

MITSUBISHI

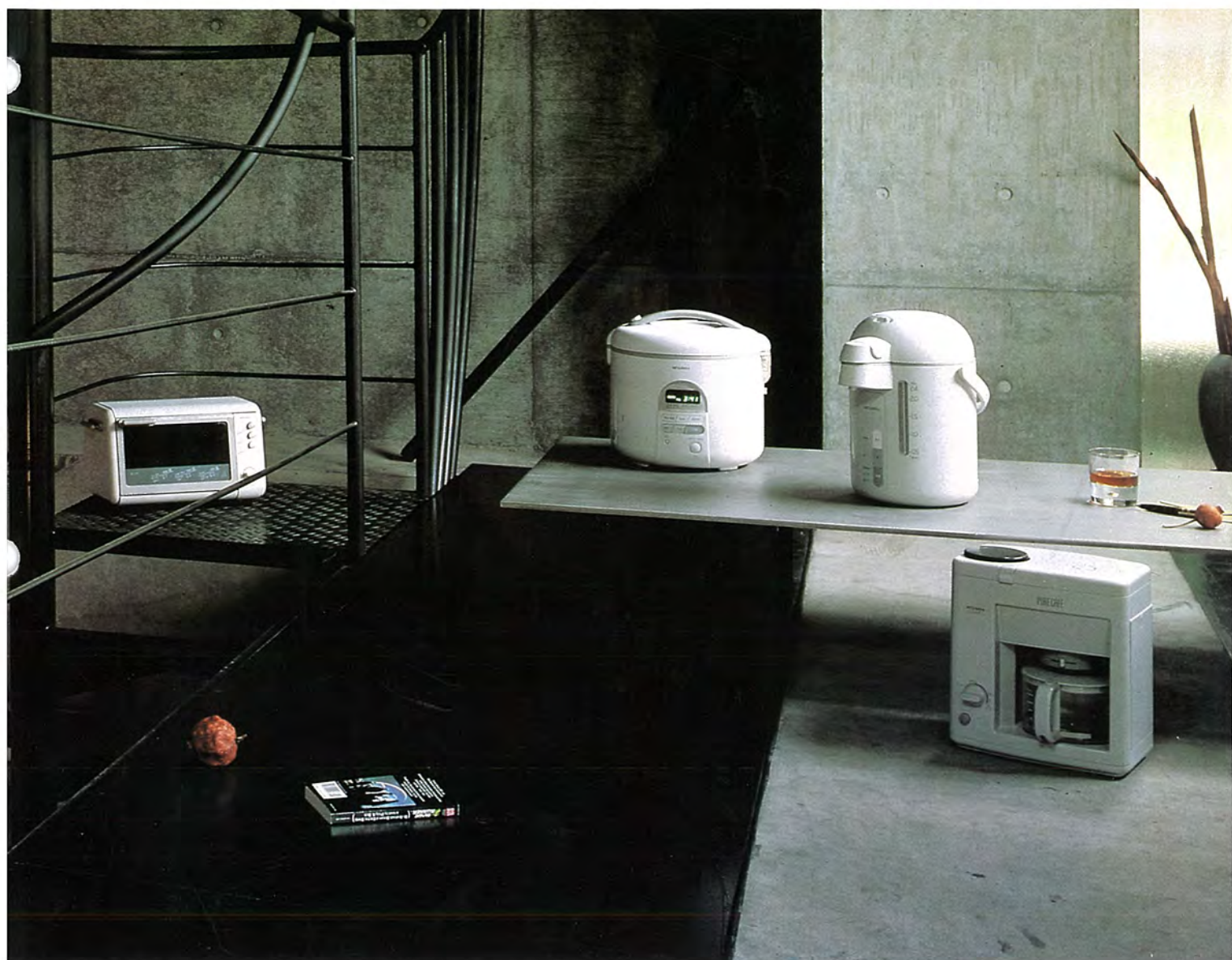
三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.62 No.4

4

1988

家電技術特集



家電技術特集

目次

特集論文

家電技術特集に寄せて……………	1
神谷昭美	
家電技術の展望……………	2
野上正男	
家電商品トータルデザイン戦略……………	4
友沢 久・内田 安・松下 洋	
衣類の洗浄・乾燥技術とその応用……………	8
吉田義雄・清水 誠・長田正史・本多素子・瀧川浩良	
食品の調理・保存技術とその応用……………	14
松村恒雄・佐藤秀美・永井由紀・山本延夫・柿本暢子	
快適空調技術とその応用……………	18
山崎起助	
照明技術とその応用—最近の照明技術例—……………	22
狩野雅夫・願念和男・前山紘一郎・田中紀彦・安西良矩	
家電機器のシステム化技術……………	26
本田嘉之	
電子制御技術とその応用……………	32
藤井 学	
パワーエレクトロニクス技術とその応用……………	38
杉本英彦・木全政弘・山崎広義	
圧縮機技術とその応用……………	42
平原卓穂・角田昌之	
燃焼技術とその応用……………	46
梶本照男・松井安次	
振動・騒音低減化技術……………	50
田中英晴・大蔭勝久・辻内伸好	
製品・部品評価技術……………	54
長谷川知治・橋本基平・池田宏司・関根健司・富山勝己	
サービス保全技術……………	60
山下久紀	

普通論文

日本原子力研究所納めJT-60 “その場コーティング装置” ……	63
小原建治郎・竹下博志・竹中俊夫・武田 淳・山田良彦	
新世代32ビットCNC《MELDAS-300シリーズ》 ……	67
米谷光雄・飯田秀正・吉田利夫	
自由曲面における非接触型三次元計測……………	73
服部晋一・久保 学・坂本隆博・渡辺和輝	
大画面新型液晶フルカラーディスプレイ《スペクタスII》 ……	79
太田 誠・今村宗立・渡部一浩・若宮正洋・松岡正人	
スイッチング電源用PWMコントロールICとその応用 ……	83
森信太郎・加納賢次・森 敏・飯田隆彦・長瀧信義	

特許と新案

感湿度素子、ワイヤボンディング装置……………	91
相対湿度計算尺……………	92

スポットライト

三菱ヒートパイプ式油冷却装置LC形CLX形シリーズ ……	89
高速バイポーラロジックIC M74Fシリーズ ……	90
ムーブマスター EX RV-M1 ……	93
新1ループコントローラMACTUS 210 シリーズ ……	94
MELCOM EX860,870,880 ……	(表3)

表紙

モノトーンフィット商品群

写真はモノトーンフィット商品群におけるユーログレーの調理家電商品である。これらの商品は調理器として機能性、使い易さの満足と同時に、食事シーンにおける雰囲気づくりに重要な役割を持ち、製品の色彩が購入動機の鍵となる場合が多い。ユーログレーは昨年当社が発表した新しい傾向の明るいグレー系の色調である。ホワイト系、ブラック系のコントラストの強いハイテクな感覚が目立つなかで、ソフトな感覚を持ち、なにか人の機微に触れるところが新鮮な感覚で受け入れられたようである。

現在、当社では家事・調理系の商品群の製品色として展開中である。



アブストラクト

家電技術の展望

野上正男

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P2～3

昭和20年代後半に、れい明期を迎えた家電産業は、次第に製品分野拡大とともに、技術開発のスパンを広げてきている。家電機器は、生活スタイルの変化など市場の動向と技術進歩とにより、次第に形態を変えてきていることを基調としつつ、家電機器開発を支える技術、今後指向すべき技術について述べる。また、ニーズとシーズの相関関係から家電機器が生れてきていること、今後急速に必要性が増してくるであろう感性、感覚の研究についても言及する。

照明技術とその応用——最近の照明技術例——

狩野雅夫・願念和男・前山絃一郎・田中紀彦・安西良矩

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P22～25

最近の照明技術の動向は、単に明るさを求めたものから、いかに快適な照明空間を作り出すかへと進んでいる。光の制御が容易な小型光源や点灯装置の開発が進み、視覚生理に基づく照明ソフト技術の重要性が増加している。ここでは、最近の新光源の中で最も注目を集めているコンパクト蛍光灯の展開例と、照明ソフト技術を生かした一例としてボールの見え方を考慮したテニスコート照明の設計例を紹介する。

家電商品トータルデザイン戦略

友沢 久・内田 安・松下 洋

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P4～7

今、家庭は人々の価値観の変化、主婦の有職化などを要因に、そのありようが変わってきている。家電商品もその影響を受け、これまでの開発方法では、人の「心」と「身体」にフィットした「いい商品」が生れ難くなっている。この論文では、家電商品トータルデザイン戦略での商品開発にあたり、生活の観察と創造をするツールとして「シーン開発」の手法を導入、だれもが理解できる共感生活イメージをつくり、そこに魅力あるデザインを提供する方法論を展開する。

家電機器のシステム化技術

本田嘉之

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P26～31

利便性や快適性を目指して始まった家庭内機器や住設機器の電化は、最近では単独機器の複合（システム）化や分散配置された機器のネットワーク化へと進展しつつある。ここでは、生活する人の立場に立った「生活ソフト」の開発とシステム化の一要素であるHBS（ホームバス）技術が結合し、HAシステムを代表とする家電のシステム化へと進展する様子を、業務用システム製品と対比しながら述べる。

衣類の洗浄・乾燥技術とその応用

吉田義雄・清水 誠・長田正史・本多素子・瀧川浩良

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P8～13

衣生活の変化に対応した衣類の洗浄・乾燥技術を開発するため、洗濯中の衣類の挙動・洗浄性・衣類の品質劣化、温風乾燥における空気温度・仕上がり品質などについて研究した。その結果、次の技術を開発し製品への適用を図った。①布がらみ・洗いむらが少なく、洗濯物の量に応じて水流が変わるかくはん式洗浄機構、②この機構において繊細な衣類も手洗いと同品質で洗えるアルゴリズム、③使用条件によらず一定の乾き状態で自動停止する乾燥終了検知機構。

電子制御技術とその応用

藤井 学

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P32～37

ホワイトグッツと称される家電製品の電子化は、ディスクリート回路方式からマイコン回路方式に移り急速な展開をみた。そして、現在パワーエレクトロニクスとの融合が、数多くの、使いやすく、便利でかつインテリジェントなシンバータ型家電製品を生みだした。

ここでは、当社の家電製品につき、①電子制御の経過、②マイコン応用での技術課題、③代表機種でのマイコン応用事例の紹介、④今後の技術動向について述べる。

食品の調理・保存技術とその応用

松村恒男・佐藤秀美・永井由紀・山本延夫・柿本暢子

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P14～17

調理時間の短縮とおいしさを向上させるため、ジャー炊飯器の加熱パターン、オーブンレンジの加熱方式、熱源の加熱特性について研究し、それぞれの製品に応用を図った。

食品保存の温度と鮮度の関係を魚、肉その他で実測し、 $-2 \sim +2^{\circ}\text{C}$ のチルド温度帯の保存性が化学分析及び官能検査により有効であることを確認した。また、野菜の新鮮保存のためには、低温・高湿化の必要性についても述べる。

パワーエレクトロニクス技術とその応用

杉本英彦・木全政弘・山崎広義

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P38～41

パワーエレクトロニクスは、力・熱・光などエネルギーを扱う家電機器に「知」の機能を付与し、モータや照明器具などのエネルギー変換機器の性能を向上させ、能力を可調節にする技術である。それにより、省電力や快適性向上などのメリットが得られる。パワーエレクトロニクス技術と動向について紹介するとともに、モータ可変速駆動、電気加熱、照明への応用について紹介する。

快適空調技術とその応用

山崎起助

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P18～21

より質の高い快適な室内環境作りを目指して、空調機の快適制御技術は進化してきている。特に、近年のマイコン電子技術の進展に伴って、各種の制御方式が開発され、製品に応用されている。

快適空調技術としては、室内環境における温度・気流などの快適性向上を図るとともに、高効率で安定した運転を行なう機器の制御技術が開発されてきている。この技術の流れを世代的に分類して時代推移を考察するとともに、最近の特徴的な制御技術について述べる。

圧縮機技術とその応用

平原卓穂・角田昌之

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P42～45

冷媒回路系の駆動源となる圧縮機は、冷蔵庫、ルームエアコンの省エネルギー化及び低騒音化レベルを決定する最重要部品の一つであり、継続的な性能改善が図られてきている。本稿ではこうした高効率化・低騒音化の動向とともに、省資源・省スペースをねらった圧縮機の小型・軽量化の動き、容量制御型圧縮機の技術進歩などについて報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 22 ~ 25 (1988)

Some Applications in Present-Day Lighting Technology

by Masao Karino, Kazuo Gannen, Koichiro Maeyama, Norihiko Tanaka & Yoshinori Anzai

Recent trends in lighting technology have seen a shift from concentrating on brightness toward creating comfortably lit living spaces. Development is under way to create small-size light sources with easy-to-adjust light control and spotlight systems, with more importance being attached to the "soft" aspects of lighting technology based on the physiology of human vision. As a practical example, the article presents the compact fluorescent lamp, a form of lighting that has recently attracted much attention. It also discusses, as an example of "soft" lighting technology, the lighting of tennis courts for improving the appearance of tennis balls.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 2 ~ 3 (1988)

Present and Future Household Appliance Technologies

by Masao Nogami

At the start of Japan's postwar boom in the early 1950s, the household electrical appliance industry gradually broadened its product range and the scope of technical development. With the changing pattern of our lifestyles and the ongoing progress in technology and market trends, the electrical appliance field saw corresponding changes. Technology as the basis for product development plays a vital role, and the article discusses its future trends. The impetus for the development of new electrical household appliances arises from the balance of existing desires and potential applications, and future research will treat problems of human sensing and sensitivity, aspects covered in the articles in this issue.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 26 ~ 31 (1988)

Systematization Trends in Domestic Appliances

by Yoshiyuki Honda

Electrical household appliances and electrical equipment for the home have seen a development from the concern for utility and comfort to a network approach that considers the individual appliance in the context of a system with distributed installation of appliances in that system. The development of "lifestyle planning" from the viewpoint of the person living in this network combines with our HBS (Home Bus) technology as one of the factors in the systematization of electrical appliances as reflected in the Mitsubishi Home Automation system. The article discusses these trends and compares them with the "system products" available for offices.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 4 ~ 7 (1988)

An Overall Design Strategy for Household Appliances

by Hisashi Tomozawa, Yasushi Uchida & Hiroshi Matsushita

The article deals with electrical household appliance development on the basis of an overall design strategy, introducing the concept of "scene development" for observing new lifestyles and creating images with very widespread appeal. The article presents the methodological principles behind appealing product designs.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 32 ~ 37 (1988)

Electronic Control Techniques and Their Application to Household Appliances

by Manabu Fujii

The application of electronics to household appliances for greater compactness is rapidly progressing from discrete circuit systems toward microprocessor circuitry. The fusion of these trends with the latest power electronics has produced many convertible household appliances distinguished by convenience, superior ease of use, and "intelligent" features.

The article introduces some new Mitsubishi household appliances, and discusses their electronic control sequences, technical problems associated with the application of microprocessor technology, practical examples of microprocessor applications in typical product categories, and technological trends.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 8 ~ 13 (1988)

Clothes Washing and Drying Technology and Applications

by Yoshio Yoshida, Makoto Shimizu, Masashi Osada, Motoko Honda & Hiroyoshi Takikawa

Recent changes in modern dress have been matched by developments in clothes washing and drying technology, with much research devoted to problems such as the conditions of clothes being washed, their cleanability, deterioration during washing and drying, the air temperature used in hot-wind drying, and the finished qualities of the washed and dried clothes. The studies described in the article relate to 1) agitator-type washing mechanisms that change the water flow in accordance with the amount of clothes in the wash to ensure uniform washing results with no entanglement, and 2) a dry-state-detecting mechanism that will automatically stop the drying system once a predetermined dryness has been reached, independent of the operating conditions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 38 ~ 41 (1988)

Power Electronics and Applications to Household Appliances

by Hidehiko Sugimoto, Masahiro Kimata & Hiroyoshi Yamazaki

Power electronics imparts "intelligent" functions to household appliances using electric power, heat, and light; upgrades the functional performance of energy-converting facilities such as motors and lighting equipment; and provides means of adjusting equipment performance. The advantages derived from this include greater energy savings and upgraded comfort factors. The article discusses the technical aspects and trends of power electronics by introducing applications to the driving of variable-speed motors, electrical heating, and lighting.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 14 ~ 17 (1988)

Cooking and Preservation Technologies for Foods and Applications

by Tsuneo Matsumura, Hidemi Sato, Yuki Nagai, Nobuo Yamamoto & Nobuko Kakimoto

To reduce the cooking time and enhance the taste of food, extensive research has been conducted into the heating pattern of rice cookers, the heating methods used in cooking ovens, and the heating characteristics of heat sources.

Studies to determine the relationship between the preservation temperature and freshness are described for fish, meat, and other foods, in which chemical analysis and other physical investigations have confirmed that storage in the chilling temperature range from -2°C to $+2^{\circ}\text{C}$ is an effective means of food preservation. The article also discusses the need for low-temperature high-humidity storage to keep vegetables fresh.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 42 ~ 45 (1988)

Compressor Technology and Applications

by Hirahara Takuho & Kakuda Masayuki

Compressors, the driving source for refrigeration cycles, are one of the most critical factors in determining the level of energy saving and noise reduction achievable in refrigerators and room air-conditioning systems. Constant efforts are therefore being made to improve compressor performance. Dealing with recent trends to improve efficiency and low noise levels, the article reports on the latest technical progress in the development of capacity-control compressors. Compact, lighter-weight compressors for commercial use are also described.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 18 ~ 21 (1988)

Comfort Control for Air Conditioning and Applications

by Kusuake Yamazaki

Comfort control systems for air-conditioning units are being developed to create a better quality of living. Recent advances in microprocessor technology, in particular, have permitted the development of various novel control systems being applied in products. Apart from its chief aim of creating comfort in terms of such factors as temperature and airflow, air-conditioning units are also required to be efficient and stable in operation. Control systems have therefore been developed to meet these needs. The article discusses the most prominent aspects of the latest technical advances by giving a brief historical overview and a classification of technical trends over the years.

アブストラクト

燃焼技術とその応用

梶本照男・松井安次

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P46～49

当社の燃焼技術は予混合燃焼を基本に培われてきており、《クリーンヒーター》、ファンヒーターなどに代表されるユニークな商品を世に送り出してきた。機器の開発や性能の向上には現象を理解し利用していく技術開発が必要であり、本稿では家庭用暖房機に要求されている課題の中から、安全性、低騒音化、燃焼幅の拡大について、当社燃焼技術の概要を解説し製品への応用例を紹介する。

新世代32ビットCNC《MELDAS-300シリーズ》

米谷光雄・飯田秀正・吉田利夫

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P67～72

《MELDAS-300シリーズ》は、32ビットマイクロプロセッサを使用した最新のCNC装置である。特に高速・高精度化を目標とし、また併せてシステム化、カスタム化に対し十分対応可能な構成となっている。このシリーズは、普及機・専用機のローエンド機から、多軸・多系統制御、対話型自動プログラミング機能を内蔵した高級機まで幅広くサポートしている。本稿では《MELDAS-300シリーズ》の概要について紹介する。

振動・騒音低減化技術

田中英晴・大蔭勝久・辻内伸好

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P50～53

家電機器の主音源はファン騒音と振動騒音である。ファン騒音の低減化については、プロペラファン騒音の発生機構とその抑制法を説明し、翼の前進・前傾化により開発した低騒音プロペラファン《エクストラファン》について紹介する。振動騒音の低減化については、冷蔵庫の振動伝達音の対策を具体例として、音放射面の探索法、振動伝達系の振動応答特性と音の放射効率の評価法及びびずみエネルギー分布解析法による振動応答特性の改善について紹介する。

自由曲面における非接触型三次元計測

服部晋一・久保 学・坂本隆博・渡辺和輝

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P73～78

三次元形状を認識するには、物体までの距離情報の獲得が重要になる。その有力なアプローチの一つは、アクチュエータ駆動型半導体レーザにより“三角測量の原理”で対象を倣い計測する方法である。このため、高速で光信号処理を行うことにより移動計測可能な距離センサと距離、光姿勢のリアルタイム制御による曲面倣い計測法を開発した。また、半導体レーザの光量制御を応用して特徴線の検出を可能にし、曲面上の曲線計測も達成した。

製品・部品評価技術

長谷川知治・橋本恭平・池田宏司・関根健司・富山勝己

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P54～59

家電機器のインテリジェント化又は情報機器の家庭への浸透が進む一方、機器がより安全でより使いやすく、そしてより信頼性のあることが要求されてきている。この要求にこたえるためには、製品及び部品レベルの高度な評価技術を保有することが重要である。

本稿では、この評価技術をどのように構築し、評価にどう展開しているかを、製品評価技術、EMC（電磁環境適合性）評価技術、部品評価・解析技術、製品強度・包装評価技術の各面から述べる。

大画面新型液晶フルカラーディスプレイ《スペクタスII》

太田 誠・今村宗立・渡部一浩・若宮正洋・松岡正人

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P79～82

《スペクタスII》は昭和58年6月世界に先駆けて発売した大画面液晶フルカラーディスプレイ《スペクタス》の画質と保守性の向上をねらって、液晶表示素子、光源、液晶ユニット構造及び表示部構造などを改良し、大幅な性能向上を実現した製品である。

本稿では、改良の実施内容とこれにより得られた性能等について紹介する。

サービス保全技術

山下久紀

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P60～62

白物家電商品のアフターサービスは、製品が技術革新によるマイコン化、多機能化などにより複雑化し、かつ販売ルートが多様化していることなどにより再現性の故障への対応や、ユーザーからのサービス要求（HOW TO）コールへの対応が重要となっている。

サービスセンターでは、これらの変化に対処して修理サービス情報の充実と修理ツールの改良などを行う一方、市場品質情報を製作所にフィードバックして市場品質の信頼性向上に協力している。

スイッチング電源用PWMコントロールICとその応用

森 信太郎・加納賢次・森 敏・飯田隆彦・長瀬信義

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P83～88

パソコン、ミニコン及び一般電子機器に広く応用されているスイッチング電源は、小型・軽量化が進み、従来のバイポーラトランジスタに代わってMOSFETが使用され始めた。ここでは、このたび松下電子部品㈱と三菱電機㈱が共同で開発したMOSFET駆動用500kHz、PWM-IC、M51977とそのシリーズについて、その特長、機能について報告する。特に低起動前電流、高出力電流及び過電流、過電圧、過熱保護が充実しているため、今や世界的な標準ICとなりつつある。

日本原子力研究所納めJT-60“その場コーティング装置”

小原建治郎・竹下博志・竹中俊夫・武田 淳・山田良彦

三菱電機技報 Vol.62・No.4・P63～66

核融合臨界プラズマ試験装置「JT-60」の真空容器の内部を真空中に保持した状態で、遠隔操作により真空容器内表面（第一壁）を観察・補修する装置を開発した。装置は真空容器上部のポートから挿入して壁面にアプローチする約15m高のマニピュレータ、壁面観察用ファイバースコープ、チタン蒸発源、制御装置により構成され、計算機によって遠隔制御を行っている。この装置は昭和62年2月に日本原子力研究所に納入し、実用に供している。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 67 ~ 72 (1988)

MELDAS-300 Series New-Generation CNCs

by Mitsuo Yonetani, Hidemasa Iida & Toshio Yoshida

The MELDAS-300 Series comprises our latest, most advanced CNCs equipped with 32-bit microprocessors. This series is designed, in particular, for high-speed, high-precision machining and can also be configured to meet systematization and customization requirements. The series offers wide-range support, from general and special machines at the low end to highly sophisticated machines with multiaxis, multisystem control and built-in automatic interactive programming capabilities at the top end. The articles give a general outline of the MELDAS-300 Series.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 46 ~ 49 (1988)

Combustion Technology and Applications

by Teruo Sugimoto & Yasuji Matsui

Mitsubishi Electric has acquired considerable knowhow in premixed combustion technology, and has marketed original products such as the Fan Heater and Clean Heater. The development of such products and the upgrading of their performance requires a clear understanding of the combustion process and the effective use of its principles. The article outlines the Corporation's latest technologies, focusing on problems associated with household heaters, such as ensuring safety against CO emission, reducing combustion noise, and widening the turn-down ratio.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 73 ~ 78 (1988)

Noncontact Three-Dimensional Coordinate Measurement of Free-Shaped Objects

by Shin'ichi Hattori, Manabu Kubo, Takahiro Sakamoto & Kazuteru Watanabe

For a device to recognize three-dimensional, free-shaped workpieces, it is essential to obtain relative-distance data from a calibrated base. An effective approach to this problem is the tracking measurement method in which the object is measured by tracking its contours using the triangulation technique, with a semiconductor laser driven by the actuator. For this purpose, a contour-tracking and measuring method has been developed with real-time control for the distance and posture of the beam directions and a distance sensor capable of moving measurement through the use of high-speed optoelectric processing. Laser-power control for the semiconductor laser is employed so the characteristic lines of the object's surface can be detected.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 50 ~ 53 (1988)

Techniques for Reducing Vibration and Noise

by Hideharu Tanaka, Katsuhisa Otsuta & Nobutaka Tsujiuchi

The principal noise sources in household appliances are fan and vibration noise. The propeller-fan noise-generating mechanism and methods for the suppression of this noise are described by introducing the low-noise propeller-type "Extrafan" developed with the use of forward-swept, suction-side inclined blades. In connection with the suppression of vibration noise, the article presents measures to minimize vibrationally transmitted noise in refrigerators. Practical examples are presented, and the article discusses detection methods for sound-radiating surfaces, evaluation techniques for assessing the vibration-response characteristics and sound-radiating efficiency, and means of improving the vibration-response characteristics through an analysis of strain-energy distribution.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 79 ~ 82 (1988)

A Liquid-Crystal Large-Scale Display System

by Makoto Ota, Toshiharu Imamura, Kazuhiro Watanabe, Masahiro Wakamiya & Masato Matsuoaka

Developed to upgrade the picture quality of the large-screen, liquid-crystal, full-color Crystal Color display system, the Spectus II (domestic name) marks a significant advancement in performance, with improvements in the structure of the liquid-crystal display element, light source, reflection unit, and the display unit. This article discusses the parts that have been upgraded and the resulting improvements in performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 54 ~ 59 (1988)

Techniques for Product and Component Evaluation

by Tomoharu Hasegawa, Kyohei Hashimoto, Hiroshi Ikeda, Kenji Sekine & Katsumi Tomiyama

Data-processing devices are being applied to household appliances, to provide them with "intelligent" features. More exacting demands are also being made in terms of safety, ease of use, and reliability. To meet these requirements, it is essential to have sophisticated techniques to evaluate products and components. The article describes methods for developing such evaluation techniques from the viewpoint of electromagnetic-compatibility, component, product, and package engineering.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 83 ~ 88 (1988)

PWM Control ICs for Switch-Mode Power Supplies

by Nobuyoshi Nagakata, Shintaro Mori, Kenji Kano, Satoshi Mori & Takahiko Iida

Progress is being made in the development of the more compact and lighter switch-mode power supplies widely used in personal computers, minicomputers, and general electronic equipment. MOS-FETs, for example, have started to replace the conventional bipolar transistors. The article introduces the M51977 MOS-FET driver 500kHz PWM-IC and the entire series jointly developed with Matsushita Electronic Components Co., highlighting the features and functions. Thanks to its low prestart current, high-output current, and overcurrent, overvoltage, and overheating protection, these ICs will set a new world standard.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 60 ~ 62 (1988)

Future Prospects of Household Appliance Service and Maintenance Techniques

by Hisanori Yamashita

The servicing of household electrical products is becoming more complex as a result of greater product variety and the use of microprocessors. The growing diversification of sales routes, has made necessary more effective service responses to single-event (nonreproducible) failures and to user inquiries. Mitsubishi service centers are thus upgrading their repair-service information and improving repair-tool availability while providing more market-product data to the factories to help improve product reliability and quality.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 4, pp. 63 ~ 66 (1988)

An Apparatus for In-Situ Observation and Repair of the Inner Coating of the JAERI Tokamak-60

by Kenjiro Obara, Hiroshi Takeshita, Toshio Takenaka, Jun Takeda, and Yoshihiko Yamada

This apparatus allows observation and repair of the inner coating (first wall) of the JT-60 nuclear-fusion critical plasma test reactor, with the vacuum vessel remaining under vacuum. The system consists of an approximately 15m-high manipulator for approaching the wall through a port in the top of the vessel, a fibroscope for observing the wall surface, a titanium evaporator, a control unit, and a computer for remote control. The apparatus was supplied to the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) in February 1987 and has been commissioned.

家電技術特集に寄せて

常務取締役 商品事業本部長

神谷 昭美



家庭生活に深く密着した、「衣・食・住」に関する家庭用電気機器—ホワイトグッズと称される家電商品に、私は開発技術者として永年携わってきた。

家電元年といわれる昭和28年は、それまで映画や雑誌でしか見られなかった欧米の電化生活が、日本の一般家庭に現実性をもたらした記念すべき年であるが、当時の扇風機、洗濯機、クリーナーがどんな物であったか、それでもこれらの家電商品が当時の家庭生活にどんなインパクトを与えたか、若い世代の人達には到底理解できないであろう。

現在の家電商品と比較し隔世の感がある。当時から今日までの間に、技術の進歩とともに発展を続けた家電商品は、30年前にはだれも想像もし得なかった豊かな家庭生活を実現した。

今や、ルームエアコン、冷蔵庫、洗濯機、電子レンジなどを主体とする家電商品の国内売上規模は、22,000 億円に達しており、今後も着実な伸長が期待できよう。

家電技術の進歩を振り返ると、大略次の段階があったと考える。

(1) 欧米の模倣時代

基礎技術のみならず、商品そのもののデッドコピーの時代で、必要性能を満足させるのに注力した時期である。

(2) 日本家庭への適合時代

高度経済成長期を迎え、基礎技術の確立とともに、日本の家庭に適合したもの、日本人のメンタリティや生活スタイルに適合した商品が開発されるようになった。例としては、セパレートタイプのエアコンやクリンヒーターなどがある。

(3) インテリジェント化時代

エレクトロニクス技術の急速な進展に伴い、それまでの

家電商品とは一線を画す商品が出現した。家電商品のインテリジェント化である。

IC技術の発展は、安価で、高信頼度のマイコンを、家電商品に大量導入の道を開いた。今日では更にシステム化、ホームオートメーション(HA)化と展開しているのは、皆様ご承知のとおりである。

この段階で、特にエレクトロニクス応用家電商品に関しては、日本は欧米の模倣国から世界のリーダーとなった。

今、家電商品メーカーにとって必要なものは何か。これまでの家電技術の発展から、私は次のように考えている。

単にハードウェアを作る力だけでは、不十分である。「子どもの企業は、あなたの生活の改善向上に対してこんなお役に立ちます」という能力を持つことが重要である。家庭とは、男がいて、女がいて、子供を育て、年寄りに安息を与える、人生のベースキャンプである。

時間の経過とともに、家族の構成、趣味、意識、価値観も変化する家電商品は、この場で直接使われるものであることを忘れてはならない。人間性に満ちあふ(溢)れ、何の違和感もなく、生活に溶け込める家電商品でなくてはならない。そしてそれが、今まで実現できなかった素晴らしい生活を可能にするものであって欲しい、と考える。換言すれば、「技術と感性の融合した商品」が必要である。消費者の感性を、技術に取り込んだ、幅広い「開発力」が必要である。

この幅広い「開発力」が開発技術者のみならず、製造・販売に携わるすべての人々に満ち溢れたときに、成功する新商品が生まれる、と堅く信じている。

家電技術の展望

野上正男*

1. ま え が き

昭和20年代後半、そのれい明期を迎えた家電産業は、次第に製品分野を拡大し、それとともに開発のための技術分野も広がってきている。初期のころは、洗濯機・冷蔵庫・掃除機・電気がまなどの家事省力化機器が家電機器の代名詞的に称されていたが、その後冷暖房・照明機器などの住宅設備機器、人々に娯楽や情報を与える音響・映像機器（AV機器）とともにそれぞれ急成長と広がりを見せ、さらに最近ではニューメディア端末である電話、ワープロ、ファクシミリ、プリンタ、リーダなど情報機器も家庭への普及が進行しつつある。本稿では特に、音響・映像機器（AV機器）と情報機器を除く分野の製品群を家電機器と総称し、主にこれらについての市場動向、技術動向と展望、ニーズとシーズなどにつき所見を述べる。

近年、貿易摩擦、為替レート変動などの要因により（紆）余曲折はあるが、家電機器の開発・生産・販売が、国際化、多様化している。海外の企業との技術・販売契約、現地生産の増大があり、一方ではNICSからの部品購入、製品の国内進出がある。これらの変化に対応するには、エレクトロニクス技術による家電機器のインテリジェント化、システム化を更に急速に進めることやユーザーフレンドリー化、更には今後の問題でもある感性、感覚にマッチした製品開発を進めることが必要であろう。

2. 市場の動向

近年の家電機器については、安定した市場を形成しながらも、むしろ内需拡大基調から着実な伸びを示しているが、各社のマーケットシェア向上のための開発競争が激しく、市場に、より受け入れられる製品開発が重要となっている。

図1に概念的な家電機器開発の変遷を示す。初期の「電化の時代」は冷蔵庫、洗濯機、電気がま、掃除機などに代表される家事の省力化や利便性向上を図ったものであり、これらは主婦の家事労働削減に寄与し、

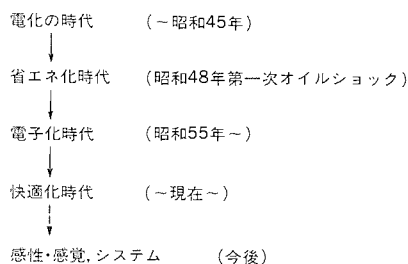


図1. 家電機器開発の変遷

結果として主婦の自由時間を拡大することとなった。家電品の急成長を代表する言葉に、昭和30年代の3種の神器（白黒テレビ、洗濯機、冷蔵庫）、続いて登場の3C（クッカー（電子レンジ）、クーラー、カラーTV）がある。やがて、昭和48年の第一次オイルショックに端を発し、省エネルギー、省電力が叫ばれた「省エネルギー時代」が到来し、研究、開発も省エネルギーの一色となった感があった。特にエネルギー多消費型のエアコン、冷蔵庫、照明器などは風当たりが強く、昭和52年の省エネルギー法案に合った開発のみならず、店頭でも消費者に対する低電気入力表示競争が行われている。図2にルームエアコンに例をとって省電力の推移を示す。昭和48年から9年間で入力電力が約1/2に低下しており、各分野の技術を結集し、研究・開発を行っていることがうかがえる。

トランジスタ、ICが開発され、その高性能化、低コスト化は家電機器の開発に強いインパクトを及ぼしていたが、メモリ機能や論理機能を備えたマイコンの登場は更に強いインパクトを及ぼし、昭和50年代の半ばから本格的「電子化時代」が始まった。現在は、ほとんどの家電機器にマイコンが搭載されており、御飯をおいしく炊くノウハウの組み込みや、ハイレベルの制御性など、従来の技術では成し得なかった制御の多様化が可能になった。

家電機器は上述のように、時代の流れに伴い変遷を遂げてきたが、省エネルギー化も電子化による高性能化も、広い意味では利便性の追求に外ならなかった。しかし、家電機器のほとんどが100%に近い普及率となったこととも関連しながら、消費者に大きな質的変革、価値感の変化が現れてきている。それは、物の充足要求から質の充足要求、利便性の要求から豊かさ、やすらぎなど精神的な要求への変化である。照明や空調における快適性、調理や洗濯においても、使用する満足感を与える機能の開発が要求されている。ユーザーフレ

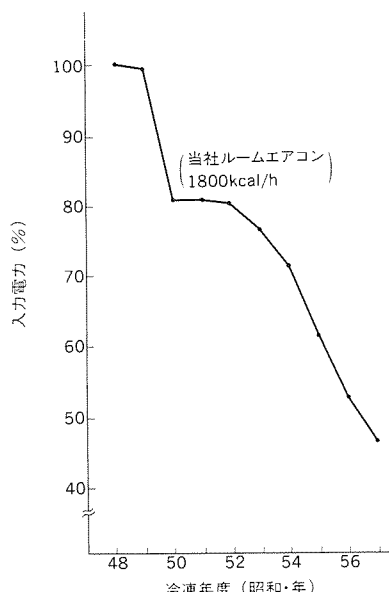


図2. セパレート型ルームエアコンの消費電力推移

表1. 社会環境変化

- 人口構成の高齢化
 - 高齢者人口の増加
 - 独居老人の増加
 - 三世帯同居、近接別居の増加
- 生活様式の都市化
 - 都市生活様式の波及
 - 可変住空間システム
 - 生活様式の国際化
- 生活の情報化
 - 生活のシステム化意識
 - 電気通信系メディアの進展
 - プライバシー問題
- 家族意識の再構築化
 - 長男、長女型社会
 - 男女の伝統的役割分担意識の低下
 - マイホーム主義
- 女性の自立化
 - 女性の社会進出
 - 高学歴化
 - 共働き（ダブルポケット）世帯の増加
- 生活意識の個性化
 - 個人生活や家庭生活の重視
 - 物不足を知らない世代の増加
 - プライバシー志向、プライバシー主義

ンドリーであること、各社が最近注目している「生活ソフト」などもこれらに関連しており、図1ではこれを総称し、「快適化時代」と呼んだ。

今後、消費者意識面からは価値感の変化、ライフスタイルの変化が加速的に進展して感覚・感性をも取り入れた製品開発と、技術進歩の面からは情報伝送技術、システム技術の進展により、家電機器が互いに有機的に結合、動作するHAなどのシステム対応の製品開発が必要となろう。これらの製品開発を要請する社会背景として、表1に生活意識、生活スタイルを変化させている社会環境変化キーワードを示す。

3. 技術の動向と展望

家電機器の開発には、新機能化、高性能化、高信頼性、低価格化などを実現する広い分野の技術が必要である。これらの技術を概略分類すると、どの分野の製品開発にも必要な「共通基盤技術」、ある分野の家電機器に特に必要となる「固有技術」、他の製品分野に育ち、今まで利用されていなかった「異分野の技術」などとなる。

3.1 共通基盤技術・固有技術

電気、機構、熱・流体、燃焼、振動、材料などの共通基盤技術に支えられて家電機器の固有技術が成り立っているが、これら共通基盤技術の特長は、それぞれ長い研究の歴史を持ち、それ自体での急速な進展、変化は少ないが、むしろ他の技術分野からのインパクトを受けつつ、着実な技術進歩を続けていることである。例えば、コンピュータとシミュレーション技術の利用による詳細な現象の解明、セラミックスなど特長的な材料強度、熱特性を持つ新素材の進出などである。家電機器固有技術はこの共通基盤技術に負うところが大きいであるが、開発のサイクルが他の分野のものより短く、常に洗練された共通基盤技術を取り入れられるという特長を生かすことが重要である。また、照明・光源・調理・洗浄・乾燥・空調・冷蔵といった固有技術のほかに、例えばあらゆる層のお客様に使っていただくための使用適合性、安全性なども重要な技術であり、特にインダストリーデザインの重要性は言うまでもない。

3.2 今後指向すべき分野

最近、家電機器開発の分野では、基本機能は変えないながらも、機能、形態に著しい特長を持った製品が出現してきている。新熱源・自動制御のオープンレンジ、新水流・ウール洗い付き全自動洗濯機、チルド帯・野菜室制御型冷蔵庫、快適性向上のインバータルームエアコン、色温度を考慮したコンパクト蛍光灯ランプ、HAシステムなどである。これらの出現は市場の要求への対応とはいえ、共通基盤技術、家電機器固有技術にはなかった異分野で育った技術のインパクトを強く受けている。表2に家電機器開発において今後指向すべき技術分野を示すが、これら技術こそ、従来の家電機器に新しい特長を与え、成長の原動力を与えるものと思われる。

表に示した情報伝送技術、通信技術は、家庭内に入りつつある電話機、ファクシミリなどへの利用のみでなく、HAシステム開発にも必要なものである。これらの製品はスタンドアロン型製品から、ネットワーク型製品への移行に特長があり、在来製品である住設機器の規格統一化が重要であると同様に、ホームバスやHA端子の規格

表2. 家電機器開発における今後指向すべき技術分野

○エレクトロニクス応用技術 (情報・通信、パワーエレクトロニクス、計測・制御)
○生活ソフト技術 (快適性、視認性、鮮度保持、使用適合性)
○新素材 (セラミックス、形状記憶合金、超電導材料)
○センサ (湿度、におい、CO、CO ₂ 、複合センサ)
○安全性 (信頼性、EMC、サービス性)

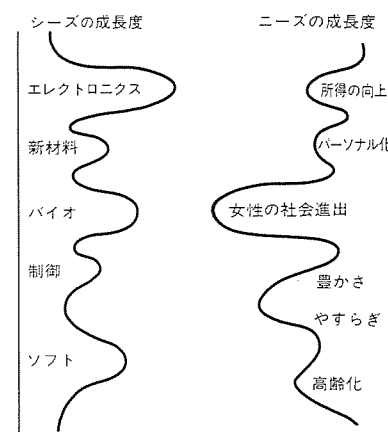


図3. ニーズとシーズ

化が大きな課題となる。

表2には示していないが、今後の家電機器に要求されるものとして、人間の感覚や感性を満足させる機能、形態の研究・開発が近い将来必要となると思われる。ユーザーの感覚、感性を満足させることは、現在求められている快適性の向上の要求の次に来るものとして位置付けられ、生理学、心理学の分野にまで踏み込まざるを得なくなってくる。すなわち、官能(感覚量)試験(温熱・視覚・聴覚・触覚・臭覚・味覚など)、官能評価システム開発、感性・感覚センサ開発などが必要となってくる。このような方向を実現するためには、研究・開発の広さ、深さの課題のほかに、多種多様に広がる人間の感性、感覚に対し、一律な機能を製品に組み込むことによって満足させられるか、などの製品コンセプト設定に関する課題もある。

4. ニーズとシーズ

2章で市場の動向を述べ、3章で技術の動向と展望について述べた。特に家電機器開発の分野では、マーケットオリエンテッドという言葉が広く用いられており、開発の基本思想となっている。しかしながら前述のように、ニーズ、シーズの変化、進展は非常に激しくなっており、技術の進歩が潜在ニーズを掘り起こすこともあり、ニーズとシーズの相関関係によって新製品が生まれてくると言った方がより適切である。すなわち、突出してくるニーズの強さと、技術進歩が激しいシーズの成長度との出会いの部分に新製品が生まれてくる。この概念図を図3に示す。これから考え、市場の動きをよくとらえることと、それが家電分野で使われていなかった、異分野の技術であっても、急成長している技術分野を開発に取り入れていくことが、新製品開発の重要なポイントであることがわかる。

5. む す び

家電技術がニーズ、シーズと相関し、生活用品電化、省エネルギー化、電子化、快適化に対応してきたこと、及び今後の人の感性・感覚の配慮及びシステム化への展望を述べてきた。思えば約40年の家電技術開発の歩みは、欧米並の生活水準を追い求める力に支えられてきたとも言える。その意味では大きく社会に役立ってきたと信じるが、今や新たな視点が求められている。あくまで利便性を追求する開発も必要であるが、一方、人間の心の豊かさに直結する新しいタイプの家電機器の開発がますます重要になってくると信じている。

家電商品トータルデザイン戦略

友沢 久*
内田 安*
松下 洋*

1. ま え が き

家庭で使われる電気製品の開発にあたり、デザインの視点と展開の手法について記述する。この項では冷蔵庫や洗濯機などの「白物家電」といわれる商品群が中心となる。

日本の家電商品は過去欧米の生活に「追いつけ追い越せ」の目標のもと、高い購買欲求に支えられ大きく成長してきた。しかし、家電商品の受け皿（家庭）が変化しつつある中で、かつての図式は成立しない。今、家庭は人々の価値観の変化、主婦の有職化などを主な要因に、家族の関係が変わってきているといわれる。人々の価値観や家庭の姿が分かりやすかった時代の開発は、商品自体の魅力度を上げればよかった。今、それが困難な時代を迎え、生活全体を既成概念にとらわれずに観察、再構築をし、だれもが理解できる生活イメージをつくり、生活の中で使用して魅力の持てる商品の開発が必要となる。そのためには、顧客への視点の確立と開発及びデザインの進め方についてオリジナルな発想が不可欠となる。

この論文はその点を掘り下げることを目標に、当社が実施している家電商品のトータル事業戦略“Qシリーズ商品戦略”及びデザイン戦略について事例をあげ報告する。

2. 時代を読む

家電商品の時代背景を整理し、主な指標を表1に示す。主婦の有職化は家族の役割を変化させている。例えば、「わたしつくる人、あ

表1. 家電商品の時代背景指標

①人の変化	価値観の変化、女性の社会進出、高齢化、単身世帯の増加
②家庭の変化	主婦の有職化、家族の役割の変化、家庭の役割の変化
③社会の変化	高度情報化社会、国際化社会、産業構造の変化
④技術の変化	コンピュータ、エレクトロニクス、素材、バイオテクノロジーなどのハイテクノロジー時代の到来

表2. 生活者心理の分析・3視点

①生活時間の構造化	②生活領域	③生活価値基準
-----------	-------	---------

表3. 生活時間の構造化（精神分析による生活時間の五つの概念による性格付け）

①儀礼 (RITUALS)	定型的な交流時間（趣味、宗教、文化活動）
②活動 (ACTIVITIES)	目的達成、問題解決に使う時間（仕事、家事、育児）
③社交 (PASTIMES)	きぼらし、ひまつぶし、気楽な交流時間（スポーツ、パーティー）
④自閉 (WITHDRAWAL)	ひきこもり、他者と無交流な時間（休息、就寝）
⑤親密 (INTIMACY)	人間同士が心から分かりあえる時間（ネットワーク、仲間）

表4. 生活領域（シーンにおける生活領域は多重化している）

住	食	装	健	交	知	遊	職	物
---	---	---	---	---	---	---	---	---

なた食べる人」といった主婦と家族の関係が変化し、だれでもつくる人となる“家電より個電”と呼ぶのにふさわしい状況となりつつある。一方、高度情報化社会やエレクトロニクスを中心とするハイテク化の恩恵を受けた家電商品は軽薄短小化、システム化、インテリジェント化して、ますます便利になってきている。

最近では家電商品の購入決定の要素として機能性、価格に加え、デザイン、流行、面白さ、知的満足度をあげる人が多い。特に若い女性にそれが顕著である。この層は戦後のファッションの発展、隆盛の時代にはぐくまれており、他の世代や男性より感性は豊かといわれる。

女性の社会進出、家庭の変化、社会の変化、及び技術革新も、ただ個々の現象面にとらえず、すべてはそれぞれ関連し、生活者心理の変化を基盤に様々な現象が生じるという視点が必要である。それを表2に示すように3視点に分けて分析してみる。

2.1 生活時間の構造化

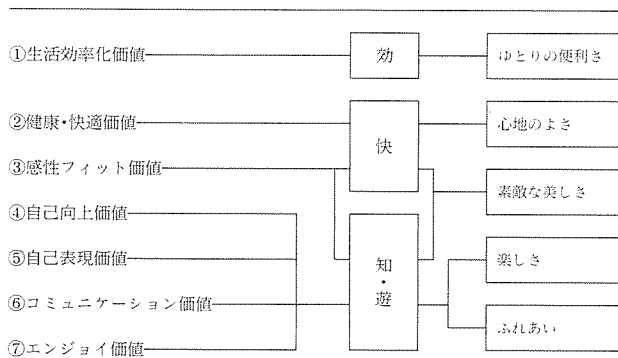
人の意識行動面の分析の視点として、人とのかかわり度合を軸に、生活時間を五つ概念で分類する研究があるが、それを参考にして以下に説明する（表3）⁽¹⁾。従来は、②の活動（仕事、家事）か、④自閉（休息、就寝）の二つに生活時間が集中していた。しかし、最近では、①儀礼（趣味、宗教、文化活動）、③社交（スポーツ、パーティー）などが多くなり、現代人は異なった多様な時間概念を日常生活に持っている。

2.2 生活領域

主要な生活領域を表4に示す。各領域の家庭における人々の行動を前述の時間の構造化の視点と併せて考えると、住まいの役割が明日の生産のための休息・英気を養う場、子供を育てる場など、伝統的な役割のウェートを減じ、家族だけでなく他人を巻き込む社交、趣味、遊びの場など、多様な生活領域が混在して、家庭の中に入ってきている。例えば、友人と喫茶店やホテルのロビーで過ごす気分を満たすような機能を住まい（家庭＝屋内）が持つこと、つまり住まいが屋外化（社会化）して様々な生活領域を取り込み始めている。

2.3 生活価値基準

表5. 生活価値基準（効率化<効>+α価値<快・知・遊>）



心にフィット・身体にフィット

表5に示すように、豊かな成熟時代では人々は多様な生活領域と生活価値基準を多重化して充足することを求める。それは、日々の生活行為の中で得られる価値の質(Quality)を問い、その価値“効+快・知・遊”を多重化したかたちで求める。例えば、効率化を求める心も単純な便利さではなく、“快・知・遊”の充足が共に得られるゆとりを求める。快適性の充足としては生理的な面と同時に心理的な面を含めた「心地の良さ」として求める。また、感性フィットの充足を中心に気分のよさ、知的な遊び心を併せ“快・知・遊”を充足する「素敵な美しさ」として求める。「知・遊」の充足は個々に目的完遂的なされるのではなく「楽しさ」「ふれあい」を併せ多重化したものを求めている。

3. 家電商品の変化と課題

家電商品の変遷について、概略の流れを表6に示す。昭和60年代になり家電市場はそれ以前とは異なる大きな変革期に入った。その結果、機能性や使い勝手の良さをテーマに大量生産・大量販売の時代からデザイン等の感性面、生活全体とのつながりを考えるコーディネーション志向、商品に託された様々な情報等が重視される時代になった。商品の意図する生活を演出した情報を販売、販促、宣伝活動の中で緊密な連けい(繋)のもとに進めないと商品が売れない時代がきたといえる。

家電商品は主婦が使う家事をこなすための道具から家族の皆が使うもの、単身者が使うもの、ときには招いた客も使う道具へと変わってきている。「家電から個電の時代」である。それは、家電商品のものづくり、売り方を変えることを意味する。

3.1 多重化した生活メッセージを求める時代

コップを例にとれば水を飲むとき、手早く簡単に飲めるという効率の満足と同時に、飲み心地、美しさ、だれの作かなど、効率以外の多様な価値の満足と、飲む場所は、だれと飲むのかなどの、のど(喉)の乾きをいや(癒)すこと以外に様々な生活メッセージを持つことを求められている。コップと同様、家電商品も機能性や経済性だけでなく、魅力ある生活イメージのメッセージを持つことが求められている。

3.2 新しい「共感生活イメージ」の必要な時代

従来は日本的な、又はモダン洋風化したライフスタイル、家族の役割と位置付けなど、ものをつくる側も使う側も相互に分かりやすい共通感覚を持った生活イメージがあった。しかし、現代は皆が持っていた理想とする「共感生活イメージ」を喪失させつつあり、その変化もめまぐるしく、だれもがその変化に未経験で、今こそ「共感生活イメージ」が必要なときなのに、それが見え難いという矛盾がでてきている。「家族がばらばらに食事をする」「主人の家事

風景」「和でも洋でもない住空間」「喫茶店みたいな居間」「おやつ食事メニュー」など、今までと異なる状況が家庭で繰り広げられている。したがって、人とのものについて好ましい関係をつくるための新しい「共感生活イメージ」の創出が必要とされる。

3.3 共感生活イメージの創出と徹底

当社家電商品の“Qシリーズ商品戦略”を中心とした事業展開にあたり、顧客は従来のように共通な目標を持つ均一な層として存在するものではなく、様々な価値観を持つ多様な層が存在するものと考えている。はっきりとした自己主張と行動力を持ち、トレンドセッターとなり、「共感生活イメージ」をつくりあげることでできる人(層)を設定して当社家電商品の共通ターゲットとして、それを“新・価・人”と名付けた。ターゲットと同一属性のモニターを選定し、生活者心理の変化指標となる生活意識の抽出や商品評価テストをして開発を進めている。“Qシリーズ商品戦略”の目的は、不確実な市場の中で人々に、時代の先取りをしたものづくりを行い、当社の考える生活イメージを根付かせ、かつ社内では開発・販売・宣伝部門の関係者に当社生活イメージコンセプトを周知徹底させ、事業展開の効率化を目指すものである。

4. デザイン戦略の要素

デザインが商品開発の中で果たす役割はますます重要なものになってきているが、共感生活イメージの創出に際し、さらにそれが増すと考える。しかし、現代はデザイナーにとっても全体が見え難い時代である。デザイナー相互及び開発関係者の意志疎通を図る言語(デザイン開発ツール)が必要となる。そのために、商品開発にあたり当社家電商品の顧客の生活視点からのポジショニング(位置付けと役割)を明確にする切り口として「シーン開発」を導入した。これは商品相互の開発コンセプトのそご(齟齬)をなくし、マーケティングミックスの効率的かつ的確な展開を図る機能を果たすものである。

4.1 シーン開発

シーン(Scene)とは演劇の1場面と同義語。人が生活の場において商品(道具)にどのような目的で、どのような接し方をするのか5W1Hで分析し、芝居が進行するように情報をビジュアル化、キーワード化し、シナリオをつくり、好ましい人との使われる場をトータルにとらえるインタフェースの視点で考え商品開発をする手法である。この方法は以前から、デザイナーの個々の創作レベルでは、それぞれのやり方で行われてきた。それを「シーン」に登場する各種家電商品のデザインにかかわる複数チームの共同開発の形で進めるトータルデザインの手法にしたといえる。

4.1.1 シーン開発の思考プロセス

「共感生活イメージ」が喪失すると「人々の生活やライフスタイル

表6. 家電品の四つの時代の変遷

時代	特徴的な家電品	ビジネスの主体	市場の視点	市場の進化	住居の動向	ファッションの動向	家電品のカラー
昭和30年代	電気がま洗機	開発の時代 (アメリカのコピー)	技術オリエンテッド	マス	2DKの時代 洋風化ライフスタイル	食住から衣へ コーディネートファッション	ビュアホワイトの時代 機能を表わす色 清潔な、暖かい、冷たい力強い色
昭和40年代	掃除機 冷蔵庫(1DOOR)	生産の時代 (高度成長の頂点)	市場オリエンテッド	デモグラフィック セグメント	子供部屋の設置 二階建て住宅の増加	ミニ・ミディ&バンタロン 一億総ファッション時代	
昭和50年代	冷蔵庫(多DOOR) エアコン	販売の時代 (量販店拡大期)	生活オリエンテッド	ライフスタイル セグメント (生活ソフト)	量から質の時代の始まり システムキッチンへのあこがれ	きこなしの多様化時代 チープシック・エスニック・トラッド	ビビットカラー パステルカラー ナチュラルカラー
昭和60年代	ジャー炊飯器 電子レンジ・ベーカーリー	演出の時代 (シーン開発)	文化オリエンテッド	感性の価値観セグメント	広さへの願望 パブリック/プライベート スペースの分離充実	DC時代 男性ファッションの時代	モノトーンカラー ナチュラルカラー 素材感覚を生かす色

ルがこうだから生活シーンはこう」と、最初に全体の概念や意味付けが不可能というディレンマ (dilemma) が生じる。そこで、図1に示すように生活者心理の分析 (表2) をして個々の生活シーンを最初につくり、シナリオ化して全体を組み上げて『共感生活イメージ』を創出する手法を採用することとした。様々な既存の概念をすべて疑い、再検討して好ましい人とのものの関係を築くインタフェース (以下、I/Fと記す) の視点を導入した。

4.1.2 インタフェースの視点とは

住まいにあるものを建築的概念と身体的概念で大別、階層化、分類するモジュラー コーディネーションの考えを参考にし、シーン開発の基本となるレベル概念の設定をした⁽²⁾。

それを基準にしてI/F・4視点により人とのものの好ましい関係を見付けるためにシーン全体とのかかわりを検討し、個別に該当商品のレベルを決め、デザインを進めていく。最初はデザイナーが入りやすいデザインテイスト (デザインの好み) を切り口に、シーンイメージを描くことから始め、他の3視点も併行して検討を進める。

かつての生活イメージをI/F・4視点で分析してみると、和式生活、西欧の生活様式などでは間取り、生活ゾーン、床面、壁面、開口部 (窓・扉)、家具類、色彩や材質、またそれらのレイアウト、使用方法に決まりがあり、レベルの差異も少なく、共通感覚として生活イメージをとらえやすい。一方、現代はI/F・4視点の個々の横並びでレベル設定が一致しない場合が多く、生活イメージの形成が困難であるといえる。

4.2 今後の展望

たとえ、理想とする生活イメージができたとしても、日本中の住まいを一度に建て替えたりすることは現実的ではない。また、住まいを完成されたシステムとして考え、一生を同じ家、同じ環境で過ごすことも不可能である。人々の生活はライフステージごとに様々な変化するものであり価値観も変わる。メーカーとして人生におけるそれぞれのライフステージを最適に過ごすための商品の提供を目的とした開発をすべきものとする。以下、それを実現するための重点項目を記述していく。

4.2.1 システム系とスタンドアロン系の二極化

(1) システム系家電商品

住まいを一つの思想に基づく建築的、形態的なつながりのあるシステムとして考え、家電商品のシーンに対するかかわり方は空間系、部材系の住宅設備として、またその部品系として考える。新築、増改築時の対応商品が該当。レベル設定はL4～L3を主体に展開、及

びそれらにビルトインされるL0の部品として扱う。

(2) スタンドアロン系家電商品

上記のように住まいをシステムで考えた変革には限界があるとし、家電商品のシーンに対するかかわり方は空間、部材系のものに対し (峙) し、据置き・可搬系のものとして存在する。主としてデザインテイストによるコーディネートを中心にものづくりをするもの。レベル設定はL1～L0を主体に展開。

今後とも両傾向は併存していくものと思われる。システム系を是とし、スタンドアロン系はシステム系への変化の過渡的な存在として扱う動きが一時期あったが、現在は違ってきた。特にこれからはスタンドアロン系家電商品が注目され、見直されるであろう。

なお、この二極化の概念用語はいずれも建築的、形態的な分類であり、電気的な信号、情報系の意味は含まれていない。

4.2.2 レベル概念の見直し

前述のように従来はもののレベル付けに一定のルールがあり、文字どおりL4を上位として階層化していた。現代は既存の『共感生活イメージ』が喪失、さらにエレクトロニクス技術の進展から軽薄短小化、複合化が進み、ものの大きさや形態が変化し、人とのかかわり方が異なってくると階層化概念が崩れる。かつての大型のL3レベルのコンピュータがひざ (膝) の上に乗るL1レベルのラップトップ型パソコンになったような変化が生じる。これは、見方を変えると既存の階層概念の否定を意味し、各レベルを階層化したものとして見ずに、対等な関係で見ている。今後このような思考の商品開発が重要となる。

4.2.3 デザインテイストを重視

『共感生活イメージ』構築に際し、I/F・4視点分析によるデザインテイストの位置付けはかなめ (要) であり、デザイン戦略の顔といえる。デザインテイストとは、シーンに登場する複数のもの、又はものの自体の形態、色彩と材質によって醸しだされるビジュアルなイメージ (情報) を記号化して、言語のように定義することをいう。共感生活イメージの重要構成要素である。過去、現在、及び新たなデザインワークの中から次々に生まれてくる様々な生活イメージやシーンを分類、抽出し、定義付けをするものである。これを単純な色彩戦略ととらえてはならない。デザインテイストの中には人々の心にかかわる様々な生活情報が含まれている。現在のような記号化された情報が大量にめまぐるしく行き交う時代では、デザインテイストの解説・発信が商品開発に不可欠となる。

4.3 「共感生活イメージ」ともの (家電商品) のかかわり

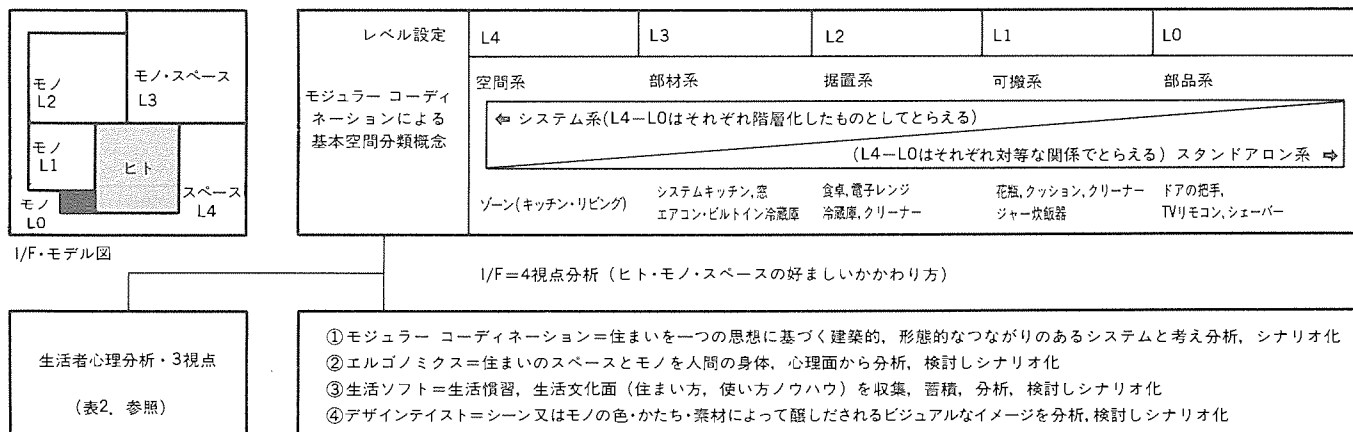


図1. 1/Fの視点による・シーン開発

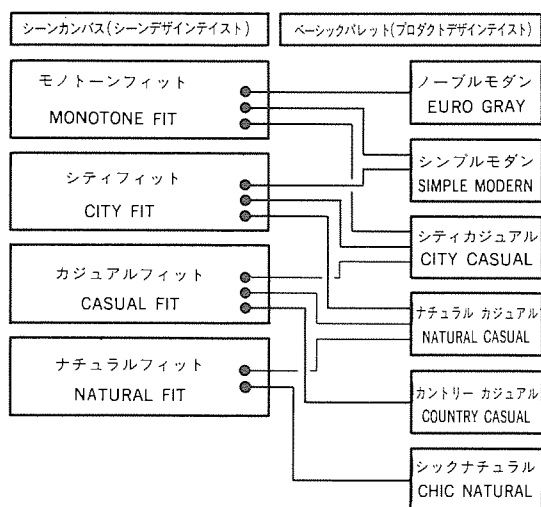


図2. 第一次Qシリーズ商品戦略のトータルデザイン

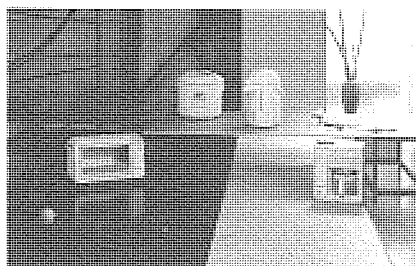


図3. '87Qシリーズ商品戦略のトータルデザイン

「共感生活イメージ」には多重化したシーンイメージが存在する。生活シーンに基づくゾーン設定（リビング、寝室など）をし、I/F・4視点で分類・抽出されるシーンイメージをシーン デザインティストと呼称する。シーン デザインティストに登場する個々のもの（家電商品等）のデザインティストをプロダクト デザインティストと呼称する。この関係について一般の人に分かりやすく説明するために図2に示すようにシーン デザインティストを画家が絵を描くキャンバスに、プロダクト デザインティストはパレットの上で調色された絵の具に例えて説明している。

5. デザイン戦略の実際の展開

以下、事業戦略の実際の展開について事例をあげて説明する。

5.1 第一次Qシリーズ商品戦略のトータルデザイン

基本的にはデザインティスト戦略といえる（図2）。'87年の特徴はシーンキャンバスとして、次代の先取りとなりトレンド商品群のメインテーマである“モノトーンフィット”を、また販売の主力となる2種のベーシック商品群として、“シティフィット”、“カジュアルフィット”を設定し、前者をメインテーマとした。紙面の関係から“モノトーンフィット”について記述し、他は割愛する。“モノトーンフィット”のベーシックパレットは3種あり“ノーブルモダン”、“シンプルモダン”“シティカジュアル”を設定した。シーンの主役は人、インテリアには木や石や布などがあり、どれも素晴らしい素材色とテクスチャを持っている。家電商品はそれらと共存しながら、主役である人を引き立てる役として、それにふさわしい色調であるモノトーン（グレー・ブラック・ホワイトのテーマカラー）でまと

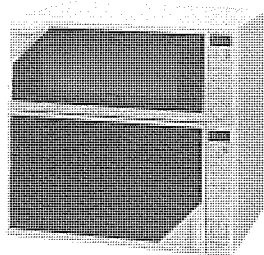


図4. RR-20T電子レンジ2ドア

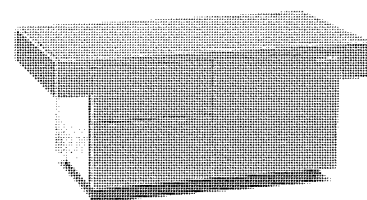


図5. フロアタイプ冷蔵庫

表7. 新・価・人のクロスオーバー感覚キーワード

効	専	心	凝	る	ブ	ロ	も	の	素	モ	ダン	ハイ	テク	和	シン	イ	キ
快・知・速	ながら	軽	く	ア	マ	マル	チ	飾	リ	トラ	ッド	ハイ	テク	洋	メ	トリ	ソフト

めた。品位のある知的環境、つまりソフィスティケートド（Sophisticated）な感覚をねらった（図3）。

5.2 RR-20T・電子レンジ2ドア

開発コンセプトは上段にオーブントースター、下段に電子レンジを配し、一体化によるスペースセーブと繁雑になりやすいキッチン周りの整理をねらい、L1可般系のオーブントースターをL2据置系の電子レンジに併合し、当社オープンレンジと同サイズにまとめた。2機種併置により40%の占有面積を節減（当社比）できた。冷凍食品の普及、電子レンジ専用食品の発売が相次ぎ、それとあいまって朝食等の忙しいときの簡便な調理機器として人気がある（図4）。

5.3 フロアタイプの冷蔵庫

若者の感性のキーワード「遊び心、仲間」をテーマにし、設置場所をキッチンではなく、居間とし、調理、食事、団らん（樂）、ゲーム、パーティーなど、様々な生活シーンへの対応を意図した冷蔵庫を中心とする多目的商品である（図5）。冷蔵庫、電磁調理器など、本来L3の部材系のシステムキッチンにビルトインする動きが多い中でL2の据置系で追求して、典型的スタンドアロン系にまとめた。冷蔵庫を壁に設置せずに部屋の真ん中に置き、皆で囲むシーン感覚がねらいである。

6. む す び

“新・価・人”のもののに対する気持ち（気分）は単純効率志向ではなく多重化した充足を求めており、シーンが異なれば同じものでもその存在にこだわる傾向が見られる。これらの気持ちをまとめると家電商品に対する気分は効率志向プラスアルファ価値を求めるクロスオーバーな感覚を持つといえる（表7）。住まいの「共感生活イメージ」の構築は完成を急がず、試行錯誤を恐れず、時間を掛けつくりあげるべきで、醸成という言葉がふさわしい。「人の心と身体にフィット」を目標に人間主体のデザインを進めたい。

参 考 文 献

- (1) 岡本：三菱電機デザインセンター委託研究「デザインブランド研究」（1986）
- (2) 池辺：住宅のモジュラーコーディネーション／ビルディングレター（1972-12）

衣類の洗浄・乾燥技術とその応用

吉田義雄* 本多素子*
清水 誠* 瀧川浩良*
長田正史*

1. ま え が き

近年の生活水準の向上・生活様式の多様化、更に生活者の価値感の広がり、衣生活にも大きな変化をもたらしている。ウォッシュブルな衣類の増加、繊細な繊維の普及着化、汚れたから洗うから着たから洗うへの洗濯習慣の変化などから、洗濯物は量も増え多様化している。

電気洗濯機は“衣類の洗濯”という重労働を家事行為から主婦を解放する役割を果たしてきたが、最近では2槽式から全自動洗濯機への自動化、洗濯後“つ(用)るして乾かす”行為の省力化などに対する要望が強くなってきている。

このような変化に対応した、

- (1) 布傷み、型くずれなど品質劣化の少ない
 - (2) 消費者の経験や勘を必要とせず、自動的かつ経済的な
 - (3) 使用環境・条件の影響がなく、仕上がり品質が一定な
- “洗う・乾かす機器”を実現できる洗浄・乾燥技術の開発が求められている。

2. 洗浄技術

洗剤には繊維と汚れの粒子との間に働く力を弱くする作用や、繊維から除去された汚れの繊維への再付着を防止する作用がある。しかし、単に洗剤液中に汚れた衣類を浸しておくだけでは汚れが除去される訳ではなく、汚れを除去するには機械エネルギーを与え、繊維から汚れを切り離す必要がある。家庭用の電気洗濯機では、洗濯槽底面に設けた回転翼の回転運動、又はかくはん翼の往復運動によって、機械的エネルギーを与えている。エネルギーの授受が回転翼やかくはん翼の近傍での局所的なものであれば、回転翼等から離れた衣類へのエネルギーは減衰し、かつ位相ずれを生じる。このため

に布がらみ、洗いむらが発生しやすく、また回転翼近傍の衣類は、こすれによる損傷を避けることができなかった。

洗濯機は単に汚れが落ちればよいだけではなく、布がらみ、布傷みが少なく、カーテンや毛布などの大物や繊細な繊維からなるランジェリーやウール製品など幅広く対応できることが要望されている。

2.1 かくはん式洗浄機構⁽¹⁾

従来のかくはん式洗浄機構は、モータの回転を機械的変換機構によりかくはん翼を往復回転運動させ、衣類を揺動かくはんして機械的エネルギーをどの衣類にも万遍なく与える方式であり、布をからめることなく、布傷み・洗いむらの少ない洗浄を行うことができた。しかし、洗浄力が小さいという欠点があった。

2.1.1 新洗浄機構

かくはん式の特長を生かし、洗浄力を高めることができた新しい洗浄機構の構成を図1に示す。この機構は支柱に4枚の羽根を取り付けたかくはん翼を洗濯槽中央に設け、減速手段を介しモータでか

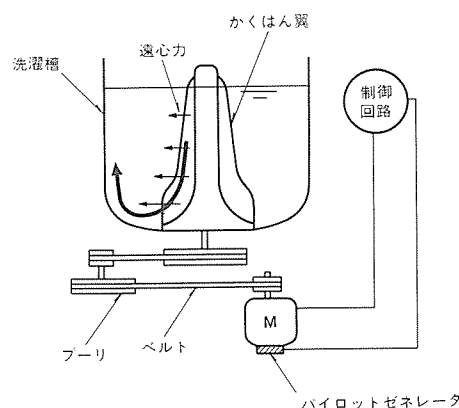


図1. 洗浄機構の構成

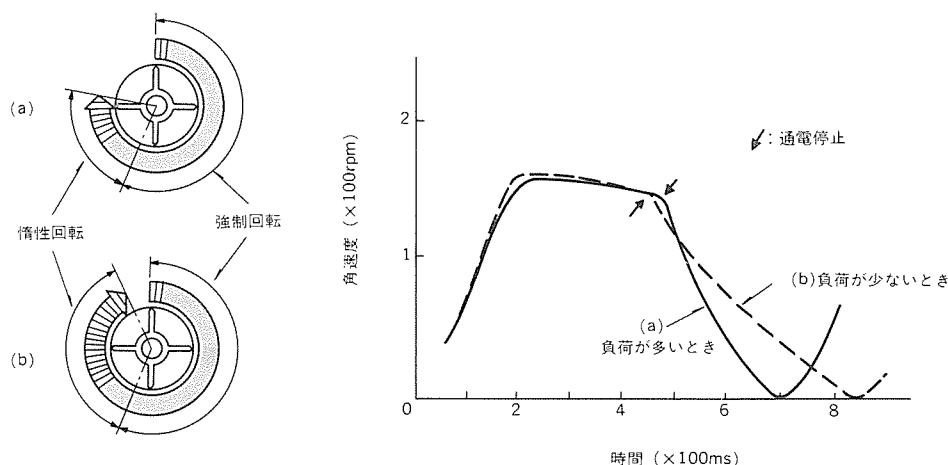
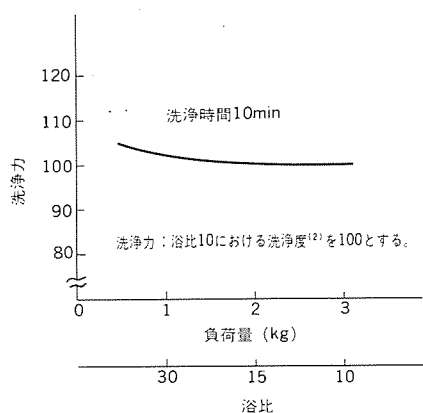


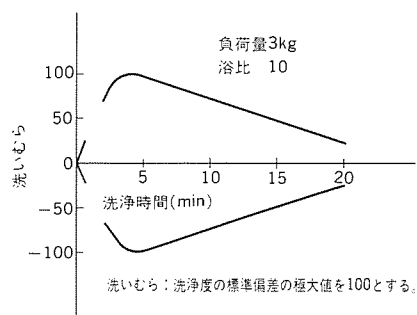
図2. かくはん翼の動特性

くはん翼を正逆回転駆動して衣類を揺動かくはんしている。そしてモータに取り付けたパイロットゼネレータによって、かくはん翼の回転状態を検出し、マイコン制御回転によりモータを正逆回転制御させ、かくはん翼に往復運動を与えている。

制御の基本アルゴリズムは、かくはん翼が所定角度（以下、強制回転角度と呼ぶ）回転したときにモータへの通電をやめ、かくはん翼の慣性回転が概ね停止したのちにモータに通電し、かくはん翼を逆回転させるものである。なお、かくはん翼が慣性回転も含めて1回転を大きく越えないように強制回転の角度を制御している。



(a) 洗浄力



(b) 洗いむら

図3. 洗浄力と洗いむら

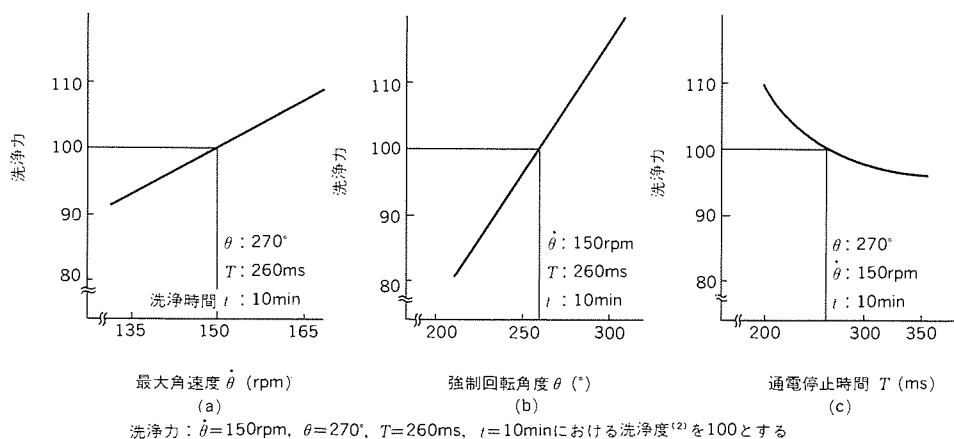


図4. 洗浄特性

2.1.2 かくはん翼の回転角度・角速度特性

この洗浄機構においては、かくはん翼の回転角度・角速度特性が洗濯する負荷量によって大きく変化する。図2にその一例を示す。図中(a), (b)で明らかなように、回転角度や角速度に対する負荷条件の違いの影響は強制回転状態にはあまりみられないが、通電停止後の慣性回転時に大きく現れる。これは慣性回転時にかくはん翼に加わる抵抗が、負荷条件によって変わるためであり、かくはん翼が停止するまでの時間（以下、通電停止時間と呼ぶ）とその間にかくはん翼が動く慣性回転角が大きく変化する。

この洗浄機構を使うと、

- (1) 負荷が多いときは、強制回転を主体とした強力な、短い周期の往復回転運動
- (2) 負荷が少ないときには、慣性回転角度が大きく、ゆっくりした周期の往復回転運動

のように、かくはん翼の動きが自動的に調整される。

なお、負荷量が同じであっても、洗濯物の形状や材質などによっても、かくはん翼に加わる負荷抵抗が変わり、上述同様かくはん翼が自動的に異なった動きになる。例えば、同量であっても厚手の作業服やジーンズなどの負荷に比べて、負荷抵抗の小さいランジェリーやワイシャツなど薄手の場合には回転角度が大きくなり、ゆっくりした周期で衣類を揺動かくはんできる。

2.1.3 洗浄特性

洗浄特性に影響を及ぼす要因として、

- (1) 洗濯槽・かくはん翼の形状
- (2) 浴比（負荷量に対する水量の割合）
- (3) かくはん翼の角速度
- (4) かくはん翼の強制回転角度
- (5) かくはん翼の通電停止時間

を主なものとして挙げることができる。

かくはん翼の基本形状は、図1に示すように支柱に設けた羽根が下方ほど半径方向に突出寸法を大きくしている。かくはん翼の往復回転運動によって近傍の衣類に働く遠心力は、上下方向に差が生じ、全体として太い線で示した矢印の方向に吸引力が発生する。そこで、衣類はかくはん翼の支柱に沿って洗濯槽の底に引き込まれていく。洗濯槽壁面近傍での衣類の動き・動圧は下方ほど大きくなり、衣類は壁面に沿って押し上げられる。

以上のように、かくはん翼の往復回転運動によって、衣類は洗濯

槽内を縦方向に回転しながら揺動かくはんされて、どの衣類も様に機械的エネルギーを受けるので、からむことなく、かつ付着していた汚れがむらなく除去される。

また、この洗浄機構は負荷状態によって、かくはん翼の動きが自動的に変化するので、浴比の影響をあまり受けず、図3(a)に示すように、洗浄力はほぼ一定の大きさになる。また、衣類は縦方向に回転しながら揺動かくはんされるため、図(b)にみるように洗浄数分にして急激に洗いむらが減少する。

かくはん翼の動特性に関する要因と洗浄力の関係の一例を図4に示す。図から明らかなように、洗浄力に最も大きく影響する要因は強制回転角度である。強制回転角度の設定にあたっては、洗浄力だけでなく、衣類のかくはん翼への巻き付き、水の飛散現象をも考慮しなければならないため、単に大きくすることはできない。

2.2 ウール製品の収縮

洗濯に伴う寸法変化・風合い劣化・変退色などの衣類の耐洗濯性は、衣類を構成する繊維・糸・布の性質や加工・染色・縫製条件だけでなく、洗濯における溶媒・温度・洗剤・機械力の外的要因によっても左右される。耐洗濯性に問題をもつウール製品は、洗濯によって繊維表面のスケールが絡み合い、フェルト状に収縮することが知られている。防縮加工糸のウール製品は洗濯機の使用を可能とされているが、未防縮加工のものは手洗いによる押し洗い、ドライクリーニングによって洗濯されるのが一般的である。

押し洗いは一般家庭での定着度が低く、また個人差が収縮に大きく現れるのが難点である。

2.2.1 収縮性評価法

ウール(編地)の収縮評価は、既に提案されている方法⁽³⁾を基本に行った。試料編地は図5(a)に示すもので、純毛中細末防縮毛糸を用い家庭用編み機、ダイヤルゲージ33目×45段/10cm×10cmで編んだ縦46cm横60cmのメリヤス編地を、短辺を2つ合わせて筒状とし上下端各3cmを裏に折ってとじ付けたものである。この試料編地を緩和収縮処理⁽⁴⁾によって残留しているひずみを取り除き、同図(b)に示す縦横約10cm間隔に印付けを行う。

洗濯前後の試料編地を温度20℃、湿度65%の雰囲気中で24時間調湿し、同図(b)に示す印間を測定し、式(1)によって面積収縮率を求める。

$$\text{面積収縮率} = \frac{L_1 \cdot L_2 - L_1' \cdot L_2'}{L_1 \cdot L_2} \times 100(\%) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに L_1, L_2 : 洗濯前の印間距離

L_1', L_2' : 所定回数洗濯後の印間距離

2.2.2 収縮特性

収縮特性に影響を及ぼす要因は、2.1.3項で述べた項目を挙げることができる。ここでは、面積収縮率の関係について述べる。

図6(a)はかくはん翼の角速度をパラメータに運転率、(b)はかくはん翼の反転回数と、面積収縮率の関係を表したものである。

(1) かくはん翼の角速度

(2) かくはん翼の運転率

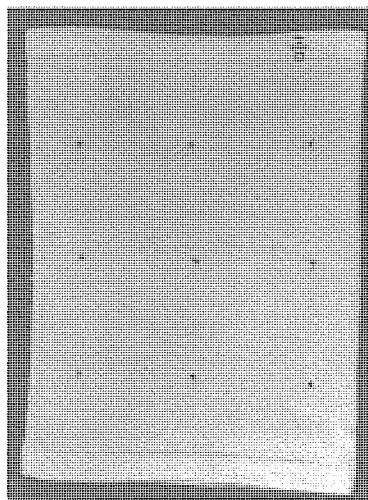
$$\frac{T_1}{T_1 + T_2} \times 100(\%) \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに T_1, T_2 : モータの運転、停止時間

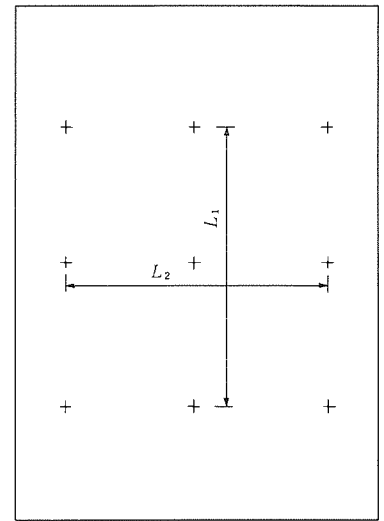
(3) かくはん翼の反転回数

なお、洗い→排水・中間脱水→すすぎ→排水・中間脱水→すすぎ→排水・脱水のシーケンスを洗濯回数1とし、洗い・すすぎ時間は共に2.5minである。

図で明らかなように、収縮はかくはん翼の角速度の影響が大きい。木綿や化学繊維などの一般衣類を対象とした角速度約170rpmでは、

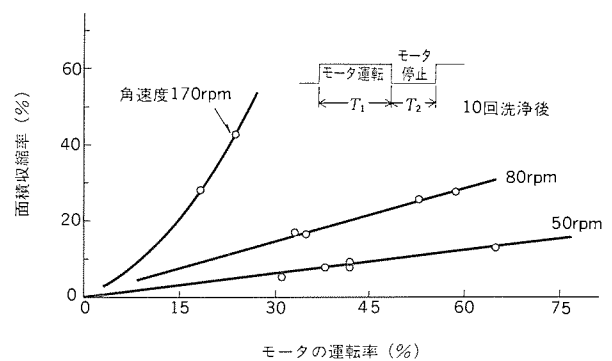


(a) 試料編地

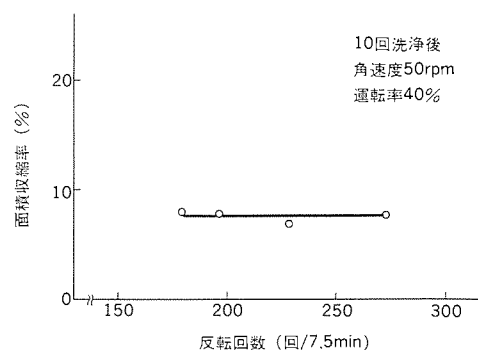


(b) 印間測定

図5. 試料編地と印間測定



(a) モータの運転率



(b) 反転回数

図6. 収縮特性

運転率に対する収縮の変化率が大きく、単に運転率を小さくすることでは、収縮を抑制することは困難である。収縮を抑制するためには、角速度を小さくし機械力そのものを弱くしなければならない。角速度が小さい範囲では、

(1) 収縮は、かくはん翼の運転率にほぼ比例し、反転回数の影響を受けない。

(2) ウール製品の洗浄は、収縮の抑制のみならず、洗い・すすぎ性能も考慮しなければならない。角速度約50rpmでは、通電率を小さくすると負荷の一部がすすぎ行程で水面に浮き上がる現象がみられる。

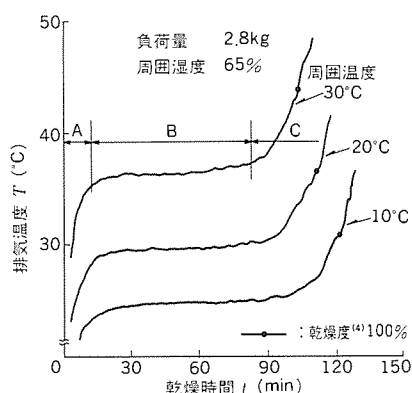
なお、手洗いによる押し洗いで試料編地の収縮率は、個人差が

あるものの10回洗浄後で5～10%の範囲にある。

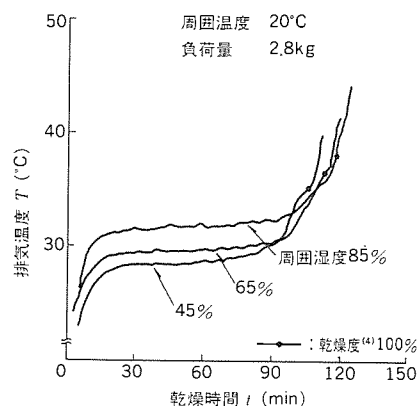
3. 乾燥技術

衣類に含まれている水分の蒸発は、衣類表面とその近傍との空気の蒸気圧差によって生じる。一般家庭を対象とした乾燥機は、熱エネルギーを用いて蒸気圧差を大きくし水分の蒸発を促進している。

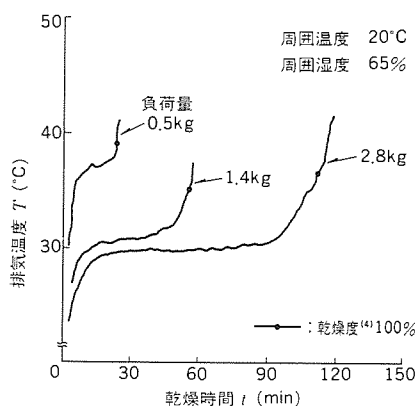
付加する熱量が一定であっても、周囲の温度・湿度、更に衣類の量や質によって蒸気圧差が変わり、使用者は乾燥状態を予測することはできない。したがって、運転時間を設定するタイマー制御の乾燥機では、使用者が経験と勘で時間設定せざるを得ず、設定時間が長すぎたときは、エネルギーを無駄にすることになり、短い場合には再度タイマーを設定しなければならないという問題がある。



(a) 周囲温度による影響



(b) 周囲湿度による影響



(c) 負荷量による影響

図7. 排気温度特性

また、洗濯物の多様化と同様に、繊細な繊維からなるランジェリーやファンデーションを傷めずに乾かしたいというニーズが、若い女性を中心に強まっている。そこで、これらに対応できる乾燥技術の開発を行った。

3.1 乾燥終了検知機構

3.1.1 排気温度特性

温風乾燥方式での湿った衣類を通過した空気の温度特性は、図7(a)中に示すように、A：予熱乾燥期間、B：恒率乾燥期間、及びC：減率乾燥期間からなるパターンである。

図中Aは湿った衣類の温度を上昇させる期間で、水分の蒸発が徐々に速まり排気温度が上昇する。Bは水分を蒸発させる熱量と衣類に入る熱量がバランスする期間で、蒸発速度・排気温度はほぼ一定となる。Cは衣類内部の水分が少なくなり、徐々に蒸発速度が減少して排気温度が再び上昇する。

図7は排気タイプ・回転ドラム式のドラム出口の排気温度特性を周囲温度、湿度及び負荷量をそれぞれパラメータに示したものである。なお、図中●印は式(2)で与えられる衣類の乾燥度⁽⁴⁾Rが100%に達した時点である。

$$R = \frac{W_s}{W_0} \times 100 (\%) \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここに W_s ：十分に乾燥した状態での衣類の重量×1.08(kg)

W_0 ：所定時間乾燥した状態での衣類の重量(kg)

図から明らかなように、排気温度のレベルは周囲温度・湿度・負荷量の影響をともに受ける。一方、減率乾燥期の温度上昇パターンには負荷量の影響が大きく現れるが、周囲温度・湿度の影響は小さい。

図8の実線は減率乾燥期に入る時間を座標の原点にして負荷量をパラメータとした減率乾燥期の温度上昇特性である。その結果、

(1) 乾燥度Rが100%に達する時間tは、負荷量に概ね直線的に大きくなる。

(2) 上昇温度Tは、負荷量が少ないほど急激に立ち上がる。

ことがわかる。

(1)の特性から、上昇温度Tと時間tの二つの情報を取り込み、両者を一次関数の関係で演算することによって乾燥終了を検知できる。また、(2)の特性を利用すれば、一つの情報をもとに一定値で乾燥終了を検知でき、検知機構の構成は簡単になる。

次にこの検知アルゴリズムについて述べる。

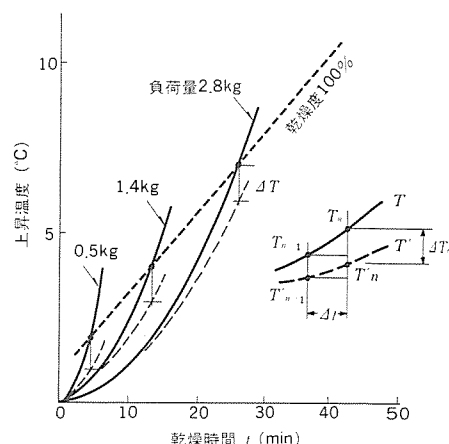
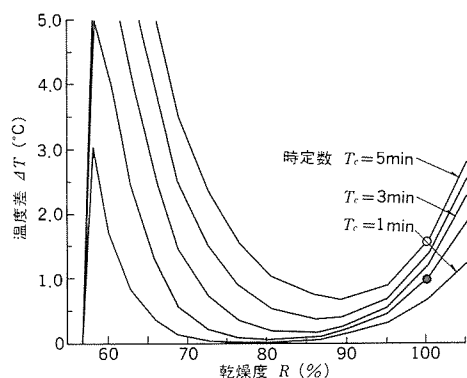
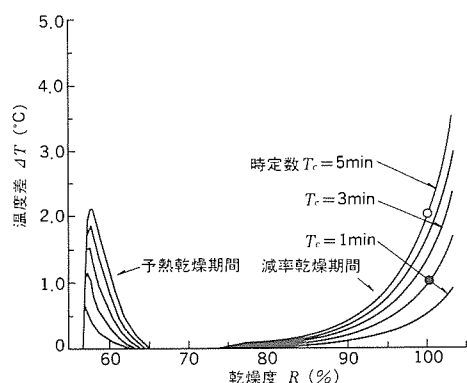


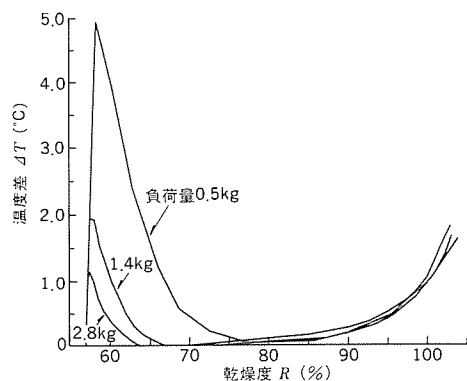
図8. 減率乾燥期の上昇温度特性



(a) 負荷量0.5kg



(b) 負荷量2.8kg



(c) 時定数 $T_c=2\text{min}$

図9. 乾燥度と温度差

3.1.2 検知アルゴリズム

ドラム出口の排気にさらされる熱応答性（以下、時定数で表す）の悪い物体を仮想すれば、この物体の温度（以下、遅れ温度と呼ぶ）は、図8の実線で示す実際の排気温度に対して、破線の推移となる。この遅れ温度は、図中に概念を示すように実際の排気温度を式化し式(4)、式(5)の数値計算によって求める。

$$\Delta T_n = T_n - T'_n \quad \dots\dots\dots (4)$$

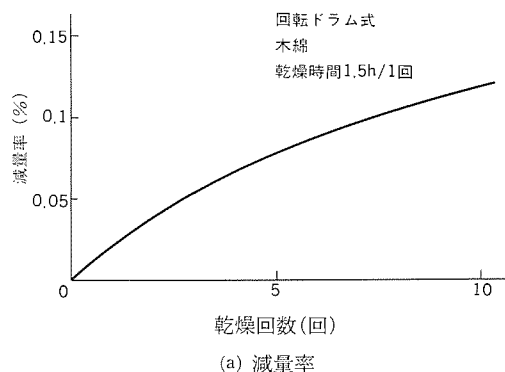
$$T'_n = T'_c \cdot (T_n - T'_{n-1}) \cdot \Delta t + T'_{n-1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 ΔT_n ：温度差（排気温度－遅れ温度）（°C）

T_n ・ T'_n ：排気温度・遅れ温度（°C）

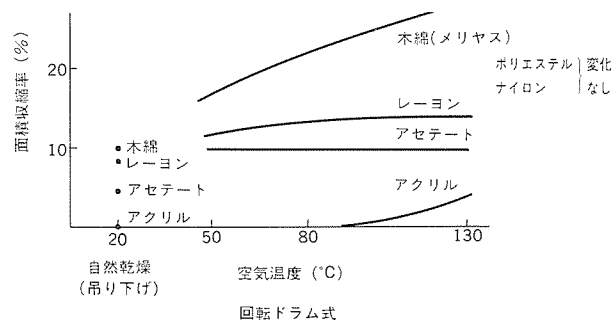
T'_c ・ Δt ：時定数・きざみ時間(min)， $T'_c > \Delta t$

図9(a)・(b)は、負荷量が0.5kg、2.8kgにおいて時定数 T_c をパラメ

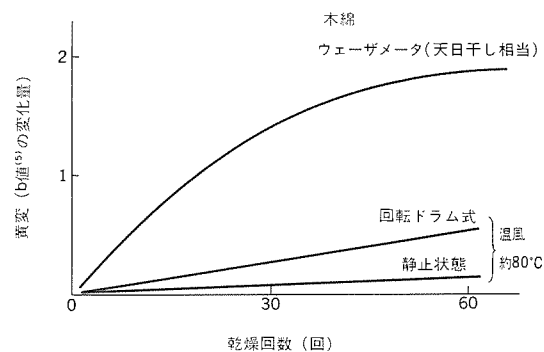


(a) 減量率

乾燥回数：10回



(b) 面積収縮率



(c) 黄変

図10. 減量・収縮・黄変特性

ータに、温度差 ΔT とその時刻における乾燥度 R の関係を示す。予熱及び減率乾燥期間に温度差が現れるが、後者のみの特性に着目すれば、同図(a)の負荷量0.5kgにおいて、時定数 $T_c=5\text{min}$ であれば温度差 $\Delta T=1.5^\circ\text{C}$ 、 $T_c=2\text{min}$ であれば $\Delta T=1^\circ\text{C}$ で、また同図(b)の負荷量2.8kgにおいて、 $T_c=5\text{min}$ であれば $\Delta T=2^\circ\text{C}$ 、 $T_c=2\text{min}$ では $\Delta T=1^\circ\text{C}$ でそれぞれ乾燥度 $R \approx 100\%$ の状態にある。

同図(c)は、 $T_c=2\text{min}$ に設定したときの $\Delta T-R$ の関係を示したものであり、乾燥度が80%以上ではどんな負荷状態であっても $\Delta T-R$ の関係は同一傾向にあることがわかる。

以上のように、排気温度特性に減率乾燥期間が現れる乾燥システムにおいては、衣類等の被乾燥物を通過した空気温度情報を取り込み、これに適正な時定数をもたせた遅れ温度・両者の温度差を逐次演算し、この温度差が一定値に達したことを判断することによって、負荷量の違いや、周囲温度・湿度の変化があってもほぼ一定した乾燥状態を得ることができる。

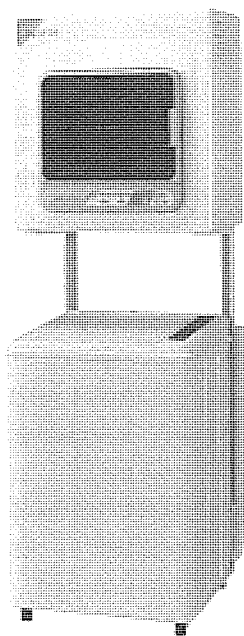


図11. ホームランドリー システム

3.2 減量・収縮・黄変

水分を含んだ衣類が熱を受けると、風合い劣化・収縮・溶融や変色の現象を生じることがある。回転ドラム式の乾燥は、一度に多量の衣類を乾かすのに適しているが、衣類を吊り下げ静止状態で乾かす方法には見られない、衣類同志のこすれ等による品質劣化を避けることができない。ランジェリーやファンデーションに代表される繊細な薄物衣類の乾燥には注意を払わねばならない。

図10は減量・収縮・黄変特性の一例を示す。図から次のことがわかる。

- (1) 回転ドラム式で乾燥すると、確かに衣類は目減りするが、それは微量である。
- (2) アセテート・レーヨン・木綿の収縮は、共に自然乾燥に比べ回転ドラム式の方が大きく、木綿には特に空気温度の影響が大きく現れる。なお、ポリエステル、ナイロンはどの温度においても、アクリルは80℃以下では収縮がみられなかった。
- 黄変はハンターの色差式の成分であるb値⁽⁹⁾の増加となって現れる。
- (3) 黄変は紫外線にさらされる天日干しでは大きく現れるが、紫外線の影響のない回転ドラム式・静止状態の乾燥ではごくわずかである。

4. 製品への応用

4.1 洗 浄

かくはん式洗浄機構の基本アルゴリズムは、洗浄性能のみならずモータの特性・機械的強度、更には消費者の感覚的、特に衣類の動きに関する視覚的評価、操作性などについても十分に検討が加えられて、マイコン制御によるかくはん式洗濯機《Mr. かくはん》⁽¹⁾に應用が図られている。

この《Mr. かくはん》は、「布がらみがほとんどなく」、「洗ひむら、布傷みが少ない」、「洗濯物に合った水流を自動調整する」などの特徴に加え、手洗い表示のウール製品、繊細な繊維からなるランジェリーなども手洗いと同程度の仕上がり品質で安心して洗える“デリケートコース”も採用し、消費者から好評を得ている。

4.2 乾 燥

衣類の洗浄・乾燥技術とその応用・吉田・清水・長田・本多・瀧川

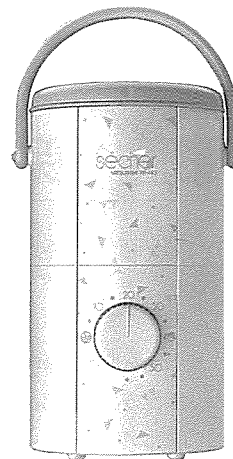


図12. ランジェリー ドライヤー《セシエ》

乾燥終了検知機構の基本アルゴリズムは、適用するシステムの排気温度特性、使用マイコンのビット数から適正な諸定数の設定、さらに恒率・減率期間が明確に現れない無負荷又は極少負荷運転でも確実に停止するアルゴリズムの付加などの検討がなされて、除湿型センサータイプ衣類乾燥機⁽⁶⁾に應用されている。

この衣類乾燥機は、乾き上がれば自動的に停止する標準的なコースのほかに、アイロン仕上げに適した湿り気も残して停止するコースなど仕上がり具合を種々選択できる。図11は前述の《Mr. かくはん》とセットにしたホームランドリーシステムである。

乾燥条件と縮み・黄変などの品質特性は、繊細な繊維のランジェリーやファンデーションを静止状態で乾かす図12のランジェリードライヤー《セシエ》における設計仕様の設定に活用されている。これは“屋外に干すと変色する、通行人に見られる”，“室内に干すとうっとうしい”など若い女性の悩みを解消し、生活を快適化する提案の一つとして好評を博している。

5. む す び

衣生活の変化・多様化した消費者ニーズなどに対応して開発した洗浄・乾燥技術を主体に紹介した。これからも社会、生活構造の変化、急激な高齢化、女性の社会進出、単身者の増加が進んでいき、衣類を洗う・乾かすという行為の省力化志向が一層高まり、利便性が高く、判断機能を持つ知的なシステムが望まれると考えられる。今後とも、これらにこたえられる高度な洗浄・乾燥技術の開発を進めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 吉田ほか：マイコン制御によるかくはん式洗濯機《Mr. かくはん》，三菱電機技報，59，No.7（昭60）
- (2) 日本工業規格，電気洗濯機，JIS C 9606（1979）
- (3) 戸張ほか：各種衣料用洗剤のウール製品に与える影響（第1報），ウール製品の収縮，織消誌，22，No.9（1981）
- (4) 日本工業規格，回転ドラム式電気衣類乾燥機，JIS C 9608（1986）
- (5) 日本工業規格，色差表示方法，JIS Z 8730（1980）
- (6) 小山ほか：センサータイプ衣類乾燥機 DR-332Sの開発：日本建機技術フォーラム，1（1987-9）

食品の調理・保存技術とその応用

松村恒男* 山本延夫**
佐藤秀美** 柿本暢子**
永井由紀**

1. ま え が き

近年、生活に豊かさ・快適さを求め、余暇・健康を大切にする意識が強まってきた。また、女性の社会進出、生活時間のずれ、単身世帯の増加などの社会的変化が起きている。これらの影響から、健康意識の高まりや手造り志向の食生活意識、また食品材料・流通経路の多様化、調理・保存機器の進歩といった食生活周辺の変化がみられる。

一方、主婦の家事にむける時間が減少し、食事の準備が夜間に集中する傾向にある。そのため、調理の時間短縮・自動化、素材や加工食品の保存方法の最適化が求められるようになってきた。

ここでは、おいしさを損なわないという共通の思想で開発した調理の時間短縮、自動化のための技術と、冷凍冷蔵庫の保存技術について報告する。

2. 加熱調理

2.1 炊飯方式

炊飯器は昭和30年に発売されて以来、「かまどに火をたいて、米を炊く」という重労働から主婦を解放する役割を果たしてきた。その後、飯を長時間おいしく保温でき、さらに炊飯開始時刻が予約できる機能を付加し、利便性を追求した炊飯器が発売されている。次いで、マイコンが民生機器にも広く利用されるようになり、時間や入力制御が容易になった。これによって炊き上げ時刻が指定でき、炊きたての飯が食べられるという利便性のみならず、吸水行程を設け米に十分水をすすませてから、工夫をこらした火力制御によって、加熱、むらしを行い、おいしく炊き上げることを主眼とした炊飯器の開発が活発である。

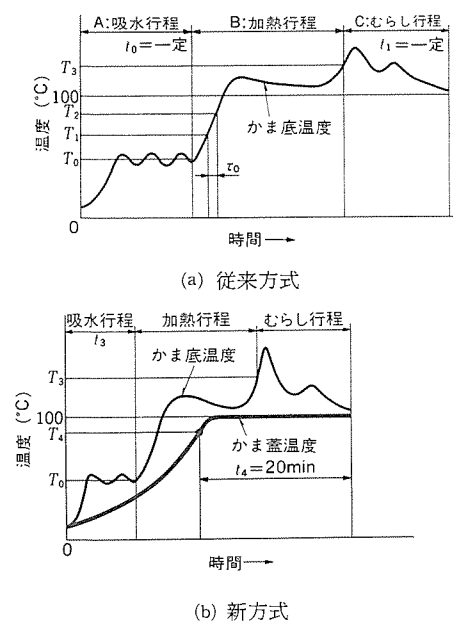


図1. 炊飯曲線

最近では、おいしさのみならず炊きあげ時間の短縮に対する要望が強くなってきた。

2.1.1 従来の炊飯曲線

図1(a)は当社の従来品における炊飯中のかま底温度の推移（以下、炊飯曲線と呼ぶ）の一例を示す。この炊飯曲線は、A：吸水、B：加熱、C：むらしの三つの行程からなる。

Aは加熱行程に入る前に米に十分水を吸わせる期間である。60℃以上の温度では糊化はゆるやかに始まり、米粒表面で糊化により内部へ水が均一に浸透しなくなる⁽¹⁾ため、おいしい飯が得られない。そのため、かま内部の温度が60℃を超えないように、ヒーターの通電制御によって、かま底を温度 T_0 に保っている。

Bは、かまを加熱し沸騰状態で米に十分吸水を行わせ、米デンプンを糊化させる期間である。この期間の火力調整は、飯のおいしさに微妙な影響を及ぼすことから⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾、かま底温度が T_1 から T_2 になるまでの時間 t_0 を計測し炊飯量を判定するとともに、この後の火力を炊飯量に応じたものに調整している。水分が少なくなり、かま底温度が急激に上昇し始めた時点の温度 T_3 で、加熱を中断する。

Cは吸水、糊化を更に促進するとともに、再度短時間加熱し余分の水分を蒸発させる期間である。

なお、吸水・むらし行程の時間は、炊飯量によらず一定の t_1 、 t_2 である。

2.1.2 米の吸水特性

図2は式(1)で求める米の吸水率と浸水温度の関係を示す。

$$P = (W - W_0) / W_0 \times 100 (\%) \quad \text{.....(1)}$$

ここに W_0 、 W ：浸水前、浸水後の米の重量(kg)

図で次のことがわかる。

- (1) 浸水温度が40℃以上であれば、米の吸水性は急激に良くなる。
- (2) 浸水時間20minを過ぎると吸水速度は遅くなる。

2.1.3 炊飯量判定

吸水行程では、かま底温度 T_0 でヒーターへの通電を制御するが、温度 T_0 でヒーターへの通電を停止しても、かま底温度は図3(a)に示

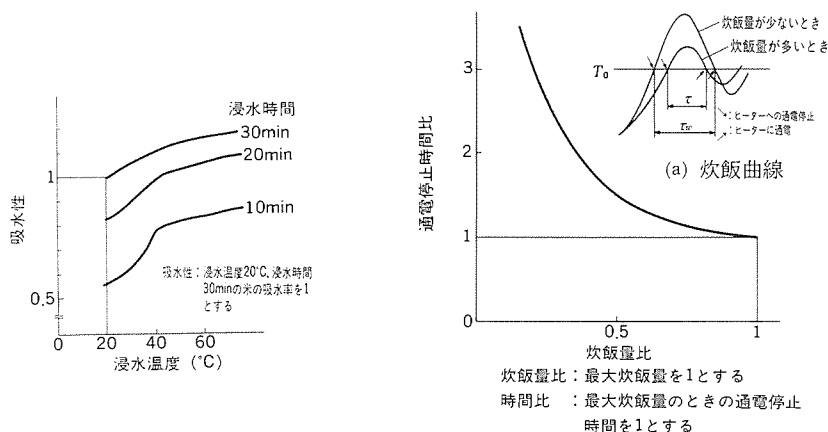


図3. 炊飯量判定

図2. 米の吸水特性

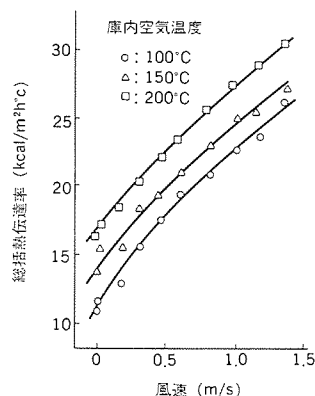


図4. 総括熱伝達率と風速

すように、ヒーターの熱慣性によって T_0 をいったん行き過ぎるが、かま内部への放熱によって下がり始め再び T_0 となる。この間、ヒーターへの通電は停止されている。

炊飯量 W が多くなると、かま内部への放熱速度が大きくなるため、かま底温度が速く下がり、ヒーターの通電停止時間 τ は短くなる。したがって、ヒーターの通電停止時間 τ と炊飯量 W は、図3(b)に示すようにおおむね反比例の関係にある。この特性を式(2)で表すことによって炊飯量が判定できる。

$$W = f(\tau) \dots\dots\dots (2)$$

2.1.4 新しい炊飯曲線

炊飯量が多い場合には、少ないときに比べ熱容量が大きいため加熱行程でのかま内部の温度上昇は遅く、糊化が進む温度に至るまでの時間が長くなる。2.1.2.項で述べた米の吸水特性から、この加熱行程の温度上昇期間中でも十分に米の吸水が期待できるため、炊飯量の多い場合は吸水行程の時間を短くすることができる。

- (1) 吸水行程の時間 t_s を、式(2)で求める炊飯量 W に応じて制御する。すなわち、炊飯量が多い場合には、その量に応じて時間 t_s を短くする。
- (2) おいしく炊き上げるには、沸騰に至るまでの加熱時間は約10minが好ましい⁽⁶⁾ことから、これを満たすため加熱行程では、ヒーター入力を従来の650Wの約50%増にする。
- (3) 糊化をむらなく行うためには、かま内部を98°C以上の温度に20min以上保つ必要がある⁽⁴⁾ことから、加熱行程における沸騰開始時点からの時間420minの中に、むらし行程を含める。なお、沸騰検知は、かまふた(蓋)温度 T_1 によって行う。図1(b)は上記(1)~(3)を採用した炊飯曲線を示す。

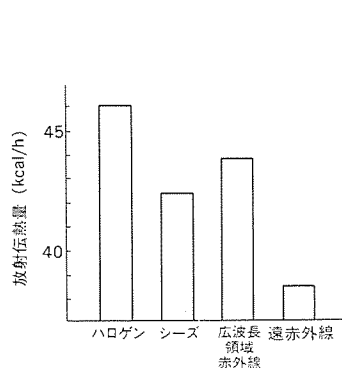


図7. ヒーターの放射伝熱量

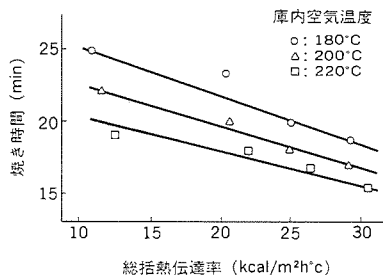


図5. 焼き時間と総括熱伝達率

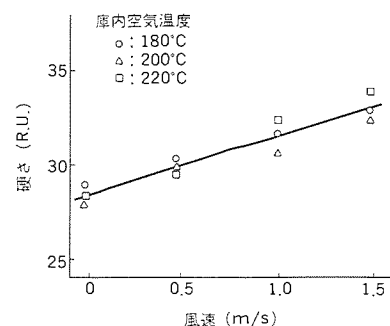


図6. 風速と温度のケーキ硬さへの影響

この結果、おいしさを損なうことなく、従来の炊飯曲線 B で要した炊飯時間を、炊飯量によって異なるが10~20min短縮することができた。この炊飯曲線は“快速 α (アルファ)炊き”の愛称で製品化されている。

2.2 オープンレンジの加熱方式

昭和40年に電子レンジは、「火を使わず、マイクロ波で食品を内部からすばやく加熱する」全く新しい調理器として、一般家庭向けに発売された。47年には、この電子レンジに「ヒーターで食品の表面から加熱し調理を行う」従来から広く活用されていたオープンの機能を付加したオープンレンジが発売された。これは、単にスペースセービングのみならず、ヒーターとマグネトロンを交互又は同時に通電することによって、食品を表面と内部から同時に加熱でき、調理時間の短縮化を図るとともに、食品の表面にこげ目がつけられることから調理の幅が広まった。

最近、センサやマイコンの活用によって、調理メニューに対応したきめ細かい火力調整ができる、調理の仕上がりを検出し自動停止するタイプのオープンレンジが発売されている。

ここでは、加熱方法と調理時間の短縮と食品の仕上がり品質について述べる。

2.2.1 強制対流式オープンの加熱特性

一般にオープン庫内の食品は、ヒーター及び庫内壁面からのふく射伝熱と庫内空気との対流伝熱によって加熱される。ここでは、オープン庫内の食品の受熱指標値を式(3)のようにふく射伝熱も含めた総括熱伝達率 α_T として表す。

$$\alpha_T = \alpha_c + \alpha_r \text{ (kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C)} \dots\dots\dots (3)$$

ここに α_c , α_r : 対流熱伝達率, ふく射熱伝達率

水の蒸発がない食品を想定し、熱的物性値が既知の黒色塗装した金属ブロックの加熱温度上昇実験により求めた総括熱伝達率と風速

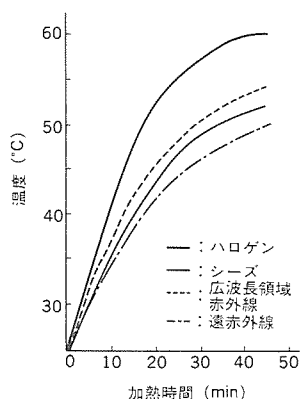


図8. 水の温度上昇曲線

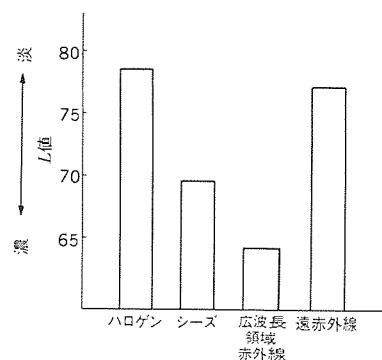


図9. ケーキの焼き色

の関係⁽⁹⁾を図4に示す。図で食品への伝熱性能向上に庫内風速が大きく寄与することがわかる。図5はスポンジケーキの焼き色が一定値になるまでの焼き時間と総括熱伝達率の関係を示すものであり、総括熱伝達率の増加によって焼き時間が短縮される。図6は風速がスポンジケーキの硬さに与える影響を示すものであり、風速を高めると食品の表面からの水分の蒸発が増加して食品が硬くなる。

以上のように庫内空気を強制対流させることによって、食品の受熱量を高め、調理時間の短縮が図れる。風速の設定にあたっては、調理の仕上がり品質を十分に考慮する必要がある。

ヒーターとマグネトロンを併用し、更に強制対流を付加したオープンレンジは、“コンビ&ブロー”の愛称で製品化されている。

2.2.2 ヒーターの放射波長と加熱特性

ヒーターから放射される波長の違いが、食品加熱に及ぼす影響について調べた。実験には消費電力が同じで、放射波長領域の異なる4種類のヒーターを用いた。

- (1) 可視領域から近赤外領域での放射割合の多いヒーター(タングステン フィラメント)をハロゲンガスで封じたもの(以下、ハロゲンヒーターと呼ぶ)
- (2) 主に近赤外領域を放射し、従来のオープンの加熱源に使用されていたヒーター (以下、シーズヒーターと呼ぶ)
- (3) 近赤外から遠赤外領域を放射する広波長領域赤外線ヒーター
- (4) 主に遠赤外線領域に放射する遠赤外線ヒーター

図7に各ヒーターの放射伝熱量を示す。図でハロゲンヒーターは他のヒーターより放射伝熱量が大きいことがわかる。また、図8は各ヒーターで水を加熱した場合の温度上昇曲線を示すものである。水の温度上昇速度はハロゲンヒーターが最も速く、食品の主成分が水分であることから、食品の加熱時間短縮にハロゲンヒーターが有効であることがわかる。実際に上記4種のヒーターでケーキを焼いたところ、ハロゲンヒーターの焼き上がり時間が最も短かった。しかし、仕上がり面では図9に示すように、ハロゲンヒーターで焼いたケーキの焼き色(ハンターの色差式の一成分であるL値⁽⁷⁾で示す)が他に比べて薄かった。これは、次の理由によるものと考えられる。

可視領域から近赤外領域での放射割合の多いハロゲンヒーターでは、食品の水分の赤外線吸収特性⁽⁹⁾によって、赤外線は食品表面であまり吸収されず食品内部へ透過するため、食品表面の水分の蒸発が少ない。ハロゲンヒーターは上記のように温度上昇が速く、可視光を放射するため加熱中庫内が明るく中がよく見える特長があり、“高速みるみるヒーター”の愛称で製品に採用されている。

3. 食品保存

昭和5年に電気冷蔵庫は、国産第1号が発売されて以来、冷凍食品が保存できる冷凍室付き、44年にこの冷凍室を分離した2ドアタイプ、更に49年に野菜保存室を独立した3ドアタイプへと発展してきた。

食品は冷蔵するよりも、冷凍の方が鮮度が長持ちすると一般に考えられている。しかし、冷凍すると組織が変わって本来のおいしさが失われたり、冷凍速度や解凍方法に注意を要する、などの問題がある。

まとめ買い、グルメ志向などの食生活環境の変化、より新鮮に、よりおいしく、より健康にとの欲求に対応するには、手間なく、より長期の保存ができる技術が必要となった。保存温度に敏感な食品も本来のおいしさを損なわずに長期保存可能な保存室を冷蔵庫に設

ける研究が活発に行われている。

3.1 保存温度と鮮度

下記の温度帯に、それぞれ食品を保存し、保存性比較を化学的測定と官能検査から実施した。

- (1) +4℃帯貯蔵(従来からの冷蔵庫であり、以下、冷蔵貯蔵と呼ぶ)
- (2) +2℃帯貯蔵 (以下、+2℃チルド貯蔵と呼ぶ)
- (3) -2℃帯貯蔵 (以下、-2℃チルド貯蔵と呼ぶ)
- (4) -4℃帯貯蔵 (微凍結が生じる温度帯)
- (5) -18℃帯貯蔵(従来からの冷凍室であり、以下、冷凍貯蔵と呼ぶ)

図10は各貯蔵でのまぐろ・あじの魚類鮮度判定恒数K値⁽⁹⁾の変化を示す。図において、K値が小さいほど鮮度がよいことを表し、冷凍貯蔵が最も鮮度を保持しており、貯蔵温度が高いほど鮮度低下の大きいことがわかる⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

魚臭の原因となるトリメチルアミンの生成量を図11に示す。この値も鮮度の指標となるもので、数値の小さい方がよい。冷凍貯蔵が他の貯蔵より鮮度が優れている⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

以上のように鮮度を指標に各貯蔵温度を比較すると、冷凍貯蔵が良好といえるが、食味に関して、色・におい・水っぽさ・口ざわり及び総合の5項目について順位法で官能検査を行ったところ、-2℃チルド貯蔵が有意で良好である結果を示した。

図12は水っぽさを与えるドリップ(肉汁)量を示すものである。冷凍貯蔵、-4℃帯貯蔵はドリップが大きく、冷蔵貯蔵、チルド貯蔵は小さく官能的に好まれた⁽¹¹⁾。ドリップについては、豚肉も同様の結果を得ている。また、貯蔵後の肉を一定温度で加熱して硬さを測ると、ドリップ量の多いものほど組織からの水分の流出が多いため硬くなる。

低塩・低糖・無添加食品、常備しておきたい食品、食べ残した食品などについてチルド貯蔵における保存性確認実験を行い、次の結果を得た。チルド貯蔵をすると、熟成の抑制効果、劣化の遅延効果、風味、食味の向上効果がある⁽¹⁰⁾。また、多数の食品についての化学的測定と官能検査の結果から、0℃付近が最も汎用性のある貯蔵温度帯といえる。

昭和59年、-2～+2℃のチルド温度帯の専用貯蔵室を《チルド室》と称し、《チルド室付き4ドア冷凍冷蔵庫》を業界に先駆けて発売し、好評を博している。

3.2 魚の保存性⁽¹⁰⁾

従来から生鮮魚や加工品として利用されてきた魚肉は、流通経路と家庭での貯蔵技術が発展したことと、健康意識の高まりとから、更に消費が増える傾向にある。

ここでは、家庭で3日間程度の短期貯蔵した場合に、保存温度が魚類鮮度判定恒数(K値)に与える影響について、いしがれい・まだい・まいわしを試料に、-2℃、0℃、+3℃、+7℃(各±0.5℃の温度変動範囲とした)の各温度で保存し、カラムクロマトグラフによる鮮度判定を行った。表1はまいわしのK値変化を示すものであり、鮮度が保存温度と日数に関係深いことがわかる。しかし、まだいではどの保存温度でも3日間程度ではK値が20%以内に保たれるなど、魚種によって保存温度の影響の大小が観察され、-2℃での保存は多くの魚種に対して効果を持つが、すべての魚を-2℃で保存するといった固定的な扱いは必要としない。

3.3 野菜の保存性

近年、収穫した野菜を予冷したり、貯蔵の温・湿度や空気組成を制御して鮮度を保持した野菜が出回っている。野菜はビタミン、糖、

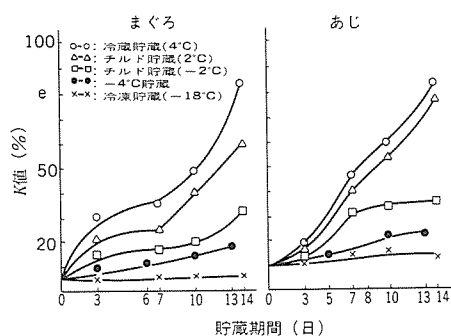


図10. K値の変化

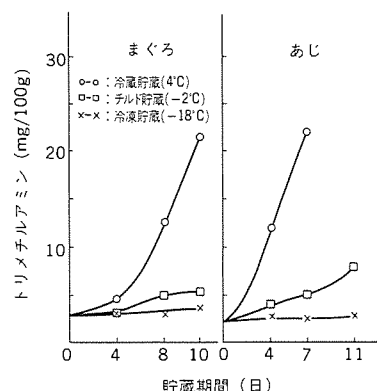


図11. トリメチルアミンの変化

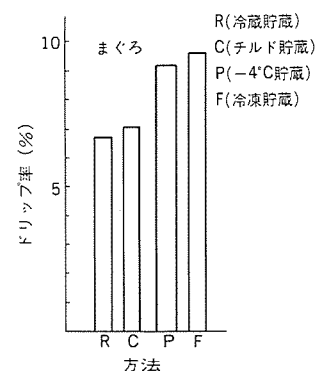


図12. ドリップ率の比較

表1. まいわしのK値の変化量(簡易法, 0日を基準)

温度	日数	0	1	2	3
-2	7.3		9.9	10.4	12.5
0			11.6	16.4	25.7
+3			11.0	18.5	23.2
+7			14.9	26.2	32.4

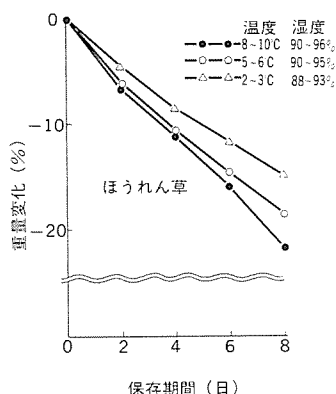


図13. 重量変化

ミネラル源として、また食物繊維を得るために必要で、食事に色どりを添える効果もある。そのためには購入後も新鮮保存が続けられなければならない。

野菜の鮮度低下は、呼吸・蒸散・微生物の3作用で進行し、これらの防止には低温貯蔵がかなり有効である。低温障害を受ける野菜を除き、一般に低温にすれば生化学反応が不活発になって成分の損耗が少なく、水分の生成・蒸散が小さくなる。呼吸による発熱は周囲温度を高めるため、野菜を密着させずに対流によって冷却されるように保存するのも効果がある。また、水分の蒸散によるしおれや収穫・運搬中の傷も腐敗菌の繁殖につながるため、低温にするとともに高湿度を保つことも効果がある。野菜の保存室を密閉構造にすると野菜の蒸散作用によって結露を生じたり、老化ホルモンとなるエチレングス濃度が高まり、緑色野菜が黄化したりする。以上のことを総合すると、低温度、結露をしない程度の高湿度に換気を行い、野菜室内に弱い気流を与えることが新鮮保存に必要な条件である。

野菜室内の温度をパラメータに、野菜の保存性の比較実験を行ったが、一例として図13に、特に水分の蒸散量の多いほうれん草の重量変化を示す。図で明らかなように、保存期間が増えるとともにどの条件下でも徐々に重量は減少するが、低温ほど減少が少ない。5～6℃、7～8℃では共に保存期間6日目には、内部のほうれん草

は腐敗しはじめた。これから野菜の低温貯蔵の有効性がわかる。

4. む す び

健康意識の高まりや手造り志向の食生活意識の変化、食品材料や流通経路の多様化などに対応して開発した食品の加熱調理・保存技術を主体に紹介した。これからも社会・生活構造の変化、急激な高齢化、女性の社会進出、単身者の増加が進み、加熱調理における時間短縮とおいしさ向上、保存性のより優れた冷凍冷蔵技術のニーズが更に強まると考えられる。また、経験・知識を必要とする、又は手間のかかる調理が、自動的に行え、かつおいしく仕上がる調理機器が要望されている。今後とも、これらにこたえる食品の調理・保存技術の開発を進めていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 松永ほか：炊飯過程における糊化度について、日本食品工業学会誌, 32, No.11 (1985)
- (2) 松本：自動炊飯器の変遷, 調理科学, 15, No.2 (1982)
- (3) 貝沼：沸騰継続中の火力の強弱が炊飯に及ぼす影響について、家政学雑誌, 28, No.3 (1977)
- (4) 貝沼ほか：米の調理に関する研究(第5報), 炊飯条件としての沸騰継続時間(その2), 家政学雑誌, 37, No.12 (1986)
- (5) 貝沼ほか：米の調理に関する研究(第3報), 炊飯条件として(沸騰に至るまで)の加熱速度, 家政学雑誌, 34, No.11 (1983)
- (6) Hidemi Sato, Tsuneo Matsumura and shoko Shibukawa: Apparent Heat Transfer in a Forced Convection Oven and Properties of Baked Food, Journal of Food Science, 52, No.1 (1987)
- (7) 日本工業規格, 色差表示法, JIS Z 8730 (1980)
- (8) 工業技術会, 遠赤外線利用の最新技術 (1987)
- (9) 内山ほか：核酸関連化合物からみた魚類鮮度化学の現状, 日本水産学会誌, 36, No.9 (1970)
- (10) 加藤ほか：チルド室付き4ドア冷凍冷蔵庫, 三菱電機技報, 58, No.5 (昭59)
- (11) 原ほか：家庭における零度付近での食品保存の有効性, 食品と低温, 10, No.3 (1984)
- (12) 松村ほか：冷蔵温度の魚肉のK値への影響, 調理科学, 20, No.3 (1987)

快適空調技術とその応用

山崎起助*

1. ま え が き

最近の空調技術は、生活空間の快適化をより一層の向上を図るために、そこで生活する人の使い方、好みに合った空調環境をマイコンを用いて簡単な操作で実現する制御方法の開発に向けて進展してきている。この背景には住まいにおける暑さ・寒さに対する充足だけでなく、豊かさ、快適さ、健康への欲求があり、それを満足する質の高い空調を実現する制御技術開発が必要となっている。

これに対応するため、電子化技術・マイコン技術の導入を図りつつ、最近の空調機は快適気流制御方式、温湿度・気流・ふく射などの温熱要因と人の温熱感覚を機器の運転制御に取り込む制御方式、更にこれを実現する機器側の制御方式などが開発されてきた。

本稿では、①快適空調環境実現に向けての制御技術トレンドからみた現状の把握、②当社で開発された快適気流制御方式の例、人の温熱感覚を機器制御に取り入れた“温感制御”、機器側の制御性向上を図る冷凍サイクルの新しい制御方式について述べる。

2. 快適空調制御技術の流れ

暑さ・寒さをしのぐ手段は、燃焼による採暖、自然の現象をうまく利用した構造物の利用など、日本の気候風土に適合した様々な方法があり、現在でも快適な住まい環境作りの中に息づいている。しかし、積極的に快適な冷暖房環境を得るために機器を制御する技術が家庭用として芽生えてきたのは、昭和20年代以降米国など外国からの空調技術の導入に端を発しているといってもよいであろう。

空調技術の導入期を第一世代として、現在までの空調制御の流れを家庭用のルームエアコンを典型例として、室内空調環境と機器運転の面から世代分類的に整理してみたものを表1に示す。

2.1 室内空調環境の制御

第一世代の空調技術の導入期では、暑さや寒さから逃れるために人が直接機器をオン・オフしたり、石油ストーブ等のしん(芯)を上下して火力を調節していた。このころは、環境制御のアルゴリズムの面からとらえると機器としての制御機能はほとんどなく、人の暑い・寒いのが感覚が機器を支配していた。

第二世代は、人の手をわずらわせずに機器に制御性をもたせよう

表1. 空調制御技術の変遷

	空調環境技術	機器制御技術
第一世代 (昭和20年代)	暑さ・寒さからの脱出	揺らん期 ●メカ式サーモによる機器発停
第二世代 (昭和30年代)	利便性の追求 ●半導体サーモによる室内温度の制御	機器要素機能の向上 ●圧縮機・送風機・熱交換器の高効率化
第三世代 (昭和50年代)	環境制御のめざめ ●個別温熱要因制御 (温度・湿度・気流) ●室内温度分布	電子技術の進展 ●省エネルギー ●冷凍サイクル高効率化 ●容量制御 ●マイクロエレクトロニクス
第四世代 (昭和60年代)	本格的環境制御の追求 ●温感制御 ●温熱要因のトータル制御	高度な電子技術 ●パワーエレクトロニクス ●システムのバランス制御

として、暑さ・寒さを代表する温度を制御対象として、バイメタル等を利用した機械式温度調節器の導入を図り、更に温度調整の精度の向上と便宜性の向上を図るために単機能的な電子サーモ式へと進んできた。この世代では、機器は人手による調整から、機器自体に制御器をもって、人の指示にしたがって電氣的な制御が広く採用されはじめた時期であった。

第三世代になると、快適な環境への欲求に機器がこたえられるような、いろいろな機能をもった制御の可能性が広まってきた。第二世代に普及してきた電氣的な制御が高機能化され、半導体技術が適用され、環境変化に追従性の良い電子サーモやICサーモなどに取って代わられるようになり、温度制御の精度が向上するとともに制御性も高い自由度を持つようになってきた。更に、温度センサによる湿度制御、室内の温度分布の改善を図るための機器の構造的な改良も加わり、温度・湿度・気流が空調機の制御対象とされるようになってきた。このように室内温度の分布にも注目して制御アルゴリズムの開発を行っていくには、室内温度や気流分布などを快適性に関連して評価できる評価法を確立することが必要となり、詳細な室内温度分布に関する測定を基にして室内環境評価指標⁽³⁾⁽⁴⁾を開発している。

第四世代は、先の温度・湿度・気流に関する個別の制御から、ふく射を加えた温熱4要因の総合化した制御に加え、人の暑い・寒いなどの温熱感覚をも空調機の制御に取り入れて、暑くも寒くもない環境を模索する世代である。4章に述べる“温感制御”方式は、この第四世代の第一ステップにあるものと位置付けている。

2.2 機器の動作制御

環境の制御の世代分類に対応して、機器の運転動作制御の面から世代を追ってみると、第一世代では、人のオン・オフ操作に従って機器が運転され、冷やしたり、暖めたりする機能を安全に発揮しようとするのみであった。

第二世代では、機械式温度調節器の導入や、電気式温度調節器へと進むに従って、第一機能である冷やす・暖めるから機器の小型化や軽量化など構造的な改善と高効率運転を目指した構成要素の改善が図られた。

第三世代では、半導体など電子化技術の進展に呼応して、省エネルギー化のための冷凍サイクルの制御方式が開発された。図1は暖房時の冷凍サイクルの概要を示し、“ミクロス”制御方式⁽⁵⁾と呼称しているもので、圧縮機が停止するとき、高圧側に蓄えられた冷媒液が無駄に低圧側に流れないように電磁弁と逆止弁で高圧側と低圧側を分離して、圧縮機の発停に伴うロスを低減するものである。この世代の後半になると、インバータを用いて、負荷変動に対応して圧縮機の回転数を制御して能力も変化させる容量制御の方法が開発され、多少の負荷変動にも圧縮機を発停させる必要がなく、軽負荷時の省エネルギー、変動の少ない室内温度の維持が可能となった。また、圧縮機の回転数の制御に伴う冷媒循環量の変化に対応して、高から低圧側に流れる冷媒流を適度に絞って制御する電子式膨張

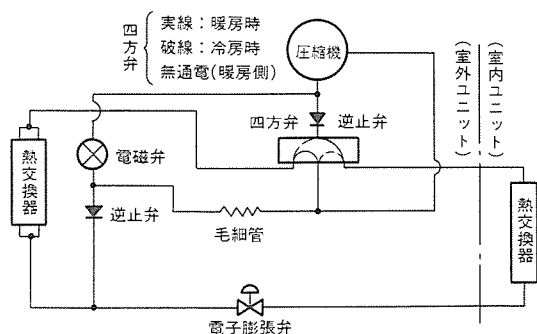


図1. “ミクロス” 冷凍サイクル

弁⁽⁶⁾⁽⁷⁾の開発は、前に述べたインバータによる容量制御と合わせて、空調機の運転制御の自由度を大幅に拡大することになり次世代の高度な冷凍サイクルの制御の重要なアクチュエータとして寄与することになる。

第四世代では、従来の逐次的な制御と異なり、生き物のもつ優れたシステム制御の思想を取り入れて、空調機の急激な運転条件の変化や過渡的な状態変化に対しても安定で高効率な動作を行う制御方式の開発が行われよう。初期的な段階であるが、当社では、圧縮機、電子式膨張弁、送風機などの主要なアクチュエータ群の制御にシステム全体としての動作と、個々のアクチュエータに自律性を持たせた動作とを調和させながら空調機を運転制御する“ホロニクス制御”を開発し、実用化している。

3. 快適気流制御

室内の快適な冷暖房を行うには、室内空調負荷とバランスする熱量の冷温風を空調機から吹き出す必要がある。この風の吹き方によっては、平均温度的には目標値に達しても、暖房時における室内の上下温度差や床面付近の空気温度が低い、気流による“吹かれ感”などによって快適な状態にならないことがある。このために、空調機の吹き出し口の位置・形状と吹き出される冷温風の方向・風速などを機器の形態に合わせて最適に設計する必要がある。以下に当社の冷暖機に搭載している快適気流制御方式について述べる。

(1) ルームエアコンへの適用例

図2に昭和63年度の壁掛け型ヒートポンプルームエアコンの室内ユニットを示す。壁掛け型のエアコンは、室内の床上2m付近に取り付けられており、その高い位置から冷温風を吹き出している。暖房時における制御の方法を工夫することが肝要である。温度の高い温風は吹き出されてから浮力によって上昇する傾向があるので、この温風を床面付近に到達させるために、水平から下向きに70度程度の角度で下方に吹き出す方式をとっている。吹き出し風速が早過ぎると居住者に気流による吹かれ感が生じたり、吹き出し風速が遅いと床面付近を暖めることができないなど改善すべきことが多かった。この新しいエアコンは、二つの送風機を互いに相関をもたせながら制御することにより大幅な改善が可能となった。図3は室内ユニットの断面を示し、図4は暖房される室内に吹き出される温風の経路を示し、左側が新しい二つのファンを持つツインファンエアコンの例で、右側が従来方式によるものである。

従来のものは、温風は床面に向けて吹き出されるが、途中で上昇し室の遠くまで温風が到達しにくくなっている。新方式では、上方から吹き出される温風が室の上部をエアコンの対面壁にまで到達するように室内を循環しており、下方から吹き出される温風とで室

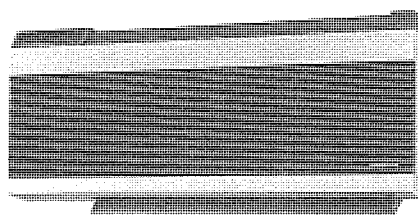


図2. ツインファンエアコンの外観

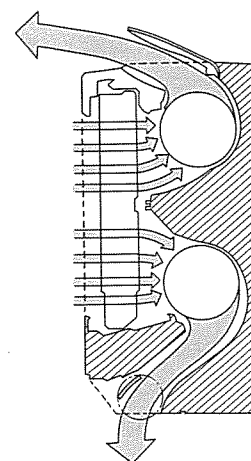


図3. ツインファンエアコンの断面形状

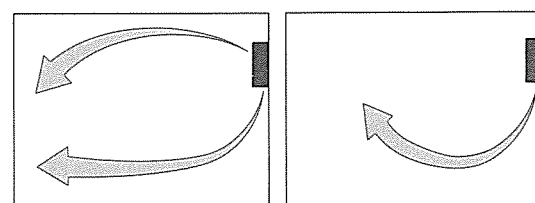


図4. ツインファンエアコンの温風の経路

内全体を包み込むようになっている。これにより、従来の一方向から出る風を2方向に分配する気流制御を行うことにより、室内温度を均一にして更に速い気流による吹かれ感も低減している。

(2) 石油ファンヒーターへの適用例

石油ファンヒーターは床置型の暖房機で、機器前面の下部から温風が吹き出される。この方式は温度の異なる温風を上下に配置した二つの吹き出し口から吹き出して、室内の暖房状態の改善を図ろうとするものである。下の吹き出し口から吹き出される高温風は約80℃のメインフローであり、この吹き出し口のすぐ上の吹き出し口からメインフローより低温の約40℃のサブフローを組み合わせている。図5に室内温度分布を示すが、このサブフローにより高温のメインフローが浮力によって上昇するのを抑え込んで、温風が床面に沿って遠くまで到達するように機能している。これにより、従来に比べて室内の床上160cmと5cmの高さにおける上下温度差を4 degC少なくさせると同時に、居住域内の温度が目標値の±1℃以内に入る確率(NTDA)⁽⁹⁾を43%から74%に改善し、暖房室内温度分布のばらつきを少なくしている。

(3) 《クリーンヒーターエアコン》への適用例

《クリーンヒーターエアコン》は、石油ファンヒーターと同じく床置型の空調機で、冬期にはFF式の暖房機、夏期には冷房用のエア

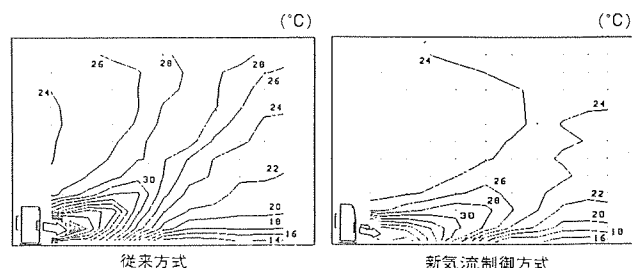


図5. 石油ファンヒーターの室内温度分布

コンを搭載して冷暖房を行う機器である。冬期には、機器前面下部から吹き出す温風と、機器上面から吹き出す室内温度レベルの風の組合せによって暖房を行う。図6に室内の温度分布の図を示すが、上から吹き出す風は室内の上方を循環しながら、下部から吹き出す温風の上昇を抑えとともに室内空気を攪はんして温度分布を均一にし、同図左側に示す従来方式に比べると足元付近の低温域を少なくしている。また、上下温度差も大幅(5.4degCから2.4degC)に減少している。

(4)天井設置型空調機への適用例

天井面に吹き出し口を設ける空調機の場合、冷房時には冷風を水平方向に吹き出して冷気を室内に分散させているが、このとき、天井に沿って冷風が流れて天井面が汚れる現象が生じていたが、吹き出し口の形状と風向を制御する制御翼に工夫を加え、冷気を天井面から少し離れるようにしてこれの防止を行っている。図7は暖房時の室内温度分布状況を示し、温風を床面に向けて吹き下ろすようにして、図の左側に示す従来方式に比べて、床付近まで温風が到達し、上下温度差を大幅に改善している。新方式では図8に示すように、吹き出し口を構成する気流の案内壁と風向制御翼の形状に工夫をこらし、冷暖房に応じて水平方向から垂直方向に至るまで大幅な偏向を可能とし、また風の偏向に伴う風圧損失の増大を防止している。

4. 温感制御方式

人の空調環境における暑さ・寒さの感覚は1章でも述べたように、温度・湿度・気流・ふく射の温熱4要素に加え、着衣量や活動量更には年齢、性別などによっても変化するといわれている。また、人によって暑さ・寒さの感じ方も異なるので、その人に最も適した“感

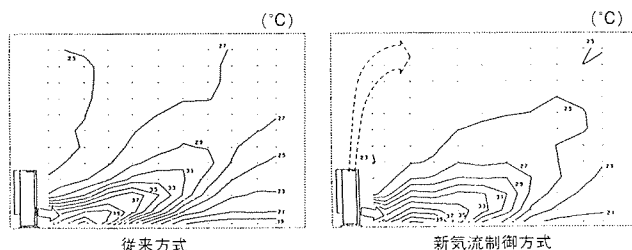


図6.《クリーンヒーターエアコン》の室内温度分布

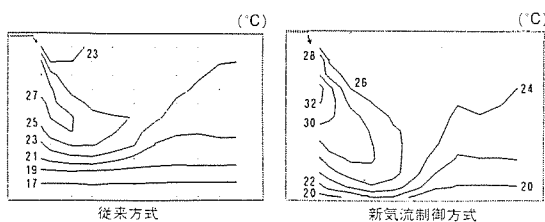


図7. 天井設置型空調機の室内温度分布

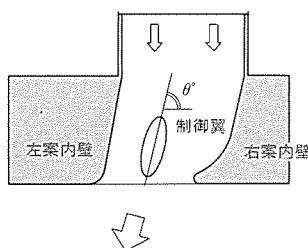


図8. 天井設置型空調機の出口構成

じ”を空調機の制御に取り入れることができれば、より快適な環境を実現することが期待できる。

温感制御^⑧は、図9の当社のヒートポンプエアコンとして発売している“ツインファンエアコン”の室内リモコンに示すように、暑いとき、快適、寒いときの表示のあるスイッチを持ち、使う人がその室内環境の感じ方に応じてそのスイッチを操作する。例えば暑いときには、そのときの室内温度レベルに応じてその調節幅を変化させて室温を下降させる。また、機器による室内空調状態を自動的にコントロールできるように、図10に示す温感センサを用いて運転制御を行っている。図に示す受熱板から対流やふく射によって放散される熱量が変化しても、その温度を一定に保つように、電気ヒーターに流す電流を制御する。このときの電流変化分をセンサとしての制御信号に用いている。このセンサは、人の温熱の快適性が皮膚温度と強い相関をもっていることに注目して開発したもので、暑いと感じているときには皮膚温が上昇し、寒いと感じているときには皮膚温が下降する。快適に感じているときには皮膚温はほぼ一定している。この皮膚温状態をセンサ機能として模擬することができれば、そのセンサからの信号を機器の自動コントロールに利用することによって、快適空調環境実現を目指して機器を運転することができる。温感制御のもつ機能は、例えば、①温感センサからの出力に基づいて、人が環境変化に応じて皮膚温を変化させ体温調整を行うように、温感センサの表面温度を一定にしていとも快適な温熱状態になるように空調を行う温感一定制御、②使う人の暑い、寒いという指示がキー操作により与えられたとき、その希望の温熱状態に修正する方法は、今までの目標値と新たな温感キー入力時の目標値との差をキーの操作時ごとに繰り返して求め、“暑いとき”のキーが押されても、過剰修正しないように温度設定できる学習機能を持っており、使用者の好みの温度レベルに、より近づいた制御を行えるようにしている。

5. 冷凍サイクル制御

快適な環境を実現するためには、前述の制御アルゴリズムの開発とともに、それを実現する機器制御の開発が必ず(須)である。最近のマイコン技術の進展に伴い能力制御のできるインバータが広く使用されるようになり、制御に関する種々の方式が開発されてきた。機器の制御性としては、高効率と同時に変動する負荷に追従して安

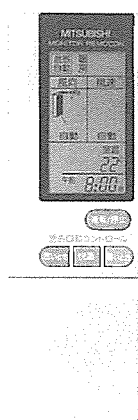


図9. 温感制御
(エアコン用リモコン)

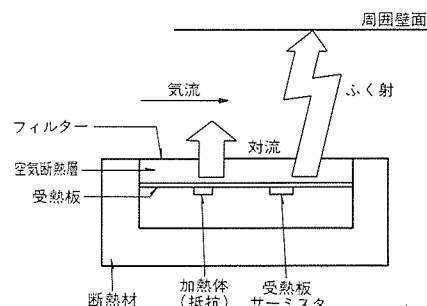


図10. 温感センサ

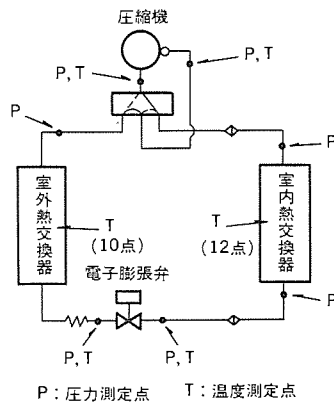
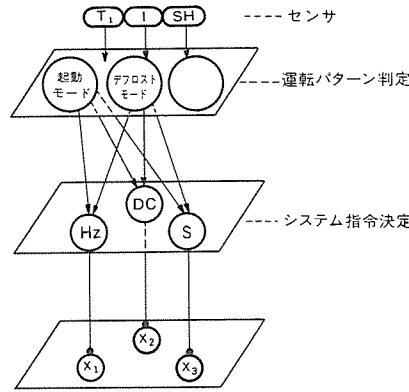
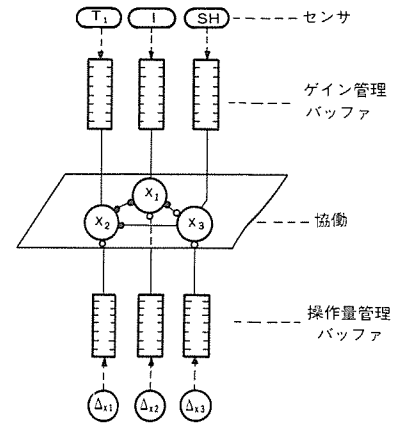


図11. 空調用基本冷凍サイクル



(a)システム指令



(b)相関指令

図12. “ホロニクス制御”の概念図

定に運転を継続できなければならない。

空調機の主要構成アクチュエータとしては、圧縮機・電子膨張弁・熱交換器用送風機があり、負荷変動に対応して円滑な運転状態を実現するよう、マイコンなどの電子回路による制御が必要である。アクチュエータの動作は、ある条件のもとでどのような傾向に制御したらよいかなどについては知られているが、それらが互いにどのような関連をもって動作したら最適な運転ができるかが不明であった。そこで、冷凍サイクル系・圧縮機系・モータ系など一連の過渡応答を追跡し、動的負荷変動に対する各系における物理量の詳細な把握を行った。上記3個のアクチュエータを系全体からみて、バランスのとれた制御を行おうとするシステム指令と個別のアクチュエータが最適な状態で稼働をするような自律性と調和から見た相関指令とにより機器を運転しようとする、ホロニクス制御と名付けたアルゴリズムを開発した。これにより、機器の運転の安定性と必要に応じて機器の最大能力を発揮できるようにした。

空調機の中では冷凍サイクル中に冷媒が循環しながら、冷暖房を行っている。この冷凍サイクルにおける現象の伝播(播)は、冷媒循環スピードと圧縮機や熱交換器などのもつ熱慣性の関数となっており、伝播スピードに適合して各アクチュエータが作動しなければ、系がハンチングを起こしたり効率の悪い運転を行うことになる。図11は冷凍サイクルの概略構成を示し、T, Pなどの記号は温度、圧力であり、過渡応答を追跡するための測定ポイントを表す。冷凍サイクルにおける主要物理量は温度と圧力であり、この伝播状況は一次の時間遅れ関数で表される。温度の時定数は30~600秒程度であり、大きな熱容量を持つ構成要素の出口では大きな時定数を持つ、すなわち応答の時間遅れが大きくなっている。圧力伝播の時定数は40~300秒程度であり、低圧側の応答が速く、高圧側の応答が遅くなっている。

圧縮機を駆動するインバータの周波数、電子膨張弁の開度、室内送風機の回転数を制御するために対応する対象は、各々インバータの一次電流、圧縮機吸入冷媒ガスのスーパーヒート量、室内吹出し空気温度であるが、各アクチュエータは図12に示すように各々の制御対象から相互に影響される。このように互いに関連しあうアクチュエータ群の管理と室温・冷媒温度などの制御要因群の管理を適正に行うため、生体システムの動きを解明するのに効果をあげている神経回路網モデルを採用している。更に、システム全体の動きと各アクチュエータの動きを同調させるシステム指令と、アクチュエータ間相互の協調を図る相関指令など、階層的な制御構成を採用してい

る。このようなアルゴリズムによる制御方法によって、暖房時の室内温度の立ち上がり時間の短縮、吹出し温度の高温化、冷媒循環回路系構成の改善と合わせて霜取り時間の短縮及び急激な負荷変動に対して安定した運転を継続することが可能となった。

6. む す び

快適な空調環境を創出する技術は、人と機器とのかかわり、それに空間を形成する住宅との融合をより深めながら進んでいくことが考えられる。このためには、快適な空調環境を実現する負荷側の制御技術や、機器制御技術の流れをとらえて、今後どのような方向に進展するかを予測していかなければならない。本稿では、昭和20年以降日本で空調技術が急速に進展してきた技術的な背景を分析し、現在がどのような歴史的な位置を占めるかを理解し、その流れの先がどうなるかを推定するのに役立てることを試みた。これによれば、本稿に述べたように現在は人の感覚に注目した制御方法や、生体の動きに範を求めたシステム的な制御方法の開発などのほう(萌芽期)にあり、今後は更にインテリジェント化が進み使う人にやさしい機器の動作及び過渡的な状況変化に追従する制御のアルゴリズムを求めて、例えばAI応用など、単に空調分野での改善・改良にとどまらず広い視野に立って技術開発を行っていくことが必要と考えている。

参 考 文 献

- (1) 梅村ほか：昭和62年度インバータルームエアコンの快適制御，三菱電機技報，61，No.5（昭和62）
- (2) 菅原ほか：空調制御法の一提案，第21回空調和・冷凍連合公演会，講演論文集（1987-4-2,3）
- (3) 菅原ほか：暖房室内における温度気流分布と快適性，三菱電機技報，56，No.12（昭57）
- (4) 菅原：室内環境を数量化する，化学と工業，37，No.9（1984）
- (5) 松岡ほか：小形空調機における蒸発器の動特性，三菱電機技報，55，No.6（昭56）
- (6) 山崎ほか：冷凍サイクルの広域高効率制御方式，三菱電機技報，58，No.5（昭59）
- (7) Y.Nakashima et al: Reversible Flow Type Linear Expansion Valves for Heat Pumps, ASHRAE Ann. Meeting (1985-6-26)
- (8) 梅村ほか：昭和62年度インバータルームエアコンの快適制御，三菱電機技報，61，No.5（昭62）
- (9) 松岡：空調機のホロニクス制御，三菱電機技報，61，No.5（昭62）

照明技術とその応用—最近の照明技術例—

狩野雅夫* 田中紀彦**
願念和男** 安西良矩*
前山紘一郎**

1. ま え が き

最近の照明技術の動向は、単に物を明るく均一に照明する平面的な照明から、室内全体をいかに快適に照明するか空間的な質の照明に移ってきている。これに対応するため、光源としては光の制御が容易で照明器具のデザインの多様性がとれる小型で色の見え方の良い高演色タイプの新光源が開発され、また点灯装置としては軽量でちらつきがなく瞬時点灯や調光が可能なパワーエレクトロニクスを活用した電子点灯装置が開発された。

一方、これらハード面の開発だけでなく快適な視環境を作る上での照明のソフト面からの開発も進んでいる。例えば、スポーツ施設照明では、プレーヤーがボールを視認しやすく快適にプレーするためのボールの輝度分布を考慮した照明のあり方など従来の平面的な照明の考え方から、視覚生理を考えた快適な空間照明手法が提示されている。

ここでは、新光源の中で現在最も注目を集めているコンパクト蛍光ランプとそれを使用した新しい照明器具及び新しい照明手法を取り入れたテニスコート照明について、最近の当社の照明技術を中心に紹介する。

2. コンパクト蛍光ランプBBシリーズの開発

光源の市場動向は、低効率の白熱電球に代わって高効率の放電ランプを導入しようとする傾向が強くなっている。特に蛍光ランプは白熱電球の寸法に近いコンパクト蛍光ランプが開発されたことから、照明器具のデザインに自由度が増すとともに高輝度で配光制御が容易なことから急速に需要が増大している。

このような技術動向に対して、当社ではいち早くコンパクト蛍光ランプの製品化技術を確立し、①BB・1（シングル）、BB・2（ダブル）と称すBBシリーズを商品化した。以下、BBランプの開発のねらい、構造、特性、について述べる。

2.1 ランプ開発のねらい

コンパクト蛍光ランプは図1に示すように大別すると2種類あり、直管バルブを二つ折り（BB・1タイプ）及び四つ折り（BB・2タイプ）に曲げ、その一端に専用の口金を取り付けた構造となっている。

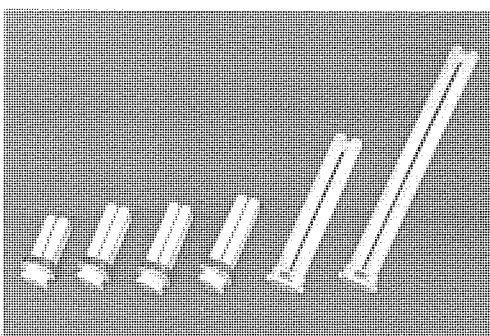


図1. コンパクト蛍光ランプBB・1, BB・2

（左からBB・2：9W, 13W, 18W, 27W）
BB・1：27W, 36W

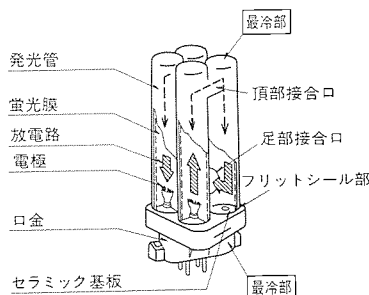


図2. BB・2ランプの構造

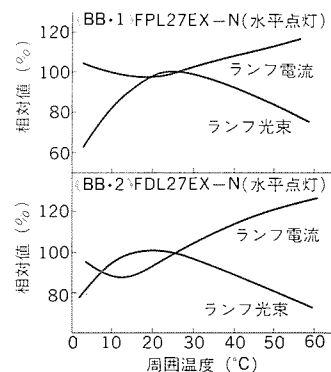


図3. 周囲温度とランプ電流、ランプ光束

の改良，ガラス処理などに新しい技術を導入した。

まず，水銀蒸気圧を最適な0.8Pa付近に制御するため，ランプの先端部と口金内の細管部との2箇所を図2に示すような最冷却部を設けたダブル最冷却構造を採用した。このため，点灯方向にかかわらず最適な水銀蒸気圧が保たれ，高い発光効率が得られた(図3)。なお，管壁に塗布されている蛍光体は動作中100℃以上になり，一般ランプ用の蛍光体では発光効率が低下する。このためBBランプシリーズでは，当社狭帯域発光型蛍光ランプ《ルピカエース》で実績を持つ高効率希土類蛍光体を特に高温型に改良したものを用いた。さらに，ランプ管壁高温化に伴いガラス表面と水銀との反応が生じ，着色物質が生成する問題に対しては，ガラス表面上に超微粒子金属酸化物の保護膜を設けて着色を防止した。この金属酸化物保護膜は，初期の明るさを向上させるとともに，点灯後の明るさの低下を大幅に改善させる効果を示した。

2.3.2 光源色・演色性

コンパクト蛍光灯BBシリーズは，そのコンパクトな形状を生かし，いろいろな照明器具に使用されることが予想される。したがって，ランプの光源色は，電球色(2,800K)，三波長昼白色(《ルピカエース》色，5,000K)及び三波長(《ルピカディ》色，6,700K)と3種をそろえ，広い用途に対応できるようにしている。また，演色性はすべて高演色性(演色A)タイプとして，最近の照明の質の向上に対応させている。

2.3.3 周囲温度特性

コンパクト蛍光灯BBシリーズは，一般蛍光灯と同様に周囲温度変化により光束と電気特性が変化する。そこで，前述のように使用温度範囲を勘案してダブル最冷却構造を採用し，ランプが常温(15～30℃)で最適な特性となるように設計した(図3)。

2.4 ランプの機種

コンパクト蛍光灯BBシリーズは，使用目的に応じて広く使い分けることができるように，9W，13W，18W，27W，36Wと合計16機種(BB・1型4機種，BB・2型12機種)を製品化している。なお，これらの機種にはすべてランプと安定器の定格違いによる誤使用を避けるため，口金とソケットに誤使用防止溝を設けている。

3. 新光源を使用した照明器具

照明器具はこれまで屋外や工場の照明に用いられる高圧放電灯を除き，デザインを重視する分野では白熱灯が，経済性を重視する分

表1. 光源別特性比較

機種	コンパクト性 (大きさ)	経済性 (効率)	保守性 (寿命)	低発熱 (発熱量)	輝き (輝度)
白熱灯	◎	△	△	△	◎
蛍光灯	△	◎	◎	◎	△
BBランプ	○	○	◎	◎	○

注：◎特に優れている，○優れている，△劣る

表2. 白熱灯器具・蛍光灯器具の課題

機種	白熱灯器具	蛍光灯器具
シャンデリア	電気代が高い，夏暑い	グローブが大きくデザイン面での足りない
ペンダント	夏暑苦しい	食卓では輝きが足りない
シーリングライト	薄型デザインがない	発光面積が大きすぎる
ダウンライト	電気代が高い，空調負荷増	小型のものができない
ブラケット	屋外用の場合電気代が高い，ランプ寿命が短い	デザインでよいものがない，光に輝きがない
スタンド	夏暑苦しい	セードが大き過ぎる，ちらつきが気になる

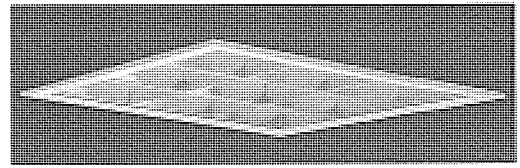


図4. BB・1タイプ使用埋込型器具

野では蛍光灯が用いられ，それぞれの分野で発展を遂げてきた。しかし，前述の新光源のコンパクト蛍光灯の出現によって，それぞれの適用分野が塗り変えられつつある。この理由は表1に示すように，コンパクト蛍光灯が白熱灯と蛍光灯のそれぞれの欠点を補完する特性を持っていることにある。さらに，照明器具の種類別に白熱灯と蛍光灯の課題を整理すると表2のようになり，表1と合わせてみればコンパクト蛍光灯が今後照明市場の中でいかに重要な地位を得て行くかが予測できる。

3.1 BBライティングシリーズ

コンパクト蛍光灯BB・1，BB・2を使用した三菱コンパクト蛍光灯器具は以上のような背景の中にBBライティングシリーズとして昭和62年から，それぞれの特長を生かした機種展開を図っている。

3.1.1 BB・1を使用した照明器具(埋込型照明器具)

最近の店舗・オフィスのベース照明では建築デザインの高度化に伴い，照明器具の発光部分の小型化が要望されているが，BB・1ランプはこのニーズにこたえ得る光源である。図4はBB・1ランプの36Wを3灯使用した埋込型照明器具であるが，従来の直管形蛍光灯40W3灯用の器具と比較すると，明るさはほぼ同じながら発光部分の面積は約1/3となっている。

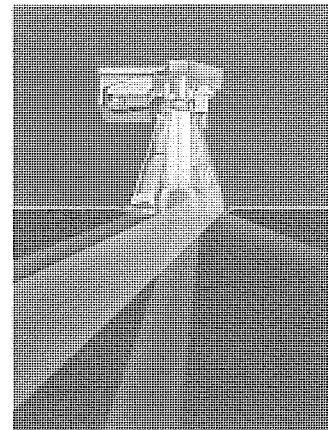


図5. BB・2タイプ使用ダウンライト

表3. コンパクト蛍光灯・白熱灯のダウンライトの経済比較

項目	コンパクト蛍光灯(BB・2)器具	白熱灯器具
器具型名	BD3151WL(BB・2タイプ27W付き)	LD6135(白熱電球100W型付き)
器具価格	9,900円(ランプ付き価格)	6,000円(ランプ付き価格)
交換ランプ価格	1,600円	190円
ランプ寿命	6,000h	1,000h
消費電力	32W	95W(省電型ランプ)
2年間(6,000h)のランニングコスト	交換ランプ：不要 電気代：32/1,000×6,000×30円=5,760円 計5,760円	交換ランプ：190円×5=950円 電気代：95/1,000×6,000×30円=17,100円 計18,050円
同 差 額	18,050円-5,760円=12,290円	

注：電気料金=30円/kWh，年間点灯時間=3,000h

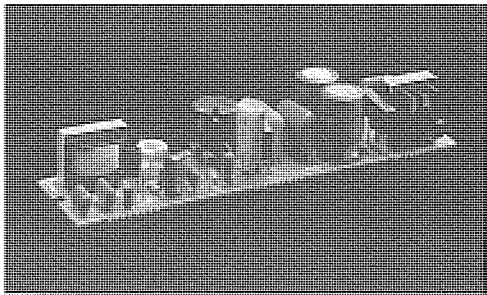


図6. BB・2タイプ27W用電子安定器

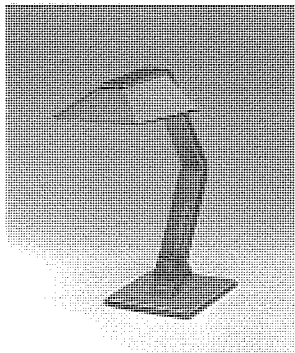


図7. BB・2タイプ
27W使用スタンド

BB・1ランプはこのほかスタンドへの展開も実施しているが、今後は直付型器具に適用するなど、このランプの特長を生かし、蛍光灯器具を小型化する方向に機種展開を図る予定である。

3.1.2 BB・2ランプを使用した照明器具

(1) ダウンライト

器具を見せないで光が得られるダウンライトは、近年建築デザイナーによって好んで用いられ大きく伸長してきたが、一方で電気代がかさむことが施主側にとっての問題点であった。BB・2ランプを使用したダウンライト（図5）は表3のように、白熱灯と比べ経済性では格段に有利であり、具体的にBB・2ランプの寿命である6,000時間（約2年）でそのランニングコストを試算してみると差額は12,290円となる。したがって、器具の購入単価差は約半年で回収でき、その後は年間約6,000円の経費節減が可能となる。

(2) スタンド

蛍光灯器具は明るく経済的だがセードが大きく、ランプの両端にちらつき感がある。一方、白熱灯器具はコンパクトでよいが、暑苦しいなどそれぞれに一長一短があった。これらの問題を一挙に解決したのが、BB・2ランプを使用した卓上アームスタンド（図7）である。セード幅は従来の蛍光灯スタンド20Wに比べて約1/3とコンパクトであり、またランプの電極が近接していることから、ランプの両電極からの光が互いに補い合いちらつきの少ない合成光が得られる。また、電球に比べて発熱量が1/3に抑えられており暑苦しさを感ぜさせずに、しかも効率良く電気代が1/3で済むなどのメリットがある。

BB・2ランプについては、そのほか節電要望の強いシャンデリア、ランプ交換の点で長寿命化要望の多い吹抜け灯、食器類を輝かせたい食卓灯、長時間点灯するので消費電力を少なくしたいポーチ灯、アプローチ灯などを中心に白熱灯を経済的に代替する方向に機種展開を図っている。

3.2 点灯回路・電子安定器

電子安定器は従来の鉄心とコイルによる安定器に比べ、そのコス

トが高いのでこれまで新幹線用とか、店舗、病院などの一部に導入されたのみであった。しかし、最近の急激に進んだ新しい回路の開発改良によってスタンドやペンダントへの搭載が実現でき、その高機能が市場で認められるようになった。

昭和61年10月に発売したBB・2ランプ27Wのスタンドには、負荷電流帰還型1石式トランジスタインバータによる電子安定器（図6）を搭載したが、価格アップにもかかわらず、安定器をコンパクトな支柱に納めた新しいデザイン、ちらつき感なし、約20%の省電力、約1秒で点灯する瞬時点灯性、50Hz・60Hzの共用型などのメリットが受け入れられ、市場で好調に推移している。さらに、昭和62年10月に発売したBB・2ランプ27Wのスタンド（図7）には業界で初めて周波数制御による60～100%の連続調光回路を付加した電子安定器を搭載し、より高付加価値化を促進させた。

3.3 技術課題と今後の展開

ランプの小型化に伴い、器具を小型化して行くにあたっては従来の蛍光灯器具、又は白熱灯器具と比べて次のような技術課題が発生する。

- (1) ランプ・安定器が小型化しても発熱量は変わらないことから、効果的な放熱・遮熱・耐熱対策の推進
- (2) ランプ寸法に対して相対的に大きくなる安定器をカバーするためのデザイン処理
- (3) 安定器が従来品と同じであり、この安定器の小型軽量化
- (4) 白熱灯代替として使用される器具に要求される瞬時点灯性
- (5) ダウンライト、シャンデリアなどに要求される調光機能

このうち、(1)の放熱については金属板による熱誘導、又は金属酸化物分散ラバーによる安定器の防振と放熱など、また遮熱・耐熱については、新しい安価な遮熱板・耐熱プラスチックなどの技術開発を図ったが、今後は更に新材料の開発導入が必要である。また、(2)、(3)の安定器の大きさと重量の処理については、従来の安定器では大きな改善は期待できないため、(4)、(5)の瞬時点灯・調光機能と合わせ、電子安定器によって大幅な改善を図る必要がある。

以上のようにBB・1ランプ、BB・2ランプを使用したコンパクト蛍光灯器具はまだまだ生まれただけであるが、今後の技術開発又は電子安定器との組合せによってますます各分野への展開の可能性が開かれ、前述のように照明市場の中に重要な地位を獲得して行くことが期待できる。

4. 屋内テニスコート照明

4.1 室内面反射率とボール・室内面輝度

照明環境を向上させて視認性や快適性を高める照明のソフト技術は、光源や照明器具の開発とともにそれらを適切に利用するために必要な技術である。ここではソフト技術の応用例として、屋内テニス

表4. シミュレーション条件

建物寸法	間口18m, 奥行36m, 高さ9m
反射率	天井 30～80%, コート 20%, ボール 70%, 壁上部 30～80%, 壁中間 30～80%, 壁下部 30%
照明器具・間隔	1kWテニスコート用PROLUX-II屋内用 8台 間口方向14.4m, 奥行方向9m, 高さ7m
ボール方向	コート対角線方向 ボール最高高さ 3/5m(ネット付近)
プレーヤー	ベースラインとダブルサイドライン交点 視線 ボール方向, 目の高さ コート上1.3m

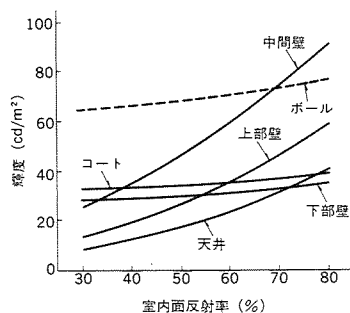


図8. ボール, 室内面輝度

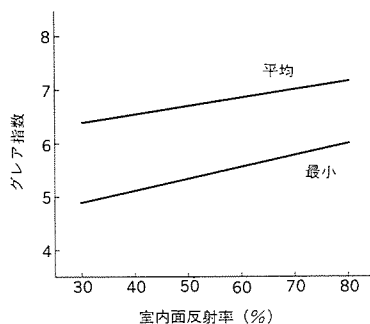


図9. グレア

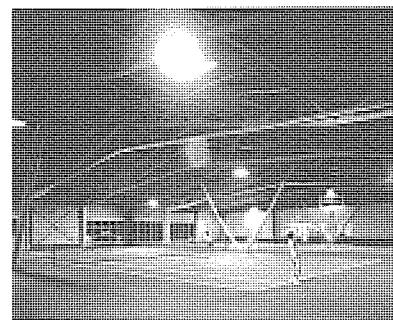


図10. 屋内テニスコート用照明器具
《PROLUX-II》施設例
(新潟県ジャンボテニスクラブ)

コート照明の室内面反射率とボールの見え方の関係につき述べる。

屋内テニスコートにおけるボールの見え方は、照明器具の配光や配置とともに、室内面の反射率も大きく影響している。屋内テニスコートの室内面反射率として、コート面15~30%、下部壁面(コート面上2.5m以下)60%以下、天井・上部壁面80~85%を推奨する例がある⁽²⁾が、ここでは表4の条件で室内面反射率とボールや室内面輝度の関係をシミュレートした。

図8において、実線は各室内面平均輝度、破線はプレーヤーから見たボール面平均輝度(ボール最高高さ3m及び5mのボール軌跡上のそれぞれ22点について計算したボール面平均輝度の総平均)を示す。反射率を一定としたコート面と下部壁面は輝度変化が小さく、中/上部壁面と天井面は反射率に対応して輝度が上昇している。また、ボール面輝度はやや上昇の傾向にある。

一般に対象物の輝度が高いほど見え方が良く、その点では高い室内面反射率の選択は、ボール面が高輝度となり有効である。しかしながら、ボールと背景とのコントラストでは次のようになる。ボールの背景は視線方向によりコート、壁面、天井と変化し、コート、下/上部壁面、天井の輝度は反射率にかかわらずボール面輝度より低く、中間壁面、は反射率約70%以下ではボール面輝度より低く、70%以上では逆に高くなっている。このため、中間壁面の反射率が約70%以下の場合、視線方向によらずボール面輝度が背景輝度よりも高くなり、コントラストはそれぞれ異なるものの良好な見え方が期待できる。一方、中間壁面の反射率が約70%以上の場合、視線がボール面よりも輝度が低いコート、下/上部壁面、天井と輝度が高い中間壁面では、コントラストが反転し、ボールの見え方として好ましくない。

ボール面輝度及びボールと背景のコントラストに関しては、室内の中/上部壁面と天井の反射率は70%以下が適当である。

4.2 室内面反射率とグレア

ボールを追う視野内に照明器具など高輝度源があると、グレアにより不快感が生ずる。このグレアを主観評価と対応させて予測する方法として、プレーヤーの目の位置における照明器具による等価光幕輝度と視野内の室内面による等価光幕輝度をもとにグレア指数を求める評価方法⁽³⁾⁽⁴⁾を用いた。ただし、グレア指数1~9と主観評価との対応は、次のようにしている。指数1:耐えられない。指数3:邪魔になる。指数5:許容できる限界である。指数7:ほとんど気にならない。指数9:気にならない。

図9に前節と同じ条件で計算したグレア指数の平均(ボール最高高さ3m及び5mのボール軌跡上のそれぞれ22点について計算したグレア指数の平均)と最小値を示す。室内面の反射率の上昇に伴う

等価光幕輝度の増加がグレア指数を高め、グレアの低減に寄与しているが、反対に反射率が低下するとグレアが増すことがわかる。グレア指数の下限を「5:許容できる限界」とすると、図9の最小値の曲線から室内の中/上部壁面と天井の反射率は、35%以上を必要とすることがわかる。

以上の輝度、コントラスト、グレアの検討結果をまとめると、屋内テニスコートの中/上部壁面と天井の反射率は、35~70%の範囲が適当であり、この条件下で見え方が良くなると結論できる。

なお、この検討に用いた照明器具《PROLUX-II》は、種々の評価実験やシミュレーションをもとにボールの見え方の向上を図った屋内テニスコート用照明器具であり、幾つかの施設に使用され好評を得ている。図10に施設例を示す。

5. む す び

照明に対するニーズが量から質の照明に移り、多様な照明空間の演出が求められている。そのため、屋内照明光源に対して器具の設計自由度の大きい小型の経済的な光源が蛍光灯、HIDランプ(高強度放電ランプ)に要望されている。コンパクト蛍光灯は当社が昭和61年に我が国で初めて4本チューブ型のBB・2を製品化し、そのスタートを切った誕生間もないランプであるが、小型・高輝度・高効率な光源であり、多様化、高機能化を求める市場ニーズによく合致していると考えている。今後このランプの特長を生かしたさらに新たな器具が開発され、いろいろな用途に展開されていくであろうが、この中から新たなニーズをくみ取り、更にコンパクト蛍光灯BBシリーズの機種充実を図っていく考えである。また、照明のソフト技術の開発例としてテニスコート照明について述べたが、今後ホームオートメーションやインテリジェントビルなどが市場に展開されようとする中で快適な照明環境を作る照明のソフト面の技術開発はますます重要になっている。最新のハードを十分生かすかどうかは照明のソフト技術に依存している。人間の視覚生理という基礎的事項と関連し複雑ではあるが、新しい技術を注入し視環境向上のための照明手法を更に開発していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 中野ほか:コンパクト蛍光灯BB及びBBダウンライト,三菱電機技報, 60, No5, p.63 (昭和61)
- (2) 照明学会:照明ハンドブック, オーム社, p.589, 1978年版
- (3) Van Bommel et al : CIE 20th Session '83
- (4) 田辺ほか:屋内スポーツ照明施設のグレア評価法の検討, 昭和59年照明学会全国大会, No67 (1984)

家電機器のシステム化技術

本田嘉之*

1. ま え が き

最近の家電機器は、高度に発達したエレクトロニクス技術や制御技術を応用することによって高性能化・多機能化の実現が可能となり、利便性追及という所期の目的をほぼ達成しつつある。

近年、人々の意識は物質面の充足から心の充足へと変化してきており、従来主として物質面からの充実に多大の貢献を果たしてきた家電機器は生活にますます深くかかわるようになり、使う人・生活する人の心の充足を求める感覚を反映していくことが要求されている。その感覚は個性化と価値観の多様化への流れのなかで、豊かさ・快適さ・健康などの具体的な欲求となって現れており、単に利便性を中心とした機能だけでは実現できないところまで来ている。言い換えれば、何をどうすれば人に満足感を与えるのか、製品本来の働きは何か、またそのアルゴリズムをどう製品に実現するかなど、自らの価値観に従って積極的に生活スタイルをつくりだしていく「生活創造者」の立場をより一層意識した製品開発姿勢（生活ソフト技術）が重要視されはじめた。

ここでは、アルゴリズム開発の新しい方向である前述の「生活ソフト技術」と、最近注目されはじめた機器の分散配置／制御を実現するための「システム（ネットワーク）化技術」が結合して、従来の利便性重視の家電機器単独の電化から、より高度な機能を実現するためのシステム化へ移行する様子を、家電機器に比較的近い業務用の空調や照明システムなど関連分野の傾向と対比しながら述べる。また、家電機器のシステム化の典型的な例であるHAシステムについても例示し、家電機器のシステム化を支える技術基盤につき言及する。

2. 家庭の電化からシステム化へ

2.1 利便性から高機能化へ

多忙な主婦の家事労働を少しでも軽減しようとして、代替機能と利便性追及を目的とした各種家電製品の開発は、近年のマイクロエレクトロニクス発展の恩恵を受けて、その目的を着実に達成してきている。電気・電子回路による「全自動」制御や高機能の代名詞であった「マイコン搭載」が各種家電製品のキャッチフレーズから姿を消しながら、ごく当然のようにそれらが要素部品として使用されていることが、その完成度の高さを示していると考えてよい。

最近の家電機器の特徴として、上記利便性を追及するだけでなく、大規模LSIを組み込んだり高周波を中心とするパワーエレクトロニクス技術を導入するなど、従来にはなかった新しい機能を付加してきていること、さらに機器の制御回路が補助機能ではなく機器固有の主機能を実現するために使用されはじめていることなどをあげることができる。これらは、家電品のもの多量生産性とLSIを中心とする半導体の生産性の高さが理想的な形で結合し、高いコストパフォーマンスを導き出すことによって、更に強固に製品の中に浸透していくものと思われる。

制御回路の信頼性に関しても、機能が複雑化して部品点数が増えればそれだけ製品の故障率が増すといわれていた従来の品質管理の考え方が、その複雑な機能をLSIなど極めて少数の機能部品に置換することで、かえって故障率を低下させることができるという考え方に変わりつつあることも、機器制御の特徴の一つとしてあげることができる。

2.2 快適性の追及へ

利便性や省力化に重点をおいた家電製品の開発から、前述の高機能・新機能に注力した開発に主題が移りつつあるが、これらハードウェアイメージの機能を中心とした開発だけでは、個性化・多様化しつつある最近の消費者の要求を実現することが難しくなっている。本当の意味で豊かな暮らしを実現するためには、やすらぎ・ゆとり・いきがいの心の充足を提供することが必要で、その実現のためには、上記ハードウェアによる機能開発に加えて、「生活ソフト技術」を基本にした機能開発もあわせて行う必要がある。例えば、具体的な製品例として、インバータ制御による能力可変型圧縮機など空調機の性能を左右する基本的な制御部分にまで踏み込んだ制御技術と「生活ソフト技術」の一つである温感制御アルゴリズムを結合させた、温感自動ルームエアコンを挙げることができる⁽¹⁾⁽²⁾。

快適な空調環境の創造を目指して、ハード及びソフト両面からの技術／製品開発がますます盛んになるものと思われるが、これらが従来の個別の暖房や冷房から一歩進んで空調制御の在り方を快適な室内環境をつくる立場から考慮しているものの、空調機器単独での制御の域にとどまっている。

2.3 家電のシステム化へ

単独機器の高機能化・多機能化の動きと平行して、快適空調環境を創出するために同一空間内の複数の空調関連機器やセンサを有機的に結合しようとする「総合空調システム」や、異なった空間に端末機器を複数台設置して、省エネや利便性を遠隔制御の立場から実現する「集中空調制御システム」などネットワークをベースにしたシステムが、構想又はシステム商品として現れてきた。同様の傾向は空調だけでなく、照明・セキュリティ・電話などでも見られる。これらはハード機能中心、又は生活ソフト技術によるソフトをもちらめた開発が、その対象を単独機器から複数の機器へ移し、しかもお互いに関連を持たせて制御することを意識することによって生じたものである。

システムを「機械や方式などの集合であって特定の諸機能を実現するために組織されたもの」と考えれば、複数の家電機器が分散配置された、ネットワークをベースにしたシステムは「家電機器のシステム化」の典型といえよう。家電のシステム化を細分すれば、
(1) 外観は単体機器であるが複数の機能からなる複合家電機器
(2) 分散配置された家電機器群をネットワークで有効に結合したシステム商品
に分類される。

ここでは、後者に目的を絞って、家電機器のシステム化への流れを支

える重要な技術のなかで、特に種々の情報を多重化してデータ伝送する多重伝送技術、柔軟で拡張性のあるシステム作りを支えるシステム構築技術・ネットワーク構築技術などがシステム化を先導する業務用システムのどの部分に生かされているかを述べるとともに、家電機器システムの典型であるHAシステムを例にあげてシステム化技術の方向を探るとともに、ホームバス評価技術や快適環境の新しいアルゴリズムを生み出す生活ソフト技術など、今後必要とされるシステム技術について述べる。

3. 家電のシステム化を先導する業務用システム

前章では家電機器のシステム化への動きを時系列的に概説したが、システム化の背景として、ニーズ面からは女性の社会進出による利便性の追及、高齢化社会における安全性の確保、住宅難による居住空間の有効利用、家庭外情報の有効利用などを、シーズ面からは家電機器のインテリジェント化が一層進展し、HA端子やHBS(ホームバスシステム)の標準化が進められるなどシステム環境が整ったことを、それぞれ挙げることができる。また、家電機器に比較的近い業務用分野でシステム商品が出現しはじめたことも家電機器システム化の背景の一つである。

家電機器の電子制御化の歴史を振り返ってみると、導入の前段階に該当する技術や要素部品が他の事業分野、例えば計算機・産業機器・電装品などの世界で利用されている場合が多い。1チップマイコンを始めとするデジタル制御(マイコン搭載機器)、高周波技術とパワーICによるパワーエレクトロニクス(インバータエアコン、電源、照明器具)がその例で、いずれも上記他分野で実用化された後、家電分野に投入されている。今後主流になるとと思われる、ネットワーク(バス)を利用したシステム商品に関しても、家庭内の機器よりもどちらかというと業務用を対象としたものから実現されるケースが多いと推定される。

これは、例えばバスを利用したシステム商品についていえば、多重伝送を実現するハードウェア部分の価格が機器本体の価格に比較して無視できないレベルにあり、製品の価格そのものを重視する家電品の場合、それがマイナス要因に作用するのに対して、業務用で

は価格そのものよりも、ネットワーク化によって得られる性能向上を重視することに起因している。

後述するように、各社機器間の相互接続を可能とするHBSの標準化の骨子がほぼ決定された状況を背景にして、関連する基幹技術及び部品開発が進むと上記データ伝送に関するハードウェアやバス(媒体)の占める価格は大幅に低下して、家電機器や住設機器を対象としたシステム商品が登場しやすくなるものと思われる。

ここでは、まず初めに、将来の家電・住設機器のシステム化を先導する業務用システムの例とその特長をシステム化技術と関連づけて述べる。

3.1 パッケージエアコン《Mr.SLIM》のシステム制御⁽³⁾

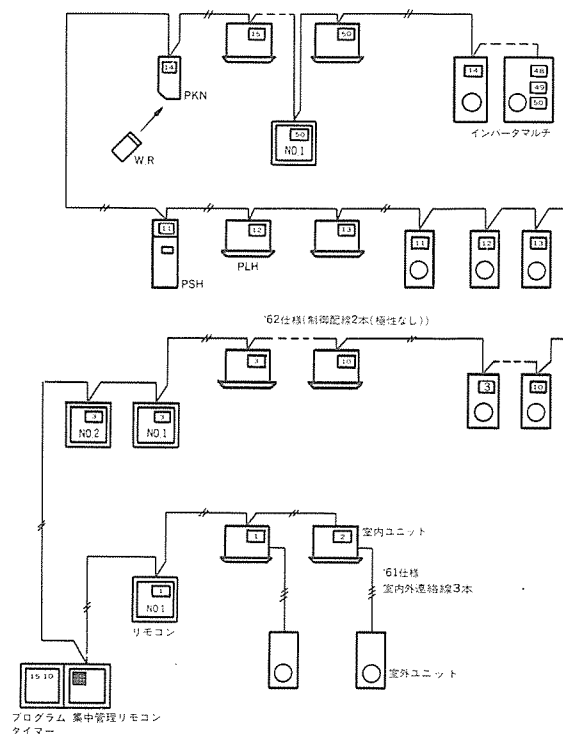


図1. パッケージエアコン制御システム例

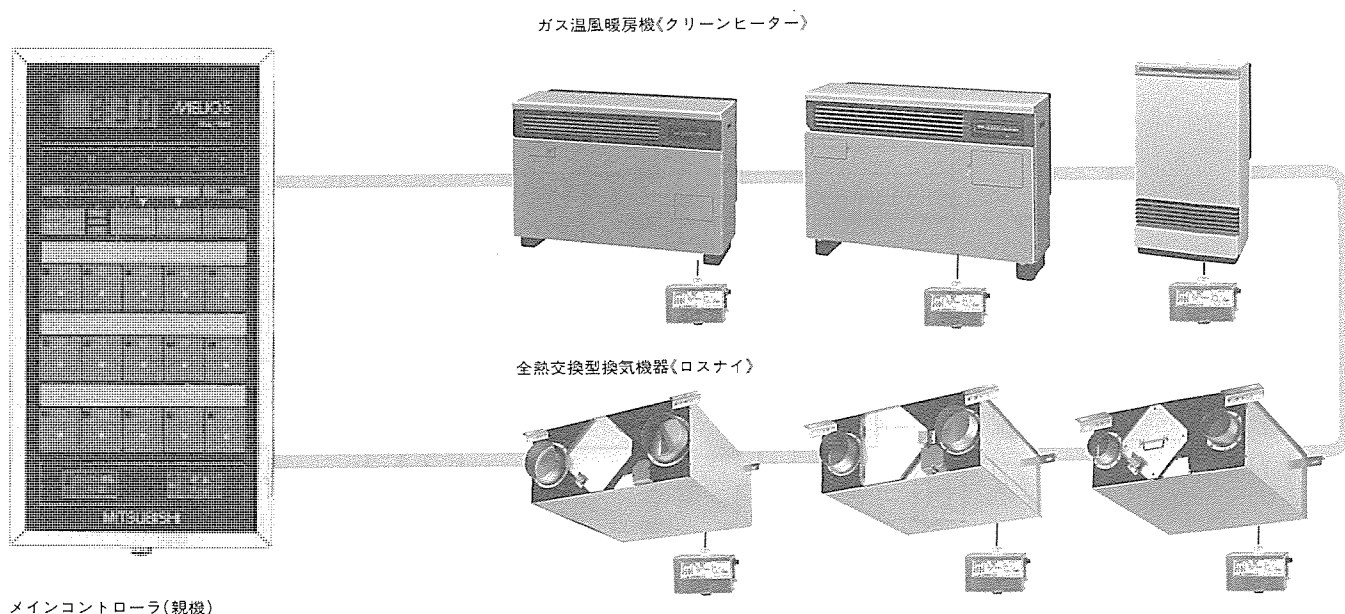


図2. ガス暖房機等集中制御システム例

(2)照明自動制御システム《MELSAVE》

体育施設・工場・オフィスビルを対象とした大規模用と店舗を対象とした中規模用の2種類の《MELSAVE》照明システムがある。図3にシステム構成の一例を示す。

このシステムは、省エネや利便性更に省工事性などの特長を持っている点は前2例と共通であるが、昼光センサと組み合わせて実用的な昼光利用システムを組むことや使用目的に合わせた消灯／点灯パターンを最大40パターンまで任意に設定できるなど、システム化の特長を更に有効に利用した設計になっているのが特長である。

4. 家電機器のシステム化

家電機器がネットワーク（システム）化への道を進んだ場合には、利便性や省エネのほか快適で安全な居住空間を創造することを目的としているので、業務用システムとはやや違って、同一空間内で異なった機器を組み合わせてシステム化する例が多くなる。したがってシステム化技術については、共通技術として多重伝送技術以外に対象とするシステムの目的や特長を十分意識した生活ソフト技術によるアルゴリズム開発、柔軟性や拡張性を考慮したシステム構築技術など、家電機器特有の新たなシステム化技術が必要となる。

ここでは、家電機器システム化のかぎ（鍵）を握るHBSの動向を述べるとともに、システム化の一例としてHAシステムを取り上げて概略仕様を説明し、その中で使われている又は今後盛り込む必要のあるシステム化技術を後述する。

4.1 HAとHBS（ホームバスシステム）

HAは文字どおりの家庭の自動化という意味ではなく、自動化も含めた「家庭の情報化」と解釈するのが一般的である。狭義な表現をすれば「HBSを使用した分散配置された家電機器の制御／監視システム」といえる。

HBSに関しては、その仕様の標準化がHA事業を立ち上げる必ず（須）の条件であるとして関連機関で長年にわたり検討されたあと、昭和62年2月日本電子機械工業会・電波技術協会によるHBS合同規格委員会で統一仕様としてまとめられた。既築住宅用途に適した電力線搬送を利用したホームバスに関しても、昭和61年6月に標準案が制定されるなど、家電機器や住設機器のシステム化を目指す、インフラストラクチャとしての技術環境は着々と整備されつつある。

4.2 HAシステムのコンセプト

HAシステムは家電機器や住設機器を、単にネットワーク化して集中制御／監視するだけのシステムではなく、それら機器を有機的に、すなわちそれぞれの機器が持っている機能プラスアルファを生み出すように結合することが要求される。

当社では、HAシステムをFAやOAの世界で重要視されている合理性や効率向上だけをねらった製品ではなく、「情報化」を家庭の中に持ち込むことによって、やすらぎ・ゆとり・いきがいを創出する手助けとなることを目指した製品であると位置付け、これらの考えかたを《MELON》（Mitsubishi Electric Life Oriented Network system）として統一的にまとめ、それを実現するシステムとして、例えば昭和60年にハウスキーピングシステム（BL-11型）を製品化するなど一貫した思想のもとに開発・製品化してきた⁽⁴⁾。図4にBL-11型の外観写真を示す。

4.3 ハウスキーピングシステム

家電機器のシステム例として、ハウスキーピングシステムを中心としたHAシステムの概要を述べる。

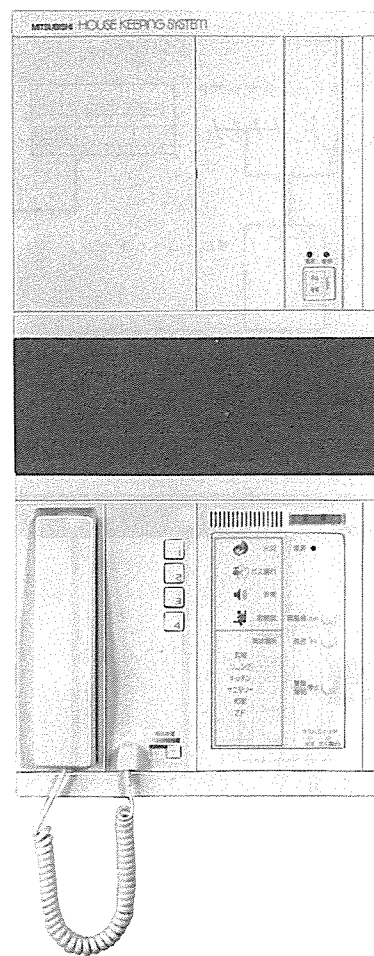


図4. ハウスキーピングシステムBL-11型の外観

図5にシステム構成例を示す。このシステムはホームテレホンを中心として、住居の大きさや住む人の生活パターンの多様化に対応するため、好みのサブシステム（機能単位ごとにまとめられた小さいシステム）から任意の台数を選択できるシステム構成をとっている。この柔軟なシステム構造により小規模から大規模のHAシステムに対応することができ、またシステム構成の大小にかかわらず設置時の調整がほとんど不要となる利点がある。

(1) ホームバス テレホンシステム

外線1局線に電話機6台までの接続ができ、ビデオドアホンとの接続も可能なホームテレホンで構成されている。保留・転送・インターホンのほか、ワンタッチダイヤル・リダイヤル・内線一斉呼出し・ドアホン呼出しなどの機能を持つ。留守録・再生・応答メッセージの登録が内外部からできる留守番電話ユニットを、必要に応じて追加することができる。

異常発生時、セキュリティシステムからの信号を受けて、各電話機から音声による一斉通報を行うなど、他のサブシステムとの連携機能も持っていること、情報コンセント（情報の注入、取出し口）を経由して、いつでもどこでも接続可能であることなどネットワーク化を有効に活用したシステムの一例といえる。

(2) ホームセキュリティ／コントロールシステム

センサや機器をHBSに接続するルームコントローラ（最大15個）、セキュリティ情報を集中監視するセキュリティセンター、機器を集中制御するタイマーコントローラ、外部の電話機から機器を制

ビデオ コミュニケーション システム

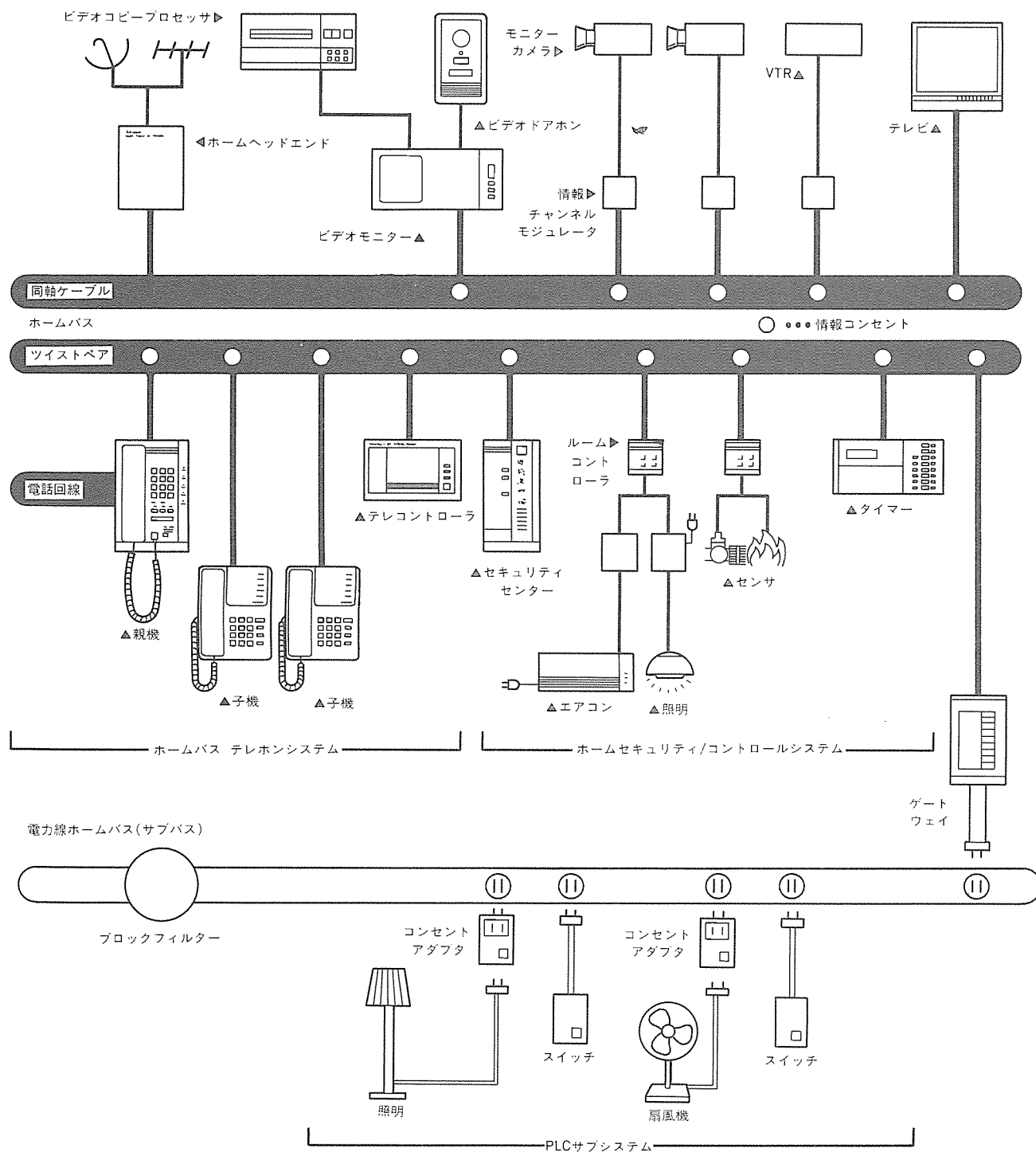


図 5. HAシステム例

御するテレコントローラで構成される。エアコン・照明など家電機器やブラインド・雨戸など住設機器の集中制御/監視や外部の電話機からのテレコントロールが可能である。またオートダイヤル機能により、異常状態を迅速に自動通報(移報)できるので外部システムと接続して防犯・防災機能を強化することもできる。

(3) ビデオ コミュニケーション システム

家庭内の情報は、制御/監視などのデータ処理用のデジタル情報だけでなく、カルチャーやマネージメント分野で必要な映像情報

も、システム化の隆盛とともにその重要性は増すものと思われる。ここでは、映像に関する要素技術であるビデオ信号、特に家庭内で発生するプライベートビデオ情報の双方向化を実現した「ホームビデオバスシステム」を利用したアプリケーションの一例を紹介する。

映像情報を集中表示する、ビデオモニター・ビデオドアホン(カメラ+インターホン)・屋外や幼児部屋に設置するモニターカメラ・TVチャンネルセレクトなどのコントローラからなる。玄関のビデオ

オドアホンや幼児部屋のモニターカメラの映像をビデオモニター又はテレビに通報できるほか、一般のTV放送の受信はもちろんVTRの映像をどの部屋でも見ることができる。

(4) PLC (電力線ホームバス) サブシステム

照明などの既存の機器を特別な配線をしないで手軽に制御対象とするシステムで、手元スイッチ、コンセントアダプタや集中コントローラからなる。集中コントローラはこのサブシステムに接続された機器の制御/監視を集中的に行うとともに、HBS上に構成された主ハウスキーピングシステムとの有機的な接続を行うゲートウェイの機能をも持っている。

4.4 HAシステムにおけるシステム化技術

家電のシステム化技術の定義は明確ではないが、ここで述べたハウスキーピングシステムの機能・仕様と照らし合わせてみると概略次のような技術で構成されると考える。

(1) 多重伝送・ホームバス技術

家電機器のシステムでは、システム・機器の互換性や共存性が必要なことから標準化対応バスを利用するケースが多い。家電機器のシステム化の共通技術として、標準化対応のHBSやPLCバスなどを開発するための伝送関連技術(プロトコル、媒体、トランシーバーなど)が必要である。

(2) ネットワーク構築技術

対象とするアプリケーションによっては、図4の例で示すようにデータ伝送の速度・信頼性、工事性などを考慮し、HBS(同軸線+メトリック線)、PLCを組み合わせる場合もある。メインバス(HBS)とサブバスの階層化構造やそれを具現化するゲートウェイ、さらに集合住宅における住棟バス(スーパーHBS)と家庭内バス(HBS)の構成方法などが関連技術としてあげられる。

(3) システム構築技術

ネットワーク技術とも関連するが、多様化しているユーザーの要求にできるだけマッチさせるシステム構築技術も必要である。図4の例では、分野ごとにサブシステムとして構成し、サブシステム単独でも複数のサブシステムを組み合わせても機能する拡張性の高さや、各サブシステム内で生活パターンや家族構成に応じて機器や、コントローラの数を選択できる柔軟性を確保するなどがこの技術の一例である。

(4) ネットワーク評価技術

分散配置された機器やコントローラが相互に非同期でデータ伝送を行っており、その環境も様々であることから、ネットワークを含めたシステムの評価には、従来の家電機器の評価技術にない新しい技術が必要とされる。アプリケーションシステムの評価とともに、標準化に対応する部分については適合性評価(コンフォーマンステスト)なども製品仕様に表れない部分ではあるが重要な技術である。

(5) その他の関連技術

より使い勝手のよい装置を開発するためのマンマシンインタフェース技術、異なった機器を組み合わせるシステム化することを前提に快適な居住空間を作る制御アルゴリズムを開発する生活ソフト技術、システム化を意識した端末開発技術などが家電機器のシステム化技術の範ちゅうに含まれる。

5. む す び

利便性や快適性を目指して始まった家庭内機器や住設機器の電化は、最近では単独機器の複合(システム)化や分散配置された機器のネットワーク化へと進展しつつある。この動向の背景として、

- (1) 家電機器を使う人にあらゆる面で本当の満足感を味わってもらうための方策を、又は住設機器として、住宅側からみて本来あるべき姿を、それぞれ「生活ソフト技術」を基本に求める姿勢が、従来の単独機器を対象としたものから複数の機器を組み合わせたものへと変化しつつあること。
 - (2) 家電機器に比較的近い分野で既にネットワーク化の傾向が見られ、またその特長が広く認められていること。
 - (3) 家庭の情報化と社会システム(ニューメディア)の普及を目的として、ネットワーク化の環境(異機種間結合のための手段、責任分界点、データ伝送信頼性などの整備)が進みつつあること。
- などをあげることができる。

快適な生活環境を創造するためには、単体機器のより一層の高機能化だけでなく、システム化をさせて通れない時代にきている。家電機器のシステム化を、単に既存の家電機器を組み合わせただけのものに終わらせないようにするためには、家電のシステム化技術のより一層の深掘りを行い、家電機器や住設機器を含むHAシステムなどのシステム商品の開発に結び付けることが肝要である。

一方、開発について上記の技術を蓄積しても、商品企画・据付け工事・サービスなどに関しては、従来の多量生産を特徴とする家電品とはかなり異なった取組が要求されるものと思われる、その方面の体制整備もシステム化技術とともに重要なテーマである。

参 考 文 献

- (1) 梅村ほか：昭和62年度インバータルームエアコンの快適制御，三菱電機技報・61, No.5 (昭和62)
- (2) 山崎ほか：家電・HA製品の開発を先導する生活ソフト技術，三菱電機技報，60, No.3 (昭和61)
- (3) 佐藤：パッケージエアコン《Mr.SLIM》のシステム制御，三菱電機技報，61, No.5 (昭和62)
- (4) 村上ほか：《MELON》システムーバス方式を採用したハウスキーピングシステム一，三菱電機技報，59, No.8 (昭和60)

電子制御技術とその応用

藤井 学*

1. ま え が き

ホワイトグッズと称される白物家電機器は家庭電化の主役として、昭和20年代後半から着実にその普及の度を深め、30年代の3種の神器につながった。電気洗濯機及び電気冷蔵庫の普及により、この時代家庭内にある電動機の数が増え、電化の評価尺度とされた。しかし、40年代に始まった家電機器への電子制御応用技術、すなわち電子化の芽は50年代前半のマイクロコンピュータ（マイコン）採用で一気に開花した。この結果、以後の評価尺度は家庭内で使われるマイコンの数となった。

マイコン応用による電子化は、初期の時間により制御するタイムベース制御から、各種センサの信号によるセンサベース制御に、その内容を高度化している。家電用の安価で信頼性の高いセンサ、電力用半導体素子を用いるパワーエレクトロニクスと結びついた高性能のモータ及びアクチュエータに加え、有用な制御アルゴリズムの研究開発に依存するところが大きい。家電機器は現在、完全に電子機器の体裁をなしており、この傾向はますます強くなろう。

以下、家電機器について、①当社の電子化の経過、②マイコン応用での技術課題、③代表機種でのマイコン応用事例紹介、④今後の動向につき述べる。

2. 白物家電機器の電子制御技術の変遷

2.1 電子化の歴史

白物家電機器（以下、家電機器と称す）の電子化の歴史は、昭和40年代前半の信号用トランジスタ、ダイオード、温度センサとパワーリレーの組合せで始まった（図1）。プラスチック封止の低価格サイリスタの出現で、パワーリレーの無接点化が実現し、ヒーターの電力制御や電動機の速調がオン・オフレベルより連続制御となった。40年代の後半には汎用ロジックIC、専用リニアICなどの半導体素子・超音波・光・磁気などのセンサ応用が可能となり、これまでのメカ機能の代替から新機能付加の段階に一步踏み込んだ。

50年代前半のワンチップマイコン（マイコン）の実用化は、パワートランジスタ、ソリッドステートリレーの採用と相まって、電子化の歴史に一大飛躍をもたらした。

40年代の個別部品を組み合わせ、ハードウェアのみで機能の実現を図るディスクリート方式に比べ、マイコン回路方式はソフトウェアによる制御の高度化、多様なニーズへの対応の容易さ、開発期間の短縮が一般に可能とされる。50年代後半から60年代にかけ、マイコンの機種そろえ強化、圧力センサなど高機能な半導体複合センサの出現、パワートランジスタのモジュール化などマイコン回路方式の地位を揺るぎないものとした。

2.2 当社における電子制御採用の歴史

リビング、キッチン、サニタリ回りの当社代表製品の電子制御採用時期を表1に示す。

ディスクリート回路方式は、昭和43年度のルームエアコン（電子サーモによる圧縮機のオン・オフ運転、室内・外送風機の速調）、扇

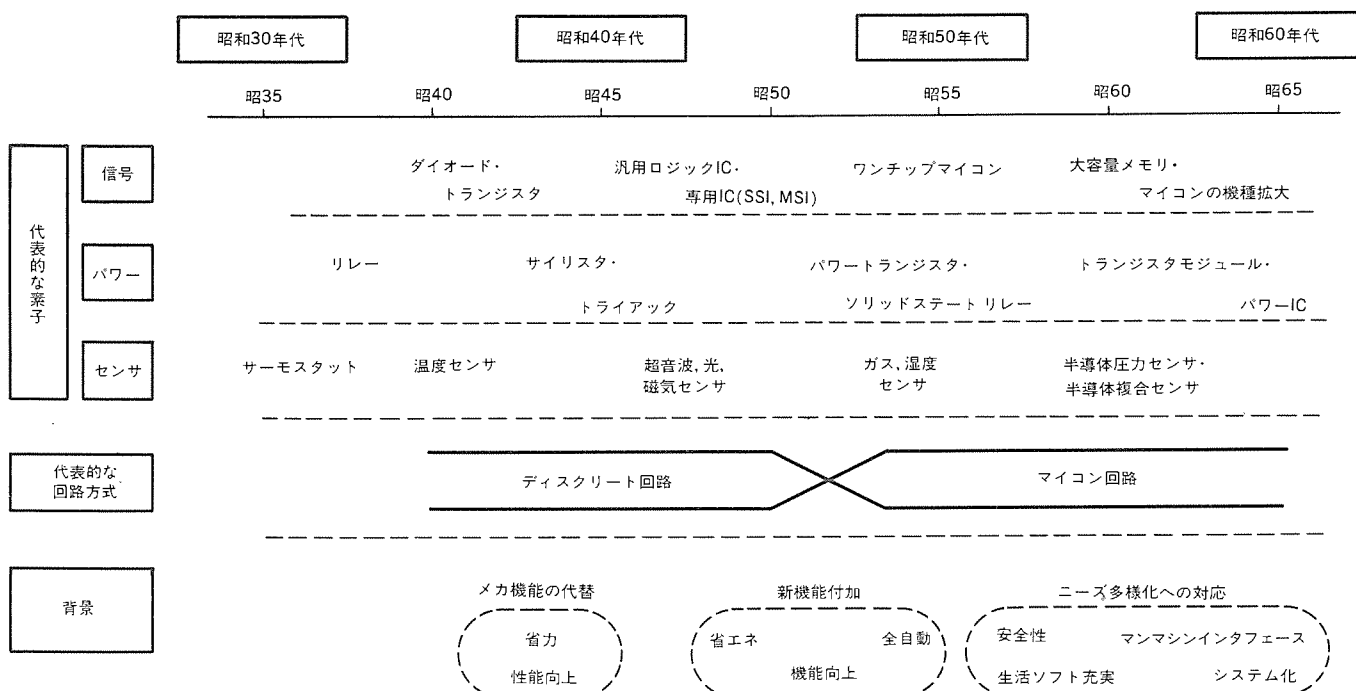


図1. 白物家電機器における電子制御の変遷

表1. 当社代表機器における電子制御採用時期

回路方式		ディスクリート	マイコン
リビング	ルームエアコン*	昭和43年度	昭和54年度
	石油クリンヒーター	50	54
	石油ファンヒーター	53	56
	扇風機	43	58
	蛍光灯スタンド	45	
キッチン	冷凍冷蔵庫*	53	54
	オープンレンジ		53
	クッキングヒーター		56
	ジャー炊飯器	49	58
	レンジフードファン	45	62
サニタリ	全自動洗濯機	51	53
	衣類乾燥機		61
	浴室換気扇		61
	電気掃除機	61	
	深夜電力温水器		58

注：*印は冷凍年度を示す。

風機（人体の静電容量利用タッチセンサによる送風機の速調）に続き、45年度に蛍光灯（電子スタータ）、レンジフードファン（送風機の速調）に採用された。メカ機能の代替による性能向上を主な目的としている。一方、当社オリジナル商品として広く知られている《石油クリンヒーター》石油ファンヒーター、ジャー炊飯器は、その機能実現当初からディスクリート回路方式の電子制御を採用している。

マイコン回路方式は、昭和53年度のオープンレンジ、全自動洗濯機に初採用され、次いで54年度に《石油クリンヒーター》、ルームエアコン、冷凍冷蔵庫など比較的高額商品に適用された。オープンレンジでは、例えばフラットキーの入力制御、各種シーケンスに基づく能力制御、タイマー／時間制御、表示制御などが行われた。

マイコン回路方式は今日の電子制御方式の主流を占め、低額商品を含め非採用製品の方が、むしろまれとなってきた。この背景として製品への次の要求、すなわち

- (1) インテリジェント化に基づく複雑な制御アルゴリズム処理
- (2) ニーズの多様化と生産性・サービス性による標準化の両立
- (3) 開発期間の短縮化
- (4) 制御器の小型・薄型・低消費電力化

が挙げられる。これらに対し、ディスクリート回路方式では費用対効果比の面で対応が困難であり、またその際専用のLSIを用いても上記(2)、(3)への柔軟な対応面で弱点があった。

3. マイコン応用技術上の課題

家電機器における電子制御技術のうち、マイコン応用に限定し、そのハードウェア（H/W）、ソフトウェア（S/W）及びマンマシンインタフェース（MMI/F）の課題につき述べる。

3.1 ハードウェア（H/W）

マイコンの機種・機能拡大が著しい。初期の4ビット、PMOS型から現在では4,8ビット、CMOS型に発展している。機能面では下記内容が実現している。

- (1) 大容量メモリ化

ROM、8Kバイトがワンチップマイコンで実現され、さらに16K

バイトへの拡張の計画もある。

- (2) 高速化

マイコンのクロック周波数8MHzで、最短命令実行時間1μsが実用レベルに達している。

- (3) 低消費電力化

CMOSプロセスにより最大数mWとなり、またスタンバイ機能とも合わせ、バッテリー駆動を実現した。

- (4) 周辺機能の取り込み

A/D変換器、D/A変換器、蛍光表示管直接駆動用高耐圧ポート、液晶ディスプレイ（LCD）制御／駆動ポート、シリアルI/O（同期、非同期）ポート、インバータ正弦波近似用パルス幅変調（PWM）出力、高速乗除算器、時計機能、コンパレータ回路、などを機種ごとに組み合わせマイコン内に取り入れられる。

- (5) EPROM化

小ロット生産に対応して、プログラムの消却書込み可能なEPROM版も用意される。

- (6) 小規模化

マイコン応用の低辺拡大を目的とした手軽に使える小規模版、例えばROM 0.5Kバイト、RAM 32×4ビット、I/Oポート 10本などの製品もある。

表2に当社のマイコン応用機種の初期と現在との使用マイコンの性能比較を行った。初期に比べ現在の方が性能範囲が拡大し、またルームエアコンやオープンレンジなど1台の製品に複数個のマイコン使用の例も生じている。

マイコン応用制御器の基板実装には数々の工夫が必要とされる。

図2に示す石油ファンヒーターのマイコン基板では、基板上に $10^5 \sim 10^7$ レベルの広い範囲の信号（電流： $10^{-6} \sim 10^1$ A、電圧： $10^{-3} \sim 10^2$ V、周波数： $10^0 \sim 10^6$ Hz）が同時に存在する。特に昨今のセンサベース制御は半導体複合センサ（検知部分では微弱信号）とアクチュエータ（100又は200Vの電圧で、最大数kWの負荷）の使用を基本としており、前者での妨害耐性（EMS）と後者の電磁妨害（EMI）の両方、すなわち電磁環境適合性（EMC）を1枚の基板上でバランス良く解決する必要がある。部品の配置、プリント基板パターンや配線引き回し、アース、シールドなど総合的なノウハウが集約される。

マイコン応用の一般化は、使用環境の拡大をもたらした。例えば、屋外使用、水回りでの使用など、温度、湿度範囲の拡大、更には防虫対策など細かな配慮がなされる。またパワーエレクトロニクスとの関連で高周波の漏えい電流対策が、前記EMC絡みで検討されている。

3.2 ソフトウェア（S/W）

マイコン応用上の最大の特徴はS/Wの比重が高いことにある。広い意味でのS/Wには、次の三つの領域が考えられる。

- (1) 機器とその使用者の間に介在する生理・心理・物理・化学的要因の科学領域での研究とその基本メカニズムの解明
- (2) 上記メカニズムの具体化のための制御アルゴリズムの創造と、その妥当性を検証する評価手法の検討
- (3) マイコンのプログラム作成とそのデバッグ

これらのうちで、(1)は一般に生活科学の基礎研究に属し、例えば空調における人間の温熱感覚の問題、調理における米飯の炊飯プロセスでのデンプンの α 化の問題や食品のチルド（氷温）貯蔵での食品鮮度の維持の問題が該当し、一般に生活ソフトと称される。

(2)はより製品に近い実用化研究の段階にかかわる。この制御アル

表 2. 使用マイコンの性能の推移

製品名	型 名		年度	マイコン形式	ROM	RAM	I/O
ル ー ム エ ア コ ン *	MS-1807R		54	4ビット/PMOS	1K×8ビット	64×4ビット	23
	MSZ-250BF	室外	63	8ビット/CMOS	8K×8ビット(外部)	256×8ビット	48
		リモコン		8ビット/CMOS	4K×8ビット	128×8ビット	32
		室内		8ビット/CMOS	8K×8ビット	192×8ビット	44
		室内		4ビット/CMOS	1K×4ビット	64×4ビット	13
石油ファンヒーター	KD-32DTD		56	4ビット/PMOS	1K×9ビット	64×4ビット	30
	KD-322D		62	4ビット/PMOS	4K×9ビット	192×4ビット	44
オープンレンジ	RO-7000		53	4ビット/PMOS	2K×8ビット	128×4ビット	28
	RO-810AF	62	4ビット/CMOS	8K×8ビット	256×4ビット	54	
			4ビット/CMOS	4K×8ビット	256×4ビット	43	
ジャー炊飯器	NJM-013		58	4ビット/PMOS	2K×9ビット	128×4ビット	34
	NJM-D18MT		62	8ビット/CMOS	4K×8ビット	128×8ビット	53
全自動洗濯機	AW-300		53	4ビット/CMOS	1K×8ビット	64×4ビット	23
	AW-K383		61	4ビット/CMOS	2K×9ビット	128×4ビット	32
浴室換気扇	VD-15ZA		61	4ビット/CMOS	512×8ビット	32×4ビット	14

注：*冷凍年度を示す。

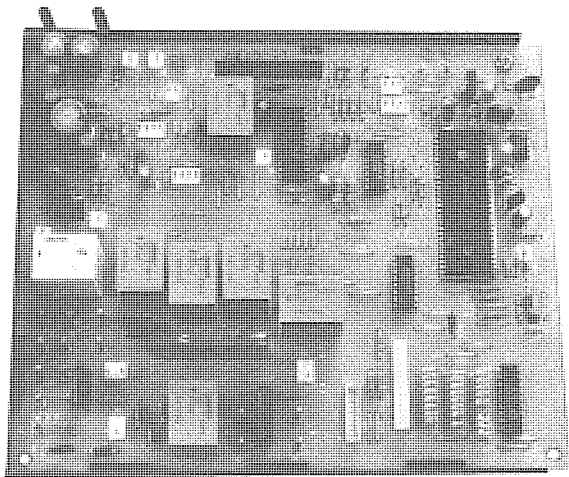


図 2. 石油ファンヒーター用マイコン基板

ゴリズムの良否は、機器の実現する機能の良否に直接関係し、かつ(3)の段階で、マイコンのROMサイズやセンサの数などに影響する。

制御アルゴリズムの例として、ルームエアコンでは温感センサによる温感自動制御、マイコン演算方式によるインバータのPWM波形生成、熱交換器温度と運転積算時間による学習型霜取り制御のアルゴリズムがある。オープンレンジでは食品の重量と調理過程に発生するガスを検知・演算処理する自動調理アルゴリズムがある。

(3)のプログラム作成段階のポイントは、デバッグの容易な階層化したプログラム構成、開発期間の短縮に重きを置いたプログラム開発にある。マイコン応用の初期段階には、ROMサイズ1～2Kバイト内に名人芸的なプログラムを押し込んだ時期もあったが、これが4～8Kバイトに増加した現在では、この種の考えは主流ではない。

プログラム開発サポートツールとして、パソコン上でプログラム入力からアセンブル、デバッグまで一貫して実行できる形式のものが一般化している。

3.3 マンマシンインタフェース (MMI/F)

家電機器と使用者の接点であるMMI/Fはマイコン応用が本格

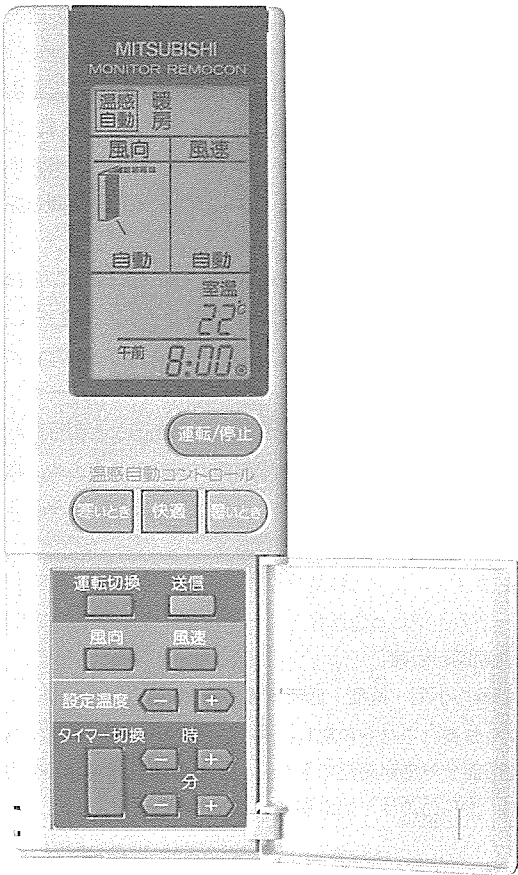


図 3. ルームエアコンのリモコンの外観

化した今日、その改善が著しい。具体例としての次の事項がある。

- (1) 操作の自動化、ワンタッチ化
- (2) 操作キーのフェザータッチ化と操作のワイヤレスリモコン化
- (3) 表示の高度化 (点表示から文字、図形表示へ)
- (4) 表示による操作方法のサポート (表示画面との対話で操作進行)
- (5) 音声合声によるガイダンス
- (6) 機器動作を表示するモニター機能強化と機器故障の自己診断

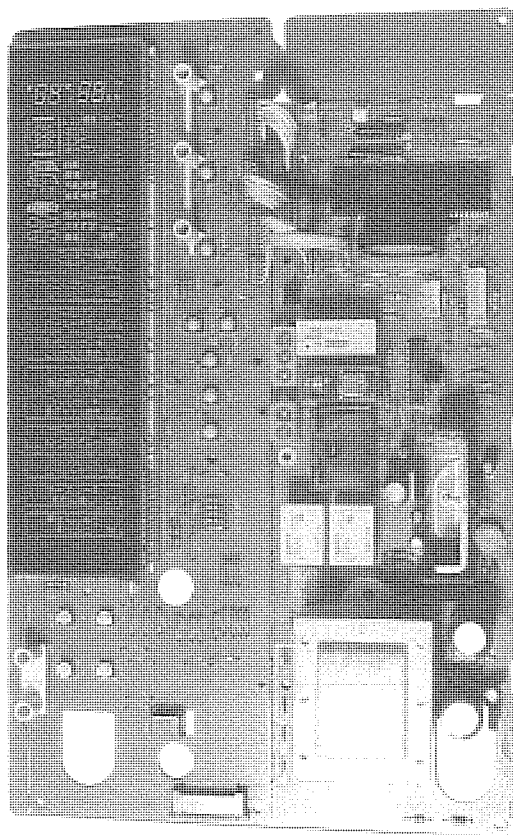


図4. オープンレンジ表示パネル基板

ルームエアコンのリモコン(図3)では、LCDパネルを用い風向・風速・運転モード・室温・時刻を表示する。操作キーの中で使用頻度の低いものはケースカバーで覆い、使用者の心理的圧迫感を和らげている。

オープンレンジでは使用者の理解を容易にするため、蛍光表示管のよる文字、図形併用表示としている(図4)。いずれの場合も、周辺回路取り込みによる多機能化したマイコン採用により実現したといえる。

広い意味でのMMI/Fの課題にはこのほか、デザイン、ポータブ

ル性、収納性など生活空間におけるマッチングの問題や、製品の取扱説明書における使用者へのプレゼンテーション手法なども含まれる。

4. マイコン応用事例

代表的な当社の最近のマイコン機種で実現している機能を表3に示す。マイコンの性能向上、センサ及びアクチュエータの実用化と合わせ、初期のマイコン制御で実現している機能に比べ、機器の使いやすさ、便利さ、高性能化など、いわゆるインテリジェント化実現の方向に確実に進んでいる。実現される機能を大別すると、

- (1) センサによるきめ細かな自動運転機能(含む予測・学習機能)
 - (2) 使いやすさを向上させる操作入力及び表示出力機能
 - (3) タイマなどの時間要素に基づくシーケンシャル制御機能
 - (4) リモコン又はマイコン間のシリアル伝送などの通信機能
 - (5) 信頼性・安全性を確保する保護機能
 - (6) 保守・サービスを簡単化する機能
- などがある。

このような機能を整理・統合し、一つのシステムにまとめ上げる力が製品の企画・設計技術者に要求される。以下、ルームエアコン及びオープンレンジを例にとりマイコン応用事例を紹介する。

4.1 ルームエアコン

ルームエアコンMSZ-250BFのマイコン回路ブロック図を図5に示す。室外、室内、リモコンの各ユニット合計4個のマイコンを使用する。

室外機マイコンは乗除算、A/D、インターバルタイマ(16ビット)機能がある8ビットCMOSマイコンである。このマイコンは、インバータのPWM波形生成のほか、温度センサ(熱交換器温度、吐出口温度、パワートランジスタ温度)、電流センサ(直流、交流)、電圧センサの信号に基づき送風機(室外)、四方弁、二方弁、インバータを制御する。インバータは圧縮機の変速制御を行う。

室内機マイコンは8ビット、CMOS及び4ビットCMOSの2個使用となる。前者は温度センサ(温感、配管温、室温)、湿度センサ、位置センサ(ペーン、フラップモータ)信号を入力し、モータ(ペーン、フラップ)とLED表示器(運転、霜取り、フィルター、自動)を制御する。後者は送風機(室内×2)の各々の回転数信号を入力

表3. 当社の最近のマイコン制御家電機器の機能(代表機種)

製品名		機 能
リビング	ルーム エ ア コ ン	・圧縮機可変速運転 ・PWM波形生成 ・霜取制御 ・室外ファン制御 ・四方弁制御 ・二方弁制御 ・室内外シリアル伝送 ・室外安全保護制御
		・キー入力読込み ・室温表示 ・LCD表示 ・時計 ・バッテリー電圧表示 ・リモコン送信
		・室内ファン制御 ・温感自動制御 ・冷/暖/ドライ自動切替え ・学習霜取制御 ・暖房時吹出し温制御 ・吹出し口ペーン角度制御 ・運転表示 ・タイマー ・リモコン受信 ・安全保護タイマー
		・燃焼制御(ヒーター、プロワモータ、電磁ポンプ、加圧ソレノイド、点火トランス) ・温感自動制御 ・キー入力読込み ・運転表示 ・タイマー ・給油/水入り報知 ・送風ファンモータ制御 ・安全保護制御
キッチン	冷 凍 冷 蔵 庫	・圧縮機制御 ・送風ファン制御(冷凍室、機械室) ・ダンパ制御(冷蔵室、チルド室) ・霜取制御 ・キー入力読込み ・表示 ・タイマー
	オ ー プ ン レ ン ジ	・サーミスタ庫内温度制御(ヒーター) ・ガス/重量センサによる過熱時間制御(マグネトロン) ・透明電極パネルキー入力読込み ・ドットマトリクス表示 ・センサ自動調理 ・タイマー ・安全保護制御
	ジャー炊 飯 器	・炊飯制御 ・保温制御 ・炊飯量自動検知 ・炊飯完了報知 ・タイマー ・表示(メニュー工程、時刻) ・予約時刻メモリ(朝・夕) ・安全保護 ・キー入力読込み
サニタリ	全 自 動 洗 濯 機	・全自動/手動運転 ・水流制御 ・バラスン脱水制御 ・表示 ・キー入力読込み ・異常モニター
	浴 室 換 気 扇	・結露センサ自動運転 ・タイマー

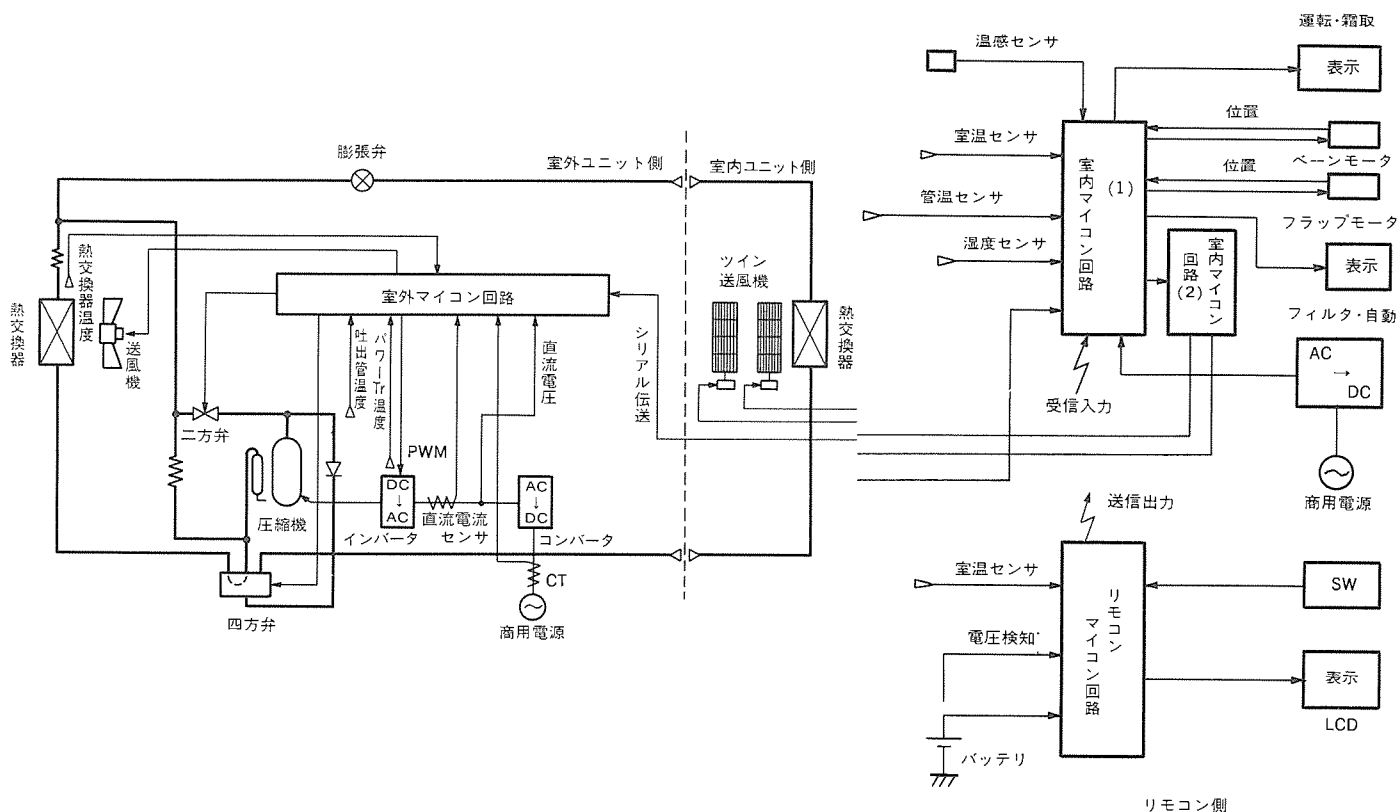


図 5. ルームエアコンのマイコン回路ブロック図

し、送風機の回転数をフィードバック制御する。

リモコン用マイコンは4ビット、CMOSである。温度センサ(室温)、電圧(バッテリー)、キー(運転/停止、温感自動制御×3、運転切替え、送信、風向、風速、設定温度×2、タイマー切替え、時刻設定×4)信号を入力し、LCDパネルを駆動、表示する。

室内・外の8ビットマイコン間にはシリアル(直列)伝送が、またリモコン・室内の8ビットマイコン間にはリモコンを送信側とする片方向の赤外線媒体とする伝送が行われる。また、センサとして、当社が他社に先駆け採用した温感センサや直流電流センサが、温感自動制御、インバータによる圧縮機の変速制御を支えている。

4.2 オープンレンジ

オープンレンジRO-810AFは、主・従の二つのマイコンを用いる(図6)。主マイコンは8ビット、CMOSで、センサ(庫内温、食品重量、ガス)、商用電源電圧、タイマー設定用ボリュームからの信号が内蔵のA/D変換回路を介し入力され、出力として蛍光表示管(8×22ドット)を駆動、制御する。一方、従マイコンは入力キー(31

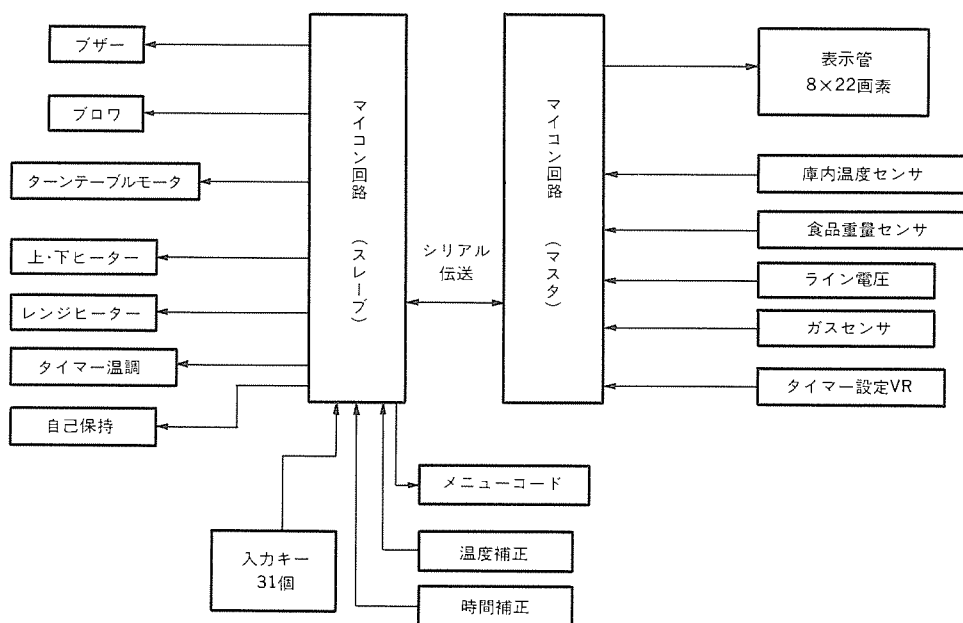


図 6. オープンレンジのマイコン回路入/出力図

個)、補正入力ボリューム(温度、時間)信号を入力し、ヒーター(上/下、レンジ)、モータ(プロウ、ターンテーブル)、ブザーなどの負荷を制御する。両マイコン間で、シリアル伝送が行われる。

このオープンレンジの特長は、各種の調理メニューをカバーする自動調理ソフトの具体化にある。食品の量、電源条件、レンジ内の予熱の有無などの変動要因をいかに補正するか、及び調理の過程、終了の検知をいかに行うかが制御アルゴリズムのかぎ(鍵)に在る。

操作性の改善にも留意しており、二つの大きな工夫がある。

(1) 調理メニューの選択は表示器上に表示されるメニューの中から使用者が作りたいメニュー表示に触手の後、スタートボタンを押せば自動的に調理が行われる。

(2) 料理の段取りが表示管にイラストで表示され、またその手順もランプで示される。

5. 将来動向

マイコン応用を中心とした家電へのエレクトロニクスの活用は今後も進み、家電機器のメカトロ化、ロボット化の方向が強まると予想できる。代表的なルームエアコンについて述べる。

ルームエアコンには冷媒系、送風系及び電子制御系があり、その関係は図7で示される。電子制御系の比重は年々高まっており、特に冷媒系、送風系とのオーバーラップ領域の今後の展開が期待される。パワーエレクトロニクス アクチュエータ、スマートセンサなどである。例えば、電子リレー、電子制御弁、電子モータ、IC温度センサ、半導体圧力センサなどがそのはしりといえる。電子制御系と他の二つの系とのかわりが大きくなるにつれ、制御面でのS/W、すなわち制御アルゴリズムの重要度が増し、各系を統合したシステムとしての取扱いが必要となってくる。

家電機器の将来を考えたとき、基本機能のみを持つ普及型と、各種機能を付加した高級型の2極分化が起これらと思われる。普及型では電子制御系を構成する機器の低コストの要求が厳しく、自動組立への対応が鍵となる。一方、高級型ではパワーエレクトロニクスとの融合によるセンサベースのマイコン制御の高度化が鍵となる。

昭和60年代後半の高級型白物家電機器で検討される電子関連の技術テーマとして、次の項目が考えられる。

- (1) 大容量メモリ及び16ビットマイコン応用拡大
- (2) パワーICのモータ、アクチュエータへの応用
- (3) 大型液晶ディスプレイ及びイメージセンサ応用
- (4) 音声認識応用
- (5) HA端子の適用拡大と応用
- (6) 耐熱型プラスチック光ファイバ応用
- (7) AI、学習制御の高度化とその応用

ニーズとシーズの動向を注意深く見守った上で、将来動向を予測し、製品にタイムリーに採用していくことが肝要である。

6. むすび

白物家電機器における電子制御はディスクリート回路方式から、マイコン回路方式に移行して、飛躍的な発展をとげ、今やマイコン不採用機種がマイナーな存在ですらある。

パワーエレクトロニクス、各種センサ、高度な制御アルゴリズム

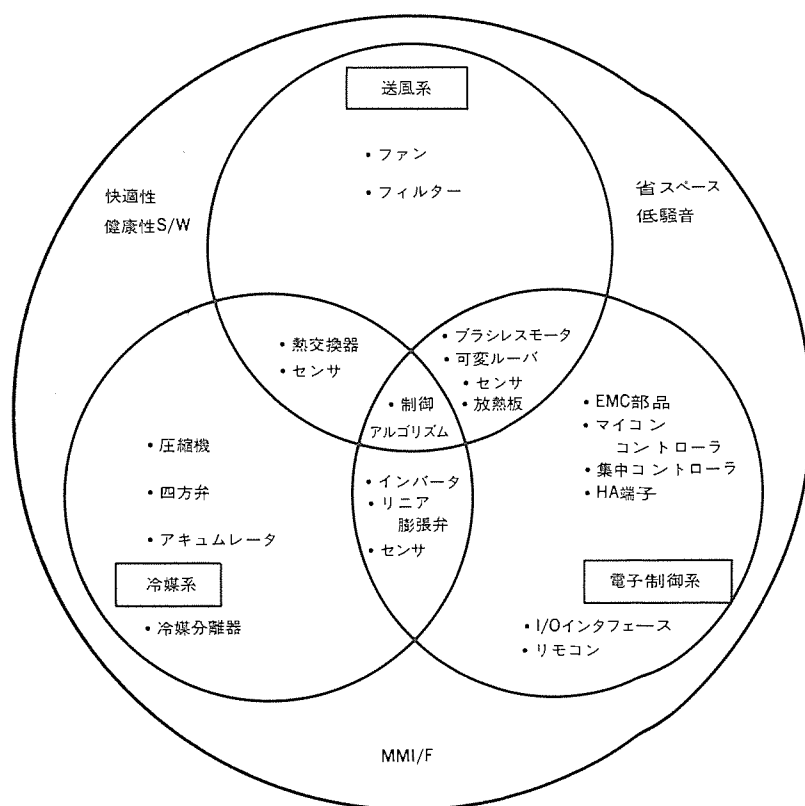


図7. ルームエアコンの電子制御系の位置

の3要素を含む、いわゆるインバータ型白物家電機器が今日の主流を占めるが、将来的にもこの傾向は続くと思われる。

機器と使用者の接点、すなわちMMI/Fの改善も、大型ディスプレイの採用による表示能力の向上、使用者への適切なガイダンスS/W面の検討により着々と進んでいる。これもマイコンなくしては実現不可能であった。

ディスクリート回路方式の第1世代、マイコン回路方式の第2世代、そして現在はパワーエレクトロニクス併用による第2.5世代に入っている。昭和60年代後半の来るべき第3世代の目標は、使用者のすべてに優しく、生活に潤いと楽しさを与える家電機器の創造にあり、これに向け今後も電子制御応用の進化はたゆみなく進められよう。

終わりに、本稿作成に際し、資料提供をいただいた製作所の関係各位、及び内容につき助言をいただいた研究所の各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 梅村ほか：昭和62年度インバータルームエアコンの快適制御，三菱電機技報，61，No.5（昭62）
- (2) 坂本ほか：1マイコンによるルームエアコン用インバータの制御，三菱電機技報，61，No.5（昭62）
- (3) 飯尾ほか：インバータ搭載冷凍冷蔵庫，三菱電機技報，61，No.5（昭62）

パワーエレクトロニクス技術とその応用

杉本英彦*
木全政弘**
山崎広義***

1. ま え が き

パワーエレクトロニクスは電力用半導体デバイスを用いて電力の変換と制御を行う技術であり、家庭内でエネルギーを扱う家電機器に「知」の機能を付与する役目を担う。それにより家電機器の高性能化や能力の連続可変が可能になり、省電力や快適性向上などのメリットが得られる。電力用半導体デバイスやマイコンなど制御用デバイスの進歩により電力の変換と制御が小型な装置で可能になり、パワーエレクトロニクスを応用した家電機器は広く普及しつつある。そこで、家電機器におけるパワーエレクトロニクス技術とその動向、及びその応用例について述べる。

2. パワーエレクトロニクス技術とその動向

家庭内でエネルギーを扱う電気機器には、電気を力に変換するモータを内蔵しているエアコン、冷蔵庫、扇風機など、電気を熱に変換するヒーター、電磁調理器など、電気を光に変換する電灯、蛍光灯などがある。パワーエレクトロニクスは電気を力・熱・光などにエネルギー変換するに際し、電力を個々のエネルギー変換機器に適した形に変え、さらに要求や環境条件に応じて制御して、供給する技術である。図1はそれを図示したものである。図1から分かるようにパワーエレクトロニクスではスイッチングを伴う電力変換器を具備している。どのような家電機器にパワーエレクトロニクス技術が使われているかを表1に示すが、その応用製品は実に多い。電力変換器には交流電力調整器やインバータなどがある。交流電力調整器は商用電源電圧をスイッチングしてエネルギー変換機器に印加し、電力を調整するもので、電力変換器としての構成・制御法は簡単であり、現在も多く使用されているが、エネルギー変換機器の能力を十分引き出せない場合も多い。そこで登場したのがインバータである。インバータは直流から交流を得るものであるが、出力としての電圧、電流及びそれらの周波数の制御自由度が高く、エネルギー変換機器の能力を十分引き出し、家電機器の性能向上に寄与するところが大きい。したがって、今後一層家電機器のインバータ化が促進されるであろう。

この章では次章以降で紹介するインバータを応用した家電機器に共通なインバータ技術について述べる。インバータに要求されることは、高効率スイッチング技術、エネルギー変換機器の能力を十分

表1. 家電機器とパワーエレクトロニクス技術

利用する物理量	家電機器	エネルギー変換機器 (直接的制御対象)	電力変換器
力	エアコン 冷蔵庫 扇風機 換気扇 掃除機 洗濯機	モータ (誘導モータ ブラシレスDCモータ)	インバータ 交流電力調整器
熱	炊飯器 ホットプレート トースタ 電気ストーブ 電気こたつ	ヒーター	交流電力調整器
	電磁調理器 電子レンジ	誘導コイル マグネトロン	インバータ
光	電灯 蛍光灯	電球 放電ランプ	交流電力調整器 インバータ

引き出すためのスイッチング周波数の選定を含むインバータ回路技術及び制御技術であり、さらに小型化、静音化、電磁環境適合性(以下、EMCと記す) 低価格化などを含む。

2.1 電力用半導体デバイスとスイッチング技術

図2は家電機器に使われているインバータのスイッチング周波数を示したものである。モータの可変速制御についてみるとモータ容量が数百W以下ではブラシレスDCモータ、それ以上では誘導モータが主に使われており、それらのモータを駆動するインバータは数W以下ではリニアインバータ、それ以上ではPWM (Pulse Width Modulation) インバータが主に使われている。モータの使い分け、インバータの使い分けは性能、大きさ、経済性などを総合的に判断して決定する。インバータの基本周波数はモータの回転速度に直接関係し数百Hz以下のことが多いが、PWMインバータの場合実際のスイッチング周波数となる搬送波周波数はモータ騒音、モータ効率の点から高い方が望ましく、超音波周波数である20kHz程度まで使用されている。

電磁調理器用インバータや蛍光灯用インバータでは機器全体の効率向上、静粛性、インバータの小型化などのためにスイッチング周波数は20kHz以上が選択される。しかし、スイッチング周波数を高くすることはスイッチング損失の増大を招くから、経済性などを考慮して選定する電力用半導体デバイスによりおのずと制限が生じ、図2に示すようなスイッチング周波数が使用されている。

家電機器用インバータの主電力用半導体デバイスとしては、ゲーリントン接続バイポーラトランジスタが主に使用されており、モー

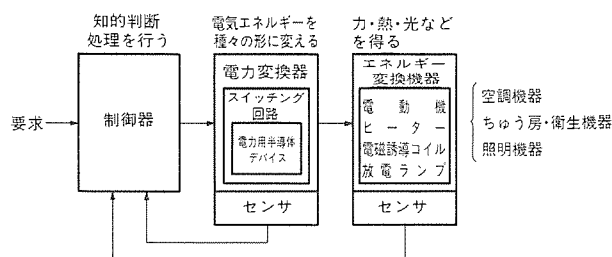


図1. パワーエレクトロニクス技術

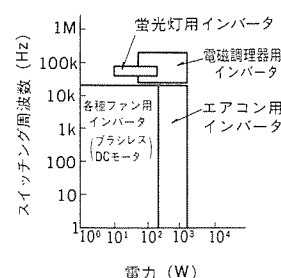
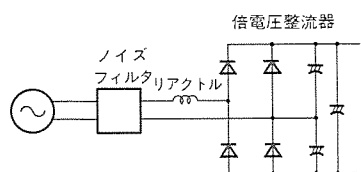
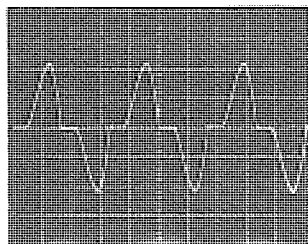


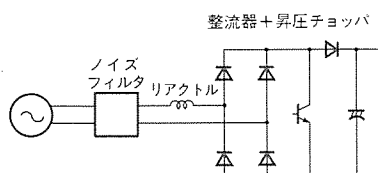
図2. 家電機器用インバータのスイッチング周波数



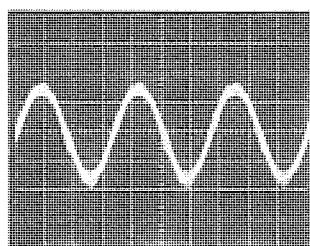
(a) 倍電圧整流器



(b) 入力電流波形



(c) 整流器+昇圧チョップパ



(d) 入力電流波形

図3. コンバータ回路

タ駆動用インバータのようにスイッチング回路中に共振要素を含まない場合は数kHz以下、誘導加熱、放電ランプ用のように共振要素を含む場合は百kHz以下でスイッチングさせて使用する。より高周波化が可能で駆動電力が小さいパワーMOSFETや新しく開発されたBi-MOS(MOSFETとバイポーラトランジスタを組み合わせたトランジスタ)、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)も今後使用されていくであろう。

2.2 電力変換技術

電力変換技術には回路技術、電圧・電流波形生成技術、例えばPWM技術などがある。インバータ回路は用途に応じて異なることが多いので、それについては次章以降で紹介することにし、ここでは共通的な例として商用電源から直流を得る新しいコンバータ回路について述べる。

図3(a)は従来から一般に使用されている倍電圧整流器で、その入力電流波形は同図(b)のようになっている。電源力率が規定値に入れるためにリアクトルが比較的大きなものになっている。新しいコンバータ回路は同図(c)に示すように整流器と昇圧チョップパから成っている。昇圧チョップパの作用により比較的小さなリアクトルで、同図(d)に示すような正弦波に近い入力電流波形が得られるとともに、直流電圧も普通の整流回路で得られる電圧以上ならば自由に設定できるメリットがある。

2.3 制御技術

パワーエレクトロニクス技術とその応用・杉本・木全・山崎

制御技術は要求や環境条件に応じてインバータの出力電圧、出力電流、出力周波数を調整することのほか、家電機器をシーケンシャルに運転することやインバータ自身を含め家電機器を保護することなどを担う。マイクロエレクトロニクスの進歩により、演算・メモリ機能や通信機能が簡単に得られるようになったことや種々のセンサが開発されたことによって制御技術は充実しつつある。センサを用いたインテリジェント化、例えばおいセンサ付きファン、マイコンによるプログラマブルコントロール、複雑な演算をマイコンに行わせることによる高性能化、例えば誘導モータのベクトル制御⁽¹⁾などが進められている。

3. モータ可変速への応用

家電機器の中で使用する可変速モータには図4に掲げたものがある。高効率運転ができ可変速範囲が広いインバータ駆動が広がりつつある。以下ではエアコン用インバータについて述べる。

3.1 構成

図5にエアコン用インバータ回路を示す。整流器には倍電圧整流器を採用している。これにより、インバータ出力電流を半分にし、インバータ損失低減を図っている。インバータにはモータ損失低減を図るために三相PWMインバータを採用している。また、EMC対策としてノイズフィルタを挿入している。

3.2 動作

エアコン用インバータは圧縮機を回転させる誘導モータを可変速制御することにより、エアコンの冷暖房能力を広範囲に調節する。可変速制御は誘導モータに印加される電圧の大きさと、周波数を制御することにより行う。電圧の大きさと周波数の制御や電圧波形制御をトルク、効率、騒音などの観点から適切なものとしている。

(1) 電圧の大きさと周波数の制御

磁気飽和を避けるためV/F一定制御を基本としているが、一次巻線抵抗による電圧降下に起因する起動時のトルク不足を解決するために、誘導モータの特性に合わせてV/Fパターンを調整するとともに、起動時の最低周波数を設定している。

(2) 電圧波形制御

電圧の大きさはPWM制御により制御しているが、モータ効率の低下を防ぎ、騒音を小さくするためには、電圧波形に含まれる高調波分をできるだけ小さくできるPWM制御方式を採用する必要がある。

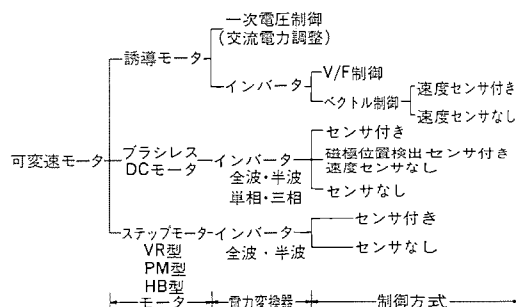


図4. 家電用可変速モータと想定される制御方式

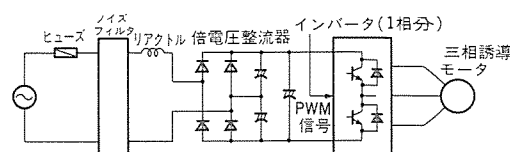
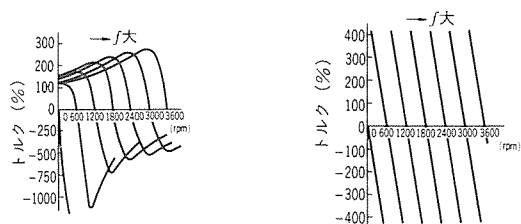


図5. エアコン用インバータ回路



(a) V/F一定制御の場合 (b) ベクトル制御の場合

図6. 誘導モータの速度-トルク曲線

る。そこで、三角波比較正弦波PWM制御方式を採用するとともに、搬送波周波数とモータ効率の関係を調べ、適切な搬送波周波数を選んでいる⁽²⁾。

3.3 モータ用インバータの性能改善

上記した電圧の大きさと周波数の制御や電圧波形制御を更に適切なものとするにより性能改善を図ることができる。

(1) 電圧（電流）の大きさと周波数の制御

前述したV/F一定制御のほかにベクトル制御⁽¹⁾と呼ばれる方式などがある。前者が誘導モータの端子電圧とその周波数を制御するのに対し、後者は励磁分電流、トルク分電流及びそれらの周波数を制御するもので、図6に示すように低周波数域でトルクが低下しない特長を持っている。

(2) 電圧波形制御

インバータ出力電圧の高調波分をより小さくするために、三相正弦波PWMインバータの信号波を正弦波+第3 n 次高調波とする方法などがある。それによりモータ効率向上を図ることができる。

4. 電気加熱への応用

電気エネルギーを熱エネルギーに変換する家電機器としては、誘電加熱を利用する電子レンジ、誘導加熱を利用する電磁調理器などがある。ここでは、安全・清潔・高い熱効率などの長所を持つ電磁調理器への応用について述べる。

4.1 電磁調理器の加熱原理

金属（なべ底）と加熱コイルを対向して配置し、加熱コイルに高周波電流を流すと発生した磁力線により、金属中に渦電流が流れる（電磁誘導作用）。この渦電流と金属の持つ抵抗によりジュール熱を生じ、金属が加熱される。これが電磁調理器の加熱原理である。

いま、コイル中に置いた金属棒を加熱するモデルを想定すれば、金属棒の実効抵抗 r ($\mu\Omega$) は表皮効果による渦電流の浸透深さを δ (cm) として、

$$r = \rho / \delta = 0.199 \cdot \sqrt{\rho \cdot \mu_s \cdot f} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに ρ : 抵抗率 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)、 μ_s : 比透磁率、 f : 周波数 (Hz) で表される。また、金属棒の単位表面積当たりの電力密度 Pa (W/cm^2)

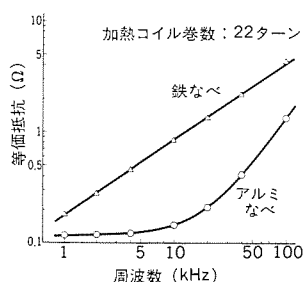


図7. なべの材質と等価抵抗

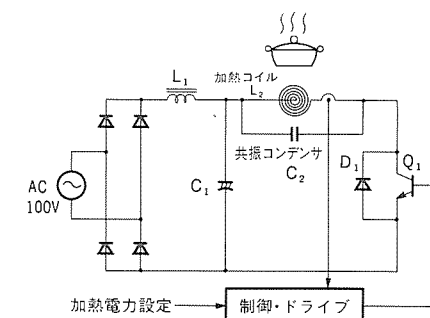


図8. 電磁調理器用インバータの構成

は、 δ が金属棒の直径より十分小さいときには近似的に次式となる。

$$Pa = 0.199 \cdot K^2 (nI)^2 \sqrt{\rho \cdot \mu_s \cdot f} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに K : コイルと金属棒の結合係数、 I : コイル電流(A)

n : 金属棒の長さ1cm当たりのコイル巻数

式(2)から誘導加熱には、抵抗率が大きく比透磁率が高い磁性材料が適していることがわかる。電磁調理器の加熱コイルからみた、鉄なべ・アルミなべの等価抵抗の測定例を図7に示すが、誘導加熱には鉄なべがより適していることがわかる。また、式(2)及び図7から、アルミなべを加熱するためには、動作周波数を高くするとともに加熱コイルのアンペアターン数を増せばよいこともわかる。

4.2 電磁調理器用インバータ

当社の電磁調理器《クリーンレンジ》CS-150に用いられているインバータの構成を図8に示す。

電磁調理器用インバータには、①負荷変動に対して安定、②電力可変、③高効率、④小型・軽量、⑤安価、などの点が要求される。経済的に有利で、損失の少ない石共振型インバータを採用しており、加熱コイル L_2 と並列に共振コンデンサ C_2 を接続し、直列にトランジスタ Q_1 を接続する構成としている。トランジスタの動作は共振を利用して電圧ゼロ・電流ゼロの点でトランジスタをターンオンさせる準E級動作とし、ターンオン損失を減らしている。また、トランジスタのターンオフ時には印加電圧がLC共振で緩やかに立ち上がるため、ターンオフ損失も小さく抑えられる。トランジスタとしては、ダイオード D_1 を逆並列接続したダーリントン接続バイポーラトランジスタを使用している。

電源からの外乱、負荷変動の対策として加熱コイルの電流を検知することにより、設定電力を維持するように動作周波数を制御している。この動作周波数は、なべの材質・可聴雑音・トランジスタの損失・加熱コイルの損失などを考慮して、定格電力1.3kWで20~30kHz、最小電力150Wで50kHz程度に選ばれている。図9は入力電力と動作周波数の関係を示している。なお、定格出力の効率は83%である。

5. 照明への応用⁽³⁾⁽⁴⁾

照明用光源としての放電ランプは、電気エネルギーを放電ランプに注入（供給）し、これを光エネルギーに変換して利用するものである。放電ランプのなかでも、特に蛍光灯は高周波点灯により、

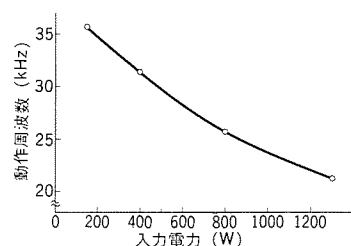


図9. 電磁調理器の動作周波数

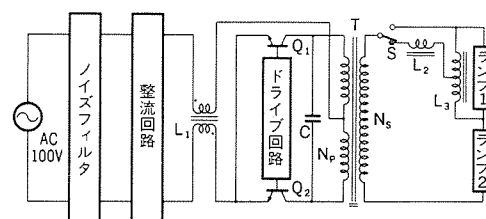


図10. 蛍光灯用インバータの基本回路

その発光効率が上昇する特性を持っている。それゆえ、この分野では、高周波インバータの応用が活発になってきている。

当社では、昭和50年代にビルなどの施設向けに高周波インバータを搭載した照明器具を開発し発売を開始した。一方、住宅照明向けには、昭和61年に高周波インバータを搭載したコンパクト蛍光灯スタンド《インバータBBジラフシリーズ》を開発し、続いて昭和62年には前記スタンドの調光機能付きタイプ、さらに和風及び洋風ペンダントの“インバータライティングシリーズ”を開発した。ここでは、洋風ペンダント用のインバータについて述べる。

5.1 インバータの構成

このインバータは、40Wと32Wの2灯の円形蛍光灯ランプを直列点灯するものである。図10にインバータの基本回路を示す。これはD級動作を行う電圧共振型インバータであり、電圧帰還により自励発振を行う。

L_1 , L_2 , L_3 はそれぞれ直流リアクトル、調光リアクトル、分流リアクトルである。Tは出力トランスであり負荷のランプ電流を所定値に設定する限流要素として、そのリーケージインダクタンスを利用している。Cは共振用コンデンサであり、このコンデンサCから出力トランスT側を見たときのインダクタンスLとで共振回路を形成する。

5.2 動作

インバータの出力（動作）周波数は、帰還回路の作用により、ほぼ下記の周波数となる。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

しかし、出力トランスTの負荷電流により上記インダクタンスLが変化する。このため、ランプが点灯していない無負荷状態と出力トランスTの負荷電流を減少させた調光状態、及び全光点灯状態とでは共振周波数が異なり、それぞれ f_1 , f_2 , f_3 とすればこれらの状態での出力周波数は次のとおりである。

$$f_1 < f_2 < f_3 \quad \dots\dots\dots(4)$$

次にこのインバータの調光動作と昇圧作用について述べる。調光は、切替スイッチSにより行う。分流リアクトル L_3 は二通りの作用を行う。第1はランプ1の電流を分流させる作用である。すなわち、出力トランスTの出力電流は、分流リアクトル L_3 により、ランプ1を流れる成分と、これを流れない成分とに分流される。このようにして調光するが、ランプ1とランプ2に流れる電流とを個別に所望の値に設定できるので、ランプ1及びランプ2の調光度を従来のように同一でなく、互いに異なるように設計することも可能である。

第2は昇圧作用である。ランプ2が放電開始すると、分流リアクトル L_3 の一部の巻線にランプ2の放電電流が流れるので、この電流により励磁され、分流リアクトルは電圧を発生する。このリアクトル L_3 のインピーダンスを十分大きくしておけばランプ1に印加される電圧は、出力トランスTの開放電圧より高くでき、ランプ1を確実に点灯させることができるとともに、出力トランスTの容量を減少できる。

なお、実際の回路ではランプ電極が、放電開始に先立って予熱されるよう構成している。

5.3 EMCへの対応

高周波インバータに対しては十分なEMC対策が必要となる。このインバータでは、共振回路を使用しているので、本来、発生するノイズレベルは低いが、ノイズフィルタによる低減対策のほか、直流リアクトル L_1 に関して検討次の構成とした。

このリアクトル L_1 は、等価的に大きなインピーダンスを持つチョ

表2. 蛍光灯用インバータの仕様

適合ランプ	FCL40/38+FCL32/30
電源電圧	100V
電源周波数	50/60Hz共用 (50, 60Hz別)
入力電力	85W (85W)
入力電流	1.3A (1.5A)
光出力	約120% (100%)
点灯周波数	約50kHz (50, 60Hz)
段調光度	約60% (1灯消灯)
重量	400g (1,380g)

注 (1) ()内の数値は一般安定器使用時
(2) 光出力は試験用安定器との比
(3) 重量には電源線、出力線は含まず

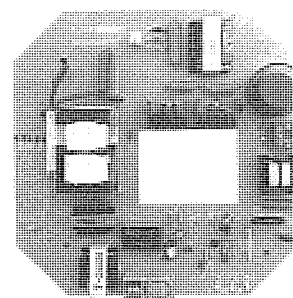


図11. 蛍光灯インバータの外観

ークコイルでよく、開発したインバータはこの巻線部を2分割配置している。これにより、直流リアクトルを通常の整流回路の高電位側にシングルチョークコイルとして配置した場合と比較して、インバータ部から発生するノイズを約10dB低減した。

5.4 “インバータライティングシリーズ”の特長

表2にその性能を示し、図11にインバータ部の外観を示す。この高周波インバータを搭載した照明器具は次の特長を持っている。

①点灯回路及びランプの効率向上による明るさアップ、②高周波点灯によりちらつき感解消、③100%→60%に段調光可能、④即時点灯、⑤安定器部分が軽量化、⑥騒音がほとんどない。⑦電源の50/60Hz共用である。

今後、高周波インバータを使用した点灯回路の一層の高機能化、小型化、高効率化を図ることにより、ペンダントやスタンドはもとより、広く照明器具に普及していくことが期待される。

6. むすび

以上、パワーエレクトロニクス技術とその家電機器への応用について述べた。パワーエレクトロニクス技術を応用した家電機器は電力用半導体デバイスやマイクロエレクトロニクスの進歩の影響を顕著に受けるが、最近話題になっているパワーICはパワーエレクトロニクス技術全体を1チップに収めてしまうような技術であり、この応用や対象機器の制御アルゴリズムの検討などにより、高性能化、小型化などを更に追求した家電機器の開発を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 杉本ほか：全ディジタル・ソフトウェアACサーボ、三菱電機技報, 58, No.4 (昭59)
- (2) 望月ほか：1マイコンによるルームエアコン用インバータの制御、三菱電機技報, 61, No.5 (昭62)
- (3) 照明学会研究調査報告書, JIER-009 (昭62)
- (4) 皆川, 山崎：蛍光灯2灯用高周波点灯回路, 昭和58年照明学会全国大会, No.34

圧縮機技術とその応用

平原卓穂*
角田昌之**

1. ま え が き

密閉型冷媒圧縮機が初めて米国で登場して半世紀が経過した。

圧縮機構とこれを駆動する電動機を密閉容器内に一体に収納したこの圧縮機は、冷媒の漏えいの心配がほとんどなくメンテナンスフリーであるほか、軽量・低騒音といった特長を備えている。取扱いに難点のある従来のアンモニア冷媒の代替として、ほぼ同時期に開発されたフロン冷媒とともに、密閉型冷媒圧縮機の登場は、冷蔵庫・冷房機・除湿機・ヒートポンプ型冷暖房機といった冷凍・空調システムが一般家庭に広く普及していく前提条件をなした。以後、密閉型冷媒圧縮機は、駆動源である誘導電動機の回転の高速化のための2極化と、これに伴う圧縮機構の小型化、レシプロ式（往復動式）に代わるロータリ式（回転式）圧縮機構の登場といった変遷を経て今日に至っている。現在、国内で生産されている家電用冷媒圧縮機は大部分が2極の誘導電動機で駆動されており、また、ほとんどの家庭用中～大型冷蔵庫とルームエアコンはローリングピストン式ロータリ圧縮機を搭載している。

当社は、昭和30年代に密閉型圧縮機用電動機の2極化を完了した後、昭和40年代からは空調用圧縮機のロータリ化に着手した。しかし、空調業界全体として圧縮機のロータリ化が一挙に進展するのは、省エネルギー化への開発促進の図られた昭和48～49年の第1次石油ショックを契機としている。このロータリ化により吸入ガスを圧縮機構へ直接吸い込むことが可能で、体積効率や吸入側圧力損失を大幅に改善できるロータリ圧縮機の搭載によって、ルームエアコンの大幅な省電力化を図ろうとするものであった。当社も小～中型ルームエアコン用ロータリ圧縮機“RH”の本格的生産を開始したのに続き、大型ルームエアコン用ロータリ圧縮機“NH”についても量産導入を図り、家庭用エアコンはもとより、大容量のパッケージエアコンまでを含めた空調用圧縮機のロータリ化を推進した。

一方、当社は冷蔵庫用圧縮機についても省電力、省スペースを目的としたロータリ化の検討を進め、昭和55年に世界初の横置型ローリングピストン式ロータリ圧縮機“KLZ”（図1）の製品化に成功した。“KLZ”型圧縮機は、冷媒ガスのエジェクター効果により密閉容器底部の潤滑油をしゅう動部へ給油することにより、機械的可動部分が全くない信頼性の高い油ポンプ機能によって圧縮機の横置き化を実現し、冷蔵庫内の有効利用スペースの拡大をねらったもので、

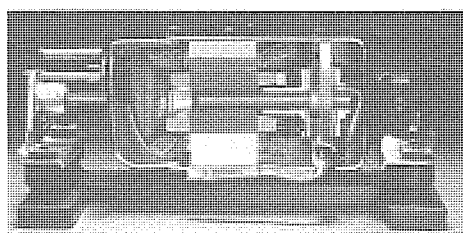


図1. 世界初の横置型ローリングピストン式
ロータリ圧縮機“KLZ”

冷蔵庫業界のロータリ化に先鞭をつける画期的製品であった。

2. コンパクトロータリ圧縮機

家庭用冷蔵庫及びルームエアコンに搭載される圧縮機の主流となっているローリングピストン式ロータリ圧縮機は、その機構が自動車用のロータリエンジンとは全く異なるので、以下、空調用縦置き圧縮機を代表例として図2により構造の概要を紹介しておく。

図2は密閉容器内に収納されたロータリ圧縮機の縦及び横方向断面図である。密閉容器底部には潤滑油が蓄えられており、その上方の空間は、吐出管から吐き出される高温・高圧の冷媒ガスが充满している。圧縮機構はこの容器の下部、これを駆動する電動機は上部に配置されており、電動機の回転子はクランク軸と一体に連結されている。クランク軸の回転によって低温・低圧の冷媒ガスは吸入マフラーを通してシリンダ内に吸引された後圧縮され、フレームに装着された吐出弁機構及び吐出マフラーを経て密閉容器内へ放出される。シリンダ内には、クランク軸偏心部とこれにしゅう動自在にかん（嵌）合されたローリングピストンが各々回転及び旋回運動を行っており、これに伴いローリングピストン外周に圧接されたペーンは往復運動を行う。ペーンによりシリンダ内の空間は吸入室と圧縮室に分割されており、その内容積はクランク軸の回転に伴って各々、増加及び減少していく。容積の増加していく吸入室へ吸引された冷媒ガスは、引き続き次の回転で当該空間が圧縮室へ転じるため、その容積の縮小に伴って高圧化する。フレームに装着された吐出弁は、

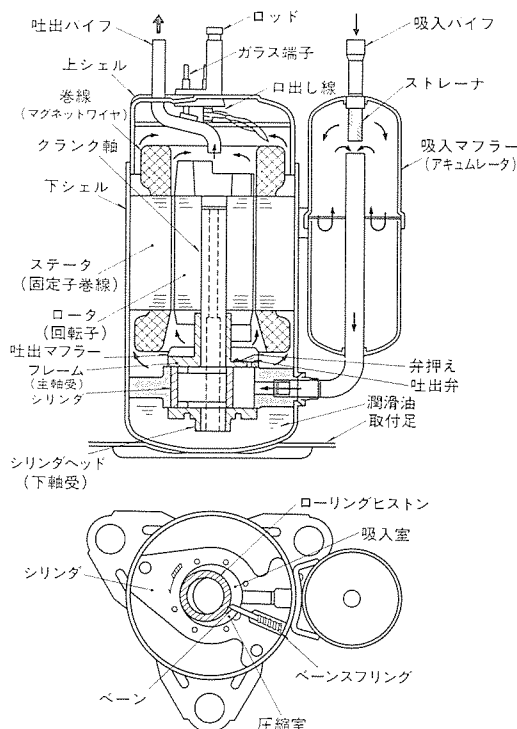


図2. ロータリ圧縮機の断面図

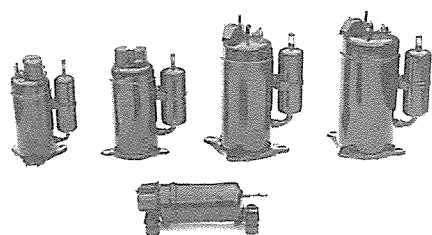


図3. 冷蔵庫、ルームエアコン用ロータリ圧縮機

(前列XLZ, 後列左端からKH, RH, PH, NHの各圧縮機)

弁の前面と背面の差圧によって自動的に開閉し、高压ガスを吐出マフラーへ導くとともにその逆流を防止する。

ロータリ圧縮機は同容量のレシプロ圧縮機に比較して、占有容積で30～50%、重量においても20～40%の縮減が図られており、高効率化のみならず大幅な省資源化をも合わせて実現し、石油ショック以後の社会的要請にこたえてきた。当社では更にロータリ化の進展に合わせて、冷蔵庫、ルームエアコンなどの最大需要帯域に焦点を合わせ、より一層の小型・軽量・高効率・低騒音化をねらったコンパクトロータリ圧縮機の開発に成功し、冷凍空調システムの性能向上、軽量化に寄与している。

冷蔵庫用では、横置き型“KLZ”圧縮機に続き、コンパクトロータリ“XLZ”圧縮機の開発を進め、冷蔵庫主力機種への全面導入を実現している。“XLZ”は当社従来モデル“KLZ”と同様、横置き型であるが、占有容積で更に30%、重量で20%の縮減を図った超小型軽量機である。給油ポンプは、機械的可動部分を避けるという“KLZ”の設計思想を更に前進させ、圧縮機構内外の圧力差を巧みに利用した差圧給油方式を採用して、給油ポンプの取付スペースを省略し、“XLZ”の一層の小型化を促進させた。同一能力で圧縮機をコンパクト化すると容器からの放熱面積や軸線回りの慣性モーメントが縮小するので、そのままでは効率の低下と振動の増大を招く。このハンディキャップを克服し、さらに一層の性能向上を実現するために、後述する高効率、低騒音化技術が駆使され、“KLZ”を上回る高性能を実現している。

ルームエアコン用では、小～中容量向けの“RH”圧縮機と大容量向けの“NH”圧縮機の小型・軽量化モデルとして新たに“KH”、“PH”を開発し量産化を実現した(図3)。これらの空調用コンパクトロータリ圧縮機は従来モデルに比べ、占有容積で15～25%、重量

で15～25%の縮減を達成する一方、高効率化・低騒音化をも合わせて実現したものである。

3. 高効率化技術

圧縮機の効率は、熱交換器の効率とともに冷凍・空調システムの効率を決める最重要因子であり、冷蔵庫、ルームエアコンの消費電力量に直接関与してくる。このため、圧縮機の効率向上については継続的な研究がなされており、その成果は直ちに製品仕様に反映され量産導入が図られてきている。例えば、当社の冷蔵庫用圧縮機の場合、第1次石油ショック直後のレシプロ機の効率を基準とすれば、現在量産中のコンパクトロータリ圧縮機“XLZ”の効率は1.6倍にまで到達している。

ロータリ圧縮機の性能は主として、①電動機の効率、②しゅう動部の機械損失、③吸入・吐出系路の圧力損失、④これら損失分に起因する吸入ガスの過熱による体積効率(吸入効率)の低下、⑤圧縮機構を介した高压側から低压側への冷媒ガスリーク及びデッドスペースに残留するガス分による無効仕事の増加などにより決まる。圧縮機の効率向上はこれら個別要因の改善の集積として達成されており、以下、最近の動向を含めて、主要改善を中心に幾つかの項目について述べる。

3.1 電動機の効率改善

電動機はその損失が最終的には熱となるだけでなく、その一部が吸入ガスを加熱し体積効率の低下をもたらすので、可能な限りの高効率化が図られてきている。しかし、一般に冷凍・空調システムでは起動から定常運転に至る過渡状態において最高負荷が発生し、電動機はこのピーク負荷を乗り切る必要から、高効率化設計要件と同時に複雑な制約条件を課せられている。こうした要求特性を勘案し最適設計を図るために従来からCAEが活用されてきたが、さらに今日ではコア形状の最適化まで踏み込んだ有限要素法による磁界解析が援用されつつあり、CAEの利用度が一層深まっている。

3.2 機械損失の低減

ローリングピストン式ロータリ圧縮機の各しゅう動部における損失は、高い精度で解析可能となってきた。最も複雑な旋回運動をするローリングピストンについても、その運動がクランク軸偏心半径周りの公転運動と、小刻みな前進・後退を繰り返す自転運動の合成から成っていることが解析・実験の両面から判明している。こうした運動解析と軸たわみを考慮した軸受解析の結果を利用して、

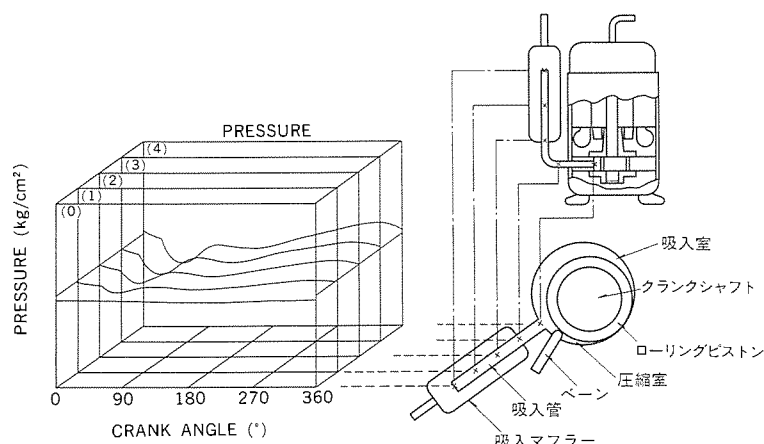


図4. 空調用ロータリ圧縮機の吸入系路流動解析

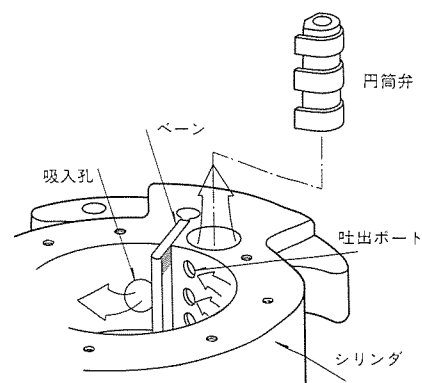


図5. 円筒形吐出弁機構

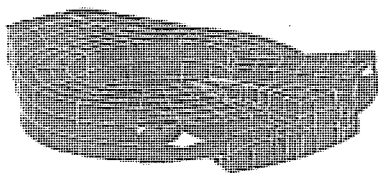


図6. シリンダの応力解析例

(対称性を考慮し実形状の下半分だけ解析している)

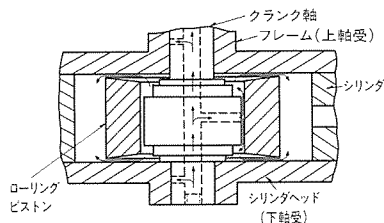


図7. リーク量を最小化する圧縮機機構例

しゅう動部の最適設計を進め、機械損失の低減を図っている。特に大型ルームエアコン用の大容量ロータリや、後述するインバータ対応の可変速ロータリ圧縮機では、軸の剛性向上、軸受の柔構造化など、解析結果に基づく最適設計がなされている。

3.3 吸入・吐出系路の圧損改善

冷媒ガスの吸入系、吐出系における冷媒ガスの流動状態は、特性曲線法を始めとするCAEの手法により解析的に予測され、流路系の高効率な設計がなされるようになってきた。図4はルームエアコン用圧縮機の吸入マフラーから吸入ポート系に至る圧力とクランク回転角との関係を示す流動解析結果であり、圧縮機の1回転中(クランク角度 $0^{\circ} \rightarrow 360^{\circ}$)における各部の圧力変動を示している。こうした解析は、特にインバータ対応の可変速ロータリのように冷媒ガス流速や間欠流のサイクルが広範に変わる圧縮機の効率解析には必ず(須)となってきている。

吐出系に関する圧力損失についても同様に、CAEを駆使した解析に基づく改良がなされてきた。吐出行程は圧縮機の構造上吸入行程に比べて行程時間が1/3から1/5程度しかない上に、高密度の冷媒ガスが瞬間的に噴出する間欠流となるため圧損も大きい。図5はこの圧損を吐出弁システムの抜本的な構造変更によって改善した例であり、“PH”、“NH”型圧縮機で実用化されている当社保有特許の一つである。

3.4 リーク損失の低減

ロータリ圧縮機は各部品の円滑なしゅう動を保证するため、部品間に適当なすき間を設けて組み立てられているが、このすき間を通して高圧冷媒ガスが油とともに低圧側へリークしてくる。このリークガスは吸入ガスを過熱して体積効率の低下をもたらすとともに、圧縮室内においては再圧縮されて無効仕事を増加させる。特に小容量の圧縮機ほどリーク損失分の比率が高まってくるので、冷蔵庫用又は小型エアコン用圧縮機ではリーク損失の改善が最重要課題となってくる。このため、従来から各部品の寸法精度を厳しく管理するとともに、主要なしゅう動部については選択嵌合による最適すき間の確保が図られてきた。こうした個別部品レベルでの管理のほかに、近年は有限要素法による圧縮機構の構造解析が進められリーク損失の改善に寄与している。図6は圧縮機構中のシリンダが密閉容器にアークスポット溶接で固着された状態を応力解析した一例である。

この種の解析から、ひずみの最小化をねらったシリンダ構造、アークスポット位置の検討がなされ、製品仕様に反映されている。

さらに、実運転状態下におけるすき間部分の潤滑油～冷媒混合流の解析に基づき、動力学的に各部品間の最適すき間を保持する工夫もなされてきている。図7はその一例を示したものでローリングピストン両端面に微小なテーパを設け、運転中のピストン上下両端面におけるすき間の均一化により、ローリングピストン内周から外周へのリーク量を最小に抑えることを図ったものである。

4. 低騒音化技術

冷蔵庫、ルームエアコン、除湿機などの冷凍・空調システムの騒音は、ファン音と圧縮機音に大別される。ファン音についてはこの特集の「振動・騒音低減化技術」に詳述されているので御参照いただきたい。

圧縮機騒音の発生源を更に分析すれば、

- (1) 冷媒の吸入・圧縮・吐出によって生じる主として渦流による流体的加振力
- (2) 電動機の電磁的加振力
- (3) 運動部品の主として非線型振動によるものと推定される機械的加振力

に分けられる。これらの加振力によって発生した振動は、機械部品、冷媒、潤滑油などの伝達系によって減衰又は増幅されて、密閉容器又は吸入マフラーなどに伝達され、騒音として放射される。従来から、吸入マフラー、取付足、密閉容器など最終的な騒音放射要素については、その振動特性を十分把握し共振に基づく騒音ピークを生じぬよう注意が払われてきた。しかし、一層の騒音低減を図るために、今日では上述の三つの加振源を明確に究明し、加振源やその増幅要因を直接抑制する方向で対応が図られつつある。

5. 容量制御技術

冷凍負荷や冷暖房負荷の変動に応じて圧縮機的能力を制御することは、冷凍・空調システムのトータル効率の向上や空調の快適性を追求する上で最重要課題の一つであり、一般に容量制御技術と呼ばれている。容量制御には様々な方式があるが、家電製品に搭載されるロータリ圧縮機に適し、技術開発が進み実用化されている方式は次の三つである。

- (1) 圧縮機構の吸気容積を機械的に減少させる二段階制御方式(パワーセーブ)
- (2) 疑似的に2段冷凍サイクルを実現させてエコノマイザー効果を発生させる二段階制御方式(ガスインジェクション)

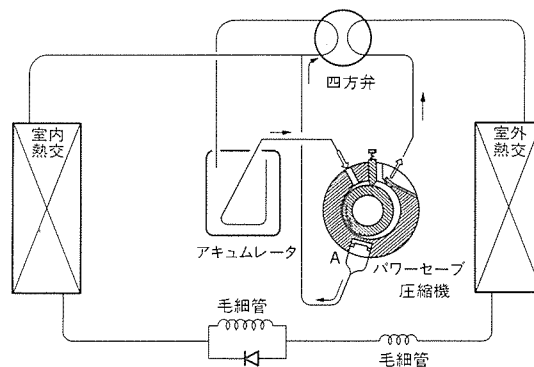


図8. パワーセーブの冷媒回路図

(冷房運転時の冷媒の流れ)

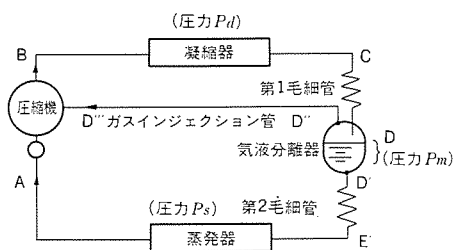


図9. ガスインジェクションの冷媒回路

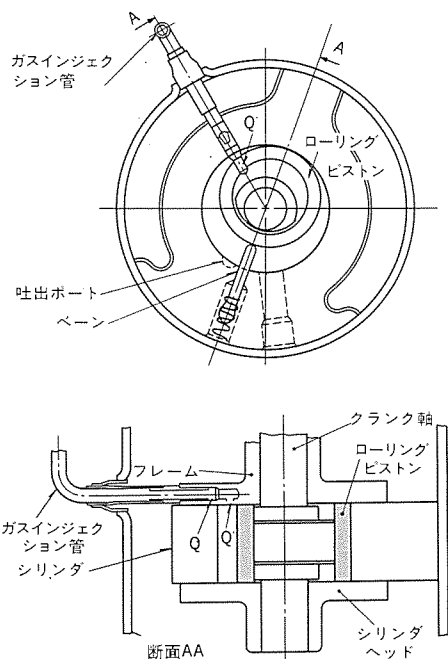


図10. ガスインジェクション圧縮機

(3) インバータを用いた電動機の回転数制御による無段階容量制御方式（インバータ駆動方式）

以下、順次、上記三方式について述べる。

5.1 パワーセーブ

ローリングピストン式ロータリ圧縮機の構造上の特長を生かし、単気筒でありながら部分的に体筒制御（圧縮室が部分的に無効となる）を実現させる。実際の冷媒回路を図8に示す。冷房運転モードでは圧縮機内に設けられた逆止弁Aの背部はリターン回路を経て低圧（吸入圧力）側へ連通しているため、ローリングピストンがA部を通過するまで冷媒ガスはリターン回路を経て吸入側へ戻る。したがって、圧縮室ではガスの圧縮が開始されず、圧縮機容量が減少することになる。この冷媒回路例では、四方弁が切り替えられて暖房運転モードになるとリターン回路は高圧（吐出圧力）側へ連通し、逆止弁Aは背圧を受けてシリンダ内面に開口したリターン孔を閉そく（塞）するので、圧縮機は通常のフルロード運転に戻る。この方式の優れている点は、四方弁の冷暖切替えによって自動的に圧縮機も容量制御されて、冷暖各モード間の能力バランスが適性化される点にある。

5.2 ガスインジェクション

ローリングピストン型ロータリ圧縮機の構造上の特長を巧みに利用して、単段圧縮のままで分離冷媒ガスのインジェクションを行い、二段冷凍サイクルにおけるエコノマイザ方式の効果を得ようとする。

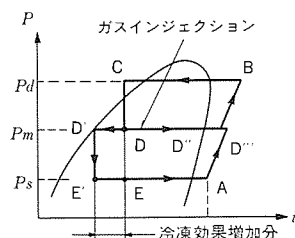


図11. ガスインジェクションシステムの冷媒の状態図

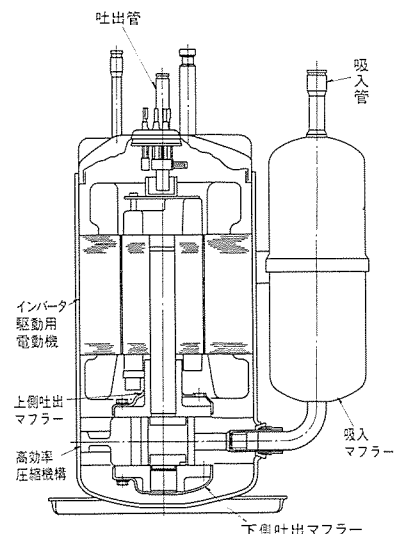


図12. インバータ用ルームエアコン用高効率ロータリ圧縮機“KHV”

るもので、冷媒回路を図9に、また圧縮機構を図10に示す。ガスインジェクション管の開口端Qは、ローリングピストンの上端面でタイミングよく閉鎖され、圧縮室への連通～閉室を繰り返す。この結果、蒸発器では図11のモリエル線図上でEE'分だけ冷凍効果が増加するとともに圧縮機効率も向上する。この方式で容量制御を行う場合は、ガスインジェクション管路中に電磁弁を設け、この開閉によりコントロールすることとなる。

5.3 インバータ駆動

ローリングピストン式ロータリ圧縮機では、吸入室空間が順次圧縮室空間に転じて、ローリングピストンにより吐出ポート側へ追いやられ、ベーンをはさんでその反対側には新たな吸入空間が形成されてくる。したがって、レシプロ圧縮機とは異なり吸入弁が不要となり、弁押えによって変位の拘束されている吐出弁のみが存在する。このため、ロータリ圧縮機は極めて広範囲の回転数で運転が可能であり、インバータによる電源周波数の調整で無段階容量制御が実用化されている。実際の運転では、冷媒ガス流速の広範な変化に伴い、吸入・吐出系路の圧力脈動、圧損などが大きく変動してくる。3章に述べた流動解析によってこうした現象を予測し、広範囲の運転周波数に対して安定した高効率運転が実現されるよう圧縮機の製品化が図られている。図12はインバータ用ルームエアコン用高効率ロータリ圧縮機の断面図である。当社はインバータ用圧縮機として従来からコンパクトロータリ“KH”をベースとした小型・軽量モデル“KHV”を業界に先駆けて量産導入してきたが、さらにフレームとシリンダヘッドの両サイドに吐出弁を設け、高速回転域における一層の高効率化を図りつつ騒音レベルの低減にも成功した新モデルが量産化されている。なお、駆動インバータのコントロールについては、この特集の「パワーエレクトロニクス技術とその応用」に詳述されている。

6. む す び

以上、密閉型冷媒圧縮機の小型・軽量化、高効率・低騒音化、さらには容量制御の観点から技術動向と当社圧縮機に実用している技術の例を紹介した。今後とも、省電力、省資源、低騒音化といった社会的要請にこたえて、より高度の製品開発を進める所存である。

燃焼技術とその応用

梶本照男*
松井安次**

1. ま え が き

当社が燃焼機器を発表して十数年、その間、強制給排気式の《クリーンヒーター》、開放型のファンヒーターなどの温風暖房機や石油瞬間式給湯機など、家庭用燃焼機器の分野で数々のユニークな商品を世に送り出してきた。家庭用燃焼機では主にガス、灯油が燃料として使用されており、それらの燃焼方式は、燃料と空気をあらかじめ混合させるか否かによって、予混合燃焼と拡散燃焼に大別される。予混合燃焼はすす(煤)、一酸化炭素(CO)の排出の極めて少ないクリーンな燃焼方式であり、当社の燃焼技術はこの予混合燃焼を基本にして培われてきた。

最近の生活様式の変化に伴い、家庭用暖房機においては、①安全性、信頼性、②低公害化、③快適性、④コンパクト化などが一層強く求められるようになってきた。安全性ではCOの排出を未然に防ぐ不完全燃焼防止の対策が重要であり、低公害化については燃焼ガス中の窒素酸化物(NO、NO₂)や暖房機からの騒音の低減が要求されている。快適性に対しては、暖房負荷に応じて室温を一定に保つために、燃焼可変幅の広いことが必要であり、コンパクト化は居住空間の有効利用という点からも重要であろう。本稿では、以上の課題のうち、燃焼幅の拡大、低騒音化、安全性の確保などに対する当社燃焼技術の概要を解説し、製品への応用例を紹介する。

2. 技術課題の解析の応用例

2.1 エジェクタ性能の解析

快適性の向上を実現する方法の一つに、燃焼量可変幅の拡大がある。最近では、暖房負荷や室温に応じて燃焼量をきめ細かく変化させるリニア制御が主流になっており、燃焼を広範囲に、しかも連続的に変化させる技術が必ず(須)となっている。予混合青炎燃焼の可変幅拡大には、燃焼量を変えた場合にも、一次空気比 μ_1 (=一次空気量)/(理論燃焼空気量)を一定に保つことが必要である。ガス燃料の場合には、従来からエジェクタ効果による空気吸引が広く用いられてきているが⁽¹⁾、燃焼器用としての解析例はあまり多くない。エジェクタ方式では燃焼量のみを変化させれば、それに応じて吸引一次空気量が自律的に変化するので、簡単に一次空気比を一定にすることが実現でき、一次空気送風用のブロウ等は不必要というメリッ

トがある。

筆者らはガス燃料に対して行った解析⁽²⁾を拡張し、石油気化管式にも適応できるエジェクタの解析を行った。解析モデルを図1に示す。エジェクタは基本要素としてノズル、スロートから構成され、ノズルからの燃料気体の高速噴流をスロート内に導入することにより、噴流の運動量を利用して一次空気を吸引するものである。スロート前後で運動量保存則を適用し、またスロート内で燃料噴流と吸引空気が完全に混合すると仮定すると、エジェクタ性能として、式(1)、式(2)を導くことができる。

$$\mu_1 = \frac{-\tau_1(1+\gamma_0)(1+\frac{1}{2}\beta) + \sqrt{\tau_1^2(1+\gamma_0)^2(1+\frac{1}{2}\beta)^2 - 4\gamma_0\tau_1(1+\frac{1}{2}\beta - \frac{1}{\tau_2})\varepsilon_1(1+\frac{\Delta P_E}{2P_n/k_n})}}{2A\tau_1(1+\frac{1}{2}\beta - \frac{1}{\tau_2})} \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta P_{E,max} = -\frac{P_n}{2k_n} \cdot \frac{1}{\tau_1} \cdot \frac{A^2}{(1+\frac{1}{2}\beta - \frac{1}{\tau_2})^2} \mu_1^2 + (1+\gamma_0)(1+\frac{1}{2}\beta) \frac{A}{\gamma_0} \mu_1 \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 μ_1 は一次空気比、 k_n はノズルの圧損係数、 ΔP_E はエジェクタ差圧、 $\tau_1 = T_4/T_1$ 、 $\tau_2 = T_4/T_2$ 、 ε_1 はスロートとノズルの面積比、 γ_0 は燃料の比重(ガス状態)、 β はスロートの損失係数、 A は理論空気量、 P_n はノズル噴流駆動圧である。

式(1)はエジェクタにより発生する差圧 ΔP_E と μ_1 の関係を表す式であり、式(2)は燃料ノズル内噴出圧力 P_n に対して、 μ_1 と最大発生エジェクタ差圧 $\Delta P_{E,max}$ の関係、すなわちエジェクタ性能限界を表す式である。式中の τ_1 、 τ_2 はスロート内での温度変化をも考慮した量で、石油気化管式エジェクタの場合に有効である。ガス燃料の場合は温度変化は考える必要はなく、 $\tau_1 = \tau_2 = 1$ としてよい。なお、各温度(T)、圧力(P)は図1に示している。

式(1)、式(2)によりエジェクタの最適設計が可能となり、試験による試行錯誤の回数を大幅に減らすことができる。図2は当社石油気化管式バーナにおける計算結果(実線)と実測値を比較したもので

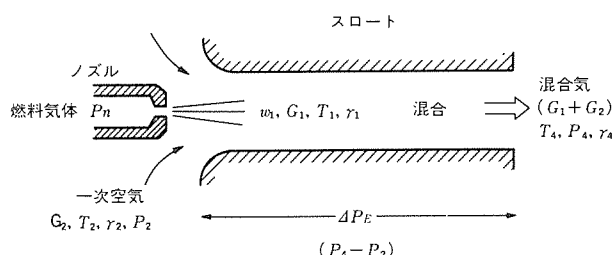


図1. エジェクタの解析モデル

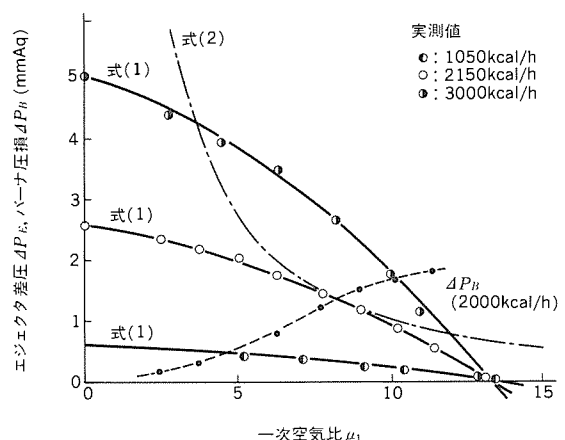


図2. 解析結果(実線)と実測値の比較
(当社石油気化管式バーナ)

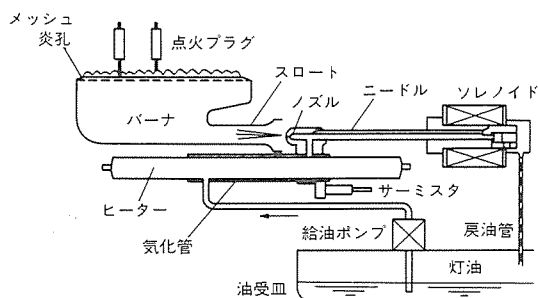


図 3. 石油気化管式燃焼器の構造

上式によって十分性能を予測できることが分かる。エジェクタの性能特性は基本的には、ブロー等のQ-H特性と同じで、このエジェクタ性能曲線とバーナ圧損曲線 (ΔP_B) との交点が動作点となる。動作点において式(2)の性能限界線が式(1)の性能曲線に接していることにより、この気化管エジェクタが最適設計になっていることも分かる。式(1)ではこのほかにも、燃料量が増加したとき、またノズル温度(噴出燃料蒸気温度)が増加した場合に対しても、性能の変化を定量的に予測することができる。

図3にこのような解析を基にした設計による気化管バーナの構造を示す。バーナは直線形であり、薄型化を図っている。給油ポンプによって気化管内に供給された灯油燃料は電気ヒーターによって加熱され、気化してノズルから灯油蒸気が高速噴流でバーナ部に供給される。このとき一次空気を吸引してスロート内で混合し、適切な空気比となってバーナ炎孔上で燃焼する。火炎の逆火等が起りにくく燃焼量の広い範囲にわたって安定燃焼が確保できるように設計されたメッシュ炎孔を採用している。エジェクタを用いることにより給油ポンプの送油量を変えるだけで、燃焼量変化幅をほぼ1~0.3程度の青炎燃焼が実現できている。

2.2 火炎の動的挙動と燃焼騒音の解析

家庭用暖房機の低公害化の一つに燃焼音の低減がある。燃焼音は振動燃焼によるものと、いわゆる燃焼騒音と呼ばれるものに分けられる。前者は、《クリーンヒーター》のような密閉燃焼機の場合に問題となる。後者は開放型のファンヒーターでは重要な課題であり、この低減に注力する必要がある。

燃焼騒音の低減には、層流予混合火炎の動的な挙動及びそれによる騒音の増幅現象を解明することが有効である。騒音の発生機構は

以下のように考えることができる⁽³⁾。混合気中の音波は、バーナヘッドなどの開孔部で流速変動を引き起こし、炎孔に形成される火炎面が変動によって生ずる。この火炎面変動に伴う燃焼量の時間的な変化が、新たに圧力変動を生じさせ燃焼騒音として伝わってくる。このメカニズムは、未燃混合気中の音が火炎によって増幅を受ける(Pyro-Acoustic Amplification)と考えることができ、火炎の動的な挙動と燃焼騒音は密接に関係している。

そこで、層流予混合の混合気中に強制的に乱れを作り、それに対する火炎の変動を調べた⁽⁴⁾。実験装置を図4に示す。下部にスピーカーを取り付けた整流筒上の平板炎孔に火炎を形成し、この火炎をスピーカーによって加振した。加振によって引き起こされた火炎面の変動は、火炎中のCH*ラジカルからの発光(青:4,300Å)として光電子増倍管(P.M.)を利用して検出し、熱線風速計で計測された整流筒内流速変動を基準にしてその振幅、位相の変化を測定した。また、火炎面内の未燃混合気の速度変動の挙動もレーザドップラー流速計を用いて測定した。

正弦波によって加振を受けた火炎の瞬間写真を図5に示す。この写真はイメージインテンシファイアとTVカメラを用いて高速撮像したものをCT処理して示したもので⁽⁵⁾、加振による火炎面の変化の様子がよく分かる。この火炎面の変形は時間とともに上方に伝播(播)していく。その伝播速度は加振の強さに依存し、火炎面内混合気流速の約1.1~1.5倍程度である。火炎面の変形は燃焼量変動をもたらす、CH*発光の詳細測定の結果、この変動量は通常の等温噴流場の速度変動と同様に、伝播方向に成長し大きくなることが見出された。一方、火炎を制御論的な要素の一つと考え、混合気中の流速変動に対する燃焼量変動の関係を一種の伝達関数とみなし、上述の測定結果をモデル化してこの火炎の伝達関数 $T(j\omega)$ を式(3)によって求めた⁽⁴⁾。

$$T(j\omega) = \frac{1}{(j\omega - \beta)^2 \tau^2} \{ -1 + (j\omega - \beta)\tau + e^{-(j\omega - \beta)\tau} \} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 τ は特性時間(= (火炎長)/(火炎面変動の伝播速度))、 β は火炎面変動の時間的成長割合である。式(3)の伝達関数 $T(j\omega)$ は従来の火炎の動的挙動⁽⁶⁾を振幅、位相の両方についてよく説明できるものである。

火炎による音の増幅作用については、上記の伝達関数を用いて増幅率の式を導くことができる。今、火炎がない場合の炎孔からの音圧を P_u とすると、火炎がある場合の音圧 P は、 $P = P_f + P_u$ 、(P_f : 火

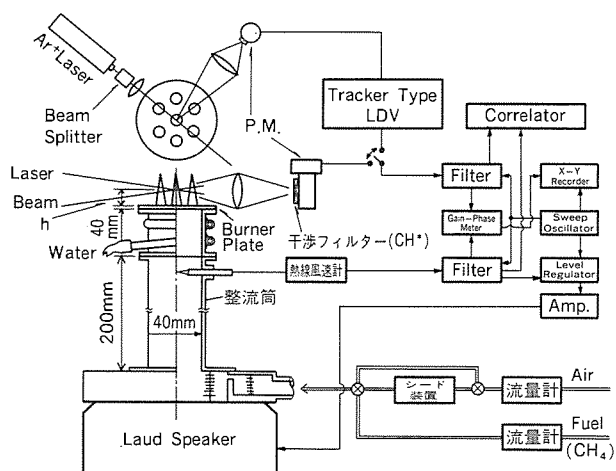


図 4. 層流予混合火炎の動的挙動の測定装置

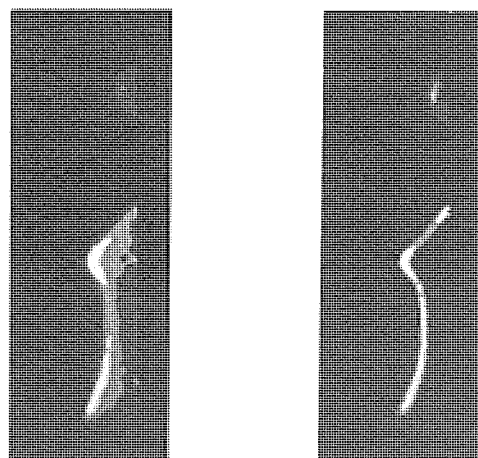


図 5. 加振を受けた火炎面の瞬間像(左:原画像, 右:CT処理像)

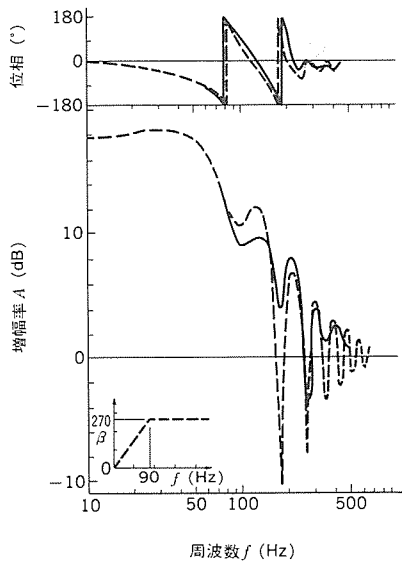


図6. 火炎による音の増幅率の実験値（実線）と計算値（破線）の比較

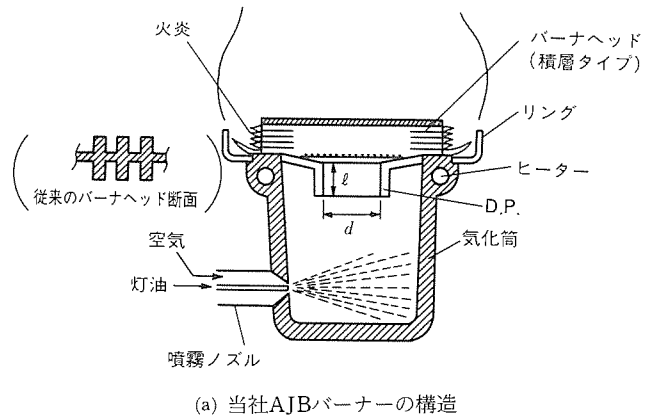
炎変動による音圧) で表され音の増幅率 A は、

$$A = 20 \log \left| \frac{Pf + Pu}{Pu} \right| = 20 \log |1 + (E - 1) T(j\omega)| \quad \cdots (4)$$

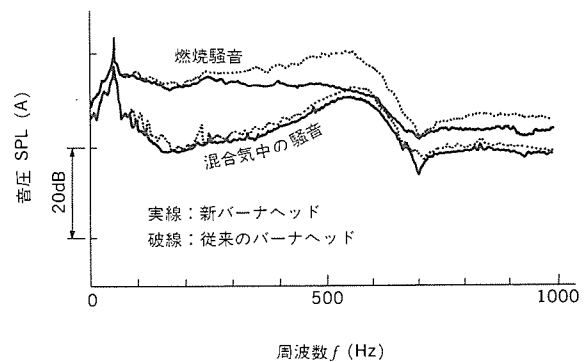
で表される。ここで、 E は燃焼による体積膨張率 (T_g/T_u) である。マイクロホンにより火炎の有無に対して音圧を測定して求めた増幅率の実験値（実線）と式(3)、式(4)の計算値（破線）の比較を図6に示す。実験値と計算値はよく一致し、上記メカニズムの正しさが検証されたと考えられる。図から火炎による音の増幅作用は、低周波でゲインが大きく、周波数が高くなるにつれ増幅率が低下し、一種の低周波通過フィルタとアンプの組み合わせたものとして考えることができる。高周波域での凹凸は P_f の位相が変化し、 P_u と干渉を起こすためである。

以上の解析により得られた知見を低騒音化に適応した例について述べる。図7(a)はAJB方式⁷⁾による石油ファンヒーターの模式図である。噴霧ノズルの高速噴流によって微粒化された灯油は、高温気化面に衝突し気化する。気化した灯油は微粒化空気と混合し、図中の流路部D. P. を通りバーナヘッド上で燃焼する。解析結果から燃焼騒音の低減策としては、①混合気の乱れ及び騒音をできるだけ低下させるとともに、②火炎による音の増幅を小さくすることが重要である。増幅を小さくするには特性時間 τ を大きく、すなわち火炎を長くすることが考えられる。図6のカットオフ周波数は $f_c \propto 1/\tau$ の関係があり、 τ を大きくすることで f_c が低周波側にずれ、オーバーオールな増幅率を小さくすることができる。

図7(b)は従来のバーナヘッドを用いた場合と、この解析により改良した新バーナヘッドを用いた場合の騒音スペクトルの分析例である。新バーナヘッドは積層板の間の狭い流路を混合気が通過することにより乱れを小さくする効果を持つと同時に、最下層の火炎を長くすることにより前述の②の効果もねらったものである。分析結果からも分かるように高周波域での増幅が小さくなっており、騒音の低減が図られている。さらに、混合気中の騒音は噴霧ノズルの噴流によるジェット音が支配的であり、そのピーク周波数は気化筒のヘルムホルツ共鳴周波数 $f_H = C/2\pi\sqrt{S/V\ell}$ (S : ℓ はD. P.の断面積、及び等価長、 V : 気化筒体積、 C : 音速)によって決まる。 S や ℓ を変化させることにより f_H を増幅の小さい高周波域にずらすこと



(a) 当社AJBバーナーの構造



(b) 燃焼騒音の測定例

図7. 当社石油ファンヒーターにおける低騒音化の例

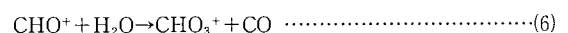
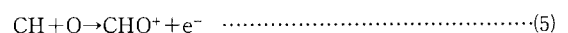
も低騒音化に有利である。

なお、密閉燃焼の場合の振動燃焼発生の予測は、燃焼機をバーナ、火炎、熱交換器などの音響要素からなるフィードバック系と考え、各要素の伝達関数を用いて周波数領域での系の安定性を検討することにより行うことができる⁽³⁾。

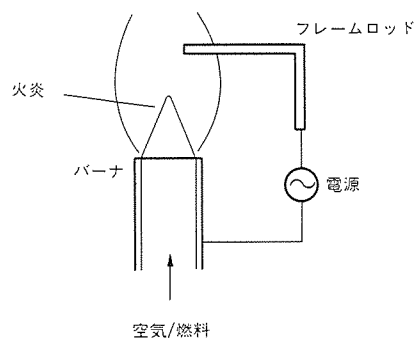
2.3 炎電流の利用

燃焼を利用した製品では不完全燃焼による一酸化炭素(CO)の発生は直接人命にかかわる重大な問題であり、開放型暖房機の安全性の確保には細心の注意を払う必要がある。COが多量に排出するのは、主にほこり詰まりなどにより燃焼用空気が減少し燃料過濃な燃焼状態になった場合、また密閉室での燃焼により酸素濃度が低下した場合などである。これらの不完全な燃焼状態をいち早く検知し、直ちに燃焼を停止させる機能の搭載が不可欠である。燃焼状態の検知方法として従来から熱電対、工業的には火炎からの紫外線などが用いられてきたが、当社は早くから炎電流の利用を図ってきた。

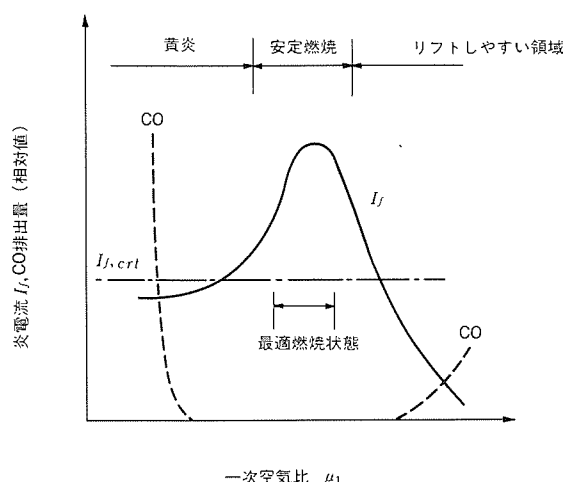
火炎は弱電離プラズマの一種であり、火炎に電界をかけたときに微小電流が流れる。家庭で使用する燃料のほとんどは炭化水素系燃料であり、火炎中での炭化水素の分解過程で生ずるCHラジカルと酸素原子の反応によりイオン種が生成される。



この炎電流の大きさは燃焼状態とよく対応しており、基本的には図8に示す特性を持っている。予混合火炎において同図(a)の装置で炎電流を測定すると、同図(b)に示すように一次空気比に対して単峰特性となる。青炎の最適燃焼状態で、炎電流値 I_f はピークを示し、その状態からどちらに移っても I_f は小さくなる。左側の燃料過濃側で比較的平坦になるのは二次炎によるイオン電流が支配的になるた



(a) 炎電流測定装置例



(b) 一次空気比と炎電流、一酸化炭素の排出量の関係

図8. 炎電流の基本特性

めであり、右側の空気過剰側で I_f が急減するのは、火炎温度が低下すると同時に火炎基部の安定性が悪くなるためである。同図には典型的なCO排出量も併せて示してあるが、COが多量に排出するような燃焼状態では炎電流値 I_f は低いことが分かる。このような性質を利用して、イオン電流に下限値 $I_{f,crt}$ を設定しておき、炎電流 I_f がこの $I_{f,crt}$ より小さくなれば燃焼を直ちに停止させるシーケンスを搭載しておくことにより不完全燃焼を防止することができる。

酸欠時の酸素濃度低下は、図9(b)の空気量が減った場合に対応し、やはり炎電流 I_f は減少する。同様に炎電流値を監視することにより、不完全燃焼状態に陥る前に燃焼を停止させることができる。当社家庭用暖房機では、ガス、石油を問わず着火確認を含めた安全性確保の手段の一つとしてこの炎電流の特性をいち早く利用してきた。図9は当社ファンヒーターを密閉室に設置して燃焼させた場合の室内酸素濃度とイオン電流の関係を示したものである。O₂濃度が18%程度に対応して検知レベル $I_{f,crt}$ が設定されており、それ以下の酸素濃度になると強制的に燃焼を停止するようになっている。なお、このときでもCOの室内濃度は数ppm以下である。

これらの安全性に対する機能は、最近の電子技術の発達により高度化されてきている。当社ファンヒーターでは“換気モニター”と

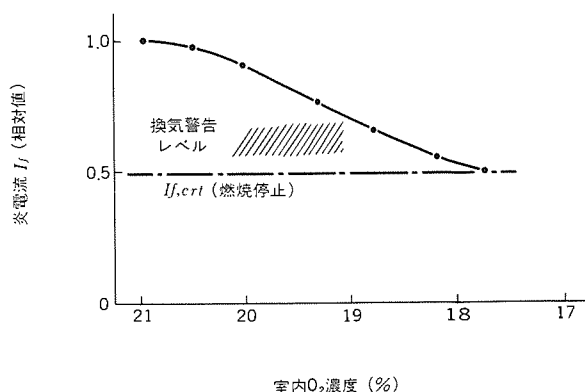


図9. 密閉室燃焼における室内酸素濃度と炎電流の関係

称し、炎電流値のレベルに応じて燃焼の停止機能はもちろんのこと、前もって換気を促す音声信号を出す機能も搭載されている。また、図8において炎電流のピーク付近が最適燃焼状態であることを積極的に利用し、その時々空気量、酸素濃度に応じて、常に炎電流値がピークとなるように燃料量を制御させる方式の検討も行っている。この方式では酸欠時には燃焼量が下がるため、黄炎が長く伸びたりCOを排出することもなく、一層の安全性向上が図れる。

3. む す び

以上、当社燃焼技術とその製品への応用例を紹介した。燃焼は古くからある技術テーマであり、一見「研究」の余地がないように見える。しかし、上述のように燃焼は熱・流体・反応が複雑に絡む場であり、解決すべきテーマが数多く潜んでいる。例えば、今回取り上げなかった窒素酸化物の生成メカニズムもそのうちの一つであろう。今後、なお一層の低騒音化を目指した燃焼方式や、徹底した安全性の追求など、燃焼機器としても解決すべき課題がまだまだ残されている。

機器の信頼性や性能の向上の背景には、現象を理解し、利用していく技術開発があった。基本に立脚した研究と、新規アイデアの両立が新製品の開発に必要であり、このような姿勢から新たな展開の可能性があると見える。

燃焼技術においても、今後ともこのような考えのもとに研究開発を行っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 辻：燃焼機器工学，日刊工業新聞社
- (2) 梶本，野間口：機械学会関西支部第240回講演会前刷集，No.794-8（昭54-11）
- (3) 松井，梶本：機械学会関西支部第101回講習会教材（1982-10）
- (4) T. Sugimoto, Y. Matsui: 19th Symp. (Int) on Combustion (1982) 245-250
- (5) 梶本，松井：第24回燃焼シンポジウム前刷集（昭61-12）
- (6) Goldschmidt, V.W., et al: ASHRAE paper in Symp. AT-78-2
- (7) 野間口ほか：三菱電機技報，53, No. 8, p.603（昭54）

振動・騒音低減化技術

田中英晴*
大鷲勝久*
辻内伸好*

1. ま え が き

我々は日常生活の中で多くの騒音源に囲まれている。家電機器もその一つである。より快適な生活環境を得るために家電機器の低振動・低騒音化は重要な課題となっている。なお、家電機器は多種多様であり、それらの振動・騒音の発生現象も個々の製品によって異なる。また、同一発生現象でも対策上の制約条件が異なってくる。したがって、振動・騒音対策に普遍的なものではなく、究極は各製品固有のものとなる。なお、家電機器では振動そのものより、振動によって生ずる騒音（振動騒音）が一般に問題となる。

本稿では、家電機器の騒音発生源及び家電機器で特に問題となるファン騒音、振動伝達音の低減化技術について述べる。

2. 家電機器の騒音発生源

家電機器の騒音源は発生部品別に分類すると、ファン・モータ・冷凍圧縮機・燃焼器・リレー・トランス・電磁弁・変速器（ギヤ、ベルト）が代表的である。

発生要因別に分類すると、

- (1) 流体騒音
- (2) 電磁騒音
- (3) 機械的騒音
- (4) 燃焼騒音

である。

流体騒音は流体の流れによって発生する騒音であり、流体力が直接的に大気に騒音を発生させる場合と、流体力が構造部材を加振し部材の振動により騒音を発生させる場合がある。前者はファンであり、後者は冷凍圧縮機である。

電磁騒音は磁界（電磁力）によって発生する騒音であり、モータやトランスが代表的音源である。モータを内蔵している冷凍圧縮機も電磁騒音を発生する。

機械的騒音は固体部品の衝突・接触によって発生する騒音であり、リレー・電磁弁・変速器が代表的音源である。また、モータの軸受け及び冷凍圧縮機の駆動部分でも機械的騒音が発生する。

燃焼騒音は火炎の熱発生率の変動によって発生する騒音であり、ガスや灯油の燃焼器が代表的音源である。

以上の騒音発生部品の中で、部品自身から直接放射される騒音が問題となるのはファン、冷凍圧縮機及び燃焼器である。他の部品は、

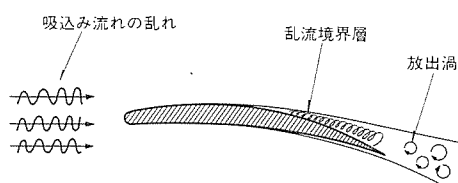


図1. 広帯域騒音の発生要因

自身から発生する騒音レベルは一般に低く、組み込まれた製品のきょう体や面積の大きい部材を加振し、振動伝達音として顕在化する。

以下に、家電機器の騒音で特に問題となるファン騒音と振動伝達音の低減化技術について述べる。

3. ファンの低騒音化

家電機器で用いられるファンとしては、プロペラファン、ラインフローファン、シロッコファン及びターボファンが代表的である。ここでは、最も広く利用されているプロペラファンの低騒音化について述べる。

プロペラファンには翼断面形状が薄板形状と翼形状のファンがある。薄板形状は一般に断面形状が円弧で一様な厚さを持つため生産性が良い。一方、翼形状は薄板形状と比べて空力・騒音特性では優れているが、生産性では劣るという欠点がある。家電機器では生産性が重視されることから薄板形状が採用されるので、ここでは薄板形状のファンに限定して述べることにする。

プロペラファンの騒音は離散的なスペクトル騒音と広帯域騒音からなる⁽¹⁾。スペクトル騒音は回転音とも称され、翼枚数と回転数との積を基本周波数とし、その高調波成分からなる。この回転音はファンの吸込み流れが周期的に変動したり、大きな渦を吸い込むことによって発生する。一般に、ファンの吸込み流れが大きく偏らない限り回転音のレベルは小さく全体騒音に寄与することは少ない。

広帯域騒音はプロペラファン騒音の主成分であり、翼面上のランダムな圧力変動によって発生する⁽²⁾。その圧力変動を誘起する要因としては、図1に示すように、

- (1) 吸込み流れの乱れ
 - (2) 翼面上に発達した乱流境界層、又は境界層のはく離
 - (3) 翼の後縁から放出する渦
- である。

吸込み流れの乱れはファンの吸込み側の流路及び流路内にある障害物から誘起される⁽³⁾。一般に問題となるのは流路内の障害物である。つまり、ファンは流れによる熱輸送を目的として使用されるため、流路内には熱交換される物体（障害物）が存在することが多い。また、ファン出口流れは旋回成分を持っているので、流れ抵抗の関係から、ファンの吸込み側に物体が置かれることが多い。その対策と

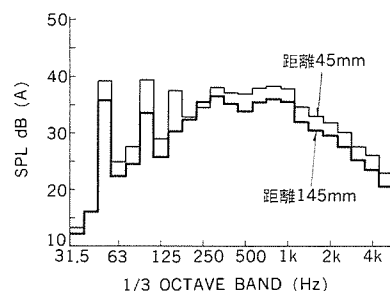


図2. 騒音に対するファンと熱交換器との距離の影響

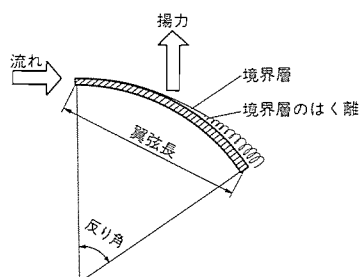


図3. 翼の断面形状

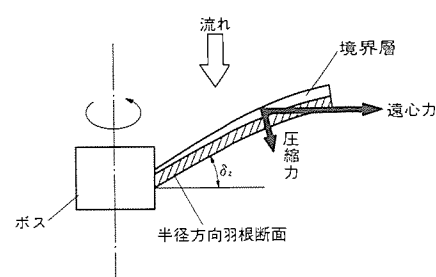
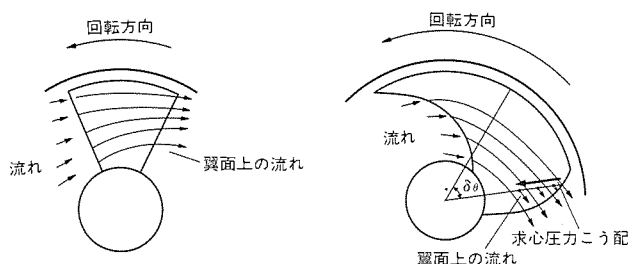


図5. 境界層に対する吸込み方向前傾角の影響



(a) 従来ファンの翼面上流れ (b) 《エクストラファン》の翼面上流れ

図4. 境界層に対する回転方向前進角の影響

しては、吸込み側障害物からファンを離すことが有効である。図2にルームクーラーにおいて、熱交換器による入口乱れの影響を調べた結果の一例を示す。ファンと熱交換器との距離が45mmから145mmに増えると、騒音はオーバーオールレベルで約2dB(A)低下し、距離の影響の大きさを示している。なお、製品の外形寸法の制約から距離の確保に制限があることは言うまでもない。そのため、距離だけでなく配列方法などの工夫により入口乱れの抑制を図っている。

翼面の乱流境界層による騒音は、音の放射効率極めて低いことから、通常は無視できるレベルである。翼面から境界層がはく離して生じる騒音は高静圧、小風量の動作点では支配的となり得るが、通常の動作点（低静圧、大風量）では境界層のはく離はなく無視できる。乱流境界層による騒音で最も支配的なものは次の渦放出騒音である。

乱流境界層で生成された渦（乱れ）が翼後縁から放出される際に、翼に揚力・抗力変動が誘起される。その揚力・抗力変動によって発生する騒音が渦放出騒音である⁽³⁾。プロペラファン騒音の主成分であるこの渦放出騒音の音響パワーは、翼の周速の6乗に、境界層厚さの1乗にほぼ比例する。したがって、渦放出騒音を低減するには周速を下げ境界層厚さを薄くすることが望まれる。

ファンの空力出力（静圧×風量）は周速の3乗に比例するので、周速を下げ、かつ同一の空力出力を得るには、揚力発生の大い翼形状にする必要がある。それには図3に示す反り角と翼弦長を大きくすることが効果的である。つまり、揚力は翼の揚力係数と翼面積（翼弦長）の積に比例し、揚力係数は反り角に強く依存し反り角とともに増大するからである。しかし、過大な反り角は境界層のはく離を招くので、その限界を越えない範囲内に反り角の最適値がある。それは通常25°前後である⁽⁴⁾。一方、翼弦長は長くするほど、その長さに比例して境界層が発達しやすくなるので、次に述べる境界層の発達を抑制する手段を講ずる必要がある。

境界層の発達を抑制する方法については、筆者らが最近開発した低騒音プロペラファン（エクストラファン）の結果に基づいて以下に説明する。

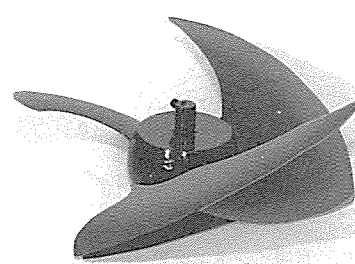


図6. 《エクストラファン》の外観

図4(a)に示すように、翼面に発達する境界層流れは翼の根元から先端方向に働く遠心力により翼先端側へ吹き寄せられるため、翼先端部の境界層が厚くなる。これを抑制するには、同図(b)に示すように翼先端側を翼根元側より大きく回転方向に前進させ、遠心力と逆向きの圧力こう配を翼面に作ることが有効である。すなわち、翼面上の流れは翼前縁から翼後縁に向かって圧力が上昇する。翼先端側を翼根元側より前進させることにより、同一径方向点では翼根元側より翼先端側の方が先に圧力が上昇し遠心力と逆向きの圧力こう配が誘起される。図中に示す前進角 $\delta\theta$ の最適値はファンの動作点により異なってくる。動作点が小風量側に行くほど $\delta\theta$ を大きくする必要がある。

さらに、積極的に境界層の発達を抑制する方法として翼面を吸込み側に傾斜させ、境界層を圧縮することが有効である。すなわち、図5に示すように翼面を角度 δz で前傾させると、翼面に垂直な遠心力成分が生じる。この遠心力の垂直成分は境界層を翼面に押し付けるように作用し境界層の発達を抑制する。前傾角 δz には最適値があり、ファンの動作点やベルマウス形状により異なるが、それは22°前後である。

図6は翼の前進・前傾化により従来ファンに比べ10dB(A)近く低騒音化したプロペラファン《エクストラファン》の外観を示す。現在、この《エクストラファン》は換気扇、ルームクーラー、石油ファンヒーター、冷蔵庫など当社家電製品に広く利用されている。

4. 振動伝達音の低減化

製品内に加振源が存在すると、その製品の構造体に振動が伝達する。広い面積を持つ（音の放射効率が高い）構造体があると、振動エネルギーが音響エネルギーに変換されやすくなり、微小な加振力でも大きな音を放射することになる。

この振動伝達音の対策としては加振力、振動伝達率及び音の放射効率・放射面積の低減のいずれかになるが、ここでは、振動伝達率の低減による振動伝達音の対策について述べる。効果的に振動伝達率を低減するには、振動伝達系の動特性と音の放射特性との関連を明確にする必要がある。その方法の具体例として家庭用冷蔵庫の振

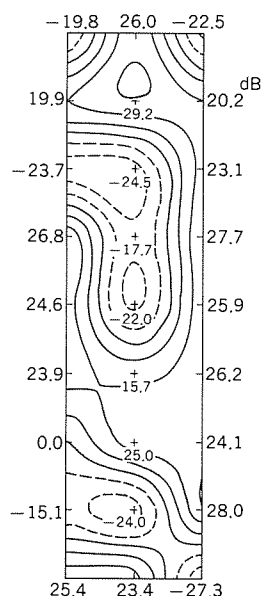


図7. 音響インテンシティ分布 (120Hz)

動伝達音対策を以下に説明する。

冷蔵庫は深夜にも稼働することから、家電機器の中でも特に騒音の評価が厳格である。つまり、騒音レベルだけでなく音質が問題となる。音質的に問題となる成分の一つとして200Hz以下の低周波音がある。これは圧縮機が加振源となり、冷蔵庫きょう体から放射される振動伝達音である。なお、音放射面の探索には音響インテンシティ測定法が有効である。冷蔵庫の振動伝達音の放射面は冷蔵庫本体から距離7cmにおける音響インテンシティ分布の測定により探索した。その結果、扉を含めきょう体全面が音放射面であることが見いだされた。その測定結果の一例を図7に示す。これは冷蔵庫の左側面の音響インテンシティ分布(120Hz)である。この振動伝達音を低減するには音放射面(きょう体)に振動が伝達しにくい構造を見いだす必要がある。

加振源である圧縮機は冷蔵庫の下部に設置されている。その周辺の構造を図8に示す。図に示すように圧縮機は4個の防振マウントを介して台板に固定され、その吸入・吐出配管は冷蔵庫本体中の冷媒回路に接続されている。圧縮機からきょう体までの振動伝達経路としては2経路、つまり、

- (1) 圧縮機→防振マウント→台板→きょう体
 - (2) 圧縮機→吸入・吐出配管→きょう体
- となる。

なお、(1)の防振マウントによる振動遮断は振動伝達音対策の常とう手段であるが、防振マウントを効果的に用いるには加振源の加振特性、振動伝達系の振動応答特性及び音の放射特性を把握しなければ

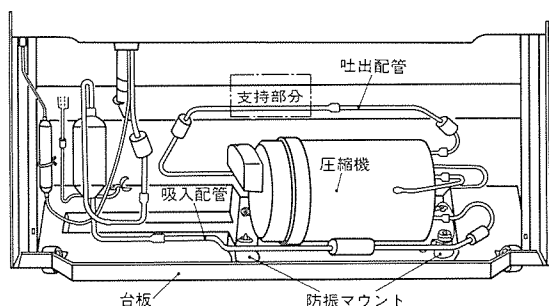


図8. 冷蔵庫機械室の構造

ばならない。ここでは、この(1)の経路の対策について言及する。

冷蔵庫の圧縮機はローリングピストン方式である。ピストンがシリンダ内を偏心回転することにより冷媒圧縮を行う。200Hz以下の周波数領域での加振力はこの冷媒圧縮によって発生するトルク変動である。標準運転条件(吐出圧力:12.7atg, 吸入圧力:0.35atg)におけるトルク変動力の計算結果を図9に示す。加振周波数は回転数を基本周波数とし、その高次成分からなる。

上記加振力による圧縮機-防振マウント-台板系の振動応答特性は以下の方法で求められる。圧縮機は、その1次の固有値が400Hz近傍であることから、200Hz以下では剛体として振る舞う。したがって、圧縮機の振動応答はその重心位置と慣性モーメントで表される。重心位置と慣性モーメントは三次元ソリッドモデルによる数値解析で求めることができるが、実機がある場合には実測(振り子試験、モード試験)の方が簡便である。圧縮機に対しては振り子試験で実測した。

防振マウントはばね定数として表される。圧縮機のトルク変動は防振マウントに対し圧縮(引張り)とせん断の両方向に分力するので、両方向のばね定数を与えなくてはならない。しかも、ばね定数は周波数依存性があり、その特性(動的ばね定数)を求める必要がある。動的ばね定数は一般には精度の面から実測(加振機やインパルスハンマによる力/変位の測定)により求められる。表1に代表的な周波数(100Hz)における防振マウント(コイルばね)の動的ばね定数の実測値を示す。なお、比較のため防振ゴムの特性も併記している。表からも明らかなように、低い圧縮方向ばね定数を得たい場合はコイルばね、低いせん断方向ばね定数を得たい場合は防振ゴムが有利である。

台板は4個の防振ゴムを介して水平及び垂直方向に加振される。台板の振動応答特性はイナータンス(振動加速度/力)として表される。それは加振試験により加振力と振動加速度の測定から求められる。台板のイナータンスの測定結果の一例を図10に示す。台板は115Hz、220Hzに固有値を持ち、その周波数領域においてはイナータンスが大きく増大する。イナータンスが高いほど台板は振動しやすくなる。

以上の検討で得られた定数を用いて部分構造合成法⁽⁶⁾により、圧縮機で加振される台板の振動加速度が計算できる。その計算結果を

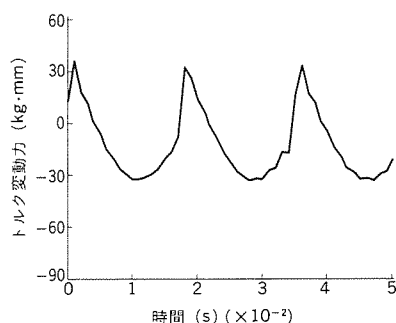


図9. トルク変動力の計算結果

表1. 動的ばね定数の実測結果 単位: kg/mm

種 類	動的ばね定数	
	圧 縮	せん断
コイルばね	0.25	2.0
防振ゴム	2.01	0.46

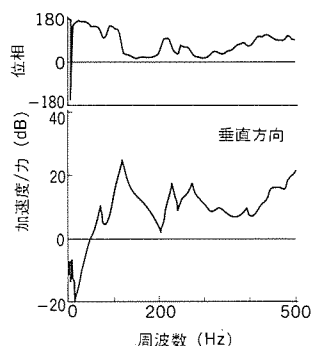
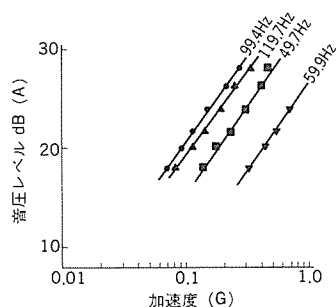


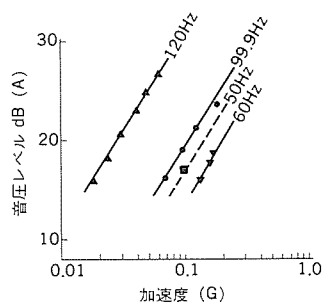
図10. 台板のイナータンスの実測結果

表2. 振動加速度の計算値と実測値 単位: mm/s²

周波数 (Hz)	計算値		実測値	
	水平	垂直	水平	垂直
60	32.3	27.4	31.4	31.4
118	4.9	7.8	5.9	10.8



(a) 水平方向加振



(b) 垂直方向加振

図11. 台板の振動ときょう体からの放射音との関係

実測値と併記して表2に示す。両者の一致は良好であり、水平、垂直方向共に同レベルの振動加速度となる。

台板の振動はきょう体に伝達し、きょう体から音が放射する。冷蔵庫を含め家電機器のきょう体は一般に複雑な振動モードを持ち、その振動応答特性を正確に把握することが困難なことから、通常はきょう体に対する加振入力と出力(音)との関係でその特性を評価する。冷蔵庫のきょう体も上記の方法で評価した。加振試験により台板の振動ときょう体から放射される音との関係を求めた結果の一例を図11に示す。音/振動加速度を音響放射効率と定義すると、この音響放射効率と先に求めた台板の振動加速度の積から、圧縮機-台板-きょう体系から放射される振動伝達音が評価できる。また、振動伝達音低減のための改善部分も明らかにできる。結論としては、

(1) 台板のイナータンスが高いため、防振マウントが十分な振動遮

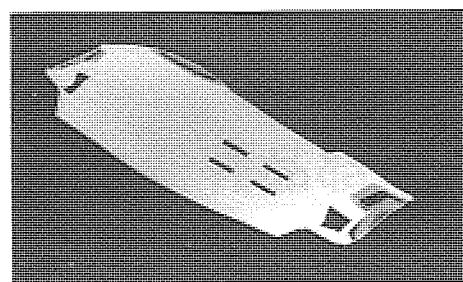


図12. 1次の固有振動数でのひずみエネルギー分布

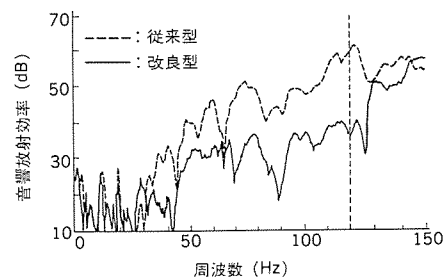


図13. 台板の音響放射効率

断効果を示さない。

(2) 防振マウントのせん断ばね定数が大き過ぎる。

ことが明らかとなった。

台板のイナータンスが高いのは1次の固有値(115Hz)が低いことに起因する。重量や寸法制限の中で固有値を効果的に上げるには、固有値に最も影響のある部分を見いだす必要がある。それには、数値計算による感度解析法やひずみエネルギー分布解析法が有効である⁷⁾。図12は台板の1次固有値でのひずみエネルギー分布の計算結果を示す。図中、白色部分ほどひずみエネルギーが高く、この部分の断面二次モーメントを大きくすることが固有値向上に効果的となる。以上の手法で台板の板厚を上げることなく、形状変更のみで1次の固有値を190Hzに上げることができ、先に定義した音響放射効率も図13に示すように15~20dB低減された。さらに、防振マウントも適切な圧縮・せん断ばね定数を持つマウントに変更した結果、台板からの振動伝達音は聴感ではほとんど感知できないレベルとなり、冷蔵庫の音質改善に著しい効果をもたらした。

5. む す び

今回は紙面の都合で振動・騒音低減化技術の一部分しか紹介できなかったが、最適な振動・騒音対策を行うためには極めて幅広い技術の総合力が要求される。また、家電機器は大量生産品であり、安定した品質を確保するため生産性を十分に配慮した対策を見いだす必要がある。

今後、更に技術の高度化を図り、低振動・低騒音の家電機器を開発していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 秋下, 中崎: 機構論, No.730-6 (昭48)
- (2) 秋下: 油圧技術, 14-8 (昭50)
- (3) 秋下, 森主: 冷凍, 53-609 (昭53)
- (4) 秋下: 機論, 47-418B (昭56)
- (5) 大藪, 岩村: 機論, 53-487B (昭62)
- (6) 小泉ほか: 三菱電機技報, 51, No.8 (昭52)
- (7) 岩壺ほか: 機論, 52-484C (昭61)

製品・部品評価技術

長谷川知治* 関根健司*
橋本恭平* 富山勝己*
池田宏司*

1. ま え が き

家電機器のインテリジェント化又は情報機器の家庭への浸透が進む一方、機器がより安全でより使いやすく、そしてより信頼性の高いことが要求されてきている。こうした要求にこたえるためには、まず、使用者の機器に対する要求を正しく分析することと開発された製品を正確に評価することが、さらには、これらの分析・評価からの改善や新たな提案が製品開発にフィードバックされることが重要である。これを実行するには、的確で迅速な評価を可能とする高度な評価技術を、製品・回路・部品レベルで体系的に確立しておかねばならない。製品の開発期間が短くなっている中で、より高い安全性・信頼性の実現への正しい対応が、今評価技術部門に強く求められている。

ここでは、この評価技術をどのように構築し、実際の評価にどう展開しているかを、製品評価技術、EMC(Electromagnetic Compatibility:電磁環境適合性)評価技術、部品評価・解析技術、製品強度・包装評価技術の各面からできるだけ具体的に述べる。

2. データベースの構築

高度な評価技術を確立するためには、3章以下で述べる各々の評価技術分野ごとの対応が必要であるが、同時に共通の関連事項として、製品及び部品についての多くの信頼性情報を保有しておくことが重要である。こうした認識及び情報の全社的共有化をねらいとして、信頼性情報を一元化したデータベースを構築している。各工場

表1. データベースの内容

1. 市場品質情報
2. 再発防止事例集
3. 電子部品異常報告
4. 設計ノウハウ集
5. 電子部品評価試験規格
6. 商品テストチェックリスト

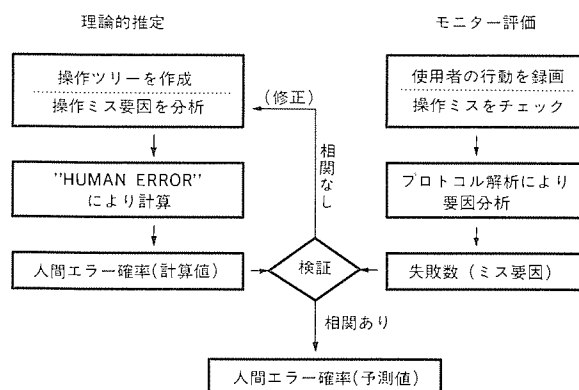


図1. 機器の操作性（人間エラー確率）の定量評価

及び市場からは、品質情報制度によって信頼性情報が定期的に入手される。これらの情報はデータベースとしてコンピュータに蓄えられ、社内オンラインシステムによって各工場の端末から検索可能である。データベースの内容の一例を表1に示す。これらの信頼性情報から、確立すべき評価技術、採用すべき評価項目などが議論される。

3. 製品評価技術

製品レベルの評価技術には多くのものがあるが、ここでは家電機器において特に重要となる次の2項目について述べる。

3.1 使用適合性評価技術

最近のマイコンを用いた高機能・多機能化機器は、複雑な操作を必要とすることから、一般的に使いにくいと言われる。使いやすさや操作性など機器と人間のヒューマンインタフェースの良さ、つまりその製品が使用者の使用に適合しているかが、製品品質の大切な要素となってきた。この性能を使用適合性(Fitness for Use)と呼んでいるが、これをできるだけ定量的に評価することが重要である。次に実際の機器をどのように評価するかを示す。

対象となる機器の操作性を人間エラーの観点から定量的に評価する⁽¹⁾。使用者の行動分析(プロトコル解析)や、経験的なデータベースによる操作ミス要因の抽出を行い、THERP⁽²⁾(Technique for Human Error Rate Prediction)型人間信頼度定量化支援ツール“HUMAN ERROR”により、人間エラー確率を計算する。これらの流れを図1に示す。

次に具体例として、VTRの予約録画機能の操作を示す。VTRの予約録画は、TVのチャンネル番号・予約録画開始時刻及び終了時刻の設定など操作回数が25~30回と多く、従来のものでは人間エラー確率が0.3~0.6(操作の成功率40~70%)と失敗しやすかった。そこで、従来の操作について操作ツリーの枝ごとの人間エラー確率を解析すると、ミス要因として、

(1) 人間の操作に対する機械の反応(表示など)が小さく分かりにくい。

(2) 操作つまみが多く、他のつまみを操作してしまう。

(3) 操作の順序が決まっていたり、制約を受ける。

(4) 誤操作時の修正が難しい。

ことが分かった。そこで、それらの対策方法として、

(1) TV画面に設定する事項を一覧表にして大きくデジタル表示することで反応が分かるようにした。

(2) TVゲームのように左右と上下のカーソルキーと合わせキーのみでほとんどの操作を行う。

(3) 操作の順序はTV画面の表示上で左から右へ行う。

(4) 誤操作してもいつでもカーソルキーで逆もどりして修正できるようにした。

このような対策により、人間エラー確率の予測値が0.15~0.2(成功率80~85%)と改善できることが判明し、プロトタイプによるモ

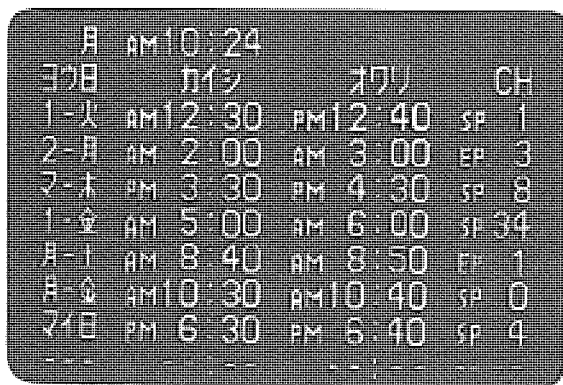


図 2. VTR(HV-F11型)のデジタル画面予約操作時のTV画面例

表 2. 家庭の室内の耐ほこり性試験条件

繊維成分	毛100%, 綿100% アクリル70%・毛30%
繊維切断長	1~10mm
繊維切断能力	10~50g/h
ほこり放散風量	50~150m ³ /h
吹出し風速	0.5~3m/s

ニター評価でも検証できた。また、TV画面で予約録画する番組が一目で分かるメリットもあり、使いやすく、操作ミスも減ったことから、図 2 に示す“デジタル画面予約”機能は、市場でも好評である。

3.2 安全性評価技術

一般の使用者が使用する家電機器では、使用者に機器の操作や機器の動作状態の判断における専門的な知識を期待することはできないので、機器の安全性評価は特に重要である。

電気用品取締法に基づく技術基準などの安全規格に対する適法性はもちろんのこと、これとは別に市場データや過去の製品評価結果によるデータをもとに、機器の安全性に対する考え方を社内ガイドライン（安全指針）と社内規格（安全基準）として定めるとともに、これらに基づく機器の安全性評価を実施している。特に、保護装置などが動作する直前の状態で、家庭で起こり得る実使用環境条件や人間のいろいろな取扱い（いじわる使用：Normal Abuse）を加えた場所についても、上記の安全指針や安全基準に定めている。

次に実使用環境条件の具体例として、家庭における室内の耐ほこ

り性評価について示す。ファンなどによる空気循環方式の機構を持つ機器は、家庭内のほこりによる影響が大きく、特に冬期に窓を閉めて使用する暖房機器では、ほこりのたい(堆)積によって空気と燃料の混合比が変わると、燃焼状態の変化により異常燃焼を起こすことがあり得る。そこで、上記のような安全性を評価するための耐ほこり性の加速試験方法を確立している。まず、ガスファンヒーターを家庭内の実使用環境で1シーズン追跡調査して、ほこりの成分を分析するとともにほこりの堆積状態と機器の風量変化の関係を測定した。その結果、ほこりの成分としては綿ほこりが多いことが判明したので、ほこり発生機としてオーストラリア規格の糸を高速回転のカッターで細かく切るリントマシンを採用して、綿ほこりの繊維が実態と合うように糸の切断長や切断能力を種々検討後、家庭内のほこりと近似できるようにした。

以上のことをベースとして表 2 の耐ほこり性試験の条件を設定しているが、ほこり量と風量との関係からこの条件が40~100倍の加速率になることを確認している。この耐ほこり性評価により、ファン式の燃焼機器において、エアフィルターの装置を含めた空気循環機構上の対策を製品開発時に実行している。

4. EMC評価技術

4.1 EMCの動向

EMCとはElectromagnetic Compatibilityの略称で、「電磁環境適合性」と訳され、ノイズを出さず、かつノイズの影響を受けないようにして製品又はシステムの両立性を図ることである。

マイコン制御を始めとするエレクトロニクス機器の普及に伴い、ロボットの暴走、ゲームマシンによる電車無線への妨害などが発生してきているが、こうした事態への対応としてEMC評価技術及び対策技術が、製品の安全性、信頼性を支える重要技術として注目されてきている。

国際的にはIEC（国際電気標準会議）やCISPR（国際無線障害特別委員会）などで評価方法や許容値の検討が行われている。国内でもパソコンやファクシミリなどを対象としたVCCI（情報処理装置等の電波障害自主規制協議会）による自主規制の実施や電気用品取締法の技術基準へのCISPR勧告の導入が行われている。

4.2 家電機器におけるEMC問題

従来の家電機器におけるEMCは、サーモスタットや整流子電動機などから発生するノイズによるラジオ、テレビへの受信障害防止が中心であった。しかし、最近では高機能・電子化された家電機器、ファクシミリやパソコンなどの情報処理装置、システム機器が急速

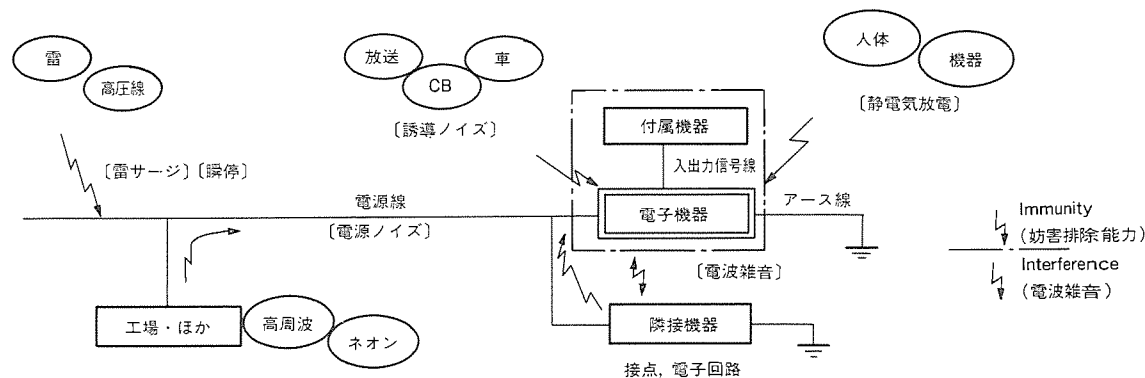
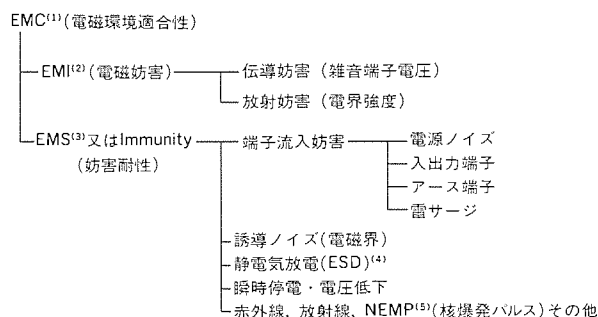


図 3. 家電機器をとりまく電磁環境



- 注 (1) Electromagnetic Compatibility
 (2) Electromagnetic Interference
 (3) Electromagnetic Susceptibility
 (4) Electrostatic Discharge
 (5) Nuclear Electromagnetic Pulse

図4. EMC評価試験項目



図5. 電波無反射室でのEMI評価例

に進展しており新局面を迎えている。すなわち、これらの機器に使われるスイッチング電源や回路から発生するノイズの防止に加え、マイコンや電子制御回路が他からのノイズにより誤動作や故障を起こすのを防ぐ妨害耐性(妨害排除能力)の確保が重要になってきている。

ノイズの発生源は電気製品に限らず各種通信機器や車・雷・静電気放電など種々のものがあり、また家電機器は様々な電磁環境下に設置されるので、幅広い評価技術が必要となる。家電機器を取りまく電磁環境を図3に示す。電源線からは近くの隣接機器や工場・商店などで発生したノイズのほか、雷サージ及び1秒足らずの瞬時停電も加わる。また、放送や無線アンテナの近くでは強電磁波が空間を通して誘導され、人体・機器による静電気放電もある。

4.3 EMC評価法

マイコンなどによる電子制御の家電機器に対するEMC評価試験項目を図4に示す。機器から発生するノイズによるEMI(Electromagnetic Interference: 電磁妨害)とほかからのノイズ侵入に対するEMS(Electromagnetic Susceptibility: 妨害耐性)に大別して、各種評価項目ごとに評価法を開発し基準化している。

(1) EMI評価法

家電機器は電気用品取締法の技術基準、情報処理装置などはVCCI自主規制で測定方法と許容値が定められている。また、国際的なCISPRによる規定もあり、これらを参考に計測器や量産品のばらつきを考慮した当社独自の基準値を設けている。さらに、電界強度の測定は人里離れた山中のオープンサイト又は電波無反射室で行う必要があり長時間を要するので、簡易な評価法の開発にも取り組んでいる。図5は電波無反射室でのEMI測定状況である。

(2) EMS評価法

ラジオ、テレビなど受信機に対する西独のFTZ(西独中央電気通信局)規格で入出力端子及び電磁界に対する規制が実施されているほかは法規制はまだない。しかし、マイコンなどによる電子制御機器では図4に示した評価項目は必ず(須)であり、一般家庭や事務所など機器の設置場所におけるノイズの実態調査や工業用制御機器に対するIEC規格などを参考にして、独自の評価法及び各種基準を設けている。一方、雷サージや種々のノイズが印加されても安全を確保することが家電機器の要件であり、また機器の設置場所などにより加わるノイズレベルが異なるので、これらも考慮した評価基準を定めている。

以上EMCの評価の概況について述べたが、これらの評価及びそれに基づく対策は、対象となる機器の開発・設計段階から実行されることが重要である。搭載されるデバイスレベルからプリント基板レベル、さらに製品レベルと、それぞれの開発段階で評価し、必要な対策・改善を設計に反映させるように取り組んでいる。

5. 部品評価・解析技術

5.1 部品評価・解析技術の重要性

信頼性のある製品を開発するためには、製品を構成する部品も各々の信頼性が確保されねばならない。最近のように製品の開発期間が短縮してきている中では、短期間での部品開発とその信頼性評価がますます重要になってきている。

こうした要求にこたえるためには、単に部品を試験するというだけでなく、対象となる部品の信頼性を物理・化学的にミクロな面から検討する故障物理的なアプローチが必要になってくる。部品の構成材料、構造、製造プロセスが適切であるかといった、より源流における信頼性のつくり込みができていないかを判断することが大切である。総合的な部品技術の構築を図りながら、その中で正しい評価技術の確立とこれにリンクする形での故障解析技術の向上を行っていく考え方が重要である。これらの関連を示したものが図6である。

当社では、こうした認識のもとに、的確でより迅速な評価が可能となる高度な評価技術、故障解析技術の開発を目指している。

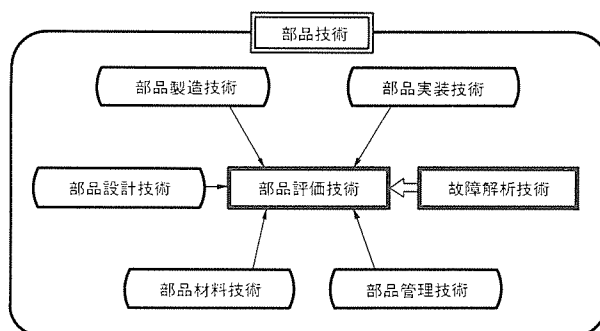


図6. 部品技術の中における評価解析技術の位置付け

表 3. コネクタの評価試験項目

区分	試験項目	区分	試験項目
構造・材料チェック	(1)構造 1 64F機構解析	耐久性	(18)繰り返し動作(挿抜)
	(2)材料の定性 1 64F同定		(19)こじり挿抜
	(3)めっき厚の測定		(20)電流サイクル
	(4)めっきのはく離	耐環境性	(21)耐熱性
	(5)ピンホール部の測定		(22)耐湿性(定常)
	(6)断面・金属組織などの観察		(23)耐湿性(温湿度サイクル)
	(7)構成材料の諸特性		(24)耐湿性(温湿度サイクル+振動)
初期特性	(8)単一抜去力		(25)温度サイクル
	(9)総合挿入 1 64F抜去力		(26)硫化水素(H_2S)
	(10)接触抵抗		(27)二酸化硫黄(SO_2)
	(11)接点接触力		(28)はんだ耐熱・耐フラックス性
	(12)絶縁抵抗		(29)ほこり
	(13)耐電圧		(30)振動
	(14)接点温度上昇		(31)衝撃
	(15)圧着強度		(32)塩水噴霧
	(16)コンタクト保持強度		(33)耐寒性
	(17)はんだ付け性		(34)耐溶剤洗浄性



図 7. 温湿度サイクル+振動複合試験機(表 3 の(24))

5.2 部品評価技術

部品の信頼性評価試験を大きく分けると、5.1節でも触れた部品の基本的な構造・材料チェック、初期特性、電気・機械的耐久性、耐環境性に分けられる。その一例として、コネクタの評価試験項目を表 3 に示す。また、これらの試験装置の一例を図 7 に示す。

評価試験に対する最近の傾向は、新しい電子部品の開発に伴って新たな評価法を造り出す必要が多くなっていることと、開発期間の制約から精度の高い短期間加速評価試験法が求められていることである。表 3 の耐久性・耐環境性試験もすべて加速試験であるが、これらの各々の項目ごとに的確な加速条件を設定することと、評価の対象ごとに実施する試験項目の優先順位を付けることが重要である。

当社では、部品の全社標準化を進めると同時にその部品の評価法の標準化も実行し、全社的な評価技術の向上に努力している。これは、2 章で述べた部品のデータベース構築にも関連して重要なことと判断している。

次に、開発した具体的な加速評価法の一例を示す。高い接触信頼性が要求されるコネクタの分野では金めっきコンタクトが使われるが、高価格である金の材料費低減をねらいとして薄膜化が検討される。この薄膜化した金めっきの性能評価法として、二酸化硫黄ガス腐食試験で金めっきのピンホール部の下地ニッケルを腐食させ、この腐食物中のニッケル量を定量して金めっきの耐腐食性を判断する加速評価法⁽³⁾を開発している。図 8 に腐食物の回収方法、図 9 に金めっき厚さと腐食物中のニッケル量の関係を示す。従来のピンホールに対応する腐食点の数を計測する方法より、はるかに定量的である。市場のコネクタを回収し同様な方法でニッケル量を分析することから、二酸化硫黄ガス腐食試験の加速係数を算出することも可能であ

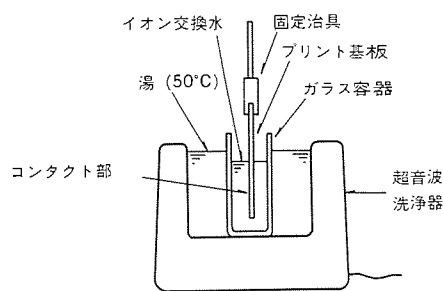


図 8. 腐食生成物の回収方法

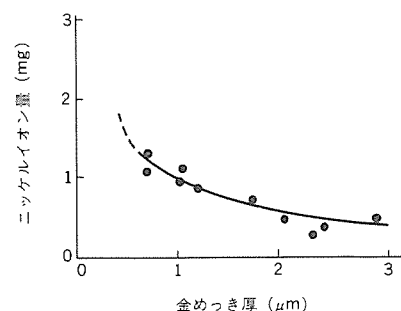


図 9. 金めっき厚と腐食物中の Ni^{++} 量の関係

る。

このように、各評価試験項目ごとに、より実使用状況をシミュレートした定量的加速試験方法の開発に注力している。

5.3 故障解析技術

故障解析は発生した故障を故障物理的アプローチにより正確かつ迅速に解析し正しい改善処置を行うことであるが、当社ではこの故障解析技術を部品の評価に積極的に活用するように努めている。良品解析とか構造解析とか呼ばれる DPA (Destructive Physical Analysis) 技術、つまり対象部品を試験せずに分解・解析し、その構造、材料、製造プロセスの良否からその部品の信頼性を判断する技術であるが、この技術は故障解析技術を事後解析(クレーム処理)だけにとどめず事前解析に応用したものである。これは評価への応用展開であり、5.2節の表 3 の構造・材料チェックの項に対応するものである。

一方、発生した部品故障の地道な解析も重要であり、故障メカニズムの解明を十分行い、これをベースにそれぞれの部品の故障の仕方、部品の弱点を明らかにし、加速評価試験の条件設定、試験項目の優先順位付けに生かすようにしている。具体的な故障解析の例を

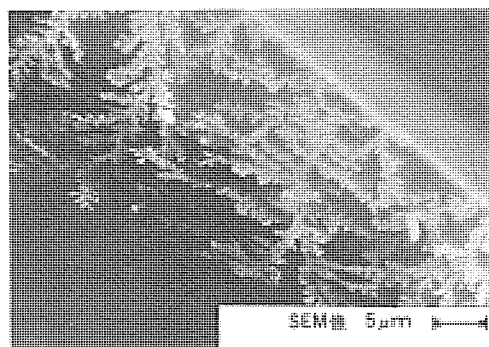


図 10. 銅のマイグレーション

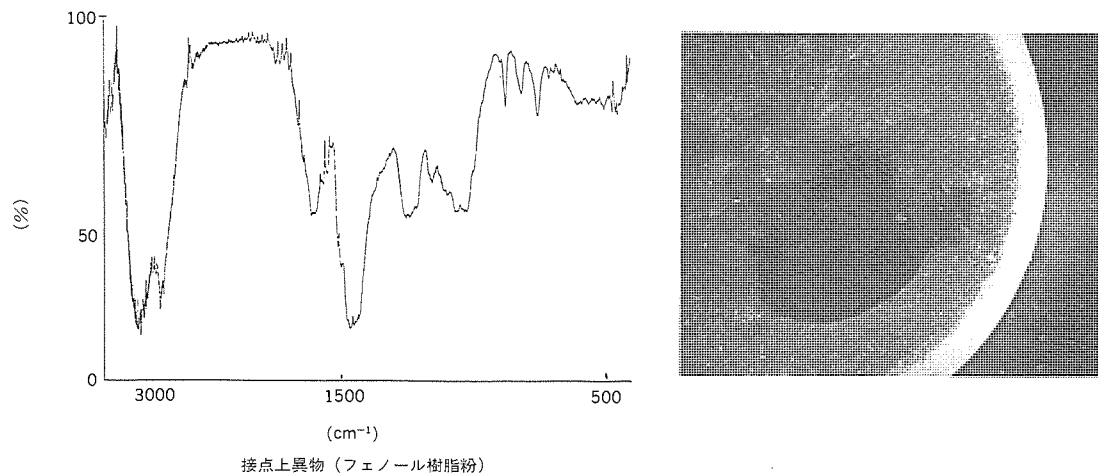


図11. 接点上異物と赤外吸収分光分析結果

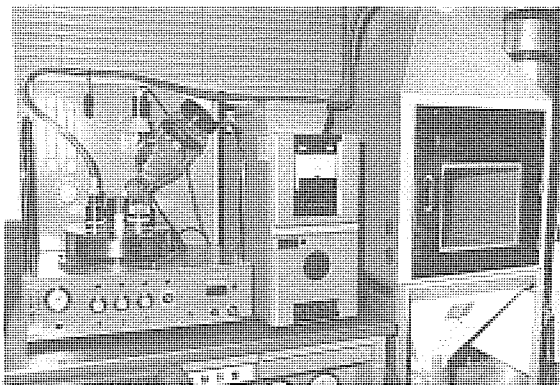


図12. じんあい試験機

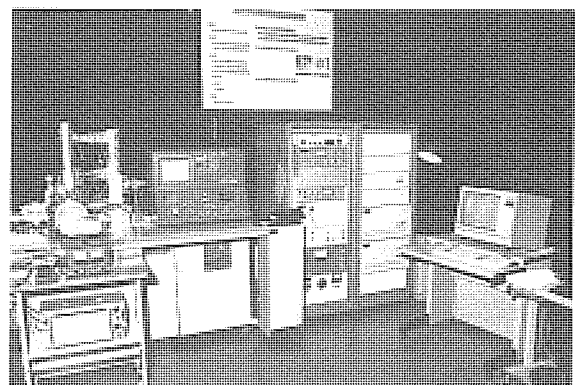


図13. オージェ分光分析装置

図10, 図11に示す。図10はサーミスタの銅のマイグレーションの例, 図11は接触部品の接点汚染による接触不良の例である。図10の故障解析から, 銅も条件によってはマイグレーションを起こす弱点を持つことが明らかとなった。また, 図11からは接触部品における構成材料の摩耗粉対策の重要性と摩耗粉に対する評価法の確立の必要性が明らかになった。後者の対策として, 図12に示すじんあい試験法が開発された。

なお, 故障解析技術の全社普及を図るため, 故障解析を行う上での注意事項, 正しい解析のフロー, 必要な解析設備などを記載した故障解析マニュアルを各部品ごとに作成し活用している。解析設備の一例を図13に示す。

6. 製品強度・包装評価技術

6.1 家電機器と包装の役割

数万に及ぶ多品種の家電機器が工場から出荷されているが, お客様の手に届くまで, すなわち工場出荷後の製品の品質保持, 信頼性保証活動において包装の果たす役割は重要である。

今日, 家電機器の包装に求められる役割は, 情報化社会の到来, 消費者ニーズの多様化, 販売チャンネルの多岐化など市場を取り囲む環境の著しい変化に対応して, 従来からの製品の品質と機能を保護するだけでなく, お客様が持ち帰りやすい包装, 開こん(梱)しやすい包装, 流通段階での店頭展示効果, ソースマーケティングの表示など販売促進性を持つ包装, 省資源かつ使用後処理しやすい包装等々と多岐にわたっている。ここでは, それらの包装の役割の中で, 家

電機器に関する包装の品質向上, 信頼性保証を取り上げてその取組について述べる。

6.2 製品強度評価技術

包装が流通過程で遭遇する振動・衝撃・圧縮などの外力から, 包装の中身である製品の品質を保護する包装設計を行うためには, 製品にとって一番シビアな外力, すなわち落下衝撃に対する製品の易損性 (Shock Fragility) を評価, 把握することから始まる。特にVTR, CDプレーヤーをはじめとするAV機器は, 精密なメカニズムをもった製品となり, その易損性把握は製品設計のためにも大切である。

当社では, 製品の易損性を正しく評価, 把握する手段として, Damage Boundary Concept—製品損傷限界把握法—(図14参照)に注目し, “製品易損性評価法”を確立し活用している。この概念は, 既にASTM D 3332-77⁽⁴⁾として制定されている。この方法は, 単一の衝撃加速度パルスに製品に印加したとき, その製品の非損傷域と損傷域を把握できる評価法である。具体的には, 半正弦波とく(矩)形波衝撃パルスを発生する衝撃試験機(図15参照)を使用し, 包装していない裸の製品を試験機上に固定し, それらのパルスを印加しながら損傷域を把握する。この方法によれば, 再現精度良く, かつ製品易損状態がビジュアルなデータとして得られるので, その結果は包装設計のみならず製品設計にも反映でき, 製品の品質, 信頼性向上が図れる。

6.3 包装評価試験法

流通過程で, 家電機器の品質を劣化させることなく, 客先で機能

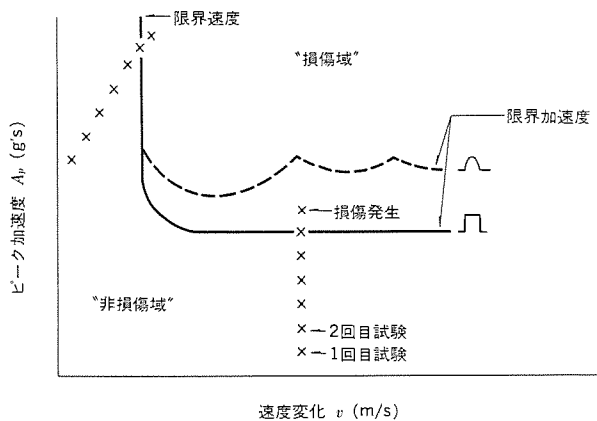


図14. ダメージバウンダリ

を發揮することを保証するためには、工場で包装評価試験を行うことが大切である。そのためには、輸送・保管・荷役などの流通環境実態を忠実に調査し、包装が遭遇する外力を把握してそれら外力を実験室的に再現する包装評価試験法を確立することが不可欠となる。

こうしたことから、流通環境を忠実に再現すべく、単に個々の外力を実験室的に等価にしたテストレベルを設定するだけでなく、テスト法も実態を配慮した再現試験項目からなる包装評価試験法を確立している。同一供試品を使って一連の試験を行っており、また振動試験を例にあげれば、工場から販売店・客先まで全輸送行程を考慮して、試験品はスタッキング（段積み）状態と1台フリー状態とを組み合わせた試験を行っている。これは、1台フリーでダメージが発生しなくてもスタッキングテストでは振動の伝達系が変わりダメージが発生することがあるためである。また、落下試験も従来のつ(吊)り具を使う方法では、テストごとに落下姿勢が変わったり、落下衝突面の差から壊れたり壊れなかったりするという問題があった。そこで、前述の衝撃試験機を利用してステップ速度試験法を確立し、再現精度の向上を図っている。

6.4 包装材料品質向上

包装設計品質を的確に再現するためには、使用する包装材料の品質管理も重要である。包装材料といっても、外装用の段ボール箱をはじめ、内装に使う緩衝材、表面保護材など、また箱の封かん(緘)テープ、箱結束バンド等々多岐にわたっており、その材質も紙、プラスチック、金属と多様の材料が使われている。

そこで、段ボールをはじめ主な包装材料について社内統一の購入品質基準を作成し、包装材料メーカーに具体的に提示して、当社が求めている要求品質基準を明確にしている。

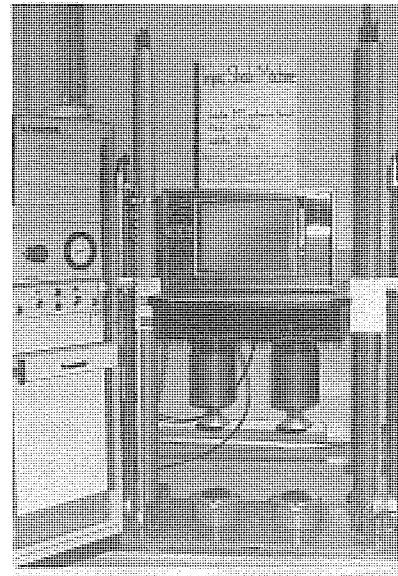


図15. 衝撃試験機

7. む す び

家電機器のインテリジェント化が進み、新しい家庭用の情報機器が開発されることにより、我々の生活はより豊かなものとなっているが、同時にこれらの機器が安全で使いやすく、かつ違和感なく生活に溶け込み、さらに故障の少ないものであることが必要である。こうしたより良い家電機器を開発するためには、的確で迅速な評価ができる高度な評価技術の構築が重要であることを述べた。また、当社がこの評価技術を製品又は部品レベルで体系的にどう確立し、具体的評価にどう応用展開しているかについて述べた。

製品開発における技術革新が急速に進む中で、開発と裏腹の存在として位置付けられる評価に対しても、より高度な技術開発が要求されてくるであろう。今後も、製品・部品評価技術を製品開発を支える重要な共通基盤技術としてとらえ、その高度化に注力していかねばならない。

参 考 文 献

- (1) 林：人間信頼性工学，海文堂出版（1984）
- (2) Swain, A. D. : Method for Performing a Human Factors Reliability Analysis, Report SCR-685, Sandia Co. (1963)
- (3) Y.Murata, K.Omata, A.Tomonaga, T.Hasegawa : Evaluation of Gold Plated Contacts for Separable Connectors, Proc. IC-CEM-CA, p.311 (1986)
- (4) ASTM D3332-77 Standard Test Methods for Mechanical Shock Fragility of Products Using Shock Machine

サービス保全技術

山下久紀*

1. ま え が き

白物家電商品と言われる洗濯機、冷蔵庫、ジャー炊飯器などは、これらが故障等により使用できなくなると特に核家族化した新家庭では、他の方法による洗濯ができなかったり、御飯が炊けなかったりなど、たちまち日常生活に困るほど家庭の中に深く入り込んだ必需品となっている。

一方、これら家電商品はその機種本来の基本構造は大して変わっていても多機能化と高付加価値化により、付加価値がついた製品が多くなっているに伴い使用者が十分に使いこなせないためのサービスコール（当社ではこのように本来故障でないが、サービスコールにつながる不具合をHOW TOコールと呼んでいる）が増大傾向にある。また、故障モードも制御回路の電子化に伴って、従来からあった本体の故障以外に外部要因による誤動作が増えるなど多様化してきている。

ここで、このようなサービスコール内容、故障モードの多様化に、どのように対応しているのかについて考察する。

2. 家電商品修理の現状

当社サービスセンター（SC）における修理台数の中に占める家電商品の割合は図1のとおりである。その割合はほとんど変わっていないが、内容はマイコンが搭載される以前と以降では相当に変わってきている。

2.1 技術的側面からみた変化

例えば、洗濯機の修理であれば一昔前は洗濯タイマーや排水コックなど、専ら機構部品の寿命やさび（錆）による動作不良が主体であり、ジャー炊飯器は炊飯や保温用ヒーターなどの断線、また電子レンジではマグネトロン発振管やトランスなどの断線といった部品単体のいわゆる偶発故障や経年故障であった。

したがって、修理上からも故障モードがはっきりしていたため、

その故障判定は簡潔明瞭であったので修理も該当部品を交換すれば完了というケースが多かった。しかし、最近の洗濯機や電子レンジ、ジャー炊飯器はマイコンが搭載され、その周辺回路と各種制御を行う電子回路が組み込まれるようになったため、目に見えない再現しにくい故障が加味され故障診断が非常に難しくなっており、またその修理も判断を含めて時間を要するものとなっている。

その一つにマイコンを使用している機種のノイズの問題がある。これは製品本体内部で発生するノイズ又は外部から空中や電源ラインを通じて伝ば（播）してくるノイズ等のためマイコンが誤動作したりリセットしたりする故障である。これらの故障で困る点は、そのノイズが常時発生している場合（故障状態が常時観測できる）だけでないため、その発生源を突き止めることが難しいことである。

故障診断時に症状が出ていないときには症状を再現させようと推定箇所の部品を温めたり、冷やしたり、振動を与えたり、又は電源の入り、切り、による電氣的ショックなどを与えたりして症状再現に努力するが、再現しないことが多い。

客先の修理品を預かって社内で修理を行っている場合は、症状が再現するまである程度時間をかけて状況を見ることができ、客先の宅内で行う出張修理の場合はそのような時間をとることはできない。そのため、故障の状況をその使用者から聞いた上で、論理的な推測を加え過去の経験に基づいて推定修理を行なうこととなる。

このようなとき、可能性のある部品を交換する量が増え修理コストを引き上げる懸念が生じないようサービスマンのレベル向上に注力している。別の問題点として洗濯機やジャー炊飯器などは、電子回路が最も嫌う水を扱うことによる故障、又はゴキブリ等の昆虫が侵入して回路を短絡させることによる故障などの外部要因による故障が電子基板化された当初に発生している。

そのため、これら水滴や昆虫などによる故障を防ぐ目的で電子基板をシリコンなどでコーティングしたり密封したりしていることが修理という立場からみると故障診断や部品交換が困難であるという

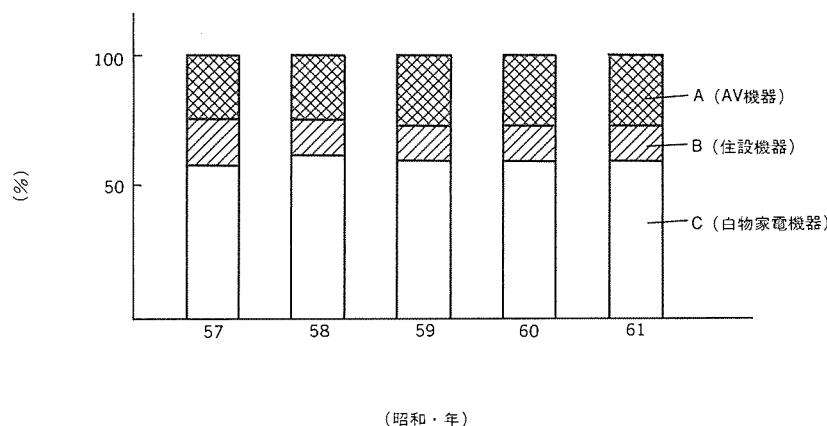


図1. SCにおける家電商品修理台数比率



図2. ワンポイント修理情報集

点で問題となる。

2.2 営業的側面からみた変化

技術の高度化や機種の増加と製品サイクルの短命化などに伴い、販売する立場の者が製品の特徴や、操作を十分に把握することが難しくなっていることに加え、販売ルートの多様化により販売時点での十分な取扱説明がなされないケースが考えられる。製造・販売・サービスの各部門間での必要かつタイムリーな情報流通が必要とされる。

特に家電商品の場合は、購入者が持ち帰り自分で据え付けることが多いため据付けが不完全であったり、場所が不適当であったりして性能を十分出せなかったり、十分使いこなせなかったりするためのサービスコールがある種の機種ではふえているケースもある。

3. 修理効率向上策

修理に必要な3要素は、

- (1) その製品の基本動作原理を理解できる基礎技術力と基礎技能
- (2) 修理用部品
- (3) 製品の設計変更や部品変更などの情報である。

修理を効果的に進めるには、この三つの内のどれが欠けてもうまくいかないが、最近のように新製品の発売サイクルが短く、また製品品質が著しく向上した今日においては、診断ツールの改良、部品取替技能の向上と相まって情報の果たす役割が非常に大きくなってきている。

従来からサービスマンに必要な情報は、サービスニュースやサービスメモといったチラシの形やサービス機関誌などにより、販売店や社内サービス関係者に通知されているが、よりの確でアップトゥデートな修理情報を供給することと、修理効率向上に必要なツール等の開発を行うため昭和61年4月に“技管センター”を設立し活動を開始している。

3.1 ワンポイント修理情報の活用

新機種の開発や技術革新により次々に発売される新製品の技術習得は、サービスマンにとって必要不可欠のものである。販売店や当社のサービス機関でも小規模拠点では各人が多数の機種を扱わざるを得なくなり、故障手順を追って診断を行うために必要な全製品についての動作原理を十分理解することがますます重要となる。

最近では製品発売サイクルが短くなっており、また技術革新のテンポも早く品質の向上と性能向上により、故障が非常に少なくなっている上に特定故障への集中傾向もなくなっているため、サービスマ

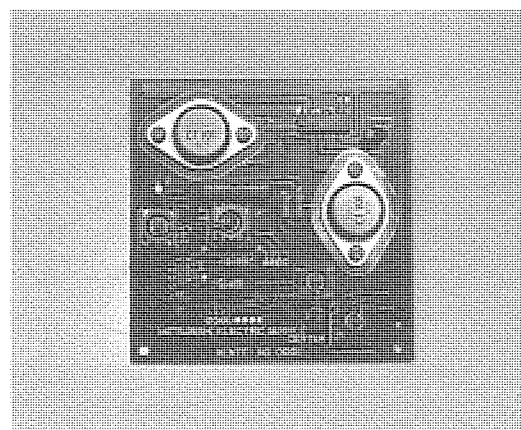


図3. はんだ付け作業技能認定用実技テスト基板

ンが、初めての故障に遭遇することもある。

また、一方では製品自体が多機能、高付加価値化しているため故障品に初めて対したとき、特にマイコン絡みの使い方などになると、まず「正しい状態ではどういう表示や動作をするのか」ということを理解してから故障修理に取り掛かるということになる。

このような状態から、各人の体験した故障修理を集大成し、機種、型名と症状から不良箇所を探り当てるための“ワンポイント修理情報集”（図2）を作成配布することが、非常に効果を上げている。

3.2 修理ツール等の開発と技術技能の向上

家電商品の診断修理ツールといえば冷蔵庫の冷媒回路を修理する場合の専門ツールは別として、従来はテストとドライバ、ペンチ、プライヤーといった一般工具並びに機種専用工具ぐらいであったが、電子基板化された電子制御回路が搭載されるようになってからは、AV機器修理と同じようなツールが必要となってきた。

例えば、オシロスコープ、内部抵抗の高いテスト、高絶縁タイプで熱容量の小さいはんだこて又は熱風はんだこてなどである。診断修理ツールを使いこなす教育を行っていることは当然である。特に、はんだ付け作業については、従来からある修理の基本作業であるが電子基板化された製品の修理に対応するため“はんだ付け作業技能認定制度”の内容のうち、特に実技テストについて大幅に改定しサービスマンのはんだ付け作業技能の再認定を進めている。

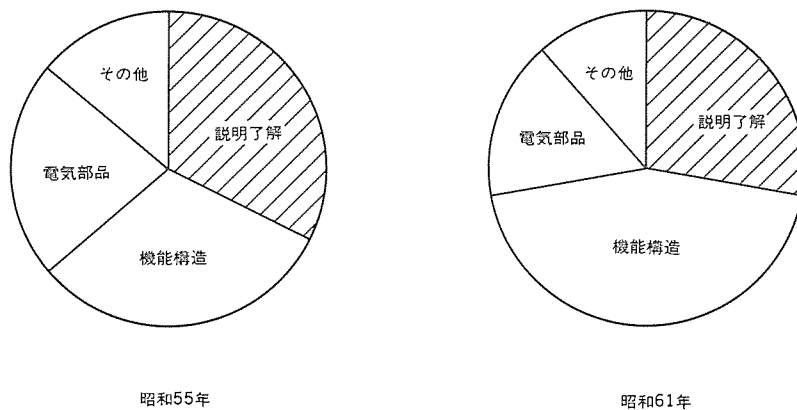
はんだ付け作業技能と同等以上に取り外し技能が重要である。図3は、はんだ付け作業技能認定用実技テスト基板である。

4. HOW TOコール撲滅キャンペーン

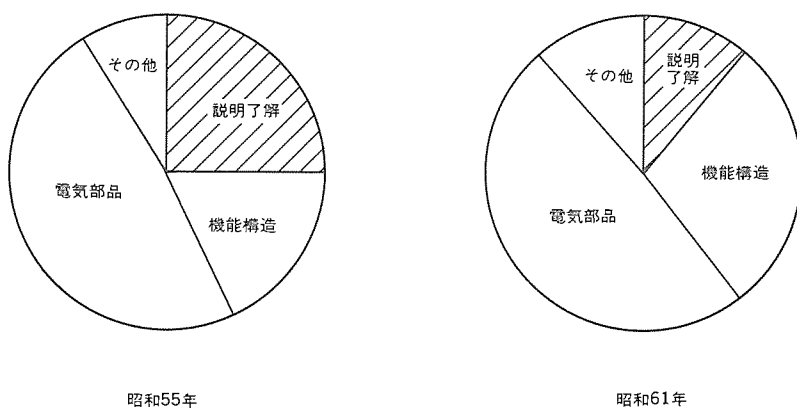
HOW TOサービスコールを減らすため、営業サイドの協力を得てHOW TOコール撲滅キャンペーンを展開して効果を上げてきた。

例えば二槽式洗濯機において、「脱水機が回転しない」という修理依頼の中には「靴下や小物が脱水機に絡まっていただけ」という場合があったり、ジャー炊飯器において「御飯が軟らかい」という修理依頼の中には「新米の水加減の問題であった」というような場合がある。

このようなケースは、販売時点で使用方法を十分説明されていれば防げたかもしれないケースであり、使用者が取扱説明書を読んで注意していれば防げたかもしれないのである。このようなサービスコールを防ぐため、取扱説明書を見直ししたり、販売店がお客様から故障修理依頼があったときに回答できるためのHOW TOコール集を作成し、これを基に全国の各拠点ごとに講習会を実施し関係者



(a) 冷蔵庫修理内容比率



(b) 洗濯機修理内容比率

図4. HOW TOコール内容の変化

の意識啓もうを図ってきた。

その結果、HOW TOコールに対し販売店の関心が非常に高まり、工場関係者にも見やすい取扱説明書を作らなければならないという認識が一段と強固なものとなった。その効果は図4のHOW TOコール内容の変化に示されている。

5. む す び

製品の開発テンポ、新製品の発売サイクルは今日以上に短くなることはあっても、長くなることはないと思われる。かかる状況の中にあって、サービス効率を如何に向上させるかという問題は、製品の構造、技術内容、使用者（消費者）と深いかかわりがあるので、サービス部門のみの努力では限界があるものであり、特に製造者とサービス実施部門が一体となって取り組んでいくことと、使用者の理解と協力を得ることが不可欠の事項である。

すなわち、サービスコストの大部分は人件費で占められていることから、製造部門のようにロボット等の設備投資による改善も限界があり効率向上は各人の技術力向上が頼りである。

その技術力とは、一つは機種の基本動作を理解していることであり、もう一つは設計変更や部品の改造内容や、又は正規の故障診断手順を踏まずとも、故障症状から直ちに該当部品であろう箇所の診断に着手できるワンポイント修理情報などを如何に多く知っているか、

ということである。

しかし、これらの方法のみでは先に述べたような限界があるので、製品設計段階から単に製造コストや性能などのみを考えて設計するのでなくアフターサービスのことも考慮した修理しやすい製品、交換部品単位を考えた設計を今日以上に望みたい。すなわち、サービス実施部門から設計製造部門への要望として、電子回路と製品本体の基本機能を切り離して故障診断できる構造、電子回路が故障の場合は、その部分を動作させずに本体の機能部分のみで応急動作ができる構造、また電子回路部分の故障診断も消費者の大きな負担にならない程度のブロック単位で交換できるような製品造りが是非必要である。

サービス技術の質的向上と効率化により、時間的余裕を持って使用いただいているお客様との豊かな対話を生み、サービスコンサルタントとしてのビフォアサービス（正しい使い方や日常の手入れの方法、末永く使用していただくために保守メンテナンスの勧め）を目指す一方、ますます複雑多様化する使用環境条件におけるフィード情報を的確にかつ迅速に製品開発にフィードバックすることによる信頼性の向上、そしてシステム化する製品について総合的に保証する機能としての前向きサービスを意図して改善努力を続けるつもりである。

日本原子力研究所納めJT-60 “その場コーティング装置”

小原建治郎*・竹下博志**・竹中俊夫**・武田 淳***・山田良彦*

1. ま え が き

日本原子力研究所・那珂研究所では臨界プラズマを達成すべく実験が進められているが、臨界プラズマ試験装置(以下、JT-60とする)真空容器内表面第一壁上(以下、第一壁とする)にはプラズマ中への不純物の混入による放射損失を低減するために、厚さ $20\mu\text{m}$ の炭化チタン(以下、TiCとする)膜がコーティングされている。このTiC膜はプラズマのショット数に比例して損耗していくため、一定の時期を選んで補修する必要がある。

“その場コーティング装置”(以下、その場装置とする)は、この補修(TiCの再コーティング)を目的とした装置で、JT-60真空容器内の真空を保持した状態で第一壁の観察(以下、内部観察とする)を行い損耗箇所(以下、傷箇所とする)を把握した後、チタン-アセチレンによる反応性蒸着法を用いてTiC膜を第一壁面上に作製させる。また、これとは別にチタンのみを蒸発させ、第一壁面上に活性なチタン膜を作製するチタンフラッシュ機能も併せ持つ。すなわち、その機能は次のとおりである。

- (1) 真空容器内第一壁面の傷の有無を見つける観察機能
- (2) 上記傷箇所にTiC膜を作製する機能
- (3) チタンのみを蒸着するチタンフラッシュ機能

以下にその概要について紹介する。

2. 特 長

“その場装置”はJT-60プラズマ実験終了直後の高温、高真空中での使用を可能とすること及び狭あい(隘)で長尺な既設ポート上に設置するなど使用環境上厳しい制約がある。以下に主な項目について述べる。

(1) 環境条件

動作時真空容器内圧力：大気圧 $\sim 1.3 \times 10^{-6}\text{Pa}$

温度：コーティング時 室温 $\sim 300^\circ\text{C}$

内部観察時 室温 $\sim 200^\circ\text{C}$

(2) 設置条件又は寸法上からの制限

JT-60真空容器には多くのポートが取り付けられており、“その場装置”はその中の垂直に立ち上がった長さ約5m、内径19cmのポート上に設置される。マニピュレータの挿入・引出しは、この既設ポートを使用して行われる。

マニピュレータ全長：約15m (ストローク 7.7m)

アーム長さ : 1.8m (真空容器ポート部のポロイダル断面
直径1.9m)

アーム外径 : 19cm以下

(3) 自動位置決め機能

動作時のマニピュレータの状態を外部から目視観察することは不

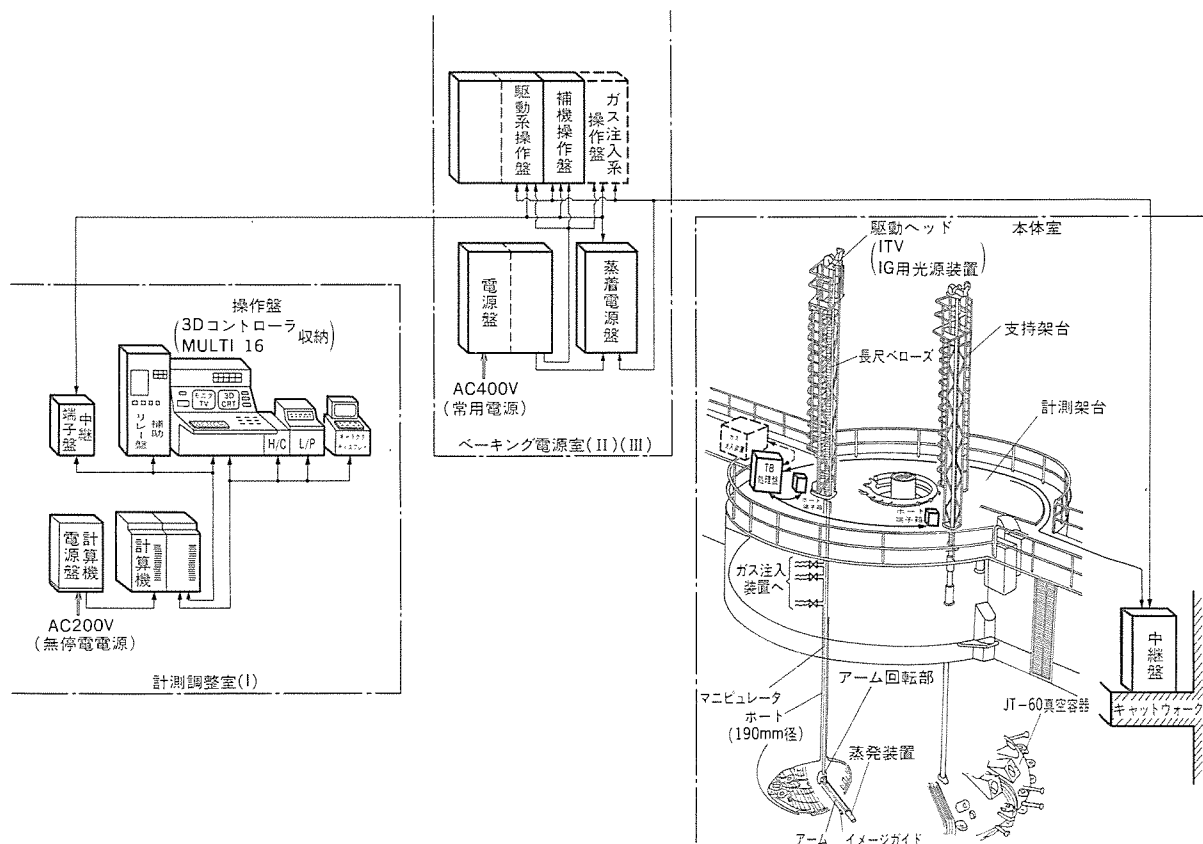


図1. システム構成図

可能なため、すべての動作は、あらかじめ計算機に入力された真空容器内部の座標データをもとに自動的に制御される。また、実動作の前にはすべての操作モードにおけるシミュレーションが可能となっており、誤操作の防止を図っている。

内部観察位置及びコーティング範囲の指示は、真空容器内部をトーラス周回方向に90分割、ポロイダル断面方向に36分割し、その座標区画を指示することにより、真空容器内でのアームの最適空間位置を割り出し、アーム先端に取り付けたファイバースコープ又は蒸発源を位置決めするようにした。なお、ポートを含む区画については詳細な位置指定が行えるように、更にトーラス周回方向に4分割、ポロイダル断面方向に5分割した。

3. 装置説明

3.1 システム構成

このシステムはマニピュレータ、内部観察装置、蒸発源、ガス注入装置（別納品）及び制御装置により構成される。システム構成を図1に、JT-60計測架台上へのマニピュレータ据付け状態を図2に示す。

3.2 マニピュレータ

マニピュレータは駆動ヘッド部、長尺ベローズ、アーム回転部、アーム及び支持架台から構成されており、アーム部先端に取り付けた内部観察用センサ又はチタン蒸発源を真空容器内の所定位置に移動させる。各駆動軸の仕様を表1に、駆動系統を図3に、真空容器

内に挿入されたマニピュレータを図4に示す。
高温、高真空にさらされるマニピュレータの駆動部などには耐熱合金を使用するとともに、固体潤滑剤として焼結型二硫化モリブデンや自己潤滑性合金を使用した。また、駆動軸の真空シールには磁性流体シール型の回転導入機を使用し、伝達可能なトルクを大きくとれるようにしている。

真空容器内でのギヤ焼付き事故が発生した場合の対策としては、外部から強制的にギヤのか（噛）み合いを解放させる機構を設け、真空を破ることなくマニピュレータを真空容器内から引き出せるようにした。

3.3 蒸発源

蒸発源はチタンフィラメントとホルダー部で構成され、コーティング時アーム先端に取り付けて使用する。

蒸発源は1セグメントにチタンフィラメントを4本まで取り付けられる構造とし、各種のコーティングモードに対応可能なよう最大9セグメントまで取り付けることができる。また、チタンの蒸発方向を制限し損傷部の局所的な補修を行うために3種類の遮へい板があり、ホルダーは45°ピッチで回転可能な構造となっている。蒸発源を図5に示す。

チタン蒸発は抵抗加熱式で、蒸発時のフィラメント表面温度は約1,600℃、ホルダー部は800℃程度まで加熱される。これによるフィラメントとホルダー部の溶着対策としてはカーボンスリーブを、また遮へい板の熱変形対策としてはインコネル材をそれぞれ使用した。

3.4 内部観察装置

内部観察装置は気密処理されたファイバースコープが支持架台上部

表1. マニピュレータ駆動軸の仕様

概念図	軸名	機能	動作範囲	動作速度
	Z軸	マニピュレータの上下駆動	7,720mm	1,300mm/分
	Φ軸	マニピュレータを回転駆動	±180°	70°/分
	A軸	イメージガイド・蒸発源を取り付けたアームの伸縮駆動	1,000mm	200mm/分
	θ軸	イメージガイド・蒸発源を取り付けたアーム傾斜角駆動	135°	70°/分

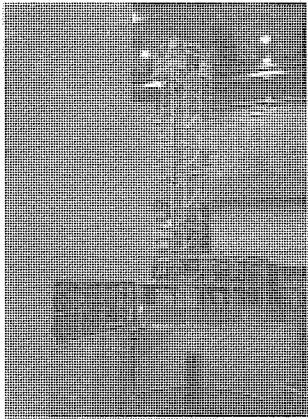


図2. マニピュレータ据付け状態

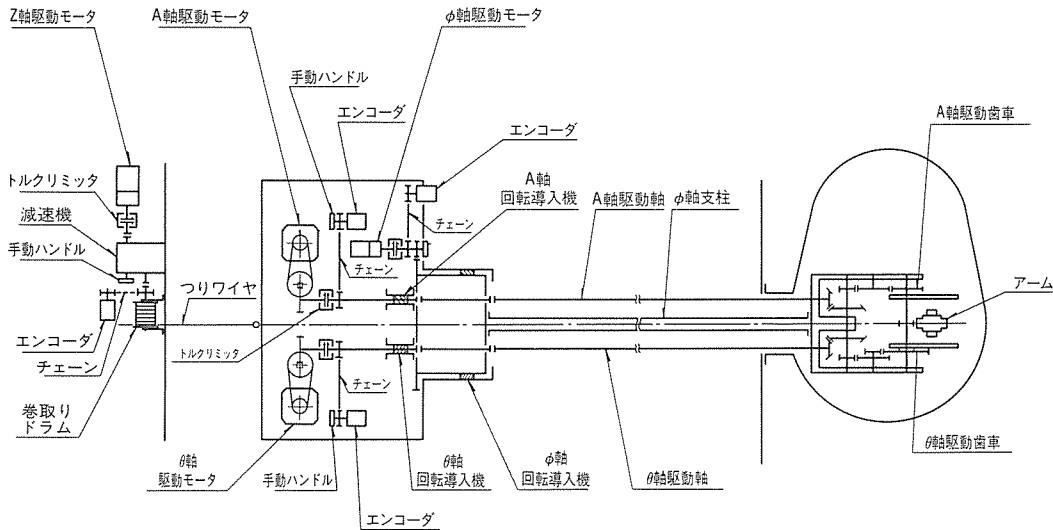


図3. 駆動系統図

のITVと光源装置に接続されている。ファイバースコープはマニピュレータの上下移動に追従するよう移動ドラムを経由し、張力を一定にするとともに、アーム動作を阻害しない構造となっている。また、マニピュレータには、この装置を2台(モニタTVは1台)同時に取り付けることができ、先端の対物レンズに視野範囲の異なるアダプタを取り付けることによって、一動作での観察可能範囲を拡大し効率化を図っている。ファイバースコープの仕様を表2に示す。

光源装置には遠隔で光量調整が可能なように、シャッタ機構を設け観察性能の向上を図っている

3.5 制御装置

制御システム構成は図6に示すように、32ビットスーパーミニコンで統括し、マニピュレータの駆動とベーク操作及びコーティング操作に関するマニピュレータ系シーケンス制御用コントローラ、ガス注入系のシーケンス制御用コントローラ及び内部観察用のパソコンから構成される。操作は各動作単位で中央及び現場で可能なように分割制御している。

中央のマンマシン用操作盤を図7に、CRT表示画面を図8に示す。CRTにはアーム形状を三次元的にアニメーション表示し、オペレータが瞬時に判断できるようにしている。制御装置の主な機能は

次のとおりである。

(1) 自動位置決め機能

内部観察位置及びコーティング範囲指定によりマニピュレータの4軸を駆動し、真空容器内の最適空間位置へアームを位置決めする。このとき、アームのたわみによる機械的位置ずれを小さくするため、逐一たわみ補正演算を行い、精度向上を図っている。

(2) パラメータ指示機能

観察時のイメージガイドアダプタの取付角度、コーティング時の遮へい板の種類・角度などのオペレータ設定項目の整合性チェックを行いパラメータ指示を行う。

(3) シミュレーション機能

真空容器内でのマニピュレータ動作軌跡、コーティング膜厚の作製過程のシミュレーションを行い立体表示する。

(4) 内部観察表示機能

壁面状況判断を容易にするため、図9に示すようにモニタ画面に観察範囲の寸法、座標、壁面までの距離を表示する。また、オペレータによる観察情報の入力及びVTRによる状況保管を可能とした。

(5) コーティング表示機能

マニピュレータ位置及び蒸着条件によりチタンの蒸発方向を割り出し、各座標単位にコーティング膜厚を色別又は棒グラフにて表示

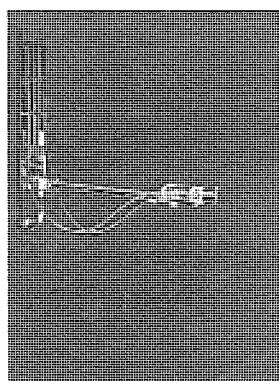


図4. 内部観察中のマニピュレータ

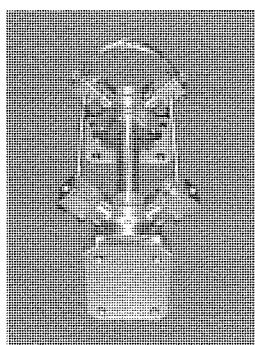


図5. 蒸発源の外観

表2. ファイバースコープの仕様

画素数	12,000本
ライトガイド	600本
許容曲率半径	200mm
焦点深度	50mm~∞
視野角	20°

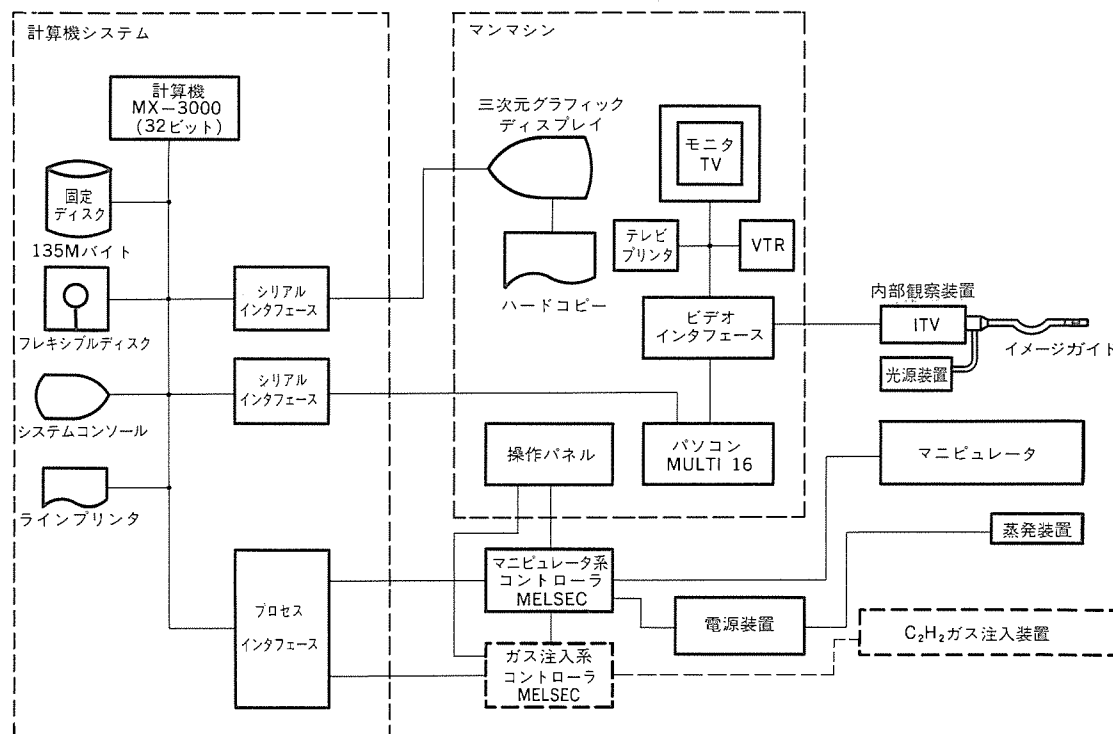


図6. 制御システムの構成図

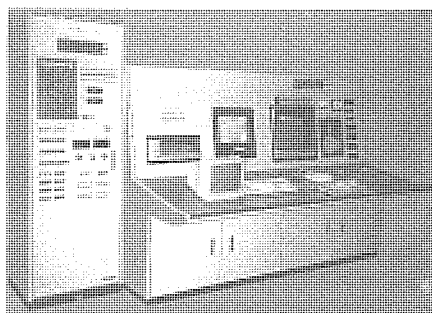


図7. 中央操作盤の外観

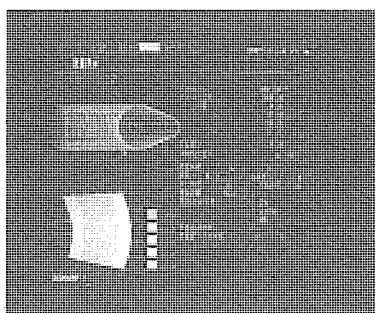


図8. CRT表示画面

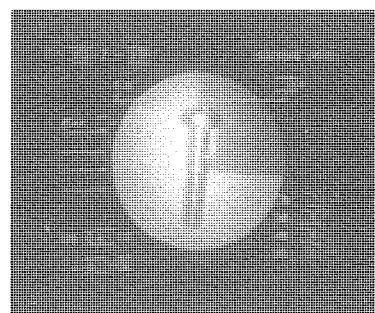


図9. 内部観察モニタ画面

する。

(6) 保護機能

マニピュレータと真空容器との機械的接触による双方の破損を防止するため、駆動時のマニピュレータについてはアームの先端及び後端から壁面までの最短距離を常時監視し、規定値より接近すれば自動的に回避又は停止するソフトウェアリミット機能を設けている。

(7) 経歴管理機能

各座標単位で第一壁上の傷の有無及び補修結果を管理する。

4. 運転操作

この装置のマニピュレータは、プラズマ実験中は別に設置された保管架台上に真空封じ切りして保管されており、使用時に計測架台上に移動し設置する。

内部観察時はアームにファイバースコープを取り付け、中央からの遠隔操作によって壁面の観察を行う。このとき、あらかじめ観察する座標を入力しておけば、アームはその順序に従って自動的に位置決めされる。オペレータは中央操作盤上のモニタ画面を見て、傷の有無を判断し、コメントを入力した後登録ボタンを押す。これにより、コメントとともに傷の位置が記憶（傷リスト）される。

コーティング時はファイバースコープを撤去したアームの先端に蒸発源を取り付ける。観察時と同様に遠隔操作でアームを真空容器内に挿入し蒸発源を所定の位置にセットする。蒸発源に通電加熱した後、別途納入されているガス注入装置によりアセチレンガスを真空容器内の圧力を監視しながら注入し、第一壁上にTiCをコーティングする。コーティングは上記内部観察時に作成した傷リストをもとに、特定箇所の傷を補修する局部コーティングと第一壁全面を一度に補修する全面コーティングの二つのモードを持ち、選択して使用できる。なお、作製される蒸着膜厚はCRT画面に逐一計算して表示するようにしている。

5. チタンフラッシュ実験

先に示したこの装置の目的のうち、チタンフラッシュについての実験結果を示す。

この実験はプラズマ生成前に真空容器内第一壁上に活性なチタン原子を蒸着し、それによって水素に対するゲッタ作用を行わせるものである。実験手順を図10に、実験前後の真空容器内圧力変化を図11に示す。真空容器内圧力はチタンフラッシュにより 6×10^{-6} Pa程度まで低下していることが分かる。

6. むすび

この装置は昭和58年度から実機寸法の模擬機による大気中での駆動試験、小型機による真空中での評価試験を実施し、その結果を踏

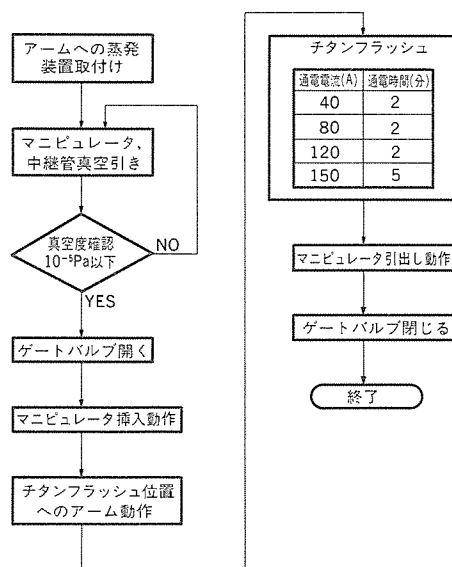


図10. チタンフラッシュ実験手順

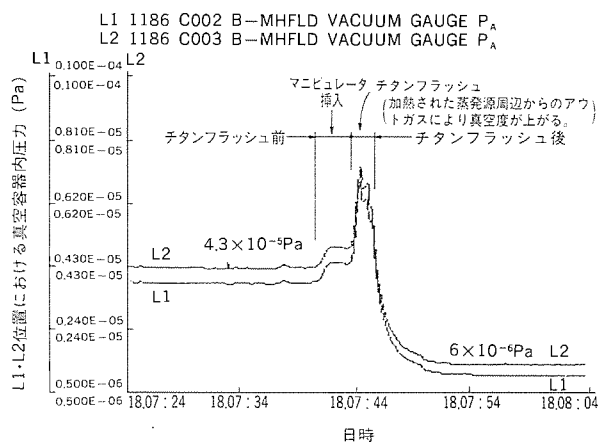


図11. チタンフラッシュ前後における真空容器内圧力の変化

まえて今回実用機を製作した。また、チタンフラッシュ実験に使用しこの装置の有効性が証明された。この装置が今後のプラズマ試験の一助となることを期待する。

最後に、この装置の製作・調整に当たり御指導いただいた日本原子力研究所JT-60試験部飯島勉部長、元JT-60第2試験室太田充室長、元グループリーダ大久保氏並びに川崎幸三氏をはじめとするグループの各位ほか関係各位に深く感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 阿部ほか：真空 26, 488 (1983)
- (2) 稲川ほか：真空 26, 494 (1983)
- (3) 小原ほか：JAERI-M 87-143 (1987)

新世代32ビットCNC《MELDAS-300シリーズ》

米谷光雄*・飯田秀正*・吉田利夫*

1. ま え が き

《MELDAS-300シリーズ》(以下、M300シリーズと記す)は、32ビットマイクロプロセッサを採用した最新鋭のCNC装置である。M300シリーズは、従来の16ビット機に替わり、特に高速・高精度化を目標とし、また併せてシステム化、カスタム化への対応に最大限の配慮を加えている。図1に示すように、M300シリーズは、M310、320、330、335の4機種から構成され、ローエンドの普及機から多軸多系統制御、対話型自動プログラミング機能を内蔵した高級機までを、共通のアーキテクチャの上にシリーズ化したものである。本稿では、上位機種を中心にM300シリーズの概要について紹介する。

2. M300シリーズの特長

M300シリーズは、32ビットCPUの高速性、拡大されたメモリ空間

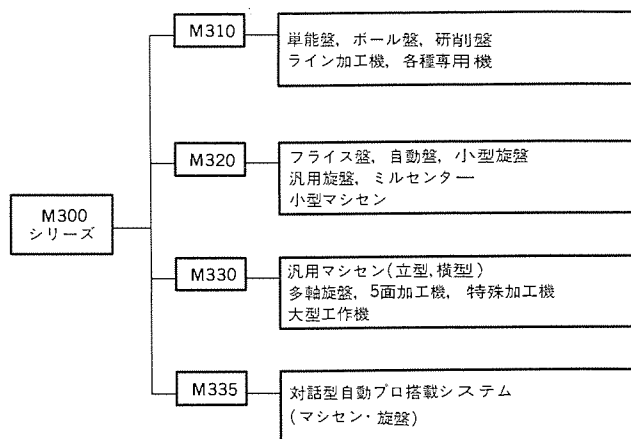
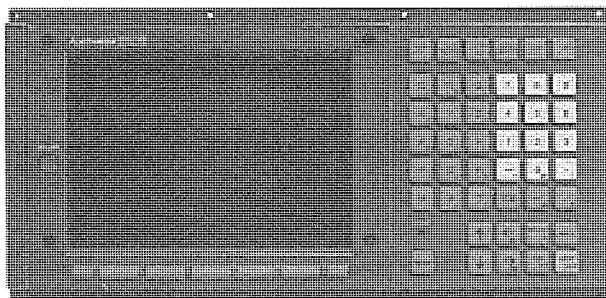
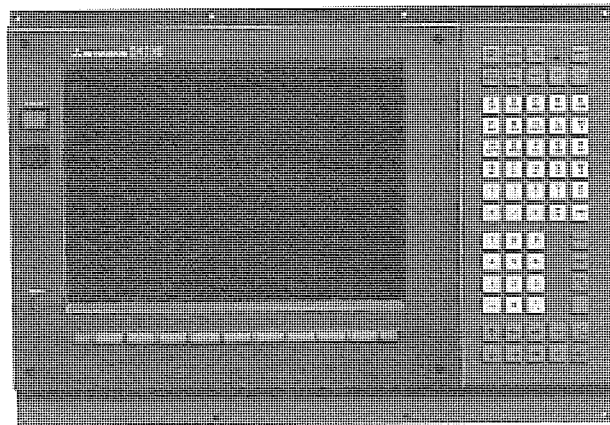


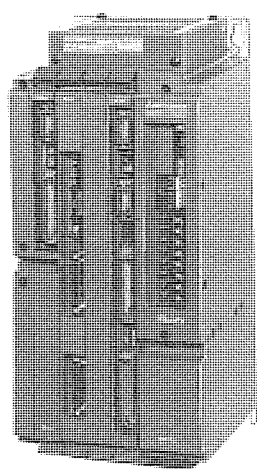
図1. M300シリーズの構成



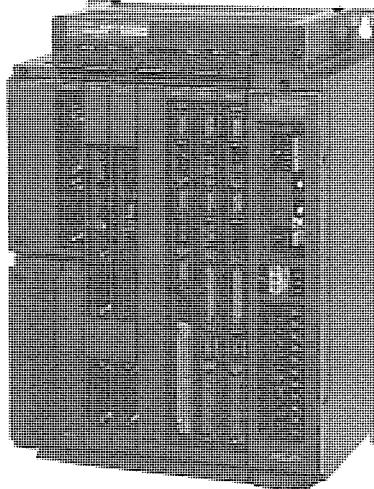
(a) 9インチCRT付き操作ボード



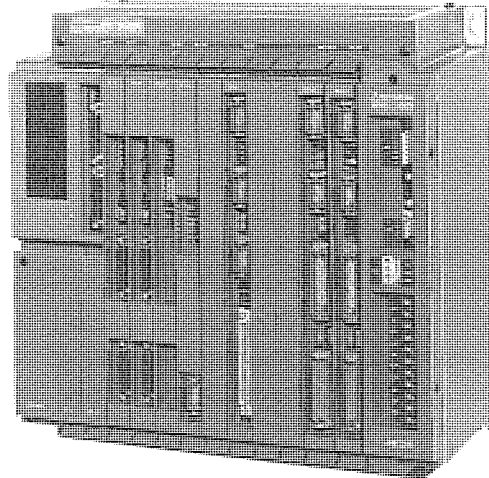
(b) 14インチCRT付き操作ボード



(c) 3スロット制御ユニット



(d) 6スロット制御ユニット



(e) 10スロット制御ユニット

図2. ハードウェアの外観

表1. M300シリーズ概略仕様

仕様項目	機種名			
	M310	M320	M330	M335
設定表示装置	9インチCRT 小型操作ボード (オプション)	9インチCRT 小型操作ボード (W400 H200)	9インチCRT 小型操作ボード (W400 H200)	14インチCRT 操作ボード (W520 H370)
NC制御ユニット (スロット)	3 (W170 H380 D180)	6 (W400 H380 D180)	10 (W380 H380 D180)	10 (W380 H380 D180)
駆動アンプ サーボモータ	オールデジタル ACサーボ	オールデジタル ACサーボ	オールデジタル ACサーボ	オールデジタル ACサーボ
最大制御軸数 (軸)	4	3/4	6	6
同時制御軸数 (軸)	4	3/4	6	6
最小設定単位 (mm/inch)	0.001/ 0.0001	0.001/ 0.0001	0.001/ 0.0001	0.001/ 0.0001
最大送り速度 (m/min)	60	60	60	60
機械入出力DI	64(48)	64(112)	112(112)	112(112)
機械入出力DO	45(45)	45(90)	90(90)	90(90)
機械入出力AI	(4)	(4)	4(4)	4(4)
機械入出力AO	1	1(2)	3(2)	3(2)
拡張I/Oユニット	不可	可	可	可
最大記憶容量(m)	40	600	5,000	5,000
グラフィック表示	不可	可	可	可
自動プログラミング	不可	不可	不可	可
絶対値検出	可	可	可	可
内蔵PLC	max2K	max8K	max16K	max16K step
APLC機能	不可	可	可	可
PLC軸制御	不可	可max4軸	可max4軸	可max4軸
FDDドライブ内蔵	不可	不可	不可	可

を活用し、数々の特長を盛り込んだCNC装置である。以下に主な特長を列記する。

- (1) 普及機から高級機までの幅広い製品シリーズ
- (2) 加工性能の大幅な向上
 - ①高精度・高速加工の追及、②加工時間の短縮
- (3) カスタム化への展開に配慮
- (4) システム化、複合機械への対応
- (5) ハードウェアの小型・軽量化、高信頼性の達成

M300シリーズは、前述のようにM310からM335まで4機種から構成される。各機種のハードウェアの外観を図2に示すが、CRTは9インチ、14インチの2種、制御ユニットは3、6、10スロットの3種類となっている。また、M335は3.5インチFDDが内蔵され、対話型自動プログラミング機能のシステムソフトウェアが格納される。

表1に各機種の仕様を一覧表として示す。

2.1 加工性能の向上

より高精度に、より高速に機械加工を行うことが、工作機械の永遠のテーマであり、工作機械の性能の向上にこたえるには、CNC装置の制御性能の向上が必ず(須)である。NC制御では、高精度化を達成するためには、制御装置内の各処理部的高速化が必要である。したがって、CPUの32ビット化により、メモリ空間が拡大され各種の機能改良、新機能の追加が可能となったばかりでなく、NC制御の高速化、高精度化が初めて実現された。下記にその具体的成果を幾つか挙げる。

- (1) NC指令能力の向上 (指令単位1 μ mで60m/min送り)
- (2) 補間周期単位の短縮 (当社従来機の1/3~1/10に短縮)
- (3) サブミクロン制御 (指令単位0.1 μ mで12m/min送り)

M300シリーズでは、サーボシステムの完全なデジタル化を行っ

た。これにより、大幅な加工性能の向上が達成された。すなわち、
(1) サブミクロン指令 (指令単位0.1 μ m) に対応できる分解能と再現性の確保

(2) NC指令に対し、忠実な高応答性

(3) 高精度な補正により、図面に忠実な加工

が実現された。工作機械のユーザーにとって加工時間の短縮が生産性向上のためのキーポイントである。M300では加工時間の短縮を次のように各処理の高速化により実現している。

(1) 1ブロック処理能力の大幅向上により、特に金型加工などの微小線分加工に対しては、従来機種の約5倍の性能アップを得ることができた。

(2) MST処理の高速化、また複数個のMコードの同時処理を可能とし、PLC制御の高速化を可能とした。

(3) ユーザーマクロ機能では、マクロキーワード処理の改良などを行い、32ビットCPU使用の効果とあいまって、従来機種の約10倍の処理能力を得た。

(4) NCとPLC間のデータの入出力に関しては、DDB(ダイレクトデータバス)機能の採用により、NC、PLCの直結化を行った。

2.2 カスタム機能の実現

CNC装置は、通常工作機メーカーの製造する各種の工作機械と結合して、エンドユーザーへ出荷されるOEM製品である。当社の提供する標準的なNC機能に対し、更に工作機メーカー独自の“カスタム”機能が追加されて、エンドユーザーへ供給される場合が多い。専任のソフトウェア開発チームを持ち、他社との差別化を行うために大量のソフトウェアの開発を行っている工作機メーカーも多い。したがって、機械メーカーの担当するカスタムソフトウェアの付加を、あらかじめ十分考慮しておく必要がある。M300シリーズでは、カスタムソフトウェアの製作のための標準インタフェース、開発ツール、各種のマニュアルを準備し、次のようなカスタム機能の実現が可能となっている。

- (1) 対話型自動プログラミング機能
- (2) APLC (アドバンスドPLC) 機能
- (3) カスタム専用機能

2.3 複合機械への対応

従来NC工作機械は、主に一つの加工セルのコントローラとして自動化の中心を担ってきたが、ネットワーク技術の進展とともに今後はCIMの中でのユニットとしての役割が重要となってくる。このために、各種の計算機とのリンク、コントローラとの接続のインタフェースの充実が必要であり、M300シリーズでは、APLCによるコンピュータリンク、FAの標準プロトコルとなるMAPへの対応などを行っている。また、工作機械レベルでは、高能率な加工を行うため複合機械の開発が盛んであり、M300シリーズでは多系統制御、多軸制御、APLCによる付加軸制御、リモートI/OユニットによるI/O点数の拡大などにより、このような複合システムに十分対応可能となっている。

3. ハードウェア構成

(1) 図3にハードウェアの全体構成を示す。制御ユニット内には、専用高速バス上に、CPU、メモリ、I/O、サーボ、CPTの各コントロールカード及び機械インタフェースカードを内蔵している。操作ボードと制御ユニットは、CRT表示のためのVIDEO信号ラインと、キースイッチ、操作ランプの入出力のためのシリアルラインとで結合

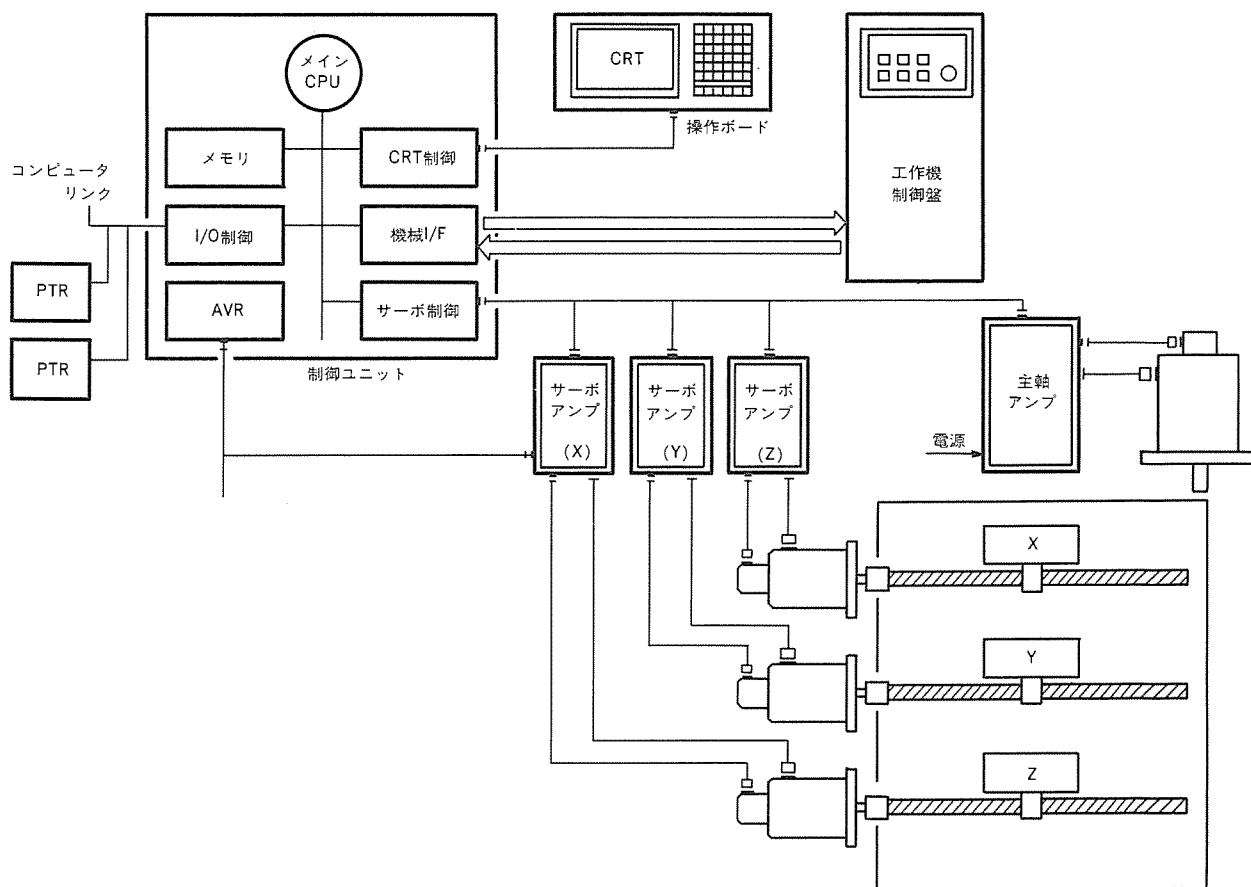


図 3. ハードウェア構成

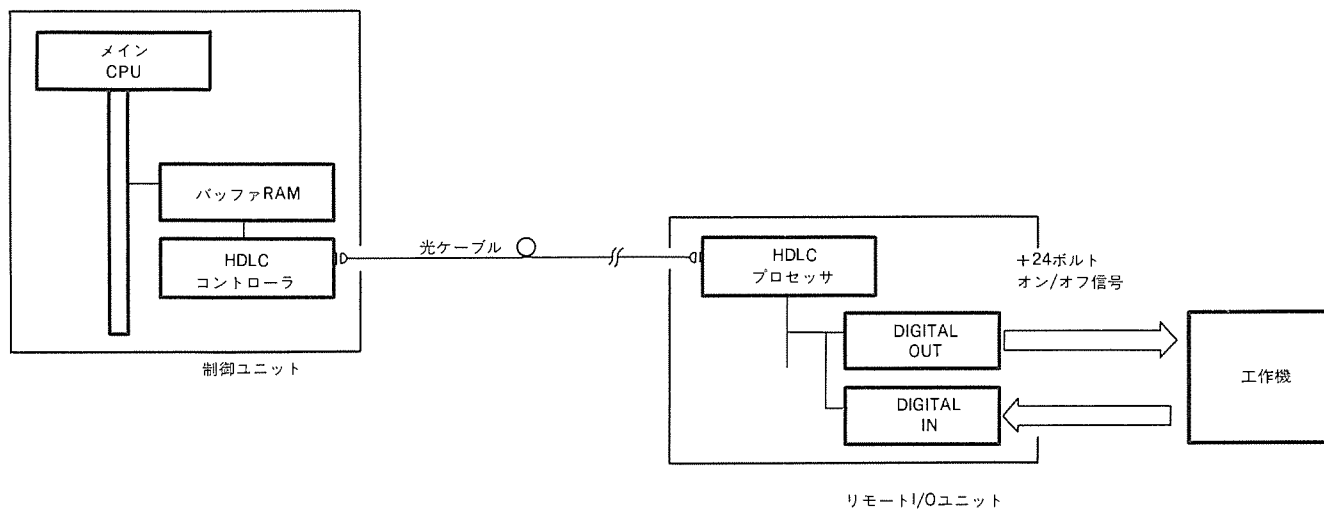


図 4. リモートI/O構成図

される。また、制御ユニットとサーボアンプは、バス結合され高速なデータの送受信が可能となっている。M300シリーズは、徹底した小型化、部品点数の削減に努め、従来機種に比べ制御ユニットでは体積比で約1/2、部品点数で2/3となっており、省スペース、高信頼性を実現している。メインCPUは通常32ビットCPUが1個で構成されるが、最上位機種のM335では、更に32ビットCPUを1個追加可能となっており、NCの基本性能に影響を与えずにカスタム部への機能追加が可能となっている。

(2) M300シリーズでは、送り軸、主軸とも完全にデジタル化したインテリジェントサーボを採用し、制御ユニットとは直接バスによ

り接続される。この結果、メインの制御部とサーボ処理部は密に結合され次のような機能が実現された。

- ・操作ボードのCRTを利用したサーボ診断
- ・無調整化（ボリュームレス）
- ・機械誤差の各種補正

さらに、主軸を軸サーボとして扱うことにより、主軸をC軸として制御可能となり、Z/C軸の補間による同期式タップ加工、C軸を使用した特殊加工が実現された。同期式タップ加工により、タップ加工において高価なタッパを不要とし、更にタッパを使用した従来のタップ加工に比べて格段に精度の良いタップ加工が可能となった。

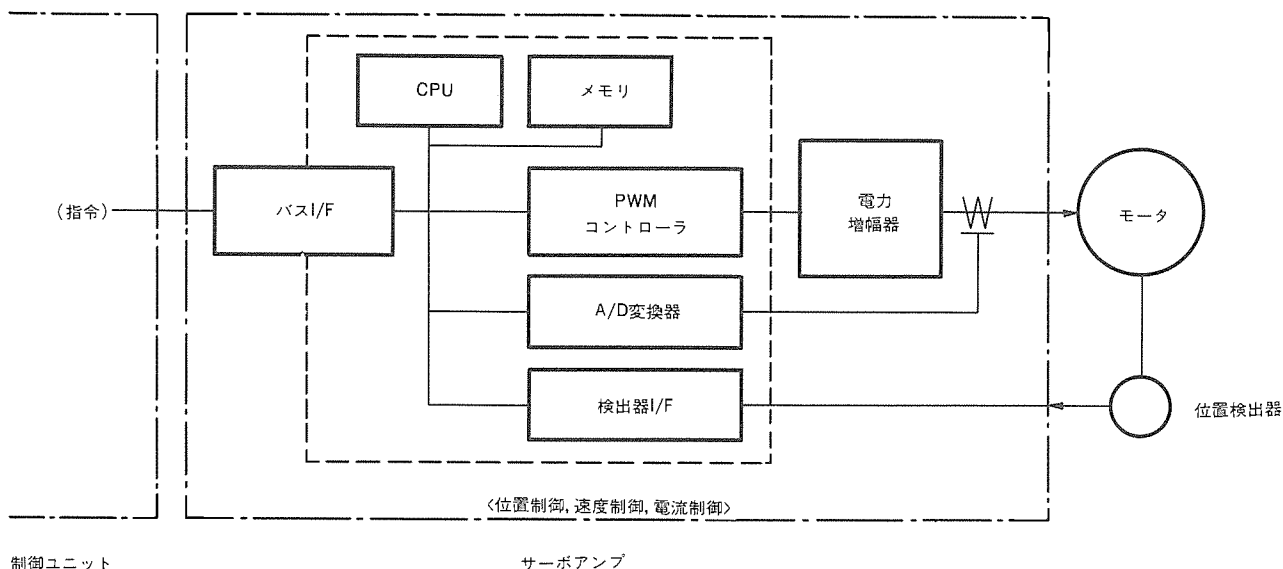


図5. デジタルサーボシステム

機械インタフェースについては、M300シリーズでは最大224/180点のDI/DOが可能（M330、M335のとき）であるが、大型工作機械などのために更に、I/O点数が必要な場合には、リモートI/Oユニットの使用ができる。リモートI/Oユニットの使用により、DI/DOを各512点追加することができる。図4にリモートI/Oユニットの構成図を示す。

4. サーボ制御部構成

M300シリーズでは全面的にデジタルサーボを採用した。図5にサーボユニットの構成図を示す。専用のCPUにより電流ループ、速度ループ、位置ループの制御を行っており、NCの制御ユニットとは、バスインタフェースを介して結合される。NC側からは、位置指令情報のほかにサーボゲイン、加減速時定数などのパラメータ情報を受け取り、位置情報、ドループ量、各種のステータス情報をNC側へ渡している。このようにデジタルサーボを採用したことにより、

- (1) 信頼性の向上とメンテナンスフリー化
- (2) インテリジェント機能の実現
 - (a) 同期式タップ加工
 - (b) C軸制御
 - (c) 絶対値検出
 - (d) 補正機能のレベルアップ（半径誤差補正等）

などが達成された。特に加工の高精度化に対する効果を表2に示す。M300シリーズでは、サブミクロン制御が可能であるが、実現にあたり位置検出器の高精度化が、キーポイントであった。従来の回転エンコーダでは、モータ端結合で20,000パルス/回転、400kPPSが限界であった。今回サブミクロン制御のために100,000パルス/回転、2MPPSの分解能及び応答性を持つ検出器を開発した。この検出器により、0.1μm単位の指令で、12m/minの送りが可能となった。今後、更に高速化を検討中である。

5. ソフトウェア構成

5.1 全体構成

M300シリーズの各機種種のソフトウェアは、シリーズの共通ソフトウェア部、及び工作機メーカー専用のカスタムソフトウェア部から構成される。図6にソフトウェアの概略構成を示す。図の中心に位

表2. デジタルサーボの高精度加工への効果

特 長	効 果
1.ゲインのリニアリティが良い	1.高速送りでの円弧形状がくずれない
2.ゲインが正確（各軸完全一致）	2.CW,CCW円弧形状の一致
3.高分解能可能	3.0.1μm 12m/min以上の高速高精度実現
4.高剛性化可能	4.象限切替時の突起減少
5.ドリフトレス	5.再現性（サーボとしての）抜群

置する核（EIA）部は、EIA機能処理部であり、NCの基本である加工性能、すなわち高速・高精度化を徹底して追求している。EIAフォーマットの指令を受け取り、NCとしての基本機能を実現しており、各機種で共通の部分である。

M335のように対話型自動プログラミング機能を内蔵している場合には、更に自動プログラミング処理のソフトウェアが追加される。また、工作機メーカーなどで、独自のFMSを構築可能とするために、通信処理ソフトウェアが追加される。さらに、APLCを使用して

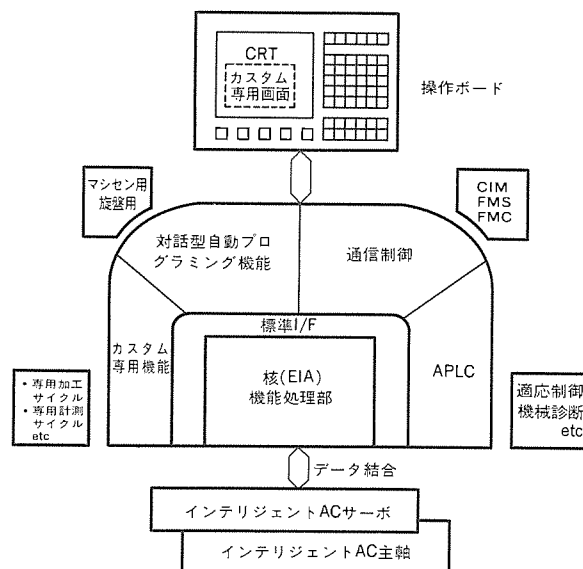


図6. ソフトウェア全体構成

各種の機械制御を行う場合には、APLCソフトウェアが付加される。専用加工サイクル、計測サイクルなどのカスタム機能の追加も可能であり、この場合ユーザーマクロ機能、BASIC言語が使用される。標準のソフトウェアに対し、各種のカスタムソフトウェアが追加可能となっており、多様な要求にこたえ得るソフトウェア構成になっている。

このように、M300シリーズでは、各種のカスタムソフトウェアの組み込みのために標準インタフェースを準備するとともに、専用の開発ツールを準備しており、工作機メーカーでソフトウェアの開発が容易に行えるように配慮している。

5.2 対話型自動プログラミング機能

図7に対話型自動プログラミング機能（以下、自動プロと記す）を組み込んだ場合のソフトウェア構成を示す。工作機メーカーで、

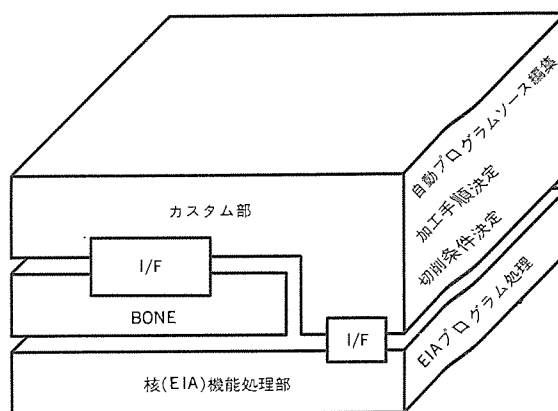


図7. 対話型自動プログラミング機能の付加

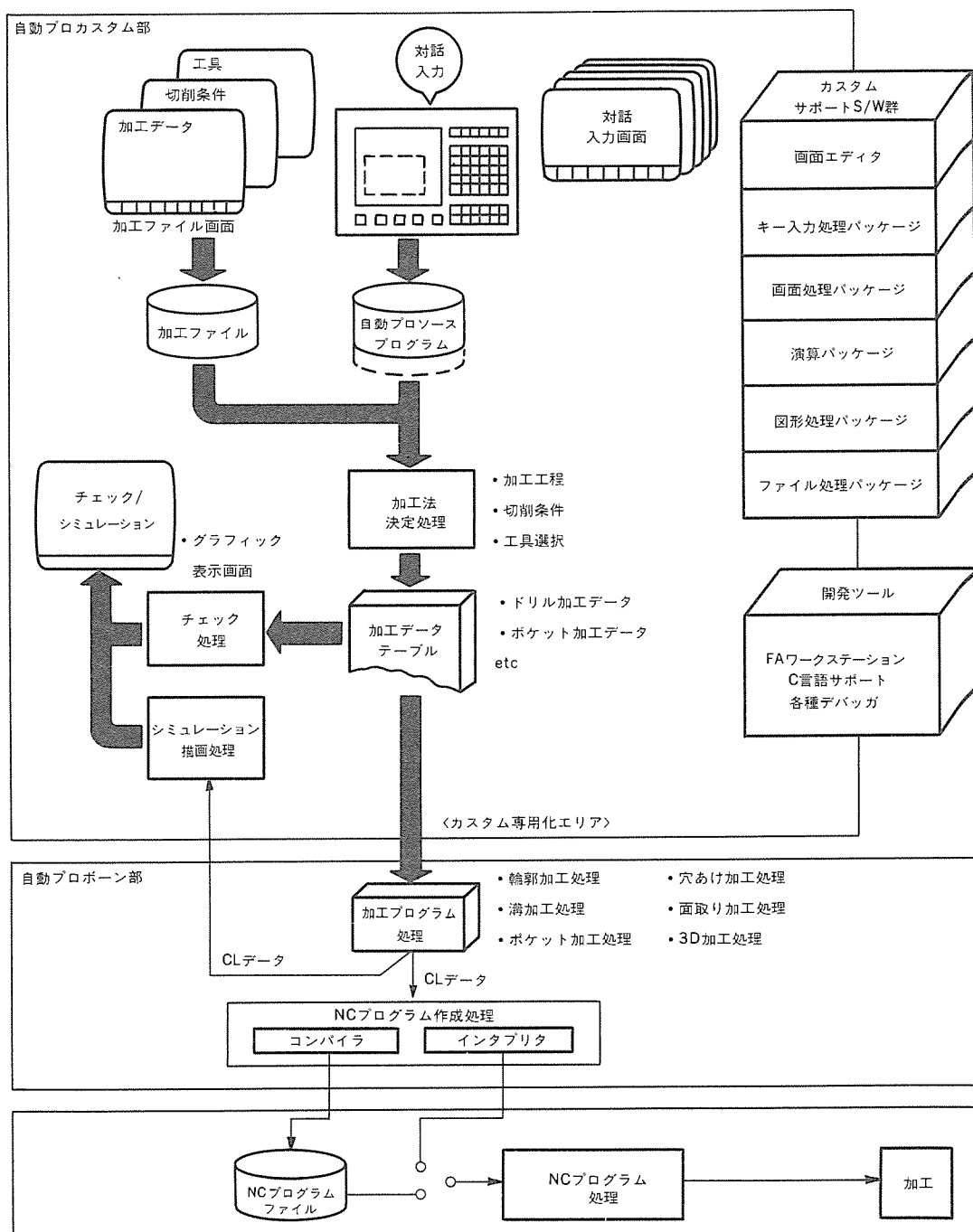


図8. 対話型自動プログラミングのソフトウェア構成例

表 3. 対話型自動プログラミングの機能仕様

仕様項目	内 容	備 考
1 運転方式	(1)コンパイル方式 (EIA加工プログラムファイル出力) (2)インタプリタ方式 (自動プログラムのソースを 直接解釈実行する)	
2 加工モード	(1)穴あけ加工 (2)輪郭加工 (左, 右, 内, 外, 中心) (3)溝加工 (片通, 往復) (4)ポケット加工 (ポケット, 山付きポケット, 島付き ポケット) (5)フライス加工 (6)3D加工	(1)固定サイクル, ユーザー マクロの利用 可能
3 設定表示機能	(1)キー入力 (2)画面表示 (キャラクタ, グラフィック) (3)加工形状表示 (4)ツールパスチェック	シミュレーション機能
4 I/O機能	(1)外部FDD接続 (2)プリンタ (キャラクタ, グラフィック) (3)RS232C (2CH)	DNC, 周辺機器リンク

自動プロを構築するために、当社から工作機メーカーに対し、自動プロ処理の骨格となるソフトウェア (BONEと呼ぶ) を提供し、更にCRT, キーを使用した表示・設定機能を製作するためのインタフェースモジュールを提供している。またこのほかに、自動プロのソースプログラム, 工具データなどのファイル管理を行うためのファイルシステム, 工具軌跡のグラフィック表示などのためにグラフィックパッケージなど各種の標準ソフトウェアを準備している。

図 8 に自動プロの構成例を示す。図で最上位の層の自動プロカスタム部は、通常工作機メーカーで製作を担当する。表 3 に自動プロの概略の仕様をまとめる。自動プロカスタム部と、BONEとのインタフェースは、加工の最小単位を指定するデータで、加工を行うための工具, 加工形状, 加工のための各種のパラメータから構成される。BONEはこのデータを入力し、主に形状演算処理を行いツールパスの計算を行う。このツールパスにより、直接加工を行うこともできるし (インタプリタ方式), また、いったんEIA加工プログラムとしてNCプログラムファイルに登録することも可能である (コンパイル方式)。自動プロカスタム部では、複雑なツールパスの計算の必要はなく、工具の選択, 加工手順の処理, 切削条件の決定など工作機メーカーの得意な分野で独自のノウハウの組み込み処理に専念することができる。

5.3 APLCのソフトウェア構成

図 9 に APLC の構成図を示す。従来の NC 内蔵 PLC はラダー言語により記述され、ATC, クーラントなどの工作機周辺の制御にとどまっていた。M300 シリーズでは、PLC の高速実行をいかし、高度でフレキシブルな制御を可能とするために APLC を開発した。M300 シリーズでは、従来機の 2.5 倍の速度で PLC 基本命令の実行が可能となり、約 120 種の豊富な機能命令を持っている。APLC では、従来のラダー言語に加えて、C 言語により応用ソフトウェアの作成ができる。また、高速で NC 内部のデータに対してアクセスできるように DDB インタフェースを準備している。C 言語の使用により、適応制御のような演算処理の多く、また各種のデータの処理を必要とされる機能が容易に実現可能となった。また、APLC でのソフトウェア開発を容易にするために、CRT の画面開放サポートソフトウェア、RS-232C を使用した通信ソフトウェアを準備している。

図 10 に工作機メーカーで独自の FMS ラインを構築するために、APLC により通信制御を行う場合のソフトウェア構成図を示す。

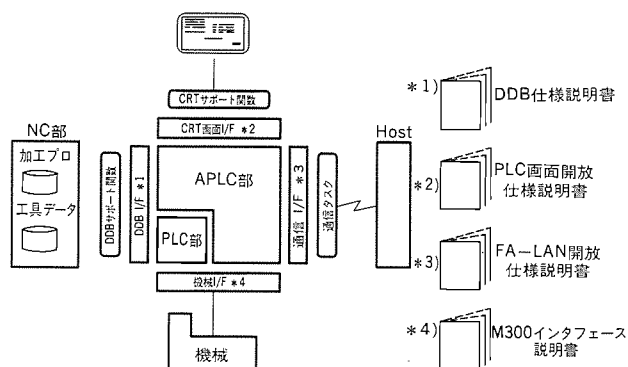


図 9. APLC の構成

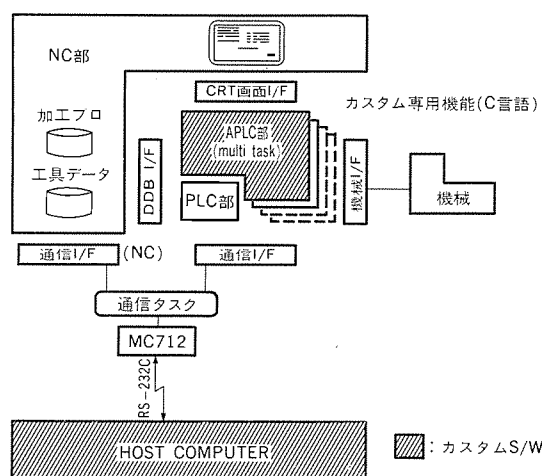


図 10. APLC による通信制御

M300 シリーズでは、専用の通信タスクを持ち、APLC は通信タスクに対しコマンドを発行するだけで上位計算機とのデータの送受信が行える。この機能により、上位計算機と NC 間で加工プログラムのアップダウンロード、上位計算機からの加工プログラムの受信による BTR 運転などが容易に実現できる。APLC 処理部にメッセージ解析処理、データ処理を組み込めるので、工作機メーカー又は工作機ユーザー独自の通信システムが実現できる。

このように、APLC により各種の機械制御、通信制御を行うことができ、NC のメインのソフトウェアの変更なしで工作機メーカー独自の機能の組み込みが可能となつたため、工作機メーカーの要求にフレキシブルに対応できるようになった。

6. む す び

高速・高精度でかつ、システム化・カスタム化の要請に十分こたえ得る新世代として新たに開発した M300 シリーズの紹介を行った。今後の課題として、シリーズの一層の充実とともに、特に次の項目が挙げられる。

- (1) 高速・高精度化の一層の追求
- (2) カスタム化のための標準化・ツールの充実
- (3) AI 技術の導入によるインテリジェント化
- (4) シーケンサ技術との結合による統合生産システム
- (5) 超コンパクト化

これらの技術的課題を市場の動向に合わせながら、一步一步解決し、更に工作機メーカー、エンドユーザーの期待にこたえた NC 装置を提供していきたい。

自由曲面における非接触型三次元計測

服部晋一* 久保 学* 坂本隆博* 渡辺和輝**

1. ま え が き

近年ユーザーニーズの多様化に伴い、製品の形状デザインの重要性が高まりつつある。特に人間の感性が重視される中で、自由な三次元曲面を導入した製品も多く現れつつある。このような自由曲面を計測する装置として従来から接触式の三次元測定機があったが、製品のライフサイクルが短くなる中で、より高速に効率良く自由曲面を計測できる装置への要求が高まってきた。

一方、半導体レーザの高出力化により、半導体レーザを計測用センサとして応用することが可能となり、物体までの距離を非接触で計測することができる距離センサが登場してきた。この距離センサをアクチュエータにより駆動して物体の三次元形状を測定する非接触式の三次元測定機は、被測定物にひずみを与えることなく物体までの距離を計れるため、柔らかい物体をも計測することが可能であるとともに、物体までの距離を連続的に高速で計測できるという特長を持っている。特に自由曲面を対象とした形状計測では、接触式計測に見られるプローブ径の補正を行うことなく物体表面の形状を直接的に計測できるため、製造ラインでのインライン計測への展開も可能である。

ここでは、自由曲面における非接触計測のために開発された計測

用センサ、曲面微い計測、特徴線計測、及びその応用例を紹介する。

2. システム構成

図1に非接触型三次元計測機のシステム構成を示す。距離センサの計測範囲はセンサ前方の局所領域に限定されるため、空間的な広がりをもつ三次元の自由曲面を計測するために、センサをモータなどのアクチュエータにより駆動する機構を持っている。距離センサは機構部の手首に搭載され、機構の機械的自由度に応じた可動範囲を与えられる。

機構部の位置検出センサとしては、リニアスケール、ロータリエンコーダなどが用いられる。NC制御装置はこれらにより、距離センサを空間上の任意の点に位置決めする。NC制御装置はこのほか、

- (1) 自由曲面を計測するための種々の自動・手動計測機能を実行する。
- (2) 距離センサ、リニアスケール、ロータリエンコーダなどの位置検出器からの信号に基づき、測定点の三次元位置座標を計算し記録する。また、外部装置へ出力する。
- (3) 計測された三次元位置座標のデータ処理を行う。

などの機能を持っている。

図中のティーチングボックスはセンサを手動で動作させるもので、

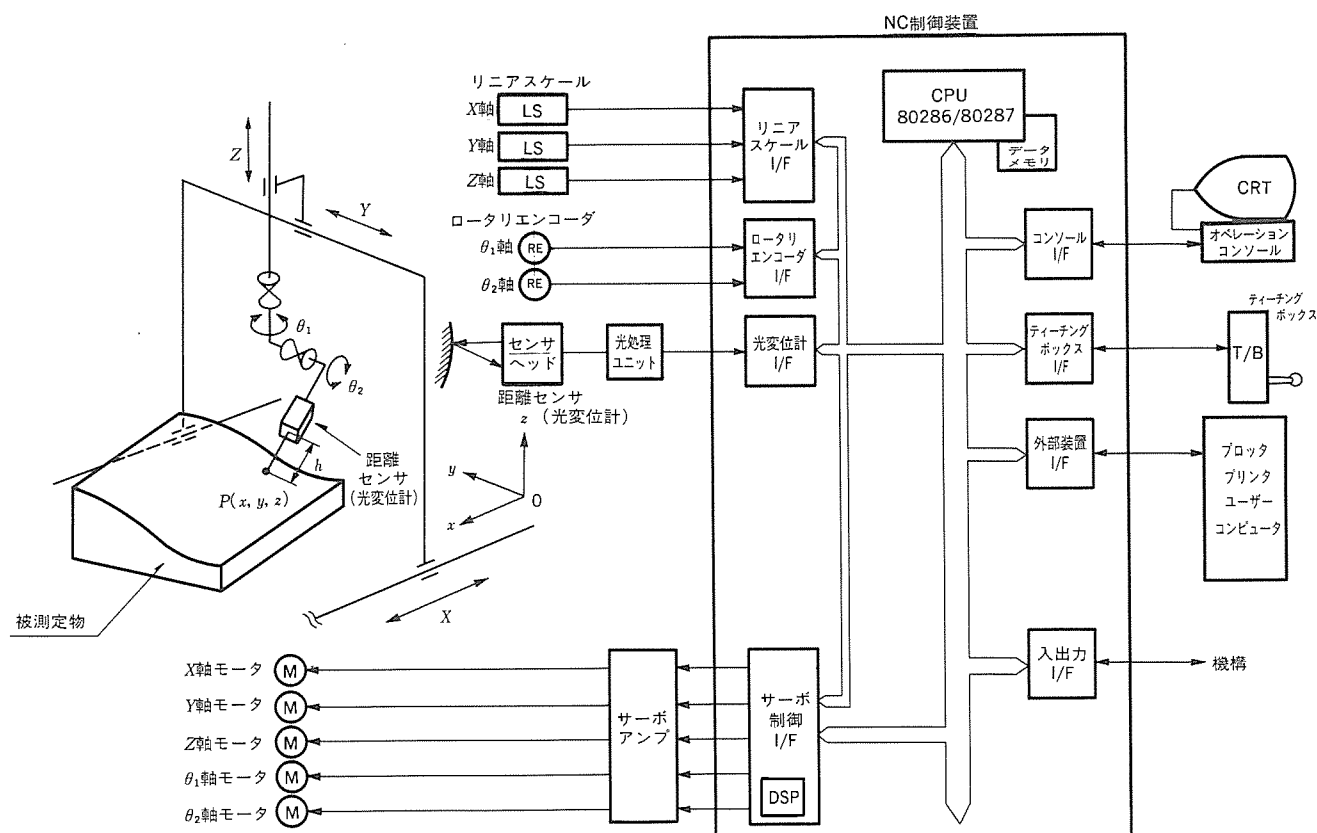


図1. システム構成



図2. 構成例

計測に必要なティーチングや手動計測を行う用途に使われる。また、CRTは計測データの三次元グラフィック表示や数値データの表示に用いられる。

図2は非接触型三次元計測機の構成例を示している。NC制御装置のハードウェアとしてはメインCPUに80286、数値演算用に80287を用いるとともに、距離センサ、位置検出器とのインタフェース、サーボ制御を高速ディジタルシグナルプロセッサ（DSP）により行っており、マルチプロセッサ構成により処理の高速化を図っている。

2.1 半導体レーザ光による距離計測

非接触で自由曲面までの距離を測定する方法としては、対象物の濃淡画像を利用する画像処理を用いたものなど種々の光学的測定法があるが、安定した精度の高い計測を行うためには、スポット光を用いた三角測量法が有効である。この測量法では、物体までの距離が簡単な幾何計算により求めるとともに、原理的に安定しており、計測範囲を限定することによって計測精度を十分に高めることが可

能である。

三角測量に用いる光ビームとしては、①ビームが高い直進性を持っている ②ビームを細く絞れる といった特性を持つことが必要であるが、半導体レーザはこれらの特性を満たすとともに、小型に設計できることから距離センサ用には最適のものである。

図3にこの半導体レーザを用いた距離センサの原理を示す。半導体レーザから出力された光ビームは、投光レンズを通して被測定物表面に投射され、面上で散乱された光が受光レンズを通して受光素子ポジションセンシティブデバイス（PSD）上に結像する。PSDは半導体位置検出器であり、PSD上に結像する光の重心位置を一对の光電流 I_A 、 I_B として出力する。この I_A 、 I_B からPSD上の光の入射位置 X が計算される。センサのスタンドオフ位置から被測定物までの位置ずれ ΔH は、さらにこの X から光学系の幾何的な位置計算により求められ、対象物までの距離が把握される。

図4が自由曲面の形状計測用に開発されたセンサである。曲面を高速、高精度に移動計測ができるよう、次の設計的考慮がなされている。

- (1) 高速のDSPの並列処理による計測演算処理の高速化
- (2) 受光量（ $I_A + I_B$ ）一定化制御による計測分解能の確保

計測演算処理に用いるDSPは4個で、これらの並列処理演算により $40\mu s$ のサンプリングタイムが実現されている。このため、センサを高速移動しながらの連続計測も $10m/min$ の程度まで可能である。

受光量一定化制御は、三角測量計算におけるPSD上変位 X の計算分解能の変動を防止するためのもので、半導体レーザへの駆動電流 I_D を制御することにより実現している。受光量一定化制御のサイクルタイムも $40\mu s$ であり、高速に受光量の変化に対応できるため、移動計測時における対象物への距離、姿勢変化、更には物体の表面状態の変化の下でも安定した計測精度が確保できる。

このような計測原理に基づく距離センサ（以下、光変位計と呼ぶ）の仕様例を表1に示す。センサ内での平均化処理により測定精度の向上が図られ、計測範囲 $\pm 8mm$ に対して約 $\pm 8\mu m$ の計測精度が得られている。図5は光変位計の被測定面に対する角度特性例である。

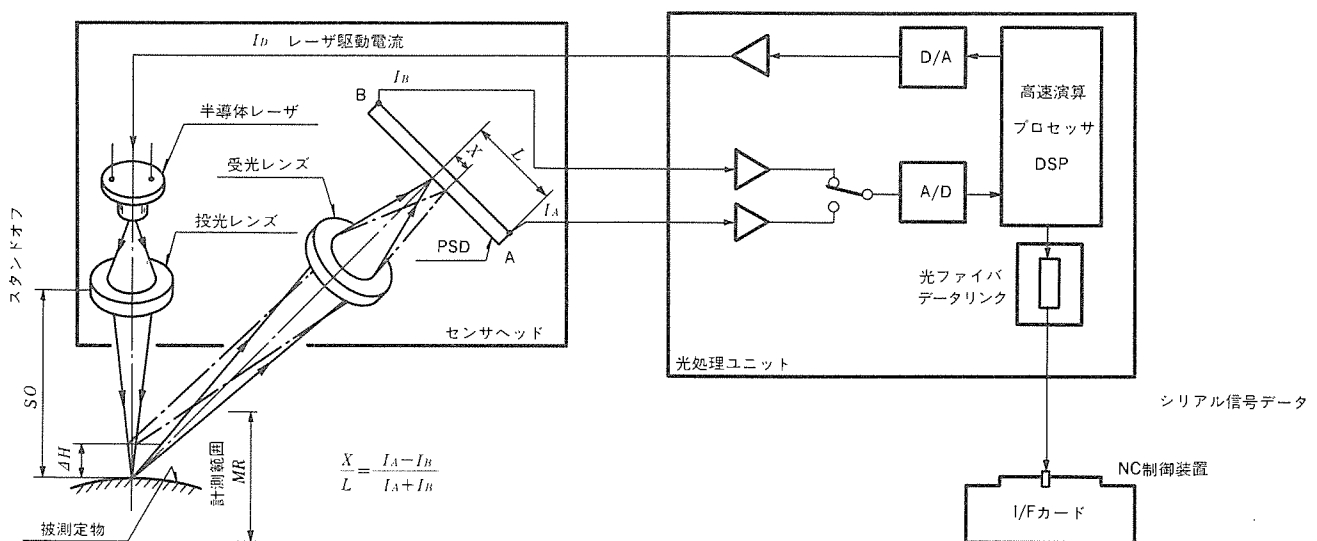


図3. 距離センサ（光変位計）の原理

この例では、表面処理鋼板 (SECC) の対象面に対し、垂直方向で $-15^{\circ} \sim +30^{\circ}$ 、水平方向は $-30^{\circ} \sim +30^{\circ}$ で距離計測可能である。この角度は光変位計の裕度角と呼ばれ、対象素材により異なる値を持っている。自動計測における姿勢制御時、重要となるパラメータである。

2.2 機構及び位置座標の計算

自由曲面を対象とした計測では、機構部は一般に5軸以上の自由度が必要とされる。これは、光変位計の動作に必要な裕度角以内に光変位計を被測定面に対して位置決めしなければならないためである。機構部の精度を確保するための軸構成としては、直交3軸のガントリー構造に、姿勢自由度を与えるための回転軸を付加した構造が適している。前掲の図1のシステム構成図の中では、この5軸構成の計測機構を示した。

被測定面上のスポット位置の三次元位置座標、 (x, y, z) は、光変位計が取り付けられている手首部までの基準点からの位置変位と、光変位計から出力される測定面までの距離情報から計算する。図4に示される5軸機構の位置座標計算式は以下に示ようになる。

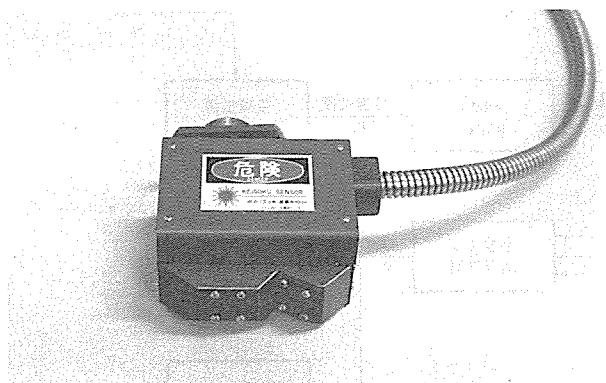
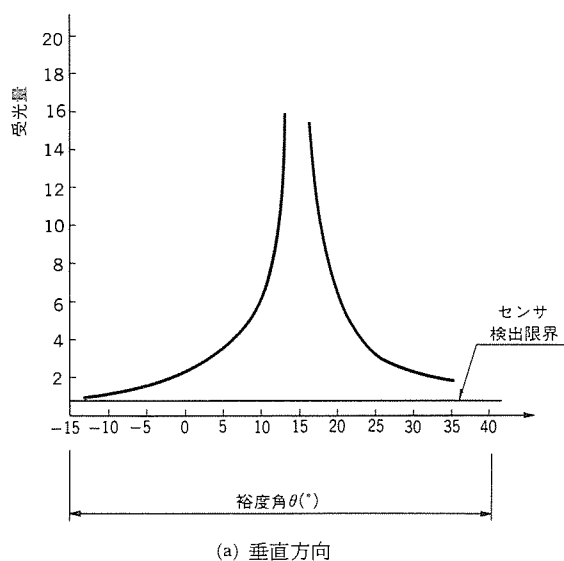
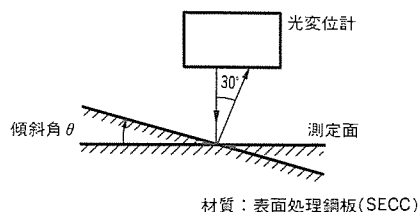


図4．光変位計の外観



(a) 垂直方向

$$x = x + \ell_1 \cos \theta_1 + (\ell_2 + h) \sin \theta_1 \sin \theta_2 \dots \dots \dots (1)$$

$$y = y - \ell_1 \sin \theta_1 + (\ell_2 + h) \cos \theta_1 \sin \theta_2 \dots \dots \dots (2)$$

$$z = z - (\ell_2 + h) \cos \theta_2 \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 x, y, z はリニアスケール等で計測される直交軸の位置座標、 θ_1, θ_2 はロータリエンコーダなどにより計測される姿勢軸の角度変位である。 ℓ_1, ℓ_2 はそれぞれ姿勢軸のリンク長を表しており、 h は光変位計の距離出力である。

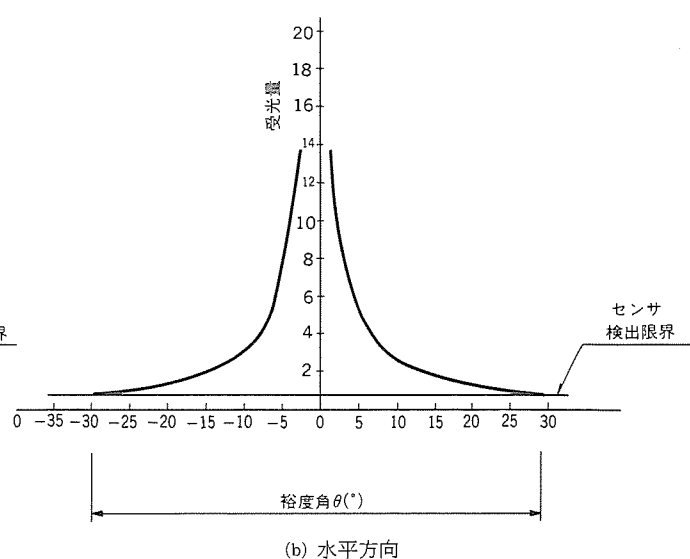
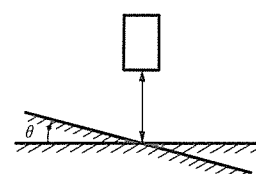
3. 自動計測

自由曲面の自動計測を行う際には、図6(a)に示すようにあらかじめ複数の計測面が設定され、自由曲面と計測面が交差する計測線上において、位置座標を自動的にサンプリングしていくことが求められる。この計測面は一般に座標軸に平行に選定され、等ピッチの間隔を持つ平行面が設定される場合が多い。この計測線上の計測を可能にするための条件をまず明確にする。

図6(b)は計測点が計測線からはずれる現象を説明したものである。光変位計の光軸が計測面に対して有限の角度 α を持つと、自由曲面の高さ変化 ΔH に対して、計測線からのずれ $\Delta x = \Delta H \sin \alpha$ が発

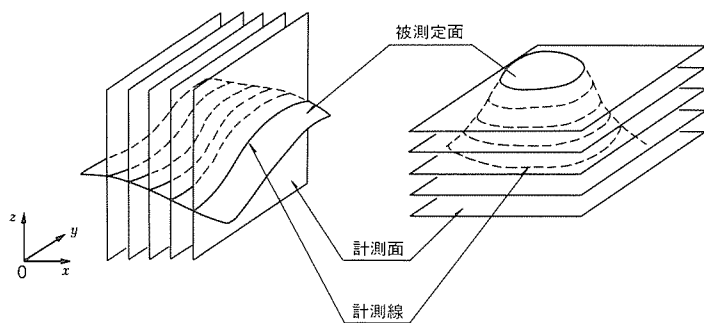
表1．光変位計の仕様例

項目	仕様
レーザ波長 出力	780nm max30mW
計測範囲 (MR)	$\pm 8\text{mm}$
スタンドオフ (SO)	50mm
計測分解能	$2\mu\text{m}$
計測精度 (16回平均)	$\pm 8\mu\text{m}$
サンプリング時間	$40\mu\text{s}$
光応答性	0.5ms

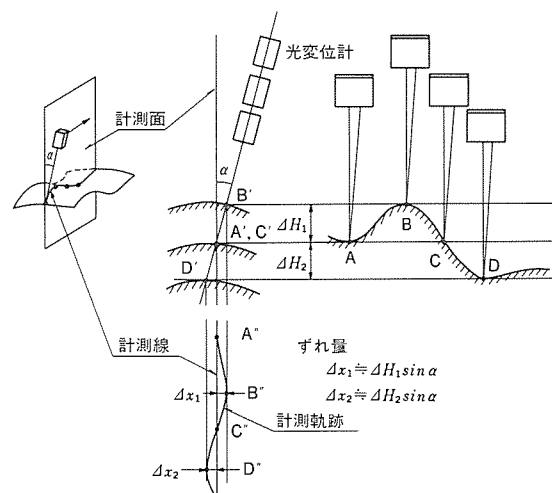


(b) 水平方向

図5．光変位計の角度特性



(a) 計測面と計測線



(b) 計測線上からの計測点ずれ

図 6. 計測線と計測ずれ

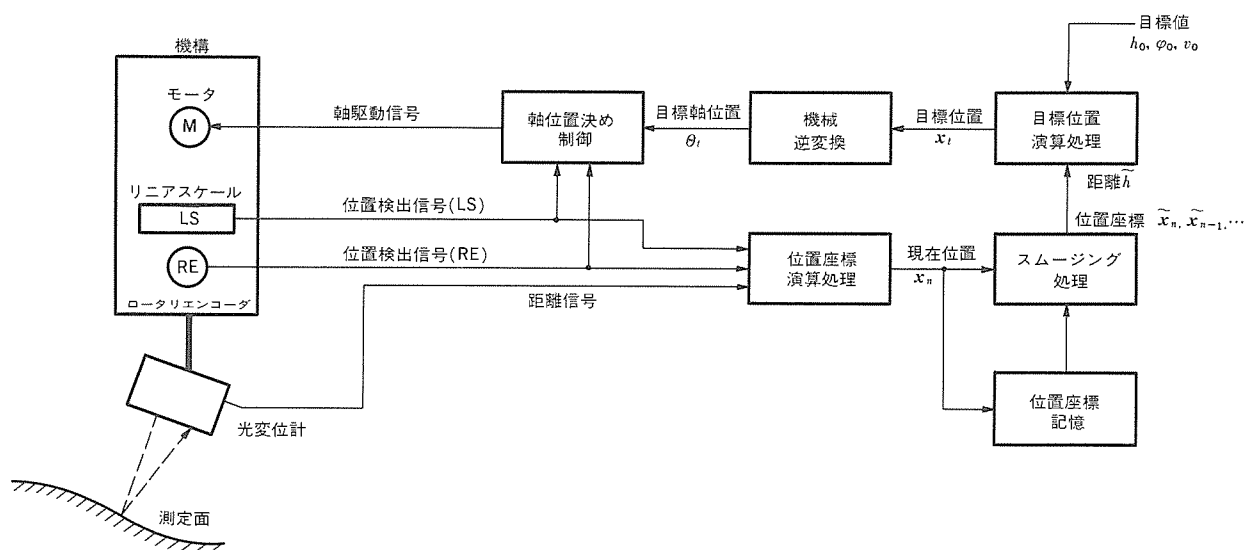


図 7. 制御ブロック図 (姿勢追従型自動計測)

生ずる。自由曲面の形状変化は未知であり、センサ光軸が常時計測線上に位置するような制御は事実上困難である。このためセンサ光軸を計測面に含まれるよう、すなわち角度 α が0になるよう初期操作を行う機能が必要となる。この機能を姿勢軸アライメントと呼び、計測面に対応して実行される。

以上の条件が満足された後、対象物の表面を自動的に倣いながら計測を行う自動倣い制御を行う。自動倣い制御が満たすべき条件としては以下がある。

- (1) 被測定面を光変位計の計測範囲内に保つ。
- (2) 被測定面に対する光変位計の姿勢を裕度角以内に保つ。

これらの制約条件の下で開発された自動倣い計測法を以下に示す。

3.1 姿勢追従型自動計測

面の形状変化に応じて光変位計の被測定面に対する距離と姿勢を一定に保つ制御方式である。面の形状変化は、計測した位置座標値を用いてリアルタイムで予測する方法をとっている。図7はこの方式の制御ブロック図を示したものである。

h_0 , φ_0 はそれぞれ光変位計と被測定面間の距離、姿勢角の目標値を表し、 v_0 は被測定面に沿った設定計測速度を示している。スムージン

グ処理は、測定面の面粗度などの影響により倣い動作が過度に不安定にならないために必要であり、デジタル演算によるフィルタリング処理によりフィードバック信号の安定化を図っている。目標位置演算処理部は進行方向に向かって被測定面の接線方向を計算し、予測された面上で h_0 , φ_0 , v_0 が達成されるよう次の制御周期における目

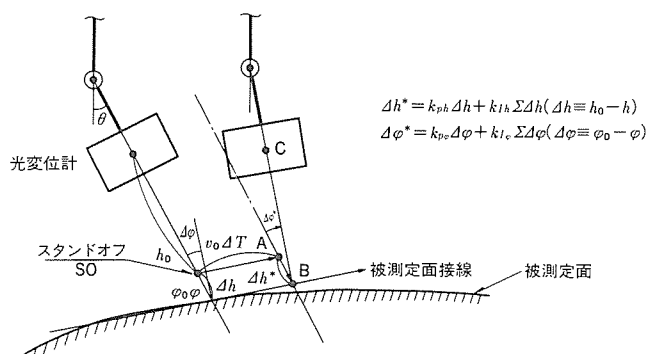


図 8. 目標位置演算処理 (姿勢追従型自動計測)

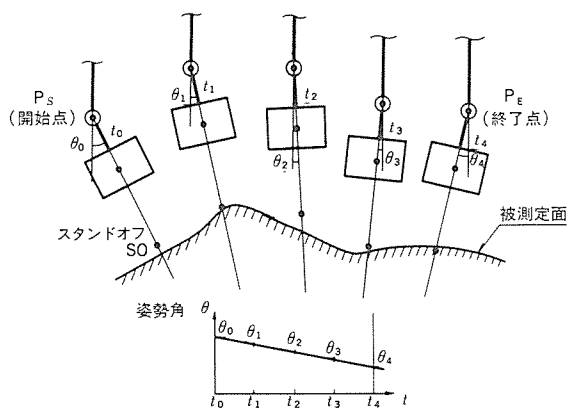


図9. 姿勢補間型倣い計測

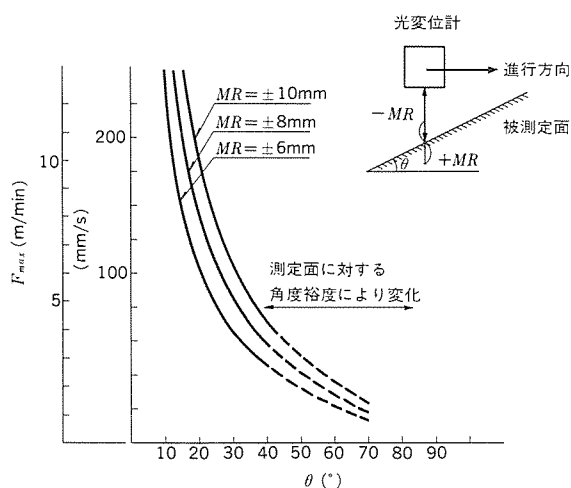


図10. 倣い制御の追従特性

標位置を計算する。図8はこの目標位置算出の手順を示したものである。まず、現在位置における距離、姿勢角の偏差 Δh 、 $\Delta \varphi$ に対してPI（比例+積分）演算処理を施した補正值 Δh^* 、 $\Delta \varphi^*$ を求める。次に、現在のスタンドオフ位置から接線方向に $v_0 \Delta T$ (ΔT は制御周期) 進んだ位置にA点を求め、A点から光軸方向に Δh^* だけ距離補正を行った位置をB点、さらにB点を中心にし $\Delta \varphi^*$ だけ姿勢角補正を行ったセンサ位置C点を求める。このように計算された目標位置は、機械逆変換により機構を構成する各関節軸の変位量に展開され、各軸の位置決め制御が実行される。

この方向による計測は、測定対象物の形状を全く未知として扱えるもので、計測開始点において光変位計の計測条件が満たされていれば、自動的に倣い計測することが可能である。

3.2 姿勢補間型倣い計測

被測定面の形状変化が比較的緩やかで、計測線上で必要とされる光変位計の姿勢変化が直線的でよいような場合は、光変位計の裕度角を有効に生かした姿勢補間方式の倣い計測が利用できる。この方式の利点は、被測定面上の局所的な形状変化に追従するための姿勢制御速度の制限を受けないため、倣い速度の高速化が図れることである。図9に姿勢補間型倣い計測の動作を示す。姿勢角 θ が計測開始点 P_s 、計測終了点 P_e 間で直線的に補間されており、倣い制御としては距離一定化制御だけが実行される。

姿勢変化の変曲点は、プログラミング又はティーチングにより入力するが、複数の補間区間をつなぎ合わせることで、広範囲な

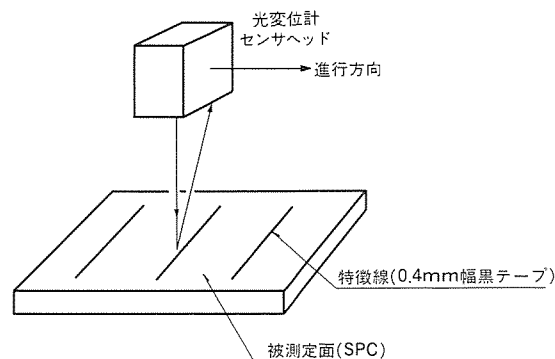
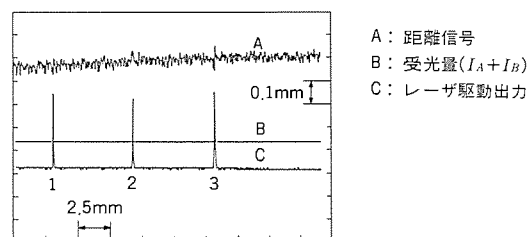


図11. 特徴線の検出

変化にも対応することができる。

3.3 倣い性能評価

以上に示したような倣い計測においては、被測定面に対するセンサの追従性により計測速度が制限を受ける。追従性に影響を与える要因としては、光変位計の計測範囲、裕度角、計測線上の対象物の形状変化が上げられる。

図10は光変位計の進行方向に対して、一定の傾斜角を持つ斜面对して倣い計測を行う場合の追従可能速度を示したものである（光変位計の姿勢は固定）。計測範囲が $\pm 8 \text{ mm}$ の光変位計に対して $F \tan \theta = 50 \text{ mm/s}$ の追従性が得られている。

一般的に対象物への追従性に関しても、計測方向に対する被測定面の最大傾斜角を抑えれば追従性の目安を図9から得ることができる。

3.4 特徴線の計測

自動曲面の計測では面計測のならず、曲面を特徴付ける種々の特徴線の計測も必要である。特徴線の例としては次のものがある。

- (1) デザイン上の目的で張られる強調線。
- (2) 曲面上の測定範囲を示すための境界線
- (3) 異なる素材間に走る境界線

このような特徴線の認識を光変位計の受光量一定制御を応用して実現した。図11は光変位計が特徴線を横切るときの信号波形を示したものである。距離信号がほとんど変化しないのに対し、レーザダイオードの駆動出力が大きく変化することにより特徴線を検出する。この例では、特徴線として0.4mm幅の黒テープを測定面上にてん(貼)付している。

特徴線の計測形態を図12に示す。同図(a)は自由曲面上の特徴線の位置を計測する例であり、ウィービング動作により特徴線の横断を繰り返しながらラインへの追従を図っている。また、(b)は特徴線を面計測の境界線として利用する例で、特徴線を検出することにより計測を中断し、折り返し動作を実行する。

特徴線検出可能な移動速度としては、0.4mm幅の黒テープに対して最大 2 m/min が実現されている。

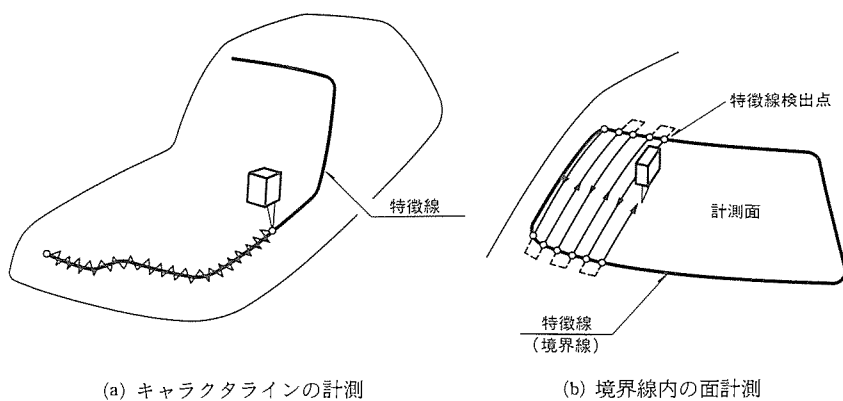


図12. 特徴線の計測形態

表 2. 計測支援機能例

項 目	動 作	機 能
基準点位置 検出機能		基準点位置近傍にセンサを位置決めすることにより、自動的に基準線の探索を行い、基準点位置 P_R を求める。
多边形ティーチング による自動計測経路 生成機能		多边形 P_1, P_2, \dots, P_n をティーチングすることにより、計測ピッチに対応した計測経路を自動的に生成する。 (計測面はプログラミングにより入力)
姿勢軸アライメント 機能		センサの姿勢軸を計測面に含まれるよう位置決めする機能
計測線スキップ 機能		指定された計測線ピッチだけスキップして移動する機能

4. 計測支援機能

自動計測に先立つプログラミング作業の簡略化も計測オペレーションの効率化のために重要なファクターである。CADデータに基づくNCプログラミングに加えて、機構部をマニュアルにて操作するジョギングオペレーションや、これらを用いたティーチングオペレーションを充実することにより、計測のためのプログラミング作業の簡略化を図った。表 2 に幾つかの機能を示す。

5. 計測例

以上に示した自由曲面を測定するために開発された計測技術により、計測した例を図13に示す。計測対象は粘土で製作した人面で、姿勢補間型微細計測により測定した。計測速度は 1 m/min で、計測線間ピッチ 1 mm 、計測点サンプリングピッチ 1 mm である。この例に示すように、粘土のような柔らかい素材の計測においても非接触計測は威力を発揮する。

6. む す び

自由曲面の非接触計測を目指した半導体レーザセンサ、及びその計測技術について述べた。非接触による計測のメリットを生かせる対象は、自動車のクレイモデル計測を始めとして種々の分野に存在する。一例としては、金型製作時

の木型測定があるが、非接触計測が可能となることにより軟素材による木型の代替など、新しい金型製作への展開も期待できる。

今後の課題としては、計測センサの高精度化を始めとして、対象に応じた計測経路の自動生成など、CADと密接にリンクしたシステム化の方向も重要となってくるであろう。非接触型三次元計測機としての製品化の中で、以上の方向に沿った高機能化を図っていく予定である。

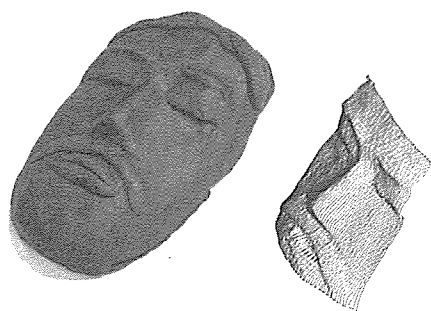


図13. 計測例

大画面新型液晶フルカラーディスプレイ《スペクタスII》

太田 誠* 今村宗立* 渡部一浩* 若宮正洋** 松岡正人**

1. ま え が き

《スペクタス》は、昭和58年6月世界に先駆けて開発した大画面液晶フルカラーディスプレイで、発売以来、地下街・空港・銀行・競走場・文化会館・ホールその他様々な場所に設置され、エキサイティングなニューメディアとして有用性を実証し、新しい市場を開拓してきた。

その間、当社では、より一層の迫力ある鮮明画像を追求すべく新技術の開発に取り組み、画質と保守性の大幅な向上を実現し、ここに《スペクタスII》を完成させた。図1に《スペクタスII》の実例を示す。

以下にこの装置の概要と特長について述べる。



図1. 《スペクタスII》の実例

2. 開発のねらい

《スペクタスII》を開発するに当たり、主なねらいを次のように設定した。

(1) 色再現性の向上

テレビ以上の自然な色を再現する。

(2) 高輝度化

白色面平均輝度300cd/m²以上を実現する。

(3) 高コントラスト化

通常の照明下でコントラスト比60以上を得る。

(4) 広視野角化

左右60度、上下30度の広い視野角から自然な画像が見られる。

(5) 画面の均一化

色度及び輝度のむらがなく、液晶表示素子間の継ぎ目の目立たない画面とする。

(6) 保守性の向上

1人でメンテナンスが可能で、かつメンテナンス時間の短縮を実現する。

(7) 操作性の向上

自動運転システムによる無人コントロールを可能とする。

3. 特 性

《スペクタスII》のフルカラーを実現する基本原理は、液晶表示素子に格子状に配列された光の三原色である赤・緑・青の各画素の輝度を独立に変化させ、加法混色によってフルカラー画像を得る。《スペクタスII》の各画素は64階調で制御され、その結果、64の3乗の色再現が可能である。なお、色の再現範囲は、光源の分光光度と液晶表示素子及びカラーフィルタの分光透過率との関係で決定される。図2に《スペクタスII》の色度図を示す。白色色温度は約9,300 Kである。

画質に最も大きな影響を与える液晶表示素子には、新たにゲストホスト型液晶（GH液晶）を開発し採用した。GH液晶の原理は、分子の方向により可視光の吸収に異方性をもつ2色性色素（ゲスト）を、液晶材料（ホスト）中に溶解させたもので、印加電圧による分子配列の移動は、液晶が反応し、それに従って2色性色素の分子配列とともに光学特性が変化するものである⁽¹⁾。今回開発した液晶には、2色性比が非常に大きく、従来に比べて光学的安定性も大幅に向上し、かつ、光遮断時の黒色色度が良好な色素を選択した。この結果、視野角が広くコントラストの高い液晶表示素子が得られた。

表1に液晶表示素子の仕様を示す。

高輝度化実現のために、蛍光体の混光比を最適化した3波長コンパクト蛍光ランプ“BB”を採用し、単位面積当たりの光束を従来の

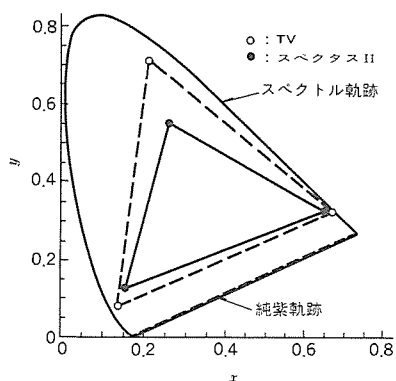


図2. 色の再現範囲

表1. 液晶表示素子の仕様

項 目		内 容
種 類		ゲストホスト型
パネルサイズ(mm)		230.4×86.4
画素数		32×12×3
画素ピッチ(mm)		7.2
応答速度	T_r (ms)	25
	T_f (ms)	35
視野角	上下方向(度)	±30
	左右方向(度)	±60

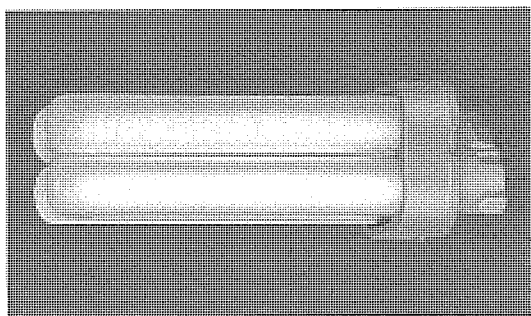


図 3. 3 波長型蛍光ランプ“BB”の外観

約 2 倍とし、更に内面に鏡面処理を施したきょう(筐)体を開発し、光の利用効率を高めた。図 3 に 3 波長型蛍光ランプ“BB”の外観を示す。画面の視野角特性は液晶の性能に依存するもので、GH液晶は左右60度、上下30度からでも高コントラストを維持し、自然な画像が得られる。液晶表示素子の大きさは従来の 3 倍とし、単位面積当たりの素子数を減少させた。この結果、継ぎ目の目立ちにくい画面が実現できた。

ビデオ画像の画質向上のため、NTSCコンポジット信号処理に改善を加えた。色復調回路は、赤・緑・青独立の 3 軸復調回路を採用し、GH液晶の特性を考慮して最適化している。また、NTSCコンポジット信号のガンマ補正と、液晶の電圧対透過率特性の補正を独立させ調整を容易にし、その結果、より自然な画像の再現が可能となった。ガンマ補正については、映像信号の中間レベルに対して、見掛け上のコントラストが増大するように工夫している。

4. 構 造

4.1 液晶ユニット

液晶ユニットは、図 4 に示すように、

- (1) 液晶表示素子を支え、その内面に鏡面処理を施し、光の利用効率を向上させ、光学的に視角依存性の少ない筐体
 - (2) 光の均整度を確保するための拡散板
 - (3) 赤・緑・青の 3 色を正方マトリクス状に配置したカラーフィルタ
 - (4) 光を偏光する偏光板
 - (5) 光の透過量を制御する液晶表示素子
 - (6) 表面反射を防止するノングレアフィルム
 - (7) 液晶を駆動する回路モジュール
- から構成されている。

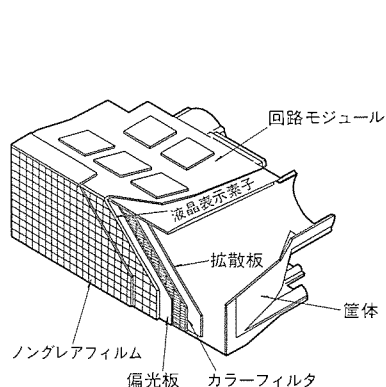


図 4. 液晶ユニット

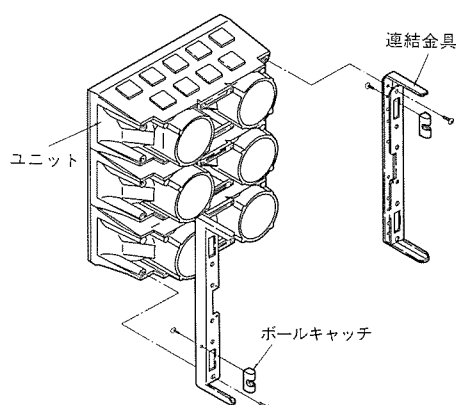


図 6. 中間モジュール

4.2 表示部

表示部は図 5 に示すように次のとおり構成されている。

- (1) ユニット等を支える主フレーム
- (2) 液晶ユニット 3 個が一体となった中間モジュール
- (3) 3 波長コンパクト蛍光ランプ“BB”
- (4) 複数のユニットが縦列に収納される移動モジュール
- (5) 排熱をするためのヒートパイプ

から構成されている。なお、中間モジュールの構造を図 6 に示す。

4.3 放熱

輝度の向上を図ったことにより単位面積当たりの発熱量が増加したが、この熱を排熱する方法として、図 5 に示すように移動モジュールの先端にヒートパイプを設け、蛍光ランプからの熱を密閉風路を介してヒートパイプに集め、周囲の空気と熱交換して冷却している。この結果、液晶表面の温度上昇は 15°C 以下となった。移動モジュール内の空気の流れを図 7 に示す。

5. 組立作業性

液晶ユニットのフレームへの取付けは、図 6 に示すように三つの

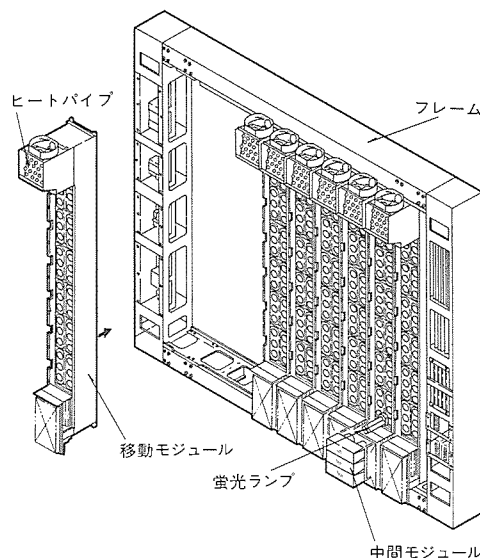


図 5. 表示部の構成

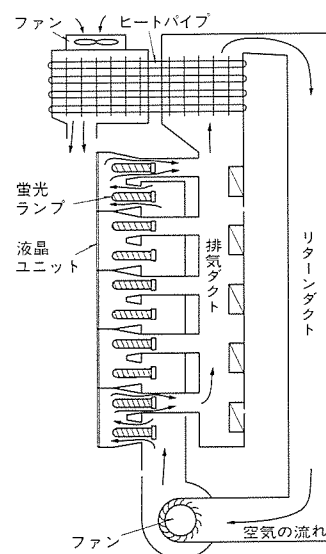


図 7. 冷却空気の流れ

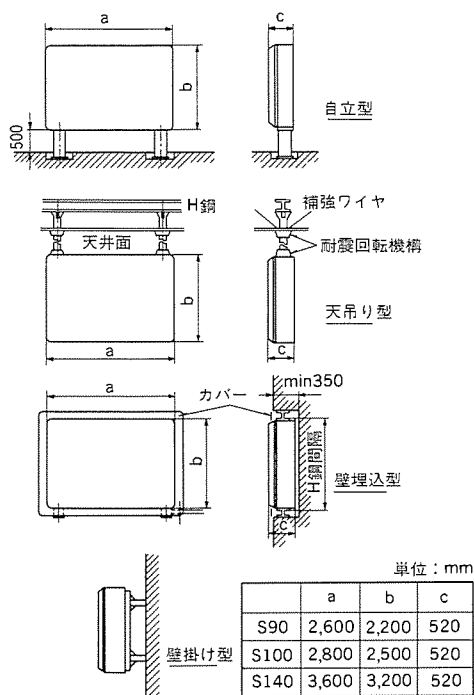


図 8. 設置形態と寸法

液晶ユニットが連結金具で一体に取り付けられた中間モジュールを移動モジュールに装着することにより行われる。また、移動モジュールはフレーム内で左右に移動できるようになっている。このため、モジュールの交換が容易になった。蛍光ランプの取付け・交換は移動モジュールから中間モジュールを外した状態でワンタッチで行える。この結果、据付け工事の簡略化が図られるとともに、画面の前面から1人で保守・点検が簡単に行えるようになった。

6. 設置形態

表示部は多様な建築条件に対応できるように、自立型・天つ(吊)り型・壁埋込型・壁掛け型を可能としている。図 8 に各タイプの外形を示す。

7. システムの構成

7.1 標準システム

システム構成を図 9 に示す。このシステムは大別して、コンピュ

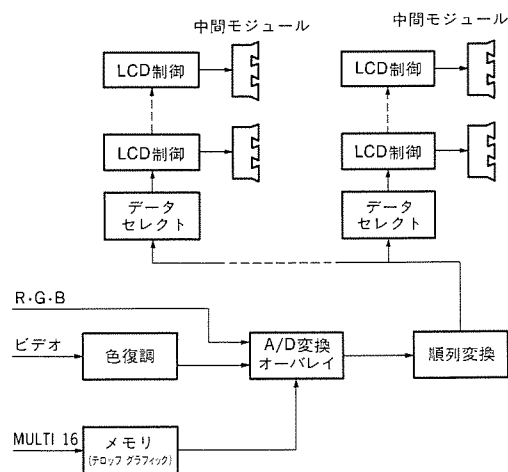


図10. 映像制御部のブロック図

ータ部、ビデオ・オーディオ部、画像制御部及び画面表示部の各部から構成されている。

(1) コンピュータ部

コンピュータ部はパソコン《MULTI 16》とタブレットで構成し、キャラクタ及びグラフィックの生成を行っている。

(2) ビデオ・オーディオ部

ビデオ・オーディオ部は、ユーザーの好みに応じて自由に構成することが可能である。また、各機器のグレードも自由に選択できる。一般的にはビデオテープレコーダー(VTR)、TVカメラ、カセットテープレコーダー(CTR)、オーディオアンプ、スピーカー及びモニタTVなどにより構成される。AVコントロールユニット及びAVコントロールパネルは《スペクタス》用として開発した機器で、標準のAV機器を接続することにより、AVコントロールパネル上の操作ボタンで各AV機器を集中操作することが可能である。

(3) 映像制御部

映像制御部は図10に示すように、色復調回路及びA/D変換回路、順列変換回路、データセレクト回路及びLCD制御回路などで構成さ

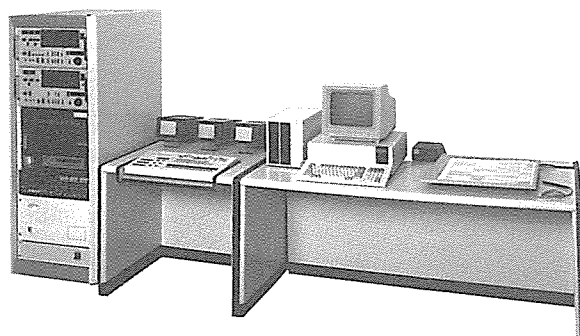
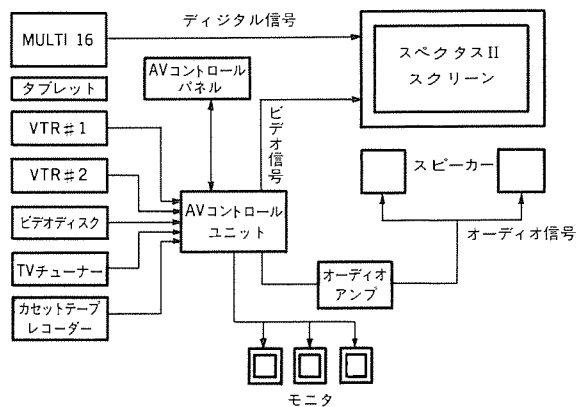


図 9. 標準システムの構成例

表 2. 画像表示部の仕様

表示素子	高コントラスト新型液晶	タイプ	S90	S100	S140
光源	高輝度特殊蛍光ランプ	対角線長(インチ)	89	102	136
画素配列	7.2mmピッチ、マトリクス配列	スクリーンサイズ(mm)	1,296×1,843	1,555×2,074	2,074×2,765
観視距離	3m以上	表示面積(m²)	2.39	3.22	5.73
視野角	左右:±60°, 上下:±30°	画素数	180×256×3	216×288×3	288×384×3
輝度	300cd/m²	消費電力(kW)	5.5	7	13
コントラスト	60:1	重量(kg)	700	900	1,500
色再現性	一般テレビ比				
表示階調	64階調				
表示速度	60フィールド/秒				
応答性	30ms以下				
表示機能	ビデオ映像/デジタル画像(キャプテン(S100))				
設置環境	一般屋内				

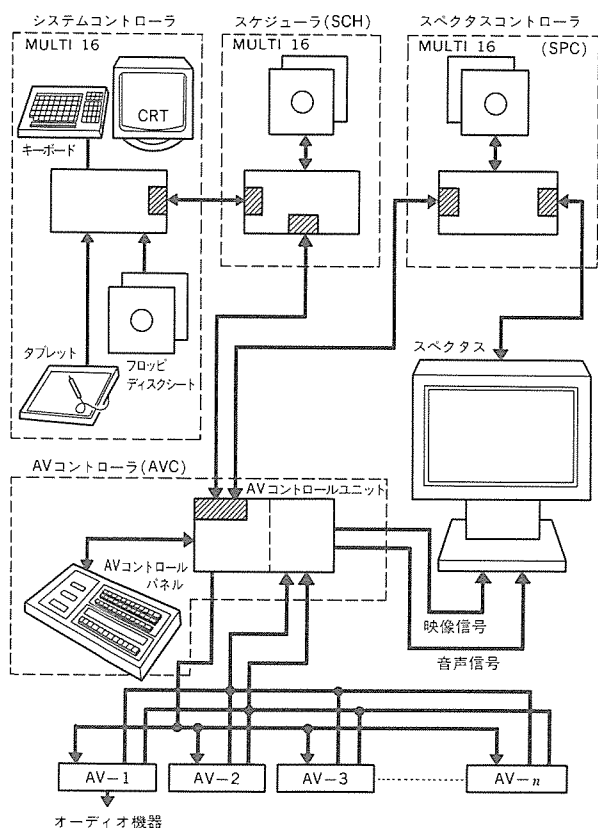


図11. 自動送出システム

表 3. CPUの役割

CPU	システムにおける役割	概 略 機 能
システムコントローラ	マンマシン インタフェース	1.静止画・文章などの作成 2.スケジュール作成 3.スケジュールモニタ表示 4.その他各入力
スケジューラ (SCH)	スケジュール実行	1.スケジュールの実行 2.通信制御
スペクタスコントローラ (SPC)	デジタルデータ処理	1.静止画・文章の送出・表示 2.スペクタスの表示状態制御
コントローラ (AVC)	AV機器管理	1.AV機器の操作 2.映像・音声信号の出力 3.映像・音声信号の出力切替

注：AVコントローラとしてのAVコントロールパネルでは自動運転時、5台の機器が制御できる。

れ、フレームの側面に収納されている。スペクタスの特長の一つであるコンパクト設計として、これら映像制御部が画像表示部と一体化し、同一フレーム内に構築されるため、外部AV機器との接続ケーブル数が極めて少なく設置工事が簡素化される。

(4) 画像表示部

画像表示部は三つの液晶ユニットから成る中間モジュール（32×36画素）を複数個配列することにより構成する。画像表示部の仕様を表2に示す。

7.2 自動送出システム

図11に示すシステム構成にすると、

- (1) AV機器の再生・停止・サーチなどの操作
- (2) AV機器の映像の《スペクタス》への出力
- (3) 複数のAV機器の出力切替え
- (4) 静止画及び文章の読出し・送出・表示

などの操作を、あらかじめパソコン《MULTI 16》で作成し、フロッピーシートに記録しておいた“スケジュールデータ”に従って無人

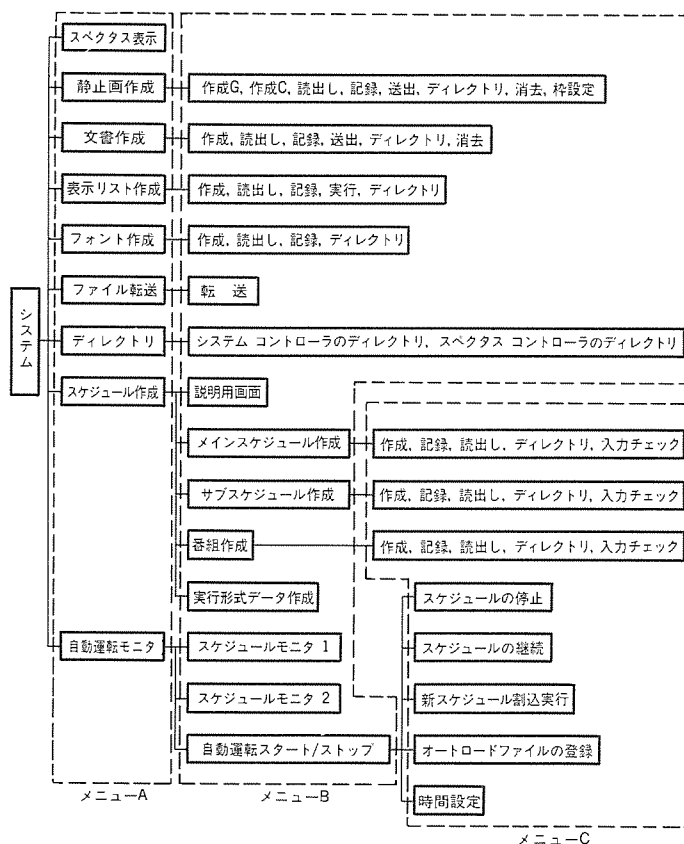


図12. ソフトウェアの構成

運転が可能となる。このシステムでは四つのCPUを持っており、各CPUの役割を表3に示す。

8. パソコン《MULTI 16》用ソフトウェアの構成

《スペクタスII》用のデジタル画像を作成するソフトウェアは、従来からあるソフトウェアをバージョンアップし、機能の充実を図った。具体的には自動送出機能及びデジタル画切替時のワイプ機能（16パターン）の追加並びにグラフィックコマンドの追加を行った。図12にソフトウェアの構成を示す。

9. む す び

以上述べたように、新開発のゲストホスト型液晶及び高輝度を実現する3波長コンパクト蛍光ランプ“BB”の採用と、液晶ユニット及び表示部構造の新設計により、画面の画質と輝度の大幅向上並びに保守性の向上が図れた。今後は更に高品質の大画面液晶フルカラーディスプレイの実現を目指して改良に努力をしていく所存である。

終わりに《スペクタスII》の開発に当たって御指導いただいた当社各研究所並びに御協力いただいた社内外の方々に厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 中村ほか：Nationl Technical Report, p.30 (1987-2)
- (2) 今井ほか：三菱電機技報, 57, No.12, p.48 (昭58)

スイッチング電源用 PWMコントロール ICとその応用

森信太郎* 加納賢次* 森 敏* 飯田隆彦** 長湯信義**

1. ま え が き

スイッチング電源(以下、SW電源と記す)は、1960年代にNASAで小型ロケットの電源として採用されたのを契機に急速の進歩を遂げ、今や電源の主流を占めるに至った。最近では、パソコンなどの応用製品のコンパクト化への要求が更に進み、SW電源のスイッチング周波数も500kHzに及ぶようになった。このような動きに対応して、スイッチング素子はバイポーラトランジスタからパワーMOSFETへ切り替わり、PWM(パルス幅変調)ICも従来の二次側制御方式から一次側制御方式への移行により、部品削減と周辺部品の小型化が進行している。

すなわち、従来のTL494に代表される二次側制御方式のPWM制御ICを第一世代のSW電源専用ICとすると、今回、松下電子部品(株)と三菱電機(株)が共同開発したM51977と、その姉妹製品のM51978はMOSFETの直接駆動が可能な一次側制御方式の専用ICで、正に第二世代のSW電源制御ICであるといえる。ここでは、これらのICの特長と種々の機能について報告する。特に、過電流、過電圧などの保

護機能が充実しているため、今や世界的な標準ICとして注目をあびている。

2. SW電源の高周波化技術

SW電源のコンパクト、低価格化という市場ニーズにこたえる第一の方法としてSW電源の高周波化が不可欠である。すなわち、変圧

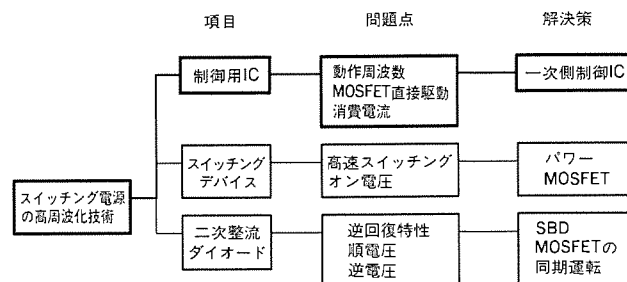


図1. スwitching電源の高周波化技術
(半導体の問題点と解決策)

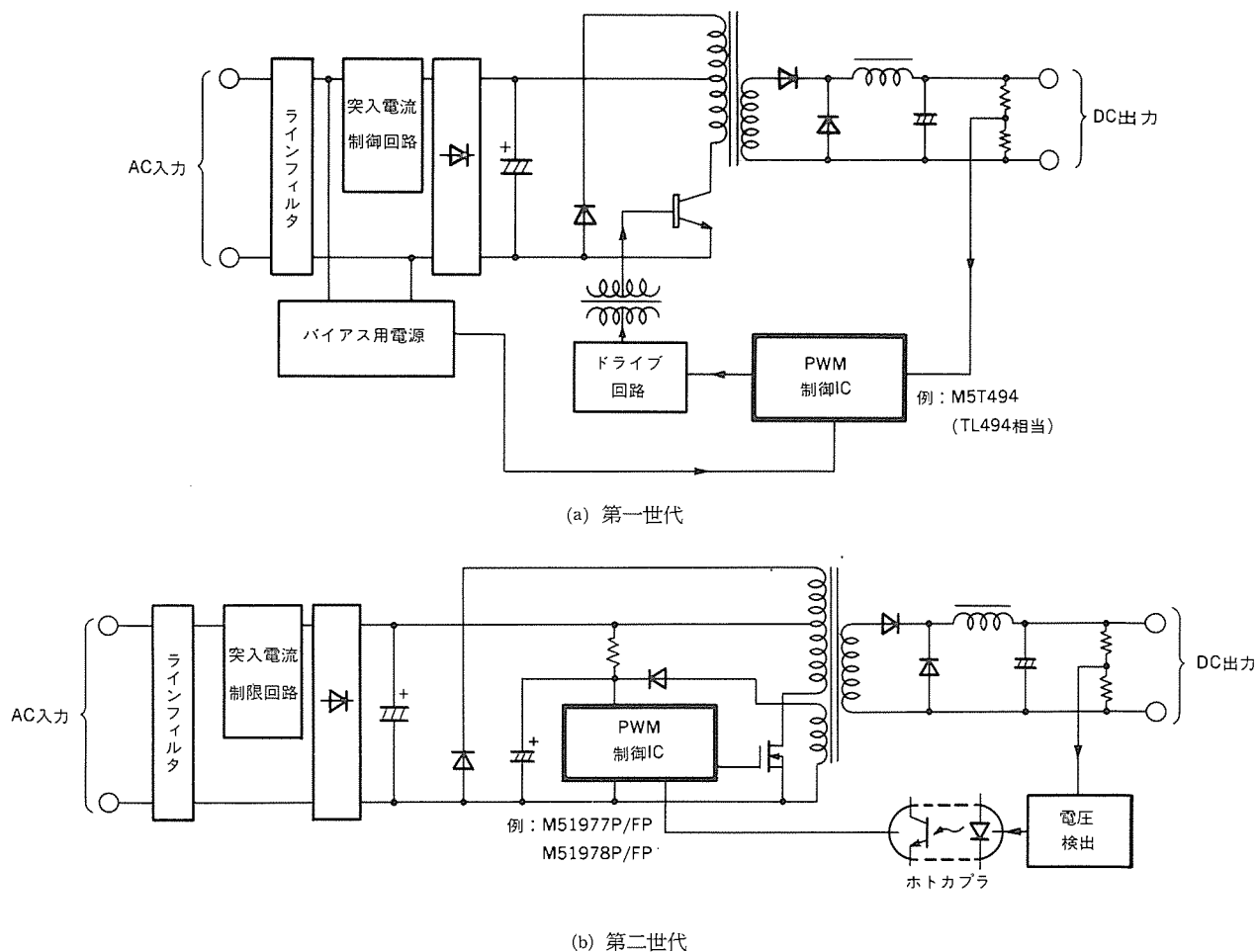


図2. 第一世代と第二世代SW電源専用ICを使用した電源システムの比較

器や出力平滑用のリアクタンス、コンデンサの容量が動作周波数を上げることによって、原理的に小さくできるからである。このように、高周波化を可能にした技術の進歩としては、平滑コンデンサ、磁性材料、実装技術などとともに半導体の技術向上も見逃すことができない。図1にSW電源の高周波化技術を半導体を中心にまとめた。

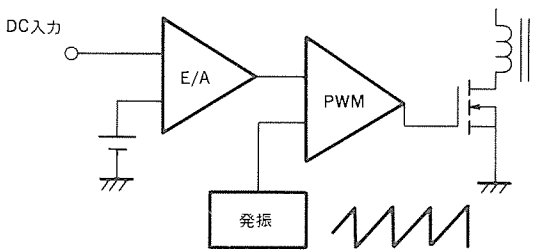
図に示すように、SW電源の高周波化を達成するためスイッチングデバイスとして高速スイッチングの可能な低オン抵抗のパワーMOSFETが安価に得られるようになったことや、二次整流ダイオードとしてショットキーバリアダイオード（SBD）が一般化してきたことが挙げられる。このような背景のもと、制御用のICも300～500kHzで動作が可能で、パワーMOSFETが直接駆動でき、かつ低消費電流のPWM-ICが必要とされ、この解決策として一次側制御ICが実用化されるようになった。

図2に第一世代の二次側制御ICを使用した電源と、第二世代の一次側制御ICを使用した電源との比較を示す。両者の差は図に示すように、PWM制御ICをメイントランスの一次側に置くか、二次側に置くかの違いであるが、商用電源を入力とするAC/DC電源の場合、一次・二次間の絶縁を必要とするため、回路構成に差がでる。

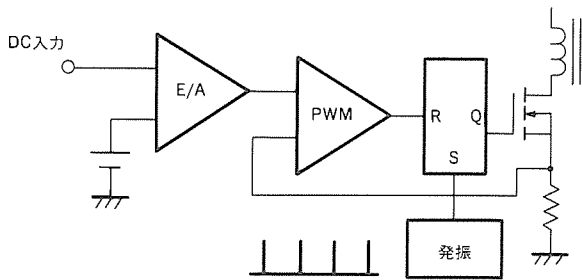
すなわち、第一世代の二次側制御方式の場合、二次側での制御信号の直接処理、外部コントロール端子の直接接続が可能な反面、バイアス用電源が必要で、スイッチング素子の駆動は絶縁を兼ねたドライバトランスを含むドライバ回路が必要であった。これに対し、第二世代のSW電源専用ICを使用した一次側制御方式は、スイッチング素子の直接駆動、一次側制御信号の直接入力処理が可能となると、補助電源を必要としないバイアスレス化が可能な反面、二次側制御信号を電気的に絶縁するためのホットカプラと、電圧検出のためのシャントレギュレータが必要となる。

以上の特長から、今後は部品点数の削減、パワーMOSFETの直接ドライブが可能な一次側制御方式が有利である。

図3に制御モードの比較を示す。カレントモード方式は、一次側



(a) ボルテージモード方式



(b) カレントモード方式

図3. 制御モードの比較

スイッチング電流波形を使ってPWM制御を行うため、発振が簡単な波形となり比較的高周波化が容易で、入力電圧変動に対し応答が早い。DC/DCコンバータの制御方式として適している。しかし、AC/DC電源の場合、スイッチング電圧が高く、一次側スイッチング電流波形のサージ電流が大きくなるため、カレントモード方式の特長を十分に生かすことが困難であり、出力の負荷変動に対する応答が遅くなるなどの欠点があるため、制御方式としては図3(a)に示すボルテージモード方式が適する。

したがって、今回開発したM51977/M51978は上記の理由により、一次側制御、ボルテージモード方式を設計の基本方針としている。

3. M51977/M51978の機能と特長

3.1 M51977/M51978の概要

M51977P/FP, M51978P/FPは、それぞれ、①周辺部品を内蔵することによる電源の小型・軽量・低コスト化、②高速応答、低消費電流、高出力電流、高精度化などの性能向上、③電源の信頼性向上に寄与する保護機能の充実、などの市場ニーズを的確に反映した一次側制御のPWMコントロールICで、10～500W程度のフィードフォワードレギュレータ、フライバックレギュレータの応用に適している。

図4にM51977P/FP, M51978P/FPの外観を示す。M51977Pは16ピンDIL, M51977FPは20ピンSOP, M51978Pは14ピンDIL, M51978FPは16ピンSOPのそれぞれのパッケージを採用している。また、それぞれのICチップは高度スイッチングが可能な、三菱電機(株)独自のバイポーラプロセスを使用している。図5にM51977のチップ写真を示す。図6にM51977P/FPのブロック図、図7にM51978

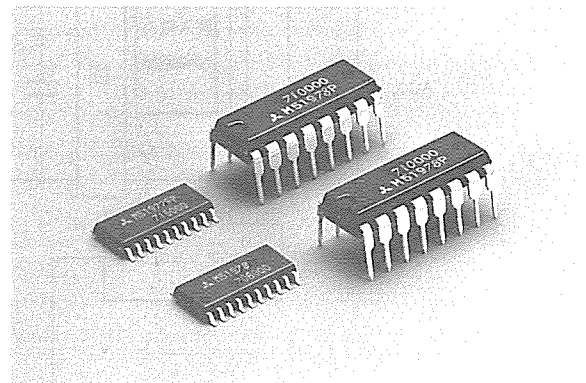


図4. M51977P/FP, M51978P/FPの外観

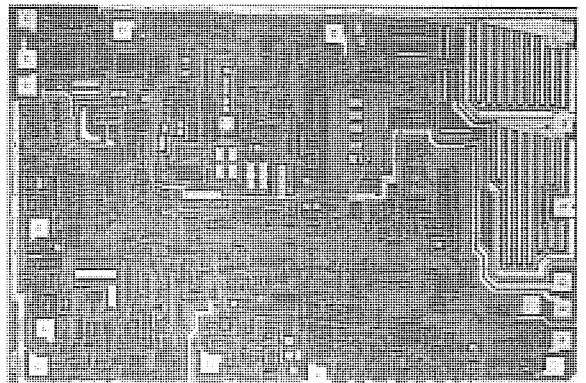


図5. M51977のチップ写真

P/FPのブロック図を示す。

両者は姉妹製品であるため基本的な動作は全く同じであるが、M51977P/FPの方がオン・オフ制御(リモートコントロール)、マイナスのカレントリミット端子(過電流検出)、過電流検出後の間欠動作回路等の内蔵及び出力ピーク電流定格として±2Aを保証しており、M51978P/FPの上位機種に位置付けられる。表1.にSW電源用制御ICの機能比較を示す。表中のAは従来の二次側制御ICであり、他はすべて一次側制御ICである。特にM51977Pは、ピン互換性のある相当品を持っているので供給面でも安心である。

3.2 特長

表1でも分かるようにこのシリーズのSW電源用PWM制御ICは、商用電源から直流安定化電圧を得るのに適したもので以下に示すような種々の特長を持っている。

(1) パワーMOSFETを高周波で直接駆動し得る高出力電流。

(M51977: ±2A)

(M51978: ±1A)

(2) 出力立ち上がり時間60ns, 立ち下がり時間40nsと高速応答。

(3) 貫通電流の少ない変形トータムポール出力方式の採用。

(4) 起動前(待機時)電流が小さく、小型、低損失の電源を実現。

(M51977: 80μA)

(M51978: 100μA)

(5) 起動開始、停止電圧差が大き

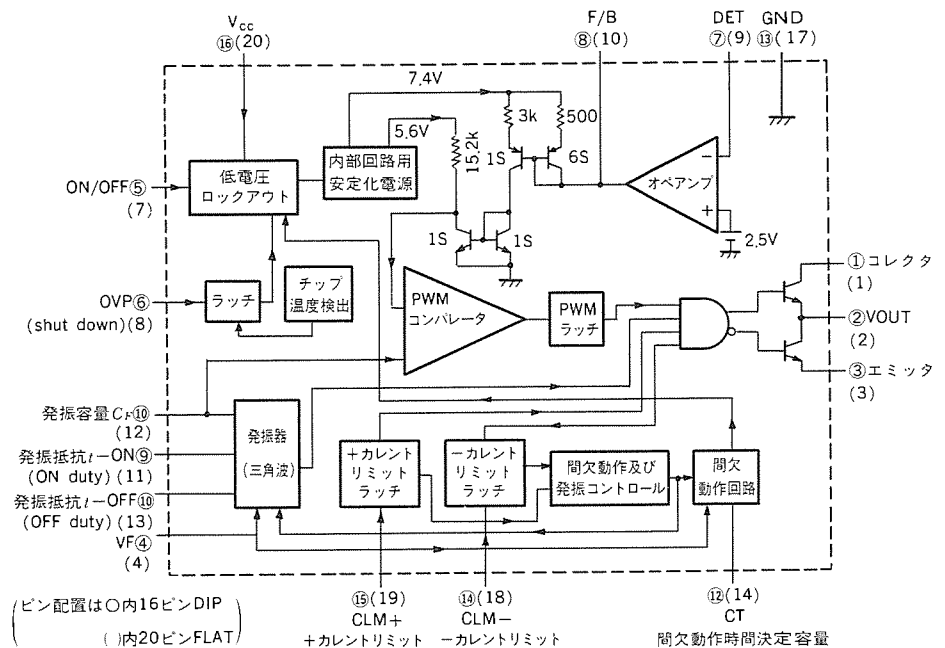


図6. M51977P/FPブロック図

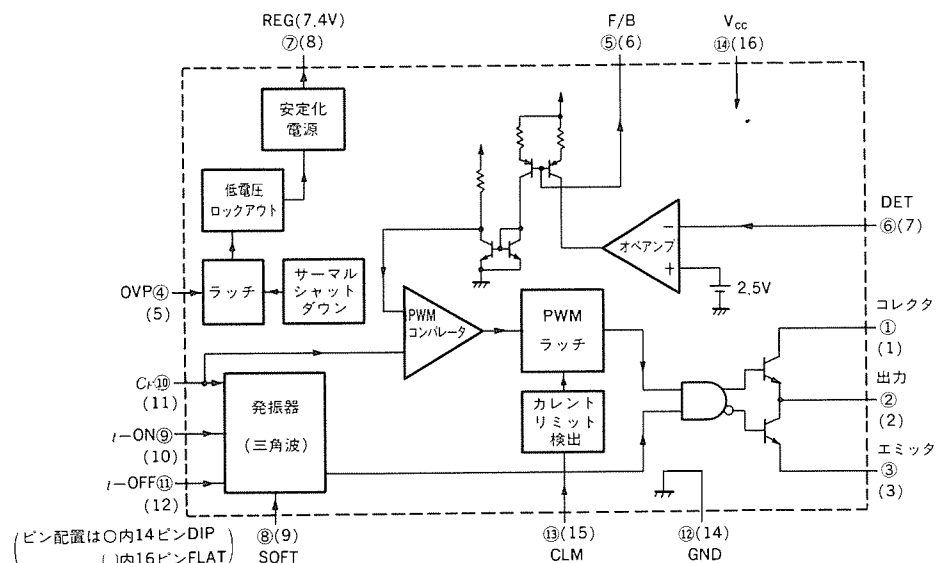


図7. M51978P/FPブロック図

表1. 制御IC機能比較表

品名	外形・DIL	基本特性					内蔵する機能(保護機能)									
		電源電圧(V)	待機時電流(mA)	出力形式	出力電流(A)	発振周波数(kHz)	過電流保護	低電圧保護	一次側制御	エラーアンプ	休止期間調整	出力オンオフ	過電圧保護	短絡電流抑制	過電流時周期可変	過熱保護
A	16PIN	40	7.5	オープンエミッタ オープンコレクタ(2系統)	0.25	300	平均値制御	—	—	○	○	—	—	—	—	○
B	8PIN	30	0.5	トータムポール	1.0ピーク	500	ピーク値制御	○10V	○	○	○	—	—	—	—	—
C	14PIN	20	0.9	トータムポール	1.2ピーク	500	平均値制御	○8V	○	—	○	○	—	—	—	—
D	8PIN	40	1.5	トータムポール	0.02	500	—	○8V	○	—	○	—	—	—	—	—
M51977*1	16PIN (20SOP)	30	0.08	トータムポール	2.0ピーク	500	ピーク値制御 (2系統)	○10V	○	○	○	○	○	○	○	—
M51978	14PIN (16SOP)	30	0.1	トータムポール	1.0ピーク	500	ピーク値制御	○10V	○	○	○	—	○	○	—	○

注(1): *印ピンコンパチ相当品有り(AN8090松下電子)

注(2): ○は内蔵

いため、入力部電源平滑容量を小さくすることができ、電源全体の高速化にも貢献。

(6) MOSFETのゲートドライブ電流による発熱に耐えられる大許容損失のパッケージを採用 (1.5W , $T_c=25^\circ\text{C}$ において)。

(7) 保護回路の強化による周辺回路の簡素化。

(a) Pulse-by-pulse方式の高速カレントリミッティング回路による過電流保護 (M51977はCLM+, CLM-端子の2系統)。

(b) タイマ式保護回路による出力過大電流時の間欠動作による保護 (M51977のみ)。

(c) 一度の信号入力により電源をオフ状態に保持できる過電圧保護。

(d) 回路基板の異常温度を検出し、出力を遮断するサーマルシャットダウン回路の内蔵。

(e) 低電源電圧での出力誤動作防止回路 (UVLO) の内蔵。

3.3 起動回路部

以下にこれらSW電源用PWMコントロールICの主な回路動作について説明する。まず、起動回路部について説明する。

図8に起動時回路電流対電源電圧の特性を示す。電源電圧を零から上昇させていく場合、起動開始電圧 $V_{CC(\text{START})}$ に至るまで極めて低い回路電流 (起動前電流M51977: $80\mu\text{A}$, M51978: $100\mu\text{A}$) に抑えてある。この場合、動作しているのは出力を低レベルにする回路のみであり、起動前電流はこの回路部の動作維持のため使われる。したがって、電源から V_{CC} 端子間に接続する抵抗のワット数を $1/2\text{W}$ 程度で設計することが可能となる。

また、このICでは起動開始電圧 $V_{CC(\text{START})}$ と停止電圧 $V_{CC(\text{STOP})}$ との差を 6V 標準と大きくとってある。したがって、起動開始電圧に達し動作を開始し、トランスの二次巻線から電力を得るまでの間、消費電流が増えることにより、電源電圧が下がるが起動停止電圧までの電圧差が 6V もあるため、起動回路の設計が容易になる。

また、電源のリップルにも強くなるため、入力コンデンサの容量を小さくすることができ、SW電源の小型化、高速応答性にも役立つ。

3.4 発振回路

M51977/M51978の発振波形は三角波であり、上りこう配部が出力のオン期間、下りこう配部が出力のオフ期間となっている。上りこう配部の傾きと下りこう配部の傾きは、それぞれ主として t_{ON} 端子抵抗とCF端子に接続された容量 C_F との積、 t_{OFF} 端子抵抗と C_F との積で決定される。したがって、オン期間幅 t_{on} を決める発振振幅を大きく設定可能なこれらのICは、ノイズに対する余裕が大きく、フ

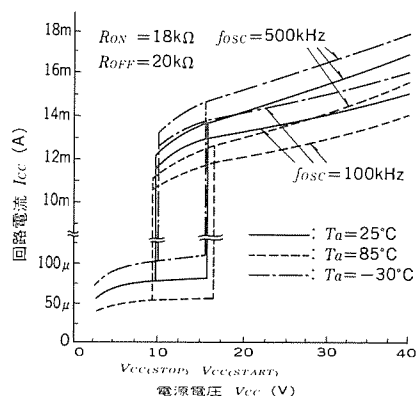


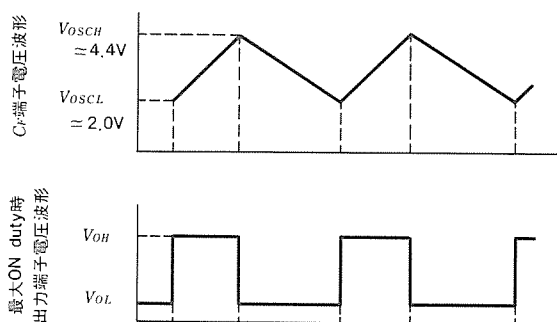
図8. 起動時回路電流—電源電圧特性 (通常動作時)

ィードバック信号のリップルなどによる不安定動作をも防止する。次にM51978のソフト回路, M51977の間欠動作及び発振コントロール回路が働いている場合には、前者はソフト端子、後者はVF端子にそれぞれ印加された電圧の影響を受け、出力がオンする時間を一定とし、出力のオフ時間が各端子電圧が低いほど広がるように動き、オフ時間は最大オン時間の約16倍まで広がる。

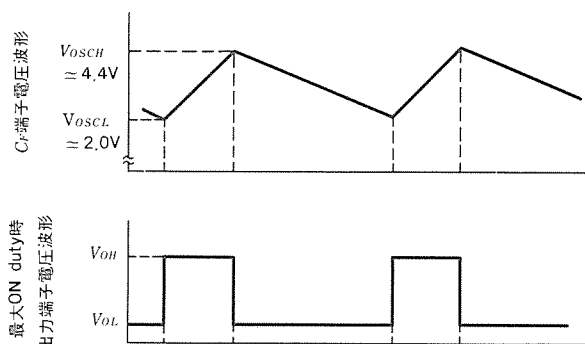
なお、起動開始時の出力パルス波形は初サイクルからは出ず、必ず第二サイクルから発生するように動作する。これは、初サイクル目のCF端子波形が 0V から立ち上がるため、最大オン時間が長くなるという理由による。一連の発振波形を図9に示す。

3.5 PWMコンパレータ部, PWMラッチ部

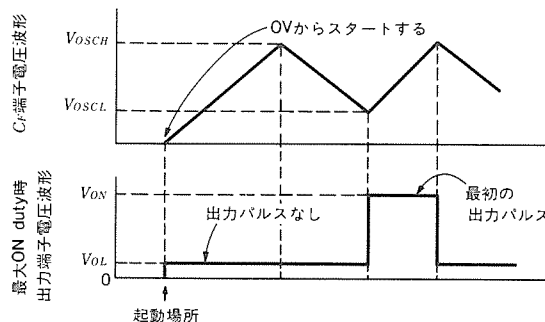
このICのPWMコンパレータ部, PWMラッチ部の概略回路図を図10(a)に、その動作波形を同図(b)に示す。フィードバック(F/B)端子からの流出電流がない場合、出力パルス幅はCF端子での発振波形の電圧上昇期間(最大オン時間)に一致する。F/B信号によりF/



(a) 通常状態

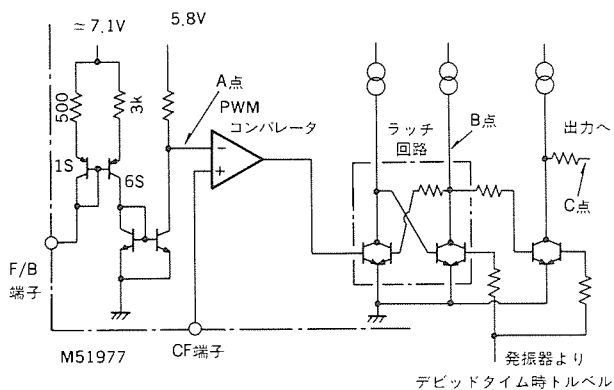


(b) SOFT回路動作 (M51978) 間欠動作及び発振コントロール回路 (M51977) 動作時

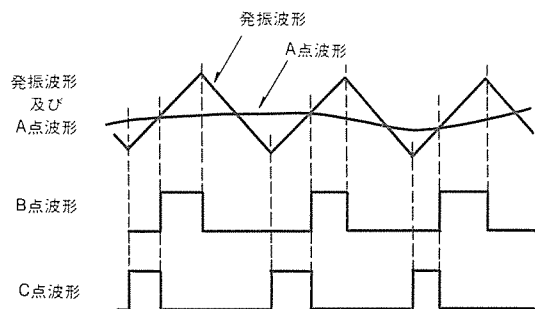


(c) 起動時

図9. 各動作時の発振波形



(a) 回路図



(b) 動作波形

図10. PWMコンパレータ部、PWMラッチ部の回路と動作波形

B端子からの流出電流があると、それに応じて図10(a)のA点の電位は変化し、流れ出す電流値が大きいほどA点の電位はGNDレベルに近づく。このA点の電位はCF端子の発振波形とPWMコンパレータで比較され、発振波形の電位がA点の電位より高い場合ラッチ回路をセットする。一方、ラッチ回路は発振回路のオフ時間のときHighレベルになる信号でリセットされるため、ラッチ回路の出力にはB点のような信号が現われる。このB点の信号は、更にオフ時間信号と論理和をとることにより最終的な出力波形（C点波形）を得る。

3.6 出力回路部

このICの出力部はパワーMOSFETを高速でスイッチングさせるため、シンク、ソース能力が共に大きいことが必要である。シンク、ソース能力が大きい回路形式として、従来からトータムポール方式が知られているが、この方式の欠点として貫通電流が大きくなることが挙げられる。普通、このような大きいドライブ能力を持つICの場合、従来の回路形式のままでは、1 A以上の貫通電流が上下のトランジスタのオン・オフ時に流れてしまうことになる。このように貫通電流が大きいと、特に高周波での動作では、それによる消費電流増加が大きく、余分なIC発熱の要因となるとともにノイズを増加させる要因にもなる。したがって、このICでは変形のトータムポール回路形式を採用し、貫通電流を従来品の1/10以下の100mA程度に抑え、動作速度の高速安定性を保った。

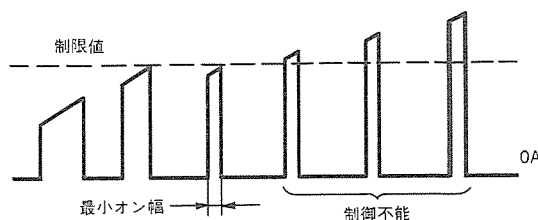
4. 保護回路

4.1 過電流保護

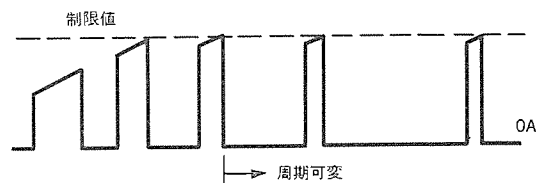
SW電源における保護機能の良否は、電源の安定性、信頼性及びコストなどに大きく影響する。このICの場合、過電流、過電圧及び過

熱に対する保護回路を既に内蔵しており、安全性、信頼性及びコスト的にも非常に優れた特性を持っている。

過電流保護は一次側スイッチング電流のピーク値制御（pulse-by-pulseのカレントリミッティング方式）を採用している。すなわち、一次側のスイッチング電流を各周期ごとに検出し、上限値を確実に制限することで、出力過電流制限とスイッチング素子の過渡時も含

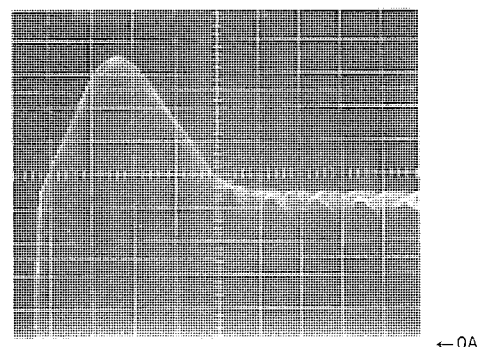


(a) 過電流時周期固定時



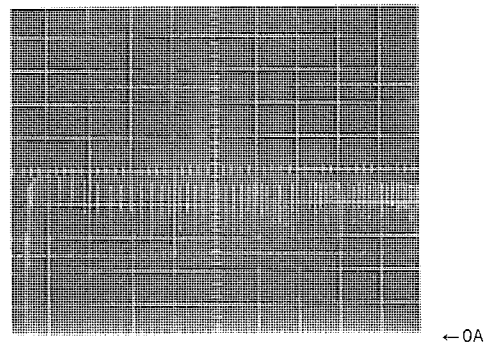
(b) 過電流時周期可変動作時

図11. 出力短絡時の一次側電流波形



$i = 1A/div.$ $t = 160\mu s/div.$

(a) 過電流時周期固定時



$i = 1A/div.$ $t = 160\mu s/div.$

(b) 過電流時周期可変機能動作時

図12. 入力投入時の一次側スイッチング電流波形

む制限を同時に行うことができる。

M51977の場合このCLM端子を2系統(CLM+, CLM-)持ち、M51978のばあいCLM+端子1系統を持ち、制御電圧を各々200mVとしたことで、検出抵抗の損失低減とMOSFETの電流検出タイプの応用も可能となる。また、検出を負電位で行うことのできるM51977の場合、検出精度の向上とノイズによる影響を最小にすることができる。以上のような方式の過電圧保護は、高周波化するほど応答遅延による制御範囲の減少が問題となる場合がある。すなわち、過電流検出部のノイズ防止用フィルタの時定数、制御用PWM-ICの遅延時間、及びスイッチング素子のターンオフ時間などにより、最小制御可能オン期間幅が決まってしまう、制御不能な領域が発生する。したがって、M51977では、この問題を解決するため、過電流状態に対応して発振の周期を伸ばす機能を持たすことで制御範囲の拡大を図った。

図11に過電流保護時の一次側電流波形図と、図12に周期可変の有無による出力電流の差異を示す。

4.2 過電圧保護、過熱保護回路

過電圧保護(OVP)回路は、基本的に相補型のフリップフロップで構成されており、OVP端子からの入力信号(検出感度約 $2V_{BE}$)により、一度この回路が動作すると出力はオフし、電源をオフさせるか、外部から解除信号を与えるまで、出力はオフ状態を維持する。

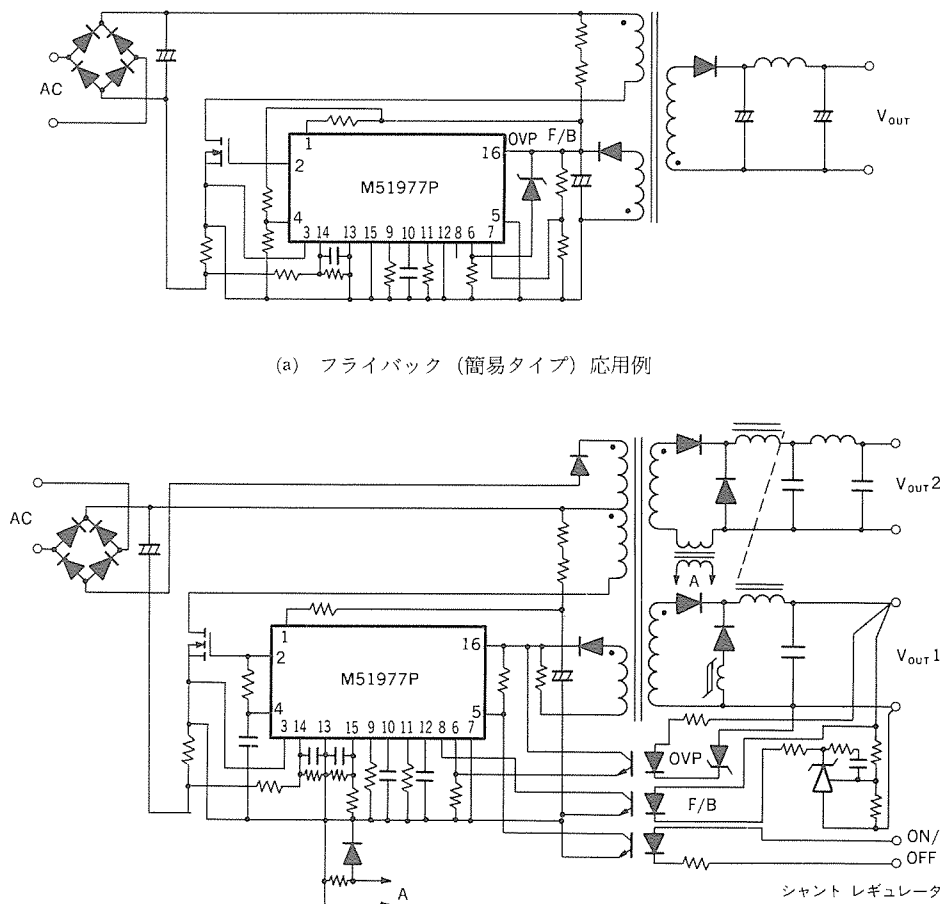
このオフ状態維持は、起動前回路電流+ $10\mu A$ 標準の非常に小さな消費電流で動作するため、応用回路における電源ラインと V_{CC} 端子間の抵抗のワット数は非常に小さくてすむ。一方、この回路が働いたとき、不必要にICの電源電圧が上昇しICが破壊しないよう、高電源電圧では回路電流を増加させるような特性を持っている。

また、このICは回路基板の異常を検出し、出力をオフにするサーマルシャットダウン回路を内蔵している。検出温度は $140^{\circ}C$ 標準で、動作は過電圧動作と同様である。

5. 応用回路

以上のようにこのICを使用すれば、高周波の一次側制御電源が容易に製作することができる。図13にフライバック型電源とフィードフォワード電源の応用回路例を示す。同図(a)のフライバック型電源は簡易型の電源への応用例であり、10~100W程度の電源に応用される。フィードバック(F/B)とOVPは V_{CC} 端子と同一端子部から取り出せるため回路が簡単になる。

フィードフォワード電源への応用例を同図(b)に示す。この場合、50~500W程度の電源に適しており、OVP、F/B、ON/OFFの信



(a) フライバック (簡易タイプ) 応用例

(b) フィードフォワード応用例

図13. M51977の応用回路例

号を二次側からホットカプラを介して一次側に帰している。F/Bの検出はシャントレギュレータを使用すれば回路が簡単になる。

また、このICはパワーMOSFET駆動だけではなく、バイポーラトランジスタも駆動することができる。ただし、この場合、スイッチングスピードを上げるためターンオフ時にベース逆バイアスを印加する必要がある。

6. むすび

以上のように、今回開発したMOSFET駆動用500kHz、PWM-ICシリーズについて述べた。このICは特に低起動前回路電流、高出力電流、高速スイッチング及び過電流、過電圧、過熱保護の充実など種々の特長を持っているため、今や一次側制御用のスイッチング電源ICの分野で、世界的な標準ICとなりつつある。

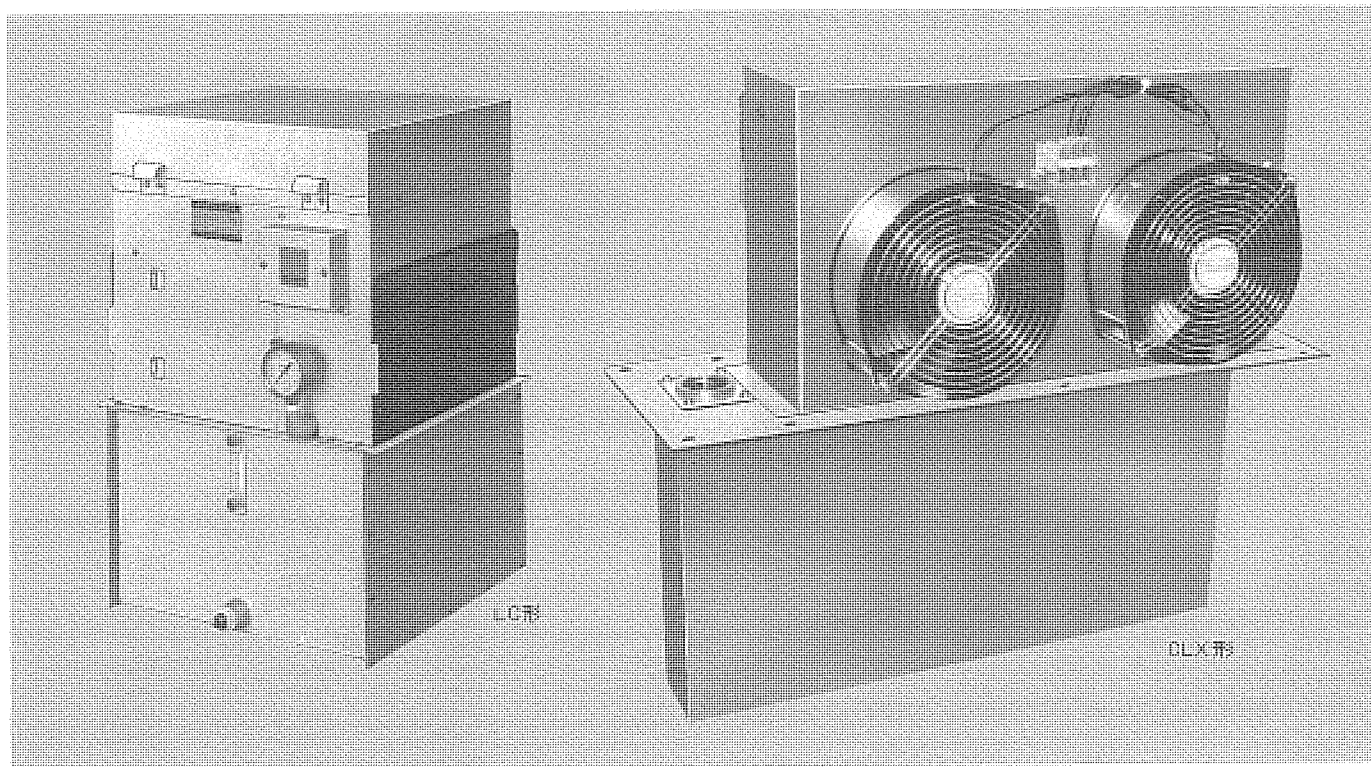
今後も電源市場の拡大に伴いASIC化が進み、マイクロプロセッサ等によるデジタル制御ICやパワーデバイスと制御回路を1チップ又は1パッケージ化したスマートパワーICが現れるものと予想されており、引き続き半導体業界の使命は大きい。

参考文献

- (1) K.Harada: Trend in Switch-mode Power Supplies, IEEE, INTELEC'87 p.21
- (2) 長湯: 制御用IC, '87スイッチング電源システムシンポジウム, 日本電機学会, 6-3

三菱ヒートパイプ式油冷却装置

スポットライト LC形、CLX形シリーズ



三菱ヒートパイプ式油冷却装置は、熱伝導性の良いヒートパイプを用いた小形・軽量の油冷却装置です。わずかな温度差で効率よく熱を伝導しますので、高速切削・高精度加工機の主軸冷却油、各種潤滑油、作動油の冷却に最適です。油タンクおよびポンプを一体内蔵したLC形シリーズと油タンクの天井面に設置するCLX形シリーズがあり、用途に応じた選定ができます。

特長

●高い冷却能力

銅の数十～数百倍の熱伝導率をもつヒートパイプを用いているので、高い冷却能力をもっています。

●脈動のない安定した冷却

従来の冷却機による冷却と異なり、室温に同調した脈動のない安定した冷却が行えます。

●軽量・小形

従来の熱交換器と比較し、重量・容積とも小さくなります。

●省メンテナンス・省エネルギー

熱媒体を輸送させるコンプレッサなどの可動部がなく、機構がシンプルで信頼性も高く長寿命です。また、取付工事が容易でかつ運転維持費も低廉で高いコストパフォーマンスを有しています。

LC形シリーズ仕様

機 種 形 名		LC-22	LC-30	LC-45	LC-60
冷 却 能 力 (W)		2200	3000	4500	6000
油 温 (°C)		60			
周囲空気温度 (°C)		40			
油 流 量 (ℓ/min)		6	12	25	
電 源		三相 200V 50/60Hz			
ファン入力 (W)		50/60 (50/60Hz)		90/130 (50/60Hz)	
ポン プ・ モータ 仕様	形 式	トロコイドポンプ・モータ直結形			
	理論吐出量 (ℓ/min)	6/7.2 (50/60Hz)	12/14.4 (50/60Hz)	24.0/28.8 (50/60Hz)	
	リリーフバルブ	直 動 形			
	リリーフ圧力 (kgf/cm ²)	3 (全量リリーフ時)		2 (全量リリーフ時)	
	入 力 (W)	200		400	
タンク容量 (ℓ)		22	30	40	47

CLX形シリーズ仕様

機種形名	CLX-16	CLX-24	CLX-30
冷却能力 (W)	1600	2400	3000
油温 (°C)	60		
周囲空気温度 (°C)	40		
油流量 (ℓ/min)	25		
ファン仕様	電 源 単相 100V 50/60Hz		
	入力 (50/60Hz) (W)	74/66	111/99

高速バイポーラロジックIC

スポットライト M74Fシリーズ

このたび三菱電機では、パソコン用高速バイポーラロジックIC MAST(Mitsubishi Advanced Schottky TTL) M74Fシリーズを新発売しました。MASTは、16ビットパソコンの高速化に追従できる高速バイポーラロジックICであり、LSTTL、HCMOS、ALSTTLより高速に動作します。また、MASTを他の高速TTLと比較すると、STTLに対して速度、消費電力の両面で優っており、ASTTLに対して速度で少し劣るものの40%の消費電力低減を達成しています。FAST™に対しては、クロストークや反射を減らして布線を容易にする緩やかな出力波形、高いサージ破壊耐量などの特長を持つ一方、規格と基本的電気特性については互換性があります。(FASTは旧フェアチャイルド社の登録商標です。)

MASTは昭和63年2月に5品種販売を開始し、昭和64年前半までに45品種の開発を予定しています。

特長

●高速動作

伝搬時間標準2.4ns/Gateで、ALSTTLと比べて40%小さく、ASTTLに近い値です。

●低消費電力

消費電力標準4.5mW/Gateで、STTLの1/4、ASTTLの3/5に低減しています。

●高駆動能力

通常出力 $I_{OL}=20\text{mA}$, $I_{OH}=-1\text{mA}$

3ステート出力 $I_{OL}=24\text{mA}$, $I_{OH}=-3\text{mA}$

ドライバ出力 $I_{OL}=64\text{mA}$, $I_{OH}=-15\text{mA}$

●出力波形

図1に示したように、ASTTL、FAST™と比べて緩やかな出力波形を持ち、クロストークや反射を起こしにくい特性です。

●高いサージ破壊耐量

ALSTTL、ASTTLで実績のある保護回路を採用し、次のような高いサージ破壊耐量を実現しました。

3kV以上 ($C=100\text{pF}$, $R=1.5\text{k}\Omega$)

300V以上 ($C=200\text{pF}$, $R=0\Omega$)

●FAST™との互換性

FAST™と同じ規格を保証でき、基本的電気特性もよく似ています。(表1では、伝搬時間と消費電力の標準値、ならびに“H”出力電圧の規定が少し異なりますが、どちらもFAST™と同じ規格を保証できます。)

仕様

●広動作電源電圧範囲 $V_{CC}=5\text{V}\pm 10\%$

●広動作温度範囲 $T_{opr}=-20\sim +75^\circ\text{C}$

●スリーピング特性の保証条件が広範囲

$V_{CC}=5\text{V}\pm 10\%$, $T_a=-20\sim +75^\circ\text{C}$

●外形

DIP: 300ミル幅プラスチックモールド(14、16、20、24ピン)

SOP: EIAJ規格タイプII準拠(14、16、20ピン)

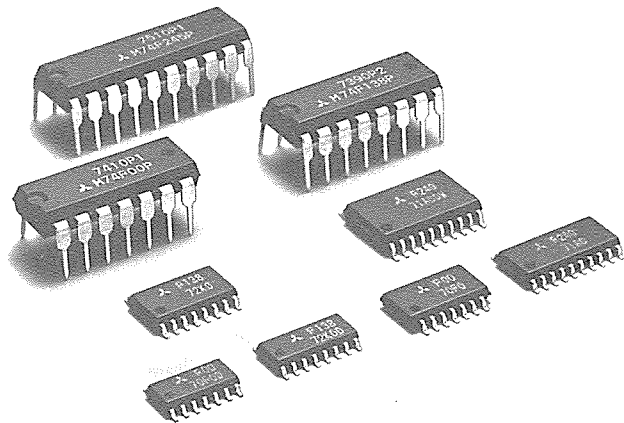
JEDEC規格準拠(14、16、20、24ピン)

用途

●パソコン、EWS (16ビット機、32ビット機)

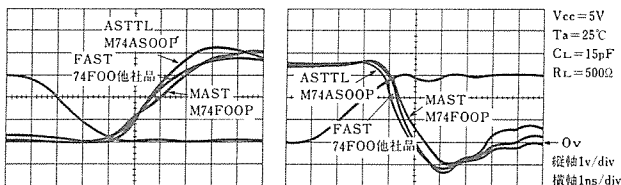
●電子計算機および周辺機器

●その他、高速性が要求されるOA機器、FA機器など



開発予定品種機能別一覧表

機 能	形 名		
ゲートインバータ	M74F00	M74F02	M74F04
	M74F08	M74F10	M74F11
	M74F20	M74F30	M74F32
	M74F86		
	M74F14		
シュミット			
	M74F74	M74F112	M74F174
	M74F175	M74F374	M74F574
フリップフロップ	M74F821	M74F823	M74F825
	M74F373	M74F573	M74F841
	M74F843	M74F845	
ラッチ			
	M74F125	M74F240	M74F241
ラインドライバ	M74F244		
バストランシーバ	M74F245		
	M74F646	M74F648	←レジスタ付
カウンタ	M74F161A	M74F163A	
	M74F138	M74F139	
デコーダ			
	M74F151	M74F157A	M74F158A
マルチプレクサ	M74F251	M74F257A	M74F258A
	M74F280		
パリティチェック			
	M74F283		
アダプタ			
	M74F521		

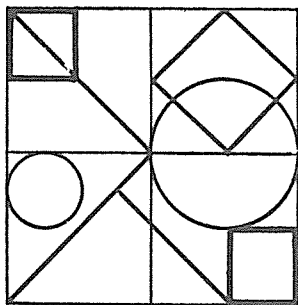


MAST,FAST,ASTTL入出力波形

TTL ICのシリーズ間特性比較

シリーズ名	MAST	ASTTL	STTL	FAST™	ALSTTL	LSTTL
項 目	(M74FOOP)	(M74ASOOP)	(74S00他社品)	(74F00他社品)	(M74ALS00AP)	(M74LSOOP)
伝搬時間 ⁽¹⁾ (標準)	t_{PLH} 2.8ns	2.3ns	3ns	2.8ns	5ns	6ns
	t_{FHL} 2.0ns	1.7ns	3ns	1.9ns	3ns	6ns
消費電力(標準)	P_d 4.5mW/Gate	8mW/Gate	19mW/Gate	5.4mW/Gate	1.25mW/Gate	2mW/Gate
スレッシュホールド電圧(標準)	V_I 1.6V	1.5V	1.3V	1.6V	1.4V	1.1V
"H"出力電流(最大)	I_{OH} -1mA	-2mA	-1mA	-1mA	-0.4mA	-0.4mA
"L"出力電流(最大)	I_{OL} 20mA	20mA	20mA	20mA	8mA	8mA
"H"入力電流(最小)	V_{OH} $V_{CC}-2\text{V}$	$V_{CC}-2\text{V}$	2.7V	2.5V	$V_{CC}-2\text{V}$	2.7V
"L"出力電流(最大)	V_{OL} 0.5V	0.5V	0.5V	0.5V	0.5V	0.5V
"H"入力電流(最大)	I_{IH} 20μA	20μA	50μA	20μA	20μA	20μA
"L"入力電流(最大)	I_{IL} -0.6mA	-0.5mA	-0.2mA	-0.6mA	-0.1mA	-0.4mA
入力電圧(最大)	V_I 7V	7V	5.5V	7V	7V	10V
動作電源電圧	V_{CC} 4.5~5.5V	4.5~5.5V	4.75~5.25V	4.5~5.5V	4.5~5.5V	4.75~5.25V
伝搬時間保証条件	T_a -20~+75°C	-20~+75°C	25°C	0~70°C	-20~+75°C	25°C
	V_{CC} 4.5~5.5V	4.5~5.5V	5V	4.5~5.5V	4.5~5.5V	5V
	C_L 50pF	50pF	15pF	50pF	50pF	15pF

注1. $V_{CC}=5\text{V}$, $T_a=25^\circ\text{C}$, $C_L=15\text{pF}$ の時の値です。



特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

感湿素子 (特許 第1264192号)

発明者 武藤 勝俊, 小峰 義治, 沢田 隆夫

この発明は、動物の骨や歯の主部分である水酸アパタイトのセラミックスを湿度センサとして構成したものである。

例えば、純度99.9%以上の CaHPO_4 と CaCO_3 を $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2$ の組成となるように秤量し、ボールミル中で十分混合した後、電気炉を用いて水蒸気雰囲気において1,000°C位で約10時間反応させる。その後、粉砕しポリビニールアルコール水溶液を加え、乳鉢の中で混合し造粒する。数百kgの圧力で直径25mm程度の円板上に成形し、水蒸気雰囲気中で数時間焼成した後、焼結体上に楕円電極を作成して素子を形成する。図1はこの素子の構造を示し、図2は素子の相対湿度—電気抵抗特性を示す。図示のように、湿度—電気抵抗特性は、相対湿度0~100%の全領域にわたってほぼ直線状になり、広い相対湿度範囲において相対湿度を測定することができる。また、この素子の応答速度は、相対湿度0%の状態から100%の相対湿度の変化に対応して数十秒であり、実用上十分に速い応答速度を持っている。さらに、骨、歯の材料と同質であるため、無公害である。

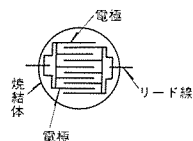


図 1

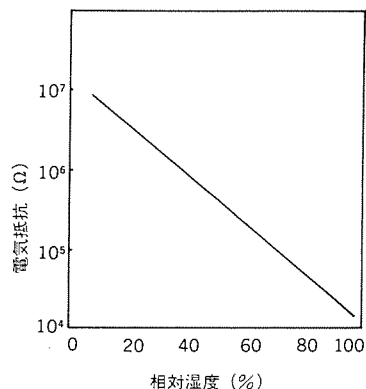


図 2

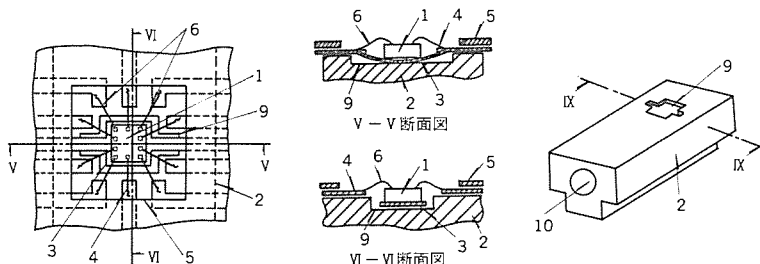
ワイヤボンディング装置 (実用新案 第1531533号)

考案者 越智 克則, 番条 敏信, 中川 興一

この考案は、ダイパッド沈めがなされたりリードフレームのリード部とダイパッド部に固着された半導体装置の電極とをワイヤボンディングするものにおいて、リードフレームを載置過熱するヒートブロックにダイパッド収容部を形成したものである。

すなわち、図示のようにヒートブロック(2)に、リードフレーム(4)の主上面とダイパッド(3)の上表面との距離にほぼ等しい深さを持つダイパッド収容部(9)を設ける。そして、このダイパッド収容部(9)の底面に、ダイパッド(3)の上表面が他の部分の上表面より低くなっているリードフレームのダイパッド(3)を載置、収容させる。このよう

にすると、リードフレームの他の部分がヒートブロック(2)の表面より浮き上がることがなく、この部分をフレーム押さえ(5)によって押さえても、ダイパッド(3)がダイパッド収容部(9)の底面により浮き上がらないため、この状態で良好なワイヤボンディング作業を行うことができる。また、ワイヤボンディング時にダイパッドが上下動し、金ボールと半導体素子の電極の位置ずれ、又は半導体素子が完全に熱せられていないためのボールのはがれ等が発生することがなく、完全なボンディングが行われる。



相対湿度計算尺 (実用新案 第1348559号)

考案者 徳 増治

この考案は、雰囲気露点及び乾球湿度を計算尺上でいったん水蒸気圧値に換算し、これらの水蒸気圧値の比を求めることにより、相対湿度を求めるものである。

すなわち、図2に示すように、下部固定尺(1)と滑尺(2)には、それぞれ飽和水蒸気圧目盛mmHgが対数目盛で設けられており、この各飽和水蒸気圧目盛mmHgに対応して、下部固定尺(1)には露点目盛 DP_1 、 DP_2 、 DP_3 が3本の尺に分割して設けられ、また滑尺(2)には乾球温度目盛 DB_1 、 DB_2 が2本の尺に分割して設けられている。以上のように構成されているので、雰囲気露点と乾球温度が分かれば、その露点と乾球温度をカーソル線(4)で対応させれば、計算尺の除算原理により滑尺(2)の飽和水蒸気目盛の基線(mmHg)に対応する下部固定尺(1)の飽和水蒸気圧目盛mmHgの数値が求められるべき相対湿度となる。このように、本考案によれば、高精度で容易かつ迅速に相対湿度を求めることができるほか、ある乾球温度又は露点と、飽和水蒸気圧又は飽和絶対湿度との換算も絶対数値で容易に行うことが出来る。なお、図1は空気特性線図を示し、横軸は乾球温度 $DB(^{\circ}C)$ 、縦軸は水蒸気圧 H と絶対湿度 X を示す。

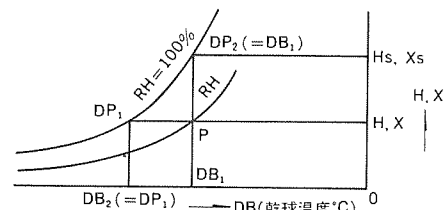


図 1

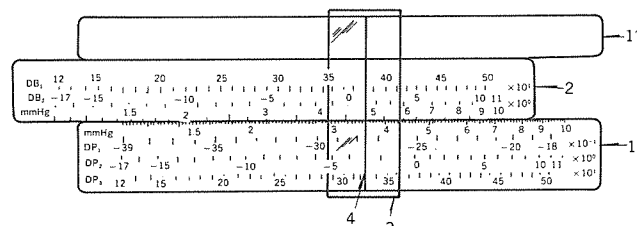


図 2

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol. 62 No. 5 冷凍・空調／三菱オフコンGEOCシリーズ特集

特集論文

- 冷凍・空調小特集に寄せて
- 三菱オフコン《GEOCシリーズ》小特集に当たって
- 混合冷媒採用ヒートポンプ冷暖房給湯機
- 産業用精密温度制御チラー
- 空調料金自動計算システム
- 冷媒用半導体圧力センサの開発とその応用
- オフィスコンピュータ《MELCOM80 GEOCシリーズ》の開発思想
- 《MELCOM80 GEOCシステム80G》のハードウェア
- オフィスコンピュータオンライントランザクション処理システム
- オフィスコンピュータにおけるシステム開発支援ツール

●オフィスコンピュータ二重系システム

普通論文

- 超高压送電線保護用PCM電流差動リレー装置
- 東京電力(株)納め系統周波数上昇防止リレーシステム
- スクロール真空ポンプ
- 日英機械翻訳システム
- 4 MビットマスクROMのシリーズ化と漢字キャラクタジェネレータ
- 512×512 IRCSD撮像装置
- 電波ホログラフィによる45m電波望遠鏡の鏡面精度測定
- 中国鉄道部納め6K型4,800kW交流電気機関車
- 新型《ムーバマスターEX RV-M1》のダイナミックシミュレーション

三菱電機技報編集委員

委員長 鶴田 敬二
委員 峯松 雅登
〃 目次 善孝
〃 堀切 賢治
〃 高橋 宏次
〃 村田 豪
〃 藤井 学
〃 郷 鉄雄
〃 高橋 誠一
〃 田中 輝一郎
〃 柳下 和夫
幹事 長崎 忠一
4月号特集担当 土橋 理博

三菱電機技報62巻4号

(無断転載を禁ず)

昭和63年4月22日 印刷
昭和63年4月25日 発行

編集兼発行人 長崎 忠一
印刷所 東京都新宿区榎町7
大日本印刷株式会社
発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号(〒105)
三菱電機エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」Tel.(03) 437局2338
発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地(〒101)
株式会社 オーム社
Tel.(03) 233局0641(代), 振替口座東京6-20018
定価 1部700円送料別(年間予約は送料共9,100)

スポットライト ムーブマスターEX RV-M1



このマイクロロボットは、ムーブマスターシリーズの3代目として外観デザインおよび性能・機能を一新した新機種のムーブマスターEX RV-M1です。ムーブマスターは、5自由度を持つ小形垂直関節形ロボットで、一般の産業用ロボットと比べますと、低価格でありながら可搬重量などの一部の項目を除いて性能・機能とも同等です。最近では用途も教育・研究分野に止まらず、FA分野まで幅広く採用されるようになってきました。新製品のRV-M1は用途の拡大に應えるために、速度・精度・寿命などの向上とロボット言語の充実、パーソナルコンピュータとの通信機能の強化をはかりました。

特長

●小形軽量で高速

ロボット本体は、アームにアルミダイカスト、カバー類に樹脂成形品を使用することで軽量化をはかり、19kg（当社従来比70%）と人手で容易に持ち運びができます。また、軽量化と新機構の採用で最大速度を1000mm/sec（当社従来比2.5倍）と向上させました。

●ロボット言語の充実と通信機能の強化

ロボット言語は、パレタイズ命令などを追加して63言語（当社従来34言語）と充実しました。さらにRS-232Cによる通信機能も強化して、パーソナルコンピュータからロボットへの一方向のみのデータの流れから双方向のデータのやり取りができるようになりました。

●制御装置の機能と信頼性の向上

制御装置であるドライブユニットは、数値演算素子の採用、ユーザー用EPROMの256キロビット化などハードウェアの全面改良を行い、補間演算時間の高速化、ユーザープログラムのROM化時間の短縮化などの機能向上をはかりました。また、信頼性を向上させるためノイズおよび瞬時停電に対する耐力を強化しました。

ロボット本体の仕様

項 目		仕 様
構 造		5自由度 垂直多関節形
動 作	ウエイト回転	300° (MAX 120°/sec)
	ショルダ回転	130° (MAX 72°/sec)
	エルボ回転	110° (MAX 109°/sec)
	リストピッチ	±90° (MAX 100°/sec)
範 囲	リストロール	±180° (MAX 163°/sec)
	アッパーアーム	250mm
アーム長さ	フォアアーム	160mm
	可搬重量	max. 1.2kgf (ハンド重量を含む)
最大合成速度		1000mm/sec (リストツール面)
位置繰り返し精度		±0.3mm (リストツール面のロール中心)
駆動方式		DCサーボモータによる電気サーボ駆動
本体重量		約19kgf
モータ容量		J1~J3軸 30W, J4, J5軸 11W

ドライブユニットの仕様

項 目		仕 様
教 示 方 式	プログラミング言語方式 (63種), MDI (パソコン使用)	
制 御 方 式	DCサーボモータによるPTP位置制御方式	
制 御 軸 数	5軸 (+オプション1軸)	
位 置 検 出	パルスエンコーダ方式	
原 点 検 出	リミットスイッチ, およびパルスエンコーダによる (Z相検知方式)	
補 間 機 能	関節補間, 直線補間	
速 度 設 定	10段階	
ポ ジ シ ョ ン 点 数	629点 (8kB)	
プログラムステップ数	2048ステップ (16kB)	
記 憶 手 段	内蔵EPROMライターによるEPROM化, またはバッテリーによるスタティックRAM記憶保持方式 (ただしバッテリーはオプション, 約2年間保持)	
位 置 数 示 手 段	ティーチングボックス (オプション) またはパソコン	
プログラム作成手段	パソコン	
外 部 入 出 力	汎用入出力各8点 (各16点タイプも用意)	
	汎用入出力同期信号 (STB, BUSY, ACK, RDY)	
	専用入出力なし (各3点付も用意) なお, 外部入出力用電源はユーザー用意 (DC12V~24V)	
イ ン タ フ ェ ース	パラレル (セントロニクス準拠)	各1
	シリアル (RS-232C準拠)	
非 常 停 止	コントローラ前面スイッチ, ティーチングボックススイッチおよび後面端子台 (B接点端子) による	
ハ ン ド 制 御	電動ハンド, またはエアハンド (ACソレノイド使用)	
ブ レ ー キ 制 御	J2軸 (ショルダ), J3軸 (エルボ) にあり	
電 源	AC100V, 0.5kVA	
周 囲 温 度	5℃から40℃	
重 量	約23kgf	
外 形 寸 法	380(W) × 331(D) × 246(H) mm	

新1ループコントローラ スポットライト MACTUS210シリーズ

昭和54年に業界初の1ループコントローラを発表し、以来幾多の経験を積み重ね今また新シリーズを開発しました。汎用形と高機能形を用意しており、各々にオプションとしてオートチューニング機能を付加することができます。汎用形は一般に数多く使用されている制御形態を4種類標準装備しており、これらのいずれかを選択し、さらに変更可能な制御機能について該当する機能の指定をするだけで、プログラムレスに制御機能を構築できます。高機能形は多彩な制御演算命令群により、単純なものから複雑多岐にわたる制御機能の構築を容易に実現します。プログラムは液晶タッチパネルで操作する、可搬形プログラミングユニットにより生成できます。

特長

●オートチューニング機能

ファジイ理論にもとづくPIDオートチューニング機能による最適な制御を行います。プロセスの状態を常時監視し、制御規則に従ってチューニングします。プロセスに対して外乱となる信号は出力しません。

●高性能・高機能・多機能

16ビットマイクロプロセッサの採用により、フローティング演算で最小制御周期100msを実現しました。充実した制御機能の装備によりあらゆる制御を行えます。

●視認性・操作性

指示計の色分けを行い、また前面の英数字表示器で工業量表示します。さらに前面よりパラメータのモニタ・チューニングを可能としています。

●プログラムの生成・保存・可搬性

不揮発性メモリの採用により、プログラムROM (EPROM) の着脱およびバックアップ用のバッテリーを必要としません。ICカードにプログラム・パラメータを保存し、持ち運ぶことができます。(高機能形のみ必要)

●システム拡張性

1ループコントローラ間および上位装置との機器間通信を可能とし、容易にシステム化がはかれます。

●小形・軽量・コンパクト

奥行き400mm、重量2.5kgでパネル取付および持ち運びが容易です。

●国際規格化

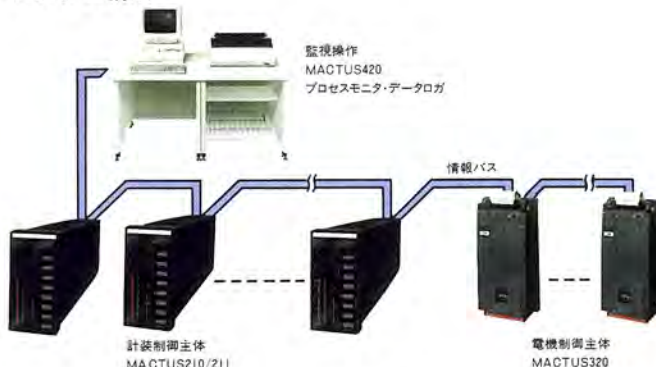
パネル形状はDIN (IEC)規格に適合した144×72mmです。



主仕様

形名	汎用形		高機能形	
	MACTUS210	MACTUS210AT	MACTUS211	MACTUS211AT
オートチューニング機能	無	有	無	有
入出力	アナログ入力	5点	1~5VDC	
	アナログ出力	4点	4~20mA DC (2点) 1~5VDC (2点)	
	デジタル入力	6点	20~30VDC, 10mA (24Vの時)	
	デジタル出力	7点	20~30VDC, 100mA以下	
	パルス出力	2点	20~30VDC, 100mA以下	
制御周期	指定機能による (100msまたは200ms)		100ms~1s (50msきざみ)	
制御機能ブロック数	4種類の制御形態のいずれかを選択する		71種類	
使用可能ブロック	PID, PID-PID, R-PID, R+PID		200ステップ	
エンジニアリングサポートツール	チューニングパネル操作		プログラミングユニット (可搬形液晶タッチパネル)	

システム構成



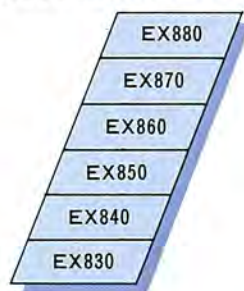
MELCOM EX

スポットライト 860,870,880



情報が企業戦略を左右する時代になりました。このような時代の新しいニーズに応えるために開発されたのが三菱汎用コンピュータ《MELCOM EX800》シリーズです。中でもこのシリーズの最上位機種EX880をはじめ、モデル870・860には最先端技術を採用しています。たとえば、大容量キャッシュメモリとストア・イン方式の採用、システム効率を高める独立形チャンネル、ニーズに柔軟に対応するひらかれたネットワークなど。これらのハイパフォーマンスを実現した背景には、先進の半導体開発技術やソフトウェア技術をはじめとする三菱電機の総合力があります。《MELCOM EX800》シリーズは、これからの企業総合情報システムの核として、新しい拡がりを提供します。

《MELCOM EX800》シリーズのラインアップ



特長

●大容量キャッシュメモリ、ストア・イン方式を採用

キャッシュメモリを128kBに大容量化するとともに、ストア・イン方式を採用。任意のアドレスから同一の速度で読みだせる機構も取入れ、演算速度の向上をはかりました。

●システムの総合力を高める、独立形チャンネルを採用

CPUによる入出力チャンネルの一部機能代行方式にかえ、完全に別のハードウェアとして入出力を処理する独立形チャンネルを筐体を大形化せずに採用。システムの総合処理能力と信頼性を同時に向上させています。

●最先端の半導体技術がハイパフォーマンスを提供

遅延時間400ピコセカンド、チップあたり2500ゲートの高速・高密度論理LSIをはじめ、アクセス時間5ナノ秒のECL-RAM、1MビットのCMOS-DRAMなどの採用により、処理能力が飛躍的に向上しています。

●高速演算エンジンを搭載

パイプラインの制御強化による高速化とともに、一般事務処理に多く使用される10進演算や科学技術計算用の関数処理を高速で行う機構を標準装備しています。

●ニーズに柔軟に対応する、ひらかれたネットワーク

OSIに準拠したネットワークアーキテクチャ*MNAにより、多彩な通信手段を提供。ホスト、ワークステーションなどを有機的に結合、あらゆるニーズに柔軟に対応します。

*MNA:Multi-shared Network Architecture