

次世代センサを搭載したルームエアコン

杉山大輔*

Room Air Conditioner with Next Generation Sensor

Daisuke Sugiyama

要旨

近年のリビングは、より多用途で使われる多機能空間へと変化している。複雑なリビングの形態では部屋の特定の場所で空調が効きづらいといった声が多いが、リモコンで気流を調整するのではなく、設定温度を変更して快適さを得ようとするユーザーも多く、無駄な空調が発生している。省エネルギー性を高めるアプローチは、①機器効率を高める、②人の状態に合わせる、③ユーザーに正しく届けるという3ステップが必要であるが、気流を正しく届けるといった技術は、近年の複雑な間取りや家具が配置されたリビングに対応できていない。

三菱ルームエアコン“霧ヶ峰FZ・Zシリーズ”では赤外線センサを従来のサーモパイルセンサ方式からSoI(Silicon on Insulator)ダイオード方式へ転換し、素子数を32素子

から2,560素子へと大幅に高精細化させ、感度は2.5倍向上させた。従来不可能であった、気流が到達した先の微小な温度変化を検知することで、気流の到達範囲を正確に把握する技術を開発した。気流の到達点から気流感を得たいときには、気流中心と足元位置を一致させ、気流感を得たくない場合には、気流の到達の縁と足元位置を一致させることで、気流を正確にコントロールしている。家具等で気流が直接届かない場合でも、気流の最適位置を探索する“AI(Artificial Intelligence)気流”を開発して消費電力を削減している。また、熱画像はスマートフォンでも確認でき、使用時の温度むら改善効果を直接確認することでユーザーの省エネルギー行動の促進につなげている。



FZシリーズ



Zシリーズ



“霧ヶ峰FZ・Zシリーズ”のスマートフォンで熱画像を可視化できる機能“サーモでみまもり”

霧ヶ峰FZ・Zシリーズは、次世代赤外線センサを搭載し、高精細な熱画像を取得できる。気流の到達先の微小な温度変化を検知することで、自動で最適な風向に調整を行う。また、“霧ヶ峰REMOTE”アプリケーションを使用することで、部屋内の熱画像を外先からも確認でき、みまもり機能“サーモでみまもり”として活用できる。

1. ま え が き

家庭用のエアコンは、空調を行う部屋の環境に大きく左右される。そのため住宅の構造の変化や使う人のライフスタイルの変化に合わせてエアコン側の変化や進化が必要になる。

従来から多目的で使用されるリビングは、近年のライフスタイルの変化などによって、キッチンや和室とつなげるなど、リビングの面積が大型化するとともに、より多用途で使われる多機能空間へと変化している。グループインタビューの結果では、リビングでは部屋の中で場所によって暖まらないといった声が多く、近年の複雑なりビング形態や使い方によってユーザーの意図した所に気流が届かないことが原因だと推測できる。また、複雑なLDK(Living room, Dining room, Kitchen)の間取りを使用しているユーザーほど、風が当たらないという不満に対して、風向や風量を調整するのではなく、設定温度を変更することで不満の解消を試みている人が多い傾向があり、近年の複雑なLDKの間取りほどエアコンの気流調整での解決方法が分からないということを示唆している。

2. 省エネルギー性向上の取組み

使用者に快適な環境を提供しつつ省エネルギー性を高めるためのアプローチは大きく3段階のステップがある。

ステップ1は、機器自身の省エネルギー性を高めることである。ルームエアコンでは、ある熱量をどれだけ少ない電力で作れ出すか、すなわち、APF(Annual Performance Factor)を高めることが一つのステップである。霧ヶ峰FZシリーズは室内機の送風機構をクロスフローファンからプロペラファンへ変更して送風効率を高めることで、4.0~9.0kWの全てのクラスでAPFの最高値を達成している。

ステップ2は、人の状態に合わせて運転することである。ステップ1で効率良く熱を作り出したとしても、必要以上に熱を作ってしまうと、ユーザーの快適さに関わらない不要な熱は捨てていると同様で、結果として省エネルギー性は悪化する。例えば、部屋内での人の位置を検出し、人の周りにだけ温風や冷風を送り、他の場所は空調しないことができれば、作り出す熱量は、人の快適さを得るための必要最低限だけに抑制できる。現在では、このようなセンサを活用して人の状態に合わせて運転を行うソフトウェアでの省エネルギー機能が、一般的になっている。

ステップ3は、作り出した熱を正しくユーザーに届けることである。作り出した熱が狙った場所に正しく届いていなければ、結果的にステップ1, 2でのエネルギー量の最適化は成立しない。近年の複雑なりビングの形態では、気流がユーザーの意図した所に届かないという傾向からも、

従来の省エネルギー性を高めるためのステップ2までのアプローチでは不十分であることが分かる。すなわち、エアコンから吹き出す気流を意図した所に正確に送る技術が必要になるが、現状のセンシング技術では気流を可視化できないため、どこに届いたかまでは分からない。

そこで、今まで困難であった気流を可視化するために、気流の到達点を直接把握できるセンシング技術の開発に取り組むことにした。

3. 高精度赤外線センサの開発

ルームエアコンには室内機から離れた場所の状況を把握するため、以前から赤外線センサが活用されている。物体からの赤外照射を赤外線吸収体に受け、その温度上昇を温度センサ部で測定して電気信号として出力することで、離れた位置の温度を計測する(図1)。

霧ヶ峰では以前からサーモパイル型の赤外線センサで熱画像を取得している。サーモパイル型センサは、温度センサに異種半導体・金属を用いてその接点での熱起電力の発生を計測する方法のため、温度の絶対値を測定できる。熱画像から人体の表面温度を計測することで、人の温冷感を把握したり、床、壁のふく射温度から人の体感温度を把握したりすることで、人の状態に合わせて、必要な分だけの空調を行い、省エネルギー性を高めてきた。

しかし、更なる省エネルギー性を実現するためには、床面等に到達した気流の微細な温度変化まで検出する必要がある。現行のサーモパイル型センサで性能向上を行うには、温度センサ部に更に多数の熱起電力素子を配置する必要があるが、それに伴ってセンサモジュールのサイズが拡大してしまう。そのため据付けサイズに制限のある家庭用の空調機への搭載は困難である。

一般的に、サーモパイル型センサよりも高画素、高感度が要求される業務用の製品には、ボロメータ型センサが用いられる。ボロメータ方式は、温度センサ部に酸化バナジウムなどの特殊な抵抗体を用いている。センサ自体は小型化が可能で感度も高めることができるが、抵抗体の成膜に特殊なプロセスを用いるなど、複雑な製造技術が必要にな

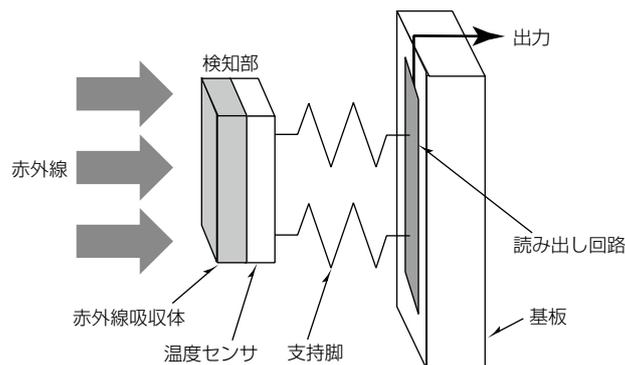


図1. 赤外線センサの温度測定モデル

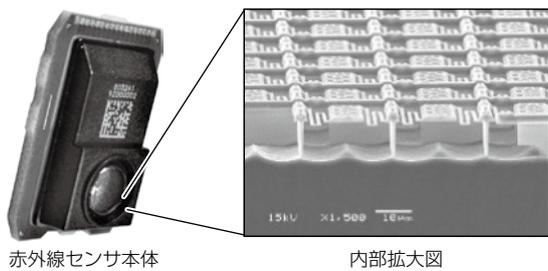


図2. SoIダイオード方式の赤外線センサ

るため、家庭用には採用できないほどコスト高になってしまふ。

そこで今回は、ボロメータ方式でなく、比較的低コストでかつ高画素、高感度が見込めるSoIダイオード方式での赤外線センサ導入に向けた開発を行うことにした(図2)。SoIダイオード型のセンサは温度センサとして単結晶シリコンダイオードを用い、温度変化による電流電圧の特性変化を計測している。シリコンLSIの製造プロセスを活用することによって低雑音の読み出し回路との一括形成が可能のため、比較的安価にできる。また、単結晶のシリコンダイオードを用いるため均一性にも優れ、感度のばらつきにも強いセンサを実現できる。

4. 高感度赤外線センサの空調機への搭載

赤外線センサの高感度化では、センサ検知部の熱設計が大きく性能に寄与する。絶対零度以上の物質は全て赤外線を放出しているため、センサモジュール自身からも赤外線エネルギーが照射されている。感度が高くなるほど微細な温度変化を検出する必要があるが、筐体(きょうたい)自身の影響によってセンサ部に温度のずれが生じるとそれが大きな影響となり、正しい温度を取得できなくなる。SoIダイオード方式では検出に抵抗値の変化を用いているため、計測にはダイオードに常に電流を流す必要があり、センサ自体にも発熱が起こる。また空調機特有の問題として、空調機自身の温風や冷風の影響を受けて筐体温度が変化しやすいという課題がある。そこで、センサモジュールの温度が変化しても安定した計測を行うためシャッターを用いた温度補正を実施することにした。センサの全面に機械的なシャッターを設け、温度の変化があったときにそのシャッターで赤外線吸収体を塞ぎ、センサ周りの筐体から放射される赤外線量だけを計測して補正する、これによって、対象物からの赤外線エネルギー量だけを正しく抽出できる。しかし、単純にセンサの前に独立したシャッター機構を設けると、それだけで空調機本体が大型化する。

今回センサを回転駆動させることで、部屋全体の熱画像を取得できるようにするとともに、ある一定以上を回転させたときにはセンサ前面部を覆うシャッター動作となるよ

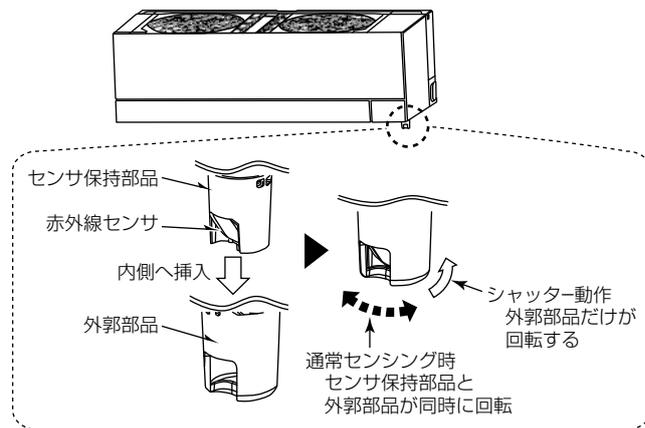


図3. シャッター温度補正動作

うに構造を工夫した。赤外線センサ自身を保持するセンサ保持部品と、さらにその周りを囲う筒状の外郭部品で構成し、通常センシング時はセンサ保持部品と外郭部品の二つが一体となって共に回転することで赤外線吸収体を部屋内に向けて温度を測定する。シャッター動作を行うときには、センサ保持部品は停止するが、外郭部品だけが回転を続けることで、外郭部品が部屋内からの赤外線受光を遮断して温度の補正処理を行う(図3)。

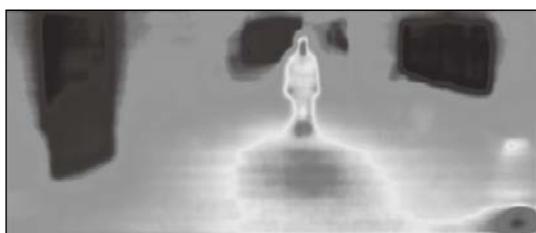
これによって、大型化を防ぎつつ、正確な温度取得を可能にしている。その結果、従来機種で使用している赤外線センサと同等のサイズのまま、素子数を80倍、感度を約2.5倍まで向上させた赤外線センサを搭載した。

5. 気流の到達先を把握した風向コントロール

従来の気流制御は、赤外線センサで人の位置を検出し、その検出した位置に応じて、あらかじめ空調機本体に記憶している上下や左右の向きへ風向板を動かすことで、風の向きを調整している。従来の気流制御では、空調機から吹き出した後の気流がどこに到達したかまでは把握できていない。例えば、暖房時に窓からの冷気で吹き出した気流が押され、本来届けたいユーザーの足元からずれてしまことがあるが、その状態を把握できないため、快適性が悪化する。

霧ヶ峰FZ・Zシリーズでは、赤外線センサの性能向上によって、気流の到達位置を把握することが可能である。図4のように、センシングした熱画像から、床に到達した暖気の微小な温度変化を基に等温線を画像処理によって得ることができる。

室温や人の温冷感に合わせて、温風を直接足元に到達させて温めたいときには、人体の足元座標と気流の到達点を把握し、人体の足元座標と気流到達の中心点が合うように風向板を調整していく。また同様に設定温度到達後の安定時など、気流にはあまり当たりたくない状態のときは、人体の足元座標と気流の到達の等温線の縁を合わせることで



(a) 取得した熱画像



(b) 画像処理による気流等温線

図4. 熱画像からの画像処理方法

気流感を抑えた暖房を行うことができる。これらによって空調機から吹き出した温風を正確に、無駄なくユーザーに届けることが可能になる。

また、複雑なリビングの間取りや家具など、障害物の影響で気流を調整しても、直接風が届かないシーンも存在する。霧ヶ峰FZ・Zシリーズでは、風向調整制御でいつまでも人の位置に気流が届かないシーンでも、最適な気流到達が可能な“AI気流”を搭載して対応している。人体の位置と気流の到達点がいづまでも合致しない場合は、気流の到達点を上下左右に一定量変化させながら、最適な気流位置を探索する。探索した気流の中で、足元及び人体表面温度が最も上昇する風向がユーザーにとって最適な風向となる。これによって実際に気流が直接届かないシーンでも最適な風向を選択することが可能になった。また、一度調整した気流は、その調整内容を学習させることで、次の運転からは、少ない調整手順で最適な風向を得られるようにしている。

環境試験室でユーザーと空調機の間には障害物(ソファ)を置いて気流が届かないシーンで従来の風向制御とAI気流の省エネルギー性の比較試験を実施した。図5に示す従来の風向制御では、直接人体を狙う風向となりソファに気流の到達が妨げられている。一方、図6に示す霧ヶ峰FZ・Zシリーズの“AI気流”では、赤外線センサの熱画像を基に、気流を上下左右に探索していった最適な風向を導き出している。従来の風向制御では、快適性を上げるためには設定温度を上げて室内の温度を上げる必要があるが、AI気流では、最適な気流の到達点へ調整することで、同一体感温度比較の場合、8.6%の消費電力削減効果^(注1)を確認できた。

(注1) MSZ-FZ6320S, 当社環境試験室(20畳), 外気温度7℃, 同一体感温度運転時の消費電力量は、通常気流の場合は546Wh, AI気流の場合は499Whである。

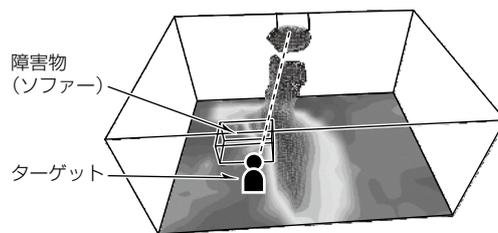


図5. 従来の風向制御

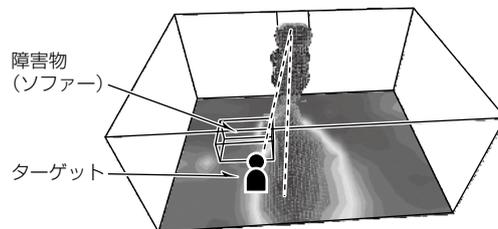


図6. AI気流

6. 部屋内温度分の可視化

霧ヶ峰FZ・Zシリーズでは、赤外線センサで取得した熱画像を、スマートフォンで簡単に見える機能を搭載した。空調機で取得した熱画像はインターネットを通じてサーバに送付する。サーバ上で画像処理を行うことで、ユーザーはスマートフォンを用いて、部屋全体の高精細な熱画像を容易に確認できる。これによって扇風機、サーキュレータを設置したときの温度むらの改善状況や、他にも窓やドアからの冷気侵入や日射による特定場所の温度上昇を確認できるため、省エネルギー性を高める方法を探しやすくなる。これらによってユーザー自身の省エネルギー行動を今まで以上に促すことができる。また、近年の高齢化社会の進展や共働き増加に対して、外出先からも温度環境や在宅状態などを一目で確認できるため、宅内状態のみまもり機能“サーモのみまもり”としても活用できる。

7. む す び

近年のルームエアコンでは、ハードウェアでの省エネルギー技術は既に極限のレベルにまで達しており、大幅な削減は難しい状況にある。当社ルームエアコン“霧ヶ峰”ではハードウェア技術での高い省エネルギー性に加えて“いつでも・どこでも・だれでも快適”の両立に向けて、独自の赤外線センサをコア技術としてソフトウェアでの省エネルギー技術の進化を続けている。

今回は、赤外線センサの進化で、今まではセンシングできていない新たな状況把握をすることで更なる快適性と省エネルギー性を実現した。

今後も霧ヶ峰では、ハードウェアによる要素技術の進化と、ソフトウェアでの制御技術の進化を融合させることで快適性と省エネルギー性の向上を目指していく。