

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.74 No.9

特集「人と車の融和をはかる先進技術」

2000 9



目次

特集「人と車の融和をはかる先進技術」

人と車の融和をはかる先進技術特集に寄せて 1
南學政明

自動車機器技術の現状とその展望 2
山田忠利

ヒューマンインタフェース

自動車を取り巻く情報通信技術の動向 7
大野次彦・齋藤謙一・大越丈弘

ドライバー適合型インタフェース 11
大矢富保・沢田久美子・上村 勉

車載ディスプレイ 15
山川正樹・清水昌宏

カーナビゲーションの音声インタフェース技術 19
山崎秀典・野木和行・岩崎知弘

環境

筒内噴射システム開発へのCFD技術適用 23
片柴秀昭・西山亮治・川尻和彦

GMR素子の回転センサへの応用 27
深見達也・堤 和彦・池内正之

車載インバータの小型化技術 31
前川博敏・ゴーラブ マジウムダール・長瀬昌彦

ポキポキモータの車載機への応用 35
中原裕治・五十棧秀三・三宅俊彦

安全

自動車搭載用ミリ波レーダ技術 39
本間信一・上原直久・赤須雅平

車載カメラの画像処理部一体化技術 43
藤井善行・塚岡英樹・炭田昌人

電動パワーステアリングの据え切り制御 47
栗重正彦・喜福隆之・錢谷 享

開発効率

カーナビゲーションソフトウェア開発環境 51
草間利樹・上川哲生・井手野宏昭

パワートレイン制御システムの開発支援 55
隅谷次郎・安西清治・山下善臣

カーラジオ用デジタル信号処理技術 59
辻下雅啓・浅野英二・菊地素一郎

特許と新案

「画像処理装置及び人物状態判定装置」「移動体用ナビゲーション装置」 65

「車両の走行状態記憶装置」 66

スポットライト

HID点灯装置 63

電動パワーステアリング用Newモータ 64

MCDメカニズム (表3)

表紙

人と車の融和をはかる先進技術

車は人々に利便性や快適性を与えてくれる反面、環境問題や安全性の問題等を起こしており、これらの問題を解決することは21世紀の大きな課題である。特に、大気汚染等の環境問題の解決はグローバルに考えていく必要がある。

表紙の背景の下方は地球でグローバル化を、上方は青空でクリーンな視点での地球環境保護を表している。

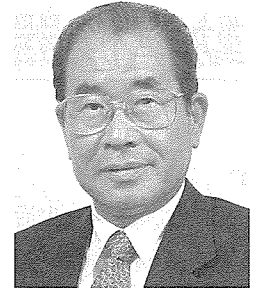
三菱電機は、環境問題のことをよく考えた上で、人(Human)と車(Automobile)の間を結びそれらの融和をはかるのは情報・環境・安全技術とそれらを支える開発効率と先進技術(Technology)であることを提案する。



人と車の融和をはかる先進技術特集に寄せて

専務取締役
自動車機器事業本部長

南學政明



19世紀末に発明された自動車は1世紀余にわたって私どもの経済社会に浸透し、今や車抜きの社会は考えられなくなっております。そして車は、人や物を移動させる手段としての利便性に加え、今ではエンターテインメント等快適性の追求を強く求められるに至っております。

しかし、現在、車は、人々に利便性や快適性を与えてくれる反面、大気汚染等の環境問題、エネルギー問題、そして交通事故等の安全性の問題など、数多くの問題を引き起こしております。かかる問題をいかに解決していくかが来るべき21世紀の大きな課題であります。これらの課題は、技術開発によってのみ解決し得るものであり、新しいパラダイムシフトの出現が期待されます。

私どもは、“人と車の融和をはかる先進技術”をキーワードとして、IT (Information Technology) 等の技術を積極的に活用しつつ、“環境/省エネルギー”“安全”“利便”“快適”の各々の先進技術を開発し、車文化を更に進化させていきたいと考えております。

“環境/省エネルギー”問題については、ロサンゼルスの大気汚染問題に端を発し、排出ガス規制が1972年に米国のマスキー法によって開始され、今では、NO_x、CO、HCにかかわる規制値は、未規制時の1/100以下にまで下がってきております。また、オイルショックを契機に燃料資源の有効利用が叫ばれ、燃費規制が'85年から始まりました。最近では、CO₂による地球温暖化問題との関連で、車の環境/省エネルギー問題が世界的にクローズアップされております。

これらの課題は、エンジンの燃焼技術に加えて触媒等の技術によって解決が図られつつあります。すなわち、最近では、エンジン燃焼システムとして優れた筒内噴射システムやVVT (Variable Valve Timing) が量産化され、燃費と排出ガス規制を同時にクリアしつつあります。また、エンジンとモータによるハイブリッド車が徐々に市場に投入され、エンジンの代替としての燃料電池車も有望視されております。

“安全問題”については、交通事故による死亡者は、ドライバーの安全意識の向上と道路整備に加え、ABS (Anti-lock Brake System) やエアバッグ等の安全整備の充実によって減少しつつあります。安全問題への取組には、第1に事故時の被害を最小に止める事故時の安全性向上、第2に事故発生を未然に防ぐ予防安全、第3に事故後の救急活動を迅速に行える事後安全の三つの取組があります。

最近では、第2の予防安全の技術が注目され、ITS (Intelligent Transport Systems) の一環としてASV (Advanced Safety Vehicle) やAHS (Advanced Cruise-assist Highway System) 等インフラを含む技術開発が進められております。また、ABS、VDC (Vehicle Dynamic Control)、パワーステアリング等走行に直接関連する技術や車間距離を適切に維持するACC (Adaptive Cruise Control)、運転者の居眠りや脇見を検知し予防する技術等の開発が進められております。

事後安全の取組としては、事故発生時に事故状況を自動的に通報し救急活動を迅速化するエマージェンシコールシステムも一部実用化されております。

“利便性”については、高齢化社会の進展とともに、運転が簡便にできる技術が求められており、パワーステアリング等のドライブアシスト機能やナビゲーションシステム等の運転情報支援機能を提供するための技術開発が最近急速に進展しております。ナビゲーションシステムについては、VICS (Vehicle Information and Communication System) による渋滞情報を加味した動的経路計算やカーブ警報機能、さらにカーブ進入時の自動シフト機能等の安全支援機能を含め高機能化が進んでおります。

最後の“快適性”については、車の基本機能として重要であり、振動・騒音・空調等の直接的なものから、車内で快適に過ごせる居住空間を目指した各種の技術開発が進められております。すなわち、カーオーディオやDVDビデオ等のエンターテインメント機能に加え、携帯電話やインターネット接続等の車外とのアクセスなどテレマティクス化が進んでおり、ナビゲーションシステムがカーオーディオを取り込み車載情報システムの中核的機器として進化しつつあります。

以上21世紀に向けての自動車機器技術の動向と取組について記述いたしました。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・半導体技術など多様かつ高度な研究開発が必要となります。加えて、今後、自動車機器のモジュール化やシステム化が急速に進展していきます。

幸い三菱電機はこうした分野での技術開発に優れた実績と能力を持っておりますので、これら技術を活用し又は統合し、“人と車の融和をはかる先進技術”の開発に果敢に挑戦し、21世紀の新しい車文化をはぐくむことにより、経済社会の発展に貢献していきたいと考えております。

自動車機器技術の現状とその展望

山田忠利*

要旨

現在、車は、我々の生活の中に溶け込んだ必需品になっている。地球環境保護対策の緊急性の認識、高齢化社会の到来、IT技術の急激な進歩などを背景に、“人と車の融和”すなわち環境・安全・利便・快適の面において社会の要求を満足することが車にはますます強く要求されている。

環境面では、燃費、排出ガスの一層の改善が必要である。

①リーンバーン燃焼を可能にする筒内噴射システム、VVT (Variable Valve Timing) 制御など高度な電子制御技術の採用、②燃費を従来に比べ約2倍向上させるハイブリッド車の登場、③燃料電池車の研究開発、が進んでいる。

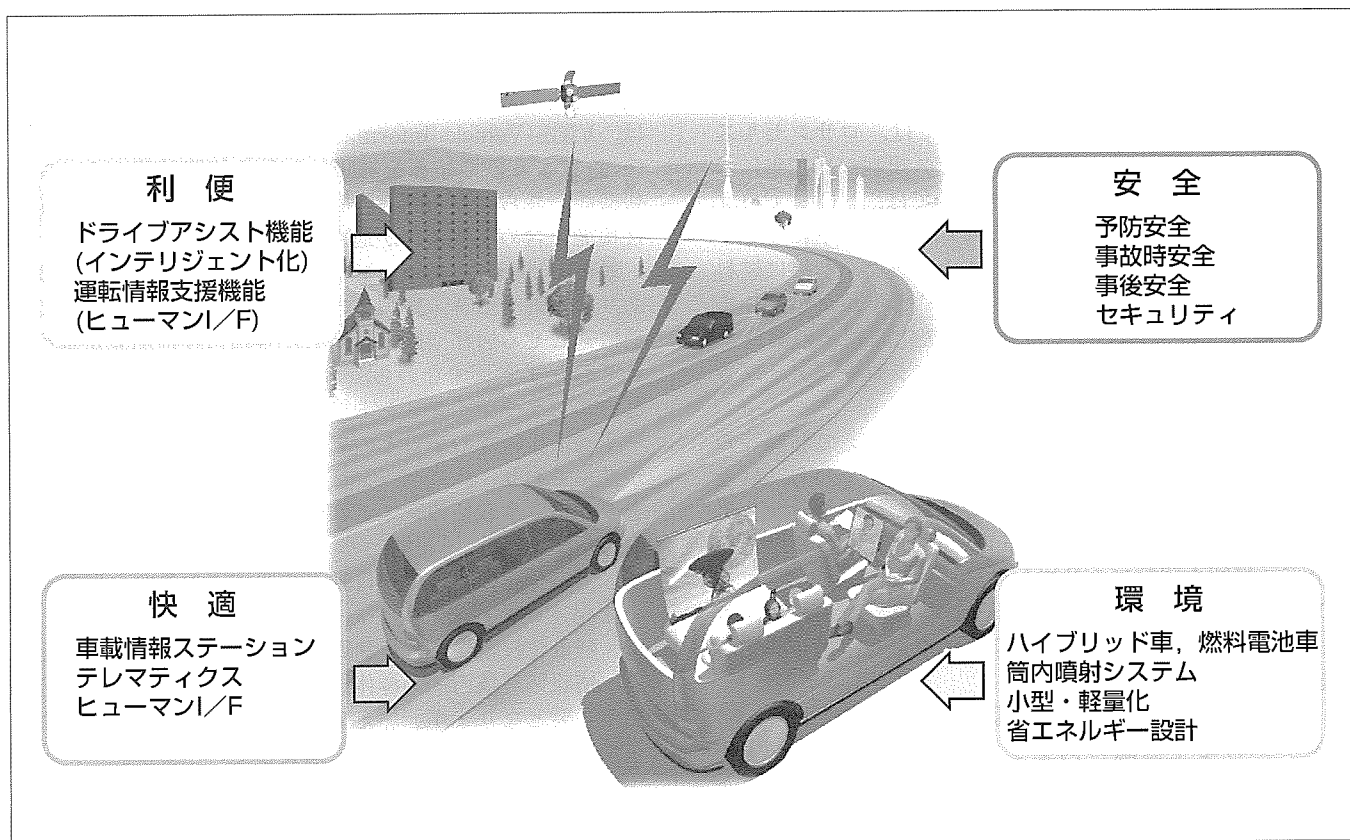
安全面では、①事故時の被害を最小にとどめる事故時安全性の向上、②事故を未然に防ぐ予防安全、③事故後の救急活動を迅速に行える事後安全に対して技術開発が進んでいる。最近では予防安全技術が注目されており、ABS (Anti-lock Brake System)、VDC (Vehicle Dynamics Control) やパワーステアリング、適切な車間距離を維持す

るACC (Adaptive Cruise Control)、運転者の居眠りや脇見の検知、さらには、走行のふらつきの検知やナビゲーション情報を利用したカーブ警報システムなどが開発されている。

一方、路側システムを充実させ、見通し不良地点においてドライバーに注意を呼び掛けるAHS-i 走行支援システムが注目されている。

利便(イージードライブ)の面では、①運転操作を支援するドライブアシスト機能、②渋滞情報提供などの運転情報支援機能の開発が進められている。

車の居住性を追求する快適の面では、リアシート・エンターテインメント機能、車外とのシームレスなアクセス機能などの開発が進んでいる。これらの動向は、情報化が進む家庭用情報機器の車載化であり、ヒューマンインタフェース性能が重要なキー技術となる。



人と車の融和をはかる先進技術

自動車機器技術で注力されている先進技術を、“環境”“安全”“利便”“快適”の切り口で示す。

1. ま え が き

現在、車は我々の生活の中に溶け込んだ必需品になっている。地球環境保護対策の緊急性の認識、高齢化社会の到来、IT技術の急激な進歩などを背景に、“人と車の融和”がますます強く要求されている。すなわち、車には、環境・安全・利便・快適の面において社会の要求を満足することが強く求められている⁽¹⁾。この要求を満足するため、カーメーカーや自動車機器メーカーは、メガコンペティションの中で生き残りをかけ、技術革新を進めている。

本稿では、自動車機器技術の現状・動向を、“環境”“安全”“利便”“快適”の切り口でまとめるとともに、三菱電機の出組状況について述べる。

2. 技術動向

2.1 環 境

半導体技術の発展とマイクロプロセッサの登場を受け、1970年ごろから、自動車機器への電子技術の適用、特にエンジン制御への適用が急速に進んでいる。この背景には、自動車の排気ガスによる大気汚染の問題、'73年のいわゆるオイルショック以降における省エネルギー意識の浸透がある。'97年の京都で開催された地球温暖化防止会議に代表されるように国際的な政治の舞台でもクローズアップされ、地球環境との融和の視点で、燃費・排出ガス改善の技術開発が鋭意進められている。図1にその技術トレンドを示す。燃費・排出ガス改善技術として、ガソリンと空気の混合気を希薄な状態で燃焼させるリーンバーン燃焼を可能にする筒内噴射システム、点火時期制御、さらには混合気を送り込む吸気弁や排気弁の開閉時期を調整することによってトルク出力を大きくするVVT制御など高度な電子制御技術がある。これらは、制御技術もさることながら、低コスト・小型の各種センサの技術開発にも支えられている。

ガソリンエンジンを生かしながらモータの動力及び回生発電能力を使い燃費を従来に比べて2倍向上するハイブリッド車も、環境問題に対する新技術としてインパクトが大きく、各社から量産車が出荷されるに至っている。また、地道な取組として、排出ガス浄化触媒の開発や部品質量の小型・軽量化への取組も着実に進められている。

自動車用エネルギー源の多様化に

こたえる技術として、電気自動車や燃料電池自動車の研究開発が行われている。環境問題に対応する長期的な視点で研究開発に取り組む必要がある。

2.2 安 全

自動車の急激な普及もあり、'70年には国内で16,000人を超える交通事故による死者が発生した。道路の整備、ドライバーの安全意識の高まりとエアバッグ、衝突安全ボディー、ABSなど自動車の安全装備の充実によって死者は'70年をピークに減少しているが、まだ年間9,000人もの交通事故死亡者がいる。事故の件数は現在でも年々増加傾向にある。自動車の安全性向上は今後も重要な技術開発テーマであり、各社それぞれに取り組んでいる。その技術トレンドを図2に示す。安全の取組として、①事故時の被害を最小にとどめる事故時安全性の向上、②事故発生を未然に防ぐ予防安全、③事故後の救急活動を迅速に行える事後安全の取組が行われている。交通事故死亡者の約50%が危険状況の発見の遅れであり、約30%が操作・判断のミスとの分析があり、最近では予防安全技術が注目されている。ITS (Intelligent Transport Systems)の導入目的の一つはここにある⁽²⁾。予防安全技術としては、ABS、VDCやパワーステアリングの装備などブレーキや走行性能にかかわる直接的なものから、適切な車間距離を維持するACC、運転者の居眠りや脇見を検知するシステム、さらには走行のふらつき状態を検知するシステム、カーナビゲーションシステムの地図情報からカーブ情報を取り出して警告するシステムなど、車載の各種情報を統合的に扱い予防安全に役立つシステムが開発されている。

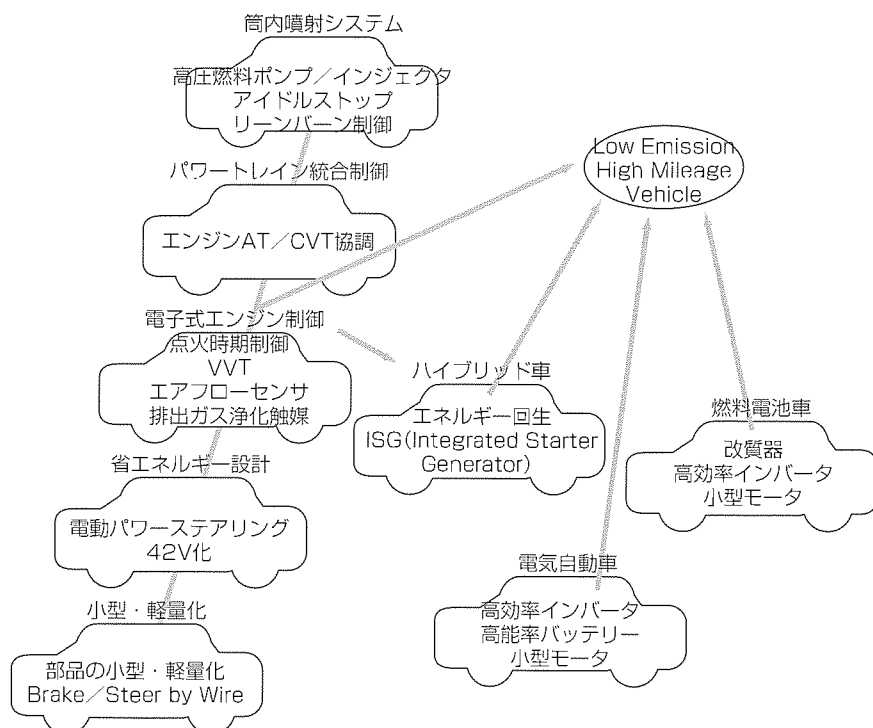


図1. 燃費・排出ガス改善の技術トレンド

予防安全の基本技術としては、運転状況を把握するセンサ部、路車協調システム実現のための無線通信部とそれに対処するアクチュエータ部があり、部品の基本性能向上と低コスト化に向けて技術開発が進んでいる。車両の周辺監視センサとして、ミリ波レーダやCCDカメラ利用画像センサが開発されている⁽³⁾。カーメーカーの安全の考え方、システム有用性の評価、製造者責任の問題などを吟味するために実証実験が重ねられている。各種予防安全システムは、現在高級車両にしか装備されていないが、ABSやエアバッグと同様に、徐々に標準装備へと展開していくと予想される。

予防安全に対する取組として、路側システムを充実させ、見通し不良地点においてドライバーに注意を呼び掛けるAHS-i走行支援システムが注目されている。現在は道路に設置された電光表示板でドライバーに警告を出すシステムであるが、路車間通信を使ってその警告情報を車載機側に知らせる方式も検討されている。

事後安全の取組としては、事故発生時にその事故状況を管理センターに自動的に通報し救急活動の迅速化をねらったエマージェンシコールシステムも一部実用化されている。また、車両の走行状態をモニタ記録するドライビングレコーダの開発も進められている。ドライビングレコーダにより、事故時の詳細な状況の通報や、事故後の状況の解析による再発防止策構築などが可能となる。

また、直接的な安全ではないが、盗難自動通報や個人認証機能を備えるスマートキーなど自動車盗難防止の技術開発も進んでいる。

2.3 利便(イージードライブ)

運転免許適齢人口(16歳以上)の2/3以上の人が運転免許を持つ時代になり、また、今後確実にドライバーの高齢化が進むことが予想される。したがって、自動車も運転操作を楽しむ運転性能追求型から簡便に運転できるイージードライブ型が求められている。技術開発の視点として①オートマチック車やパワーステアリングなどのドライブアシスト機能、②渋滞情報提供やナビゲーションシステムなどの運転情報支援機能に分けられる。図3にその技術トレンドを示す。ドライブアシスト機能は、単なるパワーアシストからインテリジェント化へと技術開発の主題が移り、

予防安全システム機能とあいまって技術開発が進められている。カーナビゲーションシステムは、自車位置の地図上への表示、ルート検索機能、走行ルート音声案内機能など運転情報支援として非常に有効な機能を持ち、その利便性によって急激に普及しようとしている。また、VICS (Vehicle Information and Communication System)による渋滞情報を加味した渋滞回避ルート探索(動的ルート計算機能)、カーブ警報機能、さらにはカーブ進入時の自動シフト機能など、安全支援機能を高める開発が進んでいる。

2.4 快適

車の居住性は自動車の基本機能として重要である。開発課題は、振動・騒音・空調など居住性に直接関係するものから、車内で快適に過ごせる居住空間実現に関するものに移っている。カーオーディオ、テレビ、さらにはDVDビデオ再生、リアシート・エンターテインメント機能、携帯

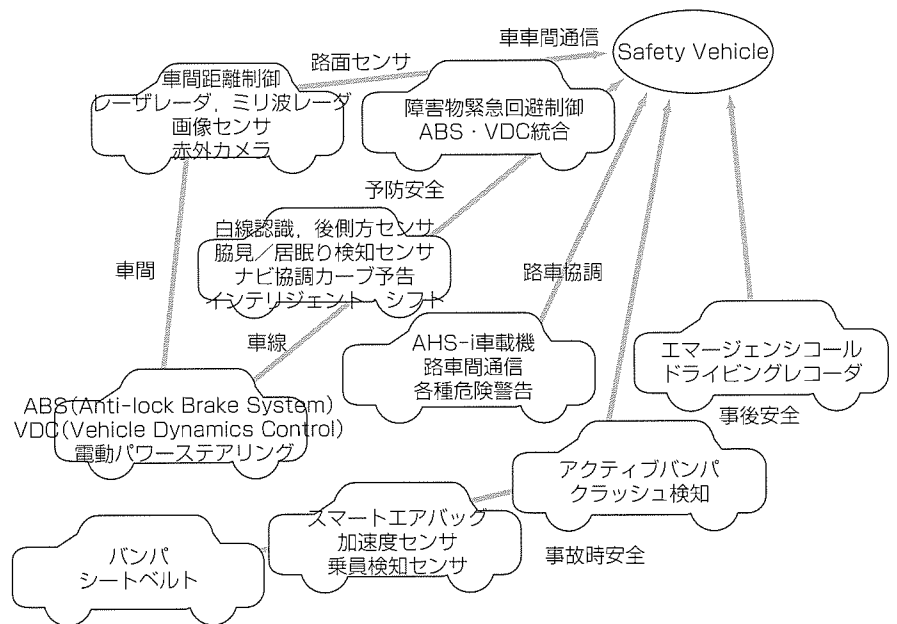


図2. 安全の技術トレンド

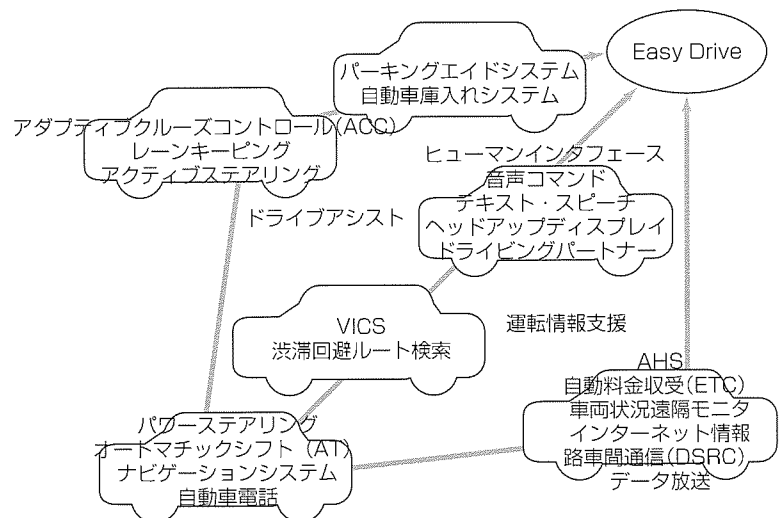


図3. イージードライブの技術トレンド

電話、インターネット接続など車外とのシームレスなアクセスなど、テレマティクス(Telematics)化も進んでいる。これらの動向は、情報化の進む家庭用情報機器の車載化であり、小型・軽量化、耐環境性はもとより、ヒューマンインタフェース性能が重要なキー技術となる。液晶ディスプレイ、音声インタフェースを既に備えたカーナビゲーションシステムは、カーオーディオの取り込み、路車間通信機能や車内LANとの接続により、車載情報ステーションに変貌しつつある(図4)。車載情報ステーションの標準化として、IDB(ITS Data Bus)フォーラムで車内LANの標準化が、AMIC(Automotive Multimedia Interface Collaboration)でアプリケーションインタフェースの標準化検討が進みつつある。

3. 当社の取組

以上に自動車機器技術の動向を示したが、技術範囲は、小型・軽量化技術から電子制御技術・情報通信技術まで広範囲にわたる。また、今後モジュール化・システム化で自動車機器の統合化が進む中で、当社は、宇宙・通信・電力・半導体から家電までを扱う総合電機メーカーの強み、すなわち多くの分野の技術を活用できる強みを生かした技術開発を進めている。また、先進技術の車載化対応開発の加速をねらい、'97年に自動車機器開発センターを発足している。

最近の話題としては、ETC(Electronic Toll Collection System)における路側装置と車載器の同時事業化、DVD

ビデオ再生装置の付いたDVDナビゲーションシステムの早期事業化など、総合力を発揮した開発がある。

この特集号掲載の各論文においても、他分野における開発技術の車載対応化の成果が多く述べられている。電子制御の高度化及び車載機器の情報化によってソフトウェアの大規模化が進んでいるが、他の産業分野での技術ノウハウを取り入れ、開発効率の向上面で顕著な効果が得られている。

以下、この特集号の論文では取り上げていない技術開発のトピックスを紹介する。

3.1 燃料電池⁽⁴⁾

当社では、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受け、固体高分子型燃料電池(PEFC)の開発を進め、10kW級の可搬型電源システムの開発を行っている。自動車への適用を考慮し、高さ12cmのPEFCスタック及び薄型の積層型メタノール改質器を目標に、5kW級の電源システムの試作と運転を行い、10kW級の電源システムを開発中である。コストや触媒被毒などの信頼性の課題があるが、着実に研究開発を進めている(図5)。

3.2 脇見検知⁽⁵⁾

運転者の居眠りや脇見による交通事故を未然に防ぐために、ドライバーの顔の向きを画像処理によって検出する技術開発を行っている。開発した方式は、鼻と両目を含む平面を求め、その法線方向を顔の向きとして推定する方式である。まず、カメラで撮像された二次元顔画像から鼻孔や両目の位置を抽出し、透視変換を行い、鼻と両目の三次元

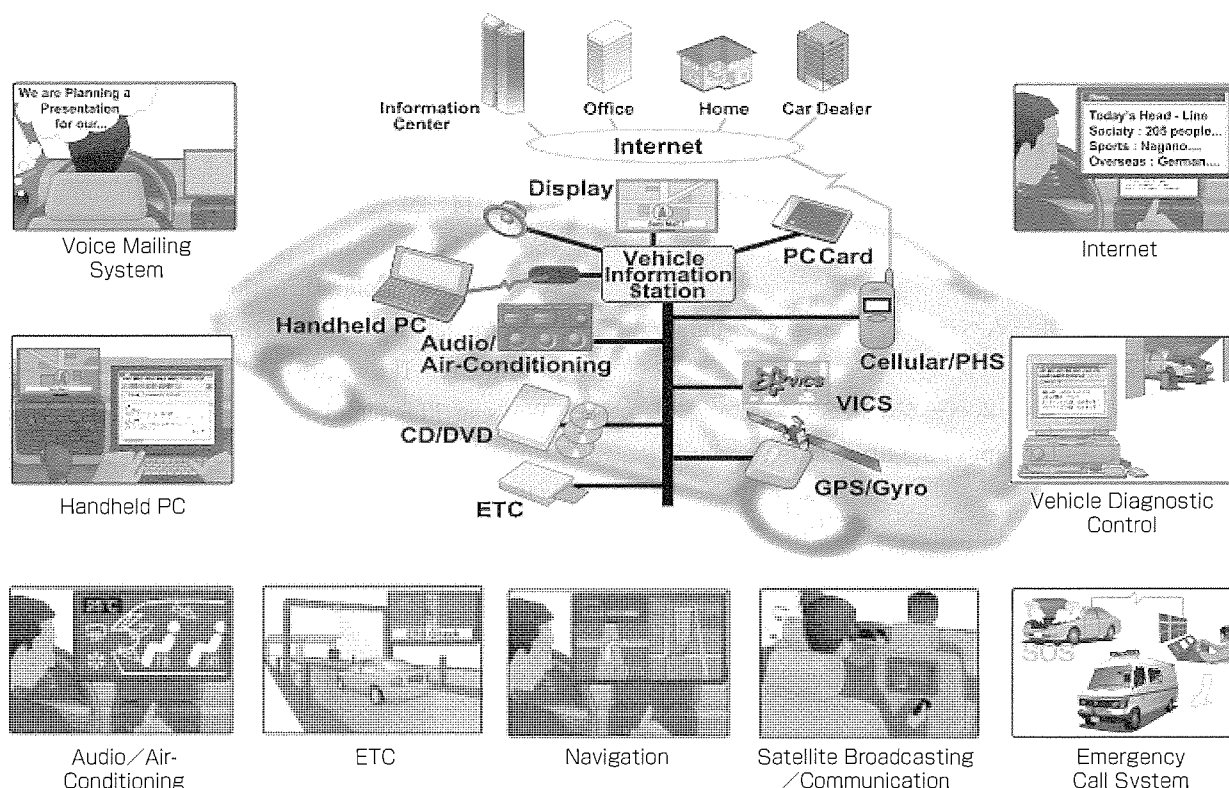


図4. 車載情報ステーションの概念図

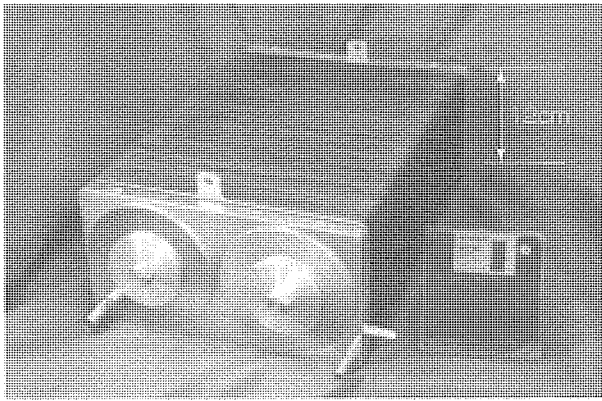


図5. 扁平型PEFCスタック

位置を算出する方法である。この方式は、個人差や表情による変化が少ない鼻孔領域に基づいた抽出手法で、ロバストかつ高速に処理ができる特長を持っている(図6)。

3.3 ITS開発プラットフォーム⁽⁶⁾

ITSの本格導入に向けて、サブシステムの事前実証実験やシミュレーション評価が進められている。当社では、三次元CG技術、分散ネットワーク処理技術、シミュレーション技術などを使い、気象・路面環境や周辺交通流を含む仮想道路上で、実運転者による自動車の運転走行が可能なITS開発プラットフォームを開発した(図7)。このプラットフォームにETC、車線逸脱防止機能、路面凍結・障害物情報提供機能やACC機能を実装し、開発対象の安全性やシステム導入効果を評価できる。

4. む す び

自動車機器技術の現状及び動向を“環境”“安全”“利便”“快適”の切り口でまとめた。当社は、その開発競争を担う一員として、環境に優しく、高齢化時代にも対応できる、“人と車の融和をはかる”自動車機器の開発を鋭意進めている。

参 考 文 献

- (1) 日本自動車工業会ホームページ： <http://www.jama.or.jp/indexJ.html>
- (2) 建設省道路局ITSホームページ：ITSハンドブック，<http://www.its.go.jp/ITS/j-html/index/indexHBook.html>
- (3) 佐藤眞一，赤須雅平，堤 和道，浅山嘉明：ITSの車

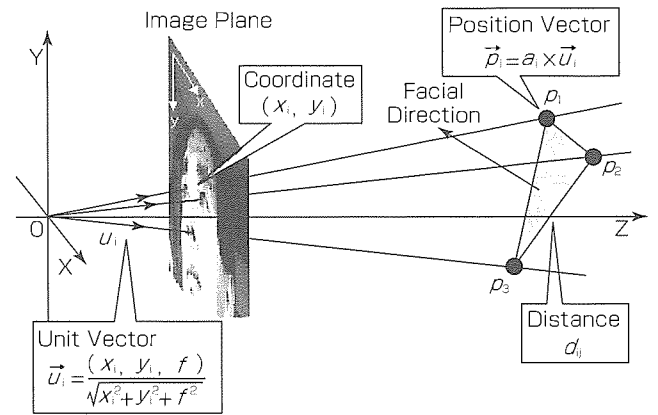


図6. 鼻孔領域に基づいた顔の向き推定方式

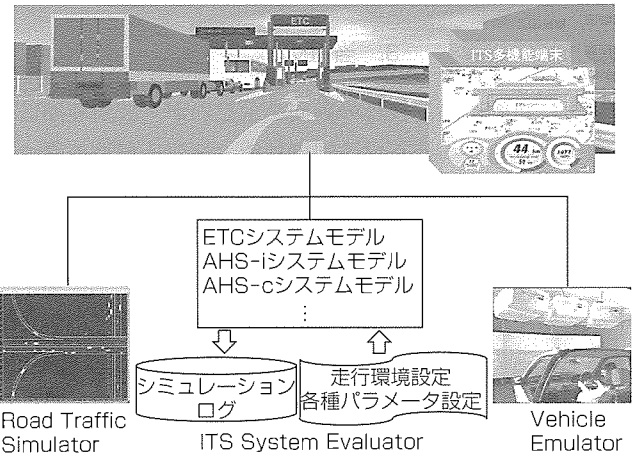


図7. ITS開発プラットフォーム

載系要素技術，三菱電機技報，73，No.10，700～703 (1999)

- (4) 光田憲朗，言上佳秀，前田秀雄，松下健治，金行和敏：電気自動車用の固体高分子型燃料電池の開発，未来に向かう電気自動車技術シンポジウム，No. 2000 4175，14～20 (2000)
- (5) Seki, M., Shimotani, M., Sumi, K.: Measurement of Driver's Facial Direction, IMEKO-XV World Congress, 11, 51～56 (1999)
- (6) Goto, Y., Ikawa, M., Kumazawa, H.: Smart Ways in ITS Simulator, Proceedings of 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, No. 368 (1999)

大野次彦*
 齋藤謙一*
 大越丈弘*

自動車を取り巻く情報通信技術の動向

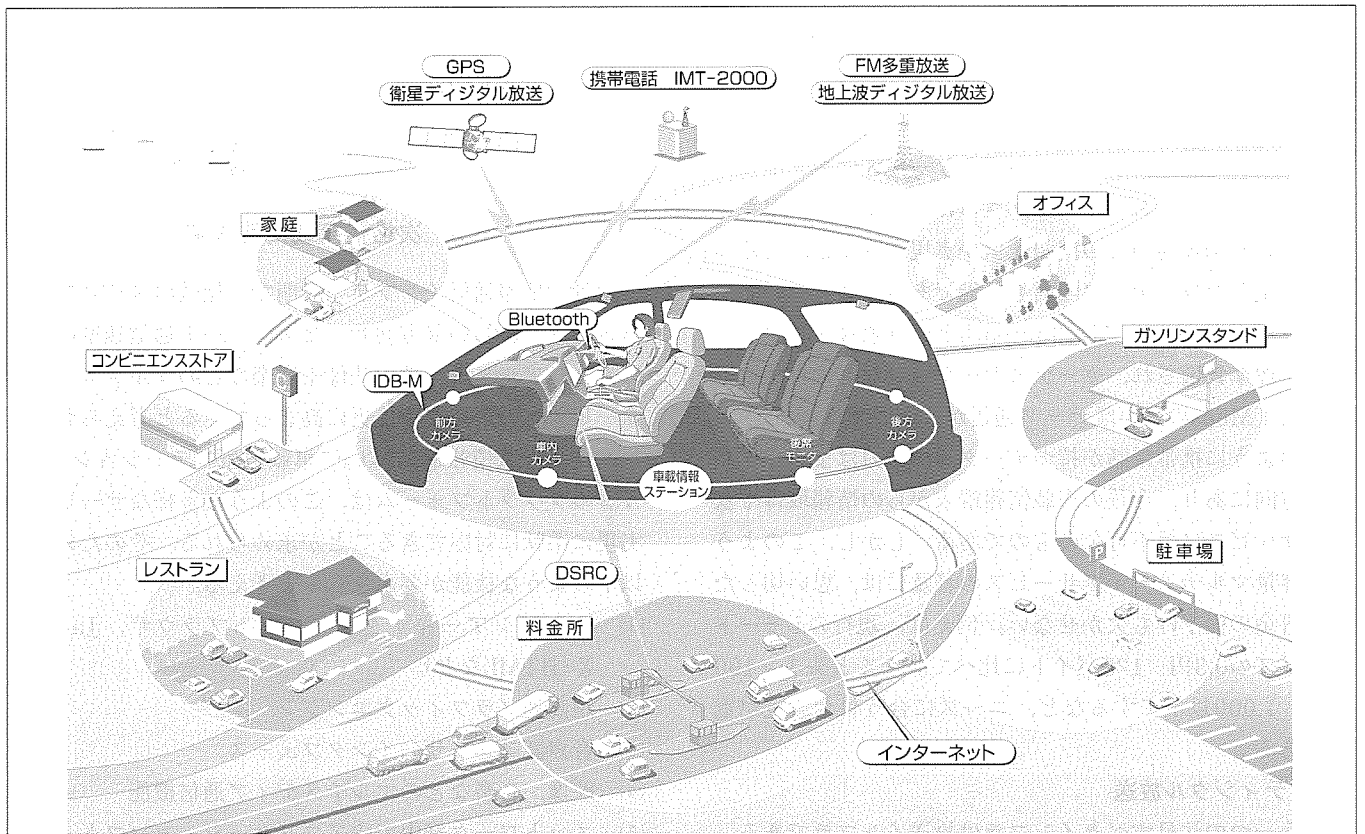
要旨

新しい世紀を迎えるに当たり、今改めてIT (Information Technology: 情報技術) が注目されている。急速な勢いで世界に広まったインターネットが情報の流れや“もの”の動きを大きく変えようとしているからである。外出先や自動車などのモバイル環境からでも携帯電話を通じて、いつでも、どこでも、簡単にインターネット接続が可能となり、正に時空を越えた本格的なネットワーク社会を迎えようとしている。モバイル端末と情報通信インフラの発展は、ネットワークによる情報取得や電子商取引などの新しい情報サービスを創出し、ライフスタイルの変化をも引き起こしている。

一方、自動車を取り巻く情報通信環境は、カーナビなどの車載情報端末とともに発展している。FM多重、光ビーコン、電波ビーコンを介したVICS (Vehicle Information

and Communication Systems: 道路交通情報通信システム) や携帯電話を介したインターネット接続、自動車向け情報提供サービスは既に実用化され、さらに路車間通信専用のDSRC (Dedicated Short Range Communication: 狭域通信) を介した有料道路の料金徴収を自動的に行うETC (Electronic Toll Collection: 自動料金収受システム) の実用化が間近に迫っている。

今後は、IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) 次世代携帯電話やデジタル放送サービスなど、更なる情報通信の高速化・高品質化が期待されており、これらを組み合わせた複合メディアにより、近い将来には車内でも多様な情報提供サービスが享受できると考える。



GPS: Global Positioning System IDB-M: Intelligent Transportation Systems Data Bus-Multimedia

自動車を取り巻く情報通信ネットワーク

2005年ごろを想定した情報通信ネットワークを示す。FM多重/DSRC/デジタル放送による道路交通情報通信システムVICSサービス、DSRCによるETC、地上波/衛星デジタル放送によるHDTV放送/データ放送、IMT-2000次世代携帯電話によるデータ通信、Bluetoothによる携帯電話とカーナビなどの近距離無線通信、IDB-Mによる車内LANなど、複数のメディアが融合して利用される。

1. ま え が き

携帯電話の爆発的な普及によってモバイル環境からでもインターネット接続が容易にできるようになり、カーナビゲーションも、単に目的地への道案内だけでなく、携帯電話を通じてドライバーの要望に応じた駐車場やレストラン情報などを提供しそこまで誘導する双方向システムに変化してきている。このような双方向通信はまだ始まったばかりであり、今後ますます新しい情報提供サービスが展開されると考えられる。

本稿では、次世代の情報通信インフラ、車載情報端末の動向から、2005年ごろに想定される情報提供サービスを考える。

2. 次世代情報通信インフラ

2.1 携帯電話によるデータ通信

今後の情報提供サービスを考える上で最も期待される通信インフラがIMT-2000次世代携帯電話である。国内で2001年春ごろからサービスが始まるW-CDMA方式、また2002年秋ごろからサービス予定のcdma2000方式の各々でデータ通信速度が大幅に向上する。W-CDMA方式では、最大384kbps(静止時は最大2Mbps)、cdma2000方式では最大144kbps(将来は最大2.4Mbps)のデータ通信速度になる見込みである。これにより、モバイル環境でも大容量マルチメディアデータの配信が可能となり、音楽コンテンツ、映画予告編、ニュース映像、ゲーム、電子商取引などのアプリケーションソフトなど、多様なサービスがネットワークから享受できることになる。さらに、セルブロードキャストという基地局内での同報配信が実現されると、ある地域に限定したコンテンツ配信も可能である。また、IMT-2000次世代携帯電話にはBluetoothという無線インタフェースが標準装備され、カーナビゲーションなどの車載機器と最大1Mbpsの近距離データ通信が可能となる。

このように携帯電話が持つデータ通信能力はますます高まる方向にあり、今後の車載情報端末からの情報取得や双方向サービスには不可欠のものである。しかし、このような大容量マルチメディアサービスの普及には、思い切った通信料金の引下げも欠かせない。例えば、現行のiモードサービスの0.3円/128バイトに比べて少なくとも1/100～1/1,000以下にするなど、ニーズに合う料金設定が重要である。

2.2 デジタル放送

もう一つの注目すべきインフラは放送インフラである。2000年12月からBSデジタル放送が開始され、その後2003年からは、地上波デジタル放送が予定されている。デジタル放送は、映像のデジタル化とともに携帯・移動受信に適した変調方式や誤り訂正機能等の採用によって

移動中の自動車でも良好な映像が受信でき、より鮮明なTV視聴が可能になる。また、新しく始まるデータ放送では、番組関連情報の配信が行われるだけでなく、音楽コンテンツ、ゲーム、地図情報など、番組以外の情報の配信も計画されている。さらにインターネットと組み合わせた視聴者参加番組や決済を含むショッピングなど、正に放送と通信の融合によってサービス内容が大きく変わろうとしている。

一方、地上波デジタル音声放送(ラジオ放送)も同時に開始される予定で、音声のみならず交通情報などの文字情報も送信できる。データ通信速度も大幅に向上することから、現在のVICSサービスをより高度化することが可能になるであろう。

2.3 路車間通信

路車間通信専用のDSRCを利用するETCは、既に2000年4月から試行サービスが開始され、2002年度までに全国900か所の料金所に設置される計画である。ETCは、交通渋滞全体の約三割を占める料金所での渋滞緩和が期待できるものとして、今後の普及が望まれている。その一方で、ここで利用されるDSRCは、双方向通信が可能であることから、ETCの応用展開としてICカードを利用した駐車場やドライブスルーショッピングでの料金収受など車載情報端末への情報提供サービスを行うための通信インフラとしても期待されている。しかし、このようなサービスがどれだけ展開できるかは、DSRCの普及、すなわちETCの普及にかかっていると考えるであろう。ETCの低コスト化やカーナビなどへの組み込みが望まれる。

3. 次世代車載情報端末

次世代情報通信インフラの展開で、複数のメディアを組み合わせた新しい双方向サービス、データ通信速度の向上によるリアルタイム性、映像や音楽などのマルチメディアサービスへの期待が今後更に高まってくると考えられる。

次世代車載情報端末(以下“車載情報ステーション”という。)のプラットフォームは、このような多様なサービスの実現に柔軟に対応できることが求められる。そのためには以下のような機能が要求されると考える。

- (1) オープンアーキテクチャ(Webブラウザ, Java^(注), X-HTMLなど)
- (2) 超高速グラフィックエンジン
- (3) 音声認識ユーザーインタフェース
- (4) 映像、音楽などのマルチメディア通信機能
- (5) ネットワーク経由でのアプリケーションソフト、データの追加/更新/削除機能
- (6) IMT-2000次世代携帯電話、デジタル放送接続

(注) “Java”は、米国Sun Microsystems, Inc.の米国及びその他の国における登録商標である。

- (7) 車内LAN(IDB-M), Bluetooth
- (8) ETC, IC カードリーダー, セキュリティ機能
- (9) DVD, ハードディスク, メモリカード
- (10) デバイスのプラグアンドプレー

車載情報ステーションのプラットフォームの基本アーキテクチャを図1に示す。トヨタ, GM, Ford, Daimler Chryslerなどが進めるAMIC (Automotive Multimedia Interface Collaboration)では, 特定のOSやCPUによらず車載情報端末で共通利用するためのAPI(Application Programming Interface)やIDB-M(Intelligent Transportation Systems Data Bus-Multimedia)という車内LANなどの標準化を進めようとしている。このような動向からも, 2005年ごろまでには, よりオープンなものを採用する方向が進むと考える。

またこのほかにも, 三次元グラフィック表示やJavaアプレットを利用したネットワーク経由のソフトウェア実行が, 多様なアプリケーションを創造し, 車載情報端末をより大きく変える可能性を持っている。さらに外部補助記憶装置としてハードディスク装置の容量単価が年々急激に下がっており, 車内で使用できるだけの耐環境性さえクリアできれば, 地図データやコンテンツなどの記憶装置になる可能性が十分にあるだろう。

4. セキュリティ技術

ネットワークによって金銭や個人情報やり取りする場合, その情報を他者から守ることが必要である。このため, セキュリティ技術は, 自動車からの通信にとっても非常に重要な要素となる。情報を他者から守るために必要な技術として, 電子商取引などで本人であることを認証するための個人認証技術, 及び通信路上で情報を読み取られないようにするための暗号化技術があり, いずれも今後のネットワーク社会におけるキーテクノロジーである。

4.1 個人認証技術

一般に個人認証の方法としてはパスワード方式が主流である。しかし, キーボードを持たない車載情報端末ではパスワードの入力が難しく面倒である。今後の個人認証の方法は, IMT-2000次世代携帯電話で利用するICカードや人間の身体的な特徴を利用するバイオメトリックス(指紋照合など)を用いることがセキュアの面からも主流になると考えられる。また, 自動車が個人(ドライバー)を認証(例えばドアの開閉)する方法として車のかぎ(鍵)が一般的に用いられているが, 今後は車載情報端末の個人認証と統合していくことが必要とされるかもしれない。

4.2 暗号化技術

暗号アルゴリズムにはDES(Data Encryption Standard)などの多くの方式が存在する。しかし, より強固な暗号が求められており, DESに代わる次世代の暗号アルゴリズム

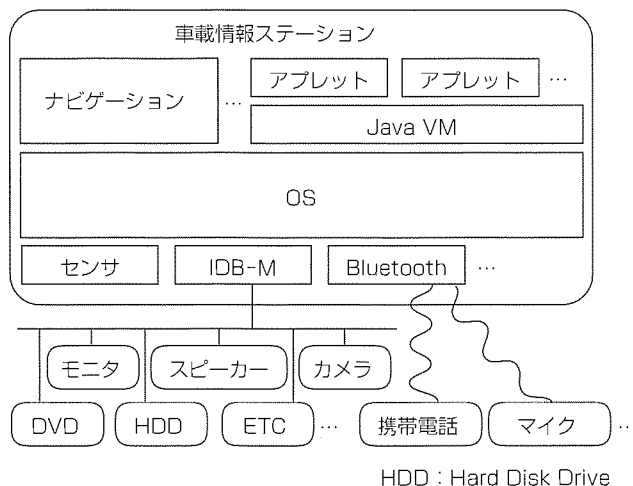


図1. 車載情報ステーション

として米国によるAES(Advanced Encryption Standard)の選定やISO(International Organization for Standardization)で鍵長128ビットの暗号アルゴリズム等の標準化が進められている。当社の暗号アルゴリズムMISTYは鍵長128ビットを持つ64ビットブロック暗号方式で, 安全・高速という特長を備え, 現在, ISO に対して提案を行っている。

4.3 ETCにおけるセキュリティ

応用例として ETC におけるセキュリティがある。利用者はあらかじめ契約情報などを記録したICカードを車載機に挿入しておき, 料金所通過時に車載機と路側機(料金所に設置されたアンテナ)との間で路車間通信を行い, 路側機側で料金收受を行う。既設の料金所では収受員と直接現金をやり取りするのに対し, ETCでは無線通信によって自動的に料金支払いが完了する。そのため, 路車間通信においては, 相互認証, 受発信する情報の秘匿といったセキュリティ対策をすることで, 利用者への支払の正当性と個人のプライバシー保護を確保してETCを信頼性あるものにしていく。

5. 自動車向けの情報提供サービス

図2は2005年ごろを想定した自動車向け情報提供サービス(車載情報ステーションのアプリケーション)である。本格的な自動車向けポータルサイトの出現も予想され, 自動車は, 単なる交通手段としてだけでなく, 情報の受発信, エンターテインメントの手段にも少しずつではあるが変容していくものと考えられる。

6. む す び

今後の自動車を取り巻く情報通信技術の動向から, 近未来の自動車向け情報提供サービスを探った。三菱電機では車載情報ステーションやETCを始めとした自動車のIT化を進めている。その目的は, 地球環境に優しく, 自動車の

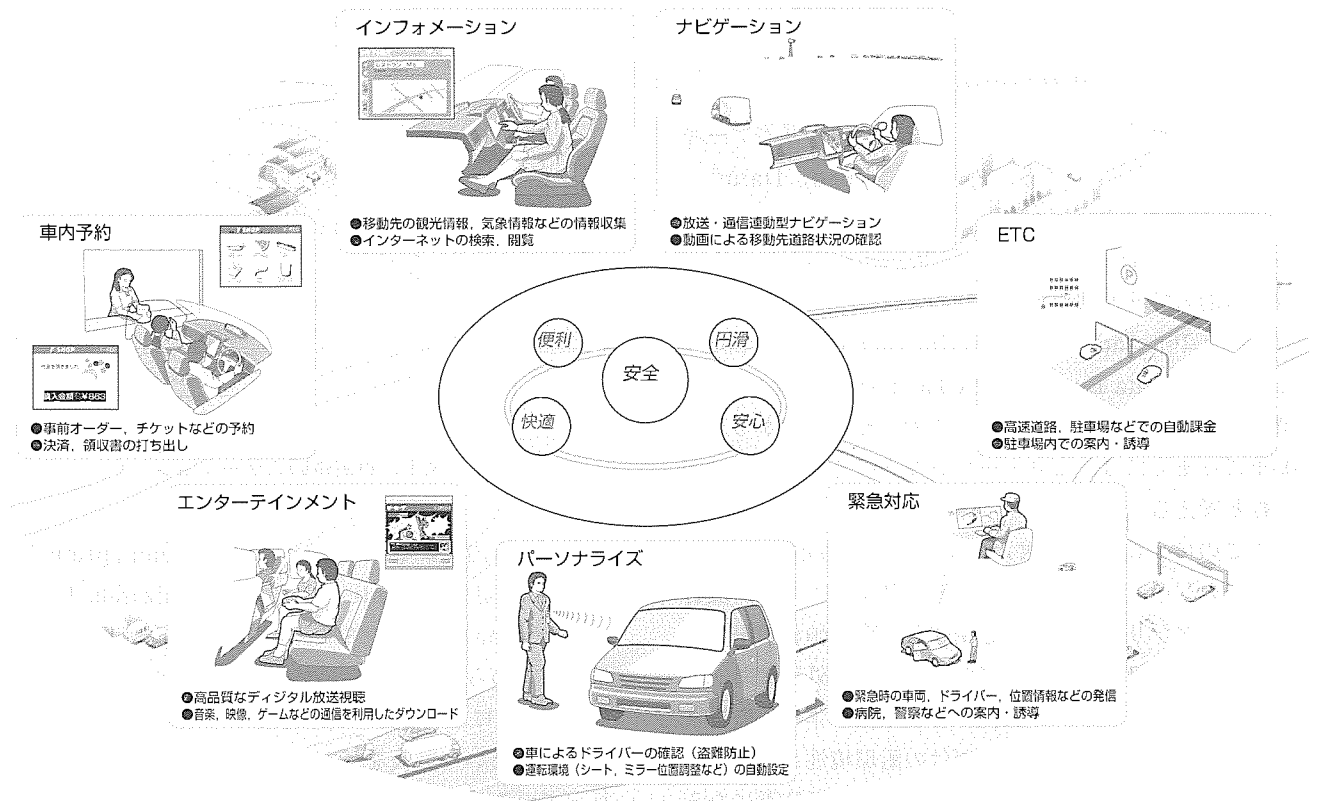


図2. 車載情報ステーションのアプリケーション

安全性を第一に考え、快適・便利・円滑・安心さを追求して、より一層充実したカーライフを提供することであると考える。今後もそれに向けた技術開発を更に進めていく所存である。

参考文献

(1) 松井 充, 時田俊雄, 反町 亨: ブロック暗号アルゴリズム "MISTY", 三菱電機技報, 72, No.5, 400~

403 (1998)
 (2) 内藤 博, 森吉国治, 相川昭仁, 近澤 武, 野崎 充: ノンストップ自動料金収受システム, 三菱電機技報, 72, No.5, 459~463 (1998)
 (3) 横内一浩, 井手野宏昭, 大田正子: 車載ナビゲーションシステム, 三菱電機技報, 73, No.10, 709~713 (1999)

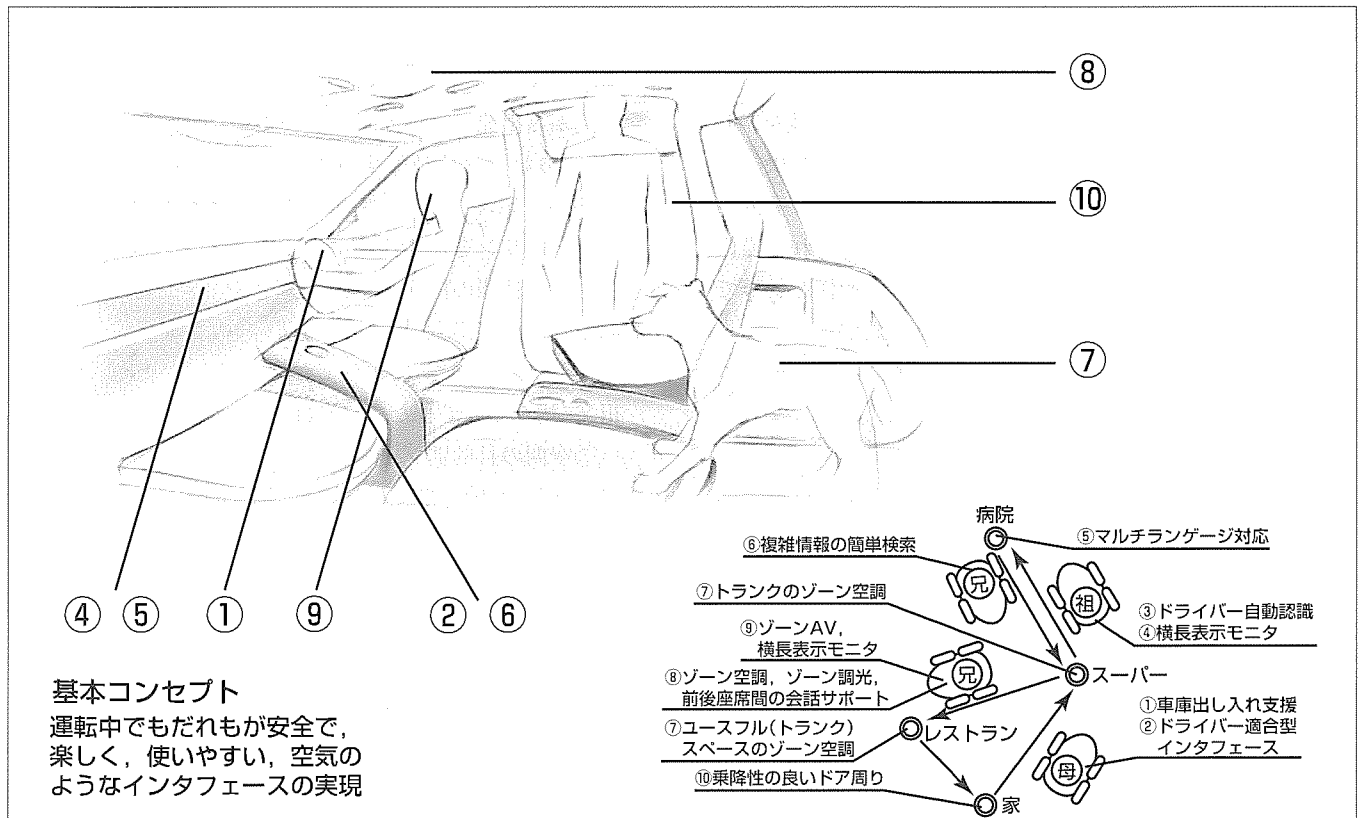
大矢富保*
 沢田久美子*
 上村 勉*

ドライバー適合型インタフェース

要 旨

21世紀に向かって、“社会マクロ環境変化”“人間とモノの関係の変化”から、ISO-13407(JIS化予定)の発行など国際的にもユーザー中心の“ヒューマンセンタードデザイン”が課題になってきている。特に自動車においては、ユニバーサルデザインとエコロジカルデザインの融合等による提案が求められている。“だれもが生活しやすい環境作り”を基本概念に、真の生活しやすさと使いやすさを探究し、だれでも限りなく等しく満足度の高い生活環境と製品を提供していき、ヒューマンセンタードデザインの実現を目指すことが重要である。

生活者が様々な情報を有効に活用できる仕組みを“ドライバー適合型インタフェース”で実現し、ドライバーが意識することなく快適で安全に使用できる自動車空間環境を提供する。これにより、ユニバーサルデザインの視点では、生活者に少しでも長く運転できる環境の提供によって行動範囲の拡大など自立した生活を支援する。エコロジカルデザインの視点では、エネルギー削減や環境負荷の軽減を支援する。そして、“ドライバー空間”と“同乗者の個別空間”という二つの視点で徐々に実現する。改善型ではなく、解決型のアプローチを目指す。



ドライバー適合型インタフェースの事例シナリオ

Uさん一家のお兄さんが退院することになり、皆で迎えに行くことになりました。
 ユニバーサルなUさん一家 — おじいさん(70歳), お父さん(46歳): サラリーマン, お母さん(45歳): 専業主婦, 免許歴2年, 兄(20歳): 学生, ホームステイの子供(10歳): 米国人, ペット(中型犬5歳): 家族の一員, どこへ行くのも一緒

1. ま え が き

道具や機械が進化してきており、人間とモノの関係も変化している。今や多くの製品やシステムにコンピュータがかかわり、そのインターフェースが道具としての大きな要素になっている。車載機器の機能においても、情報系機能を中心とした付加機能が急速に拡大している。今後いかに情報を使いこなすかが重要なポイントであり、それを支援するインターフェースの開発が求められている。

各機能の高度化に伴い、図1のように機能間の干渉が起きている。特に、情報系機能が運転にかかわる本質的機能に対して良い意味でも悪い意味でも大きな影響を与えている。

2. インターフェース開発のアプローチ方法

2.1 従来型(ドライバーが車載機に順応)

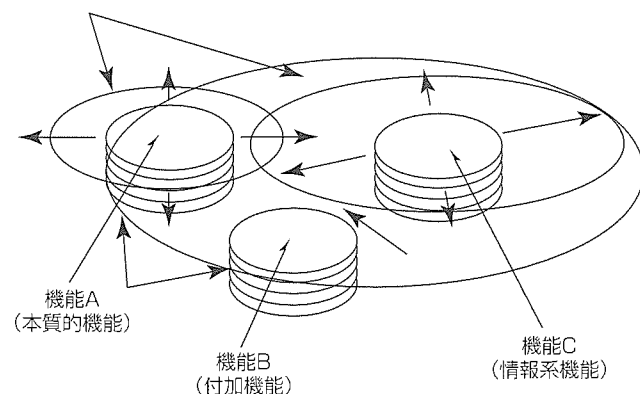
ドライバーは車載機のデザインから想像し、マニュアルを参照することによって操作を覚える。メンタルモデルが生成できると問題なく操作できるが、生成できないと操作できない。

2.2 改良型(ドライバーが車載機に順応)

メーカーはより分かりやすい車載機のデザインを提供するよう努力しているが、やはりメンタルモデルが生成できないと操作できない。

2.3 解決型(ドライバーに車載機が順応)

A(何も分からない人)にはガイダンスによる支援を、B(ある程度操作方法が分かっている人)にはより便利機能の提供を、C(操作が完全に分かっている人)にはショートカット機能の提供など、操作ができる人には短縮された操作ができ、できない人には十分なガイダンスで操作を誘導できるドライバー適合型インターフェースを提供する。



- 機能A：自動車の運転に不可欠な本質的機能
- 機能B：快適性等にかかわる従来からの付加機能
- 機能C：ナビなど情報伝達に関連する付加機能

図1. 車載機器の機能分類

3. ドライバー適合型インターフェース基本コンセプト

3.1 コンセプト構想のためのシナリオライティング

下記のようなシナリオを作成し、2.3節の3タイプのA(お母さん)、B(おじいさん)、C(お兄さん)とドライバーのスキルが異なっても適合するドライバー空間のインターフェースを考えるとともに、外国人、ペットを含めた同乗者空間における検討を行った。

Uさん一家のお兄さんが退院することになり、皆で迎えに行くことになりました。

■出発前

母“病院に着く前にスーパーに寄りたいわ。でも、わたしに運転できるかしら？”

祖父“大丈夫だよ。このスーパーナビがあれば！”

- ①車庫出し入れ支援、②音声ガイドなど

■スーパーから出発

祖父“母さんでも楽勝だったな。次は、私の番だ”

- ③ドライバー自動認識、④表示変更モニタ

母“私は、買い物をしておきますけど、おじいちゃんは運転大丈夫？”

祖父“私に合った案内をしてくれるから大丈夫”

■病院到着

ホームステイの子“コレハ スゴイネ。ボクニモワカルカナ？”

- ⑤マルチランゲージ対応

■病院から出発

兄“帰りはボクが運転するよ、スーパーでお母さんを乗せてから、レストランに寄ろうヨ。帰り道の途中で評判の良いレストランを探そう。”

- ⑥複雑情報の簡単検索

■スーパーから出発

母“荷物はトランクに入れておくわ。”

祖父“熱くなってきたな、皆はどうだ？”

- ⑦空間の目的別ゾーン空調、⑧ゾーン空調・調光

兄“音楽でも聴くか。最新のヒットはと…”

- ⑨前後座席間の音声調整・ゾーンAV

■レストラン到着

母“ペットは同伴できないわ。どうしましょう”

兄“大丈夫、ここでおとなしくしていれば1時間は快適さ！”

- ⑦ペットスペースの空調・除臭

■帰宅

祖父“いやー、快適なドライブだったなあ。足腰の弱った私でも乗り降りが楽しいな”

- ⑩楽チン乗降

以上のことを考慮して、段階的にドライバー適合型インターフェースの提案を行うこととした。

3.2 従来型車載機のユーザビリティ評価結果から

被験者で特に高齢者はほとんど操作できなかったが、進行係が機能名でなく操作すべきボタンを指示したところ、運転シミュレータで運転しながら操作することができた。この結果からの確かな方法を見出せば高齢者にも操作できるインタフェースが可能であり、多くの人に適合するためにはマルチモーダルなインタフェースを用意し人に合わせて提供する必要があるという示唆を受けた。

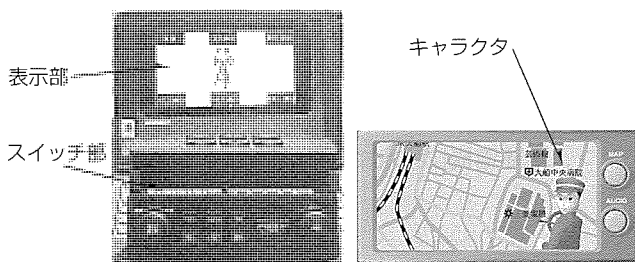
3.3 ドライバー適合型インタフェースの1案として音声対話操作のユーザビリティ評価結果から

図2の試作品(b)は、音声対話を操作方法とし、音声コマンドの自由度を設け、さらに機械との対話に違和感を抱かないようにキャラクタを画面上に表示したものである。操作方法の分からないユーザーでも操作できるように、音声インストラクションを充実させた。定置試験(シングルタスク)とシミュレータ環境下での走行試験(デュアルタスク)を行った(図3)。その結果、このインタフェースの有用性が確認できた。試験としては、シミュレータ環境下で車載機を操作したときのレーンずれ量、操舵角から運転への影響を調査した。その結果、“適合型は既存型に比べて使いやすい”“安全性の点でも、適合型の方が良い”“何度も前方から目を離し視認する必要がある視覚タスクは危険”等の評価を得た。

3.4 ドライバー適合型インタフェースの提案

基本コンセプトと上記ユーザビリティ評価実験結果から以下の提案を行った。

- (1) 操作前の知識支援として習熟度に合わせたインタフェースと情報の提供を行うためユーザーレベルを把握するチュートリアル
- (2) 操作中の操作支援としてキャラクタを使用した的確なガイダンスの提供



(a) 既存型インタフェース (b) 適合型インタフェース試作画面
図2. 評価対象

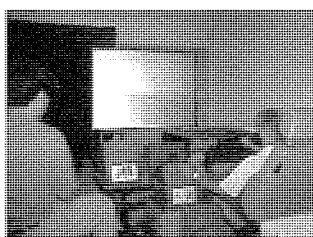


図3. ユーザビリティ評価実験

- (3) HTML画面によるユーザビリティ評価を行い、音声/マニュアル操作とガイダンス/表示の的確な組合せによるマルチモーダルインタフェースの提供

以上の提案したドライバー適合型インタフェースが安全性、快適性に対して有効であることを検証した(図4~図10)。

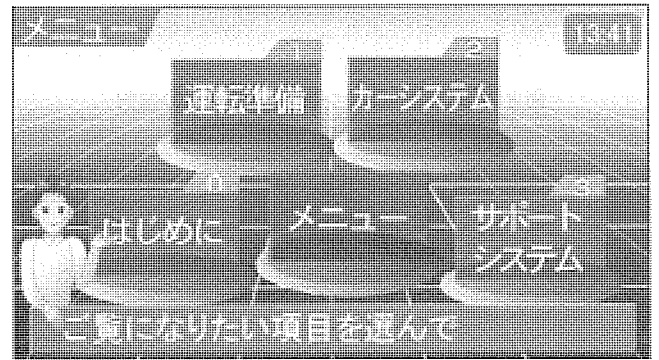


図4. 一覧表メニュー



図5. ユーザーに合わせた表示

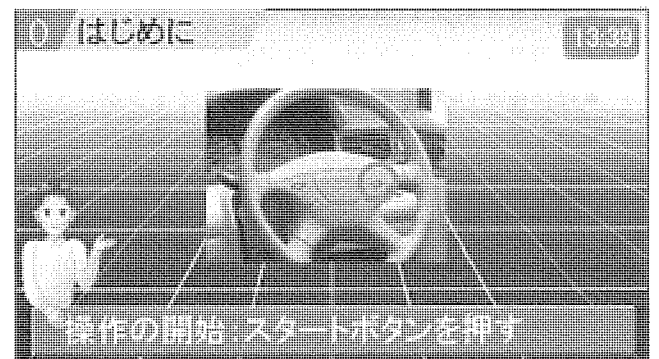


図6. スタート後、ユーザー情報に基づいた音声・表示の提示

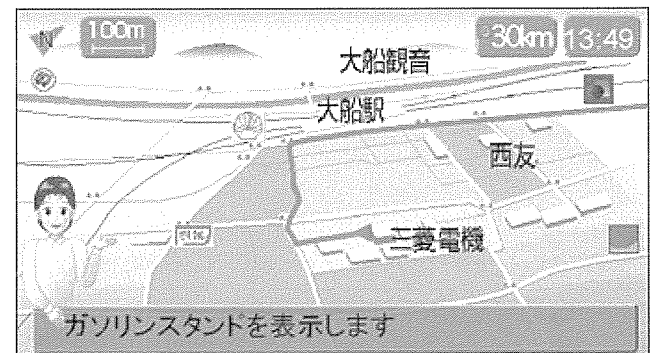


図7. ガソリン残量を警告、付近のスタンドを表示

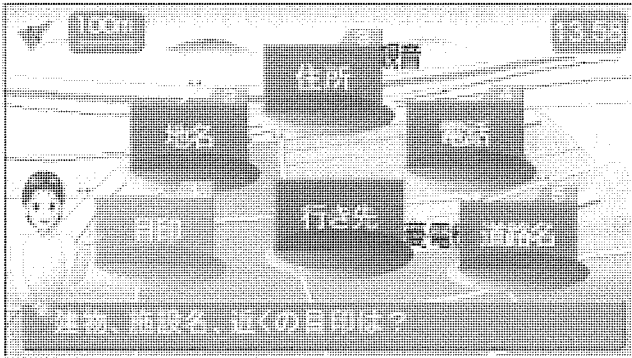


図8. ナビゲーションの目的地設定の選択

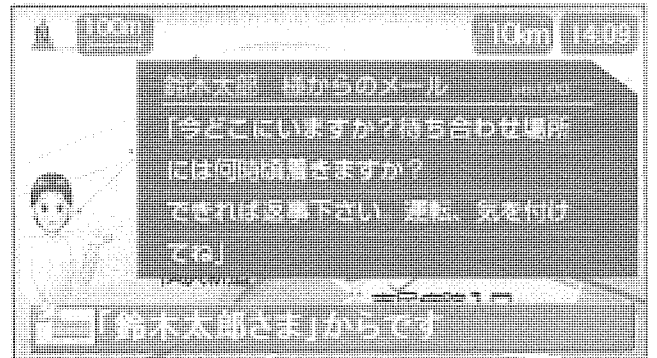


図10. 走行時の安全なメールの送受信

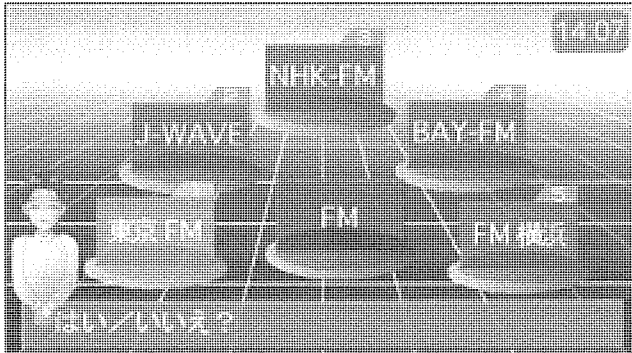


図9. FMラジオ局の選択

コンピュータベースのインタラクティブシステムでは以下の主要な要素が重要である。

- ユニバーサルデザイン(文字サイズ, 字幕)
- キャラクタ(ジェスチャー)
- 音声コマンド(自由度, 絞り込み)
- 確認フィードバック(おうむ返し, YES/NO)
- 音声ガイダンス(きっかけ, 教える, 終わり)
- 一覧性メニュー(拡張, 並び替え)
- 操作履歴(反応時間, 操作回数, タイミング)
- ブックマーク(ショートカット, 自由名称)
- チュートリアル(初期設定, 事前説明)
- 情報管理(状況把握メール通知, 読み上げ)

運転中における視認負荷の軽減など音声認識技術の向上によっては対話式音声によるインタフェースの可能性がることが明確になった。単にガイダンスを提供するのではなく、きっかけ, 教える, 例え, 終わり等のタイミングと

内容が重要である。

自動車のインタフェース開発において、運転中の安全性、だれもが使えるユーザビリティ、遊び心のある楽しさの魅力などの調和によるユーザーの満足度の高い高次元な開発が必要となる。

4. む す び

ヒューマンセンタードデザインの考え方は今後の開発の重要視点であり、自動車においては、ドライバー適合型インタフェースを技術の進展に合わせて提案し実現していきたいと考える。ユーザーの能力、習熟度は千差万別であり、それらユーザーレベルに応じたインタフェースの提供のためには、よりユーザー視点に立ったコンセプトの構築に基づく提案とユーザビリティ評価、人間行動評価による検証を合わせて繰り返し行う必要がある。

最後に、この研究は三菱自動車工業株式会社との共同研究の成果であることをここに付記する。

参 考 文 献

- (1) 黒須正明, 伊東昌子, 時津倫子: ユーザ工学, 共立出版(1999)
- (2) ISO-13407: Human-centred Design Process for Interactive Systems
- (3) 宮地泰造, 大矢富保, 酒寄映子: ユニバーサルデザイン, 三菱電機技報, 73, No.11, 790~793 (1999)

車載ディスプレイ

山川正樹*
清水昌宏**

要旨

従来、自動車にとってディスプレイは特に必要な機器ではなく、単にTVやナビゲーション用の表示装置にすぎなかった。現在、ナビゲーションの普及・拡大によって車載ディスプレイの装着率は高まり、電子制御化された搭載機器の動作状況表示や燃費や平均車速などの自車走行関連情報表示などにも利用されはじめ、車載ディスプレイは自動車にとって必要不可欠な機器となってきている。

ITS(Intelligent Transport Systems)の推進・整備、情報通信インフラの整備・拡充など自動車を取り巻く情報環境は今後更に変化し、関連表示情報は増加の一途をたどる。しかし、自動車にはこれらの表示情報を個別に表示する装置を追加するスペースはなく、安全性の観点からも運転者の視線移動を最小限に抑えられる表示装置が必要とされ、車載ディスプレイは異なるすべての表示情報を一元化表示

可能な装置として更にその重要性を増している。

車載ディスプレイには、安全性の見地からは“運転中の単純情報の高認識表示”，情報検索の利便性からは“停車中の大量情報の高精細表示”という相反する表示特性が求められる、大型化・高精細化など表示デバイスの改善、ヒューマンファクタを考慮に入れた表示画面のグラフィックデザイン、及びそれらを実現するための信号処理回路などの開発が必要である。

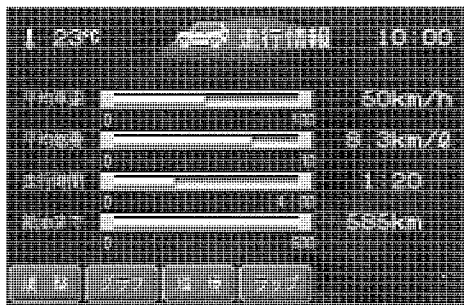
車載ディスプレイは、ナビゲーションシステムと機能分担を行いながら、表示情報の増加に伴う高精細化及びDVDメディアの普及やデジタルTV放送などマルチメディア化への対応を図り、車載情報表示端末の一役を担っていく。



マルチディスプレイ(6.5型)



多重表示システム用ディスプレイ(5.8型)



マルチディスプレイ画面例



多重表示システム画面例

車載ディスプレイ

1990年にCRTを用いた多重表示システムをいち早く製品化した三菱電機は、'97年にナビゲーションのグラフィック機能を使用した多重表示システムを、2000年からはナビゲーションを搭載しない自動車への対応も含めてディスプレイ単独で各種付加情報の表示を可能とした新マルチディスプレイを開発して製品化し、市場投入を図っている。

1. ま え が き

従来は、自動車にとってディスプレイは特に必要な機器ではなく、単にTVやナビゲーション用の表示装置として自動車の装着されるにすぎなかった。

ナビゲーションの普及・拡大によって車載ディスプレイの装着率が高くなった現在では、電子制御化された搭載機器の動作状況表示や燃費や平均車速などの自車走行関連情報表示などにも利用されはじめており、車載ディスプレイは自動車にとって重要な機器となってきた。

本稿では、ITSの推進及び携帯電話などを始めとする情報通信インフラの整備・拡充による情報化やマルチメディア化によって今後ますます重要性の高まる車載ディスプレイに必要とされる機能・性能などについて述べる。

2. 車載ディスプレイと表示情報

2.1 自動車における表示情報と表示装置

自動車における主な表示情報と表示装置との関係を表1に示す。表示情報のコンテンツとしては、①車速、回転速度、各種警告などの自動車の運行・運転に最低限必要な基本的な情報(以下“基本表示情報”という。)と、②上記以外の自動車の運行・運転を快適に行うための付加的な情報(以下“付加表示情報”という。)に大別できる。また、付加

表1. 自動車内における表示情報と表示装置

情報分類	表示情報		表示装置			
	情報内容	情報源	従来	現在	将来	
運転に関する基本情報	車速	車内	-	-	-	
	回転速度					
	燃料					
	温度					
	電圧					
	警告					
	ビーム					
	方向指示					
	シフトポジション					
	積算/トリップ距離					
	コーナーセンサ					
リアビューカメラ(後方監視)	-	-	-			
その他車内情報	エアコン操作/動作状況	車内	-	-	ディスプレイ	
	走行情報(燃費、平均車速ほか)					
	環境情報(高度/方位/外気温)					
	カレンダー/時計/ラップタイム					
ITS情報	AHS	車外	-	-	ディスプレイ	
	走行環境情報					
	危険警告					
	エマージェンシコール	車内				
	ETC	車外				
ナビゲーション	車内	-	-	-		
VICS						
地図表示	車内	-	-	-		
目的地情報						
娯楽(エンターテインメント)情報	TV	車外	-	-	ディスプレイ	
	DVD再生	車内				
	オーディオ	動作状況				車内
		FM多重				車外
	MP3	車内				
	インターネット	WWW				車外
		メール				
電話	車外					

表示情報は、エアコンやオーディオの動作状況などやナビゲーション画像などの自車内の機器からの表示情報と、VICS(Vehicle Information and Communication System)やITS情報など自車外からの表示情報に分類できる。

2.1.1 基本表示情報と表示装置

基本表示情報は、一目で識別・認識が可能な指針式メータ及びランプなどの簡単な表示装置で常に表示されている。これらの情報は、近年のナビゲーションの普及・拡大、今後のITSの推進・整備、情報通信インフラの整備・拡充などの自動車を取り巻く情報環境が変化しても、その情報量/種類は基本的には変化することがない自車内の情報である。これらの表示情報は自動車の運転者が必要とする情報であるので、表示装置も運転者の見やすい正面(インパネ)に集中配置されている。

2.1.2 自車内の付加表示情報

自動車内の機器はそれぞれユニット化され独立で動作が可能である。従来は、これらのユニット間の接続はなく、各機器の操作レバーの位置やLEDなどのインジケータ表示によって各機器単体で個別にその動作状態を表示していた。車載ディスプレイも単にTVやナビゲーション用の表示装置として利用されているのみであった。

最近では車載機器の電子制御化が進み、自動車内の機器間での通信及び制御が可能となっている。三菱電機も1990

年からナビゲーションユニットとオーディオユニット、エアコンユニット等を接続し、各ユニットからの情報をナビゲーションユニットでグラフィック化してディスプレイに表示する多重表示システムを製品化し⁽¹⁾、市場投入している。接続される機器やその通信情報は年々拡大しており、表示情報の内容も年々増加している。

2.1.3 自車外の付加表示情報

自動車外からの情報は、ナビゲーションの普及・拡大、今後のITSの推進・整備、情報通信インフラの整備・拡充など自動車を取り巻く情報環境の変化に伴い、その情報量/種類は次第に増加してきている。今後も、情報通信技術の高度化や通信サービスの拡大により、更に増加/拡大の一途をたどる。

2.1.4 付加表示情報の表示装置

自動車内には増加/拡大する付加表示情報を情報ごとに個別に表示する装置を配置するスペースはない。また、安全性の観点からも運転者の視線移動を最小限に抑えられる表示装置が求められており、

すべての付加表示情報を一元化表示可能な装置が必要とされる。

ディスプレイは、任意画像の表示が可能であり⁽²⁾、異なる表示情報であってもグラフィック化(描画)する機能を備えることで一つの表示画面に合成表示することも可能となるので、現在、付加表示情報の表示装置として用いられている。

2.2 表示装置の装着位置

図1に、自動車内における表示装置と装着位置の動向を示す。

基本表示情報を表示する指針式メータやランプは、従来から運転者の正面のインパネ部分に集中配置されている。

一方、付加表示情報を表示するディスプレイは、従来はインダッシュ又はダッシュボード上に分散配置されていたが、最近では安全性の観点から運転者の視線移動が少なく済むダッシュボード中央上部にセンターディスプレイとして標準装着されるケースも増えてきている。

また、運転者の運転中の視線移動を更に少なくするためにインパネ部分をダッシュボード中央上部に配置した自動車の例もあり、今後はディスプレイとインパネが統合されていくことも十分に考えられる。

3. 車載ディスプレイに必要な機能/性能と当社の取組

以上のように増加/拡大する付加情報を一元表示可能なセンターディスプレイとして、車載ディスプレイに必要な機能/性能と実現のための課題との関係を図2に示す。

3.1 液晶パネル

現在車載ディスプレイに使用されている最も一般的な表示デバイスは液晶パネルである。その装着位置がダッシュボード中央上部となり運転者だけでなく搭乗者全員が見る対象となるため、液晶パネルは直射日光下の視認性、環境特性及び視野角特性などに対する対応が必要である。また、

多彩な情報を表示するためには、液晶パネルの大型化及び高精細化も必要となってくる。

液晶パネルはフラットディスプレイ用の表示デバイスとして上記のような課題に対しても広く技術開発が進められており、液晶パネルメーカーとの協調によって車載ディスプレイに適した液晶パネルの採用を推進している。

3.2 グラフィック描画機能

運転中の運転者に対する情報表示は、安全性の見地からその視認時間の短縮と視認回数の削減が重要視される。最近のナビゲーションシステムで経路の案内を画面表示だけでなく音声による案内も同時に行うのも同様の目的のためである。一方、停車中などに行われる情報検索は、一度に大量情報を確認できる高精細表示が必要とされる。

このように車載ディスプレイには“運転中の単純情報の高認識表示”と“停車中の大量情報の高精細表示”という相反する表示特性の実現が必要であり、以下のように対応

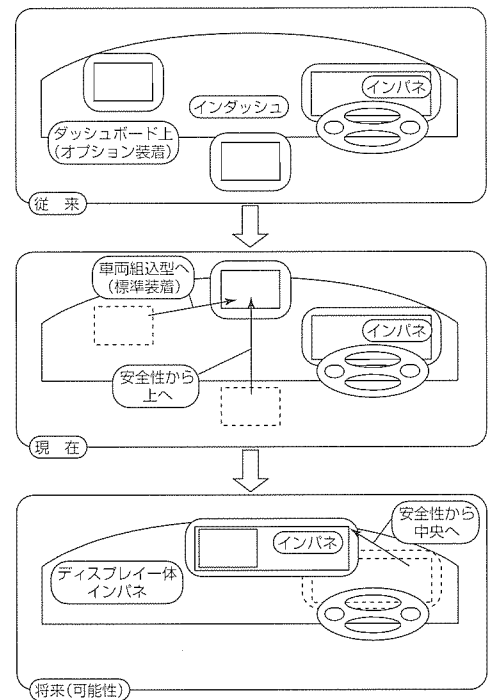


図1. 自動車における表示装置と装着位置

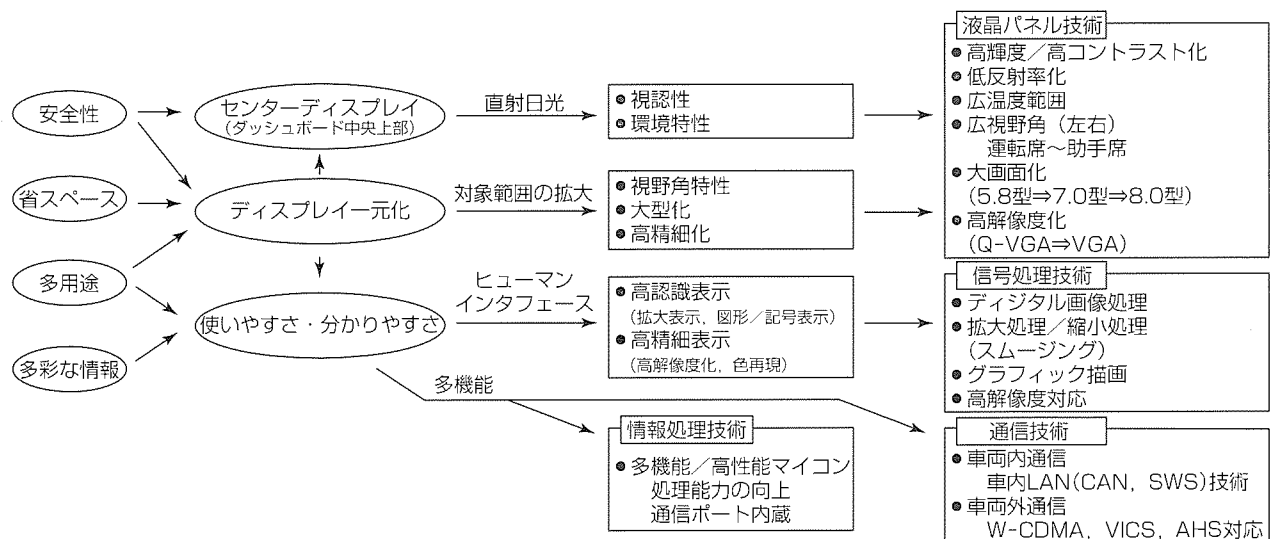


図2. 車載ディスプレイに求められる機能/性能と実現のための課題

を進めている。

3.2.1 ヒューマンインタフェースデザイン

必要な情報を得るためには視線移動も含めて最低でも0.7秒程度の視認時間が必要とされ⁽³⁾、視認時間が2秒以上かかると半数以上の人不安を感じる⁽³⁾ので、実際の運転者は1回当たりの視認時間を長くするのではなく、視認回数を増やすことで対応している⁽³⁾。また、表示情報の表示色によってもその視認性に違いが生じている⁽⁴⁾。

したがって、運転者が一目で認識ができるような拡大表示や単純な図形／記号表示などの高認識表示デザインや、運転中の様々に変化する周囲の環境変化への対応(例えば、ディスプレイ周囲照度に対する適正な表示輝度、コントラスト、表示色など)など、ヒューマンファクタを考慮に入れた表示画面のグラフィックデザインを目指している。

3.2.2 デジタル信号処理回路

様々な情報を一元表示するためには画面の合成や重ね合わせなどを行う必要があり、増加／拡大する付加情報はすべてデジタルデータであり、拡大表示や単純な図形／記号表示などの高認識表示機能を含めた信号処理を行うためには信号処理回路のデジタル化が前提となる。

図3は、デジタル信号処理回路による文字の高精細表示とスムージング拡大表示の例を示した図である。デジタルフィルタ技術を用いることで、特に斜め線部分を滑らかに表示することが可能となる。このようにデジタル信号処理回路では液晶パネルの1画素単位での拡大／縮小などのグラフィック制御が可能となるので、前述の相反する表示特性の両立が実現可能である。

3.3 情報通信及び情報処理機能

自車内の各種表示情報を入手／表示するためには情報通信機能が不可欠である。自動車内の情報通信については、既に一部の自動車ではCAN(Controller Area Network)が採用されはじめている。また、数年前からSAE(Society of Automotive Engineers)によるIDB(ITS Data Bus)の検討が開始されるなど車内LANの標準化も検討されており、当社も車内LANの動向を注視しながら対応を図っていく予定である。

情報インフラの進歩に伴い、表示情報はますます増加／拡大していく。しかし、安全上の問題もあり、状況に応じた表示情報の選別が重要であり、ユーザーにとって必要な情報を必要な状況時に的確に提供できるシステムの構築を進めていく予定である。

4. 将来動向

携帯電話を始めとする情報通信インフラの整備・拡充により、自動車における情報通信環境も既に現実的なものとなっている。今後は、ディスプレイへの最適表示方法や操作方法(入力手段)の最適化を図った車載情報表示端末の開

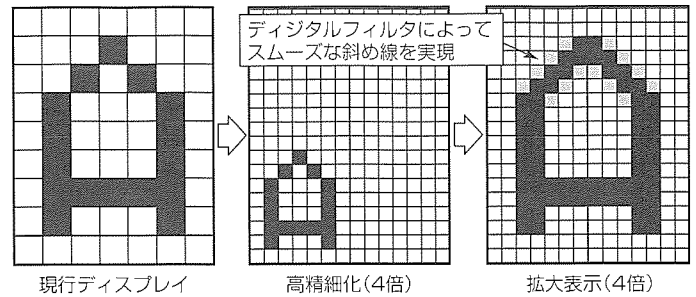


図3. 高精細表示とスムージング拡大表示

発が必要とされている。

車載ディスプレイは、ナビゲーションシステムと機能分担を行いながら、表示情報の増加に伴う高精細化及びDVDメディアの普及やデジタルTV放送などマルチメディア化への対応を図り、車載情報表示端末の一役を担っていく。

5. むすび

当社は、1990年にCRTを用いた多重表示システムをいち早く製品化し市場投入した。その後、ナビゲーションのグラフィック機能を使用して5.8型サイズのLCDに多重表示するシステムを開発し、'99年からは7.0型サイズの大型ディスプレイを採用したシステムも製品化し、市場に投入している。

さらに、2000年からはナビゲーションを搭載しない自動車への対応も含めてディスプレイ単独で各種付加情報の表示を可能とした新マルチディスプレイも製品化し、市場投入を図っている。

快適性、利便性及び安全性の高い車載情報表示システムを目指して、自動車における情報化やマルチメディア化の状況をにらみながら、ますます多様化していくナビゲーションシステムやITSへのスムーズな対応を図り、最適な車載ディスプレイを提案・開発し、今後も製品化していく予定である。

参考文献

- (1) 横内一浩, 井出野宏昭, 太田正子: 車載ナビゲーションシステム, 三菱電機技報, 73, No.10, 709~713 (1999)
- (2) 広田幸嗣, 深野純一: 最近の自動車用ディスプレイの動向とそのヒューマンインターフェイス, JAPAN DISPLAY '92, S20 (1992)
- (3) 坂口靖雄, 中野倫明, 山本 新: 自動車ディスプレイにおける視認性評価とその応用, テレビジョン学会誌, 50, No.11, 1760~1767 (1996)
- (4) 原田 雅, 河田賢治, 松本直樹: 視覚機能測定による車載情報ディスプレイの視認性評価, ITE'98, 13-4, 181~182 (1998)

山崎秀典*
野木和行**
岩崎知弘***

カーナビゲーションの音声インタフェース技術

要旨

車の運転中はハンドル操作や走行方向注視が必要なため、目と手が離せず、複雑な機器操作が困難である。このような場合の利用者の身体的・心理的負荷を軽減するヒューマンインタフェースとして、音声認識と音声合成を用いた音声インタフェースが注目されている。

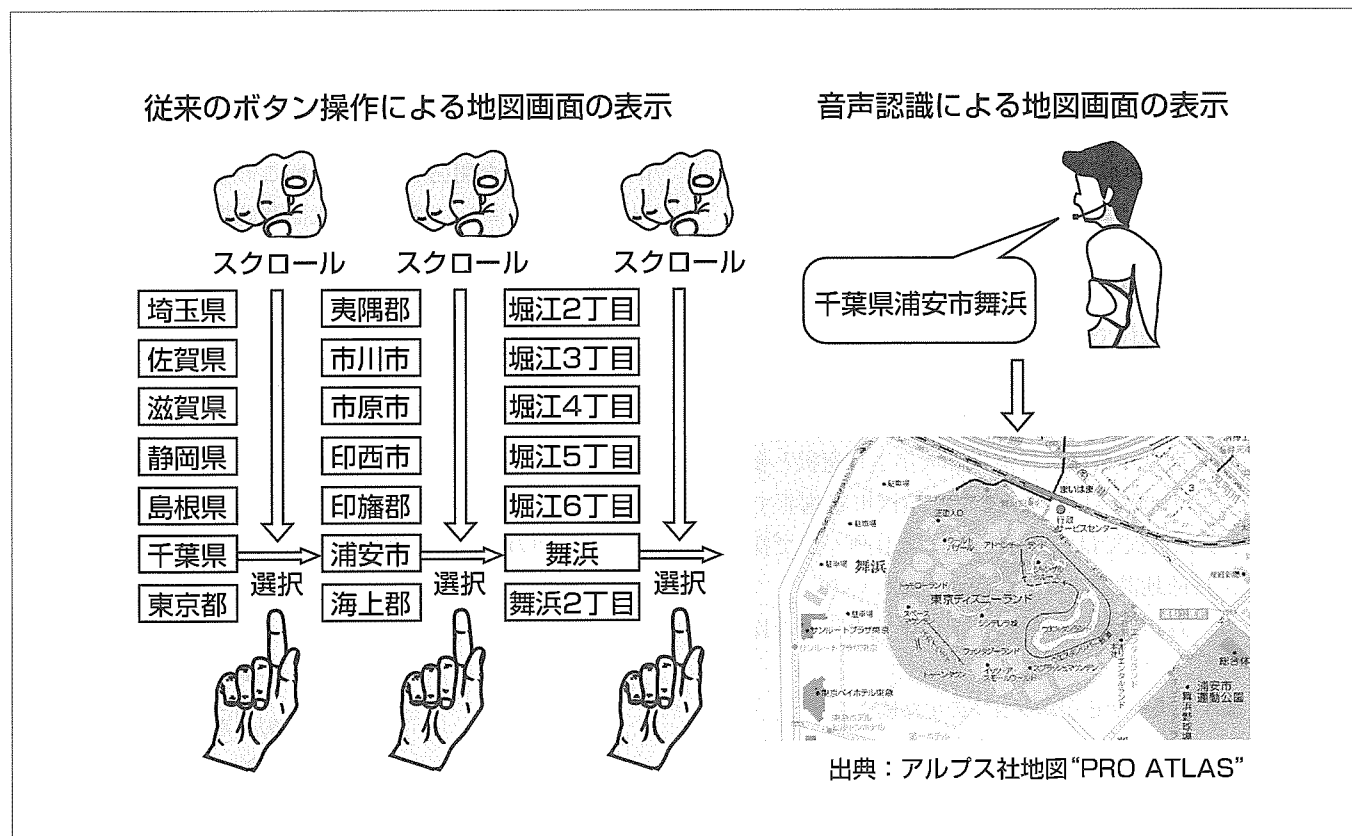
車載情報機器の中核的存在であるカーナビゲーションは、多機能化が著しく、操作が複雑化する傾向にある。また、交通状況の変化に応じて経路や表示方法の変更などが必要になる場合も多く、音声認識によってこれらの操作を簡単に行えるようにしてカーナビゲーションの利便性を向上させることが期待される。

また、音声合成は、運転に支障を与えることなく画面表示とは別に情報を得る手段であり、今後の車の情報化に向

け、車外から取得した道路情報や通信内容などを対話的に授受する手段として有用性が期待されている。

三菱電機は20年にわたって多くの音声認識応答製品を開発してきたが、カーナビゲーションに向けては、経路設定を目的とした大語い(彙)認識と走行車室内での耐雑音性能を満たす音声認識方式を開発した。この方式により、17万地名からの一括選択が可能となり、高速走行下でも実用レベルの認識性能を実現している。

今回、これらの技術をカーナビゲーション内蔵のCPU(32ビットマイコン)で実行するソフトウェアとして実現し、カーナビゲーションの操作性向上、走行車室内での音声操作を実現した。



カーナビゲーションの住所検索による地図呼出し操作

カーナビゲーションの目的地設定などで行う地図画面検索は、従来、最大数千件の中からスクロールして選択する操作を繰り返す必要があった。音声認識を使用した操作によれば、1回の発声を行うことによって地図画面検索ができるので操作性が向上する。そのために必要な技術は、全国の17万件以上の住所の大語彙認識である。

1. ま え が き

カーナビゲーションの日本市場は1999年単年度で130万台、2003年には240万台の市場に成長すると予想される。カーナビゲーションは、ITSの開発分野で最も実用化が進んだ分野であり、現在、車の情報化の中核として、車載情報システムのプラットフォーム(車載情報ステーション)に発展しつつある。このため、カーナビゲーションは多機能化され操作も複雑化しており、特に走行中はリモコンと画面表示による制御では操作によるユーザーの負荷が増大する傾向にある。このために、カーナビゲーションの制御と情報取得の手段として、音声認識と音声合成を用いた音声インタフェースが注目されつつある。さらに、'99年10月に道路交通法でカーナビゲーション画面の注視が禁止されるなど、走行中の安全面の配慮からも音声インタフェースへの要求が高まっている。

このような動向に対応し、三菱電機は、'80年代において音声認識によるオーディオ機器操作を始め、カーナビゲーションでは業界に先駆けて導入した音声合成による進行状況案内音声など音声インタフェースに取り組んできた。さらに今回、大語彙認識を実現し、目的地検索に優れたカーナビゲーションの音声インタフェースを実現した。

本稿では、特に音声認識に重点を置き、音声インタフェースについて述べる。

2. カーナビゲーション操作への音声認識の適用

2.1 カーナビゲーション操作

近年、カーナビゲーションにおいては多機能化が進み、表1に示す多くの機能を備えるに至っている。

これらの操作をワイヤレスリモコンなどのボタン操作で行う場合、数回の操作で済む機能もあるが、経路誘導の目的地を設定する操作は複雑であり、住所検索から目的地を設定する場合、メニュー画面表示→“検索”選択→“住所”選択→都道府県選択→市区町村選択→大字丁目選択と多くの階層を経なければならない。また、市区町村選択では200件、大字丁目選択では2,000件を超える住所を目で探す必要があり、目的地設定には時間がかかっていた。

したがって、音声認識を、特に上記のような複雑な操作

表1. カーナビゲーションの主な操作

機能	主な機能
地図表示	現在地表示, 縮尺変更, 地図向き変更 立体視角度変更, 2画面/1画面変更
経路誘導	ルート探索, 再探索, オートリルート, う(迂)回探索 ルート確認, ルート情報表示, 音声案内など
地図検索	住所検索, 施設検索, 電話番号検索, 郵便番号検索, 周辺施設表示
登録	地点登録, 登録名入力, 登録地呼出し, 登録消去
その他	GPS受信状況表示, 距離補正

に替わり、1回の発声で目的の項目を選択する操作手段とすることが望まれる。例えば“都道府県～大字丁目”の選択を1回で発声し認識させるものである。

2.2 音声認識の必要条件

上記も含めて、カーナビゲーション操作に適用する音声認識には下記が仕様として要求される。

(1) 不特定話者認識

使用者を特定しないという利点を持ち、10万語以上の大語彙認識辞書に対しても認識語を登録する際にテキストデータを基に認識辞書を生成可能な不特定話者認識が必ず(須)である。

(2) 大語彙認識

目的地設定における地図検索において、日本全国で例えば“都道府県, 市区町村, 大字丁目”では語彙数17万件を認識する必要がある。

(3) 騒音環境下の認識率確保

走行中の車室内にはエンジン騒音、風切り音、ロードノイズ等の騒音が存在し、このような環境下で高い認識性能を確保する必要がある。100km/h定常走行時の認識率が90%以上であることが実用上の目安となる。

3. 音声認識方式

当社は20年にわたり音声認識装置の開発を行ってきたが、'95年に、電話回線を通して入力した音声を認識して応答する上記(1)の条件を満たす電話音声認識応答装置MELAVIS(Mitsubishi ELectric Automatic Voice Interactive System)を開発した⁽¹⁾。今回この技術を発展させてカーナビゲーションに適用し、大語彙認識による住所検索、走行車室内という騒音環境下における認識性能の確保を実現した。

3.1 不特定話者認識

カーナビゲーションの音声認識機能に要求される仕様を満たす機能ブロックの構成を図1に示す。音声データは信号処理ブロックにおいて騒音対策処理を行い、音声のレベルの変化を検出することによって音声区間を特定する。

音声区間の音声データは特徴抽出ブロックにおいて音響的特徴量に変換され、モデル照合ブロックに送られる。モ

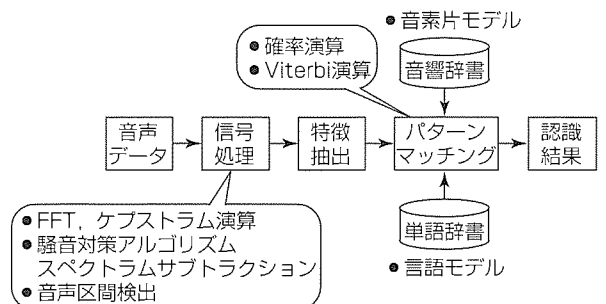


図1. 音声認識システムの機能ブロックの構成

デル照合ブロックでは音素片を基本単位とする隠れマルコフモデルによって認識処理を行う⁽²⁾。音素片とは当社が独自に開発した音素よりも細かい音声の基本単位である。認識処理は、音素片の音響的特徴を記憶している音響辞書と認識対象の単語や構文情報を記憶している単語辞書を参照して行う。音響辞書には不特定話者に対応する音響的特徴量が含まれている。この音響特徴量には自動車の走行騒音が重畳されるとともに騒音に影響されない音素片の継続時間がモデル化されており、騒音下で高い認識性能を得ることが可能である。単語辞書はかな文字指定で認識対象語彙を指定できるため、住所や施設名のデータベースから自動生成することが可能である。

3.2 大語彙認識における探索法

目的地設定のための住所選択では約17万地名という大規模な認識を限定されたメモリ量で行う必要がある。また、連続発声を容易にするために任意の位置での発声休止を許す必要がある。このため、当社は、連続単語認識技術を用いて大語彙認識を実現している。

住所の単語辞書は、都道府県や市区町村で構造化した図2に示す木構造のネットワークで実現している。さらに、特定の県の市、特定の市の町などの単位ごとに、サブネットワークに分割し個々に圧縮して記憶している。認識時には発声に応じて必要なサブネットワークを読み出し、前後の単語の音素の並びを考慮して音響辞書の中から適切な音素片モデルを選択しながら1音節ずつメモリを確保して認識を行う。この時、単語の間には自動的に無音モデルも挿入することによって発声休止を吸収している。

例えば“神奈川県鎌倉市大船”の発声に対しては、認識の途中で神奈川県の認識スコアが高くなった時に神奈川県内の市名のサブネットワークを読み出し、さらに鎌倉市の認識スコアが高くなった時に鎌倉市内の町名の入ったサブネットワークを参照する。このように認識を行う場合、全体の約0.2%のサブネットワークのみを参照するだけで日本全国の住所の認識を可能とし、使用メモリ量を大幅に削減している。また、動的にネットワークのリンク指定を変え、任意の位置から発声を開始することも可能である。

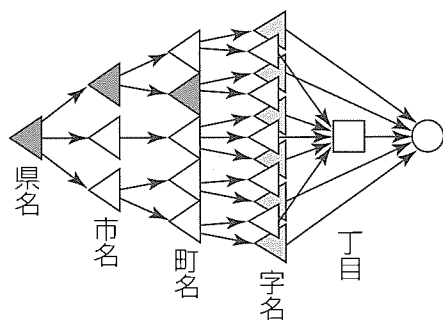


図2. 木構造ネットワークの単語辞書

3.3 騒音対策

騒音対策として行っている処理のブロック図を図3に示す。まず、指向性の高い音声マイクと低域成分をカットするフィルタリングによって騒音(Noise)パワーに対する音声(Signal)パワーであるS/Nを向上する。続いてノイズレベルの変動をモニタしながらS/Nに応じて音声区間検出のパラメータを最適化し、発話スイッチ押下後に更に正確な音声区間検出を行う。発声直前の定常騒音を記憶しておき、発声から騒音成分を引き去るスペクトラムサブトラクション法⁽⁴⁾を改良した技術によって定常騒音への耐性を高めている。以上のような騒音対策により、高速走行下の車内において実用レベルの音声認識を可能としている。

マイクロホン1入力のスペクトラムサブトラクション法を用いた場合の騒音対策効果を図4に示す。

スペクトラムサブトラクション処理がない場合はS/Nの低下に従って認識率が著しく低下するが、同処理がある場合は認識率の低下は少なく、100km/hで走行中のセダン車室内に相当するS/Nが0~10dBにおいて90%以上の認識性能を得ている。

さらに、音声マイクと併用して騒音マイクを使用する2入力スペクトラムサブトラクション法により、非定常騒音への耐性を高めることも可能である⁽⁵⁾。

4. ハードウェア構成

上記のカーナビゲーションの音声認識機能を実現するハードウェア構成を述べる。図5にこのブロック図を示す。音声入力系は、マイクロホン、帯域制限フィルタ、マイクアンプ、A/Dコンバータで構成される。音声合成音は、D/Aコンバータ、パワーアンプ、スピーカーを通して出

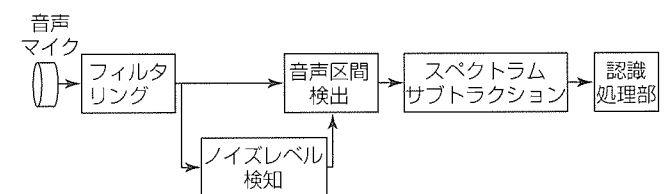


図3. 騒音対策処理のブロック構成

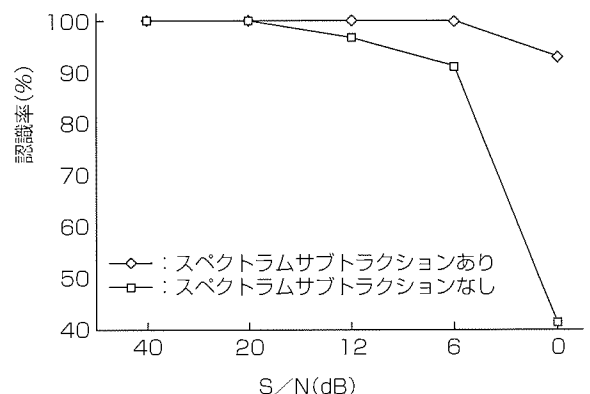


図4. スペクトラムサブトラクションの効果

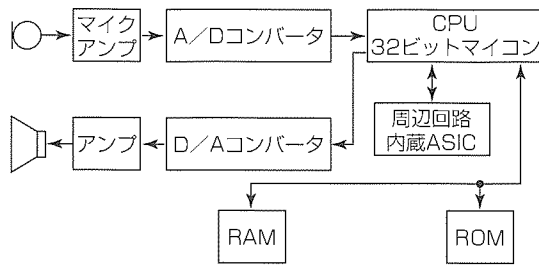


図5. カーナビゲーション用音声認識システムの構成

力される。また、認識処理を実行するCPUに発話開始を通知する発話スイッチを設ける。これは、発話スイッチの押下後に発声することにより、確実に音声区間を検出するためのものである。

音声認識処理はすべてCPU(32ビットマイコン)の上でソフトウェアで実現される。CPUのワークエリアであるRAM、音声認識プログラムや認識単語辞書データを格納するROM、及び周辺回路を内蔵するASICなどの構成要素が必要である。CPUやメモリはカーナビゲーション本体のものと共用化することにより、音声認識専用のカーナビゲーションの別体オプション機よりもハードウェア規模とコストを縮小することができる。

5. 将来動向

音声認識の技術動向として、発声の自由度の向上と認識性能の更なる向上とが挙げられる。発声の自由度向上の方策としては、限定されたメモリ量で文レベルでの認識を実現する言語モデルの実現や、言語モデルから逸脱した発声から特定のキーワードを抽出して次の対話に誘導するワードスポッティング法への期待が高い⁽⁶⁾。また、万人に対し安定した認識性能を確保する認識性能向上の方策としては、音声認識の使用経過に応じて少数の発声から話者の声質を学習し、音響辞書に話者特有の変形を加えて認識率を高める話者適応技術も必要とされている⁽⁷⁾。

一方、カーナビゲーション以外の車載機器に向けても音声インタフェースの適用が進むと思われる。その適用分野、実現機能、及びその技術内容を表2に示す。

車載パソコンとしては電子メール文の作成などのディクテーション機能、対話によるデータベース検索が挙げられる。操作が煩わしい発話スイッチの廃止も望まれている。また、現在は発話スイッチと連動してオーディオ再生音をミュートするが、エコーキャンセラ技術の適用によってオーディオ再生中の音声操作も期待される。

装備系の音声操作に関しては、コマンドは数十語と少ないが、特に高い認識率が必要とされる。さらに、今後欧米

表2. 今後の音声認識の車載適用分野と技術動向

適用分野	実現機能	必要な技術
車載パソコン	電子メールの入力など	ディクテーション
	対話によるデータベース検索	自由発話対応音響辞書、言語モデル
	発話スイッチの廃止	スポッティング
オーディオ	音楽再生中の音声入力	エコーキャンセラ
装備系 (エアコンなど)	機能の音声操作	高信頼度認識
海外向け機器	外国語への対応	多言語対応音声認識、音声合成

に向けたカーナビゲーションの出荷台数が拡大するものと予想され、音声認識、音声合成の多言語化が必要である。

6. むすび

ITSの本格化に伴い車載機器はますます高機能化し、ユーザーインタフェースの重要性は増大していくものと予想される。今後、車の特質に合致した快適性・安全性・利便性を向上させるマンマシン系として音声インタフェースの高度化に取り組み、ユーザーの要求にこたえるシステムを製品化していく所存である。

参考文献

- (1) 青木芳秀, 岩崎知弘, 大川裕利, 村澤 靖, 川口隆司: 三菱音声認識装置“MELAVIS”, 三菱電機技報, 69, No.11, 1010~1015 (1995)
- (2) 岩崎知弘, 中島邦男: 音素片HMMを用いた不特定話者連続音声認識システム, 日本音響学会平成4年度春季研究発表会講演論文集, 1-P-7, 117~118 (1992)
- (3) Iwasaki, T., Abe, Y.: A Memory Management Method for a Large Word Network, Proc. Euro Speech97, 171~174 (1997)
- (4) Boll, S. F.: Suppression of Acoustic Noise in Speech using Spectrum Subtraction, ASSP-27, 113~120 (1979)
- (5) 成田知宏, 鈴木 忠, 中島邦男: VQ写像を用いた2入力SSによる非定常騒音下の音声認識, 2000年度電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-14-25, 194 (2000)
- (6) 花沢俊行, 中島邦男: 音声認識における冗長語発声への対処法の検討, 日本音響学会平成5年度秋季研究発表会講演論文集, 3-7-3, 107~108 (1993)
- (7) Ishii, J., Tonomura, M.: Speaker Normalization and Adaptation based on Linear Transformation, Proc. ICASSP 97, 1055~1058 (1997)

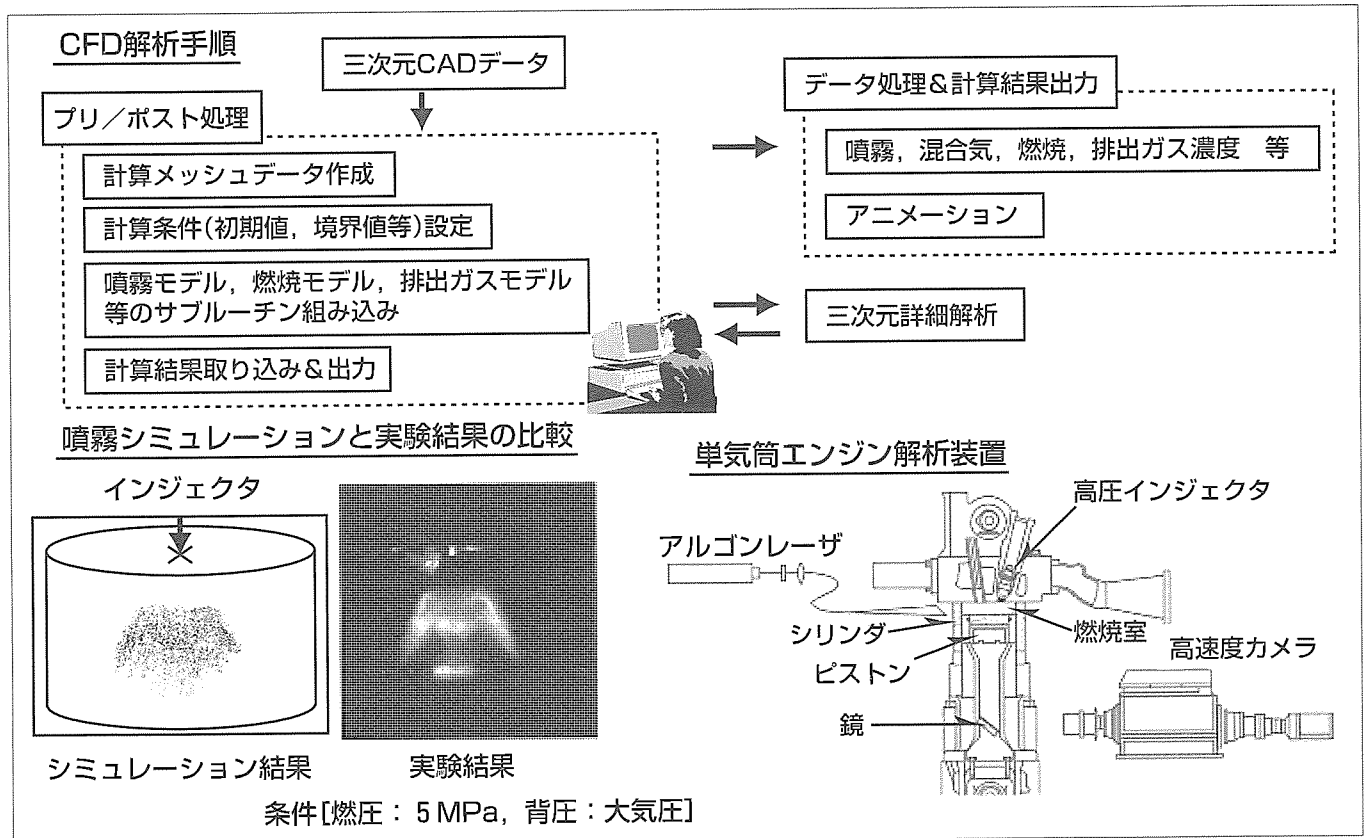
片柴秀昭*
 西山亮治**
 川尻和彦***

筒内噴射システム開発へのCFD技術適用

要旨

自動車から排出されるCO₂の削減と燃費向上を実現する環境エンジンとして、筒内直接噴射型ガソリンエンジンが、広く市場に展開され好評を得ている。従来のエンジンは、0.2MPa程度の燃圧で吸気ポートへ燃料が噴射されていた。これに対し、筒内直接噴射型のガソリンエンジンは、筒内に形成される流動が縦渦型と横渦型に大別され、5MPa以上の高い燃圧で筒内へ直接噴射された燃料が層状となり点火プラグへ搬送され、効率の良い燃焼を実現している。この筒内で発生する複雑な現象を近年進歩の著しいCFD (Computational Fluid Dynamics) 解析技術によってシミュレーションを行い、基本仕様に関する影響度の把握と設計検討を行うことが筒内噴射システム最適化の観点から重要である。このエンジンの主要コンポーネント(高圧インジェクタ、高圧燃料ポンプ、電子スロットル、コンピュータユニットなど)を供給する三菱電機は、顧客エンジンに対し、各種要求に応じて迅速に筒内現象の把握と課題の解決を行うCFD解析環境とその技術を保有している。

本稿では、このCFDシミュレーション技術の全容と適用事例、手法開発の過程で実施した基礎試験結果について述べる。



筒内噴射システム開発へのCFD技術適用

CFD解析手順と、噴霧成長挙動を予測するシミュレーション出力と観察結果の比較例、そして実機を模擬した状態で筒内現象をレーザーと高速カメラで可視化する単気筒エンジン解析装置を示す。

1. ま え が き

ガソリンエンジンの低燃費化、有害排出ガス成分の低減を実現するには、制御対象であるエンジンの燃焼室内で発生する様々な現象(ガス流動、燃料挙動、着火・火炎伝搬など)を把握し、制御装置とそのコンポーネントの仕様へ反映し最適化することが不可欠である。筒内直接噴射型のガソリンエンジンは、筒内に形成される流動が縦渦型と横渦型に大別され、筒内へ5MPa以上の燃圧で直接噴射された燃料が層状となり点火プラグへ搬送される形で混合気が形成される。従来の吸気ポートへ噴射される形態のエンジンと異なり、筒内で発生する各現象が複雑に絡み合っている。この筒内現象を実機状態で可視化することには各種制約があり、近年進歩の著しいCFD解析技術によってシミュレーションを行い、基本要件に関する影響度の把握と設計検討を行うことが重要である。

本稿では、このCFDシミュレーション手法の全容と適用事例、手法開発の過程で実施した基礎試験結果について述べる。

2. 混合気形成シミュレーション

2.1 噴霧モデルと定容器噴霧

筒内に直接噴射された燃料の挙動は混合気形成を支配する大きな要因の一つであり、混合気形成を計算するため、燃料の噴霧挙動を精度良く計算できる噴霧モデルの開発が必要となる。数値解析においては、ガス流動は、圧縮性流体の質量、運動量及びエネルギーの保存式を有限体積法で解くことによって求め、乱流モデルには標準k-εモデルを使用した。噴霧燃料の挙動は、分散液滴モデルに基づき、液滴の分裂⁽¹⁾、合体⁽²⁾及び蒸発を考慮して計算した。噴霧初期条件は、インジェクタ仕様から初期の噴射速度、噴射角度、粒径などをプランジャ動作の関数として与え、種々の実験結果との比較からこれらに補正を加えた。燃料のガソリンはC₈H₁₈で仮定し、その物性値を用いた。なお、初期の粒径分布には、抜山・棚澤の分布関数⁽³⁾を仮定した。

図1に、大気中に噴霧した場合の噴霧成長挙動を、開発した噴霧モデルによるシミュレーション結果と実験結果とを比較して示す。実験結果は、シート状のArレーザ光によって噴霧断面を可視化し、光増倍機能付き高速度カメラで撮影した像を示している。シミュレーション結果は噴霧の全体像を示している。この図から、開発した噴霧モデルによって噴霧成長挙動がよく再現されていることが分かる。

図2に噴霧到達距離及び噴霧角の実験結果とシミュレーション結果との比較を示す。噴霧到達距離も噴霧角も、両者はよく一致していることが分かる。また、噴霧後のザウター平均粒径についても両者はよく一致していることを確

認した。

2.2 旋回流中への噴霧

開発した噴霧モデルのエンジン解析への適用可能性とガス流動が噴霧液滴の挙動に及ぼす影響を調べるため、エンジン筒内の横渦を模擬し旋回流を形成した定容器内への燃料の噴霧挙動についてシミュレーションと可視化実験を行った。

図3の(a)(b)に実験装置の外観と計算モデルを示す。底部に設置した回転する“はね”により、高さ124mm、直径90mmの円筒容器内に旋回流が形成される。実験は、加圧

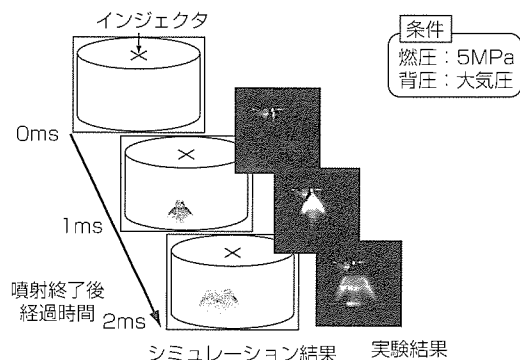


図1. 噴霧成長挙動の計算結果と実験結果の比較

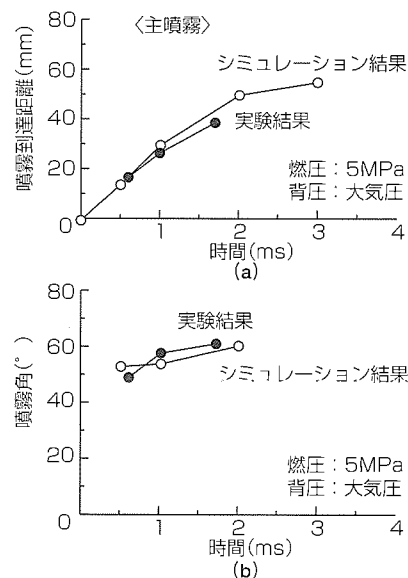


図2. 噴霧到達距離と噴霧角

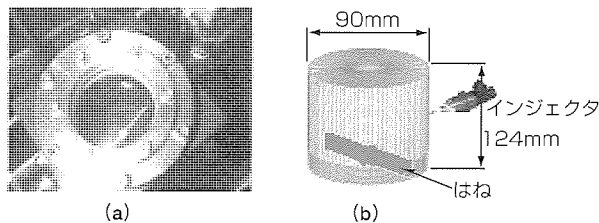


図3. 定容器実験装置と計算モデル

下(0.34MPa)で行い、上から約50mmの位置で中心方向に燃料を噴霧した。作動ガスには窒素を用いた。

図4に噴霧水平断面をシート状レーザー光によって可視化した像とシミュレーション結果との比較を、図5に噴霧重心位置の軌跡をそれぞれ示す。旋回流中に噴霧された燃料粒子は、噴霧直後は粒子自身の大きな運動量のため初期の噴霧形状を保ち中心に向かって進む。その後、噴霧は滞留しはじめ、その挙動は旋回流動に支配されるようになり、噴霧粒子はガスの流動によって搬送される。シミュレーション結果は、実験結果とよく一致していることが分かる。

2.3 筒内混合気形成

筒内の混合気形成現象をシミュレーションによって可視化して把握し定量的に評価することが、燃料噴射システムの最適設計には重要となる。成層燃焼の運転モードでは、ピストン頂面に設けたキャビティを利用して可燃混合気をコンパクトにまとめて点火プラグ近傍に搬送し、点火、燃焼させる必要がある。ここでは、エンジンの主要コンポーネントの一つであるインジェクタからの燃料噴霧の噴霧角が筒内の混合気形成に及ぼす影響について解析した。

図6に解析対象の筒内直接噴射型エンジンの概略構成を示す。インジェクタは二つの吸気ポートの間に設置され、燃料はピストン頂面に偏心して設けられたキャビティに向け斜めに噴射される。点火プラグはシリンダ頂上中央部に設置されている。初期の噴霧角が50°、60°、70°の3種類

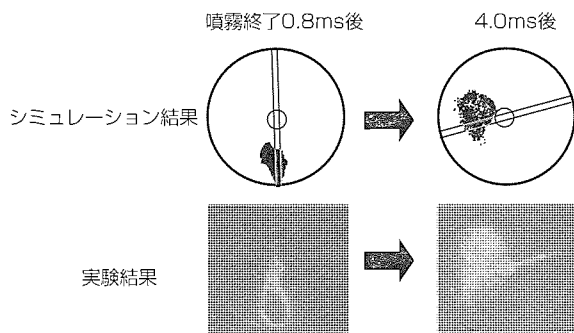


図4. 噴霧挙動

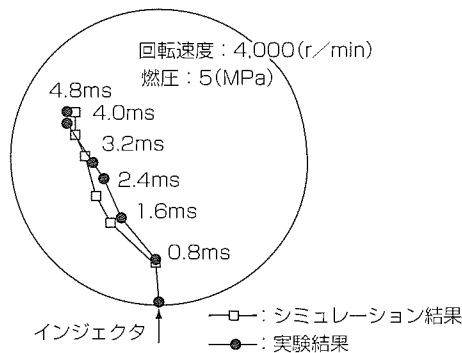


図5. 噴霧重心位置の軌跡

について計算を行い、点火プラグ近傍のA/F(Air Fuel Ratio)と噴霧挙動を比較した。図7に点火プラグ近傍でのA/Fへの噴霧角の影響と、図8に噴霧挙動をそれぞれ示す。図7から、噴霧角60°と70°の場合、点火プラグ近傍のA/Fは、点火時期である30°BTDC(Before Top Dead Center)から20°BTDCでおおよそ理論A/F(約14.7)となる。しかしながら、噴霧角70°の場合には、噴霧の広がりが大きいため、全体的にキャビティからはみ出し、壁面に付着する燃料が多くなっているため、未燃燃料の排出が多くなると推定される。噴霧角が小さい50°の場合には、噴霧粒子の多くがピストン頂面へ衝突後キャビティからあふれ出し、最適なA/F値が得られる期間が短い。

以上のように、噴霧挙動や混合気の分布をシミュレーションによって予測することで、噴霧特性等の最適設計が可能となった。

3. 燃焼シミュレーション

最後に、筒内の複雑な燃焼現象の詳細を可視化評価するため開発した燃焼シミュレーションと計算結果の一例を示

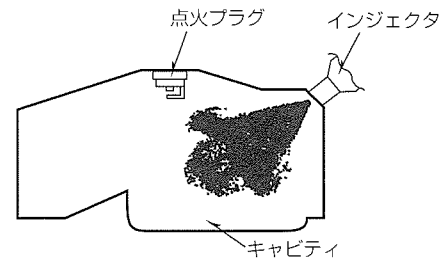


図6. 解析対象の筒内直接噴射型エンジン燃焼室

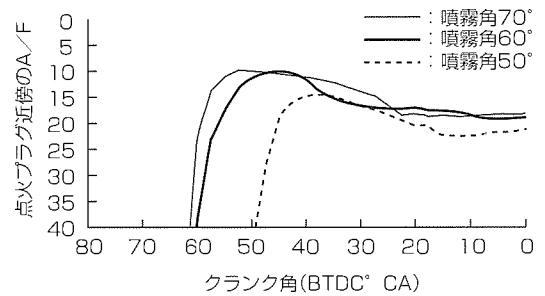


図7. 点火プラグ近傍のA/Fへの噴霧角の影響

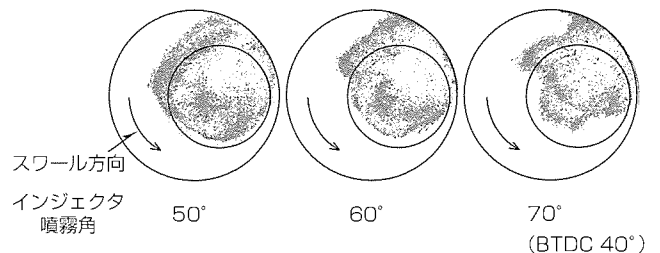


図8. 噴霧燃料の燃焼室内挙動

す。この燃焼シミュレーション技術は、長年当社で培ってきたファンヒーターや燃焼炉などの燃焼解析技術⁽⁴⁾をベースに開発した。燃焼反応は1段不可逆反応で仮定した。燃焼モデルには可燃混合気中を薄い火炎面が進展して燃焼が進むとした火炎面積進展モデルを用いた。平均火炎面の進展速度 ω は乱流燃焼速度 S_t と未燃燃料質量分率 m_u の空間勾配に比例するとして次式で与えられる⁽⁵⁾。

$$\omega = C_r \rho_u S_t |\nabla m_u| \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$S_t / S_u = 1 + C_s u' / S_u \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 ρ_u は未燃ガスの密度、 S_u は層流燃焼速度、 u' は乱れ強度、 C_r と C_s は定数である。さらに、未燃燃料と窒素酸化物(NO_x)の排出を予測するため、壁面近傍での火炎冷却による消炎を考えた壁面消炎モデルと拡大ゼルドビッチ(Zeldovich)機構による NO_x モデルを組み込んだ。

図9に、均質燃焼における筒内の火炎伝搬挙動のシミュレーション結果と実験結果との比較を示す。実験は、要旨のページに示したピストン上面とシリンダライナの一部を石英ガラス製とした単気筒可視化エンジンを用い、筒内現象を光増倍機能付き高速度カメラによって可視化した。シミュレーション結果は、実験の可視化領域に対応し、マスクを施して表示した。計算では、燃焼モデルのモデル定数を適当に調整することにより、図に示すように実験による火炎伝搬挙動を非常によく再現することが可能となった。

次に、開発した燃焼モデルを成層燃焼の解析に適用した場合について、図10と図11に筒内指圧と燃焼割合のシミュレーション結果と実験結果の比較をそれぞれ示す。シミュレーションで計算された筒内圧最大値は実験結果よりも数%高くなっているものの、全体的な筒内指圧及び燃焼割合のシミュレーション結果は、実験結果とよく一致している。このように、開発した燃焼モデルを筒内直接噴射型エンジンの燃焼計算に適用し、燃焼現象の把握やエンジンの設計検討に適用することが可能となった。

4. む す び

筒内直接噴射型エンジンのCFDシミュレーション技術を開発し、

- (1) 高圧インジェクタからの噴霧成長
- (2) 筒内の空気流動、混合気形成
- (3) 筒内圧、燃焼割合、 NO_x など燃焼特性

を予測することが可能となった。今後、このシミュレーション技術を次世代筒内噴射型エンジンとそのコンポーネントの開発に適用していき、地球環境に優しい製品開発へ寄与していく所存である。

参 考 文 献

(1) Pilch, M., Erdman, C. A. : Use of Breakup Time Data

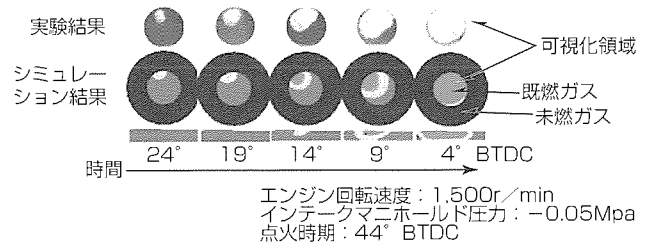


図9. 火炎伝搬挙動

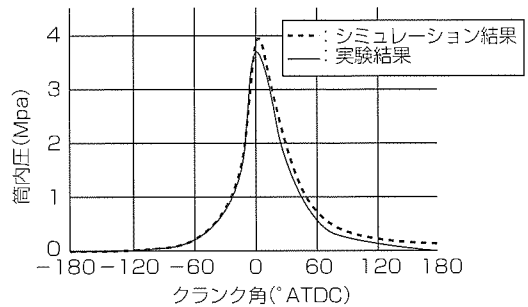


図10. 筒内指圧の計算結果と実験結果

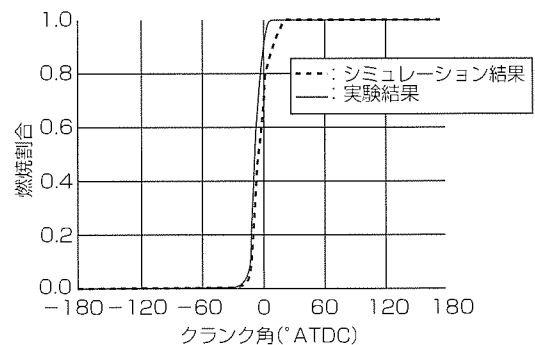


図11. 燃焼割合の計算結果と実験結果の比較

and Velocity History Data to Predict the Maximum Size of Stable Fragments for Acceleration-induced Breakup of a Liquid Drop, Int. J. Multiphase Flow, 13, No.6, 741~757 (1987)

- (2) O'Rourke, P. J. : Collective Drop Effects on Vaporizing Liquid Sprays, PhD Thesis, University of Princeton (1981)
- (3) 抜山四郎, 棚澤 泰 : 液体微粒化の実験, 日本機械学会論文集, 5, No.18, 63~67 (1939)
- (4) 梶本照男, 小関秀規, 佐藤 稔, 矢嶋大三, 小木曾明男 : 家庭用燃焼器の低 NO_x 化, 三菱電機技報, 65, No.11, 1149~1153 (1991)
- (5) Weller, H. G. : The Development of a New Flame Area Combustion Model using Conditional Averaging, TF/9307, Mech. Eng. Dept, Imperial College (1993)

GMR素子の回転センサへの応用

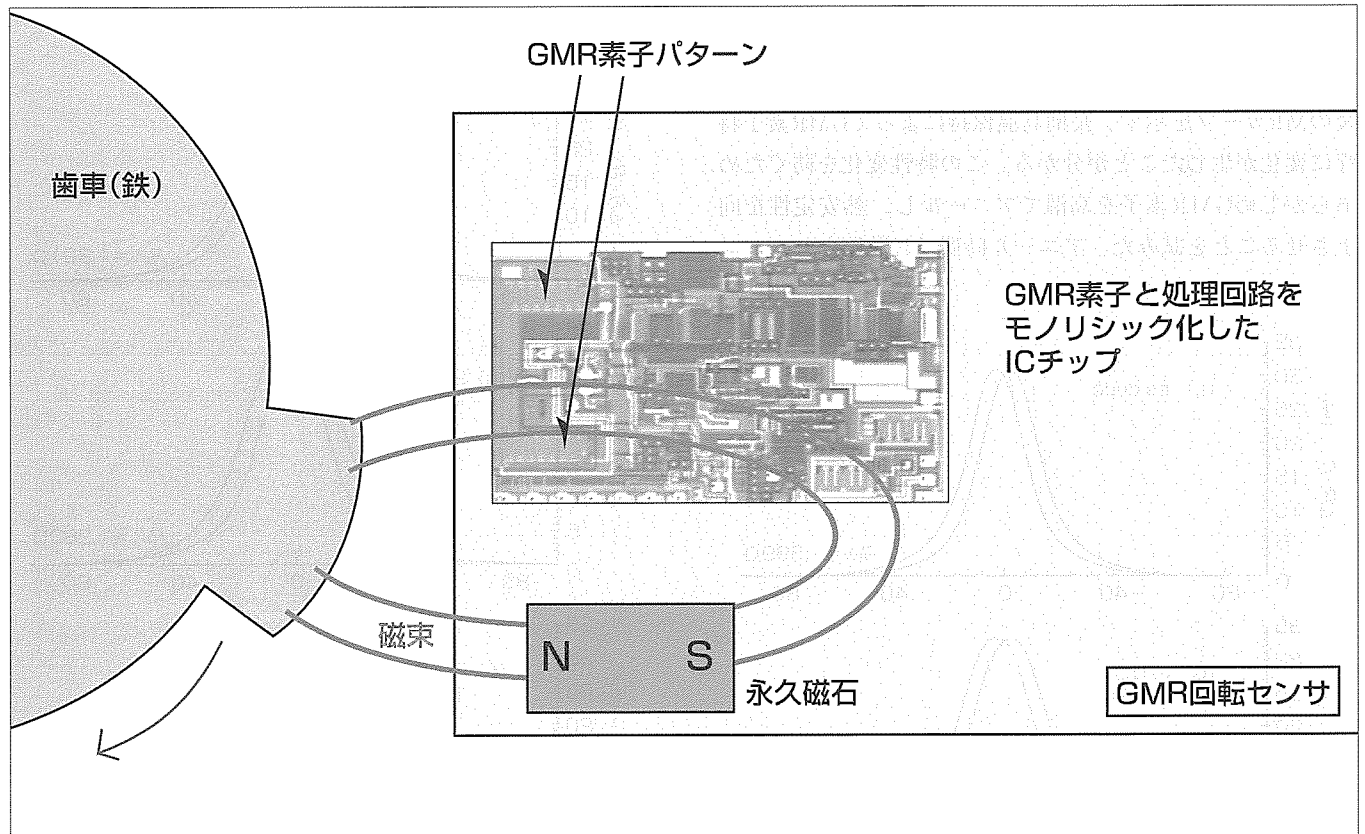
深見達也*
堤 和彦**
池内正之***

要 旨

高温耐久性に課題があると言われていたGMR (Giant Magneto-Resistive : 巨大磁気抵抗) 素子の車載用回転センサへの応用を世界で初めて実現した。GMR素子の採用によって信号振幅は従来の半導体ホール式に比べて一けた大きくなり、さらに独自に開発したモノリシック化技術によって低ノイズ化を同時に達成した。これにより、わずかな回転数変動も検出可能になり、エンジンの失火検出等の

高度なセンシングが行える。

車載用回転センサは、エンジン、ブレーキ及びオートマチックトランスミッションの各制御に用いられる。このデバイスは、近年の排出ガス規制強化や安全性追求の厳しい要求を十分に満足する特性を持ち、さらに高度の検出を行うために開発された高精度センサである。



GMR回転センサの原理と特長

GMR回転センサは、GMR素子と処理回路をワンチップ化したICチップと永久磁石からなり、歯車の回転に伴う磁束変化をGMR素子パターンが検出する。二つのGMR素子パターンをホイートストンブリッジに構成することで、温度依存性を最小限に抑えている。GMRホイートストンブリッジの出力は、増幅後コンパレートされ、 \square (矩)形波として出力される。

1. ま え が き

異方性磁気抵抗素子よりも一けた大きな抵抗変化率を示すGMR効果が発見されたのは10年余り前である。このわずか10年の間に、GMR素子はハードディスク用磁気ヘッドや磁界センサ等に应用されてきた。しかし、厳しい温度条件が要求される自動車用センサへの応用は、他のデバイスへの応用に比べて遅れている。GMR膜が高温下での長期的な安定性に課題があると考えられてきたためである。

三菱電機では今まで、高温安定性の向上を中心課題として、GMR素子を用いた車載用回転センサの開発を行ってきた。さらに、ノイズ耐性を増すために信号処理ICとGMR素子とのモノリシック化を進めてきた。本稿では、これらに加えてセンサ特性についても述べる。

2. GMR素子の熱安定性

GMR膜は、Coを主成分とした磁性層と非磁性層であるCu層を繰り返し積層して形成される。磁性層厚、Cu層厚等の膜構成は、MR (Magneto-Resistive) 比が大きかつヒステリシスが最も小さくなるように最適化した。MRカーブの測定は、 $\pm 96 \text{ kA/m}$ の磁界範囲で室温において行った。MRカーブは、縦軸を $\Delta R/R_{\min}$ (%)でプロットした。ここで、 $\Delta R = R - R_{\min}$ であり、 R_{\min} は測定磁界範囲内における最小の抵抗値である。

図1に、作成直後及び170℃で1,000時間の長期高温保持後のMRカーブを示す。長期高温保持によってGMR素子特性に変化が生じたことが分かる。この特性変化を防ぐため、あらかじめGMR素子を高温でアニールし、熱安定性を向上させることを試みた。アニール時間は10時間とし、アニール温度を変えてMRカーブの変化を調べた(図2)。

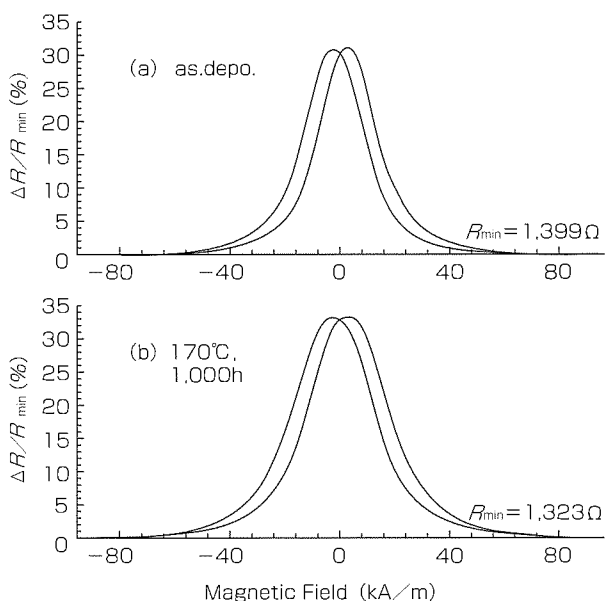


図1. 長期高温保持前後でのMRカーブ

ール温度を変えてMRカーブの変化を調べた(図2)。

抵抗変化率は、アニール温度が250℃まで増加する。アニール温度300℃では、抵抗変化率の急激な減少だけではなく、飽和磁界や磁気ヒステリシスが增加し、センシング素子として適さない特性になっている。センシング特性から判断すると200℃から250℃に最適温度がありそうであるが、車載用の厳しい温度条件を考慮して、より熱安定性が高いと考えられる250℃がアニール温度として適切と判断した。このGMR素子の抵抗変化率は34%と大きく、またヒステリシスも小さく、センシング素子として良好な特性を示している。

次に、この温度でアニールしたGMR素子の長時間高温保持安定性を調べた。図3は、250℃で10時間アニールしたGMR素子の170℃での長時間高温安定性の測定結果である。縦軸は、抵抗変化率及び R_{\min} の初期値からの変化率を示している。2,000時間にわたり、抵抗変化率及び R_{\min} の変化は1%未満と十分に小さく、車載用センサとして十分な熱安定性を確保できることが分かった。

3. 信号処理ICとのモノリシック化

GMR素子と信号処理ICとのモノリシック化を行う場合、GMR素子の耐熱温度を考慮すると、IC作成後にGMR素子

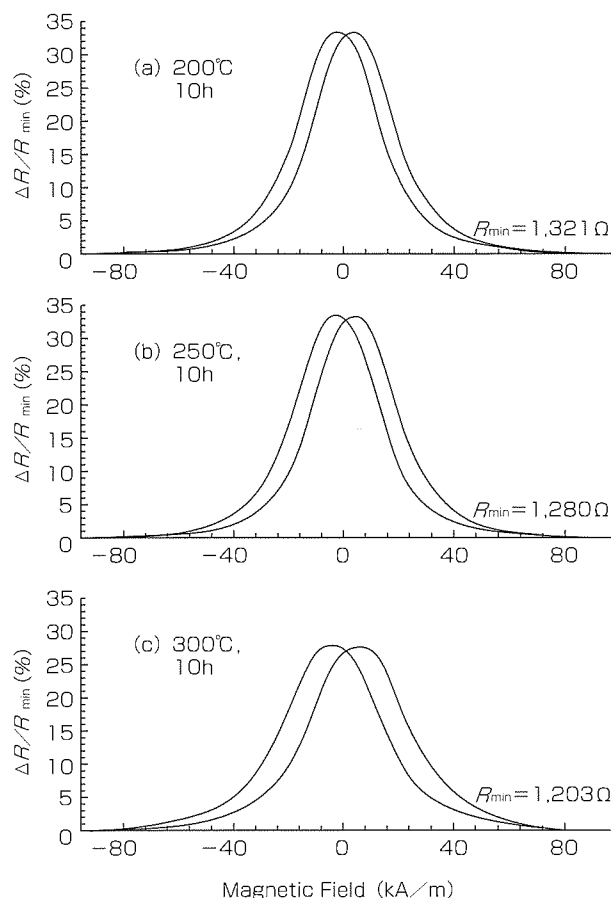


図2. 各温度で10時間アニール後のMRカーブ

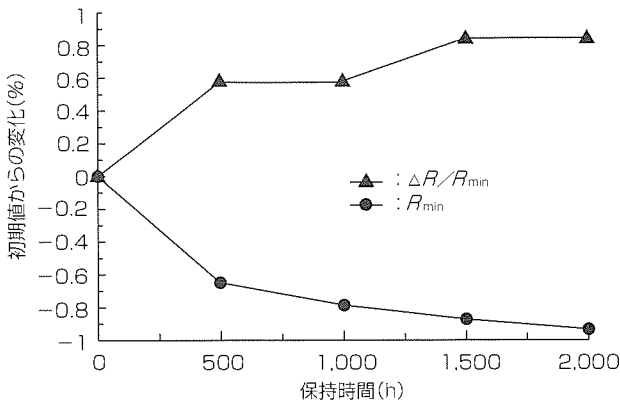


図3. 250°Cで10時間アニール後の高温保持試験

を作成することは必ず(須)となる。ここで考慮すべき大きな課題は次の2点である。

- (1) 信号処理ICの層間絶縁膜(PSG膜)を下地として良好なGMR特性を得なければならない。
- (2) GMR膜の成膜やそれに続くIBE(Ion Beam Etching)エッチング時の信号処理ICへのダメージは大丈夫か。

まず、最初の課題は適切な下地処理によってクリアできることが分かった。ここでの下地処理とは、GMR膜の下地となる層間絶縁膜表面をIBEでエッチングすることである。IBEエッチング時間と抵抗変化率の関係を図4に示す。下地処理時間を長くすると、良好な抵抗変化率が得られ、かつばらつきも小さくなる。IBEエッチングの効果は、プロセスを経て汚れた層間絶縁膜表面を清浄にすると同時に、大きな凹凸をなだらかにすると考えられる。

第2の課題は、GMR素子作成時のICへのダメージである。GMRプロセス中のスパッタ成膜やIBEエッチング時にICが荷電粒子によるダメージを受け、IC特性が不良になるというトラブルが発生した。そこで、特にダメージを受けやすいと考えられるGMR素子とICとの接続部分に保護用ダイオードを設けた。最も敏感なトランジスタの動作特性をGMR素子プロセス前後で評価し、全く変化がないことを確認した。

4. 車載用回転センサの構成と原理

回転センサは、今回開発したICチップと永久磁石、さらにサージ電流に対する保護用コンポーネントで構成される(図5)。

回転センサは、軟磁性体からなる歯車の回転を計測する。永久磁石が近づいてきた軟磁性体歯車の歯を磁化させ、磁化した歯はGMR素子に磁界を発生させるため、回転に応じて変化する磁界がGMR素子に印加されることになる。GMR素子に印加される磁界変化は、GMR素子の電気抵抗、さらには両端の電圧の変化となる。信号処理回路は、この電圧変化を増幅後コンパレートし、歯車の回転を2値的な

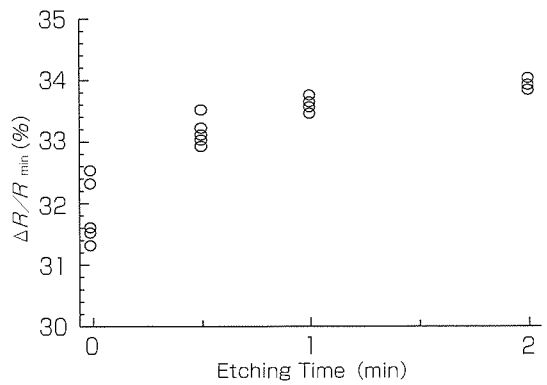


図4. 下地エッチング時間に対するMR比

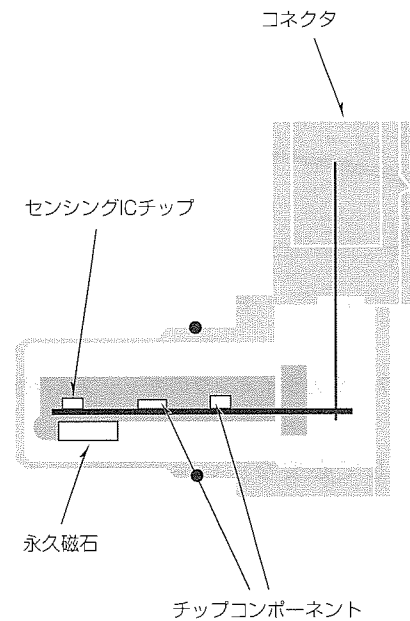


図5. センサの構造

電気信号に変換することで歯車のエッジを検出することができる。

5. センサ特性

以上に示した回転センサを用い、図6の形状の歯車の回転を測定した。測定精度は、歯車の回転をモニタする高精度のエンコーダ信号(基準信号)に対する回転センサ出力のタイミングずれで与えられる。

図7は、ギャップ依存性、すなわち歯車の歯先端とセンサヘッドとの間隔 d を変化したときの測定精度である。歯車の回転速度は700r/min、環境温度は室温とした。0.5mm $\leq d \leq$ 1.5mmの間隔変動に対して、角度精度は $\pm 0.12^\circ$ であり、半導体ホール回転センサと比較して同等以上の精度が得られた。

次に、測定温度 T_a を変化させて同様の測定を行った。歯車の回転速度は700r/min、 $d = 1$ mmに固定した。車載

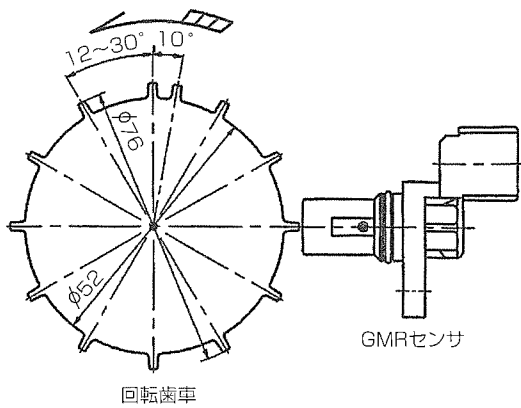


図6. 歯車とGMR回転センサ

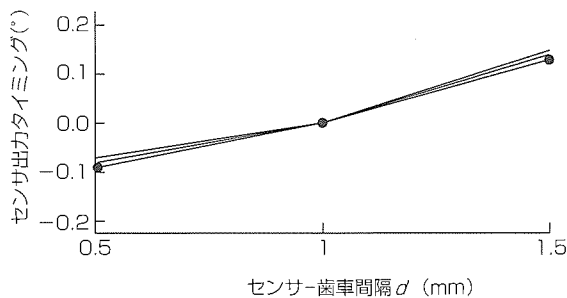


図7. 出力タイミングのギャップ依存性

用センサとして必要な広い温度範囲 ($-40^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +145^{\circ}\text{C}$) において、図8に示すように、 $\pm 0.26^{\circ}$ の良好な角度精度が得られた。

以上はセンサの一般的特性を示すギャップ依存性、温度依存性であるが、エンジン制御のためのセンサとして、最近では失火検出性を示す重要なパラメータとしてリピータビリティが注目されている。リピータビリティとは、ギヤ回転中のセンサ出力信号エッジ位置のばらつきを示す。ギヤを繰り返し回転させたときの回転ばらつきの最大値によってリピータビリティは定義される。失火検出を行うためには、微小な回転変動を検出できる精度が必要であり、極めて小さなリピータビリティが要求される。以上の結果で最悪の条件である $d=1.5\text{mm}$ 、 $T_a=145^{\circ}\text{C}$ において回転速度を変えてリピータビリティの測定を行った結果を図9に示す。すべての回転速度でほぼフラットな特性が得られている。歯によってタイミングがわずかに異なっているが、これは外乱ノイズによるタイミングの揺らぎが原因である。この揺らぎは十分に小さく、半導体ホール回転センサに比べて約3分の1である。GMR素子の使用によって信号振幅が一けた大きくなったことと、GMR素子と信号処理回路をモノリシック化したことによるノイズの減少の効果が現れた結果である。

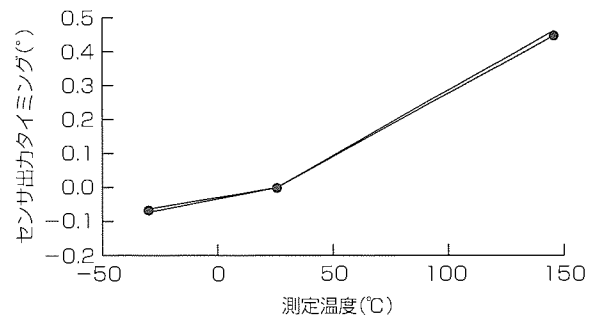


図8. 出力タイミングの温度依存性

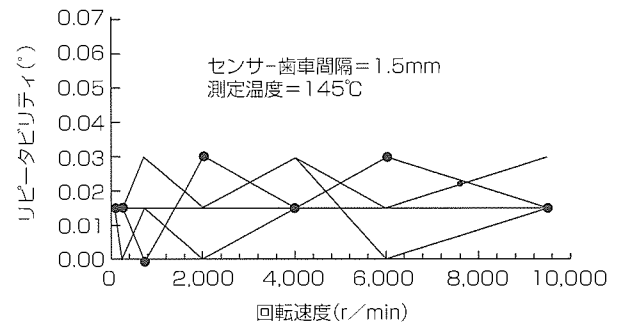


図9. 出力タイミングの回転速度依存性

6. むすび

車載用回転センサの磁界センシング素子としてGMR素子の応用を検討した。高温での安定性に乏しいと考えられていたGMR素子に適切な条件でアニールを行うことで、熱安定性が向上した。170°Cで2,000時間の長期高温保持を行っても特性変化はわずかであり、車載用センサとして十分に使用可能な安定性が得られた。

さらに信号処理ICとのモノリシック化を行い、GMRセンサICを作成した。下地処理によって安定したMR特性が得られた。また、保護用ダイオードを設けることで、GMR素子プロセス時の信号処理ICへのダメージはなく、トランジスタ特性に劣化は見られなかった。

センサ特性は、従来のホール素子を用いた回転センサと同等以上の諸特性が得られ、実用上申し分ないレベルにあることを実証できた。特にリピータビリティは、半導体ホール回転センサの3分の1と極めて良好な結果を示した。これは、GMR素子の使用による信号振幅の増大とモノリシック化によるノイズの減少、すなわち出力信号のSN比向上の結果である。実際には、車載用回転センサは、用途や車種により、多くの種類の歯車とその測定対象とする。今回の研究のうち一例として図6の歯車に対する実験結果を示したが、他の様々な歯車に対しても、出力信号が高SN比を持つことで、良好な特性を期待できると考えている。

車載インバータの小型化技術

前川博敏*
 ゴーラブ マジウムダール**
 長瀬昌彦***

要 旨

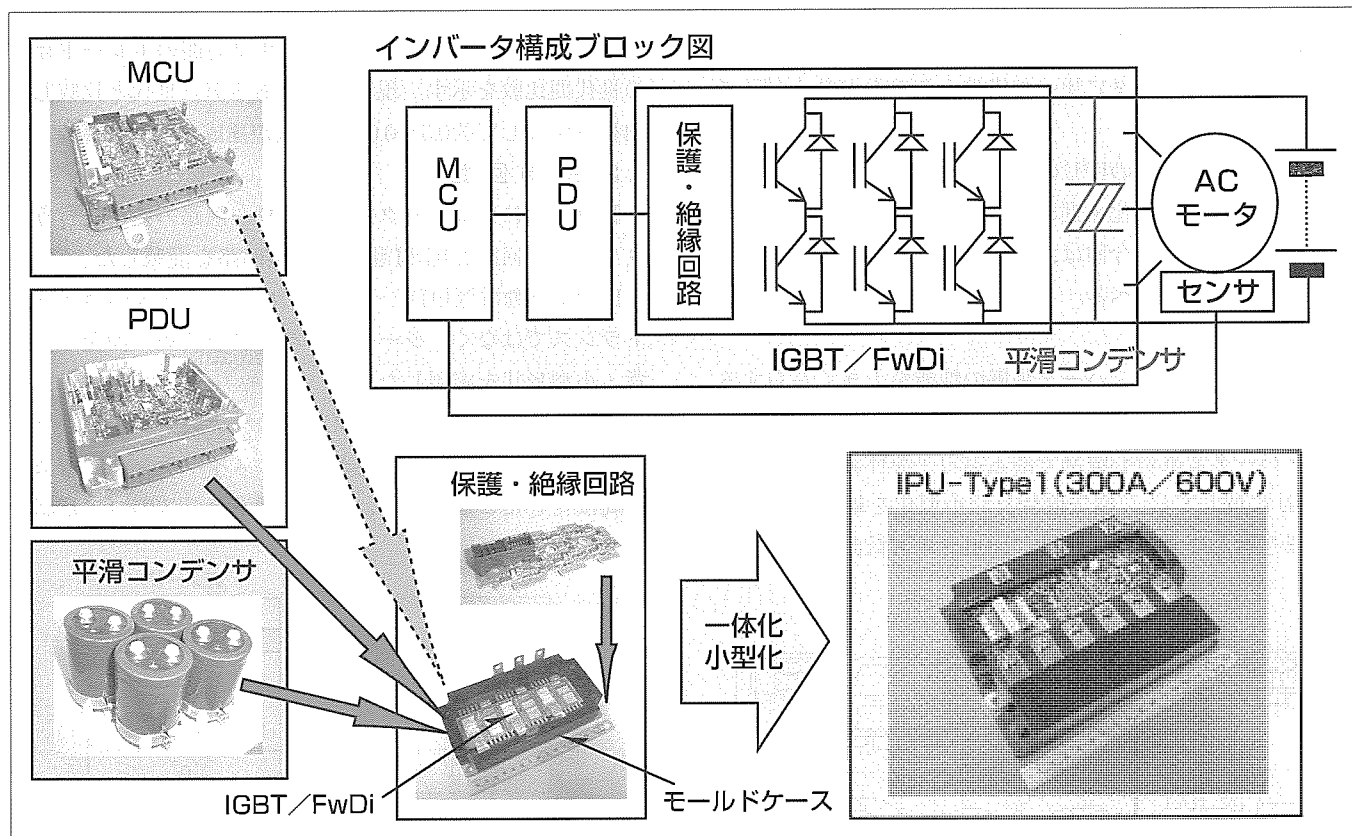
自動車の排出ガスに含まれる有害物質低減と燃費改善の両立を目的とした車両として、従来の内燃機関とモータによる電気駆動手段を組み合わせたハイブリッド電気自動車(HEV)が次世代パワートレイン技術として注目を集めている。

三菱電機では、HEVシステムのキーパーツとなるインバータ装置に内蔵されるIPM(Intelligent Power Module)、PDU(Pre Driver Unit)を世界に先駆けて量産化した実績を持つが、HEVシステムの普及をより加速するために、①小型・軽量化、②低コスト化、③高機能化をコンセプトとした全く新しいインバータ装置であるIPU(Integrated Intelligent Power Drive Unit)を現在開発中である。

IPUはモータ制御部の搭載有無によって仕様の異なる二つのタイプがあるが、いずれも従来のインバータ装置に比べて約60~40%(当社比)のサイズダウンが可能であり、画期的な小型・軽量化が実現できる。

また、従来のインバータ装置の要素技術をオールインワン化したことにより、高電圧系の集約化が図られ、安全性や耐EMI性の大幅な向上が期待されるばかりでなく、車両組み付け時の自由度や工数削減にも貢献する。

以上により、IPUを搭載したインバータ装置では、交流モータ用電力変換システムの最適化が可能となり、車両の低燃費化に大きく寄与することが可能である。



IPU機能部品の構成

IPU-Type1は、パワー素子(IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)/FwDi(Free Wheeling Diode))をマウントした専用パッケージにインバータの構成要素部品であるチップ保護・絶縁回路、PDU(プリドライバ部)、平滑コンデンサ等を一体化し、画期的な小型化を実現したユニットである。最終的には、上図に描いたように、MCU(モータ制御部)や周辺センサ等も更に内蔵し、インバータ機能をすべて一体化したタイプまで開発する予定である。

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清浄化の両立をねらった車両として、従来の内燃機関とモータによる電気駆動手段を組み合わせたハイブリッド電気自動車(HEV)が注目されている。

HEVシステムは、車両の減速エネルギーを電気エネルギーに変換しながらモータだけで走行できる高機能なものから従来のスタータとオルタネータの機能を統合しただけの比較的安価なシステムまで種々実用化されている。

電気駆動の持つ低公害性と液体燃料を使用した従来の内燃機関の持つ利便性の二つの要素を補完しあうHEVシステムは、製造コスト等の解決すべき課題があるものの、次世代パワートレイン技術として大いに期待されている。

三菱電機ではHEVシステムのキーパーツであるインバータ装置の開発に取り組んでいるが、本稿では、小型化するための要素技術を中心に開発状況を述べる。

2. 車載インバータ小型化要素技術

高電圧大電流を扱うインバータ装置において装置自体を小型化する場合、一般的に、素子損失による発熱処理と誘導ノイズ対策が大きな課題となる。

また、悪環境下で使用される車載用途の場合、耐振性、熱衝撃、パワーサイクル等の信頼性を併せ持つ必要があるため、汎用インバータに比べて構造上の工夫が必ず(須)である。

図1に現在開発中のIPUの構造断面を示す。車載インバータ装置として小型化を進めるに当たり設計的に工夫した箇所は多々あるが、今回は、最も小型化に寄与した三つの要素技術を中心に述べる。

2.1 パワーチップ

パワーチップはインバータ装置の性能を大きく左右するため、開発当初から特性改善に注力してきた。

インバータ装置の心臓部である電力半導体素子(IGBT, FwDi)に関しては、損失低減及び小型化を最大の課題として取り組んできたが、同時にEMIノイズ低減を追求した

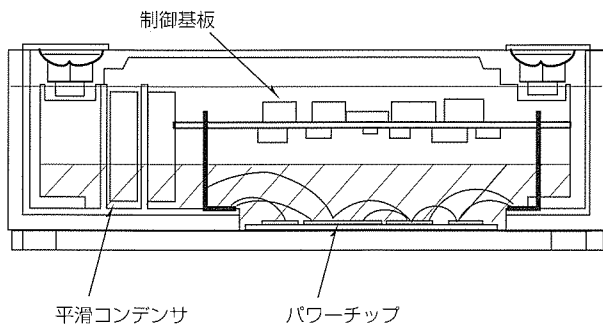


図1. IPUの構造断面

デバイスの開発を目指した。

IGBTチップについては、車載用で既に実績のあるプレーナ型を採用し、プロセスデザインルールを従来の第三世代(3μmレベル)から業界初の第五世代(サブμmレベル)へ微細化することに成功した。

このプロセスを導入したことで、通電電流密度の大幅な特性向上(130A/cm²→200A/cm²以上)を図ることができ、パワーブロックチップの面積を従来に比べて約30%小型化することが可能となった。また、高周波インバータ動作においてパワー部の電力損失を従来比約30%低減できたことで、冷却系装置の小型化にも寄与できた。

今回導入したプロセス技術の特長は次のとおりである。

- (1) サブμmの微細加工技術によるMOS(Metal Oxide Semiconductor)構造の性能改善による低飽和電圧化
- (2) ライフタイム制御によるIGBT内部のキャリア分布最適化による低飽和電圧化
- (3) 重金属拡散と局所ライフタイムコントロールの併用によるFwDiのソフトリカバリー化

図2にFwDiの従来品との断面比較を示す。HEVシステムではエネルギー回生運転モードの割合が高いため、FwDiの特性改善は重要である。今回は、網掛けで示す領域のライフタイムを局所的に短縮し、順電圧降下を犠牲にすることなく正孔の注入を従来品以下に抑制した。

図3にIGBT飽和電圧とターンオフ時間のトレードオフの世代間比較を示す。現在主流である第三世代と比較し、飽和電圧にして約0.5~0.6Vの低減が達成できた。

2.2 制御回路

制御基板にはロジック信号とパワー回路の変換を行うブリドドライブ回路とIGBT駆動・保護回路を混載した。

IGBT駆動電源用DC-DCコンバータは従来のポピン型トランスではなく、シート型トランスを新規に開発し、低背・小型形状を実現した。

また、DC-DCコンバータのスイッチング素子をトランジスタからMOSFETに置き換え、スイッチング周波数を高周波化したことにより、シート型トランスのコア形状の

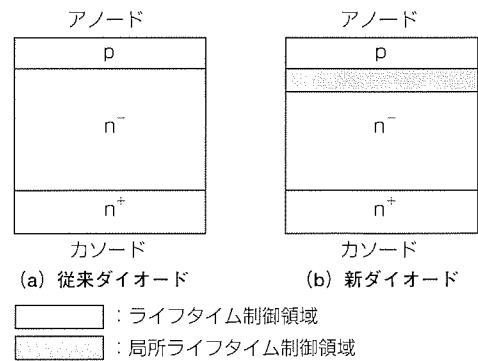


図2. 還流ダイオード(FwDi)断面構造比較

小型化や平滑用LCフィルタの容量低減を行った。

IGBT駆動用バッファ素子には従来はトランジスタ素子でプッシュプル回路を構成していたが、MOSFET素子に置き換えることで素子発熱を抑制し、IGBT駆動回路全体

を小型化した。

またIGBT保護回路では、従来の短絡電流保護、制御電源低下保護に加え、オンチップ温度センサによる過熱保護やゲート電圧短絡保護等の機能を集約したASICを新規に開発した。このASICはIGBTゲート駆動回路と種々の保護回路の周辺部品をすべて取り込んでおり、IGBT周辺回路を大幅にシュリンク化することができた。

図4に今回開発したIPU (Type 1)の回路ブロック構成図を示す。オンチップ温度センサに採用しているダイオードの順方向電圧を高精度に測定するために安価なCPUを学習調整に使用しトリミング調整や部品の選別を不要にしたばかりでなく、ロジック回路のソフトウェア化により、最低限必要な部品のみで制御回路を構成することができた。

2.3 平滑コンデンサ

現在、車載用インバータ装置の多くは主回路電源用平滑コンデンサにアルミ電解コンデンサを使用しているが、インバータ装置全体の体積、質量に占める割合が大きく、小型・軽量化を阻害する大きな要因になっている。

今回、車載用インバータの主回路電源が必ずDC電源であることに着目し、平滑コンデンサ選定の基準として十分な静電容量を確保した上で、高周波領域での低インピーダンス特性に優れた材料に着目して開発を進めた。

その結果、従来のアルミ電解コンデンサに比べて体積比で1/10以下になる許容リップル電流の大きな固体コンデンサを専門メーカーと一体となって開発し、ほぼ実用化できる目処を付けた。

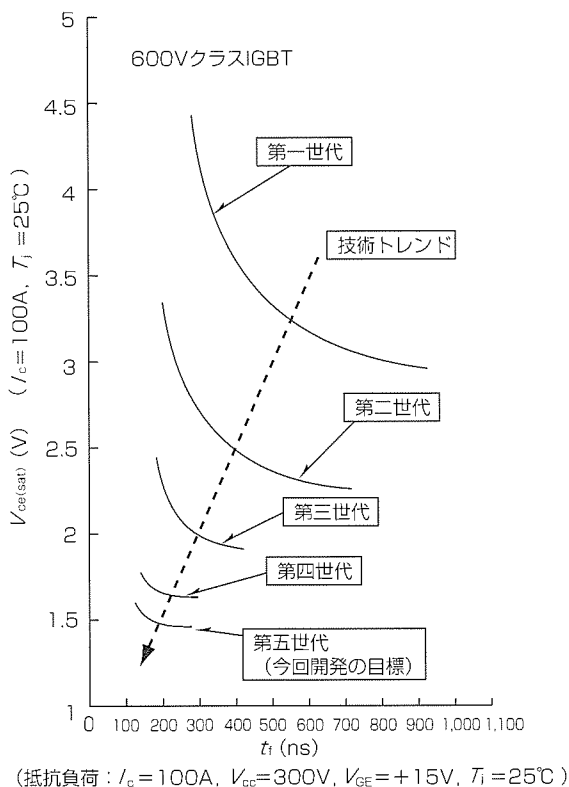


図3. $V_{ce(sat)}-t_r$ トレードオフ

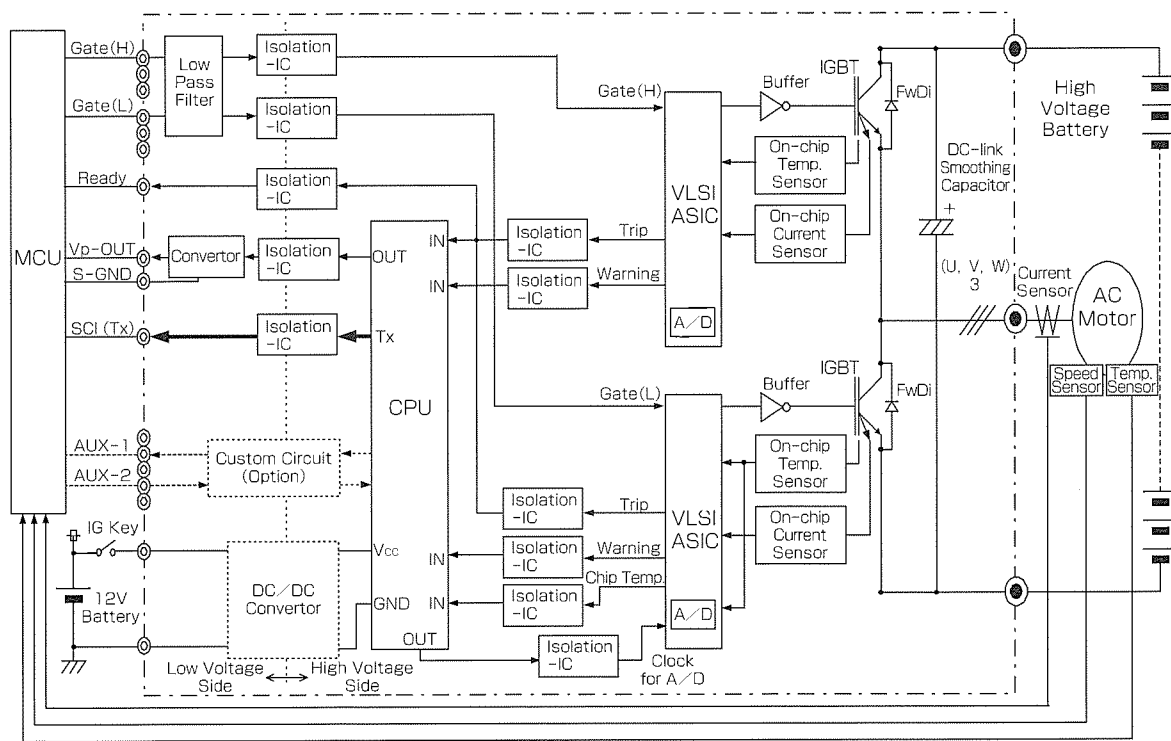


図4. IPU (Type1)の回路ブロック図

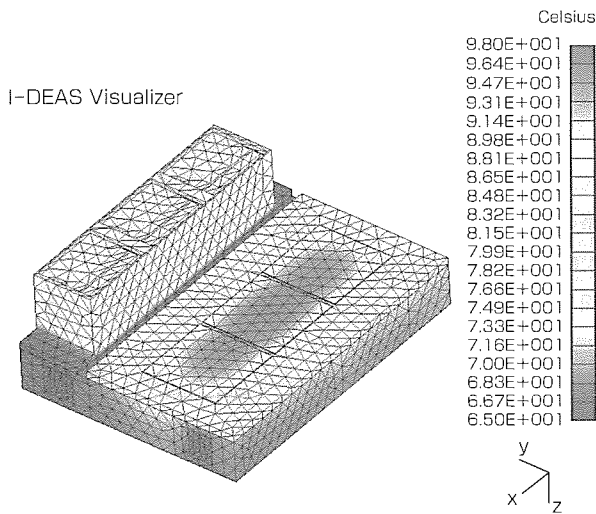


図5. 発熱解析結果

今回採用した固体コンデンサの特長は次のとおりである。

- (1) 小型・軽量で、かつ余分な空間を排除するため立方体形状である。
- (2) 直列等価抵抗(ESR)及び高周波領域でのインピーダンスが低い。
- (3) 車載用途として、使用温度範囲が広く、高寿命、高耐電圧の環境特性を備えている。

また、コンデンサ自体が小型化したことで、パワー素子近傍への配置が可能となり、スイッチング時のサージ電圧抑制のスナバ効果によるパワー素子自体の小型化(耐電圧の最適化)も併せて実現した。

今回採用した固体コンデンサは、従来のアルミ電解コンデンサに比べてインピーダンスがけた違いに小さいとはいえ、扱うリプル電流が大きいため、相当の自己発熱がある。

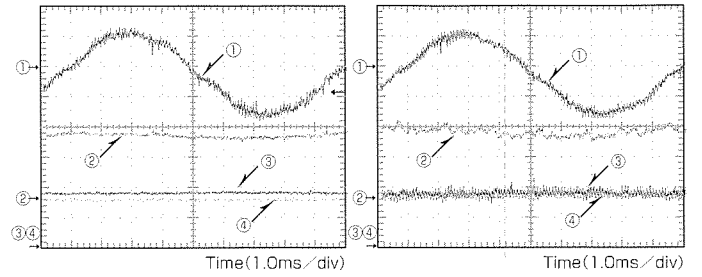
今回は、パワーチップ冷却部材を介して固体コンデンサを冷却する構造を採用し、コンデンサの発熱を抑制することにした。図5に試作品での発熱解析結果を示す。

平滑コンデンサの目的は主電源DCラインのリプル除去であるが、その容量はバッテリー種類、主電源回路インダクタンス、制御ソフトウェア等によって決定される。今回は、最悪条件となるIGBT短絡フェール時の電圧跳ね上がりが抑制できる容量を最低容量値として開発を進めた。図6に最低容量値でモータ駆動した場合の波形を示すが、従来のアルミ電解コンデンサに比べて全くそん(遜)色ないことが分かる。

3. インバータ装置小型化の成果

今回述べた小型化技術を盛り込んだIPUをインバータ装置に組み込んだ場合のサイズ比較を図7に示す。

IPU製品タイプによってサイズ低減率は異なるが、従来



(Conditions)
 Induction Motor
 Phase Current 200A_{rms}
 Power mode 25kW
 Battery 288V_{dc}@No-Load

① : Motor phase current (200A/div)
 ② : DC current (50A/div)
 ③ : V_{dc} (100V/div)
 ④ : Torque reference (70Nm/div)

(a) 従来のアルミ電解コンデンサ (b) 今回の固体コンデンサ

図6. インバータ波形比較

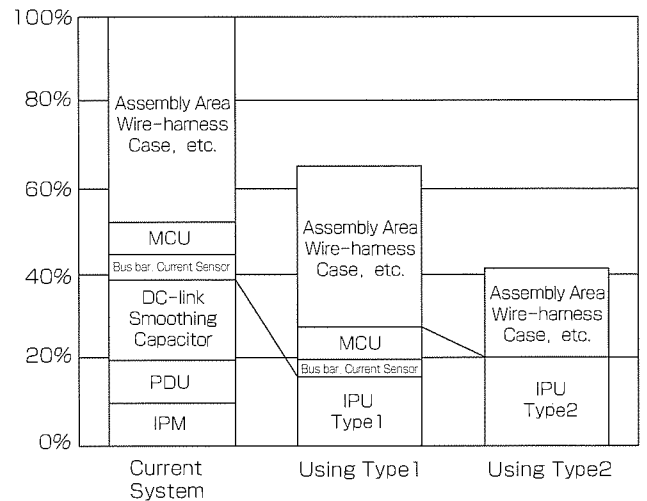


図7. インバータ構成部品別サイズ比較

のインバータ装置の構成部品を集約化し配線系統の削減を図ったことで、画期的な小型化が実現できた。

4. むすび

以上、開発を進めてきた車載用インバータ装置(IPU)の小型化技術について述べた。

自動車の燃費向上、排出ガス清浄化の両立をねらったHEVシステムは、次世代パワートレイン技術として、世界中のカーメーカーが開発にしのぎを削っている。今後、HEVシステムのキーパーツであるインバータ装置の①小型・軽量化、②低コスト化、③高機能化を更に図り、自動車社会に貢献できる技術開発を進めていく所存である。

参考文献

- (1) (社)自動車技術会99年度シンポジウム資料：未来に向かう電気自動車技術

ポキポキモータの車載機への応用

中原裕治*
五十棲秀三**
三宅俊彦***

要旨

近年、地球環境保護の観点から燃費改善と排出ガス規制強化が世界的に厳しくなり、車載機の分野では、一層の高効率化や小型軽量化と高速制御性が強く求められている。

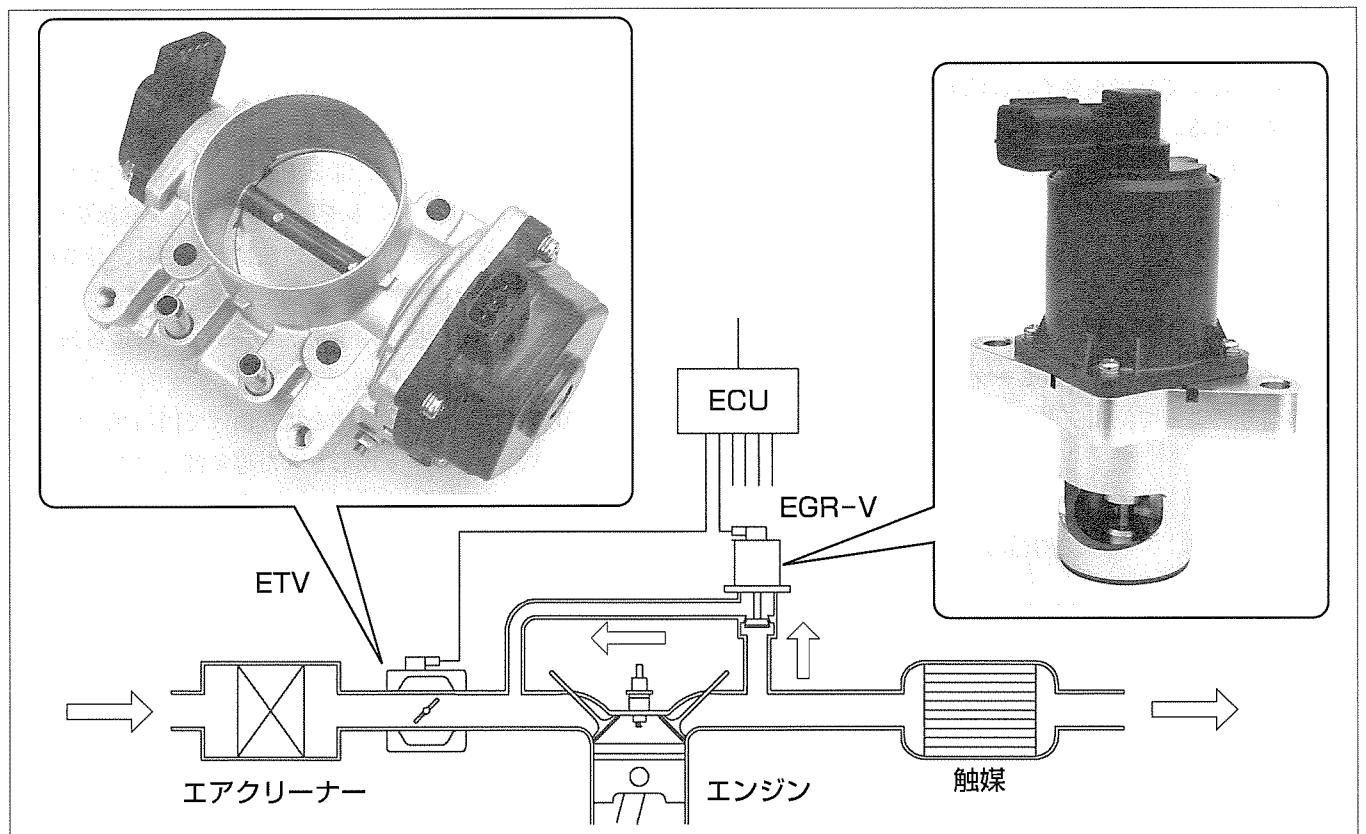
三菱電機では、1995年に、通称“ポキポキモータ”と呼ぶ独自のステータ構造を開発し、情報機器用スピンドルモータや産業機器用ACサーボモータ等を製品化した。

このステータ構造とは、“モータは丸いステータ鉄心から作る”という固定観念を“作りやすさ”という観点に立って見直し、直線状に展開された鉄心に巻線し、折り曲げ、丸くしたものである。コイルの高密度化やコイルエンドを低くできることから銅損を減らすことができ、ドラスティックな高効率化(省エネルギー)や軽薄短小化が達成できる。

車載機の分野においても、ポキポキモータの特長を生かし、電子制御式スロットルバルブ(Electric Throttle Valve : ETV)と排出ガス還流制御バルブ(Exhaust Gas Recirculation Valve : EGR-V)を製品化した。

ETVでは、従来のブラシレスDCモータをポキポキモータとすることで、ステータのコイル密度を約40%向上させ、モータの質量、体積ともに約20%減少させることができた。

また、EGR-Vでは、従来の電機子回転型のブラシ付きDCモータを磁石回転型のブラシ付きポキポキDCモータとすることで、ロータイナーシャが1/4となり弁開閉の高速反転制御が可能となるとともに、同サイズ比で2.5倍のトルクアップが実現できた。



電子制御式スロットルバルブと排出ガス還流制御バルブ

電子制御式スロットルバルブ(ETV)は、エンジンコントロールユニット(Engine Control Unit : ECU)で処理されたスロットルバルブの目標開度に応じてスロットルバルブの開度及びエンジンの吸入空気量を制御するものである。また、排出ガス還流制御バルブ(EGR-V)は、排出ガス中の窒素酸化物を低減するため、排出ガスの一部をエンジンの吸気に還流し最高燃焼温度を抑制するものである。

1. まえがき

近年、エネルギー資源枯渇や環境汚染が地球規模の問題となり、自動車では、燃費改善や排出ガス規制強化が一層厳しくなっている。一台の自動車にはモータが50個前後搭載されており、吸排気系のバルブ類のモータにおいては、バルブの高速高精度制御のほかに、モータ自体の高効率化・軽薄短小化・低コスト化が望まれている。

三菱電機では、1995年に、ステータのコイル巻線に着目した生産設計から、通称“ポキポキモータ”と呼ぶステータ構造を開発し、3.5mm厚の超薄型FDD用スピンドルモータや業界一小型の汎用ACサーボモータ“HCシリーズ”を製品化している。

本稿では、電子制御式スロットルバルブのブラシレスDCモータを例にポキポキモータの製造法を紹介し、排出ガス還流制御バルブではDCブラシ付きモータにポキポキモータを適用した例を述べる。

2. 電子制御式スロットルバルブ (ETV)

2.1 ETVの製品概要

ETVは、エンジンの吸入空気量を綿密に制御するアクチュエータであり、エンジンの出力や燃費、排出ガスを制御するものである。このETVの開度は、アクセル開度の情報をエンジンコントロールユニット(ECU)が取り入れ、車の状況に応じてリアルタイムに演算処理され、その目標値が決められる。

ETVの主な構成を図1に示す。ボデーの中央部にはシャフトに固定された開閉バルブがあり、その片側には減速ギヤを介したモータと、もう一方の片側にはポジションセンサがある。ポジションセンサは、バルブの開度を検出するとともに、モータのロータ磁石の磁極位置を検出している。モータはブラシレスDCモータであり、ポジションセンサの信号によって位相制御される。

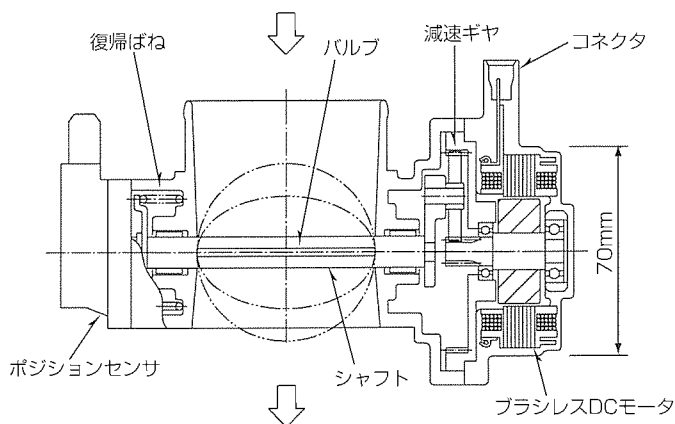


図1. ETVの構成

2.2 従来のステータ製造法

ブラシレスDCモータのコイル巻線は、ステータのスロットをまたいで巻く分布巻から、ステータの磁極歯ごとにコイルを巻く磁極集中巻に主流が移っている。磁極集中巻では、コイルエンドが小さくなるため、モータ外形がコンパクトになるだけでなく、コイル周長が短くなり銅損が減ることからモータ効率向上が期待できる。

図2に、従来の円筒状の一体型コアに磁極集中巻を施した状態を示す。マグネットワイヤをノズルから引き出しながらノズルを磁極歯周りに周回させて巻線していた。一体型コアの狭い内径側からの工程であるため、スロット内のコイルを高密度に巻線することができなかった。

その解決策にコアをバラバラに分割する手法があったが、バラバラに分割すると部品点数が増え組立性が良くなく、コイルの渡り線までバラバラになり接合箇所が増えるなど、生産上の問題があった。

2.3 ポキポキモータの適用

ポキポキモータのステータ製造過程を図3に、外観を図4に示す。工程順序は次のとおりである。

- ① 磁極歯ごとにヨーク部で薄肉連結された直線状コアを順送鉄心金型で打ち抜き、所望の枚数ごとに抜きかきしめで積層固定する。
- ② 直線状コアの両端面にコアとコイル間の絶縁材となる樹脂ボビン装着する。樹脂ボビンには、コネクタのターミナルとコイル端末の接合端子がインサート成形されている。
- ③ 直線状コアのヨーク部をチャックし、コアと対向してUVW相のワイヤノズルを駆動してコイル巻線を行う。コイル間の渡り線は切らずに連続に巻線され、巻き始めと巻き終わりは接合端子に自動で固定される。
- ④ コイル端末と接合端子をヒュージングによる通電加熱で電氣的接続を行う。
- ⑤ 直線状コアのヨーク部を折り曲げて円筒状とする。このとき、インサート成形された導電部もコアに沿って

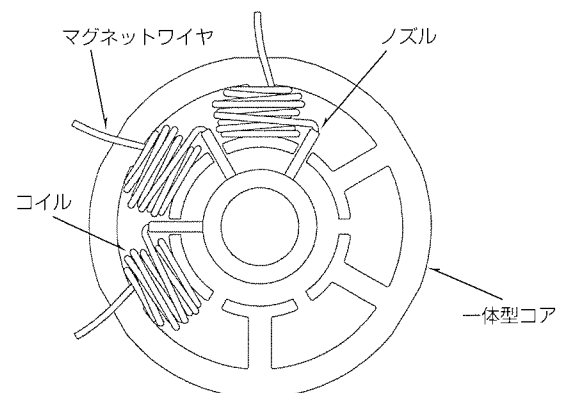


図2. 従来のステータ巻線

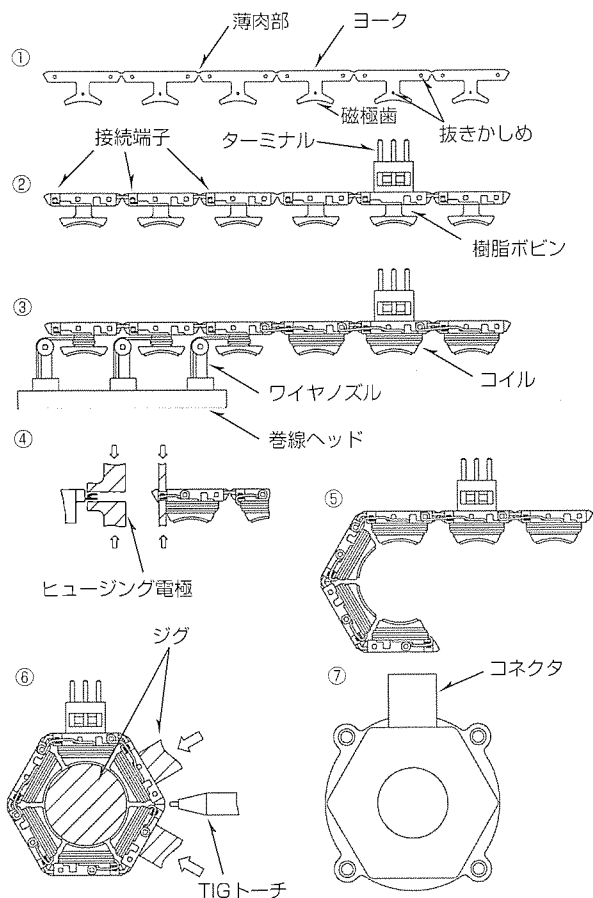


図3. ポキポキステータの製造プロセス

折り曲げられる。

⑥ 円筒状になったコアを真円のジグで拘束し、突合せ部をTIG溶接で固定する。

⑦ ステータを熱可塑性樹脂で外装成形し、防せい(錆)、絶縁の機能を与えると同時に、コネクタ部や取付け部の形成を行う。

以上のような製造法であるため、ポキポキモータには次のようなメリットがある。

- (1) 巻線時、磁極歯間が開展された状態であるため、コイルが整列巻線でき、ノズルの通り道を確保する必要がないため、高密度にコイルを配置できる。従来の一体型コアに比べ、コイル密度が40%向上した。
- (2) 磁極歯のロータ対向面ではスロット開口幅に製造上の制約がなくなるために、電磁氣的に最適なコア形状を選択することができる。
- (3) 製造においてはコイルを渡り線を切らずに連続巻でき、接続点数が少ない。また、部品点数が多くなりず組立性が良い。
- (4) 設備においては、直線状コアと多数本のノズルが対向するため、シンプルな機構で巻線ができる。

このETVにおいては、ポキポキモータを採用することにより、従来の一体型コアのモータと比較し、質量、体積

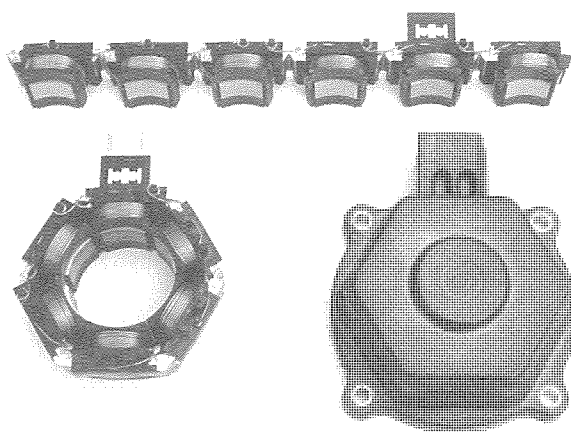


図4. ETVポキポキステータ

共に約20%の小型・軽量化が実現できた。

3. 排出ガス還流制御バルブ (EGR-V)

3.1 EGR-Vの製品概要

EGR-Vは、エンジン燃焼室での高温燃焼時に発生する窒素酸化物を抑制するため不活性な排出ガスの一部を運転状態に合うよう調節し、吸気に還流させることによって燃焼温度を抑制する制御弁である。

EGR-Vの主な構成を図5に示す。バルブ本体の上部にあるモータのロータは、内径側に送りねじ用のら(螺)旋溝が樹脂一体成形で形成されており、ロータ回転が螺旋溝と螺合するねじ軸に直線運動を与え、そのねじ軸の動きでバルブの開閉を行っている。

当社では、これまでに、ガソリンエンジン用として、永久磁石型ステッピングモータによるEGR-Vを製品化してきた。最近では、ディーゼルエンジンでの排出ガス規制クリア及び燃費改善を目的に小型ディーゼルエンジンにおいて直噴ターボの採用が拡大しており、燃料噴射装置の高圧化や電子制御化が進められている。そのため、これまでの5~10倍のEGR流量と、大口徑のバルブに加わる排気圧力に耐え得るだけの高トルクと高応答が実現できるDCモータの出現が求められていた。

3.2 従来の電機子回転型DCモータ

従来のDCモータは、図6に示すように、ステータ側に配置された永久磁石とコアに電機子巻線が施されたロータがあり、+と-のブラシと整流子によって機械的転流がなされ、ロータコイルに通電される。巻線スペース確保のためにロータ外径は大きくなり、鉄材と銅線で形成されたロータのイナーシャは概して大きい。

3.3 磁石回転型ポキポキDCモータ

EGR-V用モータの駆動制御は弁の開閉ストロークがモータの約1回転に相当しており連続反転が必要なため、前述の高トルクと高応答を両立するにはロータの低慣性化が

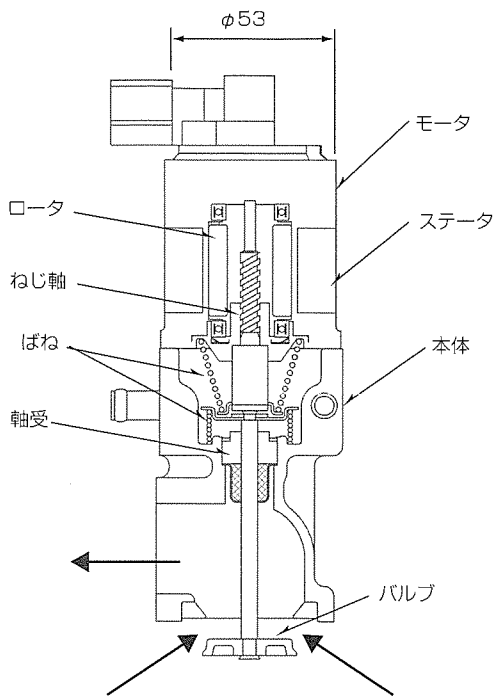


図5. EGR-Vの構成

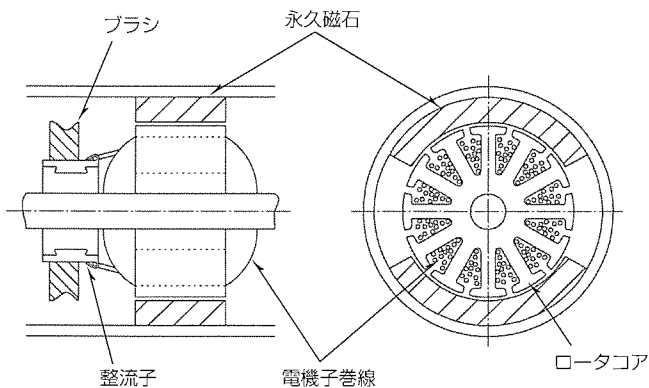


図6. 従来の電機子回転型DCモータの構成

不可欠である。

磁石回転型ポキポキDCモータは、固定子側にコイルを巻線したポキポキモータのステータを配置し、ロータ側にはリング形状の永久磁石を配置している。ステータのコイルへは固定された+と-のブラシとロータの整流子で磁石の極性に対応した転流を機械的に行い、その転流された電流が三つのスリップリングを介して配電されている。

この新型DCモータは、電機子をロータとした従来のDCモータに対して、永久磁石を回転させることから、回転体の外径・容積・材料質量とも大幅に軽減され、ロータイナシャを約1/4とし、弁開閉の高速反転制御が可能となった。また、図7に示すようにポキポキステータとするこ

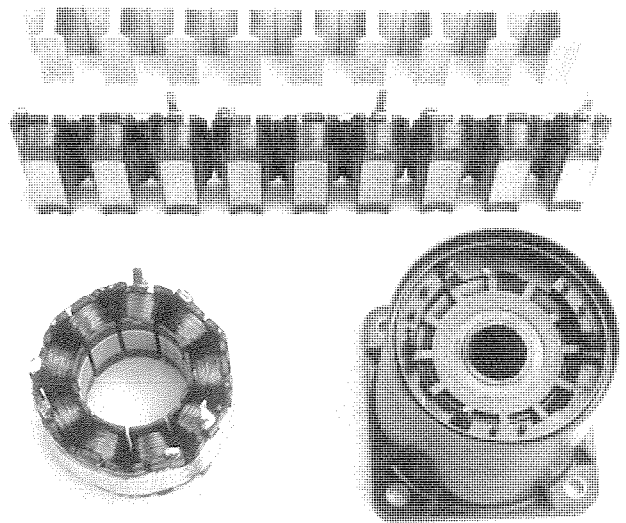


図7. EGR-Vポキポキステータ

とで高密度の巻線が可能となり、従来のDCモータと同サイズ比で2.5倍のトルクアップが実現できた。

4. む す び

ポキポキモータとは、“モータは丸いステータから作る”という固定観念を作りやすさの観点から見直し、直線状のコアに巻線してから折り曲げて丸くするという概念を実用化したモータである。

本稿では、電子制御式スロットバルブ(ETV)と排出ガス還流制御バルブ(EGR-V)を取り上げ、ポキポキモータの適用とそのメリットを紹介した。今後、ポキポキモータは、車載機のみならず、ブラシレスDCモータを代表とする磁極集中巻のモータ全般に広く応用できるものと思われる。

最後に、ここに紹介したポキポキモータの製造法は、生産工学・生産技術の分野における功績が認められ、平成9年度大河内記念賞を受賞したことを付け加える。

参考文献

- (5) 中原裕治, 橋本 昭, 三瓶利正, 花崎伸作: 分割鉄心による中小型モータ製造技術に関する研究, 精密工学会誌, 66, No.1, 102~107 (1999)
- (6) 池田洋一, 中原裕治, 伊藤浩美, 斉藤直文: 新形汎用ACサーボモータの生産技術, 三菱電機技報, 72, No.4, 303~306 (1998)
- (7) 三宅俊彦, 三好帥男, 岡田英俊: 自動車の有害排出ガス低減とEGRバルブ, 三菱電機技報, 73, No.5, 381~384 (1999)

自動車搭載用ミリ波レーダ技術

本間信一*
上原直久*
赤須雅平*

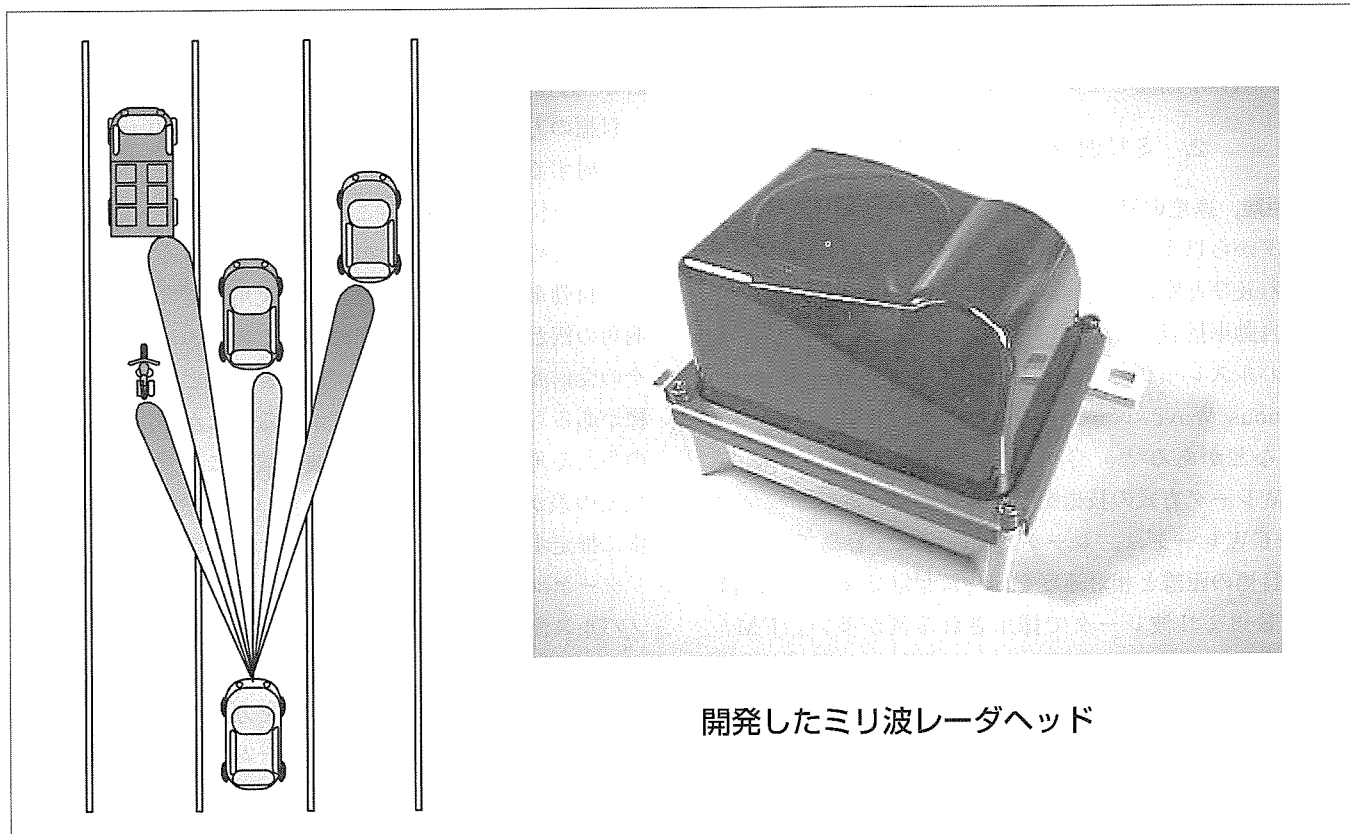
要旨

76.5GHzのミリ波を用いて前方の車両や障害物までの距離、速度及び方向を測定する自動車搭載用ミリ波レーダは、ITS(Intelligent Transport Systems)の技術分野の一つである予防安全システムを構成するために不可欠なセンサとして世界的に開発が進められている。近年の高周波技術・半導体技術の進歩に伴い、安価で小型なミリ波レーダが実現できるようになってきた。

三菱電機では、宇宙・防衛・民生分野で長年培ってきた

高周波技術・半導体技術・レーダ技術を基に、自動車搭載用ミリ波レーダを開発した。特に、ミリ波を発振/変復調するRF(Radio Frequency)モジュールにはミリ波レーダ専用開発したMMIC(Microwave Monolithic IC)を用い、レーダ性能とレーダヘッドの小型化を両立した。

今回開発したミリ波レーダは、同一のレーダヘッド内にレーダ信号処理回路を内蔵することで小型・軽量化を図り、自動車への搭載を容易なものにしている。



開発したミリ波レーダヘッド

自動車搭載用ミリ波レーダシステム

ミリ波レーダは、現在実用化されているレーザーレーダと比べて悪天候時の車両検出特性が優れている。ミリ波帯で使用できる高周波デバイスの実現など高周波技術の発展に伴い、従来宇宙・防衛用の技術であったミリ波を民生用に使用することが可能となってきた。ミリ波レーダは、ACC(Adaptive Cruise Control)用のセンサとして一部市販が始まった段階であるが、将来は自動運転のためのセンサとして応用が期待されている。

1. まえがき

ITSの一技術分野として、自動車の“目”に相当する働きを持つ各種センサの開発が世界中で精力的に進められている⁽¹⁾。これらは、主として、超音波を用いたもの、画像センサのように可視光線を用いたもの、赤外線レーザを用いたもの、及びマイクロ波やミリ波などの電波を用いたものに大別される。ミリ波レーダは、赤外線レーザを用いたセンサと比べ、降雨や降雪時のような悪天候においても安定して目標を検出できる特長がある。近年、半導体やアンテナにおける高周波技術の民生用機器への応用例が増えるにつれて、より高機能・高性能なセンサを安価に作る事ができるようになってきた。法律上でも、海外で自動車搭載レーダ用に割り当てられている76~77GHzのミリ波帯が、1997年に日本の電波法の特小電力無線局用周波数に指定された。このようにミリ波レーダを実用化する条件が整い、一部はACCのセンサとして市販されるに至った。

三菱電機では、宇宙・防衛・民生分野で長年培ってきた高周波技術・半導体技術・レーダ技術を用い、自動車搭載用ミリ波レーダを開発した。ミリ波を発振/変復調するための半導体デバイスを始めとするレーダの構成要素を自動車搭載レーダ専用にしてすべて自社開発したことが特長の一つである。

本稿では、自動車搭載用ミリ波レーダの測定原理について述べ、当社が開発したレーダについて紹介する。

2. ミリ波レーダの測定原理

2.1 距離、速度の測定

レーダから目標すなわちターゲット車両までの距離の測定(測距)及び速度の測定(測速度)は、レーダの方式に依存する。自動車搭載用ミリ波レーダに用いられるレーダ方式には、パルスレーダ、FM-CW(Frequency Modulation Continuous Wave)レーダ、FSKレーダ、スペクトル拡散レーダなどがある⁽²⁾。今回開発したミリ波レーダは、FM-CWレーダ方式の技術をベースにしている。

FM-CWレーダは、レーダの回路構成が容易であるとともに目標の距離と相対速度を同時に測定できるため、自動車搭載用ミリ波レーダで採用される例が多い。FM-CWレーダによる測距、測速度原理を図1に示す。レーダは、FM変調をかけたミリ波帯の電波を送信し、目標で反射されてレーダに戻ってきた電波を受信する。この受信波を送信波とミキシングし、周波数 f_0 のビート信号を得る。このビート信号には、レーダから目標までの距離による時間遅延と、目標との相対速度によるドップラー周波数の情報が含まれる。また、目標までの距離及び目標の相対速度を得るために、周波数の時間変化が異なる2種類の変調波を用いる。同一目標に対し、それら2種類の変調波から得

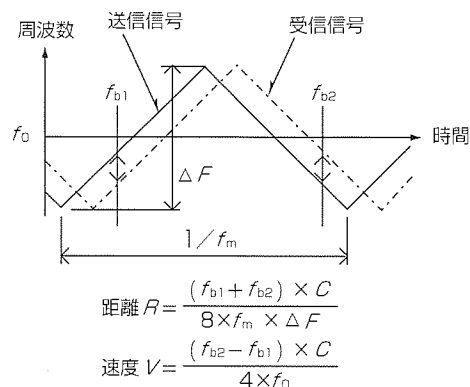


図1. FM-CWレーダの測定原理

られるビート信号の周波数 f_{b1} 及び f_{b2} から、距離、相対速度を求める。図の例では、時間とともに周波数が高くなるアップチャープ波と逆に低くなるダウンチャープ波とから得られるビート信号の周波数 f_{b1} と f_{b2} とから、目標までの距離及び目標の相対速度が一度の計測で同時に得られる。

電波を反射する物体が複数存在する場合には、ビート信号が複数の周波数成分を持つので、同一目標からのビート信号を誤りなく組み合わせることが目標の誤認識率を減らすために重要である。ミリ波レーダをACCシステムや自動運転システムのセンサとして用いるためには、より低い目標誤認識率を達成することが必ず(須)となる。

2.2 方位角の測定

目標の方位角の測定(測角)は、レーダに用いたアンテナの放射するビーム形状に依存する。細いビームであるほど目標の方位角を特定することは容易であるが、細いビームを得るためにはアンテナの開口寸法を大きくする必要があり、自動車搭載用レーダとしては実用的ではない。簡単な測角の例として、放射方向の異なる複数のビームを用い、その受信波のうち電界強度が最大となるビームの方向に目標があるものと推定する方法がある。しかし、車両に電波の当たる角度によっては反射波の強度に最大100倍(20dB)程度の差があり⁽³⁾、このため、この方法では方位角を詳細に推定することが困難である。

ターゲット車両の方位角を詳細に推定する方法としてモノパルス測角方式がある。この方法は、自動車搭載用レーダとして比較的容易に用いることができる。測角原理を図2に示す。同一目標からの反射波を方向の異なる2本のビームで受信する。このとき、両ビームでの受信電界強度が等しければ目標は両ビームの中央に存在するものと推定する。両ビームで受信電界強度に差があれば、その差に応じて方位角を決定する。すなわち、

- (1) 両ビームの受信電界強度の和(Σ)と差(Δ)を求める。
- (2) それら和と差の比 Δ/Σ をアンテナの放射パターンからあらかじめ求めておいた方位角 θ と受信電界強度から得

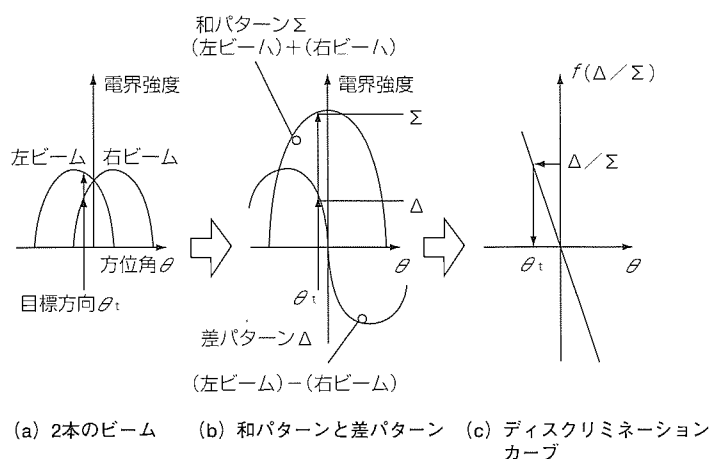


図2. モノパルス測角方式

られる Δ/Σ との関係を示すディスクリミネーションカーブと比較し、方位角を一意に決定する。

モノパルス測角方式を実現するためには、このように二つのビームを用い、その受信電界強度の和と差を求めることが必要である。これを一つのアンテナで行う、すなわち2ビームを同時に放射して測角に必要な Σ と Δ の信号を同時に直接出力できるアンテナもあるが、構成が大がかりなものとなる。自動車搭載用レーダでは、装置の小型化・簡素化のため、一つのビームを逐次異なる方向に向ける方法がよく用いられる。これには、単一ビームを放射するアンテナを機械的に走査したり又は複数のビームをスイッチを用いて電氣的に切り換える構成にすることが多い。

3. ミリ波レーダの仕様

自動車搭載用ミリ波レーダの仕様例を表1に示す。ミリ波レーダを用いたACCシステムを高速道路などの規格化幹線道路で使用する場合を想定し、自車両前方100m以遠の先行車両を検出できる性能を満たすものとしてこれらの仕様を決めた。表において、 $\pm 8^\circ$ の角度範囲は、道路の最小曲率半径が300mの場合に、余裕を持って遠方を見通せる角度として算出している。

4. 開発したミリ波レーダの概要

自動車搭載用ミリ波レーダの性能には、以下のような事項を満たすことが要求される。

- (1) ミリ波を安定して発振、増幅、変復調できること
 - (2) ミリ波を目標に向けて、適切な電力、ビーム幅、ビーム本数、タイミングで放射できること
 - (3) 車載時に起こり得る温度変化及び振動などの周囲環境に耐えられること
 - (4) 自動車への搭載を考慮して小型、軽量であること
- これらの要求を満足させるために、RFモジュールやア

表1. ミリ波レーダの仕様例

項目	性能
使用周波数帯	76~77GHz (76GHz帯小電力ミリ波レーダ)
アンテナ給電電力	最大10mW(同上)
距離測定範囲	最大120m(乗用車)
距離分解能	1m
相対速度測定範囲	接近200km/h~離反100km/h
速度分解能	1km/h
角度範囲	$\pm 8^\circ$ 以上
複数目標検出	複数台検出可能(走行車両)
データ出力周期	100ms

ンテナ、アンテナの機械駆動機構、レーダ信号処理回路など、レーダヘッドを構成する各要素を独自に開発し、自動車搭載用ミリ波レーダに適用した。以下にその概要を述べる。

4.1 RFモジュール

RFモジュールは、ミリ波帯の発振器、増幅器、ミキサなどのMMICと、アンテナ及び信号処理回路とのインタフェースを一つのパッケージに納めたものである。今回、MMICには、自動車搭載用ミリ波レーダ専用に自社で開発し製造したものをを用いた。発振周波数、電力、スプリアスの強度など、電波法の規定を満たした上で100mを超える最大検知距離を得ることのできる、高出力、高感度のRFモジュールを実現した。また、耐環境性についても評価を行い、車載環境で安定した性能の得られることを確認した。

4.2 アンテナ

アンテナの構造・構成は、アンテナに要求される利得、放射パターン、及びアンテナ寸法を考慮して決められる。今回、RFモジュールと組み合わせるときに最大検知距離と検知角度範囲を満たすように、高い利得とアンテナ効率の得られるオフセットパラボラ反射鏡アンテナを用いた。また、ビーム走査には、軽量の反射鏡のみをカムとリンク機構で駆動する機械駆動方式を用いた。このアンテナの特長は、RFモジュールを固定したままビーム走査をすることができ、 $\pm 10^\circ$ 程度のビーム走査ではアンテナの放射特性がほとんど変化しないことにある。

4.3 レーダ信号処理回路

レーダ方式には、FM-CWレーダ方式にパルスレーダの技術を組み合わせるものを用いた。これにより、FM-CWレーダ方式で問題となる目標の誤検出率を低下し、大幅な目標検出性能の改善を実現した。この信号処理回路を、RFモジュール、アンテナ、機械駆動機構、電源回路とともに一つのレーダヘッドに納めた。このため、レーダの小型化・軽量化を図ることができ、自動車への搭載が容易になった。

5. むすび

小型・軽量の自動車搭載用ミリ波レーダを開発した。このミリ波レーダは、技術基準適合証明を受け、特定小電力無線局として認定された。現在、ACCシステムのセンサとして実走行試験を実施中である。

参考文献

(1) 佐藤眞一，赤須雅平，堤 和道，浅山嘉明：ITSの車

載系要素技術，三菱電機技報，73，No.10，700～703（1999）

(2) Meinel, H. H. : Millimeterwaves for Automotive Applications, Proc. of 26th European Microwave Conference, 830～835（1996）

(3) 自動車走行電子技術協会，日本自動車研究所：ミリ波レーダ性能評価用標準ターゲットに関する調査研究報告書，ITS規格化 J98-2（1998）



車載カメラの画像処理部一体化技術

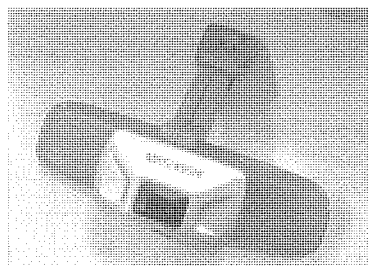
藤井善行*
塚岡英樹**
炭田昌人*

要旨

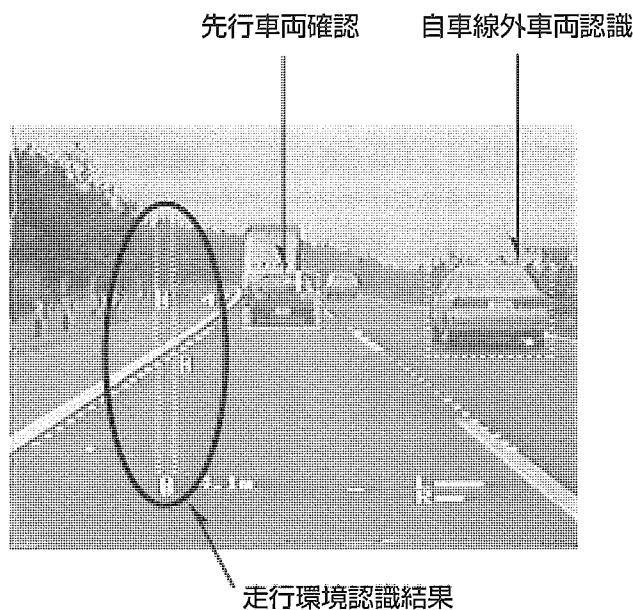
ITS(Intelligent Transport Systems)と呼ばれる新しい概念の次世代高度道路交通情報システムが提唱されて久しい。このITSのキーテクノロジーの一つと言える技術に、走行環境認識技術がある。昨今では、この走行環境認識技術を用いた車間距離制御システムや車線逸脱警報システムなどが相次いで製品化され、自動運転の基礎となる技術の開発と製品化がここに来て加速されている感がある。

走行環境認識技術の中でもその要素技術の一つとして期待されている画像処理を用いた認識技術は、上に述べたようなシステムの視覚センサとして既に実用化されており、今後の市場拡大に向け、更なる小型化・低コスト化が望まれている。

今回、視覚センサとして、撮像部と画像処理部が別体であった従来の構成を一体化し、インタフェース回路の大幅削減や制御回路のソフトウェア化、回路の簡素化を図った。さらに、一体化することで新たに生じる問題を解決することにより、容積比で80%減(当社比)という大幅な小型化を実現することができた。また、構成部品と製造工程の見直しを図ることで更なる低価格化を実現した。機能的にも、撮像性能と認識技術の向上を図っている。この小型化により、取付けの柔軟性が向上するとともに安価なシステム構築が可能となるため、車両制御システムの拡大が期待される。



画像処理部一体型カメラの
ミラー取付け例



白線認識・車両認識状況

車載用画像処理部一体型カメラ

従来は別体であった撮像部と画像処理部を一体化し、インタフェース回路の大幅削減、制御回路のソフトウェア化等を行うことにより、容積比で80%減という大幅な小型化と低価格化を実現した。このカメラを前方監視に用いた場合、レーン認識機能や車両検出機能を用いた車両制御、又は警報システムのアプリケーションに使用できるほか、後方監視や側方監視といった車両周辺監視の様々なアプリケーションにも対応可能である。

1. まえがき

ITSと呼ばれる新しい概念の次世代高度道路交通情報システムが提唱されて久しい。ITSは、道路交通の安全・効率・環境など、車両側だけにとどまることなく、様々な分野を融合させた大規模システムであり、日米欧を中心に活発な研究開発が行われていることは周知のとおりである。

このITSのキーテクノロジーの一つと言える技術に走行環境認識技術がある⁽¹⁾。昨今では、この走行環境認識技術を用いた車間距離制御システムや車線逸脱警報システムなどが相次いで製品化され、自動運転の基礎となる技術の開発と製品化がここに来て加速されている感がある。

走行環境認識技術の中でもその要素技術の一つとして期待されている画像処理を用いた認識技術は、上に述べたようなシステムの視覚センサとして既に実用化されており、今後の市場拡大に向け、更なる小型化・低コスト化が望まれている。

本稿では、この画像処理を用いた視覚センサについて、従来の製品に比べて大幅に小型化・低価格化を実現することができたので、これについて述べる。

2. 走行環境認識センサの小型化と低価格化

2.1 従来の走行環境認識センサ⁽²⁾と問題点

画像処理を用いた視覚センサは、車両周辺を撮像した画像から目的の対象を検出し認識する役割を担っている。したがって、基本的な構成は撮像部と画像処理部に大別されるが、実時間画像処理を行うため、その画像処理部は一般的な車載センサに比べて高価でその形状も大きい。通常、センサ取付け部には様々な制約が掛かるため、撮像部と画像処理部を分離し、できるだけセンシング部を小型化する構成が一般的である。また、車速センサやハンドル角センサなど、車両からの情報入力も多数必要となるため、これらを画像処理ECU (Electric Control Unit) に集約した方が得策である。この構成を図1に示す。

ところが、このような構成においては、性能的な側面及びコスト的な側面の両面で次のような問題点が内在している。

- (1) 映像を車両内で伝送するためEMC (Electromagnetic Compatibility) の点から問題
- (2) EMC対策フィルタを使用すると映像高調波が減衰するため、検出精度が要求される用途に対しては非常に不利
- (3) 構造部材やビデオインタフェース回路、電源、TG等がカメラとECUで二重に必要

上記問題点の克服にはカメラと画像処理ECUを一体化すればよいが、取付け場所の制約によってそのまま一体化したのでは大きすぎて製品化が困難である。また、各種多様な入出力を勘案すると、コネクタサイズとリードワイヤの配線数だけで取付け場所の制約が満たせない。また、小型化による放熱の問題、さらには、画像処理ソフトウェアの机上デバッグ環境など、開発ツールの新作だけでなく、専用の外部入力インタフェースを別途具備するといった回路規模増大方向の問題も同時に生じる。

2.2 小型化と低価格化への解決策

カメラと画像処理ECUを一体化することによって性能的・コスト的に大きなメリットがあることは明白である。そこでまず、そのサイズの目標値をルームミラー背面への取付けを想定して名刺サイズ大と設定し、

- ハードウェアのソフトウェア化とGA (ゲートアレイ) 化
- 回路の簡素化、入出力の簡素化
- 熱的要因の排除

の三つの視点で小型化・低コスト化に取り組んだ結果、表1に示す改善策で名刺サイズでのカメラ部と画像処理部の

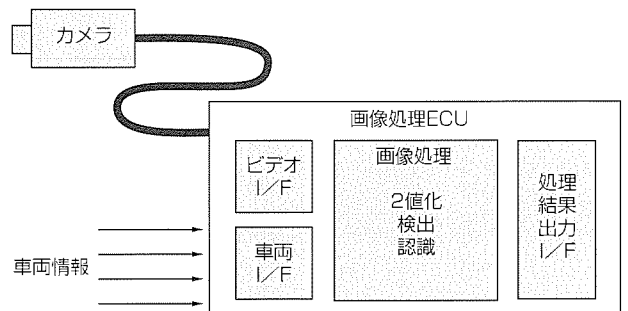


図1. 従来の画像処理式走行環境認識センサ

表1. 別体から一体化への改善策

項目	従来	一体化	効果	
ECU	EMIフィルタ	削除	回路規模削減	
	同期分離回路	削除		
	PLL回路	削除		
	SSG	削除		
	アンプ	削除		
車両I/F	多入力	CAN化	コネクタ小型化	
画像フィルタ	ハードウェア(H/W)	ソフトウェア(S/W)化		
TG	H/W	GA化	回路規模削減	
デバッグ用	-	GAに集約	回路規模削減	
電源	シリーブレギュレータ	DC/DC化	熱的問題回避	
カメラ	CCD	1/3インチ型	1/4インチ型	光学系小型化
	Iris	メカニカル	電子Iris化	光学系小型化
	Iris制御	H/W	S/W化	回路規模削減
	AGC制御	H/W	S/W化	
	特性制御	H/W	S/W化	

一体化に目処を付けた。

3. 画像処理部一体型カメラ

3.1 画像処理部一体型カメラの構成

図2に画像処理部一体型カメラの構成を示す。表1に記載した内容を反映することで約40%の部品点数削減が可能であった。

まず、撮像素子で光電変換された映像は、各種信号処理を施された後、A/D変換され、GAを介してメモリに書き込まれる。GAでは、各種タイミング信号を発生するとともに、描画や外部入力制御を行う。これにより、机上でのソフトウェアデバッグ環境にも対応できる。また、画像フィルタをソフトウェア化したため、ゲート数の少ない安価なGAを採用することができ、コスト改善にも貢献できている。MPU(Microprocessor Unit)では、メモリに書き込まれた画像とCAN(Controller Area Network)による各種車両情報からレーン認識等を行い、処理結果をCANを介して出力する。また、カメラのIris, AGC制御やカメラ特性制御についても、MPUで演算・制御を行っている。なお、カメラ制御のソフトウェア化と同時にカメラの各種パラメータを無調整化し、製造面での簡素化とコスト低減も実現している。入出力は、車両情報取得をCANに集約したため、電源と映像、CAN通信線のみの非常にシンプルな構成となっている。

3.2 レーン認識

レーン認識は、天候や周囲の環境によってその性能が大きく左右されがちである。しかし、アスファルト路面上の白線は、基本的に“周囲の路面輝度よりも白線輝度の方が明るい”といった特徴を持っている。この特徴に着目した画像フィルタがTHF(Top Hat Filter)である。C, L, Rをそれぞれ座標位置, hを撮像素子面上の白線幅とした場合、C点におけるTHF値は次式で表される。

$$THF(C) = \min \{ Lum(C) - Lum(L), Lum(C) - Lum(R) \} \dots\dots\dots(1)$$

ただし, $L=C-h$

$R=C+h$

Lum(x)はx点における輝度

である。すなわち、この演算によれば、hを白線幅とした場合、hよりも小さい幅の明点が抜き出せ、かつ周囲の環境による輝度変化の影響を受けにくい。したがって、後段のしきい値処理が安定し、またその設定に柔軟性を持たせることができる。この効果を図3に示す。

3.3 車両検出

車両や障害物の検出を画像処理で行うためには、その特徴を二次元情報内で抽出する必要がある。しかし、単純な

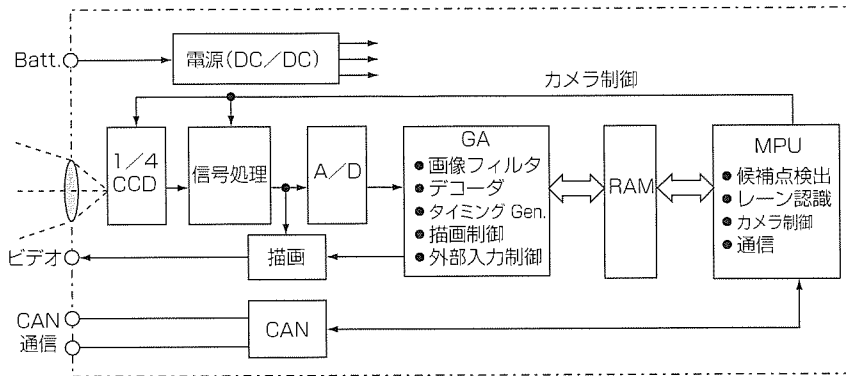


図2. 画像処理部一体型カメラの構成

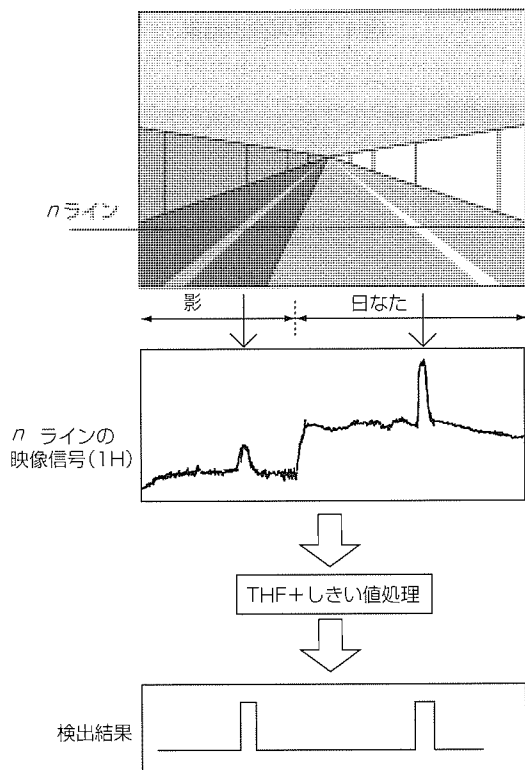


図3. THFの効果

ハードウェア構成かつ実時間処理という制約内で車両などの特徴を抽出することは、一般的に非常に困難である。

今回開発したカメラでは、車両の特徴に注目するのではなく、路面の輝度変化によって“路面ではない物”に着目し、これを検出している。図4に検出結果を示す。

3.4 黄色線検出

日本の道路におけるレーンには、色で分別した場合、白と黄色の2種類がある。この黄色線の場合には、路面との輝度差が得られにくく、通常、非常に検出困難となる傾向にある。黄色線とアスファルトではその分光特性に違いがあるため、この特徴に着目した光学フィルタを採用することでこの問題を解決できる。

今回のカメラでは、黄色線検出フィルタを採用し、黄色線についても3.2節のTHF、すなわち白線と同一のアルゴ

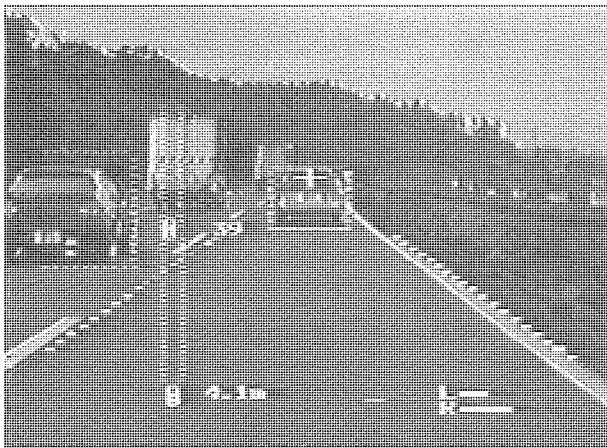
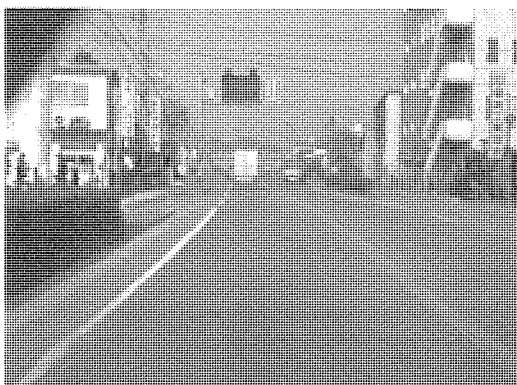
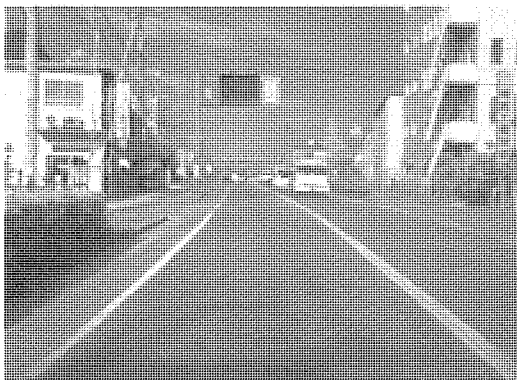


図4. 車両検出結果



(a) フィルタなし



(b) フィルタあり

図5. 黄色線検出フィルタの効果

リズムで検出することが可能となっている。なお、このフィルタは、ヘッドライトによく使用されるハロゲン光の波長が減衰しないため、夜間の感度低下という弊害はない。この効果を図5に示す。

3.5 画像処理部一体型カメラの仕様

開発した画像処理部一体型カメラの仕様を表2に示す。

表2. 画像処理部一体型カメラの仕様(前方監視用)

撮像素子	1/4インチ型 白黒
解像度	(H)510×(V)492
レンズF値	F4
レンズ画角	26° , 33° , 45° , 90° (4種)
ALC	電子Iris, AGC
測光方式	部分測光
最低被写体照度	2 (lx)
S/N	45dB以上 (AGC OFF)
レーン検出範囲	~50m (at26° , 高さ1.3m) **
車両検出範囲	~50m (at26° , 高さ1.3m) **
光軸調整	オート (学習機能あり)
入出力	CAN (調歩同期式通信も可)
映像出力	EIA (1V _{p-p}) 処理結果描画出力可
電源電圧	DC8~32V
消費電力	3W以下 (DC12V時)
形状	(W)105×(H)62×(D)44.8 (mm) (W)105×(H)62×(D)25 (mm) (33° レンズ)
保存温度	-30~90°C
動作温度	-30~80°C

**晴天時。天候によって左右される。

4. む す び

走行環境認識技術の一つとして、画像処理方式を用いた走行環境認識センサである画像処理部一体型カメラについて述べた。紙面の都合上、前方監視への応用についてのみとなったが、ソフトウェアの変更によって後方・側方・後側方など車両の周囲全般に応用可能である。

今回開発した画像処理部一体型カメラでは、従来よりも大幅な小型化・低価格化を実現することができたため、今後のITS技術の浸透に伴って、各種車両制御システムの視覚センサとして普及していくことが見込まれる。

画像処理方式の走行環境認識センサは、その性能が天候に左右されるといった欠点を持ちながらも、各種システムを構成する上で必ず(須)のセンサとなるため、自動車業界におけるニーズは高い。今後は、更なる小型化・低価格化と認識のロバスト性向上を推進していきたい。

参 考 文 献

- (1) 佐藤眞一, 赤須雅平, 堤 和道, 浅山嘉明: ITSの車載系要素技術, 三菱電機技報, 73, No.10, 700~703 (1999)
- (2) 堤 和道, 赤須雅平, 池淵和宏, 岡村茂一, 串崎弘充, 西田 稔: 車間距離制御技術, 三菱電機技報, 70, No.9, 893~896 (1996)

電動パワーステアリングの据え切り制御

栗重正彦*
喜福隆之**
銭谷 享**

要旨

自動車用のパワーステアリング装置は、操舵アシスト力の発生方式によって油圧式のものと同電動式のものに大別される。

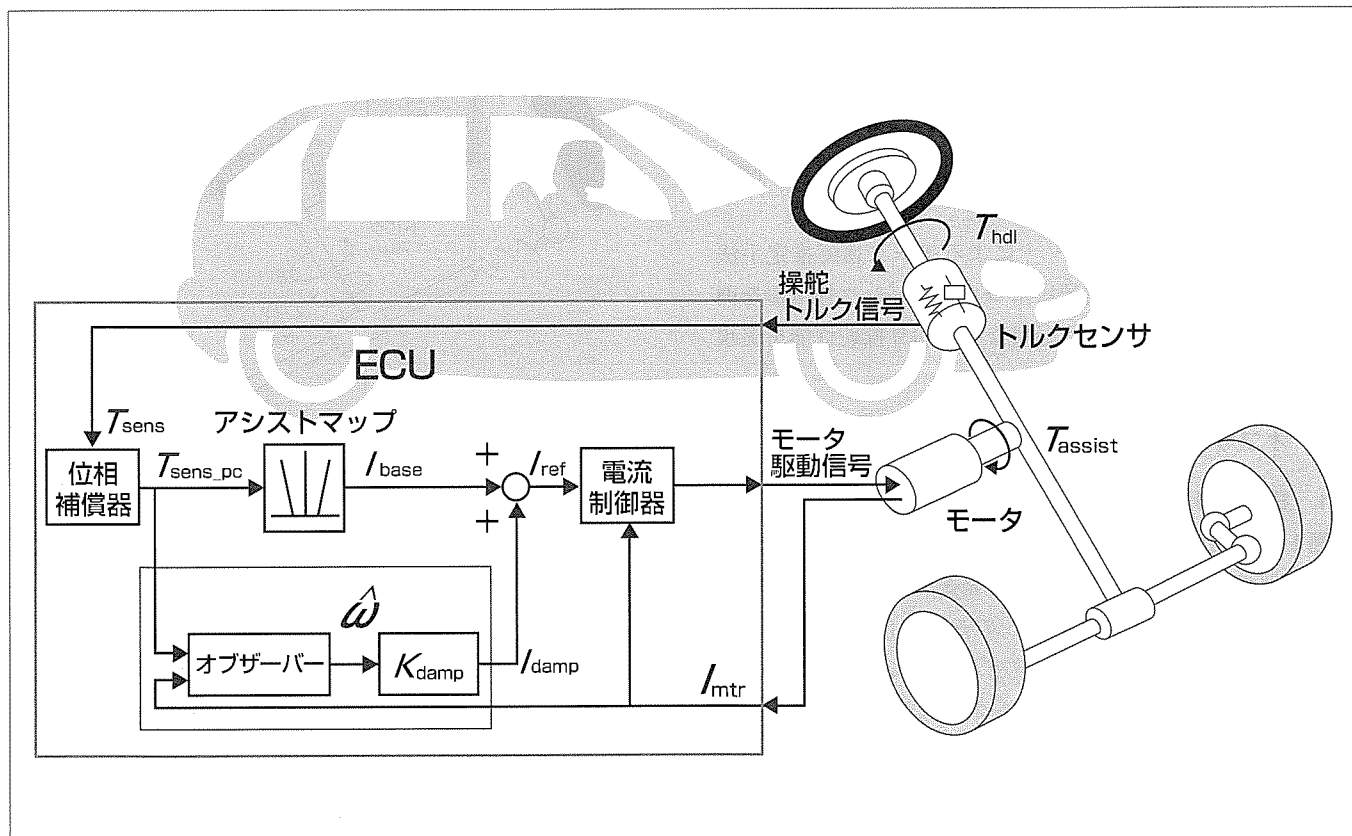
油圧式のパワーステアリング制御装置は、装着車比率では現在も主流であるが、装置構成が複雑で装着性が悪く、エンジンの動力の一部を使って常に油圧を昇圧しておかなければならないために、パワーステアリングを装着していない場合よりも燃費が低下してしまう。

これに対して、電動式パワーステアリング装置は、必要時にのみ電力を供給し操舵トルクをアシストするために油圧式のものよりも燃費が向上し、近年急速に普及し始めている。また、装着性の良さや安全性の観点からも将来の乗用車向けパワーステアリング装置として注目を集めており、

今後急激に電動式パワーステアリング装着車両が中・小型車で拡大する傾向にある。また、ASV(Advanced Safety Vehicle)などの将来の車両におけるステアリングシステムのキーとなるものである。

この電動パワーステアリング制御装置は、制御自由度が高く種々の車両に対し操舵制御性能を最適に実現でき、そのモータ出力も向上している。三菱電機は、中・小型車へ搭載する市場の要求にこたえるため、コンポーネントの開発と同時に、更なる制御性能改善を継続して取り組んでいる。

本稿では、車両停車状態でハンドル操作(据え切り操舵)を行う際に操舵トルク低減を実現した新制御方式について述べる。



電動パワーステアリングシステム

操舵トルク信号と車速信号に基づいてドライバーの要求と走行状態に応じた操舵アシスト力を発生させる電動パワーステアリング制御装置において、据え切り(停車中にハンドル操作を行うこと。)時に状態量(操舵速度変動)をオブザーバーで推定制御し、スムーズで軽快な据え切り操舵感が可能となる。

1. まえがき

自動車用のパワーステアリング装置としてドライバーへの快適な運転環境の提供と装着性や安全性の観点から電動式パワーステアリング装置⁽¹⁾が注目を集めており、今後急激に装着車両が中・小型車で拡大する傾向にある。

この電動式パワーステアリング装置(EPS)に対し、中・小型車への搭載をターゲットに、更なる制御性能改善に取り組んでいる。

本稿では、車両停車状態でハンドル操作(据え切り操舵)を行う際の操舵トルクを低減させる新制御方式について述べる。

2. 据え切り時の制御性能への要求

EPSは、ドライバーの操舵トルクを検出するトルクセンサ出力に基づいてモータの電流を制御し、ドライバーによる操舵トルクを軽くするアシストトルクを発生させる。トルクセンサ出力とアシストトルクはほぼ比例関係にあり、この比例ゲインをマップゲインという。このマップゲインを大きくとることによって操舵トルクの低減が実現されるが、一方で30Hz付近で制御系の振動現象が生じ、ドライバーが不快なハンドル振動を感じる場合がある。

この振動の抑制を実現するには発振が生じる周波数に対し制御でダンピングをかけることが有効であるが、EPSはモータの回転速度センサを持っていない。従来⁽¹⁾は、5Hz以下の低周波域に対してはモータの回転速度の推定を行っていたが、発振周波数である30Hz付近でのモータの回転速度を推定することは困難であった。

そこで、オブザーバー⁽²⁾⁽³⁾によるモータ速度推定手法とこのモータ速度推定信号に基づくダンピング補償器を開発し、ハンドル振動もなく軽快な据え切り操舵性能を実現した。

3. オブザーバーを用いたダンピング制御系の設計

3.1 据え切りでのステアリング機構の概要

図1のEPS付きのステアリング機構のモデルを線形化し、周波数解析を行い、据え切り時の発振のメカニズムを明らかにする。ステアリング機構⁽⁴⁾のモデルは、式(1)に示されるとおり、モータの慣性、ドライバーによる操舵トルク T_{hdl} 、モータによるアシストトルク T_{assist} 、ステアリング機構への反力トルク T_{tran} の釣り合いから成り立つものである。また、タイヤは、据え切り時に、ハンドル角が小さな領域では路面とタイヤの接触面が変化せず、タイヤのね(捩)じれによる“ばね”として作用するので、操舵角と反力トルクとは一定ゲインの比例関係となる。

$$J\ddot{\theta}_s = T_{assist} + T_{hdl} - T_{tran} \dots\dots\dots(1)$$

$$T_{assist} = G_{gear} \cdot \{K_T \cdot I_{mtr} - T_{fric} \cdot \text{sgn}(\dot{\theta}_s)\} \dots\dots\dots(2)$$

$$T_{hdl} = K_T(\theta_{hdl} - \theta_s) + C_{tsen}(\dot{\theta}_{hdl} - \dot{\theta}_s) \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 K_T ：キータトルク定数、 I_{mtr} ：キータ電流、 T_{fric} ：モータ摩擦トルク、 K_{tsen} ：トルクセンサばね定数、 C_{tsen} ：トルクセンサ粘性係数、 θ_s ：コラム軸角、 θ_{hdl} ：ハンドル角、 G_{gear} ：モータからコラム軸へのギア比、 J ：コラム軸換算モータ慣性モーメントである。

そして、ハンドル角 θ_{hdl} を入力とし、ステアリングコラム軸角 θ_s を出力として図1を線形化したモデルのブロック線図を図2に示す。その周波数特性を計算した結果を図3中の実線で示す。実線は従来の制御方式である。

クロスオーバー周波数付近では位相余裕を持たせるように制御系を設計している。しかし、マップゲイン K_{assist} を大きくすると、クロスオーバー周波数が高周波数側に移動し、位相余裕が小さくなり、制御系の発振が生じる。

3.2 オブザーバーの構成

オブザーバーは、得たい未知状態量を含む系のモデルに基づいてその系への入出力から未知状態量を推定するものである。本来ならばモータ速度を推定するには式(1)のモ

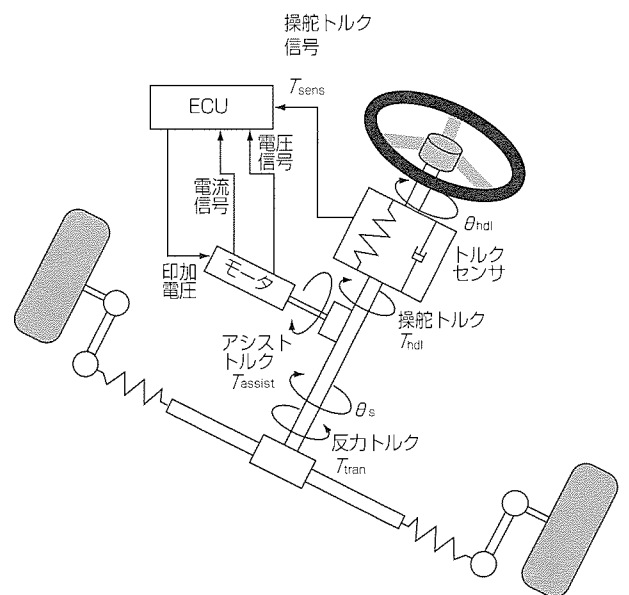


図1. EPSとステアリング機構

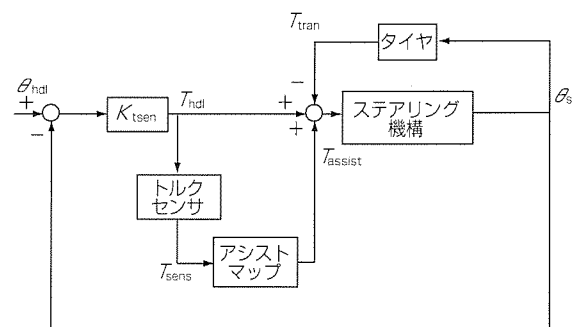


図2. EPS付きステアリング機構のブロック線図

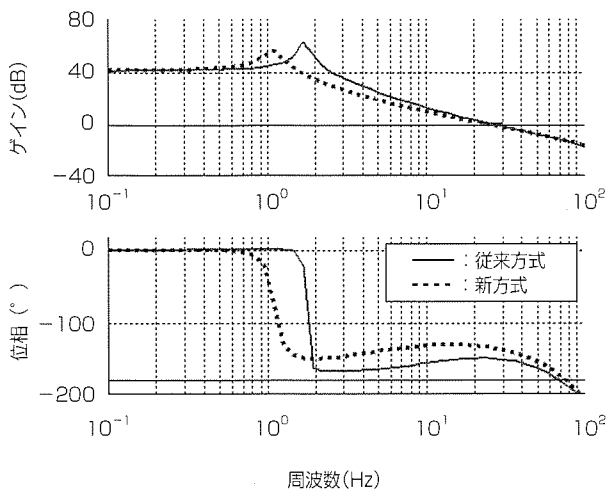


図3. EPS付きステアリング機構の周波数特性計算結果

デルを基にオブザーバーを構築する必要があるが、対象とするモデルが複雑になりすぎてオブザーバーの構築は現実的でない。そこで、式(1)をステアリング振動成分のみに対して成立する二次の線形モデルに簡素化し、オブザーバーを導出した。このオブザーバーによってモータ速度を推定するのに必要な信号は操舵トルクとモータ駆動電流である。

3.3 オブザーバーの動作

このオブザーバーの動作とその推定性能を検証するために据え切り発振している際のモータ速度を推定した結果を図4に示す。太線はロータリエンコーダによる測定結果を、細線はこのオブザーバーによる推定結果を示す。推定結果は、モータ速度の振幅/位相とも実験結果と良好に一致していることが分かる。また、ステアリング発振を生じる周波数にのみダンピングをかけるねらいで入力信号をフィルタ処理しているために、推定速度がほぼ0付近で変動している。このため、このオブザーバーによるモータ速度推定値に基づいてダンピング制御を行った場合、ダンピング制御が操舵の抵抗として作用せず、軽快なハンドル操作が実現できる。

3.4 オブザーバーを用いたダンピング制御系

オブザーバーによるダンピング補償制御を行った場合の据え切り時の制御ブロック線図を図5に示す。従来の据え切り時の制御アルゴリズムがトルクセンサ出力 T_{sens} のみに基づいていたのに対し、位相補償後のトルクセンサ出力 T_{sens_pc} 及びモータ駆動電流 I_{mtr} をオブザーバーに入力し推定したモータ速度にゲイン K_{damp} を乗じ、ダンピング補償電流 I_{damp} を加える構成としている。このときの周波数特性を図3の点線に示す。従来の方式に比べて位相余裕が大きくなるとともに、クロスオーバー周波数以上でのゲインが大きくなり、高周波の機械共振に伴う動作音などの発生源にならない。

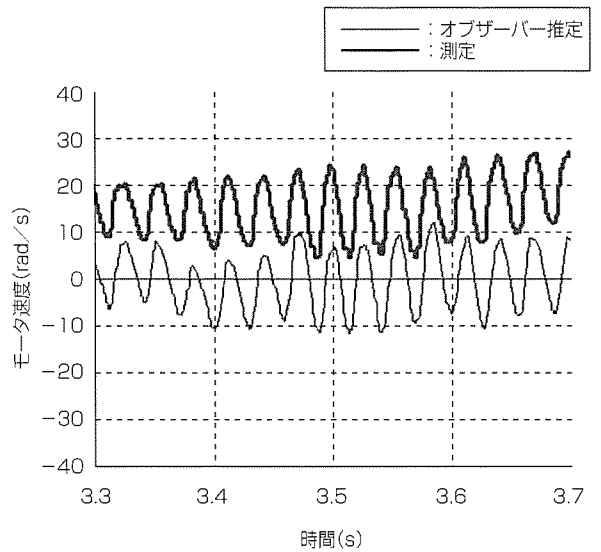


図4. オブザーバーによるモータ回転速度推定結果

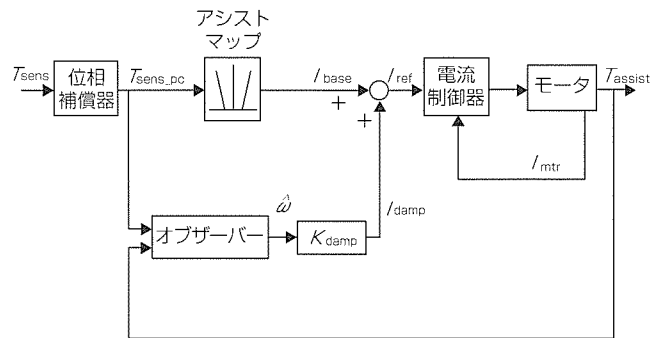


図5. ダンピング補償制御のブロック線図

4. シミュレーション及び実車試験

設計したダンピング補償器付き制御器の性能を確認するために、シミュレーションと実車実験を実施した。実験装置(図6)としては、MATLAB/Simulink(MathWorks社)で構築したコントローラモデルから制御プログラムを生成可能なdspcit^(注1)を用いた。従来の量産A車に使用されているアシストマップと比較して、マップゲイン換算で約3.3倍に向上させている。

従来の制御器(図7(a), 図8(a))では発振が生じているのに対し、ダンピング制御を行った場合(図7(b), 図8(b))には同一条件で発振が生じていない。

5. むすび

以上のように、操舵制御方式へオブザーバーとダンピング制御を適用して据え切り操舵性能を改善することができた。

(注1) “dspcit”は、dSPACE社の商標である。

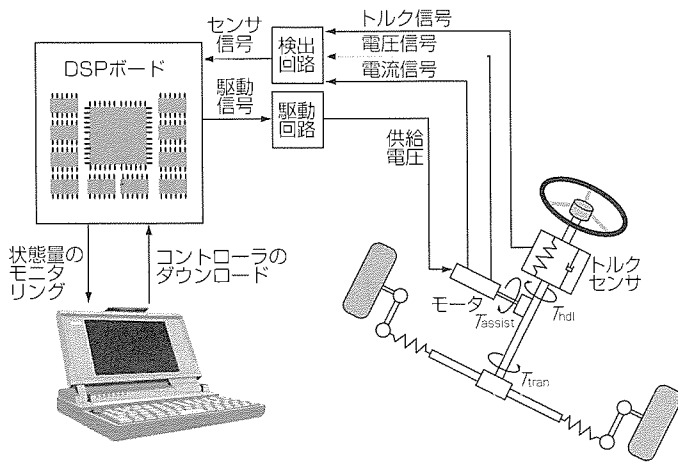


図6. 実験装置の構成

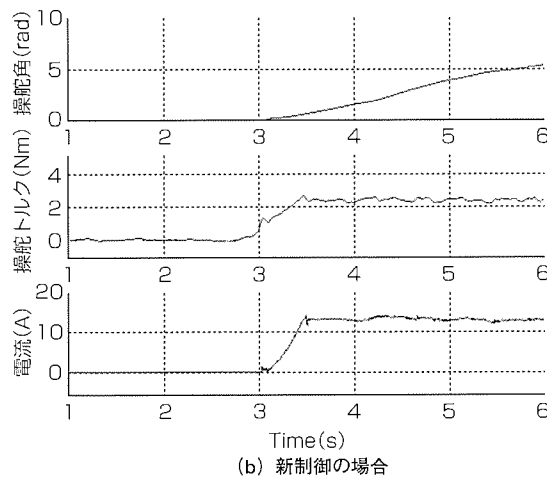
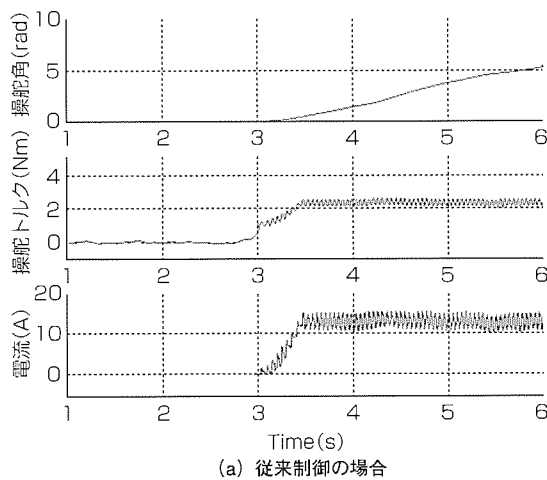
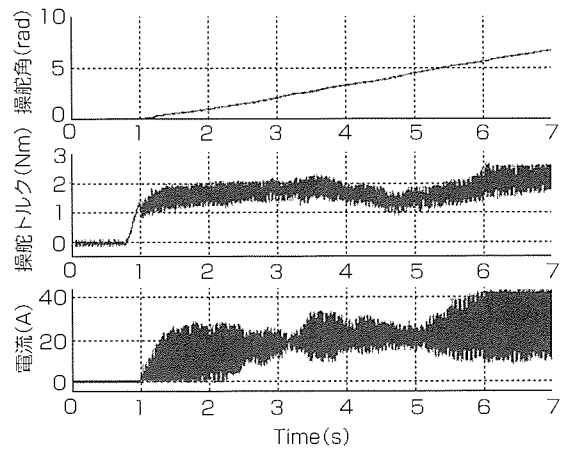
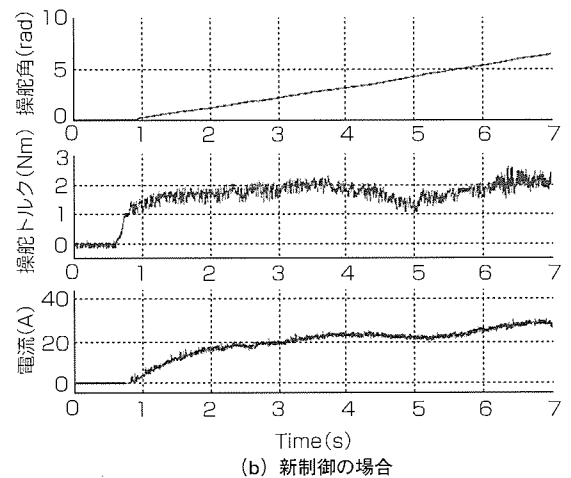


図7. シミュレーション結果

今後は、高出力モータ化への対応と更なる制御性能向上を図り、中・小型車へ広く普及するEPSを実現するよう技術開発を進め、自動車の発展へ寄与していく所存である。



(a) 従来制御の場合



(b) 新制御の場合

図8. 実験結果

参考文献

- (1) 喜福隆之, 大熊昌郁, 和田俊一, 木全政弘, 阪部茂一, 大穀晃裕: 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) Luenberger D. G.: Observing the State of Linear System, IEEE Trans. Mil. Electron, MIL-8, 74~80 (1964)
- (3) 伊藤正美: 自動制御概論, 昭晃堂, 117~126 (1985)
- (4) Post J. W.: Modeling and Testing of Automobile Power Steering Systems for the Evaluation of On-Center Handling, Ph. D. Dissertation, Clemson University (1995)
- (5) Kurishige, M., Kifuku, T., Inoue, N., Zeniya, S., Otagaki, S.: A Control Strategy to Reduce Steering Torque for Stationary Vehicles Equipped with EPS, SAE, No.1999-01-0403 (1999)

草間利樹*
上川哲生**
井手野宏昭*

カーナビゲーションソフトウェア開発環境

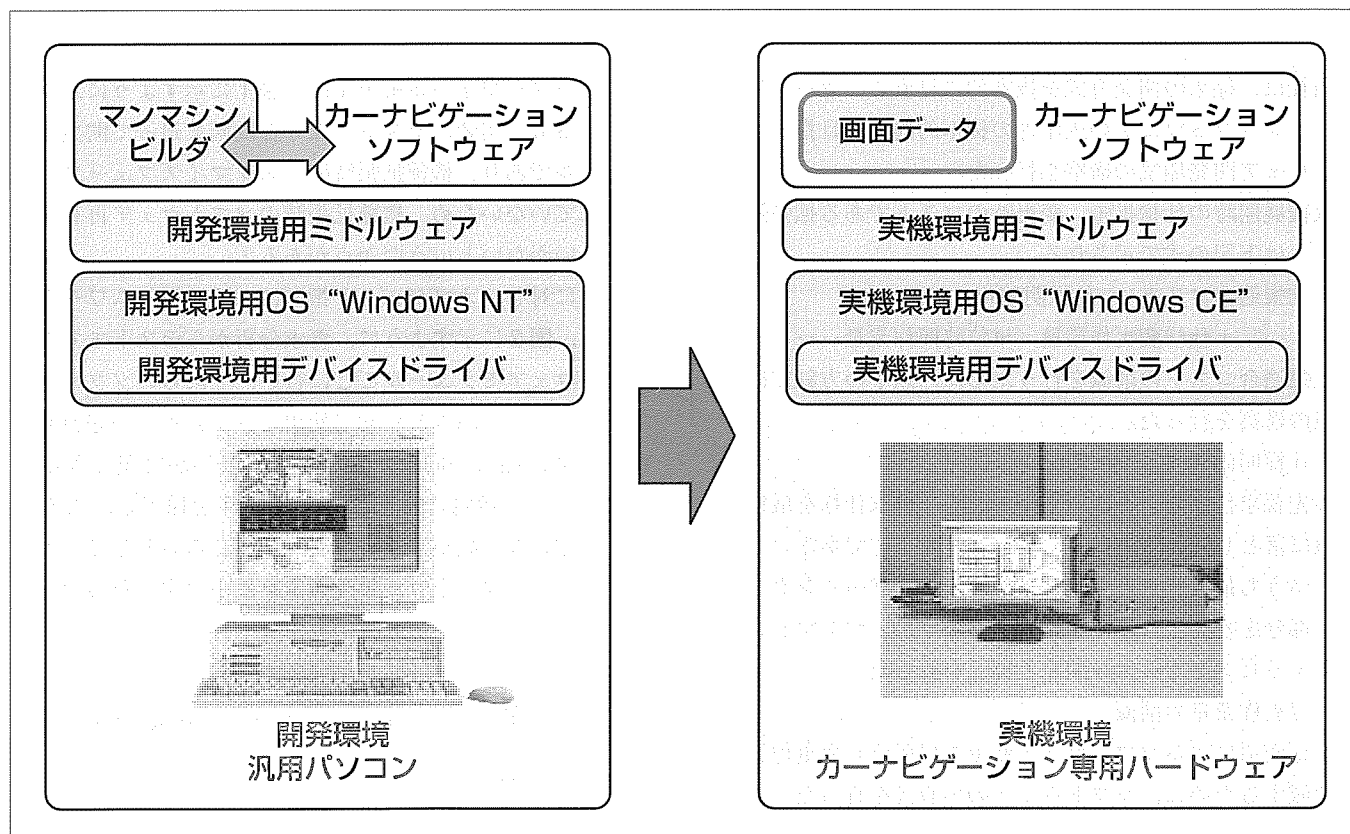
要旨

カーナビゲーションシステムは、1980年代初期に発表されて以来、飛躍的な進歩を遂げてきた。'90年初期のカーナビゲーションシステムはGPS(Global Positioning System)による自車位置検出と地図表示のみの機能であったが、その後数年で目的地までの推奨経路探索と音声と交差点拡大図による経路案内機能が基本機能となり、'96年にはVICS(Vehicle Information and Communication System)が整備され、単なるナビゲーション装置から車の情報化のプラットフォーム“車載情報ステーション”になりつつある。

カーナビゲーションシステムの多機能化に伴い、そのソフトウェアのコード量も増加し、また、マンマシン仕様の異なる複数の機種を開発する必要性から、ソフトウェア開発にかかる必要な工数も加速度的に膨れ上がってきている。

そこで、三菱電機では、従来の職人芸的な組み込みシステムソフトウェア開発の在り方を見直し、オブジェクト指向技術やユーザーインタフェース部のコードを自動生成するマンマシンビルダの導入により、機種展開コストが少なくソフトウェア生産性を大きく向上できるカーナビゲーションシステムのソフトウェア開発用フレームワークを構築した。

今回確立したカーナビゲーション用ソフトウェア開発用フレームワークを“VICTORIA(Vehicle Information and Communication Terminal using Object oRiented Implementation Architecture)”という。このVICTORIAの導入により、1機種当たりのカーナビゲーションソフトウェア開発コストを大幅に下げることができた。



カーナビゲーションソフトウェア開発環境

開発環境と実機環境の違いを吸収するミドルウェア層を設けることにより、開発環境上と実機環境上で全く同じカーナビゲーションソフトウェアを動作させることができる。その結果、ソフトウェア開発とテストの大部分をパソコン上で行うことができ、ソフトウェア生産性を飛躍的に向上できる。個々の機種ごとにカスタマイズが必要なユーザーインタフェース部は、マンマシンビルダを用いて自動コード生成を行うことにより、容易に修正可能である。

1. まえがき

カーナビゲーションシステムの市場は1999年で133万台(累積500万台)、2000年は150万台と予想されるなど急速に市場が拡大している。また、今後海外市場が立ち上がり、2005年には世界市場800万台(国内270万台)とも予想されるなど更なる市場拡大が見込まれている。

'90年に三菱電機が世界に先駆けてGPSを採用し製品化した当初は、カーナビゲーションシステムは自転車位置検出と地図表示を基本とするものであった。10年後の現在では、目的地までの推奨経路探索と音声と交差点拡大図による経路案内、VICS対応が基本機能となり、飛躍的な進歩を遂げている⁽¹⁾。

このようなカーナビゲーションシステムの進歩に伴い、そのソフトウェアのコード量も増加し、また、マンマシン仕様の異なる複数の機種を開発する必要性から、ソフトウェア開発にかかる必要工数も加速度的に膨れ上がってきている。

本稿では、当社が構築した、機種展開コストが少なくソフトウェア生産性を大きく向上できるカーナビゲーションソフトウェア開発用フレームワーク“VICTORIA”について述べる。

2. カーナビゲーションソフトウェアの生産性向上

当社は、従来の開発方式を抜本的に見直し、カーナビゲーションソフトウェアの生産性の抜本的向上を目指してソフトウェア開発環境の構築を行った。

機種展開時の仕様拡張、変更時のコストである拡張適合コストは下記の式で示される。

$$\text{拡張適合コスト} = \text{仕様明確化コスト} + \text{仕様変更作業量} / \text{単位時間作業量} \dots \dots (1)$$

拡張適合コストの削減を行うために、以下の方針で開発環境の構築を行った。

(1) 仕様明確化コストの削減

客先要求仕様などのあいまい(曖昧)な要求仕様を厳格な仕様に落とし込む工程は重要かつ大きな工程である。

このうち最も仕様変更が多く曖昧なユーザーインタフェース部分を容易に仕様明確化できるように、マンマシンプロトタイピングツールの開発と導入を行った。

(2) 変更作業量の削減

仕様変更によるソフトウェア変更を局所化し変更作業量を削減するために、ソフトウェアの再設計を行った。モジュール間結合度の縮小と変更の局所化をねらいとして、マンマシン仕様依存部分の分離、データベース依存部分の分離、コントロールデバイス(リモコン、ジョイスティック等の操作デバイス)依存部分の分離、プラットフォーム依存部分の分離を行った。

また、オブジェクト指向言語によるフレームワーク開発により、変更箇所を局所化と拡張性の向上を行った。

(3) 単位時間作業量の向上

従来の組み込みシステムの開発環境はクロス開発環境と呼ばれ、ホストとターゲットハードウェアを接続しての開発であった。今回構築した環境では、実機(ターゲットハードウェア)環境と開発パソコン環境の違いを吸収するミドルウェア層を設けることにより、上位のカーナビゲーションソフトウェアを共通化しパソコン上での開発を可能とした。

実機環境でのOS(Operating System)としてはMicrosoft社のWindows CEを採用し、優れた開発環境と高機能のAPI(Application Programming Interface)を利用している。

また、機種ごとに最もカスタマイズが必要なユーザーインタフェース部の開発効率を上げるために、マンマシンビルダによるソフト自動生成開発を行っている。

3. VICTORIAフレームワーク

構築したVICTORIAフレームワークの特長について述べる。

3.1 オブジェクト指向技術の導入

従来のウォーターフォールモデルによるソフトウェア開発からオブジェクト指向によるフレームワーク開発への移行を行った。

ウォーターフォールモデルは、図1に示すように、要求分析、設計、実装、テスト、保守と段階を追って開発を行うモデルであり、機種拡張時のカスタマイズフェーズが考慮されていないため、機種拡張時のソフトウェア再利用がうまくいかないという問題点がある⁽²⁾。

それに対し、オブジェクト指向によるフレームワーク開発では、図2に示すように、要求分析からテストまでを各ソフトウェアモジュールごとに行い、それらのソフトウェアモジュールを組み合わせて使用できるため、保守容易性、再利用性、品質の向上、及び機能拡張性が実現できる。オブジェクト指向言語としては、C++を採用し、モジュール間結合度の縮小/変更の局所化をねらいとして、カスタマイズ時のソフトウェア改変量を最小化するためのソフトウェアアーキテクチャへの再構成を行った。

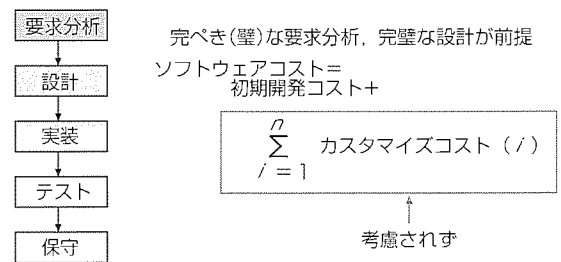
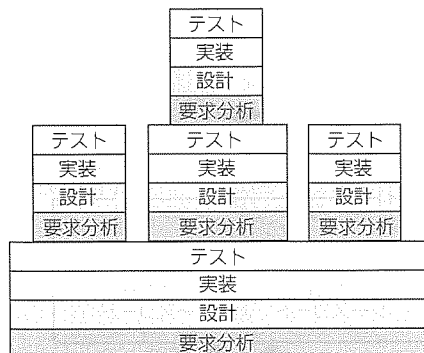


図1. ウォーターフォールモデルによる開発



フレームワーク

図2. オブジェクト指向によるフレームワーク開発

3.2 パソコン環境での開発

実機環境と開発パソコン環境の違いを吸収するミドルウェア層を設けることにより、上位のカーナビゲーションソフトウェアを共通化した。上位のソフトウェアはOSのシステムコールを直接コールせず、ミドルウェアを介してコールする。実機環境用のミドルウェアとパソコン環境用のミドルウェアは入れ替えが可能であるため、パソコン上での開発が可能となる。

パソコン上でのソフトウェア開発によってパソコン用の優れた開発環境を利用することができ、また、豊富な各種ソフトウェア開発支援ツールの使用が可能である。システム試験からソフトウェア改修をすべて同一の開発パソコン上で行えるため、デバッグサイクルの短縮を図ることができる。また、ハードウェアが未だ完成していない段階でもパソコン上で開発できるため、ハードウェアとソフトウェアのコンカレント開発が行える。

図3にパソコン上での開発環境の例を示す。キーボードによるキー入力又はリモコンダイアログボックスのマウスでのクリックにより、操作を行うことができる。また、センサ情報(GPS, ジャイロ, 車速情報)再生ダイアログボックスとVICISデータ再生ダイアログボックスを備え、車両の走行やVICISデータの受信を模擬することもできる。ジャイロ, GPSと車速信号を取得できるパソコンベースナビゲーションシステム用ロケータBox⁽³⁾をシリアルケーブル経由で接続すると、パソコンを車両に積んで走行試験を行うこともできる。

このように、ソフトウェア開発の大部分はパソコン環境で行うことができるが、開発の最終段階では、実機環境用のミドルウェアに入れ替えて、図4のような実機環境でクロスコンパイル開発を行う。

3.3 地図APIによる地図データベース依存部分分離

現在、カーナビゲーションシステム用の地図データベースは統一されておらず、各社各様の地図フォーマットを使用している。従来の当社のカーナビゲーションソフトウェア開発では、図5に示すように、対応する各地図フォーマットごとにナビゲーションソフトウェアを開発していた。

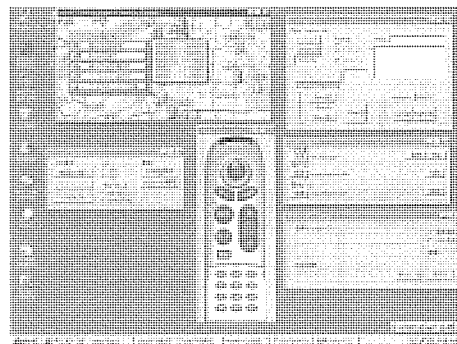


図3. パソコン開発環境

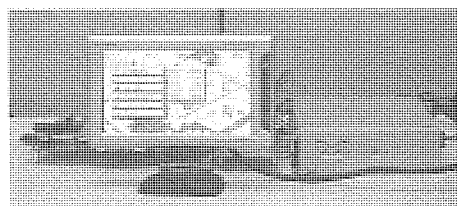


図4. 実機開発環境

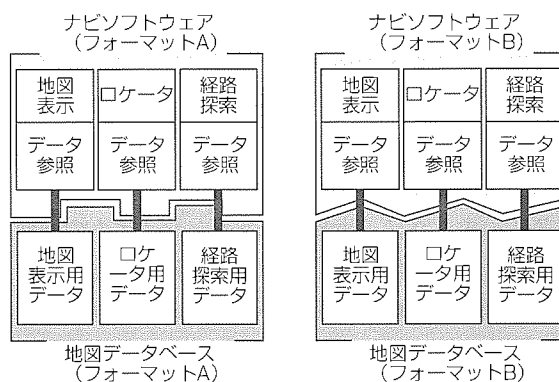


図5. 従来の地図アクセス

ットごとにナビゲーションソフトウェアを開発していた。

そこで、フォーマットごとの多重開発を避けるために、地図データベース依存部を地図アクセスライブラリとして分離し、地図アクセスのためのプログラミングインタフェースを地図APIとして規定した。図6に示すように、上位のソフトウェアは地図APIを介して各フォーマットの地図にアクセスするため、地図フォーマット非依存となり、共通化を行える。地図APIは、各地図フォーマットの違いを吸収できるようにオブジェクト指向言語C++で記述され、抽象度の高いアクセスライブラリとなっている。現在、当社オリジナル地図フォーマットや、ナビゲーションシステム研究会のナビ研フォーマットに対応する地図アクセスライブラリを用意している。

3.4 マンマシンビルダを用いた開発

現在、カーナビゲーションソフトウェア開発で最もカスタマイズが必要であり開発コストを要しているのがユーザー

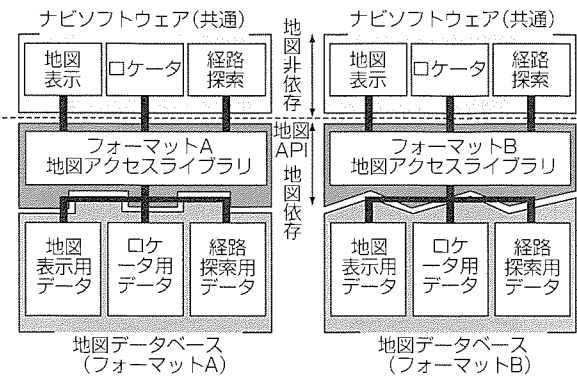


図 6. 地図APIを用いた地図アクセス

ーインタフェース部である。当社では、従来から、主に監視制御システムのソフトウェア開発コストを低減するために、ユーザーインタフェース部開発にマンマシンビルダを適用してきた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。VICTORIAでは、カーナビゲーションソフトウェアのマンマシン仕様依存部を分離して、仕様決定支援のためのプロトタイピングとユーザーインタフェース部のソフトウェア自動生成にマンマシンビルダを適用した。

マンマシンビルダの適用によってソフトウェア改変の必要な部分について改変作業を容易化でき、またマンマシン仕様検討の上流設計からの一貫支援ができるため、重複作業を最小化できる。

図7に示すように、ナビゲーションシステムの画面は、画面エディターで作成し、その操作遷移や動作を状態遷移図(状態遷移図)で記述する。作成した画面部品と動作は、自動コード生成により、そのままパソコン環境上と実機環境上のソースコードとなる。この動作確認から修正までのサイクルはすべて同一開発パソコン上で行うことができる。

図8に画面エディター“Meissen”の画面例を示す。Meissenは、お絵描きツールの要領でカーナビゲーションシステムの画面を作成できるツールであり、当社が新規開発を行った。状態チャート記述には市販ツールを用いている。

4. む す び

以上、カーナビゲーションシステムソフトウェア開発用フレームワーク“VICTORIA”について述べた。VICTORIAで導入した様々なソフトウェア技術により、ソフトウェア生産性を飛躍的に向上することができ、1機種当たりのカーナビゲーションソフトウェア開発コストを大幅に下げることができた。

従来は車両内の閉じたシステムであったカーナビゲーションシステムも、通信技術の発達に伴い、情報化・マルチメディア化が進み、車載情報システムのプラットフォーム

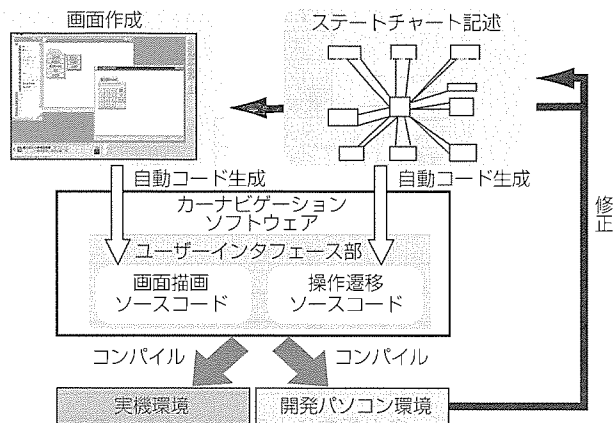


図 7. マンマシンビルダを用いたユーザーインタフェース

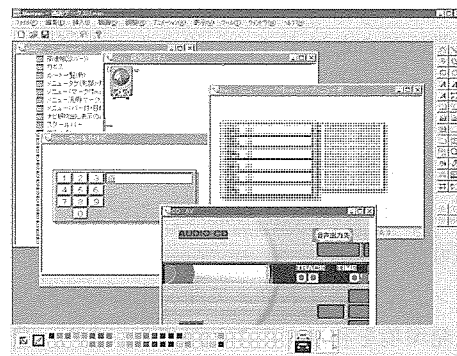


図 8. 画面エディターMeissenによる画面記述

になりつつある。ユーザーとのインタフェースも音声認識、音声合成、3D表示などが積極的に取り入れられつつあり、今後もソフトウェアの規模は増大し、開発の規模も増え続けるものと考えられる。ソフトウェアの進歩は速く、既存技術はすぐに陳腐化してしまう。引き続き、最新のソフトウェア技術の導入により、生産性の高いカーナビゲーションソフトウェア開発環境を構築していく所存である。

参考文献

- (1) 横内一浩, 井手野宏昭, 太田正子: 車載ナビゲーションシステム: 三菱電機技報, 73, No.10, 709~713 (1999)
- (2) Siegel, S.: オブジェクト指向ソフトウェアテスト技法, 共立出版 (1999)
- (3) 梅津正春, 上川哲生, 金子和磨: PCベースナビゲーションシステムのITS分野への適用, 自動車技術会春季学術講演会, 講演No.33 (1999)
- (4) 中田秀男, 北村操代, 小島泰三, 杉本 明: オブジェクト指向ライブラリGhostHouseによるUIシステム構築, 三菱電機技報, 67, No.9, 837~841 (1993)
- (5) 勝間保夫, 岡田叔之, 北村操代: オブジェクト指向技術を適用したマンマシンシステムの最新状況, 三菱電機技報, 71, No.11, 992~999 (1997)

隅谷次郎*
安西清治**
山下善臣***

パワートレイン制御システムの開発支援

要旨

三菱電機(以下“当社”という。)が1980年に自動車用エンジン制御システムを世に送り出してから20周年を迎えようとしている。

当初のエンジン制御コンピュータは、ROM容量が1Kバイトの8ビットマイコンを採用していた。

その後、年々制御対象の範囲が拡大し制御仕様も複雑化してきたため、最新のパワートレイン制御コンピュータでは、エンジンとトランスミッションを統合制御し、ROM容量が512Kバイトの32ビット RISC(Reduced Instruction Set Computer)マイコンを使用するまでになっている。

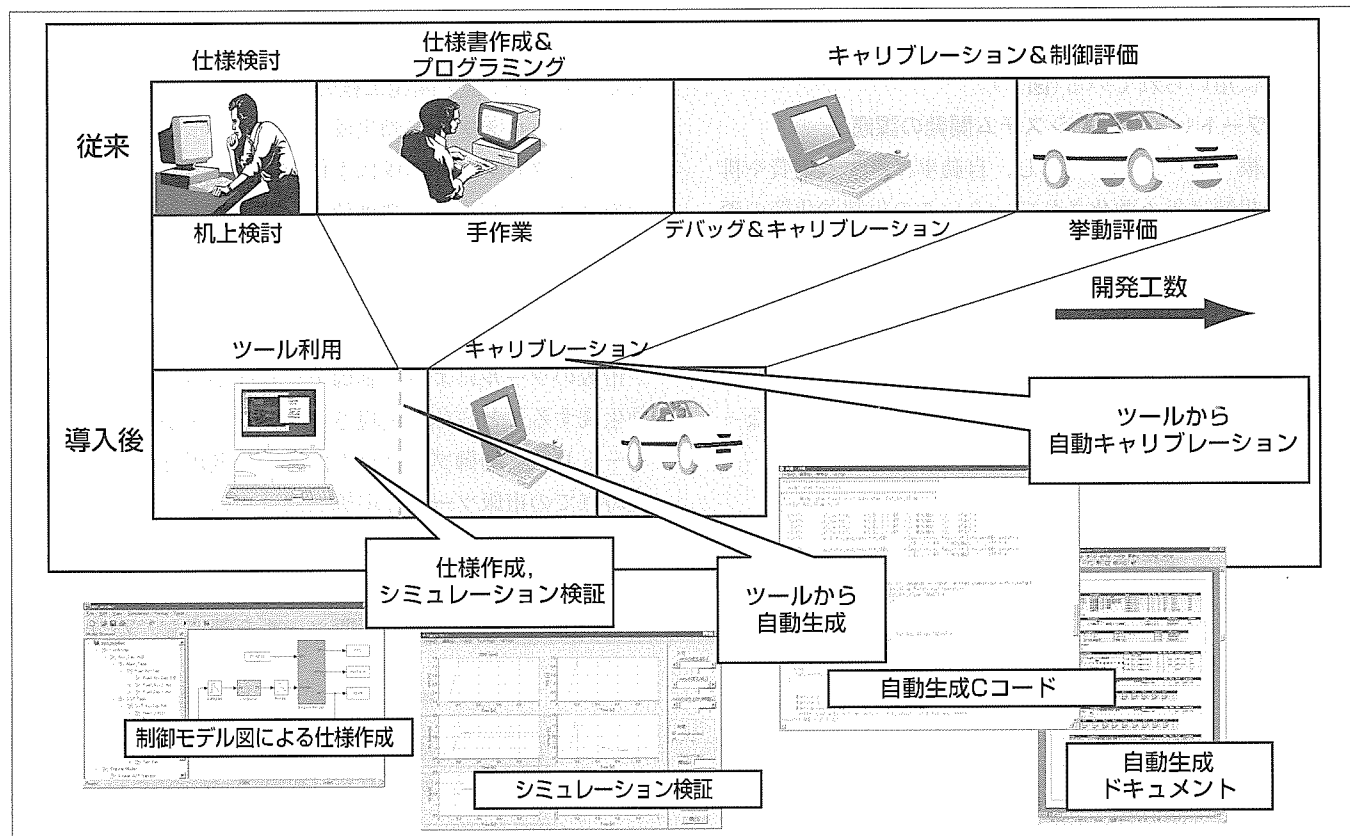
このため、パワートレイン制御システム開発において、

制御仕様やプログラムを構築していく工数が年々増加している。

当社では、このパワートレイン制御システムの開発効率を向上させる開発支援環境の開発を進めた。

本稿では、これら開発支援環境のうち、下記の二つの支援環境について述べる。

- 制御モデル図からプログラムやドキュメントの自動生成(ALICE開発支援環境)
- 実機での制御パラメータの自動キャリブレーション(自動キャリブレーション環境)



パワートレイン制御システムの開発支援環境の導入効果

従来手作業であったプログラムやドキュメントの作成及び制御パラメータのキャリブレーションをこの支援環境で自動化することにより、自動車用パワートレイン制御システム開発期間の短縮を図った。

1. ま え が き

パワートレイン制御システムを始めとするカーエレクトロニクスは、“走る”“曲がる”“止まる”の自動車本来の高性能化ばかりではなく、省燃費化・低公害化・安全化などいわば“人と車との融合”を進める大きな原動力を担うまでに成長してきた。このため、カーエレクトロニクスのシステム制御仕様は複雑化の一途をたどり、車の開発工数の中で大きなウェートを占めるまでになり、開発工数の削減が急務となってきた。

本稿では、複雑な制御仕様をより効率良く開発するために構築した“パワートレイン制御システムの開発支援環境”の概要を述べる。

2. パワートレイン制御システム開発の特徴と課題

2.1 パワートレイン制御システム開発の特徴

自動車のパワートレイン(エンジン及びトランスミッション)システムは多くの複雑な非線形要素で構成されており、システムの振る舞いをあらかじめ同定することは一般的に困難である。

このため、パワートレイン制御システムの開発は、実際に実機を制御して、制御パラメータをキャリブレーションし、制御上の問題点を抽出して改良する工程を繰り返しながら所望の性能に到達させるインクリメンタルな開発手法が一般的に用いられている(図1)。

2.2 パワートレイン制御システム開発の課題

地球規模の環境問題に対応し、自動車に対する燃費や排気ガスの規制は年々強化されている。この規制強化等の理由から、パワートレイン制御は複雑化の一途をたどっている。また、世界規模の競争激化等の理由から、自動車の開発期間は短縮させる必要がある。

これらのことから、パワートレイン制御システムの複雑な制御をいかに効率良く開発できるかが大きな課題となってきた。

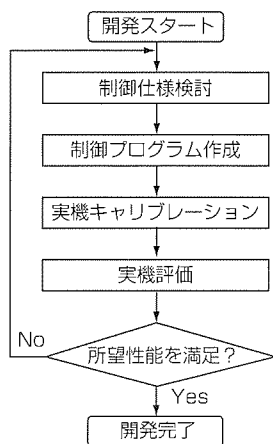


図1. パワートレイン制御システムの開発フロー

3. 開発支援環境の開発項目

開発支援環境の目標と開発項目を図2に示す。

3.1 パワートレイン制御システム開発工程の改善

(1) 制御仕様検討の早期化

制御仕様は通常机上検討で決めるが、複雑な制御ではあらかじめ仕様を決めることができず、複数の制御仕様案を比較検討することによって決定する場合も多い。

ところが、この仕様の比較も基本的に実機評価で行うので、制御仕様検討のための評価といえども通常の開発工程同様の工数がかかってしまう。

また、制御仕様が正確に記述できないと、制御仕様とプログラム間に微妙な差が生じる等の危険性がある。

これらを解決し開発効率を向上させるために、市販の制御系設計ツールを使用して制御モデル図によって正確な仕様を記述し、制御モデル図によるシミュレーションや後述するプログラム自動生成による実機評価で複雑な制御仕様検討の早期化を可能にした。

(2) 実機キャリブレーションの自動化

パワートレイン制御システムには多数の制御パラメータが組み込まれているが、前述した理由から、一般的に実機キャリブレーションで設定される場合が多い。

このキャリブレーションは現在手作業で行っているが大きな工数が必要なため、自動化できる環境を開発した。

3.2 ソフトウェア開発工程の改善

(1) ソフトウェアの自動生成

現在、プログラム作成は手作業で行っており、大きな工数を必要としている。制御仕様を前述のように制御モデル図によって定義することで制御仕様は明確化できたが、制御モデル図からプログラムへの変換が自動化できないと開発効率の大幅な向上は図ることができない。

市販のツールによって制御モデル図からプログラムを自動生成すること自体は実現されている。しかしながら、パワートレイン制御プログラム開発への適用を考慮すると、現時点での市販ツール標準機能だけでは、

- 制御モデルの差分検証等が困難
- 割り込み等、排他処理の記述が困難

などの課題があるため、市販ツールを補完し、パワートレ

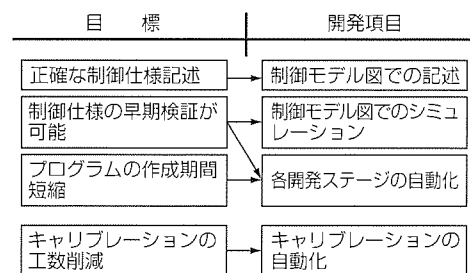


図2. 開発支援環境の開発項目

イン制御システム開発に適用できる環境を構築した。

(2) ドキュメンテーションの自動化

前述したように、パワートレイン制御開発では、作成したプログラムで実機を制御し、制御結果を評価して問題点を抽出し改良を進める開発方式を採っている。

このため、実機評価をする部門に対し、制御パラメータをキャリブレーションし制御を評価するための詳細な制御仕様書をプログラムと同時に毎回提供する必要がある。

この文書を手作業で作成すると作成工数が大きいため、やはり、文書作成についても自動化させることが開発効率向上を図る上で重要である。このため、制御モデル図から詳細な仕様書を自動作成する環境も構築した。

4. 開発支援環境“ALICE”

ALICE(Advanced Logic Integrator for Car Electronics)(図3)は、市販の制御系設計支援ツールであるMATLAB/Simulink(MathWorks社)及びMATLAB上で固定小数点のプログラムを生成するTargetLink(dSPACE社)を核に、当社オリジナルの機能を付加し、制御モデル構築を容易にし適切なプログラムや文書の自動生成を可能にすることでパワートレイン制御開発に適用できる環境を開発したものである。

4.1 ALICE Workbench

制御モデル図による仕様記述、制御モデル図の差分検証、ブロックサーチ等の機能を付加して、制御モデル図の開発効率、信頼性を向上させた“ALICE Designer”, 制御モデル図から最適なオブジェクトコードを自動生成する“ALICE Auto Coder”, 制御モデル図、その説明文書、制御パラメータ等の情報を詳細な仕様書として自動生成する“ALICE Doctor(Document Generator)”, 及び実機キャリブレーション用の情報を自動作成する“ALICE Caliber”等のツールを開発した。

さらに、設計者がこれらのツールを一貫した操作で使用でき機種をキーとした構成管理も可能にした統合ツール“ALICE Workbench”の開発環境を構築した。

4.2 ALICE Data Server

制御モデルは、通常、実数(物理量)でデータや制御パラメータを記述する。ところが、実際の制御に使用するマイ

コンは現状整数しか扱えないため、制御モデルからプログラムを生成する過程で固定小数点の処理への変換が必要となる。この固定小数点への変換はTargetLinkによって実現できるが、固定小数点へ変換するのに必要な各種情報を演算ブロックごとに設定する必要がある。

このため、機種単位の情報定義するプロジェクト定義ファイル、制御処理単位の情報定義するモジュール定義ファイル、プログラム単位の情報定義するインタフェース定義ファイル、制御パラメータ単位の情報定義するデータ定義ファイルの4種類を新設し、固定小数点への変換に必要な情報を一括して自動設定できるように環境を構築した。

また、これらのファイルの情報を一元的に定義し管理する方法も構築した。

4.3 ALICE Library

MATLABの標準制御モデル記述ブロック(部品)だけでは、割り込み等、排他処理の記述が困難などの課題がある。この排他処理の記述と生成するプログラムサイズをより小さくするため、パワートレイン制御用に制御モデル記述用独自ブロックを作成しライブラリ化を行った。このライブラリを使用することにより、制御モデルに特別な情報を付加し、その情報でTargetLinkを制御することで、所望のプログラムを自動生成させることを可能にした。

5. 自動キャリブレーション環境

自動キャリブレーション環境の開発等について述べる。

(1) キャリブレーション作業と課題

以前から、実機のキャリブレーション作業には開発ツール(MMT97という。：構成は図4)を使用していた。

図のとおり、パソコンを用いて制御コントロールユニット(ECU)に搭載されているマイコン内部の制御データを直接書き換え、その制御状態と制御結果がパソコン画面や表示ユニットで簡単に確認できる構成となっている。

ここで、従来のキャリブレーション作業は図5に示す手順に従い、運転状態ごとに人間が操作してMMT97の制御パラメータを変更し計測結果が制御目標値と一致するまで変更作業を繰り返し、その後、計測結果を手手で処理し制御パラメータを決定していた。

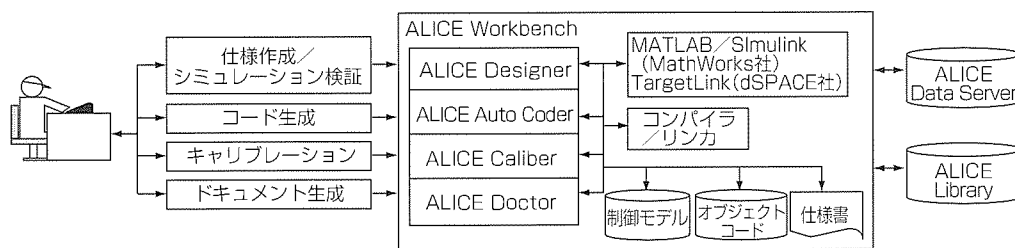


図3. ALICE開発支援環境

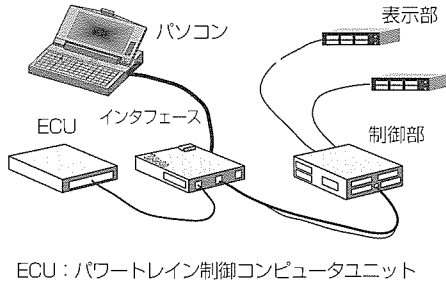


図4. キャリブレーションツール(MMT97構成)

このため、計測値を制御目標値と一致させ制御パラメータ決定までの処理工数が大きいことが課題であった。

(2) 自動キャリブレーション環境の開発

前述の課題を解決するため、MMT97でエンジンの運転状態設定、制御パラメータ変更、及び制御パラメータ決定処理の自動化を目指した。

このため、MMT97からエンジンの運転状態を設定する入出力を追加し、併せてMMT97の内部処理ソフトウェアに図5の自動化処理を追加した。

この結果、従来使用していたMMT97の構成をほとんど変更せずに自動キャリブレーション環境を構築することができた。この環境の構成を図6に示す。

(3) 自動キャリブレーション環境導入効果

このキャリブレーション環境で従来人手で行っていたエンジン台上試験の70%が自動でできることとなり、人間の作業工数が大幅に低減できる見込みができた。

今後、更に使いやすさや車両キャリブレーションへの適用拡大を目指して環境の開発を進めていきたい。

6. むすび

以上、複雑なパワートレイン制御システムの開発効率をより向上させるため開発したALICE開発環境と、自動キャリブレーション環境の概要について述べた。

これらの環境を使用することにより、仕様検討の早期化、パワートレイン制御システムで使用可能なプログラムや詳

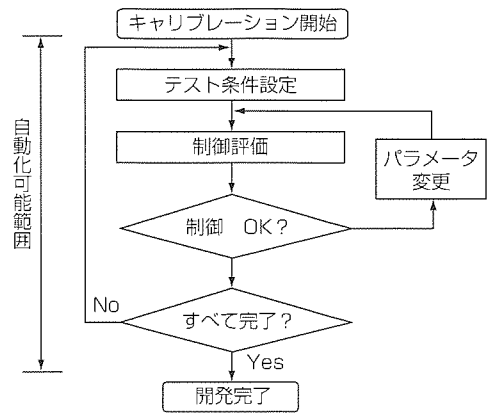


図5. キャリブレーション手順

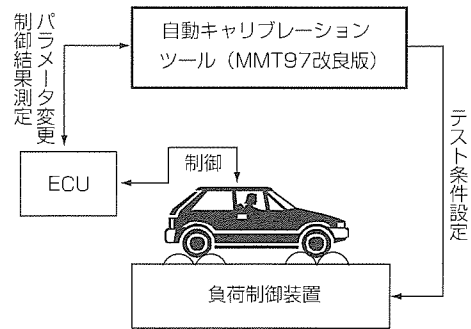


図6. 自動キャリブレーション環境システム構成

細仕様書の自動生成、さらには制御パラメータの自動キャリブレーションなどを実現させ、パワートレイン制御システム開発の効率を向上させる目処ができた。

現在、制御パラメータは実機でのキャリブレーションで行っているが、今後、制御対象モデルの改良を進め、制御対象モデルと制御モデルを仮想環境で動作検証できる制御シミュレータを開発し、実機を使用しなくてもパワートレイン制御開発を概略可能にすることで開発効率を更に向上させたい。

三菱電機は、カーエレクトロニクスの開発を通じ今後も自動車業界の発展に寄与していく所存である。

辻下雅啓*
浅野英二**
菊地素一郎***

カーラジオ用デジタル信号処理技術

要旨

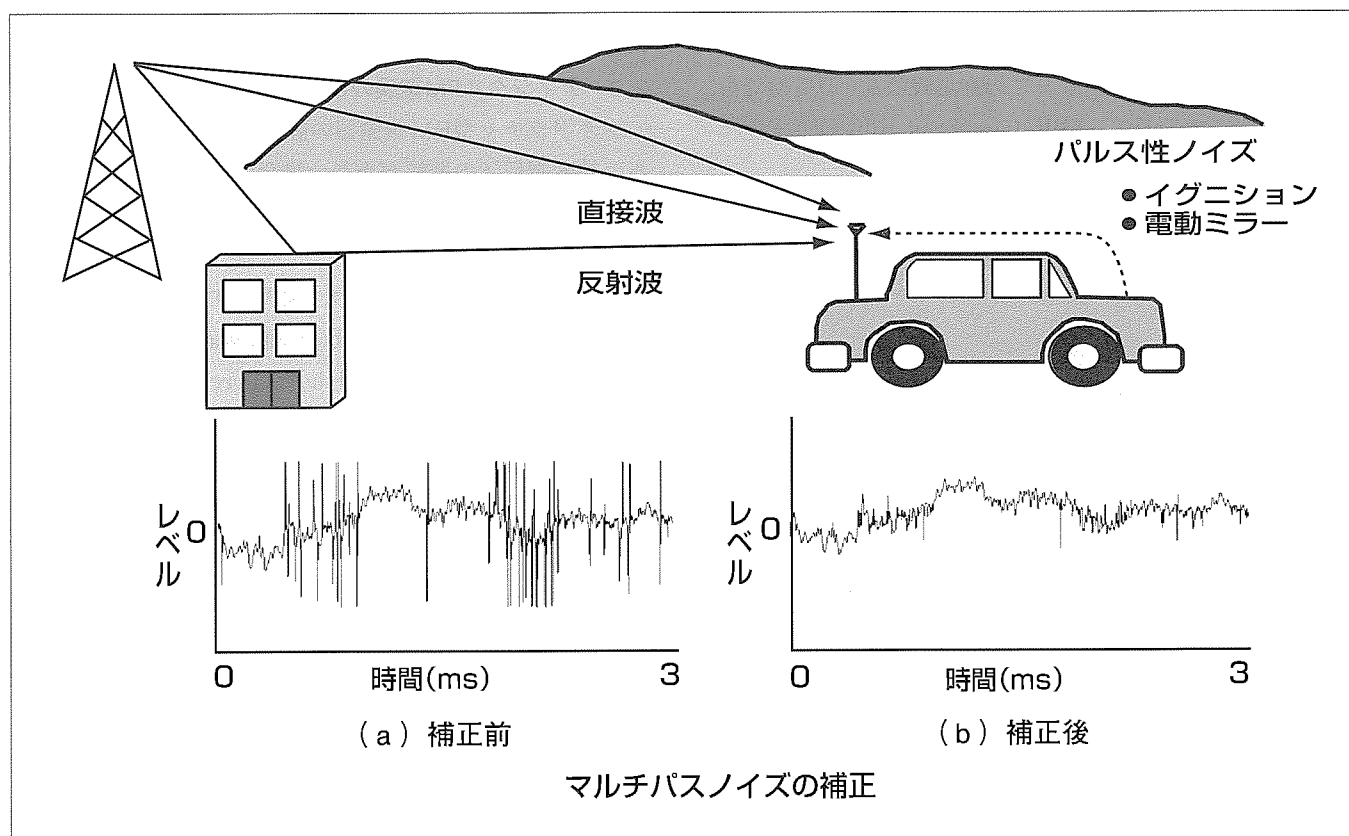
近年、DSP(Digital Signal Processor)を始めとしたデジタル信号処理用素子の高速化、集積度向上による小型化が進んでいる。

アナログ放送受信機においては、DSPなどを用い徐々に処理のデジタル化が進んでいる。

三菱電機においても、性能の向上と部品点数の削減を目的に、アナログ放送受信機のデジタル化検討を進めている。

今回、IF信号を入力し音声出力までのデジタル化を行い、高い性能が得られた。特に、山などの反射波によって発生するマルチパスノイズや電動ミラーなどパルス性ノイズによって復調信号に発生するパルス性ノイズの抑圧効果を向上した。

本稿では、デジタル化した受信機のシステム構成と処理について述べる。



マルチパスノイズの抑圧

デジタルNK(Noise Killer)は、山などで反射した反射波やイグニションノイズなどが原因で発生したパルス性ノイズに対し、音声のレベルや電界の大きさなどに応じて補正を行っている。波形はマルチパスに対する補正前と補正後を示しており、補正後の波形はスパイク状のノイズが抑圧されている。

1. ま え が き

近年、DSPを始めとしたデジタル信号処理用素子の高速化、集積度向上による小型化が進んでいる。

アナログ放送受信機においては、DSPなどを用い徐々に処理のデジタル化が進んでいる。

三菱電機においても、性能の向上と部品点数の削減を目的に、アナログ放送受信機のデジタル化を検討している。

今回、IF信号を入力し音声出力までのデジタル化を行い、高い性能が得られた。

本稿では、デジタル受信機のシステム構成と処理について述べる。

2. FMラジオのデジタル化

図1にデジタル受信機の構成を示す。図において、FM受信に関してはFMフロントエンドで受信信号を10.7MHzの中間周波数に変換し、リミッタで振幅を一定にし、ミキサで周波数変換する。次のデジタル信号処理部は、図2に示したFM復調、マルチパス抑圧、パイロット同期、ステレオ復調、ノイズ抑圧処理のデジタル化を実現している。

2.1 IF信号入力

一定振幅の信号をFM復調部に入力するために、リミッタで振幅をクリップする。リミッタの出力信号は10.7MHzの高調波成分を含んでいる。この高調波はA/D変換で折り返し雑音になるので、LPF(Low Pass Filter)で十分に除去する必要がある。

しかし、中間周波数が10.7MHzのままで第2高調波と第3高調波を十分に抑圧するにはLPFに要求される仕様が厳しい。

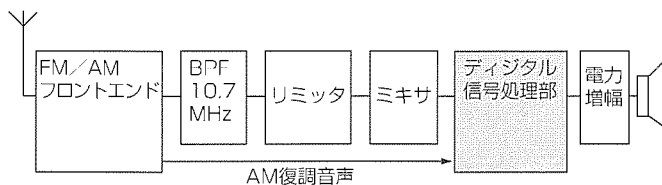


図1. デジタル受信機の構成

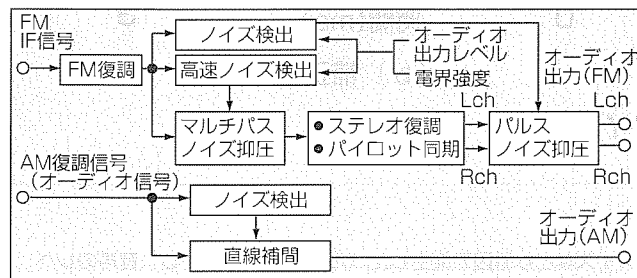


図2. デジタル信号処理のブロック図

そこで、図1のミキサによって10.7MHzの中間周波数よりも周波数が低い第2中間周波数に変換する。今回は第2中間周波数を608kHzとした。この処理によって608kHzの第2中間周波数に対し第2高調波成分が10MHz程度、第3高調波が20MHz程度に変換され、低い次数のLPFでも高調波が十分に抑圧できる。

2.2 IF信号の振幅変動補正

図3にデジタル化したFM復調部のブロック図を示す。図のFM復調には構成が簡単なクオドラチャ型FM復調を用いている。

図に示すように、クオドラチャ型FM復調は、入力信号とそれを遅延した信号との掛け算で実現できる。そのため、出力信号は入力信号の振幅の2乗に比例する。また、FM変調信号は、A/D変換する前の前置LPFの振幅特性変動によってキャリア振幅が変動する。

この信号をFM復調するとキャリア振幅変動によってひずみが発生する。

これに対し、図の振幅補正部でキャリアの振幅を求め、次に、クオドラチャ型FM復調器の出力信号に検出したキャリアの振幅の逆数を掛けることで振幅の変動をキャンセルする。

このキャリアの振幅補正により、前置LPFに5次のバターワースフィルタを用いた場合、1kHz、30%変調の信号に対し、10dBのひずみ率改善効果がある。

2.3 デジタルFM復調のひずみ改善

クオドラチャ型FM復調器の静特性はsine特性をしている。被変調信号の振幅が小さい場合は直線性が良くひずみも小さい。ところが、振幅が大きくなるとSine特性のためひずみが大きくなる。

このひずみを低減するため、図に示すように、クオドラチャ型FM復調器の出力信号を振幅補正した後に、Arc sine特性の近似を用いて補正した。Arcsine補正によって、1kHz、100%変調、モノラルの信号に対し、10dB程度のひずみ率改善効果がある。

2.4 VCXOレス化

FM信号の復調信号は、左チャンネル信号(L) + 右チャンネル信号(R)、パイロット信号、パイロット信号に同期した38kHzでAM変調された(L-R)信号で構成されている。ステレオ復調処理はAM変調された(L-R)信号を復調

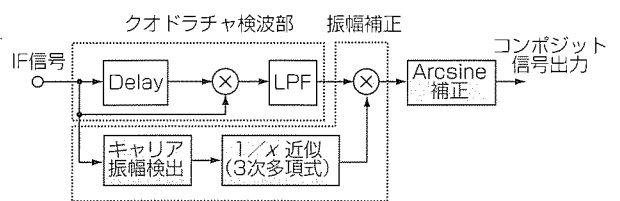


図3. FM復調部のブロック図

するので、19kHzの放送パイロット信号に同期した38kHzの信号が必要となる。

サンプリング周波数が19kHzに同期した38kHzの整数倍になるように制御するために外部にVCXOを用いると放送パイロット信号への同期が簡単に行えるがコストが増すため、VCXOを用いないパイロット同期方式を検討した。

この方式の放送パイロット信号への同期処理は、ほぼ38kHzの整数倍の周波数でサンプリングされたデータに対して、FM復調信号に含まれる放送パイロット信号とデジタル信号処理部の内部のパイロット信号との位相差に応じたデータの挿入・間引き処理によって位相の調整を行う。

ここでA/D変換したサンプリングデータに対してそのまま挿入・間引き処理を行うと、サンプリングデータの位相変化が大きいため、ひずみが発生する。今回の方式は、インタポレーション技術を用いてサンプリング周波数を高くし、挿入・間引き処理を時間的に分散させ、一回の挿入・間引き処理で発生する位相の変化を小さくし、ひずみを低減している。

この方式により、パイロット同期処理のVCXOレス化を実現している。

3. ノイズ抑圧効果の向上

自動車環境でラジオ受信を行う場合、電動ミラーなどから発生するパルス性電磁波ノイズによって復調信号にパルス性ノイズが発生し、山などの反射波によってマルチパスノイズが発生する。

カーラジオではこれらのノイズ抑圧が重要である。

3.1 パルス性ノイズの検出

パルス性ノイズが発生すると、FM復調信号の広い周波数範囲にわたってノイズ成分が発生する。

したがって、FM復調信号の音声帯域外の信号成分がしきい値を超えた場合にパルス性ノイズが発生したと判定できる。

このしきい値によってノイズ検出感度の調整をしている。しきい値は下記の信号で決定している。

- (1) 音声帯域外の成分の大きさをスムージングした信号
- (2) 音声信号の高域成分
- (3) 補正した信号の密度

(1)は元々のフロアノイズに対応している。フロアノイズが大きいほど検出感度を下げる。(2)は音声に高域成分が多い場合に補正ノイズが大きくなるので、ノイズの検出感度を低下させて大きなパルス性ノイズのみ補正する。(3)はパルス性ノイズの密度が高いと補正誤差が増すので、補正密度が高い場合、検出感度を下げ、小さなパルス性ノイズは補正しない。

以上のように、受信状態や音声成分によってノイズ検出感度を調整し、聴感上のノイズ抑圧効果を向上している。

3.2 パルス性ノイズの抑圧

一般的には、高次の補間を用いた方が補正誤差は小さい。しかし、ノイズを多く含んだ信号に対し高次の補正を行うと誤差が大きくなる場合がある。カーラジオでは電界レベルが小さい場所で受信する場合があります、この場合は再生した音声に大きなノイズが発生している。

このノイズによって補正誤差が大きくならないように直線補間を用いている。

また、補正期間に対し音声の周波数が高くなると補正誤差が増す。

この場合、音声を平滑化した信号を用い、前値保持することによって補正誤差が大きくなることを防止している。

また、従来のアナログのパルス性ノイズの補正はFM復調された信号に対して行っていた。この場合、L-Rの成分が多いとステレオ復調した信号に補正ノイズが発生する。

そこで、今回の方式は、図2に示すようにステレオ復調後のL信号とR信号に対して独立に補正を行い、ノイズの抑圧効果を向上した。

図4にパルス性ノイズ補正前と補正後の波形を示す。図から十分にノイズの除去が行われていることが分かる。

3.3 マルチパスノイズの抑圧

FM信号は高域ほどノイズ成分が大きい。そこで、高域にあるL-R成分の割合を減らしモノラル化することでノイズの低減ができる。

従来は、マルチパスノイズもモノラル化することでノイズを抑圧していた。しかし、マルチパスノイズが大きい場合には、モノラル化しても十分なノイズ抑圧効果が得られない。

そこで、マルチパスノイズは数 μ s程度のパルス幅のスパイク状ノイズが密集していることに着目し、今回の方式

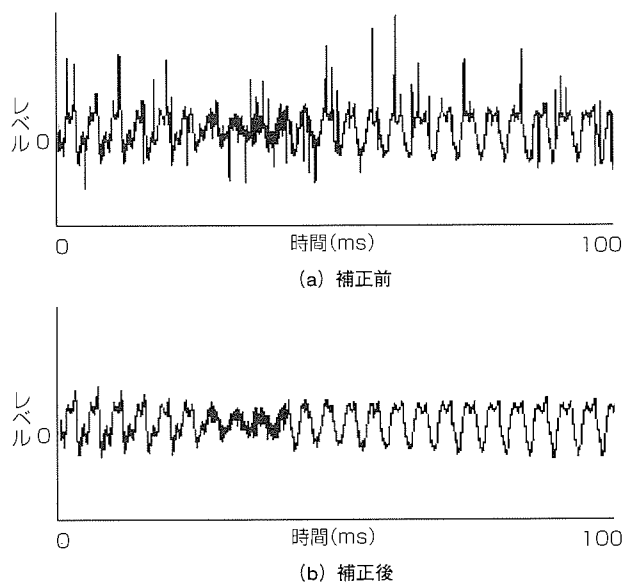


図4. FMパルス性ノイズの補正効果

は図2のマルチパスノイズ抑圧処理部がFM復調信号に発生したスパイク状ノイズの一つ一つに対して前値保持処理を行っている。

ここで、前値保持によるマルチパスノイズの抑圧にも補正誤差が発生する。音声小さい場合は、この補正誤差がノイズとして聞こえることがある。

この対策として、受信電界レベルと音声レベルに応じてマルチパスノイズを検出するしきい値と補正幅を制御している。

これにより、聴感上耳障りな補正誤差によるノイズを低減している。

この補正は、特にマルチパスノイズが大きい場合にノイズ抑圧効果が向上する。

図5にマルチパス補正前の波形と補正後の波形を示す。図からマルチパスが抑圧されていることが分かる。

4. AMノイズキラー

図2に示すように、AMノイズキラーは、AM復調信号からノイズ検出とノイズ補正を行っている。ノイズ検出は、パルス性ノイズが短い期間だけレベルが大きくなることを利用して音声信号と弁別している。

また、ノイズ補正は、ノイズの発生期間と波高値に応じて補正期間を調整して直線補間を行っている。

図6にAM-NKの補正前と補正後の波形を示す。図からパルス性ノイズが十分に抑圧されていることが分かる。

5. むすび

アナログ方式のFM放送に対しIFから音声信号までをデ

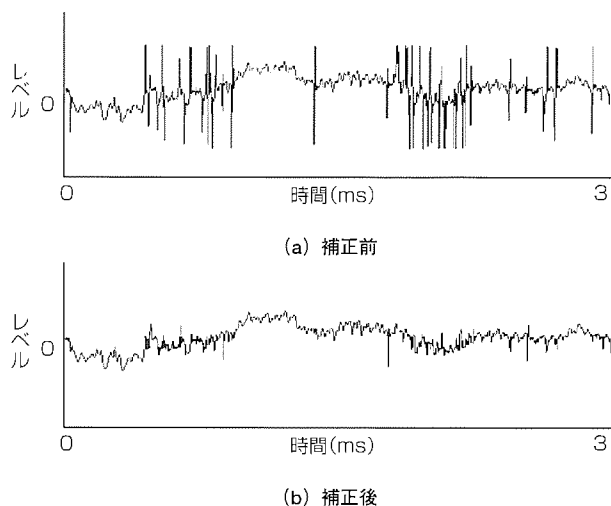


図5. マルチパスノイズの補正効果

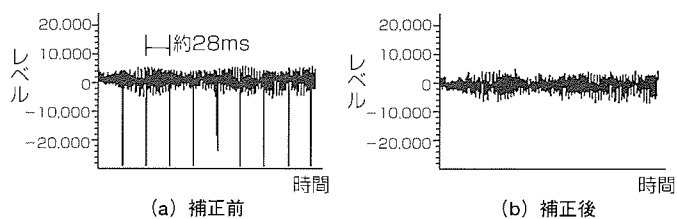


図6. AMパルス性ノイズの補正効果

ジタル化した受信機を開発した。

また、デジタル信号処理を用いた適応的なNK処理によってノイズ抑圧効果を向上した。

今後、更に高性能化・IC化などの検討を行いたい。

スポットライト HID点灯装置

近年、ハロゲンランプに代わる新しい自動車用ヘッドランプとして、ディスチャージランプやキセノンランプという名称でHIDランプ(High Intensity Discharge Lamp：高輝度放電灯)の普及が進んでいます。

HIDランプは放電現象によって発光するもので、ハロゲンランプと比較すると発光効率が高く、明るさ2倍、消費電力2/3倍、寿命3～4倍というメリットがあります。

HIDランプには、放電を開始させるために20kVの高圧パルスを印加するイグナイタと、バルブへの投入電力を制御するコントロールユニットとが必要になり、この2点を合わせてHID点灯装置と呼んでいます。

特に自動車用ヘッドランプでは、他の照明用途とは異なり、点灯後直ちに明るく発光させるために大電力を投入すること、その後も明るさが一定になるように投入電力を安定制御することが必要です。三菱電機では、1996年に日本で初めて自動車用HID点灯装置の量産を開始して以来、小型・低コストをキーワードに開発を進め、このたび、上記のような機能を実現しながら業界トップクラスの小容積・低コストを実現した新世代品の量産を開始しました。

特長

1. 小型・軽量・低コスト

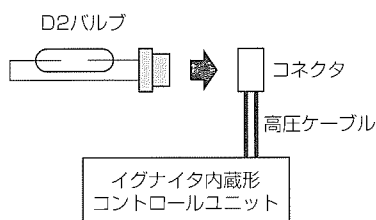
薄形DC/DCコンバータトランスや専用パワーモジュール、高機能CPUの採用、機構部品の簡素化、イグナイタの別体化などにより、業界トップクラスの小容積・低コストを実現しました。また、樹脂充てん(填)によらない防水構造はコントロールユニットの軽量化にもつながっています。

2. コネクタ一体形イグナイタ

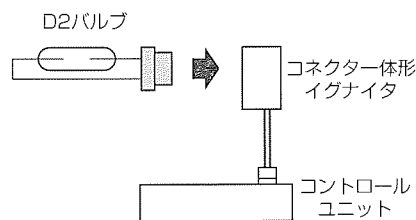
回路の簡略化やパルストランス設計の最適化などの手法でイグナイタを小型化し、コネクタとの一体化を実現しました。これはコントロールユニットの小型化、高圧ケーブルがなくなることによる安全性向上とコスト低減、放射ノイズの低減など、大きなメリットにつながります。また、現在用いられているD2バルブはもとより、今後欧州で普及が進むとみられるD1バルブ(イグナイター一体形バルブ)への対応も可能な構成になっています。

仕様(コントロールユニット)

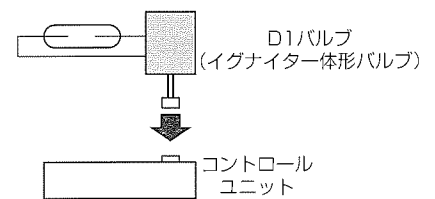
	従来機種	新世代品
外形サイズ(mm)	159×88×35	110×85×20
質量(g)	750	320
使用電圧範囲	9～16V DC	
使用温度範囲	-30～85℃	



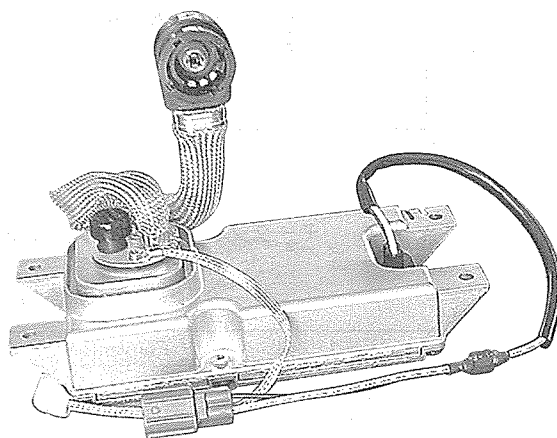
従来機種+D2バルブ



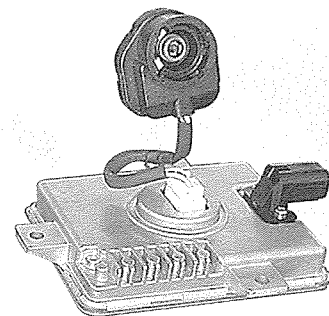
新世代品+D2バルブ



新世代品+D1バルブ



従来機種



新世代品

スポットライト 電動パワーステアリング用Newモータ

近年、省燃費やCO₂削減の要求に対応するため、EPS (Electric Power Steering) システムが広く採用されつつあります。従来の軽四輪車用のみでなくリッターカーから普通車へと適用車種が拡大しているため、EPS用モータに要求される出力も大きくなってきています。EPS用モータの出力が大きくなるにつれてモータの音やトルクリップル等も大きくなってきますが、EPSシステムではステアリングシステムがアシスト力を必要とするときだけモータが駆動するようになっており、モータの音や振動がダイレクトにハンドルに伝わるため、大きなモータの音やトルクリップル等はドライバーがステアリングを操舵するときに不快感を与えます。

三菱電機は、この課題に対し、高出力モータの高負荷電流時でもモータの音やトルクリップル等の低いモータを開発し、Newモータシリーズ(表を参照)と呼称して量産を開始しました。

特長

1. 電磁氣的騒音の低減

ブラシカバーリングや整流スイッチングモードを考慮し、整流帯における電流配置も考慮した詳細な磁界解析により、巻線方式、スロット数、ブラシ数でロータの半径方向加振力が異なることが分かったので、半径方向加振力が最小となる最適な仕様の選定と巻線の工夫によってモータの電磁氣的な騒音を大幅に低減しました。

このことにより、騒音の電流依存性をほとんどなくすることができ、このモータをNewモータと呼称して設定しました。

2. 機械的騒音の低減

上記の電磁氣的な騒音の低減に加えて、ロータ側からステータ側への騒音伝達経路にダンパを設

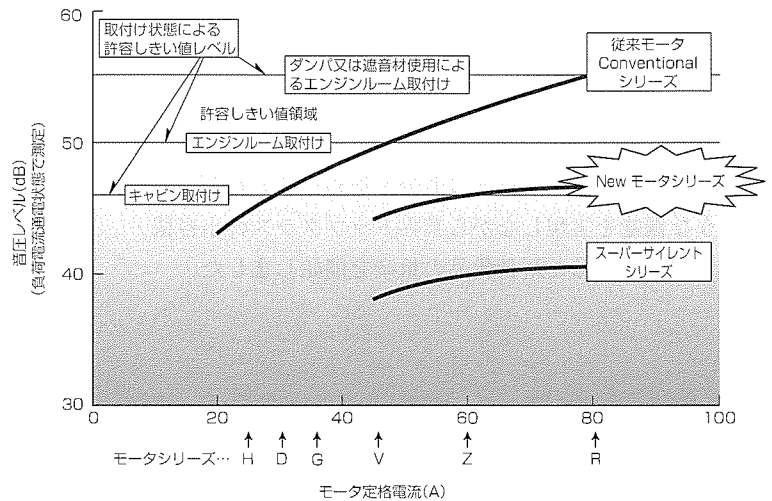
けることにより、更に機械的な騒音の低減を図ったモータを開発し、スーパーサイレントモータと呼称して設定しました。

3. 低トルクリップル・低ロストルク

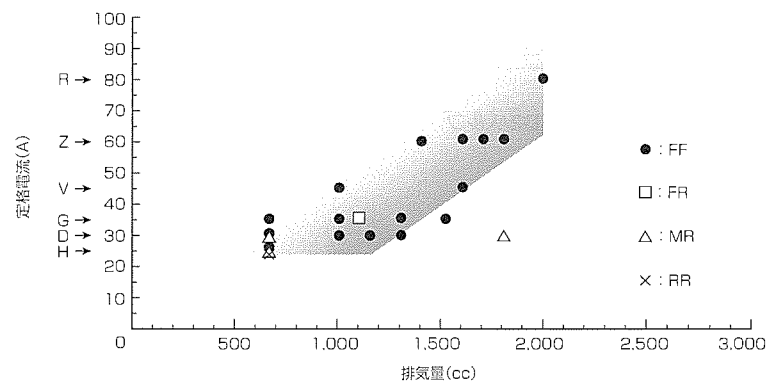
EPS用モータとして要求される上記特性を最適な電磁氣仕様とすることにより、高出力モータにおいても実使用可能なレベルに抑えました。

適用

上記の技術開発により、25~80Aのワイドバリエーションを設定することができ、ブラシ付きDCモータでエンジン排気量2,000ccクラスまで対応可能となりました。



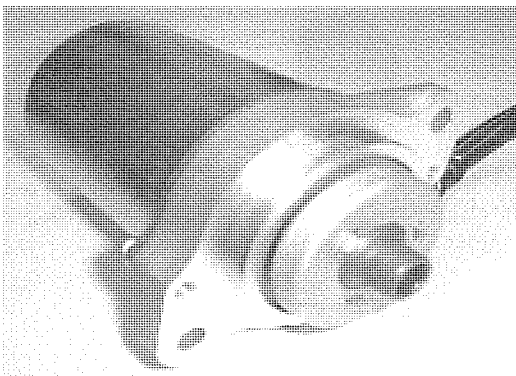
低騒音モータの音圧比較



モータシリーズとエンジン排気量

モータシリーズと定格値

	モータ体格	Conventional			New モータシリーズ		
		H	D	G	V	Z	R
定格電流	(A)	25	30	35	45	60	80
モータ外径	(mm)	63	63	63	76	76	76
出力	(W)	135	170	220	280	370	440



60A(Z)モータの外観



特許と新案***

三菱電機は全ての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)

画像処理装置及び人物状態判定装置 (特許 第2937030号, 特開平8-83344号)

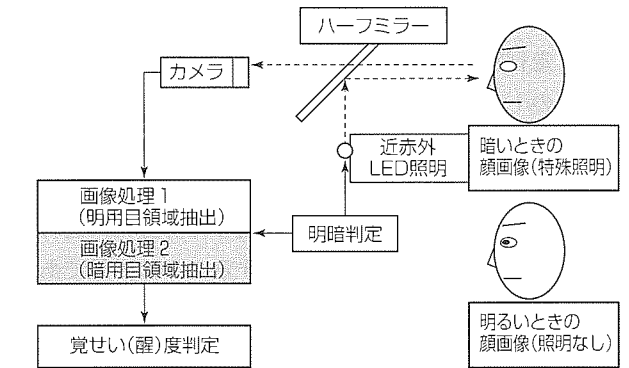
発明者 下谷光生, 西田 稔, 岡田 章, 佐竹敏英, 小河賢二, 鈴木尋善

この発明は、画像処理によってまばたきや目の位置を検出し、非接触で居眠りや脇見などの状態を検出する装置に関するものである。

従来の方式では、夜間など暗い環境では入力した顔画像のコントラストが劣化し、検出精度が悪く実用的ではなかった。

この発明では、顔周辺の明暗環境を判別し、周辺が明るい場合は目の領域を暗い部分として撮影し、周辺が暗い場合は特殊な照明方法によってどう(瞳)孔を明るく撮影するようにするとともに、明暗それぞれに対応した画像処理方法を用いて常に精度良く目の状態を検出できるようにした。

この発明は、照度が大きく変わる環境下、例えば自動車、



船舶、鉄道分野で、脇見や居眠りなどの状態を検出する装置を提供できる。(第56回科学技術庁注目発明選定)

移動体用ナビゲーション装置 (特許 第2507498号, 特開平1-152310号)

発明者 横内一浩

この発明は、車りょう(輛)等の移動体に搭載される移動体用ナビゲーション装置に関するもので、走行している移動体の現在位置を含む地図の表示画面に移動体の到達すべき目的地が含まれないときは、その表示画面の一部にウィンドウを設け、このウィンドウに上記目的地を含む地図を表示することができるようにしたものである。

図1はこの発明の一実施例のブロック図を示し、操作者がキー入力部(6)のスタートキーを押すことによってこの装置は起動し、GPS信号や、移動体自体が取り込むことのできる自立型信号が、アンテナ(3)、走行距離センサ(1)、方位センサ(2)を介して位置検出部(5)に取り込まれ、データ処理装置(8)によって移動体の現在位置が算出され、この現在位置を含む地図データが地図データ記憶部(7)から取り出され、その地図が図2に示すように表示部(9)に表示される。

ここで、目的地Bが現に表示されている地図内に含まれているかどうかの判定が行われ、目的地が含まれていると判定されたときは、図2に示すように、1枚の表示地図によるナビゲーション操作が行われる。

上記判定で目的地Bが現表示画面に含まれていないと判定されたときは、データ処理部(8)内のウィンドウ処理機能部(82)により、図3に示すように、移動体の現在位置Aを含む表示画面(91)の一部にウィンドウ(92)を設定し、このウィンドウ(92)内に移動体の目的地Bを含む地図を表示し、この表

示画面によってナビゲーション操作が行われる。

以上のように、この発明によれば、移動体が走行している時に移動体の現在位置を含む地図の表示画面に目的地が含まれないときはその表示画面の一部にウィンドウを設けて目的地を含む地図を表示できるようにしたので、一つの表示画面によって現在位置及び目的地を容易に確認することができる効果がある。

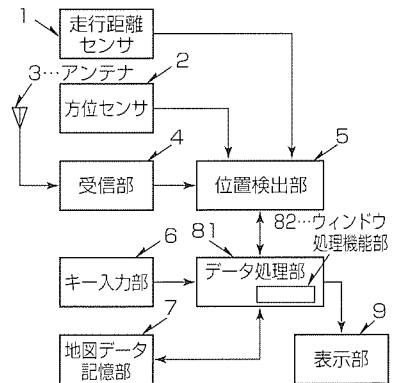


図1

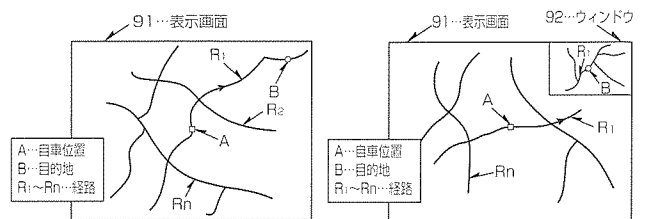


図2

図3



特許と新案***

三菱電機は全ての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)

車両の走行状態記憶装置 (特許 第2608996号, 特開平4-48102号)

発明者 浅山嘉明

この発明は、車両に搭載して走行状態を記憶する走行状態記憶装置に関するものであり、特に車両の周辺状況を記憶することで、例えば交通事故の責任判断や車両の異常運転の原因究明などを容易とするものである。

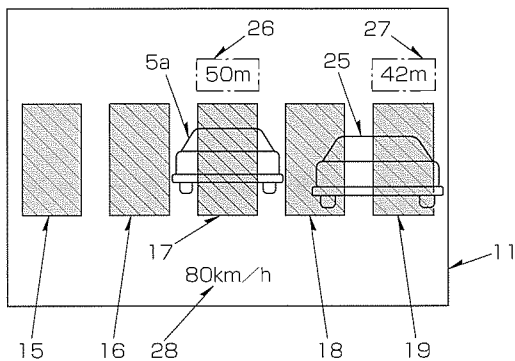
従来、走行状態記憶装置の一例として、車両総重量が8トン以上のトラックに装着が義務づけられている運行記録計がある。しかしながら、この運行記録計は車両の走行速度と走行距離を自動的に記録紙に記録するのみであり、例えば交通事故や走行路面の異常に遭遇した場合に、運行記録計の記録から状況を再現又は推測することは困難であった。

この発明の一実施例を図に基づいて説明する。図は、車両に搭載された撮像手段によって撮像された車両前方の画像である。この画像中の監視すべき複数の部分領域をあらかじめウインドウ(斜線部)として設定しておく。車両の運転中は、各ウインドウごとに検出された対象物(先行車両)との距離を演算し、距離情報を画像上に表示する。さらに、自車両の走行速度も画像中表示する。

また、必要に応じてブレーキの操作状態やアクセルペダルの操作量等も表示することが可能である。

そして、画像記憶装置は、これらの情報が表示された画像を連続的に記憶する。

したがって、記憶された画像情報を再生するのみで車両の周辺状況も含めた走行状態を再現することができ、例えば交通事故の責任判断や車両の異常運転の原因究明などを容易に行い得る。



<次号予定> 三菱電機技報 Vol.74 No.10 「最新のデジタル放送システム」特集

特集論文

- BSデジタル放送開始に向けて
- デジタル放送の動向と当社の展開
- 地上デジタル放送送出システム
- コーデック・多重化システム
- 電子番組ガイドシステム
- データ放送
- SNG用HDTV新型車載局

- 放送用情報処理システム
- デジタル放送用送信機
- デジタル放送用SFN中継放送機
- デジタル放送用アンテナ制御形キャンセラ
- SFN中継機用ベースバンド処理型回り込みキャンセラ技術
- 地上波デジタル放送用受信機
- BSデジタル放送用受信機

<p>三菱電機技報編集委員 委員長 鈴木 新 委員 中村 治樹 永峰 隆 藤川 裕夫 河内 浩明 浜 敬三 茅嶋 宏 佐々木和則 吉原 孝夫 畑谷 正雄 松本 修 村松 洋 西谷 一治 伊藤 敬 幹事 鈴木 隆二 9月号特集担当 佐藤 真一</p>	<p>三菱電機技報 74巻9号 2000年9月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2000年9月25日 発行 編集人 鈴木 新 発行人 鈴木 隆二 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 ドキュメント事業部 〒105-0011 東京都港区芝公園二丁目4番1号 秀和芝パークビルA館9階 電話 (03) 3437局2692 印刷所 菱電印刷株式会社 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 定価 1部735円(本体700円) 送料別</p>
<p>URL http://www.melco.co.jp/giho/</p>	<p>お問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp</p>

スポットライト MCDメカニズム

1992年に製品化されたミニディスク(Mini Disc:MD)は、取扱いの容易な録再可能メディアとして、日本・欧州を中心に著しく市場を拡大し、特に日本国内ではコンパクトカセットテープをしのぐ勢いで販売されています。

三菱電機は、このMDと現在再生メディアの主流であるコンパクトディスク(Compact Disc:CD)の両メディアをコンパクトに再生できる車載用MD/CDメカニズム“MCDメカニズム”を開発しました。

特長

1. 業界最小の1 DIN*サイズMD/CDメカニズム

CD再生時にはCDターンテーブルをMDターンテーブルの上に積載して回転させ、MD再生時には装置奥下の方向に待避させる当社独自のMD/CDターンテーブル切換機構を考案しました。この機構の採用により、業界最小の幅145mm×高さ38mm×奥行き126.5mmで1 DINサイズMD/CDメカニズムを

* 1 DIN : (W)180×(H)50, 2 DIN : (W)180×(H)100(mm)

実現しました。

この小型化により、オーディオ用に1 DINスペースしかない場合にもMD/CDプレーヤの装着が可能となります。

2. 操作性に優れたダイレクトスロットイン方式

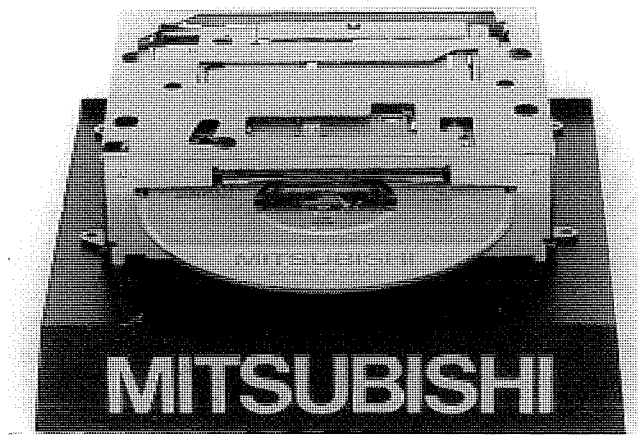
当社独自のコンパクトローディング機構により、MD/CDとも、パネル上の中央同一スロットからダイレクトに挿入することができ、従来同等以上の操作性を確保しています。また、挿入スロットが一つで済むので、従来の単独ソースのプレーヤーと同様なパネルデザインの自由度を保っています。

3. 主要部品共用化による低コスト設計

上記ターンテーブル切換機構、コンパクトローディング機構により、MD/CD再生時に使用する光ピックアップ、ディスクを回転させるスピンドルモータ、ディスクを搬送するローディングモータなど主要部品の共用化を図りました。これにより、普及価格帯での1 DIN MD/CD/チューナー一体機の製品化が可能となりました。



MCDメカニズムの外観(MD挿入時)



MCDメカニズムの外観(CD挿入時)

概略性能

項目	MCD	
	MD部	CD部
サイズ(W×H×D)	145×38×126.5(mm)	
質量	690g	
ローディング方式	ローラ送り方式	ホルダ方式
デジタルフィルタ	8倍オーバーサンプリング	
D/Aコンバータ	1ビット方式	
ショックガードメモリ機能	50秒	10秒
TEXT表示機能	英数字・カタカナ表示可	英数字表示可