

# ルームエアコン“霧ヶ峰Zシリーズ” での消費電力の抑制技術

川島 惇\*  
Atsushi Kawashima  
佐藤雅一\*  
Masakazu Sato  
立田康介†  
Kosuke Tatsuta

Power Consumption Reduction Technology Applied in Room Air  
Conditioner "Kirigamine Z Series"

\*静岡製作所  
†設計システム技術センター

## 要 旨

三菱電機は2023年10月に2024年度家庭用ルームエアコン“霧ヶ峰Zシリーズ”を発売した。これは機器自体の効率を向上させつつ、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)収束後の生活に対して、快適性を維持したまま、無駄な消費電力の発生を抑制する新機能を搭載したルームエアコンである。

この新機能は、起動時の消費電力を抑制する新しい制御アルゴリズムと、霜取り運転頻度を削減することで消費電力を抑制する新しい制御アルゴリズムを特徴としている。これによって、ルームエアコンのエネルギー効率向上に寄与し、環境負荷低減に貢献する。

## 1. ま え が き

これまで、当社ルームエアコンの開発では、近年の住宅断熱性能向上やCOVID-19の流行に伴う在宅時間の増加に合わせて、長時間運転時の快適性と省エネルギー性を高めることに取り組んできた。2023年度は、リビングが“くつろぎ”の場から“くつろぎ+仕事、学習”の場に変化してきたことに合わせて、バイタルセンサー“エモコアイ”によって、人の気持ちに合わせた新たな快適性を創出してきた。

COVID-19は、感染症法上の位置付けが2023年5月に5類感染症へ移行した。感染症によって根付いた在宅勤務の慣行は感染症収束後も持続しており、ルームエアコンの長時間運転時の快適性と省エネルギー性の両立は、これまでと同様に求められている。その一方で、5類移行後には外出機会を感染症拡大前と同程度にしたい人と感染症拡大前よりも多くしたい人の合計は8割程度となっており(図1)、外出時など部屋に人がいないときにはルームエアコンを停止する人が半数以上を占める(図2)。さらに当社GPS(Global Positioning System)連動機能によって自宅から離れると自動で運転を停止する機能を考慮すると、外出によってルームエアコンを起動・停止させる頻度は、感染症流行中よりも増えると予測された。このように今後の人々の生活を考慮すると、起動・停止時の快適性と省エネルギー性は特に重要性を増しているが、その改善にはこれまで着手してきておらず検討の余地があった。

そこで、2024年度の家庭用ルームエアコン霧ヶ峰Zシリーズの開発では、外出と在宅のベストミックスが主流になる生活様式に対して、新たな省エネルギー効果の創出に取り組んだ。本稿では主に起動時の省エネルギー効果創出について述べるとともに、在室時に求められる長時間運転での省エネルギー効果創出についても述べる。

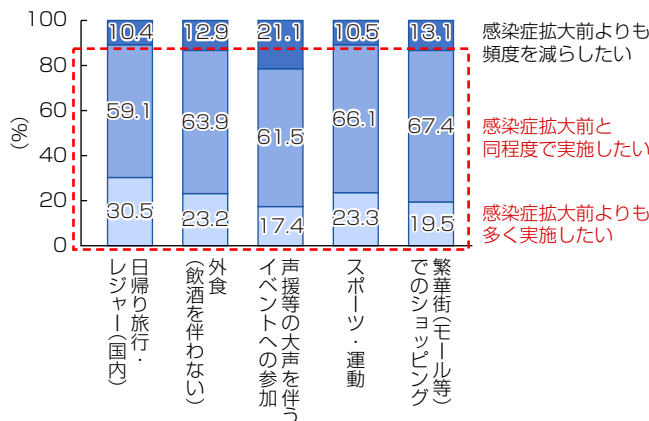


図1-5類移行後の活動希望<sup>(1)</sup>

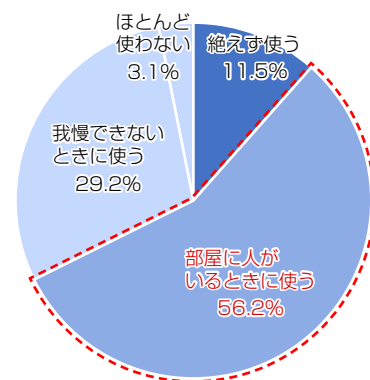


図2-ルームエアコンの使用状況  
(当社調べ、令和4年夏消費者態度調査 N=2,914)

## 2. 新機能“エコスタート”

“エコスタート”は2024年度 霧ヶ峰Zシリーズに搭載した新しい機能である。これは、従来のルームエアコン起動時の課題を整理した上で、省エネルギー性改善に対する有効な施策として開発したものである。

### 2.1 ルームエアコン起動時の従来の課題

5類移行後は、休日にレジャー等で外出することが増える世帯や、在宅勤務の実施頻度が減り平日も日中は不在となる世帯が多く存在する。このような世帯では、外出時にルームエアコンを停止し、帰宅時かその少し前に再起動させるシーンが想定される。暖房シーズンを仮定すると、日中から夕方と比較的外気温が高い時間帯にルームエアコンを起動することが想定され、空調負荷としてはあまり大きくない場面になる。

空調負荷に対するルームエアコンの動作は、一般的に、暖房起動直後は設定室温まで到達するために圧縮機の回転数を高めて暖房能力の高い運転を行う。そして、室温が設定室温に近づくにつれて圧縮機の回転数を低下させ、室温安定に必要な暖房能力まで低下させる。従来のルームエアコンでは、室温変動に対する圧縮機回転数の変化量は、全国の標準的な空調条件から当社であらかじめ設定した固定値になっており、暖まらず不快を感じることがないように設定していた。しかし、据付先の空調負荷条件は様々であり、先に述べたように空調負荷が小さい場合は低能力でも室温が安定する。場合によっては、標準的な条件で設定した値では室温上昇に伴う圧縮機回転数の低下が遅く、暖房能力の低下が追い付かずに室温の暖め過ぎの状態を起こしていた(図3)。暖め過ぎによって無駄な消費電力が発生しており、省エネルギー性改善の余地があった。

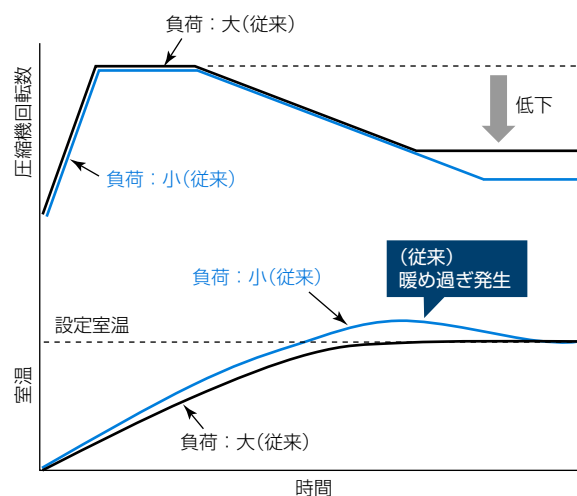


図3-空調負荷の違いによる制御動作の違い(イメージ)

### 2.2 エコスタートの開発

エアコン起動から設定室温に早く到達し、かつ到達後に暖め過ぎや冷やし過ぎがない、オーバーシュート量が小さいことが、理想的な起動時の動作である。2.1節に述べたように、空調負荷条件によっては起動時に暖め過ぎや冷やし過ぎが起きており、その解決には従来固定値としていた圧縮機周波数の変化量を空調負荷条件に合わせて変化させることが有効である。

ある空調負荷条件での暖房時の圧縮機回転数の変化量と室温の変動(図4)を考えると、起動から瞬時に設定室温まで到達することが最も理想的だが、現実にはルームエアコン起動時の能力の立ち上がりまでの時間や、部屋の熱容量の影響等で実現が難しい。現実としては、設定室温と現在室温の偏差に対して、圧縮機回転数の変化量が大きいと室温の振動が大きく、快適性を損なう。一方、圧縮機回転数の変化量が小さいと、2.1節に述べたとおり室温の暖め過ぎや冷やし過ぎが発生する。どちらの場合も理想的な動きにはならず、 unnecessaryな圧縮機回転数の上昇や圧縮機回転数低下の遅れによって、無駄な消費電力が発生する。

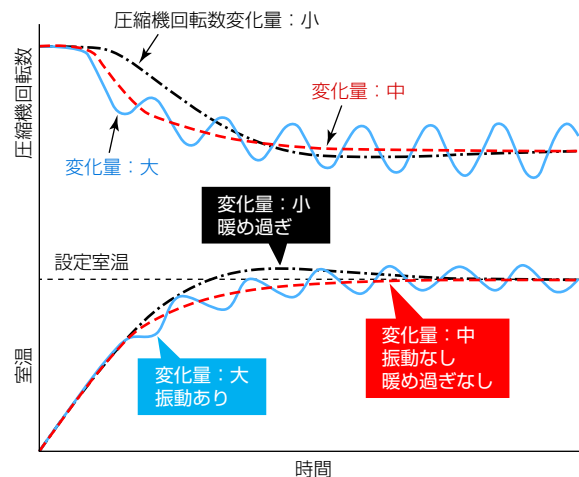


図4-圧縮機回転数変化量の違いによる室温変動の違い(イメージ)

この課題に対して、ルームエアコン自体が起動運転中に未来の応答をモデルで予測しながら、圧縮機回転数の変化量を調整するモデル予測制御を用いたアルゴリズムを検討した。検討した方法は次のとおりである。第1ステップとしてエアコン起動時から時々刻々の運転データを機器内部に記録する。第2ステップでは、第1ステップで記録した運転データを基に、据付先の空調負荷状況を物理モデルに基づいて同定する。第3ステップでは、第2ステップで同定した空調負荷を基に、圧縮機回転数の変化量と室温の変化の関係を推定し、部屋にとって最適な圧縮機回転数の変化量を抽出する。これを決められた時間間隔で行うことで、設定室温までの到達時間を遅くすることなく、かつ暖め過ぎ冷え過ぎを抑えることができる効果を目指すものであった。

しかし、この方法では計算量及び管理するデータ量が膨大になり、ルームエアコンに備え付けられているマイコンでは計算演算量が多過ぎることやメモリーが不足することが課題として挙げられた。代替案として当社のクラウドサーバーにルームエアコンを接続し、クラウドサーバー上でデータ管理や最適な圧縮機回転数の変化量を演算する方法も検討した。この方法は機能を果たす上で理想的であったが、ネットワークに接続していないユーザーには使えないという欠点があった。

そこで、当社はデータドリブンで制御定数を決定する新しい制御アルゴリズムを開発した。具体的には、起動運転の結果から物理モデルに基づいて空調負荷を推定し、推定した空調負荷に最適な制御定数をシミュレーションによって決定するものである。その結果、圧縮機回転数の変化量をルームエアコン自体が現地の空調負荷状況に合わせて自動的にチューニングするというコンセプトを変えることなく、先に述べた方法に対して比較的少ないデータ量と演算量で効果が得られるようになった。これによって、機器にアルゴリズムを搭載可能になり、対象ユーザーを限定することなく、設定室温への到達時間を遅らせずに暖め過ぎ冷え過ぎを抑える機能を実現した。

### 2.3 エコスタートの効果

エコスタートの効果を検証するため、当社の環境試験室で、開発した新制御の暖房時の快適性と省エネルギー効果を実測し、従来制御と比較した。ここでは、帰宅時を想定した際の効果を測定しており、外気温は東京の日中の気温を想定している。新制御では従来制御に対して、起動から室温が設定室温に到達するまでの時間を遅くすることなく、暖め過ぎを抑えられたことを確認できた(図5)。これによって、起動から設定室温に安定するまでの30分間の積算消費電力量を7.6%<sup>(注1)</sup>抑制する効果を得た。また、冷房時の実測も行い、新制御は冷房起動時にも8.1%<sup>(注1)</sup>の省エネルギー効果を発揮することを確認した(図6)。

(注1) MSZ-ZW4024S 当社環境試験室(16畳)で、暖房時は外気12℃、室温設定20℃、起動から室温安定までの30分の比較。冷房時は外気35℃、室温設定27℃、起動から室温安定までの40分の比較。

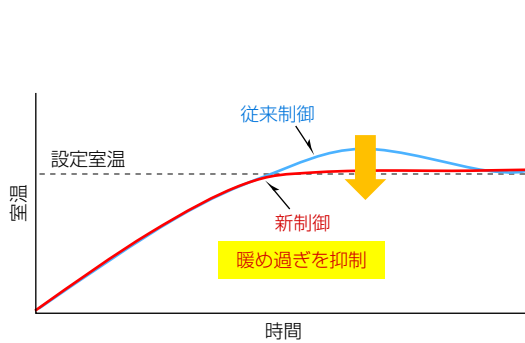


図5-暖房起動時の室温変化(イメージ)

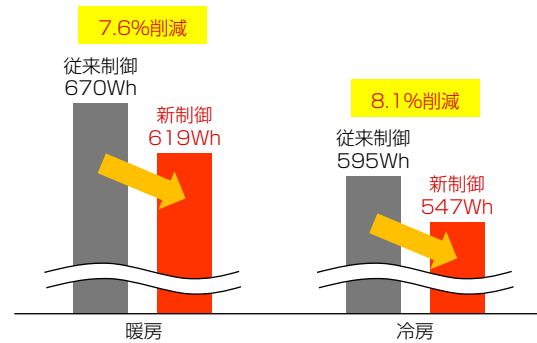


図6-エアコン起動時の新制御と従来制御の消費電力比較

### 3. 新機能“快適ロング暖房”

長時間運転での省エネルギー効果創出について述べる。2024年度 霧ヶ峰Zシリーズに搭載した“快適ロング暖房”は、霜取り運転頻度を削減することで消費電力を抑制する機能である。

低外気温かつ高湿度の条件では、外気中の水分が霜として室外機の熱交換器に付着することで熱交換が阻害されて暖房能力が低下する。その霜を取り除くために一旦暖房を停止し、室外熱交換器を温める霜取り運転を行う(図7)。霜取り運転では暖房運転を停止するため、室温が低下し快適性が悪化する。室温が低下すると、室温を元の温度に戻そうとして、霜取り運転後の起動時は霜取り運転前よりも高い暖房能力が必要になり、霜取り運転を行わず暖房運転を継続した場合よりも大きな電力を消費する。

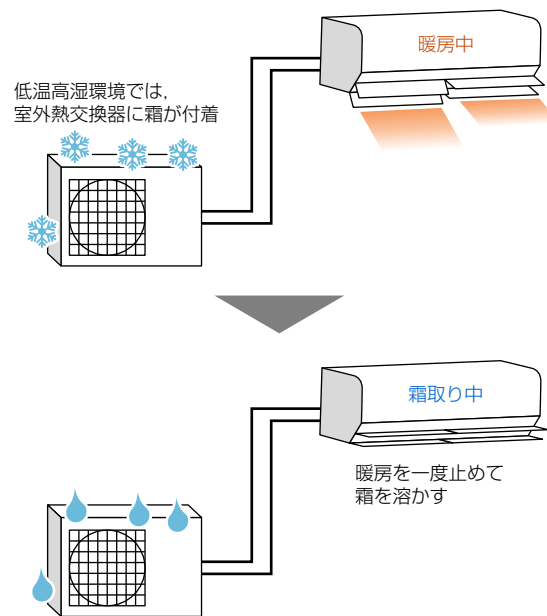


図7-霜取り運転

従来は室外熱交換器の着霜を検知する精度が高くなく、条件によっては着霜量が少ない状態でも霜取り運転を行う場合があった。そこで、着霜の検知精度を高める当社独自のアルゴリズムを開発した。開発に当たっては、実際の運転データを収集し分析するために3シーズンにわたって北海道や東京等、全国14か所で冬季の実地試験を実施した。そのデータ群を活用して当社独自の制御ロジックを開発することで、霜取り頻度を減らして快適性と省エネルギー性の両立を図った。これによって、着霜量が少ない場合の霜取り頻度を削減(図8)し、消費電力量を従来制御に対して4.6%抑制した<sup>(注2)</sup>。

(注2) MSZ-ZW4024S 当社環境試験室(16畳)で外気2℃、相対湿度50%、室温設定23℃での運転。90分運転時の従来制御での消費電力量2,187Whと新制御での消費電力量2,086Whとの比較。

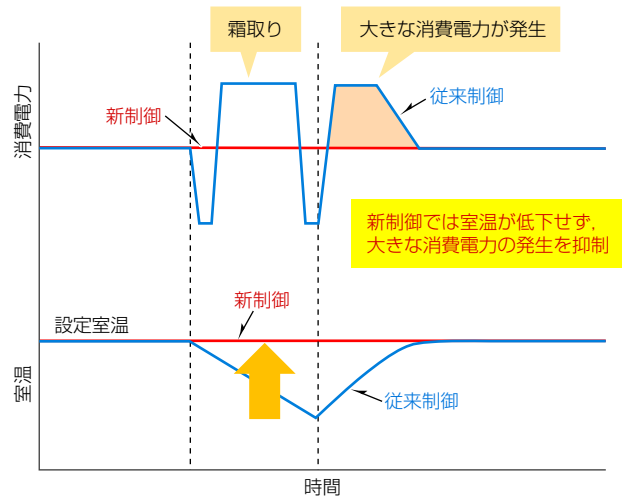


図8-従来制御と新制御の比較(イメージ)

#### 4. 2024年度 霧ヶ峰Zシリーズの受賞

3章に述べた省エネルギー効果やその他の機能等が総合的に評価され、2024年度 霧ヶ峰Zシリーズは次の賞を受賞している。

- (1) 一般財団法人 省エネルギーセンター主催 2023年度(令和5年度)省エネ大賞<sup>(注3)</sup> 製品・ビジネスモデル部門 資源エネルギー庁長官賞

“省エネ大賞”は、日本の産業、業務、運輸各部門での優れた省エネルギーの取り組みや、先進的で高効率な省エネルギー型製品などを表彰する制度である。

- (2) 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター主催 令和6年度デマンドサイドマネジメント表彰 優秀賞(機器部門)

“デマンドサイドマネジメント表彰”は、電気需要最適化に資すると認められる機器及び総合システム(電気需要最適化システム)を広く公募し、そのうち特に優れたものを表彰することによって、“電気需要最適化システム”の一層の普及及び社会への啓発を図ることを目的とする表彰制度である。

(注3) 省エネ大賞は、一般財団法人 省エネルギーセンターの登録商標である。

#### 5. む す び

当社ルームエアコンで、起動時の快適性と省エネルギー性の両立を実現するために、新機能のエコスタートを開発した。この機能は、据付先の空調負荷状況に適応した制御量をエアコン自体が算出し、動作させるものである。これによって、起動時の暖め過ぎや冷やし過ぎを防止するとともに、起動から室温安定までの消費電力量を抑制する。また、新機能の快適ロング暖房によって、着霜量が少ない場合の霜取り頻度を削減することで、長時間運転時の消費電力量を抑制する。

当社は、引き続き省エネルギー技術や省エネルギー型製品を開発し、社会課題である環境負荷低減に貢献していく。

#### 参 考 文 献

- (1) 内閣府：第6回 新型コロナウイルス感染症の影響下における生活意識・行動の変化に関する調査(2023)  
[https://www5.cao.go.jp/keizai2/wellbeing/covid/pdf/result6\\_covid.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai2/wellbeing/covid/pdf/result6_covid.pdf)