

不在時の節電効果を向上させた
ルームエアコン“霧ヶ峰Zシリーズ”“Kirigamine Z Series” Room Air Conditioner with Improved Energy –
Saving Performance during Absence

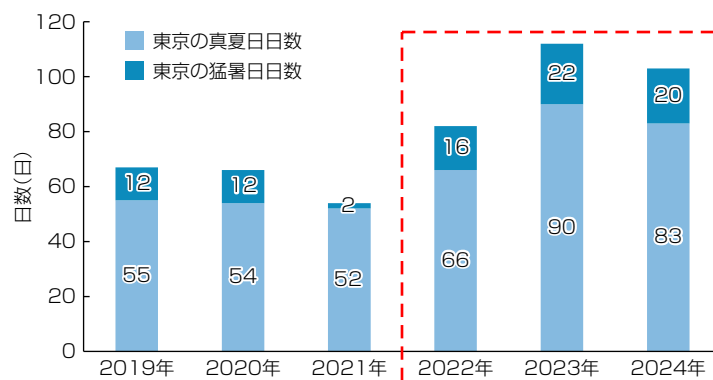
*静岡製作所

要 旨

猛暑の常態化に伴って、ルームエアコンは快適性のための機器にとどまらず、熱中症予防など健康を守る生活インフラとして重要性が高まっている。一方、電気料金の高騰を背景に、長時間運転時の消費電力量の削減が課題になっている。三菱電機が持つクラウドデータの解析から、エアコン運転時間の約半分で空調室内に人が不在であることが分かった。2026年度“霧ヶ峰”Zシリーズでは、サーマルダイオード型赤外線センサーと独自アルゴリズムによって在室・不在検知精度を高めて、不在時の温度補正幅を拡大した。さらに、在室復帰時には快適性を損なわない範囲で速やかに通常制御へ復帰する制御を開発し、冷房時18.9%、暖房時19.2%の消費電力量削減を実現した。

1. ま え が き

近年、日本の夏季は猛暑が常態化しており、最高気温30℃以上の真夏日や35℃以上の猛暑日が増加している(図1)。熱中症による健康被害も社会問題になっており、政府からも熱中症予防のための適切なエアコン使用が推奨されている。このような状況で、ルームエアコンは単なる快適性向上機器ではなく、健康と命を守るための生活インフラとしての役割を担うようになっている。

図1-東京の真夏日日数と猛暑日日数の推移⁽¹⁾

一方、エネルギー価格の高騰に伴って、家庭での電気料金負担は増加している(図2)。エアコンは夏季の家庭内電力消費で大きな割合を占める機器(図3)であり、快適性や安全性を確保しながら消費電力量を削減する技術への要求が高まっている。特に近年は、猛暑や熱中症リスクの増加を背景に、冷房を長時間連続して使用する“つけっぱなし運転”が一般化しつつある。市場調査(図4)では、2024年夏に冷房をつけっぱなしにしていたと回答した人は72.2%に達しており、その理由として“その方が快適だから”という回答が61.7%を占めている。

つけっぱなし運転では、在室者がいない時間帯にもエアコンが運転を継続する。この不在時間帯の消費電力を抑制できれば、ユーザーの操作負担を増やすことなく省エネルギー化が可能である。しかし、不在時に空調能力を過度に抑制すると、帰宅時や再入室時に室内環境が快適域から外れ、快適性の回復に時間を要するという課題がある。すなわち、不在時の省エネルギー性向上と在室復帰時の快適性維持を両立させる制御技術が必要である。

本稿では、2026年度霧ヶ峰Zシリーズに搭載した、不在検知精度向上技術と不在時の温度補正制御による省エネルギー化技術について述べる。

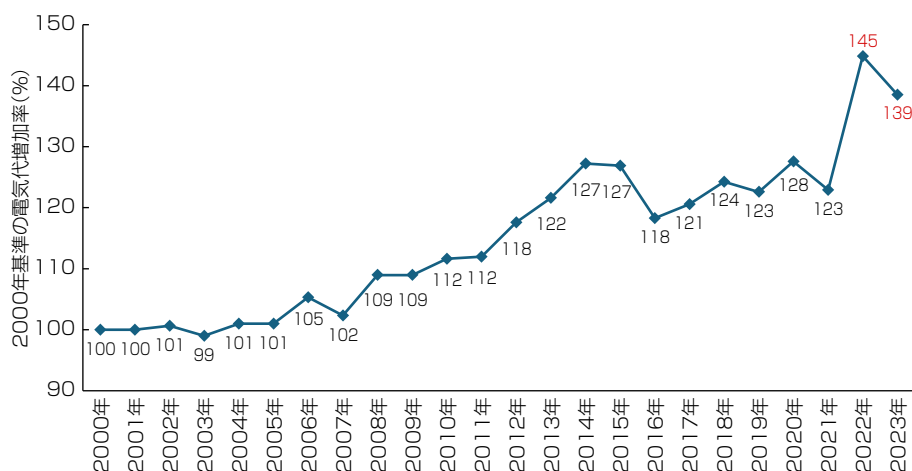


図2-電気料金の家計費に占める割合(全国全世帯)⁽²⁾

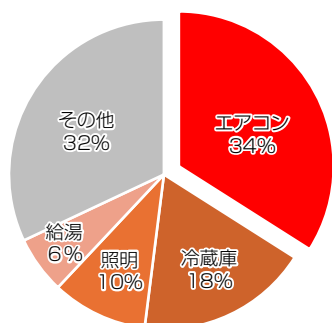


図3-夏季の家庭内の電力消費割合⁽³⁾

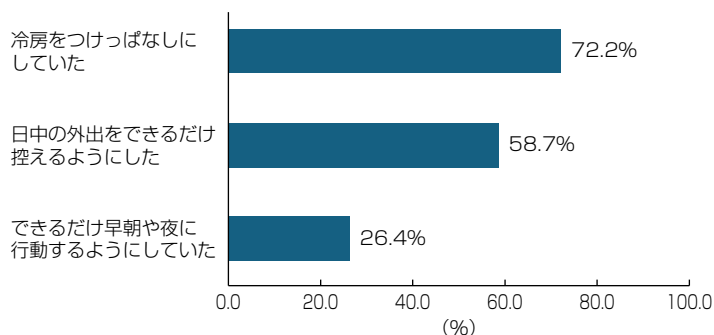


図4-2024年夏の行動(一部抜粋)(複数回答 n=7,268)⁽⁴⁾

2. つけっぱなし運転での省エネルギー課題

この章では、つけっぱなし運転での省エネルギー課題について述べる。

2.1 使用実態に基づく不在時間の解析

実使用環境でのエアコンの運転実態を把握するため、当社が持つクラウドデータを用いて解析を実施した。解析対象は当社Zシリーズ18,314台であり、エアコンの運転状態と、室内機に搭載された赤外線センサー“ムーブアイ”による在室・不在検知情報を用いた。2024年夏季で、平日、休日、夏休み期間を含む代表日を抽出して平均化した結果、エアコンの平均運転時間は14.1時間であった。このうち、空調している部屋に人が不在であるにもかかわらずエアコンが運転している時間は平均7.7時間であり、運転時間全体の54%を占めた。また、年間を通じた解析でも、エアコン運転中の約50%の時間で空調室内に人が不在であることが分かった。

この結果は、つけっぱなし運転の不在時間帯に、消費電力量削減の大きな余地があることを示している。人が不在の時間帯には空調能力を抑制し、在室が検知された場合には速やかに通常運転に復帰することで、快適性を損なわずに省エネルギー化できる可能性がある。

2.2 不在時制御の技術課題

当社では、2007年度Zシリーズからセンサーを用いて、人が在室しているか否かを判断し、自動的に不在時に設定温度に温度補正をかける“不在省エネ”機能を搭載している。

この不在時制御を強化するために、第一の課題は、在室・不在判定の高精度化である。不在時に省エネルギー制御を行うためには、人が不在であることを正確に判定する必要がある。一方、在室しているにもかかわらず不在と誤判定すると、

空調能力が抑制され、快適性を損なうおそれがある。そのため、省エネルギー制御の適用範囲を拡大するには、高精度な人体検知が不可欠である。

第二の課題は、省エネルギー性と快適性の両立である。不在時の温度補正幅を大きくすれば、冷房時には設定温度を上げて、暖房時には設定温度を下げることによって消費電力量を削減できる。しかし、補正幅を過度に大きくすると、在室復帰時に室温を快適域に戻すまでの時間が長くなり、ユーザーが不快に感じる可能性がある。このため、温度補正幅は省エネルギー効果だけでなく、復帰時の快適性を考慮して決定する必要がある。

3. 高精度不在検知技術

この章では、高精度不在検知技術について述べる。

3.1 サーマルダイオード型赤外線センサーの採用

人の在室・不在を検知するセンサーには、焦電型赤外線センサー、カメラ型センサー、サーモパイル型赤外線センサーなどがある(表1)。焦電型赤外線センサーは、低コストであるが、人の動きによる赤外線変化を検出する方式であるため、静止している人や動きが小さい人の検知が難しい。カメラ型センサーは、高解像度な情報を取得できる一方で、照明条件に依存しやすく、暗所や逆光では検知精度が低下する場合がある。当社従来機種で用いていたサーモパイル型赤外線センサーは、放射熱を非接触で検知できて、照明条件に依存せず夜間でも安定して使用できる。しかし、遠い位置にいる人や小柄な人、静止している人に対して検知が困難になる場合があった。

これに対して、当社は、高感度・高分解能なサーマルダイオード型赤外線センサーを採用した。このセンサーは、サーモパイル方式と比較して感度と分解能を向上させており、広い室内空間でも遠い位置にいる人や小柄な人を捉えやすい。さらに、照明条件に依存せず、暗所でも使用できるため、夜間のつけっぱなし運転にも適している。

表1-センサーの種類

項目	焦電型 赤外線センサー	カメラ型 センサー	サーモパイル型 赤外線センサー	サーマルダイオード型 赤外線センサー
検知原理	赤外線変化(動き)	画像認識	放射熱(絶対温度)	放射熱(絶対温度)
動きのない人の検知	×	○	△	○
遠距離の人の検知	△	○	△	○
暗所での使用	○	×	○	○

3.2 実使用データ解析による検知アルゴリズム

センサー性能の向上に加えて、実使用環境での検知精度を高めるため、2019年以降のサーマルダイオード型赤外線センサー搭載機種を対象として、一般家庭での実使用データを収集した。解析には、エアコンから取得した延べ130万以上のムーブアイセンサーデータを用いた。ムーブアイの在不在検知では、時系列ごとにムーブアイで得られた熱画像データを重ね合わせて周囲の環境と人体との温度差によって、人かどうかを判別している。実使用環境では、家具配置、壁面温度、日射、暖房器具などの熱源、生活パターンの違いなど、多様な要因が人体検知の外乱として影響する。そこで、当社独自の分析手法である“XCN”(クロスチェック付きなぜなぜ分析)⁽⁵⁾を用いて人体検知の阻害要因を体系的に抽出した。抽出した210要因について影響度を評価し、検知精度への影響が大きい要因を重点的に対策した。その結果、暖房器具などの熱源や周囲環境の急激な温度変化が、人体の在不在を判別するための熱画像データにノイズとして現れて、検知精度に影響を及ぼしていることが分かった。そこで、環境変化に応じて、重ね合わせる熱画像データを自動的に最適化し、ノイズを削減するアルゴリズムを導入した。これによって、周囲温度の変化に対して安定した検知が可能になり、精度を向上させた。また、部屋の形状を学習し、人物の輪郭を高精度に抽出する処理を追加した。これによって、家具、壁面、日射、ストーブなどの熱源と人物の熱パターンを分離しやすくした。さらに、既存の判定処理については、直交表評価を用いてパラメーターを最適化した。これらのハードウェア及びソフトウェア両面の改善によって、人体検知率を約85%から約95%まで向上させた。

4. 快適性を維持する不在時温度補正制御

ルームエアコンでの不在時省エネルギー制御では、冷房時に設定温度を上げて、暖房時に設定温度を下げることで空調能力を抑制する。このことから、不在検知時の温度補正幅を従来の $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ から拡大することで、快適性を維持したまま省エネルギーを実現できる。

快適性の定量的指標であるISO 7730の予測不満足率(Predicted Percentage of Dissatisfied : PPD)に基づく計算では、PPDが5%になる最適環境を基準とした場合、 1.5°C の温度変化でのPPDは約12%であり、これは、全体の約88%の在室者が快適と感じる状態を維持できることを示している(図5)。このことから、この温度範囲を許容可能な温度変化とし、温度補正幅を $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ に拡大した。

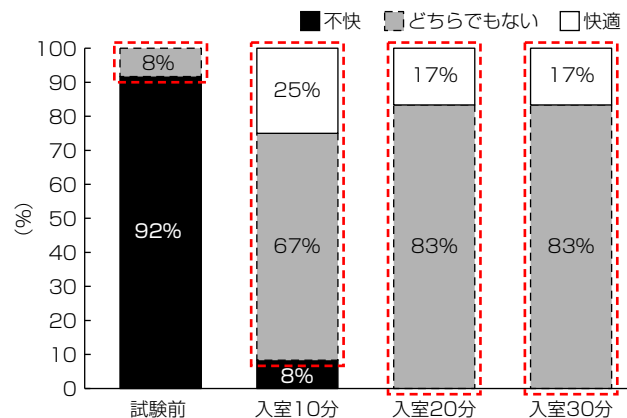


図5 - 1.5°C 変化の快適性評価

さらに、快適性を維持する条件として、先行研究⁽⁶⁾では、暑い空間にいた人が部屋に戻った際、10分以内に快適な温熱環境に戻すことができれば、在室復帰した際の不快感を低減できることが示されている。

当社環境試験室14畳で、冷房時は外気温 35°C 、設定温度 27°C 、暖房時は外気温 7°C 、設定温度 23°C の条件で、補正制御(冷房で不在時 28.5°C)から通常制御(設定温度 27°C)に復帰した際の室温変化を確認した。その結果、 1.5°C であれば在室者が戻った後、10分以内に目標温度に復帰できることを確認した。

これらの結果から、 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ の温度補正は、不在時の省エネルギー性を高めながら、在室復帰時の快適性を維持できる範囲であると判断した(図6)。

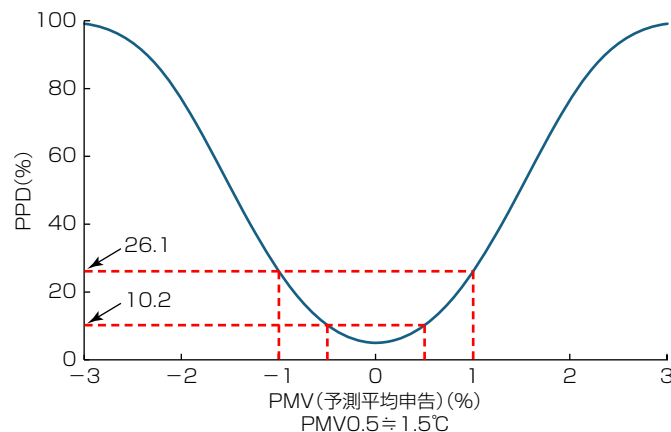


図6 - PMVとPPDの関係

5. 省エネルギー効果

開発した不在時温度補正制御の省エネルギー効果を、当社環境試験室で評価した。対象機種はMSZ-ZW4026Sである。冷房時は外気温35℃、外気湿度60%、設定温度27℃で安定後30分運転した場合を比較した。制御なしの場合の消費電力量は190Whであったのに対して、新制御適用時は154Whであり、18.9%の削減効果を確認した。

暖房時は外気温7℃、設定温度23℃で安定後30分運転した場合を比較した。制御なしの場合の消費電力量は239Whであったのに対して、新制御適用時は193Whであり、19.2%の削減効果を確認した。

6. む す び

2026年度霧ヶ峰Zシリーズでは、つけっぱなし運転の普及と電気料金高騰を背景に、実使用環境で大きな割合を占める不在時間帯の消費電力量削減に着目した。クラウドデータ解析によって、エアコン運転中の約半分の時間で空調室内に人が不在であることを明らかにし、不在時制御の有効性を確認した。

在室復帰後、1.5℃の温度変化が快適性を大きく損なわず、10分以内に目標温度に復帰できることから、不在時の温度補正幅を±1.5℃へ拡大した。

また、サーマルダイオード型赤外線センサーの検知アルゴリズムの進化によって、人体検知率を約85%から約95%へ向上させた。この高精度な在室・不在検知を基盤として、冷房時18.9%、暖房時19.2%の消費電力量削減を実現した。

今後は、この開発で確立した不在時省エネルギー制御技術を展開し、家庭での快適性と省エネルギー性の両立、及び脱炭素社会の実現に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 国土交通省 気象庁：大都市における真夏日日数の長期変化傾向
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/himr_tmaxGE30.html
- (2) 総務省統計局：家計調査(家計収支編) 時系列データ(総世帯・単身世帯)
<https://www.stat.go.jp/data/kakei/longtime/soutan.html>
- (3) 経済産業省 資源エネルギー庁：家庭でできる省エネ
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/
- (4) くふう生活者総合研究所：「2024年夏の買い物行動」に関するアンケート調査 2024年10月
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000424.000046400.html>
- (5) 鶴田明三，ほか：設計品質リスクを未然にあぶり出す新手法“XCN(クロスチェック付きなぜなぜ分析)”，三菱電機技報，**89**，No.3，199～202 (2015)
<https://www.giho.mitsubishielectric.co.jp/giho/pdf/2015/1503201.pdf>
- (6) 倉成 誠，ほか：快適性を考慮した空調制御に関する研究(その5)夏期・冬期におけるショック、順応に対する人体の快適性に関する検討，空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集，1157～1160 (2008)