

# 三菱電機技報

10

2018

Vol.92 No.10

快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術



## 目次

### 特集「快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術」

“快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術”の特集号に寄せて…………… **巻頭言** 1  
鈴木 聡

快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術…………… **巻頭論文** 2  
平岡利枝・星崎潤一郎・河原林源太

“IoT浴室コンセプト”の創出とプロトタイピング…………… 8  
飯澤大介

“おまかせA.I.自動”搭載のルームエアコン…………… 14  
杉山大輔

4方向天井カセット形室内機の“ぐるっとスマート気流”による快適性向上…………… 19  
栗原 誠・湯瀬寛之

インジェクション機構付インバータツインロータリ圧縮機“DSI-Rotary MNK42F”…………… 24  
長澤宏樹・濱田 亮・石部祐策

狭小スペースにも設置しやすいハンドドライヤー“ジェットタオルミニ”の新機種…………… 29  
澤部健司・深谷緒弘・佐藤 大

野菜室が真ん中形態の新型冷蔵庫“MXシリーズ”…………… 33  
伊藤 敬・岡部 誠・前田 剛・中居 創

屋内用LED表示装置“NP160シリーズ”…………… 39  
小田切健介

家庭用自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機“三菱エコキュート 2018年度モデル”…………… 43  
飯田恭平・赤木 智・戸田明宏

スティッククリーナーの身体負荷軽減技術…………… 47  
高野浩志郎・志村 嶺・相馬公義

Latest Technologies of Home Appliances Supporting Comfortable, Satisfied Lives  
Foreword to Special Issue on Latest Technologies of Home Appliances Supporting Comfortable, Satisfied Lives  
So Suzuki

Latest Technologies of Home Appliances Supporting Comfortable, Satisfied Lives  
Toshie Hiraoka, Jyunichiro Hoshizaki, Genta Kwarabayashi

Concept Design and Prototyping for IoT Bathroom  
Daisuke Iizawa

Room Air Conditioner Utilizing “AI auto change mode”  
Daisuke Sugiyama

Comfort Improvement by “Gurutto Smart Air Flow” for 4-way Cassette Indoor Unit  
Makoto Kurihara, Hiroyuki Yuze

Dual-channel Super-charge Injection Rotary Compressor “DSI-Rotary MNK42F”  
Hiroki Nagasawa, Ryo Hamada, Yusaku Ishibe

New Model of Hand Dryer “Jet Towel MINI” for Small Spaces  
Kenji Sawabe, Yoshihiro Fukaya, Dai Sato

New-type Refrigerator “MX Series” with Vegetable Room in Middle  
Takashi Ito, Makoto Okabe, Go Maeda, So Nakai

Narrow Pixel Pitch Direct View LED “NP160 Series”  
Kensuke Odagiri

CO<sub>2</sub> Heat Pump Hot Water System “Mitsubishi EcoCute 2018 Fiscal Year Model” for Household Use  
Kyohei Iida, Satoshi Akagi, Akihiro Toda

Technology of Reducing Body Load for Stick Cleaner  
Koshiro Takano, Ryo Shimura, Kimiyoshi Souma

関連拠点紹介…………… 52

### 特許と新案

「空気調和機」…………… 54



### 表紙：快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術

家電事業では“社会全体の課題と向き合いながら、一人ひとりの暮らしのクオリティを高める”ことを目標に開発を推進している。そのためには“人中心の発想に基づくコンセプト”“最新の技術による省エネルギーと快適性の両立”が重要である。

表紙デザインは、様々な掃除シーンで身体的負荷を軽減するコードレススティッククリーナー、大容量と省エネルギー性を高めた野菜室が真ん中の冷蔵庫、IoT (Internet of Things) 技術を活用した価値のある顧客体験を創出する“IoT浴室コンセプト”のイメージ写真を掲載した。

巻／頭／言

“快適で豊かな暮らしを支える家庭電器の最新技術”の特集号に寄せて

Foreword to Special Issue on Latest Technologies of  
Home Appliances Supporting Comfortable, Satisfied Lives

鈴木 聡  
So Suzuki



三菱電機は“持続可能性”と“安心・安全・快適性”が両立する豊かな社会の実現に貢献する“グローバル環境先進企業”を目指しています。また、環境問題、資源・エネルギー問題など社会の様々な課題の解決に向けた価値創出をはじめ、全ての企業活動を通じて持続的成長を追求することによって、SDGs(Sustainable Development Goals)の目標達成にも貢献しています。

家電事業では“社会全体の課題と向き合いながら、一人ひとりの暮らしのクオリティを高める”ことを目標に開発を推進しています。この実現に向けて、新たな価値を創出するためには“人中心の発想に基づくコンセプト”と“最新の技術を用いた、省エネルギーと快適性の両立”が重要です。

この特集号では家庭電器から住宅設備機器まで幅広い製品の技術開発の取組みについての論文を掲載しており、それらの特集論文に先立ち、いくつかの事例をご紹介します。

## 1. 人中心の発想から生まれた商品コンセプト

### (1) IoT(Internet of Things)浴室コンセプト

楽しい・心地よいというユーザーの経験価値を高める人中心の発想に基づいたソリューションの例として“快適な浴室空間”のコンセプトを創出しました。

最大の特長は、浴室で用いられる給湯・空調・照明に加えて映像投影やミスト発生などの好みの機能をオプションとして追加できるという構成です。拡張性が高く、直感的なインタフェースによってユーザーの高い受容性を得られました。

### (2) 身体負担を軽減するスティッククリーナー

掃除を必要な時にさっと済ませたい、というユーザー要望に対応するために、軽量化だけでなく、重量バランスの考慮や充電台からの取外し方法に着目しました。

新規開発の小型高効率ブローモータによって軽量化を実現するとともに、ユーザー動作の解析と筋肉負荷測定に基づく部品配置最適化によって、バッテリー搭載による手元負担を軽減しました。また、新規の着脱機構を考案して充電台からの着脱を画期的に改善しました。

## 2. 空調・給湯機器での省エネルギーと快適性の両立

### (1) ルームエアコンのAI(Artificial Intelligence)活用空調制御技術

高断熱住宅では“高い省エネルギー性”だけでなく、“いつでも・どこでも・だれでも快適でいたい”、“冷房と除湿の切替えを自動でやってほしい”というニーズが高いことに着目しました。当社独自の赤外線センサ“ムーブアイ mirA.I.(ミライ)”を搭載した“おまかせA.I.自動”制御によって、顕熱(温度変化に供する熱)だけでなく、潜熱(除湿に供する熱)を検知し、温度・湿度・送風を切り替えることで快適性と省エネルギー性の両立を実現しました。

### (2) パッケージエアコンの快適性向上技術

WELL認証制度の広がりや働き方改革の一環としてオフィスや店舗の快適性が注目される中、4方向天井カセット型室内機の設置する場所によって快適性が異なることを防止したい、という要望があります。

“人感ムーブアイ360”によって、日射など特定の床面に発生する温度ムラを検知するとともに、人の位置を検知し、左右の風向調整ルーバユニットを制御する“ぐるっとスマート気流”を開発し、温度ムラの低減を実現しました。また、機能を切り替える際に、ユーザーが直感的に操作できるリモコンを開発しました。

このようなコンセプトと技術のもとで作ってきた製品をより多くの皆様に使っていただく上で、ユニバーサルデザインの視点が重要です。“あん心して、らくに、楽しく使える”を三本の柱とした“らく楽アシスト”の取組みでは、お子様や高齢者を対象としたユーザビリティ評価に加えて、障がい者のご意見を設計者やデザイナーが直接お聞きする活動を行っています。また、AIやIoTを用いた操作や動作制御は、UD(Universal Design)考慮レベルを上げることに貢献します。この取組みは、IAUD(国際ユニバーサルデザイン協議会)事業戦略部門大賞(2015年)、キッズデザイン賞など社外からの高い評価も得ています。

当社は、これからも更なる最良の製品・サービス、確かな品質の提供を目指し、先進性のある技術開発によって快適で豊かな暮らしの実現に貢献していきます。

# 巻頭論文

## 快適で豊かな暮らしを支える 家庭電器の最新技術



平岡利枝\*



星崎潤一郎\*\*



河原林源太\*\*\*

*Latest Technologies of Home Appliances Supporting Comfortable, Satisfied Lives*

*Toshie Hiraoka, Jyunichiro Hoshizaki, Genta Kawarabayashi*

### 要 旨

近年、暮らしを取り巻く環境は急速に変化している。高齢者人口や単独・共稼ぎ世帯増加など、社会構造は大きく変化し、IoT(Internet of Things)機器の家庭内への急速な普及は、その新しい暮らし方の提案によって生活者の視点を変える兆しを見せている。

三菱電機では、このような大きな社会の変化に向き合いながら、快適性・利便性の更なる向上や省エネルギー性の向上、安心・安全の提供など、人中心の発想で新たな価値を提供する様々な商品開発に取り組んでいる。

快適で新しいユーザー経験の提供を目指した“IoT浴室コンセプト”は、IoT技術を活用したコントローラのプロトタイプ提案である。

家事家電では、当社独自技術“SMART CUBE”をベースに買い替えニーズが高い“野菜室真ん中”形態の冷蔵庫を開発した。また伸長するスティッククリーナー市場に向け、小型・高効率な新モータを搭載し、幅広い年齢層にとって楽な姿勢で掃除が可能な商品を開発した。

空調技術開発としてルームエアコンでは、省エネルギー性を確保しつつ自動で快適な制御を実現した。パッケージエアコンでは、人感センシング技術を活用して空調機周囲の快適性を向上させた。このほかエコキュートでは、残り湯の熱や天気予報情報も活用して省エネルギー性を向上させた。

常に人中心の発想によって新たな価値を創出、クラウドサービスや機器連携も活用して、快適で豊かな暮らしを支え続ける。



よく使う野菜室が真ん中で使いやすい  
冷蔵庫MXシリーズ



おまかせA.I.自動によって、ボタンひとつでもちいい  
ルームエアコン FZシリーズ



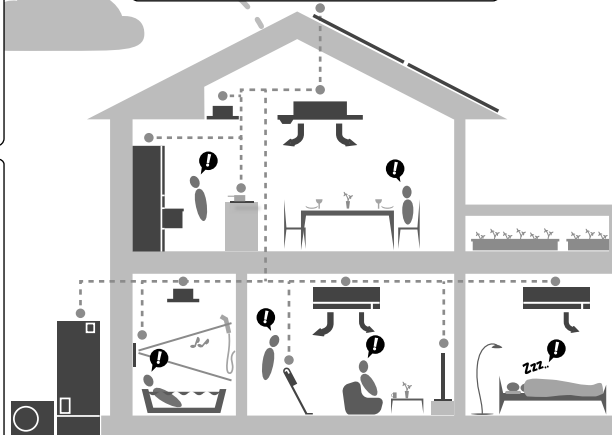
空調機の周囲360°を快適にする  
パッケージエアコン  
4方向天井カセット形



狭小スペースに設置しやすく  
清掃性も向上  
ジェットタオル ミニ



2017年度モデル比5%向上の  
年間給湯保温効率  
ヒートポンプ給湯機  
2018年度モデル



身体負担を軽減し、ワンモーション  
でお掃除  
スティッククリーナー ZUBAQ

### 人中心の発想による新たな価値創出を目指して

当社は、モノとして商品の使いやすさ、分かりやすさ、性能・機能の向上を追求するだけでなく、コトとして新たな価値を提供する商品開発を進めている。商品を使う人だけでなく、設置する人、メンテナンスする人等様々な視点で発想し、将来にわたって快適で豊かな暮らしを支える商品・サービスの開発を目指している。

## 1. ま え が き

高齢者人口や単独・共稼ぎ世帯増加などの社会構造の変化、グローバル化の進展やIoT技術の急速な普及拡大による社会環境の変化は、我々の暮らしに大きな影響を与えている<sup>(1)(2)</sup>。

本稿ではこのような社会変化の中で、当社が人中心の発想による本質的な新しい価値の提供を行うために進めている商品開発の事例について述べる。

## 2. 人中心の発想から生まれた商品コンセプト

当社はより多くの人にとって使いやすく分かりやすいユニバーサルデザインを推進してきた。近年はこれに加え、楽しい・心地よいといったユーザーの経験価値(User eXperience: UX)を高めるための商品開発を行っている(図1)。

この章では、生活者一人ひとりの暮らしの質を向上させる新たな価値を提案する最新技術・商品について、浴室コントローラのコンセプト提案、冷蔵庫・スティックリーナー・ジェットタオルの開発を取り上げる。

### 2.1 IoT浴室コンセプト

国内外で、家庭内のIoT関連機器は多数発表されているが、浴室向けの商品やソリューションは比較的少ない。日本人の入浴回数は欧米と比較しても多く、浴室に関連するソリューションの潜在的なニーズは欧米と比較して高いことが推測される。これらからデザイン思考手法を用い、人中心のリサーチをもとにアイデアの発散と収斂(しゅうれん)を繰り返し、“様々な商品を一つのインターフェースで操作して、連携させることで総合的により快適な浴室空間を作る”というコンセプトを創出した。

これに基づき、“リラックス”“健康”“リレーションシップ”“清潔感”の四つの方向性にアイデアを整理し、これらの中から代表的な機能を模擬的に体験できる“ラピッドプロトタイプ”と呼ばれる簡易試作品を用いて実際に機能を体験してもらうユーザーテストを実施した。体験後の印象や感想をユーザーにインタビューして分析し、アイデアを絞り込んで最終プロトタイプを製作した。

最終プロトタイプは、給湯機能のほか、空調・照明などのコントロールを行う基本ユニットと、映像投影やミスト発生など、好みの機能を追加できる複数の“タイル”で構成している。“タイル”を組み替えることで様々なユーザーニーズに合わせることが可能になっている(図2)。

また、基本ユニットは音声操作に対応し、給湯機としての基本機能の操作に加え、“タイル”の操作も共通のインターフェースで操作できるようにした。さらに家庭内各所に設置することで、浴室内だけでなくほかの商品の操作も同じインターフェースで行うことも想定している。



図2. 基本ユニットと追加タイル群を組み合わせた設置イメージ

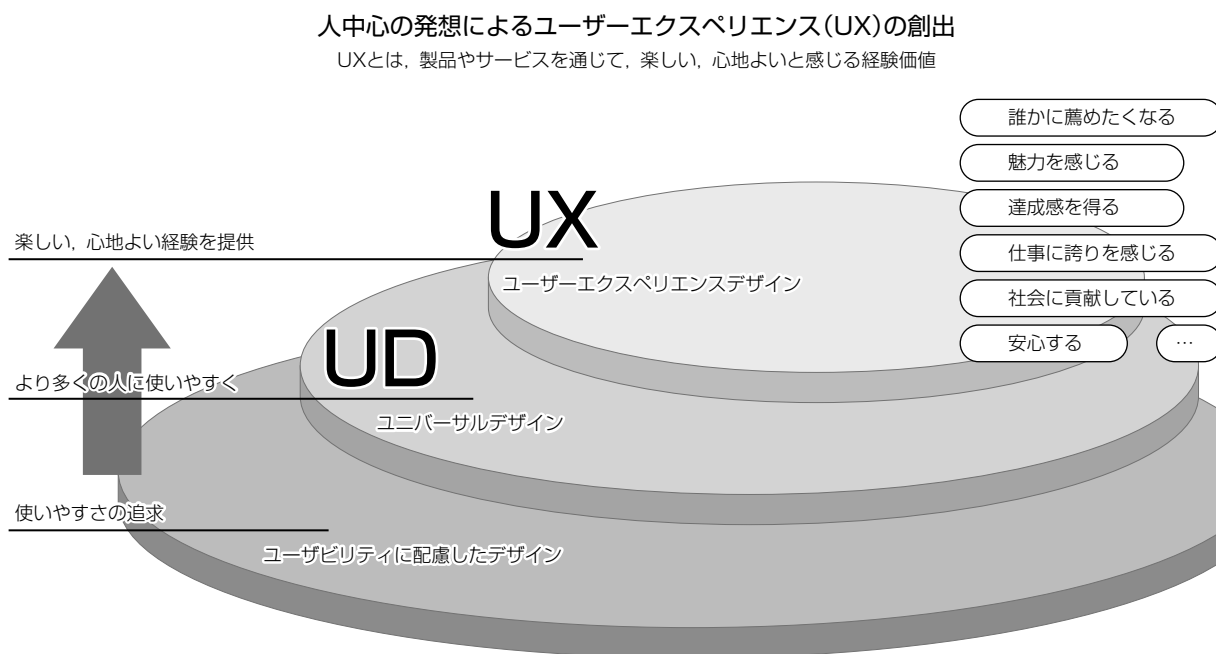


図1. 人中心の発想によるUXの創出

## 2.2 使いやすさを極めた冷蔵庫“MXシリーズ”

共稼ぎ世帯の増加を背景に、冷蔵庫はまとめ買いや大容量化が進み、使いやすさニーズの高まりと食材の鮮度維持技術の進化にも期待が寄せられている。

今回、冷蔵庫買い替え希望者のレイアウトに関するニーズ調査を実施したところ、10年以上前に主流であった“野菜室が真ん中形態”の新規購入／買い替え需要が高い結果となった。しかし近年、省エネルギー志向に対応し、冷却効率向上を目的に冷凍温度帯となる部屋を中央部に集約した“冷凍室が真ん中形態”がラインアップの多くを占めているため、“野菜室が真ん中形態”を選択しづらい状況となっている。このニーズに応えるため“野菜室が真ん中形態”の冷蔵庫MXシリーズを開発した。

“野菜室が真ん中形態”は、温度帯の高い野菜室が冷凍温度帯室に囲まれているのに加え、温度の低い冷凍室が高温の機械室から熱影響を受けるため、“冷凍室が真ん中形態”と同等の省エネルギー性を得るには断熱材を追加する必要がある内容積確保で不利と言える。そこでこの開発ではウレタンと高効率な真空断熱材を組み合わせた“SMART CUBE”技術を活用した断熱構造の最適化と、冷却器の小型化開発を行い、“冷凍室が真ん中形態”と同等の省エネルギー性を確保しつつ、内容積ロスを最小限に抑えることを実現した。

野菜室を重視するユーザーにとって、腰をかがめず野菜を取り出せる使い勝手の向上や鮮度維持がポイントとなるため、整理性と一覧性に優れた野菜ケースを開発した。上段ケースの深さを変えると同時に、下段ケースの手前(ペットボトルエリア)側に設置可能な野菜ケースを追加し、野菜を大きさで分けることで一覧性が高く効率の良い収納が可能にした。また2017年に搭載以来好評の“クリーン朝どれ野菜室”を継続採用し、更なる保存性向上のため、野菜室上方にフタ部品を設け、上段・下段ケース内を略密閉構造とし、さらに野菜室周辺に真空断熱材を設置した。これによって野菜室後方から吹き込まれる乾燥した冷気が食品に当たることを野菜室全体で抑制可能となり、水分保持率の向上を実現した(図3)。

## 2.3 身体負担を軽減するスティッククリーナー

住宅の部屋配置の変化やフローリング面積の増加に伴い、“掃除は必要な時にさっとすませる”ニーズが高まり、軽さとスタンバイ性に優れたスティッククリーナーの需要が増大し

ている。小型・軽量な特長を生かし、様々な掃除シーンで活用されているが、充電電池やファンなどの重量物の配置バランスによっては、身体に負担となることも指摘されている。この課題に対応するため、新たに小型・高効率な高性能ブラシレスDCブロワーモータを開発し、本体の軽量化を実現した。

また掃除シーンとユーザー動作を分析し、代表的な掃除シーンと動作を抽出した。これらの中から特に身体負担に影響する“支持”と“持ち上げ”動作に注目して構成部品のレイアウトを最適化した。加えて掃除シーンに合わせて本体を保持する場所を選べるU字型ハンドルを採用し、当社従来品比で保持範囲を約1.5倍に拡張し、ユーザーの体格に合わせて楽な姿勢での操作を可能にした。これらによって、ユーザーの手元にかかる負担を従来品に対して支持動作で23%、持ち上げ動作で49%軽減した(図4)。

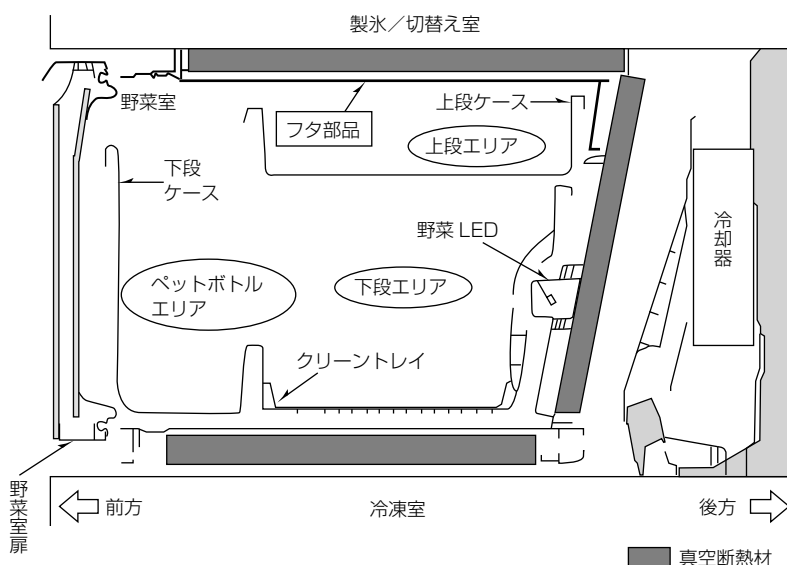


図3. MXシリーズ野菜室概略断面図

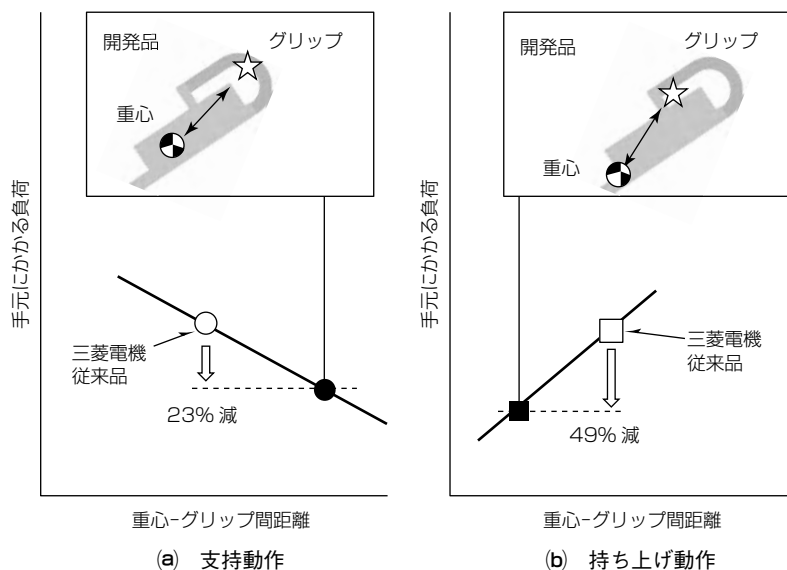


図4. 重心-グリップ間距離と手元にかかる負荷比較



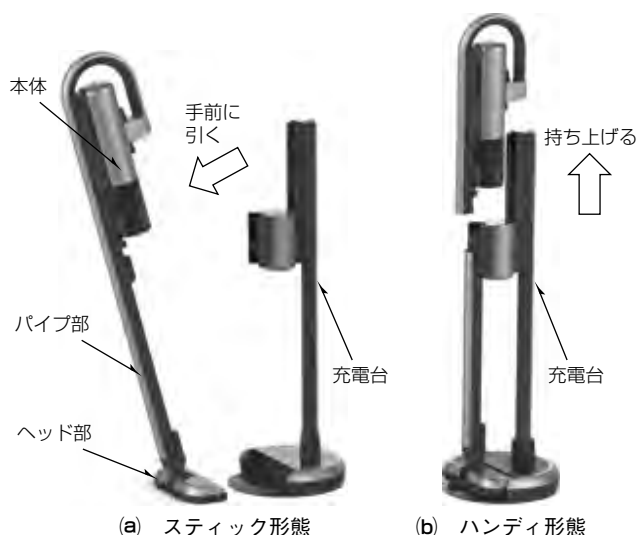


図5. スティック・ハンディ形態での取外し方法

掃除の準備、片づけ時の身体負荷も軽減させている。従来品では、充電台からクリーナーを取り出す際と収納する際には、身体をひねりつつ持ち替えや持ち上げ動作を行う必要があって身体負荷が大きくなっていた。またスティック形態からハンディ形態へと変更する際には、両手を使って本体からパイプ部を取り外す必要があった。

そこで充電台から手前に引くだけで取り外すことができ、また充電台から上に持ち上げるとハンディ形態で取り外すことができる機構を開発し、必要な時にさっと掃除ができるようにした(図5)。

## 2.4 薄型化と使いやすさを両立させた“ジェットタオル”

当社は1993年に世界で初めて高速風で手を乾かし、紙資源を節約する高速風式ハンドドライヤー“ジェットタオル”を商品化した。低ランニングコスト化とペーパータオルごみの削減効果によって、様々な業種で導入が進んでいる。

近年、小型店舗や飲食店でも設置ニーズが高まっているが、標準的な小型店舗での洗面サイズである間口800mm、洗面器横幅500mmの場合、設置性と使い勝手向上のために本体奥行寸法を150mm以下にすることが望ましい。また、従来品の手挿入空間の奥行寸法は128mmで、“ひろびろハンドゾーン”として訴求し好評を得ているため、この維持と更なる薄型化を両立させることとした。

本体前面から吹出しノズルまでの距離に着目し、これを短縮すれば、ユーザーは手元を確認しながら水滴が付着している手挿入空間に触れずに使用することが可能になる。この実現に向けてノズル噴流角度の最適化と小型・高回転ブローの開発、内部構造のリレイアウトによって、本体奥行寸法139mmを実現した(図6)。

また、より短時間で清掃できるような構造改善へのニーズに応えるため、手から吹き飛ばされた水滴を受ける水受け部とそれを回収するドレンタンクをセットで着脱・清掃できる構造にした。本体だけでなく洗面カウンターなど周

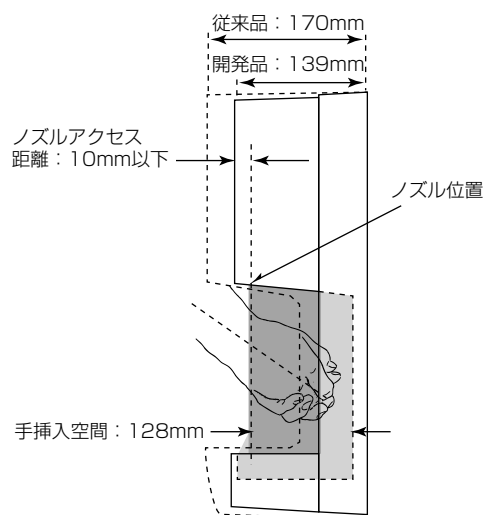


図6. 人間工学に基づく薄型化設計

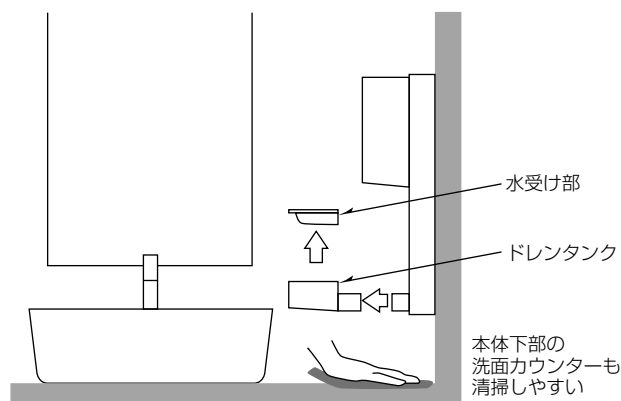


図7. 周囲環境の清掃性・清潔性の向上

囲の清掃もしやすくなり、清掃性・清潔性の向上と清掃時の負荷軽減を実現している(図7)。

## 3. 空調・給湯の省エネルギーと快適性の両立

この章では、ルームエアコン、パッケージエアコン、エコキュートを取り上げる。高気密・高断熱化された省エネルギー住宅やビルが普及しつつある中、高い省エネルギー性と快適性へのニーズが高まっている。ルームエアコンでは独自のAI(Artificial Intelligence)技術を用いた空調制御の進化を、パッケージエアコンでは“人感ムーブアイ”の搭載による気流制御の進化を、エコキュートでは熱交換器の進化と残り湯の熱回収機能をそれぞれ実現することによって、省エネルギー性と快適性の向上を図っている。

### 3.1 ルームエアコンのAI活用空調制御技術

ルームエアコン“霧ヶ峰”は、“高い省エネルギー性”と“いつでも・どこでも・だれでも快適”の両立を実現するための独自の赤外線センサ技術“ムーブアイ”をコア技術に進化を続けてきた。2017年度の“FZシリーズ”では、学習した部屋の断熱性能から顕熱負荷を推定する技術を用いることで、少し先の室内影響までを考慮した運転切替えを可能にした。

更なる性能向上を追い求める中で、従来室内の温度調節をいかに効率良く行うかという顕熱処理に主眼が置かれていた制御動作に、潜熱処理という湿度による視点を加えて開発を進めた。さらに搭載した赤外線センサ“ムーブアイ”で人の位置を判別し、風を体に当てることで涼しく感じる涼風作用だけでも快適な温度・湿度が維持できる場合には、送風に切り替えることで省エネルギー性向上を実現した。

また当社調査で明らかになった、温度・湿度のコントロールについてどう設定すればよいか分からないという不満に対応するため(図8)、温度・湿度コントロールと送風による涼感作用を自動で切り替え、快適性を維持しつつ省エネルギー制御を行う“おまかせA.I.自動”制御を開発した。

“おまかせA.I.自動”制御は当社環境試験室での実測で、従来の冷房制御だけの運転と比較して14%の消費電力削減効果を確認している(図9)。

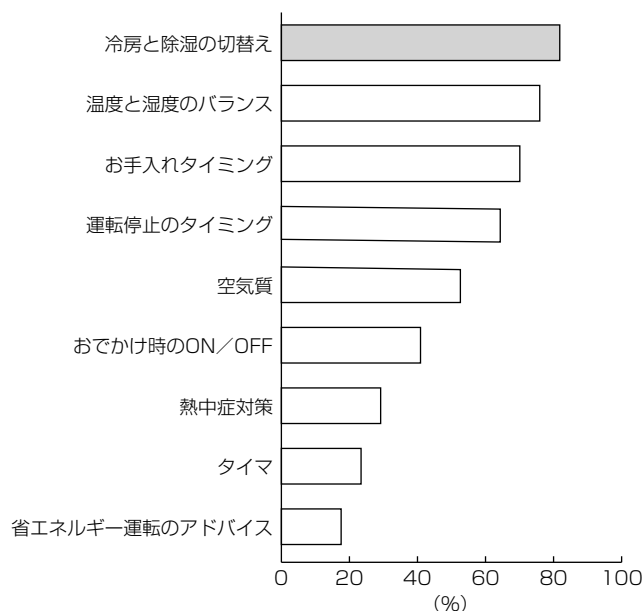


図8. 自動でやってほしいこと(分からないこと)

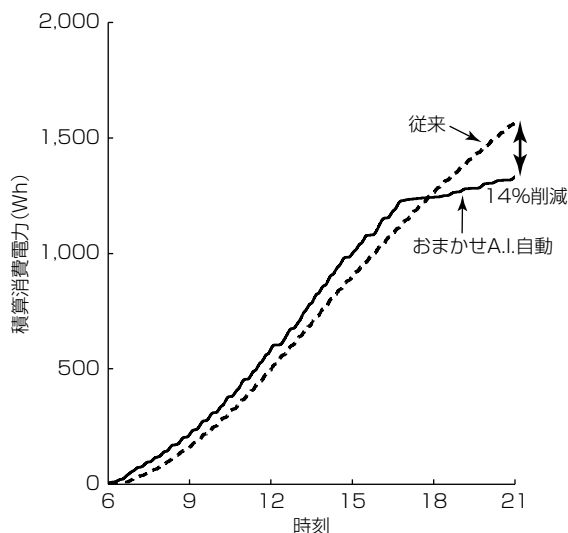


図9. おまかせA.I.自動時の積算消費電力

### 3.2 パッケージエアコンの快適性向上技術

オフィスや店舗環境などでは、空間全体を空調しやすい4方向天井カセット形が多く用いられている。設置環境によっては快適性にムラが発生することが課題であった。これに対応するため、左右風向45°調整を可能にするルーバユニットと、当社独自のセンシング技術である“人感ムーブアイ360”とを連動させた“ぐるっとスマート気流”を開発した。これによって空調機周囲360°の人の位置を検知して気流を制御することが可能になり、自動風あて・風よけ運転(図10)を従来より効率的に行えるようになった。

また人感ムーブアイは床温度も検知できるため、日射の差し込みや出入口付近など特定の床面に発生した温度ムラを認識し、気流の上下・左右風向を調整することで、温度ムラの低減を実現した。

このムーブアイと連動した自動運転はユーザーが直感的に操作できるよう新開発のワイヤードリモコンからボタン一つで各機能の切替えを可能にした(図11)。



図10. 自動風あて・風よけ運転のイメージ

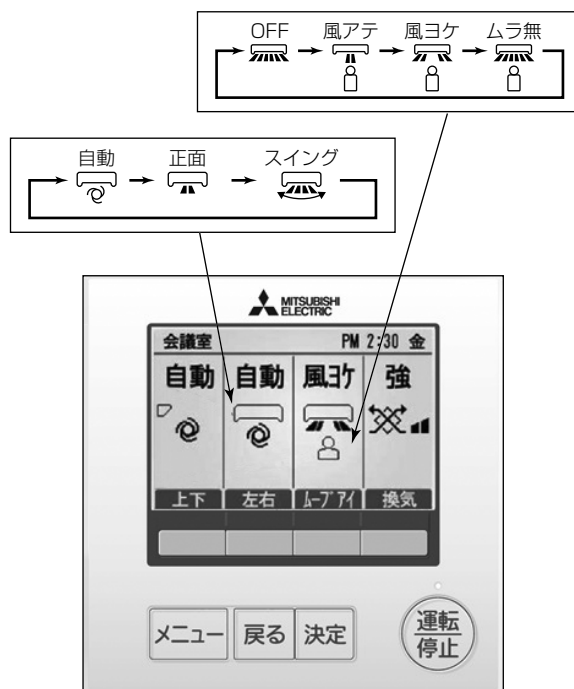


図11. 人感風向カンタン設定の操作画面





図12. 2018年度モデルのガスクーラのディンプル構造

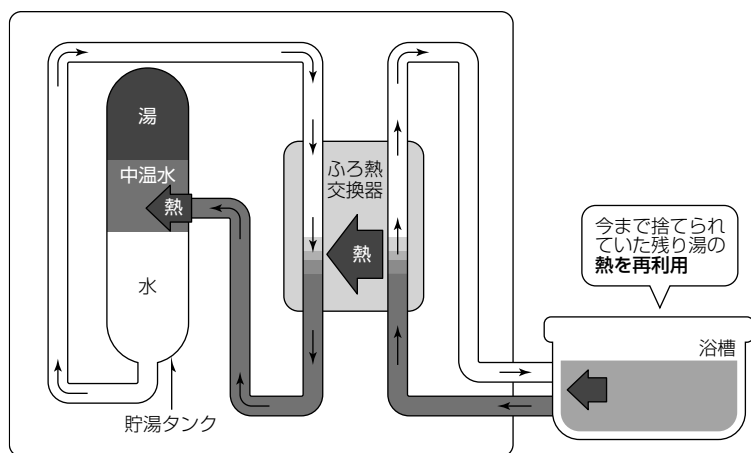


図13. 残り湯熱回収システム

### 3.3 エコキュートの省エネルギー性向上技術

2013年10月に改正・施行された“住宅の省エネルギー基準”が2020年を目途に基準義務化が検討されており、効率が良く、再生可能エネルギーを利用するエコキュートは、より一層の普及促進が見込まれると同時に更なる性能改善が期待されている。

2018年7月発売の2018年度モデルでは、ヒートポンプユニットの熱交換器の改良による伝熱性能の向上、浴槽の残り湯の熱を回収して貯湯タンク内の水を温める省エネルギー機能、当社HEMS(Home Energy Management System)との連携で、天気予報と過去の太陽光発電量実績をもと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することで省エネルギー性能を更に向上させ、“Pシリーズ”370Lでは、2017年度モデル比5%向上の年間給湯保温効率(JIS)4.0を達成した。

伝熱性能の向上では、熱交換器であるガスクーラーの表面に突起状のディンプルを追加することで、水の流れを攪拌(かくはん)して熱交換の促進を実現した(図12)。

省エネルギー性向上策の一つとして、従来排水していた入浴後の残り湯の熱を、貯湯タンク下部の低温水と熱交換することで回収し(図13)、次の沸き上げ熱量を削減している。

## 4. む す び

社会の変化に対応した快適で豊かな暮らしを支える家電機器の最新技術・商品について述べた。当社はこれからも人中心視点での新たな価値を提供する開発を推進し、社会に貢献していく。

## 参 考 文 献

- (1) 内閣府：平成29年版高齢社会白書(全体版)(2017)
- (2) 内閣府男女共同参画局：男女共同参画白書(概要版)平成28年版(2016)

# “IoT浴室コンセプト”の創出とプロトタイピング

飯澤大介\*

Concept Design and Prototyping for IoT Bathroom

Daisuke Iizawa

## 要 旨

三菱電機が2017年10月に“CEATEC JAPAN 2017”で発表した“IoT(Internet of Things)浴室コンセプト”は、浴室での新しいユーザー体験を提供するコントローラのプロトタイプである。

近年、製造業を取り巻く環境は大きく変わりつつあり、メーカーは“製品の販売”から“ユーザー体験の創造”への転換が求められている。今回発表したコンセプトは、近年進展が著しいIoT技術を活用することで、浴室での価値のあるユーザー体験を創出することを目的として開発した。

コンセプト創出のプロセスには、当社が注力するユーザーエクスペリエンスデザインによってユーザーの体験価値を高める手法として、デザイン思考の手法を導入した。

その中で一般ユーザーへのインタビューとユーザー宅の浴室調査を行うエスノグラフィ手法や極端なユーザーや専門家へのインタビューからインスピレーションを得るエクストリームユーザーインタビューを実施し、人中心の発想からアイデア創出を行った。また、創出アイデアの具現化プロセスではラピッドプロトタイピングとユーザーテストを繰り返すことで改善を重ねる手法を実践した。

その結果、様々な製品を連携させ、一つのインタフェースで操作することで総合的により快適な空間を作る浴室向けコントローラのコンセプトを創出し、浴室での多様なニーズに対応し、必要に応じて機能の選択が可能な、順応性の高いシステムのプロトタイプを製作した。



## IoT浴室コンセプトに基づくプロトタイプ

ユーザーエクスペリエンスデザインの視点で実施したユーザーリサーチに基づいて創出した、浴室でのリラックス体験を実現するコントローラのプロトタイプである。様々な製品を一つのインタフェースで操作して連携させることで、総合的により快適な空間を作ることを目的とした様々な機能を持つ“タイル”を自由に組み合わせることができる。

## 1. ま え が き

近年のIT(Information Technology)やIoT技術の急速な発展は、製品価値のありかたに変容をもたらし始めている。製品が常にネットワークに接続されるIoT技術は、メーカーと顧客の接点を製品の利用開始から終了時までの継続的な関係まで拡大した。それによってメーカーの価値提供の主体を“製品の販売”から“ユーザー経験の創造”へ変化させ、モノの消費の時代からコトの消費の時代へ向けた大きな転換期で、IoTの導入は大きな重要を担っている。

当社は2017年10月に“CEATEC JAPAN 2017”で、浴室でのユーザー経験に注目したコントローラのコンセプトとして“IoT浴室コンセプト”を発表した。

本稿ではそのコンセプト創出のプロセスについて述べる。

## 2. ユーザーエクスペリエンス

### 2.1 デザインの行き先は、人

当社は“デザインの行き先は、人”を理念として掲げ、より多くの人にとって使いやすく分かりやすい製品のユニバーサルデザインを推し進めてきた<sup>(1)</sup>。また、近年ではユーザーエクスペリエンス(UX)に注力してユーザーの経験価値を高める製品デザインの取組みを行っている。

IoTをはじめAI(Artificial Intelligence)などの技術的要素を多く含む研究開発でも常に人中心の発想から新たなアイデア、解決策を生み出す取組みを強化している(図1)。

### 2.2 デザイン思考

人中心の研究開発を推進する上で近年注力しているのはデザイン思考の導入と実践である。

デザイン思考とは、達成すべき目標又はコンセプトを人

中心の視点から導き出し、より良い解決アイデアを創出するための発散と収束を反復的に行うことで、既成概念にとられない最善のアイデアを創出することを目的とした手法である。これは2.1節で述べた当社デザイン研究開発の理念を実践するための一つの重要な手法として、現在は様々な事業分野の様々なレベルの課題解決に導入されている。そのプロセスは“着想”“統合”“アイデア創造／実験”“実現”という四つの段階で構成されており、今回のプロジェクトも同様のプロセスに沿って進められた<sup>(2)</sup>。

## 3. 浴室とIoT

### 3.1 浴室向けIoT製品

家庭内のIoT関連機器は国内外市場で多数発表されているが、それらを家庭内のエリア別に整理すると、多くのIoT機器の設置エリアは、玄関、キッチン、リビング、寝室に集中しており、浴室エリア向けのIoT関連製品／ソリューションは比較的少ない。

### 3.2 浴室設備

日本の浴室を住宅設備としての側面から捉えた場合、浴室向け設備機器の変更は新築時か、リフォーム時であるケースが大多数で、その間に生じるユーザー一人ひとりのニーズに適合させるDIY(Do It Yourself)による設備機器導入という選択肢が少ない。これは、浴室のIoTが進んでいない要因の一つとして考えられる。

### 3.3 日本人の入浴時間

日本人の一週間の平均的な入浴時間は114時間で、1週間の入浴回数についても欧米と比較して2～3倍ということから、日本人の浴室に関連するソリューションの潜在的なニーズは欧米と比較して高いことが推測される。

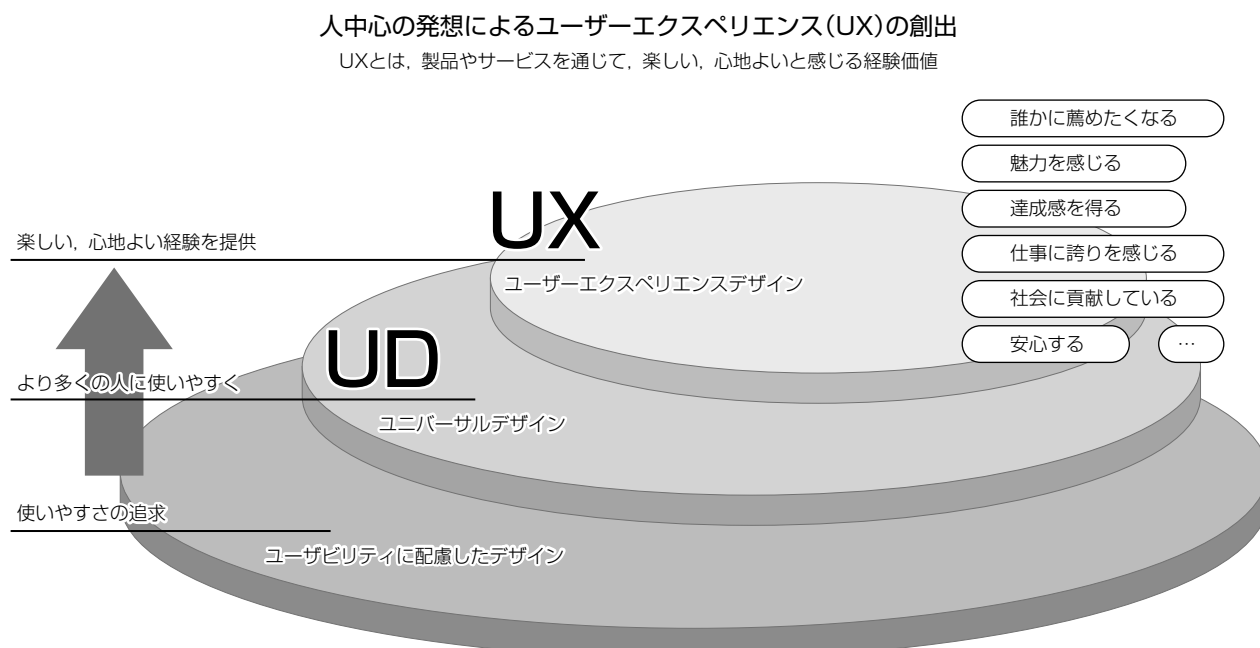


図1. 人中心の発想によるUXの創出

## 4. 人中心のリサーチ

### 4.1 一般ユーザーのリサーチ

コンセプト検討の初期段階では、一般ユーザーのリサーチとして、家族構成、年収、職業等の属性が異なる13名の一般ユーザー宅を訪問して浴室を調査し、同時に浴室にまつわる様々な経験や理想などについてインタビューを実施した。

### 4.2 エクストリームユーザーインタビュー

一般ユーザーのリサーチとは別の視点からインスピレーションを獲得することを目的として、エクストリームユーザーインタビューを実施した。ここでは浴室に関連する様々な専門家をエクストリームユーザーとして、IoTの専門家、家の建築家、温泉デザイナー、浴室メーカー、おもちゃのデザイナーなどにインタビューを行い、それぞれの視点から浴室について話をしてもらった。

### 4.3 リサーチから得られたコメント

4.1節と4.2節のリサーチから得られた代表的なコメントを次に挙げる。

- (1) 浴室はリラックスするのに1番の場所。日本人にとって浴室は神聖な場所，“今、唯一ひとりになれる場所は浴室だ。”
- (2) 浴室では何もしない。何も考えない。無になる時間。普段から、誰にも邪魔されず、2時間以上お風呂に入ることもある。
- (3) 歴史的に見れば、お風呂は身体ではなく心を洗うスピリチュアルな場所であった。
- (4) 本当は浴室でゆっくり髪をトリートメントしたり、リラックスしたいと思うが、浴室が汚いと感じるとリラックスできないので、結局は掃除してしまう。
- (5) お風呂で音楽を聴くためにラジカセを持ち込み、既に3～4個壊している。
- (6) 小さな子供との入浴はとても良いコミュニケーションの場である反面、自分ひとりの時間も持ちたい。素早く子供の入浴をすませて残った時間でリラックスしたい。
- (7) スマホを防水の袋に入れてコンテンツを視聴しているが操作がしにくい。

## 5. コンセプト創出

### 5.1 問いの設定

ユーザーインタビューのほか、IoT関連製品やショールームなどの調査を実施してコンセプトの創出に必要なインサイトを整理した。その結果、“ユーザーはテクノロジーを求めているのではなく、テクノロジーによって可能となる経験を求めている”ことが最も重要なインサイトとして抽出された。

その結果、得られたインサイトをもとに、新たな可能性を前向きに追求しながらアイデアを創出できるように<sup>(3)</sup>，“どうすれば、シンプルで、Amazing(アメイジング)な浴室経験をユーザーに提供できるだろうか?”という問いを設定した。

### 5.2 デザイン原則の策定

より具体的な製品アイデアを創出する際に、留意すべきポイントをデザイン原則(Design Principle)として策定し、チームメンバー内で共有した。これらの項目はブレインストーミングで創出されたアイデアの選定やアイデア発散の方向付けと、アイデア改善の際のヒントとしての役割を持った。次にその一部を挙げる。

#### (1) オープンなエコシステムを前提に検討

自社で全ての要件を満たす必要はない。インフラ、デバイス、システム、プラットフォームなどエコシステムを構成する様々な役割の中で適切なものを見つける。

#### (2) システムの自動化を最終的なゴールとして想定する

システムとデバイスには学習機能を搭載し、AIを想定したコンテキスト把握を前提とする。

#### (3) 代替品よりも優れた価値を提供

スマホなどの代替品と比較し、よりシンプル、より簡単な価値を想定し、過剰な機能や複雑な操作性を避ける。

#### (4) シンプルさの実現に向けた努力を続けること

IOT機器は利用開始時やインストール時の操作や設定が複雑なものになりがちだが、それらをそのまま使うことをユーザーに強いてはいけない。

#### (5) 不確実さを受け入れること

IOTの究極のユーザーの経験価値は未知のものであり、その事実を受け入れ、それを踏まえたプロダクトをデザインする。

#### (6) ハードウェアをトロイの木馬に

ハードウェアを売り切るのではなく、ユーザーが継続的に利用できるサービスを創出する。

#### (7) 誰もが同じもので満足するわけではないこと

浴室は家族それぞれが別々のスタイルで利用することを考慮して柔軟で簡単なコントロールを検討する。

#### (8) テクノロジーをユーザーに感じさせないこと

IOTやネットワークなど技術的な要素を感じさせずに、環境に溶け込ませる。

### 5.3 アイデア展開

それまでのリサーチから得られたインサイトから導き出された問いをチームで共有したうえで、その問いの解となるアイデアの展開を実施し、デザイン原則に従ってアイデアの選択又は修正を繰り返すことで、最終的に“様々な製品を一つのインタフェースで操作して、連携させることで、総合的により快適な空間を作る”というコンセプトにまとめた(図2)。

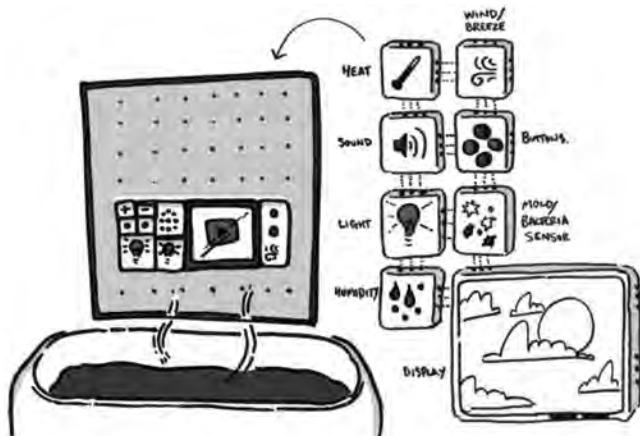


図2. コンセプトアイデアのスケッチ



図3. ユーザーテストに用いたラピッドプロトタイプ

## 6. ラピッドプロトタイピングとユーザーテスト

### 6.1 ラピッドプロトタイピング

創出したコンセプトをベースに“リラックス”“健康”“リレーションシップ”“清潔感”の四つの方向性にアイデアを整理した。この際に技術的な視点がアイデア展開を主導することのないように心がけた。

次に、それぞれのアイデアをユーザーが経験可能な必要最低限の要素を備えたラピッドプロトタイプを製作した(図3)。これらは全てのデバイスやシステムが実装されているわけではなく、“オズの魔法使い”方式と呼ばれる、ユーザーが経験する表層的な部分だけを簡易的に作成して背景に必要な処理は人間によって行われる方式を採用している。同時に、それぞれのアイデアを伝えるためにウェブ上の商品説明ページを模して利用シーンや機能説明を記載したコンテンツを制作した。

### 6.2 ユーザーテスト

次に、製作したラピッドプロトタイプを用いたユーザーテストを実施した。

この時点でのユーザーテストの目的はアイデアの評価という視点だけではなく、アイデア発想者(作り手)側がユーザーのフィードバックから学ぶことであり、ユーザー数を増やして統計的に結果を分析する手法ではなく、少数(12名)のユーザーに制作したラピッドプロトタイプを経験してもらい、その印象や感想についてインタビューを行う手法で行った。

ユーザーテストでは、準備した4種類のアイデアそれぞれの説明とプロトタイプによるデモ実演を行った。

ユーザーテストから得られたフィードバックを分析し、最終プロトタイプ製作に向けたアイデア展開を実施した。

ユーザーテストの結果から、“リラックス”“清潔感”のためのアイデアの評価が高く、その中でも浴室内でしかできない経験への共感や期待を表すコメントが多く抽出された。

## 7. 最終プロトタイプ

最終プロトタイプ of アイデア展開と集約プロセスでは、技術的なフィージビリティの確認プロセスを実施した。将来コンセプトの創出ということを踏まえ、現時点で存在する保有技術又は利用可能な技術だけでなく、近い将来実現可能な技術を想定した上で最終プロトタイプの仕様を決定した。

### 7.1 プロトタイプ

様々な製品を一つのインタフェースで操作して連携させることで、ユーザーに対して経験価値を提供するプロトタイプを製作した。このプロトタイプは基本ユニットと拡張モジュールである“タイル”で構成され、タイルは様々なユーザーのニーズに合わせて組換えが可能になっている(図4、図5)。このようなコンセプトを“IoTilesコンセプト”と言う。

また、基本ユニットは音声UI(User Interface)に対応し、給湯機としての基本機能の操作に加え様々なタイルを共通のUIで操作できる。

基本ユニットの設置場所は浴室だけではなく、従来、給湯機のコントローラが設置されるキッチン等の家庭内各所からの音声によるコントロールを想定している。これによって、将来的には浴室だけでなく家庭内のほかの製品との連携に活用するなどの展開が期待できる。

次に基本ユニットと拡張モジュール(タイル)について述べる。

#### 7.1.1 基本ユニット

基本ユニットはIoTilesコンセプトの中心となるユニットであり、一つのインタフェースで様々な浴室の製品を操作することが可能である。基本ユニット単体では給湯機能のほか、空調、照明などのコントロールが可能であり、高品質の防水スピーカーや音声UI用のマイクなどを備える(図6)。



図4. IoTiles構成ユニット

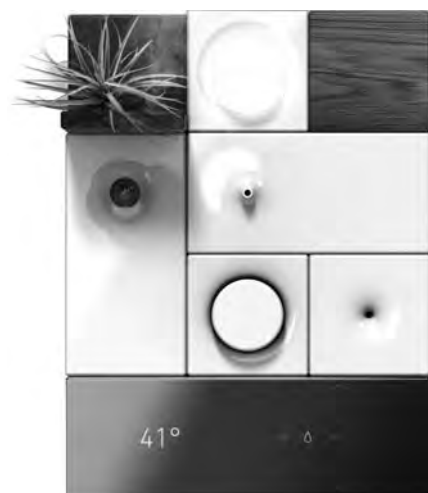


図5. IoTiles全体像



図6. 基本ユニット

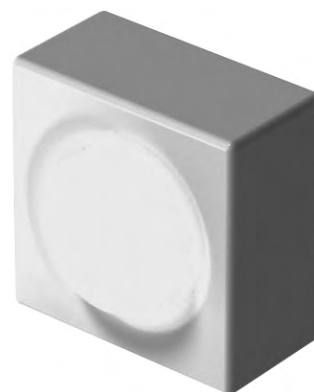


図7. 照明タイル

また、接続される各タイルへの電源供給やネットワーク接続を行う。

#### 7.1.2 照明タイル

現在ユーザーが浴室でリラックスするためにアロマキャンドルを持ち込んだり照明を暗くしたりして雰囲気を演出しているニーズに対応し、充電式、取外し可能でおふろのいろいろな場所で間接照明として利用できる。複数の照明タイルが連動して雰囲気を演出する。音声で“リラックスモード”等と指示することで雰囲気を切り替えることができる(図7)。

#### 7.1.3 プロジェクタタイル

浴室でのリラックス経験を演出する映像コンテンツの提供を行う防水型プロジェクタである。

テレビやインターネットのコンテンツを投影するのではなく、川下りや、自然の風景、夜空などのデモコンテンツ

を提供することによって、まるで別の場所に旅行するような雰囲気を演出する。照明タイルや基本ユニットのスピーカーと連携して没入型の環境を作り出す。コンテンツについては自社開発だけではなく、第三者からの提供も想定している(図8)。

#### 7.1.4 ミストタイル

ミストを発生させるモジュールである。現在当社のバス乾燥・暖房・換気システムに搭載されているミスト機能の小型ユニット化を想定して“うるおい”“リラックス”“クール”といったミスト入浴モードに対応する。また、プロジェクタに投影される温泉風景などのコンテンツや照明などと連携し、浴室空間の演出としての利用も可能である(図9)。

#### 7.2 空気質センサタイル

空気質センサは浴室内の空気の状態をモニタリングし、



図8. プロジェクタタイル



図9. ミストタイル



図10. 空気質センサタイル

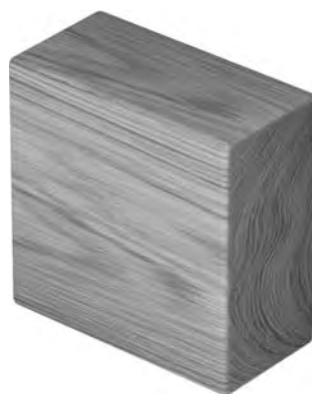


図11. その他のタイル

カビの発生しやすい状況などを検知してスマートフォンに連絡することで、浴室の清潔性を保つサポートを行う(図10)。

### 7.3 その他のタイル

時計、アロマディフューザー、シェルフなどその他のタイルを自由に追加することで、浴室内の演出の自由度を高める効果を狙っている(図11)。

## 8. む す び

人中心のデザイン思考アプローチによって、浴室内の経験価値をIoTを活用して提供するコントローラのコンセプトを創出し、プロトタイピングを行った。このコンセプトの事業化についてはまだ様々な検討が必要な段階であり、ここで提案している価値を実現するためには、ビジネスモデルやサービスモデルについても継続的な検討が必要である。

この取組みをコンセプトとして公表することで様々なフィードバックを獲得することができた。これもモノから

コトへの転換を図る上でのアプローチの一つと捉えている。それによって、日本独自の浴室経験を重要視するというインサイトから創出されたコンセプトが、海外からの来場者からも好意的な感想が得られるなど、新たなインサイトが得られ、今後のコンセプトアイデア進化の可能性を強く感じられた。

今後ともユーザーエクスペリエンス向上の取組みを進め、様々な製品でユーザーの経験価値を高める提案を続けていく。

## 参 考 文 献

- (1) 杉浦博明, ほか: ユーザーエクスペリエンスをデザインする, 三菱電機技報, **88**, No.7, 382~386 (2014)
- (2) トム・ケリー, ほか: クリエイティブ・マインドセット 想像力・好奇心・勇気が目覚める驚異の思考方法, 日経BP社 (2014)
- (3) トム・ケリー, ほか: “How might we ...” 言葉で変えるIDEO流 創造的文化のつくり方, DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー (2014)



# “おまかせA.I.自動”搭載のルームエアコン

杉山大輔\*

Room Air Conditioner Utilizing "AI auto change mode"

Daisuke Sugiyama

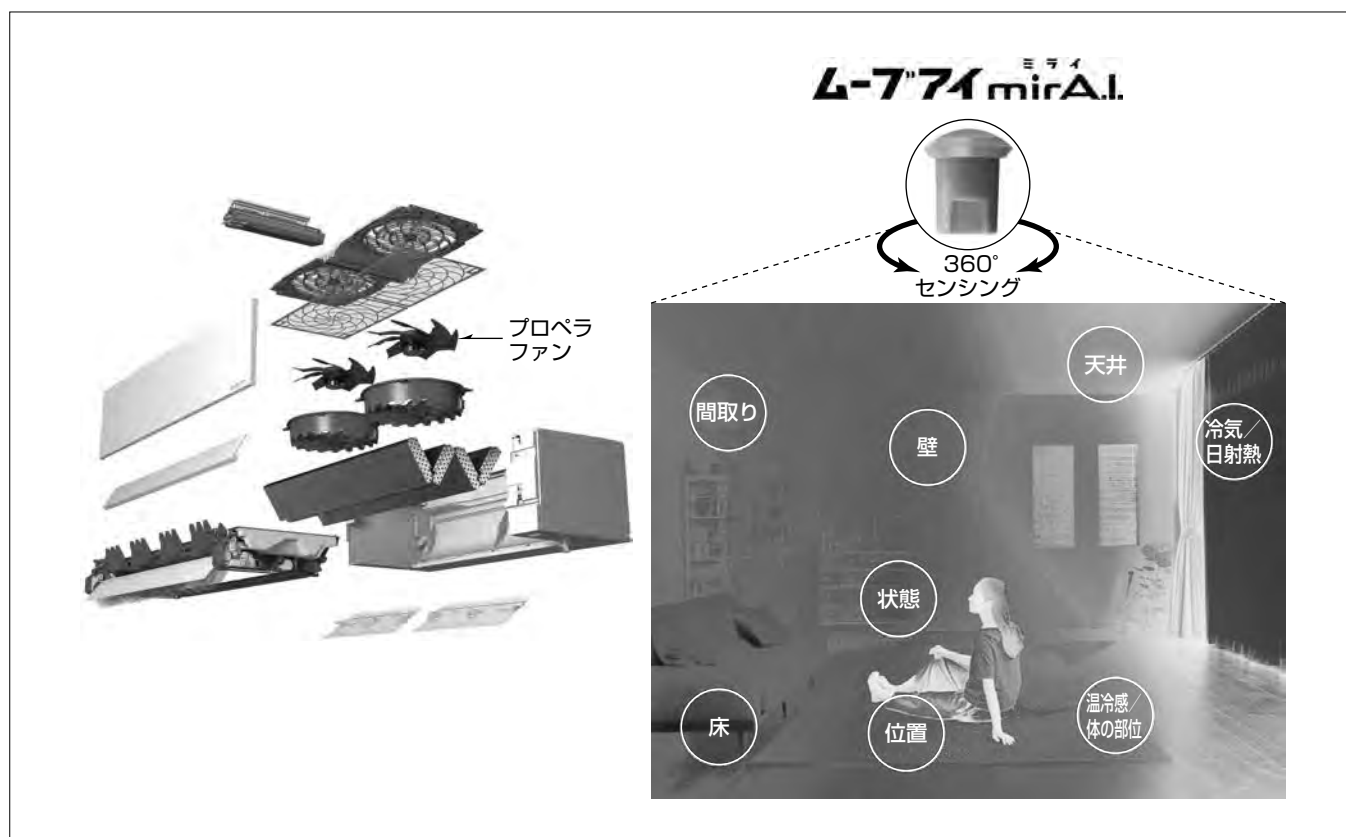
## 要 旨

三菱電機のルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”を新規に購入する動機の半数以上が、住宅購入や家の新築である。近年ZEH(net Zero Energy House)に代表される省エネルギー住宅の普及が進んでおり、空調負荷は減少している。

従来は温度の調節をいかに効率良く行うかに主眼が置かれており、温度と湿度を同時に調節することについてはあまり考慮がなされておらず、高断熱住宅では、室内の温度はすぐに低下するが、湿度は低下しにくいという課題があった。しかし、ユーザーにとってはリモコン等で冷房運転と除湿運転を切り替えて温度と湿度をバランス良く調整したり、どの運転が最も省エネルギーなのかを正しく判別したりすることは難しく、ルームエアコンが自動で調整することを期待している。

霧ヶ峰FZシリーズでは、二つのプロペラファンを左右で独立駆動させることによって温度の低下を抑えつつ、消費電力を抑える独自の送風器形態による新除湿方式を新たに開発した。さらに部屋の温度、湿度情報に加えて、ルームエアコンが発揮する顕熱能力、潜熱能力を判定し、運転を切り替えた後に室内の温度や湿度が快適な状態を維持できるか判断し、運転モードを切り替える“おまかせA.I.自動”を開発した。切替えには“冷房”“除湿”だけではなく、部屋にいる人に向けて風の涼感作用を促す“送風”を追加し、涼風だけで快適性が得られる場合には、圧縮機を停止することで省エネルギー性を高めることを可能にした。

これらによってユーザーの期待に応え、温度と湿度を快適な状態に保ちながら、省エネルギーも実現している。



## “おまかせA.I.自動”搭載のルームエアコン“霧ヶ峰FZシリーズ”

霧ヶ峰FZシリーズは、送風機に二つのプロペラファンを搭載し、独立駆動させることで部屋内に左右に二つの温度を作り出すことを可能にしている。また、独自の赤外線センサ“ムーブアイmirA.I.”は回転駆動しながら360°部屋全体の様子や人の位置などを熱画像で取得し、人の温冷感までを把握できる。独立駆動可能なプロペラファンとムーブアイmirA.I.を活用して快適性と省エネルギー性を向上させている。

# 1. ま え が き

当社のルームエアコン霧ヶ峰FZシリーズを新規に購入する動機の半数以上が、住宅購入や家の新築である(図1)。近年ZEHに代表される、省エネルギー住宅の普及が進んでおり、新築住宅・ビルの省エネルギー基準適合率は2020年を目途に100%、2030年には新築住宅の平均でZEH住宅を実現することなどが目標として掲げられている。

高断熱の住宅では、壁などからの熱侵入が抑えられるため全体の空調負荷の内、顕熱(温度変化に供する熱)負荷は少なくなり、空調機で必要とされる顕熱能力は減少する。ルームエアコンの冷房運転では、空調機で発揮される顕熱能力と潜熱(除湿に供する熱)能力の割合はほぼ一定であるため、顕熱能力が減少すると、潜熱能力も減少することになる。すると、高断熱住宅では、温度はすぐにユーザーの設定した温度に到達するが、湿度は下げることができず、そのまま部屋内は高湿状態となり、快適性が悪化してしまうという課題がある。

本稿では、独自のAI(Artificial Intelligence)技術を用いて、顕熱だけでなく、潜熱の負荷を予測して、温度だけでなく湿度による快適性と省エネルギー性を向上させた技術について述べる。

# 2. 自動化ニーズ

先に述べたとおり、高断熱住宅では湿度に対する快適性の悪化が懸念されるが、ルームエアコンには一般的に、部屋を冷やす“冷房”モードのほかに、部屋の湿度を低下させる“除湿”モードを搭載している。部屋の状況に合わせて、“冷房”や“除湿”をリモコン等で切り替えることができれば、温度と湿度のコントロールはできるはずである。しかしながら、当社グループインタビューの調査によると“ルームエアコンに対する自動化ニーズ”の上位は、冷房と除湿の切替え及び温度と湿度のバランスが挙げられる(図2)。これは、どのタイミングでモードを切り替えれば快適にできるか、又は、どのモードを使えば省エネルギー運転にできるかはユーザー自身では判断が付けにくくルームエアコンに任せたいということを示唆している。

# 3. 新除湿運転の開発

ルームエアコンでの除湿方式は大きく分けて“弱冷房除湿”と“再熱除湿”の二つに分類される。

弱冷房除湿とは、室内の熱交換器全体を蒸発器として作らせ、通常の冷房運転に対して風量を低下させた運転である。風量を低下させることによって、空調能力全体が低下して部屋が冷えにくくなると同時に、吹出し温度が低下するため、顕熱比が低下して除湿に適した運転となる。し

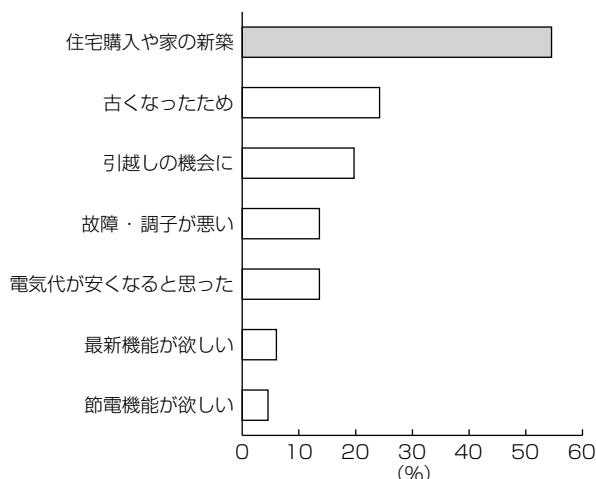


図1. FZシリーズ購入の動機

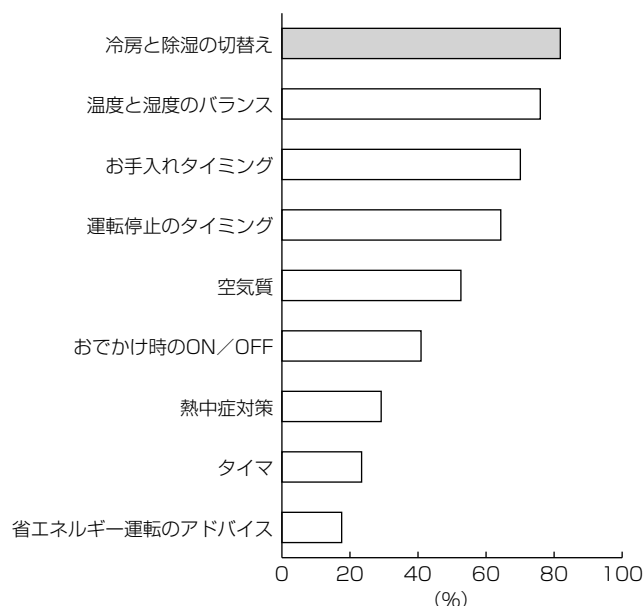
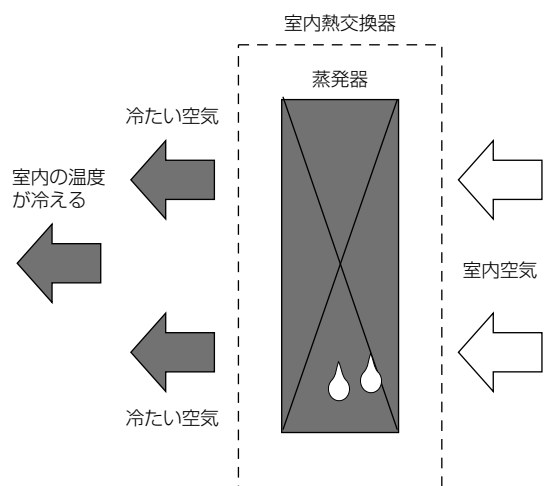


図2. ルームエアコンに対する自動化ニーズ

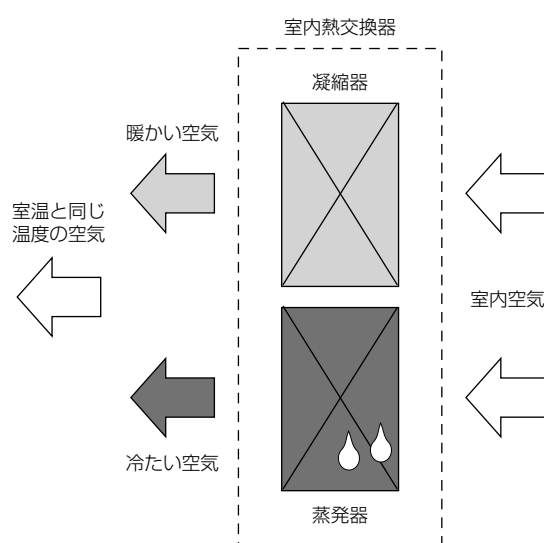
かし、空調能力は低下するものの、熱交換器全体を蒸発器として作用させるため、室温は徐々に低下してしまうという問題がある(図3(a))。

再熱除湿とは、室内の熱交換器の一部を蒸発器、一部を凝縮器として作用させることで、蒸発器で冷却除湿した室内空気と、凝縮器で暖めた空気を混ぜることで部屋を冷やすことなく除湿ができる。しかし、室内の熱交換器を蒸発器と凝縮器の二つの機能に分けるため、能力を確保しようとした場合、省エネルギー性(Coefficient Of Performance : COP)が悪化する(図3(b))。

霧ヶ峰FZシリーズでは、弱冷房除湿で除湿能力を確保しつつ、室温の低下を更に抑えることで、省エネルギーな除湿を実現している。まず、部屋を冷やさずに除湿するためには室内の風量はできるだけ低下させることが必要になるが、ルームエアコンのような、部屋内の温度やエアコン機器自身の温度が急激に変化するような機器では、室温



(a) 弱冷房除湿



(b) 再熱除湿

図3. 除湿方式

を検出するセンサに風を流しながら計測する必要がある。ルームエアコンの場合、風は送風用ファンを回転させることで、強制的に室温検出センサに風を流している。そのため、除湿運転で吹き出す風量を著しく低下させると、室温の検出を正しく行うことができず、ルームエアコンを正しく制御できなくなる。

従来の送風機形態では、一つのクロスフローファンだけを搭載しているため、ファンの回転数を低下させるとそのまま室温検出センサへの風の流れも低下してしまうためこれ以上の改善は不可能である。霧ヶ峰FZシリーズでは図4のように独自の形態である送風機に左右二つのプロペラファンを搭載し、室温検出センサを片側プロペラファンの近傍に寄せることで、片方のファンだけ回転させることで正しく室温を検出することを可能にした。もう一方のファンは、極小回転数で動作させることによって、空調機全体の風量を従来に対して大幅に低下させることが可能になった。

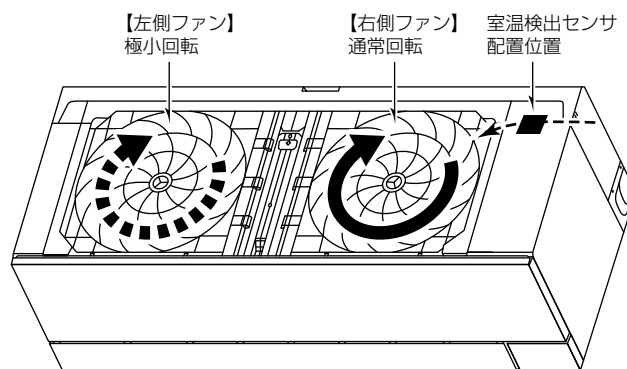


図4. 新除湿運転

さらに、室温の低下を抑えるために、熱交換器の温度コントロールについても改良を行った。空気中の水分を除去するためには、空気を冷却する必要があるが、空気を冷却すると吹き出し温度が低下するため室内の温度が低下する。空気中の水分を除去できる冷却温度の上限は露点温度となる。そのため熱交換器の温度を露点温度より少し低い温度で常にコントロールすることで、部屋の冷えを抑制しつつ除湿運転を行うことが可能になった。

#### 4. おまかせA.I.自動

温度と湿度を快適な状態に保ちながら、省エネルギー性も確保したいというユーザーのニーズに合わせて“冷房”“除湿”を環境に合わせて自動的に切り替える制御方式を検討した。さらに、風を体に当てることで涼しく感じる涼風作用だけでも快適な温度と湿度が維持できる場合には、“送風”に切り替える方式にすることで大幅な省エネルギー効果を発揮できる。表1に各運転モードの特徴を示す。各運転モードにはメリット、デメリットがあるので、状況に応じて使い分ける必要がある。

図5、図6は異なる二つの室内環境として断熱が高い部屋と低い部屋を想定して運転した場合のルームエアコンが発揮する顕熱又は潜熱能力の推移である。図5では室内の温度はどちらも一定時間後にユーザーが設定した温度に到達している。しかし顕熱能力については二つの運転で差がある。室内の温度が同じ状態でもルームエアコンに必要な顕熱能力は異なることが分かる。断熱性が低い部屋など、必要な顕熱能力が高いときに、“冷房”から“除湿”へ切り替えると室温を維持することができずに快適性が悪化する。図6は室内の湿度はどちらも50%付近で安定しているが、潜熱能力については二つの運転で差がある。室内の湿度が同じ状態でもルームエアコンに必要な潜熱能力は異なることが分かる。断熱性が低い部屋など必要な潜熱能力が高いときに“冷房”を継続すると湿度を下げにくい状態になり快適性が悪化する。

今回切り替えタイミングを最適化するために、部屋内の温度と湿度の情報に加えて、ルームエアコンが発揮する顕熱

表 1. 運転モードの特徴

冷房	メリット	・顕熱能力が大きい。 ⇒部屋を冷やす能力が大きい。急速に部屋を冷やすことができる。
	デメリット	・顕熱能力が下がると、潜熱能力も低下する。 ⇒設定温度到達後は、湿度が下がりにくい。
除湿	メリット	・低顕熱運転時でも潜熱能力を高めた運転ができる。 ⇒部屋を冷やさずに、湿度を低下させることができる。
	デメリット	・消費電力が大きい(COPが悪化)。 ・最大顕熱能力が低い。 ⇒空調負荷によっては室温が上昇する。
送風	メリット	・消費電力が圧倒的に少ない(圧縮機が駆動しない)。
	デメリット	・風の涼風作用だけで、顕熱、潜熱能力はゼロ。 ⇒空調負荷によっては温度、湿度が上昇する。

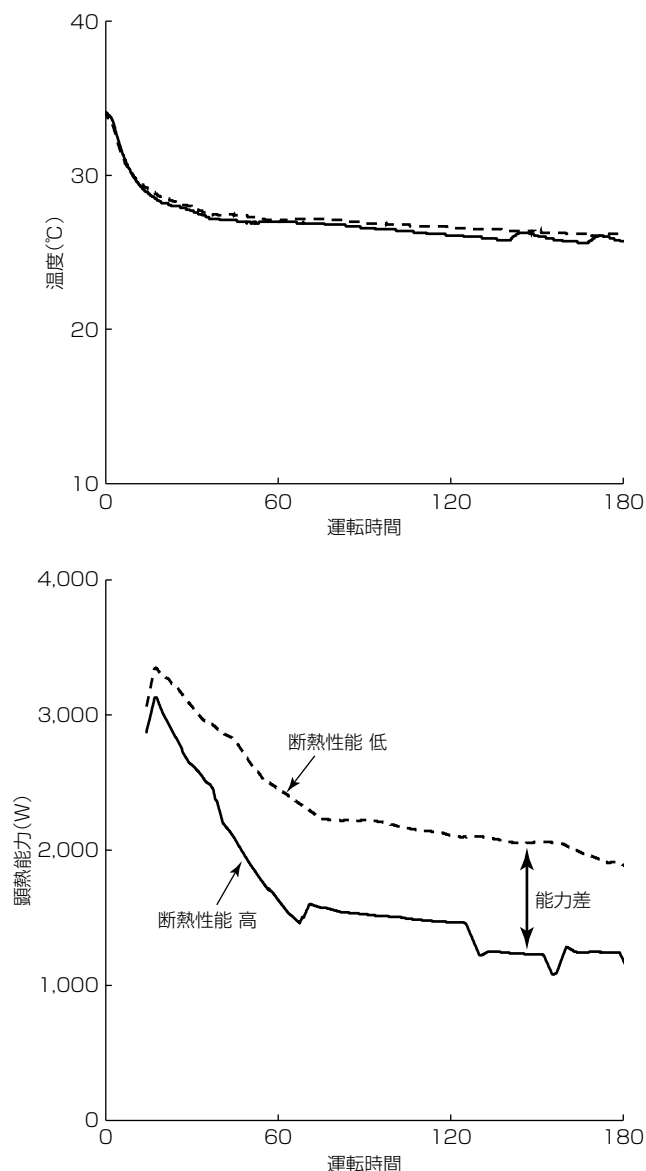


図 5. 同一室内湿度推移での顕熱能力

能力、潜熱能力での判定を加え、運転を切り替えた後に室温や湿度を快適な状態に維持できるのか判断することにした。また、2017年度のFZシリーズで導入した、学習した部屋の断熱性能から顕熱負荷を推定する技術を用いることで、少し先の室内影響までを考慮して切替えが可能になった。

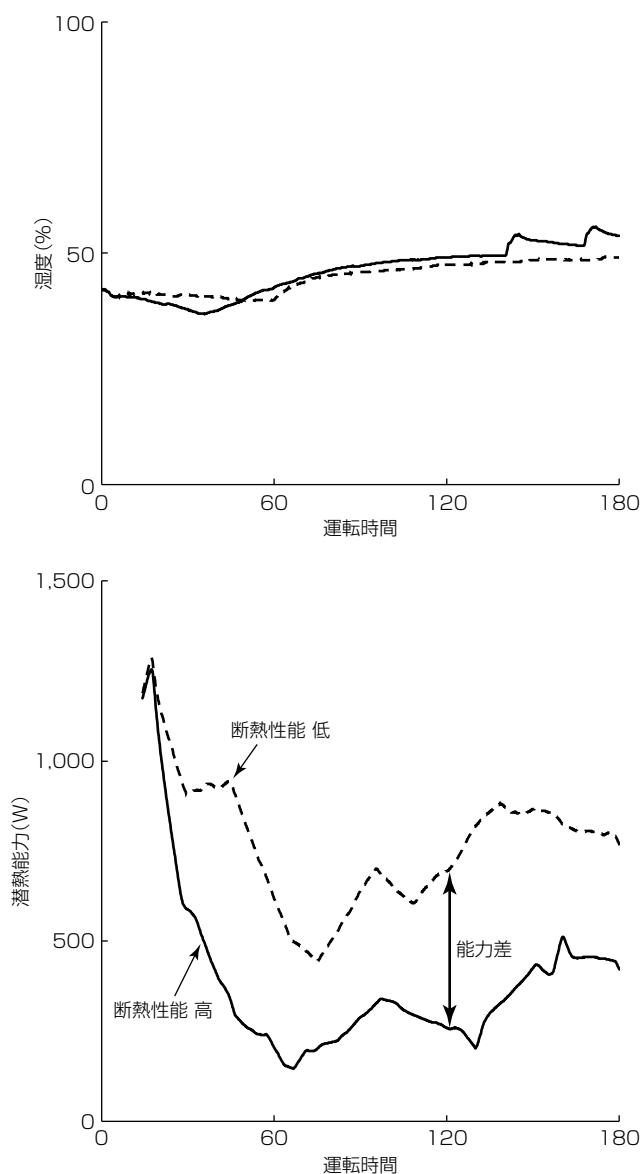


図 6. 同一室内湿度推移での潜熱能力

さらに、潜熱能力、顕熱能力の判定で、どちらの能力もあまり必要がない状態では、送風運転に切り替えることにした。送風量を通常時に対して増加させ、扇風機のように人に向けて風を届けることで、風の涼風作用で体感温度を維持できる場合には、“送風”にすることで、圧縮機を停止させることができ、省エネルギー運転ができる。FZシリーズに搭載した赤外線センサ“ムーブアイ”で人の位置を判別できるため、ルームエアコンから吹き出す風を的確に人に向けて送ることができる。室温はユーザーの設定した温度に対して室温が高くても送風による涼感作用で体感温度はユーザーの設定した温度と同様になる。

当社環境試験室で外気温度や湿度を変動させ、新たに開発した“おまかせA.I.自動”での快適性と省エネルギー性効果を実測した。図7に示すように、外気温度は東京の標準年の初夏(拡張アメダス気象データ2000年度版)をモデルにしている。図8は従来の“冷房”だけで運転した場合と、今

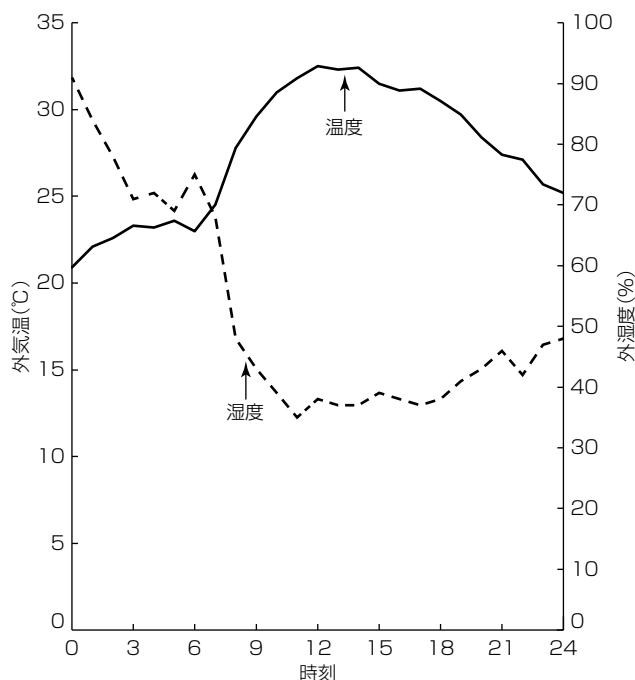


図7. 評価時想定屋外条件

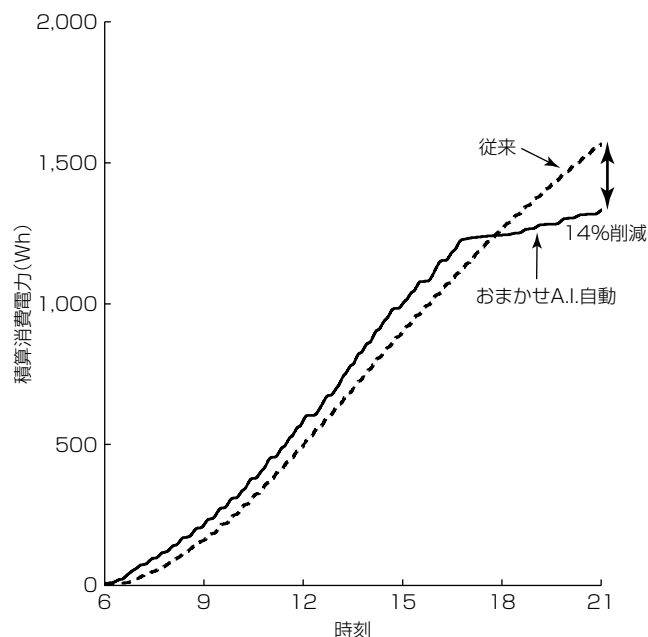


図9. おまかせA.I.自動時の積算消費電力

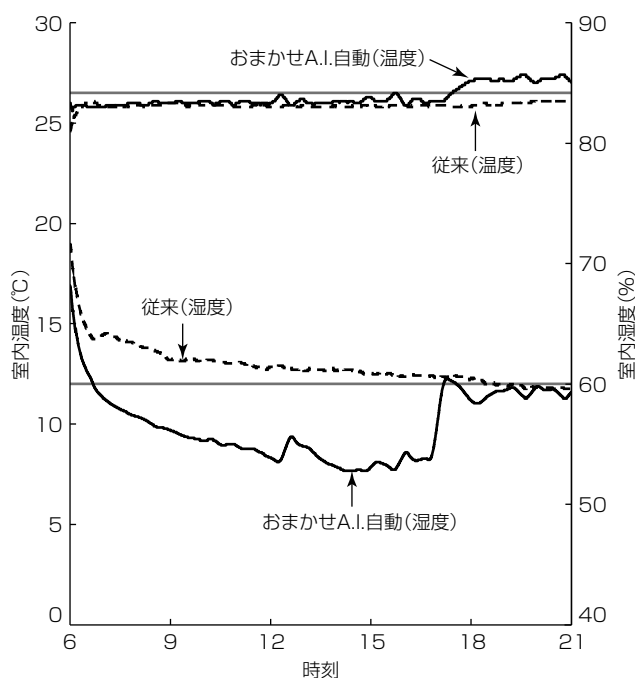


図8. おまかせA.I.自動時の室内温湿度

回の“おまかせA.I.自動”で運転したときの温度と湿度の推移である。従来の“冷房”だけで運転した場合には、湿度が低下しにくい状態であるのに対して、冷房と除湿を切り替えた“おまかせA.I.自動”運転の場合は温度を一定に保ちな

がら、湿度を低下させることができています。また、夕方17時頃からは顕熱と潜熱を必要としないため送風を主体とした運転をしているが、湿度は60%を維持できている。15時間運転した場合の、積算消費電力では従来の“冷房”運転だけで運転した場合に対して温度と湿度を快適な状態に保ちながら、14%の消費電力削減効果が確認できた(図9)。

## 5. む す び

近年ルームエアコンには、高い省エネルギー性だけでなく、人口構造や、住環境の変化に伴い多様化したライフスタイルに応じた快適性の提供が求められている。ルームエアコン霧ヶ峰では、“高い省エネルギー性”と“いつでも・どこでも・だれでも快適”の両立を実現するための独自の赤外線センサ技術“ムーブアイ”をコア技術にして進化を続けてきた。

更なる省エネルギー性と快適性を追い求める中で、従来室内の温度調節をいかに効率良く行うかという顕熱処理に主眼が置かれていた制御動作に、潜熱処理という湿度による視点を加えることで更なる快適性や省エネルギー性の改善を実現した。

今後もルームエアコンではハード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て快適性と省エネルギー性の向上を目指していく。

# 4方向天井カセット形室内機の “ぐるっとスマート気流”による快適性向上

栗原 誠\*  
湯瀬寛之\*

Comfort Improvement by "Gurutto Smart Air Flow" for 4-way Cassette Indoor Unit

Makoto Kurihara, Hiroyuki Yuze

## 要 旨

オフィス・店舗用パッケージエアコンでは、空間全体を空調しやすい4方向天井カセット形室内機が多く用いられている。ただし、室内のレイアウトによっては、室内機の正面位置になって吹出し風を強く感じ過ぎてしまう場合がある。一方で、吹出し口が向いていない席では空調されにくく不快となる場合がある。そのため、吹出し口に市販の風よけ部材を使用したり、設定温度を変更するなどして対応していた。

そこで、室内快適性に関する市場ニーズに応えるために、三菱電機パッケージエアコン“スリムZRシリーズ”の4方向天井カセット形室内機で左右風向調整を可能にする左右ルーバユニットと、当社独自のセンシング技術である人感

ムーブアイ360とを連動させた快適空調“ぐるっとスマート気流”を業界で初めて<sup>(注1)</sup>開発した。左右ルーバユニットは、吹出し口1か所について左右に各45°風向を調節でき、4か所合計で周囲360°にわたって風を送ることができる。さらに、人感ムーブアイ360が輻射(ふくしゃ)温度センサで360°センシングすることによって、人の位置を検知し、風向を調整することができる。それによって、自動風あて・風よけ運転や、ムラ無自動運転を従来より効率的に行えるようになった。その結果、ぐるっとスマート気流では、空調機の周囲360°にわたって快適性を向上させることが可能になった。

(注1) 2018年1月30日現在、当社調べ。オフィス・店舗用パッケージエアコンで。



さあ, 360°いきとどく新気流へ。

〈人感ムーブアイ360〉 + 〈左右ルーバユニット〉



360° センシングのイメージ



人感ムーブアイ360



温度ムラ解消のイメージ



左右ルーバユニット

## 4方向天井カセット形室内機の“ぐるっとスマート気流”

新開発の左右ルーバユニットで左右方向に風を吹き分けることで快適性を向上させた。当社独自の人感ムーブアイ360で室内の人を検知し、左右風向調整機能を連動させることで、人のいる方向、いない方向へ自動で風向を調整できる。今まで空調の死角であった吹出し口の斜め方向(コーナー部)へも風を送ることができ、コーナー部にだけ人がいる場合は省エネルギー性にも貢献できる。

## 1. ま え が き

オフィス・店舗用パッケージエアコンでは、空間全体を空調しやすい4方向天井カセット形室内機が多く用いられている。ただし、レイアウトによっては、室内機の正面に配置された席で吹出し風を強く感じ過ぎてしまう場合がある。一方で、吹出し口が向けられていない席では空調されにくく不快となる場合がある。このため、風に当たりたいユーザーに風を送れず、当たらないユーザーに風を送ってしまう場合がある(図1)。

オフィスや店舗など多様なシーンでユーザーの求める快適性に合わせて、風を吹き分ける空調機が必要になっている。

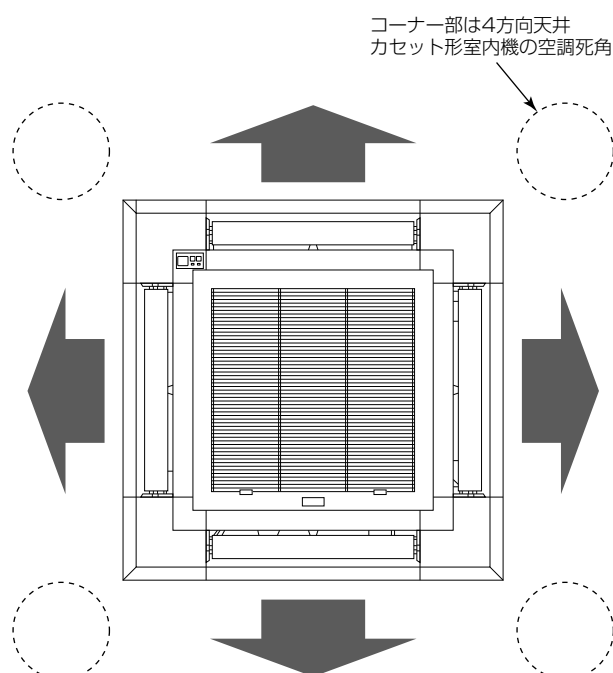


図1. 4方向天井カセット形室内機の空調死角

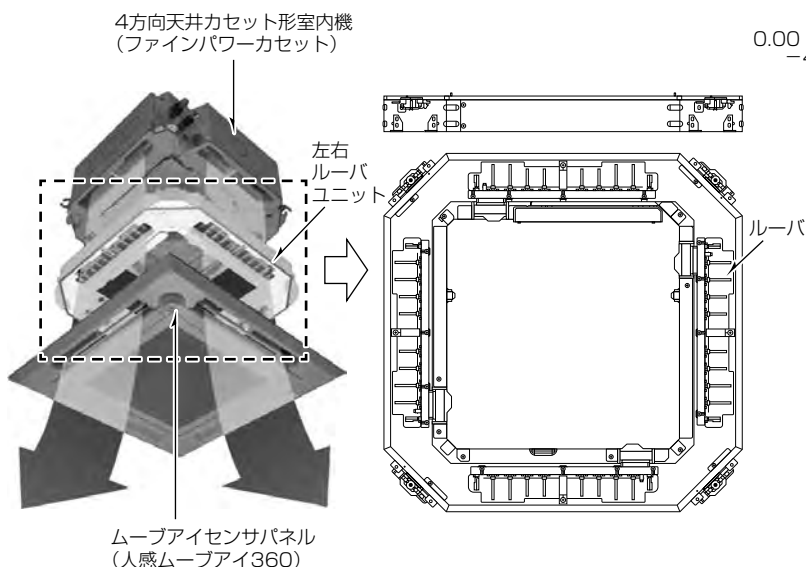


図2. 左右ルーバユニット

## 2. ぐるっとスマート気流

左右風向調整を可能にする“左右ルーバユニット”と当社独自のセンシング技術“人感ムーブアイ360”を連携させて、快適空調“ぐるっとスマート気流”を実現した。

### 2.1 左右ルーバユニット

吹出し口内に左右風向調節翼（ルーバ）を配置した左右ルーバユニットを開発した(図2)。この製品は、室内機と化粧パネルに挟み込むケースメント方式とすることによって風路が低圧損化され、かつ風を効率的に曲げることが可能になった。その結果、各吹出し口に配置されたルーバによって左右風向は吹出し口1か所について左右方向に各45°まで調節できる(図3)。それによって、四つの吹出し口で、空調機の周囲360°に空調を行える。左右風向は5段階(左45°、左22.5°、正面、右22.5°、右45°)から四つの吹出し口ごとに個別に設定でき、上下風向と組み合わせできめ細かに気流を調整できる。またこの製品は、低圧損化技術によって左右ルーバユニットなしの標準機と同等の省エネルギー性能を実現している(注2)。

(注2) 左右風向設定が正面のとき。

### 2.2 人感ムーブアイ360

人感ムーブアイ360(図4)は輻射温度センサをステッピングモータで360°回転させて空調機周囲の熱画像を得る

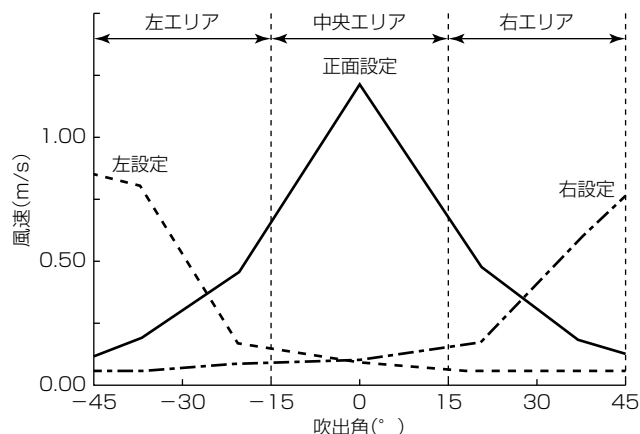


図3. 左右吹出し角度



図4. 人感ムーブアイ360



ことで、人の在／不在、人数、及び床温度を検知する当社独自の技術である。人のいるエリアを検知することで、“省エネ自動モード<sup>(注3)</sup>”や“人感ハイブリッド運転<sup>(注4)</sup>”などの自動運転ができる。

(注3) 人感ムーブアイで人のいるエリアを検知し、人のいるエリアの床温に応じて体感温度制御を行う。

(注4) 体感温度を見張って冷房安定時は爽風、暖房安定時にはサーキュレーターに自動で切り替える。

### 3. 人感ムーブアイ360と連動した快適性向上

#### 3.1 個別快適性の向上

人感ムーブアイ360で検知した情報によって各エリアでの人の在／不在を判別し、自動で左右に吹き分けることで、一人ひとりの快適性を向上させることができる。

##### 3.1.1 風よけ自動運転

風よけ自動運転(図5)は人感ムーブアイ360で人のいる位置を検知し、風向を調整することで風あたり感を軽減する機能である。ぐるっとスマート気流では上下風向に加え左右風向で人のいないエリアに吹き分けて風よけできる。特に暖房時で従来のように水平吹きで風よけすると温風が上方へ滞留しやすく、室内が暖まるまで時間がかかる場合があった。この製品では暖房時でも下吹きを維持して左右へ風よけすることで室内を素早く暖めながら風よけできる。

##### 3.1.2 風あて自動運転

風あて自動運転(図6)はムーブアイで人のいる場所を検知し、人のいる方向へ風向を調整することで風を人に当てる機能である。従来の風あて自動運転ではコーナー部へは風を送ることができなかった(図1)。この製品では左右方向に各45°まで風を曲げることができるため、コーナー部にいる人にもしっかり風を当てることができる。これまでの気流では、より温冷感を感じたい人がコーナー部にいた場合は、風量を上げるか、設定温度を調節するほかなかった。ぐるっとスマート気流の風あて自動運転は直接コーナー部に風が送れるため、風量・温度を調節しなくても、より直接的に温冷感を感じることができる。

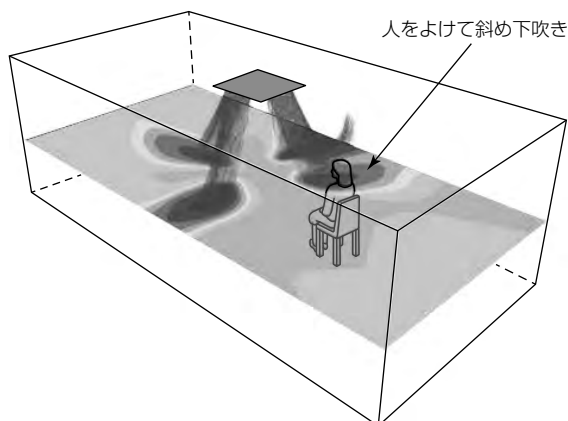


図5. 風よけ自動運転

#### 3.1.3 風向固定設定

複数人のユーザーが異なる風向(風当て、風よけ設定含む)を求める場合や、図7のように部屋の形が異形である場合など、自動運転ではなくて任意の風向に固定しておきたい場合がある。これに対応するため風向固定設定がある。風向は左45°/左22.5°/正面/右22.5°/右45°の5段階で設定できる。同様に上下風向も5段階で設定できるため、ユーザーの好みに応じて風向を細かく調整できる。

#### 3.2 空調空間全体の快適性向上

空調の死角になるコーナー部や窓から差し込む日差しなど、室内に発生する温度ムラを人感ムーブアイ360で見張り、左右風向を調節することで部屋全体の温度ムラを軽減し、快適性を向上させることができる。

##### 3.2.1 人感ムーブアイによる床温ムラの軽減

ムラ無自動運転は窓から日射が差し込んだ場合や出入口付近など、特定の床面に発生した温度ムラ(図8)を軽減する機能である。この機能ではムーブアイで検知した床温度をエリアごとに認識することで、上下・左右風向を調整し温度ムラを軽減する。また、空調機の周囲360°の温度ムラを検知して360°気流で温度ムラを軽減できる(図9)。

##### 3.2.2 左右スイング運転による温度ムラの軽減

従来は正面方向吹出しだけであったため、暖房時はとりわけ吹出し口の正面が暖まりやすく、温度ムラができやす

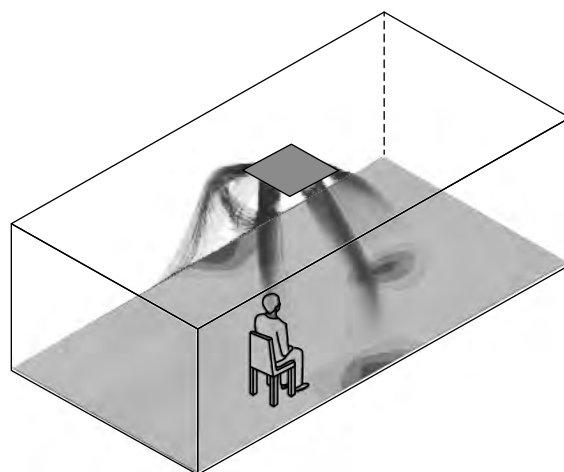


図6. 風あて自動運転

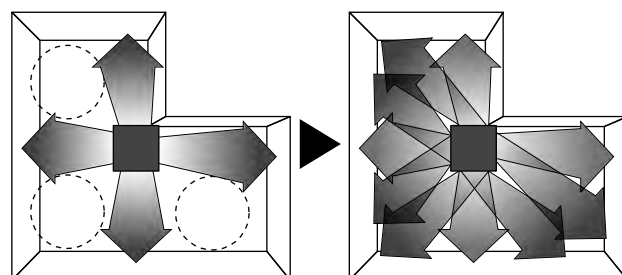


図7. 風向固定設定イメージ

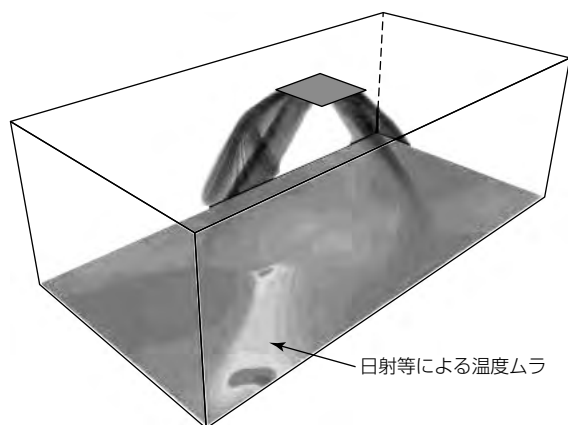


図8. 日射などによる温度ムラ

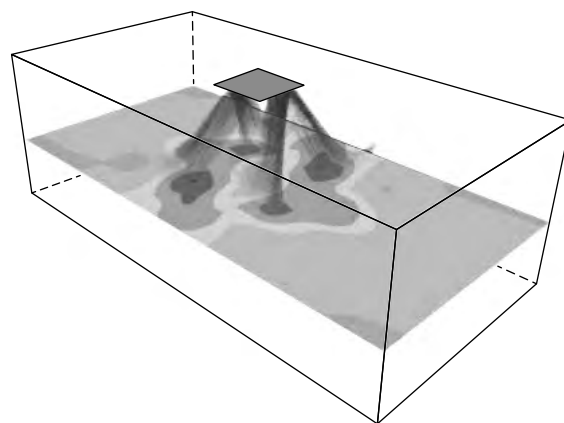


図11. 左右スイング運転

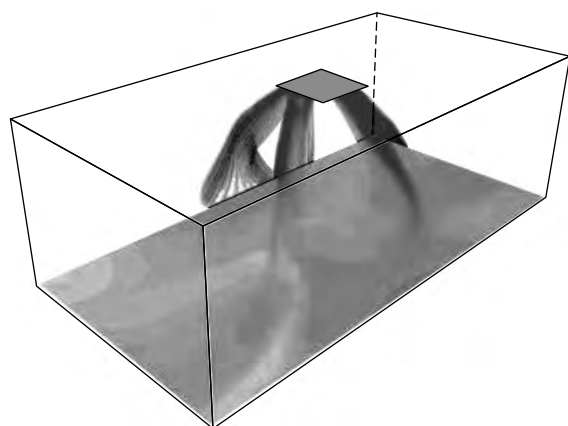


図9. ムラ無自動運転

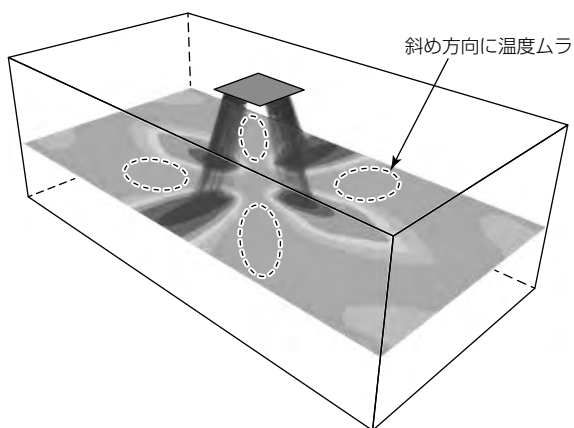


図10. 暖房時の温度ムラ

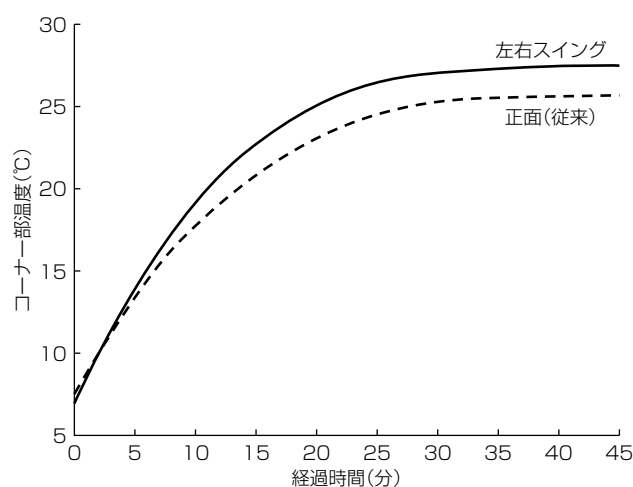


図12. 暖房時のコーナー部温度推移

で安定する(図12)。これによって、コーナー部だけでは設定温度を下げて運転しても従来と同様の温冷感を感じることができる。そのため、コーナー部付近にだけ人がいる場合は空調機の設定温度を控えることができ、設定温度28℃で従来機比約15%の消費電力を低減できる。

#### 4. 人感風向カンタン設定

ムーブアイと連動したムラ無自動運転や左右スイング運転は、ユーザーが直感的に操作できるようにするため、新開発のワイヤードリモコンから簡単に設定できるようにした(図13)。“風アテ”、“風ヨケ”、“ムラ無”のボタン一つで切り替え可能であり、左右風向設定も同じ画面で“スイング”、“正面”、“自動”に切り替えることができる。

また、これらの操作は新開発のワイヤードリモコンに搭載したBluetooth<sup>(注5)</sup>通信によって、スマートフォンアプリ“MELRemo”から同様の操作を行うことができる(図14)。通信圏内であれば席を離れなくても、スマートフォンで簡単に操作することもできる。

(注5) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc. の登録商標である。

かった(図10)。ぐるっとスマート気流では左右スイング運転でコーナー部まで直接暖められるため、温度ムラを軽減できる(図11)。

また、従来の暖房運転と比べ、左右スイングを行った場合はコーナー部へ直接風を送れるためコーナー部は従来よりも暖房運転の立ち上がりが早くなるとともに、高い温度

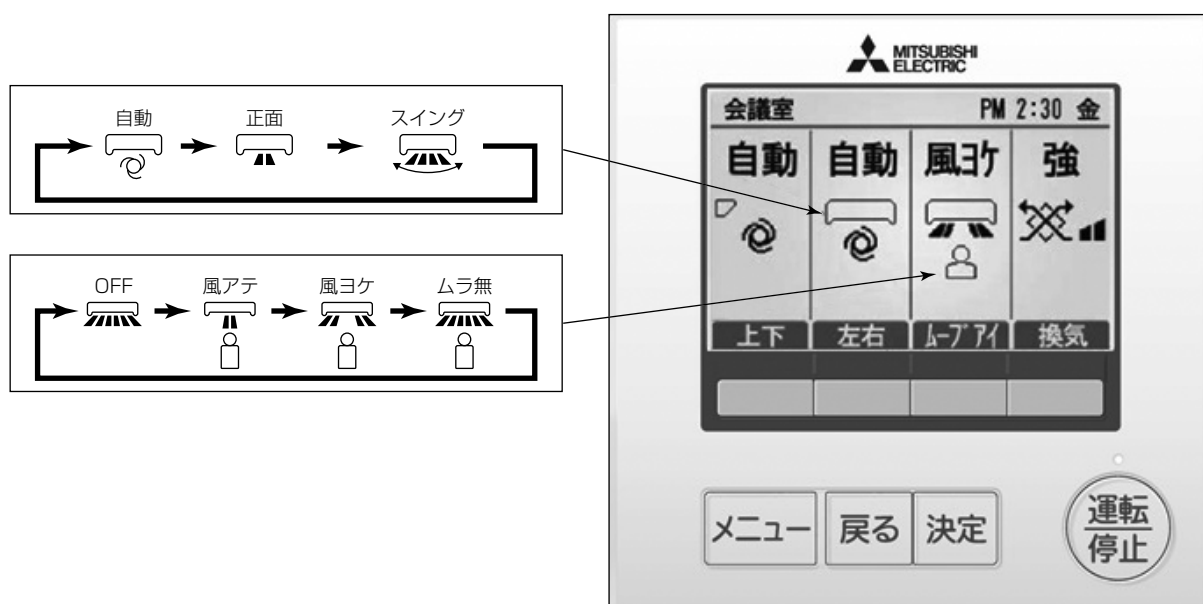


図13. 人感風向カンタン設定の操作画面

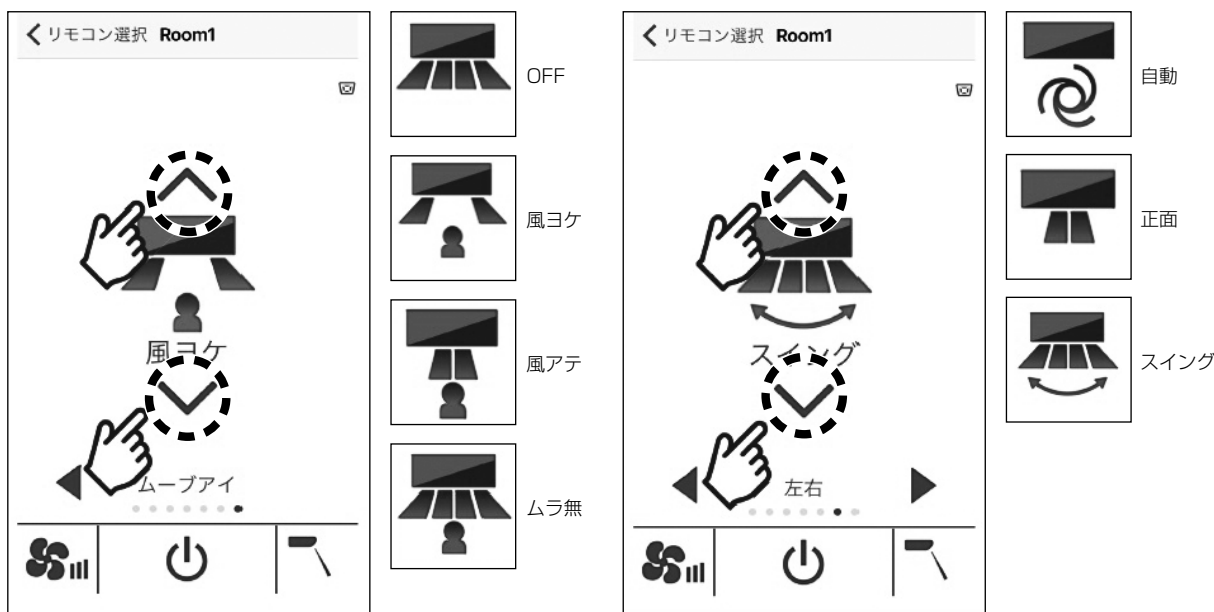


図14. スマートフォンアプリ“MELRemo”操作画面

## 5. む す び

4方向天井カセット形室内機で、空調機の周囲360°に対して風を送ることができる左右ルーバユニットを開発した。これと当社独自のセンシング技術である人感ムーブアイ360を組み合わせることによって、周囲360°を人の在・不在、温度ムラに合わせて自動で吹き分けることができる。

温度ムラを低減することで室内全体の快適性改善ができるとともに、風あて・風よけでユーザー一人ひとりが快適に感じる設定で使用できる。これらの技術によって従来以上の室内快適性を実現した“ぐるっとスマート気流”を搭載する空調機となっている。また、リモコン操作性が向上しており、スマートフォンからも簡単に操作できる。今後も多様化するニーズに応える製品開発を継続していく。

# インジェクション機構付インバータツインロータリ圧縮機“DSI-Rotary MNK42F”

長澤宏樹\*  
 濱田 亮\*  
 石部祐策\*\*

Dual-channel Super-charge Injection Rotary Compressor "DSI-Rotary MNK42F"

Hiroki Nagasawa, Ryo Hamada, Yusaku Ishibe

## 要 旨

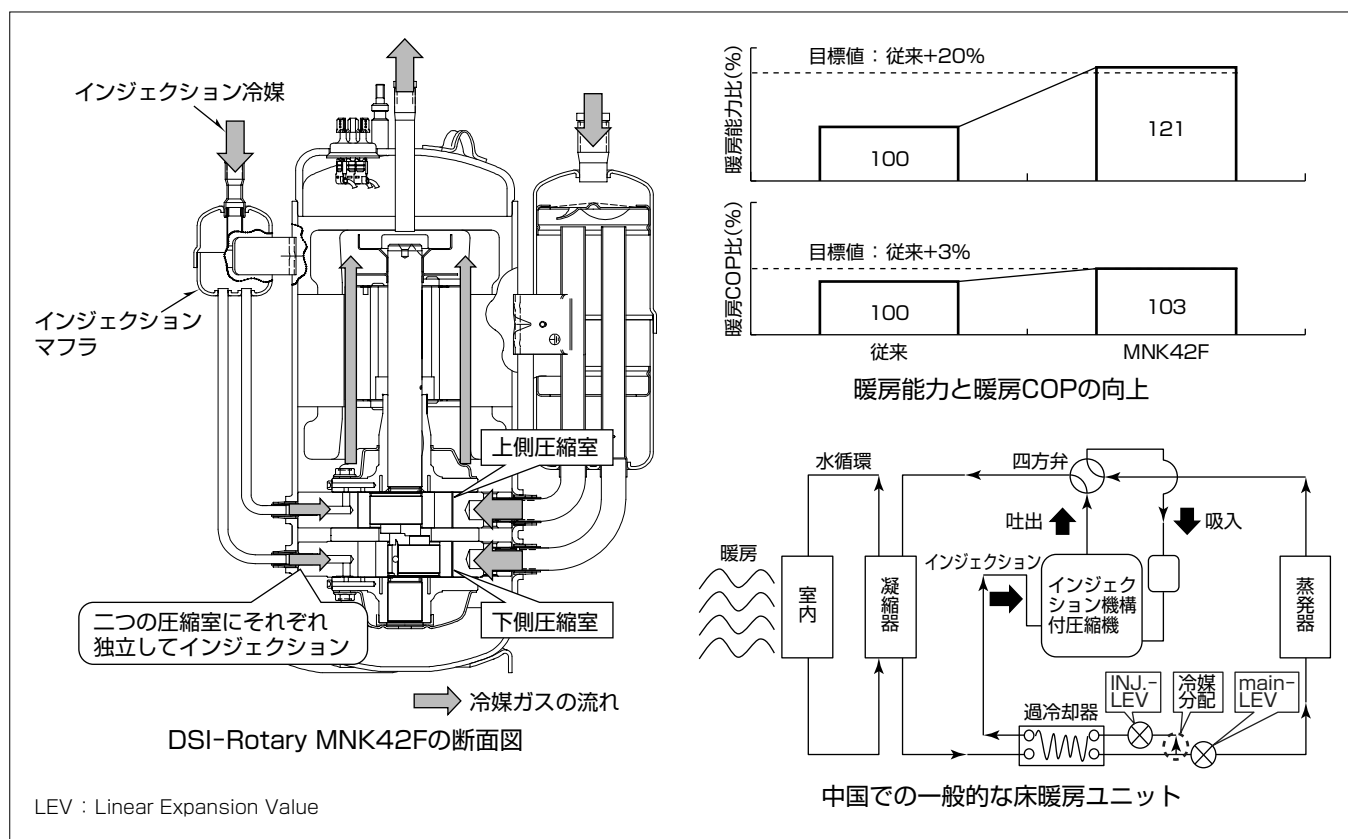
近年、中国政府によるPM2.5対策や省エネルギーを目的とした石炭改電政策による補助金支給を皮切りに、中国での寒冷地向けヒートポンプの需要が拡大している。そこで今回、中国寒冷地向けヒートポンプで最も需要の大きい6HP(Horse Power：馬力)をターゲットとした、三菱電機初のインジェクション機構付インバータツインロータリ圧縮機となる“Dual-channel Super-charge Injection Rotary Compressor MNK42F”(以下“DSI-Rotary MNK42F”という。)を開発した。

この開発は、次の二つの主たる課題解決によって実現した。

- (1) 寒冷地向けにするため、三菱電機の従来ロータリ圧縮機に対して暖房能力+20%、暖房COP(Coefficient

Of Performance)+3%の効果を持つ独自のインジェクション機構を開発した。それは“過給効果”を活用するためにインジェクション経路にマフラを追加したもので、その経路の長さや径を、モデルと実験を用いて適正に決定した。

- (2) インジェクション機構付圧縮機搭載経験のない中小ユニットメーカーでの導入を進めるため、インジェクション圧力の条件適正化支援手法を確立した。その手法によって必要な実験水準を半減し、中小ユニットメーカーにとってのインジェクション導入ハードルを下げ、三菱電機圧縮機の活用促進につながっている。



## “DSI-Rotary MNK42F”のインジェクション機構とインジェクション圧力の条件適正化支援手法

“DSI-Rotary MNK42F”の実現のために、過給効果を活用してインジェクション経路にマフラを追加した独自のインジェクション機構を開発した。また、インジェクション機構付圧縮機搭載経験のない中国の中小ユニットメーカーが導入しやすくなるようインジェクション圧力の条件適正化支援手法を確立した。

# 1. ま え が き

近年、中国政府によるPM2.5対策や省エネルギーを目的とした石炭改電政策による補助金支給を皮切りに、中国での寒冷地向けヒートポンプの需要が拡大している。さらに、その寒冷地向けヒートポンプで主流となる床暖房での省エネルギー規制の実施も推測され、従来の一定速機から省エネルギー性の高いインバータ機へ置き換わっていくことが見込まれる。そこで今回、中国寒冷地向けヒートポンプで最も需要の大きい6HPをターゲットとした、三菱電機初のインジェクション機構付インバータツインロータリ圧縮機“MNK42F”を開発した。この開発は、次の二つの主たる課題解決によって実現した。

- (1) 寒冷地向けにするため、三菱電機の従来ロータリ圧縮機に対して暖房能力+20%、暖房COP+3%の効果を持つインジェクション機構の開発
  - (2) インジェクション機構付圧縮機搭載経験のない中小ユニットメーカーが導入しやすくなるようインジェクション圧力の条件適正化支援手法の確立
- 本稿では、これらの課題解決について述べる。

## 2. インジェクション機構付圧縮機

### 2.1 ロータリ圧縮機とインジェクション

図1に一般的なロータリ圧縮機の断面図を示す。圧縮機内は、電動機部と圧縮機構部で構成され、電動機部で発生

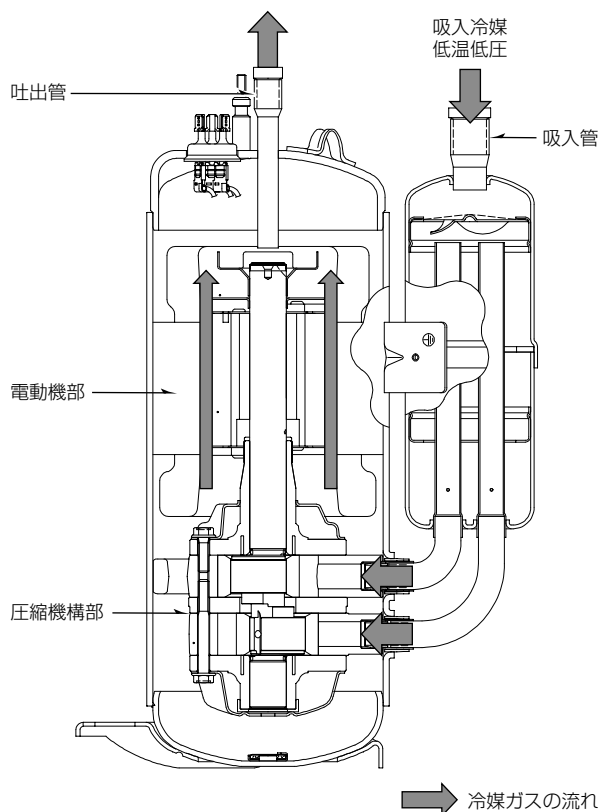


図1. ロータリ圧縮機の断面図

する回転力を圧縮機構部に伝達することで冷媒ガスを圧縮する。圧縮機構部での冷媒ガスの圧縮工程を図2に示す。シリンダとローリングピストンによって形成された空間をベーンで仕切り、ローリングピストンの回転によって圧縮室容積が縮小することで圧縮を行う。この工程を通じて、低温低圧の冷媒ガスを吸入し、高温高压の冷媒ガスとなって吐出する。

冷媒ガス流量を増加させて暖房能力を確保する手段として、この圧縮工程の途中に、凝縮器出口からの冷媒を注入させるシステムをインジェクションと呼ぶ。インジェクションは一般的にスクロール圧縮機が適しているとされている。その理由は、スクロール形がロータリ形に比べて、一圧縮工程あたりの回転数が約3倍であることによって、インジェクション注入時間を長くすることができ、インジェクション冷媒ガス流量を増加させやすいことが主に挙げられる(図3)。

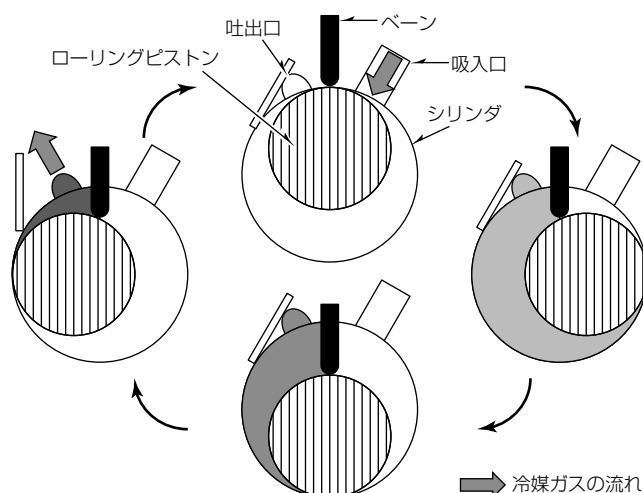


図2. ロータリ圧縮機の圧縮工程

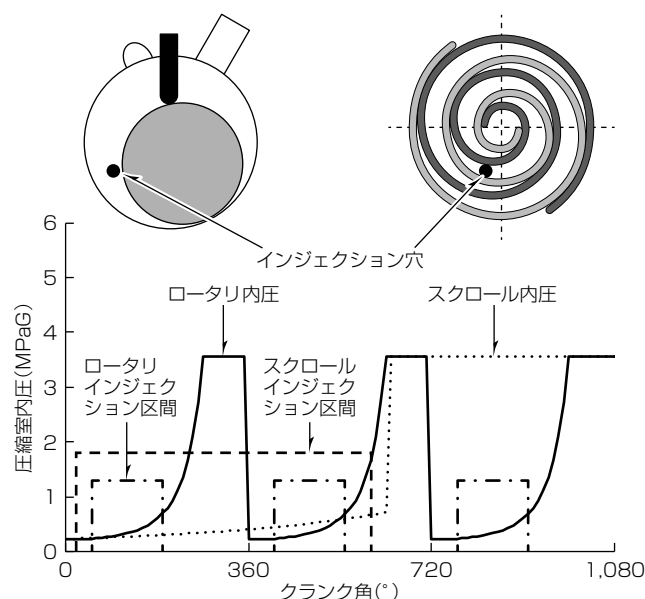


図3. 圧縮機構へのインジェクション方法

また、インジェクション時の冷凍サイクルは図4のように表され、インジェクション冷媒ガス流量が増加すればするほど、凝縮器を流れる冷媒流量が増加して暖房能力が増加するとともに、圧縮工程に必要な比入力が減少し、暖房COPが増加する。

## 2.2 “DSI-Rotary MNK42F”の特徴

今回開発した“DSI-Rotary MNK42F”は、スクロール形に比べてインジェクション冷媒ガス流量を増加させにくいロータリ形の弱点を補うための独自技術を搭載している。その技術は、管出入口の圧力変動位相差を利用した“過給効果”を用いたもので、圧縮機本体に接続されるインジェクション配管にマフラ（静圧空間）を付加し、そのマフラから、二つの圧縮室それぞれに対して独立したインジェクション冷媒注入経路を、過給効果が得られるような管径と長さにしたうえで、配置したものである（図5）。

ここで、“過給効果”とは、管出入口の圧力変動位相差によって管を流れる流量が変化する現象のことをいい、管の長さや径に依存して極値を持つ。今回のMNK42Fで必要な流量で過給効果が最大となる長さや径を、過給現象をモデル化した計算と実験を用いて決定した（図6）。

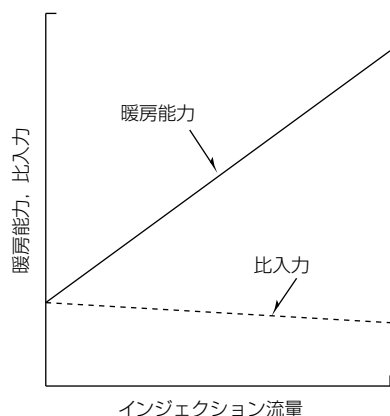
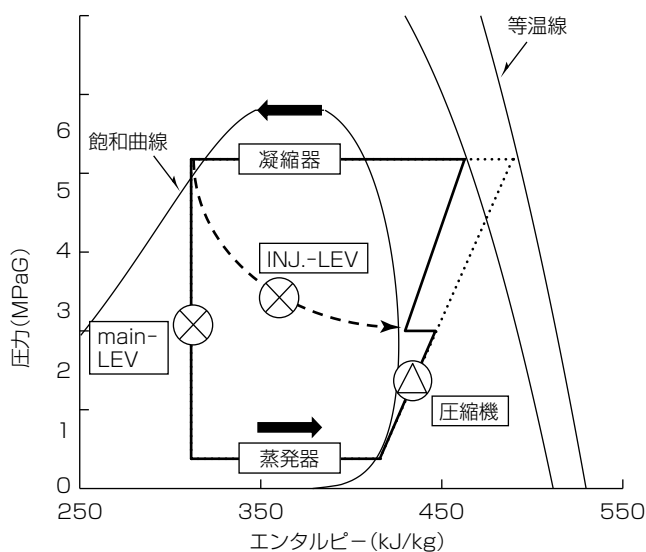


図4. インジェクション時の冷凍サイクル

この技術によって、図7に示すように三菱電機の従来ロータリ圧縮機に対して暖房能力+20%、暖房COP+3%となる目標を達成でき、寒冷地向けヒートポンプに有用なロータリ圧縮機を実現できた。

さらに、今回の技術は、インジェクション経路中にマフラを備えることによって、二つの圧縮室から冷媒が相互に逆流する現象（呼吸現象）を防ぐことができ、マフラ内部に設置したメッシュによって異物を補足することが可能となって信頼性も向上させることができた（図8）。

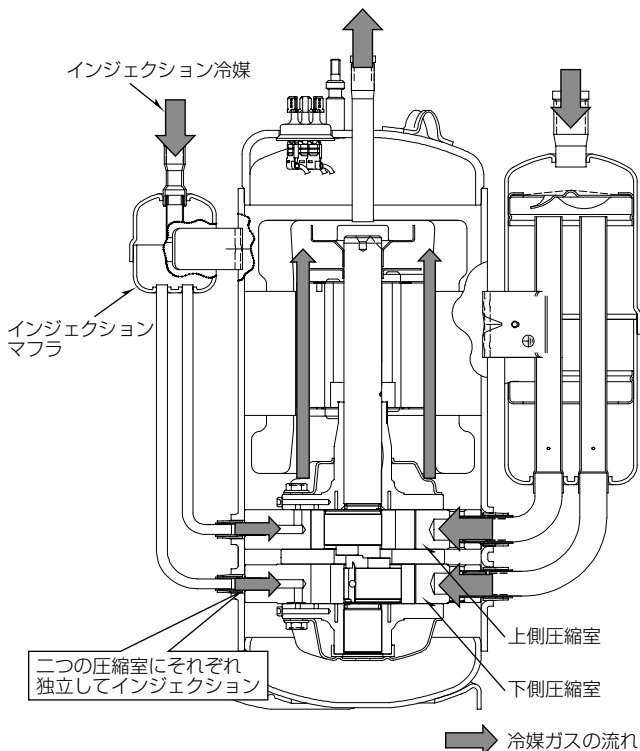


図5. DSI-Rotary MNK42Fの断面図

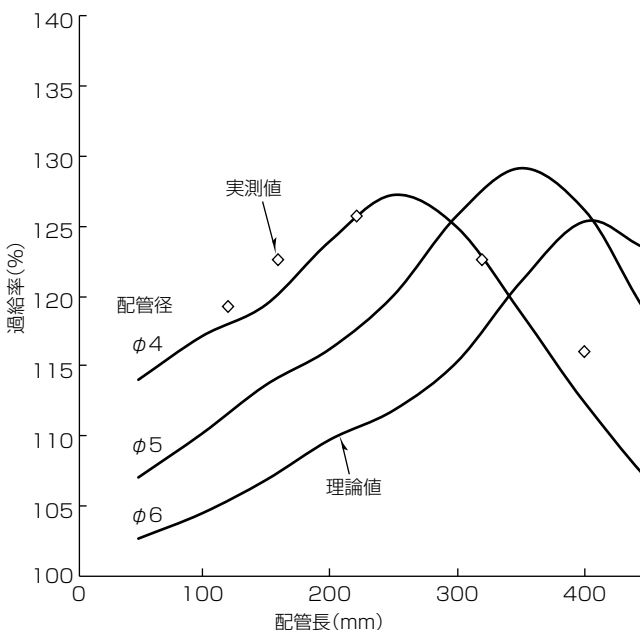


図6. 過給効果

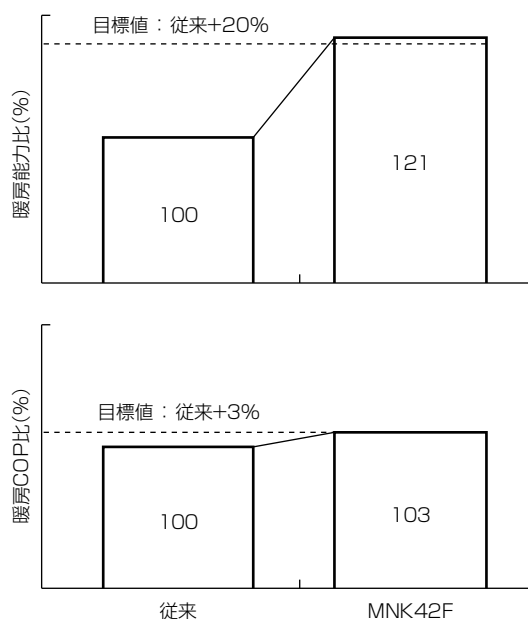


図7. 暖房能力と暖房COPの向上

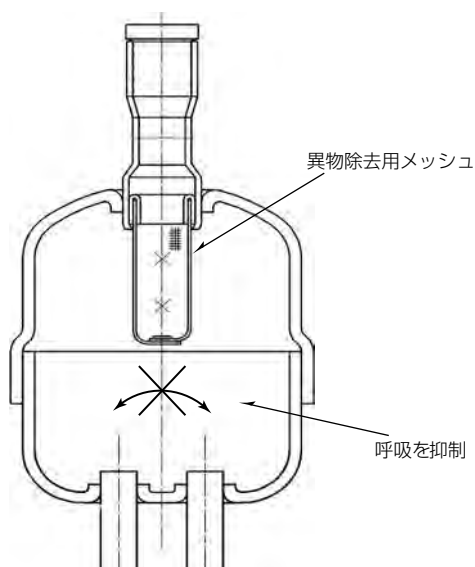


図8. インジェクションマフラの断面図

### 3. インジェクション圧力の条件適正化

#### 3.1 条件適正化支援手法の目的

中国の石炭改電市場で使用される一般的な床暖房のユニットはインジェクション冷媒の温度の調整のために過冷却器を搭載している(図9)。

ユニットでの暖房能力と暖房COPを最大化するためには、インジェクション冷媒が気飽和付近となるように圧力と温度を調整する必要があるが(図10)、過冷却器の能力やインジェクション経路の損失によって狙うべきインジェクション圧力が異なるので、一般的にはそれを知るために網羅的に実験している。

通常の空調ユニットで膨張弁として用いられているmain-LEV (Linear Expansion Valve) 一つについて、

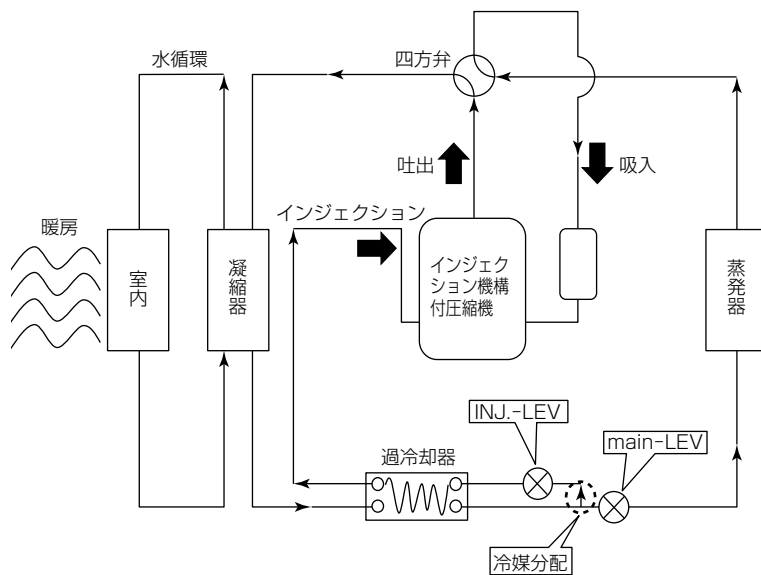


図9. 中国での一般的な床暖房ユニット

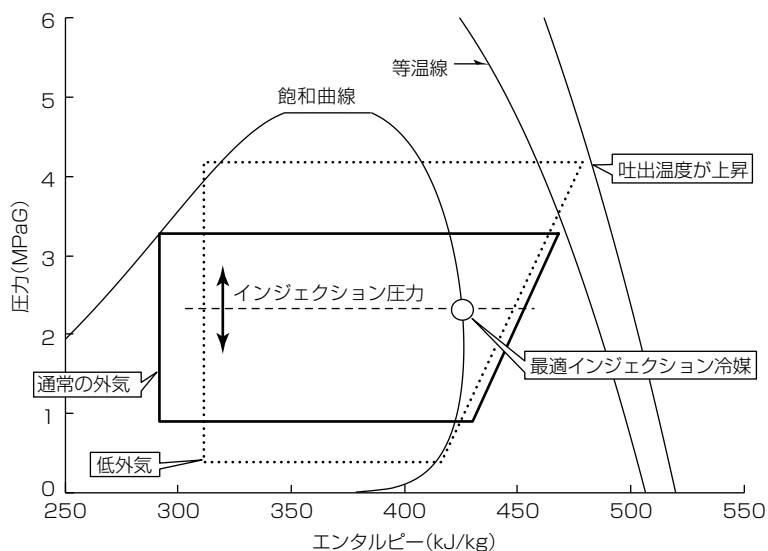


図10. 最適なインジェクション冷凍サイクル

6水準の実験を行うのが中国では一般的である。インジェクションユニットにはそれに加え、インジェクション流量調整用のINJ.-LEVが搭載されているため、二つのLEVのチューニング、すなわち36水準の実験が必要になり、通常の空調ユニットに比べておよそ6倍の時間が必要となる。そのため、インジェクション機構付圧縮機搭載経験がなく、マンパワーも限られた中小ユニットメーカーにとって、インジェクションは導入のハードルが高いものとなっていた。そこで、冷凍サイクルの理想モデルと圧縮機単体の特性実験を合わせることで、適正となるインジェクション圧力の範囲を絞り、適正化するための実験を3水準に半減する手法を開発した。この手法を用いた三菱電機の技術支援によって中小ユニットメーカーのインジェクション機導入のハードルを下げ、広く三菱電機の圧縮機を採用してもらえるようになり活用範囲が広がっている。



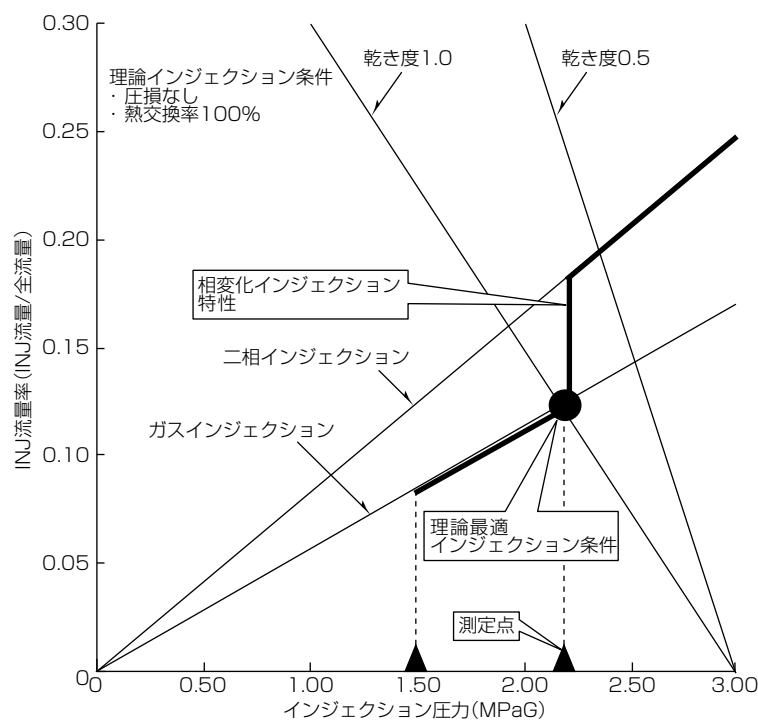


図11. (1)~(4)のインジェクション圧力と流量の関係(理想値)

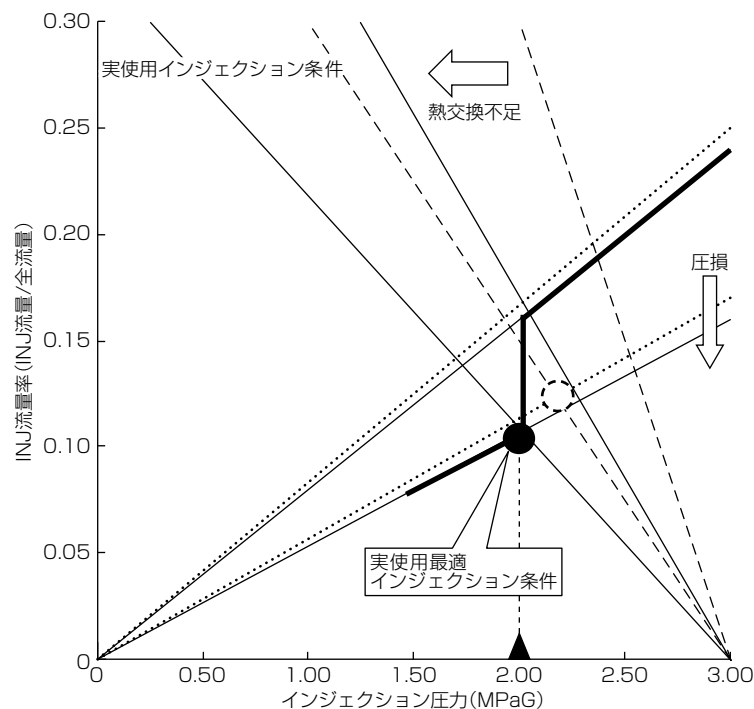


図12. (5)(6)の関係性の実験による修正と適正値の決定

### 3.2 条件適正化支援手法

インジェクション条件適正化の手法は次のとおりである(図11, 図12)。

- (1) 冷凍サイクルでの過冷却器特性を理想モデル化
- (2) 圧縮機単体のインジェクション圧力と流量の特性を把握
- (3) インジェクション圧力と流量の関係を(1), (2)を基に作成
- (4) 作成した関係から, 実験すべき2水準のインジェクション圧力を決定
- (5) 実験によってインジェクション圧力と流量の関係を修正
- (6) 修正後の関係から適正なインジェクション条件を決定し, その条件での確認を実施

この手法を実際に顧客ユニットに適用し, 想定どおりの結果が得られることを確認した。

### 4. む す び

中国での寒冷地向けヒートポンプの需要の拡大に伴って, 三菱電機初のインジェクション機構付インバータツインロータリ圧縮機となる“DSI-Rotary MNK42F”を開発し, 外販事業を拡大した。この開発は, 次の二つの主たる課題解決によって実現した。

- (1) 寒冷地向けにするため, 三菱電機従来ロータリ圧縮機に対して暖房能力+20%, 暖房COP+3%の効果を持つ独自のインジェクション機構を開発した。それは“過給効果”を活用するためにインジェクション経路にマフラを追加したもので, その経路の長さや径を, モデルと実験を用いて適正に決定した。
- (2) インジェクション機搭載経験のない中小ユニットメーカーが導入しやすくなるようインジェクション圧力の条件適正化支援手法を確立した。その手法によって必要な実験水準を半減し, 中小ユニットメーカーにとってのインジェクション導入ハードルを下げ, 三菱電機圧縮機の活用促進につながっている。

# 狭小スペースにも設置しやすいハンドドライヤー “ジェットタオルミニ”の新機種

澤部健司\*  
深谷繕弘\*  
佐藤 大\*\*

New Model of Hand Dryer "Jet Towel MINI" for Small Spaces

Kenji Sawabe, Yoshihiro Fukaya, Dai Sato

## 要 旨

三菱電機は1993年に世界で初めて<sup>(注1)</sup>高速風で手を乾かす“両面ジェット”の風”の技術を使って、濡れた手を短時間で乾燥し、紙資源を節約する高速風式ハンドドライヤー“ジェットタオル”を商品化した。高速風式は低ランニングコスト化とペーパータオルからの切替えによる紙ごみ削減効果によってオフィスや、商業施設、工場、病院、大学など様々な業種で導入が進んでおり、小型店舗や飲食店でも設置ニーズが高まっている。

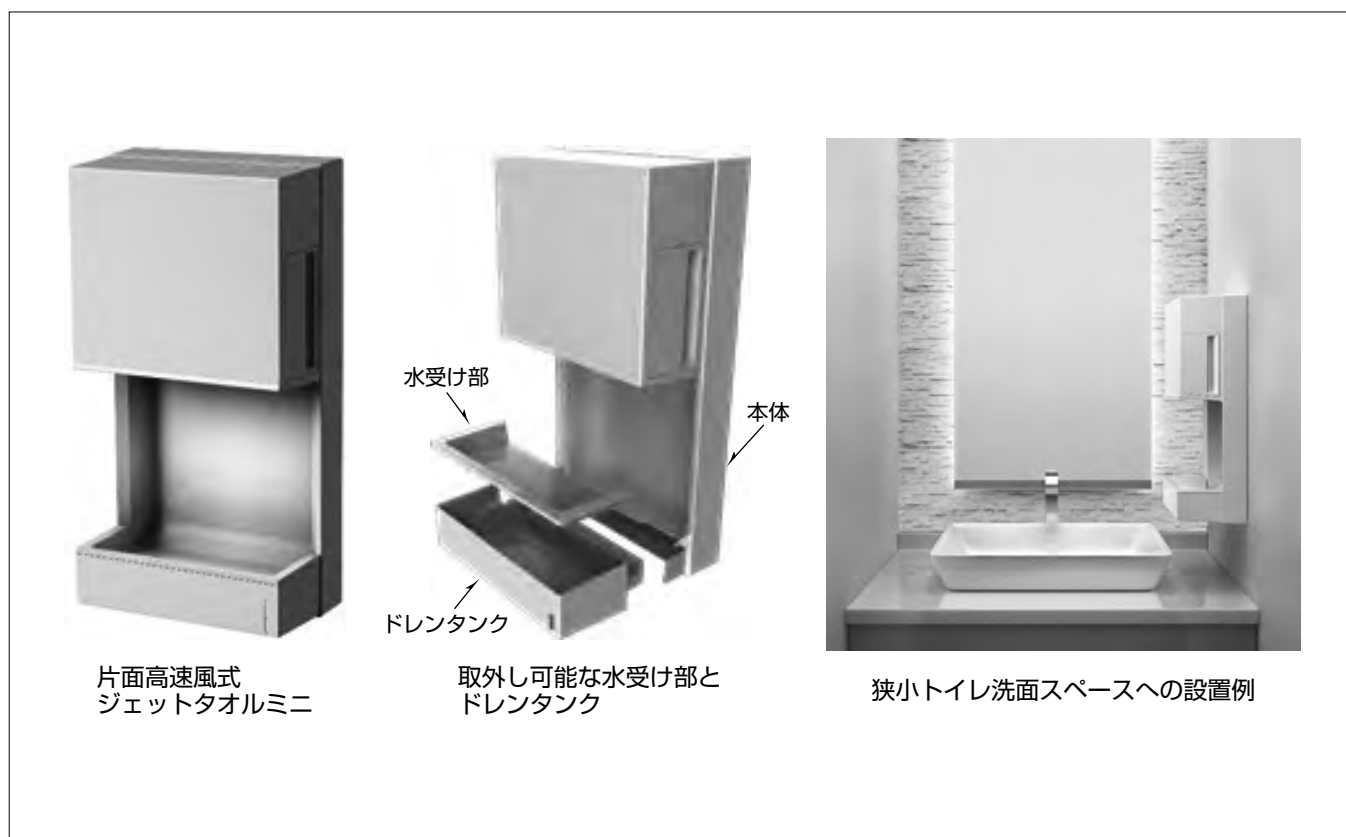
今回、洗面スペースが狭いトイレにも設置できるように本体を薄型化した片面高速風式の“ジェットタオルミニ”の新機種を開発した。小型店舗や飲食店のトイレは洗面スペースが狭いことが多く、ハンドドライヤーが鏡や洗面器上にはみ出して手洗いの邪魔になるため、設置が難しい

ケースがあった。そこで使いやすさを損なわないように人間工学に基づき必要な手挿入空間を算出し、吹出しノズルを本体の最前面に配置することで、本体奥行きを139mm<sup>(注2)</sup>に薄型化して標準的な狭小トイレの洗面スペースへの設置を可能にした。また薄型化によって懸念される水滴飛散を抑制するため、新たな噴流制御技術を盛り込んだノズルを開発した。

さらに清掃性を向上させるため、汚れやすい水受け部とドレンタンクを取り外せる構造として、清掃の負荷軽減に貢献する仕様とした。

(注1) 1993年1月21日現在、当社調べ

(注2) 最薄部の手挿入部から上部の奥行寸法は139mm、ドレンタンク部(最大部)は143mm。



## 設置性と清掃性が向上した“ジェットタオルミニ”の新機種

ハンドドライヤーの設置ニーズが高まっている小型店舗や飲食店の洗面スペースの狭いトイレへの設置に対応するため、人間工学に基づき従来どおりの使いやすさは損なわずに本体を薄型化し、清掃性と清潔性を向上させた片面高速風式ハンドドライヤーのジェットタオルミニの新機種を開発した。

## 1. ま え が き

高速風式ハンドドライヤーは、低ランニングコスト化と、ペーパータオルからの切り替えによる紙ごみ削減効果によって、オフィスや商業施設、病院、大学など様々な業種で導入が進んでおり、コンビニエンスストアなどの小型店舗や飲食店でも設置のニーズが高まっている。ところが、小型店舗や飲食店のトイレは洗面スペースが狭いことが多く、ハンドドライヤーが鏡や洗面器上にはみ出し、手洗いの邪魔になるため、設置が困難な場合がある。また小型店舗等では従業員が店舗の日常清掃を行うことがあり、簡単に清掃できる製品の要望も高まっている。

本稿では、洗面スペースが狭いトイレにも対応するため、使いやすさを損なわないよう本体を薄型化し、清掃性を向上させたジェットタオルミニの新機種の開発について述べる。

## 2. ジェットタオルミニの基本構成と開発課題

### 2.1 基本構成

片面高速式のジェットタオルミニは、本体上部の筐体(きょうたい)内に高压空気流を発生させるブローヤや制御回路等の駆動部を配置し、本体上部底面のノズルから高速気流を吹き出し、手の水滴を吹き飛ばす。吹き飛ばされた水滴は本体下部の水受け部でキャッチし、ドレンタンクに回収することで洗面スペースの衛生性を保っている。

### 2.2 開発課題

ジェットタオルミニの新機種の開発課題として、製品奥行寸法と清掃性が挙げられた。

#### 2.2.1 製品奥行寸法

小型店舗の標準的な洗面スペースは図1に示すように、



図1. 小型店舗の標準的な洗面スペース

洗面カウンターの間口が800mm、洗面器横幅は500mmである。ハンドドライヤーは洗面カウンターの側面壁に設置されるケースが多く、この場合の壁と洗面器とのスペースは150mmとなる。従来品は本体奥行寸法が170mmであるため、洗面器上にはみ出して手洗いの邪魔になっていた。またこのような設置制約によってハンドドライヤーの採用が見送られるケースもあったため、本体奥行寸法を150mm以下に薄型化し、設置性を向上させる必要があった。

#### 2.2.2 清掃性

衛生性へのニーズが高まる中、製品を清潔に保ちたいという要望が増えている。従来品の水受け部は本体と一体式で、円形の排水口を設けて水滴をドレンタンクに回収する構造であったが、水受け部は取り外しができなく、排水口は清掃しづらいため、汚れが残しやすいといった課題があった。またより短時間で簡単に清掃できるような構造への改善要望もあった。

## 3. 開発内容

ユーザーが手を手挿入空間に入れやすいよう、手挿入空間の広さは維持しながら、本体の奥行寸法を薄型化し、清掃性と清潔性を向上させた新機種を開発した。

### 3.1 薄型化と使いやすさの両立

手乾燥空間の奥行寸法は、ユーザーが手乾燥空間に手を挿入する際の挿入角度を想定し、手が本体に触れずに使用できる必要な空間距離を人間工学に基づき124mmと算出した。従来品では128mmに設定し“ひろびろハンドゾーン”として訴求して好評を得ている。開発品でも手挿入空間は128mmのままとした。

広さを維持しながら本体の薄型化と手挿入空間の維持を同時に実現するため、本体前面からノズルまでの距離(以下“ノズルアクセス距離”という。)の短縮に着目した。ノズルアクセス距離を10mm以下に短縮することで、ユーザーは手元を確認しながら手の乾燥ができるため、水滴が付着している本体手挿入部に触れずに使用できる(図2)。ノズルは本体前面の先端部に配置する構造によってノズルアクセス時間が短縮され、従来品より早く手を検出して風が吹き出すことで、使用感は向上すると考えた。またノズルアクセス距離の短縮によって、子供(身長120cmを想定)が使用しやすい設置高さで、大人も屈むことなく楽に使用できるようにした。プロトタイプで従来品との使用感の違いを確認する体感評価を実施した。

その結果、使用時の圧迫感が少ない、手元が見えるため本体に触れる心配なく安心して使えるなど、改善効果を確認した。次に薄型化するための実現手段と、薄型化することで懸念される水滴飛散の課題解決について述べる。

### 3.2 薄型化の実現手段

手挿入空間の奥行き128mm、ノズルアクセス距離8mmとして10mm以下を満足しつつ本体の最薄化を図り、本体奥行きは139mm(従来比約16%抑制)を実現した。水滴飛散の抑制は、ノズル噴流角度の最適化を図り15°に設定した。

#### 3.2.1 ノズル噴流角度の最適化

本体の薄型化とノズルの前面配置によって、ノズル開口中心と水受け部先端の距離が、従来品と比較して減少する(図3)。そのため、手から吹き飛ばされた水滴の前方一部が回収できないことが懸念され、従来品の飛沫(ひまつ)率5%をベンチマークとした。水滴飛散を抑制するため、ノズルの噴流角度に着目した。噴流を本体奥側(壁面方向)へ向けることで、本体前方への飛沫の抑制を検討した。ノズル噴流角度と飛沫率の関係について数値計算と実験の結果を図4に示す。噴流角度が小さいと、本体前方へ飛散する水滴が回収できず飛沫が増加することが分かる。噴流角度15°以上では飛沫率は約5%で安定しており、使い勝手を考慮して水滴飛散抑制が可能な最小噴流角度15°を採用し、本体の最薄化を図るためブローからノズル開口部へ曲が

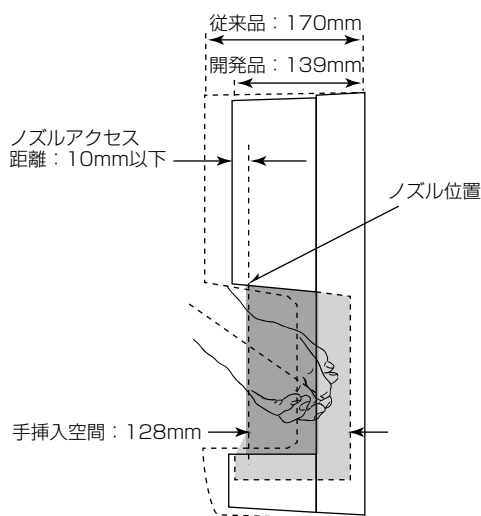


図2. 人間工学に基づく薄型化設計

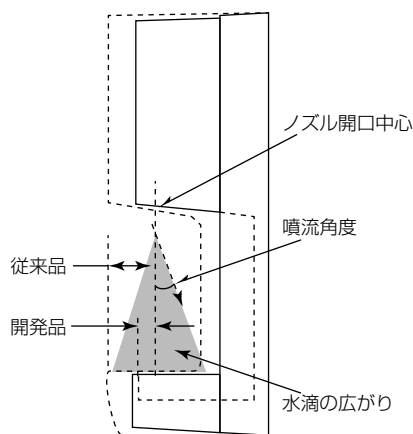


図3. ノズル開口中心と水受け部先端までの距離比較

りながら吹き出す新構造とした(図5)。

#### 3.2.2 小型ブローの採用

高速風式ハンドドライヤーは、高圧空気流を発生させるブローを搭載している。ブローは筐体内の部品の中で占有率が高いため、小型高回転仕様(外形φ140.3mm×106.7mm, 回転数24,000r/minから、φ120.3mm×106.4mm, 27,000r/minに)のブローを開発し、ブロー体積を従来比27%抑制することで内部構造をリレイアウトして本体全体の薄型化を実現した。

#### 3.2.3 操作部の位置変更

従来品では、製品の運转入切や設定を変更する操作部と吸気口から埃(ほこり)の侵入を防ぐエアフィルタを本体正面に集約し、開閉可能な意匠パネルの内側に配置した。本体薄型化のために開発品では、操作部を本体上面の意匠パネル内に、エアフィルタを側面に配置し、本体の設置制限内で操作可能な構造を取り入れた(図6)。

本体上部の操作部は、設置者や清掃者が使用するもので、手を乾かすユーザーは使用しない。またハンドドライヤーは不特定多数のユーザーが使用する公共トイレの洗面スペースに設置されることが多く、いたずら等で設定を変えられてしまう懸念がある。これに対応するため意匠パネル

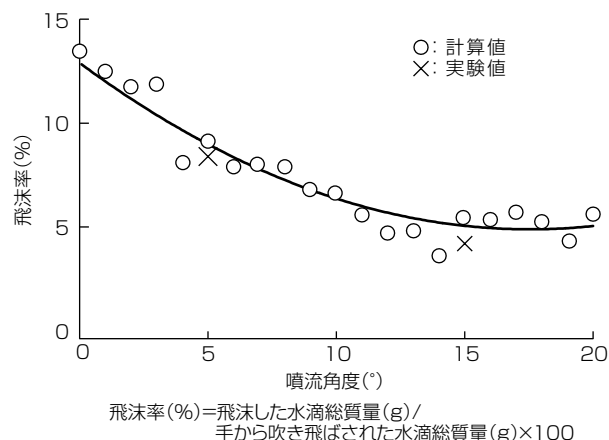


図4. ノズル噴流角度と飛沫率の関係

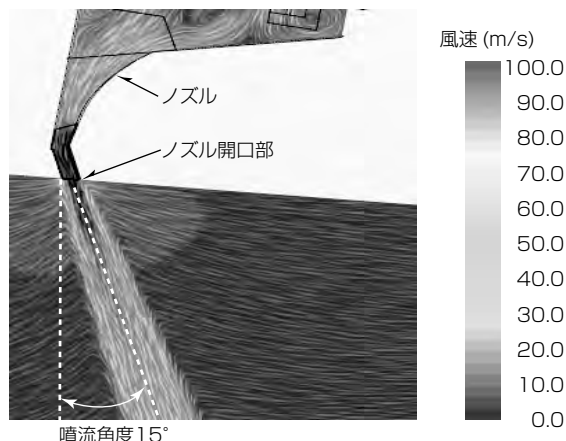


図5. ノズルの気流解析結果

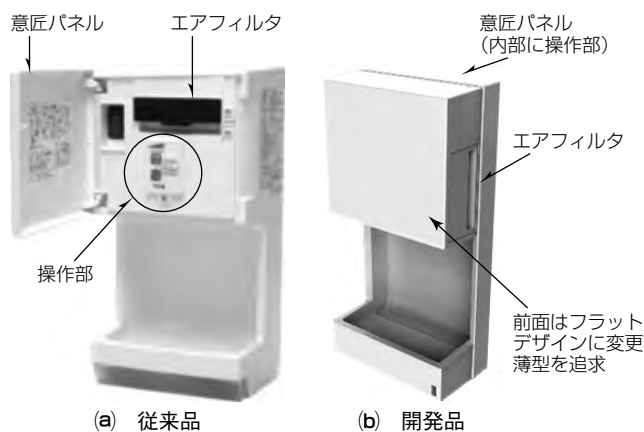


図6. 操作部の位置

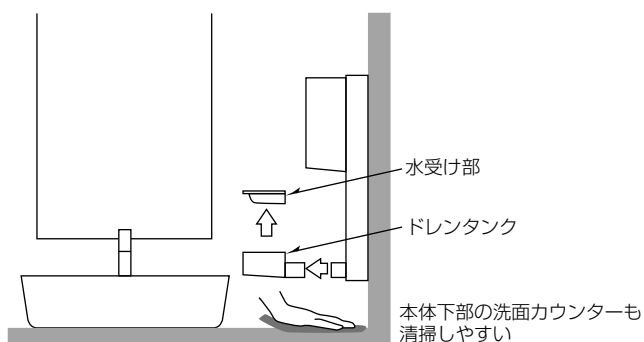


図7. 周囲環境の清掃性・清潔性向上

は、手を乾かすユーザーには認識しづらいように一体感のあるデザインを採用した。

### 3.3 清掃性と使用感の向上

#### 3.3.1 清掃性・清潔性の改善

従来品では、手から吹き飛ばされた水滴は水受け部に設けられた円形の排水口を通り、その下方に配置されたドレンタンクに回収する。開発品では、水受け部とドレンタンクをセットで着脱可能な構造とし、水受け部と本体手挿入部の隙間を排水部として、汚れが蓄積しやすい排水口の構造を改良した。これによって、従来品はできなかった水受け部の丸洗い清掃を可能にし、また排水部が分割されるので汚れが蓄積しやすい箇所も容易に清掃可能となり、清潔さの維持もしやすくなった。

水受け部とドレンタンクが取り外せることで、本体だけでなく、本体下部の洗面カウンターの上などその周囲環境の清掃もしやすくなり、清潔性を向上させた。日常清掃をより簡単に、短時間に行えるので、清掃の負荷軽減に貢献できる(図7)。

#### 3.3.2 温風による使用感向上

ユーザーが図2に示したように手を重ね合わせて乾燥する際、手はノズルの中心付近に位置するのでノズル両端側の噴流は手に当たらない。そこでノズル中央付近の手に当たる温風の温度を上げて快適性の向上を図った。省エネルギー性を維持するためヒーターへの入力には上げることなく、

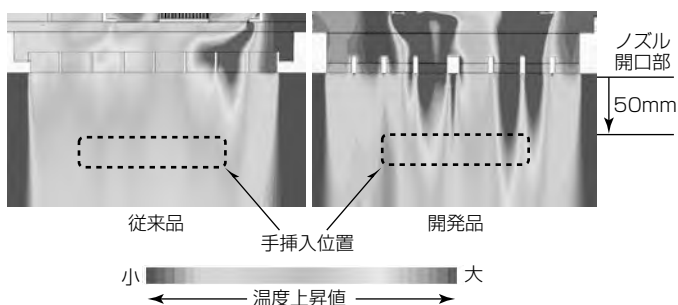


図8. 温風温度の解析結果



図9. 使いやすさを追求したデザイン

熱流体解析を用いて風路構造を検討した。図8のようにノズルの中央部の温度上昇値が大きくなっていることが分かる。手を挿入する位置(ノズルから50mm下方)で、より温かい風が手に当たるよう改善した。

#### 3.3.3 より使いやすいデザイン

噴流が吹き出すノズル位置が認識しやすいよう、本体前端部に傾斜面を設けた。同色でありながら本体と傾斜面の反射の違いを利用して目立つようにしたことで、ユーザーがノズルに手を近づけやすいようにした。手挿入部は、ユーザーの手が手挿入部に触れにくいように、また視覚的に手挿入空間が広く感じられるように側壁手前を斜めにカットした(図9)。

## 4. む す び

狭小スペースにも設置しやすいハンドドライヤーとして、薄型化と使いやすさの向上させた新型のジェットタオルミニを開発した。清掃性と清潔性を向上させた本体構造は、清掃の負荷軽減に貢献できると考え、顧客に提案を進めていく。今後も基本性能である乾燥性能、省エネルギー性、衛生性の更なる向上に努め、市場ニーズを的確に捉えながら、ユーザーがより使いやすい製品開発に取り組んでいく。

# 野菜室が真ん中形態の新型冷蔵庫 “MXシリーズ”

伊藤 敬\* 中居 創\*\*  
岡部 誠\*  
前田 剛\*

New - type Refrigerator "MX Series" with Vegetable Room in Middle


Takashi Ito, Makoto Okabe, Go Maeda, So Nakai

## 要 旨

三菱電機は、限られたスペースにも大容量冷蔵庫が置ける“置けるスマート大容量”を始め、“困りごと”を解決できる冷蔵庫を提案し、顧客の好評を得ている。一方、買い替えユーザーが外形寸法や容量に次いで重視する各部屋の配置(レイアウト)については、約6割が“野菜室が真ん中形態”を希望する中、当社を含めて市場でのラインアップ数が非常に少ない状況にある。

そこで、当社はユーザーニーズに応えるため、野菜室が真ん中形態の冷蔵庫開発を行った。野菜室が真ん中形態は冷凍室が真ん中形態と比較すると、冷凍室の周囲が高温環境に、野菜室の周囲が低温環境になることから、同等の省エネルギー性を得るには断熱材を追加する必要がある、内容積で不利と言える。そこで、この開発では冷蔵庫の外周

や扉をウレタンと高効率な真空断熱材を組み合わせた薄型断熱構造“SMART CUBE(スマートキューブ)”の技術を活用するとともに、各部屋間への真空断熱材の適性配置によって冷凍室が真ん中形態同等の断熱性能を確立した。また、周辺風路の改善やフィンピッチの見直しによって2/3サイズに小型化した冷却器を採用する等、内容積も冷凍室が真ん中形態と同等にした。その結果、野菜室が真ん中形態でありながら、大容量かつ省エネルギー性が高い新型冷蔵庫“MXシリーズ”を実現した。さらに、整理性と一覧性に優れた新野菜ケースやケース内の保湿性を高めた新構造、逆手で開けやすく、清掃の簡単な新ハンドル形状など、使い勝手やデザインでも更なる価値向上を図った。




よく使う部屋が全て腰の高さで使いやすい  
**三菱独自レイアウト**

まるごとクリーン清氷  
**氷点下ストッカー D**  
切れちゃう瞬冷凍  
真ん中 クリーン  
**朝どれ 野菜室**

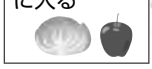
← 冷凍室

新型冷蔵庫  
MR-MX50/75D

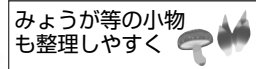


よく使う野菜室が真ん中で使いやすい


**中物エリア**  
半玉キャベツや果物が上段に入る



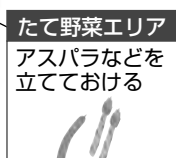
**小物エリア**  
みょうが等の小物も整理しやすく



**大物エリア**  
ごろっと大きい白菜など



**たて野菜エリア**  
アスパラなどを立てておける



整理性と一覧性に優れた新野菜ケース

## 新型冷蔵庫“MR-MX50/57D”

新型冷蔵庫MR-MX50/57Dは、当社独自技術である薄型断熱構造“SMART CUBE”を活用することで、野菜室が真ん中形態でありながら大容量かつ高い省エネルギー性を実現している。

## 1. ま え が き

当社では、“家事をラクに楽しくする冷蔵庫”をコンセプトに、“困りごと”を解決できる冷蔵庫を提案し、顧客の好評を得ている。限られたスペースにも大容量冷蔵庫が置ける“置けるスマート大容量”を始め、食材をおいしいまま冷凍し、切る・はがす・すくう等、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”、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になっている。

ここで、購入時の重視ポイントを図1に示す。外形寸法や容量に次いで、各部屋のレイアウトが重視されていることが分かる。また、冷蔵庫買い替え希望者のレイアウトに関するニーズ調査結果(図2)では、野菜室が真ん中形態の需要が高く、約6割に上る結果となった。加えて、調査した半数以上が現在、野菜室が真ん中の冷蔵庫を使用しており、買い替え希望の冷蔵庫は、現在使用している同じ形態を希望している方が多いことが分かる。しかし、直近の販売構成比を見てみると、野菜室が真ん中形態の購入者は16%にとどまっており、野菜室が真ん中形態を購入したくても、購入できない状況となっている。

図3は、市場でのレイアウト別のラインアップ数の推移を示したものである。買い替え時期を迎える10年以上前では野菜室が真ん中形態のラインアップが勝っていたが、顧客の省エネルギー志向に応え、冷却効率の向上を目的に、冷蔵庫背面の中央に位置する冷却器周辺に冷凍温度帯となる部屋を集約した冷凍室が真ん中形態が2009年から現在に至るまでラインアップの多くを占めている。これによって、野菜室が真ん中形態の冷蔵庫を買いたくても買えない状態となっている。そこで、当社はユーザーニーズに応えるために、購入希望者が多いのに市場のラインアップが少ない“野菜室が真ん中形態”の開発を行うことにした。

## 2. 開 発 方 針

当社の冷凍室が真ん中形態の冷蔵庫“WXシリーズ”では、当社独自技術の“SMART CUBE”を活用している。“SMART CUBE”は、冷蔵庫の外周や扉にウレタンと高効率な真空断熱材を組み合わせ配置した、最適断熱構造のことである。これによって、高い断熱性を保ちながら断熱材の厚さを薄くできるため、同一設置幅でのSMART CUBE搭載前の機種と比較し、約50Lの容量増加を実現した(図4)。

図5は冷蔵庫側面の温度帯イメージを示す。野菜室が真ん中形態は冷凍室が真ん中形態と比較し、温度の高い野菜室が冷凍温度帯に囲まれているのに加え、温度の低い冷凍

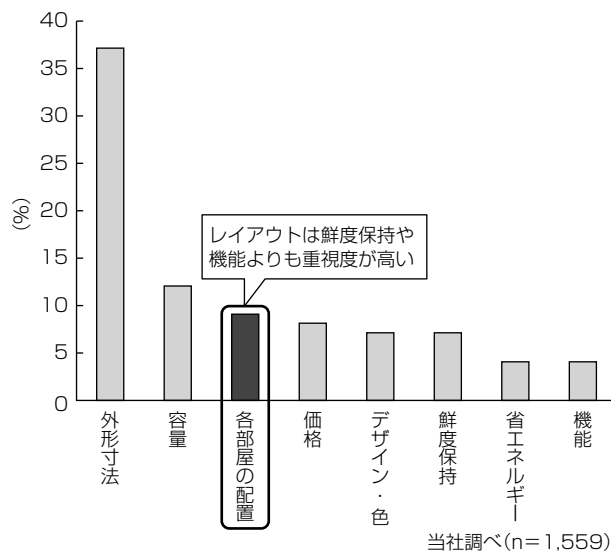
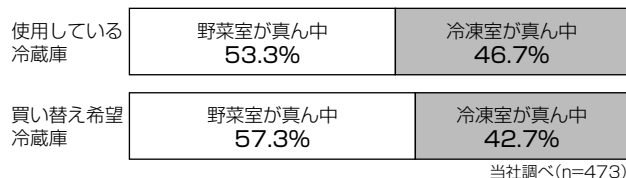
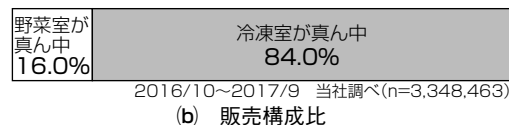


図1. 購入時の重視ポイント



(a) 買い替えサイクルである10～13年前の冷蔵庫ユーザーへの調査



(b) 販売構成比

図2. 買い替え希望者のニーズ調査結果

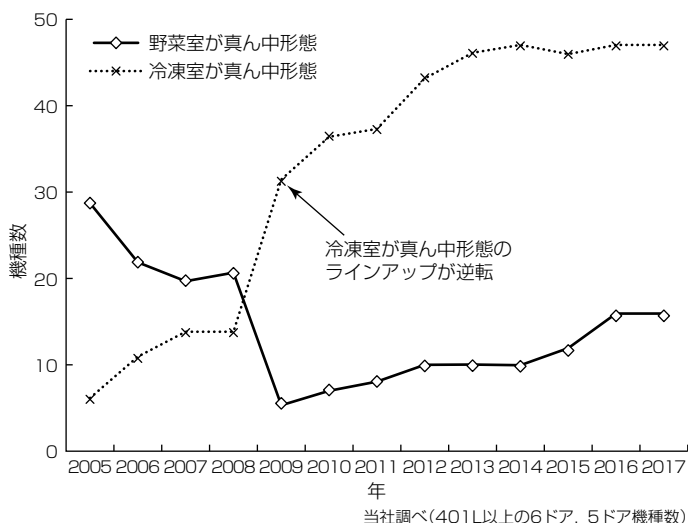
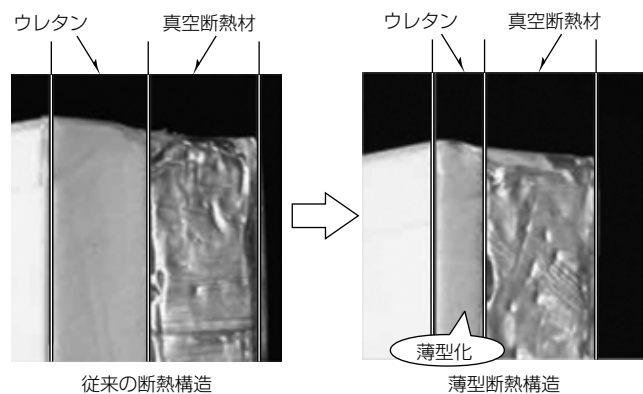


図3. レイアウト別のラインアップの推移

室が高温の機械室から熱影響を受けるため、冷凍室が真ん中形態と同等の省エネルギー性を得るには断熱材を追加する必要があります。内容積で不利と言える。そこで、この開発では“SMART CUBE”を活用し、野菜室が真ん中形態への適用設計を行う中で断熱構造の最適化を図った。野菜室



が真ん中形態の目標スペックは、設置幅650mmに対して、消費電力は市場でトップクラスとなる240kWh/y、内容積は当社のSMART CUBE搭載前の機種と比較して約30L大きくなる500L以上と、十分に優位性が示せる仕様にした。



(a) ウレタンの薄型化



(b) 真空断熱材の効率配置

図4. SMART CUBE

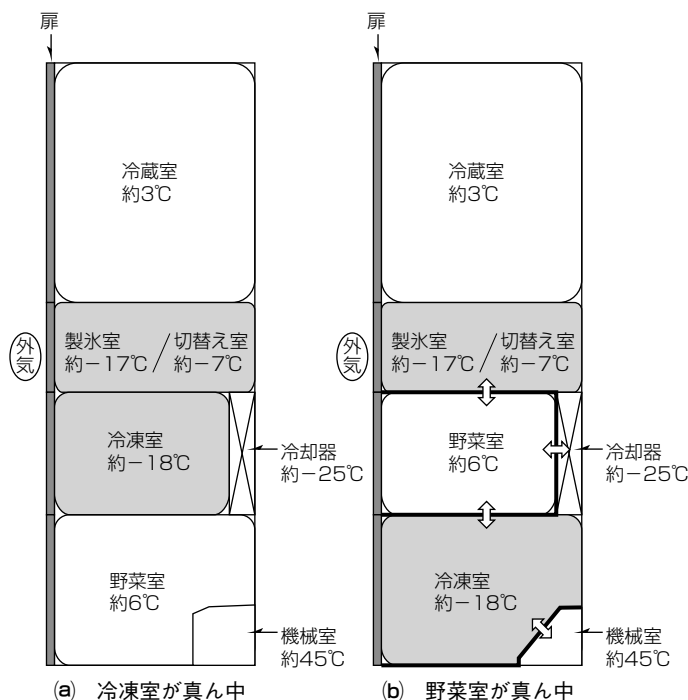


図5. 冷蔵庫側面の温度帯イメージ

### 3. 断熱構造の確立

#### 3.1 断熱性能の目標設定

表1に熱解析によって検証したレイアウトによる熱侵入量の差異を示す。冷凍室が真ん中形態では、冷凍室の背面に低温である冷却器が設置されていることに加え、外気との接触面が狭いため、冷凍室への熱侵入量は6.8Wとなる。それに対して、冷凍室と野菜室の位置を入れ替える場合は背面に位置する高温な機械室と、高温な床面からの影響を受けること等から冷凍室への熱侵入量が16.5Wに上昇する。冷凍室以外の部屋への熱侵入量も加味すると、冷蔵庫全体がレイアウト変更によって悪化する熱侵入量は5.0Wとなる。

そこで、この開発では断熱性能を冷凍室が真ん中形態と同等にすることを目標とし、熱侵入量の改善目標値を5.0Wにした。

#### 3.2 冷凍室周りの断熱強化

まず、冷蔵庫全体の熱侵入量を低減するため、両側面真空断熱材と床面真空断熱材の厚肉化を実施。内容積が500L以上を維持する範囲での厚肉化によって熱侵入量を2.2W改善した。

次に、特に熱侵入量の高い冷凍室側面の断熱性劣化に着目した。図6に冷蔵庫側面の真空断熱材の配置を示す。冷凍室が真ん中形態(MR-WX52C)では冷凍室に対する真

表1. レイアウトによる熱侵入量の差異

	熱侵入量 (W)	
	冷凍室が真ん中(MR-WX52C)	野菜室が真ん中想定
冷蔵室	14.3	14.3
製氷室	2.2	2.2
切替え室	2.6	2.6
冷凍室	6.8	16.5
側面	(2.8)	(4.7)
床	-	(4.3)
機械室	-	(2.8)
その他	(4.0)	(4.7)
野菜室	9.6	4.9
合計	35.5	40.5

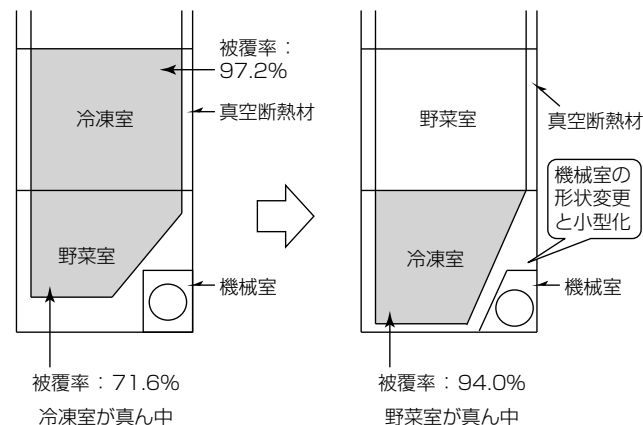


図6. 冷蔵庫側面の真空断熱材の配置図

空断熱材の被覆率は97.2%となるが、真空断熱材の配置を同一のまま、レイアウトを変更した場合は、真空断熱材の被覆率が71.6%まで減少してしまう。ここで、被覆率とは食品収納部屋のある一面の面積に対して、真空断熱材によって覆われている面積の割合を示す。外気からの影響を強く受ける冷凍室の被覆率を最大にするために機械室の形状変更と小型化を実施した。機械室の形状変更に伴い内部部品の形状変更を実施し、機械室上部に設置される蒸発皿では小型化に伴いドレン水の貯水量が減少する課題があったが、蒸発の熱源となる圧縮機との距離を縮める等の最適化によって、小型化後も蒸発性能で同等を確保した。冷凍室の真空断熱材の被覆率向上によって、熱侵入量を1.0W改善した。

### 3.3 各部屋間の真空断熱材適正配置

続いて、冷凍室及び野菜室への熱侵入量の増加に着目した。図7に野菜室が真ん中形態での真空断熱材の配置位置を示す。

冷凍室が真ん中形態では各部屋間の断熱材にウレタンが使用されているが、断熱性を向上させるには大幅に断熱材の厚みを増加させる必要があり、内容積をロスしてしまう。そこで、冷蔵温度帯である野菜室の温度維持を目的に3枚の真空断熱材(図7①～③)を追加するとともに、機械室からの熱侵入を抑制するため冷凍背面に真空断熱材(図7④)を追加した。これによって、内容積ロスを最小限としながら冷凍室への熱侵入量を0.8W改善できた。

“SMART CUBE”を基に、冷凍室周りの断熱強化、各部屋間の新規真空断熱材の適性配置によって、合計4.6Wの改善を実施。さらに、庫内風路を流体解析によって適正

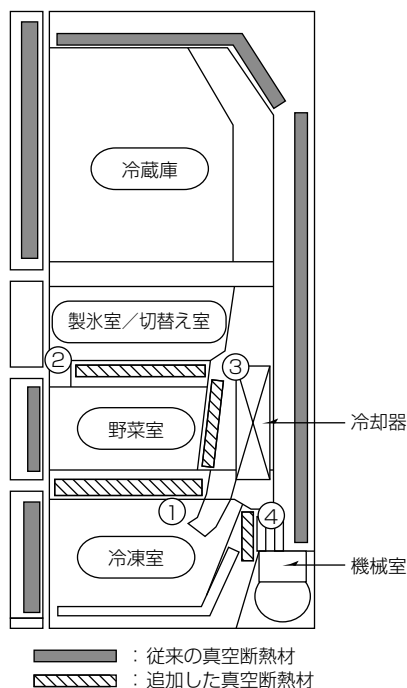


図7. 各部屋間の真空断熱材の配置位置

化し、冷凍室が真ん中形態以上の風量を確保することで、省エネルギー性能を冷凍室が真ん中形態と同等にした。

### 4. 冷却器小型化による野菜室の内容積改善

先に述べたとおり野菜室が真ん中形態では、“SMART CUBE”の活用によって、内容積ロスを最小限としたが、野菜室と冷却器の間に真空断熱材を追加(3.3節)したことで、冷凍室が真ん中形態と比較し、野菜室の内容積が約2L減少する。

そこで、野菜室の背面に位置する冷却器の小型化による収納内容積の改善を検討した。図8に従来冷却器のイメージ、図9に小型化冷却器の検討初期イメージを示す。冷却

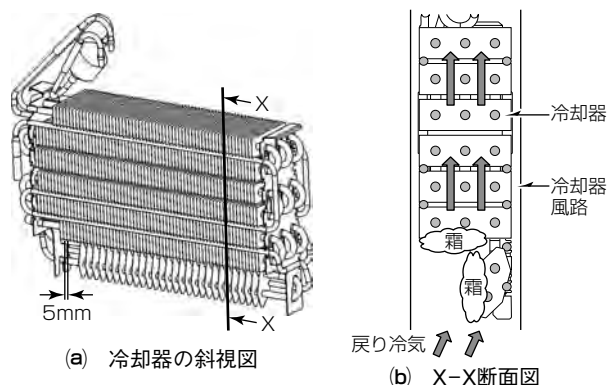


図8. 従来冷却器のイメージ

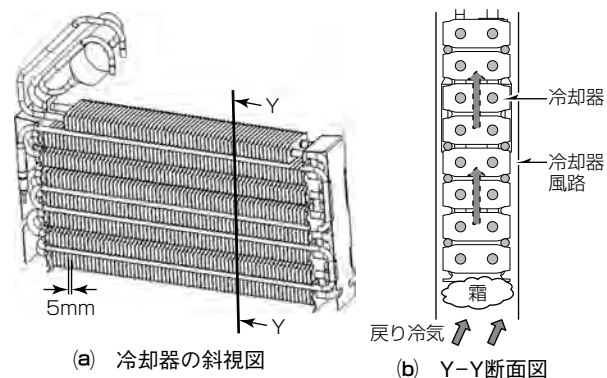


図9. 小型化冷却器の検討初期イメージ

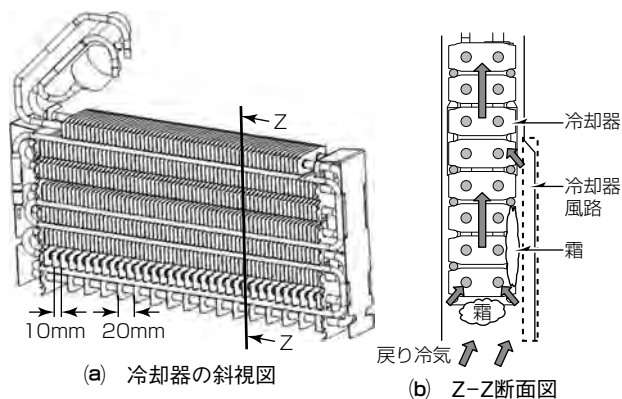


図10. 小型化冷却器の最終仕様イメージ

表2. 冷凍室が真ん中形態と野菜室が真ん中形態の仕様比較

		冷凍室が真ん中形態 MR-WX52C	野菜室が真ん中形態 MR-MX50D
設置幅(mm)		650	650
消費電力(kWh/y)		240	240
内容積(L)	全体	517	503
	冷凍室	89	89
	野菜室	98	98

器を小型化する場合、着霜可能領域が減少するため、過度な着霜によって冷却器が閉塞することで冷却能力が不足するおそれがある。そこで、冷蔵庫内の全体風路解析を実施し、各部屋から冷却器室へ流入する戻り冷気の流れ・流量を再現することで小型仕様の検討を行った。解析を基に改善を検討した小型化冷却器の最終仕様イメージを図10に示す。冷却器背面の空間を拡大することで着霜領域を移動させ、かつ冷却器のフィンピッチを拡大することで霜による冷却器の閉塞を防止した。これによって、冷却性能は従来機種同等のままでサイズを約2/3に小型化し、野菜室の内容積を2L改善できた。

表2に当社冷蔵庫の冷凍室が真ん中形態と野菜室が真ん中形態の仕様比較を示す。断熱構造の確立及び冷却器の小型化によって、消費電力量は目標の240kWh/yを達成するとともに、内容積でも500L以上を達成した。また、ユーザーが重視する部屋の内容積差によって機種選択を迷わないように、冷凍室と野菜室の内容積は冷凍室が真ん中形態と同等にした。これによって、省エネルギーかつ大容量の野菜室が真ん中形態を実現した。

## 5. 使い勝手とデザイン提案

### 5.1 新野菜ケース

野菜室が真ん中形態であるMXシリーズでは野菜室を重視するユーザーに向けて使い勝手やデザインの新しい提案を実施し、更なる価値向上を図った。まず、整理性と一覧性に優れた新野菜ケース(図11)を搭載した。野菜室の上段ケースの深さを変えると同時に、下段ケースの手前(ペットボトル収納部)側に設置可能なたて野菜ケースを追加し、野菜を大ききで分けることで効率良い収納を可能にした。これによって、家事に追われて冷蔵庫の中まで気が回らなくても、適度なエリア分けがされたケースで野菜を自然に整理でき、使い忘れて痛んだ食材を捨てる機会を抑制できる。

### 5.2 野菜室の保存性

野菜室の機能については2017年に搭載以来好評の“クリーン朝どれ野菜室”を継続採用した。この機能は野菜室後方に設置した野菜LED(Light Emitting Diode)の光によって食品の光合成を促すことで、本来保存中に減ってしまうビタミンCを増量させるとともに、野菜室底面に“ハイブリッドナノコーティング”を施した抗菌の“クリーン

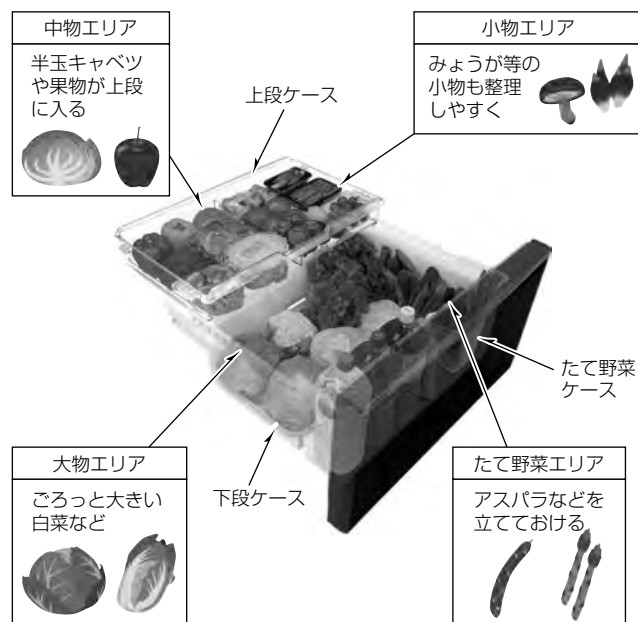


図11. 新野菜ケース

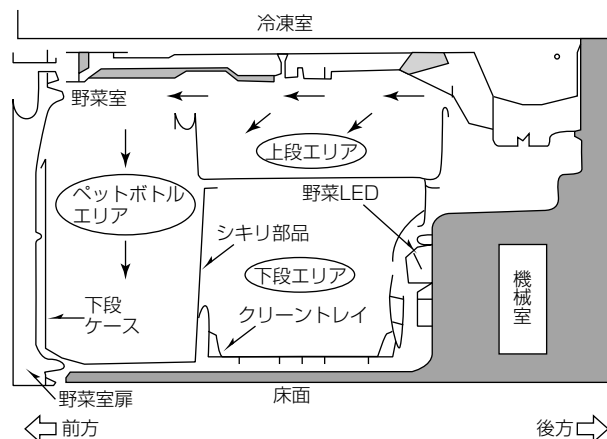


図12. 従来機種WXシリーズの野菜室概略断面図

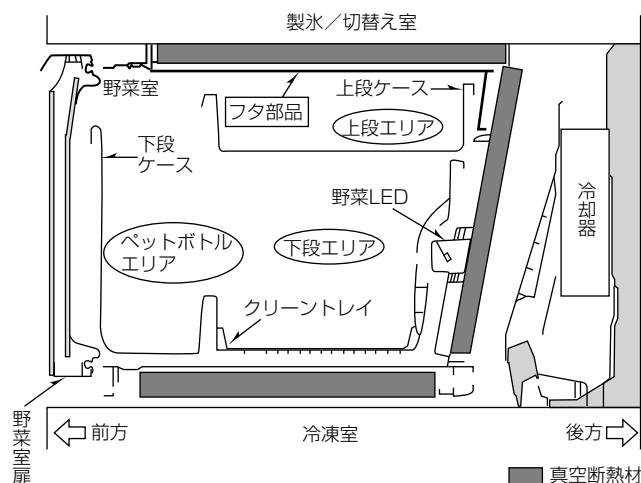


図13. 新機種MXシリーズの野菜室概略断面図

レイ”を採用することで、汚れがつきにくく、トレイを簡単に取り出して清掃もしやすい、当社独自の機能である。さらに、従来機種では食品の乾燥を抑制するため、野菜室



図14. 野菜室ハンドル

の下段ケース内にシキリ部品(図12)による略密閉構造を設けることで収納食品の保湿性を保っている。

MXシリーズでは更なる保存性向上のため、野菜室上方にフタ部品を設けることで、上段・下段ケース内を共に略密閉構造にした(図13)。これによって、野菜室後方から吹き込まれる乾燥した冷気が食品に当たることを野菜室全体で抑制した。さらに、野菜室周辺に真空断熱材を設置することで、野菜室の断熱性能を向上させ、野菜室に吹き込まれる冷気の量を抑制した。

野菜室全体の略密閉構造化と断熱性向上の両仕様による保湿効果の検証のため、野菜室にハウレンソウを投入し、7日後の水分損失率によって性能を評価する試験を行った。その結果、新仕様のMR-MX57Dの野菜室では下段エリアでは水分保持率が95%以上であるとともに、これまで密閉されず保湿が難しかった上段エリアとペットボトルエリアでも水分保持率が83%以上と野菜室全体で高保湿保存を実現した。

### 5.3 野菜室のハンドル形状

野菜室の開閉操作性にもこだわった。野菜室(冷凍室と共通)のハンドル(図14)は従来機種から好評である力入れやすい逆手形状を踏襲しながら、楽な力で開閉できる中央部へ手を自然に導くために、中央の広い面に光が当たって太く見えるように工夫した。これによって、収納量が多く、重くなりやすい野菜室もより無理なく開閉することが可能になった。

### 5.4 外観デザイン

冷蔵庫表面のガラス面材には、WXシリーズで好評であったブラウン色を基に、上側へ向かって明るく変化するグラデーションを施したグラデーションブラウン(図15)を新たに追加した。これによって、暗いブラウンの高級感と、明るいブラウンの華やかさを併せ持った、今までにない冷蔵庫の外観を実現した。



(a) 従来機種 WXシリーズ (ブラウン) (b) 新機種 MXシリーズ (グラデーションブラウン)

図15. 新色グラデーションブラウン



図16. 製氷室・切替え室ハンドル

また、製氷室・切替え室のハンドル(図16)は、清掃性に配慮してカドのないなだらかな造形に改良するとともに、細いアクセントラインでガラス面材の美しさを際立たせ、使い勝手と意匠性を共に向上させた。

## 6. む す び

当社独自技術の薄型断熱構造“SMART CUBE”を活用することで、買い替えニーズの高い野菜室が真ん中形態でありながら大容量かつ省エネルギーの新型冷蔵庫MXシリーズを開発し、2018年3月に発売した。これによって、コンパクト大容量機種で、野菜室が真ん中形態のMXシリーズと冷凍室が真ん中形態のWXシリーズのダブルメイン展開を実施することで、市場ニーズに幅広く応える製品ラインアップを実現した。

# 屋内用LED表示装置“NP160シリーズ”

小田切健介\*

*Narrow Pixel Pitch Direct View LED "NP160 Series"*

*Kensuke Odagiri*

## 要 旨

三菱電機は、交通管制、災害対策室、電力プラント、セキュリティなど監視用途の大型映像表示装置として、1998年以降、DLP(Digital Light Processing)<sup>(注1)</sup>方式プロジェクタを開発してきた。監視市場では、24時間365日連続的な映像表示と映像品位の維持が要求されるが、当社は、プロジェクタ用光源の長期使用に伴う輝度低下補正機能、映像信号入力と電源の二重化などによって対応してきた。一方、画面サイズとして例えば300型を超えるような大画面表示を実現するためには、複数のプロジェクタを縦横方向に並べ、一つの大画面を構築する必要があるが、この時、プロジェクタ用スクリーン間の目地が、大画面の一体感を損なう要因となっていた。

近年、主に屋外用大画面に使用されているLED(Light Emitting Diode)表示装置の画素を構成するLED素子が、技術の革新によって急速に屋内用大画面に使用可能なサイズまで小型化されてきた。また、3原色(RGB(Red Green Blue))のLEDチップを一つのパッケージにおさめた3 in 1 LED素子が登場し、これをプリント基板上に等間隔かつ高密度に実装し、基板を縦横方向に並べることによって、目地のない大画面の構築が可能になった。

これまで培った監視用途向け技術と技術革新が進むLED素子を融合し、屋内用LED表示装置“NP160シリーズ”を開発した。

(注1) DLPは、Texas Instruments Inc. の登録商標である。



## 当社の本社ビル26Fスカイホール向け屋内用LED表示装置

2018年1月、本社ビル26Fスカイホールに解像度4K2Kの屋内用LED表示装置を設置し、運用を開始した。当社に来社する国内外の顧客に向けて、一体感があり、視認性の良い新たな大画面表示装置として訴求している。

# 1. ま え が き

当社のDLP方式プロジェクタは、監視市場を中心に、大型映像表示装置として20年にわたり全世界へ販売され、その高い信頼性から多くの客先で現在も継続使用されている。

20年の間、映像表示解像度がXGA(eXtended Graphics Array)から1080Pへ高精細となって表示情報量が増加してきたことに加え、プロジェクタ用光源の水銀ランプからLEDへの変化に伴って、当社独自の冷却設計と電気回路設計によって光源長寿命化と低消費電力化を実現するなど、顧客にとっての価値向上に努めてきた。

本稿では、プロジェクタ製品開発でこれまで当社が培ってきた監視用途向け技術を展開して開発した、屋内用LED表示装置NP160シリーズの特長について述べる。

# 2. 屋内用LED表示装置の特徴

屋内用LED表示装置にはRGBのLEDチップを一つのパッケージにおさめた面実装タイプの3 in 1 LED素子が使用され、サイズも1.0mm角のものから0.6mm角のものまで小型化が進んでいる(図1)。これらのLED素子はプリント基板上に格子状に等間隔で実装され、一つのLED素子が映像の1画素に相当する。例えば1.0mm角のLED素子を1.5mm間隔で解像度1080Pの映像を表示する場合、 $1,920 \times 1,080 = 2,073,600$ 個のLED素子を $(1,920 \times 1.5\text{mm}) \times (1,080 \times 1.5\text{mm}) = 2.88 \times 1.62\text{m}$ のサイズのプリント基板上に実装することになるが、製造可能な基板サイズの制約によって、複数の基板に分割して実装する必要がある。これら基板間で隣接する基板端のLED素子同士がLED素子の実装間隔と同一となるよう並べることによって、基板間

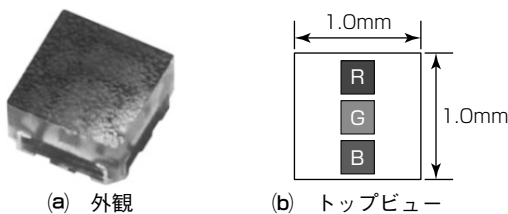


図1. 1.0mm角のLED素子

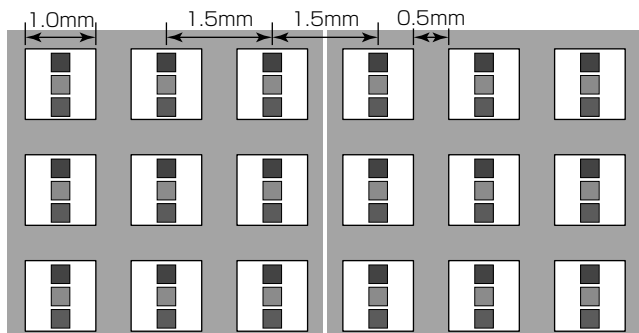


図2. プリント基板隣接部

で継ぎ目が見えない一体感のある大画面映像を表示することが可能となる(図2)。これは、スクリーン間の目地が大画面の一体感を損なうプロジェクタとは大きく異なる。

# 3. NP160シリーズの仕様

主な競合メーカーは広告市場をターゲットとする屋外用LED表示装置の機能を屋内用へ展開したものが多く、後発メーカーである当社は、プロジェクタ開発で培った監視市場で要求される機能を屋内用LED表示装置に展開することで差別化を図っている。

今回開発したNP160シリーズは、1.0mm角の3 in 1 LED素子を $240 \times 270(\text{mm})$ のプリント基板上に1.5mm間隔で28,800個実装し、その基板を縦横各2枚、合計4枚並べ、LEDユニットとしている。LEDユニット1台当たりの解像度は $320 \times 360$ 画素となるため、解像度1080Pの映像を表示する場合は、縦3段×横6列=18台のLEDユニットが必要となる。また、LEDユニットへ映像信号を供給するコントロールユニットと電源を供給する電源ユニットが

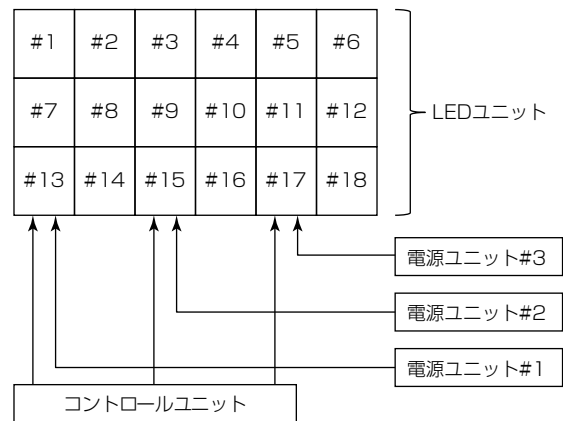


図3. 解像度1080PのLED表示装置のシステム構成

表1. NP160シリーズLEDユニットの仕様

型名	VS-15NP160
LED素子	面実装タイプ3 in 1
LED画素間隔	1.5mm
LED寿命	100,000時間
外形寸法	W480×H540×D90(mm)
表示解像度	320×360画素
映像入力	専用端子(二重化対応)
電源入力	専用端子(DC48V)

表2. NP160シリーズ コントロールユニットの仕様

型名	VC-NP1000
映像入力	DVI-D(HDCP対応)端子×2
映像出力	専用端子(二重化対応)
解像度	VGA~1080P/WUXGA
DVI-D	: Digital Visual Interface-Digital
HDCP	: High-bandwidth Digital Content Protection
VGA	: Video Graphics Array
WUXGA	: Wide Ultra eXtended Graphics Array

表3. NP160シリーズ 電源ユニットの仕様

型名	S-NP15PWR
電源出力	専用端子(DC48V)

あり、解像度1080Pを表示するLEDユニット18台に対しコントロールユニット1台と電源ユニット3台が必要となる。

図3に解像度1080PのLED表示装置のシステム構成を、表1、表2、表3に仕様を示す。

#### 4. NP160シリーズの特長

##### 4.1 焼き付き低減機能

LED素子の輝度は点灯時間の経過とともに低下するが、3 in 1 LEDはRGB三つのLEDチップで構成されるため、映像表示内容によってLED素子間だけではなく、LED素子内のLEDチップ各色の輝度低下量が異なる。

特に監視用途では系統図、地図などの静止画を表示するケースが多く、特定のLEDは長時間点灯するが別のLEDは短時間しか点灯しない状態が長期間継続する。この時、点灯時間の長いLEDと短いLEDの間で輝度低下量が差が出る。

例えば、地図を長期間表示した後に異なる地図を表示した際に、最初の地図の残像が新しい地図に重なるように表示される、いわゆる静止画の焼き付き現象が顕在化する。

図4は静止画の一例として、黒色の背景に白色のアルファベットHを長時間表示した場合に各LED素子がどのように輝度低下し、H表示がどのように変化するかを示している。黒を表示するLED素子Aと白を表示するLED素子Bの点灯時間が例えば2万時間経過した時、LED素子Aは輝度低下がほとんどなく、LED素子Bは輝度低下が進行することを示す。

当社プロジェクタは、光源の輝度低下を計測し、複数のプロジェクタ間で生じた輝度低下量の差を自動的に補正する機能を持っており、この機能を屋内用LED表示装置に展開したものを焼き付き低減機能と呼ぶ。

屋内用LED表示装置でこの機能を実現するため、全

てのLED素子のRGB各色の点灯時間を定期的に計測し、LED素子単位で輝度低下量を計算している。その結果から輝度低下量の大きいLED素子に他のLED素子の輝度が合うように自動的に補正する。

図5の矢印の上の図は静止画の一例で、H表示が例えば2万時間経過した後、全画面を白表示にした時にLED素子Bの輝度低下によって薄くH表示が残像のように現れる焼き付き現象を示す。そして下の図は焼き付き低減機能によってLED素子Aの輝度を輝度が低下したLED素子Bの輝度に合うように自動補正することによって残像現象、つまり焼き付き現象を軽減できることを示す。

この機能によって、静止画を長時間表示する監視用途でも長期的に画像品位を保つことが可能になる。

##### 4.2 映像信号二重化機能

パソコンなど外部から入力される映像信号はコントロールユニットで受信し、ガンマ・輝度・色度補正、解像度変換などの映像信号処理がされた後、各LEDユニットへ出力される。

図6(a)のように、LEDユニットは複数台で構成されるため、コントロールユニットから出力された映像信号をディジーチェーン接続によって矢印の方向へ伝送している。

もし図6(b)のようにLEDユニットが故障すると、故障した製品から矢印の後ろ方向へディジーチェーン接続されているLEDユニットへ映像信号が伝送できなくなり、故障していないLEDユニットで映像が非表示となってしまう。

そこでコントロールユニットとLEDユニットの映像信号のディジーチェーン接続を二重化し、LEDユニットの故障をコントロールユニットが検出すると、図6(c)のように二重化された経路へ自動で切り替え、故障していないLEDユニットへ映像信号を供給し、映像非表示領域を最小限に抑制する。

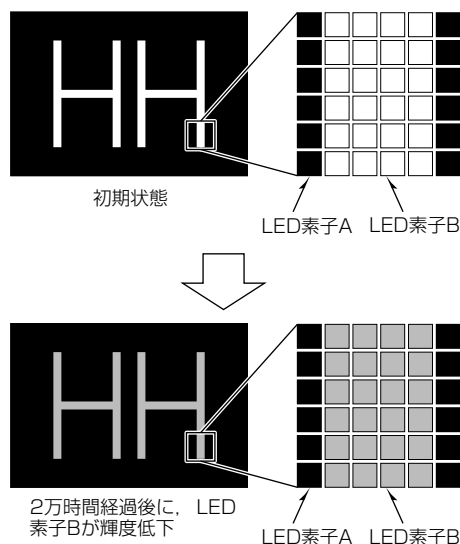


図4. 静止画表示時の輝度低下

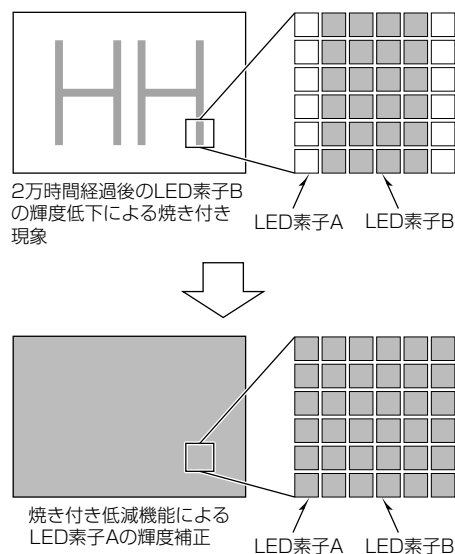


図5. 焼き付き低減機能による輝度補正

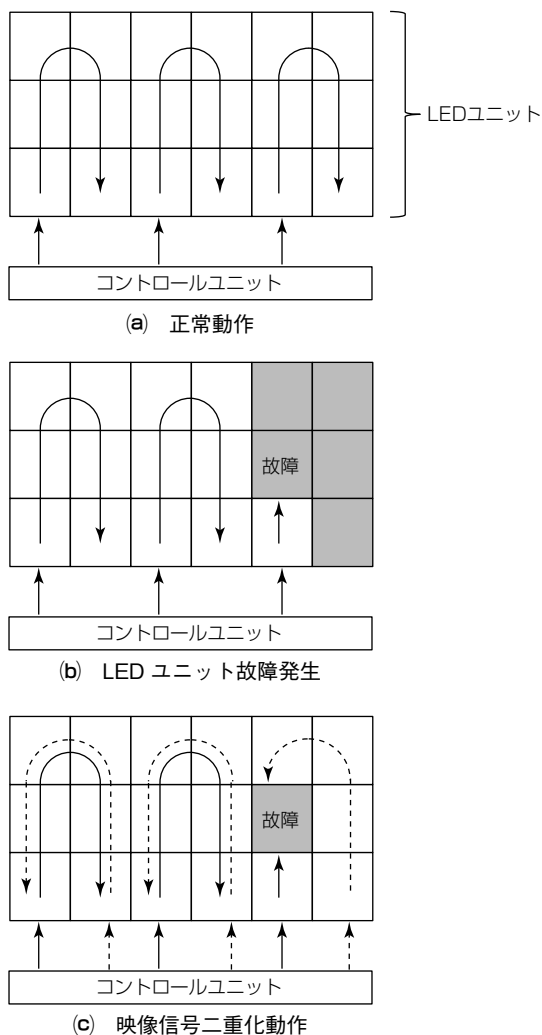


図6. 映像信号二重化機能

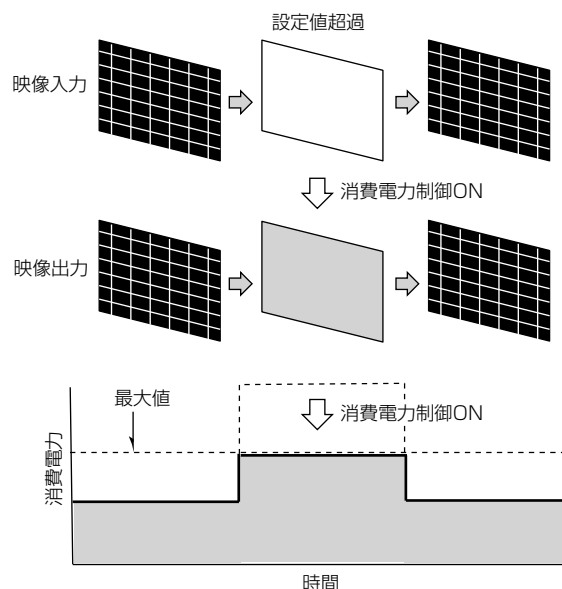


図7. 消費電力制御機能

ーは回避可能であるが、この場合は暗い映像信号を表示する時も輝度が下がるため、視認性が悪化するという問題がある。

NP160シリーズは、一瞬でも消費電力が過大となることを防ぐため、消費電力が最大値以下に制限されるよう映像信号の変化に連動してLEDユニットの輝度を制御する消費電力制御機能を持つ。この制御によって、明るい映像信号表示時には輝度を下げ、暗い映像信号表示時には輝度を下げないことが可能になるため、あらゆる映像信号に対して視認性を損なわないという効果がある(図7)。

## 5. む す び

今回、1.0mm角LED素子を使用し、LED画素間隔が1.5mmの屋内用LED表示装置NP160シリーズを開発した。監視用途では大画面に多くの情報を表示すること、つまり大型映像表示装置の高解像度化が重要であり、また、焼き付き低減機能、映像信号二重化機能、消費電力制御機能も監視用途で要求される24時間365日連続的な映像表示と映像品位の維持に必要な機能である。

LEDパッケージは0.8mm角、0.6mm角と小型化が進んでおり、LED画素間隔を1.2mm、1.0mmとより狭くすることが可能になってきている。今後、この開発で構築した監視用途向け機能の継承と改良を行い、LEDパッケージのトレンドに沿った屋内用LED表示装置の高解像度化を進めていく。

## 4.3 消費電力制御機能

LEDユニットの輝度はLED素子に流す電流によって決まり、明るい映像を表示する時は電流を増やすためLEDユニットの消費電力が高くなり、暗い映像では電流を減らすため消費電力が低くなるという特性を持つ。これはLEDユニットの台数が増えるほど、消費電力の変動量も増えることを意味する。

大画面で系統図、地図といった情報を複数のオペレータで共有する監視用途では、設備の電源容量によって許容最大消費電力が決まるため、一瞬でも過大な電力が消費されると、電源容量オーバーによって電源供給停止にいたるケースもある。

例えば、一定の消費電力以上にならないようLEDユニットの輝度を下げて固定する方法によって電源容量オー



# 家庭用自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機 “三菱エコキュート 2018年度モデル”

飯田恭平\*  
赤木 智\*\*  
戸田明宏\*

CO<sub>2</sub> Heat Pump Hot Water System "Mitsubishi EcoCute 2018 Fiscal Year Model" for Household Use

Kyohei Iida, Satoshi Akagi, Akihiro Toda

## 要 旨

再生可能エネルギーである大気熱を利用して湯を沸かす自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機(以下“エコキュート<sup>(注1)</sup>”という。)は、省エネルギー性や低ランニングコストが評価され、2001年に登場してから2018年6月末には国内累計出荷台数600万台を突破した。2013年10月に改正・施行された“住宅の省エネルギー基準”を2020年を目途に基準義務化する検討がされており、効率が良く、再生可能エネルギーを利用するエコキュートは、より一層の普及促進が見込まれている。

今回開発した“三菱エコキュート 2018年度モデル”は、省エネルギー性能を更に向上させて、2018年度モデルの“Pシリーズ”370Lで、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(2017年度モデルは3.8)。

(1) ヒートポンプユニットの性能を向上

ヒートポンプユニット内の水-冷媒間の熱交換器であるガスクーラにディンプル構造を追加して伝熱性能を向上した。

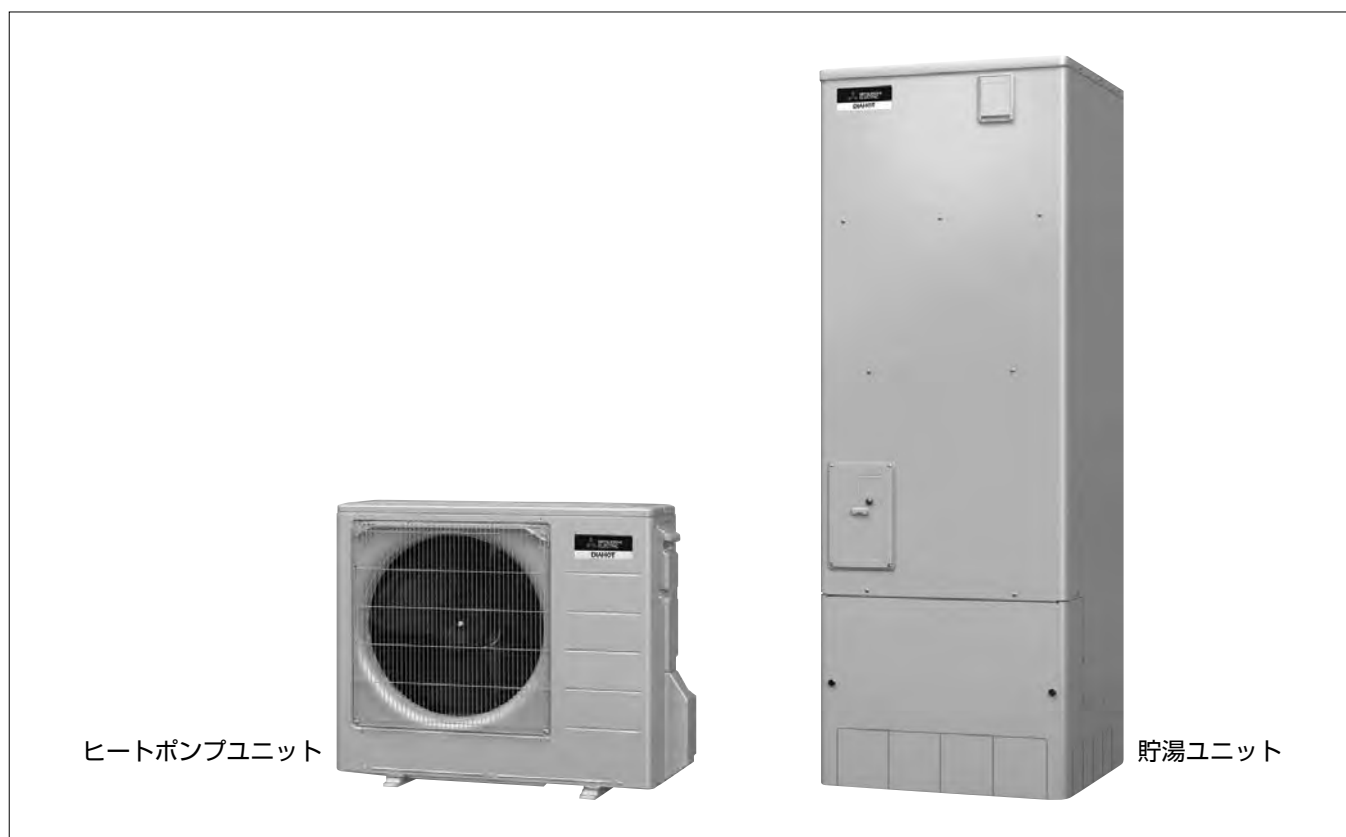
(2) “ホトリたーん”機能を追加

浴槽の残り湯の熱を、ふろ熱交換器を介して、貯湯タンク内の低温水と熱交換し、貯湯タンク内の水を温めて沸き上げに必要なエネルギーを節約する機能を追加した。

(3) “お天気リンクAI”機能を搭載

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もと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た。

(注1) エコキュートの名称は、電力会社・給湯機メーカーが自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機を総称するペットネームとして取り扱っている。



## 家庭用自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機“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、浴槽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”機能を搭載した。

## 1. ま え が き

再生可能エネルギーである大気熱を利用して湯を沸かすエコキュートは、省エネルギー性や低ランニングコストが評価され、2001年に登場してから2018年6月末には国内累計出荷台数600万台を突破した。2013年10月に改正・施行された“住宅の省エネルギー基準”を2020年を目途に基準義務化する検討がされており、効率が良く、再生可能エネルギーを利用するエコキュートは、より一層の普及促進が見込まれていると同時に、更なる性能改善も期待されている。

2018年7月発売の2018年度モデルでは2017年度モデル比約5%向上の年間給湯保温効率(JIS) 4.0実現のため、ヒートポンプユニットの性能向上、貯湯ユニットの新水回路導入・新機能追加を行った。

## 2. 省エネルギー技術

### 2.1 ヒートポンプユニットの性能向上

ヒートポンプユニットの性能向上のため、水とCO<sub>2</sub>冷媒との熱交換を行うガスクーラの伝熱性能を向上させた。

伝熱面であるガスクーラの水側表面に突起状のディンプルを追加することによって、水の流れを攪拌(かくはん)し、熱交換を促進させる形状にした(図1)。



図1. 2018年度モデルガスクーラのディンプル構造

### 2.2 貯湯ユニットの水回路の性能向上

貯湯ユニットの新水回路による省エネルギー向上技術として、“中温水取出し”、及び、“ホトリたーん”の二つの機能を搭載した。

#### 2.2.1 “中温水取出し”機能

エコキュートの中温水とは、広義には沸き上げ時の貯湯温度より低温の湯水のことであり、温度拡散や放熱などによって主に貯湯タンクの中間部に生成される。

従来の水回路(2017年度モデル)では貯湯タンク中間部の中温水を給湯に使用することができず、次の夜間の沸き上げで再度、高温水(例 65℃)まで沸き上げを行っていた。この際、ヒートポンプユニットへの入水温度が給水温度(例 冬期 9℃)より高くなるため、沸き上げ時のヒートポンプユニットの運転効率が低下していた。

これに対し、2018年度モデルでは中温水取出し回路を設け、図2に示すとおり、給湯時に貯湯タンク中間部から中温水を直接取り出し給湯水に混合することで、貯湯タンク内に残る中温水を削減でき、夜間の沸き上げでのヒートポンプユニットへの入水温度を低下させ、沸き上げ時のヒートポンプユニットの運転効率を向上させることが可能になった。

#### 2.2.2 “ホトリたーん”機能

ホトリたーんとは、入浴後のおふろの残り湯の熱を、貯湯タンク下部の低温水と熱交換することによって貯湯タンクに戻す機能である。

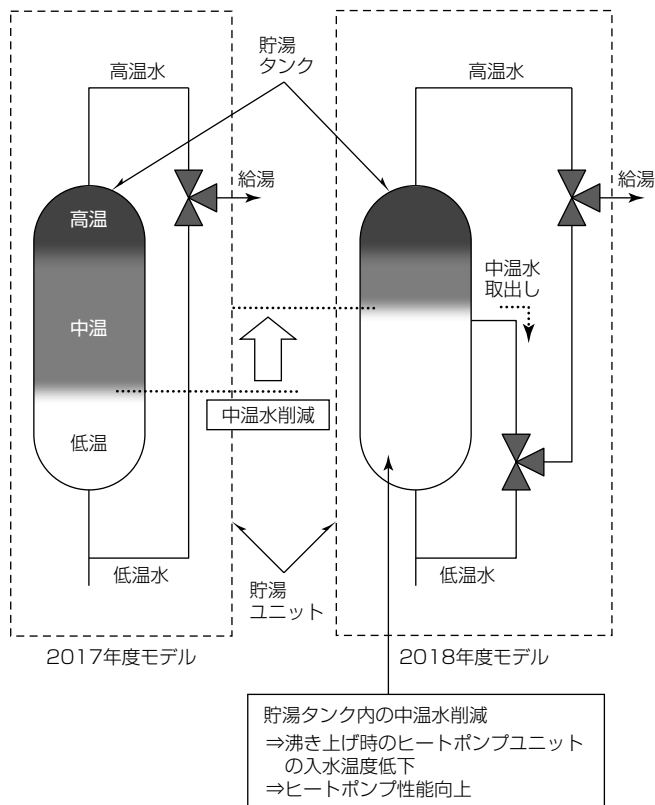


図2. 中温水取出しによる省エネルギー作用

図3に示すとおり、貯湯タンク下部の低温水を、ふろ熱交換器を介して、おふろの残り湯と熱交換し、貯湯タンク中間部に戻すことによって、残り湯の熱を貯湯タンク内に回収する。これによって、次の夜間の沸き上げ熱量を削減し、エコキュートの消費電力量を削減できる。

先に述べた中温水取出しとは相乗効果があり、中温水取出しによってタンク下部の低温水が増加するため、ホトリたーんによる回収熱量を増加させることができる。

なお、ホトリたーんによってタンク下部の温度が上昇し、ヒートポンプユニットへの入水温度も上昇する。したがって、ヒートポンプユニットの運転効率は低下するが、

沸き上げ熱量を削減する効果の方が大きく、トータルとして省エネルギー効果を奏する。

### 2.3 年間給湯保温効率

先に述べた“ディンプル”構造、“中温水取出し”機能、“ホトリたーん”機能に加えて、電動弁等の不動作時の通電カット等による待機電力の削減等によって、2018年度モデルPシリーズ370L機種“SRT-P374UB”“SRT-P374B”で年間給湯保温効率(JIS) 4.0<sup>(注2)</sup>(2017年度モデルは3.8)を達成した。

(注2) JIS C 9220: 2018に基づき、ふろ熱回収機能(ホトリたーん)を用いて測定した値。

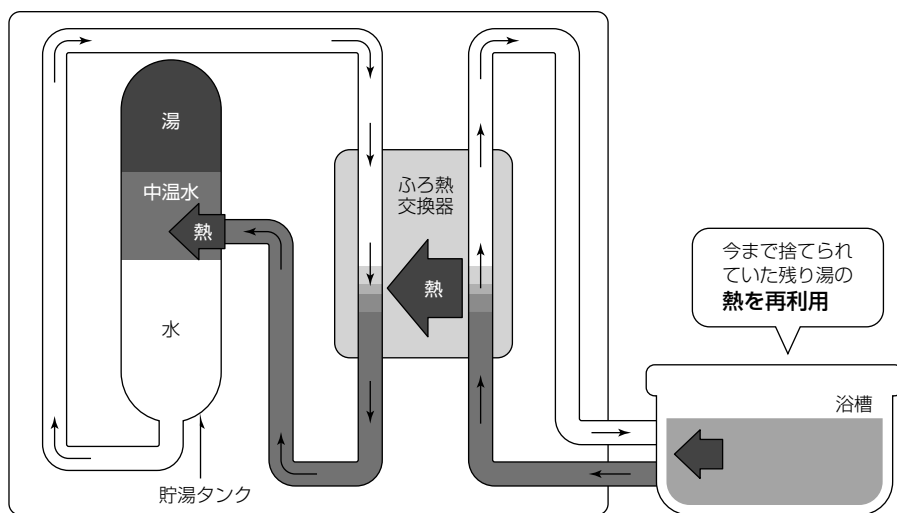


図3. “ホトリたーん”機能の概念図

### 3. “お天気リンクAI”機能

2016年度モデルで、資源エネルギー庁が2014年度末に公示した出力制御ルールへの対応のために、三菱HEMSとの接続によって太陽光発電システムと連携する“太陽光発電出力制御連携”機能を搭載した。この機能に加えて“売電優先”“余剰電力活用”と、三つの連携機能を搭載した(図4)。

一方、2019年度から再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)が終了して売電価格の下落

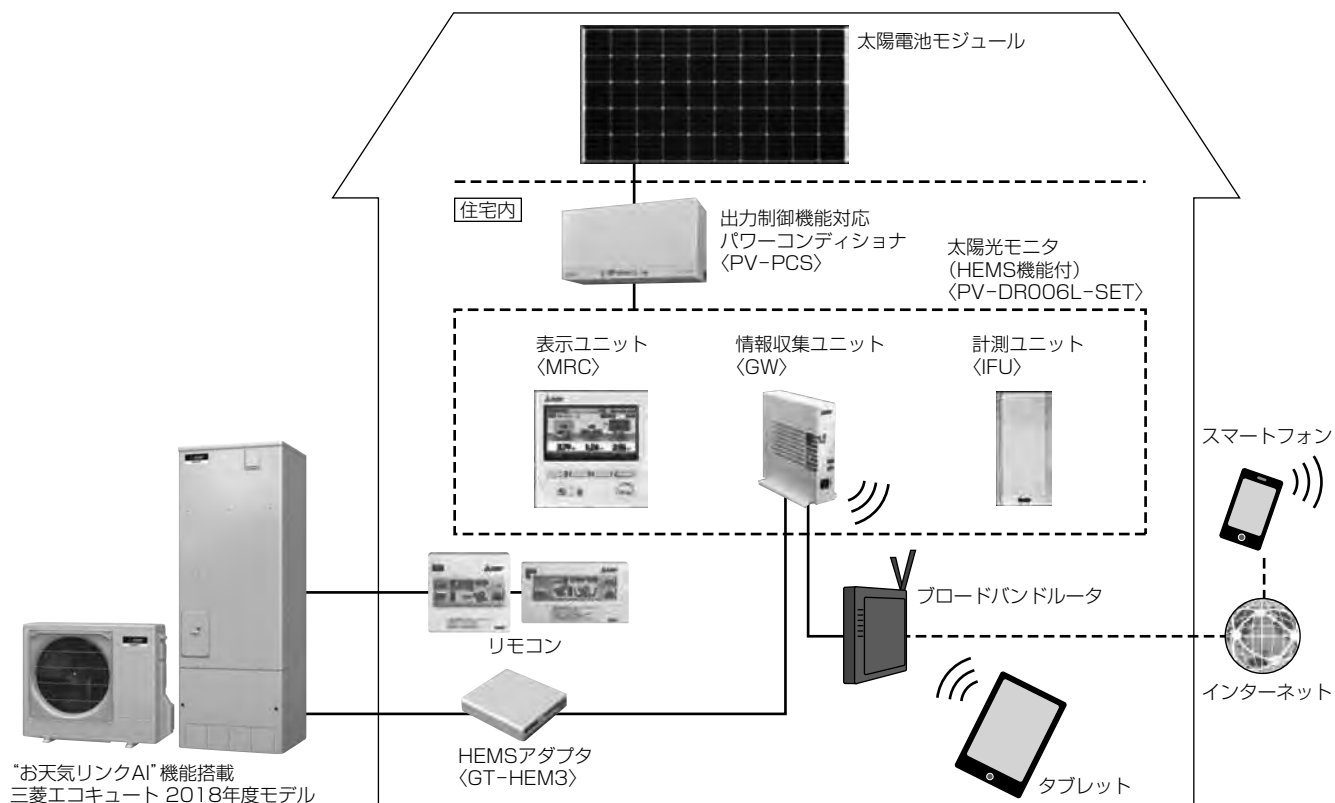


図4. 太陽光発電システムとの連携

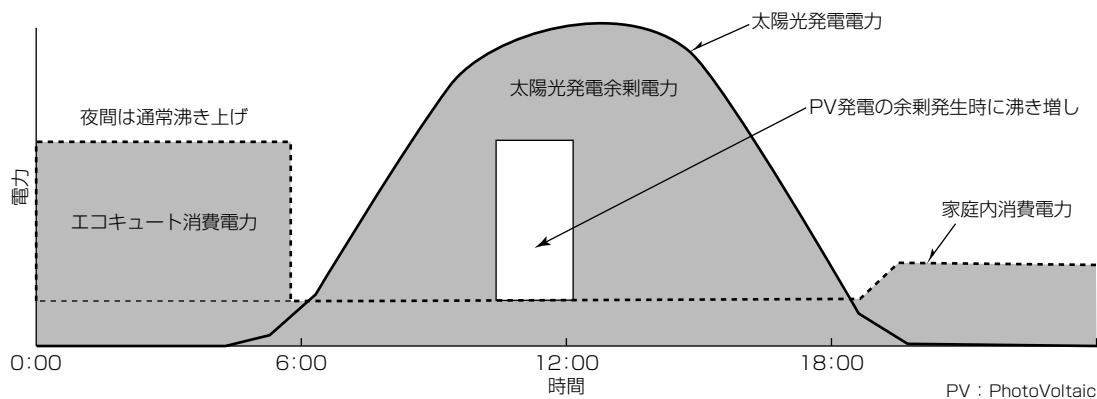


図5. 2016年度モデルの余剰電力活用機能イメージ

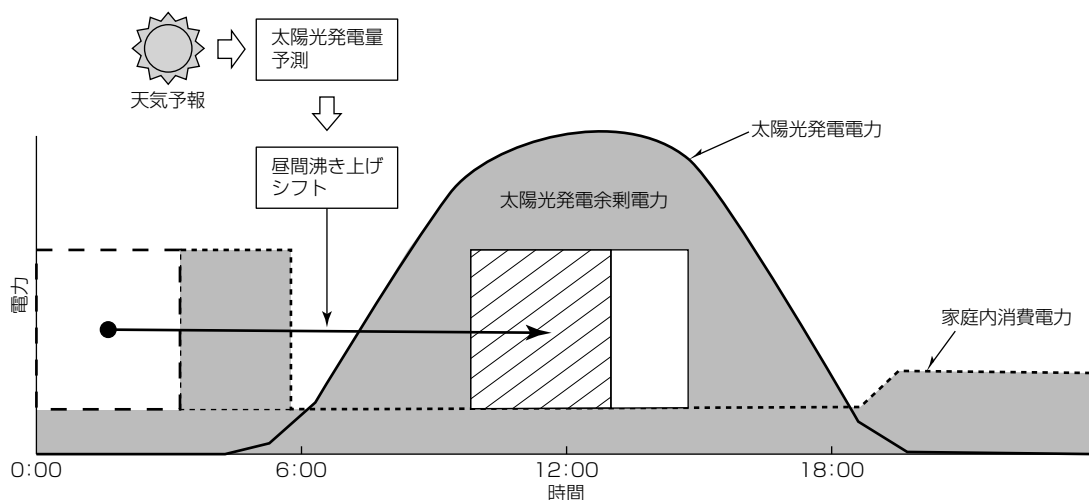


図6. 2018年度モデル(お天気リンクAI)の動作イメージ

等によって、今後は家庭内での余剰電力の活用ニーズが更に見込まれる。更なる余剰電力活用機能の向上を推進するため、天気予報を活用した“お天気リンクAI”機能を2018年度モデルに搭載した。

“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(Artificial Intelligence)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実績と天気予報から、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5)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6)。

さらに、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。

#### 4. む す び

今後もエコキュートは更なる高効率化が必要となる。性能向上を図る技術を開発し、エコキュートの技術革新に貢献していく。

#### 参 考 文 献

- (1) 渡邊尚希, ほか: 家庭用三菱エコキュート“B2シリーズ”, 三菱電機技報, 90, No.10, 563~565 (2016)

# スティッククリーナーの身体負荷軽減技術

高野浩志郎\*

志村 嶺\*\*

相馬公義\*\*\*

Technology of Reducing Body Load for Stick Cleaner

Koshiro Takano, Ryo Shimura, Kimiyoshi Souma

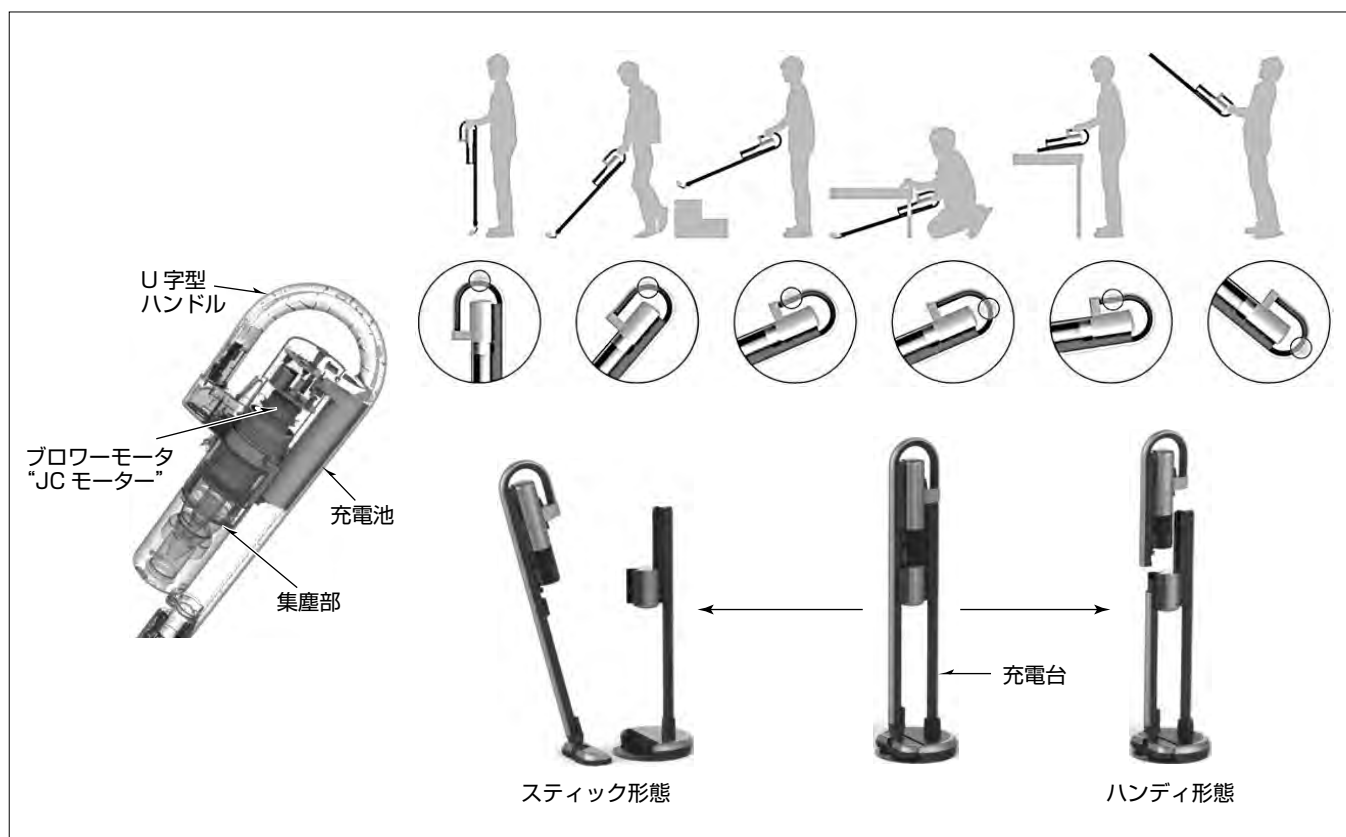
## 要 旨

近年の高齢化や共働き家庭の増加を背景に、軽さとスタンバイ性に優れたスティッククリーナーの需要が増大している。スティッククリーナーは、小型で軽量な特徴を生かして床面から高所まで多様な掃除シーンで使用されるが、充電電池や集塵(しゅうじん)部等の重量物をハンドル近傍に配置しているため、腕等にかかる負荷が大きくなり不満点として指摘されていた。

この課題に対応するため、充電電池等の構成部品のレイアウトを見直して重心の最適化を行うとともに、掃除シーンに合わせてグリップ位置が選べるU字型ハンドルを採用し、ユーザーが体格に合わせて楽な姿勢で低負荷な操作をできるようにした。

また、充電台から取り出す形態を選択できるワンタッチ取出し機構と、進行方向のまま収納できるスマート収納構造によって、取出しから収納まで、持ち替えや持ち上げの動作をすることなく片手での操作を可能にした。さらに、小径・軽量化したダストカップには、回転着脱構造を採用して容易に着脱可能にし、簡単なおみ捨てを可能にした。

この技術に加え、小型・高効率な高性能ブラシレスDCブロワーモータ“JC(Jet Core)モーター”搭載によって、本体の軽量化を実現した。ユーザーの多様な掃除シーンで、幅広い年齢層に対して身体負荷を小さくした、コードレススティッククリーナー“HC-JXH30P”を2018年10月に発売した。



## コードレススティッククリーナー“HC-JXH30P”の構造と操作時の様子

左図は、HC-JXH30Pの内部レイアウトとU字型ハンドルの外観を示す。右上図は、多様な掃除シーンでユーザーが自由に選択できるグリップ位置を示す。右下図は、充電台からスティック形態とハンディ形態で取り外した際の比較を示す。

## 1. ま え が き

近年の高齢化や共働き家庭の増加を背景に、軽さとスタンバイ性に優れるスティッククリーナーの需要が増大している。スティッククリーナーは、小型で軽量な特徴を生かして床面から高所まで多様な掃除シーンで使用されるが、充電電池や集塵部等の重量物をハンドル近傍に配置しているため、腕等にかかる負荷が大きくなり不満点として指摘されていた。

この課題に対応するため、充電電池等の構成部品のレイアウトを見直して重心の最適化を行うとともに、掃除シーンに合わせてグリップ位置を選べるU字型ハンドルを採用し、ユーザーが体格に合わせて楽な姿勢で低負荷な操作をできるようにした。

また、充電台から取り出す形態を選択できるワンタッチ取出し機構と、進行方向のまま収納できるスマート収納構造によって、取出しから収納まで、持ち替えや持ち上げの動作をすることなく片手での操作を可能にした。さらに、小径・軽量化したダストカップには、回転着脱構造を採用して容易に着脱可能にし、簡単なお掃除を可能にした。

この技術に加え、JCモーター搭載によって、本体の軽量化を実現した。ユーザーの多様な掃除シーンで、幅広い年齢層に対して身体負荷を小さくした、HC-JXH30Pを2018年10月に発売した。

本稿では、三菱電機独自の重心配置最適化とU字型ハンドル、ワンタッチ取出し機構と充電台へのスマート収納構造、及びダストカップの回転着脱構造について述べる。

## 2. 掃除中の身体負荷軽減

### 2.1 スティッククリーナーの課題

スティッククリーナーは、充電電池や集塵部等からなる重い本体を把持又は支えて操作するため、シリンダ型と比べて手元にかかる負荷が大きくなる。また、同じスティック型でも、

重量物の位置によって床面で支持する荷重が変化することで、手元にかかる負荷が大きくなる場合がある(図1)。

三菱電機では、この課題を解決するため、掃除シーンとユーザー動作の分析を行い、各動作に最適な重心配置による掃除作業の手元負荷軽減に取り組んだ。

### 2.2 掃除シーンとユーザー動作分析

多様な掃除シーンに対応してユーザーの身体負荷を軽減するため、掃除シーンごとの動作を分析し、代表的な掃除シーンを六つ、動作を四つに分類した(図2)。その中で、ユーザーの使用頻度が高いシーンと手元にかかる負荷が大きいシーンを選定し、特に身体負荷に寄与が大きい動作として“支持”と“持ち上げ”に注目した。

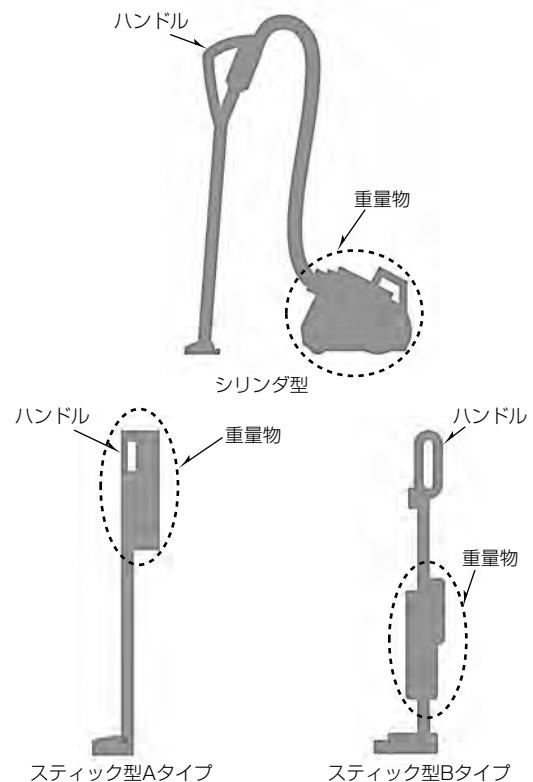


図1. タイプ別の重量物配置

	(1)準備・片づけ	(2)床面	(3)家具の下	(4)ヘッド持ち上げ (階段、段差)	(5)机上	(6)高所
シーン						
動作	①支持 ②持ち上げ ③前後	①支持 ③前後	①支持 ③前後	①支持 ②持ち上げ ③前後	①支持 ②持ち上げ ③前後	①支持 ②持ち上げ ④上下

図2. 代表的な掃除シーンと動作

## 2.3 手元にかかる負荷の定量化

ユーザーの手元にかかる負荷を評価するため、定量化力学モデルを作成した(図3)。図で、白抜き丸印はクリーナー全体の重心位置、白抜き三角印は支持点を示す。支持動作での負荷を表現する物理量として手元反力 $Fb$ 、持ち上げ動作での負荷を表現する物理量として持ち上げモーメント $Mb$ を設定した。 $Fb$ 、 $Mb$ はつりあいの関係から、それぞれ次の式で示すことができる。

$$Fb = \frac{(lx - lx0) \cdot \cos \theta - (ly - ly0) \cdot \sin \theta}{lx \cdot \cos \theta - ly \cdot \sin \theta} \dots\dots\dots (1)$$

$$Mb = F0 \cdot (lx0 \cos \theta) \dots\dots\dots (2)$$

$lx$  : ヘッド-グリップ間水平距離

$lx0$ : 重心-グリップ間水平距離

$\theta$  : パイプの床面との角度

$ly$  : ヘッド-グリップ間垂直距離

$ly0$ : 重心-グリップ間垂直距離

$F0$ : 全体質量

手元にかかる負荷を軽減するには、支持動作では式(1)から重心-グリップ間水平距離 $lx0$ を大きく、かつ重心-グリップ間垂直距離 $ly0$ を小さくする必要がある。一方、持ち上げ動作では式(2)から全体質量 $F0$ 及び重心-グリップ間水平距離 $lx0$ を小さくする必要がある。定量化力学モデルを用いて、三菱電機従来品及びレイアウトの異なる一般的な他社品について、手元にかかる負荷を評価すると、三菱電機従来品は支持動作では負荷が大きい(図4)、持ち上げ動作では優れることが判明した(図5)。

## 2.4 重心配置最適化とU字型ハンドル

2.3節の分析から、支持動作と持ち上げ動作での手元にかかる負荷を同時に軽減するため、ハンドル形状と重心配置を見直した。

ハンドルは、三菱電機従来品が常に特定位置をグリップする必要があるのに対して、U字型形状としてグリップ範囲を約1.5倍に広げることで、掃除シーンやユーザーの体格に合わせて持ち方を選択できるようにした(図6)。特に、主要購買層である30~60歳(三菱電機調べ)の身体負荷が

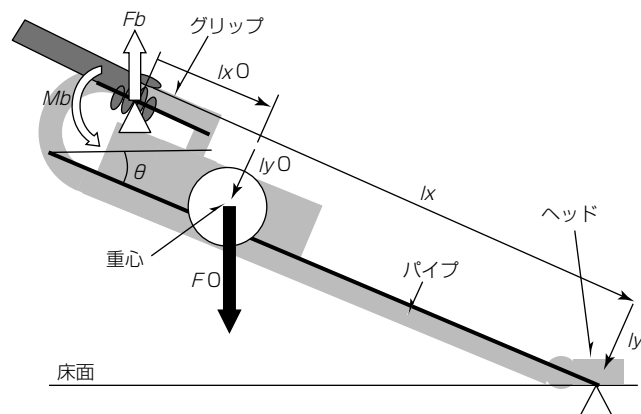
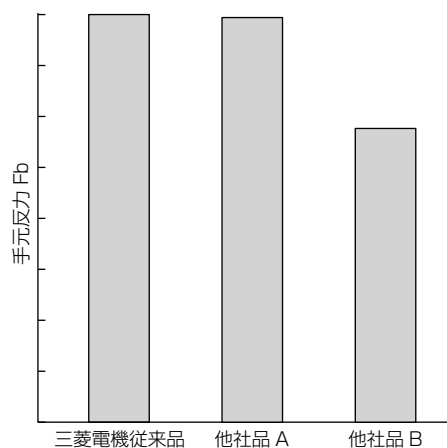


図3. 手元にかかる負荷の定量化力学モデル



(注1) 床面から手元までの高さ 80cm 時

図4. 支持動作での手元反力 $Fb$ 比較

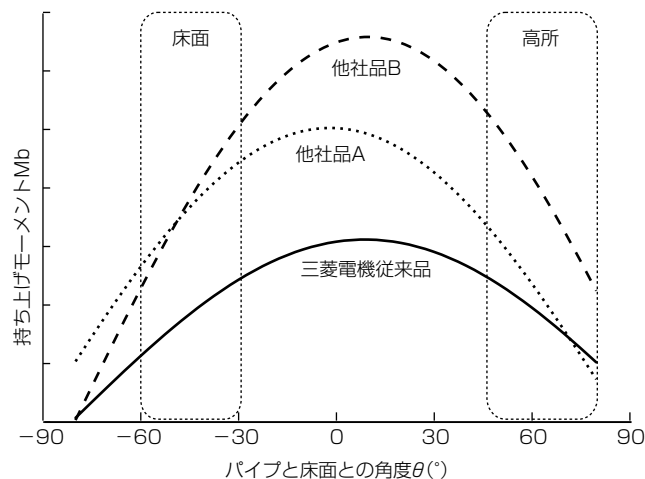


図5. 持ち上げ動作での持ち上げモーメント $Mb$ 比較

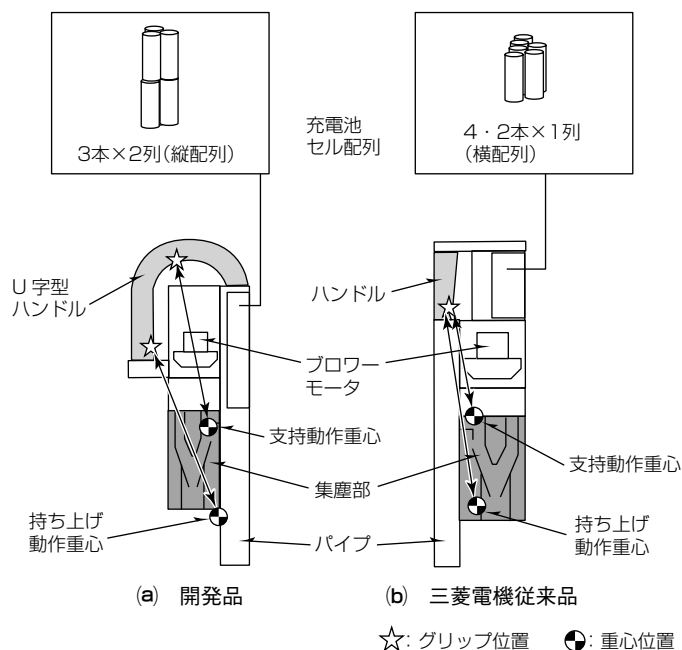


図6. 重心とグリップ位置の比較

より小さくなるよう、平均身長158cm(一般社団法人 人間生活工学研究センター調べ<sup>(1)</sup>)のユーザーの腰角度が15度未満となる床面からハンドルまでの寸法を設定した。

重心は、充電セルを三菱電機従来品の横配列から縦配列へと変更しつつ、モータ配置も見直すことで、支持動作では重心から離れた位置をグリップし、持ち上げ動作では重心に近い位置をグリップできるようにした。

さらに、モータや集塵部の小型化、各部材の薄肉化等によって、クリーナー全体の軽量化を図った。

以上によって、ユーザーの手元にかかる負荷を、三菱電機従来品に対して支持動作では23%軽減、持ち上げ動作では49%軽減した(図7)。

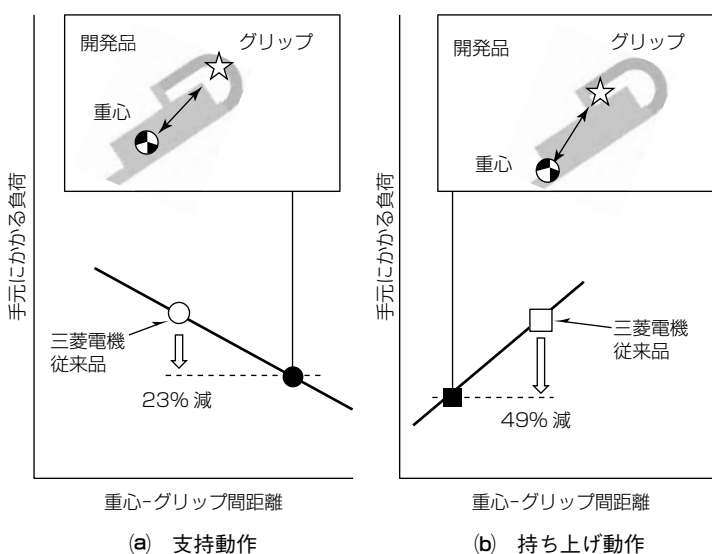


図7. 重心-グリップ間距離と手元にかかる負荷比較

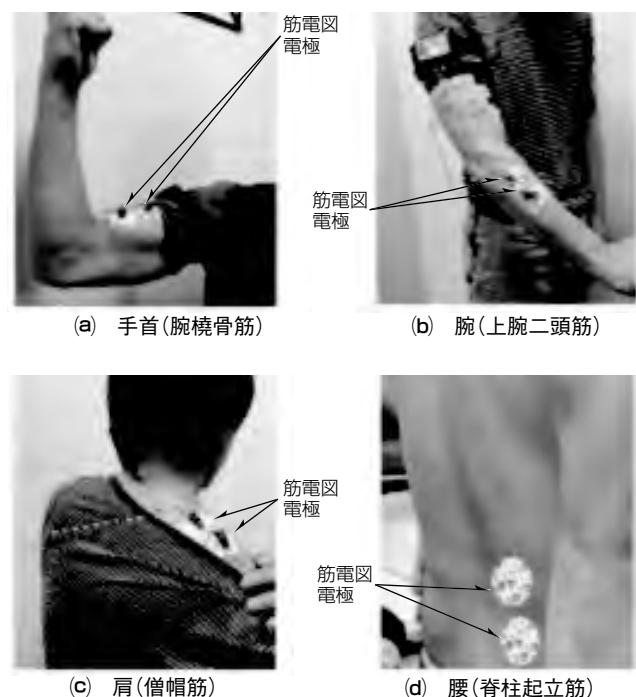


図8. 筋電図電極の装着の様子

## 2.5 筋負担軽減

ユーザーの身体負荷に関わる効果を確認するため、筋負担を検証した。被験者の4部位の皮膚表面に筋電図電極を装着し(図8)、代表的な四つの掃除シーン(床面、机上、階段、高所)で、模擬ごみを吸引させた際の筋電位変化率から筋負担を算出した。

測定した4部位の中で、最も筋電位変化率が大きい部位としては、床面や机上掃除では肩(僧帽筋)、階段掃除では

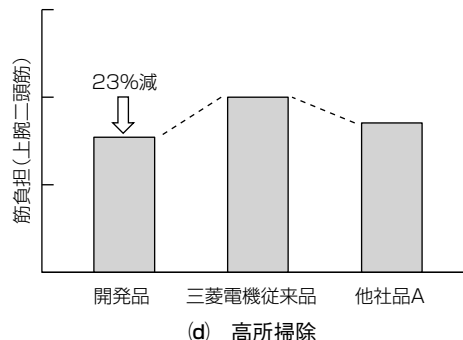
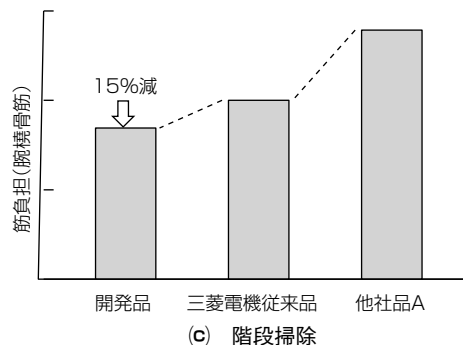
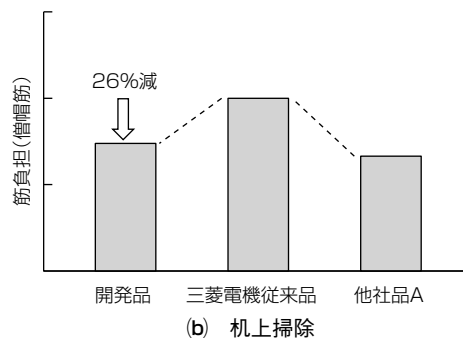
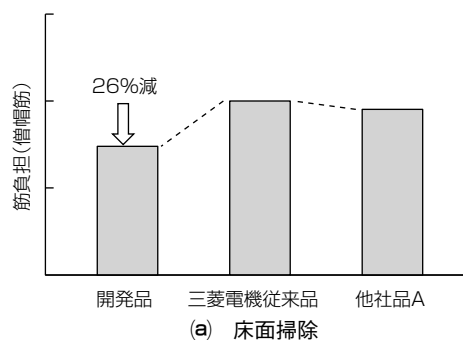


図9. 掃除シーン別の筋負担比較



手首(腕橈骨(とうこつ)筋)、高所掃除では腕(上腕二頭筋)を計測した。開発品は、重量物レイアウトの異なる三菱電機従来品と他社品に対して、各掃除シーンで筋負担を軽減でき、部位によっては最大26%筋負担が軽減した(図9)。被験者による主観評価でも、筋負担との相関を持ちつつ、三菱電機従来品に対して肩、手首、腕の疲れを抑制することを確認できた。

### 3. 掃除の準備・片づけ時の身体負担軽減

#### 3.1 ワンタッチ取出し機構とスマート収納構造

三菱電機従来品では、充電台に対してクリーナーを取り出す際と収納する際には、身体をひねりつつ、持ち替えや持ち上げ動作を行う必要があり、身体負担が大きくなっていた。また、スティック形態からハンディ形態へと変更する際には、両手を使って本体からパイプ部を取り外す必要があった。

開発品では、取出しから収納まで、身体をひねらずに片手で操作できるようにするため、充電状態から手前に引くだけでスティック形態で取り外すことができ、また、充電状態から上に持ち上げるとパイプ部とヘッド部は充電台側へ残したままハンディ形態で取り外すことができるワンタッチ取出し機構を採用した(図10)。また、進行方向のまま充電台へ収納可能な構造としたことで、掃除状態から身体をひねらずに取出しと収納が可能になった。

#### 3.2 ダストカップの回転着脱構造

三菱電機従来品では、集塵部からごみ捨てする際、片手で保持しながら、もう片方の手の指の動作でダストカップを着脱する必要があり、指先の負担が大きくなっていた。

開発品では、ダストカップを保持したまま、回転させることで着脱可能な構造を採用した(図11)。指先まで強い力を入れることなくダストカップを少しひねるだけで着脱できるため、年齢等で異なる筋力に左右されずに、簡単にごみを捨てることができる。

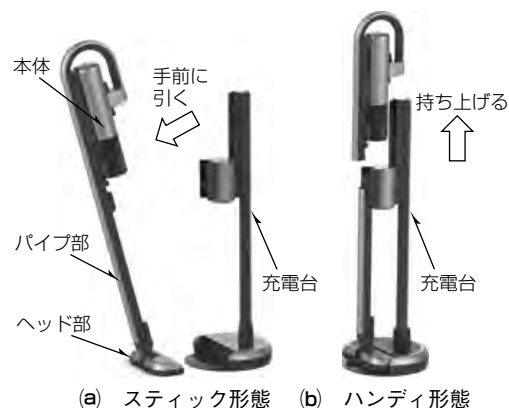


図10. スティック・ハンディ形態での取外し方法



図11. ダストカップの回転着脱構造

## 4. む す び

ユーザーの多様な使用シーンから導いたコードレススティッククリーナー“HC-JXH30P”の身体負担軽減技術について述べた。今後も、掃除行動での身体負担軽減を図り、手軽・気軽に使えるクリーナーの開発を目指す。

## 参 考 文 献

- (1) 一般社団法人 人間生活工学研究センター：日本人の人体寸法データブック2004-2006 (2008)