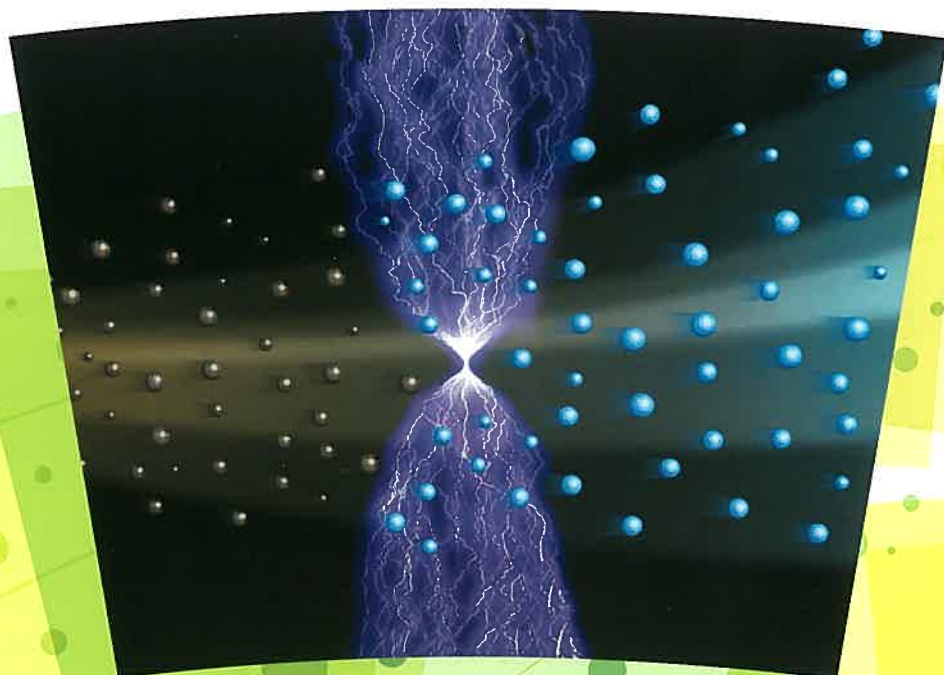


三菱電機技報

10 | 2020
Vol.94 No.10

つながる技術で快適を創るライフソリューション



目次

特集「つながる技術で快適を創るライフソリューション」

つながる技術で快適を創る ライフソリューション……………	巻頭言 1
鈴木 聡	
データによる価値提案を可能にする ライフソリューション……………	巻頭論文 2
朝日宣雄	
“暮らし空間イノベーション”を実現する グローバルIoT家電サービス……………	8
櫻井翔一郎	
“A.I.省電力モード”搭載のルームエアコン……………	12
廣崎弘志・坂部昭憲	
空調機器管理アプリケーション“MELflo”……………	16
中田成憲	
AI技術“Maisart”を活用したビル用マルチエアコン……………	20
守安洋志・佐藤 靖・尾花弘章	
入浴環境を快適にするエコキュート……………	24
竹内史朗・池田一樹・中北麻紀子・高野浩志郎	
浴室の暖房ソリューション……………	28
安田裕司・本木一郎	
AIによる最適温度制御を実装した 三菱冷蔵庫“MXシリーズ”……………	32
水野逸人・前田 剛	
共働き世帯を応援する電子レンジ機能搭載 IHクッキングヒーター“レンジグリルIH”……………	36
高砂英之・伊藤大聡・小林昭彦・北古味 壮	
屋外と屋内の境界をなくす、 靑空を再現した照明器具“misola”……………	40
成田瑞恵	
入退室管理システムと連携した換気量制御……………	44
和田 誠	
“ヘルスエアー”技術による微生物抑制……………	48
古橋拓也	

Life Solutions to Create Comfort by Connected Technologies

Life Solutions to Create Comfort by Connected Technologies
So Suzuki

Life Solutions Enabling Data Centric Value Propositions
Nobuo Asahi

Home Appliances Services Based on Global IoT Platform for “Living Space Innovation”
Shoichiro Sakurai

Room Air Conditioner Utilizing “A.I. Power Save Mode”
Hiroshi Hirosaki, Akinori Sakabe

“MELflo”: Application for Managing Air Conditioning Facilities
Masanori Nakata

Multi Air Conditioners for Building Utilized AI Technologies “Maisart”
Hiroshi Moriyasu, Yasushi Sato, Hiroaki Obana

Eco Cute Providing Comfortable Bathing Environment
Shiro Takeuchi, Kazuki Ikeda, Makiko Nakakita, Koshiro Takano

Bathroom Heating Solutions
Yuji Yasuda, Ichiro Motoki

Mitsubishi Refrigerator “MX Series” Implemented Optimal Temperature Control Utilizing Artificial Intelligence
Hayato Mizuno, Go Maeda

“THE RANGE-GRILL-IH”: IH Cooking Heater with Microwave Oven Function to Support Double-income Households
Hideyuki Takasago, Hiroaki Ito, Akihiko Kobayashi, So Kitakomi

Lighting Equipment “misola” to Reproduce Blue Sky
Mizue Narita

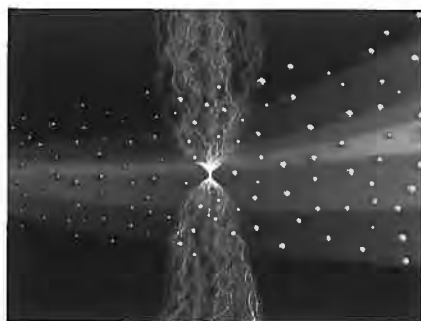
Ventilation Control Linked with Access Control System
Makoto Wada

Microbial Control by “Health Air” Technology
Takuya Furuhashi

特許と新案

「電界及び放電発生装置、空気調和装置」……………	52
--------------------------	----

新型コロナウイルス感染症で亡くなられた方々に謹んでお悔やみを申し上げますとともに、罹患(りかん)された皆さまとご家族及び関係者の皆さまに心よりお見舞い申し上げます。



表紙：つながる技術で快適を創るライフソリューション

三菱電機はユーザーの様々なニーズに応えるため、これまで培ってきたモノの技術とIoT(Internet of Things)、AI(Artificial Intelligence)といったつながる技術を組み合わせ、更なる快適を創るライフソリューションを目指していきます。

表紙イメージのヘルスエアー技術はソリューションの核になるモノの技術の一つです。ヘルスエアー技術によるウイルスの不活化によって個々のユーザーと社会を支えています。

巻頭言

つながる技術で快適を創るライフソリューション

Life Solutions to Create Comfort by Connected Technologies



鈴木 聡 So Suzuki

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

私たちを取り巻く環境はますます変化のスピードを速め、社会課題も多様化しています。現下では新型コロナウイルスの危機によって個人の暮らしから社会での働き方など多くの生活の場面で新しい生活様式が求められています。また気候変動に伴う災害なども挙げられます。これらの変化に対して社会的に大きな変革を必要とする時代になりました。

三菱電機のリビングデジタルメディア事業ではこの時代の暮らしに伴う課題に向き合いながら、顧客、パートナーの一人ひとりの笑顔を目指し、つながる技術で快適を創るライフソリューションによって幸せの実現に貢献し続けます。

この特集号では私たちが提案するライフソリューションの様々な技術開発の取組みに関する論文を掲載しています。それら特集論文に先立って、幾つかの事例をご紹介します。

1. 社会を支え、新型コロナウイルスに対応するライフソリューション

(1) ヘルスエアー技術によるウイルス不活化

今回の新型コロナウイルス感染症では第2波、第3波の発生、長期的には新たなウイルス発生も懸念されており、住環境での様々な場所で感染症予防が注目されています。当社では、室内に浮遊するウイルスや細菌類の除去・抑制を高性能で実現する“ヘルスエアー”技術を開発し、国内外に向けた各種製品に展開しています。ヘルスエアー技術はヘルスエアーユニットを通過するウイルスを放電・電界によって高効率で不活化します。

(2) 入退室管理システム連携空調換気制御

オフィス等の非居住空間は、換気によってCO₂(二酸化炭素)濃度を1,000ppm以下にすることを「ビル管法(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)」で要求されています。また、新型コロナウイルス感染症対策としても適切な換気が求められています。換気装置の風量を上げることとCO₂濃度を低減できる一方、空調機が冷房や暖房に要

する消費エネルギーが増大することが課題です。この要求と課題に対して、在室人数のセンシングによる最適な換気、空調機器の制御によって換気量制御と省エネルギーを両立させます。

この技術を適用したソリューションである“BuilUnity (ビルユニティ)”は中小規模ビルを対象にした設備監視、制御、入退室管理などの様々なシステムをBuilUnityコントローラで一括管理し、設備の連携・制御を行う当社のビル統合ソリューションです。BuilUnityコントローラによって入退室管理システムと換気装置の連携制御を実現します。

2. 家での時間を快適にするライフソリューション

(1) “AI”搭載のルームエアコン

新型コロナウイルスの影響によって、在宅ワークが増えて家の空調電力負荷が急増しています。2021年度三菱ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”はAI(Artificial Intelligence)熱負荷検知によって部屋の快適状況に合わせて自動運転を行います。また、省エネルギーと快適度を維持できる適切なタイミングで換気を促す“換気ナビ”も搭載しています。今後も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ます。

(2) 2020年度発売の家庭用エコキュートのお風呂ソリューション

家での時間が増えることで、家事低減化が更に求められています。2020年度発売の家庭用エコキュート^(注1)では“清潔”ニーズへ対応するため、風呂湯の菌の増殖を抑制する新機能“キラリユキープ”を搭載して、掃除の頻度を低減します。併せて、浴室暖房との連携機能“あったかリンク”によって寒い季節に安心感の高い入浴環境を提供します。

(注1) エコキュートは、関西電力㈱の登録商標です。

データによる価値提案を可能にする ライフソリューション

Life Solutions Enabling Data Centric Value Propositions



朝日宣雄*
Nobuo Asahi

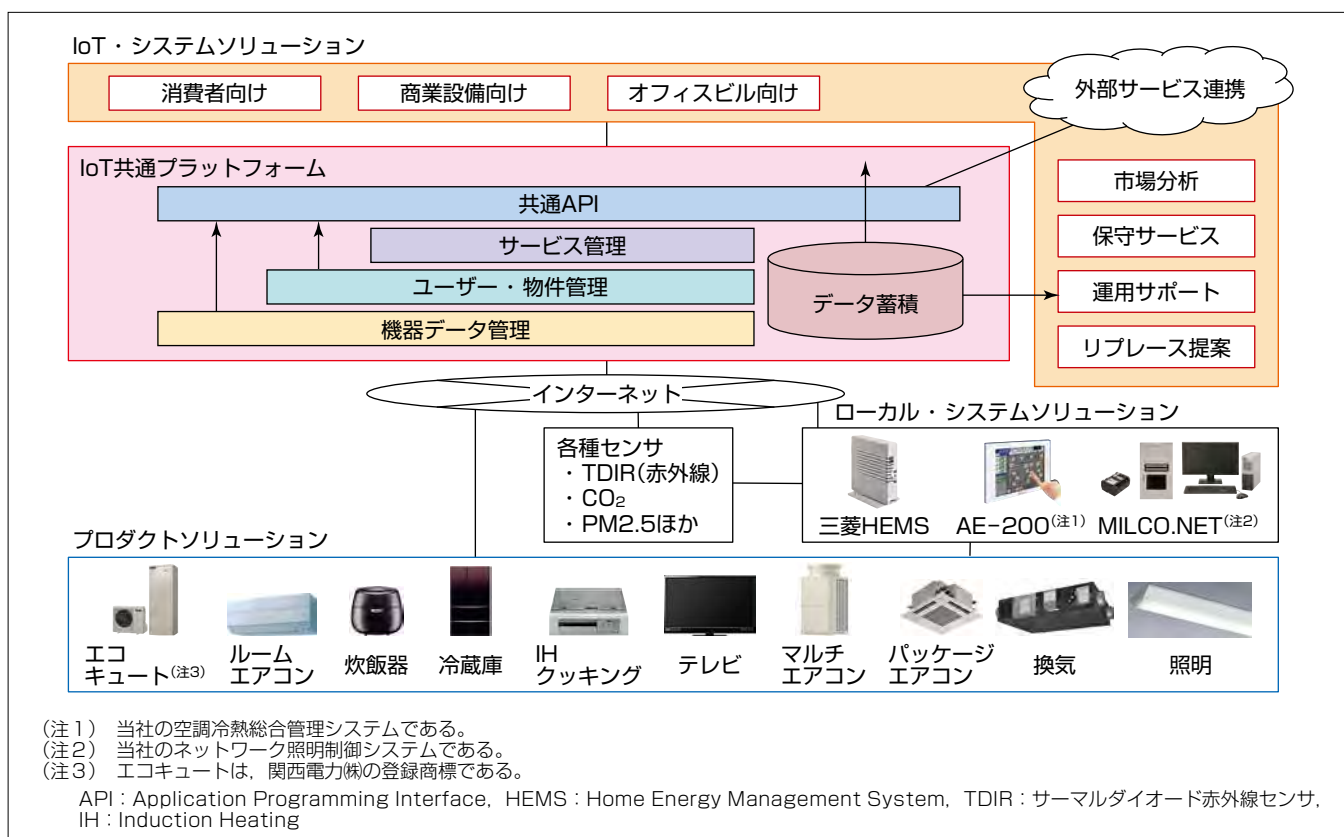
要 旨

様々な機器／デバイスメーカー、サービス事業者、プラットフォームが、IoT(Internet of Things)化による新たな付加価値の創出に取り組んでいるが、短期のブームで終わらないようにするためには、価値創出に向けた取組みを継続的に行っていく必要がある。アフターコロナでのニューノーマルといった新しいライフスタイルが様々な形で定着していくと、多種多様なニーズを持った複数の小さなマーケットセグメントや究極的には個人個人のライフスタイルに合わせていくことが必要になってくる。

家電・設備機器をIoT化することは、納入した後も顧客に合わせて最適化していくことが可能になり、個々の顧客に適した付加価値を個別に提供していくone to oneビジネス

モデルへ変革できることが期待される。IoT化を効率よく、かつ、安全に提供するためには、セキュリティなどの共通的な処理をハンドリングするIoT共通プラットフォームを構築することが有効である。そして、顧客一人ひとりに価値のあるソリューションを提供するためには、クラウドに収集されたデータが重要な情報源になる。

データの利活用に関しては、世界的にプライバシー保護の観点から様々な規制と議論があるため、今後IoT化の普及を促進する上で、データをいかに顧客や社会の課題解決に向けて有効活用していくか、プライバシー保護とセキュリティの管理の在り方も含めたルール化や技術開発が必要になる。



家電・設備機器でのライフソリューションの構成

従来の家電・設備機器でのプロダクトソリューションやローカル・システムソリューションに加え、IoT・システムソリューションを導入することによって、納入した後も顧客に合わせて最適化していくことが可能になり、従来のような大量生産・多量消費を前提としたビジネスモデルから個々の顧客に適した付加価値を個別に提供していくone to oneビジネスモデルへ変革できることが期待される。

1. ま え が き

総務省“令和元年通信利用動向調査”での情報通信機器の保有状況の調査⁽¹⁾によれば、2019年9月末現在でスマートフォンの世帯保有率は83.4%に達し、パソコン(69.1%)を超え、テレビ(95.8%)に迫る勢いである。既に、スマートフォン所有を前提に様々なインフラやサービスが提供され、COVID-19の対策もスマートフォンアプリによる対応のスピードが一つの重要な要素という見方もある。

消費者市場や産業市場でも機器をネットにつなげ、それをスマートフォン等のモバイル端末によって操作するといったIoT化が普及期に入ってきた。Futuresource Consultingの調査⁽²⁾によれば、世界での家電機器でのIoT化率は2018年で約5%であったが、2020年には10%に達し、2023年には30%を超えると予想している。また、総務省の令和元年版情報通信白書⁽³⁾によれば、2018年度から2021年度での消費者市場及び産業市場でのIoTデバイス数は、年平均で約28%の伸長と見ており、様々なデータからIoT化が加速していることがうかがえる。

このようにIoTによる産業の変化が予想される一方で、新しい価値が生み出されなければ、一定の普及が実現しても、その後長年にわたり拡大していく流れになりにくいというリスクもある。様々な機器／デバイスメーカー、サービス事業者、プラットフォームが、IoT化による新たな付加価値の創出に取り組んでいるが、これが短期のブームで終わらないようにするためには、価値創出に向けた取組みを継続的に行っていく必要がある。

本稿では、IoTによる価値創出について、家電・設備機器での三菱電機の取組みを述べる。

2. 目指すべきライフソリューション

2.1 当社のソリューションの取組み

2021年の当社の創業100周年に向けて、グループ内外の力を結集した統合ソリューション提供を価値創出の取り組み方向とし、これによるビジネスモデルの変革を目指している。そして今後提供するソリューションをモビリティ、インフラ、ライフ、インダストリーの四つの領域で展開することで、持続可能な社会の実現を目指している(図1)。

当社は総合電機メーカーとして、事業分野が多岐にわたることから、それぞれの事業分野でのIoTのあり方、また、IoT技術を活用したソリューションの構築の仕方が異なる。四つの領域でのソリューションの展開では、各事業分野が得意とする複数の領域にまたがって展開するとともに、この四つの領域各々も融合する形で社会課題の解決に向けた価値創出を追求していく。

この活動の展開を加速するために、当社が強みとする様々な機器に対する知見や当社AI(Artificial Intelligence)技術“Maisart(マイサート)”，セキュリティなどの技術資産を、IoTシステム統一設計ガイドラインやソリューションライブラリなどに統合、一元的に整備するものとして統合IoT“ClariSense(クラリセンス)”を構築している。

家電・設備機器を担当するリビング・デジタルメディア事業本部では、四つの領域のうち特にライフ領域で、IoT技術を活用した価値創出の展開を図る計画である。

2.2 家電・設備機器分野でのソリューションの考え方

“ソリューション”とは問題解決であるが、一般的には

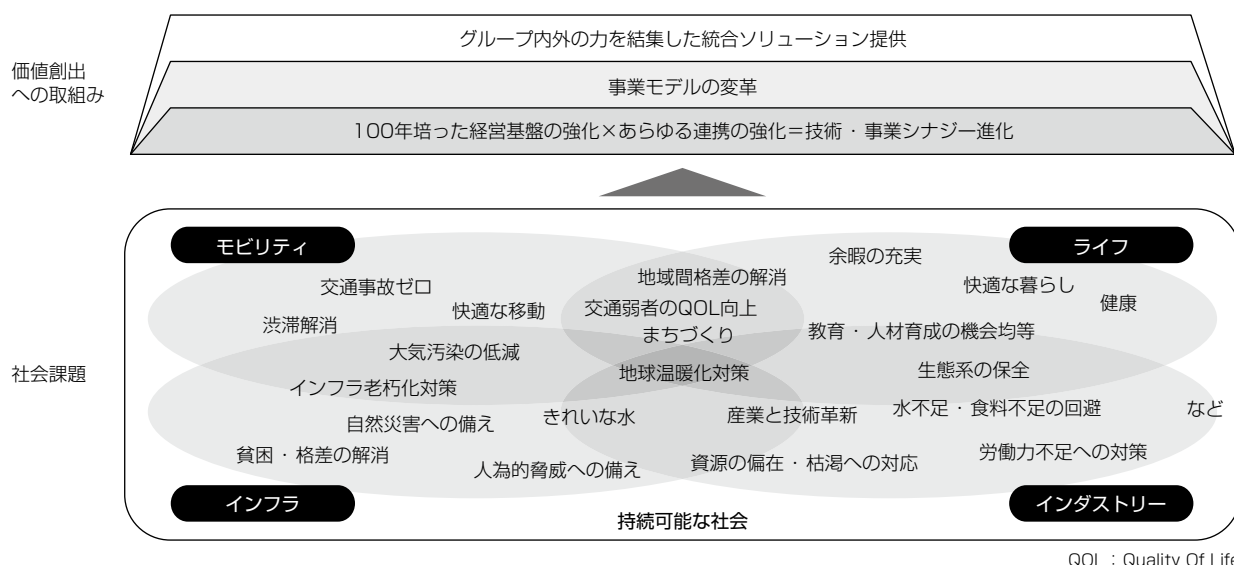


図1. 当社の経営戦略

ITを活用したITソリューションを指すことが多い。このIT(情報技術)という定義も時代とともに変化していくため、家電・設備機器でのソリューションを次のように定義することで、新しいITであるIoT技術やクラウド技術を活用して、どのように付加価値を高めていくかについての共通認識を持てるようにした(図2)。

(1) プロダクトソリューション

顧客の様々な問題を解決するという意味では、以前から機器という形で開発・製造・販売をしてきた“商品”そのものもソリューションであるとし、プロダクトソリューションと呼ぶ。

(2) ローカル・システムソリューション

個別の機器である“商品”は、単体のハードウェアとして提供されるため、その適用範囲や能力・機能で限界がある。このため、複数のハードウェアをシステムとして組み合わせることで、より広範囲・高性能・高機能のソリューションが提供できる。このシステムソリューションで、家の中、ビルの中など、ローカルな範囲で構築・提供するものをローカル・システムソリューションと呼ぶ。ローカル・システムソリューションは、システムとしての制御をするため、コントローラや各種センサを組み合わせることが多い。

(3) IoT・システムソリューション

ローカル・システムソリューションは、遠隔からの保

守・メンテナンスや操作のために広域網やインターネットに接続されるものもあるが、システムの制御そのものはコントローラの内部に構築されるため、機能が固定化され拡張性に制限のあるシステムソリューションと言える。一方、機器をIoT化し、制御をクラウド側に置くことによって、随時制御する対象機器や機能を拡張することが可能になり、かつ、各機器の状態や操作などのデータ分析やサービスとクラウド連携することで、より高度なソリューションを提供でき、これをIoT・システムソリューションと呼ぶ。

これら3種類のソリューションの形態は、顧客のニーズと制約に応じて適切に提供されるべきであり、全てがIoT・システムソリューションになることは考えにくい。IoT化することでソリューションそのものを納入した後も顧客に合わせて最適化していくことが可能になり、従来のような大量生産・多量消費を前提としたビジネスモデルから個々の顧客に適した付加価値を個別に提供していくone to oneビジネスモデルへ変革できることが期待される。

2.3 ユーザーニーズの変化に対応した価値の実現

プロダクトソリューションによる価値は、製品の性能・機能で提供されるが、家電・設備機器では、より高機能をより低価格で供給することが競争力の大きな要素の一つであるため、製品企画の段階からより多くの顧客のニーズや

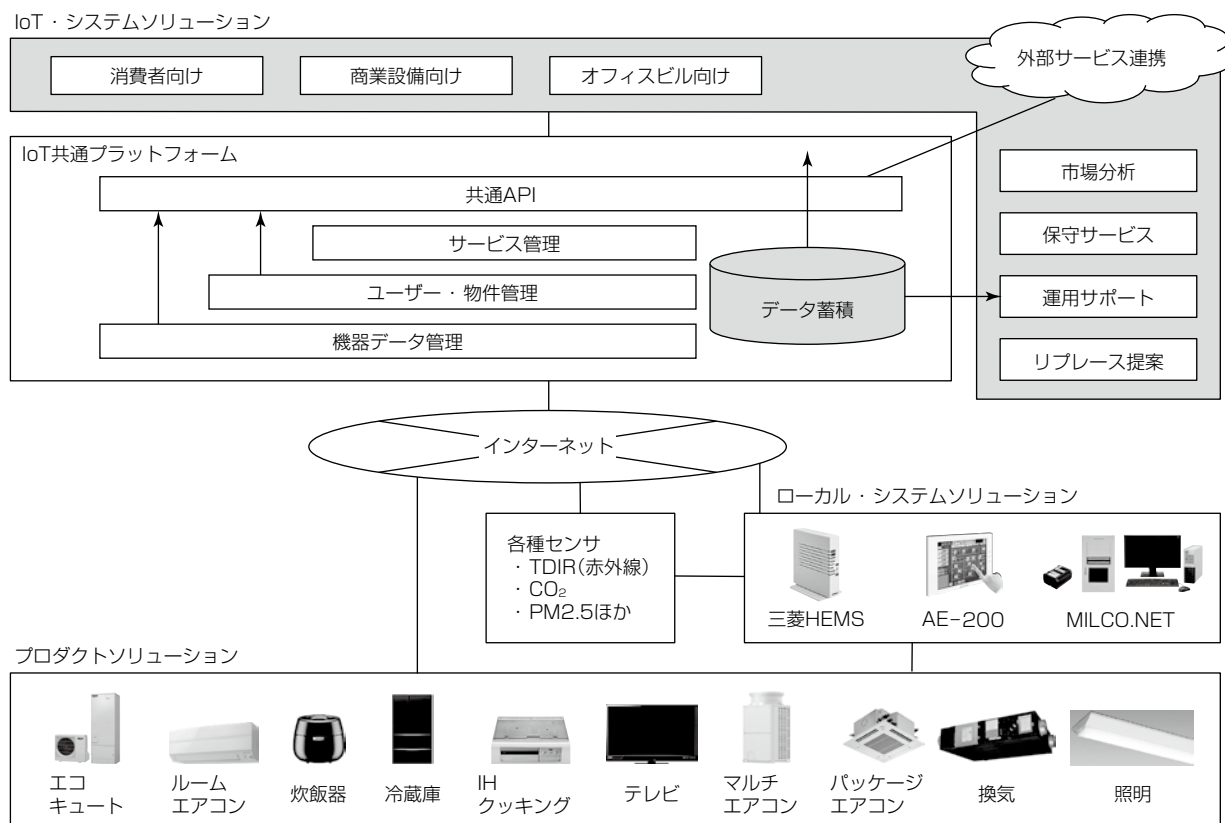


図2. 家電・設備機器でのライフソリューションの構成

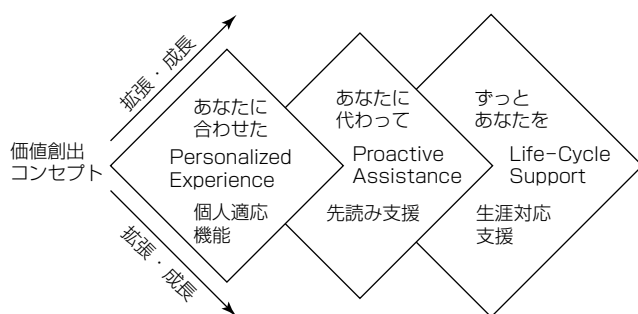


図3. 価値創出コンセプト

世の中のトレンドを調査し、それを大量生産できる形で設計し、広く顧客に届くように流通網を駆使して販売するというビジネスモデルで展開してきた。様々な使い方に対応するように、多くの機能や設定を追加してきた結果、機能が多くなりすぎ、結局基本機能しか使われないというケースも少なくない。また、新型コロナウイルスの影響からニューノーマルといった新しいライフスタイルが様々な形で定着していくと、多種多様なニーズを持った複数の小さなマーケットセグメントや究極的には個人個人のライフスタイルに合わせていくことが必要になってくる。

このニーズの多様化や早い変化に追随するために、機器をクラウドに接続した上で、様々なニーズに対応した付加機能をクラウド上に作り、それをスマートフォンやAIスピーカーなどで操作できるようにすることがIoT・システムソリューションによる価値の実現であると考えている。

クラウド上で様々なアプリケーションによって付加機能を提供する際に、クラウド上の機器の管理情報、ユーザーの管理情報を含む様々なデータを一元的に管理し、またセキュリティ対策による情報漏洩(ろうえい)や不正アクセスを防御する仕組みを備える必要があるが、これをアプリケーションごとに作るのは非効率なため、共通的な処理をハンドリングするIoT共通プラットフォームが必要になる。

当社では、家電・設備機器のIoT化推進のため、“Linova(リノヴァ)”というIoT共通プラットフォームを構築し、さらに、様々なIoT・システムソリューションを共通なスマートフォンアプリとして開発するための“MyMU(マイエムユー: My Mitsubishi Unified applications)”というスマートフォンアプリケーションプラットフォームを構築した。LinovaとMyMUによって、単一の機器に対する付加機能や複数の機器による連携機能をスマートフォンアプリとして提供できる。

使用されている機器の状態や操作の履歴などの情報は、個人が特定できない形で解析され、機器が個人に合わせて操作や設定を支援したり、また、定期的な保守や買い替えのタイミングでリプレースの提案を遠隔で実施したりすることも可能になる。

顧客にとってより価値の高いサービスの提供に活用していく考え方を価値創出コンセプトと名付け、図3に示すように、①Personalized Experience、②Proactive Assistance、③Life-Cycle Supportの三つの段階を定義した。

3. データ統合と分析

3.1 データの利活用の課題

データの利活用で重要な要素として、次の四つの“V”が挙げられている。

- (1) Volume : データ量が十分であること
- (2) Variety : データが多種・多様であること
- (3) Velocity : データ処理速度がリアルタイムであること
- (4) Veracity : 全データを活用し、結果が正確であること

この四つの要素を実現するためには、より多種の機器をクラウドに接続し(Volume/Variety)、蓄積されたデータを高速かつ大量に分析できる(Velocity/Veracity)解析ツールを備えることが必要になる。

IoT対応の機器は、既に発売されている機種を含め、順次増加させていく計画であるが、過去の機種でも様々な形でデータが蓄積されており、このデータの活用も4Vを早期に実現させるためには重要な検討課題である。

例えば、当社は2013年からHEMSによるスマートハウス事業を展開しており、宅内のHEMSコントローラと各機器が標準プロトコルECHONET Lite^(注4)によって通信をする。現在も多くのZEH(net Zero Energy House)住宅に採用されているが、蓄積されたデータはIoT・システムソリューションとはデータ形式が異なる(図4)。

(注4) ECHONET Liteは、一般社団法人 エコネットコンソーシアムの登録商標である。

3.2 データ統合分析アーキテクチャ

通常、異なるシステムで共通に使われるべきデータが歴史的な経緯から統一的に扱えない状況は少なくない。過去のデータ資産とIoTで収集された新しいデータを合わせて有効活用するには、図5に示すようなデータ統合分析アーキテクチャに基づいてあらゆるソースからのデータを統合・整理・分析できるようにすることが重要になる。

データレイクでは各種データをそのまま広大なストレージに蓄積し、データウェアハウスでは必要に応じてデータレイクから欠損データの処理やSQL(Structured Query Language)で検索できる形式に整理して保存する。データウェアハウスのデータは、営業・開発・設計・保守等の様々な目的で利用されるため、目的に応じたデータマートに引き出し、可視化ツールや分析ツールで活用される。

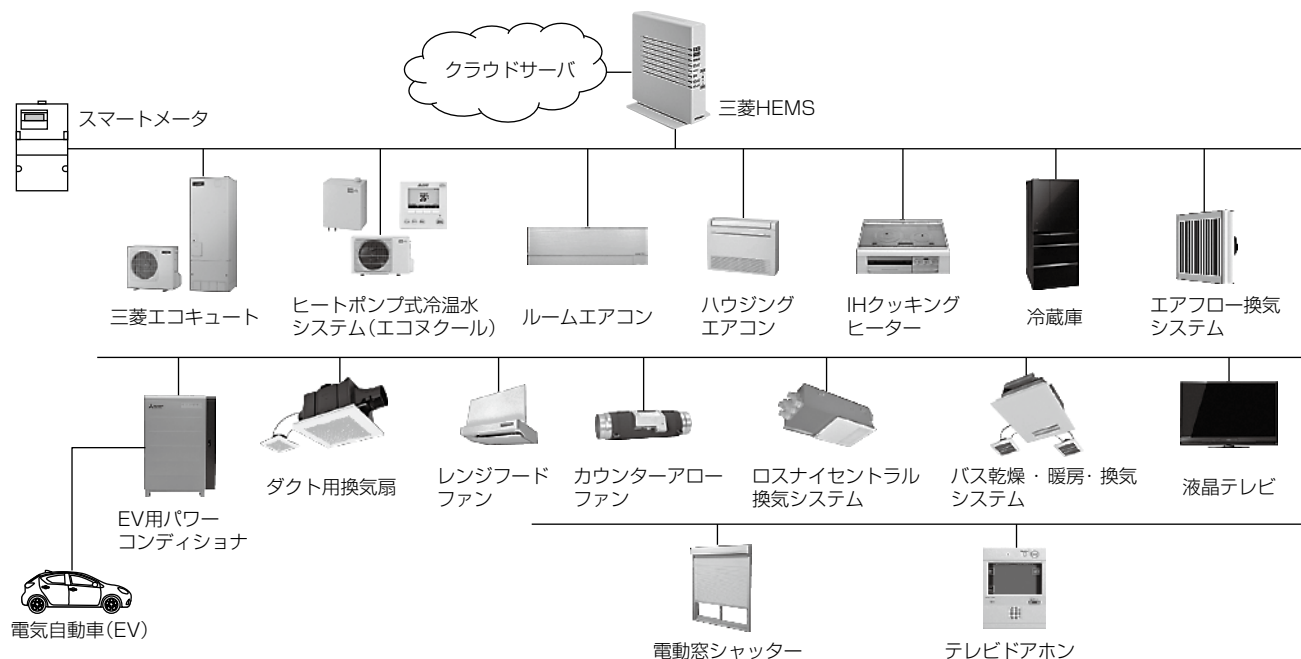


図4. ECHONET LiteによるHEMSソリューション

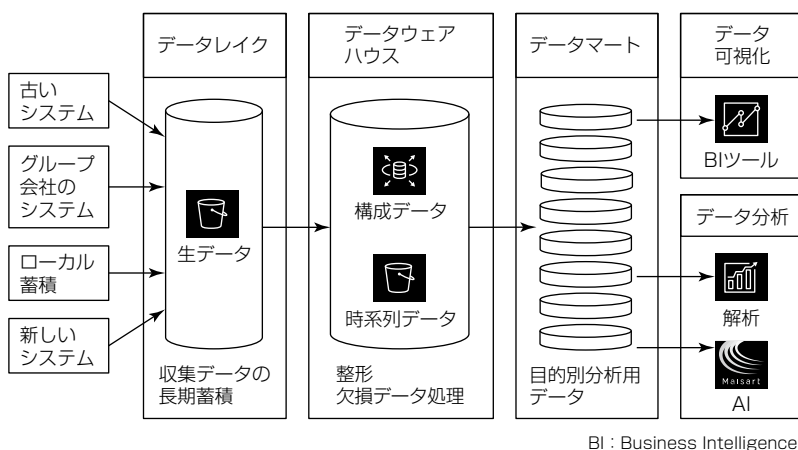


図5. データ統合分析アーキテクチャ

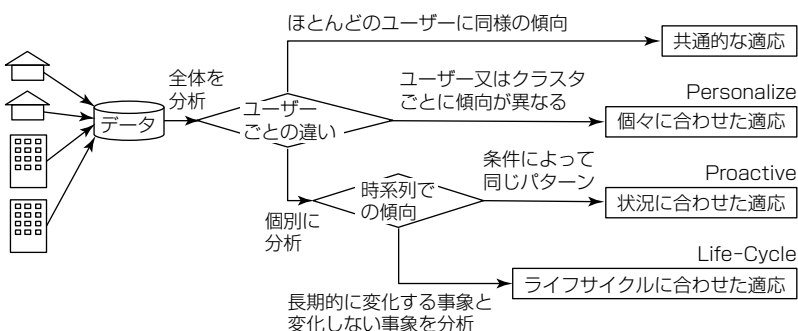


図6. データ分析に基づくソリューション価値の創出

3.3 ソリューションの付加価値創出

データ統合分析アーキテクチャによって過去のデータ資産も含めてデータを統合分析することで、早期に4Vが実現でき、この結果、IoTによってつながった個々の顧客に

更に高い付加価値を持ったソリューションとしてフィードバックすることが可能になる。

機器操作やセンサ情報を分析すると、ほとんどのユーザーに同様の傾向が見られる事象とユーザー又はクラスタごとに異なる傾向が見られる事象がある。前者の場合は、共通的な適応機能として提供できるが、後者の場合は、Personalized Experience（個人適応機能）として個々に合わせた適応機能として提供できる可能性がある。また、更に個別に時系列の傾向を分析すると、ある条件で同じパターンが表れる場合には、Proactive Assistance（先読み支援）として自動化やアドバイス機能を提供できる可能性がある。データが長期にわたって蓄積されている場合には、長期的に変化する事象と変化しない事象を分析することでLife-Cycle Support（生涯対応支援）として提供できる可能性がある（図6）。

4. 具体的な事例

データに基づく付加価値機能の実現について、家庭内の機器の状況から何が分かるかについて事例をもって述べる。

4.1 ヒートショック防止

冬場のリビングルームで、エアコンの暖房で快適に過ごすことは、既に当たり前になっているが、入浴の際に冷え

切った脱衣室と浴室に入る際、その急激な温度差によるヒートショックが原因で身体に異常をきたす高齢者が多い。過去に蓄積されたデータを解析すると、冬場のリビングルームと浴室の最大温度差が5℃以上になる家庭は88%に達し、さらに10℃以上になる家庭は31%も存在することが分かった。

一般に冬場のリビングルームと浴室の温度差は5℃以内にすることが望ましいと言われており、さらに10℃以上差のある場合は、心臓疾患を含めた重篤な症状が発生する確率が高まるとされている。当社はヒートポンプ給湯機エコキュートとバス乾燥・換気・暖房システム及び脱衣室暖房機を提供している。本来別々に販売・設置されている機器をクラウド接続し、冬場のヒートショック防止対策を検討してきた。ルームエアコンによる室内温度情報も考慮することで、よりきめ細かいヒートショック防止対策を実現できる可能性がある。

また、風呂の湯はりとは入浴のタイミングについて調べてみると、図7のように湯はりから30分以内に入浴するのが、100%の家庭は6%ほどしかなく、94%は30分以上たってから入浴する場合があることが分かる。30分以内入浴率が90%未満(30分以降に入浴が10%以上)の家庭を更に見ていくと、1時間を超えてから入浴するケースのある家庭が半数を占めることが判明した。バス乾燥・換気・暖房システムは比較的電力を多く消費するため、30分以内に入浴することが省エネルギーの観点からは望ましく、ヒートショック防止対策と省エネルギーをいかに両立させるかも考慮する必要がある。

4.2 快眠支援

地球温暖化の影響で、夏場の熱帯夜によって寝苦しい夜が続く、十分な休養が取れないことも多い。最近では、寝室にルームエアコンをつける家庭が多くなってきたが、就寝時のルームエアコンについては、夜間の熱中症予防のため付けっぱなしが推奨されているものの、実際にはタイマ

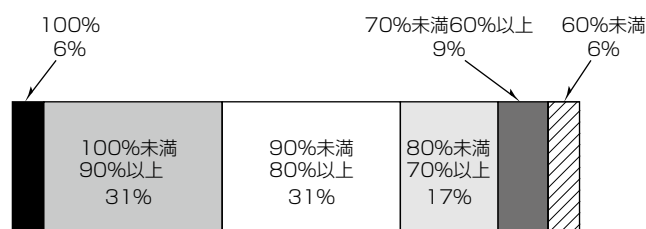


図7. 湯はりから30分以内に入浴する率

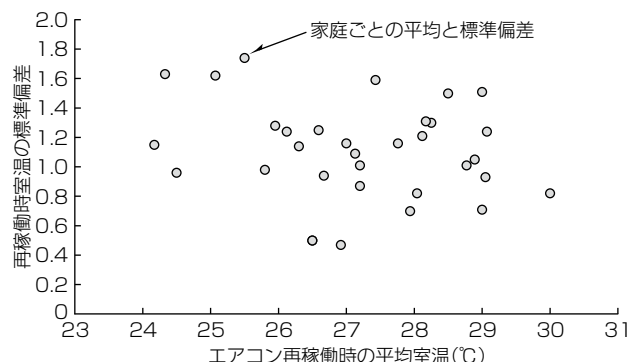


図8. 夜間のエアコン再稼働状況(夏季)

設定によって就寝後オフにして、途中で暑さのため目が覚め、再稼働させるという家庭も多い。データを分析するとほとんどの家庭でルームエアコンの夜中の再稼働が発生していることが判明した。タイマ設定でオフにする家庭を対象に、暑くて目が覚める時点での寝室の温度を分析した。

その結果、図8に示すように、家庭によって再稼働が発生する際の寝室温度は、非常にまちまちで、かつ、一家庭でも日々の再稼働温度がばらついていることが分かった。湿度との関係もあるので温度だけでは不十分であるが、睡眠時での最適なルームエアコンの制御については、個人ごとに適した調整を実現する必要がある。

5. む す び

データの利活用に関しては、世界的にプライバシー保護の観点から様々な規制と議論がある一方で、日本国内では、海外諸国と比べてデータの収集・分析・活用がまだまだ少ないというデータもある。

今後IoT化が進むにつれ、データをいかに顧客や社会の課題解決に向けて有効活用していくか、プライバシー保護とセキュリティの管理の在り方も含めたルール化や技術開発が必要になってくる。アフターコロナに向けて、ますます生活のスタイルが変化していく中、顧客に最適なソリューションを様々な形で提供していく。

参 考 文 献

- (1) 総務省：令和元年通信利用動向調査(2020)
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/200529_1.pdf
- (2) Futuresource Consulting：Home Appliances Market Analysis and Commentary(2019)
- (3) 総務省：令和元年版 情報通信白書(2020)
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/pdf/index.html>

“暮らし空間イノベーション”を実現する グローバルIoT家電サービス

櫻井翔一郎*
Shoichiro Sakurai

Home Appliances Services Based on Global IoT Platform for "Living Space Innovation"

要 旨

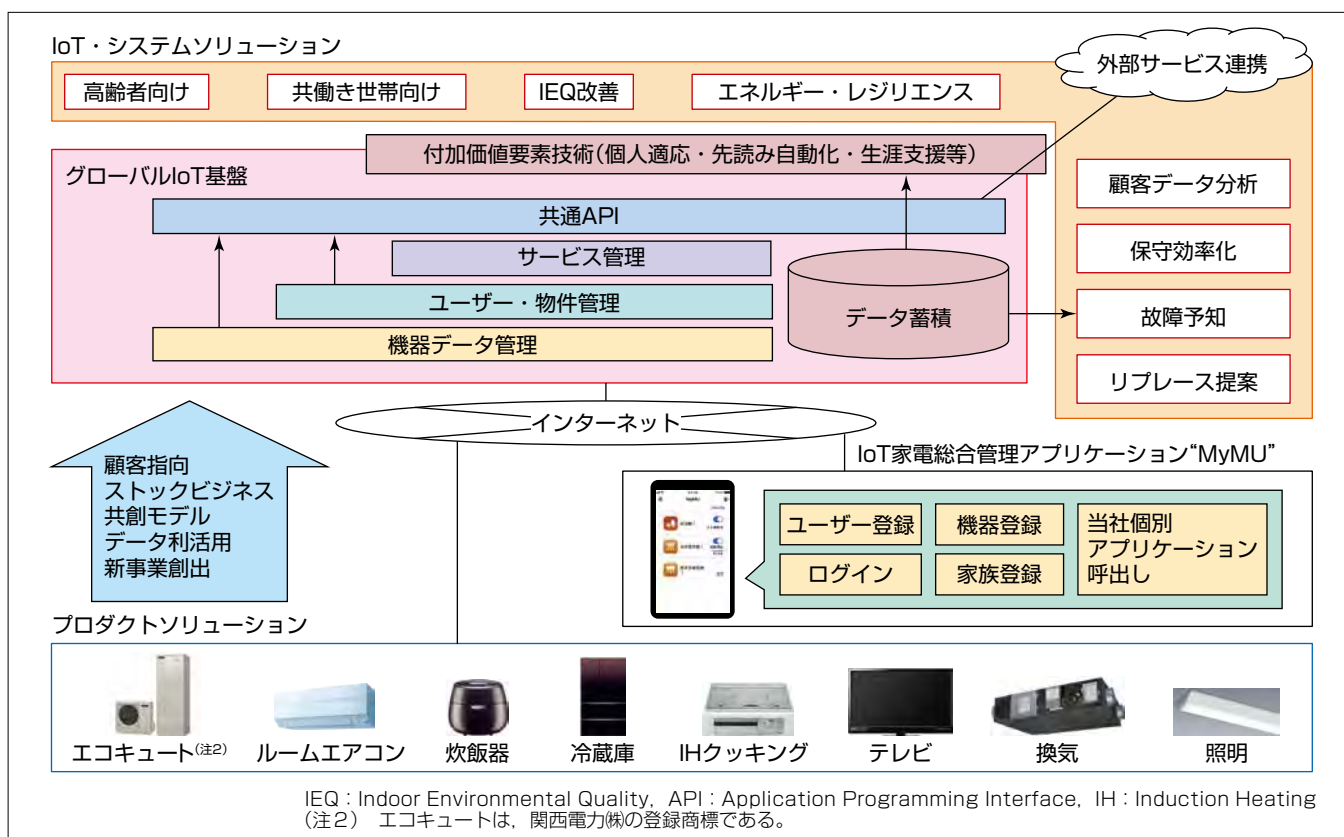
三菱電機は顧客の“暮らし空間イノベーション”実現のため、2019年度から機器を横断的に管理するグローバルIoT(Internet of Things)基盤の稼働を開始した。さらに2020年リリース予定であるIoT家電総合管理アプリケーション“MyMU(マイエムユー)”との連携によって一層顧客のニーズに合ったサービス提供を目指す。

グローバルIoT基盤は、Amazon Web Services社が提供するパブリッククラウドAWS(注1)(Amazon Web Services)上で構築した。IoT家電連携を実現するため、複数のIoT家電サービスに一括操作要求を行う“サービス管理”機能を実装することで、家電単体では成し得ない家電連携サービスを実現可能な基盤にしている。当社はグローバルIoT基

盤対応のIoT家電を今後も拡充する計画である。

グローバルIoT基盤だけではなく顧客がより直感的に理解しやすいユーザーエクスペリエンス(UX)を提供するため、MyMUをリリースする。MyMUでは、個々のIoT家電を制御する“個別制御”、複数のIoT家電の横断的制御によるサービスを提供する“連携制御”、データ分析等による“新サービス”の三つの機能を段階的に拡張させる計画である。将来的には当社IoT家電連携だけではなくパートナー会社・グループ会社との連携を図り、家電メーカーの枠を超えたサービス提供を目指す。

(注1) AWSは、Amazon Technologies, Inc.の登録商標である。



IoT家電サービスの概念図

IoT家電サービスの概念図である。当社の家電であるプロダクトソリューションは今後IoT家電化するに当たり、個別に機能開発を行うのではなく共通的なサービス基盤を整備することによって顧客へのサービスを実現する。グローバルIoT基盤とIoT家電総合管理アプリケーション“MyMU”を中心にデータ・サービス連携と分析を行うことで、家電単体では提供できなかった価値を顧客に提供する。

1. ま え が き

人を取り巻く生活環境は急速な進化の過程にある。人々はスマートフォンを持つことが当たり前になり、ネットワークは3G(第3世代移動通信システム)、4G(第4世代移動通信システム)と進化し、5G(第5世代移動通信システム)が普及するのも時間の問題である。これらインフラの進歩に伴って家電産業でも“IoT家電化”が加速している。一例として“スマートフォンアプリで家電の状態を確認する”“AI(Artificial Intelligence)スピーカーによって家電を遠隔操作する”といったリモコン以外で家電を操作することが容易になっている。このような変化は家電(モノ)単体では実現できなかったが、インフラ進化に伴って付加されたサービス(コト)によって実現されている。昨今のインフラ及び家電の進化を鑑みると“複数家電が連携して顧客のニーズに応える”という時代はもう目先にある。

そこで、当社は家電ごとにサービスを付与するのではなく、家電全体を統合的に管理することによって家電単体では成し得なかったサービス提供を実現することを目指し、グローバルIoT基盤及びMyMUを構築した(図1)。

本稿では当社のグローバルIoT基盤及びMyMUについて述べる。

2. グローバルIoT基盤

2.1 インフラについて

当社IoT家電サービスのシステム構成を図1に示す。グローバルIoT基盤はAWS上で構築した。AWSを採用した理由として、①グローバルシェア1位であり将来協業し得るパートナー会社が多く見込めることと②既存の当社プライベートクラウドと比べて低価格であることが挙げられる。また、グローバルIoT基盤では仮想サーバを一切使用せずにAWSのマネージドサービスだけでシステム構築を行う“フルマネージドサービス”化を実現している。これによって処理高速化と運用保守コスト削減を実現した。

2.2 機能について

これまでは家電ごとにサービスを構築するのが一般的であり、サービスの提供範囲は“機種”という単位で限定されていた。そのため、ユーザーは家電ごとにアカウントを作成・管理する必要があった。保守の面でも家電の稼働履歴が各クラウドサービスに保存されているため、故障情報を確認する際は家電ごとのクラウドサービスにアクセスする必要があった。これらの対策として、当社ではグロー

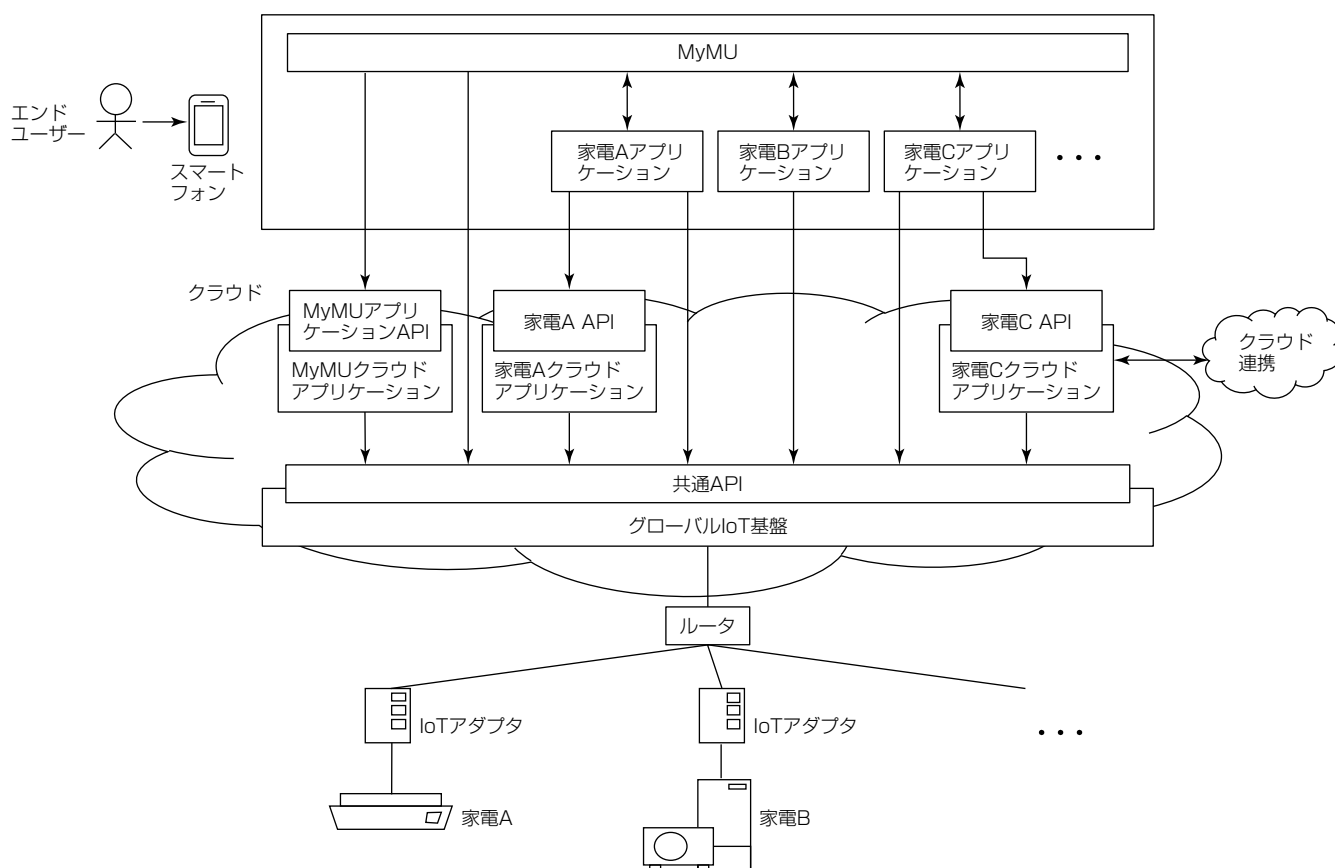


図1. 当社IoT家電サービスのシステム構成

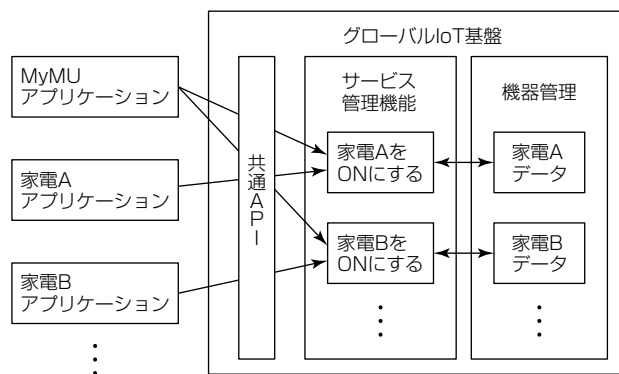


図2. サービス管理機能

バルIoT基盤を構築した。グローバルIoT基盤に“ログイン”“ユーザー情報管理”“機器情報”などIoT家電全般で必要になる機能を持たせることで“同一アカウントで家電にアクセス”“同一環境への機器情報保存による保守効率化”等を実現した。

中でも特徴的な機能が“サービス管理”機能である(図2)。これまでの家電ごとにシステム定義をしている環境下では複数のIoT家電機種をまたぐ連携サービスの実現は困難であった。そこでグローバルIoT基盤ではサービス管理機能によって家電への操作(家電のON/OFF等)を基盤内に設定できる。基盤上にサービスが定義されているため、特定のスマートフォンアプリに限定されることなく“リビングにある家電を全てOFFにする”“朝稼働させる家電をユーザーがいつも設定している値に変更し、ONにする”といった複数家電を連携させたサービスが可能になる。

この機能は当社家電に限定したものではない。パートナー会社との協業容易性を確保するため、AWSのマネージドサービス“Amazon Cognito”^(注3)を利用している。Amazon Cognitoの持つアカウント連携サービスを用いることで、信頼性の確保されたパートナー会社やスマートフォンアプリから当社が限定した範囲で家電の操作が可能になる。また、パートナー会社が家電データを容易に理解できるようECHONET Lite^(注4)標準に準拠したデータモデルにしている⁽¹⁾。同一のデータモデルに準拠されていれば“互いのデータモデルの理解”“自社に適用するためのデータ変換”等の工数をかけることなくサービス提携が実現できる。

(注3) Amazon Cognitoは、Amazon Technologies, Inc.の登録商標である。

(注4) ECHONET Liteは、一般社団法人 エコネットコンソーシアムの登録商標である。

3. IoT家電総合管理アプリケーション “MyMU”

当社ではエアコン用スマートフォンアプリ“霧ヶ峰REMOTE”，エコキュート用スマートフォンアプリ“DIAHOT

REMOTE”等をリリースしている。今後は市場のインフラ進化に伴って、更なるIoT家電リリースとそれに伴うスマートフォンアプリのリリースが見込まれる。しかし、家電ごとにスマートフォンアプリをリリースすると利便性が落ち、UXが悪くなる。そこで、当社ではグローバルIoT基盤に続いて、2020年にIoT家電総合管理スマートフォンアプリ“MyMU”をリリースする。MyMUが提供する機能の三つのカテゴリーを図3に示す。ユーザーはMyMUというスマートフォンアプリ一つでグローバルIoT基盤を中継し、各IoT家電の操作や様々なサービスの授受が可能になる。

MyMUは3ステップで機能拡張させることを計画している。MyMUが提供する三つの機能カテゴリーについて述べる。

3.1 個別制御機能

顧客が各家電のスマートフォンアプリを使って家電を操作する際、家電に合わせたスマートフォンアプリを顧客自身がスマートフォンの中から探し出す必要がある。今後IoT家電の普及が拡大し、家庭の中で複数のIoT家電がある場合、比例してスマートフォンアプリが増えて見つけ出すのに時間がかかるようになる。その解決策として、MyMUでは“個別制御”機能を搭載した(図3(a))。個別制御機能ではMyMUがインストールされている同一スマートフォン内にある当社のIoT家電個別のスマートフォンアプリをランチャーとして立ち上げることができる。これによって顧客はスマートフォンアプリを探すことなく、MyMUでIoT家電を一括管理ができるようになる。また将来的には個別のスマートフォンアプリを立ち上げるだけでなく、MyMUからIoT家電を直接操作することも考えている。顧客が新規IoT家電を購入するごとに家電に合ったスマートフォンアプリをインストールしなくともMyMUさえダウンロードされていれば家電の管理・操作ができることを目指している。

3.2 連携制御機能

MyMUでは複数のIoT家電を横断的に操作することで、新たなサービス提供を可能にしている(図3(b))。一つのサービス例として当社エコキュートの“あったかリンク”機能によるヒートショック抑制がある。ヒートショックとは急激な体温の変化が原因で血圧変動が起きて、身体に影響を及ぼすことである。これは冬場の脱衣室から暖かい浴槽に移動した際などに起こり得る現象である。その対策として“エコキュートの湯はり開始”と“バス乾燥機の運転”を連動させることによって、ヒートショックの抑制を実現する。あったかリンクによる運転開始連携だけではなく、運転停

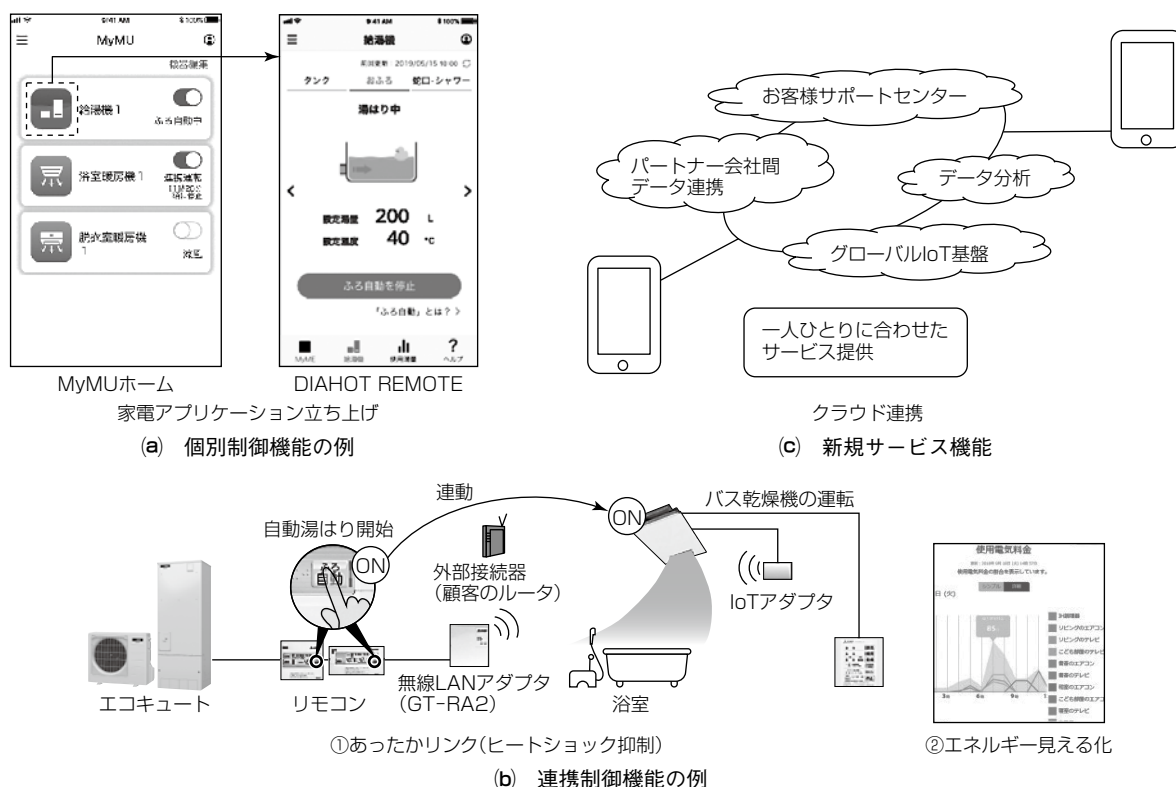


図3. MyMUの三つの機能カテゴリー

止やバス乾燥機の風量切替えについてもMyMUを通じて連携操作が可能である。

また、家電のエネルギーマネジメントサービスについてもこのMyMUで実装する予定である。それによって当社のIoT家電のエネルギー見える化等を実現するだけでなく、他社のIoT家電についても2.2節に述べたECHONET Lite準拠であればメーカーの垣根を超えて、家電のエネルギー見える化等が可能になる。

3.3 新規サービス機能

将来はグローバルIoT基盤及びMyMUに蓄積されたデータの分析、及び社内外問わないサービス連携を図ることによって、顧客への更なる価値あるサービス提供を目指している(図3(c))。販売店の販売データ、保守会社の保守履歴データ・顧客データ、グローバルIoT基盤のリアルタイム機器データなどを連携させることによって、円滑でストレスフリーなユーザーサポートも実現できる見込みである。また、データ分析によって顧客の嗜好(しこう)・動向を把握できれば、“普段エアコンを利用する気温になった場合にMyMUからエアコンの利用を提案する”“外気温が高いためエコキュートの湯はり設定温度をいつもより低めにすることを提案する”といった顧客自身が気付かなかった家電の使い方の提案も実現できる。

4. 今後の展望

グローバルIoT基盤に蓄積されたデータを用いて、より顧客個人の好みに合ったサービスの提供を目指している。今後はグローバルIoT基盤上で稼働する家電の種類を拡大していく計画であり、様々な形でサービスを提供していく。将来的には日本だけではなく各国にあるデータを用いて、未知なるイノベーションを引き起こすことを目標としている。

5. むすび

インフラの急速な進化に伴って、家電は“サービス”が付与された“IoT家電化”が加速している。IoT家電単体では成し得ない“家電連携サービス”を創出するため、当社が整備したグローバルIoT基盤とMyMUについて述べた。

今後はデータ分析、パートナー会社とのサービス連携、社内外とのデータ共有を行うことで“家電メーカー単体では成し得ないサービスの創出”“顧客自身が気付いていない潜在ニーズへの提案”をグローバルに実現することを目指す。

参考文献

- (1) 一般社団法人 エコネットコンソーシアムホームページ
<https://echonet.jp/>

“A.I.省電力モード”搭載のルームエアコン

Room Air Conditioner Utilizing "A.I. Power Save Mode"

要 旨

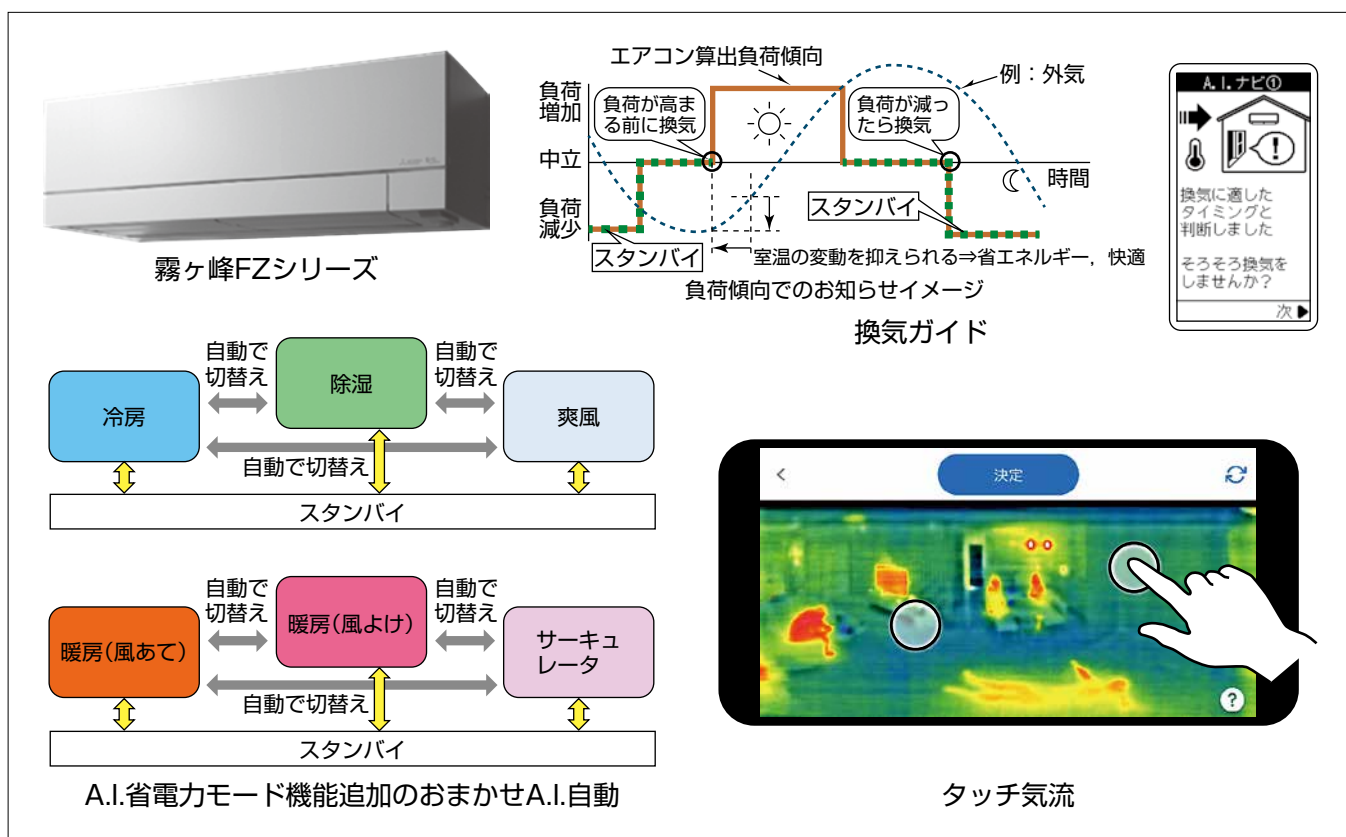
新型コロナウイルス感染症の流行は、人々の生活様式に変化をもたらした。例えば、出社することなく自宅から遠隔で業務を行う在宅ワークが急速に普及した。また、ネットショッピングやビデオ通話等のインターネット環境を利用したサービスの認知度は上昇した。感染症収束後もテレワークを継続したいとする声が50%を超え⁽¹⁾、プライベートでもショッピング等の用事を家で済ませたいとする意向が多いことが分かる。つまり、今後は感染症の収束いかに関わらず、人々の在宅時間の増加は想定されるべきであり、この新しいライフスタイルに合わせた家庭空調のあるべき姿は今一度見直される必要がある。

2021年度三菱ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”では、

使用時間の増加に対して、2019年度FZシリーズで開発した“おまかせA.I.自動”機能に追加して、住宅の熱負荷検知技術に基づき、負荷傾向が継続的に低下する場合に運転を停止する機能“A.I.省電力モード”を開発した。

また三菱電機で実施したアンケート^(注1)によると、感染症の流行で健康意識が高まっている。意識の変化は行動を変化させ、こまめな換気を行うようになっている。そこで空調機としては、負荷の少ない最適なタイミングで換気を促す“換気ガイド”を開発した。さらに、2020年度FZシリーズで開発した“サーモでみまもり”機能に追加して、直感的に気流の操作が可能な“タッチ気流”機能を開発した。

(注1) 当社Webアンケート(実施期間：2020年5月21日(木)～2020年5月22日(金) N=1,030)結果から作成



2021年度三菱ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”の新機能

当社独自開発のサーマルダイオード赤外線センサを搭載した2021年度三菱ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”(図左上)には、新たに、住宅性能と外気温や日射変動から負荷傾向を予測して運転ON/OFF(スタンバイ)まで可能な“A.I.省電力モード”を追加した“おまかせA.I.自動”(図左下)と、空調機として最適な換気タイミングをナビゲーションする“換気ガイド”(図右上)、及び取得した熱画像をスマートフォンに表示して直感的に操作可能な“タッチ気流”(図右下)の機能を搭載している。

1. ま え が き

新型コロナウイルス感染症の流行は、人々の生活様式に変化をもたらした。今後は感染症の収束いかに関わらず、人々の在宅時間の増加は想定されるべきであり、この新しいライフスタイルに合わせた家庭空調のあるべき姿は今一度見直される必要がある。

FZシリーズは90%以上がリビング設置である。また、当社で実施したアンケート調査^(注1)によれば、在宅ワークにリビングを使用していたという回答が約61%、自由時間を過ごす部屋についても約79%がリビングという結果であった(図1)。また、意識の変化も見られ、健康意識の高まりから、こまめな換気をする行動として感染症前と現在で大きく変化していることが分かる(図2)。

そこで2021年度FZシリーズでは、在宅時間増加に伴う

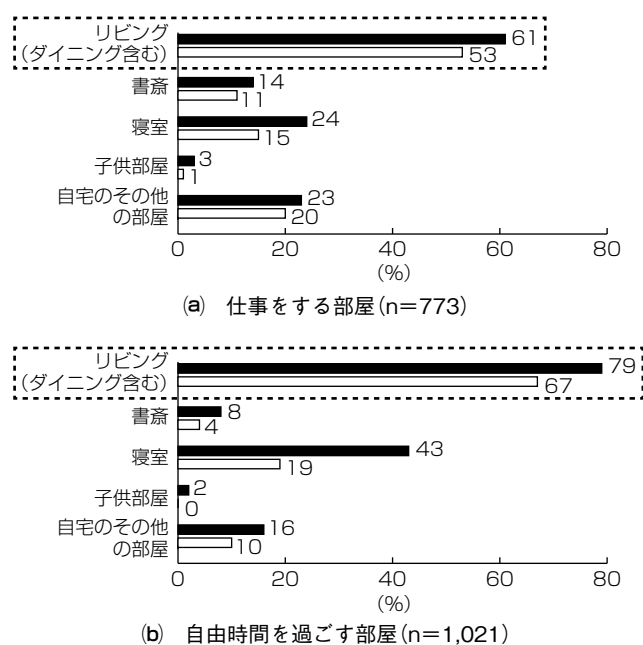


図1. リビング使用に関して

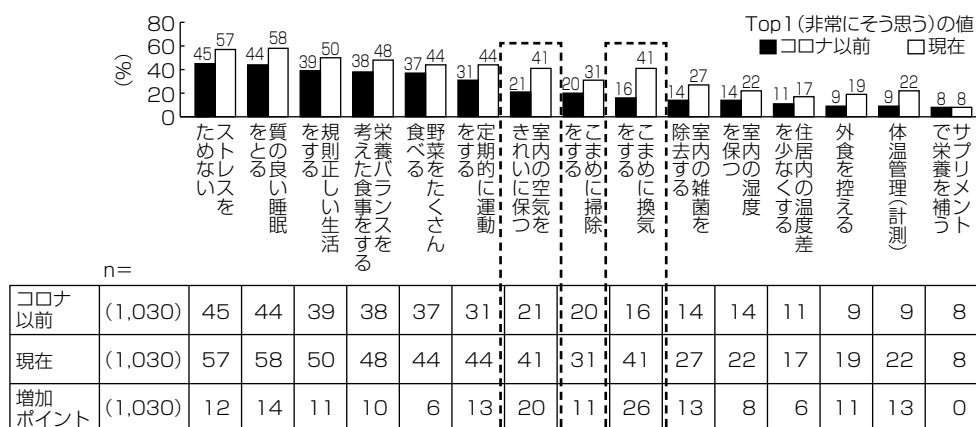


図2. 感染症前後の行動変化

使用時間の増加に対して空調に与える負荷傾向を判断し、継続的に低下する場合に運転を停止させ、上昇する場合に運転を再開させる“A.I.省電力モード”機能と、行動の変化に対して負荷傾向から判断し、空調に負荷のない最適なタイミングで換気を促す“換気ガイド”機能、2020年度FZシリーズで開発した赤外線センサで取得した熱画像をスマートフォンに表示する“サーモでみまもり”機能の画面に追加し直感的に気流の操作が可能な“タッチ気流”機能を開発した。

2. 開発経緯

当社ルームエアコンは、ハードウェアとソフトウェアによる省エネルギー性や快適性、操作性などを向上させる開発を行ってきた。

ハードウェア省エネルギーの度合いはAPF(Annual Performance Factor)として定量的に表せるものである。FZシリーズは、送風機にプロペラファンを採用した室内機に始まり、熱交換器、圧縮機、制御基板、その他細部を含めた全域にわたって損失改善が施され、現在では4.0~9.0kWの全ての容量でAPF値が業界最高値^(注2)になっている。

ソフトウェア省エネルギーの基盤は、赤外線センサで得られた熱画像を活用した制御である。熱画像を解析し、空調対象をエリア分割することでユーザーの周囲だけを空調できる。エリア空調は、全体空調に比べて消費電力を低減しながら、全体空調と同等の快適性をユーザーに提供できる。

快適性に関しても、熱画像から人体の表面温度を計測し、人の温冷感を把握する。さらに、床、壁からの輻射(ふくしゃ)温度を考慮して体感温度を直接制御することで快適性を向上させている。

操作性に関しては、リモコンのワンボタンで、おすすめの機能が一括操作できるようにしている。

今後は、新型コロナウイルス感染症流行による生活様式の変化で在宅時間が増加し、ルームエアコンの使用時間も

増加すると想定している。また、健康意識の変化から、こまめな換気行動を取るといった変化が見られている。使用時間の増加に対しては、更なる省エネルギー運転ができないか検討する必要がある。換気行動に対しては、空調機として最適なタイミングをユーザーに知らせることができないか検討する必要がある。

(注2) 2020年6月18日現在、当社調べ。

3. 熱負荷検知によるA.I.省電力モード機能

2021年度FZシリーズの新しい自動運転技術は、2018年度FZシリーズに搭載した住宅の熱負荷検知技術に基づいている。すなわち、住宅の熱収支から安定運転時の発揮能力は建物負荷とバランスするとして、その運転状態及び室温、外気温等や日射影響の情報に基づいて、据え付けられた部屋の負荷特性を学習する。学習結果を基に内部的に各種制御パラメータを逐次更新して温度制御を実施するものである。

例えば外気温変動に起因して宅内の空調負荷が変動する場合、宅内の空調負荷は外気温の変動から時間的に遅れて変動する。ここで熱負荷検知技術によって負荷特性が既知であれば、外気温等の現在値から、これから宅内で生じべき負荷変動を予測演算できる。予測した負荷に合わせて発揮能力を制御することによって、エネルギーの無駄になる温度ふらつきやオーバーシュートなどを発生させず、ユーザーの体感温度を一定に保つことができる。

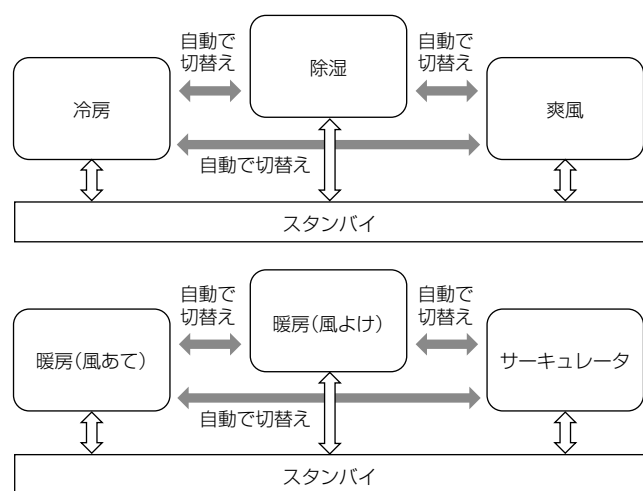


図3. A.I.省電力モード機能追加のおまかせA.I.自動

2021年度FZシリーズではこの制御方法を発展させ、2019年度FZシリーズで開発した“おまかせA.I.自動”機能に追加して、負荷変動の傾向(負荷傾向)を予測し、継続的に負荷が低下する場合に運転停止(スタンバイ)し、負荷が上昇する場合に運転開始するA.I.省電力モード機能を開発した(図3)。

4. 換気ナビゲーション機能の搭載

当社で実施したアンケート調査によると、新型コロナウイルス感染症の流行は健康意識を高め、こまめに換気をする行動の変化がうかがえる。特にリビングの換気については、換気が重要だと思うようになったという回答は全体の59%と半数を超えていた(図4)。

しかし、窓を開けたりする換気は、ルームエアコンによる冷暖房効率に対して著しく悪化させる場合がある。例えば、真夏の日中のように冷房空調負荷が高い状態で換気を行えば、換気によって空調負荷は急激に変化する。ルームエアコンはその大きな変化を打ち消すため圧縮機の回転数を急激に加減速させ、大消費電力、低効率、不快な運転を発生させる場合がある。一方で、設定温度と外気温の差が比較的小さい状態で換気を行う場合、圧縮機回転数の急激な変動は発生せず、小消費電力、高効率、快適を損なわない条件でエアコンの運転継続が可能である。さらには、冷房時に設定温度よりも外気温が低下している場合には、エアコンを止めて、窓を開けた方が快適で省エネルギーである。

このように省エネルギーを考慮した適切な換気のタイミングが都度存在すると考えられるが、ユーザーがこれを把握する術(すべ)がなかった。ルームエアコンは熱負荷検知技術の負荷傾向の情報を自身の運転効率化のためだけに使用しているが、それに基づいてユーザーの省エネルギー行動を促すようなメッセージを発し、それをユーザーが実践できれば、一段上の省エネルギーを実現できる。換気のタ

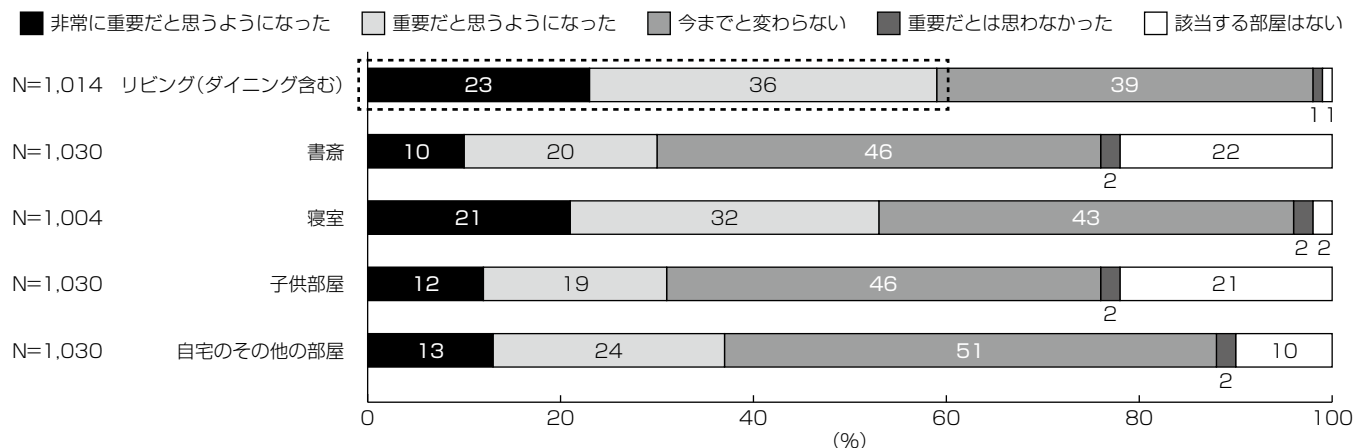
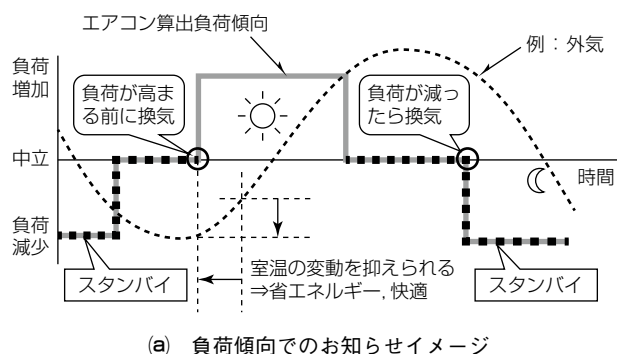


図4. 感染症による換気意識が変化した部屋



(a) 負荷傾向でのお知らせイメージ



(b) 換気ガイド画面

図5. 換気ガイド

イメージ良し悪し(あ)については熱負荷検知技術の熱負荷傾向によって判定でき、2021年度FZシリーズでは最適な換気タイミングをユーザーに通知するメッセージをリモコンに表示する“換気ガイド”(図5)機能を搭載した。

5. 風向の直感操作を可能にする新しいインタフェース“タッチ気流”

2020年度FZシリーズでは、近年の高齢化社会や共働き増加に対して、部屋から離れた場所でも温度環境や在宅状態などを一目で確認できる機能を持つ、当社独自で開発した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“サーモでみまもり”(図6)を開発した。また、気流制御に関して従来は、赤外線センサで取得した熱画像から人の位置を検出し、検出した位置に応じて風向を調整していた。2020年度FZシリーズでは、多様化するリビングなどによって顕在化する従来気流制御では風が届かないなどの不満に対して、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して家具などの影響で届いていなかった気流をAI(Artificial Intelligence)の技術を活用して最適な風向に調整可能な“新気



図6. サーモでみまもり

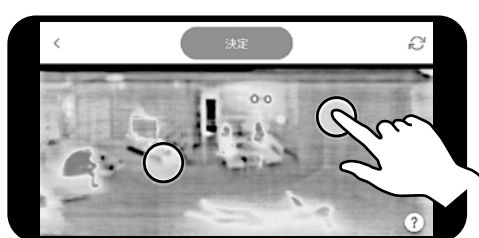


図7. 熱画像からの気流操作

流制御”を開発した。

2021年度FZシリーズでは、これらの機能に加えて、スマートフォンの画面に表示した温度分布を確認しながら直感的にタッチすることで気流を操作できる“タッチ気流”機能を付加して更に操作性と快適性を向上させた(図7)。

この機能は熱画像を見ながら直感的に操作でき、さらに、タッチ操作した履歴は、AIの気流制御の学習要素として次回運転に反映される。ほかにも例えば洗濯

物を部屋干しした時は、ぬれた洗濯物が気化熱によって冷たく(青く)熱画像に表示されることから、熱画像を確認して直接風を当てるような運転も可能になる。さらに寝ている子供に対してタッチ操作で風をよけるなど、細かな風向設定を要する場合の操作ストレス軽減に威力を発揮する。

またこの機能を換気目的に使用可能と考える。一般的な住宅の8割程度が第3種換気方式であり、排気は機械換気で強制的に行い、吸気は給気口などから自然に行う。また排気口は玄関や廊下のある部屋の出入口が多くスマートフォンに表示される熱画像から出入口を直接“タッチ気流”で制御することで、飛沫(ひまつ)感染防止として換気経路を部屋形状に合わせて、思い通りの方向へ風を循環させることにも活用できると考える。

6. 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達しており、大幅な削減は難しい状況にある。当社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、感染症の流行によって生活様式が変化中、更なる運転の無駄を見つけて最適制御することで更なる快適性と省エネルギー性を実現した。また新しいアプローチとして換気に対して、空調機として最適なタイミングで換気を知らせることで外気を取り込みながら省エネルギー運転を可能にする制御も実現した。

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。

参考文献

- (1) 令和2年5月 内閣官房日本経済再生総合事務局 未来投資会議(第38回)基礎資料 資料1 (2020)
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/dai38/siryoul.pdf>

空調機器管理アプリケーション“MELflo”

"MELflo" : Application for Managing Air Conditioning Facilities

要 旨

少子高齢化に伴い生産年齢人口の減少⁽¹⁾⁽²⁾が深刻化しており、業務効率化の手段が渴望されている。昨今のスマートフォンの普及率が生産年齢人口の90%超⁽³⁾になったことをとらえ、三菱電機のア空調機器管理アプリケーション“MELflo(メルフロー)”は、空調機器の管理業務の効率化をスマートフォン活用によって実現した。このアプリケーションは空調機器を管理する機器管理者の棚卸しや、「フロンの排出抑制法⁽⁴⁾」の点検(以下“フロンの点検”という。)を支援する。また、機器の販売・工事・点検を行う施工／サービス業者と連携して、管理を委託しやすいよう、複数の機器を束ねて“物件”として扱い、機器管理者・施工／サービス業者で“物件共有”できるようにしている。

機器登録の際には、リモコンからスマートフォンに室

内・室外ユニットの形名・製造番号を一括取得できる(スリム(店舗用エアコン)と40MAシリーズリモコンの組合せ等)ので、スムーズな登録が可能になっている。運転データ・異常履歴を取得する際にも、リモコンを経由して室内ユニット・室外ユニットから運転データを取得でき、スマートフォンで確認できる。このため、試運転の状況を1台1台計測する手間を削減できる。登録した機器を一覧するには、パソコンの広い画面での操作が便利であるため、MELfloのパソコン版もリリースした。パソコンならではの帳票出力、既存機器の一括取り込みなどの機能を提供する。

また、スマートフォン用アプリケーション“MELRemoPro(メルリモプロ)”では、空調機器の初期設定・スケジュール設定を支援する。

機器管理者・施工／サービス業者向けアプリケーション“MELflo(メルフロー)”で
機器管理・保守の効率化をサポート



MELflo画面

物件管理	物件情報の登録／参照／変更／削除 物件情報の検索／絞り込み 物件情報の共有
機器情報管理	機器情報(形名・製造番号)の登録 機器情報の編集／削除 機器情報の検索／絞り込み
運転データ管理	運転データの登録／履歴参照
フロンの点検サポート	簡易点検日の通知 簡易点検の登録／履歴参照 簡易点検記録簿の出力(パソコン版だけ)
その他	異常履歴の参照 点検コードの検索(“WIN2K ^(注1) ”にリンク)

フロンの点検・機器管理ツール

(注1) 当社の暮らしと設備の業務支援Webサイト

空調機器管理アプリケーション“MELflo”の機能

スマートフォンを活用した空調機器管理アプリケーションMELfloの機能を示す。物件管理、機器情報管理、運転データ管理、フロンの点検サポートなどの機能によって、フロンの点検や機器管理・保守の効率化をサポートする。

1. ま え が き

少子高齢化に伴い生産年齢人口の減少⁽¹⁾⁽²⁾が深刻化しており、業務効率化の手段が渴望されている。昨今のスマートフォンの普及⁽³⁾をとらえ、空調機器の管理業務の効率化をねらい、スマートフォン活用の空調機器管理アプリケーション“MELflo”をリリースした(図1)。このアプリケーションは空調機器を管理する機器管理者の棚卸しやフロン点検を支援する。また、機器の販売・工事・点検を行う施工/サービス業者と連携して管理を委託しやすいよう、複数の機器を束ねて“物件”として扱い、機器管理者・施工/サービス業者間で“物件共有”できるようにした。

2. MELfloの機能

2.1 空調機器管理の機能

MELfloは、機器を登録して機器情報・点検情報を一覧して管理する機能を提供する。多店舗オーナーの場合は機器を物件単位で束ねることができ、また機器管理者が複数の場合には物件間を共有して参照・編集できる。

機器登録の際には、リモコンからスマートフォンに室内・室外ユニットの形名・製造番号を一括取得できるので、スムーズな登録が可能になっている(図2)。

またパソコン版MELfloでは、既存の機器管理台帳からの一括登録も可能になっている(図3、図4)。

2.2 フロン点検の支援機能

MELfloは、フロン排出抑制法⁽⁴⁾で義務化された3か月ごとの簡易点検を支援するため、①点検日をメール通知、②アプリケーションで簡易点検結果を登録(図5)、③簡易

点検履歴の確認、④簡易点検記録簿の出力(パソコン版だけ)の四つの機能を提供する。

2.3 運転データの管理・共有機能

MELfloで運転データ・異常履歴を取得・登録し、機器管理者・施工/サービス業者間で共有できる(図6)。点検や故障の際に、関係者間でスムーズなやり取りができ、効率的な保守対応をサポートする。

運転データ・異常履歴を取得するには、リモコンを経由して室内ユニット・室外ユニットから運転データを取得

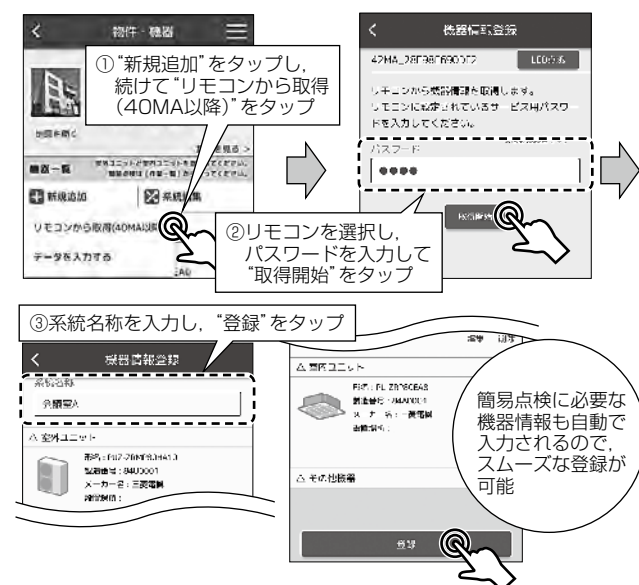


図2. 空調機器の登録

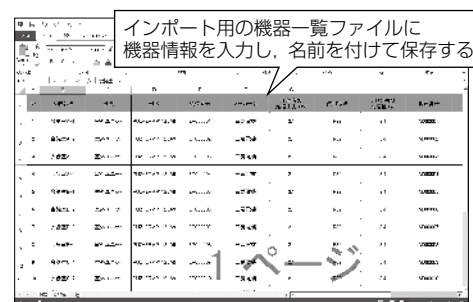


図3. 機器情報の一括登録画面

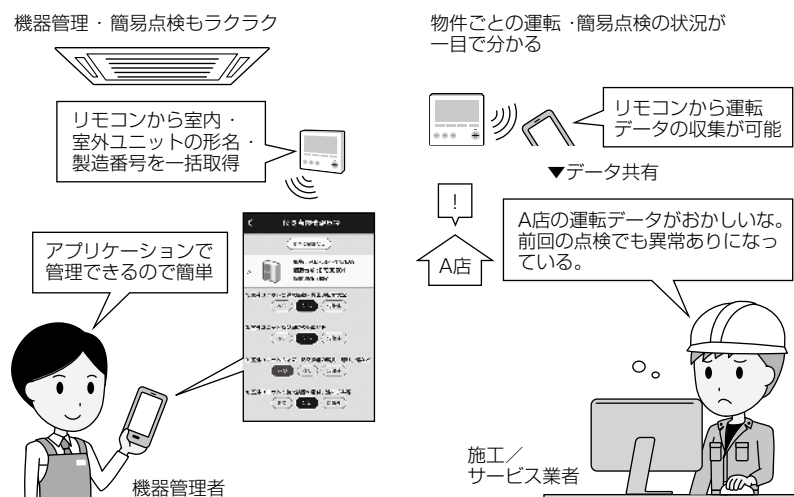


図1. MELfloによる空調機器管理



図4. 登録完了画面

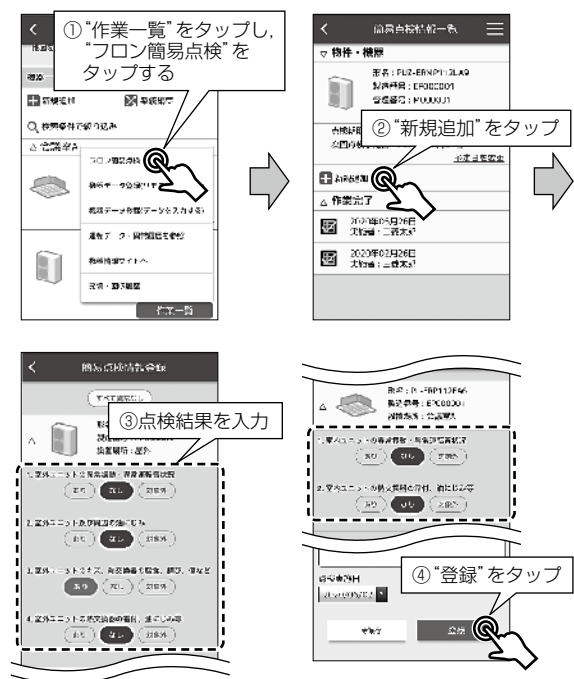
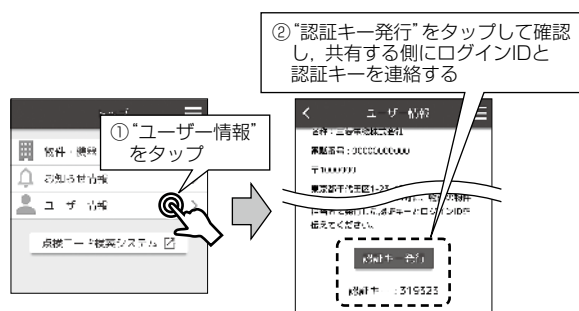
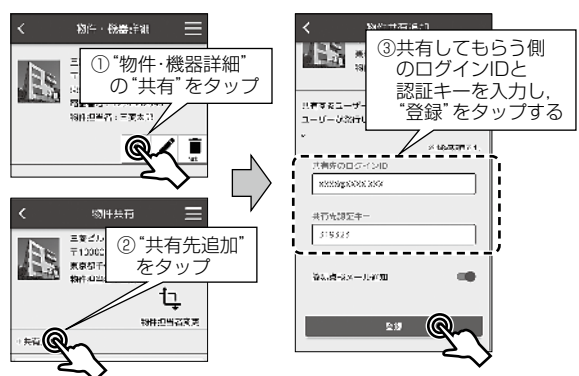


図5. 簡易点検結果の登録



(a) 物件情報の共有をしてもらう側



(b) 物件情報の共有をする側

図6. 運転データ・異常履歴の共有

でき、スマートフォンで確認できる。このため、試運転の状況を1台1台計測する手間を削減できる。

2.4 報告書作成支援機能

パソコン版MELfloは登録した機器の報告書として、点

検整備記録簿、フロア簡易点検記録簿を出力できる。帳簿を帳票形式で保存することによって、体裁の微調整もできる(図7)。

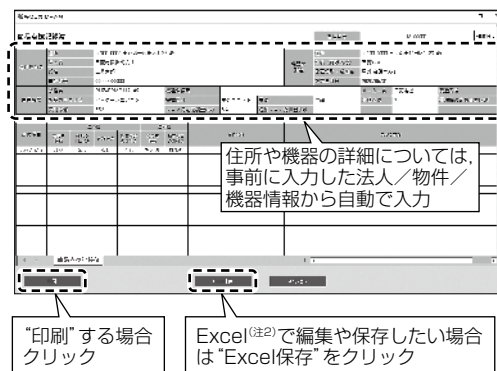
報告書には、事前に入力した、報告者・業者情報、物件の住所・機器情報が反映される。詳細情報をあらかじめ登録しておくことによって、報告書を効率的に作成できる。

また2.3節に述べたとおり、現場の点検時に運転データをリモコンとスマートフォンとで連携して取得しておくことができるので、報告書のバックデータとして判断したり、報告書に取り込んだりすることが容易になる。

2.5 リモコンを経由した空調運転データ取得

空調機器の保守業務の際には、冷媒ガスポンペを伴い、圧力ゲージの値を読み取って作業し、場合によっては専用メンテナンス・ツールを接続しての空調動作をチェックする方法が確立されている。

しかし、実作業に入る前の段階、問合せ確認の段階があり、その際の簡易な確認手段も求められている。そこで当社は至近距離の無線接続でスマートフォンに概況を通知する“40MAシリーズリモコン”(図8)を発売済みであり、“MELflo”アプリケーションはこのリモコンを経由して、室内・室外ユニットの形名・製造番号の取得・登録や、運転データ・異常履歴の取得・登録をできるようにしている(図9)。



(注2) Excelは、Microsoft Corp.の登録商標である。

図7. 簡易点検記録簿の作成



図8. 40MAシリーズリモコン

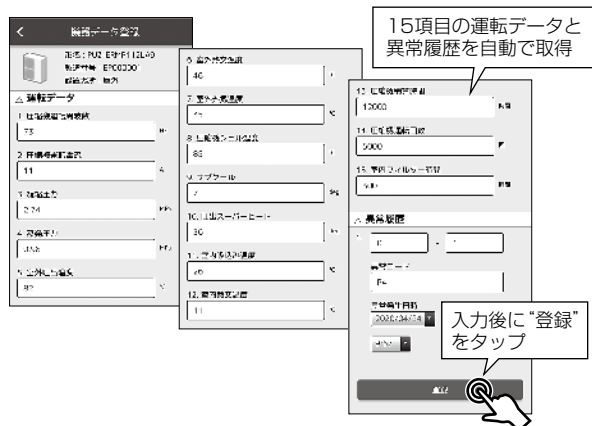


図9. 運転データ・異常履歴の取得・登録

3. 初期設定支援アプリケーション“MELRemoPro”

2章では、機器を管理するオーナーと施工／サービス業者などで共有する“MELflo”について述べた。この章では、空調機器の初期設定・スケジュール設定を簡易化するアプリケーション“MELRemoPro”について述べる。

3.1 初期設定の簡易化

初期設定時にスケジュールや操作禁止など手順の多い項目をスマートフォンのタッチパネル操作でできれば便利であり、また複数のリモコンで都度設定する代わりにスマートフォン経由で設定を取得し、複製設定できるため作業効率を当社従来比で50～85%短縮できる(図10、図11)。

MELRemoProを利用すると、機能設定を別の機器に簡易コピーできる。用途として、事前にスマートフォンのア



図10. スマートフォンでの初期設定画面

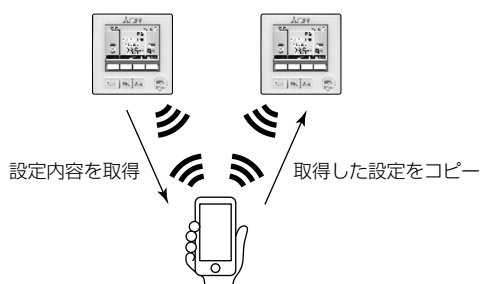


図11. スマートフォンを使用した設定内容の取得とコピー

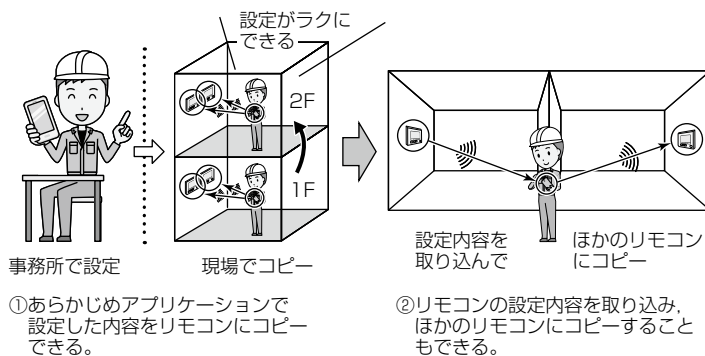


図12. 現場でのコピー機能の活用

時刻設定・省エネルギー設定・販売店・サービス店登録などが容易に行える。

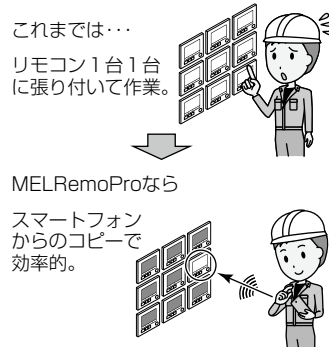


図13. 複数台のリモコンを設定する場合

アプリケーションで設定した内容を現場では短時間でコピーしたり、現場リモコンの設定を他リモコンへコピーすることを想定している(図12)。特に広めの店舗・事務所で、リモコンが多い場合に推奨できる(図13)。

4. む す び

スマートフォン活用の空調機器管理アプリケーション“MELflo”の機能と初期設定支援アプリケーション“MELRemoPro”について述べた。真に業務効率化に役立てるには、実際の使われ方や、良い点・不足する点の情報を継続的に収集し、トライ＆エラーを重ねる必要がある。利用上の問合せ、改善への情報共有のため、新たにMELfloコールセンターを設立した。今後も関係各所の協力を受けながら、業務効率化機能を向上させていく。

参考文献

- (1) 総務省統計局：人口推計(平成29年12月報) (2017)
<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201712.pdf>
- (2) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口(平成29年推計) (2017)
http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp29_ReportALL.pdf
- (3) 総務省：平成27年版／平成29年版情報通信白書 (2015／2017)
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/pdf/index.html>
- (4) 環境省：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
<http://www.env.go.jp/earth/earth/24.html>

AI技術“Maisart”を活用したビル用マルチエアコン

Multi Air Conditioners for Building Utilized AI Technologies "Maisart"

守安洋志*
Hiroshi Moriyasu
佐藤 靖*
Yasushi Sato
尾花弘章*
Hiroaki Obana

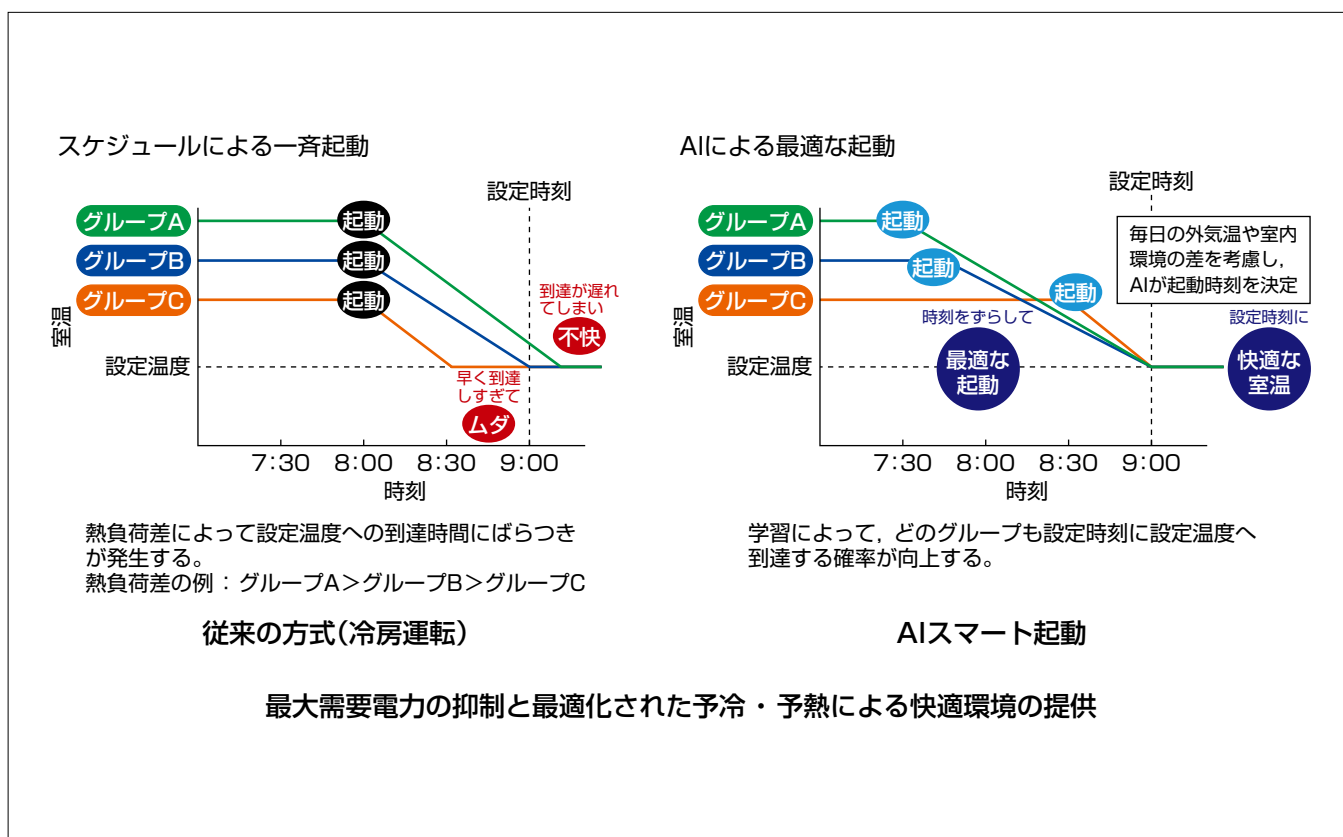
要 旨

三菱電機は、新築・既築を問わず空間や使用環境に合わせた最適空調を実現するビル用マルチエアコンを多数開発し、市場へ供給してきた。

省エネルギー性では、最高峰の“グランマルチ”と新提案の“シティマルチY GR[高効率EXシリーズ]”に、効率の優れたマルチポート機構圧縮機を搭載した。管理性では、空調冷熱総合管理システムとの連携によって手軽な省エネルギー・スケジュール管理等を実現した。快適性でも、ホテルに最適な“天井埋込形[低騒音タイプ]”に速冷・速暖機能をプラスした。高暖房能力で好評の“ズバ暖”シリーズも、寒冷地向けに-15℃でも定格暖房能力を発揮する“ズバ暖マルチ”に加えて、寒めの地域向けに-7℃でも定格暖房能力を発揮する“ズバ暖マルチ7”を展開している。

今回、省エネルギー性、管理性、快適性といった従来の強みを更に結合・進化させて、新たな競争軸を創出していくためにビル用マルチエアコン向けAI(Artificial Intelligence)技術を開発した。当社のAI技術“Maisart (Mitsubishi Electric's AI creates the State-of-the-ART in technology)”を活用し、軽量化したアルゴリズムを空調冷熱総合管理システムへ実装したことによって、製品が使用される環境を現地システムだけで自己完結的に学習し、より最適化されたパフォーマンスを発揮できるビル用マルチエアコンを実現している。

これによって、より簡単に、各室内機の実際の熱負荷に基づくシステム起動と、最大需要電力の抑制を実現でき、最適化された予冷・予熱による快適環境を提供できる。



AI技術“Maisart”によって最適な起動時刻を自動的に決定する“AIスマート起動”

機器の知見を用いて従来収集できているデータから学習に必要なパラメータを選別し、データ収集コストを下げながら課題を解決している。

1. ま え が き

ビルなどの大型施設では、一日を通じて快適な室内環境を提供するため、空調機器の予冷・予熱運転を考慮した起動時刻を手動で設定している。しかし、室温や外気温によって設定温度への到達時間が異なるため、空調機器の起動が早すぎると過剰な電力消費につながり、起動が遅すぎると施設の使用開始時刻までに設定温度に到達しないなど、省エネルギー性と快適性の両立に課題があった。

当社は今回、業界で初めて^(注1)空調冷熱総合管理システムにAI技術を搭載し、AIが学習した過去の運転データから使用環境に合わせた最適な起動時刻を自動設定することで、電力消費の無駄がなく、室内機ごとに快適な室温を提供することを実現した。

本稿ではAI技術開発から、空調冷熱総合管理システムへ量産実装するまでのアプローチを述べる。

(注1) 2020年2月27日現在、当社調べ、ビル用マルチエアコンで。

2. ビル用マルチエアコンへのAI適用

2.1 従来の最適起動制御

これまでスケジュールを手動で設定することで、予冷・予熱の運転を実施してきたが、設定温度の到達時刻に差異が出るという問題点があった。

これを解決するため、当日の室温と設定温度の差異から設定時刻に設定温度になるように空調機の運転時刻を制御する最適起動制御を空調冷熱総合管理システムで実現してきた(図1)。この最適起動制御では、快適性の向上を主目的にして、過去数日の運転データから温度変化を算出して、当日の起動時刻を算出するという方式を採用している。

2.2 従来の最適起動制御の課題

ビル用マルチエアコンが利用されるテナントビルで、一年のピーク電力が冬期の朝一になる場合が報告されている⁽¹⁾。

ピーク電力が発生する日は長期休暇明けなどで、室内の

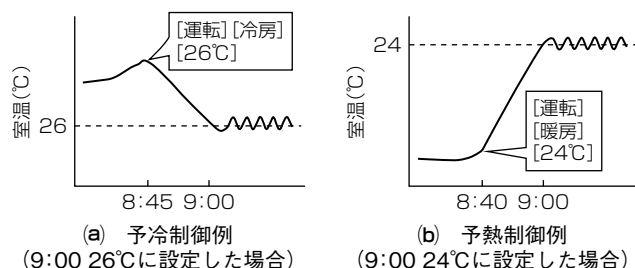


図1. 最適起動制御の動作

什器(じゅうき)が冷え込んでおり室内の熱負荷が大きく、外気温度が低いという場合が多い。この場合、従来の最適起動を活用して予暖運転を行っても、設定温度到達までに時間がかかり、消費電力が大きくなってしまいう課題があった。また、過去数日の温度変化とは異なる温度変化を行うために起動時間の追従性が低下する課題があった。

温度変化への追従性向上及び起動時間重複によるピーク電力の削減のため、“AIスマート起動”を実現した。

3. AIスマート起動

空調機が設置される環境は多岐にわたり、それぞれの環境に最適化させた空調機の製造は困難である。空調機が設置された後に最適化する手段として、機械学習を適用した。

3.1 パラメータの選定

機械学習へ入力すべきセンサデータの選定を行った。空調システムへの導入を前提にした場合、学習負荷の削減、データ保存容量の削減を行う必要がある。

空調システムとして、保持するデータの洗い出しを実施後に、その中から空調空間の温度変化に影響を与えるパラメータ、空調機が発揮可能な能力に影響を与えるパラメータの選定を行った。それぞれのパラメータを入力にした場合、各パラメータのとり得る範囲が大きく、学習までの時間がかかって、目的の精度を達成するまでに時間がかかってしまうという課題があった。図2に示すように、データをそのまま利用するのではなく、機器知見を基に、データに合わせた前処理を実施することで、入力データの圧縮を行って、学習負荷の削減を実施した。

3.2 学習の前処理

予冷・予熱を正確に実施するためには、熱負荷を推定する必要があるが、設置されるビルの断熱性能や室内環境の利用方法によって熱負荷が大きく変わる。そのため、事前学習ができず、設置された後に学習を行う必要がある。しかし、機械学習にはある程度のデータの取得が必要であり、すぐに安定して機能が使えないという課題がある。これを解決するために、学習データの拡張を行った(図3)。

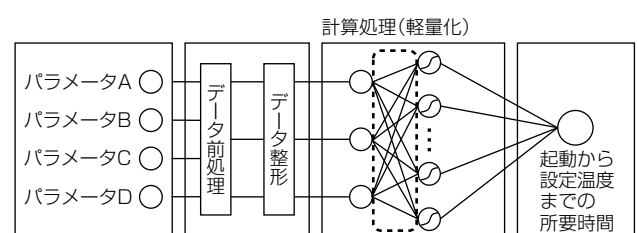


図2. パラメータ選定フロー

数日分の起動データから空調機の動作特性に合わせた仮想データを生成し、空調機の使用環境の特性を学習させる。この場合、精度の低下が懸念されるが、実データがたまると実データを正として学習を進めることで、素早く学習して徐々に精度が向上する学習の構築を実現した(図4)。

3.3 空調制御内容

朝の快適性を保ちながら、冬の朝一のピーク電力を抑えたいというユーザーのニーズに合わせて、設定時刻に設定温度になるように起動時間を制御しつつ、運転能力を抑えて高効率帯で動作させることでピーク電力を削減する制御方式を検討した。設定温度まで温度を変化させていくには、室内の内部負荷と室外から流入する外部負荷を取り除く必要がある。この制御では、空調機が保持するパラメータを用いて、この熱の量を間接的に予測している(図5)。

予測した空調負荷を活用し、空調機の起動タイミング、動作させるアクチュエータを決定することで、空調能力を決定して制御を実現している(図6)。

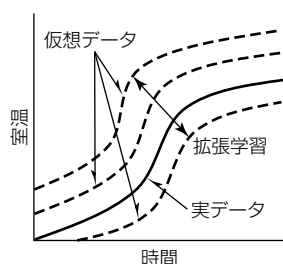


図3. 学習データの拡張

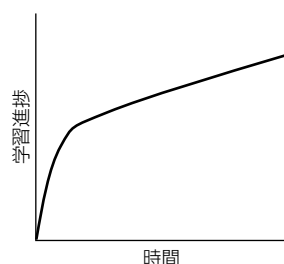


図4. 学習進捗

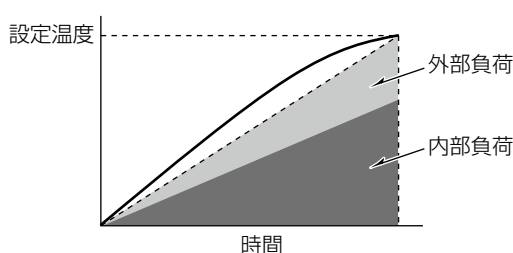
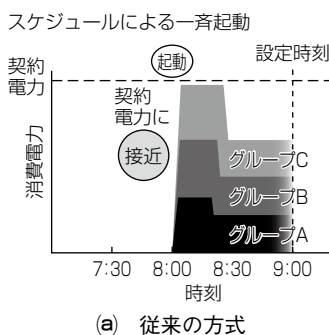
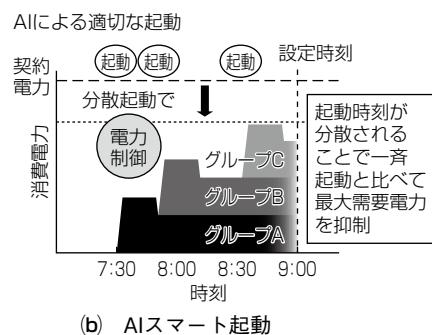


図5. 熱負荷の推定



(a) 従来の方式



(b) AIスマート起動

図6. 制御時動作イメージ

4. 空調冷熱総合管理システムへの量産実装

4.1 空調冷熱総合管理システム“AE-200J”への実装

3章で述べた先行開発フェーズでは、パソコン上でAIスマート起動の動作検証を行っていたが、量産展開するに当たってAIスマート起動を空調冷熱総合管理システムAE-200Jに実装する必要がある。図7に動作イメージを、図8にAE-200JのAIスマート起動設定画面を示す。具体的には、AE-200J上でAIの推論処理と学習処理を実施するほか、量産品の品質保証手法を確立する課題があった。これらの実装の中で直面した二つの課題について述べる。

一つ目の課題はAE-200Jの処理性能である。技術確立のフェーズではパソコン上でAIを動作させていたため、高性能なCPUや大容量のRAM(Random Access Memory)、ストレージを用いることで、演算能力や運転データの保存領域を確保することが可能であった。一方、AE-200Jは、空調機器の監視操作に特化した組み込み機器であるため、パソコンのように十分なりソース確保はできない。実際に、AE-200J上でAIの学習処理を動作させると、液晶画面の描画やタッチ操作などに影響が出るのが分かった。AIの学習処理の処理負荷は、“学習回数”と“学習処理時間”の組合せによって決まる。学習回数を多くするとAIの推論精度が向上するが、学習処理時間は長くなる。AIスマート起動はオフィスビルなどの環境下で毎朝、予冷・予熱運転を実施することを想定した機能であるため、翌日までに

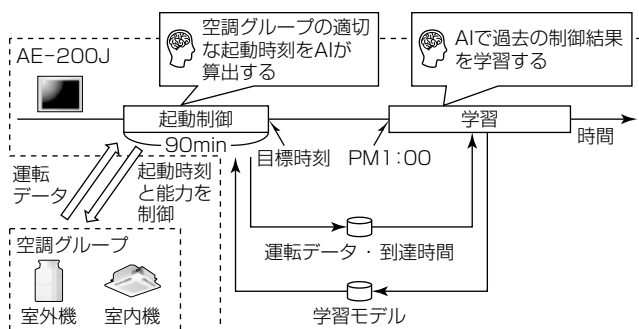


図7. AIスマート起動の動作イメージ

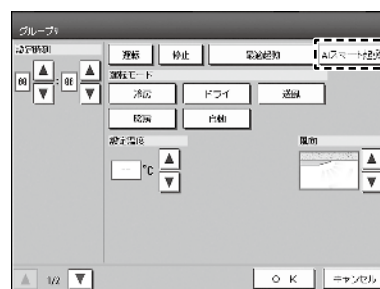


図8. AIスマート起動の設定画面

学習処理を完了しておく必要がある。そのため、AE-200Jの動作に影響を与えない処理負荷で学習処理を実施しつつ、一定の推論精度を確保できる学習回数と学習処理時間を検討した。

学習回数を決定するに当たって、一回の学習処理の中で実行されるミニバッチ単位の学習回数の違いによって損失関数(誤差関数)の値がどのように変化するか調査した。その結果、先行開発フェーズの10分の1程度の学習回数でも損失関数の値が同程度に収束することが分かった(図9)。そのため、学習回数を削減した場合でも一定の推論精度を確保できて、かつ学習処理時間の短縮によって翌日までに学習処理を完了できた。

二つ目の課題は、非定常時の運転データの扱いである。AIは空調ユニットの運転データを基に学習するが、万が一、図10のように正常な運転データが収集できない場合、AI自身はその運転データが正常か異常か判断できないため、推論精度の低いAIモデルになってしまう。そのため、一定の推論精度を確保するためには、非定常時を想定し、その運転データを除外する必要がある。

そのため、非定常時になるケースを分類分けするためにFMEA(Failure Mode and Effect Analysis)を活用し、発生し得る現象とその影響、その現象を特定する手段と対策を整理した。その結果、空調ユニットの異常や特定のタイミングでのユーザー操作、火災等による緊急停止が発生した場合を非定常時として、該当する運転データを学習処理に使わないようにし、一定の推論精度を確保できた。

4.2 AIの品質保証

AE-200JにAIを採用する場合、そのAIが想定どおりに動作するかソフトウェア試験を実施する必要がある。しかし、AIは従来のアルゴリズムとは性質が異なるため、従来の試験方法を適応できないという課題がある。

従来のアルゴリズムは、設計者が入力値に対する出力値を仕様書に定義し、ソフトウェア試験では仕様書を基に動作確認を実施することで一定の品質を確保できるが、AIは入力値と出力値を基にAI自らアルゴリズムを動的に作成するため、仕様書との動作一致確認が不可能である。そ

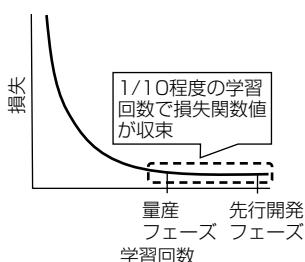


図9. 損失関数値と学習回数の関係

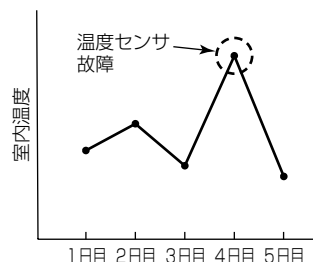


図10. 非定常時の運転データの例

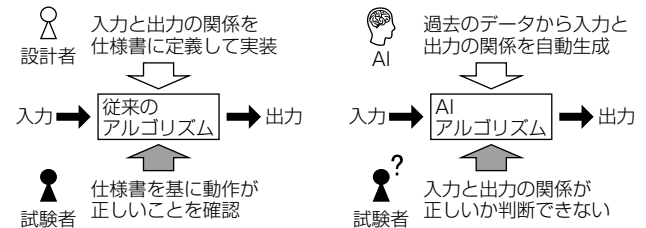


図11. 従来のアルゴリズムとAIアルゴリズムの違い

表1. ユーザーがAIに対して期待する動作と利用シーンの例

カテゴリー	詳細
期待する動作	学習済み環境で、一定の推論精度が出ていることを確認
	未学習環境で、学習が進むこととロバスト性があることを確認
利用シーン	比較的暑い環境での利用
	比較的寒い環境での利用
	突発的な気候変動が発生しやすい環境での利用

のため、AIの品質を保証するためのソフトウェア試験方法を一から検討する必要がある(図11)。

AIのソフトウェア試験方法の検討に当たって、AIの動作にユーザーが満足できるかどうか品質担保の鍵であると考えた(表1)。例えば、ユーザーはAIに対して利用シーンや屋内空間・気候変動の違いがあっても、一定の推論精度で制御する機能を求める。そのため、AIプロダクト品質保証ガイドライン⁽²⁾や社内向けガイドラインを参考に、ユーザーがAIに期待する動作や利用シーンなどを整理し、そのパターンを組み合わせることで様々なシナリオを想定したソフトウェア試験を実施した。その結果、AIが一定の推論精度を担保できることを確認した。また、AIの特性や注意点、一定の推論精度を確保するための使用方法などをカタログやマニュアルに記載することで、ユーザーが製品を正しく使えるような取組みを実施した。

5. む す び

ビル用マルチエアコンのAI技術Maisartを活用した最適起動技術と量産実装プロセスについて述べた。複雑系であるビル用マルチエアコンの完成度を高めるために許容度の大きな制御パッケージ化が進んできたが、現地での使用方を学習したAIが制御を実行することで、現地環境に最適化したシステムを提供できるようになった。学習・推論を実施する演算処理を現地システムで実現するためにMaisartのニューラルネットワーク技術を活用したが、今後は現地システムで提供する機能に加えて、クラウド等の新たなインフラを活用した機能の検討が必要になる。

参考文献

- (1) 東京都環境局、ほか：平成25年度 テナントビルにおけるデマンドレスポンス実証事業 報告書 (2014)
- (2) AIプロダクト品質保証コンソーシアム、AIプロダクト品質保証ガイドライン (2019)

竹内史朗*
Shiro Takeuchi

高野浩志郎†
Koshiro Takano

池田一樹*
Kazuki Ikeda

中北麻紀子†
Makiko Nakakita

入浴環境を快適にするエコキュート

Eco Cute Providing Comfortable Bathing Environment

要 旨

家庭内の電力消費エネルギーの約3割を給湯が占める中、環境配慮の観点から、大気中の熱を利用して湯を沸かし、電力消費量を抑えるエコキュート(注1)(自然冷媒CO₂(二酸化炭素)ヒートポンプ給湯機)への評価が高まっている。特に、新築住宅市場で需要が拡大するZEH(net Zero Energy House)で採用率が高い。一方で買い替え需要の本格化によって、更なる省エネルギー性の向上と清潔機能の充実が求められている。また、これとは別に、共働き世帯の増加や高齢化によって、浴室掃除の負担軽減や寒い季節の入浴時の事故への対策のニーズも増加している。

三菱電機の2020年度発売の家庭用エコキュートでは、年間給湯保温効率(JIS)4.2を達成するとともに、風呂の湯

の菌が増殖することを抑制する新機能“キラリユキープ”と、湯張りと同時に当社の浴室暖房機を運転させる新機能“あったかリンク”を搭載し、入浴時から入浴後まで浴室内の清潔性と快適性の向上を実現した。

特に、キラリユキープでは、業界初(注2)の深紫外LEDを搭載して、風呂の湯の臭いや濁りを抑制することで入浴時の快適性を高めるとともに、洗い場の排水溝のヌメリの生成を抑制し、排水溝の掃除頻度を減らして家事負担の軽減を実現した。

(注1) エコキュートは、関西電力(株)の登録商標である。

(注2) 2020年6月現在、当社調べ



2020年度発売家庭用三菱エコキュート

2020年度発売の家庭用三菱エコキュートでは、高断熱ウレタンを採用した“サーモジャケットタンク”によって、年間給湯保温効率(JIS)4.2を達成した。また、風呂の湯を清潔に保つ新機能“キラリユキープ”と、入浴時の寒さを和らげる新機能“あったかリンク”によって、入浴環境の快適性を向上させた。

1. ま え が き

昨今の地球温暖化問題に対して、政府は“2030年温室効果ガス排出量26%減(2013年比)”を実施する方針を打ち出しており、省エネルギー機器であるエコキュートの需要は今後も伸長することが予測される。また、共働き世帯や高齢化社会が進む中で、安心かつ快適な入浴環境を整えることが求められる。

そこで、人々の暮らしのニーズに応えるため、2020年度発売の家庭用エコキュートでは、エコキュートの特長である省エネルギー性を向上させつつ、入浴環境を清潔に保つために、入浴中から入浴後の風呂の湯の菌の増殖を抑制する新機能“キラリユキープ”と、安心して入浴するために、当社の浴室暖房機と連携して、湯張りと同時に浴室暖房機を運転させることで入浴時の浴室の寒さを和らげる新機能“あったかリンク”を開発した。

2. 風呂の湯を清潔に保つ機能

2.1 深紫外線による除菌技術の利用

水中の菌の増殖を短時間かつ効率的に抑制できる手段として、紫外線が知られており、塩素に代わる殺菌手段として、欧米では実用化が進んでいる。

紫外線の中でも300nm以下の短い波長の紫外線を深紫外線という。細菌やウイルスの多くは260~280nmにDNA(デオキシリボ核酸)の吸収波長を持つことが知られており、この帯域に高いエネルギーを与えることでDNAやRNA(リボ核酸)に損傷を及ぼし、細菌やウイルスの増殖能を止めることができる⁽¹⁾。アルコールや銀イオンなどの薬剤は細胞の外側から損傷を与えるのに対して、深紫外線は細胞の内側に損傷を与えることができるため、細胞膜の形態によらず、幅広い菌やウイルスに対して増殖抑制効果が得られる。

近年、高出力の深紫外線照射が可能なUV(Ultra Violet)-LEDの技術進歩が著しい。UV-LEDは、UVランプに比べて小型かつ長寿命であり、さらには水銀を用いないため、廃棄時の環境負荷が小さいというメリットがある。

キラリユキープでは、業界初で深紫外線を用いたUV-LEDユニットを搭載し、入浴中及び入浴後の風呂の湯の菌が増殖することを抑制した。

2.2 キラリユキープの特長と動作

風呂の湯張りをしたときの湯に存在する菌数は10CFU^(注3)/mL未満であっても、4人入浴すると10³~

10⁴CFU/mL、翌日には10⁶~10⁷CFU/mLにも増殖することが分かっている。風呂の湯の菌が増殖すると、風呂の湯が腐って、後から入浴する人に不快感を与えることがある。また、菌が多い状態で湯を排水すると、浴室の排水溝で更に菌が増殖してヌメリが生成されやすくなる。このような湯の菌の増殖を抑制することで、入浴中の快適性を向上させるだけでなく、排水溝周りの清掃を楽にする。

キラリユキープのUV-LEDユニットは、図1に示しており、風呂配管内に組み込まれており、風呂の湯を循環しながら深紫外線を照射する構成である。深紫外線が照射された湯の中の菌は不活化され、風呂には菌が少ない湯が戻される。入浴中及び入浴後は、一定間隔で循環する風呂の湯に紫外線照射することによって、清潔な湯を保つことができる。

また、UV-LEDユニットは、風呂配管内に組み込むことで人が直視できない安全な構成にした。

(注3) Colony Forming Unitの略称で、菌量の単位を示す。

2.3 キラリユキープの効果

2.3.1 臭い抑制

人が入った後の風呂の湯は、塩素臭以外にも鼻を刺激するような臭いを発することがある。これは、時間の経過とともに菌が増殖することで、菌が生成する代謝物や、菌によって酸化された皮脂が原因で風呂の湯が臭うとされている。ここでは、風呂の湯が臭う一つのシーンとして、1人目が入浴してから5時間後に4人目が入浴したときの臭いの強さを測定した。180L、40℃の湯に3人入浴し、臭いの評価は、6段階臭気強度表示法⁽²⁾に基づいて、8名の被験者に対して官能評価を行うとともに、ガスクロマトグラフ質量分析装置(Agilent Technologies製、GC6890N+MSD5975B)による定量分析も行った。

図2にキラリユキープあり／なしによる臭気強度の結果を示す。キラリユキープなしでは、何の臭いであるか分かるレベルの臭気強度2.1であったのに対して、キラリユキープありでは、やっと感知できるレベルの臭気強度1.3に抑制できることが分かり、両者はt検定で有意な差を示

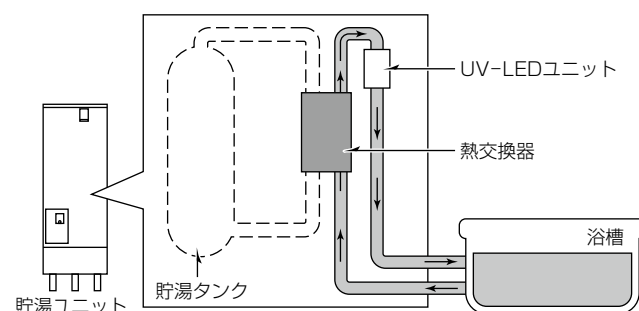


図1. キラリユキープの構成図

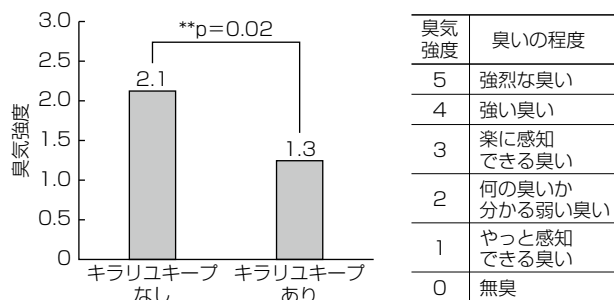


図2. 4人目入浴時の湯の臭気強度

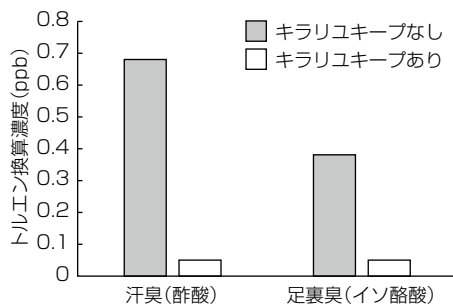


図3. 4人目入浴時の湯の臭気成分

した($p=0.02$)。また、図3に示すように、キラリユキープありでは汗臭の成分である酢酸や、足裏臭の成分であるイソ酪酸が抑制されていることが分かった。

酢酸やイソ酪酸は、汗や皮脂が分解されて生成されることから、キラリユキープなしでは、菌が多いために分解される汗や皮脂も多く、臭いが強く発生したことが考えられる一方で、キラリユキープありでは、菌が少ないために分解される汗や皮脂が少なく、臭いが抑えられたことが考えられる。

このことから、キラリユキープによって風呂の湯からの臭いを抑制できることが分かった。

2.3.2 濁り抑制

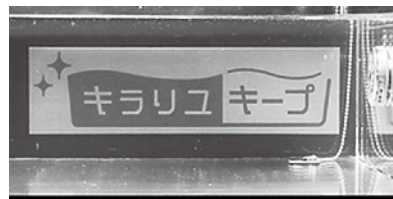
人が入浴すると、皮脂や汚れが流れ出て湯が濁ることがあるが、汚れが少ない場合でも、時間の経過とともに湯が濁る現象が確認される。このことは、汚れ以外で濁りを生成する要因として菌の増殖が考えられ、時間とともに増加する濁りと菌の影響について検証した。

180L、40℃の湯に4人入浴し、キラリユキープあり／なしについて、翌日(15時間後)の湯の濁度を濁度計(HANNA instruments製、HI93703-B型)と浴槽側面からの写真で比較評価した。

表1に15時間後の湯のTOC(全有機炭素)濃度と濁度を、キラリユキープあり／なしで比較した結果を示す。TOC濃度はキラリユキープありが0.78mg/L、キラリユキープなしが0.77mg/Lとほぼ同等であったのに対し、濁度はキラリユキープありが0.39度、キラリユキープなしが0.60度と、キラリユキープありがキラリユキープなしに対して約35%

表1. 15時間後の風呂の湯のTOC濃度と濁度

	TOC濃度(mg/L)	濁度(度)
キラリユキープあり	0.78	0.39
キラリユキープなし	0.77	0.60



(a) キラリユキープあり



(b) キラリユキープなし

図4. 翌日の湯の写真

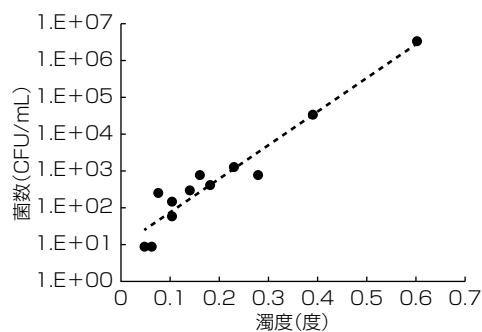


図5. 菌数と濁度の相関

低い値を示した。どちらの値も、水道水の水質基準である濁度2度に対して低い値であるものの、浴槽側面からの写真で、キラリユキープありはキラリユキープなしに対して濁りが抑制できていることが確認できた(図4)。

また、図5に濁度と菌数の相関を示す。濁度の増加とともに菌数も増加していることが分かり、風呂の湯の濁りは菌数の増加が寄与していることが示唆された。

2.3.3 排水溝のヌメリ抑制

図6に示すように、風呂の湯は、排水すると浴室の洗い場の排水溝に合流してから下水へ流れる構造が一般的である。このような構造で、洗い場の排水溝には、体洗い等でシャワーを使用するときに流れ込む水と、風呂の湯からの排水が流れ込む水とが合わさる。体を洗ってから湯船に浸(つ)かって出浴し、風呂の湯を抜くシーンで、洗い場の排水溝には風呂の湯の排水が長時間滞留していることになる。そのため、風呂の湯に菌が多い場合には、排水後に排水溝の中の菌も増殖して、ヌメリを生成しやすくなり、排水溝からの臭いが発生しやすくなることが考えられる。そこで、

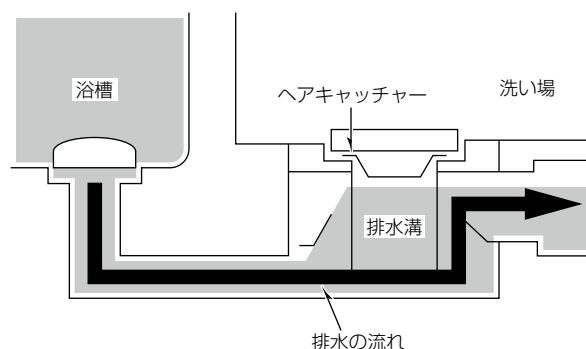


図6. 排水時の排水溝内の水経路

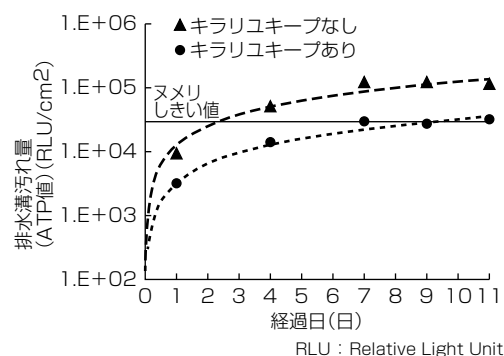


図7. 排水溝底面の汚れ量の経日変化

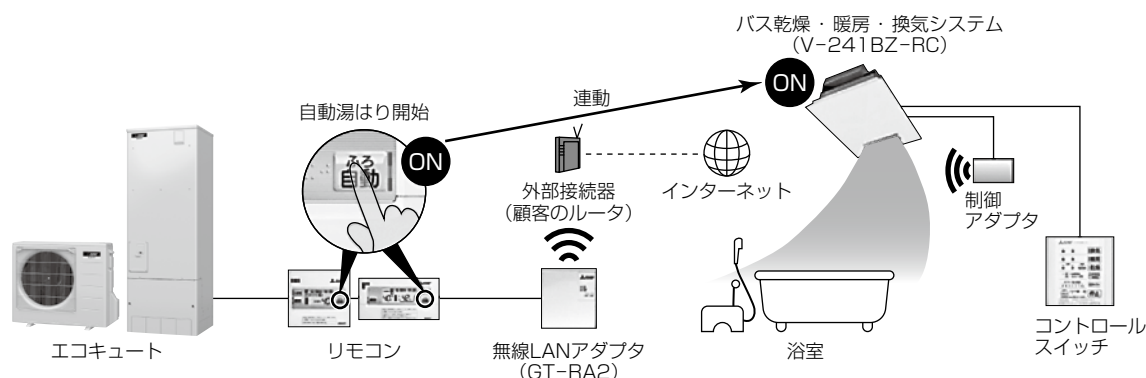


図8. “あったかリンク”システム構成

風呂の湯の菌を抑制することで、洗い場の排水溝内のヌメリも抑制できることが考えられ、その効果を検証した。

180L、40℃の湯に4人入浴し、翌日(湯張りから15時間後)に栓を抜き、洗い場の排水溝へ排水する入浴動作を11日間繰り返したときの排水溝底面の汚れをふき取り、ATP(アデノシン三リン酸)アナライザ(キッコーマン製、PD30)を用いてキラリユキープあり／なしで汚れ量を比較した。

図7にキラリユキープあり／なしでの排水溝底面の汚れ量の経時変化を示す。別検討で定めた、実宅で排水溝にヌメリを感じたときの汚れ量をしきい値としたときに、キラリユキープなしでは3日、キラリユキープありでは9日でしきい値以上の値を示した。

このことから、キラリユキープによって洗い場の排水溝にヌメリが生成するまでの期間を2倍以上に延ばすことができ、掃除頻度を低減できることが分かった。

3. 入浴時の浴室温度を整える機能

3.1 浴室温度環境の快適化

寒い季節に入浴前に浴室を暖めておくことで、寒さを和らげ、入浴を快適なものにできる。これを実現する機能として“あったかリンク”を開発した。

3.2 “あったかリンク”の構成と動作

“あったかリンク”は、エコキュートと当社浴のバス乾燥・暖房・換気システム“V-241BZ-RC”によって実現する。それぞれの機器は、インターネットを介して当社クラウドに接続し、エコキュートの動作に合わせて、V-241BZ-RCの制御を行う。例えば、図8に示すように、エコキュートのリモコンから自動湯はりを開始することに連動して、V-241BZ-RCが暖房運転を開始する。これによって、入浴前に浴室を暖めておくことで寒さを和らげ、入浴を安心感のある快適なものにする。

4. む す び

2020年度発売の家庭用エコキュートでは、“キラリユキープ”と“あったかリンク”によって、入浴時から入浴後まで浴室内の清潔性と快適性を向上させた。今後も省エネルギー性に加えて、暮らしのニーズに合わせた機能の開発に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 岩崎達行：紫外線による殺菌メカニズム，一般社団法人 日本紫外線処理技術協会 ニュースレター，No.1，13 (2007)
<http://www.juva.jp/pdf/newsletterNo01.pdf>
- (2) 公益社団法人 におい・かおり環境協会：ハンドブック悪臭防止法，ぎょうせい，430 (2004)

安田裕司*

Yuji Yasuda

本木一郎*

Ichiro Motoki

浴室の暖房ソリューション

Bathroom Heating Solutions

要 旨

三菱電機の浴室暖房乾燥機(以下“バス乾”という。)の開発は、1970年代までさかのぼる。当時の住宅は、気密性が低く、冬の風呂場の寒さは厳しいもので、入浴のため震えながら脱衣し、寒さに耐えながら熱い湯船に入るといったことが当たり前の時代であった。1970年代に製品化された1号機は、熱源に250Wの赤外線ランプを2個搭載し、製品中央に排気用のファンを搭載したもので輻射(ふくしゃ)式による暖房機能を備えた製品であった。2号機は、熱源にシーズヒーターを搭載して温風式の製品となった。

現在では、浴室の設備として普及してきており、1,200WのPTC(Positive Temperature Coefficient)ヒーターを搭載した100Vタイプ、2,000WのPTCヒーターを搭載した200Vタイプなど、浴室サイズに合わせたヒーターの出力

違いの製品や24時間換気機能、集合住宅向けの一定の換気風量を確保する定風量換気機能を搭載した製品など、浴室サイズ、建て方に対応して様々な機種をラインアップしている。これらの基本的な機能に加えて、軽量化、省エネルギー性、浴室のデザインに合った意匠性、リフォーム時の取替え用の部材などの市場の要望に対応してきた。さらに、近年では、世の中のIoT(Internet of Things)化が進み、スマートフォンでの浴室温度の見える化や遠隔操作による事前暖房への要望も高まっている。

今回、これらの要望に応えるため、遠隔操作機能と当社エコキュート^(注1)との連携機能を搭載したバス乾を開発した。

(注1) エコキュートは、関西電力(株)の登録商標である。



1号機 V-13BK



2号機 V-106BZ



新機種 V-241BZ-RC

1970年代に開発されたバス乾1号機、2号機と新機種

左上図は、1970年代に発売のバス乾1号機である。暖房用に250Wの赤外線ランプを2個搭載している。右上図は、バス乾2号機で、熱源にシーズヒーターを搭載した機種である。下図は、2020年発売の遠隔操作機能と当社エコキュートとの連携機能を搭載した新機種である。

1. ま え が き

近年、入浴時のヒートショックによる死亡事故が大きく取り上げられたこともあり、入浴時の浴室温度の重要性が認識され、浴室暖房のニーズが高まっている。従来、輻射式のヒーターを搭載した製品が一般的であったが、近年では、浴室の空気温度を上げることに適した温風式が多く発売されている。輻射式は電源投入とともに暖かさが感じられるというメリットがあるが、浴室全体を暖められないことや、放熱ロスなどの課題がある。一方、温風式は、浴室温度を上げるのに適しているが、暖めるために時間を要し、事前暖房が必要である。今回、この課題を解決し、利便性を向上させたバス乾を開発した。

本稿では、これまでの開発で進めてきた基本性能の改善と今回開発した遠隔操作機能と当社エコキュートとの連携機能について述べる。

2. 暖 房 性 能

2.1 バス乾に必要な暖房能力

入浴時の浴室温度に関する研究は古くから行われており、入浴前の脱衣室室温・浴室室温と温冷感に関する調査結果から、浴室・脱衣室に暖房を行う場合には、最低限18℃程度の室温が確保できるようにすべきとしている⁽¹⁾。また、この調査結果には、室温を22℃以上にすれば70%以上の人が脱衣に対して“なんともしなかった”と回答していることが示されている。ヒートショックの発生と室温の関係について述べられている研究は少ないが、気温が低くなる時期と入浴死の発生には相関があり、低い浴室温度が入浴時の循環動態に及ぼす影響が指摘されている⁽²⁾。この調査結果から15℃を下回る時期に入浴死が多くなる傾向を読み取ることができる。これらの研究、調査結果から、当社では暖房時間15分で浴室内を22℃以上にすることを目標仕様にした。15分は給湯機で湯張りが完了する時間として設定している。すなわち、入浴前に、浴槽に給湯を開始してから湯張りが完了するまでの間に浴室を入浴可能な環境にすることが必要であると考えている。

2.1.1 浴室暖房の計算モデルと支配方程式

図1及び図2に浴室内温度の計算モデルを示す。図1のように、浴室内温度の計算点は1点で代表させており、ここでは温度分布は考慮していない。壁の断熱性能、熱容量を考慮するため、壁については図2のような計算モデルにした。図1及び図2に示した●が計算点である。

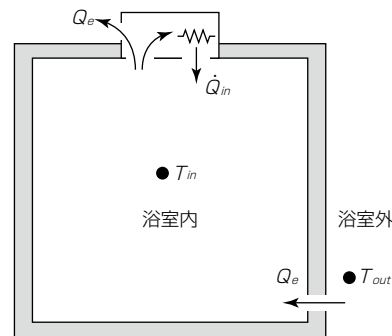


図1. 浴室温度計算モデル

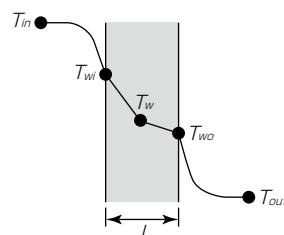


図2. 壁温度計算モデル

図1の浴室内のエネルギー保存から次式が得られる。

$$\rho_a c_{pa} V_r \frac{dT_{in}}{dt} = \dot{Q}_{in} - h_{in} A_w (T_{in} - T_{wi}) - \rho_a c_{pa} Q_e (T_{in} - T_{out}) \quad (1)$$

また図2の浴室壁に関して、一次元の熱伝導方程式は次式になる。

$$\rho_w c_{pw} \frac{\partial T_w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_w \frac{\partial T_w}{\partial x} \right) \quad (2)$$

壁表面、浴室内側、外側の伝熱について、空気と壁表面の熱伝達量と壁内表面近傍の熱伝導量が等しいとして、次式が得られる。

$$h_{in} (T_{in} - T_{wi}) = - \lambda_w \left(\frac{\partial T_w}{\partial x} \right)_{x=0} \quad (3)$$

$$h_{out} (T_{wo} - T_{out}) = - \lambda_w \left(\frac{\partial T_w}{\partial x} \right)_{x=l} \quad (4)$$

A_w : 浴室壁の面積 (m²)

c_{pa} : 空気の比熱 (J/kg・K)

c_{pw} : 浴室壁の比熱 (J/kg・K)

h_{in} : 浴室内空気と浴室壁の熱伝達率 (W/m²・K)

h_{out} : 外気と浴室壁の熱伝達率 (W/m²・K)

l : 浴室壁の厚さ (m)

Q_e : 換気風量 (m³/s)

\dot{Q}_{in} : 暖房出力 (W)

T_{in} : 浴室内空気温度 (℃)

T_{out} : 浴室外温度 (℃)

T_w : 浴室壁内部の温度 (℃)

T_{wi} : 浴室壁表面温度(浴室内側) (℃)

T_{wo} : 浴室壁表面温度(浴室外側) (℃)

t : 時間(s)
 V_r : 浴室内空気の体積(m^3)
 x : 浴室壁の厚さ方向の位置(m)
 λ_w : 浴室壁の熱伝導率($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)
 ρ_a : 空気の密度(kg/m^3)
 ρ_w : 浴室壁の密度(kg/m^3)

式(1)～式(4)の連立方程式を解くことによって、浴室内温度、浴室壁温度を求めることができる。

これらの計算式によって得られた浴室内温度と、実際に浴室天井にバス乾を設置し、浴室内温度を測定した結果を図3に、また計算条件及び測定条件を表1に示す。暖房開始直後は計算結果の方が高く、測定結果との差が見られるが、これは計算モデルで浴室内温度の計算点を1点で代表させた影響と考えられる。その後の温度の推移に関しては、計算結果と測定結果はよく一致しており、計算によって浴室内温度の推定が可能であることが分かる。

2. 1. 2 暖房出力と浴室内温度上昇

2. 1. 1項の計算方法によってバス乾の暖房出力と運転開始から15分後の浴室内温度上昇の関係について計算を行った結果を図4に示す。2. 1. 1項に述べた1坪タイプユニットバスに加えて、1.5坪タイプ(内寸1.60×2.40×2.15(m))の場合の計算結果についても図中に示した。浴室サイズが大きくなるほど必要な暖房出力は大きくなり、室温を22℃以上にするには1坪タイプの場合で1.16kW、1.5坪タイプの場合で1.54kWの暖房出力が必要であることが分かった。当社の電源100V仕様の製品、200V仕様の製品で、それぞれ必要暖房出力を満足する製品をラインアップしている。

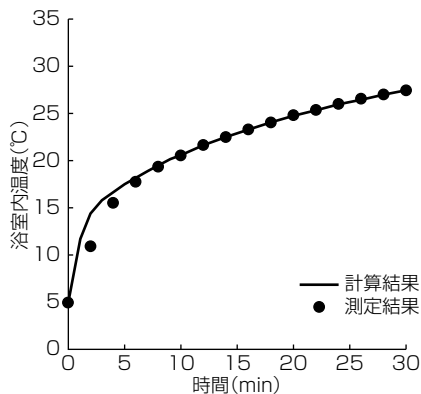


図3. 暖房時の浴室内温度の計算結果と測定結果の比較

表1. 浴室暖房の計算・測定条件	
浴室	1坪タイプユニットバス 内寸1.60×1.60×2.15(m)
浴室外温度	5℃
初期温度	5℃
暖房出力	1.22kW
換気風量	0 m³/s

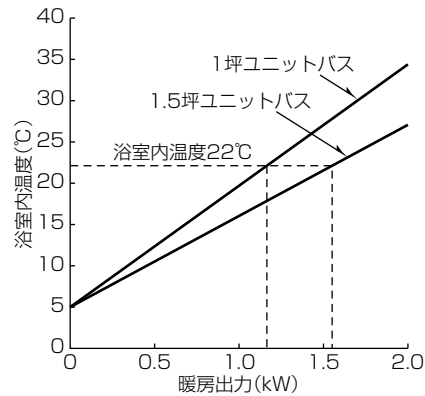


図4. 暖房出力と浴室内温度の関係(暖房開始15分後)

2. 2 足元から暖かい暖房仕様の実現

必要な暖房出力を満足しても、温風が床面付近まで届かなければ温風は上方に上がってしまい、足元付近は温度が低いままになってしまう。そこで温風の吹き出し構造を従来の構造から変更するとともに、床面への温風到達に必要な風量を確保することで足元から暖かい暖房を実現している。

2. 2. 1 温風吹き出し構造と浴室内温度分布解析結果

図5にヒーター及び温風吹き出し部分の断面図を示す。図の上側が従来の暖房構造、下側がロング気流暖房と呼ばれる構造である。ヒーター下流に隙間を設けて周囲の空気を誘引し、浴室内に吹き出す構造にしている。

図6に浴室内温度分布の解析結果を示す。バス乾は、浴室の構造上、浴槽の上部に設置される。図5の吹き出し構造を用いて、必要風量を確保し、浴槽の上部から洗い場に

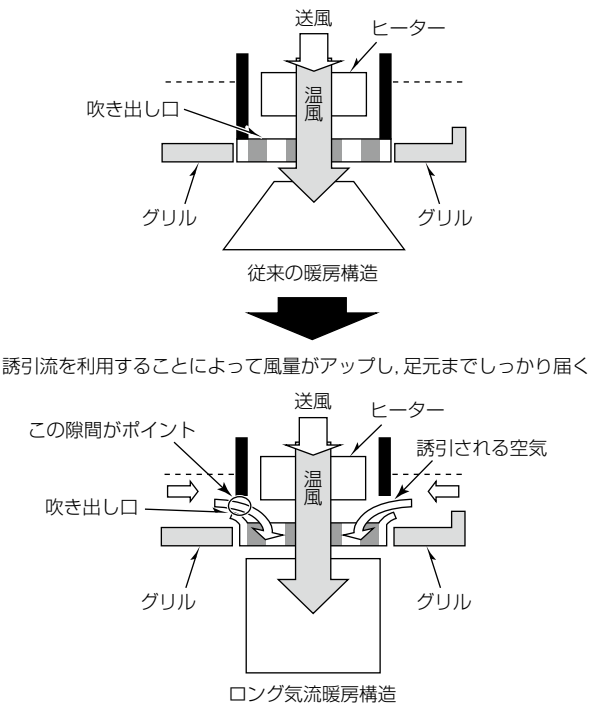


図5. 温風吹き出し部の構造

向けて温風を吹き出すことで、足元付近から温度が上昇する暖房が実現できていることが分かる。

2.2.2 試験結果

図7に洗い場中央の床面から50mm(足元)、1,650mm(頭部)の暖房試験結果を示す。足元の方が、頭部付近に比べて温度上昇が早く、初期温度5℃から15分後には30℃以上に到達していることが分かる。

図8に暖房運転開始後15分後の洗い場中央の高さごとの温度測定結果を示す。低い位置の方が温度が高い結果になっており、洗い場の足元にしっかりと温風を送風できていることが分かる。

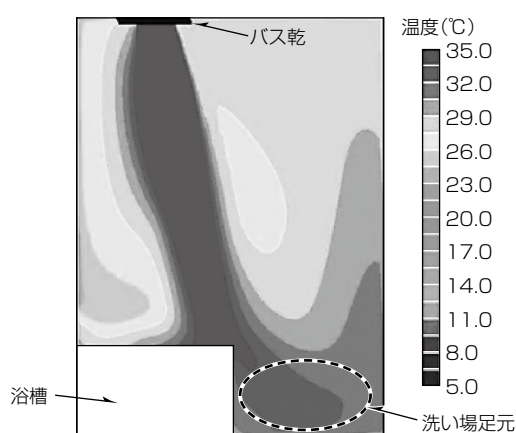


図6. 浴室暖房時の温度分布解析結果

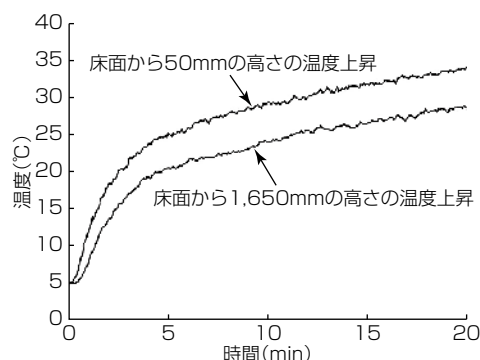


図7. 浴室洗い場中央の温度経時変化(200Vタイプ)

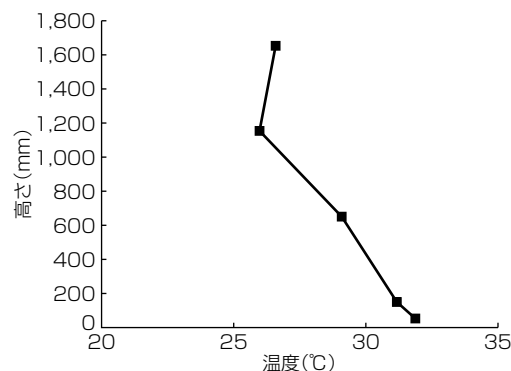


図8. 暖房開始15分後の浴室洗い場中央の温度分布

3. 遠隔操作機能と連携機能

バス乾のコントロールスイッチは、通常脱衣室に設置されており、操作するためには、脱衣室での操作が必要である。近年、スマートフォンの普及によって遠隔操作が可能な機器が増えてきており、利便性の向上を求める声は強くバス乾も例外ではない。バス乾で遠隔操作をする上でどのような機能が必要か検討した結果、次の三つの機能が必要であるとの結論に至った。

- (1) 浴室温度の見える化(事前暖房の判断のため)
- (2) 事前暖房のための遠隔操作機能
- (3) 入浴中に遠隔操作を受け付けられない機能

(1)及び(2)については、遠隔操作をする上で当然の機能であるが、(3)は、浴室側で遠隔操作を受け付けないようにする機能である。例えば、家族での使用を想定した場合、入浴者と操作者が異なるケースが考えられる。特に、冬期入浴中に換気運転をされると換気による気流が寒さにつながることを想定される。脱衣室等に設置された専用のコントロールスイッチで運転を停止することもできるが、その都度操作する必要があるため、手間である。そのため、コントロールスイッチに遠隔操作の受け付けを切り替える機能を搭載し、加えて、入浴後、遠隔操作を使用可能にする操作を忘れないよう、1時間で自動復帰する機能を搭載した。これによって、入浴中に操作されず、入浴後は、遠隔操作が可能になる。さらに利便性向上のために当社エコキュートとの連携機能を開発した。冬期は、毎日のように事前暖房操作が必要になるが、操作忘れが懸念される。そこで、エコキュートの湯はり運転に連動し、バス乾が自動で暖房運転を開始する機能を開発した。これらの機能によって、入浴時に事前暖房を忘れることもなく、寒い浴室に我慢して入る必要がなくなり、快適な浴室環境が実現できる。

4. む す び

従来進めてきた暖房の性能改善に加えて、遠隔操作機能、当社エコキュートとの連携機能を搭載した新機種を開発した。浴室温度の見える化と遠隔操作又は連携機能による事前暖房によって冬期でも快適な入浴に貢献できると考えて、提案をしていく。今後も使用者と施工者の声を聞いて、より使いやすい製品開発に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 鎌田元康, ほか: 浴室・便所の暖冷房と換気, IBEC, No.11, 19~24 (1991)
- (2) 重臣宗伯, ほか: 高齢者の入浴中突然死に関する調査研究, 日本救急医学会雑誌, 12, No.3, 109~120 (2001)

AIによる最適温度制御を実装した三菱冷蔵庫“MXシリーズ”

水野逸人*
Hayato Mizuno
前田 剛*
Go Maeda

Mitsubishi Refrigerator "MX Series" Implemented Optimal Temperature Control Utilizing Artificial Intelligence

要 旨

過冷却現象を利用し、氷点下でも凍らせずにおいしく長く保存できる“氷点下ストッカーD”，食材をおいしく冷凍し、冷凍保存した肉や魚が切れたり、はがせたり、ソースをすくえたり，カット野菜を簡単にほぐせる状態で冷凍できる“切れちゃう瞬冷凍”等の三菱冷蔵庫の独自機能は大いに好評を得ている。

近年，共働き世帯の増加や，食品ロスの削減に対する意識の高まりを背景に，まとめ買いした食品を，長くおいしく保存できる冷蔵庫が求められている。その需要に応えるため，2020年モデルでは“氷点下ストッカーD”と，“切れちゃう瞬冷凍”の二つの独自機能について，食品保存期間延長に取り組んだ。二つの独自機能に三菱電機の開発AI(Artificial Intelligence)技術を組み合わせることでこ

の機能での食品保存期間延長を実現させる。AIで生活パターンを分析し，顧客の生活スタイルに合わせて，冷蔵庫を使用していない時間に冷やし込みを行う制御を加えた仕様で食品保存性評価を行った。その結果，“氷点下ストッカーD A.I.”では，かたまり肉の保存期間を従来の約7日間から約10日間に延長することを可能にした。また，“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”でも，食品保存期間を，従来の約2～3週間から約3週間まで延長可能にした。二つの独自機能の保存期間延長に加えて，これらの機能を簡単に設定できる“おまかせA.I.自動”を追加し，より便利に使い勝手が向上した三菱冷蔵庫“MXシリーズ”を2020年1月31日に発売した。



MXシリーズ



氷点下ストッカーD A.I.



切れちゃう瞬冷凍 A.I.

“氷点下ストッカーD A.I.”“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”搭載の三菱冷蔵庫“MXシリーズ”

2020年1月31日発売の三菱冷蔵庫“MXシリーズ”は，独自の食品保存機能“氷点下ストッカーD”と“切れちゃう瞬冷凍”に当社開発のAI技術を組み合わせることで，AIが庫内の温度を最適に制御し，まとめ買いした食材をおいしく長く保存できる。また，新しく追加した“おまかせA.I.自動”ボタンを押すだけで，これら二つの部屋の温度を最適に自動制御することを可能にし，より使い勝手の良い機能に進化させた。

1. ま え が き

当社は、“家事をもっとラクに楽しく”をコンセプトに、様々なライフスタイルに寄り添う冷蔵庫を提案し、顧客の好評を得ている。食材をおいしく冷凍し、冷凍保存した肉や魚が切れたり、はがせたり、解凍いらずの時短クッキングが可能な“切れちゃう瞬冷凍”や、肉や魚を生のまま、おいしく便利に保存できる“氷点下ストッカーD”等の便利な独自機能を搭載している。

2019年にAIを搭載し、AIが顧客の生活スタイルを分析することで、これまでボタン操作が必要であった“切れちゃう瞬冷凍”を、ボタン操作なしで自動的に瞬冷凍を開始できる、より便利で使い勝手の良い機能に進化させた。

近年、共働き世帯の増加を背景に、仕事、趣味、子育てや介護などと、家事の両立のために更なる家事時間の短縮が求められている。また、2019年10月1日に「食品ロスの削減の推進に関する法律」が施行され、社会的にも食品ロス削減に対する意識が高まってきている。当社はこれまで、“氷点下ストッカーD”と“切れちゃう瞬冷凍A.I.”という二つの独自機能を搭載した冷蔵庫で家事時間の短縮と生鮮食品の長期保存などに貢献してきた。この二つの独自機能の進化として、AIを活用し、更なる食品保存期間延長の実現に取り組んだ。

2. 三菱冷蔵庫の独自機能

肉や魚の生鮮食品は、すぐに消費する場合は冷蔵又はチルド室に保存し、すぐに使用しない場合は冷凍室に入れて保存する方法が一般的である。しかしながら、冷凍保存すると、食品を長期間保存できる一方で、凍結の過程で食品の表面から中心に向かって針状の結晶が生成され、食品の組織や細胞を傷付けてしまうため、解凍時のドリップ流出や食感の変化等が発生し、食品本来のおいしさを損なってしまう。また、調理の際に解凍する手間も発生してしまう。三菱冷蔵庫では独自機能として、この問題を解決する“切れちゃう瞬冷凍”を搭載している。また、この問題を発生させないように、そもそも冷凍せずに長期間保存したいという要望にも応えて“氷点下ストッカーD”を搭載している。

2.1 氷点下ストッカーD

“氷点下ストッカーD”は、過冷却現象を利用することで、食品を凍結させずに氷点下で保存させる機能である。過冷却現象とは、凍結点以下であっても、食品に含まれる水分が凍結しない状態で維持される現象を指す。その状態で食材を保存することで、食材が凍結による損傷を受けること

なく、0～-3℃の低温下で保存されるため、ドリップの流出を抑制しつつ、肉や魚を、約1週間と、冷蔵保存よりも長期間保存できる。

2.2 切れちゃう瞬冷凍

“切れちゃう瞬冷凍”は、冷凍時に食材に与えるダメージを最小限に抑えておいしく冷凍するために、特殊な制御を行っている。“氷点下ストッカーD”と同様、過冷却現象を利用して、初めに、食材全体をゆっくり均一に冷やすことで、過冷却状態を作り出す。次に、その状態で温度変化による刺激を与えることで、過冷却状態を解除する。すると、食品全体に一瞬で氷核が形成され、形成された氷核をベースに微細な氷結晶が食品全体に均一に生成される。最後に冷却を続け、約-7℃まで冷やし込むことで完了する。微細な氷結晶が均一に生成されるため、通常の冷凍と異なり、食材へのダメージが小さく、解凍時のドリップも抑制できる。

この二つの独自機能によって三菱冷蔵庫は、1週間以内に使う食材は“氷点下ストッカーD”へ保存、2～3週間以内で使用する場合は“切れちゃう瞬冷凍”へ保存、それ以上の長期保存の場合は冷凍室と、食品の用途、保存期間に合わせておいしく保存できる機能を提供してきた。

2.3 切れちゃう瞬冷凍 A.I.

“切れちゃう瞬冷凍”は特殊な温度制御を行うため、食品を入れた後に顧客自身でのボタン操作が必要であった。食品投入のたびに毎回ボタン操作をしなければならない面倒さやボタン操作を忘れてしまうなど、便利な機能ではあるが、その使い勝手についての改善要望があった。

そこで、2019年モデルで、冷蔵庫に搭載した人工知能(AI)を活用し、顧客の生活パターンを分析することで、自動で瞬冷凍の温度制御を開始できるようにした。具体的には、各部屋に設置された扉開閉を検知するセンサから顧客の扉開閉データを収集し、1時間ごとの扉開閉回数情報を積み重ねることで、顧客の活動期間、非活動期間を予測し(図1)、活動期間内で、瞬冷凍の扉開閉を検知したら瞬冷凍を開始し、非活動期間内で、確実に凍結させる制御に

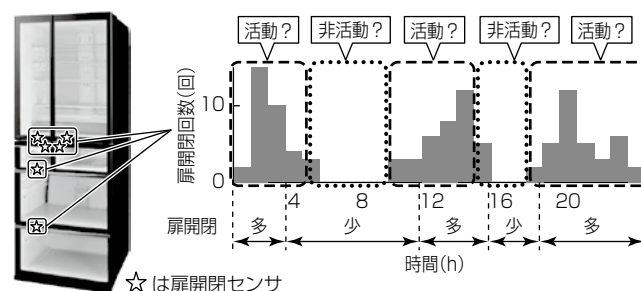


図1. 扉開閉による活動／非活動期間の予測

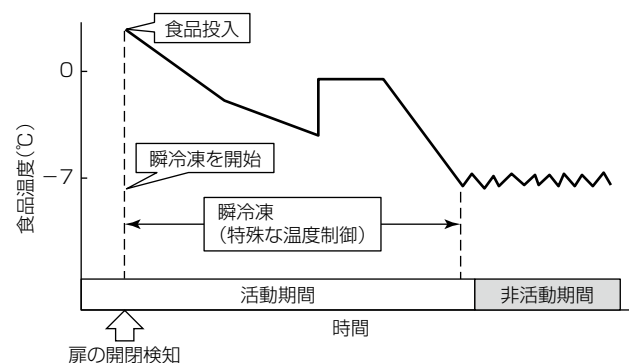


図2. 切れちゃう瞬冷凍 A.I.の温度制御

することで、ボタン操作不要の“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”へと進化させた(図2)。

3. 氷点下ストッカーDの保存期間延長

2020年モデルでは、扉開閉検知によって顧客の生活パターンを分析し、活動期間、非活動期間を予測する独自AI技術を応用し、“氷点下ストッカーD”の保存期間延長に取り組んだ。

従来の“氷点下ストッカーD”は、氷点下での食材の氷結を防止するため、約10時間のサイクルで、凍結点以下への冷やし込み、昇温を繰り返し行っていたが、新制御では、顧客の活動時間、非活動時間を分析する独自AI技術を組み合わせ、顧客の生活スタイルに合わせた温度制御を行うことで、シーケンストータルでの平均温度を下げることを可能にした。

新温度制御では、冷却サイクルを24時間にして、顧客の活動期間中は、凍結リスクの低い食品凍結点近傍の温度に保ち、非活動期間内で凍結点以下への冷やし込みと、氷結防止のための昇温工程を完了させる。扉開閉のない非活動期間内で、冷やし込みから昇温工程を完了させることができるため、温度変動の大きい工程を安定して制御可能になる。また、顧客が食材を使用しない時間内で昇温工程を行うことで、従来制御よりも昇温温度を高く設定できる。設定温度を上げることで昇温工程を短時間で完了させ、

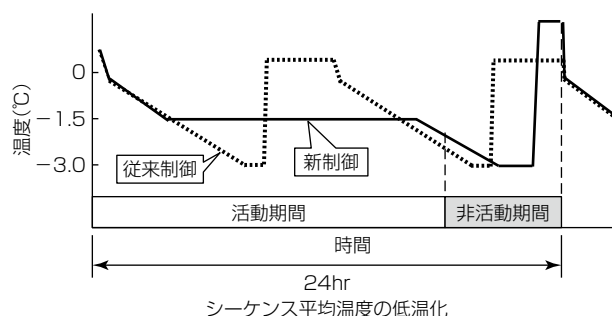


図3. 氷点下ストッカーの新温度制御仕様

シーケンストータルでの平均温度を下げることを実現した(図3)。

4. 保存期間延長評価

4.1 保存期間の確認

新温度制御を適用した場合にどの程度保存期間を延長できるのか評価を行った。一般に日持ちのしない代表的な食材である牛ひき肉を用いて、生菌数を測定し、初期腐敗とされる生菌数 10^7 /gに到達するまでの日数を、冷蔵室、チルド室、“氷点下ストッカーD”(従来制御)、“氷点下ストッカーD A.I.”(新制御)について確認した。その結果、図4及び表1に示すとおり、牛ひき肉保存可能期間は、冷蔵室が3日間、チルド室は4日間、“氷点下ストッカーD”は7日間、“氷点下ストッカーD A.I.”は8日間と、新制御にすることで、保存期間延長を実現した。

4.2 食品変色の確認

牛肉などの赤色は、次第に褐変してくることが知られている(メト化)。褐変が進行すると、見た目だけでなく、風味も劣化させると言われている。食品の鮮度を示す一指標として、変色に着目し、牛ひき肉を用いて評価を実施した。チルド室、“氷点下ストッカーD”(従来制御)、“氷点下ストッカーD A.I.”(新制御)それぞれの温度で7日間保存し、分光色差計を用いて変色の比較を行った。赤色の退色程度を比較すると、“氷点下ストッカーD A.I.”の色差変化 Δa^* の値が最も小さく、従来保存方法と比較し、変色を抑制する結果を得た(図5)。

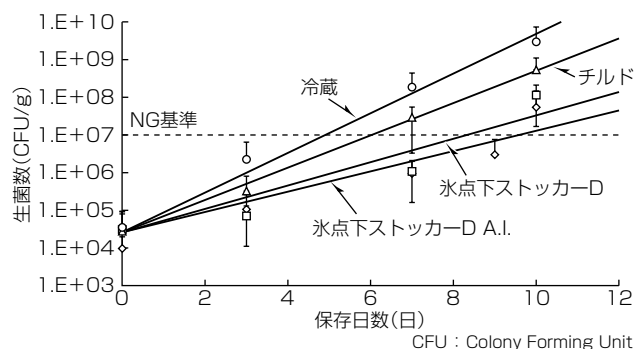


図4. 牛ひき肉の生菌数の経時変化

表1. 保存日数と生菌数

保存条件	日数(日)	生菌数(CUF/g)
初期値	0	3.E+04
氷点下ストッカーD A.I.	8	4.E+06
氷点下ストッカーD	7	1.E+06
従来チルド	4	1.E+06
冷蔵	3	2.E+06

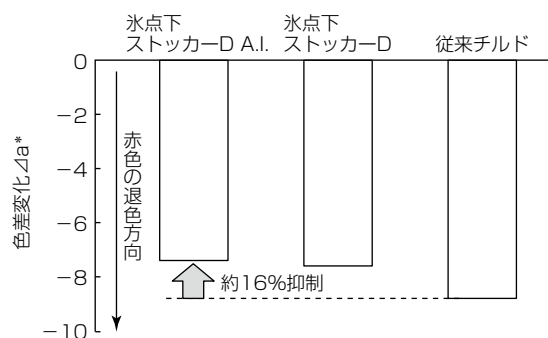
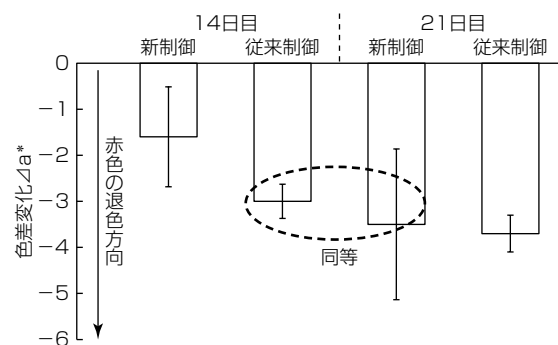
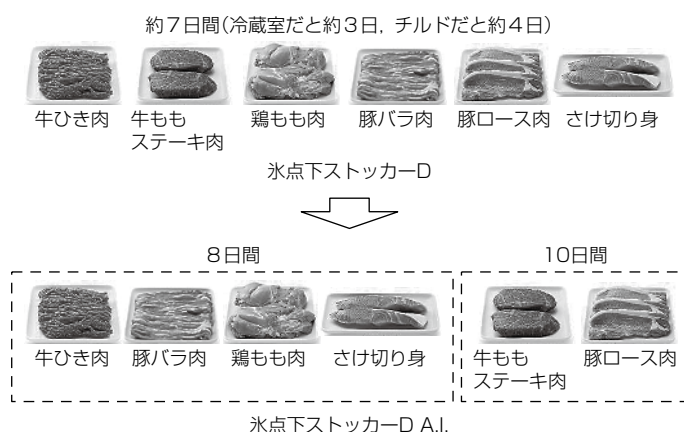
図5. 保存期間8日目の色差変化 Δa^* の比較図8. 保存期間2週目、3週目の色差変化 Δa^* の比較

図6. 氷点下ストッカーD A.I.各食品の保存可能期間

4. 1節での評価結果と合わせて、同様の試験を他食品についても確認した結果、新制御では、図6のとおり保存期間の延長を可能にした。

5. 切れちゃう瞬冷凍 A.I.の保存期間延長

“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”についても、顧客の非活動期間中に冷やし込みを行い、食品保存期間中の平均温度を下げることで、保存期間を延長させる検討を行った(図7)。

4. 2節と同様に、従来制御と新制御で、2週間、3週間保存後の牛ひき肉について、 Δa^* の値を比較した結果、従来制御2週間保存後の値と、新制御3週間保存後の値が

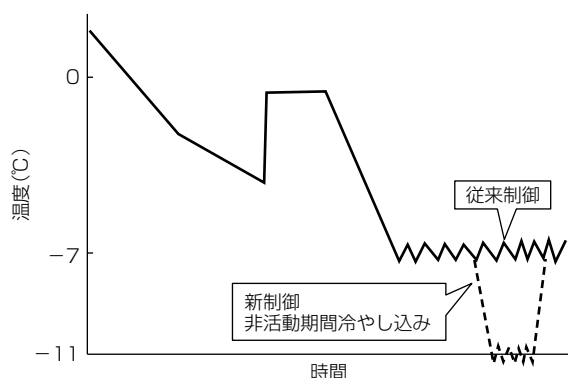


図7. 切れちゃう瞬冷凍 A.I.の新温度制御仕様



図9. おまかせA.I.自動設定

同等の値になり、新制御では、従来制御2週間の保存品質を3週目まで維持可能にした(図8)。

6. おまかせA.I.自動

2019年モデルでは、“氷点下ストッカーD”や“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”などの機能は操作パネル上のそれぞれのアイコンで設定する必要があるが、複数設定が手間、最適な設定が分からないといった指摘を受けていた。2020年モデルでは、そういった声に応えて、“おまかせA.I.自動”設定を追加した(図9)。この機能は、ワンタッチで各部屋の機能を一括設定可能で、各部屋の使用状況をAIが分析して、顧客の生活パターンを予測し、自動で機能のON/OFFを行う。各部屋の独自機能ON/OFFをAIが自動で設定することで、顧客の生活スタイルに合わせた最適設定を提供可能にした。

7. むすび

独自機能“氷点下ストッカーD”と“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”と当社開発のAI技術を組み合わせることで、二つの独自機能について、保存期間延長を実現した。さらに、これらの機能を簡単に設定できる“おまかせA.I.自動”を追加し、より便利に使い勝手が向上した三菱冷蔵庫“MXシリーズ”を2020年1月31日に発売した。

今後も、“家事をもっとラクに楽しく”をコンセプトにして、顧客の様々なライフスタイルに寄り添う冷蔵庫の開発に取り組んでいく。

共働き世帯を応援する電子レンジ機能搭載IHクッキングヒーター“レンジグリルIH”

高砂英之*
Hideyuki Takasago

北古味 壮†
So Kitakomi

伊藤大聡*
Hiroaki Ito

小林昭彦†
Akihiko Kobayashi

"THE RANGE - GRILL - IH" : IH Cooking Heater with Microwave Oven Function to Support Double-income Households

要 旨

近年、共働き世帯の増加によって、様々な生活スタイルに合わせた家事分担が求められている。共働き世帯では朝の忙しい朝食準備や帰宅後の夕食準備が非常に高い負担になっており、おいしい料理を短時間で調理することが求められている。

三菱電機は、男女共同参画を推進する視点で“時短”“健康的な料理”“普段、調理をしない人や苦手な人にも使いやすい”を目標とし、2020年秋に世界初^(注1)の電子レンジ機能を搭載した“レンジグリルIH”の“RE-320SRシリーズ”と“RE-220SRシリーズ”を発売する。IH(Induction Heating)クッキングヒーターのグリル部にグリルと電子レンジ機能を

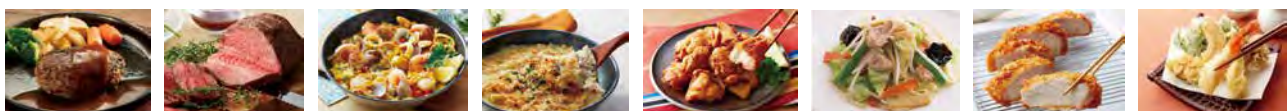
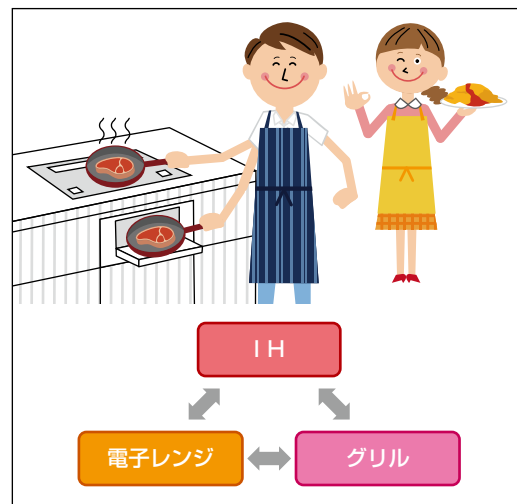
を集約し、使いやすさの向上に加えて、各機能を連携させた“リレー調理”を実現した。この“リレー調理”はIHクッキングヒーターと電子レンジとグリルをメニューによって効率よく使い分けることをアシストする。これを実現するためにIHコイル制御基板の薄型化や冷却構造の見直し、部品構成の見直しを行った。安全性はもちろんのこと、使いやすさでは、音声ナビゲーションを標準搭載し、操作表示部の見やすさや手入れのしやすさも考慮した。この製品の“時短”調理によって、子供と接する時間や自分の趣味の時間が増えて、ゆとりある充実した生活を送ることができる。

(注1) 2020年10月現在、三菱電機調べ(家庭用ビルトイン型IHクッキングヒーターで)

IHクッキングヒーター、グリル、電子レンジを効率よく組み合わせて調理する“リレー調理”によって“時短&おいしさ”を実現



グリル部にグリルと電子レンジ機能を集約



ハンバーグ ローストビーフ パエリア グラタン 鶏から揚げ 野菜いため とんかつ 天ぷら

定番8メニューは選んでスタートするだけで、IH加熱とレンジグリルの火加減を自動制御。表面も中もおいしい焼き上がりになる。

“レンジグリルIH”のリレー調理によるメリット

子育てや仕事で調理の時間が限られた共働き世帯でも健康的でおいしい料理を家族に振る舞うことができる。また、普段、調理をしない人や苦手な人にも使いやすいので、家族の家事分担をアシストする。ローストビーフなどの火加減が難しい料理でも音声ナビゲーションなどで調理手順をアシストする。

1. ま え が き

人口減少と少子高齢化に伴い、新設住宅の減少が進んでおり“キッチンコンロ”全体の国内需要は減少している。しかしながら、IHクッキングヒーターの国内需要は、2019年度で78.7万台(前年比102%)と安定しており、今後も買い替え需要の増加によって緩やかに推移していくと予想される。その要因として、火を使わないことによる高い安全性と清掃性が挙げられる。また、電磁誘導作用によって鍋底部分の金属が直接発熱するため、ガスコンロと比較してキッチンの空気を無駄に暖めることがなく、調理時の快適性も保ちやすいという点もメリットである。本稿では、世界初の電子レンジ機能を搭載したレンジグリルIHのさらに使いやすさを向上させる新しい機能について述べる。

2. 共働き世帯が抱える調理課題と解決策

1980年以降、共働き世帯は年々増加し、1997年以降は共働き世帯が男性雇用者と無業の妻からなる世帯を上回っている(図1)⁽¹⁾。男性の家事の参画については、家事、育児関連に費やす時間が他の先進国と比較して低水準であり、調理分担が進んでいない現状があるため、家事時間の効率化が重要になっている。また、共働き世帯の調理に関する三菱電機の調査では、約7割の世帯が電子レンジを頻繁に使用していることが分かっている(図2)。しかし、朝の忙しい時間の中で弁当を作る際に1台の電子レンジだけでは

は足りなかったり、電子レンジとIHクッキングヒーターの設置場所が離れていて鍋や調理皿の移動がしにくかったり、電子レンジに関する課題があった。メニューに関する調査では、炒(いた)め物やレトルト食品などの時短メニューが多くなりがちであることや、新しいレシピに挑戦するための時間がなくなって食のマナー化による子供の栄養の偏りが心配されていることも分かった。IHクッキングヒーターに電子レンジ機能を搭載することで、これら共働き世帯が抱える課題を解決できると考えた。

3. 電子レンジ機能の搭載

3.1 IHコイル制御基板の薄型化

電子レンジ機能では、マイクロ波を発生させる“マグネトロン”とそれを駆動させるための“インバータ電源基板”が必要である。この二つの部品をIHクッキングヒーターのグリル部に搭載するためには従来、グリル部の横に設置していたIHコイル制御基板とIHコイルを移動させなければならぬ。IH上部の機器構成を見直して、高さ約40mm内に収まるように薄型化し、IHコイル制御基板とIHコイルを集約することでマグネトロンとインバータ電源基板の設置スペースを確保した(図3)。

従来のIHコイル制御基板はスイッチング素子冷却用の放熱フィンの高さが約65mmありIH部への搭載ができなかった。コイルなどの大型部品の低背化やスイッチング素子の放熱フィンへの取付け方法の変更で、IHコイル制御基板を約20mmの高さに薄型化した(図4)。

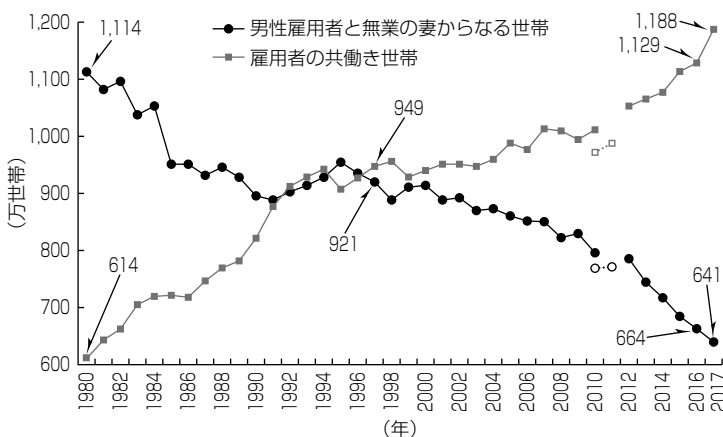


図1. 共働き等世帯数の推移⁽¹⁾

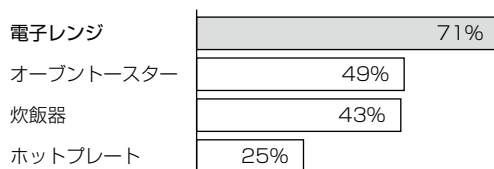


図2. 使用頻度が高い家電

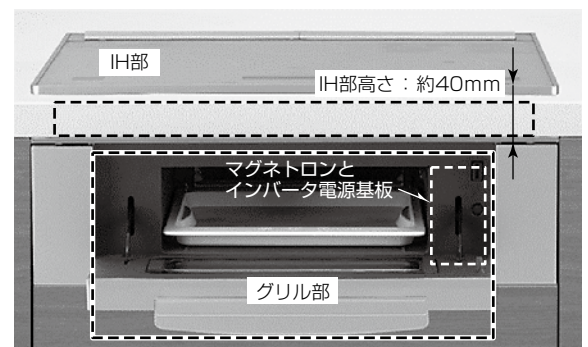


図3. IH部高さ約40mmへの機器構成の見直し

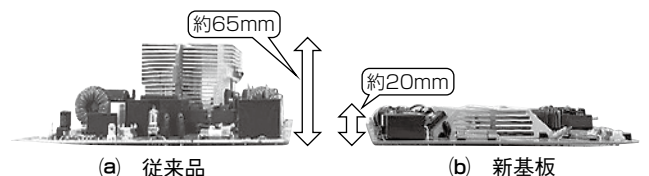


図4. IHコイル制御基板の比較

3.2 熱流体解析による冷却構造

レンジグリルIHの冷却では、レンジグリル動作時にグリル加熱調理の発熱の影響とレンジグリル回路、マグネトロンの冷却ファンの動作に伴う冷却風量の変動が懸念されたため、熱流体解析による検証を開発の初期段階で実施した。レンジグリルの動作によってIH冷却ファンの風量が落ちて冷却されない可能性があるため、風路を調整してIH筐体(きょうたい)の薄型化と目標とする風量を実現した(図5)。また、冷却ファンの吸気温度がレンジグリルの加熱によって約70K上昇する解析結果になったため、筐体内部を介さず、外側からだけ吸気することにして、約30Kの低下を実現した(図6、図7)。

3.3 レンジグリル加熱

従来のグリルは上下からヒーターで加熱する方式であり、大きな肉など、厚みのある食材の調理では、表面だけが焦げてしまい、中が焼けていないことがあった。食材の中までしっかりと加熱するために、加熱時間を延ばすと、水分

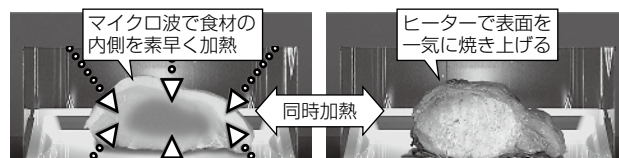


図8. レンジグリル加熱のイメージ

が飛び、パサパサとした仕上がりになってしまうことが多かった。レンジグリル加熱では、食材の水分を残しながら中までレンジ加熱でしっかりと加熱し、ヒーター加熱で外側を香ばしく仕上げるができる。

近年、大型店舗や通販などで食材をまとめ買いし、冷凍保存する家庭が多いと言われている。従来のグリル加熱では未解凍のまま調理すると表面は焦げているが、中が生焼けという状態になってしまう。また、電子レンジを使用して解凍した後、フライパンなどへ移し替えるのは手間と時間が掛かってしまっていた。

この製品のレンジグリル加熱では、冷凍保存した食材をグリルに入れ、レンジ加熱で解凍した後、ヒーター加熱で表面を一気に焼き上げることができる(図8)。食材を移し替えることなく、中までしっかりと加熱し、手間と時間を節約することが可能になった。最近では手軽に総菜を活用する生活スタイルが定着しており、コロッケなどの再加熱をするときも、下側に油分が溜(た)まらず、中まで温めながら揚げたてのようなサクッとした表面の仕上がりを実現した。

4. リレー調理による時短

4.1 IHからレンジグリルへのリレー調理

ハンバーグなどの肉料理は表面に焼き色が付いていても中が生焼けになってしまい、火加減が難しいメニューの一つである。レンジグリルIHの“リレー調理”では、IH加熱で表面に焼き色を付けることで肉汁を閉じ込めた後、レンジグリル加熱で中までしっかりと加熱する。取っ手着脱式のフライパンを使うことで、IH上面からグリル部へ手間なく移動することができる。従来のIH加熱だけの調理時間と比較し、約33%削減を実現した(図9)。

4.2 レンジグリルからIHへのリレー調理

から揚げやとんかつなどの揚げ物は、調理中、目が離せないため、非常に負担が大きい。特に夏場などはキッチン全体が高温の環境になるため、不快感も増す。この製品の“リレー調理”では、IH加熱で油の予熱を行っている間に、グリル部のレンジ加熱で食材を加熱するため、揚げ時間を大幅に短縮することが可能になった。従来のIH加熱だけの調理時間と比較して約25%削減を実現した(図10)。

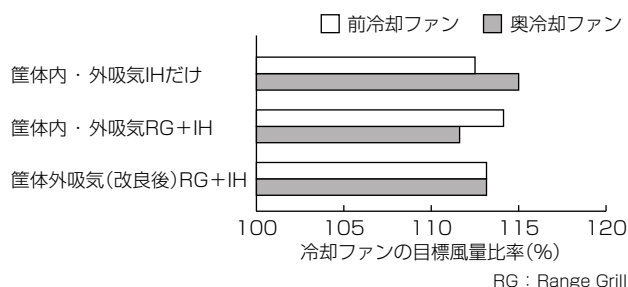


図5. IH部冷却ファンの目標風量比率

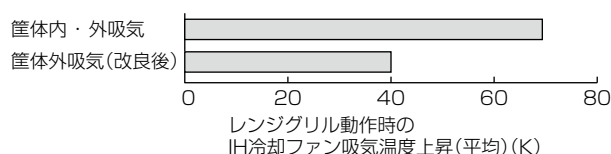


図6. レンジグリル動作時のIH部冷却ファンの吸気温度上昇

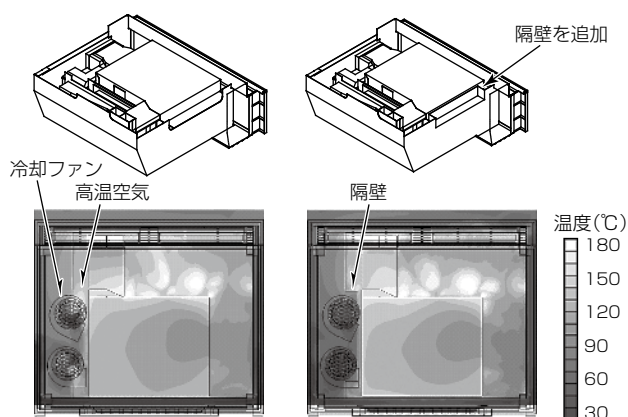


図7. 吸気風路とIH部冷却ファン吸気風路断面の温度分布

従来IH	約15分	IH加熱
レンジグリルIH	約10分	IH加熱→レンジグリル加熱

図9. ハンバーグ調理時の時短効果

従来IH	約20分	揚げ物(予熱)→揚げ物(4分30秒×3回)
レンジグリルIH	約15分	揚げ物(予熱)→レンジ加熱→揚げ物(2分30秒×3回)

図10. から揚げ調理時の時短効果

従来IH	約273Wh	2L湯沸かし(4分)→ゆで(2分)
レンジグリルIH	約23Wh	レンジ加熱(1分30秒)

図11. ほうれん草調理時の時短効果

4.3 レンジ加熱によるゆでもの

ほうれん草などの葉菜をゆでる場合、従来は湯をIH加熱で沸かしてゆでる方法が一般的であったが、葉菜をラップに包みレンジ加熱することで調理が可能である。湯を沸かす必要がないため、IH加熱で湯を沸かしてゆでる方法に比べて消費電力約92%削減を実現した(図11)。

5. 安全性と使いやすさの向上

5.1 安全性への配慮

IHクッキングヒーターはガスコンロと比較して加熱中であることが判別しにくい。高温になった箇所に触れてしまうおそれがある。この製品は、IH天板の中央に搭載したLEDとアイコン表示によって高温箇所を一目で認識できる。また、グリル部を加熱した際には、取り出し時に高温の箇所に触れないように中央の液晶表示部と音声によって注意を喚起する機能を搭載している。

5.2 視認性を配慮した操作表示部と音声ガイド

天面の中央に搭載した視認性の高いフルドット液晶で大きな文字を表示する。また、音声ガイド機能を標準搭載し、温度設定や次の操作を知らせる(図12)。健常者だけでなく、目の不自由な人も安心して使うことができる。さらに、目の不自由な人は、通常の音声よりも速度が速い方が聞きやすいという場合も多く、音量の変更に加えて話速の変更にも対応している。

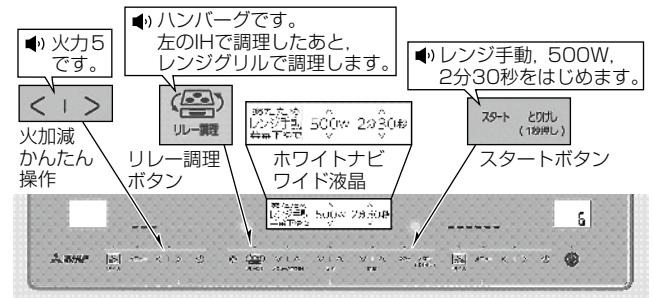


図12. 音声ナビゲーションと連動した操作表示部



図13. 清掃性と使いやすさに配慮したフラット庫内

5.3 タッチキーの感度の調整機能

操作表示部については、清掃性を重視し、静電容量式のタッチキーを天面ガラスに採用している。ユーザーによってはタッチキーを操作する感覚に好みがあるため、タッチキーの感度を10段階に設定できるようにし、ユーザーに合った使い方ができるようにした。

5.4 手入れ

レンジグリルIHでは、電子レンジ機能を搭載した新しい加熱方式によって、図13に示すように段差が少ないシンプルな庫内形状で、拭きやすく、清潔に保つことができる。また、付属のセラミック製のグリル皿を使用することで、調理後の手入れが楽になり、短時間に後片付けが終わる。

6. む す び

共働き世帯の現状の課題や生活スタイルを考慮し、調理での時間を節約するレンジグリルIHを開発した。この製品によって忙しい暮らしの中にもゆとりある充実した生活を送ってほしい思いがある。コロナ禍でテレワークが進み、家庭で調理する時間も増えてきている。男女共同参画の視点でこれまで調理をあまりしていない人にも使用してもらいたいと思う。三菱電機は、これからの生活スタイルに合わせた商品開発を進めていく。

参考文献

- (1) 内閣府 男女共同参画局：男女共同参画白書 平成30年版
http://www.gender.go.jp/about_danjo/whitepaper/h30/zentai/index.html

屋外と屋内の境界をなくす， 青空を再現した照明器具“misola”

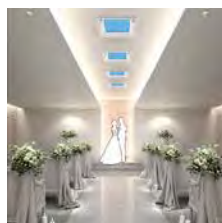
成田瑞恵*
Mizue Nariita

Lighting Equipment "misola" to Reproduce Blue Sky

要 旨

2016年に国連の持続可能な開発目標(SDGs)が発表され、その目標の一つに“GOOD HEALTH AND WELL-BEING”が挙げられた。WELL-BEING(ウェルビーイング)とは“幸福”“健康”を表しており、ここ十数年の建築設計に求められてきた環境問題への貢献に加えて、健康的で快適であるという人を中心にした評価が必要とされ始めている。時代の要求に応じて新しい目標が発表されるように、照明器具の技術も時代の要求とともに白熱灯から蛍光灯へ、そしてLEDへと移り変わり革新を続けてきた。省エネルギー性能も高まり、LED照明はZEB(net Zero Energy Building)に対応できるまでに進化を遂げている。このように大きく変貌を遂げている照明技術だが、照明器具で得られる屋内の光と窓から得られる自然光とは別々にとらえ

られ、この二つは同じ光を得る手段でありながら、はっきりと区別をされてきた。照明器具は自然光にはない利便性を軸に進化してきたが、本来の人が求める心地よい明かりとは何かという問いに対して、この二つの境界をなくして快適性と機能性を兼ね合わせた光を追求した照明器具“misola(みそら)”を開発した。misolaは、青空と同じレイリー散乱を応用して青空の色と奥行き感を再現することで心地よさを感じさせながらも、日の差し込みを表現しながら照明器具として実用的な照度も確保した。さらに調光制御することで時の移ろいを感じさせるなど、今の照明器具にはない快適性を実現した。また施工性を高める薄型化によって広い範囲の建築への設置を目指した。



青空を模擬する照明 misola

新しい照明の可能性

照明器具でありながら本物の窓と認識されるほど、再現性の高い青空によって従来にはない開放感と心地よさを感じさせることを追求した。窓やトップライトをどのフロアにも提案できるという建築の制約を最小限に抑えることで、閉塞しがちな空間でも広がり感を与え、コミュニケーションを活性化し、より快適な空間づくりを目指した。ユーザーが好みの青空や明るさをリモコンで簡単に設定できるなど、照明器具としての利便性も備えた。

1. ま え が き

窓からのぞく青い空を、青空と同じ原理を応用して再現した照明器具“misola”について述べる。2章では製品の特長を述べ、3章では慶應義塾大学と共同で行った効果測定実験について述べ、4章では実空間で想定される“misola”の展開や今後の期待について述べる。

2. 青空を再現する技術

2.1 レイリー散乱の再現

晴れた日中に空を見上げると青空が広がっている。私たちにとって見慣れた自然の光景であるが、これは太陽光が大気圏に入射した際に大気分子にぶつかり散乱することで起きる現象である。この現象をレイリー散乱と呼ぶ。もともとは白色である太陽光が大気分子で散乱した際に、赤く長い波長の光よりも、青く短い波長の方が強く散乱する。そのため青い光が私たちの目に届き、日中の空は青く見える。“misola”では本物と見分けがつかない青空を再現するために、器具内の樹脂パネルに光の波長よりも細かい微粒子を封入して光を入射させることで、大気同様のレイリー散乱を器具内で起こしている。またレイリー散乱は“misola”の再現する青空の広がり感にも寄与している。青空の色は映像ディスプレイを用いても再現可能だが、人の目が持つ分解能は非常に高く、ディスプレイの画素に焦点が合ってしまうと無意識にディスプレイとの距離を認識してしまう。そのため青空の映像を見ても空の広がりや奥行きを感じることができない。しかし、“misola”に封入した微粒子は非常に細かく視認できないため人の目は発光点に焦点を合わせられず、距離感を認識できない。微粒子によるレイリー散乱を起こすことで本物の青空に感じられるどこまでも広がる奥行きを再現している(図1)。

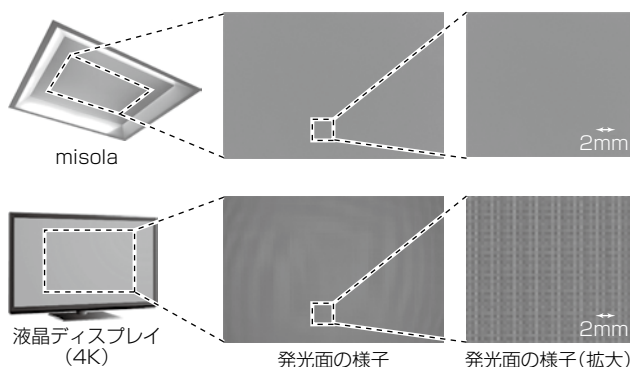


図1. 焦点の合わない広がり感

2.2 薄型化による施工性の追求

従来もレイリー散乱を再現した製品はあったが、均一な光を散乱体に向かって照射する必要があるため、均一さを保つため光源と散乱体にはある程度の距離が求められていた。この距離を確保するために、製品の厚みが300~700mm程度になり一般的なオフィスの天井に埋め込むには厚さが障害になっていた。この厚みの問題解決に貢献したのが“エッジライト方式”と呼ばれる、液晶テレビの開発で培われた薄型化技術である(図2)。

この技術を応用し、光源をパネルの両脇に置くことでむらのない発光を可能にしながら“misola”の厚みを一般的な埋め込みの照明器具と同程度の120mmまで抑えることができた。これによって照明器具としての施工性を確保し、薄型化によって広い範囲での設置が可能になった。

2.3 照明器具としての制御

青空を再現する技術を高めると同時に、照明器具としての使いやすさや、利便性のバランスが開発の要になると考えた。室内へ自然光を得ようとした場合、強すぎる自然光は眩(まぶ)しさや不快感を生むため、光エネルギーの取り込みをブラインド等で調整をする必要がある。また窓際とそれ以外の場所との輝度の対比が強すぎると、他のエリアに暗がり感を覚えやすくなるなど、光環境を崩すおそれもあるため、極端な輝度は避ける必要がある。青空の心地よさを再現しながら、室内光源としての実用性のバランスをどう取るべきかが重要であると考えた。そこで、窓から差し込む光を感じさせるよう器具のフレームを適度な輝度で発光させて、実用的な照度を得るため、その光から一般的なグリッド照明と同様の4,000lm程度の光束量を確保することにした。自然光の差し込みを表現することで、青空の再現性を高めながら、照明器具として十分な光束量を持たせて、室内に必要な照度を得ることができた。

また一般的なLED照明と同様に、有害とされる紫外域、赤外域の波長を含んでいないため、自然光による日焼けや色焼けが懸念される場所に対しても使用できる。加えて空を感じさせるために空の中にある、時の移ろいも制御によって表現することも実現した。器具開発と並行して、専用の制御機器の開発も進め、器具内のLEDを調光するこ

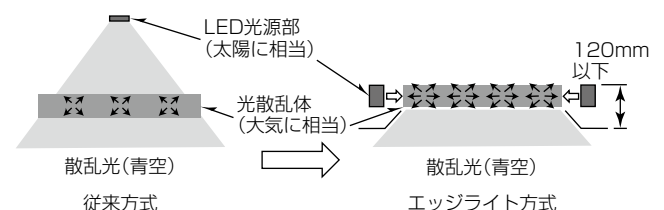


図2. エッジライト方式による薄型化

とで朝焼けから夕焼けまでの一日の流れのスケジュール制御を可能にした。この制御は、地下や窓を設置できないエリアでも、屋外の時間の流れを感じさせることができると期待している。このように、青空の再現性と照明器具としての使いやすさをバランス良く兼ね備えたことが“misola”の特長である。

3. 効果測定実験

“misola”の開発を進める中で、青空を模擬する照明器具による人体への影響や効果を検証した。通常の居室エリアに照明器具を設置し、長期使用した場合のリラックス効果や、休憩時など一時的使用をした場合のリフレッシュ効果など、使用方法による効果の比較を目的にして、慶應義塾大学理工学部の満倉靖恵教授と共同で効果測定実験を行った。

3.1 実験方法

3種類の照明条件(図3)を設定し、30分の順化の後、それぞれの環境下でアンケートを取った。脳波計測を行いながら15分の作業2回の間に2分の休憩1回を1セットとして、これを15分の休憩を挟みながら2セット繰り返して実験を行った。作業の内容はクレペリン検査とマインドマップ作成である。実験フローと照明条件を表1に示す。計測項目は脳波(感性アナライザ⁽¹⁾)、作業成績、心拍変動である。またどの照明条件も色温度4,000K／机上面照度600lxにそろえた。20代12名の被験者に対してこの実験を実施した。

3.2 実験結果

青空を模擬する照明の長期使用を想定した照明条件②と一時使用を想定した照明条件③で得られた結果をそれぞれ次に示す。

- (1) 照明条件②での結果
 - (a)初めて見たときのアンケートで、13項目全てで照明条件①より高評価であった(図4)。
 - (b)マインドマップ作成の回答数が上昇した(図5(b))。
 - (c)脳波の解析結果から、作業中のストレス値が低い傾向がある(図6(a))。

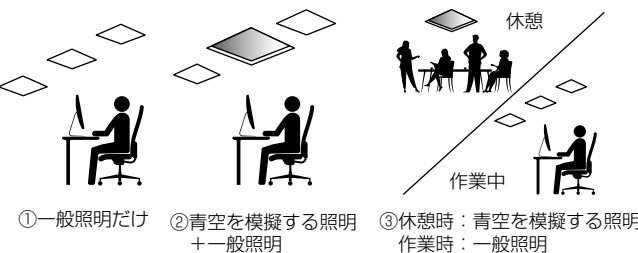


図3. 3種類の照明条件

- (2) 照明条件③での結果
 - (a)脳波測定の結果から作業中の沈静値が高い傾向(心が穏やか)であった(図6(b))。
 - (b)クレペリン検査の回答数が上昇した(図5(a))。
 - (c)脳波の解析結果から、作業後のストレス値の増加が抑えられる傾向がある(図7)。

表1. 実験フローと照明条件

実験フロー	時間(分)	照明条件		
		①一般照明だけ	②青空を模擬する照明＋一般照明	③休憩時：青空を模擬する照明 作業時：一般照明
順化	30.0		一般照明	一般照明
アンケート 脳波測定	5.5			青空を模擬する照明だけ
クレペリン検査	15.0			一般照明だけ 色温度4,000K／机上面照度600lx
小休憩	2.0			青空を模擬する照明だけ
マインドマップ作成	15.0	一般照明だけ	青空を模擬する照明＋一般照明	一般照明だけ 色温度4,000K／机上面照度600lx
休憩	15.0	机上面照度色温度4,000K／机上面照度600lx		青空を模擬する照明だけ
クレペリン検査	15.0		色温度4,000K／机上面照度600lx	一般照明だけ 色温度4,000K／机上面照度600lx
小休憩	2.0			青空を模擬する照明だけ
マインドマップ作成	15.0			一般照明だけ 色温度4,000K／机上面照度600lx
小休憩	0.5			青空を模擬する照明だけ
合計実験時間	115.0			

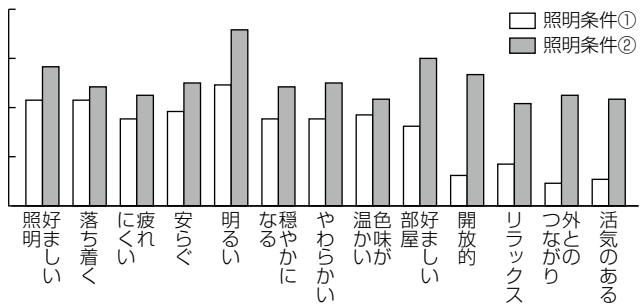
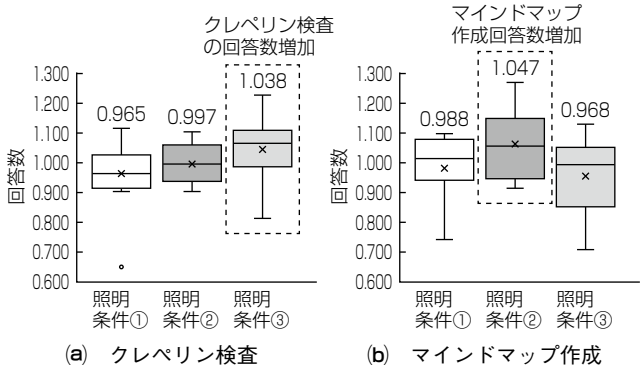


図4. 初めて見たときのアンケート結果



(a) クレペリン検査 (b) マインドマップ作成

図5. 作業成績結果

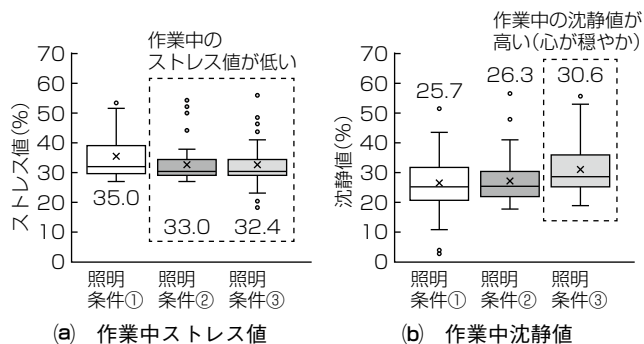


図6. 作業中の脳波測定

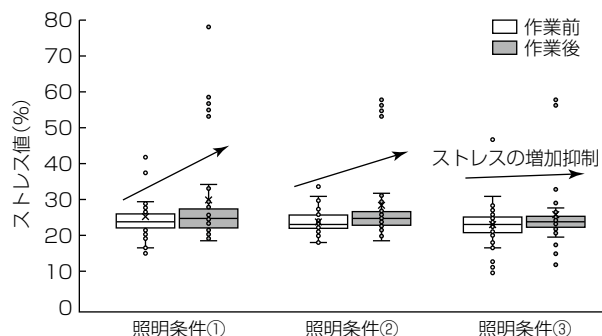


図7. 脳波解析による作業前後のストレス値

3.3 実験のまとめ

得られた実験結果からは，青空を模擬する照明を長時間使用した場合と，一時的に使用した場合，ともに作業中のストレス値が低い傾向が見られた。合わせて次のような異なる傾向も見られた。

- (1) 照明条件②で使用した場合，ストレス値を抑えて，発想力を高め活性化に向かわせる傾向があった。
- (2) 照明条件③で使用した場合，リフレッシュ効果が期待され，その後の作業で心を落ち着け集中力を高めて，そしてストレスの増加を抑える傾向が見えた。

4. 想定される“misola”の活用方法

従来窓を設置できなかったエリアにも青空を持ち込むことによって，今までにない活性化や安らぎのある空間を創造できると期待している。3章の実験で得られた結果も踏まえて，様々な空間での活用方法と，これからの“misola”への期待を述べる。

4.1 会議室での活用方法

閉鎖的な空間になりがちな会議室で，一般照明と“misola”を組み合わせることで，開放感を覚えながら会議を活性化させ，発想力を高める効果を期待する。また，制御機器と組み合わせることで，会議の開催者の意図に合わせた制御でより効果を高める。会議の場面に合わせた空間照明をユーザーがリモコン操作で容易に切り替えられる



図8. 場面に合わせたユーザーによるリモコン制御

ことで(図8)，意思決定を行うようなオフィシャルな会議のときは，青空のすっきりとした空間を作り，アイディアミーティングのような発想力が求められる場面では，夕方のリラックスした空間を作るなど場面に合わせた運用が可能になる。

4.2 コンサートホールでの活用方法

演奏・上演中は照明を落とすなどのコントロールが求められるコンサートホールや劇場のような空間では，窓の設置は難しい。しかし窓のない閉鎖的な空間は娯楽施設でありながら，入場者に緊張感を覚えさせるおそれがある。“misola”をハイスайдライトのように高い壁面に設置することで開場から開演までの時間は青空の演出によって開放的な心地よさを感じさせ，演奏中は他の照明と同様に消灯させることでステージの演出を邪魔することはない。さらに終演後の空の色をスケジュール管理することで時間の移ろいも感じさせることができると考える。照明のコントロールが必要なために窓を設置できない施設に新しい選択肢となることが期待される。

5. むすび

ICT(Information and Communication Technology)の技術向上に伴って，どこで働いても良いABW(アクティビティ・ベースド・ワーキング)という制度を導入している企業も増えており，労働環境に限らずどこで何をするかの自由度は大幅に向上している。その中で“どこを選ぶのか。”という問いに対し，軸になるのはその活動にふさわしい快適性と，コミュニケーションの場ではないかと考える。人が集まって新しい価値が生み出されるとき“misola”の快適環境の創造は，柔軟にそれぞれの要求に応えるポテンシャルを持つものであると期待する。

参考文献

- (1) ㈱電通サイエンスジャム：感性アナライザ
<https://www.dentsciencejam.com/kansei-analyzer/>

入退室管理システムと連携した換気量制御

和田 誠*
Makoto Wada

Ventilation Control Linked with Access Control System

要 旨

入退室管理システムと換気装置を連携させて在室情報に基づいた換気装置の最適風量制御を開発し、実オフィスでの実証試験で省エネルギー効果を検証した。

オフィス等の居住空間は換気によってCO₂(二酸化炭素)濃度を1,000ppm^(注1)以下にすることが「ビル管法(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)」で義務付けられている。また、ウイルス感染症対策としても、居住空間の適切な換気が求められている。換気装置の風量を上げることによってCO₂濃度を低減できる一方、空調機が冷房や暖房に要する消費エネルギーが増大することが課題である。在室人数が少ない場合には室内のCO₂濃度が低いいため、換気装置の風量を下げてもCO₂濃度を1,000ppm以下に維持でき、省エネルギーが可能になる。

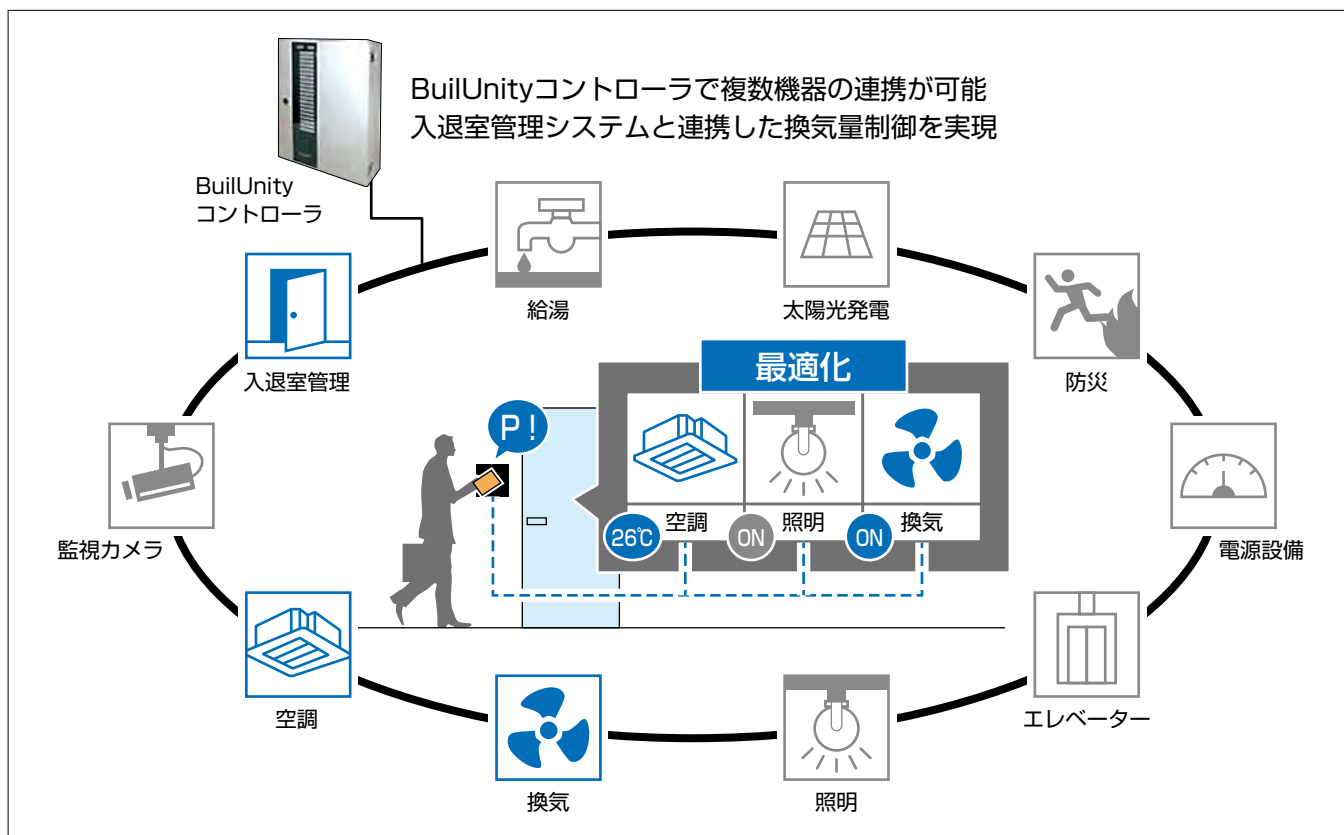
三菱電機のビル統合ソリューション“BuilUnity(ビルユニティ)”は中小規模ビルを対象にした設備監視、制御、入退室管理などの様々なシステムをBuilUnityコントローラで一括管理し、設備の連携・制御を行う。これによって入退室管理システムと換気装置の連携制御を実現する。

実オフィスで実証試験を行った結果、CO₂濃度を1,000ppm以下に維持しつつ、従来の定格換気風量での運用に対して、冬季は11.0%、夏季は6.5%の省エネルギー効果を確認した^(注2)。

この制御は、在室状況に応じた適切な換気を実現し、ZEB(net Zero Energy Building)の普及に貢献可能である。

(注1) 大気中の分子100万個中にある対象物質の個数である。

(注2) 建物、機器仕様、在室人数などで異なる。



BuilUnityコントローラによる入退室管理システムと連携した換気量制御の実現

BuilUnityコントローラを用いることで入退室管理、空調、換気、照明など、様々なシステムの一括管理が可能である。一括管理によるメリットの一つとして、セキュリティエリアの扉に設置される認証端末の情報に基づいた各機器の最適制御がある。入退室管理システムと連携した換気量制御では、CO₂濃度が1,000ppm以下、かつ、空調機と換気装置の消費エネルギーが最小になる最適換気風量制御を実現した。

1. ま え が き

入退室管理システムと換気装置を連携して在室情報に基づいた換気装置の最適風量制御を開発し、実オフィスでの実証試験によって省エネルギー効果を検証した。

オフィス等の居住空間は換気によってCO₂濃度を1,000ppm以下にすることがビル管法で義務付けられている。換気装置の風量を上げることでCO₂濃度を低減できる一方、空調機が冷房や暖房に要する消費エネルギーが増大することが課題である。在室人数が少ない場合には室内のCO₂濃度が低いため、換気装置の風量を下げてもCO₂濃度を1,000ppm以下に維持でき、省エネルギーが可能になる。

本稿では連携制御のシステム構成、空調システム省エネルギーの原理、実オフィスでの実証試験結果について述べる。

2. ZEB

近年、ZEB普及による省エネルギーの実現が世界的に期待されている。ZEBは図1(a)に示すように建物で消費する年間の一次エネルギーの収支(=機器の消費エネルギーと再生可能エネルギーの和)がゼロ以下の建物を指す。エネルギー消費量を75%以上削減した建物をNearly ZEB、50%以上削減した建物をZEB Readyという。さらに、延べ床10,000m²以上でエネルギー消費量が30~40%以上、かつ、未評価技術を導入した建物をZEB Orientedという⁽¹⁾。ここで、未評価技術とは経済産業省が指定する省エネルギーのための技術である(図1(b))。経済産業省は、ZEB設計ノウハウ確立を目的に、高性能建材や高性能設備機器

等の導入に際し、情報提供に協力する事業者に対して費用の一部を補助するZEB実証事業を行っている。事業採択の必要条件の中に、未評価技術15項目のうちどれか1項目以上の導入がある⁽²⁾。

未評価技術の一つが“CO₂濃度による外気量制御”であり、具体的には、CO₂濃度センサや画像センサ情報に基づき、在室人数に応じて適正な換気装置の外気導入を行うものである。

3. ビル空調システム

ビル空調システムは一般に、図2に示すように空調機(室内機+室外機)と換気装置、これらを一括制御する空調コントローラで構成される。空調機は室内の空気を吸い込み、室内に温調して供給し、換気装置は外気を室内に給気する役割がある。

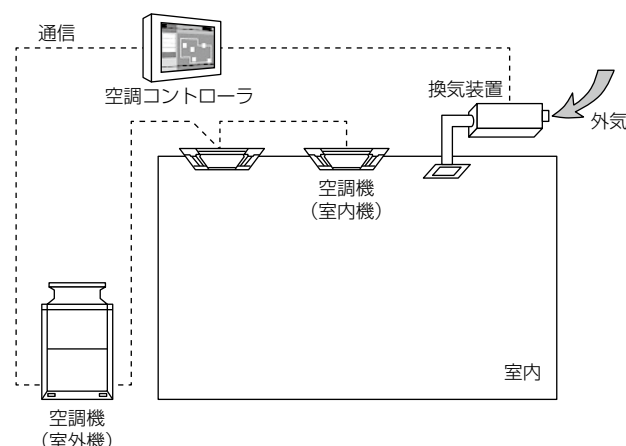


図2. ビル空調システム例

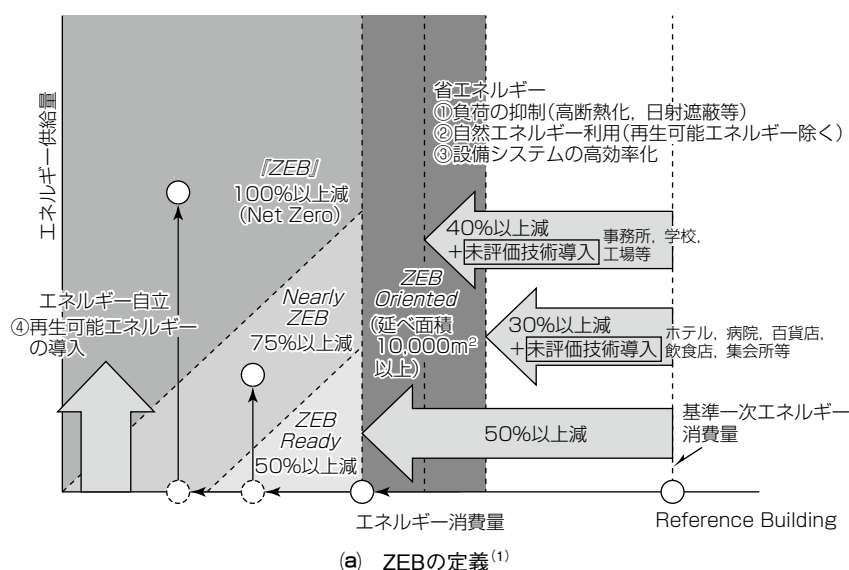


図1. ZEBの定義と未評価技術一覧

4. 換気量制御

図3に示す“BuilUnity”は、中小規模ビルを対象にした設備監視、制御、入退室管理、映像監視などの様々なシステムを1台のBuilUnityコントローラ(BUC)で一括管理し、設備の連携・制御を行う当社のビル統合ソリューションである⁽³⁾。この開発では、この中の電気錠制御盤(入退室管理システム)と空調コントローラ(換気装置)を連携させる。

図3を用いて換気量制御を述べる。認証端末や電気錠から入退室情報をBUCに入力する。BUCは入退室情報から集計される在室人数に応じて換気装置の風量設定を決定する。具体的には、空間のCO₂濃度が1,000ppm以下になる範囲内で、在室人数が多い場合は風量が大きく、少ない場合には風量が小さくなるように決定する。そして、BUCから空調コントローラを介して換気装置に風量設定が入力される。在室人数は時々刻々と更新され、換気装置の風量設定も定期的に変更される。このようにして、在室人数に応じた換気量制御が実施される。

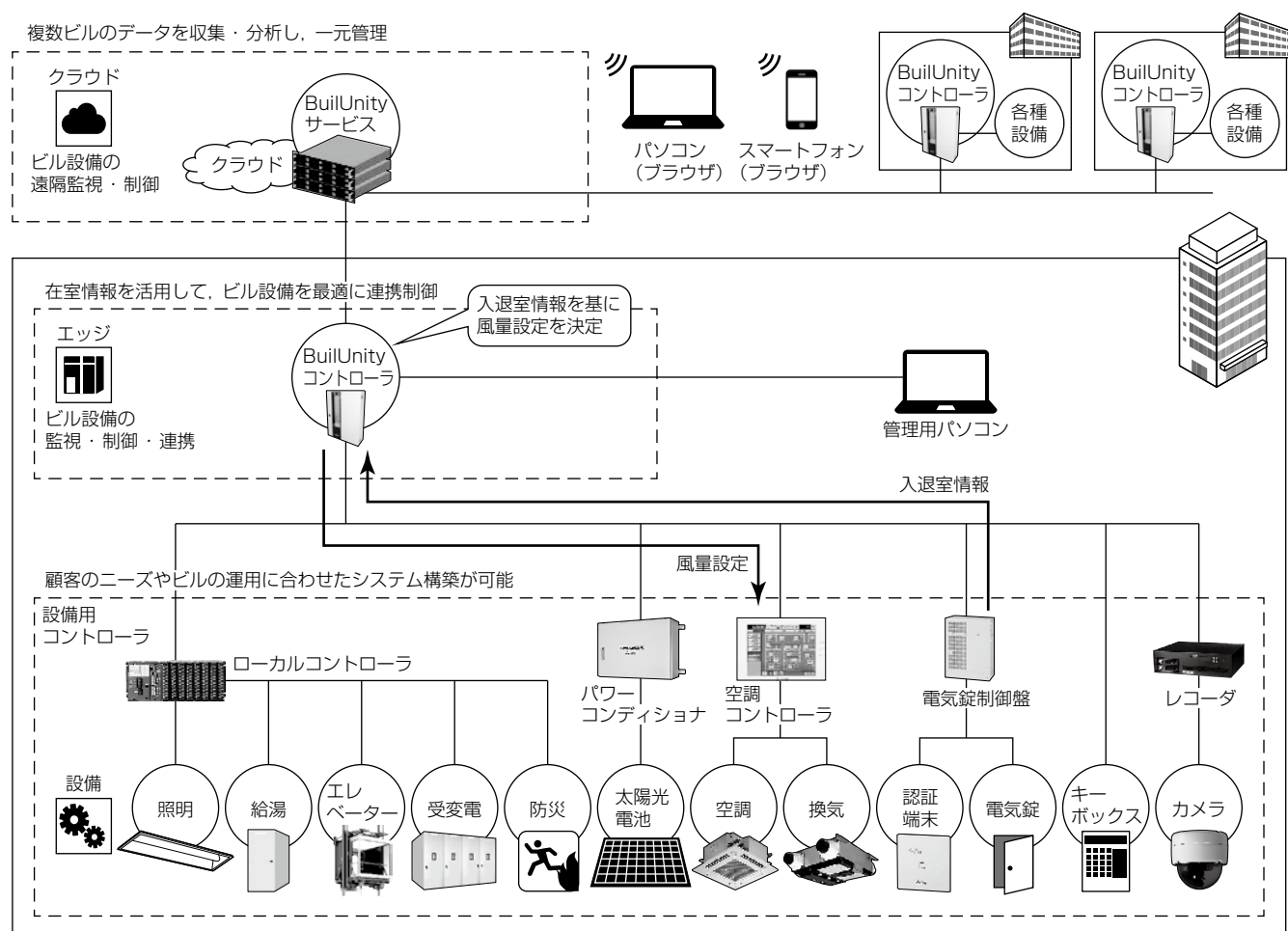
5. 換気量制御によるビル空調システムの省エネルギー

5.1 換気量制御による省エネルギー

1章に述べたとおり、室内のCO₂濃度低減と省エネルギーはトレードオフの関係にある。

一般に、換気装置は居住空間の最大人数でCO₂濃度がビル管法規定値の1,000ppm以下になるように、余裕を持ってサイズ(風量)や設置台数が決定される。しかし、実運用では、日や時間帯によって在室人数は変化し、最大人数より少ない在室人数になる状況も発生する。この場合、定格風量で全数運転を行うと、換気風量が過剰になる。すなわち、換気装置の風量設定を下げたり、運転台数を減らしてもCO₂濃度を1,000ppm以下に維持できる。

設計時の換気風量で運用した場合を“定格換気”，在室人数に応じて換気風量を下げて運用した場合を“換気量制御”とすると、換気量制御によって換気風量を定格換気の場合よりも減らすことができ、その結果、ビル空調システムの換気装置と空調機の消費エネルギーを削減でき、省エネ



ギーになる(図4)。

5.2 実証試験

実オフィスで定格換気と換気量制御の消費エネルギー及びCO₂濃度比較を行った。試験条件は次のとおりである。

- (1) 試験空間床面積：約1,400m²
- (2) 試験時期：冬季, 夏季
- (3) 試験時間：9：00～17：00

図5に換気量制御による空調機と換気装置合計の消費エネルギー(試験時間中の積算値)の削減を示す。冬季は11.0%，夏季は6.5%の消費エネルギー削減を確認した。

図6は、換気量制御で測定を行った日の在室人数と換気風量の時間変化である。換気風量は在室人数に応じて変化しており、かつ定格換気風量以下になっていることが分かる。また、図7に示すようにCO₂濃度はビル管法の上

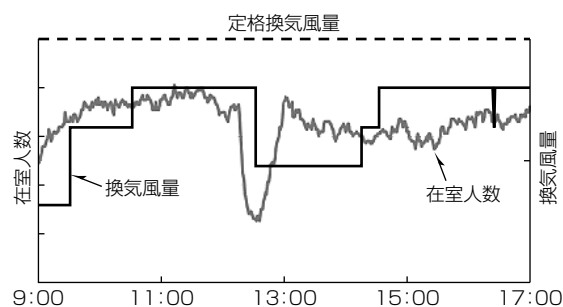


図6. 換気量制御時の在室人数と換気風量

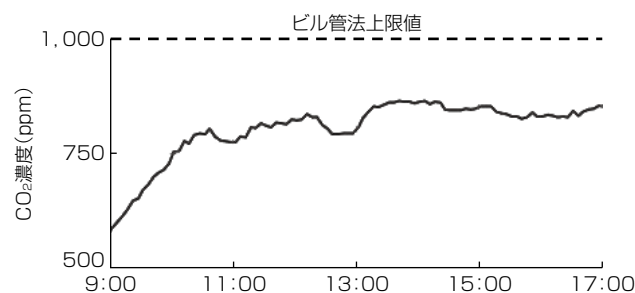


図7. 換気量制御時のCO₂濃度

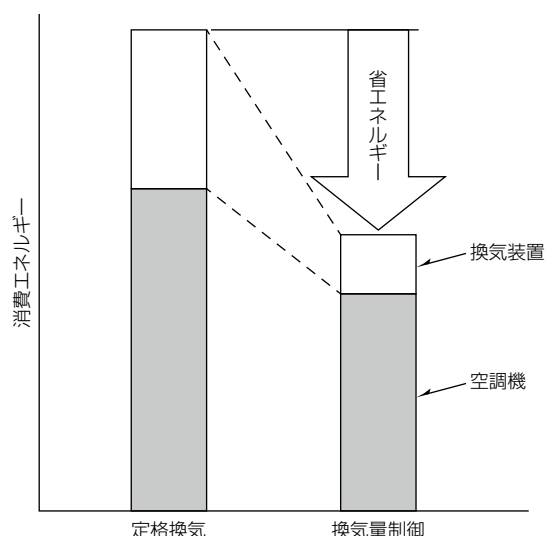


図4. 換気量制御による省エネルギー

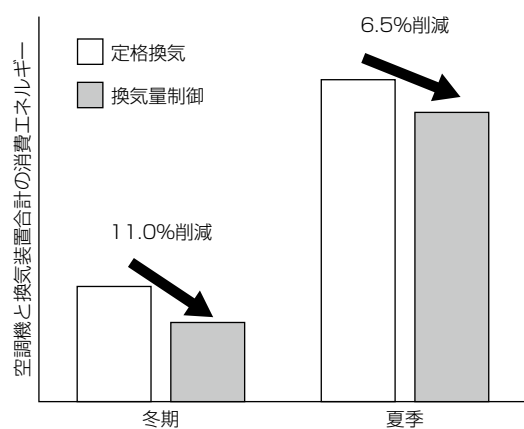


図5. 換気量制御による消費エネルギーの削減

限值1,000ppm以下になった。このことから、換気量制御によってCO₂濃度を1,000ppm以下に維持しつつ省エネルギーになることを確認できた。

6. む す び

入退室管理システムと換気装置を連携し、在室情報に基づいて換気装置の風量を低減することで、省エネルギーを実現する制御を開発した。実オフィスで実証試験を行った結果、ビル管法で規定されたCO₂濃度上限値：1,000ppm以下を維持しつつ、従来の定格換気に対して、冬季は11.0%，夏季は6.5%の省エネルギー効果を確認した。この制御は、ZEBガイドラインの未評価技術15項目の一つであり、ZEBの普及はもちろん、環境問題の解決にも貢献すると考える。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省資源エネルギー庁：平成30年度ZEBロードマップ委員会とりまとめ，17～18 (2018)
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/support/pdf/1903_followup_summary.pdf
- (2) 一般社団法人 環境共創イニシアチブ：令和2年度経済産業省によるZEB実証事業について (2019)
https://sii.or.jp/zeb02/uploads/R2ZEB_pamphlet_A4_2.pdf
- (3) 横田和典：ビル統合ソリューション“BuilUnity”，三菱電機技報，92，No.9，539～542 (2018)

“ヘルスエアー”技術による微生物抑制

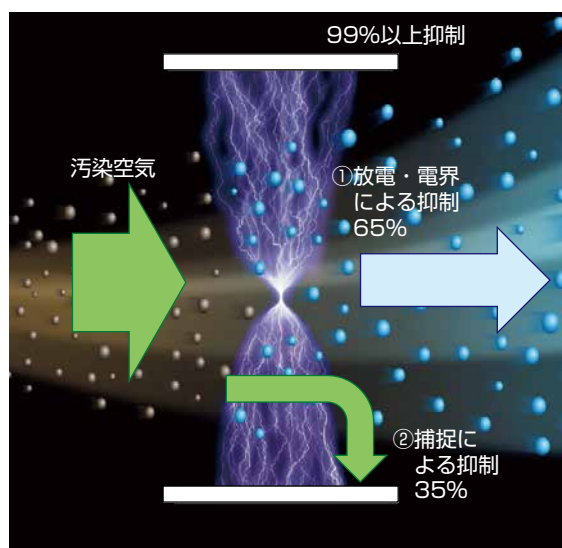
Microbial Control by "Health Air" Technology

要 旨

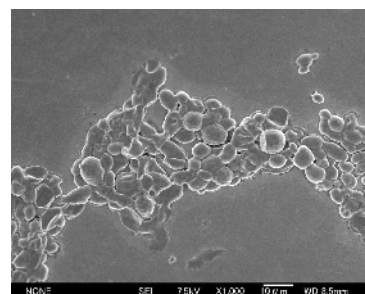
2002年から流行したSARS(Severe Acute Respiratory Syndrome)に端を発し、その後の新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の発生など、今後更なる新型ウイルス流行の懸念もあり、住環境での様々な場所で感染症予防が注目されている。三菱電機では、室内に浮遊するウイルスや細菌類の除去・抑制を高性能で実現する“ヘルスエアー”技術を開発し、国内外の各種製品に展開している。

“ヘルスエアー”技術を実現する“ヘルスエアー”機能ユニット(以下“HAユニット”という。)は放電部だけで構成している。HAユニットの一番の特徴は、放電電極のリボ

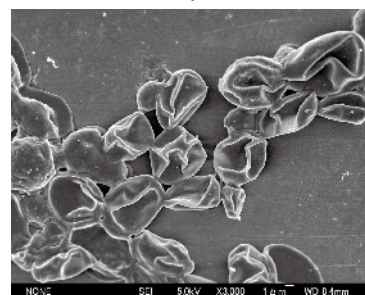
ン形状にある。この電極によって、通過する空気の広範囲が高い電界強度になり、効率向上が可能である。ウイルスに対する効果は、インフルエンザウイルスとノロウイルス代替のネコカリシウイルスで検証した。ネコカリシウイルスでは、通過するウイルスを全体では99%以上抑制し、その内訳として、放電・電界による抑制が65%、捕捉による抑制が35%になっている。放電・電界による抑制メカニズムは遺伝子損傷であり、RNAに対するダメージが主な作用機序であることが分かっている。また、捕捉された細菌・酵母の放電・電界空間内での状態を走査型電子顕微鏡で確認し、細胞表層に損傷を与えていることも確認した。



放電・電界空間でのウイルス制御



未処理



電圧印加

放電・電界空間内の酵母の状態

“ヘルスエアー”技術によるウイルス・酵母に対する効果

左図にヘルスエアー技術によるウイルス抑制効果のメカニズム(ネコカリシウイルスの場合)を示す。通過するウイルスを全体では99%以上抑制し、その内訳として、放電・電界による抑制が65%、捕捉による抑制が35%になっている。右図は捕捉した酵母の放電・電界空間内での状態を走査型電子顕微鏡で撮影した写真である。

1. ま え が き

空気中を浮遊する微生物の除去・抑制技術は、医療・老健施設や、食品工場、学校などの安全性・確実性の確保が必須とされる施設で重要視されてきた。近年では2002年から流行したSARSに端を発し、その後の新型インフルエンザウイルスの流行や、今回の新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の発生など、今後更なる新型ウイルス流行の懸念もあり、このような施設だけでなく、住環境での様々な場所で感染症予防が注目されている。対策品の一つとして挙げられる空気清浄機関連の市場は、このような背景によって拡大傾向にあり、必要とされる空気清浄能力は、基本性能である集塵(しゅうじん)能力、脱臭能力に加えて、ウイルスや細菌類の除去・抑制性能向上が必要になっている。

当社では、室内に浮遊するウイルスや細菌類の除去・抑制を高性能で実現するヘルスエアー技術を開発し、国内外の各種製品に展開している。

本稿では、ヘルスエアー技術の原理・特徴と微生物抑制効果について述べる。

2. ヘルスエアー技術の原理・特徴

室内に浮遊するウイルスや細菌類を除去する手段としては、家庭用空気清浄機に搭載されているHEPAフィルタ(High Efficiency Particulate Air Filter)などを使用した物理捕集タイプが最も用いられる。HEPAフィルタは、定格風量で粒径 $0.3\mu\text{m}$ の粒子に対して99.97%以上の粒子捕集率を持ち、 $0.02\sim 0.3\mu\text{m}$ のサイズであるウイルスも高捕集率で除去することが可能である。しかし、HEPAフィルタは、物理捕集タイプのため、風路をふさぐ形態での搭載になり、圧力損失が高く、送風機に対する負荷が高くなるという欠点がある。そのため、通気抵抗が小さく、低圧力損失にできる気中放電・電界を利用したヘルスエアー技術を開発した。

2.1 HAユニット

図1にヘルスエアー技術を実現するHAユニットを示す。図1の正面は風上側になっている。HAユニットは、放電部で構成される。図2に放電部を示す。放電部は放電電極と対向電極(GND)で構成される。放電電極には、当社オリジナルのタンゲステンリボン電極を使用し、対向電極にはステンレス板を採用している。放電電極には直流5～6kVの電圧が印加され、対向電極は接地されている。動作時は、電圧印加によって、放電電極と対向電極の間に強力な放電・電界空間を生成し、放電・電界空間を通過するウイル

スや細菌類、アレル物質を除去・抑制する。

通風方向には遮る物が少ないため、HEPAフィルタ等で課題になる圧力損失が低く、送風機に対する負荷が小さい。このHAユニットを送風機と組み合わせて使用することで、室内空気を清浄化する。

2.2 リボン電極の採用

HAユニットの一番の特徴は、放電電極のリボン形状にある。一般的な電気集塵等に用いられる放電デバイスでは、放電電極にワイヤ線や突起・針形状のものが採用される場合が多い。ワイヤ線は、線径を細くすることで、曲率半径を小さくでき、対向電極との間に不平等電界を生成しやすく、放電に適している。しかし、線径が細いほど、放電による電極劣化での切断の可能性が高くなり、安全性に懸念がある。また、メンテナンス時に電極を誤って切断してしまう可能性も排除できない。切断を回避するために線径を太くする方法があるが、その場合、放電電極に印加する電圧を高める必要があり、電気絶縁等の課題が発生する。突起・針形状の電極を使用した場合、これらの課題は解決するが、ワイヤ線と比較して厚みが増し、放電箇所が突起・針の先端に集中するため、経時的に先端が丸まっていくという課題があった。そのため、ワイヤ線と同等の放電のしやすさを備えつつ、ワイヤ線よりも放電による電極劣化に対する耐性があり、突起・針形状の電極よりも厚さが薄い、リボン電極を新規に採用した。



図1. HAユニット

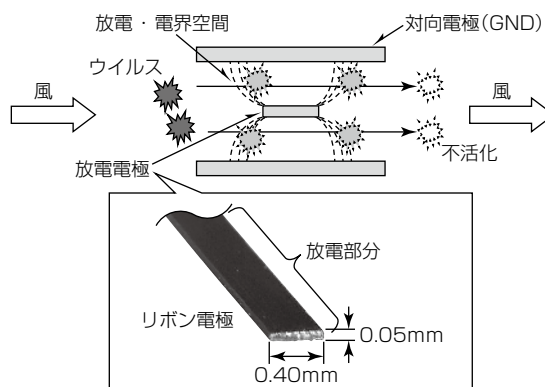


図2. 放電部

また、リボン電極はワイヤ線と比較し、電界強度が高く、高電界強度の範囲が広い。流体が電極間を通過する際に受ける電界強度の最小値(通過する空間内で電界強度が最も弱くなる電極端の垂直面での電界強度)を計算すると、リボン電極では、電界強度3,401V/cmに対して、ワイヤ線では、2,465V/cmであり、リボン電極の方がワイヤ線よりも電界強度が高く、高電界強度の範囲を空間内に広く生成できる。そのため、通過する空気の広範囲が高い電界強度になり、効率向上が可能である。

3. ヘルスエアー技術の効果

3.1 インフルエンザウイルスに対する効果と作用機序

インフルエンザウイルスに対する効果は、独立行政法人国立病院機構仙台医療センターと共同で評価した。バイオセーフティレベル2(BSL2)を扱うことができる内外室からなる二重のステンレス製陰圧実験チャンバー(内容積25.704m³:3.6×3.4×高さ2.1(m))を使用し、実験を行った。

3.1.1 評価実験装置と実験手順

チャンバー内温湿度:23℃30%RH(Relative Humidity)環境下で、チャンバー内にHAユニットを組み込んだステンレス製風洞を設置し、HAユニットを通過するインフルエンザウイルスを測定した。図3に実験装置を示す。風洞の風上側には、噴霧したインフルエンザウイルス液を拡散するためのアクリル製チャンバーが接続されている。アクリル製チャンバーの風洞接続部と反対面には、φ100mmの開口があり、その20mm離れた箇所にインフルエンザウイルス液噴霧用のコンプレッサー式ネブライザーを設置した。インフルエンザウイルス液は、A型インフルエンザウイルスA/Aichi/2/68(H3N2)を発育鶏卵殻尿膜腔(まくくう)で培養後、そこから得られる殻尿液を供試液とした。風洞の風下側には、ゼラチンメンブレンフィルタを接続し、吸引ポンプに接続した。

実験は、次の手順で行った。ネブライザーを使用し、A

型インフルエンザウイルスA/Aichi/2/68(H3N2)を風洞内に噴霧し、同時に吸引ポンプを流量50L/minで5分間稼働する。これによって、噴霧されたインフルエンザウイルス液が風洞に導かれ、HAユニットを通過し、ゼラチンメンブレンフィルタに捕集される。HAユニットは、ネブライザー稼働と同時に、電圧を印加する。5分間の噴霧終了後、全ての装置を停止し、ゼラチンメンブレンフィルタを回収する。回収したゼラチンメンブレンフィルタは、MEM(Minimum Essential Medium)培地で溶解後、MEMで適宜希釈し、MDCK(Madin-Darby Canine Kidney)細胞(イヌの腎尿細管上皮細胞)に接種した。温度34℃の炭酸ガスふ卵器内で1時間培養後、寒天入りMEMを入れて温度37℃で48時間培養し、寒天を剥がし、メタノール-クリスタルバイオレット液で固定染色を行い、ブラック数(感染した細胞数)をカウントすることで、ウイルス感染価(感染性があるウイルスの数)を算出した。この測定では、感染力があるウイルスだけが測定され、感染性を失った(不活化)ウイルスは測定されない。また、回収したゼラチンメンブレンフィルタを溶かしたMEMは、残量を-20℃で保管し、後日解凍し、定量的リアルタイムPCR(Polymerase Chain Reaction)によるウイルス遺伝子コピー数濃度の測定を実施した。実験時は同時に粒子数をパーティクルカウンタで測定した。

3.1.2 効果と作用機序

図4に実験結果を示す。この実験では、粒子数、ウイルスの遺伝子数、感染性があるウイルス数を測定しており、その結果から、HAユニットでのウイルス捕捉数と、捕捉せず通過しているが不活化しているウイルス数が分かる。その結果、捕捉しているウイルスは全体の30%、不活化しているウイルスは70%であった。また、不活化しているウイルスの内訳は、表面損傷によるものが34%、遺伝子が損傷しているものが36%であった。図5にインフルエンザウイルスの構造と作用機序の推測を示す。インフルエンザウイルスは、細胞膜(エンベロープ)に覆われ、内部に遺伝子(RNA)を持ち、表面には、2種類の外殻構造(ス

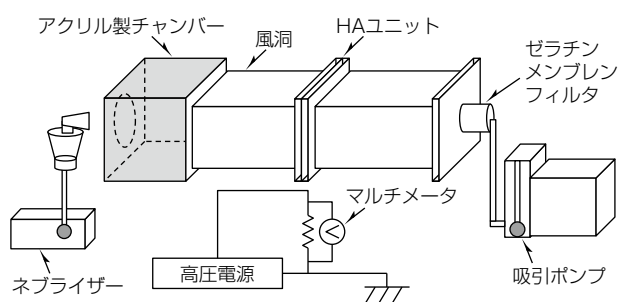


図3. 実験装置

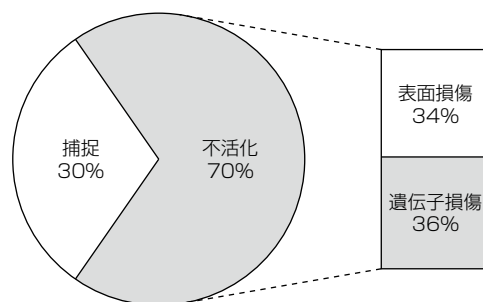


図4. インフルエンザウイルスの実験結果

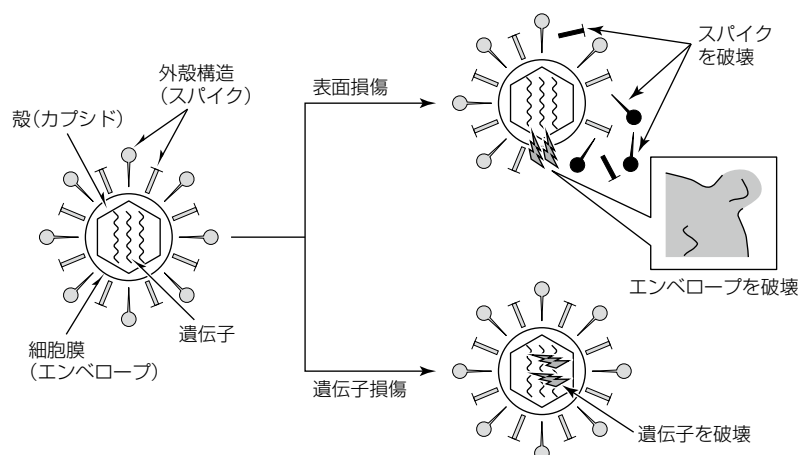


図5. インフルエンザウイルスの構造とHAユニットの作用機序の推測

スパイク)を持つ構造をしている。今回の結果から、不活化のメカニズムとして、表面損傷と遺伝子損傷によるものがあることが分かった。表面損傷は、先に述べたエンベロープ、スパイクの破壊によるものと推測される。遺伝子損傷は、内部のRNAを損傷したものになる。遺伝子損傷は、その過程で、先に表面損傷してから遺伝子を破壊した可能性があるが、その分離はできていない。このように、HAユニット空間内で生成する放電・電界による効果として、インフルエンザウイルスの不活化が可能である。

3.2 ネコカリシウイルスに対する効果と作用機序

3.1節のインフルエンザウイルスは、エンベロープを持つウイルスであるが、エンベロープを持たないノロウイルスやロタウイルスに対しては、効果が異なる可能性がある。そのため、これらのウイルスに対する効果を検証するために、培養が困難なノロウイルスの代替としてネコカリシウイルスを用いた実験も実施している。この実験は、国立感染症研究所、一般財団法人北里環境科学センターと共同で実施した。3.1節と同様に、HAユニットを組み込んだステンレス製風洞による実験を実施し、ウイルスの抑制効果を確認している。

図6に実験結果を示す。ネコカリシウイルスの場合でも、

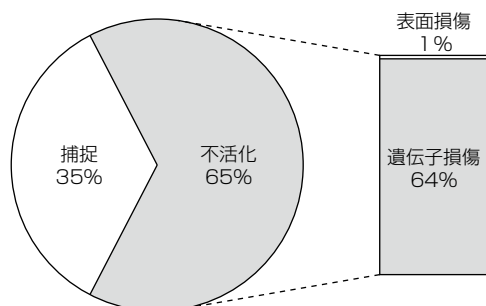


図6. ネコカリシウイルスの実験結果

捕捉によるものは35%であり、残りの65%はHAユニット空間中でのウイルス不活化による抑制である。その不活化の要因は、遺伝子損傷であり、RNAに対するダメージが主な作用機序であることが分かる。ネコカリシウイルスは、エンベロープを持たないため、直接RNAに対してダメージを与えていると推察される。この内容は、2014年第29回日本環境感染学会総会・学術集会で発表した⁽³⁾。

3.3 細菌に対する効果

HAユニットは、細菌の除去、抑制性能も高い⁽¹⁾⁽²⁾。捕捉された細菌の状態を確認するため、

清酒酵母協会7号(*Saccharomyces cerevisiae*)を対向電極に塗布して、12時間経過後の走査型電子顕微鏡(FE-SEM)写真を撮影した(要旨の図)。

電圧を印加することで、細胞表層に損傷を与えて、形が変化しており、部分的に破壊されていることが分かる。同様の効果は大腸菌でも確認している。また、浮遊している細菌に対する効果は、3.1節と同様に確認している。このように、HAユニットを使用することで、捕捉された細菌・酵母に対しても効果を得ることが可能である。

4. む す び

室内に浮遊するウイルスや細菌類の除去・抑制を高性能で実現するヘルスエアー技術に関して、その原理・特徴と効果に関して述べた。HAユニットを設置することで、室内に浮遊するウイルスや細菌に対する抑制効果が高く、室内空気清浄化に対して有用と考えられる。また、HAユニットは、花粉等のアレル物質やPM2.5等の粒子状物質、臭気物質に対しても効果があり、住環境での様々な空気清浄ニーズに対応可能である。今後も、健康衛生志向の高まりによって、更なる性能向上が望まれると同時に、他の様々な物質除去の要求も高まってくると予想される。そのため、要求される技術的課題も変わっていくと考えられるので、市場要求にタイムリーに対応できるように開発を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 谷野孝徳, ほか: コロナ放電による気中浮遊菌の除菌と接地電極板上の殺菌メカニズム, 静電気学会誌, **39**, No.1, 2~8 (2015)
- (2) 岡田 龍, ほか: 気流中の浮遊菌に対するコロナ放電の除菌・電気集塵・殺菌効果の検討, 静電気学会誌, **41**, No.1, 14~19 (2017)
- (3) 斎木あゆみ, ほか: 放電空間通過による浮遊ウイルスの不活化, 第29回日本環境感染学会総会・学術集会 (2014)