

MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.65 No.8

8
1991

“豊かな家庭生活を目指して”特集



“豊かな家庭生活を目指して”特集

目 次

特集論文

豊かな家庭生活をめざして	1
神谷昭美	
人にやさしい家電機器	2
荒野皓也	
ルームエアコン《コスマライン》	5
永友秀明・今城康雄・菅原作雄	
住宅用《エアマルチ》システム	11
吉川利彰・岡田哲治・瀬下 裕・五十嵐英雄	
床置形パッケージエアコンへの吸音プラスチック導入	17
秋山卓夫・高木 司・永野雅夫・臼井重雄	
薄形高品位 FF 温風暖房機《クリーンヒーター》	22
河上国彦・知久隆雄・小関秀規・菅原作雄・長谷川恵一	
石油ファンヒーター KD-336DS	30
任田保満・福野克哉・塚原英行・山口博志	
石油ファンヒーターの暖感コントロール	36
大西茂樹・菅原作雄	
暖房機ネットワークシステム	41
鈴木たかね・菅原作雄	
住宅用《ロスナイ換気冷暖房システム》	47
梶田 勝・田口秀穂・佐々木 誠	
全密閉形冷媒圧縮機の技術動向	53
川口 進・佐藤 豊・平原卓穂・木藤良 善久	
新形態 5ドアファジー冷蔵庫 MR-B46K	60
塚本郁夫	
ふく射高湿チルド室	67
長峯長次・原 正規・石川牧子・小西広繁・平岡利江	
オープンレンジ RO-540AF	72
山崎広義・大塚洋侯・菱山弘司	
生活シーン演出照明器具《シーン》	76
願念和男・大下裕司・沢田春海	
高画質 AV モニター 37C-CZ70	83
西野 功・花井晶章・有田かがり・新納 進・西村好雄・松田守正	
VTR の制振設計による高画質・高音質の実現	87
樋口三令・門脇一夫・加藤直樹	
3管1レンズ方式ビデオプロジェクタ LVP-1000V	94
足立和男・河村博至・柴田 守・高田純一・奥田博志	
高性能モニター スピーカーシステム“2S-3003”	99
塚本浩二	
特許と新案	
零相電圧導出装置、継電器用タップ整定装置	105
ハードコピー切換装置	106
スポットライト	
給気用高性能フィルター付きダクト用《ロスナイ》VL-1600ZC	103
黒レベルクランプ付き高速ゲインコントロール IC	104
三菱低圧気中遮断器 Super AE シリーズ AE-SS 形	(表3)

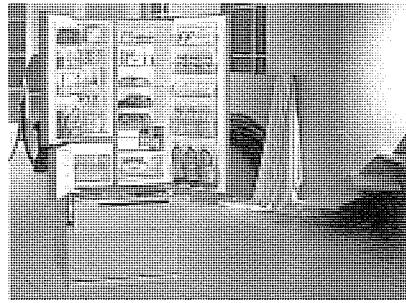
表紙

新形態 5ドアファジー冷蔵庫

MR-B46K

写真は6月21日発売のMR-B46K形冷蔵庫である。冷蔵庫の大容量化、高付加価値化が進む中で、大型冷蔵庫の使い易さの原点を追求し、かつ当社独自の要素技術を搭載した冷蔵庫である。

右側が冷蔵室、左側が冷凍室と人間工学的に最も使い易いサイドバイサイドタイプであり、ワイドな引出しチルド室、ビッグな野菜室には食品が整理性良く、たっぷり収納できる。さらにラップ不要の高湿チルド室や、全自动ファジー制御、独立自動製氷室の機能に加えて、新形圧縮機搭載により、19ホンの超静音化を実現しており、デザインを含め当社独自のメリットをフル装備しており、「豊かな生活」を演出する家電商品群の一つである。



三菱電機技報に掲載の技術論文では、
国際単位“SI”(SI 第2段階(換算値方式)
を基本)を使用しています。
ただし、保安上、安全上等の理由で、
従来単位を使用している場合があります。

アブストラクト

人にやさしい家電機器

荒野皓也

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 2~4

2兆5000億円という巨大な市場を形成する家電機器が安定した成長を維持していくには、社会環境とライフスタイルの変化にマッチして、豊かでゆとりある生活の創造を支援する新しい技術が必要とされる。それは“人に優しい家電機器”であり、使う人の満足感が得られ、使う人の生活の一部の機能を代行・支援できることである。このためには機器と人とを結ぶ技術が大切であり、インテリジェント インタフェース フォーアメニティーと呼称して、我々の開発理念としている。

ルームエアコン《コスモライン》

永友秀明・今城康雄・菅原作雄

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 5~10

新築住宅の居間は、現在洋室12~14畳が主流でLDK化する傾向にある。今回、デザイン・据付け性・機能・性能など仕様全体についてLDKにこだわった新しいルームエアコン《コスモライン シリーズ》を開発した。特に快適性に関しては、1,600通りの気流を作る立体マルチフランジップ、その中から環境に応じて適切な気流を選択する気流ファジー、使用者の温熱感覚に合わせて能力を変える設定温度補正ファジーなど、LDKの環境を意識した改善手段を搭載した。

住宅用《エアマルチ》システム

吉川利彰・岡田哲治・瀬下 裕・五十嵐英雄

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 11~16

住宅用《エアマルチ》システムは、各部屋ごとの空調が要求されるなか開発された新しい空調システムで、次のような大きな特長がある。

- (1) 年間を通して、家全体を快適な温度に保てる。しかも、全室空調も可能で小部屋等の空調にも対応ができる。
- (2) 新風量制御《VAVDAS》の搭載により、ダクト設計、据付け時試運転調整が簡易に行え、しかも各部屋の負荷に応じて最適な風量制御(ゾーン空調)ができる。

床置形パッケージエアコンへの吸音プラスチック導入

秋山卓夫・高木 司・永野雅夫・臼井重雄

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 17~21

'91シーズン床置形パッケージエアコンでは、多孔質の吸音プラスチックをファンケーシングに導入する際、吸音効果向上の因子を探究し、製品に適応した最適な吸音特性が得られる技術開発を行った。能力8kWクラスでは、当社従来機種から4dB低減という大幅な低騒音化を実現することができた。吸音プラスチックの空孔割合、背面空気層、送風機の動作ポイントといった因子が、吸音特性に効果的であることが確認された。

薄形高品位FF温風暖房機《クリーンヒーター》

河上国彦・知久隆雄・小関秀規・菅原作雄・長谷川恵一

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 22~29

開発されて20年の実績があるFF温風暖房機《クリーンヒーター》の本質的機能を向上させるため、①要素技術の開発(ファジー制御、スリープ制御、燃焼器性能改善、燃焼用送風機の小型高性能化、対流用送風機の薄形化、制御基板の小型化等)、②新感覚のざん新たなデザインの採用、等を行って薄形高品位と長時間本格暖房機として商品化した。

石油ファンヒーター KD-336DS

任田保満・福野克哉・塚原英行・山口博志

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 30~35

平成3年度石油ファンヒーターは、デザイン・付加機能・基本性能面で次の特長のある大幅な改善を図った。

- (1) 新機能のシャッタ機構搭載
- (2) 快適性向上の“ファジー パワーコントロール”採用
- (3) 基本性能面の低NO_x、低臭気化
- (4) 電気カーペット、加湿器とのシステム運転可能

石油ファンヒーターの暖感コントロール

大西茂樹・菅原作雄

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 36~40

環境変動を空調機の冷房運転時にあって、高い快適性と省エネルギーの効果が得られる涼感コントロールを、暖房運転時に応用して暖感コントロールを開発した。暖房運転時に室温の変動を行うと、室温が下降する際に居住者が寒さを感じ、快適さを損なうことがある。ここでは室温下降時に、温風を時々居住者にあてることで、快適性の向上と省エネルギーの効果を確認した。

暖房機ネットワークシステム

鈴木たかね・菅原作雄

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 41~46

暖房機ネットワークシステムは、電気カーペットからの情報を、温風暖房機のリモコン受光部で受信し、温風暖房機の制御を行う。電気カーペットは、表面温度、床付近空気温度などの情報を送信する。温風暖房機はカーペットからの情報により、設定温度、吹出し風量の制御を行う。これにより、足元付近の温度分布の改善、温風によるドラフト感の減少、カーペットの上を効率良く暖めることによる省エネルギー性などの効果が得られる。

住宅用《ロスナイ換気冷暖房システム》

樋田 勝・田口秀穂・佐々木 誠

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 47~52

《ロスナイ換気冷暖房システム》は、快適な省エネルギー住宅として目されている高気密、高断熱住宅用に開発したダクトによる空気搬送のセントラル空調システムである。

高気密・高断熱住宅の冷房負荷について、計算と実験によって検討を行った。実験では、延べ床面積158m²の住宅で3.4kWの冷房機を連続運転し、最大熱負荷時の能力は不足するものの、夜間や外気温30℃程度の日中には冷房が可能であることが明らかになった。

全密閉形冷媒圧縮機の技術動向

川口 進・佐藤 豊・平原卓穂・木藤良 善久

三菱電機技報 Vol. 65・No. 8・P 53~59

冷凍空調システムのキーデバイスであり、冷媒ガスのポンプ機能を果たす冷媒圧縮機は、高効率・低騒音・低振動・可変速幅の拡大等、多岐にわたって機能の高度化が求められている。本稿は、こうしたニーズに対する最近の当社圧縮機の技術動向を概観し、低振動・超低騒音の低压シェル中吊りロータリや、低振動・高効率の2シリンダロータリの技術を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 30~35 (1991)

The KD-336DS Vaporized-Kerosene Fan Heater

by Yasumitsu Toda, Katsuya Fukuno, Hideyuki Tsukahara & Hiroshi Yamaguchi

Mitsubishi 1991-model vaporized-kerosene fan heaters feature improvements in basic performance, additional functions, and new aesthetic design. The burner has been redesigned to reduce acrid NOx generation, the power output is regulated by fuzzy-logic control circuitry to improve room comfort, a shutter mechanism has been added, and the unit can be operated in tandem with an electrically-heated carpet or humidifier.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 2~4 (1991)

User-Friendly Home Appliances

by Tetsuya Koya

Household appliance sales constitute a huge market, totalling 2.5 trillion yen annually in Japan. To maintain market growth, products will have to reflect changes in social environments and lifestyles, and incorporate new technologies that can help make peoples' lives more comfortable. Such "user-friendly" appliances will create satisfaction through use and will either relieve the owner of routine tasks or assist in their performance. The author refers to user-machine interface technologies that help to achieve this goal as a concept of "intelligent interfacing for amenities," that underlies the corporation's work in this area.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 36~40 (1991)

A Natural Heating-Control System for Oil Fan Heaters

by Shigeki Onishi & Sakuo Sugawara

The corporation has developed a natural heating-control pattern for heaters based on a similar cooling-control pattern for air-conditioners that realizes both excellent room comfort and energy savings when effecting temperature changes. After a conventional heater shuts off, users usually experience a chill as the temperature begins to fall. The new control system increases comfort during this interval by periodically discharging bursts of warm air.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 5~10 (1991)

The Cosmoline Room Air-Conditioners with Fuzzy-Logic Control

by Hideaki Nagatomo, Yasuo Imaki & Sakuo Sugawara

Many new residences built in Japan have a large western-style living room of 24~28m² that includes a dining room/kitchen alcove. The corporation has developed the Cosmoline room air-conditioners taking into consideration performance, control functions, flexible installation options, and an aesthetic design suited to this architectural style. For example, the Cosmoline achieves greater comfort levels by employing fuzzy-logic functions to select the most appropriate of 1,600 air flow patterns available to the multiple automatic vanes, and a temperature-setting compensation that selects the most suitable cooling/heating power level in terms of the user's subjective desires.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 41~46 (1991)

A Network System for Heating Equipment

by Takane Suzuki & Sakuo Sugawara

This network system consists of an electrically heated carpet that sends temperature information to the control circuitry of a forced-air heater. The information is sent optically to the heater's remote-control sensor. The carpet measures surface, floor and air temperatures, which the forced-air heater's control circuitry uses to determine optimal settings. The system saves energy because it reduces discomfort associated with uneven temperature distribution near the floor, reduces the presence of hot drafts, and more uniformly heats the space above the carpet.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 11~16 (1991)

A Duct-Type Centralized Air-Conditioning System

by Toshiaki Yoshikawa, Tetsuji Okada, Yu Seshimo & Hideo Igarashi

The corporation has developed a multiple air duct central air-conditioning system for homes that provides separate temperature controls for each room. The system keeps an entire home at a comfortable temperature throughout the year, even the small rooms. Provisions for variable air-volume control and a duct-network analyzing system make it easy to select suitable airflow patterns when designing ducts, and to adjust the system operation during installation. During operation, the system regulates airflow based on the input from the temperature controls of each room.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 47~52 (1991)

A Lossnay Ventilating and Air-Conditioning System for Residential Use

by Masaru Toida, Hideho Taguchi & Makoto Sasaki

This centralized system employs ducts developed for well-insulated and well-sealed modern residences. The authors calculated and then tested the cooling load of the system on such residences. Tests on a residence with a floor area of 158m² showed that a continuously operating 3.4kW air-conditioning system could provide adequate cooling under peak thermal load conditions, except when the outside air temperature exceeds 30°C during the daytime. Non-Lossnay systems would be inadequate to handle this load with ventilating

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 17~21 (1991)

A Sound-Absorbent Plastic for Use in Floor-Standing Split-Type Air-Conditioners

by Taku Akiyama, Tsukasa Takagi, Masao Nagano & Shigeo Usui

A porous sound-absorbent plastic has been developed and its optimal sound-absorption effects put to use in the 1991 model of the corporation's floor-standing, split-type air-conditioners. The material dramatically improves the sound-absorption performance of the fan casings, reducing the air-blower noise by 4dB in an 8kW-class unit. The factors influencing sound absorbance are the material porosity, having an open space behind the material, and the point of rotation of the fan.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 53~59 (1991)

Development Trends in Hermetic Compressors

by Susumu Kawaguchi, Yutaka Sato, Takuho Hirahara & Yoshihisa Kitara

Refrigeration and air-conditioning system manufacturers require hermetic compressors with high efficiency, low noise, low vibration, and wide-range variable-speed operation. The article surveys trends in Mitsubishi hermetic compressor technology aimed at meeting these needs. It introduces low-pressure shell and internally-suspended dual-cylinder rotary compressor technology, which features low vibration, ultralow noise and high efficiency characteristics.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 22~29 (1991)

A Thin, High-Quality Oil Heater with a Forced-Draft Balanced Flue

by Kunihiko Kawakami, Takao Chiku, Hidenori Koseki, Sakuo Sugawara & Keiichi Hasegawa

Having designed and manufactured forced-draft balanced-flue oil heaters for more than 20 years, the corporation has now developed and commercialized a thin, high-quality, 24hr-control oil heater that incorporates such new technical elements as fuzzy-logic control, a sleep timer, better burner technology, a small, high performance blower for the balanced flue, a thin convector fan and a smaller controller board. It also boasts an innovative aesthetic design.

アブストラクト

新形態5ドアファジー冷蔵庫 MR-B46K

塚本郁夫

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 8 · P 60~66

家庭用冷蔵庫が年々大型化、多ドア化、高機能化している中で、コンパクト400L 4ドアと並んで量的主力に伸びつつある新形態450L ゾーンに、冷蔵庫の基本機能である使い勝手と整理性を重視し、かつデザイン、保存機能、静音化技術等の多様化するニーズに対応できる本質機能を搭載した新形態5ドアファジー冷蔵庫 MR-B46K を発売する。当社独自の新技術をフル装備したことによって、より豊かな生活シーンをサポートできるものである。

ふく射高湿チルド室

長峯長次・原 正規・石川牧子・小西広繁・平岡利江

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 8 · P 67~71

家庭用冷蔵庫のチルド室は、食品を凍結させずに保存する最も低い温度に設定され、比較的の短期間の保存に適している。当社は、生鮮食品の水々しさを保ち、高湿度環境が維持できる高湿チルド冷蔵庫を'90年12月に発売(MR-CA42Jほか)した。これは、チルド室をふく射冷却とし、ほぼ密閉構造とすることによって高湿度化を図ったもので、従来のチルド室に比べ、食品の乾燥による質量変化率を1/3に抑制することができる。

オープンレンジ RO-540AF

山崎広義・大塚洋侯・菱山弘司

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 8 · P 72~75

オープンレンジ RO-540AF には、マグネットロン出力を広範囲に調整可能なインバータ電源を開発し、搭載している。さらに、このオープンレンジには、庫内脱臭を行うコーティングを庫内壁面に施すとともに、セラミックフライパンを備えてフライパンごとレンジの中に入れ加熱できるようにしてあり、これらの機能を利用して煮込み料理その他の調理メニューを一層充実した。

生活シーン演出照明器具《シーン》

願念和男・大下裕司・沢田春海

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 8 · P 76~82

明るさや形だけでなく、光による生活の演出が照明器具に対する大きなニーズとなってきている。これに対応して、“テレビ”“くつろぎ”“だんらん”などの生活シーンに最適な照明空間を1台の器具で実現する生活シーン演出照明器具《シーン》を開発、発売した。光の変化は、ハロゲンランプ、蛍光ランプ等光源の組合せと、連続調光、透光カバーの回転等の付加機能によって実現し、操作は赤外線リモコンにより行う。器具は電源工事なしで取り付けることができる。

高画質 AV モニター 37C-CZ70

西野 功・花井晶章・有田かがり・新納 進・西村好雄・松田守正

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 8 · P 83~86

クリアビジョン、ハイビジョン等放送の高画質化、高精細度化、S-VHSビデオやレーザディスク等のパッケージメディアの高画質化に対応する高画質 AV モニターを製品化した。クリアビジョン映像処理をベースに各種高画質映像処理回路を搭載し、新開発高性能ブラウン管の採用と併せて、クリアビジョンからハイビジョンまで自然で臨場感あふれる美しい映像を再現することが可能である。

VTR の制振設計による高画質・高音質の実現

樋口三令・門脇一夫・加藤直樹

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 8 · P 87~93

シンプルで本物指向の高画質・高音質に徹底的にこだわった据置形VTR という明確なコンセプトのもとに、デッキをシャーシフレームから独立分離するデッキサスペンションに代表される制振構造を採用したことにより、外部及び内部の振動によるドラム部や回路基板への悪影響を低減し、高画質・高音質・低騒音のVTR の開発に寄与した。

3管1レンズ方式ビデオプロジェクタ LVP-1000V

足立和男・河村博至・柴田 守・高田純一・奥田博志

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 8 · P 94~98

映像大画面を一般家庭で楽しみたいという要求に対し、スクリーンサイズ70~100形対応3管1レンズ方式ビデオプロジェクタ LVP-1000Vを開発した。本機の特長は、①家庭用 AV 機器としての設置簡易性及び機能、②3管3レンズ方式ビデオプロジェクタに迫る高画質、③生き生きとした色再現性、④周辺機器とのシステムアップ性の良さ、などが挙げられる。

高性能モニター スピーカーシステム “2S-3003”

塚本浩二

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 8 · P 99~102

デジタルオーディオ時代を迎え、モニター スピーカーシステムの性能向上の要求が高まっている。広帯域再生、低ひずみ化、高耐入力性等の基本性能の向上を図るために、B₄C(炭化ほう素)振動板、3軸織アラミッドハニカム振動板、新磁気回路方式 ADMC 等の最新技術を搭載した2S-3003形モニター スピーカーシステムを開発した。また、家庭用として共通の最新技術を採用したDS-V3000形スピーカーシステムを製品化した。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 83~86 (1991)

The 37C-CZ70 High-Quality Audio-Visual Monitor

by Ko Nishino, Masaaki Hanai, Kagari Arita, Susumu Niino, Yoshiro Nishimura & Morimasa Matsuda

The corporation has commercialized a high-quality audio-visual monitor for high-picture-quality, high-resolution signal sources, such as Clear-Vision (name given to Japanese first-generation EDTV), HDTV broadcasts, S-VHS videocassettes and laserdiscs. Clear-Vision image-processing technology provides a common denominator for handling all of the signal formats. The monitor also employs a new high-performance CRT. The monitor beautifully reproduces natural images from any of the above signal sources.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 60~66 (1991)

The MR-B46K Five-Door Refrigerator with Fuzzy-Logic Control

by Ikuo Tsukamoto

The corporation is now marketing the MR-B46K refrigerator, a five-door, 450-liter fuzzy-logic-controlled unit. It was designed to give the user organized yet flexible food-storage options with improved preservation performance and quieter operation. Alongside the popular four-door, 400-liter-class models, its addition to the Mitsubishi line reflects the increasing sales of larger refrigerators with more doors and more functions. The MR-B46K incorporates a number of original Mitsubishi technologies that make it exceptionally convenient and easy to use.

Mitsubishi Oenki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 87~93 (1991)

Techniques for Damping Vibration in the Structural Components of High-Quality VCRs

by Mirei Higuchi, Kazuo Kadowaki & Naoki Kato

The corporation has introduced a new suspension system to its tabletop VCR line that isolates the tape-transport mechanism from the chassis frame, and has implemented other vibration-suppression measures with the aim of achieving picture and sound quality as close as possible to the original source signal. These techniques reduce the transmission of vibrations from outside or from other components of the VCR to the sensitive drum and circuit boards, thereby helping to realize better VCR picture and sound with lower noise levels.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 67~71 (1991)

A High-Humidity Radiative Chilling Compartment

by Choji Nagamine, Masanori Hara, Makiko Ishikawa, Hiroshige Konishi & Toshie Hiraoka

The chilling compartments of consumer refrigerators are set to the lowest temperature at which food can be kept without freezing, and are suitable for short-term food storage. Model MR-CA423 and other Mitsubishi refrigerators on the market since 1990 have incorporated a new system that maintains high humidity in the chilling compartment. This prevents food from drying out, thus it can be kept longer without losing its moisture and freshness. A radiative chilling arrangement keeps the compartment cool, while semihermetic sealing keeps the humidity high. Foodstuffs dry out at approximately one-third the rate of those stored in a conventional refrigerator.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 94~98 (1991)

The LVP-1000V Three-CRT Single-Lens System for Video Projectors

by Kazuo Adachi, Hiroshi Kawamura, Mamoru Shibata, Jun'ichi Takada & Hiroshi Okuda

The corporation has developed the LVP-1000V video projector employing three CRTs and a single lens system to meet consumer demand for 70~100in video projection systems for home use. The projector is designed for easy installation and has functions especially suited to home-viewing environments. The vivid colors and excellent picture quality of this unit approach that of three-lens systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 72~75 (1991)

The RO-540AF Microwave Oven

by Hiroyoshi Yamazaki, Hiroshi Otsuka & Hiroshi Hishiyama

The RO-540AF microwave oven has a newly developed high-frequency inverter that can drive the magnetron tube over a wide power-output range. The oven interior is treated with an odor-resistant coating, and the oven is supplied with a ceramic frypan usable inside the oven. These features allow the oven to be used for slow-cooking stews and other new culinary possibilities.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 99~102 (1991)

The 2S-3003 High-Performance Monitor-Loudspeaker System

by Koji Tsukamoto

There is strong demand for better monitor loudspeakers to reproduce high-quality digital sound sources. The corporation has developed the 2S-3003 monitor-loudspeaker system to address the need for wide frequency response, low distortion, and high power capacity. The system employs boron carbide tweeter diaphragms, triaxial woven-fabric Aramid honeycomb-construction woofer cones, and an advanced magnetic circuit. The same technologies are also available for consumer use in the DS-V3000 speaker systems.

Mitsubishi Oenki Giho: Vol. 65, No. 8, pp. 76~82 (1991)

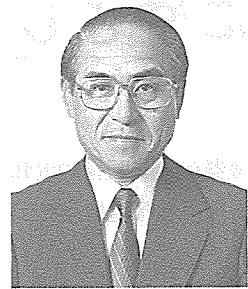
Lighting Fixtures Suited to Current Living Trends

by Kazuo Gannen, Hiroshi Oshita & Harumi Sawada

Up until this point in time conventional lighting fixtures have offered users rather specific choices in design and brightness; thus has arisen a demand for new lighting fixtures that can actively aid in setting moods in various scenes of daily life. The corporation has developed and is now marketing "Scene" lighting fixtures. These combine fluorescent lighting and halogen lamps with dimmer functions, a translucent rotating cover, and an infrared remote-control unit. The new lighting fixtures can set moods for television-viewing, relaxing or family togetherness through the control unit. Installation of the fixture is possible without any special electric wiring work.

豊かな家庭生活をめざして

三菱電機株式会社
専務取締役
商品事業本部長
神谷 昭美



あるとき、通産省の課長さんが「家庭生活をもっと楽しく、感動多いものにするため、思い切った演出をしてはいかが」とおっしゃった。誠に同感である。

物から心の時代に移ったと言われるようになって、もう何年も経った。我々の作るものも、機能・効率のうえに、何かしら心の豊かさを大切にする商品が多くなった。

人が活動する際に生み出した物質的な「文明」に対して、科学・芸術・宗教・法律など精神的な所産を、「文化」と字引には書いてある。私なりに家電の世界にこの分け方を演えき(繹)してみたい。性能・機能・効率を優先した機器は「文明」に相当し、楽しい・美しい・美味しい・快適だ・心地好い・よい音だなどは「文化」としたい。換言すれば、メーカーの常識とした単に“物”を提供する以前の活動は否定され、心の時代は人間性にあふれ、間・遊びの美学のある、生活に溶け込める家電商品が求められるのである。

いつの時代も、家庭、それが我々の市場である。先の本誌家電技術特集号（1988年4月号）で、家電に携わる者は「家庭とは、男が居て、女が居て、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」と思い、設計して欲しいと記した。あなたの生活にこのようにお役に立ちます、との言葉をここに加えたい。この考え方をベースに高効率・静音・大容量などのキーワードが生まれ、この考え方で他社にないものを他社に先駆けて開発するよう指示してきた。最近の製品から幾つかをあげてみたい。

照明器具については、明るさや形だけでなく、光による演出ニーズが大きい。くつろぎ、だんらんなどの生活シーンに最適な照明空間を、暮らしの器—住宅—を大改造しなくとも創れる配慮をしたつもりである。

多孔質の吸音プラスチックを使い、掃除機、エアコン、換気扇の静音化を進めた。冷蔵庫では、新構造の圧縮機を

搭載して静音化した。電気品が珍しかったころは運転音を誇るような時代もあったが、これからは目立たぬことに価値ある家電品が増えていくことだろう。

冷暖房機器では快適性と省エネ、経済性を追求してきた。空調機が目的とする暑さや寒さを感じない環境をめざし、人と生活場面、環境をやさしく結ぶファジー制御を適用した。

さて、文字どおりの文化にも触れたい。近年は海外生活経験者が増え、急増する国内居住の外国の方々がもたらす海外文化も面白い対象であろう。欧米の家電品を模倣した時代があった。それを日本人の生活スタイルに適応するように開発したときもあった。今では、IC技術の発展で日本の製品がインテリジェント化し、システム化し、海外から注目される。文化に目を向けると、エキサイティングな開発テーマがあるのでないか。

人と地球にやさしい製品を開発するのも、心の時代だからといえる。製品の生産・流通・使用・廃棄という過程は、地球環境に配慮し、また再資源化が必要である。安全や製品責任はライフエンドまで付随している。この観点で、売っていただきやすい製品づくりは大切と思っている。したがって、製品開発は設計者のみが行っているのではなく、製造・販売・サービスに携わる者も担当しているといいたい。あらゆる場面でお客様の心を頂だい(戴)する。そのためには社員が絶え間なく顧客と接するなら、成功する新製品が連続すると信じる。

効率優先から、間・遊びの美学のある、生活に溶け込める家電品が望まれている。それは、お客様の生きがいにもかかわるだろう。心の時代の真っ直中、機器メーカーの一員として、お客様の生きがいに思いを致すとともに、おのが人生いかにいかに生くべきかを求められている。

人にやさしい家電機器

荒野詰也*

家電機器市場の規模的流れを概算的にみると、1985年でのいわゆる白物家電機器は2兆1000億円、1990年には2兆5000億円となり、年率約4%の伸び率の市場を形成していることから、1995年には2兆8000億円になることが予測されている。このような巨大で成熟した家電市場の成長を安定して維持していくには、社会環境とライフスタイルの変化にマッチして豊かでゆとりある生活を創造する家電機器に新しい技術が必要とされ、1990年代に入ってその傾向が出てきている（図1）。

(1) ファジー家電に代表されるように、家電機器が人の要求に合わせられるように動作し、また使用される諸条件下でも最適な運転ができるようにファジー理論をマイコン制御に組み込んで、だれでも簡単に機器の持つ機能を実現できるようになる。

(2) 生活にマッチした機能と、快適性と省エネルギーを満足する動作ができる。

(3) 操作が簡単でだれでも操作でき、動作状況が分かりやすく表示される。

などであり、人に優しい家電機器が強く求められてきたことである。

これから家の家電機器の動向を考えていくには、社会環境とライフスタイルの変化をどうとらえるかが問題であるが、その主要なキーワードとして次があげられる。

- ①社会の成熟化
- ②高齢化
- ③社会の情報化
- ④科学技術の人間化
- ⑤新しい都市型生活文化の波及

①の社会の成熟化では女性の社会進出や生活水準の向上が進むことにより、時間の創出と時間の楽しみ方が強調されるようになる。また、自分の価値感によって、又は各年代に応じて自分の時間を大切に使う傾向が強まり、自分の好みの生かせる分野での専門化が浮き彫りになってくる。また、女性の社会的責任意識の自覚や個人の価値観を大切にするなど、先進諸国にみられる共通した価値観が浸透してくるにつれて、ゆとり・安らぎや心のよりどころを重視する住ライフの質的向上が一層進む。

②の人口の高齢化比率が高くなるにつれて、高齢者を配慮した使いやすさ、利便さ、及び健康、安全に対する考えが反映された製品へのニーズが拡大されるとともに、シルバー

マーケットの拡大が図られる。

③の社会情報化は視聴覚情報の増殖、データベース化、ネットワーク化が進み、企業間や、企業と個人、又は個人間に双向性のコミュニケーションが活発化する。メディアの身体化が確立し、情報を常に身近におくことへの欲求が増大する。このためパーソナル情報化システムと合わせてソフトの充実が必要となってくる。

④の科学技術の人間化は、機能中心から人間中心へと製品に対する考え方や評価が変わり、自然回帰・快適感・使用満足感・安心感への強い要求が出てくる。

⑤の新しい都市生活における生活スタイルは、生活が24時間化して、単に機能的に満足される機器などの“便利なモノ”から、生活の一部の機能を代行又は支援する“便利なコト”ができるような機器へと変わっていく。このような社会環境・ライフスタイルの変化を前提として、今後は時間サービスや時間をアレンジし、演出するというマーケットが創出されるであろう。

これらの中で、特に科学技術の人間化に関しては、次に述べるヒューマンインターフェース技術が重要視されてくる。まず、機器がより人間に近い機能を代行できるように、ファジー制御理論を応用した、これまでのインバータなどに代表される能力が可変に調整できる技術をベースとしたものが開発されている。今後はさらに、AI技術・ニューロ技術とと

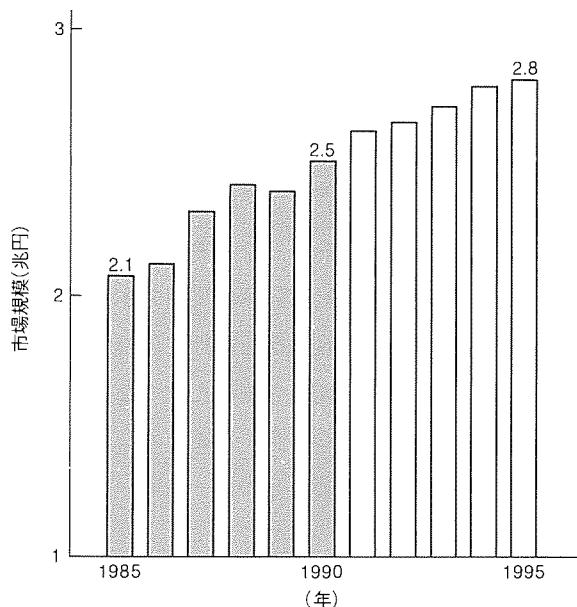
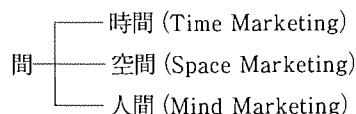


図1. 家電機器の市場規模推移(1991~1995年当社予測)

もに、ファジー概念も含めて、人の動作に近づけ、人に優しい機能を持つ製品が開発されるようになる。さらに、アメニティとか使いやすさをある程度機械がこなしていくことが重要になり、同時にそれらのコトができるような製品を開発していかなければならない(図2)。

次に、機械の性能が上がってくると操作が複雑になってくるし、人間サイドからみて、ただ使うというだけでなく、使って楽しいとか、満足感が得られるといったことが要求される。また、基本的な機械の機能が充足されることは当然として、より使いやすいとか、個人の要求に合わせられるとかが、差別化のポイントとなるいわゆる個電化への傾向が強まる。そこでは、人と機械との狭い意味でのインターフェース、又は人と生活場面や環境を結ぶインターフェースとしての役割を果たす家電機器を更にインテリジェント化したり、アメニティを満足できるものにしていく必要がある。

家電機器における“インターフェース”を少し広い意味でとらえてみると、時間・空間・人間の三つの言葉にあるそれぞれの“間”に対応させることができる。



“時間”についてみると、従来の洗濯機や掃除機は、人の働く時間を省くために、人の手間を省くために使用されてきた。これからは、それで生まれた時間をどれだけ心豊かに過

ごす時間として活用するかということになり、“省”だけでなく“創”に通じるものを持っていることが必要である。また、例えばビデオや冷蔵庫等は、必要に応じて時間をずらして要求に適合するという、“時間シフト”的概念を含む機能を持つことも必要になる。これらは、平成元年度の国民生活白書のなかでも述べられているように、“物質面での豊かさを重視するという人に代わって、心の豊かさや生活のゆとりに重きをおくという考え方の人が増加しており”の記述と、得られた自由な時間をレジャーや多くのスポーツ活動・趣味・娯楽などの余暇生活に振り向けられる傾向にもマッチしている。

“空間”についてみると、日本では空間はあまり豊かではなく、空間のなかで移動できるということ、パーソナル化ということに対応して、小型化・薄型化・ポータブル化するということがスペースの有効活用として必要となり、これから進んでいく方向である。その顕著な例が、住宅用の空調にマッチして急速に伸びている新しい空調機としてのハウジングエアコンである。これは1台の室外ユニットに数台の室内ユニットを接続して、従来の1対1の組合せに比べて省スペースができ、また室内ユニットも天井や壁に埋め込み部屋のインテリアにマッチするようになるとともに、居住空間の有効利用スペースを作りだすことができる。

“人間”については、人に優しい、心暖まることであり、家電機器を時間の省、空間の省ばかりでなく機器の動作によ

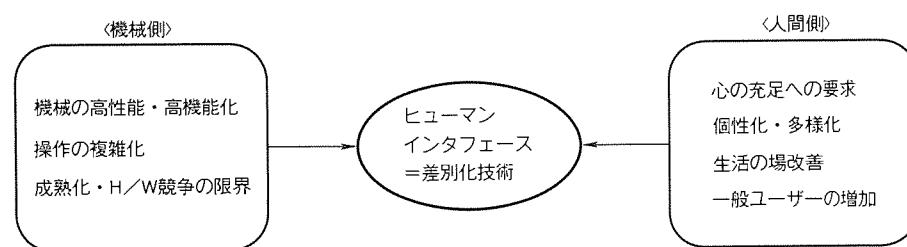


図2. ヒューマンインターフェースの位置付け

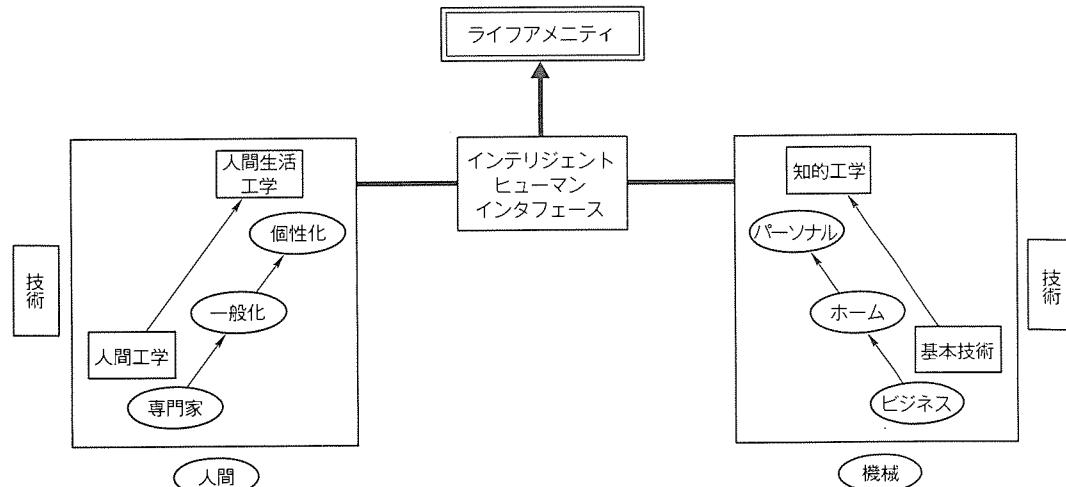


図3. I&I For Amenity (インテリジェントインターフェース フォー アメニティ)

って満足感の得られる、その人の使い方や好みに合った、また、合わせられる動作が得されることである。

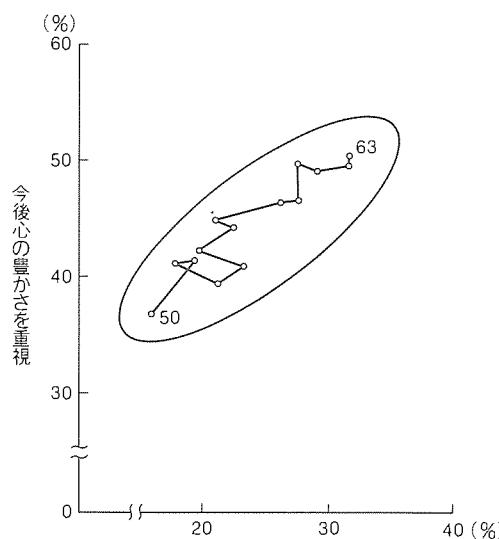
そこで、重要なテーマと考えられるインテリジェントアメニティについて触れてみる。従来からの機器の使われ方をみると、最初は専門家が使い、それを使いこなしていたのが普及してホームユースで一般化し、さらにパーソナルユースとして個別化されてきている。それとともに、技術も人間工学というより人間生活工学的なニュアンスになってきているようと思える。

そして技術も人間の感覚や感性のように境界のはっきりしない、あるいはあいまいさを機器の制御に取り入れることのできるファジー技術とか、人があるコトを行うときの動作や行動を模すことのできるAI技術・ニューロ技術的なものが必要になってくると思われる。

その人間と機械とをつなぐものがインテリジェントヒューマンインターフェースであり、それらを合わせて最終的にライフアメニティを実現していくことが、我々の今後の家電機器の開発に重要で、かつ必要なことである。これらを総じてインテリジェントインターフェースフォー・アメニティと呼称し、われわれの開発理念としている(図3)。

“人間感覚計測応用技術”が、通産省工業技術院から大型プロジェクトとして提案され、平成3年度から本格的な研究開発が開始されようとしている。このプロジェクトは通称“アメニティ大プロ”とか“感性大プロ”と言われているが、その研究思想は“人間に親しみのある工業製品を通して新たな生活文化を創造するため、人間の高次感覚を定量的・客観的に計測する技術及び生活環境の快適性を定量的に評価する技術並びに使いやすさなどを重視した製品開発のための技術を創出し、ゆとりある豊かな国民生活を実現するための産業新興を図る。”ことにある(図4)。家電機器のあるべき機能や人に優しい技術のありかたなどに多くの指針を与えるであ

る物の豊かさの追求から、心の豊かさ・時間の充実に関心が変化



今後「レジャー・余暇生活」に重点

(備考) 1. 総理府「国民生活に関する世論調査」により作成。
2. 添字は調査年次を表す。

図4. 価値感の変遷

ろうし、今後の家電機器を開発していく上でのキーテクノロジーになると期待される。また、それによって促進される技術を家電機器に適用して世界をリードしていくとともに、広く世界に貢献していくことが、今後の我々のとるべき方向として考えていきたい。

参考文献

- (1) 電波新聞 1990年6月26日
- (2) 平成元年度 国民生活白書
- (3) 飯田健夫：人間重視の製品開発 ENGINEERS, (1990-10)

永友秀明*
今城康雄*
菅原作雄**

ルームエアコン《コスモライン》

1. まえがき

ルームエアコンは、一家に1台を所有する時代から一家に2~3台を所有する時代に入り、特別な商品からあたりまえなそして必需的な商品になった。これに伴い、消費者のルームエアコンに対するニーズや意識も大きく変わろうとしており、新製品の開発もこれに対応した新しい視点が必要となる。例えば、どの部屋につけてもそれなりに使えるオールマイティ商品から、部屋別・用途別にマッチする特徴ある商品が求められ、また必需的なものになるほど、目立つ(存在を誇示する。)ことより目立たない(非存在性を追求する。)ことが求められる。

このような視点から、“くつろぎ”, “だんらん”の場であるLDKにターゲットをおき、特に広い部屋の快適性を重視した高機能エアコン《コスモラインシリーズ》を商品化した。本稿では、《コスモライン》の開発コンセプト、仕様や特徴などを始めとして、快適性向上を目的として開発したマルチ気流ファジーシステムについて紹介する。

2. 開発のねらい

(1) 適用床面積

表1、表2に示すように、新築住宅の居間は、10年前は和室6~8畳を中心だったが、今や洋室12~14畳を中心でLiving Room with Dining Kitchen(LDK)化する傾向にある。そこで《コスモライン》には、冷房定格能力3.2kW(適用床面積9~13畳)と4.0kW(同11~17畳)の二つの能力帯を設定した。

(2) デザイン

第一にLDKのインテリアに溶け込むデザインを前提にし、かつ目立たせない手段として心理的な圧迫感のない天井コーナへの近接設置を可能とした。

表1. 新築住宅の居間の形態変化
(数字は構成比%)

広さ	1981年	1986年	1990年
~4.5畳	2	3	—
6畳	33	17	10
8畳	27	18	11
10畳	19	15	22
12畳	10	27	25
14畳~	11	20	32

(3) 据付け性

従来は和室の三尺柱間に据え付けるために、室内機の横幅は81.5cm以下という制約があった。しかし、洋室が増え、かつ窓の高さが従来の1.8mから2.0mに高窓化するなかで、壁面スペースの有効利用の観点から窓上設置を考えると、室内機の制約は幅方向ではなく高さ方向にある。そこでカーテンレールスペースなどを考慮し、高さスペース30cmで据付け可能な室内機とした(従来機44cm)。

(4) 快適性

LDKは床面積が広いうえに、最近は床材がフローリング系が主流である。このような条件下で2.0mの高窓の上に設置されても、暖房時に床面まで温風を到達させて足元を暖かくし、かつ部屋のすみずみまで温度むらのない環境を造ることを機能的な必要条件とした。

3. 構造・性能上の特徴

3.1 形態

上記のねらいに基づいて開発した《コスモライン》MSZ-L3201, MSZ-L4001Sの室内機外観を図1に示す。室内機の高さを25cmに抑え、広い部屋も温度むらなく空調するために吹き出し口幅101cm、横幅120cmのワイドフォルムとした。《コスモライン》室内機は従来機(高さ36cm)に比べて高さを31%縮小したため、熱交換器を内蔵するスペースが減少したが、図2、図3に示すように熱交換器をくの字に折り曲げる方式を採用して、必要な熱交換器伝熱面積を確保した。

表2. 新築住宅の居間の床の状況 (%)

床の状況	1981年	1986年	1990年
畳	77	9	9
畳の上にジュータン		0	2
板やPタイル	23	46	70
敷きつめたジュータン		46	19
			89

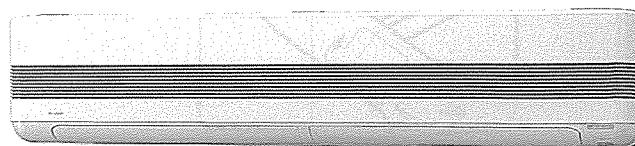


図1. 《コスモライン》MSZ-L 3201の外観

また、図4に示すように、天井面から4cmの天井近接据付けと据付け必要高さ29.5cmを実現し、さらに空気吸込口を室内機上部にも設けて、正面の吸込みグリルの面積を削減することによってデザイン的にも存在感を緩和させた。

3.2 立体マルチフラップ

《コスモライン》は空気吹出し口を左右に分割し、個々に風向制御用のモータをもつ上下風向フラップと、左右風向フラップを両吹出し口に備えた、4フラップ+4モータ構成の立体マルチフラップを採用することによって、1,600通りの風向の組合せを持つ立体的な風向調節を可能とした。

3.3 基本性能

表3はその主な性能仕様であるが、直径90mmの大口径ラインフローファンを採用するとともに風路形態の最適化を

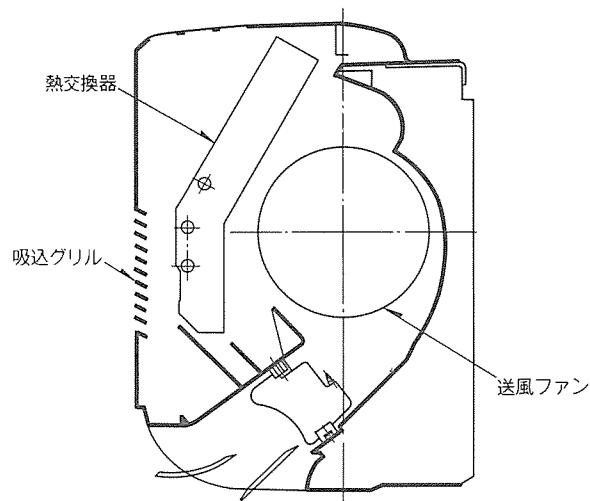


図2. 《コスモライン》室内ユニットの断面

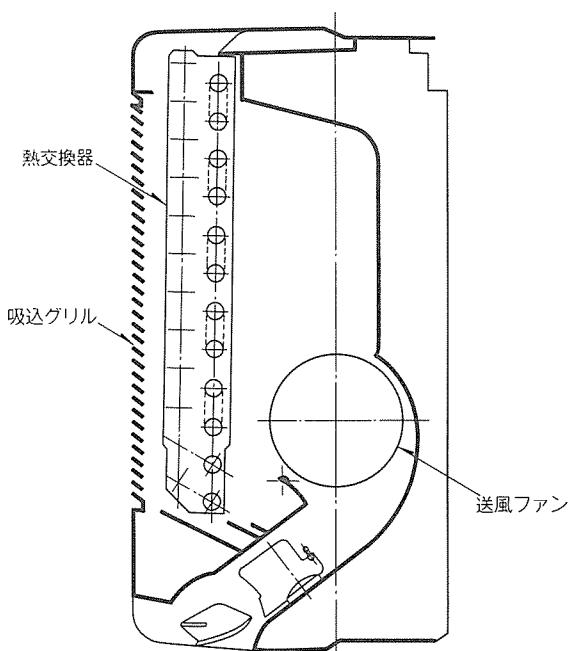


図3. 従来機室内ユニットの断面

図り、室内運転音はMSZ-L4001Sで冷房42dB、暖房43dBで従来機(MSZ-4010S)に比べ2~3dBの低騒音化を実現した。また、暖房の快適性向上のベースとなる暖房最大能力も、MSZ-L4001Sで7.2kW、MSZ-L3201で6.2kWで、共に従来比0.4kW向上させた。

3.4 高機能化

また、空気中の細かなちり(塵)やほこりを取り除くとともに、触媒反応を利用してにおいを分解するバイオテック脱臭空気清浄機能や、近年増加する傾向にあるエアコンと電気カーペットの併用暖房において、省エネと快適性を両立するカーペット運動制御を新しく搭載した。

3.5 ファジー制御

エアコンとしてこれから重要視すべき機能は、従来は判定しにくかった部屋の状況や使用者の気持ちに応じて、快適な運転を行うことである。その実現手段として《コスモライン》は、室内の温度、室内の湿度、室温分布、エアコンの吹出し温度、人間の感覚(リモコンへの入力)を入力とし、これにファジー理論を適用して、風向・風速・設定温度・設定湿度などを最適にコントロールするマルチ気流ファジーシステムを搭載した。

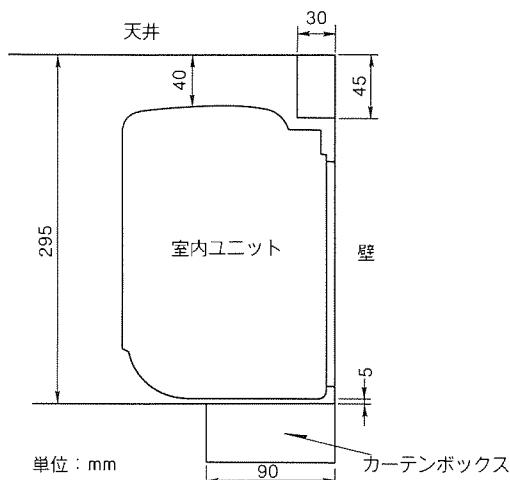


図4. 室内ユニット据付けスペース

表3. 仕様表

形名		MSZ-L3201	MSZ-L4001
冷房	能力(kW)	3.2(0.6~3.8)	4.0(1.3~4.5)
	消費電力(W)	1,170(210~1,500)	1,590(580~2,000)
暖房	能力(kW)	4.5(0.6~6.2)	6.0(1.4~7.2)
	消費電力(W)	1,470(195~1,830)	2,170(520~2,610)
運転音(dB-A)	冷房 内/外	38/42	42/49
	暖房 内/外	41/43	43/50
外形寸法(mm)	室内	H 250×W 1,200×D 175	
	室外	H 540×W 795×D 255	H 605×W 850×D 290

注 機能・消費電力欄の値は、定格(最小~最大)を表す。

以下、マルチ気流ファジーシステムを形成する気流ファジー、設定温度補正ファジー、ファジー温湿度自動コントロールの三つのファジー制御についてその内容を紹介する。

4. 気流ファジー

4.1 快適な暖房・冷房

温度が高い空気は、比重が小さく天井付近にたまりやすいため、暖房時に足元まで温度むらなく暖めるには温風を床面まで届かせることが必要である。しかし、室温が上がり、暖房能力を抑えた運転中は吹出し空気温度が低くなっている、風に当たると逆に肌寒さを感じてしまう。

冷房では、室温が高くて冷房を必要とする場合は、冷風をより遠くまで到達させて部屋のすみずみまで素早く冷やし、部屋が適温になると回りから包み込むように冷やして、常に体に冷風を当てないことが健康的である。

4.2 室内環境の評価

室内環境の定量評価する指標のなかで、室内の全環境に対する目的にあった環境の比率を、温度と風速で定義したのが範囲内温度指数 (Number of Temperature Distribution Area :NTDA) である。これは風速による冷却効果を考慮したかたよりを示す指標で、当社居住環境試験室でエアコン実運転時に測定した、全1,452点の温度・風速データをもとに次式を用いて算出する。

$$\text{NTDA} = \frac{(-1.0 \leq T_h - T_{av} < 1.0) \text{ の点数}}{\text{居住域内の測定総数}} \times 100\%$$

ここで、 T_h ：補正温度 (°C), T_{av} ：補正温度の平均値

$$T_h = f(T, V), T: \text{温度}, V: \text{風速}$$

NTDA の値が100 %とは、居住域内のすべての場所が±1.0の温度範囲に入っていることを示し、快適であるといえる。また、NTDA が70 %の環境は、NTDA が40 %の環境に対して30 %良いといえ、数量的比較評価ができる。

4.3 気流制御による快適性の向上

図5は吹出し空気の風量・風向が暖房運転におけるNTDAに与える影響を表したものである。これは吹出し空気温度が比較的高いときの場合であるが、風量が多いときは

NTDA に与える風向の影響は小さい。しかし、風量を下げると床面への温風到達力が低下するため、単に左右風向を正面にした場合は急激にNTDAが低下するのに対し、風向を集中気味に絞り、風速を上げて温風到達力を高めるだけでNTDAすなわち快適性を約30 %改善できる。

一方、ワイド気味の風向にすると、正面吹きに対して部屋中央の足元風速を約36 %低減できる。

このように快適性に注目すると、エアコンは部屋の環境や人間の感覚に応じて冷暖房能力だけでなく、風速や風向までもきめ細かくコントロールすることが必要であることが分かる。特に床面積が広く、かつ高窓上設置を必要とするLDKにおいて、暖房時に高い快適性を得るために、温風の床面到達度合、肌寒さ、室内的温度分布などを判断して風速・風向を微妙にコントロールする必要がある。

4.4 ファジー理論の適用

ファジー理論を用いると、これまで判定が困難だった温風の床面到達度合、肌寒さが容易に表現できる。例えば暖房の場合、吹出し空気温度と室温の温度差、室内風速を入力として、以下の六つのファジールールを適用する。

(ルール1) もし温度差が大きければ、気流は舞い上がりやすい。

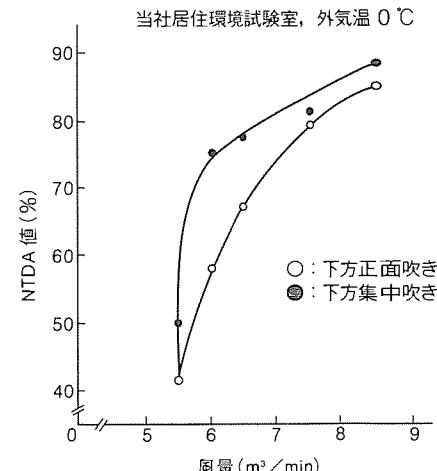


図5. 暖房快適性に対する集中吹きの効果

足元集中暖房 室温が低く、吹出し温度が高いときは、温風を足元へ集中させる。	ワイド暖房 吹出し温度が低めのときは、周りから包み込むように暖め、肌寒さを防ぐ。	ツインフロー とくに吹出し温度が低いときは、上下に吹き分けて、さらにマイルドに暖房する。

図6. 気流の基本形(暖房時)

- (ルール2) もし温度差が小さければ、肌寒さを感じやすい。
- (ルール3) もし風速が低ければ、気流は舞い上がりやすい。
- (ルール4) もし風速が高ければ、肌寒さを感じやすい。
- (ルール5) もし気流が舞い上がるなら、風向は集中気味にする。
- (ルール6) もし肌寒さを感じるなら、風向はワイド気味にする。

このルールの組合せから適切な気流を演算し、さらに室温分布(本体室温とリモコン部室温の温度差)をモニターして、実際の環境に合うように気流に補正を加える。出力として、5分ごとに立体マルチフラップが作り出す1,600通りの気流の組合せの中から、風速、図6に示す左右ツインフロー・ワイド吹き・集中吹きの三つの基本形と各々の風向フラップ角度の組合せを決定する。

以下に、ファジー制御の適用例として、気流ファジーにおける暖房の風向決定の過程を示す。例は吹出し空気温度と室温の温度差が7°C、風速が弱強ノッチの場合である。

(1) ファジー化

まず、検出した吹出し空気温度と室温の温度差がどの程度大きいのか又は小さいのか、また風速がどの程度高いのか低いのかを定義する必要がある。このように実際の数値と、“大きい”、“小さい”というあいまいな言葉(ファジー集合)とのお互いの関係をメンバーシップ関数といい、メンバーシップ関数によってある物理量を、いったんあいまいな表現に置き換える作業をファジー化といいます。

図7は吹出し空気温度と室温の温度差のメンバーシップ関数である。ここでは温度差4°Cならば“小さい”，14°Cならば“普通”，24°Cならば“大きい”に所属するグレードがそれぞれ1.0であることを表しており、温度差7°Cは、“小さ

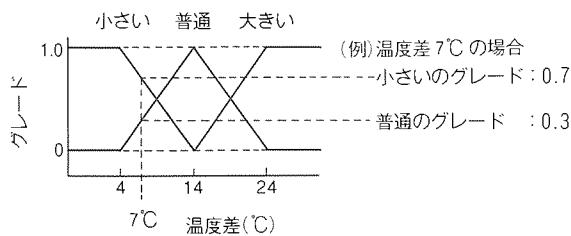


図7. 吹出し空気温度と室温の温度差のメンバーシップ関数

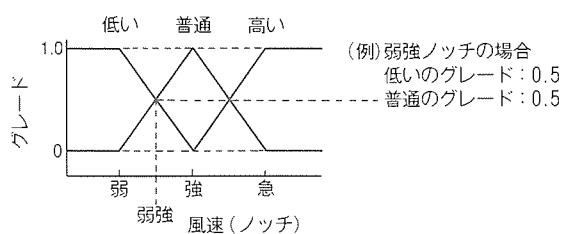


図8. 室内風速のメンバーシップ関数

い”に所属するグレードが0.7，“普通”に所属するグレードが0.3で定義できる。

図8は風速のメンバーシップ関数である。同様にして風速弱強ノッチは“低い”に所属するグレードが0.5，“普通”に所属するグレードも0.5で定義できる。

(2) ファジー推論

次にファジー化した温度差と風速にどのような風向が適しているかを、前記六つのファジールールに沿って推論する作業を行う。六つのファジールールは、

(a) 吹出し空気温度と室温の温度差が大きく、かつ風速が低いほど風向は集中気味にする。

(b) 吹出し空気温度と室温の温度差が小さく、かつ風速が高いほどワイド気味にする。

という二つに集約され、表4の簡単なマトリクスで表すことができる。この表に基づきファジー化によって発生した温度差と風速のグレード値の掛け合わせ、環境が集中吹き、正面吹き、ワイド吹きにどの程度の比率(グレード)で適するかを計算する。

前記例では、グレードが発生した温度差が“小さい”，“普通”，風速が“低い”，“普通”的2×2の掛け合わせにより、新たに最も快適となる風向のグレードが求められる。

集中吹き(PB)が適するグレード

$$0.3 \times 0.5 = 0.15$$

正面吹き(ZO)が適するグレード

$$0.7 \times 0.5 + 0.3 \times 0.5 = 0.5$$

ワイド吹き(NB)が適するグレード

$$0.7 \times 0.5 = 0.35$$

(3) 非ファジー化

あいまいな表現のファジー集合を、実際の制御量に変換する作業を非ファジー化といい、ここでは図9に示すようにファジー推論で求めた集中・正面・ワイドのグレードを表す三つのメンバーシップ関数を合成し、その重心を算出して風向を決定する。前記例では、正面に対して左右に各々10%ずつワイド気味の風向を出力する。

4.5 気流ファジーの効果

図10は《コスマロイン》室内機を床面から2mの高さに設置し、風速弱強ノッチで暖房運転したときの床上5cmの温度

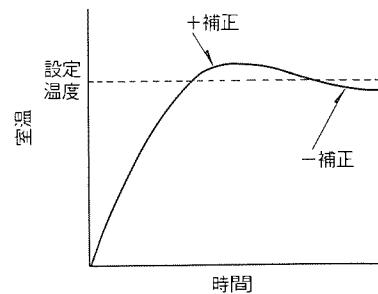
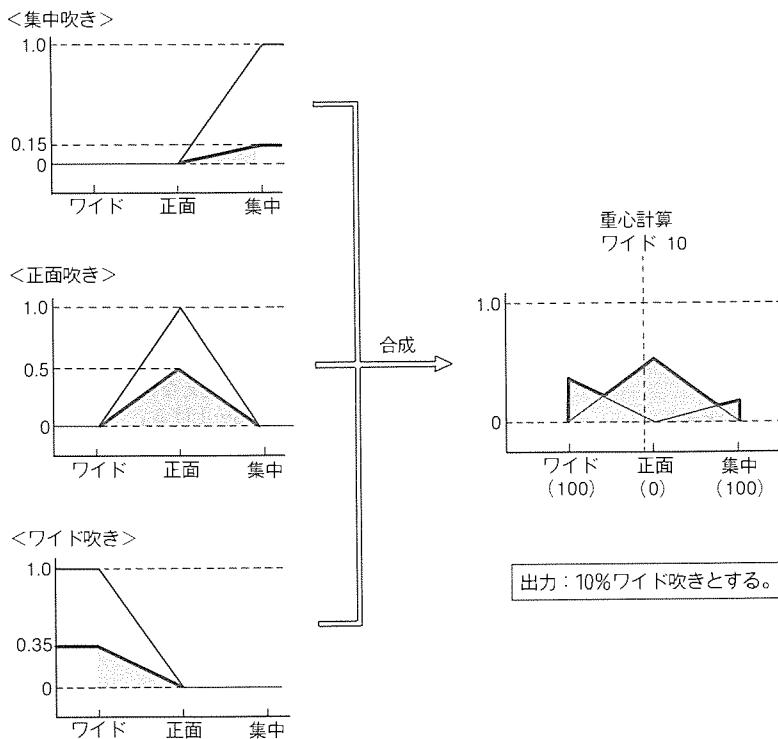
表4. 気流ファジーのファジールール

		風速		
		低い(0.5)	普通(0.5)	高い
吹出し温度と室温の温度差	大きい	PB	PB	ZO
	普通(0.3)	PB	ZO	NB
	小さい(0.7)	ZO	NB	NB

注 PB：集中吹きにする。

ZO：正面吹きにする。

NB：ワイド吹きにする。



たがって、暖房運転開始時は、エアコン本体が検出する室温が前日に快適と感じた温度に上がっても、冷えきった壁や床の影響によるふく射や室温分布のむらによって、使用者はまだ肌寒さを感じるケースが多い。その分設定温度を高めにすると、壁や床の温度が上がったときに暖まりすぎて、不快を感じるだけでなく電力消費量も増加する。

したがって、暖房立ち上がり時は、肌寒さを感じないように室温を高めに補正し、使用者の温熱感の向上に合わせ、徐々に室温を低めに抑えめにすることが必要である。

5.2 ツインサーモによる温熱感補正

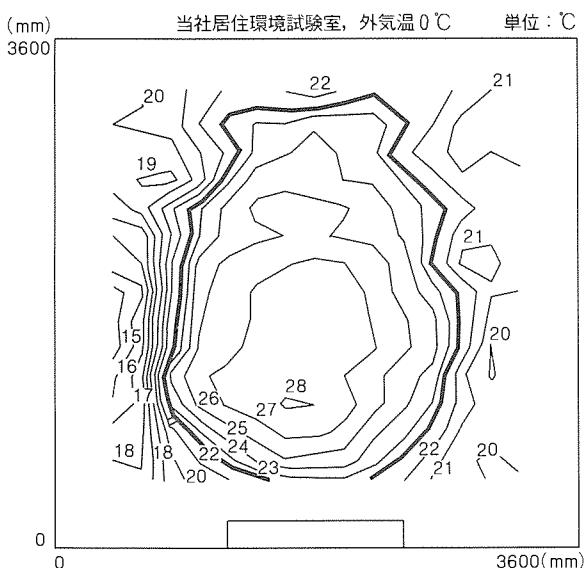
そこで《コスモライン》では、本体室温センサ T_a と壁や床やテーブルなどに置かれるリモコンの温度センサ T_r との温度差 $\Delta T (=T_a - T_r)$ と、暖房能力の大小の相関によって使用者の温熱感覚を推論する、下記二つのファジールールを設けて設定温度に最大 ± 1 °C の補正を加えた。

- 室温が低くて（暖房能力が大きい）、 ΔT が大きく肌寒さを感じるときは設定温度を高めに補正する。
- 室温が高くて（暖房能力が小さい）、 ΔT が小さく、十分な暖かさが得られているとき設定温度を低めに補正する。

以上によって暖房立ち上がり時の室温は図11のようにコントロールされ、設定温度を低めにする補正を加えたことによって最大 5 % の省エネを可能とした。

6. ファジー温湿感自動コントロール

温湿感自動コントロールとは、感じた気持ち（温熱感覚）のとおりにリモコンの“暑いとき”，“寒いとき”ボタンを押すだけで、使用者の好みの温度・湿度環境を作る当社独自の自動運転機能である。今回は、“暑いとき”，“寒いとき”ボタンの操作回数によって推定される使用者の欲求の大小と、ボタンが押されたときの室温や湿度との関係に、ファジー理論を適用し、使用者の感覚に応じた設定温度・湿度の変更幅を



分布である。立体マルチフランプと、これを制御する気流ファジーの組合せにより、NTDA が従来機の 44 % から 78 % に向上し、足元温度が 23 °C 以上に達するゾーンが従来機の約 5 倍に拡大した。

5. 設定温度補正 ファジー

5.1 暖房立ち上がり時の快適性

一般の暖房機が使用者の近傍に置かれ、使用者をじかに暖めるのに対して、ルームエアコンの主流である壁掛けタイプは天井付近に設置され、対流によって部屋全体を暖める。し

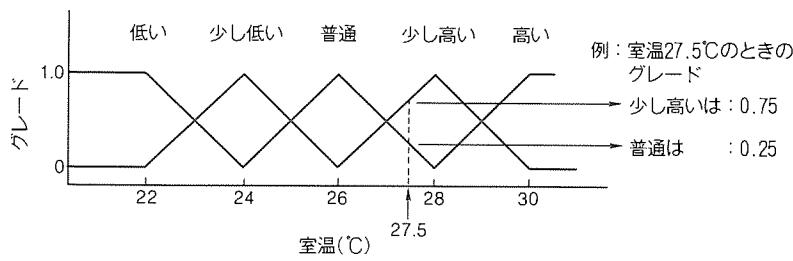


図12. 室温のメンバーシップ関数

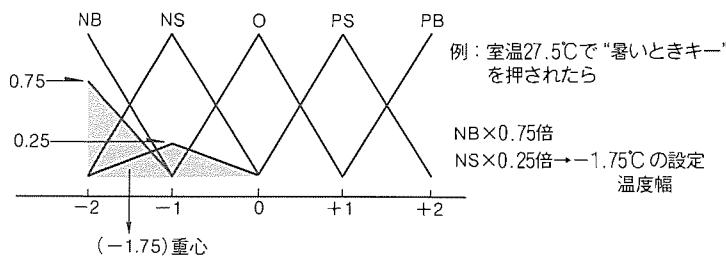


図13. 非ファジー化による設定温度変更幅の決定

最大±2°Cの範囲から決定することによって、希望する環境に、より簡単に、より早く到達させるようにした。

図12は、ボタンが押されたときの室温データをファジ化するメンバーシップ関数である。また、表5は、感覚入力と室温から設定温度変更幅のグレードを決定するファジールール表で、感覚入力の度合いは、“暑いとき”ボタンを押した回数が1回なら“暑い”，2回なら“非常に暑い”とみなす。図13は、表5で求めた設定温度変更幅のグレードを非ファジー化し、実際の設定温度変更幅を決定するためのメンバーシップ関数である。表5から、図13では室温27.5°Cで“暑いとき”ボタンを1回押したときの設定温度変更幅が-1.75°Cになることを示している。

表5. ファジー温湿感自動のファジールール

	室温				
	低い	少し 低い	普通	少し 高い	高い
感覚 入力	非常に暑い	O	NS	NB	NB
暑い	O	NS	NS	NB	NB
寒い	PB	PB	PS	PS	O
非常に寒い	PB	PB	PS	PS	O

注 設定温度変更幅：
●NB…たくさん下げる。

●NS…下げる。

●O…変えない。

●PS…上げる。

●PS…たくさん上げる。

設定温度=室温

7. むすび

今回の《コスマライン》の開発は、従来のように設置部屋の種類を意識しない汎用的な機種の開発とは異なり、デザイン・機能全般にわたって“広いLDK”にこだわった。特にその機能面の実現に当たって多用したファジー理論は、これまで検出や判断が困難だった、暖房快適性の良否を推定する手段として非常に有効であると考える。今後は、ファジー理論の他シリーズへ拡大展開を図るとともに、引き続き快適性向上・使いやすさ向上の手段として新しい展開を行う。

参考文献

- (1) 原正規、菅原作雄、藤田喜雄、関口孝志：石油ファンヒーターの快適制御、三菱電機技報、64、No.4、296～299（1990）

住宅用《エアマルチ》システム

吉川利彰* 五十嵐英雄**
岡田哲治*
瀬下 裕**

1. まえがき

住宅用空調機の需要は年々増加していく傾向にあり、空調機の設置も、一家に1台から一家に複数台へと変化している。住宅の性能も高断熱・高気密化が進み、それに伴い室内空気質の問題もクローズアップされている。さらに、室内のインテリア性の向上により、空調機の設置状態、デザインに関する問題も重要視されてきている。以上のような、時代の変化に対応する次世代の空調システムとして開発されたものが、住宅用《エアマルチ》システムである。

住宅用《エアマルチ》システムとは、1台のセントラル室内機から住宅内の各空調要求ゾーンへ空気を搬送する、可変風量方式 (Variable Air Volume) を採用したダクトセントラル VAV 空調システムのことであり、今回開発した新風量制御 (《VAVDAS》: Variable Air Volume Control with Ducts Network Analyzing System) を搭載した新しいシステムである。

従来このVAV空調システムは、ビル空調等で使用されてきた空調方法であるが、このシステムを住宅用として導入するには様々な課題を解決する必要があった。その中で、最も大きな課題は、その送風量制御方式である。

本稿では、定風量機能、搬送動力低減を簡易な手段で実現できるVAV空調システム、その送風量制御方式の効果について述べる。さらに、住宅用《エアマルチ》システムの製品仕様や特長を紹介する。

2. 制御論理

送風量制御に必要な機能としては以下の点が挙げられる。

- (1) 定風量機能(風量分配の自動化
各部屋ごとの正確な風量調節)
 - (2) 熱負荷に応じた最適な送風圧力
(過剰給気圧力によるロス・騒音の
低減)
 - (3) 規格ダクトの使用によるダクト
ローク設計・施工の簡易化

これらの必要機能を満足させるために、風量制御方法は以下に示す論理で構成される。簡潔には、ダクトワーク施工後にダクト経路の流動抵抗を試運転で調べ、実際の風量制御

において、そのデータを用いて各ダクト経路に必要な風量を最小搬送動力で得るようにしたものである。図1に示すように、システムは各枝ダクト系統に比例駆動のダンパユニット、空調機内部に設けた風量センサと給気圧力センサの各1個で構成されている。

ここで提案する風量制御方法は、以下に述べる試運転と実際の風量制御の部分から成り立っている。

2.1 試運転方法

システム設置(ダクトワーク施工)後に、各枝ダクト経路の通風抵抗の特性を明らかにするための試運転を行う。この試運転はシステムの初期設定の意味をもっている。試運転のゼネラルフローを図2に示す。試運転は各枝ダクト経路の通風抵抗を既知化するために当該枝ダクト以外のダンバ開度を全閉にして通風し、そのときの送風量 Q と給気圧力 P を測定する。本稿の範囲では、

R ：抵抗係数

の関係が成立する。

全枝ダクトについて行われるこの操作によって、各枝ダクト経路の摩擦損失と形状抵抗からなる固定抵抗（ダンパユニット以外）の抵抗係数が明らかとなる。さらに、ダンパユニットの抵抗係数の値をブレードの開度角の関数としてあらかじめ既知化しておく、両者を線形結合させることによって各枝ダクトの通風抵抗とダンパユニットの開度角の関係を明らかにすることができます。

2.2 送風量制御方法

実際の送風量制御では、前節の試運転データを基に、各室の要求風量を満足するように、各枝ダクトのダンパユニット

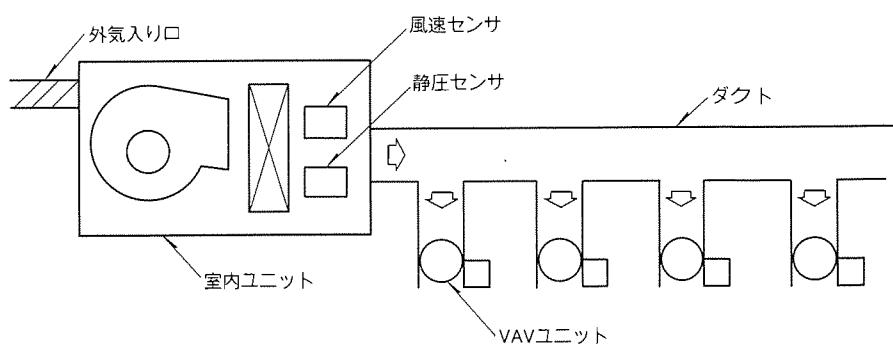


図1. 風量制御方法のシステム構成

両者の間で疑似乱数を6個発生させることによって得た。

(3) 送風量制御方法

試運転方法及び送風量制御方法は前章で述べた論理に従つた。

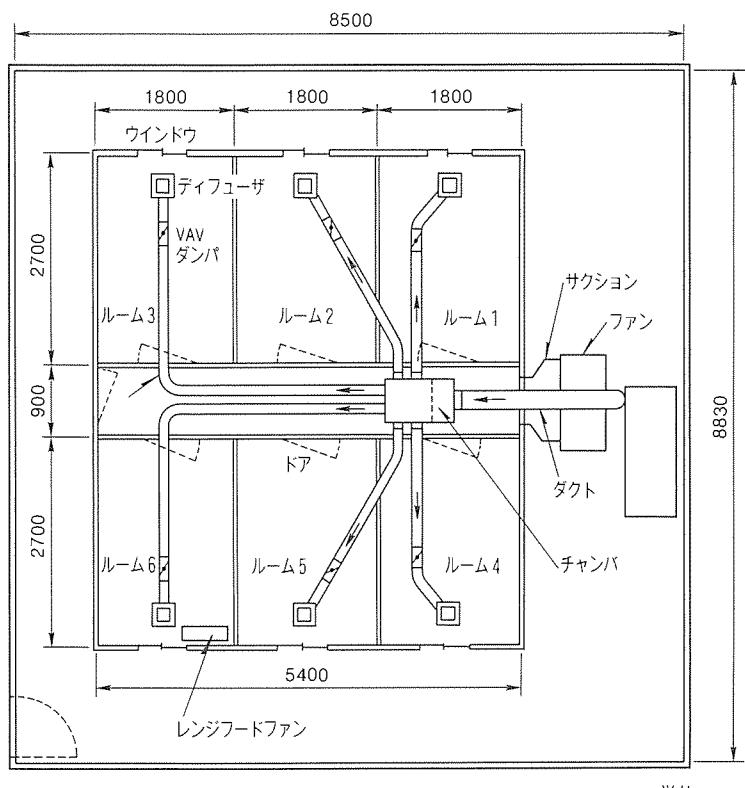


図4. 枝ダクト方式

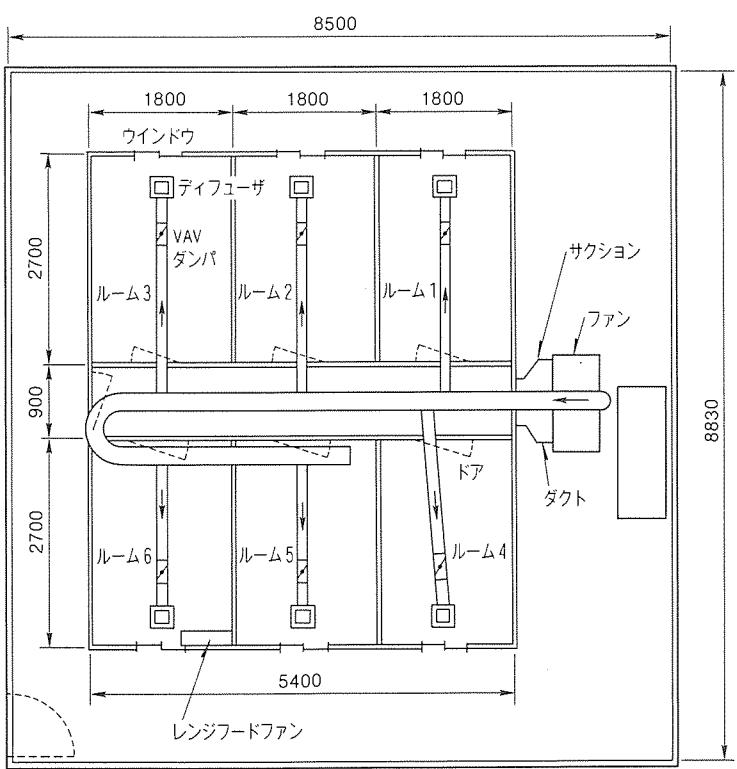


図5. 主ダクト併用方式

3.3 実験2（搬送動力低減効果）

この制御方式を使用した場合の搬送動力低減効果を、従来から使用されている、定風量機能を持つダンパユニットを用いた給気圧力一定制御との比較によって確認する。

定風量機能を持つダンパユニットを用いた給気圧力一定制御とは、設計風量（最大風量）時の系統の最大圧力損失を求め、それを設定圧力値として送風機をコントロールする方法である。ダンパユニットには、主流である圧力不感絞り形ユニット（図7参照）又は風速センサ付きの絞り形ユニットを使用する。

(1) 圧力と風量の計測

この実験における圧力と風量の計測は、上記の風量制御特性時の方法と同様である。

(2) 要求風量の決定と搬送動力の確認

この実験において、各枝ダクトの定格最大風量値は200、最小制御風量値は $50 \text{ m}^3/\text{h}$ とし、各枝ダクト経路の要求風量は両者の間で疑似乱数を6個発生させることによって得た。

搬送動力は、各々の実験において各枝ダクト経路の要求風量が満足していることを確認後、送風機のインバータ入力を10回計測して、その算術平均で評価した。

双方の制御方法の実験は運転ゾーン数（1～6）ごとに、要求風量値群を20組として行った。さらに、どのゾーンを運転ゾーンとするかについても、乱数を発生させることによって決定した。

(3) 給気圧力一定制御

給気圧力一定制御では、運用給気圧力をあらかじめ決定しておく必要がある。この実験は図4に示した枝ダクト方式によるシステムにおいて、各枝ダクトのダンパを全開として送風機回転数を徐々に増やし、全枝ダクトの風量が少なくとも定格最大風量値 $200 \text{ m}^3/\text{h}$ となる最小の給気圧力差を測定した。この方法で求めた結果、 $P_{\text{get}} = 170 \text{ (Pa)}$ が得られたので、これを給気圧力一定制御の運用給気圧力とした。そして、測定給気圧力差が運用給気圧力 $P_{\text{set}} = 170 \text{ (Pa)}$ となるように、送風機回転数をインバータでコントロールした。さらに、各ダンパの開度を前節で述べた各枝ダクトの風量測定値が各々要求風量を満足するように制御した。

(4) 制御方式

この制御方式は前章の制御論理に従った。

4. 実験結果

4.1 各枝ダクトの通風抵抗の差異

各枝ダクトの通風抵抗の差異を明らかにするため

に、図4に示す枝ダクト方式と図5に示す主ダクト併用方式の2種類について、ダンパの開度制御を行わない場合の通風量の差異を測定した。結果を図8及び図9に示す。横軸は送風機の運転周波数である。双方の図から各枝ダクトの抵抗には差異があり、特に主ダクト併用方式の差異が大きいことが分かる。

4.2 風量制御結果(実験1)

この制御論理を用いた場合の風量制御の有効性に関する実験結果を図10、図11に示す。両図の横軸は6室の各々の要求風量を表し、縦軸は実際に測定された風量を表している。図中のシンボルは部屋の違いを示している。前述のように、

要求風量は6組の乱数を20回発生させて得ている。両図の結果から、各実測風量は偏差10%の範囲で対応する要求風量に一致しており、この風量制御方法が有効に機能していることが明らかである。

4.3 動作圧力の差異

図12、図13は、この制御方式と給気圧力一定制御(従来方式)との差異を明確に示すために、双方の制御の動作ポイントを総風量と給気圧力差の関係で表したものである。図12は運転ゾーン数が6の場合、図13は5ゾーンの実験結果を示している。

両図から明らかなように、給気圧力一定制御の場合の動作

ポイント(○のシンボル)は、総風量が変化しても給気圧力差は約170(Pa)で一定である。しかし、この制御方式の場合は、実験点(●のシンボル)が全体的に小さい給気圧力差(70~110(Pa))で動作しており、搬送動力の低減が予想される。また、図中の斜影部は、使用送風機のサーリング領域を表している。この制御方式の給気圧力差は全体的に低く、サーリング領域での動作の可能性が相対的に小さくなる。

4.4 搬送動力の低減効果(実験2)

次に、搬送動力の低減効果について示す。図14は、この制御方式による搬送動力の低減効果を、運転ゾーン数が6

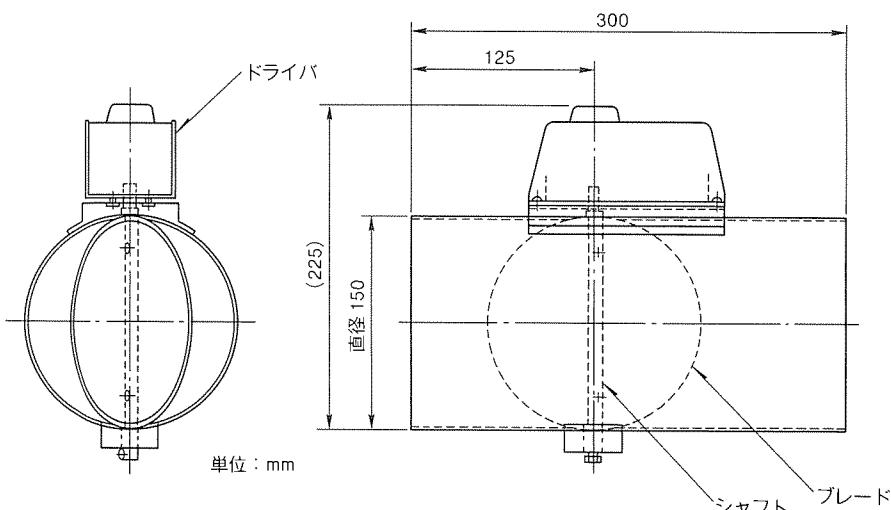


図6. 実験に用いたダンパユニット

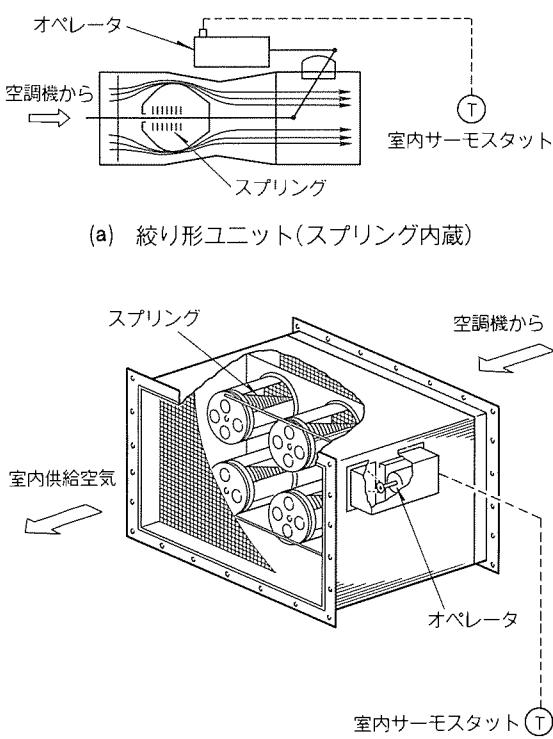


図7. 圧力不感絞り形ユニット

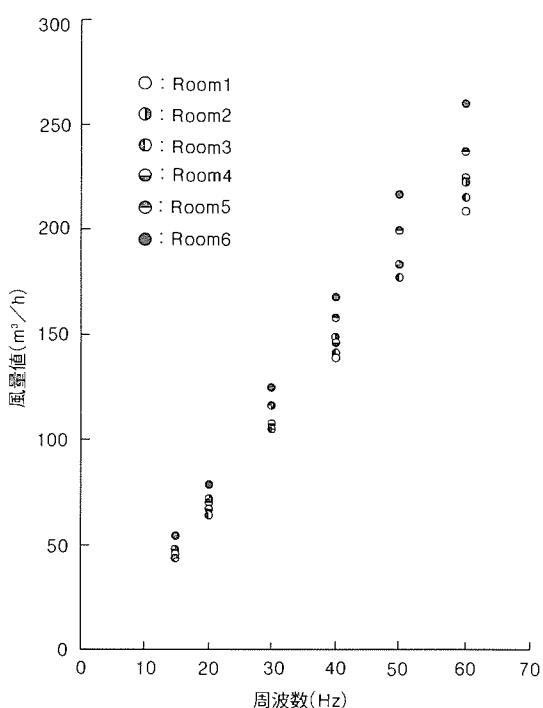


図8. 枝ダクト方式(風量抵抗の差異)

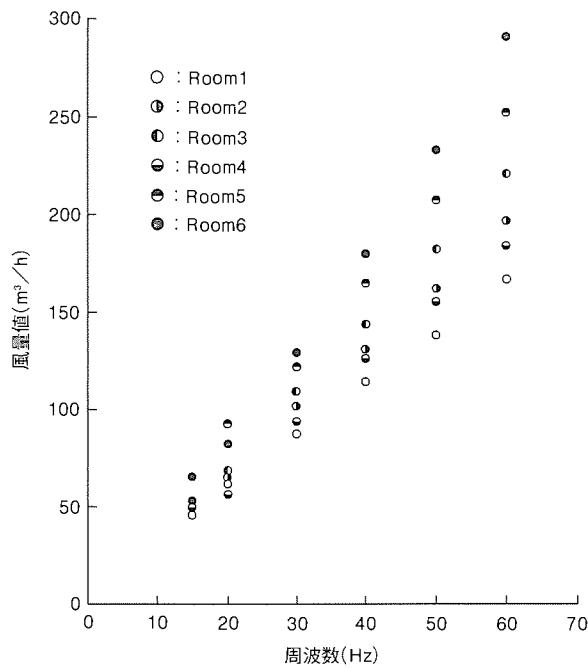


図9. 主ダクト併用方式(風量抵抗の差異)

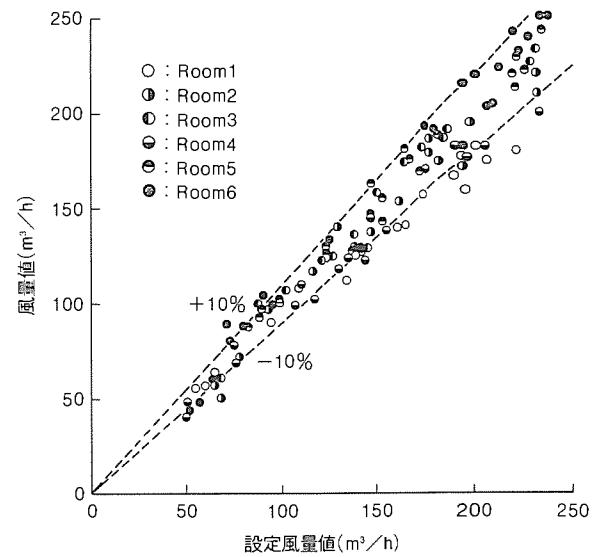


図11. 主ダクト併用方式(風量制御)

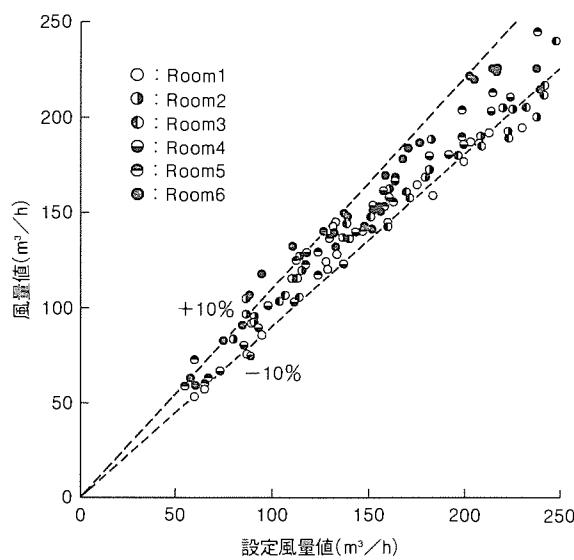


図10. 枝ダクト方式(風量制御)

の場合の総風量に対して示したものである。図における縦軸の搬送動力比は、給気圧力一定制御による搬送動力に対するこの制御による搬送動力の比を意味している。

図上の搬送動力の実験点は、一組の各枝ダクトに対する要求風量群に対応している。図中の数値は、20個の実験点の平均値を示す。

図15はこの搬送動力比の20個の実験点の平均値を運転ゾーン数に対して示したものである。これらの図から、この制御方式によって、給気圧力一定制御の場合の動力を50%程度低減させ得ること、さらに図15に示すように、運転ゾーン数の増加に従い、搬送動力比が徐々に増大していくこと

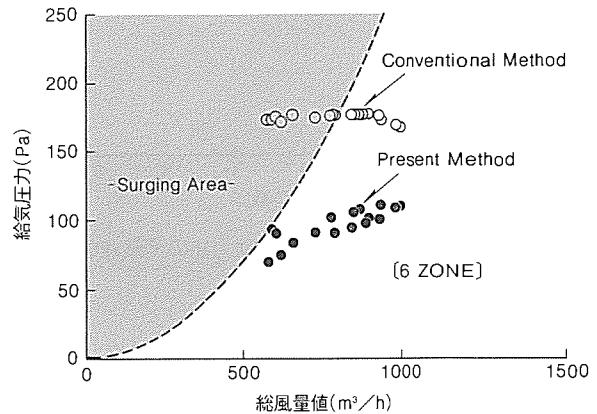


図12. 総風量と給気圧力差(運転ゾーン数6)

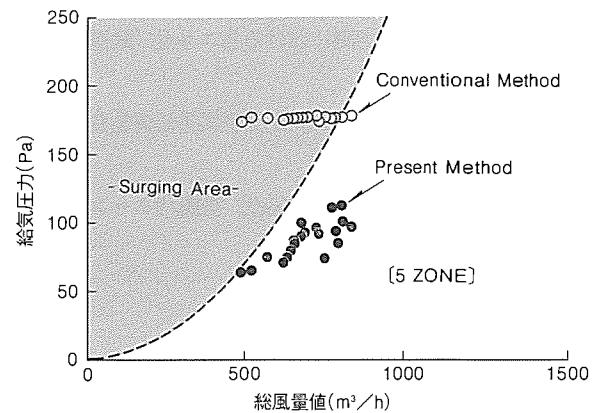


図13. 総風量と給気圧力差(運転ゾーン数5)

が明らかである。通常の家庭の生活パターンから、住宅用のシステムでは運転ゾーン数が少ないパターンの出現頻度が多いことが予想される。したがって、運転ゾーン数が少ないと搬送動力低減効果の大きいこの制御方式は、住宅用のシステムとしては最適な風量制御方式である。

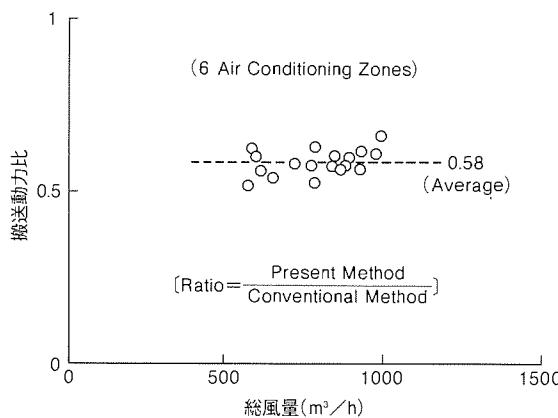


図14. 最小給気圧力制御による搬送動力の低減効果(6ゾーン)

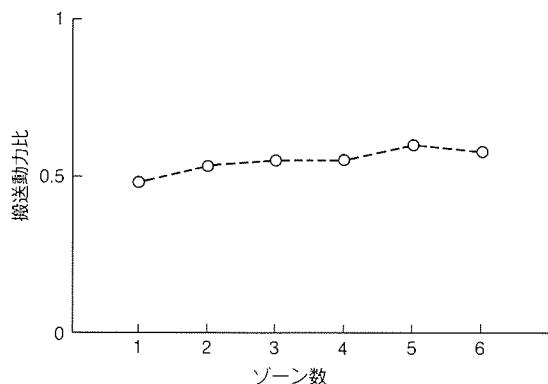


図15. 運転ゾーン数に対する搬送動力比の実験点の平均値

5. 製品特長及び仕様

住宅用《エアマルチ》システムは、今回開発した新風量制御方式《VAVDAS》の採用により、下記の特長を持つ製品である。製品仕様について表1に示す。

- (1) 全館空調及びゾーニング空調が可能
- (2) ダクトセントラル空調における省エネ化(搬送動力の低減)が可能
- (3) ダクト設計の簡略化、工事費及び試運転調整費の縮小化が可能
- (4) 小部屋スペース対応空調を含め、空調パターンの拡大が可能

表1. 製品仕様

形名	MEZ-6311S	MEZ-8011S
電源(V)	単相200	単相200
電源容量(A)	20	30
暖房能力(kW)	8.0(3.4-9.3)	9.5(3.4-10.6)
冷房能力(kW)	6.3(2.2-7.2)	8.0(2.2-9.0)
定格風量(m³/h)	1,080	1,440
標準機外静圧(Pa)	98.06	98.06
最大機外静圧(Pa)	147.09	147.09
配管サイズ(直径,mm)	9.52, 15.88	9.52, 15.88

- (5) オプション対応で換気扇や空気清浄フィルタなどの室内空気質の向上
- (6) センターコントローラによる集中コントロールが可能

6. むすび

住宅用《エアマルチ》システムは、新風量制御方式の確立により、より快適な生活空間を提供できるシステムとして製品化することができた。

今後は、更にシステムとしての充実を図っていく所存である。

参考文献

- (1) 大塚信夫、五十嵐英雄、ピータトンプソン：住宅の可変風量方式による空調システム その1、第23回空気調和・冷凍連合講演論文集、No.4, 161 (1989)
- (2) 五十嵐英雄、大塚信夫、ピータトンプソン：住宅の可変風量方式による空調システム その2、第23回空気調和・冷凍連合講演論文集、No.4, 165 (1989)
- (3) 五十嵐英雄、吉川利彰、岡田哲治、瀬下裕：住宅用VAV空調システムの研究開発(1)・(2)、第25回空気調和・冷凍連合講演論文集、No.4, 21~28 (1991)
- (4) 望月正雄：VAV方式の概要、空気調和・衛生工学、50, No.6, 677 (1976)
- (5) 西沢敏男：空調における送風制御について、空気調和と冷凍、No.9, 62 (1983)

床置形パッケージエアコンへの吸音プラスチック導入

秋山卓夫* 春井重雄**
高木司* 永野雅夫*

1. まえがき

経済の成熟期にある現在、社会における物資の豊かさ、商品選択の自由さが、消費者の目を肥やしている。その中で人々の価値観は、価格に見合った性能・機能を商品に求める本物指向になっている。生活環境においてもより豊かさが求められ、くつろぎ、ゆとり、心地良さといった快適さが望まれている。こうした背景から快適な空調環境を作る空気調和機は、温熱環境(温度・湿度・気流)だけでなく音環境でも、年々より静かさが求められる傾向にある。低騒音化は、その商品力を高める上で重要な技術課題となっている。しかしながら、この技術開発は従来技術の延長線上では大幅な低減は期し難く、これまで、画期的な技術の導入が強く求められていた。

そこで今回他社に先駆けて、全く新しい硬質の吸音材・多孔質吸音プラスチック(以下“吸音プラスチック”という)を'91シーズン床置形パッケージエアコンのシロッコファンケーシングに適用し、大幅な低騒音化を図った。

ここでは、最初に'91シーズン床置形パッケージエアコン開発のコンセプトについて述べ、続いて吸音プラスチックの基本構造と特長からその吸音特性、さらに、吸音プラスチック製ファンケーシングを搭載した、床置形パッケージエアコンでの騒音低減効果について紹介する。

2. 開発のコンセプト

本物指向・快適性指向・小型分散指向と多様化する市場に対応して、パッケージエアコン《Mr.SLIM》は、'91シーズン床置形をモデルチェンジした。本物指向に対しては、成形精度の高い新素材の吸音プラスチックをファンケーシングに適用し、高品質・高信頼性を確保する。快適性指向に対しては、音環境では大幅な低騒音化を図り、温熱環境では左右側面から幅広く風を吹き出す新機構の“サイドフラップ機構”により、気流分布を快適にすることを目標とした。

また、小型分散指向と多様化する市場に対しては、標準機組合せからツイントリプルマルチを構成する《フリーコンボマルチ》として、機種選択の自由度を拡大した。特に低騒音化については、能力が8kW相当の機種で従来の騒音値49dB(A)から45dB(A)に、4dB(A)の騒音値低減を図ることを目標とした。

3. 吸音プラスチック

3.1 基本構造と特長

吸音プラスチックは、直径が1.0~2.0mm程度の球状のプラスチック粒子を、粒子間に微細な空孔(連続空げき)を確保した状態で溶着したものであり、厚さ方向に溶着度合いを変化させると、任意の高い吸音特性(吸音率、周波数特性)が得られる。図1に吸音プラスチックの基本構造を示す。一般的に、吸音プラスチック製の成形品は、二分割された金型で加熱すると同時に加圧し、所定時間経過後に急冷して製造される。厚さ方向への溶着度合いの調整は、二つの金型に温度差を設けたり圧縮度合いを変化させて行う。つまり、吸音プラスチック粒子間の空孔割合が容易に調整できるのである。以後、この空孔割合のことを、それと密接な関係にある粒子充てん率(成形品の全体積に対する吸音プラスチックの占める体積の割合)として表現する。

実際の家電製品に組み込んで利用する場合には、音を吸収する吸音材だけでなく、音が外部に透過しないように遮音層が必要となる。そこで製品の構造体を遮音層として利用し、

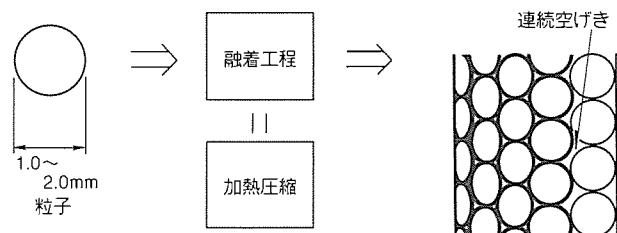


図1. 吸音プラスチックの基本構造

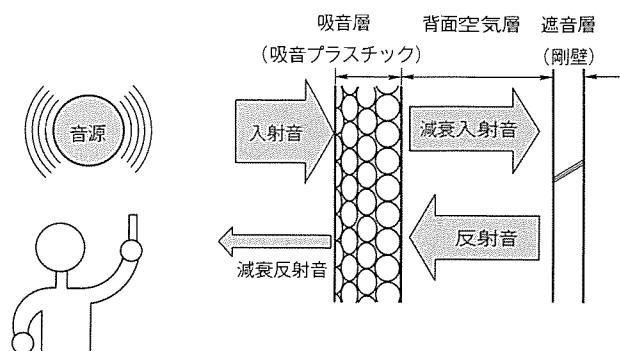


図2. 吸音プラスチックの吸音原理

背面空気層を設けて吸音プラスチックを薄くする構造が効果的である。図2にその構成と減音の原理を示した。音源を囲む吸音プラスチック層と、音源の反対側にある遮音層となる剛壁との間に背面空気層を設けることで、音源から放射された入射音は、プラスチック粒子の空げきを通過する際に熱エネルギーとなって減衰し、さらに剛壁によって反射し、再びプラスチック粒子空げきを通過して減衰する。この作用により、音源周りの音響エネルギーが減少するのである。

3.2 吸音特性

吸音プラスチックの粒子充てん率と背面空気層の容積(遮音層までの距離)が、それぞれ吸音効果に与える影響を調査した。試験はJIS規格(JIS A 1405 管内法による建築材料の垂直入射吸音率測定法)に従い、図3に示すように、取り付ける吸音プラスチックの種類とその取付位置を変えて、垂直入射吸音率 α を測定した。供試品は、図4に示すように、吸音プラスチック製ファンケーシングから切り出した直径100mm、厚さ5mmの円板を使用した。

図5は、背面空気層一定で粒子充てん率を変化させた場合の吸音率 α の最大値と、そのときの周波数を整理した結果である。この図から、最大吸音率 α_{max} は粒子充てん率に依存しており、その値が最も大きくなる粒子充てん率 β %が存在し、最適充てん率 $\beta \pm 5\%$ が適用範囲と考えられる。また、粒子充てん率が高いほど低周波数域に有効であるといえる。

図6は、粒子充てん率一定で、背面空気層(遮音層までの

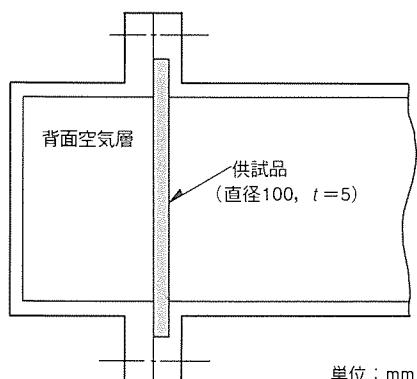


図3. 供試品取付けの様子

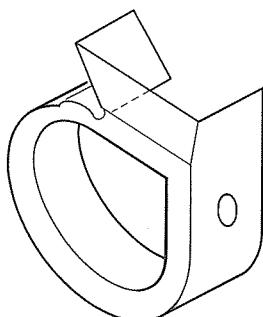


図4. 供試品切出し位置

距離)を3種類変化させて吸音特性を比較した結果である。背面空気層は、A→B→Cの順に大きくなっている。どの場合も吸音率の最大値が100%近い最良の吸音特性が得られており、また、背面空気層が大きくなるにつれ、吸音率が最大となる周波数が低くなる傾向にある。製品の騒音特性に合わせて背面空気層を変化させることにより、最も効果的な吸音構造にすることが可能である。

吸音プラスチックを吸音材として使用すると、粒子充てん率、背面空気層以外にも板厚や粒子径をパラメータとして広範囲に、製品の騒音特性に合わせた吸音構造に調整できる。

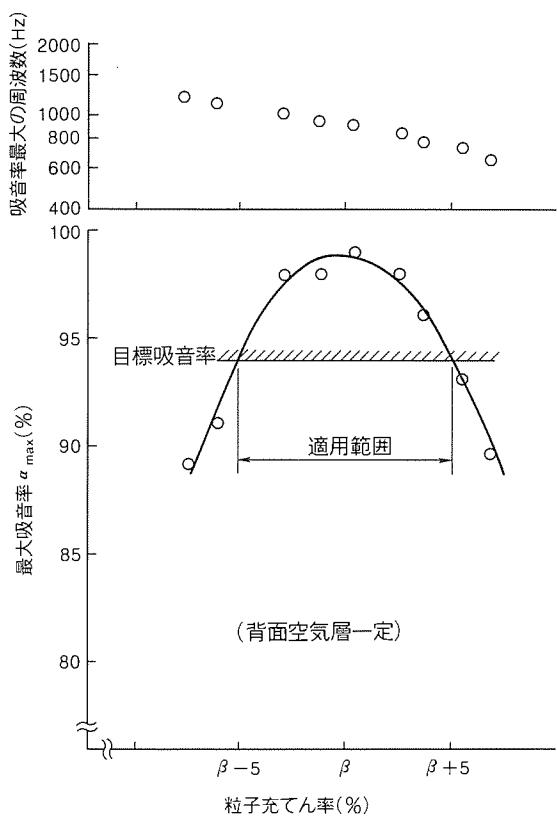


図5. 粒子充てん率と最大垂直入射吸音率

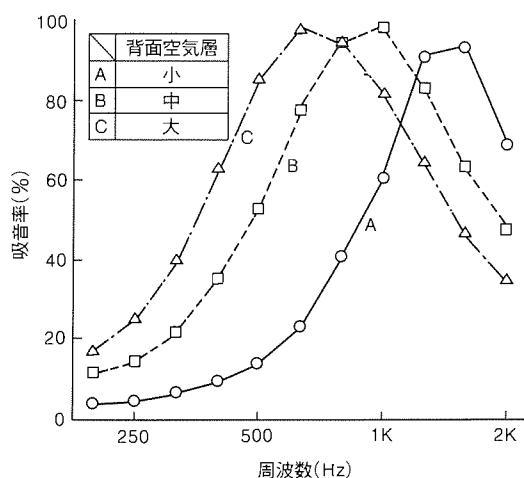


図6. 吸音率に及ぼす背面空気層の影響

3.3 製品への導入理由

従来の吸音材は、フェルトやウレタンフォームなど軟質なもので、材料の劣化や飛散などの問題もあった。吸音プラスチックは硬質な成形品であるから、寸法精度が高く品質が安定しており、構造材としての十分な強度や剛性も確保することができる。また、経時劣化もほとんどないため、高い信頼性が得られる。通常のプラスチック成形と同様に、複雑な形状でも精度良く成形できるため、ファンケーシングのように、音源でかつ回転するファンに近接させて、効果的な吸音構造を得ることが可能である。以上のように、吸音プラスチックは、効果的な吸音特性が得られるだけでなく、高品質・高信頼性が確保できるので、製品への導入は、非常に有効である。

4. ファンケーシングへの展開

4.1 ファン径とファン厚寸法の決定

板金製ファンケーシングは、通常、ユニット中に最大寸法で納まるファンを最適設計とするが、吸音プラスチック製ファンケーシングでは、左右・前後・上下の方向について背面空気層の容積を考慮する必要がある。そこで吸音プラスチック製ファンケーシング仕様で最適となるファン径とファンブレード幅(以下“ファン厚”という)を決定するため、図7に示すように、同一送風機室容積の中で次の2系統において諸寸法を振り検討を行った。

(1) ファン厚一定で、ファン径を大→中→小と振り、左右方向の背面空気層が小→中→大となったときの騒音値への影響をみる。

(2) ファン径一定で、ファン厚を大→中→小と振り、前方の背面空気層が小(無)→中→大となったときの騒音値への影響をみる。

なお、ケーシング下方向には同一容積の背面空気層を設けており、また、ファンサイズは、ファン径 D 及びファン厚 B 共に大を基準とし、中は9割($0.9D$, $0.9B$)、小は8割($0.8D$, $0.8B$)の寸法にしている。

ファン径を振った場合と、ファン厚を振った場合とではほぼ同一の結果が得られた。そこで図8では、ファン径とファン厚をファンサイズとして統括し、基準ファンサイズに対する

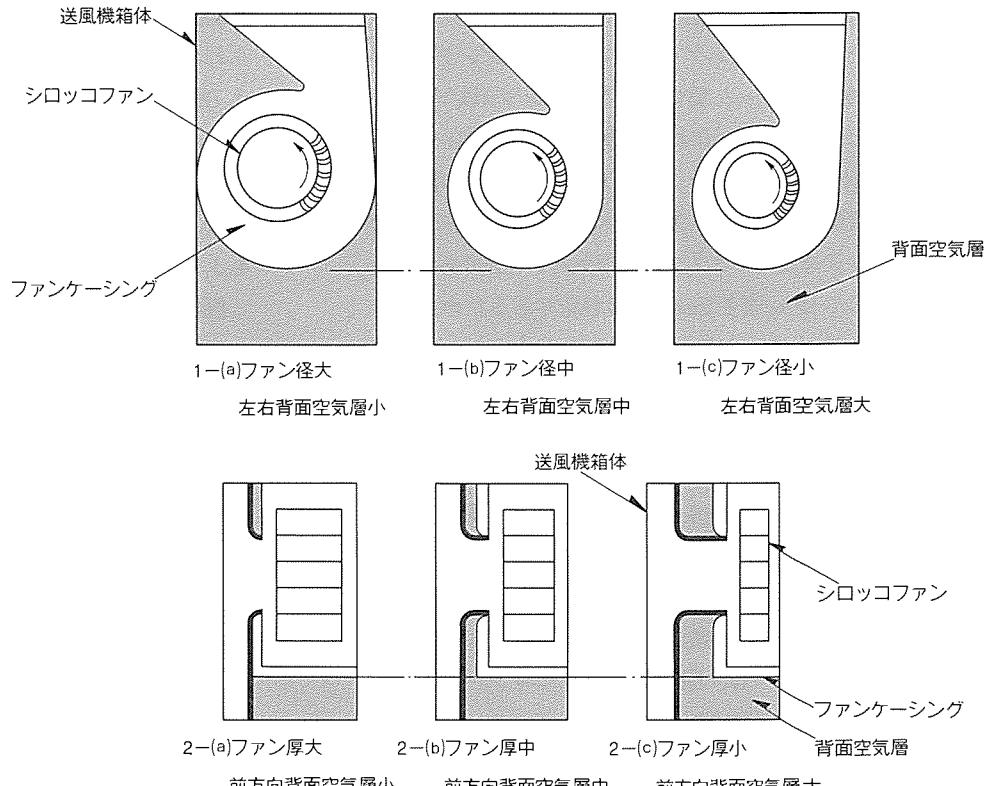


図7. ファンサイズと背面空気層の容積

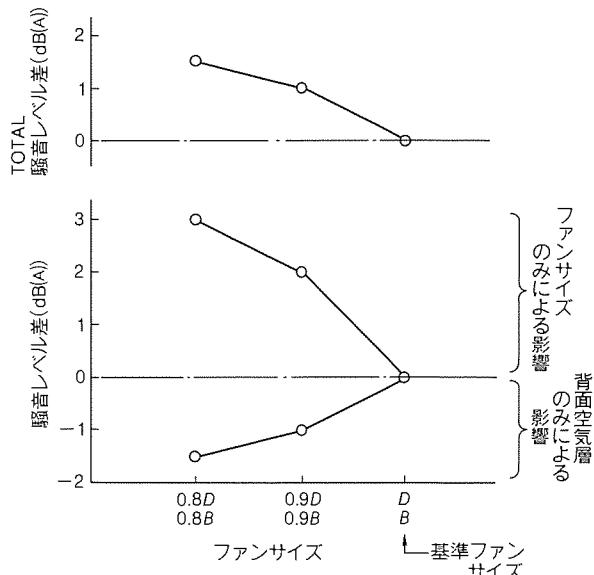


図8. ファンサイズと騒音レベル差

る騒音レベル差を、ファンサイズのみによる影響と背面空気層のみによる影響とに分析してまとめた。

ファン径及びファン厚が大きくなることにより、背面空気層減少の悪化分はあるものの、トータルとしては騒音レベルが下がっている。すなわち、ケーシング下方向にある容積の背面空気層が確保されている場合、ファンサイズは、送風機室の幅・奥行きに対して納まる最大寸法が最適である。

4.2 ファン単体特性試験

板金製ファンケーシング(以下“板金ケーシング”という。)と吸音プラスチック製ファンケーシング(以下“吸音 P_{ℓ} ケーシング”という。)における単体特性試験(P_s — Q —SPL 測定)を実施した。ファンとファンケーシングは、'91 シーズン床置形パッケージエアコンへ搭載するために最適設計した、シロッコファンとスクロールケーシングである。吸音 P_{ℓ} ケーシングは厚さ5mmの成形品であるため、板金ケーシングの諸寸法は、内寸法で吸音 P_{ℓ} ケーシングと同一とした。ファン単体特性は、当社通風無響室において、電源の電圧及び周波数を一定として、静圧 P_s —風量 Q —騒音 SPL を測定して求めた。

単体試験用ユニットは図9に示すように、'91 シーズン床置形ユニットの送風機容積と同寸法の箱体に、同配置となるようファンモータ、ファン、ケーシングをセットし、吸込みグリルやフィルターはない状態とした。

単体試験用ユニットは、図10のようにチャンバ側に組み込まれ、吸込口のみが無響室側に開口している。回転数 N 一定で、チャンバ側では、静圧 P_s —風量 Q を測定し、無響室側では静圧 P_s —騒音 SPL を測定して、ファンの単体特性を求めている。なお、この試験は吸込音のみの測定である。

4.3 板金と吸音 P_{ℓ} ケーシングとの単体特性の比較

4.3.1 背面空気層の最適化

板金ケーシングと吸音 P_{ℓ} ケーシングで背面空気層の容積を変えたときの単体特性を比較した。各容積の状態を図11に示す。図(a)のように、板金ケーシングの場合は、従来どおり遮音壁は不要である。吸音 P_{ℓ} ケーシングでは、下側に遮音壁を設け、同図(b)→(c)→(d)の順に背面空気層の容積(距離 L)を広げている。

図11(a)～(d)で求められた単体特性において、同一動作ポイント(送風機が床置形ユニットに組み込まれた状態で吹き出される風量が同一となる条件)での騒音レベル(単位圧力、単位風量当たりの騒音レベルである比騒音 K_T)を比較した。なお、送風機がユニットに組み込まれ風路を形成したときの比較であるため、静圧基準で求めた単体特性を全圧基準に置き換える、動作ポイントは次式から得られる損失係数 ξ_T で定めた。

$$\xi_T = P_T / Q^2 \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

P_T : 全圧 (Pa)

Q : 風量 (m^3/min)

図12が動作ポイント(損失係数 ξ_T)ごとに求められた比騒音 K_T の結果である。板金ケーシングと吸音 P_{ℓ} ケーシングどうしでは、背面空気層が広くなるほど比騒音 K_T が小さくなっている。どの動作ポイントでも、各容積ごとの比騒音差はほぼ一定となっ

ている。図13は能力8kWの床置形ユニット空力試験で得られた風量と回転数から推定される、実使用時の動作ポイント(損失係数 $\xi_T = 0.025$)における比騒音 K_T を比較したものである。実際の床置形ユニットでは、構造上(d)までは背面空気層が取れず、また、(c)であれば(d)との差が微少であることから、(c)をベースに遮音壁形状を決定している。

4.3.2 動作ポイントの最適化

図14は、前項で最終容積と決定した(c)の背面空気層を持つ吸音 P_{ℓ} ケーシングと板金ケーシングである(a)の単体特性カーブを比較したものである。吸音 P_{ℓ} ケーシングは板金ケーシングと比べて空力性能は多少低下しているが、比騒音 K_T はどのポイントでも低減効果が得られている。また、板金と吸音 P_{ℓ} の比騒音 K_T の差が最大となる最適ポイントが存在している。このことから、損失係数 ξ_T で表される動作ポイントを最適ポイントとすれば、騒音の最大低減効果が得られる。

'91 シーズン能力8kWの床置形パッケージエアコンの使

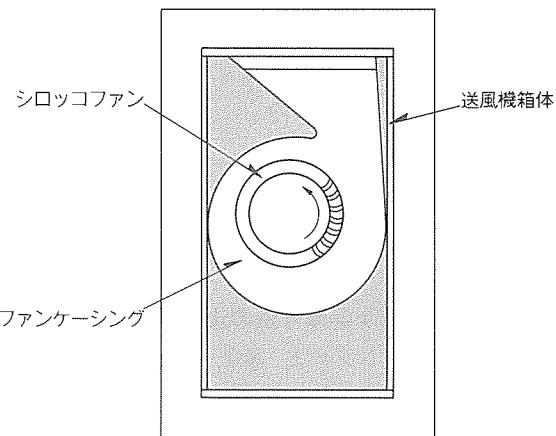


図9. ファン単体特性試験用ユニット

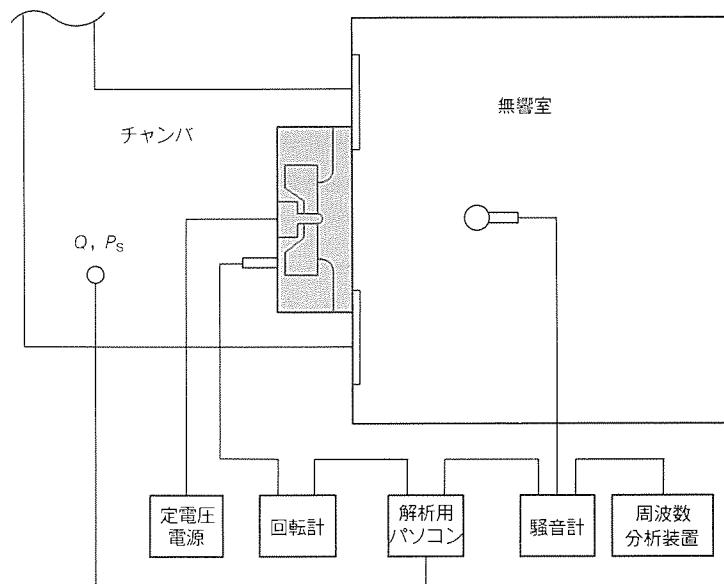


図10. ファン単体特性測定のブロック図

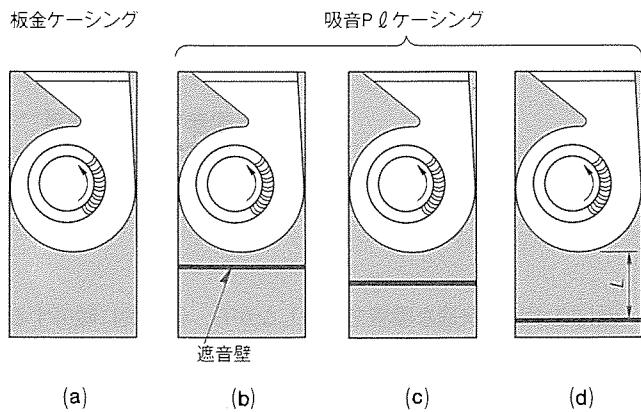


図11. 背面空気層の仕様

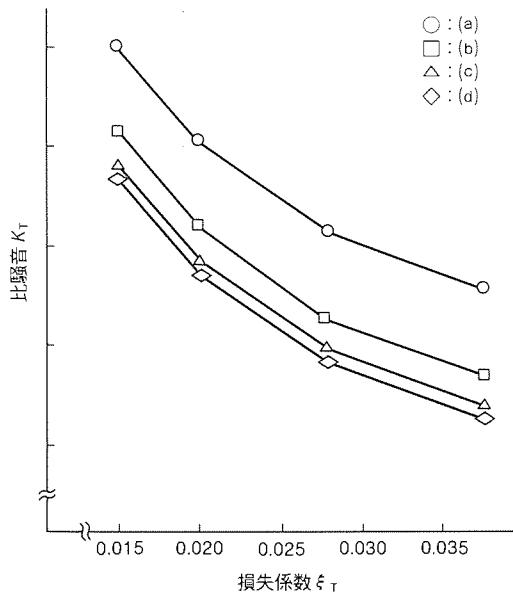


図12. 損失係数に対する比騒音レベル

用ポイントは、図14中に示す位置である。これは、限られたユニット内容積の中で、できる限り損失係数 ξ_T の値を大きくし、動作ポイントの最適化を図っている。

4.4 騒音低減効果まとめ

'91シーズン床置形パッケージエアコンでは、吸音プラスチックをスクロールファン ケーシングに適用し、①粒子充てん率、②背面空気層の容積、③動作ポイントを吸音性能向上の因子として研究し、その効果を確認した。

そして、以下に示す(1)～(3)を製品に実施し、大幅な騒音低減を図った。

- (1) 吸音プラスチックの粒子充てん率を最適ポイントに設定した。
- (2) 背面空気層は、左右方向及び前方向ではファンサイズ（径及び奥行寸法）が最大となる容積とし、下方向では、最良の容積を確保した。
- (3) 限られたユニット容積の中で、実使用時の損失係数 ξ_T の値を、送風機単体特性において吸音特性が最大となる最適

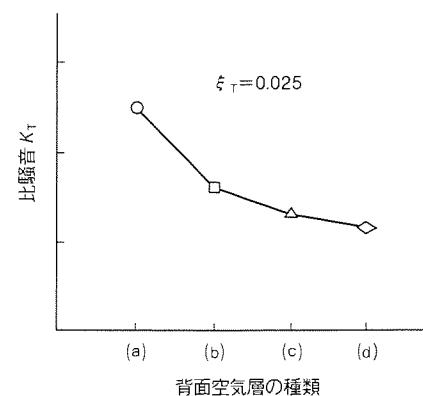


図13. 背面空気層の仕様と比騒音レベル

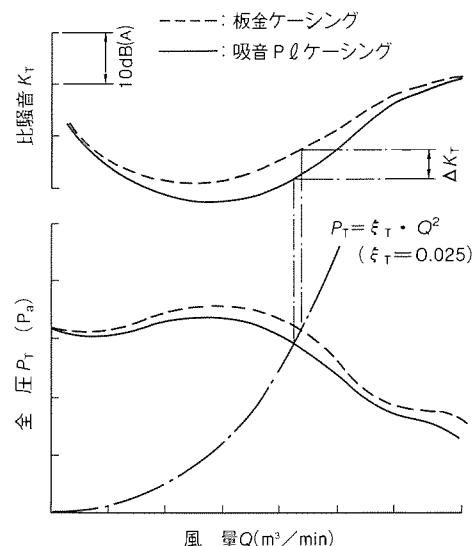


図14. 板金と吸音P-Lケーシングの単体特性比較

使用ポイントに近づけた。

以上のように、吸音特性をより効果的に生かすことにより、能力8kWクラスでは、当社従来機種から4dB(A)の低騒音化を実現することができた。

5. むすび

豊かな生活環境に望まれている快適さを作り出すために、これからの大空調機にとって低騒音化は必要不可欠な要素となっている。吸音プラスチックのファンケーシングへの適用は、ほとんどの室内機に可能であり、騒音低減が期待できる。今回、吸音プラスチックをファンケーシングに導入したが、他の製品へも適用できよう。今後は更に技術の展開を図り、一層の低騒音化を目指したい。

参考文献

- (1) 森主憲、今井智久、高木司、小森武彦：吸音プラスチックとその応用、三菱電機技報、65、No. 4、329～333 (1991)

薄形高品位 FF 温風暖房機《クリーンヒーター》

河上国彦* 菅原作雄***
知久隆雄* 長谷川恵一*
小関秀規**

1. まえがき

Mitsubishi Inner Combustion System (以下“MICS”といふ) 燃焼方式の商品化として、ガス《クリーンヒーター》が開発されて20年が経過している。姉妹機種の石油版は15年の実績がある。その間、第一次、第二次のオイルショックを経て、石油タイプ市場も100万台から25万台と大幅に落ち込んだが、生活環境をより快適にという欲求は年々増し、再認識され、ここ数年では市場拡大の傾向が見られ32万台へ回復してきている。時代は高気密、高断熱住宅への大きな流れが始まっている。また、生活者の高齢化、3世代同居、二部屋暖房、大部屋化等、住宅構造の変化と併せて生活スタイルも大きく変化しようとしている。

こうした背景から、①快適空間の拡大に向けた本体奥行の薄形化、②簡単な操作と一日中暖房しても苦にならない長時間本格暖房をメインコンセプトとした。

この開発により、当社従来機種に比較して、機能・デザイン等でグレードアップした《クリーンヒーター》が開発できた。

2. MICS 燃焼《クリーンヒーター》の原理と特長

図1はMICS燃焼《クリーンヒーター》の原理を示す。日本工業規格では、密閉式石油ストーブ(Closed Type Oil Burning Space Heaters)としてJIS S 2031に規定されている。一般的に別名FF(Forced draught balanced Flue type)とも言われている。

この原理の特色は、燃焼用空気と燃焼排気ガスの処理の仕方にある。いわゆる、燃焼用空気を屋外へ突出した給排気筒トップから吸い込み、給気ホース及び燃焼用送風機での昇圧を経て、MICS燃焼室へ送り込まれる。燃焼後の排気ガスは、熱交換器、排気筒を経て給排気筒トップから、屋外へ排出する方式である。この原理は、開放式石油ストーブが室内の空気を燃焼に使用し、かつ燃焼後の排気ガスを室内へ排気する方式とは基本的に異なるものである。

したがって、MICS燃焼の特長は、室内の空気質には影響を

及ぼさず、快適な環境を維持しながら、連続的に暖房することが可能という点にある。一方、壁への穴あけ(径65~75mm)が不可欠である。しかし、発売当初の“セントラルヒーティングの切り売り”という見地からいえば、比較的簡

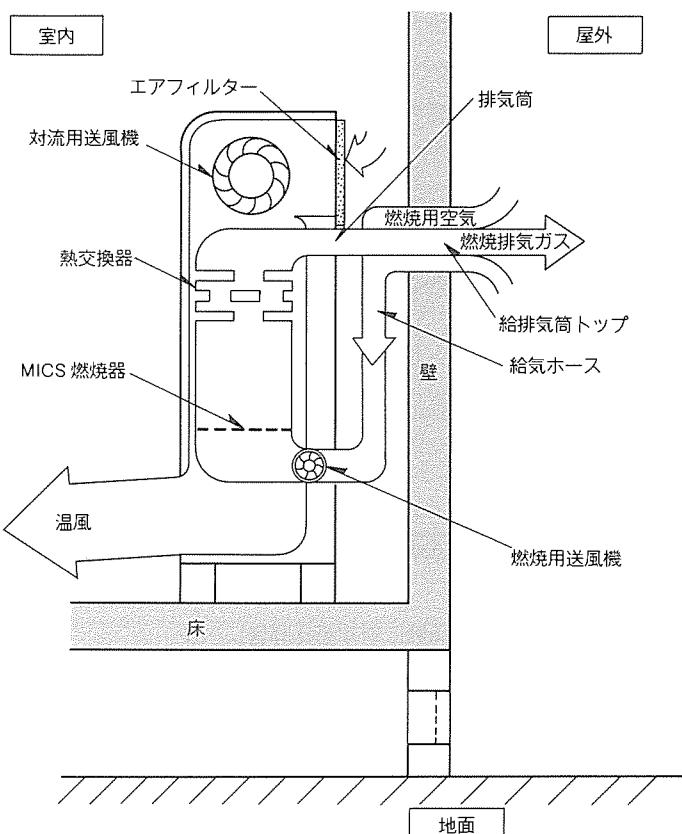


図1. MICS燃焼《クリーンヒーター》の原理

表1. MICS燃焼の方式と利点

方式区分	利点	キーワード	時代の流れ
屋外からの給気・排気	開放式ストーブに対し て必要換気回数の差	クリーン暖房	高気密住宅 高断熱住宅 高齢化
石油燃焼	電気熱源に対して 燃料費の差		大部屋 二部屋 3世代同居
燃焼暖房	電気熱源に対して 暖房能力の差	パワフル暖房	

↓
長時間暖房 (換気、燃料費、外気温度を気にしない暖房)

単な工事で1ランク上の快適性を実現できるという点で支持されてきた。MICS燃焼の方式と利点を表1に示す。従来からの“クリーン”“パワフル”というキーワードに他熱源との差別化を図れる“長時間”を追加した。さらに、快適空間をより広く利用する意味で“薄形高品位”に着目した。主なコンセプトを整理すると表2のようになる。

外観は、この商品の設備的性格から、曲面を極力抑えた意匠として選択した。さらに、灯油タンク内蔵式と別置式との外観イメージが合う機種系列とした。デラックスタイプでは、暖房しているときに温風吹出し口が開き、暖房していないときに閉じる機構を設けた。その外観を図2に示す。改善点は、①本体内部へのほこり侵入防止、②本体外装の清掃性向上、③インテリア性の向上、④シーズンインパクト感の向上である。

3. 長時間本格暖房としての提案

MICS燃焼《クリーンヒーター》として、長時間本格暖房を訴求したことは前述した。具体的には、1日の生活シーンにおいて煩わしい操作ができるだけ少なくし、しかも快適感が一定となるようファジー制御とそれに付随した補正制御及び各要素の技術確立を行っている。

3.1 室内温度設定のファジー制御

室内温度を設定するに当たり、従来は使用者の温熱感覚入力、例えば“寒いとき”キー入力、又は“暑いとき”キー入力と、室内代表室温とで推定して室内温度を設定していた。人体の温熱感覚が室内温度とふく射温度の影響を受けることを考慮し、本機では床面ふく射温度センサを追加した(図3)。入力となる代表室温、床面ふく射温度及び温熱感覚からファジールールを組み、使用者の温冷感を推論するためである(図4)。

図5に設定温度変更の例を示しながら制御の詳細を説明する。“寒いとき”キー入力時として、記号PB(ポジティブピック)は室温が高い又は大きく温度を上げる、ZO(ゼロ)は室温が普通又は普通に温度を上げる、NB(ネガティブピック)は室温が低い又は少し温度を上げる、という意味を示すものである。グレードとはPB、ZO、NBである確率を表現する値である。

例えば、図5の代表室温が23℃の場合、ZOの成分のグレードは0.8、PBの成分のグレードは0.2、NBの成分のグレードは0.0、各グレードの合計は1.0となる。また、床面ふく射温度が19℃の場合、各グレードはPB=0.0、ZO=0.8、NB=0.2、合計は1.0として表現される。各要素を制御ルールに基づき算出すると、出力項では $ZO = 0.64 + 0.04 = 0.68$ 、 $NB = 0.16$ 、 $PB = 0.16$ 、このとき出力項のメンバーシップ関数を $C_P = 3^\circ\text{C}$ (大きく上昇させる。),

表2. 主なコンセプト

コンセプト	内 容
薄形高品位	本体外形寸法 幅750×高さ535×奥行235(mm) 当社比 78%
	新規デザイン(図2)
	燃焼性能向上(表3)
	操作性向上(シャトル操作による時刻と温度の設定)
長時間暖房	工事性向上(給排気穴互換性)
	ファジー制御
	スリープ制御
	新規デザイン(図2)

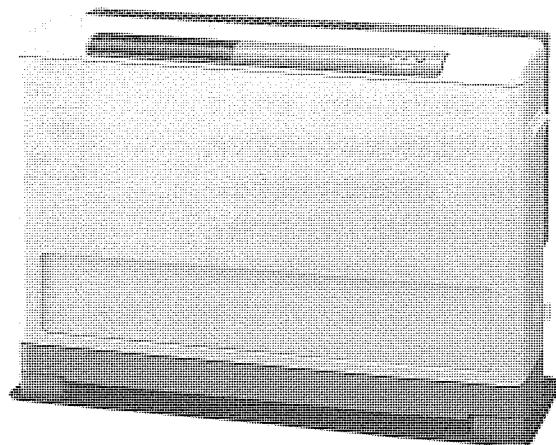


図2. 新製品の外観

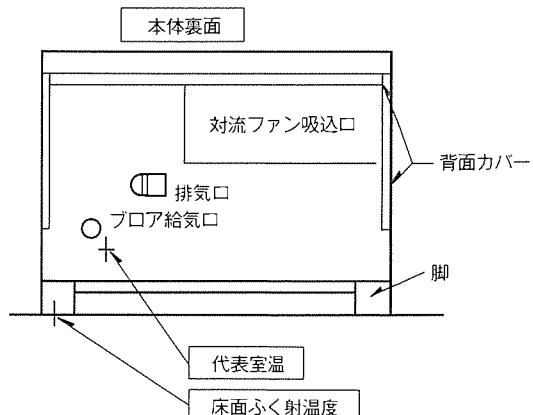


図3. 温度センサ位置

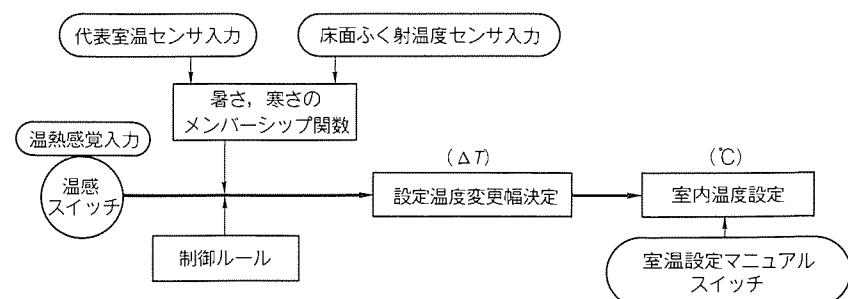


図4. 室内温度設定のファジー制御

$C_Z = 2^\circ\text{C}$ (普通に上げる。), $C_N = 1^\circ\text{C}$ (少し上げる。) に設定した。したがって、設定温度変更量 ΔT_1 は、 $\Delta T_1 = C_P \times PB + C_Z \times ZO + C_N \times NB = 3 \times 0.16 + 2 \times 0.68 + 1 \times 0.16 = 2.0$ 、したがって“寒いとき”キーを押すとそのときの設定温度に対して 2°C 上げて新しく設定することになる。“暑いとき”キーを押したときも同様の方法で設定温度に対し下げた設定がされる。

この結果図6に示すように、従来に比べて設定幅が拡大していることが分かる。この設定温度 (T_s) で暖房運転を続けると室内ふく射温度は徐々に上昇し、人の温熱感覚も微妙に変化していく。この変化を床面ふく射温度で代表して検出し、温熱感覚に変化がないように設定温度を補正する。この補正制御アルゴリズムの途中で使用する定数群はニューラルネットワークで学習させた結果にもとづいて決め、利用した。これにより室内ふく射変化に応じた快適室温制御が実現できた。

3.2 燃焼能力ファジー制御

従来は偏差 (室温 - 設定温度) のみで一義的に決めて比例制御していた。本機では図7に示すように、偏差と偏差の変化から制御ルール、及びメンバーシップ関数を構成し、燃焼能力変更幅をファジー推論する点が特長である。

図8はそのファジー制御で、偏差において PB は室温が高く、温度差 $+1^\circ\text{C}$ 以上の領域でグレード = 1.0 とした。 ZO は差なし、 NB は室温が低く、温度差 -1°C 以上の領域でグレード = 1.0 とした。偏差の変化では、検出用温度センサ、及びマイコンの分解能から $|0.25|^\circ\text{C}$ 変化するまでの時間で表現した。すなわち PB は $+0.25^\circ\text{C}$ 変化するまでの時間が128秒未満である領域を示す。 ZO は $\pm 0.25^\circ\text{C}$ 変化するまでに512秒以上の領域で、変化のない安定した状態を示す。 NB は -0.25°C 変化するまでの時間が128秒未満である領域を示す。図5と同様にして燃焼能力変更量 ΔQ を求めると、 $\Delta Q = C_P \times PB + C_Z \times ZO + C_N \times NB = 0.12 \times 1.0 + 0.0 \times 0.56 + (-0.12) \times 0.0 = 0.12$ 、したがって 12% 燃焼能力をアップすることを示す。

このファジー制御で期待する効果は次の2点である。① 設定温度と一致できるように常にファジー推論して燃焼能力が制御される、②立ち上がり時や外乱による温度変化時に設定温度までの応答速度が速い。偏差と偏差の変化及び燃焼能力変更量は、実際にはシミュレーションと実機によるチューニングを行い最適値を選定した。この結果、図9に示すよ

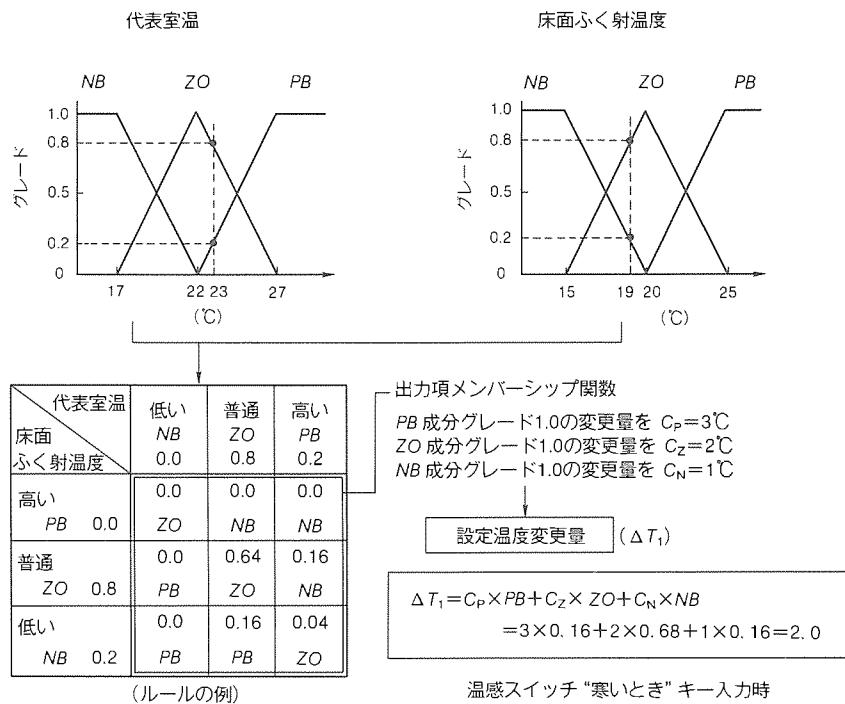


図5. 設定温度変更例

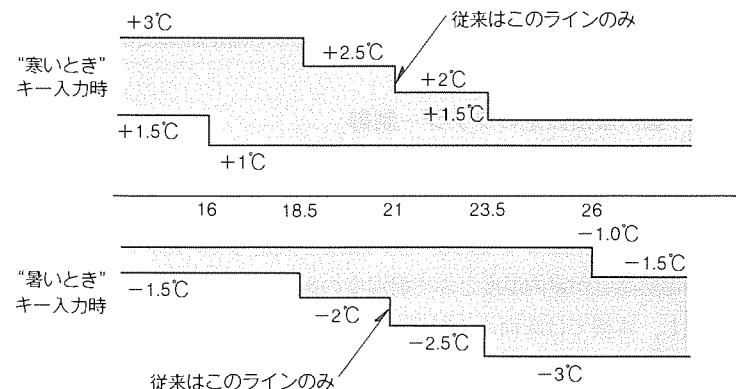


図6. 当社従来制御との比較 (温度差)

うに、従来制御に比べてファジー制御では期待した効果がでていることが分かる。

3.3 スリープ制御

1日の生活時間の中で約1/3を占める睡眠、この大切な睡眠を考慮した制御がスリープ制御である(図10)。設定温度はファジー制御で決められ、“スリープ”キーを押すとその時点から30分間は $T_s - 2^\circ\text{C}$ 、次の30分間は $T_s - 4^\circ\text{C}$ 、最後はスリープ設定温度として 14°C (初期設定) となり継続する。“おはようタイマー”がセットしてあると、タイムアップした時点で元の設定温度になり制御を継続する。ただし、スリープ設定温度はマニアル設定が可能であり、その範囲は $8^\circ\text{C} \sim \text{設定温度} - 4^\circ\text{C}$ で、 1°C 刻みで設定できる。これら3.1, 3.2, 3.3項の制御を行った1日のトータル制御例を図11に示す。

まず、室内温度設定ファジー制御で設定温度 (T_s) が決まる。一方、外気平均気温は時刻とともに図11の一点鎖線のように変化する。これから床面温度は、断熱の仕様にもよる

が、同様の動きすなわち昼は高め、朝は低めとなる。この動きを床面ふく射温度センサによって検出し、設定温度の補正をして、目標温度(T_M)を決める。従来品はその都度温感スイッチによって“寒いとき”又は“暑いとき”キー操作により、設定温度を変更する必要があったが、本機は目標温度への補正制御ができる、温感スイッチ操作は少なくなるものと期待できる。この設定温度の変更時や立ち上がり時、及び外乱での暖房負荷変動が発生したときには、燃焼能力ファジー制御が働く。

ここまででは、使用者の活動中の生活シーンへの応答である。さらに睡眠中は“スリープ”制御を行う。これは、結果的に凍結防止や結露防止の効果も期待できる。

これまで1日中活用できる暖房機の機能が搭載できた。

4. 薄形高品位を実現するための要素技術

4.1 燃 燃 器

燃焼器の基本仕様を表3に示す。当社従来類似品に対し、①小型化、②燃焼量制御幅の拡大、③二段燃焼法による低NO_x化の3点について性能の向上を図った。

小型化は、《クリーンヒーター》全体をコンパクトにし、燃焼量制御幅の拡大は、暖房負荷との釣合いをとり、快適な室内温度を得るために、低NO_x化は大気汚染防止、環境保全という時代の要請のために各々重要な項目である。

4.1.1 小 型 化

図12に燃焼器の構造を示す。小型化は気化器直径を小さくすることによって行った。予混合気化式の燃焼器では、灯油燃料の気化と一次空気との良好な混合を確保することが重要である。気化器の小型化で混合空間を小さくするには、混合促進板等での工夫を行い、均一で脈動の少ない火炎を実現した。この結果、体積比で従来の約60%に縮小し、また予熱時間も従来の約75%に短縮した。

4.1.2 燃焼量制御幅の拡大

燃焼量制御幅の拡大は、バーナ炎孔部(図12)の構造、材料の変更を低コストで行うことで実現した。従来燃焼量制御幅拡大の主な阻害要因は、小燃焼量時の予混合火炎から炎孔部への熱伝達による炎孔部の過熱、火炎の不安定、特に逆火にあった。今回の開発では炎孔部材にステンレス鋼板を用いている。これを積層構造とし、炎孔をスリット状にすることにより、低コストで耐熱性及び逆火耐力を向上させている。

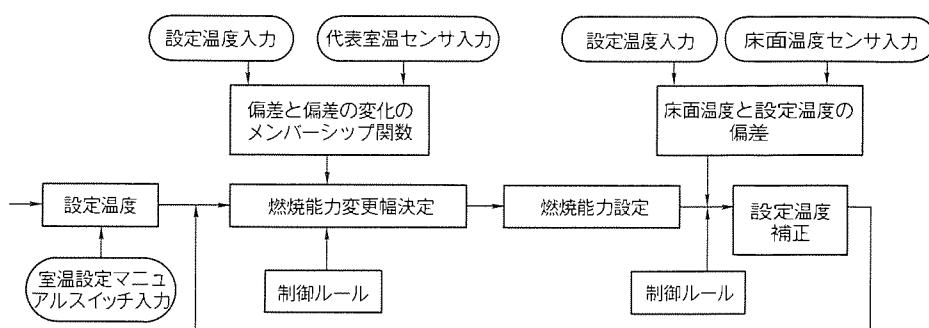


図7. 燃焼能力ファジー制御

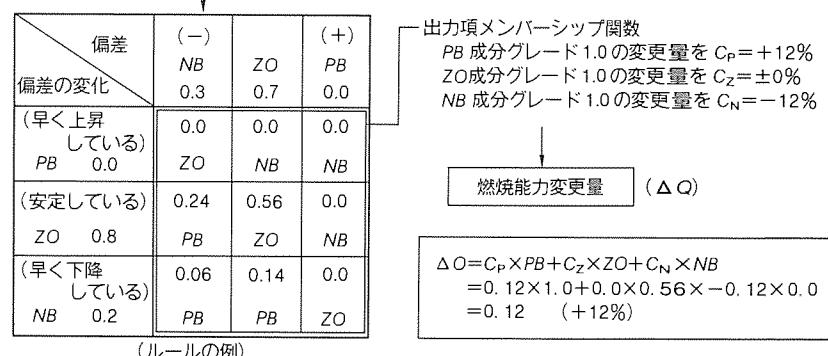
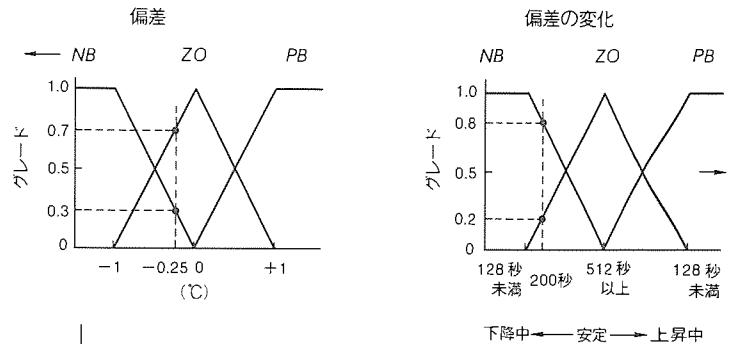


図8. 燃焼能力変更例

この結果、従来比で約32%の改善を実現した。

4.1.3 低NO_x化

低NO_x化の方法としては、一般に排気再循環・水噴射・希薄燃焼・二段燃焼等がある。ここでは、家庭用燃焼器であるから経済性に重点をおき、低NO_x化のための付加的要素のない、また開発上で技術的課題の比較的少ないと考えられる二段燃焼法を選択した。図12に示すように、二段燃焼を行うために二次空気導入位置は従来よりも燃焼室下流側に設けている。一段目では燃料過剰な燃焼が行われ、二次空気の導入によって二段目で完全燃焼が行われる。このとき、一段目燃焼ガスから二次空気へ、さらに外部への放熱が行われ、燃焼ガス温度を低下させる構造となっている。

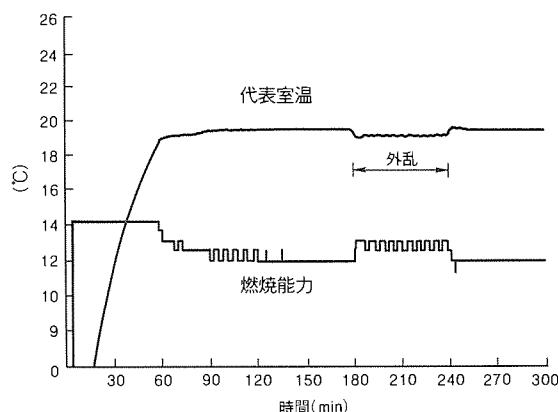
図13に一次空気比をパラメータとしたときのNO_x排出濃度(ppm : O₂ = 0%換算)に及ぼす二次空気導入位置の影響についての測定結果を示す。一次空気比(μ_1)が小さいほど、距離(L)が大きいほど、NO_x排出濃度が低下することが分

かる。

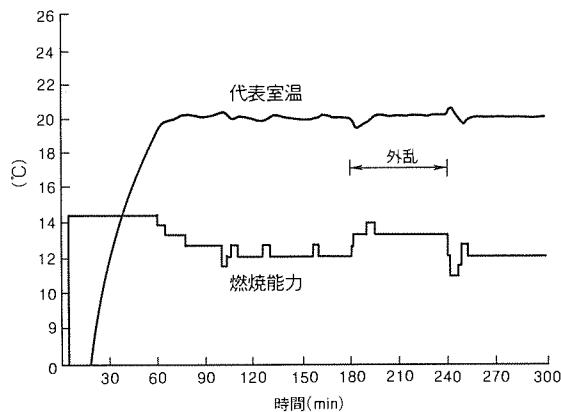
NO_x 排出濃度に及ぼす二次空気導入角 (α) の影響についての測定結果を図14に示す。図から角度 α が小さい方が、 NO_x 排出濃度が小さいことが分かる。これは、一段目燃焼

ガスと二次空気の混合がより下流で行われ、実効的な二次空気導入孔位置 (バーナ間距離) が大きくなるためである。

最終的な二次空気導入の位置及び角度は、 NO_x 排出濃度、CO やすす (煤)などの燃焼特性、及び燃焼器各部温度を考



(a) 従来制御



(b) ファジー制御

図9. 当社従来制御との比較

表3. 燃焼器の基本仕様

項目	仕様
燃 料	灯 油
燃 烧 量	最大 18,630kJ/h [4,450kcal/h]
燃 烧 方 式	ガス化予混合燃焼方式
燃 烧 量 制 御 幅	当社従来比32%拡大
低 NO_x 方法	二段燃焼法
NO_x 排出濃度 ($\text{O}_2 = 0\%$ 換算)	当社従来比67%
異常燃焼防止方法	炎電流検出方式
コンパクト性	当社従来比60%

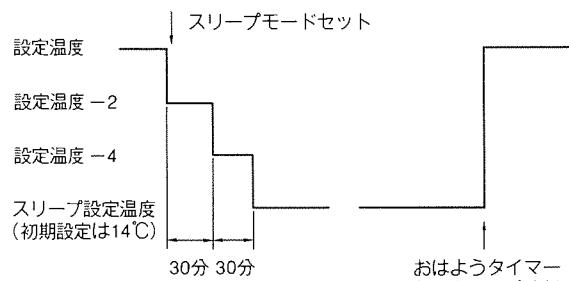


図10. スリープ制御

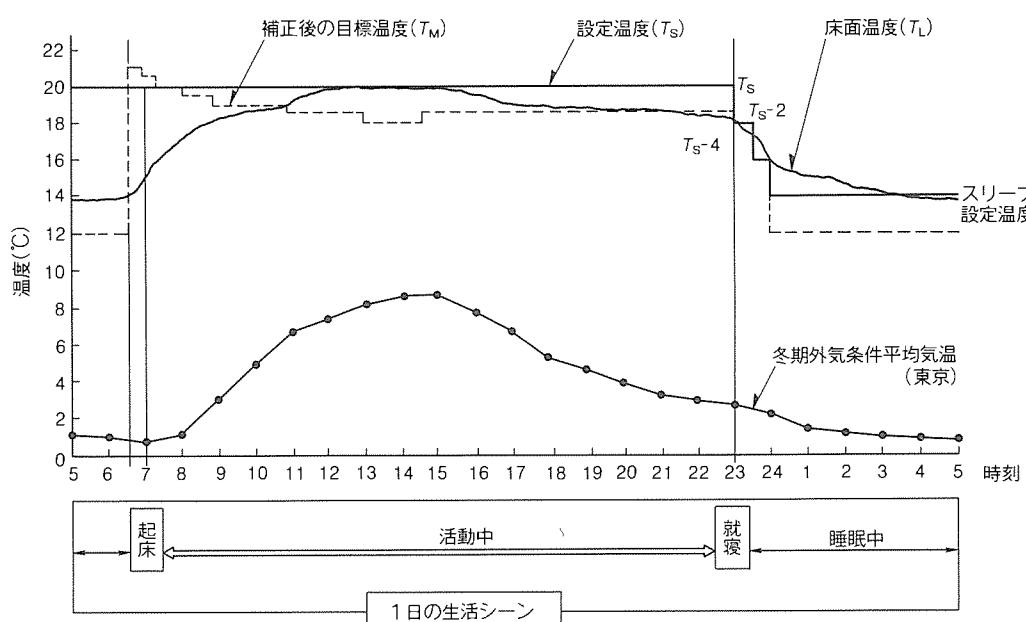


図11. トータル制御例

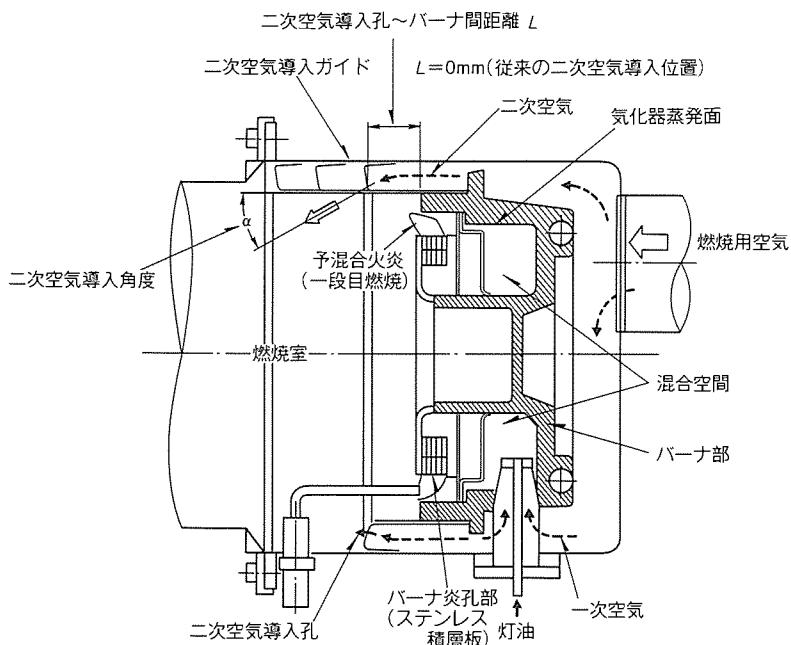
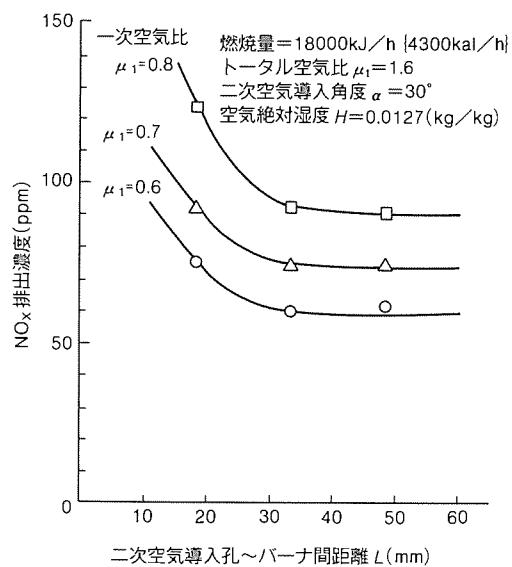
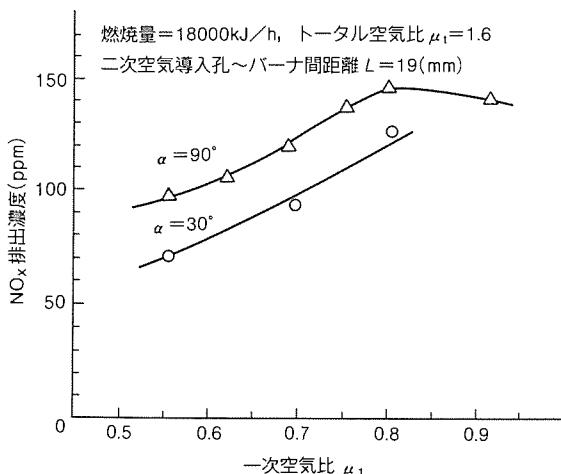


図12. 燃焼器の構造

図13. 二次空気導入位置と NO_x 排出濃度図14. 二次空気導入角度と NO_x 排出濃度

慮して決定した。なお、不完全燃焼防止には、従来と同様に炎電流検出方式を用いている。今回の二段燃焼を採用しても、CO排出時には速やかに燃焼を停止でき、安全性確保には十分な配慮を行っている。

4.2 対流用送風機

対流用送風機は、室内の空気を本体内に取り入れて、燃焼筒・熱交換器で熱交換し、吹出口から温風として出す循環用送風機である。目標処理風量は、 $5.7 \text{ m}^3/\text{min}$ である。送風機としては比較的中風量の領域で、ファンの形態としてはプロペラファン、シロッコファン、ラインフローファンの三つが考えられる。従来品は、本体背面に壁とのすき間を利用してプロペラファンを搭載していた。

今回の開発では、給排気工事の自由度を広げて施工性を向上させるのが目的の一つであり、本体背面と壁とのすき間はすべて給排気工事のスペースとする必要から、対流用送風機を本体内へ組み込むことが前提条件である。さらに、本体の薄形化という目標も達成するため、対流用送風機に与えられた寸法は、奥行 140 × 長さ 550 × 高さ 170 (mm) である。しかも風の流れとして背面から吸い込んで、高さ方向に対して下向きに、できるだけ均一に吹き出さなければならない。こうした条件では、ファン外径が奥行寸法で制約され、プロペラファンの場合は 2 個ないし 3 個必要となる。これでは、プロペラファンのコストメリットが生かされないばかりか、ファン相互の干渉によるうなり音対策という技術課題が生ずる。また、シロッコファンの場合もファン外径が奥行寸法で制約され、ファン幅寸法も小さくしなければならず、両吸込ファンを 2 連にする必要がある。したがって、両軸モータを風路内へ設けることになり、ファンの吹出し口が狭くなる。また、デッドスペースが生じ、風量分布にアンバランスが生ずる。ラインフローファンの場合はモータを風路外へ設置でき、風路を有効活用できるとともに、シロッコファンのような吸込み側の曲がり損失がない分だけ吸込圧損を低減することができる。

以上の理由から本機では、最も合理的なファン形態としてラインフローファンを採用することにした。しかし、次の技術課題を解決しなければならなかった。
① ラインフローファンは、比騒音が比較的高く、低騒音化を図るには風路圧損を極力低下させなければならない。
② 室内のほこりが吸込フィルターに付着して吸込圧損が上昇した場合でも容易にサージングが発生しない、すなわちサージング耐力のあるものに仕上げる。本機では背面の狭い吸込面積の中でこれらを実現しなければならず、前面に広い吸込面積をもつエアコン搭載のラインフローファンに要求されるサージング耐力と比べて、かなり厳しい課題となる。これらの課題解決について以

下に記述する。

風路内の圧損については、風路内の流れに渦を発生させない、流速を均一化させる、を主眼として風路設計を行った。そのために図15に示すように、設計段階で二次元気流解析を行い、ラインフローファンの吹出し方向の最適化、風路の形状、寸法の最適化を実現した。また、低騒音化、特に音質

面での改善の方策として、羽根の長手方向に対してひねりを加えた形状を選択した。これにより、ボルテックス、スタビライザ部との干渉による回転音の低減効果が得られた。一方、サーボング耐力については、ファンの吸込流を整流させるため羽根と吸込フィルターの間隔をできるだけ大きくし、ボルテックス、スタビライザの形状の最適化、ファン吹出し部の両端を塞いだ吹出し口風路を構成する。さらに、翼枚数の最適化などによって目標値のクリアーができた。

4.3 燃焼用送風機

燃焼用送風機は、燃焼に必要な空気を屋外から取り入れ、MICS燃焼器内へ供給する送風機である。要求される性能は、 $0.17 \text{ m}^3/\text{min}$ 、静圧は600Paである。この値から分かるように、小風量・高静圧の領域であるから、ファン形態は従来から使われているターボファンか最適といえる。従来はファン外径154mmの二段ターボファンを採用していた。その理由は、ファンを駆動するモータとして2極の誘導電動機を用いて回転数の上限値が絶対的な制約となり、ファンの大きさ制約もあって、二段化が必要となっていた。したがって、寸法が大きくなるとともに、ファン設計の点でも、最大ファン効率点付近で使うという最適設計ができない状態であった。

本機では、製品の薄形化という目標を達成するために、回転数の上限制約が拡大できるDCブラシレスモータを採用し、ファンの最適設計により、二段ターボファンを一段化した。DCブラシレスモータにおいても薄形化のできるアウターロータタイプを採用した。

この結果、図16に示すように、従来品に比べ高さ寸法で102mm(59%)薄くできた。占有容積では約1/3になり、

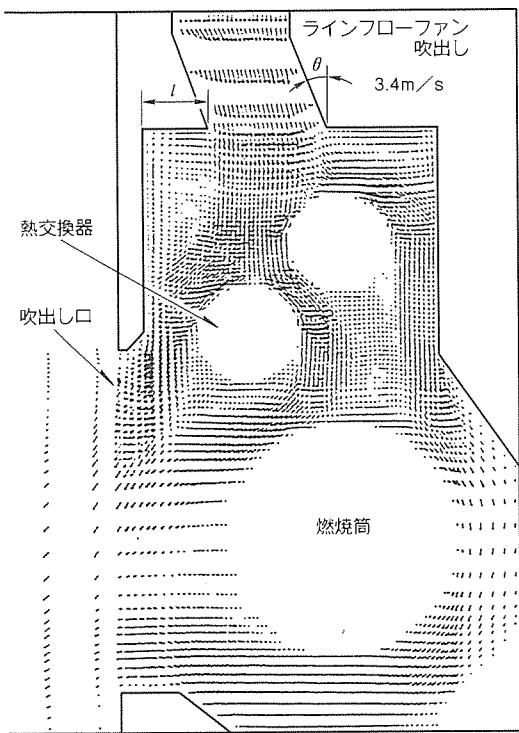
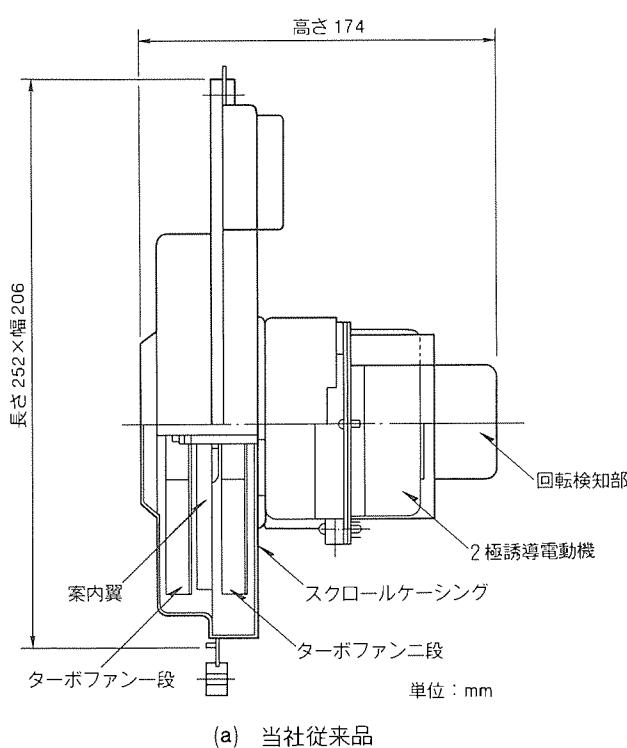
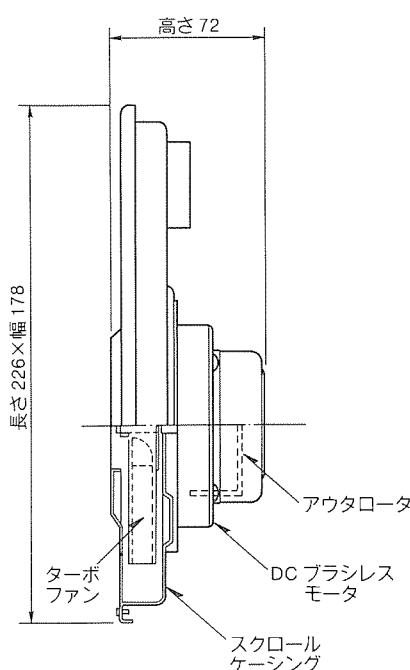


図15. 風路内の二次元気流解析結果



(a) 当社従来品



(b) 新製品

図16. 当社従来品との比較

質量も 3.1kg から 1.2kg(61%) に軽量化できた。また、ファン効率も、ファン外径を 125 mm に小型化して最大ファン効率点に近づけ、二段ターボファンでは一段目から二段目に流れる流路圧損を一段化でなくし、羽根効率を 22% から 40% へと改善できた。

一方、騒音・振動面では新たな課題が生まれた。すなわち、従来品の回転数が 2,700 rpm であるのに対して、開発品は 4,900 rpm を必要とした。この高速回転化で生じた課題には、以下に述べる対策をした。

(1) DC ブラシレスモータの振動伝達音

DC ブラシレスモータは、コギングトルクと呼ばれる回転時に発生するトルク変動を基本的に持つておらず、このトルク変動が加振力となってモータの構成部品及びブロアケーシングを振動させる。共振が生じた場合には、耳障りな騒音が発生することになる。この対策として、コギングトルクを低減させること、ロータとステータとフレームの剛性を上げること、及びモータとブロアケーシングの取付部を防振することを行った。特にコギングトルクは、ステータのスロットル形状やロータの着磁パターンを工夫することで、当社の平均的なコギングトルク値に比べ約 1/2 以下に低減した。

(2) ファン騒音

高速回転化によってファン 1 台当たりがなす圧力上昇値は増加し、したがって翼間の圧力変動とスクロールケーシングの舌部等とで生じる干渉による回転音が、従来よりも大きくなってしまう。この対策としては、翼間の圧力分布をより均一にするよう、①翼の出口角度をできるだけ小さくする、②羽根と舌部のすき間を広げる、③羽根とケーシングの高さ方向のすき間を広げるなど、送風性能との最適化を行った。

騒音値はオーバオール値で約 33 dB で従来品とほぼ同等レベルまで低下、最大ピーク値も約 12 dB となり、音質面でも良好な騒音特性が得られた。以上のように、送風性能、騒音特性を維持しながら大幅なコンパクト化が実現できた。

4.4 本体制御回路

本体薄形化は、制御回路も当然小型化をしなければならない。従来品は片面実装基板(紙フェノール材)を使用しているので、絶縁距離と従来部品仕様の前提では基板寸法の小型化には限度があった。そこで、電子部品のチップ化、及びスルーホールによる両面実装基板(ガラスエポキシ材料)を導入し、信頼性向上と小型化を図った。基板外形寸法の面積比では、従来比 68% が実現できた。

5. む す び

薄形高品位に向け、①室温設定と設定温度補正及び燃焼能力のファジー制御、②スリープ制御、③燃焼器性能向上、④小型高性能燃焼用送風機、⑤薄形対流用送風機、⑥制御回路の小型化、⑦新感覚のざん新なデザインの開発を行い、「'91 年度品に搭載した。

特長は床面ふく射温度センサでの補正制御とスリープ制御及び温風吹出し口シャッタ機構である。これで 1 日の全生活シーンに対応ができた。このような考え方は、今後更に支持される I, A, Q 意識やアメニティ感覚とマッチするであろう。

今後とも MICS 燃焼による FF 温風暖房機《クリーンヒーター》の“クリーン、パワフル、長時間、安全”的特長を生かし、一步進んだ快適空間創造へ向け挑戦を続けたい。

参 考 文 献

- (1) 井上宇市：空気調和ハンドブック、2～13、丸善(1973)
- (2) 生井武文、井上雅弘：ターボ送風機と圧縮機、144～310、コロナ社(1988)
- (3) 谷腰欣司：DC ブラシレスモーターと制御、56～114、総合電子出版社(1984)

石油ファンヒーター KD-336DS

任田保満* 山口博志*
福野克哉* 塚原英行*

1. まえがき

当社が昭和53年他社に先駆けて発売した石油ファンヒーターは発売以来順調な伸びを示し、平成2年度にはその市場規模が年間約370万台となった。その中で当社はマーケットシェア第1位を堅守し続け、生産台数で年間約90万台を超える状況である。このように成熟商品となった石油ファンヒーターでは、基本性能・デザイン・付加機能面における優位性が重要なテーマである。当社における平成3年度石油ファンヒーター KD-336 DSは、デザイン、付加機能の両面から新機能であるシャッタ機構を搭載し、制御面では使い勝手・快適性・省エネ性を高めるための“ファジー パワーコントロール”を採用、さらに基本性能面では低NO_x（窒素酸化物）、低臭気の大幅な改善を図った。また、これら石油ファンヒーター単体でのメリットアップのみならず、電気カーベット、加湿器とのシステム運転を可能にした。

本稿ではこれらの基本性能改善、付加機能における技術的ポイントについて述べる。図1は石油ファンヒーター KD-336 DSの外観である。

2. 石油ファンヒーターの構成と燃焼原理

2.1 石油ファンヒーターの構成

図2に、当社石油ファンヒーターの構造を示す。灯油を気化し燃焼させるバーナ部と灯油を供給するためのカートリッジタンク、油受皿、燃焼用空気を供給するためのターボファン、温風を吹き出すための送風ファン、温風吹出し口を覆うシャッタ部、それに操作部で構成される。

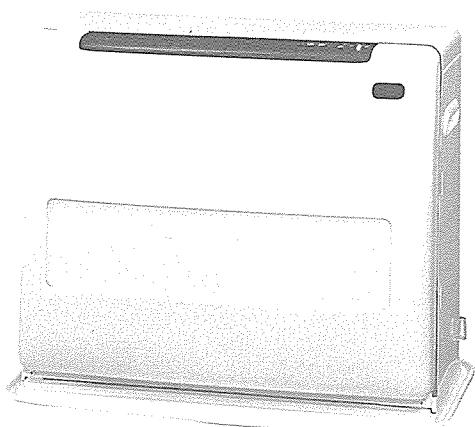


図1. 石油ファンヒーターの外観

2.2 燃焼原理

図3に燃焼原理を示す。燃焼用空気は、ターボファンから噴霧ノズル部を経て気化筒内に入る。一方では、加圧ソレノイドを経て定油面器を加圧している。灯油は、カートリッジタンク、油受皿、送油管内を通り、電磁ポンプによって定油面器に汲み上げられて気化筒内に噴出する。気化筒内へは燃焼用空気が噴霧ノズル部から圧送されているので、灯油はニードルから滴下する瞬間微粒化し霧化する。気化筒はシーズヒーターによって所定の温度に予熱されており、霧化した灯油は気化筒内で瞬時にガス化し、空気と混合されバーナヘッド部で燃焼する。燃焼した高温ガスは、本体ケース背面上部の送風ファンから送風される空気と混合し、温風吹出し口から吹き出される。

3. シャッタ機構

3.1 設計のねらい

家電製品の全体的な傾向として、インテリア化に伴う外観のグレードアップが求められている。この商品では球面を採用した前面フォルムに加え、運転中には開き、運転停止時には前面吹出し口を覆うようにして閉じるシャッタ機構を搭載した。そのシャッタ部には前パネルと同色の素材を使用し、閉時にはより美しい球面フォルムを実現すると同時に、石油ファンヒーター本体内部へのほこりの侵入を防ぐ機能も果た

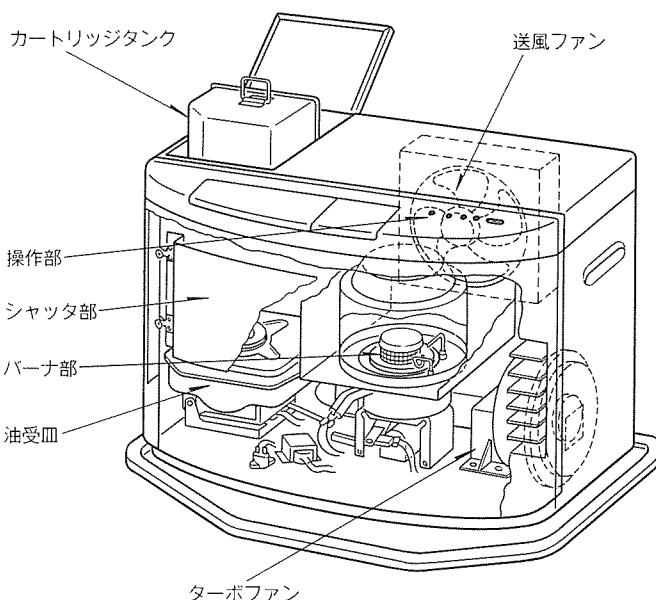


図2. 石油ファンヒーターの構成

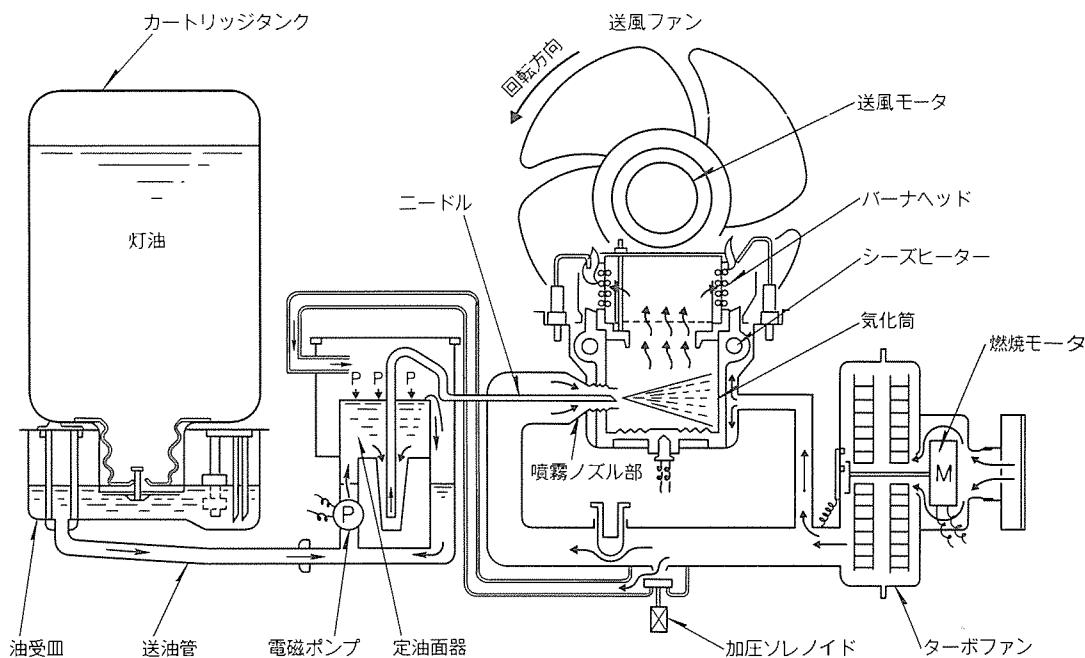


図3. 石油ファンヒーターの燃焼原理

し、外観・機能の両面のグレードアップを図った。

3.2 構造

図4にシャッタ機構の概略を示す。シャッタは左右両端部に4個のローラが取り付けられ、本体に取り付けられた2本のレール上を走る。シャッタ上下駆動は、駆動用モータに連結されたクランクシャフトを介して、駆動用モータの円運動を直線運動に変えることによって行われる。

3.3 メカニズムの特徴

開閉メカニズムは、部品点数の少ない方式を採用した。この方式ではシャッタ開閉時に、シャッタの支点が左右方向に移動する特徴を持っている。そのためシャッタ部に加わる力にアンバランスが生じ、シャッタが斜めになりやすい。それを防止するために、ローラ部にスプリングを取り付け、ローラをレールに押し付ける。これにより、シャッタが斜めになることを防止できるとともに、組立製造上に生じるレールとローラのすき間も補正できる。

シャッタ部に最大負荷がかかる状態(図5)での負荷計算を行うと、

$$G + R_2 = R_1 \quad (G \approx 0 \quad \therefore R_1 = R_2 = R) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$F = W + 2 \mu R \quad \dots \dots \dots (2)$$

モーメントの釣合いから、

$$pR + l \mu R + mW = qR + n \mu R \quad \dots \dots \dots (3)$$

実機寸法から $l = 0.3 \text{ (m)}$, $m = 0.06 \text{ (m)}$,

$$n = 0.18 \text{ (m)}, p = 0.02 \text{ (m)}, q = 0.1 \text{ (m)},$$

$$W = 3 \text{ (N)}, F \leq 6 \text{ (N)} \text{ とすると}$$

$$\mu \leq 1/3 \quad \dots \dots \dots (4)$$

式(4)を式(2)に代入すると

$$R \leq 4.5 \text{ (N)} \quad \dots \dots \dots (5)$$

式(4), 式(5)からシャッタの開閉をスムーズに行うために

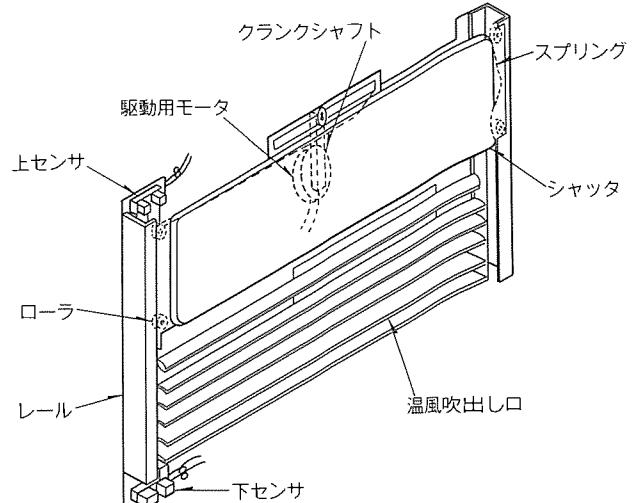


図4. シャッタ機構の概略

は摩擦係数 μ 、及びスプリングによる押し付け力 R を減らすことが必要である。そこでローラ、レールの材質に摩擦の少ない材質を選定し、ばね定数はすき間の補正が可能な範囲で極力小さくなるよう設定した。

3.4 位置検出

シャッタ開閉の位置検出は、フォトインタラプタ(以下“センサ”という。)によって行う。本体運転スイッチが“入”にされると、まず下センサON状態でシャッタが閉じていることを確認し、モータへ通電してシャッタを開ける。30秒以内に下センサがOFFし、上センサがONした状態でモータへの通電を停止する。この時点でクランクは垂直状態に保持され、シャッタは開いた状態で点火動作に移る。一方、本体運転スイッチを“切”にすると、まず燃焼を停止し、送風ファンによる送風で1分間内部を冷却する。その後シャッタ

モータへ通電し、閉じる動作に移る。そして下センサがONし、シャッタが閉じたことが確認されると、モータへの通電を停止する。

3.5 安全性

シャッタ部の安全配慮としては、シャッタが下降中に指を挟んだ場合、駆動モータの反転機構によってシャッタ部を上昇させる構成とした。

また、前パネル、シャッタ下面は曲げ加工を施して、けがへの安全性を配慮してある。

4. 低 NO_x 化

4.1 低 NO_x 化への背景

NO_x 排出による環境汚染が社会的な問題となる昨今であるが、家庭用機器から排出される NO_x 値についても規制する動きが出ている。

その中で、石油ファンヒーターの NO_x 排出規制は、平成 3 年度から(財)日本ガス石油機器工業会の自主規制値が設定された(今後、段階的に厳しい規制を行う予定)。

これに対し、当社石油ファンヒーター KD-336 DS 形では、テーパ保炎リングを搭載して業界トップクラスの低 NO_x 化を図った。

4.2 NO_x 生成機構

図 6 に示すように、バーナヘッド部に形成される火炎は、バーナ炎孔上に形成される一次炎、及びその周囲の空気と反応して形成される二次炎とに区別される。

一般に火炎帯(一次炎、二次炎)で生成される NO_x は、そのほとんどが NO と NO₂ であり、NO₂ は NO の酸化によって生成される。NO_x の生成機構を考える場合には NO のみを考慮すればよい。NO の生成は、空気中の窒素分子が高温において酸化され生成される Thermal NO と、燃料中に含まれる窒素酸化物から燃焼中に生成される Fuel NO とに分けられ、石油ファンヒーターでは灯油中の窒素含有率が低いため、Thermal NO のみを考慮すればよい。Thermal NO 生成機構は、表 1 に示す Zeldovich と Prompt とがある。実際の石油ファンヒーター燃焼時に発生する NO と、一次空気比 μ (=使用空気量/理論空気量) とは図 7 に示す関係がある。図から明らかなように、Total NO は、 $\mu=1.0$ 付近で最大となる。通常設定 $\mu=0.7 \sim 0.8$ 付近では、Zeldovich NO と Prompt NO とが同程度発生していることが分かる。

4.3 テーパ保炎リングによる低 NO_x 化

NO の生成機構から NO_x を低減する方法として、

- (1) 火炎温度の低下
- (2) 燃焼域での O₂ 濃度の低下
- (3) 高温域での燃焼ガス滞留時間の減少

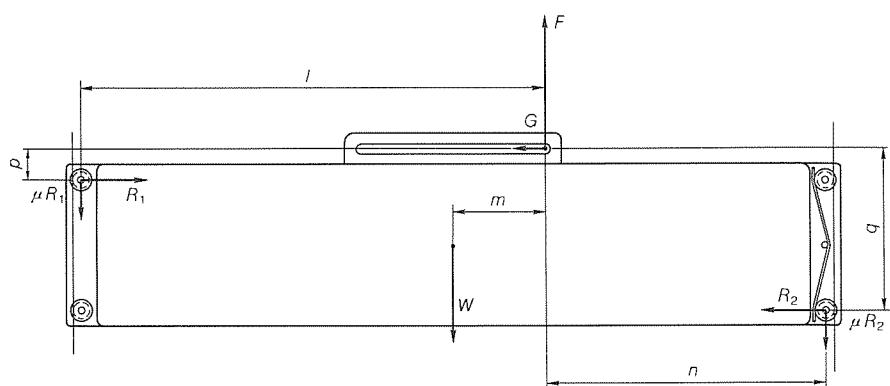


図 5. シャッタ部に作用する力

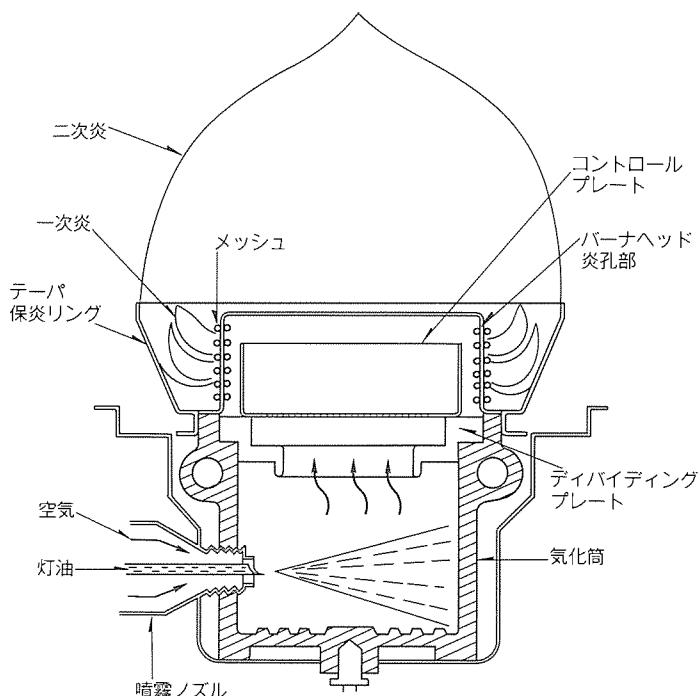


図 6. バーナの構成

が考えられる。平成 3 年度石油ファンヒーターでは、上記(1)の火炎温度を低下させる方法を採用した。

図 6 に今回導入したテーパ保炎リングを示す。テーパ保炎リングは、従来の保炎リングに比べ大型化し、火炎(一次炎、二次炎)との接触面積が増加し、火炎冷却が図れる。そのため、Zeldovich NO が低減でき NO_x の生成を抑制できる。また、このリングはバーナヘッドからテーパ状に広がっており、一次炎及び二次炎から適切な位置関係が保たれてバーナヘッドの温度上昇も防止できる。

図 8 に従来の保炎リングと今回導入したテーパ保炎リングの NO_x 排出量を示す。図から明らかなように、テーパ保炎リングでは NO_x 排出量を従来比約 30 % 減少することができた。このリングはテーパ形状であるから火炎の安定化作用を損なうことがなく、CO の発生も抑制できる。

4.4 低臭気化

燃焼中に保炎リングは、火炎に接觸しているので約 800 ~ 900 °C の高温状態になる。テーパ保炎リングは、従来の保炎

リングに比べ更に大型化した。それにより、消火時には未燃ガスが高温部に滞留している時間が長くなり、消火時の臭気が大幅に改善できた。

5. ファジー パワーコントロール

KD-336 DS形では使い勝手、快適性、省エネ性向上のために、ファジー理論を応用したファジー パワーコントロールを採用した。図9にファジー パワーコントロールのプロ

ック図を示す。このコントロールは次の五つの制御を行っている。

5.1 学習温感ファジー

使う人の感覚に基づき温感スイッチを操作して室温をコントロールするのが温感コントロールであり、当社の石油ファンヒーターでは昭和61年度製品から採用している。暑いと感じた時は“暑いときスイッチ”を、寒いと感じた時は“寒いときスイッチ”を操作するだけで、快適な環境が設定できるものである。KD-336 DS形は、この温感コントロールにファジーと学習機能を取り入れ、さらに使い勝手を高めた。図10は学習温感ファジーの暑さ、寒さのメンバーシップ関数である。暑さ、寒さのグレードにより、設定温度の変化幅を変えている。また、温感スイッチを操作したときの室温によって表2の定数を発生させ、その数を蓄積し、その結果により、設定温度を“高目の設定”“標準の設定”“低目の設定”の中から選んだ室温設定を行う。このように個人好みに合わせる機能を可能にした。

この制御の開発には、ニューラルネットワークを利用した。図11は温感スイッチを操作したときの室温の変化幅を示したものである。一方、室温設定スイッチを使用して、特定の室温を設定することも可能である。

5.2 ふく射温度 ファジー

石油ファンヒーターのような温風暖房機は、部屋の空気を暖める方式であるが、暖房を行っていると壁や床の温度も上昇する。人はふく射温

表1. Thermal NO の生成機構

	反応式	主な特徴
Zeldovich	$O + N_2 \longrightarrow NO + N$	● 温度依存性が高く高温ほど生成されやすい。
	$N + O_2 \longrightarrow NO + O$	● O_2 濃度が高いほど生成されやすい。
	$N + OH \longrightarrow NO + H$	● 高温域での燃焼ガス滞留時間が長いほど生成されやすい。
Prompt	$C_nH_m \longrightarrow CH \text{ or } CH_2$ $\xrightarrow{N_2} HCN + N$ $\xrightarrow{O \text{ or } O_2} NH_3$ \xrightarrow{NO}	● 温度依存性が低い。 ● 低空気領域での生成が著しい。 ● 反応速度が早い。

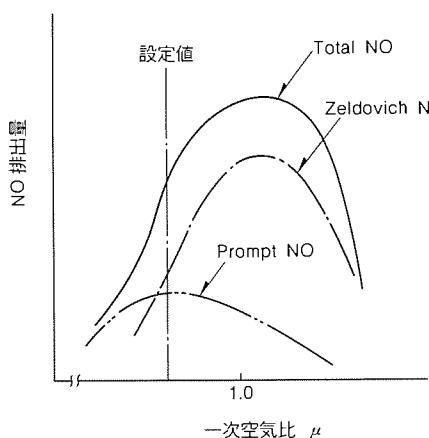


図7. 各NOの一次空気比に対する生成

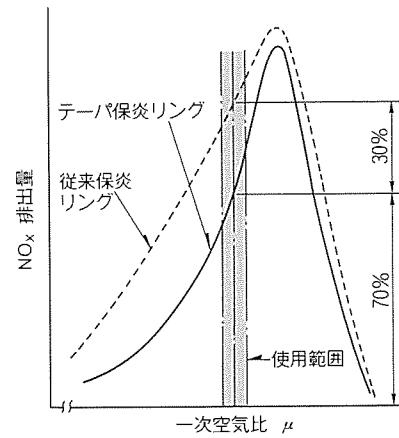


図8. NOxの一次空気比に対する生成

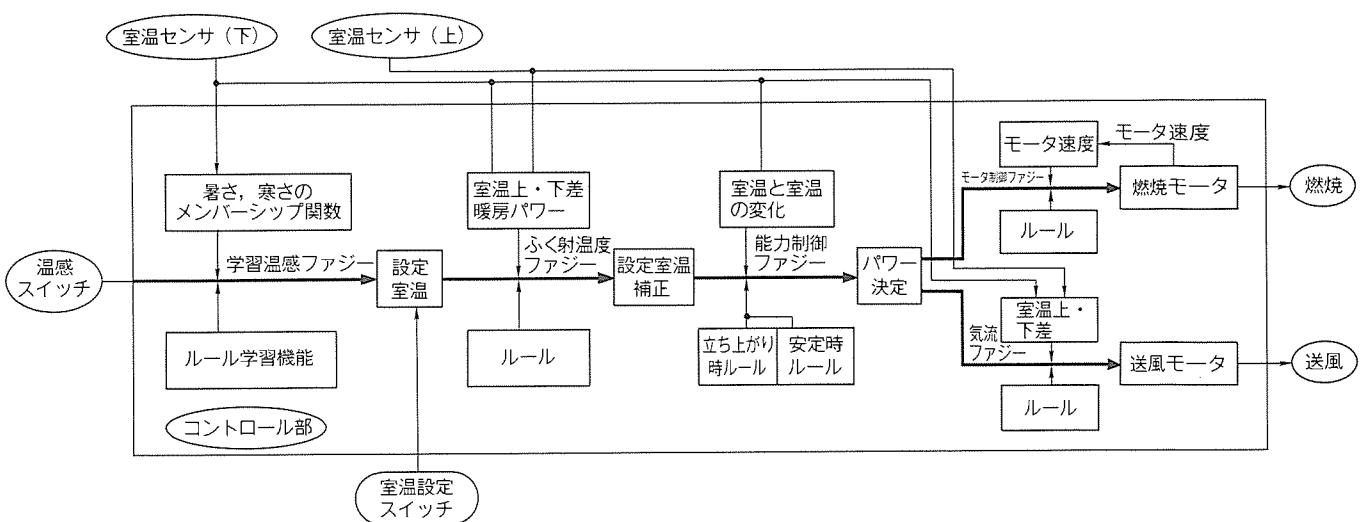


図9. ファジー パワーコントロールのブロック図

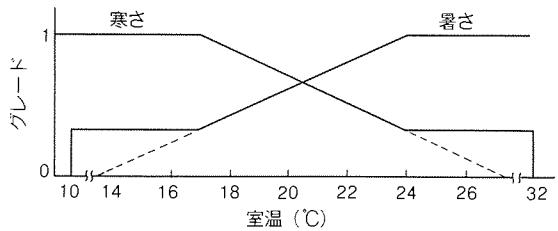


図10. 暑さ, 寒さのメンバーシップ関数

表2. 温感スイッチ操作時に発生する定数

温感 スイッチ操作	室温℃ 10~17	18~19	20~21	22~23	24~32
暑いときスイッチ	-N ₂	-N ₁	0	0	0
寒いときスイッチ	0	0	0	+N ₁	+N ₂

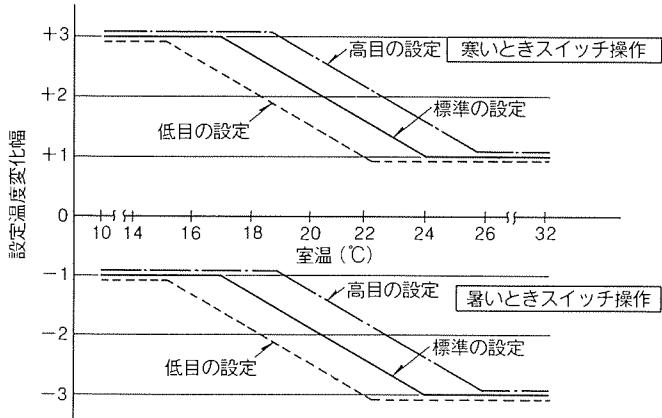


図11. 学習温度ファジーによる室温の変化幅

度の影響を受け、壁等からのふく射温度が上昇すれば室温を少し下げても十分な暖かさが得られる。KD-336 DS形は、二つの室温センサの情報と暖房のパワー情報によってふく射の影響を考え、設定温度を最大1℃補正する。これにより、無駄な暖めすぎが防止でき、省エネ化が図れる。

5.3 能力ファジー

従来の石油ファンヒーターは部屋の大きさにより、スイッチ操作で畠数を選び、最大発熱量を切り替えていた。KD-336 DS形は、部屋の広さ(暖房負荷)を自動的に測定し、その部屋に合った最大発熱量を設定する。部屋の広さは、暖房開始時の4分間で測定する。図12は部屋の広さのメンバーシップ関数、表3は最大発熱量をきめるルールである。一例をあげると、暖房開始時の部屋の温度上昇が大きければ、せまい部屋と推論し、最大発熱量を11,720 kJ/h(2,800 kcal/h)に抑える制御を行う。また、暖房開始から15分経過すると、安定時のルールに基づいた制御に移行する。安定時では環境の変化、すなわち室温の変化に速やかに反応する制御を行う。設定温度に対し、室温が±1.5℃の範囲外のときは最大燃焼量又は最小の燃焼量とし、±1.5℃の範囲内に入ったときは

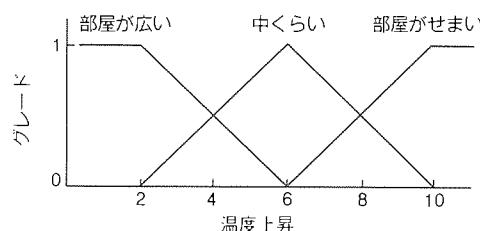


図12. 部屋の広さのメンバーシップ関数

表3. 最大発熱量決定ルール

部屋の広さ	最大発熱量 kJ/h(kcal/h)	急速暖房時 kJ/h(kcal/h)	通常時 kJ/h(kcal/h)
広い	15,200 (3,630)	13,810 (3,300)	
中くらい	13,810 (3,300)	11,720 (2,800)	
せまい	11,720 (2,800)	9,630 (2,300)	

最大～最小の範囲の発熱量を選んで制御を行う。

安定時のルールは、シミュレーションと実機によるチューニングを行って最適値を設定した。

5.4 モータ制御ファジー

KD-336 DS形の燃焼量は、燃焼用モータで圧送される風圧と風量によって決定される。すなわち、モータの速度が速いほど燃焼量は大きくなる。モータの速度制御はトライアックによる位相制御で行い、電源の“0点”から点弧信号発生までの時間を変化させている。図13に燃焼用モータの駆動回路とモータへの印加電圧波形を示す。図14は、モータの速度及び速度の変化のメンバーシップ関数、表4はモータの制御ルールである。この制御により、モータ速度が目標速度と大きな差があるときは、急速に目標速度に近づき、目標速度に近づいてきたらゆっくり目標速度に近づく。したがって、モータの応答性が速くなりかつ安定した速度が保たれ、従来より低速で運転することができる。そのため、燃焼量の可変幅を拡大することができた。

5.5 気流制御

室内の上・下の温度差は、人の温熱感覚に大きな影響を与える。気流制御は、部屋の上下方向の温度分布を二つの室温センサで測定し、風量を制御するものである。部屋の上・下の温度差が大きいときは、送風モータ速度を最大約100 rpm上昇させて風量を多くし、快適性の向上を図っている。

6. システム運転

KD-336 DS形は、電気カーペット及び加湿器とシステム運転が可能であり、快適性・省エネ性を向上できる。

6.1 電気カーペットとのシステム運転

図15は石油ファンヒーターと電気カーペットのシステム運転図である。電気カーペットから“システム運転の開始”

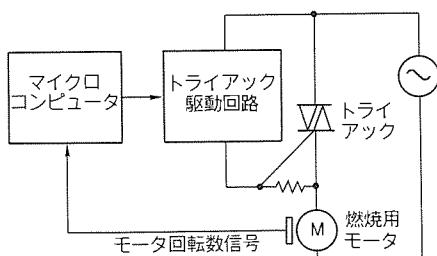


図13. 燃焼用モータ駆動回路(上)とモータ印加電圧(下)

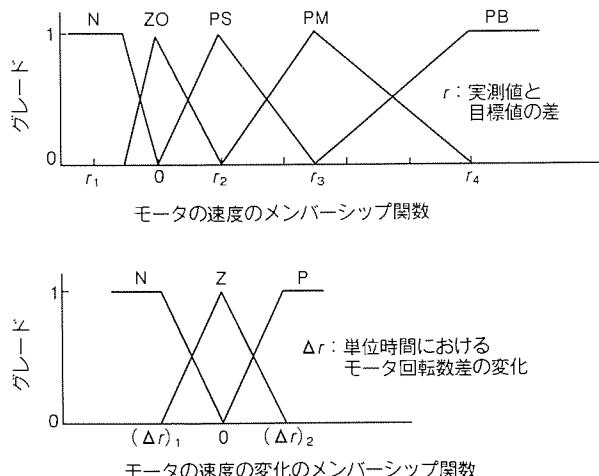


図14. モータの速度(上)及び速度の変化(下)のメンバーシップ関数

“終了”の情報のほかに、次の二つの情報が送られてくる。

- 電気カーペット表面温度
- 電気カーペット周辺室温

電気カーペット表面温度情報により、石油ファンヒーターは室温の設定温度を補正する。補正の大きさを図16に示す。カーペット表面温度が上昇してくると、石油ファンヒーターの設定温度を最大で2.5°C低く補正する。カーペット周辺室温の情報は、石油ファンヒーター本体に取り付けられた二つの室温センサとともに室温分布の推論に利用する。三つの室温情報によって気流制御を行い、室内環境を向上させる。

6.2 加湿器とのシステム運転

加湿器から“システム運転開始”“終了”的ほかに湿度情報が石油ファンヒーターに送られる。KD-336 DS形では湿度情報をもとに次の制御を行う。

- 湿度情報により室温の設定温度を最大1°C低く補正する。

表4. モータの制御ルール

$r, \Delta r \rightarrow \Delta t$			
r	N	ZO	P
N	NB		
ZO	NM	ZO	PS
PS	ZO	PS	
PM		PM	
PB		PB	

r : モータ回転数
 Δr : モータ回転数差
 Δt : 電源の“0点”から点弧信号までの時間変化
N : ネガティブ
P : ポジティブ
B : ビッグ
M : ミディアム
S : スモール
ZO : ゼロ

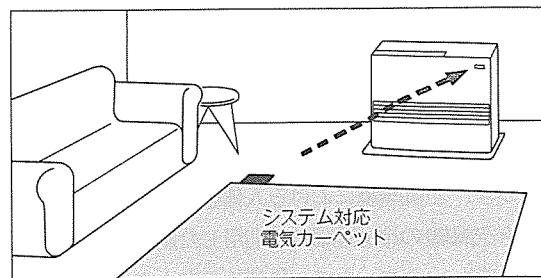


図15. 石油ファンヒーターと電気カーペットのシステム運転

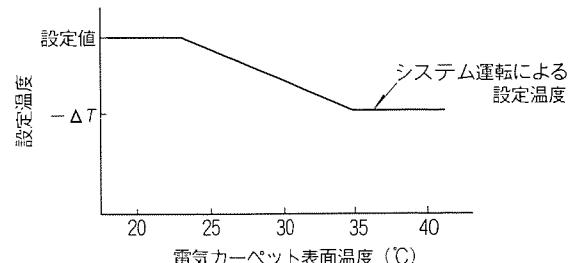


図16. システム運転による設定室温の補正

- 温感スイッチを操作したとき、湿度情報によって室温設定のラインを変化させて室温を設定する。

KD-336 DS形には湿度センサは搭載していないが、湿度を考えた空調の制御が可能となる。

7. むすび

以上、石油ファンヒーターKD-336 DSについて紹介した。単純な機構で信頼性、安全性の高いシャッタを実現し、本体内へのほこり侵入を防止し、外観上のグレードアップを図った。また、大型テープ保炎リングでの火炎冷却効果で低NO_x化が図れ、かつ、低臭気も実現できた。

ファジー理論を応用したファジーパワーコントロール制御で一段と使い勝手・快適性・省エネ性を向上させた。

さらに、電気カーペット・加湿器とのシステム運転で、気流・湿度も考慮した空調制御を可能とし、暖房機としての拡張性を図った。今後、石油ファンヒーターの基本性能、操作性を更に向上させ、手軽で安全性の高い暖房機を開発していく所存である。

石油ファンヒーターの暖感コントロール

1. まえがき

これまでの空調機が目標としてきた環境は、暑さや寒さを感じない環境である。このような環境における居住者の快適感は、不快にならない程度であり、居住者を心地よい快適な感覚にすることは難しい。

そこで、時間要素が温熱感覚に大きな影響を与えるとの仮説に基づき、変動環境における人体感覚の解析を進め、環境の変動を空調機の冷房運転時に応用した制御方式を開発した。これが涼感コントロールで、快適性の向上や省エネルギーの効果があり、平成2年度ルームエアコンに搭載されている。

平成2年度の石油ファンヒーターに搭載されている暖感コントロールは、涼感コントロールを暖房運転時に応用したものである。ここでは、暖感コントロール開発の概要と、暖感コントロールの効果を測定した感覚実験及びその制御概要について述べる。

2. 従来の空調環境と変動環境

2.1 無意識空調環境と人体感覚

従来の空調機が目標としてきた環境は、暑さや寒さを感じない、上下温度分布を感じないなどの、何も感じない環境で、無意識空調環境といつてできる。この無意識空調環境では、人の産熱量と放熱量のバランスがとれているため、暑さや寒さを感じることがなく、人体の体温調節機能の負担も軽いと考えられる。

図1は、これまでの感覚実験から得られた、環境と人体感覚の関係を示すものである。無意識空調環境を考えることができる中庸域では、快適感は高くなるものの快適レベルは、“快適”，“非常に快適”ではなく、不快にならない程度である。また、個人差による感覚のばらつきも大きい。

しかし、暑い時に涼風にあたったときや、寒い戸外から暖かい室内に入ったときなど、日常生活において高い快適感を感じるときは少なくない。これは、不快な環境から快適な環境に移行している状態であり、人間の体温調節機能の負担が、時間経過に伴い減少している状態であると推察できる。このように人体感覚は、時間要素の影響を受けていると見えることができる。

2.2 涼感コントロール

涼感コントロールは、無意識空調環境の問題点を解決するために開発した制御方法で、空調機の冷房運転時に、気流に

よる刺激と室温の変動を行って、居住者に心地よい涼しさを感じさせることを目的としている。

気流による刺激は、空調機の吹出し口のルーバーの方向を上下に動かし、居住者に気流があたらない上吹きと、居住者に気流があたる下吹きを繰り返すことによって行っている。また、室温の変動は、空調機の能力を、高能力運転と低能力運転を交互に繰り返すことによって行っている。

涼感コントロールを行うと、居住者はより涼しく感じるために、設定温度を約2°C上げることができ、冷房運転において約20%の省エネルギーの効果がある。また、快適感の向上も顕著であり、個人差による感覚のばらつきも、減少する傾向がある。

2.3 暖房への応用

涼感コントロールは、空調機の冷房運転時に室温の変動や気流による刺激を行って、快適性の向上や省エネルギーの効果を図るものであるが、暖房運転時に室温の変動を行うと、室温が下降する際に居住者は寒さを感じ、感覚は不快の方向へ移動する傾向がある。

暖房運転時に快適性を保つ方法として、空調機からの温風を居住者にあてるにによって、居住者が寒さを感じないようにする方法が考えられる。ここでは、使用する空調機として石油ファンヒーターを想定し、室温の変動と温風の制御を行って、暖房運転時の快適性を向上させることを目的とし、感覚実験を行った。

初めに、足元にあたる温風が居住者の感覚に与える影響を調べるために、温風を居住者の足元にあてて感覚実験を行い、次に実際の石油ファンヒーターで、室温の変動と室温下降時

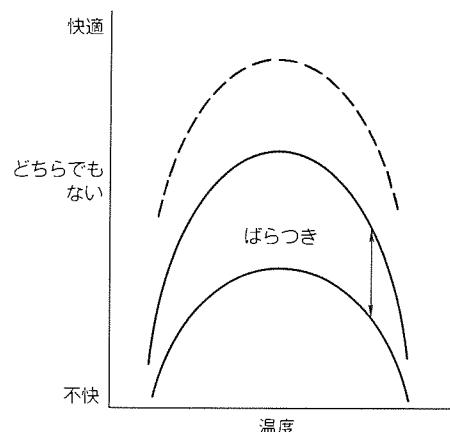


図1. 環境と人体感覚

の温風の制御を両方行って、感覚実験を行った。以下にその実験内容と効果について述べる。

3. 足元に温風をあてる実験

3.1 実験方法

表1に実験条件を示す。室温を17, 20, 23°C, 石油ファンヒーターの能力を2,560, 1,510, 1,050 W {2,200, 1,300, 900 kcal/h}, 風量を2.5, 2.3, 2.2 m³/min とそれぞれ3条件ずつ変化させた。この実験では、実際の石油ファンヒーターは用いず、石油ファンヒーターの内部に電気ヒーターを組み込んで、能力を制御した。図2のタイムスケジュールに示すように、実験は室温1条件について100分間行い、最初の10分間は被験者に直接温風をあてない無風制御とし、その後10分ごとに、能力と風量の条件をランダムに変化させた。被験者は表2に示す感覚の申告を5分ごとに行う。申告する感覚は、温冷感を“非常に暑い”から“非常に寒い”までの7段階、快適感を“非常に快適”から“非常に不快”までの7段階、ほかに4段階の気流感、2段階の環境感、7段階の足部温冷感とした。

実験は、当社温熱感覚実験室で行った。図3に示すように実験室内に石油ファンヒーターを設置し、被験者は、吹出口から500 mmの位置に、いす(椅子)に座らせた。実験室は、幅2,700×奥行3,600×高さ2,400 (mm) の6畳相当の部屋である。被験者の横に周囲温度を測定するポールを設置し、床から50, 200, 400, 600, 800, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600 mmの高さの空気温度を15秒間隔で測定した。また、

表1. 実験条件(温風をあてる実験)

室温(°C)	17, 20, 23
能力 (W) {kcal/h}	2,560 1,510 1,050 {2,200, 1,300, 900}
風量(m ³ /min)	2.5, 2.3, 2.2

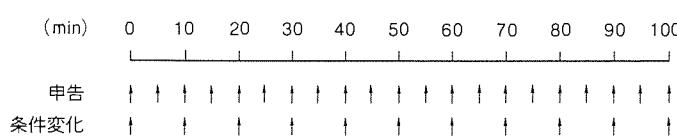


図2. タイムスケジュール

表2. 申告内容

温冷感	快適感
⑦ 非常に暑い	⑦ 非常に快適
⑥ 暑い	⑥ 快適
⑤ 暖かい	⑤ やや快適
④ どちらでもない	④ どちらでもない
③ 涼しい	③ やや不快
② 寒い	② 不快
① 非常に寒い	① 非常に不快

床から1,200 mmの高さに湿度センサ、200 mmの高さに風速センサを設置し、15秒間隔で測定した。この実験室内に設置されている室内環境制御装置は、実験室の室温を設定温度に保つよう制御した。

実験は1989年12月7日から11日にかけて行い、被験者は健康な男子3名で、着衣量は約0.9 cloである。

3.2 結果と考察

図4に足元の温度データ、図5に風速データの一例を示す。

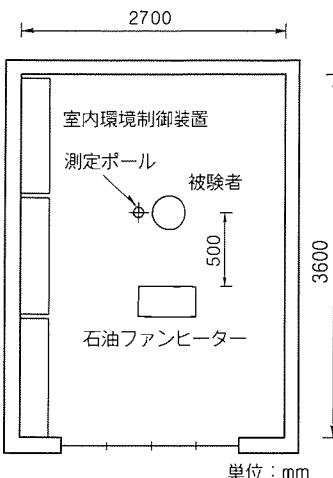


図3. 実験室(温風をあてる実験)

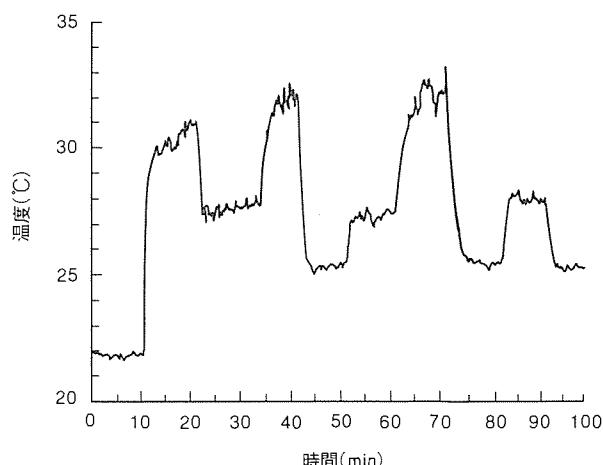


図4. 足元の温度データ(温風をあてる実験)

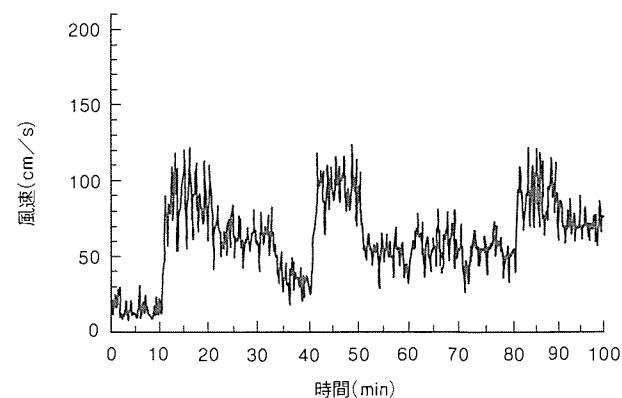


図5. 風速データ(温風をあてる実験)

これは設定温度が23°Cの条件のデータであり、足部温度は床から50,200,400 mmの3点の平均値である。図4から、最初の10分間は無風制御なので温風があたらず、22°Cとほぼ室温に近くなっている。また、10分後から温風があたっているが、足元にあたっている温風の温度は、25~33°Cの範囲であることが分かる。足元の温風温度は、設定温度が17°Cでは20~29°C、設定温度が20°Cでは23~32°Cの範囲であった。足元にあたっている温風の風速は、約30~100 cm/sであり、約30~40 cm/s、約60~70 cm/s、約90~100 cm/sと条件によって変化している。

図6に設定温度と温冷感の関係を、図7に設定温度と快適感の関係を示す。感覚値は、能力の条件と風量の条件及び各被験者の平均値である。●印が温風をあてたときの結果を示し、○印が無風制御の結果を示している。

温冷感は温風をあてるこことによって、最大で1レベル近く暖かい側へ移動しており、室温が20°Cの条件で最も差が現れている。また、快適感は室温が17°Cの条件では顕著な差はないが、20°Cと23°Cでは1レベル以上感覚の移動があり、足元に温風をあてるこことによって、不快側へ移動することなく、快適感が上昇することが確認できた。

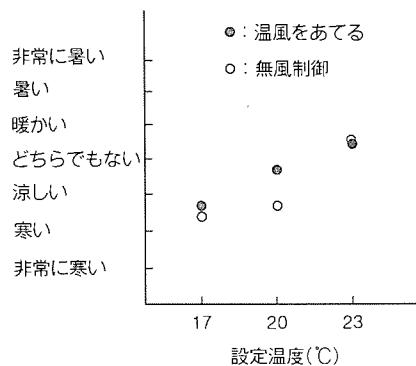


図6. 設定温度と温冷感(温風をあてる実験)

4. 石油ファンヒーターを用いた実験

4.1 実験方法

前章の実験で分かったように、適切な条件で足元に温風をあてると、快適感が上昇することが分かった。ここでは、実際の石油ファンヒーターを用いて室温の変動と温風をあてる制御を行い、感覚実験を行った。

図8に石油ファンヒーターの制御方法を示す。石油ファンヒーターに設けられた室温センサが、設定温度と設定温度より1.5°C低い温度範囲で上昇・下降を繰り返すように、暖房能力を高能力2,560Wと低能力1,050Wに交互に制御した。また、高能力運転から低能力運転に切り替わる際に、室温が急激に変化して居住者が寒さを感じないように、低能力運転の最初の4分間は、少し高めの能力1,400W(1,200 kcal/h)で運転を行う。

被験者にあてる温風の風量は、室温下降時は2.2 m³/minであるが、室温下降中に、8~15分間のランダムな周期で1回、1分間風量を2.3 m³/minにあげて、被験者にあたる温風が変化するよう制御した。

実験条件を表3に示す。設定温度は21°Cと23°Cの2条件

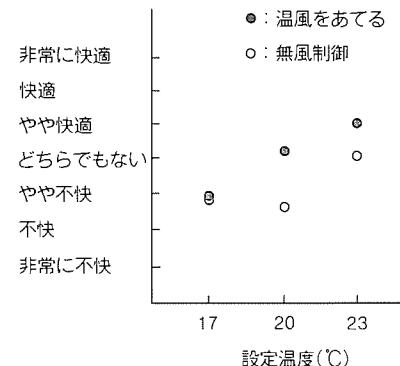


図7. 設定温度と快適感(温風をあてる実験)

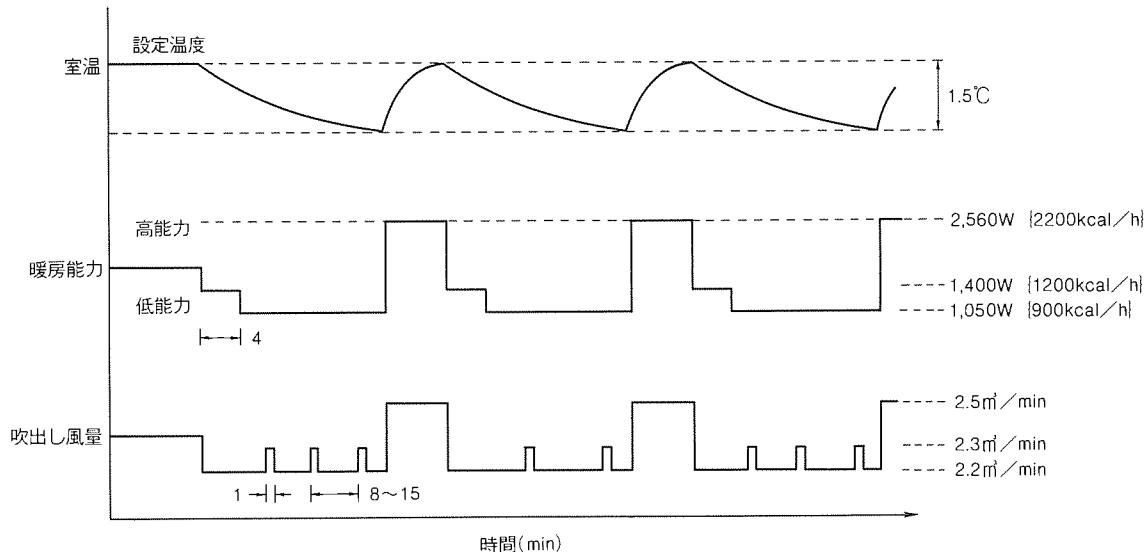


図8. 石油ファンヒーターの制御方法

とし、室温変動の温度幅は 1.5°C 、測定時間は60分である。なお、比較のために、環境の変動と温風による刺激を行わない通常の暖房運転（定值制御）での感覚実験も行った。

実験は、当社居住環境実験室で行った。実験室内のモデル室に、石油ファンヒーターを設置し、被験者は椅子に座った状態で実験を行った。モデル室は、幅3,600×奥行3,600×高さ2,400（mm）の、8畳相当の部屋である。被験者の位置は壁から1,600mmとした。図9に実験室を示す。モデル室中央に、垂直面温度分布を測定するグリッドを設置して室内温度分布を測定し、また被験者の横に周囲温度を測定するポールを設置して、床から50, 200, 400, 600, 800, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600mmの空気温度と、200mmの高さの風速、1,200mmの湿度を測定した。測定のタイミングは30秒間隔である。感覚の申告は、前章の実験と同様の申告を、2分間隔で行った。

実験は1990年3月29日から30日にかけて行い、被験者は健康な男子3名で、着衣量は約0.9cloである。

4.2 結果と考察

図10に石油ファンヒーター本体の室温センサ部の温度の一例を示す。これは、設定温度が 23°C の条件で、室温変動の1周期を示している。このグラフから、室温はおよそ 22°C から 23.5°C の間で変動しており、変動の周期は約16分となっていることが分かる。

図11に足元の温度データを示す。図10と同条件、同時間のデータで、被験者横の測定ポールで測定した温度の、床から50, 200, 400mmの3点の平均値である。このグラフから、足元にあたっている温風は約 $26\sim32^{\circ}\text{C}$ の温度範囲であることが分かる。

図12に風速データを示す。室温上昇時の風速は約 90cm/s

表3. 実験条件(石油ファンヒーターの実験)

室温($^{\circ}\text{C}$)	21, 23
変化幅($^{\circ}\text{C}$)	1.5
測定時間(min)	60

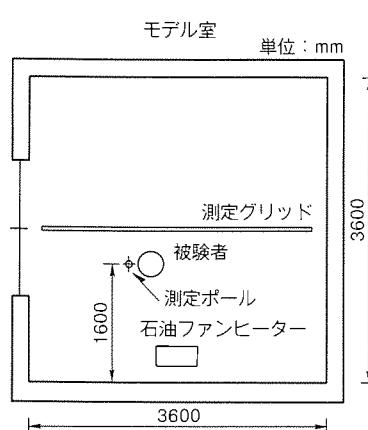


図9. 実験室(石油ファンヒーターの実験)

であり、室温下降時には、 60cm/s から時々風速が上昇して 80cm/s になっていることが分かる。

図13に設定温度と温冷感の関係を、図14に設定温度と快適感の関係を示す。感覚値は、測定開始後30分からの平均で、さらに被験者ごとに平均してある。●印が環境の変動を行ったときの結果を示し、○印が定值制御での結果を示している。

環境変動による温冷感の変化は、設定温度が 21°C の条件では、“寒い”から“どちらでもない”へ移動しており、 23°C の条件では、“どちらでもない”から“暖かい”へ移動している。このように 21°C と 23°C の条件では共に、環境変動によ

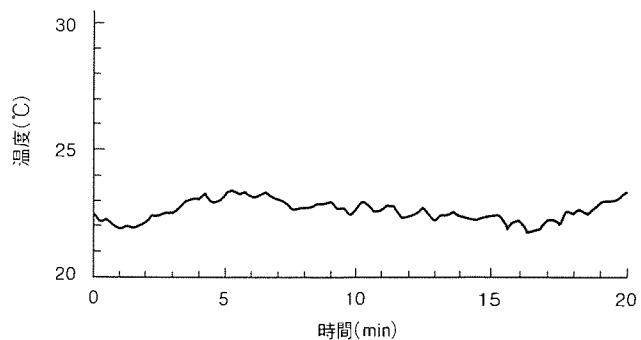


図10. センサ部温度データ(石油ファンヒーターの実験)

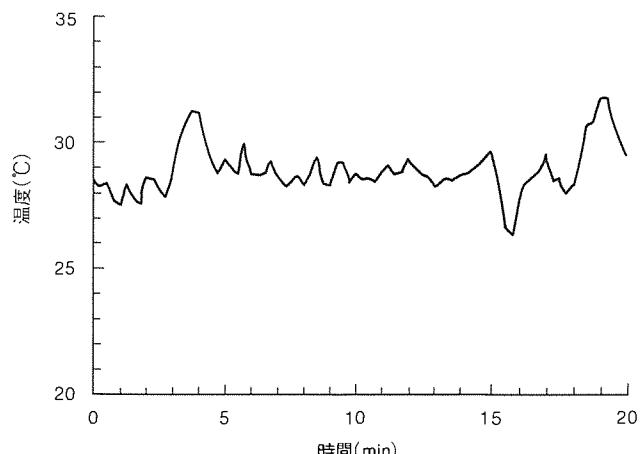


図11. 足元の温度データ(石油ファンヒーターの実験)

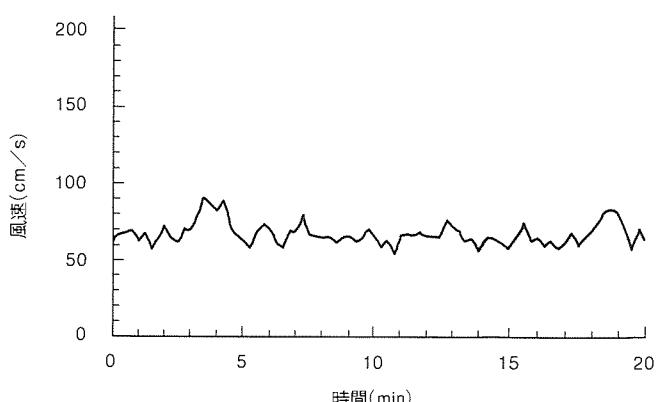


図12. 風速データ(石油ファンヒーターの実験)

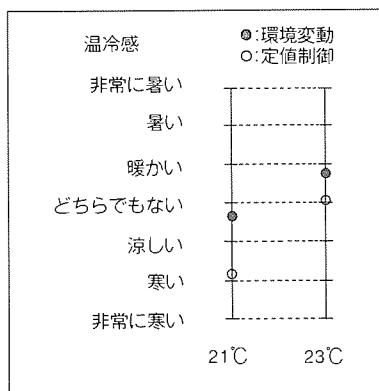


図13. 設定温度と温冷感(石油ファンヒーターの実験)

って温冷感は暖かい側に移動していることが分かる。また、環境変動による快適感の変化は、設定温度が21°Cの条件では、“不快”から“やや快適”へ移動しており、23°Cの条件では、“どちらでもない”から“どちらでもない”と“やや快適”的中間まで移動している。

設定温度が21°Cの条件では、快適感が2レベル近く移動しており、環境変動の効果が大きいといえるが、設定温度が23°Cの条件では、快適感は0.5レベル程度の移動である。これは、設定温度が23°Cでは、もともと定值制御でも居住者が寒さを感じずに、不快とはならない条件であるために、環境変動を行ってもそれほど快適感が上昇しないと考えることができる。

このことから、定值制御の際に温冷感が“どちらでもない”から“寒い”側の領域にあるような条件において変動を行うことによって、温冷感が暖かい側に、快適感が快適側へ移動し、環境変動の効果が最もよく現れると考えることができる。

また、温冷感は、定值制御では23°Cで“どちらでもない”となり、環境変動では21°Cで“どちらでもない”的申告が得られていることから、環境変動を行うことによって、設定温度を約1.5~2°C下げることができ、約10%の省エネルギーの効果があるといえる。

5. むすび

快適性の向上を目的に、空調機の冷房運転時に環境の変動を行うものが涼感コントロールであり、それを暖房運転時に応用したもののが暖感コントロールである。

ここでは、暖感コントロールを開発する背景となった、無意識空調環境とその問題点、涼感コントロールとその暖房への応用、さらに暖感コントロールの制御概要と効果について述べた。

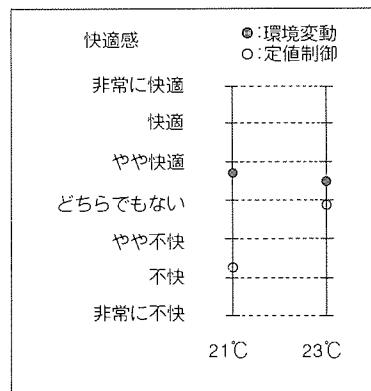


図14. 設定温度と快適感(石油ファンヒーターの実験)

暖感コントロールは、人の感覚に大きな影響を与えると考えられる時間要素に着目し、温度や気流など環境の変動、すなわち“ゆらぎ”を行うことにより、人の体温調節機能を刺激し、心地よい暖かさと高い快適性を得ようとするものである。特に室温下降時に、居住者に温風をあてるこことによって、快適性の向上と省エネルギーの効果が得られることを確認し、平成2年度の石油ファンヒーターに搭載している。

従来の空調機は、吹出し気流や室温の変動は不快になる要因として、居住者に意識されることを目的としてきた。この環境を無意識空調環境と呼んでいるが、暖感コントロールでは、吹出し気流や室温の変動を最適に制御することで、逆に居住者に環境を意識させ、快適性の向上を図っている。このような空調方式は、無意識空調に対して、有意識空調に位置づけられている。

今後、温度や気流だけでなく、環境を形成する多くの要素を考慮に入れて、さらに快適な空調方式の開発に努力していただきたい。

参考文献

- (1) 菅原作雄, 原 正規, 梅村博之, 青木克之:空調機制御法の一提案, 第21回空気調和・冷凍連合講演会講演論文集, 1~4 (1987)
- (2) 菅原作雄, 原 正規, 猪俣 敦:環境変動時における人体感覚(1), 平成元年度空気調和・衛生工学会学術論文集, 305~308 (1989)
- (3) 大西茂樹, 菅原作雄, 梅村博之, 永友秀明:環境変動時における人体感覚(2), 平成元年度空気調和・衛生工学会学術論文集, 309~319 (1989)
- (4) 大西茂樹, 菅原作雄:環境変動時における人体感覚(3), 平成2年度空気調和・衛生工学会学術論文集, 1177~1180 (1990)

暖房機ネットワークシステム

鈴木たかね*
菅原作雄*

1. まえがき

近年の一般家庭の暖房シーンをみると、様々な暖房機器が使用されており、その暖房方式も多様である。代表的な暖房方式としては、体の一部分を直接的に暖めて暖をとる方式と、部屋全体を暖めて暖をとる方式がある。体の一部を暖めて暖をとる暖房機器には、昔によく使われた、こたつ、火鉢や近年急速に普及してきた電気カーペット、などが挙げられる。また、部屋全体を暖めて暖をとる暖房機器には、ヒートポンプ式ルームエアコン、石油・ガスファンヒーターなどの温風暖房機が挙げられる。当社では、これらを“暖身”及び“暖房”と呼んでいる。

ここ数年、暖房機能の高いヒートポンプ式ルームエアコン(以下“ルームエアコン”という。)、又は石油ファンヒーター(以下“ファンヒーター”という。)などの温風暖房機と、暖身機能の高い電気カーペットを組み合わせて使用する例が多く見られる。温風暖房機は室内全域を暖めるため、暖房を意識せずに生活できるという利点がある。しかし、温風による暖房のため温度むらができやすく、足元温度の確保が困難になるなどの問題がある。この温風暖房機に電気カーペットを組み合わせて使用することにより、足元温度が確保でき、温度分布を改善することができる。そこで快適性、経済性において、より効果的な暖房を行うため、図1に示すような暖房機ネットワークシステムを開発した。

2. 開発の背景

2.1 暖房シーンと消費者動向

社内調査によれば、ルームエアコンは、安全でクリーンな

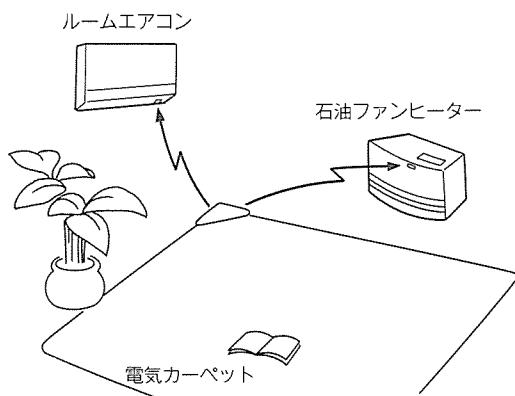


図1. 暖房機ネットワークシステムの概念

暖房を行えることから、年々消費者の購入意向は高まっている。しかし、表1に示すように、ルームエアコン単独で使用しようと考えている人は減少し、併用暖房の意向が高まっている。これは、“ルームエアコンだけでは足元が暖まらない”, “維持費が高い”, “能力不足”などの理由によるものと思われる。併用暖房の相手としては、表2に示されるように電気カーペットの比率が年々高まり、併用暖房意向の半数がルームエアコンと電気カーペットと一緒に使用したいと考えている。ルームエアコンと電気カーペットを併用して使用した消費者の評価を表3に示す。表に示したように、快適性の面では併用暖房をすることによって満足感が高くなっているが、経済性の面では不満が残っている。また、契約電力量30A以下の場合、併用暖房によってブレーカーを経験した使用者が多い。

2.2 暖房時の室内環境

図2～図4は、モデル室において、ルームエアコン、電気カーペットのそれぞれを単独で暖房運転した場合と、併用暖

表1. ルームエアコンと併用暖房機の意向

単位：%

	85年	87年	89年
ルームエアコンだけを使う	35	34	31
他暖房機と一緒に使う	64	66	69

表2. ルームエアコンとの併用暖房機意向

単位：%

	85年	87年	89年
石油／ガスストーブ	37	26	28
石油／ガスファンヒーター	10	16	26
電気こたつ	64	55	51
電気カーペット	24	29	51

表3. 併用暖房の評価

	ルームエアコンのみ 満足% (不満%)	電気カーペットのみ 満足% (不満%)	併用暖房 満足% (不満%)
	サンプル数=253	サンプル数=51	サンプル数=56
足元の暖かさ	21(26)	73(0)	98(0)
部屋の温度むら	55(8)	41(15)	86(0)
部屋の温度一定化	87(0)	51(12)	96(0)
速熱性	36(13)	86(14)	89(0)
全般的な快適性	81(4)	73(5)	95(0)
維持費	32(34)	65(12)	41(32)

房した場合の実験結果である。実験は、8畳間のモデル室にルームエアコン及び電気カーペットを設置して行った。電気カーペットは2畳用(700W入力), 外気温度は0°Cである。この実験結果からルームエアコンの単独暖房では足元温度が上がりにくく、電気カーペットの単独暖房では室温が上がりにくいことが分かる。併用暖房の場合では、室温の立ち上がりは、ルームエアコンの単独暖房時に比べ約20分速くなり、足元温度も2~3°C高くなる。さらに、電気カーペット表面温度も電気カーペット単独暖房時に比べ5~8°C高くなっている。

このように、併用暖房をすることによって足元温度が確保され、設定温度に達するまでの時間も短くなり、使用者の評価を裏づける結果が得られた。

2.3 システム制御

以上述べてきたように、温風暖房機と電気カーペットを併用することにより、室内の暖房環境が改善され、居住者にとって満足のできる温熱環境が得られる。しかし、経済性及び二つの暖房機器を別々にコントロールしなければならないといった使い勝手の改善が必要となる。

一般に電気カーペットのような暖身機器を使用する場合、部屋全体を暖める暖房機器に比べ、室温は低くても快適感を得ることができる。温風暖房機と電気カーペットの併用暖房時の居住者の温熱感覚は、電気カーペットの表面温度と室温の関係によって決まると考えることができる。図5は居住者が快適となるラインを、カーペット表面温度と室温の関係から示したものである。このラインより室温・電気カーペットの表面温度のどちらか、又は両方が高ければ、居住者は暑さを感じ、低ければ居住者は寒さを感じ。併用暖房を行う場合、単独で暖房を行っているときの習慣から、室温、電気カーペット表面温度とともに、このラインより高めで暖房されている場合が多い。また、使用者が二つの暖房機器を別々にコントロールしながら快適となる環境にするのは困難である。

暖房機ネットワークシステムは、室温、電気カーペット表面温度、消費電力量などの情報を共有することにより、室温及び電気カーペット表面温度が、常に居住者が快適と感じる上記ライン上にあるように、それぞれの機器を制御し、快適で

効率の良い暖房を得ることを目的としている。さらに、システムトータルとしての消費電力量を把握し、あらかじめ定められた電気入力量を越えることのないように、ルームエアコン又は電気カーペットの電気入力量を制御することができる。これにより、ブレーカとびなどの起こりにくい快適で安全な暖房を行うことが可能である。

3. 感覚実験

前項で述べた、室温及び電気カーペット表面温度と居住者の温熱感覚との関係を求めるために、被験者による感覚実験を行った。この実験結果から、温風暖房機と電気カーペットの設定温度を決めるための制御ラインを設定する。

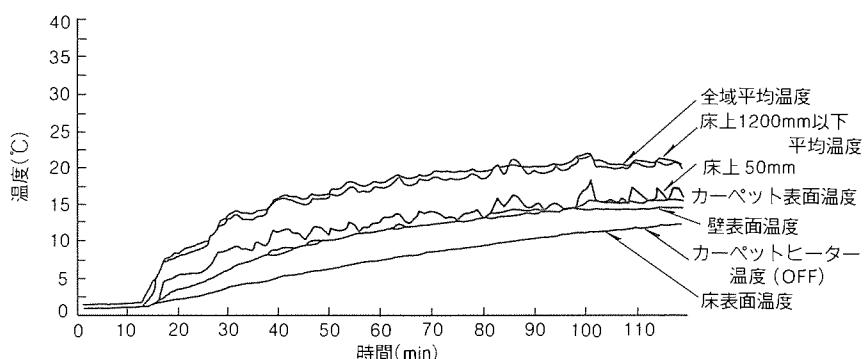


図2. ルームエアコン単独暖房

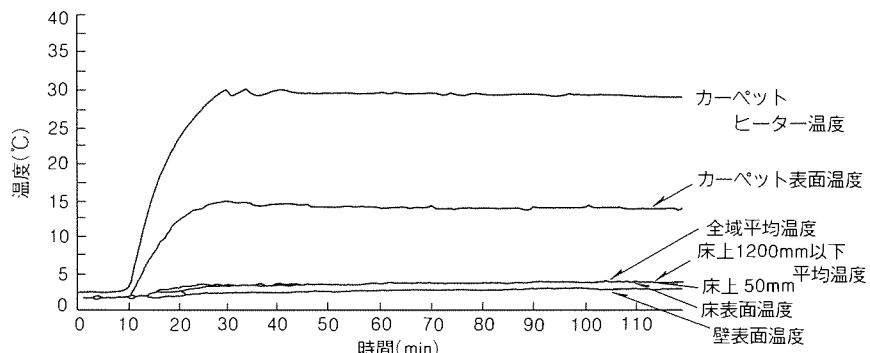


図3. 電気カーペット単独暖房

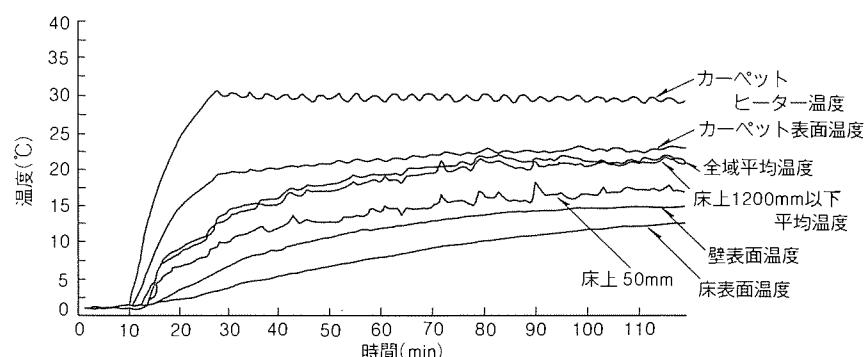


図4. 併用暖房

3.1 実験条件

実験は、1989年12月に5名の被験者によって行った。実験室は図6に示す当社温熱感覚実験室である。この実験室は、外気条件をつくるため、温湿度を自由に設定できる外気室と、室内に当たる体感室(幅3.6×奥行2.3×高さ2.2(m))から構成されている。体感室内に、電気カーペット(2畳、700W入力)を設置し、室温のコントロールは、体感室の調温装置によって行った。温度条件は、外気温度に相当する外気室の温度が0°C、モデル室の温度は18~24°Cを3°Cごとに3条件、電気カーペットの表面温度は22~32°Cを2°Cごとに6条件の、計18条件である。

被験者の着衣量はおよそ0.9cloであり、冬の平均的室内着程度である。被験者はカーペットの上に直接座って感覚の申告(表4)を行った。感覚の申告は、温冷感(非常に暑い⑦~非常に寒い①の7段階)、快適感(非常に快適⑦~非常に不快①の7段階)とした。温冷感については、上半身、下半身、全身についてそれぞれ申告を行った。

3.2 感覚実験結果

図7~図10に感覚実験の実験結果を示す。横軸が電気カーペット表面温度、縦軸が室温であり、それぞれの温度条件ごとの平均値をプロットし、そのときの申告値の平均を数値で示している。図中の曲線は等感覚線である。上半身温冷

感は室温の影響を受け、下半身温冷感はカーペット表面温度の影響を受けている。全身温冷感は、室温、電気カーペット表面温度が高いほど高く、室温、電気カーペット表面温度が低いほど低くなり、さらに、上半身温冷感の影響を強く受けている。快適感は、不快となる領域に挟まれるように快適となる領域があり、カーペットの表面温度が高すぎても不快となる。快適となる範囲は温冷感3~5(涼しい~暖かい)であり、5以上及び3以下では不快となる。

表4. 感覚申告内容

温冷感(全身・上半身・下半身)	
①	非常に寒い
②	寒い
③	涼しい
④	どちらでもない
⑤	暖かい
⑥	暑い
⑦	非常に暑い

快適感	
①	非常に不快
②	不快
③	やや不快
④	どちらでもない
⑤	やや快適
⑥	快適
⑦	非常に快適

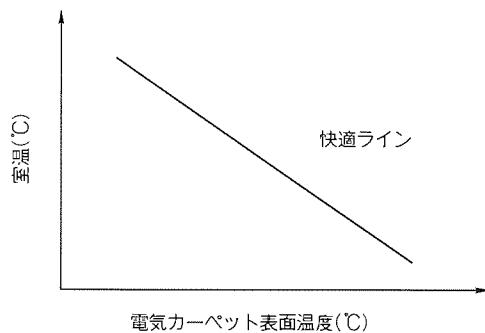


図5. 快適ラインの概念

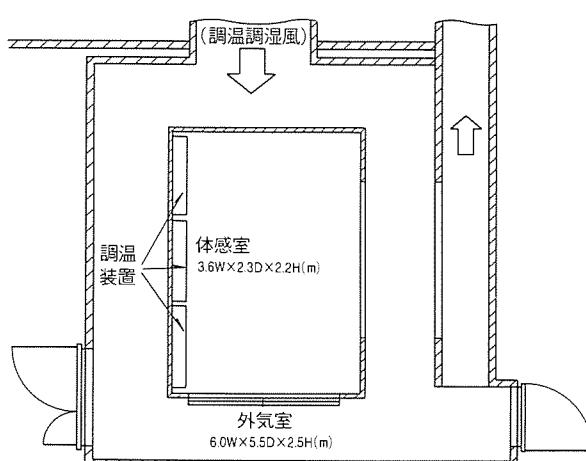


図6. 温熱感覚実験室

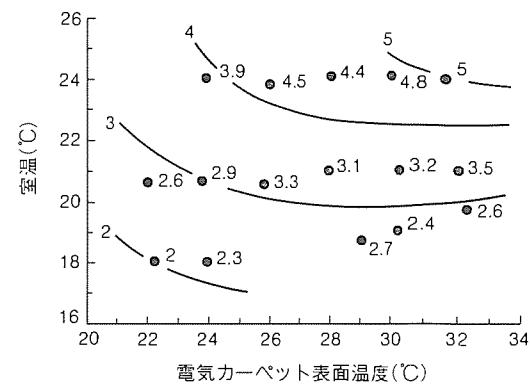


図7. 上半身温冷感

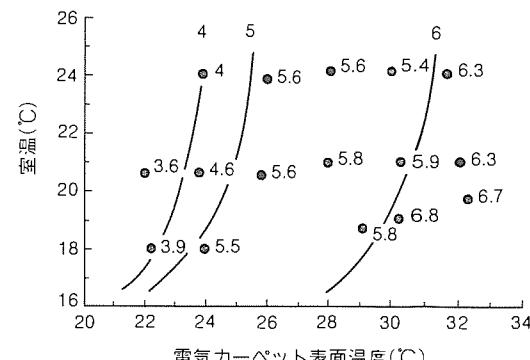


図8. 下半身温冷感

3.3 制御ラインの設定

前項の感覚実験結果の等感覚線の傾きから図11の制御ラインを設定した。この制御ライン上では、居住者はほぼ同一の温熱感覚を得ることができる。また、このライン上でルームエアコン及び電気カーペットの制御を行うことで、同一の温熱感覚を得られる環境での経済性、立ち上がり時間などの評価を行うことができる。

4. シミュレーションによる評価

暖房機ネットワークシステムによる、立ち上がり時間、及び経済性の評価のため、エアコン及び電気カーペット使用時の室内各部の温度変化及び消費電力量を算出するプログラムを開発してシミュレーションを行った。

4.1 シミュレーション条件

シミュレーションは、モデル室8畳間、電気カーペット2畳(700W入力)で行った。シミュレーションに用いたルームエアコンによる室温制御は、当社ルームエアコンに搭載の制御アルゴリズム(PID制御)に従った。また、電気カーペットの制御は、オンオフによる温度制御とした。

室内各部の温度の算出は1秒ごとに行い、さらに上下温度分布についても実験データを参考に考慮した。

4.2 シミュレーションによる解析例

4.2.1 経済性評価

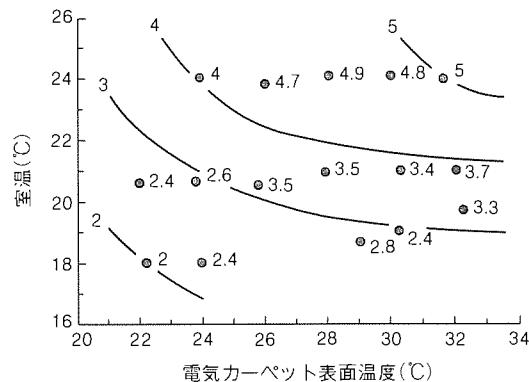


図9. 全身温冷感

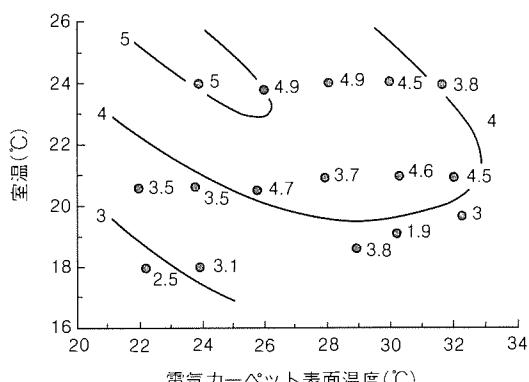


図10. 快適感

図12、図13にシミュレーション結果を示す。図12は、制御ライン上のa~gのそれぞれのポイントにおける安定時の消費電力量を示している。電気カーペットの消費電力量は、電気カーペットの設定温度が高いほど多くなり、18°C以下ではゼロになっている。これは、電気カーペットの表面温度が

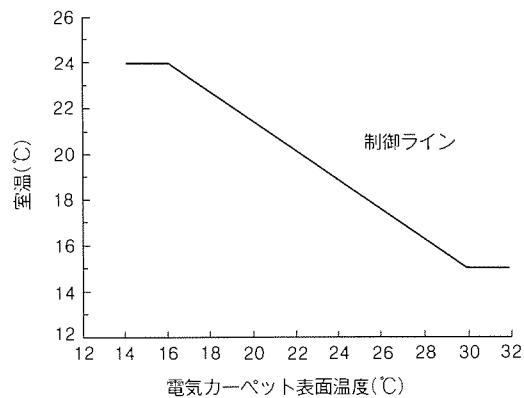


図11. 制御ライン

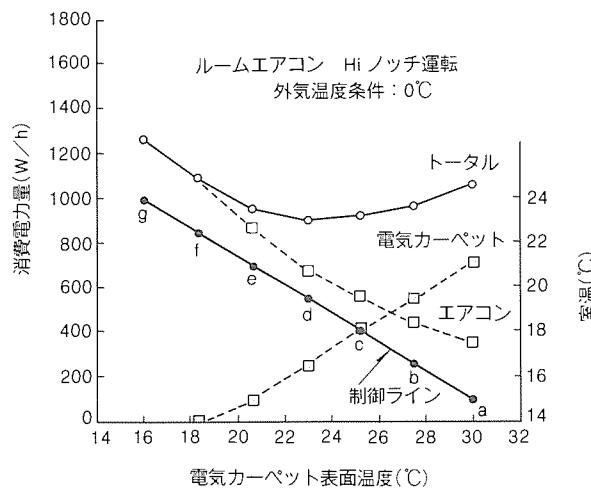


図12. 消費電力量

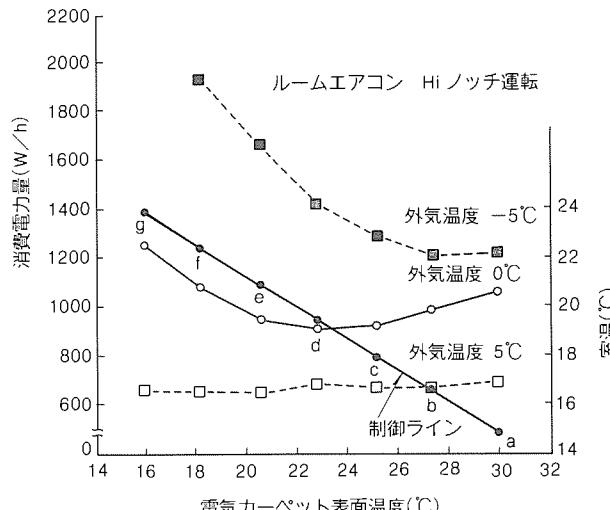


図13. 外気温度別トータル消費電力量

確保され、ルームエアコンのみの暖房運転になっていることを示している。また、ルームエアコンの消費電力量は、室温の設定温度が高いほど多くなる。トータルでは、ライン上に最も消費電力量の少なくなるポイントが存在している。トータルの消費電力量は、ルームエアコンのみの暖房となっている室温24℃のポイントgで1,250W/h、最も消費電力量の少ないポイントd(室温約19.5℃)で924W/hであり、カーペットの上を効率良く暖めることで、約25%の省エネルギーとなっている。

図13は、制御ライン上の各ポイントの消費電力量を外気温度別に示したものである。消費電力量の最も少くなるポイントは、外気温度-5℃ではポイントb、外気温度0℃ではポイントd、外気温度5℃ではポイントeとなり、外気温度によって異なる。外気温度が高ければルームエアコンの設定温度が高いポイントで最少となり、外気温度が低ければ電気カーペットの設定温度が高いポイントで最少となる。

4.2.2 立ち上がり特性

図14は、制御ライン上のそれぞれのポイントまでの立ち上がり時間を外気温度ごとに示したものである。制御ライン上の最も早く立ち上がるポイントは、外気温度-5℃ではポイントb、外気温度0℃ではポイントc、外気温度5℃ではポイントdとなっている。制御ライン上の最も早く立ち上がるポイントは外気温度によって変化し、そのポイントは、外気温度が低いとき電気カーペットの設定温度の高い側にあり、外気温度が高くなるに従い室温の設定温度の高い側に移行している。

4.2.3 総電力量規制

ネットワークシステム暖房時のブレーカとびの対策として総電力量規制を行った場合の、制御ライン上の各ポイントまでの立ち上がり時間の評価を行った。シミュレーションでは、ルームエアコン及び電気カーペットのトータルの電気入力量が20Aを超えることのないように、ルームエアコンの最大電気入力量を電気カーペットへの電気入力量に応じて変化させた。図15に外気温度0℃時のシミュレーション結果を示す。総電力量規制を行った場合の立ち上がり時間は、制御ラインのほぼ中央のポイントd及びポイントeで、規制なしに比べ約20~30分程度長くなる。外気温度5℃のシミュレーション結果では、ポイントdで規制なしに比べ約4分ほど長くなっている。しかし、外気温度0℃時にも、電気カーペットの設定温度が高い側では、規制なしとの差は小さく、ポイントbで4~5分である。さらに、この差は外気温度が高くなるほど小さくなる。

4.3 シミュレーション結果

シミュレーションによる検討の結果、以下のことが分かった。

- (1) 制御ラインには消費電力量が最も少くなるポイントや、立ち上がりが最も速くなるポイントが存在する。

- (2) このポイントは外気温度により変化する。
- (3) 総電力量規制を行った場合の制御ラインまでの立ち上がり時間は、目標ポイントによって変化し、規制を行わない場合と大差なく立ち上げることが可能である。

5. 暖房機ネットワークシステムの制御方法

5.1 情報の送受信

製品化にあたり、システムにおけるルームエアコン、ファンヒーターと電気カーペットの間の情報の送受信は、ルームエアコン及びファンヒーターのリモコン受光部を利用し、電気カーペットからの一方方向通信とした。電気カーペットからの送信情報は、床面温度、電気カーペットの表面温度、電気入力量であり、4分間ごとに定期的に発信する。信号形式は、ルームエアコン及びファンヒーターのリモコンのデータと同一形式としている。

5.2 室内温度制御

ルームエアコン及びファンヒーターは、受信した電気カ-

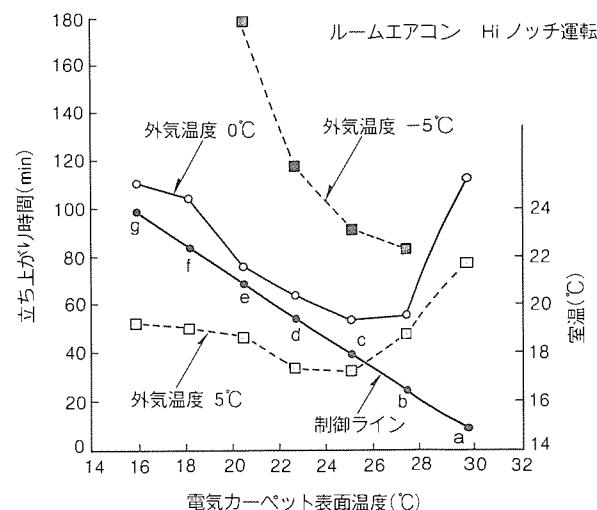


図14. 外気温度別立ち上がり時間

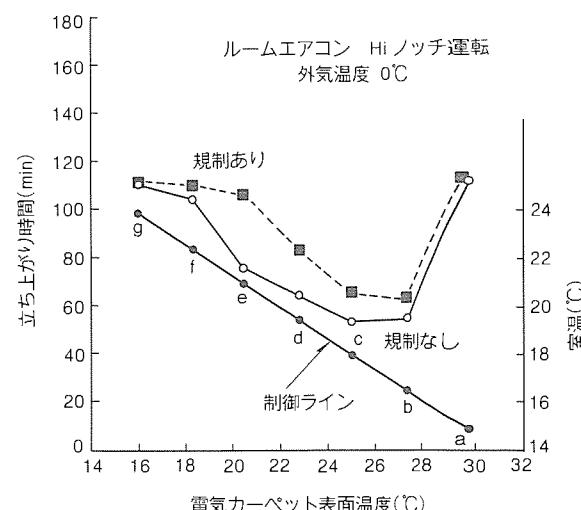


図15. 総電力規制による立ち上がり時間

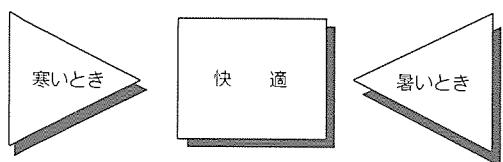


図16. 冷暖房機の感覚入力部

ペットの表面温度から、制御ラインに従って室温の設定温度を決定し室温制御を行う。

図16は、既に当社冷暖房機に搭載されている温感制御の感覚入力部である。温感制御では、この感覚入力部からの“暑いとき”，“寒いとき”的感覚入力によって冷暖房機の温度設定を行い、使用者の感覚に即した冷暖房を行っている。暖房機ネットワークシステムでは、ルームエアコン及びファンヒーターからの感覚入力により、図17に示すように、制御ラインを暖かい側、又は涼しい側に移動し、使用者好みの環境に制御することができる。

5.3 吹出し風量制御

ルームエアコン及びファンヒーターの吹出し風量は、電気カーペットから受信した床付近の空気温度によって制御される。温風暖房機では、室内環境を形成するために、ある程度の風量が必要である。しかし、風量を増すと、温風が直接居住者に当たり不快感につながることが多い。暖房機ネットワークシステムでは、床付近の空気温度の上昇に従って吹出し風量を少なくすることで、居住者にとって、より快適な室内環境とすることができる。

6. むすび

ルームエアコン及びファンヒーターと電気カーペットの暖房機ネットワークシステムについて、その快適性及び経済性

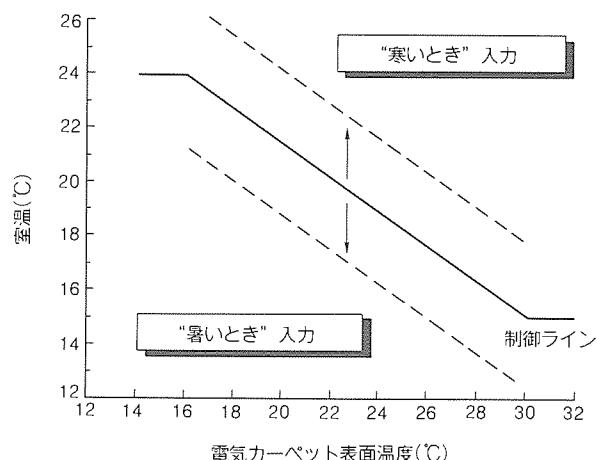


図17. 感覚入力と制御ライン

の両面から、最適な制御方法を検討し、製品の開発を行った。近年、多く見かけられるようになった温風暖房機と電気カーペットの併用暖房において、より快適で、経済的な暖房運転が期待できる。今後の展開としては、シミュレーションによって求められた、制御ラインの特徴を生かし、システム自身が最も経済的な制御ポイントを決定しながら暖房運転を行う経済運転、ブレーカとびを防ぎ、使用者が安心して暖房運転を行える総電力量規制などを検討する予定である。

参考文献

- (1) 梅村博之、青木克之、菅原作雄：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, 347~350 (1987)
- (2) 原 正規、菅原作雄、藤田喜助、関口孝志：石油ファンヒーターの快適制御、三菱電機技報、64、No. 4, 296~299 (1990)

住宅用《ロスナイ換気冷暖房システム》

樋田 勝*
田口秀穂*
佐々木 誠*

1. まえがき

快適な住宅空調を省エネルギーで実現するために、寒冷地を中心に発達してきた高気密・高断熱住宅は、社会情勢の変化から全国的な広がりを見せるようになってきた。

高気密・高断熱住宅の特性については、寒冷地を中心に積極的な研究が行われ、その省エネルギー性や快適性とともに換気の必要性などが明らかになっている。図1は、高気密・高断熱住宅のもつ課題と解決方法を表しており、《ロスナイ》による熱損失の少ない全体換気と室内空気の循環によって冷暖房を行うダクトを用いた空気搬送のセントラル空調システムが適合していることを示している。

《ロスナイ換気冷暖房システム》は、高気密・高断熱住宅用に開発したもので、寒冷地向けに暖房専用機種として天井埋込みタイプ(VL-700F₂-CR)、床置きタイプ(VL-1000HF)の2機種、準寒冷地向けに床置きタイプ(VL-803HCF)1機種を発売した。

ここでは、冷暖房システムの概要と、高気密・高断熱住宅における冷房特性の考え方及び実験住宅における冷房実験の概要について紹介する。

なお、高気密・高断熱住宅は、換気回数0.5回/h以下、熱損失係数2.3kW/(h·m²·°C)±2.0kcal/(h·m²·°C)以下以下の住宅を目安としている。

2. システムの構成と動作

《ロスナイ換気冷暖房システム》は、換気冷暖房ユニット、換気用送風機、冷房室外機、暖房用ボイラ、コントローラ、給排グリル及びそれらを接続するダクトで構成され、冷房はヒートポンプ、暖房は温水を熱源としている。

図2はシステムの概念で、床置形の換気冷暖房ユニットに接続するダクトは天井裏に、給排グリルは天井面又は床面に設置される。冷房室外機と暖房用ボイラは屋外に設置されるが、積雪地では暖房用ボイラと換気冷暖房ユニットは一体に室内に設置される。

図3(a)はシステムと空気の流れの概念、(b)はシステムの外形である。換気冷暖房ユニットには、《ロスナイ》エレメント、冷房コイル、暖房コイル及び制御回路を備え、《ロスナイ》換気と室内空気

の循環及び循環空気の冷却又は加熱を行っている。システムの動作状態において、換気送風機によって換気冷暖房ユニットに送り込まれた新鮮な外気は、室内から排出される空気と熱交換し、循環空気と混合して各部屋に供給される。排出する空気は、台所や居間のように空気が汚れやすい場所から吸い出される。冷却又は加熱された各部屋に送り込まれた空気は、室内を空調しながら扉などに設けられたアンダカットやガラリを通して後、廊下などを経て再び換気冷暖房ユニットへ戻り、再度冷却又は加熱されて送り出される。このように空気の循環と新鮮外気の導入を行いつつ室内的空調が行われる。

換気冷暖房ユニットには2台の送風機を設置し、温度コントローラ又はスイッチにより、それぞれ独立に制御できるようにしており、ゾーンごとの温度コントロールが可能である。

なお、冷暖房を行わない中間期には換気だけ作動させることができるので、年間を通じてシステムが利用できる。

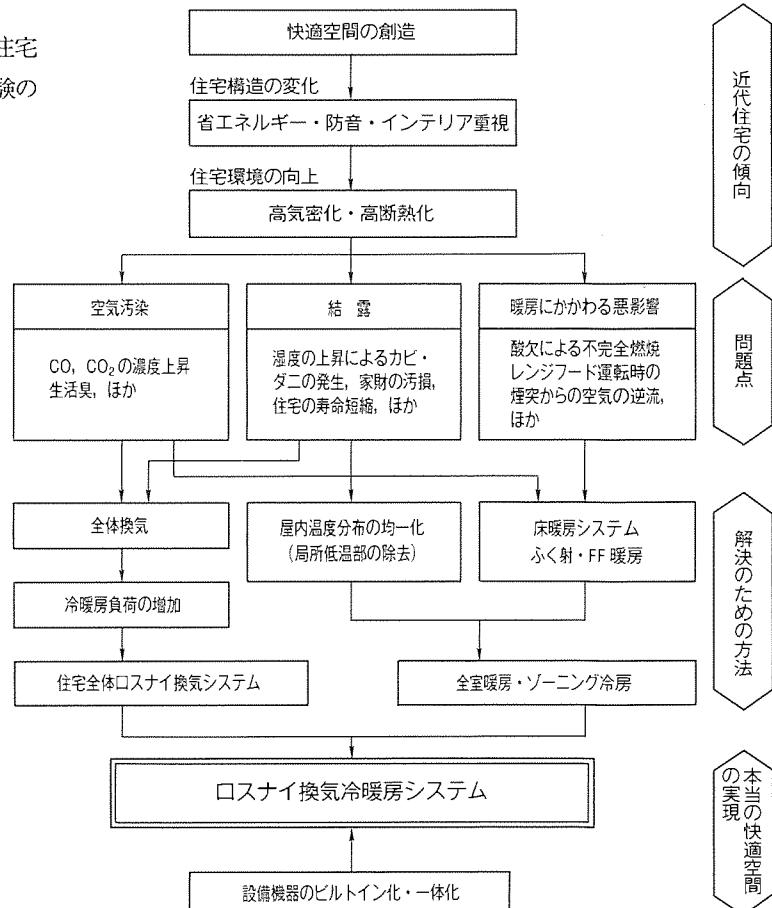


図1. 高気密・高断熱住宅と空調

3. システムの特長

《ロスナイ換気冷暖房システム》の特長は次のとおりである。

(1) 快適性

《ロスナイ》換気によって新鮮外気を室温に近づけて導入し、住宅の全室にわたり空気を循環させるため、住宅内の温湿度の差が少なく部屋間移動の際に感じるヒートショックが少ない。また、循環する気流も非常に低速で他の空調機で感じられる送風感がなく、空調感のない自然な空調が得られる。

(2) 経済性

高気密・高断熱住宅との組合せにより、従来住宅の1/3～1/5のエネルギーで住宅全体の冷暖房が可能であり、小容量の冷暖房ユニットを用い、少ないランニングコストで空調できるほか、《ロスナイ》全体換気と冷暖房用に用いるダクトが共用であり、イニシャルコストも従来の空調機器購入費

用の2/3程度である。

(3) 住宅の保全

《ロスナイ》全体換気と空気の循環を同時にい、排湿と部屋間の温湿度の均一化を図ることにより、住宅の劣化を促進する結露の発生を防ぎ、カビやダニの発生も防止する。

(4) 省スペースメンテナンス

換気冷暖房ユニットは、コンパクト設計であり、各部屋には給排グリルが設置されるだけでインテリアを損なわず場所もとらない。また、床置きタイプで前方からすべてのメンテナンスが可能であり、保守性に優れている。

(5) 安全性

熱源として冷房室外機及び温水を利用したダクト空調であり、安全性が高い。

4. 高気密・高断熱住宅の冷房

高気密・高断熱住宅の暖房については多くの研究成果が発表されており、《ロスナイ換気暖房システム》の暖房実験結果⁽¹⁾も報告されているので、冷房についてのみ述べる。

(1) 高気密・高断熱住宅の冷房特性

高気密・高断熱住宅は、冷房に関して独特な性質を持っており、連続運転と間欠運動では大きな違いがある。

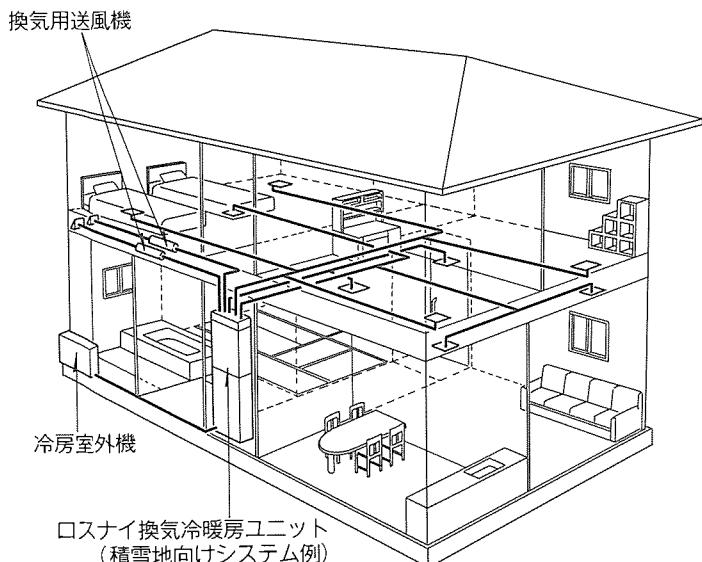
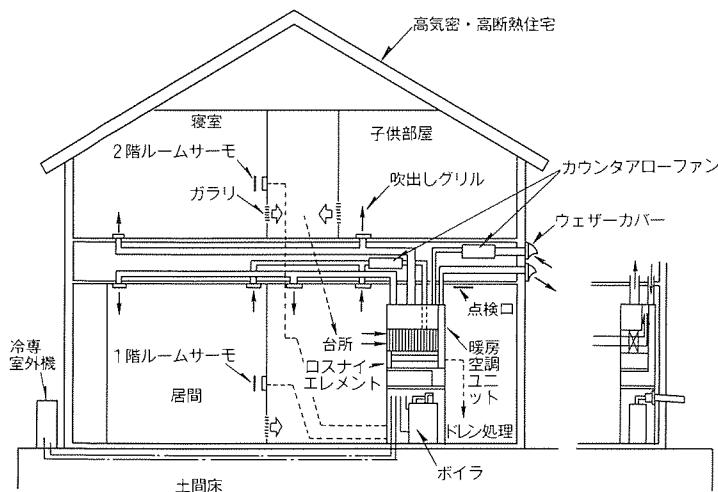
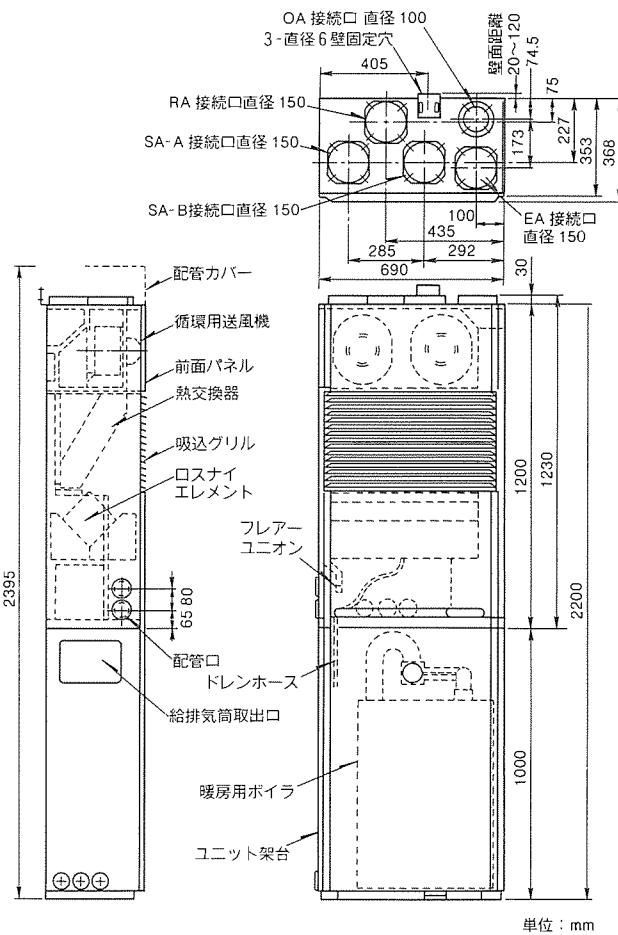


図2. 《ロスナイ換気冷暖房システム》の概念



(a) システムと空気の流れ



(b) ユニットの外形

図3. システムと空気の流れ

冷房負荷は、図4に示される $Q_1 \sim Q_5$ の和として与えられる。 Q_1 は伝熱負荷、 Q_2 は日射負荷、 Q_3 は換気負荷、 Q_4 は蓄熱負荷、 Q_5 は内部発熱負荷である。

高気密・高断熱住宅は、①断熱性が高く、②換気量が少なく、③蓄熱量(熱容量)が大きい特性を持っている。

連続運転の場合には、①～③の特性は室温の上昇を抑え、従来住宅に比較して冷房負荷が軽減され、小容量の冷房機で空調が可能である。間欠運転では、逆に最大熱負荷を増大する働きをし、大容量の冷房機を必要とするようになる。例えば、戸締りをし、冷房運転を停止した住宅は、日射を受けると室温が上昇する。断熱性が低く、換気回数も多い従来住宅では、ある程度室温が上昇すると外気によって冷却されるが、高気密・高断熱住宅では外気による冷却が期待できないため

室温が極めて高くなり、蓄熱も室温に従って大きくなる。このような状態から冷房を行うためには、大容量の冷房機を設置しなければならず、安定時に要する能力から見ると過大な設備を必要とする。シミュレーションによれば、高気密・高断熱住宅で冷房停止した場合、室温が50°C前後になることが予想される。

高気密・高断熱住宅の冷房では、このような特性を踏まえて計画することが必要で、建物・機器・運転方法などで配慮が必要である。

建物側では、ひさし(庇)やブラインドなどによる日射遮へいを積極的に行うことが重要で、冷房負荷の軽減に最も効果がある。

機器側では、設備する家庭の運転パターンに合わせた適切

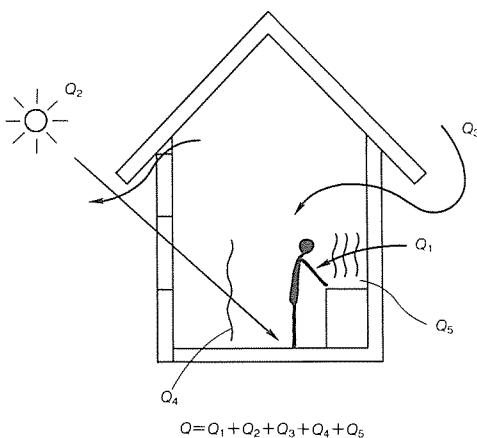
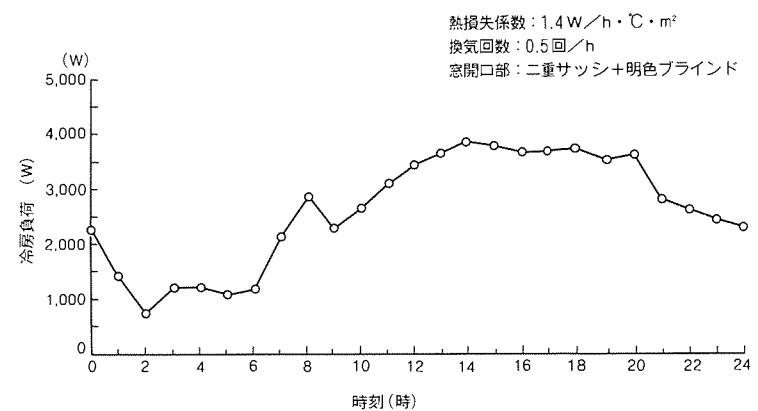
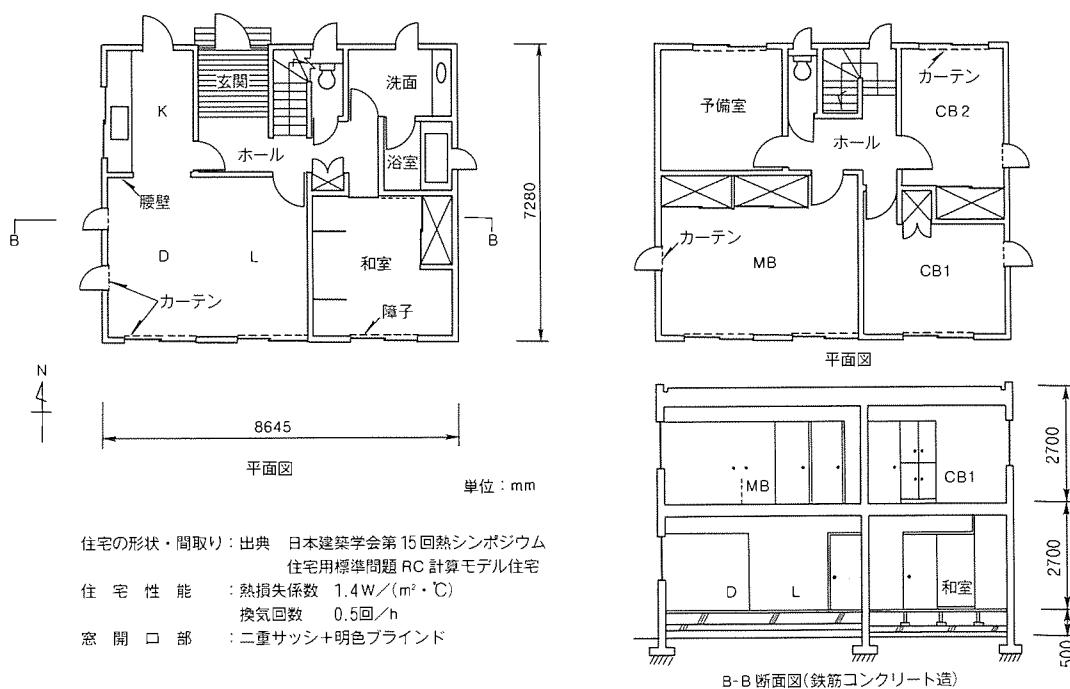


図4. 冷房負荷の概念



(a) 冷房負荷の経時変化(東京)



(b) 計算モデル住宅

図5. 高気密・高断熱住宅の冷房負荷モデル計算

な容量を選定するほか、室温が外気温度より上昇した場合に自動運転する普通換気システムの設置や、ベース冷房と局所冷房の組合せなどを考慮する。

また、内部発熱負荷の軽減のために、消費電力の少ない照明などを選定することも必要である。

(2) ベース冷房と局所冷房

『ロスナイ換気冷暖房システム』では、換気冷暖房ユニットにより住宅全体を部屋間のヒートショックを軽減できるレベルの温度に保ち（ベース冷房）、必要に応じて1～2台の局所冷房機を付加する考え方をとっており、低コストで快適な空調を実現することを目指している。局所冷房機は、最大冷房負荷の増大する真夏及び間欠冷房時に換気冷暖房ユニットと併用することが基本であり、冷房負荷の小さな季節や夜間にはベース冷房によって空調を行う。

このような考え方にして、様々な生活パターンにおける要望に応じた空調を、安価に提供することが可能である。

図5は、住宅モデルを文献⁽²⁾から引用し、高気密・高断熱住宅の気密・断熱性を仮定した場合の冷房負荷を東京地区

について計算した例である。換気冷暖房ユニットとして表1に示すVL-803 HCFを使用した場合、連続運転では局所冷房は不要であり、間欠運転でも局所冷房機は1台程度でよいことを示している。

5. 実験住宅における冷房実験結果

高気密・高断熱住宅の冷房特性を実証するために、秋田市の実験住宅に試作機を設置し、冷房実験を行った。図6は、実験住宅の平面図で、延べ床面積が158 m² [48坪]あり、モデル計算の住宅に比べて1.3倍の大きさがある。表2は実験住宅の熱的特性、表3は試作システムの特性であり、冷房能力は3.4 kWである。実験は、すべて連続運転で行っている。

(1) 室温の変化

図7は、実験期間中の日中最高気温を記録した晴天日の室内温度の経時変化である。最大負荷時には、子供部屋が約30 °Cとなっており十分な冷房ではないが、外気温との差は5 °C以上あり空調された状態にある。また、就寝時間には適切な温度となっている。1階LDKと2階主寝室は約28 °C

表1. VL-803HCFの特性

形名	定格周波数	ノッチ	暖房能力(W)	冷房能力(W)	消費電力(W)	風量(m ³ /h)	機外静圧(Pa) 強ノッチ	騒音(ホン) 強ノッチ	温水流量(L/min)	水頭損失(kPa)	温度交換効率(%)	ロスナイ風量(m ³ /h)		質量(kg)
												強	弱	
VL-803 HCF	50Hz	強	9,530	3,600	140	770	100 —	47 43 35	10.0	34	70 — 75 70 — 75	約150	約150	52
		中	8,490	3,420	90	620		48						
		弱	7,090	3,290	70	460		43						
	60Hz	強	9,770	4,000	165	780		35						
		中	8,260	3,580	100	580		48						
		弱	6,400	3,380	70	380		43						

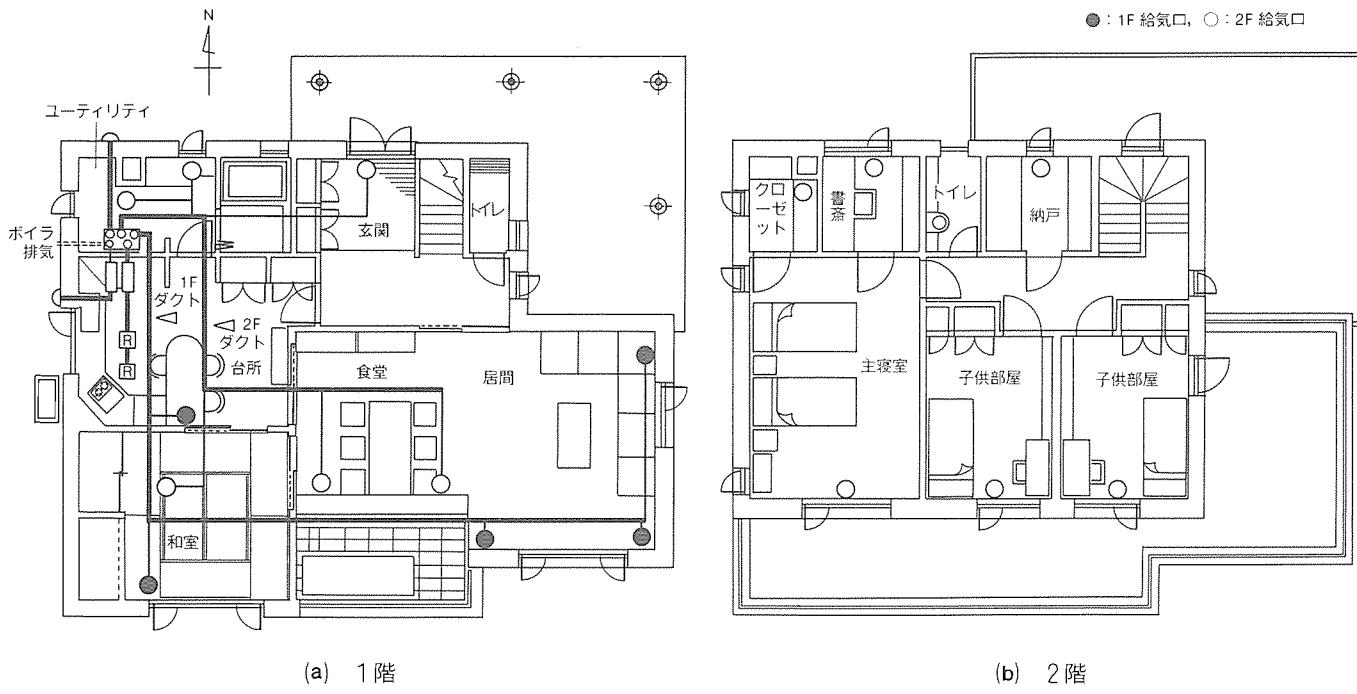


図6. 実験住宅の平面図とダクト配管

で空調された状態にある。

図8は、外気温が30°C程度の晴天日の室温変化であり、この場合換気冷暖房ユニットだけの運転で全室28°C以下を保っており、局所冷房を必要としないことを示している。

このように、連続運転では、小さな容量(3.4kW)の冷房機でベース冷房が達成できることが明らかになった。

(2) 室内温度分布と気流分布

図9及び図10は、室内温度分布と気流分布を測定したものの、それぞれ1階LDKと2階主寝室を南北に測定している。1階は天井吹出し、2階は床吹出しである。

気流は、吹出し部を除いて0.2m/s以下であり、生活空間における温度差(床上10cmと150cmの間)は、LDK 2°C、主寝室3°Cで送風感のない適切な空調状態にある。

(3) 騒音

騒音の測定結果を表4に示す。いずれも部屋の中央付近で測定している。

換気冷暖房ユニットを設置したユーティリティの隣室であ

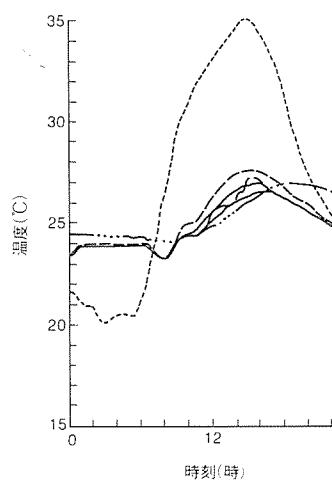
る台所では、騒音値が32dB(A)とわずかに影響があるが、その他の部屋では暗騒音とほぼ同じ値であり、低騒音空調が実現できている。

表2. 実験住宅の熱的性能

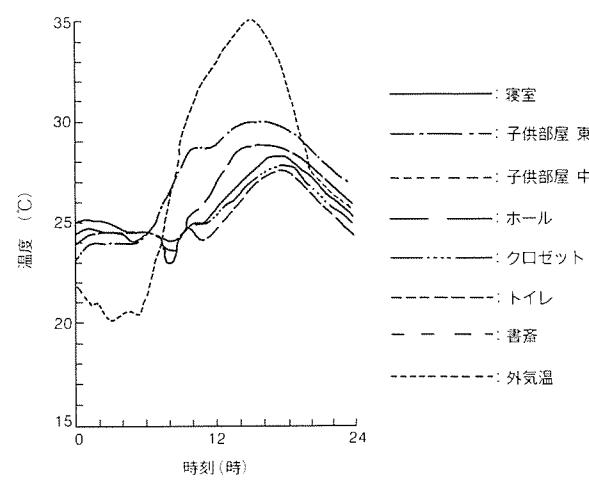
構 造	鉄骨2階建て
延べ床面積	158m ² [48坪]
熱損失係数	1.4W/(m ² ・°C)(実測値)
内部発熱	約700W
窓開口部	プラスチック二重サッシ+明色カーテン

表3. 試作システムの特性

ロスナイ	風量	約200m ³ /h
	エンタルピー交換効率	58%
冷暖房 ユニット	冷房能力(強ノッチ)	3,370W
	暖房能力(弱)	8,140W
	循環風量	720m ³ /h

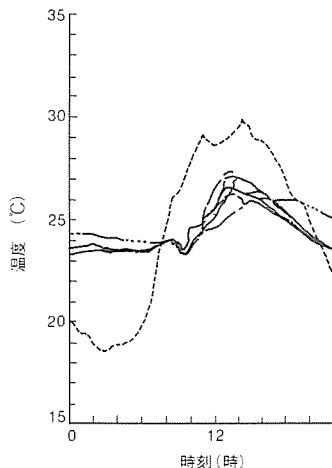


(a) 1階室温

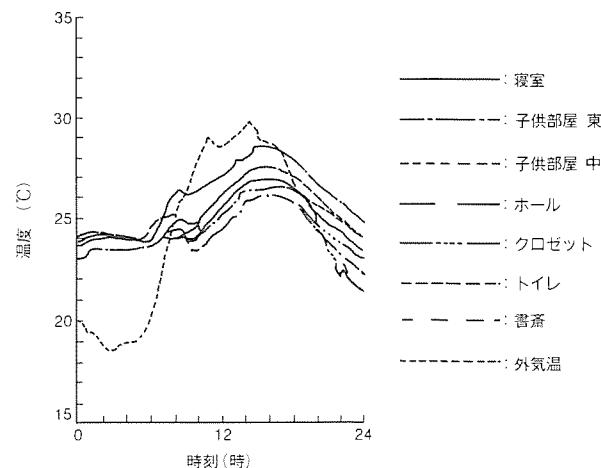


(b) 2階室温

図7. 室内温度分布の経時変化(最高気温)

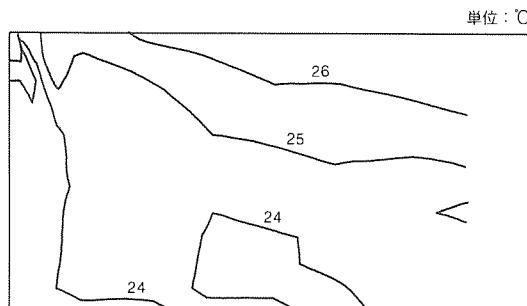


(a) 1階室温

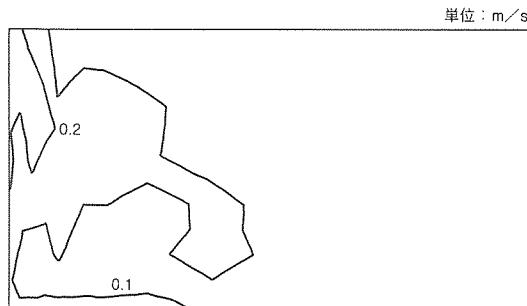


(b) 2階室温

図8. 室内温度分布の経時変化(気温30°C)



(a) 温度分布



1階居間[天井(外壁近傍)吹き降ろし]

(b) 風速分布

図9. 1階居間の温度分布と風速分布

(4) まとめ

延べ床面積158m²の住宅で能力3.4kWの冷房機を連続運転し、最大熱負荷時の能力は不足するものの、夜間や外気温度が30°C程度の日中には冷房が可能で、ベース冷房の役割りが果たせる結果となっている。

このように、最大負荷時又は間欠運転時にベース冷房と局所冷房を併用することで、低コストでセントラル空調が実現できる。

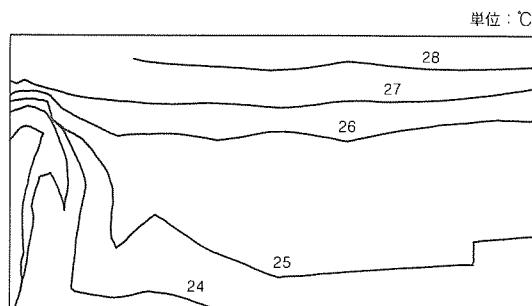
6. 今後の課題

高気密・高断熱住宅の冷房について検討し、小容量の冷房機によるベース冷房と、最大負荷時又は間欠運転の立ち上がり時に局所冷房機を用いることで効果的な冷房ができることが明らかになった。

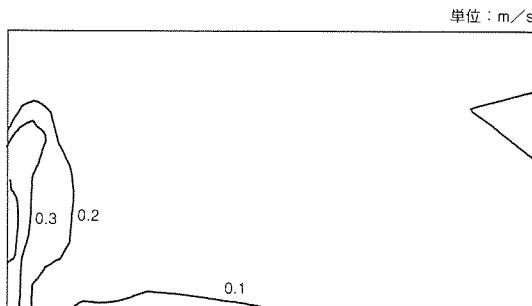
住宅の天井ふとろ寸法は減少する傾向が強く、機器の埋め込みや、ダクト通過のスペースがとりにくくなっている状況下では、今回検討したような、ベース冷房と局所冷房を組み合わせる考え方があつた方向であると考えられる。

今後、《ロスナイ換気冷暖房システム》では、次の技術課題を解決していく必要がある。

- (1) 能力のバリエーション
- (2) 热源のバリエーション
- (3) 設置形態のバリエーション
- (4) 制御性の改善



(a) 温度分布



2階寝室[床(外壁近傍)吹き上げ]

(b) 風速分布

図10. 2階主寝室の温度分布と風速分布

表4. 運転騒音測定値 単位: dB(A)

	強ノッチ	弱ノッチ
1階	本体前 32 cm	55
	キッチン	32
	その他	27
2階	主寝室	28
	その他	27

注 暗騒音 27~28 dB(A)

(5) 付加機能(除じん、除・加湿、普通換気など)の追加

7. むすび

《ロスナイ換気冷暖房システム》は、高気密・高断熱住宅と組み合わせることにより、低いインシャルコストで高品位な空調を実現する。生活と社会ニーズに基づく技術課題を解決しながら、住宅の総合空調システムとして発展させていく予定である。

参考文献

- (1) 川渕 勇、中村四雄、佐々木 誠：住宅用《ロスナイ換気暖房システム》，三菱電機技報，64，No.4，319~323 (1990)
- (2) (社) 空気調和・衛生工学会：設計用最大熱負荷計算法，89 (1989)

全密閉形冷媒圧縮機の技術動向

川口 進* 木藤良 善久**
佐藤 豊*
平原卓穂*

1. まえがき

全密閉形冷媒圧縮機は、電動機と圧縮機構が一体に連結されて密閉容器に収納されているため、冷媒の漏えいの心配が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おり、家庭用冷凍空調機器（冷蔵庫、除湿機、ルームエアコン等）に広く用いられている。全密閉形冷媒圧縮機は、約60年前に米国で初めて開発・量産されたが、以後、駆動源である誘導電動機の回転の高速化（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庭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。

2. 冷蔵庫用圧縮機のロータリゼーション

家庭冷蔵庫の分野では、1980年代に入って、旧来のレシプロ（往復動）式圧縮機に代わってロータリ（回転）式圧縮機が使われ始め、現在では中～大型クラスの冷蔵庫の大部分はロータリ式密閉形電動圧縮機が搭載されている。

2.1 第一世代ロータリ“KLZ形”

冷蔵庫用圧縮機のロータリゼーションのきっかけとなったのは、当社が1980年に世界で初めて開発及び量産化に成功

した横置き形ローリングピストン式ロータリ圧縮機“KLZ形”（図1）の登場であった。この新形圧縮機は、レシプロ式圧縮機に対して騒音値をほぼ同等レベルに抑制しつつ、小型・軽量・高効率（省電力）化を達成しており、さらに横置き設置が可能なことから冷蔵庫内の有効容積が著しく増加するというメリットを持っていた。

横置き化の最大の技術課題は、密閉容器底部に滞留する潤滑油のしゅう動部への供給機構にあったが、当社は冷媒ガスのエジェクター効果によって、機械的可動部の全くない高信頼性油ポンプの開発により、これを達成した（図2）。

また、従来空調用途で使われてきたロータリ式圧縮機に比べ、冷蔵庫用は小容量（吸込み気筒容積がエアコン用の1/3～1/4）化するとともに高圧縮比の運転となるため、リーク損失の比率が高まる。これに対処するため、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

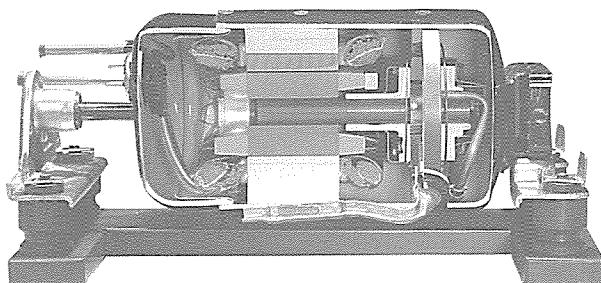


図1. 冷蔵庫用第一世代ロータリ式圧縮機 “KLZ形”

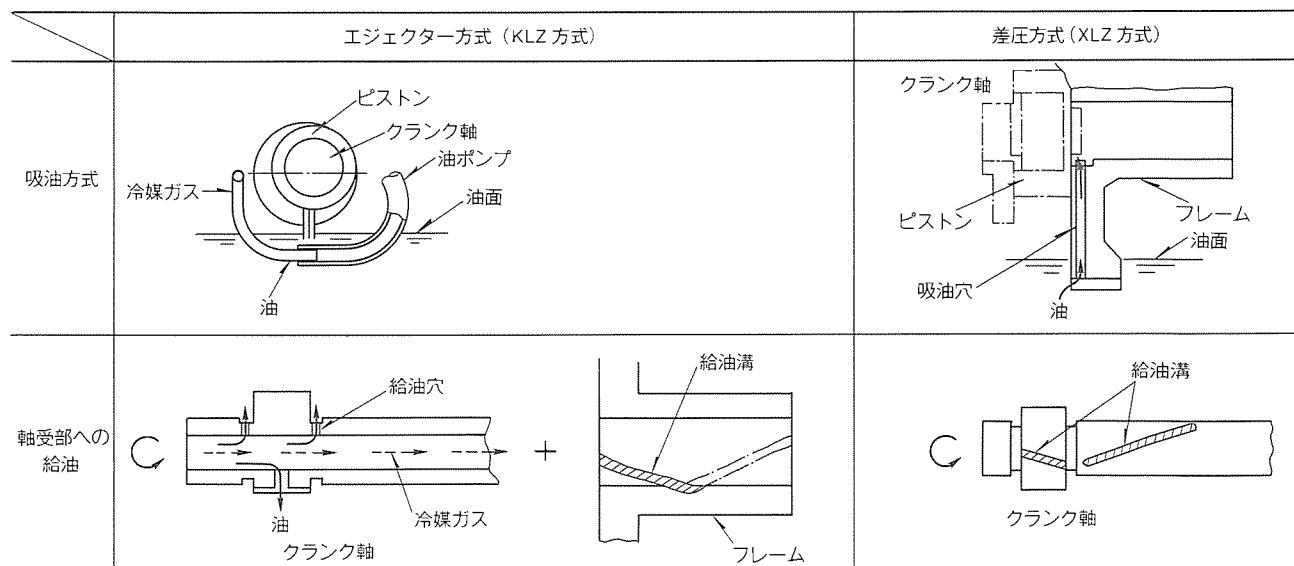


図2. 横置き形ロータリ式圧縮機の潤滑油供給機構

選択かん(嵌)合によって最適すき間の確保を図るだけでなく、圧縮機構の構造解析や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形態を保持しうるような特殊形状加工を施している。

こうした高効率、高信頼性設計を含む開発により、従来のレシプロ式圧縮機に対して図3に示すとおり性能、騒音、質量、サイズのいずれにおいてもこれを凌が(駕)ないしこれに匹敵する特性を持つロータリ式圧縮機を実現している。

2.2 第二世代コンパクトロータリ“XLZ形”

第二次オイルショックを契機として一段と強まった省資源、省エネルギーの社会的要請に対し、当社は第一世代ロータリ“KLZ形”に大幅な小型・軽量化、さらに高効率・低騒音化を進めた第二世代コンパクトロータリ“XLZ形”を1984年に開発した(図4)。

コンパクトロータリ“XLZ形”的特長を示したのが図3で

ある。“KLZ形”に比較して、占有容積において30%、質量においても20%の縮減を達成した超小型・軽量機種である。また、性能、騒音値においても“KLZ形”的レベルを更に改善した省資源、省エネルギー指向機種となっている。特に冷蔵庫の冷凍回路の全内容積に対し、圧縮機の密閉容器内空間の占める比率は50%以上で、コンパクトロータリの導入はその後の省フロン化に大きな役割を果たした。

“XLZ形”的給油ポンプは、機械的可動部分を避けるという“KLZ形”的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、“KLZ形”に対して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、密閉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。この課題を克服し、さらに一層の性能向上を実現する様々な高効率、低騒音への取組みを行い、“KLZ形”を上回る高性能・

	体積	質量	成績係数(性能)	騒音値
	0 100	0 100	100	
従来当社 レシプロ機	100	100	100	
第一世代ロータリ “KLZ形”	38	62	114	
第二世代ロータリ “XLZ形”	27	50	122	-4dB

図3. 将来のレシプロ式圧縮機と第一、第二世代ロータリの比較

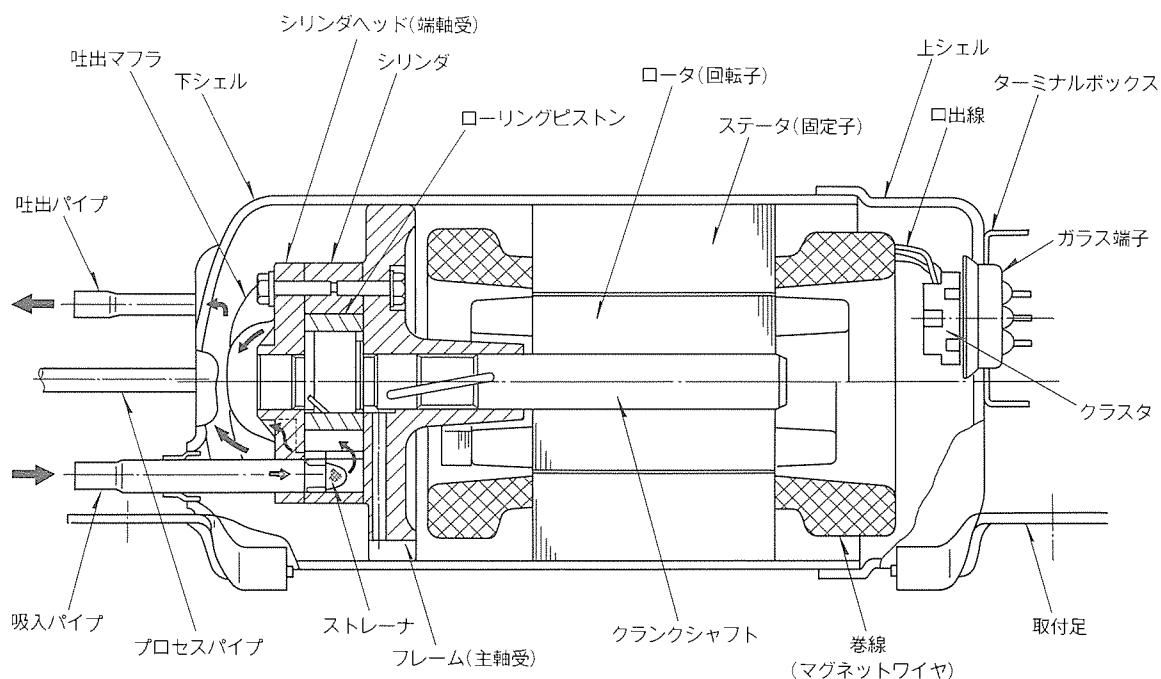


図4. 冷蔵庫用第二世代ロータリ式圧縮機“XLZ形”

静音レベルを実現している。

特に“KLZ形”に対し、4 dB（音圧レベルで60%）の低騒音化は、綿密な音源調査によるもので、クランク軸1回転（60 Hz 電源地区では約18 ms）中で発生する騒音及び加振力の時間軸解析が基礎となっている。一般に冷蔵庫用途のような小出力の低温用圧縮機では、周波数帯域の広い機械的加振力が主流を占める。このような機械的加振力の発生メカニズムは、従来から図5に示すような要因分析がなされている。これは加振力の発生タイミングが、吐出弁の開放している期間に集中していることを表している。

こうした加振メカニズムに対して、

- (1) 吐出弁のかじめ状態の安定化、及び弁座形状の検討を実施し、吐出弁と弁座間に介在する油膜の安定化
 - (2) 吐出マフラーの特性検討による吐出弁開放時期のシリンダ内微小圧変動の抑制
- などを実施し、機械的加振力の低減による低騒音化を図っている。

この一連の検討で、従来の当社KLZ形シリーズに比較して約4 dBの騒音低減（図3）ができ、旧来のレシプロ式圧縮機の下限の騒音レベルに匹敵する低騒音形ロータリ式圧縮機が得られた。

小型・軽量化に伴う振動振幅の増大に対しては、

- (1) 圧縮機の重心と密閉容器外側に配置された防振機構の弾性中心を合わせて、連成振動を減少させた。
- (2) 本体の各方向の固有振動数を、加振周波数（基本次数の加振周波数は圧縮機の回転数）より十分に低くした。

2.3 大容量冷蔵庫対応コンパクトロータリ“YLZ形”

冷蔵庫の大容量化が進展する中で圧縮機容量（吸込み気筒容積）の一層の拡大開発が必要となってきた。当社は引き続き省資源、省エネルギーの観点からコンパクトロータリのシリーズ系列で更に大容量化を目指し、XLZ形と外形寸法は同一のまま、その上位容量シリーズYLZ形の開発を行った。“YLZ形”は“XLZ形”に比べ、圧縮機構のシリンダ幅、

モータコア積層幅が増大したが、外形寸法を維持し、小型・軽量といったコンパクトロータリの特長をうけつぎ、冷蔵庫の大容量化に対してもフロン使用量の増大を最小限に抑制している。

2.4 第三世代超静音ロータリ“FLZ形”

国内の冷蔵庫の大型化が進むとともに、これに搭載する圧縮機も大容量化（吸込み気筒容積のアップ）が進んできた。大型冷蔵庫が普及している米国とは異なり、日本では住宅環境の違い等から、引き続き低騒音の大型機が求められる傾向が強い。したがって、冷蔵庫において冷媒駆動ポンプの役割を果たす圧縮機には大容量機ほど、相対的に大幅な騒音低減が求められる状況となってきた。ロータリ式圧縮機では、図1、図4に示すように、その内部機構が直接に密閉容器に固定されているため、伝達系による大幅な音の減衰は期待できない。一方、ロータリ式圧縮機の騒音レベルは、コンパクトロータリの開発に伴う低騒音化技術により、密閉容器内に圧縮機構がサスペンション支持されている従来のレシプロ式圧縮機の下限値レベルにまで既に到達していた。

以上のような製品動向と技術背景に基づき、第三世代ロータリは中つ（吊）り（圧縮機構の密閉容器内サスペンション

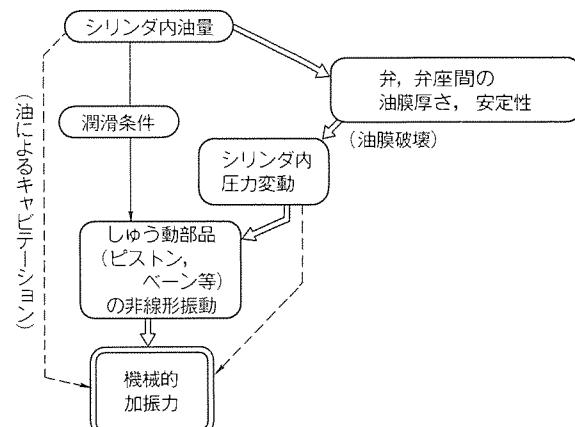


図5. 機械的加振力の発生メカニズム

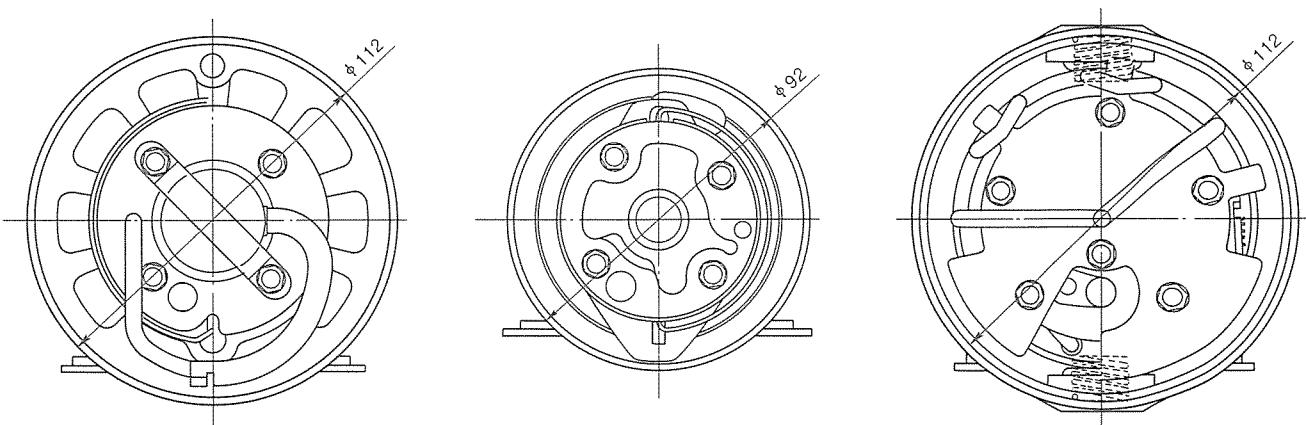


図6. 第一、二、三世代ロータリの断面比較

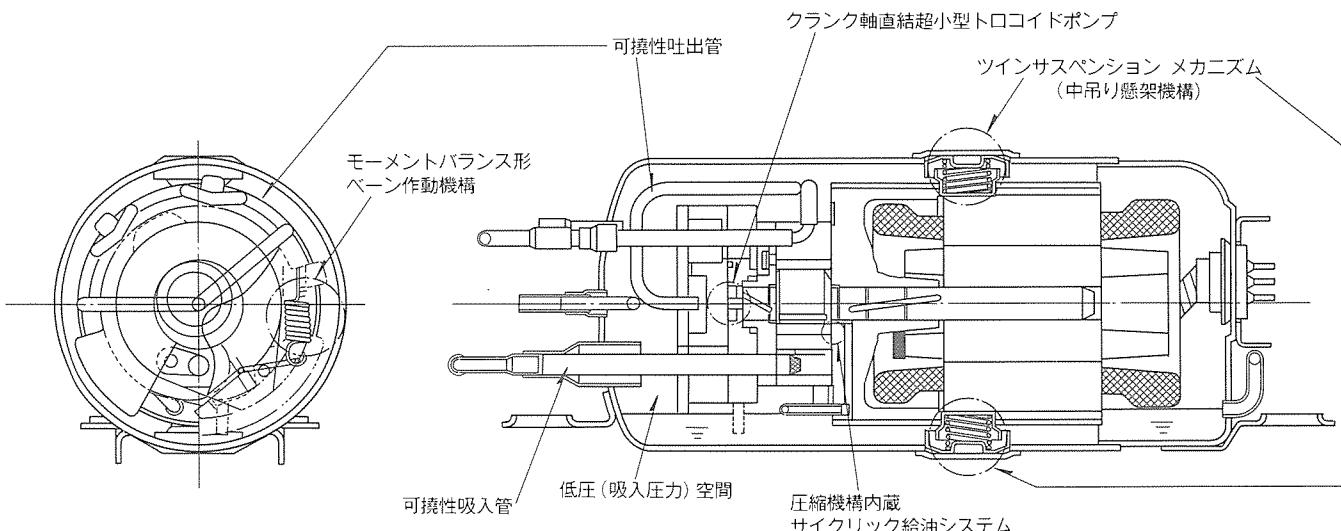


図7. 第三世代超静音ロータリ式圧縮機“FLZ形”

支持) 方式による超静音化を最大メリットと位置付けて開発した。まず、圧縮機構及びモータの基本寸法は、第二世代コンパクトロータリを踏襲し、これを第一世代ロータリ“KLZ形”的密閉容器内にサスペンション支持とした。図6は各世代のロータリの軸線直角方向断面を示しており、この間の経緯を表したものである。

ロータリ式圧縮機構は、そのしゅう動部のシールをオイルに頼る必要から高圧シェルタイプ(密閉容器内を吐出圧力に保持したタイプ)を前提としており、密閉容器の底部に蓄えられた油が圧力差によって低圧室へ供給されて、オイルシールを実現している。このため、密閉容器を貫通して圧縮機構に連なる吸入管には、低圧ガスが流れることから耐圧強度上高い剛性が要求される(図4)。したがって、この基本構造のままロータリ式圧縮機の中吊り化(密閉容器内サスペンション支持)を図っても、高剛性の吸入管を介して圧縮機構の振動、騒音が直接密閉容器に伝ばんし、伝達系の改善による静音化は全く不可能となる。

ロータリの中吊り化(圧縮機構の密閉容器内サスペンション支持)を阻害しているこの最大の技術課題に対して、低圧シェル(密閉容器内を吸入圧力に保持したタイプ)内で駆動可能なロータリ式圧縮機構を開発した。

これによって、圧縮機構本体を密閉容器内で理想的にサスペンション支持した超静音圧縮機を実現している(図7)。従来は困難とされていたロータリ式圧縮機構の低圧シェル内駆動を実現した新技术は、“クランク軸直結超小型トロコイドポンプ”と“圧縮機構内蔵サイクリック給油メカニズム”的組合せによる最適化強制給油システム、及びモーメントバランス形ペーン作動機構である。いずれもコンパクトかつシンプルな構造で目的機能を実現したため、1980年に実用化した世界初の冷蔵庫用横置きロータリと密閉容器直径を同一寸法にすることことができた。密閉容器直径が“YLZ形”に対し、拡径しているにもかかわらず容器内部は低圧空間となっ

た結果、フロン使用量は従来ロータリに比べ縮減されている。

最適化強制給油システムは次の2機構で構成される。

- (1) クランク軸端に装備されたトロコイドポンプが容器底部冷凍機油を吸引圧送し、さらにそれがクランク軸内を通ることによって遠心力ヘッド分だけ昇圧される強制給油メカニズム
- (2) 圧縮機構の主要部品であるローリングピストンの運動そのものを利用して、フレーム端面に設けたピットを1回転ごとに給油系から吸入室へ開放し、最適油量を供給するメカニズム

また、吸入室と圧縮室を仕切るペーンをローリングピストンに押圧する手段は、従来のロータリ式機構ではシェル内高圧をそのまま利用し、ペーン背部と正面に生じる圧力差によって押し付け力を得ていた。低圧シェル方式の新ロータリは、この押し付け力をスプリング及びレバー方式倍力機構の組合せによって得ている。これらを支えるホルダーは、その両端に各々スプリングとレバーからほぼ同等の力を互いに逆向きトルクとなる方向で受けるように構成されたモーメントバランス形となっており、ペーン作動機構を著しく簡素化並びに小型化している(図8)。

この新ロータリメカニズムは、駆動源である低騒音高効率誘導電動機と同軸一体構造に高精度で組み立てられており、従来のロータリ式圧縮機と同レベルの高効率を確保している。さらに、圧縮機構～電動機の一体構造は、上下方向に直列配置された2個のスプリングの間で、回転軸を水平方向に保持した“ツインサスペンションメカニズム”によって低圧シェル内に支持されている。この弾性支持のメカニズムは、可とう(撓)性吸入管と可撓性吐出管の弾性及び圧縮機構・電動機各部の動特性を含む、総合的な振動解析に基づく最適化設計によりもたらされたもので、振動・騒音の外部への伝ばんを抑制した理想的な伝達系となっている。

この結果、従来の当社製の同容量ロータリ式圧縮機に比較

して振動レベルを1/4に、定常運転音を6dB以上、起動時音を8dB以上低減し、人間の可聴限界にせまる超静音ロータリ式圧縮機を実現している。図9は従来の当社同容量ロータリ“YLZ形”と超静音ロータリ“FLZ形”的特徴を比較したものである。

3. ルームエアコン用圧縮機の高機能化

ルームエアコン用途の圧縮機は、1973年の第一次オイルショックを契機に従来のレシプロ式から高効率のロータリ式へのシフトが開始された。

当初は小型の冷房専用機に限定されていたロータリ式圧縮機の用途は、その後ヒートポンプ(冷暖兼用機)にも拡大されるとともに、能力レンジも拡幅されスケールバリエーションが広がった。また、空調機器側のニーズの高度化に対応して、高性能機種、コンパクト機種、インバータ(可変速)機種、2シリンダ(2気筒)機種等が登場し、製品が多様化している。

3.1 容量制御機種の展開

冷暖房負荷の変動に応じて圧縮機の能力を制御することは、空調システムの総合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、ロータリ式圧縮機

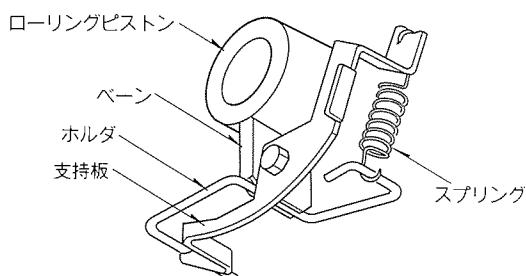


図8. モーメントバランス形ベーン作動機構

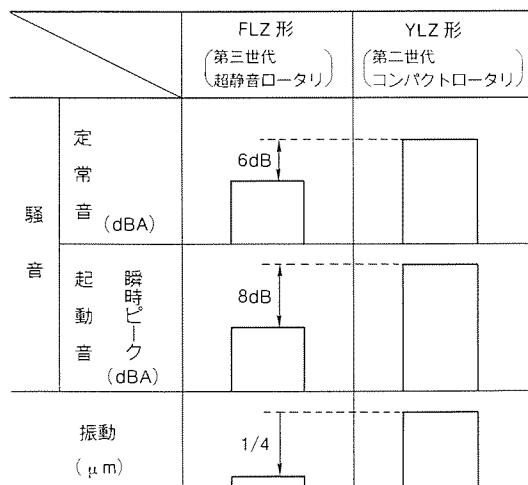


図9. 第三世代超静音ロータリ“FLZ形”的特徴

がヒートポンプに搭載されるようになってから、シンプルかつコンパクトな構造体での容量制御の技術開発が進んだ。

実用化されている方式は次の二つであるが、いずれもローリングピストン式ロータリ式圧縮機の構造上の特長を利用したものである。

(1) 圧縮機構の吸気容積を機械的に減少させる2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効果を発生させる2段階制御方式(ガスインジェクション)

パワーセーブは、単気筒でありながら部分的に休筒制御(圧縮室が部分的に無効となる)を実現させるものであり、ガスインジェクションは、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、2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ものである。

3.2 コンパクト可変速ロータリ“KHV形”

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って吐出ポート側へ追いやられ、ペーンを挟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、レシプロ式圧縮機とは異なって吸入弁が不要となり、弁押えによって位変の拘束されている吐出弁のみが存在する。このため、ロータリ式圧縮機は弁機構の信頼性が極めて高まり、広範囲の回転数で運転が可能となって、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。当社は、インバータエアコンの比較的初期のころから、コンパクトロータリ“KH形”をベースとした小型・軽量の可変速ロータリ“KHV

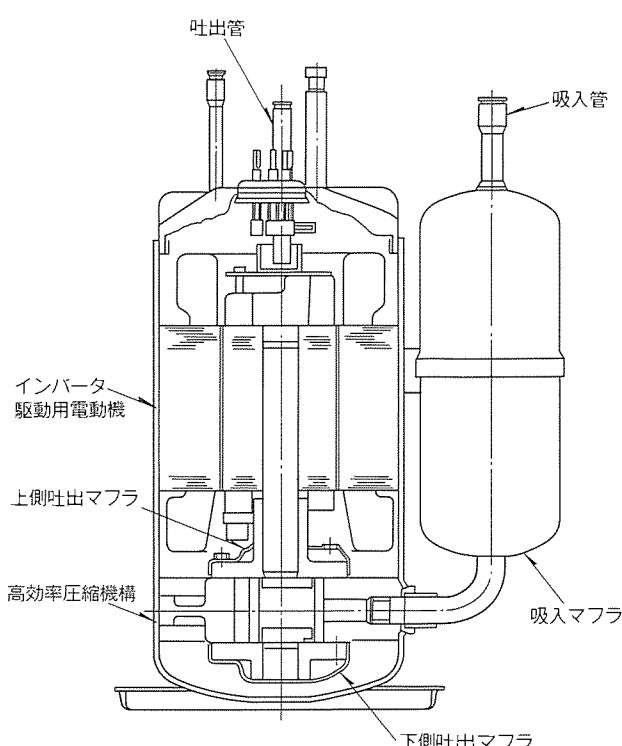


図10. コンパクト可変速ロータリ“KHV形”

形”を量産導入してきた。

図10は“KHV形”圧縮機の断面であり、フレームとシリンドヘッドの両サイドに吐出弁を設け高速回転域における高効率化を図りつつ、弁リフト量の最適化によって騒音レベルの低減にも成功している。

3.3 2シリンド化によるロータリの振動抑制

ロータリ式圧縮機は、圧縮機構が直接密閉容器に固定されている構造のため、冷媒ガスの圧縮に伴う負荷変動が圧縮機本体の回転方向振動を発生させる。

この傾向は、圧縮機が大容量化するほど、また可变速機種では低速運転になるほど著しくなり、実質的には防振系の設計のみでは到底対処できないレベルとなってくる。

この解決方法としては次の二つが考えられる。

- (1) ロータリ式圧縮機構をマルチシリンド化し、各シリンドの圧縮負荷変動を互いにキャンセルさせて、時間軸に対し負荷の平準化を図る。
- (2) 圧縮機構側の回転角信号を、インバータへフィードバックし、供給電圧を制御して電動機発生トルクを圧縮負荷変動に追従させることにより、振動を抑制する。

前記(1)は圧縮機構は複雑化するが、圧縮負荷変動そのものが機械的にフラット化するため圧縮機振動も抑制される。また、電動機回転子の回転変動も結果的に縮小し、後述するように低速運転域での電動機効率が著しく改善されるという特徴を持っている。(2)は信号・検出手段に課題が多いといえ、制御をかけるとシステムトータルの効率が低下するという難点があるが、圧縮機構は従来の1シリンドタイプのままだある。図11は、同一容量の単シリンド及び2シリンドロータリ式圧縮機構の圧縮負荷トルク変動の計算値比較を示している。

両圧縮機の密閉容器直径及び回転軸線回りの慣性モーメントが同一ならば、トルク変動による圧縮機外周での振動振幅 μ は概略

$$\mu \propto \frac{\Delta T}{f^2}$$

となる(ΔT はトルク変動幅、 f は加振周波数)。

2シリンドロータリは、トルク変動幅 ΔT が単シリンドロータリよりも大幅に縮減されるだけでなく、クランク軸1回転中に、2回のトルク変動があるから振動振幅 μ は一層軽減される。また、超低速運転を行っても加振周波数が圧縮機回転数の2倍となり、圧縮機の防振系の固有周波数に対して、マージンが得やすいという有利性がある。

当社は、ローリングピストン式ロータリ圧縮機構の2シリンド化に早くから着手し、1982年には車載用において量産導入を果たしている。さらに、1987年にはパッケージエアコン用途

の大容量ゾーンにおいて、2シリンドロータリ式圧縮機“QH形”的開発に成功し、4.5 kW [6 HP] に至る空調用圧縮機のロータリゼーションを完了した。図12は2シリンドロータリ“QH形”的断面を示す。ツインパス吸入方式によって吸入マフラー内の冷媒ガスが上下シリンドに各々独立して吸引され、高体積効率を実現している。

3.4 高効率2シリンド可变速ロータリ“SHV形”

パッケージエアコン用途の大容量ゾーン対応“QH形”に統いて、インバータ ルームエアコン用途についても1989年から高効率可变速2シリンドロータリ“SHV形”的量産を開始した。単シリンドロータリ可变速機の場合、振動問題から運転可能限界の大幅なシフトダウンは技術的にかなり困難であった。2シリンド圧縮機構の採用により、超低速、低能力運転を実現させ、空調システムの快適性を向上させようとのねらいの基に開発を進めた。

図13は、“SHV形”圧縮機の断面を示す。この圧縮機は、単シリンド可变速機“KHV形”的2吐出弁構造を踏襲すると

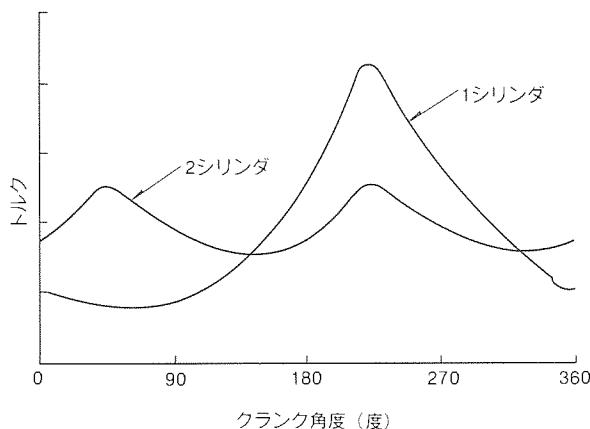


図11. ロータリ式圧縮機構のトルク負荷変動

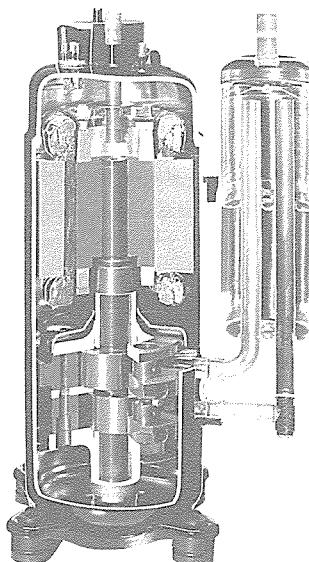


図12. 大容量2シリンド
ロータリ“QH形”

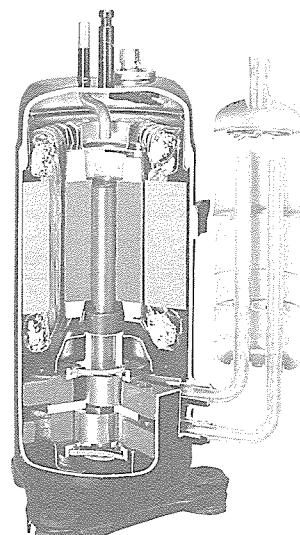


図13. 高効率可变速2シリンド
ロータリ“SHV形”

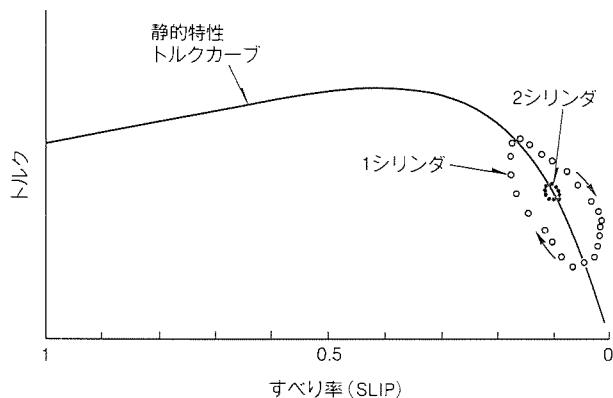


図14. ロータリ式圧縮機のモータトルク～回転数特性
(低速)

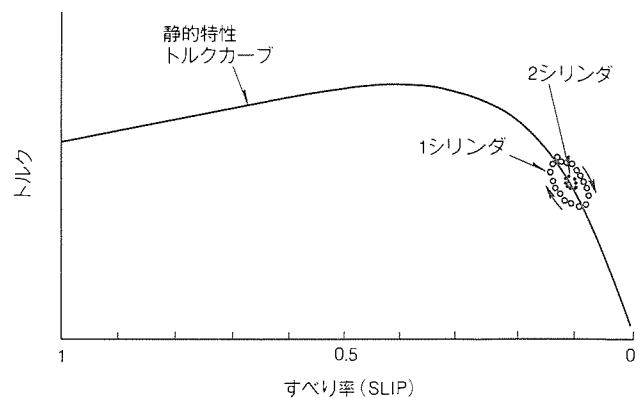


図15. ロータリ式圧縮機のモータトルク～回転数特性
(中～高速)

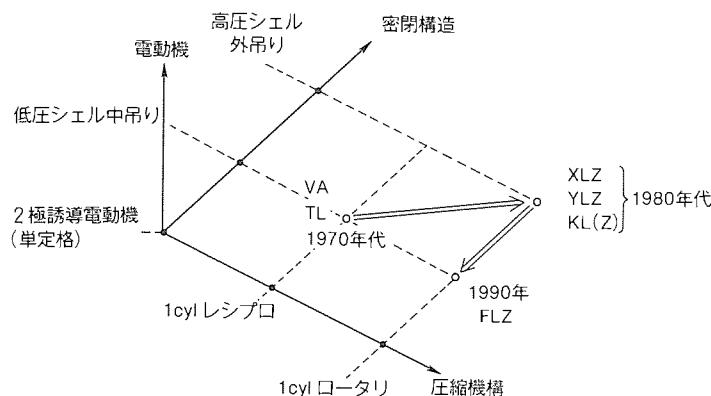


図16. 冷蔵庫用全密閉形冷媒圧縮機の変遷

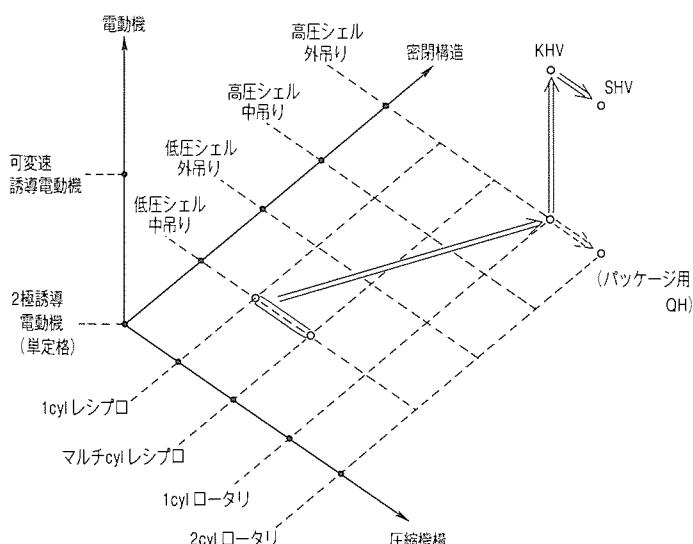


図17. エアコン用全密閉形冷媒圧縮機の変遷

ともに、大容量2シリンダロータリ“QH形”のツインパス吸入方式を合わせて採用している。これらの効果により、“SHV形”圧縮機は高速領域において高体積効率かつ高性能を示し、低速領域でも2シリング化に伴う電動機回転子の回転変動縮減により、大幅な効率向上を達成している。

図14、図15は、可変速ロータリ式圧縮機の高速及び低速運転における電動機トルク～瞬時回転数の動的解析結果を示す。解析は圧縮負荷クランク軸系の軸線回りの動力学特性、誘導電動機の動特性を連成させた機械力学及び電磁力学系の総合的なダイナミックシミュレーションにより得られたもので、実線で示した静的なトルクカーブとは全く異なる結果となる。

回転子の瞬時速度と発生トルクの関係は、図14、図15中にプロットで示した。挙動軌跡は、この上を時計方向に回転する。回転子回転変動の算出結果から、瞬時電動機効率の解析計算を行うと、2シリンダと单シリンダの圧縮機構差に基づく電動機の総合効率の差異が算出される。計算結果は実機測定結果と良好な一致をみており、さらにフライホイールを付加した单シリンダロータリの系統的な実験によってもこの傾向は明確に裏付けられている。

4. む す び

冷凍回路内における冷媒の駆動ポンプ機能を果たす密閉形電動圧縮機は、その密閉構造、電動機形式、圧縮機構形式の三因子をどう組み合わせて基本設計コンセプトを形成するかが常に問われている。図16、図17は、1970～1990年の20年間にわたる当社の冷蔵庫用並びにエアコン用圧縮機の変遷を、上記三因子を軸とする座標に表したものである。ただし、密閉構造と圧縮機構形式は、機能面、構造面から複雑な相関関係があり、各々独立した選択は一般には困難である。

省エネルギー、省資源、環境保全等の社会的要請に対応して、冷凍空調システムの冷媒駆動源である圧縮機には、引き続き高効率、低騒音、小型、軽量といった高機能高品質の開発が要求されている。

今後ともこうした社会的要請にこたえ、電気機械系システムとしての限界を追求した、より高度の開発に取り組む所存である。

新形態5ドアファジー冷蔵庫 MR-B46K

塚本郁夫*

1. まえがき

家庭用冷蔵庫は普及率がほぼ100%の成熟商品であるが、平均10年の買替需要と新規需要に支えられ、1988年以降年間400万台を超える安定した需要があり、特に昨年度(1990年度)は460万台と冷蔵庫史上最高の需要を記録し、昨年10月から始まった1991年度も450万台以上もの大きな需要が見込まれている(図1)。

図1から分かるように、容量別には120L以下の小型と400L以下の大型の2極分化の傾向にあり、最近では特に400L以上のウエートが急激に増えている。

図2はドア別構成比を表しているが、特に4ドア以上の多ドアの割合が急激に伸びてきている。このような大容量化、多ドア化傾向の中で、当社は455L 5ドア冷蔵庫 MR-B46Kを開発したので、以下に詳細を述べる。

2. 大型冷蔵庫購入予定者の意向

当社では冷蔵庫に関する消費者態度調査を毎年実施しているが、90年度の調査は、ここ2~3年以内に400L以上の冷蔵庫を買替える意向のある首都圏に住む主婦を対象に実施した。

調査結果を項目別に以下にまとめる。

(1) 意向容量

意向容量は着実に大型化し、400Lクラスが主力ゾーンになることは間違いない。500Lクラスが中心的なゾーンになる可能性もある。

(2) タイプの動向

冷蔵庫のタイプは新しいステージに入った。もはや縦形冷蔵庫(4ドア冷蔵庫のように縦に扉を並べたタイプ)の改良では、購入のインセンティブとならない。今後は幅広タイプ(幅700mm以上で観音開きドアを持つタイプ)の中での多様化が進行し、買替え需要を促進させる要因になるとされる。

(3) 食生活の動向

食生活の合理化が進むとともに、ホームパーティーをしたり、食卓を演出したりといった食のアメニティ志向が強まっている。

(4) 冷蔵庫の使用状況

冷蔵庫の部屋別では、フリーザー・冷蔵室・扉棚といった基本的な部分の重視度が年々高まっており、今後の開発は多ドア化に加えて、基本機能の充実に主眼をおくべきである。

3. 当社大容量化開発方針

前記の調査結果を踏まえて次の開発方針を設定した。

- (1) 今後の冷蔵庫の開発は、400L以上ゾーンを中心とした幅広タイプを主力とする。
- (2) 冷蔵庫の開発は単なる容量やタイプを決定することではなく、セグメント(後述)に合わせたタイプを開発する。
- (3) 400L以上のゾーンでは、一つのタイプですべての消費者を満足させることはできないので、ニーズやセグメントに合わせて多様化したタイプを開発する。

(4) 冷蔵庫開発の主要なセグメント軸は

- ①調理-食事、②保管-保存、③キッチン-ダイニング・リビングであり、これらの関係を図3に示す。図の中でI~IVの各ゾーンに相当する冷蔵庫のイメージコンセプトを表1、図4に示す。先に述べたように、一つのタイプですべての消

年度(販売台数) 千台	(%)						
	~120L	~170L	~220L	~250L	~300L	~400L	~401L以上
80年(3,837)	22.3	18.4	19.3	19.7	14.0	4.6	1.7
81年(3,570)	22.6	15.1	17.2	25.0	14.1	4.5	1.5
82年(3,561)	24.4	13.4	15.5	23.9	17.1	3.2	2.6
83年(3,628)	26.1	11.2	13.9	22.7	18.5	5.0	2.7
84年(3,713)	26.4	9.4	12.9	17.3	18.1	13.7	2.3
85年(3,698)	27.9	8.7	11.7	12.8	13.3	23.7	1.9
86年(3,699)	29.2	7.2	10.7	18.5	7.2	30.5	1.7
87年(3,921)	30.4	5.8	10.4	12.7	4.3	34.7	1.7
88年(4,159)	33.1	4.9	9.3	11.2	3.0	25.8	10.5
89年(4,187)	33.0	4.7	8.3	9.8	2.2	19.5	15.4
90年(4,603)	34.4	4.6	8.0	7.4	2.3	16.3	11.5
						~350L	~400L

図1. 冷蔵庫容量別需要構成比推移(当社推定値)

費者を満足させることはできないため、基本的にはI~IVの各ゾーンの品ぞろえが必要であり、当社は既にIIIゾーンではMR-CA42Jを、IVゾーンではMR-B50J及びMR-B45Jと品ぞろえを完了している。今回のMR-B46Kは、Iゾーンに対応して開発した商品である。

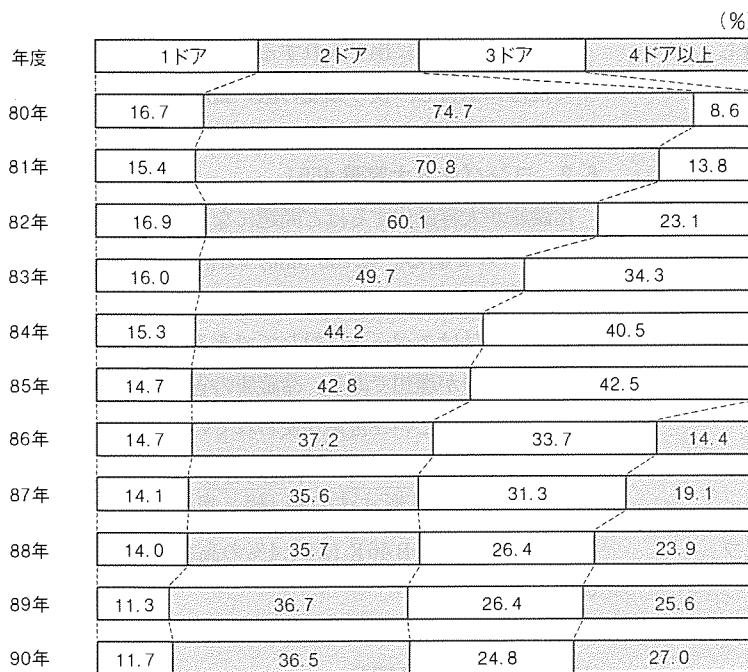


図2. 冷蔵庫ドア別需要構成比推移(当社推定値)

MR-B46Kの開発により、IIゾーンを除くI~IVゾーンの開発を完了したことになるが、表1、図4においてIゾーンとIIゾーンを比較すると大きな違いは、扉の形態が、Iゾーンは冷凍室と冷蔵室が左右に分かれたサイドバイサイドタイプであるのに対して、IIゾーンは同じ観音開きでも中央に間仕切りがなく、二つの扉を開けると中が一つの大きな部屋を構成しているフレンチドアタイプである。当社がIIゾーンを選択せずにIゾーンを選択したのは、次の三つの理由からである。

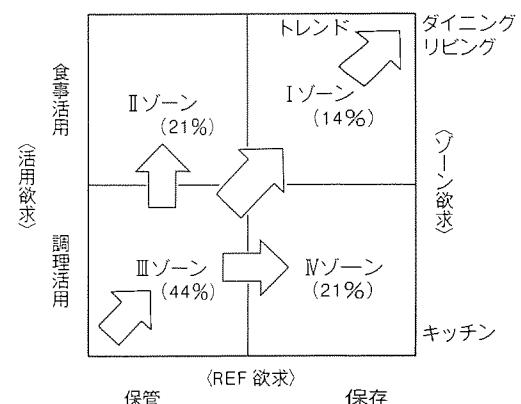


図3. 冷蔵庫開発セグメント

表1. 冷蔵庫用開発ゾーン別イメージコンセプト

ゾーン イメージコンセプト	I	II	III	IV
ターゲット	生活を合理志向する主婦層で、作ることよりも食事を楽しむことに重点をおく。	手作りを志向する主婦。作ること、共に食事を楽しむことにも力を入れる。	冷蔵庫をキッチンスペースだけで活用する主婦。食事演出志向は低い。	調理性志向の強い主婦で、食品のストック性とキッチンでの活用性を志向
商品イメージ	フリーザーを充実させたサイドバイサイド	冷蔵室を充実させた調理活用イメージと大皿などの収納性をイメージしたフレンチドア	縦形コンパクト400L。調理で活用するための活用冷蔵庫	キッチン活用のコンパクト、幅広タイプ。チルドの活用性を向上させた大型チルドルーム装備

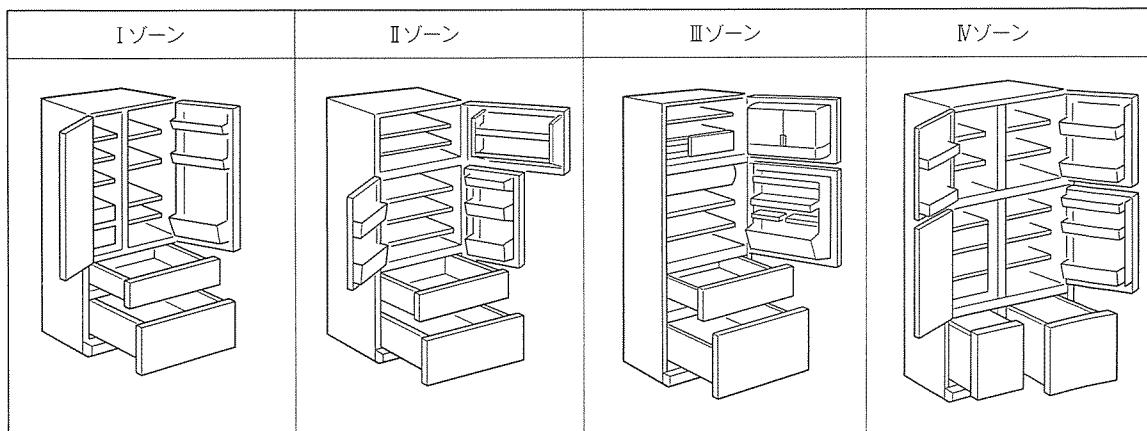


図4. 開発ゾーン別冷蔵庫扉形態

- (a) 大型化が進み、消費者が最終的に欲するタイプは米国製の大型冷蔵庫に代表される高級サイドバイサイドである。
- (b) 日本の台所の広さは、平均6畳以下であり据付けスペースを広く確保できないことから、中途半端に狭い幅の冷蔵庫をサイドバイサイドにすると中央の仕切りにより、片側が狭すぎて使えないために、中央に仕切りのないフレンチドアタイプにせざるを得ない矛盾がある。
- (c) フレンチドアの冷蔵庫購入者の使用実態を追跡調査した結果、購入時はフレンチドアの方が中が広くて使いやすそうに思ったが、実際に使ってみて整理性や使い勝手に不満が多いことが分かった。

4. 開発コンセプト

以上に述べた購入予定者の意向調査や分析結果からMR-B46Kの開発コンセプトを確立した。

- (1) 扉形態は豪華で使い勝手の良いサイドバイサイドタイプ
- (2) 幅760×奥行608(mm)のコンパクトサイズで大容量455Lの実現
- (3) “ツインサスペンションメカ搭載圧縮機”“シロッコファン”採用により、超静音19ホンの実現
- (4) ラップなしでも、おいしさ保存“高湿チルド室”的採用
- (5) 人にやさしい“全自動ファジー制御”的採用
- (6) いつでも自動的においしい氷ができる浄水機能付き自動製氷機を搭載
- (7) ニューフラットフェースデザインの提案

5. 製品仕様

表2にMR-B46Kの製品仕様を記す。

6. 製品の特徴

6.1 豪華で使いやすいサイドバイサイド

表2. MR-B46Kの製品仕様

種類		冷凍冷蔵庫
有効内容積(L)	全體	455
	冷凍室	90
	製氷室	27
	冷蔵室	183
	引出し式チルド室	75
外形寸法(mm)	野菜室	80
	高さ	1,799
	幅	760
	奥行	612
質量		92kg
定格電圧・周波数		100V, 50/60Hz
電動機定格消費電力	50/60Hz	155/165W
電熱装置定格消費電力	50/60Hz	155/155W(霜取り時)
年平均1箇月当たりの消費電力量	50/60Hz	62/62kWh/月

従来の冷蔵庫は上下に冷凍室/冷蔵室が分かれている構造が主流で、大容量クラスの冷蔵庫の高さは平均1.8mある。そのため、冷凍室を上に冷蔵室を下にすれば冷蔵室を使いやがるが、冷凍室は高すぎて使いにくい。上下のレイアウトが逆であれば、冷凍室は使いやすいが冷蔵室は使いにくいといった具合で、従来のタイプは冷凍室又は冷蔵室のどちらかを犠牲にせざるを得なかったが、図5のようなサイドバイサイドであれば、頻繁に出し入れする食品は使いやすい中間から下の位置に保管し、使う頻度の低い食品は上方に保管するというように冷凍室も冷蔵室も同様に使い勝手が良くなる。

6.2 コンパクト大容量455L

冷蔵庫が大容量化するほど問題になるのがキッチンの据付けスペースである。幅760(mm)の冷蔵庫なら、最近では55%以上の家庭で据付け可能との調査結果が出ている。また、許容据付けスペースに対してできるだけ大容量の内容積を確保するのが理想であり、冷蔵庫の省スペース性を評価するのに容積効率という言葉が使われている。

$$\text{容積効率} = \frac{\text{有効内容積}}{\text{外形寸法の積(幅} \times \text{奥行} \times \text{高さ)}} (\%)$$

で計算され、MR-B46Kは54.4%の高容積効率を実現している。

これには次の二つの技術が寄与している。

(1) 高性能断熱材の開発

断熱材の気泡を微細化し、高密度化したファインセルウレタンにより、熱伝導率 $\lambda=1.453 \times 10^{-2} \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{°C})$ $125 \times 10^{-4} \text{ kcal}/\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ の高断熱性能を実現でき、断熱材の厚さを従来より5~10%薄くすることができた。

(2) ウレタン発泡剤充てんシステムの最適化

冷蔵庫の断熱材はウレタン現場発泡方式といって、生産ライン上でキャビネットにウレタン発泡剤を充てんしている。



図5. 冷凍冷蔵庫 MR-B46K

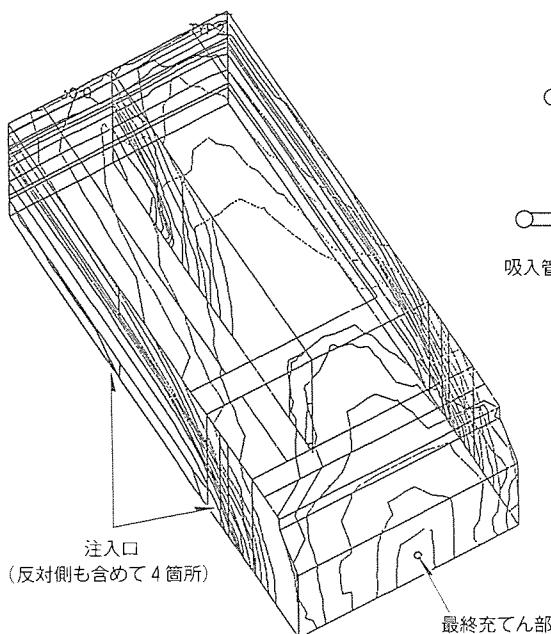


図6. ウレタン発泡シミュレーション

前項の薄い断熱壁に効率良くウレタン発泡剤を充てんするために、図6に示すように、CAEを駆使してウレタン注入口（計4箇所）の配置及び各注入口からの最適注入量をシミュレートした。

6.3 超静音19ホン

冷蔵庫が大容量化するほど能力の大きい圧縮機を搭載するので、運転音も大きくなりざるを得ないが、音源である圧縮機、庫内ファンと運転制御に当社独自の新技術を採用し、運転音19ホン（外気温20℃の無響室で50Hzで運転。冷蔵庫の手前1m・高さ1mの位置で測定）を実現した。

6.3.1 業界一低騒音・低振動の新形圧縮機

図7は“ツインサスペンションメカ搭載圧縮機”的断面である。圧縮機内部の駆動部分を上下方向に直列配置された2個のスプリングの間でつ（吊）り、回転軸を水平に保持するツインサスペンションメカニズムにより、シェル外部への振動・騒音伝達を飛躍的に抑制し、従来の当社ロータリ圧縮機に比較して振動レベルを1/4以下に、また運転音を6ホン以上、起動時音を8ホン以上低減し、人間の可聴限界に迫る超静音化を実現した（図8）。

6.3.2 シロッコファンによるファン騒音の低減

家庭用冷蔵庫には従来からプロペラファンがよく使われてきたが、庫内共鳴を伴った遮音特性を考慮して、ファン騒音を低減させるには次の条件を同時に満足する必要がある。

- (1) 回転音の発生そのものを抑えるために、ファン正面に近接して設けられた冷気吹出し口をなくす。
- (2) 回転音の基本周波数を冷蔵庫内の共鳴周波数から外す。
- (3) 流体騒音の発生を抑えるとともに、主成分を冷蔵庫内の共鳴周波数から外す。

これらの条件を満足させる手段として、MR-B46Kにシロ

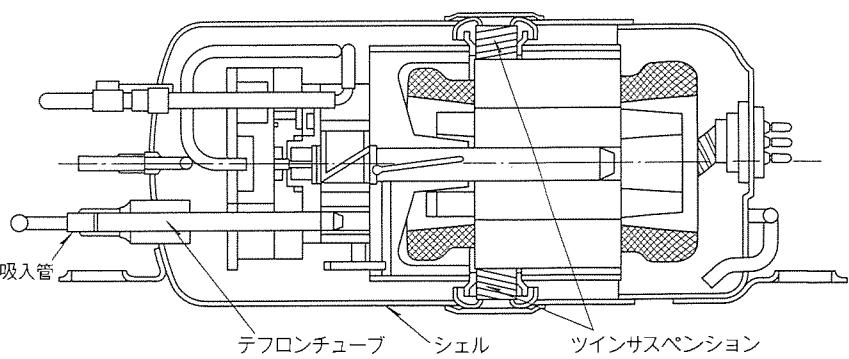


図7. ツインサスペンションメカ搭載圧縮機

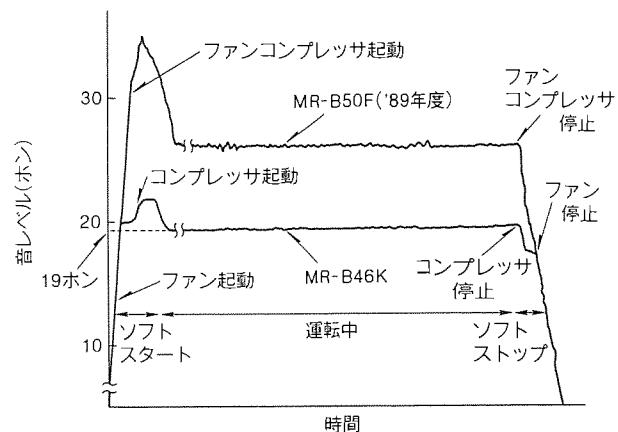


図8. 冷蔵庫運転音比較

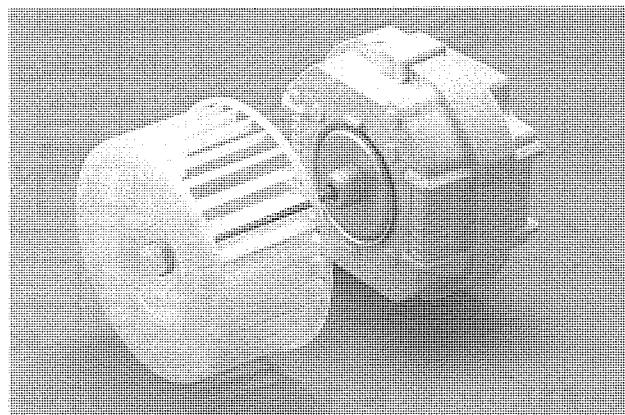


図9. シロッコファン

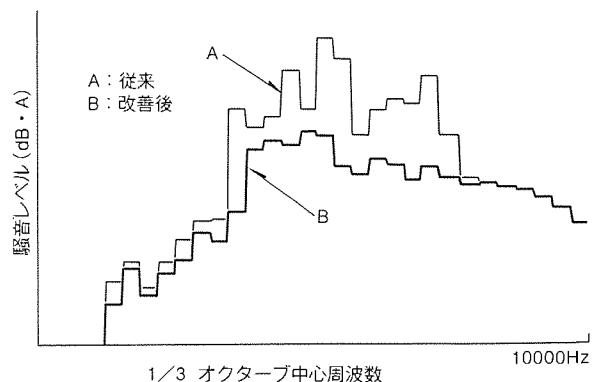


図10. シロッコファンによる改善効果

ッコファン(図9)を搭載した。図10はシロッコファンを導入した冷蔵庫と従来のプロペラファンを使用した冷蔵庫との同一風量時のファン騒音のスペクトルを比較したものである⁽²⁾。

6.3.3 ソフトスタート/ソフトストップ制御

冷蔵庫の音源である圧縮機とファンの運転は、温度調節器の設定温度に対する庫内温度の高低により、自動的に、かつ従来は同時に起動・停止していたが圧縮機とファンの起動のタイミングをずらすことにより、起動・停止音を低減した。起動時はまずファンが起動し、5秒後に圧縮機を起動させ、停止時は逆に圧縮機を先に停止させた後、5秒後にファンを停止させることにより、ファンで圧縮機の音をマスキングする効果を利用し、滑らかな起動・停止音を実現した。

以上の当社独自の技術により、図8に示すように超静音化を実現した。

6.4 高湿チルド室

チルド室は1984年に当社が業界で初めて冷蔵庫に搭載し、約0℃の庫内温度で肉や魚等の生鮮食品や調理済の食品のおいしさを損なわずに保存するのに適し、現在では日本の冷蔵庫にはなくてはならない基本機能の一つとなっている。

しかし、従来のチルド室は冷気を直接庫内に吹き出しており、湿度が30~50%と低く、食品の乾燥を防ぐためにはどうしてもラップを必要としていた。ラップをしないで食品の表面をみずみずしい状態に保つには、保存湿度を80%以上にする必要がある。

MR-B46Kの高湿チルド室

は図11に示すように、冷ふく射によって室内を冷やす間接冷却方式を採用し、密閉構造とした。庫内を高湿にすると温度の低い部分に結露が集中して発生するので、チルド室内の壁面の温度の均一化を図るため、冷気がケース全周を冷却する工夫をした。また、チルド室内の壁面の中でも比較的温度の低い天井面のふく射冷却板には吸水性を持つ焼結樹脂を採用し、高湿時には余分な湿気を吸湿し、逆に庫内が低湿度時には吸湿していた水分を放出して湿度を一定に保つ。さらに、このふく射冷却板には脱臭触媒を添加し、においの分子を分解し、においの発生を防止している。

高湿チルド室の採用により、食品にラップをしない状態で保

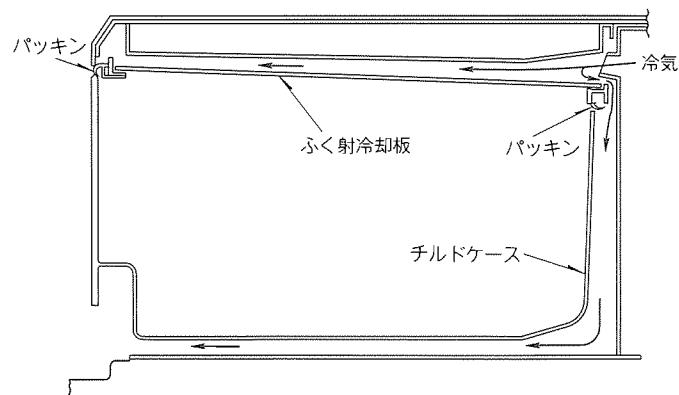


図11. 高湿チルド室断面

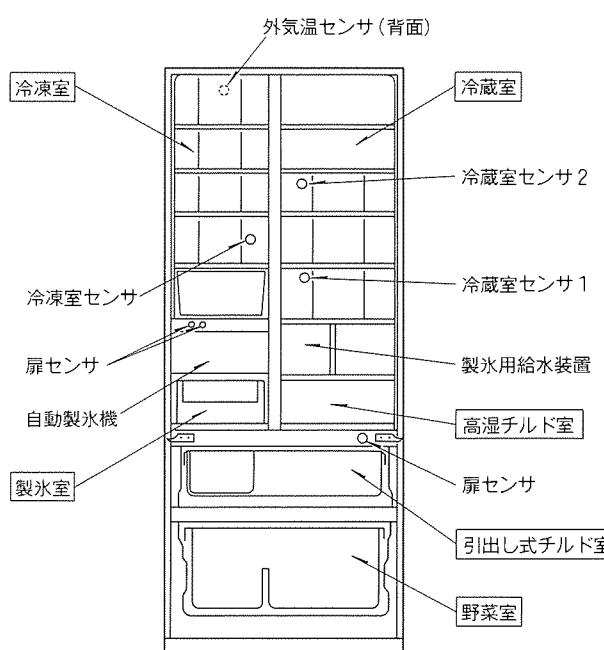


図12. MR-B46Kの構造

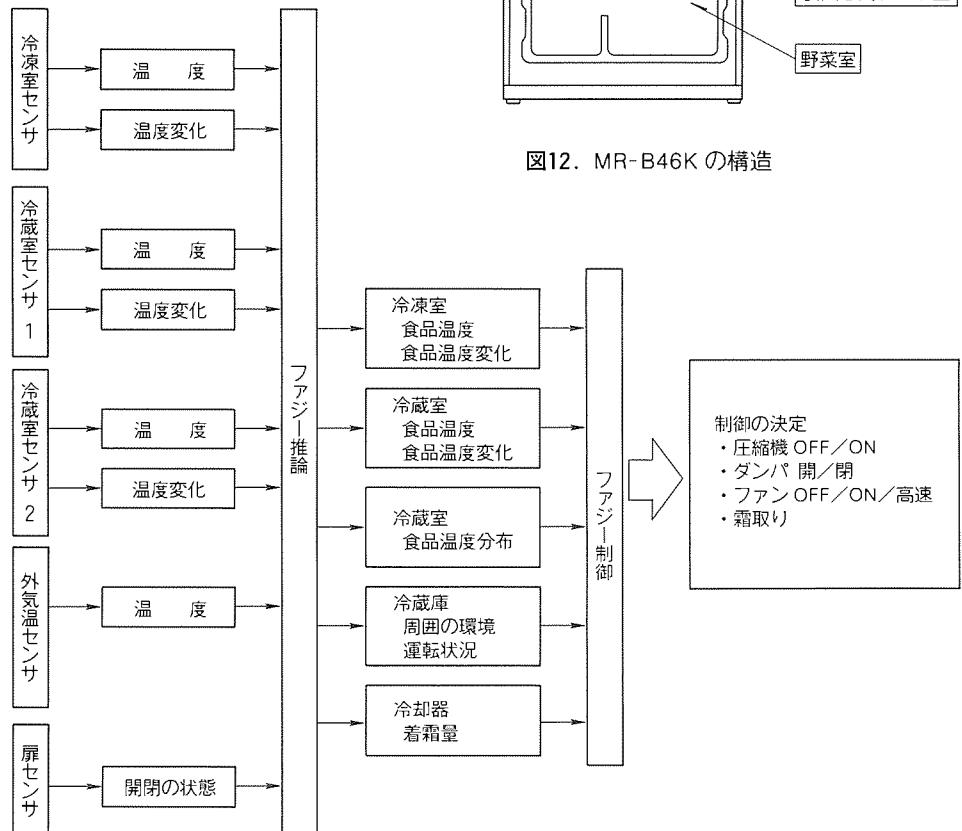


図13. 制御ブロック図

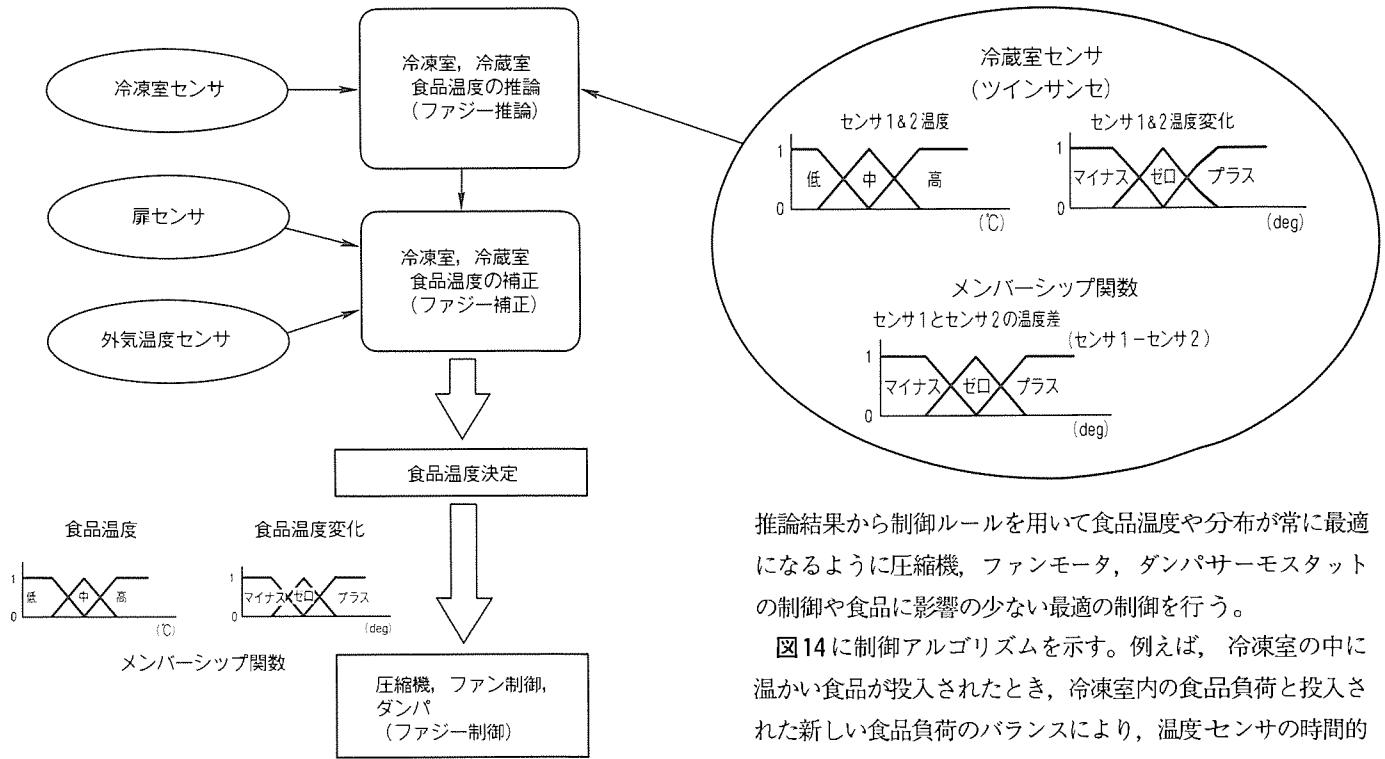


図14. 制御アルゴリズム

存しても、乾燥による変色、変形や水分の蒸発を抑え、次のようなメリットが挙げられる。

- (1) 刺身の盛合せやケーキなどラップしにくい食品も、ラップなしでそのまま保存できる。
- (2) 薄切りハムやベーコンなどを保存しても乾燥による変形を抑えることができる。
- (3) チーズ、ちくわ、かまぼこなどの加工食品もラップなしでも乾燥による収縮が少ない。

6.5 人に優しい全自動ファジー制御

最近では多種の家電製品にファジー制御が応用されているが、当社では昨年、業界で初めて冷蔵庫に適用した。冷蔵庫の大容量化、多ドア化、多機能化に伴い食品の詰めすぎや扉の開閉頻度の食品保存に及ぼす影響を少なくすること、また、面倒な温度調節を全自動化することを目的とした。

今回、MR-B 46 K に採用した制御は、冷蔵庫の基本的な制御のうち

- (1) 冷蔵室の温度制御
 - (2) 冷凍室の温度制御
 - (3) 冷却器の除霜制御
- に導入した。

図12にMR-B 46 K の構造、図13に制御プロックを示す(1)。4 個の温度センサ(サーミスタ)と3 個の状態検知センサ(ドアスイッチ)の計7 個のセンサを入力として制御基板に取り込み、温度と温度変化や扉の開閉状態をメンバーシップ関数でグレードとして算出する。このグレードを推論ルールで冷蔵庫や冷凍室の食品温度、冷蔵室の食品温度分布、冷蔵庫の使用状態、冷却器への着霜量等を推論している。この

推論結果から制御ルールを用いて食品温度や分布が常に最適になるように圧縮機、ファンモータ、ダンパサーモスタットの制御や食品に影響の少ない最適の制御を行う。

図14に制御アルゴリズムを示す。例えば、冷凍室の中に温かい食品が投入されたとき、冷凍室内の食品負荷と投入された新しい食品負荷のバランスにより、温度センサの時間的な温度の上昇率と実温度が決定される。この温度上昇率と実温度から今まで冷凍室内にある食品が新たに投入された食品の影響を受け、温度がどの程度上昇するかを推論ルールから推論し、さらにこの結果と冷蔵庫の運転状態から制御ルールに基づいて、圧縮機の運転やファンモータの回転数のアップを行い、素早い食品の冷却が行われる。

6.6 自動製氷機

豊かな食生活を演出するために、最近では自動製氷機が大型冷蔵庫の基本機能の一つとして考えられている。

図15にMR-B 46 K の自動製氷機の構造を示すが、製氷室内に製氷機構を、また冷蔵室下部に給水機構を配設している。製氷皿に氷がなくなると(離氷動作後)給水ポンプが作動し、給水タンク(約1.6 L)から製氷皿に給水する。製氷皿内の氷が凍ると製氷皿下部の温度センサが検知し、製氷機内に設けた高トルクモータによって製氷皿を回転させ離氷する。離氷の前には検知レバーが下降・上昇し、貯氷箱内の氷のストック量を検知する。貯氷箱の中に氷が一杯(約150個)になるまで上記の動作(給水・製氷・検氷・離氷)が繰り返される(表3)。また、給水タンクのキャップには、図16に示すように、不織布と抗菌纖維状活性炭からなる浄水フィルターを設け、水道水に含まれた遊離塩素を分解し、常に清潔でおいしい水を製氷機に供給し、カルキ臭のないおいしい氷を作ることができる。

6.7 ニューフラット フェースデザイン

MR-B 46 K の扉の配置は、当社独自のサイドバイサイド5ドアであり、特に冷凍・冷蔵扉のハンドルの形は順手で握れる当社独自のフラットフェースハンドルを開発した。ファジー制御採用により、面倒で複雑な温度調節部分を扉面から排除したことと、業界初の新ヒンジ構造(図17)により、

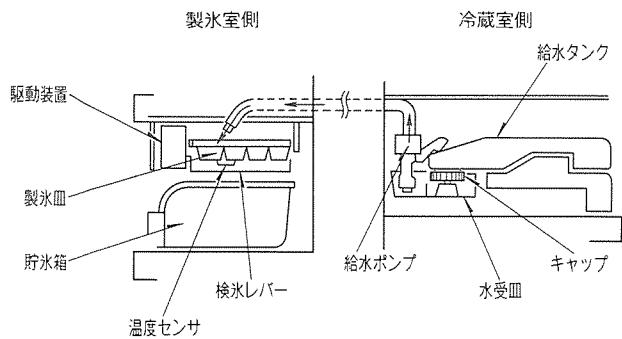


図15. 自動製氷機の断面

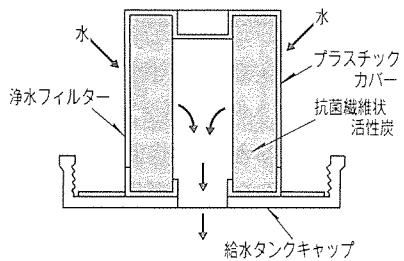


図16. 淨水フィルター

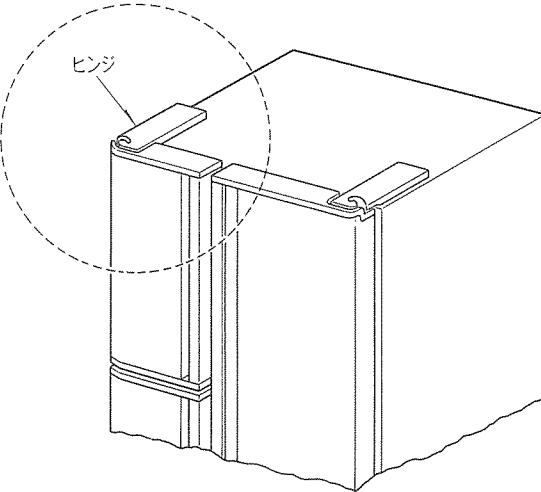


図17. ヒンジかくし構造(正面から見てもヒンジの出っ張りが見えない。)

表3. 製氷機能力

1回(110mL)当たりの製氷時間	約100分
1日当たりの製氷能力	約120個

表4. 大容量主力冷蔵庫

シリーズ	形名	機種の位置付け	主な仕様
高級機種 シリーズ	MR-B50J	最高級機種	ツインサスペンションメカ搭載圧縮機、自動製氷、アイスクリーマー
	MR-B46K	整理性・使い勝手追求の高級大容量	サイドバイサイド、ツインサスペンションメカ搭載圧縮機、高湿チルド、ファジー
ファジー シリーズ	MR-CA42J	最主力機種	高湿チルド、ファジー全自動、高級冷凍室、静音、アイスクリーマー
	MR-V35J	当社独自の“ローボーイ”*	高湿チルド、ファジー全自動、高級冷凍室、“ローボーイ”

注 * “ローボーイ”とは背の高さが158cmの低くて使いやすい冷蔵庫をいう。

ヒンジの出っ張りを改善し、よりシンプルに外観意匠をまとめあげることができた。

加えて、MR-B46Kのために新しいブラウン色の面材を開発し、白、グレー色とともに豊かな生活シーンにマッチした新しいデザインとして注目されている。

7. 当社大容量主力冷蔵庫

当社大容量主力機種を表4に示すが、コンパクトサイズのファジーシリーズと高付加価値の高級機種シリーズに分け、それぞれの違いを明確にしてある。

ファジーシリーズのMR-CA42J及びMR-V35Jは、高湿チルド・ファジー・高級冷凍室等の当社独自のメリットを備えた量的主力シリーズである。高級機種シリーズのMR-B50Jは、ツインサスペンションメカ搭載圧縮機・アイスクリーマー等のメリットを搭載し、最高級の位置付けにある。今回のMR-B46Kは高級提案の中での量的主力をねらって

開発したものである。

8. むすび

冷蔵庫の大容量化は、これまでサイズを広げて対応してきたが、据付け寸法及び運搬条件の制約から今以上の大容量化は困難である。今後は形態(扉の数や配置)や個別機能を主張する時代であるが、MR-B46Kは扉の配置や各機能・デザイン等当社独自のメリットをフル装備しており、“豊かな生活”をサポートできる家電商品群の中の一つであるといえる。

参考文献

- (1) 鈴木浪平、菅原作雄、杉本泰彦：冷蔵庫の温度・除霜制御、電子技術、33、No.1、68~73 (1991)
- (2) 石橋義弘、猪狩和義、永野雅夫、丸山 等：冷蔵庫の低騒音化、三菱電機技報、65、No.4、33~38 (1991)

ふく射高湿チルド室

長峯長次* 小西広繁**
原 正規* 平岡利江***
石川牧子*

1. まえがき

家庭用冷蔵庫の年間国内総需要は、400万台を越え、特に内容積400L以上の大容量冷蔵庫の伸びが顕著である。大容量の冷蔵庫は、大きく分けて、冷凍室・チルド室・冷蔵室・野菜室の四つの温度帯があり、それぞれ約-18, 0, 3, 5°Cに保たれている。さらに、0°C付近では、より細かな温度設定が可能であり、食品の種類に応じた保存環境を設定することができる。ところが、これらの保存室のうち、湿度が考慮されているのは、野菜室のみである。水々しさが必要な生鮮食品をラップ包装等の処理をせずに野菜室以外の保存室に入れると、食品は乾燥して水々しさが失われ、質量減少(目減り)、変形、変色などが起こる。本稿は、チルド室の食品をラップなしに新鮮に保存できる高湿チルド冷蔵庫についてまとめたものである。

2. 冷蔵庫と乾燥

2.1 家庭用冷蔵庫の構造

図1に家庭用冷蔵庫の一例として、4ドア冷蔵庫を示す。保存室は上から、冷凍室・冷蔵室・引き出しチルド室・野菜室である。冷蔵室の上部にもスライドチルド室が設けられている。チルド室は、どの食品も凍結しない最も低い温度をねらって、0℃に温度設定している。冷却器からの冷気をサー モダンバによって調整し、各保存室内の温度を一定に保っている。このとき、湿度調整は行われないため、食品から発生する水分の供給がない場合には、各保存室と冷却器を循環する空気の絶対湿度は、どの部分でも等しくなる。ほぼ-18℃

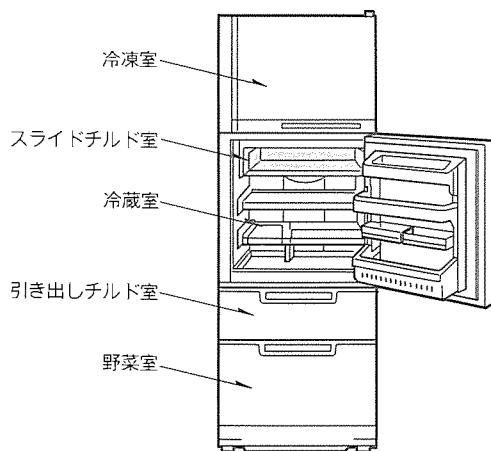


図1.4 ドア冷凍冷蔵庫の外観例

を露点を持つ空気が、 0°C のチルド室に侵入する場合、チルド室の相対湿度は、それぞれの温度の水蒸気分圧が約 149 Pa (1.1 mmHg)、 610 Pa (4.6 mmHg) のため $149/610 \approx 24\%$ RH となる。従来方式のチルド室で保存する食品が乾燥するのは、冷蔵庫の構造上避けられない問題である。

2.2 食品の乾燥

前節で示したように一つの冷却器を用いて、異なる温度の保存室を冷却する方式では、一般に、設定温度の高い保存室ほど相対湿度は低くなり、食品は乾燥しやすくなる。図2は、各保存室に食パン一切れ(約70g, 11×11×2(cm))を入れたときの質量変化を示したものである。この食パン以外に水分の発生がないため、設定温度の高い順に食パンが乾燥している(ただし、野菜室は、通常の使用では野菜等から発生する水分が多いため、湿度は逆に最も高く、乾燥しにくい環境が作られている。)。

冷蔵庫内で起こる乾燥は、熱と水の移動があるが、食品の水蒸気圧と、これに接する空気の水蒸気圧差によって乾燥速度が決まる。単位面積当たりの単位時間に蒸発する水分量である乾燥速度 R は、式(1)に示すとおりである⁽¹⁾。

$$R = \beta \cdot P_s \cdot (A_w - H/100) \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

ここで、 R ：乾燥速度 ($\text{kg}/\text{h} \cdot \text{m}^2$)

β : 表面蒸発率又は蒸発係数 (kg/h · m² · Pa)

P_s : 饱和水蒸气压 (Pa)

A_w : 水分活性 ($0 \leq A_w \leq 1$)

H : 相対湿度 (%RH)

図2に示すように、食パンの質量減少率が設定温度の高い保存室ほど大きいのは、温度が高いほど飽和水蒸気圧 P_s が

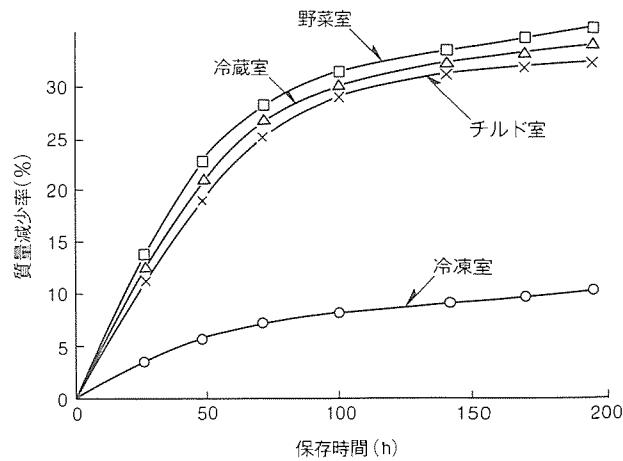


図2. 食パンの質量減少

大きく、しかも相対湿度 H が小さいため、乾燥速度 R が大きくなることによる。

図3に、食品の含水率と乾燥速度の一般的な特性曲線を示す⁽²⁾⁽³⁾。食品の乾燥速度は、表面に水分量の多い初期的期間で大きい(図3の右上の状態)。このとき、食品の表面で蒸発した水分は、内部から移動する水分によって補われるため、乾燥速度は、ほぼ一定の値を保つ。この状態を恒率期又は恒率乾燥の状態と呼ぶ。含水率が減少し、 W_c に達すると、食品内部の水分が減り、内部から表面への水の移動量も減少する。明らかに食品の水々しさが失われ始める変曲点である。この状態からは、乾燥速度が小さくなる一方で、減率期、又は減率乾燥の状態という。食品によって異なるが、恒率期がほとんどなく、初期状態から減率期のものや、比較的恒率期の長いものがある。食パンの場合、図3に示す恒率期がほとんど認められず、乾燥当初から減率期を示している。

2.3 食品の水分活性

ある温度における食品の水蒸気圧を P 、同温度の純水の蒸気圧を P_s とすると、その比を水分活性 A_w という⁽⁴⁾。

食品中の水分には、水溶性の塩類や糖質などが溶けているため、食品の水蒸気圧 P が、水の蒸気圧 P_s より小さくなる。代表的な食品の水分活性を表1に示す。生鮮食品のほとんどは、水分活性が0.95～1.0の範囲であり、雰囲気湿度を高め

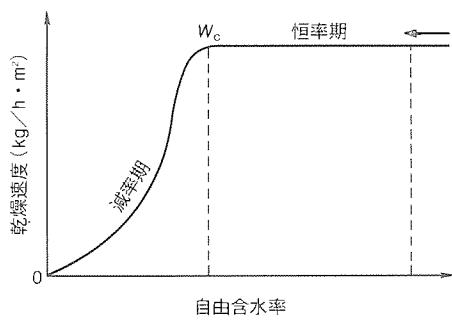


図3. 乾燥特性曲線

表1. 食品の水分活性

水分活性 A_w	食 品
1 ~ 0.95	新鮮な肉、魚、果実、野菜、バター、低食塩ベーコン
~ 0.90	パン類、プロセスチーズ、生ハム、高食塩ベーコン
~ 0.80	熟成チeddarチーズ、ジャム、加糖練乳
~ 0.70	高濃度の塩蔵魚、糖蜜
~ 0.60	乾燥果実、コーンシロップ、バルメザンチーズ
~ 0.50	チョコレート、菓子、はち蜜
~ 0.30	ポテトチップス、ココア、クラッカー
~ 0.20	乾燥野菜、粉乳

て食品からの水の蒸発を完全に抑制するには、95~100% RH の高湿度条件が必要である。

3. 試作チルド室

前述のように、チルド室はどの食品も凍結しない最も低い温度に設定され、生鮮食品などに適した温度帯であり、これらを水々しく保存するためチルド室を高湿度化の対象とした。図4、図5に従来のチルド室と、試作した高湿度対応チルド室（以下“試作チルド室”という。）の断面を示す。試作チルド室は従来のチルド室と違い、冷気を直接チルド室に導入せず、壁面を冷やすべく射冷却方式を採用した。そのため、ほぼ密閉構造とすることができる、特に湿度を高めるための水分の供給源を設ける必要がなく、食品から発生する水分を逃がさないようにすることで、高湿度環境が維持できる。例えば、スライドチルド室（0℃、内容積約17L）内の湿度100%RHの空気に含まれる水分量は約83mgであり、食品から発生する水分で十分高湿度保持が可能である。

一方、ドア開閉などによって、壁面等に発生する結露水は、なるべく早く蒸発させる必要がある。食品の乾燥を抑制するには、高い湿度に設定する必要があるが、発生した結露水を蒸発させるには低い湿度ほどよい。そこで、高湿度の効果があり、結露状態が継続しにくい湿度として 80 % RH 程度を目標値とした。

3.1 試料及び測定法

表2に保存実験の対象とした食品、表3に測定項目を示す。

3.2 結果

(1) 室内温度与湿度

図6、図7に従来のチルド室、試作チルド室の室内温度と

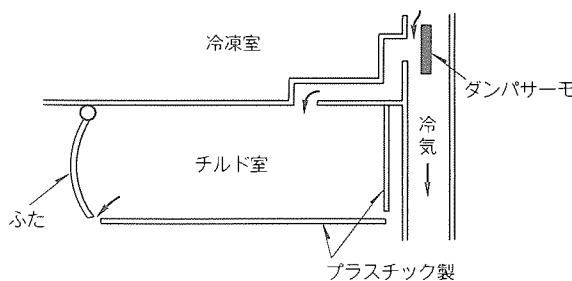


図4. 従来のチルド室

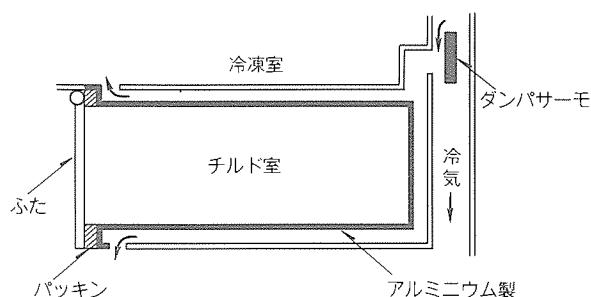


図5. 試作チルド室

湿度の変化をそれぞれ示す(刺身、ハム、チーズ保存時)。試作チルド室はほぼ密閉状態であるが、チルド室を前にスライドして引き出すことができる構造、及びチルド室内壁へ付着する結露水の減少を考慮して適当量の通気を確保した。そのため、試作チルド室の湿度は、平均約75%RHとなった。これに対し、従来のチルド室は約35%RHであった。

(2) 質量變化

表4に各チルド室で2日間保存した食品の質量減少率を示す。試作チルド室で保存した食品は、従来のチルド室で保存したものより質量減少率が小さい。食品の含水量や水分活性などによって質量減少率は異なるが、特に油脂など水以外の湿潤成分が多く含まれている食品（シーチキン等）は質量減少率が小さい。この対象とした15品目の食品の質量減少率を平均すると、従来のチルド室は8.3%，試作チルド室は2.5%である。従来のチルド室に比べ、試作チルド室は質量減少を約1/3に抑制していることが分かった。

以上の結果から、式(1)の乾燥速度 $R = \beta P_s (A_w - H/100)$ において、 βP_s はここでは一定値とし、質量減少率 (W_L) は乾燥速度の積分値に相当する値のため、式(3)のようになる。

$$W_L = k \cdot (A_w - H/100) \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

ここで k : 比例定数

試作チルド室と従来のチルド室の平均湿度はそれぞれ75, 35% RH であった。食品の水分活性を0.95 とすると、質量減少率 W_1 は、試作チルド室の場合 $0.2k$ 、従来のチルド室

表2. 保存実験試料

刺身	鮮魚などの刺身の盛り合わせ (まぐろ, はまち, たい, ほたて, 甘えび, 赤貝)
生野菜	野菜サラダ(レタス, キュウリ, トマト, レモン)
加工食品	竹輪, チーズ竹輪, チーズ, シーチキン, ハム
調理済み食品	マカロニサラダ, 春雨サラダ, 昆布豆, 枝豆, うぐいす豆, ゆでカボチャ, 金ぴらごぼう
菓子	水ようかん, ケーキ

表 3 測定項目と方法

温 度	T型熱電対とパソコン (YHP 9000ほか)
湿 度	VAISALA HMP 113Y (YHP 9000ほか)
質 量	島津 EB-330H 分解能 1mg
官能評価	評価点 パネラー 2~4名による絶対評価 色の好ましさ 水々しさ 1 好ましい 水々しい 2 やや好ましい やや水々しい 3 どちらでもない どちらでもない 4 やや好ましくない やや水々しくない 5 好ましくない 水々しくない

の場合 $0.6k$ となる。試作チルド室の質量減少率は、従来のチルド室の約 $1/3$ であり、実測値と一致した。

(3) 官能評価

それぞれのチルド室で2日間保存した食品について官能評価を行った。図8に色の好ましさ、図9に水々しさの結果を示す。

色の好ましさの官能評価から、各食品について評価点を平均すると、従来のチルド室では4.34（“やや好ましくない(4)”から“好ましくない(5)”）、試作チルド室では3.03（“どちらでもない(3)”）と評価され、その差は1.31となり、両者の有意差を検定した結果、信頼度99%で有意差のあることが分かった。全般的に、高湿チルド室で保存した食品は、従来のチルド室のものより色が好ましく評価された。特にマヨネーズを使用したものやチーズ、ハムは、乾燥して色の鮮やかさがなくなり、暗い色に変わることなど、両者の違いは明らかである。

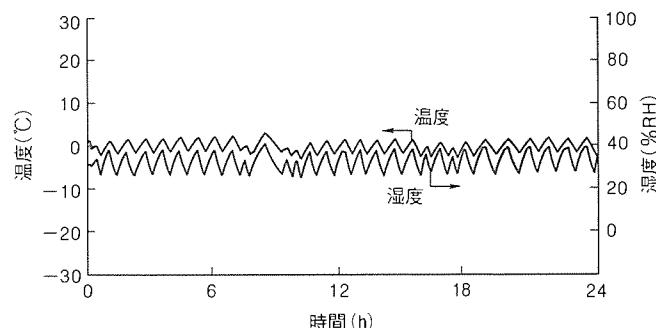


図6. 従来のチルド室の温度・湿度

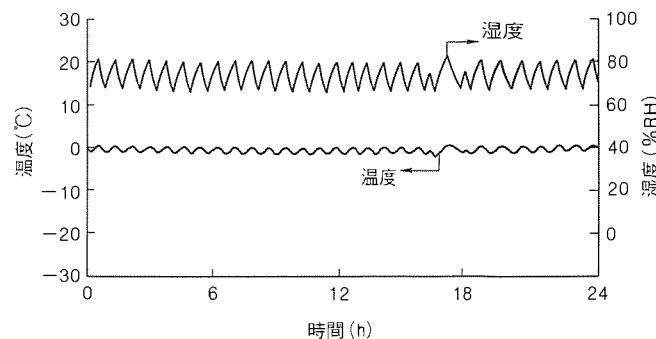


図7. 試作チルド室の温度・湿度

表4. 各チルド室での保存による食品の質量減少率(%) (2日後)

保存条件 食品	従来の チルド室	試作 チルド室	保存条件 食品		従来の チルド室	試作 チルド室
刺身	9.2	2.5	昆布豆		1.8	0.1
野菜サラダ	6.7	2.0	枝豆		10.6	2.8
竹輪	9.7	3.3	うぐいす豆		3.8	0.9
チーズ	12.7	5.4	ゆでカボチャ		3.7	0.9
シーチキン	3.9	1.3	金ぴらごぼう		14.5	2.6
ハム	19.6	5.5	水ようかん		9.5	2.5
マカロニサラダ	7.7	3.1	ケーキ		2.2	1.6
春雨サラダ	9.4	3.6	平均		8.33	2.54

あった。一部、竹輪や豆類で乾燥以外の酸化等の影響によって変色するものは、色の好ましさの差が少ないものも認められた。

水々しさの官能評価からも、同様に評価点を平均すると、従来のチルド室では3.96（“やや乾燥(4)”）、試作チルド室では2.48（“どちらでもない(3)”と“やや水々しい(2)”の中間）と評価され、その差は1.48となり、やはり信頼度99%で両者に有意差ありと判断した。特に、従来のチルド室で保存した昆布豆は、豆の表面の水々しさが失われているだけでなく種皮が乾燥し、内部に気泡が見られるようになった。竹輪は、水々しさの官能評価ではその差が現れなかつたが、長さで約10%の収縮が起きていた。その他、チーズ・ハム・春雨サラダ・水ようかんでも、従来のチルド室では乾燥による収縮が認められた。

ここで、前記質量減少率と水々しさの官能評価結果の関係を図10に示す。同図は、従来のチルド室で保存した食品と試作チルド室で保存した食品の結果をプロットしたものである。今回の保存実験に使用した食品で、保存効果の認められる官能評価が、“どちらでもない(3)”から“水々しい(1)”側に

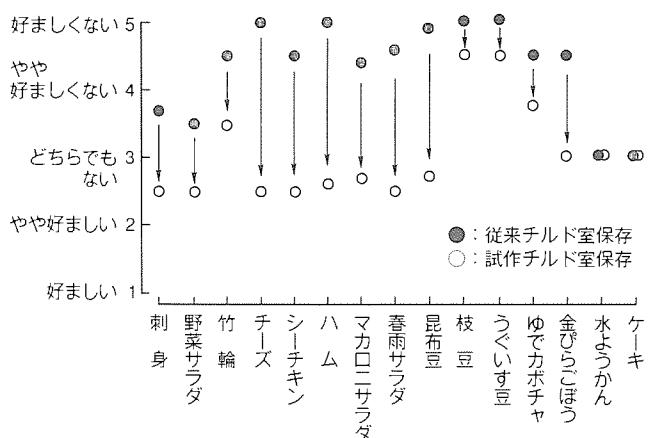


図8. 官能評価(色の好ましさ)の結果

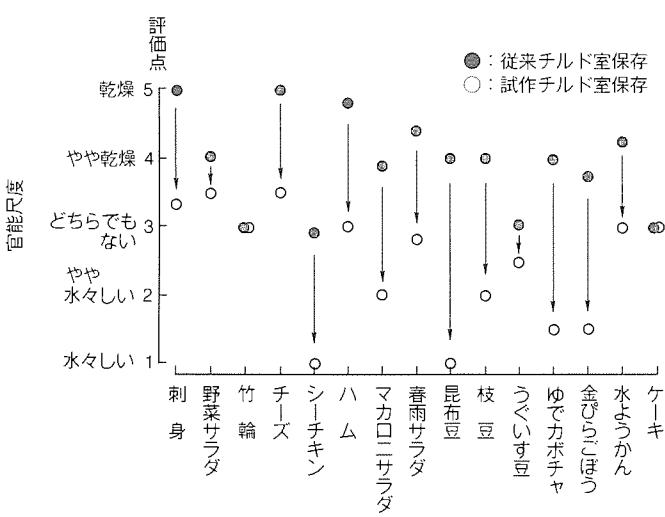


図9. 官能評価(水々しさ)の結果

評価されるのは、質量減少率が4%以下の場合であった。

以上の結果から、チルド室の高湿度化は、乾燥によって起こる食品の質量減少、変色などが抑制され、水々しさが要求される生鮮食品の保存には有効な手段であるといえる。

4. 製品への適用

ラップ包装しにくい食品、密閉容器に入りにくい食品には、特に保存性を向上させることができるために、前記試作チルド室の結果をもとに、チルド室の高湿度化を図った冷蔵庫MR-CA42J、MR-V35Jを開発した。図11に外観、表5に仕様を示す。試作チルド室同様、冷氣が高湿チルド室に侵入せず、壁面から冷やすふく射冷却方式を採用した。図12に示すように、高湿チルド室の構造及び材質は、試作チルド室と比べ、結露を防止するとともに、高湿度を維持するため、底面をアルミニウム製、側面をプラスチック製、天井面には透湿性のある親水性多孔質プラスチックを用いるなど、構造・材質に改良を加えた。

図13に、この高湿チルド室で前章と同様に食品を保存した場合の温度、湿度変化を示す。同図に示すように、湿度は80~90%RHを保ち、試作チルド室より高湿度化が達成できた。この高湿チルド室で2日間保存したハムを、従来のチルド室で保存した場合と比較した例を図14に示す。従来のチ

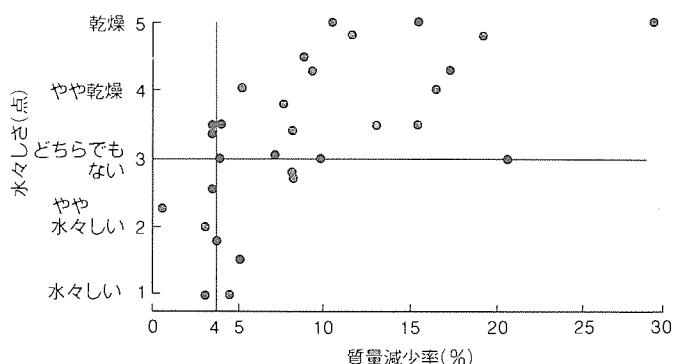


図10. 質量減少率と水々しさ(官能評価)

表5. MR-CA42Jの仕様

種類	冷凍冷蔵庫	
	全體	415L
有効 内容積	冷凍室	100L
	冷蔵室	171L
	チルド室	67L
	野菜室	77L
外形寸法	高さ	1,799mm
	幅	635mm
	奥行	650mm
定格電圧・周波数	定格電圧	100V
	周波数	50/60Hz
質量	78kg	
	消費電力量	41kWh/月

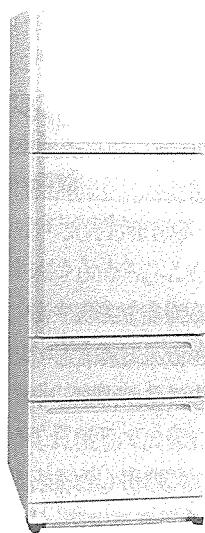


図11. 高湿チルド冷蔵庫

MR-CA42J の外観

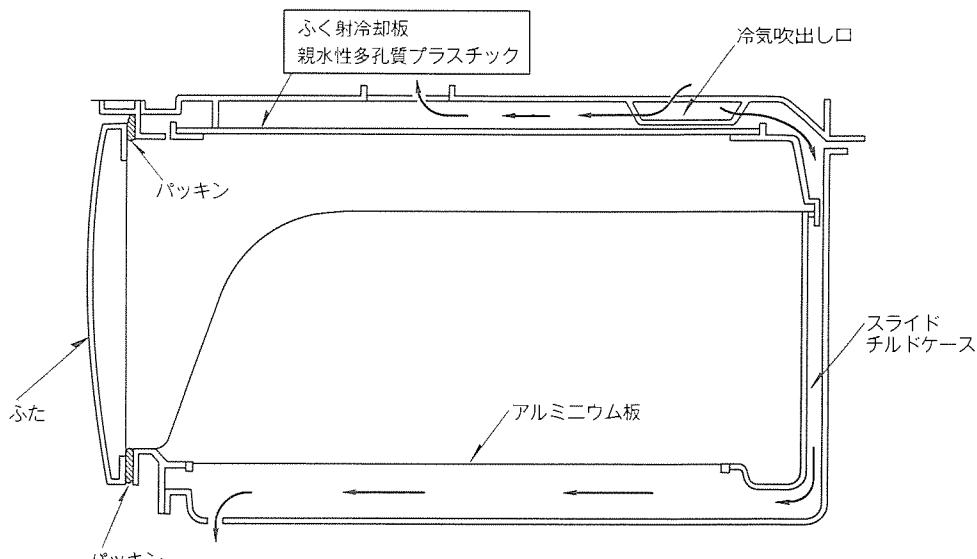


図12. 高湿チルド室(MR-CA42J, 35J)の構造

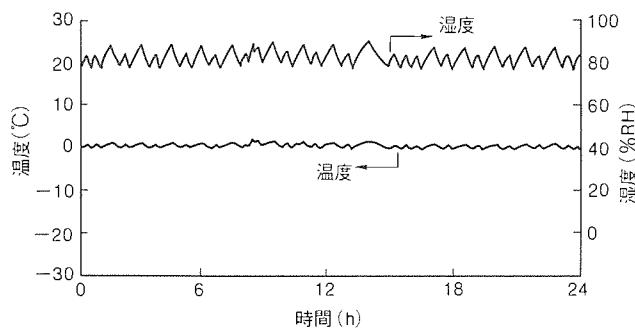


図13. 高湿チルド室(MR-CA42J 等)の温度・湿度

ルド質で保存したハムは乾燥によって変形したが、高湿チルド室で保存したハムは変形がないだけでなく、表面の水々しさも保たれていた。

以上のように、従来のチルド室を高湿度化した高湿チルド室は、湿度を80~90% RHに保つことができ、水々しさが要求される生鮮食品の保存に適した保存室であることが確認できた。

5. むすび

- (1) 従来の家庭用冷蔵庫のチルド室は、冷却器からの冷気を直接チルド室に導いて冷却する方式のため、湿度は約35% RHであるが、今回試作したチルド室は、ほぼ密閉構造で壁面からの冷却方式とすることにより、湿度は約75% RHとなった。刺身、野菜サラダなど15種の食品を用いた両者の保存実験で、試作チルド室は従来のチルド室に比べて食品の質量減少率が1/3に抑制された。
- (2) 試作チルド室と同じ冷却方式を採用し、天井面に透湿板

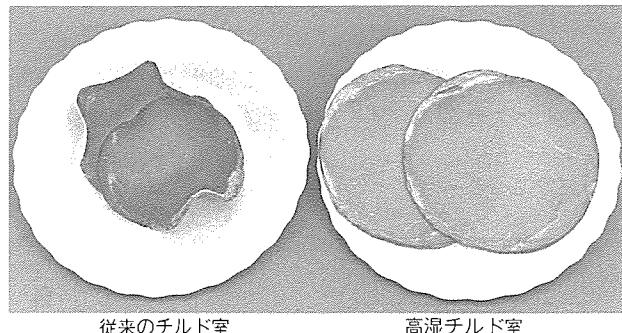


図14. 従来のチルド室と高湿チルド室で保存したハム(2日後)

を用いるなど結露対策したチルド室は、さらに湿度を向上させ、80~90% RHの湿度を実現した。

以上のように、今回開発した高湿チルド室は、食品の水々しさを損なうことなく新鮮に保存できる第2のチルド室として、その効果を確認し、その製品開発を行った。この高湿チルド室を採用した冷蔵庫MR-CA42J, MR-V35Jを、1990年12月に発売した。今後、さらに食品を新鮮に保存できる新しいチルド室を目指し、開発を進めていく予定である。

参考文献

- (1) 中村正秋：乾燥の世界、化学技術誌 MOL, No. 5, 65~70 (1982)
- (2) 保坂秀明：食品工業の熱処理及び乾燥操作、日本食品工業学会誌, 29, No. 9, 561~569 (1982)
- (3) 若尾法昭：装置工学、共立出版 (1974)
- (4) Troller, John A., Christian, J. H. B. 著、平田 孝ほか訳：食品と水分活性、学会出版センター (1985)

オープンレンジ RO-540AF

山崎広義*
大塚洋俊*
菱山弘司**

1. まえがき

マグネットロンの発生するマイクロ波による加熱原理を応用した電子レンジは、オープン、グリル機能を加え、オープンレンジとして調理器の地位を確立している。

オープンレンジのマグネットロン動作に必要な高圧直流電源は、従来、商用交流電源を昇圧するリーケージトランスとコンデンサ等から構成されていた。このため、①電源周波数50/60Hz各々専用である、②質量が重い、③出力の調整がオン/オフの時比率で行っており、連続的な出力制御ができない、などの不都合があった。

これに対して、高周波インバータを利用して高圧直流電源を構成し、これらの不都合を解決する開発が進められている。一方、オープンレンジを更に使いやすくするための試みがなされてきている。

ここでは、頭記オープンレンジ RO-540 AF のインバータ電源について述べるとともに、オープンレンジを更に使いやすくする、セラミックフライパンを使用しての調理、及び自動調理などの調理メニューの充実、さらに調理後の食品臭除去のための脱臭コーティングによる庫内脱臭について述べる。

2. インバータ電源

ここでは、高周波インバータを使用して高周波電圧を発生し、これを昇圧してマグネットロンへ高圧直流電源を供給する装置をインバータ電源という。

2.1 インバータの主機能

マグネットロン動作に必要な機能を以下に示す。

- (1) マグネットロンを発振させるための直流高電圧の発生
- (2) マグネットロン電流(陽極電流)の制御
- (3) マグネットロンのフィラメント電流の供給

このほかにマグネットロンの出力を連続的に可変するための制御動作が加わる。

従来のいわゆる鉄共振形電源装置では、出力制御はマグネットロンを断続してオン/オフさせる時比率の制御であったので、マグネットロン発振時のマグネットロン電流及びフィラメント電流は、常にほぼ定格値で動作することができた。ところがインバータ電源により、マグネットロン出力を連続的に可変する制御動作を行うと、低出力設定時はマグネットロン電流を定格値より少なくする状態が出現し、これに伴って通常はフィラメント電流も減少してしまう。

このように出力を連続的に可変する機能を実現するには、本来のマグネットロン動作のための高圧直流電源としての構成のほかに、上記のフィラメント電流の供給が課題になる。

2.2 インバータの構成

図1にオープンレンジ RO-540 AF に採用したインバータ電源の基本構成を示す。図において商用電源は50/60Hz, 100Vの電源であり、整流回路は全波整流した脈流の直流電圧を発生する。これは主に、回路力率を高く維持するためである。補助直流電源は、マグネットロン電流を少なくしたときのフィラメント電流の確保の役割がある。インバータは一石電圧共振形インバータで構成されており、出力トランスは昇圧作用とリーケージインダクタンスを持っている。出力トランスの二次側は半波倍電圧整流回路構成で、マグネットロンのフィラメントは出力トランスに設けた巻線の出力で加熱される。次に動作について述べる。

インバータのトランジスタQが高周波でスイッチングを繰り返しているとき、トランジスタのオフ時に発生する電圧により、コンデンサC2に電荷が充電される。次に、トランジスタがオンすると、このとき発生する電圧と、先ほど充電されていた電圧を合成した高電圧がマグネットロンに印加され、これが発振開始電圧より高ければマグネットロンは発振する。

マグネットロンに印加する電圧は、インバータのトランジス

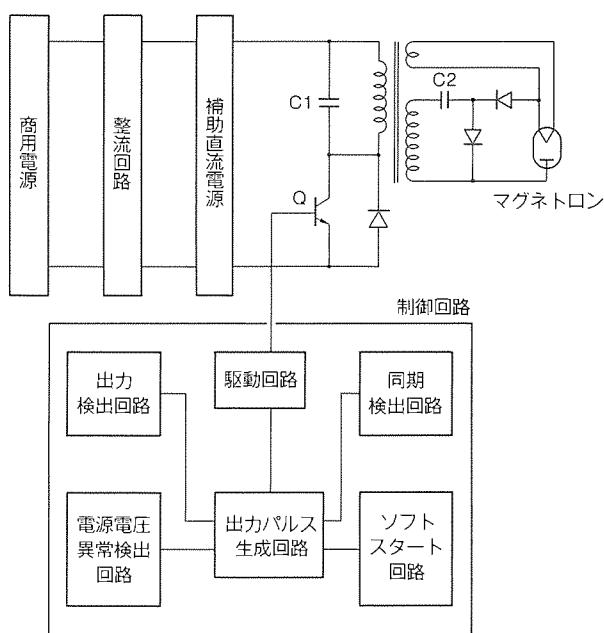


図1. インバータ電源の基本回路構成

タ動作により、変化させることが可能である。これは、トランジスタのオフ時にトランジスタに加わる電圧値(コレクターエミッタ間電圧 V_{ce})が次式のように表されるためである。

$$V_{ce} = E \left\{ 1 + \frac{\pi}{2} \left(T_{on} / T_{off} \right) \right\}$$

ここで、 E ：インバータ入力直流電圧

T_{on} ：トランジスタのオン時間

T_{off} ：トランジスタのオフ時間

すなわち、このトランジスタのオンデューティ(オン時間の比率)を大きくすれば、トランジスタのオフ時の V_{ce} が高くなり、オフ時に出力トランスを通じてコンデンサ C2 に充電される電圧値も高くなる。この理由は、トランジスタのオン期間は外部から任意に設定できても、オフ期間が出力トランスの一次側から見たインダクタンスと共振コンデンサ C1 によって定まる共振周波数の周期に対応しており、あまり変化しないためである。

制御回路は、同期検出回路でトランジスタの V_{ce} 電圧から同期信号を検出し、出力検出回路でマグネットロンの出力を設定値と比較し、これをもとに出力パルス生成回路でトランジスタのオン時間信号を生成する。ソフトスタート回路は、起動時にマグネットロンのフィラメントを加熱した後に発振開始させ、電源異常検出回路は瞬時停電等の電源異常を検出する作用を行うためのものである。

このように一石電圧共振形インバータは、トランジスタのオンデューティの制御によってマグネットロンに印加する電圧を制御できるので、所定値以上の電圧を印加すると発振するマグネットロン負荷を制御する上で都合がよい。

また、インバータの入力直流電圧はリップルを含む直流電圧であり、商用交流電源の電圧瞬時値のピーク付近ではマグネットロン電流の瞬時値も増加しようとする。そこで、インバータは前述の動作原理を応用し、商用交流電圧値のピーク値付近ではオンデューティを小さくして、マグネットロン電流ピーク値が過大にならないようにしている。

2.3 出力可変動作及び特性

マグネットロンの出力可変動作は、インバータのトランジスタのオンデューティを変化させて行うが、このとき、マグネットロン電流を減少させるとフィラメント電流も低下してしまう。これを防止するため、マグネットロンに電流の流れない商用交流電源の瞬時値の低い期間にも出力トランスの発生する電圧を所定値維持し、この電圧でフィラメントを加熱する。図 2 はこの原理を示す図であり、マグネットロン電流が流れていない A なる期間でもフィラメント電流を確保している。マグネットロン出力を変化させたときのフィラメント電流特性の例では、マグネットロン出力 600 W と 100 W のときのフィラメント電流は各々 11.5 A と 10.0 A であり、フィラメント電流が確保されていることが分かる。

上記は、フィラメント電流 I_f の規定値が $9.2 \text{ A} \leq I_f \leq 12.8$

A であるマグネットロンを使用し、動作 1 分後の測定値である。このように、フィラメント電流を確保し、マグネットロン出力の可変範囲を拡大できた。

図 3 に上述の構成によるインバータ電源の外観を示し、図 4 はこのインバータ電源を搭載したオープンレンジ RO-540 AF の外観である。

3. レンジ調理

3.1 インバータ電源による調理

電子レンジ出力は、最高出力 650 W、及び 600 W から 100

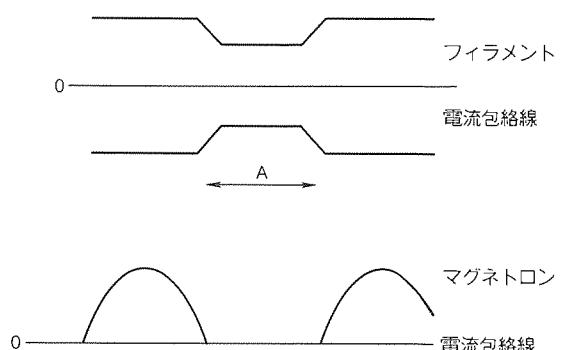


図 2. フィラメント加熱の原理

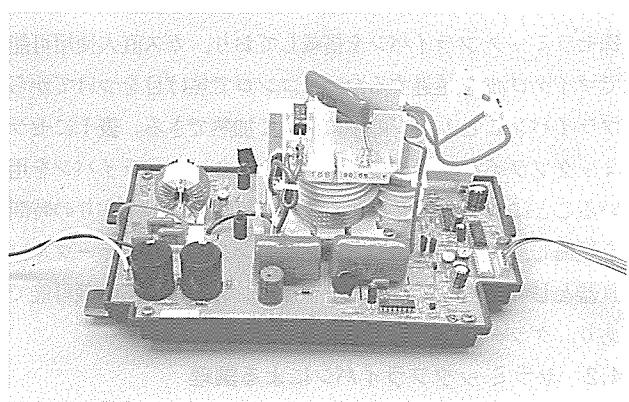


図 3. インバータ電源の外観

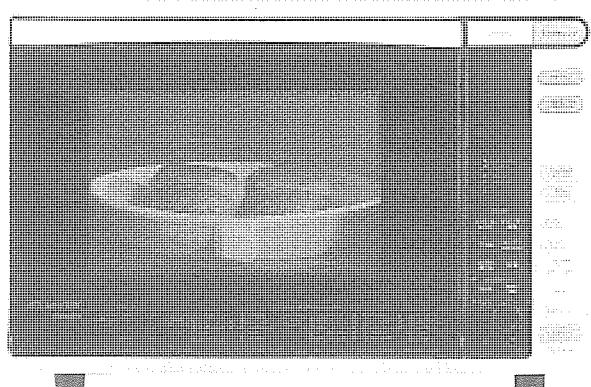


図 4. オープレンジ RO-540AF

Wまでの5段階の出力調整が可能である。特に650 Wの大出力(従来500 W)は、温めなどの調理時間を短縮できた。低出力は解凍に威力を發揮し、部分的に解凍が促進されてしまう現象を改善できた。

各出力における調理の特長を以下に示す。

(1) 650 W 出力………温めの調理時間の短縮

(従来比20%短縮……当社RO-530 AF対比)

(2) 300 W 出力………煮込み料理、ロールパンの温め

(3) 200 W 出力………肉、さしみの解凍、解凍率の向上 (解凍率40→70%……当社RO-530 AF対比)

(4) 100 W 出力………アイスクリームの解凍

(オーバクック、乾燥の防止)

3.2 自動調理メニュー

(1) 300 °C インバータ メニュー

“グラタン”, “マヨネーズ焼き”, “ローストビーフ”等

(2) クイックインバータ メニュー

従来調理時間が60~90分かかっていた煮込み料理をセラミックフライパンとの連動によって約1/2に短縮した。

“とりのワイン煮”, “筑前煮・肉じゃが”, “カレー”, “ビーフストロガノフ”, “肉だんごのスープ煮”, “茶碗蒸し”等

4. セラミックフライパン

4.1 セラミックフライパンの特長

このオーブンレンジは、図5に示す取っ手着脱式の耐熱特殊セラミックフライパンを搭載しており、ガス直火使用可能でマイクロ波を透過するため、コンロで焦げ目をつけてからフライパンごとレンジの中に入れて加熱できる。表1にセラミックフライパンの性能を示す。セラミックフライパンを用いることにより、表2に示すように毎日のおかず作りの時間を短縮し、調理に使用したフライパンをそのままテーブルに食器としてだせる。また、フライパンごと冷凍、冷蔵可能であり、グラタン皿としても最適である。

4.2 セラミックフライパンによる調理

マイクロ波を庫内2箇所から放射することで、加熱むらを大幅に改善するツイン加熱方式との組合せにより、むらのな



図5. セラミックフライパン

い加熱を実現し、メニューバリエーションを拡大した。例えば、煮汁の多い煮物料理、又は強火で調理する中華料理といった従来オーブンレンジには不向きとされた料理も可能となり、和食・洋食・中華と手軽なおかず作りが更にスピーディーにできる。

5. 庫内脱臭

5.1 庫内脱臭機能

調理後残存する魚油等から発生する食品臭を取り除く機能を附加するため、触媒の分解作用によって効率良く脱臭するコーティング材を開発して、オーブンレンジ庫内壁面に脱臭コーティングを施している。

5.2 構成と特性

5.2.1 材料の選定・開発

(1) 食品臭分解触媒

臭気を効率良く、しかも短時間で無臭化処理するには、活性度が高く、しかも処理したい臭気にだけ作用する触媒を選定する必要がある。そこで、約80種類の金属酸化物、塩類の中から、特に食品から発生する悪臭成分(トリメチルアミン、メチルメルカプタン)に対して分解効果の高い触媒4種類(ジルコニウム、ランタン、チタン、マグネシウム)を選定した。

(2) コーティング用バインダ

バインダとしては、触媒保持能力、ガス吸着能力、ステンレスとの付着性等に優れ、かつ500°C以上の高温に耐える材料が必要である。これらの条件を満たす有機並びに無機けい素化合物を開発した。図6に脱臭コーティング材の構成を示す。

5.2.2 造膜プロセスの確立

この研究では上記分解触媒及びバインダの適切な配合、そのコーティング材の適正な造膜プロセスを確立した。図7のように、食品から発生する悪臭成分に対する脱臭効果が高い

表1. セラミックフライパンの性能

材質	超耐熱結晶化ガラス (ガラスセラミック)
色	白色
連続使用温度	1,100°C
熱衝撃強度	600°C
機械的強度	63g硬球60cm落下OK

表2. セラミックフライパンの調理時間例

代表メニュー	単位: min		
	ガス火加熱	レンジ加熱	合計
野菜入厚焼卵(和)	約3.5	約3	約6.5
ハンバーグ(洋)	約3	約4	約7
麻婆豆腐(中)	約4.5	約4	約8.5

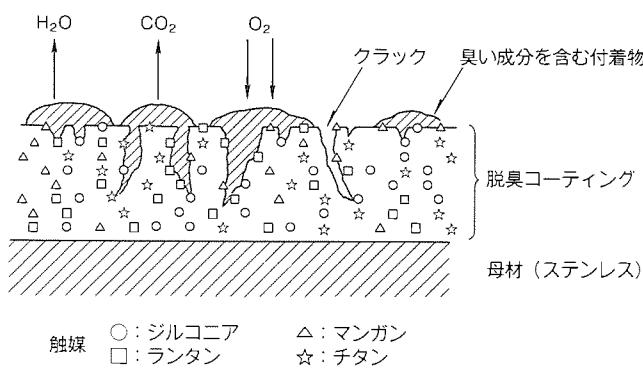


図6. コーティング材の構成

ことが分かる。このようにして、500°Cの熱にも耐え、さらに折り曲げ加工が可能である安価な脱臭コーティング材が開発できた。

6. む す び

オープンレンジ RO-540 AF は、マグネットロン出力を広範囲に可変することができるインバータ電源開発により、適用可能な調理が拡大した。また、触媒を使用したコーティング材料による庫内脱臭や、セラミックフライパンの搭載、自動調理機能などを合わせ、オープンレンジを一層利用しやすい

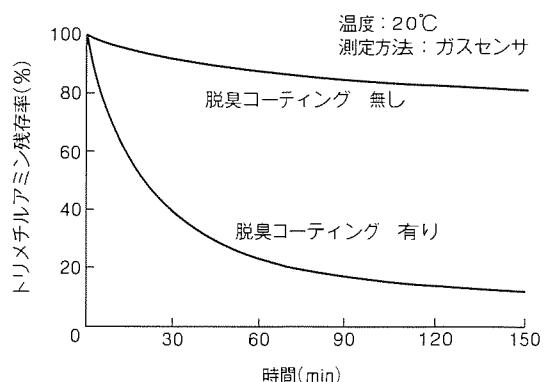


図7. 脱臭効果

機器とした。今後も、さらに調理機器としての性能向上を図りたい。

参 考 文 献

- (1) 前田芳男, 滝本和利, 牧田 実, 神原誠士, 増田慎一: 電子レンジ用インバータ電源, シャープ技報, No. 41 66~70 (1989)
- (2) 徳永紀一, 松田靖夫, 石山国雄, 天野比佐雄: 電子レンジ用インバータ式電源, 電気学会論文誌D, 110, No. 5, 447~456 (1990)

願念和男*
大下裕司*
沢田春海**

生活シーン演出照明器具《シーン》

1. まえがき

豊かさを求める時代になり、人々の意識・生活様式も大きく変化してきた。総理府の国民意識に関する調査においても“物の豊かさ”志向は大きく減少し、“毎日の生活を充実する”とか“心の豊かさ”への志向が増加してきており、特に住生活を重視する傾向が顕著になってきている。

これに伴い、照明器具のニーズにも変化が現れ、単に“明るい”、“デザインが良い”といったものから、“もっと暮らしを楽しくするもの、演出ができるもの”といった新しい方向が見えてきた。

2. 開発の背景

このニーズの変化にこたえて、当社では1989年秋から1990年にかけて主照明器具と補助照明器具に点滅2回路と調光2回路を持つ有線式のシーンコントローラを組み合わせた、1室多灯の住宅用演出照明システムサラウンドライティング(図1)を発表した。生活の各シーン(場面)に応じ

て好みの光パターン(配光の形)をコントローラにプリセットしておき、必要なときに好みの光パターンをワンタッチで呼び出せることから、市場では高い評価を得ている。

しかし、このサラウンドライティングは複数の照明器具とコントローラを配線する必要があり、採用に当たっては、新築住宅では建築の早い段階での照明計画、リニューアルの場合は大規模な配線工事を前提にすることから、手軽に演出照明を普及させるという点では課題を残している。

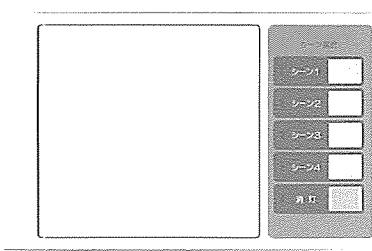
これら問題にかんがみ、1室多灯の住宅用照明システムサラウンドライティングを1台の照明器具にパッケージし、既設の照明用配線器具に簡単に取り付けられる1室1台の住宅用演出照明器具《シーン》を開発した。

この“シーン”は、次の三つを基本コンセプトとしている。

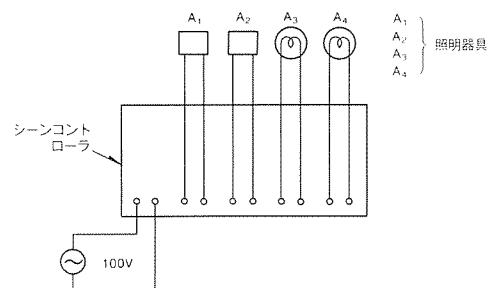
- (1) 1台でいろいろな生活シーンに合わせた光の演出ができる。
- (2) リモコンで自由な位置から簡単に操作できる。
- (3) 天井に図2のような照明用配線器具が設置されると、電気工事不要で簡単に取付けができる。



(a) パーティーシーン



(b) シーン コントローラ



(c) シーン コントローラの結線図

図1. サラウンド ライティング

3. 生活シーンと光の設定

空間は住宅の中で最も生活の中心となる“居間”を選定し、この“居間”における“接客・飲食・だんらんなどの生活行為”と“部屋の天井・壁・床の輝度分布”について、自然な一人工的な、暖かい一涼しいなどの“評価尺度”を媒体にした図3のような評価分析を行った。さらに、この結果に基づき、各種光源を上・下に組み込んだ実験用照明器具をモデルルームに設置して、直接光と間接光、色温度(光色)、照度(明るさ)、配光(広い光・狭い光)の組合せを評価し、表1に示す基本4シーン(テレビ・くつろぎ・だんらん・パーティー)とそれぞれに最も適した光のパターンを設定した。

4. シーン照明器具の光学特性と構造・機能

上記の光の設定に基づき1990年秋にシーン第1弾を発売した。この商品は8~12畳のリビングルーム向けのLタイプ、6~8畳

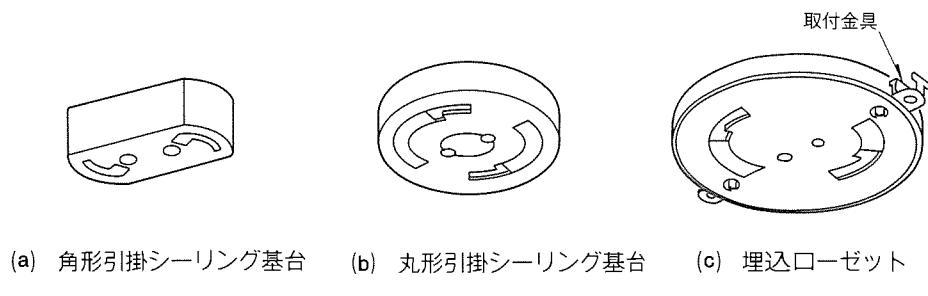
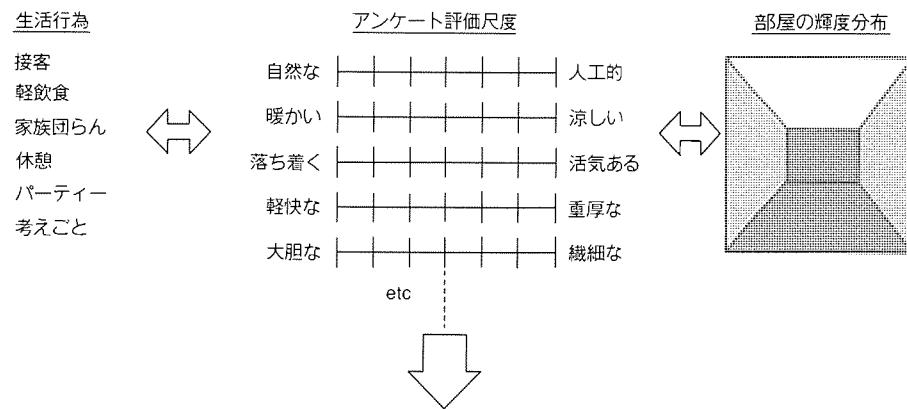


図2. 照明用配線器具

(a) リビングの生活行為に対応した照明シーンの選定



(b) 照明シーン評価実験

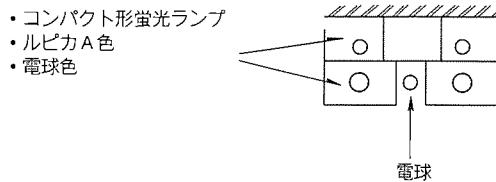


図3. 光設定のための評価実験

表1. 生活シーンと光のパターン

生活シーン	1. テレビ CRT(ブラウン管) 大画面テレビを見る。	2. くつろぎ 二人でワインを 飲む。	3. だんらん 家族で楽しく お話しする。	4. パーティー 友人を招いて大人の パーティーをする。
光のパターン				
光源	間接光 蛍光ランプ又は電球	—	蛍光ランプ又は電球	電球
	直接光 —	ハロゲン電球(電球)	ハロゲン電球(電球) + 蛍光ランプ	ハロゲン電球(電球)
光の質	(1)天井面輝度を従来の照明器具カバーの半分($2,000\text{cd/m}^2$)以下としてTV画面への映り込みを少なくした。 (2)TV画面への鉛直面照度を50lx以下として、画面のコントラストの低下を少なくした。	(1)評価実験結果から天井面が暗く、床面が明るい落着きを感じる輝度分布とした。 (2)また、くつろぎの明るさは人によって好みの差が大きいことから、調光で自由に選定できるようにした。	(1)評価実験結果から楽しい雰囲気を演出するため、天井面を明るくした。 (2)直接光は蛍光ランプとハロゲン電球の混光照明による、暖かいイメージを選定した。	(1)女性を最も美しく見せる電球色(演色性100)の直接、間接照明とした。 (2)直接光はハロゲン電球で配光を狭くし、グラスやフォードを輝やかせて高級な雰囲気を演出するよう設定した。

のリビングルームや個室向けのMタイプ、ダイニングルームや4.5~6畳の小空間向けのPタイプの3種類から成る。代表例として、表2にLタイプの光学特性、表3にMタイプの光学特性を示す。表4には各器具の仕様と特徴を示す。

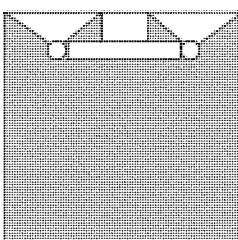
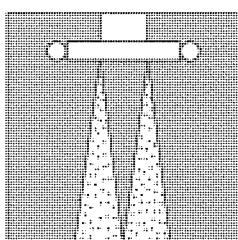
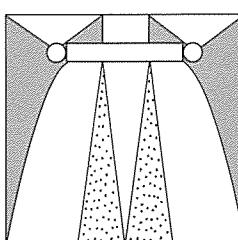
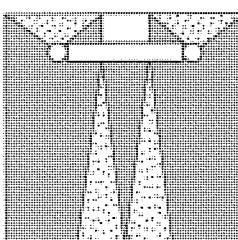
4.1 L タイプ

図4~図6は、Lタイプを使って各シーンを演出している状態を示す。図7に配光曲線と照度分布の代表例を示す。Lタイプの光源数は、直接光用の30W円形蛍光ランプが4灯、60W形ダイクロイックミラー付きハロゲンランプが4灯、間接光用の40Wミニ電球が4灯、直接光間接光兼用の20W形直管蛍光ランプが2灯の合計14灯となっている。ハロゲンランプは点光源に近く、ダイクロイックミラーによって反射集光され、器具直下の照度を上げて中心感を出すとともに、光と影のコントラストを強めて演出効果を高めている。このハロゲンランプは一般の電球に比べ、長寿命で効率が高い、色温度が高くさわやかな光を出すなどの特長も持っております。店舗照明分野では急速に普及し、一般的な光源となっているものであり、シーン等をきっかけとして住宅照明分野での伸びが期待されるものである。

器具内部には8ビットマイコンを使った制御回路を組み込んでおり、赤外線リモコンの信号を受信して各生活シーンごとにあらかじめ決めた組合せにより、各光源の点滅や調光等の制御を行う。器具両側の20W形蛍光ランプのカバー部分は、モータによって360°自由に回転し、光の方向を変化させられる。送信機のキーを押している間は連続して回転し、キーを離した位置で停止する。左右の位置ずれを防ぐため、一方がほぼ下向きになったときに停止して他方を待ち、位置を合わせて再スタートするようリミットスイッチを使った補正手段を設けている。また、回転部に指や異物を挟み込んだときに安全上の問題がないよう、スリップ機構を設けている。

テレビシーンではこの回転カバーを上に向ける、20W形蛍光ランプの間接照明とし、天井面の輝度を低くしている。くつろぎシーンではハロゲンランプ4灯のみの光とし、天井面を暗く、器具直下の床面を明るくする。だんらんシーンでは、天井面を明るくするとともに直接光の蛍光ランプとハロゲンランプを同時点灯させ、明るくて暖かみのある混光照明としている。従来、このように1個のきょう(筐)体の中で蛍光ランプと白熱電球を同時点灯させることは、その熱の処理が

表2. Lタイプの光学特性

シーン	テレビ	くつろぎ	だんらん	パーティー
配光				
光源	直接光	—	●ダイクロイックミラー付き ハロゲンランプ60W×4	●ダイクロイックミラー付き ハロゲンランプ60W×4
	間接光	●20W形直管蛍光ランプ×2	—	●ミニ電球100V40W×4
消費電力(W)	40	210	260	370
直下照度(lx) 天井2.4m 床面照度	44	390	300	425
天井面輝度(cd/m ²)	2,000	—	—	—
光の変化例	・回転によって20W直管の光の方向を直下に向ければ省エネ点灯。 (床上40cmで142lx)	・0~100%の連続調光が可能。常夜灯としても使える。	・回転によって20W直管の光の方向を直下に向ければ直下照度約1.3倍。 (読書や作業に適する。)	・ハロゲンランプを0%に調光すれば蛍光ランプは100%点灯となり、蛍光ランプだけの涼しい光になる。 ・ハロゲンランプを0%に調光すると、ムードのある白熱色の間接照明となる。

難しく、実現しにくかった。

今回は、蛍光ランプとハロゲンランプが同時点灯した場合は、自動的に蛍光ランプが約70%の調光状態(電力比)、ハ

ロゲンランプが約60%の調光状態(電力比)になるよう制御回路を設計した。これによって器具内温度上昇を許容限度内に抑えることができた。なお、ハロゲンランプを調光で0%

表3. Mタイプの光学特性

シーン	テレビ	くつろぎ	だんらん	パーティー
配光				
光源	直接光	—	• ハロゲンランプ65W • 40W形+32W形円形蛍光ランプ • ハロゲンランプ65W 蛍光ランプ約70% ハロゲンランプ約60% 調光点灯(電力比)	• ハロゲンランプ65W
	間接光	• ミニ電球40W×3	• ミニ電球40W×3	—
消費電力(W)	120	56	200	176
直下照度(lx) 天井2.4m 床面照度	29	59	200	83
天井面輝度(cd/m ²)	400	—	—	—
光の変化例	—	• 0~100%の連続調光が可能。常夜灯としても使える。	• ハロゲンランプを0%に調光すれば蛍光ランプは100%点灯となる。 • この状態で間接光をOFFすれば蛍光ランプだけの涼しい光になる。	—

表4. シーン器具仕様と特徴

器具	寸法(mm)	対象空間	使用光源	蛍光ランプ点灯方式	点滅制御	質量(kg)	取付方式	その他
Lタイプ 	長さ 724 幅 742 高さ 210 (天井面から)	リビングルーム 8~12畳	• 20W形直管蛍光ランプ×2 • 30W形円形蛍光ランプ×4 • ダイクロイックミラー付きハロゲンランプ60W×4 • ミニ電球40W×4	電子安定器(インバータ)	赤外線 リモコン + マニュアルスイッチ	10	簡易取付方式	• 直管20W蛍光ランプ用カバー回転機能(インダクタ形同期モータ、360°回転) • 防虫構造
Mタイプ 	外径 645 高さ 263 コード調節寸法 約 400	リビングルーム 寝室 個室 6~8畳	• 32W形円形蛍光ランプ×1 • 40W形円形蛍光ランプ×1 • ハロゲンランプ65W×1 • ミニ電球 40W×3	電子安定器(インバータ)	赤外線 リモコン + マニュアルスイッチ	5	• 引掛シーリング方式 • 直付吊下兼用形	防虫構造
Pタイプ 	外径 610 高さ 320 コード調節寸法 約 1,200	ダイニングルーム (食卓灯) 個室 4.5~6畳	• ハロゲンランプ65W×1 • ミニ電球40W×4	—	赤外線 リモコン + マニュアルスイッチ	4.2	引掛けシーリング方式	コード調節寸法が長く、器具取付可能範囲が広い。

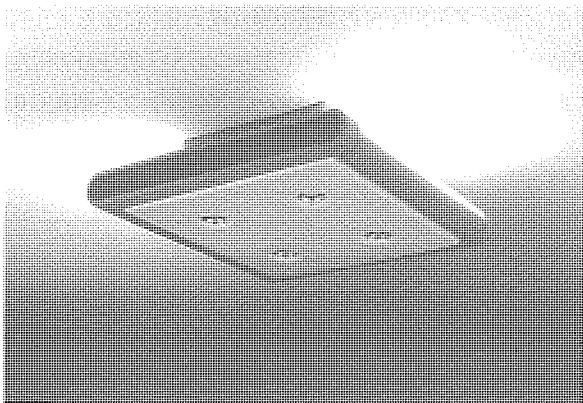


図4. Lタイプ“テレビ”シーン

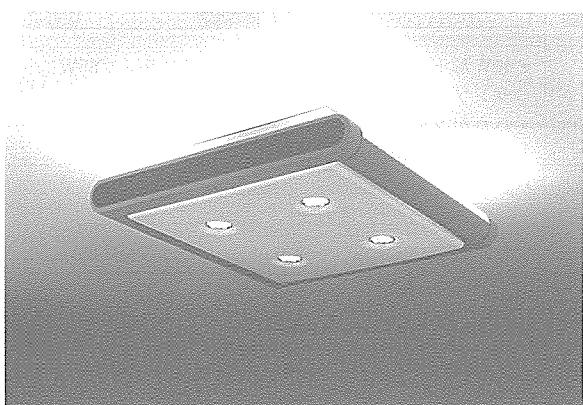
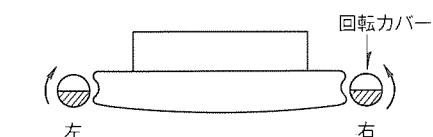
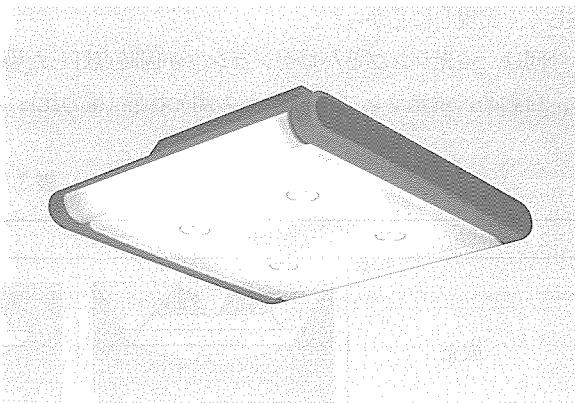


図5. Lタイプ“パーティー”シーン

にした場合は、自動的に蛍光ランプが100%点灯に復帰するようにしている。このだんらんシーンで回転カバーを回転させ、光を下向きにすると直下照度が約30%上がり、読書や作業に適した明るさとなる（ローテーブル上で約600lx）。パーティーシーンでは、ミニ電球の間接光とハロゲンランプの直接光の組合せで、陰影のある華やいだ雰囲気を出している。なお、ハロゲンランプはどの点灯シーンでも0~100%（だんらんシーンでは0~60%）の連続調光が可能である。

シーンの基本コンセプトの一つは、電気工事不要で簡単に取付けができることがある。このために、ほとんどの住宅の天井に取り付けられている引掛シーリング（図2）で電源接続ができるようにしている。Lタイプの取付方式は引掛シーリング用取付金具（図2(a)(b)）の場合は照明器具に付属しているものを使用）で行う（簡易取付方式）。この場合取付金具の強度の制約から、照明器具の質量は10kgが許容限度となる。この問題はかなり難しい課題であったが、Lタイプは筐体を構成する主要部品をアルミ板にし、フレーム形状やリブなどで工夫を施こし、鋼板製と同等の強度を確保して10kg以下という質量を実現した。各部品単体では剛性や強度が小さいが、回転機構を含めて、筐体が組み立てられた状態で必要な剛性、強度を確保する設計としている。また、引掛けシーリングは定格電流容量が6Aで標準化されており、各生活シーンに対応した光パターンでの入力電流は、これに適合す

図6. Lタイプ“だんらん”シーンで
直管20Wカバーを下向きに回転

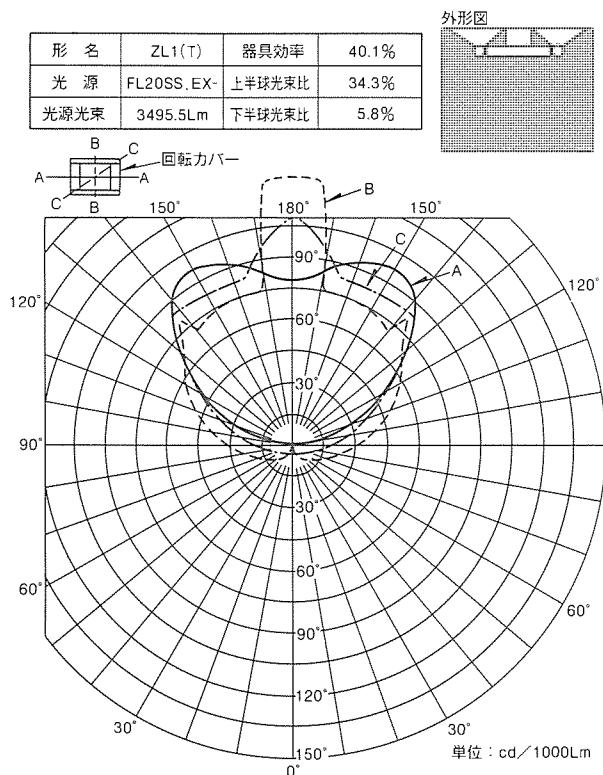
るように設計した。

4.2 M タイプ

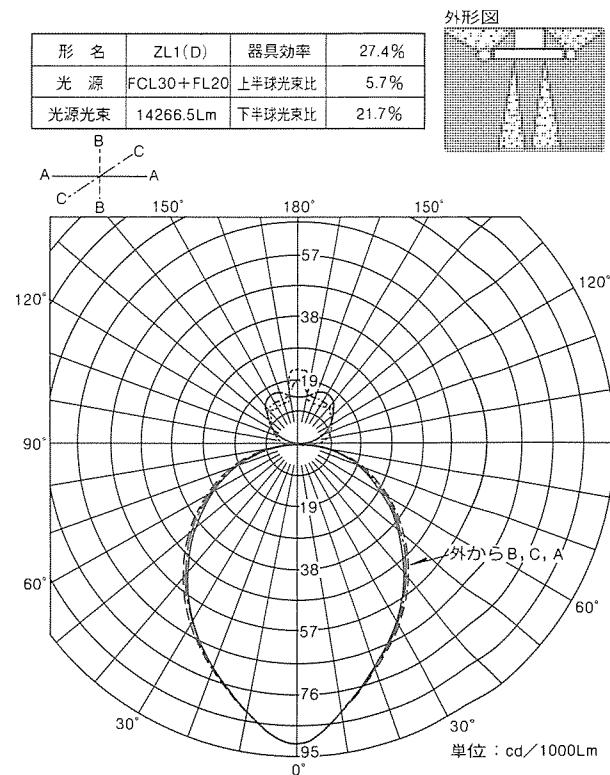
図8は、Mタイプを使ってだんらんシーンを演出している状態を示す。Mタイプの光源は、直接光用として32W形及び40W形円形蛍光ランプ、65W形ハロゲンランプ、間接光用として40Wミニ電球3灯の合計6灯である。Lタイプと同じ4シーンを基本とし、器具に内蔵した制御回路により、各シーンごとにあらかじめ決めた組合せによって各光源の点滅調光制御を行う。

テレビシーンでは、40Wミニ電球による間接照明とし、天井面の輝度を低くしている。くつろぎシーンでは、ハロゲンランプのみの光として天井面を暗く、器具直下周辺を明るくする。だんらんシーンでは、ミニ電球によって天井面を明るくするとともに直接光の蛍光ランプとハロゲンランプを同時に点灯させ、Lタイプと同じ混光照明としている。Lタイプと同様に蛍光ランプとハロゲンランプが同時に点灯すると、自動的に両者が調光状態となって、器具内温度を許容限度以下に抑えるよう設計してある。Lタイプと同じく、ハロゲンランプを消灯すると自動的に蛍光ランプが100%点灯に復帰する。また、だんらんシーンで間接光の点滅ができるよう設計しており、間接光を消して蛍光ランプだけの光にできる。パーティーシーンは、ミニ電球の間接光とハロゲンランプの直接光の組合せとしている。ハロゲンランプはどの場合でも、0~100%（だんらんシーンでは0~60%）の連続調光が可能である。

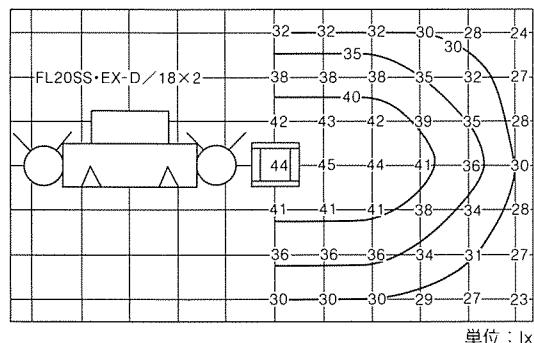
Mタイプは、Lタイプより更に簡単に取付けができるよう、引掛けシーリングだけで質量を支持するよう設計した。これは、引掛けシーリングで電気的機械的接続を行うとともに、引掛けシーリングに接続した丸打コードで器具質量を支持するもので、引掛けシーリングやコードの強度から器具質量5kg以下



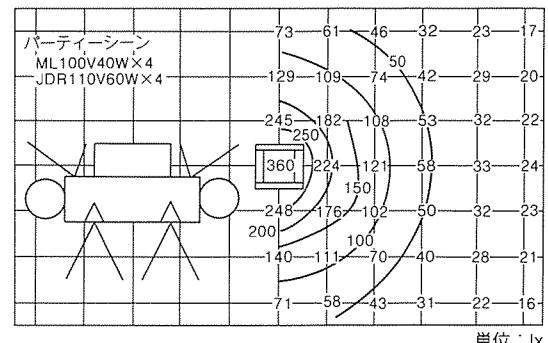
(a) テレビシーン配光曲線



(c) パーティーシーン配光曲線



(b) テレビシーン照度分布



(d) パーティーシーン照度分布

注 照度分布測定条件
部屋の大きさ 5.4×3.6×高さ2.4(m)
反射率 天井: 80%
壁: 10%
床: 10%

図7. Lタイプ配光曲線と照度分布

という制約がある。Lタイプと同様に、アルミ板で筐体を構成するなどの設計上の工夫により、これを実現した。さらに、コードの長さは自由に調節でき、天井直付け形、つり(吊)下げ形いずれの形でも使用できるように設計した。

4.3 P タイプ

図9はPタイプのだんらんシーンを示す。Pタイプの光源数は直接光用の65W形ハロゲンランプ、間接光用の40Wミニ電球4灯の計5灯である。シーンはテレビ、くつろぎ、だんらんの3シーンを基本としている。

テレビシーンでは40Wミニ電球による間接照明とし、天井面の輝度を低くしている。くつろぎシーンでは、ハロゲンランプを点灯させるが、ランプ外側に設けたダイクロイック

ミラーを意匠部品としても活用し、華やかさを持たせている。だんらんシーンではミニ電球、ハロゲンランプ両者が点灯し、天井高2.4mの部屋で、70cmの食卓上で670lxという直下照度が得られる。なお、ハロゲンランプはどのシーンでも0~100%の連続調光が可能である。

PタイプはMタイプと同様、引掛シーリングだけで取付けを行うが、約1.2mのコード収納が可能であるため、コードを伸ばせば、引掛けシーリングと食卓の位置がずれている場合にも、食卓上に器具を配置しやすい。

4.4 リモコン機能

図10はLタイプ用リモコン送信機を示す。送信コードは、(財)家電製品協会のフォーマットに適合しており、ほとんど

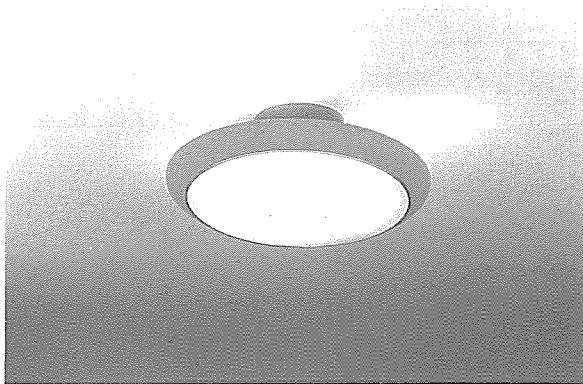


図8. Mタイプ“だんらん”シーン

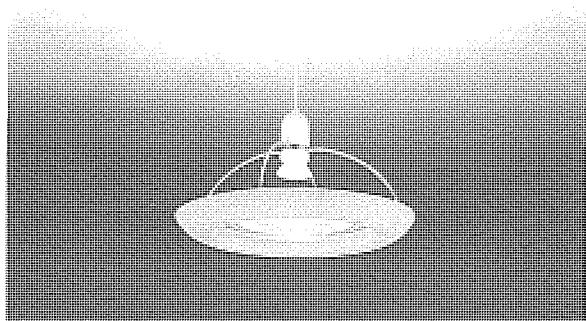


図9. Pタイプ

の家電製品との間での誤動作を防いでいる。リモコンは2チャンネル方式となっており、送信機及び器具にチャンネル切替スイッチを設けている。1室での2台使用、例えばリビングダイニングルームでLタイプとPタイプを併用したときに、チャンネルを使い分けて、それぞれの器具を個々にコントロールすることができる。

送信機を紛失した場合、乾電池が放電してしまった場合でも、器具の点灯消灯ができるよう、各器具にはだんらんシーンでの点灯ができるマニュアルスイッチを設けている。マニュアルスイッチ部にはLEDを設け、電源が接続されていれば暗やみ(闇)でも位置が分かるようにした。

電源が切れ再投入されたときは、切れる前の光パターンが再現できるよう不揮発性メモリで光パターンを記憶させていく。したがって、部屋を出るときに壁スイッチを切り、戻ったときに再投入すると部屋を出る前の状態になり、使い勝手が良い。また、リモコンで消灯したまま外出し、この間に停電があって復帰しても消灯したままであり、留守中に点灯してしまうようなことがない。

蛍光ランプから出る赤外線が電子安定器によって高周波で

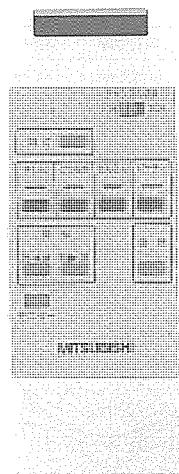


図10. Lタイプリモコン送信機

変調され、リモコン受光部に入ると、不動作等の障害を起こすことがある。これを防ぐため、電子安定器とリモコンは異なる周波数帯を使うことにしており、Lタイプ及びMタイプは電子安定器式蛍光灯器具に受光部を内蔵することになり、より慎重な対策が必要であった。この対策として、蛍光ランプの光の影響を受けにくい位置に受光部を配置すると同時に、受光部に1,000 nm以上 の波長の赤外線を遮断する光学フィルターを取り付けることにより、実用上問題のないリモコン到達性能を確保した。

5. むすび

住宅用演出照明器具《シーン》は、従来の蛍光灯器具に代表される経済的で明るい光から、多様な生活シーンを演出し、ゆとりや感動を作り出す光へと日本の住宅照明を変えていくこうとするものであり、物の豊かさから心の豊かさへと変わっている時代の流れにマッチする新しいジャンルの照明器具である。上述の第1弾に引き続き、第2弾、秋に第3弾と機種を拡大し、《シーン》の需要を拡大していく考えである。

それには、今回導入した住宅における快適照明のための照明技術を更に追求しなければならない。また、シーン第1弾は、従来の照明器具分野ではあまり利用していないかった電子制御技術の思い切った投入で実現できたわけであるが、今後も照明の基幹技術として電子制御技術、システム化技術の高度化が課題である。

さらに、1室多灯の演出照明システム サラウンド ライティングと《シーン》を総合的に考えて、住宅の演出照明システムとして最適なものは何であるのかを追求していく、より豊かな住宅照明を実現し、住生活の快適化に貢献していきたい。

高画質AVモニター 37C-CZ70

西野 功* 新納 進*
花井晶章* 西村好雄**
有田かがり* 松田守正**

1. まえがき

現行放送と両立性を保ちながら画質を改善するクリアビジョン放送は1989年に始まり、また、今までにない高品位な映像を実現するハイビジョン放送も実用化が近づき、1991年11月から、1日8時間の試験放送が開始される予定である。

衛星放送は3チャンネルとなり、S-VHSビデオやレーザディスクなどの高画質ソースも広く普及してきている。このような背景から37C-CZ70は、高画質放送やソースに最適な“クリアビジョン／ハイビジョン対応AVモニター”として開発された。新開発の高性能ブラウン管や高忠実度高画質映像処理回路により、接続されたそれぞれの信号の画質が最高となるように信号処理されている。

以下に37C-CZ70(図1)の概要、特長、高画質化技術に関して説明する。

2. 37C-CZ70の概要

本機は、37形(89cm)の新開発ブラウン管を採用した37形超高画質AVモニターで、入力4系統(NTSC)、ハイビジョン入力1系統、音声パワーアンプ(10W+10W)などを備えている。図2にブロック構成を示す。ブラウン管の中央から周辺まで細かな、自然で立体感、又は奥行き感にあふれた映像を再現する。その主な特長は、

(1) クリアビジョン映像処理

(2) 高忠実度高画質映像処理

(3) ハイビジョン入力

(4) 新開発37形(89cm)高性能ブラウン管 である。

3. 37C-CZ70の高画質化技術

3.1 クリアビジョン映像処理

このモニターは、クリアビジョンとして受像機側で必要な三次元ディジタル信号処理によるY/C分離及び走査線補間を採用している。この三次元ディジタル信号処理により、現行テレビに見られるNTSC特有の妨害を低減し、高画質化を図った。

3.1.1 動き適応三次元Y/C分離

動き適応三次元Y/C分離回路の採用により、標準信号に

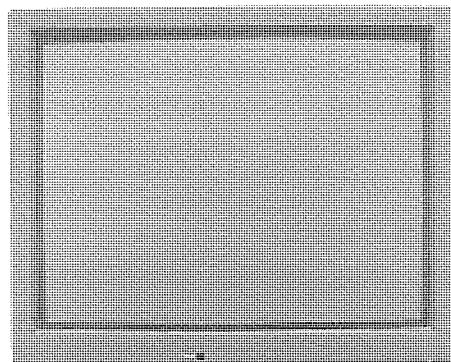


図1. 高画質AVモニター 37C-CZ70の外観

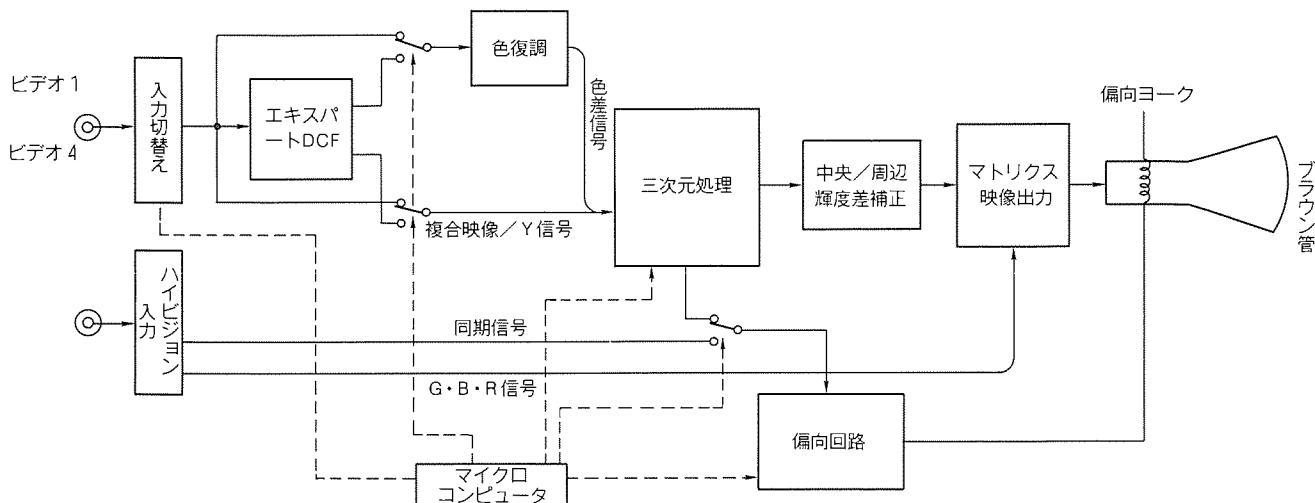


図2. 37C-CZ70のブロック構成(映像系)

おいて映像の静止部分では完璧な Y/C 分離を実現する。ドット妨害や、クロスカラーがほとんどなく、斜め線の劣化も生じない。動き部分では、二次元処理と三次元処理から得られた Y, C を動き量に応じて、混合比を変えて処理する。図 3 に動き適応三次元 Y/C 分離(Y 系のみ)の構成を示す⁽¹⁾。

このモニターは、非標準信号処理(プリコーミング)用にエキスパート DCF 回路も搭載している。動き適応三次元 Y/C 分離は、標準信号(放送、レーザディスク等)に対してはうまく働くが、非標準信号に対しては、三次元処理する前にあらかじめ二次元 Y/C 分離をしておく(プリコーミング)必要がある。この処理用にカラーテレビ“CZ-505 シリーズ”等で高い評価を得た“エキスパート DCF”を搭載し、二次元処理で得られる最高の Y/C 分離を行う。さらに、このモニターでは、信号の標準・非標準にかかわらず、常にエキスパート DCF 回路を働かすことができるモードを設けている。

3.1.2 動き適応三次元走査線補間

Y/C 分離と同様、走査線補間もクリアビジョン対応の動き適応三次元処理による補間を行っている。図 4 に示すように、Y 信号系の走査線補間は、動き適応 Y/C 分離された信号から、その信号自身を実走査線の信号とし、一方、フィールド遅延によるフィールド間補間と、ライン間平均によるフィールド内補間とを動き適応制御して、補間走査線の信号を作っている。これらを倍速変換により、ノンインタレース走査信号として送り出している。C 信号系の走査線補間は、Y 信号系ほどの解像度は不要という理由から、フィールド内補間のみとしている⁽¹⁾。

3.2 高忠実度映像処理

このモニターでは、入力映像信号を忠実に再生するために

各種の映像処理や補正を行い、自然な映像再現を可能にしている。

3.2.1 中央／周辺輝度差補正

一般的にブラウン管が大きくなるにつれ、地磁気による周辺での色ずれを防ぐために、周辺にいくに従って蛍光体ストライプの発光部分と発光部分との間の非発光部分(ガードバンド)を広くしてある。このため蛍光体の発光面積が狭くなり、ブラウン管中央より周辺にいくに従って輝度が落ちる。37C-CZ 70 ではこの現象を解決するために、図 5 に示すように、ブラウン管に供給する映像信号の振幅を水平、垂直両方にパラボラ状に変えるようにした。これにより、従来は損なわれていた映像の立体感、奥行き感を、より自然に再現することが可能となった。

パラボラ状の補正波形は、図 6 に示すようにあらかじめメモリ IC にデジタル量として記憶させてあり、これを読み出し D/A 変換して得ている。メモリ IC には、中央／周辺輝度差補正波形のほか、ブラウン管に映し出された映像の幾何学ひずみ(上下、左右 PCC ひずみ)補正用の波形も記憶している。

3.2.2 広帯域 IQ 軸クロマ復調

このモニターは、CZ3 シリーズや CZ 505 シリーズと同様、色の再現性を重視し、広帯域 IQ 軸復調を採用した。

従来は肌色の再現を重視し、本来 90° であるべき検波軸を広げ、かつ赤色部分の色レベルを大きく再現していた。これによって種々の映像信号、ソースに対してばらつきの少ない肌色(誇張された肌色)を再現してはいるが、微妙な色あいの違いを出せないでいた。また、赤色がオレンジ系に発色し、マゼンタ、緑は色が薄く再現されるなどの問題を含んでいた。

広帯域 IQ 軸クロマ復調によってこれらの問題は解決され、

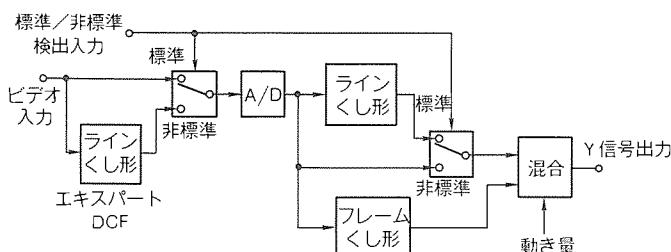


図 3. 動き適応 Y 分離

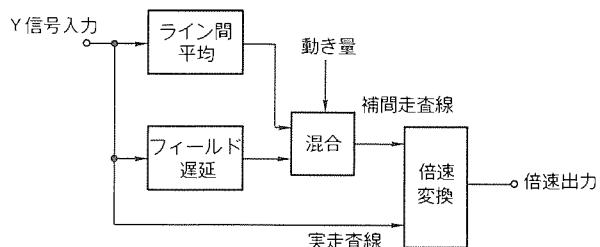


図 4. Y 信号系の動き適応走査線補間回路

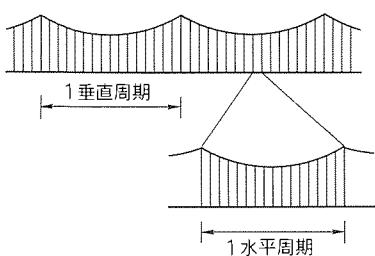


図 5. 中央／周辺輝度差補正後映像信号

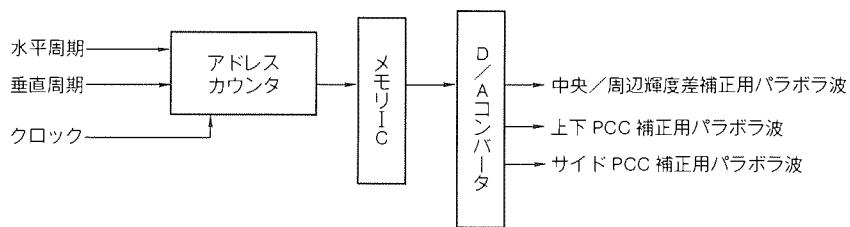


図 6. 各種補正波形発生回路

オレンジ系になっていた赤色が真紅になり、赤茶けた緑が美しく再現できるようになった。また、オレンジ、シアン系の色あいの幅が増え、今まで識別できなかった微妙な色あいの差が出せるようになり、色帯域が広がり細かな部分の色も出せるようになった⁽²⁾。

3.2.3 セットアップレベル切替え

映像信号の黒の基準となるレベル、すなわちセットアップレベルは入力ソースによって異なる。このモニターでは、このセットアップレベルを0%として処理するか、7.5%で処理するかの2段階に切り替えられるようにしてある。この機能により、黒が浮いて白けて見えたり、逆に沈んで暗部の階調がなくなるようなことはなく、入力ソースに忠実な暗部の階調表現を実現する。

3.2.4 ノイズリデューサ(NR)

三次元処理回路の中には、フレームメモリを利用したNRが構成されており、Y信号では図7(a)に示す非巡回型の動き適応NRにより3dB、C信号では(b)に示す巡回型NRも併用して、併せて6dBのSN比改善効果がある。C信号の巡回型NRはON/OFF可能である⁽¹⁾。

4. ハイビジョン入力

このモニターは、クリアビジョン対応の、水平偏向周波数31.47kHzとハイビジョンの水平偏向周波数33.75kHzの両方に対応しており、ハイビジョン映像をそのまま入力し、映出することができる。ハイビジョンモードのときは、自動的に垂直幅を縮めることにより、4:3のブラウン管でありながら16:9正規のアスペクト比の映像が得られる。

入力信号としては、Y・P_B・P_R又はG・B・Rのどちらでも可能である。図8にハイビジョン信号処理回路を示す。Y・P_B・P_R信号はマトリクス回路でG・B・R信号に変換され、入力信号切替スイッチで入力信号の形式に応じて切り替えられる。切り替えられたG・B・R信号は、NTSC信号入力のY、R-Y、B-Y信号と切り替えられる。

映像出力段は、従来のクリアビジョン対応のSEPP回路に改良を加え、ハイビジョン映像信号でも十分な性能を得ている。

5. クリアビジョン/ハイビジョン対応偏向回路

5.1 垂直偏向回路

クリアビジョン及びハイビジョンの垂直偏向周波数は、59.94Hz、60Hzとはほとんど同じである。このため、垂直幅のみ切り替えるようにした。垂直出力增幅器の負帰還量を切り替えて、ハイビジョン時に垂直幅を縮小して16:9のアスペクト比になるようにした。

5.2 水平偏向回路及び高圧発生回路

図9に37C-CZ70の水平偏向、高圧発生回路を示す。水平偏向方式は、クリアビジョンの31.47kHzとハイビジョンの33.75kHzの二つの偏向周波数に対応するステップスキャン方式とし、かつ高圧安定化のため、高圧／偏向分離方式をとった。31.47kHzと33.75kHzの切替えは、水平偏向回路への電源電圧、共振コンデンサの各々の切替えにより、水平幅、高圧がそれぞれ正規となるようにした。

水平偏向回路の電源には、垂直周期のパラボラ波形が重畠され、これによってサイドPCCひずみ補正を行った。このパラボラ波形は、前述のメモリICに記憶されているものである。また、四、五次共振により、水平リニアリティの改善を行った。

ブラウン管の太ネック化に伴って偏向感度が低下するので、偏向ヨークの改善、偏向回路のパワーアップで対処している。

高圧が画面の明るさによらず、一定となるようにする高圧安定化は、高圧発生回路の電源回路にフライバックトランジスタの巻線から検出した高圧変動成分を帰還し、これにより電源電圧を変化させる方式によって行った。

6. 新開発高性能ブラウン管

(1) 直径37.5mm太ネック電子銃

ハイビジョン用ブラウン管と同じネック径の電子銃を新たに開発し、従来のものに比べ20%フォーカス性能が向上した。これにより、37形でありながら29形並のビームスポット径となる。

(2) インバー シャドウマスク

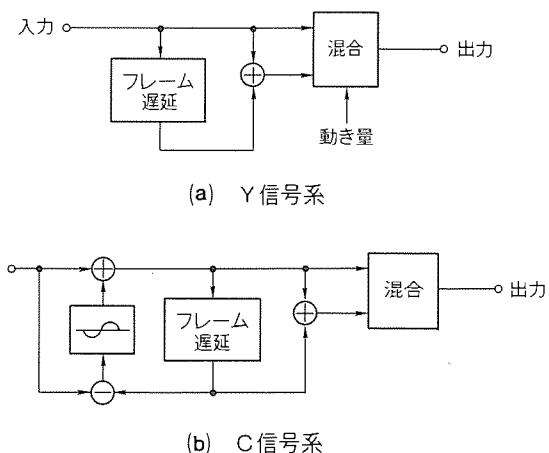


図7. NRシステムのブロック図

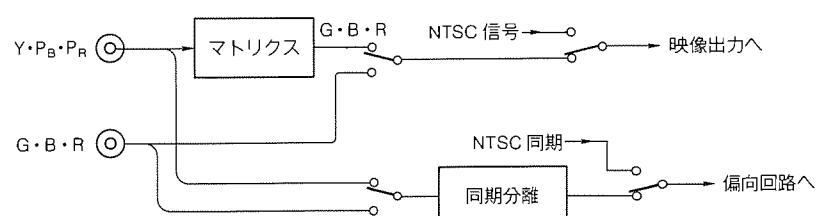


図8. ハイビジョン信号処理回路

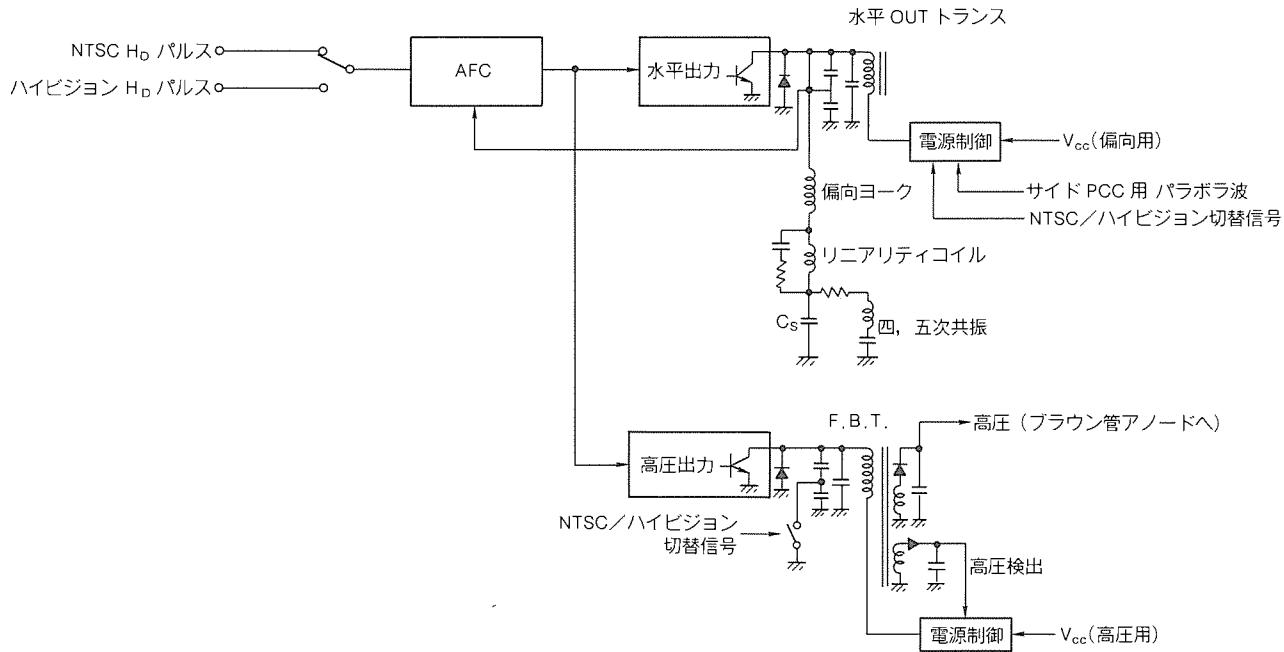


図9. 水平偏向・高圧発生回路

熱膨脹の少ない特殊合金（インバー）の採用により、ドームシング（熱変形による色ずれ）を解消した。また、同時にシャドウマスクの支持を対角コーナ部で行うコーナサスペンション方式として、電子ビームのミスランディングを大幅に改善した。

(3) ファインピッチ

シャドウマスクのピッチを0.71mm（センター）と従来より更に10%細かくして、よりなめらかで自然な映像を再現する。

従来の37形ブラウン管では、地磁気によるランディングへの影響を防止するために、ブラウン管の外側に厚い鉄板のシールドを取り付けていた。この新しいブラウン管では、薄い鉄板のシールドをブラウン管に内蔵したために、セットのスペースファクターを向上できた。

(5) 純ブラックコーティング

この新型ブラウン管では、フェースパネル表面に設けた帯電防止膜を特殊染料によって着色することにより、純粋な黒

レベルを実現し、コントラスト性能の改善を行った。

7. むすび

37C-CZ 70は、NTSC入力4系統、HiVision入力など豊富な入力端子群を備えた最高級AVモニターである。新開発高性能ブラウン管の採用や、高忠実映像処理回路により、自然で立体感や奥行き感にあふれた映像再現を可能とした。これにより、37C-CZ 70は、AVマニアの期待に十分こたえることができるはずである。

参考文献

- (1) 西野 功, 花井晶章, 新納 進, 鈴木吉輝, 柴田達夫, 山口典之: 37形EDTV対応カラーテレビ, 三菱電機技報, 63, No. 3, 213~216 (1989)
- (2) 利安雅之, 菊池修二, 北村義弘, 石井良典, 有田栄治: カラーテレビジョン受信機“CZ3シリーズ”, 三菱電機技報, 64, No. 8, 617~621 (1990)

VTR の制振設計による 高画質・高音質の実現

樋口三令*
門脇一夫*
加藤直樹*

1. まえがき

近年、衛星放送やスーパー VHS ソフトなど高画質映像の充実により、高品位の映像・音質を求める本物指向のこだわり高感度 AV ファン層が増加しつつある。このような状況の中、当社としては“基本性能の頂点を極めるシンプルで本物指向の高画質・高音質に徹底的にこだわった据置型 VTR”というコンセプトのもとに、エキスパート DCF・TBC・オブザーブサーボ等の新しい回路技術に加え、メカニズムデッキ（以下“デッキ”という。）に独立したサスペンションシステムを設けたデッキ フローティング サスペンション メカニズム（以下“デッキサスペンション”という。）に代表されるたくさんの制振構造を採用した据置型 VTR HV-S11（図 1）を開発した。

本稿では制振構造に寄与した幾つかの技術について、デッキサスペンションを中心として述べる。

2. 制振設計の必要性

S-VHS, VTR の電気性能は、電子回路技術の進歩により、急速な向上を見せており、これに伴い電子回路で扱う情報量も非常に多くなってきている。このため、きょう体の構造・材質などの機械的な要素が画質、音質に与える影響が明確に分かるようになってきている。機械的な要素の中でも特に振動がプリント配線板（以下“回路基板”という。）に与える影響が注目されている。これは、電子部品を実装した回路基板が機械的な振動を受けると、電気信号がその振動数で振幅変調され、電気信号のひずみが増加するという現象が確認されているからである⁽¹⁾。この現象については多くの報告があり、詳細は他に譲ることにするが、オーディオ製品では早く

からこの現象が注目され、防振や制振といった機械的な要素が音質改善の重要な項目になっている。

1986 年に発表した当社の VTR HV-F11 では、オーディオ回路基板に高い振動減衰特性を持つ鐘淵化学工業（株）製“紙一ポリエスチル系リジッド基板（商品名 エクセライト）”を採用するとともに、その回路基板をフローティングする構造を採用し、音質改善に成功した。HV-F11 以降に開発した機種においても、機種ごとに部分的な制振構造を採用した。しかし、画質・音質の飛躍的な改善には、回路基板への防振、きょう体の制振などの機械的な性能改善を含めた総合的なアプローチが必要な時期にきていると判断し、HV-S11 開発の重要なテーマの一つとして設定した。

3. フローティング サスペンションの構想設計

3.1 振動伝達経路

回路基板への振動伝達の検討に先立ち、従来機種のシャーシ構造について振動の伝達経路を調べた。図 2 は従来機種のシャーシ構造の概要を示す断面である。図 3 に振動伝達経路の概念を表す。図に示すように、VTR の振動は外部振動と内部振動に大別される。外部振動は、さらに VTR の設置環境での様々な振動源から設置台を経て伝達されるものと、設置環境でスピーカーなどからの外部音圧がトップパネルやシャーシフレームなどを介し、振動として VTR に伝達されるもの、とに分けられる。設置台からの外部振動は、設置台からシャーシフレームを経由して、デッキのドラム（テープとヘッドのコンタクト部）や回路基板に伝達される。また、外部音圧はトップパネルやシャーシフレームを介し、外部振動と同じように伝達される。このようにして伝達された振動は、ドラム部に直接作用し、ジッター（画面のゆれ）量の増加をもたらす。

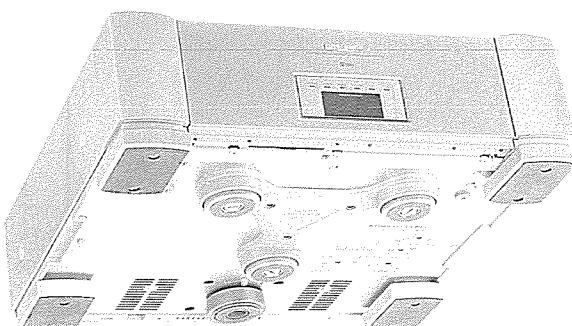


図 1. 据置形 VTR HV-S11 の外観

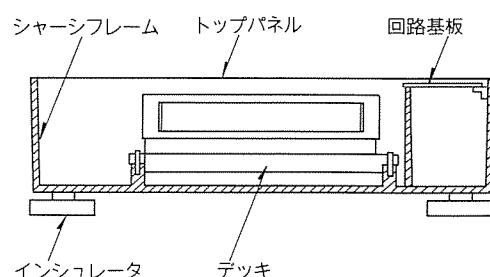


図 2. 従来のシャーシ構造の概要

（デッキをシャーシフレームに固定）

また、これらの振動は、回路基板及び基板上に実装されている回路部品を振動させ、電気性能に影響を及ぼす。一方、内部振動であるデッキの駆動源からの振動や電源トランジスタの電磁変換振動も、シャーシフレームを経由して回路基板に伝達され、外部振動と同じ作用をする。このようにVTRの振動伝達経路は複雑であり、しかも回路基板の振動を考える場合、外部振動ばかりでなくVTR自体の持つ内部振動についても考える必要があることが分かる。

3.2 従来の振動対策とその限界

ここ数年来、各社ともVTRの振動対策を行っている。これは、振動と画質、音質との関係に各社とも注目していることを示すものである。従来の振動対策の主なものは、次の二

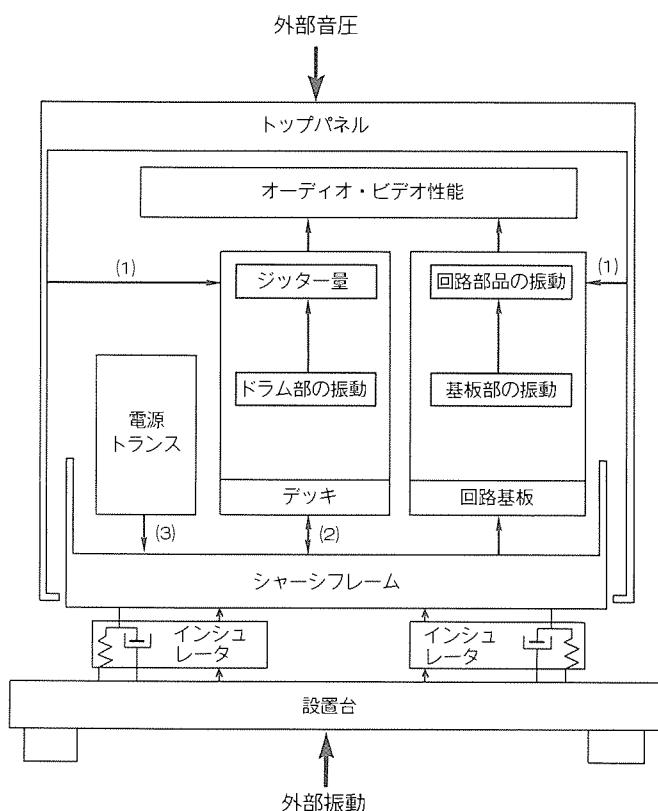


図3. 従来機種の振動伝達経路の概念

つの方法に集約される。

(1) シャーシフレームの脚座の部分に防振装置（インシュレータ）を設け、デッキのドラム部や回路基板への外部振動の伝達を低減する。図2、図3に示すインシュレータが該部振動の低減を目的としたもので、通常製品の脚座と一体になっている。

(2) シャーシフレームの剛性を高め、シャーシフレームの固有振動数をデッキの駆動源（内部振動）の振動数帯域（30～120Hz）より十分高くし、内部振動の回路基板への伝達を低減する。

図4は従来の当社VTRの設置台とデッキ間の振動伝達特性を表しています。同図(b)は、シャーシフレームの脚座にインシュレータを設けた場合の特性を示し、(a)はインシュレータのない場合を示しています。図から分かるように、シャーシフレームにインシュレータを設ける方法では一次の共振振動数が低くなるだけで、振動減衰の効果はほとんど見られない。

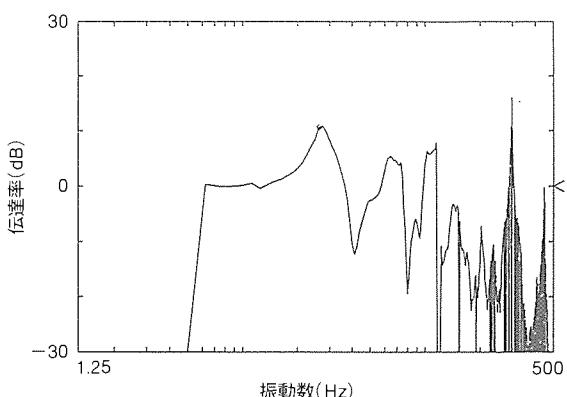
3.3 振動対策

図3のVTRの振動伝達経路から、内部振動及び外部振動に対して効果的な振動対策が行える部分の洗い出しを行った。その結果、図3に示す(1)～(3)の部分に何らかの振動対策を行えば、画質・音質改善に対する効果があることが分かった。すなわち、

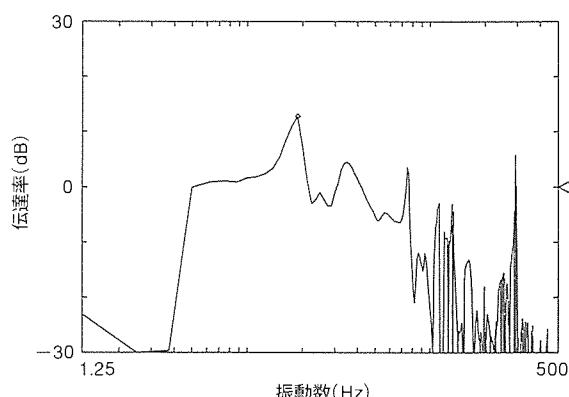
- (1) トップパネルを外部音圧で振動しにくいものとする。
 - (2) デッキとシャーシフレーム間の振動絶縁を行う。
 - (3) 電源トランジスタとシャーシフレーム間の振動絶縁を行う。
- である。以上の3項目を振動対策の中心として制振構造設計を進めることにした。

4. 制振構造概要

この機種の開発に当たっては、画質・音質改善のために有効と考えられる構造、新素材などの要素について、その有効性を検討し、図5に示す主要な要素に絞り込んだ。同図の考え方を実現したシャーシの構成を図6に示す。以下この主要な要素についてその概要を述べる。



(a) インシュレータのない場合



(b) インシュレータのある場合

図4. 従来機種の振動伝達特性

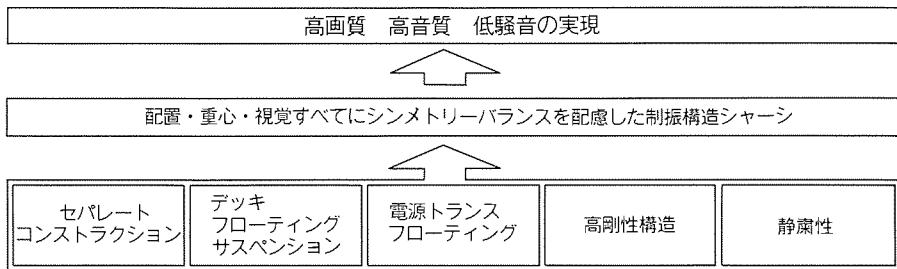


図 5 . 制振構造のコンセプト

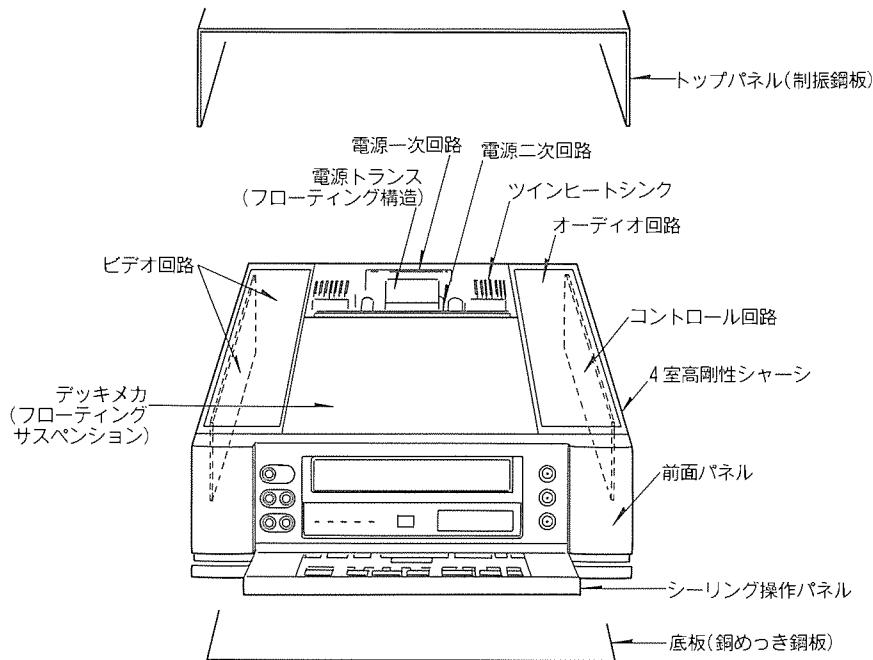


図 6 . シャーシの構成

4.1 セパレート コンストラクション シャーシ

デッキのセンター配置を中心に、ビデオ系回路基板とオーディオ系回路基板を左右に対極配置、電源トランス及び電源回路基板をデッキ後方に配置する。さらに、各々のブロックをコンパートメント化する4室構造のシャーシとすることにより、相互干渉による画質、音質への悪影響を排除する構造とした。これらにより、先に述べた相互干渉以外に、シャーシフレーム及びシャーシに取り付けられる構造部品の質量配分の均一化が可能となり、質量の不均等によるシャーシの連成共振も低減している。

4.2 デッキサスペンション

デッキに専用のサスペンションメカニズムを設け、シャーシフレームから分離独立した構造にした。このことにより、デッキのモータやこれに接続されている種々の伝達機構から発生する内部振動は、シャーシフレームに取り付けられている各回路基板への伝達経路を断たれ、内部振動による各回路への悪影響を排除するものである。さらに、このデッキサスペンションの固有振動数を10Hzの極低域に設定することで、従来のきょう体に取り付けた防振装置では得られなかった外

部振動の排除性能を得た。

4.3 電源トランス フローティング サスペンション

電源トランスにも専用のサスペンションメカニズムを設け、電源トランスの電磁変換振動のシャーシフレームへの伝達経路を断ち、各回路基板への振動が及ぼす悪影響を排除する構造である。この電源トランス フローティング サスペンションとデッキサスペンションは、共にシャーシフレームから独立した構造としたので、振動絶縁の機能以外に、両方で製品質量の約35%がシャーシフレームから分離されることになり、シャーシフレームの高剛性化及びひずみによる悪影響の排除にも大きく寄与した。

4.4 高剛性 シャーシ構造

4室構造センターメカシャーシを採用したことにより、従来のシャーシフレームに比べて大幅に補強リブが増え、シャーシフレーム自体の剛性を上げた。また、底板に厚さ1.2mmの銅めっき鋼板(日新製鋼(株)製：

商品名カッパータイト)を採用し、シャーシの高剛性化と渦電流によって引き起こされる音の乱れやノイズの発生を抑えた。この結果、シャーシフレームの質量が30%，底板の質量が約2倍と、各々従来の当社VTR HV-V1000に比べて大幅に増えている。さらに、フロントパネル部に厚さ4mmのアルミ押出部材を採用し、これをシャーシフレームにねじ止め結合する構造とし、高剛性化を図った。

4.5 静粛性構造

シャーシフレームのデッキ装着部をコンパートメント化し、さらにその上部を上ふた(蓋)で遮へいする構造とした。また、トップパネルには実使用温度範囲で従来の約10倍の制振性能を持つ新開発制振鋼板を採用し、デッキの駆動系、回転系から発生する動作音の外部への伝ばんを低減した。制振鋼板製のトップパネルは、後で述べるように、前面の高質量大型シーリング操作パネルとともに、トップパネル及びシーリング操作パネルを介する内外部からの振動伝ばん(例えば、音圧によるきょう体の振動など)を大幅に低減した。

VTRのトップパネルには、一般的に厚さ0.6~1mmの薄板鋼板が使用される。薄板鋼板によるトップパネルはコス

トが安いというメリットがあるが、反面剛性が低く振動しやすいという欠点をもっている。トップパネルの振動による振動伝ばんは、主にテープ／ヘッドコンタクト部に作用し、ジッター量の増加を招き画面の揺れや曲がりとなって現れる。この改善のために、トップパネルには制振鋼板を採用することにした。

制振鋼板とは、図7に示すように、2枚の鋼板の間に制振性に優れた樹脂をサンドイッチした構造をしている。鋼板に加わった外部音圧によって引き起こされる振動エネルギーは、中間樹脂層のずり現象によって熱エネルギーに変換され振動減衰する複合鋼板である。この鋼板をトップパネルに採用してテープ／ヘッドコンタクト部の振動レベルを改善することができる。しかし、洗濯機や電動機のボディーなどに使用されている従来の制振鋼板では、損失係数がVTRの使用温度範囲の5~40°Cで低く、本機には十分な振動減衰性能とはいえない。このため NKK(日本钢管(株))との共同開発により、従来の制振鋼板の性能を大幅に上回る制振鋼板を実用化、トップパネルに採用した。

新開発の制振鋼板は、硬化後も通常の消しゴムより軟らかい特殊熱硬化性樹脂を中間樹脂層に使用している。図8に示すように、中間樹脂層に熱可塑性樹脂を使用した従来の制振鋼板の約10倍の制振効果を実使用温度範囲で実現している。制振効果は通常損失係数 η で評価され、一般には損失係数が0.05以上あれば制振効果があると言われている。今回開発の制振鋼板は、20°Cで約0.9、従来の制振鋼板は約0.09である。

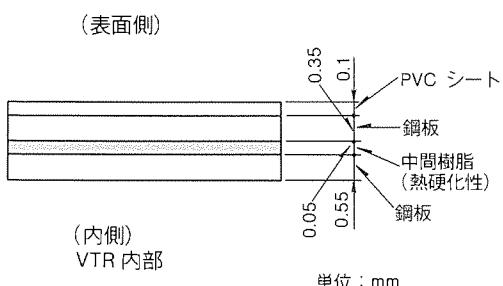


図7. 新開発制振鋼板の構成

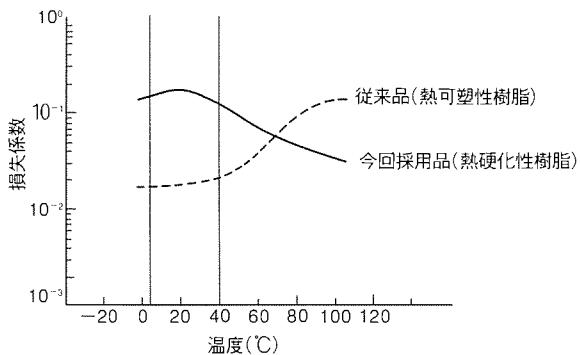


図8. 損失係数温度特性

5. デッキサスペンション

5.1 防振

一般的に防振は、機器と基礎の間に弾性体(ばね)を設け、この弾性体と機器の質量からなる系に振動が作用したときの減衰特性を用いて、機器への振動伝達の減衰を行うものである。図9は防振に関する概念である。伝達率を T とすると、 T は式(1)で表される。また、質量 m とばね定数 k からなる系の固有振動数(共振振動数) f_n は、式(2)で表される。

$$T = \frac{\sqrt{1 + [2\zeta(f_f/f_n)]^2}}{\sqrt{[1 - (f_f/f_n)^2]^2 + [2\zeta(f_f/f_n)]^2}} \dots (1)$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{m}} \dots (2)$$

ただし $\zeta = c/c_c$, $c_c = 2\sqrt{km}$

f_n : 系の固有振動数

f_f : 基礎の強制振動数

c : 粘性抵抗

c_c : 臨界減衰定数

図10は振動伝達特性を表すものである。縦軸が式(1)で表される振動伝達率であり、横軸は固有振動数と基礎に伝わる振動の振動数との比率を表している。図中の領域Aは基礎の振動が系にそのまま、ほぼ1:1で伝わる領域を表している。領域Bは、基礎の振動が系の共振によって増幅されて機器に伝達される領域である。領域Cは、基礎の振動が減衰して機器に伝達される領域であり、防振領域と呼ばれている。振動絶縁はこの領域を用いる。すなわち、防振しようとする振動数が領域Cになるように、機器の質量とばねからなる系の固有振動数を設定する。したがって、外部振動のように、防振しようとする振動数が広い範囲にわたり特定できない場合には、この固有振動数をできるだけ低くする必要がある。

5.2 デッキサスペンションの方式

デッキとシャーシフレームとの振動絶縁構造を考える場合、図11に示すように、2通りの方法が考えられる。すなわち、シャーシフレームとデッキ間にインシュレータを設けるインナフローティング方式(図11(b))と、デッキに直接インシュレータを設けシャーシフレームと分離するアウタフローティ

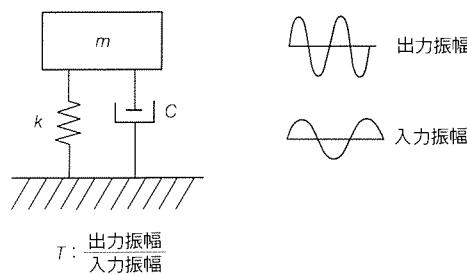
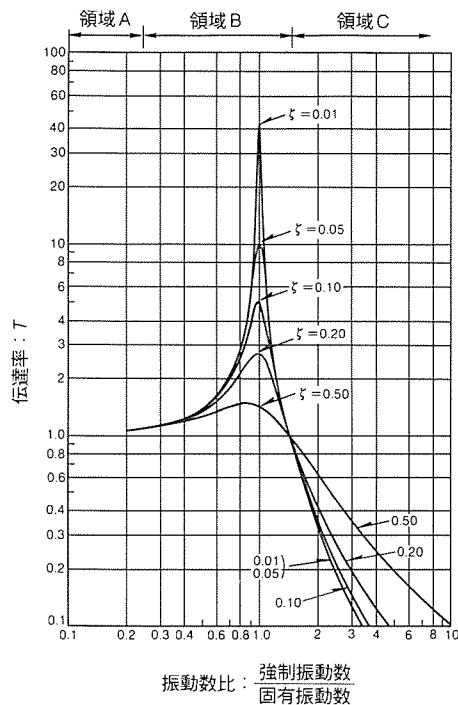


図9. 防振のモデル



ング方式(図11(a))である。インナフローティング方式の場合、インシュレータはシャーシフレームとデッキ間に取り付けるため、インシュレータがシャーシフレームの固有振動数の影響を受け、振動絶縁設計が複雑で十分な防振効果を得られないおそれがある。アウタサスペンションの場合は、インシュレータが製品外部に出て意匠的な処理が必要となり、コストが若干高くなる。しかし、シャーシフレームとの振動絶縁は完全に行え、振動絶縁をする系の自由度が単純で設計が容易となる。また、デッキフローティングをしていることが、店頭などで認識されやすいというメリットもある。

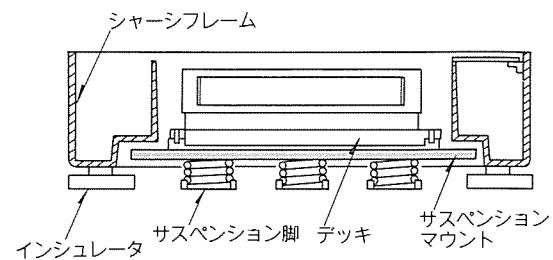
この比較からデッキとシャーシフレーム間の振動絶縁を重視し、アウタフローティング方式を採用した。

5.3 デッキサスペンションの防振特性

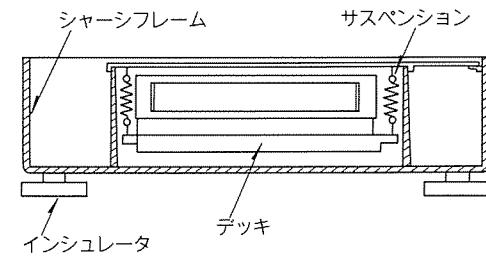
今回設計したデッキサスペンションの防振特性に対する設計仕様を図12に示す。図は設計のポイントになる各振動数での必要な振動伝達率をもとに、デッキサスペンションの振動伝達特性が入っていなければならない領域を表したものである。従来の防振設計仕様は、単に系の固有振動数と共振倍率を定めているのみであった。しかし、今回設計を行ったデッキサスペンションの場合、次に述べる条件から、防振域での振動伝達曲線の傾きも含んだ設計仕様が必要であった。

(1) 固有振動数

図13はジッターの検知の測定結果で、横軸は周波数を示し、縦軸は視感上検知されるときのジッター量を示す。図から分かるように固有振動数は、比較的ジッターの目立ちにくい30Hz以下の領域に設定する必要がある。また、外部振動が防振の対象であることから固有振動数の設計中心を10Hz



(a) アウタフローティング方式
(デッキをシャーシから独立分離する。)



(b) インナフローティング方式
(デッキをサスペンションで吊り下げる。)

図11. デッキサスペンションの方式

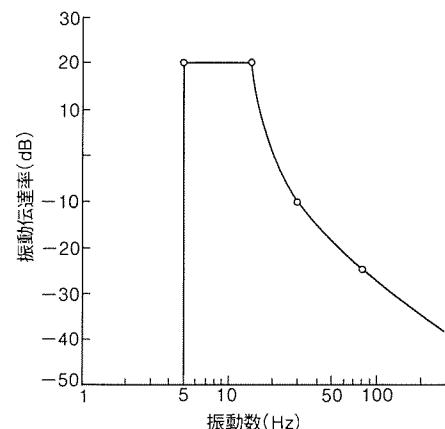


図12. フローティング サスペンションの設計仕様

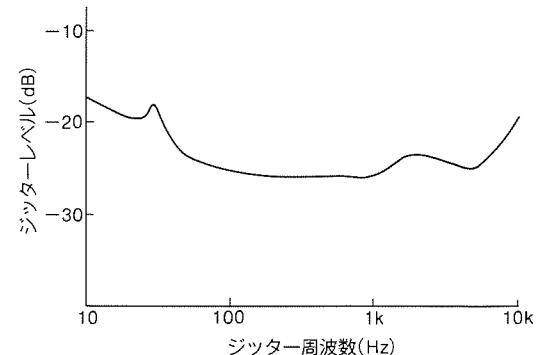


図13. ジッター(画面の揺れ)検知限

とした。

(2) 振動伝達率

設計上のポイントになる振動数には、30Hzと80Hzを選定した。30Hzはデッキのヘッドドラムの振動数であり、この付近の減衰率(伝達率)を-10dB以下とした。VTRの設置台の典型的な例としてテレビ台があげられる。当社のテレビ台の振動は、50~80Hz付近にパワーのピークが存在する場合が多いため、80Hzの減衰率を-25dB以下に設定した。固有振動数での伝達率(振幅倍率)は、30Hz, 80Hzの減衰率の仕様を考慮して20dB以下とした。これは式(1)から分かるように、ダンピング(C/C_c)を大きくすると固有振動数での伝達率は低くなるが、防振域での減衰率も悪くなり、必要な減衰率を得られなくなるためである。

5.4 デッキサスペンションの構造

図14に富士ポリマテック(株)との共同開発によるデッキサスペンションの最終構造を示す。フローティング部は3個の

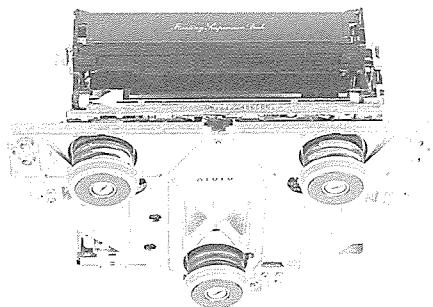
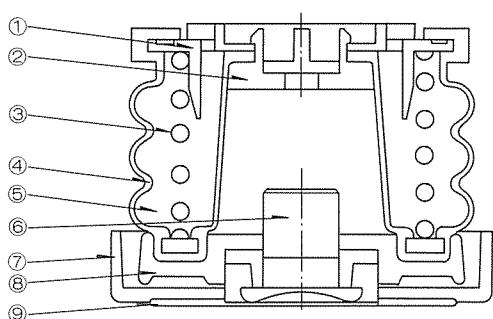


図14. デッキ フローティング サスペンションの構造



No.	名 称
1	シールプレート
2	ホルダ
3	フローティング スプリング
4	サスペンション ラバーケース
5	ダンピングゲル
6	サスペンションレベル固定ねじ
7	サスペンション ハウジング
8	サスペンション レベルメカ
9	シート

図15. インシュレータの構成

インシュレータで構成され、これらはアルミダイカスト製のサスペンションマウントに取り付けられている。インシュレータは図15に示すように、フローティングスプリング(圧縮コイルばね)とダンピングゲル(ウレタンゲル)及びブチルゴムのサスペンションラバーケースなどから構成されている。軽量機器の防振には、主にコストと性能の兼ね合いからCR(クロロプレンゴム)、BR(ブチルゴム)などの振動減衰に優れた合成ゴムで構成される場合が多い。今回のように固有振動数を10Hzと低い値に設定すると、ゴムのクリープひずみが大きくなり、ゴムのみでインシュレータを構成するのは不可能で、コイルばねも用いた構成にしている。ウレタンゲル及びブチルゴムは、粘性抵抗の付与及びコイルばねのサーリング防止機能を果たしている。線形1自由度系の固有振動数は、理論的には先に述べたように式(1)で表される。ゴムなどの粘弾性体を用いて防振設計を行う場合には、材料の非線形性による実測値と計算値との差を少なくするため、

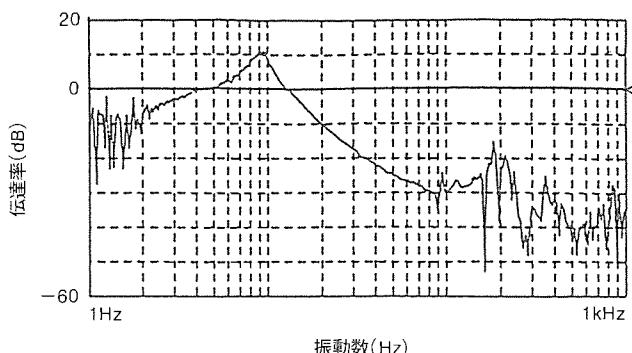


図16. 設置台とデッキ間の振動伝達特性

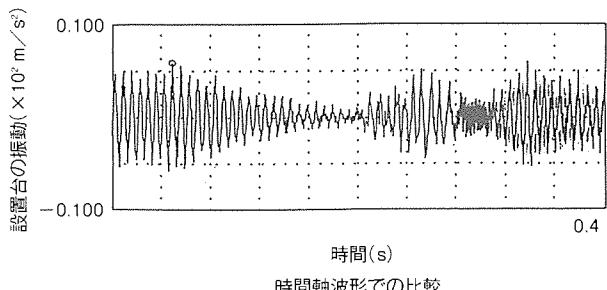


図17. 設置台をスピーカー加振したときの振動

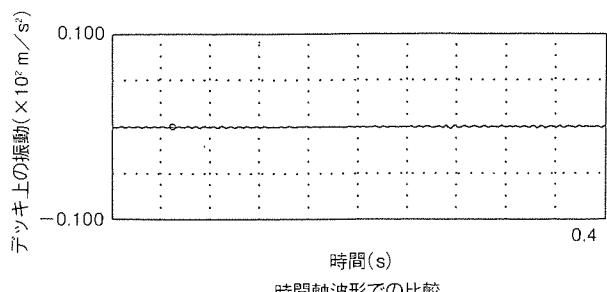
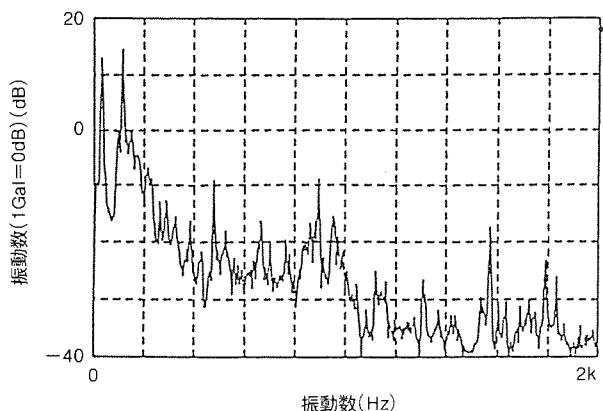
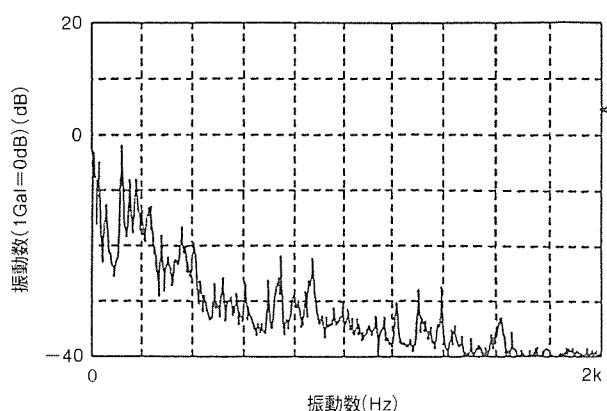


図18. 設置台をスピーカー加振したときのデッキ上の振動



(a) 従來機種



(b) HV-S11

図19. オーディオ基板の振動レベル

固有振動数の計算は、

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k_s}{m}} d \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

で求めている。 d は動的ばね定数 k_d と静ばね定数 k_s との比 ($k_d/k_s = d$) として表され、材料ごとに定まる経験値である。例えば、ブチルゴムの硬度40°は1.1、また60°は1.6といった値をとる。今回ダンパー材として使用したウレタンゲルとブチルゴムとの組合せは、ウレタンゲルを初めてインシュレータに使用したことから d がどの値を取るか不明で、ウレタンゲルの注入量を調整し最適な振動特性を得た。ちなみにウレタンゲルの d 値は、注入量によって1.1～2の広い値に変えることができる。

5.5 防振性能の評価

図16に設置台とデッキ間の振動伝達特性の測定結果を示す。測定結果は設計使用を満足しており、図4に示す従来の振動伝達特性との比較において、大幅なドラム部への外部振動の低減を実現している。図17は設置台をスピーカーで加振したときの振動を表し、図18はそれと同時刻のデッキ上の振動を表している。これらの図から、デッキサスペンションの防振効果が顕著であることが分かる。図19はデッキ作動中のオーディオ基板の振動レベルの測定結果を示したもの

であり、同図(a)は従来機種を、(b)は HV-S 11 の結果を示している。図 19 では HV-S 11 の振動レベルが広い振動数の範囲で従来機種より低く抑えられ、デッキサスペンションの効果が認められ、またオーバオールレベルで 13 dB 以上の低減効果を得ている。

6. むすび

デッキをシャーシフレームから独立分離するデッキサスペンションに代表されるたくさんの制振構造を採用したことにより、外部及び内部の振動によるドラム部や回路基板への悪影響を低減でき、VTR の高画質・高音質化に寄与することができた。HV-S 11 の開発により、構造面からの画質・音質改善というテーマに対して新しい提案ができたことと確信している。

参 考 文 献

- (1) Harris, C. M., Crede, C. E. : Shock and Vibration Handbook, 2nd Edition, McGraw Hill. (1976)
 - (2) 谷口 修：振動工学ハンドブック，養賢堂 (1976)
 - (3) 古川雅通, 岡田久志, 斎藤浩司：CD プレーヤーのメカニカルな現象と音の因果関係, ラジオ技術, 39, No. 19, 153~156 (1985)

3管1レンズ方式 ビデオプロジェクタ LVP-1000V

足立和男* 高田純一*
河村博至* 奥田博志*
柴田 守*

1. まえがき

近年の映像大画面化は、一般家庭におけるAVを楽しむ手段として広く浸透し、37形までのCRT直視タイプと40形から60形までは透過型プロジェクションテレビが製品化されている。それ以上の大画面を楽しむには液晶ビデオプロジェクタが急伸長しているが、現在の画素数はまだ少なく、AVの要求する解像度には及んでいない。そのため一部マニアは、業務用として開発されたCRT投写式ビデオプロジェクタや、当社が1990年AV対応として開発・発売したCRT方式LVP-1200Z1を使用している。しかし、これらの機種は3管3レンズによる投写方式のため、設置調整にむずかしさがあった。今回、この高画質を引き継ぎながら、設置の簡便さを備えた3管1レンズ方式ビデオプロジェクタLVP-1000Vを開発した。その外観を図1に示す。

以下、このビデオプロジェクタの新光学系と高画質化技術について述べる。

2. LVP-1000Vの特長

(1) 家庭用としての設置簡易性及び機能

新しく開発した3管1レンズ方式は、設置時におけるダイナミックコンバージェンス調整が不要である。また、スクリーンサイズを変更する際のフォーカス調整はリモコンによって可能で、各種AVイコライジングを自照式リモコンで自由に好みの映像にできる。さらに、80インチの大画面を6畳の部屋で楽しむことを可能とした。

(2) 3管3レンズ方式プロジェクタに迫る高画質

従来の7形CRTより小型の5.5形CRTを使用し、解像度800TV本を実現、目のフォーカス感に最も影響のある緑色CRTには、電磁及び静電両方式のマルチステップフォーカス電子銃を採用し、高解像度を実現した。

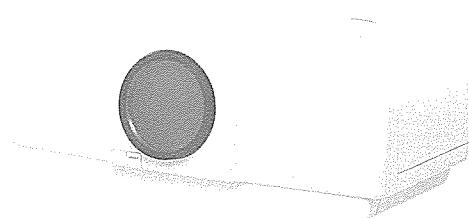


図1. LVP-1000Vの外観

(3) 生き生きとした色の再現性

広帯域IQ復調の採用により、忠実な色再生を行った。さらに、CRT緑色・青色・赤色蛍光体から発光される不要なスペクトルは、ダイクロイックミラーのフィルター効果で削除し、生き生きとした色を再現した。

(4) 周辺機器とのシステムアップ

リモコンは、本機だけでなく当社VTR/LD/BS機器のコントロールが可能な上、学習機能によって他社機器のコントロールもできるよう周辺機器との相互コントロール端子を装備した。

表1に概略仕様を示す。

3. 投写光学系

3.1 3管1レンズ方式の構成

従来の3管3レンズ方式ビデオプロジェクタは、緑・青・赤各色CRTで発光した光を3本の投写レンズで拡大し、スクリーンで合成する。その際に、ビデオプロジェクタとスクリーンの距離又は角度が、わずかにずれても3色の合成にずれが生ずる。設置は精度を要求される上、約40箇所の熟練を要する調整が必要とされてきた。この設置性の悪さを解決するために、3管1レンズ方式ビデオプロジェクタでは、各々の光を合成した後、1本の投写レンズで拡大しスクリーンに投写する方式とした。

図2(a)に3管3レンズ方式の光学系、同図(b)に3管1レンズ方式の光学系を示す。同図(b)に示すように、青色CRT

表1. LVP-1000Vの概略仕様

投写方式	3CRT・1レンズによるフロント投写方式
色合成光学系	ダイクロイックミラーによる色合成
投写サイズ	70" (2.1m) ~ 100" (3.0m)
C R T	5.5" 80度偏向 内面R付き 電磁・静電ハイブリッド フォーカス(緑) 静電フォーカス(赤/青)
レンズ	F/1.3 オールガラス8枚構成 リモコン電動フォーカス
リモコン	EL自照 ラーニング機能 VTR/LDP/BS共用
入力端子	S・VIDEO(ミニDIN) VIDEO(BNC)
消費電力	220W
外形寸法(mm)	幅647×奥行667×高さ236
質量	30kg

から発光された青の映像は、青のスペクトルのみを反射するダイクロイックミラーで反射され、レンズに入射する。赤色CRTから発光された赤の映像は、赤のスペクトルのみを反射するダイクロイックミラーで反射され、レンズに入射する。一方、緑色CRTから発光された緑の映像は、青・赤の両ダイクロイックミラーを透過しレンズに入射する。このように、緑・青・赤各々の映像は合成された後、1本のレンズでスクリーンに拡大投写する。

3管1レンズ方式のCRT・オプティカルカップリングレンズ部分の外観を図3に示す。

(1) ダイクロイックミラー

ダイクロイックミラーは、平板ガラス上に多層干渉膜コーティングを施すことにより、45°入射光を透過光と反射光に分離するフィルター特性を示す。多層干渉膜コーティングは、高屈折率材料膜と低屈折率材料膜とを交互に積層し、膜厚を基準波長の1/4の整数倍とすることで、フィルター特性が得られる。図4(a)に青ダイクロイックミラー特性、同図(b)に赤ダイクロイックミラー特性を示す。3管1レンズ方式に使用されるダイクロイックミラーは、緑・青・赤映像を合成するとともに、別に重要な役割も果たす。

CRTに使用される蛍光体は、不要な光スペクトルを多く発光し、忠実な色再現の妨げとなる。緑色CRTからの不要な光スペクトルは、青色ダイクロイックミラーを透過する際に短波長の不要色成分が減衰し、赤色ダイクロイックミラーを透過する際に長波長の不要色成分を減衰させ、純粋な緑の再現をする。また、青色CRTからの不要な光スペクトルは、青色ダイクロイックミラーで反射する際減衰し、赤色CRTからの不要な光スペクトルは、赤色ダイクロイックミラーで反射する際減衰する。このため、3管1レンズ方式ビデオプロジェクタの色再現範囲は大幅に拡大した。

(2) 液冷オプティカルカップリング

CRT方式ビデオプロジェクタは、CRTの映像を大画面に拡大投写するため、直視型カラーテレビのCRTに比べて単位面積当たりの電流は約100倍に達し、温度上昇が問題となる。冷却をしない場合、CRTフェースプレート温度は100°C以上となり、蛍光体の発光効率低下、寿命の低下及びCRTフェースプレート破壊の原因となる。

CRTからの光出力が屈折率の異なる境界を透過する際、境界面での反射によりコントラストの低下を起こす。したが

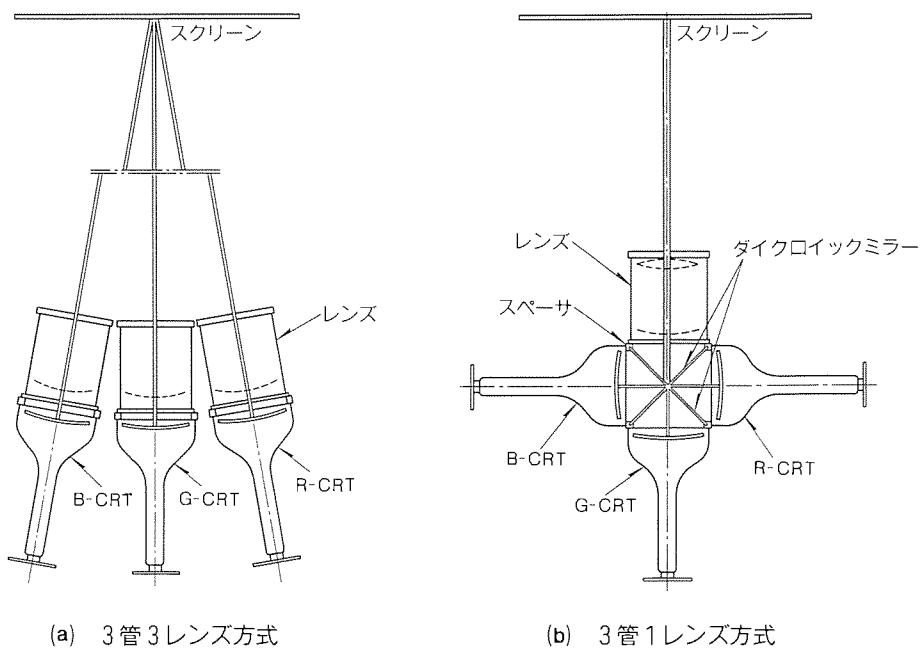


図2. 3管レンズ方式の光学系

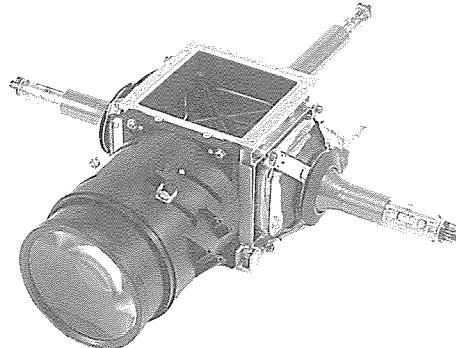


図3. 3管1レンズ方式の外観

って、CRTフェースプレートとレンズ面との間の媒体は、フェースプレートとレンズの屈折率に近い必要がある。当社ビデオプロジェクタは、冷却とコントラスト低下防止の目的から、屈折率約1.4のエチレングリコール水溶液を使用した。

3.2 電動レンズフォーカス

(1) 投写レンズ

このビデオプロジェクタは、家庭でAVを楽しむ目的で6畳間に80インチ投写を可能とする投写距離2.4mを目標としてレンズ設計を行った。従来方式に比べ、3管1レンズ方式のバックフォーカスは約7倍と長く、目標投写距離の設計は困難であった。最終的なレンズ構成はオールガラスの8枚構成で、スクリーンサイズ80形での投写距離は2.32mとなった。また、水平解像度800TV本以上を実現させるため、投写レンズのMTF (Modulation Transfer Function)は、1,000TV本以上とした。表2に投写レンズの概略仕様を示す。

(2) 電動フォーカス

液冷オプティカルカップリング部分の液温は、セット内温度上昇とCRT温度上昇を含め0~80°C変化する。また、

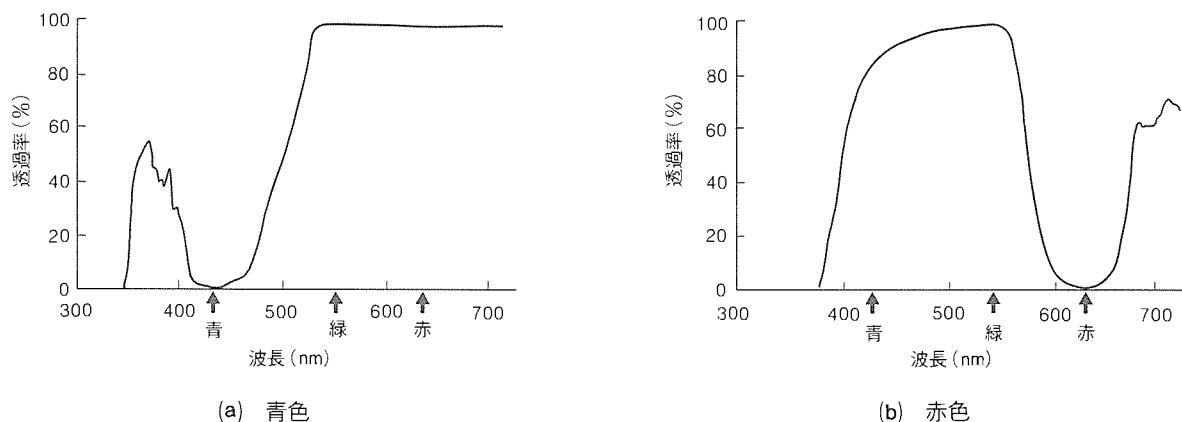


図4. ダイクロイックミラーの透過特性

この部分の液層厚は、ダイクロイックミラー装着スペースの必要から従来の約10倍であり、液温に対する液の屈折率変化によるバックフォーカス変化が無視できないレベルとなった。この補正として、液温変化を白金センサで検出し、マイクロコンピュータにあらかじめ記憶させた係数でステッピングモータを動かし、レンズフォーカスを移動する方式とした。

この電動フォーカスは、スクリーンサイズ変更時のフォーカス調整をリモコンで可能としている。

4. C B T

今回開発したCRTは、家庭用ビデオプロジェクタに搭載することから小型で高解像度を目標とした。そこで、見た目の解像度に最も影響のある緑色CRTには、ネック径を29mmから32.5mmに太くするとともに、フォーカス特性の良いハイブリッドフォーカス方式とした。一方、影響の少ない青色CRT・赤色CRTは、ネック径32.5mmの静電フォーカス方式を採用した。表3に採用したCRTの仕様を示す。

4.1 小型化のための CRT

ビデオプロジェクタを小型化するには、CRTの有効画面サイズを小さくするとともにCRTの全長短縮が必ず（須）である。ビデオプロジェクタでは、CRTの画面をスクリーン上に拡大投写し、画像を形成する。したがって、CRTの有効画面サイズを小さくすることは、面積比に応じて輝度が低下する。CRTで発光された光のうち、レンズ系に入射する光のみが有効に利用されるが、画面周辺部ではレンズ系に入射する光量は中央部に比べて少なく、これまでスクリーン周辺での輝度が低いという問題点があった。今回採用したCRTでは、フェース内面に曲率（半径350mm）を持たせることにより、周辺部での輝度低下を改善した。今回開発したLVP-1000Vでは、CRTの小型化を図りながらも液晶プロジェクタ以上の明るさを確保できる5.5形CRTを開発した。

さらに、小型化のもう一つのポイントであるCRTの全長短縮については、ダイクロイックミラーを挟んで対向配置される青色及び赤色CRTを全長220mmの静電フォーカス方

表2. レンズ仕様(ラスタ4.5", 80" 投写時)

焦点距離	126mm
F／No	F／1.3
レンズ先端～スクリーン間隔	2,320mm
レンズ全長	185mm
レンズ有効径	130mm

表3. CRT仕様

最大部径(対角)	141mm (5.5")
画面有効径	114mm (4.5")
全長 緑色 青色・赤色	300mm 220mm
偏向角	80°
ネック径	32.5mm
集束方式 緑色 青色・赤色	ハイブリッド(電磁+静電)方式 静電方式
フェース　　内面曲率	半径350mm
陽極電圧	32kV

式にした。投写レンズと対向配置される緑色CRTでは、フォーカス性能重視の点から電磁フォーカスと静電フォーカスを組み合わせたハイブリッドフォーカスを採用し、併せて偏向角を 80° 、全長を300mmとし、図5に示すように従来に比べ大幅な小型化を達成した。

4.2 フォーカス方式

(1) マルチステップ フォーカス方式

ビデオプロジェクタの画質は飛躍的に向上し、とりわけ輝度に関してはCRTの蛍光面発光効率の向上が大きな要因である。もともと直視型CRTに比べ、ビデオプロジェクタ用CRTでは蛍光面における単位面積当たりのビーム電流が100倍にもなり、さらにビーム電流を増加させて輝度の向上を図るため、高電流領域でのフォーカス性能の優れた方式が必要である。フォーカス方式として、フォーカス性能はやや劣るもの、低コスト化・小型化に有利な静電フォーカス方式を使用しているものもある。電磁フォーカス方式は、静電

フォーカス方式に比べ、高解像度化に必要なレンズの大口径化が容易に達成できる利点がある。

そこで、当社ビデオプロジェクタ用CRTでは、電磁フォーカス方式を採用してきている。しかし、高輝度化のためのビーム電流の増加に伴い、電磁フォーカスであっても高電流領域でのスポット径が増大し、フォーカス性能の向上が必要とされた。このため、電磁フォーカスレンズ中での電子ビームの広がりを抑え、かつ電磁フォーカスレンズの球面収差を低減するねらいで、電磁フォーカスレンズの前段に静電フォーカスレンズを配置したマルチステップフォーカス方式を開発し、特にビーム電流の大きい緑色CRTに採用した。前段の静電フォーカスレンズには、耐電圧特性・信頼性に優れたバイポテンシャルを採用した。

図6に今回開発したマルチステップフォーカス方式の具体的構造を示し、フォーカス方式のスポット径の比較を図7に示す。図から、本機のマルチステップフォーカス方式では、他の2方式に比べて、高電流領域でビームスポット径が大幅に改善されていることが分かる。

5. 高画質化電気回路

本機は、入力としてコンポジットビデオ入力とSビデオ入力のみの高画質プロジェクションモニターとして開発した。図8にLVP-1000Vのブロック図を示す。

5.1 電源・偏向回路

ビデオプロジェクタの電源・偏向回路に要求される性能は、CRTの各電極及び偏向回路に安定した電圧を供給することと、スクリーン上にひずみの少ない映像を投写することである。

(1) 電源回路

静電フォーカス方式のみで電子ビームを集束させるCRTでは、アノードに供給する高圧の多少の変動は許されるが、電磁フォーカス方式によって電子ビーム集束させるCRTでは、高圧の変動がフォーカス特性の悪化の原因となる。今回使用した緑色CRTでは、フォーカス特性の優れたマルチステップフォーカス方式(電磁・静電フォーカス)を採用したため、高圧変動を抑える必要があった。そこで、高圧発生回路と偏向回路を分離するとともに、高圧安定回路は、FBTの一次巻線に直列接続した可飽和リアクタのインダクタンスを制御して高圧変動を抑える可飽和リアクタ方式とし、その変動率は0.05%以内(32kV-1mA)に抑えた。

この高圧安定回路の電源は、250W供給可能な自励絶縁式(100kHz)スイッチング電源の130V, DCから供給し、フォトカッピラを使用したフィードバック回路で制御して電源電圧変動を0.1V以下に抑えた。

(2) 側向回路

3管1レンズ方式のコンバージェンス回路は、レンズの前で3色合成をするので、3レンズ方式よりも補正量は少なく

ですむ。しかし、70~100形の大画面視聴時のコンバージェンス性能向上を目的として、工場出荷調整は3レンズ方式と同等な調整とした。

(3) フォーカス回路

目のフォーカス感に最も影響のある緑色CRTの静電フォーカス電極には、9.7kVの固定電圧を与える、電磁フォーカスマグネットには、垂直・水平周期でパラボラ変調した交流電流をコイルに流し、中央・周辺ともにフォーカス性能を向上した。また、青色・赤色CRTの静電フォーカス電極には、4.6kVの直流電圧に垂直・水平周期でパラボラ変調した交流電圧を重畠してある。

5.2 信号回路

ビデオプロジェクタの映像增幅回路・色復調回路に要求される性能は、高画質カラーテレビジョン受像機に要求されるものと同様に、VTR・LD・BSチューナー等から信号をS/

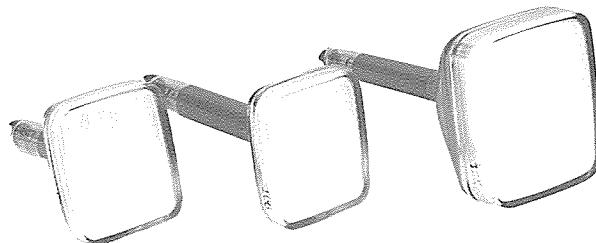


図5. CRTの外観(左:新5.5"赤色・青色CRT,
中央:新5.5"緑色CRT, 右:従来7" CRT)

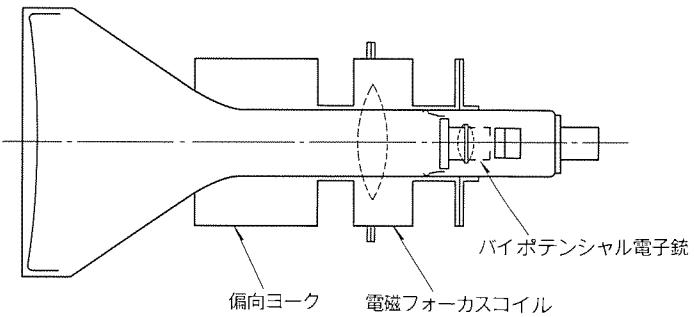


図6. ハイブリッドフォーカス方式CRTの構造

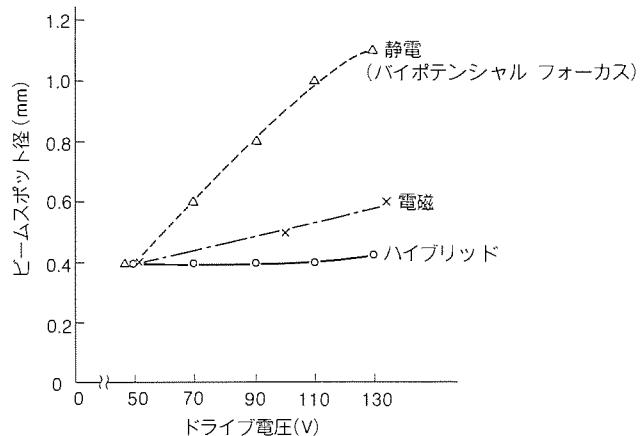


図7. フォーカス特性比較

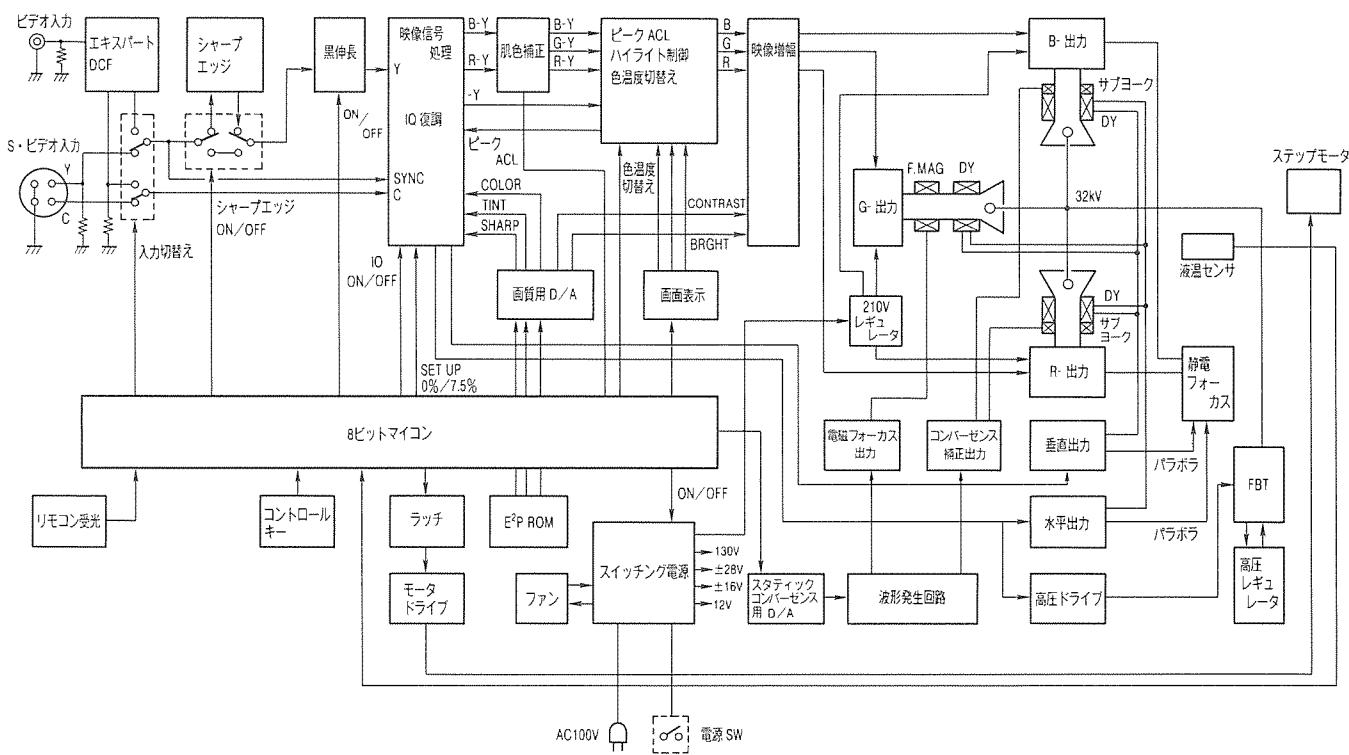


図8. LVP-1000Vのブロック図

*N*を悪化させずに忠実に再生することである。

(1) Y/C 分離回路

NTSC 方式カラーテレビジョン受像機の大画面化で、高画質の妨げには、ドット妨害(色信号成分が輝度信号にクロストークする。)とクロスカラー妨害(輝度信号のうち色信号周波数成分が色信号にクロストークする。)があり、Y/C 分離する方法として多くの方法が開発されてきた。今回採用した Y/C 分離回路は、色信号・輝度信号の非相関エネルギーを画素単位で演算し、3種類のバンドパスフィルターを切り替え適応型デジタル DCF (Dynamic Comb Filter) であり、既に、当社 VTR HV-V 7000 やカラーテレビ CZ 505 シリーズにエキスパート DCF として採用している。図9にエキスパート DCF の基本構成フローチャートを示す。

(2) 映像增幅回路・色復調回路

入力信号に対して忠実な映像を再生するには、映像增幅回路は広い周波数帯域においてフラットな周波数特性・位相特性とリニアな階調特性が要求される。しかし、再生するソフト内容によっては映像輪郭の強調や黒レベルの補正が必要となる。本機は、それらの選択をリモコンで可能とした。

また、色復調回路は NTSC 方式で、最も忠実な色再生を

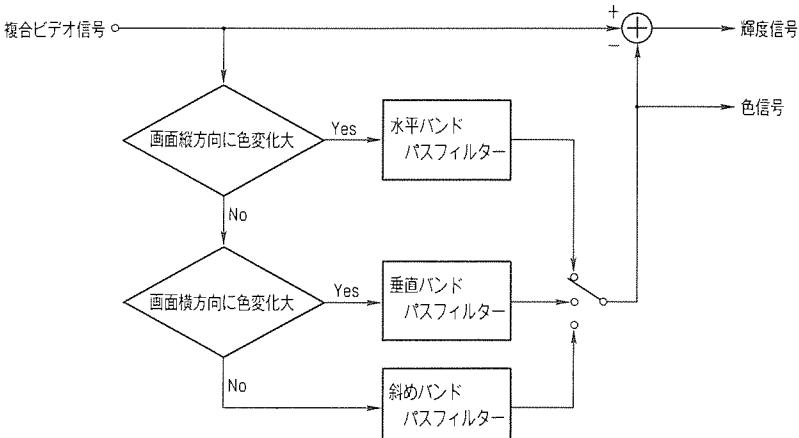


図9. エキスパート DCF の基本フローチャート

する広帯域 IQ 復調を採用するとともに、色相ひずみの多い信号に対してはリモコンで自動肌色補正を可能にした。

6. むすび

3管1レンズ方式投写光学系を採用し、簡易設置性と高画質を兼ね備えた家庭用ビデオプロジェクタを製品化した。簡易設置性の良い液晶方式ビデオプロジェクタ急伸長の中、高画質・高色彩再現性は CRT 方式ビデオプロジェクタが最適である。本機開発で CRT 方式ビデオプロジェクタの本格的な家庭導入が可能となった。

高性能モニター スピーカーシステム“2S-3003”

塙本浩二*

1. まえがき

CD, DAT, 衛星放送等のメディアのデジタル化が進むとともに、一般家庭でも高品質のプログラムソースが容易に入手できるようになってきている。特に、衛星放送Bモード音声フォーマットは、サンプリング周波数48kHz, 量子化数16ビットと放送メディアとしては最高品質の伝送を可能としている。これらに伴い、放送局やスタジオではPCM録音機が主流となり、伝送系のデジタル化が急速に進んでいる。こうした背景から、モニター スピーカーシステムに対しても、高品質ソフトの音質監視を行うため、性能向上の要求が高まっている。

デジタル時代に対応した高性能モニター スピーカーシステムとしては、広帯域再生、低ひずみ化、高耐入力性等の基本性能の向上が求められ、これを具現化するために今回、要素技術、最先端新素材を搭載したモニター スピーカーシステム 2S-3003形(図1)を開発した。

一方、家庭用としても、前記CD, DAT, 衛星放送等の普及により、モニター スピーカーシステムと同様な高性能化が求められる時代となっている。

本稿では、先進技術を導入した次世代モニター スピーカーシステム 2S-3003形と、共通の要素技術を搭載した高性能スピーカーシステム DS-V3000形を開発する上で、中心となった技術について紹介する。

2. デジタル時代のスピーカーシステム

プログラムソースのデジタル化によって、スピーカーシステムは基本性能を高めることが必要となっている。要求される性能に対して次のような要素技術、最先端新素材を開発し、これら技術を搭載することにより、デジタル時代に対応できる高性能スピーカーシステムを実現した。

2.1 新素材振動板の開発

プログラムソースのデジタル化は、超低音域から、DATや衛星放送の20,000Hzの高音域までの均一再生を可能にしている。また、音のS/Nが向上しアナログでは気付かなかつたような微小レベルのノイズも問題にされるようになってきており、スピーカーシステムにはひずみの低減が要求されている。

広帯域再生のうち、特に高域の再生周波数帯域は、スピーカーの振動板材料によるところが大きく、スピーカーの振動

板に要求される物理特性としては、音速 $\sqrt{E/\rho}$ (E:ヤング率, ρ :密度)が大きいことがある。また、共振ピークを抑えてスピーカーの再生特性を平たん化するには、内部損失 $\tan\delta$ を適度に大きくすることが必要となる。

2.1.1 B_4C (炭化ほう素) 振動板

高音用スピーカーの振動板材料としては、紙から金属系材料、セラミックス系材料へと移っているが、内部損失が小さく素材の固有音がでやすいことから、使いこなしの難しい材料が多かった。

今回開発した炭化ほう素(以下“ B_4C ”という。)振動板は、ダイヤモンドに次ぐ高い $\sqrt{E/\rho}$ が得られ、かつ、従来の高音用スピーカーに用いられている材料に比べて、内部損失を大きくとることができる。

こうした魅力ある物性値を持つ B_4C は、非常に高融点(2,450°C)の物質であり、これを振動板に成形することは困難であったが、プラズマ溶射法を導入することによって、 B_4C の振動板の製造法を確立した⁽¹⁾。振動板形状も、図2のような2S-3003形のコーン形振動板から、DS-V3000形のボイスコイルボビンと振動板を一体化した構造のドーム形振動板まで、目的に応じた形状にすることができる。

このようにして製造された B_4C 振動板は、図3のように実測で11,000m/sを超える音速値を得ている。さらに、製造法による特長としてポーラス構造をもたせることにより、内部損失も0.01と従来の金属系単一素材振動板及びセラミックス系振動板に比べ、優れた値を実現している。この結果、2S-3003形では、再生周波数帯域を30,000Hzまで伸ばしながら、かつ、そのピークを抑えることができ、自然で立ち上がりの良い再生音が得られている。

2.1.2 3軸織アラミッド

ハニカム振動板

振動板は、剛体としてピストン振動をすることが望ましいが、振動板の形状と材料物性値により、軸対称モードや

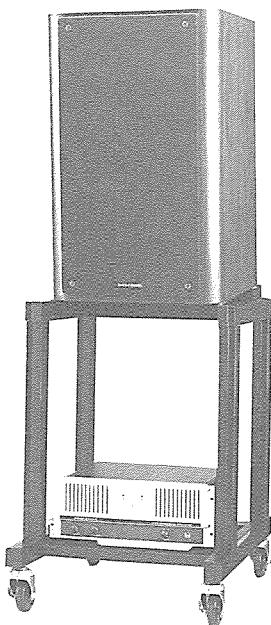


図1. 2S-3003形モニター
スピーカーシステム

非軸対称モードの分割振動が発生し、周波数特性に影響を与える。特に、低音用スピーカーの振動板としては、大きな空気負荷に耐えるために剛性を増したり、非軸対称モードの分割振動を抑えるために振動板の厚みを大きくして曲げ剛性を高めることが必要である。

このような条件を満足させるために、当社では従来、スキン材とハニカムコアから成るハニカム構造を採用している。ハニカム振動板(図4)は、曲げ剛性が高いだけでなく、音速 $\sqrt{E/\rho}$ にも優れている。スキン材に用いる材料としては、優れた引張弾性率、適度な内部損失、成型性の良さから織物が多く用いられている。しかし、従来は2軸の織物であり、図5(b)のような方向性があった。このため、振動板にも方向性があり、径方向に対してアンバランスで、非軸対称モードの分割振動が発生したり、スピーカーユニットの取付け方向による音質の変化があった。

そこで、方向性の少ない織物に着目し、スキン材として、いち早く最先端織物(技術)である3軸織を採用した。3軸織は図6のように、60°の角度で交差(叉)している2本の経糸に、緯糸が構成され、各糸が交叉角60°で織られている。これに対して、従来の織物は、経糸と緯糸が90°の交叉角で織られている2軸構造の織物である。図5に3軸織と2軸織の引張強度の角度依存性を示すが、3軸織の方が方向性が少なく均一な強度を持っていることが分かる。

2S-3003形の低音用スピーカーでは、スキン材に3軸織のアラミッド繊維を用いたハニカム振動板を採用したので、振動板の方向性が少くなり、非軸対称振動モードもできにくく、これに起因するひずみを低減することができた。また、全体に均一な強度を持っているため、指向性による音質の変化も改善されている。

さらに、振動板のエッジにも3軸織アラミッドを採用し、

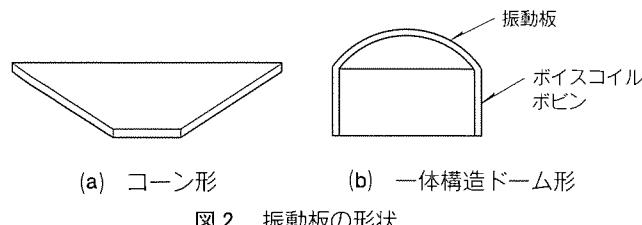


図2. 振動板の形状

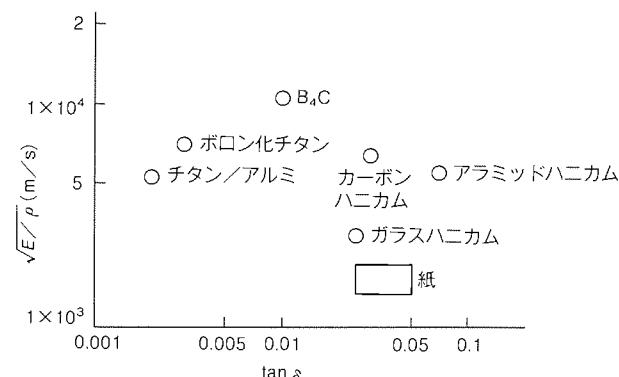


図3. 振動板材料の特性(実測値)

振幅のリニアリティを改善している。3軸織アラミッドエッジは、DS-V 3000形にも採用され、ローリングの少ないピストン振動を実現している。

以上のように、3軸織は優れた織物であるが、まだ、発展途上の技術であり、使用できる機種は限られている。今後の生産性の向上によるコストダウンにより、搭載機種の増加が期待される。

2.2 高性能磁気回路の開発

信号系のデジタル化により、スピーカーシステムのひずみの低減が要求されることは2.1節で述べた。スピーカーシステムのひずみは大きく分類すると振動系のひずみ、駆動系(磁気回路)のひずみがある。振動系のひずみについては、前述したような新素材振動板が用いられることにより、少なくなっている。ここでは、駆動系のひずみの低減について述べる。

スピーカーの磁気回路には、アルニコマグネットを使った内磁型やフェライトマグネットを使った外磁型磁気回路がある。また、AV時代に対応して防磁構造外磁型磁気回路も増えている。これらの磁気回路の解析手法として、有限要素法を用いた直流磁界解析は磁束分布の把握により、磁気回路の

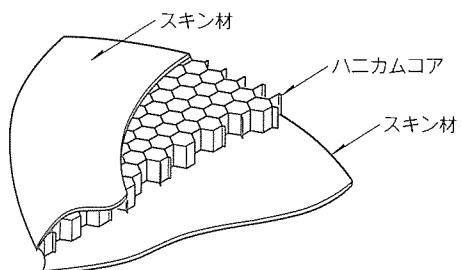


図4. ハニカム振動板の構造

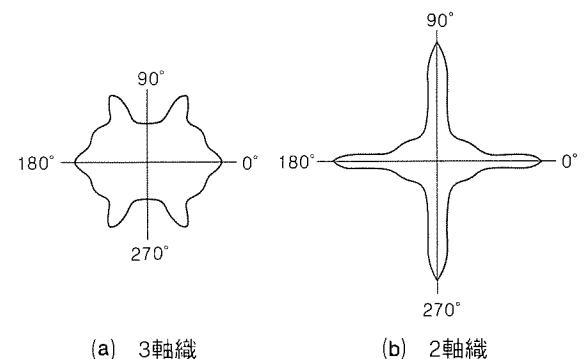


図5. 引張強度の角度依存性

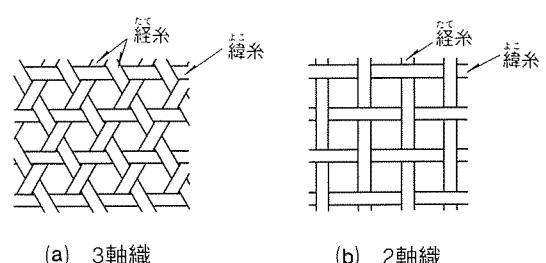


図6. 織物構造

高性能化に貢献してきた。

さらに、最近では防磁構造での動作点の低下による不安定動作の解析や、交流磁束によるひずみの低減を図るために、新たに交流磁界解析を行い、ひずみを定量的に把握した新磁気回路方式 ADMC (Advanced Magnet Circuit) を開発した⁽³⁾。

スピーカー磁気回路付近をモデル化すると、図7のようになります。ボイスコイルに電流が流れると交流磁束が発生する。このとき、磁気回路及び周囲の空間は、マグネットの直流磁束に交流磁束が重畠された状態となっているので、交流磁界解析をすることが必要となってくる。

ひずみを小さくするには、直流磁束密度成分を大きくする、又は交流磁束密度成分を小さくする方法が考えられる。低音用スピーカーの場合、低域特性と直流磁束密度成分とは密接な関係にあり、必ずしも直流磁束密度成分を大きくすれば良いわけではない。そこで、交流磁束密度成分を小さくすることが必要となり、交流磁界解析を行った。その結果、2S-3003形では図8のようにアルニコマグネット内磁型の磁気回路のギャップ部の上下に交流磁束抑制リングを装着し、ポールピースを高くしている。これは、ボイスコイルから発生した交流磁束をリングの渦電流で減少させるとともに、ボイスコイル周辺部を上下対称形に近づけることにより、交流磁束を相殺しやすくなるための構造である。新磁気回路方式

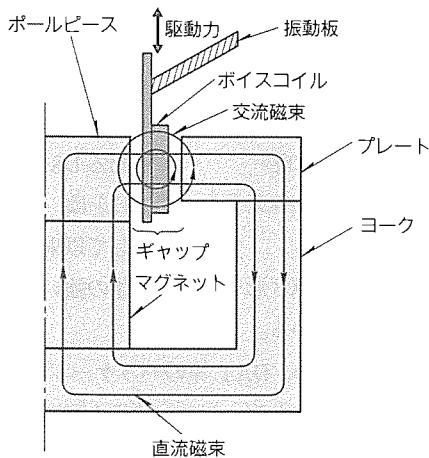


図7. 磁気回路の直流磁束と交流磁束

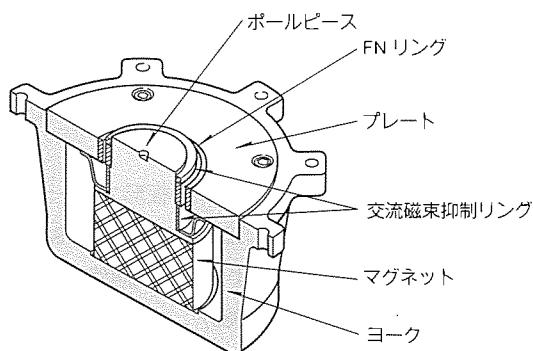


図8. ADMCの構造

ADMCと新素材振動板の採用により、ひずみは従来の1/3に低減している。

新磁気回路方式 ADMC は、DS-V 3000 形の低音用、中音用スピーカーにも搭載され、ひずみを少なくし、入力波形を忠実に再生している。

2.3 計測・解析技術

高性能化への技術を正しく評価する技術も重要であり、同時に開発してきた。ここでは、デジタル計測のデータ処理技術の一つであるウイグナー分布⁽⁴⁾と、コンピュータによる解析技術について述べる。

2.3.1 ウイグナー分布

スピーカーを解析するツールとして、デジタル計測技術は音を周波数領域と時間領域の応答としてとらえることができる。人間が実際に聴いている音は、時々刻々変化しており、音の時間領域上の評価は高性能なスピーカーを開発する上で重要である。

ウイグナー分布は、インパルスレスポンスを使用して、周波数領域と時間領域との応答を総括的に処理した計測技術である。また、立ち上がり応答と、立ち下がり応答を同時に表現するとともに、周波数領域と時間領域との平面上でのエネルギー分布を表している。

表示法として横方向に周波数軸を、奥行方向に時間軸を、そして縦方向にパワー・レベルをそれぞれとて三次元的に表現することができる。図9に2S-3003形のウイグナー分布を示す。同図で3 ms から 3.5 ms まではスピーカーユニットから放射されるエネルギーを示しており、立ち上がりと立ち下がりの早いことが分かる。また、3.5 ms 以降の低域部はエンクロージャから放射されるエネルギーで、適度な響きのあることが分かる。そして、他の部分のエネルギーの放射がないことから、不要なふく射が少ないと分かる。こうした計測技術によって、音の立ち上がりと立ち下がりを把握することができ、スピーカーの過渡特性の解析には重要なツールとなっている。

2.3.2 コンピュータによる解析技術

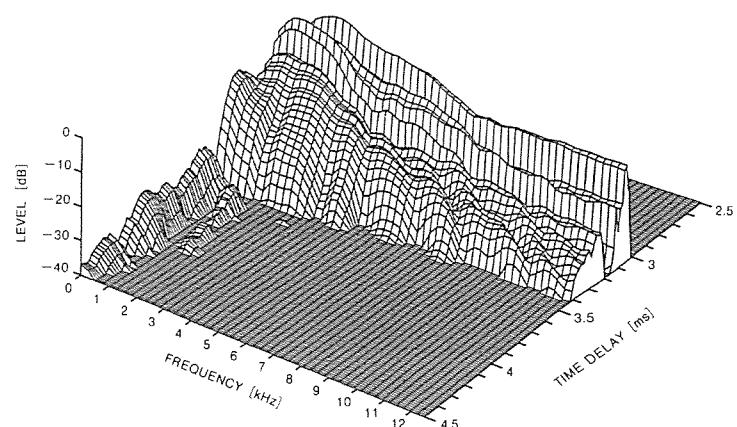


図9. 2S-3003形のウイグナー分布

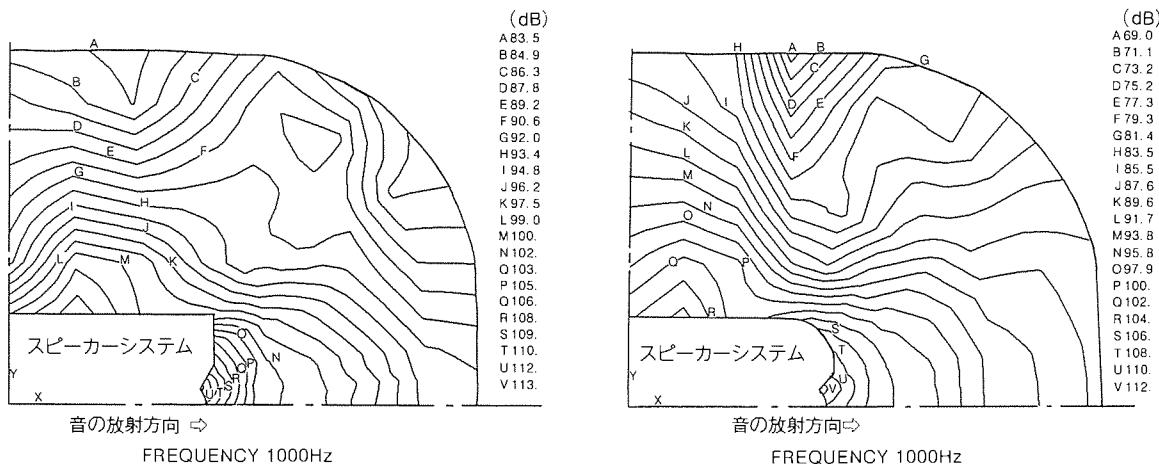


図10. バッフル形状の音場解析

表1. 2S-3003形の定格

方式	: 2ウェイバスレフ方式
構成 低音用スピーカー	: 32cm コーン形 3軸織アラミッドハニカム振動板 ADMC(Alnico - Version)
高音用スピーカー	: 5cm コーン形 B_4C 振動板
ネットワーク	: 2,400Hz HPF(高音用のみ)
公称インピーダンス	: 8Ω
再生周波数帯域	: 39~30,000Hz
最大入力	: 300W(EIAJ)
出力音圧レベル	: 94dB/W/m
最大音圧レベル	: 119dB/m
反共振周波数	: 39Hz
本体寸法	: 幅 510mm 高さ 840mm 奥行 490mm(ネットグリル含まず。)
本体質量	: 54kg
備考	: パワーアンプ外付け

スピーカーの解析技術は、コンピュータの大容量化、高速化によって有限要素法や、境界要素法による解析が可能になってきている。有限要素法による解析の一例としては、2.2節で述べた磁気回路の磁界解析がある。

境界要素法による解析の一つとして、音場の解析があり、一例を図10に示す。ここでは、エンクロージャの前面バッフルのコーナが、角形形状のものとラウンド形状のものを解析し比較してある。同図(b)角形バッフルでは、振動板の近くとエンクロージャの角とのパターンの変化が大きく、回折の生じていることが表れている。(a)ラウンデッドバッフルの方は、コーナ部へのパターンの変化が緩やかで、円形に近いことが分かる。このようなシミュレーションにより、あらかじめエンクロージャの形状の違いによる音場を予測することができる。2S-3003形、DS-V3000形の最適ラウンド形状の決定においても有効な手段となった。

3. むすび

2S-3003形モニタースピーカーシステムとDS-V3000形スピーカーシステムに搭載した要素技術・最先端新素材を中心紹介してきた。最後に2S-3003形の定格を表1に示す。

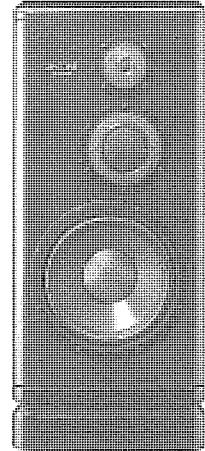


図11. DS-V3000形スピーカーシステム

また、前記各種最新技術を搭載した民生用スピーカーシステムであるDS-V3000形(図11)は、1990年に発売して以来、好評を博している。なお、2S-3003形も一般市販化の強い要望があり、受注生産を開始している。

放送メディアやCD、DAT等のパッケージメディアの高品質化が進み、本格的なディジタル時代の到来により、送り出し側の音質監視とともに、それらを再生する家庭側においても、このような高性能スピーカーシステムへの需要が高まるものと期待される。

参考文献

- (1) 竹之内研一：炭化硼素(B_4C)振動板について、JAS Journal, 29, No.5, 11~13 (1989)
- (2) 田中準一、八嶋修、酒井新一：平板形スピーカーの解析、三菱電機技報, 54, No.12, 887~890 (1980)
- (3) 倉持仁一：交流磁界解析による新磁気回路、JAS Journal, 29, No.3, 19~26 (1989)
- (4) 伊藤実：ウイグナ分布、JAS Journal, 28, No.4, 50~55 (1988)

給気用高性能フィルター付きダクト用 スポットライ《ロスナイ》VL-1600ZC

快適生活志向とともに、「きれいな空気の部屋に住みたい」というニーズは年々高まりつつあります。特に、外気の汚れがひどく、換気するにもそのまま外気を取り入れることができない環境においては、問題は深刻です。このようなニーズに応えるべく開発されたVL-1600ZCは、従来の快適換気が行える《ロスナイ》の特長に加え、給気用高性能フィルターの搭載により、外気の汚れを確実にキャッチし、新鮮でクリーンな空気を供給します。

特長

●給気用高性能フィルター内蔵

室内への給気経路に高性能フィルターを内蔵したことによって大気中の花粉、砂塵、火山灰等を大幅に除去し、室内の汚れた空気を排出すると同時に新鮮でクリーンな空気を供給します。

※フィルターの耐用時間は約6000時間です。

(外気塵埃濃度0.1mg/m³、処理風量100m³/h、使用時間8時間/日)

※フィルターの捕集効率は比色法で75%です。

(JIS 11種ダスト使用時)

※フィルターは難燃性です。

(JIS L 1091区分3に合格)

※フィルターには抗菌、抗カビ性があります。

(JIS Z 2911による)

●快適換気

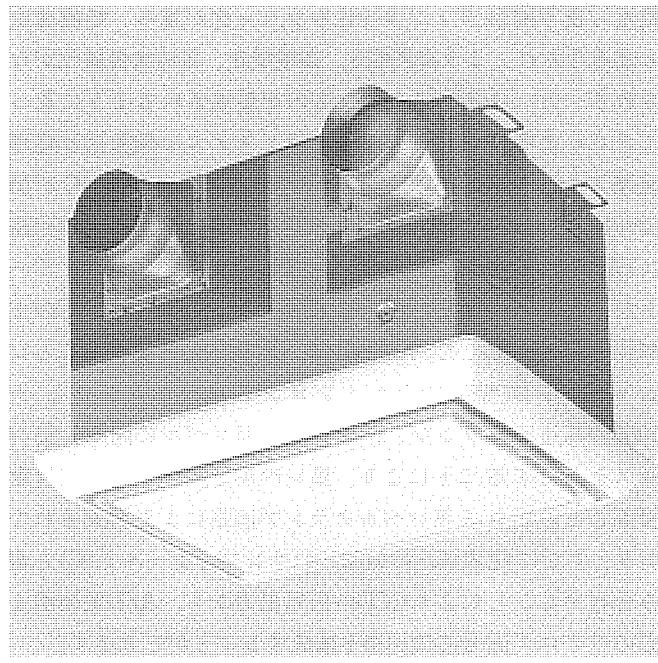
熱交換器内蔵の同時給排換気を行う《ロスナイ》なので、省エネ、防音、結露防止といった機能を維持しつつ、冷暖房の効果を損なわない快適換気が実現できます。

●施工性向上+工事費削減

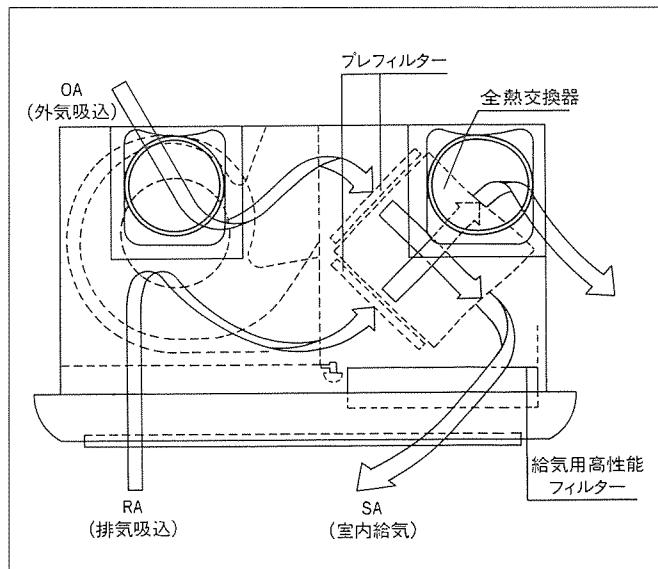
外気処理を行うためにシステム部材との組み合わせ設置を行う方法に比べ、施工性が一段と向上。設置のための時間や手間も、従来より削減できるため、工事費が少なくすみます。

仕様

形名	給排	周波数(Hz)	ノッチ	消費電力(W)	風量(m ³ /h)	熱交換効率(%)			騒音(ホン)	質量(kg)	接続パイプ(市販品)
						温度	エンタルピー暖房時	エンタルピー冷房時			
VL-1600ZC	強制同時給排	50	強	40	120	72.5	58	53.5	38	12.5	4番(Φ100)
			弱	24	80	77	62	58	32		
		60	強	49	140	70.5	56.5	51.5	40.5		
			弱	26	72	78	63	59	30		



給排パス概念図



黒レベルクランプ付き スポットライ 高速ゲインコントロールIC

最近の複写機はデジタル化やカラー化が進み、処理速度も高速化され、より高性能化、高機能化、高付加価値化がなされる一方、小形で低価格なものが要求されるようになってきています。このような複写機システムの画像信号処理回路の、小形化、高性能化のために開発されたICがM52991です。従来、複写機システムのアナログ信号処理回路(CCD出力から、A/D変換前まで)は、大半がディスクリートで組まれていましたが、Bi-CMOS技術を使用し、その小形化を実現しました。M52991は、DC電圧を可変することによりゲイン調整可能なゲインコントロールアンプと、+10dBの高速反転アンプ、画素信号の黒レベルに同期したパルスを入力することにより、黒レベルを基準とした信号を得ることのできる黒レベルクランプ回路により構成されており、すでに発表済みのM52990(サンプルホールドIC)と組み合わせることによりCCDの信号出力から、A/D変換前までのアナログ信号処理回路を構成することができます。

特長

〈構造〉

- ゲインコントロールアンプ、高速反転アンプ、黒レベルクランプ回路の、3つのブロックにより構成されています。

〈性能〉

●ゲインコントロールアンプ

- DC電圧をゲインコントロール端子に入力することにより、±10dBのゲイン調整が可能です。
- カットオフ周波数は、26MHz以上です。

●高速反転アンプ

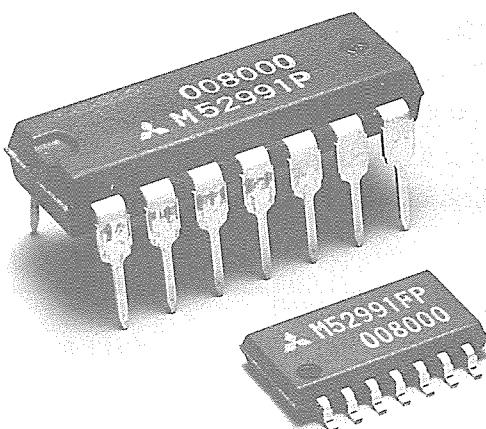
- ゲイン±10dBの反転アンプを内蔵しています。
- カットオフ周波数は、40MHz以上です。

●黒レベルクランプ回路

- CCDからの出力画素信号の黒レベルの部分に同期したパルスを、黒レベルクランプ端子に入力することにより、黒レベルを基準とした信号を得ることができます。

〈電源〉

- ±5Vで、消費電流24.5mA(標準)の低消費電力設計です。



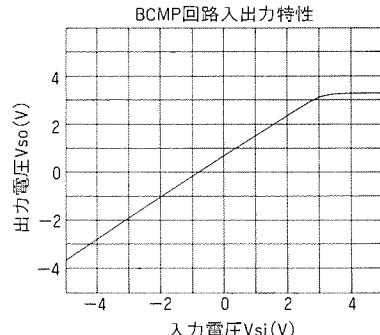
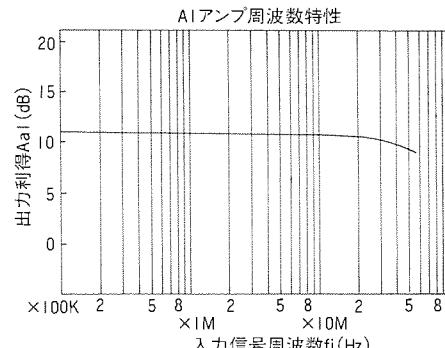
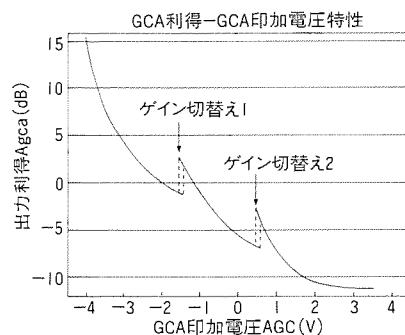
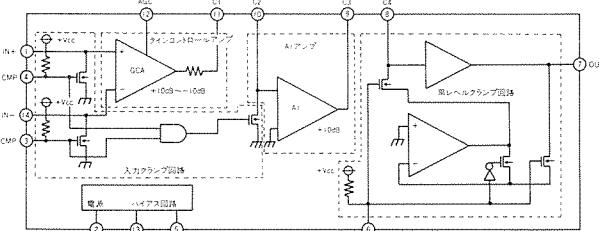
〈外形〉

- 14pinのDIP(M52991P)と、14pinのフラットパッケージ(M52991FP)の2種類の小形プラスチックモールドパッケージを採用しています。

〈用途〉

- 複写機
- ファクシミリ
- その他、各種信号処理回路

ブロック図





特許と新案* * *

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産専門部
特許営業グループ Tel(03)3218-2137

零相電圧導出装置 (特許 第 1321564 号)

この発明は、地絡事故時に発生する零相電圧を導出する零相電圧導出装置に関するものである。

高圧需要家では地絡保護として、地絡事故時に発生する零相電圧と零相電流の位相を判定して地絡事故区間を選択遮断する地絡方向継電器が使用されており、零相電圧の導出装置としてコンデンサ分圧形零相電圧導出装置（以下，“ZPD”という。）が使用されている。

従来のZPDの出力電圧は絶縁トランスの励磁インピーダンスの両端電圧としているので、地絡点故障抵抗の抵抗値が変化すれば、ZPDとしての変成比が変化し、また回路の共振条件がくずれるため零相電圧電源の電圧位相とZPDの出力電圧の電圧位相との間に位相角が生じ、地絡方向继電器の動作に支障をきたす場合がある。

この発明は、このような欠点を解消するためになされたもので、図1の本発明の実施例及び図2の実施例における一線地絡事故時の等価回路に示すようにZPD(4)を従来の構成に対し、リアクタンスが地絡点故障抵抗(7)の抵抗値にかかわらず一定となるように共振用リアクトル(40)を付加して、その共振状態がくずれることがないようにし、また、絶縁トラ

繼電器用タップ整定装置

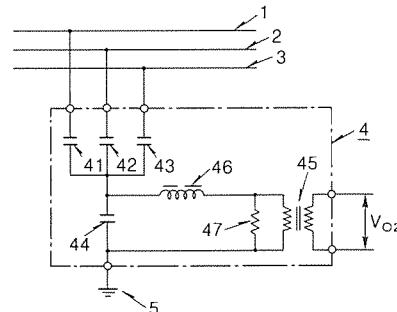
この考案は、継電器の応動値を切替え整定するタップ整定装置に関するものである。

従来の装置では、継電器の応動値を整定する場合、タップねじをねじ込まねばならず、その締付け具合を点検管理する必要があり、また、プリントカードとタップ整定装置・表示ランプ及びジャック端子は別個に取付けられているため、これらの部品が継電器に組立て完成されて初めて確認試験ができる構成になっており、継電器の生産性が低いなどの欠点があった。

この考案は、このような欠点を解消するためになされたもので、図1の実施例、図2の主要部拡大図に示すように、タップ整定装置(30)の後方にプリントカード(9)を取り付け、各共通端子(32)・各整定端子(33)及び点検用の各ジャック端子(35～37)を絶縁受台(31)に一体に埋込み装着し、この絶縁受台(31)に表示ランプ(11)を差込み取付けるようにし、タップ整定とプリントカードの確認試験が、継電器に組立てられる前に単体で行える構造としているので、プリントカ-

ンス(45)の励磁インピーダンス(45e)に比し十分小さな抵抗のダミー抵抗(47)を付加し、ダミー抵抗の両端より出力電圧を導出するようにして、地絡点故障抵抗の抵抗値の影響を排除した。

以上のようにこの発明によれば、地絡方向継電器の動作に支障をきたすことのない理想的なZPDを得ることができる。



1

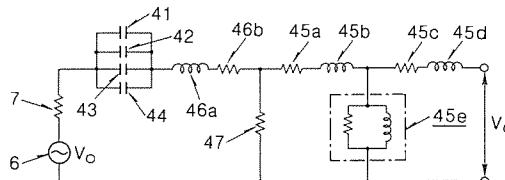


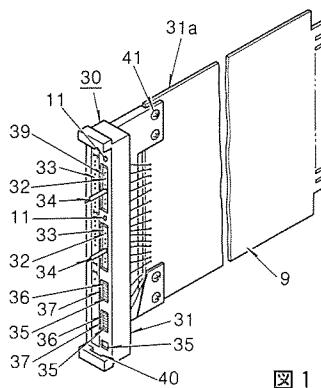
圖 2

(実用新案登録 第1629826号)

考案者 観見 幸次

ドの部品が不良であっても、プリントカードを引き抜いて交換することにより、簡単に修復ができる、生産性を向上させることができる。さらに、タップ整定をプラグ方式としているので、整定操作が極めて容易に行え、保守が容易で信頼度を向上させることができる。

以上のようにこの考案によれば、単体で確認試験が可能な、保守性のよいタップ整定装置を得ることができる。



1

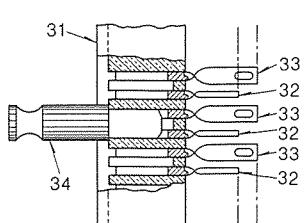


图 2



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産部外部
特許営業グループ Tel.(03)3218-2137

ハードコピー切換装置 (特許 第1474320号)

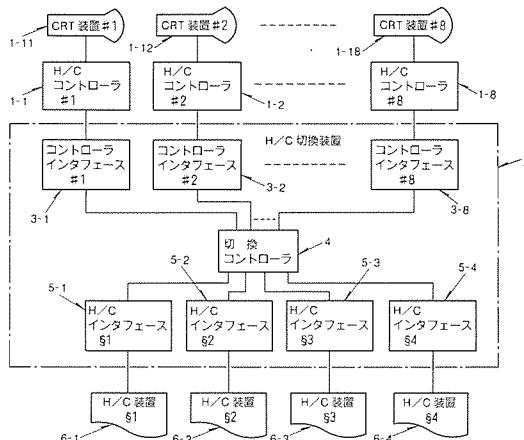
発明者 鎌田 孝

この発明は、複数のプラウン管表示装置(以下“CRT”という)に対しCRTの総数よりも少ないハードコピー装置(以下ハードコピーを“H/C”という)が設けられ、H/C装置を切換使用して任意のCRTの表示画像のH/Cを作成する場合のH/C切換装置に関するものである。

従来のH/C切換装置は、1台のH/C装置を2台のH/Cコントローラで切換えて使用するもので、接続されるH/Cコントローラの数に対するH/C装置の数が2対1、4対2、8対4であり、例えば5対3の切換機能があればよい場合にも8対4の切換装置を使用せねばならず、H/Cコントローラに対するインターフェースが3台分、H/C装置に対するインターフェースが1台分無駄になるという欠点があった。また、任意のH/Cコントローラから任意のH/C装置へデータを出力する手段を備えていないため、H/C装置の自由度が制限されていた。

この発明は、このような欠点を解消するためになされたもので、図の実施例に示すように、H/C切換装置(2)に、H/C

Cコントローラ(1)に1対1に対応するコントローラインターフェース(3)と、H/C装置(6)に対し、1対1に対応するH/Cインターフェース(5)を設けることにより、すべてのコントローラインターフェースとすべてのH/Cインターフェースとを、切換コントローラ(4)により自由に接続可能とし、CRTとH/C装置の無駄のない、かつ切換えの自由度の高いシステムを提供することができる。



（次号予定）三菱電機技報 Vol. 65 No. 9 縫製機器特集

特集論文

- 縫製機器特集に寄せて
- 縫製機器の展望
- アパレルファクトリーのFAシステム
 - “三菱インテリジェント ソーイングシステム”
- 電子パターン縫いミシン PLK-Aシリーズ
- 電子パターン縫いミシン用入力装置“PTN-Aシリーズ”
- 1本針本縫い上下送りミシン《LY2-3750-B1T》
- 2本針本縫い針送りミシン新LT2シリーズ
- 工業用ミシンの上軸に生じる衝撃トルク
- ミシン用ACサーボ装置《リミサーボX》Aシリーズ

●レーザ裁断システム

- 普通論文
- 産業用ロボット《MELFA》ピックアーム RV-P33
- 三菱オフィスコンピュータ
 - 《MELCOM80 GEOC》システム300GRのハードウェア
- ナビゲーション AVMシステム
- 多機能有線ページングシステム
- 自動車用半導体微差圧センサ MPS5501P
- 第二世代 1Mビット デュアルポートメモリ
- S-VHS用Σセンドグストヘッド

三菱電機技報編集委員

委員長	山田 郁夫
委員	名畑健之助
〃	福岡 正安
〃	宇佐美照夫
〃	風呂 功
〃	大原 啓治
〃	松村 恒男
〃	名取 直幸
〃	吉岡 猛
〃	鳥取 浩
〃	岡田 久雄
幹事	長崎 忠一
8月号特集担当	松村 恒男

三菱電機技報 65巻8号

(無断転載を禁ず)	1991年8月22日 印刷
	1991年8月25日 発行
編集兼発行人	長崎 忠一
印刷所	千葉県市川市塩浜三丁目12番地(〒272-01) 菱電印刷株式会社
発行所	東京都千代田区大手町二丁目6番地2号 日本ビル6階(〒100) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報」Tel.(03)3218局2806
発売元	東京都千代田区神田錦町三丁目1番地(〒101) 株式会社 オーム社 Tel.(03)3233局0641代、振替口座東京6-20018
定価	1部721円(本体700円) 送料別 年間予約は送料共9,373円(本体9,100円)

三菱低圧気中遮断器 Super AEシリーズAE-SS形



電力需要の増大による大容量化、高遮断容量化はもちろん、最近では、高度情報化が進むにつれ、給電の信頼性が強く要求されるとともに、給電品質の向上、安全性および使いやすさへの配慮が強く求められています。一方、パワーエレクトロニクス機器の普及による高調波への対応やインテリジェントビルなどに見られるような配電設備の省スペース化、システム化、ネットワーク化への対応など新たなニーズが生まれています。このような社会環境の変化に対応するために、遮断容量の格上げ、小型軽量化はもちろん、気中遮断器の引きはずしリレーに充実した予知予防機能と状態表示機能を搭載。電力供給の無瞬断化やネットワーク化への対応力の強化を図りました。また、気中遮断器全体をモールドケースで覆い、小型ながら今まで以上に安全性が向上した、配線用遮断器としても使用できる新しいタイプの気中遮断器を開発しました。

特長

- 遮断容量が30%（当社比）もアップしました。
- 30%以上の小型、軽量化を実現しました。
- 盤設計が容易になりました。
 - 外形寸法を3種類から2種類に削減。
 - 引出タイプの取付ピッチを全機種同一化。
- 配線用遮断器規格（JIS C 8370）に適合する仕様となりました。ノーヒューズブレーカとしての使用が可能です。
- アーススペース「0」を実現しました。
- 歪波形に強い実効値検出方式の引きはずしリレーとしました。電子機器の保護に最適です。
- 引きはずしリレーを4種類用意しました。ニーズに応じて最適の選定が可能です。

用途区分	シリーズ	備考
一般保護用	C	遮断器の基本機能（長限時、短限時、瞬時）を備えたスタンダードタイプです。
	S	主幹用に求められる特性をすべて備えている多機能タイプです。
発電機保護用	M	自家用および船舶用の発電機を保護する特性を備えています。

- 選択協調を容易にするため、引きはずしリレーの特性可調整範囲をさらに広く、また、設定ポイントをより多段方式にしました。
- 負荷電流表示などの表示機能を充実しました。通電状態などを、迅速、適格に識別可能です。
- 引きはずしリレーは、このほかにも広範囲にわたる保護機能と、付属装置を用意しています。
 - 漏電保護（ER）付リレーと外部ZCTを組合わせて、1～5 A の漏電保護。
 - 中性極の過電流保護（NP）。
 - 全シリーズにプレアラーム（PAL）機能。
 - 負荷電流測出力（LM）機能。
 - 主接点の異状温度アラーム（TAL）機能。
 - 状態監視（B/NET）と連絡する伝送機能など。

形名	AE630-SS	AE1000-SS	AE1250-SS	AE1600-SS	AE2000-SS	AE2500-SS	AE3200-SS
フレームの大きさ (A)	630	1000	1250	1600	2000	2500	3200
定格絶縁電圧 (AC.V)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
定格使用電圧 (AC.V)	690	690	690	690	690	690	690
極数 (P)	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4
定格電流(A)	一般保護用 (定格電流可調整)	315-378-441-504-567-630 250-300-350-400-450-500 157-189-220-252-284-315 100-120-140-160-180-200	500-600-700-800- 900-1000	625-750-875- 1000-1125-1250	800-960-1120- 1280-1440-1600 800-960-1120- 1280-1440-1600- (JEC160に適用)	1000-1200-1400- 1600-1800-2000- 800-960-1120- 1280-1440-1600- 625-750-875- 1000-1125-1250	1600-1920-2240- 2560-2880-3200 1600-1920-2240- 2560-2880 (JEC160に適用)
	発電機保護用 (定格電流固定)	315<In≤630 200<In≤315 100≤In≤200	500≤In≤1000	625≤In≤1250	800≤In≤1600	1000<In≤2000 625≤In≤1000	1250≤In≤2500
中性極の通電容量 (A)	630	1000	1250	1600	2000	2500	3200
定格遮断電流 (kA対称実効値)	JIS C 8372	瞬時 引きはずし付	AC550V 50/105	50/105	50/105	65/143	65/143
	JEC 160	瞬時 引きはずし 無(MCR付)	AC460V 65/143	65/143	65/143	85/195.5	85/195.5
定格投入電流 (kA波高値) 遮断責務 O-CO-CO,	IEC 947-2	瞬時 引きはずし付	AC690V 50/105	50/105	50/105	65/143	65/143
	VDE 0660	瞬時 引きはずし 無(MCR付)	AC600V 42/88.2	42/88.2	42/88.2	85/187	85/187
			AC500V 50/105	50/105	50/105	50/105	50/105
			AC500V 65/143	65/143	65/143	65/143	65/143