

# 業務用空調機の省エネルギー性の向上

Commercial Air Conditioners Offering Higher Energy Conservation

井上 常俊  
T. Inoue

店舗・オフィス向け業務用空調機の省エネルギー性を向上させた新製品として、天井カセット型室内機とインバータ室外機（容量制御型室外機）を組み合わせたインバータカスタムエアコン 11 機種を 1996 年 12 月から発売した。省エネルギー技術として、①高効率スクロール圧縮機、②熱交換器性能の向上、③電子制御弁による最適冷媒制御、④応答性を改善する GA（遺伝的アルゴリズム）制御、⑤居住空間の快適性を判断して省電力運転を行う快適制御、などを織り込むとともに、据付け性、メンテナンス性を向上させた。現在、主流である定容量型のカスタムエアコンに対して、年間消費電力量を約 1/2 に低減させた（60 Hz 地区、当社試算値）。

Toshiba introduced a new commercial air conditioner series for shops and offices (11 models of the 4-way cassette indoor unit and inverter-aided outdoor unit configuration) featuring higher energy conservation in December 1996. The new series reduces electric power consumption in heat pump operation to approximately 50% (estimate for 60 Hz models) due to the use of new technologies, and also permits easier installation and maintenance.

Among the features of the new air conditioner series are (1) higher efficiency of compressors, (2) higher efficiency of heat exchangers, (3) optimum refrigerant cycle control by electronic control valves, (4) genetic algorithm control to improve response, and (5) comfort control in energy-saving operation by dwelling-space comfort index prediction.

## 1 まえがき

店舗・小事務所向けの業務用空調機器分野では、新築ビルの減少に伴い、新規購入需要が減り、代わって、設備のリニューアルに対応した買替・増設需要が伸びてきている。このようなリニューアル需要では、日常のメンテナンス性の良さや使いやすさ、既築ビルへの据付け工事の容易さが求められるとともに、低ランニングコストも選定条件になっている。

近年、家庭用電気製品分野では、ルームエアコン・冷蔵庫・洗濯機の省電力化が進んでいる。特に、ルームエアコン分野では、インバータ駆動圧縮機による容量制御型エアコン（以下、インバータエアコンと略記）が需要の主流であり、容量制御の特長である“省電力性”を最大限に引き出すための機器の開発・改良が著しく進歩した。

一方、業務用空調機分野では、商用電源駆動圧縮機を用いた定容量型エアコンが主流であり、省エネルギー性に優れたインバータエアコンの需要は 20%程度にとどまっている。

業務用空調機の省エネルギー化は重要な技術課題であり、インバータエアコンの普及拡大は地球環境保全の面からも推進しなければならない事項である。インバータエアコンが省エネルギー性に優れていることに対する正当な認知を得るためには、現状の主流である定容量型エアコンに対して大幅な省エネルギー性をもたせることが必要である。

その意味から、定容量型エアコンに対して、年間消費電力量を約 1/2 にできるインバータ空調機を開発した（60 Hz 地区での年間消費電力量の当社試算値による）。

## 2 システム概要

当社の店舗・オフィス向け空調機である“東芝カスタムエアコン”の中から、もっとも需要の多い形態として、天井カセット型 4 方向吹き出しタイプ（図 1）を選定し、省エネルギー化を図った新モデル 11 機種を開発した（冷房能力

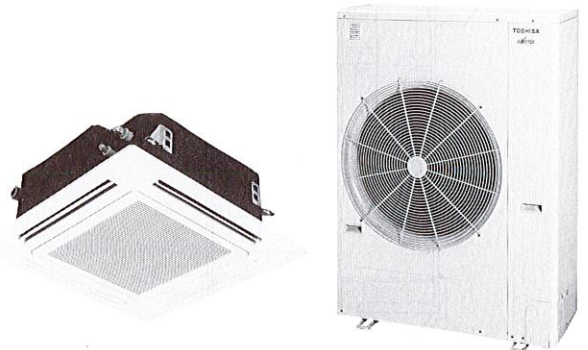


図 1. 新開発室内機・室外機 新開発の天井カセット型 4 方向吹き出しタイプ室内機と、省エネルギー化を図った容量制御型インバータ室外機。

Newly developed indoor unit and outdoor unit

ランク 5.0~16 kW)。

今回、代表として冷房能力 14 kW (5 馬力) 機種の技術開発内容について述べる。

### 3 省エネルギー実現の要素技術

省エネルギー化達成方法を次の 2 点に分けて検討した。

- (1) 要素部品の改善による省エネルギー性向上 (ハードウェアアイテム)
  - (a) 高効率スクロール型圧縮機の開発
  - (b) 熱交換器性能の向上
  - (c) 送風機性能の向上
  - (d) 電子制御弁による最適冷媒制御化
- (2) 室温制御改善による省エネルギー性向上 (ソフトウェアアイテム)
  - (a) 快適指数 (PMV) をベースとした省エネルギー制御

#### 3.1 高効率スクロール型圧縮機の開発

従来の圧縮機構造は旋回スクロールと固定スクロール間のシールにチップシールを用いていたため、すき間から冷媒漏れが多く、性能向上には限界があった。

新開発圧縮機では、チップシール方式を廃止し、固定スクロールを高圧側冷媒の圧力で押さえ込み、旋回スクロールに密着させる方式とした。図 2 に内部構造を示すが、この方法で圧縮冷媒の漏れを大幅に低減でき、さらに、モータ効率の改善も含めて、圧縮機単体性能 (COP : エネルギー

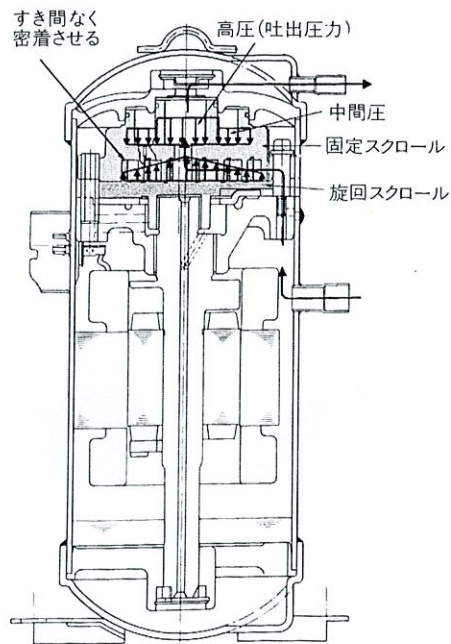


図 2. 新開発スクロール型圧縮機 圧縮冷媒漏れを低減する新構造により、高効率化を実現した。

Structure of newly developed scroll compressor

消費効率) を 30 % アップした。空調機としての消費電力量低減効果としては約 10 % 低減を達成した。

#### 3.2 熱交換器性能の向上

室外機では、熱交換器の列数を 1 列から 2 列に増やすとともに、パイプの細径化を図った。

フィンパターンの設計には、シミュレーション技術を用いて 2 列化に伴う通風抵抗の増大を極力抑え、もっとも熱伝達率が高くとれるスリットパターンを開発した。

パイプ径は、従来の  $\phi 9.52$  mm から  $\phi 8.0$  mm に細径化し、管内冷媒熱伝達率を向上させた。この結果、従来の定容量型室外機の熱交換器に対し、熱交換器単体性能を 30 % 向上させることができた。

室内機の熱交換器は、フィンピッチを縮小し、10 % の性能向上を図った。

また、熱交換器の内容積を増やすことなく性能を向上させるとともに、冷媒量の低減も実現できた。

#### 3.3 送風機性能の向上

室外機では、熱交換器 2 列化に伴い通風抵抗が増加したが、従来使用していたファンブレードでは、ブレード表面での圧力変動が大きくなり、送風音の問題から風量のアップは困難であった。

そこで、ブレード長さを長くし、ファン表面での圧力変化率をもっとも小さくなるように、複合曲面をもつブレード形状を開発した (図 3)。また、ベルマウス形状を 2 変曲率型形状にし、吸入気流の改善による風量アップを図った。この改善によって、送風騒音を増大することなく約 10 % の風量アップを図ることができた。

室内機では、送風路の抵抗を低減することで、フィンピッチ短縮時の通風抵抗増大をカバーし、低騒音化と風量アップを実現した。

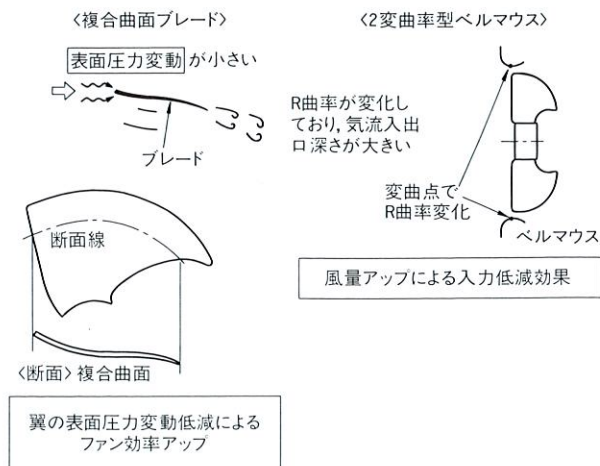


図 3. 送風機の改善 ファンブレードとベルマウスを改善し、低騒音化を図りながら風量増加を実現した。

Improved fan blade and bell mouth

### 3.4 電子制御弁による最適冷媒制御

従来、使用していた温度式自動膨張弁に変えて、冷媒制御を行うステッピングモータ駆動による電子制御弁を採用した。

冷凍サイクルの安定性向上、立上がり時や冷凍サイクルの変動時などの過渡的な応答性向上を含めた弁開度制御の最適化手法として、GAを用い、安定性と応答性を両立した制御方式を開発した。

制御内容としては、冷媒過熱度の時間変化量と目標過熱度と実際の過熱度の差をパラメータとして、電子制御弁の補正量を決定するもので、電子制御弁開度変化量や、安定までの時間を評価関数にし、最適化を行った。

## 4 省エネルギー制御 (ソフトウェアによる省エネルギー)

続いて、制御によって実現した省エネルギー方法を説明する。インバータの容量制御による省エネルギー効果は、パワーセーブによって、より効率の高い運転を継続することによる。

図4に示すように、もっとも効率の良い運転は50 Hz 付近の運転であることがわかる。また、運転を継続することによって、断続運転時の始動に要するロスを低減することができる。

新製品では、さらに、省エネルギーを実現するため、“省エネルギー運転モード”を搭載した。このモードは、空調室内にいる人の体感(快適性)を判断し、消費電力を抑える制御である。

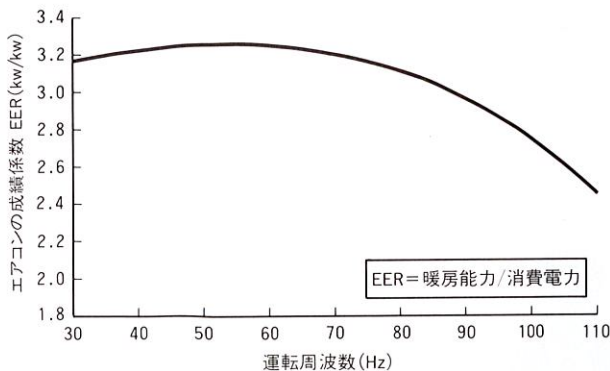


図4. 運転周波数と成績係数 インバータの周波数が約50 Hzでもっとも効率の良い運転をすることができる。

EER running frequency characteristic

### 4.1 快適な環境

まず、われわれにとって快適な環境とはどういう条件であるかということをお部屋運転時を例にとって説明する。例

えば、同じ室内空気温度が24°Cであっても、外気温が2°Cのときと12°Cのときでは室内に居る人の感じかたは異なる。壁や窓からの輻射熱の違いから、前者の場合は寒く感じ、後者の場合は暑く感じるものである。

人の感じかたを評価する指標として、快適指数(PMV)を用いる方法がある。室温、湿度、風の流れ(風速)、輻射、着衣量、代謝量の六つの要素によって快適性を指数化するもので、プラス側は暑い、マイナス側は寒いと感じ、0のときがもっとも快適と感じる(図5)。

この指数を基に、人がもっとも快適でいられる環境であるPMV値-0.5~0.5の範囲内に制御することによって、むだなエネルギーを低減することができる。

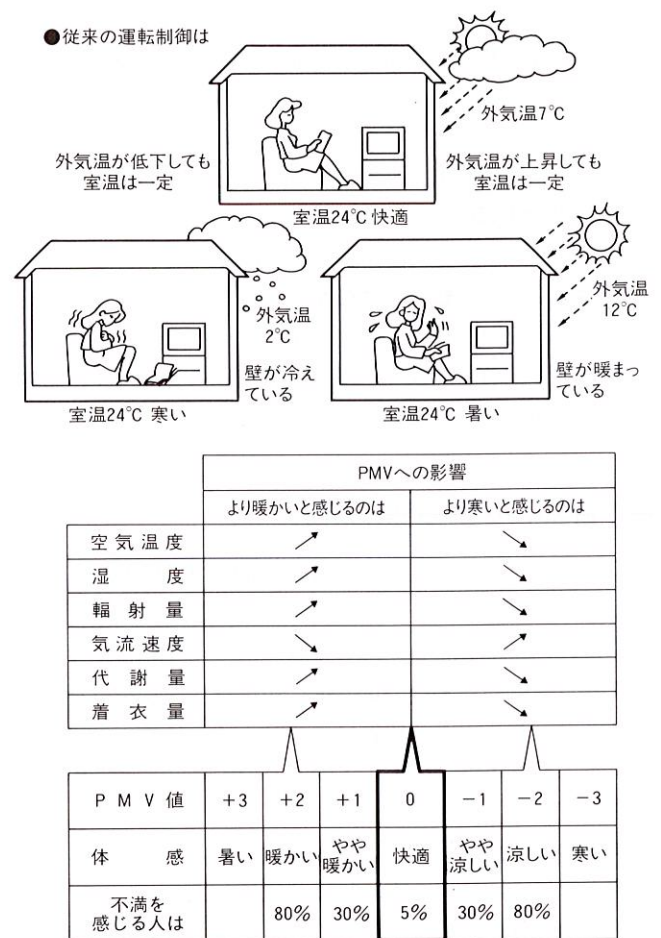


図5. 快適制御 人が快適と感じるのは、室温だけでなく、六つの要素によって左右される。

Comfort control method

### 4.2 快適制御方法

前述の快適な環境を求める要素をそれぞれ、室温検出、風速検出(空調機の風量)、吹出し空気温度(熱交換器の温度)、外気温度によって検出し、その組合せにより、運転能

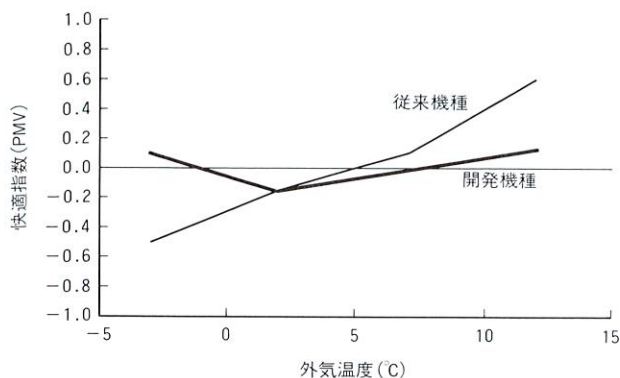


図6. 快適運転効果 快適制御を実施することにより、快適指数をほぼ0(ゼロ)に維持しながら省エネルギー化を達成した。

Effect of comfort control method

力を補正し、快適さを維持する運転制御を行った。

図6に暖房時の快適指数値を示すが、外気温度が低い場合には設定温度を高めにするにより快適性を向上し、外気温度が高い場合には設定温度を低めにするにより年間を通じて消費電力の低減を図ることができた。

#### 4.3 安定制御

さらに省エネルギー化を旨とするため、能力制御にもGA制御を導入した。運転立上げ時や、急な環境変化による安定までの時間を短縮し、また、制御のオーバーシュートによるむだな冷やし過ぎ、暖め過ぎを回避することができ、省エネルギー性に優れた能力制御を実現した。

### 5 省エネルギー効果の算出

家庭用ルームエアコンでは、期間電力量計算方法をJISC9612に規定しているが、空調負荷が家庭用であり、また、前述のハードウェアによる省エネルギー分と、インバータ容量制御の効果分の電力量しか計算できなかった。

そこで、業務用空調機独自の計算方法として、上述のハードウェア分とソフトウェア分の二つに分けて算出する方法を策定した。

前者の電力量計算は、ルームエアコンJISを参照に、業務用として空調負荷を設定して計算した。

後者の検証は、環境試験室で省エネルギー制御のありなしを同一試験機で切り換え、その差分を省エネルギー制御による効果として算出した。

### 6 実機による検証

上述した検証方法により、商用電源周波数60Hz時の実機測定の結果を表1に示す。それぞれの効果により、定容量型エアコンに対して、年間電力量として約50%の低減が検証できた。

表1. 省エネルギー効果検証結果

Energy-saving effect

	定容量型	開発機種	省エネルギー
ハードウェア+インバータ効果	100%	70%	30%

	快適制御なし	快適制御あり	省エネルギー
快適制御効果	100%	73%	27%

	定容量型	開発機種	省エネルギー
年間電力量	100%	51%	49%

### 7 あとがき

新開発商品には、省エネルギー化のほかにも天井面の汚れを低減するスマッジング防止型植毛レスルーバなどの新技術を折り込み、天井カセット型4方向吹出しタイプのインバータエアコン11機種を1996年12月に発売した。

今後は、さらなる省エネルギー化のための技術検討を続けるとともに、新冷媒への切換えに向けた技術開発の推進など、環境調和に配慮した空調機の開発に取り組んでいきたい。

### 文献

- (1) JIS C 9612 ルームエアコンディショナ, 日本規格協会発行 (1994)
- (2) 守田慶一, 他: 省エネエアコンの開発と快適性評価, 第28回空調・冷凍連合講演会講演論文集, pp.65-68 (1994)



井上 常俊 Tsunetoshi Inoue

富士工場空調・冷凍システム部主務。  
業務用エアコンの開発設計に従事。  
Fuji works