

三菱電機技報

10

2026
Vol.100 No.10

人々の暮らしを支える快適で安全・安心な
空間創造に貢献する空調冷熱システム

No.10

特 集	人々の暮らしを支える快適で安全・安心な空間創造に貢献する空調冷暖システム	Heating, Ventilation and Air Conditioning System Support People's Lives while Contributing to Creation of Comfortable, Secure and Safe Spaces
巻 頭 言		
人々の暮らしを支える快適で安全・安心な 空間創造に貢献する空調冷暖システム……………	1-01	Heating, Ventilation and Air Conditioning System Support People's Lives while Contributing to Creation of Comfortable, Secure and Safe Spaces Masaya Hashiguchi
橋口正哉		
巻頭論文		
循環型 デジタル・エンジニアリングで実現する ライフソリューションの持続的進化……………	2-01	Sustainable Evolution of Life Solutions through Circular Digital Engineering Yukimasa Nagai
永井幸政		
全熱交換型換気扇“業務用ロスナイ天井埋込形” —省エネルギー性と施工・メンテナンス性の向上— ……	3-01	Commercial Use Energy Recovery Ventilation “Lossnay Ceiling-Mounted Type” —Energy Saving and Ease of Installation and Maintenance— Shinya Suzumura, Toshiaki Kawai
鈴村晋也・河合俊明		
R32天井／天埋形除湿機……………	4-01	R32 Ceiling-Suspended / Concealed Dehumidifier Daisuke Matsuzaki
松崎大亮		
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”……………	5-01	“Kirigamine Z Series” Room Air Conditioner with Improved Energy-Saving Performance during Absence Akihide Nakajima, Junichi Okazaki, Motoshi Tezuka
中島彰栄・岡崎淳一・手塚元志		
業務用空調・冷暖製品の遠隔AI不調検知技術……………	6-01	Remote AI-Based Anomaly Detection Technology for Commercial Air-Conditioning and Refrigeration Products Mitsuhiro Ishigaki
石垣充博		
IoT基盤“Linova”／“MyMU”のグローバル展開を 支えるシステム・運用技術開発……………	7-01	System and Operational Technology Development for Global Expansion of IoT Platform “Linova”/“MyMU” Masahiro Ishihara, Reiji Otsuka
石原正裕・大塚礼治		
業務用VRF空調機の運用データ分析による 省エネルギーソリューション創出技術……………	8-01	Energy-Saving Solution Development for Commercial VRF Systems Based on Operational Data Analytics Ken Imai, Keishu Tsuda, Ryutaro Asano
今井 健・津田佳周・浅野隆太郎		
負イオンオゾン処理技術による 室内衛生と快適性の向上……………	9-01	Enhancement of Indoor Hygiene and Comfort by Negative Ion-Ozone Treatment Technology Akane Nakanishi, Akinori Shimizu, Satoru Okagaki
中西亜加音・清水彰則・岡垣 覚		

執筆者の所属は執筆時のものです。

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標です。

三菱電機では、サステナビリティ経営を実現するビジネスエリアとして、「インフラ」「インダストリー・モビリティ」「ライフ」を設定しています。

三菱電機技報ではこのビジネスエリアを中心に特集を紹介しています。

今回の特集ではライフ領域の“人々の暮らしを支える快適で安全・安心な空間創造に貢献する空調冷暖システム”をご紹介します。

巻頭言

人々の暮らしを支える快適で安全・安心な 空間創造に貢献する空調冷熱システム

Heating, Ventilation and Air Conditioning System Support People's Lives
while Contributing to Creation of Comfortable, Secure and Safe Spaces



橋口正哉 Masaya Hashiguchi

執行役員 リビング・デジタルメディア事業本部 副事業本部長

Corporate Executive Group Senior Vice President, Living Environment & Digital Media Equipment

国際情勢の不安定化や地球規模での気候変動に伴う災害の激甚化、資源・エネルギー価格の不安定化、国内の労働力不足などの社会課題は、私たちの生活に広く影響を及ぼしています。

三菱電機グループは、事業成長と社会・環境課題の解決に向けて、リスクを恐れず新たな発想で価値を創出する“イノベティブカンパニー”への変革を目指しています。

リビング・デジタルメディア事業本部は、居住空間から産業空間まで様々な環境に直結した製品やシステムを全世界に供給しています。差し迫る様々な社会課題に対応しながら、多様な生活空間で人々の暮らしを支える快適で安全・安心な空間創造への貢献を目指しています。家庭・店舗・オフィス・工場といった幅広い領域での快適空間を創造するため、空調冷熱システムの省エネルギー運用・リニューアルに対応した製品やシステム・サービスを提案し、製品ライフサイクルを通じて顧客価値の提供を目指しています。

この特集号は、リビング・デジタルメディア事業本部の製品・サービスに関する論文を掲載しています。それらの特集論文に先立って、幾つかの事例を紹介します。

(1) 全熱交換型換気扇“業務用ロスナイ天井埋込形”省エネルギー性と施工・メンテナンス性の向上

建設業界の人手不足の深刻化に伴う機器の施工性及び保守性の向上、並びに換気設備の省エネルギー性能向上の要求に応えるため、業務用ロスナイの主力機種である天井埋込形タイプをモデルチェンジしました。内部風路構造の最適化と高効率な新型内製モーターの採用によって機器消費電力を削減し、また、風量調節段階の細分化によって施工時の調整負荷を低減し、運用条件に応じた換気量及び消費電力の最適制御を可能としました。さらに、スマートフォンアプリ“MELRemoPro”への対応やメンテナンス表示の改善によって、省施工化と保守性向上を図りました。

(2) 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”

夏の酷暑による熱帯夜の日数が増加傾向にあり、昼夜を問わずエアコンを連続で長時間運転するライフスタイルが定着し、長時間のエアコン使用による家計への負担は増加しており、節電への関心が高まっています。エアコンの運転実態を把握するため、当社クラウドデータが持つIoT(Internet of Things)接続されたエアコンの運転データを解析した結果、運転時間のうち約半分は空調室内に人が不在であったという実態が明らかになりました。ルームエアコン霧ヶ峰Zシリーズでは、運転時に人の不在を検知した際に行う節電運転で独自アルゴリズムを改良することで、不在時の消費電力量削減率を向上させて、エアコンを連続で長時間運転するライフスタイルに対応しました。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きます。

(3) 業務用空調・冷熱製品の遠隔AI不調検知技術

業務用空調・冷熱製品では、機器停止による事業影響の回避、保守人材の不足、フロン排出抑制法等の法規制対応といった観点から、遠隔監視による不調検知への需要が高まっています。当社では、冷凍サイクルの理論に基づくルールベース手法による冷媒漏えい検知技術を開発し、ビル用マルチエアコン、チラー及び冷凍機への搭載を進めています。この手法では、機器特性や配管長・高低差等の設置条件に応じてしきい値を調整する必要があり、機種・現場によっては調整に多大な工数を要する場合があります。今回、機器特性及び配管長・高低差等の設置条件に依存しない遠隔AI不調検知技術を開発しました。遠隔監視サービスを通じて、検知結果に基づくサービス対応まで一貫して提供することで、エンドユーザーの安心・安全な機器運用に貢献していきます。今後はAIモデルの更なる高度化と、対象機種・検知対象の拡大に取り組んでいきます。

循環型 デジタル・エンジニアリングで実現する ライフソリューションの持続的進化

Sustainable Evolution of Life Solutions through Circular Digital Engineering



永井幸政*
Yukimasa Nagai

*IoT・ライフソリューション新事業推進センター長(博士(情報学))

要 旨

三菱電機のライフサイクルソリューション事業では、脱炭素化や労働力不足等の社会課題を背景に、機器販売中心のビジネスモデルからライフサイクル全体を通じた継続的な価値創出モデルへの転換を推進している。IoT(Internet of Things)クラウド基盤“Linova”による空調機器の接続化と運転データ収集基盤、人位置検知サービス“MEL-IPS”やノーコード自動制御“Noeru”等の運用最適化ソリューション、AIを活用した故障診断支援等の保守ソリューション、及び共創を通じたソリューションの開発に取り組んでおり、循環型 デジタル・エンジニアリングの実現を目指している。

1. ま え が き

当社のライフビジネスエリアでは、空調・家電・住設機器といった強いコンポーネント(機器)を基盤に、あらゆる生活空間で快適で安心・安全な環境を創造するソリューションプロバイダーを目指している。社会の脱炭素化への要求、気候変動の深刻化、少子高齢化による労働力不足、建物の長寿命化への期待など、当社のライフサイクルソリューション事業を取り巻く環境は大きく変化しており、従来の機器販売を中心としたビジネスモデルから、機器の導入・運用・保守・リニューアルというライフサイクル全体を通じて顧客価値を持続的に創出・拡大するビジネスモデルへの転換が求められている。

この転換を実現するために、当社は三つのマインドセット変革を推進している。第一に、プロダクト中心から顧客中心への転換である。機器の性能向上だけでなく、顧客の課題解決を起点としたソリューション提供を目指す。第二に、仮説検証を迅速に行うためのアジャイル型開発プロセスの導入である。従来のウォーターフォール型開発による品質の作り込みを維持しつつ、顧客との共創を通じてソリューションを短いサイクルで開発・改善する仕組みを取り入れている。第三に、機器販売モデルからサービスモデルへの事業構造の転換である。IoTによって機器をクラウドに接続し、運転データの収集・分析を通じて継続的な価値提供を可能にする。

こうした変革の技術基盤として、当社はIoTクラウド基盤Linovaを開発・運用している。Linovaは、B2C(Business to Customer)向けスマートフォンアプリ“MyMU”やB2B(Business to Business)向け遠隔監視サービスの共通プラットフォームとして、空調機・家電・住設機器から収集した運転データの蓄積・分析を担う。現在、Linovaには多数の機器が接続され、国内だけでなくグローバル展開も進めている。さらに、データ分析基盤“KOTOLiA”等との連携によって、蓄積されたデータからの知見抽出やAI活用を加速している。また、当社は、“データ活用宣言”^①を制定し、データ資産価値の最大化、データ活用の文化醸成、データマネジメントの永続的な取組みを柱として、データに基づく適切な意思決定と顧客への新たな価値創出を目指している。

本稿では、こうした循環型 デジタル・エンジニアリングの考え方に基づいて、当社ライフサイクルソリューション事業での最新の取組みについて述べる。まず、IoTクラウド基盤Linovaと空調機器の接続化によるデータ収集の仕組みを述べる(2章)。次に、収集したデータを活用した運用段階でのソリューション群として、人位置検知サービス、ノーコード自動制御、モニタリングレポート、リニューアル提案支援の事例を述べる(3章)。続いて、AIを活用した保守・業務支援ソリューションについて述べる(4章)。最後に、今後の展望を述べる(5章)。

2. IoTクラウド基盤Linovaと空調機器の接続化

この章では、IoTクラウド基盤Linovaと空調機器の接続化について述べる。

2.1 コンポーネントを起点としたデータ循環

循環型 デジタル・エンジニアリングの実現には、コンポーネントをクラウドに接続し、運転データを継続的に収集・蓄積する仕組みが不可欠である。図1に、当社が推進するライフサイクルソリューションでのデータ循環の概念を示す。空調・家電・住設機器といった強いコンポーネントから生まれる運転データをIoTクラウド基盤Linovaに集約し、データ分析基盤KOTOLiAでの分析・AI活用を経て、運用最適化や保守・リニューアル提案として顧客に還元する。この循環によって、機器の導入から運用・保守・リニューアルに至るライフサイクル全体を通じた継続的な価値提供が可能になる。

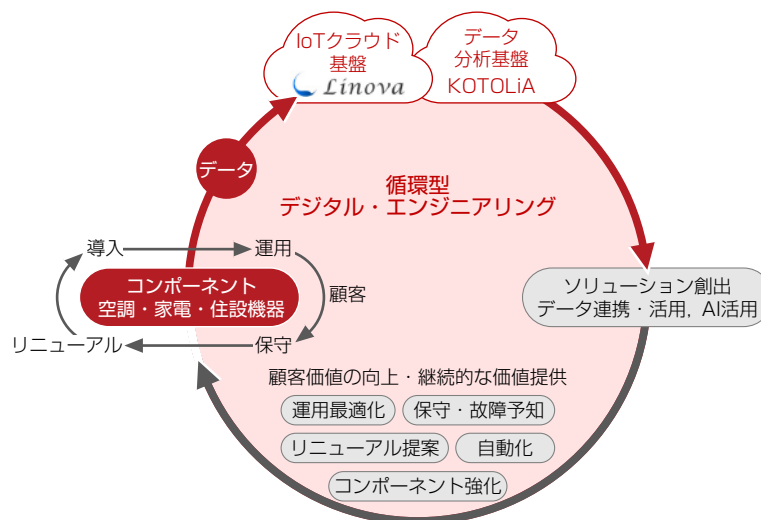


図1-ライフサイクルソリューションでのデータ循環の概念

2.2 IoTクラウド基盤Linovaの構成

Linovaは、B2C向けスマートフォンアプリMyMUやB2B向け遠隔監視サービスの共通プラットフォームとして開発・運用されている。図2に、Linovaの技術基盤の構成を示す。Linovaを支える技術基盤は、大きく四つの要素で構成される。第一に、運転データの蓄積・分析・可視化を担うデータ分析基盤であり、KOTOLiAとの連携によって大規模データからの知見抽出やAI活用を加速している。第二に、ビル管理プラットフォーム等の社外パートナーとのデータ連携を実現するWeb API(Application Programming Interface)連携基盤である。標準化されたAPIを通じて他社システムとの相互接続を可能にし、後述するオープンイノベーションの技術的基盤になっている。第三に、サービスの契約・課金管理を担うサブスクリプション管理基盤であり、従来の機器販売とは異なるサービス型事業モデルを支える。第四に、機器の据付け情報から保守履歴までを一元的に管理する顧客情報基盤である。これらの基盤を通じて顧客にソリューションを提供する。

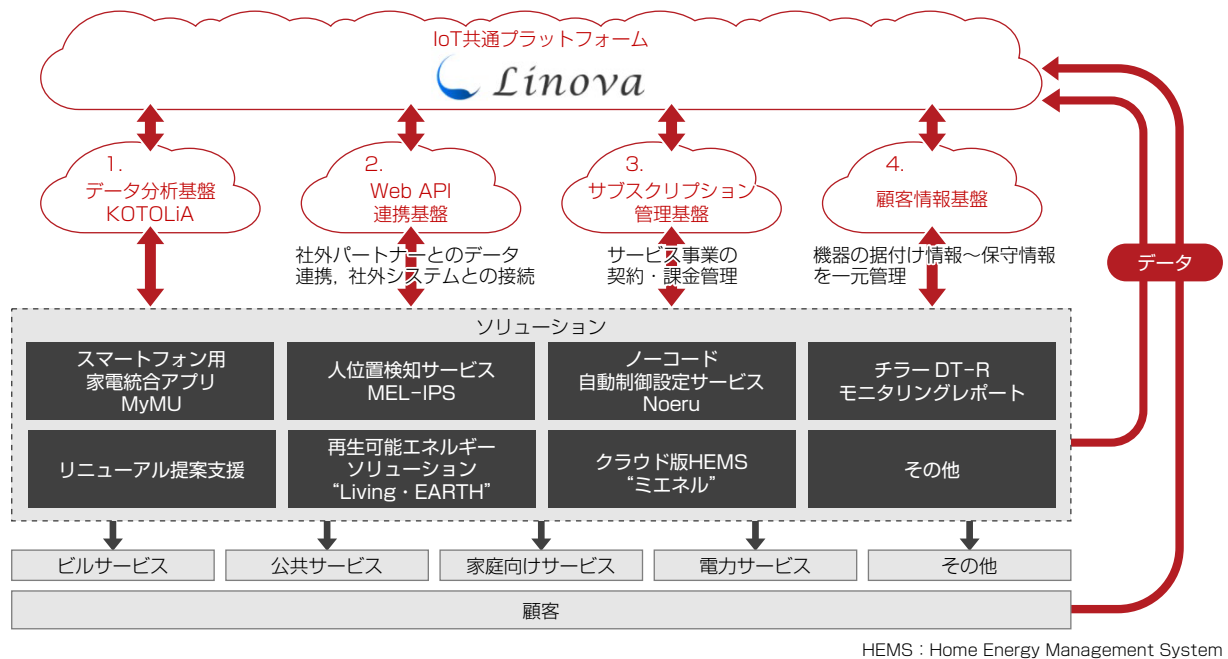


図2- IoTクラウド基盤Linovaの構成

2.3 空調機器のコネクテッド化とグローバル展開

ライフサイクルソリューションの起点として、空調機器とクラウドとの接続を多様な手段で推進している。ビル用マルチエアコンについては、集中コントローラー“AE-CZJ”が、当社空調専用通信規格“M-NET”を介して室内機・室外機の運転データを収集し、ビル全体の空調運転状況をリアルタイムに把握することが可能になるサービス“MELく～るLINK”を展開する。冷凍冷蔵機器及びチャラーにも同様に、クラウド遠隔監視サービスMELく～るLINKを展開している。このサービスは、24時間の運転状態常時監視と異常発生時のメール自動通知に加えて、冷媒漏えいの疑いの検知、遠隔での冷媒回路点検などを実現する。海外市場でも、欧州では“MELCloud Commercial”，北米では“kenza cloud”を展開し、グローバルでのコネクテッド化を推進している。各地域で蓄積される運転データを活用し、地域特性に応じたソリューション展開を加速していく。こうした多様な接続手段によって収集された運転データが、3章以降で述べる運用最適化ソリューションやAIを活用した保守・業務支援ソリューションの基盤になる。

2.4 住宅機器のコネクテッド化とグローバル展開

住宅向けの空調・家電機器については、スマートフォンアプリMyMUがエアコン・冷蔵庫・給湯機等の遠隔操作・モニタリングを提供している。MyMUに蓄積される機器の運転データは、省エネルギー提案やメンテナンス通知など、ライフサイクルを通じた付加価値サービスの基盤になる。海外市場でも、2.3節で述べた業務用と同様に、欧州では“MELCloud Home”，北米では“kumo cloud”を展開し、コネクテッド化を推進している。

3. 運用段階のソリューション

この章では、運用段階のソリューションについて述べる。

3.1 運用最適化ソリューションの位置付け

2章で述べたコネクテッド化は、機器の運転データを継続的に収集・蓄積する仕組みを確立した。この章では、蓄積されたデータを活用し、建物・施設の運用段階で具体的な価値を創出するソリューション群を述べる。ライフサイクルソリューションで、運用段階は顧客にとって最も長い期間を占める。提案から設置までが数か月～数年であるのに対して、運用期間は数十年に及ぶ。この長期にわたる運用段階でデータに基づく価値を継続的に提供することが、循環型 デジタル・エンジニアリングの核心である。3.2節以降では、HVAC&R JAPAN 2026⁽²⁾で公開した四つのソリューション事例を通じて、運用データ活用の具体的な姿を述べる。

3.2 人位置検知サービスMEL-IPS

オフィスや商業施設での空調の最適制御には、在室者の位置と人数の把握が不可欠である。MEL-IPSは、屋内の人の位置情報と温度分布をリアルタイムに可視化するサービスである。図3に、MEL-IPSのサービス画面例を示す。MEL-IPSは、フロア上の人を検知し、勤務場所・勤務状況の把握やコミュニケーション支援に活用できる。同時に、温度分布の可視化によって、オフィス利用者が自ら快適なエリアを選択することも可能になる。さらに、蓄積された運用データに基づいて、空調ゾーニングの見直しや設定温度の最適化など、職場環境の継続的な改善を支援する。MEL-IPSの特長は、単なる位置検知にとどまらず、後述するNoeruとの連携によって、人数検知に基づく空調の自動制御を実現できる点にある。これによって、在室人数に応じた空調運転が可能になり、無駄な空調エネルギーの削減と快適性の両立を図ることができる。

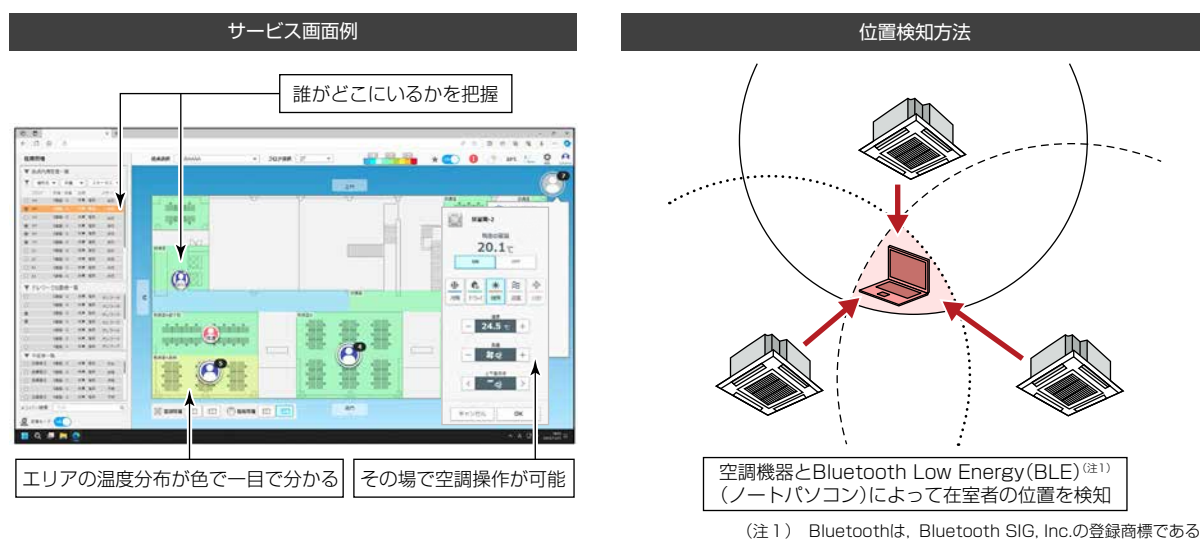


図3- MEL-IPSのサービス画面例

3.3 ノーコード自動制御設定サービスNoeru

建物の運用段階では、テナント変更や用途変更に伴って、空調制御の条件を柔軟に変更する必要がある。従来、こうした制御ロジックの変更にはプログラミングの専門知識が必要であり、迅速な対応が困難であった。Noeruは、機器間の連携制御をノーコードでビジュアルに設定できるサービスである。図4に、Noeruの設定画面を示す。ユーザーは、タイマーブロック・入力ブロック・判定ブロック・出力ブロックの4種類の機能ブロックをドラッグ&ドロップで配置し、ブロック間を接続することで、複雑な連動条件を直感的に構築できる。対象機器の選択もフロア・エリアから簡単に行える。

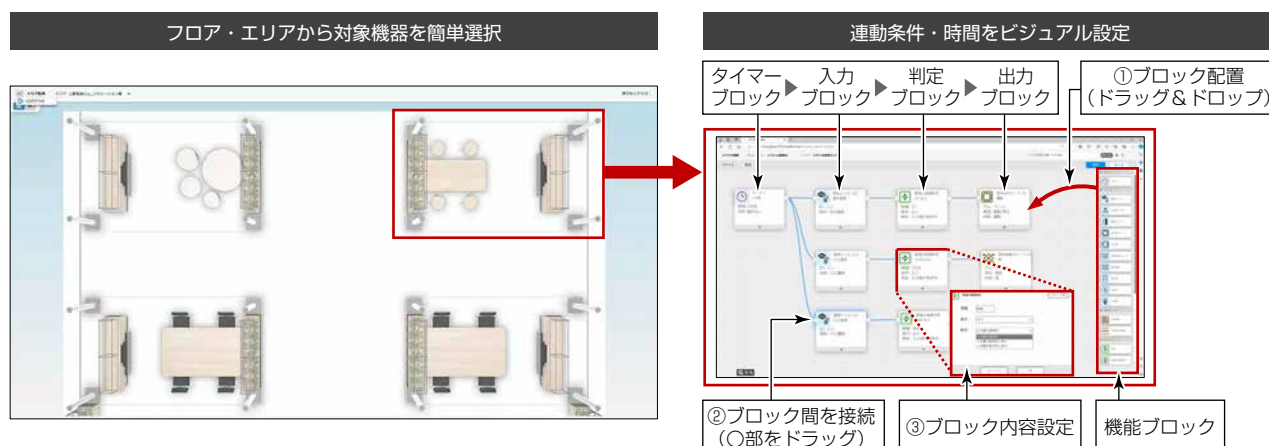


図4-ノーコード自動制御設定サービスNoeru

Noeruの技術的な特長は、ノーコードプラットフォームとしての汎用性にある。空調機器単体の制御にとどまらず、照明や換気設備など異なるカテゴリの機器を横断した連携制御が可能である。また、前述のMEL-IPSと組み合わせることで、人数検知の結果に基づく空調の自動制御も実現できる。例えば、会議室の在室人数が一定数を下回った場合に空調を省エネルギーモードに切り替えるといった、従来は個別のシステム開発を要した制御を、現場の管理者自身がノーコードで設定・変更できる。

3.4 チラーDT-Rモニタリングレポート

チラーは建物の冷熱源として重要な役割を担うが、その運転状況の把握や稼働管理には多大な労力を要する。管理者からは“どのような稼働をしているか把握しにくい”“稼働記録のグラフ化・資料化に人手と時間がかかる”“効率的に運用したいが、自分の判断で運転を変えることに不安がある”といった課題が寄せられていた。

チラーDT-Rモニタリングレポートは、これらの課題を解決するデータ可視化・分析サービスである。図5に、モニタリングレポートの可視化・分析イメージを示す。このサービスは三つの価値を提供する。第一に、サーモスタットのオン／オフ状態や運転負荷率の可視化によって、運転状況の善し悪(あ)しが一目で分かる“安心感”である。例えば、負荷がないはずの時間帯にチラーが稼働している状況を即座に発見できる。第二に、チラーの稼働状態を管理業務や関係者との情報共有に活用できる“効率アップ”である。第三に、前年同月比・前月比による相対的な改善・悪化の可視化や、複数台の運転負荷率の比較分析に基づく“運用最適化”の実現である。2台のチラーがいずれも低負荷率で運転している場合に1台運転への切替えを提案するなど、データという根拠に基づいた運用改善を可能にする。

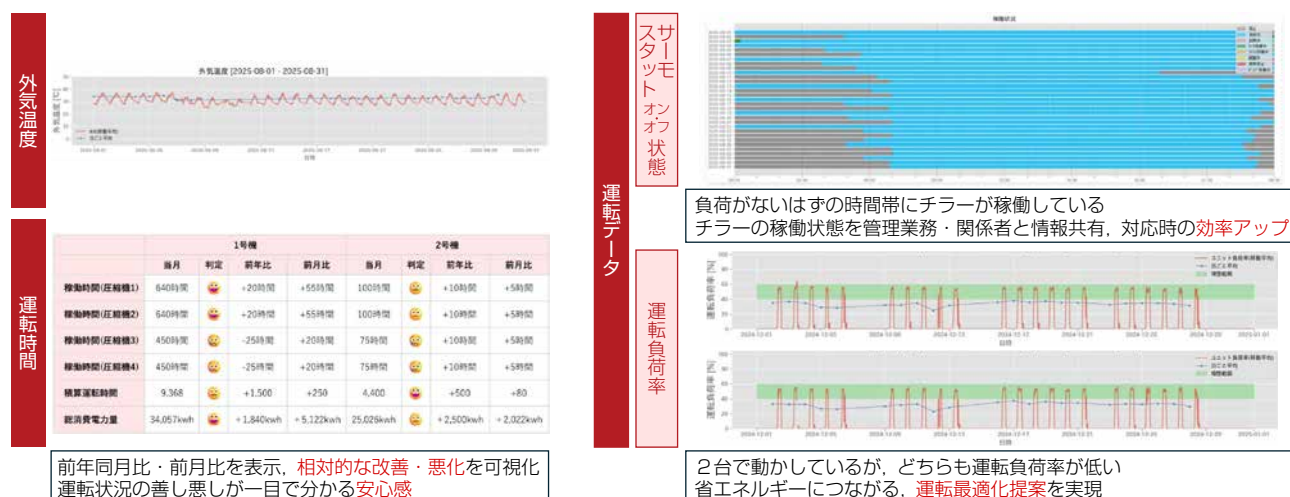


図5- チラーDT-Rモニタリングレポートの可視化／分析イメージ

3.5 運用ソリューションの技術的共通基盤

これらのソリューションに共通するのは、Linovaに蓄積された運転データをデータ分析基盤KOTOLiAやデータ分析ツールを用いて分析し、運用上の知見として顧客に還元するアーキテクチャーである。個々のソリューションは独立して価値を提供するが、同時にMEL-IPSとNoeruの連携に見られるように、ソリューション間の組合せによって新たな価値を創出できる拡張性を備えている。こうした運用段階で蓄積されたデータと知見は、4章で述べるAIを活用した保守・業務支援ソリューションの基盤にもなり、ライフサイクル全体を通じた循環型の価値創出を加速する。

4. AIを活用した保守・業務支援ソリューション

この章では、AIを活用した保守・業務支援ソリューションについて述べる。

4.1 AI活用の位置付けと方向性

3章では、運転データの可視化・分析を通じた運用最適化ソリューションを述べた。この章では、これらのデータ基盤の上にAI技術を適用し、保守業務の高度化と業務支援の効率化を実現するソリューションを述べる。

従来、保守業務での故障診断や業務上の意思決定は、熟練技術者の経験と知識に大きく依存していた。しかし、技術者の高齢化や人手不足が進む中、属人的なナレッジをAIによって組織知として活用可能にすることが急務になっている。当社は、データ活用宣言に基づいて、データとAI技術を活用した新たな価値創出に取り組んでいる。

4.2 AI活用故障診断支援

空調機器の保守現場では、機器の多様化・高機能化に伴って故障モードが複雑化しており、全ての故障パターンに精通した技術者の確保が困難になりつつある。空冷LCS(Life Cycle Solution) AI活用故障診断は、約160万件の保守ナレッジを活用したAI故障診断支援サービスである。過去の修理報告書、技術資料、FAQ(Frequently Asked Questions)等から構築した大規模ナレッジベースにAI技術を適用し、故障症状の入力から推定原因と対処方法を提示する。これによって、従来のエラーコード確認→マニュアル参照→過去事例検索→熟練者問合せという多段階プロセスが簡素化され、診断の迅速化と精度向上を同時に実現する。技術者の経験年数に依存しない均質な保守サービスの提供が可能になる。一方、保守ナレッジの活用に加えて、機器の運転データを活用したAIによる不調の予兆検知も進めている。運転データから機器・設置条件によらず正常範囲を推定し、冷媒漏えい等の不調を予兆段階で捉える遠隔AI不調検知技術については、特集論文“業務用空調・冷熱製品の遠隔AI不調検知技術”で述べる。

4.3 AI活用ソリューションの技術的展望

今後、運用段階で蓄積される運転データと保守段階で蓄積されるナレッジが相互に連携することで、故障予兆の検知精度向上や予防保全の最適化など、ライフサイクル全体を通じたAI活用の深化が期待される。

5. む す び

循環型 デジタル・エンジニアリングの具現化として、ライフサイクルソリューション分野でのソリューション事業の展開を述べた。これらのソリューションに通底するのは、“コンポーネント×デジタル基盤”による循環型の価値創出モデルである。強いコンポーネントから生まれる運転データをIoTクラウド基盤Linovaに集約し、データ分析基盤KOTOLiAでの分析やAI活用を経て、運用最適化・保守・リニューアル提案として顧客に還元する。この循環を回し続けることで、機器の導入後も継続的に価値が拡大していく。今後は、コネクテッド機器の拡大によるデータ量の増大、AI技術の進化による知見の高度化、共創を通じた適用領域の拡張によって、ライフサイクルソリューションの更なる深化を図って、顧客の事業価値の持続的な向上を図る。

参 考 文 献

- (1) 三菱電機：三菱電機グループ データ活用宣言
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/ja/sustainability/governance/data-utilization/>
- (2) 一般社団法人 日本冷凍空調工業会：HVAC&R JAPAN 2026
<https://www.jraia.or.jp/hvacr/>

全熱交換型換気扇“業務用ロスナイ天井埋込形” —省エネルギー性と施工・メンテナンス性の向上—

Commercial Use Energy Recovery Ventilation “Lossnay Ceiling-Mounted Type”
—Energy Saving and Ease of Installation and Maintenance—

*中津川製作所

要 旨

建築物のZEB(net Zero Energy Building)化推進に伴って、換気設備には省エネルギー性能の更なる向上が求められているのに加えて、建設業界の人手不足深刻化に伴って、機器の施工性及びメンテナンス性の向上が求められている。これらの要求に対応するため、業務用ロスナイの主力機種である天井埋込形タイプのモデルチェンジを実施した。この機種では、内部風路構造の最適化と高効率な新型内製モーターの採用によって、従来機種比で機器消費電力を10%以上削減した。また、風量調節段階の細分化によって施工時の調整負荷を低減し、運用条件に応じた換気量及び消費電力の最適制御を可能とした。さらにアプリケーション“MELRemoPro”への対応やメンテナンス表示サインの改善によって、省施工化とメンテナンス性の向上を図った。

1. ま え が き

建築物の消費エネルギーで空調が占める割合は依然として大きく、オフィスビルでは約30%を占めるとされている。このうち換気に起因する外気負荷は20～30%を占めており、空調エネルギー削減を進める上で外気負荷低減は重要な技術課題である。2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、建物の一次エネルギー消費量を実質ゼロとするZEBの普及が進められており、断熱性能の向上や照明のLED化、OA機器の高効率化によって、建物内部発熱は減少傾向にある。その結果、建物全体に占める外気負荷の比率は相対的に増加しており、換気設備のエネルギー性能向上が建物全体の省エネルギー性に与える影響は今後更に大きくなると考えられる。

また、建設業界での就労環境改善の動向を背景として、施工時の工数削減に資する製品仕様の重要性が増大している。さらに、運用段階では、調整の容易性及びメンテナンス性の向上に対する要求も一層強まっている。

これらの背景を踏まえて、今回の開発では、日本国内市場を対象として、業務用ロスナイ天井埋込形タイプの高効率化による消費電力低減と、風量調整性向上や設定作業の簡素化による施工性・メンテナンス性改善を両立させたモデルチェンジを行い、ZEB化ニーズに適合した次世代換気機器の実現を目的とした。

2. 業務用ロスナイ天井埋込形

全熱交換型換気扇“ロスナイ”は室外から室内への給気と室内から室外への排気を同時に行う第一種換気機器であり、機器内部にある熱交換素子(ロスナイエレメント)を用いて給気・排気間で熱交換を行い、空調エネルギーを回収する省エネルギー型の換気機器である(図1)。

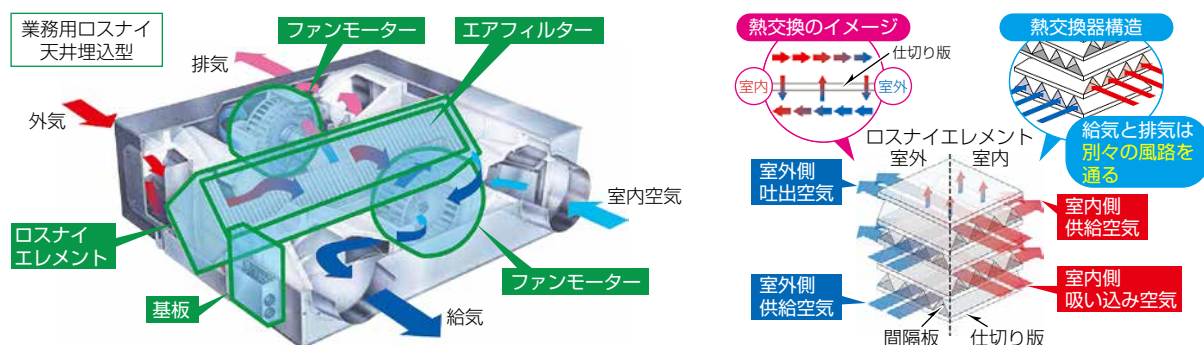


図1-ロスナイの内観イメージとロスナイエレメントの原理

3. 省エネルギー性能の向上

消費電力低減の手段として、筐体(きょうたい)構造の見直し及び高効率モーターの採用を行った。

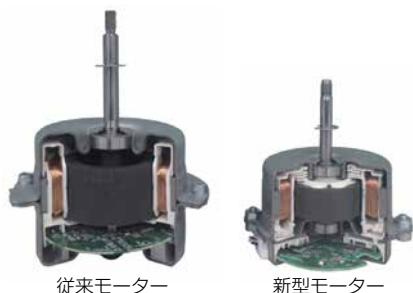
3.1 内部風路構造の最適化

筐体構造の見直しとしては、従来の内断熱構造から外断熱構造に変更することで、内部風路の有効断面積を拡大し、空気流路の制約を低減した。これによって、風路での圧力損失を低減し、送風効率の向上とファン動力の低減を図った。また一部機種では、モーターシャフトの延長やモーターの小型化によってファン近傍のレイアウトを最適化することで、吸い込み風路の拡大を実現した。これによって、吸い込み側の流入抵抗を低減し、更なる圧力損失低減と送風効率向上及びファン動力低減を図った。

3.2 高効率な新型モーターの採用

更なる消費電力低減手段として、一部機種に希土類プラスチック磁石を用いたDCモーターを採用した。これによって、フェライトプラスチック磁石を用いた従来のDCモーターと比較して、高効率化(モーター効率約3%向上)及び小型化(体積約49%削減)を実現した。さらに、磁石形状の最適化によってローターの減磁耐力を向上させて、最大出力アップを可能とした。またこのモーターは内製化によって設計から製造まで一貫した最適化が可能である。さらに全自動ラインによる組立工程の導入によって、生産の安定化と品質の向上を実現している(図2、図3)。

■ 消費電力削減の鍵は“新型モーターの採用”(注1)



新型モーターの特長

- ① 希土類プラスチック磁石を使用し、小型・高効率化を実現
- ② 磁石形状の最適化によって、減磁耐力を向上、最大出力アップを実現
- ③ 全自動組立てによって、安定した生産と品質を実現

■ 新型モーター仕様値

	モーター効率	体積	質量
従来モーター	77.80%	633.2cm ³	1.57kg
新型モーター	80.20%	323.2cm ³	0.90kg
改善幅	約3%改善	約49%削減	約42%削減

(注1) 新型モーターの採用は、35・50タイプだけ

図2-新型モーターの特長

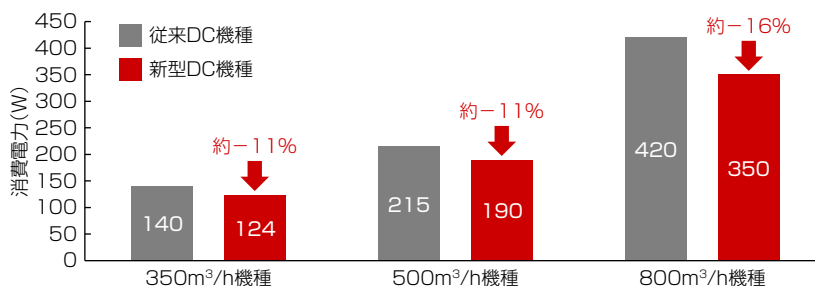


図3-消費電力(強ノッチ)の比較

4. 施工性及びメンテナンス性の改善

この章では、施工性及びメンテナンス性の改善について述べる。

4.1 風量調整作業の負荷低減

リモコンで給気と排気の強・弱・微弱の風量をそれぞれ調整できる風量多段階設定を、従来の11段階(7%刻み)から15段階(5%刻み)に細分化した。これによって、給排気風量の調整自由度を向上させて、エアバランス調整を更に容易

なものとした。また、フィルターが詰まるなどして圧力損失が増加しても、モーターを自動で調整することで圧力損失にかかわらず一定の風量を保つことができる定風量制御設定を5パターン(定格風量比70~110%, 10%刻み)から設定可能とした。これによって換気設計時の風量計算, 施工時の風量調整の手間を削減することを可能にした(図4)。

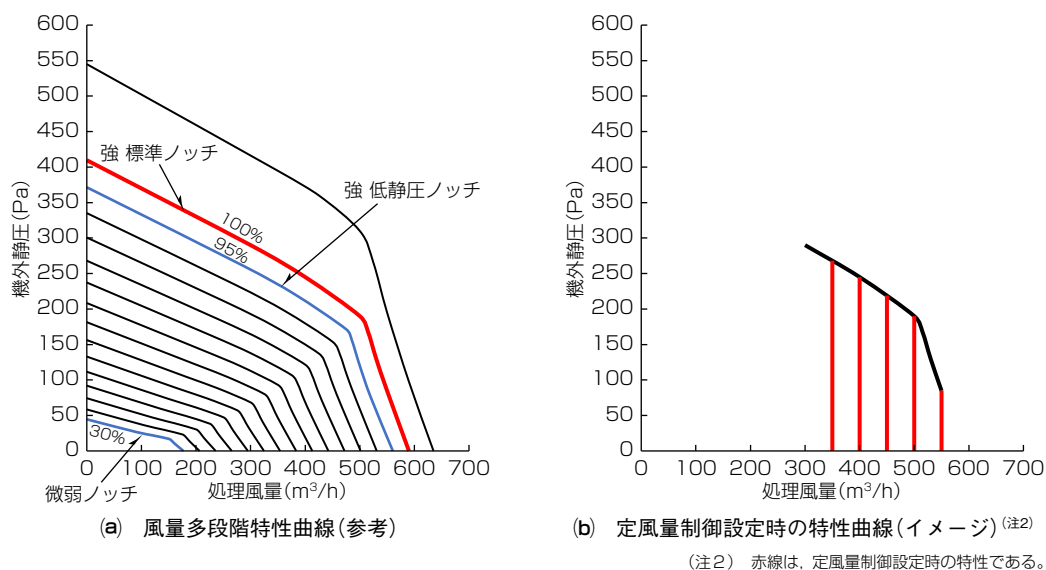


図4-特性曲線

4.2 リモコンの設定データのコピー・ペースト機能を搭載

この機種と同時に発売した専用リモコン(PGL-64DR)(図5)にBluetooth(注3)通信機能を搭載し、MELRemoProのアプリケーションを介した設定データのコピー・ペースト機能を実装した(図6)。これによって、時刻設定、操作ロック設定、スケジュール設定、販売店・サービス店情報登録などの各種設定内容を、複数のリモコンに容易に設定することが可能になった。従来、個別に手動設定していた作業を効率化することで、複数台設置現場での初期設定工数の削減と設定作業の均一化に寄与し、省施工化を実現した。

(注3) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標である。



図5-専用リモコン(PGL-64DR)

① アプリケーションを設定した内容を反映

あらかじめアプリケーションで設定した内容を、リモコンにコピーできる

② リモコンで設定した内容を取り込んで反映

リモコンの設定内容を取り込んで、他のリモコンにコピーできる

時刻設定、操作ロック設定、販売店・サービス店登録などが容易に行える



図6-コピー・ペースト機能のイメージ

4.3 作業動画による施工性、メンテナンス性の改善

施工性及びメンテナンス性の更なる改善を目的として、製品銘板及び説明書に施工・メンテナンス動画へアクセス可能な二次元コードを追加した。二次元コードを読み取ることで、説明書だけでは理解しづらい作業内容について、動画による補完を可能にして、施工手順の理解支援、作業負荷の軽減と作業品質の安定化を図った(図7)。これによって、施工時及びメンテナンス時の作業効率向上に寄与する。



図7-施工動画(天地逆設置で使用する場合の据付方法)

4.4 メンテナンス表示サインの改善

エアフィルター及びロスナイエレメントのメンテナンス時期表示サインの表示方式を改善した(図8)。従来の運転時間一律管理に対して、この仕様では運転時間に加えて設定風量を考慮した積算制御を採用し、実使用状況に即した清掃時期を算出・表示する。これによって、使用条件に応じた適切なメンテナンス時期の把握が可能になった。また、メンテナンスサイン表示までの残り時間をグラフ表示するとともに、過去の清掃回数を画面上で確認できる仕様とし、メンテナンス時期の視認性及び部品交換タイミングの分かりやすさを向上させた。これらの改善によって、計画的な清掃及び部品交換の促進に寄与し、保守作業の効率化を図った。

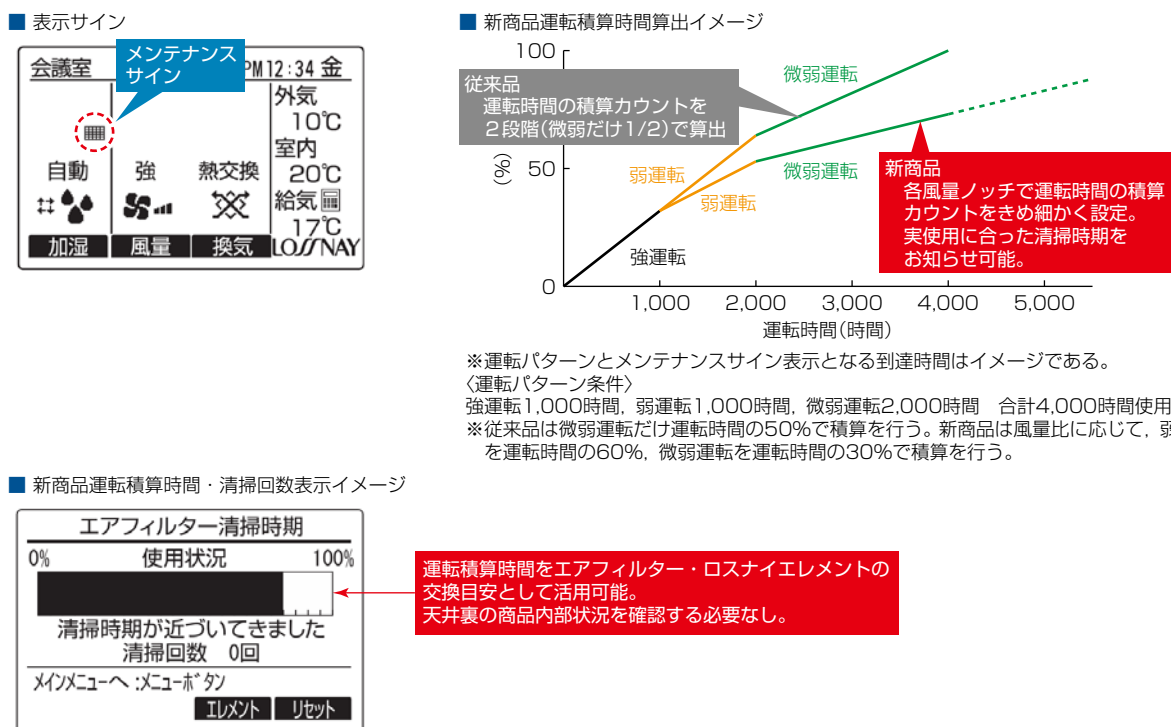


図8-メンテナンス表示サイン

5. R32冷媒での換気安全対策

この機種は、R32冷媒を使用する空調システムでの換気安全対策への対応を可能としている。三菱電機製ビル用マルチエアコンと“M-NET”を介して連動制御することで、冷媒漏えい時の換気連動運転に対応する仕様とした(図9)。室内機が冷媒漏えいを検知した場合、信号を受けたロスナイが強制的に特強運転を開始し、室内の換気量を確保する。また、当該運転中は手元リモコンの操作内容にかかわらず特強運転を継続する仕様とし、冷媒漏えい時の安全性向上を図った。これによって、R32冷媒システムに求められる換気安全対策に対応可能な換気機器とした。



図9 M-NETによる換気連動システムイメージ

6. む す び

今回のモデルチェンジによって、業務用ロスナイ天井埋込形は、内部構造の最適化や高効率モーターの採用による省エネルギー性能の向上と、風量調整機能や各種支援機能の強化による施工性・メンテナンス性の改善を実現した。これによって、ZEB化の推進や施工環境の変化に対応可能な換気機器としての性能を備えた。

今後も市場ニーズや法規動向を踏まえて、更なる高効率化と施工負荷低減に寄与する製品開発を継続していく。

R32天吊／天埋形除湿機

R32 Ceiling - Suspended / Concealed Dehumidifier

*冷熱システム製作所

要 旨

地球温暖化に伴う潜熱負荷の増大や衛生管理の厳格化によって、除湿需要が高まっている。今回の開発では、高い除湿能力と省スペース性を両立した“R32天吊(つり)／天埋(うめ)形除湿機”を製品化した。環境面では低GWP(地球温暖化係数)冷媒R32を採用し、フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律(フロン排出抑制法)の2029年度目標値に適合させた。さらに、配管長(80m)や機外静圧(300Pa)の仕様上限を拡張し、設置の自由度を大幅に向上させた。技術面では、室外機への放熱分散によって、併設空調機の顕熱負荷を抑制したことに加えて、従来機を上回る高い除湿性能を確保した。これによって、食品倉庫など厳密な温度管理が求められる環境でも、温度への影響を抑えた上で、近年の高い潜熱負荷に対応可能な製品を実現した。

1. ま え が き

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象の影響によって国内の平均気温は上昇を続けているが、これに伴う大気中の水蒸気量(絶対湿度)の増加は、空調設計での想定条件と実環境との乖離(かいり)を招く深刻な要因になっている。気象庁の公開データ⁽¹⁾を基に作成したグラフ(図1)が示すとおり、高温化に連動して絶対湿度が上昇する傾向は顕著であり、この潜熱負荷の増大が空調・除湿設備の運用に多大な影響を及ぼしている。

このような環境変化に加えて、産業分野では食品衛生管理の徹底や換気強化に伴って、温湿度管理に対する要求が一段と厳格化している。その結果、除湿機の需要は従来の低温倉庫から、スーパーマーケットや食品工場といった非低温分野にも拡大しており、市場全体の需要(全需)は増加傾向にある(図2)。

従来、除湿機の導入はカビトラブル等の発生後に行われる事後対策としての側面が強く、施工の簡便な一体形の小型機で対応されるケースが多く見られた。しかし、近年の環境下では、施設設計の段階から本格的な除湿対策を組み込むケースが増加している。その際、限られた作業スペースを有効活用しつつ、広範囲の負荷を処理できる高い除湿能力を備えた“天吊／天埋形”の需要が高まっている。

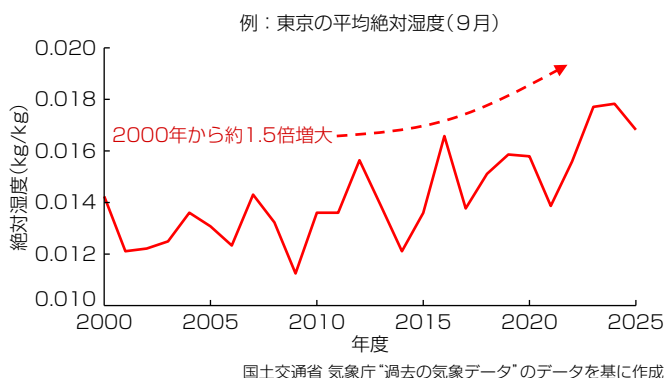
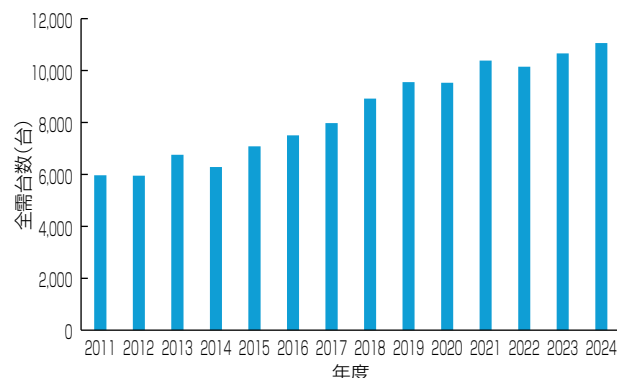


図1-日本国内での絶対湿度の推移

図2-当社業務用除湿機の全需台数の推移⁽²⁾

2. 開 発 目 的

今回の開発では、高い除湿能力と省スペース性を両立したR32天吊／天埋形除湿機を製品化した。室外機を持つセパレート方式の採用によって高能力を確保しつつ、従来機の課題であった施工性を大幅に改善した。さらに、R32冷媒を使

用することによってフロン排出抑制法(2029年度目標値)への適合を図った。

この開発での主要な設計要件は、次のとおりである。

- (1) 高潜熱負荷に対応可能な高除湿能力の確保
- (2) 天井設置による省スペース化と、施工自由度及び運転範囲の拡大
- (3) 併設される空調機への熱負荷を抑える運転
- (4) フロン排出抑制法(2029年度目標値)に適合する冷媒の採用

3. 機器構成・仕様

この章では、機器構成・仕様について述べる。

3.1 セパレート方式の採用

開発機は、室内機と室外機を分離したセパレート構成とした(図3、図4)。天井設置を前提とする場合、室内機寸法、特に高さ方向に厳しい制約が生じる。一体形構成では筐体(きょうたい)内に圧縮機と熱交換器を同時に搭載する必要があるが、必要な熱交換面積の確保が困難であった。この開発では、圧縮機等を室外機に配置し、室内機を熱交換器と送風機だけの構成とすることで、室内機の薄型化と必要除湿能力に見合う熱交換器容量の確保を両立した。



図3-開発機の外観

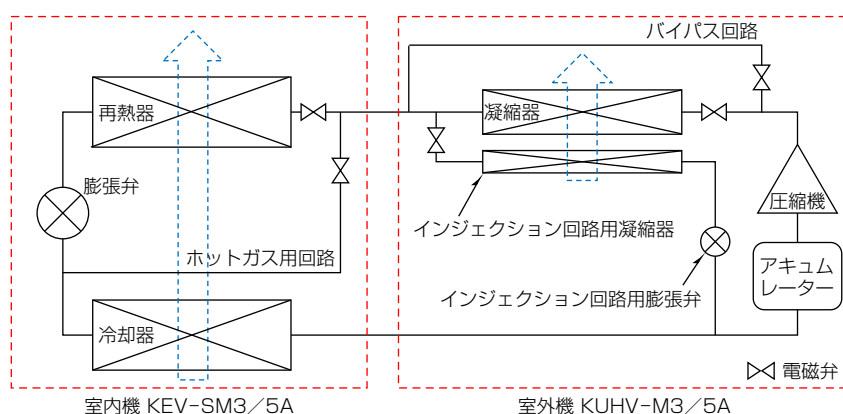


図4-開発機の冷媒回路図

3.2 運転範囲の拡大及び施工性向上

デフロスト(除霜)方式については、従来のオフサイクル方式からホットガス方式に変更することで、運転範囲の下限を拡大した(図5)。あわせて、圧縮機を従来の一定速からインバーター方式に変更し、運転範囲の上限を拡大させている。

この圧縮機のインバーター化は、冷媒制御の最適化を通して施工自由度の向上にも大きく寄与している。インバーターによる精緻な回転数制御が可能になったことで、長尺配管時や高静圧時の負荷変動に対しても安定した運転維持が可能に

なり、次のとおり、大幅な仕様拡張を実現した。まず、許容配管長を従来機の30mから80mに拡大し、室外機の設置制約を大幅に緩和した。これによって、大規模施設や多層構造建屋への適用を可能としている。さらに、室内送風機の機外静圧を100Paから300Paへ引き上げて、長尺ダクトの接続や天井内埋め込み設置でも、安定した性能を確保できる構成とした。

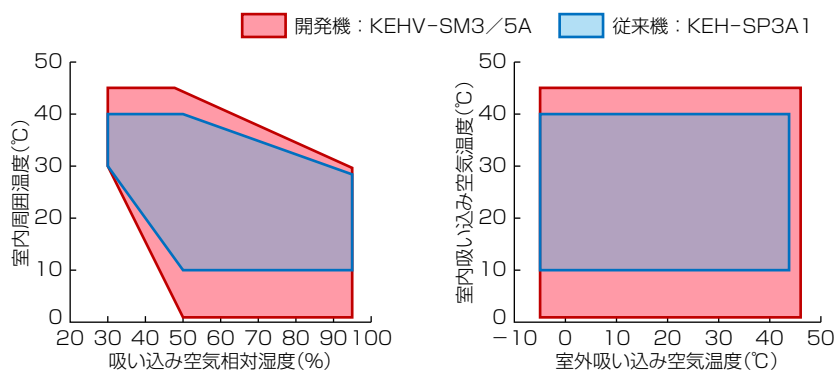


図5-従来機と開発機の運転範囲の比較

3.3 冷媒仕様と安全設計

フロン排出抑制法の指定製品制度で、除湿機は“設備用エアコンディショナー”に区分されており、2029年度までにGWPを750以下にすることが目標値として定められている。今回の開発では、この目標を達成するため、低GWP冷媒であるR32(GWP:675)を採用した。R32は微燃性冷媒であるため、安全性確保の観点から、室内機の設置高さや床面積の関係に基づいて、冷媒漏洩(ろうえい)時の濃度が安全基準値以下になる設置制約を策定した。この制約を遵守することで、検知器や警報器などの追加の安全装置を必要としないシステム構成としている。なお、これらの制約は、店舗や工場といった想定される使用環境で、実用上の支障がない範囲に設定されている。

4. 製品の特長

この章では、製品の特長について述べる。

4.1 再熱除湿サイクルの構成と特長

開発機は、冷却器による冷却除湿と再熱器による加熱を組み合わせた再熱除湿サイクルを採用している。吸い込み空気は冷却器で露点温度以下まで冷却され、水分を凝縮・除去した後、再熱器によって加熱されて供給される。

この方式は、単一の冷媒サイクル内で除湿と再熱を同時に実現し、凝縮時に発生する排熱を再利用できる点に特長がある。これによって、除湿後の吹き出し空気の温度低下を抑制しつつ、低湿度空気を効率的に供給することが可能である。一般的な空調機が顕熱処理を主目的とするのに対して、開発機は潜熱処理に重点を置いた構成であり、高い除湿性能を発揮する。

4.2 セパレート構成による室内熱負荷の低減

一体形除湿機では、圧縮機及び再熱器からの放熱が全て室内に放出されるため、運転時に室温上昇を招く課題があった。温度管理がなされているスーパーマーケットや食品工場では、この放熱が併設空調機の顕熱負荷になる。

開発機では、室外機に補助凝縮器を設けて、放熱の一部を室外へ分散する構成とした。これによって、圧縮機由来の熱負荷を室外へ排出し、室内への放熱量を低減している。これによって、併設空調機への影響を抑えつつ、潜熱負荷の処理を行うことができる。

5. 技術的課題と解決策

この章では、技術的課題と解決策について述べる。

5.1 運転範囲の拡大及び高負荷時の能力確保

高温多湿環境下で安定した除湿性能を維持するためには、運転範囲の拡大と高負荷時の能力確保が不可欠である。しかし、今回の開発で採用したR32冷媒は、従来の冷媒と比較して圧縮機の吐出温度が上昇しやすい特性があり、高負荷運転時の信頼性の確保が課題になった。通常、吐出温度の抑制には液インジェクションが有効であるが、これを機能させるには冷媒の過冷却(以下、“SC”という。)を十分に確保する必要がある。一方、開発機の再熱除湿サイクルでは、再熱器の加熱量を維持するために、凝縮器での過冷却をとることはできず、インジェクション用のSC確保と再熱量の維持が相反する関係にあった。この課題に対して、凝縮器の二次側にインジェクションのためだけのSC用凝縮器を新たに設置することで、再熱量を損なうことなくインジェクションに必要なSCを確保する回路構成とした。あわせて、圧縮機のインバーター化による出力調整で、吐出温度の最適化を図った。また、インジェクションに伴う能力低減分については、凝縮器の熱交換量をSCが生じない限界まで高める設計変更によって補完し、装置全体の能力向上を実現した。これらの対策によって、従来機と比較して運転範囲の拡大、高負荷時の高能力化、及び除湿COP(Coefficient Of Performance)^(注1)の向上を達成した。従来機との3馬力での性能比較結果を図6に示す。

(注1) 除湿能力(L/h)/消費電力(kW)で計算している。

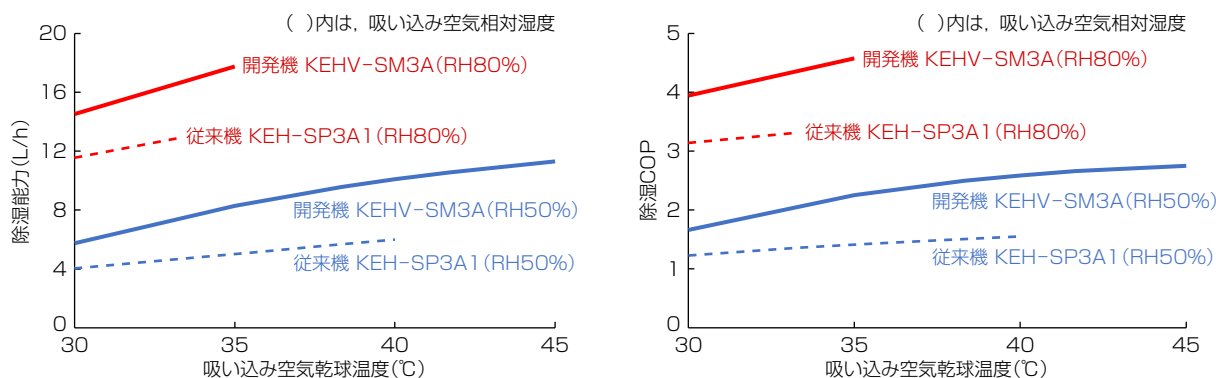


図6-従来機と開発機の性能比較(高負荷時)

5.2 室内放熱量の最適化と再熱器機能の維持

室内空気の温度変化を抑制するため室内放熱量の低減を図ったが、室外機への放熱配分を過度に増やした場合、再熱器の機能が維持できなくなるという課題が生じる。室外機で冷媒が過度に冷却されると、再熱器に流入する冷媒温度が吸い込み空気温度を下回って、再熱器が凝縮器として機能せず蒸発器として作用するためである(図7)。この結果、SCが不足し、除湿能力の低下及び冷凍サイクルの不安定化を招く。

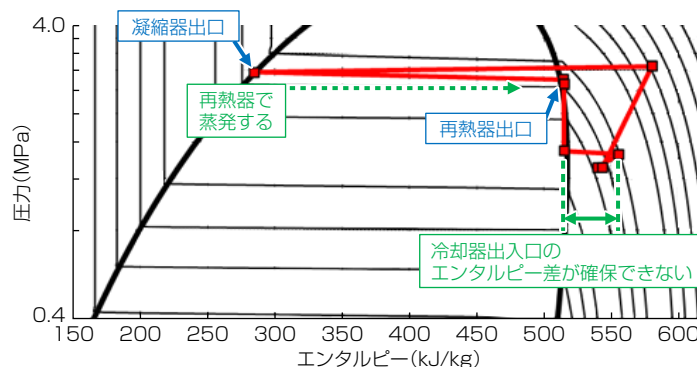


図7-再熱器で冷媒が蒸発する場合のp-h線図

これらの条件を踏まえて、室内機／室外機での放熱配分を最適化し、再熱器に流入する冷媒温度を常に室内空気温度以上に維持する設計とした。それに加えて、高圧圧力に応じて室外ファン回転数を調整することで凝縮圧力の過度な低下を防止した。さらに、低外気温時のSC過多を抑制するため、凝縮器をバイパスする冷媒回路構成を採用した(図4)。これらの制御及び回路設計によって、再熱器の機能を維持しつつ、室内放熱量の低減と安定した除湿性能の両立を実現した。

6. 今後の展望

今回の開発によって、セパレート構成の採用による設置自由度の向上と、室内熱負荷を抑制した除湿特性を確立した。今後は、多様化する市場ニーズへの対応と更なる高機能化を目指して、この開発で得られた知見を基盤として、次の技術課題の検討を推進していく。

(1) 温度安定性

開発機では、吹き出し空気温度の変動を抑制したが、吸い込み空気温度との差をなくすまでには至らなかった。

温度管理が更に求められる空間で、顕熱(温度)に影響を与えず潜熱(湿度)だけを処理する技術は、更に安定した湿度制御環境の提供につながるため、実現に向けた検討を進めていく。

(2) 環境性

フロン排出抑制法による冷媒規制への対応として、2029年度目標値の未達成機種での冷媒転換を順次進めていく。また、2029年以降の長期的な規制動向を注視し、将来的な環境負荷低減に資する技術開発を継続していく方針である。

7. む す び

R32冷媒の採用によって環境規制への適合と、室内機的能力向上かつ省スペース化を両立し、さらに施工自由度の向上によって多様な設置条件への適応を実現した。特に、室内放熱量の低減と再熱除湿性能の維持という背反する課題に対して、冷凍サイクルの最適化によって解決を図った点は、温度管理を重視する現代の産業ニーズに応える重要な成果である。

今後も、変化し続ける気象環境や多様化する顧客ニーズに迅速に対応し、高度な温湿度管理技術を通して、持続可能な社会の実現と快適な作業環境の構築に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 国土交通省 気象庁：過去の気象データ検索
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>
- (2) 一般社団法人 日本冷凍空調工業会 小形冷凍機委員会 参考統計 業務用除湿機出荷実績

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

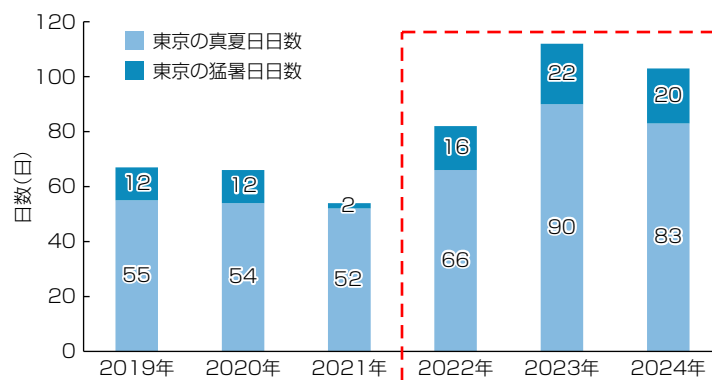
*静岡製作所

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。

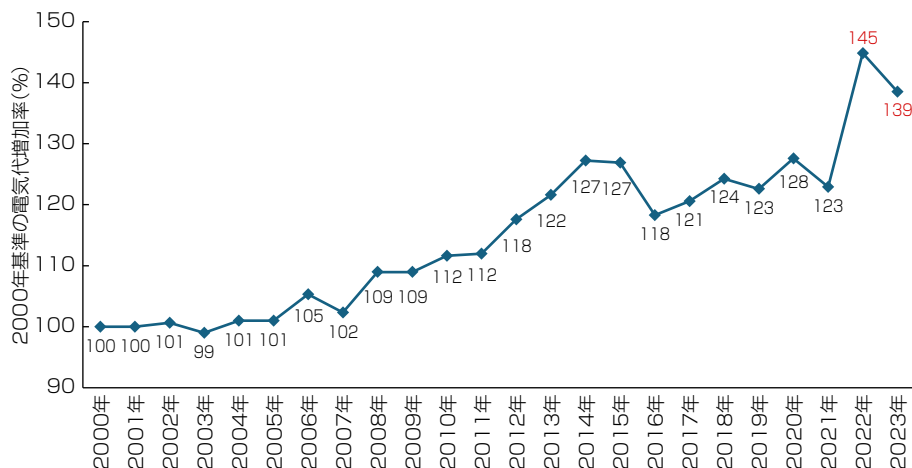


図2-電気料金の家計費に占める割合(全国全世帯) (2)

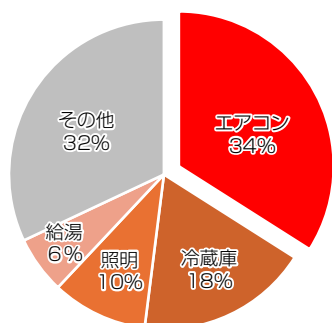


図3-夏季の家庭内の電力消費割合 (3)

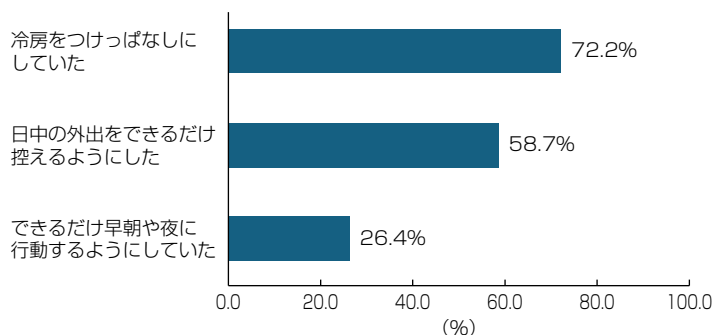


図4-2024年夏の行動(一部抜粋)(複数回答 n=7,268) (4)

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なった。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。

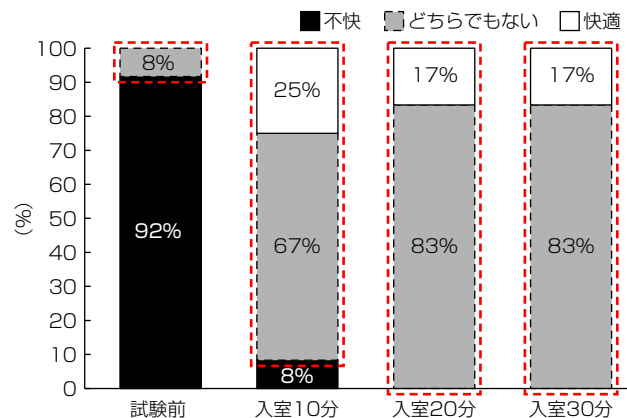


図5 - 1.5°C 変化の快適性評価

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)。

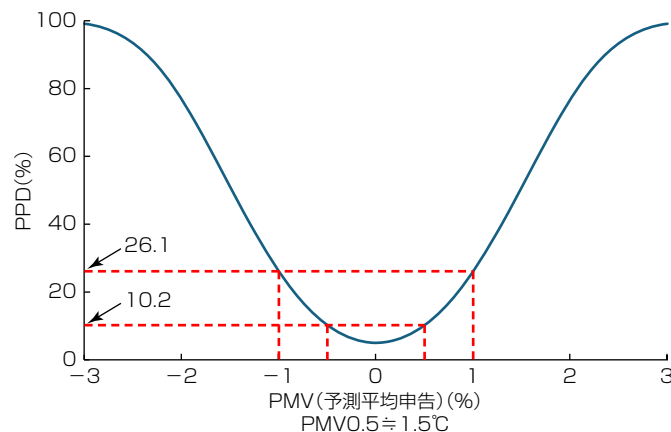


図6 - PMVとPPDの関係

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)

業務用空調・冷熱製品の 遠隔AI不調検知技術

Remote AI-Based Anomaly Detection Technology for Commercial
Air-Conditioning and Refrigeration Products

*IoT・ライフソリューション新事業推進センター

要 旨

業務用空調・冷熱製品では、機器停止による事業影響の回避、保守人材の不足、及びフロン排出抑制法(フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律)等の法規制対応といった観点から、遠隔監視による不調検知への需要が高まっている。従来のルールベース手法では、機器特性や配管長・高低差等の設置条件に応じてしきい値を調整する必要があり、機種・現場によっては調整に多大な工数を要する場合があることが課題であった。今回の研究では、運転データから正常範囲をAIで推定することで、機器・設置条件に依存せず相対的な性能低下を捉える不調検知手法を開発した。事前の詳細情報を必要とせず、不調を予兆段階で数値化することで、計画的な保守対応を可能とする。実機評価によって、ルールベース手法と比較して適用範囲の拡大を実現するとともに、予兆検知の有用性を確認した。

1. ま え が き

業務用空調・冷熱製品は、商業施設・事務所・工場・データセンターなど、社会の様々な現場で快適性と事業継続性を支える基盤設備である。これらの設備では、空調の停止が施設の運用や事業に直接影響を及ぼすため、故障を未然に防ぐ予防保全の重要性が高い。

一方、保守を担うサービス業者では人材不足が深刻化しており、限られた人員で多数の機器を効率的に維持管理することが求められている。また、フロン排出抑制法によって、業務用冷凍空調機器には定期的な点検や簡易点検が求められ、遠隔監視システム(図1)による機器の状態把握への期待が拡大している。こうした背景から、故障による設備停止を未然に防ぐ遠隔不調検知技術の重要性が増している。

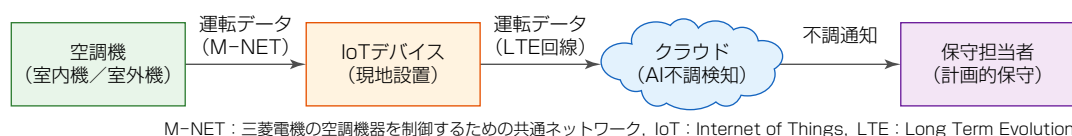


図1-遠隔監視システムの全体構成

当社はこれまで、冷凍サイクルの理論に基づくルールベース手法による冷媒漏えい検知技術を開発し、ビル用マルチエアコン、チラー及び冷凍機への搭載を進めてきた⁽¹⁾。この手法はビル用マルチエアコンで、JIS B8616で定められた試験条件下で冷媒量が30%減少するまでに漏えいを判定可能であり、フロン排出抑制法で義務付けられた簡易点検の代替手段として活用できることが認められている⁽²⁾。

しかしながら、ルールベース手法には機器特性及び設置条件に依存しない不調検知の実現という課題が残されていた。

本稿では、機械学習を活用することで機種・設置条件によらず運転データから不調を捉える検知技術(AI不調検知技術)と、事業化に向けた取組みについて述べる。

2. 従来のルールベース手法と課題

この章では、従来のルールベース手法と課題について述べる。

2.1 ルールベース手法による冷媒漏えい検知

冷媒が不足すると、冷凍サイクル内で冷媒が凝縮する熱交換器(凝縮器)に存在する液冷媒の量が減少し、凝縮器出口側の過冷却度(SubCool: SC)が低下する(図2)。当社のルールベース手法では、運転状態が安定している区間を抽出した上で、SCがあらかじめ設計したしきい値を下回る頻度に基づいて冷媒漏えいを判定する。冷凍サイクル理論に基づいて設計されたしきい値によって、運転条件のばらつきの影響を抑えつつ、安定した検知性能を確保している。

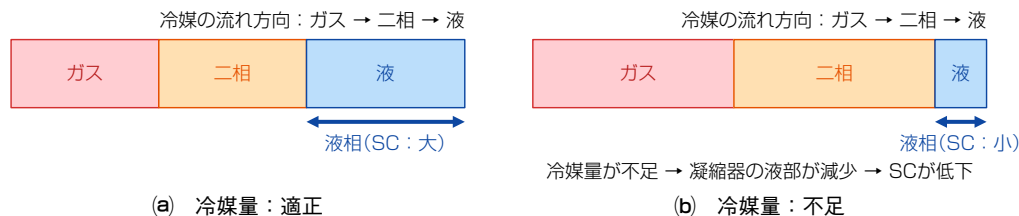


図2-凝縮器内の相状態とSC

2.2 ルールベース手法の課題

ルールベース手法には、次のような課題があった。

第一に、機器特性差への対応である。空調機の機種・容量・圧縮機構構成によって、SCを含む運転特性は異なるため、機種に応じてしきい値の調整が必要になる場合がある。

第二に、設置条件差への対応である。配管長、室外機と室内機の高低差、現地での冷媒追加充填(現地チャージ)量等は施工現場ごとに異なり、これらが運転特性に影響を与えるため、しきい値設計時に基準とした標準的な設置条件からの差が大きい場合に検知性能が低下する。

これらの課題に対しては、現場ごとに機器情報を収集してしきい値を再設計する手段が考えられるが、機種・現場の多様性を考慮すると、運用上現実的ではない。そこで、機器・設置条件によらず運転データだけから不調を捉えるアプローチとして、機械学習を活用した検知技術の開発に着手した。

3. AI不調検知技術

この章では、AI不調検知技術について述べる。

3.1 設計思想

機器・設置条件への依存を排除するため、提案手法では運転データから正常範囲をAIで推定し、その範囲からの乖離(かいり)量を不調スコアとして数値化する方式を採用した(図3)。同一機器・同一現場での正常時データから当該条件固有の正常範囲を学習させることで、機器特性や配管長・高低差・現地での冷媒追加充填量等の設置条件の影響を学習データに自動的に取り込むことができる。

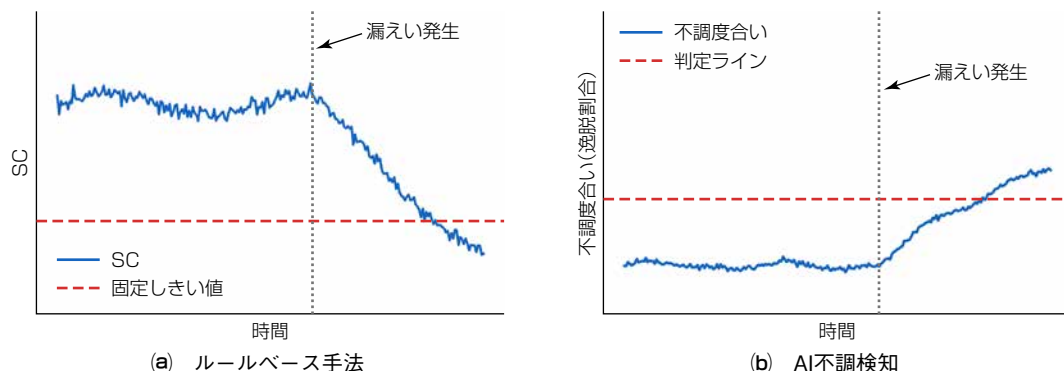


図3-ルールベース手法とAI不調検知の比較

3.2 処理フローと検知の仕組み

提案手法は学習フェーズと推論フェーズで構成される。

学習フェーズでは、正常運転時の運転データから、外気温度等の運転条件ごとに想定される検知指標(SC等)の正常範囲を機械学習によって推定するモデルを構築する。機械学習手法には勾配ブースティング決定木の一つであるLightGBM⁽³⁾を採用し、運転条件と検知指標の非線形な関係を効率的に学習できるようにした。

推論フェーズでは、運転中の測定値が、当該運転条件で推論された正常範囲からどの程度乖離しているかを算出し、不調スコアとして出力する。スコアの大きさが不調の進行度合いを表す指標になる。

3.3 機器・設置条件に依存しない仕組み

ルールベース手法では設計時に固定のしきい値を用いるのに対して、提案手法では学習データから現場固有の正常範囲を推定する。このため、機種差・配管長差・高低差・現地チャージ量差は学習過程で自動的に吸収され、現場ごとの個別調整を必要としない。事前に詳細な機器情報を収集することなく、汎用的に適用可能である。

3.4 検知対象の拡大

ルールベース手法は、冷凍サイクル理論に基づいて個別に設計するため、主に冷媒漏えいの検知を対象としてきた。これに対して提案手法では、説明変数及び目的変数を空調分野の技術知見に基づいて選定することで、冷媒漏えいに限らず、圧縮機の不調、室内機・室外機の伝熱不良、膨張弁等の動作不良といった多様な不具合の予兆検知へ適用範囲を拡大できる。これによって、原因を限定せず冷凍サイクルの動作点の変化として不調を捉えることが可能になる。

3.5 ユーザーへの提供価値

検知結果はダッシュボード上で不調スコアの時系列推移として可視化され、保守担当者は不調の予兆段階から進行状況を把握できる(図4)。これによって、突発的な機器停止を待たずに計画的な保守対応が可能になり、保守人員の効率的な配置と、エンドユーザーの事業継続性向上に寄与する。

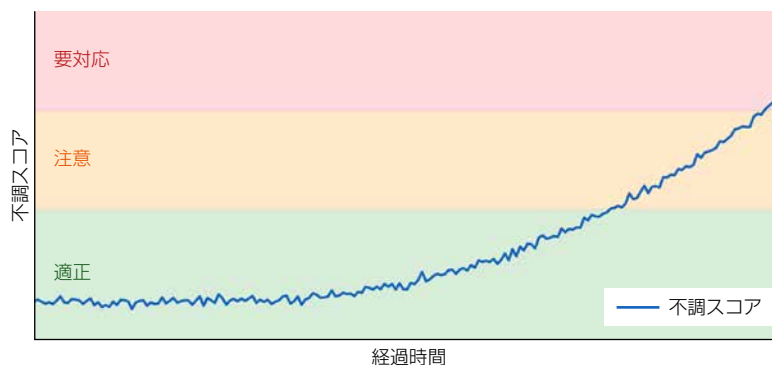


図4-不調スコアの時系列推移(可視化例)

4. 評価結果

実機を用いた評価で、提案手法はルールベース手法と同等の冷媒漏えいに対する検知性能を維持できることを確認した。それに加えて、ルールベース手法では標準的な設置条件からの差が大きい場合に性能が低下する配管長や設置高低差の異なる現場でも、提案手法では追加調整なしで不調検知が機能することを確認した(表1)。

また、不調スコアの時系列推移を確認することで、突発的な異常に至る前に段階的な性能低下を捉えることができ、計画的保守の起点になる予兆検知としての有用性が確認できた。

表 1-ルールベース手法とAI不調検知の比較

項目	ルールベース手法	AI不調検知
しきい値の設定	必要に応じて調整が必要	運転データから自動推定
設置条件への対応	想定範囲超で性能低下	学習によって自動吸収
事前情報の要否	機器スペック等が必要	不要
検知出力	漏えい有無の判定	不調スコア(予兆の数値化)

5. 事業化に向けた取組み

AIを活用した検知技術は、入力に対する出力の挙動が説明困難になりやすく、従来手法と同じ考え方で品質を保証することが難しいという特性を持つ。このため事業化に当たっては、AI特有の品質リスクを管理する新たな開発管理の枠組みが求められる。具体的には、研究開発・事業・品質保証の各部門が、顧客が許容できる検知性能を見据えた共通の判断基準の下で意思決定を行う必要がある。

当社では、社内のAI品質ガイドラインを適用し、AI開発ステージごとに役割と判断基準を整理した(図5)。これによって、研究フェーズから事業化、市場運用までを一貫した品質マネジメントの下で推進する体制を構築した。

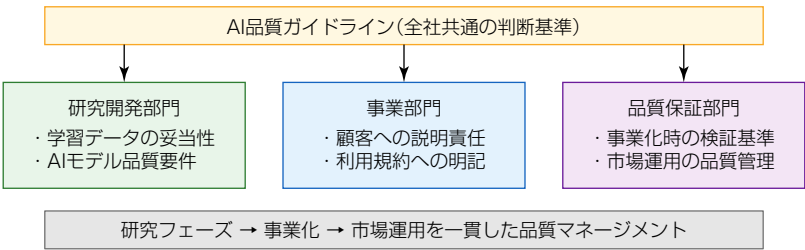


図5-AI品質ガイドラインに基づく開発体制

6. む す び

業務用空調・冷熱製品を対象として、機器特性及び配管長・高低差等の設置条件に依存しない遠隔AI不調検知技術を開発した。運転データから機器・現場固有の正常範囲をAIで推論することで、事前の詳細情報や個別調整を要さず、不調を予兆段階で数値化することが可能になった。

この技術は、遠隔監視サービスを通じて、検知結果に基づくサービス対応まで一貫して提供することで、エンドユーザーの安心・安全な空調運用に貢献していく。

今後はAIモデルの更なる高度化と、対象機種・検知対象の不具合の拡大に取り組んでいく。

参 考 文 献

(1) 加藤春実, ほか: 冷媒漏えい検知技術の現状と今後の展望, 環境と新冷媒 国際シンポジウム2023, TS23 (2023)
(2) 一般社団法人 日本冷凍空調工業会: JRA GL-17 業務用冷凍空調機器の常時監視によるフロン類の漏えい検知システムガイドライン (2021)
(3) Ke, G., et al.: LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree, NIPS' 17: Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, 3149~3157 (2017)

IoT基盤“Linova”／“MyMU”のグローバル展開を支えるシステム・運用技術開発

System and Operational Technology Development for Global Expansion of IoT Platform “Linova”/“MyMU”

*IoT・ライフソリューション新事業推進センター

要 旨

三菱電機では、空調・家電機器などの接続可能なIoT(Internet of Things)基盤を構築し、機器の遠隔操作、連携制御及びデータ活用による価値創出、並びにこれらIoTソリューションのグローバル展開を推進している。IoT基盤をグローバルに展開する上では、基盤を構成するサーバーを各国にどのように提供するかが課題になる。当社では、各国の要件に適合しやすいサーバーを各国に分散配置する方式を採用するとともに、分散環境下でも開発・運用を効率化できる技術を開発することで、各国要件への適合性と開発・運用効率を両立したグローバルIoT基盤を実現した。この基盤は2026年1月にアジア地域で稼働を開始した。今後も各国展開を推進するとともに、更なる効率化に向けた技術開発を継続する。

1. ま え が き

IoT技術の発展に伴って、空調・家電機器などのIoT化が進んでいる。これによって、機器をインターネットに接続して監視・制御するだけでなく、複数の機器を連携させたり、収集したデータを活用したりすることで、新たなサービスや価値を創出する取組みが広がっている。

当社では、空調・家電機器などのIoT機器からデータを収集する“Linova”(リノバ)、IoT機器の連携制御機能をスマートフォンアプリとして提供する“MyMU”(マイエムユー)、得られたデータを分析し新たな価値への気付きを得るデータ分析基盤“KOTOLiA”(コトリア)など複数のプラットフォームから成るIoT基盤を構築し、機器の遠隔操作だけでなく、機器間の連携制御の実現や、データ活用による新たな顧客価値を提供するソリューションの開発を行っている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

さらに、当社では、IoTを活用したソリューションを各国へ提供していくため、IoT基盤のグローバル展開を推進している。IoT基盤をグローバル展開する際には、基盤を構成するサーバーやアプリケーションを、各国に対してどのように提供するか重要な課題になる。国ごとに求められる法規制、機能のローカライズなどの要件への適合性を確保しつつ、開発・運用の負荷を抑えられる設計が求められる。

本稿では、IoT基盤のグローバル展開に伴う課題を整理するとともに、それらの課題に対する解決策として実施した技術開発について述べる。

2. IoT基盤のグローバル展開

この章では、当社IoT基盤の構成と、IoT基盤のグローバル展開に向けたアーキテクチャーについて述べる。

2.1 当社IoT基盤の構成

当社IoT基盤は、図1に示すように、複数のサーバーとアプリケーションによって構成される。

IoT共通プラットフォームLinovaは、当社IoT機器のデータを収集・管理するとともに、共通Web API(Application Programming Interface)を介して管理データへのアクセスを可能とする。家電統合アプリMyMUは、IoTソリューションをユーザーに提供するためのユーザーインターフェースであり、図1に例示するようなIoT機器に関する様々なサービスをユーザーに提供する。

また、Linovaを中心とするエコシステムを構築し、外部サービス及びグループ内ITシステムとの連携を可能とする。これによって、様々なサービス事業者との社会課題解決に向けた共創を推進するとともに、データ活用の高度化及び業務効率化を促進し、総合的な価値向上を実現している。

データ分析基盤KOTOLiAは、Linovaに接続される機器データを集約し、一元管理するデータ分析基盤である。データを活用した循環型ソリューションや自分らしいライフソリューションの実現に向けて、データドリブンによるソリューションアイデアの創出などを効率良く進める社内インフラとして運用している。

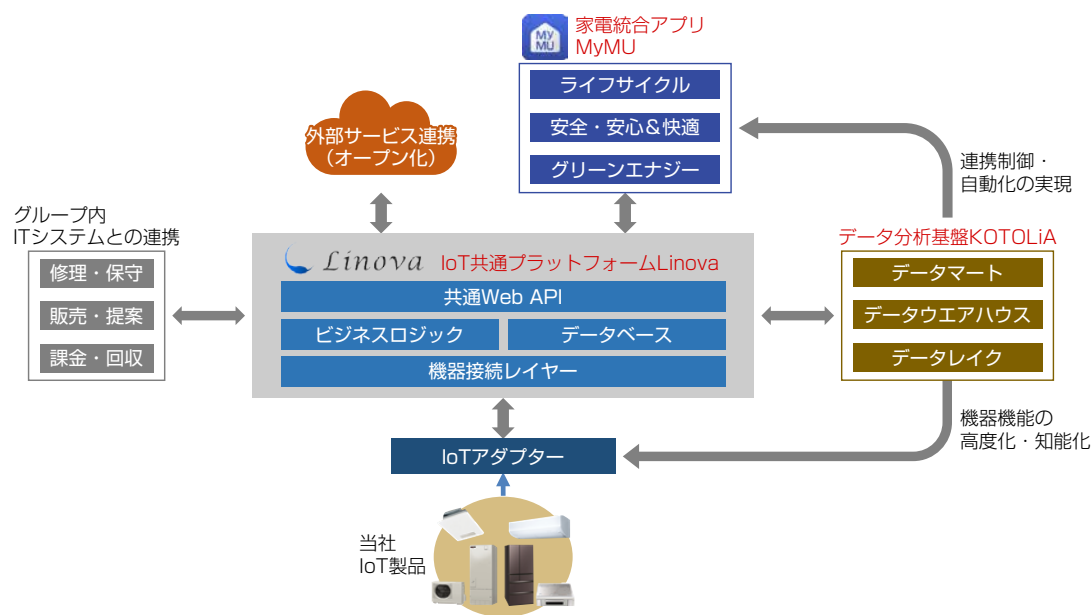


図1-当社IoT基盤の構成

2.2 IoT基盤グローバル展開のアーキテクチャー

2.1節で述べた当社IoT基盤をグローバル展開するに当たって、IoT基盤を構成するサーバーやアプリケーションを各国へどのように提供するかが、アーキテクチャー設計上の課題になる。サーバーの構成方法としては、サーバーを単一拠点に集約する方式と、各国に分散配置する方式が考えられる。

サーバーを単一拠点に集約する方式は、開発・運用が効率的であるなど管理面での利点が大い一方で、各国法規制への対応、ローカライズ、現地システムとの連携の容易性など、国ごとの固有要件への対応が難しくなる。これに対して、サーバーを各国に分散配置する方式は、サーバーを個別にカスタマイズできるため、国ごとの固有要件への対応が容易になる一方で、管理が複雑になり、開発・運用効率の低下を招く可能性がある。サーバーを単一拠点に集約する場合と、各国に分散配置する場合の比較を表1に示す。

当社グローバルIoT基盤では、各国要件への適合しやすさを考慮し、各国にサーバーを分散配置するアーキテクチャーを採用する。さらに、分散して構成されたサーバーの開発・運用を効率化できる技術を開発することで、各国要件への適合性と開発・運用効率を両立し、表1に示す全ての要件を満たすグローバルIoT基盤の実現を目指す。

表1-グローバルIoT基盤のアーキテクチャー

	単一拠点に集約	各国に分散
運用のしやすさ	○ 集約されているため運用しやすい	△ 国ごとの運用が必要
開発のしやすさ	○ 集約されているため開発しやすい	△ 国ごとの基盤構築・テストが必要
各国法規制への対応	△ データが提供国に閉じない	○ データを提供国ごとに管理可能
ローカライズのしやすさ	△ 国ごとのカスタマイズが難しい	○ 国ごとにカスタマイズ可能
現地システムとの連携	△ 国をまたいだ連携が必要	○ 国ごとに連携が可能

3. グローバルIoT基盤の開発・運用効率化に向けた技術開発

この章では、当社グローバルIoT基盤の開発・運用効率化に向けた技術開発について述べる。

3.1 開発効率化に向けたシステム技術開発

2.2節で述べたとおり、当社グローバルIoT基盤は、各国にサーバーを分散配置し、国ごとにローカライズ可能な構成とすることで、各国要件に適合しやすい設計とした。一方、サーバーを国ごとに個別に構築すると、表1に示すとおり、開発効率の低下を招くおそれがあった。

したがって、各国要件への適合性と、開発効率を両立するため、次の方針に従って各国のサーバーを構築した。当社グローバルIoT基盤の構成概念図を図2に示す。

- (1) 各国共通部分と個別カスタマイズ部分を明確に分離する。これによって、共通機能の再利用性を確保するとともに、国別要件に応じた柔軟な変更を可能とした。さらに、国別の差分をソースコードではなく設定値として保持する設計とすることで、各国での変更を容易にした。
- (2) IaCツールを活用し、各国向けの設定を読み込んで、サーバー構築を自動化できるようにした。これによって、各国サーバーのデプロイ作業を省力化できるとともに、構築手順を標準化し、各国サーバーの管理を容易にした。
- (3) 各国要件に応じて自動テストを実施できる環境を構築した。これによって、共通機能のテストを効率化するとともに、各国の設定変更の妥当性を継続的に検証し、各国要件への適合性を確保できるようにした。

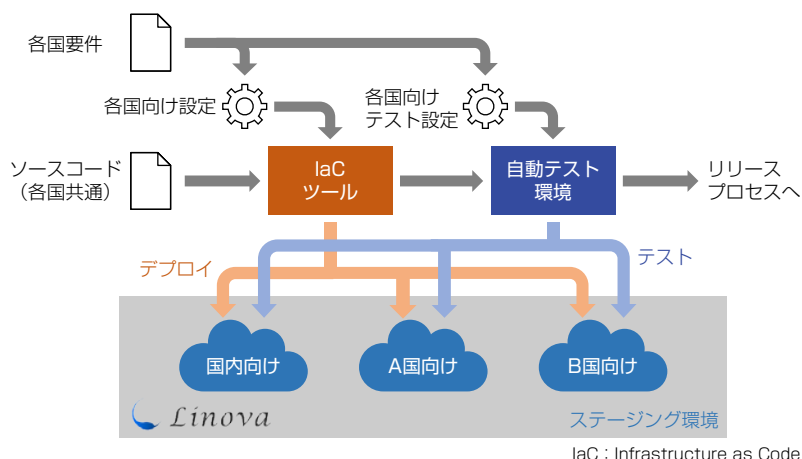


図2-当社グローバルIoT基盤の構成

3.2 運用効率化に向けた技術開発

対象システムでは、各国に配置されたサーバーを運用しつつ、サービス品質を維持し、問合せ対応及び監視業務を効率的に実施する必要があった。そこで、サーバー管理方式、監視機能の二つの観点で実施した改善を次に述べる。

3.2.1 複数国サーバーのツリー構造による管理

各国のサーバーを効率的に運用するため、複数のサーバーをツリー構造で管理する仕組みを導入した。図3にその構成図を示して、その特長と導入効果を次に述べる。

- (1) 運用管理者はツリー構造全体に対して一度ログインするだけで、各国サーバーへ個別にログインする必要がなくなる。これによって、サーバー間の切替えに伴う手間を削減し、運用効率を向上させた。
- (2) 共通の運用ルールを適用する管理単位の下に、国ごとに独立した運用ルールを適用する管理単位を構成することによって、標準化と個別対応を両立した。これによって、全体の統制を維持しつつ、国ごとの要件に応じた柔軟な運用が可能になった。

- (3) サービス提供用サーバーとは別に、各種ログを保管するサーバー及び運用作業を行うサーバーを構成することによって、監視及び保守作業をサービス系処理から分離した。これによって、ログ監視自動化ツールの導入や運用作業を実施しても、サービス提供への影響を最小限に抑制できる構成とした。

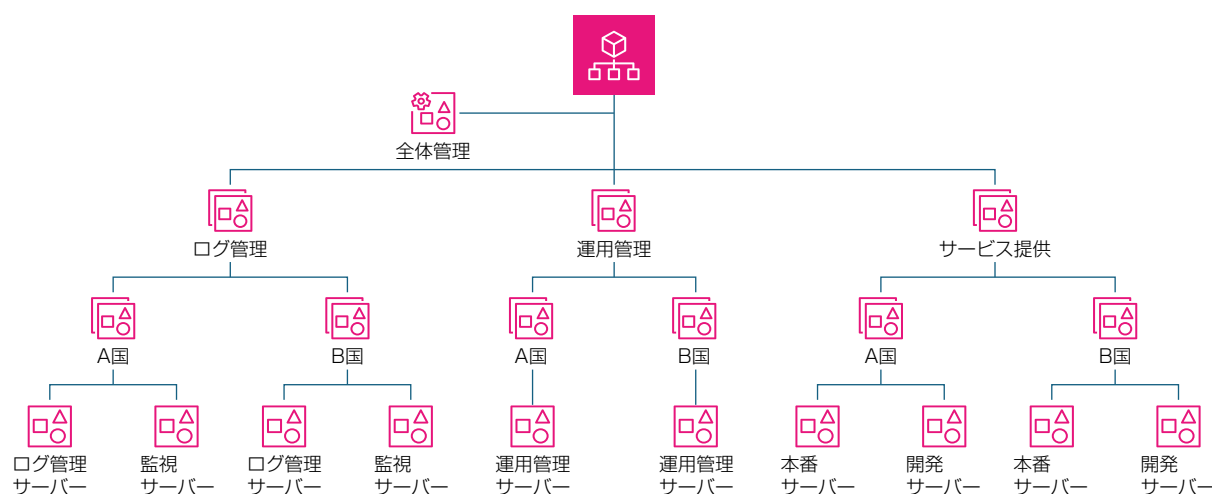


図3-サーバー管理の構成図

3.2.2 不正アクセス自動監視システムの構築

サーバーへの不正アクセスを早期に検知することは、被害拡大の防止のために重要である。しかし、アクセスログは膨大であり、人手による確認では、異常検知までに時間を要する上、確認精度にも限界がある。特に、短時間に集中する不審なアクセスや、通常とは異なるアクセス元を伴う挙動については、継続的な監視がなければ見逃しが生じやすい。

そこで、ログ監視サーバー内でユーザー情報に対する内部又は外部からのアクセスをリアルタイムで監視し、異常なアクセスを検知した際に運用者へ通知するシステムを開発した。このシステムの導入によって、運用者は異常アクセスの兆候を迅速に把握し、対象ログの詳細確認を速やかに実施可能になり、従来の定期的な目視確認に比べて、監視の即時性及び対応の迅速性が向上した。

4. む す び

IoTを活用したソリューションをグローバルに提供するため、各国の要件に適合しやすくかつ開発・運用負荷を抑制可能なグローバルIoT基盤の実現に向けた技術開発について述べた。

この技術を適用したグローバルIoT基盤は2026年1月にアジア地域で稼働を開始した。

今後もIoT基盤の各国展開を推進するとともに、更なる開発・運用効率化に向けた技術開発を継続する。

参 考 文 献

- (1) 石原 鑑：ライフソリューションを実現するIoT基盤の進化，三菱電機技報，98，No.10，2-01～2-07（2024）
- (2) 森實優太，ほか：低圧エネルギーリソースアグリゲーションシステム“Living・EARTH”，三菱電機技報，98，No.10，7-01～7-05（2024）
- (3) 石原正裕，ほか：マルチエリア空調“Good Share!”とバーチャル機器技術，三菱電機技報，99，No.10，3-01～3-04（2025）

業務用VRF空調機の運用データ分析による 省エネルギーソリューション創出技術

Energy-Saving Solution Development for Commercial VRF Systems
Based on Operational Data Analytics

*先端技術総合研究所

要 旨

業務用VRF(Variable Refrigerant Flow)空調機を対象に、クラウドに蓄積される多物件運用データの横断分析と、物件ごとの建物モデルを要さない軽量なLo-Fi(Low-Fidelity)モデルによる省エネルギー効果事前見積り技術を開発した。この技術は、年間の運用データを複数パターンに自動分類して改善余地の大きい運転状態を特定し、対応する省エネルギー制御ソリューションの導入効果を運用データから算出する。海外オフィスのPoC(Proof of Concept)で、冷房運用の代表パターンで期間平均15.3%の消費電力削減見込みを事前見積りで示し、実機実証を進めている。この技術は、ソリューション適用判断を“検証してから効果を示す”順序から“効果見積りを先に提示してから検証する”順序へ組み替える道筋を拓く。

1. ま え が き

建築物の脱炭素化要請が世界的に高まる中、業務用ビルのエネルギー消費の半分近くを占める空調設備⁽¹⁾の運用最適化は中心課題の一つになっている。三菱電機が世界市場に展開する業務用VRF空調機の事業モデルも、機器売り切り型から、多数物件のクラウド監視・分析を通じて運用効率を継続的に改善するLCS(Life Cycle Service)型へ移行しつつあり⁽²⁾、制御導入前に省エネルギー効果を顧客に提示する機能への要望が高まっている。

特に中小規模のボリュームゾーン物件では、物件ごとの詳細モデリングやBEMS(Building Energy Management System)の新規導入は費用面で見合いにくく、クラウドで収集した運用データから、運用課題と省エネルギー効果を直接見極める技術が求められる。

当社は業務用VRF空調機を世界主要市場へ展開し、国内のIoT(Internet of Things)機器データ統合分析基盤“KOTOLiA”⁽²⁾、欧州の“MELCloud”，北米の“KENZACloud”を通じて多数物件の運用データを継続的に蓄積する基盤を構築してきた。

本稿では、これらのデータを活用してVRF空調機の省エネルギー価値を顧客へ届けるソリューション創出技術について述べる。この技術は、LCS型事業の運用最適化機能を加速する基盤技術と位置付けられる。

2章では、業務用VRF空調機の運用最適化に共通する構造的特性を整理し、今回の技術の3指針とソリューション創出サイクルを述べる。3章では、多物件運用データの横断分析と、物件ごとの建物モデルを要さないLo-Fiモデルによるエネルギー効率指標・省エネルギー制御導入効果の事前見積り技術を述べて、4章で海外オフィスでの実機適用PoC結果、5章で今後の展開について述べる。

2. 運用最適化の課題とソリューション創出指針

この章では、運用最適化の課題とソリューション創出指針について述べる。

2.1 運用最適化の構造的特性とソリューション創出3指針

業務用VRF空調機の運用最適化は、事業展開の前提として、次の四つの構造的特性を同時に踏まえる必要がある。すなわち、多物件性(世界各地に分布する大規模稼働母集団)、多様性(業種・規模・気候・運用方針)、クラウド接続化(運用データの継続的蓄積)、工数制約(中小規模物件1件当たりに割ける工数が限られる)の四つである。業界の先行取り組みは多物件データ活用やクラウド化を起点とするものが多いが、多様性と工数制約を同時に解いた運用最適化技術は限られる。当社はこれら四つの特性を同時に成立させるため、今回の技術の方針を次の3指針に整理した。

- ①多物件運用データの横断分析(診断)：個別ヒアリングや個別モデリングに依存せず、クラウドに蓄積される多物件の運用データを横断分析することで、業種共通課題と物件固有課題を切り分けて、多物件性と多様性を同時に扱う。
- ②Lo-Fiモデルによる効果事前見積り(提案)：物件ごとの詳細モデリングを回避し、クラウドに蓄積される空調機モニタリングデータだけで稼働状態・エネルギー効率指標COP(Coefficient of Performance)及び省エネルギー効果を推定するLo-Fiモデルを採用し、コスト制約下でも適用可能な事前見積りを実現する。
- ③統合管理システムの有無を前提としない制御(実装)：空調機・現場側コントローラー・当社クラウドの組合せで制御を完結させて、中小規模物件まで含めたボリュームゾーンに展開する。

2.2 ソリューション創出サイクル

3指針を統合し、①運用パターン分類(診断)、②Lo-Fiモデルによる効果事前見積り(提案)、③空調機・現場側コントローラー・当社クラウド連携による制御(実装)から成るソリューション創出サイクルを構成した(図1)。診断・提案・実装の3段を同一の運用データ基盤上で接続し、共通前処理パイプラインで診断結果と効果見積りを一体出力するため、物件・期間・運転条件に応じた提案を短いターンアラウンドで顧客に届けられる。制御適用結果は再びクラウドに蓄積され、診断・提案レイヤーの精度向上に還元する。この構成によって、従来主流の“物件に深く入り込んでから効果を検証する”順序を、“効果見積りを先に提示して物件で検証する”順序へ組み替えることが可能になる。

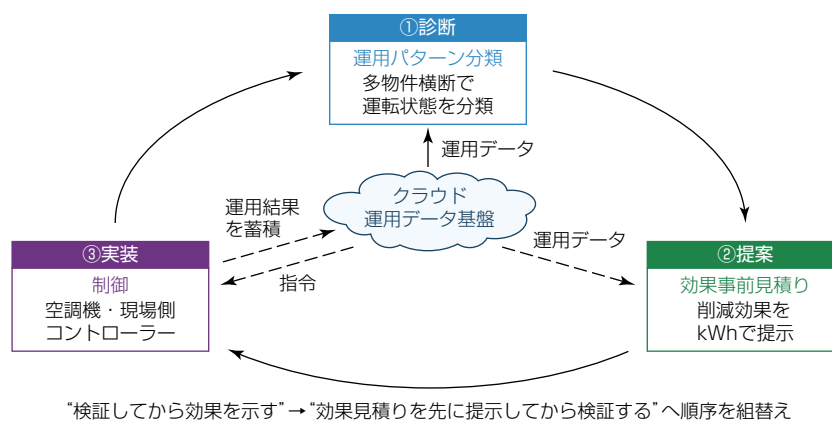


図1-業務用VRF空調機運用データ活用ソリューション創出サイクル

3. 多物件運用データの横断分析技術

クラウドに蓄積された運用データに対して業種・地域・運用条件を横断するパターン分類を適用し、運用課題を抽出する診断技術について述べる。

3.1 クラウド蓄積データに基づく可視化

当社クラウド基盤には、業務用VRF空調機の運転履歴・設定値・冷媒状態量等が蓄積されている。今回の技術はこれら既存データだけを入力とするため、物件側改修や追加センサーなしに分析を進められる。参考文献(3)の時系列データ分析技術は、連続運転と間欠運転のように出現頻度が大きく異なる運転状態も取りこぼさず同時に抽出できる。この分類アルゴリズムは、この技術をVRF空調機の運転モード・能力制御特性に合わせて発展させたものであり、室外機吸い込み温度、室内機稼働台数、冷暖房比率、負荷率など運用判断に用いる物理量を分類根拠として明示できる。これによって、運用条件の違いがCOPに与える影響を解釈可能な形で取り出せる。

3.2 Lo-Fiモデルによる省エネルギー効果事前見積り

2章で述べた3指針のうち、Lo-Fiモデルは、クラウドに蓄積される空調機モニタリングデータ(冷媒状態量・運転状態量・吸い込み／吹き出し温度等)と限定的な関係式だけで運転条件の変化が消費電力・COPへ与える影響を熱力学的関係から推定する。建物詳細モデルを要さず、新規物件への展開はデータ取り込みだけで適用可能になる。

省エネルギー制御の効果を、①能力適正化(過冷却・過加熱抑制)、②発停ロス低減(発停回数削減)、③熱交換効率向上(温度差・顕熱潜熱比の変化)の3要素に分解して算出する(図2)。各要素の寄与は3.1節の分類結果から代表運転条件・対象期間を選定してLo-Fiモデルで算出する。寄与率を物件別に把握できるため、主支配ロスに応じた施策優先度判断が可能になる。

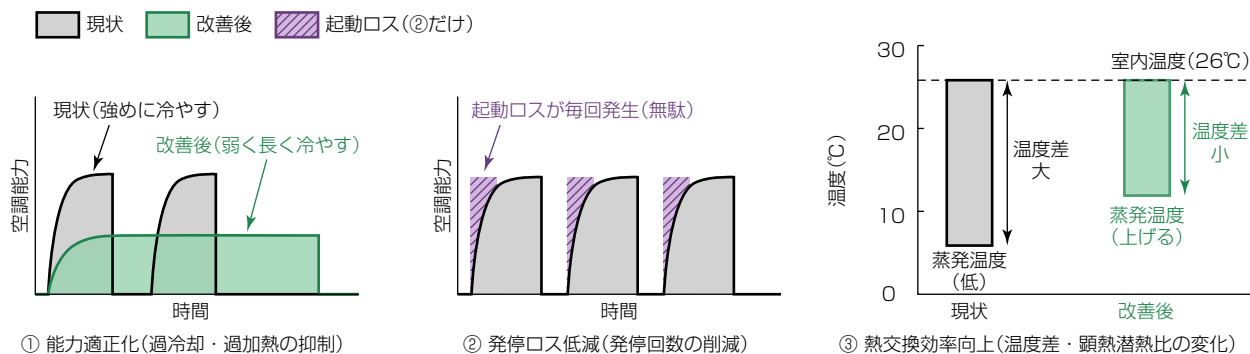


図2-Lo-Fiモデルによる省エネルギー制御効果推定

3.3 業種・地域横断COP可視化

今回の技術を当社クラウド基盤に蓄積された多数物件の運用データに適用した。分析結果は、横軸を消費電力量、縦軸をLo-Fiモデルで算出した消費電力の削減可能率(省エネルギー余地)で整理し、各点色を主支配エネルギーロス区分(発停ロス/能力ロス/熱交換ロス)で示した(図3)。断続運転中心の物件群は発停ロス支配で改善余地が大きい傾向にあり、連続運転中心の物件群では能力ロス又は熱交換ロスが主支配になり、省エネルギー余地は相対的に小さい。一方、同一消費電力帯でも運用実態によって主支配エネルギーロスは異なり、物件別に異なる施策提案が必要である。業種・地域情報と掛け合わせれば、業種・地域横断の運用課題と物件固有の運用課題を切り分けることも可能になる。これによって、どの物件のどの運用課題に提案リソースを優先配分すべきかを事前に判断できて、限られた提案工数を改善余地の大きい対象に集中させることができる。

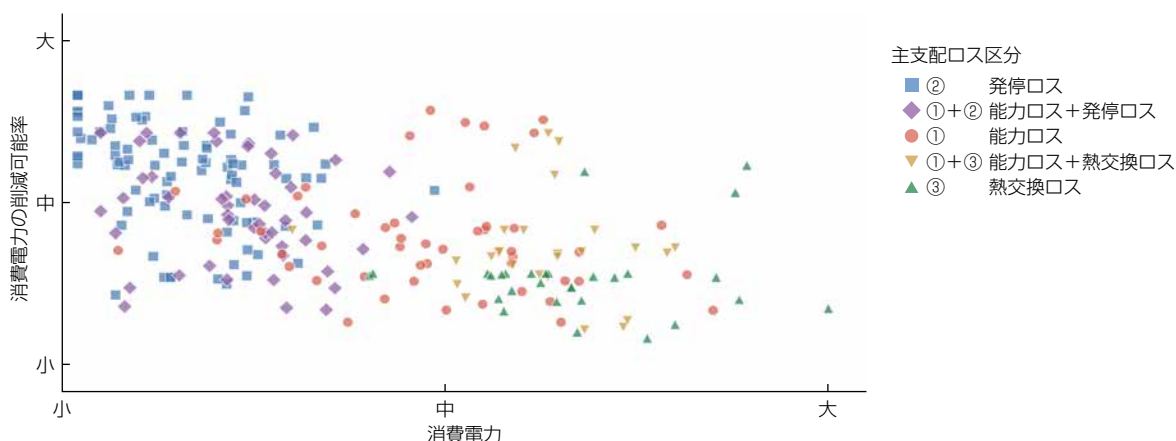


図3-業務用VRF空調機多物件運用データの省エネルギー余地分布(主支配エネルギーロス区分による色分け)

4. PoCによる多面的効果検証

海外オフィスでのPoCでは、3章で述べた診断・事前見積り技術を適用し、運用課題の可視化と省エネルギー余地・改善手段の提示、さらにクラウドから制御設定値を送信する制御の試験適用までを検証している。現地チームと連携し、ダッシュボードによる診断・事前見積りの運用評価から制御適用までを一貫して確認できる構成とした。

4.1 Lo-Fiモデルによる省エネルギー効果の事前算定

中規模ビル向けVRF空調機の、代表運用パターンに属する冷房運用データに対して、現状運転と省エネルギー制御適用後の改善効果をLo-Fiモデルで算出し比較した。期間平均15.3%、最大24.2%の消費電力削減見込みを事前見積りできることを確認し、運用データだけを入力とした物件単位の省エネルギー効果を制御導入前に把握できることを実環境で示した。

4.2 運用課題の可視化と改善余地の提示

省エネルギー効果の事前算定結果と運用パターン分類結果を統合可視化する手法を構築した(図4)。図4の左図からは、夏期の高COP帯(緑)から冬期のCOP低下(橙(だいだい)～赤)へ至る季節変動と、稼働時間帯(おおむね7～18時)の日々のばらつきを俯瞰(ふかん)できる。図4の右図では、図4の左図に示した運用パターンごとの年間効率指標^(注1)への寄与を冷房・暖房別に定量提示しており、代表的な冷房運転パターン(P3)が年間効率改善への寄与が最大であることが読み取れる。これによって“どの運転パターンが年間効率を下げているか”“改善時にどの程度の年間効率向上が見込めるか”を顧客と段階的に共有できて、現地担当者とともに物件特性に応じた改善策の組成プロセスを検証中である。

(注1) 通年運用データから算出した季節積算COP(実運用ベースSEER(Seasonal Energy Efficiency Ratio)/SCOP(Seasonal Coefficient of Performance))

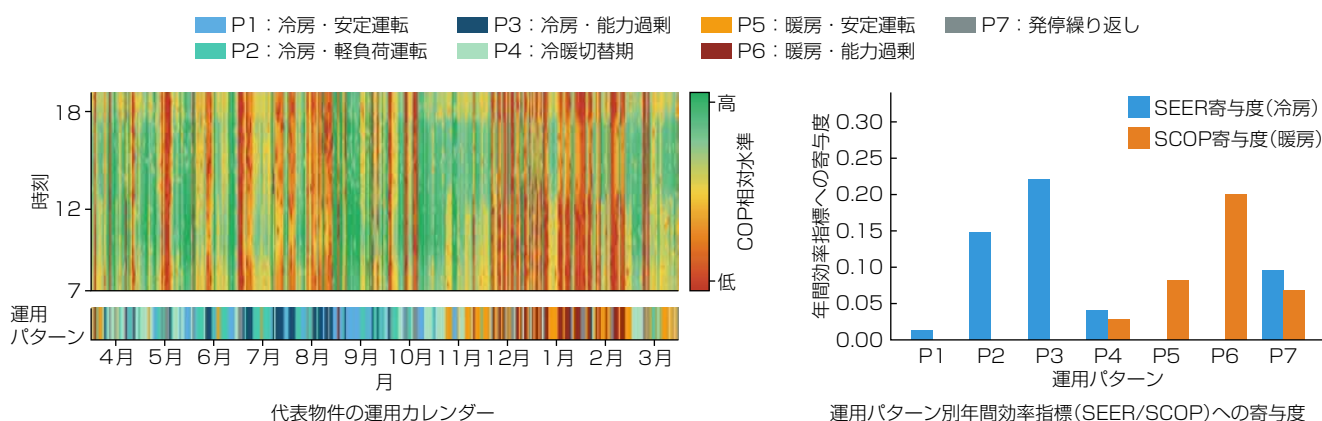


図4-代表物件の運用カレンダーと運用パターン別年間効率指標寄与度

4.3 制御による効果検証

事前見積りの事後検証は、通常制御、省エネルギー制御適用、改善見込みの三者間で、同一の能力・吸い込み温度・外気温条件下での消費電力量を比較する評価手法を構築中である。連続運転時間が短い場合の誤差や起動直後の能力推定誤差への対処を含めて、冷房期・暖房期の実機運用データに基づいて継続的に評価を進める。

5. む す び

業務用VRF空調機のクラウドデータ分析による省エネルギーソリューション創出技術について述べた。この技術は、①横断パターン分類(診断)、②Lo-Fiモデルによる効果事前見積り(提案)、③空調機・現場側コントローラー・当社クラウドによる制御(実装)の3段から成るサイクルを構成し、追加センサーや個別モデリングを要せず制御導入前に省エネルギー効果を事前見積りできる点に特長がある。海外オフィスでのPoC(中規模ビル・冷房期)では、代表運用パターンで期間平均15.3%・最大24.2%の消費電力削減見込みを事前見積りできることを確認した。

今後は、対象機種・地域の拡大に加えて、スケジュール運転・デマンド応答等への展開と、運用パターンに応じた制御アルゴリズムのチューニングを進めて、“効果を後で測る”から“効果を先に示して、顧客とともに育てる”運用最適化の姿を築いていく。

参考文献

- (1) 国際エネルギー機関：The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning, IEA Publications (2018)
- (2) 石原 鑑：ライフソリューションを実現するIoT基盤の進化, 三菱電機技報, **98**, No.10, 2-01～2-07 (2024)
- (3) 今井 健, ほか：監視制御データからのプラント運転パターン分類手法および分類パターンの解釈支援手法の検討, 2021年電気学会電子・情報・システム部門大会, OS1-18 (2021)

~~~~~

# 負イオンオゾン処理技術による 室内衛生と快適性の向上

Enhancement of Indoor Hygiene and Comfort by Negative Ion – Ozone Treatment Technology

\*先端技術総合研究所

## 要 旨

高気密・高断熱化が進む現代の室内空間では、換気量の抑制と衛生維持及び快適性の向上の両立が課題である。特にパンデミック以降、室内空気質改善への需要は“日常的なインフラ”として定着し、安全な感染症対策と心地良い空間創造を高度に両立させる技術が望まれている。開発した“負イオンオゾン処理技術”は、環境基準値以下の低濃度オゾンで菌・ウイルスに対して高い抑制効果を発揮する。負イオンとオゾンの併用によって、オゾンの酸化作用を最大限に引き出す点に新規性があり、付着ウイルスやカビに加えて、不快な付着臭に対しても顕著な低減効果を確認した。この技術は、住宅からオフィス、公共交通機関まで幅広く展開可能であり、持続可能で安全・安心な未来の実現に貢献する。

## 1. ま え が き

現代の室内環境は、高気密・高断熱化によって省エネルギー性能が向上する一方、換気不足に伴う室内空気質の低下が喫緊の課題になっている。特に新型コロナウイルスのパンデミックを経て、社会の衛生意識は一時的な対策から“日常的なインフラ”としての要求へと変化した。高い殺菌力を持つオゾンは、優れた殺菌効果を示す一方、有人環境での安全性が担保される環境基準<sup>(1)</sup>程度の低濃度オゾン(0.05ppm以下)では、十分な効果を得るまでに時間を要する。

今回の研究では、負イオンとオゾンを独立制御して併用する“負イオンオゾン処理技術”を開発した。この技術は、負イオンとオゾンの相乗効果を利用することで、安全な低濃度条件下でのオゾン反応効率を向上させるものである。

本稿では、開発デバイスの概要、ウイルス・カビ・付着臭に対する検証結果、及びその抑制効果向上メカニズムについて述べる。

## 2. 負イオンオゾン発生デバイス

三菱電機が開発した負イオンオゾン発生デバイスは、二つの電子放射式負イオン発生部と、中央のコロナ放電式オゾン発生部で構成される(図1)<sup>(2)</sup>。負イオン発生部には長寿命のカーボンファイバー製ブラシ電極を、オゾン発生部には山型電極を採用し、それぞれに負極性の高電圧を印加する。負イオンとオゾンの発生量を独立して制御できるため、高濃度の負イオンと低濃度のオゾンを安定的に発生できる。また、オゾン発生部の周囲に接地電極を配置している。この電極がオゾン発生部と負イオン発生部の電界干渉を抑制すると同時に、発生した負イオンを電気的に引きつけることで、各物質を安定的に発生させつつ拡散を抑えた指向性のある照射を可能にしている。これによって、高濃度の負イオンと低濃度のオゾンを処理対象へ効率的に到達させられる。

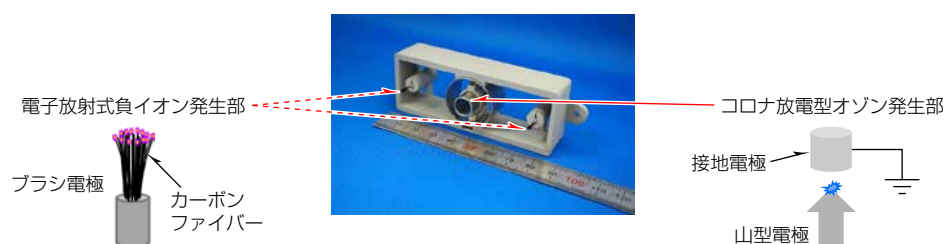


図1-負イオンオゾン発生デバイス

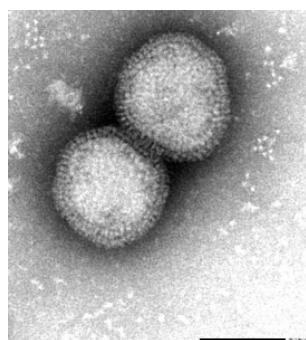
### 3. 社会実装に向けた効果検証

この章では、社会実装に向けた効果検証について述べる。

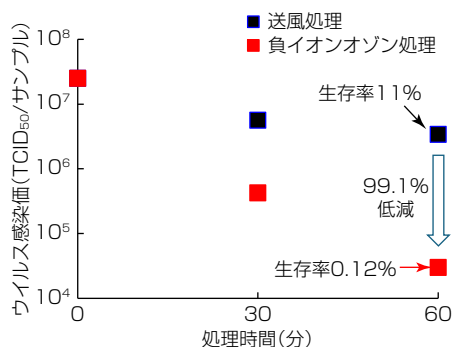
#### 3.1 インフルエンザウイルス不活化効果

接触感染リスク低減を想定し、机上等に付着したウイルスに対する不活化性能を検証した<sup>(3)</sup>。試験ウイルスには、A型インフルエンザウイルス(H1N1)(図2(a))を用いた。試料は、机上への飛沫粒子(10~1,000 $\mu$ m)の沈着を模して、試験平板上にウイルス懸濁液を散布したものを用いた。この試験では、一般社団法人 日本電機工業会規格JEM 1467<sup>(5)</sup>のウイルス試験に準拠した6畳相当の空間内で、ファンと組み合わせた負イオンオゾン発生装置から1.7m離れた位置に試料を設置し、60分間の曝露(ばくろ)処理を行った。処理後、ウイルス感染価(TCID<sub>50</sub>)に基づいて評価した。

図2(b)に検証結果を示す。処理前のウイルス感染価を100%とした生存率は、対照系の送風処理では11%であったのに対して、負イオンオゾン処理では0.12%まで低下した。これは送風処理による減衰と比較して、ウイルス感染価を更に99.1%以上低減させたことに相当し、付着ウイルスに対する今回の技術の有効性が確認された。一般に、オゾン単独でのインフルエンザウイルス不活化にはCT値(濃度×時間)として6~600ppm・minが必要と言われている<sup>(6)(7)</sup>。この試験(0.05ppm, 60分)でのCT値は約3 ppm・minと極めて低いが、負イオンオゾン処理では顕著な効果が得られた。これは、負イオンとの相乗効果によって、安全な低濃度オゾン環境下でも不活化が大幅に促進されたことを示している。



(a) 試験インフルエンザウイルス<sup>(4)</sup>



(b) 不活化効果<sup>(3)</sup>

処理条件：装置-サンプル間距離1.7m, 試験平板の大きさ50mm角, 処理時間60分, 風速2m/s, 温湿度28℃50%RH(Relative Humidity), 負イオン濃度 $5 \times 10^5$ ions/cm<sup>3</sup>, オゾン濃度0.05ppm

図2-負イオンオゾン処理によるインフルエンザウイルス不活化効果

#### 3.2 食品カビの抑制効果

食品の鮮度保持を想定し、付着したカビに対する抑制性能を検証した。試験カビには、代表的な黒カビ(*Cladosporium sphaerospermum*)を用いた。試料は、食パン及びミカンを用いて、カビ孢子懸濁液を接種した。この試験では、負イオンオゾン発生装置から300mm離れた位置に試料を設置し、高湿度環境(20℃, 95%RH)で5日間又は7日間の連続曝露処理を行い、カビ成長を目視で評価した。

図3に検証結果を示す。対照系の送風処理では5日又は7日後に顕著な菌糸の繁殖が認められたのに対して、負イオンオゾン処理ではカビの増殖が抑制されていた。さらに平板塗抹法による定量評価でも、対照系と比較してカビ数が99%以上減少する結果が得られた。この結果によって、冷蔵庫やキッチン等の湿潤な環境で、安全な低濃度オゾン(0.05ppm以下)による食品の防カビと衛生維持が可能であるとの見通しを得た。



処理条件：装置-サンプル間距離300mm, 処理時間 パンは5日間, ミカンは7日間,  
 温湿度20℃95%RH, 負イオン濃度 $5 \times 10^5$ ions/cm<sup>3</sup>, オゾン濃度0.05ppm

図3-負イオンオゾン処理による食品カビ抑制効果

### 3.3 付着臭消臭効果

生活空間の快適性向上への寄与を想定し、布や樹脂等に付着した臭気に対する消臭性能を検証した。対象臭気は、汗臭、生乾き臭、タバコ臭、及び調理臭(ニンニク臭)とした。試料は、布サンプル及び樹脂サンプルに各臭気物質を付着させたものをを用いた。負イオンオゾン発生装置から1.7m離れた位置に試料を設置し、60分間の曝露処理を行った後、官能評価によって臭気強度を測定した。

図4に検証結果を示す。どの臭気でも、対照系の送風処理に対して臭気強度が低下し、生乾き臭、タバコ臭、ニンニク臭に対しては1.0以上低減した。一般に、臭気強度が1以上低下すると、“明確に臭いが弱くなった”と人が実感できるレベルとされる<sup>(8)</sup>。この技術は、空間の不快感臭いを短時間で除去する消臭ソリューションとしても有用である。

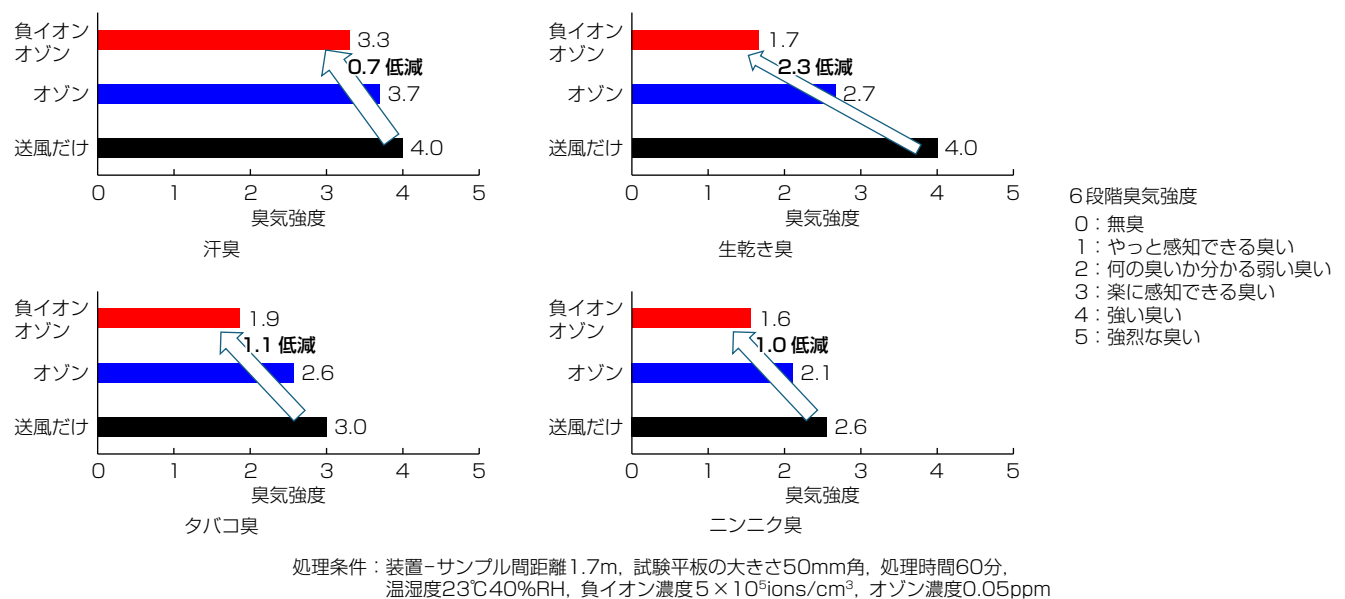
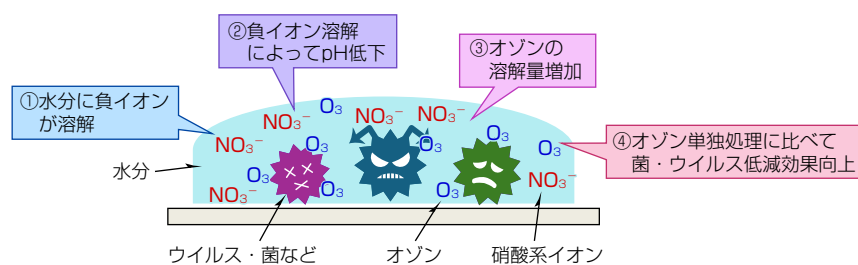


図4-負イオンオゾン処理による付着臭消臭効果

## 4. 負イオンオゾンによる抑制効果向上メカニズム

負イオンオゾン処理による菌・ウイルス等の抑制効果向上の要因を分析し、液相の化学変化にある(図5)ことを解明した<sup>(9)</sup>。負イオン発生に伴って生成される硝酸成分等が処理対象物質周囲の水分に溶解することで、液性が酸性化(pH低下)する。一般に、オゾンはアルカリ側で自己分解しやすいが、この酸性条件下では安定性が向上して溶解オゾン濃度が維持される。この効果によって、低濃度オゾンであっても標的物質に対する酸化作用が最大限に引き出される。



(注1) 東京科学大学との共同研究で実施

図5-負イオンとオゾンの併用による微生物不活化、脱臭メカニズム<sup>(注1)</sup>

## 5. む す び

負イオンとオゾンの併用による室内衛生及び快適性の向上技術とそのメカニズムについて述べた。検証の結果、低濃度オゾン環境下で、付着ウイルス、食品カビ、及び生活付着臭に対して、従来の送風やオゾン単独処理を上回る抑制効果が得られることを実証した。この効果向上は、処理対象物質周囲の水分への負イオンの作用が溶解オゾン濃度を維持するという独自の効果を生むメカニズムに基づくものである。

今後は、デバイスの更なる小型・高効率化を進めて、学校やオフィスなどの公共空間から、住居等の生活空間、さらには公共交通機関やシェアモビリティといった移動空間に至るまで、あらゆるシーンへの実装を図る。また、センシング技術等と融合させることで、人の在・不在や空間の負荷状況に応じた“動的な空間衛生制御”へ拡張し、利便性と効果を極大化させる。この技術を核に“省エネルギー”と“ウェルビーイング”を両立させた空間ソリューションを提供し、快適で安全・安心な環境を創造し、持続可能で豊かな未来の実現に貢献していく。

## 参 考 文 献

- (1) 公益社団法人 日本空気清浄協会：室内空気汚染測定指針，JACA No.2 (1967)
- (2) 清水彰則，ほか：負イオンオゾン発生装置，国際公開第2024/111049号 (2024)
- (3) 野村亜加音，ほか：負イオンオゾン発生装置によるインフルエンザウイルス不活化効果の検討，日本防菌防黴学会誌，**52**，No.2，43～46 (2024)
- (4) Shimasaki, N., et al. : Comparison of the Filter Efficiency of Medical Nonwoven Fabrics against Three Different Microbe Aerosols, *Biocontrol Science*, **23**, No.2, 61～69 (2018)
- (5) 一般社団法人 日本電機工業会：空気清浄機の浮遊ウイルスに対する除去性能評価試験方法，JEM1467 (2011)
- (6) 田中 浩，ほか：インフルエンザウイルスのオゾンガスによる不活化，IHI技報，**49**，No.2，74～77 (2009)
- (7) Cristiano, L. : Could ozone be an effective disinfection measure against the novel coronavirus (SARS-CoV-2)?, *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, **61**, No.3, E301～E303 (2020)
- (8) 江崎俊文，ほか：感覚的消臭効果の定量化方法としての認知臭気濃度法の有用性評価，におい・かおり環境学会誌，**53**，No.1，60～67 (2022)
- (9) Nakanishi, A., et al. : Enhancement of sterilization effect by combined use of negative ions and ozone, *Pacificchem 2025* (2025)

三菱電機株式会社