaka Murakami, Akira Hidaka

要 旨

ルームエアコンは家庭内で使用される電力量のうち約25%を占め、最も電力消費量の多い機器となった。こうした中、京都議定書で定められた二酸化炭素排出量を2010年までに6%削減するという目標を達成するためにも、エアコンの電力消費量を削減することが求められている。

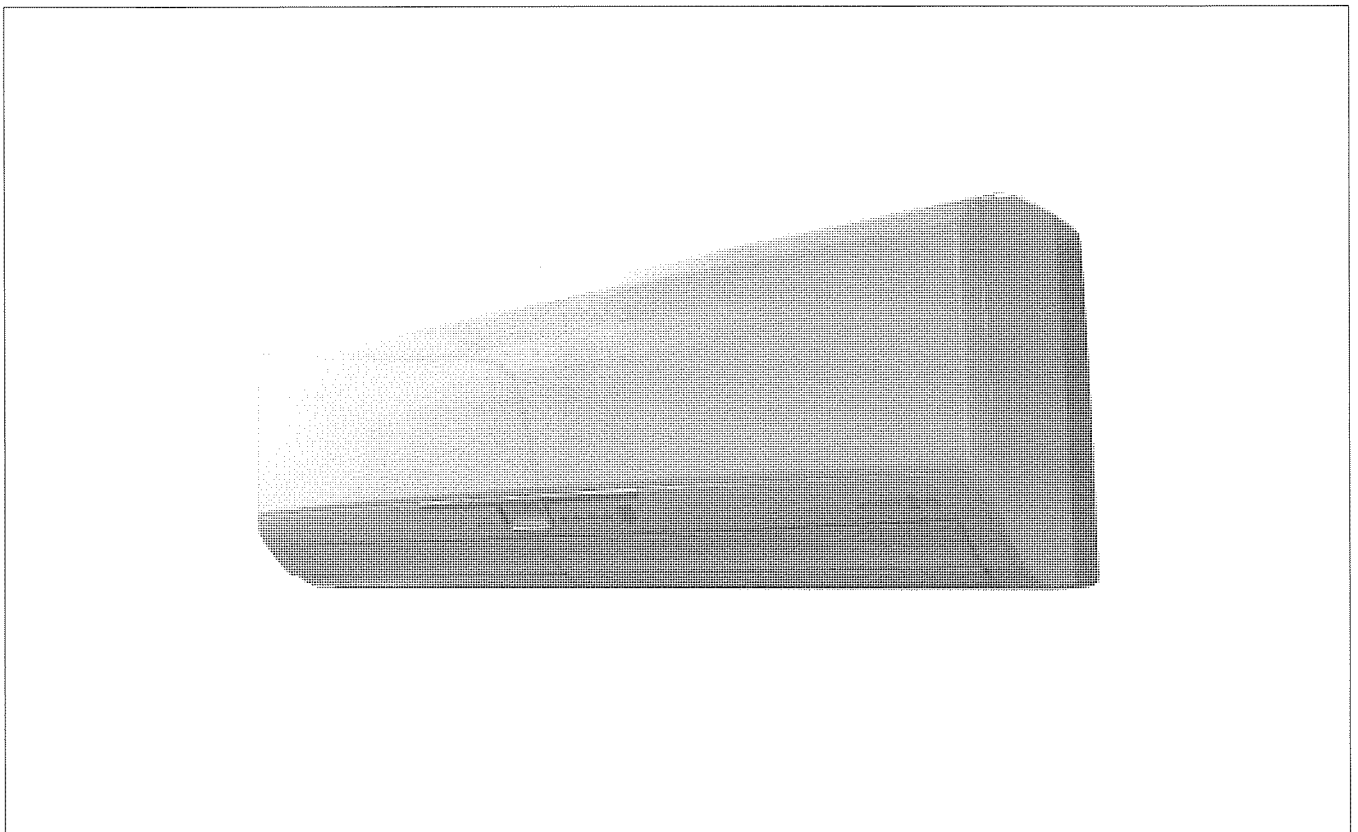
エアコンの使用法により省エネルギー性に大きく影響を及ぼすものとして、リモコンの設定温度がある。政府は冷房時の設定温度を28℃以上、暖房時は20℃以下を推奨しているが、エアコン運転時の快適性が悪化するため、暖房では9%、冷房では44%しか実施されていないことが明らかとなった。

そこで、快適性を左右する温熱環境要素の中で最も重要

な輻射(ふくしゃ)熱を検知するセンサ“Wムーブアイ”を搭載した新型ルームエアコン“霧ヶ峰ZW”シリーズを開発した。Wムーブアイによって、省エネルギー設定温度にしても快適性を保つことが可能となり、従来エアコンに対して約30%の省エネルギー化を実現することができた。

また霧ヶ峰は、リサイクル性の向上、環境配慮設計にも力を入れており、取り外し、分別が容易な構造を設計段階から行って再商品化率の向上を図り、また、制御基板に使用するはんだの鉛フリー化を実現した環境配慮設計を行っている。

霧ヶ峰は、常に人と環境に優しいエアコンを目指し、今後も更なる省エネルギー、資源の有効利用を促進していく。



Wムーブアイを搭載した“霧ヶ峰MSZ-ZW40TS”

赤外線センサWムーブアイを搭載し快適性と省エネルギー性の向上を両立させた霧ヶ峰MSZ-ZW40TSを示す。

1. ま え が き

家庭用ルームエアコンは、各部屋への設置率の高まりに伴い、家庭内で使用される電力消費量のうち約25%を占め、最も電力消費量の多い電機機器と言われるようになった。

一方で、地球温暖化の大きな要因である二酸化炭素の排出量を減らすために、京都議定書において2010年の目標期間に1990年と比較して6%低減することで合意されている。この目標を達成するためにも、家庭においてできるだけ少ないエネルギーで生活することが求められている。

家庭における電力消費量を低減させるには、エアコンの機器効率を上げて同じ能力でも消費電力を低減させることと、使い方を工夫して上手に消費電力を抑制することの2点が重要である。機器効率向上促進のために、家庭用ルームエアコンとしては、トップランナー方式による省エネルギー規制や、日本冷凍空調工業会規格である期間消費電力量を基軸とした基本性能の改善により機器の省エネルギー化を強力に推進し、これまで大きな成果を上げてきている。しかし近年、その改善度は横ばいの状況になり、今までのような大幅な改善が望めなくなりつつあり(図1)¹⁾、機器の効率化の推進を図りつつも新たな消費電力の削減手段が必要となってきている。

そこで三菱電機が新たな消費電力の削減アイテムとして開発した“Wムーブアイ”を搭載した新型ルームエアコンの紹介、新型ルームエアコンの基本性能の改善アイテム、及び環境、省資源への取り組みについて述べる。

2. ルームエアコン新機能“Wムーブアイ”

エアコンの使用方法により省エネルギー性に大きく影響を及ぼす項目としてリモコン設定温度がある。政府は、省エネルギー化を推進するために、推奨設定温度として暖房時の設定温度を20℃以下、冷房時の設定温度を28℃以上としている。しかしながら、ユーザーの設定温度使用調査を行ったところ、政府推奨温度での運転は、暖房で9%、冷房で44%しか実施されていなかった。

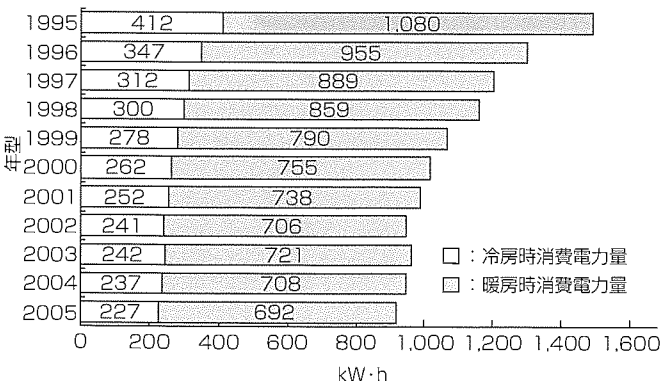


図1. 省エネ性能の推移¹⁾
(2.8kWクラス・省エネルギー型代表機種種の単純平均値)

なぜ政府推奨温度の実施率が悪いのかを明らかにするためにエアコン使用時の不満点を調査したところ、最も多い不満内容は“部屋が均一に空調できない、温度むらが不快”であった。近年の住宅はリビングの大型化が進み、さらに、快適性に対する不満が大きくなってきている。つまり、快適な環境が形成されないため、ユーザーは、暖房時に設定温度を上げすぎたり、冷房時に設定温度を下げすぎたりして、無駄な電力消費が発生しているものと考えられる。

人が感じる温度、すなわち体感温度は人の体温調整との関連が強いと言われている。また、図2に示すように、人の体温を規定する人の身体からの熱放散量の1日における様式別割合は、輻射によるものが43.7%、伝熱及び対流によるものが30.9%、蒸発によるものが20.7%などとなっている。これらを温熱環境要因で言い換えると、輻射=床・壁温度、伝熱=温度、対流=気流、蒸発=湿度ということになる²⁾。

通常のエアコンを運転した場合、人が感じる温度(体感温度)が運転開始時からどのように推移しているか、当社環境試験室で暖房運転時の体感温度の評価を実施した。この調査結果から、次の問題点が明らかになった(図3、図4)。

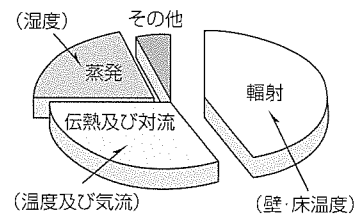


図2. 温熱感要素

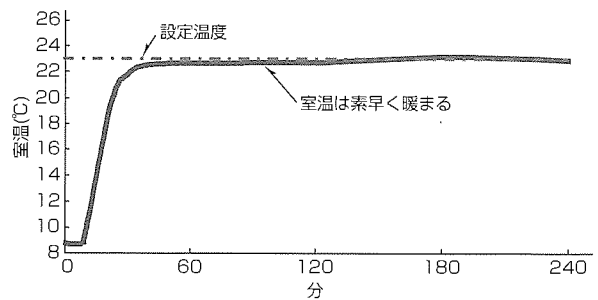


図3. 従来エアコンにおける室温の立ち上がり状況

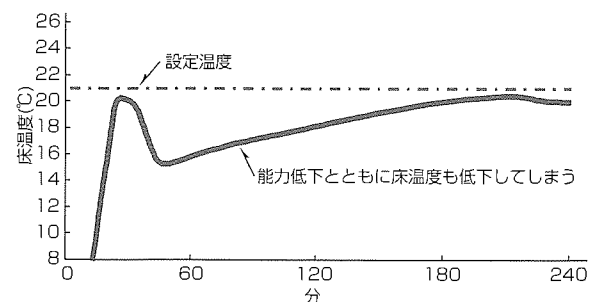


図4. 従来エアコンにおける床温度の立ち上がり状況

(1) 従来のエアコン暖房運転では室温は素早く上昇するが、暖まった時点で暖房能力及びファン回転数も安定条件となり能力もファン回転数も低下する。

(2) ユーザーの居住域である床の温度はなかなか暖まらず体感温度が上がらない。

つまり、ユーザーは“暖まりが遅い”，又は“寒い”と感じるため、設定温度を高め設定してしまうものと考えられる。特に広いリビングの場合、エアコンの吸い込み温度だけでコントロールしていると、エアコンから離れた床付近の温度が分からないためエアコンからの温風や冷風が届いていない場合、ユーザーは必要以上に暖房時に設定温度を上げすぎたり、冷房時に設定温度を下げすぎたりしていると考えられる。特に近年増加してきている広いリビング対応エアコンでは、体感要素で大きな寄与率を示す人の居住域である床面の温度を検知し、更にエアコンから離れた床面温度に応じて気流をしっかりと届けることが不可欠である。

そこで、当社は、エアコンから離れた6か所の床温度を検知することができる床温度センサを搭載した霧ヶ峰Wムーブアイを開発した。

図5に床温度センサを無効(従来エアコン)にした場合、図6に床温度センサを有効にした場合の暖房運転の結果を

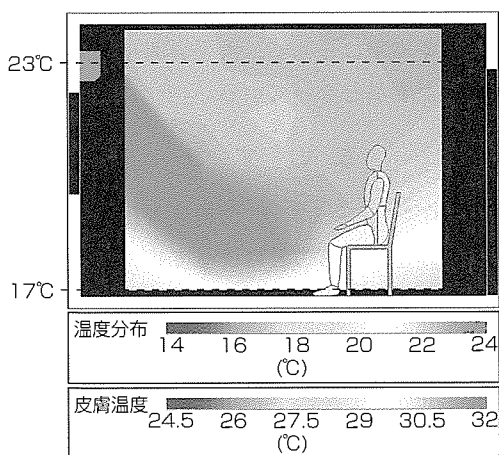


図5. 床温度センサを無効にした場合

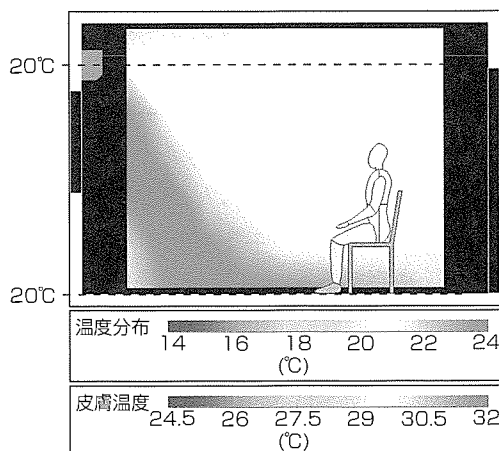


図6. 床温度センサを有効にした場合

示す。従来の設定温度23°Cと、体感制御を導入した設定温度20°Cでの省エネルギー比較してみると、体感温度は体感制御を導入した設定温度20°Cと通常性能の設定温度23°Cとがほぼ同一であるにもかかわらず、4時間後の積算電力を比較すると体感制御を導入前の約30%以上の省エネルギー効果があることが確認できた。以上のように、床温度センサを使用したエアコンは、快適な体感温度に保つことで、大幅な省エネルギー効果を実現することが可能となる。

また、リモコンで空調したいエリアを選択し、必要な所だけ気流を届けて暖めたり冷したりする“エリア空調”により、更なる省エネルギー運転を実現させたことも霧ヶ峰Wムーブアイの特長である。

図7は、暖房運転時のエリア空調で、“タスキ吹分け”をした床面温度分布の一例である。

3. 基本性能の改善

エアコン機器の効率向上として、室内熱交換器スリット形状の見直しによって、熱交換器効率(温度効率)を従来熱交換器に比べて約10%向上させた。また、圧縮機のモータには当社独自の巻線技術を駆使し、高密度に巻線を実装した高効率分割コア式集中巻モータ(図8)の採用、ロータ希土類磁石を採用し更なる効率改善を図ることにより、冷房定格能力4.0kWの機器(MSZ-ZW40TS)では省エネルギー法基準値達成率を140%に高めた。

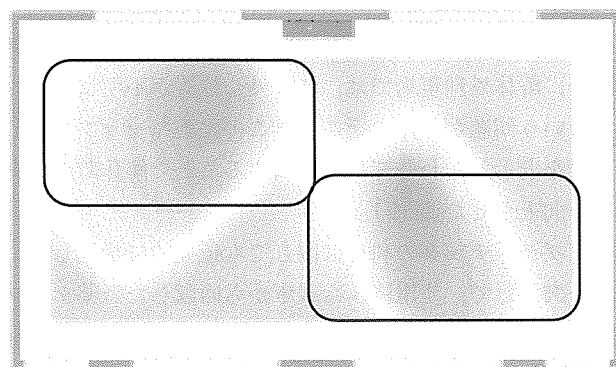


図7. タスキ吹分けを行ったときの床面温度分布

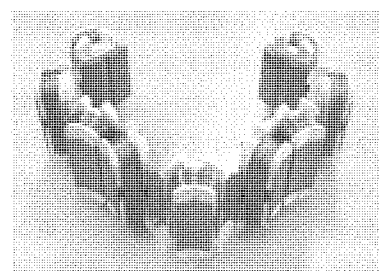


図8. 分割コア式集中巻モータ

4. 環境、省資源化への配慮

2001年4月の家電リサイクル法の本格施行により、リサイクル性の一層の改善、処理基準のポイントである再商品化率達成、コストミニマムでの製品・部材のリサイクルの実践と加速が必要となっている。2001年から排出されている家電製品のリサイクル実務の効率化と将来の再商品化率の目標を、10年後に廃棄される目下の設計品に織り込み、そのリサイクル性の評価を実施する必要がある。

この活動の一環として1999年に設立・稼働させた“東浜リサイクルセンター”によるリサイクルの解体実践活動を行い、ここで得られた活動結果を基に、製品設計の段階で再商品化率・解体時間・処分コスト等の改善を図った。

特に、分別・異物除去が困難で再利用化が遅れているプラスチック部品に対しては、従来一体構造となっていたルームエアコンの天面と側面、下面の構造を分離し、取り外しが簡単な構造を採用した。また、従来は室内機外郭のプラスチック部品は、冷房運転中に発生する着露対策のため断熱材を張り付けたり、複合材料を使用しているため、容易にリサイクルは行えないのが実態であった。このような課題を解決するため、室内機のプラスチック部品に関しては、リサイクルを必要とする箇所を明確にし、その箇所には断熱材等を張り付けず、リサイクルが困難な箇所に添付物を集中させる設計を行った。さらに、取り外したプラスチック材には材料表示(再利用可能マーク)を明示することによって、取り外したら即リサイクルが可能な構成を導入した。この取り外した室内機外郭プラスチック部品のリサイクルにより、再商品化率では約80%から約82%(質量比率)に高める効果が得られた。室内機の外観部は意匠的な処理としてねじ部を化粧キャップで隠すことが一般的であるため、解体処理現場では、取り外し位置が不明になりやすいという問題がある。そこで、この化粧キャップにねじマークを表示し、ねじ部を明確にすることで解体時の作業効率を向上させた(図9)。

再生プラスチックの利用に関しても積極的に推進している。一例として、使用済み冷蔵庫から回収した野菜ケースの樹脂材料を100%用いた再生樹脂を、室外機の意匠部品(配管化粧パネル)に導入した(図10)。また、使用済みエアコン室内機のクロスフローファンに使用される“ガラス繊維強化AS樹脂(ASG)”を分別・再生し、新たにクロスフローファン材料として再利用することにより、環境負荷の低減を図っている。クロスフローファンの再利用に当たり、クロスフローファンに付着する金属や他のプラスチック原料、さらに埃(ほこり)などの異物の混入率の低減、及び材料品質の安定化が技術的課題であったが、東レ㈱との共同開発により、回収・異物除去システム及び回収原料とバージン原料との最適なブレンド処方を確立した結果、成形

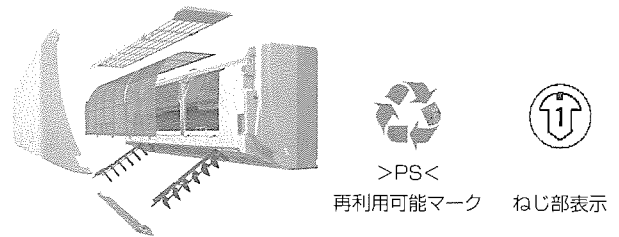
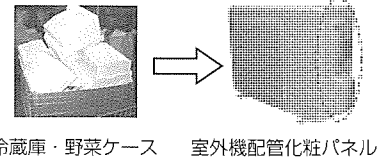


図9. リサイクル容易な室内機構造



冷蔵庫・野菜ケース 室外機配管化粧パネル

図10. 自己循環型再生プラスチックの採用

性・強度特性・品質の安定性においてバージン原料100%とほぼ同等の特性を持つリサイクルASGを実現した。これにより、エアコンを構成するプラスチック部品全体に占める再生プラスチックの利用率を従来の4.5%から12%(質量比率)に高めることが可能になった。

さらに、制御基板に使用するはんだの鉛フリー化や板金等めっきの六価クロムレス化を実現し、特定化学物質の含有表示を義務付けた「資源有効利用促進法」<2006年7月1日改正施行>(通称J-Moss基準)をクリアした環境配慮設計により、人や環境に優しく、再生資源及び再生部品の利用促進を高めた製品となっている。

5. む す び

“クールビズ”“ウォームビズ”に代表されるように、エアコンの設定温度を変えることによって省エネルギー化を推進しようとする国民の機運は高まってきている。しかしながら、京都議定書において締結された2010年の目標期間に1990年と比較して6%低減するという高い目標を達成するには、家庭用電力消費量の1/4を占めるルームエアコンの更なる省エネルギー化促進が、メーカーとして不可欠である。

こうした中、2006年霧ヶ峰ZWシリーズでは、Wムーブアイによる実運転時の省エネルギー効果と、基本性能の向上が認められ、2006年度の省エネルギー大賞(資源エネルギー庁長官賞)を受賞することができた。

ルームエアコン霧ヶ峰は、常に人と環境に優しいエアコンを目指し、今後も更なる省エネルギー、資源の有効利用を追及していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 日本冷凍空調工業会規格 JRA4046(ルームエアコンディショナの期間消費電力量算出基準)
- (2) 小幡邦彦, ほか: 新生理学, 第2版, 文光堂 (1996)

空気清浄技術

古橋拓也*
森岡怜司**
赤松久宇***

Indoor Air Cleaning Technologies

Takuya Furuhashi, Reiji Morioka, Hisayuki Akamatsu

要旨

近年、住宅の高気密・高断熱化が進み、シックビルディングシンドローム(SBS)の原因となるホルムアルデヒドや揮発性有機化合物(VOC)により、居住者に健康被害をもたらしている。このことから、従来の集塵(しゅうじん)や脱臭に加えて、有害ガスの清浄機能が空気清浄機に求められている。また、ルームエアコンにも同様の機能の付与が望まれている。

本稿では、これらの要望に対応した有害ガス除去技術、電気集塵技術に関して述べる。

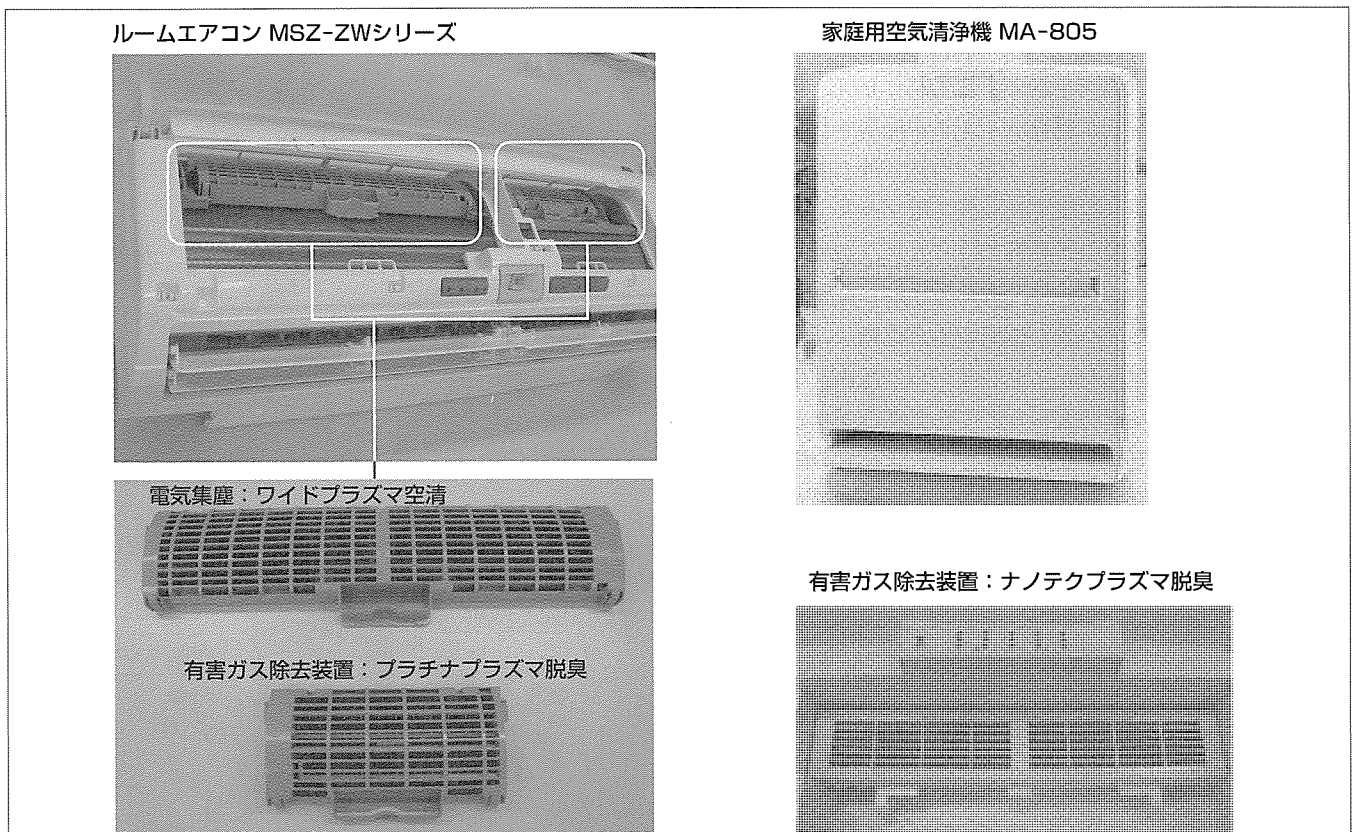
有害ガス除去技術では、放電電極である平板突起のピッチを12mmとし活性種の発生効率を向上させるとともに、脱臭触媒としている酸化マンガン系触媒に白金を加えること

により、ホルムアルデヒドの除去速度を一般的な高気密住宅の換気回数0.5回/h時の3倍、また、アセトアルデヒドの除去速度を前年度品の1.7倍に向上した。

電気集塵技術では、荷電部放電電極である平板突起を風の流れ方向に千鳥配置し、集塵部には半導電性樹脂と導電性樹脂を組み合わせ使用することにより、低圧損化とルームエアコンの適用畳数に対応した集塵性能(日本電機工業会規格)と浮遊菌除去率99.4%を達成した。

有害ガス除去技術はルームエアコン“MSZ-ZWシリーズ”、家庭用空気清浄機“MA-805”、電気集塵技術はルームエアコンMSZ-ZWシリーズに適用している。

特集
II



ルームエアコン、家庭用空気清浄機に適用した空気清浄技術

ルームエアコン霧ヶ峰MSZ-ZWシリーズ、家庭用空気清浄機MA-805に搭載されている室内の汚染空気を浄化する空気清浄装置を示す。

- (1) 図中左：ルームエアコンとそこに組み込まれる有害ガス除去装置(プラチナプラズマ脱臭)、電気集塵装置(ワイドプラズマ空清)
- (2) 図中右：家庭用空気清浄機とそこに組み込まれる有害ガス除去装置(ナノテクプラズマ脱臭)

1. ま え が き

近年、住宅の高気密・高断熱化が進み、シックビルディングシンドローム(SBS)の原因となるホルムアルデヒドや揮発性有機化合物(VOC)が室内環境を悪化させ、居住者に健康被害をもたらしている。家庭用空気清浄機の市場は、このような背景によるアメニティ・健康志向の高まりから拡大傾向にあり、基本性能である集塵能力、脱臭能力に加え、健康に関連する有害ガスの除去性能向上が必要となっている。また、最近では、ルームエアコンにおいても、空気清浄機能が不可欠となっている。

三菱電機では、有害ガス状物質であるホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの除去性能を大幅に向上した有害ガス除去装置を開発⁽¹⁾⁽²⁾し、ルームエアコン“MSZ-ZWシリーズ”(プラチナプラズマ脱臭)、家庭用空気清浄機“MA-805”(ナノテックプラズマ脱臭)に搭載した。また、ルームエアコンには、低圧力損失で、ルームエアコンの適用畳数に対応した集塵性能を達成する電気集塵装置(ワイドプラズマ空清)を開発し、搭載した。

本稿では、これらの有害ガス除去技術及び電気集塵技術に関し、その特長と技術について述べる。

2. 有害ガス除去分解技術

2.1 構成と原理

従来、有害ガス状物質を除去する手段として、活性炭などによる吸着を利用した脱臭フィルタが採用されていたが、吸着性能に限界があった。そこで、当社では、強い化学反応性を持つ放電により生成される非平衡プラズマを利用した有害ガス状物質除去の研究例を取り入れ、1998年家庭用空気清浄機“MA-F401HS”に、当時業界初となる放電と活性炭を組み合わせたプラズマ脱臭装置を搭載し、活性炭の吸着性能の向上を行った。しかしながら、活性炭単独と比べ、吸着性能は格段に向上したが、低濃度のホルムアルデヒドやアセトアルデヒドなどの有害ガス状物質の除去に対しては除去速度、除去到達濃度の点で大きな改善が必要であった。今回、有害ガス状物質の除去性能を大幅に改善した放電と脱臭触媒を利用した業界初の有害ガス除去技術を開発した。

(1) 構成

図1に、ルームエアコンMSZ-ZWシリーズに搭載されている有害ガス除去装置の構成を示す。放電電極、脱臭触媒、対向電極、放電電極をマイナスに対向電極を接地にした高圧電源で構成している。対向電極は、脱臭触媒の後段に脱臭触媒に接触する配置構成となっている。高圧電源の電圧は直流4～6kV、電流は185μAに一定となるよう制御している。放電電極は、有害ガス状物質の除去に寄与する活性種の生成を増加させるため、平板突起形状を採用し

ている。低圧力損失が要求される脱臭触媒については、低圧力損失と表面積アップの相反する要求をバランスよく満たす形状として、ハニカム形状を採用した。ハニカム開口は、200～500cells/inch²となっており、吸着表面積が畳3,000畳相当となっている。脱臭触媒は、このハニカム基材に、オゾン分解能が高い酸化マンガン系の触媒、臭気を吸着する疎水性ゼオライト、ホルムアルデヒド等の分解能を増大する白金触媒の混合物を担持した構成となっている。

(2) 原理

図2に、有害ガス除去の原理を示す。平板突起電極(放電電極)と脱臭触媒間に電圧を印加することにより、平板突起電極と脱臭触媒間に非平衡プラズマを発生させ、生成した活性種による分解反応により、ホルムアルデヒドやアセトアルデヒド等の有害ガス状物質の除去性能向上を図っている。流入する有害ガス状物質は、非平衡プラズマで生成した活性種により分解処理される脱臭反応①と、脱臭触媒上に捕捉(ほそく)された後に分解処理される脱臭反応②に大別される。脱臭触媒上では、放電により生成されるオゾンが、酸化マンガン系触媒、白金触媒により活性種(酸素ラジカル)に分解され、有害ガス状物質はその活性種との反応と触媒作用との相乗効果により分解される。このとき、平板突起電極の構造により、活性種生成効率が変化し、

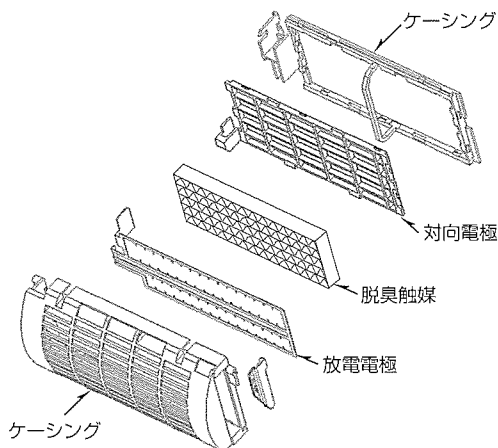


図1. 有害ガス除去装置の構成

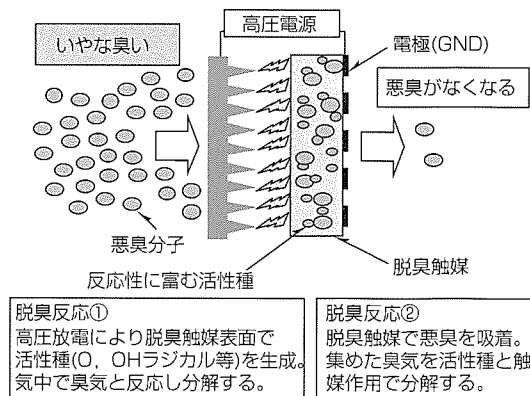


図2. 有害ガス除去の原理

ホルムアルデヒド除去性能が大きく異なる⁽²⁾。ホルムアルデヒド除去性能を高めるために、隣接する突起間の距離を12mmとし、電極と脱臭触媒間の距離を6mmとすることで最適化している。

2.2 有害ガス状物質脱臭性能

この有害ガス除去装置は、ルームエアコンMSZ-ZWシリーズ、家庭用空気清浄機MA-805に搭載されている。図3に、ルームエアコンMSZ-ZW40Tの6畳間でのホルムアルデヒド除去性能を示す。6畳のステンレスチャンパ内にルームエアコンMSZ-ZW40Tを設置し、送風(脱臭空清)強モードでホルムアルデヒド0.3ppmの減衰を測定した。ホルムアルデヒドの室内濃度基準値はWHO(世界保健機構)勧告及び建築基準法により0.08ppm以下とされており、この濃度以下に減衰させる除去性能が必要とされる。MSZ-ZW40Tの場合、機械換気0.5回/hの3倍の除去速度を達成している。また、家庭用空気清浄機MA-805では、従来の活性炭のみの場合と比べて、3倍以上の除去速度を達成している。

図4に、ルームエアコンMSZ-ZW40Tの1m³チャンパでのアセトアルデヒド除去性能を示す。1m³のチャンパ内にルームエアコンMSZ-ZW40Tを設置し、送風(脱臭空清)強モードでアセトアルデヒド1ppmの減衰を測定した。

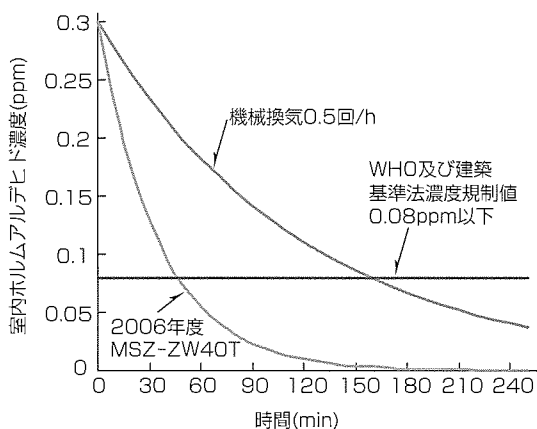


図3. ルームエアコンMSZ-ZW40Tのホルムアルデヒド除去性能

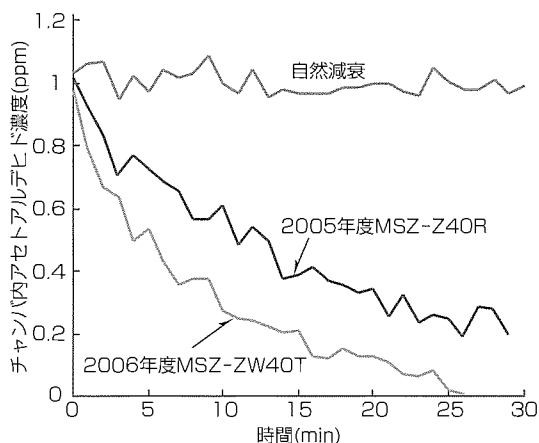


図4. ルームエアコンMSZ-ZW40Tのアセトアルデヒド除去性能

MSZ-ZW40Tは2005年度発売ルームエアコンMSZ-Z40Rの1.7倍の除去速度を達成している。アセトアルデヒドはタバコ臭の主成分であり、アセトアルデヒドの除去性能向上により、日本電機工業会規格「1m³BOXにおけるタバコ臭の除去性能(1m³BOX内でタバコ5本を燃焼させて30分間運転した後のアンモニア、アセトアルデヒド、酢酸の総合除去率)」の脱臭効率90%を達成した。さらに、この技術の適用により四大悪臭である硫化水素、アンモニア、メチルメルカプタン、トリメチルアミンも10分で90%以上除去することが可能となった(1m³チャンパ内、送風(脱臭空清)強モード運転時)。

3. 電気集塵技術

3.1 構成と原理

室内に浮遊する埃(ほこり)やタバコの煙、花粉やダニ等の死骸などのアレルギー粒子、浮遊細菌、ウイルスなどを除去する手段として、エレクトレットフィルタなどを使用する例が多い。しかし、ルームエアコンに同機能を適用する場合、エアコンの基本機能である冷暖房能力への影響を最小限にする必要があり、通気抵抗の小さい低圧力損失の機能を適用することが望ましい。そのため、低圧力損失・高集塵性能を両立できる方式として、2段式電気集塵方式を採用した。

図5に構成、図6に集塵の原理を示す。埃等を放電電極と対向電極間に発生するコロナ放電により荷電させる荷電部と、荷電された埃等を高圧電極と集塵電極間に生成される電界によるクーロン力で捕集する集塵部の2段で構成している。この装置では、荷電部の対向電極と集塵部の集塵

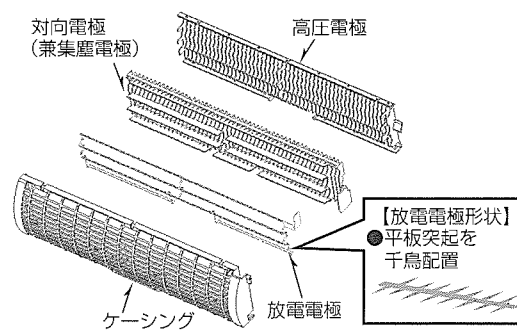


図5. 電気集塵装置の構成

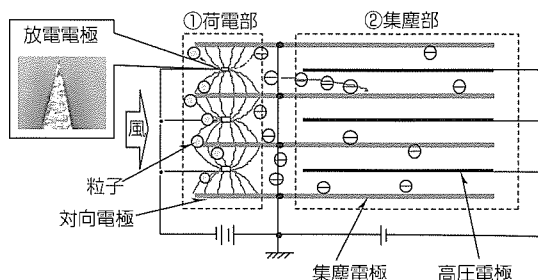


図6. 電気集塵の原理

電極を一体成形とすることでコンパクト化した。荷電部は、高電圧を印加した平板突起状の放電電極、接地の導電性樹脂材を使用した対向電極、集塵部は、高電圧を印加した半導電性樹脂材を使用した高圧電極、接地の導電性樹脂材を使用した集塵電極で構成している。電圧を印加している高圧電源の電圧は直流4～6kVで、電流は185 μ Aの一定となるよう制御している。

放電電極には平板突起状の電極を風の流れ方向に千鳥配置したものを使用しており、突起先端角度を14 $^{\circ}$ とし、突起長2mm、隣接する突起間の距離8mmと最適化することで、荷電効率を高め、コロナ放電により生成するオゾンと異常放電の発生を抑制し、安全性、信頼性を高めている³⁾。

集塵部は、半導電性樹脂材の採用により放電電流を抑制し、積層間隔を1～2mmと短ギャップ化して電界強度を高め集塵力を向上すると同時に、埃等が多く付着したときの異常放電も回避している。また、短ギャップ化により高圧電極と集塵電極の積層枚数を増加して集塵面積を増大化させ、集塵効率を向上させている。平板を積層する構成により、エレクトレットフィルタと比較し低圧力損失化を実現し、この装置では通過風速1m/s時の圧力損失が2Paとなっている。

3.2 集塵・除菌性能

この集塵技術はルームエアコンMSZ-ZWシリーズに適用している。6畳相当のステンレスチャンバ内にルームエアコンMSZ-ZW40Tを設置し、冷房強風でタバコ煙及び花粉(石松子)の減衰を測定した結果、タバコ煙で日本電機工業会規格「空気清浄機の適用床面積(30分間できれいにできる部屋の広さ)」の適用床面積として14畳を達成した。これはルームエアコンの適用畳数と同等である。また花粉では、9分で99%除去できる性能であった。表1に浮遊菌の除去性能を示す。浮遊菌としてStaphylococcus aureus (NBRC12732)を使用し、電気集塵装置の印加電圧有無で装置通過後の菌数を測定した。浮遊菌は電気集塵装置前で噴霧し、電気集塵装置通過後の空気を50 ℓ サンプリングし、

表1. 電気集塵装置のワンパス浮遊菌除去実験結果

	実験回数	菌数(CFU/50 ℓ)	除去率
放電なし	1回目	7.40E+05	
	2回目	2.60E+06	
	3回目	1.40E+06	
	平均値	1.60E+06	
放電あり	1回目	8.90E+03	99.4%
	2回目	3.90E+03	
	3回目	1.70E+04	
	平均値	9.90E+03	

(財)北里環境科学センター 試験番号17-0130号
CFU: Colony Forming Unit

菌数を測定している。その結果、除去率として99.4%の性能を得た。

4. む す び

本稿では、有害ガス状物質であるホルムアルデヒド、アセトアルデヒドを除去する有害ガス除去技術、及びルームエアコンの適用畳数に対応した集塵性能を達成する低圧力損失の電気集塵技術に関し、その特長と技術について述べた。今後も、健康衛生志向の高まりにより、更なる性能向上が望まれると同時に、他の様々な臭気物質除去の性能要求も高まってくると予想される。そのため、要求される技術的課題も変わっていくことが考えられるが、市場要求に対応したタイムリーな対応を実施するため開発を進めていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 古橋拓也：放電と触媒を用いた有害ガス分解除去技術、クリーンテクノロジー、16, No.1, 10～11 (2006)
- (2) 古橋拓也, ほか：平板突起電極と触媒間のコロナ放電によるホルムアルデヒド分解性能、静電気学会誌, 29, No.1, 56～61 (2005)
- (3) 古橋拓也, ほか：平板突起電極と平板電極間のコロナ放電によるオゾン生成特性、静電気学会誌, 30, No.3, 146～151 (2006)

“Wclass”冷蔵庫の新機能

八木田 清*
坂本克正**

New Functions of “Wclass” Refrigerator

Kiyoshi Yagita, Katsumasa Sakamoto

要 旨

高性能・高付加価値冷蔵庫“Wclass”は、おいしい冷蔵庫をキーコンセプトに、“野菜”“氷”“使い勝手”に注目し、次の新機能を開発した。

(1) “うまさW増量光パワー野菜室”機能

世界初、光合成に有効な波長590nmのLED(発光ダイオード)を野菜に照射することにより野菜のビタミンCを購入時に対し約10%増量させる機能を開発した。さらに、波長375nmのLEDを併設することで、ビタミンCだけでなく、野菜のポリフェノールも購入時に対し約10%増量させる“うまさW増量光パワー野菜室”機能を開発した。

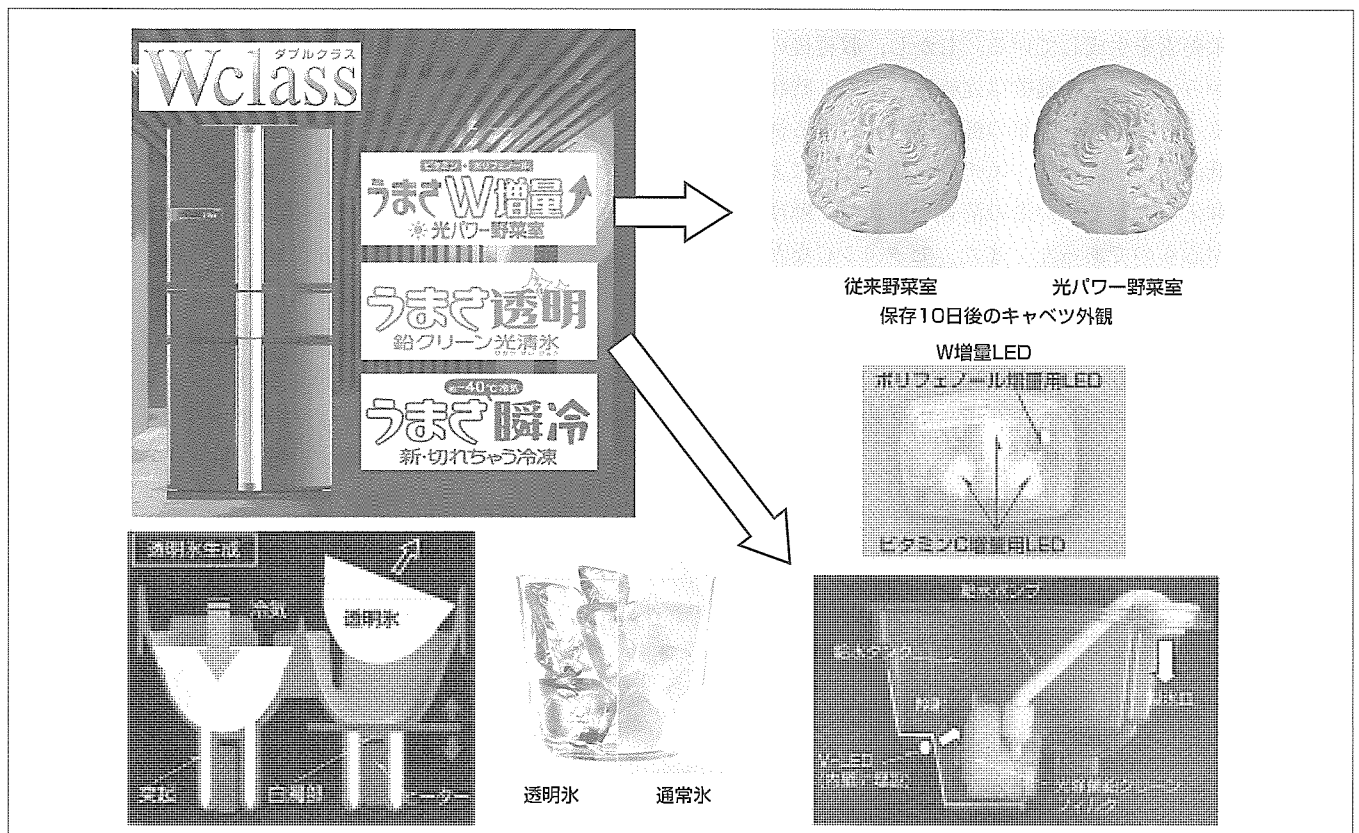
(2) “うまさ透明 光清氷”機能

自動製氷機能においても、“おいしい冷蔵庫”を提供する

ために、おいしい水の生成機構として冷蔵庫の給水タンクに光触媒機能を用いた“光清氷”機能を開発した。また、溶け難く、さらに“見た目のおいしさ”も追求した透明な氷を生成する自動透明製氷システムを開発した。

(3) “オートクローザー”機能

近年、冷蔵室扉がセンター開きの需要が多くなっている。しかし、センター開き扉の場合、扉回転半径が小さくなり、扉を閉める推進力が発生しにくく、扉を閉めたつもりでも半開きとなるケースが多くあった。そこで、冷蔵庫の回転式扉にばねアシストを設けて扉の半開きを防止し、確実に閉める機構を開発した。



Wクラス冷蔵庫

545ℓの大容量と、新開発“うまさW増量光パワー野菜室”“うまさ透明 光清氷”“オートクローザー”の採用で、ワンランク上のゆとりと使い勝手の良さと洗練されたデザインを追求した大型・高品質冷蔵庫である。

1. ま え が き

冷蔵庫はここ数年約450万台/年レベルの市場規模で推移しており、その大部分は買い替え需要で、いわゆる成熟家電と言える。そのため、各社ともユーザーニーズに基づいた独自の機能を開発し、他社との差別化を図っている。この中で、三菱電機冷蔵庫は“おいしい冷蔵庫”をキーコンセプトに新機能開発を行った。本稿では、その事例について述べる。

2. “Wclass”搭載技術

2.1 “うまさW増量光パワー野菜室”機能

健康志向の高まりや家庭回帰の風潮による外食から内食へのシフトが進む中、おいしさや鮮度維持効果を高める新機能に対する要望が増加している。そこで、当社では、おいしい冷蔵庫をキーコンセプトに、収穫後も生きてる野菜の特性に着目し、発熱が少なく長寿命なLEDから光照射することで、野菜含有のビタミンC、ポリフェノールを増量(W増量)させる新保存技術を開発した。

この野菜室に実装したLEDモジュールは図1のとおりで、ビタミンC増量用LED 3本、ポリフェノール増量用LED 1本からなる。

2.1.1 ビタミンC増量

収穫前の野菜は、土壌から栄養素を吸収したり、自ら光合成により栄養素を生成している。しかし、収穫後の野菜では、外部からの栄養素の補給は途絶え、かつ、暗状態での保存となる。そのため、野菜の鮮度維持に対する従来の考え方は、低温化、高湿度化、エチレン除去などにより呼吸や蒸散を抑えることで栄養素の消費を抑制し、鮮度低下を最小限にするものであった。また、ビタミンCなどの栄養素の分解を抑制し、購入時の含有量を維持することが精一杯であった。しかし、今回、“鮮度キープ”という考え方から、“栄養アップ”という新たな考え方で、収穫後も生きてる野菜の特性を利用した光合成作用に着目し、ビタミンCを増量させる野菜室を開発した。

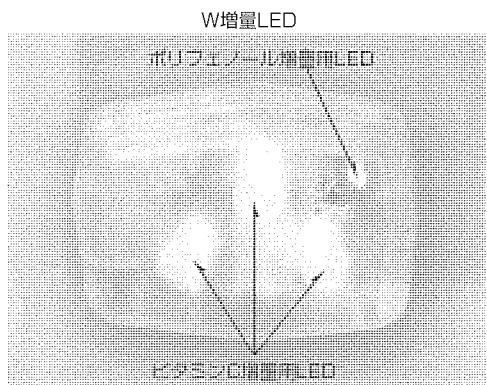
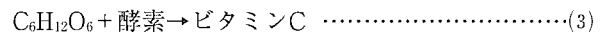
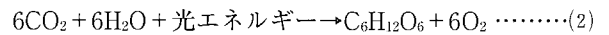
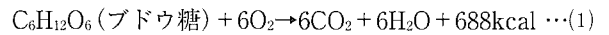


図1. LEDモジュール外観

ビタミンC生成の反応を式に表すと式(1)~式(3)のようになる。収穫後の野菜は保有する組織内のブドウ糖や有機酸を分解することで生命維持に必要なエネルギーなどを生産しており(式(1))、この過程で、野菜の鮮度は徐々に低下する。

一方、光を照射することで、照射光、野菜室内(大気中)の二酸化炭素、野菜自身が持つ水分で光合成が発現し、ブドウ糖を生成するため(式(2))、鮮度を高めることができる。さらに、酵素の働きによりブドウ糖からビタミンCが生成される(式(3))。



光源として使用するLEDは、橙(だいたい)色、赤色、青色などの単色とこれらを組み合わせた条件で実施した検証実験結果、及び光を照射したときの野菜の演色性などから波長590nmの橙色LEDとした。

つまり、新開発の光照射野菜保存技術は、芽菜類、葉菜類といった野菜に波長590nmのLEDの光を照射することによって光合成を発現させ、鮮度維持の基質であるブドウ糖の生成を促し、この結果として、ビタミンCを増加させるものである。

野菜にLEDから光を照射することで、野菜の持つビタミンCを、購入時に対し、保存3日時点で約10%増量させ、従来の光を照射しない冷蔵庫に比べ、約1.5倍のビタミンCを得ることができた(図2)。

また、キャベツに光を照射することで、図3のように、クロロフィルが活性化し、葉の色が緑化する。視覚情報はおいしさの重要な要素であり、見た目にもおいしいキャベツとなった。

2.1.2 ポリフェノール増量

新開発の光照射野菜保存技術は、芽菜類、葉菜類といった野菜に紫外線(UV-A)を照射することによって自己防衛反応を発現させ、光を受けた部位でポリフェノールを合成させ蓄積させるものである。

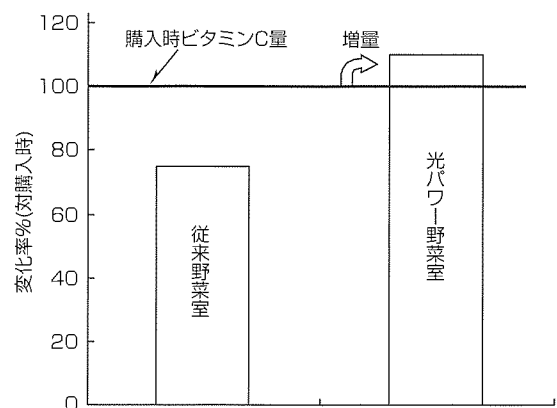


図2. ビタミンC変化率の比較(ブロッコリの芽3日間保存)

効率的にポリフェノールを生合成させるためには、ポリフェノールの吸収極大点に近い波長を照射することであり、検証実験の結果から波長375nmのLEDを採用した。

野菜にUV-Aを照射することで、野菜の持つポリフェノールを、購入時に対し、保存3日時点で約10%増量させた(図4)。

2.2 “うまさ透明 光清氷”機能

現在の家庭用冷凍冷蔵庫において、自動製氷機は不可欠な機能となっており、自動製氷機で差別化を図った新機能がうまさ透明 光清氷である。氷のおいしさ実現に向けて“水”と“見た目”の2つの視点から新機能開発を行った。

2.2.1 “光清氷”機能

おいしい水を生成するためには、おいしい水で水を生成することが重要である。そこで、光触媒に着目し、氷を生成する給水タンクの水を衛生的に保ち、おいしい水を供給する光清氷機能を開発した。この機能は、給水タンク内にある浄水フィルタ(光除菌鉛鉛クリーンフィルタ)に酸化チタンを練り込み、そこにV-LED(内壁に埋設)から波長390nmの光を照射させて酸化・還元反応により水分中のカルキ分や雑菌をカットしておいしい氷を作るものである(図5)。この機能により、従来の冷蔵庫の自動製氷機で使用禁止であったミネラルウォーターや浄水器を通過させた水、さらには井戸水でも雑菌繁殖を抑えて使用できる。

光触媒動作原理は、酸化チタンを含有した表面に400nm

より短波長の光を照射すると、その表面から電子が飛び出し、抜け穴であるホール(正孔)が形成されるものである。この飛び出した電子は物質を還元する力があり、酸素と反応して過酸化水素を生成し、還元反応を発現する。一方、正孔は触媒表面の微量な水分と反応して、OHラジカルである活性酸素を生成し、酸化反応を起こす。この酸化・還元反応により、表面の有機物を最終的には二酸化炭素と水分に分解する。

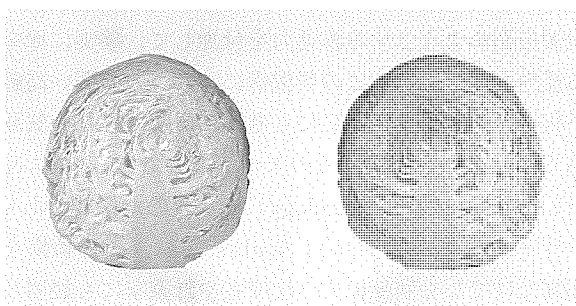
2.2.2 “透明製氷”機能

もう一つの氷のおいしさとして、溶け難く、見た目もおいしい氷を実現するための“透明製氷機能”を開発した。冷凍冷蔵庫における透明製氷機能搭載についてはユーザーの手動捻(ねじ)り動作により透明氷を生成する機能は既存していた。しかし、現在主流の自動製氷機で実現するには、製氷時間と透明度の両立、さらに、コスト等の課題があり、各社検討するものの量産へたどり着かなかった。

今回、溝付き製氷皿と冷却速度技術の開発により、他社を差別化できる家庭用自動透明製氷技術を開発した。

発想の原点は既存の手動式製氷皿(2層構造)である。この製氷皿は、上方から下方へ一方向に冷却し、白濁の要因となる水中溶存気体成分を下層へと追い込んでいくものである。そして、製氷完了となった後、手動で製氷皿を捻り、2層式製氷皿の上層部の透明氷のみを取り出して使用し、下層部の白濁氷は使用せずに捨てるといった仕組みである。しかし、この2層式製氷皿の場合は、氷生成過程において水→氷の体積膨張(約109%)に対して上層の製氷皿が下層の製氷皿から浮き上がってしまい、毎回氷を除去する作業が必要となり、自動製氷機のように繰り返し製氷を行うことができなかった。

そこで、氷生成に際して白濁成分を一方向に追い込みつつ、かつ、製氷皿を捻ることにより氷の透明部のみを自動でユーザーに提供して水→氷の体積膨張も吸収できるシステム構成が必要条件となった。検討の結果、誕生した自動透明製氷システムが図6である。この製氷システムは、製氷皿下部に中空の突起を設けるとともに、その突起部に数ワットレベルのヒーターを設置した(図7)。このことにより、製氷皿上方から氷が生成され白濁成分を下方の突起内へと追い込んでいく。製氷皿上方は開放されているため、



(a) 従来野菜室 (b) 光パワー野菜室

図3. 野菜室保存10日後のキャベツの外観比較

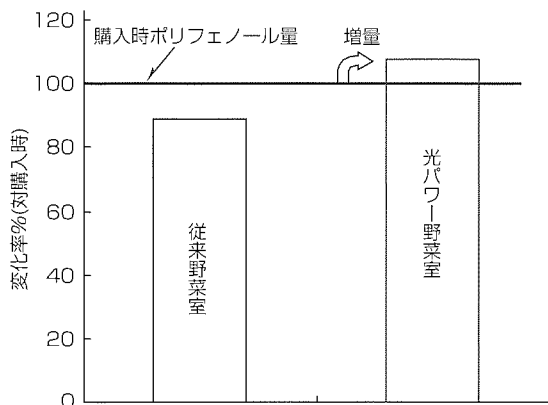


図4. ポリフェノール変化率の比較(クレソン3日間保存)

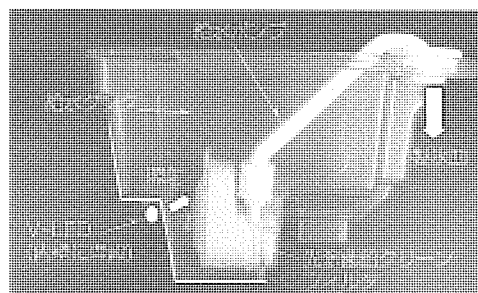


図5. 光清氷システム

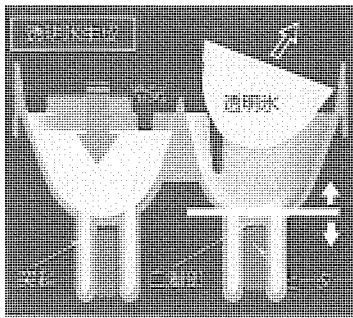


図6. 透明製氷システムと氷比較

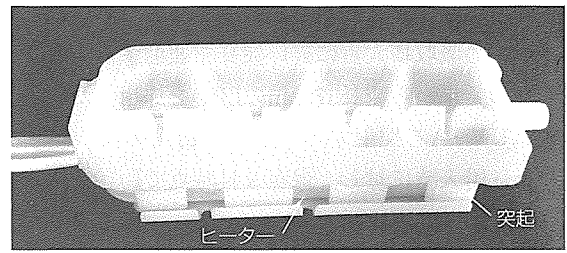
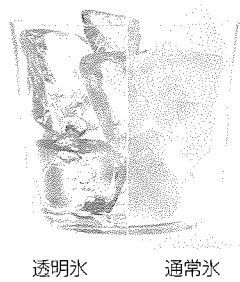


図7. 製氷皿

体積膨張分は氷自体が上方へと移動して膨張を吸収する。さらに、その下方の突起形状を細く形成することにより、製氷皿の捻り動作時に、氷の上層透明部と下層白濁部とを機械的な力で分割し、上層透明部のみをユーザーに供給できる。その後、再度、製氷皿に給水されると、下層部の白濁氷は浮上し溶ける。水中の気体成分量は大気圧下では同じ(Henryの法則)となるため繰り返し製氷が可能となる。また、製氷皿下方のヒーターは透明氷を生成する条件となる“水中気体成分拡散速度<凍結速度”を実現するために、ヒーター入力を調整して2~3 mm/hの凍結速度とした。

つまり、ヒーターによる製氷速度の制御と自動離氷時の捻り動作で容易に透明部と白濁部を分割できる製氷皿によって、自動製氷機における透明氷生成システムが開発できた。上記の光清氷と透明氷で、冷蔵庫業界における“氷は三菱！”の強みを確立した。

2.3 オートクローザー機能

最近の冷蔵庫の流行として、冷蔵室が2枚扉で構成されている“センター開き”があり、400ℓ以上のゾーンにおいては1枚扉よりも2枚扉の販売台数の方が多くなっている。センター開きというのは、扉開放スペースが小さく、扉も1枚だけ開いて食品を出し入れできることから、庫内の冷気漏れが少ないという利点がある反面、課題もあった。それは、扉の小型化により扉回転半径が小さくなり、扉を閉める際の慣性力(推進力)が弱いことであり、その結果、ユーザーが扉を閉めたつもりでも完全に閉まっていないというケースが多くあった。特に、1枚扉を使用してきたユーザーはその感覚で2枚扉を閉めると、半ドアとなる確率が高くなる。したがって、2枚扉の場合、より強い力で扉を閉めることが必要となる。これを改善した機能がオートクローザー(図8)である。

ヒントとなったのは車のミニバンなどのスライドドアや

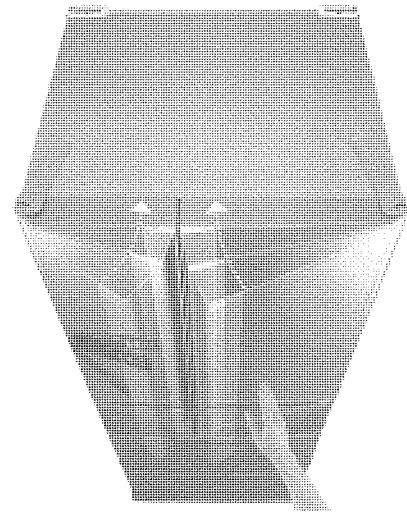


図8. センター開きオートクローザー

玄関ドアに用いられているクローズ機構である。冷蔵室扉のヒンジと呼ばれる回転軸部分にばね機構を設けて、扉開角度が約20°以内になったときに、ばねアシストにより冷蔵室扉を閉めようとする推進力を付加して、確実に扉を閉める機構を開発した。この新機構により、力の弱い高齢者や子供などが扉を閉めた際にも確実に扉が閉まり冷気漏れを防ぐことができる。当社のスローガンである“ユニ&エコ(Universal design&Ecology)”を実現した機能であり、ユーザーからの評判も高い。Wclassでは、この機構を冷蔵室扉だけでなく回転扉式の冷凍室や野菜室にも展開し、ユーザーの使い勝手を向上できた。

3. むすび

三菱冷蔵庫のフラッグシップモデル“Wclass”の付加価値を高める新機能について述べた。今後も、更なる高性能化、高付加価値、省エネルギーといった多様なニーズにこたえる製品開発に努めて、使用満足度の向上を目指していく所存である。

ジャー炊飯器のおいしさ向上技術 — “本炭釜”の炊飯特性—

井坂久夫*
久保田哲正**

Characteristic of All Carbon Material Pot for IH Rice Cooker

Hisao Isaka, Tetsumasa Kubota

要旨

IH(電磁誘導加熱)ジャー炊飯器用内釜(うちがま)は、IHに適したステンレスを外層に、アルミニウム等の熱伝導率の大きい金属を内層に配した多層金属で構成されている。しかし、IHコイル上部の局所的な発熱を内層のアルミニウム等を介し釜全体へ伝えるには熱伝導が十分でなく、温度むらが生じて、炊飯性能を低下させていた。

これを解決するため、業界初の内釜に炭素材料を採用した炭炊きIHジャー炊飯器“本炭釜”を開発した。

(1) 業界初の釜厚全体発熱による均一加熱

内釜材料には、熱伝導率が大きく、磁力線が深く浸透し肉厚全体で発熱する炭素材料を採用し、また、釜底中央部に沿って肉厚形状にすることにより、釜全体の温度むらを

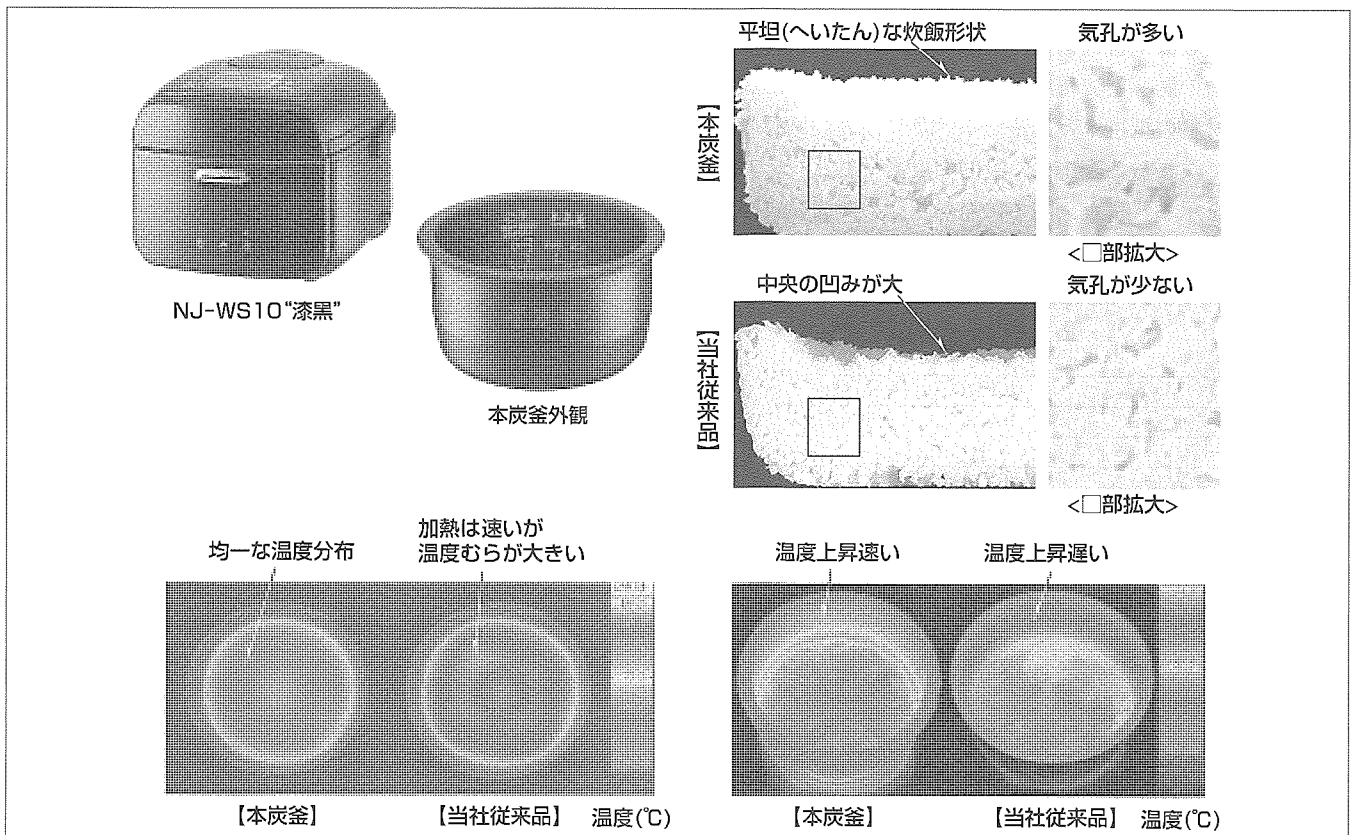
大きく低減した。

(2) 激沸騰によるふっくら炊き上げ

釜底面を厚く(業界最大肉厚7.5mm)し、熱容量を持たせた。これにより、大きな気泡(大泡)を連続的に発生させて米全体へ熱を均一に伝えるとともに、米間へ蒸気を十分に供給し、ふっくらとした炊き上がりを実現した。

(3) 予熱時の適温均一加熱により甘みを向上

熱伝導率が大きい炭素材料の採用により、釜側壁部の温度上昇を速くし、釜内温度をデンプン分解酵素が活性化する温度帯(55~60℃)で均一に保持することにより、還元糖量を三菱電機の従来品に対して20%増加させた。



純度99.9%の炭素材料でできた“本炭釜”の加熱特性と炊飯特性

左上は、三菱炭炊きIHジャー炊飯器“NJ-WS10”と“本炭釜”の外観写真。右上は、本炭釜と当社従来品の炊飯米断面形状写真。左下と右下は、それぞれ、本炭釜と当社従来品の同一加熱時間における空炊き時の釜底温度分布と、湯沸かし時の釜温度分布のサーモビューア写真を示す。

1. ま え が き

2006年度のジャー炊飯器の需要は約670万台(前年比103%)と予測されており、IHタイプの需要は約400万台(前年比106%、構成比60%)に達する(当社予測)。このIHジャー炊飯器市場では、従来の価格としては考えられなかった実売価格が5万円を超える高級機種が登場してきており、売行きを伸ばしている。

当社は、高級機種“Wclass”シリーズとして炭焼きIHジャー炊飯器“本炭釜”を発売した。IHジャー炊飯器用内釜は、IHコイル上部で局所的に発熱しやすく温度むらが大きくなる問題があった。本炭釜は、“IH用内釜=金属多層釜”という概念にとらわれず、内釜材料へ炭素材料を採用することで、温度むらを低減し、炊飯性能を向上した。

本稿では、本炭釜の加熱・炊飯特性について述べる。

2. 業界初の釜厚全体発熱による均一加熱

2.1 炭素材料の特長

IHジャー炊飯器は、IHコイルへ高周波電流を流すことで生成する磁力線の作用で内釜を構成する磁性材料内に誘導電流(うず電流)を発生させ、これと磁性材料の持つ電気抵抗により内釜を発熱させる仕組みとなっている。磁力線により発生する誘導電流密度は、磁性材料表面に近いほど大きく、材料内部へ向かうほど急激に小さくなる性質がある。この性質を表す特性値に、浸透深さがある。これは、磁性材料表面の誘導電流密度が36.8%まで減衰する距離であり、磁性材料の抵抗率と比透磁率、及び高周波電源の周波数によって決まる。表1に一般的な炭素材料とステンレスの物性値を示す。また、図1に発熱状態の断面模式図を、図2に発熱密度分布を示す。

金属多層釜では、発熱層の磁性材料としてステンレスな

表1. 材料物性値

	炭素材料	SUS430
抵抗率 ρ ($\Omega \cdot m$)	10×10^{-6}	0.6×10^{-6}
比透磁率 μ_r	1	100
熱伝導率 ($W/m \cdot K$)	105	15

SUS : Steel Use Stainless

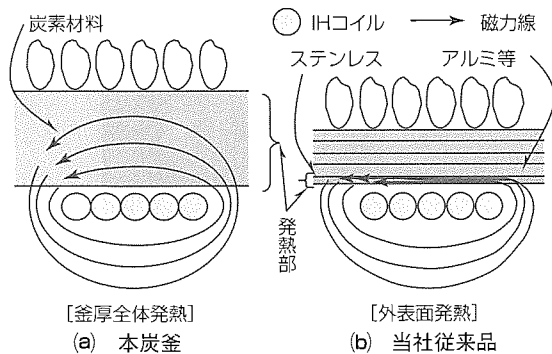


図1. 内釜断面発熱イメージ

どが用いられる。ステンレスは、抵抗率が小さく、比透磁率の大きい材料であり、浸透深さが0.25mm程度と浅い。そのため、金属多層釜は、内釜表層部に配された薄いステンレス層の発熱をアルミニウムなど熱伝導率の大きい材料を介することで内釜内へ熱を伝える構造になっている。しかし、発熱層であるステンレス自体の熱伝導率が小さく、巻線形状をしたIHコイル直上部の局所的な発熱を平面方向へ伝えることが難しいため、釜底面の温度むらを引き起こしていた。これに対し、炭素材料は、抵抗率が大きく比透磁率が小さいため、浸透深さが10mm程度と深く、磁力線の通過する領域(釜厚に相当)全体で発熱可能である。さらに、熱伝導率が大きいため、釜厚全体で発生した熱を全方向に効率良く伝えることができる。本炭釜は、以上のような材料物性を生かした技術により炊飯性能を向上した。

2.2 本炭釜の加工

本炭釜は、純度99.9%の炭素材料を用いることで、安定した電気特性を確保している。IHは、電気特性のばらつきが大きいと加熱ができない等の問題が発生する。図3に本炭釜製造時の各工程における外観を示す。まず、粉体状の炭素材料を円柱形状のブロックに圧縮成形したものを3,000℃で焼成する。これを切削加工により、粗削り、本削りの工程を経て内釜形状に仕上げる。切削加工の終了した内釜は、最後に表面へコーティングを施して完成する。

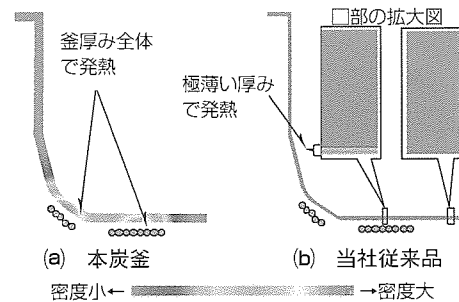


図2. 発熱密度分布解析結果

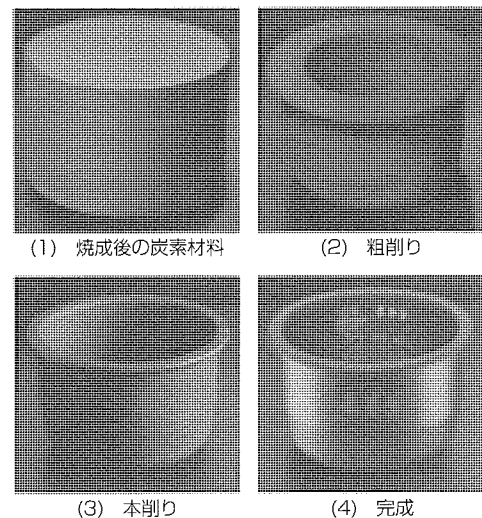


図3. 本炭釜の製造工程

表面コーティングは、炭素材料が多孔質で脆性(ぜいせい)な材料であることから、水漏れ防止や表面の傷つき防止に加え、炊飯米をはがれやすくするなど清掃性向上の役割を持っている。しかし、多孔質の炭素材料表面へ塗装する場合、塗料を吸収してしまうため、塗布時の膜厚が不均一になりやすく、釜表面との密着性の低下や塗装むらによる外観不良が発生しやすい問題があった。これらの問題に対し、下地処理剤の選定と適正な膜厚及び塗布方法を開発することで、実用に耐え得る密着性と耐磨耗性などの表面機能を確保した。

2.3 内釜形状及び材質による均一加熱

本炭釜は炭素材料から削り出すため、従来の金属プレス加工では困難であった内釜内面と外面を異なる形状に仕上げることが可能である。この特長を生かし、本炭釜は、釜底外面を平坦に、釜底内面を中央に向けて厚くなるテーパ状の凸形状(肉厚最大7.5mm)に仕上げた(図4)。これにより、釜底中央部へ向かう伝熱経路の断面積を広げ、熱抵抗を小さくできるため、巻線形状をしたIHコイル直上部の局所的な発熱を、十分な加熱が得られなかった釜底中央部へ導くことが可能となった。

本炭釜を空炊きしたときの釜底温度分布を図5に示す。当社従来品の金属製多層釜の場合、IHコイル上部の温度上昇は速いが、磁力線の作用が弱い釜底中央部との温度差が大きく、均一性が悪くなる。一方、本炭釜の場合、温度上昇は遅いが、釜底面で均一な温度分布が得られるようになった。次に、湯沸かし時の釜温度分布を図6に示す。同一加熱時間において、金属多層釜は釜底部の温度上昇は速いが、本炭釜は釜側壁部の温度上昇が速くなる。したがっ

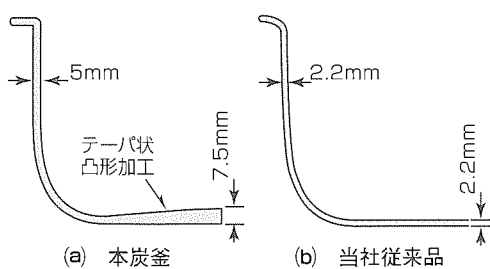


図4. 内釜断面形状

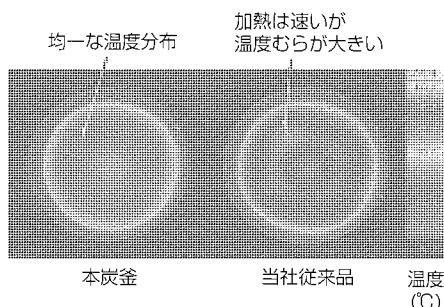


図5. 空炊き時の釜底温度分布

て、本炭釜は、釜内下層に位置する米層だけでなく、上部の水層を直接加熱できるため、釜内温度の上昇を速めながら均一に加熱することが可能である。

3. 激沸騰によるふっくら炊き上げ

3.1 厚底釜による大泡の発生

炭素材料は、IHコイルへ高周波電流を流すことで生成する磁力線が深く浸透する特性がある。本炭釜の釜底はこの特性を有効利用するため厚さ7.5mmの厚釜形状にし、釜厚全体で発熱すると同時に、金属釜に比べ釜底部の熱容量が大きい内釜に仕上げた。これにより、炊飯途中の水のように粘りのある液体が沸騰する際には、釜底中央部から大きな気泡(大泡)を発生させることができるようになった。図7に、糊(のり)を用い、沸騰開始時の粘りのある水が沸騰していく状態を模擬した観察結果を示す。大泡は、同一箇所で連続して発生する小さい気泡(蒸気)が集合して塊となったものである。この同一箇所における気泡の連続発生は釜底部の熱容量が大きいことによる現象で、発生した気泡が釜底面を離れても、離脱箇所の温度低下が小さく沸騰条件が持続することで得られる。小さい気泡の場合、粘りのある水中においては、釜底面から単体では上昇できずに停滞し横方向へ移動しやすい。しかし、本炭釜で生成する大泡は、集合することで大きな浮力を発生し、粘りのある水を貫いて水面へ到達することが可能となる。

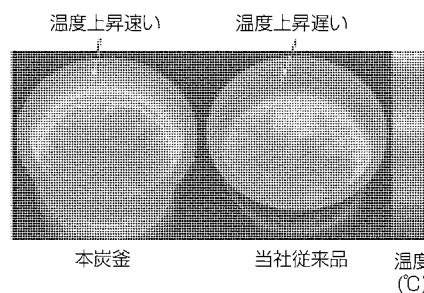


図6. 湯沸かし時の釜温度分布

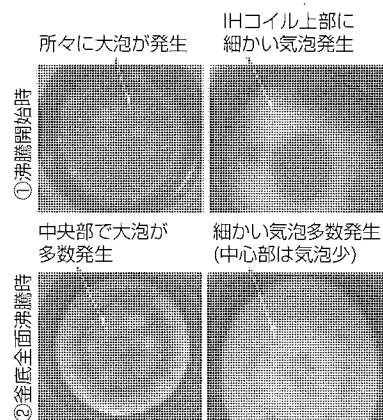


図7. 糊による沸騰模擬試験

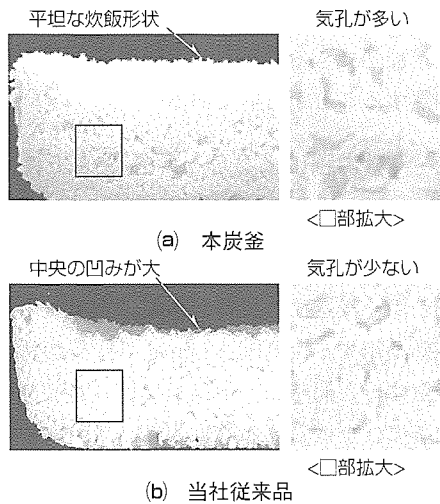


図8. 炊飯米の断面形状

3.2 大泡によるふっくら炊き上がり

本炭釜は、炊飯途中の水のように粘りのある液体が沸騰する際に、釜底中央部から発生する大泡により、炊飯時に熱の伝わりにくかった釜中央部へも蒸気を介して熱を伝えるため、より均一に加熱できる。また、蒸気が炊飯米を押し上げながら通り抜けるため、炊飯米中に隙間(すきま)が形成されてふっくらと炊き上がる。

図8に、当社従来品金属釜と本炭釜で炊飯したときの、炊飯米の断面形状を示す。本炭釜は、当社従来品に比べ、大泡により蒸気が通り抜けるため、釜中央部の米が押し上げられて平坦な炊飯形状が得られるようになった。また、炊飯米内部に蒸気が十分に供給されるため、気孔が多く、ふっくらとした炊き上がりが可能となった。

4. 予熱時適温均一加熱により甘みを向上

本炭釜は、炭素材料の優れた熱伝導により釜側面の温度上昇が速く、予熱時には、米層上部の水層を釜側壁から直

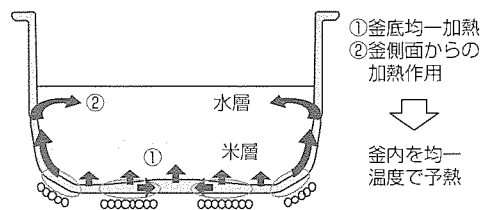


図9. 加熱開始時の釜壁から釜内伝熱イメージ

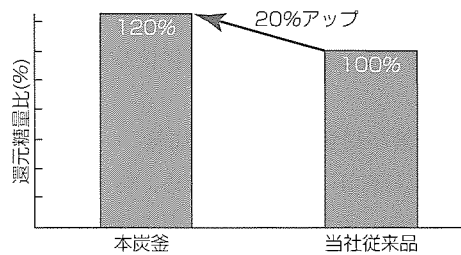


図10. 炊飯米100g中の還元糖量

接加熱できる(図9)。これにより、釜内全体の温度上昇を速めると同時に、均一に保つことが容易となる。この特性を生かし、米に含まれるデンプン分解酵素が活性化する予熱温度(55~60℃)を保持しながら、予熱時間を還元糖の生成に必要な時間に適正化することで、炊飯米100g中の還元糖量を当社従来品に比べ20%増加した(図10)。

5. むすび

炭炊きIHジャー炊飯器本炭釜は、2006年3月の発売以来、市場において“ふっくらとして甘い”“冷めてもおいしい”など高い評価を得ている。よりおいしいご飯の実現を目指し、内釜を従来の金属多層釜構造から炭素材料の特性を生かした単層構造(表面コーティングを除く)に変える試みが実を結んだものと受け止めている。今後も、更なる技術革新とおいしさ追求に臨んでいく。

家庭用IHクッキングヒータ技術

鈴木浪平*
私市広康**

Technologies of Mitsubishi IH-Cooker

Namihei Suzuki, Hiroyasu Kisaichi

要旨

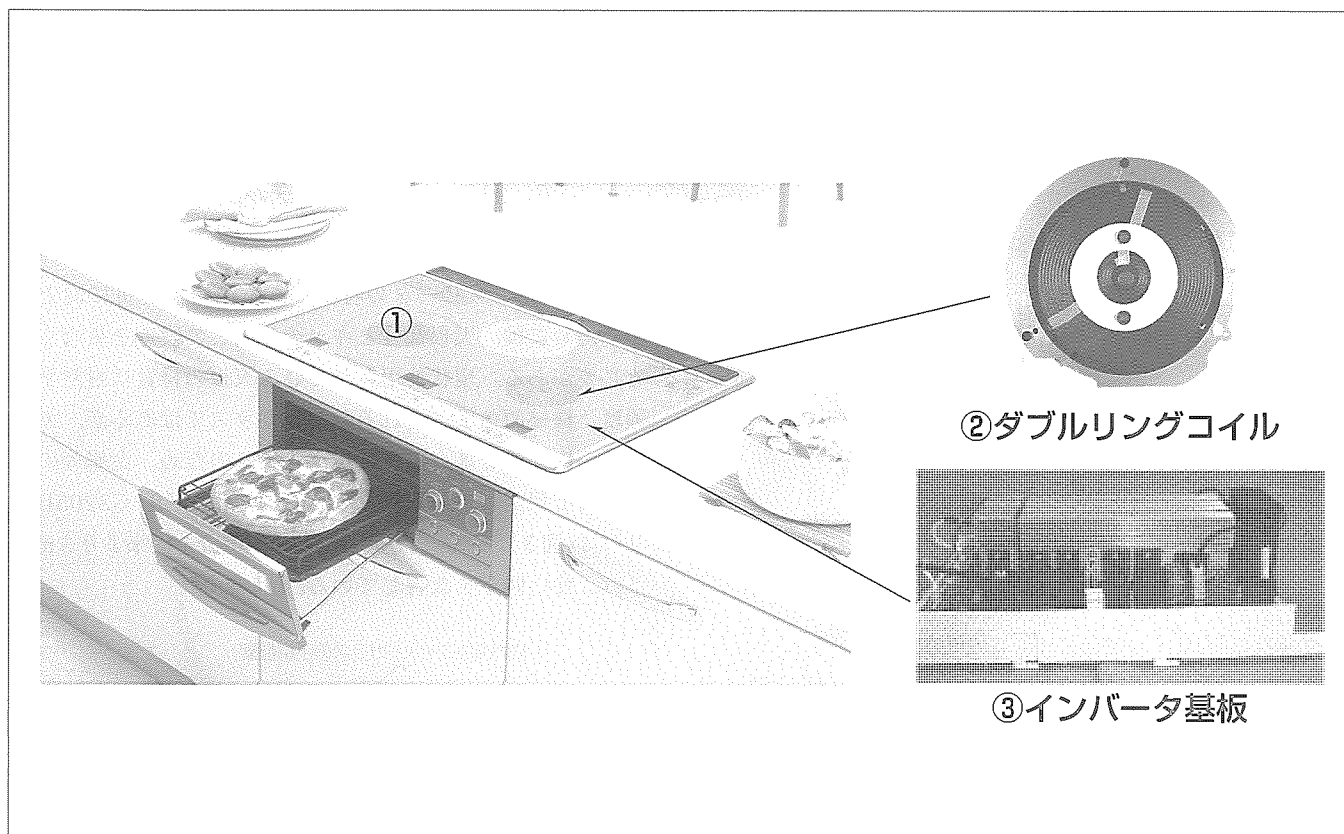
IH(Induction Heating)クッキングヒータは、炎を使わないことから高齢化が進む社会構造の中で安全性が注目されており、ガスコンロのような五徳がなくガラストップであることから清掃性にも優れているため、近年のオール電化の波とともに需要が高まっている。

また、IHクッキングヒータは、本体側に配置したコイルにより磁束を発生させ、その磁束により鍋(なべ)にうず電流が生じ鍋の等価抵抗分の発熱を利用するものであるため、従来のガスコンロのように炎により加熱する形態ではなく、直接鍋自身が発熱するため発熱効率が高く、周囲の

温度上昇が非常に小さいため、夏場の調理も快適であり冷房にかかるエネルギー消費も低く抑えられる。

三菱電機では、適用鍋の拡大、加熱むら低減、低騒音化、温度制御性向上などの基本性能の向上を図るとともに、マドレーヌやお菓子が焼けるオープン機能や魚を焼いても煙が出ない脱煙装置の搭載といった、より楽しく調理できる差別化機能を追加した。単なるガスコンロの置き換えではなく、新たな調理器具として商品提案をしている。

今後も、調理を中心とした新機能の提案を継続する。



IHクッキングヒータ2005年度製品“CS-G3205BDSW”

①は2005年発売のビルトインIHクッキングヒータの写真であり、パラジウム脱煙機能を搭載したグリルと薄型天板を採用した。②はIHクッキングヒータに内蔵されている加熱コイルで、ダブルリング構造により均一加熱を実現した。③はIHクッキングヒータに内蔵されている低騒音を実現したインバータ基板である。

1. ま え が き

従来ガス機器が主流であった厨房(ちゅうぼう)用調理機器は、高齢化の進行・住宅気密性の向上・オール電化普及や社会環境変化等によりIHクッキングヒータの需要が高まっている。

特に、図1に示すビルトイン型に代表される200VタイプのIHクッキングヒータ市場は、上記のような要因から大きく伸長しており、2001年度には36万3千台であった全需が2004年度には61万2千台となり、2005年では約20%増の73万台という規模で推移している。市場におけるIHクッキングヒータの普及率はようやく7%を超えた程度であるが、認知度の高まりとともに、今後更なる市場規模拡大が予測されている(図2)。

2. IHクッキングヒータの加熱原理と特長

2.1 IHクッキングヒータの加熱原理

IHクッキングヒータは、トッププレート下に配置した磁力発生コイル(誘導加熱コイル)により高周波磁界を発生させ、トッププレート上に置かれた鍋(金属製)の鍋底面に誘導電流(うず電流)を生じさせることでジュール熱が発生しこの熱を利用するものである。



図1. 3口ビルトインタイプ IH

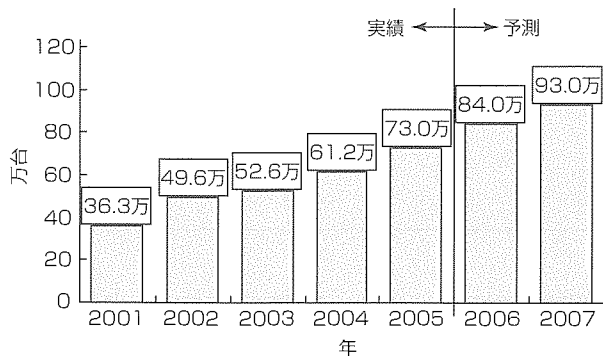


図2. 200V IHクッキングヒータ市場規模(当社予測)

2.2 IHクッキングヒータの特長

このようにIHクッキングヒータは、鍋自体が発熱体となるため、従来のヒータ方式のようにヒータの伝熱や輻射(ふくしゃ)による加熱方式に対して以下のような特長がある。

(1) 効率が高い

鍋を直接加熱する方式であるため、加熱効率が高い。輻射による加熱を行うヒータの加熱効率は約75%、ガスの燃焼により加熱を行うコンロの加熱効率が約50%であるのに対して、IHクッキングヒータの加熱効率は約90%(全体効率)である。この差は20℃の水1ℓを90℃にするための所要時間は2kWのIHクッキングヒータと4,000kcal/h(4.65kW)のガスコンロが3分前半でほぼ同等で、3kWのIHクッキングヒータは2分前半である。

(2) 室内環境の改善

IHクッキングヒータは、他の熱源と比較して無駄な熱の発生が少ないため、周囲にもたらず温度上昇が少ない。また、燃焼ガスが発生しないので、換気回数も少なくてすむ。

(3) 直火がない

直火がないので、着衣への着火事故のおそれがなく、吹きこぼれによる立ち消え、酸欠事故の心配がない。

(4) 清掃性が良い

天板には強度、耐熱性に優れた結晶化ガラスを使用しており、五徳等もないため、調理面に凹凸がなくフラットなので清掃が簡単である。

3. IHクッキングヒータの課題と対策

3.1 天板部分の薄型化

IHクッキングヒータの特長である清掃性を更に向上させるためには、天板部分とキッチン面との段差を少なくする必要があります。現状使用されている天板の材質は耐熱衝撃強度、機械的強度に優れた結晶化ガラスではあるが、ガラス端面に衝撃を加えると破損する。このため、金属等のフレームで保護して使用する必要があるが、CS-G3205Bシリーズ(図3)では、横方向のフレーム部分を従来より3mm下げ、使い勝手を改善している。

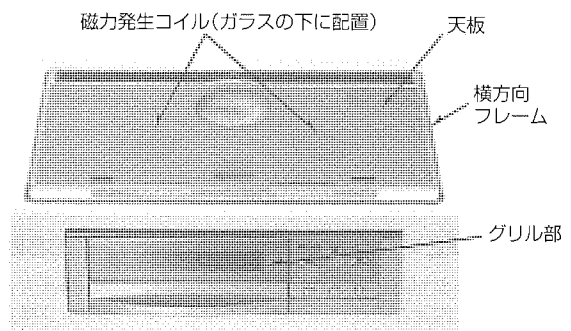


図3. IHクッキングヒータ“CS-G3205B”

3.2 使用可能鍋の範囲拡大

一般にIHクッキングヒータの投入電力 P は式(1)で表すことができる。アルミ鍋のような低抵抗の鍋の場合、うず電流が鍋内部に発生しても、表皮抵抗 R_s が低く、鍋を発熱させることは難しい。誘導加熱コイルに流す電流の周波数を通常の20kHzから90kHzに高くすることで表皮抵抗 R_s を増大させ、かつ、加熱コイル巻き数 N を増やせば、アルミ鍋を加熱することができるが、スイッチング損失や誘導加熱コイル損失が増加し、加熱効率は極端に低下する。当社では、アルミや銅の鍋まで加熱できるいわゆる“オールメタルタイプ”の製品ではないが、SUS(Steel Use Stainless) 304系の低抵抗鍋であることを検出した場合、誘導加熱コイルに流す電流の周波数を通常の20kHzからスイッチング損失や誘導加熱コイル損失が許容できる30kHzに高周波化し、SUS304系の低抵抗鍋まで加熱可能として使用鍋の拡大を図っている。

$$P = Z \times I^2 = (K \times R_s \times N^2 + R_c) \times I^2 \dots\dots\dots(1)$$

- ここで、 Z : 加熱コイルインピーダンス
- K : 定数
- R_s : 底面の表皮抵抗
- R_c : 加熱コイル抵抗
- N : 加熱コイル巻き数
- I : 加熱コイル電流

3.3 加熱むらの低減

磁力発生コイルを単純に渦巻き状に巻いていくと、磁界の分布が不均一なため、コイル中央とコイル外周の温度が低くなり、加熱むらを生じる。これを改善するために経方向に2分割し、磁界の分布の均一化を図ったダブルリングコイルを採用している(図4)。

3.4 低騒音化

IHクッキングヒータは、スイッチング素子の熱破壊、磁力発生コイルの熱による絶縁劣化を防止するため、本体内に冷却用空気を送る冷却ファンを備えているが、それに起因した騒音が発生する。CS-G3205Bシリーズでは、スイッチング素子を基板中央に集中的に配置し、プロペラ冷却ファンにより集中的に冷却を行い冷却の効率化を図った

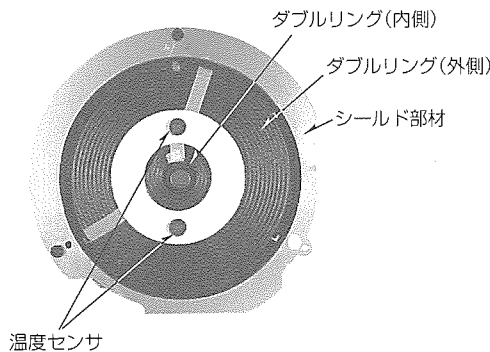


図4. ダブルリングコイル

(図5)。また、火力の強/弱により冷却ファンを制御する機能を搭載し、弱運転時、37dBの低騒音を実現している。

さらに、回路方式は、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を並列接続したハーフブリッジ方式(図6)であるが、一部の機種では、フルブリッジ方式(図7)を採用している。母線電圧が280Vの場合、ハーフブリッジでは中点の140Vを中心に±140Vの交流電圧に変換されるが、フルブリッジの場合、0Vを中心に±280Vの交流電圧に変換される。すなわち、フルブリッジでは加熱コイルに印加される電圧がハーフブリッジの2倍となるため、少ない電流で電力投入できる。このため、半導体損が130Wから100Wに低減して冷却負荷を軽減し、低騒音化を図っている。

3.5 漏れ磁束の低減

現状のIHクッキングヒータから発生する電磁波のレベルは1μT以下で、ICNIRP(国際非電離放射線防護委員会)の提唱するガイドラインの83~100μT(50/60Hz)、6.25μT(0.8~150kHz)より低く、他の家電製品と比較しても同レベルである(図8)。しかし、よりユーザーの安心感

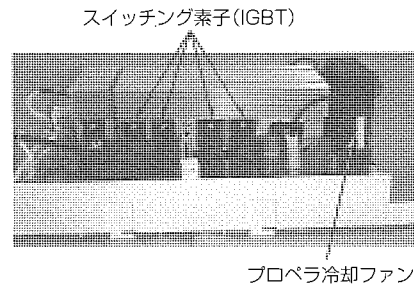


図5. インバータ基板

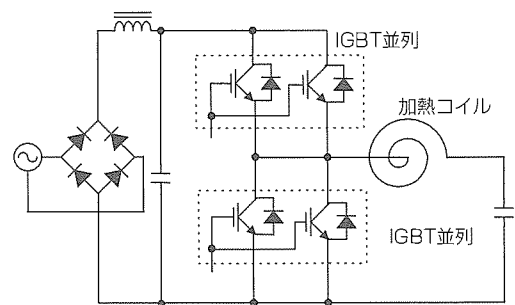


図6. ハーフブリッジ回路

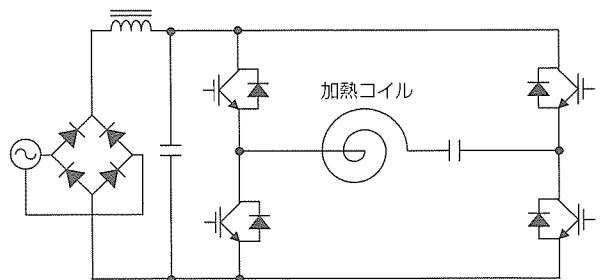


図7. フルブリッジ回路

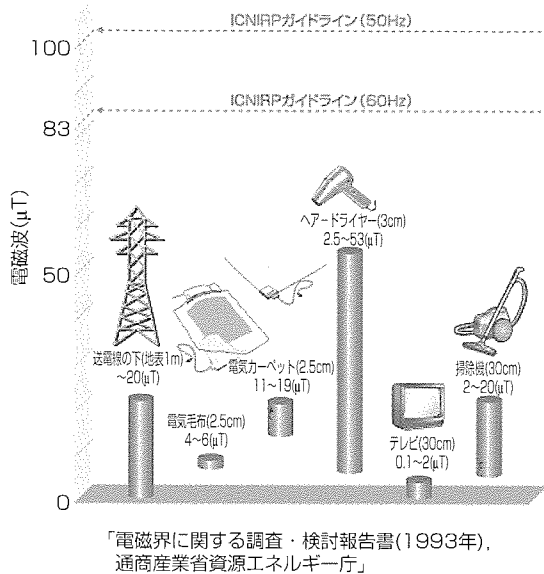


図8. 身近にある磁界発生源の大きさ⁽⁴⁾

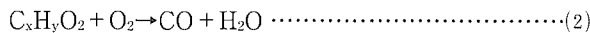
を高めるため、当社製品は、磁力発生コイル外周部分に非磁性金属によるシールド部材(図4)を配置することで、不要な電磁波の漏れを低減し、ガイドラインの1/10以下を実現している。

3.6 グリルの性能向上

オープンスタイルキッチンへの注目が高まる中でグリル調理時に発生する煙と臭いの抑制が求められており、その解決方法として、触媒により煙の成分を水と二酸化炭素に分解する機構を搭載した。

この触媒は耐熱性を保持するニッケル系金属発泡体にアルミナをコーティングしパラジウム(Pd)を担持させたものであり、加熱により油煙、悪臭成分等の接触酸化分解を行う機能を持っている。分解反応は酸化作用を利用したも

ので下記反応式(2)となる。



触媒反応は200~400Kで発現するため、実機では触媒部分をヒータ(300W)で加熱する方式を採用している。

触媒の処理能力は通過風量、通過速度と触媒量で決定される。通常、空間速度SVという数値で表現され、一般的には40,000程度になるように風量や触媒量を決定する。

$$SV(1/h) = \text{処理風量}(m^3/h) / \text{触媒量}(m^3)$$

また、触媒通過速度は1~1.5m/sを目安としている。実機では触媒温度の制御を行うためのサーミスタを搭載し、触媒の圧損分を補償する専用ファンを設けた一体の組立て部品となっている。

4. むすび

IHクッキングヒータは、まだ、歴史も浅く、使用鍋種類の拡大、基板の小型化、温度検知性能の向上による調理補助・自動調理の拡大など多くの課題があるが、今後よりユーザーベネフィットにかなった商品の提案・開発を行い、IHクッキングヒータの普及率を更に高めていきたい。

参考文献

- (1) 私市広康, ほか: 汎用IPMのIHインバータへの適用, 三菱電機技報, 80, No.6, 390~395 (2006)
- (2) 文屋 潤, ほか: 汎用IPMのIHクッキングヒータへの適用, 電気学会全国大会, 4-085 (2005)
- (3) 田中照也, ほか: アルミなべ加熱電磁調理器, 東芝レビュー, 43, No.7, 609~611 (1988)
- (4) 財電気安全環境研究所ホームページ, 「電磁界と健康」 <http://www.jet.or.jp/e-health/>

掃除機の低騒音化技術

藤原 奨*
近藤大介**

Noise Reduction Technologies for Vacuum Cleaner
Susumu Fujiwara, Daisuke Kondo

要 旨

掃除機は、使用者とともに移動して使われることから、使い勝手の面で、本体の小型化・軽量化が望まれてきた。一方で、高速回転するファンモータを搭載している掃除機本体からの騒音は非常に大きく不満となっている。この騒音低減のために吸音材や制振材等を単純に搭載するだけでは大型化、質量増大になることや、風路抵抗が増大し吸い込み仕事率が減少して集塵(しゅうじん)力が低下するなど大きな課題となっている。

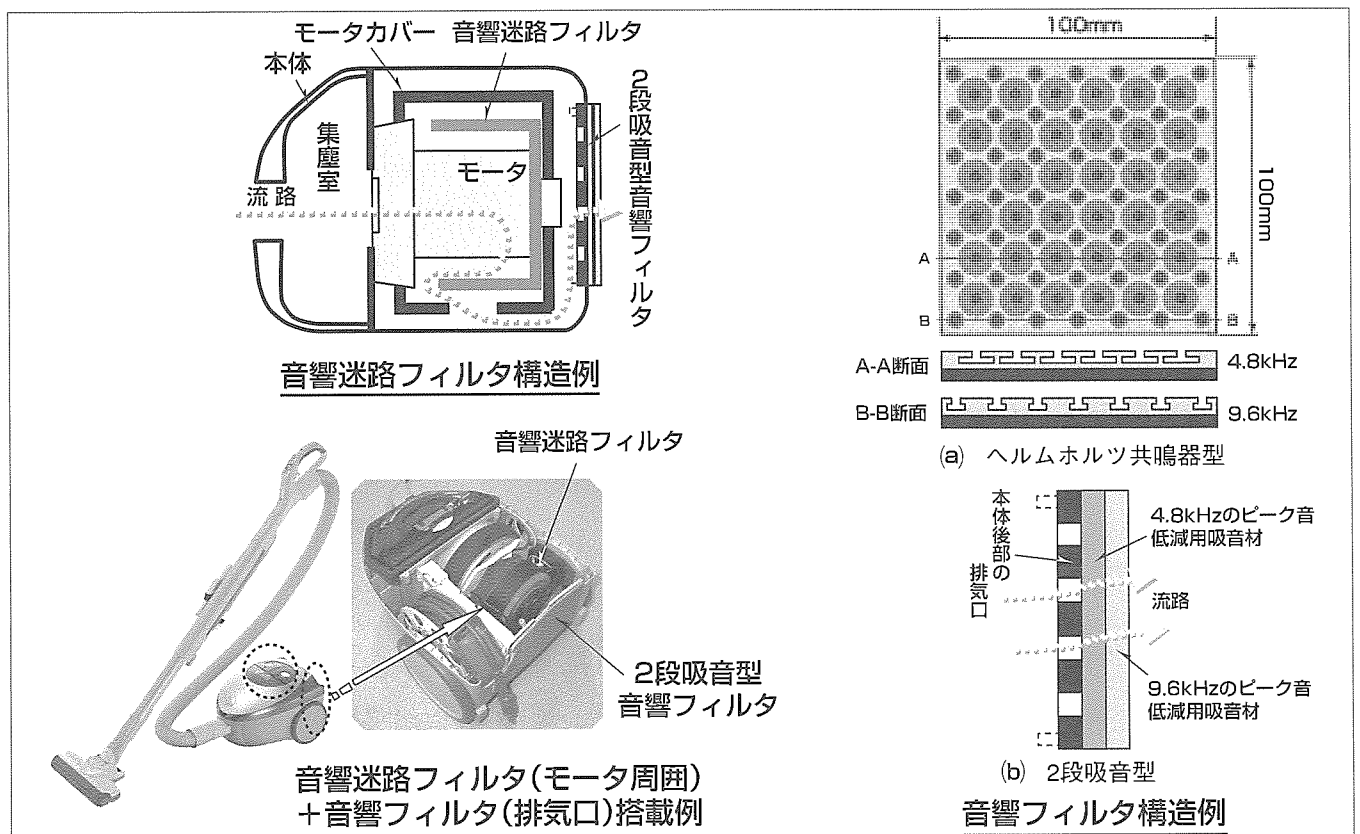
筆者らは、掃除機騒音の周波数特性を基に掃除機の音とその音に対する聴感的な心理量との相関関係を明らかにし、掃除機から発生する高い周波数帯域(高域)のピーク音カッ

トが音質改善“快音化”となり、約3dBの騒音値低減と同じ効果が得られることを確認した。

さらに、本体の大きさ、質量、集塵力を維持した状態で、共鳴空間で音を減衰させる“ヘルムホルツ共鳴”や2種類の通気性吸音材を用いた“音響フィルタ”による高域のピーク音低減(快音化)と、風路部を延長した“音響迷路フィルタ”による広範囲な周波数帯域の騒音を低減し、合わせて約4dBの低騒音化を実現した。本稿作成時点で業界一低騒音の掃除機をユーザーに提供している。

本稿では、これらの掃除機の低騒音化技術について述べる。

特集 II



掃除機の心理評価結果を基に開発した掃除機用低騒音化技術

掃除機の音に対する心理評価結果を基に開発した、ヘルムホルツ共鳴器型(上図右上(a))又は2段吸音型の音響フィルタ(上図右下(b))、並びに透過及び風路長延長による音響減衰効果を利用した音響迷路フィルタ(カタログ名称:音響カバー)(上図左上)を掃除機に搭載(上図左下)することで、吸い込み仕事率と筐体(きょうたい)の小型・軽量を維持しながら、低騒音化と音質改善を実現した。

1. ま え が き

掃除機は、使用者とともに移動して使われることから、使い勝手の面で、本体の小型化・軽量化が望まれてきた。一方で、高速回転するファンモータを搭載している掃除機本体からの騒音は非常に大きく不満となっている。この騒音低減のために吸音材や制振材等を多く搭載することは、大型化、質量増大になることや、風路抵抗が増大し吸い込み仕事率が減少して集塵力が低下するなど大きな課題となっている。

2. 掃除機騒音の周波数特性

図1に、掃除機騒音の周波数特性例を示す。掃除機騒音は、ファンからの空気の流れに伴う流体騒音(広い周波数帯域を持つランダム騒音)と、モータの回転成分が主因のピーク音(成分)から成り立っており、聴感上でもピーク音がランダム騒音から分離して聴こえる。このピーク音は、掃除機から離れた場所でも空气中を伝搬してきており、掃除機の実使用環境では、掃除機を使用している壁を隔てた隣室でも聞こえており、非常に耳障りな音である。このピーク音が生活者に与える心理的な影響に着目して音質評価を実施するとともに、効果的な騒音対策の方向性を導き出す実験を行った。

3. 騒音の音質評価

掃除機の音が生活者に与える心理的な影響を調べるために、下記の評価方法を実施した。

- (1) SD(Semantic Differential)法：物理量と心理要因との相関関係を得る。
- (2) 一対比較法：音の大きさを“快-不快”の一因子のみで評価し、ピーク音カットに対する音質改善効果を得る。
- (3) 極限法：被験者に掃除機の音量を調整させ、音圧レベルをどの程度調整すると一対比較で“快”と得た音に近似するのを実音圧値として得る。

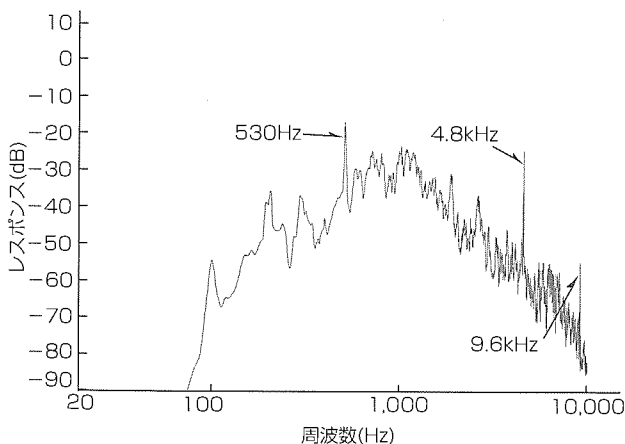


図1. 掃除機騒音の周波数特性例

3.1 SD法の結果

3.1.1 試験音内容

表1に、音質評価に用いた試験音内容を示す。No.1から7が掃除機に関する音であり、No.3から5は各ピーク音をフィルタ処理により削除(ピーク音のカットという。)した音である。No.8から15は比較用の他の電気製品及び環境騒音である。

各試験音を、“快い-不快な”などの11種類の形容詞対を用い、各尺度を5段階で評価する。

評価被験者は、正常聴覚を持つ20歳代、30歳代、40歳代の男女を年代ごとに10名ずつ、計30名で実施した。

3.1.2 因子分析結果

図2に、全被験者のデータによる因子負荷量の計算結果から“快い-不快”“小さい-大きい”の形容詞を用いて各提示音の位置関係を表現した“布置図”を示す。

図から、音の位置関係は大きく6つの領域となり、領域B(不快領域)に現状の掃除機音に対する評価結果が存在す

表1. 試験音内容

No.	試験音内容
1	弱運転音
2	強運転音(現状音)
3	530Hz付近のピーク音のみカット
4	4.8k、9.6k Hz付近のピーク音のみカット
5	全ピーク音をカット
6	全周波数帯域の音圧レベル10dB Up
7	全周波数帯域の音圧レベル10dB Down
8	比較音①ファンヒータ燃焼音
9	比較音②洗濯機の脱水音
10	比較音③洗濯機の洗浄音
11	比較音④：1/fの音楽
12	比較音⑤：女性ボーカル
13	比較音⑥：男性ボーカル
14	比較音⑦：波の音
15	比較音⑧：交通騒音

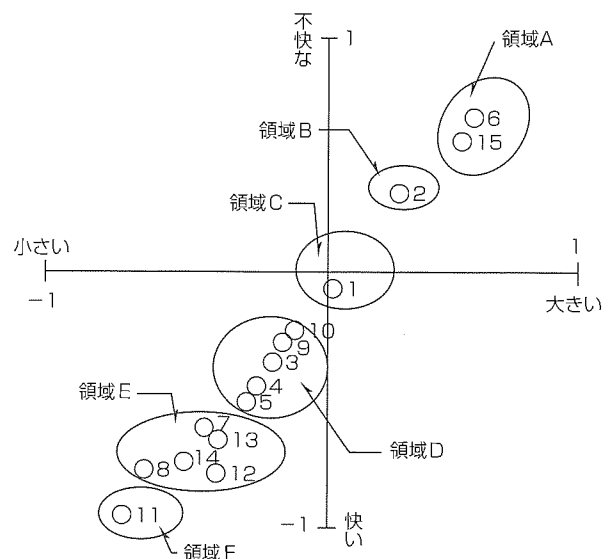


図2. 因子分析結果布置図

る。現状の騒音のピーク音をカットすると領域D(快領域)に位置し、不快要因が低減する傾向となる。領域Aは交通騒音と、掃除機音を現状値よりも10dB上昇した場合を含んでおり、現状値よりも音圧が上昇すると不快要因が非常に高くなると判断でき、生活者が掃除機の騒音を容認できる音圧レベルは現状以下にする必要があると言える。

3.2 一対比較法の結果

この評価は、どのピーク音をカットした場合に音質改善に対して優位に働くかを快い-不快の一因子を用いて7段階で評価する方法であり、図3に、評価被験者の平均値を一軸上で示した結果を示す。

快、不快どちらでもない場合は軸の中心(0の部分)となり、“快い”の因子に近づく音ほど音質改善効果が高いと判断できる。

“快い”と評価を受けたのは全ピーク音カットの場合及び4.8kHz+9.6kHzのピーク音カットの場合であり、530Hzのピーク音カットだけでは音質改善に対する評価は現状の掃除機音との優劣は得られないという結果となった。以上の結果から、4.8kHzと9.6kHzの高い周波数帯域(高域)で発生するピーク音カットが、音に対する心理的“快音”要素を向上させると考える。

3.3 極限法の結果

いずれの被験者も、従来の掃除機音の音圧レベルを-2~-4 dBほど低減すると、高域のピーク音をカットした音量感と同程度に感じるとの定量数値を得ることができた。被験者の平均値としては-2.96dBとなり、ピーク音がない掃除機は従来の掃除機騒音を約-3 dB低減した場合と同等の効果をえられることを定量的に得た。

以上、3種類の評価結果から、4.8kHzと9.6kHzのピーク音カットで音質改善(快音化)と聴感的な騒音低減効果を得ることを確認できた。

この結果を基に、掃除機の音質改善と騒音の音圧レベルを低減するための技術開発を実施した。

4. 掃除機の騒音低減技術開発

4.1 ピーク音の発生要因

掃除機からは、モータの回転数に起因するピーク音と、ファンの羽根通過周波数($f = \text{羽根枚数} Z \times \text{回転数} n$)及びその高調波成分に起因するピーク音が発生する⁽¹⁾。

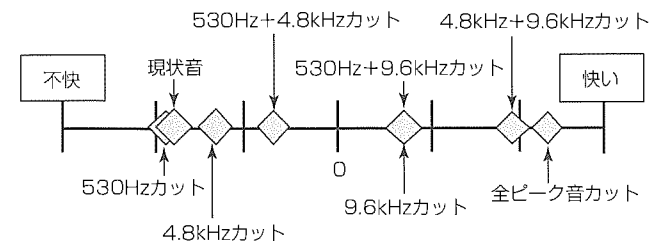


図3. 一対比較評価結果

モータ回転に伴うピーク音は530Hzであり、ファンの羽根枚数が9枚のために、約4.8kHzのピーク音はファンの羽根通過周波数音であると特定できる。また、9.6kHzのピーク音はその高調波成分(2次)の音である。

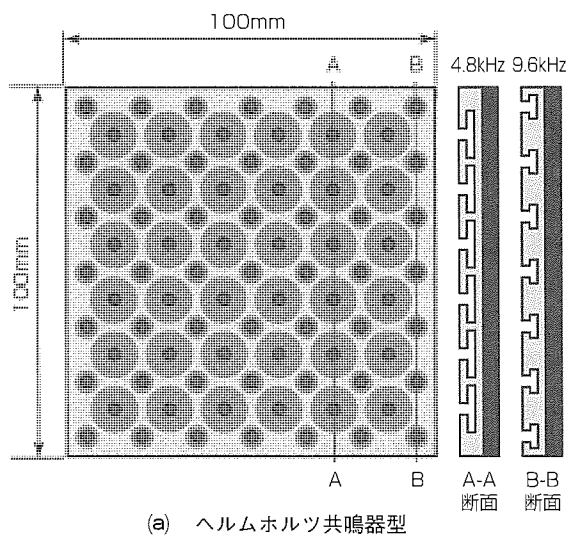
4.2 音響フィルタ

図4に、掃除機の集塵力を維持しつつ騒音低減と音質改善(快音化)実現のために開発したピーク音低減のための、(a)ヘルムホルツ共鳴器型による音響フィルタ、(b)2段吸音型の音響フィルタの各構造例を示す。

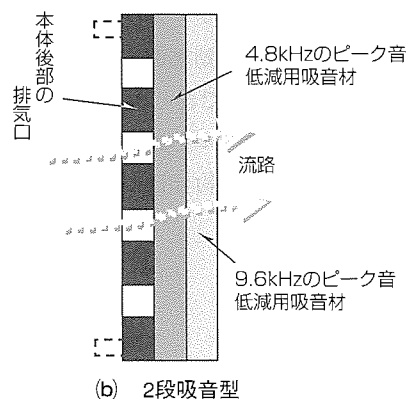
ヘルムホルツ共鳴器による音響フィルタは、音響エネルギーを熱エネルギーに変換するための共鳴空間を形成したものであり、共鳴空間で決まる周波数と一致した騒音の周波数成分(ピーク音)を低減することができる。高い周波数の低減では共鳴空間を非常に小容積で構成できるため、図4(a)に示すように、4.8kHzと9.6kHzのピーク音を低減するための2つの異なる共鳴空間をシートに千鳥状に成形し、掃除機本体内のモータ近傍に音響フィルタを設置してピーク音の低減を実現している。この技術は2003年以降のサイクロン型掃除機に搭載している。

2段吸音型による音響フィルタは、通気性のある吸音材の吸音効果を利用した方式である。

4.8kHzと9.6kHzのピーク音それぞれに高い吸音率を持



(a) ヘルムホルツ共鳴器型



(b) 2段吸音型

図4. 音響フィルタ

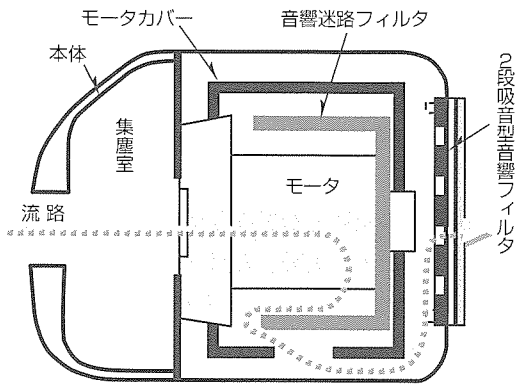


図5. 音響迷路フィルタ構造の概念図

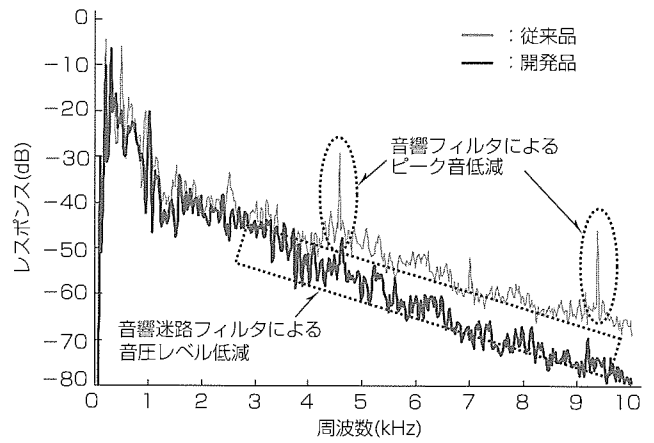


図6. 騒音対策結果一例

つ2種類の吸音材を直列に2段配置して、ピーク音低減と同時に、集塵力維持のための流路も確保する構造にした。この方式により、排気口に設置可能となり、2005年以降の紙パック方式の掃除機に搭載している。

4.3 音響迷路フィルタ

図5に、“音響迷路フィルタ(略称：音響カバー)”の構造概念図を示す。

基本的な考えは、モータからの音放射を本体の外に放射させないための遮音構造である。

集塵力維持のためには流路確保が重要であるが、モータ周囲が密閉になるような構造を形成することはできない。遮音性能向上には本体を“重く”“厚く”することで音響減衰効果を期待できるが、使い勝手製の面から製品質量増大はできない。したがって、モータ周囲を2重隔壁となるように、モータとモータカバーの間に隔壁を設置(図5の音響迷路フィルタ部分)し、モータからの流体成分が隔壁内を迷路状に流れるようにしたことで、風路(流路)を延長して音響エネルギーを距離減衰させる効果を得るとともに、2重の隔壁材料による音響減衰効果(透過損失)を得た。

2005年製品では、音響迷路フィルタと排気口への2段吸音型の音響フィルタ搭載により、低コストで、音響迷路による音圧レベル低減と音響フィルタによるピーク音低減の両者を実現した。

4.4 騒音対策結果

図6に、2段吸音型の音響フィルタと音響迷路フィルタを搭載した掃除機の騒音低減効果例を示す。

ピーク音を10dB以上減衰できるとともに、3kHz以上の周波数帯域全体で音圧レベルを減衰することにより、従来機よりも騒音値で合わせて約4dB低減することができた。

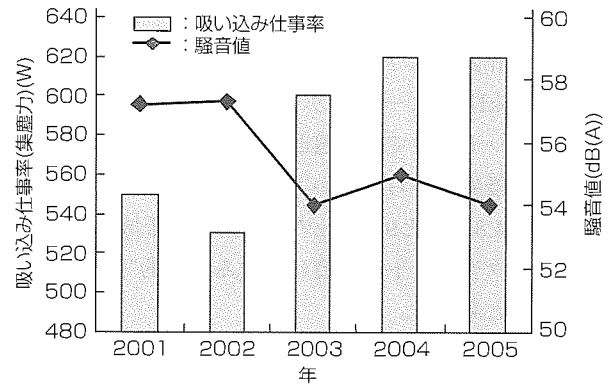


図7. 当社掃除機の集塵力と騒音値の推移

5. む す び

掃除機の音に対する心理評価実験を行い、ピーク音の低減により、騒音の音圧レベルを約3dB低減するのと同等の聴感的効果を得られることを確認した。

この結果を基に、2003年以降の掃除機では、集塵力を増大しながら掃除機の大型化や質量増加を招くことなく、騒音低減を行うための技術(ヘルムホルツ共鳴器型及び2段吸音型音響フィルタ、並びに音響迷路フィルタ)を製品に搭載することで、ピーク音低減による快音化と業界一の低騒音化を実現している(図7)。今後も、更なる騒音低減のための継続的な技術開発を実施する。

参考文献

- (1) 鈴木昭次：電子機器設計のためのファンモータと騒音・熱対策，工業調査会，139～140 (2001)



特許と新案

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

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

データ処理装置 特許第3694326号 (WO1999/049374)

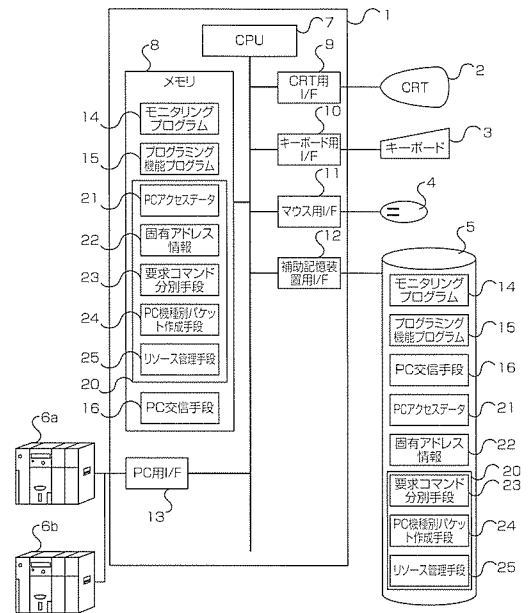
発明者 間瀬 篤

この発明は、複数のプログラマブルコントローラ(以下“PC”という。)等の制御対象機器(6a, 6b)に対し、PCが保有するデータをPC交信手段(16)を介して送受信するデータ処理装置(1)に関するものである。

この発明は、制御対象機器との通信を管理する通信マネージャ(20)を設け、この通信マネージャ経由で制御対象機器とのデータ送受信を行うようにし、各制御対象機器に関する固有情報を内部情報(21, 22)として持つことにより、アプリケーションプログラム(14, 15)が、各制御対象機器の種類に依存するデータ加工処理を行う必要がなく、決まった手順でデータ送受信を行うようにしたものである。

そのため、制御対象機器に対する煩雑な処理を簡略化し、制御対象機器側の仕様変更があった場合でも、リソース管理手段(25)内のデータのみ変更し、制御対象機器にアクセスするアプリケーションプログラム側の処理は何ら変更する必要がなく、システム変更に対応できる。また、アプリケーションプログラムのプログラム容量も削減でき、

処理を高速化できる。



パーソナルコンピュータ組込み型数値制御装置 特許第3631498号 (WO1998/037466)

発明者 嵯峨崎正一

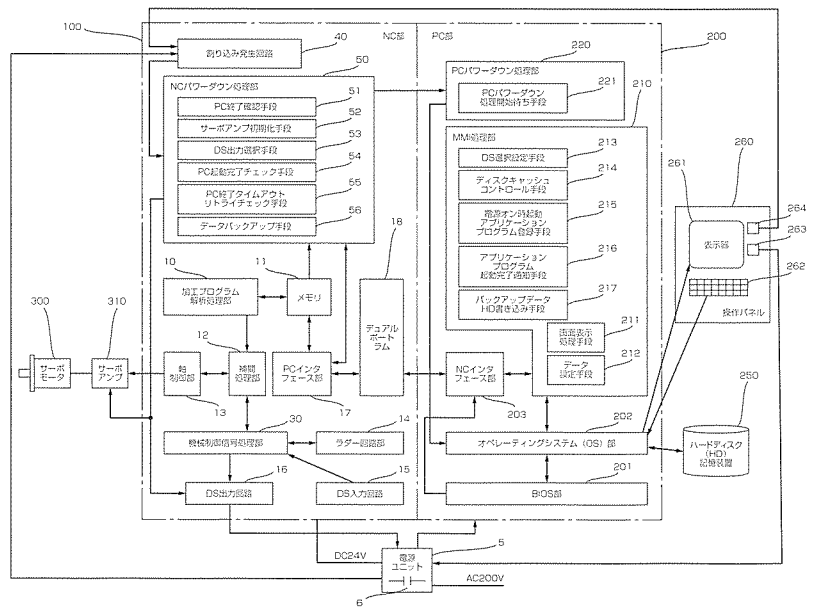
この発明は、加工プログラムの編集等を行うためのパーソナルコンピュータを組み込んだ数値制御装置に関するものである。

従来のこの種の数値制御装置は、アプリケーションプログラムなどがパーソナルコンピュータ部の外部記憶装置に対してアクセスしている途中で電源オフすると、ヘッドによりディスクが傷つけられ外部記憶装置が破損することがあった。

この発明は、電源オフ時にパーソナルコンピュータパワーダウン処理部によりアプリケーションプログラムなどを強制終了させるが、この強制終了前に実行中のアプリケーションプログラムなどの処理がそれ以上進まないようにするパーソナルコンピュータパワーダウン処理開始待ち手段を、パーソナルコンピュータ部に設けたものである。

これにより、電源オフ時にアプリケーションプログラムなどが外部記憶装置に対して新たにアクセスすることがなくなる。そして電

圧が電源オフ後も所定時間保持されており、この電圧保持中に外部記憶装置に対する処理中のアクセス処理が終了するため、電源オフとなっても、外部記憶装置が破損することがなくなる。





特許と新案

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

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

光走査式レーザ加工機 特許第3633117号(特開平10-029084)

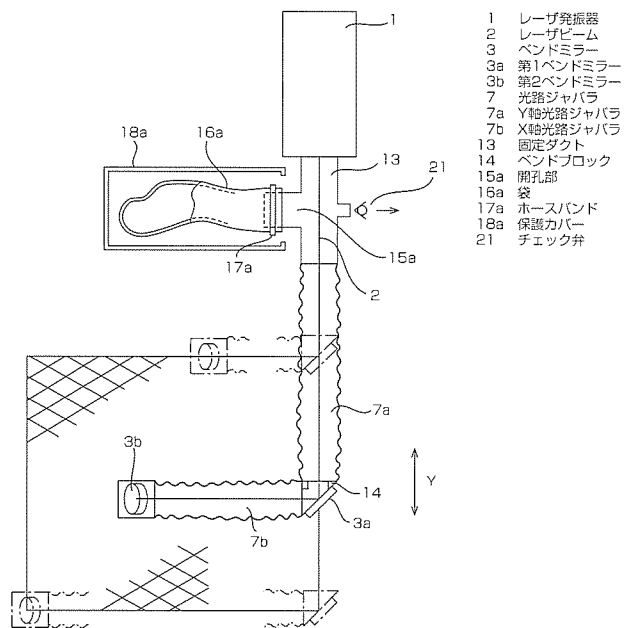
発明者 澤井秀一, 松野 司, 押村光信, 林 栄吉

この発明は、加工ヘッド部を移動させてレーザ加工を行う光走査式レーザ加工機に関するものである。

レーザ加工機においては、レーザビーム伝送ロス等を防止するためにレーザビームの伝送路をジャバラで覆っている。加工ヘッドの移動に伴うジャバラ内の圧力変化を防止するために、従来のレーザ加工機では、加工ヘッドへの光路とは反対側にいわゆる反光路ジャバラを設けていた。そのため、構成が複雑になるとともに、多軸移動型の加工機では反光路ジャバラが邪魔であり、装置の機能や操作性を低下させるといった問題があった。

この発明は、従来のレーザ加工機における上記問題を解消するために、レーザビーム伝送路近傍に圧力調整用のバッファを設け、このバッファの伸縮により、ジャバラ内の圧力の変化をキャンセルするものである。

この発明においては、バッファを取り付ける位置を比較的自由に選択でき、反光路ジャバラのように邪魔になる場所を避けて配置することが可能である。これにより、装置の機能や操作性を向上させることができる。また、複数の小さなバッファに分けて配置することも可能であり、より省スペース化することができる。



- 1 レーザ発振器
- 2 レーザビーム
- 3 ベンドミラー
- 3a 第1ベンドミラー
- 3b 第2ベンドミラー
- 7 光路ジャバラ
- 7a Y軸光路ジャバラ
- 7b X軸光路ジャバラ
- 13 固定ダクト
- 14 バンドブロック
- 15a 開孔部
- 16a 袋
- 17a ホースバンド
- 18a 保護カバー
- 21 チェック弁

〈本号記載の商標について〉

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.80 No.12 特集「開閉極位相制御技術」/「交通システム」

三菱電機技報編集委員 委員長 三嶋吉一 委員 小林智里 増田正幸 山木比呂志 佐野康之 中山保夫 世木逸雄 岡本尚郎 河合清司 長谷勝弘 木槻純一 逸見和久 光永一正 河内浩明 赤川正英 事務局 園田克己 本号取りまとめ委員 石井義一 吉田整司	三菱電機技報 80巻11号 2006年11月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2006年11月25日 発行 編集人 三嶋吉一 発行人 園田克己 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話(03)3288局1847 印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話(03)3233局0641 定 価 1部945円(本体900円)送料別
三菱電機技報 URL 三菱電機技報に関するお問い合わせ先	URL http://www.MitsubishiElectric.co.jp/giho/ URL http://www.MitsubishiElectric.co.jp/support/corporate/giho.html
英文季刊誌「MITSUBISHI ELECTRIC ADVANCE」がご覧いただけます	URL http://global.mitsubishielectric.com/company/r_and_d/advance/

スポットライト 3口据置型IHクッキングヒータ

据置型として業界で初めて、3口のトッププレートと“2,000Wワイドグリル”を搭載した三菱IHクッキングヒータ3機種を10月16日から発売いたしました。流し台のガスコンロと置き換えられるコンパクトな据置型ながら、ビルトイン型と同様の高機能を実現し、調理のゆとりと使い勝手を追求しました。

1. 発売のねらい

2006年度のIHクッキングヒータ需要は、新築住宅における“オール電化住宅”の普及加速やリフォーム市場の拡大により、年間約85万台(前年比116%)と増加傾向にあります(当社見込み)。

システムキッチンに組み込むビルトイン型が人気の一方、ガスコンロを置き換えたいユーザーの間では、現在使用中のコンロ台(セクショナルキッチン)に置ける据置型が求められています。調理に便利な3口ヒータの搭載がビルトイン型で先行していますが、据置型にはこれまで2口ヒータの製品しかなく、3口ヒータ搭載を望む声は年々高まっています(当社調べ)。

当社は今回、業界で初めて据置型に3口のヒータを搭載し、調理時のゆとりを追求しました。また、ビルトイン型で好評の2,000Wワイドグリルやグリル調理時に発生する煙と臭(におい)を抑える“パラジウム脱煙機能”を搭載するなど、機能の充実を図り、使い勝手を向上させました。さらに、コンロ台(セクショナルキッチン)にすっきり納まるスタイリッシュなデザインで、快適なキッチン環境をご提案します。

2. 商品の特長

(1) 業界初、据置型に“3口トッププレート”搭載で調理時のゆとりを追求

本体内部の冷却構造の改善と電源プラグ収納スペースの工夫により、据置型では初めて3口トッププレートを搭載しました。3口ヒータは2口のIHヒータに中央ヒータとして1.5kWのRH(ラジエントヒータ)を加えることで、従来の2口据置型(IH+IH)では使えなかったアルミや銅鍋(なべ)等が使用可能となりました。また、RHなら、IHではできない炙(い)り料理も可能です。さらに、コンロ台(セクショナルキッチン)にすっきり納



まるスタイリッシュデザインを採用しており、システムキッチンのような調理カウンターとの快適なフラット感が得られます。

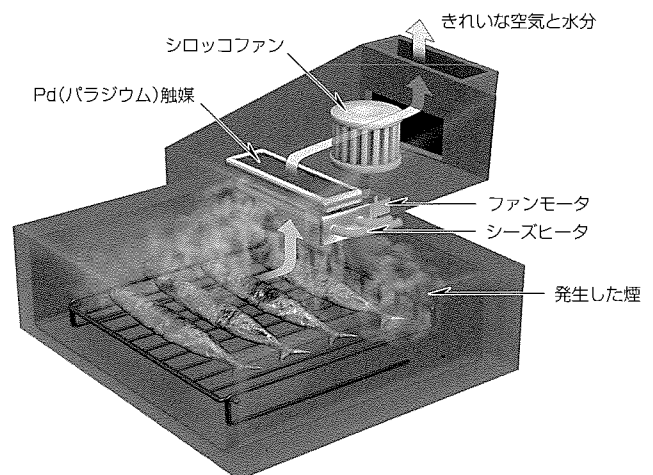
(2) “2,000Wワイドグリル”と“フルスライドドア”搭載で使い勝手を向上

ビルトイン型で好評の水張りなし両面焼き2,000Wワイドグリルを業界で初めて据置型に搭載し、焼き魚から25cm大型ピザまでカラッとジューシーに焼き上げます。また、フライや天ぷら等の揚げ物の再加熱に便利な“あたため機能”も搭載し、使い勝手を向上しました。さらに、フルスライドドアは焼き網の奥の位置まで引き出せ、ドアを外さなくても焼き網と受け皿が外せるので、大きな食材も容易に出し入れできます。

(3) “パラジウム脱煙機能”搭載で、グリル調理時に発生する煙を大幅にカット

ビルトイン型で好評の当社独自の強制排気方式(シロッコファン搭載)によるパラジウム脱煙機能搭載で、グリル調理時に発生する煙を大幅にカットし、同時に臭いも抑えます。

パラジウム脱煙機能は、魚や肉等のグリル調理時に発生する煙(炭化水素)をヒータと触媒により除去します。パラジウム触媒には脱臭作用もあり、調理時の臭いを抑え、快適なキッチンライフを実現します。さらに、耐久性にも優れており、フィルタ交換のいらぬメンテナンスフリーです。



住 所：〒369-1295 埼玉県深谷市小前田1728-1

会社名：三菱電機ホーム機器株式会社 お問い合わせ先：IHクッキングヒータ技術部 TEL 048-584-7067