



家庭から宇宙まで、エコチェンジ



三菱電機技報

9

2014

Vol.88 No.9



「創刊1000号記念特集」

— Changes for the Better —



創刊号 100号 200号 300号 400号

1925 1934 1943 1956 1964

500号

1973

600号

1981

700号

1989

800号

1998

900号

2006

1 巻頭言

三菱電機技報1000号記念特集発行にあたって -グローバル環境先進企業を目指して-

2 技報のあゆみ

創刊号から1000号までの軌跡

10 招待論文

人間生活工学の方法と技術

17-119 特集Ⅰ 当社技術の変遷と将来展望

18 昇降機の歩みと将来展望

22 FA用コントローラの技術革新と適用分野拡大

28 低圧遮断器の技術変遷と今後の展望

32 交通システムの変遷と将来展望

36 社会情報システムの変遷と今後の展望

40 発電システムの変遷と今後の展望

46 送変電システムの変遷と今後の展望

51 受配電システムの変遷と今後の展望

56 宇宙技術の変遷と将来展望

62 光通信システム技術の変遷と今後の展開

66 無線通信システム技術の変遷と今後の展望

70 空調冷熱の歩みと今後の展望

76 大型映像表示装置“オーロラビジョン”における主要技術と今後の展望

80 映像機器の進化と今後の展開

86 CCTV監視システム技術の変遷と今後の展望

90 自動車機器の変遷と今後の展望

98 パワーデバイスの変遷と将来展望

102 高周波光デバイスの変遷と今後の展開

106 TFT液晶ディスプレイの変遷と将来展望

110 トータルセキュリティソリューション

114 IT技術の変遷と今後の展望

120-131 特集Ⅱ スマートコミュニティソリューションと知財活動

120 スマートコミュニティの取組み

126 知財活動の変遷と将来展望

132

広告で見る当社の技術革新

表紙

「創刊1000号記念特集」-Changes for the Better-

三菱電機技報は、本号をもって創刊1000号を迎えた。1000号の表紙では、地平に見立てた一線上に創刊号から900号まで100号刻みの過去の表紙をモチーフに奥行きを出して並べることで、これまでの発行の歴史を表現した。

コーポレートステートメント「Changes for the Better」の趣旨である“常により良いものを目指して変革していく”意志を持ち続け、次の地平を拓く三菱電機グループの姿を、今後も三菱電機技報を通じて読者の皆様にご紹介していきたい。



三菱電機技報1000号記念特集発行にあたって ーグローバル環境先進企業を目指してー

三菱電機株式会社 執行役社長 柵山正樹



「三菱電機技報」は、この9月号をもって通巻1000号を迎えることができました。これもひとえに御愛読者各位の御支援と、出版を支えてきた関係者の努力の賜物と感謝申し上げます。

大正10年の当社設立から4年後の大正14年3月に「三菱電機」という名称で創刊されました。第2次世界大戦中、残念ながら一時発行を中断せざるを得ませんでしたが、戦後いち早く再刊を果たし、昭和37年8月に、現在の「三菱電機技報」と改め、今般1000号まで積み上げることができました。

「三菱電機技報」は、当社の優れた技術・製品、あるいは技術開発活動を広く社外に公表し、その周知を図ることによって、当社の社会的評価の向上、ひいては当社製品の販売促進に寄与し、さらには社会への技術貢献を図ることを目的として発行しております。

各巻各号にはその時代時代における輝かしい成果が記述されていますが、その陰には当社先輩諸氏の並々ならぬ努力があったことを忘れてはなりません。特に、当社創立の頃は工業化推進の草分けの時代であり、海外の近代的な技術や手法を意欲的に吸収し、電機産業の発展に尽くしてきたことが誌面の中からも伺い知ることができます。また、厳しい経営環境の中(昭和恐慌、戦後復興期、高度成長期のキャッチアップの時代、オイルショック・バブル崩壊・IT不況・リーマンショック等)、築き上げられてきたその技術力は今日の電機業界の発展を導き、その工業力を世界に冠たるものにしたひとつの基盤になったものと確信しております。

当社は、現在、重電システム・産業メカトロニクス・情報通信システム・電子デバイス・家庭電器の5つのセグメントをベースに、「強い事業をより強く、新たな強い事業の継続的創出、強い事業を核としたソリューション事業の強化」によって「質の良い」成長の実現を目指しております。豊かな社会構築に貢献する“グローバル環境先進企業”を志

向し、産業界の発展に貢献していくことこそ総合電機メーカーとしての当社の責務であると認識しております。

ソリューション事業の強化、グローバルな事業推進には、新たな事業領域の拡大や一層のグローバル展開が必要になります。これらを実現するために、社内事業本部間の連携の強化はもとより、社外とのオープン＆グローバルイノベーションが必要となります。三菱電機技報がその役割の一端を担えれば幸いです。

今回、通巻1000号を迎えるにあたり、この伝統ある「三菱電機技報」を永続的に刊行し、当社グループのコーポレートステートメント「Changes for the Better」を実践し、「変革に挑戦し続け、次の地平を拓く」社風をしっかりと貫くことを肝に銘じてまいります。また、本誌の編集をなお一層充実させ、御愛読者各位の御期待に応えるよう努力することを決意している次第であります。

本号では招待論文として、早稲田大学の小松原明哲教授に、人の暮らしを高める製品をつくるための方法と、技術としての人間生活工学のアプローチについて執筆いただきました。また、当社の5つのセグメントを構成する主要機種群について、事業環境の変遷・技術の推移・今後の展開について、さらに事業戦略や研究開発戦略と連携している知財活動の変遷と将来展望についても掲載しています。すべてのビジネスユニットについて触れることはできませんでしたが、それらについては既刊の特集号を参考いただければ幸いです。

2020年には、夏季オリンピック・パラリンピックが東京で開催されます。この2020年度は、当社の創業から100年目にあたり、翌2021年2月1日に創業100周年を迎える「将来の一つの節目」として、当社にとって大きな意味を持つ年度となります。「2020年度の当社創立100周年に向けて企業価値を高める」ことを目標に三菱電機技報の質的向上に邁進してまいりますので、今後とも御支援賜りますようお願い申し上げます。

創刊号から1000号までの軌跡



生産システム本部
生産技術部長
酒井 潔



開発本部
開発業務部長
木槻純一

本誌創刊号「三菱電機」は大正14年(1925)3月に発行された。昭和恐慌や第二次世界大戦の影響で一時的中断もあったが、戦後いち早く再刊を果たし、昭和37年(1962)8月から「三菱電機技報」に改め、今般1000号を迎えた。この機会に創刊からの歴史を振り返ってみたい。

〈創刊から昭和初期〉大正10年(1921)～昭和21年(1946)

三菱電機創立の大正10年(1921)から昭和初期の頃は工業化推進の草分けの時代であり、当時の諸先輩が海外の近代的な技術や手法などを意欲的に吸収し、電機産業の発展に尽くしていたことが誌面上からも伺い知ることができる。

当社は神戸・長崎・名古屋の3製作所体制で、米国ウェスチングハウスエレクトリック社から新しい設計・図面方式、工作技術、工場管理手法など摂取して近代化を図ろうとしている時代であった。軍靴の轟(とどろ)く二・二六事件が発生した昭和11年(1936)1月には、「名古屋製作所回顧十二年特集」が刊行されている。大戦の影響で終刊を迎える昭和19年(1944)3月号は、「戦時下生産力増強特集」が組まれた。終刊の辞の要旨を以下に紹介する。「科学技術と生産力がいかに重



創刊号表紙
大正14年(1925)3月号



名古屋製作所回顧十二年特集号
昭和11年(1936)1月号



表紙



終刊の辞

戦時下生産力増強特集 終刊号 昭和19年(1944)3月号



昭和初期の裏表紙(アイロンや電気ストーブの
広告に愛くるしい子供のイラストを使用)

〈再刊と復興の時代〉昭和22年(1947)～昭和30年(1955)

再刊に当たる昭和22年(1947)1月号では、再刊の辞として次のような決意が語られている。

「戦後の新日本建設のために急速な生産復興が必要であり、かつ不足する資材による生産の増強は、新たな観点からの技術、研究、研摩が肝要である。当社はその研究した結果を迅速に発表して、各位の御批判を乞い、進歩向上を図る要を緊切に感じ、用紙の不足、印刷の困難などの悪条件を克服して、本誌の再刊を企図した次第である」

皆が、復興を信じて動き出した時代である。

また、当社は昭和27年(1952)に社は『品質奉仕の三菱電



表紙



再刊の辞

再刊号 昭和22年(1947) 1月号

機』を制定し、品質第一の精神を顧客満足の一つとして捉え、現在に至っている。

昭和25年(1950)半ば、それまで沈滞していた我が国の経済は、特需(朝鮮戦争)と輸出の急拡大によって飛躍的な発展をみせ始めるが、いち早く立ち直りをみせたのは繊維・化学・金属・製材といった容易に供給力を増大し得る産業であった。電力・石炭・陸運・海運といった基礎的産業は資本蓄積の不足のために需要の急増に応じ切れず、拡大再生産のネックとなっていた。政府は重点産業向けに集中的な資金投入政策を採ったので、電気機械産業はこうした背景のもとに飛躍を遂げるチャンスを迎えていた。当社は途絶していたウェスチングハウスエレクトリック社との技術提携を復活したが、時あたかも鉄鋼業界では第一次合理化計画による圧延設備の拡充、鋳業では立坑開発や採掘の機械化、電力業界では大容量水力・火力発電と超高压送電など大規模な電源開発が計画されていた。この頃から当社も大形水車発電機組立・試験設備の増設、高電圧・大電力試験設備の完成、大容量タービン発電機生産のための200 tクレーン設備、大容量変圧器の運搬用90 t貨車などと大容量機器の生産に対処した諸設備が相次いで拡充され、これらの特集記事も企画された。

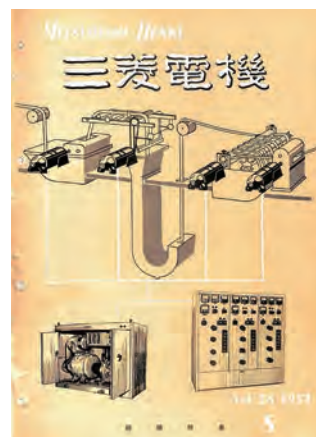
この期間の特集としては、社会インフラである火力発電・水力発電の特集が多い。また、「建築と電気」「建築と電機」のように建築を絡ませた特集も注目される。昭和27年(1952) 11月号では、当時竣工した新丸ビルに納めたエレベーター、ジーゼル発電機、照明器具、冷房機などの製品について解説している。

その他、製鉄圧延機用電気設備特集、紡績特集、炭鉱合理化特集など、他産業の合理化支援について言及



建築と電機特集
昭和27年(1952) 11月号

した特集も目立つ。炭鉱合理化特集(昭和30年(1955) 9月号)は、当時不況下にあった炭鉱界の好転を願って刊行されている。



紡績特集
昭和29年(1954) 8月号



炭鉱合理化特集
昭和30年(1955) 9月号

なお、昭和27年(1952)から昭和30年(1955)の期間は表紙に、イラストやパース図を使用している。

昭和20年代で特筆すべきことは、昭和28年(1953)に我が国でテレビ放送が始まったことである。この頃から国民所得に安定感が感じられ、家庭生活の合理化へのゆとりが生じ、この後8～9年の間に「三種の神器ブーム」と呼ばれる家庭電化が促進された。

〈拡大と高度成長の50年代後半～ 60年代〉 昭和30年(1955) ～昭和44年(1969)

1950年代から1970年代中盤は、「高度経済成長期」と呼ばれる好景気が続く。昭和30年(1955)に一人あたりのGNP(国民総生産)が戦前の水準に回復し、翌昭和31年(1956)の『経済白書』序文にあった「もはや戦後ではない」というフレーズが有名になった。その昭和31年(1956)は「神武景気」、その後、昭和36年(1961)の「岩戸景気」、昭和40年(1965)の「いざなぎ景気」と立て続けに古今未曾有の好景気を迎えた。昭和30年(1955)から昭和36年(1961)までの6年間、GNP実質成長率は10%に達し、驚異的な数値を見せた。

当社は、品質第一に取り組んできた成果として、昭和31年(1956)に品質管理で「デミング賞実施賞」(日本科学技術連盟)を受賞する。また、東京オリンピック開催の昭和39年(1964)には、企業スローガン「今日もあなたと共に」が制定され、顧客を大切にする姿勢を明示した。

技報には、電機品を中心に、エレクトロニクスや計算機関連の特集も盛んに登場する。昭和39年(1964) 3月には、「東海道新幹線電



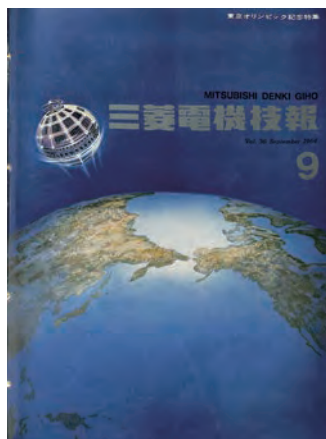
企業スローガン
昭和39年(1964)

技報のあゆみ

機品特集」を刊行している。同年10月に営業運転を控えて、電機品・変圧器・電動機・ATC装置・空調装置・遮断器・照明設備等についての論文を含め、100ページにわたる特集号となっている。「東京オリンピック記念特集」(昭和39年(1964)9月号)は200ページを超える超大作となっており、「三菱電機の誇る技術と製品」「世界に雄飛する三菱電機の輸出品」「オリンピックを迎えて活躍する三菱電機の新製品」という3編構成で、当社技術を紹介している。



東海道新幹線電機品特集
昭和39年(1964)3月号



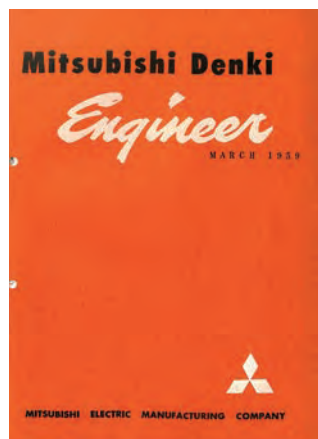
表紙

東京オリンピック記念特集 昭和39年(1964)9月号



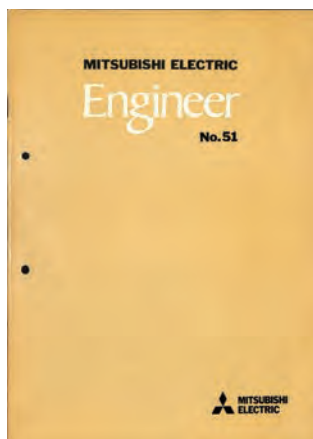
中表紙

なお、昭和34年(1959)3月に、本誌の姉妹誌ともいべき海外向け季刊誌「Mitsubishi Denki Engineer」が創刊されている。(昭和48年(1973)3月号からは「Mitsubishi Electric Engineer」へと改名)



Mitsubishi Denki
Engineer創刊号
昭和34年(1959)3月号

海外向け季刊誌



Mitsubishi Electric
Engineer改名
昭和48年(1973)3月号

昭和40年(1965)4月号では、「富士山気象レーダー」をクローズアップしている。この特集号も100ページを超える大作であり、表紙の説明は次のとおりである。「3,776mの富士山頂に設置されたレーダーは、出力2,000kW半徑800kmの観測能力をもち、日本列島はもとよりこれまで無防備に等しかった南方洋上までスッポリ包み、我が国を襲う台風の動きを本土接近20時間前にキャッチする。さらにこの気象レーダーが世界に誇れるものにリモートコントロール方式がある。富士山頂で観測した気象観測をそのまま同時に東京でも見ることができるばかりか山頂レーダーの操作を東京から指令できる。このレーダー基地建設は、災害国日本の宿命にいどんだ当社が研究と技術の粋を結集、また過酷な条件を克服して完成させたものである。最終調整も終わり本年3月10日正式に気象庁に納入した」



富士山気象レーダー特集
昭和40年(1965)4月号



気象レーダー基地建設の様子(昭和40年(1965)4月号)

論文としては、富士山気象レーダーの計画・レーダーシステム・レーダー装置・リレー装置・気象テレメータ装置・レドーム・電源設備・局舎建築工事・室温調整設備・建設工事について言及している。余談ではあるが、この富士山気象レーダーの設置については、NHKのTV番組プロジェクトXや映画「富士山頂」(主演：石原裕次郎)でも取り上げられている。

昭和40年(1965)9月号では、「中央研究所30周年記念特



中央研究所30周年記念特集
昭和40年(1965)9月号

集」として、将来に備えて独自の力による技術の向上と製品開発を目的とする研究の成果を披露した。

昭和44年(1969)2月には、「宇宙開発特集」を取り上げている。メキシコオリンピックの実況中継に使用された衛星通信用大口径アンテナを中心に、技術解説されている。

なお、三菱電機としては、昭和44年に、企業スローガン「未来を開発する三菱電機」を制定。将来を予見・予測して絶えず研究・開発に挑むという企業姿勢が示される。



企業スローガン 昭和44年(1969)

〈オイルショックの70年代〉 昭和45年(1970)～昭和54年(1979)

昭和45年(1970)に大阪万博が開催され、経済成長は継続するものと思われていた中、昭和48年(1973)の第4次中東戦争を機にオイルショックが発生。基幹産業のほとんどを石油に依存している日本をはじめ、先進国の経済は大打撃を受ける。日本経済は安定成長期(経済停滞期)に突入し、「作っても以前ほどは売れない」時代に突入することとなる。

そのような状況下、この期間は新規需要を創出するため、家電を含め新製品の市場への投入の動きが活発化している。昭和45年(1970)にFF式ガス温風暖房器〈クリーンヒーター〉、全熱交換形空調換気扇〈ロスナイ〉を発売。昭和47年(1972)、シーケンサ〈MELSEC310〉発売。昭和49年(1974)、大形汎用計算機〈MELCOM COSMO700〉発売。昭和52年(1977)には、ふとん乾燥機、オープンレンジ、電子温風コタツを発売。昭和53年(1978)、600m/分、当時世界最高速乗用エレベーターを東京池袋サンシャイン60に納入。昭和53年(1978)、石油ガス化ファンヒーターを発売、など相次いだ。

この期間の技報の特集については、昭和44年(1969)に発売したオフィスコンピュータ〈MELCOM83〉がベストセラーとなったこともあり、電子計算機に関する特集が増え



宇宙開発特集
 昭和44年(1969)2月号



電子計算機特集
 昭和45年(1970)6月号

てきている。電子計算機特集(昭和45年(1970))、ミニコンピュータ応用特集(昭和49年(1974))、マイクロプロセッサ応用特集(昭和52年(1977))、オフィスコンピュータ・数値制御特集(昭和52(1977))、工業用計算機応用特集(昭和53年(1978))、研究・マイコン応用家電機器特集(昭和53年(1978))等の特集が組まれ、家電から工作機械や工場の制御、事務作業の効率化にコンピュータやマイクロプロセッサが活用され、いよいよ電子化技術(マイコン・エレクトロニクス化)の時代が本格的に到来することとなる。その他、昭和46年(1971)3月号には、



原子力発電特集
 昭和46年(1971)3月号

原子力発電特集を組み、関西電力(株)美浜発電所の電機設備を取り上げている。また、昭和47年(1972)8月号には、オーディオ機器特集として、ダイヤトーンスピーカーシステムを中心とした技術論文が展開されている。

オーディオ機器特集の表紙は、当社音響機器の展示視聴室として、東京タワービル4階に開設された“ダイヤトーンオーディオサロン”である。ここでは、販売中のオーディオコンポーネントの全機種が展示され4CHステレオを含めた各機器の音が切換え視聴できるようになっていた。三菱電機の「DIATONE」は、昭和21年(1946)の誕生から半世紀以上にわたり、日本を代表するスピーカーブランドとして多くのオーディオファンを魅了してきた。現在では、平成11年(1999)の事業撤退に伴い、関係会社の三菱電機エンジニアリング(株)に移管され、DIATONEの技術は受け継がれている。



オーディオ機器特集
 昭和47年(1972)8月号

三菱電機技報の編集面からみると、昭和50年代を迎えると本誌は毎号特集形式とし、1年半ほどの発行計画を立て、それを半年ごとに再検討していく編集方針とした。特に1編の長さは5ページ以内に収まるように決めたが、これによってともすれば詳細すぎて冗長化していた論文が、簡潔で平易になるという効



ADVANCE創刊号
 昭和52年(1977)9月

技報のあゆみ

果があった。なお、昭和52年(1977)9月には「Mitsubishi Electric Engineer」を、当社各国駐在員の意見を参考にして編集内容の改善を図り、誌名も「Mitsubishi Electric ADVANCE」と変更して再発足した。

〈JAPAN AS NO.1としての80年代〉 昭和55年(1980)～平成元年(1989)

第2次オイルショック(昭和53年(1978))などで、景気後退期があった1970年代後半であるが、1980年代に入り、ものづくり力の強化によって、日本経済は蘇生(そせい)する。

昭和55年(1980)に日本の自動車生産台数は米国を抜いて世界一になり、国産カラーテレビやVTR(ビデオテープレコーダー)が世界市場を席巻(せっけん)した。日本製品のみならず、日本国自体にも注目が集まった。昭和54年(1979)に米国ハーバード大学教授のエズラ・ヴォーゲルは『ジャパン・アズ・ナンバーワン』を発表。「日本的経営」を賛美する風潮が世界に広まった。

こうした日本経済の好調ぶりを支えていたのは輸出、特に対米輸出の増大だった。一方、米国はドル高・高金利政策で輸出競争力を失いつつあり、貿易赤字の増大、「日米経済摩擦」が発生した。昭和60年(1985)にニューヨークのプラザ・ホテルで先進5カ国蔵相・中央銀行総裁会議(G5)が開かれ、アメリカ政府は、ドル以外の通貨を上昇誘導するように要請した(日本でいえば、ドル安・円高)。いわゆる“プラザ合意”である。プラザ合意による急激な円高は日本の輸出産業を直撃した。それらの企業を支援するため、日本銀行は金融緩和(＝低金利)で融資を受けやすくした。低金利下では銀行に預金を預けていても利子が少なくなるため、余剰資金は株式や土地に集中する。そして、これらの価格をつり上げる「バブル経済」が発生した。

当社は、昭和54年度(1979)に売上高1兆754億円で、1兆円企業に到達。昭和60年(1985)、当社は企業スローガン「技術がつくる高度なふれあいSOCIO-TECH」を制定。社会に貢献する製品の開発にさらに注力しはじめる。

技術がつくる高度なふれあい **SOCIO-TECH**

企業スローガン 昭和60年(1985)

1980年代の三菱電機技報は、総合電機メーカーとして、重電・プラント・ビル・産業用機器・FA機器のハードウェアを中心に、それらを制御する半導体機器やソフトウェア、そしてそれらの設計のベースとなるオフィスオートメーション機器や生産技術力にも目を向け、特集として取り上げている。また、この期間はOA化・FA化が進み、製品自体もマイコンを搭載した機種が市場に投入されたこともあり、「オフィスオートメーション特集」(昭和57年(1982))、「マイコン技術とその応用特集」(昭和57年(1982))、「ファクトリーオートメーション(FA)特集」(昭和58年(1983))、

コンピュータソフトウェア技術特集(昭和59年(1984))、産業用シミュレーション技術特集(昭和60年(1985))、システムOA特集(昭和61年(1986))、ソフトウェア生産技術(昭和63年(1988))等の特集が目玉を引く。

企業広告シリーズ(昭和55年(1980))では、「WE HAVE THE FUTURE～三菱電機は、エレクトロニクス技術で未来を創ります。」を訴求し、高速ファクシミリ、オーロラビジョン、オフィスオートメーション、ミニコンピュータ、半導体集積回路、等を紹介している。

なお、昭和56年(1981)は当社の創立60周年に当たり、かつ5月号は創刊600号に相当するため、記念特集号として発行している。また平成元年(1989)の11月号は、三菱半導体事業30周年記念特集号として発行された。当時の社長 志岐守哉は、巻頭言で、「半導体に関する自社技術開発の芽を育て、計画的投資により、世界最新鋭工場や最先端研究所を建設し事業体質の強化を図り着実に力を付けた」と記している。



600号記念特集
 昭和56年(1981)5月号



三菱半導体事業
 30周年記念特集号
 平成元年(1989)11月号

〈バブル崩壊と失われた20年の1990～2000年代〉 平成2年(1990)～平成21年(2009) ーバブル崩壊、IT不況、リーマンショックー

1990年代前半にバブル経済が崩壊し、株価や地価が急落する。バブル経済崩壊の影響は深刻だったが、特にひどかったのが金融機関である。日本経済は、この時期から長く暗いトンネルに入る。

1990年代は、需要を喚起するため、様々な高付加価値製品やシステムが提案される。この期間、当社の企業広告シリーズ(平成5年(1993))では、「21世紀大丈夫化計画SOCIO-TECHの三菱電機」とのテーマでPRに注力し、横浜ランドマークタワーに納入した当時世界最速(750m/分)のエレベーターや、重粒子ガン治療装置のような先進的製品にスポットを当てている。

その他、特集内容として、以下のような新技術へのチャレンジが着目される。

「燃料電池特集」(平成4年(1992))、「地球を守る環境

技術特集／快適性を追求する照明技術特集」(平成5年(1993)),「エンジニアリングオフィスシステム(EOS)特集」(平成5年(1993)),「発展する光通信特集」(平成6年(1994)),「飛躍する宇宙開発特集」(平成6年(1994)),「重粒子線がん治療装置特集」(平成7年(1995)),「シミュレーション技術特集」(平成8年(1996)),「進化する知的道路交通システム特集」(平成8年(1996)),「マルチメディア社会を支える先端技術特集」(平成9年(1997)),「“環境”と“品質”の統合経営に向けて」(平成10年(1998))。

平成9年(1997)9月の「宇宙開発と衛星通信」特集では、SFU(Space Flyer Unit)回収フェーズについて、宇宙開発事業団の若田光一氏にも執筆いただいております、当社の先進的取組みをPRできた。



宇宙開発と衛星通信特集
平成9年(1997)9月号

平成11年(1999)1月には、すばる望遠鏡が運用開始され、同年12月号「大型光学赤外線望遠鏡“すばる”／パワーデバイス特集」では、“すばる”が世界最高性能を実現するために必要とした課題と解決策を紹介している。

また、平成13年(2001)4月に家電リサイクル法が施行されたことを受け、平成13年(2001)5月号には家電業界初のリサイクルプラント「東浜リサイクルセンター」(1999年稼



大型光学赤外線望遠鏡“すばる”
／パワーデバイス特集
平成11年(1999)12月号



環境技術／放射線計測技術特集
平成13年(2001)5月号

働)やリサイクル技術を紹介した「環境技術／放射線計測技術特集」が組まれている。

面白い試みとして、平成8年(1996)2月号の「シミュレーション技術特集号」では、設計・生産関連のシミュレーションのデモ集を収めたCD-ROMを付録として配本。簡単な試行版として読者に配布した。またその使い勝手について、アンケート形式で回答を得た。

毎年、技報1月号は「技術の進歩」特集として、昭和45年(1970)から、その前身となる「前年度回顧」特集も含めれば昭和27年(1952)から、1年間の開発成果を総括してきたが、平成10年(1998)の1月号は、創刊800号という記念的な要素も踏まえ、当時の当社長期経営計画の根幹であった「ビジョン21」特集として企画された。6つの事業ドメイン(環境／エネルギー／ウェルネス／アメニティ／セキュリティ／移動・コミュニケーション)と3つの技術ドメイン(知的デバイス・ソフト／生産インフラ／基礎研究)に対応した研究成果をあますところなく紹介している。また、各ドメインの当社エキスパートにインタビューを試み、「夢のハイテクノロジー」というページで紹介している。高度情報通信社会化、ボーダレス化、市場経済の進展に伴うメガコンペティションの時代を迎えるに当たり、当社のあるべき姿の確認を実施している。

2000年代に入ると、平成12年(2000)1月号は、「20世紀の主要成果と21世紀の展望」について特集している。誌面に記載した技術の系譜や事業別の成果、展望をCD-ROM化した付録とし、当社の方針説明やPR等に有効活用できるように電子データという形で配布した。

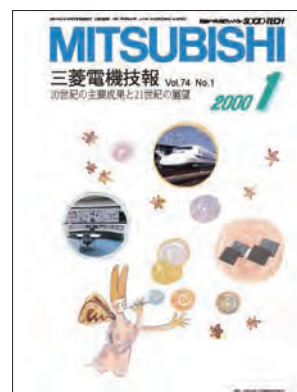
平成12年(2000)年1月号「20世紀の主要成果と21世紀の展望」の巻頭言の中で、当時の開発本部長 野間口



シミュレーション技術特集
平成8年(1996)2月号



ビジョン21 特集
平成10年(1998)1月号



20世紀の主要成果と
21世紀の展望
平成12年(2000)1月号

技報のあゆみ

有(現、相談役)は、次のように述べている。「高い技術力を駆使して宇宙から地上に至る広い範囲のソリューションをお客様のニーズに応じて提供するのが、当社の使命であります。豊かな暮らしを追い求めてきた20世紀の産業社会は、環境破壊、資源枯渇、人口急増など多くの課題も生み出していました。このような時代の重要課題の解決に“技術の進歩”を通して貢献していくことも当社の使命であります。」この思想は現在も変わらず、連綿と受け継がれている。

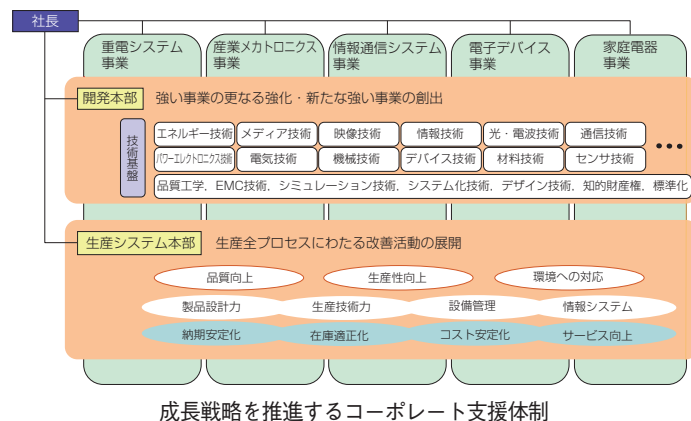
平成13年(2001)1月号は、21世紀を迎えた最初の特集ということもあり、「21世紀を創るキーテクノロジー」のタイトルで、各事業分野における2020年のコンセプトを描き、その実現のための技術課題と当社の取り組みをまとめた意欲的かつ先進的な内容となっている。

また、当社はものづくり体制を強化するためにJIT(Just In Time)改善活動を平成15年(2003年)から導入。製品のQCD(Quality Cost Delivery)を強化するため、キーパーツの内製化も強化している。

さらに、高信頼性製品の開発や高品質製品の製造にも取り組んでおり、平成12年(2000)以降は、設計技術や生産技術も特集テーマとして頻繁に挙がり始めた。

その他、現在の当社コーポレートステートメントである「Changes for the Better」が平成13年(2001)年1月に制定されている。

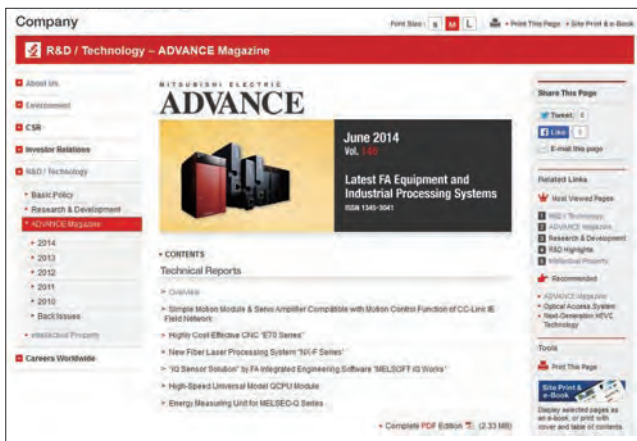
この期間の技報特集の特徴としては、各事業ドメインの製品やシステムをベースに技術的解説を行うパターンのほか、各事業ドメインに共通する技術基盤や改善技術の視点で横串を通すような特集を組むケースが見受けられる(下図参照)。



また、2000年代は、特集テーマとして、ソリューション／ユビキタス／安全・安心／ナノテクノロジー／セキュリ

ティ／快適・安心・発展の共創／スマート化／ユニバーサルデザイン等の新技術やコンセプト実現へ向けてのチャレンジが目される。

なお、海外向けの季刊誌である「Mitsubishi Electric ADVANCE」は、インターネットの普及とグローバル性を考慮し、平成11年(1999)の12月から完全Web化している。ADVANCEのポータルサイトを以下に示す。



ADVANCE Webサイト Vol.146(2014年6月)

通常、技報の特集取りまとめは、技術部門が担当するが、平成20年(2008)4月の「アドバンスソリューション」の特集では、営業本部が企画を担当した。当社の成長戦略には下図に示すように、“強い事業をより強く(ビクトリー戦略)”と“強い事業を核とするソリューション事業の強化(アドバンス戦略)”がある。この特集では、アドバンスソリューションとしてトータルセキュリティソリューション、映像ソリューション、エネルギーソリューション、街づくりソリューション等を取り上げており、コンセプトベースの提案や技術ベースの論文も掲載され、興味深い特集となった。



アドバンスソリューション特集
平成20年(2008)4月号



“VI”はビクトリー
“AD”はアドバンス

VI(ビクトリー)戦略とAD(アドバンス)戦略

〈今ふたたび成長へ〉平成22年(2010) ～

平成22年(2010)以降の技報の特集を見ると、自然災害・サイバーテロなどの影響によって、より一層、安全・安心・快適、スマート社会、ソリューション、セキュリティをキーワードとして求めるようになっている。また、それぞれ異なる事業ドメインに横串を入れる生産技術、ソフトウェア開発技術、製品の初期設計段階で品質を作り込む設計検証技術などの改善技術も非常に重要な要素として挙げている。

そして、成長戦略を実現するためには、ソリューションビジネスの育成がポイントとなる。

平成24年(2012)2月号の「スマート社会を実現する技術の展望」は、スマートコミュニティの概念をいち早く提案することができた。

今後もタイムリーに、読者各位に有益な情報を提供できるように努めていく。

現在、アベノミクスの一連の施策によって、日本経済が活力を取り戻しつつある。当社も、豊かな社会構築に貢献する『グローバル環境先進企業』を目指し、

- 強い事業をより強く
 - 新たな強い事業の継続的創出
 - 強い事業を核としたソリューション事業の強化
- を念頭に置き、成長戦略を推進中である。

ソリューションビジネスを実現するためには、社内外の



スマート社会を実現する
技術の展望特集
平成24年(2012)2月号

連携、オープン&グローバルイノベーションが必要となる。そのためにも、当社の技術力を広く紹介することが重要であり、技報の果たす役割は大きい。また、当社の持つ知見や技術を活用いただくことによって、利便性向上や安全・安心・快適な環境の実現に貢献できれば幸甚である。

コーポレートステートメントである“Changes for the Better”を実践し、常によりよいものを目指し、変革に挑戦し続けていくとともに、『三菱電機技報』創刊の目的を再認識し、読者の役に立ち、そして社会の健全なる進歩に貢献できるよう、より一層邁進(まいしん)していく。

これからも読みやすく、分かりやすい構成を心掛けた編集で、顧客価値・社会価値の向上を目指し、そして事業機会の創出につながる『三菱電機技報』として、1500号、2000号へと積み重ねていきたい。

創刊以来、企画編集と発行に携わった関係各位に対し敬意を表したい。また、今後ともなお一層、読者各位の御叱声御指導をお願いする次第である。



平成26年(2014)から

参考文献

- (1) 諸住康平、及川金治：600号記念“三菱電機技報 通巻600号小史”，三菱電機技報，55，No.5，356～359（1981）

人間生活工学の方法と技術

早稲田大学理工学術院 教授 小松原明哲



1. ま え が き

あらゆる製品は、人の暮らしを高めるために開発される。人の暮らしに貢献しない製品は、社会から拒絶され、あるいは自然に消滅する運命にある。では、私たちはどのようにすれば、人の暮らしを高める製品を作ることができるのだろうか。

本稿ではそのための方法と技術として、人間生活工学のアプローチを述べる。特に人間生活工学の主要な技術として、「悪い製品を生まない」ための「人間中心設計」と「製品安全」、そして「より良い製品を生み出す」ための「ユニバーサルデザイン」と「生活研究」について述べる。

2. 人間生活工学

「人間生活工学」という言葉とアプローチは、人間工学をベースに1990年代から日本で提案されてきた比較的新しい概念である^(注1)。

人間生活工学は、人間の営みすべてを対象に「安心・安全・快適・健康・便利」な生活を実現するための「ものづくり」の考え方と技術であり⁽¹⁾、端的に言えば生活者視点からの製品と生活の提案・開発技術といえることができるだろう。この意味を理解するために、まず人間工学について述べる。

(1) 人間工学の考え方

人間工学の源流に、アメリカを起源とした「使いやすいインタフェース」の検討がある。

20世紀になり機械の時代になるとともに、そのインタフェースが、機械性能をひきだす重要な鍵であることが認識されるようになった。

例えば図1を見てみよう。20世紀初頭に使用されていた電力量計である⁽²⁾（昭和40年代までの都市ガスメータも同じであった記憶が筆者にはある）。計器の現在の指示値はいくらだろうか？

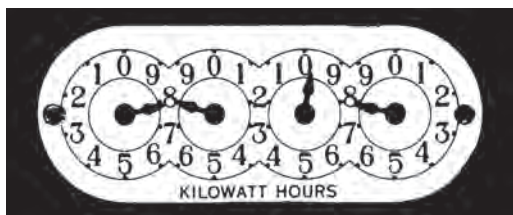


図1. 1930年頃に用いられていた電力量計器⁽²⁾
(A.Chapanis(1965)を一部改編)

落ち着いてこの計器をみると、針の累進方向は、一つおきに逆になっていることに気付く。累進が逆転している理由は、歯車に針をつけている機械式（歯車式）計器にある。すなわち、隣り合う歯車では、噛み合わせによって、累進方向が逆になってしまう。回転方向をそろえることは、歯車間に別の歯車を入れることで実現可能である。しかし、部品点数は増え構造が複雑化するので、計器としての信頼性は低く（故障率は高く）なる懸念が生じる。また価格も高くなってしまいうに違いない。結果、こうした計器が開発されていたのであろう。だが、作業員には次をもたらす。

- ・誤読が生じる
- ・誤読を避けようとする読み取りに十分、時間をかける必要がある
- ・正しく読むための事前の訓練が必要となる
- ・誤読を避けるためにストレスが高まる

ここで問題が生じる。読み取りに時間を十分にかけることができ、かつ、仮に誤読をしても重大な事態には至らない業務、そしてこの計器をそれほど高頻度に読み取るようなことはない業務であり、かつ、計器の機械的信頼性やコストに著しい支障をきたすのであれば、累進方向をそろえる必要はないかもしれない。しかし、時間的制約の中で読み取る必要のある業務、誤読が重大な事故につながりかねない業務、また高頻度に読み取りを行う業務の場合はどうだろう。作業員の注意や努力で誤読を避けるべきであろうか。それとも、仮に価格が高くなったとしても、計器の機械的信頼性を維持しつつ累進方向はそろえるべきであろうか。

人間工学はこのことを指摘し、後者の立場に立つべきであると主張する。すなわち人間の能力には限界や特性があるので、それに適合した「使いやすい」機器を開発すべきであると。

「使いやすさ」（usability：使用性）は、一般に次に示す3尺度によって評価される（ISO9241-11：Ergonomic requirements for office work with visual display terminals.(VDTs) -Guidance on Usability(1998)（JIS Z 8521：人間工学—視覚表示装置を用いるオフィス作業—使用性の手引き））。

- ・有効さ effectiveness
- ・効率 efficiency
- ・満足度 satisfaction

使いやすさの向上とは、この3尺度の状態を向上させる

ということであり、計器などのインタフェースのみならず、ハンドリングが必要となる道具や機器、作業手順書やマニュアルなどの文書、作業での口頭指示など、およそ人が作業を行うときにかかわるシステム全てにおいて配慮される必要がある。特に20世紀後半からは情報通信の時代になり、情報通信端末の使いやすさがデジタルディバイド解消の一つの重要な鍵といわれている。さらに、高齢社会に突入した日本では、家庭、職場、社会でユニバーサルデザインが求められてきている。こうした時代要請にこたえるための技術として人間工学はますます重要となってきた。

(2) 人間工学から人間生活工学へ

製品がその使い手に適合していなければ、つまり「使いにくければ」、製品は受け入れられない。しかしその問題を、人間工学の技術によって解決する必要は必ずしもない。

例えば、電車の切符券売機が「使いにくい」とする。だからといって、切符券売機を「使いやすく」する必要は必ずしもない。そもそも切符券売機を利用者が使う目的は、運賃を支払うことであり、鉄道事業者では運賃を確実に徴収することにある。その目的さえ達成されればよいのだから、切符や切符券売機というシステムである必要はない。例えば、電子マネーと自動改札システムとすれば、切符券売機の使いやすさの問題は、検討の必要性自体がなくなってしまふ。さらに、そもそも鉄道を利用する目的が目的地に居住する人との打合せにあるとすれば、情報通信システムを利用することによって、鉄道を利用する行動自体が意味を失う。

つまり、生活目的の充足手段として製品が存在しているだけであるから、その目的が充足されるのであれば、別の製品姿であってもよいのである。そうした、生活者目線でものごとを考え、その実現を図っていくものが、人間生活工学の立ち位置となる。

このように人間生活工学は人間工学とオーバーラップしながら、人の暮らしを向上させる製品やシステム、そして生活それ自体の開発技術として発達してきている⁽³⁾。

3. 人間中心設計

(1) 「ダメ製品」を出さないために

図2をご覧ください。あなたはどの服が好きですか？



図2. あなたはどの服が好きですか？

いろいろな答えが返ってくると思うが、では、「あなたがそれをパーティで着るとしたらどうですか？」または、「恋人がそれを着て仕事にいくとしたらどうですか？」という前提ではどうだろうか？前提が変われば、答えも変わるはずである。

つまり製品への要求は、その製品を使う前提のもとに決まり、その要求を充足するために製品仕様は決まる。この前提のことを、利用の状況(Context of Use)という。端的に言えば「誰が?」「いつ?」「どこで?」「どのように?」そして「何のために?」ということである。Contextが決まらなければ、製品仕様が決まらない。そしてContextの定義に失敗すれば、製品自体も失敗製品となる。このことはあらゆる製品開発で同じであろう。

人間工学設計の基本として人間中心設計(ISO9241-210: Ergonomics of human-system interaction—Part210: Human-centred design for interactive systems)がある。この規格はこのことをいい、図3のプロセスを示している。つまり、良い製品を開発するためには、まず利用状況を把握し、要求事項を抽出する。そして、その要求に対する答えとして製品仕様を決定する(設計解: Design solution を求める)(図4)。こうしたプロセスを踏めばおかしな製品ができるはずはないが、念のために顧客に引き渡す前の評価を行う。もし評価段階で問題があれば、それは、利用状況の把握に問題があったか、要求仕様の抽出に問題があったか、あるいは、要求を形に表すことに失敗をしたか、いずれかに問題があることとなる。そこで問題箇所立ち

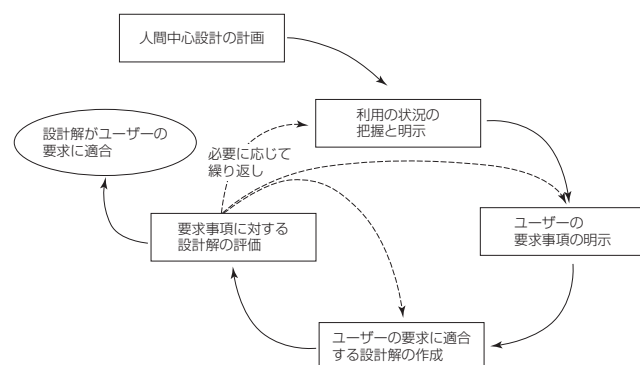


図3. 人間中心設計活動(ISO9241-210に基づく)

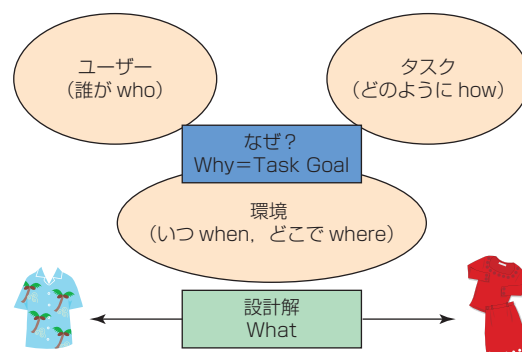


図4. 設計解の概念: 解の形式は利用状況から決まるユーザー要求への答えである

招待論文

返って、再設計を行う必要が出てくる。仮に上市後に問題が生じたのであれば、これら3つのうち、どこかに問題があり、かつ、その評価にも失敗したということがいえる。

(2) ペルソナ・シナリオ手法

利用の状況を把握し、要求を導出することは容易ではない。製品の利用状況をつぶさに観察することが望ましいが、実際には、観察協力先の確保や、調査費の問題によって困難を伴う。それを補う手段として、ペルソナ・シナリオ手法がある。

ペルソナとは当該製品が想定するユーザー集合において、典型的なユーザー像を履歴書風に書き示したものであり、このペルソナが当該製品を使用するシナリオを想定し、そのペルソナがそのシナリオでその製品を使用するときを求める要求を推察していくものである。例えば、図5はそれぞれ扇風機のユーザーとして想定されるものであるが(ペルソナ)、ではこの人たちが扇風機をどのように用いるか(シナリオ)を推定し、そこから扇風機に求められる要求、そして備えるべき仕様を推察してみよう⁽⁴⁾。漠然と考えている場合に比べ、よりリアリティを持って抽出ができていくのではないだろうか。

ところで、こうした推察は、実際の“ユーザーの生の声”には根ざしていないため、しばしば客観性に欠けるという批判を受ける。しかし、広範なユーザー調査は容易ではない。そうであれば、少数のユーザー調査に基づき要求漏れを招くよりは、推察に対して関係者が合意すれば、それは客観性を持っているとみなし(共同主観で作業を進め)先に進むことが望ましい。ただし、適切な推察ができるためには、様々な人間特性や生活スタイルに関する深い理解が重要であり、その意味での人材育成は重要である。

ペルソナ A

- ・山田太郎さん 男性、37歳
- ・身長175cm 体重120kg
- ・△△電気商事商品開発部長
- ・神奈川県川崎市在住
- ・3DKの賃貸マンション住まい
- ・家族は妻、幼稚園の長男、2歳の長女
- ・室内犬(チワワ)を飼っている
- ・ビール大好き
- ・スポーツ全般、見るのもするのも大好き



ペルソナ B

- ・大森うめさん 女性、85歳
- ・身長145cm 体重38kg
- ・配偶者に先立たれ一人暮らし
- ・青森県△△村在住
- ・10LDK 築80年の木造住宅住まい
- ・機械は総じて苦手
- ・趣味はお料理
- ・おしゃべり大好き
- ・自宅は近所のお年寄りのたまり場になっている



ペルソナを作ることによって使用のシナリオが立ち要求も推察しやすくなる。例えばペルソナAでは“ビールを飲んで扇風機に当たりながら寝込んでしまう”“室内犬が尿をかける”等のシナリオが立ち、このシナリオに対して“自動オフタイマー”“防水”等の仕様要求が抽出される。なお、実際にその機能を製品に搭載するか否かは次のステップでの検討課題となる。

図5. ペルソナのイメージ⁽⁴⁾

4. 製品安全

(1) 製品事故の形態

引き渡した製品が、客先で事故を起こすことがあってはならない。不幸にして事故が生じた際には、その事態を早期に把握し、必要によって安全情報の提供や改修などの追加措置を講じなくてはならない。場合によってはリコールを実施することもまた必要となる。

製品事故には二つのタイプがある。

- ・その製品に潜む危険性によって発生するもの
- ・その製品の不具合によって発生するもの

以下、それぞれについて述べる。

(2) 製品に潜む危険性によって発生する事故

電気製品には製品内部に電気が存在するように、事故の起因源となり得る危険性(危害：ハザード)が内包されている製品は多い。ハザードに使用者が図らずも接触してしまう、または毒性のある化学物質などが環境中に図らずも放出されるようなことがあると、事故が生じるおそれがある。そのような事故を起こす製品は欠陥製品となる。

製造物責任法では、「通常使用される使用形態で、通常有すべき安全性を欠くこと」を欠陥といい、欠陥によって、人的・経済的な被害・損害が発生した場合には、その補償義務を製造者らに負わせている。裏返せば、我が国では、最低限、「通常の使用形態」で事故を起こすことのない製品供給を製造者らに求めているということである。では、「通常の使用」とはどのようなことであろうか。

製品の使用形態と、事故時の責任の関係は、図6に示すモデルに整理できる。

「正しい使用」とは、その製品の本来の用途・用法に従った使用であり、そこで事故が起これば、製造者らの責任となる。このことに異論はないだろう。一方で「異常な使用」ではどうだろうか。異常な使用とは、良識や公序良俗に反するような使用であり、製品を悪意をもって用途外に使うような使用である。ここでの事故はユーザー責任となる。一方で、「あり得る使用」とは、正しくはないが、日常の使用でないとはいえないような使用であり、ヒューマンエラーや誰もが起こすような軽率、偶発的な事象のことをいう。ここで「通常の使用」とは、「正しい使用」と「あり得る使用」

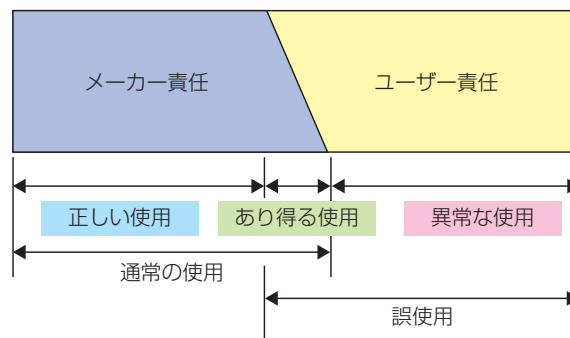


図6. 製品の使用形態と事故時の責任関係⁽⁵⁾

る使用」とを合わせたものと解釈されている。したがって、あり得る使用は製造者からすれば誤使用ではあるものの、その誤使用があり得るのであれば、製造者らには責任が及ぶことが意味される。そこで、製造者らは、あり得る使用を予見したうえで、製品安全を進めることが求められる。ISO14121-1(Safety of machinery-Risk assessment-Part1: Principles(JISB9702 機械類の安全性-リスクアセスメントの原則))などに示されるリスクアセスメントのプロセスは、こうした製品安全を進めるための基本的なプロセスを示すものであるが、その最初のステップで「使用予見」を求めているのは、このためである。

「使用予見」は、人間中心設計プロセスでいう「利用の状況の把握と明示」と本質的に同じことであるが、とりわけ「事故」に発展しかねない通常の使用を予見することが求められる。

小松原(2009)は、製品事故として報じられた事案を分析し、事故が生じる通常使用の評価要素として図7の概念図を示した。当該製品の消費の流れ全体で、この8つの要素を予見することが望ましい。製品の消費の流れとは、商品が倉庫から出荷され、販売店で陳列され、消費者が持ち帰り、開梱(かいこん)され、使用準備され、機能が使用され、さらには保守、保管、修理されて、最後に分解、廃棄される一連のことである。

8つの要素のうち、特に重要となるのはユーザーである。ユーザーとしては主使用者(primary user)、主使用者以外の使用者(family: 副次利用者(secondary user)、同席者(seatmate))を定義する。主使用者とは文字通り製品機能を使用する人であり、炊飯器であれば釜をセットする人である。副次利用者とは、主使用者の使用によって影響を受ける人であり、炊き上がったご飯を食べる人である。主使用者が使用方法を誤ると、その影響は副次利用者に及ぶ。同席者は当該製品の使用には関係しないが、その使用環境に存在する人のことであり、炊飯器から吹き上がる蒸気に手を伸ばす子供がそうである。この三者の通常の行為に対して、製品安全が保障される必要がある。

(3) 製品の不具合がもたらす事故

わずか0.07秒の送電電圧低下によって近隣工場の操業が停止する事故があった(2010年12月8日午前5時頃愛知県

を中心に発生)。このように、電力システム、情報通信システム、輸送システムなどのインフラシステムでは、わずかな乱れが、社会に対して甚大なる影響を及ぼすことがある。また医療用機器もそうであり、不作動や誤作動は、正しい医療につながらず、結果、患者の死亡にもつながる。

このように、安定的な機能が妨げられると事故が生じるシステムや機器では、安定的な機能を妨げるハザードに対する対応が必要となる。具体的にハザードとなり得る要因としては次があげられる⁽⁶⁾。

- ・社会要因：いたずらや悪意ある者の行為。

例：鉄道線路への置き石、システムのハッキング、テロ

- ・自然要因：気象や小動物。

例：暴風雨、豪雪、地震、異常な高温・低温。回路に侵入する昆虫やネズミ、電柱に営巣する鳥

- ・需要要因：需要が供給を上回る事態を招く事象。

例：交換機やサーバの処理能力を上回るアクセス

- ・技術要因：技術的信頼性。

例：設計、製造不良、部品故障・寿命

- ・人的要因：保守運用要員の不適切な行為。

例：ヒューマンエラー、規程違反

製品安全を客先で事故を起こさないことと幅広く考えると、当該システムや製品の使用される状況を予見定義したうえで、これらのハザードを予見し、ハザードに負けない頑強なシステムを構築することが必要となる。

(4) 機能安全

製品安全では、ハザードを除去、緩和することが第一義である。内包されるハザードであれば、低電圧とする、毒性の低い材料に切り替えるなどであり、安定的な機能を脅かすハザードについては、ヒューマンエラーが起こらないよう、ユーザビリティを向上させる、需給バランスを図るなどである。しかし、内包されるハザードが便益を提供する場合や、自然要因などの除去できないハザードに対しては、機能安全が重要となる。

機能安全とは、当該製品の機能系とは別に安全のための系を設計することであり、回転体にガードをつけること、セキュリティシステム、防滴機能の装備などがそうである。このとき、安全系は機能系より長寿命にしない。安全系が壊れても、機器が機能すれば、ユーザーは使い続けることが多いためである。

製品を頑強に作り、また機能安全を考慮するときには、ハザードの種類と大きさを予見し、それを前提とすることとなる。しかし、それを上回るハザードの出現はあり得ないとはいえない。その場合には、事故が生じるおそれがある。しかし、その事故を想定外として済ませることはできない。甚大な事故につながらないよう、製品にレジリエントさが必要となる。すなわち、ハザードの影響を局在化させ、ダメージを早期に回復できる設計を行う⁽⁶⁾。

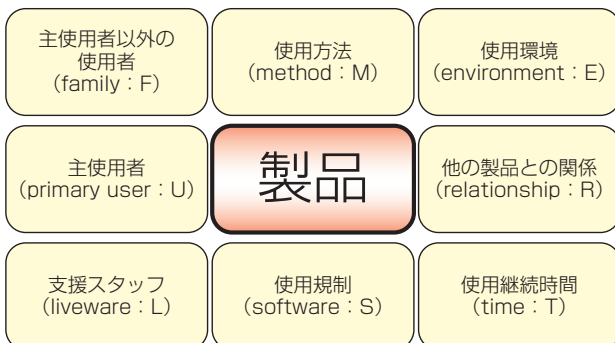


図7. 製品の使用予見のためのモデル⁽⁴⁾

5. ユニバーサルデザイン

(1) ユニバーサルデザインの考え方

ユニバーサルデザイン(Universal Design: UD)という言葉は人口に膾炙(かいしゃ)して久しいが、その意義、必要性を改めて考えてみよう。

①社会正義としてのUD

公会堂、公共交通機関、自治体のWebサイトなど公共性の高い施設やシステムは、利用を希望しても利用できない人がいるとすれば、社会正義に反する。そして利用できない理由が、身体障がい者に対する公会堂の階段など、製品の特性によるのであれば、それは技術的に排除すべきである。UDはこうした考えのもとに1980年代頃から米国で提唱されてきた。

実際、既存の製品や社会システムは、健康な成人を前提としたものが多く、障がい者や高齢者などの社会参加、生活自立の妨げとなっている。そこでバリアとなり得るものを排除すること(バリアフリーとすること)は重要である。さらには設計段階から、多様な利用者の存在を念頭に置いて製品開発がなされるべきであり、UDはそれを目指している。そこで欧州ではインクルーシブデザイン(Inclusive Design: ID)という言葉でこの概念を示している。

②日本でのUD

日本では、UDは高齢者の生活自立のための技術として必須のものとなっている。

図8に日本の人口推計を示す。老年人口は増加傾向にあり、2050年には人口の3割以上を高齢者が占めると予測されている。長寿社会は喜ぶべきことであり、そこでは家庭生活のみならず職業生活でも、高齢者が自立した豊かな生活を過ごしていくことが期待される。しかし老化とともに作業能力が低下することは自明であり、結果、製品にわずかでも「使いにくさ」が存在すると、高齢者には「使いにくい」「使えない」という問題が発生し、生活

自立が困難となる。あらゆる生活局面で用いられる機器やシステムの使いやすさを向上させることは、若者の将来の生活保障においても極めて重要なこととなる。

③市場の高齢化とUD

図8の人口の変化は、企業経営からすれば市場が変化することを意味する。

戦後の高度経済成長期では、生産年齢人口を想定した製品開発を行っていったら、自然と市場は拡大傾向にあった。しかし、西暦2000年ごろをピークに、この人口層は減少傾向にある。一方で、今まであまり想定してこなかった高齢者が市場として大きな意味を持つことになる。そうなれば、UDを推進することで高齢者を市場として取り込むことや、さらに、高齢者市場にターゲットをあてた商品開発も求められる。後者については介護機器もそうであるが、バーチャルリアリティ技術によって生活空間を擬似的に拡大するなどということも考えられる。これは歩行機能が低下してきた高齢者のみならず、若者たちも興味が掻き立てられるであろう。つまり、高齢ユーザーを想定することで新しい製品が出現させられる可能性が一段と広がる。

(2) UDの進展

①生活開発とUD

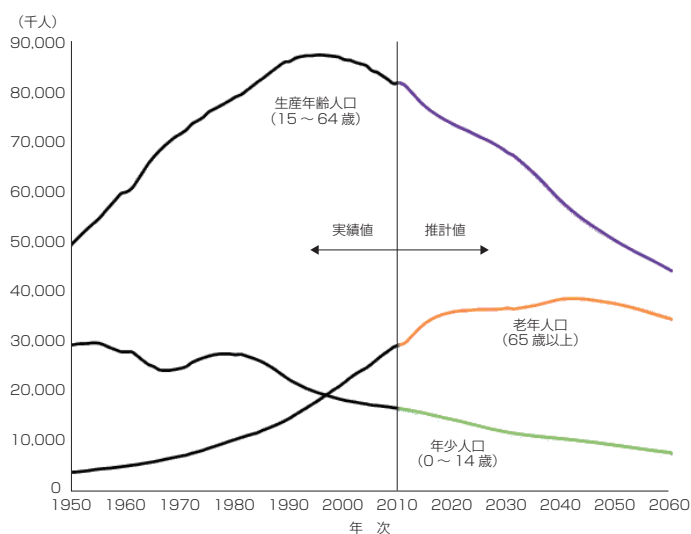
市場の変化は、人口構成のことだけではない。ライフスタイルも変化している⁽⁷⁾。家庭規模についてみれば、戦前は大家族であったものが、戦後は核家族となり、現在では若者から高齢者まで、一人世帯が増えている。このことは生活規模も住宅規模も小型化してきていることを意味する。また勤労一人世帯では、家事は最低限となり、しかも勤務がデイトタイムであれば、家事は夜間に行われることとなる。そうなれば家電は小型化しなくてはならないし、夜間家事に備えて静穏化が必要となる。さらには外食に見られるように、家事が家から外に出ていくことも考えられる。そうすると家事家電は存在意義を失うかもしれない。

こうした生活の変化に対応した新たな製品が求められており、また今後も社会の変化とともに新しいものが求められる。それを考える切り口としてUDの視点が欠かせない。

②経験価値

江戸時代には、かんざしやキセル、刀のつばに象眼を施すことや、金魚や小鳥、朝顔、風鈴に凝る、寄席やお伊勢参りが流行したという。これらは現代でいえば、携帯電話をラメすることや、ペットやガーデニングに凝ること、テーマパークやお座敷列車の旅、豪華客船でのクルーズと全く同じである。

このように、生活水準が向上すると、生活者の関心は、アメニティやエンターテイメントに向かい、無体物に対して対価を支払うようになる。「おもてなし」といった言葉が注目を浴びるのも、その一つの表れといえるかもし



(国立社会保障・人口問題研究所) 日本の将来推計人口(平成24年1月推計)【報告書】2012年3月30日公表
http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/z1_3.html

図8. 日本の年齢3区分別人口推計の推移

れない。これらは換言すれば、「よい時間消費」ということである。すなわち、これからのモノづくりは、「安全」「使いやすい」「便利」などにとどまらず、それを使うことによって、良い経験が与えられることが望まれる。さらには「よい経験」提案が先にあり、それを実現する手段としてモノが存在する、という発想も必要となる。

こうした発想がユーザーエクスペリエンス(User Experience: UX) (経験価値, 体験価値, 感動体験) などといわれることである⁽⁸⁾。UXは時間消費に関する気持ちの問題であり、厳密な科学的取扱いが難しい面がある。そこで、共同主観で仮説を生成していくこととなるだろう。その際には、“人間はどのようなことに喜びを感じるのか”といったことについての人間原理が参考となるだろう(表1)。

表1. 人間の喜びに関する人間原理の例：
遊びの4類型(Roger Cailliois)

アゴン(競争)	腕相撲, 格闘技, 子供のかけっこ, チェス
アレア(偶然)	くじ, じゃんけん, ギャンブル
ミミクリ(模倣)	演劇, 物まね, ごっこ遊び(ままごとなど)
イリンクス(めまい)	メリーゴーランド, プランコ, コースター

6. 生活研究

(1) 成熟製品でのイノベーション

家電製品を始めとして成熟化した製品は、改善の余地も少ないのではないだろうか。それどころか、私たちの毎日の消費生活それ自体もそれなりに満足度は高く、インタビューやアンケートを行っても、製品や生活での不満は容易に出てこない状態となっている。しかし、生活者は何もニーズやウオントを持っていないのかというところもそういことはなく、本人も気付いていないだけということも多い。ニーズは潜在化しているということである。

こうした潜在化したニーズを抽出するためには、現実の生活を深く見つめることが必要となる。

(2) 状況に応じた行為

動物の行動は決して計画的ではなく、その動物の属性のもとに、その状況で、かなり場当たりのものがある。この行動には動機が存在しているが、そのときに使えるリソースのもとにその動機を果たそうとし、また、リソースがあるから動機が形成され、行動に移る場合もある。例えば郊外のカラスは木の枝で巣をつくり、都市のカラスは、針金ハンガーで巣を作る。これは、細いもので巣を作るというカラスの属性と、巣を作りたいという動機のもとに、リソースとしての木の枝や針金を使って営巣行為を行っているということである。また小鳥の巣に偽卵を入れると巣ごもり行動が始まるが、これはリソースによって動機が形成されたといえる。

人間の行為や行動も同じであり、そのときの状況(環境)とのインタラクションでそれらが形成される^{(9) (10) (11) (12)}。天候を知りたいという動機が存在するときに、そのときに利用できるリソースとして、テレビやラジオ、新聞、イン

ターネットなどから手近なものが選択的に用いられ、それらがなければ、空模様を眺めるという行為によって動機を充足する。また、冷蔵庫を開けたらリソースとしての野菜が目にとまったので、料理をする動機が形成され、料理を始めるということもある。

ここで製品をリソースとして位置付けてみれば、製品とは、動機を属性のもとに実現する単なる手段でしかないこととなる。そうであれば、動機、リソース、属性の関係性を突き詰めていくことで、製品の役割も明確になり、別の姿の製品提案につないでいける可能性が出てくる(図9)。

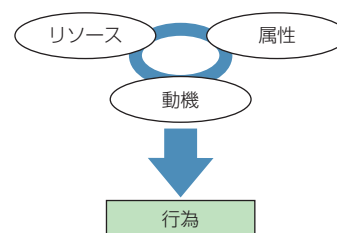


図9. 状況的行為形成の3要素

さらに属性を、生活文化、すなわち、その個人の生活習慣、家族の生活習慣、地域や国民の生活習慣や生活作法ということと考えれば、各国、各地域、各世帯に適したリソースとしての製品の提案にもつないでいけそうである。

この三者の関係をプラットフォームとした生活研究を進めていくときの入り口として、「行動を調べる」「モノを調べる」がある。

①行動を調べる

例えば、出勤前に必ずテレビの天気予報を見とするとする。

「リソース」：テレビから提供される天気予報

「動機」：天候を知りたい

「属性」：天候に左右される仕事や通勤経路であるから

こうした行動は、本人は習慣化しているので、何も感じないかもしれない。しかし、リソースを変更することで、もっと便利な生活が提案できるかもしれない。例えば玄関の照明をインターネットにつなぎ天候を暗示する照明色で点灯させれば、わざわざ情報提供場所であるテレビに立ち寄る必要はなくなるのである。

②モノを調べる

例えば、図10の看板はどうだろう。



図10. ある公園の看板

「リソース」：犬を公園に入れてはいけないという看板
 「動機」：犬を園内に入れたくない(糞(ふん)で園内が不潔となる)

「属性」：公園は幼児が遊ぶ場所との位置付けである

この関係のもとで考えると、例えば属性を“公園は犬と遊ぶ場所である”と変更することで、ドッグランという場全体の提案へとつながっていく。

このような三者関係を深く意識することで、今までにない、新しい製品やサービスを生み出していく手がかりが得られると期待される。

7. む す び

過去を遠く振り返ると、アイデア倒れの機械が発明されたり、不安全な機械で人や環境に被害を与えたりと、様々な失敗が繰り返されてきたことに気付く。いつの間にか消えてしまった製品、思い出すことすら困難な製品も多い。諸先輩は、それらを踏み越えてきたことに改めて気付かされる。

人と暮らしを深く見つめ、それをシーズと組み合わせていく製品開発の作業は、これからも変わることはないであろう。ただ、人も変わり生活も変わり、新たなシーズも生み出されてくる中で、製品開発の作業は容易ではなくなっているのは事実である。そうであれば、シーズと暮らしとのかかわりを今まで以上に意識することが必要であり、生活者の視座から製品開発を見つめる人間生活工学の方法と技術を、今まで以上に活用することもまた望まれよう。

本稿が、今までの三菱電機技報1000号の振り返りとなり、さらにこれからの1000号への橋渡しとなれば幸いである。

(注1) 1991年1月、社団法人人間生活工学研究センターが発足したが、おそらくこれが、人間生活工学という言葉が正式に使われた最初ではないかと思われる。

参 考 文 献

- (1) 一般社団法人人間生活工学研究センター
<http://www.hql.jp/howhql/howhql.html>
 (2014. 7. 1 閲覧)
- (2) Chapanis, A.: Man-Machine Engineering, Wadsworth Publishing Co., Inc.(1965)
- (3) (社)人間生活工学研究センター編：ワークショップ人間生活工学 第1巻 人にやさしいものづくりのための方法論, 丸善(2004)
- (4) 小松原明哲：製品安全のための使用状況の予見方法を巡って, 人間生活工学, **10**, No. 1, 36～40(2009)
- (5) 横溝克己, 小松原明哲：エンジニアのための人間工学改訂第5版, 日本出版サービス(2013)
- (6) 小松原明哲：第5回レジリエンスエンジニアリング・シンポジウムに参加して, 人間生活工学, **14**, No. 2, 78～79(2013)
- (7) (社)人間生活工学研究センター編：人間生活工学商品開発実践ガイド, 日本出版サービス(2002)
- (8) 小松原明哲, ほか：ポスト・ユニバーサルデザインのユニバーサルデザイン, 人間生活工学, **13**, No. 1, 62～66(2012)
- (9) 原田悦子：人の視点から見た人工物設計：対話における“使いやすさ”とは, 認知科学モノグラフ(6), 共立出版(1997)
- (10) ルーシー A.サッチマン(著), 佐伯胖他(翻訳)：プランと状況的行為 — 人間 — 機械コミュニケーションの可能性, 産業図書(1999)
- (11) 上野直樹編著：状況のインタフェース(状況論的アプローチ①), 金子書房(2001)
- (12) 小松原明哲：ものの持つ行動変容能力としてのユーザビリティモデル, 人間工学, **38**, 特別号, 364～365(2002)

次ページ以降の「特集論文」(p.18～131)では、特集Ⅰ「当社技術の変遷と将来展望」、特集Ⅱ「スマートコミュニティソリューションと知財活動」と題して、当社の幅広い分野の事業、製品、ソリューションを紹介しています。

特集	論文表題	関連事業
特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望	昇降機の歩みと将来展望	■ビル
	FA用コントローラの技術革新と適用分野拡大	■産業
	低圧遮断器の技術変遷と今後の展望	■産業
	交通システムの変遷と将来展望	■公共・交通 / ■エネルギー
	社会情報システムの変遷と今後の展望	■公共・交通 / ■エネルギー
	発電システムの変遷と今後の展望	■エネルギー
	送変電システムの変遷と今後の展望	■エネルギー
	受配電システムの変遷と今後の展望	■エネルギー
	宇宙技術の変遷と将来展望	■宇宙
	光通信システム技術の変遷と今後の展開	■通信
	無線通信システム技術の変遷と今後の展望	■通信
	空調冷熱の歩みと今後の展望	■空調・冷熱 / ■ホームエレクトロニクス
	大型映像表示装置“オーロラビジョン”における主要技術と今後の展望	■映像 / ■公共・交通
	映像機器の進化と今後の展開	■映像 / ■ホームエレクトロニクス
	CCTV監視システム技術の変遷と今後の展望	■映像 / ■セキュリティ
	自動車機器の変遷と今後の展望	■自動車機器
	パワーデバイスの変遷と将来展望	■半導体・電子デバイス
	高周波光デバイスの変遷と今後の展開	■半導体・電子デバイス
	TFT液晶ディスプレイの変遷と将来展望	■半導体・電子デバイス / ■映像
	トータルセキュリティソリューション	■セキュリティ / ■ビル
	IT技術の変遷と今後の展望	■ITソリューション / ■セキュリティ
特集Ⅱ：スマートコミュニティソリューションと知財活動	スマートコミュニティの取組み	■全て
	知財活動の変遷と将来展望	■全て

当社事業の概要

今回掲載の内容だけでなく、当社は様々な事業、製品、ソリューションを展開しています。当社事業の概要については、以下をご覧ください。

ビル	エレベーター、エスカレーター、ビル管理システム、ビルセキュリティシステム、メンテナンス・リニューアル・診断/コンサルティング など	映像	大型映像装置、業務用映像機器、映像監視システム(CCTVシステム)、映像トータルソリューション、AV機器 など
産業	FA用コントローラ(シーケンサ など)、サーボ、省エネ支援システム、加工機、産業用ロボット、配線用遮断器、FA関連製品、省エネ監視、RFIDシステム など	自動車機器	電装品(オルタネーター、スタータなど)、カーエレクトロニクス・カーメカトロニクス製品、カーマルチメディア製品 など
公共・交通	水処理システム、粒子線治療装置・超伝導応用システム、道路・交通システム、公共向け防災・設備管理ソリューション、航空管制システム、車両用電機品、車両情報管理装置、トレインビジョン、車両用空調装置、列車運行管理システム など	半導体・電子デバイス	パワーモジュール、大電力デバイス、IC・センサ、高周波デバイス、光デバイス、TFT液晶モジュール、電子デバイス など
エネルギー	タービン発電機、変圧器、開閉装置、保護・制御システム、受配電システム、太陽光発電システム、真空遮断器、系統安定化システム、省エネトータルソリューション、電力管理システム など	セキュリティ	トータルセキュリティソリューション、ビルセキュリティシステム、映像監視システム(CCTVシステム)、録画・配信サーバ など
宇宙	人工衛星、人工衛星搭載機器、大型望遠鏡、衛星通信、位置情報システム など	ITソリューション	業種系/業務系システムインテグレーション、セキュリティソリューション、ソフトウェアパッケージ、ITプラットフォーム(ハードウェア、ネットワーク、運用サービス他)、オンデマンドITサービス など
通信	光ブロードバンドシステム、ホームICTシステム、列車無線システム、無線アクセスシステム、通信・放送システム など	ホームエレクトロニクス	液晶テレビ、冷蔵庫、掃除機、ジャー炊飯器、IHクッキングヒーター、ホームエネルギーマネジメントシステム、ルームエアコン など
空調・冷熱	ルームエアコン、業務用空調機、産業用冷熱機器、換気送風機、食品店舗設備、ヒートポンプ式給湯暖房システム など		

昇降機の歩みと将来展望

ビルシステム事業本部 副事業本部長
高部克則



1. ま え が き

三菱電機が初めてフルセットの昇降機を製造した1935年から、来年(2015年)で80年になる(表1)。

本稿では、これまでの昇降機事業の歴史を振り返るとともに、当社が業界に先駆けて標準機種を導入し、昇降機を量産するようになった1960年代以降の主な製品や技術開発の事例について述べる。また、4章では、都市への人口集中、建築物の高層化、大規模化に加え、利用者の安全を求める意識も年を追うごとに高くなるなど変わりゆく事業環境も踏まえ、これからの昇降機が何を目指すのかについて述べる。

2. 事業を取り巻く環境

2.1 省エネルギー

昇降機を取り巻く事業環境は、ここ20年ほどで急速に変化している。特に日本では、製造物責任法に代表される消費者保護の思想が定着し、昇降機の保守状況にかかわらず、製造者として、エンドユーザーが安全に利用できる製品とすることが、強く求められるようになった。

また、省エネルギーに関する要請も非常に高くなってきており、以前は繁華街のエスカレーターに利用者がいる時のみ運転する自動運転装置を設けてはどうかと提案すると、“止まっているエスカレーターは(人が少ないことを象徴することから)イメージが悪い”などと、顧客に評価してもら

えない状況であったが、近年、利用者のいないエスカレーターが動いていると、一般の人から“エネルギーの無駄なので止めてはどうか”との意見が寄せられるようになってきた。建物の所有者のみならず、社会の要請として省エネルギーに注目が集まっていると言える。

2.2 利用者の高齢化と安心安全




現在進行形の大きな変化として高齢化社会が挙げられる。日本の将来推計人口(国立社会保障・人口問題研究所2012年1月推計)によれば、2020年には、65歳以上の人口が3,600万人を超え、全人口に占める割合が29%に達すると見込まれている。

また、介護が必要になる人が700万人に迫ると見積もられており、こうした人々を支えることが、日本社会の大きな課題になる。これだけの人々の移動を支援する一助として、昇降機の重要性が増すことは言うに及ばないが、高齢者の移動に対応するため、従来以上に使いやすく、ゆっくりした乗降を前提とした運転方法も検討する必要が出てくる。

さらに、高齢者だけではなく、小さな子供が1人で利用することもあり得るため、幅広い利用者にとって、安心して安全に利用できる製品とすることが求められる。ユニバーサルデザインに代表される、より操作しやすく、利用者にやさしい製品を目指して、これからも研究を進める必要がある。

表1. 当社昇降機の歩み

VVVF: Variable Voltage Variable Frequency

	1930年代	1940年代	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
技術開発	1933年 当社神戸製作所にエレベーター係発足	1945年 終戦	1955年 欄干部ガラス製のエスカレーター納入	1961年 “エレベット”発売	1970年 300m/minの高速エレベーター納入	1980年 昇降機生産累計8万台	1993年 750m/minの当時世界最高速エレベーター納入	2000年 昇降機生産累計30万台	2014年 1,080m/minの世界最高速エレベーター納入(予定)
	1935年 一貫生産エレベーター1号機を納入	1946年 昇降機生産累計500台	1957年 群管理エレベーター納入	1964年 当社稲沢製作所設立	1974年 昇降機生産累計5万台	1982年 国内初の高速VVVFエレベーター納入	1993年 昇降機生産累計20万台	2004年 国内初の“可変速エレベーターシステム”を開発	
	1937年 当社名古屋製作所設立と共に昇降機部門が神戸製作所から移転			1965年 “エスベット”発売	1978年 600m/minの高速エレベーター納入	1985年 世界初のスパイラルエスカレーター納入		2005年 “AXIEZ”発売	
				1965年 昇降機生産累計1万台	1979年 中間部駆動方式エスカレーターを製品化			2007年 世界一高い173mのエレベーター試験塔竣工	

名古屋製作所試験塔(36m)

稲沢製作所試験塔(65m)

稲沢製作所試験塔“SOLAÉ(ソラエ)”(173m)

2.3 グローバル事業

当社は昇降機事業を広く海外に展開しており、各国の事情や個別の顧客に対応するための検討事項も増えてきている。例えば、安価であれば多少の振動は厭(いと)わない地域もあるが、その同じ地域内でも一流ホテルであればスムーズな運転と豪華な意匠が求められる。また、国ごとの法律に従う必要もあるなど、市場からの様々な要求に対して、市場価格も鑑みながらラインアップをそろえる必要がある。

3. 製品や技術の変遷

3.1 エレベーター

3.1.1 標準形エレベーターの投入

1961年、業界に先駆けて標準形エレベーター“エレベット”をリリースした(6～11人乗り、速度30～60m/min、かご室のデザインはスタンダードとデラックスの2種類)。それまでのエレベーターは全て個別設計であり、それなりに高額であったが、仕様を限定し標準化することで、安価なエレベーターを市場に供給可能となった。エレベットの登場によってエレベーターの普及が進み、建物の高層化の推進に大きく貢献した。

その後も、エレベーターは世代を重ねるごとに、制御方式の進化による乗り心地の改善や、かごサイズの拡大及び新たなかご室デザイン、利用者の安全にかかわる機能の拡充、機械室スペースを省き機械室レス化するなど、顧客の求めに応じた製品を提供し続けており、現在の標準形エレベーター“AXIEZ(アクシーズ)”がその流れを受け継いでいる(図1)。

3.1.2 エレベーターの高速化

建築物の高層化に伴い、エレベーターの運転速度への要請が次第に高くなってきている。当社エレベーターの高速化の歴史をひも解くと、1967年に定格速度240m/min

を実現後、1970年には300m/min、1974年には540m/min、1978年には600m/min、1993年には750m/min、そして2014年には完成時世界最高速となる見込みの1,080m/minの超高速エレベーターを据付け完了する予定である。

世界最高速エレベーターは当社昇降機のプレゼンス向上に大きな効果があるのみならず、これらの実現に当たっては、高速化にかかわる様々な技術開発がなされ、併せて高速運転を実現させるための精緻な据付けや、高速化によって生じた振動や騒音への対策など、越えなければならない技術的課題が随所に存在することから、開発力向上の良い機会であると考えている。

以下に、世界最高速対応の具体的な開発の内容について述べる⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

(1) 大容量巻上機

省エネルギー性を考慮しつつも大出力が得られる二重三相永久磁石モータによって低騒音・低振動を実現するとともに、ブレーキディスクを緊急停止時に発生する摩擦熱に耐え、安定した制動能力を得られる形状とした(図2)。

(2) 制御盤

独立したコンバータ・インバータを持つ駆動制御装置を2台用いた並列駆動制御方式の制御盤を開発した。

(3) かごの外形状

エレベーターは高速走行させると、かごの風を切る音が飛躍的に大きくなる。空気の流れを整えることによって、この風切り音を抑えるための理想的な流線形状のかご外形を、流体の数値シミュレーションによって導き出した(図3)。

(4) アクティブローラーガイド

かご室とかご枠の両方に加速度センサを設け、運転中の振動やほかのかごの運行で生じる風による振動などを打ち消すようにアクティブ制御することで、スムーズな乗り心地を実現した(図4)。



(a) かご室内 (b) 乗場

図1. 標準形エレベーター AXIEZ



図2. 大容量巻上機



図3. かご室の外形状

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

(5) 非常止め

非常時にかごを支える非常止めには、新規開発したセラミック製で高摩擦・高耐摩耗性を持ち、かつ耐熱性に優れた制動片を用いた。また、大荷重に対応しつつも省スペースを実現するための上下二段重ね構造とした(図5)。

(6) 緩衝器

プランジャを3段化することによって、約25%の小型化を達成した。

(7) 調速機

かごの上昇速度と下降速度が異なる場合に対応するため、かごの走行方向に応じて異常検出速度を機械的に切り替える機能を付けた。

このように、ほぼ全ての部位で新たな開発や改良を実施している。

3.2 エスカレーター

3.2.1 標準形エスカレーター

エスカレーターでも様々なチャレンジをしてきた。1965年にスーパーマーケットが登場したことで、2～3階建ての建築物でも大人数の階間移動というニーズが出てきた。商業施設では建築設備である昇降機も安価であることが求められることから、こうした要請に対応するための標準形エスカレーター“エスペット”を市場に投入した。

標準形エレベーターと同様に、仕様の制限によって価格を抑えたことで、市場へのエスカレーター普及が進んだ。

3.2.2 中間部駆動方式のエスカレーター

一般的なエスカレーターは駆動装置が上部乗降口の床板の下に設置されている。この駆動装置をコンパクトにユニット化してエスカレーターの中間部のトラスに内蔵させることで、駆動装置の設置スペースを抑えた中間部駆動方式のエスカレーターを1979年に製品化した(図6)。

従来、上部駆動方式のエスカレーターでは大きな加重が上部にかかり、ローラーや手摺(てすり)の摩擦ロスが大き

く問題となっていたが、この中間部駆動方式では、揚程(エスカレーターの高低差)に応じて駆動装置を複数設けることが可能であるため、加重が分散され、摩擦ロスが大幅に軽減できる最大で約30%の省エネルギーを実現した。

また、上部駆動方式の場合は揚程が高くなると、加速的に駆動装置が大きくなり、設置スペースも大きくなるが、このタイプでは揚程に応じて、複数の駆動装置を設ければよいことから、設置スペースが拡大することではなく、省スペースという意味でも画期的な製品である。

当社の高揚程エスカレーターは、現在でもこの方式を採用している。

3.2.3 スパイラルエスカレーター

当社のエスカレーターで特筆すべきは、1985年に発売されたスパイラルエスカレーターである(図7)。エスカレーターを曲げるというアイデアは、1900年代初頭からあったが、実用化できたのは当社のみであり、現在でも当社以外の昇降機メーカーは製造していない。

開発段階で理論上稼働可能な構造を見つけること、3次元曲線の形状を開発設計、製造、据付けするそれぞれの段階で、極めて高いハードルがあった。スパイラルエスカレーターが世に出て約30年たつが、当社しか製品化していないことが、その証左の1つである。

4. 将来展望

4.1 今後の昇降機に求められる役割

日本国内では現状より一層の高齢化が進み、特に外出した場合に目的地への移動に時間を要する人が多くなると考えられる。これは歩行者の歩速が緩やかになるだけでなく、ほかの移動手段(電動車椅子や、個人用の移動手段、歩行補助装置等)が増加することにもつながると考えられる。

このような社会が到来した場合、係員不在でも利用できる装置や、介助者が手助けしなくても利用できるような移

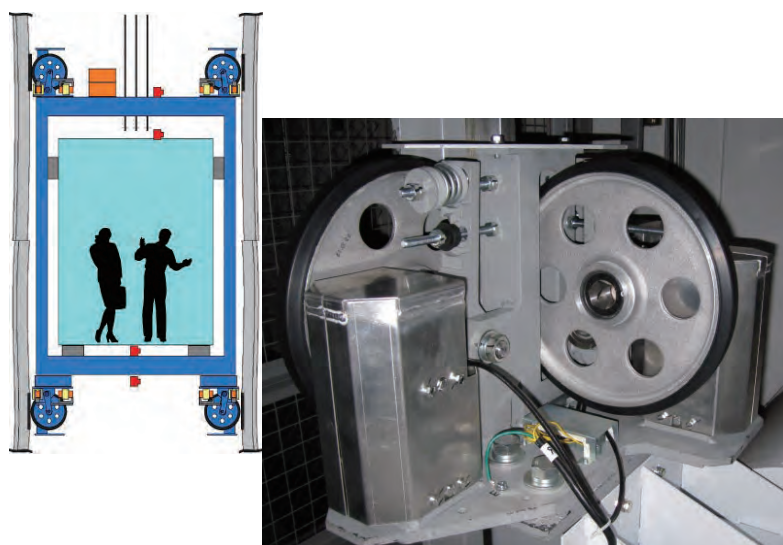


図4. アクティブローラーガイド

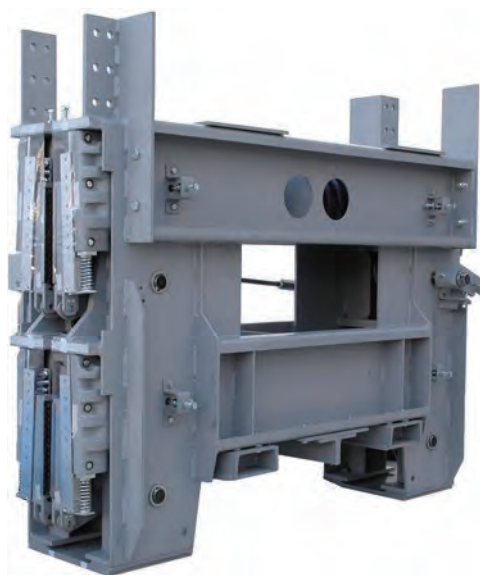


図5. 非常止め

動手段が整備されるなど、各個人の自由意思で移動できるように環境が整備されることが、高齢化社会を支える人的負荷を低減する観点から望ましいと言える。昇降機はそうした移動環境を実現するために、今後も様々な利用者に対して、より使いやすくすることで、上下方向の自由な移動を支えることが社会的使命であると考えている。

誰でも自由に移動できる環境整備が、高齢者の社会参加を促し、それに伴い外出の機会が増え、移動の中で適度な運動も促され、健康な高齢者が活躍する社会を形成できる可能性もある。特に高齢化の進む日本で、昇降機の果たす役割はますます高くなると考えている。

4.2 利用者に応じたスマートな運行

スマートな運行とは、例えば、荷物をたくさん持っている人、松葉杖(づえ)を使用している人、車椅子を利用している人などがエレベーターを利用しようとしていることを検出した場合は、乗り込むまで戸閉ボタンを無効にして待つなどである。

このような機能は周辺の利用者の状況を把握するシステムと、エレベーターの運行を連動させることで、実現可能と考えられる。

当社も好ましい社会のイメージを提起し磨き上げ、次の社会を支えるだけでなく、リードできるように研究開発を進めていきたい。

4.3 海外の昇降機需要

海外では、国や地域の経済的な発展段階に応じ、昇降機の必要性にかかわる様々なステージがあると考えている。

成長の著しい国ではビルの高層化に伴う大量輸送手段としての昇降機が求められ、他方、昇降機を早くから導入している欧州や米州では、需要の約50%は老朽化した昇降機の取り換えとなっていることから、経済発展にかかわらず今後も建物の増加に比例して需要が拡大すると考えている。

5. む す び

昇降機は適切な保守によってその性能を維持し続けることができる。昇降機の稼働期間中、安全に利用してもらえよう技術開発を進めるとともに、これからの社会がどのように変化するのか、望ましい将来像をイメージしつつ、昇降機や関係するサービスやシステムがどのようにそれを支えるのか、日々考え、実現させるよう研鑽(けんさん)する所存である。

参 考 文 献

- (1) 加藤 覚, ほか: 超高速エレベーターの駆動制御システム, 三菱電機技報, 86, No.8, 424～428(2012)
- (2) 井村光芳, ほか: 超高速エレベーターの安全装置, 三菱電機技報, 86, No.8, 429～432(2012)
- (3) 飯田真司, ほか: 超高速エレベーターの快適性, 三菱電機技報, 86, No.8, 433～436(2012)

ビル

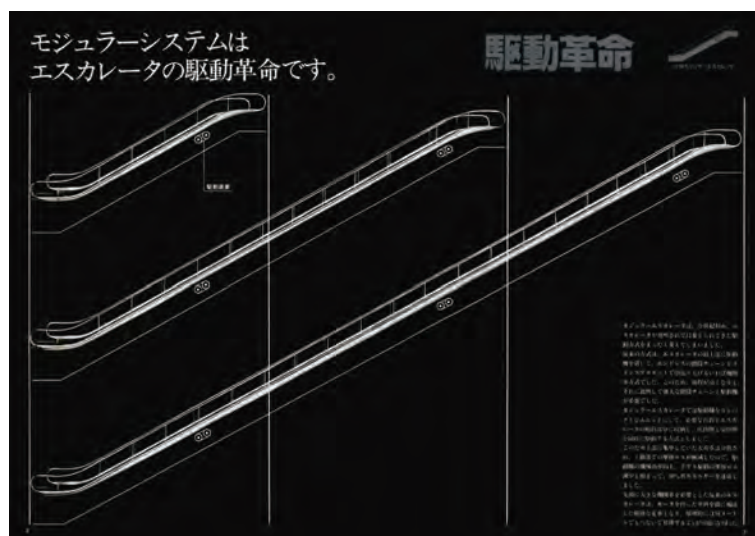


図6. 中間部駆動方式のカタログ



図7. スパイラルエスカレーター

FA用コントローラの技術革新と適用分野拡大

名古屋製作所 FAシステム統括部長
森田英昭



1. ま え が き

三菱電機はFA事業のメインコンセプトとして顧客のTCO(Total Cost of Ownership)削減を図る“e-F@ctory”(図1)を提唱し、工場の自動化、見える化を推進してきた。シーケンサ、モーションコントローラなどのFA用コントローラを始め各種FA用制御機器、それらをつなぐネットワーク群、エンジニアリングツールの提供に加え、パートナーとの連携(e-F@ctory Alliance)を通じてトータルソリューションの実現に取り組んでいる。

本稿では、e-F@ctoryの中核となるFA用コントローラを中心に技術の変遷と将来展望を述べる。

2. FA事業をとりまく環境

今日のものづくりの現場では、製品の高性能化に伴う生産設備の複雑化が進み、設備の設計・立ち上げを含む導入及び保守コストが増大している。また、従来のタクトタイム向上の要求に加え、製品サイクル短縮化に伴う変種・変量生産への柔軟な対応が課題となっている。これらの課題に対し、FA機器間や情報システムを統合して生産システム全体を最適化することで、設備の生産性向上を図るとともに、設計・立ち上げ・運用・保守コスト削減を実現するトータルソリューションの要求が高まっている。さらにグローバル化によって生産拠点の海外展開が進む中、生産設

備の制御プログラムなど顧客の技術(ノウハウ)を保護するためのセキュリティ対策も重要な課題となっている。

3. 技術の変遷

3.1 三菱FAトータルソリューション：e-F@ctory

生産システムの構築と運用管理を最適化するためのコンセプトがe-F@ctoryである。機種間連携(横連携)による制御の高速化、使い勝手の向上及び情報システムと生産現場の情報連携(縦連携)によるTCO削減を実現する。

3.1.1 機種間連携(横連携)：iQ Platform

当社はe-F@ctoryの基盤を形成するFA統合プラットフォームとして“iQ Platform”を提唱している(図2)。

iQ Platformとはシーケンサを中心とした先進のコントローラ、エンジニアリング環境、ネットワークを統合し、顧客の設計・立ち上げ・運用・保守の全てのフェーズでコスト削減を実現するものである。

(1) コントローラ統合

同一バス上に装着可能なシーケンサ・モーションコントローラ・CNC・ロボットCPU(マルチCPU)を開発するとともに、各コントローラ間のデータ通信を高速同期する機能を実装し、高速・高精度な制御を実現した。

(2) 統合エンジニアリング環境

複数のコントローラ(シーケンサ、モーションコントローラ、表示器等)のエンジニアリング環境を統合することによって



CNC : Computer Numerical Control
ERP : Enterprise Resource Planning
GOT : Graphic Operation Terminal
IPM : Interior Permanent Magnet
MDU : Measuring Display Unit
MES : Manufacturing Execution System

図1. 三菱FAトータルソリューション：e-F@ctory

設計情報を共有し、プログラミングの効率化を実現した。

(3) ネットワーク

生産設備の複雑化によって、装置間で高速大容量のデータ交換が可能なネットワークが求められており、当社はギガビットEthernet技術を活用したCC-Link IEネットワークを開発した。

また、使用用途に合わせてCC-Link(フィールドネットワーク)・AnyWire(センサネットワーク)・SSCNET Ⅲ/H(サーボネットワーク)など適材適所なネットワークを提供する。

3.1.2 情報連携(縦連携)

従来の生産現場では、ネットワークの階層ごとにプロトコルが異なっていたため、末端のデバイスまで生産データを収集するのは困難であった。当社はネットワーク階層を超えて上位から下位までシームレスに接続できるSLMP(Seamless Message Protocol)によって、運用・保守のしやすい最適なシステム構築を実現している。今後は、パートナー製品を含めた接続機器の更なる拡充と、機器のプロファイルやFB(Function Block)を活用した接続容易性の向上を図っていく。また、現場の装置とITシステムの接続にはゲートウェイパソコンの使用と通信プログラムの開発が必要であり、これらの維持、管理コスト削減も課題となっていた。当社は、データベースとダイレクト接続するMESインタフェースユニットによって、生産情報の収集と運用管理を簡単に低コストで実現した。

3.2 進化と継承

MP(Micro Processor)搭載PLC(Programmable Logic Controller)誕生以前のシーケンス制御の主流は、有接点リレーであったが、設置工事や回路変更の煩雑さなどの問題点があった。

この有接点リレー制御の課題を克服するのが、無接点リレー制御のPLCであり、当社ではシーケンサと命名し、その1号機を1973年に出荷し、1977年から汎用機の市販を始めた。その後、1980年にシーケンサ“MELSEC-Kシリーズ”を

発表して以来、“MELSEC-Aシリーズ”“MELSEC-Qシリーズ”と進化を続け、高速化、小型化を進めつつ高い信頼性と豊富な品ぞろえで生産現場の高度化に貢献してきた(図3)。また、MELSEC-Qシリーズでは、専用DCS(Digital Control System)相当の高度なプロセス制御を手軽に実現可能なプロセス・二重化CPU、マイコンやパソコン置き換え用途のC言語コントローラ、国際安全規格に適合した安全シーケンサ・安全コントローラ等、用途の多様化にも対応してきた。

進化し続ける“MELSECシリーズ”は、顧客の設計資産を守るための継承も重視している。従来製品との互換性を確保し、新シリーズへのスムーズな移行を可能としている。

当社は、この進化と継承を更に発展させ、製造業の革新的な進歩を牽引(けんいん)するために、2014年6月に“MELSEC iQ-Rシリーズ”を発売した。

3.3 MELSEC iQ-Rシリーズのコンセプト

MELSEC iQ-Rシリーズは、Reduce TCO(TCO削減)、Reliability(信頼性)、Reuse(継承)の3つのコンセプトに基づき、7つの課題を解決する(図4)。

3.3.1 Reduce TCO(TCO削減)

(1) Productivity(生産性)

新開発高速システムバス及びシーケンス演算用LSIで実現した先進的な性能によって、生産設備のタクトタイムを短縮し、生産性向上を実現する。

(2) Engineering(プログラム開発)

簡単に直感的なプログラミングが可能な新世代エンジニアリングツール“GX Works3”によって、エンジニアリングコスト削減を実現する。

(3) Maintenance(メンテナンス)

不慮のトラブルを未然に防ぐ予防保全や、トラブル発生時の早期復旧に対応する様々なメンテナンス機能によって、ダウンタイム短縮と顧客の製品品質確保に貢献する。

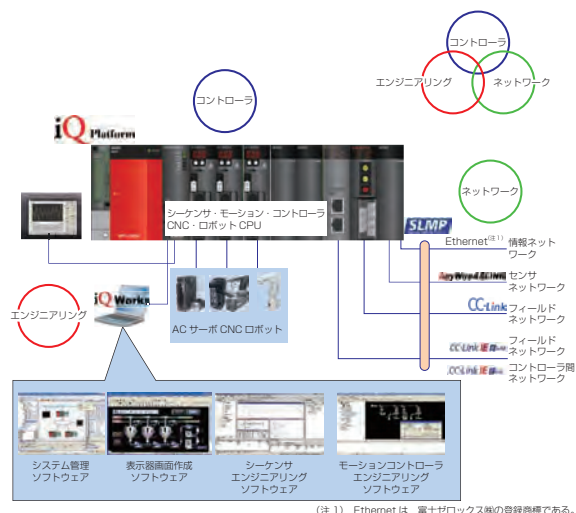


図2. FA統合プラットフォーム：iQ Platform

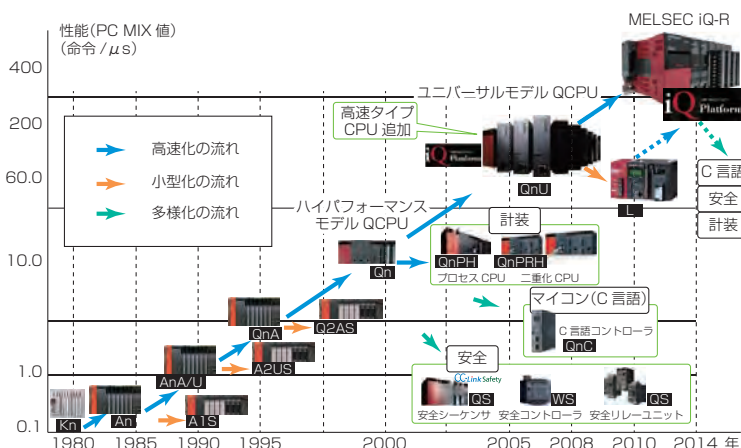


図3. 当社シーケンサのロードマップ：進化と継承

特集 I：当社技術の変遷と将来展望

(4) Connectivity(ネットワーク)

生産管理レベルからセンサなどのデバイスレベルまで、ネットワーク階層の違いを意識せず、SLMPによるシームレスなデータ通信を可能とすることで、運用・保守コストの削減に貢献する。

3.3.2 Reliability(信頼性)

(1) Quality(品質)

MELSEC K / A / Qシリーズで培った確かな品質は、生産システムの信頼性向上と製品品質の向上という付加価値を創出する。また、CE、ULなど多種多様な国際規格に幅広く対応し、世界各国で容易に適用可能である。

(2) Security(セキュリティ)

制御プログラムを保護するためのセキュリティキー認証や、制御システムへの不正アクセスを防止するIPフィルタなどの強力なセキュリティ機能によって、模造品の製造や制御プログラムの不正流用を防止する。

3.3.3 Reuse(継承)

(1) Compatibility(互換性)

MELSEC-Qシリーズのプログラムは、MELSEC iQ-Rシリーズ用のプログラムに変換可能なため、MELSEC-Qシリーズで蓄積した資産を有効活用できる。また、入出力ユニットやアナログユニットのピン配置及びコネクタは、MELSEC-Qシリーズと同一なので、外部機器配線をそのまま使用できる。

3.4 MELSEC iQ-Rシリーズにおける技術革新

タクトタイムの大幅な短縮を実現するため、高速システムバス、及びシーケンス演算用LSIを開発した。伝送速度3 Gbpsの高速システムバスによって、ネットワークユニットとの大容量データ処理の飛躍的な高速化(MELSEC Qシリーズ比40倍)を実現した。また、マルチCPU間に専用の高速バスを設けることで、シーケンサCPUとモーションCPU間のデータ交換周期を高速化(MELSEC Qシリーズ比

4倍)し、高精度モーション制御を実現した。

さらに、システムバスを一新し、ネットワークの伝送周期(リンクスキャン)と割り込みプログラムの実行周期を同期可能とした。例えばネットワーク上の機器のセンサ入力に応じて、別のネットワーク上の機器のアクチュエータを制御するような場合に、センサ入力→演算→アクチュエータ出力までの時間のばらつきがなくなり、安定した製造品質が実現できる。CPUユニットの命令処理時間を表1に示す。PC MIX値で419命令/μsという高速化(MELSEC Qシリーズ比約7倍)を実現するため、シーケンス制御に最適化した多段パイプライン、データキャッシュ、分岐予測等の技術を搭載した。ST言語やFBの実行方式の革新によって、演算性能を大幅に向上させた(ST言語のIF命令の処理時間はMELSEC Qシリーズ比175倍)。これらの高速化によって、複数CPUで分散制御していたシステムを1 CPUで集中制御することで、システムコスト削減に貢献する。

また、このように革新的な高速制御を実現したMELSEC iQ-Rシリーズは、高速伝送・高速演算を実現しながら、EMC(電磁環境適合性)試験や各種ノイズ試験など、あらゆる製造シーンを想定した品質評価試験をクリアしており、製造現場の過酷な環境に耐えうる信頼性を確保している。

3.5 MELSEC iQ-Rシリーズで搭載した新機能

MELSEC iQ-Rシリーズでは、業界初のデータベース内蔵機能、イベント履歴機能、専用ハードウェアを使用したセキュリティ機能を搭載した。

3.5.1 データベース内蔵機能

従来、生産現場では、レシピデータや生産実績データをパソコンで管理していたため、シーケンサにレシピデータを設定したり、シーケンサから生産実績データを収集したりするには、顧客がパソコン上で実行するプログラムを開発する必要があった。MELSEC iQ-Rシリーズでは、シーケンサ内にデータベースを内蔵し、このデータベースにア

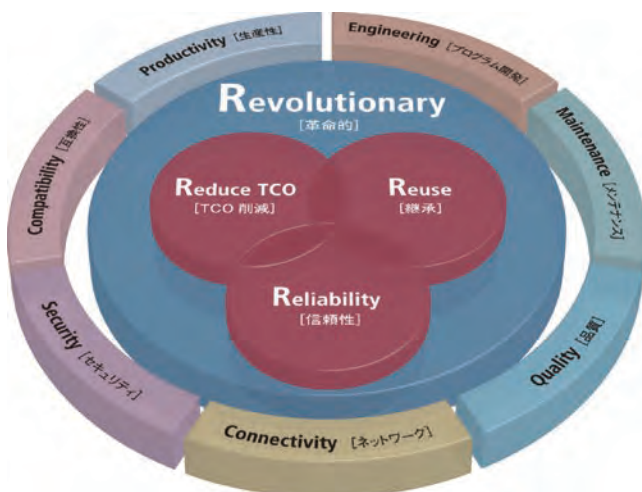


図4. MELSEC iQ-Rシリーズのコンセプト

表1. CPUユニットの命令処理時間

種別	RnCPU (新製品)	QnUDEHCPU (従来製品)
接点命令(ns)	0.98	9.5
データ転送命令(ns)	1.9	19
浮動小数点演算(ns)	9.8	57
ST言語(IF命令)(ns)	8	1,400
PC MIX ^(注2) (命令/μs)	419	60

(注2) 1μsで実行する基本命令やデータ処理などの平均命令数で、数値が大きいほど処理速度が速いことを示す。

ST: Structured Text

クセスするための専用命令を併せて搭載した。これによって顧客は、制御プログラム上で使用するレシピデータの抽出や生産実績データの追加・更新を容易に行うことが可能となる(図5)。また、データベースのインポート／エクスポートが可能のため、利用目的に応じてデータベースを簡単に活用することが可能である。

3.5.2 イベント履歴機能

顧客のシステムで障害が発生した場合、関係者に操作履歴などを確認する必要があるが原因究明に時間がかかっていた。MELSEC iQ-Rシリーズでは、シーケンサへの制御プログラム変更、RUN／STOP／RESETスイッチ操作、SDカード挿抜操作等、顧客の操作履歴を従来のエラー履歴の情報とともに確認可能なイベント履歴機能を各コントローラ(シーケンサ、モーションコントローラなど)に搭載した。これによって障害発生時の状況を正確に把握でき、原因の早期究明が可能となる。

3.5.3 セキュリティ機能

シーケンサに格納している制御プログラムなどの顧客の技術(ノウハウ)はパスワード認証で保護することが一般的だが、パスワードは漏洩(ろうえい)した場合に漏洩範囲が特定できないなどの課題がある。近年、海外向けに装置を開発している顧客から、パスワード以外でのセキュリティ機能強化やシーケンサ故障時は現地の保全メンバーだけで、簡単に交換したいという要望も増えてきている。MELSEC iQ-Rシリーズでは、専用のハードウェア(拡張SRAM(カセット))を使用したセキュリティキー認証によって、パスワードを使用しないセキュリティ機能を実現した(図6)。

この機能は、エンジニアリングツール、制御プログラム及びシーケンサのそれぞれにセキュリティキーを登録し、セキュリティキーが一致しないエンジニアリングツールからは、制御プログラムの読み出し／閲覧を制限する。ま

た、制御プログラムを実行する際もセキュリティキーが一致しないシーケンサ上では制御プログラムの実行を制限する。これによって、技術の漏洩、不正コピーによる模倣品製造を防止できる。さらにシーケンサの拡張SRAMカセットにセキュリティキーを登録できるため、シーケンサ故障による交換時に、拡張SRAMカセットを差し替えるだけで、簡単にシーケンサにセキュリティキーが登録可能となり、高信頼性と利便性の両立を実現した。

3.6 エンジニアリングツール

FA統合エンジニアリングソフトウェア“MELSOFT iQ Works”によって複雑化するシステムのプログラム開発の効率化を実現する。MELSOFT iQ Worksは、次のソフトウェアで構成している。

- (1) MELSOFT Navigator(システム管理用ツール)
- (2) GX Works3(シーケンサ用ツール)
- (3) MT Works2(モーションコントローラ用ツール)
- (4) GT Works3(表示器画面作成用ツール)

MELSOFT iQ Worksでは、システムを構成する機器及び各ソフトウェア間の機能連携／データ共有によって、従来は機器別に作成していた設計情報の一元管理を可能とし、ソフトウェア開発の効率化を図っている。

MELSEC iQ-Rシリーズ対応のGX Works3ではプログラム部品を選ぶだけの簡単プログラミング(図7)によって、次に述べる各開発フェーズのコスト削減を実現する。

3.6.1 システム設計

部品選択ウィンドウからアナログ変換ユニットなど必要なユニットを選んで配置する直感的な操作によって、システム構成図作成や各ユニットのパラメータ設定を可能としている。また、システム構成の変更に従ってプログラムやパラメータを自動変更する機能を備え、既存プロジェクトを容易に流用可能としている。

3.6.2 プログラミング

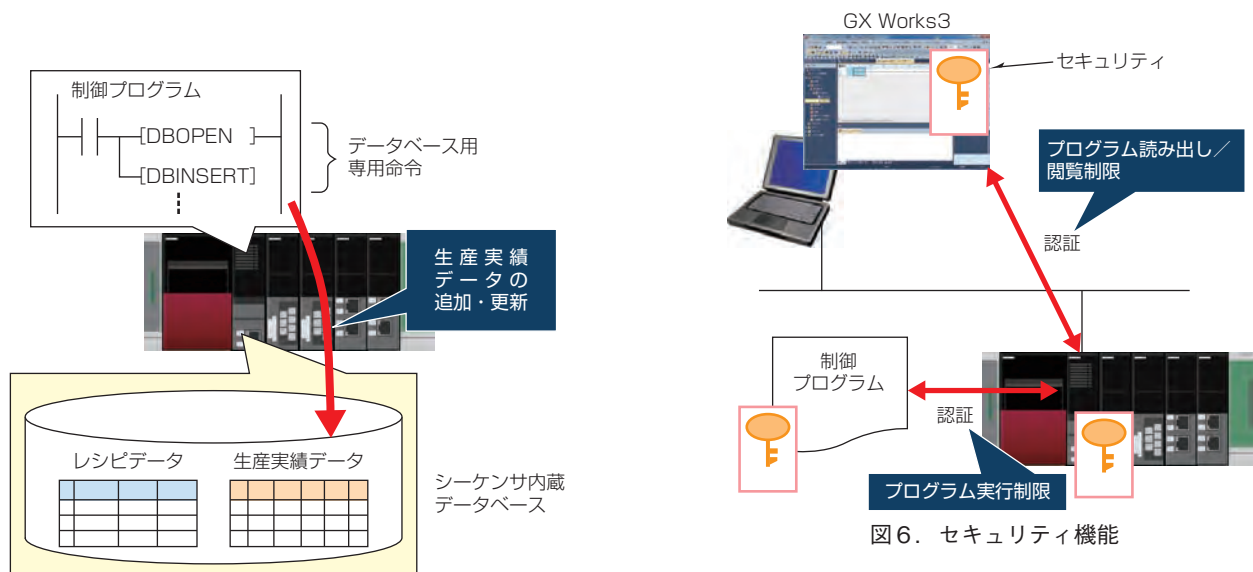


図5. データベース機能

図6. セキュリティ機能

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

あらかじめ登録されている各ユニットのデータ変数(ユニットラベル)や、プログラム部品(ユニットFB)をプログラムエディタにドラッグ&ドロップすることで簡単にプログラムが作成できる。

3.6.3 デバッグ・運用保守

コントローラとパソコンとのケーブル接続によって、GX Works3の診断画面を自動表示する機能を搭載している。異常発生した原因とその対処方法を診断画面に明示するため、GX Works3の操作に不慣れな現場担当者でも、迅速な一次診断が可能となる。

3.7 ネットワーク

生産設備の複雑化や生産情報の見える化に対する要求が高まる中で、膨大な制御データや生産データを高速に通信するネットワークが求められている。当社が開発したネットワーク“CC-Link IE”は、1 Gbpsの広帯域を制御通信用と情報通信用に分割することによって、制御通信の定時性を保証しつつ、TCP/IPでは実現できないリアルタイムなデータ収集を実現する。また、ネットワークの異常箇所をビジュアルに確認できる簡単診断機能を持ち、システムのダウンタイムを短縮する。

3.7.1 ネットワーク技術の進化

CC-Link IEコントローラネットワークは、最大128Kワードの大容量通信と光二重ループによって大規模なコントローラ分散制御を可能としている。CC-Link IEフィールドネットワークは、コントローラ分散制御、I/O制御と安全制御、モーション制御を統合するオールラウンドなネットワークで多様なシステムに対して最適なネットワーク構築が可能である。MELSEC iQ-Rシリーズでは、大規模な同期制御を必要とする生産設備の導入コスト削減のため、CC-Link IEフィールドネットワーク同期通信機能に対応させた。MELSEC iQ-Rシリーズの新規機能であるユニット間同期機能と組み合わせることで、複数のシーケンサ

システムによる同期制御を簡単に実現可能とした。また、ラインのリレイアウトや設備の追加に伴う保守コストを削減するため、CC-Link IEコントローラネットワークをメタルケーブルに対応した。ライン型、スター型、リング型配線等のトポロジーが自由に選べ、装置の追加・削除を簡単に行える。

3.7.2 ネットワーク全体のシームレスな連携

当社はCC-Link IEに加え、豊富なパートナー製品を利用できるフィールドネットワーク(CC-Link)、高速・高信頼の同期型モーションネットワーク(SSCNET III/H)、センサ・アクチュエータを分散制御できるフレキシブルなセンサネットワーク(AnyWire)など、顧客の目的・用途に合わせて適材適所なネットワークを提供している。さらにMELSEC iQ-Rシリーズでは、SLMPによる各ネットワークのシームレスなデータ通信を可能にしている(図8)。SLMPは、ネットワークのアプリケーション層に対応するシンプルなクライアントサーバ型の共通プロトコルで、ネットワークの階層・境界を意識せず、どの機器からでも同じ方法でアクセスを可能にする。また、ソフトウェア開発だけで対応製品を開発できるため、市販の様々な機器とも簡単に接続できる。今後、シリアル通信など対応ネットワークを拡充するとともに、機器のプロファイル情報やFBをGOTなど他機器と共有し、ネットワークのどこからでもパラメータ設定やモニタ・診断を可能にするなど、ネットワーク導入・保守の容易化を進める。

3.7.3 ネットワークのオープン化

CC-Link IEは、既にグローバルスタンダードとなっているCC-Linkと同じCC-Linkファミリーである。オープン化を推進するCC-Link協会のパートナー企業は2,097社(2014年3月末時点)に達しており、CC-Link IE接続機器の拡充を進めている。さらに、半導体・FPD(Flat Panel Display)業界の国際規格(SEMI)、日本標準規格(JIS)、中国国家規格(GB)、国際標準化規格(ISO、IEC)、韓国国家

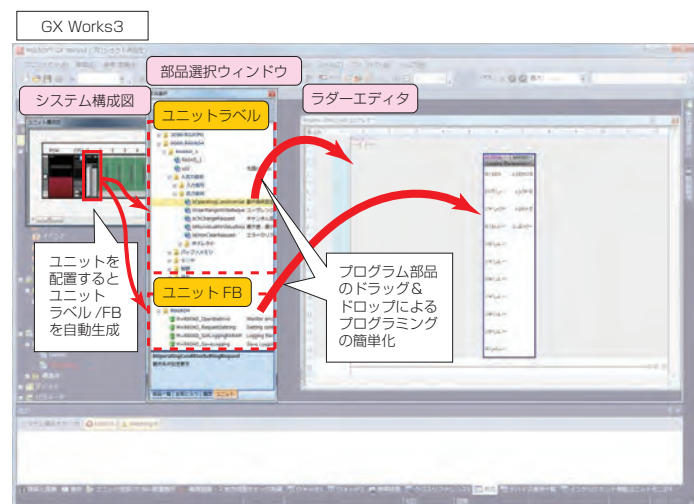


図7. 次世代エンジニアリング環境

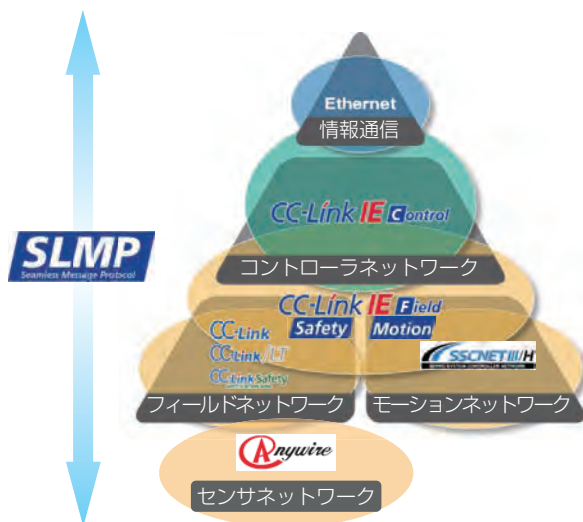


図8. ネットワーク

規格(KS)，台湾規格(CNS)を取得しているCC-Linkに続き，CC-Link IEもSEMIを取得するなど国際標準化規格への対応を推進している。

3.8 センサ連携

近年の生産現場では製造ラインから様々な情報を収集するセンサの数が膨大となり管理も複雑化している。当社は、生産設備の立ち上げ・運用・保守コスト削減に貢献する“iQ Sensor Solution(iQSS)”を2012年11月に展開開始した(図9)。iQSSに基づいたセンサシステムでは、様々なメーカーのセンサの設定と管理が1つのエンジニアリングツール上で一括して行えるため、センサ群の一体運用が可能で、センサ個別の設計は不要でありシステムの立ち上げコストを削減できる。また、センサのパラメータ設定と変更、バックアップ/リストアをエンジニアリングツールから容易に行えるため、センサの運用・保守コスト削減が図れ、生産現場でのトータルコスト削減が可能となる。今後、iQSS対応のセンサ品ぞろえを広げるため国内外のセンサメーカーとのパートナー化を推進するとともに、MELSEC iQ-RシリーズのiQSS対応を進め、多くの生産現場のTCO削減に貢献していく。

3.9 駆動制御との連携

当社の駆動機器は“MELSERVO J4シリーズ”を始め、多彩なラインアップを実現して幅広い駆動装置への対応を可能としている。さらに、これらの駆動制御にはシーケンサとモーションコントローラを組み合わせた当社独自のマルチCPUシステムによって、駆動制御性能と柔軟なシステム拡張性を両立させてきた。MELSEC iQ-Rシリーズではこのシステムを更に強化し、高速システムバスによるデータ交換周期の高速化(4倍)やモーション制御の高速化(約1.5倍)を実現した。さらにシーケンサ制御との親和性や使いやすさを改善している。

3.9.1 高精度同期制御の実現

ユニット間同期機能によって、複数のモーション制御ユニット(シンプルモーションユニット)を同期させることが可能となった(図10)。これによって駆動システムの同期精度を損なうことなく制御軸数の拡張も可能である。例えば従来はシンプルモーション1台ごとに最大16軸の同期しかできなかったが、複数台のシンプルモーションで32軸以上の同期制御が可能となる。このため、より大規模なシステムでも同期制御による製造品質の安定化、タクトタイムの短縮につながる。

3.9.2 エンジニアリングツールの統合

モーションCPUを使用する場合、シーケンス制御プログラム(例えばラダー)とモーション制御プログラム(モーションSFC(Sequential Function Chart))で別々に制御プログラムやエンジニアリングツールが必要であった。MELSEC iQ-Rシリーズではシーケンス制御命令にモーション専用命令を拡張した。これによって、GX Works3だけでモーション制御のプログラミングが可能となっている。当然ながら、高速なモーション制御が必要な場合は、従来のMT Works2によるモーションSFCを使用した制御プログラムも使用可能である。

4. む す び

工場自動化の中核となるMELSEC iQ-Rシリーズの開発及びエンジニアリングツールやFAネットワーク等の周辺製品の最新技術について述べた。今後は、MELSEC iQ-Rシリーズの品ぞろえ拡充(C言語コントローラ、計装コントローラ、安全コントローラ開発等)と耐環境性強化(高温・腐食性ガス耐性の対応等)によって、適用範囲を拡大していく。また、トラブル時の一括データ収集機能強化やパートナー連携によるシミュレーション強化によって、安全性向上及び上流設計での利便性向上など、e-F@ctoryを更に進化させ、TCO削減を推進していく。

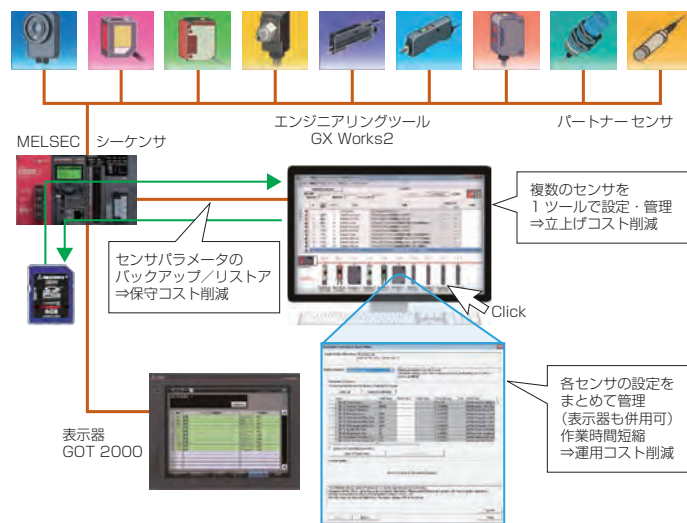


図9. iQSS (iQ Sensor Solution)

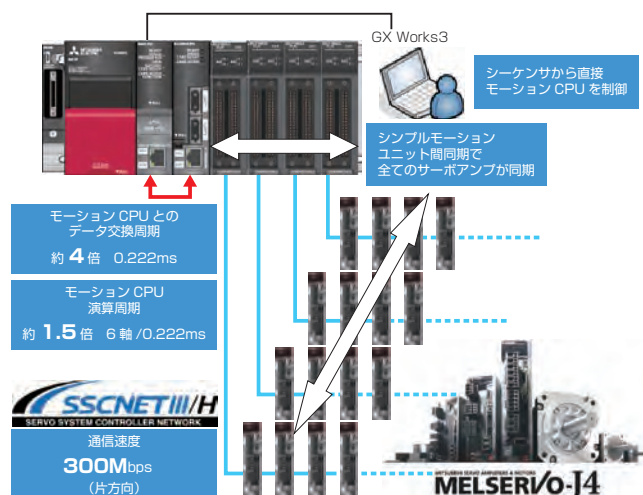


図10. 駆動制御との連携

低圧遮断器の技術変遷と今後の展望

福山製作所 遮断器製造部長
竹内敏恵



1. ま え が き

現代文明に不可欠と言っても過言でない電気エネルギーの発展は、“生成”“伝送”“利用”の観点から発電機、変圧器、電動機の3つの機器が発明されたためと言われるが、ここに“保護・制御”の観点から遮断器・開閉器を付け加えてもよいのではないだろうか。遮断器・開閉器は保護する電圧に応じて、SF₆ガス中、真空中、空气中で接点を開閉する方式に大別される。

我々の最も身近で電気を利用する低電圧受配電やFA (Factory Automation) などの電気回路の保護には、空气中で接点を開閉する方式が採用され、短絡故障電流、過負荷電流、感電、熱、過電圧、不足電圧などに対処する必要がある。過負荷・短絡電流保護器の歴史はヒューズに始まっているが、今日では、取扱いに利点の多い低圧遮断器 (Molded Case Circuit Breakers : MCCB) が主流の保護器である。MCCBは、過負荷・短絡電流保護のみならずほかの保護項目、感電保護の漏電遮断器を始め、過電圧や不足電圧の保護などにも関わりを持つようになっている。

1933年に三菱電機が国内初の“ノーヒューズ遮断器”を出して以来80有余年、小型化、大容量化、高性能化、高機能化を軸として、漏電遮断器、電子式遮断器、計測・表示・伝送機能付遮断器等、MCCBの発展の歴史を通じて、常にリーディングカンパニーの地位を占めてきた当社の

MCCB製品及び技術の歴史、変遷について述べる。

2. 三菱MCCBの歴史

2.1 黎明(れいめい)期(戦前)

1929年に、引き外し自由形の開閉機構・バイメタル式過電流検出部・グリッド式の消弧室を持ち、全体を絶縁物のモールドケースで覆った製品が米国のウェスチングハウス社(以下“W社”という。)から発売された。これが今日に至るMCCBの先陣をきる製品であり、MCCBの基本的考え方は今日でも脈々と生きている。

当社は、W社との技術提携によって、名古屋製作所で1, 2極、定格電流15～35Aの分岐回路用を開発し、1933年に国内初のMCCBを発売した(図1)。1936年にはこのMCCBを備えた“NF形”分電盤を開発し、大容量の電気設備を必要としていたビルなどに使用されていった。その後、1936年に100Aフレーム、1937年に225Aフレームと電力の大容量化に対応した製品を開発するとともに、バイメタル定格の約10倍の過電流で作動する“電磁引き外し装置”も備えた。

ヒューズ付開閉器より性能が優れ、小型で外形の整ったMCCBの出現は、壁面に体裁よくまとめた配電盤のニーズに合致し、MCCBを使用した配電盤が普及していった。

2.2 黎明期(戦後)

第2次世界大戦の戦災で中断していたMCCBの生産は、

当社製品ラインアップと市場ニーズ対応



図1. 当社遮断器シリーズの変遷

1950年から戦前に開発した50～225Aの3フレームで再開し、駐留米軍の関連施設への納入が契機となり、需要が喚起されていった。

1952年頃になると電路の分岐回路数が増え、それまでの50Aフレームでは分電盤が大型、取付けが不便など、改善のニーズが生じた。この需要変化によって、小型で取付けを標準化した単極の電灯電熱分電盤用“BH形”ブレーカを開発した。当初のBH形2極品は、同一定格の単極品2台を延長ハンドルで連結した個別引き外しのものであったが、分電盤の小型化や電路の集中化が大いに進み、分電盤の標準化が促進していった。

1954年、電灯需用家の電力料金の合理化及び屋内配線保護のためアンペア制が制定され、1955年に東部5電力会社（北海道・東北・北陸・東京・中部）で、“安全ブレーカ規格”が制定された。これに対処するための1955年“SB形”安全ブレーカを開発して東北電力に納入した。従来のヒューズにない屋内配線保護の合理性、アフターケアの容易さによって需要が拡大し、電磁式“SM形・BM形”、バイメタル式“BU形”等の各種の安全ブレーカは当社主要品目の1つに成長していった。

1957年、当社福山製作所でのMCCBの生産が始まり、同年“BH形”を小型化し電源端子をプラグイン式にした“BH-P形”を開発し、1958年には、2極2素子共通引き外し形の“BH-M形”を開発した。

BH形ブレーカの機種拡大を皮切りに始まった製品が、今日の当社遮断器事業の隆盛につながっている。

2.3 拡大期

1960年代半ばに入ると、工場・ビル・船舶等の電力需要がいずれも加速度的に増大し、数千kVAという低圧回路が続々と出現した。そのため、1965年MCCBに当社製“FLT形”限流ヒューズを組み合わせた“NFT形”トライパック遮断器を開発した。NFT形は、1965年100・400Aフレーム、

1966年225・600Aフレーム、1967年800Aフレームと続けて開発したが、当時国内では当社だけの製品であった。

1967年には短限時付NF形2000Aフレームという世界最大級のMCCBも開発し、翌年5月に開催された第13回全国優良電設資材展コンクールで業界最高の権威である建設大臣賞を受賞した。

我が国では1965年初め頃から漏電ブレーカが市場に出現したが、感電から人や家財を守る関心の高まりを受けて、1969年、労働省が“感電防止用漏電遮断器構造基準”及び“感電防止用漏電遮断器安全指針”を制定した。この制定が契機となり、漏電ブレーカの開発が本格化していった。

1970年純電磁式の単相2線式“NV-1形”30Aフレームと三相3線式“NV-3形”50Aフレームを発売し、また、現在の半導体式漏電ブレーカの基盤となる三相3線式“NV-5形”50Aフレームと分離形漏電リレー“NV-R形”を開発した。1971年には三相3線式“NV100形”100Aフレーム、“NV225形”225Aフレーム、一体型漏電リレー“NV-R形”を発表し、漏電ブレーカのシリーズ化への一歩を歩みだした。

2.4 発展期(シリーズ化)

電気設備への多様なニーズ、高容量化、経済性、小型化などに対応するため製品の種類を増やしていったが、一方では選定に煩雑さも生じた。そこで、MCCBを遮断容量の大きさ・経済性で整理・区分するとともに、新たに開発した機種を加えて、1969年5月、①Standard(汎用品)、②Compact(小型品)、③High quality(高性能品)、④Tri-pack(トライパック)の4つのシリーズの頭文字をとって名付けた“SCH_ATシリーズ”（図2）を発売した。これは、今日のシリーズ化の先鞭(せんべん)をつけたもので、顧客から高評価を得て、50%を越すシェア獲得に大きく貢献した。

1969年のSCH_ATシリーズに始まった三菱MCCBのシ



図2. SCH_ATシリーズ



図3. WS-Vシリーズ

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

リーズ化は、図1に示すように、何回かのシリーズ変更を経て、最新の“World Super-Vシリーズ”（図3）に至っているが、それぞれのシリーズで、常に斬新な技術発展を遂げている。

2.5 グローバル化

MCCBのような保護機器には、各国の法規制が最も顕著に表われるため、各国の製品規格や認証制度又は規格・基準の国際整合化の動向が製品開発の重要な要因の1つとなってきた。

MCCBのIEC規格がIEC157-1からIEC60947-2に代わり、また、欧州ではCEマーキングが導入された1990年代以降、三菱MCCBのシリーズ化も国際規格に大きく影響された製品開発となり、今日に至っている。

次に、最新のWorld Super-Vシリーズに至るまでの主なシリーズを技術的な話題を軸に述べる。

3. 当社独自の遮断技術の変遷

遮断器の重要責務の1つが遮断性能である。電流遮断は遮断時に接点間に発生したアークを安全確実に消弧し電流の流れを止めることであり、遮断器の小型化や回復電圧の増大要求を考慮すると、可能な限り小さな容積で短絡電流のアークエネルギーを消費し、電流ゼロ点で接点間を絶縁回復させる必要がある。これに対して低圧遮断器では遮断時に発生するアークの電圧を増大させて短絡電流を小さく絞る限流現象を積極的に利用することで電流遮断を容易にし、電流遮断部のスペース縮小化などを可能にしている。当社では図4に示す独自の遮断技術を開発・発展させ、他社に比べてより小型で大容量の遮断器を製品化してきた。

ここでは当社独自の限流技術、及び電流ゼロ点での接点間の絶縁回復性能を高める高電圧遮断技術について述べる。

3.1 気中アーク制御技術VJC

VJC (Vapor Jet Control) とは接点周辺を厚みのある絶縁

物で覆うことでアークを制御する技術である。図5に示すように絶縁物を利用することで、アークスポットの広がりを制限し、電極からの高温ベーパー・ジェット放射方向を制限する。この結果、必然的に電極間のアークの断面積は縮小し、さらに、絶縁物が出すベーパーがアーク外周部の温度を冷却する効果も相まって、アークの断面積を縮小していく。また、アークの温度分布を定める上で重要なのは輻射と圧力差に基づく膨張冷却である。したがって、VJCアークは絶縁物によってアーク空間の圧力を上昇させること、及び絶縁物蒸気の冷却効果の両者によって、膨張冷却と輻射損失を促進させることで、アークのエネルギー損失を増大させアーク電圧を上昇させることが可能となる。

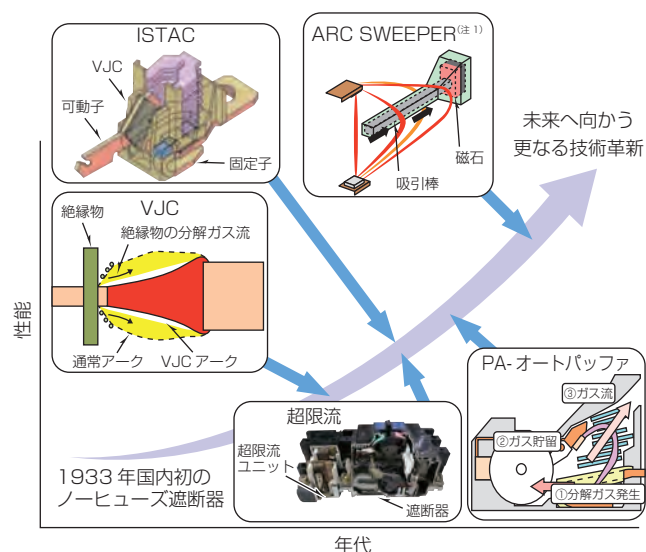
この技術は1985年発売の“Super SCRUMシリーズ”に初めて搭載し、以降、この技術的思想は幅広く応用展開し2010年発売のWS-Vシリーズにも適用している。

3.2 超限流遮断技術

更なる大容量化にある受配電方式を背景に短絡容量の増大が課題となる中、遮断容量200kAの性能を持つ超限流遮断器を製品化した。同遮断器は図6に示すように、超限流ユニットを遮断器本体に接続するという全く新しい発想を持つ画期的な製品であった。超限流ユニットはフォーク形2点切構造となっており、短絡電流の電磁力を利用して可動子を高速開極することで瞬時に高いアーク電圧を発生させ、遮断器本体と合わせ3点切アーク構成となっている。さらに、VJC技術を併用しており推定短絡電流を1/10まで限流させることを可能にした。

3.3 高限流遮断技術ISTAC

短絡時の限流効果の発生が早いほど、小さい電流から限流を開始するため、結果的に通過電流値を小さくすることができる。そのためには、短絡初期に可動子をより速く開極動作させてアークを長く引き伸ばすことが重要である。ISTAC (Impulsive Slot Type Accelerator) 技術はこのような



(注1) 商標登録中

図4. 当社遮断技術の変遷

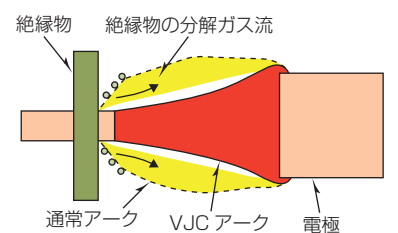


図5. VJCの有無によるアークの違い

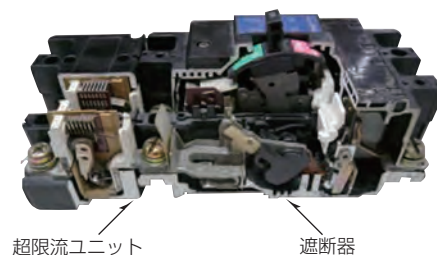


図6. 超限流遮断器の断面

効果をねらった可動子・アークの高速駆動構造とVJC技術を融合したものである。

ISTAC技術は可動子の高速開極とアークの伸長に電流路からの磁場を利用する。開極初期で固定子を構成する全ての電流路(通電方向)を可動子やアークを駆動する方向に配置しているため開極速度の高速化が可能になる。図7にISTACの構造を示す。さらに、絶縁材料で固定子側接点周辺の遮断部を囲んでいるため、発生した圧力が可動子の開極速度を向上させ、アーク断面積の縮小も行うためアーク電圧が飛躍的に高まる。

ISTAC技術は1995年発売の“Progressive Superシリーズ”に搭載し、その後も上記基本原理を基に継続的に性能向上を図り続け、当社の高遮断容量品の大部分に適用している。

3.4 高電圧遮断技術PA-オートパッファ

この技術は限流後に発生する電流ゼロ点の極間の絶縁回復向上に着目した技術である。PA-オートパッファ(Polymer Ablation type Auto-Puffer)構造を適用した消弧室構造を図8に示す。接点开極し発生したアークによる熱で消弧室の絶縁物から高分子分解ガスが発生する。このガスを一旦貯留し、その後、アークに吹き付けることで、電流ゼロ点までに接点間を冷却し、導電性ガスが存在しない状態にすることで遮断を確実にする。

この技術は極間の回復電圧立ち上がり早い高電圧回路を遮断する際に効果があり2001年にグローバルにも対応できる“World Superシリーズ”として製品化した。

3.5 高電圧DC遮断技術ARC SWEEPER

上述の短絡電流に対する限流、遮断技術の高度化に対する取組みに加え、近年の太陽光発電システムの普及に伴い直流電流(DC)を遮断できるDC回路遮断器、開閉器用遮断技術の向上が求められるようになってきた。

一般的に、DC遮断では定格電流以下の小電流アークに

対して磁石でローレンツ力を発生させ、アークを伸長させてアーク電圧を高めるが、電流極性の反転によって伸長方向が逆転し遮断性能が低下する問題があった。この課題を克服するとともに、従来にないアーク伸長を可能にしたアーク伸長方式の概念図を図9に示す。この方式では長尺状の磁性体(吸引棒)を消弧空間に配置し、その一端部を接点間へ延伸させ、他端部に磁石を設け、吸引棒と磁石を樹脂製の絶縁カバーで被覆し構成している。この構造によって、接点間に発生したアークに対して吸引棒からの漏れ磁場が鎖交し、同図に示すように絶縁カバーの側面側空間に沿って磁石を配置した奥側にアークが伸長し、最終的には絶縁カバーに衝突、アークは圧縮される。この結果、アークは急速に冷却され、導電性を失って消滅する。また、通電方向が異なる場合でも吸引棒の反対側にアークを伸長できる。

この技術は2013年発売のDC400V開閉器の電流遮断部に搭載し、今後の更なる高電圧化への対応が期待される。

4. む す び

当社低圧遮断器製品及び技術の歴史、変遷について述べた。低圧遮断器は責務の多様さから様々なシリーズが開発・製品化されてきた。昨今では、地球温暖化や安全性への配慮から、太陽光など自然エネルギーを利用した発電方式が増加傾向にあり、DC遮断器や開閉器の普及、高電圧化が求められるようになってきた。また、新エネルギーの保護・制御に関する法整備もIECなどの国際規格委員会で進められており、新たな機能要求が発生することも考えられる。国内でも、東京オリンピックに向けた新たな需要の高まりも予想でき、需要家の新たなニーズを掘り起こす機会と期待している。今後もより安全で使いやすく多機能な低圧遮断器・開閉器開発を目指し、遮断技術の向上を図っていく。

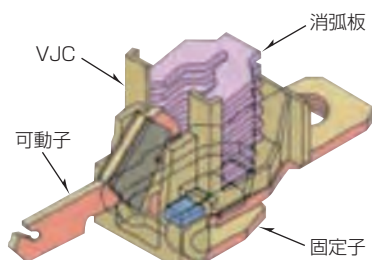


図7. ISTACの構造

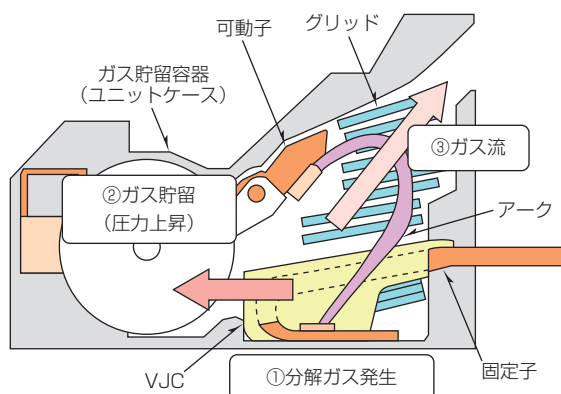


図8. PA-オートパッファ遮断器の構造

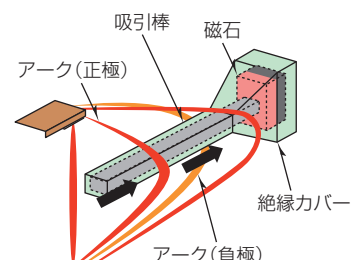


図9. アーク伸長方式の概念図

交通システムの変遷と将来展望

社会システム事業本部
交通事業部 交通システム推進部長

木村尚史



1. ま え が き

鉄道は、社会インフラとして欠くことができないと同時に、“安全性”と“信頼性”が極めて重要なシステムである。当社交通システム事業は、80年以上の長い歴史を持っており、三菱電機技報1929年7月号で、“電気鉄道の建設、蒸気鉄道の電化等に対しては統一ある計画、建設、設備が必要であることを痛感し、電気鉄道各方面のエキスパートを以て新たに電気鉄道課を組織せしめ主としてこの方面の一括受注に力を致さしめた。”と述べている。いつの時代も、鉄道は各方面の技術を統合したシステム技術を求めている。

当社の交通システム事業のビジョンを図1に示す。

当社は、次の2点に焦点を絞り、鉄道の価値向上につながる製品を提供することを目指している。

(1) 車両システムのグローバル展開

車両システム（推進駆動装置・制動保安装置・情報制御装置・空調装置等の車両用電機品）の全てを供給できる国内唯一のメーカーとして、国内外に幅広く製品を提供している。今後、更にグローバル化を加速し、世界No.1の車両用電機品メーカーを目指す。

(2) 地上と車上の情報連携による交通システムの革新

車両システムを基幹製品とし、移動体通信システムと地上システムについても豊富な実績を積み重ねて総合エンジニアリング力を蓄積してきた。

今後は、次代を担う交通システムインテグレータとして、ICT (Information and Communication Technology) 技術を用いた地上と車上の情報連携による交通システムの革新をリードする。

本稿では、交通システム事業を取り巻く環境とこれまでの適用技術の変遷及び将来展望について、鉄道における車両システム、電力システム、交通情報システムそれぞれについて述べる。

2. 交通システム事業を取り巻く環境

2.1 車両システム

鉄道車両の必須機能を実現する車両システムは、“走る”ための推進駆動装置、“止まる”ための制動保安装置、快適な車内環境を実現するための空調装置と、これらを有機的に結合・制御する情報制御装置で構成される。

現在、車両システムには、“高速走行”“定時性”“大量輸送”といった基本機能に加えて、“環境保全”“経済性”“利便性”がこれまで以上に強く求められている。

特に、環境負荷の少ない輸送手段である鉄道の重要性は世界的に高まっており、当社車両システムでも“省エネルギー化”の取組みはとどまることはない。一方、空調装置は、暖房が主体であった欧州では地球温暖化の影響による冷房需要の増加など、新たな変化への対応も求められている。

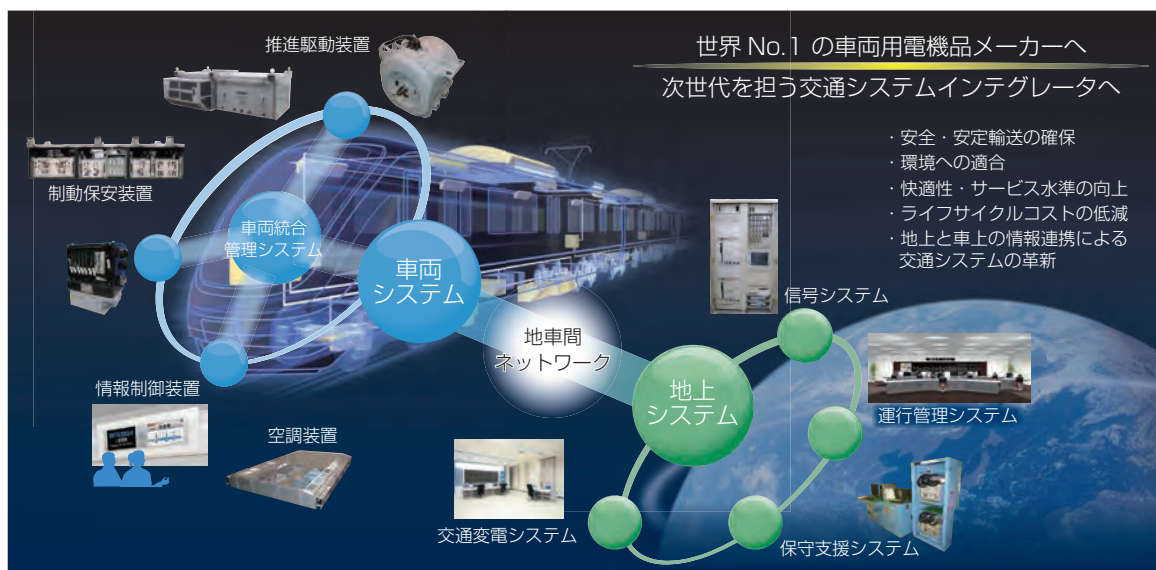


図1. 交通システム事業のビジョン

2.2 電力システム

電力システムは、車両や駅設備など全てのシステムに電力を供給し、安定大量輸送という鉄道サービスの根幹を支える非常に重要なシステムであり、高い信頼性、安全性、保守性ととも社会・環境との調和が求められてきた。また、東日本大震災以降のエネルギー政策の見直しや電力供給事情の変化を背景に、スマートコミュニティ、スマートグリッドと呼ばれる新たな取組みが加速している。

2.3 交通情報システム

交通情報システムは、信号／基地／運行管理／輸送計画を提供する地上システムと、これらと車両とを有機的に結合するための移動体通信システムによって構成される。

従来、輸送力向上を目的とした高密度運転、路線間の乗換え・直通運転等の利便性の向上、異常時における正常運転への早期復旧が求められてきた。このような状況を背景に、1970年代以降、計画されたダイヤに基づき、人手による信号扱いを解放し、自動で列車の進路を構成する運行管理システムや、駅発車標表示、案内放送の自動化を行う旅客案内システムが導入されてきた。現在では、導入がほぼ一巡し、老朽化に伴う更新が進んでいる。

この間、システムの高信頼化に加え、計算機の高速化、ネットワークの大容量化、表示デバイスの高精細化等の技術の変遷に適応し、従来はベテランの精通者が手作業で行ってきたダイヤ・車両・乗務員運用の計画業務・指令業務ノウハウのソフトウェア化を実現し、業務の負担軽減、効率化を図ってきた。

今後は、移動体無線の高速化を背景に、地上と車上の情報連携による異常時の対応の強化及び乗客への情報提供の迅速化・高度化がより進むものと考ええる。

3. 交通システム製品の変遷

当社の主な交通システム製品の変遷を図2に示す。

3.1 車両システム

1970年代のチョップパ制御装置に始まる主回路装置の無接点化や通勤電車への空調装置普及促進、1980年頃からのパワーエレクトロニクス技術やマイクロエレクトロニクス技術の急激な進歩によって、VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)インバータ制御装置による交流モータ制御を実用化した。

さらに、1990年代にはIPM(Intelligent Power Module)素子応用主変換装置などによって、主回路機器の軽量化、省エネルギー化、メンテナンスフリー化を実現し、空調装置では当社独自のファジー制御による設定温度への早期収束やフルロード／アンロード機能付き圧縮機による多段階のきめ細かな空調能力制御の実現等、世界トップクラスの製品を送り出してきた。

2000年代には、車両システムの核として最適な列車制御を行う車両統合管理システムやユニバーサルデザインを支援するトレインビジョンといった新しいシステムの実現、フェイルセーフ性が要求される列車保安装置へのマイクロコンピュータの適用やICT技術を導入した地上と車上の情報連携強化等によって、車両システム技術を大幅に進化させてきた。

車両統合管理システムが核となり、“走る”から“止まる”まで主要電機品を全て製作できるメーカーとしての幅広い技術力を駆使し、各機器で次のように小型軽量化、省エネルギー化を推進している。

“安全安定に車両を走らせる”推進制御装置・補助電源装置には、主回路素子に低損失で高温動作可能なSiC(Silicon Carbide)を世界初導入してパワーユニットと周辺回路を大幅に小型軽量化し、誘導電動機は低損失化と冷却性能の向上によって全閉型タイプを可能として省保守・低騒音化を実現している。

“車両を安全確実に止める”ブレーキ機器は、電機制御部

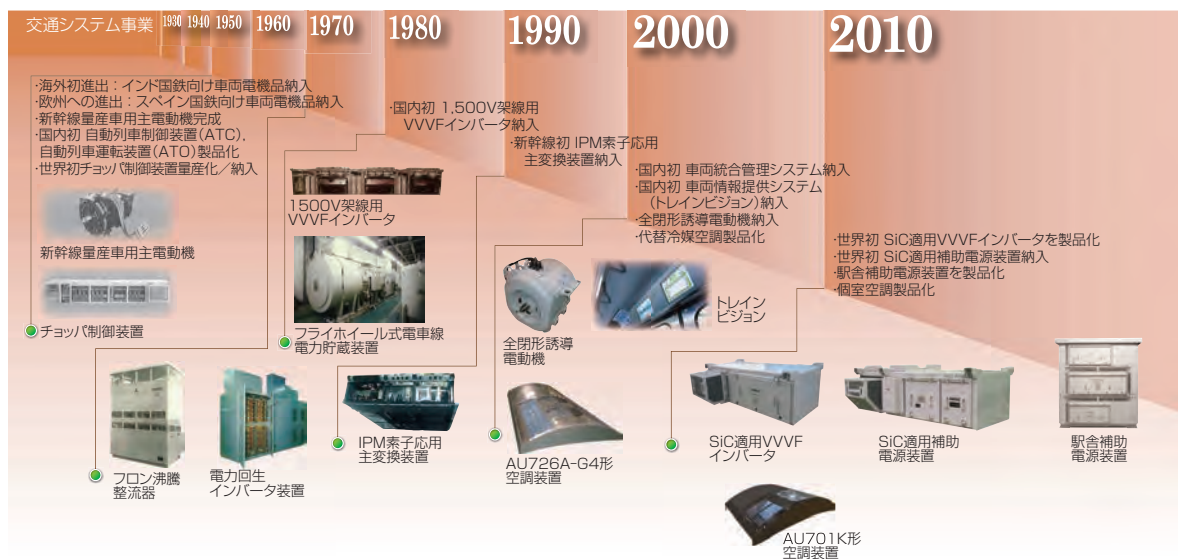


図2. 交通システム製品の変遷

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

と空気制御部を一体化したブレーキ制御装置によって、大幅な小型軽量化を実現し、列車保安装置はデジタル化や伝送の多重化によって性能と信頼性を大幅に向上させている。

“快適空間を提供する”空調装置は、車両ごとの温度設定や乗車率を考慮した制御、個室列車における各室の個別制御、電気ヒーターを用いて除湿に伴う温度低下を抑制した再熱除湿制御及び厳寒期の急速暖房等によって、空調制御の高機能化、低騒音・低振動化や省エネルギー化を実現している。

3.2 電力システム

電力システムでは、業界のリーダーとして、常に新しい技術を他社に先駆けて実用化してきた。

例えば、1925年交流電力から直流電力を変換生成する回転変流機を、1929年には水銀整流器を開発した。半導体技術の進歩に従い、1960年シリコンダイオードを使用した風冷式1,000kW／1,500Vを開発し、1965年鉄道用では初となる変圧器と一体化したレクチフォーマを製作した。1973年世界初となるフロン冷媒による沸騰冷却式を開発し、高信頼性、小型化、不燃性、保守性を実現した。

回生ブレーキ付き電気車は回生電力を有効活用する目的で多くの技術を生み出し、1975年には、回生電力を交流電源で活用するサイリスタ回生インバータを開発した。回生融通を促進するサイリスタ整流器、回生電力を貯蔵するフライホイール式電車線電力貯蔵装置、蓄電池電力貯蔵システム等、回生エネルギーの有効活用は直流き電方式の電力システムの発展を担っている。

さらに、2013年には回生電力を駅設備負荷に供給する駅舎補助電源装置を開発した。回生電力を駅電気設備(照明や空調、エレベーター等)へ供給することで余剰回生エネルギーの有効活用と省エネルギーが実現できる。

3.3 交通情報システム

運行管理システムを始めとする交通情報システムの実現

に当たっては、その時代の最先端技術をいち早く適用し、より高機能、高性能、高信頼なシステムを提供してきた。

運行管理システムや旅客案内では、1970年代の専用ミニコンを応用した集中型システムからスタートし、1980年代には、ミニコンを各駅に分散配置した分散型システムを開発し、より高密度な運転を実現した。

1990年代には、EWS(Engineering WorkStation)を適用し、装置の小型化、高速化、高精細化、操作性向上に加え、当社独自のシミュレーション方式を開発した。ダイヤ、車両・乗務員運用計画、運転整理支援等をシステム化し、計画業務の負担軽減と効率化を実現した。

2000年代に入ると、移動体無線によるデータ伝送が可能になり、列車の情報を地上へ、地上の情報を列車の乗務員又は乗客へ伝達する地上・車上連携システムを開発し、異常時における指令業務の効率化を図るとともに、乗客への情報提供も実現した。

交通情報システムのコンセプトを図3に示す。

4. 今後の展望

4.1 車両システム

推進制御装置や補助電源装置に使用される主回路素子は、これまで飛躍的な発展を遂げ、省エネルギー化に貢献してきた。現在は、SiCが次世代パワーデバイス材料として期待されており、その適用範囲を広げるための更なる高耐圧化と大電流化が、今後の重点開発課題となっている。

また、SiCデバイス適用推進制御装置と高効率全閉形誘導電動機を組み合わせた主回路システム及び高速度域まで回生ブレーキをフルに動作させた“全領域回生ブレーキ”を開発し、従来の主回路システムで行われていた高速度域での空気ブレーキとの併用をなくした。これによって、制輪子などの保守部品の交換周期を延長できるなど、省エネルギー以外の効果も期待できる。

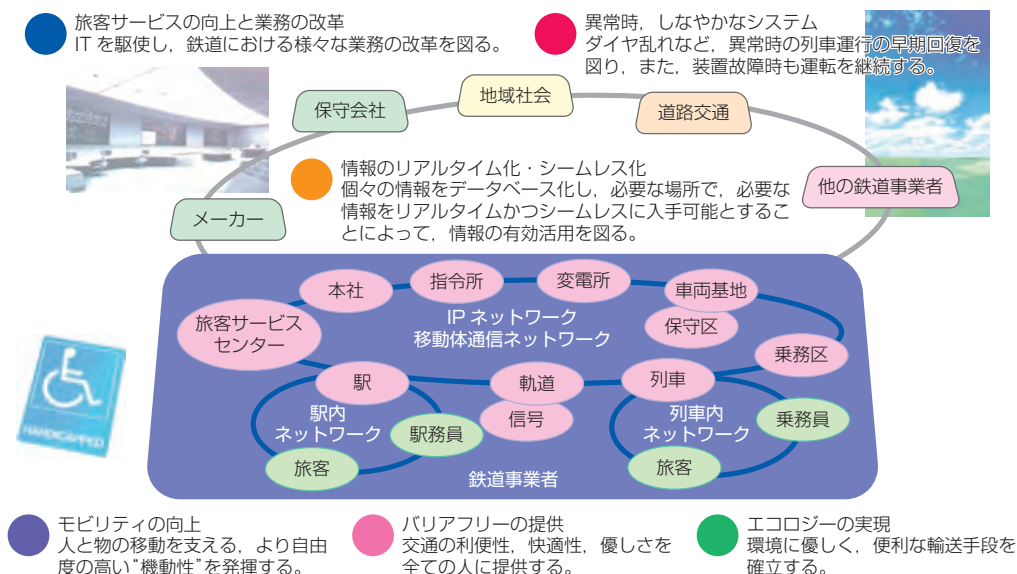


図3. 交通情報システムのコンセプト

空調装置では、車両統合管理システムとの連携を更に強化し、車両運行データの活用、ファンと圧縮機のインバータによる可変速化、及び寒冷地でも暖房性能を確保できるヒートポンプの導入等によって、更なる快適性の向上や省エネルギー化に取り組んでいる。

鉄道事業全体がグローバル化している中で、国際規格や地域規格を踏まえた安全・品質・性能の確保が車両システムにも要求されている。今後も、顧客の要求事項を先取りした世界初、日本初の製品によって信頼を勝ち取り、鉄道事業者と車両メーカー双方から指名を受ける“世界No.1の製品とサービスの提供”を目指して、世界中の鉄道に当社製品を提供していく。

4.2 電力システム

電力システムでは、回生余剰電力を駅舎で利用する駅舎補助電源装置、蓄電デバイスを用いた電力貯蔵システムなどの更なる発展を図る。また、車上・地上の各機器が連携し、列車の位置や運転状態に応じて変電所の出力電圧をリアルタイムに制御することによって、電車線損失を低減するとともに、車両回生絞り込みをなくし回生エネルギーの有効活用を図る、“き電最適制御システム”の開発を進めている。このように、複数システムの再構築による全体最適化を図っていく。

4.3 交通情報システム

運行管理システムの技術動向としては、無線の高速化、セキュリティ技術の向上、端末のコンパクト化、モビリティ性の向上、映像デバイスの高精細化が一層進むものとする。このような動向を踏まえ、無線を利用した列車制御システムCBTC(Communications-Based Train Control)型運行管理システムや、運行管理システム及び旅客案内システムの連携と無線内蔵のモビリティ端末・大型高精細映像デバイスを活用した乗客への情報提供の高度化を実現し、製品力の強化を図る。

さらに、地上・車上連携システムの発展によって、車上走行データを活用することでメンテナンス作業の効率化や装置の適切な交換周期を割り出す分析が可能となる。鉄道事業者とメーカー間とで車上走行データ・基地検査データ・製造履歴／加修履歴データを情報共有し、クラウド環境上に構築することで、交通システムの統合データシステムを全世界に張り巡らせていく。一方、安全・安心の更なる強化のため、単なるカメラ監視から、画像やセンサからのデータをリアルタイムで分析し問題を事前予知できる仕組みを提供していく。

4.4 トータルシステムへの取組み

これまで個々に開発・構築されてきた装置・システムをICT技術の発展によって相互に連携させ、鉄道システム全体で最適化を図ることが重要となっている。

当社では、その代表例として、“鉄道トータルエネルギー・環境ソリューション”(図4)の実現に取り組んでいる。このソリューションは、創エネルギー、蓄エネルギーを実現する新たな機器を導入し、ICT技術の活用によって機器・設備群を協調・連携させ、高効率運用を実現することで、鉄道システム全体のエネルギー最適化を目指すものである。

5. む す び

交通システム事業を取り巻く環境とこれまでの適用技術の変遷、及び将来展望について述べた。

鉄道システムでは、安全・高品質な製品及び上質な旅客サービスの提供だけでなく、バリアフリー環境の提供、エネルギー最適化によるエコロジーの実現等、顧客ニーズ及び社会環境からの要請がますます多様化してくると考えられる。当社はこれまでに蓄積してきた幅広い技術と今後の研究開発による新技術を次世代システムに反映し、鉄道システムの発展に貢献していく所存である。

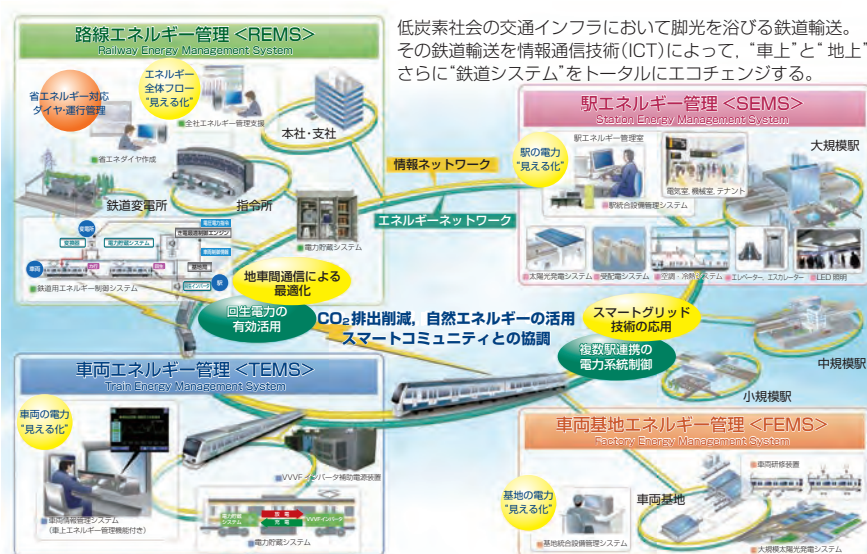


図4. 鉄道トータルエネルギー・環境ソリューション

社会情報システムの変遷と今後の展望

神戸製作所 社会システム第二部長
岡田叔之



1. ま え が き

三菱電機は、上下水道、ビル、空港、道路、ダムなど、市民の生活を支える各種社会インフラに多くの社会情報システムを納入し、社会インフラの安全で適正な運用や管理・保全に貢献してきた。

1950年代半ばから1960年代にかけての高度成長期に整備された施設の老朽化問題、震災を契機とした事業継続計画(Business Continuity Plan：BCP)や省エネルギーへの関心の高まり等、社会環境の変化に対応して、システムの高度化を継続して実施している。

本稿では、監視制御システムや施設・設備管理システムに代表される社会情報システムを取りまく環境と適用技術の変遷、BCP対策や省エネルギーなどのニーズに対応する取組みと今後の展望、及び、その発展形として実現を目指すスマートコミュニティへの取組みについて述べる。

2. 事業を取りまく環境と技術の変遷

様々な社会インフラが建設された高度成長期の監視制御システムは、主にリレー回路やアナログ計器を組み合わせて構築されていた。監視範囲は限定され、手動制御が主体で、システムの操作には一定の熟練が必要とされていた。

1970年代後半になると、電子計算機の技術の進歩とともに、工業用計算機を活用した集中型の監視制御システム

が登場する。1980年代には機械設備などの制御装置としてシーケンスコントローラやDDC(Direct Digital Control)コントローラが導入され、設備ごとに分散配置したコントローラを制御LANで接続した分散型システムとなった。監視は詳細になり制御の自動化も進んで操作員の負担は大きく軽減された。

その後システムは、監視や帳票機能など監視装置も機能ごとに分散・冗長化し、装置故障時のリスク低減や部分的な機能向上を容易にした水平分散型システムへと移行した。現在はクライアントサーバ技術やWeb技術を活用し、機能性・信頼性を更に高めたシステムが主流である。今後は、クラウドシステムの導入など、サービス提供型のシステムも普及していくと想定している。

一方、設備の維持管理の分野でも情報システム技術への期待が大きくなっている。高度成長期に建設した社会インフラの老朽化が進む中、設備の維持・更新を適切に実施することが求められている。

当社は、ワークステーションの登場でコンピュータグラフィックスが普及し始めると同時に、図面や台帳を効率的に管理する施設・設備管理システムを開発してきた。現在は柔軟性の高いWebやデータベース技術の採用によって、システム導入・運用費用の大幅削減を実現している。

また、最新のセンシング技術や拡張現実(Augmented Reality：AR)など、ICT(Information and Communication

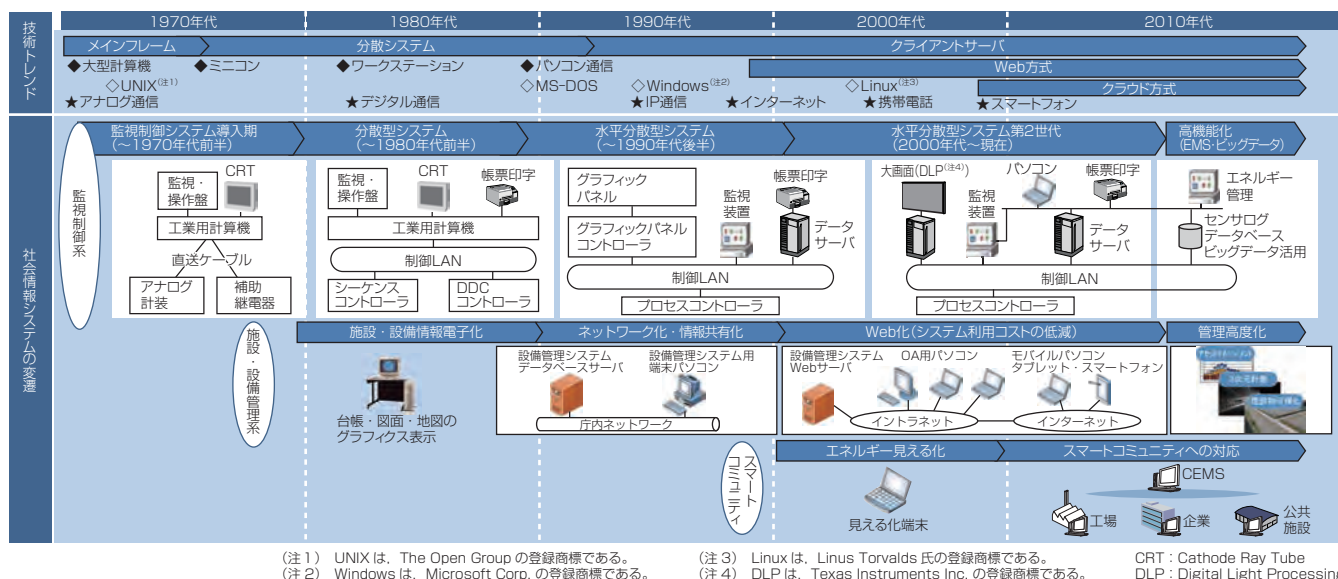


図1. 社会情報システムの変遷

Technology)を活用したシステムの高度化が期待されており、各種の研究開発を進めている。

社会情報システムの普及に伴い、安全・安心、持続的かつ循環型の社会形成に、より高いレベルで寄与することが必要とされてきている。当社は、既存のシステムを更に発展させるとともに、非常時を含む地域エネルギー需給の最適化やビッグデータを用いた道路渋滞緩和などの技術開発など、スマートコミュニティの実現も目指している(図1)。

3. 監視制御システム

3.1 特 長

3.1.1 水処理・広域監視制御システムの特長

近年、社会インフラ分野の運転管理業務では、熟練運転員が減少傾向にある。この対策も含め、当社では非熟練者でも容易に操作ができ、少人数で効率的な業務遂行を可能とする監視制御システムを実現している(図2)。

特長を次に示す。

(1) ユニバーサルデザインの考え方を取り入れた画面

ユニバーサルデザインを全面的に採用し、非熟練者にも分かりやすい画面デザインとしている。

(2) 効率的な監視業務を支援する新機能

監視画面の任意の部分を取り取ってウィンドウ化し、別の画面に重ねて表示する機能を開発した。この機能はユーザーが任意に使用でき、運用の変化に即して画面をユーザー自身で変更し、安全で効率的な監視操作を実施することが容易となった。

(3) Web方式の採用

事務室、現場などあらゆる場所でパソコン・タブレットなどのWebブラウザから監視業務を実施したいとの要求に応えるため、Web方式の監視制御システムを実現している。監視操作端末として汎用機器の適用が可能であり、低コストでシステムを構築できる。

3.1.2 運用支援システムの特長

近年、経営効率化を目的とした施設統合が行われ、運転管理対象の広域化が進みつつある。広域化によって運転管理業務の範囲は拡大し、運転員の負担は増加している。また、省エネルギーへの要求も高まっており、限られた人員でプラントの効率的な運用を実現することが求められている。その要求に応えるため、当社では運用支援システムを開発し、提供している。

例えば、浄水分野での需要予測・送水計画機能は、日々の上水需要量を予測し、大型の送水ポンプの運転を計画するものである。需要予測に基づき、需要家への安定した水供給を確保しつつ、割安な夜間電力の使用などを最大限活用した送水計画を立案・実行する。こういった機能によって、運転員の運転管理業務の一部を代行することができ、運転員の負荷軽減とプラント運用の効率化が実現できる。

3.2 将来展望

社会インフラ分野における環境負荷低減、省エネルギー、省力化の要求に対応するため、今後はICTやエネルギー関連技術を活用した監視制御システムの高度化、付加価値化が必要となってくる。

当社は、上下水道プラントなどでの省エネルギー運転支援機能のほか、再生可能エネルギーを含む分散電源とEMS(Energy Management System)を用いたエネルギー最適化機能を開発し、プラント運用コストとCO₂排出削減に貢献していく。

また、プラント監視制御の省力化に向け、監視データやオペレータの操作履歴等のビッグデータを解析し、熟練オペレータのノウハウをシステムに蓄積・活用するなど、更に高度な自動運転を実現していく。

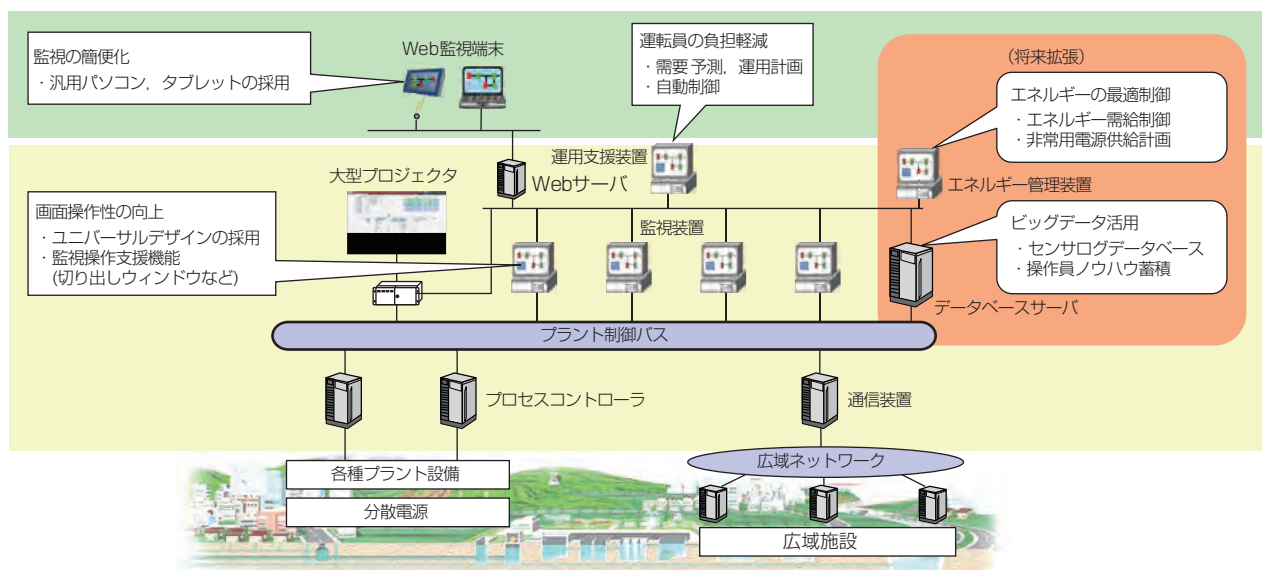


図2. 監視制御システムの特長と将来展望

4. 施設・設備管理システム

4.1 特 長

施設・設備管理システムは、設計情報としての台帳、図面、維持管理履歴を管理し、地図を使った検索を組み合わせ、維持管理業務の効率化や、保守・更新など維持管理コストの低減を支援するシステムである。当社の最新の施設・設備管理システムの特長を次に示す。

(1) Web方式の採用による情報利用範囲の拡大

利用者は、パソコンやタブレットの標準ブラウザを使って、情報の登録・検索・表示が可能である。ソフトウェアなどを追加インストールする必要がなく既存のOA設備を端末として利用できるため、システムの導入・維持や利用者の追加が容易となる。

(2) 構築・改修が容易なノンプログラミング方式の採用

維持管理施策の変更・追加に対応した台帳管理項目の変更が、ノンプログラミングで行える。ニーズに合わせたシステム修正が容易であり、システムの発展性に富む。

(3) 施設・設備情報の陳腐化を防止する自動登録・更新

国土交通省の電子納品要領に準拠し、電子化された納品物の登録・更新を自動化することによって、設備管理情報の最新化を実現している。同様に、施設の設置場所を地図で管理する際に必要な、空間データ、背景地図データの最新化も容易である。

4.2 将来展望

全国的に社会インフラの老朽化が進み、道路・鉄道施設などの健全度を広範囲に評価する必要が出てきている。また、維持管理業務を現場作業も含めて支援する仕組みが求められている。当社は次に示す技術開発によって、社会インフラの維持管理の高度化を図る。

(1) 施設の三次元計測による変状箇所の把握

三菱モービルマッピングシステム(Mobile Mapping

System : MMS)は、時速20～80kmで走行する車両から、社会インフラの三次元計測を行う。交通規制が不要なため、容易に広範囲の状況を計測できる(図3(a))。

道路の舗装面、橋梁(きょうりょう)、又は歩道橋や標識等を計測することで、次のような効果が得られる。

① 道路台帳や下水道台帳などの既存の施設図面と、

MMSの計測結果を比較することで、図面と現況の差異・誤りの把握が容易になる。

② 計測した施設の形状や撮影画像から、ひび割れ、浮き、

変色等の変状・老朽化の有無が把握できる。

(2) 拡張現実による埋設物の可視化

ARを用いることで、現場の映像に、地中埋設物など、現実には見えない施設の情報を重ね合わせて表示することができる(図3(b))。

ARの活用で、上水・下水・電力・ガス等複数の埋設物が交錯している場所での工事が安全に行える、現場に不慣れな作業員でも適切な現場の情報収集が行えるなどのメリットが得られる。

(3) アセットマネジメントの支援

施設・設備の点検結果や、MMSを使った施設の測定結果から、広範囲の施設・設備の健全度把握が可能になる。当社は、把握した健全度に基づき、老朽化の予測やライフサイクルコストを評価したり、施設単位の修繕・更新計画の策定や費用計画を支援したりするアセットマネジメント技術の強化も進めている(図3(c))。

5. スマートコミュニティ

5.1 特 長

近年の省エネルギー需要と2011年の東日本大震災以降の非常時BCPへの関心の高まりに応じ、当社では社会インフラのエネルギー利用の最適化を図るスマートコミュニティを実現するシステムを提供している。



図3. 施設・設備管理システムの将来展望

図4にスマートコミュニティへの展開イメージを示す。

(1) 施設エネルギーの最適化：“スマートエネルギー”

スマートエネルギーシステムは、社会インフラ施設に設置した分散電源(再生可能エネルギー、蓄電池等)とこれらを統括管理するEMSで構成し、エネルギー需給の総合的管理を実現する。このシステムの特長を次に挙げる。

- ①社会インフラ施設から街づくりまでの幅広い分野に適用可能
- ②各分野の監視制御システムと連携し、需要予測に基づき需給計画を行うことで、エネルギーコストやCO₂を最小化するエネルギー最適化を実現
- ③EMSと分散電源による通常時の省エネルギー・低炭素化、非常時(停電時)のエネルギー自立を実現

(2) 防災拠点などの非常時BCP：“スマートレジリエント”

地域の防災拠点、避難所では、停電時に電力を確保する手段として、再生可能エネルギーなどの分散電源を活用する。商用からの電力供給が停止し、非常電源での電力供給に移行するが、社会インフラ施設の稼働期間は備蓄燃料に依存する。このため、このシステムでは、非常電源の供給延長を目的に以下の制御を実現する。

- ①重要設備を対象とした分散電源による停電時需給制御
- ②重要設備の優先順位に基づく縮退運転による延命化
- ③社会インフラ事業者が持つEV(Electric Vehicle)を可搬型の分散電源と位置付けた需給制御での活用

(3) 道路渋滞緩和：“スマートモビリティ”

国土交通省、高速道路会社は、ITS(Intelligent Transport systems)スポットから得られるプローブ情報(走行履歴など)とETC(Electronic Toll Collection system)から得られる有料道路への出入口情報から車両の走行経路を把握し、迂回(うかい)路への経路誘導を行う社会実験を開始した。プローブ情報に基づく経路把握・誘導は、“新たな料金施策策定と連動した渋滞緩和”実現に向けた主要技術の一

つである。

また、走行経路把握を行うシステムでは、車両個々のプローブ情報を扱う大規模データベースの構築が必須となる。当社システムでは、プローブ情報などの多様・多量データを、独自に開発したセンサログデータベースで管理し処理速度を向上させることで、渋滞緩和を目的とした経路誘導とダイナミックロードプライシングを実現する。

5.2 将来展望～地域エネルギーの最適化：“スマートシティ”

従来のエネルギーマネジメントは施設ごとに行われてきたが、今後、電力制度改革(小売自由化)などを背景に、限定された地域内のエネルギー融通、需給の総合的管理、エネルギー利用の最適化を実現する地域エネルギーマネジメントシステム(Community Energy Management System：CEMS)導入の動きが活発化すると考える。

(1) 地域分散電源の最適需給制御による省エネルギー(平常時)

地域分散電源の運用を最適化するとともに、電力ピーク時には施設のEMSに対し節電要求を行い、地域内電力を適切に調整することで省エネルギーを実現する。

(2) 重要施設でのエネルギー自立(停電時)

再生可能エネルギーや蓄電池などの地域分散電源の最適需給制御によって、特定供給エリア内の重要施設に電力供給を行い、エネルギー自立を実現する。

6. む す び

我々の生活は各種の社会インフラに支えられており、その充実、人々の快適な暮らしに大きく関係している。高齢化や施設の老朽化が進み、省エネルギー化が更に必要となる中、社会情報システムの重要性は更に高まってくる。

これらシステムへの要求は、今後より高度化していくと想定し、最新技術を活用した研究開発を加速し、社会ニーズの変化に対応した最適なソリューションを提供していく。

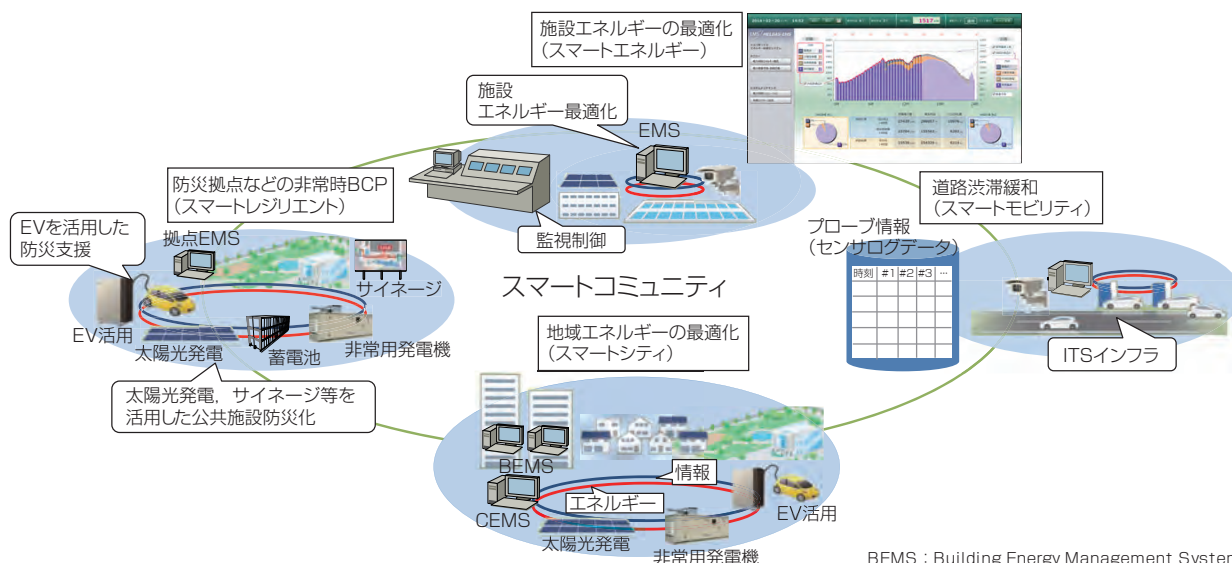


図4. スマートコミュニティへの展開

発電システムの変遷と今後の展望

電力システム製作所 副所長
中野直広



1. ま え が き

我々の社会，経済活動を支える重要なインフラである電力システムは，電気を発生する発電システム，変電所・送電網で送電電圧を変換し各地に送る送変電システム，各需要家に電気を供給する配電システムの3システムで構成される(図1)。発電システムには，ダムで蓄えた水の落差のエネルギーを利用する水力発電，主として石油，石炭，天然ガスなどの化石燃料の燃焼エネルギーを利用する火力発電，原子力エネルギーを利用する原子力発電があり，近年，太陽光，風力などの再生可能エネルギーによる発電への取り組みも進められているが，国内電力の多くを火力発電，原子力発電，水力発電で担っている。

20世紀初頭では，水力発電システムが日本の主電源であった。増加する電力需要に応え，水力発電システムは，大容量化が進められてきた。

20世紀中頃から発電の主力は，水力から火力へと移行し，火力発電システムの普及，大容量化が進められた。

20世紀後半には，高度成長期の電力需要増大に伴う設備の増設・大容量化への対応が進められてきた。

1970年代のオイルショック以降，石油依存体質からの脱却のため，揚水式発電の拡充，コンバインドサイクル発電などによる発電の高効率化，原子力発電の増設，稼働率向上に対応し，火力発電，原子力発電，水力発電のベスト

ミックスによる電力の安定供給が進められた。また，太陽光，風力などの再生可能エネルギーによる発電への取り組みも進められている。

本稿では，発電システムの構成要素の中で，火力発電システム，原子力発電システム，タービン発電機及び水力発電システムについて，技術の変遷と今後の展望について述べる。

2. 発電システムの技術の変遷

2.1 火力発電システム

火力発電は大容量化と高効率化の歴史の中で，汽力発電に加えコンバインドサイクル発電が多く採用されるようになってきた。発電方式やニーズの変化に対応して監視制御システムも進歩を遂げてきており，ここでは火力発電向け監視制御システムの変遷と将来動向について述べる(図2)。

2.1.1 火力発電方式の変遷

1960年代から，それまでの“水主火従”から“火主水従”の時代へ移行し，火力発電設備の増強，大容量化が進められた。1980年代からは需給調整火力の時代となり，ガスタービン発電と蒸気タービン発電を組み合わせたコンバインドサイクル発電の導入が進み，負荷変化や起動停止の容易性が求められるようになってきた。

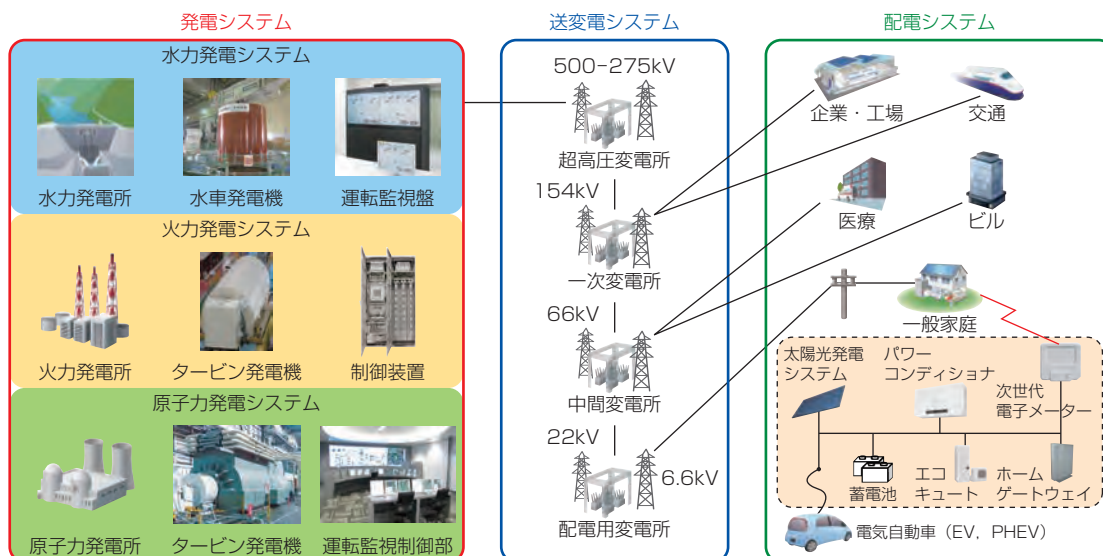


図1. 電力システム

2.1.2 監視制御システムの変遷

1950年代は空気式計器を用いた現場手動操作であったが、1960年代に入ると電子式アナログ計装や電子計算機が導入され、火力発電向けにはデータロギング用途として1963年に“MELCOM330”を初号機として納入した。

1970年代に入ると高度経済成長の下、火力発電は大容量化が進展し、エレクトロニクス技術でもマイクロプロセッサの誕生など飛躍的な進歩があった。三菱電機もマイクロプロセッサを使用した計算機“MELCOM350-30、50シリーズ”を開発し、データロギング用途だけではなくタービン、ボイラのDDC(Direct Digital Control)制御として適用を開始した。

1980年代にはDSS(Daily Startup and Shutdown)運転など柔軟なプラント運用が求められるようになり、監視制御システムにも自動化機能などの高機能化が求められてきた。これらのニーズを受け、16ビットマイクロプロセッサを使用したデジタル制御装置“MELSEP700 / 500”を開発し、制御性、信頼性、保守性の向上を実現した。

計算機の役割も重要度を増すなか“MELCOM350-60シリーズ”を開発し、高速演算性能とリアルタイム性を実現して、自動化による省力化と柔軟なプラント運用に貢献してきた。

1990年代の高度情報化時代に入ると、従来のBTG(Boiler Turbin Generator)盤に代わりCRT(Cathode Ray Tube)での監視操作ニーズが高まり、CRTオペレーション装置“MELSEP2000”と制御装置“MELSEP500PLUS”を開発し、マンマシンインタフェースの充実、高速ネットワーク通信などデジタル技術の適用を大幅に拡大した。

2000年代には環境負荷低減の要求が高まり、ダウンサイジング、オープン化された仕様が求められ始めた。制御装置では従来比30～50%の盤面数削減を実現した“MELSEP550”を開発、計算機／CRTオペレーション装置では産業用パソコン、Linux^(注1) OSを採用した

“MELSEP2000S / C”を開発し、これらをシステムとして組み合わせ市場要求に応じてきた。

(注1) Linuxは、Linus Torvalds氏の登録商標である。

2.1.3 最新技術

制御装置の最新機種“MELSEP5”では、マルチコアプロセッサによる高性能化、CRTオペレーション装置との連携強化、ユニバーサルデザインの採用、さらに前機種とのハードウェア互換による部分更新など、環境負荷低減や省力化といった多様化するニーズに応じている。

2.1.4 将来動向

今後も火力発電が電力供給の中核を担いながら、再生可能エネルギーの利用拡大とともに発電方式の多様化が進展すると予想されている。また、電力小売自由化や発電電分離によって需給制御やエネルギー貯蔵といった電力系統全体の最適運用に向けたニーズも拡大していくものと考えられる。監視制御システムでも、豊富なノウハウと最新のエレクトロニクス、IT技術を生かし、より高い運用性、制御性、省力化等多様化するニーズに応じていく。

2.2 原子力発電システム

当社は三菱グループとしてPWR(Pressurized Water Reactor)型原子力発電プラントの安全性・信頼性確保に対する社会要求に応えるため、特に電気計装分野を中心として、1960年代の黎明(れいめい)期から継続的に技術開発し、三菱重工業㈱と共同で、電力共同研究などを実施し、多くの製品を発電所に納入してきている。

ここでは、年代ごとに当社製品を支えてきた技術の変遷と、今後の取組みについて述べる(図3)。

2.2.1 第一世代：輸入と国産化

プラントの制御・保護システム、及び原子力特有機器である一次冷却材ポンプモータ、制御棒制御装置、電気ペネトレーション、放射線監視装置等は、初号機プラントでは、米国からの輸入品を中心に構成していた。当社は、その後

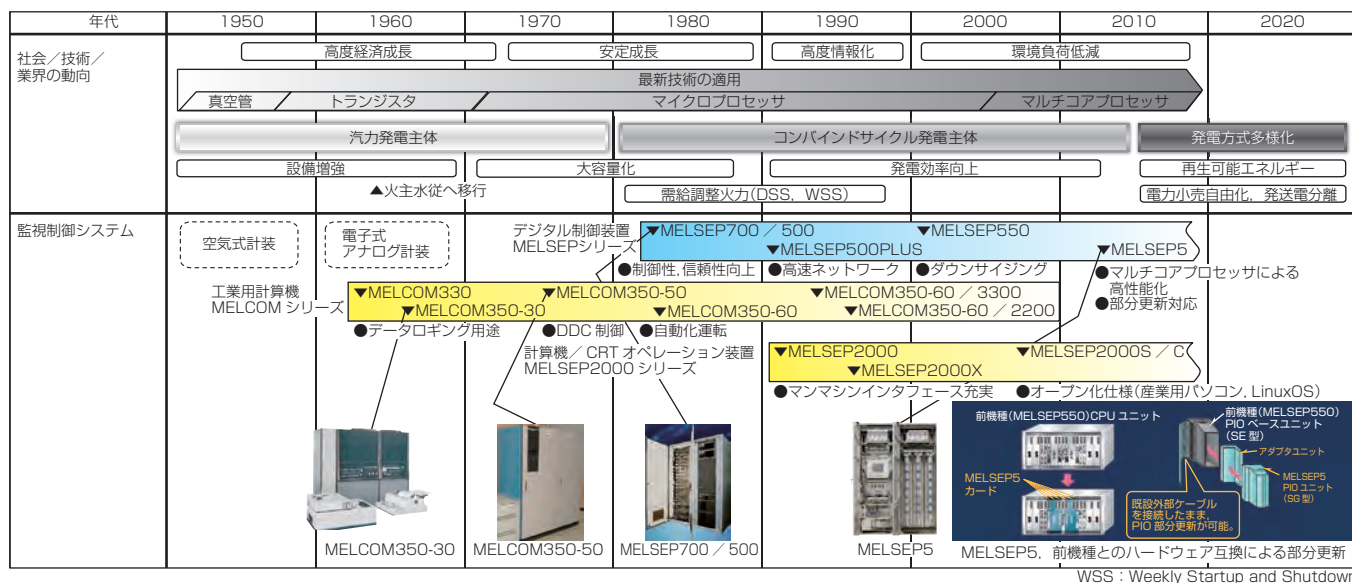


図2. 火力発電システム技術の変遷

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

の継続プラントで、順次自社技術化を図るとともに、小型化などの設計改良を施してきた。

この当時、制御・保護システム等は、ボックス型計器、アナログカードで構成しており、また計算機はプラントの全体監視用途ではなく部分的な監視補助のための性能計算に用いられていた。

2.2.2 第二世代：改良標準化、信頼性、稼働率の向上

この世代では、蓄積してきたプラントの建設経験や運用経験を反映するとともに、当時国内の最新技術の適用、改良標準化、より高い信頼性の設備導入を進めた。

制御棒駆動装置のダブルホールド化、位置指示監視システムの検出器多重化による信頼性向上を図るとともに、補助設備を皮切りとしたデジタル設備導入、計算機によるCRT監視の拡大によって、デジタル化時代の先駆けとした。

次にプラント主要制御系・放射線モニタ等にデジタル装置を開発し導入することによって、運転自動化の拡大を行い、多重化システム技術・分散化・自己診断機能の採用による信頼性と保守性の向上を図るとともに、重要警報の識別を容易にするなど、マン・マシンインタフェースの改善、プラント稼働率向上を図った。

電気設備では、発電機負荷開閉器(GLBS)の採用による、変圧器台数の低減とプラント受電系統強化を図った。

2.2.3 第三世代：更なる信頼性・保守性の向上

第三世代では、マイクロプロセッサ応用技術、高速データ伝送等の技術の適用や、耐環境性(EMC(Electro-Magnetic Compatibility)ほか)を向上させた設備をプラント設備に適用することによって、運転監視・制御・保護システムの総合デジタル化を実現した。

この総合デジタル化システムには、高信頼化ソフトウェア技術(割り込みレス・定周期・ホワイトボックス化)と検証技術(段階的かつ徹底した検証)の適用によって、常用系に加え安全系もデジタル化を図っている。

また、各設備の機種統合・通信システムによる結合・情報の一元管理化、運転員負担軽減とヒューマンエラー防止のためのタスク分析・運転検証を経た全ソフトオペレーションのマン・マシンインタフェース採用によって、デジタル技術が持つ信頼性・情報伝達性・保守性上のメリットを最大限に生かしたシステムを実現した。

これらの最新技術を新設及び更新工事にも適用することで、システムの機能・性能・信頼性の向上に貢献した。

電気設備では、発電機の大容量化、所内UPS(Uninterruptible Power Supply)・開閉設備の省電力化・コンパクト化を図った。

2.2.4 グローバル化と世界最高水準の安全性への取り組み

国内で培った技術を基に、現在、安全系プラットフォームの米国NRC(Nuclear Regulatory Commission)認証取得を推進している。この安全系システムは中国CPR(China PWR)プラントに14セット納入している(2014年6月時点)。また、国内最新規制指針に対応した安全対策の実施と、世界最高水準の安全性達成に向け、電源設備の多様化、設備耐震性の強化、セキュリティ強化、シビアアクシデント対応設備等の開発を推進している。

今後、原子力発電分野で、各国規制に適合した製品を供給する電気・計装設備フルラインアップサプライヤーとして、グローバル展開を進めていく。

2.3 タービン発電機

当社のタービン発電機の歴史は、1908年に長崎の三菱造船所に同所中央発電所用として2極625kVAを製造したことから始まっている。その後、ウェスチングハウスエレクトリック社との技術提携によって、技術的に大きな進歩を遂げ、戦後の復興や高度経済成長期など急速に高まった電力需要を支えてきた。ここでは社会・経済の変化とともに発展してきたタービン発電機の技術動向について述べる(図4)。

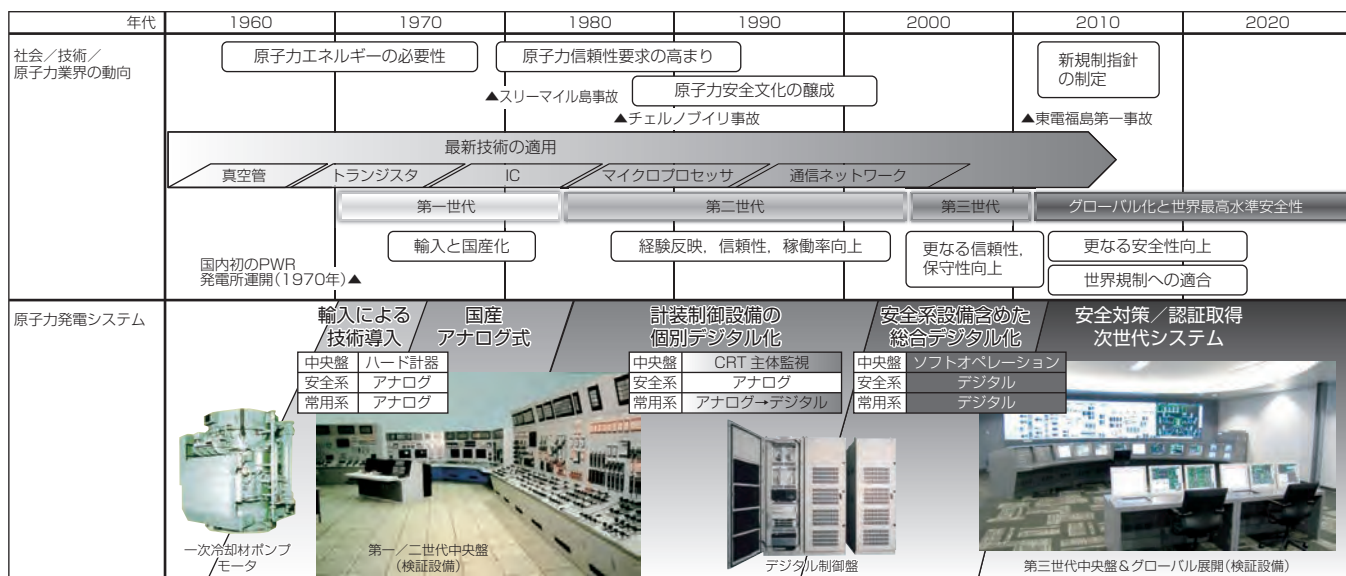


図3. 原子力発電システム技術の変遷

2.3.1 技術の変遷

(1) 電力需要増加に伴う設備増強(1950～1960年代)

戦後の電力需要増加に対応して、冷媒に水素を採用した発電機が普及し始めた。水素は空気と比べて冷却性能が高く、特にコイル内部に通風孔を設け直接冷却する方式(内部冷却)の出現以降、発電機の最大容量は更新され続けた。当社でも1959年に内部冷却第1号機208MVAを製作して以来、相次いで記録品の製作を手掛け、1965年頃には400～500MVA級まで大容量化が進んだ。

(2) 火力／原子力発電機の大容量化(1970～1980年代)

オイルショックの影響によって本格的に原子力発電が推進され始め、当社でも原子力発電向け発電機の開発を進めた。当時の開発によって、原子力発電向けタービン発電機は従来の400MVAから3倍以上の1,300MVAを製作するまでに至った。発電機容量を大きく引き上げた要因は、固定子コイルの冷却媒体に水を採用した効果が大きく、流路の腐食や水漏れなどの課題を試作・検証を重ねて解決しつつ高品質の水冷却技術を確立させた。水冷却技術はその後の大容量化技術の基礎となり、火力発電向けタービン発電機にも採用され、飛躍的に単機容量を向上させた。

当時、省エネルギー化の社会的要求が高まり、タービン発電機の高効率化を進めた時期でもある。計算機の性能が向上し、電磁界や通風等より高度な計算処理が可能となったことで、回転子断面の構造最適化や新通風冷却方式などの技術開発が進み、1989年には高効率技術を採用した水冷却機670MVAを製作し、従来機に比べて0.2%の効率改善を達成した。

(3) 発電設備の経済性の向上と高効率化(1990～2000年代)

バブル経済の崩壊後も海外の電力需要は堅調であり、大容量機の開発が進められた。高強度の軸材や保持環の開発が進められ、回転子の大型化によって大きく出力を向上させた。火力発電向け2極機では1998年に990MVA、原子力

発電向け4極機では2002年に1,600MVAを製造した。

一方で、ガスタービンを利用した熱効率の高い複合型発電方式(GTCC)の利用が世界的に拡大し、大容量で高効率な水素間接冷却機の開発が本格化された。当時の水素間接冷却機はシンプルな通風方式で高効率ではあったが、冷却面で内部冷却機に劣っていたため、高性能絶縁や高効率ファンなどの適用によって冷却を強化し大容量化を進めた。また、3次元FEM(Finite Element Method)を用いた電磁界・流体解析を駆使して低損失構造を実現し、加えて低損失軸受などを導入することで、従来の同出力機と比べて0.2%の効率改善を達成した。

(4) 最新技術

発電機の最大容量は更に増加し、水素冷却機では2極1,400MVA級、4極2,000MVA級、空気冷却機では350MVA級の設計を完了している。2013年には大容量の水冷却機に水素間接冷却機のシンプルな通風構造を適用した新型の高効率水冷却機を製作し出荷した。これらは高強度部材の開発に加え、高性能絶縁の適用や通風冷却の改善などによる冷却性能の向上によって実現可能となった。これらの技術に加えて、更に熱伝導率を高めた高性能絶縁の適用によって、900MVA級の高効率水素間接冷却機の開発を2014年度中に完了し製品化する。

2.3.2 将来動向

更なる高効率化と大容量化のため、高性能絶縁システムと先進要素技術の開発に取り組む。また、ITを駆使した製造技術、状態監視技術、予防保全の開発を進めるとともに、当社の超電導発電機技術の応用も視野に入れ、引き続き社会及び顧客の要求に応える製品を提供していく。

2.4 水力発電システム

100年以上の歴史を持ち、かつては日本の主電源であった水力発電システムは、クリーンで再生可能なエネルギーとして再び注目を集めている。既に揚水発電所が蓄電設備

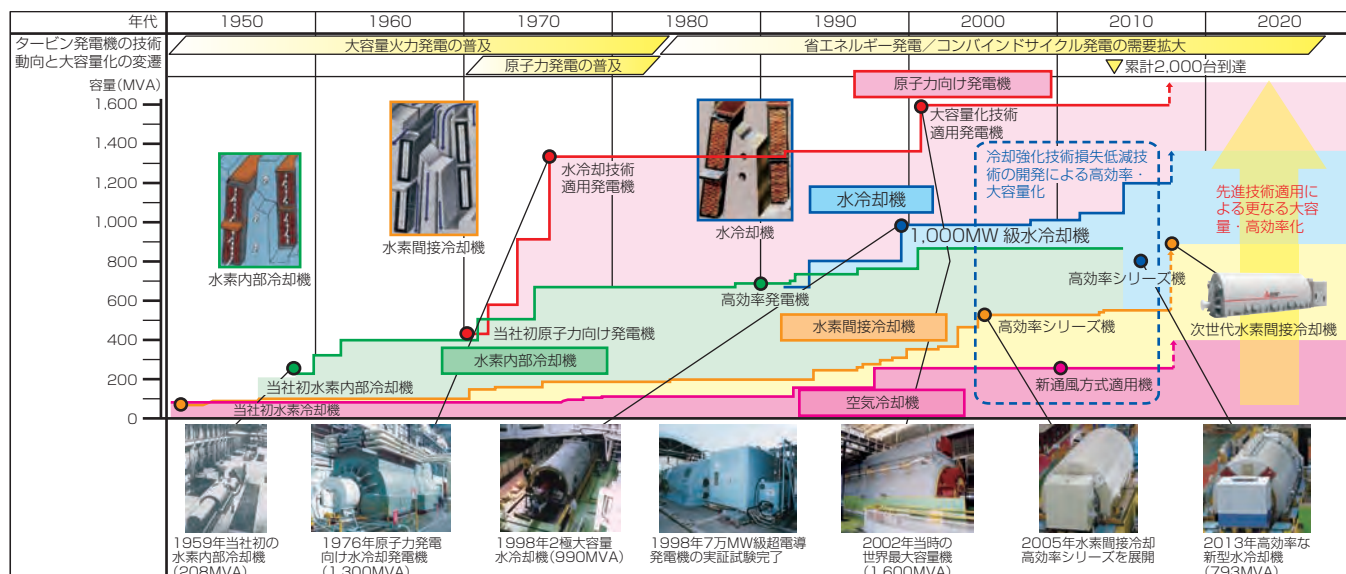


図4. タービン発電機技術の変遷

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

としての役割も担い、電力需要の負荷の平滑化に貢献してきたことは周知であるが、特に可変速揚水発電システムでは、系統安定化のための高速電力制御機能が大いにその性能を発揮している。このように、幅広いニーズに対応してきた水力発電システムの技術動向について述べる(図5)。

2.4.1 水力発電設備の技術動向

発電所建設地の制約や建設コストの削減の方針に因るため、1980年頃から水力発電システムは、一般水力、揚水を問わず高速・大容量化に向けた各要素技術の開発に邁進(まいしん)してきた。その技術革新の例について述べる。

(1) 発電機

発電機の高速・大容量化では、回転体の強度アップは言うまでもないが、軸受の信頼性向上及び冷却方式の開発が最大の課題である。

① 樹脂軸受

軸受は発電機の構成部品の中でも最も信頼性が要求される部位の1つである。軸受摺動(しゅうどう)面に、従来のホワイトメタルと比較して、耐摩耗性、耐焼付性、高温での機械強度に優れ、摺動摩擦係数の低い樹脂PEEK^(注2)(ポリエーテル・エーテル・ケトン)を適用する技術開発を行った。1999年に中容量発電機への適用を皮切りに、中小一般水力向けを中心に実績を積み、2003年に揚水発電電動機に、さらに2006年には当社最大寸法の大容量機にも展開した。

② 冷却技術

大容量化に伴い製作限界を決する重要な要素となった固定子・回転子の冷却については、解析によってラジアルファンとリムダクトの併用を最適化した自冷通風方式を開発し、2000年に従来の容量・回転速度の実績を大きく上回る揚水発電電動機に適用した。

(2) 監視・制御装置

監視・制御装置はデジタル化され、近年では制御ネットワーク、OPS(OPerator Station)による遠隔操作監視が可能となった。また装置は省スペースと省電力化、高信頼性と高機能化(保守性向上)が進み、環境負荷低減、高度なプラント制御実現に寄与している。

2.4.2 可変速揚水発電システムの技術動向

可変速揚水発電は、近年の風力発電や太陽光発電の増加に対し、系統電圧維持及び系統周波数の変動抑制等、電力系統の安定化のために寄与できる発電システムとして注目されている。一方で、一般水力に比べ設備が多くなることによって大容量化による経済性の追求が必須であり、高速化によるコンパクト化が技術課題である。

可変速揚水発電電動機の回転子は一般揚水機の突極回転子と異なり固定子と同様の三相巻線を適用するが、回転速度の2乗に比例して遠心力が働くため、高速になるほどコイルエンド部の強度確保が困難となる。このため、1994年にバインド線による高速機向けコイル支持構造を開発し、回転速度600r/minの世界最速級機を2009年、2011年に国内向けに2台、2010年に海外向けに1台納入した。

2.4.3 将来動向

水力発電システムは、今後とも“電源のベストミックス”で重要な一翼を担ってゆくものと考えられる。

系統安定化を可能とする可変速揚水システムは、更なるコンパクト化を図りシステムの導入を促進する。また既存設備を最新の高効率機に更新することによって、発電所の延命化と水資源の最大活用に向けた取組みを進める。

(注2) PEEKは、Victrexの登録商標である。

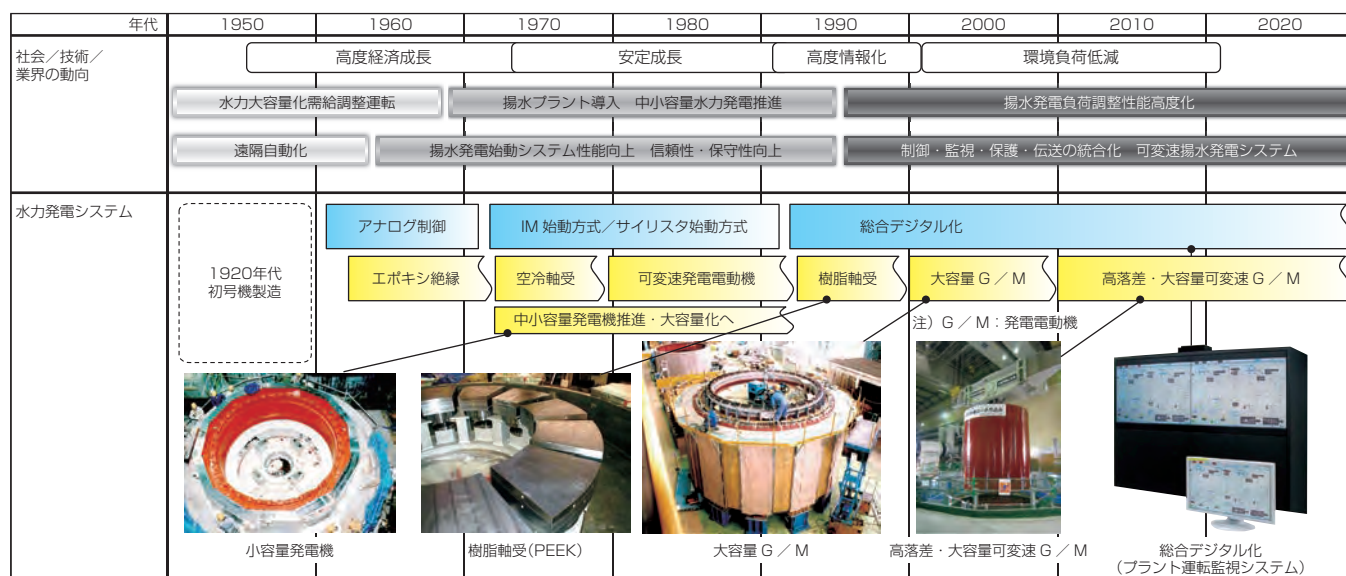


図5. 水力発電システム技術の変遷

3. 今後の展望

2011年に発生した東日本大震災以降、電力安定供給への関心の高まり、電力システム改革を起点とする新たなエネルギー需給システム構築への取組みが加速している。再生可能エネルギー利用の拡大に代表されるエネルギー源の多様化とともに分散型エネルギーの有効性の認識が進み、地域の特性に応じたエネルギー需給管理の実現やそれを支える電力系統全体の運用性向上等、電力市場では今までにない多くの変化が強く求められている。

当社は発電プラントの変遷とともに、それを支える高度な技術で発電機、主回路設備等の大容量化やコンパクト化を進め、また最新の監視制御システム適用によるプラント安定運用、省力化に取り組んできた。近年では、大容量化とともに適用が進むガスタービン起動に不可欠なパワーエレクトロニクス応用の静止型起動装置の開発など、高効率で環境負荷の低い最新の発電プラントに合致した電機品を供給し、最適な発電プラントの実現に向けた貢献を重ねている。

4. む す び

今後も当社は、火力、原子力、水力といった電力供給の中核となる発電システムを主体としつつ、電力市場の自由化進展の中で拡大する新たなエネルギー最適運用への要求に対し、監視制御技術、情報通信技術での先端技術を結集させて応えていくとともに、発電プラントに欠かすことのできない発電機など高度な技術に支えられた基盤となる電機品の継続的な開発・製造を通じて、多様化する要求に幅広く応え、社会の持続的な発展に向けた貢献を続けていく。

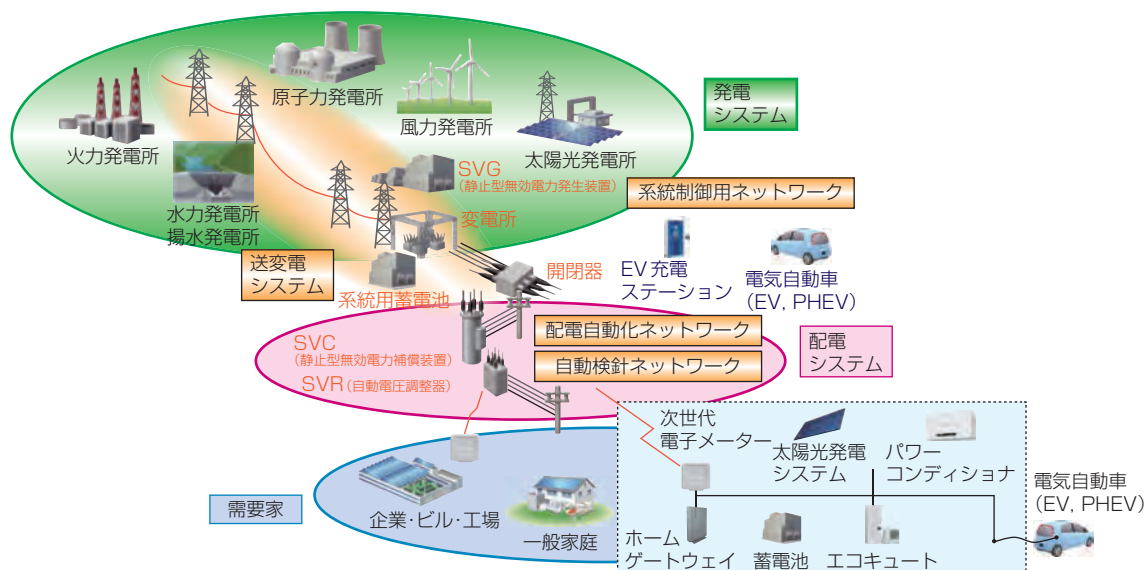


図6. 電力システムの今後(イメージ)

送変電システムの変遷と今後の展望

系統変電システム製作所
 系統変電エンジニアリング統括センター長
 田所通博



1. ま え が き

電力システムは、電気を供給する社会インフラとして、大規模なシステムを形成している。図1に示すように、発電所で発生した12～22kVの電気は、送電時の電気抵抗によるロスを低減するため、変電所の変圧器で275kV、500kV等の高い電圧に変換され、送電網を経由して送電される。そして超高圧変電所、一次変電所、二次変電所、配電用変電所と各変電所で徐々に電圧を下げて、家庭や工場に届けられている。変電所には変圧器のほかに、故障などのときに自動的に電気を切る“遮断器”，送電装置を点検するときに電気を切る“断路器”，落雷のときに雷の電気を地面に逃すための“避雷器”等の安全装置を備えている。

電力システムは電気の発生と消費が同時刻に行われるため、需給制御を行っている。また、系統事故をすみやかに除去して安定な電力供給を実現する保護リレーシステムが導入されている。送変電システムは、高信頼性・高効率化・経済性が要求され、構成要素である開閉装置・変圧器などの変電機器も高電圧・大容量化へ対応するとともに、高信頼性を追求した機種開発が進められた。

本稿では、送変電システムの構成要素の中で、開閉装置、変圧器と保護装置、電力システムを安定に運用するための装置について、技術の変遷と今後の展望を述べる。

2. 送変電システム事業をとりまく環境の変遷

送変電システムの変遷を表1に示す。電力は、産業にとって重要なエネルギー形態であり、電力流通を行う送変電システムは重要なインフラである。高度成長期には、電力需要が急増し、発電所が多数建設されたが、立地制約のため、電力消費地域から遠隔の建設となり、高電圧・大容量送電技術の開発及び安定送電技術の開発が最重要事項となった。日本では1950年代後半から275kVで送電していたが、高電圧化のニーズに対応して1973年から500kV送電が運用を開始した。電力システム規模の拡大とともに、電力システムにおける事故の影響が系統全体に波及することを防止するために、事故時の広域情報をリアルタイムに収集して電源と負荷のバランスを高速制御する系統安定化システムが日本の独自技術として進化してきた。

また日本は50Hzと60Hz地域に分かれているため、BTB (Back To Back) などのパワーエレクトロニクス(以下“パワエレ”という。)機器を用いて異なる周波数間の電力融通を行ってきた。

その後、高度成長期から安定成長期さらには低成長期に移行するに従い、装置の新設が減少し、高度成長期に設置された設備が高経年化してきたことから、機器の延命化・更新計画の平準化等の課題が生じている。さらに、東日本大震災後の原発停止に伴い、低環境負荷の代替電源として

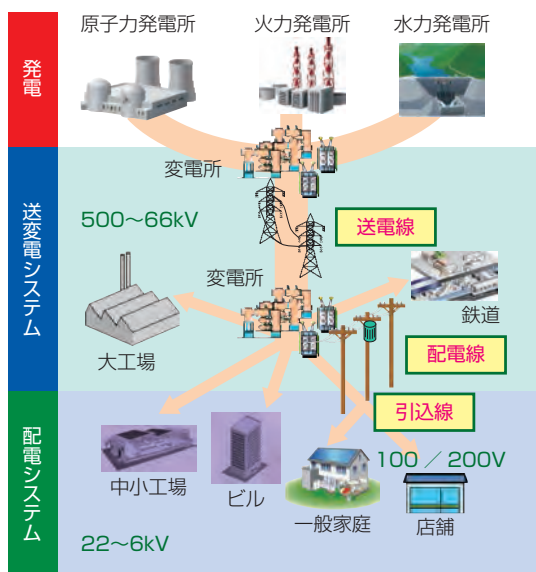


図1. 電力システム

表1. 送変電システムの変遷

	1960	1970	1980	1990	2000	2010
	高度成長期		安定成長期		低成長期	
開閉装置 遮断器 GIS	高電圧化・大容量化 ☆84kV GCB ☆84kV GIS		☆550kVフルGIS ☆米国工場 高信頼化・保守省力化 ☆機器センサ ☆開閉極位相制御		☆1,000kVGIS実証器	
変圧器	高電圧化 大容量化		☆500kV送電運用開始1973年 ☆500kV器 ☆765kV器		☆1,000kV 実証器 ☆分解輸送器(CGPA) ☆三相器1,510MVA世界最大 ☆77kVガス絶縁変圧器 ☆275kVガス絶縁変圧器	
電力系統保護 事故波及防止リレー 電力系統運用	アナログ静止形リレー 位相比較リレー		デジタルリレー (マイクロプロセッサ、メモリ等) FM/PCM電流差動リレー		分散形 事故波及防止	
送電安定化			中央集中形事故波及防止 (系統安定化システム)		☆STATCOM ☆GTO-STATCOM ☆GCT-STATCOM ☆紀伊水道HVDC	
系統解析技術	☆アナログシミュレータ		デジタルシミュレーション ☆ハイブリッドシミュレータ		☆フルデジタルシミュレータ	

HVDC : High Voltage Direct Current

の再生可能エネルギーの一層の導入、供給力不足を補うためのガスタービン電源の新設が行われている。また老朽化電源の廃止・再起動によって電源構成が変化している。従来は大規模電源の大容量長距離送電に対する送電安定度の課題が主体であったが、送電線の潮流制約や、再生可能エネルギー電源の出力変動による電圧変動抑制、電圧安定度などの系統課題への対応が迫られている。パワエレを活用したFACTS(Flexible AC Transmission System)機器であるSVC/STATCOM(Static Var Compensator/STATIC synchronous COMpensator)は、無効電力を制御することによって、これらの課題を解決する対応策として導入が加速されている。海外では大規模な再生可能エネルギー導入に伴い大容量・長距離直流送電の実績が増加している。

3. 変電機器の変遷と展望

3.1 開閉装置の変遷

三菱電機では、表2に示すようにガス遮断器(Gas Circuit Breaker：GCB)の開発・実用化を背景に、1960年代前半からいち早くGIS(Gas Insulated Switchgear)の研究に着手し、1968年に国内初の84 kV GISの実系統試験を行った。さらに、1973年に主母線が気中の550kVハイブリッド形GIS(H-GIS)を、1976年にフルGISをいずれも世界で初めて開発し、実用化に成功した(図2)。550kV GCBでは遮断点数4点であったものを1990年代には保守性向上、小型・軽量化を図った油圧操作一点切GCB及び550kV GISを開発した。この技術を発展させ1,000kV機器開発を行った。また、1990年代には保守性に優れた超高圧ばね操作GCBの開発に注力し、世界初の国内向け300kV GCB、海外向け245 / 362 / 420kV GCBを順次納入した。2010年にはメンテナンスフリー化、経年機器更新のレトロフィットを指向した550kV 2点切ばね操作GCBを開発した(図3)。一方、保守の省力化・合理化要請に応じ、機器の状態に

応じた保守を行うCBM(Condition Based Maintenance)を支援する、高感度のGIS用センサを1990年代から提供してきた。さらに、機器状態の情報をセンサで収集するインテリジェントシステムでデジタル信号伝送をネットワーク化できる小形・軽量の計器用変流器(Electric Current Transformer：ECT)、計器用変圧器(Electric Voltage Transformer：EVT)、開閉時の電力系統・機器へのショックを減らす開閉極位相制御でコンデンサ投入、リアクトル遮断、変圧器投入、線路投入に対応した装置を開発した。

3.2 開閉装置の最新技術と将来展望

2009年には大容量短絡電流への対応が求められる北米などの市場向けに245kV / 80kA GISを製品化しており(図4)、引き続き大容量化の対応とメンテナンスフリー化、ライフサイクルコスト低減、高経年機器レトロフィット対応の開発に注力するとともに東日本大震災に鑑み耐震性評価、耐震技術の開発を推進する。

3.3 変圧器の変遷

変圧器は当社創立当初からのラインアップの一つであり、米国ウェスティングハウスエレクトリック社からの技術導入をベースに独自技術を積み上げてきた。外鉄形、内鉄形の2種類を持ち、高電圧・大容量器や特に堅牢(けんろう)性・コンパクト性を要求される場合に外鉄形を、標準的の中小容量器には内鉄形を適用するなど、ニーズに合わせて適材適所で対応してきた。

1970年代から国内外に500kV器を納入、1980年代には765kV器を輸出、1990年代には1,000kV実証器を納入するなど常に高電圧化の先陣をきるとともに、2002年には三相器として世界最大容量の1,510MVA器を製作・納入した(図5)。

高電圧、超高圧の都心導入に対応し、1980年代には77kV系、1990年代には275kV系の防災型ガス絶縁変圧器を開発・納入した。

表2. 変電機器の変遷

	1960	1970	1980	1990	2000	2010
	高度成長期		安定成長期		低成長期	
開閉装置 遮断器 GIS	高電圧化・大容量化					
	☆84kV GCB		☆550kVフルGIS		☆米国工場 ☆1,000kVGIS実証器	
	☆84kV GIS		☆500kV送電国内運用開始		☆245kV / 80kA GIS	
					☆開閉極位相制御 ☆機器センサ ☆550kV 2点切ばね操作 GCB	
変圧器	高電圧化					
	☆500kV器		☆765kV器		☆1,000kV 実証器 ☆米国工場	
	大容量化					
	☆特別三相器		☆分解輸送変圧器(CGPA) ☆三相器1.510MVA世界最大			
			☆77kVガス絶縁変圧器 ☆275kVガス絶縁変圧器			



図2. 世界初550kVフルGIS



図6. 500kV CGPA変圧器

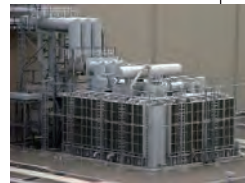


図5. 1,510MVA変圧器



図4. 245kV / 80kA GIS



図3. 550kV 2点切ばね操作GCB

特集 I：当社技術の変遷と将来展望

高電圧・大容量化に反して厳しくなる一方の輸送制限を打破する開発に先陣をきり、いち早く特別三相変圧器や分解輸送変圧器(Coil Group Packed Assembly：CGPA)を製品化した。1984年に275kV、1992年に500kV CGPA変圧器を納入開始している(図6)。

3.4 変圧器の最新技術と将来展望

高経年器の増加に対応し、オンライン油中ガス分析装置などの早期異常診断装置を製品化しており更に高度化を図る。また、外鉄形変圧器が本来持っている耐震性に加え、ブッシングの油-ガススペーサ化など、付属部品の簡素化によってトータルとして高耐震化を図るとともに、低騒音、低損失にも配慮した環境適合形変圧器を目指す。

3.5 変電機器のグローバル生産体制整備

海外市場の機種競争力強化を目的に、現地生産による地産地消を推進してきた。北米の当社生産拠点であるMEPPI(Mitsubishi Electric Power Products Inc.)社では、1986年から開閉器の製品出荷を開始した。変圧器は米国の更新需要の活発化を背景として2013年にMEPPI社の傘下に米国テネシー州メンフィスに変圧器工場を新設し、変圧器事業のグローバル生産体制を強化している。

4. 系統保護リレーの変遷と展望

4.1 系統保護リレーの役割

系統保護リレーは、事故除去リレーと事故波及防止リレーに大別される。前者は、落雷などに起因する事故の区間(送電線、変圧器、母線等の設備)をすみやかに系統から遮断し、公衆安全の確保や設備損傷の防止を図る。後者は、所定の発電機や負荷の遮断などによって、事故の影響が波及し系統異常現象(脱調、周波数・電圧逸脱、過負荷等)にいたるのを未然に防止する。ともに供給支障の軽減を目的とする。

4.2 系統保護リレーの変遷と当社の取組み

系統保護リレーの主要な変遷を、最高送電電圧や年間使

用電力量の推移とともに表3に示す。同表から分かるように、500kV送電線の導入(1973年)、電力需要の急増、及びマイクロプロセッサ・通信など基盤技術の進歩は、系統保護リレーのデジタル化を急速に進展させた。

当社は初期の16ビット形からデジタルリレー市場に参入、2000年代に入ってから、小型化、運用保守性・信頼性・拡張性・適応性の向上、及び環境負荷低減等の時代の新たな要求に応えて、32ビット“MELPRO-CHARGEシリーズ”を投入した。最近では、ユニット交換による部分更新を可能として保守性を大幅に向上、従来機種との対向接続が可能であるなどの特長を持つ“MELPRO-CHARGE2シリーズ”を開発し、2013年に初号機を納入した。従来機種と比べてヒューマンインタフェース(HI)も向上させている(図7)。

基幹系統(187～500kV)の送電線保護を目的とした事故除去リレーに着目すると、デジタル化以前は位相比較方式が広く採用されていた。これは対象送電線両端の電流位相差から事故区間を判定するものだが、原理上多端子系統への適用が困難であるため、拡大化する電力系統で、主役の座を電流差動方式に譲っていった。電流差動方式は、全端子の電流瞬時値を相互に伝送し合い、キルヒホッフの法則に基づいてリレー演算するもので、多端子系統を含めてほぼ完ぺきに事故区間判定が行える。伝送する電流の変復調の方法によって、FM(Frequency Modulation)電流差動とPCM(Pulse Code Modulation)電流差動とあるが、保護リレーや通信路のデジタル化に対応し後者が主流となっていく。1980年代に実用化され、現在では、ほぼ全ての重要送電線でこの方式が採用されている。500kV送電線保護用PCM電流差動リレーの例を図8に示す(MELPRO-CHARGE適用)。

事故波及防止リレーは、1950年代に単体の脱調分離リレーなどが導入された。系統規模の拡大や電源の大容量化・遠隔化等は系統現象の複雑化を招き、これに応じて事

表3. 系統保護リレーの主な変遷

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
形態 (基本要素)	電気機械形リレー (誘導円盤など)		アナログ静止形リレー (トランジスタなど)		デジタルリレー (マイクロプロセッサ、メモリ 等)		
系統保護用通信	FDM：周波数分割多重 TDM：時分割多重 OPGW：光ファイバ複合架空地線			マイクロ波回線 (FDM→TDM)			光伝送 (OPGW)
最高電圧 kV	154～	275～	500～				
年間電力 使用量 (GWh)	電気事業連合会ホームページ 電気事業 60 年の統計から引用						
	37	99	320	620	766	982	1,056

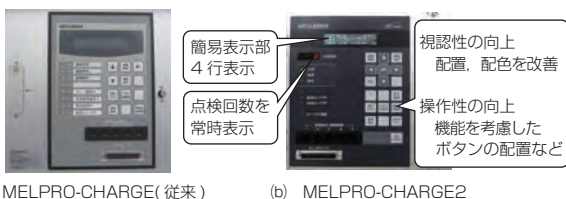


図7. 主力デジタルリレーのHIパネル



図8. 500kV送電線保護用PCM電流差動リレー(1端子分)



図9. BSS装置の外観

故波及防止リレーは、単体の分散形から通信を活用する中央集中形へとシステム化されていった。これは系統安定化システムとも呼ばれ、1960年代に日本が世界に先駆けて実用化した。初期にはアナログ静止形などが使われていたが、現在ではデジタルリレーが主流となっている。当社は導入当初からこの市場に参入しており、最近では、大幅な系統構成の変更、新規大容量電源・長距離送電線の新設等による保護範囲の拡大に応じて、複数の大規模系統安定化システムを製作・納入した。2011年5月に運用を開始した関西電力BSS(Bulk power System Stabilizer)を例にとり、各装置の外観を図9に示す。これは、100箇所近い電気所に設置され事故検出・負荷制限装置が親装置と通信で結合された世界最大規模の系統安定化システムである。

4.3 今後の展望

分散型電源の普及拡大、電力システム改革による広域連系の強化は、系統保護上の課題を更に複雑化させる可能性がある。そのため、系統保護リレーに求められる機能・性能・信頼性は、今後ますます高度なものになっていくと予想される。当社は、分散型電源の事故時応動を考慮できる系統解析手法の確立、最新機種であるMELPRO-CHARGE2シリーズの適用拡大、及び効率的なシステム構築を可能とする新たな通信方式の開発等を推進し、これからの系統保護リレーに求められるニーズに応じていく所存である。

5. 送電安定化技術

最近の電力系統では、原子力問題、環境問題や電力自由化を背景に、電源の遠隔化又は集中・偏在化、変動負荷の増加が発生し、さらに老朽火力の廃止によって、系統安定度や電圧安定性等の系統問題が生じている。これらの対策として、自励式のSTATCOMや他励式のSVCは、系統安定度や電圧安定性等、多くの系統問題を解決する手段として有効である。SVCやSTATCOMは、半導体スイッ

チング素子を用いることで、連続的かつ高速な無効電力制御が可能であり、静止器の長所であるメンテナンス性の良さも持ち合わせている。STATCOMは、自励式変換器でGCT(Gate Commutated Turn-off)サイリスタなどの自己消弧素子を適用した交直変換器である。図10に示すように自励式変換器の直流コンデンサによって直流電圧を一定に維持しながら、自励式変換器から発生させる交流電圧を上下させることで、進相・遅相無効電力を自由に制御できる。当社は1979年にSTATCOMの実フィールド試験を行い、1991年にGTO(Gate Turn-off)サイリスタ素子を用いた世界初の80MVA STATCOMを納入し、定態安定度向上によって送電能力を向上させた。2004年にはGCTサイリスタ素子を用いた80MVA STATCOM、2012年には世界最大級容量の450MVA STATCOMを納入した。2013年には定態安定度向上と過渡安定度向上を行う130MVA STATCOMを納入した。外観を図11に、システム構成を図12に示す。このSTATCOMは78MVA器と52MVA器の2並列構成となっており、合計130MVAの容量を持つ。STATCOM主回路は自励式変換器と変換器用変圧器(多重変圧器)で構成される。3台又は2台の自励式変換器の出力電圧を、3段又は2段多重変圧器を用いて合成して系統に連系する。このシステムでは系統の定態安定度や送電容量を向上させるため、系統電圧低下に応じて無効電力を供給するAVR(Automatic Voltage Regulator)制御を行う。さらにダンピングを向上させる目的でSTATCOM連系点における発電機からの潮流変動を検出し、これに応じて系統電圧を上げ下げするPSS(Power System Stabilizer)機能を付加し、系統動揺を抑制する。

また、系統事故中、事故除去時や除去後に無効電力出力を制御することで、過渡安定度問題を解決している。

今後、原子力問題や再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、様々な系統課題が顕在化する可能性があり、これらを

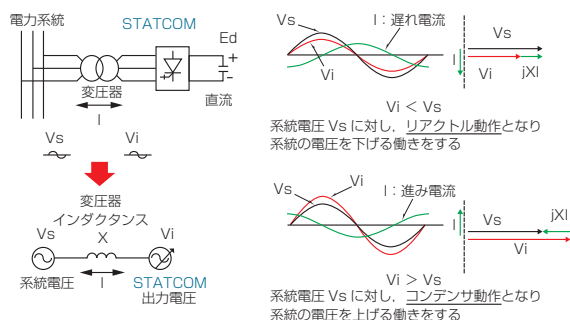


図10. STATCOM基本動作



図11. 130MVA STATCOM

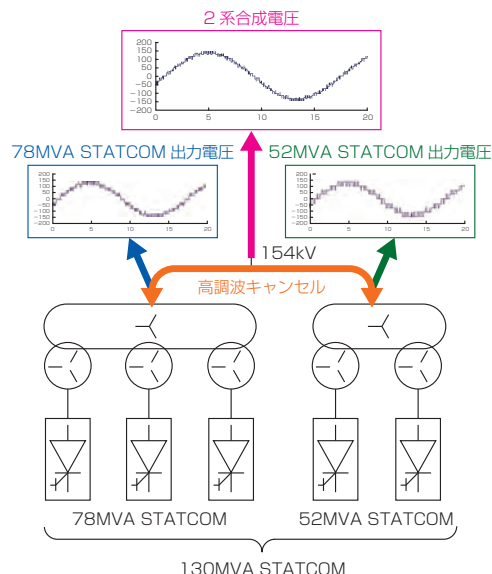


図12. 130MVA STATCOMのシステム構成

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

解決する手段の一つとして、無効電力補償装置はますます重要になると考えられる。

6. 系統解析技術

系統解析技術の主要要素として、図13に示すように、①動作特性を記述したモデル、②モデルを組み込んでシミュレーションを行う解析プログラム、③製品検証・実証試験用にリアルタイム模擬を行うシミュレータがある。このうちシミュレータは計算機とパワーエレクトロニクス技術の適用によって近年大きく進化した分野である。シミュレータとして1960～1970年代は、回転機・変圧器・送電線等、実機器をそのまま小型化した模擬送電線が用いられたが、スペース・保守・安全性・柔軟性に着目して1980年代からデジタル技術を組み合わせたハイブリッド型、さらにはフルデジタル型シミュレータが開発・適用された。当社では、自励式パワーエレクトロニクス機器にはハイブリッド型、それ以外の機器にはフルデジタル型を用いて製品検証してきた。ハイブリッド形の外観を図14に示す。近年、従来の基幹系に加えて、需要家・配電系まで含めたスマートグリッドとしての解析が重要となった。需要家・配電系は、実機器を用いての実証実験が可能かつ効果的である。当社では伊丹地区で6.6kVの実証施設を設置している。この時に、基幹系の動きをリアルタイムでシミュレーションして、実証配電系統にフィードバックすることで配電系と基幹系の相互作用が模擬でき、系統全体としての評価ができる。実証配電系へのシミュレータの接続点には巨大なアンプが必要となるが、パワーエレクトロニクス技術適用によって1 MW / 6.6kVのBTB装置として実現している。

今後、新型変換器・分散電源・通信・制御系等の新機器のモデル開発とともに、各種解析プログラムとシミュレータのシームレスな統合化が進むと考えられる。

7. む す び

送変電システムの変遷と今後の展望について述べてきたが、当社はこれまで市場のニーズに合致した製品開発をいち早く行い、世の中に提供してきた。

高経年機器の増加、環境負荷低減、地域間連系・国家間連系強化、電力自由化への対応、異種エネルギーとの統合システム、スマートグリッドシステム導入等、電力システムは転換期を迎えていると言われている。海外では大規模長距離送電に直流送電が適用され、近年では洋上風力発電関連での直流送電計画が増えてきている。電力システム側でも、システムを安定に運用するため各種のパワーエレクトロニクスシステムが検討されている。スマートグリッドの導入に伴い、先に述べたパワーエレクトロニクス技術に、従来の電力系統運用技術などが融合し、新しい送変電システムに発展するものとする。今後も国内外の市場ニーズを見極め、市場が求める製品を世に送出し、多様化する電力システム・社会インフラの発展に寄与していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 高塚桂三，ほか：550kVガス絶縁開閉装置(GIS)の開発と製品化，電気学会論文誌B，128，No.5，709～713(2008)
- (2) 玉置榮一：外鉄形変圧器の技術動向と展望，三菱電機技報，75，No.8，544～548(2001)
- (3) 保護リレーシステム基本技術体系，電気学会技術報告第641号(1997)
- (4) 竹田正俊：自励式無効電力補償装置(STATCOM)の開発と製品化，電気学会論文誌B，129，No.7，855～858(2009)
- (5) 福井伸太：電力流通の進化を支えるシステム技術，三菱電機技報，86，No.9，480～483(2012)

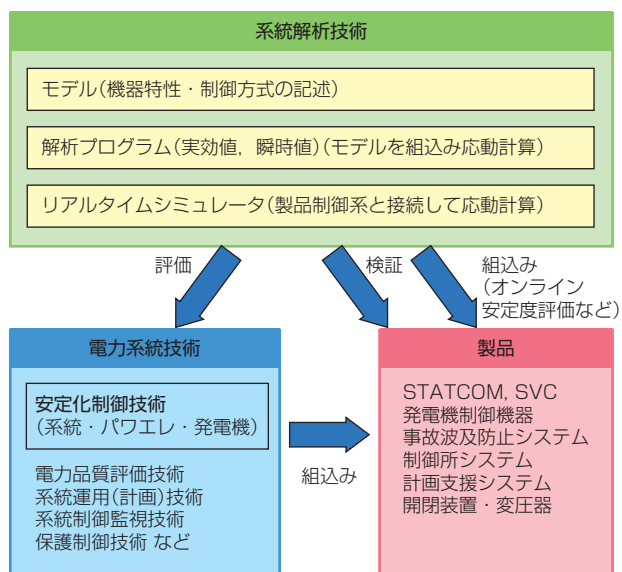
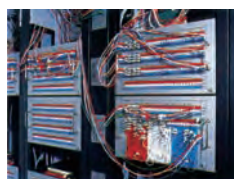


図13. 系統解析技術とその適用



送電線アナログモデル



発電機デジタルモデル

図14. 当社のハイブリッドシミュレータ

受配電システムの変遷と今後の展望

受配電システム製作所 主管技師長
 七田浩一



1. ま え が き

受配電システムは、電力会社の配電線から電力を受ける鉄道・工場・ビル・店舗等の受電点から動力・照明など配電端負荷にいたるまでの電力供給用設備、保護・計測・監視・制御装置を構成要素としている。また、これらは、公共・民間を問わず、社会インフラにおける重要な基幹システムに位置付けられる。

受配電システム機器は、社会のニーズに対応し、技術の進展によって、安全・信頼性の追求、小型・軽量化、運用・保守性の改善がなされてきた。また、近年でも、変化
 する社会ニーズ(高効率、高信頼性、安全性向上、ライフサイクルコスト(LCC)削減)に対応した技術の進展によって、安全性・信頼性の更なる向上、運用効率の改善、省エネルギーの推進がなされている。

本稿では、当社受配電システム機器の歴史とそれを支える技術の歩みについて述べる。

2. 受配電システム事業を取りまく環境の変遷

受配電システムを取りまく社会のニーズ変遷は、電気工作物規定などが整備された1950年代から始まる(表1)。

2.1 1950年代

戦後復興を果たすための電力増強期であり、海外から導入された技術を基に国産化製品の普及が進む中で、安全

性・信頼性の向上、大容量化の社会のニーズとともに規定・法令の施行が求められた。

2.2 1960～1970年代

経済成長によって大規模プラントの新設が進み、動力源である電力需要が急増し、大容量化と同時に人口過密地域における用地確保の困難から省スペース化が求められ、安全性向上の観点から不燃化のニーズが高まった。

2.3 1980～1990年代

安定成長期から高度情報化期へ向かう中で、地価高騰による省スペース化のニーズが一層高まるとともに、労働力の不足から省力化が求められた。また、バブル経済期には急速な高度情報社会への進展と電力安定供給の観点から予測保全、電子機器化と設備の高信頼性ニーズが高まった。

2.4 2000年代～現在

持続可能な発展希求期として、地球温暖化、資源の枯渇等の環境問題への取組みが地球規模での最重要テーマとなっている。地球環境への悪影響を最小限にとどめつつ人間社会の継続的発展を図るための技術開発が求められ、省エネルギーや製品・材料の環境負荷低減ニーズが高まっている。プラント運転効率の向上と運用・保全コスト削減のニーズが一層高まり、LCC低減ニーズへと拡大してきている。さらに、グローバル市場での事業展開が一層加速される中、高電圧化・大容量化・安全性向上ニーズへの対応が必要であり、ユーザー、設計・施工会社、メーカーでの共

表1. 社会のニーズ変化と受配電システム技術の変遷

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
社会のニーズ	電力増強期 ・設備増強 ・安全性向上	高度成長期 ・用地事情の悪化 ・安全性向上	安定成長期 ・労働力の不足 ・電力の安定供給	高度情報化期 ・省力化 ・高信頼度化	地球環境負荷低減期(環境負荷・LCC) ・地球温暖化防止(京都議定書) ・RoHS発効		
受配電設備	屋外開放形	屋外/屋内閉鎖形	密閉縮小形(SF ₆)<GIS形>	密閉集積形(SF ₆)<C-GIS形>	密閉集積形(ドライエア複合絶縁)		
中電圧スイッチギヤ	開放形 閉鎖形(キュービクル)	閉鎖形(メタルクラッド) ・多段積形 ・固体絶縁形(ミニクラッド)	ガス絶縁スイッチギヤ(GIS) ・薄型(前面操作・前面保守)	キュービクル形ガス絶縁スイッチギヤ(C-GIS)	複合絶縁縮小形スイッチギヤ ・超小型		
中電圧遮断器	油遮断器(OCB) 空気遮断器(ABB)	磁気遮断器(MBB)	ガス遮断器(GCB) 真空遮断器(VCB) 電磁操作式→バネ操作式		(VCB)電磁操作式		
低電圧モータコントロールセンター	・NC形	・E形 モータコントロールセンター	・G形	・V形 マルチモータコントロールセンター	・Z形 ・A形 ・B形		
電力監視システム		簡易直接監視盤・遠方監視盤		MELSAS-S 集中監視	CNF形分電盤 LIM形インバータ盤		

OCB: Oil Circuit Breaker, ABB: Air Blast Circuit Breaker, MBB: Magnetic Blow-out Circuit Breaker, GCB: Gas Circuit Breaker, VCB: Vacuum Circuit Breaker, RoHS: Restriction of the use of certain Hazardous Substances

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

通課題として中国・ロシアの勃興に伴う国際標準化の重要性の高まりへの対応も急務となっている。

3. 事業や技術の変遷

3.1 中電圧スイッチギヤ

中電圧(72 / 84kVも含む)スイッチギヤは、電力供給の信頼性と安全性のニーズに対し、電気絶縁・開閉遮断・制御技術及び製造技術の進歩によって、機器単体を敷地に配置した開放形から、金属閉鎖形、密閉形(ガス・固体)へと発展しており、小形・軽量・省勢力化を追求してきた(表2)。

3.1.1 1950年代

主として米国から、遮断器とともにメタルクラッドスイッチギヤ技術を導入し国産化した時代であり、引出形遮断器による保守の安全性と利便化・省力化に対する配慮に加え、開放形から閉鎖形への小形・軽量化が行われた。

3.1.2 1960年～1970年代

省スペース化・不燃化のニーズに対応して進化し、収納する遮断器は、従来の油(OCB)・空気(ABB)・磁気遮断器(MBB)等からガス遮断器(GCB)、真空遮断器(VCB)へと置き換わった。三菱電機では、1967年にVCBを収納した“WV形”メタルクラッドスイッチギヤを発売した。これは多段積スイッチギヤで、箱体にアングルフレームを使用せず、現代の主流となっている鋼板折り曲げ構造が採用された。また、より小型化を目指した固体絶縁スイッチギヤが出現した。

3.1.3 1980年～1990年代

この年代では、保守スペースも含めた電気室の省スペース化ニーズに対応して、7.2kVの“FF形”薄型スイッチギヤを発売した(図1)。これは奥行きが700mmと極端に小さく、後面を壁に密着して据付け可能なため、バブル期のビル建設ラッシュと相まって需要を拡大し、前面操作・保守形態の特長的製品として現在まで長期にわたり適用されている。

また、地価高騰による省スペース化や省力化のニーズが一層高まった結果、36kV以下へのキュービクル形ガス絶縁スイッチギヤ(C-GIS)需要に対応して、1985年に“GS形”C-GISを製品化した。これは定格圧力を0.12MPa-gとしてGCBを搭載し、世界初となる3,000A定格の大容量化を実現した(図2)。これを端緒としてC-GISの開発は進み、1988年には24 / 36kV定格でGCB搭載の“GX-20 / 30G形”C-GISを、1992年には24kV定格でVCB収納の“GX-20V形”C-GISを発売し設備の小形・軽量化に大きく貢献した。1996年には72 / 84kVで一層の小型化を図り従来より更に省スペース化した“GX-70V形”C-GIS(図3)を発売した。タンクに革新的な薄板構造を適用した製品で、遮断器は当初2点切りVCBを搭載し、後に1点切り搭載へと発展した。

保護・計測・制御機器では、従来の電磁機械形やアナログ静止形に代わりデジタル形保護計測制御装置(図4)が標準搭載され、盤内配線ケーブルの削減とともにデジタル形が持つ自己診断機能や伝送システムによって受配電システム全体の高信頼度化と高機能化を実現している。

3.1.4 2000年～現在

SF₆ガス(地球温暖化係数：22,800)を使用した中電圧C-GISは、元々低ガス圧のためSF₆ガス使用量が少ない製品である。更なる使用量削減のための小型化、または脱SF₆ガスによる低炭素化の取組みが積極的なされた結果、2000年に、低ガス圧“ドライエア(地球温暖化係数0)”絶縁でVCB搭載の24 / 36kV複合絶縁“HS-X形”C-GISを発売した(図5)。72kVについては、2006年に低圧力(0.15MPa-g)の複合絶縁“HG-VA形”C-GISを発売、2007年には7.2kV“MG-VA形”C-GISを発売して国内受配電設備向けドライエア複合絶縁C-GISのシリーズ化を完了した。

また、保護と計測・制御機能を一体化したデジタル形保護計測制御装置は、測定電流60～600Aを1種類の定格変流比の変流器(図6)にも対応し、ワイドレンジ変流器とト

表2. 社会のニーズ変化と中電圧スイッチギヤ技術の変遷

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
社会のニーズ	電力増強期 ⇄ 高度成長期 ⇄ 安定成長期 ⇄ 高度情報化期 ⇄ 地球環境負荷低減期(環境負荷・LCC) ・設備増強・用地事情の悪化→縮小化・労働力の不足→省力化 ・安全性向上→不燃化 ・電力の安定供給→高信頼度化 ・地球温暖化防止(京都議定書) ・RoHS発効						
中電圧 スイッチギヤ	開放形	閉鎖形(メタルクラッド)	ガス絶縁スイッチギヤ(GIS)	キュービクル形ガス絶縁スイッチギヤ(C-GIS)	複合絶縁縮小形スイッチギヤ		
	閉鎖形(キュービクル)	多段積形	・固体絶縁形(ミニクラッド)	・薄型(前面操作・前面保守)	超小型		



図1. FF形スイッチギヤ



図2. GS形C-GIS



図3. GX-70V形C-GIS



図4. デジタル形保護計測制御装置



図5. HS-X形複合絶縁スイッチギヤ



図6. 複合変流器

ラック形の零相変流器を一体注型した複合変流器を発表した。

海外対応では、操作・作業への安全配慮のニーズに対し、国際規格IEC62271-200に準拠した12kV“MS-E形”スイッチギヤを発売した。これは安全対策として全ての機械的インターロックを装備するとともに、内部事故アーク試験分類AFRLR 40kA 1sのIEC規格を満足している。

3.2 中電圧遮断器

中電圧遮断器は、1950年代の油・空気・磁気等の消弧媒体を使用したものから、電気絶縁・開閉遮断・制御技術及び製造技術の進歩によって、GCBからVCBへと発展し、小形・軽量・長寿命・省操作力化を追求してきた(表3)。

3.2.1 1950年代

OCB・MBBなどの技術を導入して国産化した時代であり、主としてメタルクラッドスイッチギヤへ収納される形態で、難燃化・軽量化が行われた。MBBについては1952年に“DH形”を製品化して以降、3～15kV級、遮断容量50～500MVAの製品が系列化された(図7)。遮断部を駆動する操作機構は、機械的なラッチ保持方式を用いた電磁ソレノイド機構が主流であった。

3.2.2 1960年～1970年代

高度経済成長によって電力需要が急増し、大容量化と同時に小型化のニーズが高まった。この間、絶縁・遮断技術の革新によって、GCBとVCBが市場へ投入され、1965年に“VPE形”VCB(7.2kV-8kA)を、1973年には“SFG形”GCB(36kV-25kA)を製品化した。1970年代後半からは、次第に大容量はGCB、中小容量はVCBという2種2極に淘汰(とうた)集約していく時代でもあった。大容量領域では、1979年に36kV級で“30-SFG-25A形”(図8)を発売し、海外向けを中心に急速に生産を拡大した。また、中小容量領域ではVCBの小型化が進展し、1979年に12kV級で“10-VPR-25M形”が発売された。その後、“VPR形”は24／36kVへと開発が進み、海外向けVCBのシリーズ化を実現

した。また、操作機構は、操作電流が小さく、操作電源がなくても開閉可能なばね操作機構が主流となっていった。

3.2.3 1980年～1990年代

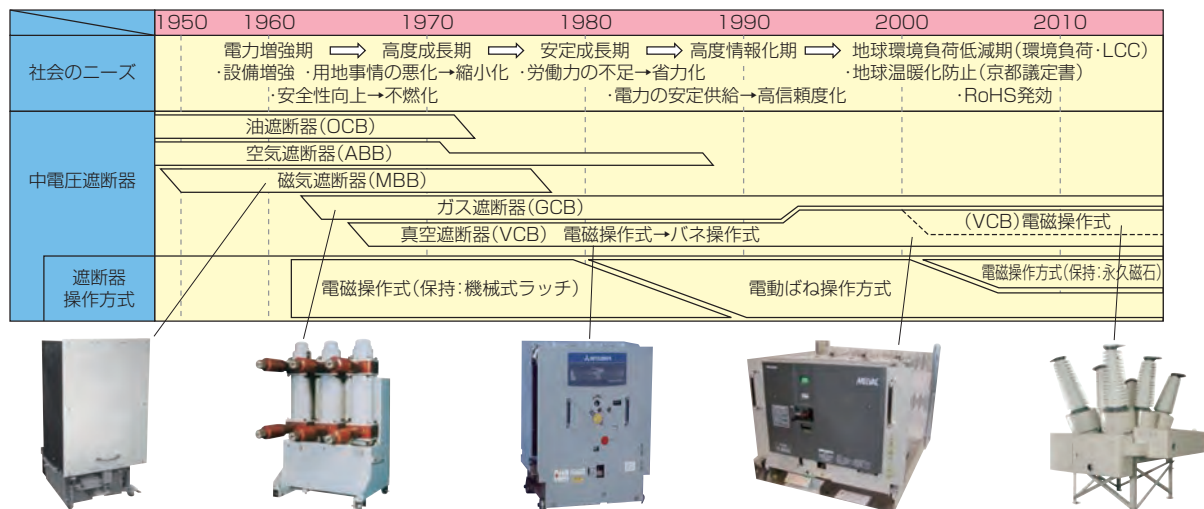
高信頼度化、長寿命化、保守の省力化のニーズが高まった結果、遮断部が密閉されたGCBとVCBが主流となり、接地タンクの安全性と大容量に適したGCB、開閉寿命が長く保守が容易なVCBのそれぞれの長を活かして、更に小形・大容量化・高機能化した製品が開発された。GCBは1985年に7.2kV／63kAを1991年には12kV-80kA大容量品を発売した。

VCBは、1982年に真空遮断方式の重要課題であった低サージ真空バルブ(VST)の開発に成功した。7.2kV／8・13kAと7.2kV／20kAの遮断器にそれを搭載して製品化し、国内の7.2kV級VCBの領域でシェア拡大を図った。その後、適用領域を広げ、低サージVCBとしては7.2kV／40kAクラスまで発売し国内の業界をリードしている。1997年には国内向け“VFシリーズ”と海外向け“VPRシリーズ”を統合標準化するとともに、“BH形”新ばね操作機構搭載の“Cシリーズ”(図9)を発売し国内外での生産を拡大した。

3.2.4 2000年～現在

小形、長寿命、保守の利便性からVCBが主流を占める時代となり高電圧化とともに、社会の環境負荷低減ニーズに対応し、省エネルギー化、製品・材料の環境負荷低減化が進展した。2004年には省電力化及び他社に先駆け、有害6物質を使用しない7.2kVの“VF-8／13D”VCB(図10)を発売し、国内での高いシェアを継続している。2004年にはC-GIS用で操作機構の機械保持に永久磁石を用いた電磁ソレノイド機構を搭載した24kV VCBを発売した。2010年には環境負荷・LCC削減ニーズに対応して、72／84kV級で低ガス圧ドライエア絶縁を実現し、遮断部に開閉寿命の長いVSTを適用したタンク形VCBを発売した(図11)。海外向けには、2012年に、最新国際規格IEC62271-100に

表3. 社会のニーズ変化と中電圧遮断器技術の変遷



特集 I：当社技術の変遷と将来展望

準拠するとともに欧州でのRoHS指令・REACH規制施行などの動きに対応して、有害6物質を使用しない12kV級の“10-VPR-32 / 40D形” VCBを投入した。これは、スイッチギヤの内部アーク事故を想定し、操作・作業者への安全を配慮した外部引出操作方式とし、扉を閉めた状態でVCB移動を可能にしている。

3.3 低電圧モータコントロールセンター

モータコントロールセンター（MCC）は、社会ニーズに沿った機種を市場投入し、安全性・信頼性・保守性・環境への適合性の向上、小型化・高機能化を追求してきた（表4）。

3.3.1 1950年代

設備が増強される中、モータ制御装置を集中化した安全な全閉鎖形ニーズに対応し、1954年に国内初の“NC形”MCC（図12）を発売した。箱体の前後両面にコンパクトな引出構造ユニットを最大16台収納でき、限られた床面積に据付け可能であった。また配線用遮断器と連動したインターロック構造、母線とユニットの接続にグリップ（接触子）を採用する等、現在も要求されている基本機能を実現した。

3.3.2 1960年～1970年代

高度成長によって社会インフラが拡大していく中、1976年発売の“G形”MCC（図13）は、大容量系統へ対応し、短絡強度75kAを実現した“Z形”垂直母線、耐震性能と箱体強度を向上させた溶接構造の箱体、垂直母線との連結が確実なフローティンググリップを採用した。また、自動シャッターや絶縁母線、負荷側自動連結ユニットを採用し、現在の最新機種につながる信頼性と安全性を画期的に向上させた。

3.3.3 1980年～1990年代

1985年に発売した“V形”MCC（図14）は、3インターロック付き配線用遮断器操作ハンドルや、垂直母線を鋼板で遮

蔽した構造を採用し、安全性を更に向上させた。また、世界で初めてモータの監視・保護に必要な機能を1つのリレーで実現した“EMC-V形”マルチモータコントローラを採用した。さらに省力化ニーズに対応し、MCCで初めてCDL形伝送装置を採用することで、中央から現場の伝送接続による制御電線レスとし、配線工事の大幅削減を図った。

急激に情報技術革新が進展する中、1993年に発売した“Z形”MCCは、表示装置に液晶を搭載し、ラダーシーケンスを備え制御の柔軟性を高めた“EMC-Z形”マルチモータコントローラを採用した。また情報量の拡大によって計測精度が向上した“CDL形”伝送装置を採用した。

3.3.4 2000年～現在

1999年に発売した“A形”MCCは、環境負荷低減ニーズを受け、ノンハロゲン電線及び盤幅600mm箱体を採用し、200mmユニットの適用範囲を15kWより37kWに拡大して省資源・省スペース化を実現した。また、電力量監視で省エネルギー監視を可能とした“EMC-A形”マルチモータコントローラを採用した。

2008年に発売した“B形”MCC（図15）は、使いやすさをキーワードとして、視認性に優れた液晶・LED表示灯・配線用遮断器操作ハンドルを採用し保守効率化を実現した。また薄形大容量グリップの開発によって、引出形ユニット定格を400Aまで引き上げるとともに、長寿命グリースを採用した。さらに“EMC-B形”マルチモータコントローラは、保全支援機能の拡張、寿命部品（コンデンサと液晶）の交換を可能としLCC低減に寄与する製品である。

2010年には、海外市場への本格参入を目的に、大型プラント建設が見込まれる東南アジア、中東、南米等での高電圧・高遮断ニーズに対応し、ユニット幅／盤幅を拡張したIEC規格対応の“B形”ワイド盤を発売した。高遮断容量機器（最大690V / 80kA）などの高収納化を実現し、トータル

表4. 社会のニーズ変化と低電圧モータコントロールセンター技術の変遷

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
社会のニーズ		電力増強期 ・設備増強 ・用地事情の悪化→縮小化 ・安全性向上→不燃化	高度成長期 ・労働力の不足→省力化	安定成長期 ・電力の安定供給→高信頼度化	高度情報化期 ・地球環境負荷低減期（環境負荷・LCC） ・地球温暖化防止（京都議定書）		
低電圧モータコントロールセンター	・NC形	・E形 モータコントロールセンター	・G形	・V形 マルチモータコントローラ搭載モータコントロールセンター	・Z形 マルチモータコントローラ搭載モータコントロールセンター	・A形 マルチモータコントローラ搭載モータコントロールセンター	・B形 マルチモータコントローラ搭載モータコントロールセンター
				CNF形分電盤			LIM形インバータ盤



図12. NC形MCC



図13. G形MCC

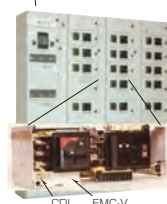


図14. V形MCC



図15. B形MCC

面数削減を可能にした。また、“EMC-B形”マルチモータコントローラは、海外市場でのデファクトスタンダード伝送であるModbus^(注1)-RTUに対応可能となった。

(注1) Modbusは、Schneider Electric SAの登録商標である。

3.4 電力監視システム

電力監視システムは、受配電設備の制御・監視の集中化による運転業務の効率化など、社会ニーズに沿った機種を投入して効率化と使いやすさを追求してきた(表5)。

3.4.1 1960年代～1980年代

1960年代は、ローカルな監視制御だけではなく、遠方からの監視制御が始められた。受配電設備との取り合いは、全点直結方式で構築していた(図16)。

1970、1980年代は、中央監視室に設けられた監視制御盤にプラントの運転状態をビジュアル表示するため、大パネル面にプラント全体の諸設備の関係をグラフィカルに表したいというニーズに応え、グラフィックパネルを採用した。

3.4.2 1990年代

1990年代に入ると、プロセス計算機が本格的に制御に使用され、集中監視が行われるようになった。監視も設備個々の状態を把握する目的から、プラント全体の有機的な状態を把握するようになってきた。これらニーズに応えるため、集中監視型のMELSAS-Sを発売した(図17)。プロセス計算機の大形化・大容量化が進み、運転状態の履歴データの長期保存が可能となったことを受け、自動帳票機能や過去データとのトレンド比較機能を搭載した。

3.4.3 2000年代

2000年代になると、環境に対する配慮が求められるようになり、受配電設備を管理するユーザーにとっても設備の省エネルギーに寄与できる機能が求められるようになった。使用電力量を抑えるデマンド監視機能とコンデンサ開閉による制御で力率を100%に近づける無効電力制御機能を搭載した。また、定期点検作業の省力化・短時間化を目的

に、当社の独自機能であるリレーの自動点検機能を搭載した。さらに、遠隔で設備の状況を監視できるWeb監視機能、ユーザーが自由に名称やスケールを変更できるエンジニアリング機能を搭載した(図18)。

2010年代になると、よりきめ細かな省エネルギー及び設備監視のニーズに応えるため、監視点数20,000点に対応できるMELSAS-Sを発売した。また、監視員の高齢化に伴い、見やすい画面構成、受配電設備監視業務経験の浅い監視員にも分かりやすい操作を目的に、ユニバーサルデザインを適用し、デザインを一新した。

4. む す び

受配電設備に対する安全性、信頼性、環境負荷低減、LCC削減などの社会的ニーズは、グローバル市場の中で、ますます重要性が高まると考えられる。また再生可能エネルギー拡大に基づく電源の多様化など、今後も国内外を問わず顧客ニーズは多様化・高度化されるものと考えられる。本稿で述べた受配電システム技術を更に発展させ、①真空技術の高度化と適用拡大、②ドライエア絶縁技術と固体絶縁技術の高度化による脱SF₆ガス機器拡大、③グローバル市場を見据えた共通プラットフォーム化、④状態監視技術の高度化・余寿命推定技術等のサービス事業の強化などに向けた付加価値技術開発と製品化を進め、受配電システム設備に対する一層の省メンテナンス化、環境負荷低減、さらには受配電システム機器としてのLCCのミニマム化等によって社会に貢献していく必要がある。

参 考 文 献

- (1) 藤本隆一，ほか：受配電システムの技術展望，三菱電機技報，78，No.12，768～772(2004)

表5. 社会のニーズ変化と電力監視システム技術の変遷

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
社会のニーズ		電力増強期 ・設備増強 ・安全性向上→不燃化	高度成長期 ・用地事情の悪化→縮小化 ・労働力の不足→省力化	安定成長期 ・電力の安定供給→高信頼度化	高度情報化期 ・地球環境負荷低減期(環境負荷・LCC) ・地球温暖化防止(京都議定書) ・RoHS発効		
電力監視システム		簡易直接監視盤・遠方監視盤		MELSAS-S 集中監視		MELSAS-S 省エネルギー・自動点検	



図16. 簡易直接監視



図17. 遠方集中監視



図18. 省エネルギー・省力機能強化

宇宙技術の変遷と将来展望

電子システム事業本部 宇宙システム事業部長
蒲地安則



1. ま え が き

2008年の宇宙基本法の成立、2009年の宇宙基本計画の制定によって、宇宙開発はこれまでの“研究開発主導から高い技術力の上に立った利用ニーズ主導に転換”することが示され、我が国は新たな“宇宙利用”時代に入った。また、2013年1月に改訂された宇宙基本計画では、宇宙利用の拡大と自律性の確保が基本方針として定められるとともに、国民生活の質の向上、産業の振興を含めた6つの基本理念が示され⁽¹⁾、いよいよ国を挙げての本格的な宇宙利用の時代が始まっている。我が国は長い年月を費やして欧米へのキャッチアップを目指して宇宙技術の開発に取り組んできたが、今後は蓄積してきた技術を活用し、宇宙の利活用に資する技術開発、及び宇宙分野における産業化が求められる新たな段階にきている。

本稿では、宇宙事業をとりまく環境について述べたあと、それらの事業環境に対する当社の取組み、今後の宇宙利用にかかわる技術や事業の展望について述べる。

2. 宇宙事業をとりまく環境

2.1 宇宙開発の歴史と環境変化

我が国の宇宙開発の歴史は、ロケットは東京大学によるベンシルロケット発射が行われた1950年代、人工衛星は我が国初の人工衛星“おおすみ”の開発が始まった1960年代

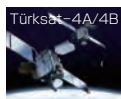
にさかのぼる。以来、約60年にわたり宇宙科学研究所(現JAXA ISAS)、宇宙開発事業団(NASDA、現JAXA)等を中心とした国による宇宙開発が進められてきた。ロケット分野では、大型衛星の打上げに対応可能なH-IIAロケットやH-IIBロケット、2013年9月に試験機が打ち上げられた小型衛星向けのイプシロンロケットなどの開発に成功し、高い信頼性と成功率を誇っている。衛星分野では、用途に合わせて通信・放送、測位、観測等の様々な分野の衛星を製造・開発できるまでに技術を高めてきた。

その宇宙開発の歴史の中で、大きく4つの環境変化があった。第一に、1988年に国際宇宙ステーション(ISS)計画への参画が決まり、一定規模の予算(年間400億円規模)が投入されることになって政府の宇宙関連予算の構造が大きく変動した。第二に、1990年の日米衛星調達合意(スーパー301条関連)によって政府の実用衛星(気象、通信・放送衛星等)の公開調達が義務付けられ、宇宙開発機関は研究開発衛星に特化せざるを得ず利用省庁との連携が弱くなるとともに、我が国の実用衛星市場は技術、価格等で先行する米国メーカーに席捲(せっけん)されることになった。第三に、1998年のテポドン発射を機に安全保障気運が高まり情報収集衛星の導入が決定し、気象衛星に続く国家インフラとなったことである。これら3つは全て外部要因による市場環境の変化だが、第四の環境変化は、自国の政策として2008～2009年に宇宙基本法/基本計画が制定され“開

衛星システム：通信・測位・観測分野の幅広い製品群によって、グローバルな社会インフラ構築に貢献

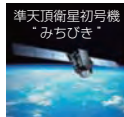
通信衛星

- 2000年代から静止衛星標準バス“DS2000”を戦略機種として、主要市場である通信・放送分野を主ターゲットに世界市場で拡販
- トルコ“Turksat-4A/4B”、シンガポール・台湾向け“ST-2”、スーパーバードC2等の受注を獲得



測位衛星

- カーナビのほか、船舶や航空機の航法支援や測量等に必要な測位信号を送信
- 日本初の測位衛星システムである準天頂衛星システム4機の開発を担当
- 準天頂衛星初号機“みちびき”は2010年9月に打上げ成功
- 2～4号機は、17年から順次打上げ予定



観測衛星

- 光学センサ、合成開口レーダー(SAR*)センサなどを搭載し、宇宙空間から地球を観測
- 温室効果ガスの分布を測定する“いぶき(GOSAT)”
- “GOSAT-2”、災害状況を把握できる“ALOS-2”、気象衛星ひまわり7・8・9号などを開発し、地球温暖化対策、災害監視、気象予報などに貢献



だいち2号(ALOS-2)

ひまわり8・9号

地上システム：衛星追跡用の地上管制局、天文観測用の光学・電波望遠鏡をグローバルに事業展開

管制局

- 人工衛星、ロケットの追跡・管制を行う管制局
- 人工衛星と管制局のトータルシステムの提供が可能



望遠鏡

- 1980年代から大型望遠鏡を開発し、すばる望遠鏡(米ハワイ)、ALMA(チリ)などを納入
- 宇宙誕生の謎の解明などに貢献



図1. 当社宇宙事業の全体像

発”から“利用”への大きな転換がなされたことではないかと考えている。

2.2 宇宙産業の市場規模

我が国の宇宙産業規模の大部分を占める宇宙関連政府予算は、年度によって増減はあるもののおおむね年間3,000億円規模で推移している。2009年策定の宇宙基本計画では“5年間で2兆5千億円の経費が必要”と宇宙予算規模の倍増を目指したものの、2013年に改訂された宇宙基本計画では国の厳しい財政状況を踏まえ今後も大幅な増加は厳しいとの認識が示されており、当面は横ばい傾向が続くものと思われる。

一方、日本を含む世界の商用通信衛星市場は、20～25機/年の需要で推移しており⁽²⁾、規模としては安定的な市場と言える。宇宙産業市場は、①通信・放送、②測位、③観測の3分野に大別されるが、通信・放送分野は58%と最も多くの需要が見込まれる市場である⁽³⁾。当社としても主戦場と位置付けているが、欧米メーカーがひしめく極めて厳しい市場であり、技術開発競争が進んでいる分野である。

3. 事業や技術の変遷

3.1 当社宇宙事業の全体像

現在の当社宇宙事業は大きく“衛星システム”と“地上システム”で構成している。その概要を図1に示す。このうち衛星システムは“通信・測位・観測分野の幅広い製品群によって、グローバルな社会インフラ構築に貢献”をスローガンに事業を推進している。まず、通信衛星分野では2000年代から欧米メーカーとの競合下で“MTSAT-2”（ひまわり7号機），“スーパーバードC2号機”，シンガポール・台湾向け“ST-2”及びトルコ向け“TURKSAT-4A/4B”を受注した。測位衛星分野では準天頂衛星初号機“みちびき”を開発したほか、2013年3月には4機体制を目指した2～4号機を受注し、2017年から順次打上げに向けて開発を

進めている。また、観測衛星分野では“いぶき(GOSAT)”，GOSAT-2”“だいち2号”（ALOS-2），気象衛星“ひまわり7・8・9号”などを開発し、地球温暖化防止、災害監視、気象予報などに貢献している。現在では、開発中も含め当社が製造を取りまとめた衛星は58機を数える。

地上システムに関しては衛星、ロケット追跡用の地上管制局、天文観測用の光学・電波望遠鏡をグローバルに事業展開している。まず、地上管制局ではJAXA向けに衛星追跡管制用ネットワークシステム、深宇宙探査用64mアンテナ設備を開発し、人工衛星と管制局のトータルシステムを提供することができる。望遠鏡では1980年代から大型望遠鏡を開発し、一枚鏡としては世界最大級の口径(8.2m)を持つ“すばる望遠鏡”（米国ハワイ）、高精度な観測を実現するため高い鏡面精度と指向精度を誇る“ALMA ACA”（チリ）などを納入したほか、口径30mの次世代大型望遠鏡“TMT”プロジェクトへ参画が決まり、宇宙誕生のなぞの解明などサイエンスの発展にも寄与している。

3.2 当社宇宙事業のあゆみと市場変化への対応

当社は1960年代から宇宙事業に携わり、搭載機器としては1965年に米国TRW社からインテルサットⅢ号機搭載電力機器を受注し、衛星システムとしては1969年に当時のNASDAから電離層観測衛星（うめ）を受注し事業を開始した。当初は国産技術による技術試験衛星開発と海外からの技術導入による実用衛星の開発が中心であった。技術試験衛星に関しては、新規技術の開発・実証を通じて実用衛星における国産化率を高める役割を担った。当社は“きく2号”（ETS-Ⅱ），“きく3号”（ETS-Ⅳ），“きく8号”（ETS-Ⅷ）などの開発を担当した。一方、実用衛星では、気象衛星を日本電気(株)、放送衛星を(株)東芝、通信衛星を当社がそれぞれ異なった米国メーカーの支援を受け開発を行った。通信衛星は“さくら”（CS）に始まる“さくらシリーズ”であり、2.1節で述べた1990年に日米衛星調達合意がなされる

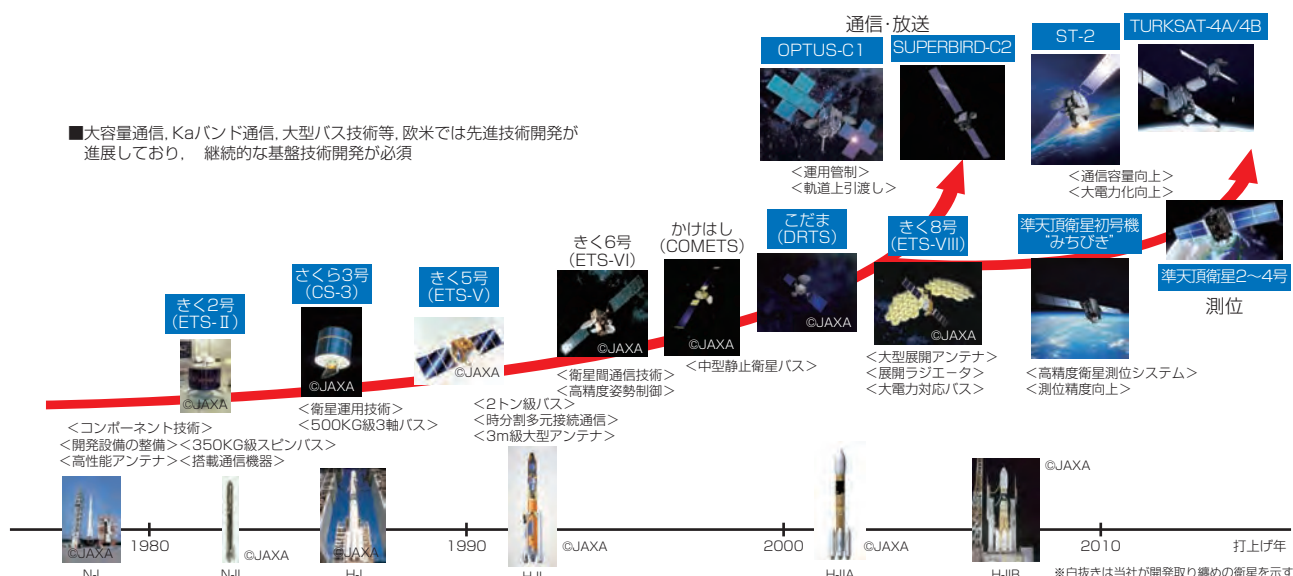


図2. 通信・放送、測位分野の技術進展

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

前の“さくら3号-3a, -3b”(CS-3a, -3b)まで当社が開発を担当した。

2.1節の市場環境の変化に対して、当社としては次のような取組みで事業規模の確保・拡大を図ってきた。まずISSへの参画に関しては、当社が持っていた電源技術をベースに“日本実験棟きぼう”(JEM)の電源系を担当した。また“宇宙実験・観測フリーフライヤ”(SFU)、“おりひめ／ひこぼし”(ETS-VII)の誘導制御技術をベースに“こうのとり”(HTV(H-II Transfer Vehicle))の航法誘導制御系を含む電気モジュールを担当し、一定の事業規模を確保してきた。日米衛星調達合意に対しては、後述する中型衛星市場向け標準衛星バス“DS2000”を開発したほか、1999年に衛星組立て・試験棟を整備して商用衛星市場に本格参入した。その後の宇宙基本計画制定に対しては、新たな国家実用インフラとなる準天頂衛星システムのプロジェクト化を産業界として提言し、当社としてプロジェクトへの参画を果たした。このように、当社は研究開発衛星で培った技術を実用衛星の分野に応用し宇宙インフラの構築に貢献するなど、市場環境の変化に対応して事業を展開してきた。

当社宇宙事業の売上としては、1990年頃には約100～200億円規模で、研究開発衛星と衛星搭載機器の販売が中心の小規模事業であった。その後、市場環境の変化を捉えた事業展開によって、官需の確固たる事業基盤に加えて商用事業を拡大し近年では800億円を超える規模にまで成長してきた。

事業規模の更なる拡大を見据えた設備投資として2013年3月には衛星組立て・試験棟を増築し、年間生産能力4機から8機への倍増を実現した。加えて、拡販体制の整備に取り組んでおり、2013年7月にシンガポールに海外営業拠点を設置、アジアパシフィック、中東地域を当面のターゲットとして事業拡大を目指している。

3.3 当社宇宙技術の変遷

3.2節で述べた事業展開を進める中で、当社は各分野の宇宙技術を蓄積してきた。通信・放送、測位分野では図2のとおり、さくら(CS)シリーズ、“きく2号”に始まり、“こだま”(DRTS)、“さく8号”の開発を進める中で、熱制御・構造技術、3軸姿勢制御技術、衛星間通信技術、中型静止衛星バス技術などを獲得してきた。特に“こだま”“さく8号”の開発成果をベースに社内開発を加えてDS2000を確立、標準化を推進することで競争力強化を実現した。このDS2000を戦略機種として国内外の商用通信衛星市場に参入し、現在ではDS2000を採用した衛星は16機を数える。更に、標準衛星バスシリーズのラインアップ拡充に取り組んでおり、商用事業の拡大をねらっている。

観測分野では、図3のとおり“もも1号”(MOS-1)、“ふよう1号”(JERS-1)などの開発を通じて、3軸姿勢制御技術、高精度姿勢制御技術などを獲得してきたほか、光学センサ、電波センサなどの搭載センサ開発によって、高精細、高分解能観測技術を高めてきた。高性能マイクロ波放射計“AMSRシリーズ”は、“AMSR”、“AMSR-E”、“AMSR2”と改良を進め、AMSRシリーズの観測データは世界の研究者に広く活用されている。

また図4のとおり、誘導制御技術は前述したとおり“SFU”“おりひめ／ひこぼし”の技術をベースに“こうのとり”の航法誘導制御系として確立し、今後は月面着陸などの技術への応用が期待されている。

地上システムでは、図5のとおり臼田宇宙空間観測所の“深宇宙探査用64mアンテナ”の開発を通じて大型アンテナの高精度駆動制御技術を確立したほか、“すばる望遠鏡”では口径8.2mの世界最大級の大型一枚鏡を実現した。大型アンテナ・望遠鏡分野における国内トップメーカーとして、“ALMA”“TMT”などの国際プロジェクトへ参画し、事業を展開している。

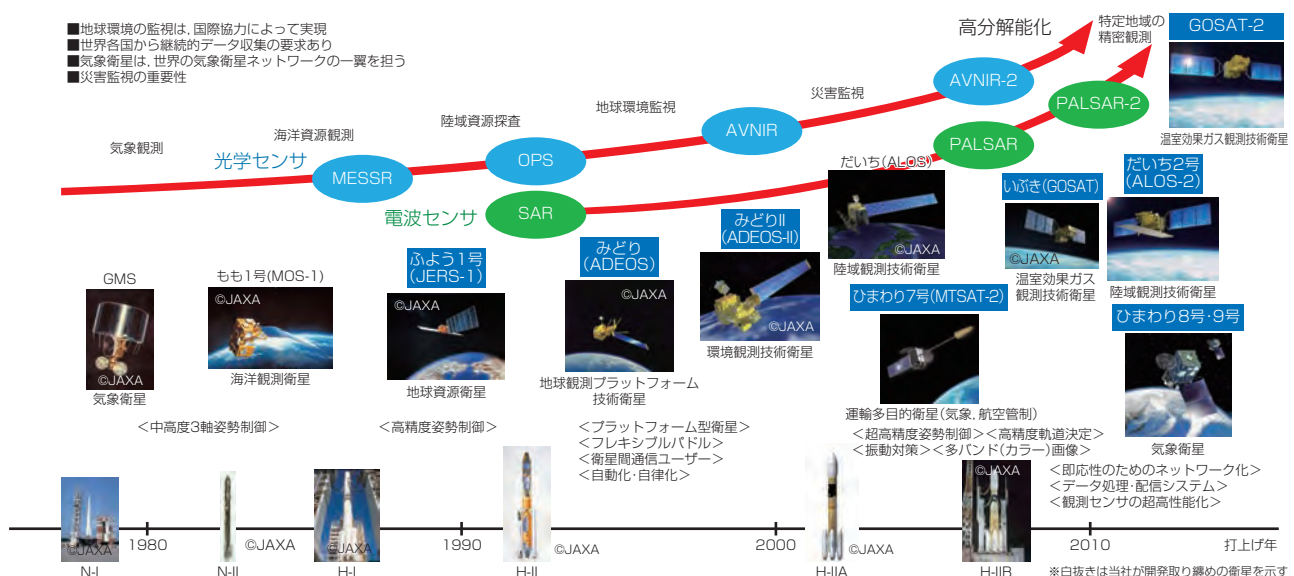


図3. 観測分野の技術進展

4. 今後の展望

4.1 宇宙利用の現状

宇宙事業はこれまでの研究開発から宇宙利用の時代となる中で、通信・放送、観測、測位の各分野で宇宙利用が広がっている。

通信・放送分野は、衛星放送、移動体通信、離島通信、非常時通信等、衛星のメリットを活用し、地上の通信インフラを補完する役割として広く普及している。また、同報性、耐災害性、インフラ整備の容易性は地上通信インフラと比較して衛星通信が有利な点であり、特に新興国や離島の多い国では地上インフラに先行して普及しているケースも多くある。

気象衛星としてなじみのある“ひまわり”は、通信衛星と同様に実用化されてから久しく、観測画像は我が国のみならず、アジア・オセアニア地域の国々でも利用されており、気象予報に欠かすことのできない重要な宇宙インフラの一つとなっている。地図作成や地表面の観測等、国土管理情報の取得では、従来の航空機に加えて観測衛星の利用が進んでいる。観測衛星は、初期投資が相対的に大きいものの、広域の画像を安定的に取得できるという大きなメリットがあることに加え、合成開口レーダの場合には昼夜、天候に左右されることなく高品質の画像が取得できるという利点もあり、国内外で商用の衛星画像販売サービスも広がりつつある。

測位分野での利用は、米国の測位衛星システムであるGPS(Global Positioning System)の民生利用開放もあり、我が国では早くから普及している。カーナビゲーションが一般的に利用されているほか、スマートフォンにGPS機能が標準搭載されるに伴い、位置情報が種々のアプリケーションで活用され始めており、その利用は今後ますます広がるとみられている。

4.2 宇宙利用の展望

4.2.1 通信・放送分野

衛星通信の動向としては、Kuバンドが周波数制約上飽和状態にある中で、新規の大容量通信需要を満たすKaバンドマルチビームによるHTS(High Throughput Satellite)が注目されている。Ka帯通信需要は急増する傾向にあり、既に米国では100Gbpsを超えるKaバンド衛星が打ち上げられており、さらにその倍のスループットの衛星の調達を開始している。このような大容量通信を実現するための技術として、衛星バスの大型化、マルチビーム技術、及びフレキシブルペイロード技術が求められている。フレキシブルペイロード技術によって、衛星打上げ後であっても利用者の増減に合わせて各サービスエリアへの通信容量を変更することができる。当社ではそのキー技術となるチャネライザの開発に着手し、2013年に開発を完了している。引き続き、これらの先進技術開発競争が進む市場動向に対応し、商用通信衛星の受注につなげていきたい。

4.2.2 観測分野

観測衛星の画像利用が進んでいるものの、画像データが高価であることから、現時点では官公庁などのユーザーによる利用が中心となっている。また、国内の観測衛星は、陸地の観測を行い災害状況把握などに貢献する“だいち”(2006年打上げ)“だいち2号”(2014年打上げ)、温室効果ガスの濃度分布を測定する“いぶき”(2009年打上げ)、地球規模での気候変動、水循環メカニズムを解明する“しずく”(2012年打上げ)等が打ち上げられ、軌道上で運用されているが、いずれも研究開発を主目的とした衛星であり、限られた範囲での利用にとどまっている。観測データをより実用的に、かつ継続的に利用するためには、単独の衛星では観測頻度が十分ではなく、運用終了後はデータ取得に空白が生じるデータの継続性などの課題があり、複数衛星コンステレーションによる観測衛星インフラの整備が必要

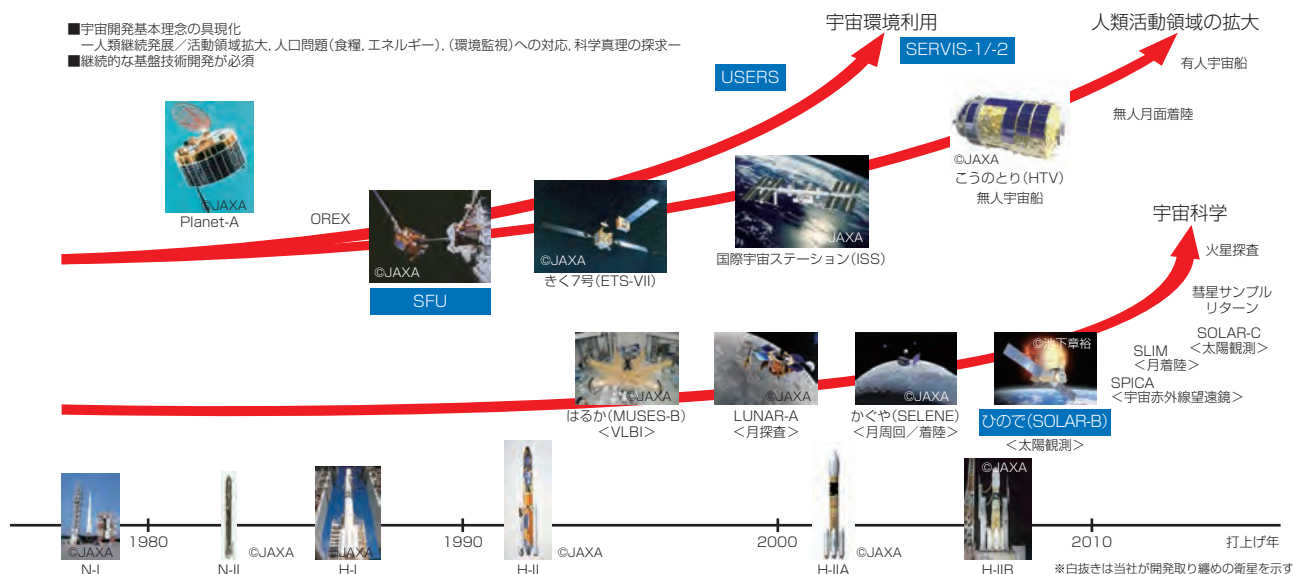


図4. 宇宙科学、輸送分野の技術進展

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

である。政府でも同様の課題認識のもと、複数の衛星による一体的な運用を行う“広域災害監視衛星ネットワーク”の実現に向けた調査検討が開始されており、早期の立ち上げに大いに期待している。

4.2.3 測位分野

GPSによる測位は現時点で10メートル程度の誤差があるため、地図上への位置表示や周辺情報の提供等、概略位置を前提としたサービスにとどまっているが、我が国ではより高精度な測位衛星インフラを目指して“準天頂衛星システム”の整備が内閣府によって開始され、当社は衛星システム3機、地上の衛星管制設備などの開発を担当している。この準天頂衛星はセンチメートル級の測位精度の実現が可能で、測位利用が飛躍的に広がるものと考えている。

例えば交通分野では、自車の走行車線が明確に把握できるようになるため、カーナビゲーションによるきめ細かいアシストが可能となり、頻繁に標識確認と車線変更をしなければならない都心部の高速道路もストレスなく運転できるようになる。また、我が国の高齢化の影響として大きな懸念の1つとなっているのが、高齢運転者による自動車事故の増加である。自動車の安全性の向上を目指し、各自動車メーカーで自動ブレーキ機能の開発が進められているが、究極的な解決方法の1つは自動運転機能であろう。昨年、米Google社が開発している自動運転技術が話題となり、我が国でも東京モーターショーで各自動車メーカーがデモンストレーションを実施するなど、動きが活発になってきている。今後、技術開発が更に加速されていくと思われるが、実用化に向けては、自動車と各種インフラの協調が重要であり、路車間通信や高精度測位がキー技術となる。

また、高齢化とともに農村の過疎化も深刻になっている。この労働力不足の解決策の1つとして期待されているのが無人作業化である。センチメートル級の高精度測位を利用することによって、トラクタなどの農機の自動運転が可能と

なり、人手をかけずに昼夜を問わず種まきや農薬散布、刈り入れ等が可能となる。農機の制御技術や、安全性の確保など、解決すべき課題はあるが農作業の省人化・効率化に大きく貢献することが期待される。

準天頂衛星システムは、2018年度からのサービス開始に向けて開発が進められているが、高精度測位を支えるセンチメートル級測位補強技術は、既に初号機の“みちびき”に導入されている。2010年の打上げ以降、“みちびき”を用いた自動車走行時の測位精度の測定実験のほか、将来の自動運転につながる隊列走行実験、無人トラクタによる稲刈り等の各種実証実験が既に実施されており、良好な結果が得られている。今後も引き続き実証実験が計画されており、それらの実験を通じて各分野への応用が広がることが期待される。

4.3 宇宙インフラ技術開発における課題

宇宙利用の推進には、宇宙インフラの構築・維持を見据えた継続的な技術開発が重要であるが、欧米に比べて我が国における取組みは必ずしも十分ではないのが実状である。海外での官民連携による宇宙インフラ構築への取組み事例として、欧州では事業化を視野にEU内利用要求に基づき、ESA(欧州宇宙機関)主導で研究、開発を実施、事業化機関の立ち上げ・利用を国が“公的”に推進している。通信(Eutelsat)、測位(Galileo)、観測(Spot)等の各事業は、初期導入期間の後、サービスとして一般化された段階で事業を民営に移行している。また、通信・放送衛星では大型化需要の増加に伴い、欧米各メーカーは政府投資による技術開発・実証をベースに大型衛星への対応を着実に進めつつある。このように欧米では産業化に向けて官民連携による出口を見据えた“研究→開発→事業化→産業化”の一貫した流れと、実利用側から研究開発へのフィードバックのサイクルを加えた仕組みが整備されている。

一方、我が国における測位、観測、通信・放送の各分野



図5. 地上システムの技術進展

における状況を図6に示す。測位分野では準天頂衛星システムの整備が開始されており、今後継続的なインフラ整備に向けて官民で連携していく。観測分野では、政府で検討されている災害監視などの社会インフラに資する“広域災害監視衛星ネットワーク”構想が検討されているが、現在のところ研究・開発段階にとどまっており、事業化、産業化には至っていない。官民連携によるインフラ実現を進めていきたい。通信・放送分野では、既に事業化・産業化のフェーズにあるが、海外の技術に依存するところが大きく、実利用側から研究開発へのフィードバックが不十分と言える。今後の実用を見据えた次世代技術の研究開発・実証機会の創出が必要と考えている。

我が国でも、官民連携による“研究→開発→事業化→産業化”の一貫した流れの構築、実利用側から研究開発へのフィードバックのサイクルを加えた仕組みを確立することで、宇宙利用インフラの発展・活性化、及び技術開発の推進につながるものと考えている。

4.4 当社事業の展望

当社では、宇宙事業の売上目標として現在の800億円規模から2020年度には1,500億円を掲げて事業を展開している。国内の市場規模の大幅増は期待できない状況ではあるが、次の2つの施策を推進し規模拡大を図っていく。1つは、限られた国家予算の中で日本として持たなければならない宇宙インフラは自前で整備できるよう政府宇宙機関への開発提案及び共同開発を推進する。宇宙インフラの整備によって“産業振興”はもとより宇宙基本計画の基本方針である“宇宙利用の拡大”“自律性の確保”に寄与できると考えている。当社としても、宇宙インフラ整備を通じて標準化、共通化を進め、競争力強化を図っていく。2つ目は国内の技術開発によって競争力を高めた製品を積極的に海外市場へ投入し、世界最先端レベルでの競争を継続的に展開していく。これによって国内外の市場で海外メーカーとの

競争を制し、事業規模拡大を果たしていく。

5. む す び

当社はこれまで約50年にわたって宇宙事業を展開し、宇宙技術を培いながら、我が国の宇宙開発の一端を担ってきた。これからも宇宙インフラ構築によって国内に新しい需要を創出し、更に海外需要を獲得し、国際競争力のある活力に満ちた宇宙産業にすることで、社会の発展に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 宇宙基本計画：平成25年1月25日 宇宙開発戦略本部決定
- (2) FAA Commercial Space Transportation (AST) and the Commercial Space Transportation Advisory Committee (COMSTAC)：2013 Commercial Space Transportation Forecasts
- (3) (社)日本航空宇宙工業会：平成24年度宇宙産業データブック

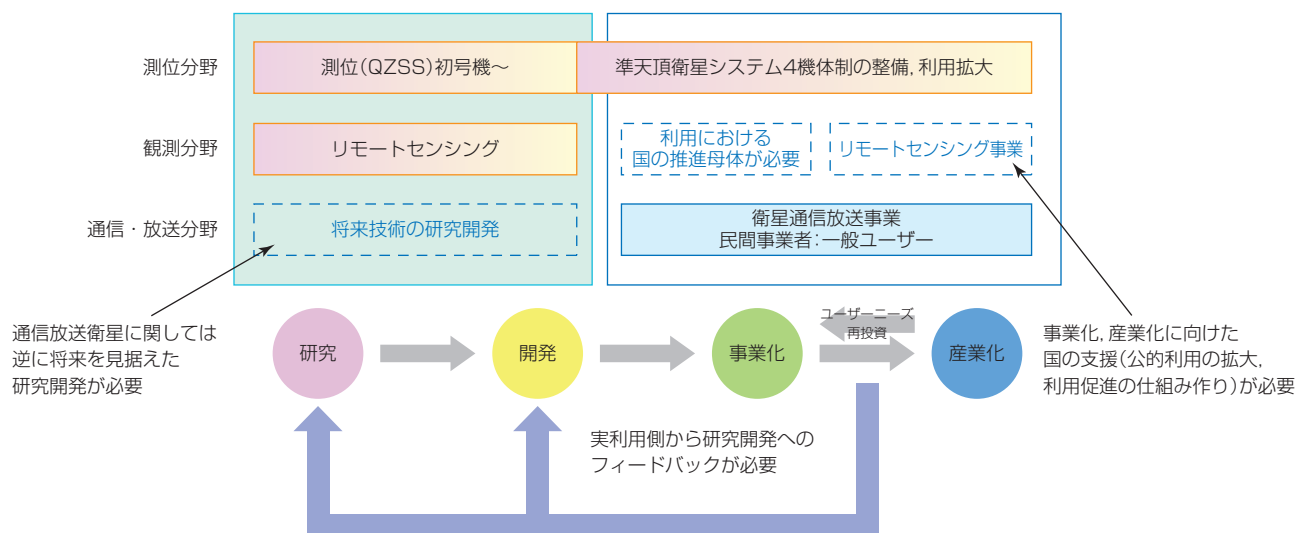


図6. 我が国の宇宙インフラの現状

光通信システム技術の変遷と今後の展開

コミュニケーション・ネットワーク製作所
光通信システム部長

中川潤一



1. ま え が き

髪の毛ほどの太さの光ファイバを通信媒体として用いるための本格的な研究開発が開始されたのは、英国STL研究所のCharles Kuen Kao博士(2009年ノーベル物理学賞受賞)による光ファイバ伝送の将来性に関する論文が発表された1966年といわれている。その後、実用的な光ファイバの製造と半導体レーザの連続発振の成功によって1970年が“光ファイバ通信の元年”と位置付けられている⁽¹⁾。

三菱電機の光通信システム事業は、1980年代初頭、当時の有線通信システムの技術者を集めて産声を上げた。その後1980年代半ばにアクセスネットワーク分野へ参入し、2004年のGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)システム製品化によって我が国のFTTH(Fiber To The Home)の普及に大きく貢献した。一方、バックボーンネットワーク分野でも、1994年に光海底ケーブル市場に参入して以来、世界の様々な光ケーブルプロジェクトに参画しており、WDM(Wavelength Division Multiplexing)技術によって情報通信インフラを支え続けている。

本稿では、2章で光通信システムに関する当社事業を取り巻く環境を述べる。3章で当社の事業や技術の変遷を振り返り、4章で今後の取組みについて述べる。

2. 事業を取り巻く環境

1980年代に北米でサービスが開始されたインターネットは、1990年代後半に世界規模で普及が進み、今日ではデータトラフィックに加え、電話などの実時間性の高いトラフィックや映像などの情報量の多いトラフィックも扱えるように進化している。一方、1990年代の携帯電話の登場や近年のスマートフォンの普及によって情報発信源の増加とともに1つの情報源が発信する情報量も増加の一途をたどっている。

このように爆発的に増大するデータトラフィック需要を満たすため、大容量伝送に適した光ファイバを用いた光通信ネットワークが発展してきたと言える(図1)。

情報通信ネットワークは、大きく通信設備センター間を結ぶコアネットワークと家庭やオフィスなどのユーザーと通信設備センターとを結ぶアクセスネットワークによって構成される。我が国では、コアネットワークでは1981年から、アクセスネットワークでは、翌1982年から数M～100Mbps級の光通信システムの導入が始まった。

コアネットワークでは、大容量化・長距離化による経済性が求められており、1980年代前半にETDM(Electrical Time Division Multiplexing)技術による高速化が進展、1990年代になると光アンプとWDM技術の活用、さらに2000年代になると誤り訂正技術とデジタルコヒーレント技術の適用によって大容量化が進み、現在では光ファイバ

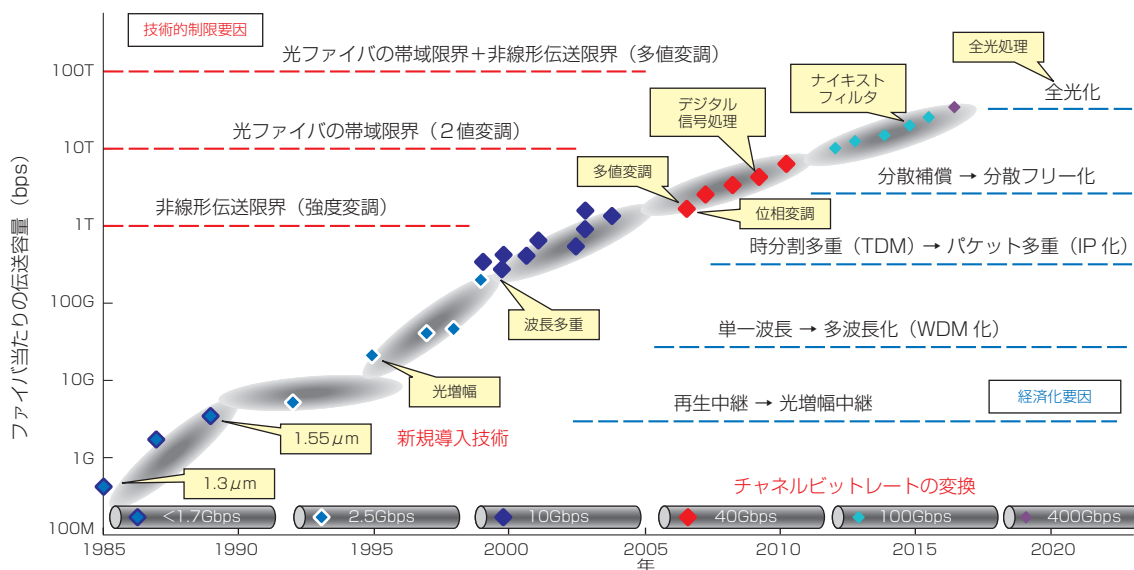


図1. 光ファイバ通信伝送容量の変遷

あたり数Tbpsを低コストで伝送できるようになった。また、10,000kmを超える超長距離海底ケーブルシステムや、アクセスネットワークと効率良く接続するリング構成のROADM(Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer)システムなど様々な形態のネットワークが実現されている。

一方アクセスネットワークに目を向けると、経済性とIP(Internet Protocol)通信との親和性から、ホーム向けには光スプリッタによって通信設備センターとユーザー間を1対多で接続するPONシステムが、ビジネス向けには通信設備センターとユーザー間を1対1で接続する10Gbpsの伝送容量を持つメディアコンバータが導入されている。

3. 事業や技術の変遷

3.1 コアネットワーク

3.1.1 コアネットワークシステム事業

コアネットワークは主に都市部に展開されるメトロネットワークと基幹網となるバックボーンネットワークに分けられる。当社は、メトロネットワーク対応のシステムとして、2002年にWDM技術を適用した最大伝送容量400Gbps(10Gbps×40波長)の、また翌2003年には800Gbps(10Gbps×80波長)のWDM伝送システムを開発した⁽²⁾。その後、リング構成、リニア構成への適用を進めるとともに、2010年以降には40Gbpsトランスポンダ、100Gbpsトランスポンダを順次製品化した⁽³⁾。

次にバックボーンネットワーク対応のシステムとして、2002年に1ファイバあたりの伝送容量が960Gbps(10Gbps×96波長)の光海底ケーブルシステム用中継器と陸上端局装置を開発した⁽⁴⁾。また、2011年には40Gbpsトランスポンダを開発し、伝送距離7,400kmにも及ぶ大洋横断システムに採用された。2013年には100Gbpsコヒーレントトランスポンダを開発し、大容量化へ対応している(図2)⁽⁵⁾。

3.1.2 コアネットワークを支える技術

コアネットワークに要求される大容量化実現のため、キーとなる技術が光送受信技術と誤り訂正技術である。

(1) 光送受信技術

10Gbps / 40Gbpsシステムでは、送信側に、非線形ペナルティとS/N(Signal/Noise)劣化を抑えるため、伝送波長ごとに光送信レベルを最適化するプリエンファシス技術を採用した。受信側には、光信号の雑音状態に応じて受信しきい値を最適化する受信しきい値調整技術を適用している。

100Gbpsシステムでは、デジタルコヒーレント方式を適用し、伝送距離に応じた変調方式を採用して非線形ペナルティを抑圧するとともに、受信側では強力な波形等化機能を持つ超高速LSIの採用によって受信感度を向上させ、伝送性能劣化要因の補償を実現した。

(2) 誤り訂正技術

10Gbpsシステムでは、リードソロモン符号RS(239, 223)とRS(255, 239)を接続し、冗長度14%の誤り訂正符号を適用した第2世代FEC(Forward Error Correction) LSIを適用し、従来のITU-T G.975規程のFEC比で誤り訂正能力の約2dBの性能アップを実現した。また100Gbpsシステムでは、コヒーレント方式と親和性の高い軟判定符号として低密度パリティ検査符号(Low-Density Parity-Check : LDPC)を開発し、これに2種類の硬判定符号を組み合わせた3重連接符号を適用した。LSI化に際してはLDPC符号のアルゴリズムを改善し、訂正性能と回路規模の最適化を図っている。

(3) 大容量システム監視制御技術

伝送装置故障や伝送路品質をモニタする監視制御装置(Element Management System : EMS)には、ネットワークの大容量化に伴い、さらに高い信頼性が要求される。EMS故障による伝送装置の監視停止を防ぐため、EMSに使用するサーバにはホットスタンバイ方式による冗長化機能を具備し、監視断時間が発生しないように配慮した。

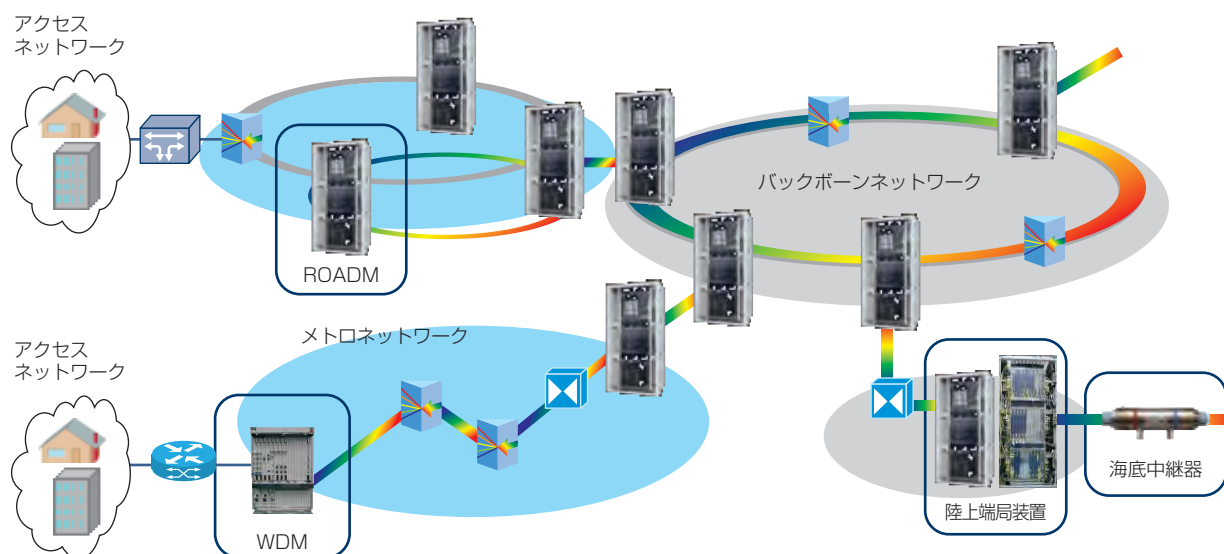


図2. 当社のコアネットワークシステム製品群

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

また、広域災害への耐力を向上させるため、冗長化したサーバの遠隔配置を可能とした。遠隔配置実現のために、冗長化した現用・予備の各サーバは、監視対象である伝送装置とそれぞれ独立に通信して情報を更新する。この方式によって、サーバ間での伝送装置の管理情報の授受を不要とし、サーバ間の伝送帯域が十分に確保できない環境下でもサーバ冗長化を可能とした。

3.2 アクセスネットワーク

3.2.1 アクセスネットワークシステム事業

アクセス区間に光スプリッタを配備して、下り光信号を複数の加入者に分岐し、上り光信号をTDMA(Time Division Multiple Access)方式で多重化するPON(Passive Optical Network)方式の研究開発が1990年代に開始された。

当社は、1999年にATM(Asynchronous Transfer Mode)ベースのPON伝送技術を適用したATM-PONシステムを開発し、並行してPON技術とEthernet^(注1)技術を組み合わせたEthernet-PON(EPON)システムの開発を進めた。2000年代に入りIPサービスを効率よく収容できる光アクセスシステム開発の要求が国内で高まり、2004年にギガビットクラスのIPインタフェースを持つGE-PONシステムを発売し、アクセスネットワークの光化に貢献している⁽⁶⁾。また、従来の電話サービス、インターネット接続用データサービスに加え、映像サービスを提供するため、映像符号化技術、AV家電技術をベースに、2006年からIPTV技術の開発に取り組み、2010年にはIP-STBを開発した(図3)⁽⁷⁾。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

3.2.2 アクセスシステムを支える技術

(1) 光送受信器技術

PON方式は、分岐カプラを介して宅内装置を1対多接続するネットワーク構成である。異なる距離に置かれる宅内装置からの情報を確実に受信する必要性から、上りバースト光送受信技術の実現と広ダイナミックレンジ化の2点

が技術課題であった。

当社は、局装置(OLT)側では、プリアンプICとリミッティングIC、クロック・データリカバリーICを開発し、バースト対応プリアンプの利得制御では連続AGC(Automatic Gain Control)方式を実現した。また、宅内装置(ONU)側では光出力レベル制御にフィードフォワードAPC(Automatic Power Control)方式を適用し、これらの2点の課題を解決した。また実装方式にパッシブアライメント方式を採用し、低コスト化を実現した。

2012年には、アクセスシステムの大容量化、小型化の市場要求に合わせ、10G-EPONシステムに適用可能なIEEE802.3avPR30規格準拠のOLT用光トランシーバをXFP(10 gigabit small Form-factor Pluggable)サイズで、ONU用光トランシーバをSFP+(Small Form-factor Pluggable+)サイズで当社製半導体チップを用いて実現し、小型化・省電力化も図った⁽⁸⁾。

(2) PON制御技術

PON制御で核となる技術の1つにTDMA制御技術がある。伝送効率を上げるため、通信前に各ONUまでの遅延時間を測定し、ONUからの送信タイミングを制御するためDBA(Dynamic Bandwidth Allocation)方式を採用している。GE-PONシステムでは当社独自のDBA方式を開発し、特に上りTDMA制御で遅延及びスループットの最適化を図った。また1対多接続通信に必須な暗号機能として、IEEE標準のAES(Advanced Encryption Standard)を適用し、通信の秘匿性を強固なものにしている。

(3) 映像サービス収容技術

ONUへの映像サービス収容のため、映像用ROSA(Receiver Optical Sub-Assembly)を搭載した3波長(1.31μm, 1.49μm, 1.55μm)合分波トリプレクサ光モジュールを新規開発するとともに、VHF/UHF帯からBS/CS帯までをカバーする広帯域な高周波増幅回路技術を用い、ハイ

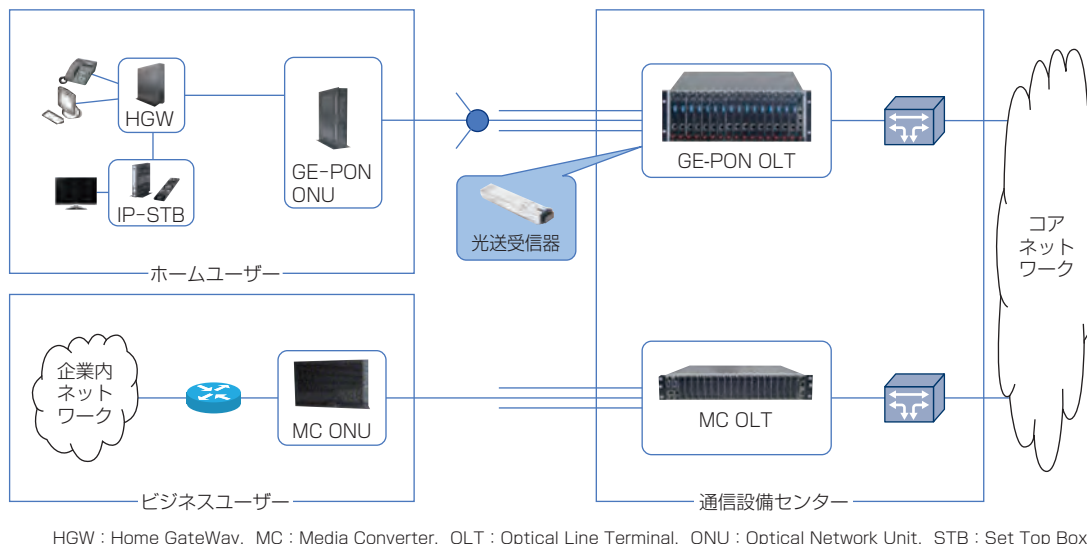


図3. 当社のアクセスネットワークシステム製品群

ビジョン映像の配信も可能なFM一括変換技術を適用した。また、IP-STBには、H264動画圧縮技術を適用し、省電力スタンバイモード(90%省電力)に加え、予約起動、高速起動(5秒以内)が可能な高速起動スタンバイモード(20%省電力)を設け、使用シーンに合わせた省電力機能を実装している。

4. 今後の展開

将来の光通信ネットワークを図4に示す。

4.1 コアネットワーク

バックボーンネットワークは、今後ますます大容量化が進み、波長あたりの速度は2016年には400Gbps、2020年には1Tbpsになると予想される。当社は今まで培ってきた光送受信技術、誤り訂正技術を更に高性能化するとともに、多値変調技術などを開発し、大容量化に対応していく。

またメトロネットワークでは、より災害に強く信頼性の高いネットワークが要求される。ハードウェアとしては、任意の波長を任意の方路に波長の衝突なくパス設定可能な多方路システムや、任意の速度の波長を効率的に収容変更するフレキシブルグリッドを実現する。ソフトウェアとしてはネットワーク全体を仮想化し、管理を簡略・効率化するSDN(Software-Defined Networking)技術への対応を進める。

4.2 アクセスネットワーク

アクセスネットワークの方向性として、無線と有線のシームレス化と通信と放送の融合の2点が想定される。

LTE-A(Long Term Evolution-Advanced)サービス展開によって基地局の収容エリアが半径数kmから数百mに細くなることに伴い、数が増える基地局収容にPON技術を適用することで効率化を図ることができる。また通信と放送の融合を睨(にら)み、4Kハイビジョン放送の光ファイバによる配信も想定される。当社はこれらに対応するため、10G-EPONシステムと併せ、次世代PONシステムとして期待されるWDM-PONなどの研究開発を進めていく。

また、データセンター接続などの大容量化に対応するため、メディアコンバータの高速化や、スマートグリッドに代表されるM2M分野へのPONシステムの適用など、これまでコアネットワークシステムの開発で培った技術をアクセスネットワークシステムにも適用し、豊かな情報社会の構築に貢献していく。

5. む す び

光通信システム技術の変遷と今後の展望について述べた。

なお、この研究開発の一部は、平成21年度から平成23年度に実施した総務省の委託研究“超高速光伝送システム技術の研究開発(デジタルコヒーレント光送受信技術)”及び“超高速光エッジノード技術の研究開発”の成果である。

参 考 文 献

- (1) 久保園浩明編著：全てが解る！光ファイバ通信，電気通信協会，1～6(2012)
- (2) 下笠 清，ほか：陸上幹線・メトロ伝送システム技術，三菱電機技報，76，No.12，757～762(2002)
- (3) 能松 忍，ほか：40G/100Gbps大容量光通信装置，三菱電機技報，86，No.6，319～322(2012)
- (4) 中川潤一，ほか：光海底ケーブルシステム技術，三菱電機技報，76，No.12，751～756(2002)
- (5) 佐藤升一，ほか：100Gbps長距離伝送技術，三菱電機技報，87，No.5，281～284(2013)
- (6) 下笠 清，ほか：光アクセスシステムのトレンドと発展，三菱電機技報，80，No.2，112～116(2006)
- (7) 牧野豊司，ほか：ホームICTへの取組み，三菱電機技報，84，No.8，449～452(2010)
- (8) 後藤秀樹，ほか：10G-EPON向け光トランシーバ，三菱電機技報，86，No.6，327～330(2012)

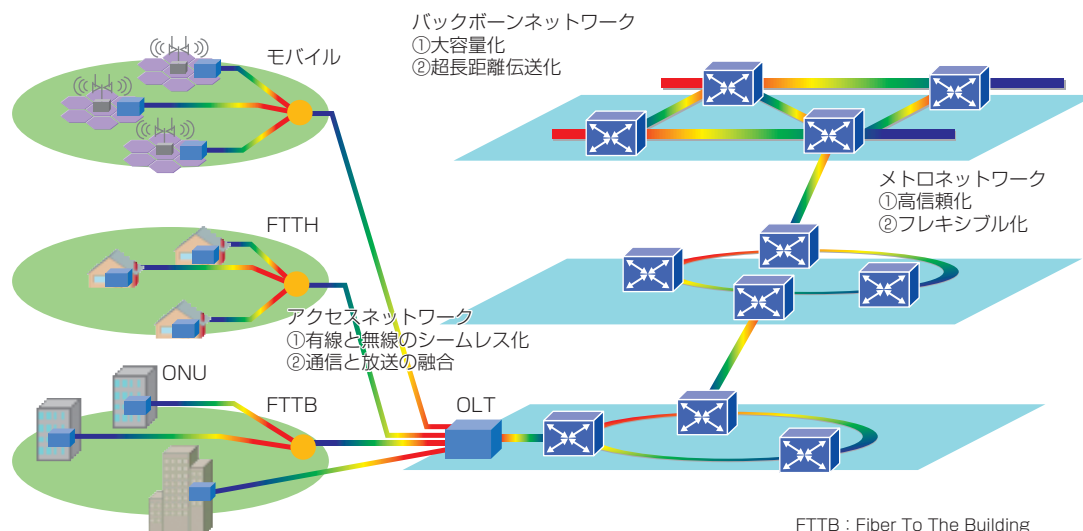


図4. 将来の光通信ネットワーク

無線通信システム技術の変遷と今後の展望

コミュニケーション・ネットワーク製作所
無線通信システム部長

伊村 真



1. ま え が き

三菱電機の通信事業は、無線から始まっている。1948年に国産初の実用化FM(Frequency Modulation)無線機を日本国有鉄道に納入して以来、様々な分野で、最新技術を活用した無線通信システムを開発してきた。

電気通信事業者用無線では、1993年3月にPDC(Personal Digital Cellular)方式のデジタル自動車・携帯電話システムのサービスイン以降、基地局装置の製品化を行い、移動通信の発展に貢献してきた。

自営無線では、1964年開業の東海道新幹線における列車無線の導入を始め、国内の高速鉄道、在来線、公営・民営鉄道に用いられる列車無線装置の製品化を行い、鉄道事業の安全・安心に貢献してきた。

また、1982年10月に800MHz帯を利用したアナログMCA(Multi Channel Access)システム用の統制局設備及び移動局の製品化を行い、物流事業者などの相互連絡に貢献してきた。また、災害発生時の避難情報伝達、救助活動、復旧活動及び平時の災害発生予測情報、行政情報の伝達に用いられる防災行政無線用の同報無線、移動無線を製品化し、住民の安心・安全に貢献してきた。

本稿では、2章で無線通信事業を取り巻く環境について、3章でこの環境に対応してきた無線通信システム技術の変遷について、4章で今後の展望について述べる。

2. 無線通信システム事業を取り巻く環境

電気通信事業者用無線では、スマートフォンの急速な普及によって、データトラフィックが急増しており、電気通信事業者によるネットワークの高速・大容量化が進められている。

自営無線の列車無線では、従来のアナログ方式から大容量で高い回線品質のデジタル方式への移行が進展している。また、乗客へのブロードバンド通信サービスの提供など利便性・快適性の向上を図るシステムとするために、より高度な無線を利用したシステム構築が進められている。

また、MCA無線では、従来の狭帯域方式による音声主体のサービスから、画像や大容量データ伝送への対応が進められており、防災無線では、東日本大震災以降、より遠くの人にはっきりと情報を伝える手段が求められるほか、商用電源が停電した際の放送可能時間の延長等への対応が進められている。

これらのように、各事業分野で、近年、無線システムの高速・大容量化による利便性・快適性の向上や耐災害性の強化が進められている。

3. 無線通信システム技術の変遷

当社が取り組んできた、電気通信事業者用無線事業、及び自営無線事業に関する無線通信システムの技術の変遷について述べる。



図1. 電気通信事業者用無線基地局の変遷

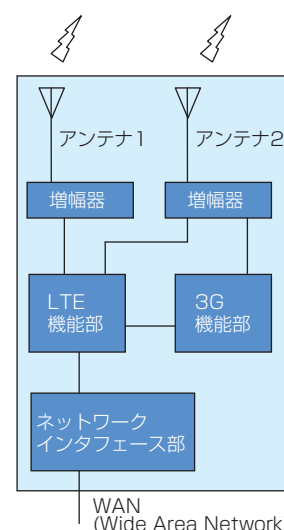


図2. 3G/LTEフェムトセル基地局装置のブロック図

3.1 電気通信事業者用無線事業における技術の変遷

電気通信事業者用無線では、図1に示すように、PDC、W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)、LTE(Long Term Evolution)の大型基地局装置、小型基地局装置を製品化してきたほか、衛星移動通信基地局装置を製品化してきた。

3.1.1 PDC、W-CDMA、及び3G／LTEフェムトセル基地局

PDC基地局は、受信性能、装置の拡張性によって、通信品質の確保、経済的な装置増設を実現した。

W-CDMA基地局は、装置の小型化、チャネル容量によって、基地局装置1架で、最大4キャリア、6セクタ、収容チャネル3,328チャネル(音声換算)を実現した。

3G／LTEフェムトセル基地局装置(図2)は、通信性能として、3G方式で下り14Mbps、上り384kbps(5MHz帯域)、LTE方式で下り112.5Mbps、上り37.5Mbps(15MHz帯域)の同時通信を可能にするとともに、装置の小型化、プラグ&プレイ機能等によって、通信の快適さ、設置の容易さ、安全・信頼性を実現した。

次に、3G／LTEフェムトセル基地局を実現する主な技術・機能を述べる。

(1) 装置の小型化

3G機能部とLTE機能部のアンテナ、送受信増幅器等の共有化、及び放熱構造の最適化による自然空冷とすることで、約1.45リットル以下の小型化を実現した。

(2) 有線プラグ&プレイ機能の実現

公衆ブロードバンド回線に接続するだけで、IPアドレスなど各種パラメータを自動的に取得するとともに、安全性、信頼性を確保するために、IPsec(Security Architecture for Internet Protocol)、PPPoE(PPP over Ethernet)、DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)、USIM(Universal Subscriber Identity Module card)の各種プロ

トコル・サポートを実現した。

(3) 無線プラグ&プレイ機能の実現

既設の基地局への電波干渉を抑えるために、周辺基地局の電波状況を観測するセルサーチを行い、使用周波数や送信電力を決定する機能を実現した。

3.1.2 衛星移動通信基地局

衛星移動通信基地局は、PSP-AVDD(Pre-Survivor Processing Adaptive Viterbi Decoding and Demodulation)方式⁽¹⁾とSSP-MOLFE(Scattered Successive Pilot-Multiple Open-Loop Frequency Estimation)方式⁽²⁾による、低C/N(Carrier/Noise)下で高速の伝送路変動に追従可能で良好な受信特性の実現、装置の小型化、及びIMS(IP Multimedia Subsystem)基盤への接続と呼接続時間の短縮によって、通信品質確保、設置容易性、スムーズな呼接続を実現した。

3.2 自営無線事業における技術の変遷

3.2.1 列車無線

列車無線では、図3に示すように、基地局、中継機、移動局を製品化してきた。

新幹線列車無線は、1964年に東海道新幹線で、1982年に東北・上越新幹線で、アナログ方式による運用を開始した。2009年2月に東海道新幹線、2002年11月に東北・上越新幹線はデジタル方式に更新し、データ通信を利用したアプリケーションニーズに対応可能となり、乗客へのインターネット接続用の回線も提供している。

在来線、公営・民営鉄道用列車無線は、2007年8月に山手線でデジタル方式で運用を開始した。周波数の有効利用を行い、通話回線の増加、通告伝達などのアプリケーションを実現し、列車の安全安定輸送に貢献し、旅客サービスの向上を可能とした。

次に、列車無線を実現するための主な技術を述べる。

(1) 安定した無線回線品質の実現

(a) 新幹線列車無線：LCXデジタル方式



図3. 自営無線(列車無線)の変遷

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

高速走行する列車(移動局)と地上の基地局間で安定した回線品質を提供するため、ダイバーシチ技術を導入して無線性能の向上を図り、符号誤り率 1×10^{-4} 以下を実現した。

基地局→移動局方向は、前後・左右のLCX(Leaky Coaxial cable)アンテナを用いたダイバーシチ受信を採用した。複数の電波を受信することで、高速移動下での無線回線品質の劣化を回避し、無線回線品質の向上を実現した(図4)。

移動局→基地局方向は、移動局から2つの送信信号を送出し、受信側で信号を分離し、最適合成することで1本のアンテナをあたかも2本のように扱うことができる独自技術(Per transmit Antenna Differential Mapping：PADM)⁽³⁾を適用することで安定した無線回線品質を実現した(図5)。(b) 在来線、公営・民営鉄道列車無線：空間波デジタル方式

アナログ方式では、周波数の有効利用のために、1線区の同じ回線を同一周波数によって複数基地局同時送信で実現した空間波方式を採用している。デジタル列車無線システムは、アナログの基地局配置を踏襲したまま、同様に複数基地局同時送信を空間波デジタル方式で実現するために、送信時間ダイバーシチ+適応等化ダイバーシチ受信技術を適用した。送信時間ダイバーシチは、図6に示すように複数の基地局、又はアンテナからの送信信号に対して、送信タイミングを調整する技術である。適応受信ダイバーシチ受信はPSP(Per-Survivor Processing)方式の適応等化技術を採用し、波形歪(ひず)み成分を適応的に推定し、受信信号から波形歪みの影響を回避する技術である。これらによって、同一波干渉・ビート干渉の影響を克服⁽⁴⁾し、通話音質の向上と難聴区間の削減を実現した。

(2) 高品質な音声コーデックの実現

列車上で周囲雑音が大きいなど特有の使用環境を持つ列車無線システム専用最適化した音声コーデック(Rail system Code Excited Liner Prediction：RL-CELP)を開発⁽⁵⁾した。安定した無線回線品質が得られることから、誤り訂正符号長を最適化することで、音声品質を高めるとともに、音声信号の特徴をコーデック処理に反映させることで、音声品質を高めた。

3.2.2 MCA無線、防災無線

MCA無線、防災無線では、図7に示すように基地局、中継局、移動局を製品化してきた。

防災無線の市町村同報無線システムはアナログ方式で実用化され、災害発生時の避難情報伝達等に用いられるとともに、平時の行政情報の伝達等に使用されてきた。

2001年に、周波数利用効率の向上、サービス機能の充実、重大災害時の相互接続性を実現した、全国初となるデジタル方式のシステムを納入した。ノイズのないデジタル音声や、ミュージックチャイムなどの放送が可能となった。

また、デジタル移動無線でも、2008年に移動無線の携帯機を開発し、住民の安心と安全に貢献している。

次に防災無線を実現するための主な技術を述べる。

(1) デジタル同報無線システムの伝送方式の実現

デジタル方式では、周波数の有効利用のため、通信方式にTDMA(Time Division Multiple Access)／TDD(Time Division Duplex)方式を採用し、変調方式も高効率の16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)方式を採用し、15kHz帯域で45kbpsの伝送速度を実現した。これによって、1波で下り方向の放送を行いながら、上り方向の連絡通話が可能となった。

(2) S方式CODECの開発

デジタル同報無線では、一般に使用される業務用無線とは異なり、ミュージックチャイムなど、音声以外の音源も明瞭に伝送する必要があるため、伝送周波数帯域を7kHzま

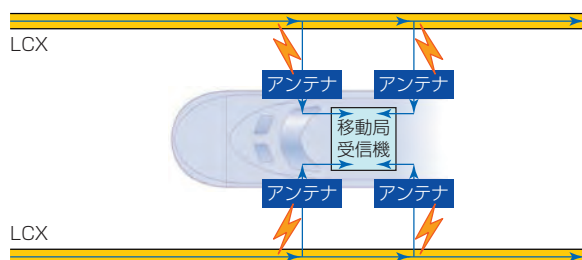


図4. 基地局→移動局ダイバーシチ方式

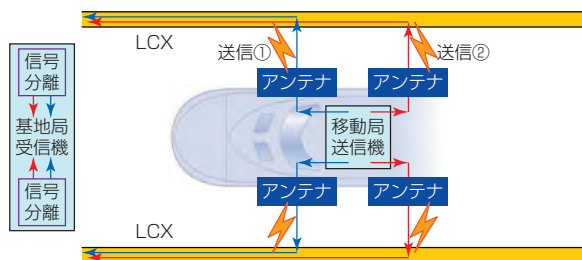


図5. 移動局→基地局ダイバーシチ方式

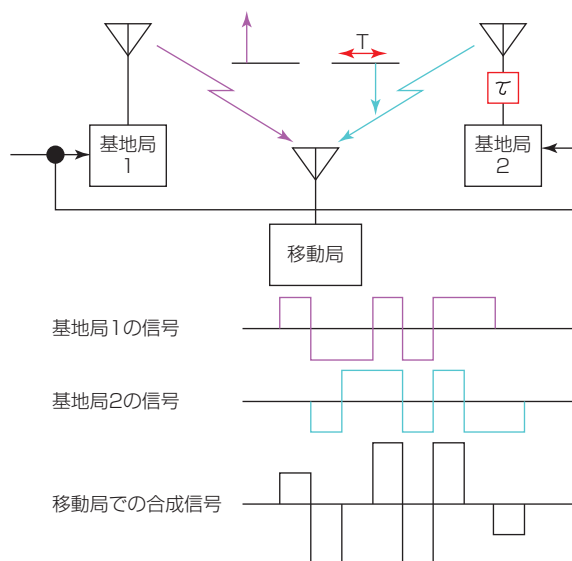


図6. ビート干渉抑圧方式

で広げたITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) G.722.1方式と同じアルゴリズムの16kbps音声符号化処理に誤り訂正処理を付加した伝送誤り耐性の高い25.6kbpsのS方式CODEC(Coder / Decoder)を開発した。

(3) デジタル移動無線システム携帯機の開発

デジタル移動無線システムは、自治体内の連絡用の無線システムとして利用されており、2008年に送信出力を4Wとし、運用可能時間を20時間以上(送信1, 受信1, 待ち受け18)とした携帯無線機を開発した。

この携帯機には、種別などの分類が行えるメール機能を実装し、役所のサーバで送信者からの要求事項ごとに割り振りが行える機能を実現した。これによって、災害発生時に現場で確認した際、避難状況、損壊状況等の情報が対策本部側で一元的に整理された形で把握でき、細かな説明が不要となり、情報収集の効率化に寄与している。

4. 今後の展望

4.1 電気通信事業者用無線事業

電気事業者用無線通信は、今後予測されるモバイルデータトラフィックの急増への対応や、どこでもつながる利便性の向上を図るために、第5世代無線システムに代表されるように、ますますの高速・大容量化、低遅延伝送、高速移動時のより高いパフォーマンス、様々なデバイスとの接続性及び災害に対する堅牢(けんろう)性が求められる。

4.2 自営無線事業

列車無線は、鉄道事業者の安全・安定輸送を支えるために、運行支援や車内業務等を実現する地車間通信として、災害に強く全線のどこでも通信可能な信頼性の高い無線回線品質が求められる。また、乗客に対する迅速な情報提供、車内インターネット環境等の快適な車内空間の提供及び映像伝送を実現するための地車間通信として、高速大容量の

無線伝送速度が求められる。

今後は、高信頼性の無線通信による業務系サービスと高速大容量の無線通信による旅客系サービスを実現させるシステムへの2極化が進展すると想定される。

また、防災無線でも、東日本大震災の教訓をいかした耐災害性の強い堅牢なシステムが求められる。

5. むすび

当社は、電気通信事業者用無線事業、自営無線事業で培ってきた技術はもちろん、宇宙事業等で培ってきた高周波技術、アンテナビームフォーミング技術等の先端技術を用いて、安心・安全・快適な無線通信システムを実現することで社会の発展に貢献していく。

参考文献

- (1) 久保博嗣, ほか: ステートごと推定法を用いた適応形ビタビ復号器の特性, 電子情報通信学会論文誌(A), **J77-A**, No.12, 1650 ~ 1660(1994)
- (2) Kubo, H., et al.: A multiple open-loop frequency estimation based on differential detection for MPSK, IEICE Trans. Commun., **E82-B**, No.1, 136 ~ 144 (1999)
- (3) Kubo, H., et al.: MIMO Communication Systems Employing Per Transmit Antenna Differential Mapping(PADM), Proc. IEEE VTC2004 Spring, **2**, 613 ~ 617(2004)
- (4) 久保博嗣, ほか: 送信ダイバーシチと適応等化器によるビート干渉抑圧方式に関する一検討, 電子情報通信学会論文誌(B), **J86-B**, No.3, 468 ~ 476(2003)
- (5) 山浦 正, ほか: CELPの聴覚的劣化感を低減する音源符号帳探索方式の検討(音声, 聴覚), 電子情報通信学会論文誌(D), **J89-D**, No.4, 807 ~ 815(2006)

MCA無線, 防災無線



IP-BTS : IP Base Transceiver Station

図7. 自営無線-MCA無線, 防災無線の変遷

空調冷暖の歩みと今後の展望

リビング・デジタルメディア事業本部
副事業本部長
永友秀明



1. ま え が き

三菱電機の空調冷暖製品は、1954年当社静岡製作所でエアコンの生産を開始して以来約60年にわたり、人と環境に配慮した高い技術力と品質によって、グローバルに発展してきた。現在では、家庭用のルームエアコンや換気扇から店舗やビルなどの業務用エアコン、産業用冷暖機器やロスナイなど様々な機種を展開しており、当社の中核を成す事業へと成長しつつある。

本稿ではこれまでの空調冷暖製品及びその主要な技術の歴史を振り返るとともに将来についての展望を行う。

2. 空調冷暖事業を取り巻く環境

空調冷暖機器の場合、その特性から省エネルギー性が常に評価の対象となってきた。近年の空調冷暖機器は、これまで定格ワットポイントで性能評価されていたものから、年間を通しての効率を表す指標に変わってきており、インバータ技術や冷媒制御技術等に優れた日本の技術が世界的に評価されている。また、近年ではソフト省エネルギー技術や快適性にかかわる技術発展も目覚ましく、ルームエアコンでは、当社“ムーブアイ”に代表されるセンシング技術の発達によって、従来温まりにくかった足元を目がけて温めるといった技術が確立された。また従来ヒートポンプでは、寒冷地での暖房は難しいとされていたが、当社“ズバ

暖シリーズ”に代表される低外気での暖房性能も格段に向上しており、従来のエアコンに対する暖房の温まりにくいイメージは大幅に変わってきている。

一方、安全性や性能面で優れていることから空調冷暖機器の冷媒として広く使用されてきたフロンガスは、オゾン層破壊という問題があり、塩素を含まない冷媒への転換を図っている。最近では地球温暖化などの環境問題に絡んで各国で規制の対象となりつつあり、今後はより地球温暖化係数(GWP)が低く、性能や安全性面で優れた冷媒への転換ができるかどうか空調冷暖製品の鍵になってきている。

3. 事業・技術の変遷

3.1 ルームエアコン

3.1.1 一体形からセパレート形へ

当社では1954年に小型エアコンの生産を開始した後に、1959年に家庭用ルームエアコン(以下“エアコン”という。)第1号を発売した(表1)。当時は、現在のような室内機と室外機で構成するスプリットの形態ではなく一体形であった。1966年に当社としては初めてセパレート形エアコンを発売し、その翌年の1967年にはセパレート形の壁掛け形エアコン“霧ヶ峰”を発売した。それまで主流の一体形では、屋内と屋外に機器が露出している必要があったことから、窓を利用したり、壁などの家の造作を壊して取り付ける必要があった。一方セパレート形では、壁に直径10cm

表1. ルームエアコンの歩み

1954年	エアコンの生産開始
1959年	家庭用ルームエアコン第1号発売
1966年	セパレート形エアコン発売
1967年	壁掛け形エアコン“霧ヶ峰”発売
1968年	“ラインフローファン”を世界で初めてエアコンに搭載
1978年	室温と健康温度範囲がわかるLED表示“グリーンサイン”を業界初搭載
1986年	温感自動コントロールによる体感温度制御を導入
1994年	人の位置がわかるセンサ“パノラマアイ”を搭載
1997年	暖房能力を強化した寒冷地向けエアコン“ズバ暖・霧ヶ峰”を発売
2000年	体感温度を測る輻射センサを業界初搭載
2005年	ワイドリビングでもしっかりセンシングできる可動式センサ“ムーブアイ”を搭載
2007年	人の居場所を検知する“人感ムーブアイ”搭載
2010年	リモコンでエアコン設定をナビゲートする“ナビするエアコン”発売
2012年	快適性を保ちながら送風と冷暖房を切り替えて節電する“ハイブリッド霧ヶ峰”発売
2013年	人の手足の温度まできめ細かく見極める“ムーブアイ極”、足元をねらってピンポイントで温める“匠フラップ”を搭載

程度の穴をあけて室内機と室外機をつなぐだけの施工で済み、室内の美観が向上するとともに、圧縮機を屋外に設置できることから、室内における運転音や振動を低減することができた。このセパレート形を実現するための技術的な課題の一つに冷媒配管工事があった。専門家でなければ扱えなかった冷媒配管工事を容易にするために、スパナによって施工可能なインスタントカップリング(図1)方式を採用し、据付けスピードも飛躍的に改善された。

3.1.2 シロッコファンからラインフローファンへ

1968年には、シロッコファンが主流であった室内機の送風機構にエアコンで初めてラインフローファンを搭載した。シロッコファンは、直径が大きく、また空気を横方向から取り込む構造のため、奥行を大きくとる必要があった。その結果、室内機は壁掛け設置するにはかなり大きく、テレビ用の脚に乗せたり(図2)、棚に設置するといった方法もとられていた。これに対し、当社のエアカーテンに搭載していたラインフローファンは、横長で直径が小さく、また風がまっすぐ入りまっすぐ出ていくので、静音性や部屋を急速に冷やす機能にも優れていた。そこでこのラインフローファンをエアコン用に対応させる開発を行い、世界で初めてエアコンに搭載した。これによって室内機の奥行寸法は画期的に薄くなり、壁掛け設置が容易になった(図3)。ラインフローファンの改良を積極的に行い、製造面では軽量化、耐久性向上、低コスト化を目指した結果、超音波溶着によるプラスチック製ラインフローファン(図4)の製造技術を確立し、世界で初めて超音波溶着の自動化ラインを導入した(図5)。

3.1.3 センサと気流制御技術の進化

エアコン空調による快適性の向上や、室内機のコンパクト化が進むと同時に、一家に一台から寝室などほかの部屋にもエアコンが普及し、冷房のみならず暖房でも積極的に利用されるようになった。一方、需要が高まる中でエアコ

ン空調に対する不満も高まっていった。そこで、当社はそれまでの部屋全体を均一に空調するという概念から、人中心の空調へと概念の転換を図った。1994年に発売したエアコン“FSシリーズ”では、人の位置と距離を測るセンシング機能と、従来左右15度程度であった風向きの偏向幅を約45度にまで広げて、ねらったところに素早く風を送る気流制御機能を実現した。“パノラマイ”(図6)と名付けた2個の焦電センサでは、人体が放射する赤外線量の変化を検出し、位置を特定した。きめ細かく検出するために、ドーム型の9分割したレンズをトンボの目のようにそれぞれのセンサに取り付けた。この人の位置を検出するセンシング機能によって、人のいる場所に直接風を送ることと人を避けて風を送るという2通りの風の送り方ができるようになった。暖房運転時には人の足元をねらって温めることで、部屋全体を温める場合に対し、同一快適性で約15%の電気代節約が可能となるなど、現在まで技術開発競争が続いている快適性と省エネルギー性の両立について、いち早く着目し製品化した。

エアコンの快適性を追求していく中で、人が感じている温度(体感温度)をエアコンが理解して快適制御を行うことを目標にして、壁や床などの生活空間や人が発する熱を非接触で計測する赤外線センサを開発した。これを応用し業界初の輻射センサを搭載したエアコンを2000年に発売した。そして2005年には、現在の当社エアコンの構成の原型となる部屋の中をより広範囲にセンシングする左右に可動するセンサ“ムーブアイ”を初搭載し(図7)、以降センシング機能を年々進化させ、さらに上下風向板を左右分割し独立させて動かす“ダブルフラップ”による柔軟な気流制御と連携させることで快適性と省エネルギー性のより一層の向上を図った。ムーブアイとダブルフラップは当社独自の技術として現在まで改良を加えながらその技術を引き継いできている。

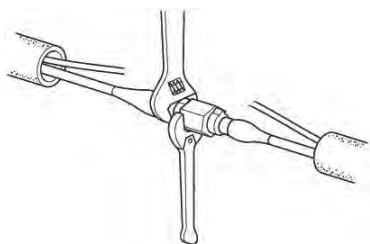


図1. インスタントカップリングの施工イメージ



図2. テレビ用の脚に乗せたセパレート形エアコン



図5. ラインフローファン製造の様子



図3. ラインフローファンを搭載した壁掛け形エアコン



図4. プラスチック製ラインフローファン



図6. パノラマイ

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

2011年の震災で社会的に節電の要求が高まったことを背景に、快適性を維持しつつ更なる省エネルギー化の実現を目指した結果、2011年秋に“ハイブリッド霧ヶ峰”を発売した(図8)。この製品では、体感温度に応じて冷房運転から圧縮機の運転を停止した送風運転に自動的に切り替えることができる。また送風運転時も、体感温度を検知して送風量を自動的に変化させて快適性を保つよう工夫した。利用者が無理なく、無駄なく節電できるように節電をアシストするリモコンを搭載した。また、エアコン操作に精通していなくても、また年配者でも簡単に操作ができるようリモコン上のボタンの数を最小限にそして大きなボタンとし、液晶画面にフルドットディスプレイを採用することで、画面の中で分かりやすくサポートしながら節電設定ができるようにした。2013年に発売した最新のエアコンでは、人の手足の温度まで見極め、足元が冷えている時には、暖房時はピンポイントでねらって温めて体感温度を上げ、冷房時は冷え過ぎ防止で冷房運転を弱める等、節電かつ快適なエアコン運転を実現している。新しい試みとして送風運転では、実際に霧ヶ峰高原で測定した自然の風のリズムを再現している。

3.1.4 海外向けエアコン

海外に目を向けてみると、欧州では、日本製の快適かつ高い省エネルギー性能を持ったエアコンは高い需要があり、機能・性能以外のところでの要求、具体的には薄形でスタイリッシュな外観に対する要求が非常に高かったことから、2010年には薄形でかつ外観デザインを重視した“霧ヶ峰・禪(図9)”を発売した。200mmを切る薄形の奥行サイズと欧州のインテリア空間に馴染(なじ)む箱形を基調とした形状、さらに白、黒、シルバーの3色展開を行った。また、2012年には薄型でかつ高い省エネルギー性能を持ち、北欧などの寒冷地での利用に対応したハイエンド機である“FHシリーズ”を発売している。中国でも欧州同様、外観デザ

インに対する要求が高かったことから、現地の嗜好(しこう)に合った色や素材、表面仕上げにこだわった製品を発売している(図10)。

3.2 業務用エアコン

業務用エアコンは、1954年からパッケージエアコンとして生産を開始した。当初は床置き形が主流であったが、1968年に国内初の天吊式パッケージエアコンを発売した。

また、1978年から床置き形室内機がスリムであることを特長とした“ミスタースリムシリーズ”を発売し、現在でも当社の店舗用エアコンは“スリムエアコン”の名称で呼ばれている。1987年には、世界初の現地での追加冷媒チャージを不要にした冷媒チャージレスエアコンを発売した。室内と室外に別々の膨張弁機構を持ち、液冷媒配管を気液二相冷媒とすることによって、延長配管分の冷媒量を大幅に削減しあらかじめ室外機に入れることを可能にした。その後、冷媒として使用しているフロンガスがオゾン層破壊や地球温暖化といった環境問題に直面し、2000年には、オゾン層を破壊する塩素を含まないオゾン破壊係数0の冷媒R407Cを使用したスリムエアコンを発売した。この冷媒転換の際に施行上問題になったのが、冷媒と相溶性がある冷凍機油の化学的な安定性が低く、水分や塩素等のアタックによって油が劣化しやすいということであった。これによって、塩素を含む従来冷媒で使用していた配管などを洗浄なしにそのまま流用できないことは、当時新しい冷媒を使用する空調機器の常識となっていた。しかし、業務用エアコンでは延長配管が長かつ埋め込み配管がある等配管を再度設置することが困難な場所が多かったことから、既設配管を流用したいという要望が強くあった。またリプレース市場が半分近くまで上昇していたこともあり、当社空調機では、冷蔵庫で知見があった冷媒と相溶性がない非相溶性油で、ルームエアコンからパッケージエアコンの小型のゾーンまでをカバーし、また非相溶性油が使えない大型ゾーンでは、



図7. ムーブアイを初めて搭載したエアコン



図9. 欧州向けのエアコン“霧ヶ峰・禪”



図8. ハイブリッド霧ヶ峰と節電をアシストするリモコン



図10. 中国向けのエアコン

活性炭を応用したリプレースフィルタを配管途中に取付け、余分な塩素分などを取り除くことによって既設の配管を洗浄レスで使用することを可能にしたリプレースインバータを発売し、他社に先駆けて既設配管の流用を可能とした。その後2005年に発売したズバ暖スリムは、現在の北国地区へのヒートポンプ暖房の普及率向上のきっかけを作った。2006年にはムーブアイを搭載した新4方向カセット、2009年には通年エネルギー消費効率(APF)が業界No.1の“スリムER”，2013年には業界初の複数の室外機を連動して制御するパワーシェア運転機能を搭載し、実運転における省エネルギー性に優れた効果を発揮している。

一方、1984年にビル用の直膨エアコン“シティマルチシリーズ”を、1988年からビル用マルチエアコン“シティマルチYシリーズ”を発売し、現在世界中に展開するビル用マルチシリーズのさきがけとなった。1990年に1つの熱源機及び2本の内外接続配管によって室内機が冷房と暖房を同時かつ高効率な運転を可能とした“二管式冷暖同時マルチR2”を発売した。2管でこの冷暖同時マルチを実現したのは当社だけで現在もオンリーワン商品となっている。2001年に発売した“リプレースマルチ”では、複雑な配管で洗浄再利用困難と言われたマルチの配管を当社独自の“気液二相洗浄方式”などの配管洗浄技術を使って既設配管に残る冷凍機油を回収し、既設配管を流用可能とした。また、2013年には、熱交換器の冷媒通過部分が従来の銅円管ではなく、アルミ扁平(へんぺい)管となる熱交換器を搭載した“グランマルチ機種”を発売した。

省エネルギー性に優れたこれらの製品の中で、現在でも当社の看板商品になっている“二管式冷暖同時マルチR2シリーズ”と2005年に発売された寒冷地向けエアコン“ズバ暖スリム”について述べる。

3.2.1 二管式冷暖同時マルチR2シリーズ

ビル用マルチエアコンとは1つの室外機に複数の室内機

がつながっているビル用のエアコンのことである。ビル空間では、従来のペリメータゾーンなど外気の影響に加え、OA機器などの内部発熱負荷などが増えてきていることから、空調が置かれるスペースによって、負荷の差が拡大するケースがあり、冷房と暖房を同時に使いたいというようなケースも増えてきている。当社R2シリーズでは、このような冷暖同時に使用したい用途で、業界唯一室内／室外機を連携する配管をガス、液の2本の配管で実現した。

図11は、冷房主体運転時の動作を示したものである。冷房主体運転時には、室外熱交換器で気液二相冷媒状態で循環してきた冷媒を気液分離し、気体のみ暖房運転ユニットに循環し、高圧液冷媒化させ、膨張弁を介して冷房運転ユニットに冷媒を循環させることによって、2管で冷房暖房同時運転を実現させている。この冷暖同時運転は、室内ユニットの冷房と暖房のバランスが良くなるほど室外熱交換器での排熱が少なくなり、冷房や暖房だけの運転に対し、よりエネルギー消費効率が高い運転となる。

3.2.2 ズバ暖スリム

空調機の暖房に使われているヒートポンプ技術は大気の熱を利用するため、消費電力に対して数倍の暖房を行うことができる非常に優れた技術であるが、外気温度が低くなると能力が低下するため、寒冷地でのヒートポンプによる暖房は難しいと言われていた。当社では、2005年に低外気でも暖房能力の低下を抑制するための、フラッシュインジェクション回路(図12)を搭載したズバ暖スリムを発売して、-15℃までの定格能力の維持と、-25℃までの運転範囲の拡大を行い、さらにデフロストなどに改善を加えることによって、寒冷地でも安心してヒートポンプを使えるようになった。フラッシュインジェクションは、液配管から取り出した冷媒を二相状態にして圧縮機の圧縮工程途中にインジェクションする技術で、低外気での高い能力と効率の両立を可能として業界でも高く評価されている。

■ シティマルチ R2 Eco 熱回収運転時の COP 値

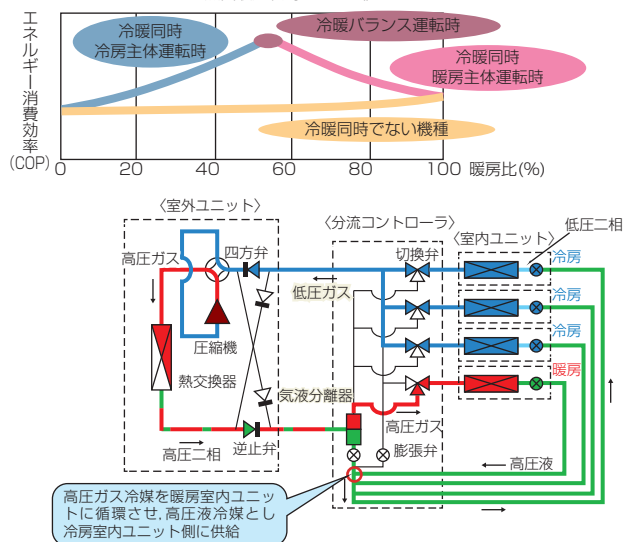


図11. 冷房主体運転時の動作

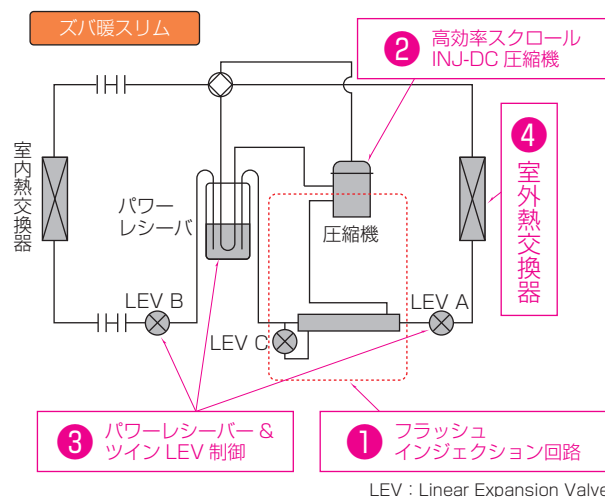


図12. ズバ暖スリムのインジェクション回路

3.3 産業用冷熱製品

3.3.1 産業用チラー

1958年産業用チリングユニットを開発して1966年から業界に先駆け空調用のチリングユニットを発売し、1970年代に入ってから空気熱源であるヒートポンプチラーへと展開した(図13(a))。また、2007年に発売したCO₂冷媒を使った業務用エコキュート“サニーバックQ Eco”(図13(b))では、高効率DCブラシレスモータを採用したインバータスクロールCO₂圧縮機の搭載によって業務用エコキュートでは業界トップの定格エネルギー消費効率4.1を達成した。また、従来のフロン冷媒を使用した同容量の給湯機では2台の圧縮機を搭載していたのに対して、1台の圧縮機で実現することによって大幅な設置面積の削減と軽量化を実現し、電力負荷平準化機器システム表彰“資源エネルギー庁長官賞”を受賞した。

一方、大型チラーは1962年から生産を始め1971年からヒートポンプチラーを発売した。当時は冷暖切替は手動バルブ操作、デフロストは散水方式で行われていた。1989年には業界初のリキッドインジェクション方式の半密閉型シングルスクリー圧縮機を搭載した“空冷スクリーヒートポンプチラーシリーズ”を発売した。オイルインジェクション方式から脱却し、オイルセパレータ不要のコンパクト性、低振動、耐久性の向上等を図った。

最近では2008年に発売したコンパクトキューブでDCインバータ駆動スクロール圧縮機の複数搭載などのモジュール化設計と当社独自の斜め上方風吹き出し構造“Vフロー”熱交換器の搭載によって、製品質量を約1/3にし、設置面積も半減させ、さらに集中設置を可能とした。平成20年度の省エネ大賞省エネルギーセンター会長賞や日本冷凍空調学会の技術賞を受賞するなど高い評価を受けている(図13(c))。

3.3.2 冷凍機器

1947年に大型製氷設備のアンモニア冷媒対応の冷凍機として、“MF-873形(50馬力/3気筒/250rpm)”を仙台市に納入したのが皮切りとなり、産業界の生産能力増大に伴い、機種拡充の必要性から、“高速多気筒MA形冷凍機(75馬力/8気筒/1,000rpm)”が1951年に誕生した。MA形冷凍機は食糧増産・農村振興の政策に伴う乳業界の振興によって乳業メーカーに多く採用され、長寿命製品として高く評価された。小形半密閉圧縮機開発は戦争で中断されたが、1957年から本格的量産を開始した。一方機種群としては、1970年に世界で初めて冷凍・冷蔵クーリングユニットを開発した。現地工事の簡素化、制御面の簡素化に加えて、除霜システムの改良を加え、急速凍結用途にも適用が拡大された。また、低温ユニットの中で唯一の間接方式用途であるブラインクーラも1970年に誕生した。間接方式の対応の大きなねらいは、アンモニア製氷設備のフロン化、工業用・乳業化学プラントの全自動化・フロン化、スケートリンク設備の熱源対応、船用低温設備の無人・全自動化であった。また、超低温対応として、-60~-75℃対応のブラインクーラも発売した(1982年)。1996年からは、圧縮機としてオーバホールインターバルが40,000時間を誇るシングルスクリー圧縮機を搭載した製品群を市場投入し、高い信頼性が評価され、大型熱源機では今日の主流となっている。

また、地球環境保護の観点からHCFC(ハイドロクロロフルオロカーボン)冷媒からHFC(ハイドロフルオロカーボン)冷媒への転換も済ませ、更なる環境低負荷対応の開発を進めている。

3.4 業務用ロスナイ

1960年代の後半から、温度と湿度を逃さず換気するという発想で、ロス(損失)がナイ(ない)(図14、図15)“ロスナイ”というネーミングの全熱交換器が世界で初めて誕生し、1970年から発売された。その後、ロスナイエレメント



(a) チリングユニット



(b) サニーバックQシリーズ



(c) コンパクトキューブeシリーズ

図13. 産業用冷熱製品

は進化を遂げ、2004年に25 μ mの超薄膜無孔系特殊加工紙を給排気仕切材に適用して交換効率を改善したハイパーエレメントを、2008年には、湿度透過の高い新接着剤を開発し、湿度交換効率を改善した“ハイパー Ecoエレメント”を開発した。また、2012年には樹脂製の細リブで、紙製の仕切板を両面から挟み込んで固定する新構造及びリブと仕切板の一体成型技術の確立によって、全熱交換効率を改善した高効率ロスナイエレメントを開発して、業界トップの位置を保っている。

3.5 圧縮機

当社の圧縮機は空調機よりも歴史が古く1932年冷蔵庫用のレシプロ圧縮機を開発・生産したのが始まりである。その後1975年から小型・軽量・高効率のロータリ圧縮機“RH型”（図16）を生産し、パッケージエアコン用にも1980年から“NH型”圧縮機を量産導入した。また1983年からはインバータ圧縮機を生産、1994年からはBLDC(BrushLess Direct Current)モータ、2000年にポキポキモータ（集中巻）（図17）を搭載し、世界をリードする高効率な圧縮機となっている。スクロール圧縮機については1980年代後半から業務用空調用にZ型圧縮機を生産し、1990年代に入り小型高速大容量化を図っている。また大型冷熱用圧縮機としては1981年からターボ圧縮機を、1986年から単段スクリュー圧縮機（図18）を導入し、1989年からは二段機も開発して今日にいたっている。

3.6 海外展開

当社空調冷熱事業では、1989年にタイに立ち上げたエアコン工場を皮切りに中国、欧州、米州等の6拠点に工場を設立し、グローバル供給に最適な生産配置を目指している。また、2000年以後欧州におけるヒートポンプを使った暖房給湯事業“Air To Water”を始め、各地域のニーズに応じた応用商品を展開しており、今後も更なる拡張を図っていく。

4. 今後の方向性と将来展望

現在自然冷媒を始めとする次世代冷媒の候補は、性能・可燃性・実現できるサイズ等、現在使用している冷媒と比較すると、何らかの問題や課題を抱えており、各国又は各地域の規制や冷媒の供給・入手性に依拠して使用する冷媒が変わってくる可能性がある。当社では、グローバル展開を加速していく中で、このような冷媒規制と合わせ、どのような冷媒戦略を取っていくかが非常に重要な開発の方向性となる。

一方機器の効率や省エネルギーについては、2000年頃までは、圧縮機や熱交換器の性能向上といったハードによる省エネルギーが推進されてきているが、今後個々の要素技術では、理論的に大幅な性能向上を見込むことは難しい状況になっている。したがって、今後はシステムを組み合わせることによる省エネルギー効果の創出や、ムーブアイなどのセンシング技術を応用した快適性とソフト省エネルギーの両立等、機器単体の効率改善によらずにエネルギー使用量を削減していく開発が増えていくと考えられる。

5. むすび

空調機器や冷熱製品の開発・製造・販売を通して、更なる省エネルギー性、環境性や快適性を追求しながら、皆がより良い暮らしができるよう貢献していく所存である。

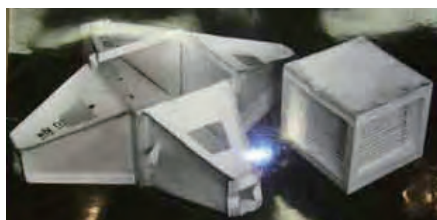


図14. ロスナイ熱交換器第1号
（実証試作機）

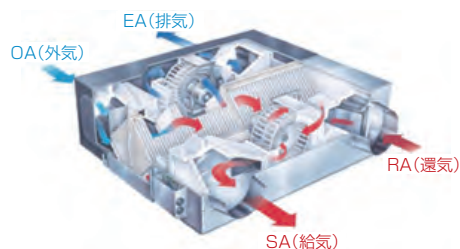


図15. ロスナイ（天吊埋込型）



図16. ロータリ圧縮機

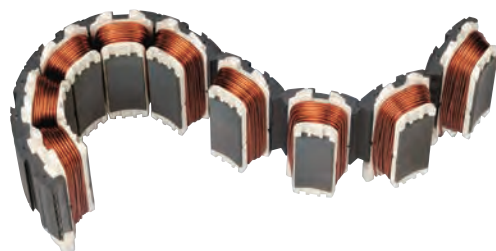


図17. ポキポキモータ

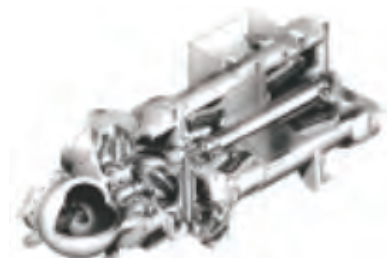


図18. 単段スクリュー圧縮機

大型映像表示装置“オーロラビジョン”における主要技術と今後の展望

長崎製作所 施設システム部長
矢野 憲彦



1. ま え が き

大型映像表示装置は、公営競技場、各種スポーツ施設はもちろん、広場やビル壁面に設置され、人々への情報伝達手段として重要な役割を果たしている。三菱電機は、1980年に独自の表示素子を開発し、フルカラー大型映像表示装置“オーロラビジョン”を実用化した。その後、各社が市場に参入し、大型映像表示装置は本格的実用期に入った。当社は、独自の表示素子と高画質化技術によって市場を拡大した。表示素子として発光ダイオード(LED)が登場すると、高密度の配置に適した構造や、長寿命、高信頼性などの特長によって、大型映像表示装置は、高画質の映像表示装置として成長し、用途も多様化している。

本稿では、オーロラビジョンについて、誕生当初からの技術の変遷と事業環境及び最新の技術動向とともに、代表的な設置例及び今後の動向について述べる。

2. 大型映像表示装置を取り巻く事業環境

図1は、オーロラビジョンの表示素子の変遷を示す。第一世代のオーロラビジョンは、表示素子として独自の単色CRT(Cathode Ray Tube)を配列し、1980年7月、米国のドジャースタジアムで世界初の大型映像表示装置としてデビューした。画素ピッチ90mmPP(Pixel Pitch)の表示部は、画像が粗く、映像を楽しむには約100mの視認距離を

必要としたが、競技場での重要な演出装置として新たな市場を創出した。第二世代は、表示素子内部に多数の画素を設けたFMCRT(Flat Matrix CRT)を開発した。FMCRTは、画素の高密度化を実現することで、視認距離が大幅に短縮され、屋内使用を含めて市場の拡大に貢献した。第一世代から第二世代までは、国内の数社がカラー塗膜付きの白熱電球や蛍光灯を応用した各社独自の表示素子を開発し、それぞれの特長を活用しながら競合した。第三世代は、表示素子が半導体デバイスのLEDに代わった。LEDは、日亜化学工業が1993年に高輝度青色LEDを開発したことで3原色がそろい、1995年ごろから大型映像表示装置への応用が始まった。当社は、屋内の高解像度タイプから屋外の高輝度タイプまで、それぞれの設置環境に応じたオーロラビジョンを開発し、高画質と高い信頼性を活用して用途を拡大してきた。第三世代は、第二世代までの表示素子と違って、専門メーカーからLEDを購入できることから、国内外のメーカーが多数市場に参入し、価格の下落をもたらすとともに市場の競争が激化した。

3. オーロラビジョンにおける技術の変遷

第一世代から現在の第三世代に至るオーロラビジョンの技術の変遷について述べる。

3.1 第一世代

第一世代のオーロラビジョンは、社内の技術を結集し、

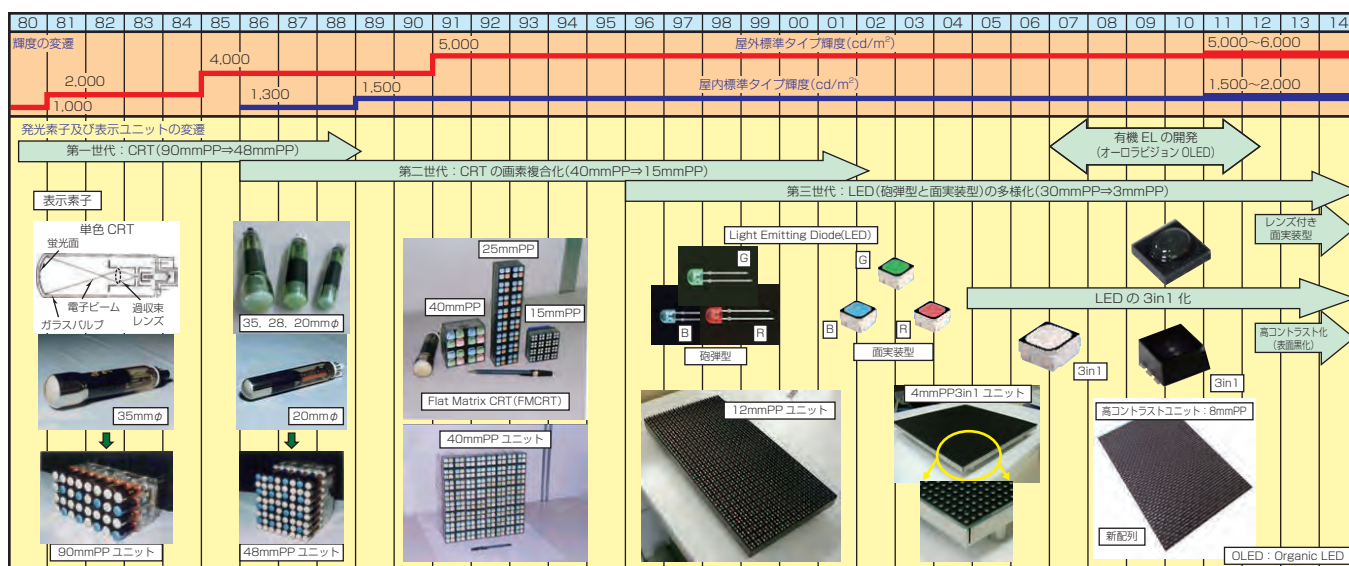


図1. オーロラビジョンの表示素子の変遷

着想から市場投入まで開発に約2年を費やした。表示素子の単色CRTは、一般のCRTが電子ビームを点状に絞るのに対し、逆に電子ビームを電子銃の過収束レンズで拡散し、画素の蛍光体全面に均一に照射させて高輝度発光を得る。当時の白熱電球を配列した電光掲示板に比べて原理的に効率が高く、画素あたり約10分の1の消費電力でフルカラー表示を実現しており、3原色に対応する3種類の表示素子を開発した。表示の制御は、プラズマディスプレイの表示技術を応用しており、各画素の点灯、消灯を制御し、点灯時間の累積幅を画像信号の振幅(画像の濃淡)に比例させるPWM(Pulse Width Modulation)方式である。表示コントローラは、世界各国の規格に対応する映像信号とともに文字やグラフィック画像の表示を制御する。表示素子は、用途に応じて直径20mm、28mm、35mmの単色CRTを開発したが、画素の高密度化に対応してコストが高くなることから、高精細の画像表示用途の市場は限定的であった。

3.2 第二世代

第二世代のオーロラビジョンは、構成方法を一新した。図2は、当社独自のシステム構成と表示素子の構造を示す。表示コントローラは、バッファメモリを介して表示ユニットに接続し、任意の表示素子を制御できる。表示ユニットは、第一世代における表示素子、駆動回路、ばらつき補正などの基本的構成要素に加えて、画像メモリと表示に必要な信号処理を集約した。表示素子FMCRTは、CRTの原理と蛍光表示管の製造技術を応用した。図3(a)の屋外高輝度タイプは、行及び列電極で電子を制御し、両電極がカソード電位に対して正のとき、電子を蛍光面に照射して発光する。同図(b)の屋外高解像度タイプは、行及び列電極を基板上に印刷して電極構造を簡素化し、生産性と信頼性を向上させた。同図(c)の屋内高解像度タイプは、電極の印刷に加え、カソードを2画素で共有し、構成要素を削減して画素の高密度化に伴うコスト上昇を抑制した。動作の事前検証

では、大型回転機の磁界解析プログラムを電界解析に流用して電子の軌道を推定するなど、当時の工場内の技術をフル活用した。製造では、FMCRTの画素に対応して必要な16～64本の線状カソードを自動架線する装置を開発し、従来の熟練工による手作業を自動化した。設計、製造とも独自技術で本格的量産を実現し、オーロラビジョンの需要を拡大した。図2のシステム構成は、第三世代にも活用されている。

3.3 第三世代の技術動向と要素技術

3.3.1 LED方式オーロラビジョンの技術動向

LEDは、先に述べた高輝度青色LEDに続いて1996年に開発された純緑色高輝度LEDが大型映像表示装置への適用を加速した。LEDは、砲弾型と面実装型があり、砲弾型は、光をレンズで集光し、視野角を抑制して正面輝度を高めており、屋外の高輝度用途に適する。面実装型は、レンズがなく、正面輝度は抑制的だが視野角が広い。点光源に近いLEDは、多数配列する上での構造的な制約が少なく、様々な解像度を設計できることから、素子コストの低下とともに屋外用は砲弾型、屋内用は面実装型で、オーロラビジョンへの適用が本格化した。また屋内用を中心に1素子内に3色を含む3in 1素子が適用され、最近では屋外用にレンズ付きの面実装型LEDも登場している。LEDは、第一世代で直面した画素の高密度化に伴うコスト上昇をカバーするほどに価格が下落し、スクリーンの超大型化、高解像度化を促進した。ハイビジョンの情報量を大きく超える高解像度のシステムでは、複数のハイビジョン表示コントローラを同期させて並列運用することで、超高解像度の表示を実現している。

3.3.2 オーロラビジョンを支える要素技術

(1) サブピクセル制御と色度変換

オーロラビジョンは、主に屋外用で、図4(b)のように格子状に配列した画素(4素子構成)の個々の素子をそれぞれ

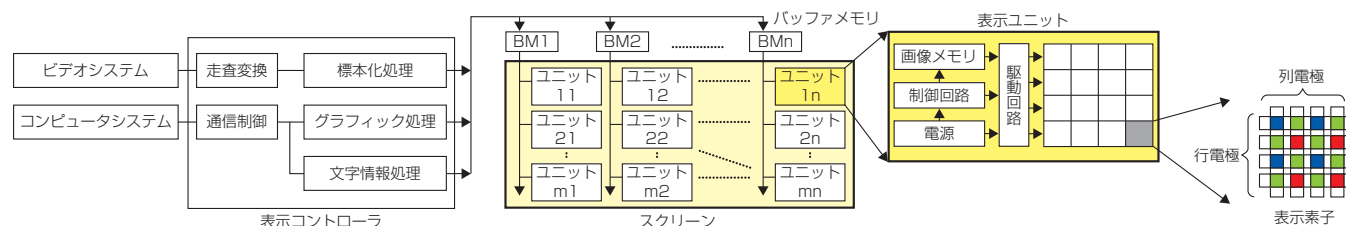


図2. オーロラビジョンのシステム構成

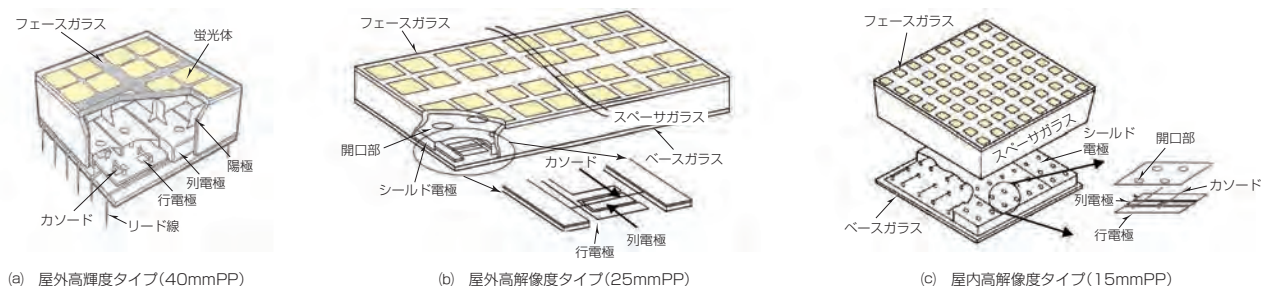


図3. 第二世代オーロラビジョンの表示素子(FMCRT)

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

の位置に対応して制御している(サブピクセル制御)。この方式は、一般的制御に比べて走査線の2倍化、標本点の2倍化などの高速処理を必要とするが、隣接画素が重複することで見かけの画素数が増加し、実質的な解像度が高くなる。さらにLEDの3原色は、図5のようにハイビジョンの規格(HDTV)と比較して色再現範囲が広すぎることから、オーロラビジョンでは、表示の違和感を解消するために、ハイビジョンの規格相当の色度に補正している。図4の画素配列では、緑(G)単色の画像など、LED素子数が少ない色では離散的表示になるが、色変換によって各LED間にある他の色を点灯させて色を最適化するとともに離散的な表示を滑らかにする解像度改善効果を得ている。

(2) 直射日光下の高画質化技術

大型映像表示装置では、直射日光下では表示面における太陽光の反射がコントラストの低下と色再現範囲の縮小を招く。オーロラビジョンは、図5で示すように周囲の照度に応じて色再現範囲を最適化し、表示面の照度が高いときは3原色をLEDの本来の色度(LED)に近づけて、色再現範囲の縮小を軽減する。図6は表示面における外光反射の抑制対策の一例として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素子のうち1素子を外光の反射を抑制する黒のスペース領域に割当て、スペース領域を含む画素構造がノイズとして知覚され難いように、全体を45°回転してスペース領域を千鳥格子状に配置した。この配列にすることで、サブピクセル制御と周囲環境に応じた色変換の併用によって、太陽光下の画質が向上する。

(3) ばらつきの補正と表示ユニット間の色合わせ

LEDは、色や輝度の製造ばらつきが大きく、特性が温度によって変化する。オーロラビジョンは、一般に同じ製造ロットで輝度を選別したLEDを使用し、さらにLEDの輝度ばらつきを補正して輝度を均一化している。表示ユニットを組み込むモジュールでは、温度分布を均一化する

ための冷却技術を適用し、均一な表示を得ている。一方、スクリーンの組立・解体を伴うレンタル用など、製造ロットの異なる表示ユニットが混在する用途では、色変換によって表示ユニットの色を周囲の表示ユニットの色に合わせている。この機能は、オーロラビジョンの保守で、表示ユニット交換時の画面の均一性の確保にも役立つ。

(4) 高速信号処理による高画質化及び省エネルギー技術

テレビ信号は、1/60秒の周期で繰り返し表示される。オーロラビジョンでは、この周期を均等に分割して駆動パルスを分散し、表示周波数を高めてちらつきを解消する。さらにカメラで撮像された映像でも表示周期と撮像周期の干渉のない高画質を実現できる。一方、省エネルギーの観点では、照度センサによって周囲の明るさに基づいて輝度を自動調整し、消費電力の低減を実現している。また、映像データを1フレーム単位で監視し、設定された電力値を超える表示期間は、リアルタイムに輝度を低下させ、輝度の低下を知覚することなく受電容量を抑制できる。この機能は、1日の運営時間が長い広告媒体としての応用では効果的である。

(5) 信頼性と耐候性

オーロラビジョンは、屋外の過酷な環境下でも安定した動作が求められる。第一世代から第三世代までの各表示ユニットの開発では、それぞれ独自の環境試験によって信頼性を検証してきた。特に第三世代では、LEDの優れた耐候性によって稼働時間が50,000時間以上の安定した動作が必要であることから、長時間にわたって輝度むらを抑制し、高画質を維持するために、劣化を均一化するための冷却を適用し、各電子部品の信頼性を十分に検証している。

4. オーロラビジョンの動向と代表的設置例

LEDの性能改善と低価格化によって多様に発展したオーロラビジョンの代表的事例について述べる。

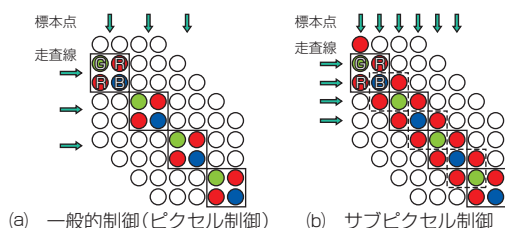


図4. 画素配列と画素の制御

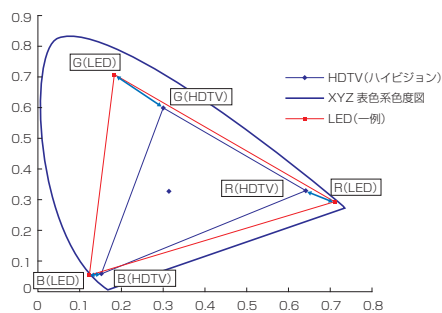
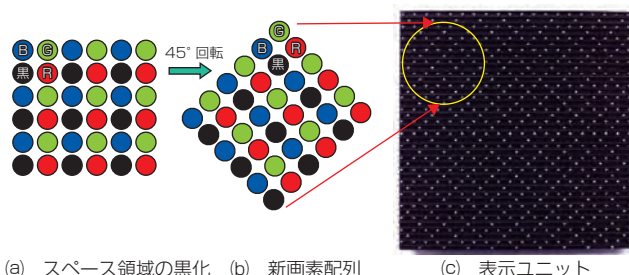


図5. 色再現範囲



(a) スペース領域の黒化 (b) 新画素配列 (c) 表示ユニット

図6. 新画素配列と表示ユニット

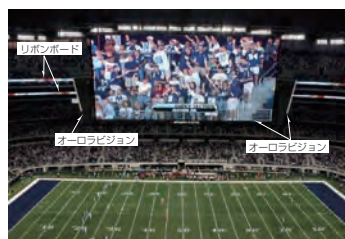


図7. 超大型オーロラビジョン

4.1 超大型化

競技場用途では、LEDの価格が下落したことでスクリーンを構成するLEDを高密度に配置し、さらに映像表示とスコア表示のシステムが1つの大型映像表示装置に統合され、スクリーンのサイズが超大型化する傾向にある。図7は、2009年に米国ダラス・カウボーイズの新スタジアムに設置された当時の世界最大のスクリーンの事例である。表示部は、21.76m×48.32m(1051.4m²)が2面、8.7m×15.36m(133.7m²)が2面の4面構成に加え、スタジアムを取り巻くように2段の帯状映像装置(リボンボード)を設置している。スクリーンは、縦・横に分割できるブロック構造で、各ブロックは、防水構造のモジュールを前面から取り付けて、短期間に現地組立ができる。画面の情報量(画素数に対応)がハイビジョンの情報量を超えることから、表示は、ハイビジョン信号(走査線1,080本の順次走査)を複数のコントローラが並列して制御している。競技場では、大画面の高精細映像に一喜一憂し、どよめく観客の姿が、オーロラビジョンがもたらす臨場感の一面を表しており、このような演出効果の創出も競技場用途のアプリケーションとして貴重なノウハウとなる。図8は、複数のスクリーンとリボンボードを含むシステムを制御する代表的なシステム構成である。最近では、さらに大型のスクリーンが設置される例もあり、画面の超大型化は、今後も進展すると考えられる。

4.2 超高解像度化

LEDは、屋内用を中心に3in1化が進展し、3in1素子の配列ピッチも6mmから4mmへ、さらに狭ピッチへと高密度化し、高解像度化が確実に進展している。最近では、屋外でも使える防水型3in1素子が開発され、ビル壁面や線路脇などの比較的小規模な画面サイズで高精細のオーロラビジョンを実現できるようになった。図9は、ビル壁面の表示装置として、2014年3月に国内初のフルハイ

ビジョンの仕様で設置された新宿東口におけるアルタビジョンである。画素ピッチ6.67mmで、1080×1920画素で構成している。太陽光下での圧倒的な映像美を特長とし、表面の反射を抑制して高コントラストを得ている。一般には、LEDに影をつくるルーバーを各表示ユニットに配置するが、ルーバーは、視野角を制限することから、ここでは構造を最適化して高コントラストと広視野角を両立させている。さらに周囲環境の照度に応じて色の再現範囲を調整し、太陽光下で鮮やかな色の高精細表示を実現している。大型映像表示装置は、今後、直射日光や視野角の影響を含めて、幅広い観視条件下で高画質が求められると考える。

5. むすび

オーロラビジョンは、近年、高画質化と高信頼性が進展し、さらに国際的な競争が激化する中、軽量、薄型、低消費電力化及び現地工事の簡素化が進んでいる。特に表示ユニットを内作して画質及び信頼性を作り込み、明るい環境で高い臨場感を創出するディスプレイとして評価されており、競技場などの超大型分野や超高精細・高画質の分野で強い競争力を維持している。累積出荷台数は小型のスクリーンを含めて約1,900セットに及ぶ。長年蓄積してきたオーロラビジョンの技術は、有機EL(Electro Luminescence)の開発例のように、新たな表示素子を配列して革新的ディスプレイを生み出す独自の技術基盤であり、さらに道路や交通分野への適用等、他分野への活用も期待されている。図10は、オーロラビジョンの技術を適用したETC(Electronic Toll Collection System)車線表示板の例である。今後は、表示素子の発展に対応した次世代オーロラビジョンの開発、さらに見やすい画質、安心して使える高い信頼性、軽量、薄型、低消費電力の特長を活用し、更なる応用分野の拡大が期待されている。

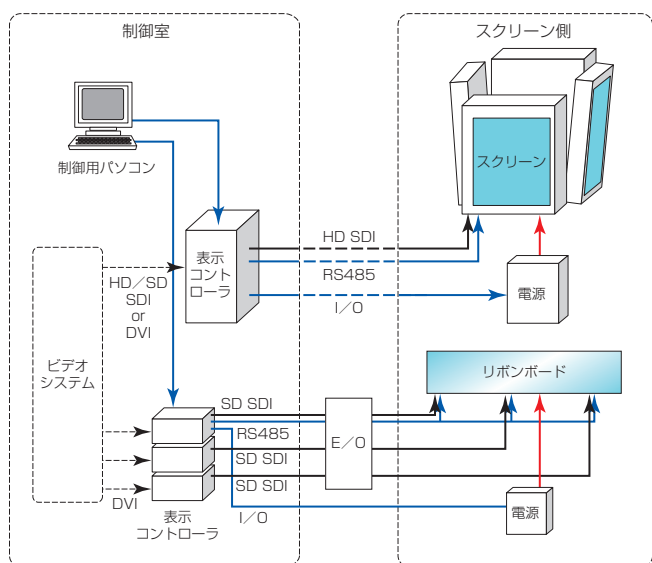


図8. 代表的なシステム構成



図9. 直射日光下の超高解像度オーロラビジョン



(a) 正面

(b) 側面

図10. ETC車線表示板

映像機器の進化と今後の展開

京都製作所 主管技師長
伊藤正輝



1. ま え が き

三菱電機の映像事業は、市場要求に対応して当社の独自技術を生かした製品づくりを推進してきた(表1、表2)。特に、テレビの基本性能である大画面・高画質・高音質技術では、過去から徹底的に市場要求の実現にこだわり製品に反映することで、他社差別化を推進している。ブラウン管テレビが主流の1960年代には、当社のブラウン管テレビの画質制御技術は他社を凌駕(りょうが)し、その技術を採用した“高雄”は高画質で名声を高め、その知名度を不動のものにした。

その後、他社に先駆け世界最大サイズ37型ブラウン管を開発して大画面テレビを実現し、また、ブラウン管では実現不可能な45型以上のサイズでは、プロジェクションテレビを開発してラインアップ(45～92型)を充実させ、さらに屋外ではオーロラビジョンで事業を展開し、大画面の市場規模が大きい北米市場で“大画面は三菱”と言われるポジションを確立した。

高画質という点では、市場がブラウン管から液晶テレビに変わったときも、液晶テレビで高精細(High Definition: HD)モデルを他社に先駆けて導入し、また液晶テレビのネーミングも映像・音質をリアルに再現するという意味を込めて“REAL”と命名した。現在も継続して高画質・高音質を徹底的に追求し、製品づくりを継続している。画質で

のこだわりでは、ブラウン管テレビの時代から当社研究所とタイアップして暗いシーンから明るいシーンまで忠実に再現する当社独自の絵作りを確立し、それを半導体に埋め込み高画質を実現して製品力強化を図っている。最近では、“DIAMOND Engine”と称して、当社独自の画質アルゴリズムを盛り込んだ半導体を搭載することで高画質を実現している。また、その高画質を最適の状態で見てもらえるように、当社独自技術である“オートターン”機能を液晶テレビにも継続して搭載し、顧客満足を得ている。

最近では、当社が得意としているレーザ技術を液晶テレビのバックライトに採用し、色の再現性で他社と差別化を図っている。音質についても高音質で評判の高い“DIATONE”の技術を採用したスピーカーを搭載することで、高音質を実現している。液晶テレビに変わり、スピーカー部のスペースが制限されて音質が悪化する傾向にある中で、当社の液晶テレビは高音質で、市場でも高い評価を得ている。

現在、“SMART QUALITY”をコンセプトに各機器の操作性向上に取り組んでいる。具体的には、映像機器間、及び映像機器と白物家電間で制御面での連携を図り、顧客の生活環境の改善に役立つよう注力している。

製品としては他社に先駆けてブルーレイ録画対応液晶テレビを市場に導入し、機器間配線の簡素化や操作性でも高い評価を得ている。また、HEMS(Home Energy

表1. 映像事業の歩み(1)

1967年	白黒テレビ“桂”発売	—
	カラーテレビ“高雄シリーズ”発売	(a)
1969年	アメリカ向けカラーテレビ輸出開始	—
1970年	世界初オートリバースカセットカーステレオ発売	(b)
1971年	“うす形高雄シリーズ”発売	—
1972年	世界初20型90°、36.5φ高解像度カラー管を開発	—
1976年	VTR発売	—
1977年	72型ビデオプロジェクタ発売	(c)
1979年	本格的自社設計VTR発売	(d)
1980年	世界初“オーロラビジョン”用光源管を開発、生産開始	—
1983年	世界初！デジタルテレビプリンター内蔵テレビ発売	—
1984年	40型ハイビジョン用カラー管開発	—
1985年	世界初37型カラーテレビ発売	(e)
1986年	VTRのCMキャラクターにマドンナ起用	(f)
	37型カラーブラウン管の量産体制確立	—
1988年	カラーテレビ生産台数累計1千万台達成	—
	自社製ハイビジョンシステム第1号機発売	—
1989年	300型ビデオプロジェクタ発売	—
	VTRの生産台数累計1千万台達成	—



(a) カラーテレビ“高雄”(19CT-703)



(b) オートリバースカセットカーステレオ(ATP-4213)



(c) 72型ビデオプロジェクタ(LVP-700)



(d) 本格的自社設計VTR(HV-6000)



(e) 大画面の記念碑的機種となる37型カラーテレビ(37C960)



(f) VTR事業の基盤を確立(HV-F11)

VTR: Video Tape Recorder

Management System)対応仕様を液晶テレビに組み込み、宅内の電化製品の状態の“見える化”を実現したり、エアコンなどの機器の制御を可能にする仕様に对应させている。

業務用機器でも、基本コンセプトは同じで大画面・高画質にこだわり、テレビで培ったコア技術をベースに、ディスプレイウォール事業、業務用プリンター事業、オーロラビジョン事業と事業展開を図っている。ディスプレイウォール事業では、大画面(マルチ画面)の色均一性を制御する技術で他社に優位に立っており、業務用プリンター事業でも画質の重要な要素である色再現性で差別化を図り、製品競争力を高めている。

2. 映像事業の歩み

2.1 1960年代から1980年代

受信管やブラウン管の生産から、白黒テレビ、カラーテレビの生産が始まり、テレビを通して様々な技術開発が行われ、それらの技術を活用してVTR事業を始めるなど、民生AV(Audio Visual)商品を中心に事業を展開した。

- (1) 1967年、当社京都製作所で最初に開発されたカラーテレビは、古都の紅葉の名勝地にちなみ“高雄”と命名した。
- (2) 1970年、世界初のラジオ付きオートリバーサカセットカーステレオを販売したところ、模倣品が東南アジアで生産されるなど、一世を風靡(ふうび)した。
- (3) 1985年、科学万博出展の40型ハイビジョン用カラー管の開発で蓄積した技術とノウハウを、民生用のカラー管に展開した。初めて大画面の迫力ある映像を見た開発担当者は、更なる大型化に向け意を強くした。
- (4) 1986年、堅いイメージがあった当社は、若者に人気を博していたスーパースターのマドンナをVTR“HV-F10”のCMに起用し、世間をアツと言わせた。また、続いて発売した“HV-F11”は各AV専門誌で高い評価を得て、若者を中心に記録的な大ヒットとなった。

2.2 1990年代

映像事業としての大きな転換期で、それまでに培った技術をもっと広く活用していこうと、業務用市場向けの映像情報画像機器の開発に取り組んだ。プロジェクト事業、業務用プリンター事業、そしてディスプレイウォール事業など、業務用事業を本格的に立ち上げ始めた。

- (1) 1991年11月25日に始まったハイビジョン試験放送に合わせて企画された、当社創立70周年記念製品のカラーテレビ“36C-WA1”は、次世代テレビの第1弾記念モデルであった。
- (2) 1998年、DMD(Digital Mirror Device)チップを使用したDLP^(注1)(Digital Light Processing)方式のプロジェクタシステムを国内で初めて製品化した。高精細な画質で焼き付きがないというメリットを売りに電力会社監視室に採用され、注目を集めた。

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

2.3 2000年代以降

様々な製品のデジタル化が進み、当社も技術革新の波に追随していったが、そんな中であって、ブルーレイ・ハードディスク内蔵録画液晶テレビやレーザーバックライトテレビは、業界で他社に先駆けた製品となった。

- (1) 2001年、デジタルカメラの急速な普及を受け、高画質な昇華型プリンターを搭載した高速印画・簡単操作のプリント端末を市場投入し、デジタル写真即時プリント市場形成に対応した。
- (2) 2004年、高精細画像技術を液晶テレビ向けに高度に発展させ、細部までリアルに再現するという意味を込めて、新しく“REAL”というブランドを誕生させた。
- (3) 2009年、世界初のブルーレイ・ハードディスク内蔵録画液晶テレビを市場に投入し、機器間配線の簡素化や操作性で高い評価を得ている。
- (4) 2010年、独自のダブルデッキ機構を搭載し、高速・大

表2. 映像事業の歩み(2)

1991年	ワイドビジョン・カラーテレビ36C-WA1発売	(a)
1993年	初めてのテレビデオ“らくちん館21”発売	—
1994年	CRTビデオプロジェクタをキーデバイスとして映像情報システム事業開始	—
1995年	業界初のA6ロールペーパー方式カラープリンター“CP700”発売	—
1996年	インターネットテレビ“28W-MMI”発売	—
1998年	DLP方式プロジェクタシステム製品発売	(b)
2000年	DVDプレーヤー発売	—
2001年	デジタルセルフプリント端末“プリントBOX”発売	(c)
2002年	液晶テレビ“LCD-18MX2”発売	—
2002年	DVDレコーダ“DVR-DS1000”発売	—
2004年	DVDレコーダ“楽レコ”シリーズ発売	(d)
2004年	液晶テレビ“REAL”シリーズ発売	(e)
2008年	ブルーレイディスクレコーダ“REALブルーレイ”シリーズ発売	—
2008年	世界初レーザーテレビを製品化、北米市場で発売	(f)
2009年	世界初ブルーレイ・ハードディスク内蔵液晶テレビ“REAL”BHRシリーズ発売	(g)
2010年	3D対応液晶テレビ“REAL”MDRシリーズ発売	—
2010年	ダブルデッキプリンター“CP-D707”発売	(h)
2012年	レーザーバックライト液晶テレビ“REAL LASERVUE”発売	(i)



特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

容量かつ省エネルギー・省スペースのプリンターを開発した。デジタル写真プリントシステムへの組み込みに最適なプリンターとして好評を得ている。

- (5) 2012年、レーザ技術を液晶テレビのバックライトに採用して色の再現性で他社と差別化し、更に高音質で評判の高い“DIATONE NCV(Nano Carbonized high Velocity)スピーカー”を搭載し、高い評価を得ている。

3. 現在の技術・製品

現在の映像事業を支える技術・製品として、レーザバックライト液晶テレビ、ディスプレイウォールLED(Light Emitting Diode)光源リプレースエンジン、高出力レーザ光源、業務用プリンターについて述べる。

3.1 レーザバックライト液晶テレビ

液晶テレビでは、液晶パネルの背面に光源(バックライト)を配置し、液晶パネルを透過する光を使って画像を表示している。また、光の3原色(R(赤)・G(緑)・B(青))を組み合わせることで色を再現している。従来の液晶テレビでは、バックライトに白色LEDを使用し、R(赤)・G(緑)・B(青)を分離させていた。しかし、分離は不完全で3原色の純度は低く、表現できる色の幅が限られていた。そこで業界に先駆けて発売したレーザバックライト液晶テレビ“REAL LASERVUE”(図1)では、赤色レーザ光源をバックライトに使用することでR(赤)を独立させ、色純度の高い赤を実現している。また、G(緑)・B(青)も赤色成分を含まない専用のLEDを使用している。これによって、色の再現範囲は拡大し、深紅・紫・ピンクなど深い赤色系のわずかな色の違いや、深緑からスカイブルーまでの色の表現力が向上している。

REAL LASERVUEは映像だけではなく音の美しさにもこだわった製品となっている。カーボンナノチューブ配合の新素材を使ったDIATONE NCVスピーカーを10個搭載

しており、チタン並みの伝搬速度と紙コーンと同等の適度な内部損失との両立によって、重低音から高音まで原音に忠実な音が再現可能となっている。さらに、最大50W(JEITA(電子情報技術産業協会)基準)の大出力アンプと最適な吸音材配置と共鳴を抑える補強構造によって、箱鳴りを抑えた迫力のサラウンドを臨場感豊かに再現している。また、Bluetooth^(注2)機能を搭載しており、Bluetooth対応機器とワイヤレス接続することで、テレビのスピーカーシステムを活用した本格オーディオ再生も楽しめる。

ブルーレイレコーダ内蔵録画テレビならではの機能も充実している。デジタルカメラなどで撮影した静止画(Joint Photographic Experts Group: JPEG)をSD(Secure Digital)カードから直接ブルーレイディスクにダビングする機能も新たに搭載した。パソコンを使用しなくても、テレビだけでお気に入りの写真を簡単にダビング・保存することができる。

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

3.2 ディスプレイウォールLED光源リプレースエンジン

DLP方式マルチ大画面表示装置を1998年に市場へ導入し、上下水道、道路、電力、警察等、社会インフラを支える監視用表示装置として、顧客から高い評価を得ている。

当社が2003年に納入を開始したマルチ大画面表示装置“XL/XH20シリーズ”、“XL/XH50シリーズ”は、使用開始から10年を経過し更新時期を迎えている。今回、従来の高圧水銀ランプにかえてLED光源を使用した更新対応のディスプレイウォールLED光源リプレースエンジン(以下、“リプレースエンジン”という。)の製品化を行った。リプレースエンジン(図2)の主な特長は次のとおりである。

- (1) 監視用途に適した高信頼性と長寿命

光源を従来の高圧水銀ランプからRGB各複数個(4個)を組み合わせたLED光源を採用した。従来のランプ機種は、故障が発生するとチェンジャーでの切替えを行ってい



図1. レーザバックライト液晶テレビLCD-50LSR6



図2. リプレースエンジン

た。そのため表示情報が短時間消えることがあった。リプレースエンジンは、LEDが複数個あるため1個故障した場合でも表示・色の欠落が発生せず、顧客の表示運用に支障を生じないリダンダンシー仕様とした。また、LED素子の冷却系の最適化によって、光源の寿命80,000時間以上を確保し、既設ランプ光源と比べ約10倍の寿命とした。

(2) 既設筐体の流用可能な設計と設置時間の短縮

リプレースエンジンは、XL / XH20シリーズ、XL / XH50シリーズの筐体(きょうたい)及びスクリーン、六軸調整器を流用可能とするため、投写レンズの短焦点化、電源回路部と光学ユニット部を分離した形態のコンパクト設計とした。主要な筐体サイズである50型、67型、メンテナンス方式に対応した交換専用部品の設定によって、マルチ大画面に組み上がった筐体を解体することなく、既設エンジンとリプレースエンジンを短時間で交換設置できるので、既存システムの運用停止期間の短期化、工期短縮による低コストでの更新が可能である。

(3) 環境への負荷低減

リプレースエンジンは、水銀フリーを実現するとともにLEDの集光を含めた光学系の効率を向上させて消費電力を低く抑えた。さらに、明るさの4段階の切替え機能を搭載しており、運用や設置環境によって更なる低電力の運用が可能である。

また、既設筐体を流用するため、新規の更新に比べ既設筐体を含む構造物の廃却、新規に更新する場合の筐体などの必要な材料、包装、物流の低減などができる。生産～納入～運用での環境への負荷低減が実現できる。

3.3 高出力レーザー光源

歴史をひも解くと映画の発展は映写機の発展でもある。映写機の光源はフィラメント電球から始まり、キセノン放電管の出現によって飛躍的に輝度を増した。その後、映写機の技術はプロジェクタという形で民生品に展開され、超

高圧水銀ランプの出現によって高輝度と小型化を両立させて成熟した製品となった。

さらにここ数年では地球環境への関心の高まりやエネルギー問題を背景に、LEDやレーザーと言った固体光源化の波が押し寄せ、ランプ交換不要の時代を迎えようとしている。特にレーザー光源は①高輝度、②長寿命、③広い色再現範囲、④瞬時点灯、⑤環境性(水銀レス)に優れているためプロジェクタの光源に適している。

当社では2008年に世界に先駆けてレーザーテレビを発売しており、ここで培ったレーザー光源の設計・量産技術を活用して2013年にプロジェクタ用の赤色と緑色の高出力レーザーモジュール(図3)を製品化した。

赤色、緑色ともにマルチエミッタのレーザーチップを搭載し、連続発振駆動では数W級、パルス発振駆動では10W級の高出力が得られる。赤色レーザーモジュールは半導体レーザー方式で、レーザーチップの前面にマイクロレンズアレーを搭載することでより高い集光特性を実現している。また、緑色レーザーモジュールは出力、発光効率ともに優れる当社独自のプレーナ導波路構造の波長変換方式を採用している(図4)。

この高輝度レーザー光源は、2014年デジタルシネマプロジェクタの光源として採用され、くしくもプロジェクタの基である映写機からの展開が始まっている。

シネマ業界では3D映画の普及によって、高輝度の要求が高まっており、ランプ交換などのメンテナンス不要で高輝度のレーザー光源への期待が大きい。さらに全国各地でプロジェクションマッピングのイベントが多く開催される昨今、10万ルーメン級の超高輝度プロジェクタへの展開も有望視されており、レーザー光源市場の拡大が期待されている。

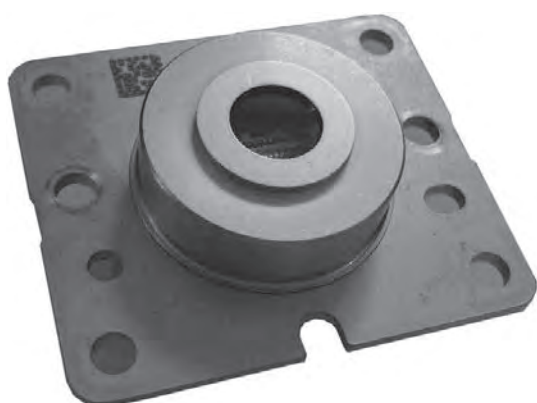


図3. レーザモジュール

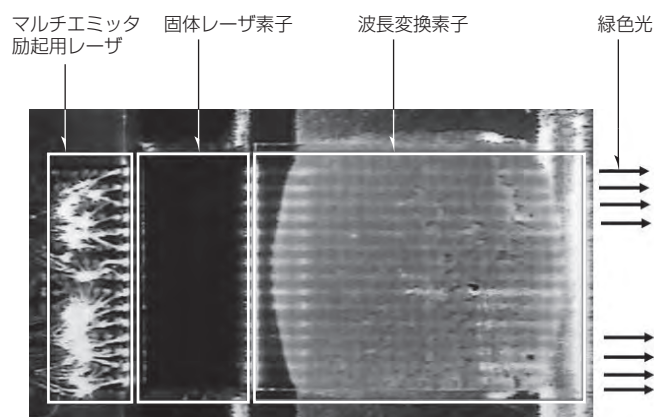


図4. 緑色レーザーモジュールの構成

3.4 業務用プリンター

(1) 写真分野

プリントデッキ部を2個搭載した他社にはないダブルデッキプリンターの市場投入やフォトブックに対応したプリンターを開発し、更に複数台同時に動作させることで業界最速プリントを実現した高速写真システム“クイックイオ”を開発し、現在国内写真量販店で活躍している。プリンターの小型化によって店内で場所を取らない狭幅システム筐体への搭載を実現し、全国2万店を超えるコンビニの写真プリントシステム(図5)に採用されている。

プリンター開発だけにとどまらず写真店に必要なシステムをトータルで開発してキオスクやコンビニに展開し、写真分野での事業を拡大している。

(2) アミューズメント分野

プリントシール機業界初の1,200DPI(dots/inch)サーマルヘッド搭載の高精細・高画質プリンターを開発し、高画質プリントシール機ブームの火付け役となった。

ロール方式カードプリンターを開発し、ゲームの内容に応じた自分だけのカードを即時プリントする新しいカードゲームを創設してアミューズメント分野での事業を拡大している。

(3) 医用分野

医療現場での使いやすさを追求した高画質高速プリンター及び設置スペースをとらない小型白黒プリンターを開発して医用分野での事業を拡大している(図6)。

4. 今後の展開

今後の展開として、その中核となるテレビに関する技術的動向を中心に業務用機器への応用について述べる。

今後の映像機器に大きなインパクトをもたらす技術的動向として、スーパーハイビジョンとも呼ばれる4K・8K放送がある。2014年から東経124 / 128度の通信衛星(CS)に

よる4K放送が始まった。そして、2016年には110度CSによる4K・8K放送を開始する計画が進められている。さらに、東京オリンピックが開催される2020年には、4K・8K放送対応の受信機によって宅内で視聴できるようになると期待されている。このようなシナリオを実現するために、放送事業者、コンテンツ作成者、受信機製造事業者がそれぞれ開発を進めている。

4K・8K映像では解像度が大きく向上するので、画面サイズの大形化を一段と後押しする。表3に現時点での4K・8Kの映像符号化方式の仕様を示す。大画面で高精細な映像はより一層の臨場感を与えるだけでなく、その膨大な情報量を活用した様々な表示方法が用いられるようになる。

4K・8K映像のもう1つの特長は、表現できる色の範囲(色域)も格段に広がり、より豊かな表現力を持つことである。図7に4K・8Kの色度座標を示す。この色域拡大のための光源にはレーザが好適であり、当社のレーザ映像表示技術が本領発揮できる。

4K・8K放送では音声も最大22.2ch(24個の音源)によって立体的な音響が再現でき、高精細で豊かな色再現と相まって、あたかもその場にいるような感覚が得られるようになる。そのためには個々の音質はより高品質であることが必要となる。当社はこれまでに培ったDIATONE技術をより高度に洗練していく。

このような4K・8K放送に必要な高画質、高音質の技術は放送での利用だけでなく、サイネージや各種情報表示に向けた映像機器にも適用でき、種々の分野で映像・音声で伝達できる情報量を飛躍的に増大できるようになる。

4K・8K時代の映像機器は映像・音声という核心部分の性能を高度に発展させることを基本に、多種多様なコンテンツやサービスにも適応できるようになる。いわゆるスマート化の流れも確実に広がっていく。

2013年に始まったHybridcast^(注3)放送では、放送で送ら

高画質&スピーディー。人にも環境にも配慮した
“これからの写真展示”のプリントシステム。



図5. 写真プリントシステム



図6. 医用プリンター

れてくる情報にしたがってネットワーク経由で放送とは別のコンテンツを取得し、放送コンテンツと連係して視聴できる。さらに受信機とスマートフォンなどが連係することも可能であり、放送と通信を組み合わせた多彩な視聴形態を提供可能になってきた。また、受信機とスマートフォンなどの連係では、リモート視聴も可能になり受信機はコンテンツを受信するだけでなく、配信する機能も備えるようになった。レコーダによって視聴の時間の制約が外れ、リモート視聴で視聴場所の自由度が増した。今後はウェアラブルな映像表示機器による視聴スタイルの変化も予想されている。

このような視聴コンテンツ、視聴形態の多様性は増々広がり、視聴者に提供されるサービスにも変化がもたらされるであろう。放送サービス、映像配信サービス、各種情報サービス、又は宅内の各種家電機器との連係機能などあらゆるものがつながる可能性がある。多種多様な機器が連係するものにHEMSがある。HEMSは家庭の電力の総合的な管理を目指すほかに、生活における利便性を向上させることも追求している。受信機は宅内のHEMS機器の1つとなり、HEMSと人をつなぐ窓となるものと考えている。家の中の家電機器が受信機を通して人とコミュニケーションをとるようになる。

このような多種多様なサービスや機器との連係を可能にするには一定の共通基盤が必要である。その共通基盤の有力な候補がHTML5(Hyper Text Markup Language 5)である。基本の表現能力強化、各種コンテンツの扱い、機器内リソースの利用、スクリプトによる制御処理などの進化によってHTML5コンテンツはアプリケーションとして機能する。視聴者は画面に表示されている種々の内容が放送で送られてきているのか、ネットワークから届いたのか、又は宅内のほかの機器から直接届いたのか、その所在を意識する必要はない。例えば、画面全体を構成・制御してい

るアプリケーションは受信機内部ではなく遠く離れたどこかのサーバから配信することも可能になる。

視聴者にとって重要となるのはコンテンツやアプリケーションの所在ではなく、視聴利用における操作の容易性とセキュリティである。放送サービスの主画面を視聴するだけであればその操作はシンプルである。しかし、受信機が多種多様なコンテンツを表示し、その使われ方も広がったとき視聴者の操作方法にも進歩が必要である。手の平の上の画面を指先で操作する方法が携帯電話をスマート化した要因の1つであり、また画面を直接触ることがない受信機にはその操作方法が最適ではないことは誰もが認めるであろう。受信機が真にスマート化するには多様な機能を誰もが容易に操作できるユーザーインターフェースの革新が必要と考えている。

セキュリティについては、これまではコンテンツが不正利用されるのを防ぐことに重きが置かれていたが、今後はさらに視聴者に対する不正なサービスの排除、受信機の悪意のある不正利用の防止が重要になる。セキュリティは関係する業界がシステム、又はサービス全体を通して安全性を担保する必要がある。

今後の映像機器の展開としてテレビに関する技術を中心に述べたが、レーザ光源、ディスプレイウォールなどの業務用情報表示機器でも高画質化は基本であり、各々の技術開発は相互利用が可能である。また映像や情報コンテンツの多様化、各種サービスや機器との接続性や連係機能はサイネージなどの映像システムに進化をもたらしすることができる。業務用プリンターは、映像機器とはメディアが異なるものの、利用者は印刷前にディスプレイで映像を確認するなど画質や色の管理等には共通技術も多く、歩調を合わせて進化していくと考える。

(注3) Hybridcastは、日本放送協会の登録商標である。

表3. 4K・8Kの映像符号化方式の仕様

	4K	8K
システム	2160/P	4320/P
空間解像度	3840×2160	7680×4320
フレーム周波数	120, 120/1.001, 60, 60/1.001	
表色系	広色域(BT.2020)	
映像符号化方式	H.265	
所要ビットレート	30～40Mbps	80～100Mbps

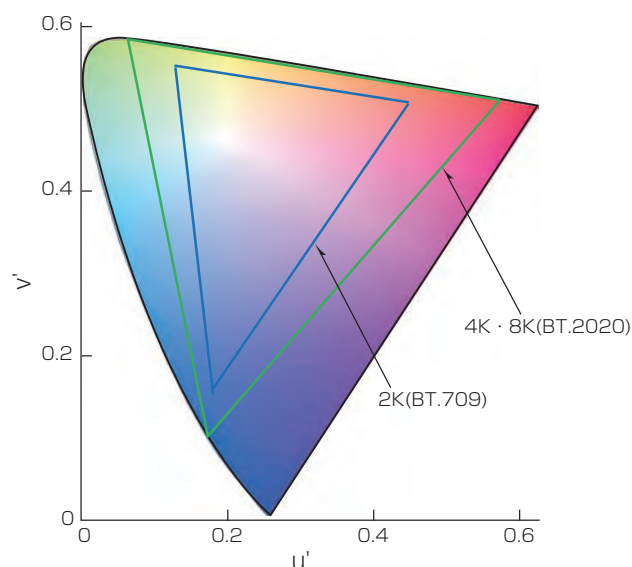


図7. 4K・8Kの色度座標

CCTV監視システム技術の変遷と今後の展望

コミュニケーション・ネットワーク製作所
映像セキュリティシステム部長

山中秀昭



1. ま え が き

安全・安心に対する意識が高まる社会環境の中、CCTV (Closed Circuit TeleVision) 監視システムの利用が広がりを見せている。CCTV監視システムは、古くは監視カメラ+モニタという閉じたシステムで構成されたことから、放送用テレビ網のオープンサーキット(広範囲)に対してCCTVと呼ばれるようになった。現在では、監視カメラの映像、音声を遠く離れた場所まで伝送する伝送システム、伝送された映像・音声を記録するレコーダ、遠隔から監視カメラを操作する制御システムを含む大規模なシステムにまで拡張されている。使用されている監視カメラ自体も撮像デバイスが、白黒撮像管の時代からカラーCCD(Charge Coupled Device)、CMOSセンサへと移り変わり、多画素化が進んでいる。それに合わせて、解像度は高精細になり、NTSCの解像度からSXVGA(Super eXtended Video Graphics Array)、HD(High Definition)へと変化している。信号もアナログからデジタルに変化し、デジタル映像信号を伝送するために高能率符号化技術を利用するようになった。伝送用のケーブルも、特性インピーダンス75Ωの同軸ケーブルからネットワークケーブルへ変化し、光ファイバーを使用するシステムも構築されている。

三菱電機では、1954年に国産第1号の監視カメラ(炉内監視に利用)を製品化して以来、先に述べた技術、部品

を取り込み、製品化、システム化し、約60年にわたってCCTVシステムの製造、販売実績を持ち、多くの顧客に利用いただいている。

製品シリーズもアナログカメラである“MELOOK, MELOOK Gシリーズ”を市場投入後、より暗いところを監視したいという市場要求にこたえるため、高性能なシリーズとして、“MELVISIONシリーズ”を投入した。ネットワークと高能率符号化技術の発達で市場がデジタルに移行していくことに対して、ネットワークカメラ“Digital MELOOKシリーズ”を開発し、さらに高画素化の市場要求を取り込んだ小規模監視向け“MELOOK μシリーズ”⁽¹⁾、大規模監視向け“MELOOK DGシリーズ”を市場に投入した。市場が急速なデジタル化に進む中でアナログからデジタルに移行しやすい“MELOOK μ+(プラス)シリーズ”を開発し、市場投入した。最近では、監視カメラの映像を監視(モニタリング・記録)だけでなく、マーケティングや生産管理に利用する要求も市場では高まっている(図1)。

本稿では、当社のCCTV監視システムについて述べ、使用している技術及び今後の展望について述べる。

2. 映像監視市場

2.1 公 共 設 備

日本国内では、道路、河川、ダム、港湾など、様々な公共設備で監視カメラが設置されている。これらの設備で撮

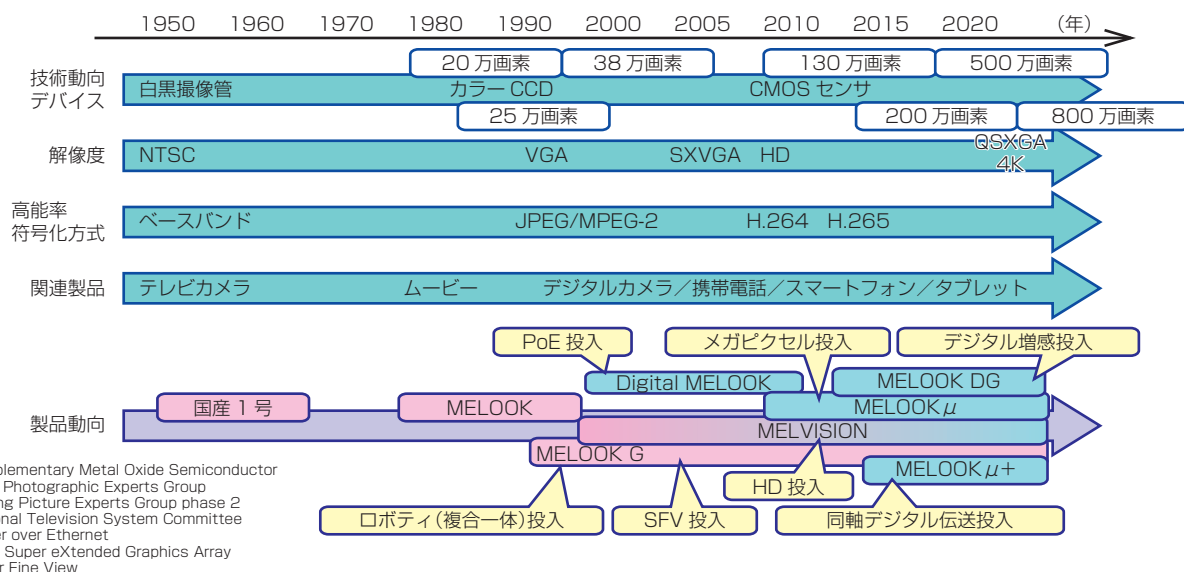


図1. CCTVの技術&製品動向

影した映像は、各設備の管理所に伝送され、集中監視されることによって、各種業務に有効活用されている。

道路では、交通状況の把握や落石などの災害発生状況の監視を行い、使用車の安全確保や設備保全を行っている(図2)。河川では、降雨時の増水状況を監視し、氾濫など危険認知による住民避難の情報として利用している。その他、トンネル防災用途や砂防状況監視など、様々な場面で監視カメラが使用されている。

現場からの映像は画像伝送装置で符号化し、広域ネットワークを介し管理所に伝送される。管理所ではモニタに現場映像を表示し、正確な状況把握をすることで、災害発生を事前に回避したり、災害発生時の対応を決定したりする。

近年の自然災害の増加に対し、初動の迅速化が課題であり、より正確な状況監視のため、映像の高精細化が求められている。この要求にこたえるため、テレビ放送の地上デジタル化を背景として、カメラのハイビジョン化(HD化)が進んでいる。これに伴い、伝送の効率化や映像記録化も進められている。一方で監視の自動化のため、画像処理による土石流検知や河川水位検知なども導入されており、今後は監視システムの一層のインテリジェント化が促進され、監視業務の効率化が進むと考えられる。

2.2 店舗・マンション

スーパー、コンビニなどの店舗では、万引きなどの犯罪抑止を目的に映像記録が行われてきた。最近では犯罪抑止だけでなく、顧客とのトラブル発生時の早期解決をはじめ、従業員教育によるサービス改善などにも利用されている。さらに、顧客の来店状況や、商品陳列棚やバックヤードや倉庫などの状況をモニタリングすることによって、マーケティング面でも活用されるようになってきた。また、近年のネットワーク型監視システムでは、複数店舗を経営するオーナーが自宅から各店舗の状況を把握できるようになり、経営の一助となっている。

マンションでは、エントランスやエレベーターかご内、建物周辺や駐車場・駐輪場にカメラが設置され、犯罪抑止に使用されることが一般的である。ストーカー、空き巣、駐車場・駐輪場での車・自転車へのいたずらや盗難防止、迷惑行為防止などの犯罪を抑止している。最近では、エレベーターかご内での事件・事故発生時の状況確認、ゴミ出しなどの住民のマナー向上、他所からのゴミの持ち込み抑止、法令・条例違反となる不法投棄の抑止などに役立っている。

2.3 大規模ビル

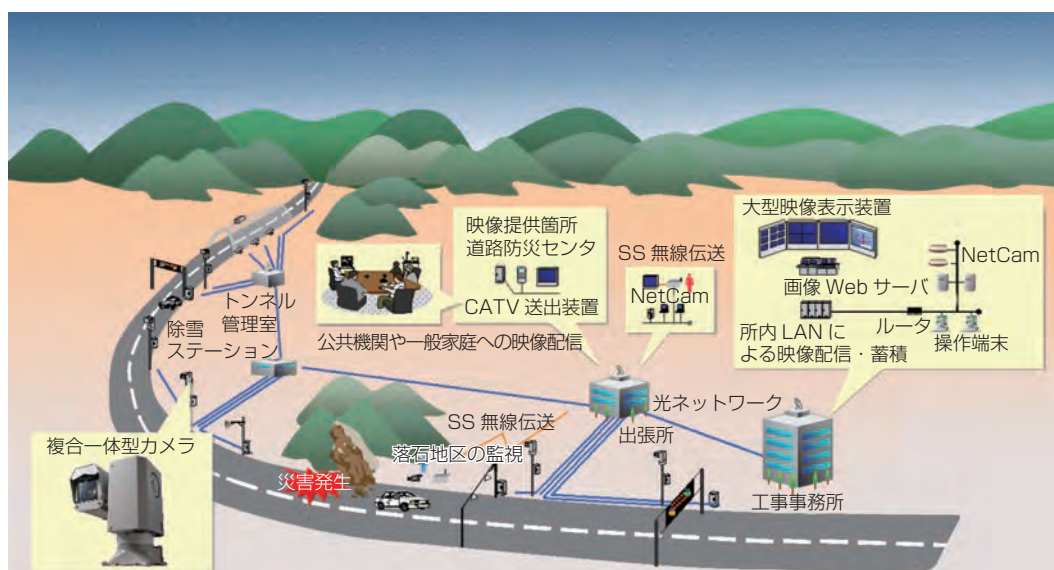
オフィス・商用などの大規模ビルでは、フロア数が多く監視エリアが広いことやエントランス、ホール、地下街、ビル外周等監視対象が多いことから設置運用するカメラの台数が多い。これらのカメラ映像は、ビル設備を管理する防災センターでの24時間一括監視が求められる一方、ビルの駐車場管理室での映像監視など、複数拠点での監視業務に使用されている。最近では、火報設備との連携、入退室システムとの連携⁽²⁾等、監視カメラシステムとビル設備との連携による監視業務の効率化、高機能が求められ、防災センターでの一括監視業務に役立っている。

加えて監視カメラの映像をパソコンや専用装置で画像処理を行って入館・退館の人数をカウントするシステムや、フロアの混雑具合を監視するシステム、不審物の滞留を自動で検出する滞留検知システム等があり、目視による監視用途以外にも使用され始めている。

3. 映像監視システム

3.1 アナログCCTVシステム

公共用途の市場ではMELVISIONのブランド名で主に官公庁に納入してきた。納入開始時は、カメラ、カメラケース、回転台、レンズを組み合わせるシステム構築を行っていたが、1995年に業界初の複合一体型カメラ(図3)を市場



SS : Spread Spectrum

図2. 公共設備(道路)監視例

特集 I：当社技術の変遷と将来展望

に投入し、新たなカメラのカテゴリーを創設した。現在では、この分野の標準的なカメラ仕様となっている。

コンビニなどの流通業界を主なターゲットとする民需向けアナログCCTVシステムとして、1976年にMELOOKシリーズを投入した。その後、1997年にMELOOK Gシリーズ(図4)を投入し、次のような高機能化を図っている。

(1) 暗い部分をより明るく見せる機能

- ①電子増感
- ②白黒切換え

(2) 逆光下でも視認性を向上させる機能

ワイドダイナミックレンジ(Super Fine View：SFV)

(3) プライバシー保護機能

プライバシーマスキング(マスク表示は旋回停止時のみ)

3.2 デジタルCCTVシステム

当社は、2001年にネットワーク型のデジタルCCTVシステム、Digital MELOOKシリーズを市場投入して監視カメラシステムのデジタル化を進めた。デジタル化によって高画質化と同時にパソコンとの親和性が高くなり、GUI(Graphical User Interface)で操作できるシステムへと進化した。現在は、最大512台のカメラをコントロールできる“MELOOK-DG II シリーズ⁽³⁾”を始め小規模監視システムに適した“MELOOK μ II⁽⁴⁾・MELOOK μ +(プラス)シリーズ”をラインアップしている。MELOOK μ +⁽⁵⁾シリーズ(図5)は、独自のデジタル伝送、カメラへの電源供給を行い、既設アナログシステムの同軸ケーブルを流用して高解像度、高機能のデジタルシステムを構築することが可能である。

デジタルシステムでは次の高機能化を図っている。

(1) 暗い部分をさらに明るく見せる機能

デジタル増感(+電子増感)

(2) 逆光下でも視認性をさらに向上させる機能

ワイドダイナミックレンジ(SFV II)

(3) プライバシー保護機能

プライバシーマスキング(旋回時もマスク表示可能)

(4) 監視補助機能

モーションディテクト(動き検知)

また、デジタルシステムとしての拡張性を生かし、通信ゲートウェイ“smartstar”を活用してセキュアな遠隔監視機能を持たせることも可能である^{(6) (7)}。

3.3 画像処理システム

近年、防犯・防災意識の向上に伴い、監視対象の多様化と、監視範囲の広域化が進んでいる。

当社ではその対応として、ビデオフロントエンドプロセッサ“FX-8100シリーズ”を市場ニーズに合わせて投入した。FX-8100シリーズ搭載の画像処理機能の一部を次に示す。

(1) 侵入監視(エリアへの侵入者を検知)

(2) 追尾監視装置(侵入者をカメラをパンチルトして追尾)

(3) 水位監視装置(河川水位を映像から算出)

(4) 流速監視装置(河川流速を映像から算出)

(5) 雪除去機能(映像中の降雪を消去)(図6)

主な納入先は、道路／河川管理等の公共関連であり、カメラ映像の視認性を向上させ、監視業務の効率化の目的で利用される。

4. 今後の展望

4.1 CCTVシステムの進化

CCTVシステムの進化として、3つの方向が考えられる。第1はシステム形態の進化であり、ネットワーク化による多地点分散型システム、ストレージやシステム制御のクラウド化、スマートフォンやタブレットのシステム適用などが挙げられる(図7)。第2は映像技術の進化であり、視認性を高める解像度や感度の向上、ダイナミックレンジの拡大、効率的な伝送や長時間記録を可能にするHEVC(High



図3. 複合一体型カメラ

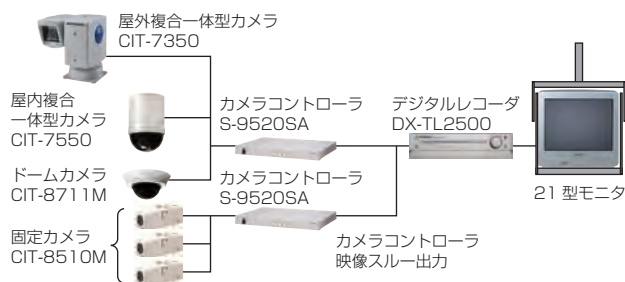


図4. MELOOK Gシリーズのシステム構成

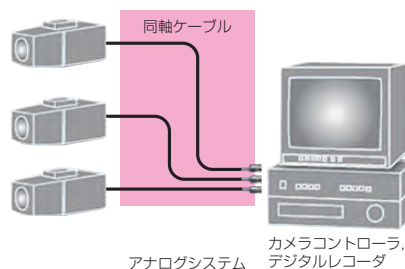


図5. MELOOK μ +シリーズのシステム構成

Efficiency Video Coding) /H.265など圧縮符号化技術の発達がある。第3は映像情報活用の進化であり、顔認証や河川の状態検知など映像分析・認識技術の適用拡大である。

4.2 監視カメラの広がりによる課題と解決策

監視カメラが至る所に設置されることによって、映像がプライバシー侵害として扱われる可能性が出てきた。監視の目的が安全・安心であっても、映像を個人情報保護の観点で適切に管理することが課題となっている。

現行のシステムでは、蓄積される情報やネットワーク経由で伝送される情報は暗号化やアクセス制限を必須とし、映像の特定部分を一定のパターンでぬりつぶすプライバシーマスキングが実用化されている。今後、個人を特定し難くする加工(例えば、人物だけをぬりつぶす)を施し、社会的に受容され必要かつ適切な場合は、加工された映像を復元可能とする技術及び製品の開発が必要となっている。

4.3 防犯以外への監視カメラの活用

今後、映像分析・認識技術によって高度化したCCTVシステムでは防犯・防災以外の用途の例として、マーケティング、生産管理への適用が挙げられる。

マーケティングへの適用では、店舗を訪れる人々の属性、動線、商品を見たり手に取ったりする行為の分析から、商品の仕入れや配置、欠品補充、案内表示の改善につなげて売上を向上させることへの期待がある。

生産管理への適用では、ラインを流れる機器や作業者の動きから、製造効率の要因分析、または不具合発生原因の追跡を行って効率を向上させることへの期待がある。

これらの活用例では、販売管理や生産管理のシステムにおけるIT化が進行し、監視カメラがほかのセンサとともに組み込まれることが想定される。監視カメラには拡張性や柔軟なインターフェースが求められ、防犯・防災以外の用途へカメラを進化させるための検討が必要となっている。

5. む す び

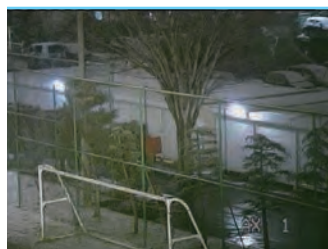
当社におけるCCTVシステム開発と製品の歴史を述べ、適用してきた技術と今後の展望について述べた。今後とも、安心・安全かつ高効率な社会に貢献するCCTV機器及びシステムを開発していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 上田智弘, ほか: 三菱デジタルCCTVシステム“MELOOK μ ”, 三菱電機技報, **82**, No.9, 557 ~ 560(2008)
- (2) 野口光一, ほか: “MELOOK μ ”レコーダと“MEL SAFETY-P”の連携, 三菱電機技報, **83**, No.9, 531 ~ 534(2009)
- (3) 岡部正治, ほか: デジタルCCTVシステム, 三菱電機技報, **85**, No.6, 357 ~ 360(2011)
- (4) 上田智弘, ほか: “MELOOK μ II”システム, 三菱電機技報, **86**, No.6, 331 ~ 334(2012)
- (5) 寺内弘典, ほか: “メルック μ +”システム, 三菱電機技報, **87**, No.5, 285 ~ 288(2013)
- (6) 川村秀男, ほか: メルック μ II スマートフォン連携, 三菱電機技報, **88**, No.6, 375 ~ 378(2014)
- (7) 三菱電機ニュースリリース: 三菱通信ゲートウェイ「smartstar(スマートスター)」発売のお知らせ
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2014/0312-a.html>



(a) 原画



(b) 雪除去 処理後

図6. 画像処理例(雪除去機能)

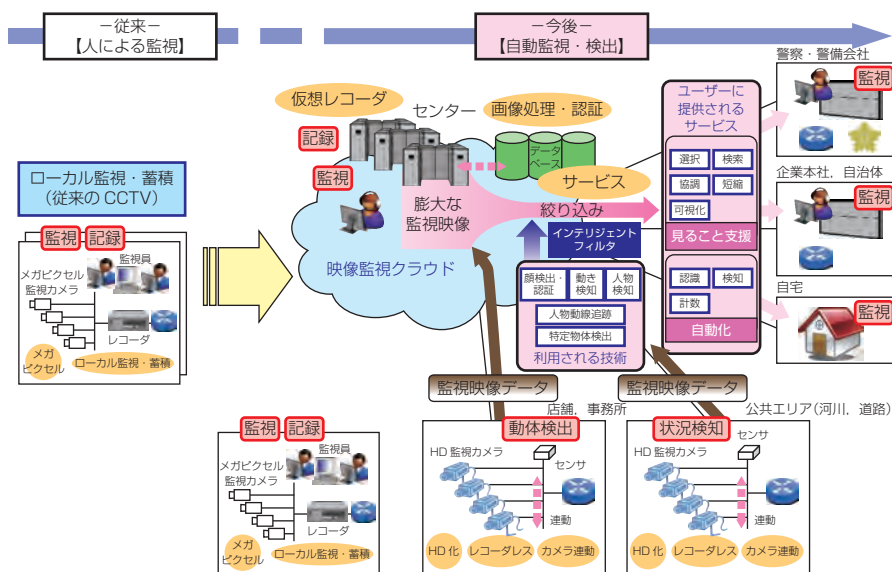


図7. 知的映像監視システム

自動車機器の変遷と今後の展望

自動車機器事業本部 役員技監

加古 一



1. ま え が き

世界の自動車販売台数は今後も新興国を中心に増加し、2020年までには1億台に達すると予想されている。世界中の人々にとって自動車が安全で快適な移動手段であり続けるためには、前提となる低炭素社会、循環型社会、安全・安心社会の実現の妨げとなる要因を自動車から減らし続けることが強く求められる。そのうえで、自動車利用者からは、近年の高度情報化社会では乗車中にも様々な情報・サービスを利用できることが求められ、高齢化社会では高齢者が安全に運転できることが求められる。このような社会の要請に自動車が応えるうえで、自動車機器の果たす役割は大きく、その性能向上や新機能開発は欠かせない。

2. 自動車を取り巻く環境

2.1 低炭素社会の実現

省エネルギー・化石燃料消費削減と二酸化炭素(CO₂)排出量削減を目的とした燃費規制強化や、世界的な需要拡大による原油価格高騰を背景に、電気自動車(Electric Vehicle：EV)やハイブリッド車(Hybrid Electric Vehicle：HEV)に代表されるように原動機の電動化が進んでおり、小型で高効率なモータやインバータのニーズが高まっている。

一方、従来のエンジンがまだまだ世の中の原動機の大部

分を占めることに変わりはなく、従来エンジン車両の更なる低燃費化のため、エンジン本体の高効率化に加え、アイドリングストップシステムや減速エネルギー回生システム、電動パワーステアリングの採用も増加している。

2.2 情報通信利用の拡大

スマートフォンが急激に世の中に普及する中で、車載情報機器としては、スマートフォンと連携することで、その中の各種情報やクラウドの中の最新の情報サービスを乗車中に利用できるようになってきている。

また、運転中でも安全にこれらの情報を得られるようにするために、計器パネル内への情報表示や、より自然な音声による操作のように、瞬間認知、直観的操作可能なHMI(Human Machine Interface)が求められている。

2.3 安全・安心の確保

エアバッグの普及などによる衝突時の被害軽減や、横滑り防止装置などの操縦安定性を向上させる装置の装着率増加によって、死亡事故、負傷者数は年々減少しているが、更なる事故抑止のためは、レーダやカメラなどを使った車両周辺監視による予防安全システムが重要となる。中でも、自動停止まで行う衝突被害軽減ブレーキ装置が低価格で提供されるようになってきたため、その装着率が高まっている。さらに将来に向けて、事故の減少のみならず渋滞緩和などの効果もねらった自動運転システムの実現に向けた取り組みが始まっている(図1)。



PHEV：Plug-in Hybrid Electric Vehicle, FCV：Fuel Cell Vehicle, V2X：Vehicle to X

図1. 自動車を取り巻く環境と技術

3. 当社自動車機器の変遷と差別化技術

3.1 オルタネータ

3.1.1 製品の変遷

オルタネータは、エンジンによって駆動されることで発生する機械エネルギーを電気エネルギーに変換し、自動車に電力を供給するための発電機である。三菱電機は1946年の生産開始以来、小型、軽量、高出力、高効率を目指したオルタネータを開発し、市場に展開することで低炭素社会の実現に貢献してきた(図2)。

1990年頃、オルタネータはロータ(回転子)磁極の両側に冷却ファンを備えた内扇タイプの三相交流発電機である“6G”が主流であった。内扇タイプの三相交流発電機は、ステータ(固定子)巻線のコイルエンドの内側に冷却ファンを収納できることから、冷却効率が向上する。また、軸長が短縮できるため、車両搭載性に優れている。

その後6Gをベースに、ステータの巻線技術の改良、ファン低騒音化及びステータコア薄板化を実現することで、発電機の更なる小型軽量化を達成し、“6GA”“6GAⅡ”“6GAⅢ”へと進化した。

2002年に入ると、燃費向上への要求、及び車室内の快適性向上のための電力使用量増大への要求に応えるため、オルタネータの高効率化、高出力化のニーズが高まった。そのニーズに対応するため、従来の6Gシリーズに対して更なる冷却効率の向上、発電騒音の低減を達成する“8GM”を開発した。8GMは、ステータスロット内の銅線を楕円(だえん)状に成形して収納することでステータ巻線の低抵抗化を図って自己発熱量を低減した。また、馬蹄(ばてい)形ヒートシンク構造にすることで冷却フィンの表面積を飛躍的に増大させてレクチファイヤ(整流装置)の冷却性能を高め、2組3相となる6相ステータ巻線を用いて低騒音化を実現した。

2007年には、更なる小型高出力化、高効率化を達成するために、当社オリジナルのポキポキモータを基本として、新工法による高占積率巻線(図3)を採用した“9G”を開発した。

2013年に製品化した最新シリーズの“GXオルタネータ”は、当社が誇る差別化技術である“9G”の高占積率巻線技術を踏襲し、更に部品冷却構造を革新した軸流冷却構造(図4)を採用することで、従来機種に対して大幅な小型軽量、高出力、高効率を達成した。これによってアイドリングストップシステムの採用、電動化部品拡大、減速エネルギー回生の強化等が進む自動車の燃費性能向上につながる事ができた。

3.1.2 差別化技術

(1) 高占積率巻線

従来円環状であったステータコアを平らな帯状とし、別途帯状に連続巻線してステータスロット内銅線の部分フォーミングを完了したコイル群をステータコアにスロット開口部方向から挿入するという当社独自の製法を採用することによって、ステータ巻線の占積率を飛躍的に向上させた。また、コイルエンドの高さを低くすることでステータ巻線の抵抗を大幅に小さくすることに成功した。これによって、大幅な小型軽量、高出力、高効率を可能にしている。

(2) 軸流冷却構造

冷却空気の取込口、ヒートシンク、ファン吸込口を直線状に配置し、冷却気流の風量を約10%増加させる軸流冷却構造を採用するとともに、放熱面積を拡大させた高熱伝達ヒートシンクを開発したことで、高い冷却性能を実現した。また、流体解析(Computational Fluid Dynamics：CFD)を活用した騒音源を特定する技術を開発し、騒音源となる流れの抽出及び対策によってファン騒音の約2dB低減を実現した。

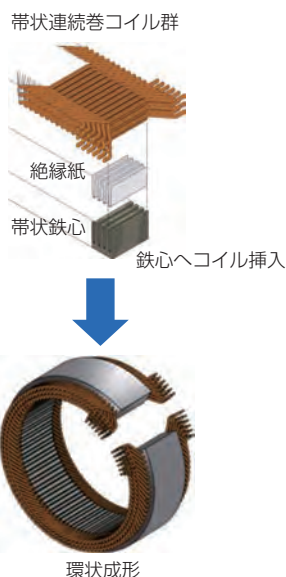


図3. 高占積率巻線(占積率85%ステータ)

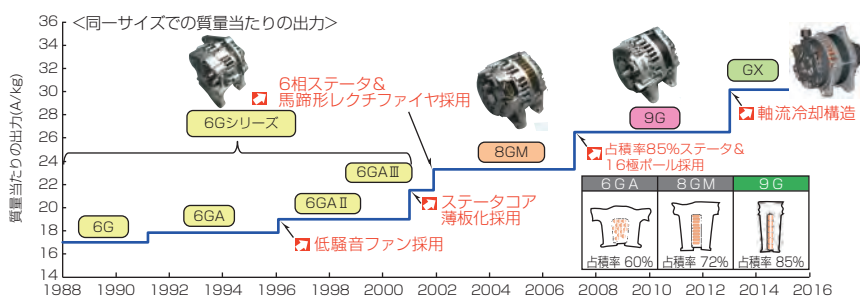


図2. オルタネータの技術変遷

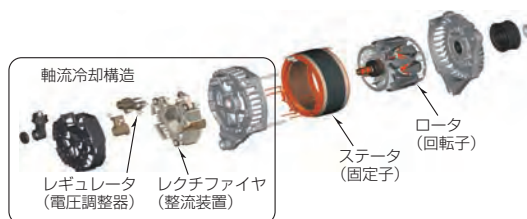


図4. GXオルタネータの軸流冷却構造

3.2 スタータ

3.2.1 製品の変遷

当社は、エンジンを始動するモータであるスタータを1948年に生産開始し、燃費向上及び搭載性向上のため、常に小型、軽量化を実現してきた(図5)。1980年頃、当時のスタータは巻線界磁方式の直巻(じかまき)モータに、大小2つの歯車による減速機構を組み合わせた2軸のリダクションタイプが主流であったが、当社は1984年に減速機構に遊星歯車方式、モータ界磁にフェライト磁石を採用した“P-R/D(Planetary-gear Reduction Drive)タイプ”の世界最小クラスのスタータを量産化した。“P-R/Dタイプ”はモータ軸と出力軸を同一上に配置し搭載性に優れる。さらにその後も加工技術の向上による電機子巻線の高密度化や、高性能フェライト磁石の採用によってモータ性能の向上を図るとともに、高減速比の実現などによって、初代の“P-R/D”から、“P-R/D2”“P-R/D3”へと進化を続けている。そして2013年には新たに開発した低慣性モーメントの小型モータを採用し、低慣性モーメントに合わせて機構部の最適化を図った新型“P-R/D4スタータ”の量産を開始した。この“P-R/D4スタータ”では磁気回路の見直しによって大幅に小型化したソレノイドスイッチも採用し、従来の“P-R/D3スタータ”に対しモータ外径11%、質量20%低減を実現した。

また、近年燃費向上の有効な手段としてアイドリングストップシステムを搭載した車両が急増している。これに対し、当社では1990年代後半から、従来の“P-R/Dスタータ”をベースとして軸受やクラッチなどの機構部、及びモータ部におけるブラシの改良などによって耐久性に優れた“PSS(P-R/D for Stop & Start system)シリーズ”を開発した。さらに巻線界磁方式を取り入れ、スタータ電流によるバッテリー電圧の一時的な低下が少なく、始動時の迅速性にも優れる“PSSF(PSS Field coil type)シリーズ”を加え、豊富なバリエーションで多様なニーズに対応している。

3.2.2 差別化技術

アイドリングストップシステムで、エンジン停止領域を拡大して燃料消費を更に低減するため、減速時、車両が完全に停止する前にエンジンを停止する方式が増えている。この方式でエンジンを停止させるために燃料噴射を停止した直後で、エンジンがまだ惰性で回転している最中にドライバーによる再加速要求(Change of Mind)が発生した場合にも、迅速かつスムーズにエンジンを再始動させる必要がある。スタータは出力軸に構成されるピニオンと呼ばれる小さな歯車を軸方向にスライドさせ、エンジンのクランク軸に直結されたリングギヤにかみ合わせ、モータの回転力をピニオンからリングギヤへ伝達してエンジンを始動する。そのため、従来のスタータではリングギヤが回転していると、ピニオンをスムーズにかみ合わせるができず、エンジンが完全に停止するまで待つ必要があった。その結果、エンジンが再始動するまでに時間を要し、ドライバーに不快感を与えることになってしまう。そこで当社ではChange of Mind対応スタータとして、回転しているリングギヤにピニオンが衝突した場合でも、はじき返されずに安定して押し付けられるように、ピニオン部にばね機構を構成した新構造のスタータを開発した。また同時に、Change of Mind時のスタータ駆動制御として、エンジンの回転数を検出しながら、回転中に再始動要求が発生すると、リングギヤの回転数が、ピニオンが安定してかみ合うことができる範囲となるように、スタータを駆動するタイミングをコントロールする制御技術も独自に開発した。これらのスタータと制御を組み合わせることで、従来のシステムから大きな変更をすることなく、エンジンの完全停止を待たずにピニオンをリングギヤにスムーズにかみ合わせることができ、Change of Mind時の再始動時間を大幅に短縮することを可能にした。

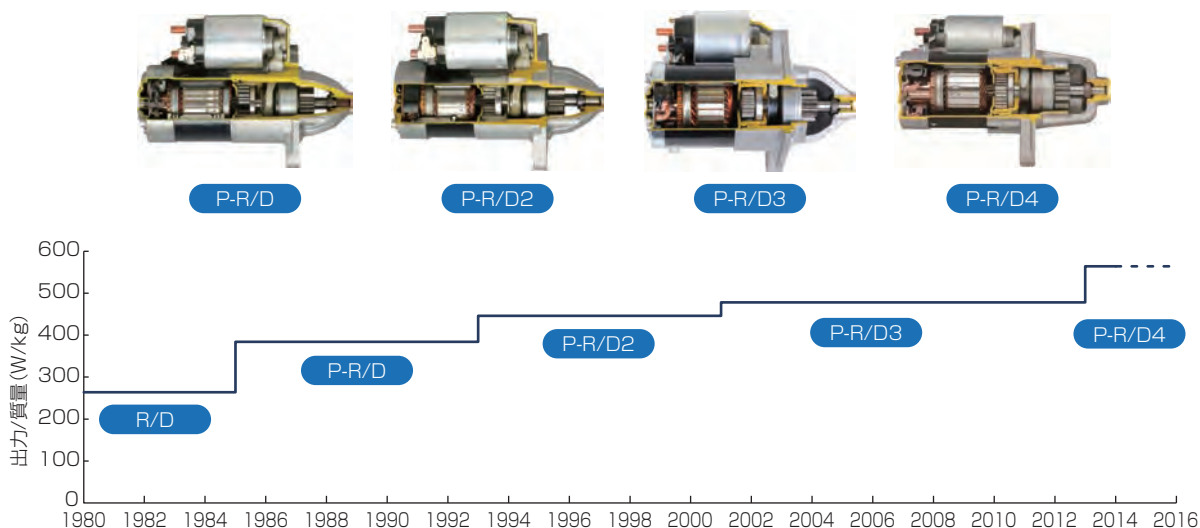


図5. スタータの変遷

3.3 電動パワーステアリング

3.3.1 製品の変遷

電動パワーステアリング(Electric Power Steering：EPS)はドライバーの操舵(そうだ)負荷トルクをモータでアシストするシステムで、従来の油圧式パワーステアリングに対して燃費が改善できるため、その市場は急速に拡大しており、2013年現在、世界で新車の約60%に搭載され、今後も大型乗用車を中心に採用が拡大する見込みである。

当社は、1988年に世界で初めてEPS用モータ・ECU(Electronic Control Unit)を量産化して以来、改良とバリエーションの拡大を続け、累計生産台数は1億台に達しようとしている。量産当初のEPSは国内軽自動車向けに開発したもので、ブラシ付モータ(図6)によって、駐車時の据え切り操舵時にのみハンドル操作をアシストするシステムとなっていた。このため、通常走行時に操舵系とモータを切り離すクラッチが搭載されていた。その後、EPSは据え切り時に限らず常時アシストするシステムとなり、クラッチは廃止された。1998年には低騒音のブラシレスモータを開発し、EPSの適用範囲を普通車まで拡大することができた。

2003年には、モータによって油圧ポンプを駆動する方式の電動油圧パワーステアリング(Hydraulic Electric Power Steering：HEPS)用ブラシレスMCUを量産化した。さらに翌2004年には、EPS用ブラシレスMCUを量産化した。この第一世代(以下“1G-MCU”という。)のEPS用ブラシレスMCUはブラシレスモータの側方にECUを合体させたもので、モータとECU間の配線を不要としたことで、軽量化を図るとともに車両への搭載性が向上した(図7(a))。2013年には、ブラシレスモータの前方同軸上にECUを一体化させた第二世代MCU(以下“2G-MCU”という。)を量産化した(図7(b))。2G-MCUは、同等出力の当社従来品の1G-MCUに比べ体積を50%、質量を30%削減して世界最小・最軽量クラスとなり、車両への搭載性が一段と向上した。

3.3.2 差別化技術

(1) ブラシ付モータ

電磁気設計の最適化、電磁加振力の低減技術、ブラシの振動伝達を抑制する構造によって、大幅な低騒音化を実現し、車室内に搭載しても問題なく使用できる静粛性を確保している。

(2) ブラシレスMCU

ブラシレスMCUには、モータに当社の独自技術であるポキポキコアを採用した。2G-MCU用モータでは、1G-MCUに更に改良を加え、コア、ロータの製造ばらつきを吸収できる構成・形状を採用することで、操舵フィーリングに影響を与えるコギングトルクを低減した。

モータとECUとを同軸上に配置して一体化するに当たり、専用の小型パワーモジュールを開発した。この小型パワーモジュールとリレーモジュール、大型部品を同心円状に配置して集約構成とすることで円筒形状のコントローラにコンパクトに納めることが可能となった。パワーモジュールは、トランスファモールド構造とダイレクトリード接合型(Direct Lead Bonding：DLB)構造を採用した。これらの構成によって、配線抵抗及び配線インダクタンスの低減を図った。

優れた操舵フィーリングを実現するため、制振性能を高めた安定化制御と高回転に適したモータ制御を開発した。この安定化制御はドライバーが操舵する周波数帯域には関与せず、それより高い周波数帯域の振動に対してダンピングを効かすことで、制振性能の向上と優れた操舵フィーリングを両立させている。また、ハンドル回転速度が高くなったと判断すると、ロータの磁石磁束を打ち消す電流をモータへ給電することで逆起電力を小さくする制御ロジックに改良を加え、縦列駐車や回避走行時といったハンドル回転速度が高い条件で、従来制御よりも大きなアシスト力を発生させることによって素早い操舵を可能にした。

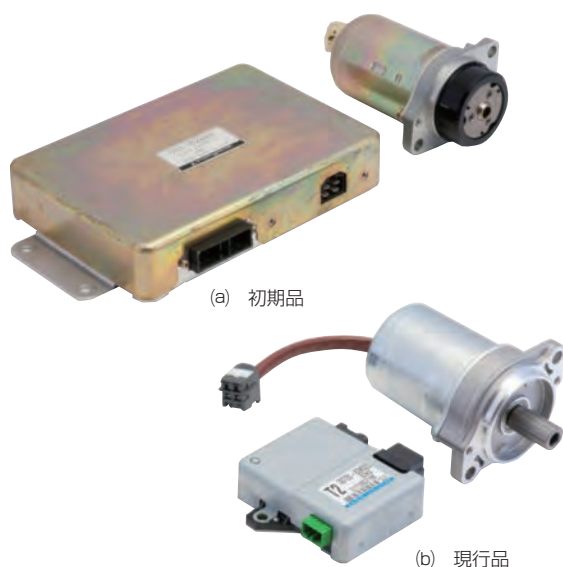


図6. EPS用ブラシ付モータとECU

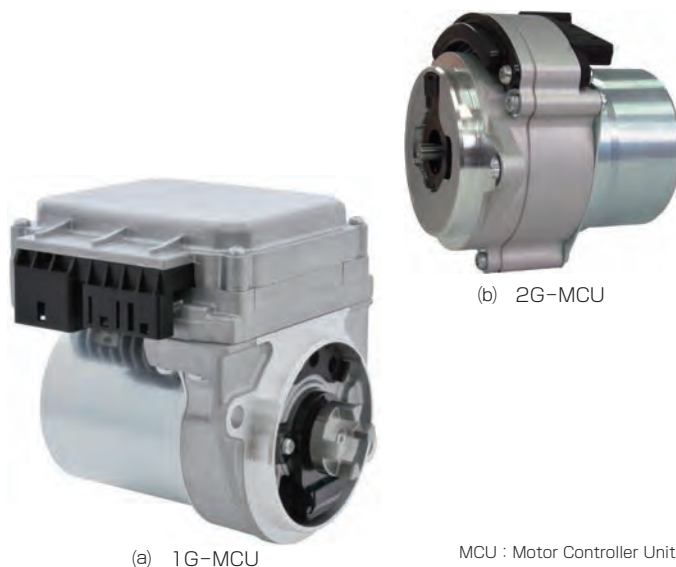


図7. ブラシレスMCU

MCU：Motor Controller Unit

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

3.4 車両電動化関連製品

3.4.1 製品の変遷

HEVの本格普及に伴い、当社は業界に先駆けてパワーモジュールと駆動回路、保護回路等を一体化した小形・軽量・低コスト・高機能をコンセプトとするインバータ装置であるIPUを開発し、2001年に量産化した。図8に当社IPUの世代と出力の変遷を示す。多様化するHEVシステムのニーズに対応するための、Mild HEV用途向けの機能統合・小型化開発やFull HEV用途向けの高電圧・高出力化開発を並行して進めてきた。またインバータ取付け環境の多様化にも対応できるようトランスミッションへの搭載を可能とする高耐振構造を開発し、第二世代品としてリリースした。2004年に量産開始した第二世代の2G-IPUは、第一世代の1G-IPUに比べ、70%の小型化を実現した。電動化車両は従来のエンジン車両にインバータやモータ、さらには2次バッテリー等を搭載する必要があるため、コストアップが懸念となる。またエンジンルーム内にインバータやモータを搭載する必要があるためサイズの制約も懸念となる。そのため電動化車両の普及のためにはインバータの更なる小型化・低コストが要求される。当社は2G-IPUに比べ、30%の小型化、40%の軽量化を実現した第三世代の3G-IPUを開発して2008年に量産を開始した。

当社IPUは、市場パイオニアとしての自負と他社を大幅に凌駕(りょうが)する小形・軽量をコンセプトに更なる技術進化を続け、今後も多様化するHEVシステムのニーズに対応し、地球環境に貢献していく。

3.4.2 差別化技術

インバータの更なる高出力・小型化に向け、パワーモジュールの進化、周辺部品の統合に取り組んでいる。パワーモジュールにはトランスファーマールド技術を大容量車載向けに実現し、優れた冷却・耐衝撃性能を誇るTPMを採用している。これは電力端子とパワーチップの接続

を従来のワイヤボンダからDLB構造へと改良し、電流密度の向上、内部インピーダンスの低減を可能とした。またCAE(Computer Aided Engineering)を活用してパワーチップと平滑コンデンサの接続経路を低インダクタンス化配置とすることで、パワーチップの損失低減とIPU全体の小型化を実現している。これらのパワーエレクトロニクス領域以外に駆動回路のASIC(Application Specific Integrated Circuit)化やモータ制御コントローラとの基板統合を目指すとともに、高精度トルク制御やモーション制御等を高機能マイコンで実現することで電子制御領域の小型化、高機能化を実現している。

インバータに加えて、EV・HEVシステムに求められる各種ニーズに対応するために、今回新たに自動車用モータを開発している。集中巻方式を採用したこのモータは、高密度巻線技術をベースに、耐熱、耐振、レイアウト性などの性能を向上させている。同時に当社が長年培った分割コア方式を採用することで、図9に示す広範囲なコア径とコア長に対応することが可能となり、コイル巻数変更に対しても生産設備の共用化を図ることでモータ構造の標準化を実現している。これによって、EV、HEVなど幅広い電動化車両ニーズに対して最適なモータを提供していくことが可能となる。

当社ではインバータとモータのほかにも、プラグインハイブリッド自動車用の充電器、電池の充電量を管理するバッテリーマネジメントユニットなどの電源系システム製品に加え、電動車両全体を制御するコントローラまで、電動パワートレインに必要な製品をフルラインアップで開発・量産を行っている。2013年の東京モーターショーでは、これら製品を用いたコンセプトカー“EMIRAI2”を出展した。フロントに1モータ、リアに2モータを搭載した3モータEVであり、これらのモータを用いてトラクションコントロールや振動抑制制御など、将来のEV車両に必要な制御の開発にも取り組んでいる。

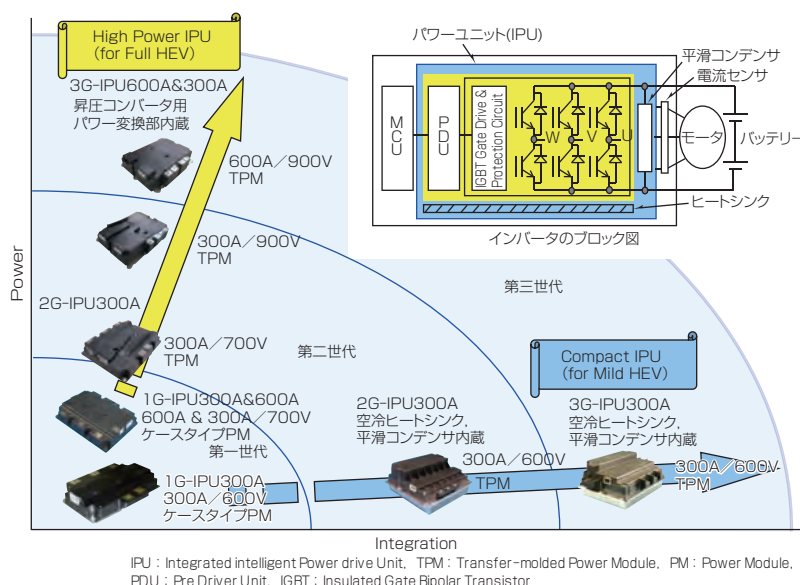


図8. インバータの変遷

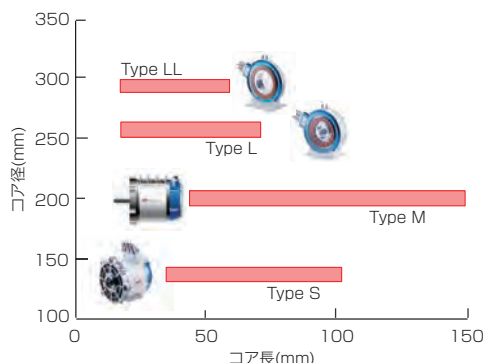


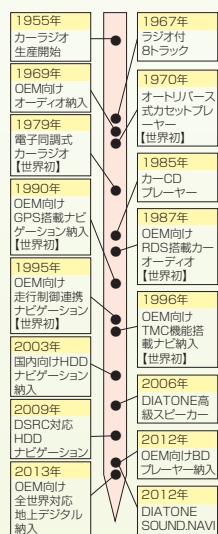
図9. 当社モータのラインアップ

3.5 カーマルチメディア

3.5.1 製品の変遷

車載情報機器として、1955年にカーラジオ、1990年にはGPS搭載カーナビゲーションの量産を開始した。その後、図10に示すようにオーディオ、ナビゲーションに加え、その他のカーマルチメディア機能を融合した製品へと進化してきた。

今後は、培った総合技術力を活用し、車両情報とマルチメディアの融合を深め、メータ表示パネルやヘッドアップディスプレイ製品等を含めた次世代車載情報システム(図11)を製品化する。また、安全・安心機能や省エネルギー運転支援技術の開発に取り組み、更なるカーマルチメディア製品の進化に寄与する。



OEM：Original Equipment Manufacturer
RDS：Radio Data System
GPS：Global Positioning System
TMC：Traffic Message Channel
HDD：Hard disk drive
DSRC^(注1)：Dedicated Short Range Communications
BD：Blu-ray Disc^(注2)
(注1) DSRCは、一般社団法人ITS推進機構の登録商標である。
(注2) Blu-ray Discは、Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

図10. 車載情報機器の歩み

3.5.2 差別化技術

(1) 通信技術

“つながる”クルマを支援する通信技術として、Bluetooth^(注3)・Wi-Fi^(注4)の通信品質、接続互換性を向上させる技術を導入し、スマートフォンなどの携帯機器との接続性を高め、ユーザー利便性の向上に寄与している。

(2) 表示技術

高コントラスト・広視野角が望めるノーマリブラック型液晶、また、広く採用されている静電容量型タッチパネルの車載適用技術を開発した。今後、大型・高解像度のディスプレイ機器開発によって市場要求に応える。

(3) HMI技術

組込用大語彙音声認識(日)や、脱落・語順違い等の誤りを含む発話音声から施設や楽曲を検索する音声曖昧検索(日米欧)を開発した(業界初)。今後、多言語対応・サーバ連携機能の高度化を進める。また、ジェスチャーなどユーザー操作性の向上に取り組む。

(4) プラットフォーム技術

カーマルチメディアに最適化された開発フレームワークを独自開発し、各製品に展開中である。また、業界標準への準拠や信頼性向上に取り組む。

(5) 放送受信技術

全世界対応(日米欧中)の地上デジタルテレビ受信機を2013年から製品化している。今後、機能分散化によって、様々なシステム形態への実装性向上を図る。

(6) 光ディスク技術

車載向けBlu-ray Discドライブの開発に取り組み、2011年から量産中である。次世代部品の早期採用によって性能・コスト競争力の向上を図る。

(7) 測位技術

新たな測位インフラであるマルチGNSS(Global Navigation Satellite System)活用による測位率・信頼性向上、補強信号による測位精度向上に取り組む、今後拡大する走行支援や自動運転走行の基盤技術を構築する。

(8) 音響技術

カーボンナノチューブによる独自の高性能スピーカー振動板を開発・製品化するとともに、音声処理についても種々の独自技術を開発し、高音質ナビゲーション“DIATONE SOUND.NAVI”に搭載してハイエンドオーディオの音質を実現した。引き続き、車室での理想の音空間を追求する。

(注3) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc. の登録商標である。
(注4) Wi-Fiは、WiFi Allianceの登録商標である。

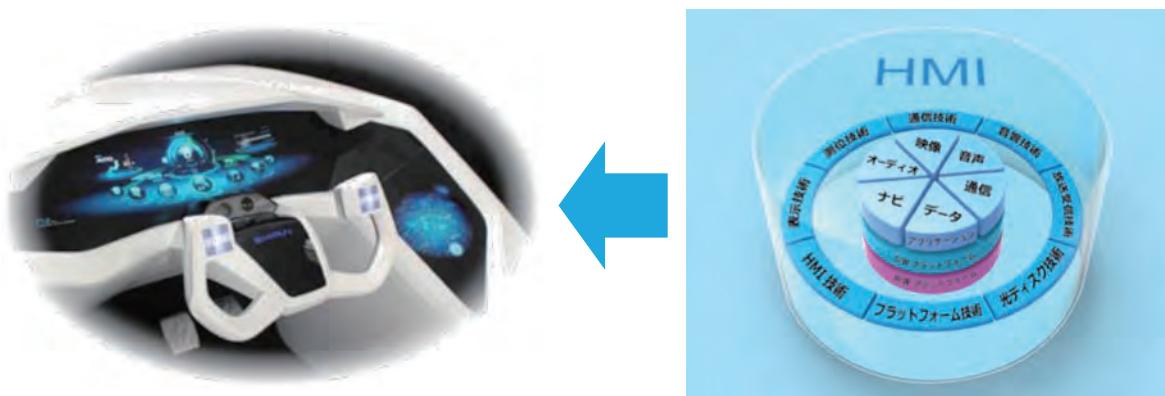


図11. 総合技術力を活用した次世代車載情報システム

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

3.6 予防安全関連製品

3.6.1 製品の変遷

2013年の日本の交通事故死者数は、過去最悪であった1970年から約4分の1にまで減少している。これはエアバッグやABS(Antilock Brake System)、近年では衝突被害軽減ブレーキなどの安全・安心関連製品の普及による効果が顕著と言える。

また、複数のカーメーカーやサプライヤーが将来の自動運転に向けた取組みを発表しており、安全・安心で交通事故のない快適な自動車社会の実現に向けて、各種安全技術が進化していくものと予想される。

当社の安全・安心関連製品の歴史は、1980年代にさかのぼる。センシング応用分野では、駐車支援システム用途の超音波センサを1982年から製品化し、またレーザレーダを用いた車間距離制御システムを1995年に世界で初めて製品化した(図12)。さらにカメラ応用システムとしては、前方監視用カメラを用いた車線逸脱警報システムを1995年に製品化(世界初)し、リアビューカメラを用いた隣接車線接近車警報システムを2000年に製品化した(世界初)。近年では、リアビューカメラを用いた車線逸脱警報システムを2011年から市販向けとして製品化している。

インフラ協調分野では、合流支援や前方障害物情報提供を行うITS(Intelligent Transport Systems)スポットサービスや、信号の見落としや右折時衝突などの発生防止を支援するDSSS(Driving Safety Support Systems)に寄与するDSRC(Dedicated Short Range Communications)の車載器を2009年から製品化している。

また、自動運転に向けての取組みとしては、1989年に東京モーターショーで発表した車両2台による完全自動の追従走行システムをカーメーカーと共同で開発した。また、旧土木研究所(現国土技術政策総合研究所)で推進されたAHS(Automated Highway System)で、レーザレーダやカメラ

によるセンシング技術と路車間・車車間通信技術も利用して、自動隊列走行の各種開発・実験や公道実験にも参画した(1994～1996年)。

3.6.2 差別化技術

今後、車の安全安心を支える技術は、ドライバーの認知、判断、操作のそれぞれのフェーズに対応して進化し、段階を踏んで自動運転が実現されていく(図13)。

認知については、レーダやカメラといったいわゆる自律系センサが進化していくとともに、自動運転の実現に向けて、自律系センサでは検知できない死角エリアからの車両の接近検知、自車両の高精度な位置測定や道路環境状況の入手のためにインフラとの協調がますます重要となる。当社は、人工衛星などの宇宙分野で培ったレーダ技術や画像処理技術、更には準天頂衛星技術を含めた高度な通信技術を保持しており、ナビゲーションなどの情報機器との融合も含めて、自車両周辺の認知の更なる高度化を目指す。

判断については、自車両周辺の状況を認知した後、状況に応じた警報や制御を実現するため、現在の車両周辺状況から数秒先の近未来を予測し、自車両がとるべき挙動を導出する技術が必要となる。航空管制分野で培った状況予測技術を自動車用途に展開を図る。

操作については、判断フェーズで導出した自車両のとるべき挙動に対して、走る・曲がる・止まるの車両の3要素に対して、車両の進行方向と横方向の統合制御が必要となるが、エンジン制御や電動パワーステアリング制御の豊富な量産経験と高度な技術、及びステアバイワイヤ技術と合わせて、車両制御の高度化を図っていく。

このように、認知、判断、操作のすべてにわたって、高度な自社技術を持っていることが当社の強みと言える。当社の持つ先進技術を結集させ、安全・安心な社会の確立と早期の自動運転の実現に貢献していきたい。



図12. 世界初の車間距離制御システム用レーザレーダ

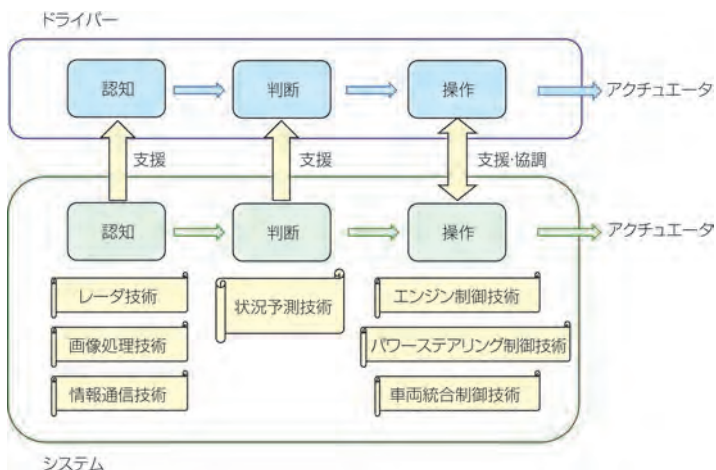


図13. “認知” “判断” “操作” の概念図と適用技術

4. 今後の展望

4.1 車両の電動化

EV・HEVなどの電動化車両が世界の自動車販売全体に占める割合は2020年でもまだ5%程度と予測されるが、更なるCO₂排出量削減に向けて原動機の電動化が進むことにより変わりはしない。電動化車両で電気エネルギーを有効に利用するためには、インバータなどのパワーエレクトロニクス機器の電力変換効率を高める必要がある。半導体やパワーエレクトロニクス回路技術の進歩に伴い機器の小型高効率化が進んでいるが、次世代のパワー半導体材料であるSiC (Silicon Carbide)が持つ低オン損失、高温動作、高速動作の特性を活用することで、更なる小型高効率化、冷却系の簡素化が進む。

従来エンジン車では、アイドリングストップシステムが普及するなか、オルタネータから置き換えることで、より静粛で迅速な再始動を実現し、加えて車両のアシスト駆動が可能なベルト駆動方式モータジェネレータが採用され始めており、今後の拡大が期待できる。

4.2 HMIの進化

マルチメディア情報については、通信の高速化、スマートフォンやクラウドの普及に伴い、コンテンツが多様化しているが、コンテンツの種別や格納先をドライバーに意識させずにデータを取得でき、状況に応じて有用な情報がドライバーに提供されることが望まれる。計器情報、経路案内情報、車両周辺状況などに基づく安全運転支援情報などについては、必要なタイミングで認知しやすい方法によってドライバーに提供されなければならない。

ドライバーが扱う機能の表示・操作はこれまで機能別に分散して進化、複雑化してきたが、今後は連携・最適配置・統合化が進んでいく。表示については情報の緊急性に応じて、ヘッドアップディスプレイ、計器パネル、センターコ

ンソールへの最適配置がなされる。操作については、安全で快適に行えるよう、クラウドの音声認識機能とも連携させた自由な音声による操作、手書き入力、視認に頼らない空間ジェスチャー操作などのニーズが高まる(図14)。

4.3 セキュリティの確保

自動車が移動体通信を介してクラウドにつながり、路車間・車車間通信によって道路インフラや他車とつながり、さらには電力線を介して電力網ともつながる。このことによって、更なる環境・安全性能の向上、利便性・快適性の向上が進められるが、安心して利用するために、信頼性の高い通信技術や、不正アクセスから車載情報や制御システムを守るセキュリティ技術が重要となる。

4.4 安全運転支援の高度化

車両周辺の状況を自律的に把握するためには、各種周辺監視センサが必要であるが、高度な車両制御をするうえでは、レーダとカメラのように複数のセンサ情報に基づき総合的に人物や障害物を検出することも必要となってくる。また、ドライバーの状態(居眠りやよそ見など)を監視し、状況に応じた対応を取ることも必要となる。

将来の自動運転システムの効果としては、不注意による事故の大幅な減少、渋滞解消・快適性の向上、環境負荷の軽減、高齢者や身体の不自由な人の運転支援などが期待されている。実現に当たってはインフラや法制的整備も必要となってくるが、2020年の東京五輪での一部実用化を目指して官民挙げての開発が進められている。

5. む す び

自動車機器製品の変遷と差別化技術、今後の展望を述べてきたが、自動車は世の中のあらゆる技術を取り入れながら進化していく。その進化の一端を担うべく、当社の持つ先進技術を結集した製品づくりによって、より良い車社会づくりに貢献していきたい。

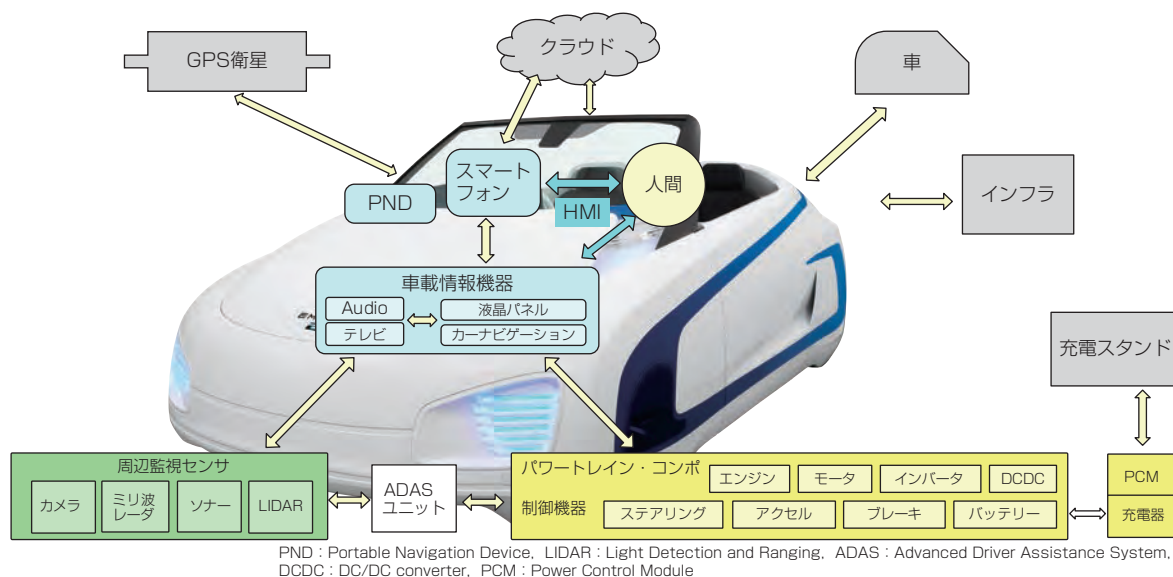


図14. 自動車機器の連携

パワーデバイスの変遷と将来展望



パワーデバイス製作所長
島 顕洋

1. ま え が き

近年、省エネルギーの促進や地球温暖化への影響軽減の方策として高性能パワーエレクトロニクス(Power Electronics：PE)システム機器の実現や応用領域拡大の気運が急速に高まっている⁽¹⁾。三菱電機はPEシステム機器事業を主力事業の1つに位置付け、PEシステム機器のキーパーツであるパワーデバイスの高性能化、高機能化に精力的に取り組んでいる。

当社は半導体チップ技術やパッケージ技術、駆動・保護技術を集積化した先進的なパワーモジュールを開発し、製品化することで社内外のPEシステム機器の進化に、さらには省エネルギー化による低炭素社会の実現に貢献してきた(図1)。今後も継続して高性能、高機能パワーモジュールの開発に取り組み、事業拡大及び社会発展への貢献を更に進めていく⁽²⁾。

本稿では、当社のパワーモジュールの変遷や現状を踏まえて今後のパワーモジュールの展望について述べる。

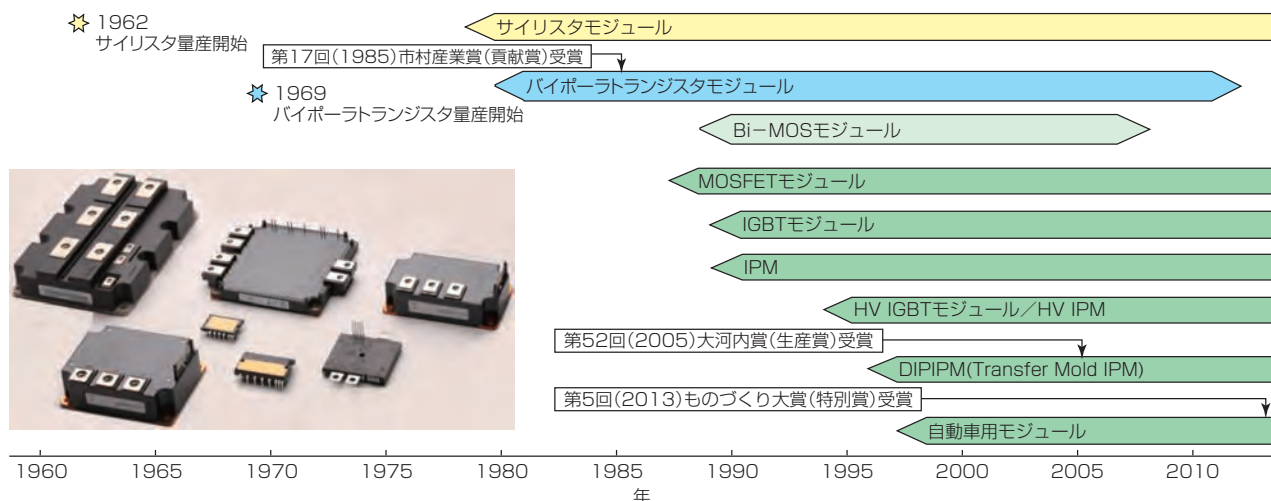
2. パワーモジュールの変遷

1949年のトランジスタの発明に続いて、1957年にはサイリスタが発明された。サイリスタを用いた電力変換機器は従来の水銀整流器を用いた機器より小型・軽量で損失低減の可能性が示唆されたことから、パワーデバイスが盛んに

研究・開発され出した。当社もパワーデバイスの研究を積極的に進め、サイリスタの発表から5年後の1962年に耐電圧1.2kVの、また1966年には耐電圧2.5kVのサイリスタを量産し、電力変換機器の小型・軽量化に貢献してきた。1970年代の2度のオイルショックによってインバータを始めとする省エネルギー技術の国内市場への早期導入が強く求められ出した。オン・オフの連続スイッチングを高精度に制御するインバータ動作には自己消弧形デバイスが必要であったことから、トランジスタやGTO(Gate Turn-Offサイリスタ)が主要パワーデバイスになった。当社は1981年に耐電圧1kVのバイポーラトランジスタを、1982年に耐電圧4.5kVのGTOを量産し、市場要求の変化にもすみやかに応えてきた。

パッケージでは、1970年代半ばに2つのサイリスタチップをケース内で結線し、上面から主電極端子と制御信号端子を取り出した最初のモジュール製品が欧州で量産された。当社も1979年に耐電圧800V、電流定格90Aのサイリスタモジュールを量産している。これらの初期構造モジュールは高耐圧・大容量化を目的とし、機能面ではディスクリート製品と同等であった。

機能面でディスクリート製品と明確に差別化したモジュールは1980年に当社が世界で初めて開発・実用化した絶縁型のトランジスタモジュールである。耐電圧600V、電流定格50Aのハーフブリッジ構成を内蔵したこのモジュール



Bi-MOS：Bipolar-MOS(Metal Oxide Semiconductor)、MOSFET：Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor、IGBT：Insulated Gate Bipolar Transistor、IPM：Intelligent Power Module、HV：High Voltage

図1. 当社のパワーモジュールの歴史と代表的なパワーモジュールの外観

ルの最大の特長は、トランジスタチップと冷却フィンを取り付けるモジュールのベース板との間に絶縁性の優れたアルミナ薄板を挿入・一体化する技術確立し、主電極と同電位となっていた放熱部を絶縁したことであった。絶縁型モジュール構造は、モジュール内での回路の配線を容易にするとともにPEシステム機器の絶縁・放熱構造を簡素化したことから、機器の小型・軽量化に多大な貢献をした。これによって、絶縁型モジュール構造が以後のパワーモジュールの標準構造となった。この貢献によって絶縁型パワーモジュール技術は1985年に市村産業賞(貢献賞)を受賞した。

絶縁型トランジスタモジュールを市場に投入した後、大容量化及び高機能化に取り組み、1982年には業界最大容量の耐電圧1,000V、電流定格300Aトランジスタモジュールを、更に1983年には耐電圧1,400V、電流定格80Aの三相インバータの回路を組み込んだ業界初のトランジスタモジュールを量産化するなど、他社の追随を許さない技術力と充実した製品群ラインアップで市場を牽引(けんいん)し、業界を代表するパワーモジュールメーカーとしての基盤を築いた。

トランジスタモジュールの大容量化に伴い、駆動電力の増大による制御性の悪化がスイッチング性能に影響を及ぼし始めたことから、1980年代半ばから低駆動電力で高精度制御が期待できるMOS(Metal Oxide Semiconductor)ゲートパワーデバイスの研究が盛んになった。代表的なデバイスが、MOSゲート構造でありながらバイポーラトランジスタと同等の通電能力を持つIGBTである。当社は、IGBTの実用化開発と並行してIGBTの性能を最大限に引き出すための制御技術の開発を他社に先駆けて取り組み、駆動・保護回路を内蔵させることで性能と使いやすさ、信頼度を格段に高めた当社オリジナルのモジュールであるインテリジェントパワーモジュール(IPM)を一般産業用IGBTモジュールと同じ1989年に量産化した。

IGBTのデバイスとしての研究・解析が進むにつれ、

IGBTは従来のバイポーラトランジスタ以上に広いSOA(安全動作領域)を持つことが明らかになりだした。また、制御容易性が市場で認められ、1990年代前半からトランジスタモジュールのIGBTモジュール及びIPMへの置き換えが始まった。

1990年代半ばには、微細ウェーハ加工技術を活用してIGBTの高性能・高機能化に取り組むとともに大容量化、高品位化の開発を進め、モジュール製品の拡充を図った。1990年代後半には、大容量・高絶縁パッケージ技術を開発し、電車応用の耐電圧3.3kVのIGBTモジュール(HVIGBT/HVIPM)を他社に先行して実用化した。さらに、パワーモジュールにオールシリコンコンセプトを取り入れたトランスファーモールドIPM(DIIPM)を民生応用モジュールとして製品化し、性能と品質、価格の多面で民生市場の要求に応えた。DIIPM構造を民生市場のデファクトスタンダード構造に成長させ、民生市場の拡大に貢献したことが認められ、2005年度の大河内賞(生産賞)及び2013年度のものづくり大賞(特別賞)を受賞している。

1997年には高品位パワーモジュールを実用化し、自動車用パワーモジュール市場を開拓・牽引してきている。

3. 現状と将来展望

3.1 モジュール技術の現状

IGBTが市場に投入されてから約30年がたった。IGBTセル密度を増加させる微細化やトレンチゲート構造、電流経路を短縮する薄ウェーハ加工などの半導体基盤技術とライフタイム制御やキャリア蓄積構造などのバイポーラパワーデバイス固有技術の進展によってIGBTは目覚ましい進歩を遂げてきている(図2)。

また、モジュールパッケージは高絶縁性と高放熱性の材料・設計や低インピーダンスで低インダクタンスの電極形成、トランスファーモールド加工、長寿命接合形成などの

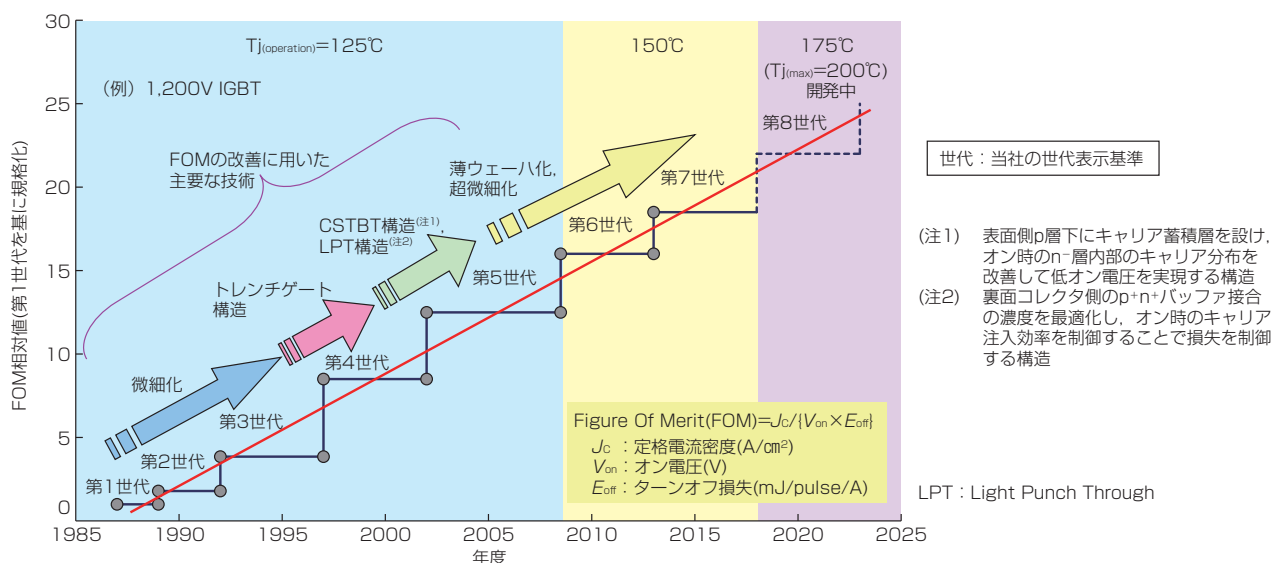


図2. IGBTチップのロードマップ

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

要素技術を継続的に革新することでモジュールが制御できるパワー密度を大幅に向上させてきた。現在のパワー密度は10年前に比べて3倍増に向上している(図3)。

IGBT及びモジュールパッケージの高性能化はPEシステム機器の小型・軽量化に多大な影響を与えた。過去30年間で同一容量の機器は容積が数分の1に縮小されている。しかし、近年、モジュール製品の高周波応用の拡大や高密度化が進むにつれ、従来の動作環境では問題にならなかったEMC(Electromagnetic Compatibility)などが、新たな課題として顕在化してきた。スイッチング動作の途中での急激な電流変化を抑制する機能を集積した新たなFWD(Free Wheeling Diode)や低インダクタンス・低抵抗の銅リード配線などの技術をモジュールへ導入し、EMCへの有効な解決策を見いだしていく。

SiC(Silicon Carbide)パワーデバイスはPEシステム機器の劇的な小型・低損失化を提供する次期パワーデバイスと位置付け、耐電圧600Vから3.3kVのSBD(Schottky Barrier Diode)とMOSFETを開発している。SiC材料が高価であるため、モジュール製品化に当たっては内蔵しているFWDのみをSiC化したハイブリッドモジュールから市場への普及を図っていく。ハイブリッドモジュールは20kHz以上の高周波応用では現行Si-IGBTモジュールに比べて30%以上の損失低減効果があることから、高周波応用機器の冷却器の小型化、リアクトルやトランスなどの受動部品の小型化などに有効である。

フルSiCモジュールはハイブリッドモジュールに比して損失は半分以下にでき、更なる高周波動作にも対応できることから、数十kHzの動作が必要な高周波電源機器応用などに展開して、Si-IGBTやハイブリッドモジュールとすみ分けをしていく(図4)。

3.2 市場別の製品動向

3.2.1 社会インフラストラクチャー

電力応用や電車応用では、耐電圧3.3kV電流定格1,500Aや耐電圧6.5kV電流定格750AのHVIGBTを“Rシリーズ”として拡充してきた。現在、洋上風力発電所の普及拡大や電力国際連携のためのHVDC(High Voltage DC Transmission)市場の成長に應えるために、HVIGBTの更なる大容量化に取り組んでおり、既存パッケージで電流容量を増加させた耐電圧3.3kV電流定格1,800Aや耐電圧6.5kV電流定格1,000AのHVIGBTを“Xシリーズ”として開発し、順次市場に投入していく。これによって、各国の鉄道網整備や順応性の高い電力基盤網の構築に寄与していく。

3.2.2 産業・自動車

産業用モジュールは“NXシリーズ”を主に製品拡充を行ってきたが、応用領域によってモジュールへの要求が顕著に異なり始めている。そこで、モーションコントロール用途では高絶縁と高熱放散を両立させるパッケージ構造の開発によるモジュールの小型化を、再生エネルギー用途では高効率機器を実現する3レベルインバータ回路を内蔵したモジュールの開発を進めている。

自動車市場では、トランスファーマールド形パワーモジュール(T-PM)などを製品化し、長寿命化と小型化を両立させてきた。一層の小型・軽量化実現に向けて、現在、冷却性能を高めたPin-fin付きパワーモジュール(図5)を開発中であり、2015年に量産化する。さらに、来たるべき自動車の電動化を見据えてライン整備を進めていく。

3.2.3 民生

民生用パワーモジュールの最大市場であるエアコン応用では、実使用状態に沿った省エネルギー性能を示すAPF(Annual Performance Factor)国内基準が見直しされることから、DIPIPMには低損失化が要求されている。そこで、通年損失を最大限に下げられ、かつ、急冷などの過負荷動作にも対応できるようにIGBTとSJ(Super Junction)-MOSFETを並列接続した高性能DIPIPMを開発し、量産

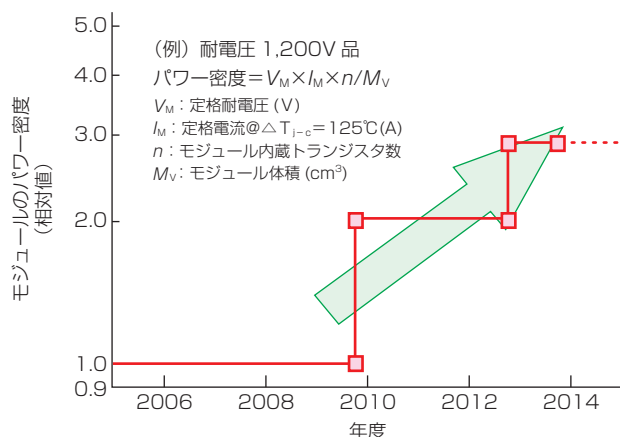


図3. パッケージの集積化の変遷

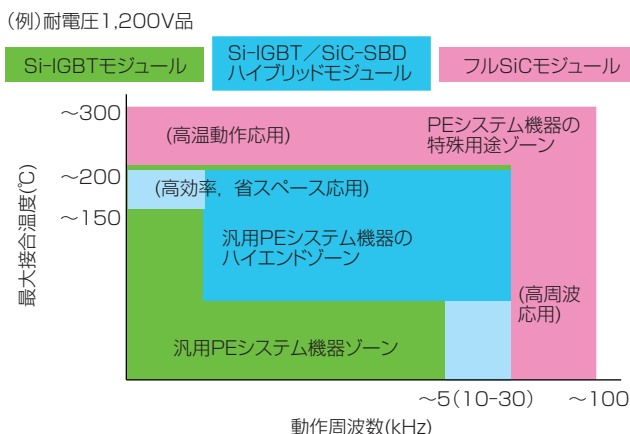


図4. Si-IGBTモジュールとSiCモジュールの棲み分けイメージ

化した。この高性能DIPIPMを主力製品として拡大していく。また、海外でも地域ごとの要求に応える製品を実用化していく。

3.3 ものづくり基盤

パワーデバイス市場はこれまでの先進国から新興国へと拡大しており、パワーモジュールを使用するユーザーは生産拠点を新興国へシフトさせている。このような事業環境の変化に対応するための、消費地でパワーモジュールを生産・供給するグローバル生産体制の強化を進めている。

また、部材・製品等の適正な在庫保有及び生産拠点の分散による重大災害発生時の製品供給維持体制の強化についても、生産体制構築の重要なファクタとして戦略的に推進する。

3.4 将来展望

IGBT及びモジュールパッケージは過去30年の間に多岐にわたる数々の研究・開発が継続的に進められてきたことで、最近では既存技術の延長では性能改善の余地は少なくなりつつある。一方で、モジュールへの小型・軽量化、低損失化、高品質(長寿命)化、低価格化の市場要求は一層強くなっている。性能改善の閉塞(へいそく)感を打破して、今後も市場の要求に応じていくために、当社は従来の開発対象領域の外に出た新領域での技術開発に注力している。特に注力している新領域は個々の要素技術の境界をまたいだ領域であり、新領域の代表的な製品開発例はモジュールとPEシステム機器の境界であるフィンをモジュールに一体化したpin-fin付きパワーモジュール、また、モジュールにPEシステム機器構成材料であったグリスを取り込んだTIM(Thermal Interface Material)付きモジュールである。これらはPEシステム機器の小型・軽量化に、また、機器の生産性改善や品質に大きな影響を及ぼし始めている。新領域には多くの研究・開発テーマが残されており、新領域での開発に対する市場からの期待は大きい。

パワーデバイスの性能向上を前進させるもう1つ主な

る技術領域は、SiCデバイスの性能を最大限に引き出すための基盤技術である。SiC-SBDを始めとして確実にSiCデバイスは市場に浸透しだし、その応用分野を広げている。SiCデバイスの市場拡大を確固たるものにするには、まだまだSiデバイスの域に到達していないウェーハ結晶の生産技術やSiC固有プロセス技術、シミュレーションなどの設計技術等の基盤技術の充実が必須である。さらに、SiC材料の優れた耐熱性能を引き出すための製品周辺技術は開発の途上であり、開発成果の蓄積が必須である。基盤技術や製品周辺技術を充実させ、当社関連製作所・部門及び材料・設備装置メーカーと連携してパワーモジュールの高性能化、小型・軽量化を確実に進めていく(図6)。

4. む す び

当社は多くの技術開発や生産基盤の充実によってパワーモジュールの業界を牽引してきた。30年の開発を経て、IGBTチップやパッケージの性能(信頼性・性能・体積・質量・価格等)は飽和傾向が見られ始めているが、その状況を打破するため、全体最適化開発にも積極的に取り組んでいる。SiCデバイスでは基盤技術のレベルアップを図りながら、SiCデバイス搭載モジュールのラインアップを拡充していく。それぞれの応用分野の動向をつかみ、小型・軽量の高性能・高機能パワーモジュールをタイムリーに市場に提供していくことによって継続的に事業を発展させ、低炭素社会の実現に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) Sakuyama, M.: The role of IEEJ in development of secure energy infrastructure, The journal of IEEJ, 132, No.7, 400 ~ 404(2012)
- (2) 眞田 亨, ほかに: パワーデバイス技術の現状と展望, 三菱電機技報, 88, No.5, 276 ~ 280(2014)

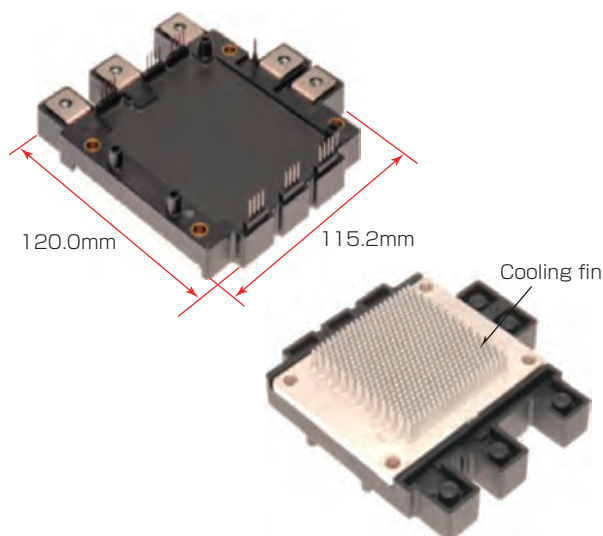


図5. Pin-fin付きパワーモジュール
(例: 耐電圧650V電流定格600A)

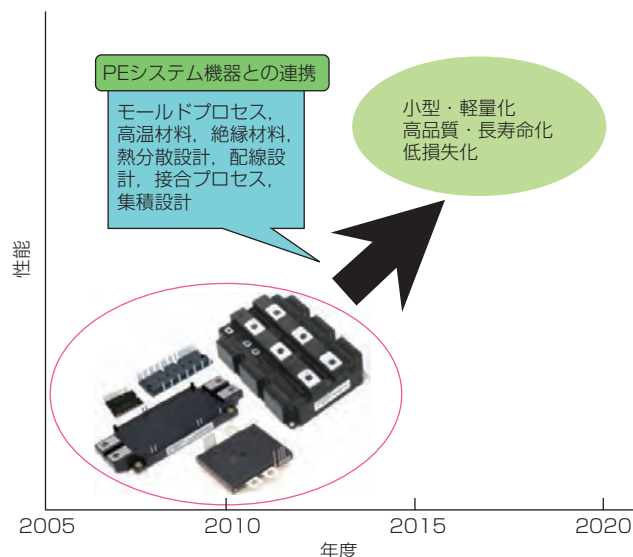


図6. パワーモジュールの将来動向

高周波光デバイスの変遷と今後の展開

高周波光デバイス製作所長
平野嘉仁



1. ま え が き

三菱電機高周波光デバイス製作所は、1959年に当社北伊丹製作所の一部門として設立して以来、いくつかの変遷を経て1993年に製作所として独立し、一貫して高周波光デバイス、光デバイスの開発、生産を行ってきた。

本稿では、これまでのデバイス開発、生産の歴史を振り返るとともに、今後の注力分野について述べる。

2. 高周波光デバイス

2.1 トランジスタ開発と無線通信用デバイス

2.1.1 事業・技術の変遷

高周波光デバイスでは、研究所で最先端の化合物半導体デバイスを開発し、その成果を社内の宇宙・防衛・通信事業に展開して製品力を磨き、その後量産化技術を磨いて市場の低コスト化要求に応えることで社外展開を図ってきた。化合物半導体トランジスタとしては、ガリウムヒ素(GaAs)によるMESFET(METal Semiconductor Field Effect Transistor)に始まり、HEMT(High Electron Mobility Transistor), HBT(Hetero-junction Bipolar Transistor), さらに窒化ガリウム(GaN)によるHEMTと先端デバイスを順次発売して、市場要求に応えてきた(図1)。GaAs MESFETは1979年から生産を開始し、1980年にはX帯誘電体発振器に適用し、その後、集積化を進めて1984年には

国内初のGaAs MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)となる30GHz帯高出力増幅器に適用した。また1987年には衛星放送受信機向けに世界最高レベルの低雑音特性を持つGaAs HEMTの量産を開始し、現在では月間4,000万個を生産するにいたっている。GaAs HBTは、現在、小型かつ低コストなMMICとして携帯電話端末の増幅器用に量産するとともに、他用途のMMICにも適用している。

このほかにも、2002年から、車載ミリ波レーダによる衝突被害軽減システム向けに、77GHzミリ波信号の増幅器、ミキサ、電圧制御発振器からなるGaAs MMICチップセットの生産を行っており、これまで累計70万台以上のミリ波レーダに用いられている。増幅器とミキサをGaAs HEMTで実現するとともに、電圧制御発振器にはHBTを採用することで世界最高レベルの低位相雑音を実現しレーダの精度向上に寄与している。

一方、最近では、動作電圧がGaAsより高く、高出力動作が可能なGaNデバイスの製品化に注力している(図2)。GaN HEMTは高効率なため、機器の低消費電力化、小型軽量化が可能で、衛星通信、レーダ、携帯電話基地局の増幅器として適している。当社では2005年のC帯140Wを皮切りにL帯360W, S帯330W, Ku帯80Wのデバイスを開発してきた。

当社GaN HEMTでは、独自の触媒化学気相成長法(CATalytic Chemical Vapor Deposition: CAT-CVD)による絶縁膜を用いることで、半導体表面へのダメージを軽

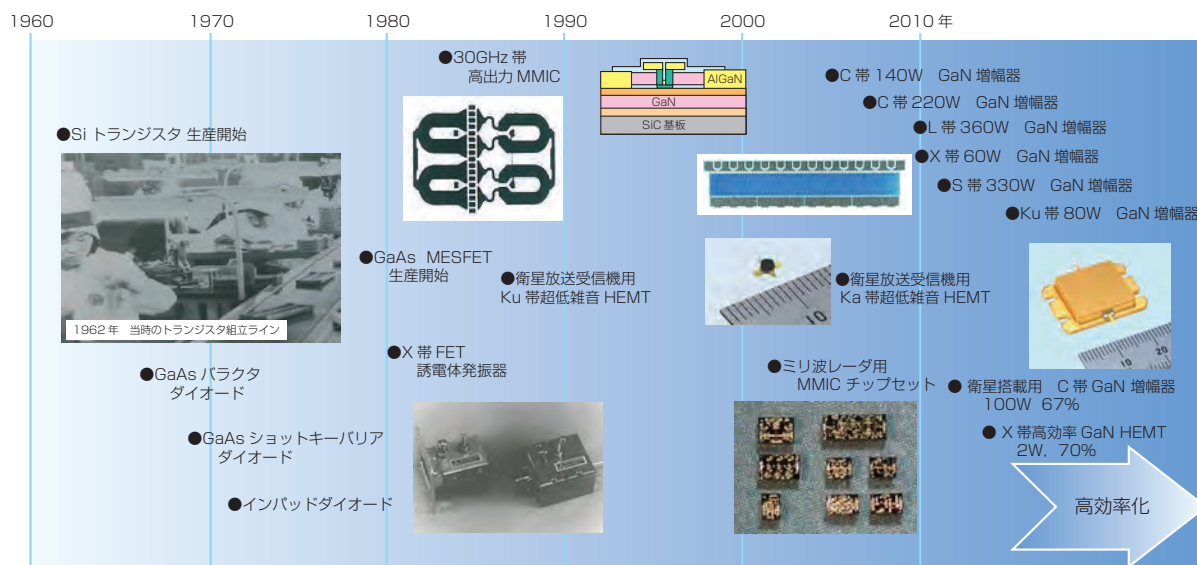


図1. 当社の無線通信用デバイスの変遷と今後

減し、半導体中の電子の流れを改善してトランジスタの効率を向上させている。また、ソース・ドレイン電極の直下にオーミックイオン注入構造を採用することによって、寄生抵抗を低減してトランジスタで発生する電力損失を抑制し、更なる高効率化を図っている。これらの技術によって、2011年にC帯100Wで67%，2012年にはX帯2Wで70%の電力付加効率を達成した。

近年、携帯電話基地局ではグリーン化の要請から消費電力低減が大きな課題となっており、中でも電力消費の大きい高出力増幅器の効率向上が重要である。GaN HEMTは従来基地局用高出力増幅器で主に用いられてきたシリコンLDMOS(Laterally Diffused Metal Oxide Semiconductor)に比べて高効率であり、次第に採用されつつあるが、コスト高が普及の障害となっている。このため当社では、高価な炭化ケイ素(SiC)基板に代えて安価なシリコン(Si)基板上にGaNをエピタキシャル成長する“GaN on Si”の技術開発を進めている。格子定数の大きく異なる材料間での、独自のエピタキシャル成長技術を確認することで、“GaN on SiC”並みの電気特性と信頼性を確認するにいたっている。

2.1.2 今後の展開

グリーンIT時代の要請に応じるために、高効率・高出力で低コストなGaNデバイスの開発を推し進め、その普及率を高めていく。さらに将来に向かっては、より高出力が可能なⅢ-V窒化物系デバイスなどの次世代新材料デバイスの開発も進めていく。また、安心・安全に向けた取組みとして車の安全サポートも重要性が増しており、ミリ波レーダを利用した先進運転システムの普及が社会的要請となりつつある。高精度なレーダの広範な普及に向けて、GaAs MMICではチップスケールパッケージングなど低コスト化を進めていく予定である。

2.2 携帯電話端末用デバイス

2.2.1 事業・技術の変遷

図3に当社携帯電話端末用デバイスの変遷を示す。当社は日本における携帯電話の黎明(れいめい)期から高出力増幅器(Power Amplifier：PA)の開発を行っており、1987年には、既に当社製アナログ携帯電話にPAモジュール(PA Module：PAM)を採用していた。初期のPAMは単体のGaAs MESFETと容量、コイル等のチップ部品から構成され、そのサイズは、45.0×12.0×6.3(mm)と大きかったが、1991年にはMMIC化によって小型化したPAMが使用された。また同時期に開発した携帯電話端末用周波数分周器(プリスケラ)は、従来比1/2以下の低消費電流化を実現したもので、世界初の量産化GaAsデジタルICとしてR&D100賞を受賞した。

その後、日本の携帯電話は第1世代のアナログから第2世代(2G)のデジタルに移行し、その価格、サイズの低下と相まって爆発的に普及した。当社は1992年にPDC(Personal Digital Cellular)、1993年にはPHS(Personal Handy-phone System)に対応したPAMを量産化した。この後、当社のPAMは、その高効率化・小型化によって、携帯電話端末の高性能化・小型化、ひいては爆発的な普及に寄与することになる。高効率化のため1996年にはPAMの基本デバイスをGaAs MESFETからGaAs HEMTに変更し52%の高効率を実現した。また、小型化のためPA、LNA(Low Noise Amplifier)、SW(Switch)、負電源発生回路を1チップに集積した送信用多機能MMICをPHS端末向けに開発した。引き続き1997年には第3世代(3G)のN-CDMA(Narrowband Code Division Multiple Access)対応PAMを、1999年にはW-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)対応PAMを量産化した。また同年、海外携帯電話で主流であったGSM(Global System for Mobile Communications)方式に対応するための900/1,900MHzに対応したデュアルバンドPAMをGaAs HBTで日本メーカーとして初めて量産化し、当社の欧州向け携帯電話に供給した。

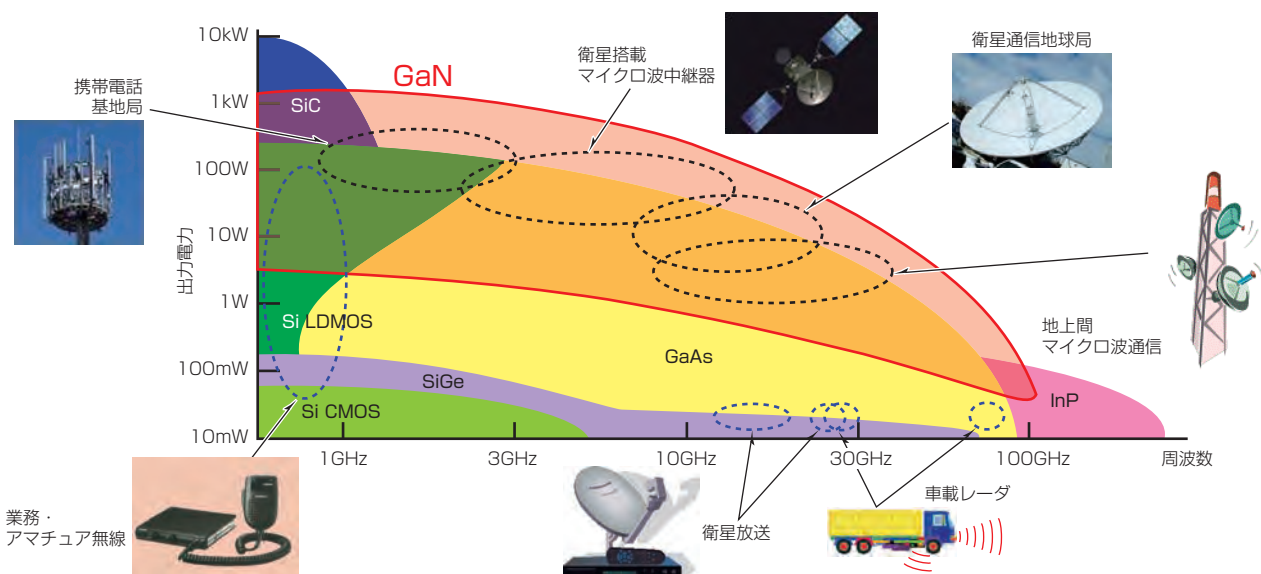


図2. 高周波デバイスの材料と応用分野

特集 I：当社技術の変遷と将来展望

2002年当時、PDC用の当社HEMT PAMは、小型(4.5×4.5×1.5(mm))、高効率(57%)を実現し国内トップシェアを獲得した。2004年以降はHBTを採用したN/W-CDMA用PAMに主力が移行し、2005年に、そのサイズを3.0×3.0×1.0(mm)まで小型化した。以降、携帯電話の帯域確保のためのマルチバンド化に伴い、2008年には、W-CDMAで800MHz／2GHzに対応したデュアルバンドPAMを3.0×4.5×1.0(mm)という画期的な小型サイズで実現し、さらに2010年には同サイズで1.7GHzを加えたトリプルバンドPAMを実現した。

近年、スマートフォンの普及によってデータ通信量は爆発的に増加しており、更なる高速化とバンド数の確保が課題となっている。また世代の異なる通信方式と多くのバンドを同時にサポートするために、マルチバンド(Multi Band：MB) PAMからマルチモードマルチバンド(Multi Mode Multi Band：MMMB) PAMへと高集積化が進展している。開発中のMMMB PAMでは、GSMの4バンド、WCDMA／LTE(Long Term Evolution)のバンドをカバーしながら占有面積をシングルバンドで構成した場合の約1/3(7.0×5.0×1.0(mm))に縮小している。また出力バンド切替え機能と新しいデジタルインタフェース(Mobile Industry Processor Interface：MIPI)に対応するため、HBTに加えHEMT、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)を搭載している。

2.2.2 今後の展開

2014年に、複数帯域を同時に使用して伝送レートを高めるLTE Advancedが実用化されたが、広帯域化とともに、現状の1～2GHz帯に加えて3.5GHz帯以上の周波数も使用されるため、PAMの高周波化が求められる。また小型化・高集積化の要求はとどまるところを知らず、MMMBの進化形としてフィルタやアンテナスイッチ等の周辺部品まで取り込んだフロントエンドモジュール(Front End

Module：FEM)が主流になっていく。一方、低消費電力化技術としては、アンテナとPAMの整合条件を各バンドで最適に保ちPAMの効率を向上させるチューナー技術や、PAMの電源電圧を変調波の包絡線振幅に合わせて制御し消費電力を削減するET(Envelop Tracking)技術、歪み補償技術が広く採用されていくと予想される。

3. 光デバイス

3.1 事業・技術の変遷

当社はレーザダイオード(Laser Diode：LD)発明の黎明期から研究開発に取り組み、マイルストーンを刻んできた(図4)。1967年にはアルミニウムガリウムヒ素(AlGaAs)半導体を用いて世界初の可視光(波長780nm) LDの室温パルス発振を実現した。1974年には当社独自の横方向接合(Transverse Junction Stripe：TJS) LDで世界初の単一縦モード発振にも成功した。

1984年にはコンパクトディスク(CD)用LD(波長780nm)の量産を開始し、月産50万個を生産、さらに1997年には世界初の記録型DVD用高出力LD(波長650nm)を開発・製品化した。LDの長期信頼性実現に重要な技術となる端面窓構造を波長650nm帯で世界で初めて実現、規格化での波長決定を後押しするなどDVD記録光源の世界標準の確立に貢献した。以降、高出力化開発と量産を推進し、記録型DVD用高出力LDとして月産1,600万個を達成、2005年には“DVD記録用赤色高出力レーザの開発と生産”で第51回大河内記念生産特賞を受賞した。

一方、産業用にこれらのLD技術を発展させ1984年に波長1.3μmの光通信用LDとして漏れ電流抑制に優れたp基板埋め込み三日月(P-substrate Buried Crescent：PBC)構造LDを開発した。このLDを使った光通信用モジュールは、当社光通信事業で光加入者系に初めて参入した実験システム(INSモデルシステム用加入者線光伝送装置)に

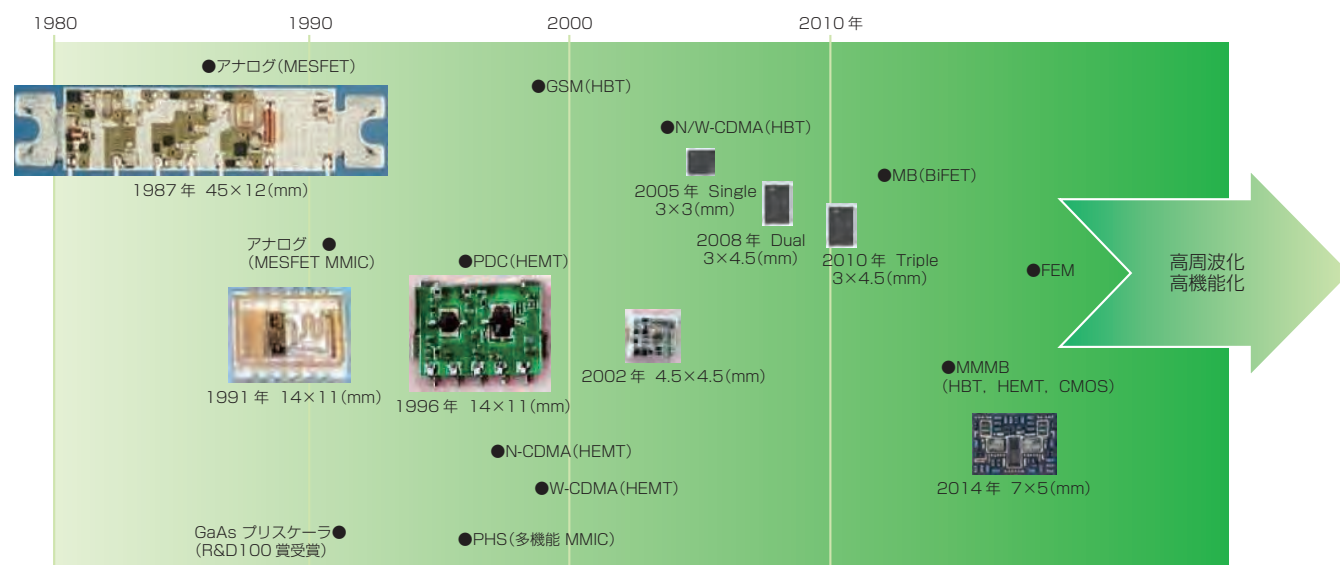


図3. 当社の携帯電話端末用デバイスの変遷と今後

採用され、その際に世界初となるレーザ溶接方式モジュール構造と生産技術を確立した。その後も光通信用モジュールの重要な基礎技術となる高周波特性と冷却特性を両立させる橋渡し構造を1988年に開発するなど、世界の光通信モジュール技術の発展に貢献した。1992年には波長 $1.48\mu\text{m}$ 、出力360mWの高出力ファイバーアンプ励起用LDを開発し、後に、第5太平洋横断光海底ケーブル(TPC-5)向け当社通信システムに搭載された世界初の直接光増幅方式中継装置に、高信頼LDモジュールとして採用された。さらに1998年には光通信の高速化に対応した2.5Gbps分布帰還型(Distributed Feed Back：DFB) LDの量産を開始した。東工大の末松栄誉教授が当時提唱した $\lambda/4$ 位相シフトを取り入れ、高安定な単一モードを実現したDFB LDであった。

1998年から2000年にかけての通信バブルとその崩壊を経て2005年からは国内の各家庭へ光ファイバーが接続されるFTTH(Fiber To The Home)が始まった。光通信用デバイス事業は一般民生向け品へとかじを切り、当社通信事業の機器開発と連携して1.25Gbpsファブリペロー (Fabry-Perot：FP) LD / フォトダイオード(Photo Diode：PD) のペアで日本の光通信インフラ整備を支えた。また2005年にはアルミニウムインジウムヒ素(AlInAs)を受光部に用いた2.5Gbpsアバランシェフォトダイオード(Avalanche PhotoDiode：APD)の開発に成功し、高感度特性で業界をリードした。以後海外FTTHの主流となる2.5Gbpsシステムの受光部に広く採用されている。さらに10Gbps光通信用LD / APDも含めた事業を発展させ、2008年にはDFB LD月産100万個を突破した。2009年には40Gbps変調器付きLDを製品化し、2013年には25Gbps信号を4波長集積して100Gbpsとする変調器付きLDと集積モジュールを製品化して光通信の高速化へ引き続き貢献している。

そのほか近年のLD応用として、当社から2010年に発売されたレーザを用いたプロジェクションテレビ

“LaserVue”のキーデバイスとして赤色LD(波長640nm)を開発し、さらに2011年以降は液晶バックライト光源に赤色LDを採用した“レーザバックライト液晶テレビ”に赤色LDを提供し、赤色の美しさで高い評価を得ている。

3.2 今後の展開

高度に発展した高速大量情報通信社会を支えるため、光通信では高速化だけではなく装置の小型化及び低消費電力化が求められている。今日、通信は食料やエネルギーなどに匹敵する生活を支えるインフラとなりつつあるが、その一方で、エネルギー消費の観点から、現状の通信インフラ装置では持続可能な成長を約束できなくなっている。そのため、LDなどの素子段階やモジュール段階での高集積化と省エネルギー化が必須となっており、100Gbpsや400Gbpsなどのデバイスには多重集積または多機能集積による高速化とともに、低電圧動作や高温動作を可能にして低消費電力を実現することが求められる。また映像に用いられる赤色LDなどは、今後より美しさを追求したデジタルシネマ規格や4K / 8K規格に対応するための高い波長精度が求められる。

当社は、このような市場の要請に主導的に対応する。

4. む す び

当社高周波光デバイス製作所で開発・製品化してきた、無線通信デバイス、携帯端末用デバイス、光デバイスについて、その歴史を振り返るとともに、今後の展望について述べた。昨今の情報通信(無線通信、光通信)のトラフィック増大に対応し、デバイス性能の向上による高速動作化とともに、小型・高集積・低消費電力化が要求されており、短・中期的に最も注力していく課題である。また、情報通信以外でも、先に述べたミリ波レーザや映像関係を含め、化合物半導体をベースとした技術で今後の社会の発展に寄与するための製品開発を行っていく。

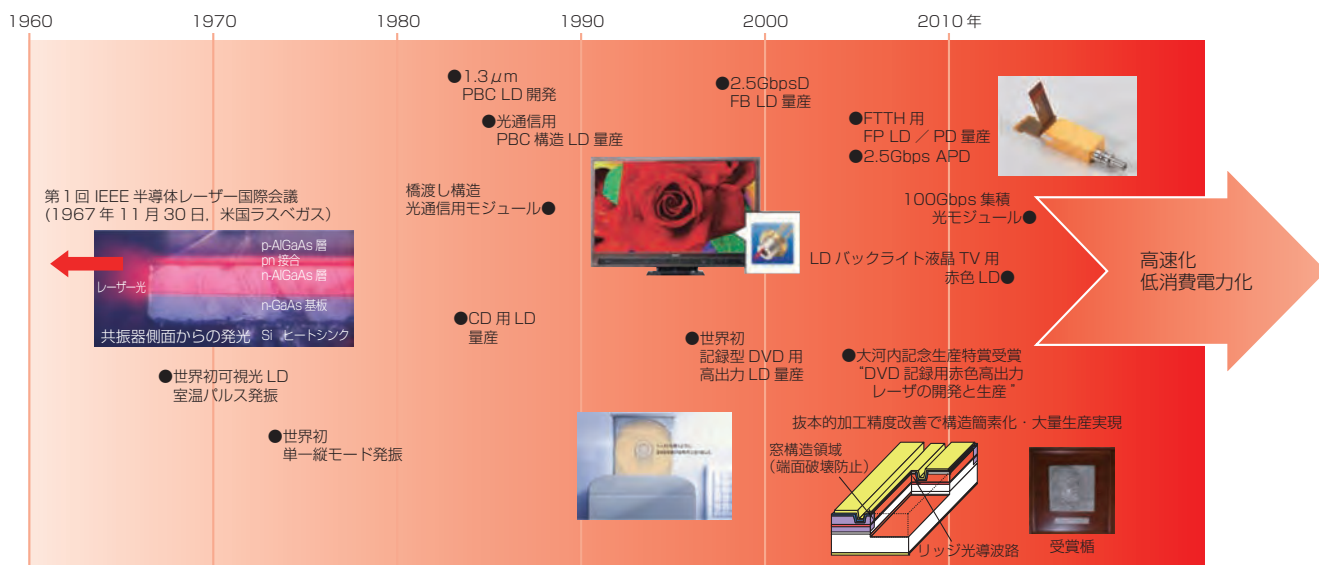


図4. 当社の光デバイスの変遷と今後

TFT液晶ディスプレイの変遷と将来展望

半導体・デバイス事業本部 液晶事業統括部長

蔵田哲之



1. ま え が き

現在、液晶ディスプレイは映像機器の表示素子として圧倒的な地位を占めている。特に、ノートパソコンの実現、平面型テレビの実現と大型化、そして携帯電話からスマートフォンへの近年の発展は、液晶ディスプレイの進化と一体になったものである。

液晶を用いた表示パネルの歴史は1962年のDS(Dynamic Scattering)モードの発明に始まり、実用化としては、1970年代初めの腕時計、電卓にさかのぼる。しかし、現在の液晶ディスプレイ発展の大きな原動力はTFT(Thin Film Transistor)方式の実用化にあると言える。この技術によって画素数に対する制限がなくなり、表示素子として圧倒的な優位性を発現するに至っている。

TFTは透明なガラスの上にアモルファスシリコンのトランジスタを画素の数だけ形成するものであり、シリコン半導体で開発されてきた技術が大きく寄与している。半導体と違ってのは、ガラスの大型化とともに液晶パネルのサイズも大型化したことで、大面積にわたって欠陥の少ないデバイスを製造するプロセス技術の発展が大きな役割を果たしている。

また、現在の液晶ディスプレイがほかのディスプレイと比較して大きな発展を遂げた理由の1つに機能分離型であることが挙げられる。TFTが電圧スイッチング、液晶が

表示のオンオフと階調性、カラーフィルタが色、バックライトが光源、と機能が分離されているために、それぞれを独立に最適化を進めることができた。また、相補的な技術を用いることで、更なる高機能化も可能になるという特長を持っている。

また、今後の方向性としてはディスプレイとしての高性能化だけでなく、システムと組み合わせたソリューションの提供も重要になると予測している。

本稿では、三菱電機の液晶事業の変遷と今後の発展に向けた取り組みについて述べる。

2. 液晶事業の変遷

当社がビジネスを展開しているTFTを用いたアクティブマトリックス型液晶ディスプレイ事業は、1980年台前半に現在の当社先端技術総合研究所地区での技術開発から始まった(表1)。事業化は1991年に旭硝子(株)との合弁で(株)アドバンスト・ディスプレイ(ADI)を設立してスタートした。1999年から当社単独の事業となるとともに、2002年にメルコ・ディスプレイ・テクノロジー(株)(MDTI)を設立し、中小型・産業用へ本格的に参入した。また、2004年には、液晶事業統括部を新設し、液晶事業を再編した。1997年には台湾のCPT社と技術提携も行った。

1991年、ADIで当時の最先端の商品であったノートパソコン向けのディスプレイとして製品開発を始めた。当社製

表1. 液晶事業のあゆみ

1989年	当社材料デバイス研究所(当時)内にTFT開発センターを設立
1991年	(株)アドバンスト・ディスプレイ(ADI)を設立
1992年	当社熊本製作所(当時)内に量産試作ラインを構築。ADIを熊本へ移転
1996年	熊本県泗水町(現菊池市)に量産工場を建設し、量産を開始
2002年	メルコ・ディスプレイ・テクノロジー(株)(MDTI)を設立。中小型・産業用液晶モジュール事業へ参入
2004年	液晶事業統括部を新設し、液晶事業を再編
2014年	開発部門と製造部門を集約するために泗水地区に技術管理棟を建設



液晶事業統括部



MDTI 泗水工場



液晶モジュール

のノートパソコン“Pedian”に供給した12.1型SVGA(Super Video Graphics Array)は当時としては業界で最薄／最軽量の液晶モジュールであった。このため、ノートパソコンの金属筐体(きょうたい)をそのまま液晶ディスプレイ(Liquid Crystal Display：LCD)の筐体に活用する筐体一体型構造を開発した。

デスクトップモニタに関してもLCDの展開を進め、1999年に15型XGA(eXtended Graphics Array)の製品化を行った。この製品は、偏光板と一体化した特殊な位相差フィルムを用い、従来のTN(Twisted Nematic)型液晶では実現できなかった広視野角(上下100°、左右120°)を実現した。

1996年から、将来の超広視野角LCDを見据え、新しい液晶モードであるIPS(In-Plane Switching)^(注1)方式を用いたLCDの開発を始めた。この開発成果を、まず、操作性確保のための広視野角特性と高信頼性の両方が要求される航空機のcockpit用に展開した。これはIPS型LCDを高信頼性が要求される用途に世界で初めて適用した例となった。

2000年代に入ると、ノートパソコン及びモニタ用LCDのコモディティ化が始まり、それに対応して、当社の事業製品も携帯などに用いる小型LCD、産業用LCD、そして車載用LCDへとシフトした。

1.4型～4型程度の小型LCDでは、外光下でもクリアに表示内容を確認できるよう、パネル構造を工夫した高透過率・高反射率の半透過型LCDを世に出した。

産業用は、用途を徹底的に分析した上で、高信頼性、長期供給保証、インタフェース・機構の互換性維持等を行った製品展開をしてきた。例えば、山手線車両等に搭載されているトレインビジョン用には電車の振動下でも長期間耐えるLCDを開発、屋外の強い外光下で使用する用途には超高輝度(例えば1,000cd/m²) LCDを開発するなど、常に新製品の開発を他社に先駆けて進めてきた。

車載用LCDでは、強い外光が表示面に照射された状態

でも地図などの表示がはっきり見える耐光性、運転席・助手席のどちらから見ても良好な表示を確保できる広視野角特性、そして高い信頼性が重要である。これらの車載特有の要求に特化し、半透過型技術をベースに新たな光学設計を行い、車載用広視野角半透過型LCDを実現した。当社の半透過型LCDは自動車メーカーの要求に適合し、欧州の大手自動車メーカーに採用され、2006年から現在に至るまで出荷を継続している。

車載用LCDで広視野角化、高コントラスト化、低価格化の要求が強くなる中、それらを比較的バランスよく実現できるIPS型LCDの開発を加速した。当社は航空機用で培ってきた高品質IPS技術を車載用に進化させ、2013年から車載用8型IPS型LCDを出荷している。また、車載用LCDの世界でも求められ始めたタブレット端末ライクなデザインに対応するため、産業用で実績のあるオプティカルボンディング技術を活用した保護ガラス付8.4型のIPS型LCDも2013年から量産を開始している。

(注1) IPSは、(株)ジャパンディスプレイの登録商標である。

3. 現状と将来展望

2章で述べたように、当社は産業用・車載用LCDを中心に事業を展開している。図1は当社TFT液晶モジュールが使われている主な用途を示す。今後、産業用LCDは、航空機cockpitや医療用に代表される、顧客の個別要求に対応したカスタム製品と、POS(Point of Sales)・ATM(Automated Teller Machine)に代表される汎用的な仕様でコストが重要なコモディティ製品との2極分化が進むと考えられる。LCDの低価格化、多様化に伴い従来は用いられてこなかった分野への適用が広がり、LCDの市場は確実に拡大する。その一例として、タッチパネルと一体化した製品が挙げられる。

車載用でも、カーナビゲーションやリアシートエンタテ



図1. 三菱カラー TFT液晶モジュールの主な用途

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

イメント、メータクラスタへの適用などLCDを使用する用途が広がり、1台に複数のLCDが使われるようになっている。

これらのLCDに適用される技術を図2に示す。LCDは、表示技術をベースに、様々な付加価値技術を用途に応じて取り込んだものとなってきた。またシステムと組み合わせたソリューション技術も製品の差別化を進める上で重要性を増すと考えている。ここでは、それらの代表的な技術の現状と将来展望について述べる。

3.1 超広視野角技術

超広視野角技術としては、いくつかの方式が提案されてきた。当社はIPS技術をベースとして超広視野角LCDの特性改善を進めている。

特に、高輝度・低消費電力・低コストのLCDを実現するため画素構造の最適化を行ってきた。例えば、ソース配線等から液晶に加わる漏れ電界をコモン電極を用いて電氣的に制御し、液晶分子が望まない方向に並ぶことを大幅に抑制できる新しい構造を開発した。液晶分子が望まない方向に配列した部分を透過する光は遮光する必要があるが、この遮光領域を最小化することができ、画素の透過率をあげることができた。この結果、低消費電力化が図れた。また、低コスト化のためには、構造形成方法を工夫し、最小のプロセスステップでLCDを製造できるようにした。

車載向けディスプレイでは、その設置位置の関係上、水平方向の視野角を十分に確保する必要がある。当社は、視野角と消費電力(高透過率)の改善のため、光学設計の最適化、画素設計の最適化を新たに行った。具体的には、液晶分子の配向制御や、TFT部分と画素電極部分を構造的に分離した新構造の開発などである。これによって欧州の自動車メーカーの要求を十分満足する高性能なLCDの生産を可能にした。

今後は、垂直及び斜め方向のコントラストを一層向上さ

せるために超広視野角技術を進化させていくことに加え、 -30°C のような低温での液晶応答速度改善への要求にも対応していく。また、更なる低消費電力化や高透過率化などを行い魅力ある製品を作っていく。

3.2 オプティカルボンディング技術

屋外用のLCDでは、水滴などから守るため、LCDの表面に保護用のガラスを設置する必要がある。この保護ガラス越しにLCDを見る場合、強い外光が入射すると保護ガラスの表面と空気層の界面で外光が反射し、大幅にコントラストが低下し視認性が悪化する。その対策としてLCDと保護ガラスとの間にガラスと同じ屈折率を持つ樹脂を充填することで、外光の反射を低減させる方法があり、オプティカルボンディング技術として知られている。当社は、この樹脂材料の改善と、その接着方法の最適化によって、高温や低温の厳しい環境下でも樹脂材料の剥離や気泡の発生を抑制できる高信頼性の接合技術を実現した。これによって、従来は民生品にしか適用できなかったこの技術を、船舶機器などに搭載する産業用LCDや車載用LCDに適用できるようになった。現在は、信頼性の点から表面保護用の材料はガラスが主であるが、将来的には、プラスチック材料の適用も期待されている。

3.3 タッチパネル一体化技術

これまでタッチパネルでは、抵抗膜方式が長く主流の地位にあった。しかし、2007年にPCAP(Projected CAPacitive)方式のタッチパネル(以下“PCAP”という。)を搭載したスマートフォンが発売されると、そのジェスチャー入力による直感操作の容易さ、画面を操作する楽しさが支持を獲得し、現在はタッチパネルの標準として認知されている。しかし、PCAPは指先が画面上に触れることによる微弱な容量変化を検知し位置を検出する原理から、表示エリア周囲の導体や、ノイズの影響を受けやすく、機種ごとに感度調整が必要となってくる。このため、抵抗膜

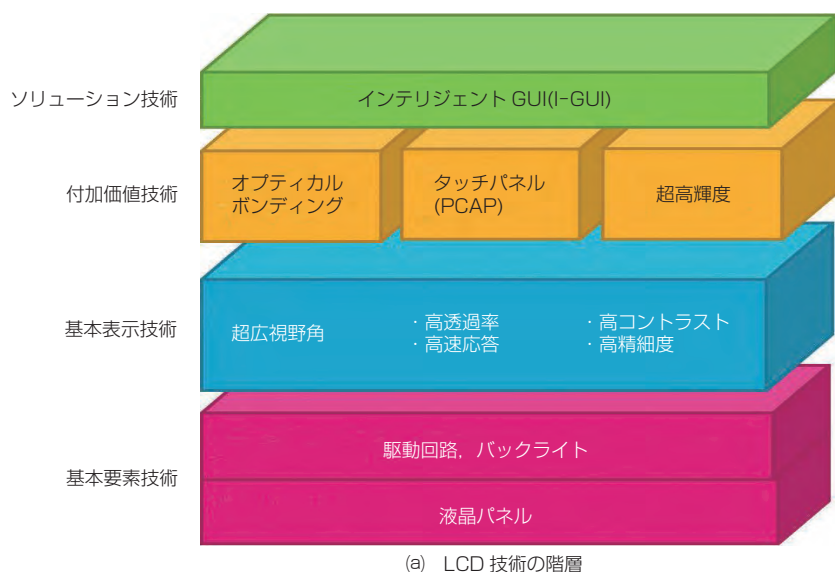


図2. LCDに適用される技術



(b) オプティカルボンディング技術
(直射日光下でも鮮やかな表示)



(c) タッチパネル技術
(手袋越しでの操作可能)

方式に比べて、ユーザー側の開発負荷が大きかった。

当社は、独自に開発したPCAPセンサをLCDと一体化させ、感度調整まで行った状態で顧客に提供する新しい形態を提案している。また、タッチ信号処理部には独自のファームウェアを導入することで、例えば水滴付着時の誤動作防止などが可能になった。

PCAPセンサの配線材料としては、一般的には透明導電膜が用いられているが、当社では微細な金属配線を採用している。これによって、色付きがなく、電極配線が視認されない、良好な表示を実現した。さらに、S/N(Signal to Noise)比も高く、大型化にも対応できるセンサとなっている。

当社のPCAPは、多様なサイズや解像度に対応する豊富なラインアップをそろえている。また、意匠部品となる保護ガラスでもサイズ、厚み、周辺の黒枠印刷等にも柔軟に対応している。さらにPCAPとLCDとのオプティカルボンディングも可能であり、顧客の各種要求に沿ったPCAP一体型LCDを提供できる。

今後、更なる耐ノイズ性の改善、超厚板保護ガラスへの対応、5点タッチ化等の機能向上を図っていく。また車載用で要求される超薄型化・軽量化に対応するため、LCD内部にPCAPセンサを内蔵したタイプの開発も進める予定である。

3.4 インテリジェントGUIシステム技術

PCAPの普及によって、直感操作性に優れたユーザーインタフェース(UI)画面が求められている。特に画面遷移時にアニメーションを導入し、機器側の反応をユーザーに直感的に伝えることや、指の動作に即座に追従する描画性能等は、スマートフォンに導入されている。しかし、一般的な産業用機器では、機器側の情報処理性能や、複雑なプログラミング作業が必要なことから、この対応はこれまで容易でなかった。このような課題を克服し、産業用機器

のユーザーにも、高品位なUI画面を実現可能とするため、当社はインテリジェントGUI(Intelligent Graphical User Interface：I-GUI)システムを開発した。

このシステムは、独自開発したグラフィックスボードとインテリジェントGUIデザイナーとよばれる開発環境で構成している(図3)。

グラフィックスボードには、ベクターグラフィックスを高速処理する当社のIP(Intellectual Property)コア“Sesamicro(セサミクロ)”を搭載しており、滑らかなアニメーション表示に必要な毎秒60フレームの高速描画を実現している。

インテリジェントGUIデザイナーは、表示コンテンツと入出力情報との関係付けを、複雑なプログラム開発なしで実現する機能を持っている。

このインテリジェントGUIシステムを用いることで、製品の差別化につながる高品位GUIの開発が容易になるとともに、顧客側の開発コストの大幅な削減も実現できる。この製品はメータ表示器、HMI(Human Machine Interface)表示器へ適用されつつある。

4. む す び

TFT液晶ディスプレイは、今後もディスプレイの中心として発展していくものと予想される。当社は、更なる高性能化や、システムとしてのソリューションを提供することで、より社会に貢献して行けるものと考えている。今後も世界トップクラスの製品を開発していく所存である。

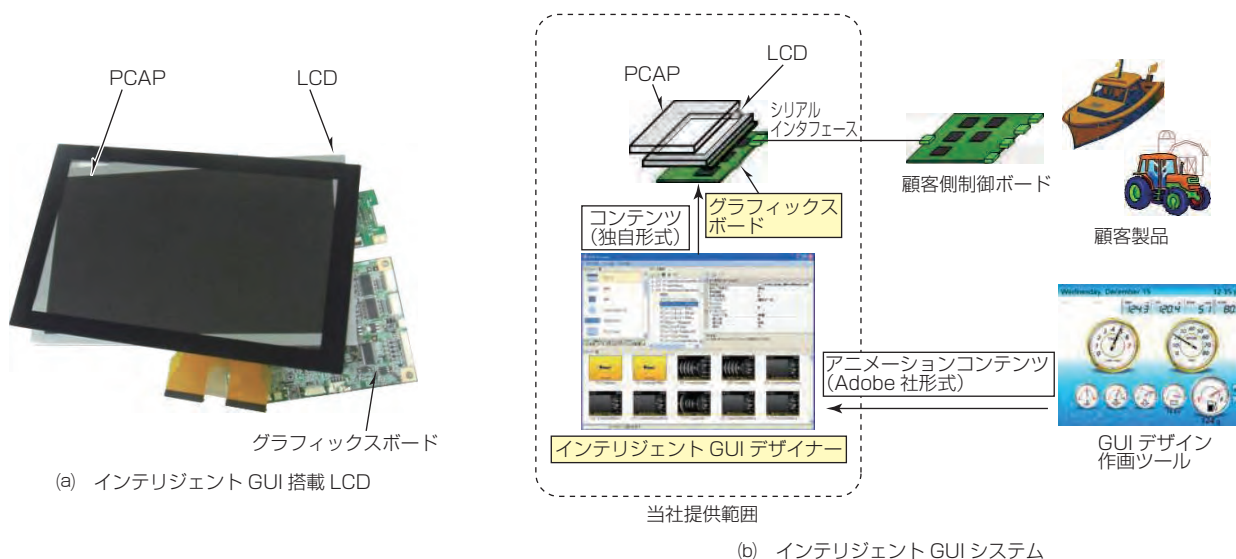


図3. インテリジェントGUI製品構成

トータルセキュリティソリューション

ビルシステム事業本部 トータルセキュリティー事業推進部長
松岡 正人



1. ま え が き

三菱電機は、セキュリティニーズの拡大、多様化に対応し、当社グループ全体の事業規模の更なる拡大を図るために、2007年にトータルセキュリティ事業推進部を発足させた。“三菱電機トータルセキュリティソリューション DIGUARD”（図1）のブランドの下、従来の個別システム販売に止まらず事業本部間をまたがる複合システムを提案し、保守、サービスをワンストップで提供することによってトータルセキュリティ事業を推進してきた。現在は“安心・安全”を提供する“DIGUARD”に加え、“環境・省エネルギー”対策を提供する“Facima”の融合によって顧客の業務効率化や省コスト化などの新しい価値の提供に取り組んでいる。

本稿では、これまでの成果を事業環境、セキュリティ技術の歴史とともに振り返り、将来展望について述べる。

2. 事業を取り巻く環境

昨今、行政レベルでの安全で安心な街づくりや民間施設での安全対策などの環境構築が各方面で進められているが、機密管理や内部統制などの各種法令の施行なども背景として、個人でも年々防犯意識が高まり、ますますセキュリティという概念が様々な業界で重要課題と言われるようになってきた。また、情報通信技術の急速な発達に伴い、社会インフラも高度化するとともに、それを守るセキュリ

ティ技術も様々な進化を遂げている。

セキュリティとして最も基本的で確実なものは、重要設備やエリアへの鍵設置と、人（警備員）による警備（見回り）である。現在でもこの方法は基盤となっているが、技術の進歩とともに機械化による効率化と高度化が始まった。セキュリティ技術の変遷について概略的にまとめたものを図2に示す。セキュリティ機器で最も歴史が古いものが監視カメラである。1954年に当社が国産初の産業用監視カメラを製品化して以降、犯罪の増加に伴う世の中のニーズに対応して普及してきた。例えば、1979年の三菱銀行人質事件を機に銀行に、1984年のグリコ・森永事件を機にコンビニエンスストアへ、1995年の地下鉄サリン事件を機に駅へ防犯カメラの設置が進み、実際、事件の早期解決、抑止に貢献してきた。

一方、入退室管理システムは、1980年代に製品が登場し、発電所などに納入されている。錠前が進化して暗証番号入力による電子キーが導入されたものが最初である。その後、IDカードによって個人識別する方法が開発され、認証方式の進化によって鉄道分野での採用もあり普及が加速した。カード方式の進化とともに、カードの盗用などの対策として体の一部から個人を特定する生体認証技術を取り入れた製品への取組みが積極的に進められている。

さらに、設備やエリアへの不正侵入を検知する手段としては侵入警報システム（センサシステム）がある。この分野

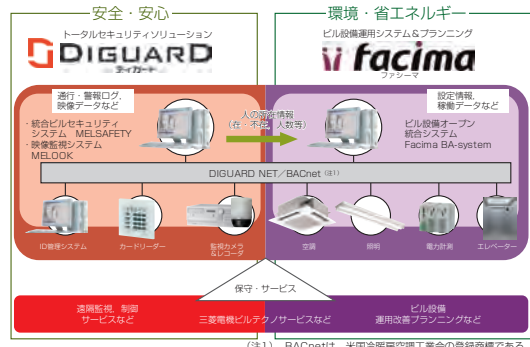


図1. DIGUARD & Facimaの概念図

	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
CCTVシステム	▼撮像管カメラ 1954 国産初 産業用監視カメラ			▼CCD ▼カラーカメラ ▼電子増感型カメラ ▼複合一体型カメラ	▼ネットワークカメラ（デジタル） ▼カラー白黒切換えカメラ ▼スーパーファインビューカメラ ▼メガピクセルカメラ		
カメラ技術	アナログ			デジタル			
記録方式	テープ（VTR）方式			ハードディスク方式			
モニタ	ブラウン管			液晶ディスプレイ			
入退室管理システム				▼暗証番号方式 ▼磁気カード方式 ▼指紋認証方式	▼非接触カード方式		
侵入警報システム				▼透過型認証方式			
情報セキュリティ	暗号化（軍事・業務用途）					（個人用途） ウィルス対策ソフト ファイアウォール	

図2. セキュリティ技術の変遷

では小規模から導入しやすい赤外線センサの歴史が長い、2001年米国同時多発テロの影響などによって重要施設などでは敷地外周の警備も重視されるようになった。

2000年代に入ると、コンピュータ社会の発展とネットワークインフラ整備が進み、インターネット技術が普及し、情報セキュリティという単語が一般的用語となってきた。その歴史は、古くは暗号に始まり無線通信の発達とともに機密情報のやりとりにも利用され高度化が進められた。そして、現代ではコンピュータとインターネットの普及によって暗号化技術は我々一般人にとっても個人情報、企業機密保護の観点から密接なものとなってきた。我々に身近な脅威となった現代の情報セキュリティ被害の例としては、情報漏えい、ホームページ改ざん、電子商取引による詐欺行為、コンピュータ・システム動作妨害などがある。このような脅威に対し、法律の整備も進んでいる。個人情報保護法(2005年)や不正アクセス禁止法(2000年)など各種法律ではその対策を義務づけているものもあり、情報セキュリティ関連の製品、システムの需要も高まっている。

3. 当社技術開発の歴史と現状

3.1 CCTVシステム

監視カメラシステムは、現在では一般的にCCTV(Closed Circuit TeleVision)システムと呼ばれており、当社は、主として防災用の耐環境性重視の“MELVISIONシリーズ”と主として防犯用で低価格で小規模から導入しやすい“MELOOKシリーズ”を販売している。

信号方式は、従来のアナログ方式と近年普及してきたネットワーク方式に分類される(表1)。

(1) カメラ装置

監視カメラにおけるカメラ装置は、光を映像信号に変換する撮像素子、レンズと旋回式の場合は、旋回駆動部などから成る。図3に旋回式カメラの基本構成を示す。屋外な

どの環境に対応可能な防水性を備えたものやデザイン性重視のドーム型などのバリエーションもある。

技術的には、撮像素子と信号処理技術の進歩とともに高性能化が進んできた。

古くは撮像管であった撮像素子も1980年代にはCCD方式の監視カメラを発売、その後小型軽量化・低照度対応化を進めた。具体的にはCCDの露光時間を長くすることで感度を上げる電子増感機能、カラー撮像より白黒撮像の方が感度が高いことを利用し、昼はカラー、夜は白黒を自動切換えできるカラー白黒切換え(デイナイト)機能などを搭載したカメラを製品化した。近年では、逆光条件下で、同一画面内の明るい場所と暗い場所の両方とも鮮明な映像で映し出すスーパーファインビュー機能(図4)なども開発している。

また、旋回式カメラは、従来、ズームレンズや旋回装置を組み合わせてカメラ装置として構成していたが、それらをあらかじめ組み合わせて1つの製品として設計することで小型化とともに高速旋回を実現した複合一体型カメラを1995年に他社に先がけて発売し、現在のスタンダードとなっている。

2000年代に入りネットワーク方式のカメラが普及し始めると、高解像度な記録、表示が可能となりCCTVの分野にもメガピクセルカメラが登場した。最近では、従来のアナログ方式の伝送ラインである同軸ケーブルを伝送媒体とし、かつアナログ方式と同程度の長距離伝送を実現したネットワーク方式の“MELOOK μ ”を発売し、既設アナログ方式からネットワーク方式への移行を容易にした。

(2) 記録装置

1980年代までは、1巻のビデオテープに間欠的に録画することで長時間録画できるタイムラプスビデオと呼ばれるVTRが一般的な装置であった。そして、1990年、アナログカメラに対応したハードディスク方式記録装置が発売され主流となっていった。さらに、その後発売されたネットワーク方式

表1. CCTVの新旧方式比較

	アナログ方式	ネットワーク方式
信号形式	アナログ信号(NTSC)	デジタル信号(LAN)
基本伝送路	同軸ケーブル	LANケーブル
カメラからの無中継伝送距離(一般的なパッケージ製品の場合)	500m	100m
装置	カメラ装置	NTSCビデオ出力
	記録装置	デジタル出力
	モニタ	タイムラプスビデオハードディスク記録装置(アナログ入力)
	操作器	ブラウン管(CRT)方式など
		液晶(LCD)方式など
		押しボタンスイッチ式など
		パソコンなど

CRT : Cathode Ray Tube
LCD : Liquid Crystal Display
NTSC : National Television System Committee

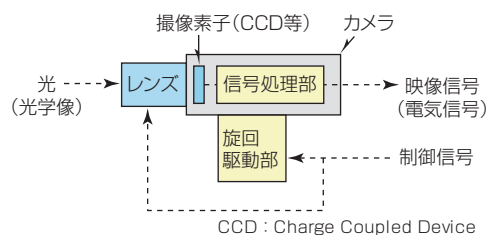


図3. カメラ装置(旋回式)の基本構成

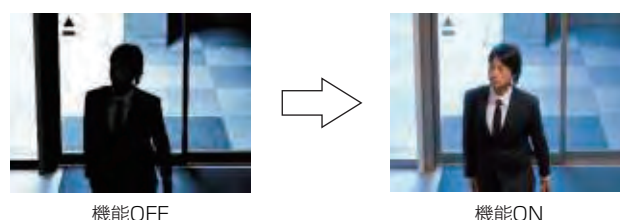


図4. スーパーファインビュー機能

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

のシステムでは、カメラから出力されるデジタル映像信号がLANを介して信号劣化なく録画できる装置へと進化してきた。

(3) モニタ、操作器

モニタは、従来ブラウン管(CRT)方式が一般的であったが、現在では液晶(LCD)方式が普及し、アナログカメラ対応のモニタ、ネットワークカメラ対応のパソコン用モニタとも液晶方式が主流となった。

アナログ方式システムにおける操作器(ボタン式、ジョイスティック式)は、ネットワーク方式ではパソコンを用いて画像監視とカメラ操作が一元管理できるようになり、マウスでの直感的な操作ができるようになった。

3.2 入退室管理システム

現在の入退室管理システムの基本機能は、建物などの人の出入りで、個人が携帯するIDカードなどに記録されたID情報や指紋などの生体情報を読み取り、電気錠や自動ドアを開け、許可された人のみを入館・入室させる制御を行うものである(図5)。当社はこの方式の製品“MELSAFETYシリーズ”を1989年から販売している。

3.2.1 認証装置

カードに登録されたID情報を読み取るカードリーダーは、認証速度が速く、操作性、利便性に優れ、非接触式カード方式が最も普及している。また、データセンターなどの重要なエリアには、他人のカードで入室するなどの不正を防止する生体認証装置が用いられる。方式としては、指紋認証、手の平や指の静脈パターンを認証する静脈認証などがある。

当社は従来の指表面を読み取る指紋認証を進化させ指内部の真皮層を読み取る指透過認証方式を独自に開発し、高性能・小型化という点で他社を差別化している(図6)。

また、病院や工場など両手がふさがり状態が想定される場所での認証システムとしてハンズフリー認証システムを2010年から納入開始している。この方式のシステムでは認証範囲が広い付近にいただけで入室する意思がない人

も不要に検知してしまう問題があった。当社はこれを解決するために、検知範囲に入りさらにアンテナのセンサ部に手などをかざすことで認証するセンサモードを搭載し、他社との差別化を図っている(図7)。

3.2.2 設備間連携システム

トータルセキュリティ事業推進部発足以降、入退室管理システムをビル内の他設備と連携するといった従来はあまり見られなかった設備間連携システムを製品化し、積極的に提案を展開している。次にその例を示す。

(1) CCTV連携システム

入退室履歴、在室情報の管理や権限設定を行うセンター装置の画面で、入退室履歴や警報履歴からCCTVシステムの録画映像の再生やライブ映像の表示制御を行い、監視業務をサポートする。

(2) ビル管理システム

入退室管理システムの在室情報によって照明や空調の入切を座席レベルで制御し、省エネルギーを促進する。

(3) エレベーター連携システム

従来は、マンションやテナントビルなどでエレベーターホール又はかご内にカードリーダーを設置し、認証OKであればその人が利用可能なフロアのボタンが有効になるように制御したり、退社時に最終退室者が施錠設定操作を行うとそのフロアの在室者がいなくなったと判断してそのフロアにエレベーターを停止しないように制御したりする機能などがあったが、最新のシステムでは、エレベーターホールのセキュリティゲートと連携し利用者を振り分けることでエレベーターの効率的な運行を可能としている。

具体的な仕組みは、入退室管理システムのID情報から行き先フロア(在籍フロア)が決まるため、ゲート通過時に乗車号機を表示し行き先が同じ人を1つのエレベーターに集めて行き先を絞ることで停止階を減らし、運行効率上がるというものである(図8)。



図5. 入退室管理システムの基本構成

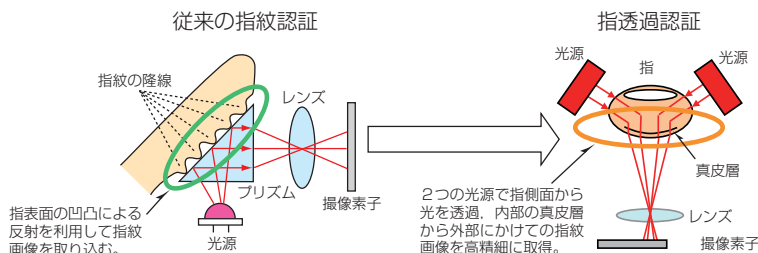


図6. 指紋認証方式の進化

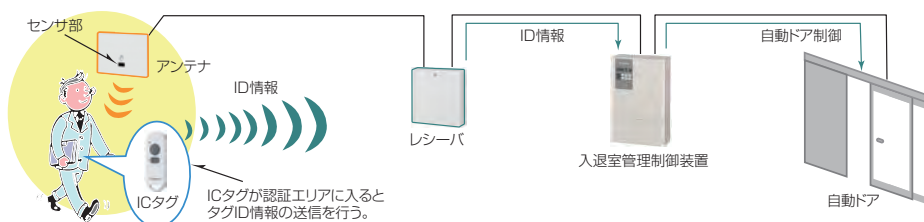


図7. ハンズフリー認証システムの仕組み

(4) 就業管理システム

就業管理システムにおける就業時間は、従業員が出勤時刻から退勤時刻までの在場時間で管理する場合と在場時間の中から就業した時間を従業員各自が自己申告で入力する場合があるが、いずれにしても在場時間管理が必要である。この出勤時刻と退勤時刻を入退室管理システムの履歴データから就業管理システムのデータフォーマットで生成し活用可能とする連携システムを構築し、管理者業務をサポートする。

3.3 その他のセキュリティシステム

当社セキュリティ製品で長い歴史を持つCCTV及び入退室管理システムのほか、テロ対策などの要求が高まる中、重要施設などを対象にした敷地外周用のセンサを開発し、市場参入した。また、情報セキュリティに対してはグループ会社製品をもってトータルセキュリティソリューション提案を行っている。

3.3.1 侵入警報システム(センサシステム)

従来、敷地内への侵入を検知するセンサとしては専用のものではなく汎用的な赤外線方式のセンサが用いられていたが、外周フェンスへの設置を想定したケーブルセンサが製品化され始めた。

当社はケーブルセンサとしては新技術品である光ケーブル方式を採用し、侵入時のケーブルへの引っ張り、振動、切断を光信号の乱れで検知し、侵入位置を特定できる光ファイバ侵入検知システムを開発した。一方、2006年にはフェンスがなくても、同軸ケーブル2本を地上又は埋設で並行設置することによって形成する電界バリアで侵入者を検知できる“MELWATCH”を市場投入した。景観が重視される場所や外周が曲線状の場合に適用されている。

3.3.2 情報セキュリティの展開

情報セキュリティは、パソコン、サーバ、ネットワーク機器の内部データやシステムを不正アクセスやサイバー攻

撃から防ぐための対策であり、ウイルス対策、ファイアウォール、暗号化、個人認証等がその例である。

この分野では当社の情報系グループ会社の製品で、内部統制のためWebアクセスやメール送信の通信パケットを記録する装置、サーバやプリンターへのアクセスログを管理する装置、パソコンへのログインをIDカードで行い、不正利用を防ぐシステム等の提案を行っている。

また、個別製品のみでなく、入室履歴がなければパソコンログインができないなどパソコンログインと入退室管理システムとの連携システムなど他社との差別化提案も行っている。

4. む す び

現代社会では、交通網やネットワークインフラの整備が年々進み中、人・情報の流動性が高まっており、見知らぬ他人同士が駅、商業施設、イベント会場など同じ空間を共有したり、ネットワークを介してのコミュニケーションや情報共有したりすることが日常的になっている。

このような社会の中で、安心・安全を確保するためにセキュリティはますます重要なものとなっている。また、2020年の東京オリンピックに向け人手による警備を機械がどれだけサポートできるかという課題に対する解が求められている。

例えば、大量に設置されることが予想される監視カメラの録画データの中から特定人物を瞬時に割り出す顔認識技術や限られた空間に想定以上の多くの人がとどまっていることを検知する滞留検知などの画像処理技術の要望が高まってくることが予想される。

また、“DIGUARD & Facima”をコンセプトとするセキュリティシステムを活用した省エネルギーや安否確認などの防災関連などセキュリティ以外の用途への応用機能への展開についても今後注力すべき分野と考えられる。

当社が持つ様々な先進技術によって、これらのニーズに対して1つでも多く応えていくことが期待されている。

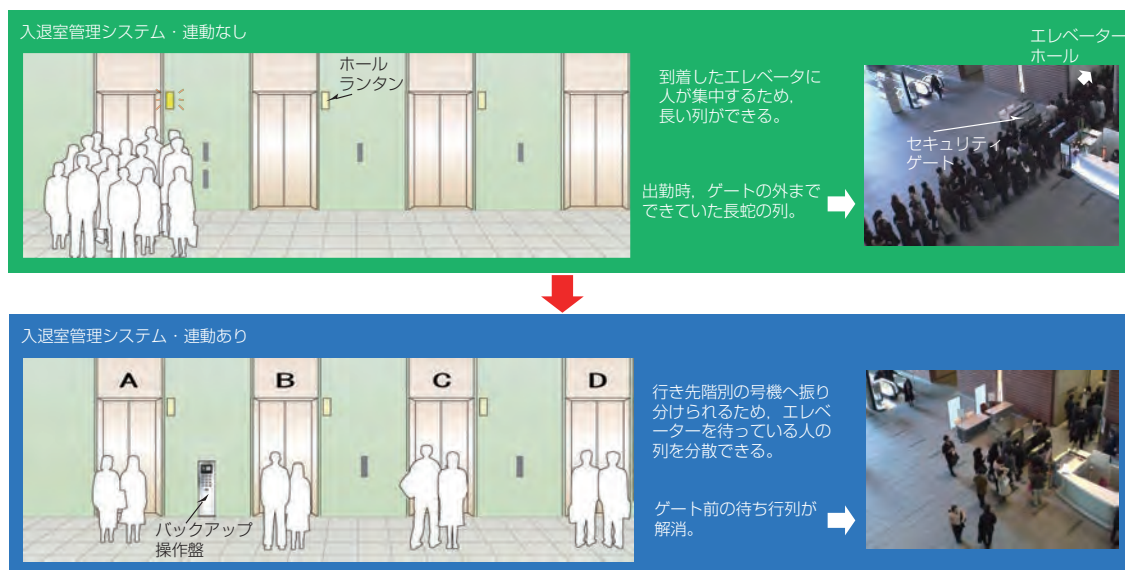


図8. エレベーター停止階制御連動の効果

IT技術の変遷と今後の展望

インフォメーションシステム事業推進本部
インフォメーションシステム業務部長

小泉弘康



1. ま え が き

情報技術(IT)の発展の歴史は、1960年代の大型コンピュータ(汎用機)から始まり、パソコン、クライアントサーバを経て、インターネットによるネットワークの時代へと推移している。

本稿では、オフィスコンピュータ(以下“オフコン”という。)など、三菱電機のコンピュータの歩みを振り返るとともに、ネットワークサービスの変遷、ソフトウェアのサービス化(クラウド)、情報セキュリティ、大規模SI(システムインテグレーション)について紹介し、最後に、今後のITの進むべき方向性について述べる。

2. ITを取り巻く環境

情報システムの利用環境は大きく変貌しつつある。高速ネットワーク環境の拡大に伴い、システムを所有せず、必要ときに必要なだけシステムを利用するクラウドサービスが進展し、さらに、スマートフォンやタブレット端末によるモバイルでの利用環境が整備され、ITは企業活動のみならず、日常生活にも身近で不可欠なものとなってきた。その一方、災害時の官公庁・企業等での事業活動継続や、頻発するサイバー攻撃への対策のため、より堅牢で安全な情報システムが求められてきている。ITは、環境配慮型社会の構築でも必須の技術であり、社会で重要な役割

を担う時代が到来している。

3. 事業と技術の変遷

当社は、“DiamondSolution”の合い言葉の下、顧客の“快適・安心・発展”を、顧客と共創することを目指している(図1)。これに当たり、快適・便利・価値の共創を目指す“コンサル&ソリューション”、安心・安全な情報システムを支える“トータルセキュリティ”、データ資産の利活用・保全に貢献する“データマネジメント”、いつでも・どこでも・誰とでもをサポートする“クラウド&ネットワーク”、TCO(Total Cost of Ownership)の削減とコアコンピタンスへの集中を図る“サポート&サービス”、BCP(Business Continuity Planning)／DR(Disaster Recovery)やグリーンITに対応する“事業継続&環境保全”を重点技術分野と位置付けている。

これらの技術を用いて、情報システムにおける構想・企画から構築・運用・保守に至るITライフサイクルの全般を通じたワンストップサービスを基本として、顧客の経営戦略に踏み込んだ提案から、最先端のシステムや製品、さらに運用・保守を含めたサービスまでを提供している。

以下、当社のコンピュータの歩みを概観した後、主要な製品や技術の変遷について述べる。

3.1 当社コンピュータの歩み

当社最初のデジタルコンピュータは、科学技術計算用

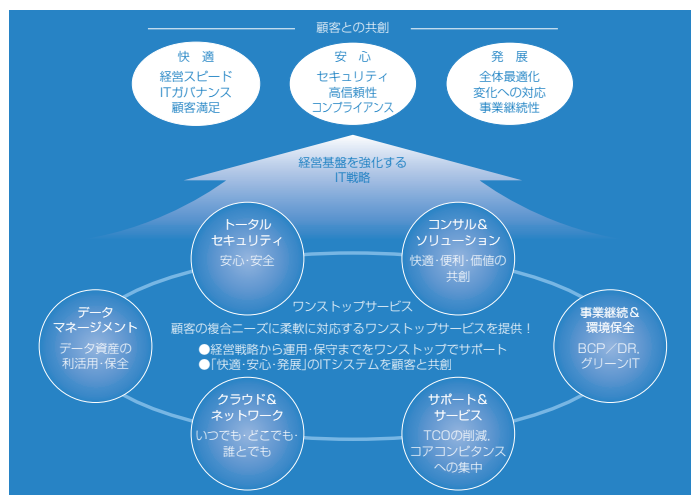


図1. “DiamondSolution”の概念

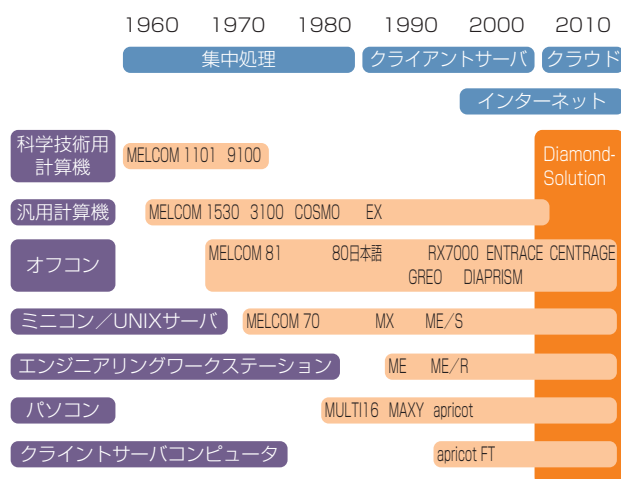


図2. 当社コンピュータの歩み

の“MELCOM 1101”で、1960年に完成した(図2)。その後、1963年に汎用計算機“MELCOM 1530”，1968年にオフコン“MELCOM 81”，1971年にミニコンピュータ(以下“ミニコン”という)“MELCOM 70”を発表し、コンピュータのレパートリーを拡充してきた。

1970年代終わり頃から英数字・カナに加えて漢字・ひらがなを扱う日本語対応が進み、1979年発表の汎用計算機“MELCOM COSMO 700Ⅲ／700S”や、1980年発表のオフコン“MELCOM80日本語シリーズ”で日本語対応が行われた。

1980年代になると、マイクロプロセッサの利用が進み、1981年に国内初の16ビット業務用パソコン“MULTI 16”，1986年にエンジニアリングワークステーション“MELCOM ME 1000シリーズ”を発表した。マイクロプロセッサの高性能化・低価格化が進み、1980年代終わりごろになると、ダウンサイジング、オープン化の潮流が生まれた。1991年には、“apricot FTサーバ”を発表し、パソコンをクライアントとするクライアントサーバシステムを提供した。1996年には、世界初の8CPUマルチプロセッサの“apricot FT8000シリーズ”を開発した。

1990年代後半にインターネットが普及しWebを活用したシステム構築が行われるようになると、データや処理プログラムをサーバに集中させるようになった。このサーバを提供するデータセンターのサービスを1996年に開始した。

一方、1989年には、リレーショナルデータベースプロセッサ“GREO”を開発した。この技術は、1997年に発表したデータベースプロセッサ“DIAPRISM”に引き継がれ、データウェアハウスの中核となっている。

3.2 オフコン

3.2.1 オフコンの変遷

当社の最初のオフコンは、電子式会計機をベースに開発して1968年に発売した“MELCOM81⁽¹⁾”である(図3)。国

内でコンピュータの1つのカテゴリーとして定着した“オフコン”という語は、MELCOM81のカタログに出てくる“オフィスコンピュータ”がその起源である。MELCOM81は、演算装置にトランジスタ、主記憶に磁気ディスク装置、プログラム言語として10進アドレス方式の機械語“COOL”を搭載していた。翌年発表した“MELCOM83”では、素子を全面的にIC化し、汎用の電子式プリンターを採用してカナ文字処理を可能とした。また、マスタファイルの大容量化、通信制御装置、高速紙テープリーダー／パンチ等、各種増設装置をサポートし、多様な処理形態のニーズに応えた。

その後、1970年の“MELCOM84”，1972年の“MELCOM88”を経て、1974年には演算部にマイクロプロセッサを搭載し多重処理OS“AOS”を採用した“MELCOM80/31”(図4)を発表した。

1980年に発表した“MELCOM80日本語シリーズ”は、入力・表示・印刷に24ドットの本格的漢字・ひらがな等の日本語処理ができるオフコンで、16ドット漢字が主流であった当時、当社オフコンシェア拡大に大きく貢献した。1980年代から90年代初頭にかけての高度成長期には、オフコン市場は最盛期を迎え、大規模化・高性能化・EUC(End User Computing)化が進んでいった。1982年の“OFFICELANDシリーズ”では、他社に先駆けてオフコン初の32ビットアーキテクチャを採用し、UNIX^(注1)カーネルをベースに開発したOS“DPS10”を搭載し、大幅な性能向上と信頼性向上によって、大規模システム構築を可能にした。1989年には、“GREO”を搭載した“MELCOM80 GEOC GRファミリー”，さらに1992年にはCPUとして171万トランジスタ集積のVLSIを搭載した“MELCOM80 GS700”を発表した。

1990年代に入ると、バブル景気の崩壊やパソコンの低価格化を背景としてオープンシステムが台頭し、これに対応してオフコンOS“DP-UX”用のビジネスプロセッサと



図3. オフィスコンピュータMELCOM81



図4. MELCOM80/31

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

NetWare^(注2)やWindows NT Server^(注3)を実行するオープンプロセッサを搭載するハイブリッド型オフコン“RX7000シリーズ”を1994年に発表した。

2000年には、インターネット利用の急速な普及を背景に、オフコンの既存アプリケーション資産とインターネットを連携する機能を搭載した“Entranceシリーズ”（図5）を発表した。2007年には、仮想化技術を搭載したオフコン“Entrance DS2000V”を発売し、1台のマシン上で複数の仮想オフコンの実行を可能にしてサーバ統合と高可用性の需要に応えた。さらに、このアーキテクチャを普及機に適用し、現在の“CENTRAGEⅡシリーズ”へと続いている。

（注1） UNIXは、The Open Groupの登録商標である。

（注2） NetWareは、Novell, Inc.の登録商標である。

（注3） Windows NT は、Microsoft Corp. の登録商標である。

3.2.2 オフコンの特長な製品・技術

オフコンには、コンピュータの専門知識がなくても容易に使用できることが求められた。このようなニーズに応えた当社オフコンの特長な製品・技術について述べる。

(1) 事務処理向け簡易言語“プログレスⅡ”

MELCOM80/31搭載の“プログレス”は、専門家でもなくともプログラム作成を可能とした簡易言語である。後継の“プログレスⅡ”は、販売管理業務などに必須の画面入力処理、バッチ処理などのプログラムロジックをあらかじめ内蔵しており、今も広く使用されている。

(2) データベース専用プロセッサ“GREO”

1989年に発表したデータベース専用プロセッサ“GREO（グレオ）”（図6）は、東京大学生産技術研究所の喜連川優助教授（当時）の高速ソート技術の研究成果を製品化したもので、既存のアプリケーションプログラムを変更することなく、大量データ検索、ソート・マージ、索引生成などの業務データ処理を従来比で3倍から50倍高速化した。この技術は、その後、オープンシステム向けに応用され、デー

タベースプロセッサ“DIAPRISM”に受け継がれている。

(3) 業種対応パッケージソフトウェア製品

オフコンでは、販売会社ごとに各種の業種対応パッケージが開発されてきた。当社が開発したパッケージには、酒類流通業様向け販売管理システム“酒快Do/酒Do楽”，三菱保険薬局システム“調剤Melphin/DUO”，社会保険労務システム“ARDIO”などがある。これらは、現在、オープンシステムやクラウドにも対応している。

3.3 ネットワークサービスの変遷とクラウドサービス技術

3.3.1 ネットワークサービスの変遷

当社は、1985年に社内基幹通信網を“MIND”と命名し、1989年からネットワークサービス事業を開始した（図7）。事業草創期のサービスとしては、当社の各拠点を専用線で結ぶ電話サービス“MIND-C”，当社製デジタル多重化装置“MELMUX”を利用した専用線サービス“MIND-L”，当社製パケット交換機“PSE”を利用したパケット交換サービス“MIND-P”があり、全国規模での展開を行った。

1995年以降、ネットワーク技術の進展に伴い、フレームリレーサービス、電話サービスの公衆網～専用線～公衆網接続を業界で初めて実現した公専公サービス、日本電信電話（株）（NTT）のATM（Asynchronous Transfer Mode）メガリンクサービス^(注4)商用の第1号となったMIND網のATM化など、当時の先進技術をいち早く導入し提供した。また、この時期は企業のインターネットや携帯端末の利用が急速に進展した時代でもあり、これに対応するため、IX（Internet Exchange point）に直接接続されたバックボーンを用いたインターネット接続サービス、社外から社内ネットワークへのセキュアなアクセスを実現するモバイルネットワークサービスなどの提供を開始した。

2001年、ネットワークサービスは転換期を迎えた。ITバブル崩壊の影響に伴う社会、経済、及び産業の構造変化に対応するため、回線リセール事業から、通信キャリアの



図5. Entranceシリーズ

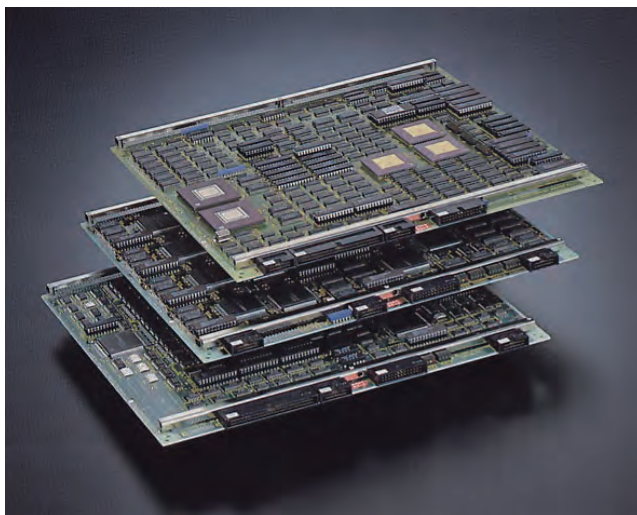


図6. データベース専用プロセッサGREO

IP網を活用するソリューション型事業へ転換した。

2008年以降、ICT(Information and Communication Technology)の社会的な利用拡大に合わせたネットワークサービスとして、インターネットVPN(Virtual Private Network)型サービスの1つであり、医療情報のセキュリティ基準を定めた厚生労働省のガイドラインにも適合した“セキュアネットワークサービス”，スマートデバイス普及に伴うセキュアなリモートアクセス方式である“セキュアスマートフォンアクセスサービス”，スマートデバイスの一元管理を実現する“スマートフォンマネージサービス”などのサービスを順次提供してきた。

今後はクラウド時代の到来に合わせ、モバイルネットワークの認証技術を活用したプライベートクラウドとパブリッククラウドとの認証連携や、SDN(Software Defined Network)技術を活用した動的な帯域制御及びアクセス制御を実現する自律型のネットワークサービスなど、顧客の価値向上を目指したサービスの拡充を進めていく。

(注4) メガリンクサービスは、日本電信電話株の登録商標である。

3.3.2 クラウドサービス技術

当社は、1996年にデータセンターを設置し、ハウジングやコロケーション、ホスティングのサービスを開始した。これを基にクラウドサービスを構築し、2010年には企業向けに三菱電機オンデマンドITサービス“DIAXaaS(ダイヤエクサース)”を発表した(図8)。DIAXaaSには、IaaS(Infrastructure as a Service)、SaaS(Software as a Service)、クラウドプラットフォーム、及びクラウドサービス構築ソリューションがあり、今後もサービス提供のレパートリーを拡大していく。DIAXaaSは、当社の強みである高セキュリティ・高信頼をコンセプトとし、一般企業にとどまらず医療・金融分野までカバーしており、パブリッククラウドとは一線を画したサービスを提供している。IaaSでは、サイバー攻撃によって仮想マシンの管理者機能を乗っ取られ

ないように、管理者接続用VPNを経由する場合のみ管理者機能を使えるようにした管理用ネットワークセグメントを標準実装するなど、システム構成を強固にしている。SaaSは、このクラウド基盤上で提供されており、高いセキュリティを確保している。当社では、頻発するサイバー攻撃からクラウド環境を守るための更なる技術開発を進めていく。

3.4 情報セキュリティ技術の変遷

3.4.1 暗号技術

当社の暗号技術は、1993年に当時の米国標準暗号(DES)を線形解読法によって解読し、1995年に64ビットブロック暗号“MISTY”を開発したことに始まる。2000年には、NTTと共同開発した“Camellia(カメリア)^(注5)”，3G携帯電話(W-CDMA)の標準暗号に採用された“KASUMI”を発表した。また、将来、量子コンピュータが登場しても解読不能な暗号方式として、量子暗号にも取り組んでいる。近年は、クラウド上での利用に適した暗号方式の研究開発を進めており、2010年にはクラウド上でセキュリティを保ちながら複数の利用者がデータを共有するのに適した新世代暗号方式“関数型暗号”をNTTと共同で発表した。2013年にはクラウドに保管する際に暗号化したデータを、クラウド上で復号することなく検索を実現する“秘匿検索基盤ソフトウェア”を発表した。今後、暗号化したままクラウド上でデータ処理を実現し、クラウドをより安全に利用できる技術の研究開発を推進していく。

(注5) Camellia(カメリア)は、NTTと三菱電機の登録商標である。

3.4.2 金融セキュアネットワーク

当社ではネットワーク上のデータのセキュリティ確保にも取り組んでおり、金融機関向けに信頼性及び安全性の高いセキュアなネットワーク(図9)の企画・設計・構築・運用監視をワンストップで提供している。その中で、応答性、耐障害性、セキュリティを確保しながら、業務拡大に伴う

1989年～ ネットワークサービス事業開始

- ・電話サービス(MIND-C)(1989年)
- ・専用線サービス(MIND-L)(1989年)
- ・パケット交換サービス(MIND-P)(1989年)

1995年～ ネットワークの高速化とインターネット普及への対応

- ・フレームリレー交換機の導入(1995年)
- ・電話サービスの公専公型サービス提供(1997年)
- ・ATMメガリンクサービスの導入(1997年)
- ・インターネット接続サービス開始(1995年)
- ・モバイルネットワークサービス開始(1997年)

2008年～ VPN技術の活用とスマート端末向けサービスの開始

- ・セキュアネットワークサービスの開始(2008年)
- ・セキュアスマートフォンアクセスサービスの開始(2010年)
- ・スマートフォンマネージサービスの開始(2012年)

現在～将来 クラウド時代に対応した新技術への対応

- ・SDN技術を活用した自律型ネットワークサービス
- ・プライベートクラウド～パブリッククラウドの認証連携サービス

図7. ネットワークサービスの変遷

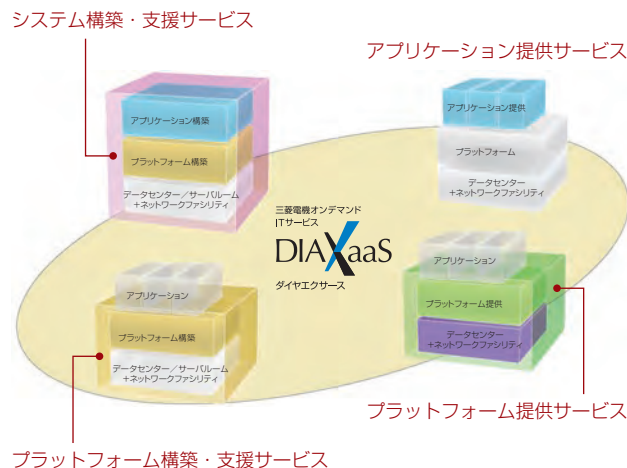


図8. DIAXaaS(ダイヤエクサース)

特集 I：当社技術の変遷と将来展望

ネットワーク拡大や、コスト最適化などを行っている。

高速、大容量化のニーズに対応して、現在ではキャリア回線サービスの基本となった広域イーサネットサービスを金融機関の勘定系ネットワークに日本で初めて適用し、さらに、回線利用を効率化する帯域優先制御や、通信データの機密性を維持する暗号化、回線や通信設備の耐障害性を向上させる2系統二重化を実現した。また、金融機関で新たな顧客チャネルとなったインターネット接続の安全性や、企業のグローバル化に伴う遠隔地間通信効率を向上させるWAN最適化などの最先端技術を導入し、金融機関の顧客サービスの進展に適合したネットワークを提供している。今後は、システムのグローバル化やサーバの仮想化に必要なデータセンター内LANの機能・信頼性・性能の向上に向けて、標準化が進むSDN技術や、ネットワークの仮想化を適用し、金融機関に適したセキュアなネットワークソリューションを発展させていく。

一方、近年、標的型攻撃が多様化して完全防御することが難しくなっており、発生したインシデントに早期に対応して被害を最小限に留める対策が重視されている。この対策として、インシデント検知と早期対応を提供するセキュリティオペレーションセンターのサービスがある。今後この技術を発展させ、セキュリティ脅威を模擬するシミュレータを構築し、インシデント対策の有効性評価や対策実施訓練を行うサービスの提供を計画している。

3.4.3 統合ID管理ソリューション

当社では、情報セキュリティや物理セキュリティで用いるユーザーIDの一元的管理を実現する統合ID管理ソリューション“iDcenter”を2009年に発表した(図10)。従来、企業では社内情報システムへのログイン時や、建屋の入退室時、複合機利用時などの認証のために、従業員のID情報を個別に保持し管理してきた。そのため、組織変更や人事異動による変更時の管理負荷が高く、変更ミスによるセ

キュリティリスクも増大していた。“iDcenter”では、複数のシステムや物理セキュリティ機器に対して、組織変更や人事異動によるアクセス権限の変更情報を自動配信することで、業務の効率化、セキュリティの強化を実現している。これは、三菱電機グループ10万人規模の従業員が利用する大規模情報システム基盤にも導入し、実績を上げている。また、2013年に、更なる安心・安全を目指し、この技術によるクラウド化製品“DIASMILE”を発表した。

3.5 大規模SI技術

3.5.1 ミッションクリティカルシステム

当社が提供する代表的なミッションクリティカルシステムとして、航空機の運航を支える航空管制システムがある。これを構成する空港管制システムは、運輸省(現国土交通省)からの受託によって当社が開発し、ターミナルレーダ情報処理システム(ARTS)として1975年から国内空港に導入整備されている。ARTSでは、システムの応答性(リアルタイム性)と信頼性(可用性)が強く求められている。当社は自社製工業用計算機を使用した独自専用技術によって応答性や信頼性を確保していたが、その後の要求高度化や市場ニーズへの対応のために、汎用製品・技術の上に実現することが必要となった。

ARTSでは、リアルタイム性を確保するため、業務データをメモリ内に保持する方式(インメモリデータ)を採用している。また、可用性を確保するために冗長構成をとり、故障発生時にも管制業務を継続することができるようにしている(図11)。業務処理のプロセスは、マスタとスレーブを複数台の冗長化構成計算機上に起動しておき、高信頼UDPマルチキャスト通信技術を用いて、常時、マスタとスレーブのメモリを同期させている(ソフトウェアホットスタンバイ)。このため、マスタ側異常時には、スレーブ側で即座に業務処理を引き継ぐことができる。冗長化構成計算機間のネットワークは、運用、支援などの用途別に

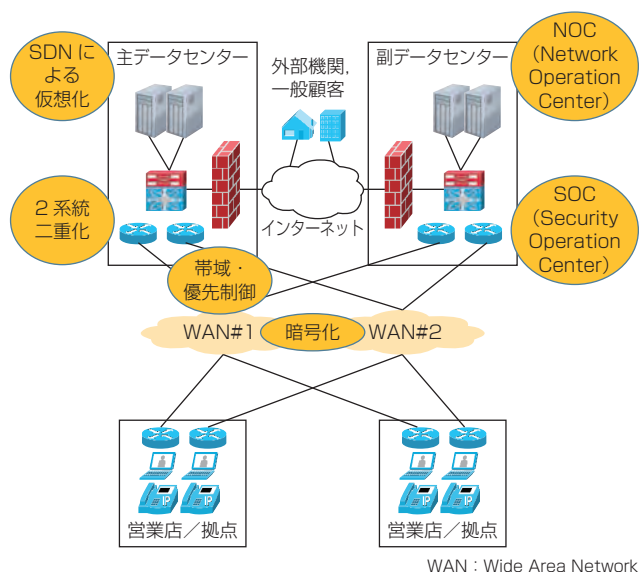


図9. 金融セキュアネットワーク

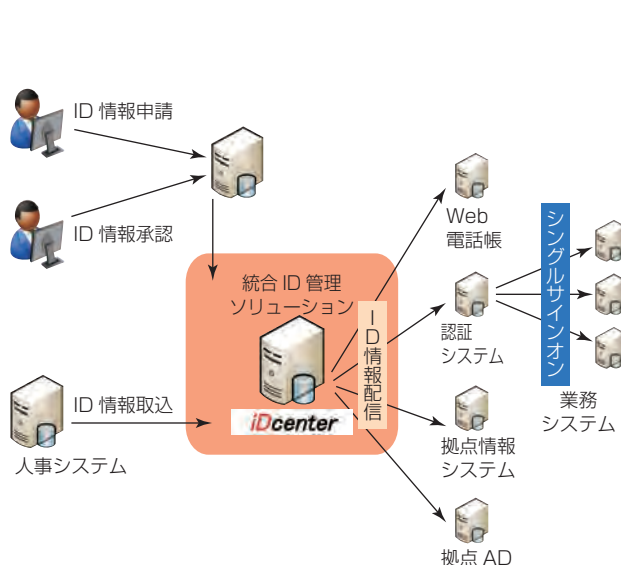


図10. 統合ID管理ソリューション

分け、各々複数系統からなる冗長構成としている。これによって、障害の影響を限定できるとともに、数秒を要する障害時のネットワーク切替え中は、別の用途のネットワークを利用することによって、連続可用性を確保している。

現在、航空管制システム全体として大規模な刷新が始まっており、空港の出発ゲートから到着ゲートまで連続的に航空機の軌道を予測・監視する高度な業務を実現することで更なる航空交通需要増大への対応と運航効率改善を目指す。新たな航空管制システムを構成する空港管制システムで当社も従来技術を発展させ、開発の一翼を担う。

3.5.2 製造業向けERPシステム

企業全体の経営資源最適化を図り最大のパフォーマンス(利益)を得ることを目的とするERP領域で、当社は、製造業向けに、SAP^(注6)社のERPパッケージを活用した外販事業を1996年に開始した。当時、大手製造業としては当社がいち早く社内にSAP ERPを導入しており、それら実績とノウハウを結集し、SAP ERPを中核としたERP/SCM(Supply Chain Management)ソリューションとして事業化を行った。また、SAP ERPを短納期、低コスト、高品質で導入可能とする当社ERPテンプレート“MELEBUS”(図12)を1998年に発表し、これまでに110社を超えるERP納入実績を持つ事業へと成長を遂げている。今後は、ERPをより有効活用し経営に活かす取組みが求められており、当社ソリューションもデータ可視化及び最新のデータ分析技術(インメモリ技術)の活用を図っていく。

(注6) SAPは、SAP AGの登録商標である。

4. 今後の展望

現在、クラウド技術など、IT技術の進展に伴い、行政・企業・個人の情報が連携し、あらゆる情報に、いつでも、どこでも、迅速にアクセスできる環境が整いつつある。

今後は、機器間の通信・連携(Machine to Machine：

M2M)によってあらゆるモノがネットワークに接続され(Internet of Things：IoT)、モニタリングやコントロールが可能となり、従来とは質的にも量的にも次元の異なるデータを処理し、暮らしの中の広範囲にわたってITが活用されるようになることが想定される。そのような社会を快適・安心・安全なものとしていくためには、以下の技術開発がキーになると考えており、当社では、3章で述べた技術をベースに、これら技術の実用化に取り組んでいく。

(1) ビッグデータの利活用技術

膨大なデータを処理・分析し、価値ある情報を抽出し、それらを活用するための取組みである。インターネットに接続された様々な機器のセンサによって収集した、あらゆるセンシングデータから有意なデータを情報システムに取り込み利活用するためのソリューションの開発を進める。

(2) 企業でのITガバナンス強化に資する対策技術

サイバー攻撃などへの対応として当社で長年培ってきた情報セキュリティ技術を更に高度化するための取組みであり、情報システムのより強固な安全性の確保を推進する。

(3) “スマートコミュニティ”実現への貢献

低炭素社会実現のための消費エネルギーの最適制御や、より生活に密着したIT活用など、快適な生活環境を提供するIT高度化への取組みである。具体的には、電力会社向け、又は交通事業者向けに電力量の節電を促すシステムなどを開発し、環境配慮型社会の実現に貢献していく。

参考文献

- (1) (社)情報処理学会 オフィスコンピュータ歴史調査小委員会：平成14年度オフィスコンピュータの歴史調査と技術の系統化に関する調査報告書(2003)

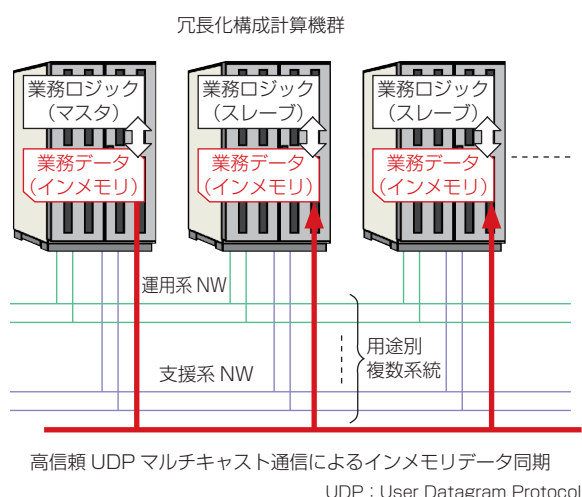


図11. ARTSの特徴的な情報システム技術

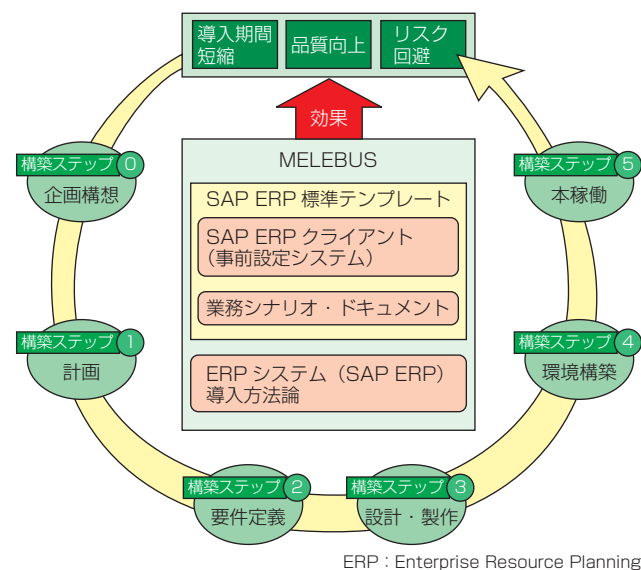


図12. 製造業向けERPテンプレート“MELEBUS”

スマートコミュニティの取組み



戦略事業開発室 主管技師長
鈴木浪平

1. ま え が き

東日本大震災以降、原子力発電所の長期停止による需給逼迫(ひっばく)が続く一方、再生可能エネルギーの買取制度導入による再生可能エネルギー導入比率も高まり電力供給状況の変化が起きている。

低炭素社会実現に向けた取組みとして再生可能エネルギー導入が重要視されているが、信頼性の高い分散電源も見直されている。これは、分散電源を不安定な再生可能エネルギーと併用することで電力供給の安定化が実現でき、さらに購入電力のピーク抑制も実現できることが導入意欲を高めている

るものと思われる。

さらに、制度面でも従来の電力供給の在り方を大きく変える“電力システム改革”が進んでいる。この中では電力小売の完全自由化を中心に電力市場取引活性化や送配電会社の分離といった大幅な改革が取り上げられている。

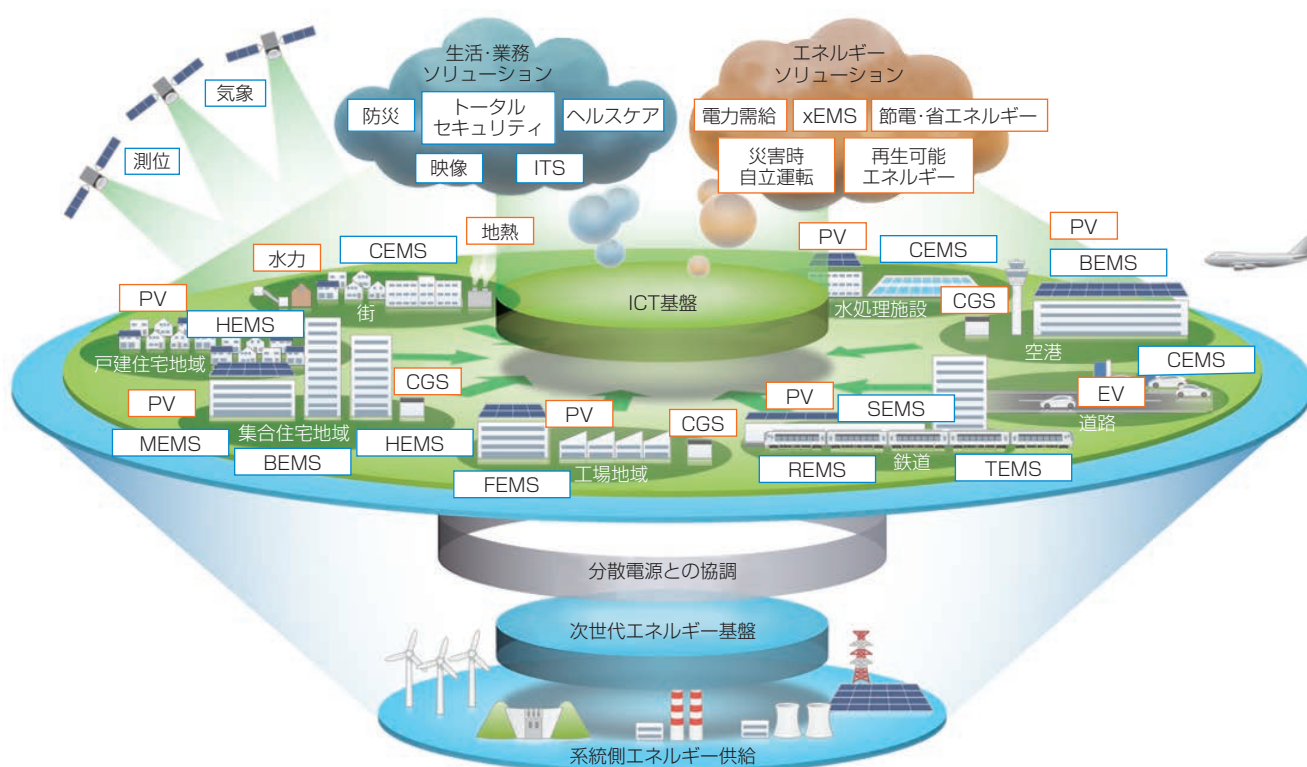
この改革に合わせて、エネルギー消費側である需要家の仕組みも見直しが必要であり、需要家側のエネルギーマネジメントシステム(xEMS: Energy Management System)が重要な要素となっている。

本稿では、最適なエネルギー利用を図るスマートコミュニティの取組みについて述べる。

2. スマートコミュニティの概要

スマートコミュニティでは、ICT (Information and Communication Technology) 技術を活用し、電力供給・小売に携わる事業者と地域の再生可能エネルギー・分散電源、及び個々の需要家を有機的に連携させることによって全体エネルギーの最適化が実現可能である(図1)。

図2はスマートグリッドとスマートコミュニティの関係を模式的に表したもので、おおむねスマートグリッドは供給側を中心とし、電力の安定供給を行う機能で構成され、スマートコミュニティはこのスマートグリッドの一部



PV: Photo Voltaic, CGS: Co-Generation System, EV: Electric Vehicle, ITS: Intelligent Transport Systems, HEMS: Home Energy Management System, MEMS: Mansion EMS, BEMS: Building EMS, SEEMS: Station EMS, REMS: Railway EMS, TEMS: Train EMS, FEMS: Factory EMS, CEMS: Community EMS

図1. スマートコミュニティの概念図

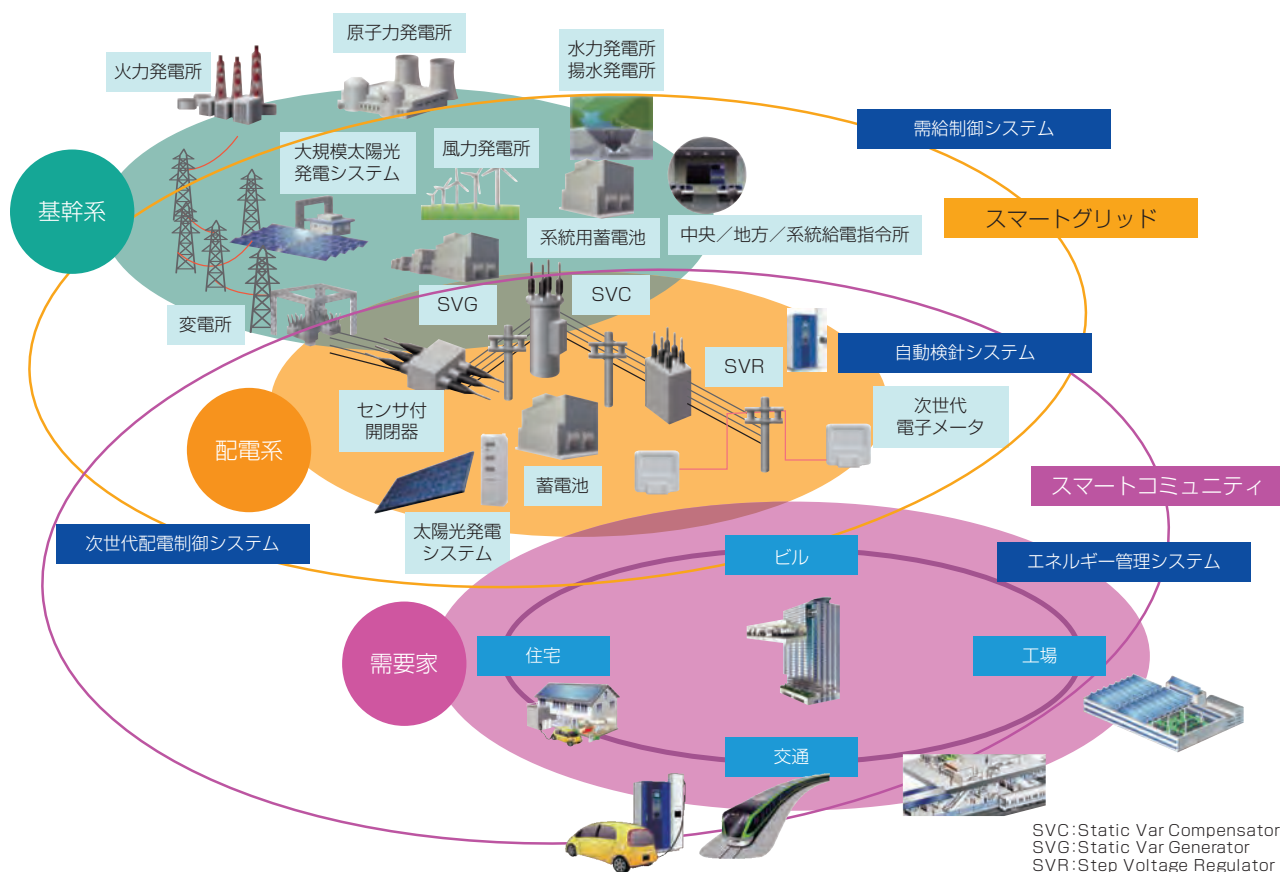


図2. スマートグリッドとスマートコミュニティの関係

とオーバーラップしながら需要側を中心にしたシステムとなる。

スマートグリッドとスマートコミュニティは別々のものではなくシステムとして、お互いに協調・連携しながら供給側と需要側を調和させていく仕組みが相互に必要となってくる。

三菱電機は、これまで供給側である電力会社向けに発電・送電・配電の分野で種々の製品・システムを提供し、電力の安定供給と高品質の電力の確保に貢献してきた。また、需要側として交通・ビル・工場・家庭の各分野では、パワーデバイス技術、パワーエレクトロニクス技術を基盤技術として高効率化、省エネルギー、創エネルギーを実現する製品やBEMS、MEMS、HEMSに代表されるシステム製品を提供している。今後もこれらの製品・システムにおいて個々の性能進化を図っていく。

一方、個々の製品や個々の需要家単位の進化だけではエネルギーを部分最適していることにとどまる。天候に左右されやすい太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを最大限活

用することや需給逼迫時の対応を含めたエネルギーの全体最適を図るためには、ICT技術によって各製品を有機的に接続することで供給側と需要側を一体とし、天候などの不確定要素があってもその状況での全体最適を図りたいエリア単位でもっとも望ましい需給を実現することが要件となってくる。

3. 当社のスマートグリッド・スマートコミュニティの取組み

3.1 スマートグリッド・スマートコミュニティ実証と成果

当社は2020年の送配電網を想定したスマートグリッド・スマートコミュニティの実証実験サイトを尼崎・和歌山地区に整備した。また、太陽光・熱・自然風など自然エネルギーを最大限活用するとともに、電力ピークシフトや創エネルギー・蓄エネルギー、エネルギー消費のリアルタイムの把握と最適制御の実証を行うためのスマートハウスを大船地区に整備した。

スマートコミュニティの狙いは、電

力の安定供給と品質の維持が図られた最適なエネルギー利用にあり、大規模な最適エネルギーシステムといえる。

このため、その実用性・実効性は需要家も含めた多角的な視点での検討・検証を必要とする。実証システムはその目的に応じて自由に構成が可能であり、主要なモードでエネルギー需給など重要事項の検証が可能である。ここでの実証を通じて製品に具備すべき機能・性能・信頼性の確認を行い、次のようなキー技術の開発を行った。

- (1) 配電系統の電力損失低減技術
- (2) コミュニティ向け電力自立運転管理システム
- (3) 次世代電子メータ用メッシュネットワーク
- (4) 再生可能エネルギー対応蓄電池制御技術

3.2 スマートコミュニティ実現に向けたシステムと製品群

電力量計測分野では、遠隔から電力使用量が把握でき、一定の双方向通信機能を持つ次世代電子メータ(スマートメータ)は電力小売が自由化さ

特集Ⅱ：スマートコミュニティソリューションと知財活動

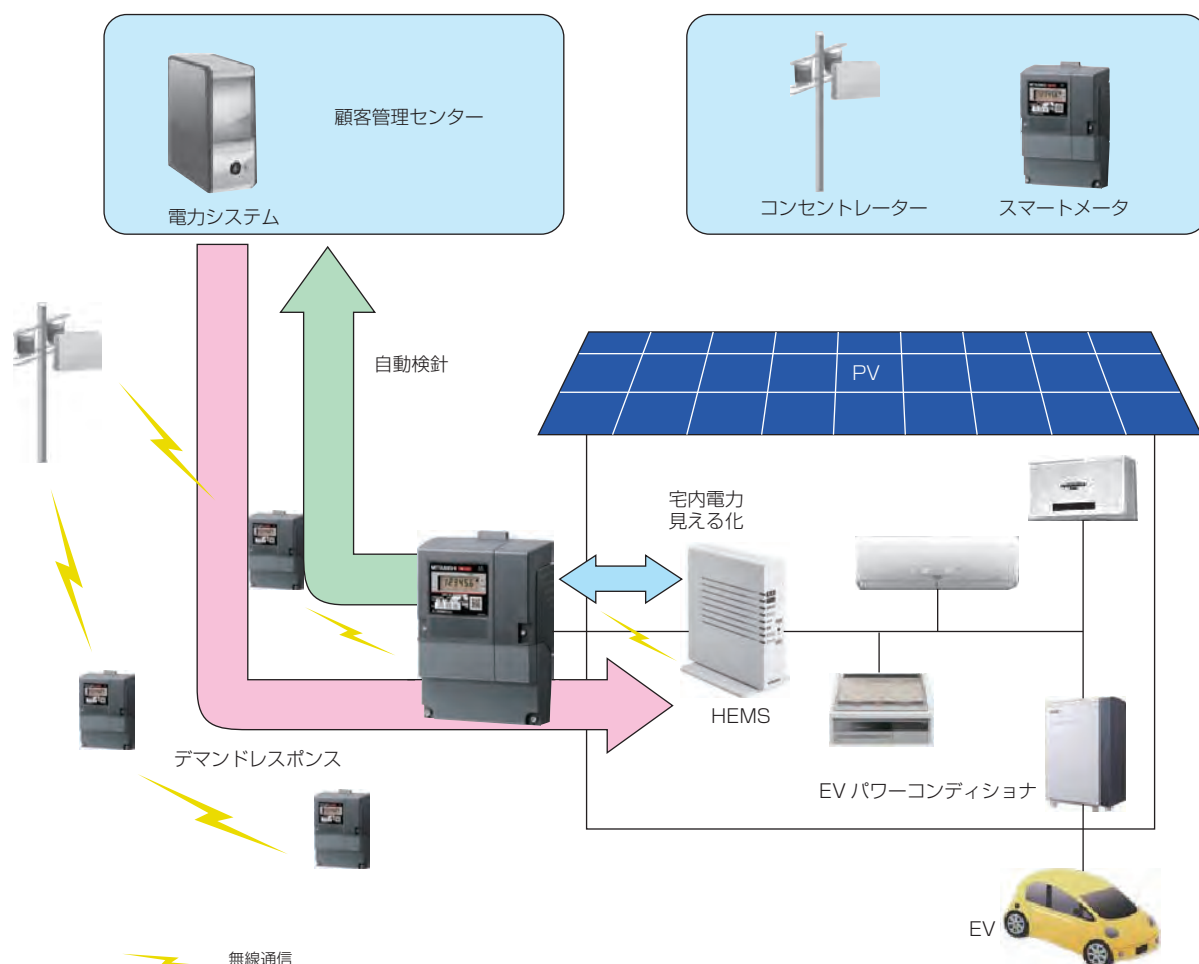


図3. スマートメータシステム

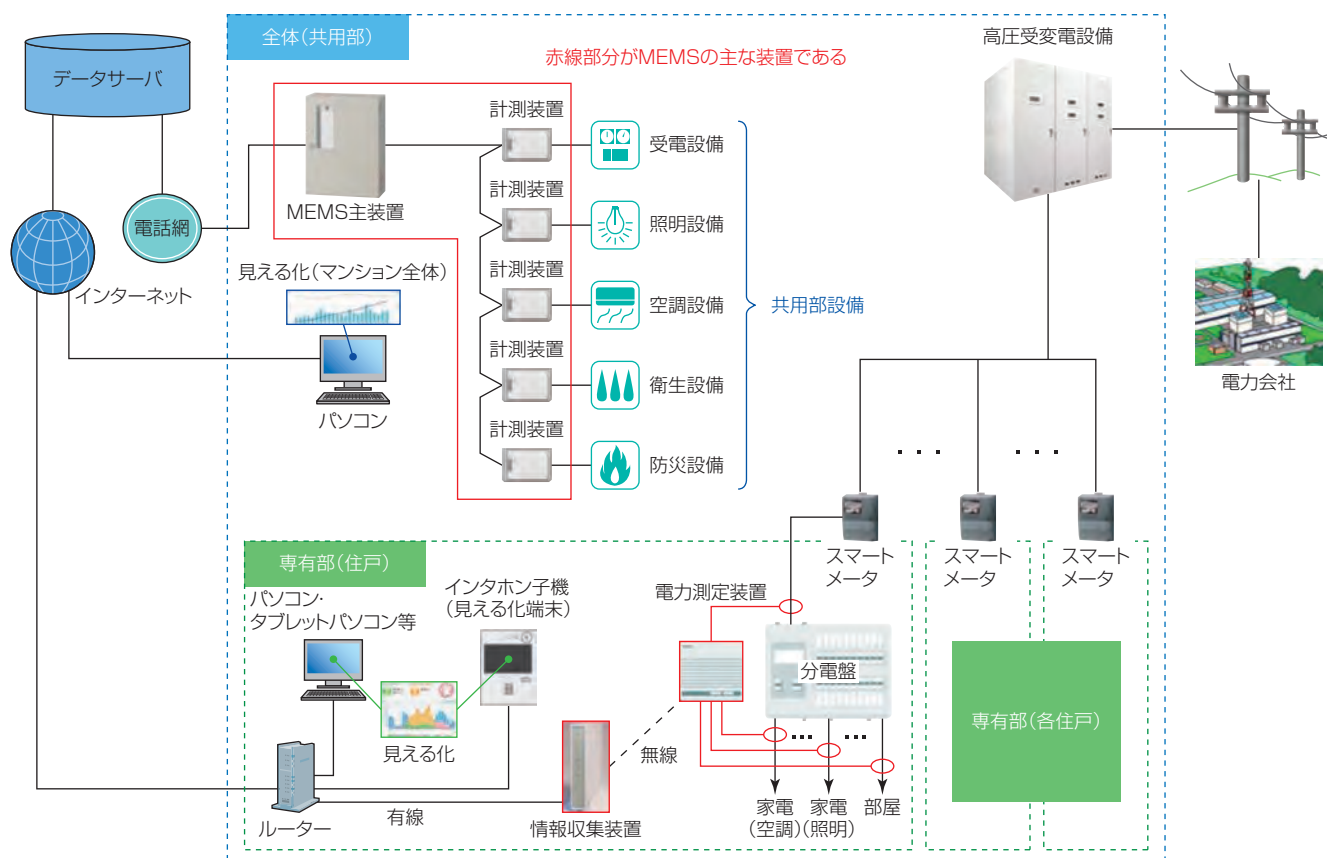


図4. MEMS の構成

れる際の重要なインフラ(図3)でありキーパーツとなる。当社は製品としてスマートメータ単体やシステムの開発を行っている。

鉄道分野では、車両電機品や変電設備の高効率化・小型軽量化を進めるとともに、回生電力を有効活用する電力貯蔵システムの開発や、駅への太陽光発電・LED照明の導入など様々な製品とシステムを提供している。

工場分野では、空調照明などのユーティリティ機器、モータや変圧器などの高効率機器、エネルギー計測ユニットやデマンド関連機器等の省エネルギー支援機器を提供している。さらにエネルギーソリューションとして“e&eco-F@ctory”を提案しており、顧客のニーズに合ったFEMSを構築可能である。

ビル分野では、エネルギー効率の高い空調、LED照明、エレベーター、BEMSとしての位置付けで省エネルギー支援を含んだビル管理システム“Facima”など、様々なソリューションを提供している。

マンション分野では、共用部にBEMS、専有部にHEMSを組み合わせたMEMSを提供している(図4)。ビル

分野と同様に共用部にはエネルギー効率の高い空調、LED照明を利用し、これらを見える化と制御によって最適運転を行う。専有部は一般住宅と同様な形で運用を行い、トータルとしてマンション全体のエネルギー最適化を行う。

住宅分野では、空調、照明、給湯システム、床暖房、IH(Induction Heating)クッキングヒーターなどの省エネルギー機器や太陽光発電の創エネルギー機器に加え電気自動車(EV)を蓄電池として利用できるEV用パワーコンディショナ“MART V2H”を蓄エネルギー機器として提供を始めた(図5)。また家庭内の電力の見える化と無駄な電力が削減可能な家電機器のスケジューリング機能を持ったHEMSを製品化している(図6)。EVパワーコンディショナやHEMSの製品化は大船でのスマートハウス実証実験の成果の一部である。

今後も個々の製品の高効率化を図って行くが、これに加え鉄道、ビル、工場、住宅などのクローズした中でのエネルギーの融通、自然エネルギーや再生可能エネルギー利用の最大化、エネルギー利用の工夫によるピーク抑制

や緊急時のエネルギー消費抑制などを実現することが重要である。そのため、BEMS、FEMS、HEMSなど、各需要家単位でのエネルギー管理システムを中核にしたエネルギーの見える化をきっかけとして、創エネルギー、省エネルギー、節エネルギー、蓄エネルギーの各システムを有機的につなげ、エネルギーの最適利用システムを実現できる機能を付加していくことが重要と考えている。



図5. EV パワーコンディショナ

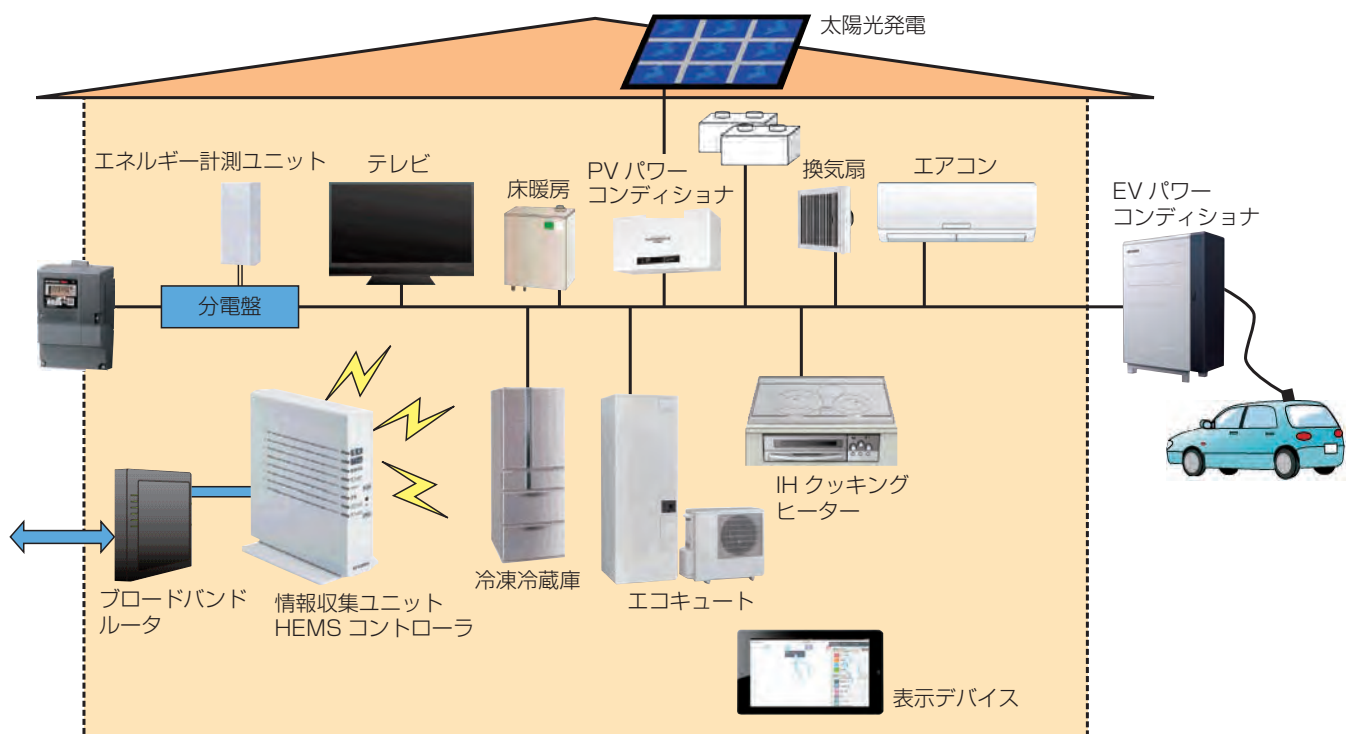


図6. HEMS の構成

特集Ⅱ：スマートコミュニティソリューションと知財活動

	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
		【第1段階】 ・広域系統運用機関 設置	【第2段階】 ・小売参入自由化		【第3段階】 ・送配電部門の中立化 ・小売料金の全面自由化		
制度設計ワーキング グループ			小売参入自由化		料金規制の撤廃		
		広域運用機関設立					
					送配電部門の法的分離		
電力市場			卸規制撤廃 1時間前市場創設				
市場活性化							
供給力確保			新たな仕組み創設				

出典：経済産業省 電力システム改革の工程表を参考に作成

図7. 電力システム改革の工程

4. 今後の事業化に向けた 取組み

4.1 環境の変化

ガスや電力に関するエネルギー制度の変更の中で電力システム改革は図7に示すように大きく3段階からなっており、その中心は電力小売の自由化である。

電力小売の自由化によって従来の地域独占が崩れると同時に発送電分離が実現されていく。その中で電力需要に応じて供給能力を拡大していたパラダイムは大きく変化する。発電設備などに係る費用は総括原価方式の下、電気料金に反映されていたが、今後は需要と供給のバランスの中で電気料金が決定されていくことになる。

需要が供給を上回りそうな場合には、供給側から需要側に需要量を減らす指示を出して需要側で需要量を削減するデマンドレスポンス(DR：Demand Response)が重要な役割を担っていく。DRは仕組みも重要であるが需要側がどの程度需要削減を行うかがポイントであり、そのための社会実証実験にも参加している。また削減量の把握やベースライン設定の在り方等を具体的に詰めていく必要もある。

さらに、積極的に需要削減を行い削減量に応じてインセンティブを受け取るような新しい形としてネガワット^(注1)取引も想定されている。

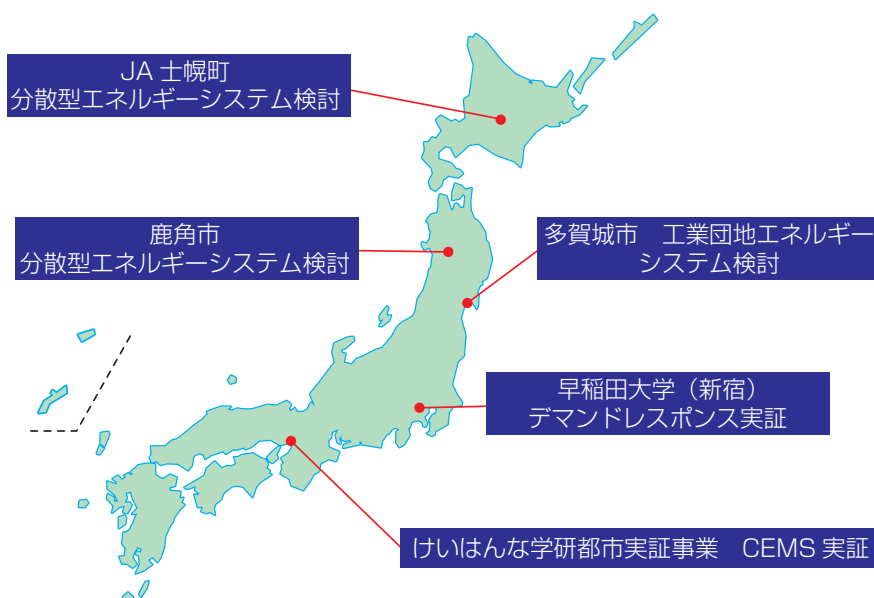


図8. スマートコミュニティ検討地域

電力の需給や料金が市場原理によって決定されていく状況は発電側や需要側の多様化を促し、需要がピークに近い状況では分散電源を活用する場合やネガワットによって需要を削減する方法も選択できるようになる。さらに、非常時の場合も想定すると分散電源の利用もさらに広がっていくことが想定される。

4.2 事業化に向けて

スマートコミュニティの実現には街単位のエネルギーシステムの設計が不可欠であるが、街の規模や構成要素によって工業団地型や電力の地産地消型等、多様な形態がある。そのため街ご

とのカスタマイズが必要である。

需要家でも今後のDRに向けた取り組みを具体的に行うための仕組みを作りこんでいく必要があるが、一方で電力供給側と整合を取りながら進めることが重要で、この部分でも多様な形が出てくると思われる。

新電力の登録は300社を超える状況となっており、電力小売が自由化された状況も考慮しながら進めていく必要がある。

当社では培ってきた技術や製品をベースに具体的に宮城県多賀城市、秋田県鹿角市、JA土幌町等に地域ごと

に異なる課題解決を行うソリューションの提案を行い、事業可能性の検討（FS：Feasibility Study）の実施や採択を受け着実に活動に入っている状況となっている（図8）。

今後は事業として具体的な成果に結び付けるフェーズになりつつあり、課題をしっかりとクリアしながら着実に進めることが重要と考えている。

（注1） Negative Wattを短縮した造語。負の電力を意味する。

5. む す び

当社は、供給側・需要側双方で長い歴史を持つ各種エネルギー関連の製品・システムを強みにしている。これらをICT技術によってつなげ、エネルギー最適化技術によって有機的に相互作用させることでスマートグリッド・スマートコミュニティの様々なモデルの構成が可能である。また、電力システム改革が進むことで新しいシステムや製品が生み出されて行くことになるが、当社は多角的な検証を着実に積み重ね、高品質な次世代のエネルギーインフラの技術構築や新たなシステム・製品を提供していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 三菱電機ニュースリリース：スマートグリッド・スマートコミュニティ実証実験設備を本格稼働開始
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2011/1019.html?cid=rss>
- (2) 三菱電機ニュースリリース：スマートグリッド事業について
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2010/0517-1.pdf>
- (3) 復興への提言～悲惨のなかの希望～（平成23年6月25日東日本大震災復興構想会議）
<http://www.cas.go.jp/jp/fukkou/pdf/fukkouhenoteigen.pdf>
- (4) 長坂寿久：リローカリゼーション（地域回帰）の時代へ（その1）-3・11後の日本と世界のビジョンへ向けて、国際貿易と投資 Summer2011, No. 84, 135 ～ 153（2011）
- (5) 宮城県復興計画（2011）
<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/36636.pdf>
- (6) 福島県復興計画検討委員会資料
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/11015b/fukkoukeikaku1011.html>
- (7) 岩手県東日本大震災津波復興計画 復興基本計画案（2011）
http://www2.pref.iwate.jp/~hp0212/fukkou_net/kihonkeikaku_an.html
- (8) 経済産業省：電力システム改革の工程表
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/sougou/denryoku_system_kaikaku/pdf/report_002_02.pdf
- (9) 三菱電機ニュースリリース：2012年度三菱電機研究開発成果披露会で発表された発表案件
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2013/0214.html>
- (10) 三菱電機ニュースリリース：2013年度三菱電機研究開発成果披露会で発表された発表案件
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2014/0213.html>
- (11) けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクトにおける「電気のかしこい使い方プログラム」の今夏の実証結果と今冬の実施概要について
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2013/1202-b.pdf>

知財活動の変遷と将来展望



知的財産渉外部長

加藤 恒



知的財産センター長

木全政弘

1. ま え が き

グローバル市場の競争が激化している中、知財権に関する紛争が世界各地で頻発している。グローバルに事業展開する企業では、事業対象国での知財ポートフォリオの構築を進め、競合他社に対する技術優位性の獲得及び紛争などの知財に関するリスクの最小化を進めている。このような状況の下、三菱電機は一段高いレベルの成長を達成するためにグローバル事業を強化しており、知財戦略でも成長戦略と連動し、事業展開を先取りした、いわば水先案内役として各国で知財活動を展開している。

当社知財戦略における基本的方針は、図1に示すように、事業、研究開発、知的財産の活動を三位一体で推進することである。連携を強化するために、各事業本部・製作所・研究所・関係会社の本部長、所長、部長などの各階層で情報共有を図り、知財施策の理解と実行を全社で管理層から担当者まで徹底させている。特に重要な事業や研究開発プロジェクトに関しては、知財重点プロジェクトを設定し、グローバルに出願権利化活動を推進して強力な知財ポートフォリオ構築を図っている。

知財戦略の立案・実行に当たっては、事業対象国・地域の法制度及び紛争リスクなどの調査、事業分野別に知財面での当社の強み・弱みを見える化した分析に基づき、特許費用の効率的活用も考慮しつつ、事業対象国ごとに最適化を行う。また、近年の各国法制度の変化や新興国での権利活用状況を鑑みて、特許のみならず、実用新案、意匠、商標を含めた知財権によって当社事業を多面的に保護する方針としている。

2. 当社の知財活動の進化

2.1 当社の知財体制

2.1.1 当社知財部門の成り立ち

当社創業時(1921年)の保有権利は、当社設立の母体である三菱造船(株)から譲り受けた特許8件、実用新案2件であった。実質的な知財活動は1923年10月本店技術課(当時の当社神戸製作所駐在)に特許専任技師が配置され、特許係が組織されたことによって始まる(表1)。翌年には30件を出願し、その後も出願件数は伸長して1943年頃には年間約200件に達した。第2次世界大戦中は落ち込んだものの、戦後の経済復興に伴い、1954年には年間300件を超えた。

高度成長期を経て1980年代に入る

頃、米国企業による特許権行使が活発となり、当社も米国その他の外国企業との特許係争に巻き込まれるケースが多発するようになった。このため海外係争事件への対応が急務となり、それまで法務部と特許部に分かれていた渉外機能を結集して知的財産渉外部を発足させた。一方、特許部は特許センターを経て、現在の知的財産センターへと拡大した。

2.1.2 現在の体制

現在の体制は、社長直轄の本社知財部門である知的財産渉外部と知的財産センター、各製作所・研究所・関係会社の知財部門からなり、知財担当執行役のもとに、知財活動を展開している。本社知財部門は全社戦略の立案、知財重点プロジェクトの推進、特許庁などへの対応を始めとする対外的活動及び知的財産渉外活動を担当する。各製作所・研究所・関係会社の知財部門は全社戦略に基づく個別戦略を推進する。これらの部門は相互に知財ネットワークを構築し、それを融合した、より効果的な活動を展開している。

また、事業を多面的に保護するために、本社知財部門の中に意匠、商標の専門組織を設けている。さらに、海外駐在員を米国、欧州及び中国の拠点に置き、海外拠点の知財活動支援や

知財は事業競争力の重要な要素

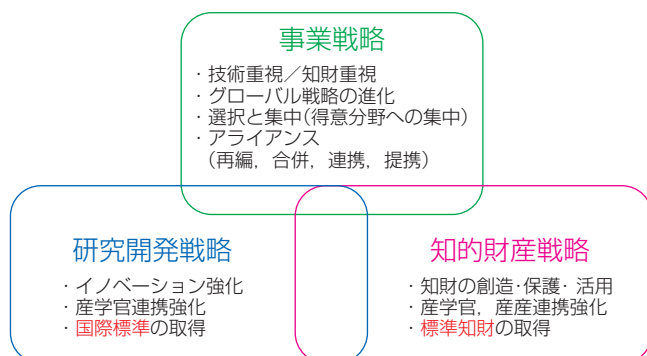


図1. 三位一体の知的財産戦略

表1. 知財部門の略史

1921年	三菱電機株式会社 創業
1923年	本店技術課に特許専任技師を配置
1924年	本店技術課特許係発足
1942年	特許課に昇格
1951年	特許部に昇格
⋮	
1989年	知的財産渉外部発足
1994年	特許センター設立
1997年	知的財産センターへ改称
2000年	知的財産渉外部、知的財産センターを社長直轄部門化

本邦と密に情報共有を行うことで、当社グループ全体での事業拠点、研究所、関係会社のグローバルな知財活動を強化している(図2)。

2.2 知財活動の実り

表2は、当社が平成元年以降に受賞した社外発明表彰の主要なものである。このうち、特に重要な発明について次に述べる。

(1) 大型光学望遠鏡すばるの鏡支持システム(平成12年度恩賜発明賞)
従来の鏡支持システムは、てことカウンタウェイトからなる支持機構を複数用いて鏡の質量と同じ力を発生させて支持する方式であった。しかし、この方式では、支持機構間で発生する力の誤差が大きくなるなどの欠点があり、反射鏡を厚くして剛性を高めなけ

ればならず、反射鏡が大型化して製造が困難となる問題があった。また、支持機構に一度設定した力は重力方向の歪(ひず)みを補正するだけであり、反射鏡側の熱歪み補正ができない問題もあった。

図3はこの発明の鏡支持システムの原理図である。反射鏡は多数の力支持機構で支持される。力支持機構で発生する力を検出器で検出して高速フィードバック制御し、アクチュエータによって正確な支持力を発生させる。同時に鏡面変位を測定して、補正する力を力支持機構に低速でフィードバック制御する。二重の力フィードバック制御によって、望遠鏡の角度に対しても正確に反射鏡の支持力を発生させて空間固定し、熱歪みも同様に補正することができる。これらから、反射鏡の厚さを従来の三分の一とした薄い反射鏡を製造することが可能となり、大口径かつ軽量の光学望遠鏡構造を世界で初めて開発できた。

すばる望遠鏡は、地上設置の望遠鏡として世界最高の分解能を持ち、世界の天文学に大きく貢献している。この発明は、平成12年度の全国発明表彰で最も優れた成果として評価され、恩賜発明賞を受賞した(特許第2001778号)。

(2) データ変換装置(情報セキュリティ技術)(平成16年度恩賜発明賞、第35回市村産業賞本賞)

1977年にアメリカ商務省標準局が採用した暗号アルゴリズムDES(Data Encryption Standard)は56ビットの暗号化鍵を持ち、その組合せは約7京(7兆の1万倍)あり、解読するのは不可能に近いとされていた。しかし、当社は1994年線形解読法と呼ばれる解読法でDESの解読に成功し、さらに、こうした強力な解読法でも解読不能な暗号アルゴリズムとして、1995年に暗号アルゴリズム“MISTY(Mitsubishi Improved Secure Technology)”を開発した。MISTYは、小さい関数の繰り返しで暗号全体を構成する再帰構造であり、暗号の小型化、低消費電力化が可能となった。この構造は、処理時

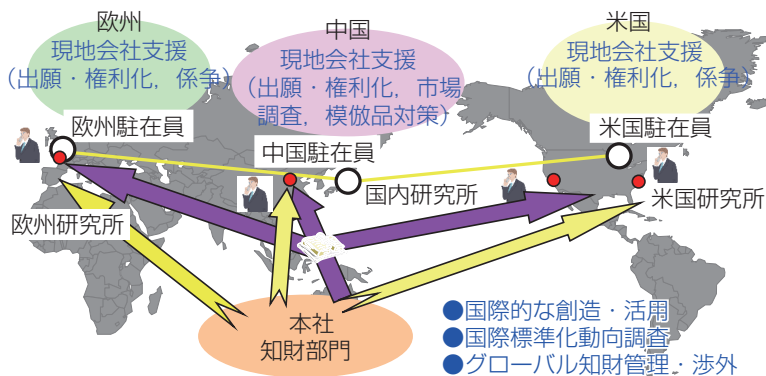


図2. グローバルな知財活動拠点

表2. 社外発明表彰受賞一覧

年度	受賞名	特許登録番号	発明概要
平成元年度	特許庁長官賞	1353403	光ディスクの光スポット位置補正装置
平成5年度	内閣総理大臣発明賞	1493225	高感度赤外線固体撮像装置
平成10年度	特許庁長官賞	1905105	マルチメディアデータ伝送方式
平成12年度	恩賜発明賞	2001778	大型光学望遠鏡の鏡支持システム
平成14年度	経済産業大臣発明賞	2803451	代替冷媒対応冷凍空調装置への非相溶油適用技術
平成16年度	恩賜発明賞	3035358	データ変換装置(情報セキュリティ技術)
平成18年度	21世紀発明賞	3545257	高効率・高濃度オゾン発生技術
平成19年度	発明協会会長賞	3361765	既設配管を再利用した環境配慮型空調機更新技術
	21世紀発明奨励賞	3887007	階調制御型インバータ技術
平成21年度	日本商工会議所会頭発明賞	3245087	放電加工機の制御技術

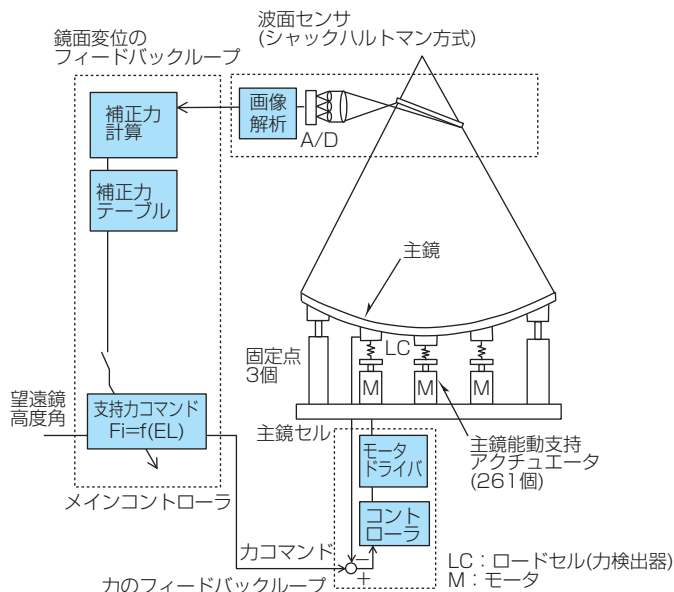


図3. 大型光学望遠鏡すばるの鏡支持システム

特集Ⅱ：スマートコミュニティソリューションと知財活動

の並列度が極めて高く、同時に高速化も実現した。

1996年に第三者による安全性評価研究の目的で、MISTYの仕様を公開した。そして一層の普及のため、1998年にMISTYを搭載した製品の開発・事業化を行おうとする企業・法人との特許無償実施許諾契約によるライセンスプログラムを開始した。国内では企業が持つ暗号技術の特許許諾を無償化する試みはこれが初めてであった。これによって、電子商取引用のICカードなど多彩な情報システムや製品への応用が進んだ。

2000年、MISTYをベースとして移動体通信システム用にカスタマイズされた“KASUMI”が、第三世代移動通信システム(Wideband Code Division Multiple Access: W-CDMA)の国際規格を検討している標準化プロジェクト3GPP(Third Generation Partnership Project)の暗号検討ワーキンググループによって標準暗号として採用され、国際電気通信連合“ITU(International Telecommunication Union)”の標準となった。国産暗号技術が必須国際標準となるのはこれが初めてであった。KASUMIが3GPPの標準規格に採用されたことから、国内外の企業・法人からKASUMIを実施するために必須となるMISTYの基本特許について実施許諾の申入れが多数寄せられ、KASUMIについても各企業との無償実施許諾契約によるライセンスプログラムを開始した。

これらの当社暗号技術への取組みが評価され、2003年には第35回市村産業賞本賞を、2004年には恩賜発明賞を受賞した(特許第3035358号)。MISTYは2005年にISO/IEC(International Electrotechnical Commission)/18033-3において国際標準に採用された。

(3) 高効率・高濃度オゾン発生装置

(平成18年度21世紀発明賞)

オゾンは、反応後に酸素に戻るために残留毒性がなく、消毒・殺菌・脱臭・脱色を目的とした浄水処理装置や部品洗浄装置などで広く利用されている。しかし、この発明がなされた当時はオ

ゾンを多量かつ高効率に発生させることが困難で、オゾン発生生産性向上(スループット)と処理コストの低減が大きな課題であった。

オゾン発生には、電極間に高電圧を印加して放電を発生させ、放電空間に酸素を含むガスを供給する放電方式が一般に採用されている。従来、オゾン発生効率は電極間のギャップが1mm近傍の場合に最も高くなることが知られていたが、このギャップ条件では放電エネルギーを更に注入してもオゾン濃度が飽和してしまう問題があった。そこで、放電空間におけるオゾンの分解過程に着目し、低エネルギーの電子衝突によるオゾンの分解効果を考慮した独自のオゾン発生特性のモデル化を行って、極短ギャップ放電が優れたオゾン発生特性を示すことを見いだした。この技術を基に、従来の1/5以下である極短ギャップ放電を採用し、投入エネルギーを増大させてもオゾン濃度が飽和することなく、従来の2倍以上高い濃度のオゾンを高効率に発生させることが可能になった。また、極短ギャップ放電によって放電空間のガス冷却効果が劇的に改善され、コンパクトで安価なオゾン発生装置を実現することができた(図4)。オゾン発生の高濃度化と低コスト化を同時に達成し、この発明は2006年に21世紀発明賞を受賞した(特許第3545257号)。



図4. 当社開発の高濃度・高効率オゾン発生装置

(4) 放電加工機の制御技術(平成21年度 日本商工会議所会頭発明賞)

ワイヤ放電加工は、ワイヤ電極と被加工物との間に短い周期で繰り返されるアーク放電によって被加工物表面の一部を除去する機械加工の1つであ

る。導電性材料を被加工物とするが、通常の高速回転のカッター刃では加工できない硬い金属を高精度に加工できる。この技術開発の背景として、金型加工の高速・高精度化の要求があり、太線ワイヤによる速度重視の加工から細線ワイヤによる精度重視の加工を1台で両立できる廉価な放電加工機が望まれていた。

当社は、電源制御を行うスイッチング素子を複数用い、その動作個数と動作時間とを最適に組み合わせた電源制御技術を開発した。これによって、細線から太線まで、ワイヤ径に対応した電流ピーク値の最適な設定が可能となり、加工速度(ワイヤ径0.07mm:110%アップ)と加工精度($\pm 0.003\text{mm} \rightarrow \pm 0.002\text{mm}$:50%アップ)をともに向上させることが可能となった。図5はこの技術を搭載した最新のワイヤ放電加工機である。この技術によって、高精度金型加工の生産性は飛躍的に向上し、従来加工方法では不可能な特殊材料・部品加工にも適用された。また、消費電力低減、ワイヤ使用量削減などによって、省エネルギー・省資源の放電加工を実現した。この発明は2009年に日本商工会議所会頭発明賞を受賞した(特許第3245087号)。



図5. 当社開発の最新ワイヤ放電加工機

2.3 国際標準と特許の融合

国際市場で技術の共通化を図る国際標準化は、経済のグローバル化、技術の複雑化・高度化に伴い、重要性が増している。技術を共通化する国際標準化に対して、知財活動は技術を独占する活動であり、正反対の性質を持つにも関わらず、近年は両者のかかわり

が重要となっている。当社は、国際標準化と連携した知財活動、すなわち標準知財活動として、開発した技術を国際標準につなげると同時に、これを支える標準必須特許の取得に注力してきた。例えばデジタル画像圧縮技術で標準必須と認定された特許群は、パテントプール機構の運用を牽引(けんいん)し、知財権の活用による事業収益の改善・拡大に貢献している。パテントプールのない多くの国際標準化に対しては、標準必須特許を開放して市場の拡大に貢献する一方、差別化技術の知財権を確保することで当社のシェア拡大に努めている。次に、当社のパテントプール活動と、パテントプールのない国際標準化の一例としてCC-Linkについて、それぞれ述べる。

2.3.1 パテントプール活動

ある標準技術に関して多数の企業がそれぞれ多数の特許権を持った場合、この標準技術を実施しようとする企業は特許の実施権を得るために多数の権利者と個別交渉しなければならず、また個別に実施料を支払うため累積額が高額となる。さらに、近年の知財重視の傾向によって、各権利者への支払額も高額化しているため、たとえ標準技術の開発企業といえども実施が困難となってきている。

この問題を解決するため、標準技術の必須特許保有者がそれぞれ持つ必須特許を持ち寄り、比較的廉価な実施料でライセンスするパテントプールを形成する対応が取られている。これによって、標準技術の利用者は個別交渉が不要で、しかも個別に支払うより廉価で必須特許の実施権を得ることができる。一方、個々の企業が支払う実施料が低額でも、標準技術の利用が広まり実施料を支払う企業が増えることで、特許権者は結果的に妥当な実施料収入を得ることができるようになった。

当社は、代表的なパテントプールであるデジタル動画画像圧縮技術に関する標準規格MPEG-2(Moving Picture Experts Group phase 2)の設立当初からのメンバーであったほか、その改良規格であるMPEG-4 Visual、

MPEG-4 AVC(Advanced Video Coding)/H264、VC(Video Coding)-1、MVC(Multiview Video Coding)等に参画、第三世代移動体通信技術W-CDMA、DVD、ブルーレイディスクそれぞれの標準規格に関するDVD6C、PremierBD^(注1)、デジタルテレビ放送に関するATSC(Advanced Television Systems Committee)、(一財)電波産業会(ARIB)のデジタル放送技術、CATVデジタルケーブル放送技術といったパテントプールにも参加している。

2.3.2 CC-Link

CC-Link^(注2)は、1996年秋に当社が発表したFAに関する様々な機器を接続する新しいフィールドネットワークで、主に日本を中心としたアジアで普及している。当時、この分野の世界標準として米国を中心としたDeviceNet^(注3)、及び欧州を中心としたPROFIBUS^(注4)が多くユーザーに使用されていた。CC-Linkを世界で使われる地位に高め、当社のFA事業をグローバルに展開するためには、これら先行する両技術に肩を並べる必要があった。このため、当社は2000年にCC-Link協会というコンソーシアムを設立し、CC-Link技術の仕様を公開してFA機器のユーザー及びベンダーに参加を呼びかけた。そして、CC-Link公開仕様に必須の特許を無償開放することで、パートナーが参加しやすい環境を作った。現在、CC-Link協会の会員

企業は2,100社以上、製品は1,300種類以上をサポートしている。CC-Linkは2007年にISOで国際標準化され、またIECではIEC61158、IEC61784として国際標準化されている。

最新のCC-Linkファミリーでは、図6のようにCC-Linkに安全通信機能を追加した安全用ネットワークのCC-Link Safety^(注2)、イーサネット^(注5)をベースとした統合ネットワークのCC-Link IE^(注2)も追加されている。

当社の知財戦略として、国際規格化した伝送経路上に載る情報に関する特許を規格特許として無償開放する一方で、規格化しない機器内部の制御に関する特許は周辺特許としてCC-Link協会加入パートナーにだけ開放することで、機器ベンダーはCC-Link協会に加入すればCC-Linkに接続する機器を容易に生産できるメリットがある。一方、当社は高付加価値製品の製造に必要な差別化技術を他社に開放せず当社技術の保護を図り、シーケンサなどのコントローラビジネスで高いシェアを維持している。

- (注1) PremierBDは、PREMIER BD Patent Licensing Groupの登録商標である。
 (注2) CC-Link、CC-Link IE、CC-Link Safety、CC-Link/LTは、CC-Link協会の登録商標である。
 (注3) DeviceNetは、ODVAの登録商標である。
 (注4) PROFIBUSは、PNDの登録商標である。
 (注5) イーサネット、Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。

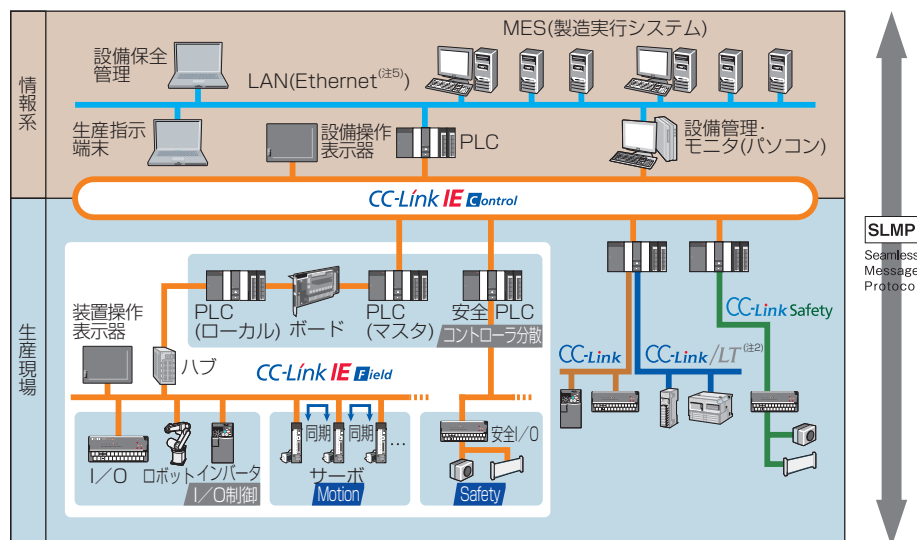


図6. CC-Link ファミリー

特集Ⅱ：スマートコミュニティソリューションと知財活動



車載用DIATONE



三菱カーナビゲーションシステム



ラインフローファンを搭載した
1968年の霧ヶ峰



三菱ルームエアコン霧ヶ峰Zシリーズ



三菱掃除機初代風神

三菱サイクロン式掃除機風神
TC-ZXD30P

図7. 当社の代表的な商標

2.4 商 標

2.4.1 代表的な商標

当社が長期にわたって製品に使用している重要な商標である“ダイヤトーン”“DIATONE”“霧ヶ峰”“風神”について次に述べる(図7)。

(1) ダイヤトーン, DIATONE

ダイヤトーン, DIATONEの商標は1946年に登録されスピーカー, ラジオのブランドとして使用された。1960年代よりコンシューマー向けオーディオ機器, 更にカーオーディオ機器にも使用され広く親しまれた。現在も高級スピーカーのブランドに加え, 高音質のカーナビゲーション“DIATONE SOUND.NAVI”でも当社を代表するブランドとして認知されている。

(2) 霧ヶ峰


霧ヶ峰は1966年に商標登録, 翌1967年に発表した壁掛け型セパレートエアコンで使用された。翌1968年の霧ヶ峰は当時世界で初めてラインフローファンを使用した画期的な製品であった。その後, 1986年に温感自動コントロール機能を搭載, 2005年に可動式温度センサ“ムーブアイ”を搭載した。最新の霧ヶ峰では, 手足の温度まで見つめる“ムーブアイ極(きわみ)”とほしいところに風を届け自然の風のゆらぎも再現する“匠(たくみ)フラップ”を搭載している。霧ヶ峰は当社ルームエアコンの

商標として現在まで40年以上にわたって親しまれている。

(3) 風神

風神は, 同じく1967年に発売されたオールプラスチックで小型軽量の電気掃除機に使用された。当時, テレビのプロレス中継では, 試合の前に風神でリングを掃除する様子が話題となった。その後, 不織布フィルタ採用の“風神ロシポーザ”(1972年)や温風でダニを退治する“ダニパンチ”(1987年), 快足大車輪の“くるリーナ”(1991年)などを経て, 2010年, 25年ぶりにサイクロン式掃除機の商標として風神が復活した。2011年には風神と対をなすネーミングの紙パック式掃除機“雷神”も発売され, とともに高性能な当社掃除機のイメージ確立に貢献している。

2.4.2 三菱マーク

三菱マークとは  のほか, 三菱, みつびし, ミツビシ, MITSUBISHI, スリーダイヤ, スリーダイヤモンド, THREE DIAMONDS, 及びこれらと同義又は同音の外国文字を指す。

三菱マークの持つ価値や信用を守り, 維持していくために, 三菱グループ各社は終始一貫して一流の製品・サービスを提供するとともに, 三菱マークの商標権を確保して, その適切な管理に努めている。万一第三者による三菱マークの不正使用がある場合に

は, これを防御・防止するなどの対策を講じている。三菱マークの最初の商標登録は今から100年前に登録されたのが最初である(図8)。当初は三菱グループ各社がそれぞれの発意に基づき必要に応じて登録していたが, 1968年に原則として三菱商事(株)名義で登録することを決めた。結果, 現在では約3,850件が三菱商事(株)名義, 残り350件がそれ以外の会社での登録となっている。当社は電気機器, 空調冷暖機器等の分野で日本では三菱商事(株)と共有, そして米国, 中国, 台湾などで単独で商標権を持っている。



図8. 三菱商標の公報(大正3年登録)

三菱マークはグループの共有財産であるため各社が勝手に商標出願してはならず, 三菱グループ内での審議を経て行われている。出願の態様は基本形のみとし, “三菱電機”“MITSUBISHI ELECTRIC”といった会社名の態様で

は行わない。三菱マークは日本では一部を除くほぼ全ての分野をカバーしている。外国では主要国のほか、最近では伸張著しいアフリカ諸国での登録充実化に注力している。

2.4.3 コーポレートステートメント

2001年、当社は創業80年を機に企業スローガンを改訂し、コーポレートステートメント"Changes for the Better"を制定した。"Changes for the Better"は、日本及び海外で商標登録し"三菱電機グループは、常により良いものを目指し、変革していきます"という目標・姿勢を世界にアピールしている。

さらに、2009年には環境ステートメント"eco changes"を制定した。"家庭・オフィス・工場や社会インフラ、そして宇宙にいたるまで、当社グループの特長である幅広い事業を通じた地球温暖化防止と環境循環型社会に向けたチャレンジ"という環境経営姿勢を表現したものである。翌2010年には"eco changes-for greener tomorrow"をグローバル展開した。これらも日本及び海外で商標登録し、当社環境経営のアピールに貢献している。

3. 今後の展望

3.1 現状の課題と取組み

3.1.1 PAE対応

米国では、自ら製造・販売などの事業を行わず和解金やライセンス料を得ることを目的として特許権を行使する組織及び団体(Patent Assertion Entity : PAE)による係争が多発している。これらは、権利侵害を主張するよりも敗訴の場合の高額な賠償金リスクを前面に出して金銭和解を主張する脅しの手法によるものが多く、問題とされている。これは、日本や欧州に比べて特許権の取得や侵害訴訟の提

起が比較的容易、懲罰的賠償制度や陪審員裁判制度があり訴訟リスクの予測が困難といった米国の法律、訴訟制度も関係する。米国では法改正などによる対策が行われつつあるが、PAEの活動は依然として活発である。当社としては、法改正や判例の動向を注視しながら不当な権利行使には毅然(きぜん)として対応を進めている。

3.1.2 技術漏洩・模倣品問題

当社のグローバル事業拡大に伴い、新興国との製品・技術の取引が急増する中で、現地企業への意図しない技術漏洩(ろうえい)が懸念されている。重要な技術については現地国で特許出願するなど法的な権利確保に努めるとともに、契約や人的・物理的手段による管理を強化している。

また、新興国の技術レベルが向上するにつれて、模倣品製造も活発化している。品質は粗悪ながら一見真正品と見まがうばかりの品も現れ、その流通手段もますます巧妙化している。このような模倣品は真正品の市場を奪いブランドの価値を損なうだけでなく、粗悪な品質のために製品事故が発生し、購入した顧客を危険にさらす可能性がある。当社は、新興国でも特許権、意匠権、商標権等の確保による当社事業の保護を進めるとともに、現地政府機関との連携を強化して模倣品の摘発に努めている。

3.2 明日に向かって

3.2.1 新しい知的財産保護制度への対応

技術革新や社会のニーズ、国際調和などに合わせてグローバルに知財制度の改正が行われている。

米国では2011年に特許法が大幅に改正され、"先発明主義"から日本と欧州などと同じ"先願主義"に移行するな

どの様々な重要な改正が行われた。欧州では統一特許制度及び統一特許裁判所が導入され、これらは2015年以降の施行見込みである。また中国でも2014年5月から第三次改正商標法が施行され、プロパテントの傾向がみられる第四次専利法(特許法)改正が進められている。当社は、主な出願国であるこれらの国々に加え、事業拡大が見込まれるインドなどを含む新興国の知財制度の動向についても注視し、これらに柔軟に対応した知財活動を推進し、当社技術の適切な保護に取り組んでいく。

商標では、2014年の改正で欧米諸国で保護対象となっている色彩や音が、伝統的な文字、図形、記号、及び立体的形状(いわゆる立体商標)に加え、商標として保護されることとなった。具体的な活用手法について、今後実務面からの検討を進めていくことになる。商標・ブランドは長年の事業活動によって築いてきた信用・信頼を象徴するものであるから、これまで使用してきた商標も含めて当社のブランド価値を総体的に保護していく。

3.2.2 事業のグローバル化への対応

現在、当社は全社的に海外知財権の増強に取り組んでいる。その活動を示すものとして、当社の2013年の国際特許出願公開件数は約1,300件で、世界12位(日本企業では4位)となり、2010年の約700件と比べて大幅に増加した。近年は、各国の知財制度やビジネス環境に応じて実用新案や意匠の権利数も増加しており、今後も一層の強化を継続し、グローバルな知財ポートフォリオ構築を目指す。

また、中長期的視点でグローバル化に対応できる人材を育成しており、今後も更に一段高い活動を実現するためのグローバルな知財体制を構築していく。