

# 「もっと快適に」 生活の場に合わせた空調の進化

"More Comfort" Evolution of Air-conditioning Matched to Life Scene

大塚 厚 山崎 洋 久保田 淳

Otsuka Atsushi Yamazaki Hiroshi Kubota Atsushi

クーラーから暖房機能の強化、再熱除湿などを備えた空調機器へ進化してきたルームエアコンは、生活空間を快適にするためになくてはならない製品である。ヒートポンプ方式による空調は、燃焼による暖房機器と比べて空気を汚さずクリーンであるだけでなく、効率もよく、CO<sub>2</sub>排出量削減に貢献できる。

日立ルームエアコンは、もっと快適に、もっと省エネルギーをめざし進化する。

## 1. はじめに

日立ルームエアコンは、今から58年前の1952(昭和27)年に国産初のウインドー形クーラーとして始まり、空気を冷やす原理に、現在と同様にヒートポンプ方式を採用した。ヒートポンプ方式とは、打ち水をすると涼しくなるように、冷媒を室内側に面した熱交換器の中で蒸発させて室内の空気を冷やし、蒸発した冷媒は室外側に面した熱交換器で凝縮させ、室外の空気を暖めて放熱する技術である。発売当時は、価格も高価であったため一般の住宅には普及せず、ホテルなどが主な納入先であったが、高度経済成長期を迎え一般家庭にも需要が徐々に増えていった。

1959(昭和34)年に「白くま」マークを採用し、1975(昭和50)年には、「白くまくん」がテレビコマーシャルに登場、以後、日立ルームエアコンのシンボルとなった。

ヒートポンプ方式では、圧縮機で圧縮した冷媒の流れる経路として室外側と室内側の熱交換器のどちらを先に通過させるかを切り替えることで、部屋の空気を冷やしたり、暖めたりすることができる。そこで新たな挑戦として1961(昭和36)年に、日本で初めてヒートポンプ方式による暖房とヒーターによる補助暖房を組み合わせたヒーター付きヒートポンプ式の冷暖房兼用製品を開発し、年間を通して使用できる空調製品として発売した。

さらに快適性を高めるため、1967(昭和42)年に世界で

初めて温度を下げずに湿気を除くドライ機能を搭載した製品を市場に送り出した。その後、圧縮機のモータ駆動方式としてインバータを搭載したルームエアコンを1983(昭和58)年に発売した。1980年代中ごろ、市場では冷房・暖房兼用機が冷房専用機の販売を上回り、家庭への普及率は50%を超えた。2004年時点での普及率は、総務省統計局平成16年度全国消費実態調査によると全国平均で約87%となり、生活必需品となっている。

ここでは、高級機種に位置づけられる日立PAM(Pulse Amplitude Modulation)エアコン(図1参照)における省エネルギー技術やセンシング技術について述べる。



図1 | 2010年度 日立PAMエアコン「イオンミスト ステンレス・クリーン 白くまくん」Sシリーズ  
「ステンレス・クリーンシステム」と「イオンミスト」を搭載し、「リチウム & ソーラー・リモコン」で人の動きに合わせて快適運転を行う。

## 2. もっと便利に、もっと快適に

2009年度のルームエアコンの需要は、約690万台であった<sup>1)</sup>。年間の家庭で消費する電力では、ルームエアコンの占める割合が最も高く、家計の負担を減らすためにも省エネルギー性能の向上は市場の大きなニーズである。

また、省エネルギー性能だけでなく、ルームエアコン内部のクリーン性能や空気の清浄機能に関する需要も顕著である。

### 2.1 インバータ制御による快適性の向上

当初、ルームエアコンの冷房・暖房は、運転/停止を繰り返す断続運転によって温度調整を行っていた。運転中と停止中の温度差が不快感の原因であり、断続運転の始動時の消費電力が大きいなどの問題があった。しかし、インバータの搭載によって運転を停止することなく部屋の温度を細かく調整できるようになり、不快感を払拭(ふっしょく)するとともに省エネルギー化にも貢献した。

また、インバータ制御に加え、圧縮機のモータを駆動する電圧を高くし、力強い運転を可能にしたPAM技術により、圧縮機をさらに高速回転で運転し、定格能力よりも高い能力を得ることができる。室外の温度が低いときでも部屋を暖かくすることが可能となり、現在は高気密・高断熱住宅との組み合わせにより、寒冷地での暖房機器として受け入れられるようになった。

インバータによる快適性の向上は、冷房・暖房だけでなく、除湿運転にも及んだ。弱冷房運転による除湿から、排熱を利用して部屋の温度を下げることなく除湿する再熱除湿の進化にも貢献した。人は、同じ温度であれば湿度がより低いほうが体感温度として涼しく感じるため、冷房による冷えすぎを抑え、快適に過ごせるようになった。

### 2.2 ルームエアコンのクリーン機能

ほこりがたまるエアフィルタの清掃は、電気代のむだを省くこともできるが、高い場所に設置してあるエアコンの清掃は一苦勞であり、怠りがちになる。エアフィルタの清掃をストレスなく行いたいというニーズに応えるため、現在は日本のエアコンメーカー各社が、エアフィルタ自動清掃機能を備えたモデルをラインアップしている。日立は、2007年度に自動清掃機能を搭載した製品を発売し、さらに、室内機で風の流れる通風路や風向板に除菌効果のあるステンレス板を用いた「ステンレス・クリーンシステム」を開発して、エアコン内部のクリーン性を高めた。

さらに、居住空間のクリーン機能として2008年より、「イオンミスト」を採用した。「イオンミスト」は、ペルチェ素子の冷却効果で空気中の水分から水を作り出し、高電圧で

ナノサイズの帯電した水滴を空間に放出する。「イオンミスト」は繊維に付着したにおいや浮遊かびの抑制などの効果がある。

## 3. 省エネルギー・快適性を支えるコア技術

ルームエアコンの省エネルギーの指標は、APF (Annual Performance Factor: 通年エネルギー消費効率)で示される。

APFとは、日本工業規格のJIS C 9612に基づき、規定された条件の下にエアコンを運転したときの消費電力1 kW当たりの冷房・暖房能力を示したものであり、次の式によって計算される。

$$\text{APF} = \text{1年で必要な冷暖房能力の総和} \div \text{期間消費電力量}$$

APFの向上には、基本となる技術として圧縮機、圧縮機のモータを駆動するインバータ回路、熱交換器、送風機の性能などの効率改善が必要不可欠である。

### 3.1 圧縮機モータとインバータ回路

一般にモータは回転数に応じて効率が変化する。従来は、定格運転時の回転数でモータの効率が最もよくなる設計であった。APF指標は、実際の家庭での運転を想定した算出方法である。このため、APF向上には、定格運転よりも、実際の運転時間の長い、能力の低い領域での効率改善が最も効果的である。

定格能力の50%程度の能力を発生するときのルームエアコン内部の消費電力比率を図2に示す。

圧縮機のモータが約85%と消費電力のほとんどを占めている。そのため、圧縮機の中低速域での効率改善が重要課題となる。

中低速域でのモータの効率を向上する主な方法は、以下

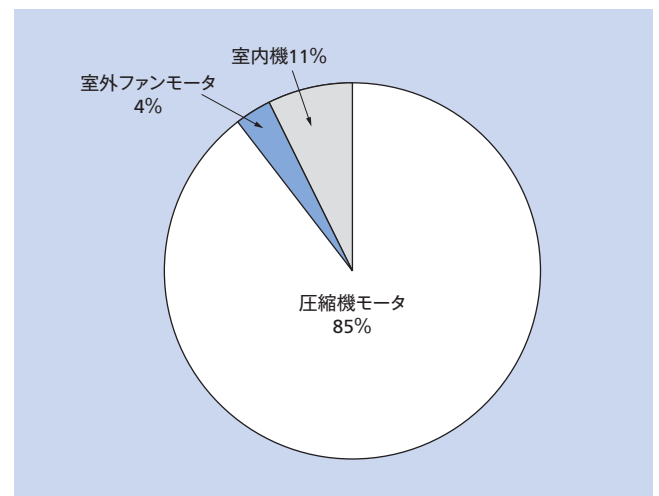


図2 | ルームエアコン内部の消費電力比率  
ルームエアコン内の駆動部品の消費電力比を示す。

のとおりである。

- (1) ブラシレスモータのロータの磁力を上げる。
- (2) ステータコイルの巻き数を増やす。
- (3) ステータコアの積み厚を厚くする。

しかし、中低速域でモータの効率を向上させることは、モータの回転する方向とは逆方向の回転を妨げる誘起電圧定数が高くなる。すなわち、高速での運転が不可能となる。

そこで、モータの直流電圧を可変して上昇させるPAM技術を用いることにより、高効率と高出力の両立を図った。さらに、2009年度から、モータ電流フィードバック制御とモータ回転数フィードバック制御の二重ループで構成したカスケードベクトル制御を採用した。この制御により、中低速用モータを高速回転でも安定した運転を実現し、APFを向上した。

制御ブロックを図3に示す。同図で一点鎖線右側に圧縮機モータの電気特性を、また、左側には制御ソフトウェアの制御ブロックを示している。従来のベクトル制御〔図3(a)参照〕は、モータのロータとステータの機械的位置を高速で演算して最適な駆動電流や電圧を制御する。演算によってモータに印加する電圧を決定し、実際にモータに流れた電流を観測して、再演算を繰り返すことで閉ループ制御しモータの運転を行う。

モータを外乱に対して安定に駆動するには、この閉ループの応答性を改善する必要がある。これまで、モータ電気特性Gが応答性の高速化を阻害する要因となっていた。

カスケードベクトル制御〔図3(b)参照〕では、制御ルー

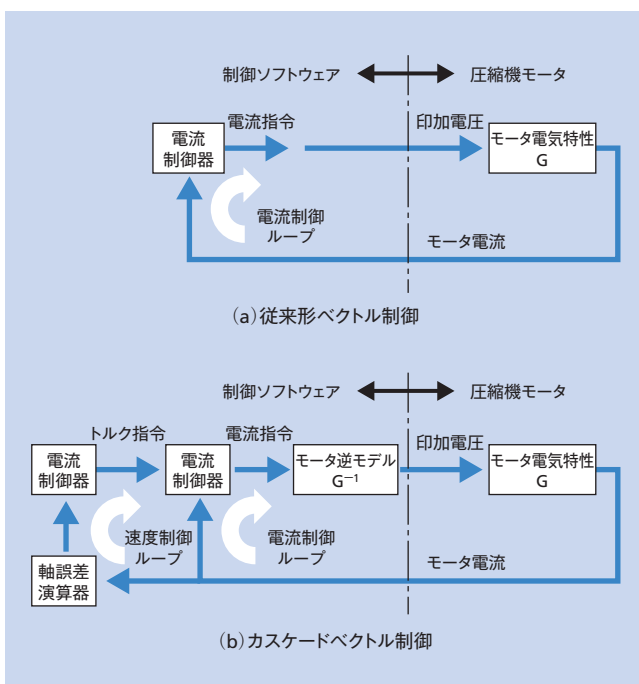


図3 | 従来形ベクトル／カスケードベクトル制御ブロック図  
カスケードベクトル制御は、モータ電流フィードバック制御とモータ回転数フィードバック制御の二重ループで構成する。

プ内にモータの電気特性と逆関数となるモデル $G^{-1}$ を挿入した。モータの電気特性を打ち消すことで応答性の高速化が可能となる。また、電流制御ループと速度制御ループを二重に設けることで、制御性と安定性を確保した。

### 3.2 高効率圧縮機

高効率スクロール圧縮機を新規開発し、2009年度製品に比較して、2010年度製品では圧縮機単体性能でAPFを向上した。

高効率化技術は以下のとおりである。

- (1) モータの巻線仕様を中低速域で最適化しモータ効率を改善した。
- (2) 従来モータステータと圧縮機本体ケースとの締結は、焼ばめであった。これをタック溶接に変更してステータコアの固定による応力を緩和し、モータの鉄損を低減した。
- (3) 圧縮機ポンプの渦の幅（ラップ厚）を20%厚くし、シール性を改善して、圧縮室間の漏れによる性能低下を低減した。
- (4) 過圧縮防止弁の流路拡大、位置の見直しおよび吐出しポート孔径の拡大により、過圧縮損失・流体損失を低減した（図4参照）。

### 3.3 室内機側熱交換器

従来の室内機用熱交換器は、直線状の熱交換器を曲げ部で区切り、室内機の形状に合わせて曲げる多段曲げ熱交換器であった。曲げ部は、通風抵抗が少なく、ここから流入した空気は、熱交換量が少ないという欠点があった。そこで2010年度製品では、新型一体形熱交換器を採用し、曲

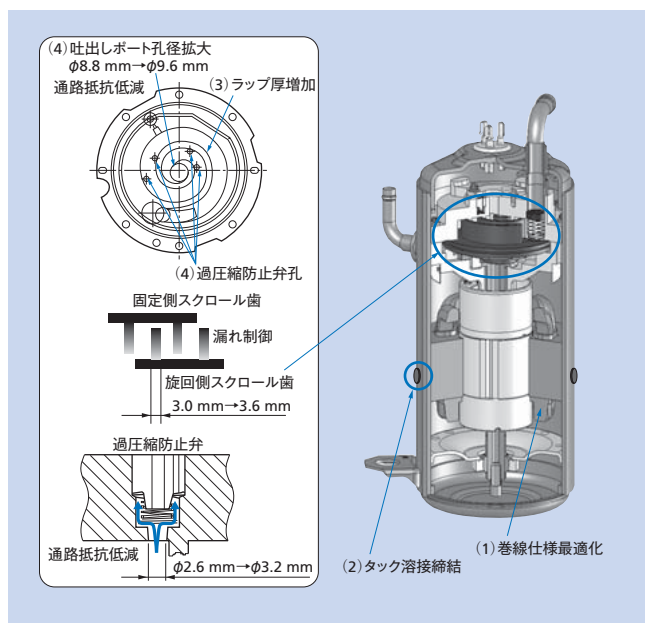


図4 | 高効率圧縮機  
高効率圧縮機の効率改善略図を示す。

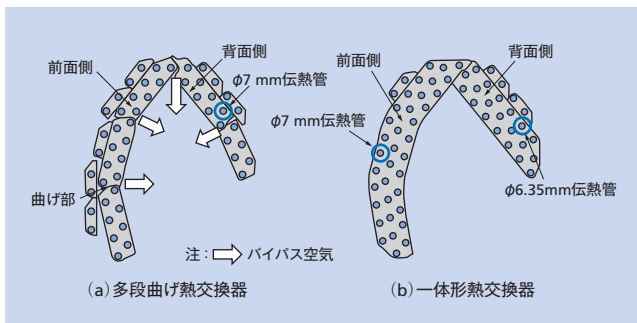


図5 | 室内機側熱交換器  
従来の多段曲げ熱交換器 (a) と一体形熱交換器 (b) を示す。

げ部をなくすことで熱交換量を増加した。また、背面側には直径6.35 mmの細径伝熱管を採用して冷媒側の熱交換効率を上げ、APFを向上した (図5参照)。

#### 4. 快適空調と省エネルギーを支えるセンシング技術

前述したコア技術による基本性能の向上に合わせて、センサー技術を用いて実使用でのむだな運転を省くことで、省エネルギー機能にも注力している。2009年度製品では、人の体感温度に合わせて設定温度を自動調節することを可能とした。人の動きを検知する焦電型パイロセンサーと呼ばれるセンサーを搭載し、活動量を推定する技術を開発した。また、2010年度製品では、エアコンから送信する信号の方向と強さを変化させ、リモコンを操作した場所を検出する技術により、リモコンの周囲だけを空調する「エリア・エコ」機能を搭載した。

さらに、リモコンには温度センサーを内蔵し、エアコンに定期的に温度情報を自動送信して、人のいるリモコンの周囲エリアだけ快適に空調することで省エネルギー運転を実現した (図6参照)。

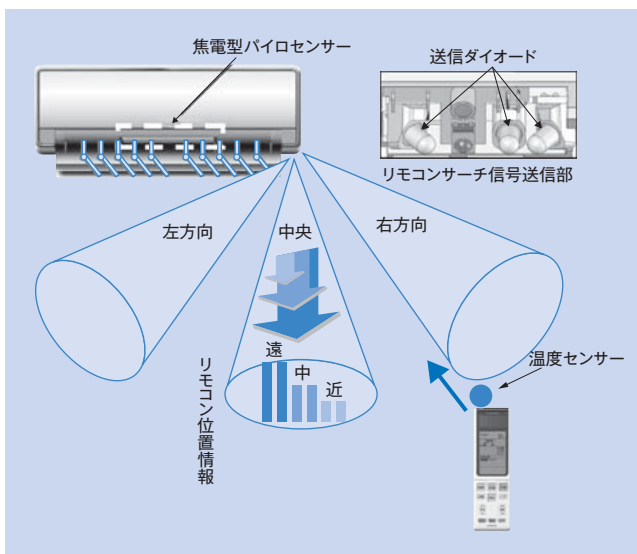


図6 | リモコンサーチ信号  
三つの送信ダイオードから強 (遠用)、中 (中用)、弱 (近用) の3段階の信号を右方向、中央、左方向へ送信し、リモコンが受けた信号で位置を判定する。

#### 5. おわりに

ここでは、日立PAMエアコンにおける省エネルギー技術やセンシング技術について述べた。

今後もルームエアコンの快適性の向上と省エネルギー性を支える技術のさらなる進化を図るために、コア技術の開発を進める。また、より快適性を求める手段の一つとして人の持つ五感に近い感覚をセンシングし、居住者がルームエアコンを意識せずに快適に過ごせる空調技術を開発していく所存である。

#### 参考文献

- 1) 冷凍と空調, No.589, 社団法人日本冷凍空調工業会 (2010.6)

#### 執筆者紹介



**大塚 厚**  
1986年日立製作所入社、日立アプライアンス株式会社 空調事業部 栃木空調本部 空調システム設計部 所属  
現在、ルームエアコンの開発に従事



**山崎 洋**  
1990年株式会社日立栃木エレクトロニクス入社、日立アプライアンス株式会社 空調事業部 栃木空調本部 空調システム設計部 所属  
現在、ルームエアコンの開発に従事



**久保田 淳**  
1997年日立製作所入社、機械研究所 生活家電研究部 所属  
現在、冷凍空調機器の技術開発に従事