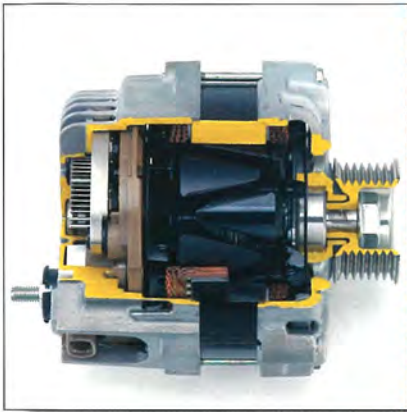


# MITSUBISHI

## 三菱電機技報 Vol.81 No.9

2007 9

特集「新時代のカーライフを実現する先進技術」



## 目次

### 特集「新時代のカーライフを実現する先進技術」

新時代のカーライフを実現する先進技術特集に寄せて … 1	上田 敦
自動車機器技術の動向と将来展望 …………… 2	西村幸信
新世代(9G)オルタネータ …………… 7	宮地若木・中尾乾次・大橋篤志
HEV用第二世代IPU …………… 11	蔵本祐司・石井隆一・福 優
トルクベース制御システム …………… 15	葉狩秀樹・松嶋裕平
特機車両用エンジンマネジメントシステム …………… 19	関本泰司・入江太津治・奥田浩司
GMR回転センサの応用展開 …………… 24	川野裕司・坂之上 浩・平岡直樹
中・大型二輪車用第三世代燃料ポンプモジュール …………… 28	吉岡 浩・光藤英雄・坂井雄作・山本一之
高出力ブラシ付きEPSシステム …………… 31	山本雅祥・和久 撰・岩見英司
電動パワーステアリングのアクティブステア技術 …………… 35	田中英之・松永隆徳・中島健治
水銀フリーバルブ対応HIDバルラスト …………… 39	長谷部弘之・河野靖彦・丸尾直人
自動車用電子キーシステム …………… 43	岡村茂一・浦野忠彦
ETC車載器からITS車載器への発展 …………… 47	瀧北 守・岡 賢一郎・後藤幸夫
ETC車載器用SiGe送受信システムMMIC …………… 51	新庄真太郎・堤 恒次・末松憲治
周辺機器連携が進むカーナビゲーション …………… 55	渡部秀雄・三次達也
車載情報機器のユーザーインタフェース提案 …………… 59	松原 勉・相川真実
車載ハンズフリー通話システム …………… 63	西川 源・小谷 豊・矢野敦仁・松岡文啓
MOSTを用いた映像伝送システム …………… 67	中井良弘・福田智教・三井武史
車載デジタルTVへのUI設計ツール“NINA”の適用 …………… 71	豊岡 明・小中裕喜・大久保忠俊・奥村信義
車載デジタルTVにおける受信技術 …………… 75	竹内 満・長浜浩之・有田栄治・井戸 純
第二世代6枚CD/DVDチェンジャメカニズム …………… 79	佐々木栄二・森本隆雄・伊東成浩

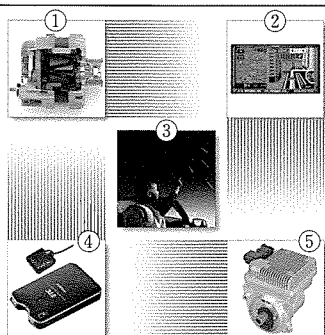
Advanced Technologies for New Modern Automobile Lifestyle
The Contribution to the Special Issue on Advanced Technologies for New Modern Automobile Lifestyle Atsushi Ueda
Engineering Trends and Prospective Stories in Automotive Equipment Yukinobu Nishimura
New Generation (9G) Alternator Wakaki Miyaji, Kenji Nakao, Atsushi Oohashi
2nd Generation IPU for HEV Yuji Kuramoto, Ryuichi Ishii, Masaru Fuku
Torque-based Control System Hideki Hagari, Yuhei Matsushima
Engine Management System for Recreational Vehicles Yasuji Sekimoto, Tatsuji Irie, Hiroshi Okuda
Development of GMR (Giant Magnetoresistance) Revolution Sensor Yuji Kawano, Hiroshi Sakanoue, Naoki Hiraoka
Third Generation Fuel Pump Module for Middle & Large-sized Motorcycle Hiroshi Yoshioka, Hideo Mitsudo, Yusaku Sakai, Kazuyuki Yamamoto
High Power Brushed EPS System Masayoshi Yamamoto, Osamu Waku, Eiji Iwami
Torque Controlled Active Steer for EPS Hideyuki Tanaka, Takanori Matsunaga, Kenji Nakajima
Electronic Ballast for Mercury Free Xenon Lamp Hiroyuki Hasebe, Yasuhiko Kono, Naoto Maruo
Electronic Key System for Automobile Shigekazu Okamura, Tadahiko Urano
Evolution of ITS On-Board Unit from ETC On-Board Unit Mamoru Takikita, Kenichiro Oka, Yukio Goto
SiGe-MMIC Transceiver for ETC Terminals Shintaro Shinjo, Koji Tsutsumi, Noriharu Suematsu
Progress of Car Navigation in Cooperation with In-Car Peripherals Hideo Watanabe, Tatsuya Mitsugi
Advance Concept of User Interface for On-Board Information Systems Tutomu Matsubara, Masami Aikawa
Car Hands Free Telephone System Gen Nishikawa, Yutaka Kotani, Atsuyoshi Yano, Bunkei Matsuoka
Video Transport System with MOST Yoshihiro Nakai, Tomonori Fukuta, Takeshi Mitsui
Application of UI Design Tool “NINA” to In-Car Digital TV Akira Toyooka, Hiroki Konaka, Tadatashi Okubo, Nobuyoshi Okumura
Reception Technology for In-Car Digital-TV Receiver Mitsuru Takeuchi, Hiroyuki Nagahama, Eiji Arita, Jun Ido
CD/DVD Changer Mechanism Available Six Discs Eiji Sasaki, Takao Morimoto, Shigehiro Itou

### 特許と新案

「車両用リモートコントロールシステム」	
「幕状体巻取り装置」 …………… 83	
「車両盗難防止装置」 …………… 84	

### スポットライト

車載用地上デジタルTVチューナー



表紙：新時代のカーライフを実現する先進技術

車社会は、ハイブリッド自動車の拡大に見られるような環境、燃費問題への対応、家電業界で進展しているデジタル化の取り込み、ETCに代表される社会インフラとの連携など関連分野を拡大してますます発展している。

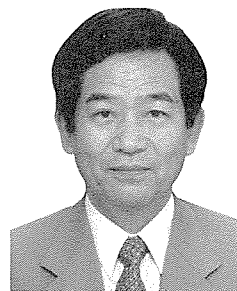
このような車社会の未来に向けた今後の発展を③の写真でイメージした。周辺の写真は、三菱電機の各分野の代表製品であり、①と⑤は、環境分野のオルタネータと電動パワーステアリング、②、④は情報・エンタテインメント分野のナビゲーションシステムと社会インフラに関連したETCである。



## 新時代のカーライフを実現する先進技術特集に寄せて

The Contribution to the Special Issue on Advanced Technologies for New Modern Automobile Lifestyle

上田 敦  
Atsushi Ueda



最近の自動車の全世界販売は、規模の大きい日米欧の先進地域では市場の拡大が望めず、BRICsといわれる新興地域が不安定ながらも増加傾向にある。特に中国市場は2006年には日本を抜いて米国に次ぐ世界第2位となり、生産・消費ともに最も活発な自動車市場として急速に成長してきた。

国内自動車販売は、かつての高度成長は終焉(しゅうえん)し代替需要の市場となり少子高齢化や消費の多様化などで年間600万台弱の規模に減少している。しかしながら日系自動車メーカーの輸出や海外生産は好調で、特に米国市場では石油価格高騰の影響で燃費効率の良い小型車志向が高まり、その対応が遅れた米国車の低迷と日系車の好調がより鮮明となっている。

しかし、自動車を取り巻く環境は厳しい。第一に地球温暖化について、近年温暖化による影響が身近になりつつあり、自動車の燃費向上、軽量化、クリーンエネルギーへの代替、バイオ燃料の使用など車側の改善、物流や交通量の円滑化などインフラ側の改善、エコドライブ、車の保守点検など運転手自身ができることの啓蒙(けいもう)を進めCO<sub>2</sub>排出削減に努めなければならない。

次に、原油高騰について、最近の原油価格の高騰は1970年代の石油危機並みの値上がり率になり、わが国の省エネルギー化が進んでいるとはいえ、経済に悪影響が出ている。自動車においては燃費の良い軽自動車、小型車へシフトしている。特に軽自動車は日本市場の3分の1以上の需要があり、世界的に見ても燃費の良い小型車やディーゼル車への需要シフトは顕著で、自動車メーカーの経営に大きな影響を与えるほどになっている。

第三に“安全”について、交通事故の削減は世界各国で大きな課題の一つである。日本でも減少傾向とはいえ、2006年には年間6,352人が交通事故で死亡している。政府はIT新改革戦略の中で2012年末の交通事故死者数を5,000人以下にすることを宣言している。こうした中、交通事故削減に向けた新たな対策として積極的に取り組まれているものが、情報・通信技術を用いた走行支援による安全対策である。

このような環境問題及び原油価格高騰を背景にした燃費向上・省資源化への取り組み、そして安全/安心対策が、自動車業界において一層重要な課題となり、三菱電機とし

ても先進技術を取り入れ、積極的に新技術・新製品の開発に取り組んでいる。

“環境”については、地球温暖化防止、省エネルギーのためにも2015年度新燃費基準(2004年度実績比で約3割改善)をクリアするようコストミニマムでの燃費向上と有害排出ガス低減を図った最適制御のエンジンマネジメントシステムの開発を更に進めていく。また、ハイブリッド車が更に多く市場に投入され、ガソリンエンジンの代替としての燃料電池車も実用化に向けた開発が進んでおり、当社としてもハイブリット車・燃料電池車の主要コンポーネントであるIPU(Intelligent Power Unit)をはじめ電気制御系の開発を強化している。

“安全/安心”については、予防安全のための車両の周辺監視用ミリ波レーダ、交差点や合流地点での事故防止のためDSRC(Dedicated Short-Range Communication)技術を用いた安全運転支援システム、また、安心(セキュリティ)として高度な暗号技術と無線通信技術によるキーレスエントリーと盗難防止の電子キーシステムの開発を進め、事故を未然に防ぎ、盗難からクルマを守るなど運転時・駐車時における確かな安心感を提供可能にしていく。

IT環境の多様化に伴いクルマを取り巻く情報通信環境も大きく変化し、利便性・快適性向上のためカーナビゲーションをはじめ多くの機器が搭載されつつある。しかしながら操作時の安全面の問題は重要であるため、ヒューマンマシンインタフェースと呼ばれる技術開発が重要になってくる。運転者がストレスを感じることなく単純な操作で欲しい情報が得られる技術開発を進めている。

21世紀のクルマの目指すところは健康や環境問題に関心の高い人々のライフスタイルとされるLOHAS(Lifestyles of Health & Sustainability)と同様“地球にやさしい、人にやさしい、乗って楽しいクルマ”である。これからの技術開発には、小型・軽量化技術から電子制御技術は言うに及ばず、通信技術・情報処理技術など多様かつ高度な研究開発が必要となる。当社は、これらの先進技術を活用あるいは統合し、“新時代のカーライフを実現する先進技術”の開発に果敢に挑戦し、21世紀の新しいクルマ文化を育むことにより、社会の発展に貢献していきたいと考えている。



西村幸信\*

# 自動車機器技術の動向と将来展望

Engineering Trends and Prospective Stories in Automotive Equipment

Yukinobu Nishimura

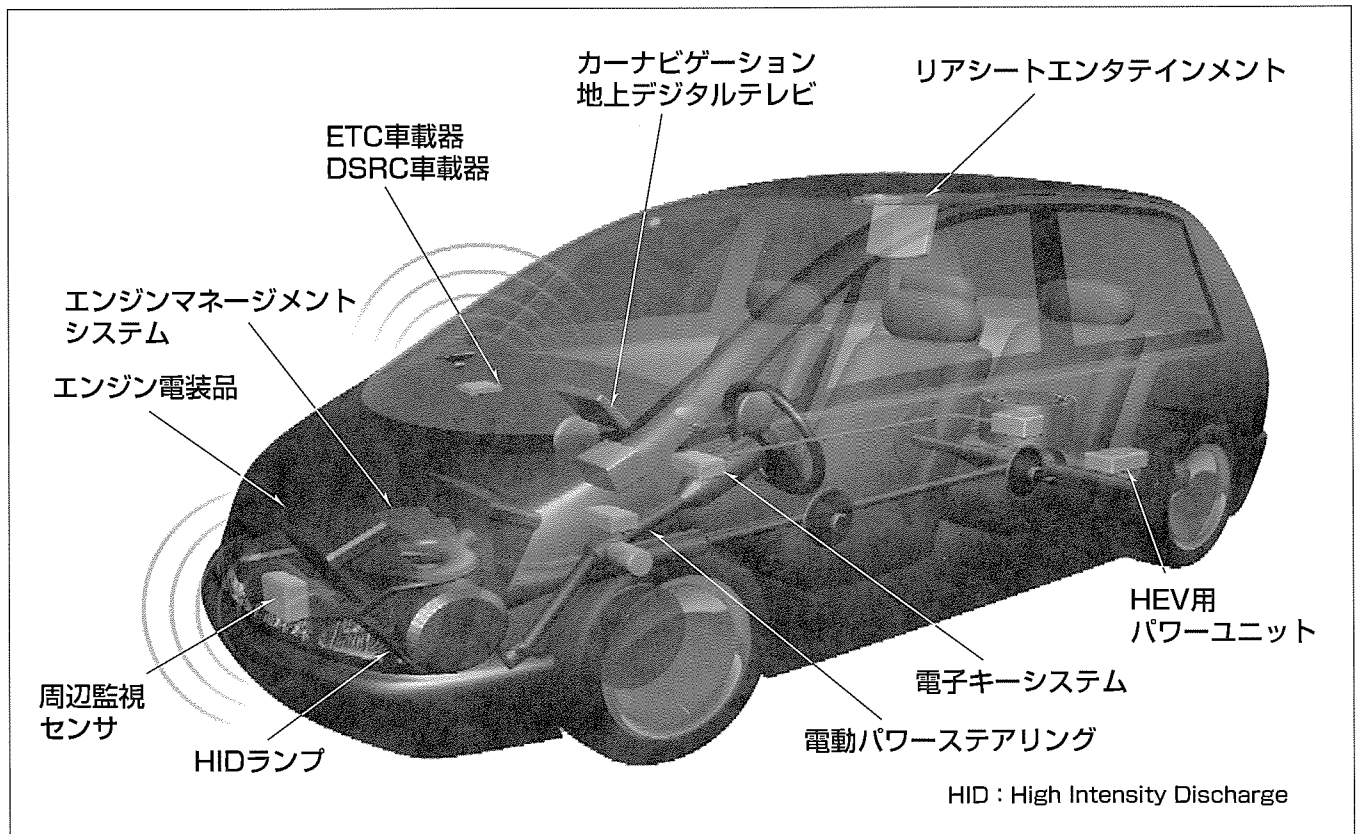
## 要旨

自動車は人々の生活を豊かにする道具として現在の社会では不可欠な存在になってきている。豊かさの追求は留まることなく進んでいくが、一方で地球温暖化への対策や交通事故の大幅な削減といった、自動車の負の遺産に対する問題やエネルギー資源の問題などは明確な将来展望が描かれているわけではない。

ケニアの副環境相であるワンガリ・マータイ氏が2005年に来日したとき、日本には「もったいない」という言葉があることに感銘したことはご存知の方も多と思う。マータイ氏はこれを世界に広めるため「MOTTAINAI」と表し、その意味は“リデュース(消費削減)”“リユース(再利用)”

“リサイクル(資源再利用)”の3つのRを示していると説明している。これはまさに自動車の世界にも通じることといえよう。

前述の大きな問題はこのような草の根的な活動だけでは解決できない問題かもしれないが、幸い自動車産業にかかわる人々は製造業最大ともいわれており、これらの人々が自動車の持続可能な発展のために知恵と力を注げば、自動車による豊かな生活が世代を超えて継続していけるものと確信している。三菱電機はそのために先進技術を結集して革新的な製品作りに取り組んでいる。



## 新時代のカーライフを実現する先進技術

当社は、“環境”“安全”“情報・エンタテインメント”の各分野で先進技術を駆使して新時代のカーライフ実現を目指している。

## 1. ま え が き

自動車はドア・トゥ・ドアの便利な乗り物であり、経済面で許されるなら誰もが欲する乗り物である。BRICs (Brazil, Russia, India, Chinaの頭文字を合わせた4か国の総称)をはじめとする新興国では経済発展のレベルに応じた価格の自動車が求められている。そして自動車の生産・販売の増加によって経済発展のレベルが向上していくという循環が繰り返される。一方でかつてこのような道を歩んできた先進国では、現在は自動車の負の遺産に対しての取り組みが深刻な問題ととらえられ、特に環境汚染、地球温暖化防止などは地球的な規模で足並みをそろえた対応が必要と考えられている。

これに対して新興国では地球環境の維持の必要性は理解するものの、その前に自国の経済発展が国民の緊急の要望であるため、先進国の取り組みとは足並みがそろいにくいという事情がある。

こうした状況を鑑(かんが)みて日本をはじめとする先進国のなすべきことは、各国の事情も踏まえた最善の策を見つけて実行していくことである。具体的には環境汚染、地球温暖化防止、渋滞、交通事故防止などに対する技術開発を促進して、それを早期に実用化し普及させることで廉価な技術とし、新興国にできるだけ早く供与することである。地球規模で人々が豊かさを共有しつつ地球にやさしい環境作りに貢献していくことこそが自動車が持続可能なモビリティ(移動)として世の中から支持される要件となる。

## 2. 車社会の将来展望

### 2.1 持続可能なモビリティを目指して

モビリティは人の根源的な欲求であり、中でも自動車は「好きなときに好きな所へ行きたい」という願望を満足させてくれる最も身近で便利な乗り物である。人のモビリティが向上すれば、生活に必要なサービスとともに生活をより快適にするサービスも向上する。すなわちドライブを楽しんだり、通勤の足となったりはもちろんのこと、宅急便などによって遠隔地にしかない新鮮な食品が手に入るなどライフスタイルに対する選択肢が広がるとともに、人々の豊かさを増すことになる。移動距離が伸びることが経済発展につながるという見方もある。

一方で、このモビリティの向上は代償を伴うことを忘れてはならない。環境汚染、地球温暖化、渋滞、交通事故の問題などである。これらの対策がきちんと行われることが自動車の持続可能なモビリティとしての重要な要件と言える。

まず排出ガスによる環境汚染の将来展望としては、日本をはじめ先進国単独ではほぼ削減のめどがついている。この技術が新興国に対して5年以内の遅れの範囲で浸透すれ

ば、新興国も含めた総排出量は削減傾向となるというシミュレーションがなされている。

また、最も気になる地球温暖化については、2030年～2050年で現在のレベルを維持するためにはカーボンニュートラルな水素を使用した燃料電池か、先進バイオ燃料でなければ実現できないとのシミュレーション結果が報告されている<sup>(1)</sup>。これらの技術は現時点で見通しが立っているわけではないので、何らかの大きなブレークスルーがないと達成できないことになる。したがって、今我々がやるべきことは現在見通しの立っている技術の普及促進と改良をしつつブレークスルー技術の開発に取り組むことである。

もう一つの取り組みは自動車単体だけではなく社会システムにかかわる取り組みである。これはカーボンニュートラルでないCO<sub>2</sub>を発生する自動車に対して、その発生量を社会インフラや社会ルールによって削減する方法である。ETC(Electronic Toll Collection)や渋滞情報提供などはその一例といえる。さらに信号情報の提供などのインフラ協調システムによって渋滞や無駄な減速、停止を少なくすることでCO<sub>2</sub>を削減することができる。都市部への自動車の乗り入れを制限したり、さらに公共機関との連携を高めたモーダルシフト社会の実現やカーシェアリングの推進なども、CO<sub>2</sub>削減の観点では有効である。

もっと踏み込んだものとしては都市計画時点でのCO<sub>2</sub>削減案として街そのものがビルになるという構想もある。これらは経済面や人々のライフスタイル自身に大きなインパクトがあるため急激な展開は期待できないかもしれないが、あらゆる可能性を模索し続けることが持続可能なモビリティの実現のために必要な局面にきていると思われる。

### 2.2 よりよい生活を目指して

自動車は人々の生活を豊かにする道具として現在の社会では不可欠な存在になってきている。この豊かさの追求はとどまることなく、また人々のライフスタイルの変化に伴い多様化を極めるものと思われる。これらのニーズを少し系統立てて将来動向を推定してみよう。

まず基本機能である“走る”“止まる”“曲がる”という機能はユーザーにとって現在でもほとんど不満のないレベルにあるが、今後はさらに、“意のままに操る”や“イーゼードライブ”のニーズが高まるとともに画一的なニーズから多様化したニーズに対応したものが求められるようになる。

次に利便性の向上、自動車に乗る楽しさという面では情報通信が変化を牽引していくと予想される。ブロードバンド対応の携帯電話やWiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)によって自動車がネットワークにつながるようになる。これによってカーナビゲーションは車載パソコン化して地図データや地域情報などがリアルタイムで入手できるようになる。また、デジタル放送の普及で自動車の中においても家庭で楽しむのと変わらない快適さ

でテレビやビデオが楽しめるようになる。さらに映像や音楽は車内のコンテンツだけでなくダウンロードして楽しんだり、居住性重視の自動車では各シートごとに乗員がコンテンツを選択して楽しむことができるようになる<sup>(2)</sup>。これらの技術は、実は個別にはほぼ見通しがあるものばかりであり、普及の時期は安全性への配慮やコンテンツの著作権保護など運用面での検討が鍵を握っている。

次に安全面での予想としては、政府はIT新改革戦略の一つとして「世界一安全な道路交通社会」を掲げ、ITS (Intelligent Transport Systems)の活用によって2012年末の交通事故による死者数5,000人以下を宣言した。これは、従来、自動車単独で安全対策していたものに加えて、道路インフラを協調させた取り組みにまで踏み込んだものである。交通事故による死者数は現在減少傾向にあるので、上記の目標達成は実現される見通しが高いと思われる。しかし一方で死傷者数で見ると毎年100万人を超え、また、これは増加傾向にある。さらに今後の社会環境としては高齢者ドライバーの増加など条件はさらに厳しさを増していく。したがって死傷者数を大幅に減少させる見込みとその達成手段はまだ見通しがたっていないのが実情であるが、交通事故のない社会を目指し、たゆまぬ努力が必要である。

### 3. 技術動向

この章では、“環境”“安全”“情報・エンタテインメント”の切り口で自動車機器技術の動向について述べる。

#### 3.1 環境

##### 3.1.1 環境負荷の削減

自動車にかかわる環境負荷要因としては、人体に有害な排出ガスや地球温暖化を引き起こす温室効果ガス、自動車の部品などに含まれる環境負荷物質などがある。このうち排出ガスについては年次を追うごとに厳しい排出ガス規制が出されてきたが、たゆまぬ技術革新によってほぼ対応のめどがきつつある。また、自動車用部品に含まれる環境負荷物質(鉛、水銀、カドミウム、六価クロム)の原則使用禁止という取り組みも着実に削減が進められている。

これに対して地球温暖化要因である温室効果ガス(CO<sub>2</sub>)の削減については、現状ではむしろ増加傾向が続いている。これは自動車の要因のみではなく、運輸、建築、産業などいろいろな分野の集合した要因であり、わが国では2005年の京都議定書発効時に2012年までの取り組みと2010年における目標として、1990年度比で6%の削減が法的拘束力のある約束として定められた。しかし2005年ではすでに1990年度に対して8%増加していたので実質的には14%の削減が必要であり、この目標達成の厳しさがうかがえる。このうち自動車での削減は燃費改善で2,100万t(トン)-CO<sub>2</sub>削減、クリーンエネルギー自動車の普及で300万t-CO<sub>2</sub>削減などが割り付けられており、燃費改善で運輸部門全体の約

4割の削減目標となっている<sup>(3)</sup>。また、2007年5月にはバンコクで政府間パネルが開催され、2013年以降の取り組みについて協議された。そして2030年までにCO<sub>2</sub>を現在の排出量以下に抑える施策について報告をまとめ採択された。

京都議定書のときもそうであったように、地球温暖化防止が必要というのは各国共通認識ではあるが、新興国にとっては経済発展そのものの抑止につながる懸念から先進国と新興国との足並みは具体論ではなかなかそろわないのが実情である。CO<sub>2</sub>削減は化石燃料では燃費改善とも同義語である。燃費改善に対する当社の取り組みは、自動車用部品すべてに対して小型・軽量・効率化の継続的な取り組みを行うことによって燃費改善を図るとともに、電動パワーステアリング(Electric Power Steering:EPS)のような電動化製品や制御システムの改善などでの燃費向上に取り組んでいる。また、クリーンエネルギー自動車対応としてはHEV(Hybrid Electric Vehicle)、EV(Electric Vehicle)車用の制御機器や燃料多様化に対する製品の改良などにも取り組んでいる。

##### 3.1.2 資源エネルギー

現在主流のガソリン車、ディーゼル車などは化石燃料をエネルギー源としているので、いずれ枯渇することは間違いない。この貴重なエネルギーをできるだけ節約して使う省燃費技術の開発と化石燃料に頼らない代替エネルギーの開発との両面での取り組みについて述べる。

省燃費に対する取り組みはCO<sub>2</sub>の削減にもつながり、前項で取り組みについて述べたので、ここでは代替エネルギーについて述べる。現在検討されているもので有力なものとしては、電力とバイオ燃料とがある。電力は原子力発電などによって得られた電気をリチウム電池などに蓄えて走る電気自動車や、ボンベに搭載された水素を燃料電池で電気に換えて走る電気自動車に適用される。バイオ燃料は光合成で育つ有機物から得られたアルコール燃料などで、これは内燃機関に適用できる。前者の電力は原子力発電の安全性の問題や、化石資源に頼らない水素の精製方法の問題とコスト、また、後者は世界市場でみたときの供給能力の問題などがあり、実用化に向けたロードマップはなかなか描けない。したがってこれらの代替エネルギー候補もまずは化石燃料の消費を抑えるための補完的な位置付けで実用化を進め、並行してブレークスルー技術の開発を進めることが必要と思われる。

#### 3.2 安全

2006年の交通事故による死者は6,352人となり、ほぼ半世紀ぶりに6千人台前半となった。最近の5年間は毎年500人規模で減少しており、安全機器の普及による効果が顕著になっている。エアバッグやABS(Anti-skid Brake System)はほとんどの自動車に標準装備となり、衝突時の乗員保護や制動力の安定に大きく貢献している。しかしな

がら交通事故発生件数、負傷者数に関しては依然高い水準を維持しており、自動車メーカーや電装品メーカーは引き続き自動車の安全性向上のため、より一層の努力が必要である。そのため、今後はこれらの衝突安全機器に加えて事故を未然に防ぐ予防安全機器の開発と普及が進むと考えられている。

予防安全技術として現在最も普及しているのは自動車の緊急回避性能を向上させる装置であるESC (Electronic Stability Control system) であり、欧州から普及が始まり国内でも装着車種が増えてきている。また、米国では装着義務化の動きもあり、ESCは今後ますます普及していくと予想される。また、最近ではEPSの搭載率が上がってきており、このEPSを使ってカーブ走行時などのステアリング性能を向上させて事故を未然に防ぐアクティブステア技術の導入が始まっている。カーブ突入時ついうっかり速度が出すぎていたり、路面が濡れていたりすると自動車が走行車線をはみ出しそうになった経験はないだろうか。あるいは急な横風によってハンドルをとられヒヤリとしたことはないだろうか。このようなときにEPSによるアクティブステアがあるとこうした事故の芽が予防できる。

ESCなどのブレーキ制御、EPSによるステアリング制御、エンジンや駆動系の制御など、これらは従来それぞれ独立して性能を出していたが、最近では車載LAN (Local Area Network) を通じて連携して動作するものが増えてきた。これは車両統合制御と呼ばれ、これからも連携強化が進むと考える。しかしながら、現在はエンジン、ブレーキ、ステアリングなどの技術は自動車メーカーや自動車部品メーカーが今まで独自の技術、ノウハウによって構築してきた部分が多く、今後の課題はこれらを踏まえた上で競争領域、非競争領域を区分して非競争領域での標準化を促進することである。車載LANやプラットフォームなどの仕様の標準化への取り組みとして日本ではJasPar (Japan Automotive Software Platform and Architecture)、欧州ではAUTSAR (Automotive Open System Architecture) などのコンソーシアムによる標準化が始まっている。

最近注目されているもう一つの技術として“ぶつからない車”“ぶつかっても被害を軽減する車”というキャッチコピーで知られる技術がある。これはレーダを使った衝突防止・衝突被害軽減システムであるプリクラッシュセーフティシステムと呼ばれる技術である。このシステムは当初は高級車から搭載され始めたが、現在は一部の大衆車にも装着されるようになってきている。また、脇見運転や居眠り運転を防止するためにドライバーの運転状態を監視して警報などの注意喚起や、一部自動車の制御にまで踏み込んだ技術も販売車両に搭載されている。

今後の動向としては、乗員の被害軽減の視点からさらに踏み込み、歩行者などが被害に遭わないための加害軽減技

術の開発と実用化が進むことになる。また、別の視点からは今までの自動車単独での安全技術から道路を含めたインフラ協調 (DSRC : Dedicated Short Range Communication) による情報通信などによる安全対策や歩行者が持つ携帯電話などの情報通信による歩行者検出による事故回避など、安全対策技術は多様化とともに社会的な取り組みが必要と考えられる。また、このような取り組みは日本独自というのではなく、各国の協調が必要になるので国際標準化が大きな課題となる。

### 3.3 情報・エンタテインメント

自動車はもはや単なる移動手段や運搬手段にとどまらず、ドライバーや乗員が車内で快適に、また便利であることが不可欠となってきた。そのために種々の情報機器が自動車に搭載されるようになり、現在ではそれらが単独の機器として働くことから次第に連携を深めている段階であり、将来は車載情報システムと呼べるものに進化していくと考えられている。この車載情報システムの核となるのがカーナビゲーションシステム (以下、“カーナビゲーション”という) である。カーナビゲーションは2006年に国内出荷台数が401万台となり、累計では2,430万台を超える順調な伸びを示している。本来の機能である現在地を知らせたり目的地への経路誘導の機能に加えて、最近ではHDD (Hard Disc Drive) タイプが過半数となり、音楽データをHDDに格納したカーAV (Audio Visual) との一体化も進行している。

また、車載用の地上デジタル放送受信機の発売が相次ぐ中で、これと連携できるものやワンセグテレビ内蔵タイプも出現している。連携機器としてはこのほかに駐車支援用の車載カメラやハンズフリー機能を持つ携帯電話などもあげられる。このようにいろいろな機器との連携やインテグレーションが進むことによって、カーナビゲーションの操作マニュアルは分厚いものとなり、ユーザーにとっては使いにくくなる。

以上のことから操作性の改善・改良はこれらの情報機器の進化にとって大きな課題となる。カーナビゲーションの操作手段はボタン操作、つまみ操作などのほかにタッチパネルや音声認識による操作などがあり、種々の情報系機器の選択やメニュー選択を的確に行うだけでなく、走行中と停車時とで操作系を分けることで走行中の安全性を高めるなど、考慮すべき点は非常に多い。当社はこれらの操作系を含めたHMI (Human/Machine Interface) について研究所を中心に専門的に先進技術開発を行っている。

カーナビゲーションの進化でもう一つのキーワードが“テレマティクス”である。現在複数のテレマティクスサービスが行われているが、当初はサービス料や通信料に見合うキラーコンテンツがなく、なかなか利用が進まなかった。精度の高い渋滞情報の提供や緊急時の対応相談など、ユー

ザーの強いニーズを取り入れていくことによって今後普及拡大が予想される。

以上、カーナビゲーションが車載情報システムへと進化していくことを示したが、最近では簡易型のカーナビゲーション(Personal Navigation Device : PND)が登場し、世界市場で急増している。これは単機能だが低価格がセールスポイントで、ユーザーの選択肢が増えてきている。このように車載情報システムは確実に進化していくが形態は多様化していくと考えるべきかも知れない。

車載情報通信機器は2000年からサービスが始まったETCが現在普及期を迎えている。高速道路の料金所をノンストップで通過することは料金所での渋滞のいらら感から開放される嬉(うれ)しさだけでなく、排出ガスやCO<sub>2</sub>削減といった環境面でも有意義なシステムである。またETCで用いられている双方向狭域通信技術(DSRC)は、今後道路などに取り付けられたアンテナから道路を走行する自動車への安全情報の提供や、交差点での右左折時に対向

車や巻き込みによる事故防止のための情報提供などの利用について、現在官民共同で開発検討を行っている。

## 4. む す び

自動車機器技術の動向と将来展望について“環境”“安全”“情報・エンタテインメント”の切り口で述べた。社会動向やライフスタイルが変化しても自動車が便利で楽しい乗り物であり続けるため、当社の持つ先進技術を結集して革新的な製品作りをしていく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 笹之内雅幸, ほか: サステナブルモビリティに向けて, 自動車技術, **61**, No.3, 5~8 (2007)
- (2) 田中 栄, ほか: 未来予測レポートデジタル産業 2007-2020, 日経BP社
- (3) 熊高宏之, ほか: 自動車と環境, 自動車技術, **60**, No.8, 17~20 (2006)



# 新世代(9G)オルタネータ

宮地若木\*  
中尾乾次\*  
大橋篤志\*

## New Generation(9G) Alternator

Wakaki Miyaji, Kenji Nakao, Atsushi Oohashi

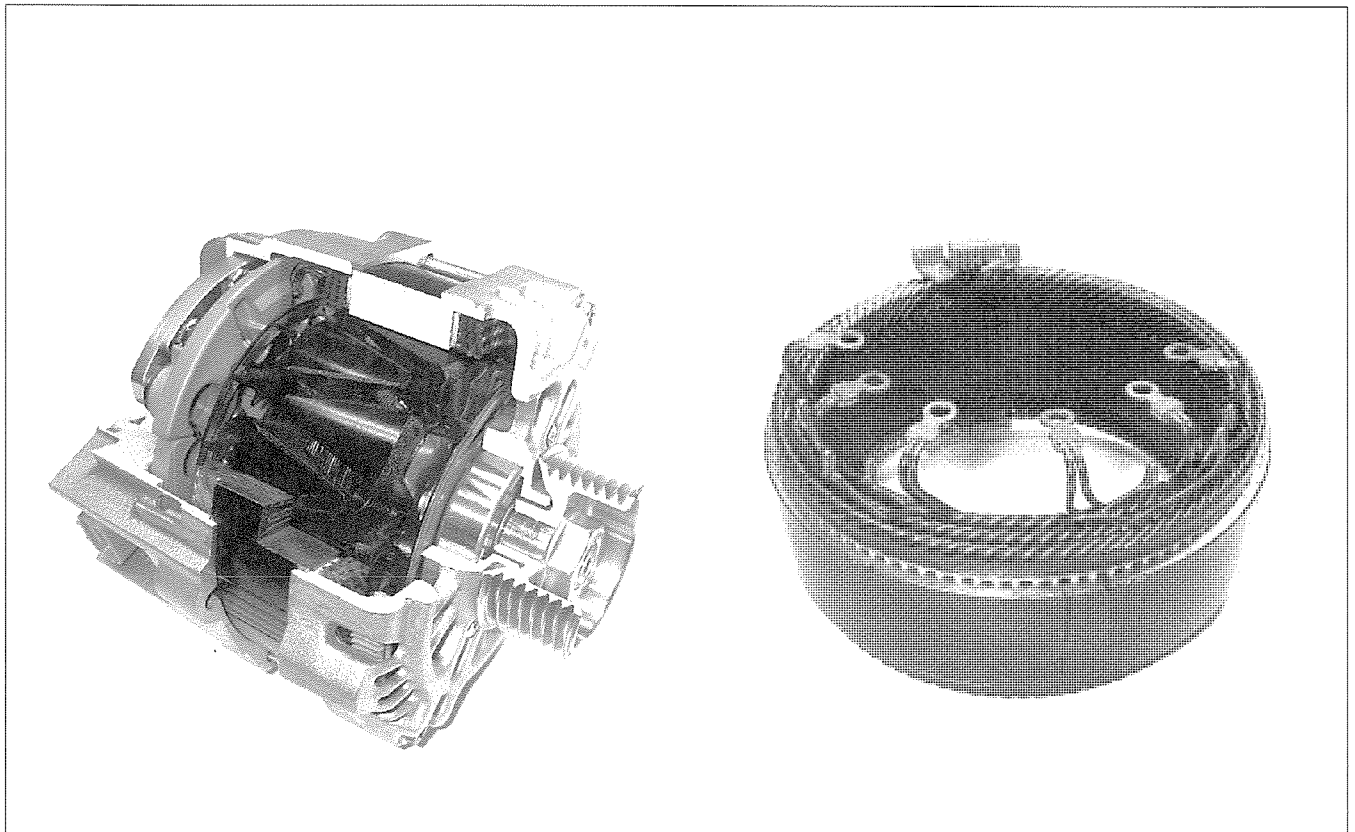
### 要旨

“環境”“安全・セキュリティ”“情報・エンタテインメント”などの市場ニーズによって、車載電気電子機器の搭載がますます加速している。特に“環境”に関しては、わが国を含む先進諸国が京都議定書を批准し、地球温暖化防止に向けてCO<sub>2</sub>排出量削減に取り組んでおり、自動車の燃費規制強化は世界的な動きになっている。

燃費改善策として、エンジンへの負荷を軽減するために、電動パワーステアリングに代表されるような大型の電気機器が新たに車両に搭載されるようになり、自動車の電気負荷が増大している。

これに伴い、車載用オルタネータへの高出力化の要求が高まっている。一方で、オルタネータ自身もエンジンによって駆動されるため、発電時の駆動トルク低減も求められている。すなわち、高発電効率で高出力を実現するオルタネータへのニーズが高まっている。

三菱電機は、これらの要求に対応するため、従来の製法では限界に達していたステータ巻線の占積率を画期的な製造方法によって改善し、静粛性を損ねることなくさらに出力、効率向上を実現した新世代(9G)オルタネータを開発した。



### 新世代(9G)オルタネータ

増大する電気負荷に対応するため、オルタネータの高出力化が進んでおり、これを高発電効率、小型・軽量、低騒音で実現し得る技術が求められている。図はこれらの要求を実現した当社の最新開発機種9Gオルタネータ及びそのステータである。

1. ま え が き

自動車用オルタネータは一般にエンジンでベルト駆動されながら交流発電し、内蔵する整流器で直流変換の後に、車両に搭載されている電気負荷への電力供給とバッテリー充電を行うものである。近年、自動車のエレクトロニクス化に伴い電気負荷は増大の一途をたどっているが、その背景には“環境”“安全・セキュリティ”“情報・エンタテインメント”などの市場ニーズがある。

特に“環境”については、1997年に京都で開催された地球温暖化防止京都会議(COP3)で採択された“京都議定書”が先進国の温室効果ガス排出量に対して法的拘束力のある削減目標を定めたことを機に、CO<sub>2</sub>排出量削減のための自動車の燃費規制強化は世界的な動きとなっている<sup>(1)</sup>。これらの規制をクリアするための燃費改善策として、直接的にも間接的にも車両の電気負荷が加速的に増大する傾向にあり、オルタネータへの技術要件は複雑化する傾向にある。

本稿では、上記の動向に対応するために開発した新世代(9G)オルタネータの特長と概要について述べる。

2. オルタネータに要求される課題

近年のオルタネータへの技術要件は以下のとおりである。これらの互いにトレードオフの関係にある課題を同時に解決することが要求される。

(1) 電気負荷増大による高出力化

燃費向上を目的に、機械系のエンジン補機が電動化されており、図1に示すようにオルタネータへの出力要求は2015年までに30A上昇することが予想される。

(2) 高発電効率

機械系エンジン補機を電動化しても、オルタネータの発電効率が低ければ高出力化によって駆動トルクが大きくなり、補機の電動化のメリットを帳消しにしてしまう。

(3) 小型・軽量化

車両軽量化への貢献、エンジンルーム内の省スペース化

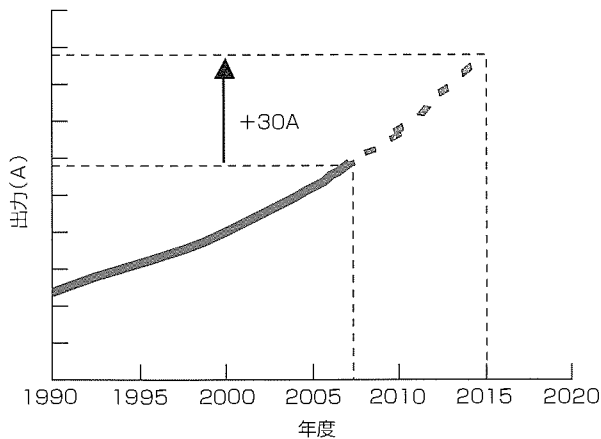


図1. オルタネータの出力要求トレンド

への対応から、オルタネータを大型化することなく高出力を達成しなければならない。

(4) 静粛性

車の商品性向上のため、エンジン部品の静粛性は厳しく要求される。このため、オルタネータが高出力化する際に一般的に大きくなる傾向にある発電ノイズについても、低減していくことが求められる。

3. 新世代(9G)オルタネータの技術的な特長

3.1 新世代(9G)オルタネータの概要

当社は前述の課題に対して、ステータの占積率の改善と高出力化に伴う冷却性と騒音の改善に同時に取り組むことによってこれらをクリアし、新世代(9G)オルタネータを完成した。以下にその技術内容を述べる。

- 出力電流：54%増加(対従来機種6GA比)(図2)
- 発電効率：12%向上(対従来機種6GA比)(図3)
- 電磁音：10dB低減(対従来機種6GA比)(図4)

3.2 ステータ占積率の向上

オルタネータの発電効率に最も影響するのはステータの銅損であり、従来機種6GAシリーズでは20℃JIS熱時の条件下で全体の損失の約67%を占める(図5)。

ステータ銅損の低減にはステータ巻線スペースをできるだけ有効利用してコイル断面積を大きくする、すなわち占

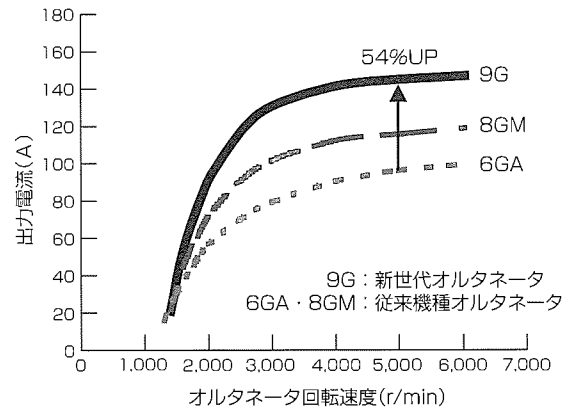


図2. 出力電流

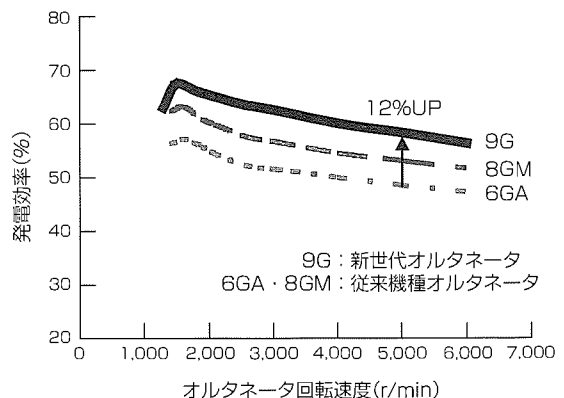


図3. 発電効率

積率(Σ銅線断面積/ステータ巻線スペース)を大きくすることが有効である。この例として当社では、従来機種6GAに対してステータスロット内の銅線部分のみをフォーミングすることで占積率を向上する8GMオルタネータを開発し、量産化している。

しかしこれらの従来機は図6に示すように製造過程で銅線をステータコアに軸方向から挿入する必要があるため、占積率の向上には限界があった。

一方、当社では1993年から通称“ポキポキモータ”と呼ぶステータ構造を考案し、情報機器、FA機器、家電機器、自動車機器、昇降機などの分野で活用してきたが、これは

生産性を損なわずに占積率を向上させる当社独自の技術である<sup>(2)</sup>。

そこで、従来機種8GMの技術(スロット内銅線の部分フォーミング)と、ポキポキモータを応用した工法とを融合した新しいステータ製造方法を考案した。従来、円環状だったステータコアを平らな带状とし、別途带状に連続巻線してフォーミングを完了したコイル群をこれにスロット開口部方向から挿入する方法である(図7)。この工法の採用によって、ステータ巻線の占積率を飛躍的に向上させるとともに(図8)、コイルエンドの高さを低くすることでステータの抵抗を大幅に小さくすることに成功した。

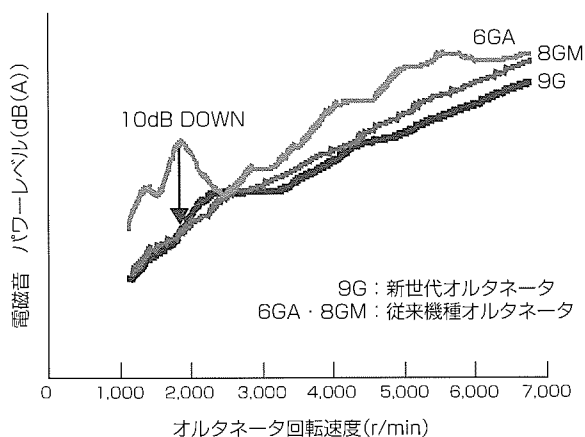


図4. 電磁音

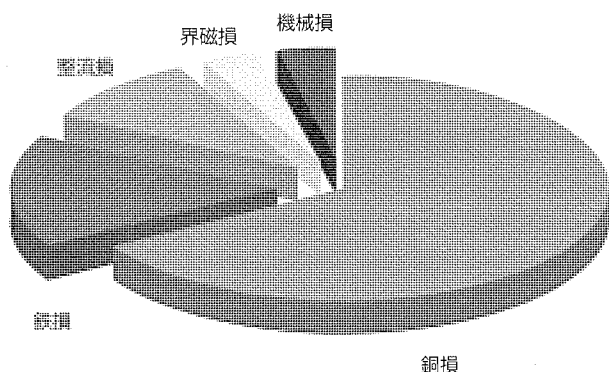


図5. 損失内訳

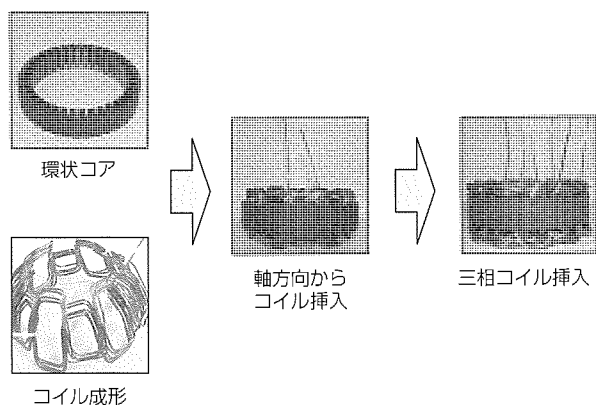


図6. 従来ステータの製造方法

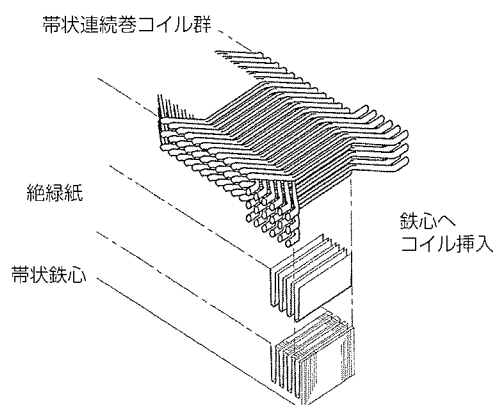


図7. 9Gステータの製造方法

	従来機種		新世代機種
	6GA	8GM	9G
外観			
スロット断面	 占積率60%	 占積率72%	 占積率85%

図8. ステータ構成比較

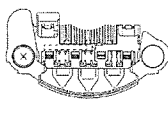
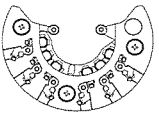
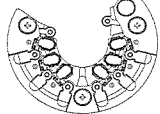
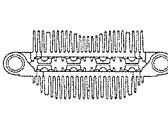

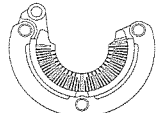
	従来機種		新世代機種
	6GA	8GM	9G
外観	 対向形	 馬蹄形	 馬蹄形，構成角拡大
ヒートシンク		 表面積拡大	 更に表面積拡大

図9. 整流器形状比較

### 3.3 冷却性能向上

オルタネータの大きさを変えずに高出力化を図ると、構成部品の温度上昇につながる。部品の耐熱グレードアップは材料コストに影響するため、可能な限り冷却性能の改善でこれに対処することが望ましい。9Gオルタネータ開発に盛り込んだ冷却性能改善の中から、整流器のヒートシンク冷却性能改善とブラケット放熱性能改善の事例を図9、図10に示す。

### 3.4 電磁音低減

自動車用オルタネータに一般的に用いられている三相交流の場合、ロータの主磁束が入れ替わる周波数(=ロータ回転周波数×ロータ磁極対数)の6倍の周波数(6f)の磁気吸引力がステータとロータ間に作用し、ステータに同周波数の定常振動が発生することが知られている。この6f吸引力を打ち消すためには、電気角で30°の位相差を持たせた三相を2個組み合わせればよいことが知られている<sup>(3)</sup>。しかしながら、この方法では12fの周波数で発生する定常振動に対しては効果がないことから、当社は6fと12fの両方をバランス良く低減する最適位相差を設定する方法を考案した。その概要を図11に示す。

## 4. む す び

本稿では、占積率を飛躍的に向上するステータ製造技術、熱流体解析を用いた冷却設計技術、発電時の電磁音最適化技術について述べた。これらの技術の適用によって、高出

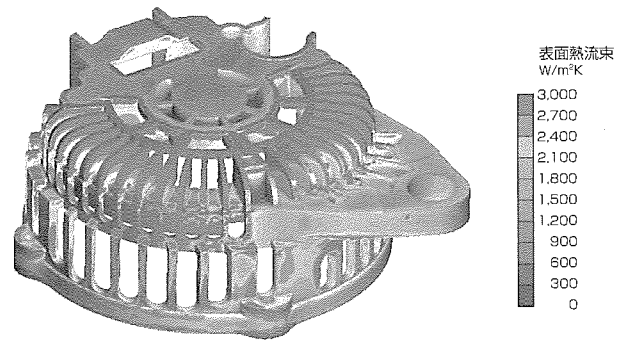


図10. 熱流体解析事例

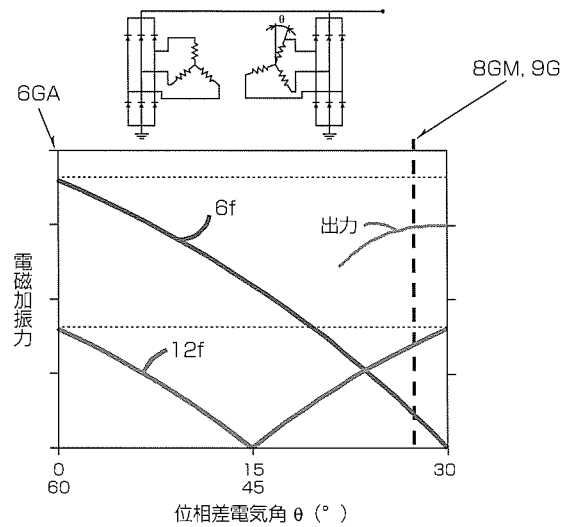


図11. 最適位相差電気角

力・高効率、小型・軽量、低騒音を達成するオルタネータを開発することができた。今後もさらなる高出力化、高効率化のための技術開発を行っていく。

この新世代(9G)オルタネータの開発にあたっては、当社の生産技術センターと先端技術総合研究所の支援と協力を得たことを付け加える。

### 参考文献

- (1) 環境省ホームページ(報道発表資料)データ，URL (<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop.html>)
- (2) 三宅展明：最新のモータ製造技術，三菱電機技報，76，No.6，426～430 (2002)
- (3) 辻 義克：公開特許公報 昭54-39805号

# HEV用第二世代IPU

蔵本祐司\*  
石井隆一\*  
福 優\*

## 2nd Generation IPU for HEV

Yuji Kuramoto, Ryuichi Ishii, Masaru Fuku

### 要 旨

近年、地球規模での環境負荷低減の要求が高まっている中、燃費改善と排出ガスに含まれる有害物質低減の両立をねらった車両として、ハイブリッド電気自動車(Hybrid Electric Vehicle: HEV)が、次世代のパワートレイン技術として注目を集めている。

三菱電機は、2001年に世界に先駆けてパワーモジュールと駆動回路、保護回路及び通信回路を一体化し、小型・軽量・低コスト・高機能をコンセプトとしたまったく新しいインバータ装置である第一世代IPU(Integrated intelligent Power drive Unit: 1G-IPU)を量産化した。

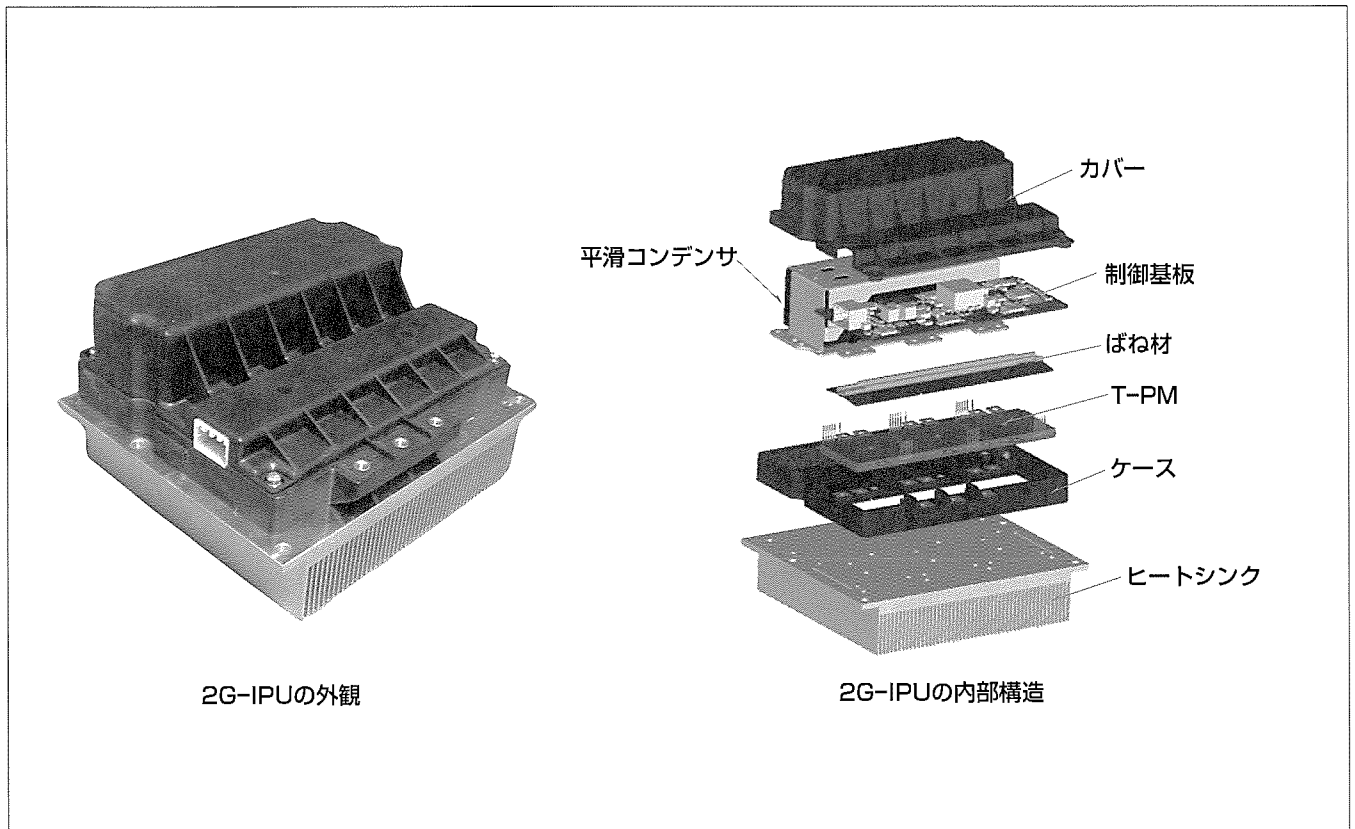
一方、HEVのさらなる普及のためには、インバータ装置の小型・軽量・低コスト・高性能化を追求する必要がある。

今回開発した第二世代IPU(2G-IPU)は、インバータ装置として重要部品である平滑コンデンサ及びヒートシンクを内蔵し、革新的な技術を採用したパワー半導体モジュールT-PM(Transfer-molded Power Module)を搭載した。

2G-IPUの開発から、以下の効果を確認した。

- 1G-IPUと比較して、70%の小型軽量化
- 寄生インダクタンスの低減による、サージ電圧の低減とスイッチング損失の低減
- 過渡熱抵抗の低減と熱抵抗劣化の抑制

HEV用インバータ装置の小型・軽量・低コスト・高性能化に対して十分なポテンシャルを持ち、今後のHEVの普及に対して貢献できる製品である。



### 第二世代IPU

第一世代IPUと比較して、平滑コンデンサとヒートシンク内蔵に伴う最適構成と、パワー半導体モジュールにT-PMを適用することで、小型・軽量・低コスト・高性能化を達成した。

## 1. ま え が き

近年、地球規模での環境負荷低減の要求が高まっている中、燃費改善と排出ガスに含まれる有害物質低減の両立をねらった車両HEVが、次世代のポワートレイン技術として注目を集めている。

当社は、2001年に世界に先駆けてパワーモジュールと駆動回路、保護回路及び通信回路を一体化し、小型・軽量・低コスト・高機能をコンセプトとしたまったく新しいインバータ装置である第一世代IPU(1G-IPU)を量産化した。

一方、HEVの更なる普及のためには、インバータ装置の小型・軽量・低コスト・高性能化を追求する必要がある。

今回開発した第二世代IPU(2G-IPU)は、インバータ装置として重要部品である平滑コンデンサ及びヒートシンクを内蔵し、革新的なパッケージング技術を採用したパワー半導体モジュールT-PMを搭載した。

本稿では、2G-IPUに適用した構成部品の開発成果を中心に述べる。

## 2. 小型・軽量・低コスト化

### 2.1 2G-IPU全体構成

2G-IPUは、図1に示すように、ヒートシンク、ケース、制御基板、T-PM、ばね材、平滑コンデンサ及びカバーの主要材で構成している。

1G-IPUと比較して、平滑コンデンサ及びヒートシンクを内蔵し、パワー半導体モジュールにT-PMを適用したことが特徴であり、これらの最適構造及び配置を検討開発することで、70%の小型軽量化を達成した。

以下、2G-IPUの開発における主要部品の改善項目及び効果について述べる。

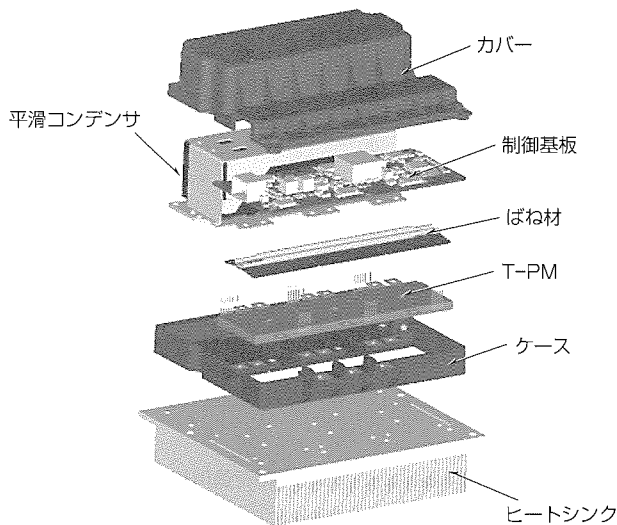


図1. 2G-IPU全体構成

### 2.2 平滑コンデンサ

2G-IPUでは、従来使用していたアルミ電解コンデンサに対して、構造設計自由度大、高寿命及び高リップル電流耐量を確保可能なことを特長とするフィルムコンデンサを適用した。さらに、図2に示すように、各極2端子の丸線リード端子を持つコンデンサセルをプリント基板に多並列実装するとともに、配線パターンを最適化を実施した。

この結果、寄生インダクタンスの低減を実現し、次章で述べる高性能化に寄与するとともに、直材費及び加工費の抑制を図り低コスト化を実現した。

### 2.3 T-PM

1G-IPUは、図3に示すように、金属ベース板上にセラミック回路基板を介し半導体素子をはんだ実装し、モールドケースの端子部へワイヤボンディングで電気接続し、上面をゲル封止する構造であった。

一方、低容量民生産用途分野では、小型・低コストなトランスファーモールドされたパワー半導体モジュールが主流となっている。

2G-IPUで採用したT-PMは、図4に示すように、民生産用途向けトランスファーモールドで確立した技術を踏襲しつつ、高放熱絶縁層の開発によって放熱性能を改善することで大容量用途を可能とした。

### 2.4 ヒートシンク

ヒートシンクは、アルミ押し出し方式を用いることで、

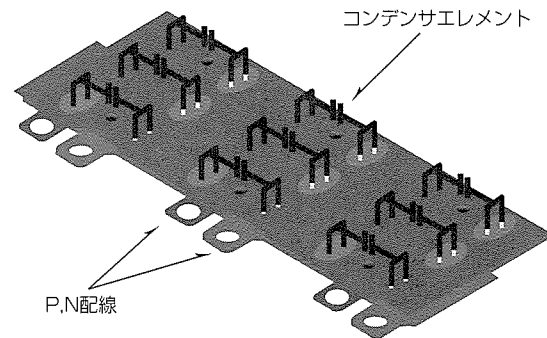


図2. 平滑コンデンサの配線イメージ

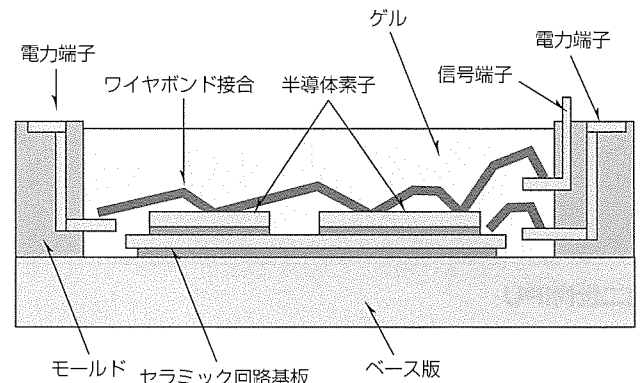


図3. 1G-IPU用パワー半導体のモジュール構造図

材料自身の高熱伝導化を図るとともに、冷却フィン部放熱効果を表すトング比(フィン高さ/フィンピッチ)を高めることで、その他の一般的な加工方法である、ダイキャスト方式及びブレイジング方式と比較して放熱性能の向上を図るとともに、低コスト化を実現した。

### 2.5 T-PMの固定方法

従来、パワー半導体モジュールの固定方法は、その周辺部4点又は6点をねじ締結する方法であった。しかしながら、この方法による固定空間は、機能上デッドスペースであり、インバータ装置の小型化を阻害する要因であった。2G-IPUでは、図5に示すように、T-PMの中央部にねじ締結穴を1点のみ設けることで、不要空間の排除を実施し小型化を実現した。

ねじ締結時に金属製ばね材を介することによって、簡易圧接構造とし、T-PM下放熱グリス層の厚みを1G-IPUの25%とすることができ、放熱性能の向上も実現した。併せて、T-PMから発生する半導体素子のスイッチングノイズに対してシールド効果を得ることで、制御基板上の配線パターンの自由度を向上させるとともに、金属製ばね材中に発生する渦電流によって寄生インダクタンスの低減を実現した。

## 3. 高性能化

前章の構成部材の最適構造及び配置の検討の結果得られた2G-IPUにおける性能向上結果について述べる。

### 3.1 寄生インダクタンスの低減

平滑コンデンサの内蔵化に伴い、1G-IPUでは、パワ

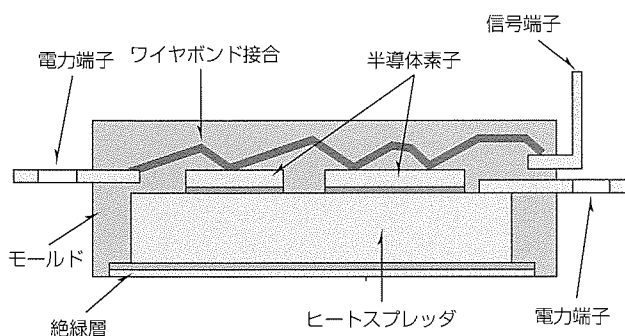


図4. T-PMの構造図

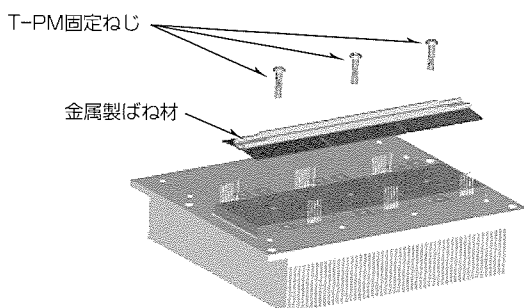


図5. T-PMの固定方法

ー半導体モジュールと外部配置の平滑コンデンサ接続のために必要であった電気配線が不要となり、平滑コンデンサ及び金属製ばね材等の構造検討と併せて、寄生インダクタンスを約50%に低減した。

サージ電圧実測結果を図6に、スイッチング損失実測結果を図7に示す。2G-IPUは1G-IPUと比較して、定格電流遮断時において、サージ電圧を約60%に、スイッチング損失を約70%に低減することができた。

2G-IPUにおける寄生インダクタンスの低減は、以上の効果によって、1G-IPUに対して使用電源電圧範囲の拡大と損失低減が可能となり、さらに今後新規開発されるであろうインバータシステム、ひいては車両システムに対して、非常に有益な設計指針を導いた。

### 3.2 過渡熱抵抗の低減

図3及び図4に示す世代別パワー半導体モジュールの構成から、2G-IPUは1G-IPUに対して過渡熱抵抗が低減できる。

1G-IPUでは、半導体素子で発生した熱量は、構造上熱容量の大半を占めるベース板へ、高熱抵抗であるセラミックス回路基板を経由して蓄熱及び放熱されるため、過渡熱抵抗の低減は困難であった。これに対して、2G-IPUでは、半導体素子直下に構造上熱容量の大半を占める金属製ヒートスプレッドを配置することで、半導体素子で発生

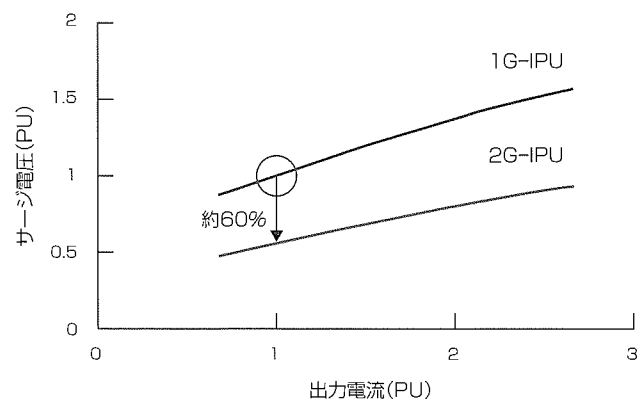


図6. サージ電圧比較

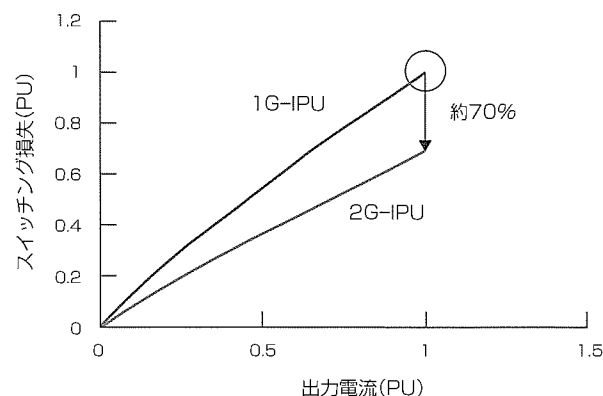


図7. スwitchング損失比較

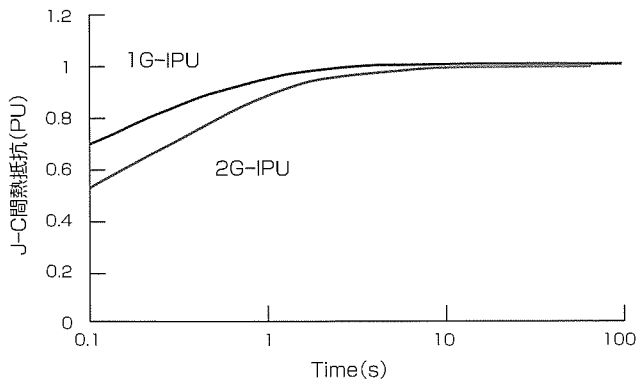


図8. 過渡熱抵抗比較

した熱量が直接蓄熱及び放熱されるため、過渡熱抵抗の低減が可能となった。

図8に、パワー半導体モジュール単体でのジャンクション-ケース(J-C)間の過渡熱抵抗の比較結果を示す。

比較結果から、10秒以下の過渡熱抵抗の低減効果が見られる。この効果は、産業用機器と比較して過渡的な動作を多用する車両システムの放熱設計に有益であることを意味する。

### 3.3 パワー半導体モジュールの高寿命化

2G-IPUで適用したT-PMは、1G-IPUと比較して、冷熱衝撃試験における熱応力による、半導体素子下はんだのクラックが発生し難い構造である。

結果として、図9の冷熱衝撃試験におけるジャンクション-ケース(J-C)間熱抵抗の評価結果に示すように、2G-IPUは、熱抵抗の増加がなく、使用中の放熱特性が安定し、高寿命化を実現できた。

## 4. む す び

2G-IPUの開発において、インバータ装置として重要

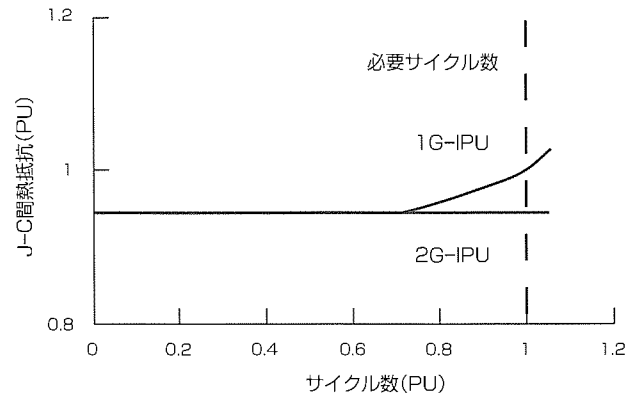


図9. 冷熱衝撃試験における熱抵抗変動比較

部品である平滑コンデンサ及びヒートシンクの内蔵とT-PMの適用を図ると同時に、各構成部材の最適配置及び構造を検討開発することで、以下に示す効果を確認した。

- 1G-IPUと比較して、70%の小型軽量化
- 寄生インダクタンスの低減によるサージ電圧の低減とスイッチング損失の低減
- 定常熱抵抗を1G-IPUと同一性能のまま過渡熱抵抗の低減
- ヒートサイクル性の向上による熱抵抗劣化の抑制

この結果、2G-IPUはHEV用インバータ装置の小型・軽量・低コスト・高性能化に対して十分なポテンシャルを持ち、今後のHEVの普及に対して貢献できる製品である。

## 参 考 文 献

- (1) 赤澤彰則, ほか: トランスミッション内蔵型IPUの開発・量産化, 三菱電機技報, 78, No.9, 569~572 (2004)
- (2) 多田和弘, ほか: パワーモジュール封止技術, 三菱電機技報, 78, No.11, 743~746 (2004)



# トルクベース制御システム

葉狩秀樹\*  
松嶋裕平\*

Torque-based Control System

Hideki Hagari, Yuhei Matsushima

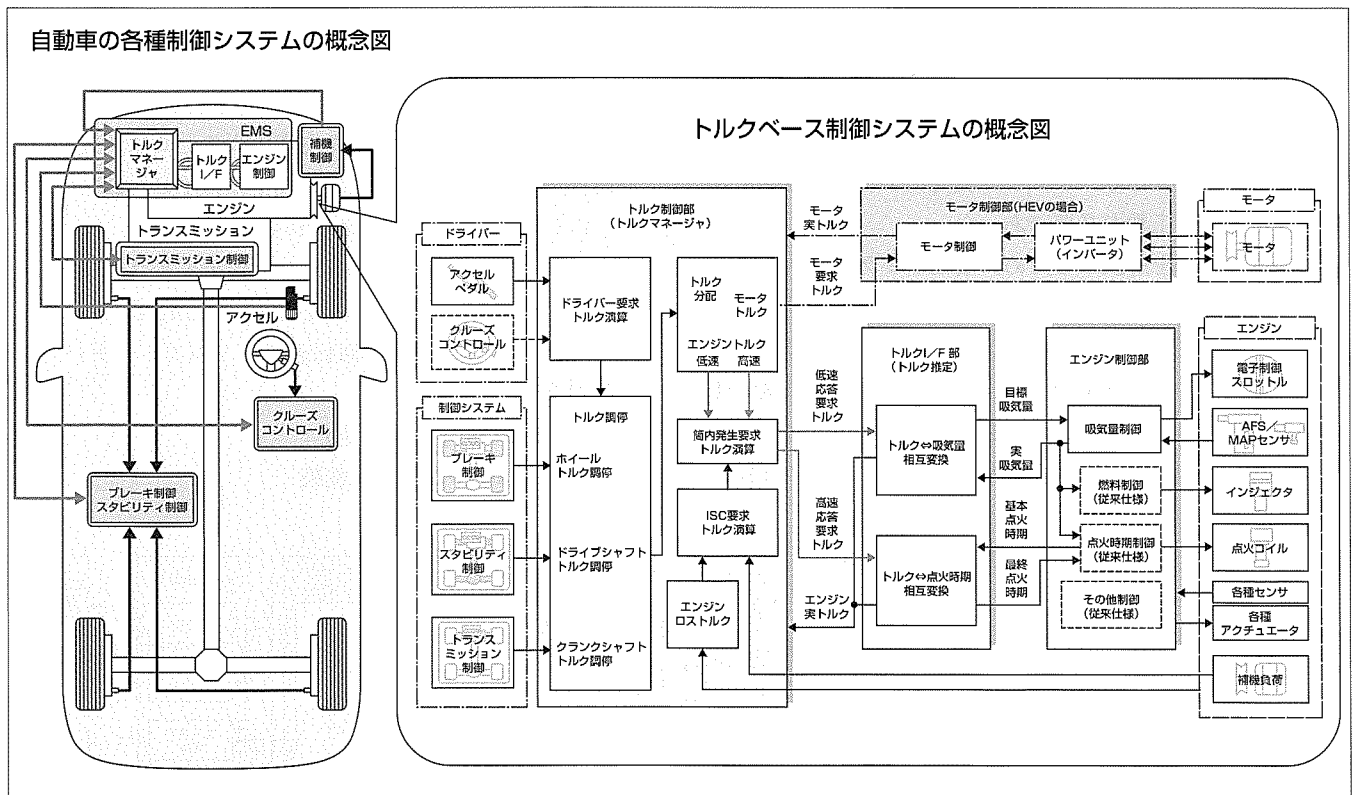
## 要旨

自動車に搭載されている各種制御システム(エンジン制御(Engine Management System:EMS)、トランスミッション制御、ブレーキ制御、スタビリティ制御等)は従来個々に高性能・高機能化が図られているが、さらなる性能の向上(エミッション・燃費・安全性等)のためには、各種制御システム単独ではなく自動車全体での最適化が必要であり、それには各種制御システムとEMSの協調性が重要となる。

従来は各種制御システムからの要求を個別にEMS内の各制御(スロットル制御・点火時期制御)の制御量に変換して協調制御していたので、EMS内の各制御が複雑化しつつあったが、近年では、各種制御システムからEMSへの要求トルクを統括する機能を持ち、一元化されたトルクを指標に各制御を行うEMSが出現している。このトルクを

基準とした制御系をトルクベース制御システムと呼んでおり、これによって協調制御系の最適化、EMSを含む各種制御システムの簡素化・標準化、さらにはHEV(Hybrid Electric Vehicle)や可変バルブリフトなどの次世代高機能システムへの展開が容易となる。

三菱電機でも独自のトルクベース制御システムを構築中であり、その構成は、各種制御システムからの要求トルクを統括(調停・分配)するトルク制御部(トルクマネージャ)、トルクとエンジン制御量を相互変換するトルクインタフェース(Interface:I/F)部、目標エンジン制御量を実現するエンジン制御部の3つの要素からなる。このような構成にすることで、開発目標である高いトルク制御精度・システムの簡素化及び標準化・適合工数削減・ロバスト性向上の達成にめどがたった。



## トルクベース制御システム

ドライバーや各種制御システムからの要求トルクを、トルク制御部(トルクマネージャ)で調停・分配する。続いてトルクマネージャで一元化された要求トルクをトルクI/F部でエンジン制御量(吸気量・点火時期)に変換し、その後、エンジン制御部でその目標エンジン制御量を実現する構成となっている。これによって、高いトルク制御精度の確保、システムの簡素化・標準化が可能となり、適合工数削減やロバスト性向上につなげることができる。

\*姫路製作所

1. ま え が き

自動車に搭載されている各種制御システム(エンジン制御, トランスミッション制御, ブレーキ制御, スタビリティ制御等)は従来個々に高性能・高機能化が図られてきた。これらの性能を最大限に発揮し, 自動車全体としての性能(エミッション・燃費・安全性等)をより向上させるためには, 各種制御システムとEMSの協調性が重要となる。ところが, 従来は各種制御システムからの要求を個別にEMS内の各制御(スロットル制御・点火時期制御)の制御量に変換して協調制御していたので, EMS内の各制御が複雑化しつつあった。

近年, 各種制御システムからEMSへの要求トルクを統括する機能を持ち, トルクを指標に各制御を行うEMSが出現している。このトルクを基準とした制御系をトルクベース制御システムと呼んでおり, これによって協調制御系の最適化, 各種制御システムの簡素化・標準化, さらにはHEVや可変バルブリフトなどの次世代高機能システムへの展開が容易となる。

以下, 当社のトルクベース制御システムの概要と, 要素技術の一つであるトルク推定ロジックの開発について述べる。

2. トルクベース制御システム

2.1 概 要

図1に示すように, 従来のEMSでは各種制御システムからの要求トルクは各制御量(スロットル開度・点火時期等)に変換後, 各制御の中枢部で補正が行われていたため, システムが煩雑になり, システム変更による仕様変更や定数適合に多大な工数が必要であった。

これらの課題を解決するため, 当社トルクベース制御システムでは, 図2に示すように, 従来, 各制御に分散していた上記の補正をトルク制御部(トルクマネージャ)に, 制御システムごとに適合を行っていたトルク⇔各制御量の変換をトルクI/F部にそれぞれ集約し, エンジン制御部にはエンジン制御の基幹部のみを残す構成とした。これによ

って, システムの簡素化・標準化, 適合工数削減を図ることが可能となる。

2.2 制御ブロック

図2を参照しながら, 3つの制御ブロックについて述べる。トルクマネージャは, ドライバーや各種制御システムからの要求トルクの統括(調停・分配)を行い, 一元化された最終要求トルクをトルクI/F部に送る機能を持っている。これによって, 各種制御システムが変更・追加・削除された場合においても, まったくの新規システムでない限り仕様変更や再適合にかかる工数を抑えることができる。

次に, トルクI/F部では, トルク⇔吸気量変換・トルク⇔点火時期変換を行っている。このトルクI/F部がトルクベース制御において最も適合工数がかかる部分であり, 特に次世代の高機能エンジン(成層DI(成層燃焼を行う筒内噴射(Direct Injection))エンジン, HCCI(Homogeneous Charge Compression Ignition)エンジンなど)になると指数関数的に測定・適合工数が増加する懸念がある。この対応策として, 筒内での燃焼状態を推定して出力トルクを算出することで, 最小限の測定・適合工数でトルク⇔吸気量変換・トルク⇔点火時期変換を行う方法を考案した。この詳細は後述する。

エンジン制御部は, 従来のEMSの基幹部であるが, 各種制御システムとの協調は考慮する必要はなく, トルクI/F部からの要求値(目標吸気量・目標点火時期など)と, エンジン回転速度や吸気量などのエンジン運転条件に応じたエンジン制御のみを実施すればよい。制御ロジックの標準化を図ることができる。

これら3つの制御ブロックを構築するために, 従来仕様を改良又は新たに構築した要素技術は以下のとおりである。

- トルク制御部(トルクマネージャ)
  - ・ドライバー, 各種制御システムの要求トルク統括方法
  - ・トルクベースによるISC(Idle Speed Control) (補機負荷トルク算出, 回転速度 F/B(フィードバック)制御等)
- トルクI/F部(トルク推定)
  - ・トルク⇔エンジン制御量変換

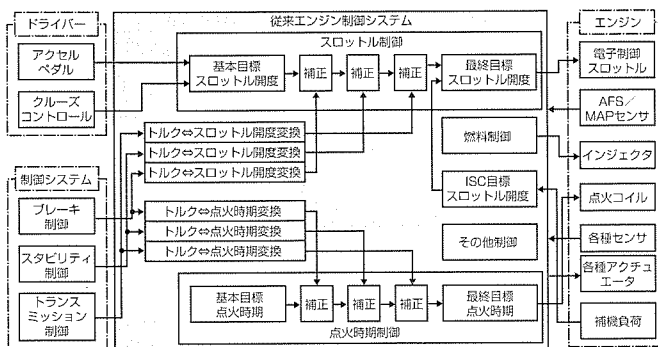


図1. 従来のエンジン制御システムの概要

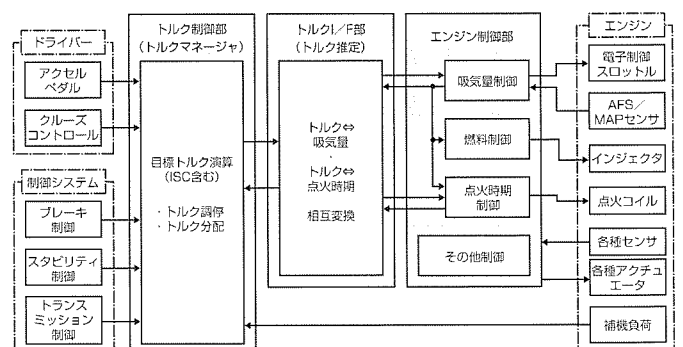


図2. トルクベース制御システムの概要

(トルク⇔吸気量, トルク⇔点火時期)

●エンジン制御部

・目標吸気量を高精度に達成する吸気量制御

2.3 システム構成

図3は、トルクベース制御システムのエンジン制御部の主要コンポーネントを示したシステム構成図であり、電子制御スロットルを採用した従来のAFS(Air Flow Sensor)による吸気量検出方式のシステムとほぼ同等である。ただし、吸気量制御精度向上のため吸気管内圧(Manifold Air Pressure: MAP)センサも使用する。

3. トルク推定ロジックの開発

以下、トルクベース制御システムの要素技術の一つであるトルク推定ロジック(吸気量・点火時期⇒トルク)の開発について述べる。簡易なトルクの推定方法には、エンジン回転速度と吸気量に対する実トルクをマップ化して記憶しておき、実際のエンジン運転条件に応じてそのマップを呼び出す方法が考えられる。また、点火時期に応じた出力トルクの変化は、点火時期と出力トルクの間をマップ化するか、二次曲線近似を用いることで推定できる。

しかしながら、この方法では現在すでに一般的となっているEGR(Exhaust Gas Recirculation)やVVT(Variable Valve Timing)といった燃費・エミッション技術に対応させる場合に、測定すべきデータ数や制御マップ数が膨大になり、また点火リタード限界近傍のような燃焼が悪化する領域では二次曲線近似の精度が低下する可能性がある。さらに、次世代の高機能エンジン(成層DI・HCCI)に対応させるためには、必要データ数は一層増加することが考えられる。

当社でも二次曲線近似方式のトルク推定ロジックは検討しているが、今後の高機能エンジンへの対応に備え、エンジンの燃焼モデルを基に筒内での燃焼状態を推定し、いったん熱効率を算出してから出力トルクへ換算することで、少ないデータ数で精度良くトルクを推定する方法についても検討を進めている。以下、この熱効率推定方式によるトルク推定ロジックの開発について述べる。

3.1 筒内圧シミュレータの構築

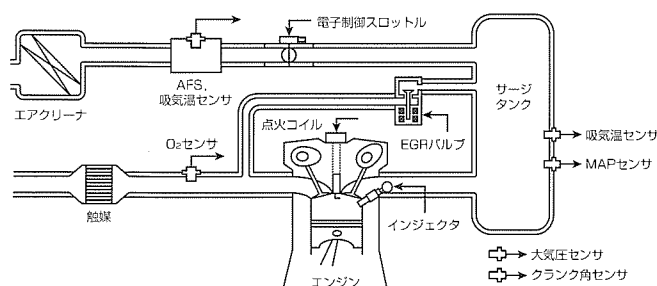


図3. エンジン制御部のシステム構成

トルクを高精度に推定するには、充填(じゅうてん)効率(=吸気量)、空燃比(Air Fuel Ratio: A/F)、点火時期、EGR率と出力トルクの間を明確化する必要があるため、エンジンの物理モデルを基に筒内圧シミュレータを作成して筒内圧解析を行った。この筒内圧シミュレータの概要を以下に示す。

●物理モデル

- ・筒内の作動気体はポリトロブ変化に従う。
- ・熱発生率推定モデルとしてWiebe関数を用いる。
- ・燃焼反応モデルは、炭化水素の燃焼反応式を基に、熱解離、A/F変化、EGR率を考慮したガソリンの燃焼反応式を用いる。

●主な機能

- ・筒内圧測定データ解析: エンジン諸元、運転条件、筒内圧測定値から、着火時期、燃焼期間を算出。
- ・筒内圧推定: エンジン諸元、運転条件、着火時期、燃焼期間から、筒内圧推定値を算出。

筒内圧シミュレータによる筒内圧測定データの解析結果を用い、再度筒内圧推定を行った結果例を図4に示す(筒内圧(Pressure)とシリンダ容積(Volume)の関係図(P-V線図))。このように筒内圧の測定値と推定値がほぼ一致したことから、このシミュレータの有用性が確認できた。

3.2 筒内圧シミュレータによる解析

筒内圧シミュレータを用いて各運転条件(エンジン回転速度、充填効率(Charging Efficiency: Ec)、点火時期、EGR率)の筒内圧測定データを解析・調査したところ、出力トルクに最も影響の大きい要素は充填効率であり、EGR率とA/Fが燃焼時の温度や燃焼前後の空気の組成に影響を及ぼし、実際の燃焼によって圧力変化が起こるタイミングは着火時期と燃焼期間で変化することが分かった。

- 次に、①充填効率、②EGR率・A/F、③着火時期・燃焼期間が変化したときの出力トルクへの影響を調査した。結果の一例を図5、図6に示す。これらの解析を通して、
- (1) P-V線図の形状は、充填効率、EGR率・A/F、着火時期・燃焼期間に影響を受ける。
  - (2) log軸表示のP-V線図の形状は熱効率に強い相関がある。

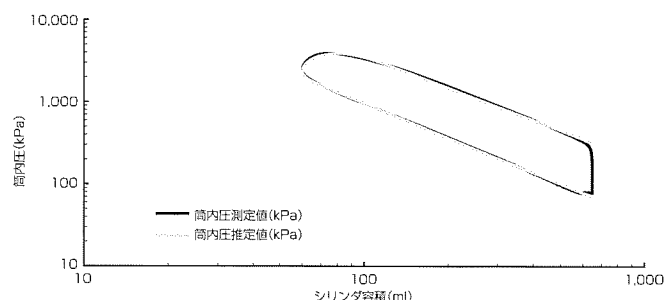


図4. 筒内圧シミュレータによる解析例

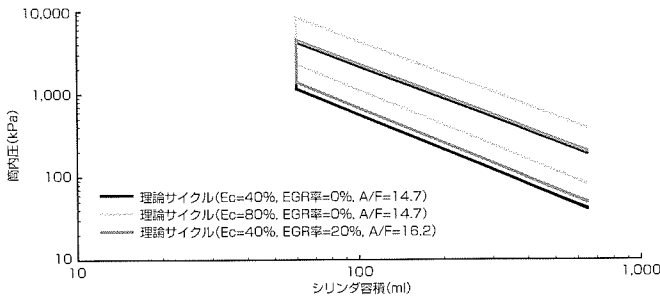


図5. 充填効率, EGR率・A/F変化時の解析例

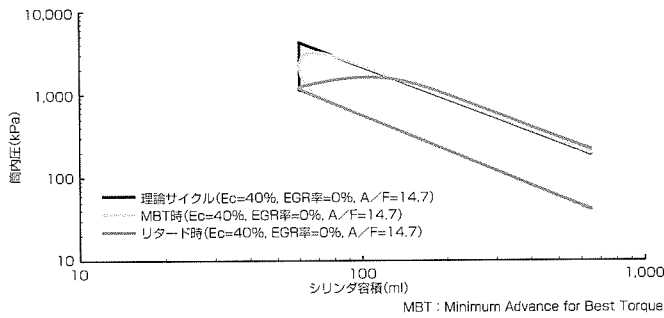


図6. 着火時期, 燃焼期間変化時の解析例

という傾向が得られたことから, ①充填効率, ②EGR率・A/F, ③着火時期・燃焼期間からいったん熱効率を推定し, 熱効率をトルクに変換する方法を考案した。

### 3.3 熱効率・出力トルクの推定

図7に熱効率・出力トルク推定ロジックの概要を示す。このように, 充填効率から計算された基本熱効率に対し, A/F・EGR率及び着火時期・燃焼期間で補正することで熱効率を算出し, 熱効率と発熱量から出力トルクを推定するロジックとした。

### 3.4 着火時期・燃焼期間の推定

上記ロジックで必要な着火時期は, 各運転条件での調査の結果, 点火時期にのみ依存し, また, 比例関係にあったので点火時期と着火時期の関係を一次関数で近似した。

また, 燃焼期間も同様の調査の結果,

- ・EGR導入によって燃焼期間が増加する。
- ・点火リタードに伴い燃焼期間が増加する。
- ・運転条件によっても燃焼期間は変化する。

という関係が得られたので, 運転条件ごとの基本燃焼期間マップに対して, EGR率補正及び着火時期補正を行うことで燃焼期間を算出した。

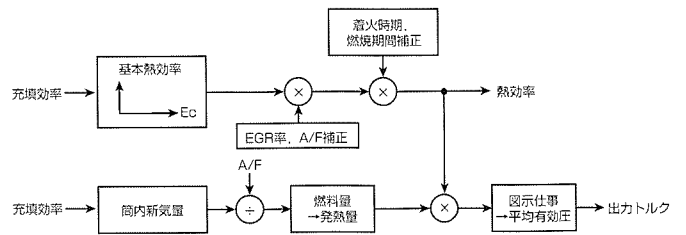


図7. 熱効率・出力トルク推定ロジック

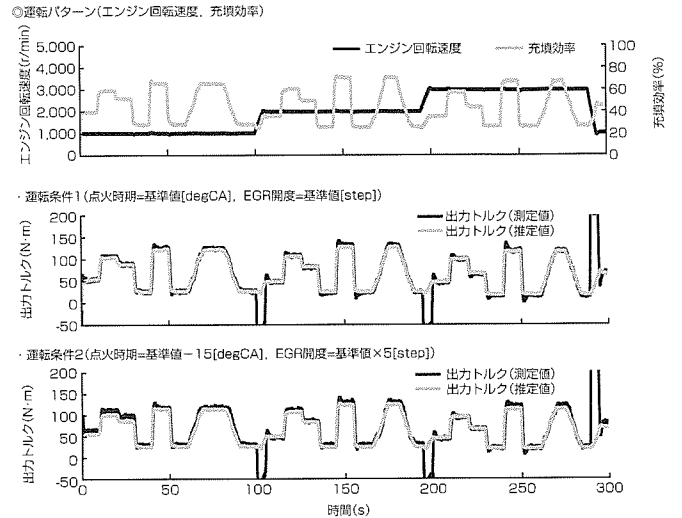


図8. 実機評価結果

### 3.5 評価結果

考案したトルク推定ロジックをEMSに実装して実機評価を行った結果を図8に示す。このように運転条件ごとにおおむね良好な推定精度が得られた(誤差幅: ±5[N・m]程度)。ただし, 運転ポイントによっては誤差が拡大する領域もあるため, 今後改良が必要である。

## 4. むすび

従来, 複雑化しつつあったEMSに対して, トルクベース制御システムの考え方を導入し, 全体的な構成を見直すことで, 協調制御の最適化や次世代システムへの拡張性に優れ, また, 各種制御システムの標準化を促進して適合工数の削減・システムの簡素化に貢献できるトルクベース制御システム開発のめど付けが完了した。

今後は, これまで開発してきたトルクベース制御システムの各要素技術の性能向上を図るとともに, トルクベース制御システム全体の適合方法確立・信頼性評価を実施し, 量産化可能なレベルまでに熟成させていく予定である。

# 特機車両用エンジンマネジメントシステム

関本泰司\*  
入江太津治\*  
奥田浩司\*

## Engine Management System for Recreational Vehicles

Yasuji Sekimoto, Tatsuji Irie, Hiroshi Okuda

### 要 旨

近年、環境問題への関心の高まりから、四輪・二輪エンジンを対象とする排出ガス規制が強化され、従来のキャブレター方式の燃料供給システム(機械式燃料供給装置)から、マイクロコンピュータを用いた電子制御方式によるエンジンマネジメントシステム(燃料制御・点火制御システム)に移行している。

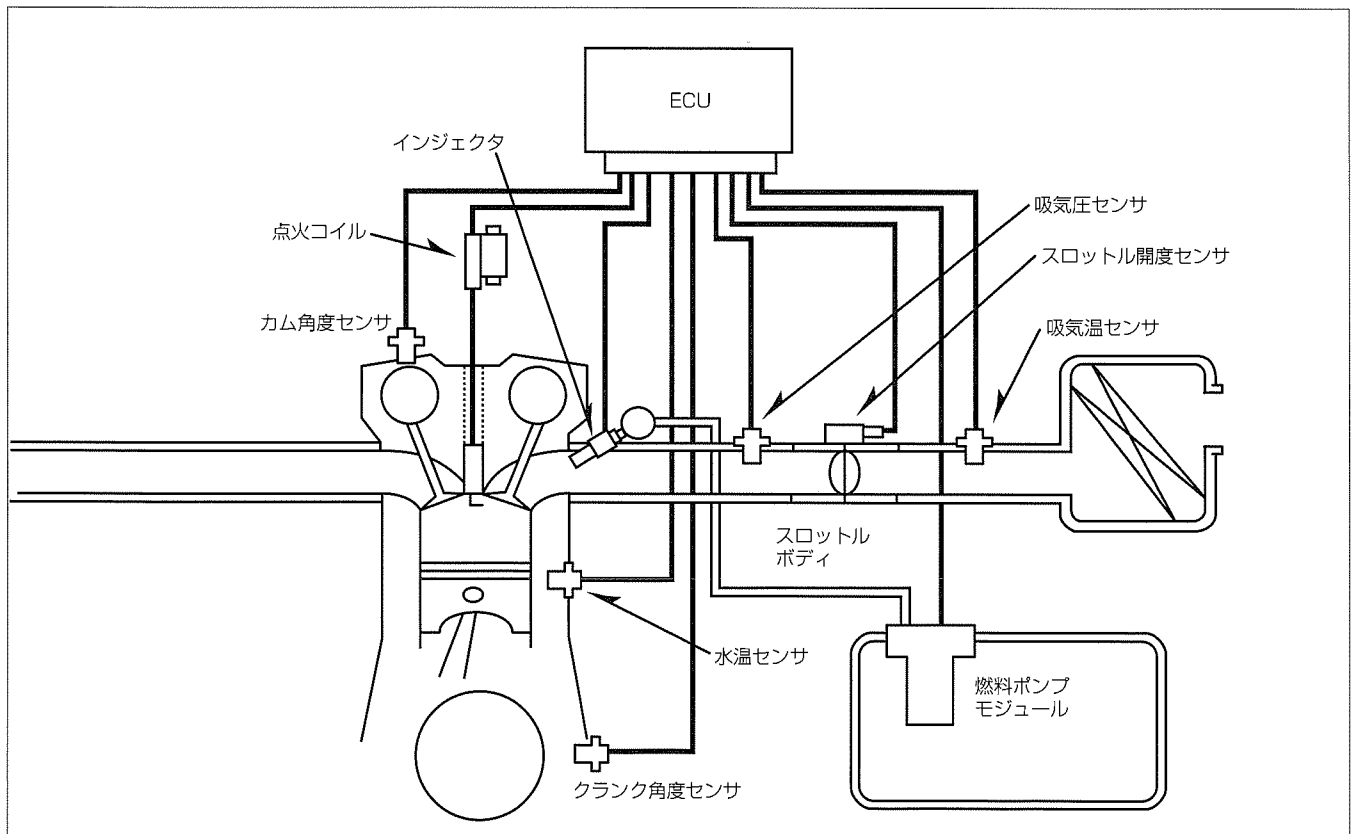
四輪・二輪車以外の特機車両、いわゆる“レクリエーション・ビークル”についても、排出ガス規制が強化されるとともに、始動性やドライバビリティの向上、操作性やメンテナンス性の向上のため、電子制御方式によるエンジンマネジメントシステムへ移行しつつある。

三菱電機のエンジンマネジメントシステムを搭載して

いる“レクリエーション・ビークル用エンジン”としては、小型船舶<sup>(注1)</sup>用の船外機、水上バイク(Personal Water-Craft : PWC)、四輪バギー(All Terrain Vehicle : ATV)、スノーモービル用のエンジンがある。一部は業務用交通手段として使用される実用的な側面と、“楽しむ・遊ぶ”という非日常的・娯乐的な側面の二面性を持つ。

したがって、特機車両用エンジンマネジメントシステムに要求される要件として、排出ガス量・燃料消費量の低減を達成しながら、始動性やドライバビリティの向上、操作性やメンテナンス性の向上の両立が重要である。

(注1) プレジャーボートやフィッシングボートなどの40フィート以下の小型艇



### 特機車両用エンジンマネジメントシステム

マイコンを用いたエンジンマネジメント用コントロールユニット(ECU)は、エンジンの運転状況に応じた最適な燃料量や点火時期を指示する。ECUは、エンジンの運転状況を検知するために数々のセンサの情報をリアルタイムに検出するが、最適なエンジン制御に最も重要なものは、流入空気量の正確な検出である。特機車両は、四輪車・二輪車に比べて、特殊な用途(水上、砂漠や泥地、雪上等)に使用され、一部では、フィッシングトーナメントやレース用にカスタムチューニングされることもあり、特殊なエンジン特性や多彩な入出力機能に対応する必要がある。

\*姫路製作所

1. ま え が き

当社のエンジンマネージメントシステムを搭載している四輪・二輪車以外の特機車両、いわゆる“レクリエーション・ピークル用エンジン”の代表例として下記がある。

- ①小型船舶用船外機ガソリンエンジン
- ②水上バイク用ガソリンエンジン
- ③四輪バギー用ガソリンエンジン
- ④スノーモビル用ガソリンエンジン

これらの特機車両は、一部の業務用途(漁船や海上輸送用、森林パトロール用等)はあるものの、主な用途としては、欧米先進国でのレクリエーション用が大半であるが、四輪車・二輪車用エンジンと同様、排出ガス規制の対象となっている。

現在は、地球環境に優しい“排出ガス量低減”や“燃料消費量低減”を目的とした取り組みが進行する状況の中で、エンジンは従来の2ストロークから4ストロークへ移行し、また、始動性やドライバビリティの向上、操作性やメンテナンス性の向上のため、従来のキャブレター式システム(機械式燃料供給装置)から、マイクロコンピュータを用いた電子制御エンジンマネージメントシステム(以下“FIシステム”という。)に移行しつつある。

当社においては、1996年から小排気量の船外機用エンジンマネージメント用コントロールユニット(ECU)の量産開発に携わり、以降、船外機をはじめとする特機車両ガソリンエンジンの“排出ガス量低減”や“燃料消費量低減”の一翼を担っている。

2. 船外機・PWC用ECU

2.1 市場動向

船外機の市場規模は、年間約80万台で、ここ十数年間ほ

ぼ横ばい傾向にあり、北米・欧州市場がその大半を占める。日本を含むアジア地域、ロシア地域や南米地域では、業務用比率が高く、小排気量エンジンを中心に、従来の2ストロークエンジン、キャブレター式システムのエンジン搭載比率が高くなっている。

PWCの市場規模は、年間12~15万台で、船外機同様、北米・欧州市場の販売台数が大半を占めている。

2.2 規制動向

四輪車ガソリンエンジンの排出ガス規制強化に続く形で、二輪車ガソリンエンジン、さらに船外機・PWCガソリンエンジンの排出ガス規制も強化されてきている。

例えば、(社)日本舟艇工業会では、マリンエンジン排出ガスを段階的に削減する自主規制<sup>(注2)</sup>を2000年モデルから実施し、2006年モデルまでに、炭化水素(HC)で75%の削減目標を達成している。2007年モデル以降については、2006年自主規制値を維持するが、これをさらに一歩進めた二次規制を計画中である。

また、排出ガス量の測定方法についても、現行の“特定の運転条件5点から算出する方法(5モード測定<sup>(注3)</sup>)”から、“実際の運転条件を想定したテストサイクルから測定する方法”への見直しなども検討されている。

2.3 製品動向

船外機ガソリンエンジンは、40~50馬力の中型モデルから250~300馬力の大型モデルにFIシステムが搭載されてきたが、最近では一部の小型モデルにも採用されている。エンジン仕様は、700ccクラスの3気筒エンジンから、4,000ccクラスの6気筒エンジンと多彩である(表1)。

PWCガソリンエンジンは、100馬力クラスの標準モデルと200馬力クラスの上位モデルがあり、標準モデルは標準

(注2) 対象は、国内販売のマリンガソリンエンジン

(注3) 対ISO8178-4 E4モード測定

表1. 船外機に搭載されるエンジン仕様と燃料供給システム

馬力	A社				B社				C社			
	直列2気筒	NA	200cc	Carb.	直列2気筒	NA	200cc	Carb.	直列2気筒	NA	300cc	Carb.
10	直列2気筒	NA	200cc	Carb.	直列2気筒	NA	200cc	Carb.	直列2気筒	NA	300cc	Carb.
15	直列2気筒	NA	330cc	Carb.	直列2気筒	NA	360cc	Carb.	---	---	---	---
20	---	---	---	---	直列2気筒	NA	500cc	Carb.	V型2気筒	NA	540cc	Carb.
25	直列2気筒	NA	500cc	Carb.	直列2気筒	NA	750cc	Carb.	直列3気筒	NA	600cc	Carb.
30	直列3気筒	NA	530cc	Carb.	直列3気筒	NA	810cc	Carb.	直列3気筒	NA	810cc	Carb.
40	直列3気筒	NA	750cc	Carb.	直列4気筒	NA	1,000cc	FI	直列4気筒	NA	1,300cc	FI
50	直列4気筒	NA	1,000cc	FI	直列4気筒	NA	1,600cc	FI	直列4気筒	NA	2,000cc	FI
60	直列4気筒	NA	1,730cc	FI	直列4気筒	NA	1,740cc	FI	直列4気筒	NA	2,040cc	FI
75	直列4気筒	NA	1,730cc	FI	---	---	---	---	直列4気筒	NA	2,870cc	FI
90	直列4気筒	SC	1,730cc	FI	直列4気筒	NA	2,670cc	FI	直列4気筒	NA	3,610cc	FI
115	直列4気筒	SC	2,600cc	FI	---	---	---	---	V型6気筒	NA	3,350cc	FI
135	直列4気筒	SC	2,600cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI
150	直列4気筒	SC	2,600cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI
175	直列4気筒	SC	2,600cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI
200	直列6気筒	SC	2,600cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI
225	直列6気筒	SC	2,600cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI
250	直列6気筒	SC	2,600cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI	V型6気筒	NA	3,350cc	FI

NA：自然吸気エンジン  
SC：スーパーチャージャー付きエンジン

Carb.：キャブレター式システム  
FI：電子制御エンジンマネージメントシステム

機能で低価格化傾向に、上位モデルは高出力化・高機能化傾向に二極化している。エンジン仕様は、1,000~1,500ccの3~4気筒エンジンで、過給機付きシステムもある(表2)。

### 2.4 FIシステム

船外機エンジンの電子制御化は、1990年代後半以降本格的に拡大されてきたが、それまで燃料制御手段として搭載されてきたキャブレター式システムは、30馬力以下の小型モデルの量産エンジンに現在も多数採用されている。

一方、現在の船外機用FIシステムでは、燃料制御・点火制御の基本入出力のほか、駆動ギヤの接続/切断時のトルク低減のためのシフトスイッチ入力、燃料に含まれる水分量を検出する水検知スイッチ入力、船外機自身の傾き角を検出するトリム角度センサ入力、粗悪燃料使用時のエンジン保護のためのノッキング検出センサ入力、エンジン状態をモニタする表示メータとのCAN(Controller Area Network)通信等、船外機特有の機能を持ったシステム構成となっている(図1)。

また、PWC用FIシステムでは、減速してアクセルを戻した場合に、旋回に必要な推力を保持するためのハンドル据え切り検出センサ入力や最大出力を7~8割に抑制する初心者モードの設定スイッチ入力等、PWC特有の機能を持ったシステム構成となっている。

## 3. ATV・スノーモビル用ECU

### 3.1 市場動向

ATVの市場規模は、年間約90万台でほぼ横ばい傾向にあり、北米・欧州市場がその大半を占める。

スノーモビルの市場規模は、年間約20万台で北米・北欧市場の販売台数が大半を占めている。

### 3.2 製品動向

ATVは、1気筒又は2気筒のエンジンで、排気量が400~700ccクラスのもの主流である。モデルは、レジャーを目的としたスポーツタイプ、農業や林業、牧場などでの運搬作業に適したユーティリティタイプがあり、自動車のように二人並んで乗るタイプのものもある。

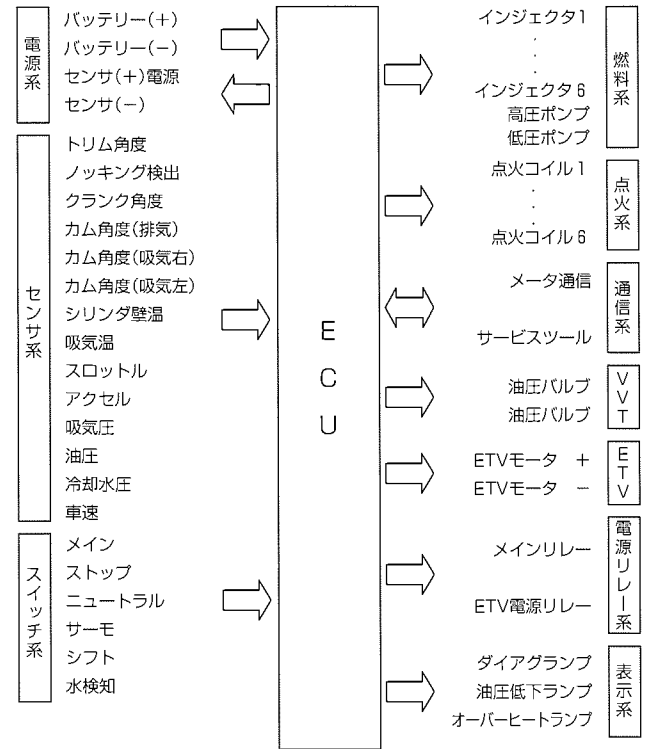
一方スノーモビルは、排気量が500~1,000ccで、2気筒、3気筒、4気筒のエンジンがある。用途はATVと同様に、

雪山でのスポーツ走行を楽しんだり、業務用として運搬作業などに使われたりしている。

また、ATV、スノーモビルを使ったレースも開催されており、特に北米で盛んで、走行性能を高める要求がある。

### 3.3 FIシステム

ここ数年、ATV、スノーモビルにおいても環境問題及び高性能化の要求によって、2ストロークから4ストロークへ移行するとともに電子燃料噴射が採用されつつある。そして、ATV、スノーモビルを使用する地域性、すなわち、山間部では海拔0~3,000mの標高差、またスノーモビルにおいては雪上、極低温という条件下でもFIシステムによってスムーズな始動性と走行性能を確保することができるようになった。さらに、ATVにおいては燃料噴射と点火制御での工夫によって、1気筒エンジンに起こりやすい逆回転を防止することができる。また、スノーモビルにおいてはノッキング検出センサを用いたエンジン保護の制御も採用されている(図2、図3)。



ETV : Electric Throttle Valve  
VVT : Variable Valve Timing

図1. V型6気筒船外機用ECU入出力例

表2. PWCに搭載されるエンジン仕様と燃料供給システム

馬力	A社				B社				C社			
	直列3気筒	NA	1,500cc	FI	直列4気筒	NA	1,000cc	FI	直列4気筒	NA	1,200cc	FI
110-120	---	---	---	---	直列4気筒	NA	1,000cc	FI	直列4気筒	NA	1,200cc	FI
130-150	直列3気筒	NA	1,500cc	FI	直列4気筒	NA	1,000cc	FI	直列4気筒	NA	1,500cc	FI
150-160	直列3気筒	NA	1,500cc	FI	直列4気筒	NA	1,050cc	FI	直列4気筒	NA	1,500cc	FI
200-	直列3気筒	SC	1,500cc	FI	---	---	---	---	直列4気筒	SC	1,500cc	FI

NA : 自然吸気エンジン  
SC : スーパーチャージャー付きエンジン

Carb. : キャブレター式システム  
FI : 電子制御エンジンマネジメントシステム

#### 4. マイクロコンピュータ性能の変遷

ECU内のマイクロコンピュータ性能は、図4に示すように近年ますます高まっている。

1990年代、キャブレター式システムに搭載された点火ユニットでは、8ビットマイクロコンピュータ、ROM容量も16キロバイト程度であった。それに対し、2003年のFIシステムに搭載されたECUでは、32ビットマイクロコンピュータ、ROM容量も256～512キロバイトと格段に高性能になった。

これは、排出ガス規制対応のための燃料制御・点火制御の高性能化と、特機車両用FIシステムとしての始動性やドライバビリティの向上、操作性やメンテナンス性の向上を両立するための高機能化を実現するためである。

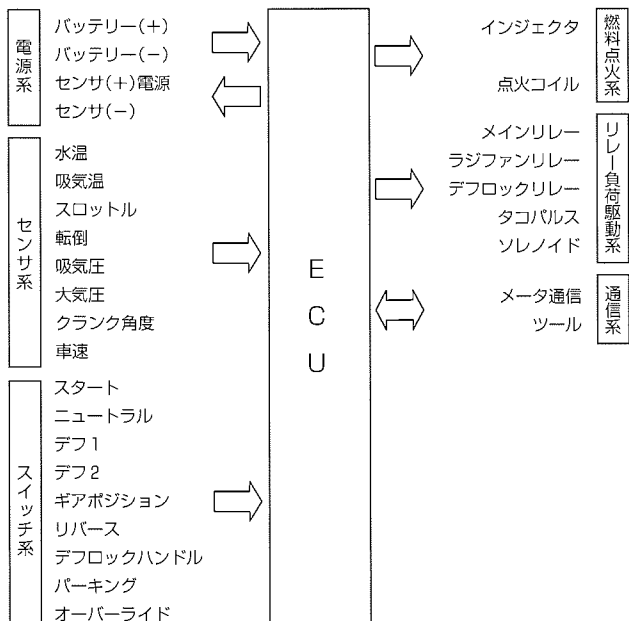


図2. ATV用ECUの入出力例

エンジンの過渡応答性向上のための高速リアルタイム処理の必要性が増す中で、特機車両用FIシステム特有の入出力や通信情報の増加が進み、今後もマイクロコンピュータの高性能化・高機能化が進むことは必至である。一方で、高性能化・高機能化の課題として、コスト抑制・小型化は、特機車両用ECUにとって重要な要素である。

#### 5. 今後の技術動向

技術開発の面では、既存の四輪車システムの技術を流用し、可変バルブシステムや可変吸気システム、ロック制御システムやCAN通信システムの採用、電子スロットル制

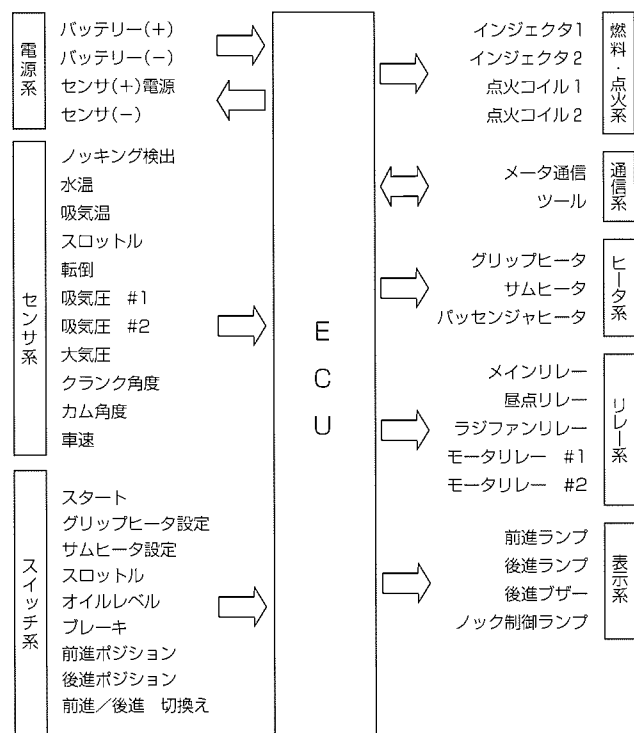


図3. スノーモビル用ECU入出力例

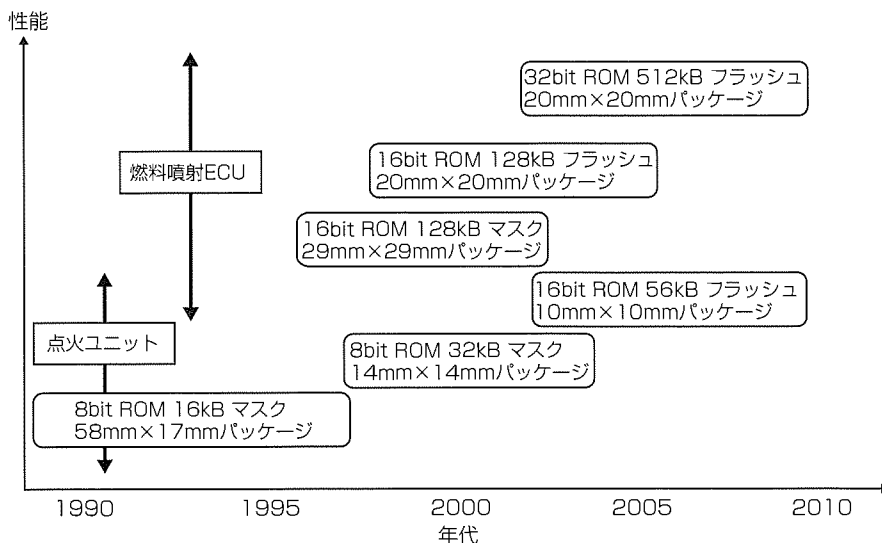


図4. マイクロコンピュータ性能の変遷



御をはじめ、制御システムの高性能化・高機能化が進んでいる。船外機システムでは、駆動系(ギヤシフト等)や操舵系(ステアリング等)の電子制御化、セキュリティ機能の追加、情報系通信の機能拡充や、GPS(Global Positioning System)や海図ナビゲーションシステムと連携した制御系通信システムの統合化によって、将来的には、自動操船システム(オートパイロット機能)への展開も検討されている。

PWCシステムでは、電子スロットル制御によるクルーズコントロールやトラクションコントロール等の高機能化、情報系通信の拡充化が検討されている。

ATVシステムでは、様々な地形においても安定して走行が可能ないように、四輪の電動パワーステアリングシステムを応用したステアリングアシストシステムが導入され始めている。またスノーモビルシステムでは、電子サスペンション制御を採用して走行安定性を得るなど、今後もシャーシ系の電子制御の検討がさらに進むと考えられる。

環境技術面では、はんだ以外の鉛・水銀・メッキの六価クロム・カドミウムはすでに使用禁止を達成し、現在のはんだの鉛フリーに向けて開発が進行中である。ECUに実装される電子部品の小型化、ECUケースの薄形化等によって、小型・軽量化を行い、資源の使用量を削減するとともに、車両重量の低減によって、燃費を改善することで環境改善に貢献している。今後も環境対応ECUを目指し、さ

らなる小型・軽量化・環境負荷物質の削減を実現していく。

## 6. む す び

特機車両の市場規模はこの数年、また今後も大きな変化はないと予測されている。しかし、現行のキャブレター式システムからFIシステムへ移行し、FI化率が増加し続けるとともに、さらなる高性能化・高機能化が進んでいくものと思われる。

船外機システムでは、FIシステムだけにとどまらず、駆動系や操舵系の電子制御化、セキュリティ機能の追加、情報系通信の機能拡充や制御系通信システムの統合化が検討されており、今後、具体的な量産開発が進んでいくと考える。

ATVシステム、スノーモビルシステムにおいては広範囲な条件下でも安定した走行と安全を確保するための性能向上を目的としてさらに電子化が進むと考えられる。今後の地球環境対応として、特機車両システムの排出ガスを低減し、燃料消費量を低減することは重要である。

また、FIシステム搭載によって、安価で高性能なエンジンマネジメントシステムを実現するとともに、高機能な製品システムの開発を行い、地球環境に優しく、楽しく遊べる特機車両用製品の提供に努力したい。

# GMR回転センサの応用展開

## Development of GMR (Giant Magnetoresistance) Revolution Sensor

Yuji Kawano, Hiroshi Sakanoue, Naoki Hiraoka

### 要 旨

近年、自動車における環境保全に対する取り組みは一段と重要視され、高効率・低燃費パワートレインの開発が加速している。車載用回転センサは、エンジンやトランスミッションの動作を歯車の回転として検出し、燃料噴射制御や点火時期制御、又は変速制御に用いられる。

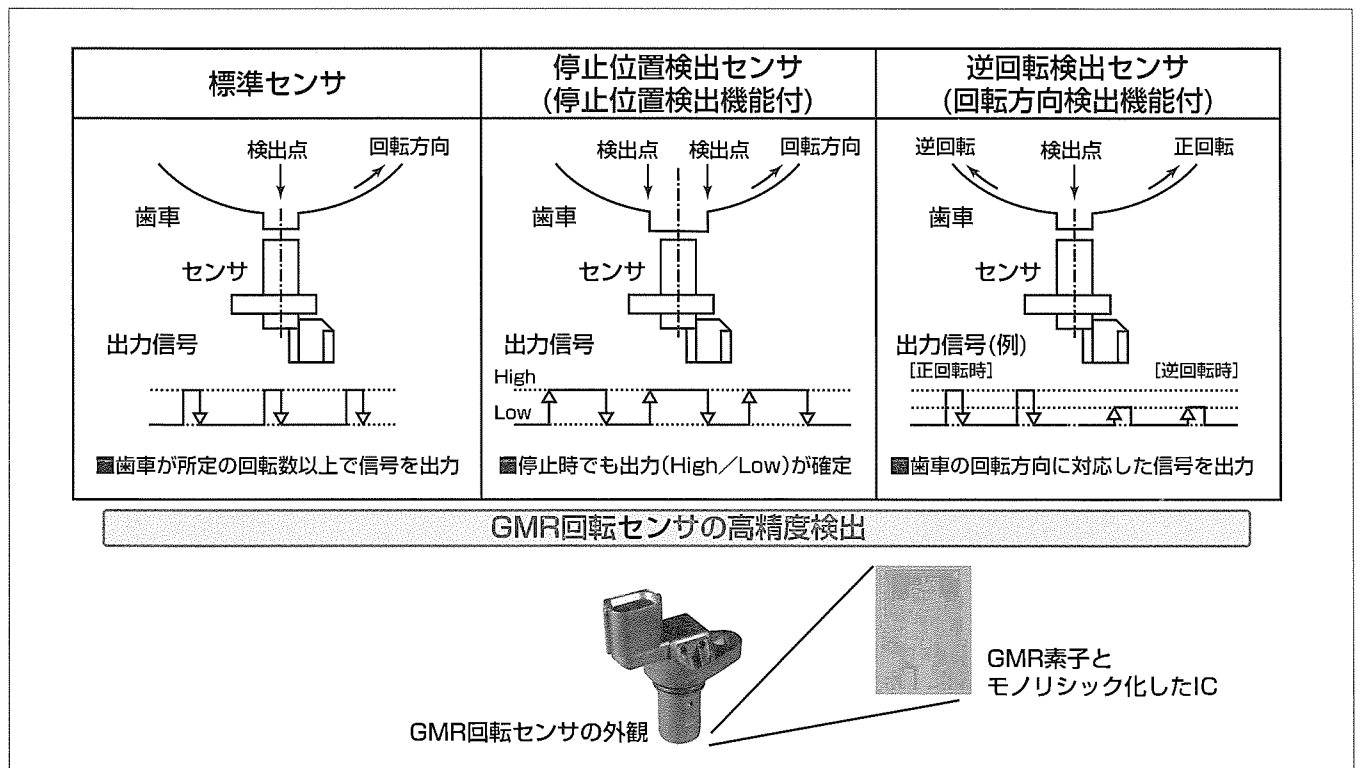
車載用回転センサは、これらの制御をよりきめ細かく行うため、回転角度の高精度な検出が求められる。また、厳しい車両環境において高信頼性・耐環境性(耐熱性、耐ノイズ性など)を具備する必要がある。

三菱電機は、従来の検出素子よりも高感度なGMR (Giant Magnetoresistance: 巨大磁気抵抗)素子を、技術課題であった耐熱性を克服し、世界に先駆けて車載用回転センサに応用し、量産化した(標準センサ)。GMR素子の適用によって、高精度検出・高信頼性を実現した。

また、始動時の早期点火の実現や、さらに高度な制御として新しいアイドルストップ機構などが自動車メーカーか

ら提案されている。これには回転状態(停止位置や回転方向)の検出が必要であるが、新しいニーズに対応するために回転の停止位置が検出可能なセンサを開発し、量産化した(停止位置検出センサ)。GMR素子の配置を工夫し、素子信号波形を歯車の歯の形状と相似的にすることで、歯又は谷(歯のない部分)に応じた電位を出力する。歯車が回転していなくても、位置判定が可能である。

さらに、回転方向が検出可能なセンサも開発した(逆回転検出センサ)。回転方向を検出するためには位相差のある二つの信号が必要となる。標準センサと停止位置検出センサの素子信号は原理的に位相差があるため、これらを融合し、論理回路で回転方向を判定することで実現した。逆回転検出センサは、GMR回転センサの高精度検出はそのままに逆回転検出が可能なが特長であり、厳しい搭載環境で高精度検出が要求されるエンジン制御用にも使用できる、従来にはない車載用回転センサである。



### GMR回転センサのラインアップ

車載用回転センサにGMR素子を適用し、高精度な検出を実現した。さらに、機能面での充実を図り、自動車メーカーなどの幅広いニーズに対応している。GMR回転センサはGMR素子とモノリシック化したIC (GMR-IC) が内蔵されている。GMR回転センサのラインアップは、GMR素子の配置等、GMR-ICの展開による。

## 1. ま え が き

近年、地球環境に対する関心や危機感の高まりから、環境保全対応技術が一段と重要視されている。自動車においては、排出ガスの低減及び燃費の向上は最重要課題であり、日米欧での排出ガス規制や京都議定書(1997年)に基づく燃費規制など、今後も規制は強化される。自動車メーカーは排出ガス浄化システムや直噴希薄燃焼システムなどの制御システムで対応しているが、さらに高効率・低燃費パワートレインの開発を加速している。パワートレインの制御は更なる高度化が要求されている。

車載用回転センサは、エンジンやトランスミッションの動作を歯車の回転として検出し、これらの制御に用いられる。

燃料噴射制御や点火時期制御、又は変速制御をよりきめ細かく行うためには、車載用回転センサによる回転角度の高精度な検出が必要である。センサの搭載環境は温度や湿度、さらにはノイズといった点で相当に厳しく、高信頼性・耐環境性(耐熱性、耐ノイズ性など)を具備しておかなければならない。

また、始動時の早期点火を実現し、応用として新しいアイドルストップ機構などが自動車メーカーから提案されている。新しいシステム実現のためには、回転状態(停止位置や回転方向)の検出が必要である。

当社は上記のニーズに対応するために、高性能な磁電変換素子(磁界強度を電圧に変換する素子)であるGMR素子を世界に先駆けて車載用回転センサに応用し、量産化している(標準センサ)<sup>(1)</sup>。また、回転の停止位置が検出可能なセンサ(停止位置検出センサ)を量産化し、回転方向が検出可能なセンサ(逆回転検出センサ)を開発している。

本稿では、当社のGMR回転センサのラインアップを紹介し、これらの技術的特長について述べる。

## 2. 車載用回転センサ

図1に一般的な車載用回転センサの検出系の構成を示す。回転軸(例えばエンジンのクランク軸)に取り付けられた歯車と、対向して配置される回転センサからなる。回転センサには磁電変換素子と磁石が内蔵され、磁石と軟磁性体の

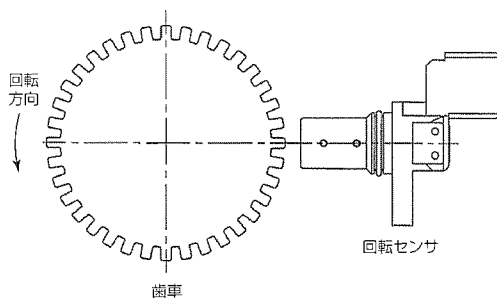


図1. 車載用回転センサの検出系の構成

歯車で作られる磁界が歯車の回転で変化し、素子はその磁界変化を検出する。

## 3. GMR回転センサ

### 3.1 特 長

高精度なセンサの実現には、信号対雑音比(S/N比)の高い信号を得ることが重要である。表1は車載用回転センサに使用されている磁電変換素子の比較である。GMR素子は半導体ホール素子より感度が、強磁性体MR素子より電気抵抗変化率が一桁以上大きく、実用上の磁界範囲において大きな信号振幅が得られ、高S/N比が実現できる。

### 3.2 動作原理

図2はGMR素子の特性曲線(MRカーブ)である。センサ内蔵の磁石によってGMR素子にはバイアス磁界が与えられている。歯車の回転によって歯が近づくと素子に印加される磁界が大きくなり、素子の電気抵抗が小さくなる。

GMR素子はGMR膜をパターンニングしたものである。GMR膜は数nmの厚さの磁性層と非磁性層を積層した多層膜で、磁性層/非磁性層界面での電子の散乱確率が磁性層の磁化状態によって変化するため、印加磁界によって電気抵抗が変化する。多層化によって界面を形成することで、大きな電気抵抗変化を得ることができる。

### 3.3 構 成

図3はGMR回転センサの内部構成である。センサの先端部にGMR素子とモノリシック化したバイポーラICと磁

表1. 回転センサ用磁電変換素子の比較

	GMR素子	ホール素子	強磁性体MR素子
電気抵抗変化率	○ ≥30%	○ ∞	△ 2~3%
感度	○ 25μV/V/(A/m)	×	○ 25μV/V/(A/m)
電気抵抗温度係数	○ -1,000ppm/°C	×	△ -5,000ppm/°C
耐熱性	○	△	○
ICとのモノリシック化	○	○	○

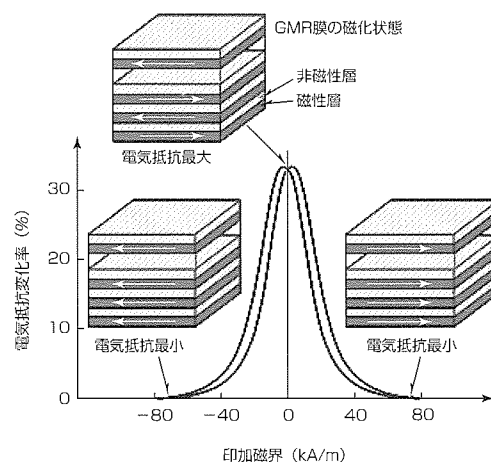


図2. GMR素子の特性曲線

石があり、磁気回路を構成する。ICは過電圧・サージ保護用及びEMC(Electro Magnetic Compatibility)用チップ部品とともにパッケージされており、このICパッケージがインサートモールド部品上にマウントされ、これらを樹脂で一体成型している。

### 3.4 回路構成

図4はGMR回転センサの基本的な回路構成である。GMR素子はブリッジ回路を構成する。ブリッジ回路の中心電位を差動増幅し、比較回路でデジタル信号として出力する。

## 4. GMR回転センサの応用展開

図5にGMR回転センサのラインアップを示す。

### 4.1 標準センサ

#### 4.1.1 アプリケーション

標準センサは、GMR回転センサの特長である高精度な

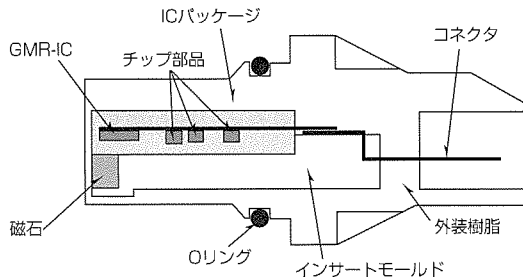


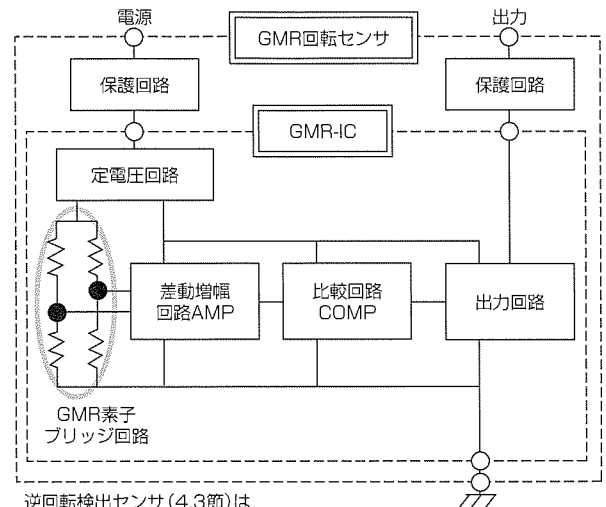
図3. GMR回転センサの内部構成

検出によって、エンジンやトランスミッションの制御用に広く採用されている。

#### 4.1.2 素子構成と素子信号

図5(a)は標準センサの素子配置である。IC上の2か所に配置し、ブリッジ回路を構成する。歯車の回転によって、例えば図中のA部→B部の順に磁界が印加されると、ブリッジ回路の中心電位は素子ピッチ分の時間差で変化し、正弦波的に変化する。

#### 4.1.3 出力信号と特長



逆回転検出センサ(4.3節)は、(GMRブリッジ回路)-(差動増幅回路)-(比較回路)がもう一つ加わり、出力回路の前に(論理回路)が追加される。

図4. GMR回転センサの回路構成

	(a) 標準センサ	(b) 停止位置検出センサ	(c) 逆回転検出センサ
付加機能	-	停止位置検出	回転方向検出
エッジ信号 (制御用信号)	片エッジ信号 (立上り信号あるいは立下り信号)	両エッジ信号 (立上り信号と立下り信号)	片エッジ信号 (立上り信号あるいは立下り信号)
素子配置	<p>ブリッジ回路×1 2か所</p>	<p>ブリッジ回路×1 3か所</p>	<p>ブリッジ回路×2 5か所</p>
ブリッジ中心電位	IN1, IN2	IN2, IN1	左の(a)と(b)の信号
差動増幅信号	差動増幅信号 比較レベル 正弦波	差動増幅信号 歯の形と相似	左の(a)と(b)の二つの信号
出力信号	立下り信号 歯中心付近	立上り信号 歯両端付近	正回転時 逆回転時 レベル変調 歯中心付近

図5. GMR回転センサのラインアップと特徴

図5(a)には標準センサの信号波形(模式図)も併せて示している。中点電位の差動増幅信号は歯の両端付近をピークとして正弦波的に変化するため、比較回路出力信号はエッジ信号(図では立下り信号)<sup>(注1)</sup>が歯の中心付近に出力される。素子配置とブリッジ回路によって、GMR素子の信号振幅が効率よく増幅され、高精度な検出が可能である。

## 4.2 停止位置検出センサ

### 4.2.1 アプリケーション

停止位置検出センサは標準センサの高精度な検出に加え、歯車の停止位置が検出可能なセンサである。この機能をPUR(Power Up Recognition)と呼び、エンジン、特にカム角センサとして採用されている。これによってエンジン気筒の早期判別が可能となる。

### 4.2.2 素子構成と素子信号

図5(b)は停止位置検出センサの素子配置である。IC上の3か所に配置し、ブリッジ回路を構成する。歯車の回転によって、例えば図中のC部→D部→E部の順に磁界が印加されると、ブリッジ回路の中点電位は素子ピッチ分の時間差で変化するが、D部で大きく変化する。

### 4.2.3 出力信号と特長

図5(b)には停止位置検出センサの信号波形(模式図)も併せて示している。中点電位の差動増幅信号は歯の形と相似的に変化するため、比較回路出力信号はエッジ信号(図では立上り及び立下り信号)が歯の両端付近に出力される。歯の形と相似的な信号波形によって、歯車が停止状態でも歯又は谷に応じた電位の出力が可能である。

## 4.3 逆回転検出センサ

### 4.3.1 アプリケーション

逆回転検出センサは標準センサの高精度な検出に加え、歯車の回転方向が検出可能なセンサである。新しいアイドルストップ機構や高効率トランスミッションなどへの応用に向けて、エンジンやトランスミッションの制御用に採用され、又は採用が検討されている。

### 4.3.2 回転方向検出(逆回転検出)の原理

図6に回転方向検出の原理を示す。歯車の回転方向を検出するためには二つの信号が必要であり、一つをクロック信号として、もう一つをデータ信号(回転方向に応じて電位が変化する参照用信号)として使用する。すなわち、クロック信号のタイミングでデータ信号を検出して参照し、論理回路で回転方向を判定する。このため、これらの信号は位相差が必要となるが、標準センサの信号(歯中心)と停止位置検出センサの信号(歯端)は原理的に位相差があり、適している。

### 4.3.3 素子構成と素子信号

図5(c)は逆回転検出センサの素子配置である。IC上の  
(注1) 制御に使用される位置信号

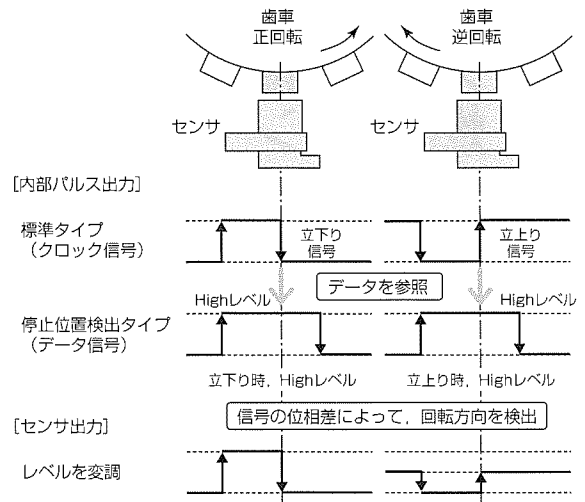


図6. 逆回転検出の原理

5か所に配置して、二つのブリッジ回路を構成する。A部とB部で構成されるのが標準センサの素子、C部、D部及びE部で構成されるのが停止位置検出センサの素子であり、逆回転検出センサでは二種の素子を併せ持つ。

### 4.3.4 出力信号と特長

図5(c)には逆回転検出センサの出力信号波形(模式図)のみを示してある。二つのブリッジ回路による二つの信号によって、4.3.2項で述べたように論理回路で回転方向を判定する。出力信号は回転方向に応じて、ハイレベルやローレベルを変えることで(レベル変調)、回転方向を出力する。今回開発したセンサは、出力信号波形が標準センサの信号をベースとしており、エッジ信号が歯の中心付近に出力される。このため、標準センサと互換性が高く、高精度と回転方向検出の両立が可能である。

## 5. む す び

車載用回転センサの出力がアナログからデジタルへ移行する中で、半導体ホール素子を使った回転センサでデジタル化を進めてきた当社は、GMR回転センサで検出精度面でのアドバンテージを獲得した。その後、本稿で述べたような機能面での充実を図った。

一方、潜在的・固定的ニーズの重要性は変わらない。車両環境はますます厳しくなり、高信頼性・耐環境性(耐熱性、耐ノイズ性など)の向上は今後もより一層必要となる。また、コスト低減の要請は相変わらず強く、価格競争力のあるセンサの開発がベースとなる。今後も市場ニーズを的確にとらえた開発を推進する所存である。

## 参考文献

- (1) 深見達也, ほか: GMR素子の回転センサへの応用, 三菱電機技報, 74, No.9, 571~574 (2000)

# 中・大型二輪車用第三世代 燃料ポンプモジュール

吉岡 浩\* 山本一之\*\*  
光藤英雄\*  
坂井雄作\*

*Third Generation Fuel Pump Module for Middle & Large-sized Motorcycle*

*Hiroshi Yoshioka, Hideo Mitsudo, Yusaku Sakai, Kazuyuki Yamamoto*

## 要 旨

二輪車では、排出ガス規制対応及び燃費向上によるCO<sub>2</sub>排出削減のため、中・大型車を中心に電子制御燃料噴射システムの搭載が進んでいる。また、安全性や快適性といった商品性向上のために、電子制御製品の搭載数も増加傾向にある。このため、車重増加や充放電バランスの悪化が生じ、電装部品メーカーへの対応が求められている。

三菱電機では、この状況に適応できる小型・軽量で消費電流の低い中・大型二輪車用第三世代燃料ポンプモジュールを開発した。主な特長は、次のとおりである。

- (1) 燃料ポンプ本体への新規開発“T35型燃料ポンプ”適用と、小型・軽量・低消費電流化
- (2) 金属ブラケットの燃料貯留部品樹脂化と、支持部材との共用化による軽量化
- (3) 燃料フィルタの濾材(ろざい)仕様の最適化と小型・軽量化

この結果、従来品に対して体積・質量ともに約30%減、消費電流35%減を達成した。



## 中・大型二輪車用第三世代燃料ポンプモジュール

燃料ポンプモジュールは車両の燃料タンク内部に設置され、エンジン作動中は常時燃料をエンジンに向けて圧送している。中・大型二輪車用第三世代燃料ポンプモジュールは、燃料ポンプ本体やモジュール構成部品装置の仕様改良によって、従来品に比べ大幅な小型・軽量化・低消費電流化を実現し、車両の排出ガス規制対応・燃費向上に貢献した。

## 1. ま え が き

中・大型二輪車において、排出ガス規制対応や商品性向上のために電子制御製品の搭載数が増加し、車重増加や充放電バランスの悪化を引き起こしている。

当社では、この状況に適応できる小型・軽量で消費電流の低い燃料ポンプモジュールを開発し、出荷を開始した。

本稿では小型・軽量・低消費電流化のキーとなったT35型燃料ポンプと、それを内蔵する燃料ポンプモジュールについて、特長と達成手段について述べる。

## 2. T35型燃料ポンプ

### 2.1 特 長

燃料ポンプは、燃料を吸入・圧送するためのインペラ(羽根車)を収納したポンプ部と、インペラを駆動するためのロータ及びマグネットからなるモータ部、ロータに電源を供給するための電源供給部で構成されている(図1)。T35型燃料ポンプは従来品に対して以下の特長を持つ。

#### (1) 小型・軽量

燃料ポンプの各構成部品を最適化するとともに、特にモータ部を構成しているロータの全長を短縮することで、従来に対して体積・質量とも約40%減の小型・軽量化を達成した。

#### (2) 低消費電流

ロータコアの構造変更によって巻線の占積率向上を図り、従来に対して35%減の低消費電流化を実現した。

## 2.2 達成手段

### 2.2.1 巻線方式

ロータの巻線方式を、従来の分布巻き方式から集中巻き方式に変更することでロータの全長の短縮を図った(図2)。従来の分布巻き方式では、コイルが他のティースを跨(またが)って巻かれるため、4層積み重なることでコイルエンドが高くなり、ロータの全長が長くなっていた。集中巻き方式では、ティースごとに巻線を行うため、他のティースの巻線と重なることなく、コイルエンドを短くすることができた。

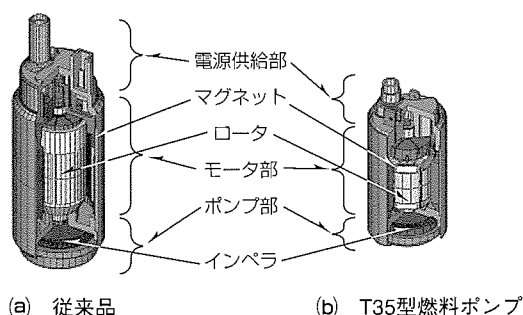


図1. 燃料ポンプ本体

### 2.2.2 ロータコア構造の変更

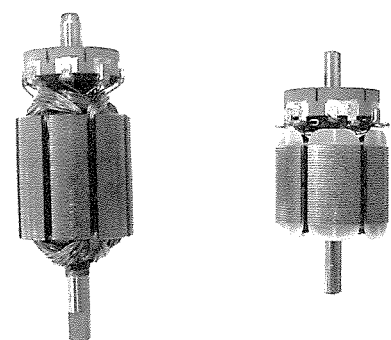
モータのロータコアには従来の一体型コアに対して、スライドティース構造を採用した(図3)。従来の一体型コアではティースの隙間(すきま)に巻線を通していた。スライドティースコアの採用によって、各ティースを引き出してから整列巻きさせることが可能になり、従来の課題であった巻線性が向上し占積率を上げることができた。このスライドティースコアと高磁力のマグネットの組み合わせによって、モータ効率を改善し低消費電流のポンプを実現した。

## 3. 燃料ポンプモジュール

### 3.1 特 長

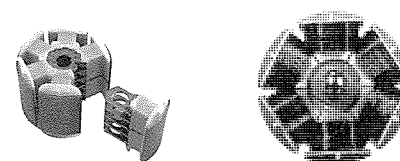
燃料ポンプモジュールは、燃料系部品である燃料ポンプ・吸込みフィルタ・高圧側フィルタ・プレッシャレギュレータなどと、これらを保持して燃料タンクへ組み付けるための取付ブラケットとで構成される。二輪車特有の急加減速や左右旋回時において、燃料残量が少ない状態でも確実に燃料吸入するため、吸込みフィルタ周囲には燃料貯留部品を設置している。また、燃料タンクの取付穴のふたになる取付ブラケットのプレート部は、破壊荷重を高めて燃料漏れを防ぐために、金属材料を使用している(図4)。

中・大型二輪車用第三世代燃料ポンプモジュール(図4(b))は、燃料ポンプ本体に小型化したT35型燃料ポンプを使用することで、従来品に対して約30%減の体積削減を図った。また、安全性を確保しつつ材料を金属から樹脂へ変更することで、従来品に対して約30%減の質量削減を可能にした。



(a) 従来品ロータ (b) T35ロータ

図2. ロータ巻線



(a) スライドティース構造 (b) 集中巻き

図3. スライドティース構造と集中巻き

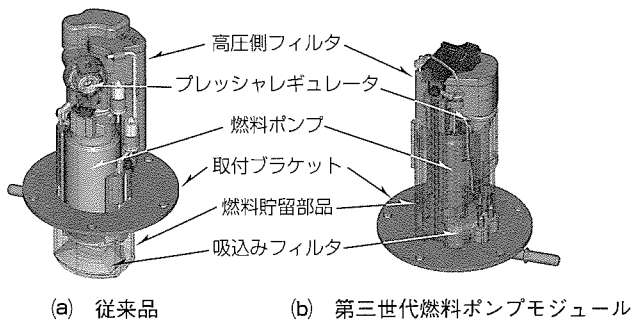


図4. 燃料ポンプモジュール

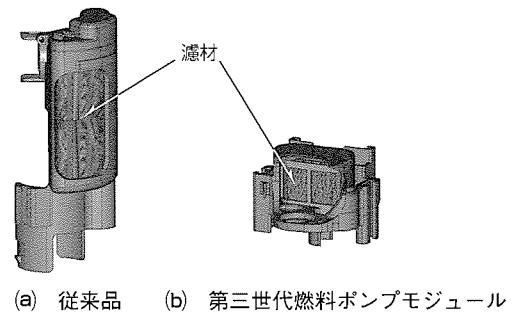


図6. 高圧側フィルタの小型化

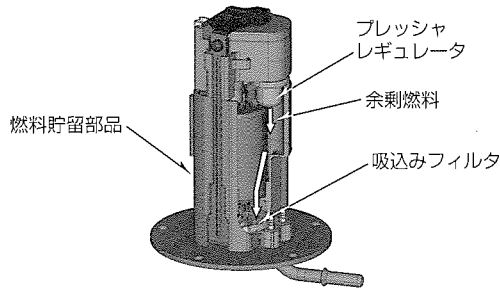


図5. 燃料貯留部品構造

### 3.2 達成手段

第三世代燃料ポンプモジュールでは、全長の短いT35型燃料ポンプを組み込むことによって、従来品の金属プレート部に設けていた燃料貯留用のカップ形状を廃止して、燃料タンク下面側に張り出していた形状をなくすることが可能になった。また、従来品では金属製であったこの燃料貯留部品を樹脂化することによって質量削減を達成した。なお、この燃料貯留部品は、T35型燃料ポンプの支持部材を兼用させることで、燃料ポンプモジュール外径の短縮も実現している。さらにこの燃料貯留部品は、プレッシャレギュレータから排出される余剰燃料を100%保持できる構造であり、かつ燃料貯留部に溜(た)まった燃料は確実に吸込みフィルタに導かれるため、車両の姿勢変化時の燃料切れを確実に回避することが可能となった(図5)。

さらに、吸込みフィルタの濾材を高性能化することで、下流にある高圧側フィルタの目詰まり寿命を延命することが可能になったため、高圧側フィルタの有効濾過(ろか)面積を最適化して小型化を図ることができた(図6)。

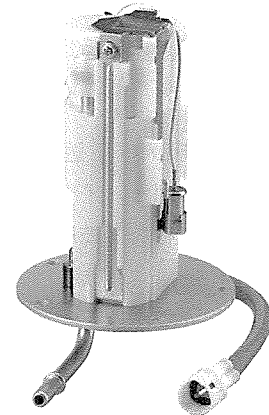


図7. 中・大型二輪車用燃料ポンプモジュール

以上の達成手段の織り込みによって、全高を抑えて軽量化できた中・大型二輪車用第三世代燃料ポンプモジュールは、デザイン重視で薄型燃料タンクが好まれるアメリカンタイプの二輪車から、パワーウェイトレシオが重視されるスーパースポーツタイプまで、幅広く搭載可能となった(図7)。

### 4. むすび

集中巻き方式モータを適用したT35型燃料ポンプの開発と燃料ポンプモジュール構成部品の小型化によって、小型・軽量で消費電力の少ない中・大型二輪車用燃料ポンプモジュールを開発することができた。今後は、更なる小型・軽量化・低消費電流化を図り、二輪車の進化に貢献していきたい。



# 高出力ブラシ付きEPSシステム

山本雅祥\*  
和久 撰\*  
岩見英司\*

## High Power Brushed EPS System

Masayoshi Yamamoto, Osamu Waku, Eiji Iwami

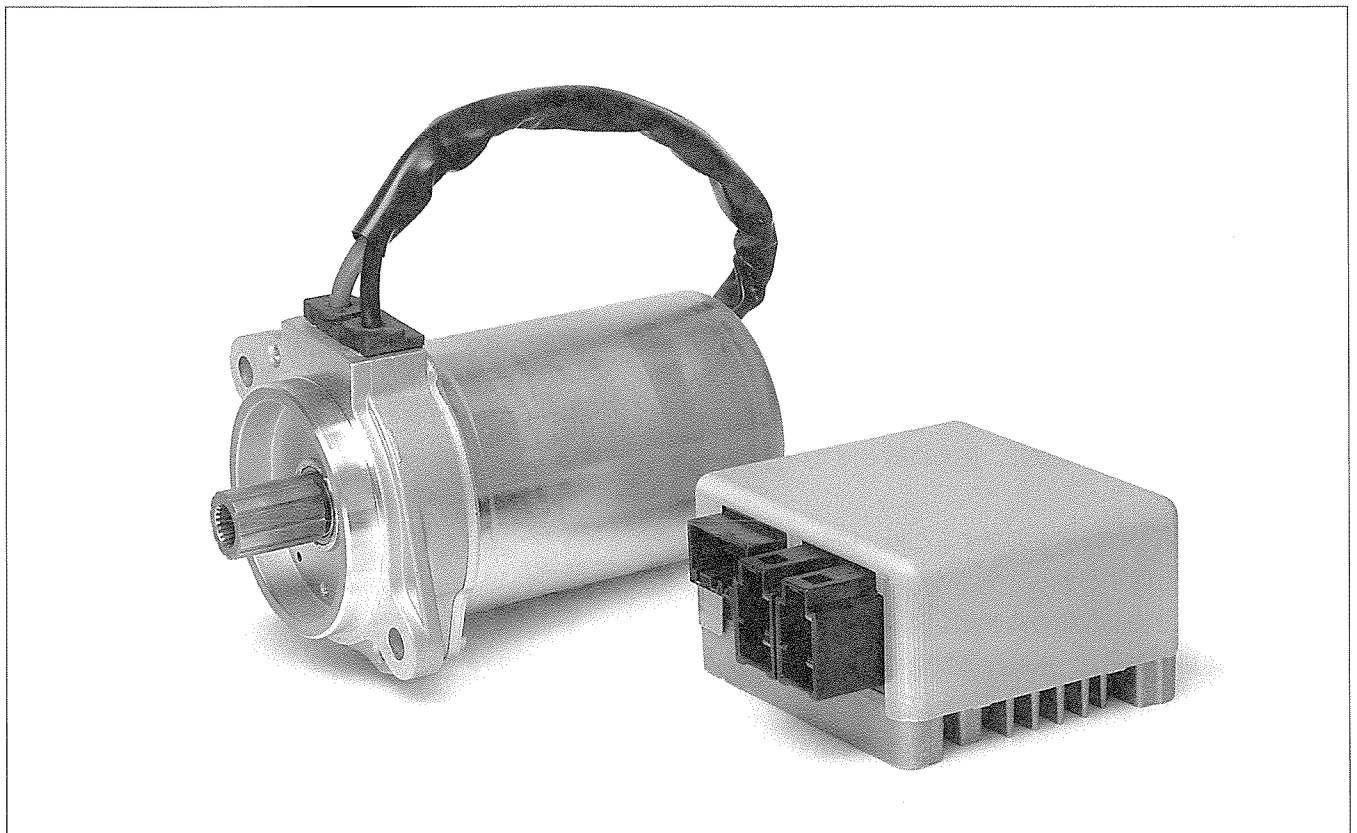
### 要 旨

自動車用のパワーステアリング装置は、操舵のアシストトルクを発生させる方式によって、油圧パワーステアリング(Hydraulic Power Steering：HPS)と電動パワーステアリング(Electric Power Steering：EPS)に大別される。HPSは油圧ポンプをエンジンで駆動して操舵をアシストする方式であるのに対し、EPSは、モータで必要なときだけアシストする方式であり、搭載性と自動車の燃費低減に有利なシステムである。EPSは、軽・小型乗用車から採用が始まり、近年では普通乗用車への採用が盛んになってきている。

三菱電機は、1988年に世界で初めてブラシ付きモータで軽乗用車用EPSモータ及びコントローラを量産化し、2003

年には、慣性が小さく操舵フィーリングに優れ、高出力化に有利なブラシレスモータを使用したEPS用モータ、コントローラを普通乗用車用として量産化した。ブラシレスモータはブラシ付きモータに比べコスト面で課題があるため、コスト面で有利なブラシ付きモータの高出力化にも取り組んできた。

ブラシ付きモータの高出力化の際には、モータの慣性増加、摩擦増加及び発熱が課題となる。これに対して当社は、独自のモータ巻線技術、発熱対策及び制御技術を適用し、良好な操舵フィーリングを提供できる高出力ブラシ付きモータとコントローラの開発に成功した。



### 高出力ブラシ付きEPSシステム

電動パワーステアリング (EPS) は、操舵トルク信号と車速信号に基づいて、走行状態に応じた操舵のアシストトルクをモータから発生させる。同時に、慣性モーメントや摩擦を補正する。図は75Aに高出力化したブラシ付きモータとそのコントローラである。

## 1. ま え が き

電動パワーステアリングは、燃費低減や搭載性などの利点によって、従来の軽・小型乗用車から普通乗用車への採用が急速に進んでいる。

当社は、普通乗用車用EPSの市場には、従来、高出力化に有利なブラシレスモータを使用したEPS(以下“ブラシレスEPS”という。)で参入してきたが、今般、コスト優位なブラシ付きモータを使用したEPS(以下“ブラシ付きEPS”という。)で市場の拡大を図るために、課題となる発熱、操舵フィーリングを改善した高出力ブラシ付きモータとコントローラを開発した。本稿では、その特長と概要について述べる。

## 2. 高出力化に伴う課題

一般にモータを高出力化すると、モータの慣性モーメントと摩擦トルクが増加し、この影響がステアリングに伝達されることで操舵フィーリングが悪化する。慣性モーメントが増加すると、運転者の操舵に対するEPSアシストトルクの伝達に遅れが生じ、操舵の軽快感が悪化する。摩擦トルクが増加すると、ステアリングの中立復帰性が悪化する。また、高出力化に伴い発熱が増加すると、モータ及びコントローラを過熱から保護する目的でモータ出力量を制限する機能(以下“過熱保護機能”という。)が早期に働くことになる。

一方で、モータの高出力化を必要とする車両では、車両側からの要求も高まる傾向にある。例えば、操縦安定性をEPSによって制御するといった要求があり、従来システムでは対応が困難になってきている。

## 3. モ ー タ

開発したモータは、既存の65A出力のモータを75Aに高出力化したものである。

開発にあたり、次の点を考慮した。

- (1) 車載レイアウト性を考慮し、従来機種と同等の外形サイズを維持する。
- (2) 慣性モーメントの増加を抑制するため、回転子のサイズを従来機種と同等とする。
- (3) 製造工程及び使用部品の共通化を図る。
- (4) 発熱の抑制によって、過熱保護機能の作動を抑え、十分なアシストトルクを確保する。

図1は、EPS用ブラシ付きモータの断面図である。巻線技術の改良によって、巻線の占積率を上げることが可能となり、モータの外形、回転子のサイズを変更することなく、高出力化を実現した。また、ブラシ、整流子部の発熱を抑制するため、整流子片の形状、体積の最適化を図った。

## 4. コントローラ

### 4.1 構 造

開発したコントローラは、既存の65A出力の製品を75Aに高出力化したものである。

開発にあたり、以下の点を考慮した。

- (1) 基本構造は65A出力のコントローラを流用して、サイズを抑え、製造工程を共通化する。
- (2) 使用部品の共通化を図る。
- (3) 発熱の低減、放熱性の向上によって、過熱保護機能の作動を抑え、十分なアシストトルクを確保する。

図2は、既存の65A出力のコントローラ(a)と今回開発した75A出力のコントローラ(b)である。放熱性を向上するために、ヒートシンクは専用設計し、65A出力のコントローラに対し放熱性時定数を約20%向上させた。一方、外形寸法を決める部品は、ヒートシンク以外は既存の65A出力製品の部品を流用してサイズを抑え、製造工程を共通化した。また、オン抵抗の低いFET(Field Effect Transistor)を採用し、モータ駆動回路の損失を低減して発熱を軽減しているが、FETはブラシレスEPSと共通化した。

### 4.2 制 御

EPSは、ステアリングの操舵トルク信号や車速信号などに応じて操舵アシスト量を決定し、これに基づきモータを

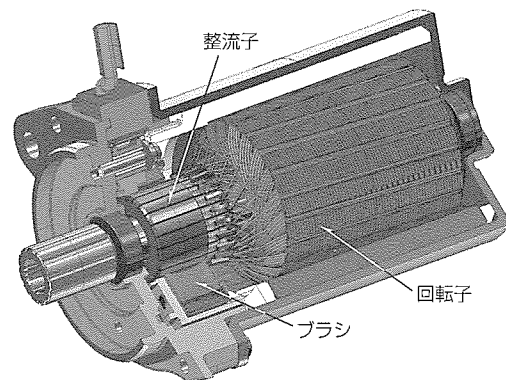
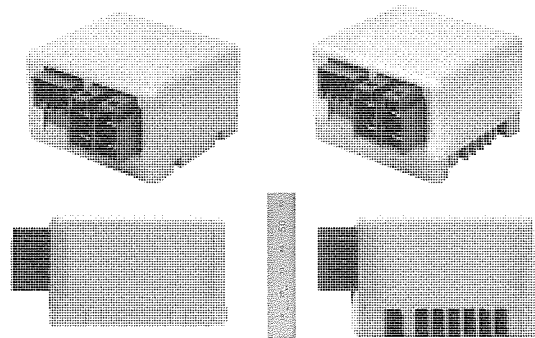


図1. EPS用ブラシ付きモータ



(a) 65A出力のコントローラ (b) 75A出力のコントローラ

図2. EPSコントローラ

駆動することでアシストトルクを発生するシステムである。図3にEPSの制御ブロック図を示す。操舵力補助の基本となる操舵アシスト制御に加え、高出力化に伴う課題に対応するため、制御の改良を行っている。

慣性補償制御は、モータの慣性モーメントによる影響(操舵の軽快感悪化)を補償するため、モータ角加速度にゲインを乗じ、また、粘性補償制御は、中・高速における車両挙動の収れん性を改善するため、モータ角速度に負のゲインを乗じてそれぞれアシスト電流に加算し、さらに、摩擦補償は、モータの摩擦トルクを打ち消すため、モータ角速度方向に電流を加算するものである。以上の構成は従来製品と同様であるが<sup>(1)</sup>、ここではさらに、ステアリングの中立復帰性を向上させるためにトルク型アクティブステア制御を追加し、制御系の安定化を図るため安定化補償を追加している。

#### 4.2.1 操舵の軽快感と収れん性の両立

モータの慣性モーメントの影響は、慣性補償制御によって補償し、操舵の軽快感を確保している。一方で、モータの高出力化を必要とする車両では、中・高速における車両挙動の収れん性が従来以上に要求される傾向にあり、粘性補償制御ゲインを大幅に増加させる必要がある。この場合、収れん性を改善する反面、操舵の軽快感が損なわれる弊害が生じ、その補償のために慣性補償ゲインを増加させる必要がある。このように、高出力システムでは慣性・粘性補償制御が高ゲイン化して制御系が不安定になる傾向があり、要求される操舵フィーリングを実現することが困難である。

この対応策として、慣性・粘性補償制御の周波数特性を最適化し、粘性補償制御の収れん性改善効果を従来よりも向上させることで補償ゲインを抑制し、制御系の安定性を確保した。図4は、周波数特性改良前後の仕様において、ほぼ同等の操舵力特性に調整した状態で車両挙動の収れん性を比較測定した結果である。改良後の仕様では、車両直進状態への収束時間が短くなった。このように、この改良

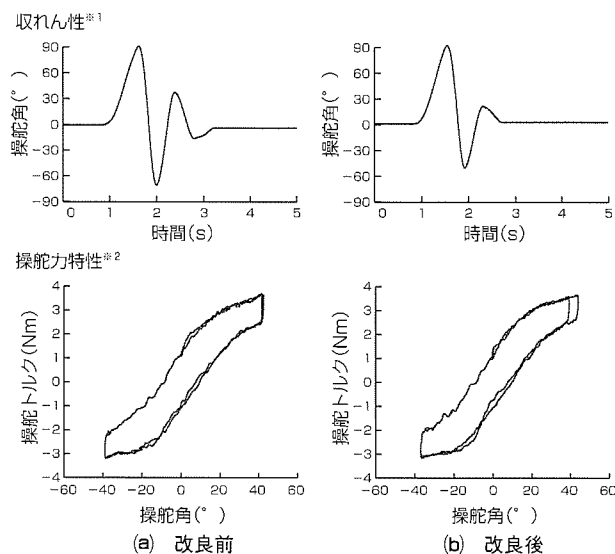
によって、操舵の軽快感と収れん性の両立が可能になった。

#### 4.2.2 摩擦トルク増加による影響の軽減

モータの高出力化によって摩擦トルクが増加すると、ステアリングの中立復帰性が悪化する。この影響を補償するため、当社独自技術であるトルク型アクティブステア制御(以下“アクティブステア制御”という。)を追加し、ステアリングの中立復帰性の向上を図った。アクティブステア制御は、車両の路面反力トルクを推定し、この推定値に基づいてステアリングを直進状態に戻す方向のアシストトルクを発生させることで、ステアリングの中立復帰性を向上する制御である。

図5にEPSのステアリング機構を示す。ここで、力のつり合いから式(1)が成立する。

$$T_{align} + T_{dist} = T_{hdl} + T_{assist} \dots\dots\dots(1)$$



※1 車速約60km/hで走行中にステップ状に操舵した後、ステアリングから手を放し、その後の直進状態への収束性を測定したものである。  
 ※2 車速約60km/hで走行中に0.5Hzで正弦波状に操舵したときの操舵角-操舵トルクの関係性を測定したものである。

図4. 周波数特性改良による効果確認

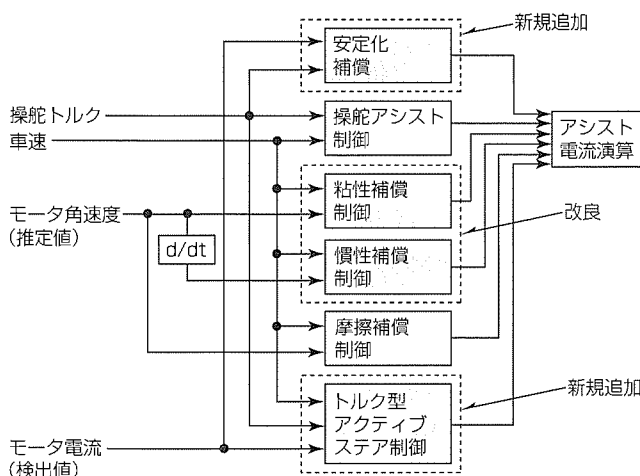


図3. 高出力ブラシ付きEPSの制御ブロック図

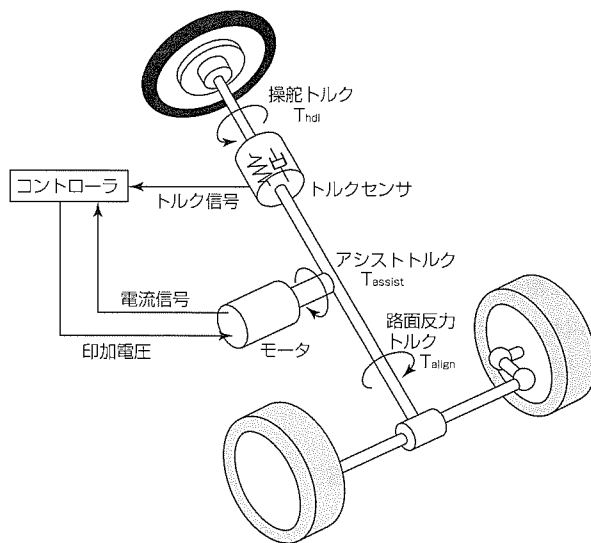


図5. EPSのステアリング機構

ここで、 $T_{align}$  : 路面反力トルク  
 $T_{dist}$  : 外乱トルク  
 $T_{hdl}$  : 操舵トルク  
 $T_{assist}$  : モータによるアシストトルク

アクティブステア制御では、式(1)における“ $T_{align} + T_{dist}$ ”をEPSのセンサ信号から導出し、さらに摩擦トルクなどの外乱トルク $T_{dist}$ をフィルタによって除去することで路面反力トルク $T_{align}$ を推定する。このように、路面反力トルクの推定を既存のEPSセンサ信号のみで実現する構成としたこともこの制御の特長である。

図6は、0.2Hzで正弦波状に操舵し、アクティブステア制御有無の仕様を比較した結果である。アクティブステア制御ありの仕様では、ステアリングを中立に戻す際のトルク(以下、“戻しトルク”という。)が増加しており、この制御がステアリングの中立復帰性を向上させる効果を持っていることが分かる。

さらに、アクティブステア制御は雪上などの路面摩擦係数が比較的低い路面においても戻しトルクを増加させることができ、操縦安定性を向上させる効果を持っている<sup>(2)</sup>。これは、EPSの新たな付加価値となっている。

#### 4.2.3 制御系の安定化

モータの高出力化によってアシストトルクを大きくしていくと、制御系の位相余裕が減少する。その結果、ステアリングが振動することがある。この対応策として、新たに安定化補償を追加して、振動成分を抑制することで、制御系の安定化を図った。

この補償は、ステアリング軸角速度の振動成分を導出し、これにゲインを乗じたものをアシスト電流に加算することで、振動を抑制するものである。

ブラシ付きEPSには、ステアリング軸角度を検出できるセンサがないため、オブザーバーによってステアリング軸角速度の振動成分を推定する。オブザーバーの構築にあたっては、実装の容易性を考慮して、前項のステアリング機構モデルを、ステアリング振動成分に対してのみ成立する2次の線形モデルに簡素化することで導出している<sup>(3)</sup>。これによって、既存のEPSセンサ信号である操舵トルクとモータ電流を入力としてステアリング軸角速度の振動成分を推定することが可能となる。

図7(a)は、従来制御でアシストトルクを大きくして制御系の位相余裕が減少したときのモータ電流波形であり、図7(b)は、安定化補償を追加したときのモータ電流波形である。安定化補償によって、電流振動が抑制されていることが分かる。

### 5. む す び

以上述べたように、従来のブラシ付きモータ、コントロ

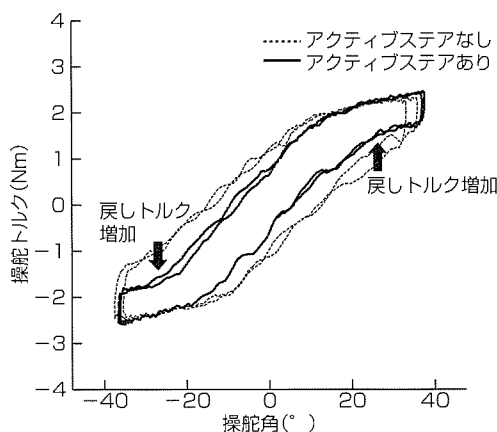


図6. アクティブステアによる操舵力特性変化

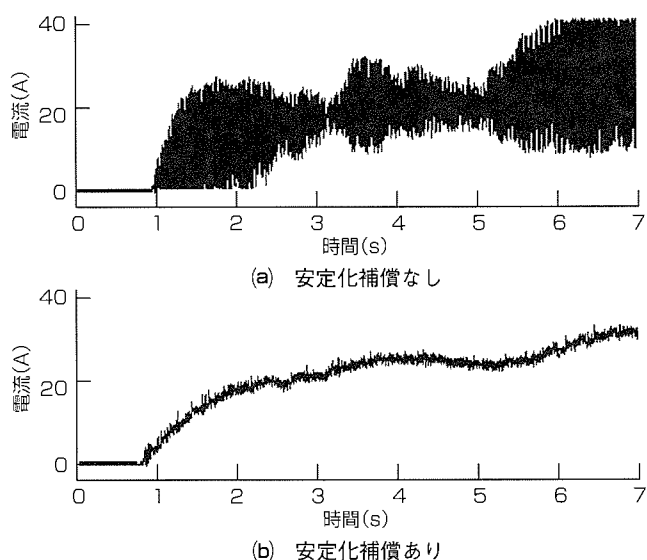


図7. 安定化補償による効果確認

ーラに、新たに独自の発熱対策と制御技術を適用して、コストパフォーマンスに優れた高出力ブラシ付きEPSを開発した。今後はブラシレスEPSと合わせた幅広い製品展開で、ますます多様化の進む市場の要求に対応していきたい。

#### 参考文献

- (1) 喜福隆之, ほか: 電動パワーステアリング制御技術, 三菱電機技報, 70, No.9, 923~928 (1996)
- (2) Kurishige M., et al.: An EPS Control Strategy to Improve Steering Maneuverability on Slippery Roads, SAE, No.2002-01-0618 (2002)
- (3) Kurishige M., et al.: A Control Strategy to Reduce Steering Torque for Stationary Vehicles Equipped with EPS, SAE, No.1999-01-0403 (1999)

# 電動パワーステアリングの アクティブステア技術

田中英之\*  
松永隆徳\*  
中島健治\*

Torque Controlled Active Steer for EPS

Hideyuki Tanaka, Takanori Matsunaga, Kenji Nakajima

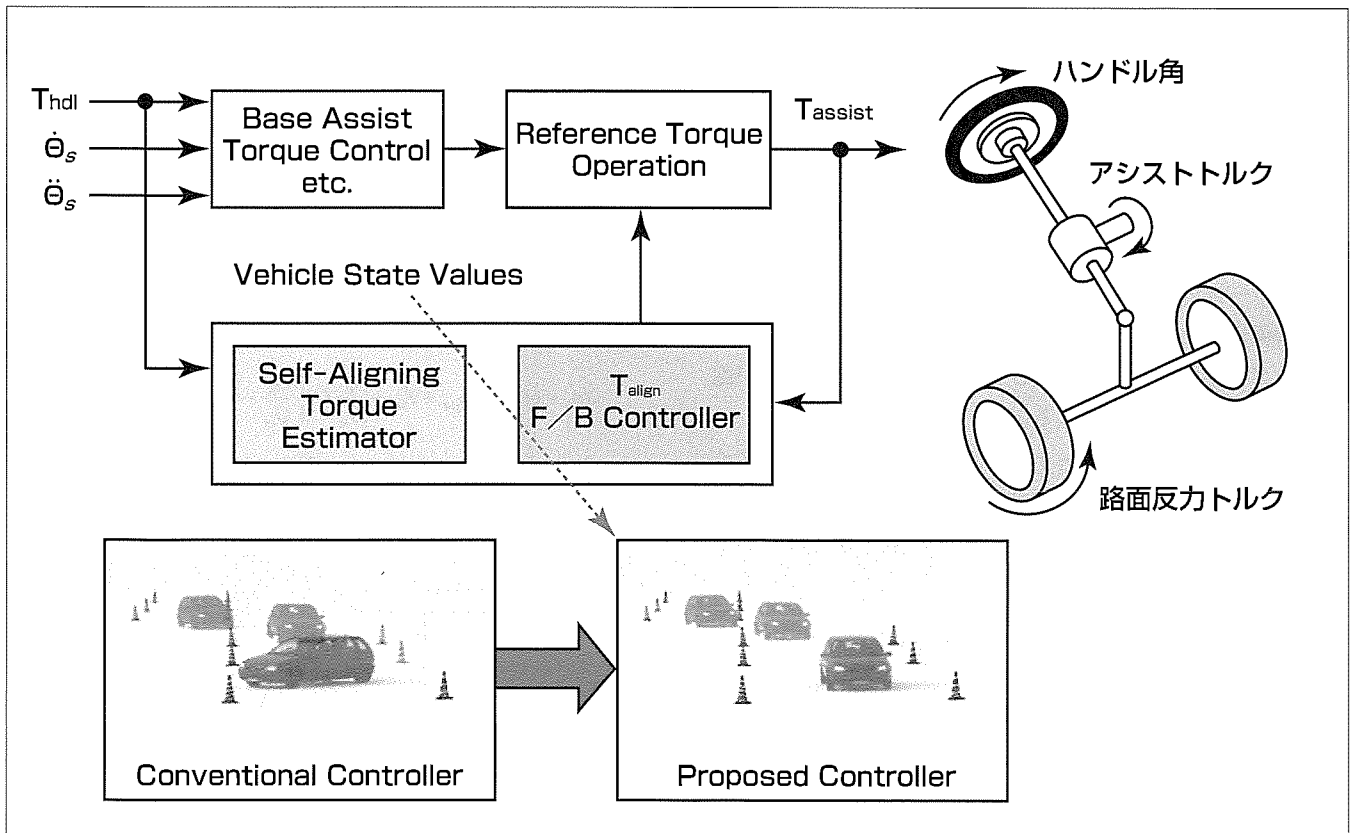
## 要 旨

電動パワーステアリングシステム (Electric Power Steering : EPS) はドライバーの操舵負荷トルクをモータでアシストするシステムであり、経済性などの観点からその市場は急速に伸びている。また近年ではドライバーの操舵負荷をアシストするだけでなく、制御自由度の高さから、ドライバーがより安全に操縦できる安全性向上システムとしての展開が期待されている。

中でもタイヤのグリップ力が低下する雪道などの滑りやすい路面では、ドライバーの誤ったハンドル操作によって車両が不安定になり最悪の場合スピンするような状況がある。

三菱電機は、EPSを単なるドライバーの操作をアシストするアクチュエータとしてではなく、操縦安定性と車両安定性を向上させるセンシング機能を持つものとして着目した。世界に先駆けて、自動車の安定性に大きくかわかるタイヤに発生する路面反力トルクの推定を行いアシストトルク制御に用いることで、車両を安定化する技術の開発に成功した。

なお、開発した路面反力トルク推定技術は新たにセンサを追加することなく実現可能であり、EPSの制御ソフトウェアとして組み込まれ製品への適用を進めている。



## EPSのアクティブステア技術

通常のEPSは運転者の操舵に応じたアシスト力をモータから発生させるのに対して、EPSのアクティブステア技術は車両状態に応じて(本稿ではタイヤに発生する路面反力トルク)操舵のアシストを行う。図は路面反力トルク推定器を備えたアシストトルクを決定するブロック線図と制御の有無による雪道での実車試験の一例である。

1. ま え が き

近年EPSを搭載した車両は、適用範囲を拡げている。これは油圧パワーステアリング(Hydraulic Power-Steering: HPS)に比べて、燃費が向上するなどのメリットがあるためである。本稿では一般的なEPS構成(操舵トルクアシスト制御)による操縦安定性向上をねらいとする。

従来のステアリングシステム(HPS含む)では、雪道などの滑りやすい路面(低 $\mu$ 路)において十分なハンドル戻しトルクがステアリングに作用しないため、ハンドル戻し速度が低下しドライバーが適切な操舵を行うことが困難となり、車両の不安定状態を引き起こす場合がある<sup>(1)</sup>。一方、車両安定度の高い方がドライバーを含めたときの操縦安定性が高いことが知られている。この視点に立って低 $\mu$ 路でのEPS制御特性と車両安定性の関係を線形解析手法で検討する。

本稿では、低 $\mu$ 路においてもハンドル戻しトルクをアシストするコントローラについて考察する。まず、ステアリング系を含んだ車両モデルの線形解析を行い、路面反力トルクフィードバック制御アルゴリズムがハンドル角フィードバック制御アルゴリズムよりも安定化することを確認する。次に路面反力トルクフィードバック制御アルゴリズムを具現化するため、制御器の構築を行う。最後に実車試験で制御効果の確認を行う。

2. 滑りやすい路面における課題

前述のとおり、低 $\mu$ 路では車両不安定状態を引き起こしやす。図1に示すとおり、コーナリングフォースはタイヤの横すべり角が小さい領域では、横すべり角に対して線形に増加する。しかし横すべり角が大きくなるとコーナリングフォースの増加率は減少し、やがて飽和する。また路面摩擦係数 $\mu$ が小さい路面ほど、横すべり角に対するコーナリングフォースの増加率及びコーナリングフォースが飽和する横すべり角は減少する。

路面反力トルクは、コーナリングフォースと同様にタイヤの横すべり角が小さい領域では線形的に増加する。ただし、コーナリングフォースが飽和する横すべり角より小

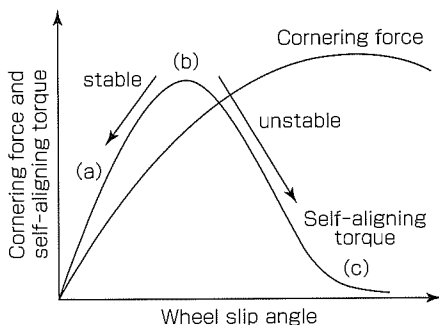


図1. 路面反力トルクとコーナリングフォース

い横すべり角で、路面反力トルクは飽和し、さらに減少する特徴を持つ。

また乾燥したアスファルト路面(高 $\mu$ 路)と低 $\mu$ 路では高 $\mu$ 路に比べて低 $\mu$ 路の車両安定性が低下することが分かっている。これは低 $\mu$ 路でのドライバーを含めた操縦安定性の低下の現象と合致しており、車両安定性と操縦安定性の相関があることを示している。

次に図1から、ドライバーのステアリング操作と車両操縦安定性について述べる。通常高 $\mu$ 路を運転する際は図1の(a)領域でドライバーは操縦を行う。しかし、前述のとおり低 $\mu$ 路においてはより小さな横すべり角で飽和するため図1の(b)領域まで動作点に移行する可能性がある。この領域でのハンドル操作で車両が完全に不安定な状態となる(c)の領域となるか、安定した状態である(a)の領域となるかが決まる。この動作点では、十分な路面反力トルクがステアリングに作用しないため、ハンドル戻し速度が低下しドライバーが適切な操舵を行うことが困難となるほか、車両安定性が低く車両挙動が収束しにくいために、高 $\mu$ 路に比べて操縦安定性が低下する。

3. EPS搭載車両の線形解析

本章ではドライバーの戻しトルクをアシストする以下2つのコントローラに関して線形解析を行う。

- (1) 路面反力フィードバック制御
- (2) ハンドル角フィードバック制御

EPSの役割はドライバーの操舵トルクをアシストするものであると同時に車両安定性も重要な要素の一つである。本章では、同様の機能を持つ上記二種類の制御の安定性確保について述べる。

3.1 EPS搭載車両のモデル化

本章で用いるEPS搭載車両の運動方程式を式(1)~(3)に、またそのモデルを図2に示す。

$$J\ddot{\theta}_s + c\dot{\theta}_s = T_{assist} + T_{hdl} - \frac{\zeta}{G_{rp}} C_f \left( \frac{\theta_s}{G_{rp}} - \frac{L_f}{V} \gamma - \beta \right) \dots\dots\dots(1)$$

$$mV\dot{\beta} = -2(C_f + C_r)\beta + \left\{ -mV - \frac{2}{V}(L_f C_f - L_r C_r) \right\} \gamma + 2C_f \frac{\theta_s}{G_{rp}} \dots\dots(2)$$

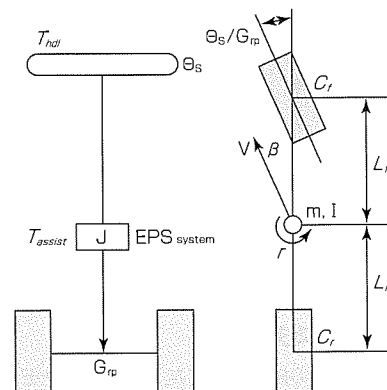


図2. ステアリングと車両の線形モデル

$$I\dot{\gamma} = -2(L_f C_f - L_r C_r)\beta - \frac{2(L_f^2 C_f + L_r^2 C_r)}{V}\gamma + 2L_f C_f \frac{\theta_s}{G_p} \dots (3)$$

### 3.2 線形解析

前述のとおり、ドライバーの戻しトルクをアシストするコントローラによる  $T_{assist}$  を式(4)~(6)のように定める。実際のEPSには式(4)~(6)以外にも様々な補償制御があるが、単純化のため戻し力を向上させるコントローラのみで評価する。

$$T_{assist} = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$T_{assist} = -a_1 \frac{\zeta}{G_p} C_f \left( \frac{\theta_s}{G_p} - \frac{L_f}{V} \gamma - \beta \right) \dots \dots \dots (5)$$

$$T_{assist} = -a_2 \theta_s \dots \dots \dots (6)$$

式(4)は戻し補償なしの場合、式(5)は路面反力フィードバック制御を用いた戻し補償、式(6)はハンドル角フィードバック制御を用いた戻し補償を意味する。

表1のパラメータを用いて式(1)~(6)の微分方程式の線形解析を行った結果を図3に示す。なお定常状態において式(5)と式(6)の補償量が同等となるように  $a_1$ ,  $a_2$  は設定した。

解析結果から、両コントローラとも式(4)の戻し補償なしの場合に比べて極の位置が負方向に大きくなっており、系としての車両安定性が向上する。また式(6)のハンドル角フィードバック制御を用いたコントローラより式(5)の路面反

表1. シミュレーションパラメータ

$m$	Vehicle mass	1,100kg
$I$	Vehicle yawing Inertia	1.073kgm <sup>2</sup>
$V$	Vehicle velocity	30km/h
$L_f$	Distance from C.G. to front axle	1.13m
$L_r$	Distance from C.G. to rear axle	1.32m
$C_f$	Cornering power of front wheel	4,400N/rad
$C_r$	Cornering power of rear wheel	7,300N/rad
$J$	Steering system Inertia	0.1kgm <sup>2</sup>
$c$	Steering system damper	-0.65
$\xi$	Caster + Pneumatic	0.03m
$G_p$	Steering gear ratio	16

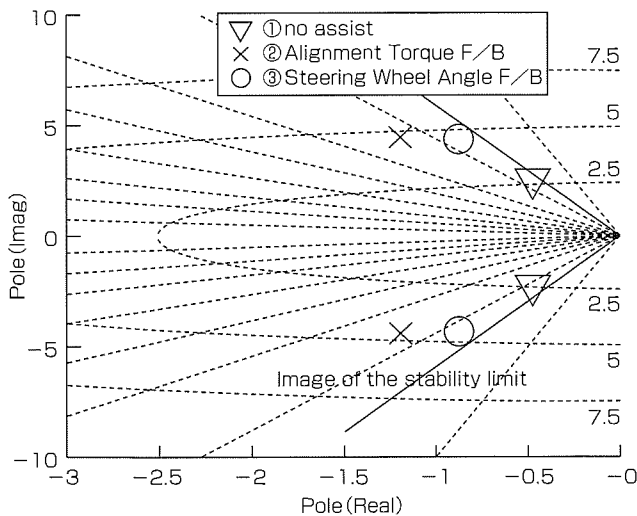


図3. アシストトルクを考慮した線形解析結果

力フィードバック制御を用いたコントローラの方が、安定性が向上することが分かる。

### 3.3 系にドライバーを含めた考察

前節までの開ループ特性を踏まえてドライバーを含んだ系に関する考察を行う。車両が不安定な状態は様々であるが、最も危険な状態の一つであるスピンを回避することについて考える。図4はドライバーによるハンドル戻し速度、反応時間及び車両安定化の関係を描いたものである。安定度の高い車両は戻しトルクが強く、ハンドル戻し速度及び反応時間も早いことが経験的に知られている。図に示されるように、ハンドルの操舵速度が大きければ車両安定性が向上することが分かる。この点に着目して、開発するコントローラはEPSの制御アシストで戻しトルクを向上し、ハンドル戻し速度及び反応時間を向上させてドライバーを含めた操縦安定性を向上させる。その結果、車両安定性を向上させ、スピンなどの危険な状態を回避することを目的とする。

## 4. 制御則とシミュレーション検討

### 4.1 制御則

路面反力トルクを用いてハンドル戻しトルクを付加し、ドライバーの操舵速度をアシストすることを目的としたEPSコントローラを以下のとおり構築した。

- (1) 低μ路においても戻しトルクをアシストし、車両安定化機能を向上させる。
- (2) 新たなセンサを追加せずに制御則の構築を行う。
- (3) 他のEPS補償へ悪影響を与えない。

図5は開発したコントローラのブロック図である。ドライバーの操舵トルクとEPSのアシストトルクから路面反力

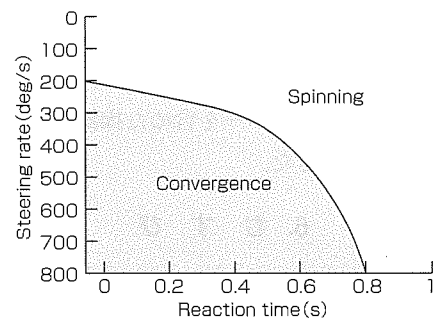


図4. 車両安定化と戻し速度の関係<sup>(2)</sup>

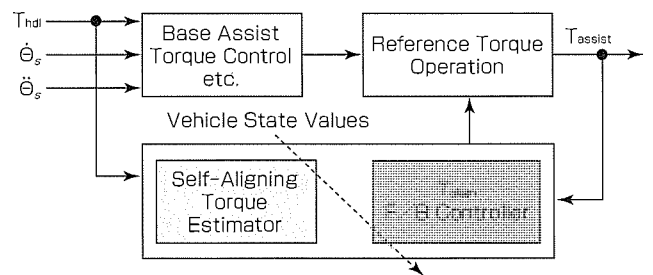


図5. トルク型アクティブステアブロック図

トルクを推定し、路面反力トルク推定値に基づいてハンドル戻しトルクをアシストする構成となっている。

#### 4.2 路面反力トルク推定器

前章において、路面反力トルクは様々な車両状態量から演算したが、実際に式(1)にある車両状態量を得ることは困難である。またステアリング機構には摩擦 $T_{fric}$ などの非線形要素も含まれるため、路面反力トルク $T_{align}$ の運動方程式は式(7)のようになる。

$$J\ddot{\theta}_s = T_{hdl} + T_{assist} - (T_{align} + T_{fric} \cdot \text{sgn}(\dot{\theta}_s)) \quad \dots\dots\dots(7)$$

EPSで計測可能な状態量は式(7)における“ $T_{align} + T_{fric}$ ”である。路面反力トルク推定器は車両状態量に応じたフィルタによって摩擦トルクなどの非線形要素を除去することで、路面反力トルク推定値を得る。推定器に基づいて路面反力トルクを求めた結果を図6に示す。試験結果から、低周波から高周波まで路面反力トルク推定器の推定値が良好であることが確認できる<sup>(3)</sup>。

#### 5. 実車試験結果

低 $\mu$ 路での実車試験結果について考察する。実車試験は、(1)手放し操舵、(2)スラローム操舵で実施した。手放し操舵試験は車両安定性の評価、スラローム操舵試験はドライバーを含めた操縦安定性及び車両安定性評価を目的として行ったものである。図7、図8は低 $\mu$ 路におけるそれぞれの実車試験結果を示す。試験結果から以下のことが分かる。

- (1) 現行制御と比較して、提案の制御アルゴリズムを用いた場合、約1秒オーダーの収束が早くなっており、シミュレーションと同様に車両安定化機能の向上が確認できる。
- (2) 現行制御と比較して、提案の制御アルゴリズムを用いた場合、ハンドル戻し時の遅れが約0.5秒向上しており、戻し遅れに伴う車両の不安定状態を改善していることが確認できる。

以上のとおり、ドライバーを含めた操縦安定性及び車両安定性向上が確認できた。

#### 6. む す び

本稿では、路面反力トルク推定器を用いたEPSの車両安定化制御について述べた。また、開発したアルゴリズムについて次の結論を得た。

- (1) ステアリングを含む車両モデルの線形解析から、戻しトルクアシストによる車両安定化が可能であることを明らかにした。
- (2) 低 $\mu$ 路における戻しトルクの向上によって、ドライバーを含む操縦安定性及び車両安定性の向上を確認した。
- (3) 提案の制御アルゴリズムは、現在のEPSシステム構成を変更することなく、制御ソフトウェアの変更のみで機能の実現が可能であることを確認した。

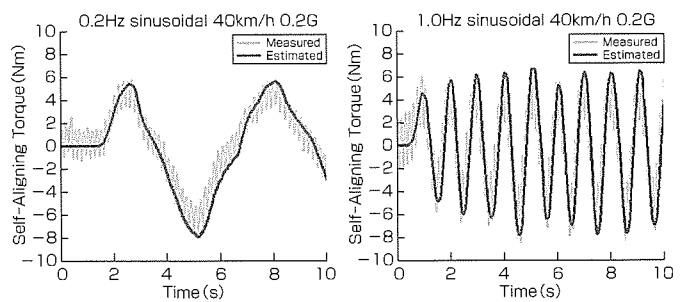


図6. 路面反力トルク推定結果(実車試験装置)

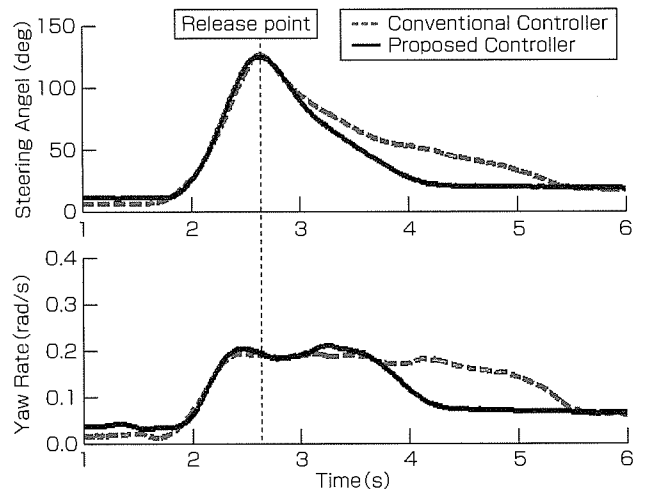


図7. 手放し操舵試験

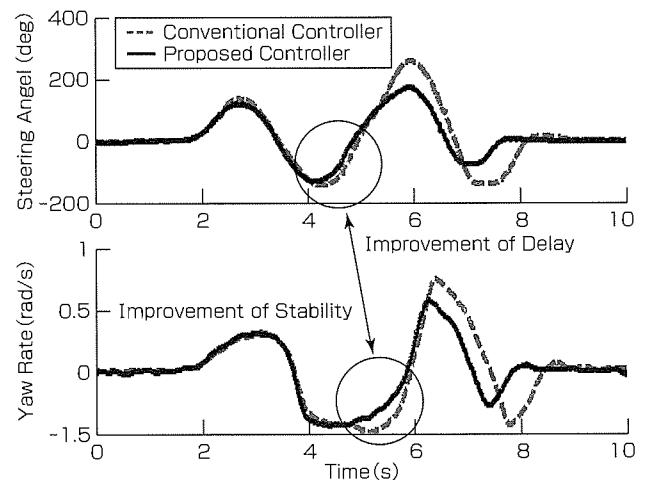


図8. スラローム操舵試験

#### 参考文献

- (1) Kurishige, M., et al.: An EPS Control Strategy to Improve Steering Maneuverability on Slippery Roads, SAE Paper 2002-01-0619 (2002)
- (2) 山脇 茂, ほか: 運転状態図を用いたオーバーステア時における操舵反力制御とその効果, 日本機械学会第8回交通物流部門大会講演論文集, No.99-59 (1999)
- (3) Tanaka, H., et al.: The Torque Controlled Active Steer For EPS, In Proc. International Symposium on Advanced Vehicle Control, 501~506 (2004)



# 水銀フリーバルブ対応HIDバラスト

Electronic Ballast for Mercury Free Xenon Lamp

Hiroyuki Hasebe, Yasuhiko Kono, Naoto Maruo

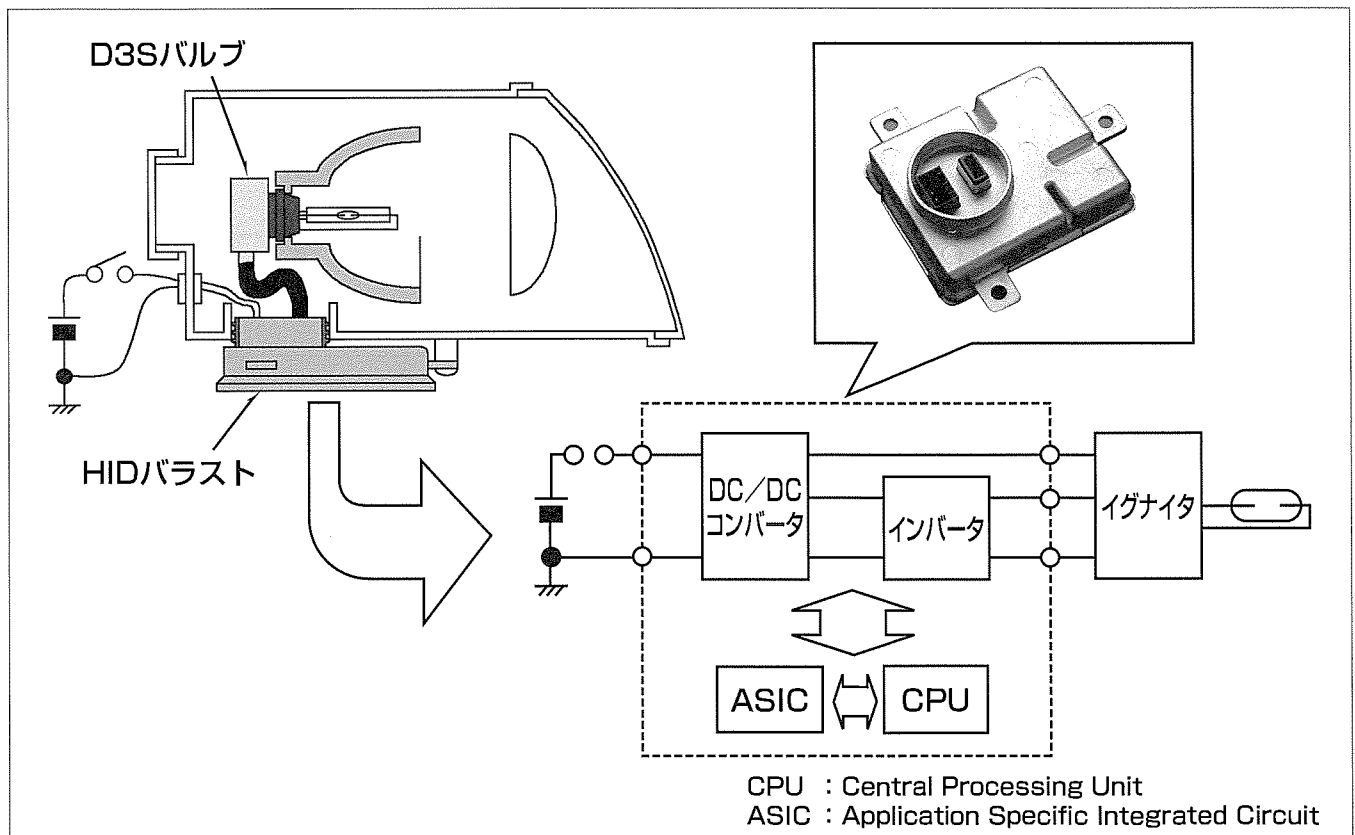
## 要旨

HID (High Intensity Discharge : 高輝度放電) ヘッドランプは、従来のハロゲンランプと比較して高輝度・長寿命であることを特長として、普及が進んでいる。三菱電機ではそのHIDヘッドランプ(ディスチャージランプ、キセノンランプとも称される)の光源であるHIDバルブを駆動する電子バラスト(安定器)の開発・製造を行っている。

HIDバルブ(電球)として現在主流のバルブには微量の水銀が含まれている。水銀は欧州ELV (End of Life Vehicle) 指令によって自動車部品への使用が原則禁止となっている。現在は代替技術が未整備であるとして例外的に使用が認められているが、環境保護の面からは水銀を使用しないバルブによるシステムが求められている。

バルブは水銀フリー化によって、その電気的特性が従来バルブと比較して大きく異なるものになるため、従来のバラストでは駆動が不可能になる。当社では以前から水銀フリーバルブ対応のバラスト開発を進めており、このたび、欧州市場へ投入することとなった。

水銀フリーバルブを使用するシステムは、特に点灯初期におけるバルブ発光効率が従来バルブより著しく低い、定格電流が従来バルブ対応の場合の2倍となる、といったバラストにとって厳しいものとなる。このシステムに対応するバラストの開発において、従来タイプと遜色(そんしょく)がないシステム性能と、従来タイプと同等以下のバラストの回路損失・サイズを実現した。



## HIDヘッドランプシステムとバラスト

HIDバラストは、HIDバルブを始動、安定点灯させるために必要な電圧・電流を供給する。水銀フリーバルブ対応バラストでは、点灯初期の大電力投入、安定点灯時における従来バルブの2倍の定格電流に対しても、回路損失とバラストサイズを従来製品以下に抑えることに成功した。

1. ま え が き

HIDヘッドランプは、従来のハロゲンランプと比較して高輝度(約2倍)・長寿命(約4倍)・低消費電力(約2/3倍)を特長としており、夜間走行の安全性向上に貢献する装備として、普及が進んでいる。当社ではそのHIDヘッドランプの光源であるHIDバルブを駆動する電子バラストの開発・製造を行っており、日本国内はもとより、欧州・北米市場へ向けても納入中である。

HIDバルブ(電球)として現在主流のバルブには微量の水銀が含まれており、環境保護の面からも水銀を使用しないバルブによるシステムが求められている。

バルブは水銀フリー化によって、その電気的特性が従来バルブと比較して大きく異なるものになるため、従来のバラストでは駆動が不可能になる。当社では以前から水銀フリーバルブ対応のバラスト開発を進めており、このたび、欧州市場へ投入することとなった。

2. 自動車前照灯HIDランプ用バラスト

2.1 バラスト製品概要

HIDヘッドランプの核心部であるHIDシステムは、バルブ、イグナイタ、バラストからなる。この中で、バラストが果たす機能は次のとおりである。

- (1) バッテリー電圧(定格12V)をバルブが必要とする電圧(始動時400V、安定点灯時定格42V)に変換する。
- (2) 始動時に、イグナイタの動作に必要な電圧1kVを供給する。
- (3) 点灯初期は、バルブの発光効率が低い状態に対しても素早い光の立ち上げを実現するため、大電力(75W)を供給する。その後、バルブの発光効率の上昇に伴い、明るさが急変しないよう滑らかに出力電力を減少させ、定格電力35W出力に移行する。
- (4) 入出力の様々な異常状態からシステムを保護するため、異常判定を行い動作を停止する(フェールセーフ機能)。このたび量産化したシステムでは、イグナイタがバルブと一体化した、D3バルブを使用する。

2.2 バルブの水銀フリー化

従来タイプのHIDバルブにおいて、水銀は可視光を発生しつつバルブ電圧を高め保つ役割を果たしている。特に点灯初期において、水銀は他の封入物質よりも早く気化して可視光を発生するため、発光効率の確保に大きく寄与している。

ところが水銀は、欧州ELV指令によって、鉛、カドミウム、六価クロムとともに、原則使用禁止物質に指定されている。その中でHIDバルブに含まれる水銀は、現時点では代替物質への置き換えが技術的に困難であるとして、例外的に使用が認められている。このため、従来の水銀を

有するタイプのHIDバルブの使用は現時点で法的には問題のないものとなっている。

しかしHIDシステムの水銀フリー化は、環境意識が高まる時代において不可欠であるとの認識から、バルブメーカーにおいて水銀フリーバルブの開発が進められてきた。

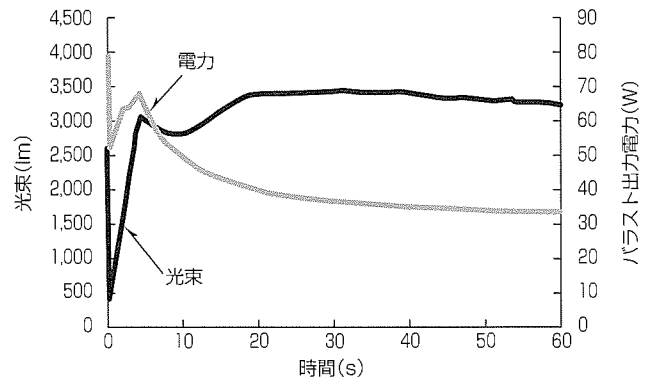
バルブの水銀フリー化に際し、新たに選定された代替物質がバルブ電圧を高める役割を担っているが、その働きは完全に同等ではなく、また、水銀とは違って可視領域の発光は皆無である。このため、初期バルブ投入電力や定格バルブ電流に表1、図1に挙げるような差異が存在する。

2.3 水銀フリーバルブ対応バラストの技術的課題

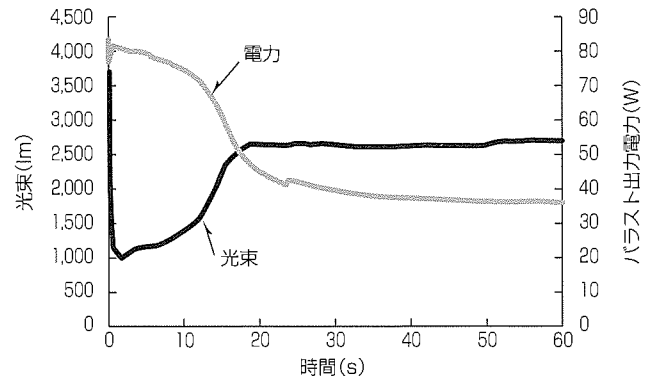
ユーザーに対して、バルブの水銀フリー化が性能の低下と感じとられるものであってはならない。ところが前節に述べたように、バルブの水銀フリー化は性能に差異を伴うものであるため、これを実用上問題のないレベルに抑え込むには、バラストの制御による対策が必要である。

表1. 従来バルブと水銀フリーバルブの比較

	従来バルブ	水銀フリーバルブ
初期バルブ投入電力	70W	75W
定格バルブ投入電力	35W	35W
定格バルブ電圧	85V	42V
定格バルブ電流	0.41A	0.83A



(a) 従来バルブ



(b) 水銀フリーバルブ

図1. HIDバルブ点灯初期の発光特性

バルブの水銀フリー化による点灯初期における光の立ち上りの遅延は、バラスト側において、初期バルブ投入電力の増加や投入時間の延長によって補う。しかしこれは、バラストにとっては入出力電流による回路損失が増加する方向である。また、安定点灯時においても、定格バルブ電圧が従来バルブの半分しかないため、同じ定格バルブ電力を出力するために必要な定格バルブ電流が従来バルブの2倍の値となり、出力電流増加が回路損失増加につながる。回路損失の増加は、動作時のバラスト温度をより高温にし、信頼性を低下させるため、これを抑制することが必要となる。

また、車両(ヘッドランプ)への取り付け性の観点から、バラストの小型化は常に要求される課題である。

今回は、水銀フリーバルブ対応バラストにおいて、回路損失と製品サイズを従来タイプと同程度又はそれ以下に抑制することを課題として、開発を行った。

### 3. 当社バラストの技術要素

#### 3.1 マルチフェーズDC/DCコンバータ

バルブの水銀フリー化によって安定点灯時の出力電流が2倍になるため、従来バラストの回路を踏襲すると、DC/DCコンバータの整流ダイオードの順方向損失(順方向電圧×電流)は、従来バルブ対応時の2倍となる。

ダイオードは並列接続すると、個体差による熱暴走(オン電圧低→電流増→温度上昇→さらなるオン電圧の低下)に至る可能性があるため、並列接続によるオン電圧の低減は困難である。この対応策として、DC/DCコンバータを1系統から2系統へと増やし、ダイオード1個あたりに流れる電流を従来バラストと同程度とすることで、ダイオード1個あたりの発熱増加を抑制した。

さらに、2系統のDC/DCコンバータの位相を180°シフトさせる(図2)ことによって、入出力のリプルを抑制し、回路効率を改善した。

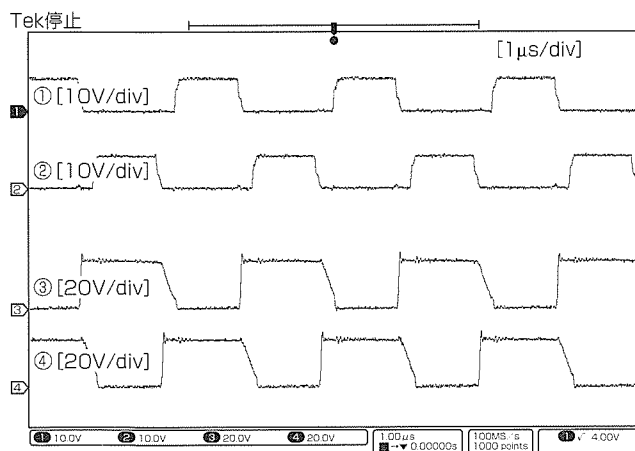


図2. ZVS時のFETゲート電圧波形(①②)及びドレイン電圧波形(③④)

また、順方向損失の増大抑制のため、順方向電圧が従来バラスト搭載品の3/4程度となるダイオードを採用した。ダイオードの順方向電圧とスイッチング性能とは相反関係にあり、順方向電圧を下げればスイッチング性能が劣化する。これによるスイッチング損失の増大は、次節で述べるZVS(Zero Voltage Switching:ゼロ電圧スイッチング)方式を採用することによって抑制した。

#### 3.2 マルチフェーズZVS用IC

従来バラストの駆動周波数固定ハードスイッチング方式に対し、スイッチング損失が低減するZVS方式を採用した。汎用のZVS用ICを採用する場合、ZVS用ICだけでなく電力制御系も2系統必要となってくるため、回路規模が増大する。以上の背景から、1系統の電力制御系で2系統のZVS駆動が可能となるカスタムICを開発した。

さらに、従来タイプでは個別部品で構成していた内部電源回路や電力制御回路等もIC内に取り込むことで、部品点数と製品サイズの増大を抑制した。

#### 3.3 高周波DC/DCコンバータ

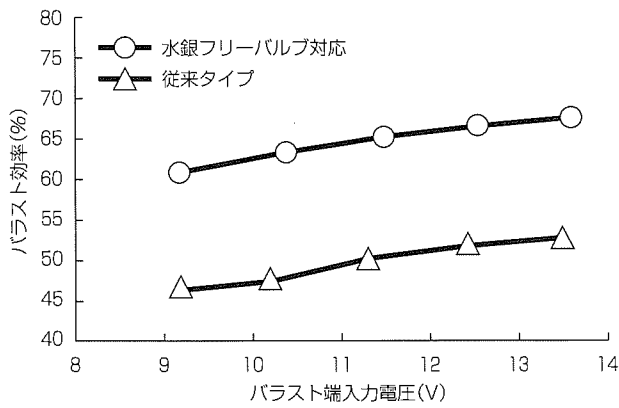
従来タイプのハードスイッチング方式では、DC/DCコンバータの駆動周波数を上げるとスイッチング損失が増大するため、駆動周波数の上限が制限されていた。水銀フリータイプでは、ZVS方式の採用によって効率を悪化させることなく高周波化を実現したため、トランスや平滑コンデンサ等の小型化が可能になった。

#### 3.4 単巻き式DC/DCコンバータトランス

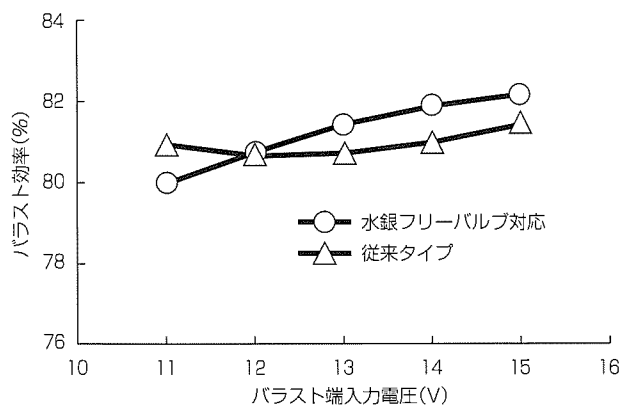
従来タイプのバルブは定格バルブ電圧が高いので、点灯時電位によるナトリウムロス抑制のため、バラストはマイナス電位でバルブを駆動している。このためDC/DCコンバータトランスは絶縁式を採用している。水銀フリーバルブでは定格バルブ電圧が従来バルブの1/2に低下するため、点灯電位をプラスとして、DC/DCコンバータトランスには一次巻線と二次巻線を接続した単巻き式を採用した。これによって、トランスのコアを介さずに電力の一部が供給されるため、励磁電流が少なくなり、回路損失が減少する。

#### 3.5 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)

出力電流の極性を切り替えるインバータ素子に、従来バラストのようにMOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)を用いる場合、バルブの水銀フリー化によって出力電流が2倍になると、そのままでは損失が4倍になる。損失を同程度に抑制するにはチップサイズを4倍程度にする必要があり、どちらも現実的ではない。このため、インバータ素子にIGBTを採用し、チップサイズと高温時のオン損失を従来バラストと同程度に抑制した。IGBTには温度が高いほどオン電圧が低下、オン損失が減少する特性があり、また、オン損失が電流に比例(MOSFETは電流の2乗に比例)するため、特に大電流時のオン損失低減においてMOSFETより有利である。



(a) 点灯初期



(b) 安定点灯時

図3. バラスト効率比較

#### 4. 当社バラストのサイズ及び効率

前述のDC/DCコンバータの高周波化やカスタムIC開発などによって実現した水銀フリーバルブ対応バラストのサイズ及び効率を、従来タイプのバラストと比較すると、次の結果となる。

##### 4.1 バラスト効率

点灯初期の大電力出力時におけるバラスト効率(=バルブ投入電力/バラスト入力電力、図3(a))は、従来タイプに比べて20ポイント程度の効率改善となった。

また、安定点灯時におけるバラスト効率(図3(b))は、従来タイプとほぼ同程度となった。

表2. 従来タイプと水銀フリーバルブ対応バラストの比較

	従来タイプバラスト	水銀フリーバルブ対応バラスト
サイズ	175cm <sup>3</sup>	140cm <sup>3</sup>
質量	250g	175g

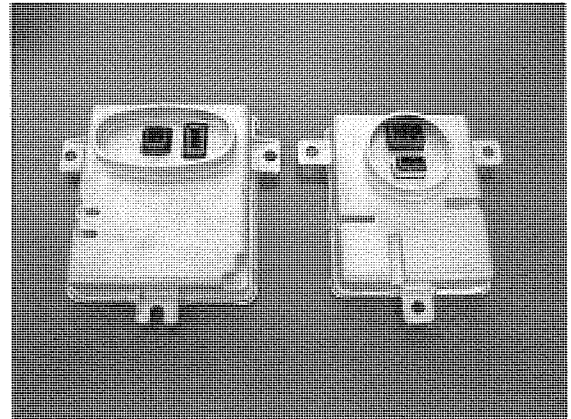


図4. 従来タイプ(左)と水銀フリーバルブ対応バラスト(右)

##### 4.2 バラストサイズ

バラストサイズについては、従来タイプと比べて約20%の小型化と、約30%の軽量化を実現した(表2、図4)。

#### 5. む す び

これまで代替技術の未整備という理由で、従来の水銀を含有するタイプのHIDバルブの使用が認められてきたが、今後は環境意識の高まりと技術の進展によって、水銀フリータイプへの切り換えの加速、さらに水銀使用の法規制化(HIDバルブの例外リストからの削除)が想定される。

今回の水銀フリーバルブ対応バラストの開発で得た知見を確実に蓄積し、また、バルブメーカーとも連携を図りながら、タイムリーな製品開発を進め、カーメーカーのニーズにこたえ、広く社会に貢献する製品を市場に送り出していきたい。

#### 参 考 文 献

- (1) 社照明学会 編：ライティングハンドブック，オーム社（1987）
- (2) 電気学会放電ハンドブック出版委員会 編：放電ハンドブック 改訂新版，オーム社（1980）

# 自動車用電子キーシステム

岡村茂一\*  
浦野忠彦\*

Electronic Key System for Automobile

Shigekazu Okamura, Tadahiko Urano

## 要 旨

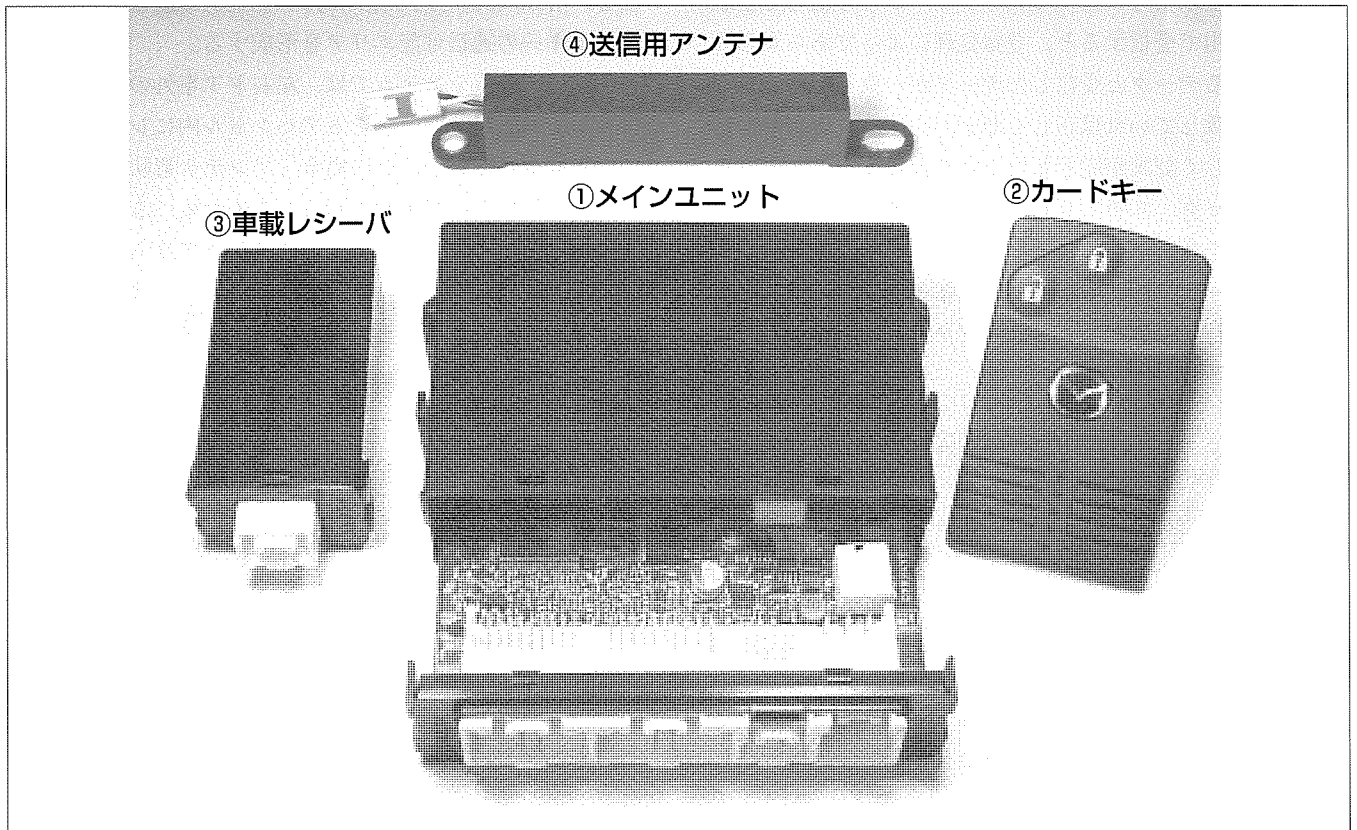
三菱電機は、自動車におけるドアのロック／アンロック時、及びエンジン始動時における利便性を向上させるため、従来のキーレスエントリーにおける無線通信技術を応用した電子キーシステムを開発した。

このシステムでは、カードキーをユーザーが携帯していれば、それを取り出すことなく、ドアハンドルに設置されたスイッチを押すだけで、ドアのロック、アンロックが可能となる。また、鍵をステアリングコラムのキーシリンダに差し込まなくても、そこにあるノブを回すだけでエンジン始動が可能となる。

さらに、ユーザーの携帯するカードキーと車載機との間

の無線通信に、携帯電話の分野で実績のある当社オリジナルの暗号化アルゴリズム“MISTY”を採用することで、従来以上のセキュリティ性を確保した。

本稿ではまず、開発した電子キーシステムの概要について述べた後、当社が開発した自動車用電子キーシステムのシステム構成、このシステムが実現する6つの機能(スマートエントリー機能、スマートスタート機能、ノーマルキーレスエントリー機能、エマージェンシー機能、フルプルーフ機能、カスタマイズ機能)、及びシステム性能を左右するカードキーとの通信性能について述べ、最後に、今後の展開について述べる。



## 自動車用電子キーシステム

開発した自動車用電子キーシステムは、①メインユニット(車載機)、②カードキー、③車載レシーバ、④送信用アンテナなどで構成し、スマートエントリー機能、スマートスタート機能、ノーマルキーレスエントリー機能、エマージェンシー機能、フルプルーフ機能、カスタマイズ機能の6つの機能がある。

## 1. ま え が き

当社では、電波式のキーレスエントリーシステム、並びに、イモビライザシステムの開発／製品化に以前から着手し、1994年に量産を開始した。これらシステムの開発／製品化で培った無線通信技術をベースに、次世代のキーレスエントリーシステムとして、メインユニットとカードキー間での双方向通信を用いた自動車用電子キーシステム、いわゆる、スマートエントリーシステムを開発し、2004年から量産を開始した。

## 2. システム構成

開発した自動車用電子キーシステムは、メインユニット(車載機)、カードキー、車載レシーバ、送信用アンテナ、イモビライザ機能のためのコイルアンテナ、車外ブザー、エンジン制御ユニット、ステアリングロックユニットなどで構成している(図1)。当社では、図中、網掛けした6つの部品を開発した。以下それらについて述べる。

### (1) メインユニット(車載機)

メインユニットは、このシステムの制御をつかさどる部品であり、16ビットマイコンを中心に構成している。各種スイッチの状態などに応じて、送信用アンテナから約132kHzの電波を用いて、カードキーへの要求信号を送信する。この要求信号に対するカードキーからの信号を車載レシーバ経由で受信すると、登録処理によってあらかじめ記憶しているデータと受信したデータが一致しているかを確認し、一致していれば正しく認証が完了したと判断する。そして、正しく認証が完了したことを前提に、ドアのロック、アンロック、ステアリングロックの解除、又はエンジン始動許可を行う。

なお、カードキーの登録処理は、基本的にダイアグテストを用いて行い、最大6個のカードキーを登録できるようになっている。

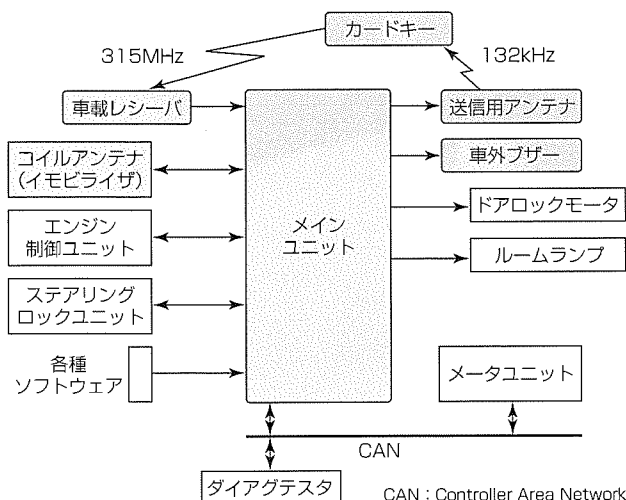


図1. システム構成

### (2) カードキー

ユーザーのボタン操作があった場合、又は、メインユニットからの要求信号を受信した場合、ドアのロック、アンロックなどの制御用データ、並びに、各カードキーに割り付けられた認証に用いるためのデータなどを315MHzの電波を用いて送信する。送信にあたっては、セキュリティ性を確保するため、携帯電話の分野で実績のある当社オリジナルの暗号化アルゴリズムMISTYを採用し、たとえ無線通信を傍受されたとしても、その内容が容易に解読できないようにしている。

また、カードキーに内蔵された電池が切れた場合、カードキーが故障した場合でも、ドアのロック、アンロック、エンジン始動ができるよう、メカニカルキーを格納できる構成としている。このメカニカルキーは、従来のイモビライザで使用されているトランスポンダを内蔵しており、メカニカルキーによるエンジン始動時のセキュリティ性も確保している。

### (3) 車載レシーバ

カードキーからの周波数変調された315MHzの信号を受信し、マイコンで読み取り可能なデジタル変調された信号に変換してメインユニットに送信する。

### (4) 送信用アンテナ

メインユニットからの駆動信号に応じて、要求信号を発信し、各LF(Low Frequency)アンテナの設置位置近傍にカードキーの通信可能エリアを形成する。

他社におけるシステムでは、左右ドア車外の通信のために用いる送信用アンテナをドアハンドル内にレイアウトしている場合が多いが、その場合、アンテナ形状がドアハンドルの形状によって制約される。このため、このシステムでは、送信用アンテナをドア本体にレイアウトするようにして、ドアハンドルが異なっても、車種間で共通のアンテナを設定できるようにしている。

### (5) コイルアンテナ

メカニカルキーを用いてエンジン始動する際、メカニカルキーに内蔵したトランスポンダとの通信を行う。通信結果はメインユニットに送られる。メインユニットでは、この通信によってトランスポンダから受信したデータが、登録処理によってあらかじめ記憶しているデータと一致しているかを確認し、一致していれば正しく認証が完了したと判断し、エンジン始動を許可する。

### (6) 車外ブザー

後述するフルプルーフ機能で用いるブザーである。

## 3. 機能の概要

開発した自動車用電子キーシステムの主な機能は次の6つである。

### (1) スマートエントリー機能

ユーザーがカードキーを携帯した状態で、ドアハンドル部のリクエストスイッチを押すと、メインユニットとカードキーが双方向通信を行う。その結果、車外の所定の通信可能エリア内にカードキーが存在し、正しく認証が完了すれば、ドアロックモータを駆動する。この機能によって、ユーザーは、鍵を取り出すことなく、ドアのロック、アンロックを行うことができる。

(2) スマートスタート機能

ドアの開閉、キーノブ操作などをトリガーにメインユニットとカードキーが双方向通信を行う。その結果、車内にカードキーがあって認証が正しく完了すれば、ステアリングロックユニットに対してロック解除信号を送信するとともに、エンジン制御ユニットに対してエンジン始動許可信号を送信する。この機能によって、キーシリンダに鍵を差し込むことなく、ユーザーはエンジン始動を行うことができる。

(3) ノーマルキーレスエントリー機能

ユーザーがカードキーにあるボタンスイッチを押下すると、カードキーは制御信号を送信する。メインユニットは、カードキーからの制御信号を受信し、正規のものであればドアロックモータを駆動する。この機能によって、従来のキーレスエントリーと同様、ドアのロック、アンロックの遠隔操作を行うことができる。

(4) エマージェンシー機能

電池切れや故障などによってカードキーが作動しない場合でも、カードキーに内蔵してあるメカニカルキーを使うことで、ドアのロック、アンロック、エンジン始動を行うことができる。

(5) フールプルーフ機能

ユーザーの間違った使い方をシステムが検出して、メータ内にあるランプやブザー、及び車外に設置されたブザーを用いて下記8種類の警報、ガイダンスを行い、トラブルの発生を防ぐ。

- ・キーノブ戻し忘れ警報
- ・カードキー車外持出し警報
- ・カードキー閉じ込め防止警報
- ・ドアロック不作動警報
- ・電池電圧低下表示
- ・キーノブ回動許可・不許可ガイダンス
- ・エンジン始動不可ガイダンス
- ・ドアロック／アンロックアンサーバック

(6) カスタマイズ機能

ダイアグテストによって、ニーズに合わせて一部機能の動作を変更することができる。

4. カードキーとの通信可能エリア

このシステムの性能を大きく左右する要因として、メイ

ンユニットとカードキーとの通信可能エリアがある。この通信可能エリアは、そのまま、ドアのロック、アンロック、エンジン始動の動作可能エリアとなるため、商品性(ユーザーインタフェース)、及びセキュリティ性の観点から非常に重要であり、開発にあたって次の要件を設定した。

- (1) 車外では、ユーザーインタフェースの観点から、ハンドルに手が届くエリア、具体的には、左右フロントドア、バックドアのドアハンドルを中心とした少なくとも80cmのエリアで通信可能であること(メインユニットからの送信信号に対して応答できること)。
- (2) 車内では、どこにおいてもエンジン始動できるように、基本的にカードキーを置くことができる場所すべてで通信可能であること(メインユニットからの送信信号に対して応答できること)。

当社では、これらの要件を満足するため、基本的にカードキーの出力を電波法による規制値を超えないレベルに設定し、各車種における送信用アンテナの車体取り付けレイアウトと送信用アンテナからの送信出力を調整している。

実際には、他の車載機器が放射する外乱ノイズによってこのシステムが影響を受けたり、ラジオノイズなど他の機器へ影響を及ぼす場合があるので、その点を考慮しながら調整する必要がある。これら影響の大小は、搭載する車種の大きさやボディタイプ、搭載される電子機器の種類/位置、ハーネスの引き回しに依存するため、車種ごとにそれ

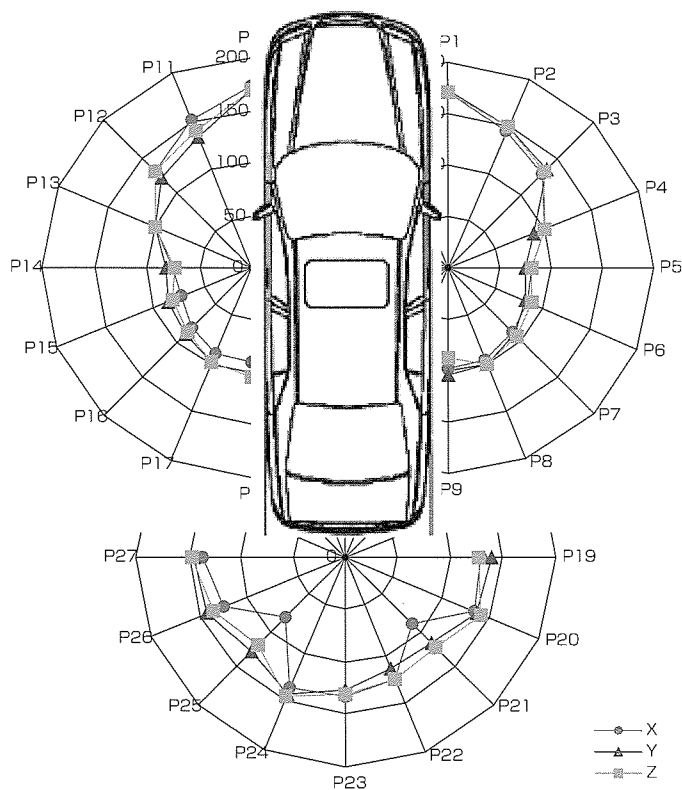


図2. 車外の通信エリアの評価結果

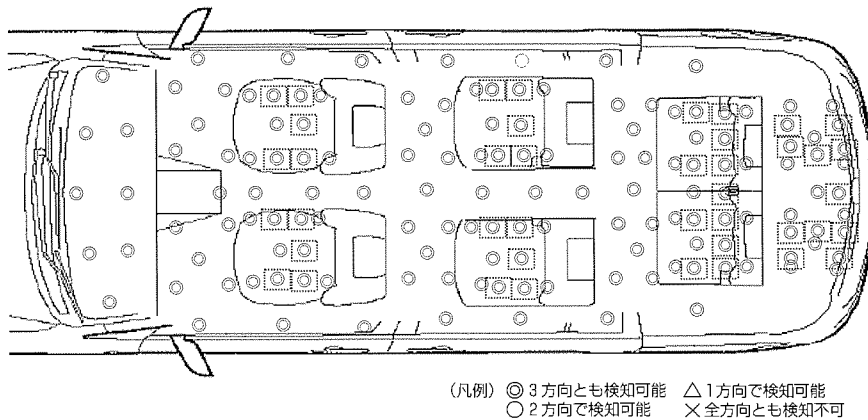


図3. 車内の通信エリアの評価結果

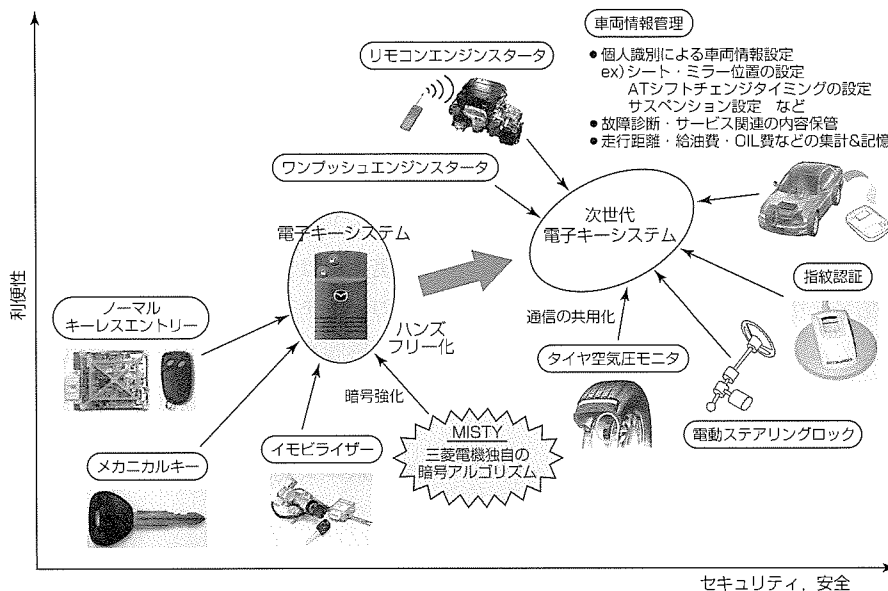


図4. 今後の展開

ら影響を確認しながら調整を行い、性能を確保している。これまでオープンカーから1BOX, SUV (Sports Utility Vehicle) にいたるまで様々なボディタイプの9車種について量産を立ち上げたが、すべての車種において上記要件を満足する性能を確保している。

図2, 図3に、ある車両で送信用アンテナのレイアウト、並びに出力を調整し性能評価した結果を示す。

図2は、ドアハンドルを中心に各方向にカードキーを配置し、メインユニットからの送信に対するカードキーの応答を、メインユニットで受信できた距離で示したものである。各方向とも80cm以上となっており、上記要件(1)を満たしていることが分かる。

図3は、車内の各測定ポイントにカードキーを配置し、メインユニットからの送信に対するカードキーの応答を、メインユニットで受信できたか否かを記録した図である。この結果から、車内の各ポイントで通信可能となっていること、すなわち上記要件(2)を満たしていることが分かる。

## 5. むすび

当社では、キーレスエントリーとイモビライザの技術を応用して、電子キーシステムを開発したが、今後は、このシステムは、図4に示すように、さらなる性能向上、さらには、他の機能との統合などによって付加価値を高めていくことになると予想される。

すでに、タイヤ空気圧モニタ機能の取り込みについては、当社でも量産している製品で実施している。また、他社のシステムでは、電子キーシステムとワンブッシュエンジンスタート、電動ステアリングロックシステムとを統合したのもも量産されており、当社でも今後量産予定である。

今後、国内電波法改正による送信電力規制緩和のほか、更なるセキュリティ性に対するニーズの高まりなどを踏まえ、リモコンエンジンスタート機能、指紋認証をはじめとする生体認証機能の追加といった方向に進んでいくものと考えられ、これらの状況を踏まえて、低コスト化を進めていくとともに電子キーシステムの更なる高機能化を図っていく予定である。



# ETC車載器からITS車載器への発展

龍北 守\*  
岡 賢一郎\*\*  
後藤幸夫\*\*\*

Evolution of ITS On-Board Unit from ETC On-Board Unit

Mamoru Takikita, Kenichiro Oka, Yukio Goto

## 要 旨

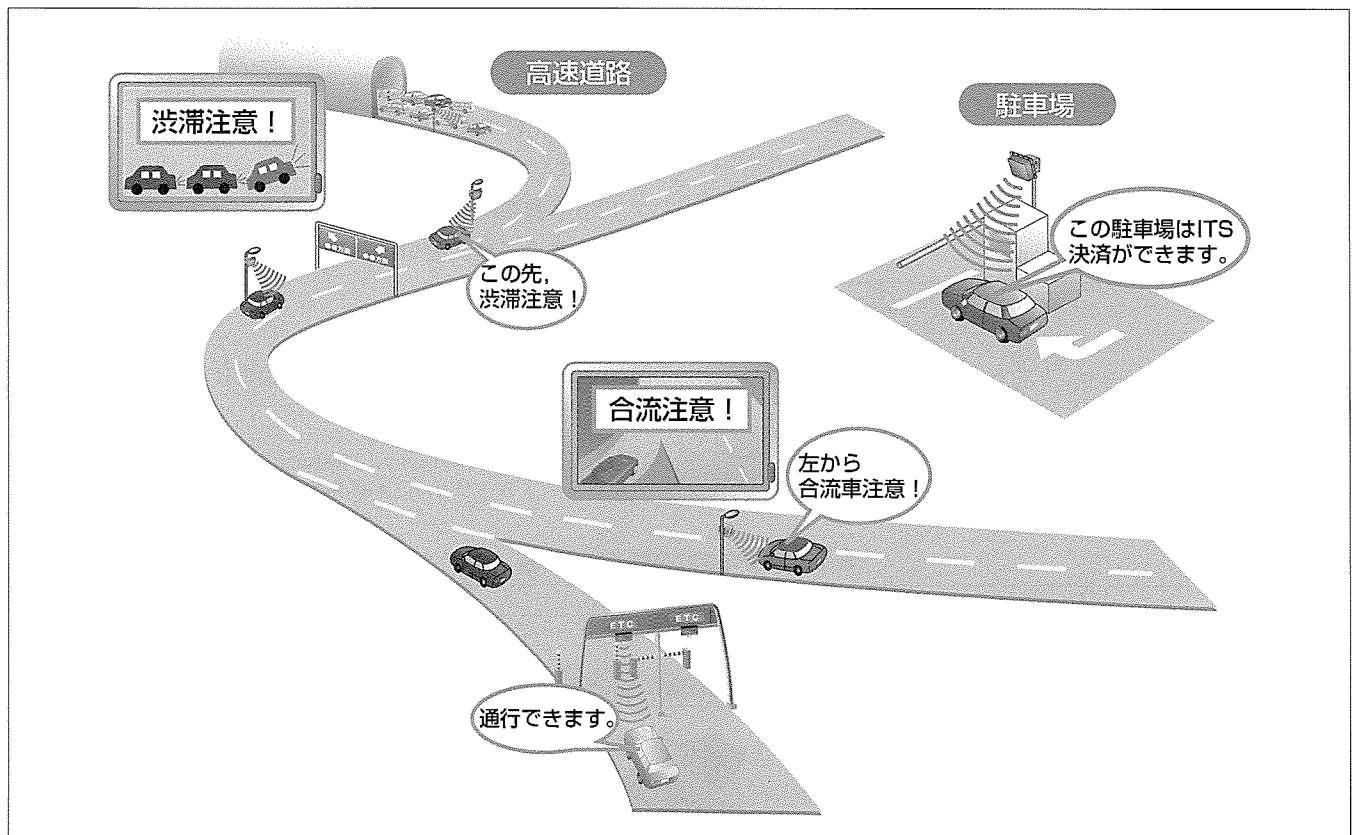
DSRC(Dedicated Short-Range Communication)を用いたETC(Electronic Toll Collection)車載器は、有料道路上の料金決済専用として実用化された後、様々なサービスに利用できる汎用器へと発展を遂げようとしている。

三菱電機は駐車場、ガソリンスタンドなどで車載器IDを用いた自動決済サービスに利用できる、国内初のマルチアプリケーション車載器を2003年に発売した。

近年、1台でより多くのDSRC応用サービスに利用できる車載器を実現するために仕様の標準化が進められてきた。標準車載器は、ITS(Intelligent Transport Systems)車載

器と呼ばれ、DSRC部とカーナビゲーション部から構成される。当社はITS車載器DSRC部を開発した。この車載器は、ETCと同じDSRC通信規格上に共通通信プラットフォームを備え、様々なサービスを実現する基本アプリケーションインタフェースを持っている。この車載器を用いて課金決済、安全運転支援情報提供等のサービスの社会実験に参画している。

ITS車載器を対象とする路側システムの配備がなされており、2007年秋からは本格的な運用が開始される。



## ITS車載器によるサービス例

1台のITS車載器で、ETC、音声配信、駐車場決済、道路上における情報提供や情報収集、インターネットによる情報接続といった多様なITSサービスが実現可能である。今後社会実験を経て実用化される安全運転支援や電子交通標識など、安全な道路交通社会に貢献するインフラ協調システムの車載通信器としてITS車載器の普及が期待される。

### 1. ま え が き

2001年にETCで実用化された5.8GHz帯DSRCは、その応用展開に向けて公共及び民間用途で様々なサービスが検討され、社会実験や試行運用が始まっている。本稿では発売中のETC車載器、マルチアプリケーション車載器、並びに開発したITS車載器の特長、技術要素について述べる。

### 2. 車載器の発展動向

ETCは国内においてDSRCを利用して最初に実用化されたサービスであり、車両に搭載されたETC車載器と路側無線装置の間の双方向通信によって、有料道路上で自動料金収受を行う。

ETC車載器は、マルチアプリケーション車載器<sup>(1)</sup>を経てITS車載器に発展を遂げようとしている。マルチアプリケーション車載器は、ETC以外の用途での利用に先鞭(せんべん)をつけた車載器である。続いて、汎用車載器として標準化されたものがITS車載器である。マルチアプリケーション車載器は、ITS車載器に取り込まれる機能の一部を先取りしたものと位置付けられ、図1のように適用分野が広がった。

### 3. ETC車載器

当社は、ETCサービス開始と同時にETC車載器を発売している。表1に2007年の製品外観と各々の特長を示す。

### 4. マルチアプリケーション車載器

マルチアプリケーション車載器には、ETCアプリケーションに加え、車載器ID通信アプリケーションと、車載

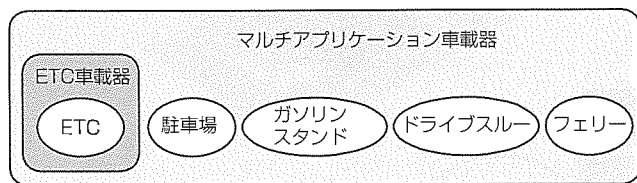


図1. マルチアプリケーション車載器の適用分野

器基本指示アプリケーションを実装している。これらは、5.3.3項で述べる6つの基本アプリケーションインタフェース群を構成するものである。

マルチアプリケーション車載器を利用したサービスは国内で初めて2003年9月に東京丸の内地区の駐車場で開始されており、サービス内容は、駐車場ゲートを自動的に開閉し、料金精算するものである。当社はこの車載器を提供している。

車載器ID通信アプリケーションは、車載器に登録された固有の識別データを要求に応じて路側システムへ通知するため利用される。このアプリケーションには、プライバシーとセキュリティを確保するための機能が組み込まれている。路側システムは、車載器から読み出した車載器IDが契約者のものであれば、駐車場の入口や出口の自動開閉や、車載器IDに関連付けられたクレジット番号によって駐車料金の決済を行う。

車載器基本指示アプリケーションは、車載器が備えている表示手段や音声等によって、アプリケーションの実行結果を通知するために利用される。

また、上記2種類の基本アプリケーションに対応することで、マルチアプリケーション車載器は駐車場以外にも図1のように様々なサービスに利用することができる。

### 5. ITS車載器

ITS車載器は、DSRC部とカーナビゲーション部(以下“カーナビ部”という。)で構成される。当社は、ITS車載器標準仕様<sup>(2)</sup>に準拠したDSRC部を開発した。

#### 5.1 仕様

ITS車載器DSRC部とスイッチユニットの外観を図2に示す。表2に仕様を示す。無線仕様はDSRC通信規格<sup>(3)</sup>に準拠している。

#### 5.2 特長

(1) EMV<sup>(注1)</sup>レベル1認証取得。標準ICクレジットカードの利用可能

(注1) EMVは、Europay, MasterCard, VISAが策定したクレジットカード用のICカード標準仕様である。

表1. 2007年ETC車載器製品一覧

型番	EP-737S	EP-727B	EP-537B
構成	アンテナ分離, スピーカー内蔵	アンテナ, スピーカー分離	アンテナ一体, スピーカー内蔵
特長	本体を運転席の足元等の目立たない場所に設置可能 アンテナをフロントガラスに貼付(てんぷ)。内蔵されたLEDの表示に本体の動作を確認可能		小型・軽量でフロントガラスやダッシュボード上に装着可能
外観			

LED: Light Emitting Diode

- (2) 音声処理回路を内蔵し、単体で発話可能。スイッチユニットによって、リピート再生や発話停止可能
- (3) 外部機器接続用にETC車載器と同一の通信プロトコルを持つRS-232Cインタフェース、インターネット接続用にUSB(Universal Serial Bus)インタフェースを備え、容易にカーナビ部との接続可能

### 5.3 DSRC通信プラットフォーム

1台の車載器で多様なDSRC応用サービスに対応するためには、サービスに共通な機能を集めた通信プラットフォームが必要となる。DSRC専用のプラットフォームは、狭域通信・高速移動という利用環境を考慮の上、インターネット接続など汎用用途も想定している。

#### 5.3.1 プロトコル構成

DSRC応用サービスはETCとの共存が前提である。この車載器は、ETCと同じDSRCプロトコル<sup>(3)</sup>上にDSRCプラ

ットフォームを搭載している(図3)。この車載器のDSRCプラットフォームは、DSRC専用のローカルポートプロトコル群<sup>(4)</sup>(Local Port Protocol:LPP, Local Port Control Protocol:LPCP)、共通セキュリティのDSRC-SPF(Security Platform)、DSRC応用サービスを実現する基本アプリケーションインタフェース<sup>(5)</sup>、インターネット通信を実現するPPP(Point to Point Protocol)制御プロトコル<sup>(4)</sup>(PPP Control Protocol:PPPCP)から構成されている。

DSRC専用プロトコルは、高速接続というDSRC通信の特性を生かした上、インターネット標準との親和性を考慮した設計となっている。機能的には、LPP/LPCPはTCP(Transmission Control Protocol)/UDP(User Datagram Protocol)、DSRC-SPFはSSL(Secure Socket Layer)、基本アプリケーションインタフェースは、FTP(File Transfer Protocol)やSNMP(Simple Network Management Protocol)などに相当する。これらは、DSRC関連団体において標準化されており、当社も標準化作業に参画、技術貢献している<sup>(6)</sup>。

この車載器は、DSRCプラットフォームと親和性を持つ形でカーナビ部など外部機器との連携プロトコルを搭載し、様々なDSRC応用サービスに利用可能である。

#### 5.3.2 高速マルチアプリケーション通信機能

LPP/LPCPは、課金、決済や走行中のサービス等、DSRCの特長を生かすため、

- 高速接続とポート番号によるアプリケーション識別
- リクエストレスポンス、再送機能による高信頼通信
- 通信メッセージの分割・組立による大容量通信

を実現し、上位アプリケーションに必要な共通機能を提供することで車載器のリソースの最適化に貢献している。

#### 5.3.3 基本アプリケーションインタフェース

この車載器は、6つの基本アプリケーション<sup>(5)</sup>すべてにフル機能で対応するとともに、次の特長を持つ。

- (1) 車載器基本指示・車載器ID通信アプリケーション：マルチアプリケーション車載器(4章)と同等機能を提供
- (2) 車載器指示応答アプリケーション：ユーザー意志を確認するスイッチもしくはカーナビ部との連携対応
- (3) ICカードアクセスアプリケーション：ICカードインタフェースEMVレベル1対応
- (4) 車載器メモリアクセスアプリケーション：外部機器連携プロトコルによるカーナビ部からの車載器メモリ制御対応
- (5) プッシュ型情報配信アプリケーション：大容量・ダブルバッファの採用による高速・大容量データ送信を実現。受信可能なアプリケーション/コンテンツタイプの任意登録機能による拡張性確保

### 5.4 サービス適用事例

当社は、DSRCにかかわる多くの実証実験、社会実験に

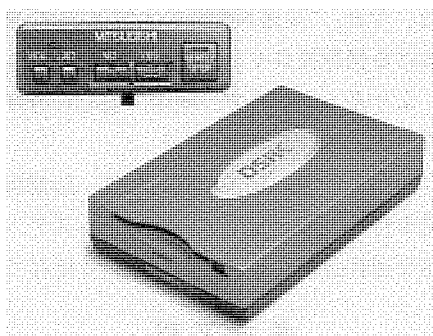
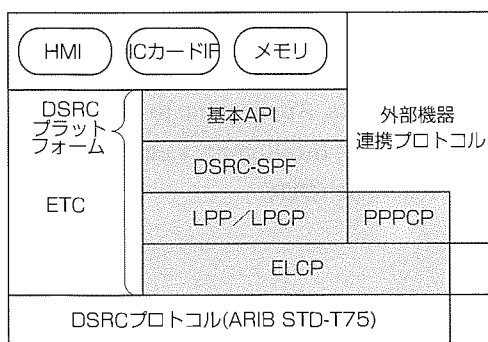


図2. ITS車載器DSRC部(開発品)の外観

表2. ITS車載器DSRC部(開発品)の仕様

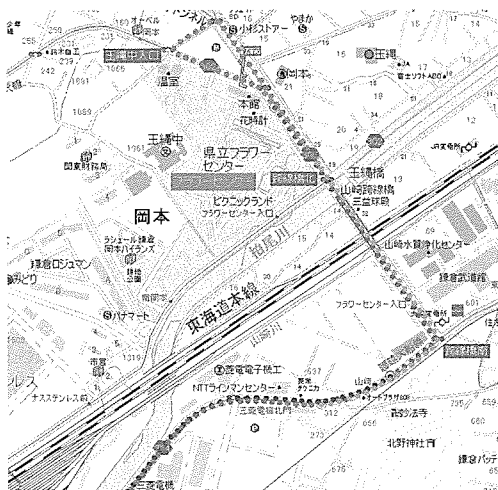
項目	諸元
送信周波数	5.815-5.845MHz(7波)
受信周波数	5.775-5.805MHz(7波)
変調方式	ASK, π/4シフトQPSK
送信電力	10mW
入力感度	-60.5dBm e.i.r.p.以下
外形寸法(W×H×D)	93×28×136(mm)
電源	DC12V, 0.5A以下
外部機器接続IF	RS-232C, USB, CAN

ASK : Amplitude Shift Keying  
 CAN : Controller Area Network  
 QPSK : Quadrature Phase Shift Keying



API : Application Program Interface  
 HMI : Human Machine Interface  
 ELCP : Extended Link Control Protocol

図3. ITS車載器DSRC部のプロトコル構成



(地図使用承認©昭文社第49G010号)

図4. 走行履歴差分圧縮データ伸張結果例

参画しており、この車載器を使ったサービス事例を紹介する。

#### 5.4.1 課金決済サービス

モバイルEC (Electronic Commerce), つまり課金決済への応用は、DSRCの狭域性とICカードアプリケーションと車載器指示応答アプリケーションによる課金決済、DSRC-SPFによるセキュリティの仕組みを利用したものである。当社は、(財)日本自動車研究所によるITS自動決済システム実証実験に参画、駐車場、ガソリンスタンドにおいてその利便性を実証済みである。車載器IDを利用したサービスも含め、決済サービスの今後の市場拡大が期待される。

#### 5.4.2 走行履歴アップリンク

ITS車載器において、カーナビ部など外部機器が取得した走行履歴をDSRC部メモリに圧縮・格納し、メモリアクセスアプリケーションによってアップリンクするサービスが検討されている。当社高精度GPS (Global Positioning System) 受信機“AQLOC”を接続、差分圧縮方式を用いた走行履歴データの伸張結果を図4に示す。試験走行において、メモリアクセスアプリケーションとLPP分割組立機能によって、高速走行時に4KBのアップリンクが可能であることを確認している。

#### 5.4.3 安全運転支援情報提供サービス

国土技術政策総合研究所の委託によって技術研究組合走行支援道路システム開発機構において、2007年春から首都高速道路で、プッシュ型情報配信アプリケーションによる前方障害物情報提供サービスの実道実験が行われている。当社もITS車載器を使って参画し、安全運転支援情報の受

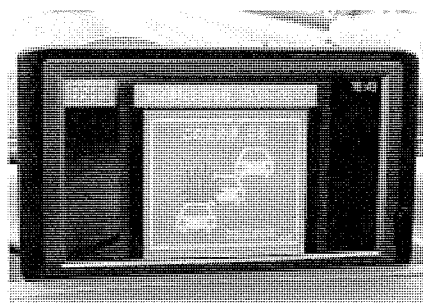


図5. 前方障害物情報提供サービス受信例

信を確認した(図5)。本格運用に向けて、走行試験、評価検証が行われている。

## 6. むすび

5.8GHz帯DSRCは、その特長である“狭域性”“高速接続”“高度なセキュリティ”を生かし、ETCや駐車場管理システムに用いられ、快適、利便性向上を求めるサービスを提供してきた。今後、“高速移動時の大容量伝送”を生かした道路上における情報提供や安全運転支援システムへ適用することで、より多くの場所で、安全、安心に寄与するサービスの提供へと展開していく。

当社は今後もインフラシステムの提供、路側機、車載器の製品開発を行い、5.8GHz帯DSRC応用システムの普及と安全な道路交通社会の実現に貢献していく所存である。

## 参考文献

- (1) 岡 賢一郎, ほか: マルチアプリケーションを実現するDSRC応用車載器, 三菱電機技報, 78, No.9, 601~604 (2004)
- (2) ITS車載器DSRC部標準仕様, JEITA TT-6002, (社)電子情報技術産業協会
- (3) 狭域通信(DSRC)システム標準規格, ARIB STD-T75, (社)電波産業会
- (4) 狭域通信(DSRC)アプリケーションサブレイヤ標準規格, ARIB STD-T88, (社)電波産業会
- (5) 狭域通信(DSRC)基本アプリケーションインタフェース仕様ガイドライン, ITS FOUM RC-004, ITS情報システム推進会議
- (6) Ikawa, M., et al.: DSRC Local Communication Platform and Its Application to Information Push Service, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, No.39, 105~110 (2004)

# ETC車載器用SiGe送受信システムMMIC

SiGe-MMIC Transceiver for ETC Terminals

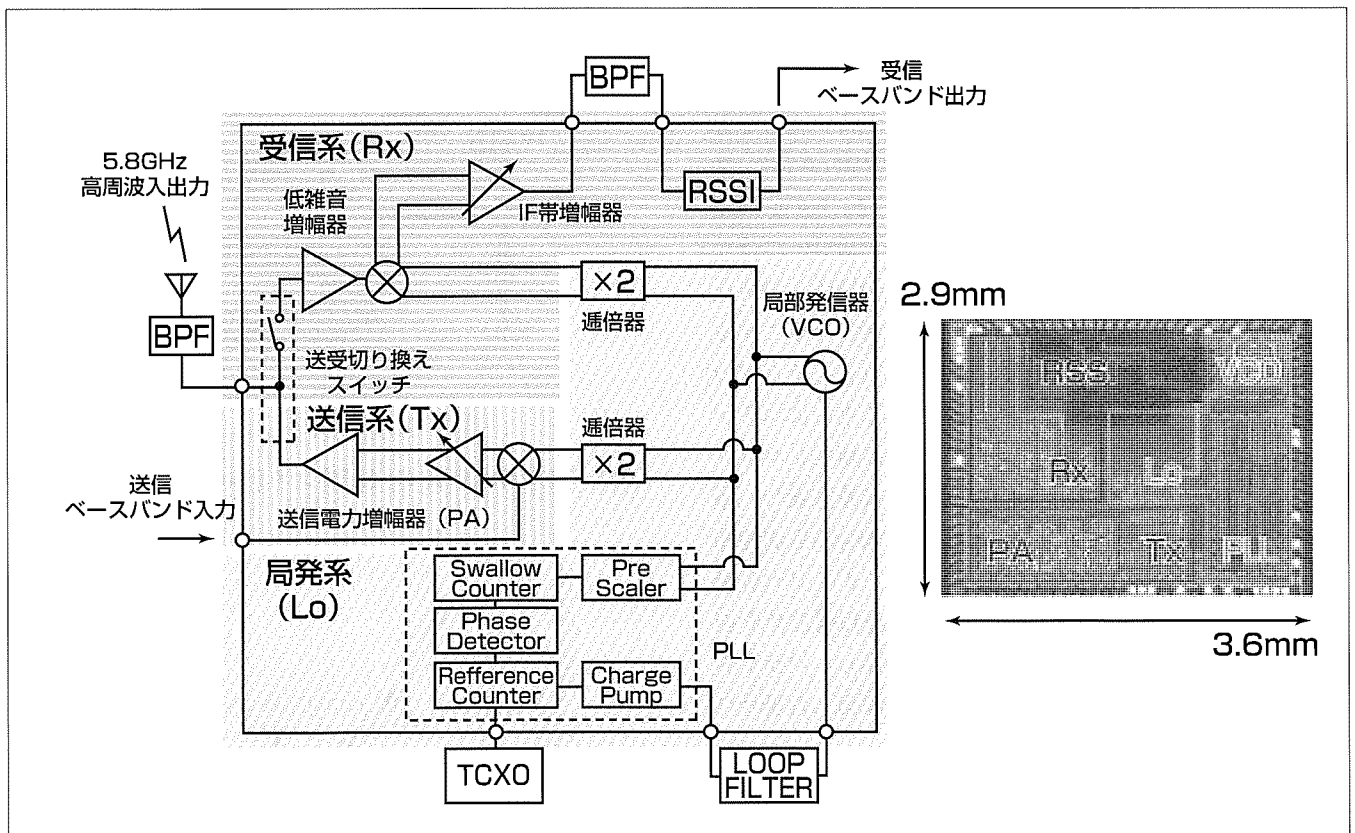
Shintaro Shinjo, Koji Tsutsumi, Noriharu Suematsu

## 要 旨

5.8GHz帯ETC(Electronic Toll Collection system)車載器の無線アナログ部においては、小型・低価格化が求められており、高集積化が不可欠の条件となっている。そのためGaAs(ガリウム砒素(ひそ))に代わりSi(シリコン)デバイスの適用が期待されている。現在、2GHz帯携帯電話用無線アナログ部においては、送信高出力増幅器を除きSi-MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit)化が実現されている。携帯電話機に比べて送信出力電力が低い5.8GHz帯ETC車載器においては、送信電力増幅器を含めたSi-MMIC化が期待されているものの送信波と局部発振器がチップ内で干渉し変調精度を劣化させてしまうという問題のため実用化が遅れていた。

今回、30mW送信電力増幅器、送受切り換えスイッチ、局部発振器を含む無線アナログ部を1チップに集積した

5.8GHz帯ETC車載器用SiGe(シリコンゲルマニウム)送受信システムMMICを開発した。このMMICにはSi基板の厚みを制御する技術を適用し、送信電力増幅器と局部発振器間のアイソレーションを増加させることによってチップ内干渉を抑圧した。エミッタ接地差動構成を採用した送信電力増幅器には、差動アンバランス信号の影響を受けにくいバイアス回路構成を考案し、単相構成の送受切り換えスイッチと接続した場合にも高飽和な特性を実現した。局部発振器には、バラクタダイオードの容量変化に加えてMOS (Metal Oxide Semiconductor)バラクタの容量変化でも発振周波数を変化させる可変フィードバック容量構成を考案し、バラクタの可変容量幅が比較的小さいSiデバイスを採用した場合にも小形かつ広帯域な特性を実現した。



ETC車載器用SiGe送受信システムMMICのブロック図とチップ写真

Si基板の厚みを制御する技術をMMICに適用することによって、送信電力増幅器と局部発振器の間のチップ内干渉を抑圧した。SiGeデバイスを採用することによって、従来別のモジュールや部品に分けていた送信電力増幅器や送受切り換えスイッチ、局部発振器を含む無線アナログ部をほぼ1チップに集積するシステムMMICを実現した。

1. ま え が き

5.8GHz帯ETC車載器の無線アナログ部においては、小型・低価格化が求められており、高集積化が不可欠の条件となっている。そのためGaAsに代わりSiデバイスの適用が期待されている。現在、2GHz帯携帯電話用無線アナログ部においては、送信高出力増幅器を除きSi-MMIC化が実現されている<sup>(1)(2)</sup>。携帯電話機に比べて送信出力電力が数十mWと低い5.8GHz帯ETC車載器においては、送信電力増幅器(PA)を含めたSi-MMIC化が期待されているものの、エンベロープが大きく変動するASK(Amplitude Shift Keying)変調方式を採用しているため送信波と局部発振器(VCO)がチップ内で干渉し変調精度を劣化させてしまうという問題が生じ実用化が遅れていた<sup>(3)</sup>。これまでPAとVCO間のアイソレーションを改善する手法として、トレンチを用いたガードリングやシールドンググランドメタルの適用といったレイアウトの観点からの対策は行われているが、数十mW程度の出力電力を送信するMMICにおいては変調特性の劣化を避けることは困難な状況であった<sup>(4)(5)</sup>。さらに、送受切り換えスイッチをMMICに内蔵する場合、送受信機には単一高周波端子構成が要求され、エミッタ接地形差動増幅構成からなるPAの出力端子もまた単相出力化を図る必要がある。通常、単相出力差動PAは、差動アンバランス信号を増加させSi基板のグランド電位を変動させる。以上からPAとVCO間の高アイソレーション化はより重要な課題となる。

今回、30mW-PA、送受切り換えスイッチ、VCOを含む無線アナログ部を1チップに集積した5.8GHz帯ETC車載器用SiGe送受信システムMMICを開発した。PAとVCO間のアイソレーションを改善するため、このMMICには従来のレイアウト手法に加えSi基板の厚みを制御する技術を適用した。Si基板を従来の約1/3程度まで研磨し薄くすることによって、アイソレーションを12.3dB改善しチップ内干渉を抑圧している<sup>(6)(7)</sup>。高飽和特性を得るためにエミッタ接地差動増幅構成を採用したPAには、差動アンバランス信号の影響を受けにくいバイアス回路構成を考案し、単相構成の送受切り換えスイッチと接続した場合にも高飽和化を実現した<sup>(8)</sup>。VCOには、バラクタダイオードの容量変化に加えMOSバラクタの容量変化でも発振周波数を変化させる可変フィードバック容量構成を考案し、バラクタの可変容量幅が比較的小さいSiデバイスを採用した場合にも小形かつ広帯域な特性を実現した<sup>(9)</sup>。

2. MMICのブロック図と回路検討

2.1 ブロック図

図1にETC車載器用SiGe送受信システムMMICのブロック図を示す。差動PA、送受切り換えスイッチ、送受変

調器及び可変利得増幅器からなる送信系、低雑音増幅器、受信ミキサ、IF(Intermediate Frequency)帯増幅器及び受信信号強度検波回路(RSSI)からなる受信系、VCO、逡倍器及び位相同期回路(PLL)からなる局発系を1チップに集積している。

2.2 PA-VCOの高アイソレーション化技術

ETCはエンベロープが大きく変動するASK変調方式を採用しているため、PAから出力される送信波とVCOがチップ内で干渉し変調精度を劣化させてしまうという問題を生じることがある。この干渉問題に対しては、チャンネル層を介した信号漏洩(ろうえい)を抑圧するため、基板とコンタクトをとるシールドンググランドメタルを用い、かつPAとVCOをMMICの対角に配置し、互いの距離を離すことでアイソレーションを確保するなどのレイアウトの観点からの対策だけでは数十mWを出力するPAを含む同一チップ内集積は困難である。この対応策としてSi基板の厚みを制御することによって高アイソレーション化を実現する技術を考案した。

図2に電磁界シミュレータを用いたPAとVCO間のアイソレーションのSi基板厚依存性シミュレーション結果を示す。アイソレーションはSi基板厚に大きく依存し、標準基

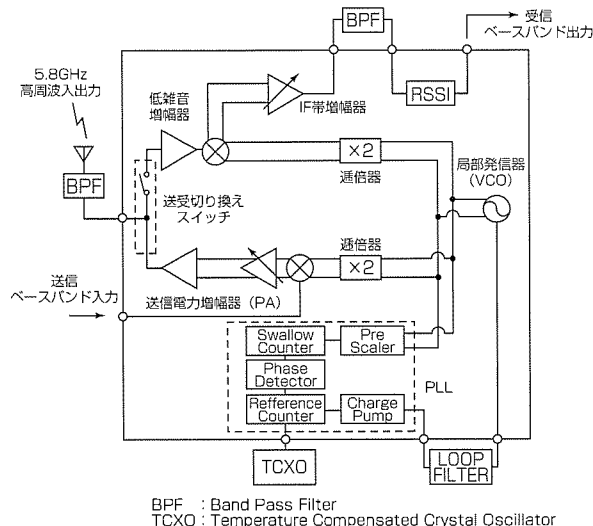


図1. ETC車載器用SiGe送受信システムMMICのブロック図

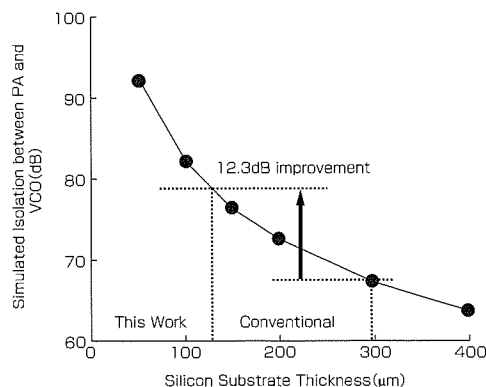


図2. PAとVCO間のアイソレーションのSi基板厚依存性シミュレーション結果

板厚とされる300 $\mu\text{m}$ から127 $\mu\text{m}$ に薄くすることで12.3dBのアイソレーション向上が期待できることが分かった。これは回路が形成されているSi基板の上層部とSi基板の底面の接地導体との距離が近くなることで電位変動が抑圧されるためであると考えられる。図3に試作したSiGe送受信システムMMICの出力電力13dBm時の送信スペクトラム評価結果を示す。図3(a)はSi基板厚300 $\mu\text{m}$ 、図3(b)はSi基板厚127 $\mu\text{m}$ の場合であり、5.8GHzASK変調信号を用いている。Si基板を薄くすることでVCOチップ内干渉を抑圧し、対称な送信スペクトラム波形を得た。

### 2.3 PA回路検討

エミッタ接地差動増幅構成を採用したPAにおいては、単相構成の送受切り換えスイッチと接続し差動信号にアンバランスが生じた場合にも高飽和特性が得られるように、アンバランスの影響を受けにくい回路構成が求められている。図4にエミッタ接地形差動増幅回路の簡易回路図を示す。図4(a)はインダクタフィード、図4(b)は抵抗フィードである。図5には図4に示した回路において差動入力信号の位相成分にアンバランスを想定したときの利得特性を示す。通常PAにはベース電圧降下を生じにくいインダクタフィードが用いられるが、差動信号にアンバランスが生じることが想定される場合には、抵抗フィードが有効であることが分かる。これは、仮想接地点の後の線路の影響を受けにくくなるためと考えられる。図6に送受切り換えスイッチ付きPAの回路ブロック図を示す。PAの各段差増回路には図4(b)に示す回路を適用した。PAの最終段増幅器では差動信号の一方を終端することで単相出力化を実現している。終端抵抗(R1)とキャパシタ(C1, C1', C2)は、送信時の出力電力と受信時の雑音指数に対して最適なインピ

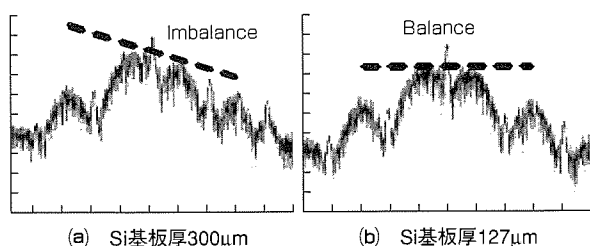


図3. 出力電力13dBm時の送信スペクトラム評価結果

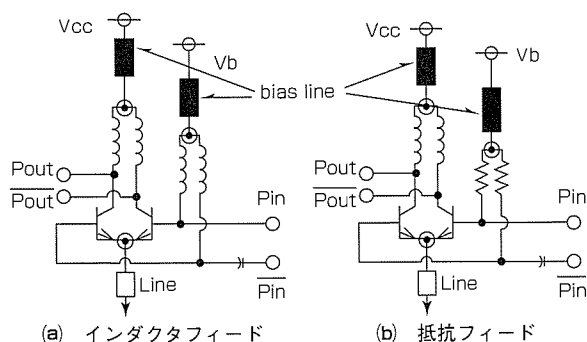


図4. エミッタ接地形差動増幅回路の簡易回路図

ダンスを実現するように設計している。図7に周波数5.8GHzでの入出力特性評価結果を示す。出力1dB利得圧縮点は15.6dBmであり、良好な特性を得た。

### 2.4 VCO回路検討

Siデバイスを用いたVCOでは、簡素な構成でかつプロセス製造ばらつきによる発振周波数の変化を吸収できる周波数可変幅を持つ広帯域特性が求められている。図8にVCOの等価回路図を示す。図8(a)はバラクタダイオードの容量変化で発振周波数を変化させる従来回路である。一般にSiデバイスではバラクタの可変容量幅は小さいために広帯域化が困難であった。図8(b)はバラクタダイオードの容量変化に加えMOSバラクタの容量変化でも発振周波数を変化させる可変フィードバック容量形の提案回路である。提案の回路では、バラクタダイオードとMOSバラクタの特性を組み合わせることで周波数可変幅を増加させることが可能となり、さらに制御電圧に対する発振周波数特性の線形性もまた改善することが可能となる。図9に、図8で示した回路の発振周波数特性評価結果を示す。約30%の可変周波数幅増加を実現した。

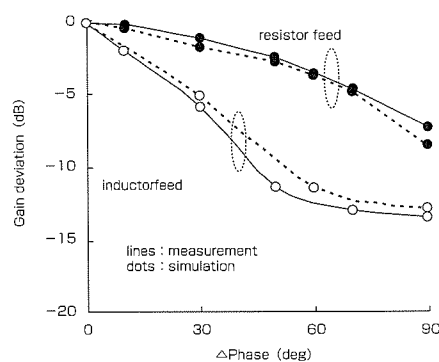


図5. アンバランスを想定したときの利得特性

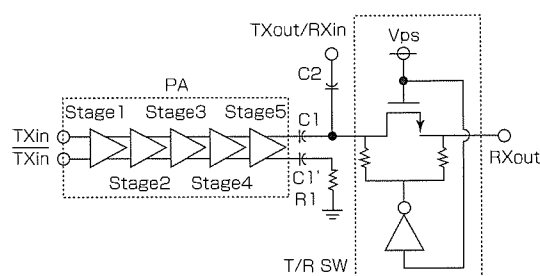


図6. 送受切り換えスイッチ付きPAの回路ブロック図

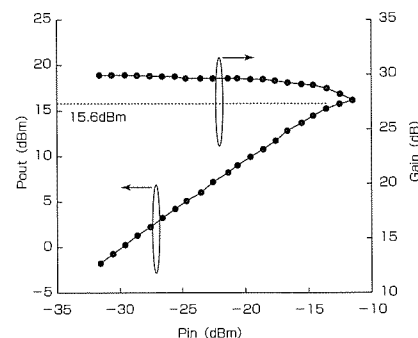


図7. 入出力特性評価結果

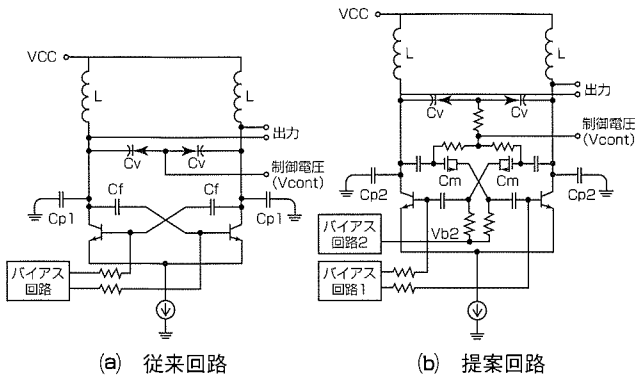


図8. VCO等価回路図

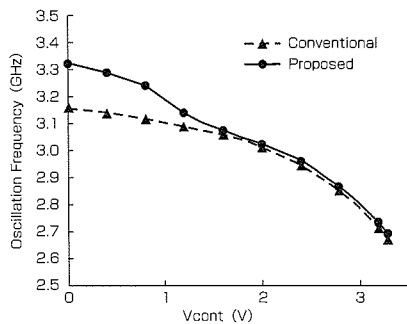


図9. 発振周波数特性評価結果

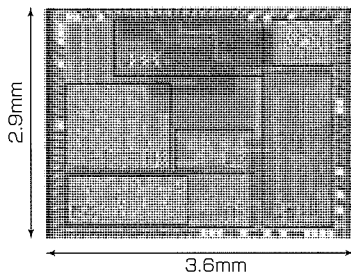


図10. チップ写真

### 3. 評価結果

図10に上述のアイソレーション化技術を適用し、PA、送受切り換えスイッチ、VCOなどを内蔵した5.8GHz帯ETC車載器用SiGe送受信システムMMICのチップ写真を示す。0.35 $\mu$ m SiGeプロセスを用いている。表1には、このシステムMMICの送受信特性評価結果まとめを示す。ETC車載器用MMICとして、良好な特性を得た。

### 4. むすび

PA、送受切り換えスイッチ、VCOを含む無線アナログ部を1チップに集積した5.8GHz帯ETC車載器用SiGe送受信システムMMICを開発した。PAには差動信号のアンバランスの影響を受けにくい構成を、VCOには小形で広帯域な可変周波数幅を実現する構成をそれぞれ適用した。PAとVCO間の高アイソレーション化を図るためにはSi基板の厚みを制御する技術を提案し、その有効性をシミュレーションと実測によって確認した。

表1. 送受信特性評価結果まとめ

Tx output power	15.5dBm
Tx ACPR	-33.5dBc
Tx on/off ratio	25.5dB
Tx eye-open	85.7%
Tx VGA dynamic range	20.4dB
Tx current consumption	241.1mA
Rx DSB NF	11.2dB
Rx input P1dB	-33.1dBm
Rx conversion gain	22.0dB
Rx current consumption	65.1mA
Rx phase noise	-106.7dBc/Hz at 1MHz offset

ACPR : Adjacent Channel Power Ratio  
 DSB : Double Side-Band  
 NF : Noise Figure  
 VGA : Variable Gain Amplifier

### 参考文献

- (1) Itoh, K., et al.: Integrated Even Harmonic Type Direct Conversion Receiver for W-CDMA Mobile Terminals, IEEE MTT-S IMS., Dig., 9~12 (2002-6)
- (2) Joba, H., et al.: W-CDMA SiGe TX-IC with high dynamic range and high power control accuracy, 2002 IEEE RFIC Symp., Dig., 27~30 (2002-6)
- (3) Larson, L.E.: Silicon Technology Tradeoffs for Radio-Frequency/Mixed-Signal "Systems-on-a-Chip", IEEE Trans. Electron Devices, 50, 683~699 (2003-3)
- (4) Matsuda, T., et al.: Single-Chip 5.8GHz ETC Transceiver IC with PLL and Demodulation Circuits using SiGe HBT/CMOS, ISSCC Dig. Tech. Papers, 96, 449 (2002-2)
- (5) Kim, C. S., et al.: Deep Trench Guard Technology to Suppress Coupling Between Inductors in Silicon RF ICs, IEEE MTT-S IMS., Dig., 1873~1876 (2001-6)
- (6) Shinjo, S., et al.: 5.8GHz ETC SiGe-MMIC Transceiver having Improved PA-VCO Isolation with Thin Silicon Substrate, IEEE MTT-S IMS., Dig. (2006-6)
- (7) Suematsu, N., et al.: PA, T/R Switch Integration on Single Si Transceiver IC, 2007 IEEE RWS Symp. (2007-1)
- (8) Suematsu, N.: SiGe-MMIC Transceiver for 5.8GHz ETC Terminals, 2006 APMC Workshops Dig., 13~22 (2006-12)
- (9) Tsutsumi, K., et al.: A Double Tuned Ku-Band SiGe-MMIC VCO with Variable Feed-Back Capacitor, 2006 APMC Conf. Proc., 1127~1130 (2006-12)



# 周辺機器連携が進むカーナビゲーション

渡部秀雄\*  
三次達也\*

Progress of Car Navigation in Cooperation with In-Car Peripherals

Hideo Watanabe, Tatsuya Mitsugi

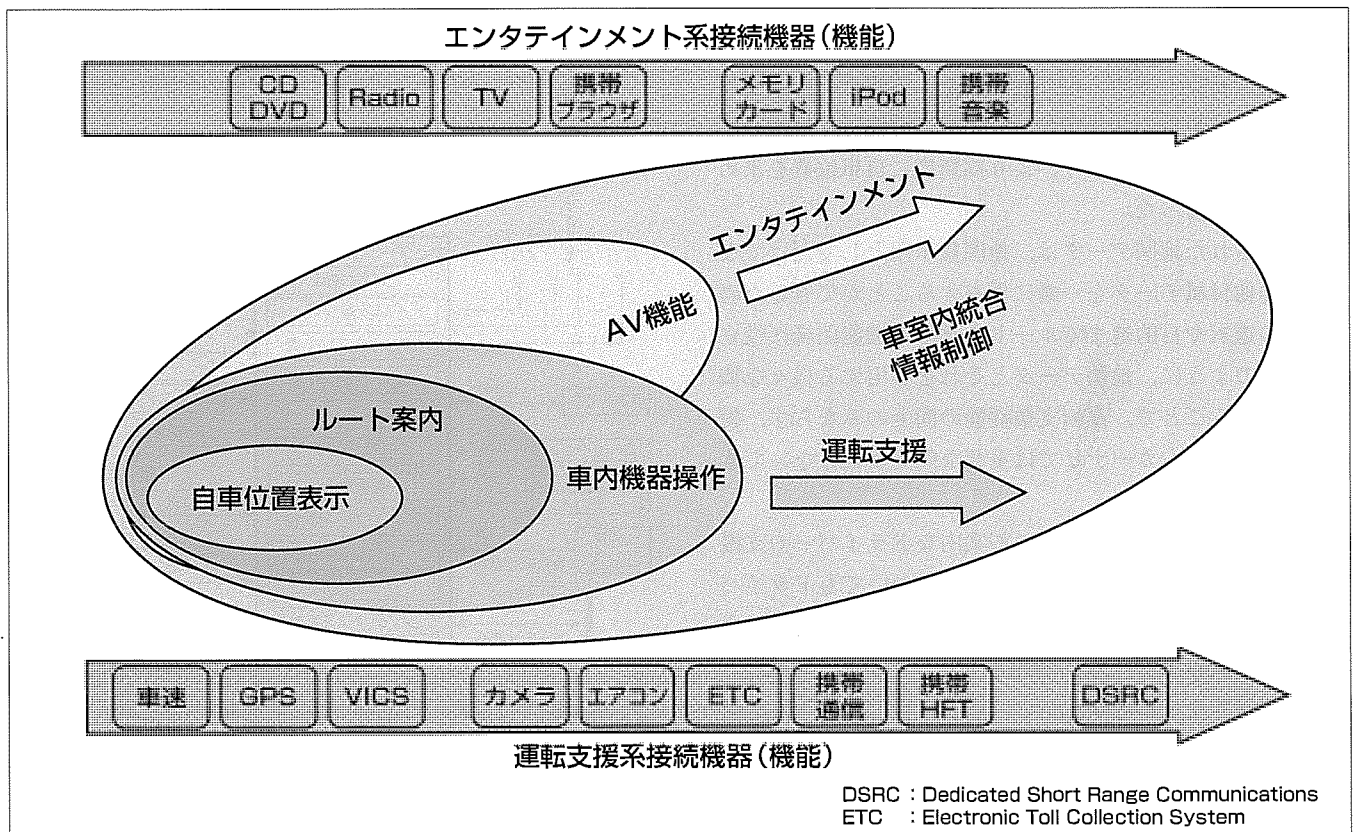
## 要旨

演算処理装置の性能向上やメモリ容量の増大、表示機能の拡大など、要素技術の発展に伴い1980年代に登場したカーナビゲーションシステム(以下“カーナビ”という。)もその機能や性能が著しく向上している。カーナビの基本機能は、目的地までの適切なルートを求めてそのルートに沿ってドライバーが安全かつ、快適に走行できるように案内することである。適切な案内をするため、自車がどこを走っているかを求める必要があるが、その自車位置の精度を高めるために、ジャイロ、GPS(Global Positioning System)、車速センサなどのセンサ情報を利用する。道路状況に合わせたルートを求めるためにVICS(Vehicle Information and Communication System)から渋滞情報を取得する。これまで、運転支援を中心としてカーナビは高度化されてきた

が、ここ数年の動向としてインターネットブラウジングや、DVD映像再生、音楽録音と再生などエンタテインメント機器としても飛躍的に高度化している。

車両側もバックカメラやコーナーセンサを搭載し、電装品による運転支援が高度化され、それら機器と連携することで、今後もカーナビは運転支援系、エンタテインメント系でさらなる発展をしていくものと考えられる。

上記発展は、カーナビ単体の発展ということではなく、外部機器の発展とそれら機器とカーナビがどのように連携していくかにかかってくる。本稿では、これら外部機器との連携という視点でカーナビ発展の歴史と今後の課題について述べる。



## カーナビゲーション機能向上と外部機器

カーナビゲーションは目的地までのルートを求めて案内する機能から、バックカメラやエアコン、携帯電話などの機器操作をするユーザーインターフェイスとしての役割が追加され、広い意味での運転支援機器へと発展してきた。一方、ラジオやテレビ、CDなどの音楽ソースの視聴のため多くの外部機器と連携しエンタテインメント機器としても発展している。

\*三田製作所

### 1. ま え が き

1981年に本格的カーナビが発表され四半世紀が過ぎた。この間、カーナビを支える要素技術が次々に開発されてきた。当初はカーナビ本体に閉じた機能開発が主であったが、近年は外部機器との連携機能も多くなり、より多くの情報を扱う複合機能機器となってきた。

本稿では、運転支援としてのカーナビの歴史と、運転支援以外のエンタテインメント系の機能追加状況、さらに複合化で関係する外部機器との関係、及びその課題について述べる。

### 2. カーナビの基本機能と発展の歴史

不慣れた土地で運転する場合、道路地図は不可欠なものである。また、地図があっても自車がどこにいるのか分からなければ、この先、どの道を通れば目的地に着くのかも判断できない。このような背景から、自車位置をドライバーに認識させる機能が必要となった。

1981年にエレクトロ・ジャイロケータが発表された(ホンダ)。これは、5インチの白黒ブラウン管の表面に地図のフィルムを載せ、その上に光の点をあてて自車位置を示すものであった。ジャイロケータは、走行距離とジャイロによる方位の積算のみで自車位置を求めるものであった。その後、デジタル地図が開発されたことと、電子デバイスの発達によって、CDを用いたデジタルデータの利用などが可能となった。また、GPS受信機からの情報を利用することで、自車位置を相対情報の積算だけでなく、絶対位置としての補正が可能となり、より高精度に自車位置を求められるようになった。

電子化された地図データは、地図表示用としてだけでなく、その他付属データを一緒に保有することができるため、目的地の選択や目的地までルートを求める機能開発に役立った。このように、地図データとそれを利用する様々な機能を提供することで、運転支援機能の向上のみならず、使いやすさの向上もカーナビでは重要な開発要素となってきた。

前記までの運転支援は、道に不案内なドライバーの支援であったが、動的に変化する交通事情についてもドライバーのルート選択において大きな要素となる。それら交通事情の情報を提供するため、道路インフラが整備されVICSによる情報をカーナビが受信し、渋滞情報の表示や、渋滞情報を用いたルート計算などの機能が順次開発されてきた(図1)。

### 3. エンタテインメント機能の充実

#### 3.1 外部機器との接続

現在のカーナビは、高速・高機能演算装置や豊富なメモ

リを持ち、かつ、大きな表示画面を持っている。そのため、バックカメラやフロントカメラの表示装置として活用されたり、運転中の電話応答を可能にするため、HFT(Hands Free Telephone)装置としても活用されてきている。また、TVやDVD映像表示、音楽データの保存や再生など運転支援以外のエンタテインメント機器としての比重も高くなってきた。これら種々の機能は、カーナビ単体で実現するものではなく、VICS受信機とカーナビとの関係と同様に、他の機器と連携してユーザーに提供するものである。このような形態での機能向上はここ数年増加している。以下、カーナビと外部機器との組み合わせ(図2)で提供される機能についていくつか紹介する。ただし、現在外部機器と位置付けられているものでも、機器の小型化やチップ化によってカーナビ本体に取り込まれる可能性がある。

#### 3.2 携帯電話との連携

##### 3.2.1 HFT機能

携帯電話を利用した機能を大別すると、HFT機能、デ

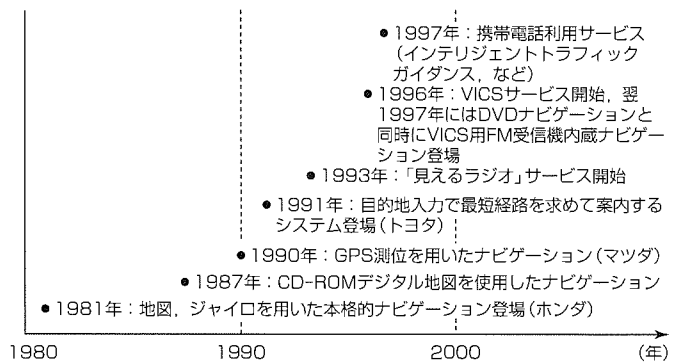
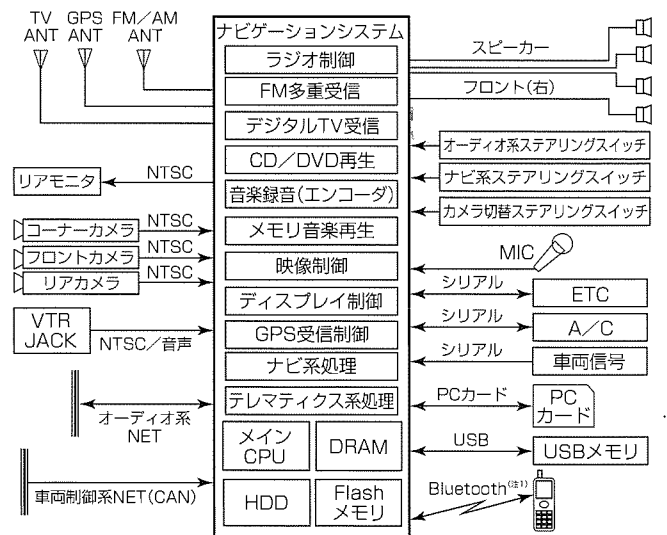


図1. カーナビの歴史



A/C : Air Conditioner  
 ANT : ANTenna  
 CAN : Controller Area Network  
 MIC : Microphone  
 NTSC : National Television Standards Committee  
 PC : Personal Computer  
 (注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標である。

図2. カーナビ本体と接続機器

ータ通信機能、アドレス帳管理機能の3つを挙げることができる。以下HFT機能についてその概要と開発課題について述べる。

安全運転のため、平成17年に道路交通法が改正された。その中では、走行中に携帯電話を手で保持して通話することを禁止している。そこで、運転中でも携帯電話を利用できるように、HFT機能が搭載されるようになった。メーカーオプションのカーナビでは、通常ステアリングボタンとして通話のON/OFFフックボタンが配置されている。これによって手元操作で着信や終了の動作ができ、運転中でも携帯電話を直接操作することなく通話を可能とする。HFTでの通話においては、ドライバーの声はマイクから入力され、相手側の声はオーディオ用のスピーカーから車内に流れる。この時、通話の音量や音質は携帯電話に依存するのは当然であるが、マイク、スピーカー、カーナビの処理で変化する。

### 3.2.2 ノイズとエコーの除去

車内スピーカーから出力される相手側の声はドライバーの耳に届くと同時に、ある程度減衰されるものの再度マイクへの入力音声となってしまう。また、車内外ノイズもマイクへ入力される。つまり、相手側ではドライバーが発生した声と、相手側が発生した声のエコーやノイズ音が重なった状態で聞こえることになる(図3)。

これらエコーやノイズがあると、音質が劣化し、ひどい場合にはドライバーが発生した声が相手側でほとんど聞き取れない状況も発生してしまう。

以上から、通常の電話利用と同じようにHFT機能を実現するためにノイズキャンセラ、エコーキャンセラをカーナビのHFT機能として実装する必要がある。

車室内のノイズは道路から伝わるノイズや、車両に共鳴するノイズで、これが発話者の音声データに重畳される。これらノイズは低周波のノイズであったり、特定パターンのノイズである場合が多く、これらノイズ成分を除去するためにハイパスフィルタで除去したり、ロードノイズなどの環境ノイズを同定し、そのノイズ成分を除去するなどしてマイクからの入力データを話者音声成分に近いものにする。エコー除去については、相手側から送信されてきた音成分をマイク入力の音データから除去するというものであ

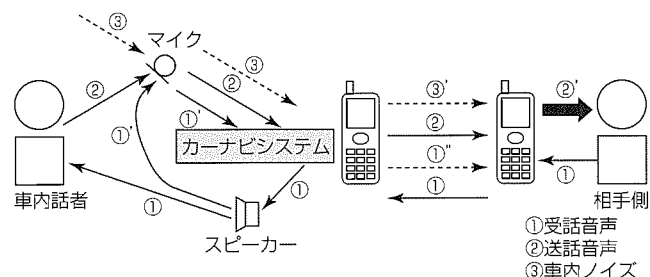


図3. ノイズとエコーの混入と除去

る。ただし、実際のノイズと同定したノイズが異なりノイズ除去が完全にはできない場合がある。また、エコー除去においても、スピーカーからマイクまでの入力時間のずれ、スピーカーからの音成分の変化、車内での音の反響などのため、エコー成分も完全に除去することはできない。これらノイズやエコーを極力除去するため、試行錯誤を繰り返しながらノイズキャンセルやエコーキャンセルの処理パラメータを調整する。

上述の処理パラメータは、車室内の環境、音響特性に依存するので、基本的に各車両ごとに実施する必要がある。さらに、携帯電話の種類によっても変化することがあり、各種携帯電話を使って調整を図る必要がある。

### 3.2.3 音量の調整

携帯電話の種類によって相手に伝わる音声、相手から聞こえる音声の音量に差がある。携帯電話とカーナビとを結合したシステムの場合も携帯電話によって音量が異なることが分かっている。携帯電話として使用時は、携帯電話に耳を近づけたり遠ざけたりして無意識に聞きやすく調整しているが、スピーカーを通して車室内に流れている場合、そのようなことはできないので音量の違いはユーザーの使い勝手に影響する。ユーザー操作によってその音量を調整することはできるが、可能なかぎり初期設定で適度なものにしておく方が好ましい。以上から、音量の調整でも複数の携帯電話を使って調整する必要がある。

### 3.3 メモリオーディオ機器との連携

携帯型の音楽プレーヤーとして特に近年目覚ましく普及しているUSB(Universal Serial Bus)オーディオをはじめとしたメモリオーディオ、並びにiPod<sup>(注2)</sup>などが登場し、これら、オーディオ機器に蓄積されている音楽を運転中も車内スピーカーを通して聴きたいというニーズが非常に多くなっている。これを実現するため、従来は車内オーディオ機器に外部(AUX)入力端子を備え、携帯型オーディオ機器のヘッドフォン端子、あるいはLINE-OUTからの出力をAUX端子に入力することで実現したが、音楽の選曲などは携帯型オーディオ機器側で操作していた。これら携帯型オーディオ機器をカーナビ画面で操作したいというニーズが急速に高まり、音声と操作の両方をカーナビ本体で行うようになってきている。例えばiPodもその一つであるが、iPodを外部から制御するためには、Apple社が提供するiPod用のインタフェースライブラリを用いてカーナビにその制御処理を実装する必要がある、USBメモリを接続する場合にはUSBインタフェース規定に準拠した制御、音声処理モジュールを実装することになる。

上述のように、外部接続機器が増加すれば各機器ごとにインタフェースの実装が必要となる。また、外部機器接続インタフェース規定では明確に仕様が公開されないケース

(注2) iPodは、米国Apple, Inc.の登録商標である。

などもあり、この場合は機器ごとに実機接続で調整しながら開発せざるを得ず、機器間インタフェースの開発に多大な労力を要することが課題になっている。

## 4. 接続機器増加の課題

複数機器と連携する場合、前述のように機器インタフェース仕様や機器特性に合わせた開発が必要となるが、図2から分かるように、物理的にも数多くの信号ラインが必要になる。そのため、カーナビ本体の背面がコネクタで埋め尽くされ、従来通りの結線方法では物理的に接続できなくなる。また、信号線の増加はカーナビ単体の課題だけでなく、信号線をどのように車両内を引き回すかという課題にもつながる。この対策として、車両内の信号線を少なく、かつ高速な情報のやりとりを実現するため、MOST (Media Oriented Systems Transport)<sup>(注3)</sup>やIEEE1394などの高速ネットワークが提案され、欧州カーメーカーではMOSTが採用されはじめている。エンタテインメント機能の拡張などが進展すると、映像情報の高速なやりとりも必要となり、車両内の高速ネットワークについては今後も検討が続くものと思う。ただし、各機器がそのネットワークに接続できなければ信号線の削減とならず、車両システムとして余計に複雑になってしまう。車両内ネットワークを変更する場合は接続機器の対応含めて一斉に実施する必要があり、車両内ネットワークの選定や切り換えを頻繁に実施することはできない。この車両内ネットワークの選択

(注3) MOSTは、MOST Cooperationの登録商標である。

は、各カーメーカーに依存するので、そのネットワークにつながるカーナビを開発する我々も常に技術動向を睨(にら)みながら要素技術開発をする必要がある。

## 5. むすび

不慣れな土地でも、ドライバーが道に迷うことなく安心して運転できるようにカーナビは発展してきた。現在でも、より正確かつ使いやすいものとなるように進歩しつづけている。その一方、ドライブコースを検討するための情報収集や車両周辺の安全確認といった種々の運転シーンでのサポート、さらに運転中の楽しさ向上とエンタテインメント機能についても今後尚一層の充実が必要になるであろう。これらの機能をタイムリーに提供するため、開発と検証の効率化が必要である。そのため、我々の開発プロセスの見直しも必要であるが、似て非なる仕様の外部機器との接続性検証は無駄作業が多い。無駄作業を少なくするため、機器I/Fの標準化、さらには実機検証のリファレンスモデルの出現が求められている。

## 参考文献

- (1) 新居宏壬, ほか:自動車工業シリーズ, ナビゲーションシステム, 山海堂, ISBN4-381-08798-4
- (2) 安ノ井 弘, ほか:インフォテイメントシステムへの光通信(MOSTバス)の導入と展開:三菱電機技報, 78, No.9, 630~632 (2004)

# 車載情報機器のユーザーインターフェース提案

松原 勉\*  
相川真実\*

Advance Concept of User Interface for On-Board Information Systems

Tsutomu Matsubara, Masami Aikawa

## 要 旨

今日、車載情報機器は、地図データだけでなく、映像・音楽などのコンテンツや電話帳などの各種データ量の増加によって、大容量HDD搭載や携帯音楽プレイヤーなどとの連携が進んでいる。また、運転者及び乗員が“自分の好きな音楽を聞きたい、映像を見たい”などのニーズも高まっている。

一方で、データ容量の増大や機器操作の複雑化によって、“機器の使い方がわからない、画面表示が見にくい”など、ユーザーからの不満も多く寄せられている。

これらの課題を解決し、安全快適な車載環境を実現することが、車載機器メーカーに強く求められている。

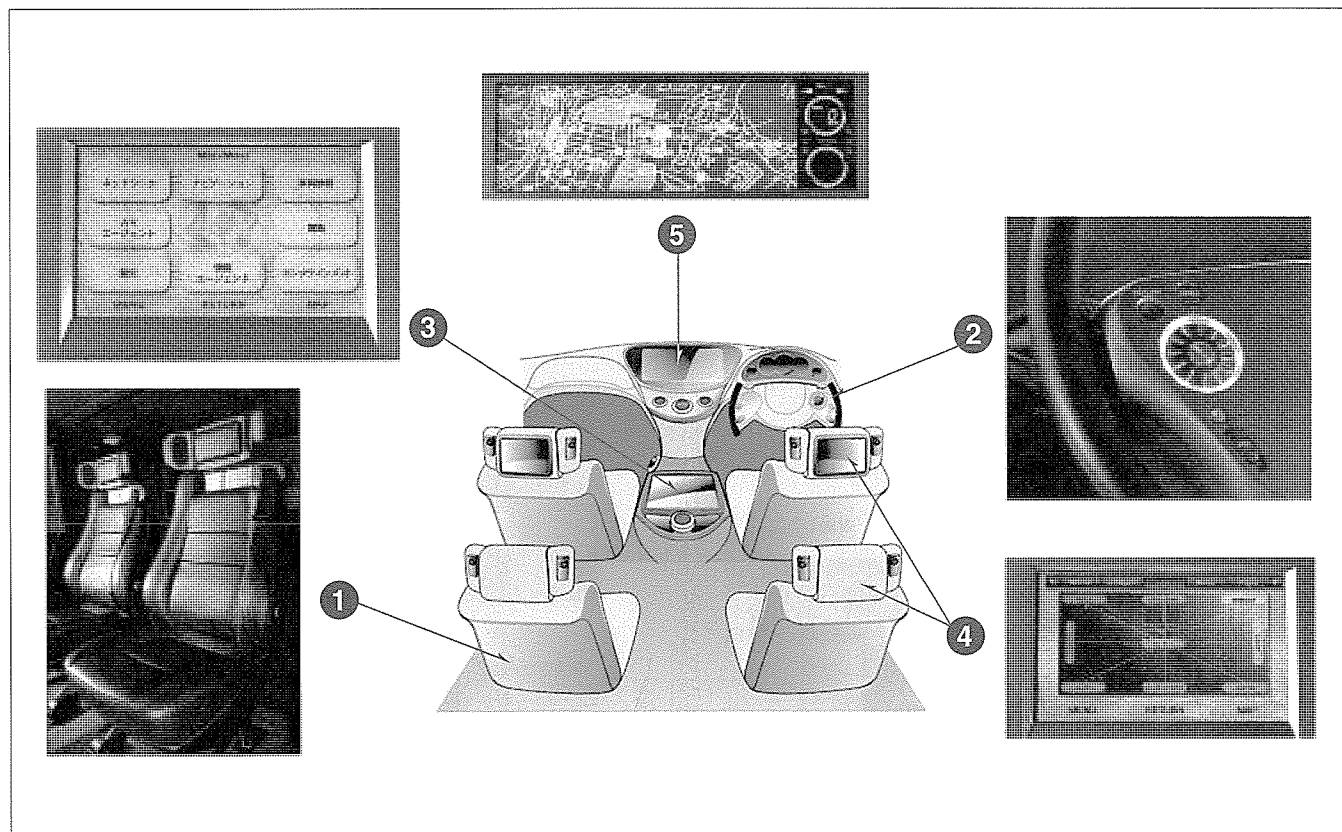
以上の背景から、三菱電機では操作デバイス(操作機器)、音響・映像機器の最適な組み合わせによって、車載情報機器をより安全で快適に操作できる、ユーザー適合理型“操作

インターフェース”を開発した。

この操作インターフェースの主な特長を以下に示す。

- (1) 乗員識別による、各席別のコンテンツや操作環境の最適化インターフェースの実現
- (2) 運転者が、走行中でも安全に大量のコンテンツから選択可能な、安全確実な操作インターフェースの実現
- (3) 助手席から簡単に操作可能な液晶タッチパネルインターフェースの実現
- (4) 各席用個別音響システムと簡単音楽検索の実現
- (5) 走行中・停車中など、状況に合わせて、地図やメータを最適比率で表示する、視認性を向上させた表示インターフェースを実現

本稿では、これらユーザーの好みに合わせた、ユーザー適合理型インターフェースの特長と概要について述べる。



## 車載情報機器のユーザーインターフェース提案内容の補足

①各乗員への最適コンテンツの提供可能な、乗員識別システム、②ハンドルに搭載した安全簡単な操作インターフェースリモコン、③助手席からも画面を見ながら簡単に操作可能な、液晶タッチパネル、④各席用個別音響システムと簡単音楽検索画面、⑤状況に合わせた表示で視認性を向上させたワイド液晶画面。

## 1. ま え が き

今日、車載情報機器は、映像・音楽などのコンテンツ量の増大、各席個別操作に対応したスイッチ類の増加に伴う機器操作の複雑化が課題となっており、それらを解決するための安全快適な車載環境の実現が強く求められている。

以上の背景から、当社は操作デバイス(操作機器)、音響映像機器の最適な組み合わせによって、車載情報機器をより安全で快適に操作できる、業界最先端の“操作インタフェース(操作性に関する設計仕様)”を開発した。

本稿では、これらのユーザー適合型インタフェースの特長と概要について述べる。

## 2. 開発内容

### 2.1 乗員識別による各乗員への最適コンテンツの提供

携帯電話やキーレスエントリーなどに搭載されたICタグ(小型の情報チップ)を車の中に持ち込み、シートに座るだけで、非接触で誰がどの席に座っているかが乗員識別(図1)できる。

また認証後は、運転者の嗜好(しこう)に合わせた個人適合メータデザイン(図2)、音楽コンテンツや電話帳などのデータを自動的に提供する環境を実現した。

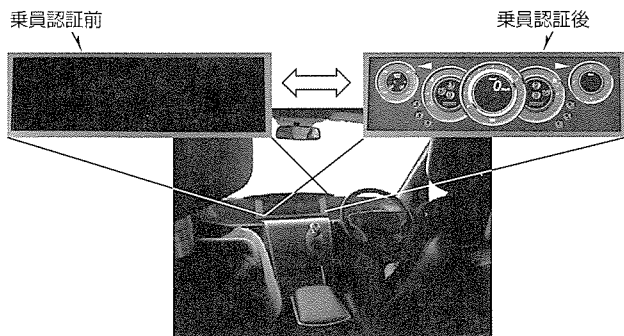
これによって、車に乗り込むだけで乗員は好みのデザインだけでなく、自分だけの使いやすい操作環境も実現することを可能とした。

また、各席に乗員が座るという動作で、機器側が自動的に乗員に適合した状態に切り替わるという仕組みは、今後様々な機器への応用も可能である。

### 2.2 ハンドルリモコンとトークバックによる安全確実な操作インタフェース

運転者には、安全性に配慮したハンドルリモコン(図3)とトークバック(音声応答)によって、画面を注視しないで指に伝わるクリック感と音声ガイダンスによる安全操作を実現している。

適用事例として、走行中の周辺検索機能があげられる。



シートに埋め込まれたアンテナによって座ると同時にICタグ付き携帯電話やICタグ付きカードを感知して乗員を認証。

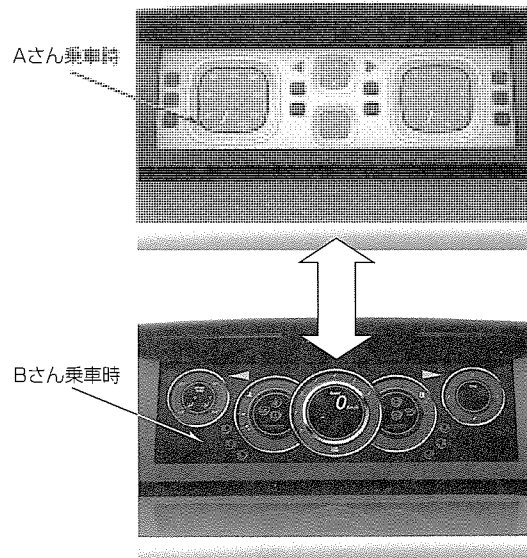
図1. 乗員識別システム

まず、走行中に立ち寄りしたい施設がある場合には、ハンドルに配置されたりモコンで、周辺施設メニューを呼び出し、回転ダイヤルとトークバックによって、目的のメニューを選択することができる。次に施設候補は、地図上のカーソル位置を中心として渦巻き状に現れ、それら候補を回転ダイヤル操作に合わせ、外側に向かって検索することを可能とした。

これによって、音声ガイダンスと確認のための“ちら見”の組み合わせで、できるだけ画面を見ないで操作する運転者の安全操作に配慮したインタフェースを実現した。

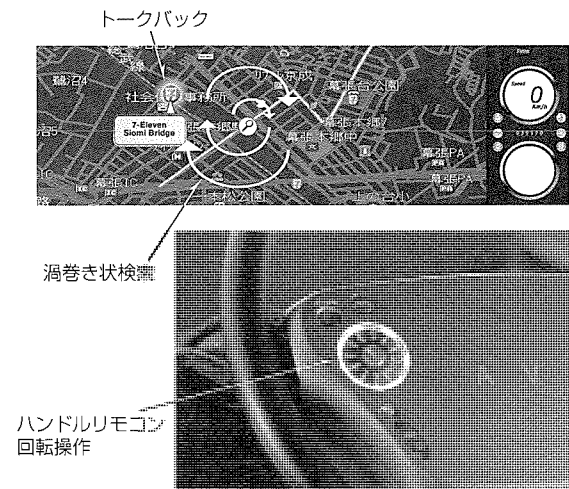
### 2.3 助手席から簡単に操作可能な液晶タッチパネルインタフェース

同乗者には画面を見ながら簡単に操作を行える液晶タッ



自分の好みのメータデザインを設定しておくことで次回乗車時から、乗員ごとに好みに合わせた、メータを表示することが可能。

図2. 個人適合メータデザイン



ハンドルリモコンとトークバックで安全確実操作を実現

図3. ハンドルリモコン

チパネル(図4)を手元に配置するなど、各乗員に最適化した操作インターフェースを開発した。

現在、運転者は走行中に画面注視すると危険なため、安全に配慮した走行中の操作制限が課されており、それに伴い助手席者も同様に操作ができない状況になっている。

以上から走行中でも、助手席者が手を伸ばしたときのみ反応するタッチパネルディスプレイを開発することで、助手席からはいつでもすべてのメニューを操作可能とし、運転者側は、安全に操作が可能なメニューのみ操作可能とした。これによって助手席者の操作性と運転者の安全性の両立を図った。またこの技術によって、運転者・助手席者の利便性と安全性がさらに高まることが期待できる。

#### 2.4 各席用個別音響システムの開発

“各席で自由に好きな音楽を聴きたい”というニーズにこたえるため、すべての席のヘッドレストに配置したスピーカーとタッチパネルディスプレイ(図5)で、それぞれ個別に音響や映像を楽しむことを可能とした。

さらに、ICタグ(小型の情報チップ)に連動した個別スピーカー(図6)と表示装置が、いつでも自分の好みに合わせた映像や音楽をすべての座席で楽しめるシステムを開発した。

またユーザー識別によって、メニューのデザインだけでなく、音楽・映像等のコンテンツまで、自分オリジナルに自動で切り替わり、さらにタッチパネルインターフェースを搭載することで、子供から高齢者まで、誰でも簡単・快適

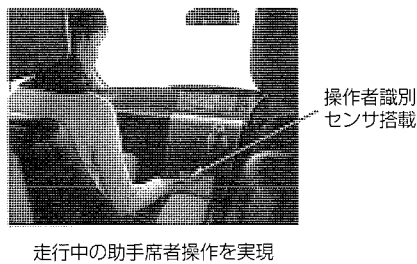
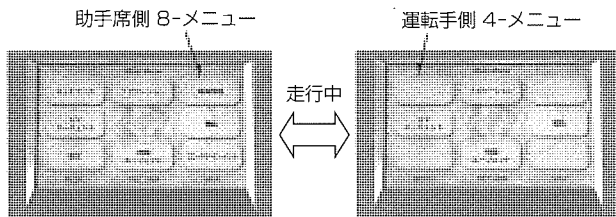


図4. 液晶タッチパネル



図5. 各席用個別音響システム

に操作することを可能とした。

#### 2.5 ナビゲーション地図等の視認性を向上させたワイド液晶

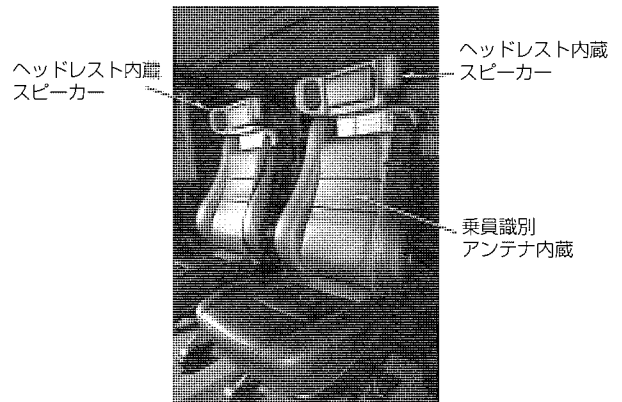
15インチワイド液晶(図7)を搭載することで、大画面地図による視認性向上と停車中のエンターテインメント性の向上を可能とした。

地図表示不要時は全画面でメータを表示し、地図表示必要時はメータ部を小画面表示し、残りの部分に大きく地図を表示することで、地図の視認性を高めることを実現した。

停止時は映像を全画面で視聴可能となり、エンターテインメント性へも配慮を行った。

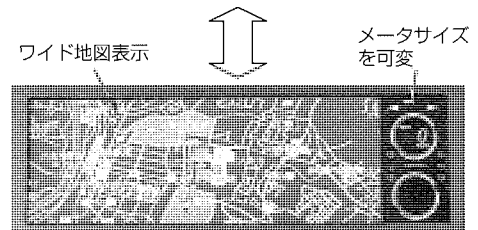
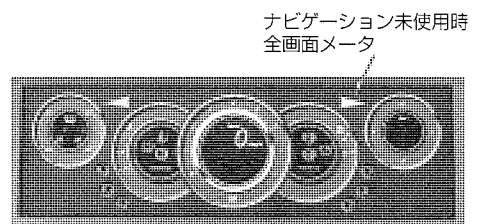
#### 2.6 音楽検索インターフェース

音楽データはハードディスクの搭載で大量に蓄積されるようになった。その弊害として、自分の探したいデータを検索することが非常に難しくなってきた。以上から、音楽データのジャンルやテンポなどの曲調部分を解析し、横軸は明るさ・暗さ、縦軸には速さ・遅さを自動的に分類して登録し、運転者の音楽検索機能(図8)や、カーナビゲーションから提供される位置・時間・天候道路状況(渋滞・高速・一般道)などの車外環境情報と運転者の使用履歴や好みに合わせ、最適な音楽を自動的に推薦する機能



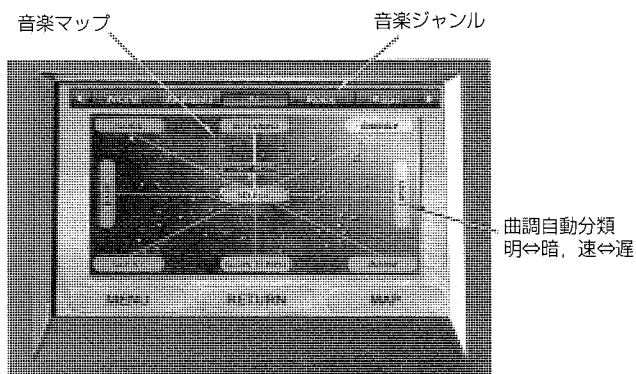
個別音響空間を実現

図6. 各席用個別音響搭載シート



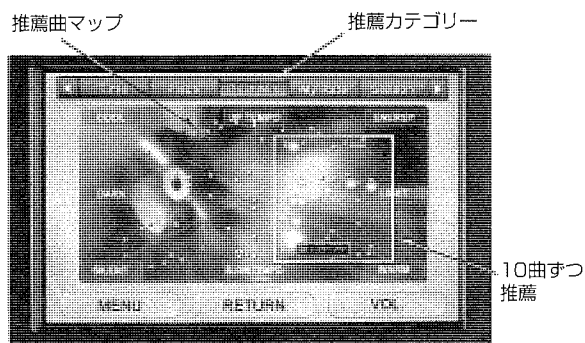
状況に合わせて表示サイズを可変可能

図7. 可変ワイド液晶画面



各席ごとに適合した音楽マップから簡単タッチ操作で選曲可能

図 8. 音楽検索画面



環境状況や個人の履歴に応じて音楽を推薦

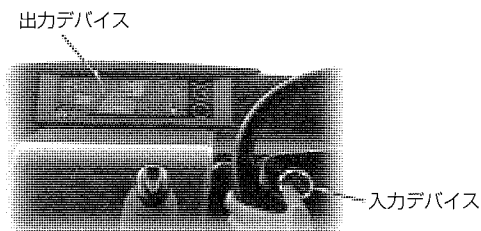
図 9. イメージ楽曲推薦画面

(図 9)を開発し、操作時間の短縮を実現した。

また、安全性の確保が最優先される走行中には、ハンドルリモコンで分類を指定するだけで、約 3 千曲もの音楽リストから簡単に希望の音楽を探すことを可能とした。

### 3. む す び

今後は、データ容量の増大が自分で持ち込む音楽や映像



安全快適を実現するための各種入出力デバイス

図10. 実環境下での各種入出力デバイス検証

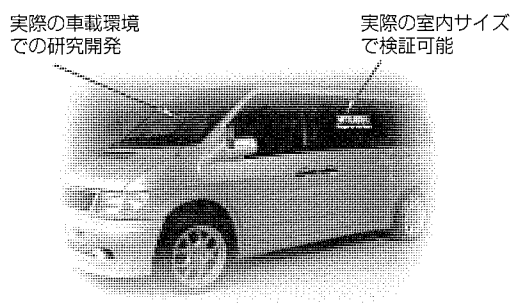


図11. 実際の車載環境での研究開発

などのデータだけではなく、地図更新や音楽配信・映像配信など、通信を利用した情報提供手段が、日常的に行われつつあり、今後の自動車のIT化がさらに加速していくものと予想される。

そのなかで情報量の増大に対応した、安全操作の実現、個別操作環境の確立など、多種多様な情報・音楽・映像に適合したインターフェースの確立が急務となる。

今後、実際の操作環境(車室内)での各種入出力デバイス(図10)の検証や実際の車載環境に合わせた(図11)操作インターフェースの研究開発をさらに加速し、安全で快適な車載情報機器の操作環境の向上を図ることが重要と考える。



# 車載ハンズフリー通話システム

西川 源\* 松岡文啓\*\*  
小谷 豊\*  
矢野敦仁\*\*

## Car Hands Free Telephone System

Gen Nishikawa, Yutaka Kotani, Atsuyoshi Yano, Bunkei Matsuoka

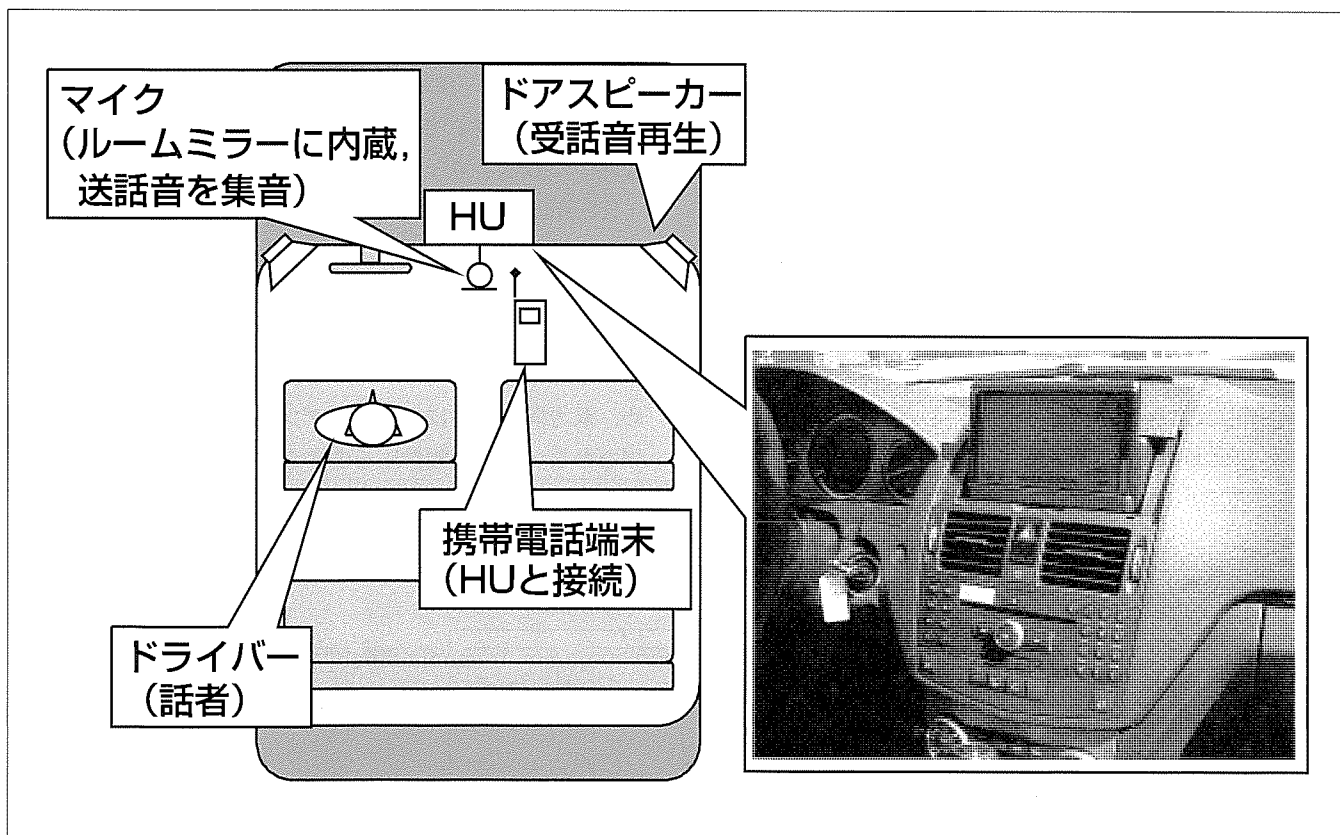
### 要 旨

三菱電機は、欧州ブランドの乗用車にHDD(Hard Disk Drive)ナビゲーション(以下HU:Head Unit)を納入している。このHUには、携帯電話端末を接続してHF(Hands Free)通話を行うHF通話システムを搭載している。HF通話システムは、車室内のマイクとスピーカーで通話を行う機能であり、ユーザーは端末を持つためにハンドルから手を離す必要がなく、運転中であっても安全に通話を行うことができるようになる。車載HF通話システムには、スピーカーから再生された相手の声がマイクに入力される“エコー”や、周囲の走行騒音などによる“ノイズ”などの、様々な課題が存在する。

これを解決するために、DSP(Digital Signal Processor)

処理によるEC(Echo Canceller), NR(Noise Reduction)などの対策が必要となる。当社のHUは、車載向けに特化した独自のEC/NRアルゴリズムを搭載し、高品質の車載HF通話を実現している。

当社のHUはVDA(Verband der Automobilindustrie:ドイツ自動車工業会)が策定した車載HF端末規格<sup>(1)</sup>に定められている主要な品質基準をすべて満たしている。また、アルゴリズムの持つ適用性の広さや、調整用パラメータの導入によって、多様な車種や、走行環境、接続する携帯端末・ネットワークの種類などに幅広く対応し、様々な条件下で安定した通話品質を維持している。



### 車載HF通話システム

相手が発話した音声(受話音声)はHUに接続された携帯電話で受信し、ドアスピーカーから出力される。車内のユーザーが発話した音声(送話音声)は、ルームミラーに内蔵されたマイクによって集音され、HUに接続された携帯電話から相手に送信される。当社のHUでは、エコーや走行雑音などの問題に対してDSP処理、パラメータの最適化などを行うことで、様々な条件下で良好な通話品質を維持している。

## 1. ま え が き

運転中の携帯電話による通話に対する規制が各国で強化されており、乗用車における車載HF通話システムの需要が高まっている。しかし、高品質なHF通話の実現には、エコーやノイズなどへの対策が必要となる。本稿では当社が開発した車載HF通話システムの構成と特徴について述べる。

## 2. 車載ハンズフリー通話システム

### 2.1 システムの概要

車載HF通話システムは、車室内に設置されたマイク・スピーカーとHU、携帯端末で構成される。

通話相手の音声(受話音声)は携帯端末経由でHUに受信され、車室内のドアスピーカーから出力される。車室内のユーザーが発話した音声(送話音声)はルームミラーに内蔵されたマイクによって集音され、HUを介して携帯電話から相手に送信される。

この時、マイクにはスピーカーから出力された受話音声も集音され、エコーとして送信信号に混入する。このエコーを送信信号から適切に除去するためにECが用いられる。

また、さらに周囲の騒音もマイクによって集音され、ノイズとして送信信号に混入する。このノイズを除去するためにNRが用いられる。車載HF通話システムは、主に走行状態で使用されるため、走行騒音への対策が不可欠である。欧州市場では、アウトバーンでの時速150km以上の高速走行時の高騒音下での使用も想定されており、このような条件においても騒音の影響を受けず、良好な通話品質を維持することが求められている。

当社のHUは、エコー・ノイズ対策において、車載向けに特化した独自のEC/NRアルゴリズムをDSP内に搭載している。

### 2.2 HU内部構成

HF通話システムのブロック図を図1に示す。

HU内部において、HF通話システムの音声処理機能はDSP及びCDSP(Car DSP)によって構成されている。DSP

にはEC・NRなどの比較的処理負荷・メモリ消費量の高い信号処理機能を実装し、CDSPはボリュームコントロールやコンプレッサなどの処理負荷・メモリ消費量の低い信号処理機能を実装している。これらのDSP、CDSPはCPUによって制御される。CPUはこの他に携帯端末との接続制御も行う。

また、DSPは起動時にHUに内蔵されたFlash ROMから、EC・NRの設定情報(動作パラメータ)を読み込む。この設定情報には車種や接続する携帯機種などに応じた、最適な動作設定を保存することができる。この設定情報は、生産ラインの最終工程で書き込まれる。

実際の通話時において、携帯電話からBT(BlueTooth<sup>(注1)</sup>)又は有線によってHUに入力された受話音声は、CDSPでゲイン制御され、パワーアンプを通してスピーカー出力される。このゲイン制御はボリュームコントロールの設定に従う。一方、マイクによって集音された送話音声は、DSPでEC、NRによるエコー・ノイズ処理を経たのち、I/F(Interface)モジュールを介してBT又は有線接続された携帯電話から相手に送信される。

## 3. DSP音声信号処理

### 3.1 エコーキャンセラ

ECの構成を図2に示す。ECは適応フィルタ、ダブルトーク検出、ES(Echo Suppressor)によって構成される。適応フィルタはスピーカー出力信号(参照信号)とマイク入力信号からエコーの応答特性を適応化学習し、エコーの引き去り処理を行う。さらにESは適応フィルタで消し切れずに残った残留エコーを、振幅抑圧によって消去する。

HF通話において、相手側に知覚されないレベルまでエコーを消去する場合、40dB以上の消去性能を要する。適応フィルタによって平均的に期待できる消去効果は24dB程度であり、残りはESに負う。ただしESは送話音声とエコーとを分離してエコーのみを抑圧することができないため、双方向が同時に発声するダブルトーク時は送話音声を損なわないよう振幅抑圧を弱めなければならない。一方、

(注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標である。

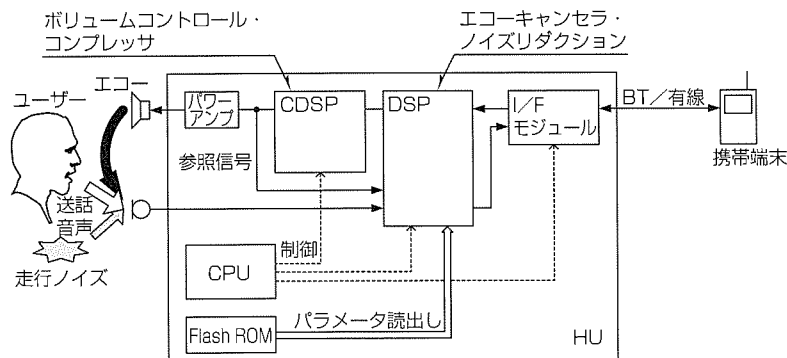


図1. HF通話システムのブロック図

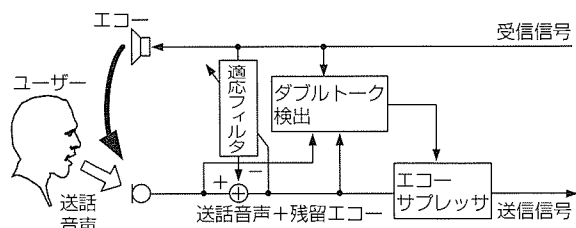


図2. エコーキャンセラの構成

相手側のみが発声している受話シングルトーク時は振幅抑圧を最大にする必要がある。この両立を図るためには、高精度なダブルトーク検出が必要であるが、当社が独自開発したダブルトーク検出アルゴリズム<sup>(2)</sup>は、高精度のダブルトーク検出性能を実現しており、これに基づく振幅抑圧制御を行うことによって、エコーの消去効果とダブルトーク性能とを両立している(図3)。

### 3.2 ノイズリダクション

自動車の走行騒音は比較的定常であるが、停車時と走行時の変化が大きい。また、走行時であっても、速度や路面の状態、天候などに応じた変動要素が存在する。このため、車載HF通話用のNRには、騒音の突然の変化に対して高速な追従性能が求められる。同時に、話者音に対しては自然な音質を維持しなくてはならない。このため、騒音と音声とを精度よく識別する必要がある。当社のNRアルゴリズムは、独自方式の“雑音らしさ”判定を用いることで、高精度の音声・騒音識別を可能とし、騒音の変化に対する高速追従性と、クリアな音質を両立させた<sup>(3)(4)</sup>。これによって、エンジンスタートによる騒音の突然の変化に対しても、平均5秒以内の収束性能を実現している。

また、高速走行における高騒音下では、マイクで集音される音声のSN比(信号対ノイズ比)が著しく低下し、音声の品質を損なわずノイズのみを除去することが困難となる。この課題を解決するため、当社のNRアルゴリズムは、独自の適応的ノイズ抑圧制御方式によって、SN比の高い周波数帯域では主にスペクトル減算を行い、SN比の低い周波数帯域では主にスペクトル振幅抑圧を行うことによって、音声のスペクトルを保存しつつ雑音のみを抑えるようにし、高音質化を実現した。

### 3.3 コンプレッサ

HUには、ユーザーが受話音量を任意に変えられるように、CDSPにボリュームコントロールを備えている。ボリュームコントロールは85dBの範囲でゲイン調整を行うことができるが、ゲインを最大付近に設定すると、車両に装着されたスピーカーの特性によっては出力波形に非線形ひずみを生じやすくなる。このような非線形ひずみによって発生した非線形エコー成分は、ECの線形適応フィルタ処理では十分にエコーを引き去ることができず、残留エコーを生じやすい。

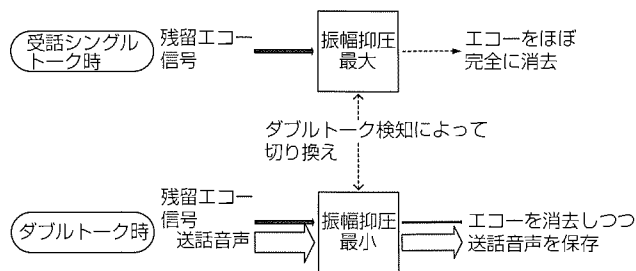


図3. エコーサプレッサの制御

以上から、当社のHUではCDSPにコンプレッサを搭載し、受話音量に応じたダイナミックレンジ圧縮を行うことによって非線形エコーの発生を抑制している。これによって、受話音量を増加させた際の残留エコーの発生を防止している。

## 4. HU・携帯端末間I/F

### 4.1 各種接続方式への対応

携帯電話機に備えられている外部HF通話機器とのI/Fにおいて、欧米市場ではBTが主流であるが、日本市場ではBTと専用の接続ケーブルを用いた有線方式の二系統が混在している。さらに有線方式は、各通信会社間で仕様が異なり、互換性がない。当社のHUでは、すべての接続方式に対応するため、HFP(Hands-Free Profile)に対応したBT通信モジュールと、各社の有線接続方式に対応したCBJ(Communication Box Japan)をそれぞれ搭載している。CBJは、日本国内の2G、3G携帯電話を、各通信会社の仕様に応じた接続ケーブルでHUと接続し、データ通信及び音声通話を可能にする専用アダプタである。また、BT接続と有線接続とで同等の音質を維持するため、CBJ出力信号に対して差分を吸収するための補正フィルタをDSP内に導入している。

### 4.2 ゲイン調整機能

携帯電話機端末の内部ゲインは機種によって種々異なり、端末を変更したときに音量が変化する場合がある。このため、当社のHUには内部ゲインの調整機能を備えた。この調整機能はDSPに入力される受話音声、DSPから出力される送話音声に対し、ゲインを3dBステップで計5段階(±6dB)のゲイン制御を可能としている。

## 5. 性能評価

HF通話システムの性能評価は、VDAの定めた車載HF端末規格に準拠した。同規格は、車載HF端末の通話品質の評価に関し、30項目の評価項目を定めている。これらの評価項目は、HF通話システムの伝送遅延、ラウドネス、周波数対音圧感度特性(f特)、エコー特性、ノイズ特性などにわたる。評価はすべて客観指標を用いて行われるが、ユーザーが体感する主観的な品質印象との相関が高く、信

表1. VDA評価結果

項目	VDA規格の性能基準	当社HUの性能
客観音声品質(TOSQA MOS)	2.8以上	3.0~3.2
エコー消去量(TCLw)	40dB以上	53dB
ダブルトーク時の送話音声損失量	6 dB未満	3 dB未満
背景騒音に対する送話音声の音量感(D value)	-13dB以上	+3dB

TOSQA : Telecommunication Objective Speech Quality Assessment

TCLw : weighted Terminal Coupling Loss

頼性が高い。ここでは、同規格の定める評価項目のうち、主要な4項目の評価結果を表1にまとめた。以下これらの性能値について説明する。

(1) 客観音声品質 (TOSQA MOS)

客観音質評価方式TOSQA2001<sup>(5)</sup>に基づいた音質評価で結果は1~5で示され、1(非常に悪い)、2(悪い)、3(ふつう)、4(良い)、5(非常に良い)を表す。主観評価によるMOS(Mean Opinion Score)試験と相関のある結果が出力される。VDAの基準は2.8以上であるが、当社は3.0~3.2を実現した。

(2) エコー消去量(TCLw)

基準値40dBに対し、当社は53dBを実現している。これはエコーが体感品質としてはほとんど知覚できないレベルである。

(3) ダブルトーク時の送話音声損失量

ダブルトーク時の送話音声の劣化(ダブルトーク性能)を、送話音声レベルの損失量の観点で評価する。損失量が0dBに近い程ダブルトーク性能が高いことを示す。基準は6dB未満だが当社は3dB未満を実現した。

(4) 背景騒音に対する送話音声の音量感(D value)

ノイズキャンセラの性能を、背景騒音に対する、送話音声の音量感の差で評価する。すなわち、値が大きい程、騒音に対する送話音声の主観音量が大きいことを意味する。

最低基準は-13dBであるが、当社は+3dBを実現している。

当社のHF通話システムは、ここで挙げた項目以外のほとんどの評価項目においても、所定の性能基準をクリアしている。

6. むすび

HDDナビゲーション用に開発した車載HF通話システムについて述べた。ナビゲーションシステムの普及によって、HF通話システムの需要はさらに拡大していくものと予想される。今後はさらなる高品質化への取り組みを継続していく予定である。

参考文献

- (1) Verband der Automobilindustrie: VDA Specification for Car Hands-free terminals, ver1.5 (2004)
- (2) 松岡文啓, ほか: 判定遅延を持たせた音響エコーキャンセラー用ダブルトーク検知方法の検討, 2000年電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-10-4 (2000)
- (3) 古田 訓, ほか: 3GPP性能基準クリアAMR音声コーデック用ノイズサプレッサとその評価結果, 電子情報通信学会デジタル信号処理(DSP)シンポジウム, A-5-2 (2002-11)
- (4) Furuta, S., et al.: A Noise Suppressor for the AMR Speech CODEC and Evaluation Test Results based on 3GPP Specification, 2002 IEEE Speech Coding Workshop (2002)
- (5) Berger, J.: Results of objective speech quality assessment including receiving terminals using the advanced TOSQA2001, ITU-T Contribution, COM 12-20-E (2000)

# MOSTを用いた映像伝送システム

中井良弘\*  
 福田智教\*\*  
 三井武史\*

Video Transport System with MOST

Yoshihiro Nakai, Tomonori Fukuta, Takeshi Mitsui

## 要 旨

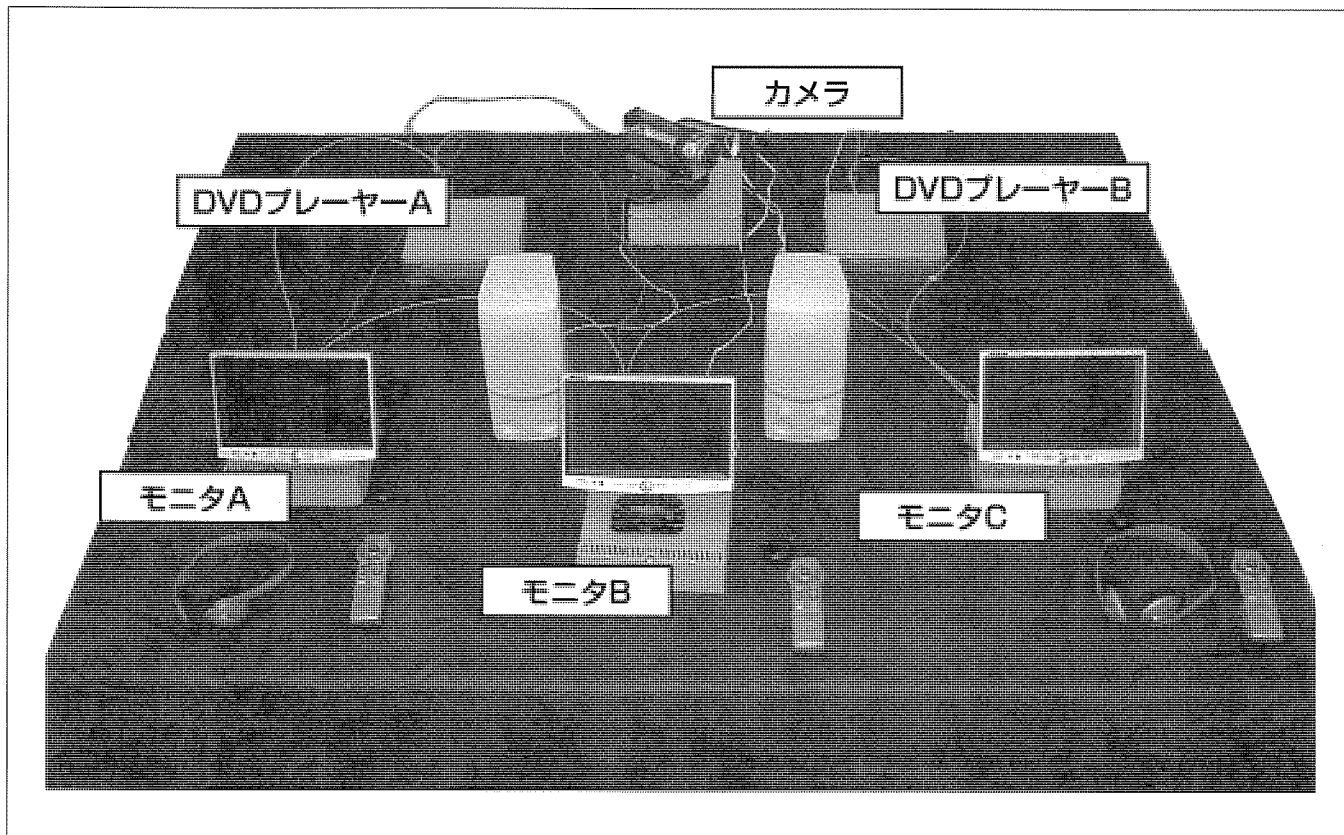
近年、家庭におけるエンタテインメント機能を自動車内でも実現するために、様々な機能が自動車に搭載されている。例えば、デジタルTV放送・デジタルラジオ放送・インターネット環境などがそうである。これらの機能を自動車に搭載する場合、従来一つの機器にすべての機能を搭載していた。しかしながら近年、すべてのシートでこれらの機能を相互利用するためや容易な拡張性を考慮した結果、エンタテインメント機能を搭載した機器を分散しネットワークに接続する構成が採用されている。

それら機器を接続するネットワーク規格としてMedia

Oriented Systems Transport(以下、“MOST”<sup>(注1)</sup>という。)が、欧州自動車メーカーを中心に2001年から採用され始めた。

MOSTはプラスチック光ファイバを用いた光ネットワーク規格で、約25Mbpsの通信帯域を持つ。25Mbpsの通信帯域は音声を送信するには十分であるが、要望が強まっているビデオを送信するには不十分である。そこで、映像を符号化し必要通信帯域を削減することで、MOST上に映像を流す検討を行った。

(注1) MOSTは、MOST Cooperationの登録商標である。



## MOSTを用いた映像伝送システム

自動車にて映像をネットワーク経由で伝送する場合遅延が許されないため、三菱電機独自で符号化処理を開発した。その符号化処理を用いて上図のように復号化を行うモニタA~C、符号化を行うDVDプレーヤーA、BとカメラをMOSTに接続するシステムを構築した。このシステムによって、符号化/復号化による遅延が、カメラ映像で違和感がないレベルを実現した。また、符号化した映像を復合側で自由に選択し視聴が可能である。

\*自動車機器開発センター \*\*先端技術総合研究所

## 1. ま え が き

近年、自動車の電子化に伴い搭載される電子機器が増加している。また、各機器が保有する情報の相互利用や配線効率化/軽量化のために自動車内ネットワークが採用されている。

これまでエンジンや車輻に関する車輻制御情報用の制御系ネットワークとしてCAN(Control Area Network)が採用されていたが、近年エンタテインメント機器が自動車に複数搭載され始め、音声やラジオ放送局などのエンタテインメント情報を交換するために情報系ネットワークという新たなネットワークが必要となった。自動車内に2つのネットワークが必要な理由は、利用目的が異なるためである。制御系ネットワークはリアルタイム性・信頼性が重要である一方、情報系ネットワークでは高速大容量が重要である。欧州自動車メーカーでは、この情報系ネットワークとしてMOSTを採用し、すでに実車に搭載している。

## 2. MOSTとは

この章ではMOSTとそのシステム構成について述べる。

### 2.1 なぜMOSTなのか？

2000年当初、自動車内の情報系ネットワーク規格の候補としてMOSTとIDB(Intelligent Transport System Data Bus)1394が競合していた。IDB1394はIDB-Forumで規格化され、DVカメラなどAV機器に搭載される高速ネットワークであるIEEE1394を下位レイヤに採用している。しかし、対応LSIや上位レイヤの規格策定の遅れなどから採用を検討する自動車メーカーが減っていった。一方でMOSTは、対応LSIのリリースや規格策定が素早く実施され採用を検討する自動車メーカーが増え、現在に至る。

### 2.2 MOSTの概要

MOSTは、1999年にDaimlerChrysler・BMW・OASIS SiliconSystems(現SMSC)・HarmanBeckerが中心となって設立されたMOST Cooperation(以下“MOSTCo”という。)で規定された。

MOSTの実車への搭載は2001年にBMWが初めて採用し、現在では欧州の自動車メーカーを中心に約40車種で採用されている。

MOSTは以下の特徴を持つ。

- ① プラスチック光ファイバによるリング型接続  
→配線の軽量化・放射ノイズの抑制
- ② 約25Mbpsの通信速度→高速大容量
- ③ OSI(Open Systems Interconnection)7レイヤすべてを規定
- ④ シングルマスター方式

また、MOSTCoではMOSTに接続される機器の仕様拡

(注2) iPodは、米国Apple, Inc.の登録商標である。

張が常に実施されており、例えばiPod<sup>(注2)</sup>とのインターフェースは既に規定されている。

### 2.3 現在のMOSTシステム

当社では2000年からMOSTの開発を行っており、現在では数種類のMOST対応機器を量産している。

現在のMOSTシステムの一例として、実車で採用されているMOST対応機器を用いたシステム構成例を図1に示す。

この構成例はMOSTの基本的なものであり、エンタテインメントソースとしては音声のみを伝送している。エンタテインメント機器がこのようなネットワークに接続されることで、配線が単純化され接続されたリソースすべてをユーザーは容易に選択し、使用することができる。また同一車種のグレードごとに必要な機能選択も容易となり、システムの変更や拡張が柔軟に行える利点が生まれた。

### 2.4 次世代のMOSTシステム

前節で述べたMOSTシステムではエンタテインメント情報として音声のみを伝送していたが、家庭内のエンタテインメントと同様な環境を自動車内にも構築する要望が強まってきている。その中でもビデオ伝送は重要な要素であり、MOSTCoでも通信速度を50Mbps・150Mbpsへと高速化されるため、当社でもMOSTによるビデオ伝送の検討を行った。その際に検討したシステム構成例を図2に示す。

検討したシステム構成では、各シートにMOSTに接続されたモニタを設置し、複数のビデオソースも接続する。MOSTにおいて伝送されているリソースは接続されているすべての機器が自由に取得可能であり、このように構成することで、各シートで好きなビデオソースを選択し視聴することが可能となる。

しかしながら、MOSTが高速化され150Mbpsの通信帯域があったとしても、検討したシステムを構築することは通常不可能である。それは、VGA(Video Graphics Array)サイズのビデオソースを非圧縮で伝送するためには約

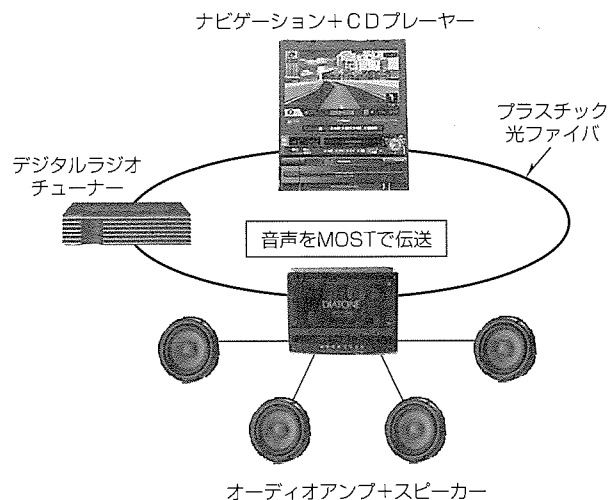


図1. 現在のMOSTシステム構成例

160Mbpsの通信帯域が必要だからである。

この対策としてビデオソースを符号化し、伝送に必要な通信帯域を削減することでシステムの実現可能性を検討した。候補としてDVDやデジタルTV放送で使われる映像符号化方式であるMPEG-2 (Moving Picture Experts Group phase 2)を用いて検討したが、高画質ではあるが符号化・復号化に時間が約数百ms要する点が問題であった。

これはユーザーがモニターを見ながらリモコン操作を行った場合、ユーザーが見ている画面はDVDプレーヤーが映し出している画面より符号化時間+伝送時間+復号化時間分遅れて表示される。その結果、リモコン操作が思うようにならなくなる(図3)。

また、運転支援カメラ等のリアルタイム性が要求される機器の場合にはさらに遅延が許容されない。

以上から、当社ではMOSTで遅延が少ないビデオ伝送を可能とする符号化方式を検討・開発し、実際にMOSTシステムを構築し、その性能を評価することとした。

### 3. ビデオ伝送と映像符号化

この章では、遅延時間を最小にしつつ、高画質な映像符号化方式の開発とその評価について述べる。

#### 3.1 映像符号化規格

まずMOSTで使用できる符号化方式であるが、これはすでに規定されておりその一覧を表1に示す。

次に車内情報ネットワークで伝送する映像ソースについて考える。自動車内で視聴可能な主な映像ソースは、アナ

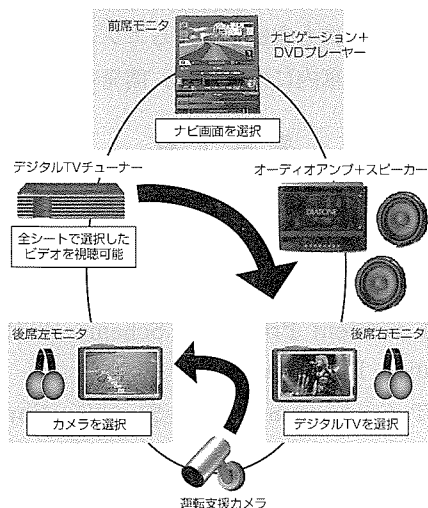


図2. 次世代のMOSTシステム構成例

表1. MOSTで規定された主な符号化方式

エレメンタリーストリーム	システムストリーム
MPEG-1 (ISO/IEC11172-2)	MPEG-1 (ISO/IEC11172-1) MPEG-2 (ISO/IEC13818-1)
MPEG-2 (ISO/IEC13818-2)	MPEG-2 (ISO/IEC13818-1) MPEG-2 (ISO/IEC13818-1)
MPEG-4 (ISO/IEC14496-2)	MPEG-2 (ISO/IEC13818-1)

ログTV放送・デジタルTV放送・DVD・ナビ映像・運転支援カメラ(フロントモニター・バックモニターなど)がある。この中ですでに符号化されているものは、デジタルTV放送(MPEG-2・H.264)、DVD(MPEG-2)である。したがって、MOST環境及び現在の映像コンテンツを前提にすると、MPEG-2が最も親和性が高いといえる。以上から、映像符号化方式としてMPEG-2を採用することに決定した。

#### 3.2 低遅延版MPEG-2方式

MPEG-2で符号化を行う場合、一般的にはGOP (Group Of Pictures: MPEGで規定された動画の構成最小単位)構造による並べ替え、バッファ制御で約240msの遅延がある。ここでいう遅延とは、“映像の取り込み→符号化→ネットワーク伝送→復号化→表示”までの時間のことである。特に、運転支援カメラではリアルタイム性が要求されるため、遅延時間が長いと使いものにならないので、この時間を短くすることが課題となる。

今回、シンプルプロファイルの採用によって並べ替えによる遅延を抑えつつ、バッファ制御の最適化を行い、遅延時間の短縮を行った(図4、図5)。

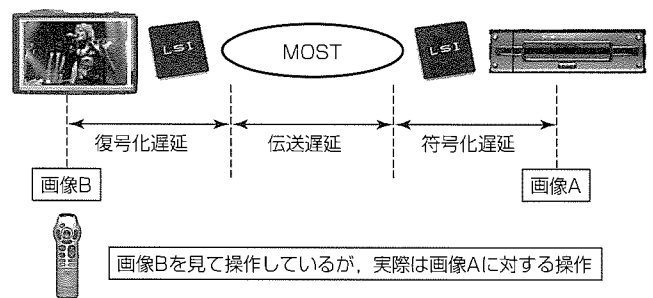


図3. 遅延時間によるリモコン操作異常

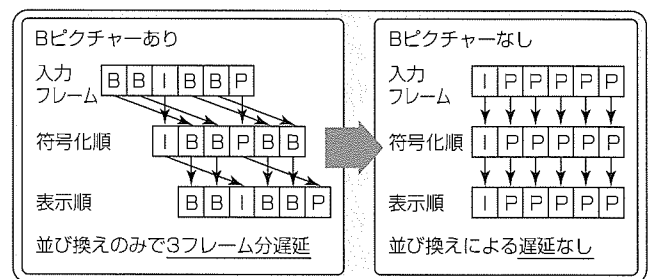


図4. 並び換えによる遅延の削減

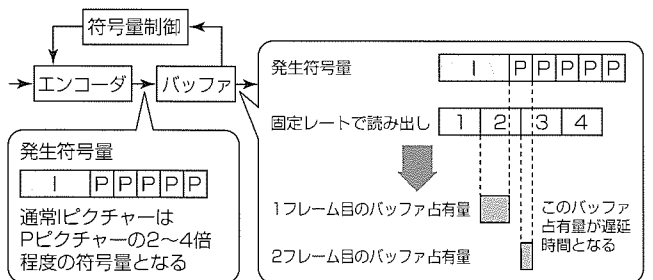


図5. バッファ制御の見直し

表 2. 低遅延MPEG-2方式の性能評価

		遅延時間 (ms)	画質 (dB)
高画質 (4Mbps)	標準	240	48
	低遅延	95	47
低遅延 (1.4Mbps)	標準	240	40
	低遅延	80	39

表 3. 評点と評定語

評点	5	4	3	2	1
評定語	非常に良い	良い	普通	悪い	非常に悪い

バッファ制御は、1ピクチャーのバッファ占有量を後続フレームに最適分配する新方式を開発した。

これら新制御方法を組み込んだ低遅延MPEG-2方式と標準方式の遅延時間と画質比較結果を表2に示す。

表からも明らかなように、今回開発した低遅延MPEG-2方式は、標準方式のMPEG-2と比較して160msの遅延時間を削減し、画質も同等の性能を達成した。

### 3.3 遅延時間の評価

車内情報ネットワークにおいて、遅延時間が問題となるアプリケーションはカーナビゲーション映像、運転支援カメラなどリアルタイム映像であり、今回開発した低遅延MPEG-2方式の遅延時間の検証を行った。検証は、実車両にバックモニタカメラを取り付けて、カメラ映像のみを見て車両を後退運転し、所定の停止位置に停車させるというタスクの遅延時間を主観評価によって行った。評点は表3のように定めた。遅延時間は、バックモニタカメラとモニタの間に映像遅延機によって発生させた。主観評価の被験者は、20~40代の男女6名である。

主観評価の結果を図6に示す。図は、横軸が遅延時間、縦軸が評点である。図の四角い点が平均オピニオン評点 (Mean Opinion Score : MOS)を示す。また、MOSの95%信頼区間を求めた。95%信頼区間とは、母集団全体の値がその区間に存在する確率が95%である区間のことである。各サンプルの95%信頼区間をグラフ中の縦線で示す。

図6では、遅延時間が0~99msの場合、信頼区間が長くなっているものがあるもののMOSが4以上ある。一方、遅延時間132msの場合、MOSが4を下回っており、さらに信頼区間の最低値が3を大きく下回っている。今回の主観評価からは、遅延時間が132ms以上であれば、後退運転に支障をきたす可能性があり、遅延時間が99ms以下であ

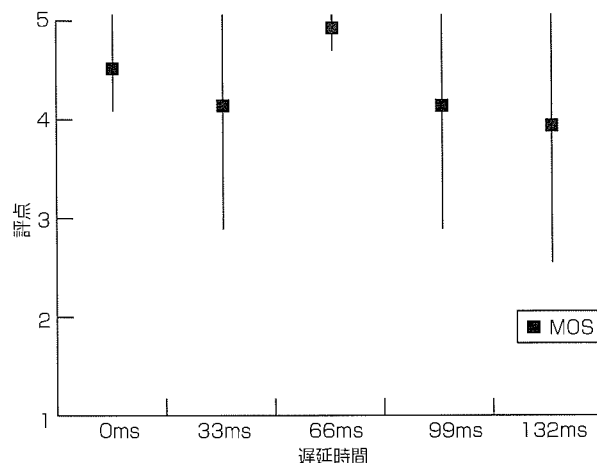


図 6. バックモニタ遅延時間主観評価

れば、後退運転には支障がないと判断できる。したがって、低遅延MPEG-2方式の遅延時間は80msであるので、通常の後退運転には支障がないと判断できる。

## 4. む す び

今回の低遅延MPEG-2の開発によって、MOSTを用いたビデオ伝送技術の実現性を見出すことができた。しかしながら、ビデオリソースの多くには著作権があり、伝送するためには著作権保護技術を用いた仕組みも不可欠である。例えば、DVDの映像をMOSTで伝送を行う場合には、DTCP (Digital Transmission Content Protection)を用いて著作権保護を行うよう規定されている。また、家庭のエンタテインメント環境が自動車内に構築されれば、次には家庭と自動車のネットワークによる融合が考えられる。その場合にも様々な著作権保護などが必要になってくると思われる。このためにも家庭におけるエンタテインメント技術をいち早く自動車内に取り込み、開発を継続していく。

## 参 考 文 献

- (1) MOST Specification Rev2.2 11/2002
- (2) MOST Specification for Stream Transmission Version1.2 11/2005
- (3) MOST Content Protection Scheme DTCP Implementation Rev2.1 08/2005
- (4) MOST Content Security Specification Rev1.0 02/2001



# 車載デジタルTVへのUI設計ツール “NINA”の適用

豊岡 明\*      奥村信義†  
小中裕喜\*\*  
大久保忠俊\*\*\*

Application of UI Design Tool “NINA” to In-Car Digital TV

Akira Toyooka, Hiroki Konaka, Tadatoshi Okubo, Nobuyoshi Okumura

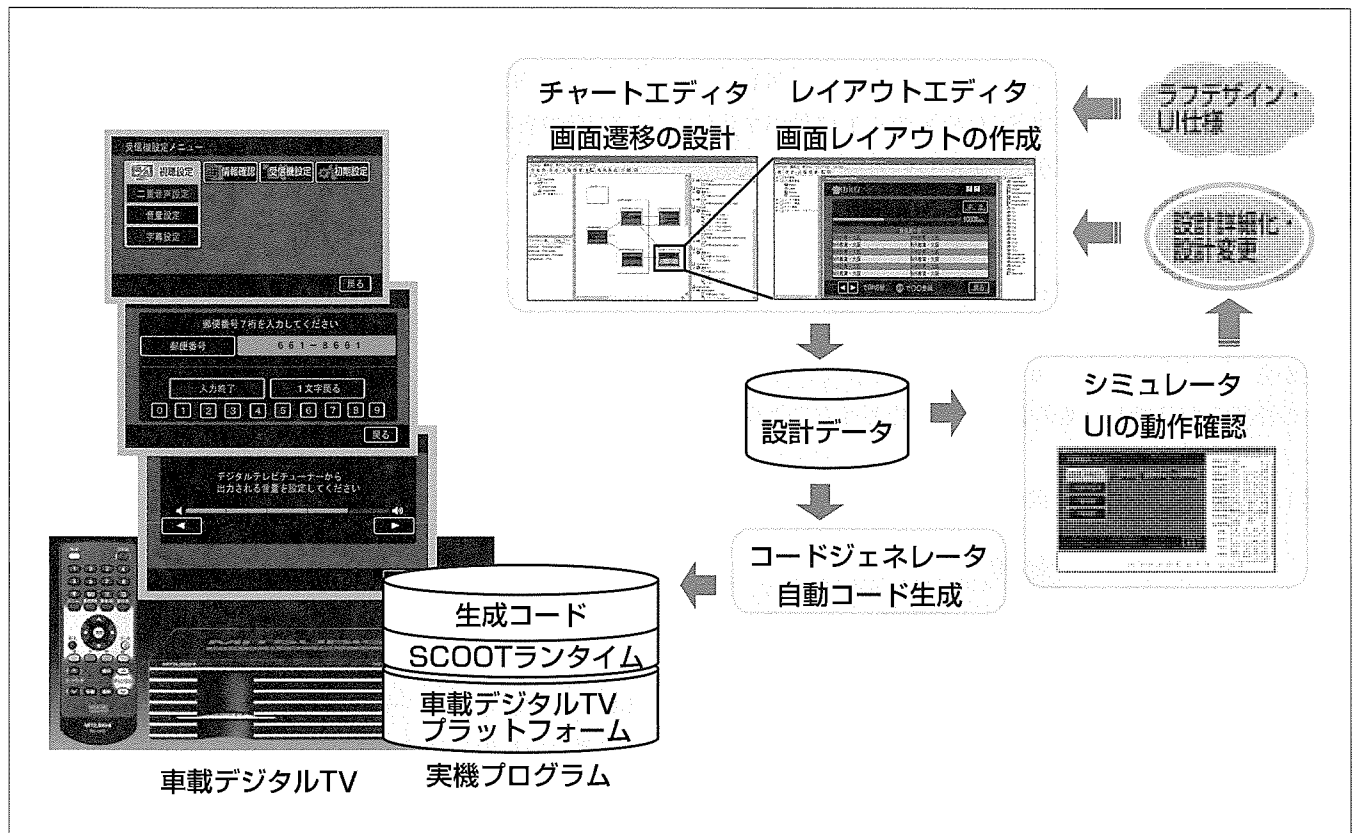
## 要 旨

近年、車載情報機器の高機能化に伴い、UI (User Interface) の複雑化・肥大化が進んでいる。また、UI のデザインも、ユーザーの嗜好(しこう)にあわせて、グラフィックスを多用した高度なものへと変化してきている。その一方で、UI は製品デザインの一部であることから、機種ごとに外観や動作が変更される。これらの理由から、UI ソフトウェアの開発工数は増大を続けており、開発の効率化が急務となっている。

三菱電機ではこの問題を解決するため、組み込み機器のUI ソフトウェア開発を効率化する、UI 設計ツール“NINA (Navigator for I nterface of Application)”の開発を進めてきた。組み込み機器のUI は、画面が小さく操作手段も限

られることから、画面を切り換えながら操作するのが一般的である。NINAでは、このようなUI のモデリングに適した、SCO (State Chart Object) という概念に基づいてUI 設計を行う。SCO は画面に対応する複数のステートと、ステートの間の遷移を設計可能なUI 部品である。SCO を用いることで、画面中のカスタムUI 部品から機器アプリケーションのUI に至るまで、すべて同一の枠組みで設計し、組み合わせて動作させることができる。

本稿では、NINA の概要と、車載デジタルTV への適用について述べる。また、従来のUI 開発方式とNINA のそれぞれについて開発工数を測定し、NINA 適用の効果を評価したので、その結果についても述べる。



## UI設計ツール“NINA”の構成とUI設計開発の流れ

UI設計ツールNINAは複数の機能モジュールから構成される。チャートエディタとレイアウトエディタによって、UI画面間の遷移と各UI画面のレイアウトを設計する。次にシミュレータによって、設計したUIの動作を確認する。修正が必要な場合にはエディタに戻り修正する。UI設計の完了後、コードジェネレータによって生成したコードと、SCOOT (SCO Oriented Technology) ランタイムを結合し、実機用のUIソフトウェアを作成する。

\*先端技術総合研究所 \*\*同研究所(工博) \*\*\*三田製作所 †自動車機器開発センター

## 1. ま え が き

近年、車載情報機器の高機能化に伴い、UIの複雑化・肥大化が進んでいる。また、UIのデザインも、ユーザーの嗜好にあわせて、グラフィックスを多用した高度なものへと変化してきている。これらの理由から、UIソフトウェアの開発工数は増大を続けており、開発の効率化が急務となっている。

当社ではこの問題を解決するため、組み込み機器のUIソフトウェア開発を効率化するUI設計ツールNINA<sup>(1)(2)</sup>の開発を進めてきた。

本稿では、UI設計ツールNINAの概要と、車載デジタルTVへの適用について述べる。また、NINAによるUI開発の有効性について、開発工数の測定結果に基づき評価する。

## 2. UI設計ツールNINA

NINAは組み込み機器向けのUI設計ツールである。組み込み機器はパソコンと異なり、画面が小さくポインティングデバイスを備えないことが多い。このため、組み込み機器用のUIは、限られた操作手順に従って画面を切り換えながら操作するのが一般的である。NINAでは、このような画面の切り換えを伴うUIのモデリングに適したSCOという概念に基づいてUI設計を行う。

### 2.1 S C O

SCOは、複数のステート(状態)とそれらの間の遷移を設計可能なUI部品である。各ステートは一つの画面レイアウトを持ち、ある時点でのSCOのステートに対応する画面レイアウトが、その時点でのSCOの外観として表示される。

各画面レイアウトには、ボタンやラベルといった基本UI部品のほかに、他のSCOをUI部品として配置できる。このようなSCOの階層化によって、画面中のカスタムUI部品から機器アプリケーションのUIに至るまで、すべて同一の枠組みで設計し、組み合わせて動作させることができる。

図1に、SCOの階層化の例を示す。SCO1は、音楽の再

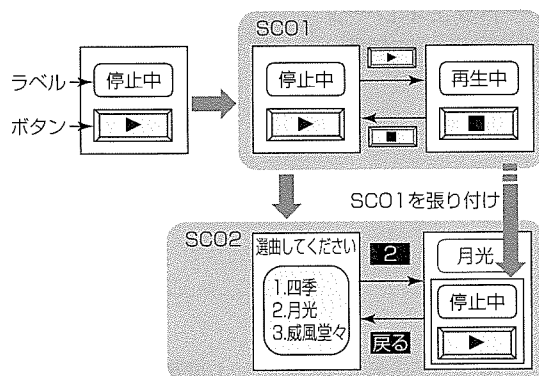


図1. SCOの階層化の例

生と停止を操作する簡単なUIを実現している。停止中と再生中の2つのステートを持ち、ボタン押下イベントが発生すると、もう一方のステートに遷移する。各ステートの画面レイアウトには、停止中と再生中に対応したUI画面が、それぞれ作成されている。

SCO2は、再生する曲名を選択してから再生画面を表示するUIを実現している。SCO1と同様に、選曲画面と再生画面が、それぞれステートとして定義されている。ここで再生画面には、カスタムUI部品としてSCO1が画面レイアウト内に配置されている。また、SCO1の設計を修正すると、それを利用しているSCO2の再生画面にもその修正が自動的に反映される。このように階層的にUI設計を行うことで、設計の可読性、再利用性及び保守性が向上する。

### 2.2 構成要素

前述のとおり、NINAは複数の機能モジュール、及び実機用ソフトウェアから構成される。主要な構成要素の概要を以下に述べる。

#### 2.2.1 チャートエディタ

UI画面間の遷移を状態遷移図として設計する。また、機器操作時のキーイベントに対する処理や、機器内で発生したイベントに対する処理を、イベントハンドラとして記述する。イベントハンドラは、Java<sup>(注1)</sup>ベースの簡易スクリプト言語で記述する。イベントハンドラからは、ロジックと呼ばれるユーザー定義関数を通して、システム側の関数を呼び出すことができる。

#### 2.2.2 レイアウトエディタ

SCOの各状態における画面レイアウトを、作図ソフトライクな操作で作成する。画面レイアウトは、ラベル、ボタン、画像、コンテナ系パネルなどの基本UI部品と、SCOを組み合わせて作成する。

#### 2.2.3 シミュレータ

チャートエディタ及びレイアウトエディタで設計したUIの動作をシミュレートし、開発パソコン上で即座に確認可能とする。キーイベントやシステム側のイベントを模倣的に発生させられるため、様々な条件下でのUIの動作を確認できる。

#### 2.2.4 コードジェネレータ

UI設計データから実機用のC++言語のソースコードを生成する。生成されたコードには、画面レイアウト情報、SCOの状態遷移処理、イベントハンドラの処理などが含まれる。生成されたコードはプラットフォーム依存の処理を含まないため、プログラマによる修正は一切必要ない。次に述べるSCOOTランタイムと組み合わせることで、実機上で動作するUIソフトウェアになる。

#### 2.2.5 SCOOTランタイム

コードジェネレータによって生成されたソースコードを

(注1) Javaは、Sun Microsystems, Inc.の登録商標である。

実機上で動作させるための、C++言語で記述されたソフトウェアモジュールである。生成コードの実行に伴う画面描画やイベントの管理を行う。

SCOOTランタイムでは、OSやグラフィックスライブラリに依存する部分が、プラットフォーム依存部として局所化されており、移植が容易となっている。プラットフォーム非依存部分は複数の製品、プラットフォーム間で共有されている。

### 2.3 開発手順

NINAを使用したUIソフトウェアの開発手順を以下に示す。

- (1) 機器のUI仕様書やコンセプトをもとに、レイアウトエディタとチャートエディタを用いてUIを設計し、UI設計データとして保存する。
- (2) UI設計データをシミュレータで実行し、UIの動作を確認する。
- (3) 動作確認の結果、不具合や仕様の変更などがあれば、(1)に戻って修正する。以降(1)から(3)の手順を繰り返すことで、実機を使用することなくパソコン上でUIを作り込むことができる。
- (4) UI設計が十分な品質に達すると、コードジェネレータを用いて実機用ソースコードを生成する。生成されたソースコードを、SCOOTランタイムとともにコンパイル及びリンクすることで、実機用のUIソフトウェアが完成する。

## 3. 車載デジタルTVへの適用

当社市販向け車載デジタルTV“TU-200D”のUI開発にNINAを適用した。以下、車載デジタルTVの概要、UI開発へのNINAの適用、及びNINA適用の評価について述べる。

### 3.1 車載デジタルTVの概要

車載デジタルTVは、自動車用の地上デジタルTV放送の受信機である。2005年に最初の市販向け製品が発売され、2006年に各社の製品が出そろった。当社も2005年12月に、車載デジタルTVの初号機として“TU-100D”を発売し、自動車雑誌のロードテストにおいて、受信性能とUIの使いやすさで高い評価を得た。また、2007年6月には、ワンセグに対応した後継機種TU-200Dを発売している。

### 3.2 UI開発へのNINA適用

従来製品のUI開発は、プログラマがUIツールキットを用いてハンドコーディングする方式であった。従来方式によるUI開発の流れを図2に示す。また開発手順を以下に述べる。

- (1) プログラマは、UI仕様書で定義された画面遷移や画面レイアウト、操作手順などを基に、UIアプリケーションのソフトウェア設計を行う。

- (2) 設計に従い、UI部品の生成・配置処理、イベント処理、データ整形処理などをコーディングする。また、UI部品の表示座標値や画面に表示する文字列などのデータを作成する。
- (3) 作成したプログラムをコンパイル、リンクし、実機にダウンロードして実行する。
- (4) 実機上で動作確認を行う。不具合や仕様の変更などがあれば、(2)または(1)に戻って実装や設計を修正する。以降、この手順を繰り返すことでUIを作りこむ。このような従来方式には以下のような問題があった。

- (1) 同一プログラム中に、UI部品の生成・配置処理、イベントに対する処理、画面表示データの整形処理などが混在するため、プログラムの可読性が低い。またUI仕様の変更に伴う修正作業の効率が悪い。
- (2) UIの動作確認を実機上で行う必要がある。正しく動作する実機環境がないと動作確認ができない。また、プログラムを修正するたびにコンパイル、リンクして実機にダウンロードしなければならず、動作確認に時間がかかる。
- (3) UIに多い定型処理を手作業で記述するため、作業効率が悪く、不具合が混入する恐れがある。

NINAの適用によって、これらの問題は以下のように改善される。

- (1) 画面レイアウトの作成、イベントハンドラの記述、画面表示データの整形処理の記述などがツールによって分離されるため、UI設計の可読性が高まる。また、UI仕様の変更に伴う修正が所と影響範囲が明確になり、改修作業を効率化できる。
- (2) シミュレータによって、実機なしでUIの動作確認を行える。また、UI設計と動作確認のサイクルに余計なオーバーヘッドが入らないため、短時間でUIの品質を高められる。

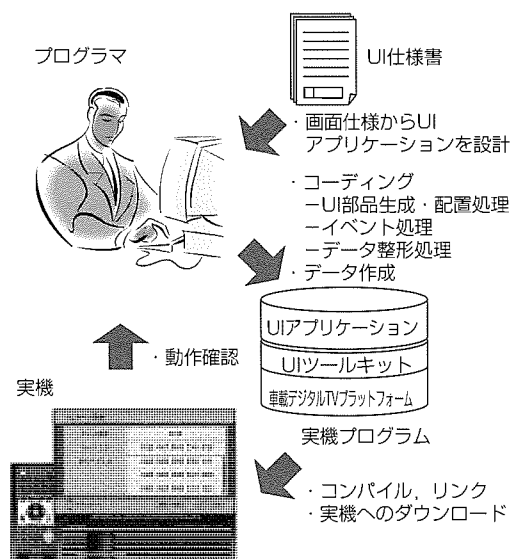







図2. 従来方式によるUI開発の流れ

表1. 作業の概要

番号	作業名	画面イメージ	作業の概要
1	メニューの階層構造変更		<p>タブによってカテゴリを選択後、選択したタブ(カテゴリ)内にあるサブメニュー項目を選択するような、階層化されたメニューの階層構造を変更する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・古い仕様に基づくメニューの開発は完了している。仕様変更によって、メニューの階層構造を変更する。</li> <li>・カテゴリ数(4個)は変わらない。各カテゴリ名称は変更される。</li> <li>・各カテゴリに含まれるサブメニュー項目数は変更される。</li> <li>・サブメニュー項目の総数の増減はない(カテゴリ間移動のみ)。</li> </ul>
2	設定画面の新規作成		<p>2～4個の選択肢から一つを選択させる機能を持った設定画面を新規に作成する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・同様の設定画面が開発済みであり、チェックボックス付きボタンなどのカスタムUI部品の開発は完了している。</li> </ul>
3	カスタムUI部品の外観変更	<p>変更前</p>  <p>変更後</p> 	<p>番組放送時間を表示する部品の、時間表示方法とデザインを変更する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・時刻表示を、AM/PM表示から24時間表示に変更する。</li> <li>・日付表示を追加する。</li> <li>・レイアウト(表示位置、背景)を変更する。</li> </ul>
4	番組表の外観と操作仕様の変更		<p>番組表の外観を新しいデザインに変更する。また機能拡張に伴い操作系も見直す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日付の表示、選択機能を追加する。</li> <li>・全チャンネルの放送中番組を一覧表示する機能を追加する。</li> </ul>

(3) SCOOTランタイムによって定型処理が自動化されるため、手作業で記述していた工数を削減できる。また、不具合の混入を防げる。

### 3.3 NINA適用の評価

表1に示した作業を従来方式とNINAのそれぞれで行い、工数を測定した。

表2に、従来方式とNINAでの開発工数の比較を示す。従来方式とNINAのいずれも開発者は1名で、それぞれの開発方式に習熟している。工数は時間(hour)である。工数比は、従来方式を100%としたときのNINAの工数である。

表2から、いずれの作業内容においても、NINAによる開発効率の改善が確認できた。従来方式では、画面レイアウト変更時のUI部品座標の再設定や、画面遷移変更時の遷移処理の修正、及び実機での動作確認に時間を要した。これに対しNINAでは、レイアウトエディタ、チャートエディタ及びシミュレータによって、修正結果を視覚的に確認しながら作業を進められた。これが、工数の差に表れたと考える。

## 4. むすび

組み込み機器のUIソフトウェア開発を効率化するUI設

表2. 従来方式とNINAの開発工数比較

番号	作業名	従来方式	NINA	工数比
1	メニューの階層構造変更	16h	4h	25%
2	設定画面の新規作成	16h	8h	50%
3	カスタムUI部品の外観変更	6h	1h	17%
4	番組表の外観と操作仕様の変更	120h	48h	40%

計ツールNINAの車載デジタルTVへの適用について述べた。また、実際に従来方式とNINAのUI開発工数を測定し、仕様変更に伴うUIソフトウェアの開発工数を、NINAによって17～50%程度に削減できることを確認した。今後、この機種をベースとした製品展開への適用を進める予定である。

## 参考文献

- (1) 小中裕喜, ほか: 階層的部品定義に基づく組込用UI設計ツール, 組み込みソフトウェア工学シンポジウム2002, 情報処理学会研究報告, 2002-SE-139, 7～8 (2002)
- (2) 小中裕喜, ほか: 組込み用UI設計ツールをベースとしたUI設計開発, 三菱電機技報, 77, No.7, 471～474 (2003)

# 車載デジタルTVにおける受信技術

竹内 満\* 井戸 純\*\*  
 長浜浩之\*  
 有田栄治\*\*

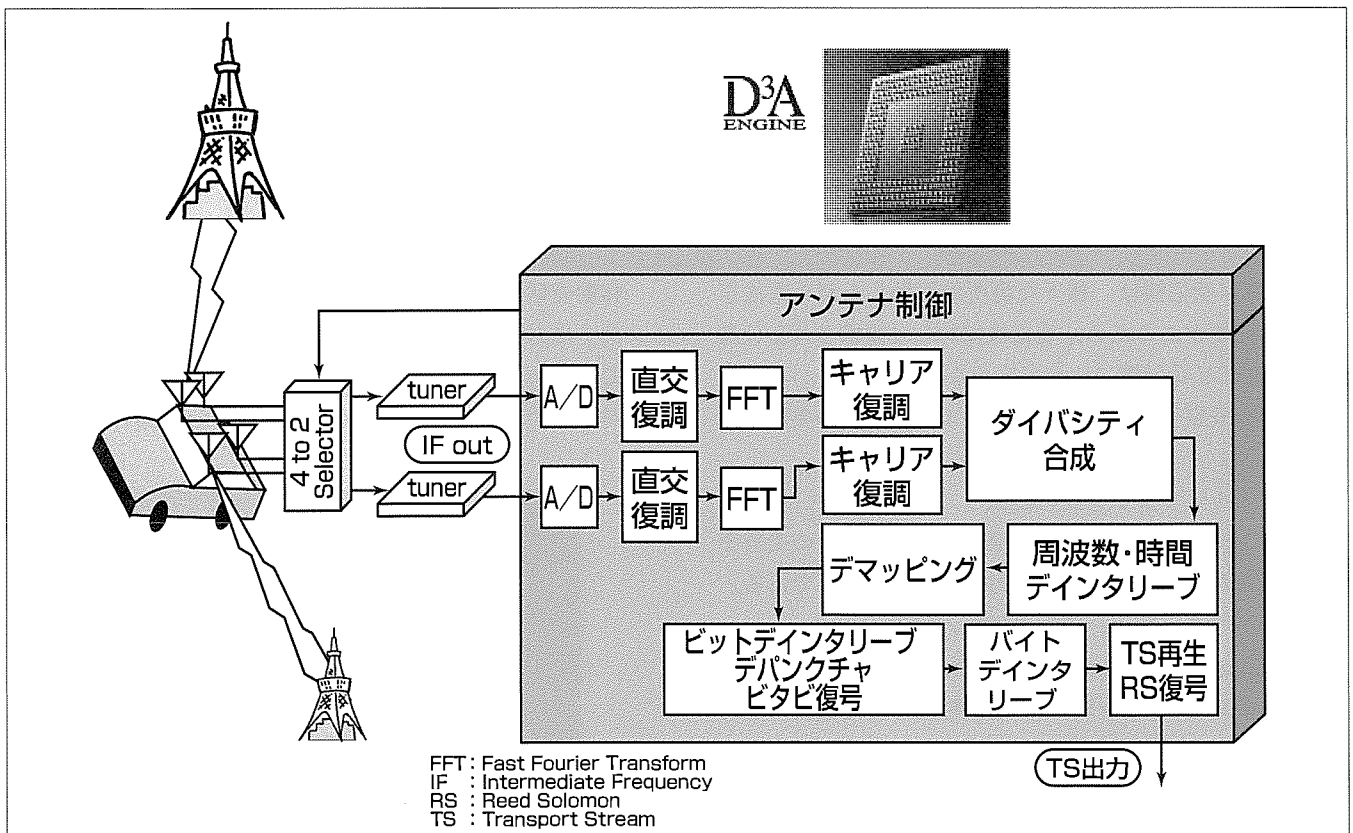
Reception Technology for In-Car Digital-TV Receiver

Mitsuru Takeuchi, Hiroyuki Nagahama, Eiji Arita, Jun Ido

## 要 旨

近年、2011年のアナログ放送停波に向けて地上デジタルTV市場が急速に拡大しつつあり、車載デジタルTV受信機(車載DTV受信機)に対する需要が高まっている。また、車載用映像情報機器は、RSE(Rear Seat Entertainment)の普及によって車載モニタの大画面化が進んでおり、それに伴い、車載DTV受信機で高品質なハイビジョン放送を視聴したいという要望が高まっている。この市場ニーズに対応するため、車の移動に伴う電波環境の変化に起因する受信性能劣化を低減し、ハイビジョン放送をより広範な地域で安定して受信するための移動受信技術を確認する必要がある。

三菱電機では、電波環境の変化に応じて受信機を最適制御する機能及び2ブランチダイバシティ合成機能を内蔵した1チップOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)復調LSI“D<sup>3</sup>A(Diamond Digital broadcast Decoder for Automobile)”を開発し、2005年に同LSIを搭載した車載DTV受信機“TU-100D”の量産を開始した。今回、受信性能をさらに向上するため新たにアンテナ制御システムを開発し、その効果を実車走行試験で確認した。その結果、従来の2ブランチダイバシティ受信機よりも、安定してハイビジョン放送が受信できることを確認した。



## 車載DTV受信機におけるOFDM復調器の機能ブロック図

アンテナで受信した信号から2系統を4 to 2 Selectorによって選択し、ダイバシティ受信する。SelectorはD<sup>3</sup>Aによって制御され、最適なアンテナをリアルタイムに選択する。D<sup>3</sup>Aでは、受信信号の状態に応じて適応的に復調処理を実施し、TS信号を出力する。

## 1. ま え が き

地上デジタルTV放送は、2003年末の3大都市圏での放送開始以降放送エリアが拡大しており、2006年12月には全国都道府県庁所在地で放送が開始された。これに伴い、車載DTV受信機の需要も急速に伸びている。当社においても、独自に開発した1チップダイバシティ対応OFDM復調LSI“D<sup>3</sup>A”を搭載した車載DTV受信機“TU-100D”を開発し、2005年12月から量産している。

地上デジタルTV放送は、放送方式の特長として移動環境での番組視聴が可能のため、車でも従来のアナログ放送に比べて鮮明な映像・音声を視聴できる。さらに、現在、携帯及び車載向けのワンセグ放送が開始されており、これに対応した携帯電話や車載DTV受信機がすでに製品化されている。

車載の映像情報機器は、RSEの普及によってモニタの大画面化が進んでおり、それに伴い車載DTV受信機ではワンセグ放送だけでなくハイビジョン放送も安定して視聴したいという要望が高まっている。しかし、移動受信環境ではマルチパスフェージングによって受信性能が劣化し易いため、劣悪な電波環境下ではハイビジョン放送を安定して受信することは困難であった。また、車載DTV受信機では、小型フィルムアンテナが広く用いられているため、アンテナも含めた受信機全体の受信感度の向上が課題となっている。

このような背景から、車載DTV受信機における移動受信性能を向上するため、アンテナ制御システムを開発し、D<sup>3</sup>Aを使用した試作受信機でその効果を確認した。

## 2. 車載DTV受信機に要求される仕様

車載DTV受信機は、様々な場所で移動しながら電波を受信する必要があるため、受信機に対して要求される仕様は家庭用DTV受信機に比べて高くなる。特に、ハイビジョン放送を安定受信するには、次のような仕様が必要される。

### (1) 高ダイナミックレンジの確保

送信アンテナ直下から郊外に至る広範な地域での受信を可能とするため、幅広い受信電力への対応が必要である。

### (2) マルチパス、フェージング耐性の強化

SFN(Single Frequency Network)放送などで発生する遅延時間の長いマルチパスや伝送路特性の時間変動への対応が必要である。

### (3) 多重ドップラーシフト耐性の強化

移動方向と電波の到来方向に依存して異なるドップラーシフトの影響を受けた電波を同時に受信するため、これによる性能劣化を低減する受信技術が必要である。

また、車載TV用アンテナは、放送波の受信周波数帯が

UHF(Ultra High Frequency)帯であることから小型フィルムアンテナの形成が容易であり、設置性やデザイン上の理由から広く採用されている。しかし、フィルムアンテナはポールアンテナに比べて指向性を持つため、電波環境によっては受信電力を十分に確保できないという問題がある。したがって、小型フィルムアンテナを使用した場合、上記に加えて次の仕様が要求される。

(4) アンテナ指向性を利用したシステム全体の利得向上

## 3. OFDM復調LSI“D<sup>3</sup>A”の特長

ハイビジョン放送を劣悪な受信環境においても安定して受信するために、当社では早くから高ダイナミックレンジ入力可能なチューナーの開発や独自のダイバシティ受信技術の開発を行ってきた。また、様々な伝送路で走行評価試験を数多く実施し、電波環境に応じて受信機を制御する独自の技術を培った。この開発した技術を反映し、1チップに2ブランチダイバシティ合成機能を内蔵したOFDM復調LSI“D<sup>3</sup>A”を開発した。図1にLSIの外観を示す。D<sup>3</sup>Aの主な特長は次のとおりである。

- 1チップで2ブランチダイバシティ合成に対応
- 電波環境に応じて受信機を最適制御
- ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial Television Broadcasting)、ISDB-T<sub>SB</sub>(ISDB for Terrestrial Sound Broadcasting)に対応

D<sup>3</sup>Aは、1チップに2ブランチダイバシティ機能を内蔵することで実装面積を削減し、受信機の小型化を図った。また、電波環境に応じて受信機を最適制御する受信技術を実現し、受信性能の向上を図った。

## 4. アンテナ制御による受信性能改善方式

移動受信性能を向上するため、車載受信機では複数のアンテナ出力を合成するダイバシティ受信技術が広く用いられている。一般に、合成するブランチ数を増加するほどダイバシティ利得は向上するが、チューナー回路の増加に伴

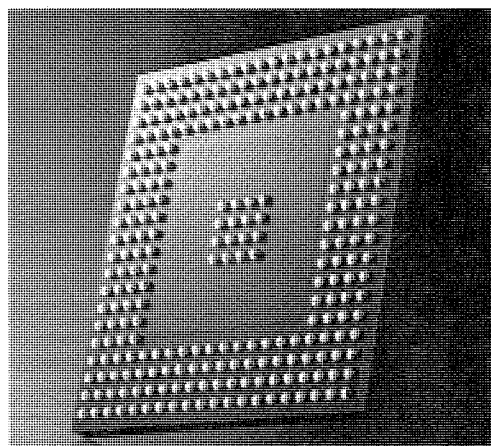


図1. OFDM復調LSI“D<sup>3</sup>A”

って受信機コストが増大するという問題がある。そのため、回路規模の増加を抑えつつダイバシティ利得を向上する受信技術が提案されている<sup>(1)(2)</sup>。これらの技術は、受信機のアンテナを制御するための情報として各アンテナ出力の受信電力やC/N(Carrier to Noise ratio)を利用している。しかし、図2に示すように受信性能の劣化要因は電波環境や受信状態によって異なるため、これらをもとに選択されたアンテナが必ずしも受信状態を最適化するとは限らない。以上から、各アンテナの受信電力やC/Nだけでなく、その他の伝送路情報も利用し、電波環境と受信機の状態に応じて最適なアンテナを選択するアンテナ制御システムを開発した。

図3に、開発したアンテナ制御システムのブロック図を示す。OFDM復調LSI“D<sup>3</sup>A”は、アンテナ制御に使用する各種情報を検出し、それらをもとにアンテナを選択するための制御信号を生成する。制御信号は復調信号が最適化されるよう更新される。

4つのフィルムアンテナを車のフロントガラス及びリアガラスの左右に設置すると、各アンテナの指向性パターンは図4のようにそれぞれ異なった特性になる。アンテナ制御の結果アンテナA, Bが選択された場合は、受信機全体のアンテナ指向性パターンは図4(a)のように車の前方に対して利得を持ち、単一指向性パターンに近づく。また、アンテナA, Cが選択された場合は、図4(b)のように8の字型のパターンが得られる。したがって、互いに異なる指向

性パターンを持った4つのアンテナから最適な2つを選択することで、受信機全体のアンテナ指向性パターンを制御することができ、従来のダイバシティ受信機では受信が困難であった伝送路でも安定した動画を再生することが可能となる。

### 5. 走行試験結果

開発したアンテナ制御システムを受信機に組み込み、様々な条件下での走行試験を実施し、この制御システムの評価を行った。試験結果の一例を図5に示す。アンテナ制御を実行することで、エラー発生区間が減少し、受信性能が向上している。受信機の再生画像及び音声の主観評価においても、画像の乱れ、音切れが減少し、2ブランチダイバシティより安定して受信できることを確認した。また、代表的な電波環境及び受信状態における受信性能比較を表1に示す。

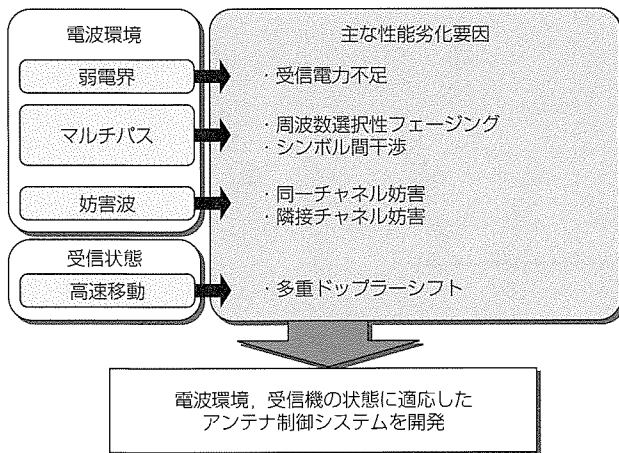


図2. 受信性能の劣化要因とアンテナ制御

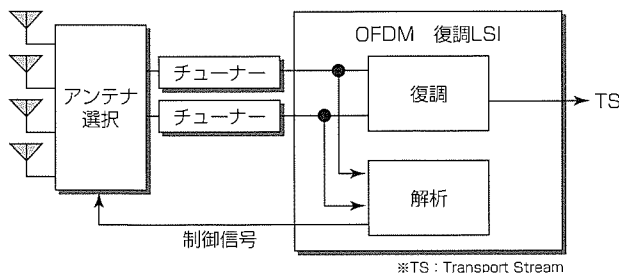
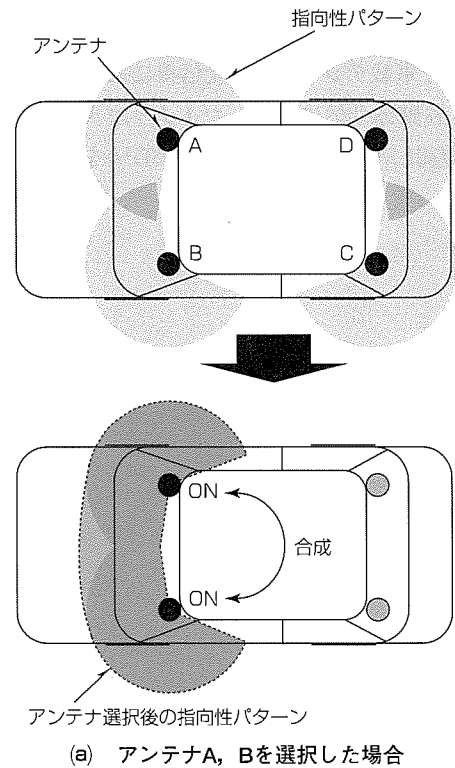
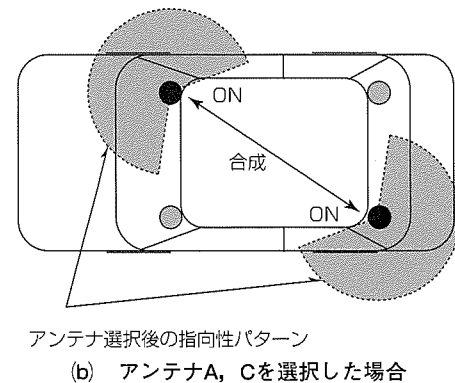


図3. アンテナ制御システム



(a) アンテナA, Bを選択した場合



(b) アンテナA, Cを選択した場合

図4. アンテナ制御後の指向性パターン

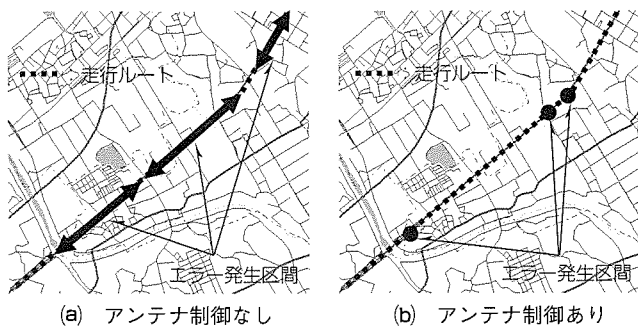


図5. 走行試験結果

表1から、アンテナ制御によって場所受信率が向上し、受信性能が向上していることが分かる。特に、弱電界環境、マルチパス環境では、アンテナの指向性が受信性能へ与える影響が大きいため、場所受信率は大きく向上した。なお、ここに挙げた代表的な受信状況のみならず、その他の状況においても受信率の向上を確認し、アンテナ制御の有用性を確認している。

### 6. む す び

本稿では、車載デジタルTV受信機における受信技術開発として、移動体受信に対応した1チップダイバシティ対応OFDM復調LSI“D<sup>3</sup>A”の開発、及びD<sup>3</sup>Aを用いたアンテナ

表1. 受信性能の比較

電波環境及び 受信状態	場所受信率(%)	
	アンテナ制御なし	アンテナ制御あり
弱電界環境	25	96
マルチパス	24	94
高速移動	48	99

制御システムの開発について述べた。このアンテナ制御システムは、受信環境に応じて最適な受信アンテナを選択するため、回路規模の増加を抑えつつ、アンテナを含めた受信機全体の利得を向上させることができる。そのため、安価に受信性能の向上を図ることができる。また、開発したアンテナ制御システムの効果を実車走行試験によって確認し、従来の2ブランチダイバシティ以上に安定したデジタルTV放送を受信できることを明らかにした。

### 参 考 文 献

- (1) 高山一男, ほか: 地上デジタルテレビ放送受信機の開発, 富士通テン技報, 24, No.1, 43~51 (2006-6)
- (2) 青木匡志, ほか: 地上波デジタルテレビ放送携帯受信機のためのアンテナ特性を制御するダイバーシティ技術, 電子情報通信学会技術研究報告, 105, No.264, 45~48 (2005-9)



# 第二世代 6 枚 CD/DVD チェンジャメカニズム

佐々木栄二\*  
森本隆雄\*  
伊東成浩\*

CD/DVD Changer Mechanism Available Six Discs

Eiji Sasaki, Takao Morimoto, Shigehiro Itou

## 要 旨

車載用オーディオのカーマルチメディア化やカーナビゲーションの普及に伴い、チェンジャタイプのカーオーディオの需要がますます増えてきている。今後さらに需要増加が見込まれるチェンジャに対し市場競争力を向上するためには、低コストで高信頼性のメカニズムを開発する必要がある。

本稿では、第二世代チェンジャメカニズム(チェンジャ内の機構部：以下“チェンジャメカ”という。)を開発するにあたり、高信頼性を実現するための改善事項及びCD/DVDでの共用化設計について述べる。

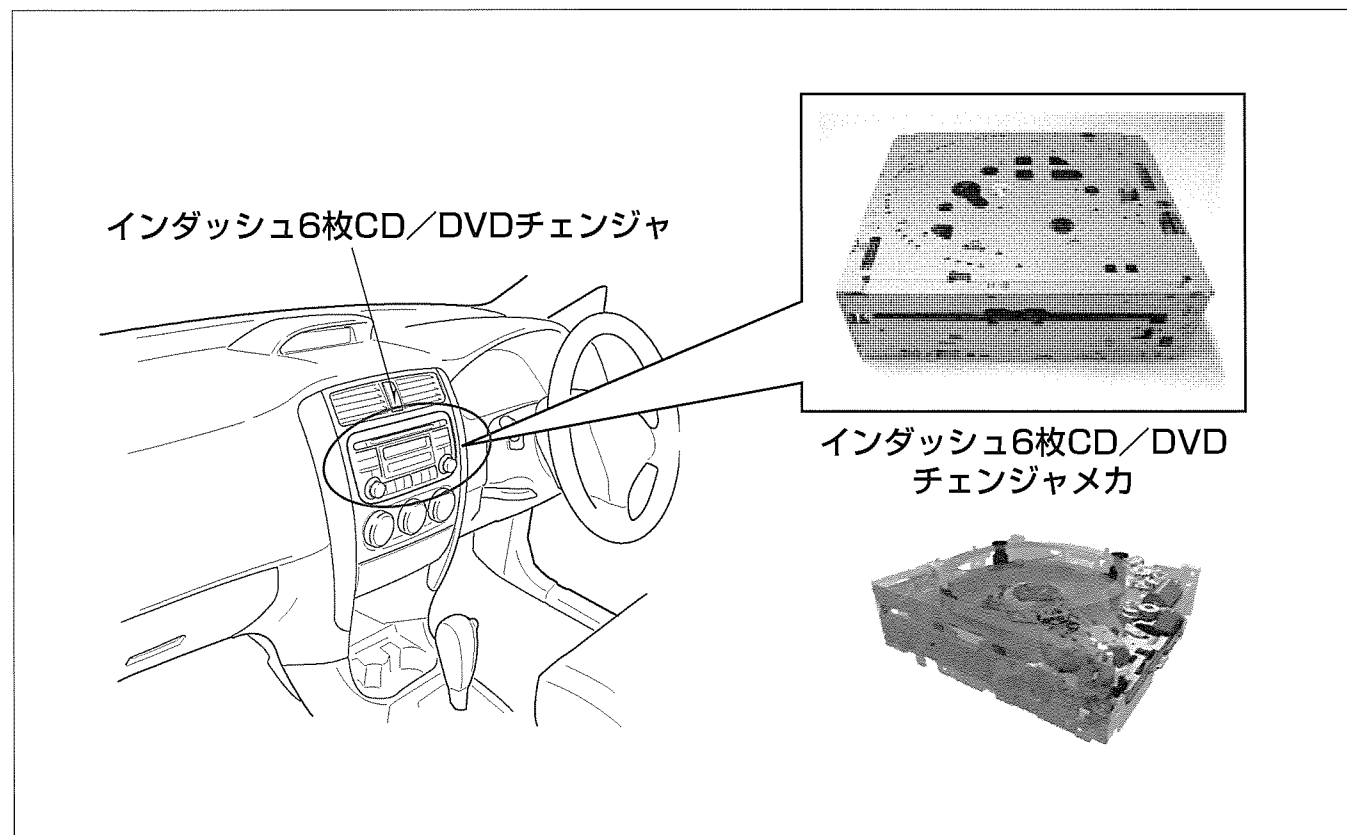
まず、第一世代チェンジャメカでの信頼性上の問題点を抽出・レビューし、同時にQFD(Quality Function Deployment：品質機能展開)のアンケートによる必要機能

分析を行った。その後、公差解析ツールを用いて、開発初期段階での設計妥当性確認を実施した。

結果的に、主に次の2項目について基本コンセプトの変更を実施し、部品点数の大幅な削減並びに信頼性の向上を目指した。

- ディスク収納方式の変更
- ディスクチャッキング方式の変更

また、同時に開発を行ったDVDチェンジャメカについて、基本駆動部は同一構成とし、再生部の光学ピックアップ及びその調整機構に関連する箇所のみを専用部品とすることで、CDチェンジャメカとの共用化率93%を達成することができ、製品・開発コストにおける大幅な改善を図った。



## 第二世代 6 枚 CD/DVD チェンジャメカ

車室内センターコンソールに取り付けられるカーオーディオに組み込まれたチェンジャメカの外觀及びメカ内部を示す。このチェンジャメカは、1箇所のディスク挿入口を通して、6枚のディスクの収納及びその任意ディスクの再生が可能である。

\*三田製作所

## 1. ま え が き

カーナビゲーションの普及に伴い、その内部に組み込まれるメカニズムに対し、より高い信頼性が求められる時代となってきている。三菱電機においては、4枚CDチェンジャの開発後、第一世代6枚CDチェンジャを開発したが、その後、より厳しい環境下・使用条件にも耐え得るチェンジャが求められるようになった。そこで、第二世代チェンジャメカでは、部品点数の削減、及び信頼性の向上を目指し開発を進めた。

またDVDについて、国内のみならず、ヨーロッパ・アメリカ・中国においても需要が増加しており、今後もさらに増加することが期待される。急速に拡大するDVD市場において、開発スピードアップ・製品コストダウンが重要なポイントとなる。今回のDVDチェンジャメカの開発に際し、上記CDチェンジャメカとの共用化設計によって、スピードアップ・コストダウンを進めた。

## 2. CD/DVDチェンジャメカの高信頼化

アンケート調査等によって、ユーザーがチェンジャメカに求める機能として、次の項目が挙げられることが分かった。

- ① コンパクトメカニズム
- ② 高性能(静音メカニズム, 動作時間, 再生能力など)
- ③ 高信頼性(耐久性, 耐環境性, 耐振動性など)

当社第一世代チェンジャメカ(図1)で考えた場合、これらユーザーが求める機能のうち、①については世界最小サイズであり、②については客先仕様を十分満足する性能を持っている。このため、第二世代チェンジャメカ(図2)

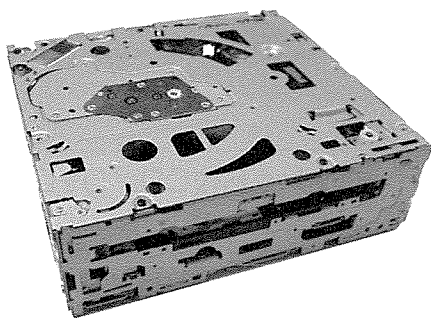


図1. 第一世代CDチェンジャメカの外觀

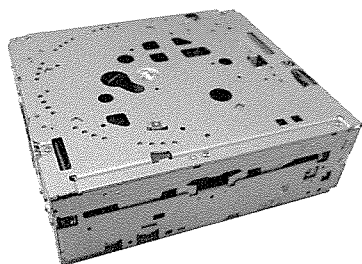


図2. 第二世代CDチェンジャメカの外觀

では③の高信頼性を開発主要ポイントとした。

さらに、高信頼性に対して重要項目を決定するために、QFD手法、及び第一世代チェンジャメカニズムの過去の不具合に対するレビューを実施した。QFD手法によって、ユーザーへのアンケート調査結果から、製品に必要とされる品質/機能を抽出した。結果的に、QFD手法及びレビュー結果から、次の5項目を重要項目として位置付けた。

- ① 部品点数の削減
- ② 可動部品間の動作隙間(すきま)余裕度確保
- ③ 各種ディスクに対するタフネス改善
- ④ フェールセーフ設計
- ⑤ ディスク傷付き防止構造

## 3. 部品点数の削減

### 3.1 ディスク収納方式

第一世代チェンジャメカでは、ディスクのセンターホール部を保持する心棒方式を採用していた(図3)。この方式では、ディスクをメカニズム内で移動する時に、ディスクの前後両端を別部品で把持し、かつその把持部品の駆動制御を行う必要があった。そのため、第一世代チェンジャメカは部品点数が多く、複雑な構成となっていた。第二世代チェンジャメカでは、この心棒方式を取り止め、ディスク表面を保持するストッカー方式を採用した(図4)。ストッカー方式によって、ディスクを収納する機構を簡略化し、大幅な部品点数削減を行った。

### 3.2 再生ディスクの保持方式

第一世代チェンジャメカでは、ターンテーブル上に載置された再生ディスクを上方から押さえ込むクランパ方式を採用していた(図5)。クランパ方式の場合、クランパを保

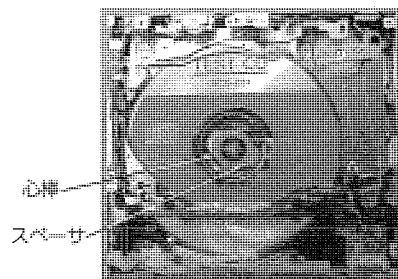


図3. 第一世代CDチェンジャメカの内部

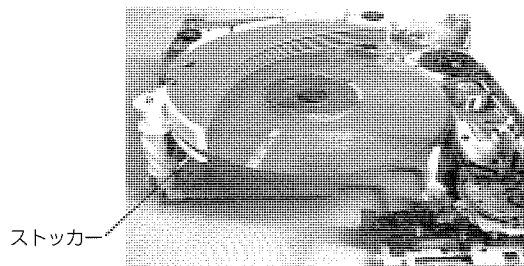


図4. 第二世代CDチェンジャメカの内部

持するアームやクランパ制御機構が必要なため、複雑な構成となる。そこで、第二世代チェンジャメカでは、クランパ方式を見直し、ディスクのセンターホール部を保持するチャッキング方式を採用した(図6)。この方式によって、ターンテーブル上に設けたディスクチャッキング用の爪のみの構成とし、部品点数の削減を行った。

上記以外にも、センサ配置・構成の見直し、切削ピンの板金成形化、締結箇所の見直しによって、合計約200点の部品点数削減を達成した。

#### 4. 可動部品間の動作隙間余裕度確保

前章で述べたように、第二世代チェンジャメカでは、チャッキング方式を採用したことで部品点数の削減を行えたが、同時に再生部の厚みを約5mm減少できた。第一世代チェンジャメカでは、可動部品間もしくは可動部品とディスクの間の隙間が少なく、動作上裕度が少ない設定となっていた。そこで、この5mmの減少分を可動部品との隙間確保に割り振り、部品寸法のばらつきを吸収できる設計とした。

部品寸法のばらつきを評価する際、多部品にまたがるばらつきを従来の手計算による方法で実施するのは限界があり、実際的ではない。そこで、今回の開発では、公差解析ツールを用いて、多部品にまたがるばらつきを求めた。この公差解析ツールを用いることで、各因子のばらつきへの影響度合いを寄与率として定量的に把握することができるため、設計へのフィードバックを簡易に行えた(図7)。

上記公差解析ツールを用い、動作余裕度が少ない箇所に対し繰り返し計算を行い、チェンジャメカ全体としての最適な動作隙間余裕度を確保できた。

#### 5. 各種ディスクに対するタフネス改善

一般市場で、流通するディスクを調査すると、実に様々な形状のものが存在することが分かる。その中でも、ラベルが張り付けられたもの、ディスクの外周が反ったもの、変形したもの、一部が欠けたような形状のものなどは、よ

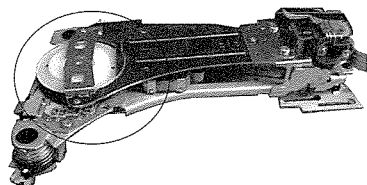


図5. クランパ方式の再生部

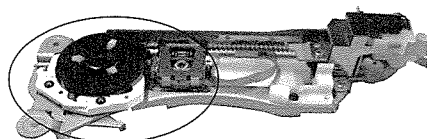


図6. チャッキング方式の再生部

く見受られる。また市場不具合品として返却されるチェンジャメカを調査すると、チェンジャメカ内部に各種カード類・異物が入っている場合が見られる。ディスク・カード等がチェンジャメカ内部へ進入することを防ぐために、ディスク検知パターンの見直しを行い、ディスク挿入時に異型ディスク・異物として検知する方策をとった。具体的には、ディスク挿入口に設けられたディスクセンサの数を3個から4個に増やすことで、各種異型ディスク・カード類・異物の識別可能なセンサ配置とした(図8)。

#### 6. フェールセーフ設計

前章で述べたように、一般市場を流通するディスクには多様なものが存在する。特に、CD-R用ラベルが汎用化したことによって、ラベル付きディスクの熱膨張差に起因するディスクの変形が、最近の市場不良の一要因となっている。第二世代チェンジャメカでは、ディスクが大きく変形した場合にでも、エラーストップすることなく、チェンジャメカ外へ排出可能なフェールセーフ設計を行った。

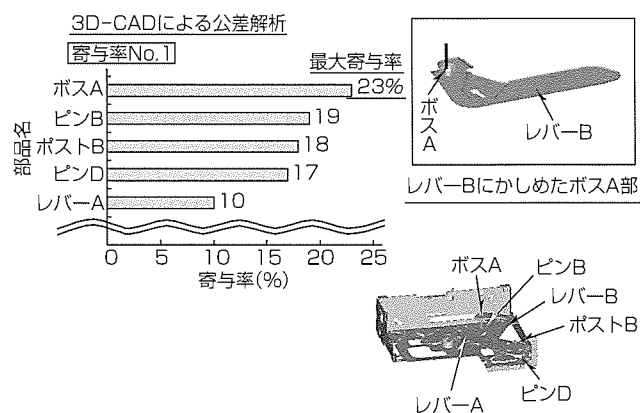


図7. 公差解析ツールの使用例

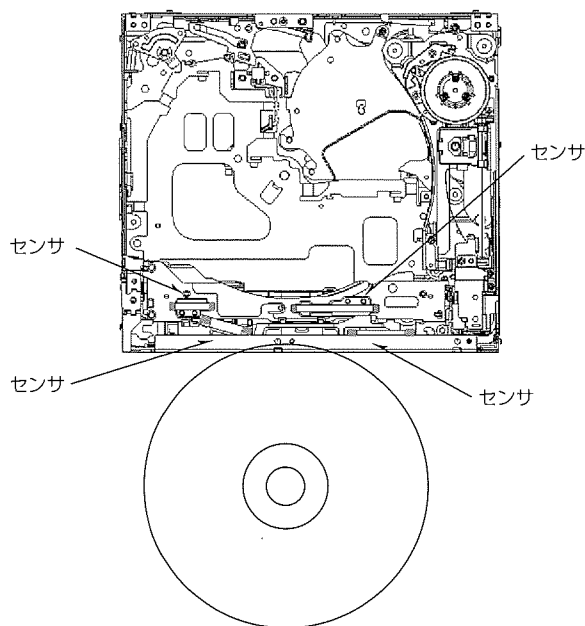


図8. ディスク検知のセンサ配置

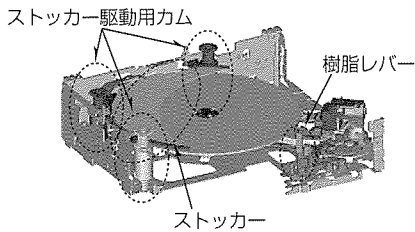


図9. ディスク囲い込み構造



図10. ディスク傷付き防止構造

基本的な概念として、ディスクの反り等によって、ディスクを正常に保持できない場合に、そのディスク周辺を図9に示すストッカー、ストッカー駆動用カム、樹脂レバーによって包囲することで、ディスクが大きく位置ズレを起こすことがない。このため、その後の排出動作が可能となる。

この設計によって、想定外のチェンジャメカ傾き状態や振動下での動作に対しても、ディスクを排出できない状態を回避できる構成となっている。前章で述べたディスク検知のセンサ配置と組み合わせて採用することによって、市場で発生する規格外の変形ディスクに対する不具合は、ほぼ解消できる構造となった。

### 7. ディスク傷付き防止構造

第二世代チェンジャメカでは、ストッカー方式を採用したため、ディスクの表面を直接ストッカーで保持する構造となった。このため、ディスクが大きく振動した場合の、ストッカーによるディスク表面の傷付きを考慮する必要が出てきた。

傷付きに対する改善を行うため、ストッカー形状を図10に示すような凹型のお椀(わん)形状とした。このお椀形状によって、ディスクの外周端コーナー部のみがストッ

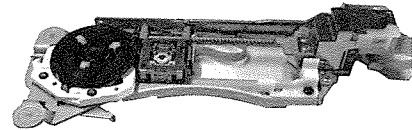


図11. DVDチェンジャメカ再生部

表1. DVDチェンジャメカの共用部品数

	再生部	再生部以外	合計
板金部品	7	0	7
樹脂部品	3	0	3
ピン	4	0	4
ねじ類	3	0	3
ばね	1	0	1
電気部品	4	1	5
合計	22	1	23

カーで保持されるため、ストッカーに保持されたディスクが、振動によって大きく暴れた場合にも、ディスク記録部が直接ストッカーに触れることなく、傷付きを防止することができる。

### 8. DVDチェンジャメカ共用化設計

第二世代CDチェンジャメカ開発にあわせ、DVDチェンジャメカの開発を進めた(図11)。第二世代CDチェンジャメカとの共用化を図るために、基本動作部を完全共用とし、光学ピックアップに関連する機構部のみ専用部品とした(表1)。結果として、CDチェンジャメカに対するDVDチェンジャメカの部品共用化率93%を達成した。この共用化によって、金型・部品コストの低減、設計開発時の期間短縮、評価期間の短縮を図ることができた。

### 9. むすび

今後さらに、市場に直結した品質問題に対し、自動車メーカーからの改善要求が強くなると想定される。市場ニーズの変化を敏感にとらえ、QFD手法の活用による改善ポイントの導出と対策、ユーザーニーズの絞り込みを実施する。また、公差解析ツールの使用によって、より効率的な開発手法の構築を進めていきたい。



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

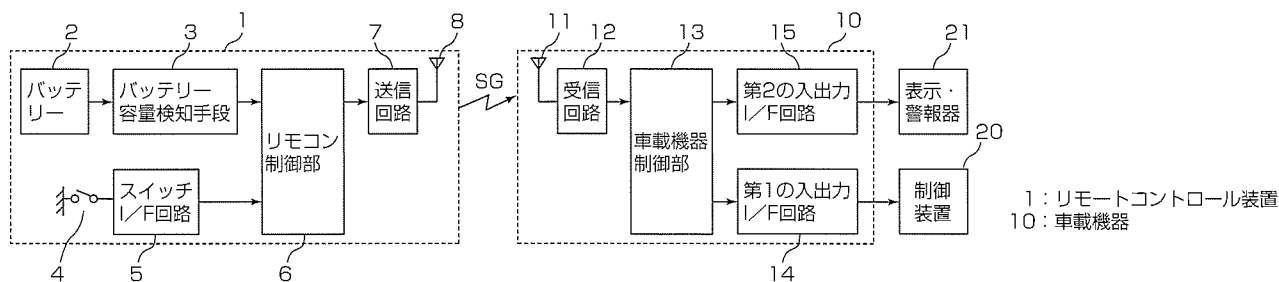
## 車両用リモートコントロールシステム 特許第3508482号(特開平11-30064)

発明者 片山和頼

現在車両では携帯キーと車載装置との暗号通信によってドアの施・解錠，エンジン始動許可等を行い，セキュリティと利便性の向上を図っている。しかし，携帯キーが車載装置と通信する際には携帯キーに搭載されたバッテリー(乾電池)を電源として送信信号を発生しているため，バッテリーの残量が不明であり，ドライバーが知らないうちにバッテリーがなくなり作動しなくなることがあった。この発明は携帯キーのバッテリー残量を直接検知し，バッテリー交換時期を車載装置を介して運転手に報知するものである。

この発明は，車載機器とリモートコントロール装置(車両キーに相当)と車両に設置された表示・警報器とから構成され，リモートコントロール装置は運転者の要求を入力

する入力手段(スイッチ)，車載機器からの信号を受信する受信回路，この受信信号に対応し送信信号に変換するリモートコントロール制御部，バッテリー，バッテリー残量容量を検知し制御部へ出力するバッテリー容量検知手段，送信回路を持っている。一方，車載機器はリモートコントロール装置からの信号を受け，この信号に対応して各種制御信号を発生する車載機器制御部を持ち，リモートコントロール装置からのバッテリー残量容量に応じた情報を表示・警報器に出力する。さらに，運転手が降車する場合，又はドアを車両外部から施錠する場合にはバッテリー容量情報を送信しないようにし，表示・警報も行わないようにしたものである。



## 幕状体巻取り装置 特許第3414864号(特開平8-121058)

発明者 松本 徹，真鍮定之

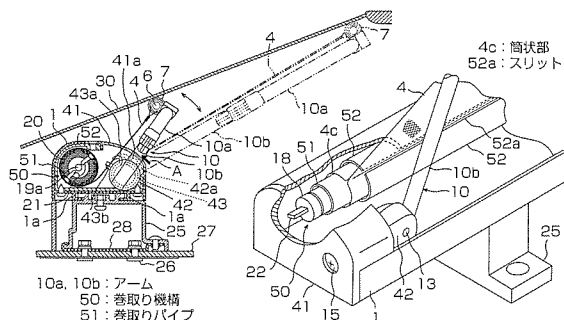
この発明は，主に自動車の後部窓に取り付けられる電動ロールブラインド等の幕状体巻取り装置に関するものである。

従来の幕状体巻取り装置は，左右独立した引出し機構の取り付け角度を一致させながらリヤガラスへのローラの接触位置を調節しなければならず，作業が面倒で時間がかかっていた。また，巻取り機構を構成する巻取りパイプ自体にスリットを設け，そのスリットにブラインドの基端部を差し込んで固定していたため，駆動モータの作動音がスリットから外に漏れ，耳障りになるという問題点があった。

この発明による幕状体巻取り装置は，付勢手段によってアームを付勢しているため，例えば自動車のリヤガラスに沿って幕状体を設ける場合，幕状体の先端部を，ある程度繰り出した状態で常にリヤガラス側に押し付けることができる。よって，アームがリヤガラスに沿った角度に自動的に調整されることになり，人手による引出し機構の取り付け

角度の調整が不要になる。

さらにまた，この発明による幕状体巻取り装置は，巻取りパイプを幕状体の基端部に形成した筒状部に挿入して，その上から押さえパイプを嵌合(かんごう)することによって幕状体の基端部を巻取りパイプに固定し，押さえパイプに設けたスリットから幕状体の先端側を引出しているため，巻取りパイプに駆動モータの音洩れの原因となるスリットを設ける必要がなくなる。





# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話 (03) 3218-9192(ダイヤルイン)

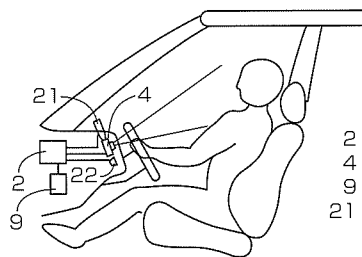
## 車両盗難防止装置 特許第3699434号(特開2004-122969)

発明者 安井克明

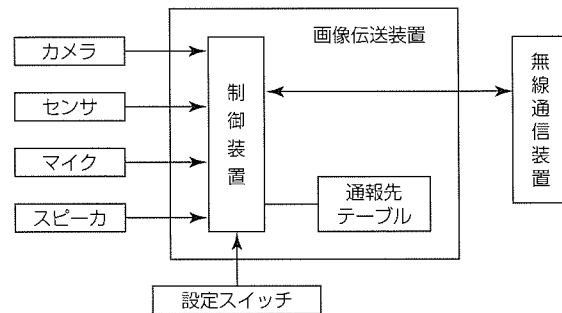
従来の車両盗難防止装置は、車両に侵入した場合、車載カメラによって撮像した画像及びマイクで集音した音声を無線通信で警備会社へ送信するものであった。そのため、警備会社と契約を行う必要があり契約料が高価になることがあった。この発明は必ずしも警備会社との契約を必要とせずに車両の盗難を防止するためになされたものである。

この発明は、車室内に搭載されたカメラによって車両に違法に侵入してきた人物を撮像し、車載の制御装置はこの撮像画像から人物の顔が写っているかを判断する。人物の顔が写っている場合は、スピーカ他を利用して警告を行うと同時に、撮像したその顔画像を制御装置に記憶されている通報先テーブルから無線通信装置を用いて電子メールを送信する。そのため証拠画像が撮られたことで盗難の抑制

力となる。一方、侵入者がカメラを隠す、顔を隠す等の行為を行った場合、撮像画像から顔画像でないと判断し、その旨警告する。それでも撮像させなかった場合、エンジン始動を許可しないことで、車両の盗難を防止する。また所有者が顔画像を記憶させておいた場合は、撮像した顔画像が所有者と同一か否かを判断し、同一でない場合に警告、通信を行うように作動する。また顔画像は送信されるので、侵入者がカメラ他を分解、破壊したとしても証拠隠滅を図ることが困難である。さらに、顔画像は制御装置に残るため、無線通信がすぐにできなかった場合、一定時間後に再送することもできる。このように顔を撮像することで車両の盗難防止効果を発揮することができる。



2: 制御装置  
4: カメラ  
9: 無線通信装置  
21: ディスプレイ



### 〈本号記載の商標について〉

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.81 No.10 特集「人と環境にやさしい交通システム」「発電プラントの最新技術と応用展開」

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 山口隆一</p> <p>委員 小林智里 増田正幸 滝田英徳 佐野康之 糸田敬 世木逸雄 江頭誠 河合清司 長谷勝弘 木槻純一 逸見和久 光永一正 河内浩明 橋高大造</p> <p>事務局 園田克己</p> <p>本号取りまとめ委員 赤須雅平</p>	<p>三菱電機技報 81巻9号 2007年9月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2007年9月25日 発行</p> <p>編集人 山口隆一</p> <p>発行人 園田克己</p> <p>発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&amp;サービス事業部 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847</p> <p>印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス</p> <p>発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03)3233局0641</p> <p>定価 1部945円(本体900円) 送料別</p>
<p>三菱電機技報 URL</p> <p>三菱電機技報に関するお問い合わせ先</p>	<p>URL <a href="http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/giho/">http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/giho/</a></p> <p>URL <a href="http://www.mitsubishielectric.co.jp/support/corporate/giho.html">http://www.mitsubishielectric.co.jp/support/corporate/giho.html</a></p>
<p>英文季刊誌「MITSUBISHI ELECTRIC ADVANCE」がご覧いただけます</p>	<p>URL <a href="http://global.mitsubishielectric.com/company/rd/advance/">http://global.mitsubishielectric.com/company/rd/advance/</a></p>

# スポットライト 車載用地上デジタルTVチューナー

2003年に東京、大阪、名古屋で開始された地上デジタルTV放送(地デジ)は、2006年には全国の80%以上の地域で放送が開始されており、2011年には従来のアナログTV放送は地上デジタルTV放送に完全に移行する予定です。

地上デジタルTV放送は、アナログTV放送に比べ格段に高品質な映像と音声を楽しむことができます。この高品質な映像音声を車内でも視聴できるようにするのが車載用地上デジタルTVチューナーです。車載用地上デジタルTVチューナーに関しては、各社続々と新製品を発売しており10億円を超える市場に成長しています。

三菱電機は、従来の車載用地上デジタルTVチューナーTU-100Dの機能を継承しつつ、ワンセグ視聴やタッチパネル対応などの機能を追加した2007年モデルTU-200Dを発売しました。

## 特長：

### 1. 安定した受信性能を実現

TU-200Dでは、移動体専用に独自開発したD<sup>3</sup>A (Diamond Digital broadcast Decoder for Automobile)エンジンと最大4

本のアンテナ<sup>(注1)</sup>を用いて電波環境に適した受信を行うことで、移動受信環境においても安定した受信性能を実現しています。また、新たにワンセグ視聴機能の追加によって、12セグでの受信難環境を改善し、さらに受信可能エリア拡大を実現しました。このワンセグと12セグは電波環境に応じて自動的切り換えが可能です。また、TU-100Dにもあった番組視聴予約機能も継承しています。

### 2. コンパクトかつ快適に

TU-200Dでは178×43×160(mm)のコンパクトなサイズを実現し、シート下などに設置可能です。また、専用ケーブルで当社製ナビ(NR-HZ700CD)と接続することで、タッチパネルで快適に地デジを楽しむことができます。他にも同梱のRCA変換ケーブルで、様々なカーマルチメディア機器にも接続することができます。

(注1) リア用フィルムアンテナ別売

サイズ	178×43×160(mm)
質量	1,215g(本体のみ)
放送方式	地上デジタルTV放送(日本)
受信チャンネル	UHF13~62ch
出力端子	専用20Pコネクタ(RCA変換ケーブル同梱)
外部入力端子	専用6Pコネクタ(RCA変換ケーブル別売)
アンテナ	フロントフィルムアンテナ同梱



住 所：〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3 (東京ビル)

会社名：三菱電機株式会社 カタログ請求/お問い合わせ先：三菱電機カーインフォメーションセンター

TEL：フリーダイヤル0120-182710