

**MITSUBISHI**  
*Changes for the Better*

家庭から宇宙まで、エコチェンジ  
eco Changes

# 三菱電機技報

10

2013

Vol.87 No.10

## 社会インフラシステムを支える製品群



## 目 次

### 特集「社会インフラシステムを支える製品群」

社会インフラシステムと人材育成 ..... 1  
井上雅裕

社会インフラシステムを支える製品群 ..... 2  
福富幸雄

列車定位置停止確認システム ..... 6  
山崎 節

非常用単相発電装置の小型・軽量化 ..... 10  
宇都波多留

“MEDIWAY”的新機能と応用 ..... 14  
世良田博幸・岩竹隆史

“オーロラビジョン”的高性能化技術と応用 ..... 18  
切通 聰・大塚尚司・原 善一郎

近鉄50000系“しまかぜ”用空調装置 ..... 22  
中村久信

ニューヨーク地下鉄向けR188車両用空調装置 ..... 26  
松尾耕太郎

空冷式ヒートポンプチラー“コンパクトキューブEAHV形” ..... 30  
石田和之・大越 靖・伊藤拓也・彦根昂仁

### 一般論文

道路情報板向け“オーロラビジョン”的配光制御 ..... 34  
井上陽子・青木千恵・井上博文

VEにおけるTRIZの具体的活用 ..... 38  
三好達夫

放送向け電子透かし応用ソリューション ..... 46  
菅井豊和・石川康雄・柴原督弥・藤倉 忍

ビル管理システム“Facima BA-system touch” ..... 50  
渡邊啓嗣・森 光正・石尾 規・矢作一朗

マニュアルモータスター“MMP-Tシリーズ” ..... 54  
野崎洋之

油ワイヤ放電加工機“MX600” ..... 58  
佐々木祐飛・喜多秀明

Family of Products to Support Social Infrastructure Systems

Human Resource Development for Social Infrastructure System  
Masahiro Inoue

Family of Products to Support Social Infrastructure Systems  
Yukio Fukutomi

Train Fixed-position Stop Check System  
Takashi Yamasaki

Downsizing of Single-phase Emergency Generator  
Wataru Uto

New Feature of “MEDIWAY” and Its Application  
Hiroyuki Serada, Takashi Iwatake

Application and Improvement Technologies of “Diamond Vision”  
Satoru Kiridoshi, Shoji Otsuka, Zenichiro Hara

Railcar Air Conditioning Unit for Kintetsu 50000 Series “Shimakaze”  
Hisanobu Nakamura

Railcar Heating, Ventilation and Air Conditioning Unit for New York City Subway R188 Car  
Kotaro Matsu

Air-cooled Heat Pump Chiller “Compact Cube Model EAHV”  
Kazuyuki Ishida, Yasushi Ohkoshi, Takuya Ito, Takahito Hikone

Light Distribution Control of “Diamond Vision” for LED Message Signs  
Yoko Inoue, Chie Aoki, Hirofumi Inoue

Practical Use of TRIZ for Value Engineering  
Tatsuo Miyoshi

Digital Watermarking Applicative Solution for Broadcasting  
Toyokazu Sugai, Yasuo Ishikawa, Masahiko Kuwabara, Shinobu Fujikura

Building Automation System “Facima BA-system touch”  
Yoshitsugu Watanabe, Mitsumasa Mori, Tadashi Ishio, Kazuaki Yahagi

Motor Circuit Breaker “MMP-T Series”  
Hiroyuki Nozaki

Oil Wire-cut Electrical Discharge Machine “MX600”  
Yuto Sasaki, Hideaki Kita

### 特許と新案

「景観表示装置」 ..... 62

### 表紙：社会インフラシステムを支える製品群

三菱電機では豊かで持続可能な社会の実現に貢献すべく、小型・軽量、高性能で、省資源、省エネルギーに配慮した製品・サービスを社会に提供している。特に社会インフラシステムにおいては、一層の環境との調和や、安心・安全の重視といった社会的ニーズの変化に対応した様々な当社製品が活躍している。表紙の写真はこれらを具現化した関連製品である。  
 ①線路脇設置型オーロラビジョン、②可動式ホーム柵、  
 ③非常用発電装置



①

②

③

## 巻/頭/言

## 社会インフラシステムと人材育成

Human Resource Development for Social Infrastructure System

井上雅裕  
Masahiro Inoue

我が国の社会インフラシステムは、鉄道、都市、電力、映像・情報・制御などの各分野で、高機能、高性能、省エネルギー、省資源などの特長から高い評価を受けてきている。今後は、この優位性をさらに高めると同時に、新たな視点を加えることが必要となる。

社会インフラシステムの技術と市場は大きくグローバルに拡大している、先進国のみならず、アジアの新興国、中東、南米、アフリカと社会インフラへの投資が拡大している。ここでは、優れた機器、デバイスを提供することは必要条件であるが、十分条件ではない、現地に根を下ろしてのコンセプト構築、社会システムインフラのデザインへの関与、EPC(Engineering, Procurement, and Construction)からインフラの維持・運用までのライフサイクルでの活動と、その中のポジショニングの明確化が重要となる。

鉄道システムなどの大規模システムは、電動機、主回路、空調機、ホーム柵などの電気品から車両、信号・列車制御システム、駅、運行システム、営業システムまで階層的なシステムとなっており、それぞれライフサイクルが異なる大規模なシステムで構成された“System of Systems”である。ここでは、機械、電気、電子、ソフトウェア等の要素技術のみならず、多様な技術分野にまたがるシステムの設計構築技術である“Systems Engineering”的重要性が増してきている。今後は、個々の要素の要素技術とSystems Engineeringの両方を兼ね備えた技術者が重要となる。Systems Engineeringの知識体系は、INCOSE(International Council on Systems Engineering)によって“System Engineering Handbook”としてもまとめられている。

機械、電気、情報・映像・制御システム等で構成される社会インフラシステムの設計にあたっては、グローバルに展開できる汎用性とローカルな問題解決を同時に満足するシステム構造の設計が重要である。ここでは、システムの要求条件を踏まえ、システム分析や構造設計を行う技術者であるシステムアーキテクトの役割が重要である。また、システム分析や構造設計のための記述言語がSysML(Systems Modeling Language)として標準化されており、システム設計者、システムアーキテクトにはこのような技術を理解し使いこなすことも必要となる。

社会インフラシステムの制御システム構造(アーキテクチャ)は、工場、電力、ビルの設備等のように分野ごとの垂直統合システムで構築されてきており、分野が異なるシステム間の接続は、その上位で行う必要があった。これに対し、分野を問わずに水平統合するシンプルなアーキテクチャが新規な分野から検討され始めている。いわゆるM2M(Machine to Machine)技術である。ここでは、アーキテクチャが標準化され、標準的なセンサ、アクチュエータ、制御機器を提供するベンダーと、システム設計・構築を行うシステムインテグレーターの分業作業に移行する。

社会インフラシステムの構築が、異なる分野、異なる文化のメンバーによる多国籍プロジェクトとして実施される際には、世界標準であるプロジェクトマネジメントをベースにしたプロジェクト運営が必須となる。プロジェクトマネジメントは技術者の必須のコンピテンシーとなり、今後重要性を増していく。PMI(Project Management Institute)から発行されているPMBOK Guide(A Guide to the Project Management Body of Knowledge)のほか、2012年にはISO 21500:2012(Guidance on project management)が国際標準として制定されている。

ここで述べたように、これからは、日本の伝統的な強みである高品質、高性能、高効率のデバイスや機器を構築できる技術に加え、新たな視点での人材育成が必要となる。それは、グローバルな環境において異文化を理解し尊重し、コンセプトを創出できる人材、グローバルな展開ができる汎用性とローカルな問題解決を両立させるシステム構造を設計し、異分野の技術者間での合意形成ができるシステムアーキテクト、多国籍プロジェクトを運営できるプロジェクトマネージャーである。

このような人材育成のためには、産業界と大学が目標を共有し、人材育成の企画・計画・実施をする必要がある。日本国内だけの連携のみならず、各国の企業、大学が連携し、社会インフラシステムで活躍できる技術者、システムアーキテクト、プロジェクトマネージャーの育成を行っていきたい。日本の工科系大学と東南アジアの工科系大学との連携によってイノベーション創出を目標とした分野横断技術者の育成活動が始まっている。

# 巻頭論文



福富幸雄\*

## 社会インフラシステムを支える製品群

*Family of Products to Support Social Infrastructure Systems*

*Yukio Fukutomi*

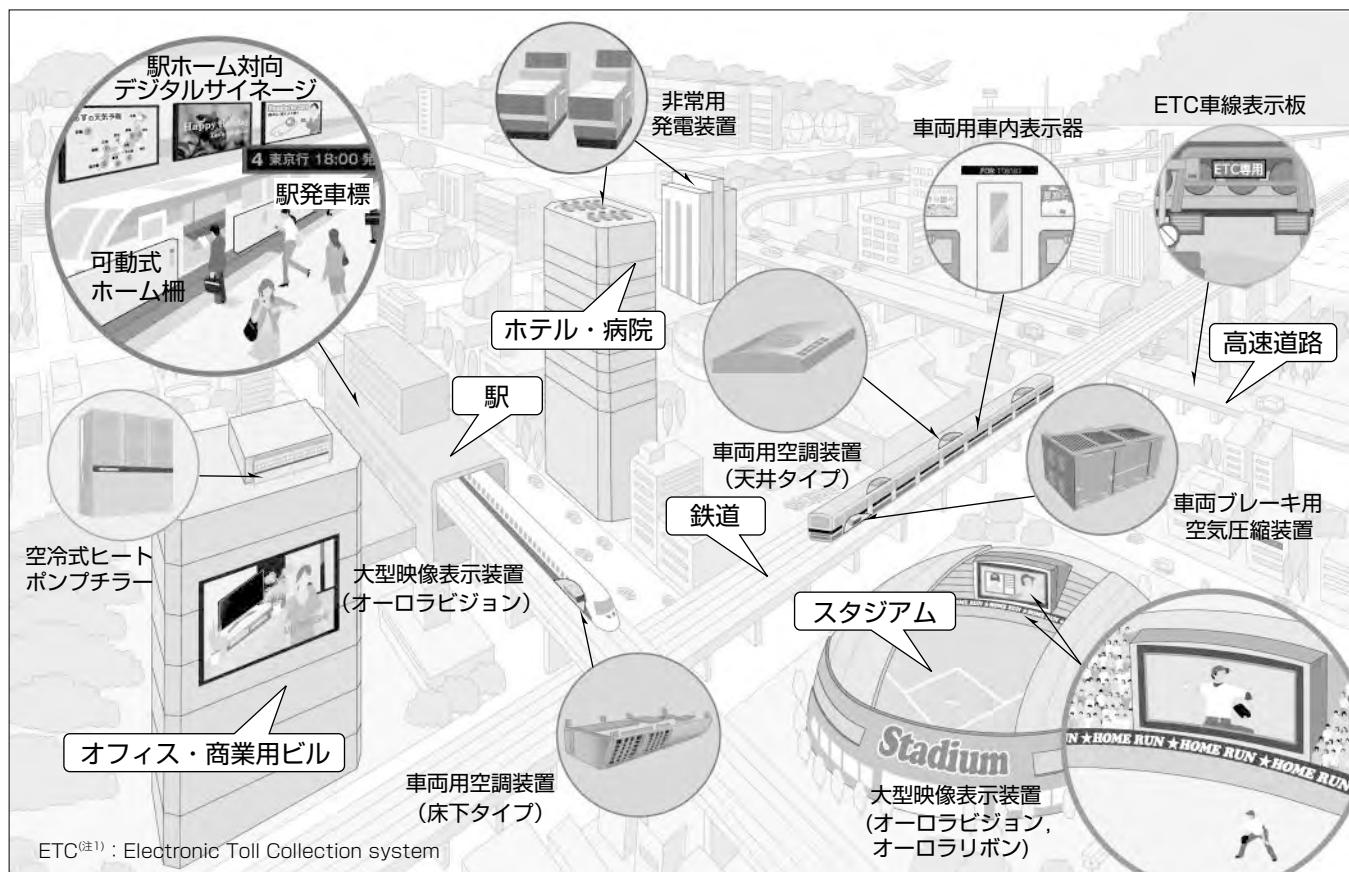
### 要 旨

2011年の東日本大震災を機に、社会インフラシステムに対する社会的な要請が大きく転換した。特に、電力の供給不足に伴う省エネルギー、エコ意識や、安心・安全に対する関心等は、従来になく高まってきた。一方で、社会インフラシステムは、時代とともに変化しており、公共施設や交通システムなどで活用される製品やサービス<sup>(1)</sup>は、社会的ニーズの変化に対応した技術開発が必要である。

三菱電機では、環境に対する取組みを経営の最重要課題の一つと位置付け、豊かで持続可能な社会の実現に貢献している。さらに、技術力と事業活動によって、地球環境に与える負荷をできる限り小さくするとともに、各々の製品

を継続的に改善し、小型・軽量、高性能で、省資源、省エネルギーに配慮した製品・サービスを社会に提供している。社会インフラシステムでは、環境との調和、安心・安全・快適性への取組みが、今後ますます注目されると考えられる。

本稿では、社会インフラシステムを支える製品群の中から、交通系として車両用空調装置、可動式ホーム柵、LED(Light Emitting Diode)方式情報表示装置、また、施設系として非常用発電装置、空冷式ヒートポンプチラー、大型映像表示装置を例に取り上げ、変化する社会的ニーズに対応した技術開発について述べる。



### 社会インフラシステムを支える製品群

ホテル・病院、駅、オフィス・商業用ビル、ショッピングセンター、スタジアム等の公共施設、道路・交通システムといった様々な社会インフラシステムで、社会的ニーズの変化に対応した様々な当社製品が活躍している。

(注1) ETCは、首都高速道路(株)、阪神高速道路(株)、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、及び西日本高速道路(株)他の登録商標である。

## 1. まえがき

東日本大震災以降、社会インフラシステムの重要性が再認識され、それらを支える製品やサービスに対する要求が大きく変わってきた。特に、電力不足による省エネルギー意識の高まり、環境との調和、安心・安全・快適な生活等、社会インフラシステムを支える製品・サービスへの要求が変化してきた。当社は、これらの要求に応える製品群を提供しているが、ここでは、これらの中から交通系として車両用空調装置、可動式ホーム柵、LED方式情報表示装置、また、施設系として非常用発電装置、空冷式ヒートポンプチラー、大型映像表示装置を例に取り上げ、変化する社会的ニーズに対応した技術開発の概要について述べる。

## 2. 交通系の社会インフラシステム

### 2.1 車両用空調装置

車両用空調装置は、列車における乗客の快適性を維持・向上させるために欠かせないシステムである。国内市場は、鉄道車両の新造・更新需要がここ数年横ばいで、今後もその傾向が続くと見込まれる。一方、海外市場は、ヨーロッパ、アジアなどで需要が拡大傾向にある。

図1は、車両の天井に取り付けるタイプの車両用空調装置の外観である。主な構成要素として、圧縮機、冷媒と空気の間で熱交換を行う熱交換器、送風機等が内蔵されている。車両用空調装置は、環境に対する意識の高まりによって、民生用の各種空調装置と同様に、HCFC(Hydro Chloro Fluoro Carbon)冷媒(R22)からオゾン層破壊係数ゼロの代替冷媒(R407C)への置き換えが進んでいる。さらに、省エネルギー化として、圧縮機のインバータ駆動化や熱交換器の高性能化が要求されている。

当社の車両用空調装置は、全てオゾン層破壊係数ゼロ代替冷媒仕様である。また、熱交換器の高性能化によって、冷媒充填量の低減と装置の小型化を図って、地球温暖化防止に貢献している。乗客の快適性の維持・向上に対しては、



図1. 車両用空調装置(天井集中型)

冷暖房、除湿、換気をバランスよく制御し、さらに、列車情報管理システムと連動して電車内の乗客の混雑具合を自動的に判断し、その時々で最適な空調を追求している。

今後、環境への配慮から、低GWP(Global Warming Potential: 地球温暖化係数)冷媒のニーズが高まる予想される。当社は、このようなニーズへの対応を検討するとともに、車両用空調装置の更なる小型・軽量化、省エネルギー化を図り、高品質の製品を提供していく。海外の高気温地域向けの車両用空調装置には、換気時に新鮮気と排気の間で潜熱・顯熱の交換を行う全熱交換器“ロスナイ”を内蔵することによって、消費電力を削減する。低外気温環境下でも暖房運転可能なヒートポンプシステムの採用で省エネルギー化を図る。

### 2.2 可動式ホーム柵

可動式ホーム柵は、乗降客の安心・安全のため、新幹線や大都市圏の公営地下鉄を中心に普及してきた。近年の安全意識の高まりから、2011年8月には、国土交通省からホームドア(可動式ホーム柵)の整備促進などに関し、“1日の利用客10万人以上の駅にホームドアを優先的に整備する”との指針が示され、各鉄道会社で導入の検討が活発化している。

当社の可動式ホーム柵は、非常時の脱出口設備、列車乗降時の安全確保のための可動ステップ等、安心・安全に対応した製品の提供を目指している。さらに、環境への配慮から、省エネルギー化、軽量化を図っている。

安心・安全の具体的な取組みとして、非常時には戸袋がホーム側に出っ張ることなく、スライドさせることで脱出口を設けることができるホーム柵を導入している(図2)。さらに、乗降客の列車乗降時の安全(乗降時の踏み外しや転落を防止)を目指し、ホームと列車の隙間を遮蔽するための可動ステップをホーム柵と組み合わせて開発している。

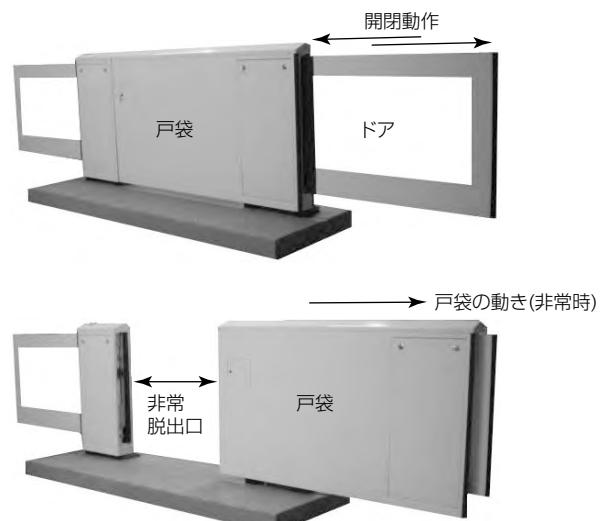


図2. 非常脱出口付可動式ホーム柵

省エネルギー化では、ホーム柵は開閉動作時より待機停止時が運転時間の大半を占めるため、待機停止時の電流カットを適用することで、適用前と比較して約50%の省エネルギーを実現している。また、軽量化では、製品の重量を約20%軽量化(当社比)することによって導入時の設置工事を簡素化している。

ホーム柵の普及には、ドア位置が異なる多様な列車仕様への対応が必要であり、今後、ホーム柵の大開口化を検討していく。また、付加価値向上、利用客の利便性向上として、ホーム柵に情報表示装置を取り付け、大型映像表示装置で培った当社の映像配信技術を生かして列車情報や広告情報を表示することで、乗降客へのタイムリーな情報提供を検討していく。

### 2.3 LED方式情報表示装置

情報表示装置は、デジタルサイネージ(映像配信による広告や各種情報の表示システム)分野に加え、交通系や道路系の分野にもLEDを活用した情報表示装置が導入されるようになってきた。

当社大型映像表示装置の高画質・長寿命・高信頼性技術は、交通系における駅構内のLED方式情報表示装置や広告看板、車両搭載表示装置、道路系における高速道路のETC車線表示板等に生かされ、製品を特徴付けている。

具体的には、LEDの駆動やレンズ形状を最適化して発光効率を改善した省エネルギー技術をETC車線表示板に適用している(図3)。さらに、換気冷却による粉塵(ふんじん)の侵入を防止するため密閉式のファンレス冷却を駅ホームの発車標表示装置に適用し、長寿命化している。また、薄型・軽量化によって設置性や保守性を改善している。

社会インフラシステムに求められる情報表示装置は、一般的な機能や性能の向上だけではなく、安心・安全面から、全ての利用者が見やすいユニバーサルデザインへの配慮や災害時の情報伝達装置としての新たな役割も注目されてきている。今後、防汚・高耐候性技術の開発による更なる長寿命化、高画質化、省エネルギー化を目指すとともに、緊急情報のタイムリーな伝達や多彩な色表現による効果的な表示を提供していく。



図3. ETC車線表示板

## 3. 施設系の社会インフラシステム

### 3.1 非常用発電装置

非常用発電装置は、商用電源喪失など非常時の電力供給源として、病院、大学、その他様々な施設に設置されている。また、企業がBCP(Business Continuity Plan)として検討するなど、近年は特に社会的ニーズが高まっている。

国土交通省では、国道や河川に監視カメラを設置し、災害発生の監視や、災害発生時の状況を確認している。2005年には、“停電対策ハンドブック”が作成され、大規模災害による停電時でも監視カメラや高速道路など主要幹線の情報表示板、信号機等に対する停電対策が指示された。特に、災害時には、送電線の障害などで電源が喪失することが多く、バックアップ電源が重要となるが、バッテリーの場合、長時間の対応が困難なことから、長時間(24~72時間)にわたる停電補償への対応が可能な非常用発電装置の導入が進んでいる。

当社は、道路傍(そば)にも設置可能なコンパクトな発電装置を開発した。これはエンジン騒音を外に漏れにくくするとともに筐体(きょうたい)内の冷却空気の流れを最適化して機器を高密度配置している。環境面では、従来の単相発電機5kVA機と比較して、質量比17%減の540kgを実現した(当社比)。

図4は、道路傍に設置される非常用発電装置の例である。周辺の安全面を考慮してエンジンの高温排気の排出位置などを最適化し、さらに、遠隔からの状態監視が可能な設備にしたほか、騒音レベルを75dB(A)以下に抑える低騒音設計を行っている。

今後は、環境面を考慮するとともに用途の拡大に向けて更なる軽量化・コンパクト化を図る。

### 3.2 空冷式ヒートポンプチラー

データセンターやビル及び工場等の空調設備は、東日本



図4. 非常用発電装置



(a) 20馬力モジュール (b) 30馬力モジュール  
図5. 空冷式ヒートポンプチラー(コンパクトキューブEAHV形)



図6. 高コントラストオーロラビジョン

大震災以降、全国的な節電ニーズの高まりから、ヒートポンプチラーにも更なる効率化が求められている。また、工場などの機器設置面積に制約がある場合にも対応可能な高効率なヒートポンプチラーのニーズも多くなってきてている。

当社のヒートポンプチラーは、奥行き90cmの連続設置可能な薄型筐体(きょうたい)モジュールによる省スペース性と優れた省エネルギー性で、CO<sub>2</sub>排出量の削減や限られたスペースへの設置などに貢献するものである。具体的には、容量制御時のエネルギー消費効率の目安となるCOP (Coefficient of Performance)が高いインバータ駆動の圧縮機やファンモータを採用し、高効率化を図っている。また、モジュール形態としては、2つの独立した冷媒回路からなる二蒸発温度冷凍サイクルや空気熱交換器を上下方向に積層し、モジュール背面から空気を吸い込み前面へ吹き出すサイドフロー形態を採用し、省エネルギー化している。さらに、薄型モジュール構造に加え、現地冷温水配管部分をモジュール内に組み込むことによって、省スペース化を図った。

これらの技術の導入によって、冷房定格COPは、3.41を達成し、10年前の当社製品のCOP 2.57に対し、約33%向上している。また、モジュールの上下2段設置を可能とすることによって、当社現行製品と比べ設置面積を約50%（当社比）としたほか、騒音のピーク値を69dB(A)から66dB(A)に低減した。

図5は、20馬力(冷却／加熱能力60kW)、30馬力(冷却／加熱能力90kW)の基本モジュールの外観である。各モジュールの組合せによって20馬力から180馬力までの多様な負荷、及び設置スペースへの対応が可能である。

今後は、省エネルギーの推進や地球温暖化対応のため環境負荷低減に対する要求がますます高まると想定される。これらの要求に対応するために、機器の高効率化による省エネルギー性能の更なる向上、低GWP冷媒への変

更による地球温暖化問題への対応、さらには機器のデザイン性の向上、低騒音化による快適性の向上等を推進していく。

### 3.3 大型映像表示装置

当社大型映像表示装置“オーロラビジョン”は、スポーツ施設や公営競技場などを中心に納入しており、高画質・長寿命・高信頼性という優れた特長が市場から高い評価を得てきた。国内市場では、既存市場の需要が一巡したと見られるが、更新需要及び新規市場を含めて堅実な需要が見込まれ、さらに、海外では堅調な成長が予想される。

近年、環境問題への意識の高まりに対応した技術開発に加えて、更なる高画質化が求められている。当社では、環境問題への対応として、LEDの高効率駆動による電力削減やスクリーンの薄型・軽量化等の環境負荷低減に取り組んでいる。さらに、高画質化では、直射日光下での画質に注目し、表示面の反射を抑制して太陽光下でのコントラストを改善したオーロラビジョンを開発している（図6）。今後、更なる高画質化を目指す予定である。

## 4. む す び

時代とともに変化していく社会インフラシステムの中から交通系及び施設系の製品・システムの例について述べた。

東日本大震災以降、環境にやさしい省エネルギー対応の製品や安心・安全・快適な社会インフラシステムへの要求が従来以上に増してきている。

当社は、時代とともに変化していく社会インフラシステムの要求に応える製品群の提供を行っており、今後もさらに必要な技術開発を積極的に進めていく。

## 参 考 文 献

- (1) 古藤 悟：環境との調和を目指す社会インフラシステム、三菱電機技報、84、No.10、567～570（2010）

# 列車定位置停止確認システム

山崎 節\*

Train Fixed-position Stop Check System

Takashi Yamasaki

## 要 旨

在来線・新幹線への可動式ホーム柵導入に伴い、乗客の乗降スペースが制限されることになるため、列車停止位置のズレが乗客の安全な乗り降りを阻害することになる。そのため、列車の停止時に車両の扉位置とホーム柵の扉位置を精度良く合わせる(列車を定位置停止させる)必要がある。

三菱電機の可動式ホーム柵は、2003年3月の上飯田連絡線(株)の上飯田線(2駅)への納入を初め、2013年4月現在までに、計128駅266ホームへの納入実績がある。

当社は、小田急電鉄(株)新宿駅4番・5番ホームに、可動式ホーム柵を納入するとともに、列車定位置停止確認システムを開発して納入した。このシステムによって、運転士が列車を定位置停止させたことの確認を可能とした。

このシステムは、距離センサによる列車との距離測定、及びRFID(Radio Frequency IDentification)タグ・タグリーダー・タグアンテナを用いた車種識別機能を基に、データ処理パソコンで演算を行い、列車入線時の残走距離通知機能<sup>(注1)</sup>、及び列車が定位置停止したことを通知する定位置停止判定機能を実現している。また、運転士・車掌への列車定位置停止状態の通知はLED(Light Emitting Diode)表示灯で行い、列車入線から列車定位置停止までの運転業務を支援している。

(注1) 小田急電鉄(株)新宿駅では、列車先頭位置が20m以内を検知するとLED表示灯に“×”表示し、運転士に残走距離20m以内であることを通知する。



## 列車定位置停止確認システム(小田急電鉄(株))

列車の定位置停止確認を目的とし、可動式ホーム柵システムとともに設置される。可動式ホーム柵の安全運用には、列車をホームの定位置(停止目標)に停止させることが必要不可欠である。

## 1. まえがき

可動式ホーム柵の設置は、現在地下鉄を中心に導入が進んでおり、JR・私鉄でも導入されている。

在来線・新幹線への可動式ホーム柵導入に伴い、乗客の乗降スペースが制限されることになるため、列車停止位置のズレが乗客の安全な乗り降りを阻害することになる。そのため、列車の停止時に車両の扉位置とホーム柵の扉位置を精度良く合わせる(列車を定位置停止させる)必要がある。

当社の可動式ホーム柵は、2003年3月に上飯田連絡線株の上飯田線(2駅)への納入を初めとし、2013年4月現在までに、計128駅266ホームへの納入実績がある。

当社は運転士の列車停止作業の確認を行い、列車の定位停止を可能とする“列車定位置停止確認システム”的開発を行った。このシステムは、始終着駅である小田急電鉄株新宿駅4番・5番ホーム(以下“小田急新宿駅”という。)のホーム柵システムの一部として納入している。

本稿では、当社の“列車定位置停止確認システム”について述べる。

## 2. 列車定位置停止確認システム

### 2.1 目的

このシステムの役割・課題・機能を次に示す。

- (1) 役割  
運転士が列車を定位置停止させたことの確認
- (2) 機能  
運転士への残走距離通知、及び定位置停止判定通知
- (3) 課題  
正確な距離計測、及び列車停止判定

### 2.2 システム構成

列車定位置停止確認システムのシステム構成を図1に、小田急新宿駅における列車入線時の動作イメージを図2に、

また小田急新宿駅の仕様を表1に示す。

次に列車定位置停止確認システムの構成機器を挙げる。

#### (1) データ処理パソコン

このシステムの制御装置で、各機器を制御して列車定位置停止確認を行う。

#### (2) 距離センサ

列車の定位置停止位置までの距離を、赤外線レーザで測定する。

#### (3) RFIDタグ・RFIDアンテナ・RFIDリーダー

車両取付けのRFIDタグが持っている車種情報を、ホーム下に設置しているRFIDアンテナが検出後、柵内に設置しているRFIDリーダーが送信し、データ処理パソコンで車種識別を行う。車種ごとに定位置停止位置が異なるため、停車位置を補正する。小田急新宿駅は4車種が対象である。

#### (4) LED表示灯

列車の入線状態や定位置停止状態を、運転士・車掌に通知する。

また、列車定位置停止確認システムは、残走距離通知機能、及び定位置停止判定機能を搭載している。

### 2.3 距離センサ

このシステムでは、距離センサから車両前面に赤外線レーザを照射し、その反射光を受光して先頭車両とセンサ間の距離を測定する。距離センサの単体仕様を表2に示す。なお、赤外線レーザによる距離計測は、小田急新宿駅では列車が定位置停止位置から20m以内に入線したことを検知する必要があるため、長距離の計測が可能なタイムオブフレイト方式を用いて行う(図3)。

小田急新宿駅に発着する4車種全てに共通した“反射光が安定する”赤外線レーザ照射点数を検討した結果、この案件は9点分の距離値を利用することとした(図4)。

距離センサの距離値の変化とともにデータ処理パソコンで列車の入線中、停止中(一定位置から動かない状態)、出

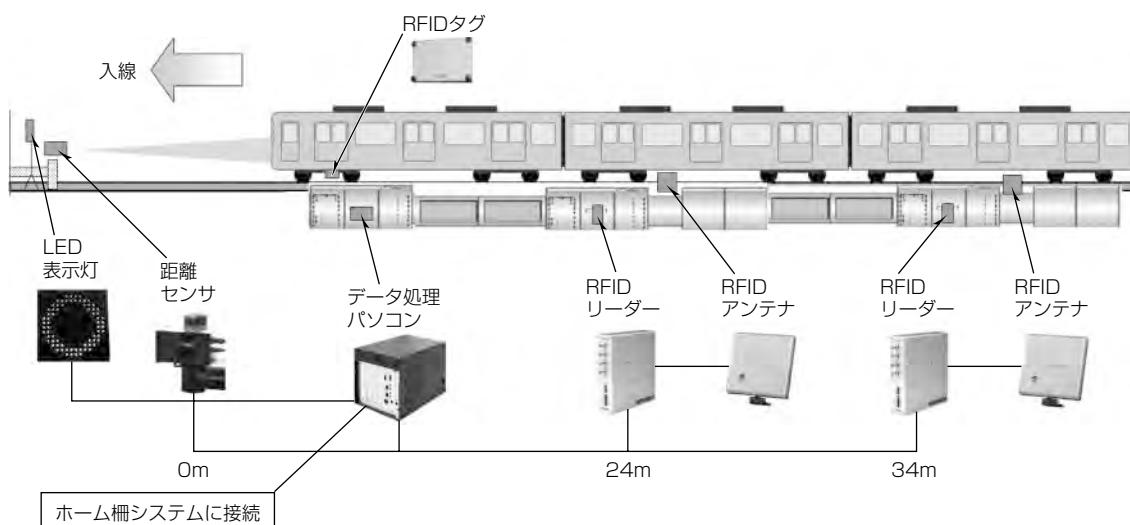


図1. 列車定位置停止確認システムのシステム構成

線中を識別する。

このシステムでは、距離値演算方法として最短モードと平均化モードの2種類を用意している。小田急新宿駅は最短モードを採用している。

(1) 最短モード(図5(a))

9点中最も短い距離値を採用する。

(2) 平均化モード(図5(b))

9点分の距離を統合して距離を演算することによって距

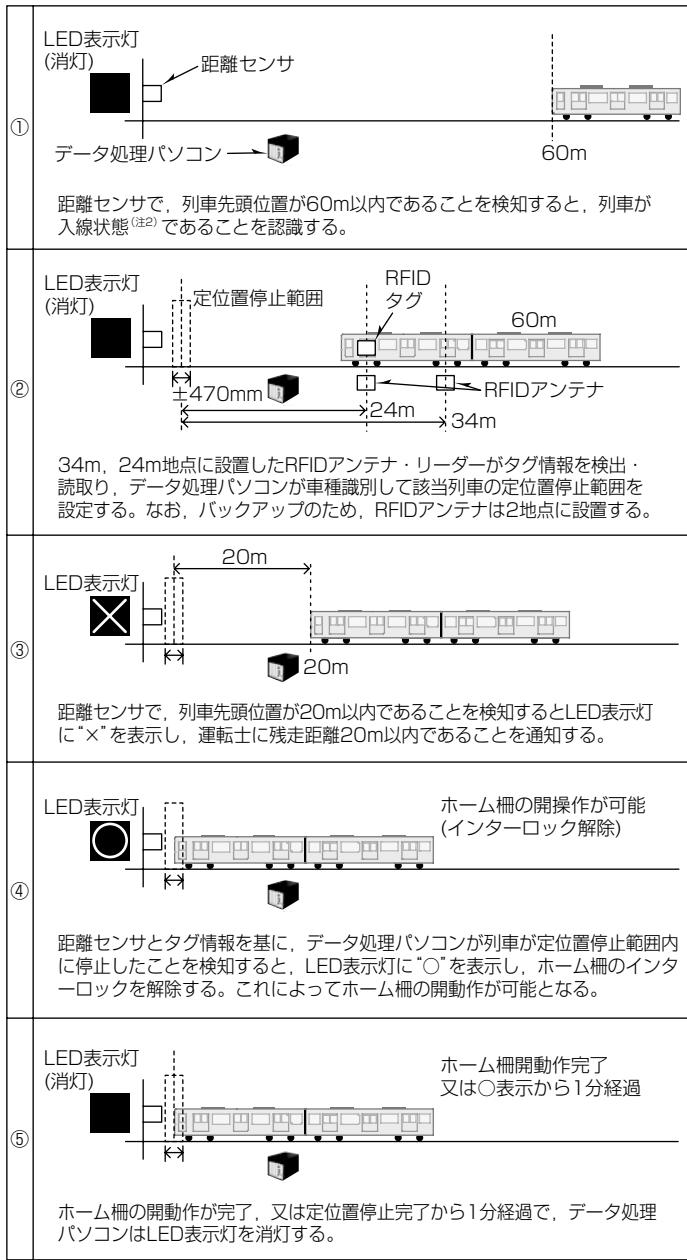


図2. 列車入線時の動作イメージ

表1. 小田急新宿駅4番5番ホームの仕様

定位置停止範囲	定位置停止位置 ± 470mm以内に停止したことを検知すること。
車種判別	4車種(1000形、3000形、4000形、8000形)を判別すること。

離測定の精度を高める手法である。距離値に対して中央値を取り、中央値と比較して数値に一定以上の差がある値は

表2. 距離センサの単体仕様

光源	赤外線レーザ $\lambda = 905\text{nm}$
	レーザ安全クラス1(人体に対し安全)
検出距離	検出保証値 60m 最大検出距離 100m(出力限界値)
走査角度	190°
角度分解能	約0.25° (360°/1,440分割)
走査時間	50ms

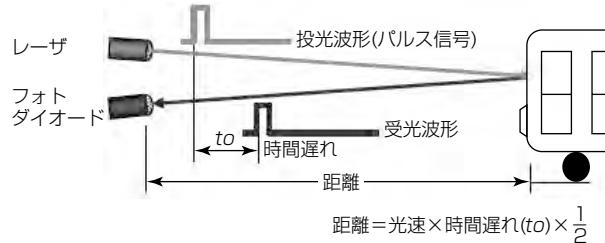


図3. タイムオブフライト方式

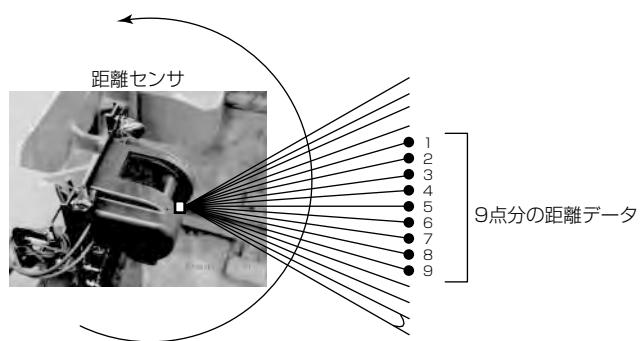
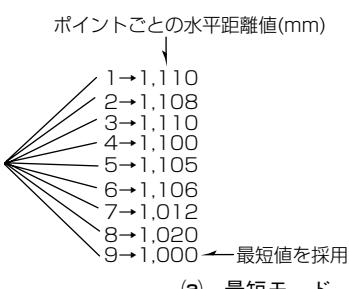
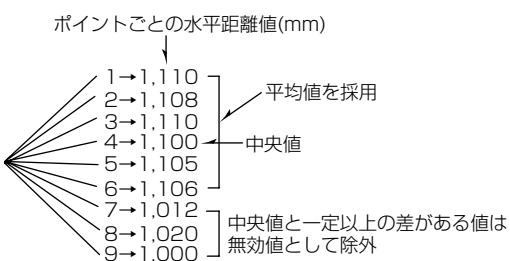


図4. 距離センサの照射点数



(a) 最短モード



(b) 平均化モード

図5. 距離値演算法

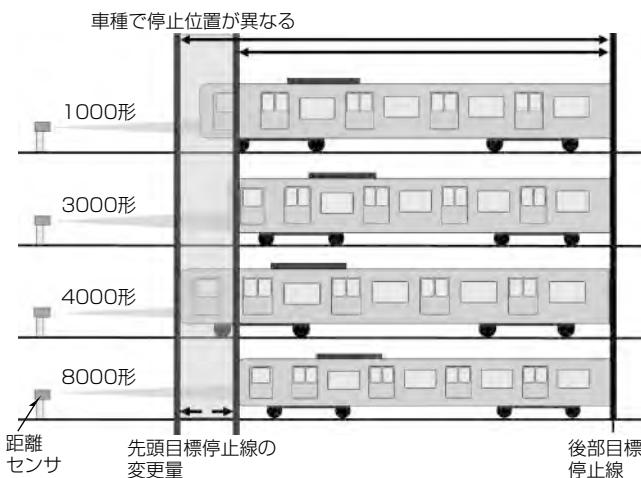


図6. 車種による定位置停止位置の違い

無効とし、有効値だけを平均値とする平均化処理を行う。距離値の振れを抑えることで1走査ごとの距離精度の向上を図る。

#### 2.4 定位置停止判定

列車の定位置停止状態を判定する上で必要な処理として、次の2つが挙げられる。

##### (1) 車種識別による、列車先頭位置補正

小田急新宿駅の定位置(停止目標)の考え方として、連結部を除いた車両後部の目標停止線が基準となる(図6)。

小田急新宿駅には、4種類の車種が停車する。4車種とともに10両4ドアの列車であるが、車種ごとに先頭車の車両長が異なるため、車種ごとに停車位置が異なる。

このシステムでは、車種識別は車種情報が記録されたRFIDタグから車種情報を読み取ることで実現する。RFIDタグは列車下部に設置しており、RFIDアンテナ・RFIDリーダーでタグ情報を読み取り、得られた車種情報をもとに先頭目標停止線の変更量(オフセット値)を特定し、定位置停止範囲を設定する。

##### (2) 距離センサの距離値の変移による停止判定

走査ごとに振れが生じ、距離値のバラつきを抑制するため、過去9点の距離値(距離測定値演算の値)を基に平滑化処理を行っている(図7)。

距離値の変移による車両状態の判別法について、平滑化処理後も距離センサの距離値に一定の振れが存在することを考慮する必要がある。そのため、列車の停止を判別する際、ある一定時間で、距離センサの距離値が一定範囲内であれば停止と判定とする(図8)。判定基準は、距離センサの性能試験、及び現地試験で決定する。小田急新宿駅では、列車の進む距離が2秒間に±15mm以内の場合、列車が停止状態であると判定している。

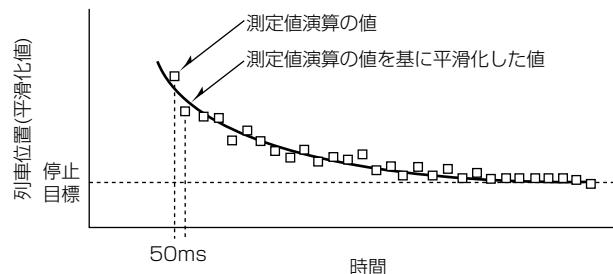


図7. 平滑化処理(2次・3次多項式適合法)のイメージ

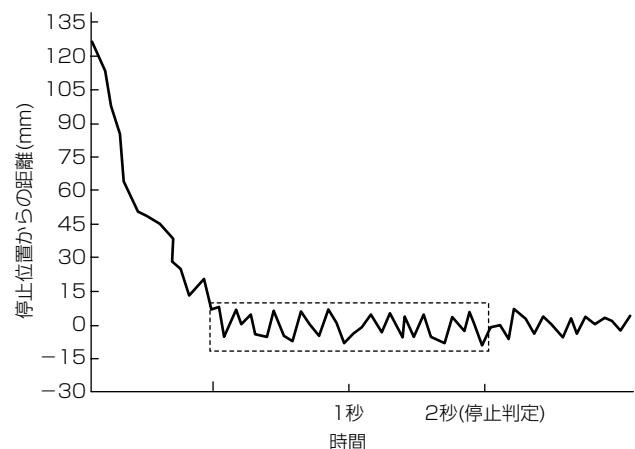


図8. 停止判定

なお、入線中・出線中の判別判定は、距離センサの距離値の増加・減少で判断する。

また、小田急新宿駅へのこのシステム納入にあたり、所内試験環境、メーカー試験環境、現地調整時(夜間車両がない状態)での調整に加え、実環境、実運用でのデータを解析した。解析結果を反映することによって、目標停止線への列車停止検知精度、及び停止判定性能の目標信頼性を確保した。

### 3. むすび

小田急新宿駅に対して可動式ホーム柵を納入するとともに、列車定位置停止確認システムを開発して納入した。このシステムの納入によって、運転士が列車を定位置させたことの確認を可能とした。小田急新宿駅に納入したこのシステムの列車定位置停止検知精度は±470mm以内、停止判定条件は“列車の進む距離が2秒間に±15mm以内”を実現している。

今後は、列車定位置停止確認システムの更なる用途拡大を目標に、列車距離の検出方法や車種判別方法の改善を進めるとともに、始終着駅以外への適用も視野に入れ、顧客への安心・安全につながるシステムを提供し、より満足いただけるように貢献していく。

# 非常用単相発電装置の小型・軽量化

宇都波多留\*

*Downsizing of Single-phase Emergency Generator*

Wataru Uto

**要 旨**

2004年の新潟県中越地震では各地で停電が発生し、災害監視用CCTV(Closed-Circuit TeleVision)及び防災情報表示板のうち、バッテリーでバックアップしていた装置は長時間の停電で機能停止し、情報収集に障害が発生した。これを受け、2005年に国土交通省が“停電対策ガイドブック”を策定し、災害時の停電の際にも、機能維持が要求されるCCTVや情報表示板、信号機に対する対策が実施され、小型容量(10kVA未満)の非常用発電装置には長時間(24~72時間)の停電補償が求められることになった。

また、2011年の東日本大震災によって防災電源への意識が高まる中、狭小スペースへの設置、長時間連続運転など

が要求されるようになった。三菱電機では、このような市場ニーズに対応するため、小型容量の非常用単相発電装置“MSSG<sup>(注1)</sup>”を開発した。

MSSGは道路傍(そば)など狭小スペースに設置されるため、小型・軽量化が要求される。開発にあたり、小型・軽量化に伴う装置内温度や騒音の上昇の問題を解決するため、熱流体解析や騒音対策検討を実施し、装置構造の最適化を図った。

その結果、従来の同容量機種と比較して小型・軽量化(設置スペース20%縮小、質量17%低減)を実現した。

(注1) MSSG : Mitsubishi Simple type Single-phase Generator

**非常用単相発電装置“MSSG(5kVA, 24時間仕様)”**

制御盤、発電機、原動機、燃料タンク、排気消音器や蓄電池をパッケージ内にコンパクトに収納している。また、原動機の高温排ガスは、通行者の安全を考慮し、装置上部に配置した排気管から排出している。

## 1. まえがき

2004年新潟県中越地震によって各地で停電が発生し、災害監視用のCCTV及び防災情報表示板のうち、バッテリーでバックアップしていた装置は長時間の停電で機能停止し、情報収集に障害が発生した。これを受け、2005年に国土交通省が“停電対策ガイドブック”を策定し、災害時の停電の際にも、機能維持が要求されるCCTVや高速道路など主要幹線の情報表示板、信号機に対する対策が実施され、小型容量(10kVA未満)の非常用発電装置による長時間(24~72時間)にわたる停電補償が求められるようになった。

また、2011年の東日本大震災によって防災電源への意識が高まる中、狭小スペースへの設置、長時間連続運転などが要求されるようになった。当社では、このような市場ニーズに対応するため、小型容量の非常用単相発電装置“MSSG”を開発した。

MSSGは、長時間の停電補償と道路傍など極めて狭いスペースに設置できることから、応用分野の拡大が期待される。

本稿では、MSSGの製品仕様と開発について述べる。

## 2. 製品仕様

MSSGの外観を図1に、その構成を図2に示す。制御盤、発電機、原動機、排気消音器、蓄電池、燃料タンクをパッケージ内にコンパクトに収納している。

なお、MSSGは監視カメラ、情報表示板、信号機等の防災用電源として使用されることから、需要の多い1.5kVA、3kVA、5kVAをラインアップとした。5kVAの製品仕様を表1に示す。また、表2にMSSGの電気的特性を示す。国土交通省仕様<sup>(1)</sup>にのっとった特性となっている。



図1. MSSGの外観(5 kVA, 72時間仕様)

## 3. 開発

### 3.1 製品化に向けた検討項目

MSSGは道路傍などの狭小スペースに設置されることから、小型・軽量化、保守性・操作性向上、安全性確保という課題があった。その課題解決に向けて設計方針及び設計目標を立てた。設計方針・目標を達成するためには冷却最適化、騒音対策検討が必要であり、3.2節に流体解析を用いた最適化設計、3.3節にその実機評価、3.4節に騒音対策検討とその評価について述べる。

なお、MSSGの開発では、次の点を考慮した。

#### (1) 小型・軽量化

- ①パッケージ内での機器温度上昇を考慮した高密度な機器配置構造とした。
- ②発電機、原動機の直結部より上部のパッケージ構造は、

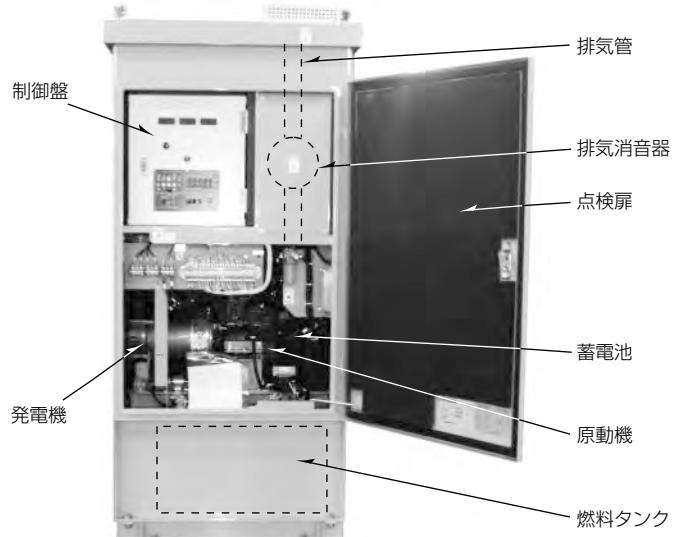


図2. MSSGの構成

表1. MSSGの製品仕様(5 kVA機)

発電機定格	単相3線 5 kVA, 電圧100V/200V	
使用環境	屋外定置式	
騒音	75dB(A)以下	
運転時間	24時間	72時間
外形寸法 (W×D×H)	900×700×1,910(mm)	900×700×2,300(mm)
設置寸法 (W×D)	900×700(mm)(従来比20%低減)	
質量	540kg(従来比17%低減)	590kg(従来比7%低減)

表2. MSSGの電気的特性

特性		国土交通省仕様	MSSG仕様
電圧特性	整定	±5%	±2.5%
	瞬時	±30%	±30%
周波数特性	整定	±10%	±10%
	瞬時	±15%	±15%
波形くるい率		10%以内	10%以内

容量(機種)によらず標準化し、運転時間の違いによって、燃料タンク収納部のパッケージ高さだけを変更する構造とした。

- ③騒音仕様を満足するように騒音上昇を考慮したパッケージ薄板構造とした。

#### (2) 保守性・操作性向上

- ①燃料タンクを発電装置下部へ収納し、現地での燃料補給作業の容易性を考慮した配置構造とした。

- ②狭いスペースでも点検可能とするため、点検及び操作を前面だけで可能な構造とした。

- ③側面カバーは組立作業性を考慮し、全面開放可能なねじ止め構造とした。

#### (3) 安全性確保

原動機の高温排ガスは、通行者の安全を考慮し、装置上部に配置した排気管から排出とした(図2)。

### 3.2 流体解析を用いた冷却最適化設計

MSSGは小型化実現のためパッケージ内に機器を高密度で配置すると、装置内温度が上昇する。発電機巻線温度や原動機冷却水温度等を機器仕様に収めるには、機器配置やパッケージ構造の最適化が必要である。装置内発熱条件の最も厳しい5kVA仕様の構造を例に、連続運転の条件で、冷却空気の挙動を解析した。検討にあたり、熱流体解析を適用し、特に次の点に留意した。

- (1) 温度制約の厳しい制御盤、発電機、原動機の順に冷却される通風経路の形成
- (2) 装置内部の熱だまりの抑制
- (3) 雨水浸入防止を考慮した吸気ダクト、換気ダクトの設置(装置内主要機器部への雨水飛散の防止)
- (4) ショートサーキット現象を回避する吸気口と換気口の配置

これら(1)から(4)及び**3.1項**の留意点を考慮し、機器配置とパッケージ構造を検討した。図3は、パッケージ構造と機器配置案及び想定される冷却空気の流れを示している。この機器配置案でのパッケージ内の冷却空気の流れと温度上昇をシミュレーションによって解析した。

図3におけるⓐ部の冷却空気の流速分布を図4に示す。吸気口から入った冷却空気は、温度制約の厳しい制御盤、発電機の順で滞留なく流れている。さらに、冷却空気は原動機のラジエータ部を通り換気口まで送られる。

図3におけるⓑ部の冷却空気流速分布を図5に示す。ラジエータ部を経由した高温空気は排気消音器外周及び壁面に沿って排出されている。熱だまりの発生が懸念されるラジエータ出口から排気消音器室でも滞留なく空気が流れている。換気口に通風経路が円滑となるような角度調節した換気ダクトを追設したこと、高温空気が排気消音器周囲を経由して、ダクト部に吸い込まれ換気口からうまく排出されている。

これらのシミュレーション結果の流速分布によって、雨水を吸気口で遮断する構造であっても、装置内全体で熱だまりを発生させることなく、冷却空気が効率よく流れる最適な機器配置及びパッケージ構造となっていることを確認した。

### 3.3 冷却最適化設計の実機評価

シミュレーションによって、パッケージ内に熱だまりがなく、温度上昇を考慮しても問題なく運転できる解析結果を得た。この結果を検証するため、実機によって温度を実測した。

解析値と実測値のうちラジエータ出口温度、発電機本体吸気温度の上昇値を表3に示す。実測値は解析値とほぼ同等の結果が得られた。

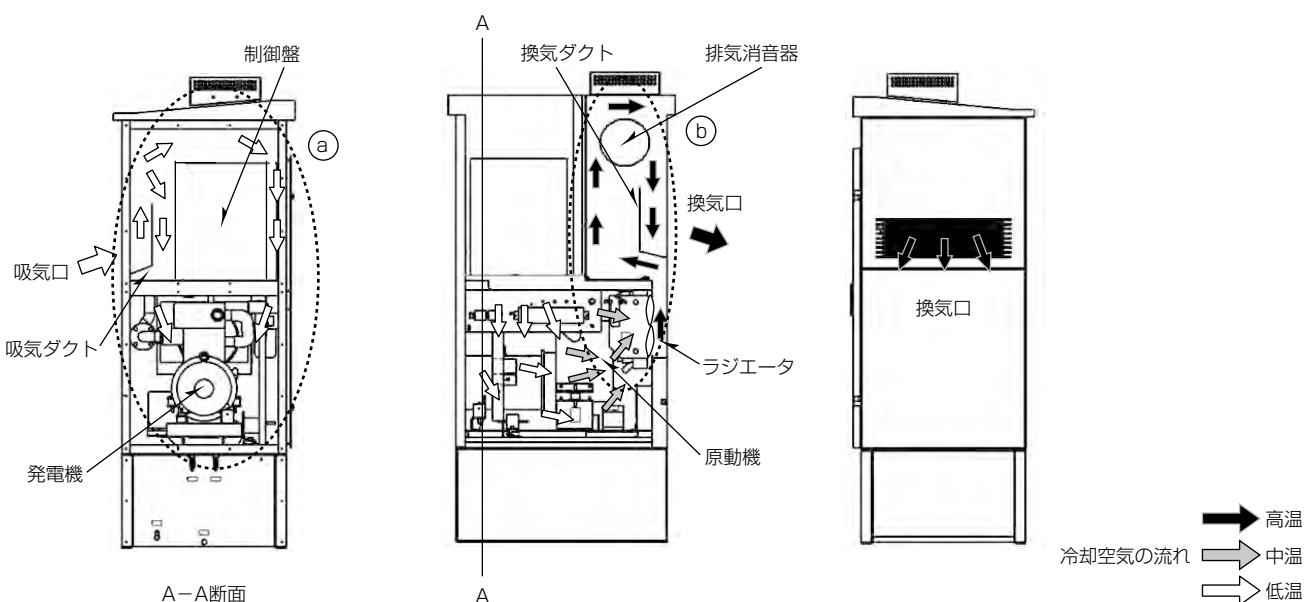


図3. 機器配置と冷却空気の流れ

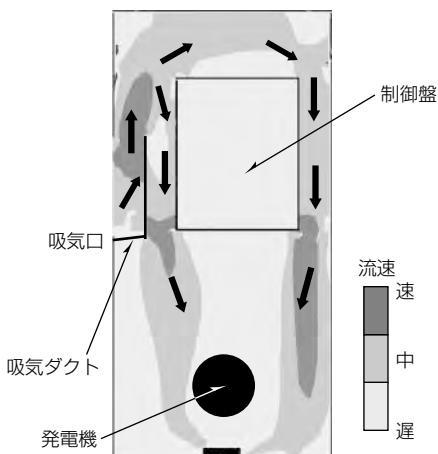


図4. パッケージ内④部の冷却空気の流速分布

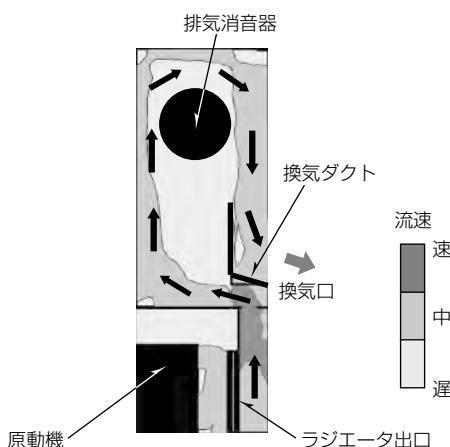


図5. パッケージ内⑤部の冷却空気の流速分布

実機運転における発電機と原動機の温度試験結果を表4に示す。発電機の出力巻線温度、界磁巻線温度とも規定温度内に収まっている。また、原動機冷却水出口温度も判定基準内に収まっており、これらによって機器の配置構成に問題ないことを確認した。

### 3.4 騒音対策検討と実測評価

軽量化のために従来同容量機種に比べパッケージ板厚を薄く(3.2mm→2.3mm)したが、これによって透過損失効果が小さくなり、騒音が大きくなることが予想された。そこで、

表3. 各機器の温度上昇値の解析と実測の比較

測定箇所	解析値	実測値
発電機本体吸気	5K	8K
ラジエータ出口	52K	50K

表4. 各機器の温度試験結果

測定箇所	実測値	判定基準
発電機	出力巻線 22.0K	≤105K (JEM 1354)
	界磁巻線 51°C (外気10°C)	≤110K (JEM 1354)
原動機	冷却水出口 81°C (外気40°C換算)	-
	81°C (外気40°C換算)	≤98°C

JEM:日本電機工業会規格

①当社、従来同容量機種の騒音データ

②当社、従来同容量機種の吸音材の配置

③原動機の原音データ

を基に、断熱効果も考慮し、排気消音器などの騒音値が大きい箇所で特に減音できるよう吸音材配置の見直し、騒音値の机上検討を行い、パッケージ内の吸音材配置を決定した。騒音実測(機器側面から1m、地上からの高さ1.2mの位置)の結果、騒音仕様値75dB(A)以下を満足することができた。

## 4. むすび

MSSGの小型・軽量化のため流体解析技術を活用したが、これらの結果、MSSGは市場要求の温度、騒音値を満足し、従来同容量機種よりも小型・軽量化を実現し、従来機比での設置スペースで20%縮小、製品質量で17%の低減を実現した。

近年、自然災害が多発しており防災用電源の要求意識は高まっており、道路表示装置や信号機向けの発電装置の確保が順次進められ、需要が増加しつつある。

今後も更なる小型・軽量化を目指すとともに、機器製作・輸送・設置工事における環境負荷低減についても貢献していく。

## 参考文献

- (1) 国土交通省：簡易型非常用発動発電装置機器仕様書  
(案) 平成22年6月版 (2010)

# “MEDIWAY”の新機能と応用

世良田博幸\*  
岩竹隆史\*\*

New Feature of "MEDIWAY" and Its Application

Hiroyuki Serada, Takashi Iwatake

## 要 旨

“デジタルサイネージ”は、ディスプレイを活用した電子データによる各種情報表示システムである。最大のメリットは複数拠点へのリアルタイムな一括配信・管理による時間帯・設置場所に応じた表示の切替えである。また、スケジュール管理によるポスターなどの貼り替え作業の手間削減、タイムリーかつ効果的な情報表示が可能となる。近年、ディスプレイシステムの低価格化によって、交通・金融機関やチェーン店舗に加えて、様々な分野でデジタルサイネージシステムの導入が増加し、特に交通機関や商業施設などの人の集まる環境では広告ビジネスとしても展開されて

いる。また、防災情報表示という観点から社会インフラ分野でのサイネージ要求も高まってきてている。

近年では、デジタルサイネージシステムの提供だけではなく、運用の利便性や運用サービスの提供などが要求されている。三菱電機ではこのような市場要求に合わせて機能を進化させてきた。

本稿では、2009年3月に市場投入した三菱デジタルサイネージソリューション“MEDIWAY”に追加したWeb入稿、ASP配信などの特長について述べる。



## 銀座駅コンコースサイネージ

2013年4月15日に地下鉄銀座駅のコンコースサイネージを始め、4駅41面が運用開始された。コンテンツの編集・配信などの運用サービスもあわせて行う。

## 1. まえがき

“デジタルサイネージ”とは、ディスプレイを活用した電子データによる各種情報表示システムである。最大のメリットは複数拠点へのリアルタイムな一括配信・管理による時間帯・設置場所に応じた表示の切替えである。また、スケジュール管理によってポスターなどの貼り替え作業の手間削減、タイムリーかつ効果的な情報表示が可能となる。近年、ディスプレイシステムの低価格化によって、交通・金融機関やチェーン店舗に加えて、様々な分野でデジタルサイネージシステムの導入が増加し、特に交通機関や商業施設などの人の集まる環境では広告ビジネスとしても展開されている。

本稿では、2009年3月に市場投入した三菱デジタルサイネージソリューション“MEDIWAY”について、市場の要求に対応して改良した新機能を中心にMEDIWAYについて述べる。

## 2. MEDIWAYの新機能とサービス

### 2.1 MEDIWAYとは

MEDIWAYとは大型映像情報システムで培った映像表示技術とシステム技術を融合したデジタルサイネージシステムで高画質の映像配信を特長とする。図1にMEDIWAYのシステム構成例を示す。システムは主にセンターシステム、表示システムで構成している。

センターシステムは、システム全体の制御管理、コンテンツの保管・配信等を行う配信管理サーバ、コンテンツ素材の登録・編集を行う編集端末、映像のストリーム配信を行うストリーミングサーバ、ニュース・天気予報などの外部コンテンツを取得する外部インターフェースサーバ、システム監視機能としてシステム管理者がメールでアラート通知を行うメールサーバなどで構成している。

表示システムは、映像出力を行う表示端末や表示装置（ディスプレイ）で構成している。表示端末はネットワークを介してセンターシステムに接続しており、センターシステムから配信されたスケジュール・コンテンツに基づき表示装置に表示する。

近年では、デジタルサイネージシステムの提供だけではなく、運用の利便性や運用サービスの提供などが要求されている。その要求に応えるために次の新機能とサービスを備えている。それについて述べる。

- ・Web入稿(ローカル編集)
- ・スケールフリー配信
- ・ハイブリッド配信
- ・ASP配信サービス

### 2.2 Web入稿(ローカル編集)

デジタルサイネージシステムに、近年、編集作業の利便性が求められている。図2にWeb入稿(ローカル編集)の概念図を示す。この機能はセンター側の編集端末のみでなく、ローカル編集端末（駅、ビル、街側の各拠点に設置）にも搭載している。ローカル編集端末にはインターネットを利用した簡易編集機能とセンター側の編集端末で作成したメインスケジュールの一部をローカル側で部分入稿・部分編集できるローカルスケジュール枠編集機能がある。主な機能を次に述べる。

#### (1) ローカル側機能

ローカル側ではセンター側での設定に基づき、次の編集が可能となる。

##### ①コンテンツの入稿及び情報管理

コンテンツやコンテンツに関する情報をテンプレートから入力し、登録する。さらに登録済みコンテンツの情報を管理する。

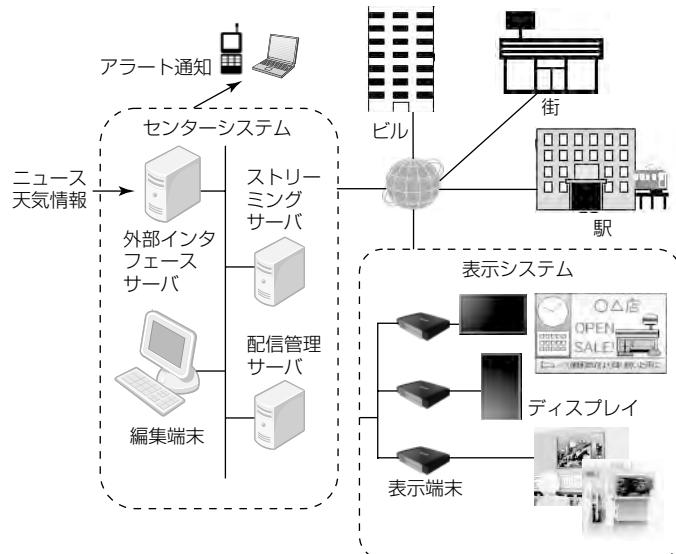


図1. MEDIWAYのシステム構成例

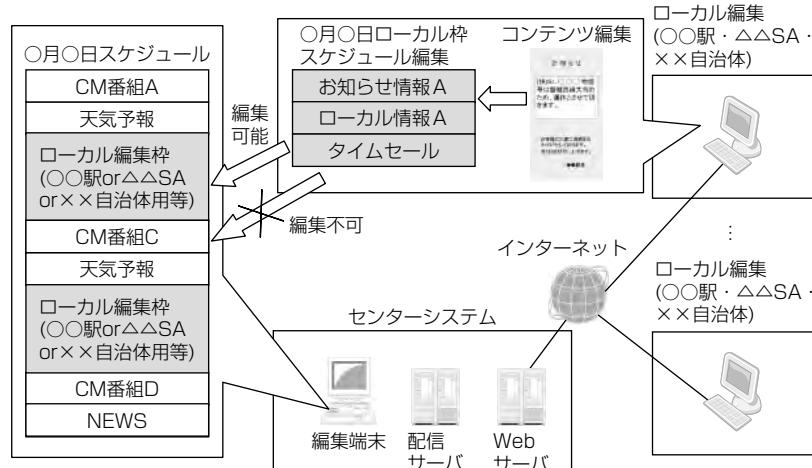


図2. Web入稿(ローカル編集)の概念図

## ②ローカルスケジュール編集

登録したコンテンツを組み合わせて、ローカルスケジュールを作成する。

## ③緊急割り込み機能

各アカウント(ローカル編集者)に設定された制御可能な表示端末への割り込み制御を可能とする。

### (2) センター側機能

#### ①アカウント(ローカル編集者)管理

センター側では、Webシステムでコンテンツを編集できるようにアカウント管理(ユーザーID、パスワード)を行う。また、ローカル編集者の追加や権限付与、制御する端末の設定を行う。ローカル編集者は、ここで設定されていない表示端末への操作は不可となる。

#### ②ローカルスケジュール編集

ローカル編集者が編集可能なスケジュール枠を設定する。既存のプレイリスト編集画面で、ローカル編集者用の枠を割り当てることができる。

## 2.3 スケールフリー配信

デジタル放送によってHD(High Definition)映像が一般化し、さらに表示装置のフルハイビジョン化によって、表示ソースのHD対応は必須要件である。ファイルサイズが大きいHDコンテンツが、大規模システムへもスケーラブルに対応できるように、分散配信方式を用いたスケールフリー配信エンジンを開発した。この方式は、サーバからコンテンツを受信した端末が、別の端末へ中継し、再配信するもので、ネットワーク負荷を分散することで、1台のサーバが全ての端末に配信する従来方式に比べ配信時間を1/5~1/10に短縮できる。

## 2.4 ハイブリッド配信

IPネットワーク、特にインターネットなど広域ネットワークを利用する場合、低い伝送速度でのサービスが、設備導入コスト・ランニングコストの低減及び表示の多チャンネル化、コンテンツの量的増大に有利となる。

MEDIAWAYでは、蓄積配信・ストリーミング配信・リアルタイム配信の3配信方式を装備し、コンテンツや用途に合わせ最適な配信方式を選択して利用することで、ネットワーク資源を最大限に活用できる。

### (1) 蓄積配信

広告や店舗紹介など内容を変更する頻度が低いコンテンツには、ネットワーク負荷が少ない時間や、ほかに影響を与えないような低い伝送速度で事前に配信し表示端末にファイルとして蓄積させる蓄積配信を適用する。

蓄積配信されたコンテンツは、表示

時のネットワーク負荷状況に左右されずに表示できる。また、蓄積されたコンテンツは端末ごとに選択表示可能なため、容易に多チャンネル表示に対応できる。

## (2) ストリーミング配信

イベント実況や緊急放送など、ライブ性が高いコンテンツは、入力される映像を逐次エンコードしてストリーミング配信・表示を行う。この場合、コンテンツは、端末ごとに蓄積することなく、一斉に多数の端末で表示できる。

## (3) リアルタイム配信

ニュース速報や交通情報などのコンテンツは、基本的に文字情報を基に画像生成される。この文字情報などは、必要なデータのみを各端末へ配信し、端末側でリアルタイムに画面描画することで、ネットワーク負荷を抑えて、刻々と変化する情報を時間差なしに表示することができる。

## 2.5 ASP配信サービス

顧客からは、システム提供のみでなく、運用サービスの提供が求められている。当社では、これに応えるために、先に述べた機能を搭載したASP(Application Service Provider)配信サービスを展開している。

ASPとは、一般的にインターネットを通じて顧客にビジネス用アプリケーションをレンタルするサービスのことを指す。当社のASP配信サービスは、配信業務にかかる運用操作を顧客に代わって実施するサービスで、三菱電機プラントエンジニアリング株のダイヤモンドサイネージサポートセンターが行う。これによって、配信業務にかかる負荷軽減に加えて、配信設備や番組編集設備を資産として持つ必要がないため初期投資を抑制できる。

当社のASP配信サービス(図3)の特長を次に述べる。

### (1) 高度なセキュリティ環境

配信センター(サーバなどの設置環境)はセキュリティを考慮し、次の2つを実現している。

#### ①セキュリティ管理

FISC安全対策基準<sup>(注1)</sup>に準拠し、Tier3.5<sup>(注2)</sup>の高い安

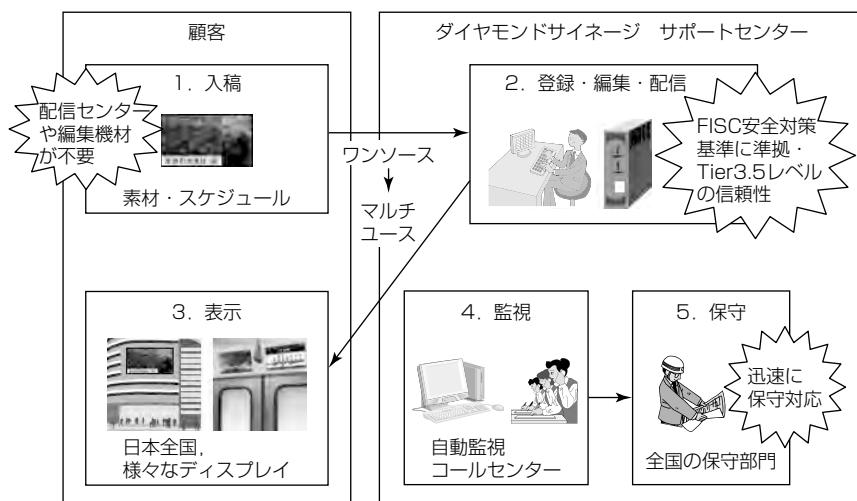


図3. ASP配信サービスの概念図

全性を実現している。

#### ②非常時の対応

建屋は震度7クラスの地震に耐える免震構造で、本線及び予備線による受電に加え非常用発電機・無停電電源装置を備え、安定した電源を確保している。

#### (2) 全国規模のネットワークで保守体制

国内4本部(東日本、中部、西日本、九州)のサービスエンジニアが連携して保守サービスを提供している。

万一、急を要する作業が発生した場合は、サポートセンターから該当拠点へ展開することで、迅速に対応する。

#### (3) 配信センターによる運用作業の代行

テープ素材のデジタイズやコンテンツデータのシステム登録、スケジュール編集、表示実績報告といったサイネージ運用に必要な手間のかかる日々の作業を専門技術者が代行する。

(注1) 公益財団法人 金融情報システムセンター(FISC)が作成した“金融機関等コンピュータセンターの安全対策基準”。

(注2) 米国Uptime Institute社が定めたデータセンターの堅牢(けんろう)性・運用性など総合性能ランキング。1から4(最高)レベルまである。

### 3. MEDIAWAYの応用

2012年6月、成田国際空港にMEDIAWAYを使用した国内最大規模の映像コンテンツ配信システムを納入した。このシステムでは、46型27面液晶マルチディスプレイ(図4)など、合計100台336面の表示装置をターミナルの各所に配置し、ニュースや広告の表示のほか、空間演出コンテンツを提供している。なお、このシステムには先に述べたスケールフリー配信、ハイブリッド配信を適用している。このシステムにおける表示装置及び運用上の特長を次に示す。

#### (1) 液晶マルチ大画面表示装置

MEDIAWAYの表示機能を、46型27面液晶マルチを始め、16面、12面、8面、4面のマルチ画面表示装置に適用した。複数の表示端末の出力映像を組み合わせ、仮想的な大スクリーンを構成し、高精度で同期表示することによって実現した。また、マルチ画面表示の運用を容易にするため、単面とほぼ同様に操作可能なマルチ用編集画面を開発した。

#### (2) 緊急・災害情報表示

通常時は、主に広告・ニュースや空港内の案内がスケ



図4. 46型27面液晶マルチディスプレイ

ジュール表示されているが、緊急・災害時には任意のディスプレイでストリーミング配信を用いた緊急放映や、あらかじめ蓄積配信しておいた緊急時用案内コンテンツを割り込み表示することが可能な構成とした。非常時にも、空港内の国際的な利用客への有効な情報伝達手段として活用できる機能を提供した。

### 4. むすび

デジタルサイネージMEDIAWAYでは、2009年3月の製品投入後に市場要求に合わせて、ニュース・天気予報などのコンテンツサービス、不具合時のメールアラート機能、運用を含めたトータルサポートするASP配信サービスの提供などデジタルサイネージシステムとして進化させて対応分野の拡大を図ってきた。今後も最新技術を適用した機能追加による製品進化を進め、機能、利便性の強化を図り、タイムリーな情報サービスと顧客への安心・安全につながる製品開発を目指していく。

### 参考文献

- (1) 室園 透, ほか:三菱電機の映像ソリューション, 三菱電機技報, 82, No. 4, 255~259 (2008)
- (2) 成田国際空港デジタルサイネージシステム(システムインテグレーション), 三菱電機技報, 87, No. 1, 17 (2013)

# “オーロラビジョン”の高性能化技術と応用

*Application and Improvement Technologies of "Diamond Vision"*

Satoru Kiridoshi, Shoji Otsuka, Zenichiro Hara

切通 聰\*  
大塚尚司\*\*  
原 善一郎\*\*

## 要 旨

大型映像表示装置は、スポーツ施設や公営競技場などの用途を中心に発展してきたが、最近は広場やビルの壁面など、人通りの多い場所に設置され、多数の人々に情報を提供する社会インフラシステムの一つとして、重要な役割を果たしている。三菱電機の大型映像表示装置“オーロラビジョン”は、色変換や解像度変換等、テレビの高画質化と共に信号処理技術によって高画質化してきた。一方、大型映像表示装置は、夜間から直射日光下まで幅広い照度環境で使用されるなどテレビとは使用環境が異なること、さらに、発光素子LED(Light Emitting Diode)の特性が他の表示デバイスとは異なることなどから、使用環境や特性に応じた独自の高画質化が必要である。

これに対して、オーロラビジョンでは、例えば色変換によって解像度向上効果を得ることや太陽光下におけるコントラストの向上を検討している。本稿では、オーロラビジョンにおける高性能化技術として、色変換技術による色表現の最適化と解像度向上効果及び新画素配列を適用した高コントラストオーロラビジョンについて述べる。

また、オーロラビジョンで培われた見やすい表示技術と高い信頼性、さらに、環境に対する意識の高まりを受けた低消費電力技術などは、交通分野や道路分野における情報表示装置にも有効であり、新たな需要が期待されている。こうした交通分野や、道路分野に対するオーロラビジョンの技術の応用開発の事例についても述べる。



## 埼玉スタジアム2002向け大型映像表示装置“オーロラビジョン”

新画素配列を適用したオーロラビジョンは、屋外におけるコントラストが向上しており、鮮やかな色表現が可能な大型映像表示装置として、スタジアムなどの公共施設を中心に、今後の市場拡大が期待されている。

## 1. まえがき

当社の大型映像表示装置“オーロラビジョン”は、スポーツ施設や公営競技場などを中心に設置され、高画質・高信頼性という優れた特長が市場から高い評価を得てきた。発光素子のLEDは、低コストであることに加えて高密度に配置する設計が可能なことから、大画面化と高精細化が容易になるとともに、画像の信号処理では、ハイビジョンの高画質化技術に適用される色変換や解像度変換など、テレビとの共通技術がオーロラビジョンの高画質化に役立っている。

近年、海外を含めて多数のメーカーが市場に参入し、これまで以上に技術的特長の明確化が必要になってきた。さらに、環境に対する意識の高まりに対応した技術開発も必要となってきた。

本稿では、オーロラビジョンにおける高性能化技術として、色変換技術による色表現の最適化と解像度向上効果及び新画素配列を適用した高コントラストオーロラビジョンについて述べる。さらに、オーロラビジョンの技術を生かした道路分野への応用開発の事例について述べる。

## 2. オーロラビジョンにおける高画質化技術

### 2.1 画素配列とサブピクセル制御による高精細化

図1は、オーロラビジョンの代表的画素配列(QUAD配列)とその制御の関係を示す。画素(ピクセル)は4つの素子(サブピクセル)で構成しており、通常、画像の標本化は1標本点を1画素に対応付けるピクセル制御を適用するが、オーロラビジョンでは、4つの標本点を4つの素子に対応付けるサブピクセル制御を適用する。この方式は、隣接画素が重複して破線の画素が生じ、見かけの画素数が約2倍に増加する<sup>(1)</sup>。画像の輪郭部や細線部の色付きの課題があるが、アンチエイリアシングの適用、人間の視覚が明暗の変化に比べて色の変化に対する感度が低いことから、高精

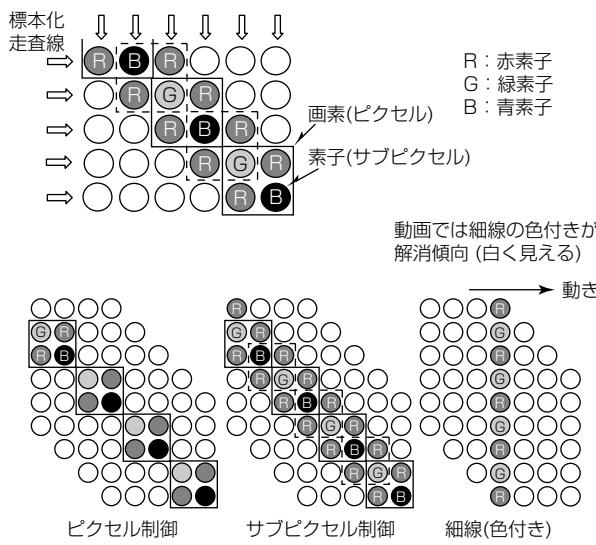


図1. オーロラビジョンの代表的画素配列と制御

“オーロラビジョン”的高性能化技術と応用・切通・大塚・原

細の映像表示では気にならない。特に細線部の色付きは、隣接する線が補色の関係にあり、動画では目の追従視によって解消傾向にある<sup>(2)</sup>。このようにオーロラビジョンの画素配列では、サブピクセル制御の適用によって実質的に解像度を高めている。

### 2.2 色変換による自然な色表現

LEDは、他の表示デバイスと比較して、色純度が高く色再現範囲が広い。図2はLEDとハイビジョン(HDTV: High Definition TeleVision)の規格に対応する3原色の関係で、3原色の色度点で囲まれる三角形が色再現範囲を示す。ハイビジョンの色再現範囲に比べてLEDの色再現範囲が広すぎると、色に不自然さを感じることから、オーロラビジョンでは、図2の矢印で示すように、LEDの3原色をハイビジョンの規格相当の3原色に変換することで、自然な色を表現している。

### 2.3 色変換による解像度向上効果

図1のサブピクセル制御は、各標本点の3原色の情報から、サブピクセルの色に対応する情報だけを利用する。例えばG単色の画像は、G周辺のB, Rは点灯しない。ここで、2.2節の色変換を適用すると、G周辺のサブピクセルの色が利用(点灯)される。この結果、単色の表示で未活用であった色情報が生かされ、自然な色とともに解像度の向上効果が生まれる。

図3は、解像度の向上効果のイメージである。滑らかに変化する点灯領域と非点灯領域を持つG単色の表示は、色変換なしの表示では離散的であるが、色変換を適用すると、Gに隣接するR, Bが点灯する。単色表示に対する他の色の点灯率は、色にも依存するが、約10~20%程度であり、離散的な表示が連続化(解像度の向上)する。

このようにオーロラビジョンでは、サブピクセル制御によって実質的に解像度が高くなり、自然な色を表現するための色変換が単色表示の解像度向上に効果があり、高画質の表示を実現できる<sup>(3)</sup>。

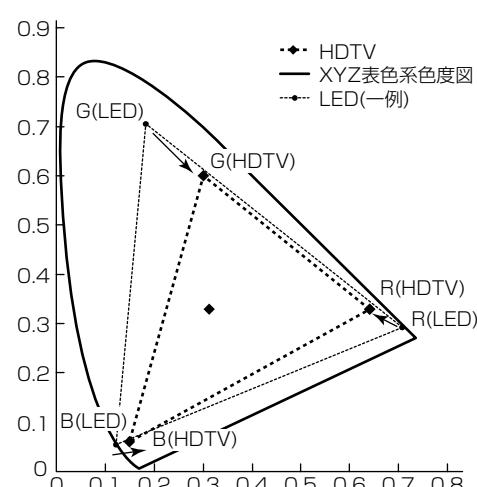


図2. 色度座標におけるLEDの色再現範囲と色変換

### 3. オーロラビジョンの新画素配列

#### 3.1 新画素配列の考え方

オーロラビジョンは、近年、色変換や解像度変換など、ハイビジョンの高画質化技術の適用によって、画質が飛躍的に向上した。当社は、更なる高画質化を目指して太陽光下の画質を重視している。図4は、オーロラビジョンの新画素配列を示す。画素を構成する4つのサブピクセルのうち、1サブピクセルを黒化して外光の反射を抑制し、コントラスト向上を目指している。近距離からの視認では、黒化した領域を含む画素構造がノイズとして目立つ可能性があることから、画素配列を45°回転させて、黒化した領域を千鳥格子状に配置し、画素構造に起因するノイズを目立たにくくしている。

#### 3.2 新画素配列の特徴と効果

図5は、新画素配列の解像度の考え方を示す。画素ピッチ $x_0$ の格子状画素配列の解像度に対応するフルカラーの表現が可能なナイキスト領域(カラー表示領域)は正方形で表される<sup>(1)</sup>。画素配列を45°回転させるとナイキスト領域も45°回転することから、新画素配列は斜め解像度が犠牲になるが、水平・垂直解像度が高くなる。

ここでサブピクセル制御の適用による解像度の向上効果や1サブピクセルを黒化することの影響は、図5のカラー表示領域周辺の斜線部に現れる。この領域は、画質にとって重要であるが、画像の輪郭や細線部に対応しており、十

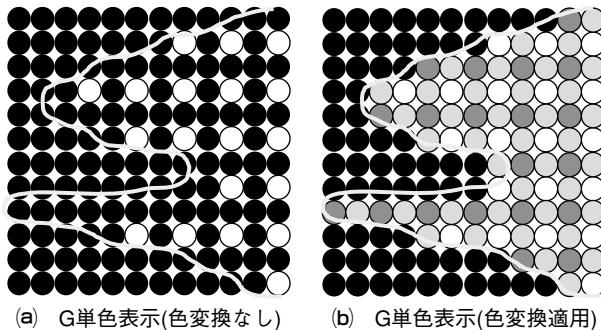


図3. 色変換による解像度向上のイメージ

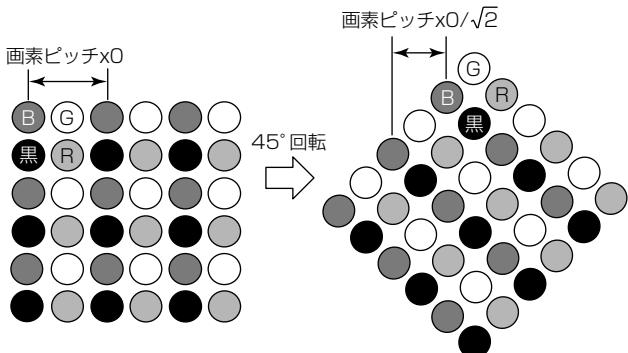


図4. オーロラビジョンの新画素配列

分な画素数を持つ高精細オーロラビジョンでは、影響が限定的である。したがって、新画素配列の画質は、外光反射の抑制によるコントラスト向上が支配的と考えられる。

#### 3.3 新画素配列を適用したオーロラビジョン

図6は、新画素配列を適用したオーロラビジョンの表示ユニットの例である。1サブピクセルを黒化して生じるスペースには、外光の反射を抑制する凹凸面を形成している。図7は、色再現範囲を立体表現したものである。色は3原色(ベクトル)の合成ベクトルであり、色の再現範囲はベクトルR, G, Bと平面 $x+y+z=1$ との交点R1, G1, B1で囲まれる三角形で表される。表示面における外光の反射は、幅広い色成分を持つことから、画像の3原色の色度は、反

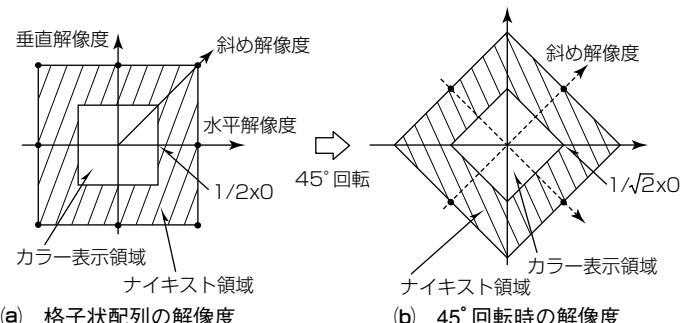


図5. 新画素配列の解像度の考え方

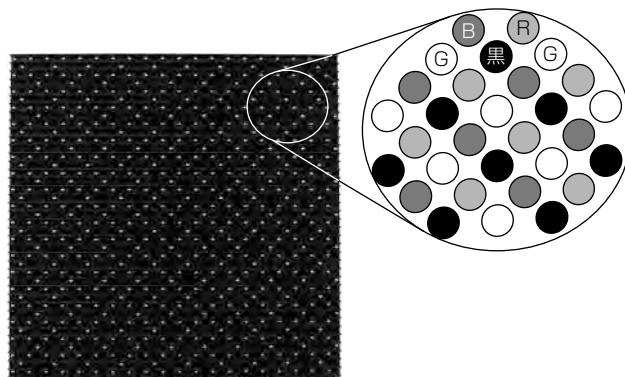


図6. 新画素配列適用の表示ユニット

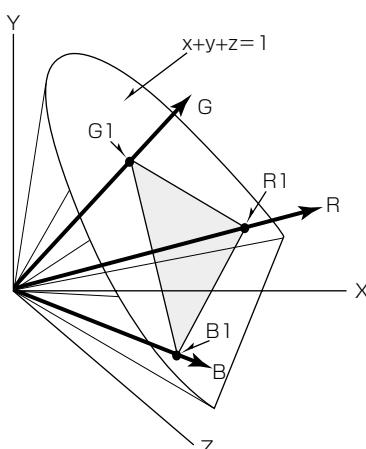


図7. 色再現範囲の立体表現



図8. 高コントラストオーロラビジョンの試験風景

射光の影響を受けて、三角形の内側にシフトし、色再現範囲が狭くなる。したがって、外光の反射を抑制して高コントラスト化することによって、色の再現範囲を維持して鮮やかな色表現による高画質の表示を得ることができる。

図8は、新画素配列を適用した高コントラストオーロラビジョン( $7,680 \times 3,840$ (mm))の試験風景である。十分な画素数を持っており、1サブピクセルを黒化したことによる影響は気にならず、高コントラスト化したことによる色の鮮やかさが確認できた。2章で述べたサブピクセル制御や色変換は、新画素配列に対しても共通の技術であり、画質の向上に役立っている。新画素配列を適用したオーロラビジョンは、今後、表示面のルーバー(庇(ひさし))構造やLEDの表面状態を最適化して表示ユニット前面の反射を抑制し、コントラストを更に向上させる予定である。

#### 4. オーロラビジョンの応用

オーロラビジョンは、環境に対する意識の高まりから、高画質化とともに省エネルギー化、長寿命化、薄型・軽量化が進展した。その技術の応用は、多彩な表現と経年変化や環境の変化に応じた表示の補正を実現できる。また、オーロラビジョンの高い信頼性は、過酷な市場の設置環境における故障率の低減と万一故障した場合のシステムへの影響を最小化し、社会インフラシステムとしてふさわしい性能と品質を実現しており、新たな市場の拡大が期待できる。

図9は、オーロラビジョンの技術を適用したETC(Electric Toll Collection system)<sup>(注1)</sup>車線表示板への応用例である。当社のETC車線表示板は、フルカラー化ときめ細かな輝度設定及び輝度の均一化技術による見やすい表示が特長である。さらに、構造面では、LEDの駆動やレンズ形状を最適化し、発光効率を向上させた。さらに、独自の放熱設計によって発熱を抑制し、冷却ファンを廃止した。図10は、ETC車線表示板の側面から見た外観であり、従来製品に対して、1/3以下の薄型化と1/4以下の軽量化を実現している。薄型・軽量化は、本体の輸送・設置工事・保守を



図9. ETC車線表示板への応用例



図10. ETC車線表示板の外観(側面)

容易にし、さらに、ETCゲートの簡素化にも役立っている。

(注1) ETCは、首都高速道路株、阪神高速道路株、東日本高速道路株、中日本高速道路株、及び西日本高速道路株他の登録商標である。

#### 5. むすび

オーロラビジョンは、ハイビジョンの信号処理など、最新の高画質化技術を適用することで高画質化されてきた。並行して表示部の構成や表示デバイスの駆動等は、独自の技術を開発している。本稿では、独自技術による高画質化と、環境に配慮した技術開発の応用例として、道路分野における製品例のETC車線表示板について述べた。今後、オーロラビジョンで実現した、高画質化、長寿命化、薄型・軽量化技術など、環境に配慮した技術開発を進めていく。

#### 参考文献

- (1) 原 善一郎, ほか: 大画面ディスプレイにおける画素配列と画質, 電子情報通信学会論文誌C-II, J77-C-II, No. 3, 148~159 (1994)
- (2) Hara, Z., et al.: Improvement in the picture quality of moving pictures for matrix displays, J. SID 8/2, 129~137 (2000)
- (3) カラー画像表示装置, 特許第3702699号

# 近鉄50000系“しまかぜ”用空調装置

中村久信\*

Railcar Air Conditioning Unit for Kintetsu 50000 Series "Shimakaze"

Hisanobu Nakamura

## 要旨

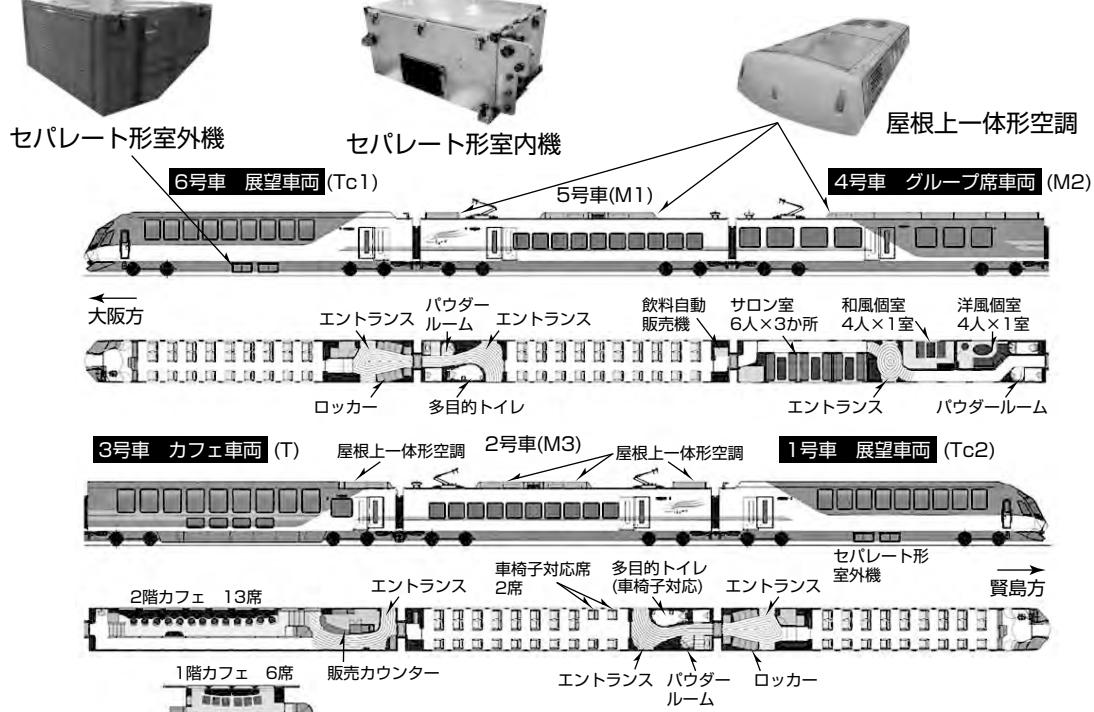
平成25年に伊勢神宮で執り行われる式年遷宮に合わせて近畿日本鉄道(株)では、2013年3月21日に新型観光特急“しまかぜ”の運行を開始した。この車両は、“移動手段としての電車を超える、乗ること自体が旅の目的となり、移動時間自体が楽しみとなるような特急”を目指している。展望車両や、カフェ車両、グループ席車両といった多様な車両構成であり、居住性の高いハイグレードな車両である。三菱電機では、このような多様な車両に対応し快適な環境を提供することを目的として各種空調装置を開発した。

室内機、室外機を一体化した屋根上一体形、室内機、室外機を別々としたセパレート形と設置タイプの異なる2種

類の空調装置とした。また、屋根上一体形、セパレート形それぞれ冷房能力の異なる2種類の構成とし、計4種類の空調装置で個室、サロン室といったこの車両独自の構成に対応した。

これらのニーズへの対応に加え、車両の静肅性向上のために、車内温度が安定した通常の冷房運転で送風量を抑え、送風による騒音を低減する機能を持った空調装置を開発して対応した。

本稿では、今回開発した4種類の空調装置とカフェ車両、グループ席車両といった個室空間へも対応した車両ごとの空調システムや空調制御について述べる。



## 近鉄50000系“しまかぜ”的車両構成

車両の構成を示す。展望車両、カフェ車両、グループ席車両等多様な車両構成となっており、各車両に対応した空調システムの開発が必要となり、計4種類の空調装置の開発を行った。

## 1. まえがき

平成25年に伊勢神宮で執り行われる式年遷宮に合わせ近畿日本鉄道(株)では、2013年3月21日に新型観光特急“しまかぜ”の運行を開始した。この車両は、“移動手段としての電車を超える、乗ること自体が旅の目的となり、移動時間自体が楽しみとなるような特急”を目指している。展望車両や、カフェ車両、グループ席車両といった多様な車両構成であり居住性の高いハイグレードな車両である。当社では、このような多様な車両構成に対応し、快適な環境を提供することを目的として各種空調装置を開発した。

具体的には、室内機、室外機を一体とした屋根上一体形、及び各々別々としたセパレート形と設置タイプの異なる空調装置とした。また、屋根上一体形、セパレート形をそれぞれ冷房能力の異なる2種類の構成とし、計4種類の空調装置で個室、サロン室といったこの車両独自の構成への対応を図った。

本稿では、今回開発した4種類の空調装置とカフェ車両、グループ席車両といった個室空間へも対応した車両ごとの空調システムや空調制御について述べる。

## 2. 空調システムの要求仕様

“しまかぜ”的空調システムには、次の仕様要求があった。

- ・客室の静肅性を達成するため、低風量での冷房運転可能かつ快適な車内空間を提供すること。
- ・多様な車両構成に対応可能な空調システムであること。

## 3. 客室の静肅性及び快適な車内空間の提供

### 3.1 冷房運転時の騒音低減

車両の温度が安定した後の通常の冷房運転で、送風量を抑えると同時に容量制御機構を持った圧縮機によって圧縮機の出力を制御することで、空調装置の送風による騒音を低減した。図1に圧縮機の容量制御機構を示す。スクロール圧縮機の圧縮室に設けたバイパスポートを制御することで圧縮量を制御している。

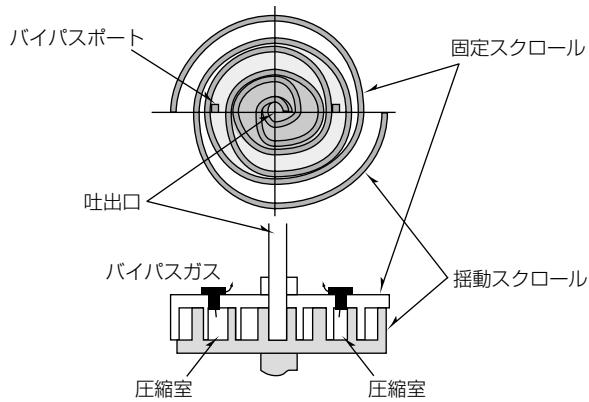


図1. 圧縮機の容量制御機構

### 3.2 冷房運転の制御

図2に冷房運転時の運転領域パターンの例を、表1に冷房運転モードの例を示す。車内温度が高い強冷領域は、冷房能力最大の強送風となるが、冷房負荷が少ない弱冷領域、除湿A、B、Cは、中送風として送風による運転騒音を低減し、静肅環境が得られるように制御している。また、湿度が高い領域は、除湿運転を行い、空調装置内に設置された電気ヒーターによって冷風を再加熱することで車内温度の低下を抑制しながら、除湿効果が得られるように制御している。

### 3.3 各種センサなどによる補正

図3に外気温度が一定温度以上のときに行う基準温度補正の例を示す。外気温度が高い場合、車内との温度差によるヒートショックを避けるため、基準温度を補正している。また、外気温度補正のほかに季節及び時刻によるカレンダー補正や運転室に設置されたモニタ装置からの伝送による遠隔補正機能を持っている。

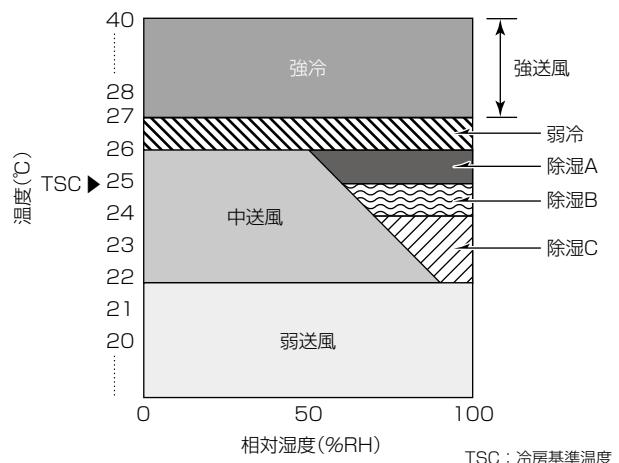


図2. 冷房運転時の運転領域パターン

表1. 冷房運転モード

領域	室内送風機	圧縮機	電気ヒーター
強冷	強送風	フル運転	-
弱冷	中送風	容量制御運転	-
除湿A	中送風	容量制御運転	間欠A
除湿B	中送風	容量制御運転	間欠B
除湿C	中送風	容量制御運転	連続
中送風	中送風	-	-
弱送風	弱送風	-	-

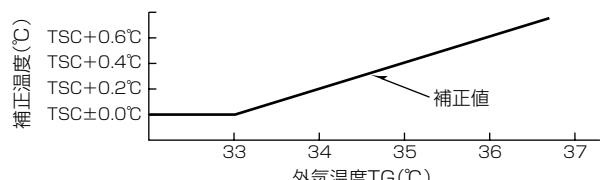


図3. 外気温度補正

### 3.4 重み付け制御

空調装置の温度制御を行うにあたり、車両内で代表とする温度が異なる場合や、客室やエントランスなどの複数のゾーンを1台の空調装置で制御する場合に、各部の温度に重み付けして制御する機能を持っている。これは、重み付けによって任意のゾーンを優先的に制御する機能である。重み付け係数を用いた温度計算式を式(1)に示す。

$$T_0, TS_0 = \frac{TR_1 \times n_1 + TR_2 \times n_2 + TS_1 \times m_1 + TS_2 \times m_2 + TS_3 \times m_3}{n_1 + n_2 + m_1 + m_2 + m_3} \quad \dots(1)$$

$T_0, TS_0$  : 冷房、暖房用車内温度  
 $TR_1, TR_2$  : 空調リターン口温度  
 $TS_1, TS_2, TS_3$  : 座席部、エントランス部温度  
 $m_1, m_2, m_3, m_4$  : 重み付け係数

## 4. 多様な車両構成に対応した空調システム

### 4.1 車両の構成と空調装置の諸元

“しまかぜ”は、表2のような6両編成で構成されている。景観を楽しめるよう、展望車両は、床を高くしたハイデッカーで構成され、カフェ車両は2階建で構成される。また、グループ席車両は、和、洋の個室とサロン室を備えている。

これらの構造に対応するため、室内機、室外機を一体化した屋根上一体形の空調装置と、室内機と室外機が別々のセパレート形空調装置を開発した。また、屋根上一体形、セパレート形それぞれに冷房能力の違いによって2種類があり、合計4種類の空調装置で構成している。

表3、表4に4種類の空調装置諸元を示す。タイプ1及

表2. 車両の構成

車両名称	車種	備考
展望車両	Tc1, Tc2	ハイデッカー
一般車両	M1, M3	
カフェ車両	T	2階建
グループ席車両	M2	和個室、洋個室、サロン室

表3. 空調装置諸元（屋根上一体形）

タイプ	タイプ1	タイプ2
空調形名	CU7041	CU102
冷房能力(kW)	19.7	5.8
暖房能力(kW)	6	2
室内風量段階	強、中、弱	強、弱
質量(kg)	420	270

表4. 空調装置諸元（セパレート形）

タイプ	タイプ3	タイプ4
空調形名	CU207S	CU208S
冷房能力(kW)	18.6	9.3
暖房能力(kW)	5	4
室内風量段階	強、中、弱	強、弱
質量(kg)	480	280

びタイプ3には、容量制御機構を持った低振動のスクロール圧縮機を1台搭載し、タイプ2及びタイプ4には小容量に対応した小型ロータリー圧縮機2台を搭載している。さらに、再熱除湿及び暖房用に電気ヒーターを備えている。図4にタイプ1とタイプ3の空調装置の外観を示す。

### 4.2 展望車両(Tc1, Tc2)の空調システム構成

図5に展望車両(Tc1, Tc2)の空調システム構成を示す。ハイデッカーの空調装置本体は、屋根上一体形の設置が困難であり、タイプ3のセパレート形空調装置を2台と、タイプ4のセパレート形空調装置を1台設置した。室内機は床中へ、室外機は床下へ設置した。

空調能力制御は、特急車ということもあり、車内の静肅性も考慮し、送風機の風量を3段階に制御して、圧縮機の容量制御と組み合わせることで細かく制御している。また、車内の温度が安定した後の通常の冷房運転では、風量を抑えて送風による騒音を低減し車内の静肅性に寄与している。車内の温度、湿度は、車内に設けた5個の温度センサと1個の湿度センサによって制御している。



(a) タイプ1空調装置(屋根上一体形)



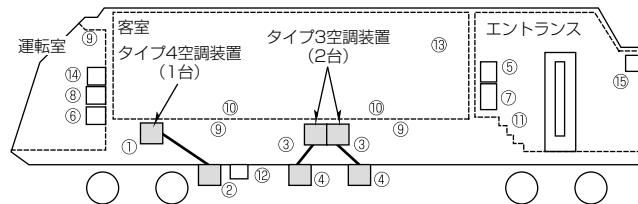
室外機



室内機

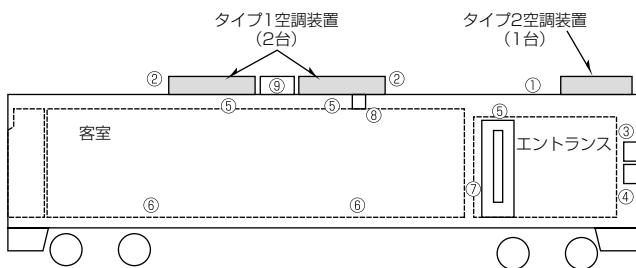
(b) タイプ3空調装置(セパレート形)

図4. 空調装置の外観



- ①タイプ4空調装置／室内機、②タイプ4空調装置／室外機、
- ③タイプ3空調装置／室内機、④タイプ3空調装置／室外機、⑤空調制御器、
- ⑥運転室空調用電盤、⑦空調分電盤、⑧運転室空調用電子サーべー、
- ⑨冷房用温度センサ(リターン口)、⑩暖房用温度センサ(座席部)、
- ⑪暖房用温度センサ(出入台)、⑫外気温度センサ、⑬湿度センサ、
- ⑭運転室クーラ用操作スイッチ、⑮換気扇

図5. 展望車両(Tc1, Tc2)の空調システム構成



①タイプ2空調装置、②タイプ1空調装置、③空調制御器、④空調分電盤、  
⑤冷房用温度センサ、⑥暖房用温度センサ(座席部)、⑦暖房用温度センサ(出入台)、  
⑧湿度センサ、⑨排気扇(ロスナイ)

図6. 一般車両(M1, M3)の空調システム構成

#### 4.3 一般車両(M1, M3)の空調システム構成

図6に一般車両(M1, M3)の空調システム構成を示す。客室の空調は、タイプ1の屋根上一体形空調装置を2台設置しており鉄道車両用としては、オーソドックスな構成である。この客室の空調能力制御は、展望車両(Tc1, Tc2)の空調装置と同様に車内の静肅性も考慮し、送風機の風量を3段階に制御して、圧縮機の容量制御と組み合わせることで細かく制御している。また、エントランス部は、パウダールームやトイレが設置されていることから、タイプ2の屋根上一体形空調装置を1台設置している。客室部の温度、湿度は、車内に設けた4個の温度センサと1個の湿度センサで制御している。エントランス部の温度は、2個の温度センサによって制御している。

#### 4.4 カフェ車両(T)の空調システム構成

図7にカフェ車両(T)の空調システム構成を示す。

1, 2階の車両の構成に対応するため、2階カフェ部及び販売カウンター部分の空調を担当するタイプ1の屋根上一体形空調装置1台と1階のカフェ部分、2階カフェ、及び廊下の一部分を担当するタイプ4のセパレート形空調装置2台で構成している。

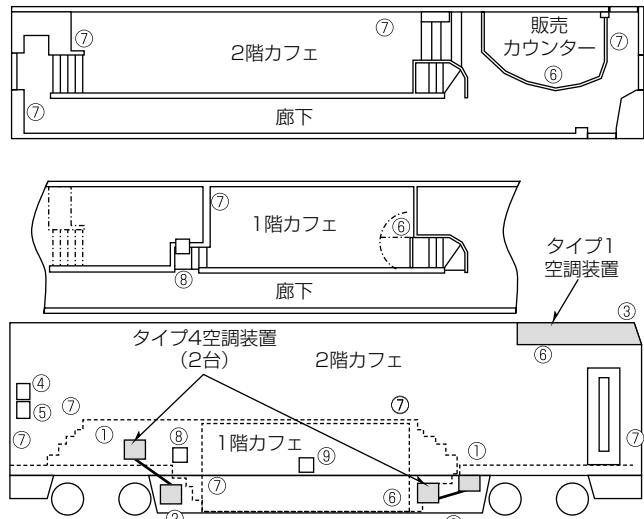
1階のカフェ部には、個別操作スイッチを設け乗客の個別の温度設定の要求に対応している。

#### 4.5 グループ席車両(M2)の空調システム構成

図8にグループ席車両(M2)の空調システム構成を示す。

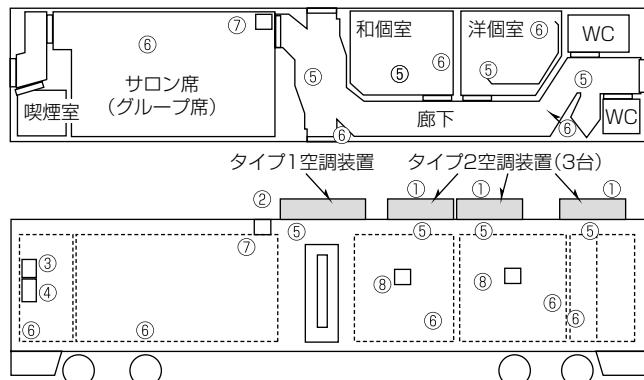
洋個室及び和個室対応として、各々に容量の小さなタイプ2の屋根上一体形空調装置を各1台設置し、トイレ・廊下用にも同様に容量の小さいタイプ2の空調装置を1台設置している。また、グループ席のサロン室用及び廊下用に、タイプ1の屋根上一体形空調装置1台を設置している。

空調能力制御は、洋個室、和個室それぞれに2個の温度センサを設置し温度を制御するとともに各個室に設置して



①タイプ4空調装置／室内機、②タイプ4空調装置／室外機、③タイプ1空調装置、  
④空調制御器、⑤空調分電盤、⑥冷房用温度センサ(リターン口)、  
⑦暖房用温度センサ(出入台)、⑧湿度センサ、⑨個別操作スイッチ

図7. カフェ車両(T)の空調システム構成



①タイプ2空調装置、②タイプ1空調装置、③空調制御器、④空調分電盤、  
⑤冷房用温度センサ(リターン口)、⑥暖房用温度センサ(出入台, 他)、⑦湿度センサ、  
⑧個別操作スイッチ

図8. グループ席車両(M2)の空調システム構成

ある個別操作スイッチによって洋個室、和個室、それぞれが乗客の好みに合わせて温度を設定できる。

## 5. む す び

社会の成熟化に伴い、鉄道車両についても、従来の、より速く便利な移動手段から、移動自身を旅として楽しむニーズが高まっている。本稿で述べた移動時間自体が楽しみとなるような個性的な車両は、今後増加していくことが予想される。今後も今回のようなハイグレード車両で最適な車内空間を提供するための空調システムの改善や制御ソフトウェアの充実化をしていく所存である。

# ニューヨーク地下鉄向け R188車両用空調装置

松尾耕太郎\*

*Railcar Heating, Ventilation and Air Conditioning Unit for New York City Subway R188 Car*

Kotaro Matsuo

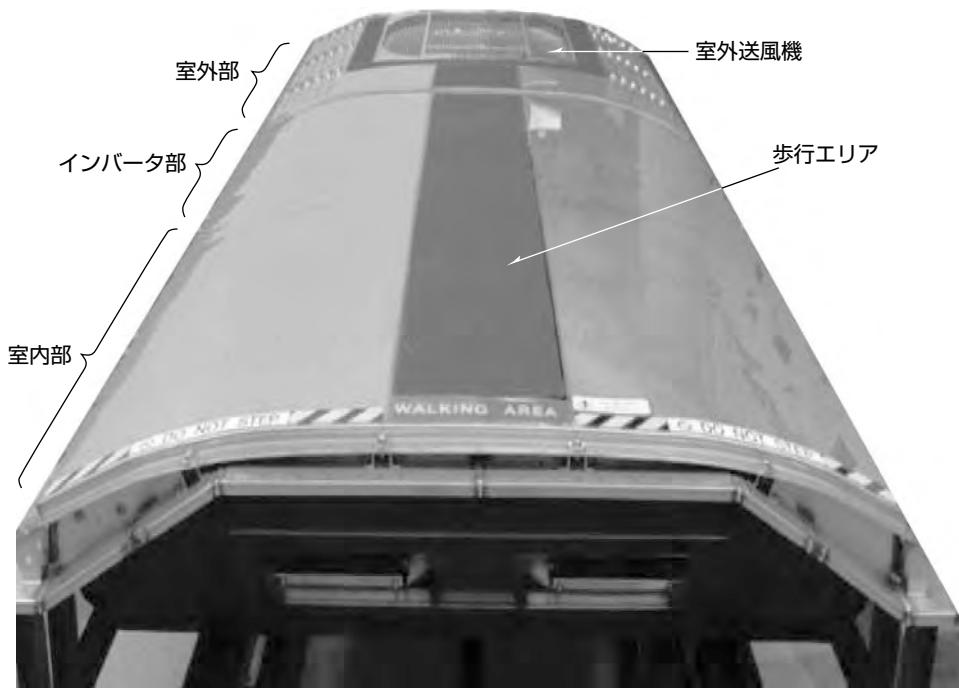
**要 旨**

ニューヨーク地下鉄(New York City Subway)は、アメリカ合衆国ニューヨーク州ニューヨーク市にある同国最大の地下鉄・高架鉄道を中心とする鉄道網を持つ鉄道会社である。R142A車両など6,000両以上の車両を持ち、24時間運行を実施している。三菱電機は2010年5月にR188車両用として、252台の車両用空調装置を受注し、2011年9月から出荷を開始した。

R188車両は新造車両であるが、R22冷媒を用いた当社製“EU72形”車両用空調装置が搭載された既存のR142A車両の後継車両であり、R142A車両の一部も改造されて連結される。

R188車両用空調装置は、R142A車両用空調装置と取付け・性能互換を要求されたが、冷媒は代替冷媒R407Cへの変更が必要であった。変更に伴い冷媒回路での高圧圧力の上昇と冷房能力の低下の問題を解決して、“EU72A形”車両用空調装置を開発した。

なお、冷媒を代替冷媒R407C化したEU72A形車両用空調装置は、R188車両用として開発したが、既存のR142A車両にも取り付けが可能なので、EU72形車両用空調装置(1,200台)のリプレース用にも対応できる。

**ニューヨーク地下鉄向けR188車両用“EU72A形”空調装置**

R142A形車両に搭載のEU72形車両用空調装置と取付け・性能互換性を持ち、代替冷媒R407Cを用いた車両用空調装置である。インバータを内蔵した2分散の屋根上埋め込みタイプで、空調装置上部のスベリ止めシートが貼ってある歩行エリアは、作業者が歩行できる強度がある。

## 1. まえがき

ニューヨーク地下鉄は、アメリカ合衆国ニューヨーク州ニューヨーク市にある世界最大の地下鉄・高架鉄道を中心とする鉄道網を持つ鉄道会社である。R142A車両など6,000両以上の車両を持ち、24時間運行を実施している。当社は2010年5月にR188車両用として、252台の車両用空調装置を受注した。

R188車両は、既存のR142A車両の後継車両であり、そのR142A車両には、冷媒にR22を用いた当社製のEU72形車両用空調装置が搭載されている。

そこで、R188車両には、R142A車両に搭載された空調装置と、取付け互換性を保ったまままで冷房能力が同じ代替冷媒R407Cを用いたEU72A形車両用空調装置を開発した。

本稿では、EU72A形車両用空調装置の開発課題と対策について述べる。

## 2. 空調装置の仕様

図1にR188車両の空調装置の構成を、図2にEU72A形車両用空調装置本体の機器配置を示す。

EU72A形車両用空調装置本体は、各車両の屋根上に2台設置され、第3軌条の600Vdcを直接受電し、空調装置に内蔵しているインバータによって横型スクロール圧縮機、電気ヒーター、室外送風機、室内送風機を駆動している。

空調制御装置は、車外温度・車内温度の情報によって空調装置本体を制御するためのもので、各車両側部に2台設置されている。

EU72A形車両用空調装置は、屋根上埋め込みタイプである。車両の断面形状に合わせて、屋根上埋め込み・薄形形状(空調装置高さ376mm)を達成するため、代替冷媒R407C対応の横型スクロール圧縮機1台を搭載している。室外送風機、室内送風機、電気ヒーターは、EU72形車両

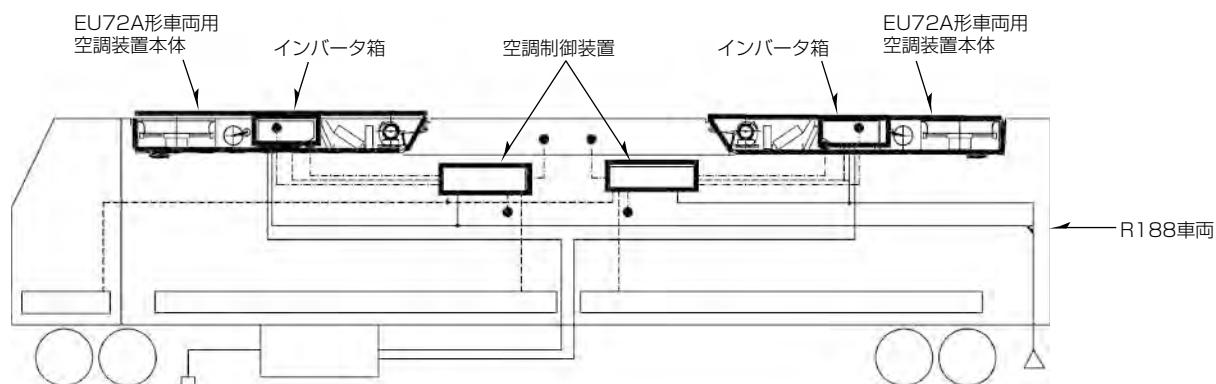


図1. R188車両の空調装置の構成

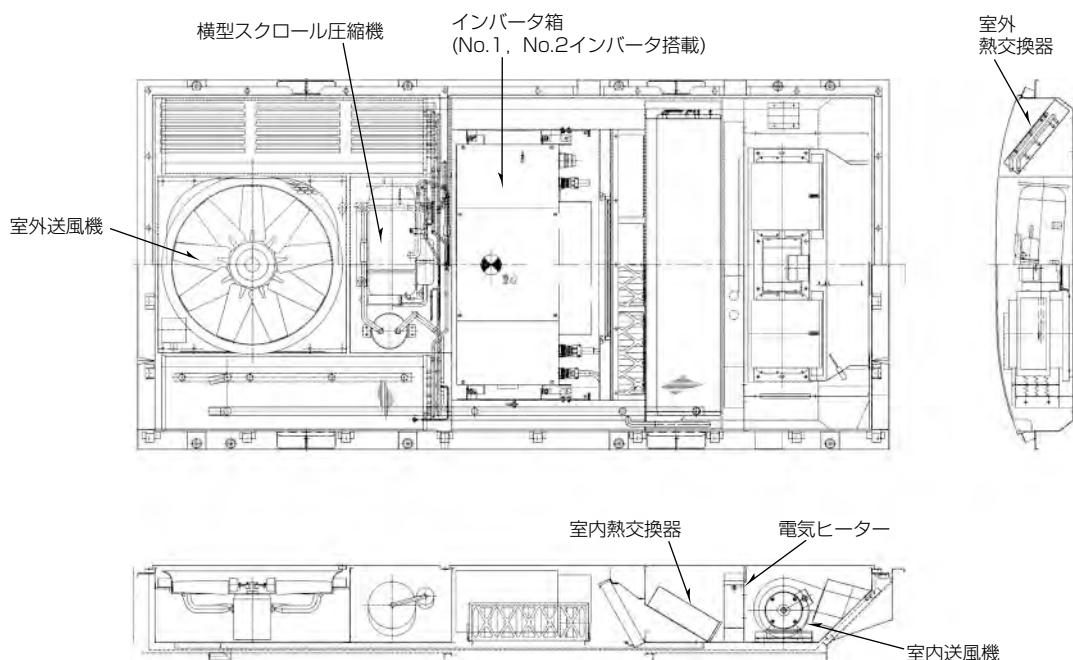


図2. EU72A形車両用空調装置本体の機器配置

用空調装置の部品と取付けの互換があるものを採用している。No.1インバータは、室外・室内送風機用で、No.2インバータは、横型スクロール圧縮機と電気ヒーター用であり、ともにインバータ箱に搭載している。

表1にEU72A形車両用空調装置の仕様を示す。冷房能力は20.4kWで、冷媒は代替冷媒R407Cを使用している。冷房の標準条件は、車内温度25.6°C、車内湿度55%、車外温度40.6°Cで、表2に示す国内の冷房標準条件と比較して、車内温度は低く車外温度は高い。

表1. EU72A形車両用空調装置の仕様

項目	仕様
空調装置タイプ	屋根上埋め込みタイプ
車両搭載数量	2台/両
冷房能力	20.4kW/台
冷媒	R407C
車内温度	25.6°C
車内湿度	55%
車外温度	40.6°C
車外湿球温度	26.7°C
外形寸法	3,310×1,649×376(mm)
質量	約600kg

表2. 冷房標準条件の比較

項目		冷房標準条件
国内 冷房標準条件 (JIS)	車内温度	28°C
	車内湿球温度	23°C
	車外温度	33°C
EU72A形 冷房標準条件 (設計ポイント)	車内温度	25.6°C
	車内湿度	55%
	車外温度	40.6°C
	車外湿球温度	26.7°C

### 3. 開発の課題と対策

EU72A形車両用空調装置は、EU72形車両用空調装置と取付け互換を確保し、使用冷媒をR22から代替冷媒R407Cへ変更した。ここでは、開発時の課題と、それぞれの対策について述べる。

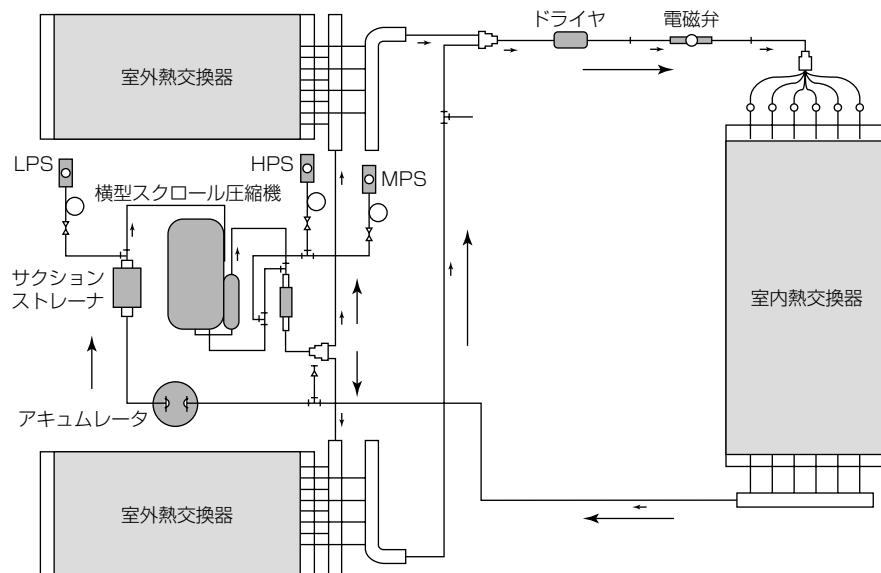
#### 3.1 冷凍サイクルと代替冷媒の課題

図3は、EU72A形空調装置の冷凍サイクルを示す。主な構成要素は、横型スクロール圧縮機、室外熱交換器、室内熱交換器等で、空調装置本体内に配置される。HPS及びLPSは、高温時の異常な高圧やガス漏れ等による低圧から圧縮機を保護する。ニューヨーク地下鉄では、車外温度51.7°Cまで空調装置が運転できることが要求されており(表3)，MPSが外気温の上昇によって高圧圧力が設定値に達すると、圧縮機への供給電力の周波数を下げて高圧圧力を抑制し、空調装置が停止せずに運転できるよう制御している。

R22冷媒を代替冷媒R407Cに変更すると、冷媒成分の性質上、冷媒回路の高圧圧力が約10%上昇することから、圧力設計の見直しが課題である。さらに、代替冷媒R407Cで

表3. ニューヨーク地下鉄指定の温度条件

車外温度 : $T_2$	車内温度 : $T_1$	備考
$-11.7^\circ\text{C} \leq T_2 \leq 4.4^\circ\text{C}$	$16.7^\circ\text{C} \leq T_1 \leq 20.0^\circ\text{C}$	暖房
$4.4^\circ\text{C} \leq T_2 \leq 15.6^\circ\text{C}$	$18.3^\circ\text{C} \leq T_1 \leq 23.9^\circ\text{C}$	暖房
$15.6^\circ\text{C} \leq T_2 \leq 35.0^\circ\text{C}$	$21.7^\circ\text{C} \leq T_1 \leq 23.9^\circ\text{C}$	暖房／冷房
$35.0^\circ\text{C} \leq T_2 \leq 40.6^\circ\text{C}$	$21.7^\circ\text{C} \leq T_1 \leq 25.6^\circ\text{C}$	冷房
$40.6^\circ\text{C} \leq T_2 \leq 46.1^\circ\text{C}$	$T_1 \leq (T_2 - 11^\circ\text{C})$	冷房
$46.1^\circ\text{C} \leq T_2 \leq 51.7^\circ\text{C}$	空調装置は運転できる	冷房
冷房能力の設計ポイント		車外温度 $T_2 = 40.6^\circ\text{C}$ 車内温度 $T_1 = 25.6^\circ\text{C}$



MPS : 高圧圧力調整スイッチ, HPS : 高圧圧力スイッチ, LPS : 低圧圧力スイッチ

図3. EU72A形車両用空調装置の冷凍サイクル

は、冷房能力がやや低下することから、各構成要素の性能を改善し、冷房能力を補う必要がある<sup>(1)</sup>。

### 3.2 高圧圧力の低減対策

EU72形車両用空調装置に代替冷媒R407Cを適用した場合の冷媒回路における高圧圧力上昇は、例えば車外温度T<sub>2</sub>=46.1°Cを超えるような過酷な条件下の冷房運転で、横型スクロール圧縮機を保護する高圧圧力スイッチ(HPS)が働き、空調装置が停止に至る可能性がある。

ニューヨーク地下鉄では、表3で指定された温度条件での運転が求められており、室外熱交換器と室内熱交換器の銅管の直径をφ9.53mmからφ7.94mmに変更し、配管の本数を約40%増やすことで熱交換器の性能を改善し、高圧圧力の上昇を抑えた。

冷媒回路の高圧圧力を下げる方法は、ほかに熱交換器のフィンピッチを2.54mmから2.0mmに変更することも考えられるが、ニューヨーク地下鉄の仕様で、清掃の容易性から広いフィンピッチが規定されているため、採用を見送った。また、送風機の風量変更も考えられたが、送風機の互換性を確保する制約があるため、これも採用しなかった。

### 3.3 冷房能力の低下対策

EU72形車両用空調装置に代替冷媒R407Cを適用すると、高圧圧力の上昇とともに冷房能力が低下する。

対策として、横型スクロール圧縮機の運転最大周波数を64Hzから68Hzへ変更し、循環冷媒量を増加させることによって、冷房能力を増加させて課題を解決した。ここでも室内送風機の風量を増やす案も考えられたが、3.2節の制約と同じ理由で採用しなかった。

表4に、横型スクロール圧縮機の運転パターンを示す。圧縮機は、起動電流を下げるためと圧縮機の負担を軽減するためにスロースタートし、定常所定周波数(30Hz)に到達後、冷房負荷に合わせて、運転パターンまで周波数をあげる。冷房負荷が変わると、運転周波数を最適な能力の冷房運転にコントロールする。

### 3.4 メンテナンス

ニューヨーク地下鉄の仕様では、車両用空調装置の冷凍サイクルに、冷媒交換用のサービスバルブを設置する。今回開発したEU72A形車両用空調装置は、EU72形車両用空調装置と取付け・性能に互換性があり、形状も極めて類似している。また、同等の作業性が求められており、サービスバルブは、同じ位置に配置する必要があった。一方、メ

表4. 横型スクロール圧縮機の運転パターン

運転パターン	EU72A形	EU72形	備考
1	0 Hz	0 Hz	停止
2	30Hz	30Hz	起動時使用
3	39Hz	39Hz	車内温度21.7~23.3°C
4	48Hz	48Hz	車内温度23.3~24.4°C
5	59Hz	59Hz	車内温度24.4°C以上 車外温度35°C以下
6	68Hz	64Hz	車内温度24.4°C以上 車外温度35°C以上 最大周波数

ンテナンスでは、ニューヨーク地下鉄のメンテナンス部門が冷媒を交換することから、異なる冷媒の誤充填を避ける必要があった。

この対策として、サービスバルブの種類とキャップサイズを変更し、メンテナンス担当者が、冷媒の種類を間違えた場合、冷媒を充填できないようにした。この結果、取付け・性能の互換性確保とともに、メンテナンスでも同等の作業性を実現できた。

## 4. む す び

ニューヨーク地下鉄のR188車両用として、冷媒を代替冷媒R407C化したEU72A形車両用空調装置を開発した。これは、既存のR142A車両への取付け・性能の互換性確保とともに、メンテナンスでも同等の作業性を実現しており、EU72形車両用空調装置(1,200台)のリプレース用にも対応できる。

一方、EU72A形車両用空調装置のような北米向けの案件では、国内市場では見られない基準類への対応が求められる。例えば溶接におけるAWS(The American Welding Society)の適用である。海外案件では、ほかにも各国の国内基準(BS(British Standard), DIN(Deutsche Industrie Norm)等)への適用を要求されることもあり、それぞれの基準に対応する必要がある。今後も、海外の顧客仕様に沿った、車両用空調装置の開発を進め、顧客に満足してもらえるように活動していく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 鈴木一弘, ほか: HCFC-22代替冷媒対応空調機の開発, 三菱重工技報, 35, No. 2, 82~87 (1998)

# 空冷式ヒートポンプチラー “コンパクトキューブEAHV形”

石田和之\* 彦根昂仁\*  
大越 靖\*  
伊藤拓也\*

Air-cooled Heat Pump Chiller "Compact Cube Model EAHV"

Kazuyuki Ishida, Yasushi Ohkoshi, Takuya Ito, Takahito Hikone

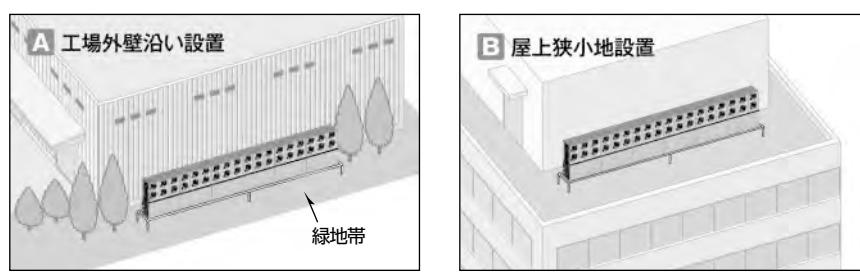
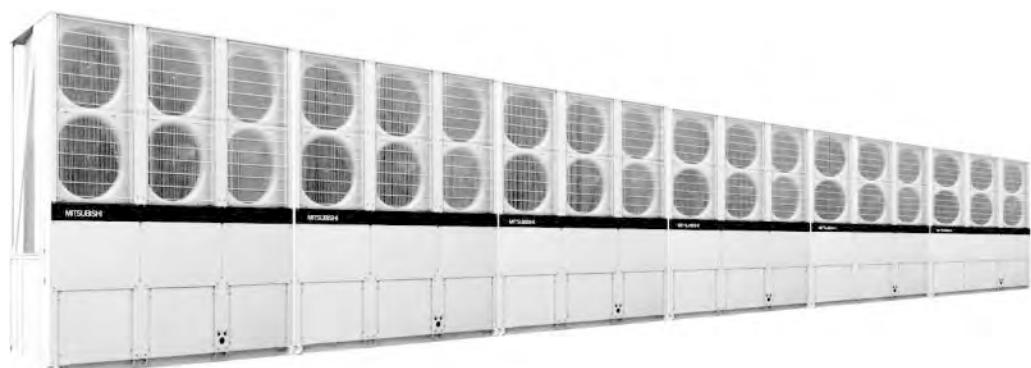
## 要 旨

近年、工場などの空調設備の分野では地球環境問題への対応のため、省エネルギー性が高くCO<sub>2</sub>排出量削減に大きく寄与し、加えてランニングコストの低減も可能なヒートポンプチラーの普及が進んでいる。さらに、限られた狭小スペースへの設置、現地施工容易化の要望が高まっている。

そこで、三菱電機は、中部電力㈱と共に、データセンターやビル、工場等の空調に使用する冷暖房可能な空冷式高効率ヒートポンプチラー“コンパクトキューブEAHV形”を開発した。

EAHV形は、20馬力と30馬力を基本モジュールとし、それらの組合せによってユニット化することで、1ユニッ

ト当たり20~180馬力までの負荷への対応を可能としたほか、業界トップクラスの省エネルギー性(50馬力クラスでCOP=3.41)も達成した。また、基本モジュールの薄型化(奥行き900mm)によって、工場横の緑地帯など、これまで設置困難であった場所への設置を可能としたほか、現地工事で設置していた集合ヘッダ(複数台設置時の配管連結部)をユニット内部に内蔵可能とし、省スペース、省工事を図った。また、EAHV形はDCインバータ駆動スクロール圧縮機を採用することによって、部分負荷での高効率運転を可能とした。



ユニット設置イメージ

## 空冷式ヒートポンプチラー“コンパクトキューブEAHV形”

30馬力6モジュールによる180馬力ユニット(最大構成)とユニットの設置イメージを示す。

## 1. まえがき

近年、工場などの空調設備分野では、地球環境問題から省エネルギー性が高くCO<sub>2</sub>排出量削減に大きく寄与し、加えてランニングコストの低減も可能なヒートポンプチラーの普及が進んでいる。また、限られた設置面積への大容量熱源設置(集中設置)や、現地施工の容易化、配管系統の集約化に対する要望が高まっている。

このような市場ニーズに対応するため、当社は、中部電力(株)と共同で、データセンターやビル、工場等の空調に使用する冷暖房可能な空冷式高効率ヒートポンプチラー“コンパクトキューブEAHV形”を開発した。

EAHV形は、20馬力と30馬力を基本モジュールとし、各モジュールの組合せによってユニット化することで、様々な負荷や場所への設置を可能とした。

## 2. 製品仕様

EAHV形は、20馬力と30馬力を基本モジュールとし、各モジュールの組合せによって様々な負荷や場所への設置を可能としたもので、20~180馬力までを10馬力刻みで17機種ラインアップした。図1にEAHV形(30馬力基本モジュール)の外観を、また、表1に20馬力基本モジュールと30馬力基本モジュールのEAHV形製品仕様を示す。

また、EAHV形は、奥行き900mmの薄型構造の特長をいかし、横方向への連結設置を採用した。図2に30馬力基本モジュール2台の連結によって構成するEAHV形60馬力ユニット(冷却／加熱能力180kW)の外観を示す。

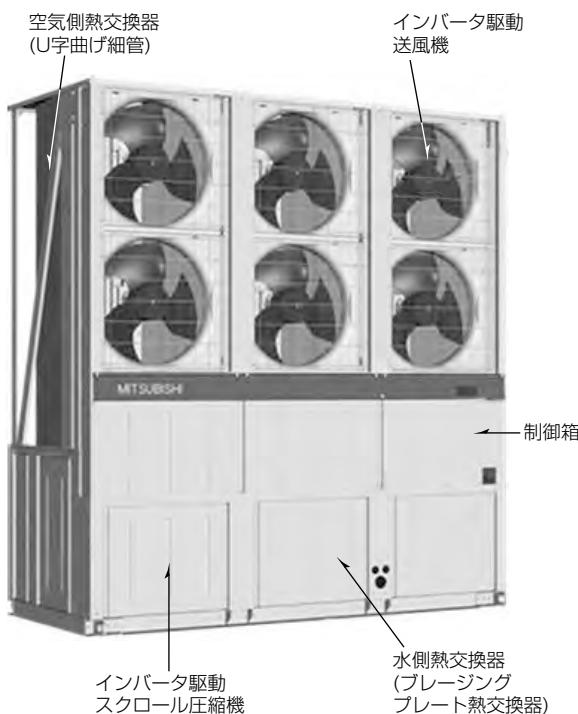


図1. EAHV形(30馬力基本モジュール)の外観  
(正面：空気熱交換器吹き出し部)

## 3. 高効率化対応

### 3.1 DCインバータ圧縮機・送風機の採用

EAHV形は、部分負荷での高効率運転が可能なDCインバータ駆動スクロール圧縮機を採用した。また、送風機についても高効率化を図るためDCインバータファンモータを採用した。

図3に従来のスクリュー圧縮機とインバータ駆動スクロール圧縮機の容量制御特性を示す。従来のスクリュー圧縮機(機械式容量制御)は、冷却能力比100%でCOP比が最大となり、冷却能力比の低下とともにCOP比が低下する特性であるのに対し、インバータ駆動スクロール圧縮機は、冷却能力比60%程度でCOPが最大となる特性である。

表1. EAHV形製品仕様

項目・形名	EAHVP600A (20馬力基本モジュール)		EAHVP900A (30馬力基本モジュール)	
	散水なし	散水あり	散水なし	散水あり
冷却 <sup>(注1)</sup>	能力(kW)	60	90	
	COP <sup>(注3)</sup>	3.41	5.04	3.41
加熱 <sup>(注2)</sup>	IPLV <sup>(注4)</sup>	5.50	6.08	5.50
	能力(kW)	60	90	
圧縮機	COP	3.54	3.54	
	DCインバータクロス圧縮機			
送風機	DCインバータ駆動			
冷媒	R410A			
寸法	高さ(mm)	2,450		
	幅(mm)	1,500	2,250	
	奥行き(mm)	900		
製品質量(kg) <sup>(注5)</sup>	800	815	1,050	1,070

(注1) 冷却性能は、外気乾球温度35°C/湿球温度24°C、冷水入口14°C/冷水出口7°C冷却時の値を示す。

(注2) 加熱性能は、外気乾球温度7°C/湿球温度6°C、温水入口38°C/温水出口45°C加熱時の値を示す。

(注3) 成績係数(Coefficient Of Performance : COP)

(注4) 期間成績係数(Integrated Part Load Value : IPLV)は、日本冷凍空調工業会規格JRA4062による。

(注5) 製品質量は、内蔵ヘッド仕様の質量を示す。



図2. EAHV形60馬力ユニットの外観  
(30馬力基本モジュール×2台構成)

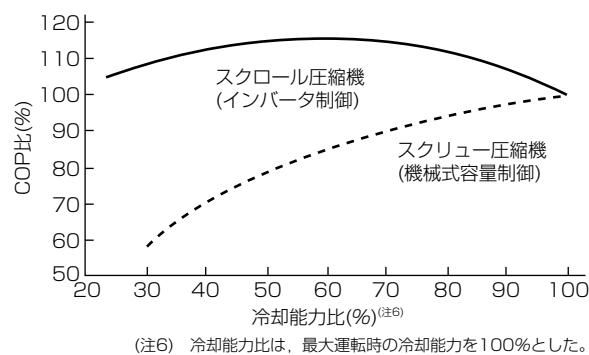


図3. 圧縮機の容量制御特性

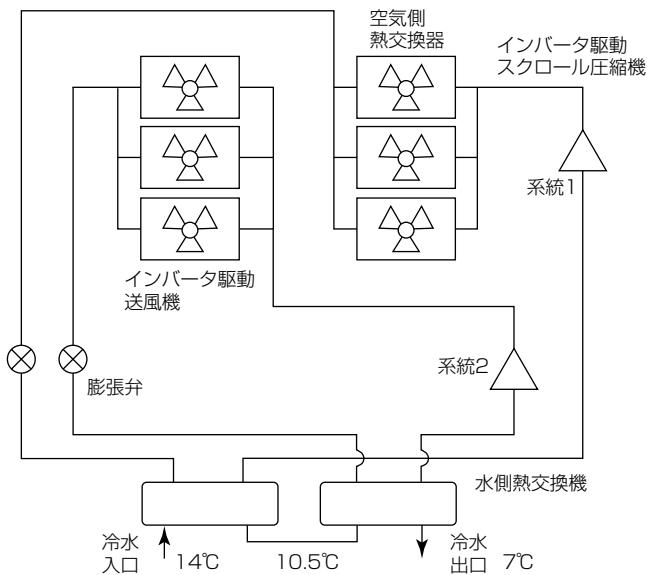


図4. 冷媒配管系統図(冷却運転時)

EAHV形では、部分負荷運転時の効率向上のため、定格運転時だけでなく、空調負荷に応じて圧縮機回転数とファン回転数を最適とするインバータ制御を行うことによって、高効率運転を可能とした。

### 3.2 二蒸発冷凍サイクル

性能を向上させるため、EAHV形では、図4に示すように系統1及び系統2の2つの独立した冷媒回路からなる二蒸発冷凍サイクルを採用した。このサイクルで、系統1と系統2の水熱交換器に直列に冷水を流すことで、上流側(系統1)の蒸発温度は、下流側(系統2)の蒸発温度よりも約3.5°C高い温度での運転が可能となる。

系統1の蒸発温度が高くなるため、従来の一蒸発冷凍サイクルに対して2~3%高効率となる運転を可能とした。

### 3.3 空気側熱交換器の性能向上

性能を向上させるために、EAHV形は、通風抵抗の低減及び空気側熱交換器を通過する風速の均一化を図り高効率化を実現した。さらに、従来のV字空気側熱交換器のトップフロー方式からU字空気側熱交換器を縦方向に段積みし、モジュール背面から空気を吸い込み前面へ吹き出すサイドフロー方式を採用し、ユニット吹き出し面にエアガ



図5. 50馬力ユニット背面(空気側熱交換器吸い込み部)

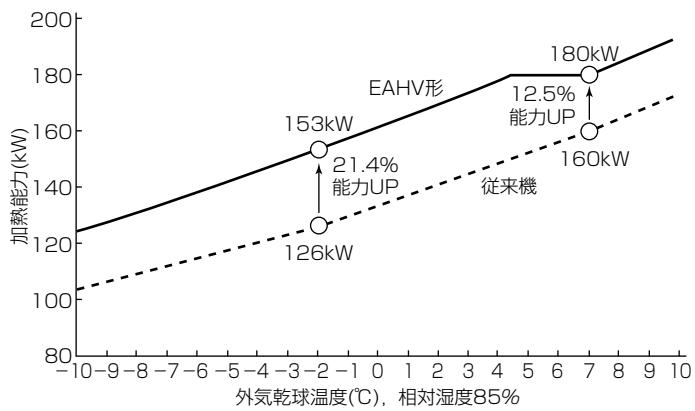


図6. 加熱能力(60馬力ユニット)

イドを設けて60°上方に吹き出すことによって、ユニットの対面設置を可能とすることで省スペース化した。

図5に50馬力ユニット背面(空気側熱交換器吸い込み部)を示す。

### 3.4 加熱能力の増加

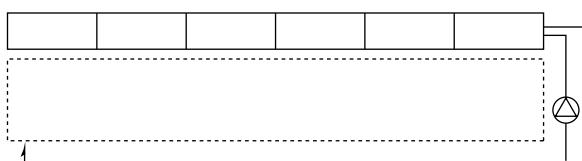
省エネルギー化(パソコンの省電力化や照明のLED(Light Emitting Diode)化等)の浸透などによって、室内内部発熱が減少しており、相対的に暖房負荷が増える傾向にあり、加熱能力の増加を図った。EAHV形では、圧縮機の周波数制御を行うことによって、外気乾球温度+7°C(相対湿度85%: JIS条件)で従来機比12.5%, 外気乾球温度-2°C(相対湿度85%)で従来機比21.4%加熱能力を向上させた。

図6に従来機とEAHV形の加熱能力(60馬力ユニット)を示す。

## 4. 省スペース対応

### 4.1 集合ヘッダの内蔵化

従来のチラーは、モジュールごとに冷温水配管の接続を行うため、複数台設置に対応する場合は、各モジュール配管を連結する集合ヘッダを本体外部に施工・設置している。



各モジュールの前面に必要であった配管スペースが、集合ヘッダの内蔵化によってユニットの右(又は左)に集約されるため、不要となる。

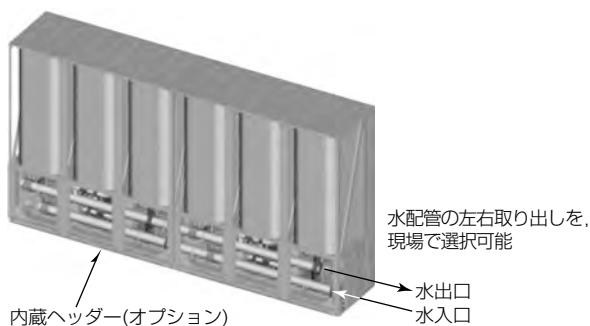


図 7. 内蔵ヘッダ部の外観  
(機械室パネル(背面)を取り外した状態)

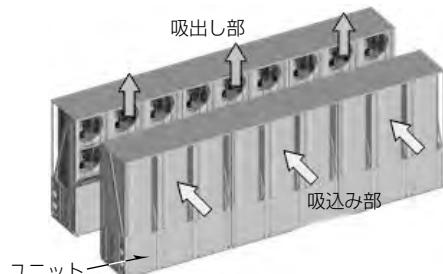


図 8. 対面二列設置時の気流解析モデル

EAHV形は、薄型モジュール(奥行き900mm)内に集合ヘッダを内蔵することによって、現地集合ヘッダスペースを削減した。これによって、業務用空調機のように、外壁沿いや屋上の狭小場所にも設置可能となり、従来の機器では設置ができなかった狭小スペースへの設置を可能とした。

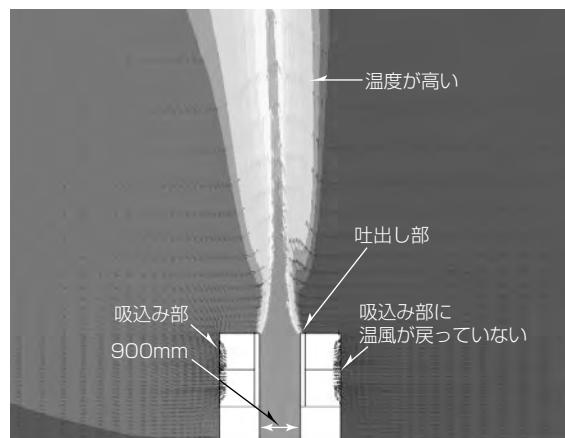


図 9. 気流解析結果

図 7 に内蔵ヘッダ部の外観を示す。

#### 4.2 ユニットの二列設置

ユニット吹き出し面には、エアガイドを設けて60°上方に吹き出すことによって気流干渉を防止し、対面二列設置時の省スペース化を実現した。図8に対面二列設置時の気流解析モデルを、図9に気流解析結果を示す。ユニットから出た温風(冷却運転時)は、エアガイドによって上方向に排出され、温風がユニットに戻っていないことを確認した。

#### 5. むすび

地球環境問題及び省エネルギー性への対応のため、空調設備の熱源機に対する高効率化、省スペース化及び設置工事の容易化の要望が今後ますます高まると思われる。

EAHV形は、小型化・高効率化を達成し、さらに、サイドフロー形態の薄型モジュール構造とすることで、これまで設置困難であった狭小設置面積場所への設置を可能とした。

今後も市場ニーズに沿った、地球環境の改善に貢献できるヒートポンプチラーの開発を進めていく。

# 道路情報板向け“オーロラビジョン”の配光制御

井上陽子\*  
青木千恵\*\*  
井上博文\*\*\*

*Light Distribution Control of "Diamond Vision" for LED Message Signs*

*Yoko Inoue, Chie Aoki, Hirofumi Inoue*

## 要 旨

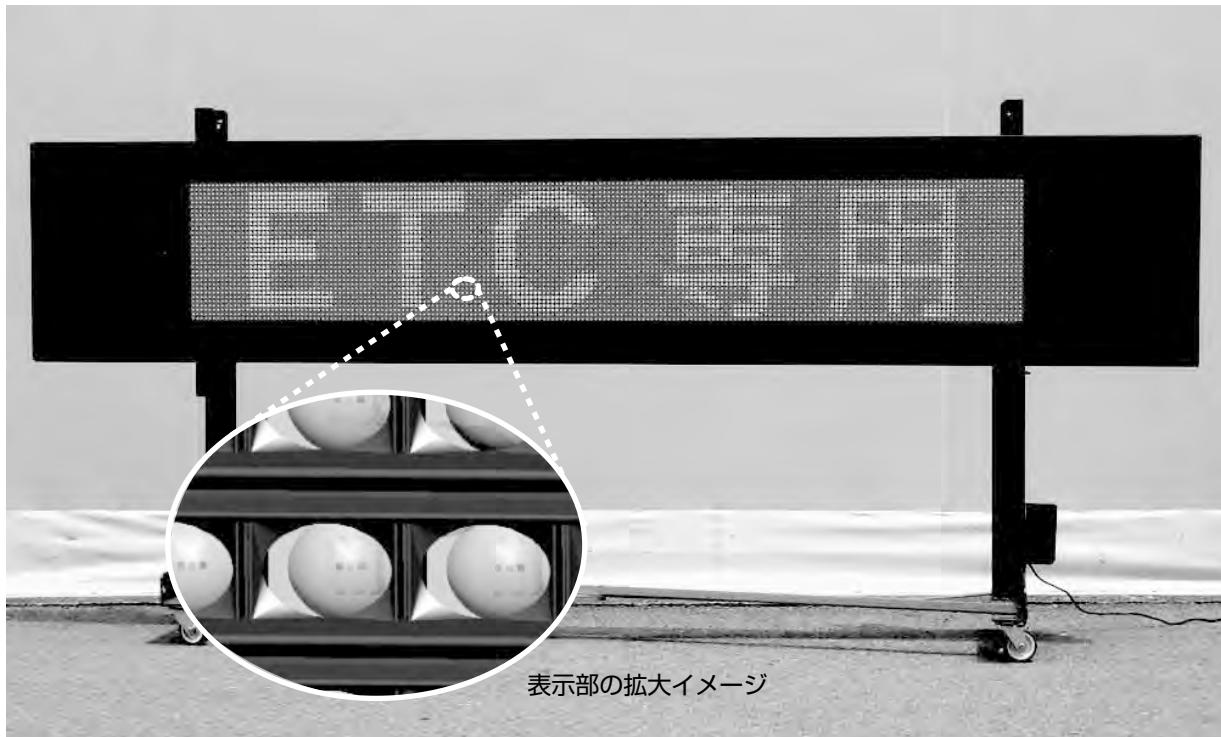
LED(Light Emitting Diode)式の大型表示装置は、LEDの飛躍的な高効率化によって低消費電力型の表示機器として近年急速に普及し、従来のスタジアム用途などのほか、デジタルサイネージや交通、道路分野等の新しい分野での利用が拡大している。三菱電機大型表示装置“オーロラビジョン”でも積極的に新分野への展開を進めており、昨年度は低消費電力型の道路情報板を製品化した。

道路分野向け表示装置では広い視野角は求められない一方で、良好な視認性と低消費電力そして長寿命が求められる。

今回開発した道路情報板では、表示素子に3 in 1 LED素

子<sup>(注1)</sup>を採用して、解像度を高め視認性を向上させた。また、LEDの前面に備える透明な樹脂性のカバーにレンズ形状を一体成型することによって、視野角内に表示光を集光し光の利用効率を高めた。3 in 1 LED素子の配光制御で生じやすいカラーシフトは、レンズ形状の最適化設計と発光素子の配列を組み合わせることによって抑制した。配光制御によって画質を損なうことなく光の利用効率を高めた結果、消費電力は3分の1に削減され、LED駆動電流の低減による素子寿命の改善が図れ、視認性、省エネルギー性、信頼性に優れた製品となった。

(注1) 1つのLEDパッケージの中に3原色(RGB)の発光素子が入ったLED素子



## 配光制御を適用したETC<sup>(注2)</sup>車線表示板

2012年8月に製品化したETC(Electronic Toll Collection system)車線表示板と表示部の拡大イメージである。イメージではLEDの交互反転配置と前面カバー一体型の配光制御レンズを示す。カラーシフトを抑制しつつ表示光の集光性を高め、消費電力を3分の1に削減した。

(注2) ETCは、首都高速道路(株)、阪神高速道路(株)、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、及び西日本高速道路(株)他の登録商標である。

## 1. まえがき

三菱電機では、大型映像表示装置オーロラビジョンで、屋外向け大型表示装置に関し30年以上の実績を持っている。オーロラビジョンで培った技術を展開し、道路情報板の開発に取り組み始めた。

道路分野の表示装置では、高い視認性と低消費電力、長寿命が求められる。そこで三菱電機では、LEDの配光制御によってこれらの性能に優れた製品を開発した。

本稿では、この道路情報板におけるLEDの配光制御技術について述べる。

## 2. 道路情報板

道路の付帯設備である道路情報板は、道路情報・交通情報・気象情報等の情報を、通行する利用者に対して正確かつすみやかに伝達するために備えられている。図1に道路情報板の製品を示す。道路情報板は、円滑な交通を確保することを目的とし、利用者にとって分かりやすく認識しやすいこと、誤認のない表示板であることが大切である。

道路情報板の方式は、目的や設置場所によって内照固定方式、字幕変更方式や電光式等があったが、LEDの普及に伴いLED式が主流となってきた。近年は、CO<sub>2</sub>削減の世界的な取組みと近年のLEDの飛躍的な効率向上によって、低消費電力型のLED式への置き換えが促進されている。しかしながら、常時点灯されている道路情報板では、低消費電力型の表示装置でも消費される電力量は相当量に上るため、環境・電力問題へ高い関心が寄せられているこの時勢では、より一層の消費電力削減が求められている。

## 3. 道路情報板開発の課題

### 3.1 従来のオーロラビジョン

図2には三菱電機の従来製品である屋外設置型のオーロラビジョンの構造を示している。外形フレーム、LED素子、LED素子がマトリックス状に実装したプリント基板、プリント基板の前面にあり長期信頼性の高い透明な樹脂で成型した前面カバー、そして、日射を遮るルーバーの主に5部品で構成している。

図3はオーロラビジョンで採用している面実装タイプの3 in 1 LEDの外観、発光素子配列及び配光特性を示す。3 in 1 LEDは、1つのLEDパッケージの中に3原色(RGB)



図1. 道路情報板の製品(ETCゲート向け製品)

の発光素子が入ったLED素子である。各色の発光素子の明るさを階調制御することによってフルカラーの表示を行うことができる。配光特性は広くほぼ半球状に広がる特性である。

従来のオーロラビジョンは、公共施設用途に向けて様々な方向から視認されることを想定し、LEDの広い配光特性を維持するように設計されている。特に水平方向の視野角は広く±60°以上を持つ。

### 3.2 従来の道路情報板

道路情報板は、通行する運転者の限られた方向から視認されることが前提のため、要求される視野角は狭く±10°程度が一般的である。従来の道路情報板では、モールド樹脂の表面形状によって水平・垂直全方向を狭配光にした1 in 1又は2 in 1の砲弾型LED素子を用いて構成されるのが主流となっている。

図4は代表的なLED素子の配列例を示す。3 in 1 LEDの配列(図4(b))では、3 in 1 LEDの1素子が1画素に対応するが、砲弾型LED素子を用いる場合(図4(a))には、1画素を形成するために複数の砲弾型LED素子が必要で、

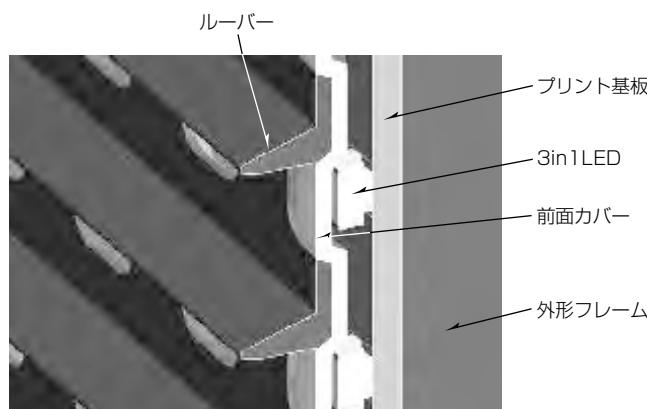
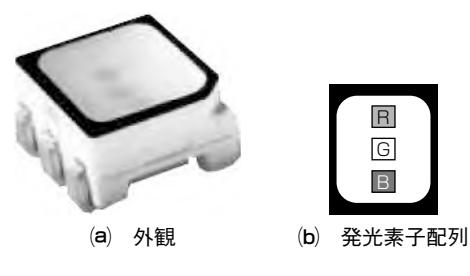


図2. オーロラビジョンの構造



(a) 外観

(b) 発光素子配列

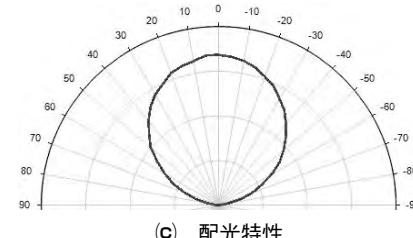


図3. 3 in 1 LED

## ◇一般論文◇

1画素は配列ピッチの2倍の幅が必要となり、解像度が劣っていることが分かる。

### 3.3 オーロラビジョンの配光制御の課題

3 in 1 LEDを用いたオーロラビジョンを基本に道路情報板を開発すると、解像度を向上させることができ一方で、オーロラビジョンの広い配光を狭角化する配光制御が必要となる。道路情報板の狭い視野角内に表示光を有効に集光させることができれば、光の利用効率が高まり、消費電力の削減につなげることができる。

しかしながら、異なる色の発光素子が異なる位置に実装されている3 in 1 LEDを集光する場合には、幾つかの問題点がある。1つは、レンズなどの集光手段の材料の屈折率の波長依存性である。例えば透明樹脂であるポリカーボネートの屈折率は、青色の波長帯では1.60、赤の波長帯では1.58であり、赤色の光に対する集光作用の方が小さく配光は広くなる(図5(a))。別の問題としては、レンズと発光素

子の相対位置関係の相違によるものがある(図5(b))。レンズからの出光角度は発光素子とレンズの位置関係によって定まるため、異なる位置関係にある発光素子には異なる配光特性が生成される。

このように色ごとに異なる配光を持つ場合、これらを光源として用いると、見る方向によって色が違うカラーシフトという現象になる。

道路情報板では、文字による表記内容の認識のほか、定型の表示では色で内容を判断してしまう運転者もいる。例えばETCゲートでは、紫はETC専用・緑は一般のイメージで、文字よりも色で判断している場合も多い。このように、カラーシフトは表示画質の悪化だけでなく、運転者の誤認という危険をも誘起する可能性があるため、カラーシフトに十分配慮した配光制御を行うことが必要である。

## 4. 配光制御技術

### 4.1 配光制御のレンズ設計

配光制御を行うレンズは、図2の前面カバーに一体成型で形成することにした。これによって新たな部品の追加によるコスト増や光の挿入損失を抑制することができる。

図6は、このような構成の際に生じる可能性のあるカラーシフトを模式的に表した図である。中心を白色で調整した場合、中心付近の白色の外側に赤みを帯びる領域と青みを帯びる領域が生じている。波長差による影響で赤色を帯びる領域の方が若干広くなっている。発光素子配列方向(以下“配列方向”という。)には赤から青に色が変わるカラーシフト、それに垂直な方向(以下“垂直方向”という。)には同色で色味が変わるカラーシフトが生じている。

このようなカラーシフトを抑制するため、この製品では配列方向に曲率のゆるいトロイダル面形状のレンズを採用した。配列方向では発光素子とレンズとの位置関係の影響を低減し、垂直方向では光の集光を高めることが狙いである。

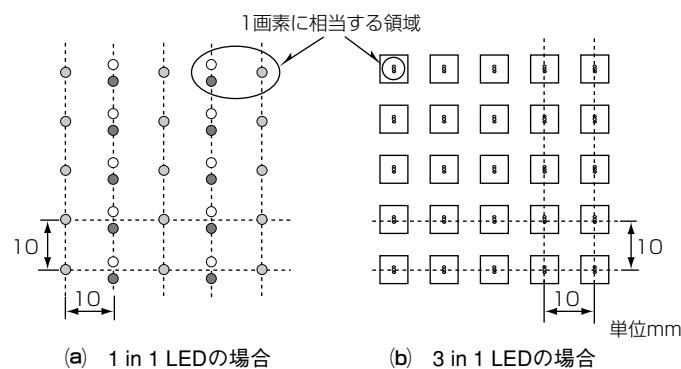


図4. LED素子配列

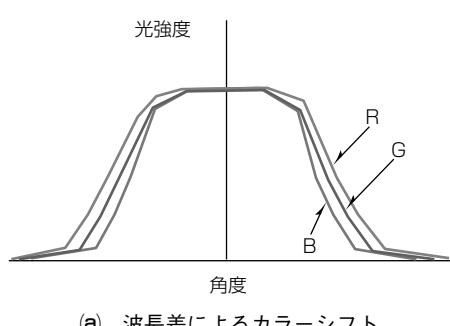


図5(a) 波長差によるカラーシフト

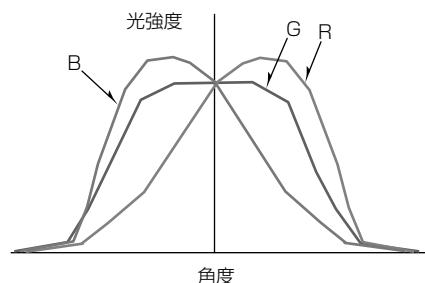


図5(b) レンズと発光素子の位置関係によるカラーシフト

図5. カラーシフトが生じた場合の色ごとの配光特性

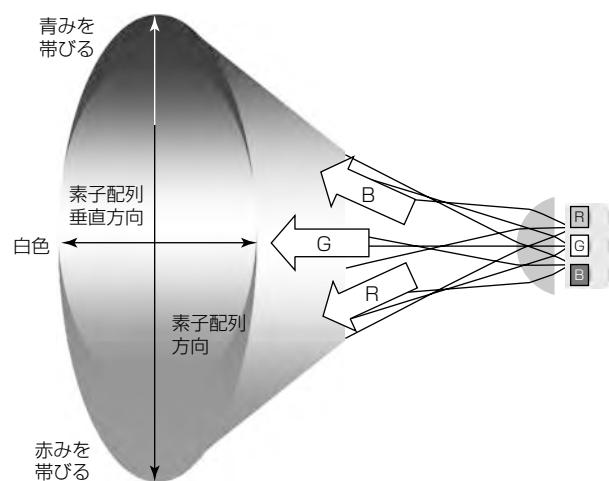


図6. 3 in 1 LEDのカラーシフトの模式図

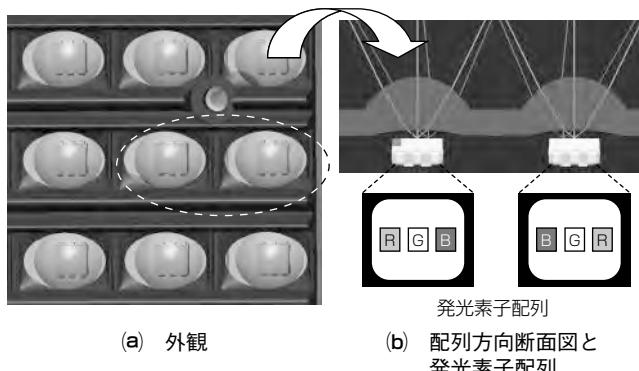


図7. 配光制御レンズ設計例

垂直方向では、波長差による影響も考慮したレンズ形状の最適化設計を行った結果、カラーシフトのない特性を得ることができた。配列方向では、発光素子の配列をRGB→BGR→RGBと交互に反転させる手段も加え、発光素子とレンズの位置関係の影響の除去と集光性を両立させた。これによって配列方向に残存していたカラーシフトを解消した。

図7にこの設計を行った前面カバー一体型のレンズ形状の一例を示す。なお、ここでは発光素子の配列方向が水平方向であるが、用途によって発光素子配列の方向とレンズ形状は最適化を行っている。

図8にはこの設計例における配列方向及び垂直方向の配光特性を示す。どちらの方向でもカラーシフトのない良好な配光特性が得られていることが分かる。また正面輝度は、配光制御レンズのない場合に比較して約3倍に向上し、同一輝度を得るために必要な電力量は約3分の1に低減された。

#### 4.2 配光制御による更なる利点

配光制御は、消費電力の低減のほかにも多く利点を生み出した。駆動電流を大幅に低減したため、LED素子寿命が伸び、表示機器の信頼性を向上させた。また、発熱量の低減によって、冷却構造を簡素化し、冷却用ファンの削除、薄型筐体(きょうたい)を実現した。ファンレス構造は、エアフィルタのメンテナンスが不要になり保守費用を軽減する。薄型筐体は、本体質量の軽量化(従来品に対して6分の1)につながり、設置工事の負荷軽減や支柱などの周辺設備の簡易化に貢献する。

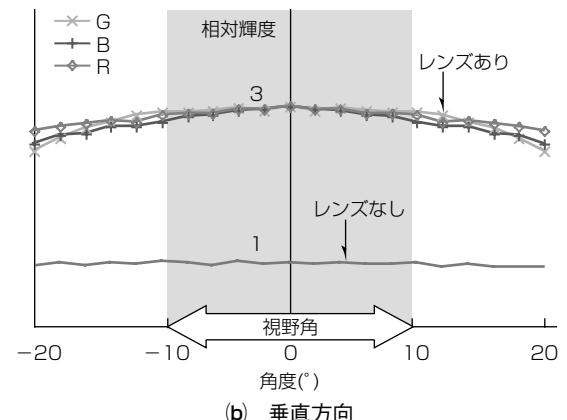
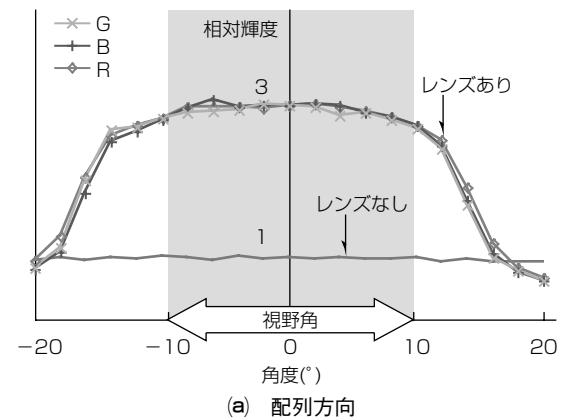


図8. 配光特性(シミュレーション)

## 5. むすび

オーロラビジョンの大型表示装置に配光制御技術を適用し道路情報板を開発した。表示装置における配光制御ではカラーシフトの問題が生じやすいが、レンズ設計とLED素子の配列を組み合わせてカラーシフトを抑制した。光の利用効率を高めた結果、消費電力の削減のほか、長寿命化、薄型軽量化やファンレス構造も可能となり、省エネルギー性、信頼性に優れた製品となった。多くの利点を生み出した配光制御技術を今後も広く展開し、オーロラビジョン製品の品質向上に努めたい。

# VEにおけるTRIZの具体的活用

三好達夫\*

Practical Use of TRIZ for Value Engineering

Tatsuo Miyoshi

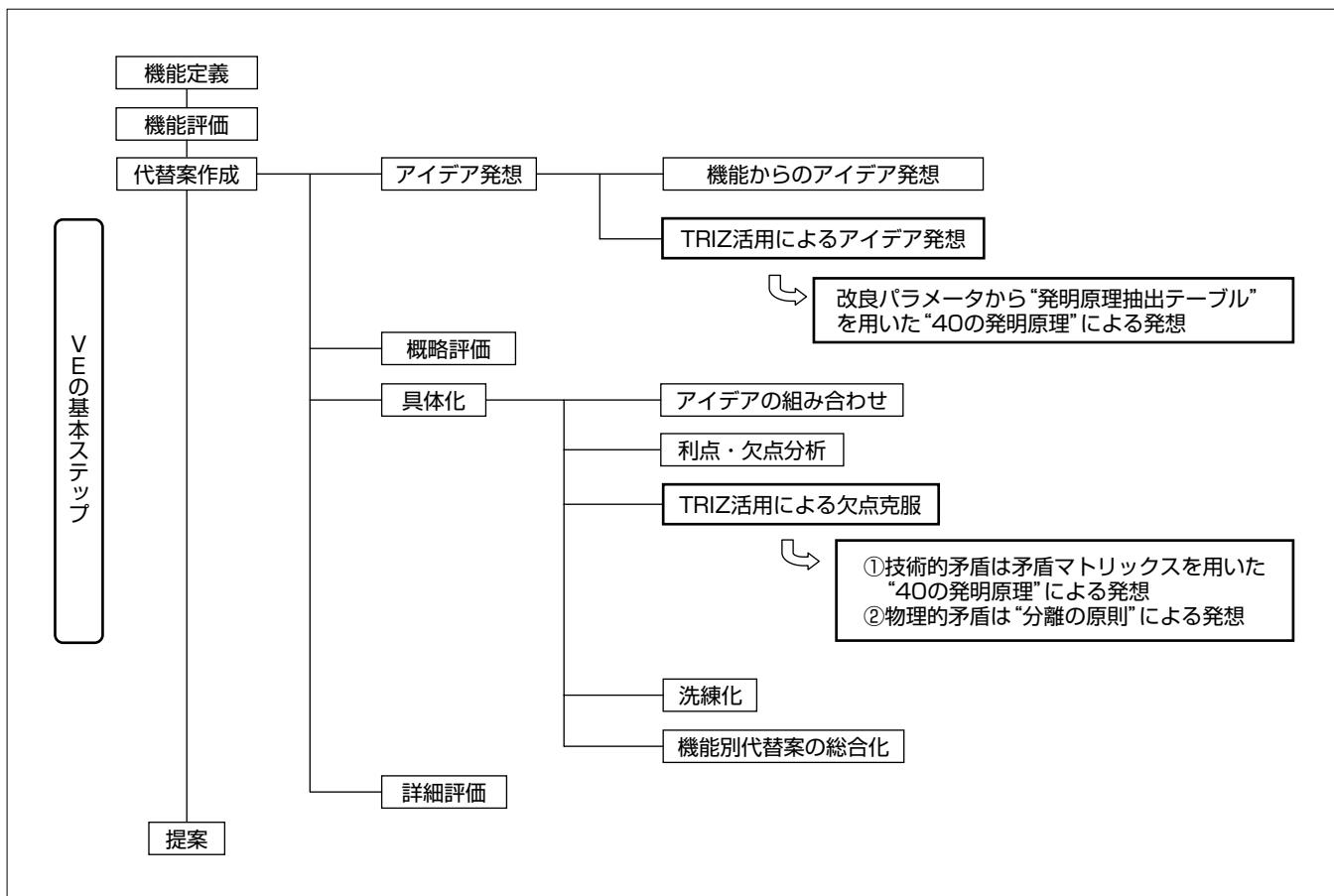
## 要 旨

三菱電機の原価企画・VE(Value Engineering)活動は、1図面VE(当社で考案した簡易VE)や機能に着目したテアダウン等の手法展開、そしてVE資格取得者の育成と増員によって、その適用件数の拡大が進み定着化しつつある。しかし、それに甘んじることなく製品の価値向上を図るためにには、更なるVE活動の深化と拡大が必要となる。そのためには、VE活動における確実な成果の創出、すなわちアイデア発想の強化が望まれる。

アイデア発想法の一つであるTRIZ(革新的問題解決理論)のVEへの適用については、これまで取り上げられてきているが、VE実施手順の中でどのように活用するかについては、まだ確立されていない。そこで本稿では、一般的な製品改善のVE実施手順で、どの段階でどのようにTRIZ

を活用するか検討し、要旨の図に示すような手順を提案する。

TRIZの活用段階は、VE実施手順の代替案作成段階における“アイデア発想”と“具体化における欠点克服”であり、“アイデア発想”では改良パラメータから“発明原理抽出テーブル”を用いた発明原理とそれをヒントにした発想を、“具体化における欠点克服”では、“矛盾マトリックス”を用いた発明原理抽出と発想や“分離の原則”による発想を実施する。これらの手法と手順を、送風機構の改善や接点の低コスト化及び製品梱包(こんぽう)の薄型化等の改良に適用した事例に基づいて述べる。今後もVEへのTRIZ適用拡大を図り、社内水平展開を通じて当社製品の更なる価値向上を推進していく。



## VE実施手順へのTRIZ活用

従来のVE実施手順と同様に機能定義・機能評価のステップを実施し、機能分析で価値向上の可能性の高い機能分野を選定する。その後、代替案作成段階の“アイデア発想”及び“具体化における欠点克服”でTRIZを活用し、効果的発想視点の導入によってアイデアの創出と洗練化を進める。

## 1. まえがき

当社の事業でも、グローバル化の加速に伴うコスト競争が激化しており、使用者のための価値向上を目的とするVEの必要性が高まっている。しかし、VEを導入するためにVE教育を行いVE講座受講者・VE資格者を増やしても、実際の製品やサービスにVEを適用し成果をすぐに出すことが難しく、現状ではまだVEが十分に実践されているとは言えない。その理由として、VE実施手順における代替案作成段階でのアイデア発想、さらには具体化における欠点克服のアイデア発想での行き詰まりが挙げられる。VEでは、アイデア発想法として主にブレーンストーミング、及びブレーンライティングが推奨される。これは自由奔放、批判厳禁、アイデアの量、改善・結合の4つの原則を遵守し、より多くのアイデアを発想し育てていくものであるが、自由発想法であり強制的に発想させるものではない。このような自由発想法だけではアイデアに漏れが生じたり、発想に行き詰まつたりする場合が多く見られ、このようなときにこそ強制発想找法の助けが必要となる。強制発想找法としては、シネクティクス・チェックリスト法・特性列挙法・NM法・希望点列挙法等があるが、VEのアイデア発想として活用するには熟練が必要である。このような理由から、代替案作成段階で、自由発想法で発想されたアイデアの漏れをなくし、更にアイデアを広げるような効果的な技法を望む声が高まっている。

一方、TRIZは、250万件を超える特許分析によって裏付けられた理論とデータベースから、問題解決の方向性、アイデア発想の視点・観点等を体系化し、それらを逆に問題解決やアイデアの創造に活用するものであり、現在最も進んだ問題解決に役立つ発想找法とも言われている<sup>(1)(2)(9)</sup>。VEへの活用については、これまで取り上げられてきてはいるが<sup>(3)(4)(5)(6)(7)(8)</sup>、製品改善のVE実施手順にどう活用するかについては確立されていない。そこで本稿では、VE実施手順におけるTRIZの活用段階と、簡易的かつ具体的な活用方法を明確にし、VE実施手順へのTRIZ活用方法を提案する。そしてこの方法の適用によって、発想找法の使いこなしに熟練していなくても、誰にでも発想力を強化できるようにする。

## 2. VEへのTRIZ活用について

これまでTRIZの活用について論じられたものとして、新製品の企画開発へのTRIZ活用を提案しVEとTRIZの関連について論じたもの<sup>(3)(4)</sup>、VEとTRIZを比較しTRIZをVE実施手順に展開したもの<sup>(5)</sup>、VE実施手順にTRIZを活用することを提案したもの<sup>(6)</sup>、開発設計VEのジョブプランにTRIZを活用することを提案したもの<sup>(7)</sup>、VEにおけるコスト低減のためにTRIZを活用したもの<sup>(8)</sup>がある。これ

らはVEにTRIZを活用することを提案してはいるが、製品改善のVE実施手順に対して具体的にどのようにTRIZを使うのか、VEの最大の特徴である機能的アプローチとどのように融合させ、代替案を創出し、価値向上を図っていくのかといった具体的手順を明確にするまでには至っていない。

そこでまず、2ndLookVE(製品改善のVE)の実施手順にTRIZを活用し、よりアイデア発想力を強化し、効果を上げる方法について述べる。ここでVE実施手順をそのまま踏襲する理由は、機能分析から代替案創出までのステップを着実にこなし、機能的アプローチによって高い価値を引き出す代替案作成につなげるためである。

したがって、代替案作成段階のアイデア発想でも機能本位の思考は、まずブレーンストーミング(ブレーンライティング)で行う。その上でTRIZのアイデア発想の視点を導入することによって、固定観念、すなわち心理的惰性を打破し、過去の経験を呼び起こすことによって、更なるアイデア発想を促進していくことを推奨する。さらには、価値向上が図れるアイデアを発想しても具体化の段階で欠点克服ができず、せっかく出したアイデアが代替案として育て上げられない場合が多いため、欠点克服のアイデアの創出を促す発想力の強化が求められる。そこで欠点克服で、問題解決の方向性を明確にし、問題解決案を導き出すTRIZを活用することを提案する。これによって、アイデアをより実現性の高い代替案へと育て上げ、導入・実用化的確率を上げることが可能となる。

## 3. TRIZ技法の活用提案

### 3.1 技術的矛盾と物理的矛盾の解決アプローチ

TRIZには、“矛盾マトリックス”から“40の発明原理”を導き発想する“技術的矛盾の解決アプローチ”，“分離の原則”を使う“物理的矛盾の解決アプローチ”，“三角形モデル”から“76の標準解”を使って発想する“物質－場分析モデル”，“自然科学の諸法則”を利用する“Effects”，それらの技法を手順化した“ARIZ”，将来を予測する“技術進化のパターン”等があるが、これら全ての技法を理解し使いこなすことは大変困難である。そこでVE実施手順に簡単、かつ有效地に活用できる技法を絞り込むとともに、それを効果的に代替案作成段階に活用できるよう改良した。まず、活用しやすい技法として“技術的矛盾の解決アプローチ”と“物理的矛盾の解決アプローチ”に絞り込んだ。その理由は、これらはTRIZで最初に発表された最も基本的な技法であり、アイデア発想ツールとして“矛盾マトリックスと40の発明原理”及び“分離の原則”という明確なツールを使って発想するため、比較的、複雑なアプローチを必要としない使いやすい技法だからである。

“技術的矛盾の解決アプローチ”は、特許分析によるアイデアのエッセンス集“40の発明原理”によって発想する技法

## ◇一般論文◇

であるが、より発想を促す確率の高い発明原理を導くために、“矛盾マトリックス”を用いる。これは、ある物やシステムのある特性を改良すると、一方で別の特性が悪化する状況がある場合、前者を改良パラメータ、後者を悪化パラメータと称し、この2つのパラメータによって“矛盾マトリックス”を用いて発明原理を抽出し、発想していくものである。改良する特性と悪化する特性を39個のパラメータで表し、発明原理を手引したものが矛盾マトリックスであり、一般に公開されている。最近ではCREAX社が1985年以降の特許を約15万件分析し、矛盾マトリックスの現代版として、新版矛盾マトリックス(Matrix2003)を提唱しており、パラメータも39個から48個に増えている<sup>(10)</sup>。

## 3.2 発明原理抽出テーブル

代替案作成段階のアイデア発想では、改良パラメータは見つかっても悪化パラメータが見つからない場合が多い。そこで、改良パラメータだけからでも発明原理を抽出できる“発明原理抽出テーブル”を活用することを提案する。矛盾マトリックスの応用的な活用法として、悪化パラメータが見つからない場合に、改良パラメータだけで発明原理を導く“改善したいパラメータに基づく発明原理の選択”がDarell Mannによって述べられている<sup>(9)</sup>。これは“矛盾マトリックス”的行を横に見て、記載されている数が多い発明原理から順に使って発想する方法である。この方法に従って、新版矛盾マトリックス(Matrix2003)を、改良パ

改良パラメータ		発明原理(頻度の降順) ※( )内は、頻度は少ないが、常に考慮すべき発明原理	40の発明原理
物理的	1 移動物体の重量	35, 2, 28, 10, 3, 1, 5, 25, 24, 30, 40, 31,	1 分割
	2 静止物体の重量	3, 35, 13, 17, 31, 4, 40, 2, 14, 19, 28, 30,	2 分離
	3 移動物体の長さ／角度	1, 3, 17, 35, 4, 10, 14, 19, 2, 29, (15)	3 局所的性質
	4 静止物体の長さ／角度	3, 35, 17, 14, 28, 4, 31, 10, 24, 30,	4 非対称
	5 移動物体の面積	1, 3, 2, 17, 35, 15, 19, 13, 14, (4)	5 併合
	6 静止物体の面積	17, 35, 3, 13, 14, 28, 1, 4, 2, 24, 26	6 汎用性
	7 移動物体の体積	35, 1, 3, 10, 13, 28, 31, 30, 2, (7)	7 入れ子
製造／コスト	41 製造性	1, 13, 35, 10, 2, 24, 3, 28, 15, (5)	34 排除と再生
	42 製造精度／一貫性	3, 32, 13, 28, 2, 10, 24, 17, 26, 35, (16)	35 パラメータの変更
	43 自動化	13, 28, 35, 24, 3, 12, 1, 2, 4, 17, (10) (23) (25)	36 相変化
	44 生産性	35, 24, 1, 3, 10, 13, 28, 2, 17, (25)	37 熱膨張
	45 システムの複雑さ	13, 2, 35, 28, 24, 10, 9, 1, 26, (5) (25) (34)	38 強い酸化剤
	46 制御の複雑さ	10, 25, 13, 2, 7, 35, 1, 28, 37, (23)	39 不活性雰囲気
	47 検出／測定の能力	28, 24, 13, 2, 26, 3, 35, 37, 10, (32)	40 複合材料
測定	48 測定の精度	24, 10, 28, 13, 1, 2, 3, 35, 26, (4) (32) (37)	

図1. 発明原理抽出テーブル(改良パラメータから40の発明原理を抽出)

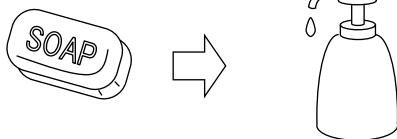
発明原理	35. パラメータの変更	発明原理の説明
サブ原理	A. 物体の物理的な状態を変更する(例えば、気体、液体、あるいは固体へ)。 B. 濃度や均一性を変える。 C. 柔軟性の程度を変える。 D. 温度を変える。 E. 圧力を変える。 F. 他のパラメータを変える。	
ヒント	A . 機械的駆動から、流体あるいは電気的な駆動への移行。 · 液体入りのチョコレートを作るには、液体入りキャンディの液体を凍らせ、そして溶けたチョコレートに浸す(厄介でべたつく熱い液体を扱わないで済む)。 · 酸素、窒素、または	
	F . 形状記憶合金／ポリマー。 · キュリー点を使って、磁気特性を変える。 · 握り性の塗料(かき混ぜると液状になり、放置すると固まる)。 · レオペクティック流体。(放置すると液状で、かき混ぜると固まる)。	発想の手がかり
イメージ図		発想のイメージ

図2. 発明原理リスト集の中の“35.パラメータの変更”的例

ラメータだけで発明原理が抽出できるよう整理した“発明原理抽出テーブル”を図1に示す。ここで、改良パラメータに対応する発明原理は頻度の降順に並べられており、( )で示した発明原理は、頻度は少ないが常に考慮すべき発明原理である。発明原理は新版矛盾マトリックス(Matrix2003)<sup>(10)</sup>から引用し整理した。このテーブルを使えば、改良パラメータしか見つからない場合でも推奨される発明原理が抽出でき、発想することが可能となる。一方で、改良パラメータと悪化パラメータが見つかる場合は、“矛盾マトリックス”を使って発明原理を抽出し、発想することが可能である。また、改良パラメータと悪化パラメータが同じ(矛盾マトリックスの対角線上に相当し、ここには発明原理の記載がない)場合は、物理的矛盾の解決アプローチを用いて“分離の原則”から発想する。

### 3.3 発明原理リスト集

発明原理を用いて発想するといっても、発明原理名が抽象的で理解できず発想までに至らないことが多い。そこで、個々の発明原理について、Darell Mannによる“発明原理に関する解決策ヒント”<sup>(9)</sup>を引用し、発想の助けとなるサブ原理(発明原理の説明)とヒント(発想の手がかり)に展開するとともに、イメージ図(発想のイメージ)を追記した“発明原理リスト集”を提案する。図2に、“発明原理リスト集”の中の発明原理“35. パラメータの変更”的例を示す。

## 4. VEにおけるTRIZ活用の具体的展開

従来のVEの特徴や長所はそのまま踏襲し、アイデアをいかに効率的に発想し具体化するかということに主眼をお

き、VE実施手順にTRIZを簡易的に活用する実践的な進め方を提案する。図3にVE実施手順へのTRIZ活用方法を示す。

従来のVE実施手順と同様に機能定義・機能評価のステップは実施し、機能分析によって価値向上の可能性の高い機能分野を選定し、その上で代替案作成段階の“アイデア発想”及び“具体化における欠点克服”でTRIZを活用する。具体的には、代替案作成段階の“アイデア発想”で“機能からのアイデア発想”，すなわち機能本位に価値改善が図れるアイデア発想を行う。その後，“TRIZ活用によるアイデア発想”として、機能・コスト改善を図る改良パラメータから“発明原理抽出テーブル”を用いて発明原理を抽出し強制発想を行う。ここで，“発明原理リスト集”を用いると発想の手助けとなる。さらに、概略評価によって価値向上の可能性があるアイデアを選定した後、具体化で価値向上が期待できる代替案を作成するが、この過程で欠点克服ができずアイデアを捨ててしまうことも多々ある。そこでTRIZを導入して欠点克服のアイデアを漏れなく発想する。利点・欠点分析によって改良パラメータと悪化パラメータを選定し，“技術的矛盾の解決アプローチ”から“40の発明原理”を，“物理的矛盾の解決アプローチ”から“分離の原則”を活用してアイデアを創出する。このようにして洗練化を行い、かつ機能別代替案の総合化によって価値向上が期待できる代替案へと育て上げる。以降は、通常のVE実施手順に従い、詳細評価を経て、提案へとつなげていく。

### 4.1 TRIZ活用によるアイデア発想の手順

アイデア発想では、まず“機能からのアイデア発想”によって機能本位の発想を行う。そのうえで、アイデアが足

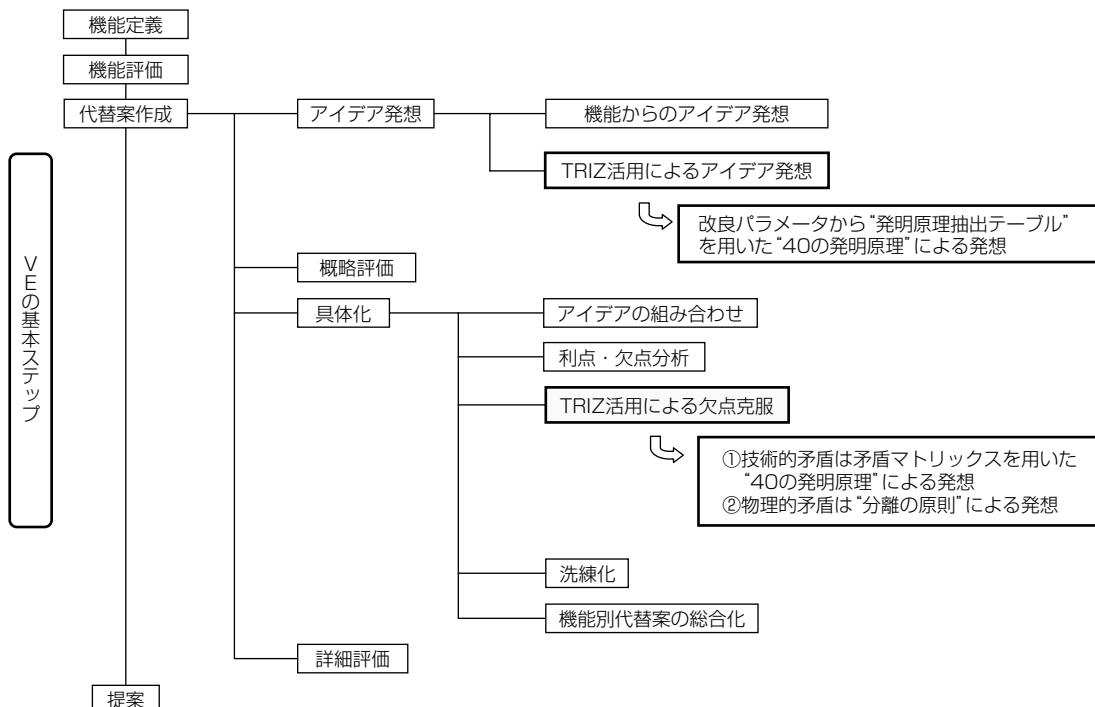


図3. VE実施手順へのTRIZ活用

## ◇一般論文◇

りない場合は“TRIZ活用によるアイデア発想”を実施する。機能定義・機能評価によって改善すべき機能分野とその優先順位を明確にした上で，“機能からのアイデア発想”として、機能本位に上位機能から発想していく。手順としては，“機能評価”における“対象分野の選定”での順位付けに従って、優先順位の高い機能分野から要求される“働き”を実現するためのアイデアをブレーンストーミング方式の自由奔放、批判厳禁、アイデアの量、改善・結合の4つの原則に従って出していく。

次に，“機能からのアイデア発想”だけではアイデア量が足りない場合は、“TRIZ活用によるアイデア発想”を実施する。通常，“アイデア発想”段階では、技術的矛盾を適用しようとしても改良パラメータと悪化パラメータの両方が見つからないことが多い。その場合は、3章で述べたように改良パラメータだけから“発明原理抽出テーブル”(図1)を用いて発明原理を抽出し，“発明原理リスト集”(図2)を使って強制発想でアイデア発想を行う。

改良パラメータは、価値向上( $V=F/C$ のアップ)に基づき、機能アップ( $F \uparrow$ )とコストダウン( $C \downarrow$ )から導く。機能アップ( $F \uparrow$ )のアイデア発想は、改善したい機能からパラメータを選定し、コストダウン( $C \downarrow$ )の場合は、新版矛盾マトリックスで追加された“生産性”“製造性”“システムの複雑さ”等をパラメータとして選定する。この場合もブレーンストーミング(ブレーンライティング)などを併用すれば、より多くのアイデアを発想することができる。

次に、図4の“送風機構のアイデア発想事例”に基づいて手順を具体的に述べる。

まず、現行品をベースに機能的アプローチとして、機能定義・機能評価によって価値改善の可能性の高い機能分野“空気を送る”を選定し、機能からのアイデア発想を実施する。ここでは、機能系統図を活用し、機能本位の発想に徹

“1.分割” “13.逆発想”から発想(“発明原理リスト集”を使って発想)

アイデア：“ベルマウスをファンと一緒に成形し、(コストアップ約50円)”

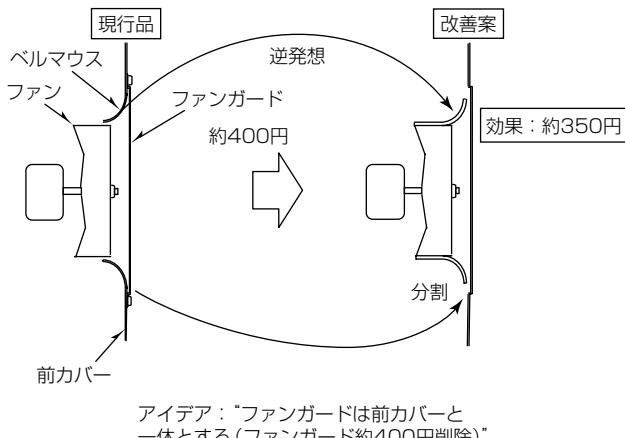


図4. 送風機構のアイデア発想事例

し、ブレーンストーミング・ブレーンライティングによってアイデアを発想する。これによって、チームメンバー全員に果たすべき機能の明確化と意識付けができる、かつアイデアの発想と拡大が可能となるが、徐々にアイデアが尽きてそれ以上出なくなってくる。そこでTRIZ活用によるアイデア発想を行うと有効である。

TRIZ活用によるアイデア発想として“40の発明原理”を用いるが、全ての発明原理から発想するのは効率が悪く、かつ集中力にも欠けてしまう。そこで、発想確率の高い発明原理を選定しアイデアを発想する。

その手順を、次に述べる。

[手順1] まず、機能アップ( $F \uparrow$ )に対して改善したい機能からパラメータを選定する。制約条件を考えると、パラメータが選定しやすい(図5)。

[手順2] 次に、コストダウン( $C \downarrow$ )に対してパラメータを選定する。ここでは新版矛盾マトリックスで追加された製造／コストのパラメータ41～46から選定する(図6)。

[手順3] パラメータによって発明原理を抽出する。“発明原理抽出テーブル”(図1)を用い、手順1、手順2で選定した改良パラメータ(1, 16, 41, 44, 45)に対して、頻度の高い発明原理をピックアップする(図7)。これによって、発想確率の高い発明原理が抽出できる。

[手順4] 発明原理を用いてアイデアを発想する。ここで“発明原理リスト集”を使うと発想の手助けとなる(図8)。

図8のアイデアは、一見、発明原理を使わなくても発想できそうに思えるかもしれない。しかし、ブレーンストーミングなどの自由発想法だけでは、通常の固定観念による障害(3つの関：認識／文化／感情の関)に加え、アイデア発想時に出されたアイデアによって新たな心理的惰性が発生し、アイデア発想の漏れが生じる可能性が高い。これを防ぐために有効な方法がTRIZ活用によるアイデア発想である。

これらのアイデアの中で、発明原理“1.分割”“13.逆発想”から発想されたアイデア“風路と本体を分割する”“風路とファンを一体化する”等は、“風路は本体の一部である”“風路とファンは別である”という固定観念の1つの障害(認識の関)があり、発想することに慣れた熟練技術者であ



図5. 機能アップに対するパラメータの選定

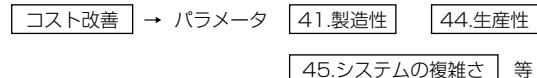


図6. コストダウンに対するパラメータの選定

れば思い付くかもしれないが、一般技術者だけでは、なかなか発想しにくいアイデアである。

さらに、これらを組み合わせると、図4のように“ベルマウスとファンを一体化し、ファンガードは前カバーと一緒に化する”というコスト改善が可能なアイデアを発想できる。すなわち、ブレーンストーミングなどだけでは“ベルマウスは前カバーの一部である”という認識の関によって“ベルマウスをファン側に設ける”という発想は生まれにくいが、TRIZ活用によるアイデア発想によって、このような障害が克服でき、これまで思いつかなかったアイデアの発想が可能となる。

#### 4.2 TRIZ活用による欠点克服の手順

VEでは、代替案作成段階のアイデア発想だけでなく、発想したアイデアを具体化していく段階でも、欠点克服のためのアイデア創出が重要である。そこで、この欠点克服のためのアイデア創出に対してTRIZを活用する。まず、

具体化で利点と欠点を明確にし、利点から改良パラメータを、欠点から悪化パラメータを選定する。2つのパラメータが技術的矛盾である(2つのパラメータが異なる)場合は“矛盾マトリックス”を活用して“発明原理”から発想し、物理的矛盾である(2つのパラメータが同じ)場合は“分離の原則”からアイデアを発想する。“分離の原則”には、4つの分離:①空間による分離、②時間による分離、③状況による分離、④全体と部分による分離があり、これらを用いて発想する。

##### 4.2.1 技術的矛盾の解決アプローチ適用

図9の接点端子の代替案“端子の銀接点を小型化する”的欠点克服の事例を用いて、技術的矛盾の解決アプローチの適用手順を具体的に述べる。

まず、代替案作成のアイデア発想→具体化(アイデアの組合せまで)でアイデア“端子の銀接点を小型化する”が創出され、利点・欠点分析で利点“小型化できる”，欠点“接点が早く消耗する”が明確になる。そして、利点・欠点から改良・悪化パラメータを選定する(図10)。この場合、2つのパラメータが異なるので技術的矛盾であり、次の手順でアイデアを発想する。

[手順1] 新版矛盾マトリックスを用いて発明原理を選定する。図11に示すように、改良パラメータ“8. 静止物体の体積”と悪化パラメータ“25. 物質の損失”から発明原理を抽出する。交点のマスの数字が推奨される発

改良パラメータ		発明原理											
1	移動物体の重量	35.	2.	28.	10.	3.	1.	5.	25.	24.	30.	40.	31.
16	移動物体の使用エネルギー	28.	35.	3.	2.	13.	19.	15.	5.	10.	24.	(12)	
41	製造性	1.	13.	35.	10.	2.	24.	3.	28.	15.	(5)		
44	生産性	35.	24.	1.	3.	10.	13.	28.	2.	17.	(25)		
45	システムの複雑さ	13.	2.	35.	28.	24.	10.	9.	1.	26.	(5)	(25)	(34)

発明原理	35	パラメータの変更
	28	メカニズムの代替
	1	分割
	13	逆発想
	24	仲介
	2	分離

各パラメータにおいて頻度の高い上位2つの発明原理を抽出。

図7. 発明原理抽出テーブルを用いた発明原理のピックアップ

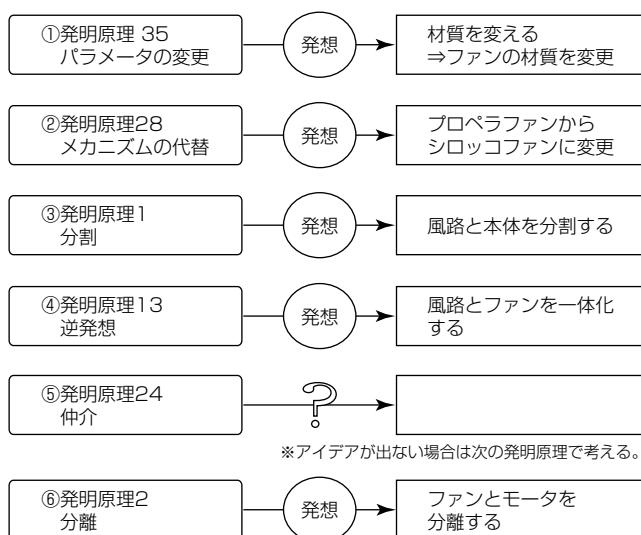


図8. 発明原理リスト集を用いたアイデアの創出

アイデア：“端子の銀接点を小型化する”

銀接点  
(コストは銅の約50倍)

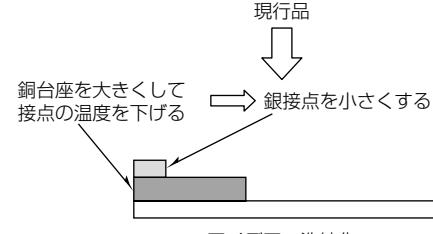


図9. “銀接点小型化”的欠点克服事例

- 利点 小型化できる
- 改良パラメータ 8.静止物体の体積
- 欠点 接点が早く消耗する
- 悪化パラメータ 25.物質の損失

図10. 改良・悪化パラメータの選定

## ◇一般論文◇

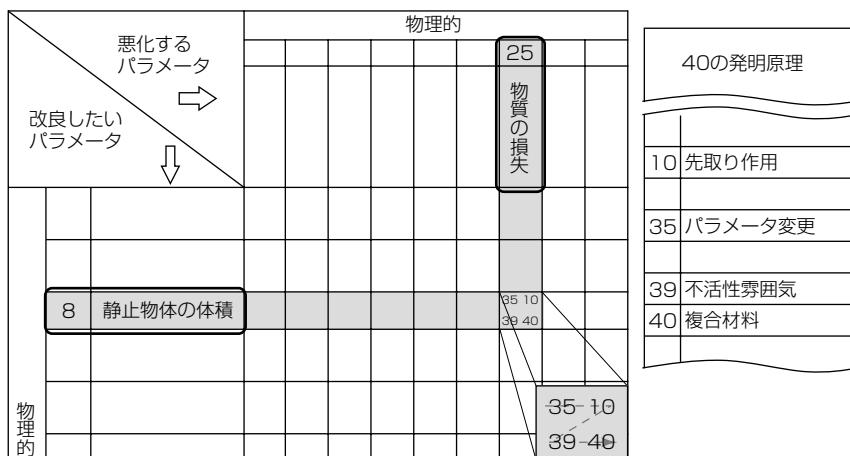


図11. 新版矛盾マトリックス(Matrix2003)を用いた発明原理の抽出

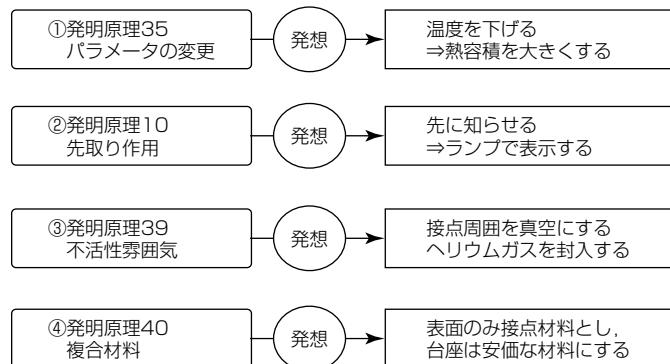


図12. 発明原理リスト集を用いた欠点克服アイデアの創出

明原理であり、Z字の順に優先順位が高い。これによって発明原理“35. パラメータの変更”“10. 先取り作用”“39. 不活性雰囲気”“40. 複合材料”が抽出される

〔手順2〕発明原理から“発明原理リスト集”を用いて、欠点克服のアイデアを創出する(図12)。

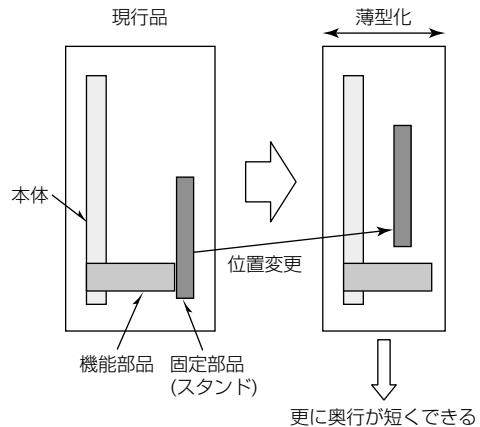
この発想の中で、“35. パラメータの変更”から発想した“温度を下げる⇒熱容量を大きくする”というアイデアを発展させると、図9に示すように“銅台座を大きくして接点温度を下げることによって銀接点を小さくできる”という欠点克服のアイデアが創出される。これによって高価な銀の使用量を削減しコスト改善が可能になりアイデアの洗練化が図れる。“温度を下げる”は、図2のサブ原理:D“温度を変える”から発想の視点を得たものである。

#### 4.2.2 物理的矛盾の解決アプローチ適用

次に図13の“梱包の薄型化”的欠点克服の事例を用いて、物理的矛盾の解決アプローチの適用手順を具体的に述べる。

アイデア発想→具体化(アイデアの組合せまで)で、アイデア“固定部品(スタンド)の位置変更による梱包の薄型化”が創出されたが、利点・欠点分析で利点“奥行きが更に短くできる”に対して、欠点“機能部品が短くできない”が明確になる(図13(a))。そして、利点・欠点から改良・悪化パラメータを選定する(図14)。この場合、2つのパラメータが

アイデア：“固定部品の梱包位置変更による梱包の薄型化”



(a) アイデア発想→具体化(利点・欠点分析まで)

欠点克服アイデア：“機能部品を移動時は折りたたみ、使用時は引き出す”

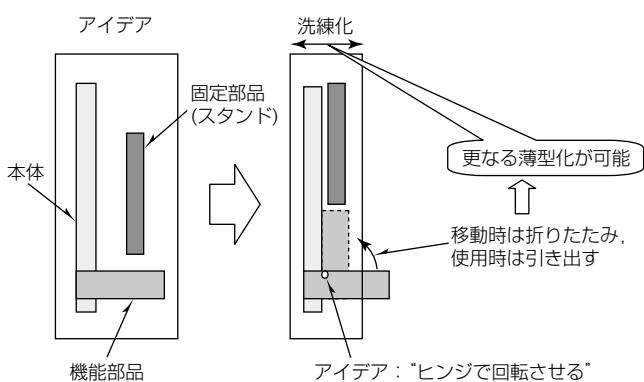


図13. “梱包の薄型化”的欠点克服の事例

・利点 梱包の奥行きが更に短くできる

→ 改良パラメータ [3.移動物体の長さ]

・欠点 部品が短くできない

→ 悪化パラメータ [3.移動物体の長さ]

図14. 改良・悪化パラメータの選定

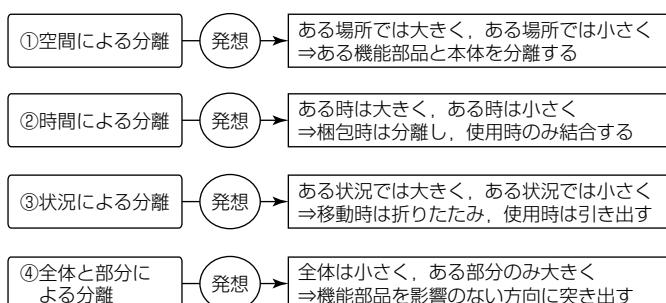


図15. 分離の原則を用いた欠点克服のアイデア創出

同じであるので物理的矛盾であり、次の手順でアイデアを発想する。

〔手順1〕“分離の原則”(4つの分離)を用いて欠点克服のアイデアを創出する(図15)。

この発想の中で、“状況による分離”から発想した“機能部品を移動時は折りたたみ使用時は引き出す”というアイデアを発展させ，“機能部品をヒンジで回転させる”が導かれ洗練化が図れる(図13(b))。

## 5. む す び

アイデア発想や欠点克服で斬新なアイデアを発想するためには、固定観念による障害を克服する必要があるが、従来のVEアプローチであるブレーンストーミングなどによる機能本位の発想だけでは、アイデア飽和時に生じる新たな心理的惰性を克服することが難しい。特に発想に慣れていない一般的技術者などで構成されたメンバーでは、アイデア飽和時に強制発想法をうまく活用できずアイデアが出尽くしてしまい、アイデアの漏れが生じる場合が多い。

そこで、VEにおけるアイデア発想力を強化する方法として、TRIZを簡略化し、発想視点である“40の発明原理”“分離の原則”をVEの実施手順の代替案作成段階における“アイデア発想”と“具体化における欠点克服”に活用する方法を明確化するとともに、“製品改善のVEにおけるTRIZの具体的活用法”として具体的に手順化した。これによって、誰にでも製品改善のVE実施手順の中で発想力を上げ、

アイデアを増やし育てていくことが可能となる。

今後は、更にVE支援活動及び推進活動の中で、このアプローチの実践適用を拡大していくとともに、それら実践を通じて、よりプラッシュアップを図っていく予定である。

## 参 考 文 献

- (1) 上野一郎(監修)：VEハンドブック，公益社団法人日本VE協会(2007)
- (2) 澤口 学：VEとTRIZ，同友館(2002)
- (3) 澤口 学：TRIZ手法を活用した新製品の企画・開発段階のVE，日本VE協会第34回全国大会VE研究論文集，32，69～81(2001)
- (4) 竹村政哉，ほか：TRIZを活用した企画VEの可能性，日本VE協会第35回全国大会VE研究論文集，33，97～109(2002)
- (5) 五味信治：VEにおけるTRIZの実用的な展開法，日本VE協会第41回全国大会VE研究論文集，39，56～67(2008)
- (6) 五味信治：TRIZを活用した新VE実施手順における問題解決法，日本VE協会第42回全国大会VE研究論文集，40，57～69(2009)
- (7) 澤口 学：「イノベーション創造型VE」の研究，日本VE協会バリューエンジニアリング，No. 265，35～41(2011)
- (8) 泉 丙完，ほか：VEとTRIZによるコスト低減手法，日本VE協会第44回全国大会VE研究論文集，42，95～107(2011)
- (9) Darrell Mann著，中川 徹 訳：体系的技術革新(TRIZ実践と効用)，創造開発イニシアチブ(2004)
- (10) Darrell Mann著，中川 徹 訳：新版 矛盾マトリックス(Matrix2003)，創造開発イニシアチブ(2005)
- (11) 三好達夫：製品改善VEにおけるTRIZの具体的活用，日本VE協会第45回全国大会VE研究論文集，43，3～15(2012)

# 放送向け電子透かし応用ソリューション

Digital Watermarking Applicable Solution for Broadcasting

Toyokazu Sugai, Yasuo Ishikawa, Masahiko Kuwabara, Shinobu Fujikura

菅井豊和\* 藤倉 忍\*\*  
石川康雄\*  
来原督弥\*\*

## 要 旨

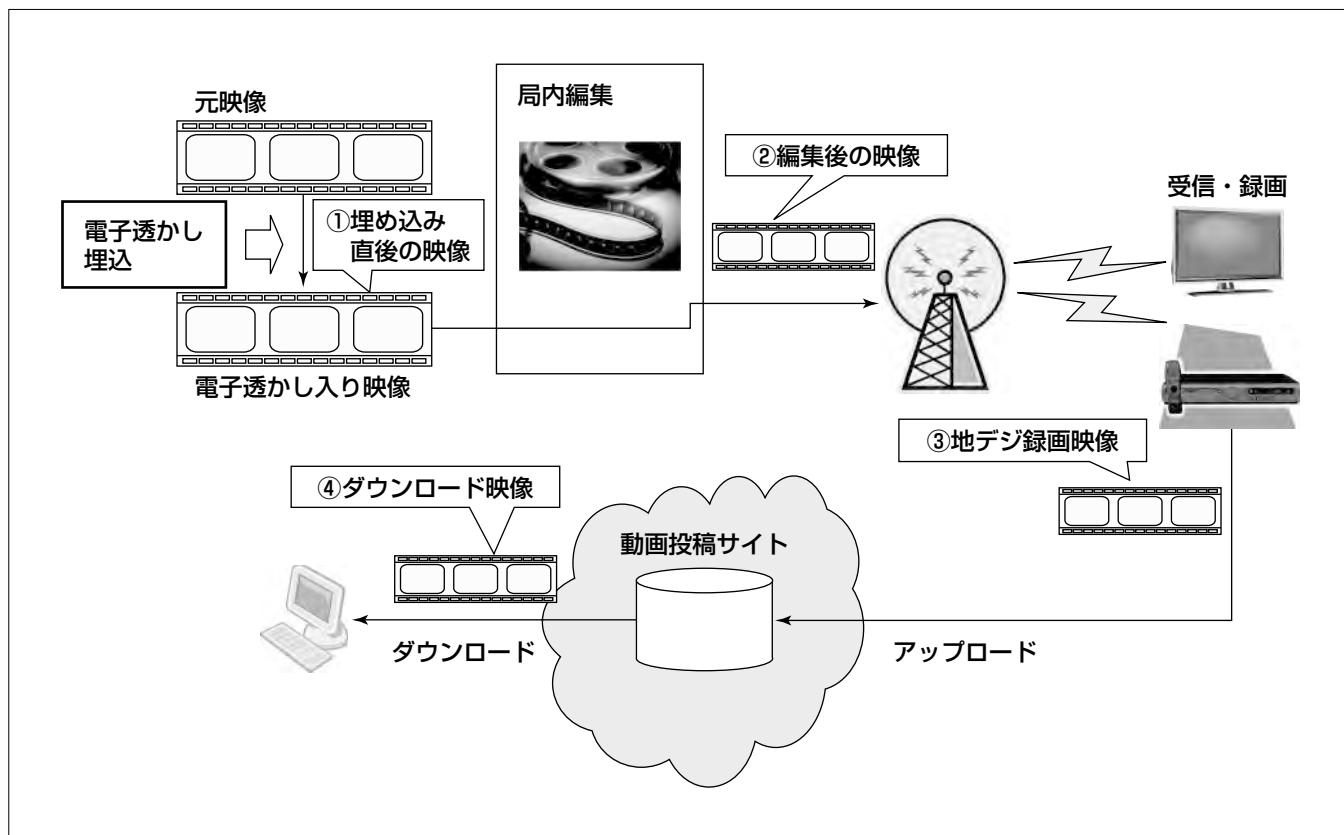
放送映像コンテンツの著作権保護や補助データ活用を目的として、日本放送協会(NHK)と三菱電機(株)が共同開発した成果を活用して開発した、HDTV(High Definition Television)映像信号に電子透かしを挿入する“電子透かし埋込装置”，及び電子透かしが挿入された映像から電子透かしを抽出する“電子透かし検出装置”に対し、実運用面で必要とされる機能を追加する改良開発を行った。

改良開発では、電子透かし埋込装置・検出装置を運用する顧客間で相互に電子透かしが参照できてしまう問題を解消するため、装置個体ごとに異なる鍵情報ファイルを用いて鍵情報の重複利用を防ぐ“鍵情報アイソレーション機能”を実現した。また、映像コンテンツのファイルベース運用における圧縮映像ファイルへの埋込／検出ニーズに対応するため、従来のHD-SDI(High Definition Serial Digital

Interface)映像入出力に加え、新たにファイル入出力による映像インタフェースを追加し、ファイルベースの映像コンテンツ運用上の利便性を向上させた。

さらに、放送に用いられる映像コンテンツが動画投稿サイトなどに流出する問題が昨今多発していることから、そのようなケースを想定し、映像圧縮を始めとする加工が行われた場合の、電子透かしの耐性評価を実施した。具体的には、電子透かし埋め込み後に各種映像圧縮によるエンコードを繰り返した後、動画投稿サイトにアップロード・ダウンロードした映像に対する電子透かしの検出率を測定した。

この評価によって、映像に対する各種符号化圧縮や動画投稿サイトへのアップロード・ダウンロードを行った場合でも映像に埋め込んだ電子透かし信号が残存し、電子透かし情報の抽出が有効に行われることを確認した。



## 映像の流出経路を想定した電子透かしの耐性評価

放送に使われる映像コンテンツが外部流れる可能性として、①元映像に電子透かしを埋め込んだ直後の映像、②局内編集後の映像、③放送番組を録画した映像、④動画投稿サイトをダウンロードした映像の各ポイントを想定し、それにおける電子透かしの検出性能(加工耐性)を評価した。

## 1. まえがき

“映像電子透かし”とは、映像ソースに人が認識できない程度の微小な変化を加えて情報を埋め込む技術であり、著作権情報を埋め込むことによって、映像の不正流出を抑止することができる。また、映像の関連データを埋め込むことも可能になる。

放送映像コンテンツへの電子透かし適用による著作権保護や補助データ活用を目的として、三菱電機インフォメーションシステムズ株(MDIS)ではHDTV映像信号に電子透かしを挿入する埋込装置、及び電子透かしが挿入された映像から電子透かしを検出する検出装置を開発してきた<sup>(1)(2)</sup>。この製品は、日本放送協会(NHK)と三菱電機株が共同開発した成果を活用したものであり、MDISではこれらの装置による“ハイビジョン向け映像電子透かしソリューション”を提供している。

今回、埋込装置・検出装置に対し、機能面での強化として、顧客間で相互に電子透かしが参照できてしまう問題の解消(秘匿性確保)を目的として、異なる顧客間での鍵情報の重複利用を防ぐ“鍵情報アイソレーション機能”を実現した。また、映像コンテンツのファイルベース運用に対応するため、従来のHD-SDI映像入出力に加え、新たに圧縮映像ファイル入出力用のインターフェースを追加する改良開発を実施した。

さらに、著作権情報を埋め込んだ映像コンテンツが動画投稿サイトにアップロードされた場合でも著作権情報を取り出せることを確認する目的で、電子透かしの検出性能に関する耐性評価を実施した。

本稿では、電子透かし装置の機能強化開発、及び電子透かしの耐性評価の実施内容について述べる。

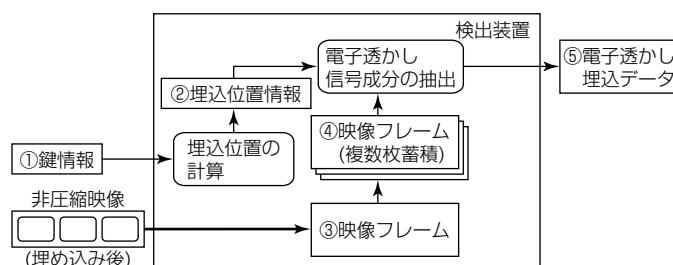
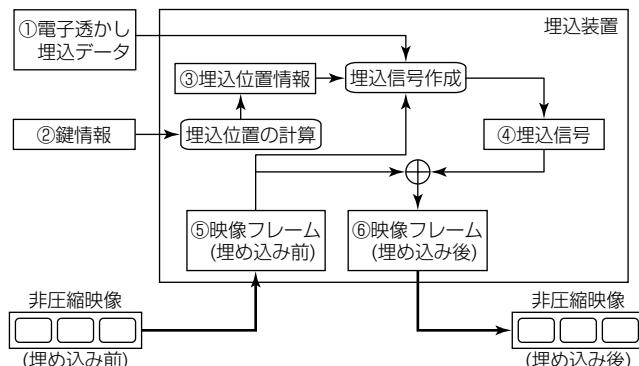
## 2. 電子透かしの埋め込みと検出

電子透かし埋込装置・検出装置における埋込／検出技術について、次に述べる<sup>(3)(4)</sup>。

### 2.1 電子透かしの埋め込み

電子透かしの埋め込み(図1)では、非圧縮形式で映像の入出力をう。まず、鍵情報(②)から映像フレーム上での埋込位置情報(③)を決定する。次に、埋込位置情報(③)と電子透かしとして埋め込むデータ(①)，及び入力映像フレーム(⑤)を使用して、映像フレーム内の画素値に重ね合わせる埋込信号(④)を生成する。埋め込みの際は、画質劣化の影響を最小限にするため、入力映像フレームの特徴を解析して埋込信号を調整している。

最終的に、埋込信号(④)を入力映像フレーム(⑤)の各画素値に足し合わせて、電子透かし埋め込み後映像フレーム(⑥)を出力する。



### 2.2 電子透かしの検出

電子透かしの検出(図2)では、非圧縮形式の映像を入力として映像フレーム単位で電子透かしデータを取り出す。埋め込み時と同一の鍵を用いて決定した埋込位置情報(②)によって、入力映像フレーム(③)を複数枚蓄積した映像フレーム(④)から電子透かし信号成分を抽出し、電子透かし信号成分から電子透かし埋込データ(⑤)を算出して出力する。したがって、埋め込み時と異なる鍵を用いた場合は、埋込位置情報が異なるため、電子透かしは検出できない。

## 3. 電子透かし装置の機能強化

機能強化開発によって新たに実現した機能について、次に述べる。

### 3.1 鍵情報アイソレーション機能

電子透かし方式としては、鍵情報単位での電子透かし情報の分離性は確保されている。しかし一方で、電子透かし装置を運用する複数の顧客同士で鍵情報がバッティングしてしまうと、ある顧客の埋込装置で埋め込んだ電子透かし情報が別の顧客の検出装置で検出できてしまうことになり、情報秘匿上問題である。このため、顧客ごとに鍵情報を変える(顧客単位での鍵の分離性を確保する)ための“鍵情報アイソレーション機能”(図3)を新たに実現した。

まず、製品出荷時に、装置個体ごとに異なる“鍵情報ファイル”を発行する。鍵情報ファイルには、暗号化された鍵データ値そのもの他に、装置固有の情報が記録されている。鍵データ値は顧客単位での発行とし、異なる顧客同士で鍵データ値の重複がないようにする。鍵の発行状況はMDISが一元管理する。

## ◇一般論文◇

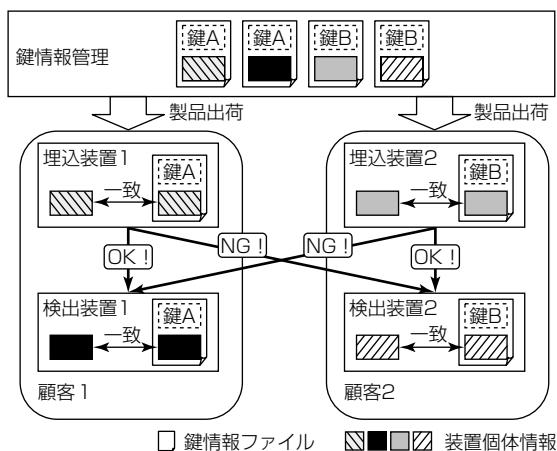


図3. 鍵情報による顧客アイソレーション

埋込装置、検出装置それぞれで、電子透かしの埋込時／検出時に装置本体から算出する一意な個体情報と、鍵情報ファイルに記録されている情報を照合する。

照合によって装置個体情報の一意を確認した後、鍵データ値を復号し、埋込／検出ソフトウェアに鍵情報を入力して埋込／検出の各処理を行う。なお、照合結果が不一致であれば埋込／検出ソフトウェアは動作を行わない。

この仕組みによって、顧客ごとに異なる鍵を用いることになるため、鍵情報の分離性が確保される。さらに、装置個体情報の照合機構によって、装置個体別での鍵情報分離性も確保されているため、ある装置から別の装置へのソフトウェアコピーによる不正利用も防止することができる。

### 3.2 映像ファイルへの電子透かし埋込／検出機能

従来の埋込／検出装置(ストリーム対応版)では、放送局での利用を想定し、映像入出力はHD-SDIインターフェースを採用していた。一方、放送局内での映像コンテンツのファイルベース運用への移行の流れによって、ディスクストレージに蓄積された圧縮映像ファイル(H.264/AVC<sup>(注1)</sup>、ProRes<sup>(注2)</sup>等の形式)への電子透かしの埋込／検出に対するニーズが高まりつつある。従来製品ではこのニーズを満たすことができなかったため、今回新たにファイル入出力に対応するコマンドラインベースの埋込／検出ソフトウェア(ファイル対応版)を開発した。ファイル対応版では、埋込／検出処理エンジンは従来と共通のものを用い、“埋込ソフトウェア”では非圧縮の映像ファイルを対象とした入出力を実現し、“検出ソフトウェア”では非圧縮の映像ファイルからの入力とコマンドラインへの結果データ出力を実現する(図4、図5)。

また、圧縮映像ファイルのエンコード・デコード用に、ソフトウェアの前後で外部デコーダ／エンコーダを用いたことで、種々の圧縮映像フォーマットへの柔軟な対応が可能となった。

(注1) ITU-T H.264 : ISO/IEC 14496-10 Advanced Video Coding  
 (注2) ProResは、Apple Inc. の登録商標である。

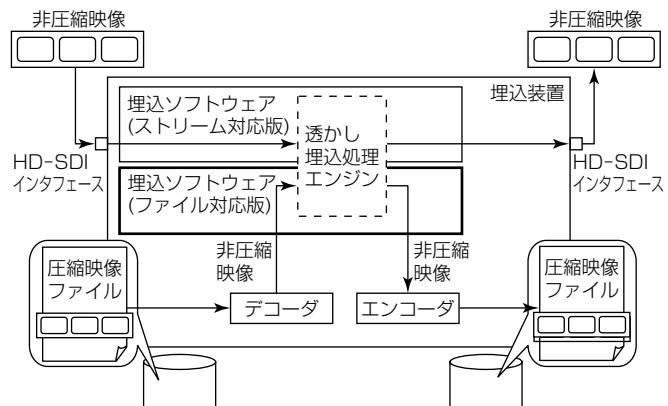


図4. ファイルインターフェースによる埋め込み

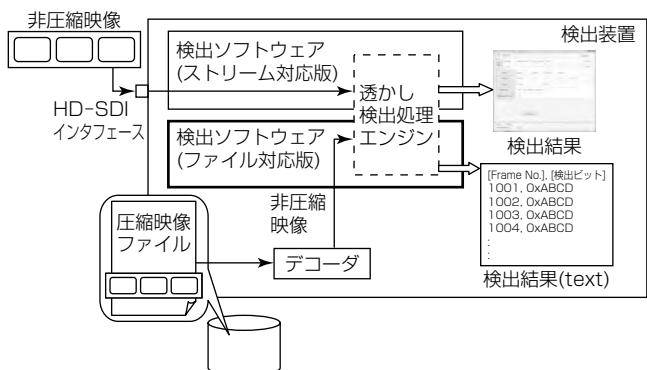


図5. ファイルインターフェースによる検出

## 4. 電子透かしの耐性評価

放送に用いられる映像コンテンツが動画投稿サイトなどに流出するケースを想定し、電子透かしを埋め込んだ映像に対して、映像圧縮を始めとする加工が行われた場合の、電子透かしの検出性能(加工耐性)の評価を実施した。この章では、その評価方法と評価結果について述べる。

### 4.1 評価方法

まず、図6に示す映像の編集・配信フローで、各処理フロー終了段階で映像流出が発生する可能性を想定して、次に挙げる映像に対して電子透かしの検出性能を評価する。

- ①元映像コンテンツにこの電子透かしを埋め込んでProRes(HQ)形式で符号化した映像ファイルを作成した後の映像。
  - ②放送局内での各種編集に伴う再エンコードが繰り返し発生するフローを想定し、MPEG(Moving Picture Expert Group)-2<sup>(注3)</sup> HD 50Mbpsエンコードを5回繰り返した後の映像。
  - ③地デジで放送された番組が視聴者レコーダでAVC録画される想定で、MPEG-2 HD 17Mbpsエンコード後、H.264 HD 8Mbpsでエンコードを行った後の映像。
  - ④録画された映像が動画投稿サイトにアップロードされ、その映像がダウンロードされた後の映像。
- 評価条件は、次を設定する。

元映像コンテンツ：評価用標準動画像<sup>(注4)</sup>

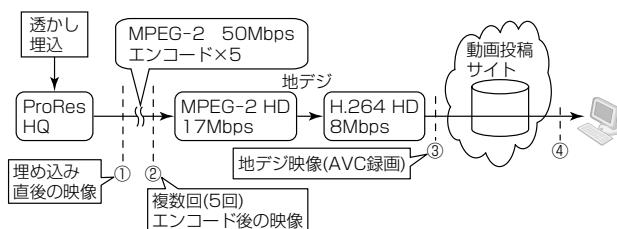


図6. 映像流出の想定フロー

埋込ビット長：16ビット，32ビット

抽出フレーム数<sup>(注5)</sup>：10／50／100／300フレーム

(注3) ITU-T H.222/H.262, ISO/IEC 13818

(注4) (社)映像情報メディア学会／(社)電波産業会 ハイビジョン・システム評価用標準動画像 第2版(ITE/ARIB Hi-Vision Test Sequence 2nd Edition)。No.109, 5分間繰り返し。

(注5) 電子透かし信号成分を抽出するため蓄積する映像フレーム枚数。抽出フレーム数が多いほど一般に検出性能は向上するが、検出に必要なコンテンツの最低時間長が長くなる。

#### 4.2 評価結果

評価結果を図7, 図8, 図9, 図10に示す。映像①では、抽出フレーム数を問わず電子透かし検出率(コンテンツ全体で検出に成功したフレームの割合)100%を達成しているが、映像②では抽出フレーム数10の場合に100%を若干下回るようになる。映像③になると、特に32ビット埋め込み時に抽出フレーム数10の検出率は大きく落ち込み、映像④では抽出フレーム数300でようやく検出率がほぼ100%に達する(16ビット埋め込み時は100%, 32ビット埋め込み時は99.92%)。

これらの結果から、放送された映像コンテンツが動画投稿サイトにアップロードされた場合を想定しても、抽出フレーム数を300程度(通常の映像(約30フレーム/秒)では10秒程度に相当)にすることによってほぼ100%の検出が可能となることが分かる。このため、最短で10秒程度のアップロード映像があれば、ほぼ確実に電子透かしの検出が可能であると言える。

#### 5. む す び

電子透かし埋込装置・検出装置に対する改良点として、鍵情報アイソレーション機能とファイル入出力インターフェース機能について述べた。鍵情報アイソレーションの実現によって、顧客単位で鍵情報の分別管理が可能となり、情報秘匿性の向上を実現した。また、ファイルインターフェースの実現によって、種々の圧縮映像フォーマットの映像ファイルに対して電子透かしの埋込／検出が可能となった。

さらに、映像コンテンツの動画投稿サイトなどへの流出を想定して、映像圧縮などに対する電子透かし検出性能について評価を実施し、各種映像圧縮後に動画投稿サイトを経由した10秒程度の映像ファイルからでも電子透かしの検出が可能であることを示した。

今後、各放送局やコンテンツ管理事業者の映像コンテンツ配信管理システムを中心に、この埋込装置・検出装置を用いた電子透かしソリューションの導入を進めていく。

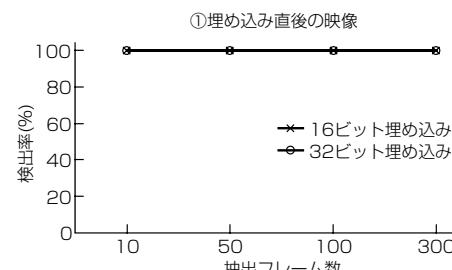


図7. 評価結果(映像①)

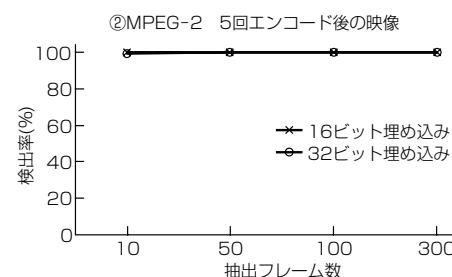


図8. 評価結果(映像②)

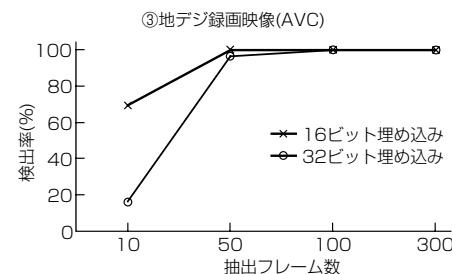


図9. 評価結果(映像③)

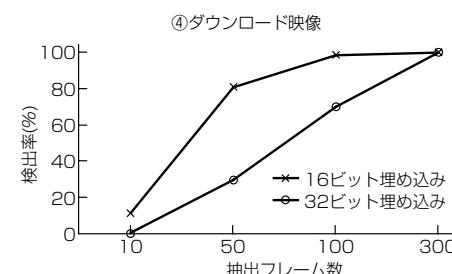


図10. 評価結果(映像④)

#### 参考文献

- (1) 放送向け電子透かし埋め込み・検出装置, 三菱電機技報, **86**, No. 1, 67 (2012)
- (2) 真島恵吾, ほか: 高画質を維持可能なハイビジョン用電子透かし, 放送技術, **64**, No.11, 119~124 (2011)
- (3) 大亦寿之, ほか: 電子透かしを用いた放送局内の映像素材識別システムの開発, 2011年映像情報メディア学会年次大会 11-3 (2011)
- (4) 山田浩之, ほか: GPUによる電子透かし埋込・検出処理の高速化, 2011年映像情報メディア学会年次大会 11-4 (2011)

# ビル管理システム “Facima BA-system touch”

*Building Automation System "Facima BA-system touch"*

Yoshitsugu Watanabe, Mitsumasa Mori, Tadashi Ishio, Kazuaki Yahagi

渡邊啓嗣\* 矢作一朗\*  
森 光正\*  
石尾 規\*

## 要 旨

近年、ビルの省エネルギー・節電への取組みが定着しており、その手段としてビル管理システムを使用した、ビル内の設備の効率的で最適な運用が注目されている。本稿では、三菱電機が2013年2月に発売した中小規模ビル向けビル管理システムである“Facima BA-system touch（ファシーマビーエースистем タッチ）”について、その機能及び技術を述べる。

“Facima BA-system touch”的特長は次のとおりである。

### (1) タッチパネル付き壁掛けタイプ

中小規模ビルをターゲットにしたビル管理システムであり、パソコンレスで運用できるよう壁掛けタイプのサーバに液晶タッチパネルを搭載した。事務所や管理人室の壁に設置することができる。液晶画面は視認性・操作性を考慮して12.1インチとした。また、Webブラウザを利用するこ

とで、パソコンでの監視も可能である。

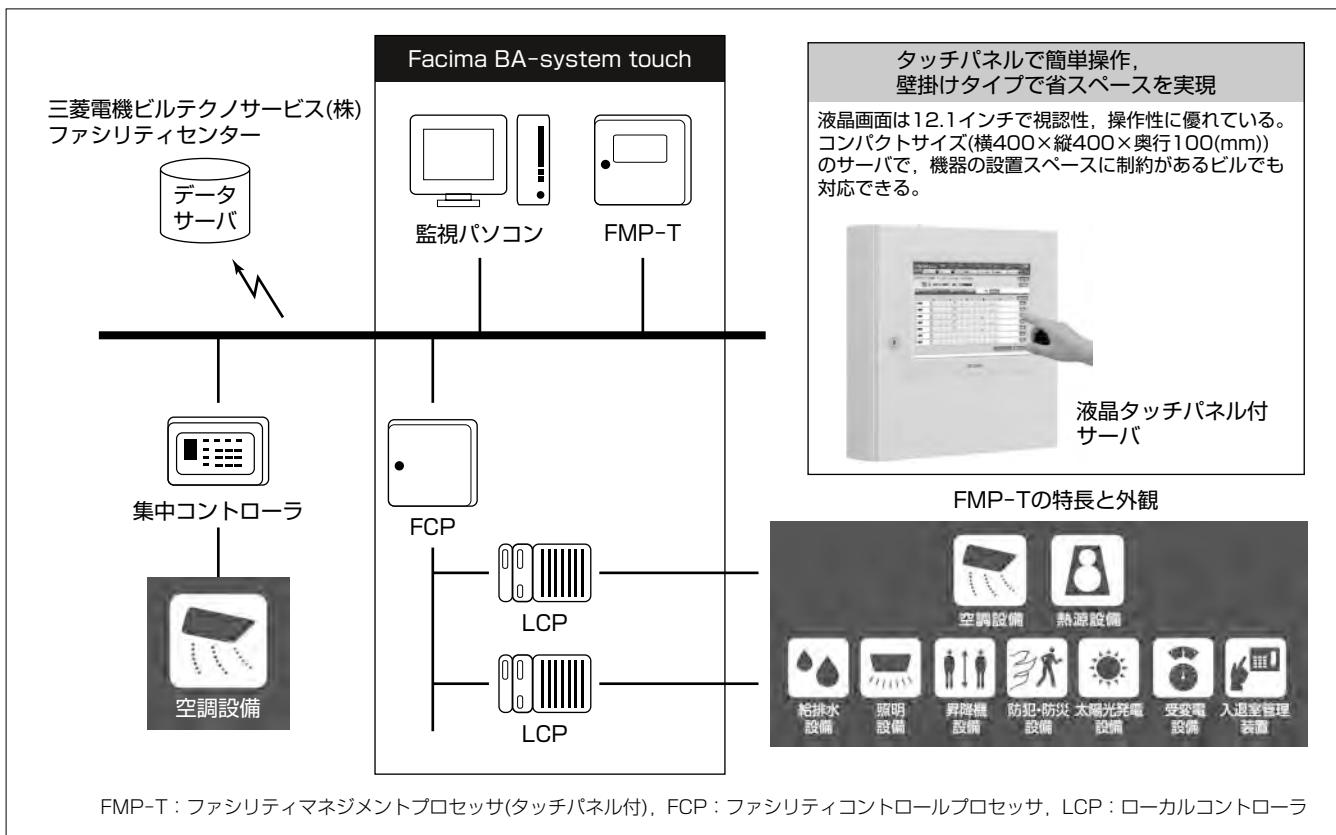
### (2) 省エネルギーへの対応

当社製ビル用マルチエアコンと接続し、ビル管理システムから空調機の運転／停止だけでなく、設定温度の変更や省エネルギー運転指示等、きめ細かな制御ができる。

また、デマンド制御の目標電力を時間帯別に変更することで、時間帯に応じた電力マネジメントが可能である。

### (3) ファシリティセンター接続

三菱電機ビルテクノサービス(株)のファシリティセンターと接続することができる。保守サービスである“ファシーマサポート契約”によって、空調や照明、受変電、給排水等、様々な設備の運用データを遠隔で収集し、分析することで、設備の最適運用や省エネルギーへの提案を行う。



## ビル管理システム “Facima BA-system touch” の構成と特長

“Facima BA-system touch”的システム構成と液晶タッチパネル付きサーバ(FMP-T)の外観を示す。ファシリティセンターと接続できる。

## 1. まえがき

ビル管理システムは、ビル内の空調や照明、受変電、給排水等、様々な設備を一元的に管理し効率よく運用するためのシステムである。当社は、2009年1月に大規模ビル向けのビル管理システムである、三菱ビル設備オープン統合システム“Facima BA-system(ファシーマビーエーシステム)”<sup>(1)</sup>を発売し、2011年10月に小規模ビル向けの三菱ビル設備管理システム“Facima Lite-system(ファシーマライトシステム)”<sup>(2)</sup>を、2012年6月に“Facima Lite-system II(ファシーマライトシステムツー)”を発売した(図1)。

電力供給不足による節電要請、発電燃料費の増加に伴う電気料金の値上げ、省エネ法の強化等によって、ビルの省エネルギー・節電に対する関心が高まっており、ビル管理システムでも設備の効率的な運用による省エネルギーが求められている。効率的な運用には、現状の把握が必須である。どの設備がどのように動作したのか、いつどれだけエネルギーを消費したのかを正確に把握するため見える化が重要な要素となる。

Facima BA-system touchはこうした市場ニーズを背景に開発した、中小規模ビル向けのビル管理システムである。本稿では、その特長と機能を述べる。

## 2. 製品の特長

### 2.1 タッチパネル付き壁掛けタイプ

Facima BA-system touchのハードウェア仕様を表1に示す。設置スペースの制約に対応するための機器外形はコンパクト(横400×縦400×奥行100(mm))な壁掛けタイプであるが、操作画面は、視認性・操作性に優れ、サーバ機としての信頼性・動作安定性も兼ね備えており、次の特長を持つ。

#### (1) 視認性・操作性

高解像度の12.1インチワイドカラー液晶パネルを搭載しており、後述する各種グラフィック画面を高精細に表示できる。また、壁掛けのため立ち姿勢で操作しやすいよう、画面に直接触れて容易に操作ができるタッチパネル入力方式とした。

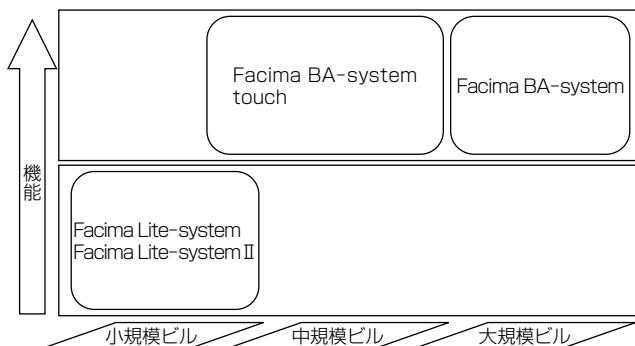


図1. ビル管理システムのラインアップ

#### (2) 信頼性・動作安定性

主記憶媒体であるHDDは2個でRAIDを構成しており、常時ミラーリングを行っている。このため、万一のHDD故障でも、データの消失を防ぎ、短時間での復旧が可能である。また、ファンによる空冷機能も持っており、これによってHDDなど主要部品の熱劣化を抑えている。さらに、内蔵のHDDやファンの動作を常時監視しており、故障発生時は警報音を出力してユーザーに異常を知らせる。

停電補償としてニッケル水素バッテリーを搭載しており、停電検出時にはすみやかにOSの自動シャットダウンを行った後、バッテリーの消耗を防ぐため停電補償動作を停止する。また、自動立ち上げ機能も持っており、外部電源の復旧を検出すると自動的に起動し、無人のまま運転を再開できる。

### 2.2 省エネルギーへの対応

#### (1) 空調機の最適運用

当社製ビル用マルチエアコンと接続し、ビル管理システムから空調機の運転／停止だけでなく、設定温度の変更が可能である。例えば、真夏に出社時、室内が暑いとリモコンで設定温度を下げて空調機を運転する場合があるが、室内が冷えても適正な値に戻さずに運転を継続するケースが想定される。ビル管理システムから各空調機の設定温度を把握でき、適正值ではない場合は再設定したり、スケジュールによって自動で適正值に戻すことができる。さらに、電力逼迫(ひっぱく)時には、ビル管理システムから空調機をローテーション運転などの省エネルギー動作に切り替えることで、ピーク時の電力を抑制することができる。ローテーション運転とは、同一空調機に省エネルギー動作が集中しないよう制御をローテーションする運転である。図2にイメージを示す。

#### (2) 電力デマンド制御機能の拡張

電力デマンド制御とは、ビルの使用電力を監視して、あらかじめ設定した目標電力を超過しないようにビルの設備を制御することであり、電力のピークカット対策に有効な手段である。Facima BA-system touchでは、このデマン

表1. ハードウェア仕様

項目	仕様
外形	横400×縦400×奥行100(mm)
表示	12.1インチワイドカラー液晶パネル (解像度1280×800)
画面操作	タッチパネル(アナログ抵抗膜方式)
主記憶媒体	2.5インチHDD 2個(RAID構成)
外部通信インターフェース	LAN 1 ch(100BASE-TX)
音出力	警報音、タッチ音
電源	AC 100V
停電補償	約5分(ニッケル水素バッテリー内蔵) ※停電検知後のOS自動シャットダウン用

HDD : Hard Disk Drive

RAID : Redundant Arrays of Inexpensive Disk

LAN : Local Area Network

## ◇一般論文◇

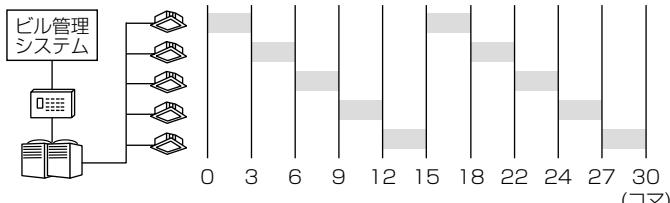


図2. ローテーション運転

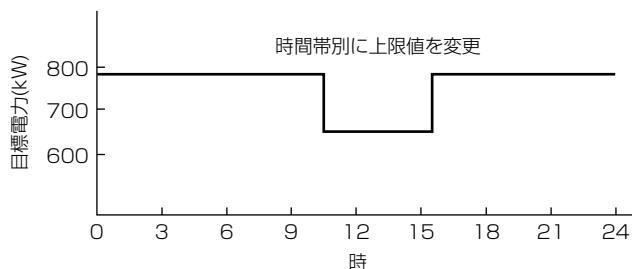


図3. 目標電力の変更

表2. データ保持期間

データ周期	保持期間
1分周期	40日
1時間周期	400日
1日周期	10年
1か月周期	10年

ド制御に対して目標電力をスケジューリングできる機能を付加している。デマンド制御は、1日の電力ピークをカットできるが、その他の時間帯に対しては有効ではない。そこで、目標電力を時間帯別に最適化することであらゆる時間帯で電力のマネジメントが可能となり、1日を通してより緻密で計画的なエネルギー管理ができる。また、突発的な電力逼迫や時間帯別の電気料金変動に対しても有効である(図3)。

## (3) 設備運用の見える化

設備の運転状態や運転時間、電力の使用量、温度・湿度等、様々な情報をサーバ内に蓄積している。このデータは、異なる周期(1分周期、1時間周期、1日周期、1か月周期)で表2に記載の期間時系列で保持しており、いつでもグラフ表示することができる。

設備の運用状態やエネルギー使用状況を見る化することで更なる設備の効率運転につなげる。

## 2.3 ファシリティセンター接続

三菱電機ビルテクノサービス株の保守サービスである“ファシーマサポート契約”によって、Facima BA-system touchが保持しているビル内の設備の運用状態やエネルギー使用状況をファシリティセンターから自動収集し、そのデータを分析した上で、対象ビルに最適な設備の運用プランを提案する。また、エネルギー分析も行うので省エネルギー提案も可能である(図4)。

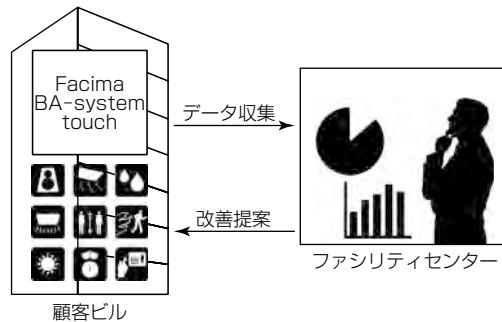


図4. ファシリティセンター接続

表3. システム仕様

項目	仕様	
管理点数	3,000点	
グラフィック枚数	1,000枚	
履歴保存件数	30万件	
	表示	150ページ、17点/ページ
日報・月報・年報	保存期間	日報:13か月 月報:10年 年報:10年
自動検針	表示	50ページ、75点/ページ
	保存期間	10年
ユーザー数	128ユーザー	
監視端末同時接続可能数	4台	

## 3. 製品のシステム仕様と機能

## 3.1 システム仕様

Facima BA-system touchは、管理点数は3,000点となっているが、その他の機能は、大規模ビル向けのビル管理システムと同等にした。表3にシステム仕様を示す。

## 3.2 機能

12.1インチの液晶タッチパネル画面で視認性・操作性を損なわないように画面設計を行った。

## (1) ソフトウェアキーボード

通常、画面にはキーボードは表示せず、入力が必要なときだけ画面下部に表示する。キーボタンは押しやすいサイズとし、また、入力モードに応じてキーボタンの色を変更することで操作性を向上させた(図5)。

## (2) グラフィック画面

系統図や平面図等の各種グラフィック画面で設備の稼働状況や異常を監視することができる。また、グラフィック画面から設備を制御することも可能である(図6)。

## (3) グラフ表示

サーバ内に蓄積された設備の運転状態や運転時間、電力の使用量、温度・湿度等のデータをグラフで表示することによって、設備の運用状況を分析することができる。グラフの種類には、折れ線グラフ、棒グラフ、積層グラフ、円グラフ、相関グラフ、ヒストグラムがあり、様々な角度から分析できるようにしている(図7)。



図5. ソフトウェアキーボード



図8. スケジュール設定

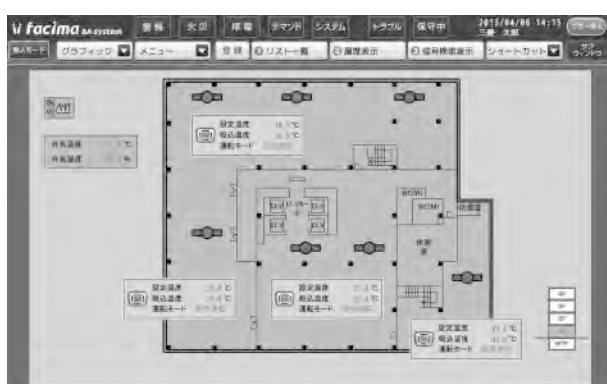


図6. グラフィック画面

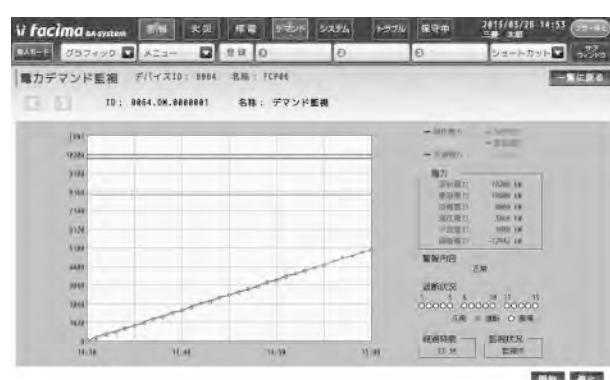


図9. 電力デマンド監視

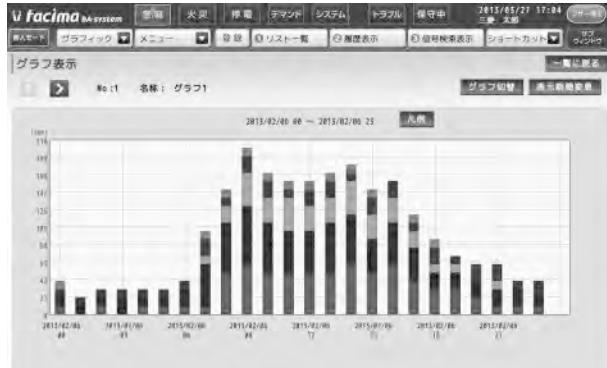


図7. 積層グラフ表示

#### (4) スケジュール設定

空調、照明等の設備の運転スケジュールを設定することができる。カレンダを設定しておくことで、休日に対応したスケジュール運転が可能である。また、制御時刻・内容を直観的に判別できるアイコンで表示できる(図8)。

#### (5) 電力デマンド監視

グラフで電力デマンドを監視することができ、あらかじめ設定した目標電力を超過することが予測されるとデマンド警報が発生しブザーとなる。その場合、設備を自動停止することができるが、停止後も超過が予測される場合は、グラフィック画面から設備を制御することができる(図9)。

## 4. む　す　び

2013年2月に当社が発売した中小規模ビル向けのビル管理システムである“Facima BA-system touch”について、その特長と機能を述べた。

地球規模の環境問題や、国内における電力事情に柔軟に対応し、現代社会の大きなテーマに貢献していきたい。

## 参 考 文 献

- (1) 渡邊啓嗣, ほか: 三菱ビル設備オープン統合システム “Facima BA-system”, 三菱電機技報, 83, No. 9, 547~550 (2009)
- (2) 水野裕正: “Facima Lite-system”的省エネルギー機能, 三菱電機技報, 86, No. 8, 473~476 (2012)

# マニュアルモータスター“MMP-Tシリーズ”

野崎洋之\*

Motor Circuit Breaker "MMP-T Series"

Hiroyuki Nozaki

## 要 旨

マニュアルモータスターは、配線用遮断器の機能とサーマルリレーの機能を併せ持つスターとして、短絡・過負荷・欠相からのモータ分岐回路の保護が可能であるとともに、手動でのモータの始動・停止が可能な機器である。

このマニュアルモータスターは、モータ制御分野で要求される高い安全性、省スペース化、配線工数削減及びグローバル対応等を実現することを特長としており、特に高い遮断容量と優れた減流性能を持つことから、米国電気工事基準(NFPA70: National Electric Cord)で要求される短絡電流定格(SCCR)の表示で、モータ分岐回路のSCCRを配線用遮断器と電磁開閉器の組合せよりも大きく引き上げることが可能であり、機械セットメーカーでの使用が拡大している。

三菱電機はこれらの要求を満たすマニュアルモータスター“MMP-Tシリーズ”的開発を行った。

このMMP-Tシリーズの主要な特長は次のとおりである。

- (1) 電気的開閉性能の確立  
2接点開極構造、速入りカム構造の採用
- (2) ユーザビリティの向上  
丸圧着端子への対応、配線合理化端子の採用
- (3) 省スペース・経済性を意識したオプションユニット  
同一取付け床面積での機能拡張、高い選択性
- (4) グローバル対応  
主要な国内外規格への標準対応



## マニュアルモータスター“MMP-Tシリーズ”

マニュアルモータスターMMP-Tシリーズは、定格電流I<sub>n</sub>が0.16~32A(ヒータ呼び15種)であるMMP-T32と、そのオプションユニットをラインアップしている。外形サイズ45(W)×95(L)×76(D)(mm)で遮断容量50kA(AC415V)を実現し、補助接点ユニット、警報接点ユニット、短絡表示ユニットを同一取付け寸法内で後付け可能であることを特長とする。

## 1. まえがき

マニュアルモータスタータは、配線用遮断器の機能とサーマルリレーの機能を併せ持つスタータとして、短絡・過負荷・欠相からのモータ分岐回路の保護が可能であるとともに、手動でのモータの始動・停止が可能な機器である。

このマニュアルモータスタータは、モータ制御分野で要求される高い安全性、省スペース化、配線工数削減及びグローバル対応等を実現することを特長としており、特に高い遮断容量と優れた減流性能を持つことから、機械セットメーカーでの使用が拡大している。

これらのモータ制御分野における要求を満たすマニュアルモータスタータMMP-Tシリーズの開発を行った(表1)。このシリーズについて、その主要な特長について述べる。

## 2. マニュアルモータスタータの特長

マニュアルモータスタータは配線用遮断器の短絡保護機能、サーマルリレーの過負荷・欠相保護機能及び手動スタータのモータの始動・停止機能を1つの機器にまとめたものである。図1にモータ分岐回路における、機器構成ごとの機能分担を示す。マニュアルモータスタータは電磁接触器と同様にIEC60947-4-1及びJIS C8201-4-1に規定されるAC-3定格を持つため、手動でのモータの直入れ始動・

停止が可能である。従来型の回路で可能なモータの遠隔操作や自動運転、高頻度開閉といった制御が必要な場合、マニュアルモータスタータと電磁接触器を組み合わせたコンビネー

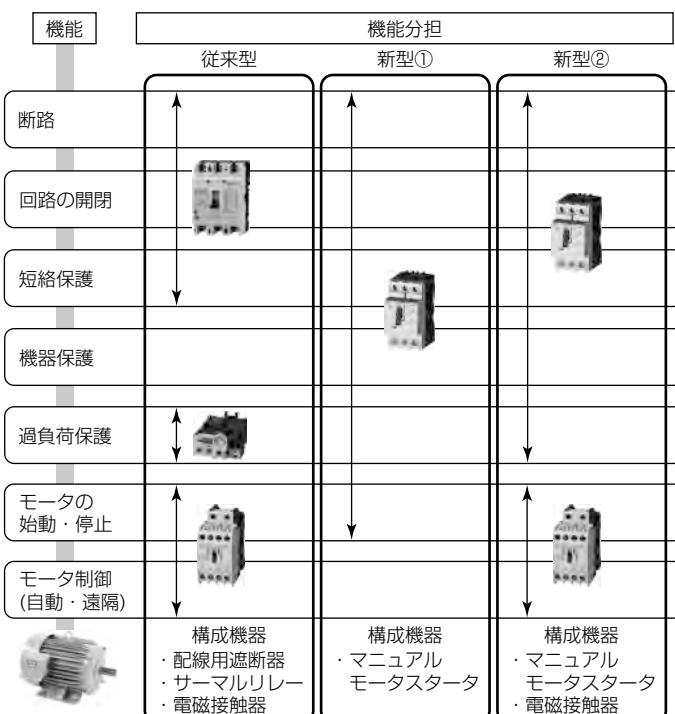


図1. モータ分岐回路の機器構成と機能分担

表1. 仕様

分類	項目	仕様																								
種別	形式	MMP-T32/MMP-T32BC																								
	フレームサイズ	32AF																								
	定格電流 In(A)	0.16~32																								
	定格使用電圧 Ue(V)	230~690																								
	定格使用周波数(Hz)	50/60																								
	定格絶縁電圧Ui(Vac)	690																								
	定格インパルス耐電圧Uimp(kV)	6																								
定格	ヒータ呼び	0.16A	0.25A	0.4A	0.63A	1A	1.6A	2.5A	4A	6.3A	8A	10A	13A	18A	25A	32A										
	定格使用電流Ie(A) (可調整)	最小 (中間表示)	0.10 0.13	0.16 0.20	0.25 0.35	0.40 0.50	0.63 0.80	1.0 1.3	1.6 2.0	2.5 3.5	4.0 5.0	5.5 7.0	7 8	9 11	12 15	18 22	24 28									
	定格遮断容量 Icu/Ics(kA) IEC60947-2 JIS C8201-2	240V 415V 460V 500V 600V	100/100										50/38 35/27 10/8													
	定格瞬時引外し設定電流Ii(A)	13×最大Ie																								
特性	トリップクラス	10(IEC60947-4-1/JIS C8201-4-1)																								
	過負荷動作電流(UL)	125% of Dial setting																								
	その他	欠相保護機能、周囲温度補償																								
適用	使用カテゴリ	Cat. A (IEC60947-2/JIS C8201-2-1)																								
		AC-3 (IEC60947-4-1/JIS C8201-4-1)																								
耐久性	最大動作頻度(回/時)		25																							
	耐久性	機械的(回)	100,000																							
		電気的(回)	100,000																							
構造	安全対応	アイソレーション、トリップフリー、端子カバー標準装備																								
	外形寸法(a×b×c×ca)(mm)	45×95×66×82																								
	質量(g)	330																								

## ◇一般論文◇

ションスタータを構成することによって対応が可能となる。保護機器としての機能では、従来型の配線用遮断器、電磁接触器及びサーマルリレーで構成された回路の場合、構成機器を保護するためには制御盤設計者が配線用遮断器とサーマルリレーの動作曲線を比較し、両者の保護協調を確実にできる機器を選定する必要があるのに対し、マニュアルモータスタータを用いる回路の場合、単一の機器で短絡・過負荷保護を行うため、両者の協調を確実にすることができるとともに、機器選定における労力を軽減できる。

### 3. MMP-Tシリーズの特長

#### 3.1 電気的開閉性能

MMP-Tシリーズマニュアルモータスタータは短絡電流アーカを効率よく駆動し、通過電流時間積( $I^2t$ )を低減できる2接点開極機構(ダブルブレーキ)を採用しており、表1に示す高い短絡遮断容量を実現している。また、この2接点開極機構はモータ負荷の開閉時の接点消耗を低減できる方式であるが、MMP-Tシリーズでは更なる対策を加えた。

マニュアルモータスタータは手動スタータとしてモータを始動・停止する機能が要求され、IEC60947-4-1及びJIS C8201-4-1で規定されるAC-3定格を持つ。AC-3定格はモータの直入れ始動及び停止を責務とするが、モータは始動時に定格の約6倍の大きな始動電流が流れるため、その始動電流を閉路する能力が要求される。マニュアルモータスタータはハンドルの投入動作によって負荷回路を開路させる機器であるが、ハンドルの操作位置と接点位置が連動する機構の場合、可動・固定接点間に十分な接触圧力が得られない状態で6倍電流が流れ、接点の異常消耗や溶着が発生する可能性があった。MMP-Tシリーズではこの課題を解決する方法として、速入りカム(図2)を採用した。速入りカムの動作原理を次に述べる。OFF状態ではアームAによって押し板を押し下げ、接点を開状態で保持する。ハンドルをON位置へ操作するとこれに連動してアームAが回転するが、アームBが速入りカムに接触するまでは、押し板はこの速入りカムによってロックした状態となっており、接点は閉極しない。さらに、アームAが回転して連動するアームBが速入りカムを操作すると、押し板のロックを解除して素早く可動接点と固定接点が接触して大きな

接触圧力を確保し、通電を開始する。

#### 3.2 ユーザビリティの向上

マニュアルモータスタータは、モータ分岐回路に必要な機能を集約することで回路の構成機器を削減でき、制御盤内の取付け床面積の削減と省配線化が可能であるなど、ユーザビリティに優れた機器であるが、MMP-Tシリーズでは着脱式端子カバーを標準装備し、安全性の向上と日本国内における標準的な配線方式である丸圧着端子への対応を両立するなど、ユーザビリティを更に向かせている。しかしながら、着脱式端子カバーを備える接続端子に丸圧着端子を配線する場合、端子カバーと端子ねじを一旦取り外す必要があり、配線作業時に端子カバー及び端子ねじを紛失する可能性があることや、取り外しに伴い作業工数が発生することが課題となっている。これらの課題を解決するため、MMP-Tシリーズでは配線合理化端子(図3)を提供している。配線合理化端子では、端子ねじを保持するねじホルダを引き上げ固定することで、端子ねじの先端を接続端子面から浮かせることができる。コンビネーションスタータを構成する“S-Tシリーズ”電磁接触器でも同様の配線合理化端子を提供しており、配線合理化端子付きコンビネーションスタータを採用することで、モータ分岐回路全体で配線合理化が可能となる。

#### 3.3 オプションユニット

MMP-Tシリーズは表2及び図4に示すオプションユニットをラインアップしている。

補助接点ユニットはマニュアルモータスタータのオン・オフ動作に連動し、警報接点ユニットはマニュアルモータスタータのトリップ動作(短絡・過負荷・欠相)に連動して接点が動作する。それぞれ单極のNO(常開)接点又はNC(常閉)接点を備えており、マニュアルモータスタータの状態監視やインターロックなど、各種の制御に適用できる。また、それぞれ微小負荷に適した接点を備える仕様も提供するなど、機械セットメーカーのニーズに合ったラインアップとなっている。

短絡表示ユニットは、マニュアルモータスタータが瞬時引外し(短絡電流遮断)でトリップした場合だけ製品正面に赤色表示をする(図5)。これは、UL(Underwriters Laboratories LLC)規格で規定されるコンビネーションモータコントローラType E及びType Fで要求される機能の一つである。MMP-Tシリーズでは短絡表示ユニットと電源側

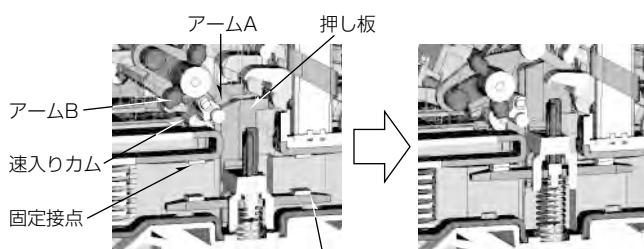


図2. 速入りカムの構造

図3. 配線合理化端子

表2. オプションユニット一覧

名称	概要
補助接点ユニット	主回路の開閉動作に連動する接点
警報接点ユニット	トリップ動作に連動する接点
接続導体ユニット	コンビネーションスター用連結導体
短絡表示ユニット	短絡遮断によるトリップ時の表示
電源側端子カバー	電源側の追加端子カバー

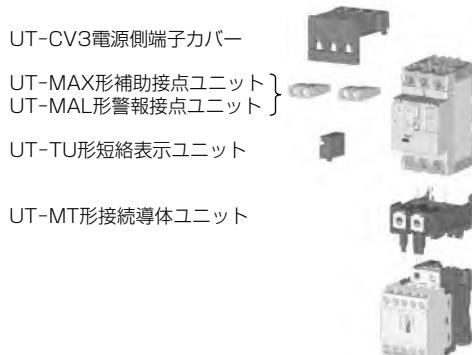


図4. オプションユニット外観

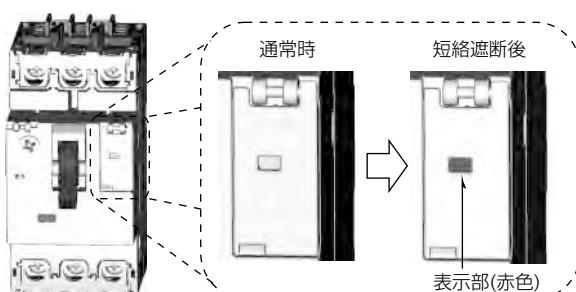


図5. 短絡表示ユニットの表示

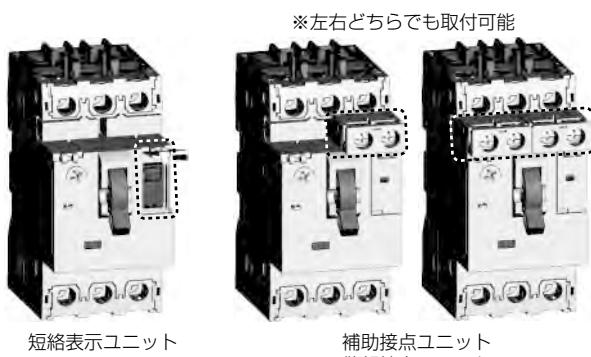


図6. オプションユニット取付け位置

端子カバーを装着することで、コンビネーションモータコントローラType Eとして適用することができる。

MMP-Tシリーズでは、補助接点ユニット、警報接点ユニット及び短絡表示ユニットを後付けできるカセット式とすることで、ユーザーが用途に合わせて機能を選択することができる経済性に優れる方針とした。いずれも本体の取付け床面積を増加させずに増設可能(図6)であり、マニュアルモータスターの特長である“省スペース”を維持したままでの機能拡張を可能としている。また、補助接点ユ

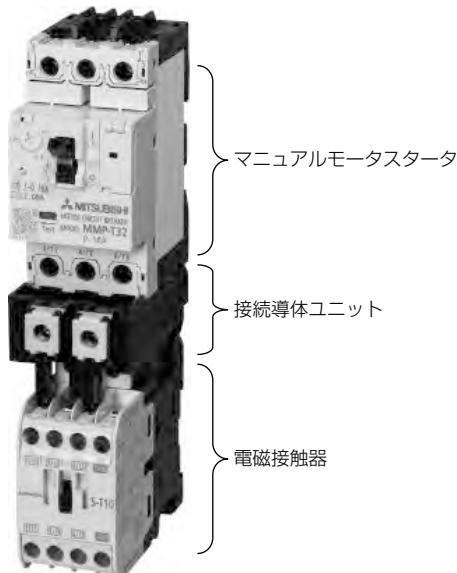


図7. コンビネーションスター

表3. 対応する法令・規格

JIS 規格	電気用品 安全法	IEC 規格	EC 指令	UL 認証	CSA 認証	CCC 認証	TUV 認証
日本	国際	欧州	アメリカ カナダ	中国	国際		
準拠	特定以外の 電気用品	準拠	CE 自己宣言	cUL US LISTED 認証取得	(CCC) 認証取得	(△) (取得中)	

ニット及び／又は警報接点ユニットを左右の取付け位置のどちらでも、組合せに制限のない取り付けを可能としている。

接続導体ユニットは、マニュアルモータスター MMP-Tシリーズと電磁接触器S-Tシリーズとを機械的・電気的に連結し、コンビネーションスター(図7)を構成するためのユニットである。マニュアルモータスターはモータ分岐回路保護機能の集約によって、構成機器の削減・設置面積の縮小を実現できる機器であるが、接続導体ユニットを使用することで、マニュアルモータスターと電磁接触器の間の配線及び配線用ダクトを設置する必要がなくなり、さらに、コンパクトにモータ分岐回路を構成することができる。なお、コンビネーションモータコントローラType Eと電磁接触器S-Tシリーズを連結する場合、先に述べたコンビネーションモータコントローラType Fとして適用することができる。

### 3.4 グローバル規格対応

MMP-Tシリーズは表3に示す法令・規格に標準で対応しており、設備のグローバル化に対応することができる。

## 4. むすび

マニュアルモータスターMMP-Tシリーズの特長について述べた。今後も、顧客のニーズに合った製品の開発を行っていく所存である。

# 油ワイヤ放電加工機“MX600”

佐々木祐飛\*  
喜多秀明\*

*Oil Wire-cut Electrical Discharge Machine "MX600"*

Yuto Sasaki, Hideaki Kita

## 要 旨

近年、電子機器製品や自動車部品市場で製品の高精度化が進み、量産の母体となる金型に一層の高い精度が要求されている。これに伴い金型の生産に用いられる放電加工機に要求される性能もより高精度になっており、同時に生産性の更なる向上も求められている。

三菱電機では、これまでワイヤ放電加工機の加工液に水を用い、高速加工と高精度加工を両立させてきた。今回、昨今より高精度な加工への要求、また、加工の長時間化に対する要求に応えるため、高生産性、高精度、加工の安定性、利便性、省エネルギーの5つの項目を重視して油加工液仕様ワイヤ放電加工機(以下“油ワイヤ放電加工機 MX600”という。)を開発した。

生産性に関しては、油ワイヤ放電加工機専用のnPV(ナノパルスV)電源を搭載し、高速加工を実現するとともに、サブミクロンの面粗さを実現した。精度、加工の安定性に関しては、RIS(Rigidity & Isolation Structure)機械構造とODS(Opt Drive System)を採用することで、機械精度の再現性が向上し、 $\pm 2.0\mu\text{m}$ の精度保証を実現した。また、“自動結線装置Intelligent AT”装置を搭載し、ワイヤ電極径 $\phi 0.05\text{mm}$ までの自動結線に対応することで利便性を向上させた。

本稿では、油ワイヤ放電加工機MX600の特長について述べる。



## 油ワイヤ放電加工機“MX600”

高生産性、高精度、加工の安定性、利便性、省エネルギーを重視して開発したMX600は、電気・電子部品などの超精密部品加工における超高精度を実現した。

## 1. まえがき

近年、電子機器製品や自動車部品市場で製品の高精度化が進み、量産の母体となる金型に一層の高い精度が要求されている。これに伴い金型の生産に用いられる放電加工機に要求される性能もより高精度になっており、仕上げ面に優れ、腐食防止にも有効な、加工液に油を使用する油ワイヤ放電加工機へのニーズが拡大している。同時に生産性の更なる向上も求められている。当社では、これまでワイヤ放電加工機の加工液に水を用い、高速加工と高精度加工を両立させてきた<sup>(1)</sup>。今回、昨今のより高精度な加工への要求、また、加工の長時間化に対する要求に応えるため、加工液として油を使用したワイヤ放電加工機MX600を新たに開発した。

本稿では、油ワイヤ放電加工機MX600の特長について述べる。

## 2. 製品の仕様と特長

先に述べた市場要求に対して、高生産性、高精度、加工の安定性、利便性、省エネルギーの5つの項目を重視して油ワイヤ放電加工機MX600を開発した。MX600の主な機械仕様を表1に示す。

## 3. 油ワイヤ放電加工機MX600の特長

### 3.1 油加工液専用電源

MX600は、“油加工液専用nPV(ナノパルスV)電源”を搭載している。この電源は、当社がこれまでに培ってきた高速加工技術(V電源)に加え、ワイヤ放電加工電源制御技術と形彫放電加工の油加工特有の電源制御技術を融合させた油加工液仕様専用電源である。nPV電源は、加工速度と加工面粗さのターゲットに合わせnTP回路、nGP回路、nFS回路を用意し、さらに、従来の電源にも搭載している微細加工用FM回路との組合せから最適な回路を選択することで効率的な加工を実現する(図1)。従来の電源制御技術では工作物表面に微小なクラックや硬化層が形成されて

表1. 主な機械仕様

工作物最大寸法	(mm)	640×610×100
工作物許容質量	(kg)	300
テーブル寸法	(mm)	560×485(一体口の字)
軸移動量(X×Y×Z)	(mm)	300×200×180(XY軸オプトドライブ仕様)
軸移動量(U×V)	(mm)	±35×±35(UV軸オプトドライブ仕様)
最大テーパ角度	(°)	15(最大100mmにおいて)
ワイヤ電極径	(mm)	0.05~0.2
質量	(kg)	3,400
加工液タンク容量	(ℓ)	300
ろ過方式		ペーパーフィルタ 2本
加工液温度制御装置		ユニットクーラー
総合入力	(kVA)	13.5
必要エア量 壓力	(MPa)	0.5~0.7
流量	(ℓ/min)	75以上

いたが、nPV電源では従来よりも短い周期の微小なエネルギーの放電を高い周波数で発生させることができ、クラックを抑制し加工面品質を大幅に改善するとともに(図2)，平均加工エネルギーの低下を抑制し、トータル加工速度を向上させた。

さらに、nPV電源は、新規開発した放電モニタ回路によって、加工中の放電状態の変化を素早く検知し、最適な発振制御をすることが可能になった。これによって放電状態が不安定になりやすいコーナー部などの加工形状でも加工寸法精度を向上させた。

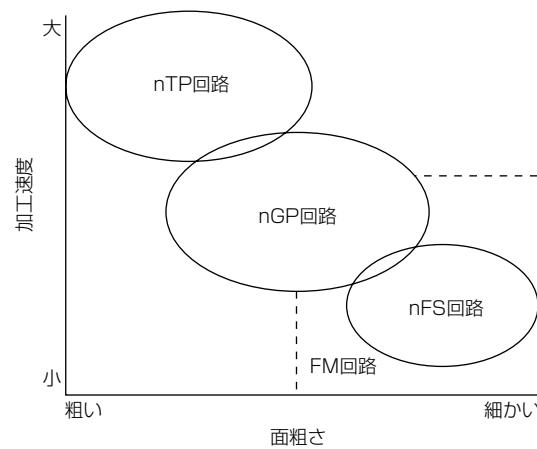
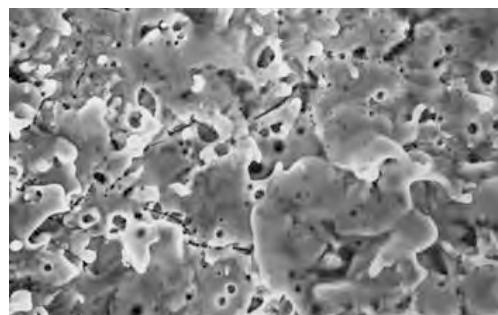
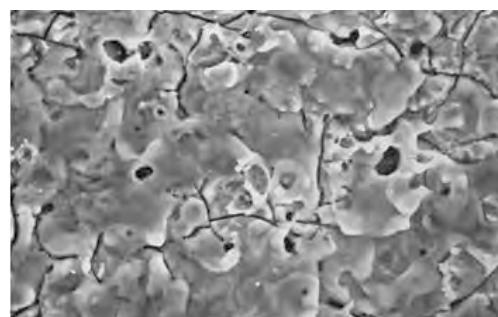


図1. nPV(ナノパルスV)電源



クラックの少ない加工面

(a) nPV電源



クラックのある加工面

(b) 従来電源

図2. 加工ワーク表面

## ◇一般論文◇

また、加工精度を向上させるうえでワイヤ電極と被加工物以外は絶縁することが望ましい。そのため従来機種では被加工物を固定するテーブル定盤と定盤取付け台との間に薄い絶縁体を設置していたが、MX600では定盤取付け台の材質を黒みかげ石とすることで電気的絶縁を強化し、より高精度な加工を実現した。MX600での加工サンプルの一例として、高い精度が要求されるリードフレーム加工とコネクタ形状加工のサンプルを図3、図4に示す。

### 3.2 高精度を追求する機械構造

MX600は、機械構造を左右シンメトリー構造にするとともに、振動源となる部品を機械本体から分離することで振動による加工精度への影響を低減した。さらに、機械本

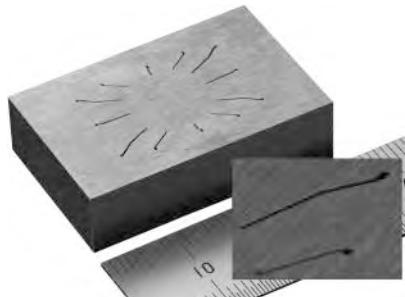


図3. リードフレーム加工サンプル



図4. コネクタ形状加工サンプル

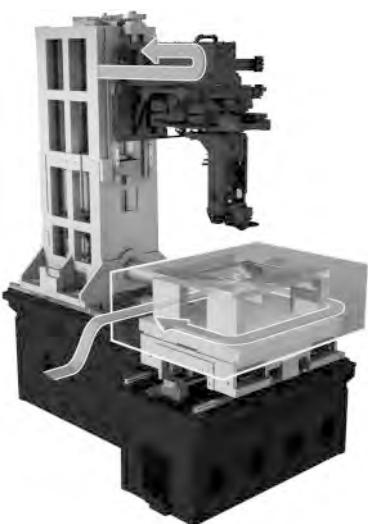
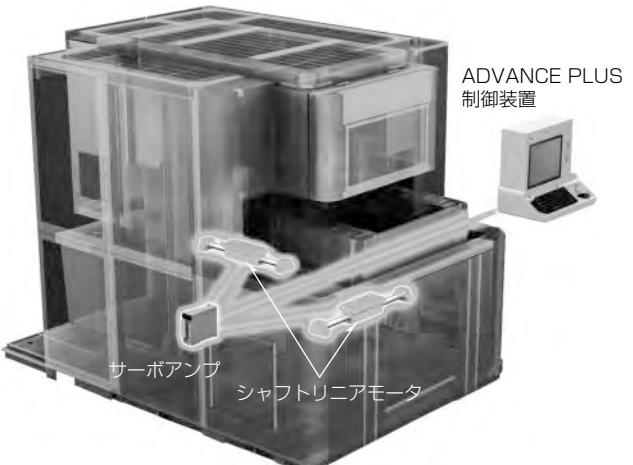


図5. サーマルバスター機能

体・電源・タンク間を断熱し、熱源を機械本体から分離したうえ、図5に示す“サーマルバスター機能”を搭載することで機械構造体温度を加工液温度と同調管理し、高精度加工の妨げとなる熱変位を抑制した。図中の矢印は機械構造内の加工液の流れを表しており、温度制御された加工液が機械内部を流れることで構造体温度も制御することが可能になる。機械本体には高剛性構造材料を使用し、機械剛性を高めることと、当社制御技術である高応答サーボシステム“ODS(Opt Drive System)”(図6)を搭載することによって、形状精度・ピッチ精度を向上させ、当社基準で $\pm 2.0\mu\text{m}$ の精度保証を実現した。また、装置全体はオイルパン付ワンパレット構造を採用することで、据付け時の配線・配管作業を最小化し、工場出荷時の機械精度を再現した。このようなMX600の機械構造を総称して“RIS機械構造”と呼ぶ。

### 3.3 自動結線装置

MX600は、ワイヤ電極線を自動で結線・切断する“自動結線装置Intelligent AT”(図7)を搭載し、加工される製品の微細化に対応するためにワイヤ電極径 $\phi 0.05\text{mm}$ までの自動結線を可能にした。結線動作時には、ワイヤ張力及



当社独自のサーボシステム構築によって応答速度が向上

図6. 高応答サーボシステムODS



図7. 自動結線装置Intelligent AT

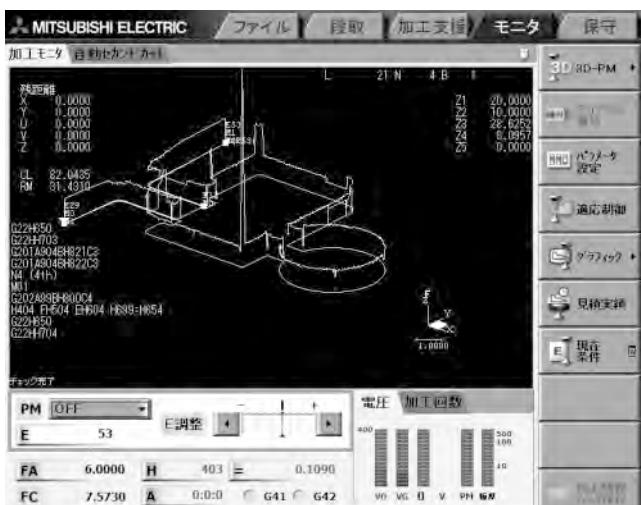


図8. 加工中の協調制御

び結線速度を精度よく検出することで、油加工液を用いた場合でも高い結線率を確保した。また、加工中のワイヤ張力をより高速に制御するため、張力検出器を搭載するとともに、ワイヤ走行経路のモータに当社開発のサーボモータを使用することで、ワイヤ放電加工機専用の張力制御技術を構築し、極細線を用いた加工でも高精度加工を実現した。また、ワイヤの回収部にはドライ回収機構を設け、油による絡みつきを抑制し、安定した連続加工を実現した。

### 3.4 モーション制御と加工電源制御の協調制御を実現するADVANCE PLUS制御装置

MX600は当社最新制御装置“ADVANCE PLUS制御装置”によって加工状態を瞬時に把握し、形状データに基づき事前に加工予測を行うことで、モーション制御と加工電源制御の協調制御によって形状加工精度を向上させた。協調制御による加工中の軸移動速度変動の様子を図8に示す。

さらに、ウイルス感染防止ソフトウェアを標準搭載しセキュリティの向上を図るとともに、作業効率を向上させるため三次元データにも対応し、三次元データからパスの生



図9. シャフトリニアモータ

成、加工条件検索、加工へと一連の流れを実現した。

### 3.5 省スペース、省エネルギーの実現

MX600は、機械構成ユニット部品の小型化を図ることで、 $300 \times 200$ (mm)のXY軸移動量を保ったまま、機械本体の省スペース化を実現した。設置場所を有効活用することで、操作性・作業性を向上させた。

XYUV軸の軸移動には、磁石を円筒状に構成し磁束を360度効率よく推力に変換できるシャフトリニアモータ(図9)の採用によって、消費電力の削減による省エネルギー化を実現するとともに、高精度な位置決めを実現した。

## 4. む す び

微細加工の現場でますます高くなる高精度化要求に応えるため、高生産性、高精度、加工の安定性、利便性、省エネルギーの5つの項目を重視して油加工液仕様ワイヤ放電加工機を開発した。当社は、今後もものづくりにおける高品質、短納期、低ランニングコストを実現するために、水加工液仕様ワイヤ放電加工機と併せ、より多くの市場ニーズに合わせた製品開発を行っていく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 鵜飼佳和：油加工液仕様ワイヤ放電加工機「MX600」－高精度ワイヤ放電加工機の最新技術－，機械技術2013年6月号，61，No. 6，51～53（2013）