

三菱電機技報

10

2019

Vol.93 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—」

IoT技術視点からのライフソリューション **巻頭言** 1
久代紀之

つながる技術で快適を創る
—ライフソリューション— **巻頭論文** 2
朝日宜雄

次世代センサを搭載したルームエアコン 8
杉山大輔

空調機によるオフィスの生産性向上技術 12
折戸真理・古橋拓也

店舗・事務所用パッケージエアコンの新4方向
天井カセット形(コンパクトタイプ)室内ユニット 16
田中健裕・高木昌彦・大森崇言

“切れちゃう瞬冷凍A.I.”搭載の三菱冷蔵庫“MXシリーズ” 20
鈴木裕哉・大和康成・前田 剛

短辺クロス巻線方式と段付ボキボキコアによる
圧縮機用DCモータの高効率化技術 25
飯田敏充・岩邊剛仙・熊谷一弥・仁吾昌弘・北野修一

新三菱エコキュート
“2018年度モデル お天気リンクAI機能搭載機種” 29
渡邊友香

高断熱住宅への電動ブラインド活用技術 32
小松正之・上森聡史・水野幹彦

少量炊飯のおいしさ向上技術 37
逸見憲一・蜷川智也

焼きたて食パンのおいしさを実現したトースター
“ブレッドオープンTO-ST1” 41
高砂英之・伊藤大聡・吉川秀樹・伊藤賢一・森 湧真

4K時代に向けた三菱テレビ 46
出口 廉

リモコンソフトウェアの開発効率化技術 50
遠藤 聡・小宮紀之

Life Solution—Connected Technologies Make Better Satisfaction—

Solution for Daily Life from Perspective of IoT Technologies
Noriyuki Kushiro

Life Solution—Connected Technologies Make Better Satisfaction—
Nobuo Asahi

Room Air Conditioner with Next Generation Sensor
Daisuke Sugiyama

Technology of Productivity Improvement in Office by Air Conditioner
Mari Orito, Takuya Furuhashi

New 4-way Cassette Indoor Unit <Compact Type> of Packaged Air Conditioner
Kenyu Tanaka, Masahiko Takagi, Takanori Omori

Mitsubishi Refrigerator “MX Series” Utilizing “Supercool Freezing A.I.”
Yuya Suzuki, Yasunari Yamato, Go Maeda

High Efficiency Technology of DC Motor for Compressor
by Tanpen-cross-winding-method and Dantsuki-pokipoki-core
Toshimitsu Iida, Yoshinori Iwanabe, Kazuya Kumagai, Masahiro Nigo, Shuichi Kitano

New Mitsubishi EcoCute “2018 Fiscal Year Model with OTENKI-Link AI Function”
Yuka Watanabe

Electric Blind Utilization Technology for Highly Insulated House
Masayuki Komatsu, Satoshi Uemori, Kanji Mizuno

Deliciousness Improvement Technology for Small Amount of Rice Cooking
Kenichi Henmi, Tomoya Ninagawa

“Bread Oven TO-ST1” to Create Deliciousness of Freshly-toasted Bread
Hideyuki Takasago, Hiroaki Ito, Hideki Yoshikawa, Kenichi Ito, Yuma Mori

Mitsubishi Television for 4K Era
Ren Deguchi

Development Efficiency Technology for Remote Controller Software
Satoshi Endo, Noriyuki Komiya

関連拠点紹介 54

特許と新案

「家庭用電力制御装置及び家庭用電力制御システム」 56

表紙：つながる技術で快適を創る—ライフソリューション—

三菱電機の家電事業は“つかうモノから したいコトへ”を目標にユーザーの様々なニーズに応えるために機器開発で蓄積したモノの技術と、AI(Artificial Intelligence)、IoT(Internet of Things)といった新しいコトの技術の組合せで、新たなステージに入っていく。

① ルームエアコン霧ヶ峰FZシリーズのスマートフォンで熱画像を可視化できる“サーモでみまもり”

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ため、みまもり機能としても活用できる。

② トースター“ブレッドオープンTO-ST1”

食パンの耳までやわらかい“焼きたて”を再現し、ユーザー視点に基づいた新しい生活スタイルを提案する。

③ 4KテレビRA1000シリーズの“ウルトラカラーマトリックス”

同系統の色をより細かな粒度で区別してピンポイントで色彩調整することで緻密な色表現を可能にする。



巻/頭/言

IoT技術視点からのライフソリューション

Solution for Daily Life from Perspective of IoT Technologies

久代紀之

Noriyuki Kushiro



今特集号のテーマは、“つながる技術で快適を創る—ライフソリューション—”である。現在、大学でIoT(Internet of Things)やCPS(Cyber Physical System)を対象とするシステム設計・評価技術の研究を行っているが、以前は三菱電機で、ビル・住宅などの居住空間の制御システム技術、いわば“つなげる技術”の開発を長年担当していた。今回このような特集号が発刊されることを、個人的にとってもうれしく思う。

この特集号には、巻頭論文を含めて12編の論文が登場する。“つながる技術”を、狭義のネットワークを介し、機器を相互に、又はサイバー空間上の計算機資源に“つなげる技術”から、人と機器が新たなコンテキストで“つながる技術”に、さらには、人が機器を介して居住空間に“つながる技術”へと拡大し、これらを具現化した技術や製品について述べられている。

技術者なら誰しも、ユーザーに喜んでもらえる製品を作りたいと考えている。そのためには、ユーザーニーズを正確に把握することが必要である。現在では、Webスクレイピングやテキストマイニング技術を用い、種々のユーザー層に対して広くニーズ調査を行うことが可能である。一方で、この特集号が対象とする家電・住設機器の多くは、我々の日常生活に広く・深く関わっている。機器との関わりが、あまりに日常的になってしまうと、多少の不便があったとしても、その不便をユーザーが明示的に意識することは稀(まれ)である。もし、意識できたとしても、それらの言語化は困難である。この特集号で触れられているトースター、炊飯器、冷蔵庫はまさしくこの類の機器(道具)である。この種の機器の開発には、ユーザーの日常の手順を形式知として(泥臭く・地道に)把握し、インタフェースを最適に再設計する“ユーザーエクスペリエンス”主導の分析・設計技術が有効である。実は、IoTは、これら暗黙的な人間の活動をデータ化(顕在化)し、モデルとして形式知に変換する技術として捉えることもできる。この観点からも、人と機器が新たなコンテキストで“つながる技術”として、これら製品開発の中で具体的にどのように分析がなされ、どのような新たなエクスペリエンスが提案されたのかとても興味深い。

また、この特集号では、人と居住空間が“つながる技術”として、居住者のライフスタイルに添う空調、ゼロエミッション住宅を実現するための住設機器の連動制御、オフィスワーカーの作業効率を高める空調制御などのシステムについて述べられている。これらシステムの実現は、技術者にとって想像以上にハードルが高いものとする。なぜなら、居住者のコンテキストをデータ化するためのセンシング技術と、取得したデータからコンテキストを同定し、適切な制御を選択する高度な情報処理技術が必要となるからである。この点もIoTやCPSのシステム設計要件に通じるものがある。現在では、既存の高機能なセンサを用いて直接収集したデータに、サイバー空間上に蓄積された膨大なデータを融合し、システム分析・設計に必要なデータを比較的容易に構成できる。データ分析に関しても、深層学習を始めとする種々の機械学習技術やそれらを実装したツールの活用が期待できる。一方で、多様で膨大なデータからは、そのデータ量や含まれる変数の多様性から、誤った仮説をも統計的検証を可能にしてしまう。膨大な設計データから健全にシステム設計を行うには、データ量や変数が増えた分、今まで以上にロジカルに(泥臭く・地道に)推論を進める力と、これら推論を裏付ける自然科学の知識・洞察力が、技術者のスキルとして強く要求されるようになる。人と居住空間が“つながる技術”を、どのようなプロセスで、どのようにシステムとして具現化していったか、技術者の泥臭く・地道なアプローチをこれら論文を通じて感じていただけることを期待する。

前職の三菱電機での仕事と現在のIoTやCPSに関する研究が、実は同じベクトル上にあるのに改めて気付かされた。最先端のIoTやCPSのシステム設計・評価には、種々の最新の情報処理や人工知能の技術が活用されている。一方で、それらの活用には、先に述べたように今まで以上に、技術者に高い技術力・知識と地道な推論が要求される。最新のIoTやCPSのシステム設計・評価技術が、我々の最も身近にある家電・住設機器の“つながる技術”をどのように発展させ、快適なライフソリューションを具現化するシステムの実現に貢献できるか、筆者自身としても今後とも泥臭く・地道に取り組んでいきたいと考える。

巻頭論文

つながる技術で快適を創る —ライフソリューション—



朝日宜雄*

Life Solution — Connected Technologies Make Better Satisfaction —

Nobuo Asahi

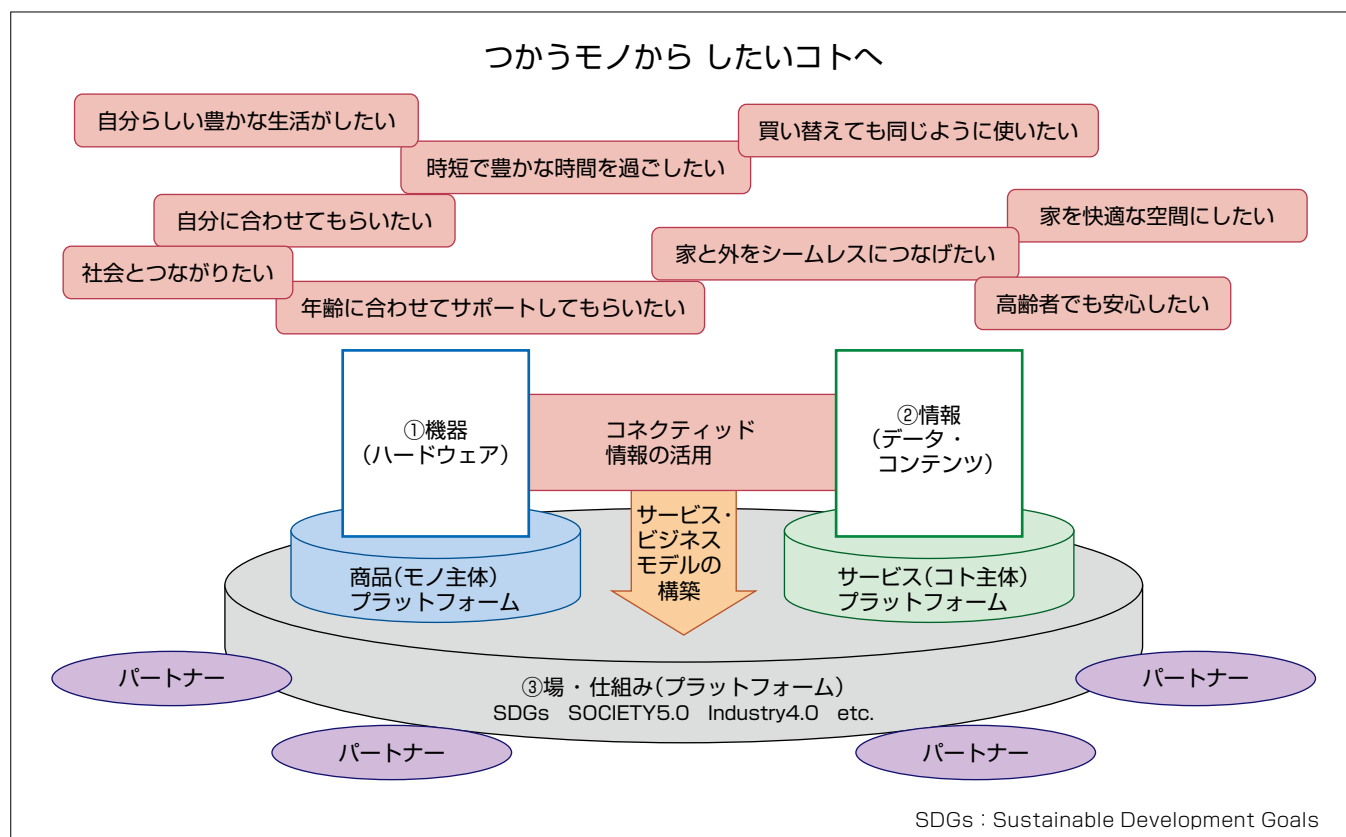
要 旨

スマートフォン、パブリッククラウドの登場から約10年が経過し、人々の生活と情報に関する環境が急速に変化してきている。これまで単体の製品として設計され、利用されてきた家電製品や設備機器がクラウドに接続されて新しい機能の追加やサービスと連動が可能になるコネクティッド機器により普及の兆しが見えてきた。あらゆる現実世界のモノがクラウドに接続され、クラウドの仮想世界において多様なサービスとしてのコトが拡大するCPS (Cyber Physical System)の時代は、新たな顧客価値、顧客ニーズ、そして、ビジネスモデルを生み出す。

つながる技術の進歩と市場の変化に対応し、“顧客が操作する機器を作る”という発想から、“顧客の暮らしを支える

ソリューションを提供する”という考え方への転換が必要である。これを具現化するために、①Personalized Experience(個人適応)、②Proactive Assistance(先読み自動化)、③Life-Cycle Support(生涯対応支援)の三つの段階による価値創出コンセプトを定義し、新たなビジネスモデルを発展的かつ効率的に実現するための共通のIoTプラットフォームを構築した。

モノとしての製品開発とクラウド化されたコトとしての機能・サービスによって、顧客満足度の最大化を図るために、“つかうモノから したいコトへ”という考えの下、ビジネスモデルの変革を推進することで、新たなライフソリューションを築いていく。



ライフソリューションの概念図

つながる技術の進歩と市場の変化に対応し、“顧客が操作する機器を作る”という発想から、“顧客の暮らしを支えるソリューションを提供する”という考え方への転換を図るため、“つかうモノから したいコトへ”という考えの下、ビジネスモデルの変革を推進することで、新たなライフソリューションを築いていく。

1. ま え が き

スマートフォン、パブリッククラウドの登場から約10年が経過し、人々の生活と情報に関する環境が急速に変化してきている。それまでパソコン上に購入したソフトウェアをインストールし、個人が持つCPUによって様々な処理をすることが一般的であったが、新しい情報技術によって、スマートフォン上のソフトウェアはオンラインでダウンロードされ、データの処理はクラウド上の豊富な処理能力とメモリ空間によってなされることが増え、常に新たな機能やバグの修正が自動的に行われるようになってきた。また、クラウド上で処理をすることによって、様々なデータが収集され、それまで不可能であったAI(Artificial Intelligence)による高度なビッグデータ分析を実施することで、さらに新たなサービスを生み出すことが可能になった。また、クラウド上のサービスは、複数の企業がクラウド間連携によって、複合的なサービスを提供できる環境が構築された。

このような技術の進歩によって、これまで単体の製品として設計され、利用されてきた家電製品や設備機器がクラウドに接続されて新しい機能の追加やサービスと連動が可能になるコネクティッド機器によりやく普及の兆しが見えてきた。機器をネットワークに接続し、高度な機能やサービスを提供する試みは古くからクローズドなシステムとして開発されてきたが、先に述べた技術の進歩によって、オープンなプラットフォームとして実現されるようになった。

今後、コネクティッド機器の普及の鍵となるのは、ユーザーにとってこれまでとは質的に異なるメリットをどのように提案し、使ってもらえるかに尽きる。例えば、AIスピーカーによる家電の操作は、複数の操作を一言で実行できるメリットがあるが、そのための設定や使いこなすには

まだ高いハードルがある。機器メーカーが培ってきたノウハウと新しい情報技術の融合が不可欠である。これまでハードウェアとして機器の製造をしてきたメーカーが、最新の情報技術をいかに取り込むかが重要になる。

本稿では、以上の背景を踏まえ、つながる技術によって三菱電機がいかに新しいライフソリューションを目指していくかについて述べる。

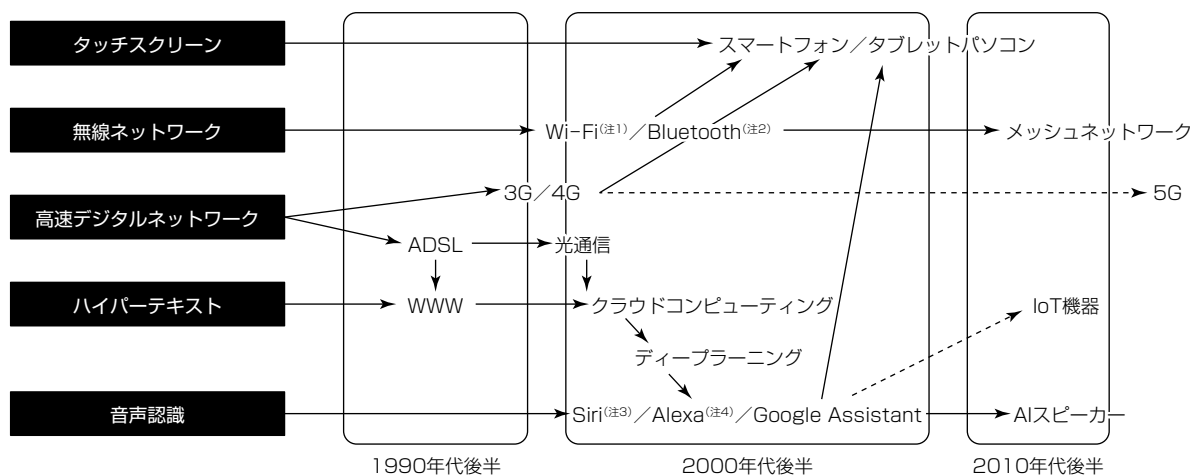
2. つながる技術の進歩

2.1 情報技術の進化と普及

情報技術は、約10年周期でそれまでの生活を大きく変える進化と普及を遂げてきた。一方で、その技術革新は、全て数十年以上前に構想されてきたものである。

図1に1990年代後半からの技術革新の一端を示す。例えば、1990年代後半にはインターネットが一般ユーザーに開放され、世界中でWebサイトが立ち上がり、それまでの個別に運営されていたパソコン通信サービスは全てインターネット上のサービスにとって代わられた。様々な文書がリンクでつながるハイパーテキストの概念は1960年代に最初の論文が発表され、多くの処理系が生まれたが、最終的にHTML(HyperText Markup Language)によるWWW(World Wide Web)に収斂(しゅうれん)された。

インターネットの普及にはADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)やCATV(CABLe TeleVision)による常時接続という通信インフラの整備が大きく影響していた。通信インフラの発展は、クラウドコンピューティングの普及を後押しし、また、無線通信の高速化はスマートフォンの普及のベースとなっている。このようにして、2000年代後半は、スマートフォンとクラウドコンピューティングによって、場所に依存しない真のモバイル環境が実現した。現在のスマートフォンの考え方は1990年代前半にPDA(Personal Digital Assistant)という名称でApple社から



(注1) Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標である。

(注2) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標である。

(注3) Siriは、Apple Inc.の登録商標である。

(注4) Alexaは、Amazon Technologies, Inc.の登録商標である。

図1. ITの技術革新

提唱されたが、通信インフラが未成熟であったことと、クラウドコンピューティングによらず端末のCPUで処理をするという時代であったため、その普及は2000年代後半まで待たざるを得なかった。

モバイル環境での利用が拡大すると、持ち運べる端末の大きさの限界とユーザーインターフェースのための画面サイズとの間でトレードオフが発生する。スマートフォンのタッチパネル操作の普及によって限られたスクリーンサイズでの操作が受け入れられ、さらに、音声認識の精度向上によって音声による入力や操作が導入されたことで、ユーザーインターフェースの課題が克服されてきた。

音声認識技術は、2010年代後半にAIスピーカーという新たなデバイスとして普及が急拡大している。このAIスピーカーは、コネクティッド機器(IoT機器)操作のユーザーインターフェースとしての活用も今後期待される。

2.2 今後10年の重要技術

これまでのITの進歩が様々な技術発展の相乗効果として新たな時代を作ってきたことと同様に、今後も新たな技術の相乗効果による価値創出が実現されていくだろう。

2010年代後半のスマートフォンとクラウドコンピューティングの時代は、主として音楽・映像・ゲーム・書籍などのコンテンツ、SNS(Social Networking Service)で代表されるコミュニケーション、及び、e-コマースという情報の流通を物理的な制約から解放した時代であった。これからの時代はあらゆる現実世界のモノがクラウドに接続され、接続されたモノから集積された多量の情報によって仮想世界で多様なサービスとしてのコトが拡大し、そのサービスとしてのコトがまた現実世界のモノを通じて提供されていくと予想される。これをCPSと呼び、現実世界と仮想世界をつなぐ重要な技術として、次世代通信インフラである5G、人では解析不能な多量のデータを解析するAI、そして、あらゆるものを仮想世界につなぐためのIoTが挙げられる⁽¹⁾(図2)。

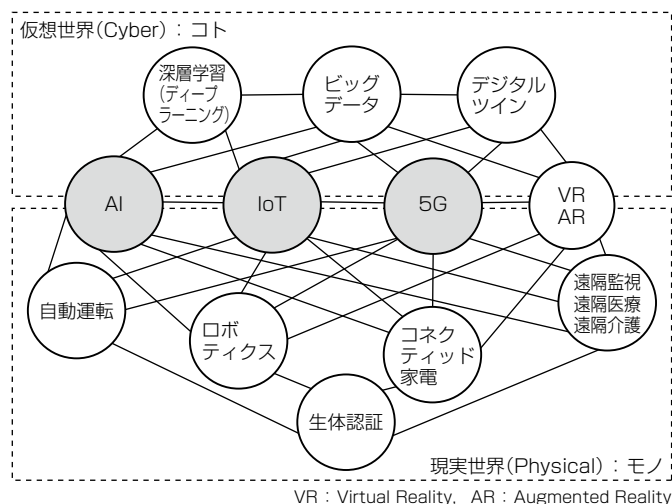


図2. CPSでのキー技術

現実世界の情報が物理的制約のない仮想世界にマップされることで、多くの付加価値が短時間で生成され、供給されることが期待されるが、一方で、それらの情報が漏洩(ろうえい)し、犯罪に利用される可能性も高まるため、情報の管理体制を含むセキュリティの確保が重要になる。

3. 市場の変化

CSPの考え方は、新しいモノとコトの関係を築き、これによって次に述べる顧客価値(Customer Experience : CX)、顧客ニーズ、そして、ビジネスモデルに新たな影響を与える。

3.1 CXの成熟

CXとは、製品やサービスに対して顧客が購入、利用、サポートのあらゆる局面で感じる体験価値である。ジョン・A・グッドマンは、1970年代のVOC(Voice of Customer)活動によって顧客の声を重要視する時代をCX 1.0、1990年代のCRM(Customer Relationship Management)システムの活用によって顧客との関係をITによって管理する時代をCX 2.0と定義した。そして、CPS時代での新たなCXの時代をCX 3.0として定義し、次の三つのキーワードが重要であるとしている⁽²⁾。

(1) 多様性(Polymorphic)

IoT技術の普及によって、企業が顧客に対して、様々な形態での製品・サービスを提供できるようになることを意味する。例えば、機器としての機能の提供だけでなく、スマートフォン、AIスピーカー、ウェアラブルデバイス等を通じた新しい機能やサービスの提供がこれに相当する。

(2) 先読み(Proactive)

AI技術の進化によって、顧客ニーズを先取りしてサービスを提供することを意味する。例えば、いつも使う好みの設定を記憶し、生活や業務の状況に応じて自動で適切な設定に切り替えたり、連続した操作を実行したり、また、製品購入や買い替えのタイミングを捉えたプロモーションへの応用などがこれに相当する。

(3) 全方位(Omnidirectional)

様々なクラウド上のサービスを連携させることによって、顧客の生活シーン全般に対して全方位的にアプローチするチャネル戦略を指す。例えば、レシピサイトと調理機器を連携させることで調理支援をしたり、ネットショッピングサイトと連携して食材等の購入まで支援したりすることなどがこれに相当する。

3.2 顧客ニーズの推移

社会と生活の変化に応じて、顧客のニーズにも大きな変化が表れている。ネットによる豊富な情報が容易に入手でき、また、個人も情報を発信することが一般的になってきていることによって、かつてのようにマスメディアを通じた情報によって多くの人が同じものを消費する行動から、

個人がそれぞれの好みに応じた製品・サービスを自由に選択することが可能になってきた。このことから、次のような顧客ニーズの傾向が強くなると考える⁽³⁾。

(1) 自分らしい暮らし(Personalize)

個人に最適な環境、使いやすさを追求するとともに、“自由な時間”を作り出すことの要求が高まっている。少子化、共働き世帯の増加から、多忙な生活を送る一方で、働き方改革によって個人の時間を有効に使うという意識が広まってくる。

(2) 健康的な生活(Life Care)

高齢化社会を反映し、医療に頼らず健康な生活を継続する要求が高まっている。それぞれのライフステージで身体やメンタルの状況に合わせた健康維持に対するニーズが広がり、そのための製品やサービスに対する支出も増加する傾向にある。

(3) 地球環境にやさしい生活(Sustainable)

2015年9月の国連サミットでSDGsが採択されたことを契機に、多くの団体・企業がこの実現に向けた活動を目指し、掲げるようになった。この影響から日常の生活やライフステージに合わせた省エネルギー化の推進等を含めた持続可能な社会の実現に対するニーズが広まってくる。

3.3 ビジネスモデルの進化

CX 3.0の導入と個人を主体とした顧客ニーズの拡大によって、これからのビジネスモデルは次の三つのキーワードで表される方向に進化するものと考えられる。

(1) One-to-Oneマーケティング

One-to-Oneマーケティングとは、従来のマスマーケティングによる製品・サービスの提供から、個々の顧客とつながることで得られる個別ニーズに対応して製品・サービスをカスタマイズした形で提供することである。ハードウェア製品としてのモノは性能・品質面から個別のフルカスタムは当面困難と考えられるが、機能やサービスとしてソフトウェア化したものをコトとしてクラウド上で自動的にカスタマイズする手法を確立することで、個別のカスタマイズやバージョンアップが可能になる。クラウド上の機能やサービスをAIによって先読み提案したり、多様なデバイスと連携して提供したりすることでCX 3.0が実現されることになる。

(2) ストック型ビジネス

従来の家電機器や設備機器の事業は、大量生産したものを商流に流し、大量に販売するという手法でフロー型ビジネスとして運営されてきたが、個々の利用者となつなぐことで、販売・保守・買い替えといった製品のライフサイクルをトータルでサポートすることが可能になり、ストック型ビジネスとして展開することが重要になってくる。One-to-Oneマーケティングを推進するための収入源としてサービス収入の導入が期待されるが、近年利用者がモ

ノを持たず、機能をサービスとして購入するサブスクリプション型の販売モデルが受け入れられる傾向にあるため、ストック型ビジネスの展開のハードルが下がってきている。ストック型とすることで、買い替えのタイミングでそれまでの製品の使われ方から適切な後継機種種の提案をすることも可能になり、さらに、廃棄からリサイクルといった循環型ビジネスへの展開にも有効である。

(3) APIエコノミー

顧客個々人の様々なニーズに対応するためには、単独の企業だけでは十分なサービス展開をすることが困難であるため、クラウド連携によって複数の企業が得意分野を融合してサービスを提供することが重要になってくる。クラウドAPI(Application Program Interface)によって複数企業がサービスを連携して提供することをAPIエコノミーと呼び、CX 3.0の全方位型のサービス提供を実現するための重要な技術である。既に、様々なサービスがアクセス権限の受渡しの仕組みOAuth2.0によって個人情報を公開することなくサービス連携することが可能になっているが、まだ操作が煩雑であること、及び、選択肢が多くなる一方で機能安全を含む動作結果の予測が困難であることなどから、今後本格的な広がりのために解決すべき課題は多い。

4. 新しい価値の創出

つながる技術の進歩と市場の変化に対応し、当社のリビング・デジタルメディア事業でも、従来と異なった新しい顧客価値を創出する取組みを開始した。

4.1 価値創出コンセプト

空調機器を中心とした家電機器・設備機器の開発・製造・販売を展開する事業として、これまでも顧客の生活を便利に快適にすることを目指した新しい機器の提案をしてきたが、これからは“顧客が操作する機器を作る”という発想から、“顧客の暮らしを支えるソリューションを提供する”という考え方への転換が必要になっている。

各製品が顧客に提供する価値は、製品の使用目的によって快適性、利便性、持続性、経済性、安心・安全、エンターテインメント、健康など多岐にわたるが、それぞれの価値を顧客個別に適応させ、それぞれの生活の状況に合わせて自動的に代行し、さらに、顧客と製品のライフサイクルの長期にわたるサポートをしていくことで各価値を今までと異なった次元へと高めることが可能であると考えられる。

この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(個人適応)、②Proactive Assistance(先読み自動化)、③Life-Cycle Support(生涯対応支援)の三つの段階を定義し、それぞれの段階に応じて顧客の、①価値の高度化、②価値の感動化、③価値の愛着化に貢献する。

4.2 IoTプラットフォーム

価値創出コンセプトを実現するためには、当社が提供する機器がクラウドに接続され、顧客の個別ニーズに対応できるIoT環境を統一かつグローバルに展開することが重要である。新たなビジネスモデルを発展的かつ効率的に実現するため、共通のIoTプラットフォームを構築し、展開を拡大中である。

図4にIoTプラットフォーム設計方針を示す。これらは、クラウド共通機能の汎用化、機器-クラウド間インタフェースの統一、データ構造の共通化、拡張性を考慮した設計の四つから成る。機器ごと、又は、グローバルリージョンごとに異なる競争環境の中で他社差別化機能を実現

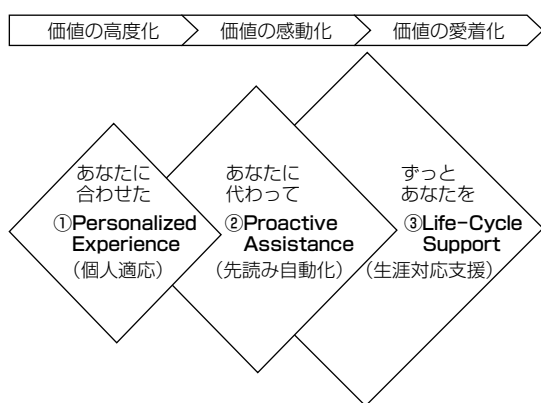


図3. 価値創出コンセプト

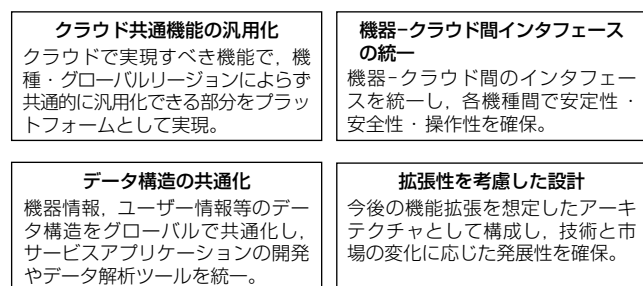


図4. IoTプラットフォーム設計方針

する必要性に迫られるが、プラットフォームの共通性・汎用性を担保するために、それぞれの差別化機能はプラットフォーム外に拡張アプリケーションとして実現し、その後共通の・汎用的であると判断したものだけをプラットフォームに組み込むというプロセスを踏むことで、長期にわたる維持管理とプラットフォーム自体の成長を確保できる(図5)。

4.3 ビジネスモデルの変革に向けて

2020年度の当社の創業100周年に向けて、当社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む方向とし、これによるビジネスモデルの変革を目指している。そして今後提供され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6)。

これを受け、リビング・デジタルメディア事業と関係の深いライフ領域で、IoTプラットフォームを活用した価値創出の展開を図る計画である。このためには、従来のフロー型を主としたビジネスモデルから機器・サービスを利用する顧客と直接つながることを前提としたストック型ビジネスモデルへと変革する必要がある。そして顧客への提供価値は、製品としての“モノ”とクラウドサービスとしての“コト”の相乗効果を最大限に生かした上で、①Personalized Experience(個人適応)、②Proactive Assistance(先読み自動化)、③Life-Cycle Support(生涯対応支援)を実現していくことが重要である。モノとしての製品開発は現実世界での性能や安全を担保する上で、その重要性は変わらないが、クラウド化されたコトとしての機能・サービスに知性を持たせ、さらにAPIエコノミーによる様々なパートナーとの連携の中で顧客満足度の最大化を図ることが望まれる。

“つかうモノから したいコトへ”というビジネスモデルの変革を目指し、新しい時代を切り開いていく(図7)。

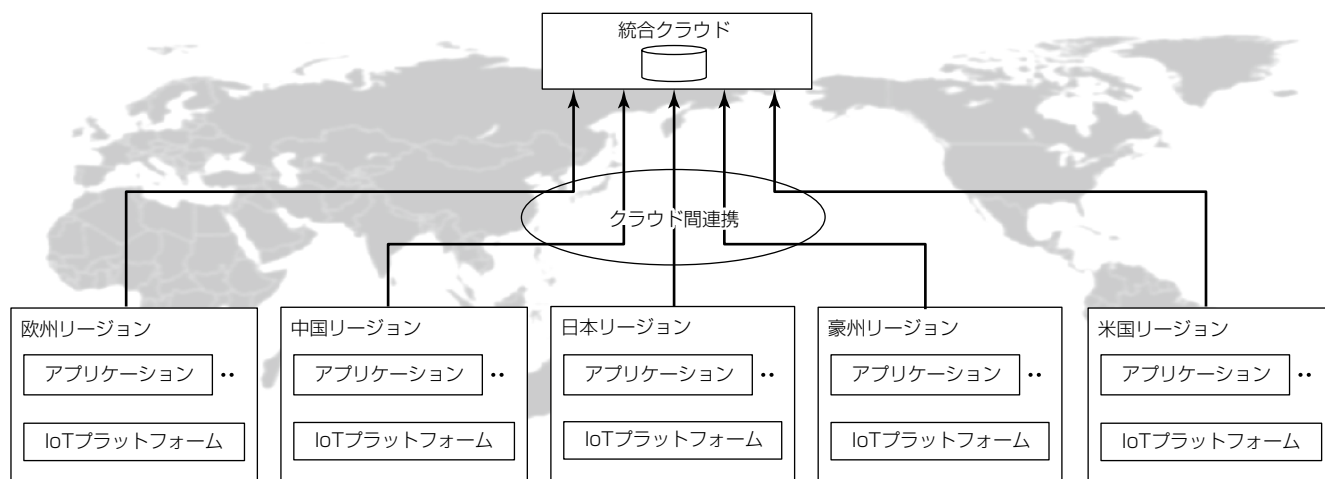
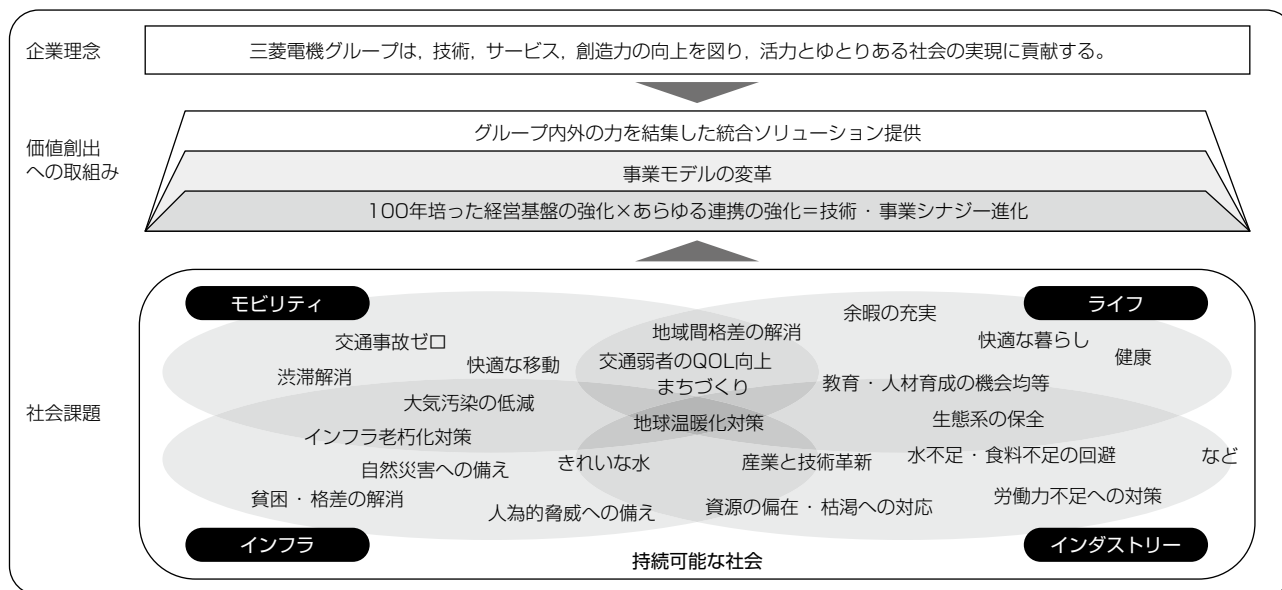


図5. IoTプラットフォームのグローバル展開

《経営戦略》

多様化する社会課題の解決に向け、100年培った経営基盤^(注5)の強化に加え事業モデルの変革によって、ライフ、インダストリー、インフラ、モビリティの四つの領域で、グループ内外の力を結集した統合ソリューションを提供する。



(注5) 顧客との繋がり、技術、人材、製品、企業文化等 QOL: Quality Of Life

図6. 三菱電機の経営戦略

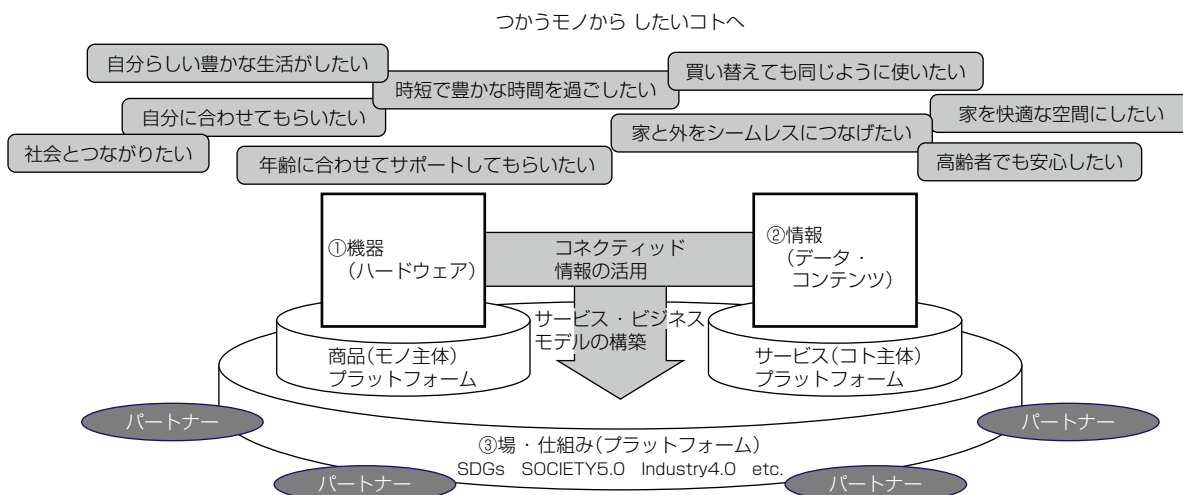


図7. 新しいビジネスモデルへの挑戦

5. む す び

これまでコスト競争という制約条件の下で製品内部に設計されてきた各機能が、CPSによってクラウド上で実現されることで制約が取り払われることになる。これまで制約条件の中で、顧客が望む機能に優先順位をつけ、実現する機能を選択・設計し、量産を開始することで開発は完了した。しかしながら、これから目指す新しいビジネスモデルでは、制約条件が取り払われるため、自由なアイデアの発想と継続的な機能の改良・提案が可能になり、いかに顧客の望む機能やサービスを継続的に提供し、改善し続けられるかが重要な競争軸になってくる。

従来型の発想を転換していくことは容易ではないが、新

しいライフソリューションを実現するため、次の100年に向けた挑戦に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 山田直史, ほか: 超スマート社会(Society5.0)実現に向けて: CPS/IoTとその後, 情報管理, 60, No.5, 325~334, 国立研究開発法人 科学技術振興機構 (2017)
- (2) 田中達雄: カスタマーエクスペリエンス戦略, 東洋経済新報社 (2018)
- (3) 経済産業省産業構造審議会: 2020未来開拓部会報告書 (2016)

次世代センサを搭載したルームエアコン

杉山大輔*

Room Air Conditioner with Next Generation Sensor

Daisuke Sugiyama

要 旨

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

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

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



FZシリーズ



Zシリーズ



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

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

1. ま え が き

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

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

2. 省エネルギー性向上の取組み

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

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

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

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

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

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

3. 高精度赤外線センサの開発

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

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

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

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

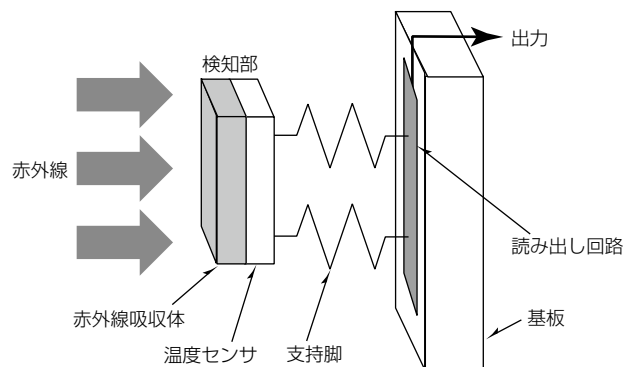


図1. 赤外線センサの温度測定モデル

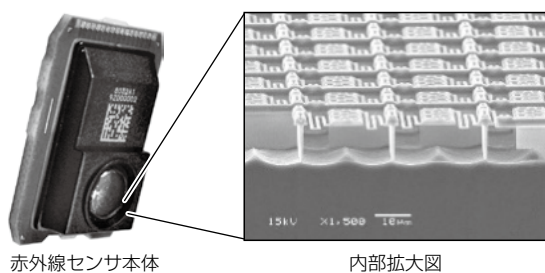


図2. SoIダイオード方式の赤外線センサ

るため、家庭用には採用できないほどコスト高になってしまふ。

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

4. 高感度赤外線センサの空調機への搭載

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

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

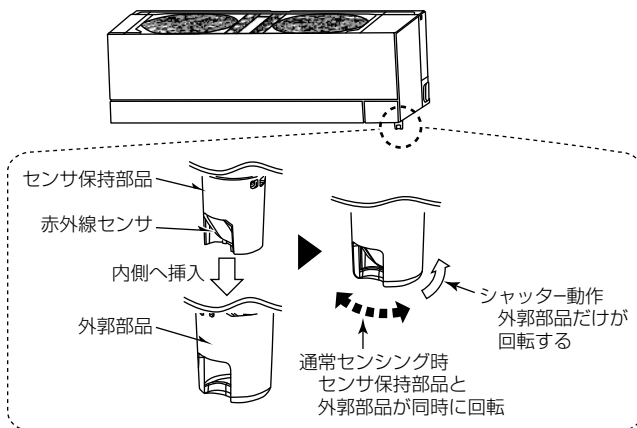


図3. シャッター温度補正動作

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

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

5. 気流の到達先を把握した風向コントロール

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

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

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



(a) 取得した熱画像



(b) 画像処理による気流等温線

図4. 熱画像からの画像処理方法

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

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

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

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

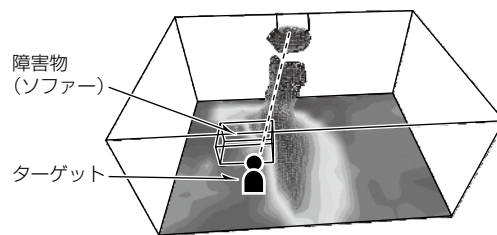


図5. 従来の風向制御

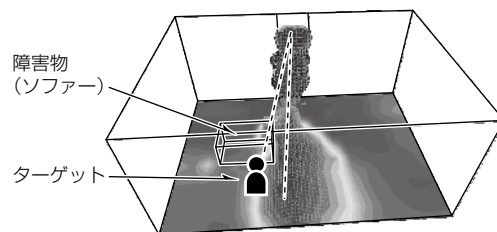


図6. AI気流

6. 部屋内温度分の可視化

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

7. む す び

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

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

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

空調機によるオフィスの生産性向上技術

折戸真理*
 古橋拓也*

Technology of Productivity Improvement in Office by Air Conditioner

Mari Orito, Takuya Furuhashi

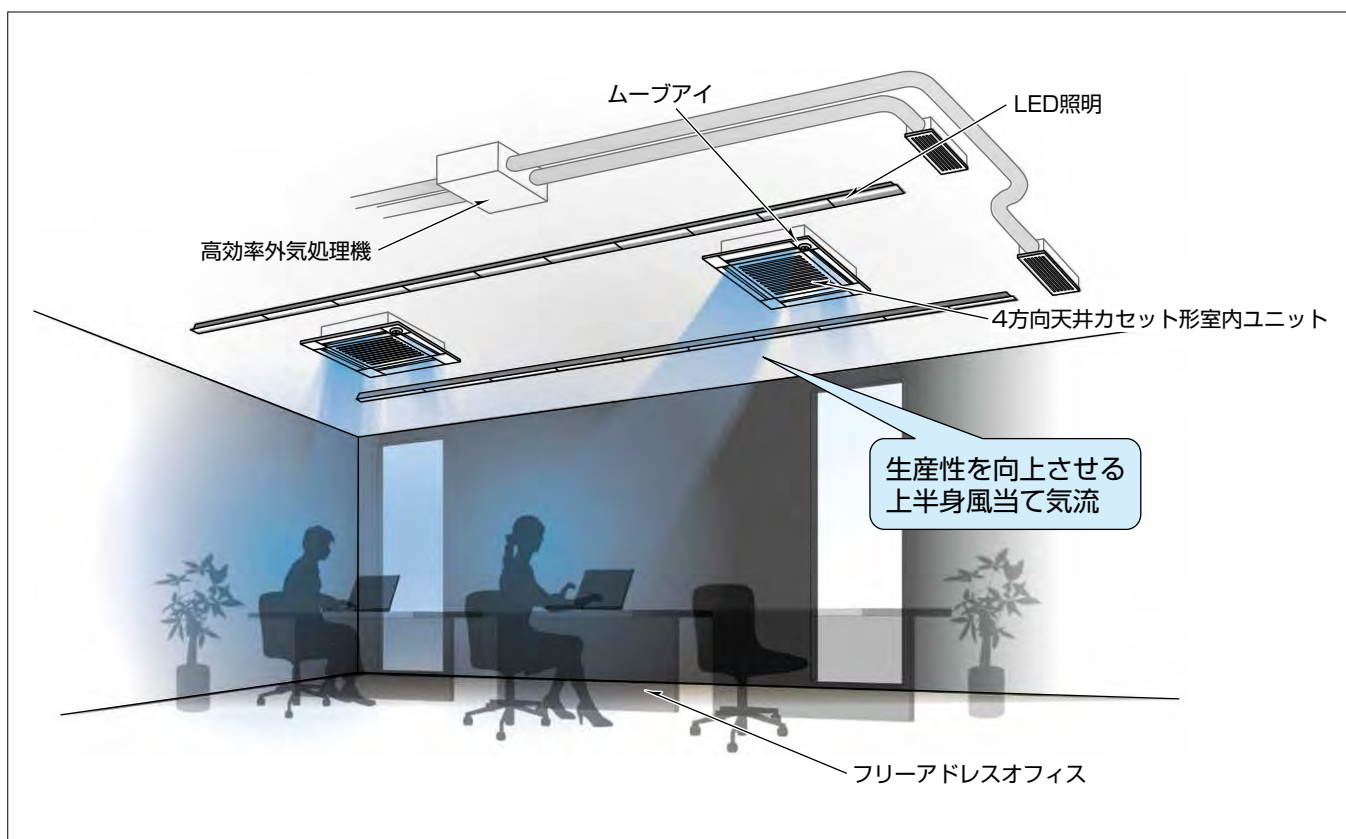
要 旨

日本では少子高齢化の進展に伴う労働生産人口の減少によるGDP(Gross Domestic Product)の低下が懸念されており、労働者の生産性の向上が望まれている。労働者の健康維持の観点からも、生産性向上や快適性に配慮したオフィスの実現が注目されている。当社はZEB(net Zero Energy Building)達成のための省エネルギーと、生産性・快適性の向上を実現することで、高付加価値なオフィス空間を作るとともに、オフィスワーカーのウェルビーイング向上への貢献を目指している。

現在、三菱電機では空調機の気流で与える感覚刺激がオフィスワーカーの覚醒状態に及ぼす影響を検証している。その実現手段として、4方向天井カセット形室内ユニット

の風向調整機能を生かした気流制御によって、省エネルギーを損なわずに生産性と快適性の高いオフィスの実現を目指している。

今回、生産性に対する感覚刺激の有効性と脳波等の生理情報の相関性に注目し、被験者試験で、生産性を作業成績、温冷快適感を主観申告で計測したほか、脳波計測によって人の生理状態を評価した。その結果、空調機の風向調整機能によるゆらぎ気流で人の上半身を刺激することによって脳の活動強度が増加し、生産性が向上することを明らかにした。また同時に、主観申告の結果から温冷快適性の改善も確認できた。



省エネルギーと生産性・快適性の向上を実現するオフィス空間

パッケージエアコンの4方向天井カセット形室内ユニットの風向調整機能によって、人の上半身にゆらぎ気流を当てることで省エネルギーと生産性・快適性向上を両立させる。フリーアドレスオフィスでもムーブアイで室内の人の位置を検知することで、オフィス内での気流の吹き分けを実現する。照明でサーカディアンリズムを考慮した光の制御や高効率外気処理機によって外気を清浄化して室内に取り込むことで、オフィスワーカーのウェルビーイングも向上する。

1. ま え が き

日本は世界一の超高齢化社会で、少子化の進行とともに今後、労働生産人口の減少によるGDPの低下が懸念されている。政府は“働き方改革”を通じて、生産性向上の取組みを支援する助成金制度を設けるなどの政策を行っており、国としても生産性向上を望んでいる。労働者の健康維持という観点からも、生産性向上に配慮した企業の取組みは注目されている。

当社ではこれまで、ZEB達成に向けた様々な省エネルギー技術開発に取り組んでおり、生産性向上についても、快適性と両立に視点を置きながら技術開発に取り組んでいる。しかし一般的に、夏季は空調の設定温度を高くするほど省エネルギーになるが、快適性とトレードオフの関係になる。今回、省エネルギーを損なわずにオフィスワーカーの高い快適性と生産性を実現する手段を検討することにした。

2. 気流による感覚刺激の効果

2.1 空調機で実現する気流

オフィス空間にある機器として空調機に注目し、当社では空調機の気流で与える感覚刺激がオフィスワーカーの覚醒状態に及ぼす影響を検証している。既往研究⁽¹⁾で、室温28.5℃の夏季温熱環境でも、ファン等の採涼手段を併用することで温熱満足度の改善によって生産性が向上する可能性が示されている。一方、気流の当たり方が強くなるほど予測平均温冷感申告(PMV)は寒い側へシフトし、温冷快適性も低下する。そのため、空調機によって生産性を向上させるためには、人の温冷快適性が高い状態になる範囲で気流制御を行う必要がある。

2.2 試験方法

気流による感覚刺激が生産性に与える影響を検証するため、当社施設で送風機を使用した被験者試験を実施した。被験者は夏季オフィスを想定した半袖シャツとパンツスーツ(0.5clo^(注1)相当)の服装とし、27名(男性：16名、女性：11名)でデータを取得した。生産性は情報処理作業として課したクレペリン作業(制限時間内に加算作業を繰り返す情報処理作業能力評価法)の回答数によって評価することにし、表1に示す温熱環境で、12分間2セットの課題による作業を行った。他に生理指標として脳波計測、心理指標として空気調和・衛生工学会温冷感小委員会提案の9段階の温冷感及び5段階の温冷快適感に関するアンケートを実施した。

脳波はMind Wave Mobile(NeuroSky社)を用いて左前頭前野部位(Fp1)(図1)をサンプリング周波数512Hzで計測した。(株)電通サイエンスジャムの感性分析システム“感性アナライザ^(注2)”によって、取得した脳波データの周波

表1. 試験条件

条件	温度(℃)	気流
A	28	なし
B	28	あり(下半身) ^(注3)
C	28	あり(上半身) ^(注3)
D	25	なし

(注3) 送風機で調整

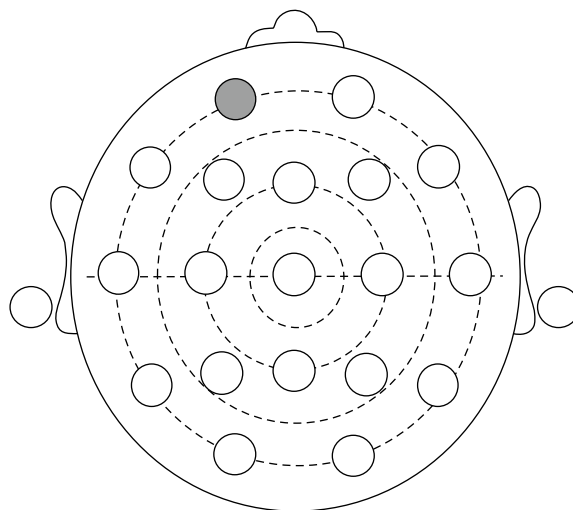


図1. 国際10-20法でのFp1

数変換を行い、周波数の振幅スペクトルの組合せから独自のアルゴリズムで得られる指標によって評価を行った。

作業中の脳波から、時系列データの乱雑さや不規則性の尺度であるサンプルエントロピー(以下“脳波強度”という。)⁽²⁾を算出した。脳波強度の値が大きければ脳波は不規則で乱雑であり、刺激を受けて活動強度が増加した状態と考えられる。

(注1) clo(クロー)値は衣類の熱抵抗を示し、暖かさの目安となる。
(注2) 感性アナライザは、(株)電通サイエンスジャムの登録商標である。

2.3 身体部位刺激に対する効果

試験結果を図2に示す。生産性を評価するために取得したクレペリン作業の回答数には個人差があるため、式(1)で正規化した。 y_n は各被験者の正規化後の作業成績、 x_n は各被験者の表1に示す各条件での回答数、 X_n は各被験者の全条件の平均回答数を表す。

$$y_n = \frac{x_n}{X_n} \dots\dots\dots (1)$$

28℃環境で、気流のない条件Aに対し、上半身に気流を付加する条件Cでは生産性が向上した(図2(a))。一般的に25℃環境は28℃環境に比べて生産性が高いと言われているが、28℃環境でも、気流による感覚刺激で生産性向上の効果がみられた。

脳波強度は生産性と同様の傾向を示し、28℃環境で上半身に気流を付加する条件Cで最も高かった(図2(b))。一般に、脳に入力された感覚刺激は視床を経て前頭前野部位に反映される。夏季オフィスを想定した服装の場合、下半

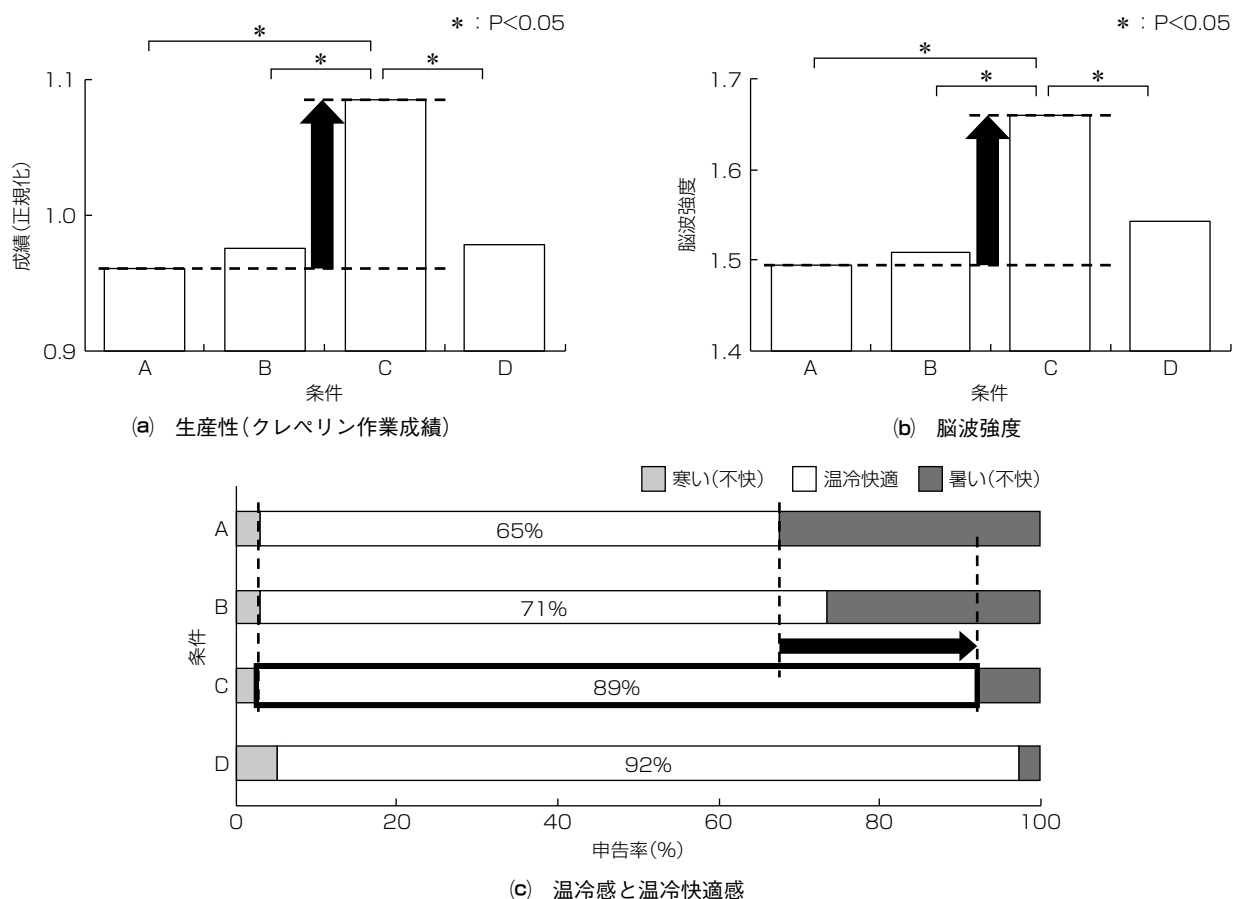


図2. 作業成績と脳波の関係

身に比べて上半身は肌に直接気流が当たりやすいため、送風による感覚刺激がより強く脳に伝わったと考えられる。

温冷感と温冷快適感のクラスタ分析を行った結果、暑い又は寒いほど温冷快適感是不快であった。図2(c)は、寒いかつ不快、涼しい～温かいかつ快適(以下“温冷快適”という。)、暑いかつ不快の3段階で示した結果であり、28℃環境では上半身に気流を付加する条件Cで温冷快適の申告が最も多く、25℃環境とほぼ同等であった。

28℃環境でも上半身への気流付加によって、生産性向上と温冷快適性の維持が可能であったことから、これを空調機の気流制御技術に応用することにした。

3. 空調機によるゆらぎ気流の効果

3.1 空調機によるゆらぎ気流の実現

当社パッケージエアコンの4方向天井カセット形室内ユニットは、上下方向と吹出し口内に配置した左右風向調整翼(ルーバ)による左右方向の気流を吹き分ける機能を持っており、ムーブアイで人の位置情報を検知し、空調機のルーバで上半身への気流付加を実現する。また、ルーバを

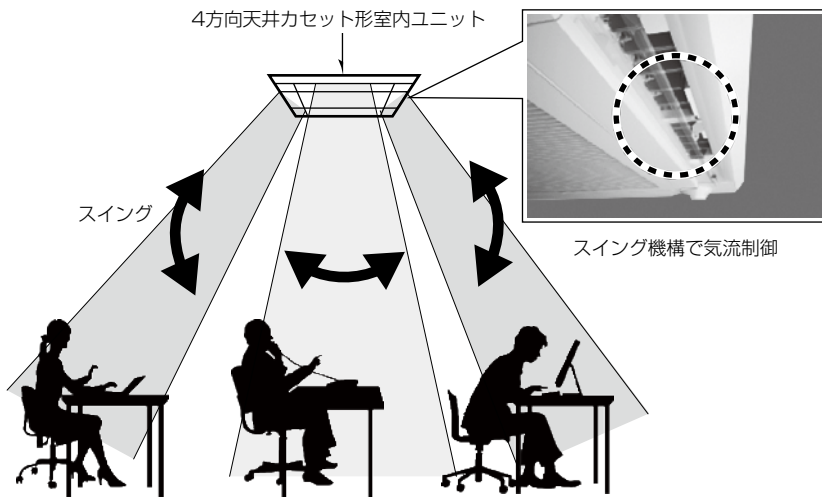


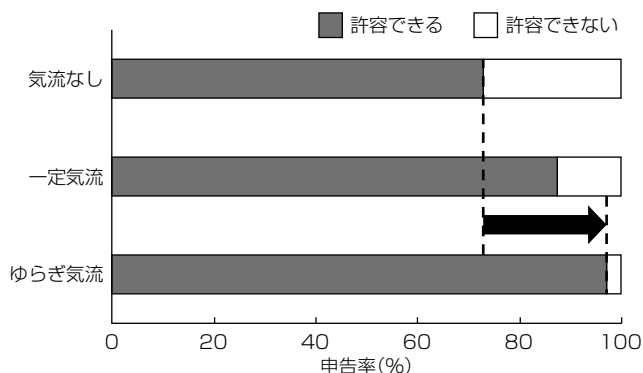
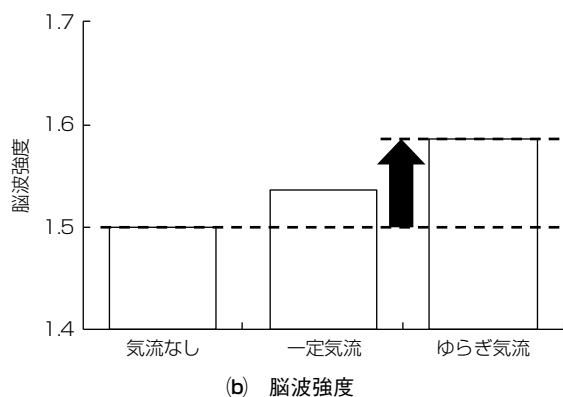
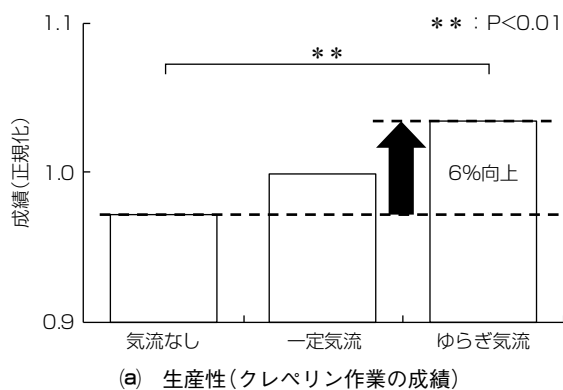
図3. 空調機によるゆらぎ気流のイメージ

動かし続けることで上半身への不規則なゆらぎ気流を付加できる(図3)ため、感覚刺激の増大が期待される。

3.2 ゆらぎ気流による効果

夏季省エネルギー基準である28℃環境で、空調機のスイング機構による上半身へのゆらぎ気流の効果を被験者試験によって評価した。気流なし、上半身への一定気流、上半身へのゆらぎ気流の3条件を23名(男性: 17名、女性: 6名)で実施した。

結果を図4に示す。上半身にゆらぎ気流を付加した条件



(c) 温熱環境に対する許容度

図4. ゆらぎ気流の効果

では、気流なしの条件に比べて成績が有意に6%向上し、上半身への一定気流を当てた場合よりも生産性が向上した(図4(a))。

脳波強度は、生産性と同様の傾向を示した(図4(b))。上半身に一定気流を付加した条件に比べてゆらぎ気流条件で脳波強度が高いのは、感覚刺激が不規則になる点が要因と考えられる。

心理指標として温冷感、気流感、及びその快適感を総合した温熱環境に対する許容度を取得した結果、上半身にゆらぎ気流を付加した条件の許容度が最も高かった(図4(c))。

以上の結果から、28℃環境での空調機のゆらぎ気流は、気流なしの環境と比べて生産性と温冷快適性が向上し、25℃環境とほぼ同等の温冷快適性が得られることが

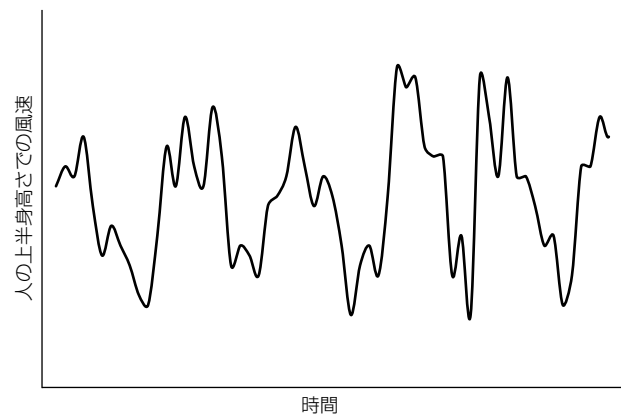


図5. 人位置でのゆらぎ気流の風速変化

分かった。

オフィス内の人に対しては、図5のような空調機のゆらぎ気流を付加することで風の緩急を感じる効果も与えることができる。人に当たる気流の風速変化を快適範囲に抑えることで、人はゆらぎ気流を心地よい刺激と捉え、生産性向上と温冷快適性の改善が実現可能になる。

4. む す び

当社では国連の“持続可能な開発目標(SDGs)”達成への貢献に向け、ZEB関連技術の実証棟を建設している。ZEBへの取組みはSDGsの17の目標のうち、エネルギーや環境対策等の四つの目標達成に寄与する。本稿で述べた知見を製品に応用することで、さらに健康と働きがいに関する二つの目標達成に寄与する。

当社の空調機はムーブアイによって人の位置と温度情報が分かるため、フリーアドレスオフィスのように席レイアウトが決まっていないオフィスでも快適感を損なわない気流吹き分けを行うことができる。省エネルギーによるCO₂排出抑制で環境保全に貢献することに加え、オフィスで働く人の快適性と生産性を向上させることで残業時間を削減し、健康的なオフィス空間を提供する“ウェルビーイング”の実現に向けて開発を継続していく。

この開発に当たり脳波解析及び被験者試験で多大なご協力をいただいた慶應義塾大学満倉教授及び学生被験者に感謝する。

参 考 文 献

- (1) 空調調和・衛生工学会：快適な温熱環境のしくみと実践 (2019)
- (2) Richman, J. S., et al.: Physiologica Timeseries Analysis using Approximate Entropy and Sample Entropy, American journal of physiology-Heart and circulatory physiology, **278**, No.6, 2039~2049 (2000)

店舗・事務所用パッケージエアコンの新4方向天井カセット形〈コンパクトタイプ〉室内ユニット

田中健裕*
高木昌彦*
大森崇言*

New 4-way Cassette Indoor Unit 〈Compact Type〉 of Packaged Air Conditioner

Kenyu Tanaka, Masahiko Takagi, Takanori Omori

要 旨

近年市場から、店舗・事務所用パッケージエアコンの室内ユニットについて、省エネルギー性と快適性の向上以外に“エアコンの存在感を抑えた、空間に調和したデザイン”を要求されている。最もエアコンの存在感を抑えられるのは天井埋込形だが、吹出し風向の自由度や現場の天井フットコロ高さの制約で、4方向天井カセット形が市場では最も普及している。三菱電機の汎用の4方向天井カセット形はある程度天井面積が広い場所に据え付ける室内ユニット(化粧パネル外形950×950(mm))となっているが、照明や天井意匠による設置制約がある天井向けに小型の4方向天井カセット形〈コンパクトタイプ〉室内ユニット(化粧パネル外形760×760(mm))もラインアップしている。

今回、新4方向天井カセット形〈コンパクトタイプ〉室内

ユニットを“エアコンの存在感を抑えた”デザインで開発した。具体的には、室内から見える化粧パネルのデザインを“薄型”“フラット”“直線的”とした。しかし、単純に化粧パネルを薄くすると、吹出し空気が天井を汚してしまう“スマッジング”が発生しやすくなる。そこで、風路形状の再設計等によって、スマッジングを防止しつつ、化粧パネルの厚さを50%削減(30→15mm)した。また、省エネルギー性と快適性の向上のため、“人感ムーブアイ(サーモパイル型赤外線センサ)”を搭載した。他機種で使用している人感ムーブアイは天井から約58mmの出っ張りがある形状となっていたが、室内への出っ張りを減らすために構造を見直して、出っ張り代を56%低減(58→25mm)した新型人感ムーブアイを開発した。



薄型・フラット・直線的な
デザインの化粧パネル(厚さ15mm)



新型人感ムーブアイ
(サーモパイル型赤外線センサ)



新4方向天井カセット形〈コンパクトタイプ〉の設置イメージ

新4方向天井カセット形〈コンパクトタイプ〉室内ユニット

室内機の風路形状の再設計等によって、吹出し空気が原因で天井が汚れる“スマッジング”を防止しつつ、化粧パネルの薄型化を実現した。また、省エネルギー性と快適性向上のために導入した人感ムーブアイについても構造見直しを実施し、従来の人感ムーブアイと比較して、室内側への出っ張り代を大幅削減した。これらによって、市場から求められているエアコンの存在感を抑えたパッケージエアコン室内ユニットを実現した。

1. ま え が き

近年市場から、店舗・事務所用パッケージエアコン室内ユニットについて、省エネルギーと快適性向上以外に“エアコンの存在感を抑えた、空間に調和した”デザインを要求されることが多い。最もエアコンの存在感を抑えられるのは天井埋込形だが、吹出し風向の自由度や現場の天井フットコク高さの制約で、4方向天井カセット形が市場では最も普及している。当社の汎用の4方向天井カセット形〈ファインパワーカセット〉室内ユニット(以下“ファインパワーカセット”という。)はある程度天井面積が広い場所に据え付ける室内ユニットとなっているが、照明や天井意匠による設置制約がある天井向けに小型の4方向天井カセット形〈コンパクトタイプ〉室内ユニット(以下“コンパクトカセット”という。)もラインアップしている。

今回、新コンパクトカセットを、省エネルギー性と快適性を向上させるとともに“エアコンの存在感を抑えた”デザインで開発した(図1)。

2. エアコンの存在感を抑えたデザイン

エアコンの存在感を抑えるために、室内から見える化粧パネルのデザインを薄型・フラット・直線的にした。

2.1 化粧パネルの薄型化

天井カセット形室内ユニットの化粧パネルを薄型化するのに課題となるのは“スマッジング”の防止である。ただ単純に化粧パネルを薄くすると、吹出した空気が天井に沿って天井を汚してしまうスマッジングが発生しやすい(図2)。今回のコンパクトカセットの開発ではスマッジングを防止

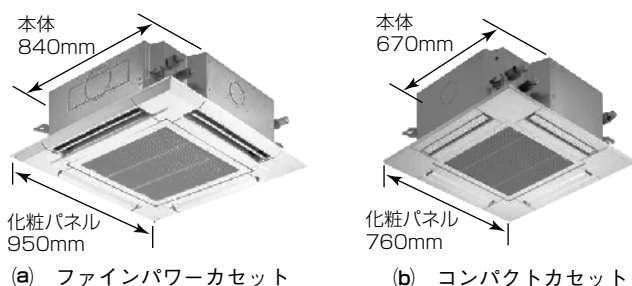


図1. ファインパワーカセットとコンパクトカセットの外形比較

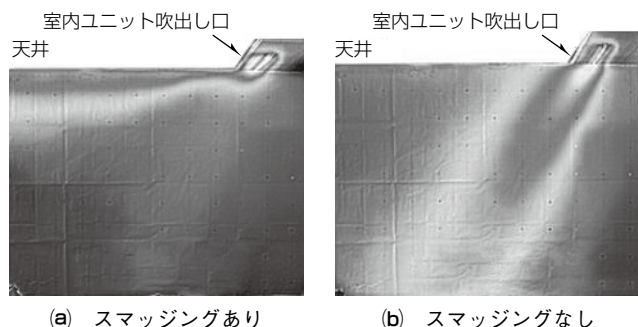


図2. 吹出した空気の流れ方向によるスマッジングあり／なし

しつつ化粧パネルを薄型化することを目標にした。

従来のコンパクトカセットは、天井付近の化粧パネル表面に突起構造を設け、天井に向かって風が流れにくいようにしてスマッジングを防止していた。しかし、化粧パネル表面に突起構造を設けると冷房の際の結露不具合の原因となるため、結露防止のための防露ヒーターを設置していた。防露ヒーターは省エネルギー性を悪化させ、さらに安全性確保のために化粧パネル全体を不燃材で覆う必要があって風向バーンモータ等のサービス性も悪化させる。

今回の開発では突起構造や防露ヒーターを使わずに、風路形状を工夫することで化粧パネルの薄型化とスマッジング防止を両立させた。

スマッジングは風向バーンの右側の吹出し空気の風速が大きい場合に発生しやすいため、風路の形状を吹出し空気の流れを変えるように変更し、風向バーン右側の風速を低減させた。また、風向バーンの形状も所定の吹出し角度が得られるように設計した(図3)。

これらの対策によって、スマッジングを防止しながら、かつ化粧パネルの厚さを従来のコンパクトカセットの30mmから15mmに半減させることに成功した。

2.2 人感ムーブアイの薄型化

今回のコンパクトカセット開発では、省エネルギー性と快適性向上のため人感ムーブアイ(サーモパイル型赤外線センサ)を搭載することにした。現在他機種で実績のある人感ムーブアイの駆動部品は、天井から約58mmの出っ張りがある形状となっているが、今回、室内への出っ張りを減らすため、構造を見直した。従来の人感ムーブアイの各部品の機能を精査し、部品点数の削減と薄型化のための部

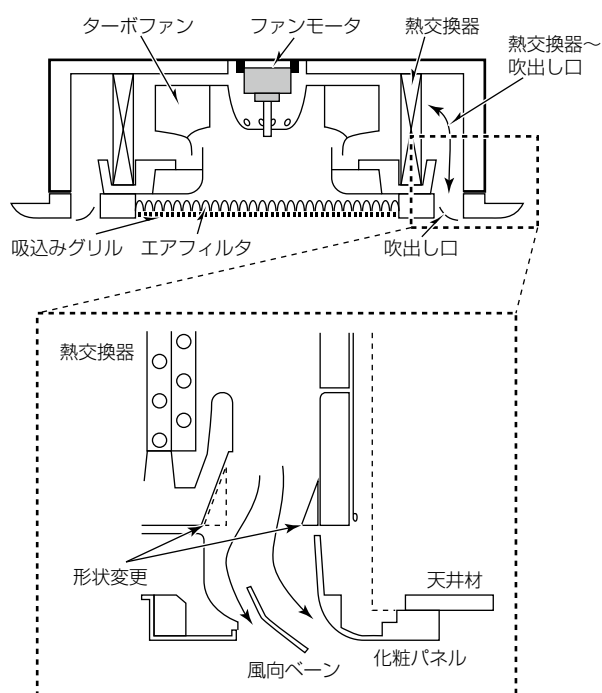


図3. コンパクトカセットの吹出し口風路の断面図

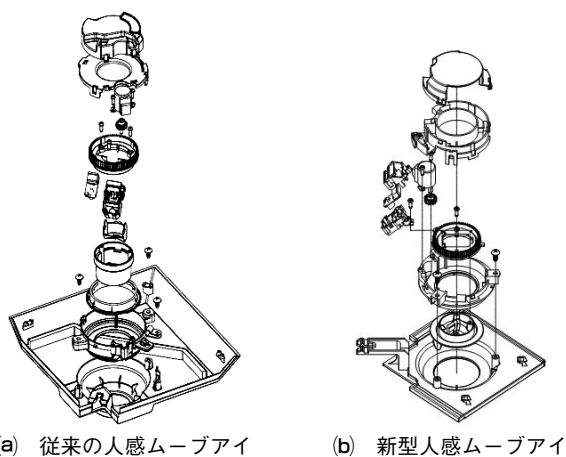


図4. 人感ムーブアイの部品構成の比較

品形状の変更を実施した(図4)。この見直しによってコンパクトカセットに人感ムーブアイの機能を追加するとともに、出っ張り代を56%低減(58→25mm)した。

3. 省エネルギー性の向上

3.1 コンパクトカセットの省エネルギー性向上

近年、エネルギーの安定供給と地球温暖化防止のために省エネルギーの必要性がますます高まっている。業務用空調機(パッケージエアコン)についても、2010年の省エネ法改正に伴い、2015年度達成目標値(トップランナー基準値)が設定されるなど、省エネルギー性能の向上が急務となっている。図5に示すように、平均的なオフィスビルでの消費電力のうち、空調機の占める割合は48%と高い割合を占めており、空調機の省エネルギー化がいかに重要であるかが分かる。

今回、当社独自の省エネルギー技術を活用することで、小型でありながら省エネルギー性を改善したコンパクトカセットを開発した。一般的に小型の室内ユニットはファンが小さく風路が狭いことから、所定の能力を確保するのに圧縮機回転数やファン回転数を大きくするため、省エネルギー性や騒音の面で不利となる。今回、三次元翼(よく)を持つ新型ターボファンを搭載し、さらにファンモータとドレンポンプをDC化した。新型ターボファンによって送風機単体効率が約10%向上し、ファンモータとドレンポンプのDC化の効果と合わせて、室内ユニットの消費電力を約63%削減した。その結果、APF(通年エネルギー消費効率)が最大46%向上し、コンパクトカセット“スリムZRシリーズ”として初めて全能力帯でグリーン購入法基準をクリアした。

3.2 ファンの改善

コンパクトカセットは、ターボファンと呼ばれる遠心送風機を採用している。ターボファンは、外周にある複数の翼によって、中央から空気を吸い込み、遠心方向に吹き出す。その空気がファンを取り囲む熱交換器を通過し、室内

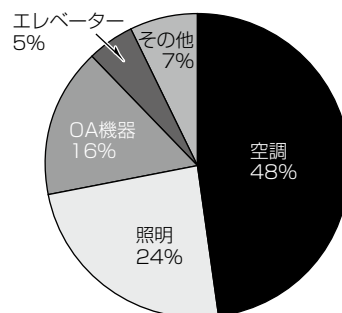


図5. 平均的なオフィスビルでの用途別電力消費率⁽¹⁾

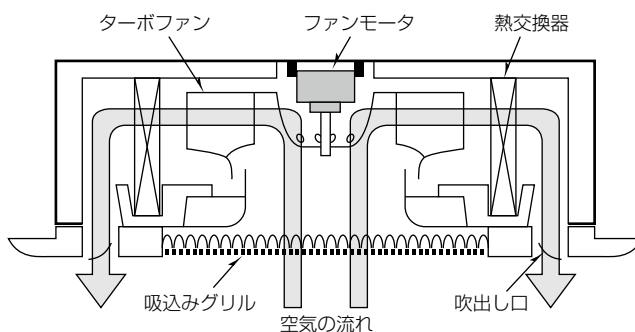


図6. コンパクトカセット内の空気の流れ

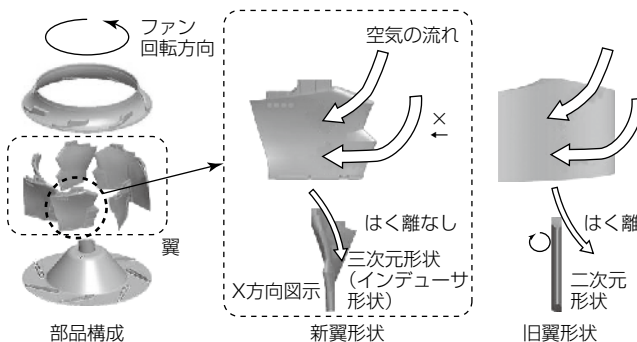


図7. 新型ターボファン部品構成と翼形状の新旧比較



図8. 新型ターボファン

空間に送られる(図6)。

従来ターボファンでは、翼が円周面に対して直立するような二次元形状をしていた(図7)。そのため、空気が翼の形状に沿って流れない箇所があり、その場所では流れのはく離が発生して送風効率を低下させていた。そこで、新型ターボファン(図8)の翼は、ファンが回転したときに吸い込み空気が翼の表面に沿って小さい抵抗で流れる形状に変

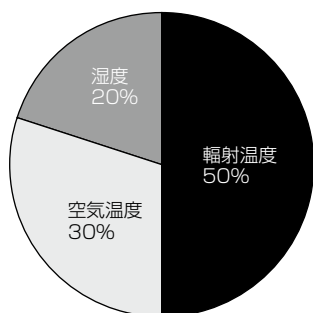


図9. 体感温度への影響因子(室内の場合)

更した(図7)。この結果、空気の流れのはく離が抑制されて送風効率が約10%向上した。また、ファンの改善に加え、ファンモータやドレンポンプをDC化することで室内ユニットの消費電力を約63%削減した。

3.3 センシングによる省エネルギー性の向上

空調によって得られる快適性や、人が感じる暑さ・寒さは、単純に温度だけでなく様々な要素の影響を受けており、体感温度と呼ばれる指標で表される。体感温度は、主に輻射(ふくしゃ)温度・空気温度・湿度に影響される(図9)。空調では体感温度を考慮し、ユーザーが快適と感じる運転を行うことが重要である。

今回、コンパクトカセットでは、人や床などの輻射温度を360°12エリアに分割して検知するサーモパイル型赤外線センサ“人感ムーブアイ”を新たに搭載した。新たに検知可能になった輻射温度を用いることで、従来よりも実際の体感温度に近づけることができ、更なる省エネルギー性と快適性の向上が可能になる。

また、人感ムーブアイを活用した人感ハイブリッド運転を導入した。人は風を浴びることで、より涼しく感じることができるため、冷房運転時にこの涼風作用を利用した。室温が設定温度まで下がったら圧縮機を停止させ、吹出し口の風向バーンを上下スイングし、自動で送風運転に切り替える。それによって、圧縮機を停止した状態で、体感温度を低いまま維持させる。風だけで体感温度を維持できなくなった場合には、自動で圧縮機を再度動かして冷房運転を行う(図10)。人感ハイブリッド運転は、圧縮機の停止している時間を長くすることで消費電力を低減し、快適性を維持させたまま無理のない節電を可能にした。

暖房運転の場合は、室内温度が設定温度に近づいた場合、自動で水平方向への送風運転を行う。サーキュレータ効果によって天井付近のたまった暖気を人の高さまで下ろして、室内温度むらを低減して快適性を向上させる(図11)。

冷房運転で1日間の積算消費電力量を測定した結果、ハイブリッド運転なし／ありで21.0kWhから18.4kWhへと低減しており、約12%の改善^(注1)が確認できた。

(注1) 一般事務所では夏季期間中8:00～20:00で冷房運転を行い(同一設定条件下)、積算消費電力量を測定した。

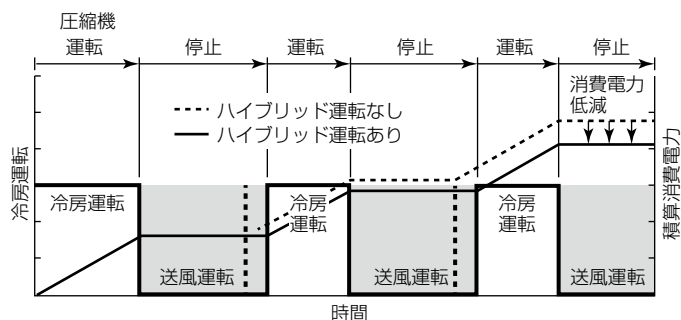


図10. ハイブリッド運転の冷房運転イメージ

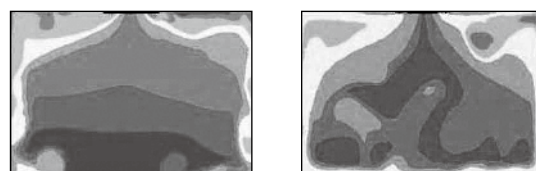


図11. ハイブリッド運転の暖房時室内温度分布



図12. 化粧パネルの仮掛けフック構造

4. 作業性の改善

室内ユニット据付け時の作業性も改善するため、化粧パネルの仮掛けフック構造(図12)や、ねじを手持たずに作業ができるような仕様にした。また、室内ユニット全体で部品が果たす機能を精査し、部品点数の削減を進めたことで製品質量を約3kg(20→17kg)低減した。これらによって、据付け作業性を改善し、施工時間を当社従来機種と比較して約9%短縮できた。

5. む す び

コンパクトカセットの開発では、市場から要望のある“エアコンの存在感を抑えた、空間に調和した”デザインを目指し、パネルや人感ムーブアイの薄型化と、省エネルギーと快適性向上の両立を実現した。また、市場での据付け作業性やサービス作業性の改善を行った。今後もユーザーや施工・サービス業者の声を十分聞きながら、ニーズに応える空調機の開発に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省 資源エネルギー庁：平均的なオフィスビルでの用途別電力消費率，資源エネルギー庁推計(2015)

“切れちゃう瞬冷凍A.I.”搭載の三菱冷蔵庫 “MXシリーズ”

鈴木裕哉*
大和康成*
前田 剛*

Mitsubishi Refrigerator "MX Series" Utilizing "Supercool Freezing A.I."

Yuya Suzuki, Yasunari Yamato, Go Maeda

要 旨

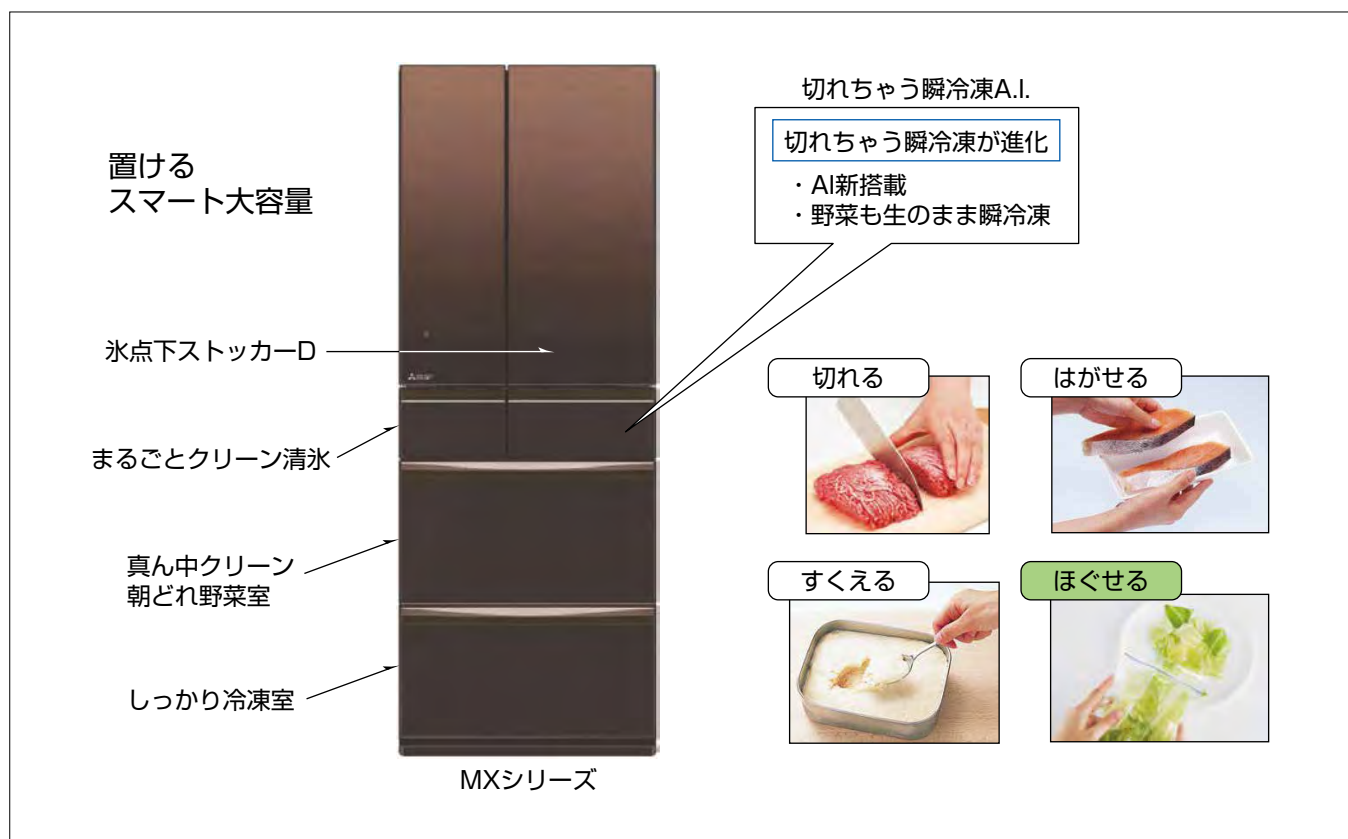
食材をおいしく冷凍し、冷凍保存した肉や魚が切れたり、はがせたり、ソースをすくえたりする三菱電機独自の“切れちゃう瞬冷凍”はユーザーの好評を得ており、2019年発売の新モデルでは更なる進化として、野菜を生のまま、おいしく冷凍でき、解凍いらずで、ほぐしてそのまま調理に使うことができる機能を追加し、ユーザーの家事をサポートすることにした。

しかし、“切れちゃう瞬冷凍”は特殊な温度制御が必要であり、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操作忘れが不満点として指摘されていた。2019年モデルでは冷凍した野菜をほぐすことができる機能を追加するため、より使用頻度の高まる“切れちゃう瞬冷凍”を更に便利にもっとたくさん使ってもらうために、ボ

タン操作不要の“切れちゃう瞬冷凍”の開発に取り組んだ。

各室の扉開閉センサで日々の扉開閉情報を収集し、ユーザーの標準的な生活パターンを分析し、活動期間、非活動期間を予測することで、ユーザーの瞬冷凍をしたいタイミングを捉え、最適なタイミングで、瞬冷凍を自動で開始することを実現した。さらに、分析した標準的な生活パターンから、活動期間、非活動期間を予測するだけでなく、使い方のずれから、深夜の活動有無を予測することで、ユーザーの様々なライフスタイル・使い方にも適応可能にした。

保存対象食材の拡張と、使い勝手の向上とで、より多くの機会に、より便利にラクに使用できる機能に進化させた“切れちゃう瞬冷凍A.I.”を搭載した三菱冷蔵庫“MXシリーズ”を2019年2月に発売した。



“切れちゃう瞬冷凍A.I.”搭載の三菱冷蔵庫“MXシリーズ”

2019年2月発売の三菱冷蔵庫“MXシリーズ”では、“切れちゃう瞬冷凍”の新機能として、野菜を生のまま、おいしく冷凍でき、解凍いらずで、ほぐしてそのまま調理に使うことができる機能を追加し、保存対象食材を拡張している。また、独自のAI(Artificial Intelligence)技術を開発することで、使い勝手を向上させている。保存対象食品の拡張と使い勝手向上で、より多くの機会に、便利にラクに使用できる“切れちゃう瞬冷凍A.I.”を実現している。

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、ユーザーの好評を得ている。冷凍室が真ん中形態である“WXシリーズ”に加え、2018年には、野菜室が真ん中形態である“MXシリーズ”を新たに展開した。どちらのシリーズでも、限られたスペースにも大容量冷蔵庫が配置できる“置けるスマート大容量”を始め、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、ソースをすくえる、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”（図1）、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”、野菜をみずみずしく新鮮に保ち、栄養素も増やすことができる“朝どれ野菜室”を搭載し、生鮮食品から冷凍品までをおいしく便利に保存できる冷蔵庫である。

これらの機能の中でも、“切れちゃう瞬冷凍”は高い評価を得ており、2019年モデルで、野菜を生のまま、おいしく冷凍でき、解凍いらずで、ほぐしてそのまま調理に使うことができる機能を開発し（図2）、ユーザーの家事を更にサポートする機能にグレードアップした。

2. 切れちゃう瞬冷凍

食品を長持ちさせるためには冷凍が適切だが、通常の凍らせ方では、食品の表面から中心に向かって徐々に針状の結晶が生成されていき（図3）、細胞にダメージを与えられ、解凍時にうまみ成分が流出してしまう。また、調理の際には、食品を解凍しなければならない手間が発生していた。そこで、これら問題を解決するのが“切れちゃう瞬冷凍”であり、通常は凍ってしまう凍結点を過ぎても食品が凍結しない過冷却現象を応用した、当社独自の冷凍技術である。細胞破壊を抑えて冷凍するため、おいしく冷凍でき、しかも -7°C で保存するため、解凍いらずで必要な分だけすぐに使え、調理の時短を実現している。

この瞬冷凍は、食品の特殊な冷やし方が必要である。初めに、食品全体をゆっくり均一に冷やしていくことで、食品が凍結点を過ぎても凍らない過冷却状態を作り出す。次に、過冷却状態に入った後で、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る。そして、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°C まで冷やしこむことで完了する（図4）。

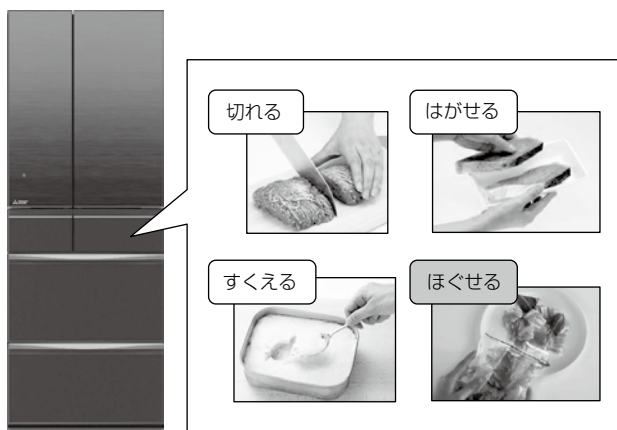


図1. 切れちゃう瞬冷凍

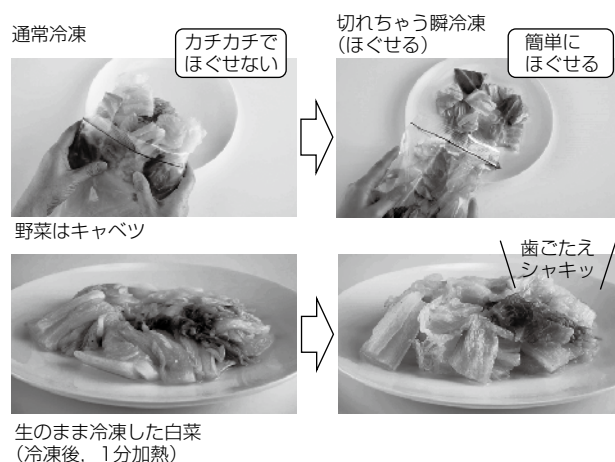


図2. 切れちゃう瞬冷凍 (ほぐせる)

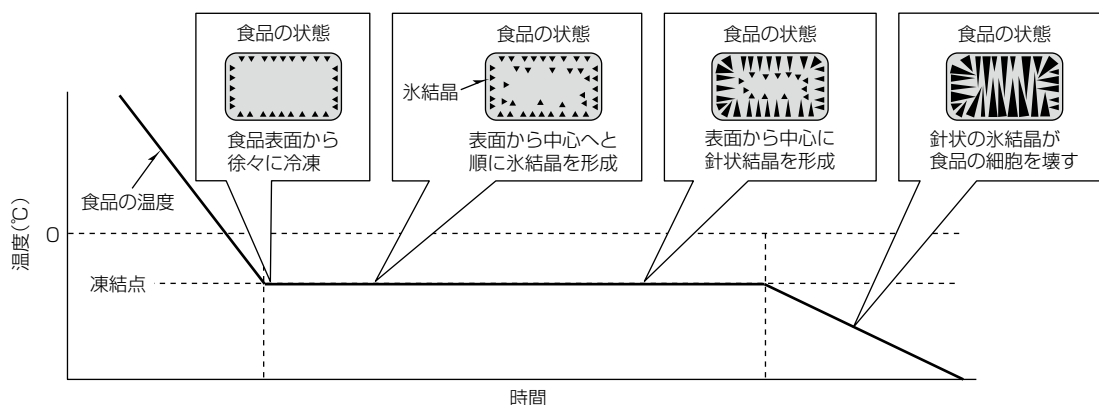


図3. 冷凍の原理

このように、食品を投入してから特殊な温度制御を行う必要があるが、冷蔵庫では食品投入を検知できないため、食品投入した後、ボタン操作をする必要があった。そのため、食品投入のたびに、毎回ボタン操作をしなければならぬ面倒さや、ボタン操作を忘れてしまうことが不満点として指摘されていた。2019年モデルでは冷凍した野菜をほぐすことができる機能を追加するため、より使用頻度の高まる“切れちゃう瞬冷凍”を更に便利にもっとたくさん使ってもらおうべく、ボタン操作不要の“切れちゃう瞬冷凍”の開発に取り組んだ。

3. 食品投入検知

食品投入が検知できれば、ボタン操作なし、つまり自動で“切れちゃう瞬冷凍”を開始できる。まずは、どうすれば食品投入を検知できるか様々な手段の検討を進めた。カメラや各種センサを取り付けるといった解決案を検討したが、コストアップとなってしまう。一方、食品を瞬冷凍する際には、必ず扉を開いて食品を投入することから、扉が開かれたときは瞬冷凍をするときと推定できる。食品投入そのものを検知しなくても、瞬冷凍したいときであれば、瞬冷凍室の扉開閉センサによって予測できるという仮説の下、発想を変えて、食品投入を検知するのではなく、瞬冷凍し

たいときを検知する手段を開発することにした。

当社冷蔵庫は全室独立設計をしており、各室に扉開閉センサを取り付けているため、“切れちゃう瞬冷凍”を行う瞬冷凍室の使用状況を把握することが可能である。しかし、扉開閉があったとしても、食品を入れるときばかりではなく、食品を取り出すことや中身を確認するだけの場合もある。また、単純に瞬冷凍室の扉開閉の都度、瞬冷凍を開始する仕様になると、一連の特殊な温度制御が完了する前に、初めから再開始してしまい、過冷却状態を解除して食品を凍結させるタイミングの前に、食品の温度を上昇させてしまうため、食品が凍結しない可能性がある(図5)。

そこで、実際にユーザーが瞬冷凍をどのようなタイミングで行いたいかを把握するため、冷蔵庫がどのような使われ方をしているかを調査した。その結果、冷蔵庫の使われ方は、大きく三つのパターンに分類できた。一つ目は、専業主婦がいる家庭であり、朝食／昼食／夕食といった料理や食事のタイミングでの扉開閉が多い。二つ目は、二世帯のような、多くの人が冷蔵庫を使っている家庭であり、1日中扉開閉が多い。三つ目は、昼間は不在の共働きの家庭であり、朝食／夕食時のタイミングで扉開閉が多い。また、パターンは三つに分類されるが、どの家庭でも、極端に扉開閉の少ない時間帯、つまり寝ている時間帯が必ず存在した。

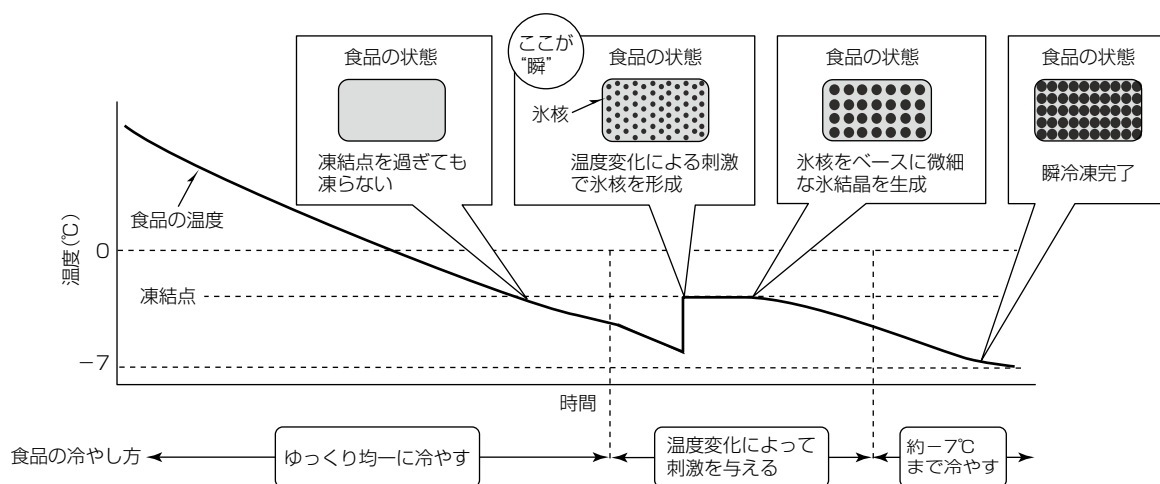


図4. 切れちゃう瞬冷凍の原理

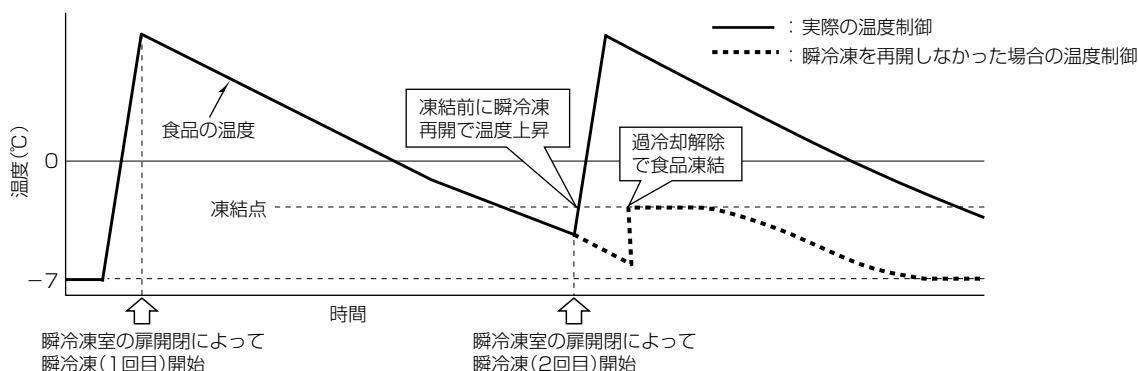


図5. 扉開閉時の瞬冷凍再開

さらに瞬冷凍室の使われ方を調査すると、朝食／昼食／夕食といった料理や食事のタイミング(ユーザーの活動期間)で使用されており、それ以外のタイミング(ユーザーの非活動期間)ではほとんど使われていない。つまり扉開閉の情報から、活動期間と非活動期間を捉えられれば、瞬冷凍を開始すべきタイミングを予測できる。

4. “切れちゃう瞬冷凍A.I.”

4.1 切れちゃう瞬冷凍の自動化

冷蔵庫の扉開閉情報から、活動期間と非活動期間を予測する。これを実現するに当たり、近年のトレンドであるAIを活用した。AIは大きく、情報収集、分析、予測、実行の四つのステップで構成される(図6)。情報収集には先に述べた扉開閉データを使い、ユーザーの生活パターンを分析し、瞬冷凍をしたいかどうかを予測し、瞬冷凍を実行させることで切れちゃう瞬冷凍の自動化を実現する。



図6. AIプロセス

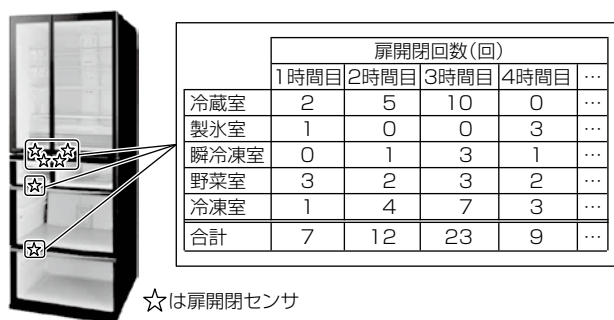


図7. 扉開閉データの収集

初めに、冷蔵庫の全扉につけた扉開閉センサによって、各室の1時間ごとの扉開閉回数を“収集”する(図7)。

次に、収集した扉開閉回数を基に、ユーザーの24時間の標準的な生活パターンを“分析”する。一日ごとにその日の使い方を標準的な生活パターンに反映し、新たな生活パターンとして更新していく。これによって、これまでの使い方を反映しつつ、長期間使い続ける中で、家族構成やライフスタイルの変化といった、冷蔵庫の使われ方の変化にも合わせて生活パターンを更新できる。また、扉の開閉回数が極端に少ない場合は、旅行・外出によって不在と判断し、生活パターンの更新を行わないことで、実際に使っている日の使用状況を標準的な生活パターンに反映して新たな生活パターンとして更新していく(図8)。

続いて、標準的な生活パターンから、活動期間と非活動期間の“予測”を行う。単純に扉開閉の回数だけを見ていると、回数が多い時間帯と、少ない時間帯が、24時間の中で複数存在し、活動期間と非活動期間の区別がつかない(図9)。そこで、標準的な生活パターンの中で“これまで最も使われていない”かつ“これから使い始める”時間を捉

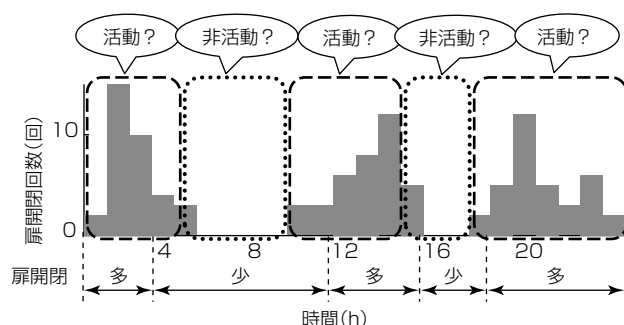


図9. 扉開閉による活動/非活動期間の予測

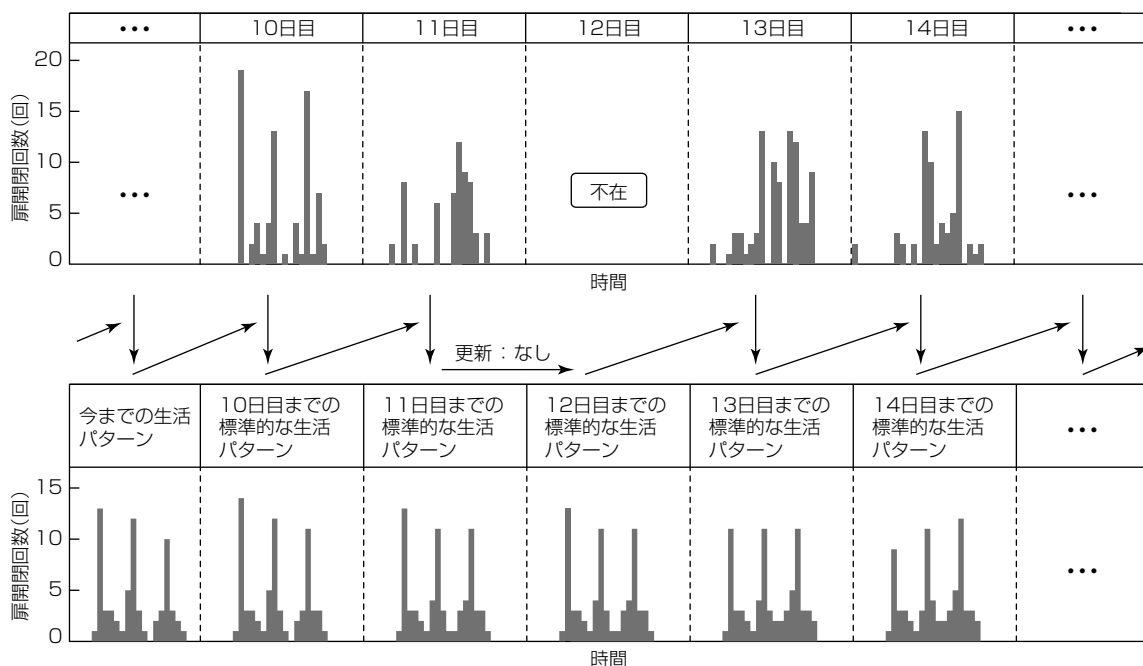


図8. 生活パターンの分析

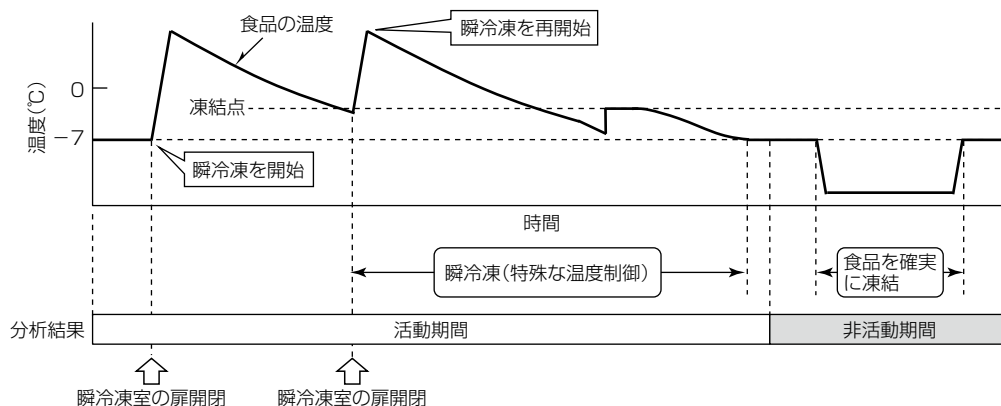


図11. 自動開始の瞬間凍

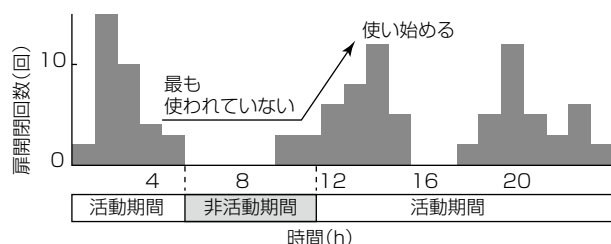


図10. 活動期間と非活動期間の境界

えることで、非活動期間と活動期間の境界を導き出すことが可能である(図10)。この境界を基に、活動期間と非活動期間を予測する。

最後に実行である。活動期間、つまりユーザーが瞬間凍を行いたいタイミングでは、瞬間凍室の扉開閉を検知したら瞬間凍を開始する。ただし、先に述べたとおり、扉開閉のたびに瞬間凍を再開させてしまうと、過冷却状態を解除して食品を凍結させるタイミングの前に、食品の温度を上昇させてしまい、食品が凍結しない可能性があるため、非活動期間では、食品の温度を下げ、確実に凍結させる(図11)。

このように、日々の扉開閉の状況から、ユーザーの標準的な生活パターンを分析し、活動期間、非活動期間を予測することで、ユーザーが瞬間凍を行いたいタイミングを捉え、最適なタイミングで、瞬間凍を自動で開始し、また、確実に食品を凍結させることを実現した。

4.2 ずれ検知

普段の標準的な生活パターンを予測できたとしても、必ず毎日同じ使い方をするとはいえない。例えば、週末で休みのため、普段より遅く起きて行動している日がある。こういった日は夜中(非活動期間)にも扉開閉があり、瞬間凍が使われる可能性がある。しかし、先に述べた仕様のままだと、非活動期間に瞬間凍をするために、食品を瞬間凍室に投入し、扉開閉しても瞬間凍を開始しない。そこで、いつもと違う使い方、つまり生活パターンのずれを検知する必要がある。

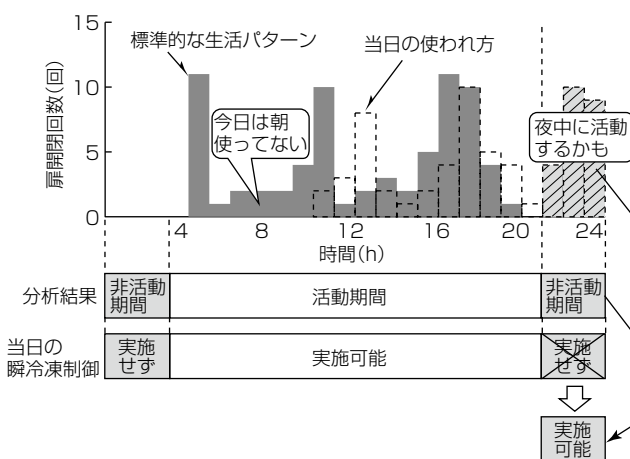


図12. 予測ずれ対応

ずれの検知には、標準的な生活パターンと、当日の使われ方を比較する。日中(活動期間)の使われ方が普段と異なる場合は、夜中(非活動期間)でも、活動する可能性、つまり瞬間凍をする可能性があるとして予測する。その場合、非活動期間であっても、瞬間凍室の扉開閉による瞬間凍を開始可能にし、いつもと違う使われ方をしても、最適なタイミングで瞬間凍を開始できる仕様に改善した(図12)。

標準的な生活パターンから、活動期間、非活動期間を予測するだけでなく、使い方のずれから、非活動期間の活動有無を予測することで、ユーザーの様々なライフスタイル・使い方に対して、ボタン操作不要の“切れちゃう瞬間凍A.I.”を実現した。

5. むすび

独自のAI技術を開発し、ボタン操作不要の“切れちゃう瞬間凍A.I.”を開発した。保存対象食材の拡張と、使い勝手の向上とで、より多くの機会に、より便利にラクに使用できる機能に進化した“切れちゃう瞬間凍A.I.”を搭載するMXシリーズを2019年2月に発売した。

今後もAI技術の開発に取り組み、省エネルギー・品質向上といった、更なる展開に取り組んでいく。

短辺クロス巻線方式と段付ポキポキコアによる 圧縮機用DCモータの高効率化技術

飯田敏充* 仁吾昌弘**
岩邊剛仙* 北野修***
熊谷一弥*

High Efficiency Technology of DC Motor for Compressor by Tanpen-cross-winding-method and Dantsuki-pokipoki-core
Toshimitsu Iida, Yoshinori Iwanabe, Kazuya Kumagai, Masahiro Nigo, Shuichi Kitano

要 旨

2019年度ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”(2018年11月発売)(以下“FZシリーズ”という。)では、通年エネルギー消費効率(APF)でルームエアコンでの最高値を更新するため、圧縮機の高効率化技術の開発に取り組んだ。ルームエアコンでは、圧縮機を駆動させるための電力が大半を占めており、圧縮機に内蔵されている高効率なDCモータが省エネルギーを支えていると言っても過言ではない。FZシリーズには、モータ巻線技術を極限まで高めることで高効率化を実現した新工法圧縮機を搭載しており、全容量帯で2018年度機種のAPF最高値を更新した。

今回開発したDCモータは新巻線工法である“短辺クロス巻線方式”と新ステータコア構造である“段付ポキポキコア”の採用によって、コイルの抵抗及びモータ損失(銅損)

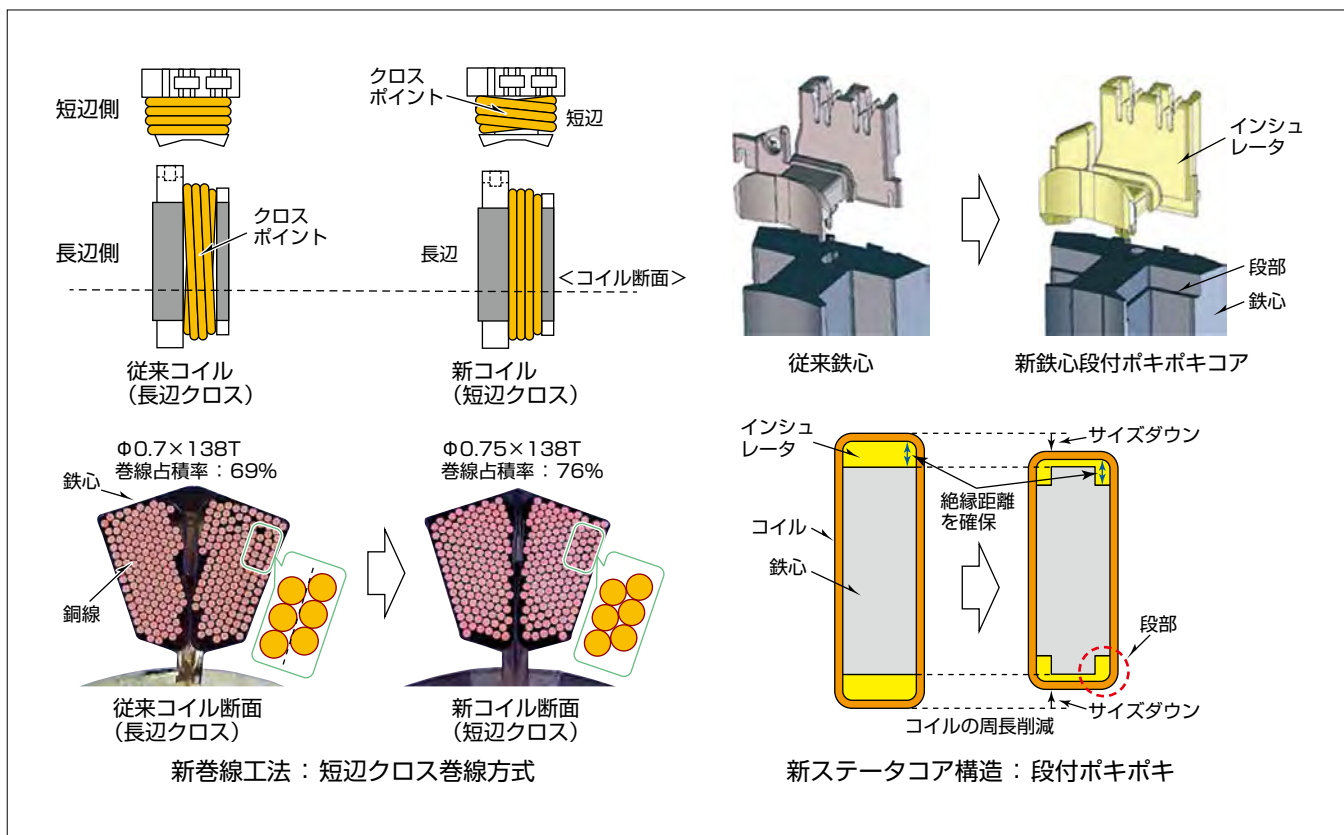
を大幅に低減させ、モータの高効率化を実現した。

(1) 短辺クロス巻線方式

巻線のクロスポイントをコイルの長辺側から短辺側に変更することでコイル間のデッドスペースを減少させ、巻線占積率を向上させた。その結果、銅損低減によってAPFの従来比+0.3%を実現した。

(2) 段付ポキポキコア

インシュレータの内部に設けた空洞にステータコアを埋め込むことによって、コイル1周当たりの長さを減少させた。その結果、銅損低減によってAPFの従来比+0.3%を実現した。段付き部の巾や長さはモータの絶縁距離、鉄損への影響、製造性を加味した上で、最もコイルの長さが短くなる最適な値に決定した。



新巻線工法“短辺クロス巻線方式”と新ステータコア構造“段付ポキポキコア”による圧縮機用モータ高効率化実現

FZシリーズに搭載された圧縮機用モータの高効率化技術として、新巻線工法である短辺クロス巻線方式と新ステータコア構造となる段付ポキポキコアによる銅損低減技術を確認した。FZシリーズの全能力帯でAPF改善を実現し、圧縮機とルームエアコンの省エネルギー化、及び、平成30年度省エネ大賞資源エネルギー庁長官賞受賞に貢献した。

1. ま え が き

FZシリーズでは、APFでルームエアコンでの最高値を更新するため、圧縮機の高効率化技術の開発に取り組んだ。ルームエアコンでは、圧縮機を駆動させるための電力が大半を占めており、圧縮機に内蔵されている高効率なDCモータが省エネルギーを支えていると言っても過言ではない。FZシリーズでは、モータ巻線技術を極限まで高め、高効率化を実現した新工法圧縮機を搭載し、APFでは全容量帯で2018年度機種での最高値を更新した。今回開発したDCモータは新巻線工法である短辺クロス巻線方式と新ステータコア構造である段付ボキボキコア採用によって、コイルの抵抗及びモータ損失(銅損)を大幅に低減させ、モータの高効率化を実現した。

本稿では、モータ損失と効率、短辺クロス巻線方式及び段付ボキボキコアについて述べる。

2. モータ損失と効率

圧縮機に搭載されるモータ(図1)の総合効率は図2に示すようにモータ効率と回路効率によって決まる。モータの高効率化を実現するためには、同一出力で、主に銅損、鉄損、機械損から構成されるモータ損失を低減させることが必要である。この開発では従来機種で損失割合が大きく、損失低減による効率改善効果の大きい銅損の低減を目的と

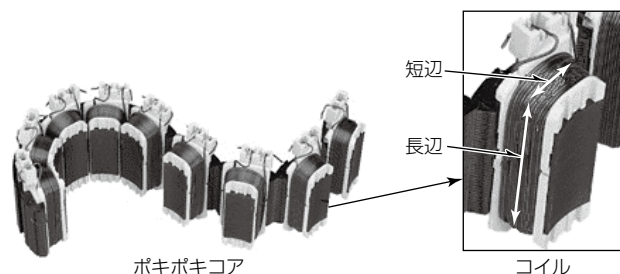


図1. 圧縮機用モータとコイル

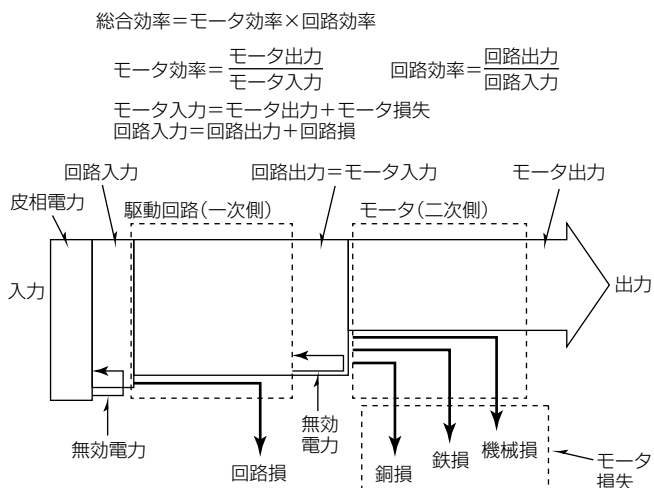


図2. モータ損失と効率

している。銅損はモータ入力電流 $I^2 \times$ コイル抵抗 R で表され、また、コイル抵抗は $R \propto \rho$ (抵抗率) \times l (コイル周長) / S (導体断面積) で表される。

3. 短辺クロス巻線方式

モータへの巻線方法として、円環状に一体で打ち抜かれ展開不可能なコア(一体コア)に対して、ノズルを直接巻線スロット内に挿入して巻線を施す方法が他社モータでは多く採用されている。しかし、巻線中のノズルとコアの距離が近すぎるため巻線を整列して配置することができない点や、ノズルが通過するスペースの確保が必要な点で、巻線占積率(巻線スペースに対して電線が占める割合)を高めることが困難であった。これに対して、三菱電機は円環状のステータコアを展開して巻線が巻きやすいように姿勢変形させることが可能な“ボキボキコア”と呼ばれる独自技術(図3)によって、巻線機フライヤで高密度に整列された巻線を施すことで高い巻線占積率を実現させていることを特長としている(図4)。今回、更に巻線占積率を向上させる“短辺クロス巻線方式”の技術によって、コイルの抵抗を小さくし、銅損を大幅に低減した。

3.1 長辺クロス巻線方式と短辺クロス巻線方式との比較

図1に示すように、コイルには短辺方向(モータの周方向)と長辺方向(モータの高さ方向)がある。また、巻線を高密度に整列させて巻いていくためには、1周ごとにどこかで巻線を1ピッチ送るポイント(クロスポイント)が必要になる。図5(a)に高密度な整列巻き(俵積み)の断面図、図5(b)にクロス巻線での積層状態の断面図を示す。クロス巻線時は整列巻線時に比べ、巻線間の隙間が大きくなる。

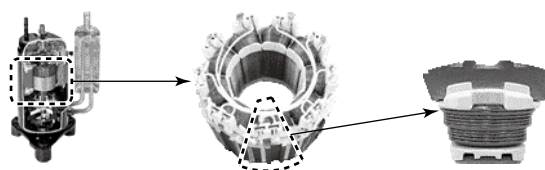


図3. 当社独自技術“ボキボキコア”

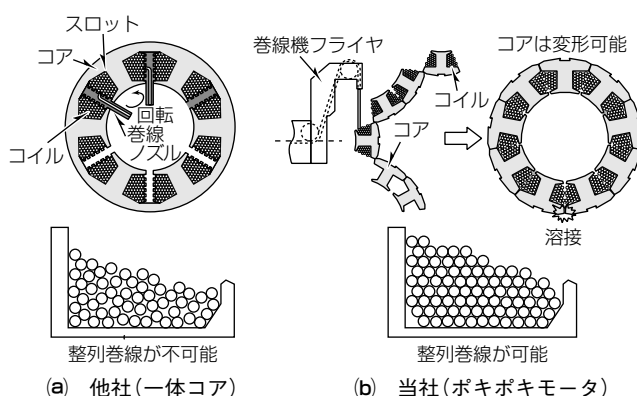


図4. 巻線方式比較

クロスポイントの配置位置は主に、長辺側に配置する長辺クロス巻線方式(図6、図7)と短辺側に配置する短辺クロス巻線方式(図6、図8)とに大別される。物理的制約を持つ巻線スロット内にクロスポイントを持たない短辺クロス巻線方式は、長辺クロス巻線方式に対して、巻線占積率を高める上で有利である。

3.2 短辺クロス巻線方式の課題と解決策

しかし、短い短辺側で巻線をクロスさせる短辺クロス巻線方式の場合、長辺クロス巻線方式に比べ、巻線を1ピッチ送る際の巻線機フライヤの必要移動量(巻線送り量)が増大するため、図9のように、巻線時の加速度が増加し、設備能力を超過するため、巻線整列性が不安定になる課題があった。対策として巻線速度を落とすことが挙げられるが、従来比40%まで落とす必要があり、巻線工程にかかる時間が2.44倍となり生産性が犠牲になる。また、コアバック側(外径側)を巻線する際に、巻線送り量の増大によって巻線機フライヤとコアが干渉してしまうという課題があった。対策としては巻線機の大幅な設備改造の必要が生じる。

先に述べた主たる二つの課題から、当社従来モータでは、コイルの長い長辺側で巻線をクロスさせる長辺クロス巻線方式を採用していた。しかし、長辺側でクロスさせる場合、隙間の大きいクロスポイントが物理的制約を持つ巻線スロット内に生じるため、巻線占積率を高める上での障壁となっていた(参考：理論最大巻線占積率90.6%に対して69%)。

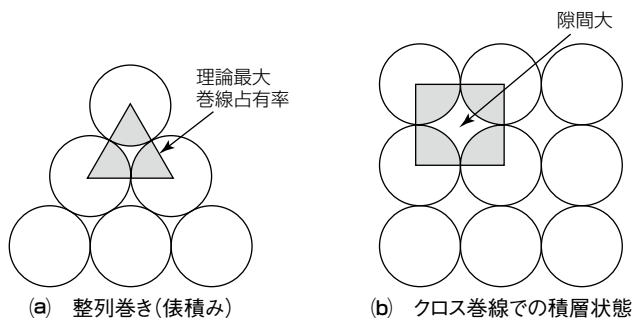


図5. 巻線の積層状態

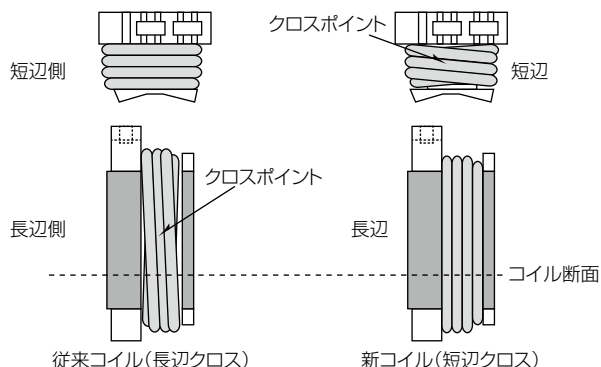


図6. クロスポイント

そこで、この開発では新巻線工法である倣い巻技術を取り入れた短辺クロス巻線方式を確立し、巻線送り量を長辺クロス巻線方式同等まで低減することで先に述べた課題を解決した。従来クロスポイント位置を巻線する際、図10のように下の層のコイルの間を狙って巻線を配置していた。それに対して、倣い巻では図11のように一つ前のコイルに倣わせ、コイルを案内しながら巻線することで、フライ

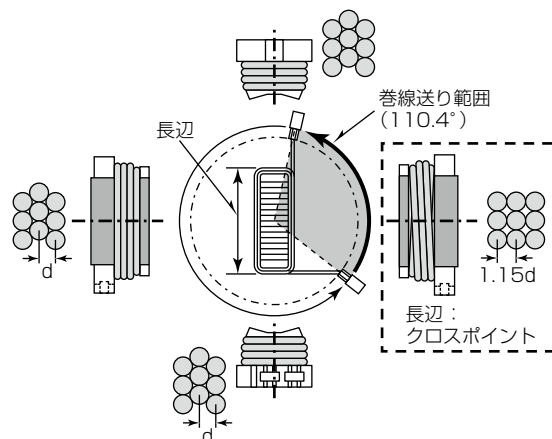


図7. 長辺クロス巻線での巻線断面図

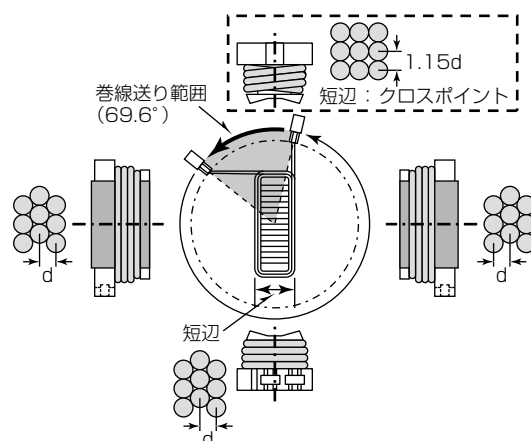


図8. 短辺クロス巻線での巻線断面図

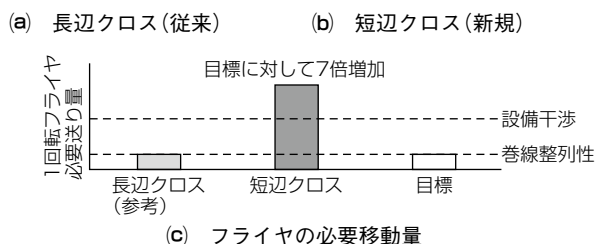
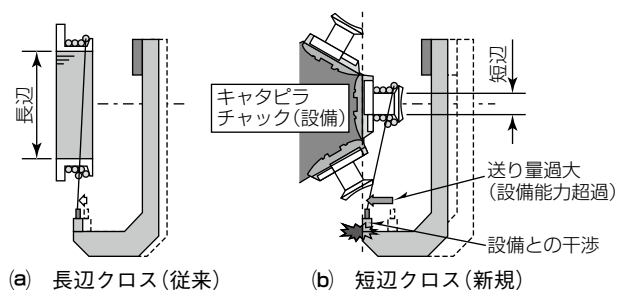


図9. 短辺クロス巻線方式の課題

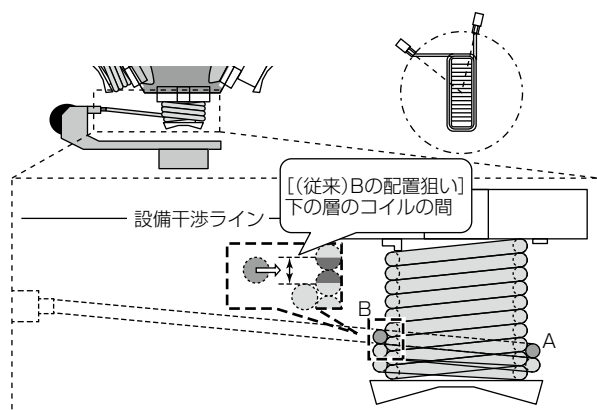


図10. 従来のクロスポイント巻線工法 (A→B)

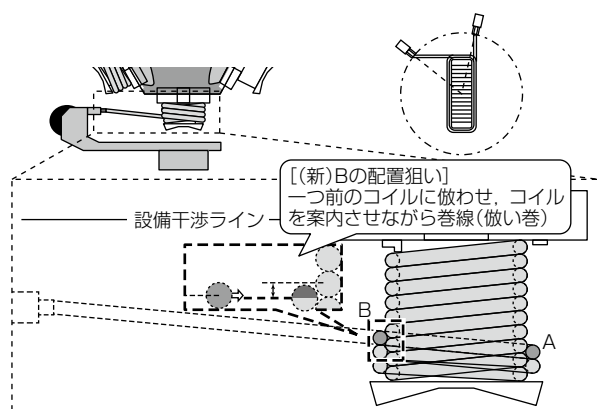


図11. 倣い巻でのクロスポイント巻線工法 (A→B)

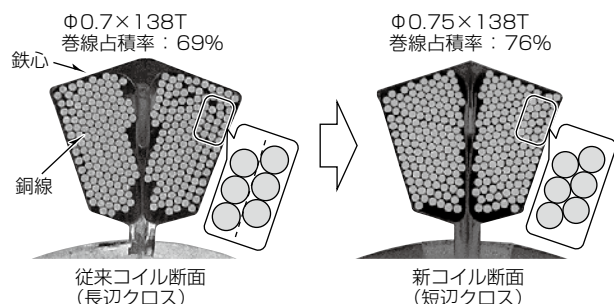


図12. 巻線占積率比較

ヤの必要移動量を長辺クロス同等まで低減させた。倣い巻を取り入れた短辺クロス巻線方式とすることで、図12のように、“ポキポキコア”での巻線整列性を維持したまま、課題になっていた巻線隙間を解消し、巻線可能な空間での巻線占積率を69%から76%まで高め、4.0kWクラスのルームエアコン搭載の圧縮機では巻線断面積を約10%増加させ(図12)、APFの従来比+0.3%を実現した。

4. 段付ポキポキコア

コイルは、ステータコアとステータコア端部に配置されたインシュレータと呼ばれる部品を覆うように巻線が巻かれている。インシュレータは、ステータコアとコイル間に絶縁性を確保することが必要であるため、容易に高さを下

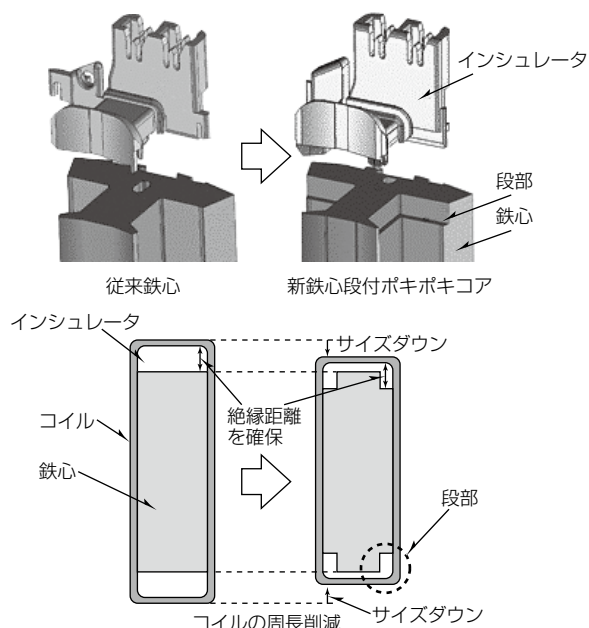


図13. 段付ポキポキコア

げることができないという制約があり、軸方向での巻線周長低減を実現する上での課題になっていた。

そこで、ステータコアに段部を設けた“段付ポキポキコア”構造を採用し、従来よりも軸方向の巻線周長を短くする技術確立した。今回、インシュレータの内部に設けた空洞にステータコアを埋め込む構成にすることで、従来と同等の絶縁性能を確保したまま、“ステータコア+インシュレータ”の高さを低くすることが可能になった(図13)。

図13のように、インシュレータを埋め込むためにステータコアに段部を設けると、鉄心断面積の低減によって磁束の経路が狭くなるため、最大磁束密度が増加し、鉄損が増加する課題がある。この課題に対しては、2018年度モデルから搭載されている“Y-Δ結線切替え”の技術によって、既に鉄損を大幅に低減しており、さらに段差寸法を樹脂成型や製造工程を考慮した上で鉄損が最小になるように最適化することで、鉄損増加の影響を小さく構成した。さらに製造工程でインシュレータに必要な強度や機能を満足させることを両立させた。これによって4.0kWクラスのルームエアコン搭載の圧縮機で巻線の周長を8%削減でき、銅損の低減を可能にし、APFの従来比+0.3%を実現し、圧縮機、及び、ルームエアコンの省エネルギー化に貢献した。

5. む す び

2019年度ルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”に搭載された、新工法圧縮機のモータ効率改善手法について述べた。この技術によって、FZシリーズの全能力帯で、2018年度機種種のAPF最高値を更新した。また、平成30年度省エネ大賞資源エネルギー庁長官賞受賞に貢献した。

新三菱エコキュート “2018年度モデル お天気リンクAI機能搭載機種”

渡邊友香*

New Mitsubishi EcoCute "2018 Fiscal Year Model with OTENKI-Link AI Function"

Yuka Watanabe

要 旨

再生可能エネルギーである大気熱を利用してお湯を沸かす自然冷媒CO₂ヒートポンプ給湯機(以下“エコキュート”という。)は省エネルギー性能や低ランニングコストが評価され、2001年に登場してから2019年3月末時点で国内累計出荷台数630万台を突破している。2015年度に策定された“長期エネルギー需給見通し”では、2030年度までに1,400万台の普及が目標として掲げられており、更なる普及促進が見込まれるとともに、より一層の省エネルギー性能の向上が期待されている。また、2009年度から開始された再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)が2019年11月から順次、買取期間の満了を迎えるため、昼間の余剰電力の有効活用先として近年注目を集めている。

三菱エコキュートの“2018年度モデル”は、ヒートポンプユ

ニット性能の向上や入浴後の残り湯の熱を回収する“ホトリたーん”機能を搭載すること等で2017年度モデルと比較して約5%向上の年間給湯保温効率(JIS)4.0を実現した。また、天気予報を活用して太陽光発電システムと連携した沸き上げ制御機能“お天気リンクAI(Artificial Intelligence)”を開発し、省エネルギー性能向上や低ランニングコストを実現している⁽¹⁾。

“お天気リンクAI”機能は、三菱HEMS(Home Energy Management System)を活用して、太陽光発電システムと連携し、天気予報と過去の太陽光発電実績を基に翌日昼間に太陽光発電の余剰電力を使用して沸き上げするかを自動で判断する機能を搭載し、太陽光発電システムとの連携最適化を図ることで、太陽光発電の余剰電力をより活用するエコキュートの沸き上げ制御を実現した。



ヒートポンプユニット



貯湯ユニット

家庭用三菱エコキュート“2018年度モデル”

2018年度モデルでは、“Pシリーズ”370Lで、ガスクーラのディンプル構造追加によるヒートポンプユニットの性能向上と、入浴後の残り湯の熱を回収する“ホトリたーん”機能を追加することによって、2017年度モデル比約5%向上の年間給湯保温効率(JIS)4.0を達成した。また、三菱HEMSの活用で、太陽光発電システムと連携して太陽光発電電力を最適に使用できる“お天気リンクAI”機能を搭載している。

*群馬製作所

1. ま え が き

再生可能エネルギーである大気の熱を利用してお湯を沸かすエコキュートは省エネルギー性能や低ランニングコストが評価され、2001年に登場してから2019年3月末時点で国内累計出荷台数630万台を突破している。2015年度に策定された長期エネルギー需給見通しでは、2030年度までに1,400万台の普及が目標として掲げられており、更なる普及促進が見込まれるとともに、より一層の省エネルギー性能の向上が期待されている。また、2009年度から開始された再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)が2019年11月から順次、買取期間の満了を迎えるため、昼間の余剰電力の有効活用先として近年注目を集めている。

三菱エコキュート2018年度モデルは、ヒートポンプユニット性能の向上や入浴後の残り湯の熱を回収する“ホットリターン”機能を搭載すること等で2017年度モデルと比較して約5%向上の年間給湯保温効率(JIS) 4.0を実現した。また、天気予報を活用して太陽光発電システムと連携した沸き上げ制御機能“お天気リンクAI”を開発し、省エネルギー性能向上や低ランニングコストを実現している。

本稿では、エコキュート・太陽光発電システム・HEMSが連携することで実現した、天気予報と連動した沸き上げ制御機能について述べる。

2. 太陽光発電システムとの連携

2.1 太陽光発電とエコキュートの関わり

三菱エコキュートでは、2016年度モデルから太陽光発電システム及び三菱HEMSと連携することで、太陽光発

電と連携した次の沸き上げ制御機能を実現した(図1)。発電した余剰電力を活用してエコキュートでの沸き上げを行う“余剰電力活用”機能や、売電を優先するために昼間の沸き上げを止める“売電優先”機能、2014年度に資源エネルギー庁が公示した出力制御ルールの下でも、自家消費として余剰電力を活用した沸き上げを行う“太陽光発電出力制御連携”機能である。

太陽光発電システムの普及が進む一方、2009年度から開始されたFITが2019年11月から順次、買取期間の満了を迎え始め、2023年までには累計165万件が期間満了になると見込まれている(図2)。住宅用に設置する10kW未満の太陽光発電システムはFITによって10年間の買取期間が設定されており、適用期間中は2009年11月に申請した

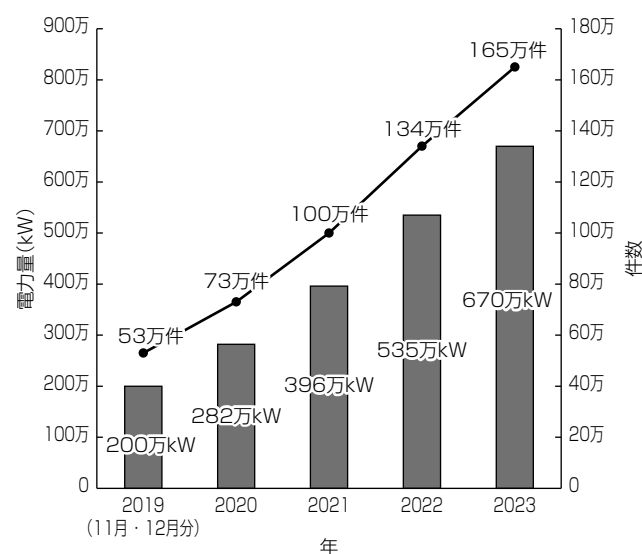


図2. FITを卒業する住宅用太陽光発電の推移⁽²⁾

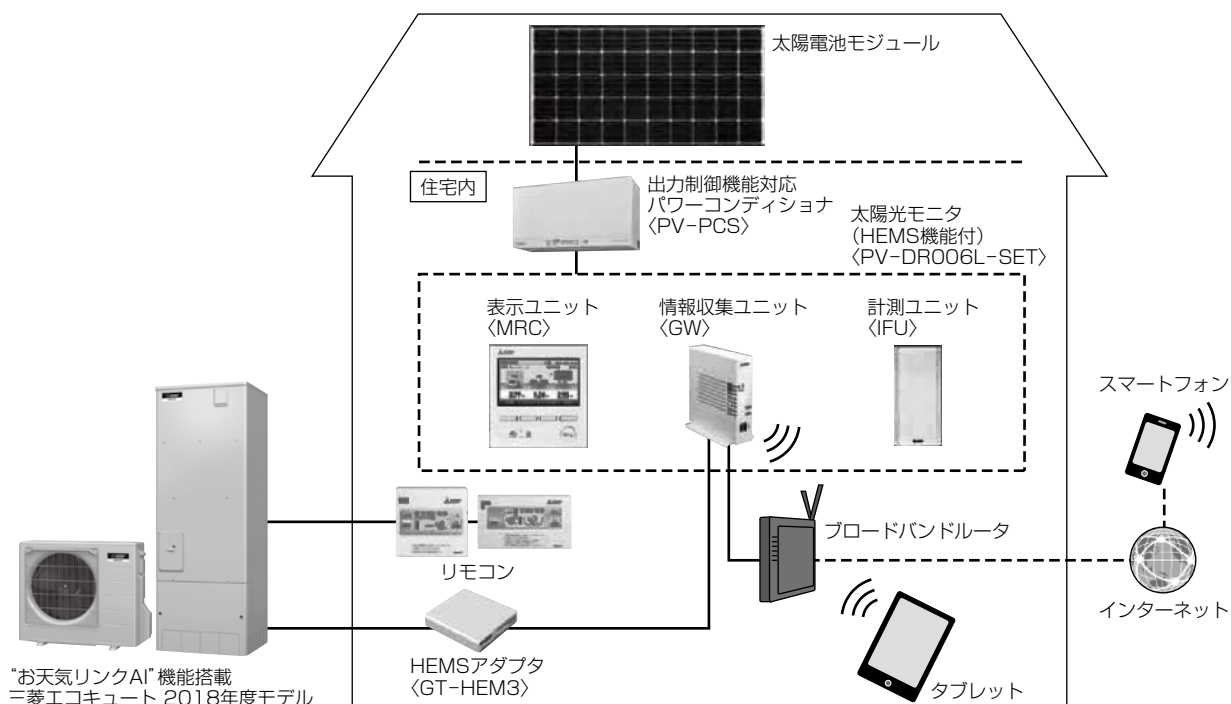


図1. 太陽光発電システムとの連携

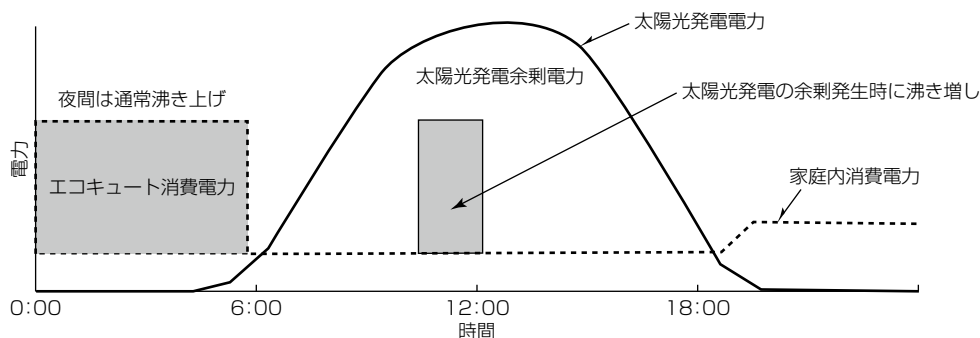


図3. 2016年度モデルの余剰電力活用機能イメージ

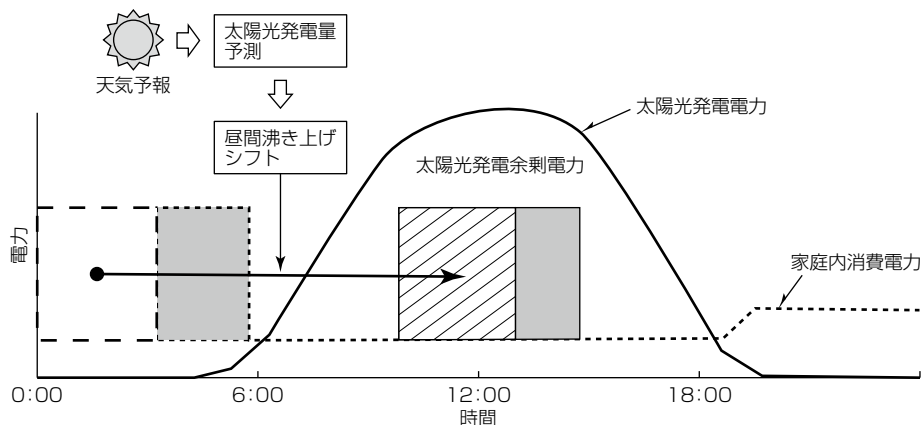


図4. 2018年度モデル(お天気リンクAI)の動作イメージ

場合で買取価格48円/kWhであったが、期間満了後は新しい単価で買取が行われる。大手電力会社では、2019年度の買取価格が7.0～9.0円/kWhと大幅に下落することが公表されており、今後は発電したエネルギーを自家消費する方が経済メリットが大きくなる世帯の増加が見込まれている⁽²⁾。こうした背景から、発電したエネルギーを熱エネルギーとしてエコキュートに蓄える等の自家消費へのニーズが高まっている。

2.2 お天気リンクAI

2018年度モデルでは、2016年度モデルよりも余剰電力を活用して自家消費に使用するため、太陽光発電システム及び三菱HEMSと更に連携を更に強め、気象庁から翌日の天気予報を取得することで、夜間の沸き上げ量を減らして昼間の余剰電力をより活用できる“お天気リンクAI”機能を開発した。

“お天気リンクAI”機能では、三菱HEMSで過去の太陽光発電実績を基にAI技術の一つであるクラスタリング技術(K-means法)を用いて推定した天気予報に対する太陽光発電電力量実績と翌日の天気予報から、翌日の太陽光発電電力量を予測する。翌日に太陽光発電の余剰電力が発生すると予測した場合には、前日の夜間沸き上げ量を抑制し、昼間の余剰電力発生時間帯に沸き上げ運転を行う。夜間沸き上げ量を抑制することで、従来(図3)より、多くの余剰電力量をエコキュートで熱エネルギーとして貯湯し、有効

活用することを可能にした(図4)。

さらに、各家庭のお湯の使い方に合わせて選択可能な夜間沸き上げ抑制量の異なる二つの設定(標準, 最大)を搭載した。

3. む す び

太陽光発電システムのFIT期間満了後のユーザーメリットを考慮し、天気予報を活用して太陽光発電システムと連携することで、太陽光発電の余剰電力をより活用するエコキュートの沸き上げ制御について述べた。今後も、エコキュートの更なる省エネルギー性能の向上と、様々なシステムと連携することでの快適ライフにつながる機能の実現に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 飯田恭平, ほか: 家庭用自然冷媒CO₂ヒートポンプ給湯機“三菱エコキュート2018年度モデル”, 三菱電機技報, **92**, No.10, 589～592 (2018)
- (2) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会: 中間整理(第2次) (2019)
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/20190128001_01.pdf

高断熱住宅への電動ブラインド活用技術

小松正之*
上森聡史**
水野幹滋*

Electric Blind Utilization Technology for Highly Insulated House

Masayuki Komatsu, Satoshi Uemori, Kanji Mizuno

要 旨

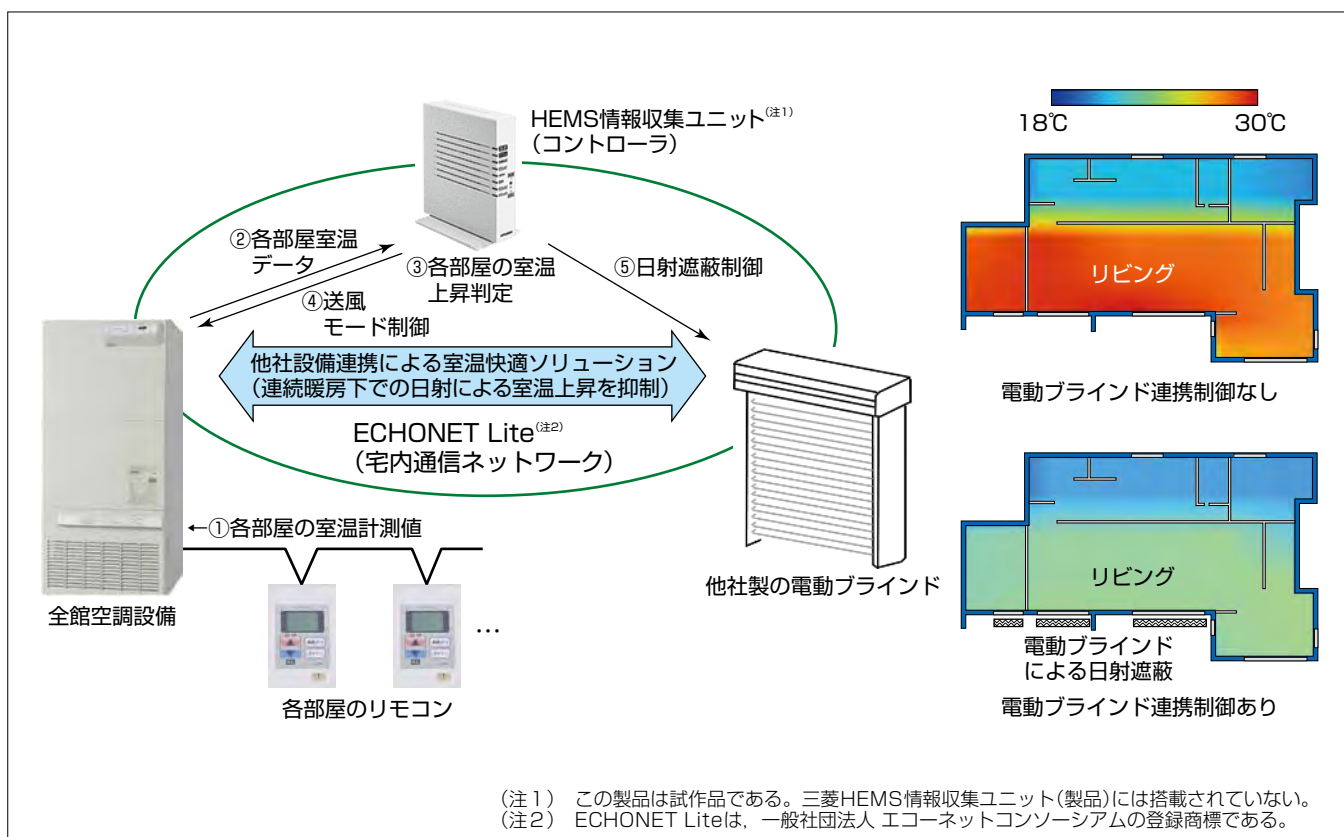
地球温暖化対策に関連して国のエネルギー基本政策では再生可能エネルギーの積極的な活用が提言され、住宅部門では省エネルギーと太陽光発電の普及を促進するゼロエネルギーハウス(net Zero Energy House：ZEH)施策が進められている。これに伴って従来より断熱性の高い、高断熱住宅が増加している。高断熱住宅では一般的に夏の冷房負荷が増加し、冬の暖房負荷が削減される傾向がある。ブラインド等の日射遮蔽設備は、冷房期間には日射遮蔽によって冷房負荷削減効果が期待できることや、暖房期間は日中収納して日射を室内に積極的に取り込むことで暖房負荷が削減されることが知られている。

一方で24時間連続暖房する全館空調設備等を装備した

高断熱住宅では暖房期間中の日中には、日射によって室温が過剰に上昇するといった問題が顕在化してきている。

暖房期室温上昇抑制の課題に対して、三菱電機は自社設備である三菱HEMS(Home Energy Management System)や全館空調設備と、他社設備である屋外設置型の電動ブラインド(以下“電動ブラインド”という。)の連携制御機能を開発した。基本的な動作としてはHEMSが全館空調設備から取得した居室の室温情報から室温上昇を判定し、他社設備である電動ブラインドを制御することで日射遮蔽を自動で実行して室温上昇を抑制するものである。

三菱電機 京都製作所にある実験住宅で効果検証を実施し、十分な効果が期待できることを実証した。



全館空調設備と電動ブラインドの連携制御

当社全館空調設備と他社製の電動ブラインドは、三菱HEMSの宅内通信ネットワーク(ECHONET Lite)に準拠しているため接続が容易に実現される。全館空調設備の各部屋に設置されたリモコンから室温計測値をHEMS情報収集ユニット(コントローラ)が収集し、昼間の暖房運転中に日射によって室温が不快な温度まで上昇することを検知し、他社製電動ブラインドを制御することで日射を遮蔽し、室温の過剰な上昇を抑制する。

1. ま え が き

国のエネルギー基本政策に基づいて推進されているZEHの普及に伴い、省エネルギー性に優れた高断熱住宅が増加している。高断熱住宅の更なる省エネルギー性向上について実住宅を実測調査した論文では、冬期のエネルギー消費量削減によって省エネルギー効果が得られることが報告されており、また日射の近赤外域をブラインドで反射させて室内に効果的に取り込み暖房負荷を削減する手法も提言されている⁽¹⁾⁽²⁾。

日射熱を室内に効率的に取り込むことが暖房負荷削減に効果的な反面、24時間連続暖房住宅では日射によって室温が必要以上に上昇するといった問題がある。後述するように20℃連続暖房下では日射によって室温が30℃近くまで上昇する場合もある。この問題を解決するために全館空調設備と電動ブラインドをHEMSで連携制御する方法を検討し、当社京都製作所内にある実験住宅で室温上昇抑制効果が十分に得られることを実証した。

本稿では、電動ブラインド連携制御機能とその効果検証について述べる。

2. 日射による暖房期間中の室温上昇

図1に冬期晴天時の住宅暖房負荷計算例を示す。外気温の上昇とともに8時から16時の間は暖房負荷が極端に小さくなることから分かる。その傾向は外皮平均熱貫流率(Ua値)が小さい住宅(断熱性能が高い住宅)の方が顕著である。

なお、このグラフで暖房負荷が0の時間帯は暖房設定温度(20℃)で、暖房しなくても室温が20℃を維持可能な時

間帯であり、主に窓を透過して侵入した日射熱によって室温が20℃から上昇する時間帯となる。この時間帯を中心として日射が多く入る日には室温が高くなってしまいう傾向がある。住宅のひさしや間取り等の設計にもよるが、一般的には暖房負荷が相対的に小さくなる高断熱住宅の方が発生しやすい。検証結果は4章で述べるが実験住宅のリビング・ダイニングでは28℃を超える日も確認されている。

なお、この計算は参考文献(3)に掲載されている“算定方法”に基づくエクセルシートによる計算例である。

3. 電動ブラインド連携制御による室温上昇抑制

3.1 関連設備

室温上昇抑制対策に関連する三菱HEMS情報収集ユニット、全館空調設備“エアリゾート”、電動ブラインド(日射遮蔽設備)について述べる。

三菱HEMSは発売以来、接続設備の拡張を進めておりエアリゾートを含む自社設備に加え、電動ブラインド、電動シャッター等の他社設備を接続し、コントローラである情報収集ユニットからECHONET Lite通信によって制御することが可能なシステムである。

エアリゾートは高気密・高断熱住宅で、家の中全体を換気しながら空調(暖房・冷房・除湿・送風)する設備であり、室外機、室内機、ルームコントローラ、ロスナイ換気ユニット及び、ダクトやダンパ等で構成される。住宅内に設置された室内機で空調した空気をダクトに通して搬送し、風量調節用のダンパを制御することで各部屋に適切な空気を供給する。一般的に冷房期や暖房期には24時間連続稼働させることで、常時全館快適な状態を実現できる設備で

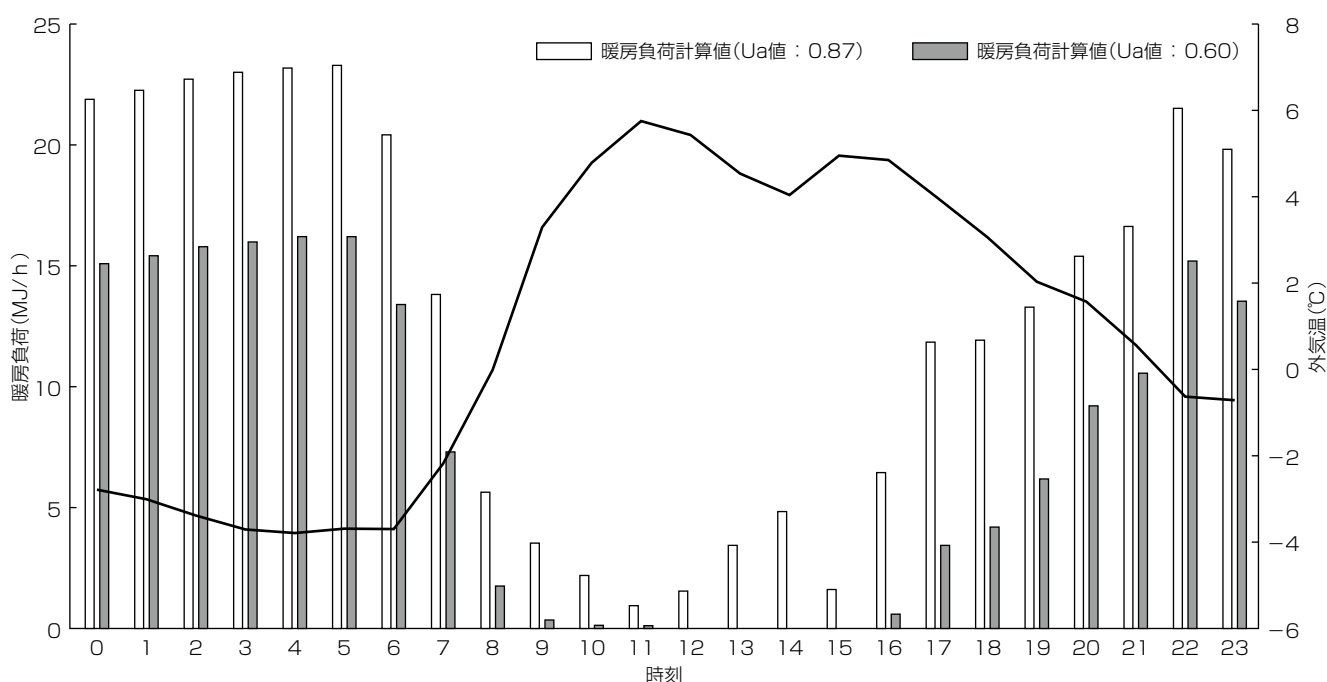


図1. 冬期晴天時の1日の住宅暖房負荷計算例

ある。

電動ブラインドはシャッター類と同様に窓の屋外側に設置し、ルーバの角度をECHONET Lite通信を介して三菱HEMSから制御可能な他社設備である。

3.2 電動ブラインド連携制御機能試験システム

電動ブラインド連携制御動作について図2を用いて述べる。

- (1) リビング・ダイニングに設置された全館空調用の居室リモコンでリビング・ダイニングの室温を常時計測する。
- (2) 計測された室温はエアリゾート室内機によって周期的に収集される。
- (3) コントローラはエアリゾート室内機からリモコンの室温データを取得する。
- (4) コントローラは次のオーバーヒート判定条件が成立した場合に、電動ブラインドのルーバを制御して日射を遮蔽する。
 - ①エアリゾート動作モード＝“暖房”
 - ②室温＞連携動作判定値(例22℃)
 - ③対象時刻設定範囲内であること
- (5) ブラインド通信ユニットはコントローラからの制御指示を受けて、該当する電動ブラインドの開閉及びルーバの角度を制御する。

4. 効果検証

4.1 室温上昇対策の効果検証環境

図3は効果検証に使用した当社京都製作所内実験住宅⁽⁴⁾⁽⁵⁾である。リビング・ダイニングと和室の南面に大きな窓があり、北側の玄関近くの全館空調機械室にエアリゾート室内機が設置されている。実験住宅のUa値は0.34(W/m²K)であり、ZEH基準でこの地域に求められる0.6(W/m²K)よりも高断熱な住宅である。1階の間取りは図4に示すとおりである。各部屋の開口率(開口率＝窓面積／床面積×100)を表1に示す。リビング・ダイニングは開口率29.8%であり、比較的大きな窓が南面に設けられた住宅である⁽⁴⁾。

4.2 電動ブラインド連携制御効果

4.1節の効果検証環境での検証結果について述べる。図5は日射による14時時点の室温を電動ブラインド連携制御の有無で示したものである。電動ブラインド連携制御なしの場合(図5(a))は南側のエリアがおおむね26℃以上に上昇し、窓際では28℃と非常に不快な状態になるとともに、北側のエリアとは大きな室温差がついていることが分かる。一方で連携制御ありの場合(図5(b))は、室温が適正に保たれて、日射による室温上昇を抑制できていることが検証できた。

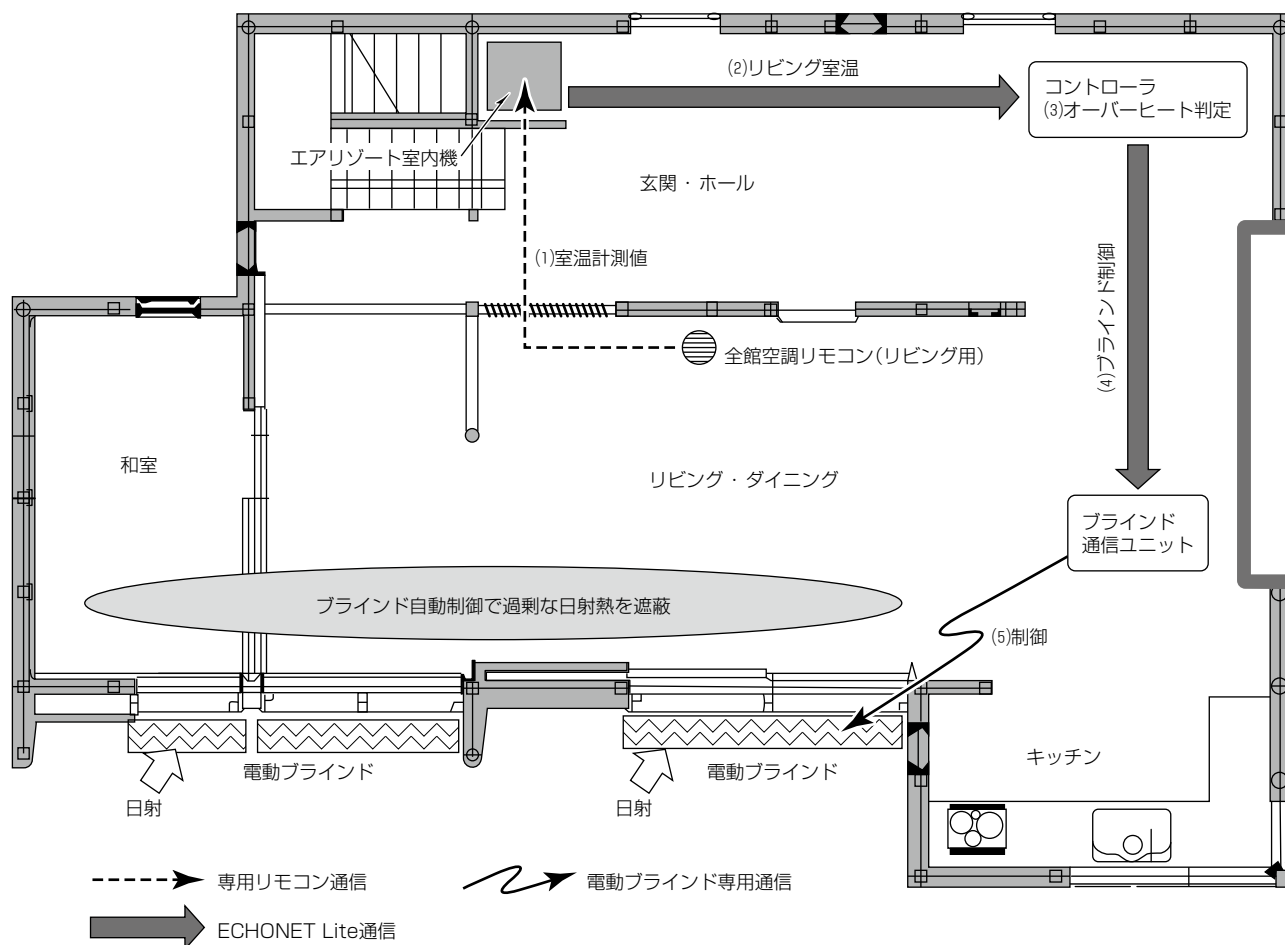


図2. 室温上昇抑制方法



図3. 実験住宅

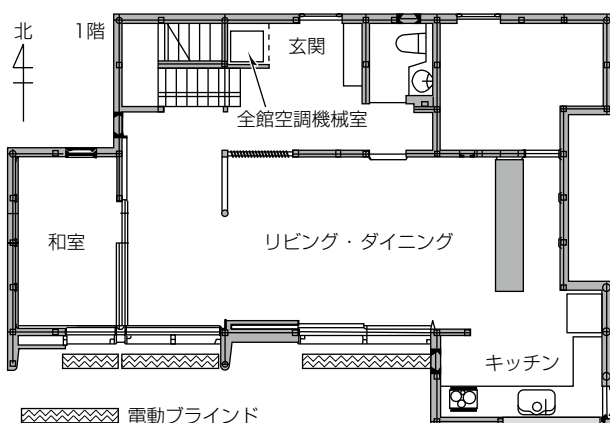


図4. 実験住宅1階の間取り

表1. 実験住宅の各部屋の開口率

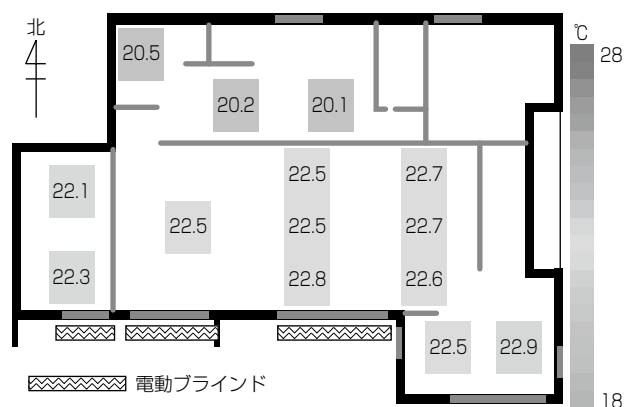
		床面積 (m ²)	窓面積 (m ²)	開口率 (%)	窓寸法(m)	
					W	H
1階	和室	8.29	1.97	23.7	1.02	1.93
	LDK	42.23	12.58	29.8	2.07	2.08
					2.85	2.08
					2.11	1.11
2階	個室	16.56	2.60	15.7	2.22	1.17
	フリースペース	23.46	3.51	15.0	3.00	1.17
	寝室	15.32	4.15	27.1	2.22	1.87

LDK: Living room, Dining room, Kitchen

次に、電動ブラインド連携制御と室温の推移を図6に示す。上段グラフ(図6(a))は外気温と日射量の推移を示す。中段グラフ(図6(b))はリビング・ダイニングの平均室温を示す。下段の図(図6(c))はブラインドの制御状態を示す。“ブ閉”はブラインドを下げてルーバを完全に閉じた状態、“ブ開”はブラインドを収納した状態、“ブ90°”はブラインドを下げた状態でルーバを水平の状態に制御したことを示す。電動ブラインド連携制御をしない試験条件では6～18時までブラインドを収納した状態であり、窓から入る日射によって14～15時をピークに室温が上昇して



(a) 電動ブラインド連携制御なし



(b) 電動ブラインド連携制御あり

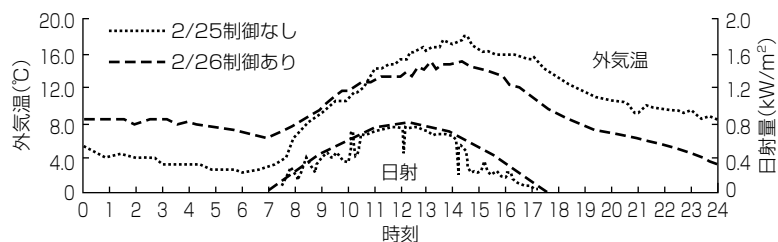
図5. 日射による14時時点の室温

いる。これに対し電動ブラインド連携制御を実施した日は、10時の時点でリビングに設置されているエアリゾートの各居室リモコンの室温が22℃を超えたため10～18時の間ブラインドのルーバが水平に制御され、その結果室温上昇が適切に抑制されていることが実証された。

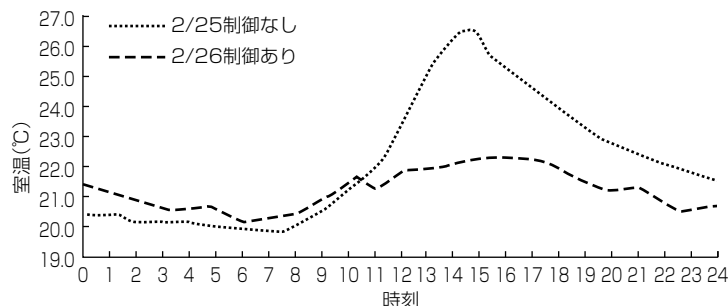
4.3 今後の予定

電動ブラインドのルーバを水平状態に制御して日射を遮蔽することで、日射による部屋の室温上昇を抑制する効果が十分にあることが確認された。ただし、実験結果から暖房負荷が若干増加する傾向が観測された(図7)。ブラインド遮蔽(ルーバ水平)制御した後、10時50分～11時50分に暖房消費電力が発生している。日射遮蔽の影響によって北側エリアで若干の室温低下があり、暖房負荷が発生したものである。

電動ブラインド連携制御の判定温度を上げることで解消できる可能性もあるが、更に効果的な方法として電動ブラインド遮蔽(ルーバ水平)制御前にエアリゾートを“送風”モードに制御することで、宅内空気循環を促進させ、リビングの暖かい空気を利用して北側エリアの温度を上げることで暖房消費電力の発生を抑制できる見込みであり、引き続き検証を進める。



(a) 外気温と日射量の推移

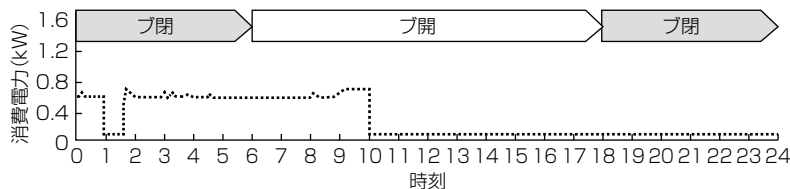


(b) リビング・ダイニングの平均室温



(c) 電動ブラインドの制御状態

図6. 電動ブラインド制御有無による室温推移の比較



(a) 電動ブラインド連携制御なし



(b) 電動ブラインド連携制御あり

図7. 電動ブラインド連携制御有無による暖房消費電力の傾向⁽⁵⁾

5. む す び

高断熱住宅での日射熱取得によって発生する暖房時の室温上昇の問題に対して、他社設備である電動ブラインドを活用した電動ブラインド連携制御によって、十分な対策効果が得られることを当社実験住宅によって実証した。

HEMSの普及とECHONET Liteによる通信プロトコル標準化によって住宅では他社設備とのネットワーク接続が容易な環境が整ってきている。今後さらに各種設備との連携制御機能を開発し、快適な生活をサポートするソリューションを提供していけるように研究開発を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 寒田哲也, ほか: 自立循環型住宅の設計手法に基づいた実住宅の実測調査 その1 高気密・高断熱住宅における省エネルギー性能の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1,305~1,306 (2012)
- (2) 島田佳樹, ほか: 日射の近赤外域成分を制御・活用するブラインドに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 473~474 (2013)
- (3) 国立研究開発法人 建築研究所: 平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(住宅) <https://www.kenken.go.jp/becc/house.html>
- (4) 小松正之, ほか: 高断熱住宅における省エネルギー手法の実践的研究(その2) 日射熱の活用に向けた検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 9, 49~52 (2018)
- (5) 上森聡史, ほか: 高断熱住宅における省エネルギー手法の実践的研究(その3) 日射熱の活用に向けた検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 9, 77~80 (2019)

少量炊飯のおいしさ向上技術

逸見憲一*
蜷川智也**

Deliciousness Improvement Technology for Small Amount of Rice Cooking

Kenichi Henmi, Tomoya Ninagawa

要 旨

ご飯は日本人の主食として長く親しまれており、おいしさの要因として、食感と味の貢献度が高いと言われている。

三菱電機ではこれまでかまどご飯のような粒感がありながらみずみずしい食感を目指しており、この食感を実現するために、圧力をかけずに大火力で加熱することをポイントとして開発を進めてきた。IH(Induction Heating)ジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”では圧力をかけない構造と、本炭釜による全体発熱や沸騰時の投入電力量の増大、熱を逃がさない高断熱構造、羽釜形状の内釜と二重蓋による吹きこぼれ抑制で大火力を実現し、かまどご飯を再現している。

一方、近年は単身者世帯の増加に伴い、少量炊飯のニーズがより高まっている。そこで、2019年7月に発売した

“本炭釜KAMADO NJ-AWA10”では2合以下の少量炊飯のおいしさ向上を目的として開発を実施した。

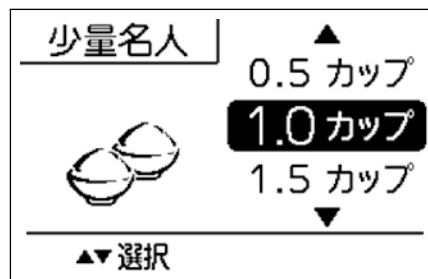
少量炊飯では、①多量炊飯に対して甘さが少ない②推奨水量(水位線)からのずれ(水が多い又は少ない)による米飯の食感のばらつきが大きいという課題があった。これらの課題に対し、①甘さを引き出す糖生成温度帯の通過時間をより長くするように加熱調整することで従来機種に対して甘さを12%向上、②推奨水量からのずれを検知し、そのずれ量の結果に応じて沸騰工程の加熱を調整して蒸発を促進又は抑制する制御へ変更した。米飯への過剰な吸水や加熱を抑制し、食感のばらつきを従来機種より13%改善して少量炊飯のおいしさ向上を実現した。



本炭釜KAMADO NJ-AWA10



羽釜形状の内釜



IHジャー炊飯器“本炭釜KAMADO”と少量炊飯おいしさ向上機能“少量名人”

本炭釜シリーズの“本炭釜KAMADO”では、圧力をかけずに大火力で加熱することでかまどご飯のような粒感がありながらみずみずしい食感を実現している。今回単身世帯の増加に伴ってニーズが増えている少量炊飯に着目し、甘さ向上と、食感のばらつきの改善によって少量炊飯のおいしさを向上させた。この開発内容は“少量名人”として0.5合単位で1～2合炊飯に展開する。

1. ま え が き

三菱電機は炊飯器の発売以来、よりおいしいご飯を提供するための技術開発に取り組んできた。代表的な製品としては2006年に“本炭釜”，2009年に“蒸気レスIH”，2015年に“本炭釜KAMADO”を発売し，構造と加熱制御の両面からおいしさの向上を図っている⁽¹⁾⁽²⁾。

本稿では，本炭釜シリーズの少量炊飯のおいしさを向上させる技術について述べる。

2. 社会背景と少量炊飯の課題

近年の日本の世帯動向の大きな傾向として，図1に示すとおり単独世帯(世帯主が一人の世帯)が増加の一途をたどっており，2040年には総世帯数に対する割合が約40%に達する推計とされている⁽³⁾。このような社会情勢から炊飯器に対する少量炊飯のニーズが高まっている。そこでこの章ではまず少量炊飯での現状の課題について述べる。

2.1 少量炊飯時の甘さ低下

ご飯のおいしさに関して甘みは重要な要素である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。生米はデンプンを多く含み，炊飯過程で酵素がデンプンを分解して甘み成分であるグルコース等の糖が生成される(図2)。米粉を用いた糖生成活性測定では約50～80℃，特に60～70℃で還元糖及びグルコースが著しく生成されることが報告されている⁽⁶⁾。

炊飯中では主に昇温工程で上記の糖生成温度帯を通過するが，従来の炊飯制御は昇温工程時に炊飯量を検知し，沸騰工程以降の制御を調整していたため，昇温工程での加熱は炊飯量によらず一定であった。そのため炊飯量が少ない場合は昇温工程での米飯の温度上昇が早くなり，糖生成温度帯の通過時間が短くなるため糖生成活性が低下してしまう(図3)。

2.2 少量炊飯時の水量ずれによる食感ばらつき

また少量炊飯では，炊飯合数ごとに設定されている推奨水量(水位線)からの水量ずれによる食感のばらつきも課題となる。図4は各炊飯合数に対して加水する際に，推奨水

量から同じ高さのずれが起きた場合の水量ばらつき(体積誤差率)である。炊飯合数が小さいほど水量ばらつきが大

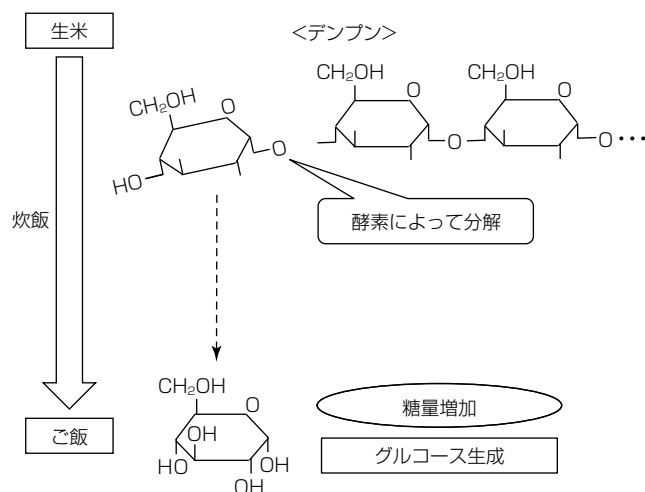


図2. デンプン分解による甘さ増加

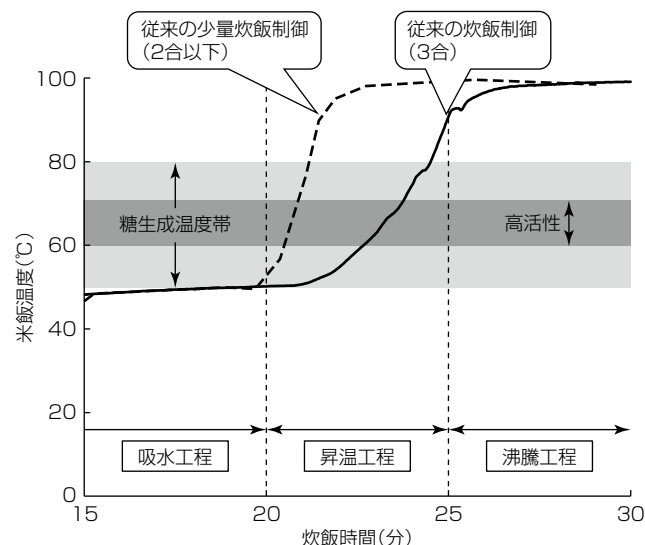


図3. 糖生成温度帯と炊飯合数による米飯温度推移例

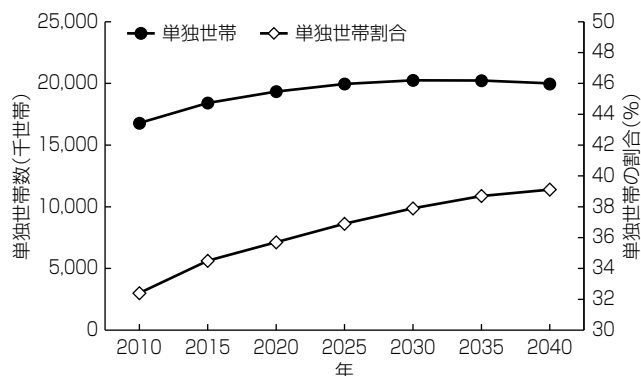


図1. 単独世帯の推移と推計

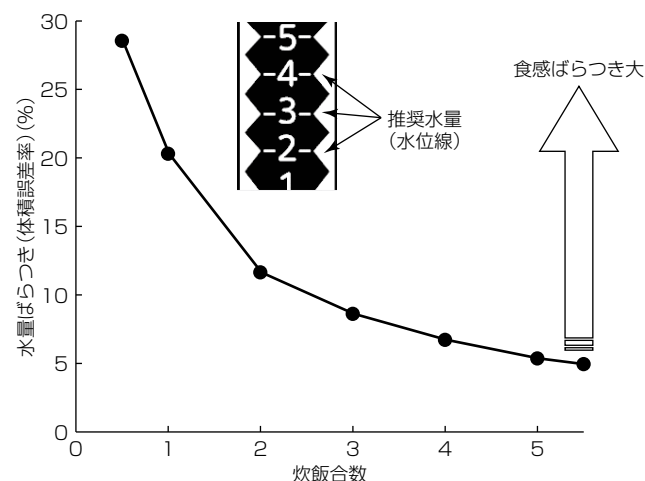


図4. 炊飯合数と水量ばらつき(体積誤差率)

きくなり、炊飯した米飯が硬く、又は軟らかくなりやすい状態(食感ばらつき)になる。特に炊飯合数が3合より少ない場合は水量ばらつきが大きくなる傾向があり、おいしさを損なう要因となる。

3. 開発内容

3.1 甘さを向上させる少量炊飯制御

開発方針は甘さを引き出すデンプンの分解を促進するために、米飯を糖生成温度帯になるべく長く滞在させることである。炊飯では昇温工程で米飯温度が糖生成温度帯を通過するため、従来制御よりも昇温工程での加熱量(電力)を下げて昇温速度を抑え、糖生成温度帯の通過時間をより長くする制御に変更した。

また昇温工程前の吸水工程でも、糖量を向上させる制御変更を検討した。吸水工程は昇温工程以降の炊飯制御で米飯を十分に糊化(こか)させるために、水に浸漬(しんせき)して吸水を促す工程である。この工程では浸漬によって米飯内部まで吸水させることが必要であるが、浸漬温度が高いと米粒の吸水とデンプンの糊化反応(水と一緒に加熱することでデンプン分子が規則性を失って糊状になる反応)が同時に進むため、米飯の内部まで吸水できず、炊き上がりの食感が悪くなることがある。食感を損なうことなく、かつ甘さを向上させるための温度を検討し、従来の54℃から55℃へ浸漬温度を変更した(図5)。

図6は従来制御(NJ-AW109)、及び開発制御の少量炊飯(1合)での甘さ(糖量(グルコース+ショ糖))の結果である。吸水工程及び昇温工程の制御変更の結果、従来制御より糖量が12%増加した(図6)。

3.2 炊き上がり食感ばらつきを改善する少量炊飯制御

開発方針は炊飯器に備わる温度センサを用いて推奨水量からのずれ量を検知し、検知結果に応じて加熱制御を変更

することで食感ばらつきを抑えることにした。

図7に三菱電機炊飯器の釜底温度センサと釜内温度センサの位置を示す。加水のずれ量は、昇温工程での釜底温度センサと釜内温度センサが所定温度を検知するタイミングの時間差(以下“ Δt ”という。)から計測した。

図8に水量と Δt の関係を示す。推奨水量に対し水量が

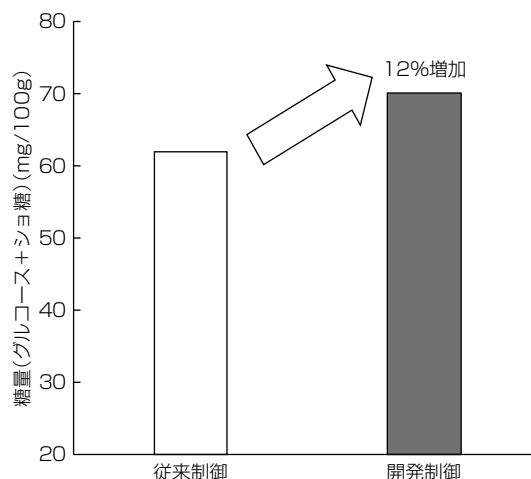


図6. 少量炊飯(1合)での甘さ(糖量)の結果

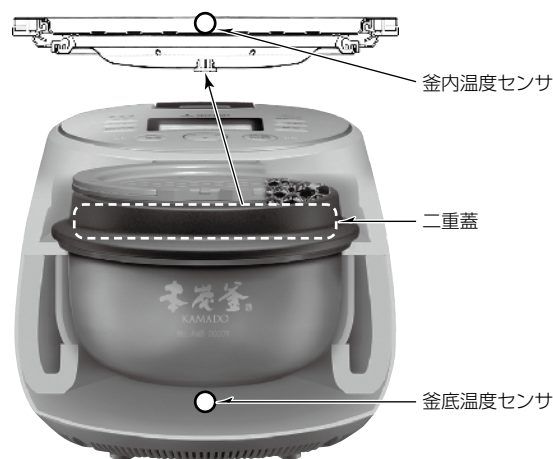


図7. 釜底温度センサと釜内温度センサの位置

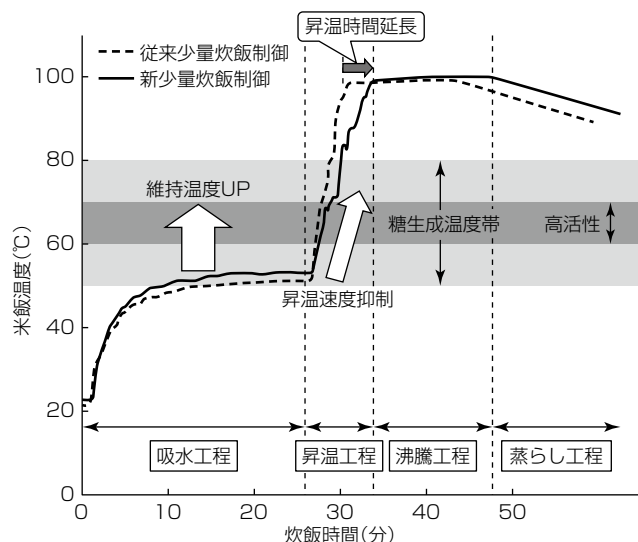


図5. 糖量増加のための炊飯制御変更

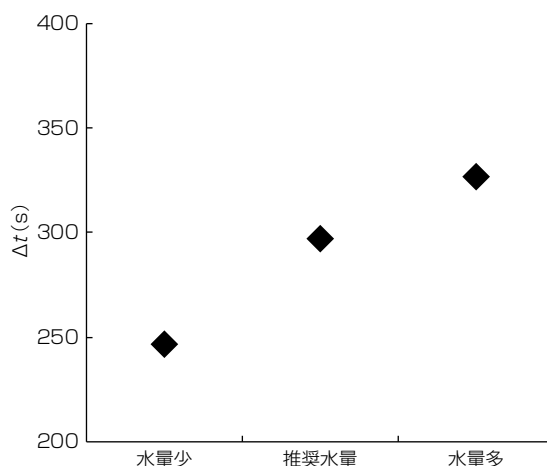


図8. 水量と Δt の関係

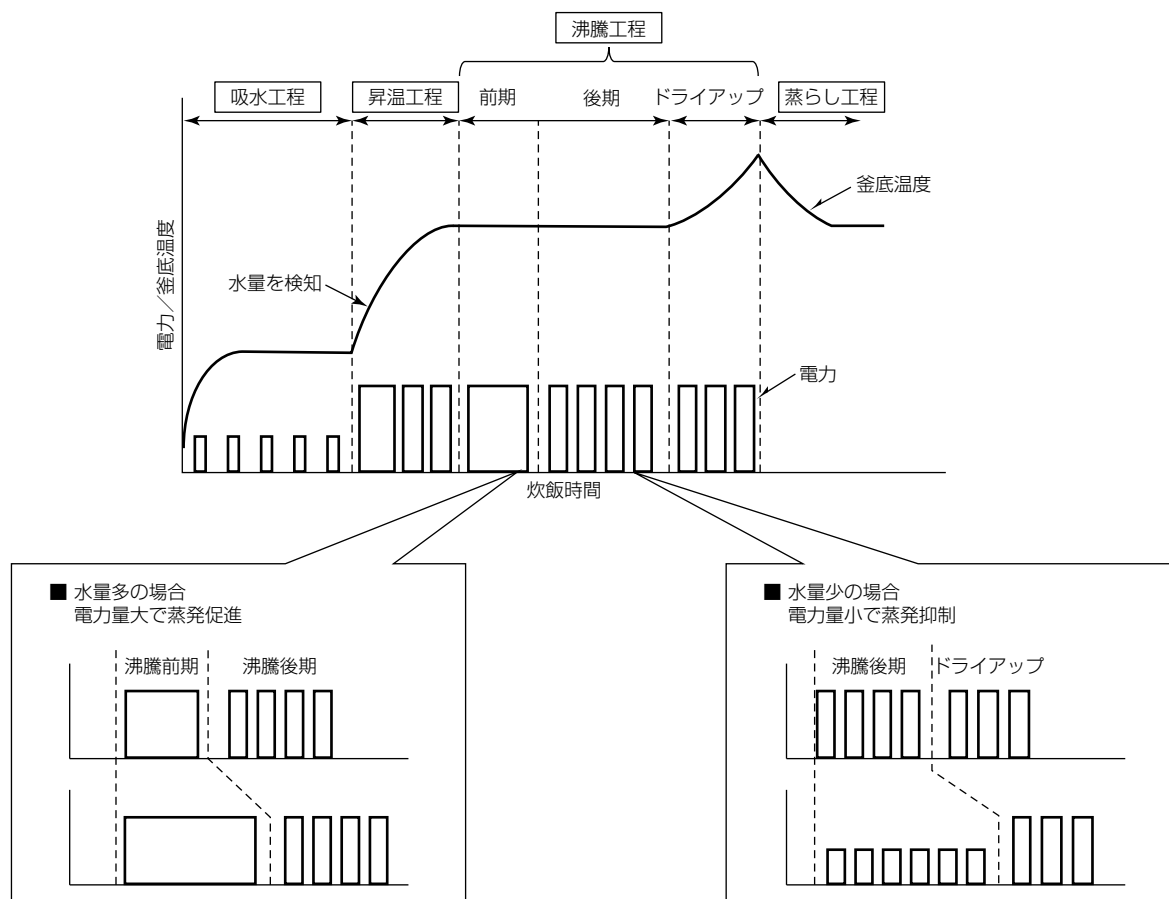


図9. 食感ばらつき抑制の加熱制御変更

多い場合は加熱による釜内の沸騰に時間がかかるため Δt は大きくなり、反対に水量が少ない場合は小さくなる。これによって Δt の比較で推奨水量からの水量ずれを検知できた。

続いて水量が推奨より多い場合、少ない場合での加熱制御を検討した。図9に水量ずれに対応する加熱制御変更を示す。昇温工程で検知した Δt によって水量が多い場合は沸騰工程前期の加熱量(電力量)を従来より大きくし、炊飯器からの蒸発を促進させて米飯への過剰な吸水を抑制した。反対に水量が少ない場合は沸騰工程後期の加熱量を従来より小さくし、炊飯器からの蒸発を抑制して釜内に水分を残す制御にした。水量ずれ検知から沸騰工程の電力量を調整する加熱制御によって、炊き上がりの食感ばらつきが従来より13%改善した。

4. む す び

2019年7月発売の炊飯器NJ-AWA10での、少量炊飯のおいしさ向上を目的とした甘さの増加、及び水量ずれによる食感ばらつきの改善に関する炊飯制御の開発について述

べた。今後も社会変化の流れとともに変わるユーザーニーズを把握し、それに対応できる技術開発に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 伊藤ちひろ，ほか：IHジャー炊飯器“本炭釜KAMA-DO”，三菱電機技報，**89**，No.10，545～548（2015）
- (2) 荒津百合子，ほか：IHジャー炊飯器“本炭釜KAMA-DO”の進化，三菱電機技報，**90**，No.10，557～559（2016）
- (3) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の世帯数の将来推計(全国推計) 2018(平成30)年推計（2018）
- (4) 松本伸子，ほか：食べ物の味—その評価に関わる要因一，調理科学，**10**，No.2，97～101（1977）
- (5) 佐藤真実，ほか：若年層における白飯のおいしさに関する要素分析，日本調理科学会誌，**40**，No.1，27～32（2007）
- (6) 馬橋由佳：炊飯過程における米内在性酵素の米飯食味への関与，日本調理科学会誌，**42**，No.6，369～377（2009）

焼きたて食パンのおいしさを実現したトースター “ブレッドオーブンTO-ST1”

高砂英之* 伊藤賢一***
伊藤大聡* 森 湧真***
吉川秀樹**

"Bread Oven TO-ST1" to Create Deliciousness of Freshly-toasted Bread

Hideyuki Takasago, Hiroaki Ito, Hideki Yoshikawa, Kenichi Ito, Yuma Mori

要 旨

パン食は日本人の食生活に根付いており、朝食にパンを食べる割合は約6割にも上ると言われている。しかし、日常的にパンを食べていながら“焼きたて”のパンを食べる機会が少ない。今回開発したトースター“ブレッドオーブンTO-ST1”は“焼きたて食パンのおいしさ”にこだわった1枚ずつ丁寧に焼き上げる究極のパン専用調理機である。三菱電機独自の密封断熱構造と上下に搭載したフラットヒーターによる加熱方式で食パンの水分と香りを庫内に充満させる。この構造と加熱制御によって、耳までやわらかな食感と小麦粉本来の香りと甘みを存分に味わうことができる。パンへのこだわりが強いユーザーも満足できるようにするため、“薄め”“普通”“濃いめ”の3段階の焼き加減に加えて“生パ

ン、生トースト”を実現した“ふわふわ”と、より香ばしく、軽い食感の“サクサク”設定を搭載した。また、焼き加減の調整に加えて、常温トースト、冷凍トースト、トッピングトースト、フレンチトーストの四つの調理モードを搭載し、様々な嗜好(しこう)に合わせた調理を実現した。特に、食材をトッピングすることや家庭では難しいとされていた本格的なフレンチトーストにもこだわりを持って開発し、パン調理の広がりを追求した。

安全性の確保については、けが、やけどを想定した。独自の断熱構造と加熱制御によって連続調理時も樹脂筐体(きょうたい)の蓋天面の温度上昇を抑制しており、子供や高齢者も安心して使用できるようにした。



パン食の生活スタイルを楽しむ

食パンの耳までやわらかい“焼きたて”を再現するだけでなく、様々な食材をトッピングすることでパン調理の広がりを追求した。キッチンスペースに置かれがちな調理器具を食卓に移し、食卓を囲みながら調理する生活スタイルを想定している。子供も安心して使用できる安全性を確保し、皆で調理することの楽しさを感じさせ、お手伝いをしたいという子供の気持ちを大切にしたい。

1. ま え が き

現在、ピザも焼けるオープン型やポップアップ型で様々な種類のトースターが販売されている。従来のトースターでは食パンから水分が逃げることによって耳が特に硬くなり、香りが弱くなりがちであった。食パンの耳には抗酸化物質が多く含まれているにもかかわらず、食べにくいため、耳を残してしまう子供や高齢者が多い⁽¹⁾⁽²⁾。パンが好きな人に加えて、少し苦手な人に向けても、食パンをおいしくすることを目標にブレッドオープンTO-ST1の開発を進めた。独自の加熱制御によって従来のトースターとは異なる“焼きたて食パンのおいしさ”を実現した。

2. “焼きたて食パンのおいしさ”の追求

2.1 焼きたて食パンのおいしさの定義⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾

焼きたての食パンには豊富な水分と香りが多く含まれているが、再加熱や時間が経過することによって、それらが徐々に失われていく。パン職人へのヒアリングを通して焼きたての食パンのおいしさを“ふんわり”“しっとり”“香り立つ”“弾力・粘り”“甘み”の五つの要素に定義し、全ての要素を高めることで“焼きたて”のおいしさを追求した(図1)。

2.2 密封断熱構造

上蓋の重みと密閉シールによって蒸気と香りと熱を閉じ込める密封断熱構造を実現した(図2)。これによって、従来のトースターよりも、デンプンの糊化(こか)を高めることが可能になり、甘みを更に引き出し、焼きたての食パンのような香りとふんわり、しっとり、弾力・粘りの食感を実現した。

2.3 “1枚焼き”に最適な庫内容積

従来のトースターでは2枚の食パンを同時に焼き上げることができる。また、ピザに対応するため奥行きが深い製品であった。この製品では複数枚分の庫内容積で1枚を焼いた場合よりも1枚焼きに適切な庫内容量を設定し、1枚ずつ丁寧に焼き上げることを優先した。そのため、家族全員分の食パンを同時に焼くことができないが、家族一人一人の朝食のタイミングに合わせて焼きたてのトーストを味わうことができる。

2.4 厚みの違いによる食感へのこだわり

ユーザーごとに食パンの厚みに対する好み異なるため6枚切り(約20mm)だけでなく、4枚切り(約30mm)、5枚切り(約24mm)、8枚切り(約15mm)についても焼きたての食パンを再現できるように3章で述べる加熱制御を実現した。

3. 加熱制御⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾

4～8枚切りのそれぞれについて“薄め”“普通”“濃いめ”

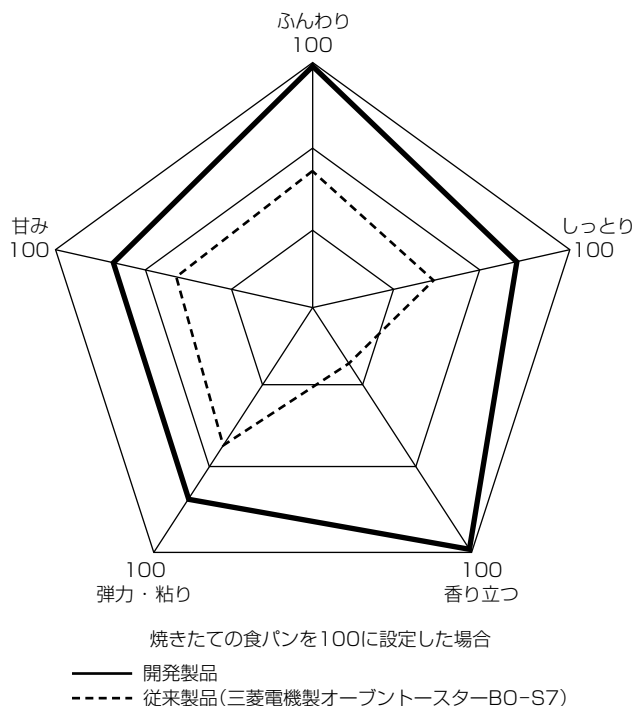


図1. 焼きたての食パンとの比較

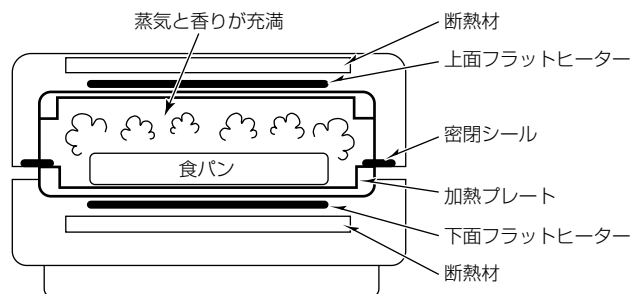


図2. 密封断熱構造

に加えて“ふわふわ”と“サクサク”の二つのモードを搭載し、様々なユーザーの嗜好に合わせた焼き加減を実現した(図3)。また、焼き加減の調整に加えて、常温トースト、冷凍トースト、トッピングトースト、フレンチトーストの四つの調理モードを搭載した(図4)。調理モードの基本制御については温度と時間で制御し、加熱途中の温度上昇の傾きに基づいて調理時間を補正する。なお、連続焼きを考慮し、初期の温度によって温度と時間が変動するように制御している。

3.1 常温トーストの制御

調理時間については調理開始時のサーミスタの値と規定時間における温度上昇の傾きから調理時間を算出し、パンの厚みと焼き加減の設定による調理時間の補正をした(図5)。

3.2 冷凍トーストの制御

基本的には常温トーストと同様な制御であるが、冷凍トーストに合った温度上昇から調理時間を算出し、パンの

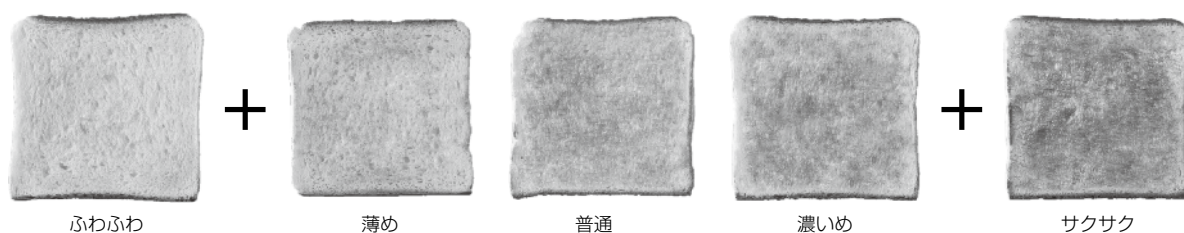


図3. 5段階の焼き加減

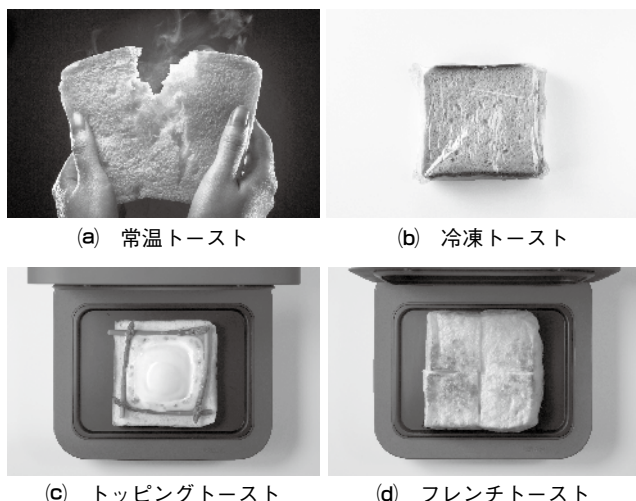


図4. 四つの調理モード

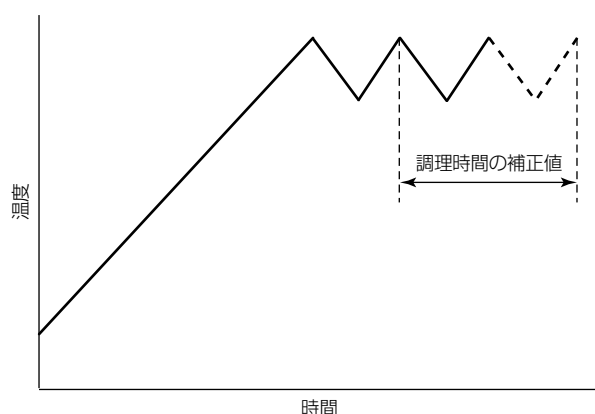


図5. 常温トーストの制御イメージ

厚みと焼き加減の設定によって調理時間を補正している(図5)。

3.3 トッピングトーストの制御

肉、野菜、卵、チーズなどトッピングされた様々な食材を焦がさないように、温度を調整しながら、調理完了までの補正値を算出し、制御時間を調整している(図6)。

3.4 フレンチトーストの制御

温度調整については、前半では主に下部のヒーターで加熱している。庫内の温度をセンシングしながら中盤では上面と下面のヒーターを調整し、パンの厚みによって最適な調整を設定した。よって、裏返さなくても両面共に焼き色がつき“ふんわり”としたフレンチトーストを実現した(図7)。

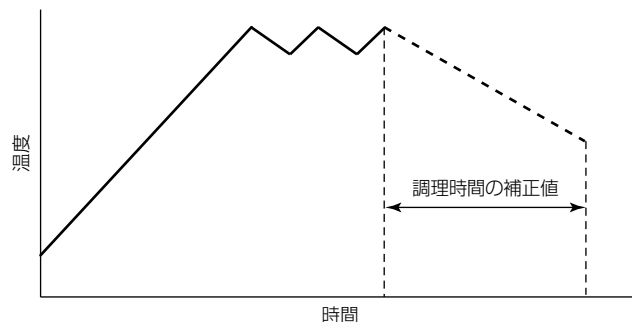


図6. トッピングトーストの制御イメージ

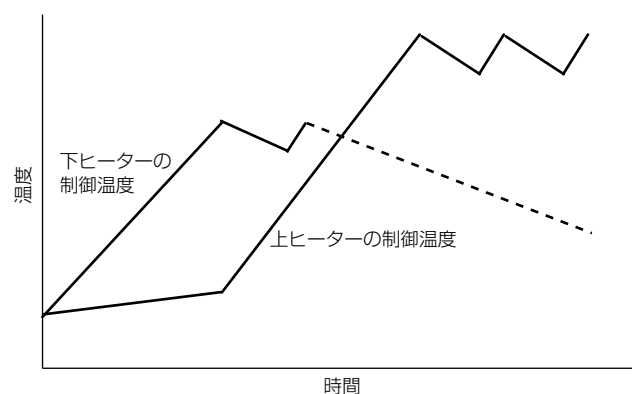


図7. フレンチトーストの制御イメージ

4. 新しい食パンの楽しみ方

4.1 ダイニングテーブルで調理するスタイル

パンを焼く場所をキッチンスペースではなく、ダイニングテーブルにする生活スタイルを想定した。調理中でも焼きたての香りや湯気を間近で感じながら、おいしく味わうことができると考えた(図8)。

4.2 トッピングの楽しさを体感

家族で食卓を囲むことで、全員で調理や食事をシェアする楽しさとオリジナルのトッピングを工夫しながらチャレンジできることの楽しさを提案した。試食会では、“今まで食べたトーストの中で一番ふんわりしていて、やわらかい”“耳がふわふわで驚いた。焼いた香りではなく、小麦本来の香りを感じた”など、従来のトーストとは異なる食感や香りを感じてもらった。また、“普段使いではなく、友達が集まったときに使いたい”“新しいトッピングにチャレンジしてみたい”など、積極的に使用してもらえるコメント

が多数あった。想定した生活シーン以外にも様々なシーンで新しい食パンの楽しみ方が広がることを期待したい(図9)。



図8. ダイニングテーブルで調理するスタイル



図9. 食卓での調理とトッピングの一例

5. 安全性への配慮

上下に開閉する蓋構造と樹脂筐体を採用しており、安全性を確保するためには、新しい構造とそれに対応する評価技術が必要である。

5.1 けが防止

安全を確保できる蓋閉時衝撃力の目標値を明確にするために加速度センサを使用した定量評価手法を新しく開発し、衝撃力を体感上、問題ない大きさに抑制した。これを実現するため、蓋閉過程において規定の角度で静止させ、ゆっくりと閉じるカム式ヒンジ機構を導入した(図10)。また、量産管理のため、蓋開状態の本体を規定の角度に傾け、蓋が閉じないことを確認する検査手法を確立し、全数検査を実施している。

5.2 やけど防止

調理や蓋開閉時の蒸気による温度上昇と、人が触れる頻度及び体感調査を行い、調理性能と安全性が両立可能な上限温度を蓋取手、蓋天面、蓋周囲に設定した。これを実現するため、連続調理時も上限温度を超えない加熱制御仕様と、蓋天面の温度上昇を抑制する新たな蓋断熱構造(図11)を導入した。

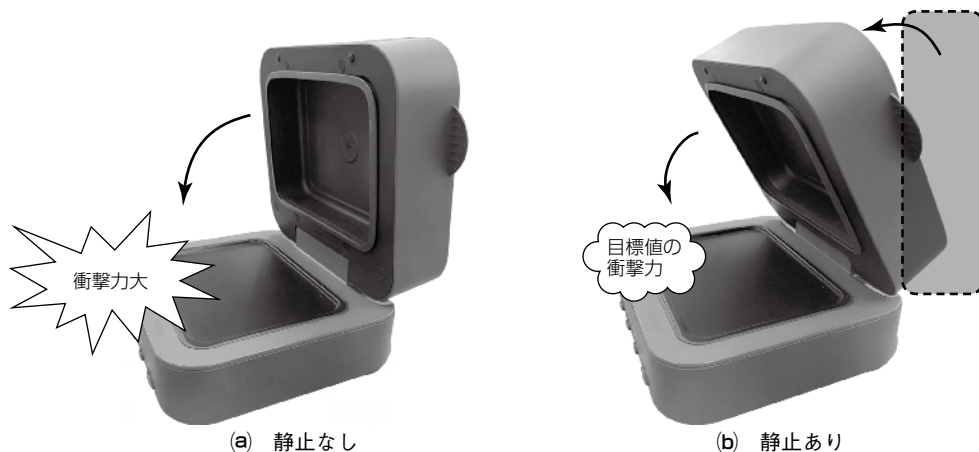


図10. カム式ヒンジ機構導入による蓋閉時衝撃力の抑制

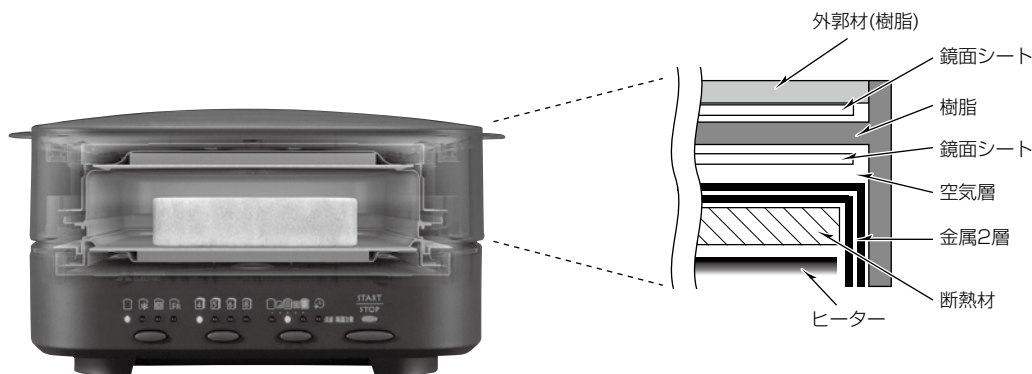


図11. 蓋天面の温度上昇を抑制する蓋断熱構造

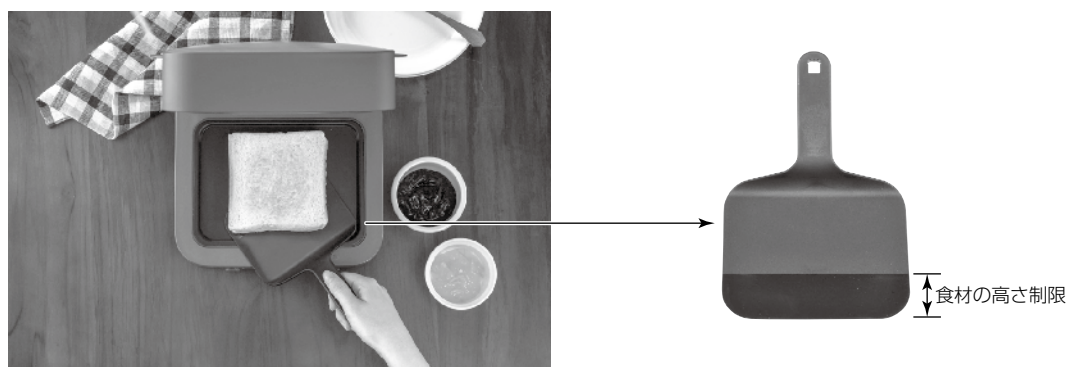


図12. 取り出しやすさを考慮した専用のヘラ

5.3 食パン専用のヘラ

焼きたてのパンを安全に取り出すために付属品として専用のヘラを開発した(図12)。また、トッピングした食材の高さ制限がヘラを立てることで簡単に確認ができるように配慮した。

6. む す び

三菱電機はこれまで制御技術、センシング技術など様々な技術を結集し、究極のかまどご飯のおいしさを目指したIH(Induction Heating)ジャー炊飯器“本炭釜シリーズ”を発売してきた。ブレッドオーブンTO-ST1の開発でも同様なプロセスでトーストを焼きたて食パンのおいしさに近づけたと考える。ユーザーの様々な嗜好に合わせた“焼き加減”を実現し、“ふわふわ”“サクサク”など食パンの新しい食感を重視した。また、トッピングトーストやフレンチトーストなど食パンを使ったメニューの広がりを提案した。パン職人やパンにこだわるのあるユーザーからのヒアリングを通して製品化を実現できた。

今後もユーザー視点に基づいた“おいしさ”を追求する調理機器を通して新しい生活スタイルの提案を推進する。

参 考 文 献

- (1) Lindenmeier, M., et al.: Influence of Baking Conditions and Precursor Supplementation on the Amounts of the Antioxidant Pronyl-L-lysine in Bakery Products, J. Agric. Food Chem., **52**, No.2, 350~354 (2004)
- (2) Lindenmeier, M., et al.: Structural and Functional Characterization of Pronyl-lysine, a Novel Protein Modification in Bread Crust Melanoidins Showing in Vitro Antioxidative and Phase I/II Enzyme Modulating Activity, J. Agric. Food Chem., **50**, No.24, 6,997~7,006 (2002)
- (3) 伏木 亨：味覚と嗜好のサイエンス，丸善出版(株) (2018)
- (4) 竹谷光司：新しい製パン基礎知識 再改訂版，(株)パンニュース社 (2010)
- (5) 吉野精一：パンのなぜ？に答えるパンづくりの科学，(株)誠文堂新光社 (2012)
- (6) 吉野精一：パンの科学 しあわせな香りと食感の秘密，(株)講談社 (2018)
- (7) 大野正人：一日がしあわせになる朝ごはん，(株)文響社 (2015)
- (8) 佐藤秀美：オーブン加熱調理における熱的諸問題，日本伝熱学会誌「伝熱」，**38**，No.150，10~16 (1999)
- (9) 佐藤秀美，ほか：トーストの物性に及ぼす加熱前の水分含量および熱源の放射特性の影響，日本食品科学工学会誌，**42**，No.4，248~253 (1995)
- (10) 佐藤秀美，ほか：トースト内部の水分分布に及ぼすヒータの放射波長特性の影響，日本食品科学工学会誌，**43**，No.8，904~909 (1996)
- (11) 佐藤秀美，ほか：食品のクラスト層の形成および着色状態に及ぼすヒータの放射特性の影響—ヒータの電気入力が一の場合—，日本食品科学工学会誌，**42**，No.9，643~648 (1995)
- (12) 佐藤秀美，ほか：食品の焼き色に及ぼす伝熱方式の影響，日本家政学会誌，**50**，No.9，925~930 (1999)
- (13) 佐藤秀美，ほか：食品の水分蒸発過程に及ぼす伝熱方式の影響，日本食品科学工学会誌，**46**，No.8，508~513 (1999)
- (14) 佐藤秀美，ほか：食品の放射加熱に及ぼすヒータの放射特性の影響，日本家政学会誌，**40**，No.11，987~994 (1989)
- (15) 佐藤秀美，ほか：対流加熱した食品の着色過程，日本食品科学工学会誌，**46**，No.7，454~461 (1999)

4K時代に向けた三菱テレビ

出口 廉*

Mitsubishi Television for 4K Era

Ren Deguchi

要 旨

2018年12月1日に新4K8K衛星放送が開始され、テレビの高画質化・高音質化に対する要求はますます大きくなっている。また近年はインターネットを利用したビデオオンデマンド(VOD)サービスやデバイス連携等、通信ネットワーク分野でもテレビは中心的役割を担うデバイスとして期待されている。

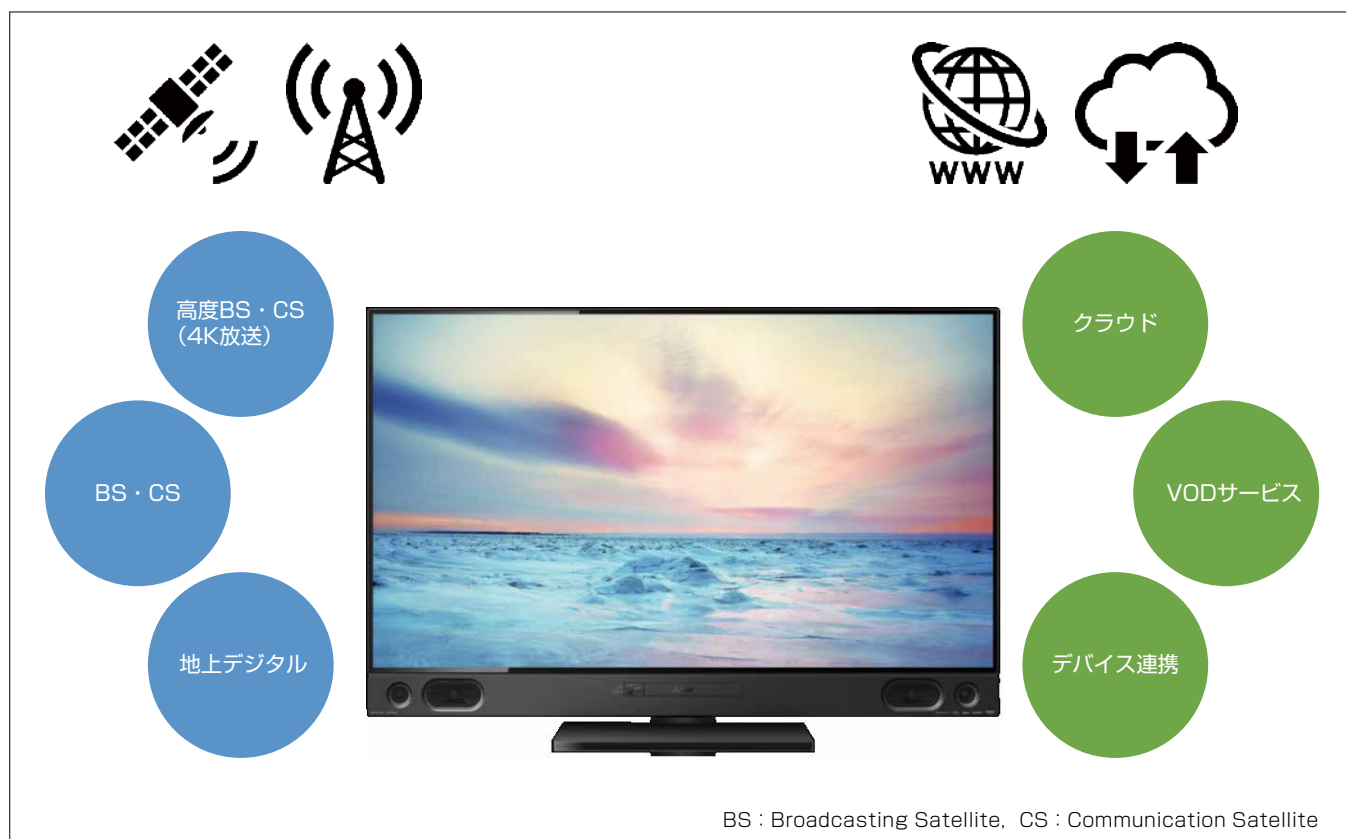
一方で、高機能化に伴い操作の複雑性も増しており、使いやすさがより一層重要視されている。三菱電機製テレビは“使いやすさへの拘(こだわり)”をコンセプトに、高機能と使いやすさの両立を追求して課題改善に取り組んでいる。

当社は2018年秋に業界トップランナーで新4K8K衛星放送の4K放送に対応したチューナー(以下“4Kチューナー”という。)内蔵テレビ“RA1000シリーズ”を市場投入した。

画質面では“DIAMOND ENGINE 4K”を搭載し、高精細な4K解像度と最適な色彩表現を実現した。音質面では当社製“NCV(Nano Carbonized high Velocity)”素材を用いた“DIATONE NCV 2Way4スピーカー”システムを採用し、高音質を実現した。また4K放送番組の録画再生や4K YouTube^(注1)等4K時代に相応しい高機能を搭載するとともに、新ユーザーインターフェースである“Quick Go”機能や4K YouTubeとのデバイス連携を導入することで使いやすさとの両立を実現した。

今後も高機能と使いやすさの両立を追求した製品開発を進める。

(注1) YouTubeは、Google LLCの登録商標である。



テレビを取り巻く環境

様々な放送サービスが展開される中、テレビは通信ネットワーク分野でも中心的な役割を果たすデバイスとして期待されている。

1. ま え が き

当社製テレビは高機能と使いやすさを特長としている。本稿では、業界初^(注2)の4Kチューナー・Ultra HD(High Definition)ブルーレイレコーダ・HDD内蔵テレビであるRA1000シリーズに搭載した高機能化技術として4K放送に向けた高画質化技術、高音質化技術、及び4K YouTubeに関する技術を、使いやすさを追求した技術として“Quick Go”機能及び4K YouTubeデバイス連携について述べる。

(注2) 2018年8月21日現在、当社調べ

2. 4Kチューナー内蔵テレビの開発

RA1000シリーズは、4K時代に相応しい高画質化・高音質化の技術を備え、録画テレビ機能として4K放送番組の録画再生にも対応している。また、シームレスな操作を可能にする“Quick Go”機能を搭載し、高機能と使いやすさの両立を実現している。

2.1 高画質化技術

より良い映像体験のためにテレビによる高画質化処理は必要不可欠で、中でも色彩調整は重要であり、各社独自の技術を用いて差別化を図っている。RA1000シリーズは“DIAMOND ENGINE 4K”の搭載によって高精細な4K解像度を実現するとともに、“ウルトラカラーマトリックス”による当社独自の色彩処理によって緻密な色表現を実現し、4Kの美しさをより一層引き立てている。

2.1.1 ウルトラカラーマトリックス

当社従来機では12軸に基づく色彩調整を施していたが、RA1000シリーズでは更に緻密な色表現を実現するために、12軸に基づく色彩調整に加えて8,000個の補正点(3Dルックアップテーブル)(図1)を用いた、独自のアルゴリズムで両者を組み合わせる“ウルトラカラーマトリックス”を採用した。これによって、同系統の色をより細かな粒度で区別し、ピンポイントで色彩調整することで緻密な色表現を可能にした。

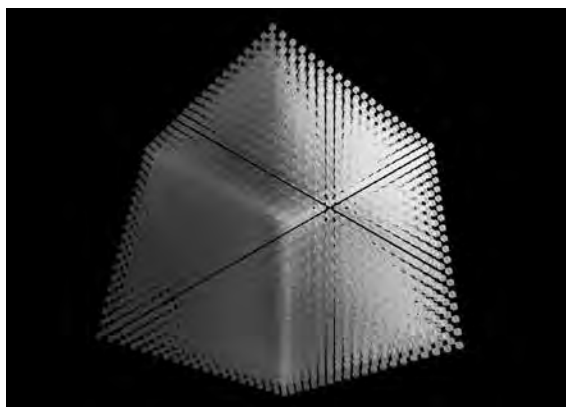


図1. 3Dルックアップテーブルのイメージ

2.2 高音質化技術

当社製テレビは一貫して音に拘った開発をしている。“DIATONE NCV 2Way4スピーカー”システムを採用してピュアでクリアな音質を実現するだけでなく、機能面でも“Bluetooth^(注3)音声出力”や“声ハッキリプラス”等を搭載し、高音質に加えて使いやすさと聞き取りやすさを追求している。ここではBluetooth音声出力機能について述べる。

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

2.2.1 Bluetooth音声出力機能

テレビの音声をBluetooth接続機器(スピーカーやヘッドフォン等)へ送信し、Bluetooth接続機器から音声出力できる機能を搭載した。これによって、対応機器を用いて、テレビから離れた位置でも所望の音量で楽しむことができる。一方で、Bluetooth通信やBluetooth接続機器側のデコードに要する時間による映像と音声のずれ(リップシンクずれ)が懸念される(図2)。この問題を解決するため、RA1000シリーズではBluetooth接続機器側の音声コーデックに基づき予測される遅延時間と同等の映像出力遅延をテレビ側で生成し、リップシンクずれを補正する仕組みを導入した(図3)。これによって、映像出力と音声出力のずれを生じないようにし、ユーザーに対して違和感のないコンテンツの提示を可能にした。

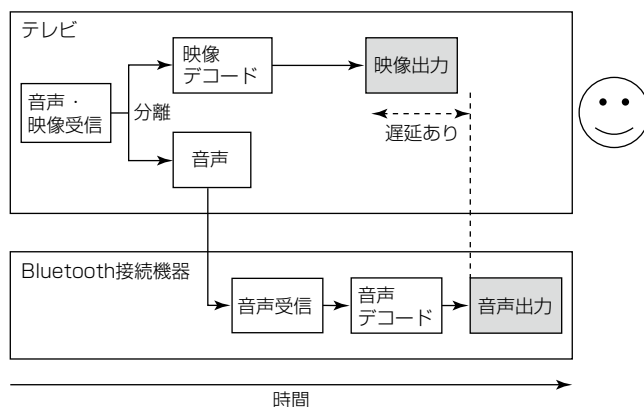


図2. Bluetooth接続機器による再生イメージ(遅延あり)

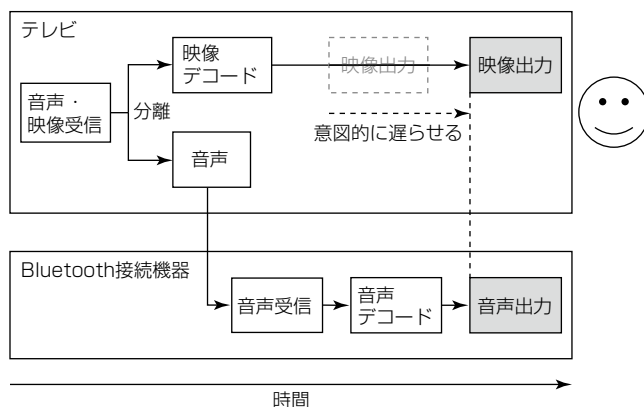


図3. Bluetooth接続機器による再生イメージ(実質遅延なし)

2.3 録画テレビ機能

2K放送番組の録画再生で培ったノウハウに基づき、4K放送番組の録画再生機能を搭載した。2K放送番組の録画再生機能とUI(User Interface)や画面を統合することで既存ユーザーにとって使いやすい機能とし、またUltra HDブルーレイディスク再生や4K放送番組のダビング機能(2Kダウンコンバート要)も搭載することで、“4K”をより一層身近なものとして提供している。

2.3.1 “Quick Go”機能

当社従来機では内蔵HDDに保存した録画番組を録画一覧画面上に表示し、これを選択することで番組再生をしていたが、RA1000シリーズでは使いやすさを更に向上させるために“Quick Go”機能を導入した。“Quick Go”機能は視聴画面上に録画番組情報や裏番組情報を重畳し、画面切換えを伴わずにシームレスなコンテンツ切換え操作を実現する機能である(図4、図5)。これによって、例えば放送番組視聴中でも視聴状態を維持したまま録画番組や裏番組を確認・選択することが可能になり、当社の特長である録画再生機能をより一層使いやすい機能にした。

また、視聴画面に重畳できるスペースは限られているため、“Quick Go”機能に加えてサムネイル表示機能を搭載した。これは、あらかじめ録画番組に関するサムネイルファイルを自動生成しておき、録画番組情報と合わせてサムネイル画像を表示する機能である。これによって、限られた

スペースの中でユーザーに対して録画番組情報を正確にかつ分かりやすく提示できるようにした。

3. 4K YouTubeテレビの開発

近年、テレビは通信ネットワーク分野でも中心的役割を担うデバイスとして期待されており、特にテレビの大画面でVODサービスを視聴することがトレンドの一つとなっている。RA1000シリーズでは、通信ネットワーク機能強化の一環として4K YouTubeを搭載した。

3.1 4K VODサービス

様々なVODサービスが開始されているが、中でも4K YouTubeは最も普及したVODサービスの一つであり、市場からも要望が強い。一方で、ユーザーによってはまだ敷居が高く、テレビに搭載されたVODサービス視聴機能を一度も使わないケースも多い。この状況を踏まえ、RA1000シリーズでは4K YouTubeをより一層身近な機能とするため、4K YouTubeをワンタッチ起動できる専用ボタンをリモコンに搭載するとともに、無線LAN機能を搭載することで簡単に4K YouTubeを起動できる手段をユーザーに提供した。これによって、幅広いユーザーにとって身近で親しみやすい機能にした。

3.2 4K YouTube専用ブラウザの搭載

VODサービスを視聴するためにはプラットフォーム上でブラウザを動作させる必要があるが、多機能のブラウザを動作させるとシステムへ大きな負荷がかかるため、高品位なコンテンツ再生での再生動画のカクツキやレスポンスの低下が懸念される。この問題を解決するため、RA1000シリーズでは、4K YouTubeに特化した専用ブラウザを組み込むことで省スペースかつ高性能なプラットフォームを構築し、快適なユーザー体験の提供を可能にした。また、既存のブラウザと合わせてテレビに複数のブラウザが搭載されることでブラウザ管理が複雑になるため、一つのモジュールにブラウザ管理責務を集約させることで誤動作が発生しにくい設計モデルにした(図6)。

3.3 4K YouTubeデバイス連携

先に述べたとおり、テレビのリモコンに4K YouTubeの専用ボタンを搭載することでワンタッチ起動を可能にし、操作性を改善した。一方で、多くのユーザーはスマートフォンの操作にも慣れており、スマートフォンでの操作性をもってテレビのVODサービスを利用したいという要望がある。そこで、RA1000シリーズでは、Netflix(注4)とYouTubeが共同策定しているデバイス連携方式(DIsccovery And Launch protocol : DIAL)(1)を搭載した。これによって、スマートフォンの操作性をもってテレビのVODサービスを利用することが可能になり、より快適な操作を実現できる。

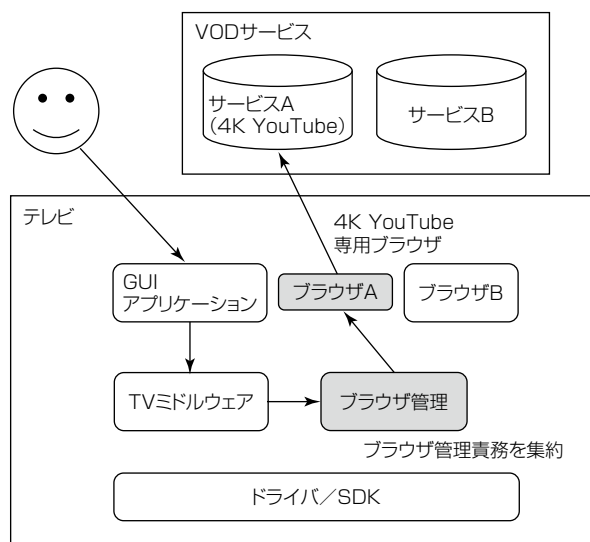
(注4) Netflixは、Netflix, Inc.の登録商標である。



図4. “Quick Go”機能での録画番組情報表示



図5. “Quick Go”機能での裏番組情報表示



GUI : Graphical User Interface, SDK : Software Development Kit

図6. ブラウザ管理モジュールの設計モデル

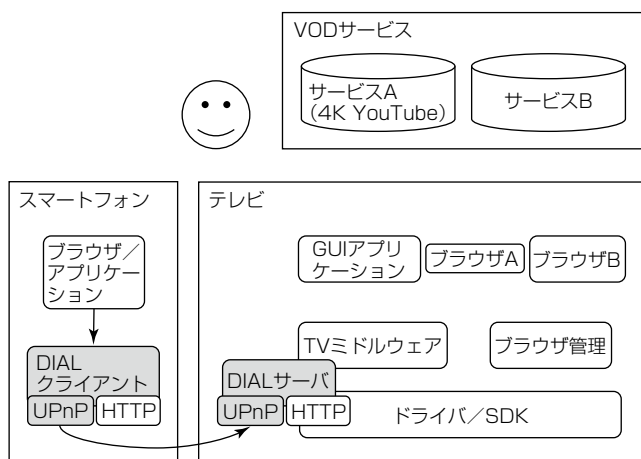


図7. サーバ自動探索機能の設計モデル

3. 3. 1 DIAL

DIALはサーバクライアント型の通信プロトコルであり、主な特徴として

- ①UPnP(Universal Plug and Play)をベースとしたサーバ自動探索機能(図7)
- ②HTTP(HyperText Transfer Protocol)をベースとしたアプリケーション制御機能(図8)

を持つ。

①の機能によってクライアント(=スマートフォン)が同一ネットワーク上に存在するサーバ(=テレビ)を自動探索するため、テレビとスマートフォンを事前にペアリング設

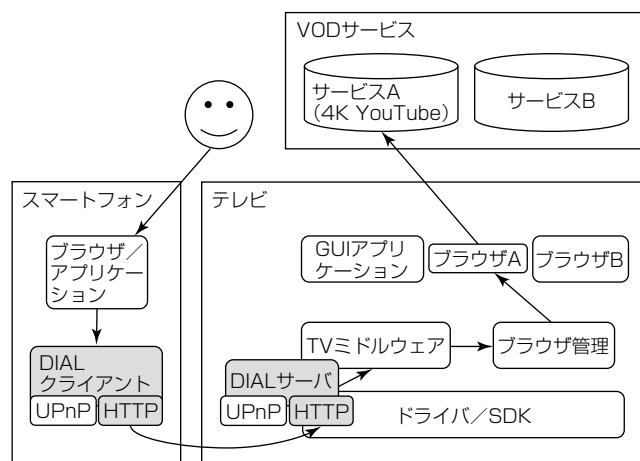


図8. アプリケーション制御機能の設計モデル

定をする必要がない。また②の機能によってクライアントから①で探索したサーバに対してアプリケーションの起動リクエストや終了リクエストを送信できるため、スマートフォンを用いてテレビ上のアプリケーションを操作することが可能になる。

ほかにも、クライアントからサーバの電源を遠隔起動する仕組みやWebsocketを用いた情報通信機能等を備えており、テレビの起動や4K YouTubeの開始、コンテンツの検索や再生、さらにはテレビの音量調整といった操作までスマートフォン一台で完結できる。

4. む す び

4K時代に相応しい技術や機能を盛り込み、業界トップランナーで市場投入することに成功した4Kチューナー内蔵テレビRA1000シリーズは各方面から高い評価を受けており、また使いやすさに拘ったVODサービス機能についても好評を得ている。

今後は当社製テレビの特長である録画機能や市場のトレンドである通信ネットワーク機能を軸に高機能化を推し進め、同時に使いやすさとの両立を追求し、新たな価値を提供できるよう開発を進める。

参 考 文 献

- (1) DIscovery And Launch protocol specification Version 2.1
<http://www.dial-multiscreen.org/dial-protocol-specification>

リモコンソフトウェアの開発効率化技術

遠藤 聡*
小宮紀之*

Development Efficiency Technology for Remote Controller Software

Satoshi Endo, Noriyuki Komiya

要 旨

利用者と三菱電機製品とが高度に“つながる”フルドット液晶リモコンの普及を目的として、ソフトウェアの開発効率化技術を開発した。フルドット液晶リモコンは、従来のセグメント液晶リモコンと比較して、利用者に多くの情報を分かりやすく提供できる一方で、ソフトウェア規模が大きくなり、開発工数が増大するという問題がある。

今回、ソフトウェア開発工数削減のソリューションとして、開発効率化技術を開発した。開発効率化技術は、“フルドット液晶リモコン共通プラットフォーム(以下“共通プラットフォーム”という。)”と、“フルドット液晶リモコンGUI(Graphical User Interface)開発ツール(以下“GUI開発ツール”という。)”の二つの柱で構成される。

共通プラットフォームでは、様々な製品のフルドット液

晶リモコンの開発で共通的に利用できるソフトウェアをパッケージングすることによってソフトウェアの流用開発を可能にし、開発工数の削減を図っている。

GUI開発ツールでは、あらかじめ用意された部品を編集画面上に配置し、ソースコードを自動出力することで、GUIアプリケーションを容易に実装できるようにし、開発初期の容易なデザイン検討、プロトタイプ of 早期確認による手戻りの防止、実装時のヒューマンエラーの低減を可能にして開発工数の削減を図っている。

ソフトウェアの開発工数を削減することで、従来、開発工数の面から採用を見送っていた家電・設備製品にもフルドット液晶リモコンの搭載が可能になり、利用者と当社製品とが高度に“つながる”ことができる。



フルドット液晶リモコンのソフトウェアの開発効率化技術

利用者と家電・設備機器とが高度につながるフルドット液晶リモコンは、利用者に見やすさと操作しやすさを提供できるが、ソフトウェアの開発工数が増大する問題がある。この問題を解決するために開発したのが、共通プラットフォームとGUI開発ツールを柱とする開発効率化技術である。

1. ま え が き

当社は、エアコン、炊飯器、照明等の様々な家電・設備製品を販売しており、その多くの製品には、利用者が製品に対して操作や状態確認を行うためのリモートコントローラ(リモコン)や操作盤が付属している(本稿では、本体付属の操作盤も含めて“リモコン”という)。

近年の当社製品では、多機能化に伴い、従来のセグメント液晶リモコンよりも柔軟な表現が可能で、利用者と当社製品とが高度に“つながる”ことができるフルドット液晶リモコンの採用が増えている⁽¹⁾。しかし、フルドット液晶リモコンのソフトウェアは、表示するために考慮すべき設計、実装、試験の項目が多く、開発工数が大きく増加するという問題がある。

そこで、ソフトウェア開発工数削減のソリューションとして、開発効率化技術を開発した。開発効率化技術は、共通プラットフォームと、GUI開発ツールの二つの柱で構成している。

本稿では、2章でリモコン開発での現状の問題点と解決策について、3章で開発効率化技術の二つの柱の内容について、4章でこの技術の効果について述べる。

2. フルドット液晶リモコン開発での現状の問題点と解決策

2.1 現状の問題点

当社のフルドット液晶リモコン開発での問題点は、ソフトウェア開発工数が大きく増加していることである。近年、製品の多機能化に対応するために、従来のセグメント液晶リモコンよりも柔軟な表現が可能なフルドット液晶リモコンの採用が増えているため、問題は大きくなってきている。

従来のセグメント液晶リモコンとフルドット液晶リモコンの比較を図1に示す。セグメント液晶リモコンでは、画面上の各セグメントをON/OFFさせることによって、利用者が理解可能な表示を行う。決められたパターンの表示を切り替えるだけであるため、開発工数は小さかった。一方で、フルドット液晶リモコンでは、マトリックス状の小

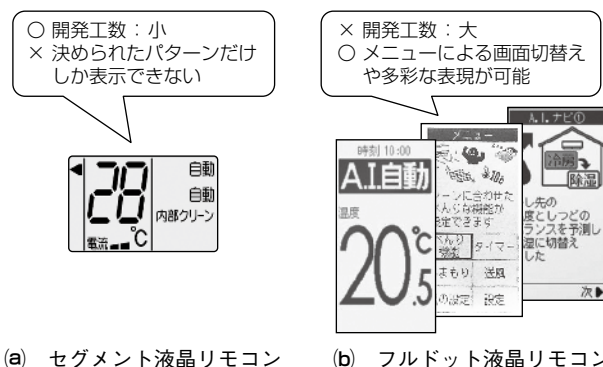


図1. セグメント液晶リモコンとフルドット液晶リモコンの比較

さい表示単位(ドット)の表示状態を変化させることで、情報を表現する。そのため、メニューによる画面切替えや多彩な表現が可能であるが、画面デザイン検討やソフトウェア開発で考慮すべき事項が多く、開発工数が大きくなりやすい。開発規模にもよるが、フルドット液晶リモコンのソフトウェアの開発工数は、従来のセグメント液晶リモコンと比較して5倍以上にもなることもある。

フルドット液晶リモコンのソフトウェア開発工数の内訳例を図2に示す。全体の約38%がミドルウェア開発となっており、流用可能なミドルウェアを用意しておかないと、新規開発のたびに大きな開発工数が必要となる。また、全体の約24%がGUIアプリケーション開発となっており、画面コンテンツを効率的に作成する仕組みを作らないと、今後、画面数に応じて開発工数が大きく増加していく。

2.2 解決策

フルドット液晶リモコンのソフトウェアの開発工数を削減するため、開発効率化技術の開発を行った。開発効率化技術は、共通プラットフォームとGUI開発ツールの二つの柱で構成している。

フルドット液晶リモコンのソフトウェアスタックに対する開発効率化技術の適用箇所を図3に示す。共通プラットフォームは、共通的なミドルウェア、BSP、リアルタイムOSをパッケージングして、それらの流用を可能にし、開

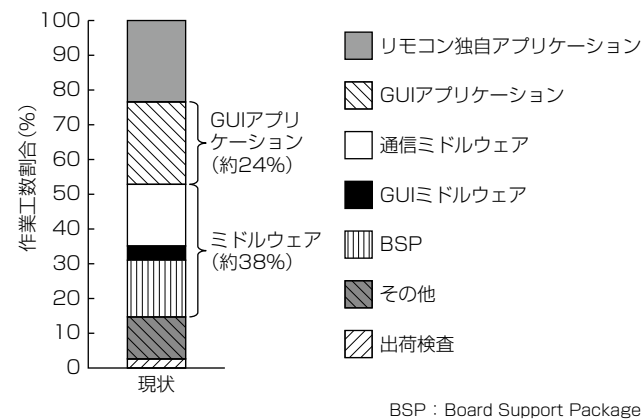


図2. フルドット液晶リモコンのソフトウェア開発工数の内訳例

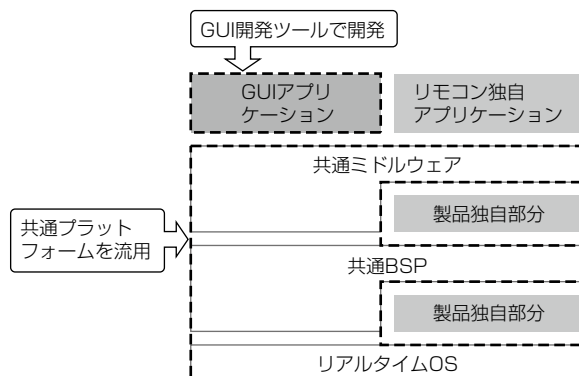


図3. フルドット液晶リモコンのソフトウェアスタックと開発効率化技術の適用箇所

発工数の削減を図っている。また、GUI開発ツールでは、早期のデザイン検討・プロトタイプ確認を可能にし、実装の手間と手戻りのリスクを低減するとともに、実装のヒューマンエラーを低減する仕組みによって、開発工数の削減を図っている。共通プラットフォームとGUI開発ツールの詳細は次の章で述べる。

3. 開発効率化技術

フルドット液晶リモコン開発の問題点の解決策として開発した開発効率化技術である、共通プラットフォームとGUI開発ツールの技術内容について述べる。

3.1 共通プラットフォーム

当社の家電・設備製品向けのフルドット液晶リモコンの共通的なソフトウェアをパッケージングして、複数製品の開発で流用できるようにした共通プラットフォームについて述べる。

3.1.1 従来のソフトウェア開発の問題の解決

共通プラットフォームを用いない、従来の新規リモコン開発の場合は、リアルタイムOSの選定、ミドルウェア、BSP等の設計、実装や、性能等の非機能面の検証用システムの構築を一から行う必要があり、工数を要していた。この問題を解決するため、リモコンのソフトウェアの共通部分を容易に流用可能にする共通プラットフォームを開発した。

3.1.2 共通プラットフォームの技術的ポイント

(1) 共通的なソフトウェアのパッケージング

共通プラットフォームでは、リモコンのソフトウェアから共通的に利用可能な部分を抽出し、パッケージングして流用可能にしていることが技術的ポイントである。

当社のフルドット液晶リモコンのソフトウェア構成を図4に示す。GUIに関しては、画面コンテンツ、GUIミドルウェアを含むGUIタスクが担う。GUI以外のアプリケーションは、リモコンアプリケーションフレームワーク、リモコン独自アプリケーションを含むリモコンアプリケーションタスクが担う。その他のミドルウェアとしては、BSPや通信ミドルウェア等がある。ドライバは、LCD (Liquid Crystal Display) コントローラ転送処理やタッチ

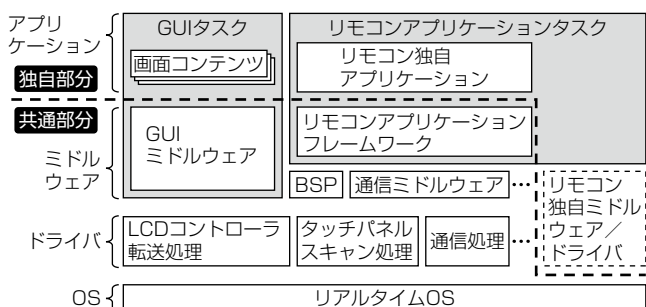


図4. フルドット液晶リモコンのソフトウェア構成

パネルスキャン処理、通信処理等があり、OSは、リアルタイムOSを搭載している。ここでいう通信とは、当社独自の通信であり、複数の製品にまたがって採用されているものである。その通信方式を使用しない場合や独自のミドルウェア、ハードウェアを備える場合は、独自ミドルウェア/ドライバの開発が必要になる。画面コンテンツ、リモコン独自アプリケーション、独自ミドルウェア/ドライバを“独自部分”、その他を“共通部分”と定義する。共通プラットフォームは“共通部分”をパッケージングしている。

また、BSP、リアルタイムOSは使用するマイコンに依存するため、共通プラットフォームは、当社で使用されている主なマイコン別にパッケージングし、マイコンごとに流用できるようにしていることも技術的ポイントである。

(2) GUIミドルウェアの共通化設計

共通プラットフォームのGUIミドルウェアでは、共通的に利用可能な部品オブジェクトを用意しておくことで、複数製品のフルドット液晶リモコンの開発で部品を流用可能にしていることが技術的ポイントである。

フルドット液晶リモコンには、画面に任意の画像、文字等を表示する仕組みが必要である。そのために、画面上に表示する対象(文字列、横線等、アイコン)を部品オブジェクトとして捉え、各部品オブジェクトに、どの位置に、どのタイミングで、どのような状態(表示/非表示や色等)で表示するかの属性を持たせている。GUIミドルウェアは、各部品オブジェクトをその属性に基づいて画面上に割り当て、描画を行う。

また、複雑な部品を開発する場合は、基本部品の組合せで実現できるようにしている。例えば、ソフトウェアキーボードは、機能としては複雑であるが、文字列、横線、アイコン、ボタン領域の部品等の組合せで実現可能である(図5)。

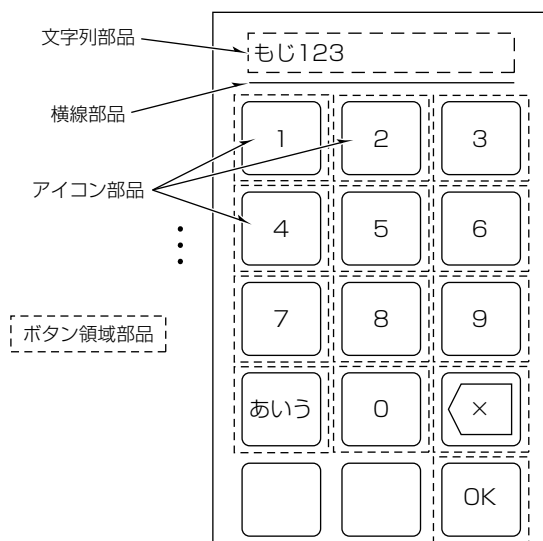


図5. ソフトウェアキーボードを実現するための基本部品の配置例

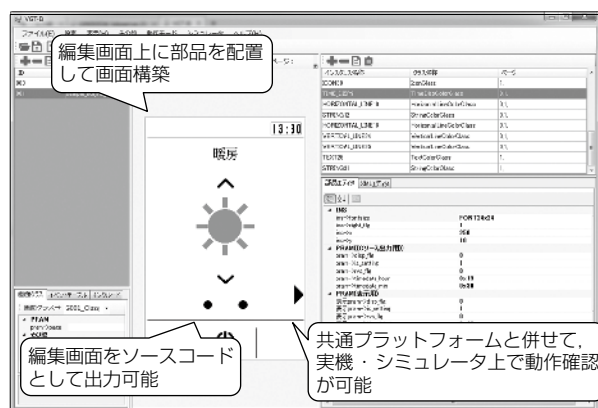


図6. GUI開発ツールの編集画面例

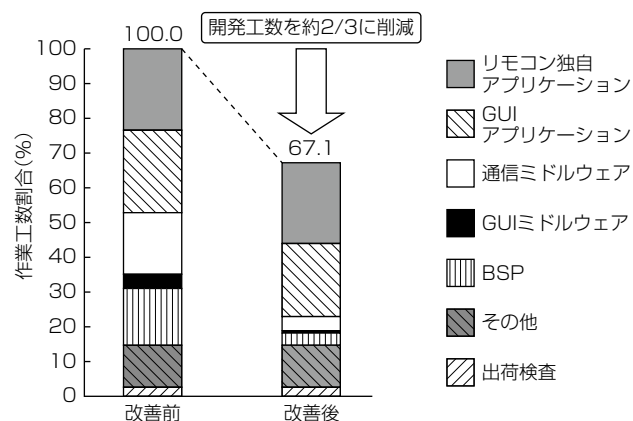


図8. 開発工数の削減効果

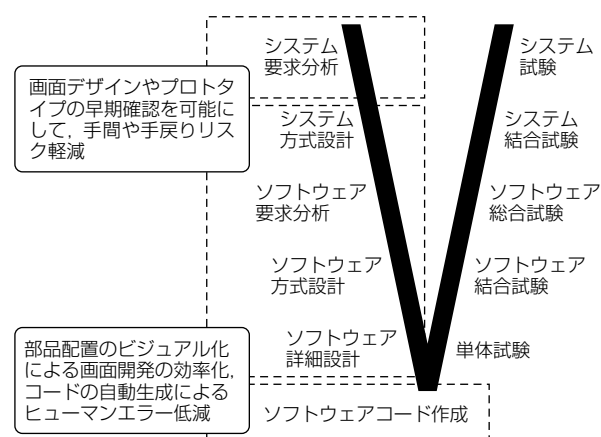


図7. GUI開発ツールの開発プロセスへの適用効果

3.2 GUI開発ツール

当社の家電・設備製品向けのフルドット液晶リモコンのGUI開発を支援するGUI開発ツールについて述べる。

3.2.1 従来のGUI開発の問題の解決

従来のGUI開発では、画面デザイン検討や初期設計で、実機での表示イメージや操作感の確認ができず、手間や手戻りが発生していた。また、開発の都度、コード記述によって画面を実装していたため、実装のヒューマンエラーによる手戻りが発生していた。これらの問題を解決するため、GUI開発の効率化、手戻りリスク低減を実現するGUI開発ツールを開発した。

3.2.2 GUI開発ツールの技術的ポイント

(1) 編集画面のソースコード自動出力

GUI開発ツールでは、部品を組み合わせで編集した画面を組み込みC言語ソースコードとして自動出力できること、出力されたソースコードを共通プラットフォームと併せて、実機又はパソコン上のシミュレータで容易に動作確認できることが技術的ポイントである(図6)。これによって、GUI設計の初期段階でも、C言語コーディングの知識なしで、容易に動作確認ができ、手間と手戻りのリスクを低減している(図7)。

(2) 試験済みの部品

GUI開発ツールでは、ソースコードとして自動出力される部品は試験済みのものを利用できることが技術的ポイントである。これによって、画面の設計、実装のヒューマンエラーによる手戻りのリスクを低減している(図7)。また、部品の試験にかかる作業工数を削減する効果もある。

4. 開発効率化技術の効果

3章で述べた共通プラットフォームとGUI開発ツールによって、フルドット液晶リモコンのソフトウェアの開発工数を約2/3に削減できた(図8)。

今回の開発事例では、共通プラットフォームによるミドルウェアの開発工数の削減が大きかったが、GUIアプリケーションを流用せずに一から開発するような他のケースでは、GUI開発ツールによる効果も大きくなると考える。

現在、この開発効率化技術を、家庭用エアコン、IH(Induction Heating)ジャー炊飯器、照明システムのフルドット液晶リモコンに適用し、開発工数を削減している。

5. む す び

利用者と当社の家電・設備製品とが高度に“つながる”フルドット液晶リモコンの普及を目的として、ソフトウェアの開発工数増大の問題を解決する開発効率化技術を開発した。この技術によって、当社の家電・設備製品へのフルドット液晶リモコンの搭載が容易になる。これによって、利用者に、従来以上の見やすさと操作しやすさを提供することができ、利用者と当社製品とが高度に“つながる”ことができる。

今後、開発効率化技術の適用製品を広げ、効率的なフルドット液晶リモコンの開発を推し進めていく。

参 考 文 献

- (1) 行田知晃, ほか: 小型描画ICによる低コスト機器向けGUIプラットフォーム, 情報科学技術フォーラム講演論文集, 14(1), 255~256 (2015)