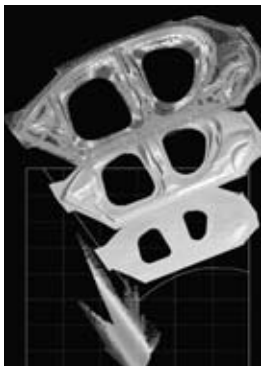


テクニカルレビュー

2006 NO.18



●表紙

写真は「i (アイ)」のサイドパネルアウターのプレス成形シミュレーション結果です。プレス成形シミュレーションでは、板金プレス部品の成形途中に発生する割れ、シワといった不具合の予測、板厚減少率、歪み量、材料の流れ込み、ショックラインなどの検証が可能です。プレス成形シミュレーションを活用することで、早期段階で不具合を撲滅しフロントローディングを推進しております。



三菱自動車 テクニカル レビュー

2006 NO.18

目 次

巻頭言	相川哲郎	6
技術展望		
クリーンエネルギー車の現状と将来	田保栄三・吉名 隆 関根康史・斎藤麗子	8
S-AWC (Super All Wheel Control) の核となる 左右駆動力移動技術	澤瀬 薫・後田祐一・三浦隆未	18
技術論文		
エンジンと変速のダイナミックスケジューリング制御： 燃費最適性と余裕駆動力の統一	梅井一英・高僧美樹	25
スキップピストンによる燃焼の改善	宮本勝彦・干場義幸 細野清隆・平尾俊一	33
エンジン性能シミュレーター最適化計算システムの開発	北田泰造・口田征人・林 伸治	43
ふく射解析による部品温度予測手法の開発	林 毅・浮田哲嗣 瀬戸寛樹・柳瀬昌樹	50
自動車車室静粛化の基礎的研究 (直方体閉空間の構造 - 音響系連成問題の実験及び理論解析)	清野裕之	56
技術紹介		
小特集1 アウトランダーに採用の新技术		
新開発4気筒MIVECエンジン	東條正人・久保明仁	60
新開発FFプラットフォームの概要	井上靖浩・矢島嗣元・黒須高幸 高野一郎・林 賢司・佐藤康充 柳瀬純一・小林英市・松見敏行 近藤真一	63
アルミルーフ適用技術の開発	松村吉修・三崎利次・吉田智美 近藤崇敬・佐久間淳夫・前田正幸 吉原靖昌・福本幸司・杉浦 裕 奥村明敏	69
新世代電子プラットフォームの開発	深津弘樹・金田浩司・酒井邦宏 徳永哲智・小川 智	76
ECU機種切替え書込みシステム	滝水宏樹・深谷俊樹 伊藤嘉章・坂野信彦	81
アウトランダーにおけるETACSの機能進化	長森健夫・井上 孝・水谷康幸 新里幸浩・兵頭 浩・川島直樹	85
高性能プレミアムサウンドシステムの開発	中村泰三・五味淳史・石渡秀和 梅村貴浩・浅野重昭・神谷佑司	90

前頁の写真

2006年1月に発売した新型軽自動車「i(アイ)」と、2005年10月に発売した新型SUV「アウトランダー」の最終イメージスケッチ。この2車種に採用した数々の新技术について、本号にて特集しています。

小特集2 「i(アイ)」に採用の新技术		
新開発3気筒 MIVEC エンジン	流郷幸裕・三輪裕昭	96
新開発MRプラットフォームの概要	岩男明信・河村信介	99
ピエゾケーブルセンサーを利用した ドアキーレスオペレーションシステム	中森洋治・藤原雄高・高橋 聡 兵藤正武・乾 弘文・阿部幸夫 笠井 功	103
インホイールモーターによる車両運動性能の向上	蒲地 誠・ケビン・ウォルターズ 吉田裕明	107
積雪によるルーフ大たわみの予測技術の開発	小林英市・宮地俊之・松村吉修 安井章師・渡壁宏行・狩野裕隆	114
カーエアコン用新機能フィルターの開発	山川 誠・野村忠宏・伊藤由紀 金森 修・香野真徳・大崎智康 田中大輔	118
ノーズビューカメラを利用した 音声駐車ガイドシステム	上南恵資・大薮仁美・前村高広	122
プレス成形シミュレーションの最新技術紹介	松山邦臣・大塚健郎	126
技術トピックス		
“ Concept-X ” ができるまで		
デザインイメージを創造する舞台裏 - 過程と手順を理解しながら	マイケル・カツアート	132
三菱 Concept-X エクステリアデザイン物語	オマー・ハリルホジッチ	134
Concept-X のインテリアイメージを作り出す	トーマス・バケリソ	136
新商品		
アウトランダー		138
i(アイ)		140
ランサーエボリューションワゴン		142
タイ向トライトン		144
台湾向ジンガー		148
技術発表		151

MITSUBISHI MOTORS TECHNICAL REVIEW

2006 NO.18

CONTENTS

FOREWORD	Tetsuro Aikawa	6
TECHNICAL PERSPECTIVE		
Technology Status and Future of Clean-Energy Vehicles	Eizo Tabo • Takashi Yoshina Yasufumi Sekine • Reiko Saito	8
Left-Right Torque Vectoring Technology as the Core of Super All Wheel Control (S-AWC)	Kaoru Sawase • Yuichi Ushiroda Takami Miura	18
TECHNICAL PAPERS		
Dynamic Scheduling Control for Engine and Gearshifts: Consolidation of Fuel-Economy Optimization and Reserve Power	Kazuhide Togai • Miki Koso	25
Enhancement of Combustion by Means of Squish Pistons	Katsuhiko Miyamoto • Yoshiyuki Hoshiba Kiyotaka Hosono • Syunichi Hirao	33
Development of Optimizing System for Engine Performance Simulator	Taizo Kitada • Masato Kuchita Shinji Hayashi	43
Development of Technique for Predicting Parts Temperatures Using Radiation Analysis	Tsuyoshi Hayashi • Tetsuji Ukita Hiroki Seto • Masaki Yanase	50
Basic Study for Reducing Noise in a Vehicle Cavity (Experimental and Theoretical Analyses of Structural – Acoustic Coupling Problems in a Rectangular Parallelepiped Space)	Hiroyuki Seino	56
NEW TECHNOLOGIES		
Special Feature 1 New Technology for OUTLANDER		
Newly Developed Four-Cylinder MIVEC Engine	Masato Tojo • Akihito Kubo	60
Overview of the Newly Developed Front Engine Front Drive Platform	Yasuhiro Inoue • Hideyuki Yajima • Takayuki Kurosu Ichiro Takano • Kenji Hayashi • Koji Sato • Junichi Yanase Eiichi Kobayashi • Toshiyuki Matsumi • Shinichi Kondo	63
Development of Application Technology of Aluminum Roof	Yoshinobu Matsumura • Toshitsugu Misaki • Tomomi Yoshida Takayoshi Kondo • Atsuo Sakuma • Masayuki Maeda Yasumasa Yoshihara • Koji Fukumoto • Yutaka Sugiura Akitoshi Okumura	69
Development of a Next Generation Electronics Platform	Hiroki Fukatsu • Hiroshi Kaneda • Kunihiro Sakai Akitoshi Tokunaga • Satoshi Ogawa	76
ECU Variant Coding System	Hiroki Takimizu • Toshiki Fukaya Yoshiaki Ito • Nobuhiko Sakano	81
ETACS Functionality Development for the OUTLANDER	Takeo Nagamori • Takashi Inoue • Yasuyuki Mizutani Yukihiro Nissato • Hiroshi Hyodo • Naoki Kawashima	85
Development of High Quality Premium Sound System	Taizo Nakamura • Atsushi Gomi • Hidekazu Ishiwata Takahiro Umemura • Shigeaki Asano • Yuji Kamiya	90

Photo on first page

These images are the final design sketches of the Mitsubishi “i” (a new minicar that was launched January 2006) and Mitsubishi OUTLANDER (a new sport utility vehicle that was launched in October 2005). Many of the new technologies used in the “i” and OUTLANDER are featured in this edition of the Mitsubishi Motors Technical Review.

Special Feature 2 New Technology for "i"		
Newly Developed Three-Cylinder MIVEC Engine	Yukihiro Ryugo • Hiroaki Miwa	96
Overview of the Newly Developed Mid Engine Rear Drive Platform	Akinobu Iwao • Shinsuke Kawamura	99
Door Keyless Operation System Using Piezoelectric Cable Sensor	Yoji Nakamori • Yutaka Fujiwara Akira Takahashi • Masatake Hyodo Hirofumi Inui • Yukio Abe • Isao Kasai	103
Improvement of Vehicle Dynamic Performance by Means of In-Wheel Electric Motors	Makoto Kamachi • Kevin Walters Hiroaki Yoshida	107
Development of Technique for Predicting Roof Buckling Under Snow Load	Eiichi Kobayashi • Tosiyuki Miyachi Yoshinobu Matsumura • Akinori Yasui Hiroyuki Watakabe • Hiroataka Kano	114
Development of Filter with New Function for Car Air-Conditioner	Makoto Yamakawa • Tadahiro Nomura Yuki Ito • Osamu Kanamori • Masanori Kono Tomoyasu Osaki • Daisuke Tanaka	118
Parking-Guidance System Using Nose-View Cameras	Keiji Ueminami • Hitomi Ohyabu Takahiro Maemura	122
Latest Stamping Simulation Technique	Kuniomi Matsuyama • Takeo Ohtsuka	126
<hr/>		
TECHNICAL TOPICS		
The Road to "Concept-X"		
A Glimpse into Creating a Design Icon — Understanding the Process and Method	Mikael Cazzato	132
Mitsubishi Concept-X Exterior Design Story	Omer Halihodzic	134
Creating an Interior Icon for Concept-X	Thomas Vaquerizo	136
<hr/>		
NEW PRODUCTS		
OUTLANDER		138
i		140
LANCER EVOLUTION WAGON		142
TRITON		144
ZINGER		148
<hr/>		
NEW TECHNOLOGIES PRESENTED		151
<hr/>		



環境を重視した技術開発の促進

Promotion of Technical Development with
Emphasis on the Environment

常務取締役

相川 哲郎

Tetsuro Aikawa

世界的な異常気象や資源枯渇への危惧から環境への感心が高まっています。京都議定書は昨年発効されましたが、その後も環境に関連する種々の論議がたゆみなく進められています。京都議定書に調印していない米国でも国内のCO₂削減に向けた取り組みが始まりました。このような状況の中、自動車製造に関係する企業は、その環境との関わり大きさから積極的に環境対応技術の開発に取り組んでいます。昨年秋に開催された東京モーターショーを始め各国のイベントにおいて、自動車関連企業は環境への取り組みをアピールしました。

当社は、昨年1月に新しい再生計画を発表し、9月にその計画を製品に反映するための新しいコミュニケーションワード「クルマづくりの原点へ。」を定めました。この言葉のもとに「クルマ本来の魅力である走行性・耐久性を両立したクルマづくり」を行うとともに、「環境への取り組みを真摯に行う」ことをお客様に約束し、これを推進しております。

環境への取り組みについては、1999年にその基本方針として環境指針を定め、この方針を具現化するために2002年より5年単位の中期環境行動計画を策定しています。この計画に沿って様々な取り組みを行ってきました。例えば、環境に配慮した設計（DfE：Design for Environment）については、車を使用するときに排出されるCO₂の削減や排出ガスのクリーン化だけでなく、車を生産する時に排出されるCO₂の量や廃棄でのリサイクル性も考慮した設計を行うことを推進しています。また、自動車リサイクルについては、2002年から専任の部門を新設し、2005年1月のリサイクル法施行に備えてきました。法令では、2005年度以降にシュレッダーダストのリサイクル率を30%以上にすることが定められていますが、2004年度中にこれを大幅に上回る59.3%を達成しました。これら当社が行っている環境活動や達成状況は「環境サステナビリティプラン」として、環境マネジメント、リサイクル、地球温暖化防止、環境汚染防止の4分

野に分類して公表しております。

具体的な製品として、昨年10月に発売しました『アウトランダー』には、前述の環境配慮設計の思想を織り込みました。排出ガス・燃費については、燃焼・排気システムの改善や新開発のプラットフォームにより重量増加を最小限に押さえることなどを行った結果、平成17年度基準排出ガス75%低減レベル及び平成22年度燃費基準+5%を達成しております。環境とともに車を支える安全につきましては、重量増加を押さえたにもかかわらず、公共機関による安全性評価JNCAPにおける最高評価6レベル相当（社内試験結果）の安全性能を達成し、更に、小型車との衝突時における相手車の被害軽減や歩行者保護にも配慮致しました。今年1月に発売しました軽自動車『i（アイ）』につきましては、車室内環境の改善のため、シックハウスの原因となる揮発性有機化合物（VOC：Volatile Organic Compounds）を低減し、自動車工業会自主規制にいち早く対応しております。安全に関しましては、リヤミッドシップレイアウトにより、エンジンのないフロント回りを利用して十分なクラッシュブルゾーンを確保し、軽自動車ながらJNCAPにおける5レベル相当（社内試験結果）の安全性能を確保しました。なお、これらの『アウトランダー』と『i』に採用しました新技術を三菱自動車 *テグナカル レビュー* 本号に特集しておりますので、是非ご一読ください。

将来の環境対応技術の中で、当社低公害車の旗印は排出ガスを全く出さない次世代電気自動車『MIEV』です。その第一の特徴はモーターをホイール内に収め、大きな駆動システムを必要としないことから、車のスペース効率を高めることができるということです。これにより、ベースとなる電気自動車はもとより、ハイブリッド車や燃料電池車への展開も容易になります。しかも、トランスミッションやデファレンシャルギヤなど複雑な駆動系を用いず、インホイールモーターを各輪独立に制御できることから、運動性能も大幅に向上します。また、従来の電池に替えてエネルギー密度の高いリチウムイオン電池を使用していきます。これらに必要な技術の研究を鋭意推進していくとともに、2010年までに軽自動車をベースとした電気自動車を商品化して皆様に買って頂き、環境に優しい電気自動車の世界を広く体験して頂くことを目指しております。

企業の経営は、これまで以上に環境活動や社会活動を意識しなければならない時代になりました。昨年の再生計画でお約束致しましたように、お客様を大切にする企業であるために、「走る喜びと確かな安心」に「環境への貢献」を加え、これらを具現化・訴求する技術に的を絞り、新技術の開発を鋭意推進していきたいと考えております。今後もこれらの技術を三菱自動車 *テグナカル レビュー* に掲載してまいりますので、是非ご愛読頂きたく、よろしく御願い申し上げます。

クリーンエネルギー車の現状と将来

Technology Status and Future of Clean-Energy Vehicles

田保栄三* 吉名 隆*
Eizo Tabo Takashi Yoshina
関根康史* 斎藤麗子*
Yasufumi Sekine Reiko Saito

概 要

2005年2月の京都議定書の発効を受け、日本政府としてCO₂の削減目標に向けて対応を進めているが、一方中国やインド、東南アジアなど急激なモータリゼーションの動きにより今後自動車の増加及びエネルギー消費の増加が見込まれている。

このような状況で、低公害車を開発し普及させることは地球環境保全を進める上で自動車メーカーにとって責務であると考えられ、当社としても長期展望に立った低公害車への取り組みを明確にしてゆくことが必要である。

本稿では、低公害車への政府の政策、クリーンエネルギー車の現状、将来展望を交え当社の対応について紹介する。

Abstract

Since the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (commonly known as the Kyoto Protocol) came into force in February 2005, the Japanese government has been working to satisfy the targets for reduction of carbon-dioxide (CO₂) emissions. Meanwhile, however, rapid motorization in China, India, and Southeast Asia can be expected to drive continued demand for automobiles and concomitant growth in energy consumption.

Against this backdrop, automakers have a responsibility to develop and promote Low-Emission Vehicles (LEVs) as a means of helping to preserve the natural environment. Like other automakers, Mitsubishi Motors Corporation (MMC) needs to take a clearly defined approach to LEV development and promotion from a long-term standpoint.

This paper gives an overview of MMC's LEV-related efforts together with information on the Japanese government's LEV strategies, the current situation regarding Clean Energy Vehicles (CEVs), and the outlook for future LEV developments.

Key words: Technical Trend, Low-Emission Vehicle, Clean Energy Vehicle

1. はじめに

近年、気温の上昇や海面水位の上昇、永久凍土の融解など、全地球規模で急激な温暖化現象が進行している。IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change : 気候変動に関する政府間パネル) は、過去50年間の温暖化の大部分が人間活動に起因し⁽¹⁾、温室効果ガスのうち、温暖化への寄与度が最も高いのが二酸化炭素 (CO₂) であるとの報告がされている⁽²⁾。

2005年2月に気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書 (Kyoto Protocol to the United Nations Framework

Convention on Climate Change) が発効したことを受けて、政府は京都議定書目標達成計画を策定した。同計画書には、低公害車の普及促進により、2010年度までに約300万トンのCO₂を削減する計画が盛り込まれており⁽³⁾、低公害車の早急な普及が求められている。

更に、2005年11月には経済産業省から超長期的なエネルギー政策の目標を定める「エネルギー技術ビジョン」がまとめられ、家庭や運輸の分野でCO₂の排出量を2100年にゼロとする目標が掲げられた。同ビジョンは、2050年までに全世界の石油生産量がピークを迎えると想定、それまでに石油に依存しない社会へ転換する必要性を訴えており、自動車についても2100年にCO₂の発生量を

* 経営企画本部 環境技術部

表1 2006年度から2007年度の自動車グリーン化税制の概要
Overview of Japan's green automobile taxation system (FY 2006 - 2007)

対象税	対象車	税の減額 ^(*)	期間
自動車税	EV, FCV, CNG車, メタノール車 4 ^(**) かつ低燃費車 + 20% ^(***) (含 HEV, LPG車)	- 50%	2006年4月 ~ 2008年3月 ^(***)
	4 かつ低燃費車 + 10% ^(***) (含 HEV, LPG車)	- 25%	
取得税	4 かつ低燃費車 + 20% (含 LPG車)	自家用 (除く軽自動車) - 15千円, 営業・軽 - 9千円	2006年4月 ~ 2008年3月
	4 かつ低燃費車 + 10% (含 LPG車)	自家用 (除く軽自動車) - 7.5千円, 営業・軽 - 4.5千円	
	低公害車4車種, FCEV	HEV (乗用車) - 2.2%, HEV (乗用車) 以外 - 2.7%	2005年4月 ~ 2007年3月

<参考> 通常の自動車取得税率; 自家用車 (除く軽自動車): 5%, 営業車・軽: 3%
*1: 自動車税は税額の減額率, 取得税は減税額又は現状税率 (営業車3%など) からの減算値 (%) を示す。
*2: 平成17年排出ガス規制より75%低減した車両。
*3: 2010年燃費基準より20%以上燃費性能が良い車両。
*4: 2010年燃費基準より10%以上燃費性能が良い車両。
*5: 新車登録をした翌年を減税。
*6: 自動車税制のグリーン化において, 自動車税と取得税の重複取得は可, 取得税内での重複取得は不可。

ゼロとするため2050年を目処に燃料電池自動車 (FCV) や電気自動車 (EV) を自動車全体の40%まで増やすとしている。

以上のような社会情勢の下, 低公害車の社会的な位置付けは, 今後より一層重要なものとなって行く。

2. 低公害車の概要

低公害車の定義は明確ではないが, 一般的には, 炭化水素 (HC), 窒素酸化物 (NOx), 粒子状物質 (PM) などの大気汚染物質の排出量が少ない車や, 更にCO₂発生量が少なく地球環境に優しい車も含まれている。低公害車は, ガソリン車やディーゼル車の排出ガスの量を低減したいいわゆる「低排出ガス車」と, 従来のガソリン車などとは異なるクリーンエネルギーを用いるEV, 天然ガス自動車 (CNG車), ハイブリッド電気自動車 (HEV) などの「クリーンエネルギー自動車」(CEV: Clean Energy Vehicle) に区分されている。

また, 政府及び一部の自治体により, 「低排出ガス車認定制度」, 「グリーン購入法対象車」及び「八都府市指定低公害車」など低公害車指定制度が定められ, 低公害車の普及促進が図られている。

2.1 低公害車普及のための政府による主な優遇政策

政府は, 2010年までの低公害車導入目標台数を2002年3月策定の地球温暖化対策推進大綱⁽¹⁾で348万台, 更に2005年4月策定の京都議定書目標達成計画⁽³⁾で233万台と目標を見直し, 同目標達成のため, 次のような各種優遇政策も行われている。

2.1.1 自動車グリーン化税制⁽⁴⁾

本税制は, 国土交通省の管理の下, 低排出ガス認定制度が導入された2001年から開始されたもので, 現制度では, 低排出ガス車でかつ低燃費車に対し, 購入時の自動車取得税と新車登録した翌年の自動車税を軽減するこ

ととなっている。更に新車登録から一定期間が経過した車両に対しては, 自動車税を重課するとしている。これにより, 低公害車の購入を促すとともに新しい車両への買い替え促進を図っている。

2005年12月に2006年度の税制大綱が公表された。それによれば, 2006年度以降も本制度が継続され, 平成17年排出ガス規制値の75%低減車 (4) でかつ2010年燃費基準 + 10%以上の車両と, 平成17年排出ガス規制値の75%低減車 (4) でかつ2010年燃費基準 + 20%以上低減の車両に対し, それぞれ自動車税が25%及び50%低減されることが決定した。2006年度から2007年度のグリーン化税制の概要を表1に示す。

2.1.2 クリーンエネルギー自動車など導入補助事業⁽⁵⁾

本事業は, 1998年度に経済産業省主導で開始され, 3年ごとに実質的な内容の見直し (今回は2007年度) が行われており, 毎年80 ~ 100億円 (平成18年度90億円) の政府予算が計上されている。

本事業は, CEVの購入者に対し, ベースのガソリン車とCEVの差額のほぼ半額を補助し, 更に天然ガススタンド, 充電設備などのCEV用インフラ整備の際に設備費用も補助するものであり, これまでもHEVやCNG車などに多くの補助金が交付され, これら車両の普及に繋がっている。表2にCEV補助事業の概要を示す。

2.2 CEVの開発・普及状況

図1に2000年度から2004年度にかけての国内でのCEV (EV, HEV, CNG車) の保有台数の推移を示す。2000年度は6万台余りであったCEVは2004年度末には23万台まで増加し, そのほとんどをHEVが占めている。なお, FCV及びメタノール車の2004年度の保有台数は数十台以下に過ぎない。

1990年代から2005年にかけての主要各社によるCEV

表2 クリーンエネルギー自動車など導入のための補助事業
Overview of Japan's CEV subsidy systems

補助対象	窓口	補助・減税額	補助条件
電気自動車・ハイブリッド自動車	日本自動車研究所 (JARI)	・新車 ベース車との価格差の1/2以下 ・使用過程車のCNG車への改造 ガソリン・ディーゼル車からCNG車への改造 費用の1/3以下	・自家用車のみ ・リース車も補助の対象 ・地方公共団体は申請不可 ・年間走行6,000km以上 (HEV車のみ・EVの走行条件は2005年度より撤廃)
CNG車	日本ガス協会		
電気スタンド	エコ・ステーション推進協会	事業用: 350万円以内 非事業用: 整備費の1/2以下	2005年11月現在において急速充電器は対象外
CNGスタンド		事業用: 9,000万円以内 非事業用: 整備費の1/2以下	運営費補助あり

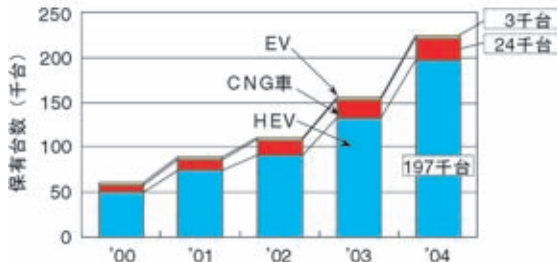


図1 CEVの国内普及台数の推移
Numbers of CEVs on Japan's roads

場投入, 2006年以降にマツダから水素エンジン車の市場投入, 2010年を目処に当社とスバルから軽自動車のEVを市場投入などの予定が公表されている。

2.2.1 ハイブリッド自動車 (HEV: Hybrid Electric Vehicle)

HEVは, 複数の動力源を有し, それぞれの動力源の利点を組み合わせることによって, 排出ガスの削減と低燃費を実現しようとする車両である。現在では内燃機関とモーターを組み合わせるタイプが主流であり, その動力方式によりシリーズタイプ, パラレルタイプ, シリーズ・パラレルタイプなどに分類される (図2)。

HEVは, 複数の動力源またはエネルギー源を搭載するため車体の構造が複雑になり, 車両価格のアップなどを招いているが, 既存のガソリンスタンドが利用できるこ

の開発, 販売, 市場投入状況などを表3に示す。これは日本自動車研究所 (JARI) の発表資料と各社の公表資料に基づき作成したものである。同表には示していないが, 2006年以降はトヨタ及びホンダからHEVの積極的な市

表3 主要各社のCEV販売・開発動向
Development, sales, and planned launches of CEVs by Japan's major automakers

社名	車種	'90~'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05
MMC	FCV					グランディス		
	EV	リベロ						
	CNG	ミニカ, ミニキャブ					ミニキャブバン	
トヨタ	FCV				FCHV		FCHV (型式指定)	
	HEV	プリウス		クラウン, エスティマ		新型プリウス, アルファード	ハリアー, クルーガー	
	EV	RAV4						
	CNG					センチュリー, プロボックス		
日産	FCV						XトレイルFCV	
	HEV		ティーノ					
	EV	ルネッサ	ハイパーミニ					
	CNG		ADバン			キャラバン		
ホンダ	FCV				FCX		FCX (型式指定)	
	HEV	インサイト		シビック			アコード	新型シビック
	EV	EV PLUS						
マツダ	CNG			シビック				
	EV	ボンゴ						
富士重	HEV							
	EV	サンバー						
	CNG						レガシイ	
スズキ	FCV					ワゴンR, MRワゴン		
	HEV					ツイン		
	EV	アルト, エブリイ						
	CNG		ワゴンR, エブリイ				ワゴンR	
ダイハツ	FCV					ムーヴFCV-K-2		
	HEV					ハイゼットカーゴ		
	EV	ハイゼット						
	CNG		ハイゼット, ミラ		ハイゼットカーゴ			

: 試験車 (大臣認定取得)

: ユーザー限定 (リース販売を含む)

: 一般販売

日本自動車研究所の公表データや各社の公表に基づく。

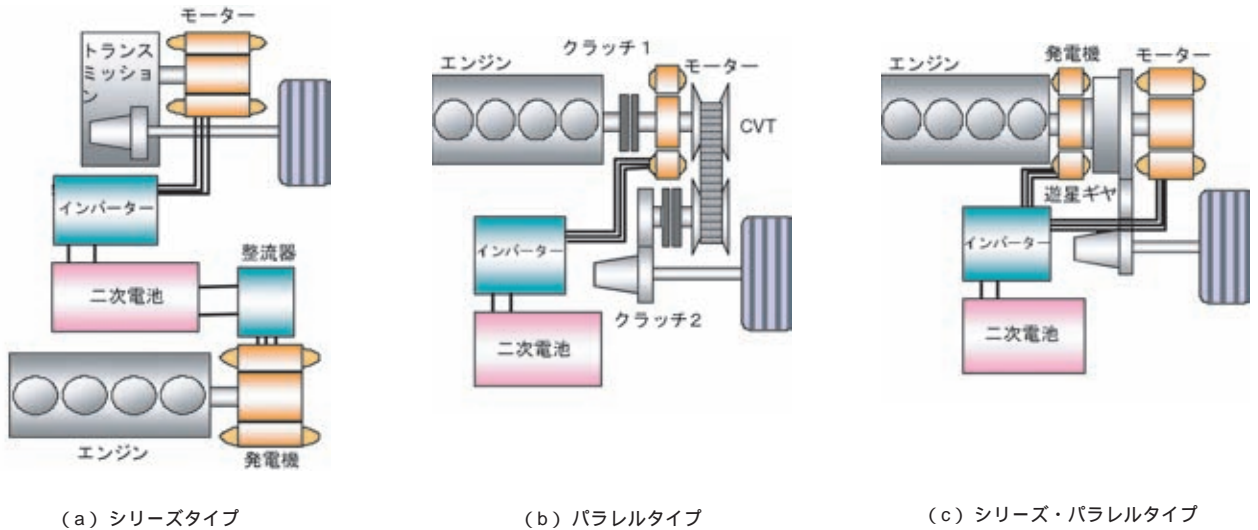


図2 ハイブリッド自動車の基本構造
HEV basic configurations

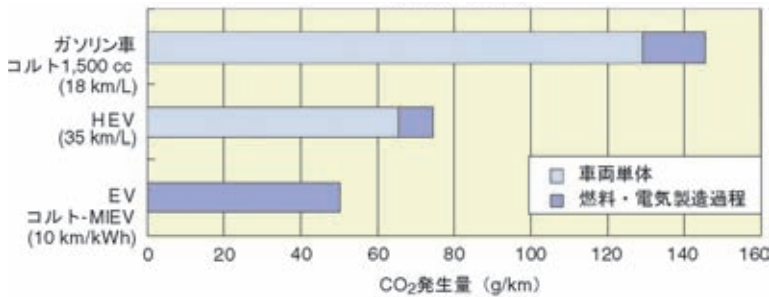


図3 CO₂ 発生量比較
Comparison of CO₂ emissions

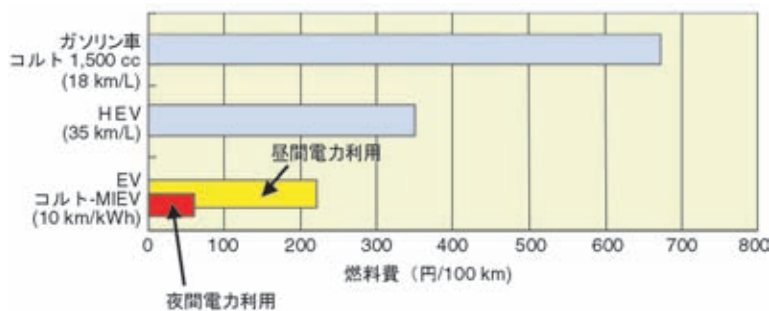


図4 ランニングコスト比較
Comparison of running cost

とから、他のCEVに比べ際立って普及している（2004年度197,000台）。

2.2.2 電気自動車（EV：Electric Vehicle）

EVは、二次電池を搭載してモーター駆動で走行するので、走行中は排出ガスを一切出さず、環境への負荷が最も少ない車である。

図3にエネルギーの製造から車両走行に至るまで（Well to wheel）のCO₂発生量のガソリン車、HEV及び

EVの比較を示す。エンジン排気量1,500ccクラスにおいて、EVのCO₂発生量はガソリン車の約1/3、HEVの約2/3になっている。発電時のCO₂発生量は、国内電力会社10社の電源構成比（2002年度実績；火力発電60%、原子力発電31%、水力発電9%）に基づき算出したものである。今後、発電効率の向上が図られ、更にCO₂の発生量が少なくなるように電源構成が移っていくことが予想されるので、EVのCO₂発生量は、より一層減少されると考えられる。

また、EV・HEV及びガソリン車のランニングコストを比較したものを図4に示す。ここでは、小型乗用車（1,500ccクラス）をベースに比較し、ガソリン代120円/L、昼間電気代22円/kWh、夜間電気代6円/kWhとして計算している。これによるとEVの電気代はガソリン車の1/3（昼間充電）～1/10（夜間充電）、HEVの2/3（昼間充電）～1/5（夜間充電）と見なすことができる。

このようにEVは、環境面及び維持コスト面では優れているが、図1に示すとおり、現在の普及台数は超小型EV（原付4輪EV）な

どを含めても国内で3,000台余りに過ぎない。これは、現在市販されているEVの多くが鉛電池を搭載したタイプであるので、航続距離が極めて短い、充電時間がかかる、車両の値段が高いなどといった理由から普及しにくかったと考えられる。

EVは鉛電池からニッケル水素、リチウムイオン電池と二次電池の性能向上により、小型高性能化が図られ、航続距離の延長や充電時間の短縮、車両の軽量化などが

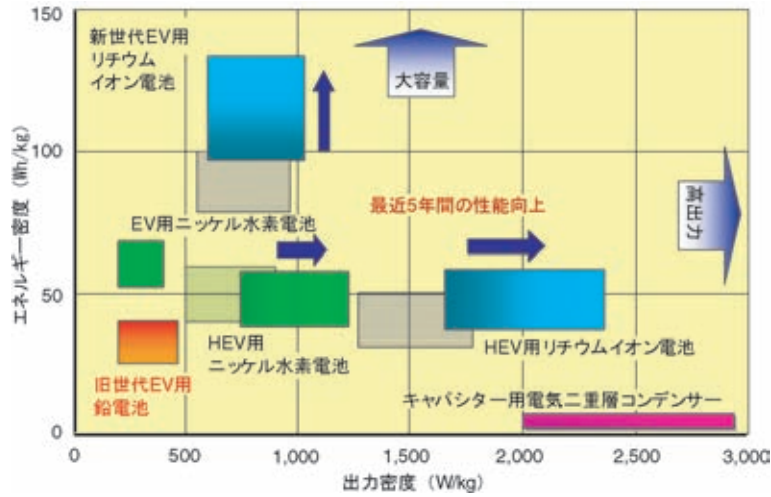


図5 EV・HEV用電池の開発状況
Development of batteries for EVs and HEVs

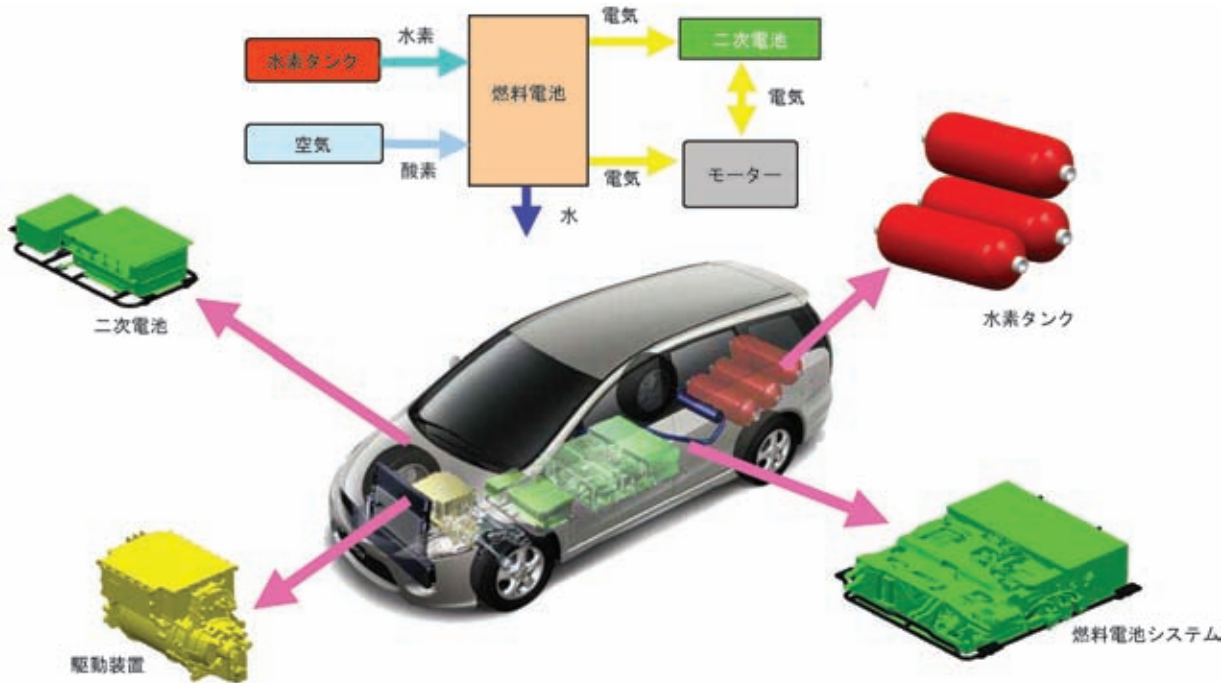


図6 燃料電池自動車の基本構造
Basic configuration of FCV

図られてきている。図5にEV及びHEV用の二次電池の開発状況を示す。EV用の電池はエネルギー密度が高い電池が求められ、一方HEV用電池は出力密度が高い電池が要求される。鉛電池に比べると現在のEV用リチウムイオン電池は約4倍のエネルギー密度を有しており、更に2010年頃には6倍程度まで向上してゆくと考えられている。これにより車両重量の低減が図れるものである。この電池の高性能化により軽自動車や小型車でも200 km程度の航続距離を有するEVを製造することが可能となってきている。

2.2.3 燃料電池自動車

(FCV: Fuel Cell Vehicle)

FCVは、燃料電池(FC)で水素と空気中の酸素を化学反応させて発電した電力でモーターを駆動させて走行する車両である(図6)。FCVは、FC単体での効率率は理論上80%まで達することができるといわれ、更に排出ガスが水蒸気のみなので環境に優しいといった優れたメリットがある。その一方で、水素補給インフラが少ないこと、車両の製造コストが高いこと、燃料である水素の安全かつ効率良い車載手段など、今後解決すべき問題も多いので、一般の顧客に普及するようになるのは、2020

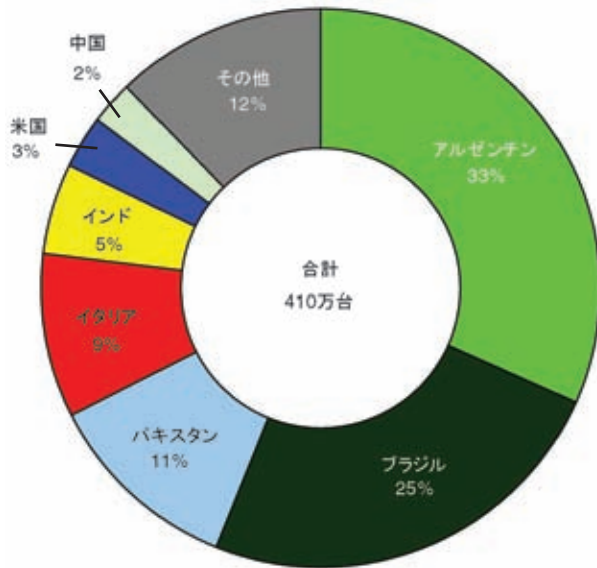


図7 各国でのCNG自動車普及状況 (2005年4月現在)
Proportions of total CNG vehicles by country (As of April 2005)

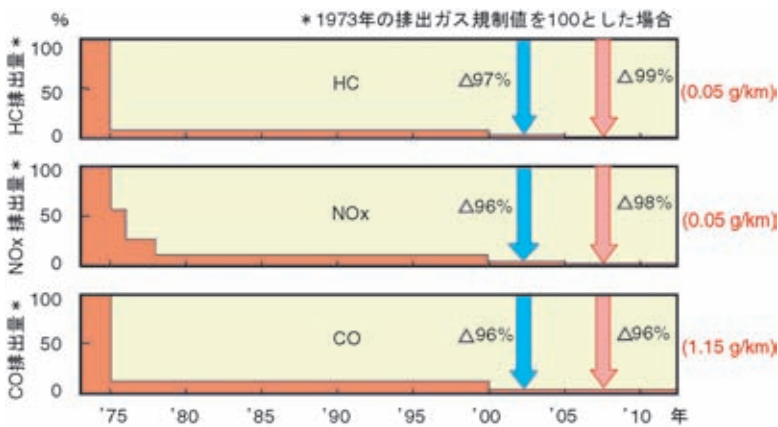


図8 ガソリン乗用車の排ガス規制値の低減状況
Circumstance of reduction of emission regulations
for gasoline passenger car in Japan

年から2030年頃になると思われる (国内には、2004年度で47台の実験車と限定販売車が存在)。

また、現在は高圧水素ガス (35 ~ 70 MPa) を搭載する方式が主流であるが、水素をガソリンと同等レベルの容易さで、安全に取り扱うことができるようにするための新たな研究 (例えば化学的な貯蔵技術の研究など) も進められている。

2.2.4 水素エンジン車

水素エンジン車は、水素を燃料とする内燃機関を搭載した車両である。水素エンジン車には、将来の水素社会が到来したときに既存のエンジン生産設備が流用できるメリットがあり、既にBMWやマツダが開発を進め、それぞれ2006年の市販を予定している。なお、水素エンジン車は、燃焼中にNOxが発生するので、専用のNOx触媒の搭載が必要である。

2.2.5 CNG車 (CNG : Compressed Natural Gas)

CNG車は、メタンを主成分とする天然ガス (CNG) を燃料とする車両である。黒煙を出さず、NOxの発生も少なく、CO₂排出量は、ガソリンエンジン車より2割程度少ないといわれているが、気体燃料を搭載するため航続距離は短い。2004年度の普及台数は24,000台である。また、CNGスタンドの設置数も全国で260箇所 (2005年9月末) となっている。

なお、CNG車の全世界での普及台数は、410万台であり、アルゼンチンやブラジルなどといったCNG産出国での普及は特に進んでいる (図7)。

2.2.6 メタノール車

メタノール (CH₃OH) を燃料とする内燃機関搭載車で、導入当初は、黒煙やNOxの排出量が少ないとされ普及が推進されていたが、現在は充填インフラの整備がほとんどなく、車両もほとんど存在していない状態である。

3. CEVの将来展開

3.1 排出ガス規制強化と燃費基準

国内ガソリン乗用車の排出ガス規制は、1973年の規制開始以来、年々厳しくなってきたおり、2005年時点では規制導入時の1/100近くにまで規制値が減少している (図8)。2010年頃になると市場で走行している車両の多くが新排出ガス規制適合車に買い替えられると予想され、排出ガス対応は、ほぼ一段落するものと考えられる。

また、低燃費化についてもガソリン車では2010年燃費基準が重量区分ごとに定められ、各自動車メーカーは2005年から2007年にかけて全重量区分で前倒し達成すると公表している。更に2015年の達成を目指したポスト2010年燃費基準が設定される動きもあり、今後ますます低燃費化への動きが加速されてくると考えられる。特に2010年以降は排出ガス対応から燃費対応への動きに移行してゆくこととなり、クリーンディーゼル乗用車やHEVの普及が見込まれる。

3.2 石油供給量の将来予測

図9は、米国エネルギー省 (DOE : Department of Energy) が2000年に公表した世界の石油供給量の予測を示したものである。

本資料によると、2005年の世界経済の成長率3.2%⁽⁶⁾

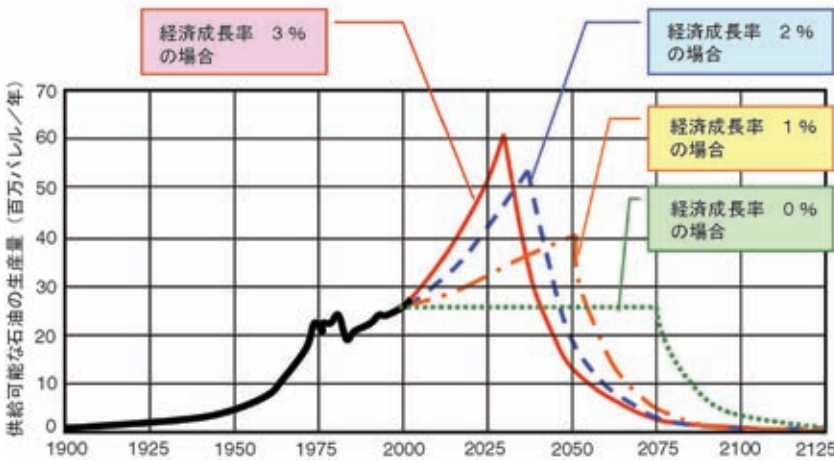


図9 供給可能な石油生産量の年次推移予測
Predictions for worldwide oil production

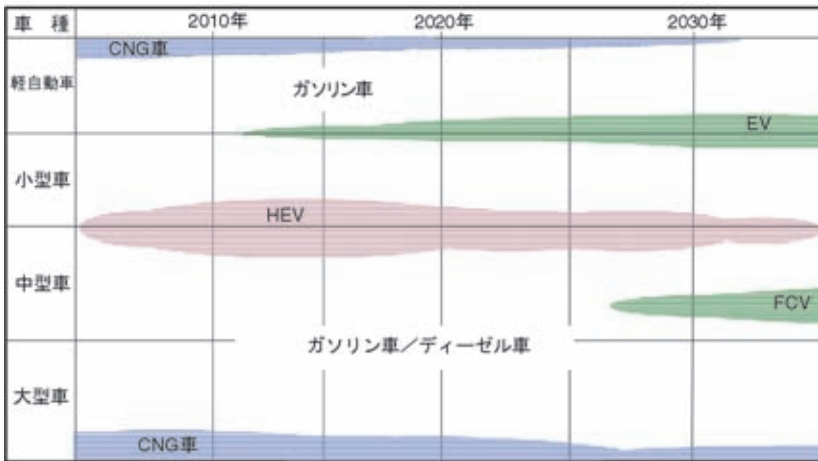


図10 CEVの展開予測概念図
Forecasts for CEV adoption

表4 電動車両の車種別棲み分け

Suitability of EV, FCV, and HEV technologies for vehicle size categories

電動車両	特徴	適用車種
EV	<ul style="list-style-type: none"> 追加車載部品点数が少なく（モーター、バッテリーのみ。エンジン、燃料タンク、ミッションが不要）、車載スペースの有効利用が図れる（軽・小型車に対応可）。 ガソリン車に比べ、低速での効率が良い。高速での効率の悪化傾向は大きい（低速走行に適す）。現状技術では、航続距離が短い（近距離走行車に適する）。 	軽自動車
		小型車
HEV/FCV	<ul style="list-style-type: none"> 追加車載部品点数が多く（通常ガソリン車にモーター、バッテリー、インバーターなどの追加）、追加部品の車載スペースが必要（軽・小型車は適さない）。 HEVは航続距離確保可能（長距離走行車に適す）。 	中型車
		大型車

が、今後も同レベル（成長率3%）で続くとすれば、2030年頃には供給可能な生産量のピーク“オイルピーク”を迎え、経済成長率が1%としても2050年頃にはオイルピークを迎えるとしている。このオイルピークに近付くと急速に石油価格の高騰を迎えたり、輸送部門での石油の利用に多くの制約が加えられると考えられる。こ

のような状況になると、社会的にも化石燃料から自然エネルギーなどの循環可能なエネルギー使用への要望が出され、HEVなどの石油を燃料とする車はFCVやEVへの変換を余儀なくされることになる。

3.3 CEVの将来展開

前述したような状況から長期にわたるCEVの将来展開の予測概念図を図10に示す。

現在から2010年頃までは、ガソリン車やディーゼル車の低排出ガス化やCNG車の普及が進み、トラック・バスなどの重量車も含め市場ではクリーンな車両が普及してくる。2010年以降は、低排出ガス車への対応は一段落し、低燃費車の導入が加速されてくるため、今まで以上にHEVやクリーンディーゼル乗用車などの普及が進むものと考えられる。更に、2020年を過ぎる頃から内燃機関が依然中心的技術として存続するものの、オイルピークを目前に向かえ、石油価格の高騰やエネルギーセキュリティへの社会的な要望から脱石油燃料への移行が加速され、化石燃料を使わないEVやFCVなどの普及が進んでくると考える。

CEVの普及にはそれぞれの車種の特徴により棲み分けが進められると考えている。例えば表4に示すように電動車両（EV、FCV、HEV）の領域で考えると、EVは、エンジン、燃料タンク、ミッションなどが不要な分、車載部品数が少なく、低速走行での効率が高いが、航続距離が短い点から、軽自動車や小型車の一部に適する。一方、HEVやFCVは、それぞれ通常のガソリン車にモーター、二次電池、インバーターなどの追加や、FCスタック、高圧水素タンクなどの車載が必要であるなど車載スペースがガソリン

車よりも必要となるため、小型車の一部や中・大型車に適する。また、表5に各社のEV・HEVの開発・販売動向をまとめたが、この表からも、EVは軽・小型車の領域に集中し、HEVが小型車以上の領域に集中していることが分かる。一部軽自動車でもHEVの販売がなされているが、いずれも販売台数は少ない状況である。

表5 主なEVとHEVの開発・販売動向
Development and sales trends of major EV and HEV among automakers



日本自動車研究所の公表データや各社の公表に基づく。

このような状況から、2020年頃までの低燃費車であるHEVなどの普及時においても、軽・小型車の車格では、EVが普及する可能性が高い。更に、二次電池の小型高性能化が進み、急速充電インフラが普及すれば、EVは軽自動車・小型車に限定されることなく、中型車以上の車でも普及していく可能性もある。

いずれにしても、2010年以降、EVが軽・小型車の車格を中心に普及していく可能性は高いと考えられる。

4. 当社の低公害車への取り組み

当社は長年にわたりガソリン車やディーゼル車の低排出ガス化や低燃費化に取り組み、多くの車種を販売してきた。CEVとしては、天然ガス車の市販やEVの開発・販売、HEVの開発、FCV試験車の製作なども行ってきた。

特に、当社は長年にわたるEVの開発・市販化などを通してEVの要素技術を培ってきており、これら当社が独自に持っている技術を製品化させ市場に普及させることにより、社会へ貢献していくことが重要である。

4.1 EV研究開発の経緯と新世代型EV

図11に当社のEVの研究開発の経緯を示す。1970年代から1990年代の中頃までは、電力会社からの委託事業として鉛電池と直流モーターを搭載した旧世代型EVを製造していた。旧世代型EVは、充電で走行できる航

続距離が60~100kmと極めて短い上に、充電時間も長く、二次電池を多く搭載しなくてはならないため、車両重量が重くなり走行性能が悪い。更に、車両価格もベースガソリン車の数倍するなど、実用化にはほど遠い状態であった。

1990年代の終わり頃からリチウムイオン電池と高効率な永久磁石同期モーターを搭載した新世代型EVの開発が開始された。リチウムイオン電池により急速充電も可能となり、急速充電を繰り返し24時間で2,000km以上を走行するなど各種実証試験を通して、EVの実用化の可能性が出てきた。

更に、2003年頃からリチウムイオン電池とホイール部にモーターを内蔵したインホイールモーター(図12)をコア技術とした“MIEV(Mitsubishi In-wheel Motor Electronic Vehicle)”の開発を開始、2005年5月には、コルトEVを、同年8月にはランサーエボリューションMIEVをそれぞれ発表した(図13)。両試験車とも、走行性能はガソリン車とほぼ同等であり、コルトEVでは航続距離が150km、通勤や買い物といった日常的な近距離移動の用途に限れば、十分に実用できるレベルとなっていった。また、インホイールモーターを搭載することにより、駆動系の部品を大幅に減らすことができ、車室内スペースを有効に活用できるなど、今までのガソリン車にはなかったメリットを享受することも可能となっていった。

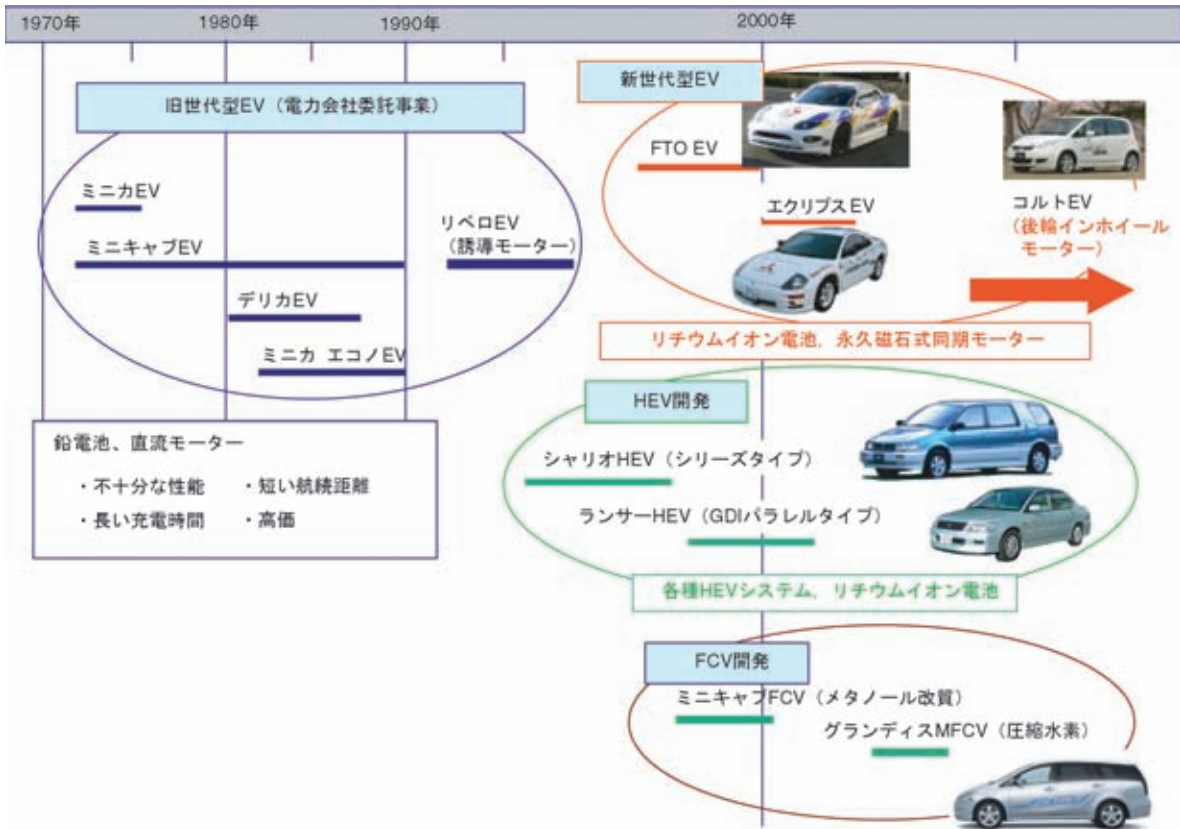


図 11 当社の電動車両開発の経緯
MMC's history of EV research and development



(a) コルトMIEV用インナーローター型
インホイールモーター



(b) ランサーエボリューションMIEV用アウト
ローター型インホイールモーター

図 12 MIEV 実験車に搭載されているインホイールモーター
In-wheel motors of MIEV experimental vehicles

そこで、2010年までに軽自動車をベースとした新世代型EVを一般に販売することとした。2010年までの一般販売に向けて市場調査や、モニター走行、将来の充電インフラの整備に向けた準備など、将来のEV普及に向けて研究・開発を進めていくこととしている。

4.2 充電設備の展開

現在の二次電池の技術レベルでは、EVの航続距離が200km程度であり、「近距離移動を主目的とした自動車」という位置付けになるが、15～20分程度で充電可能な急速充電設備が普及し、高速道路のサービスエリアやコンビニエンスストア、スーパーマーケット、時間貸し駐車場などに設置されるようになれば、長距離移動へのEV



(a) コルトEV



(b) ランサーエボリューションMIEV

図13 当社の新世代型EV MIEV実験車
MMC's MIEV next-generation experimental EVs

の利用も可能となる。このため、EVの普及のためには、他のEVメーカーや電力会社、他業界も含んだコンソーシアムを作り、EVの普及に向けた取組みを図っていくことも重要である。

4.3 EV利用による可能性

EVは排出ガスを全く出さないで、屋外での走行後、建物内に配置して部屋の一部として利用する、ショッピングモール内をEVで走行しながら買い物をする、地震などの災害時に移動可能な非常電源として災害地に持ち込み救援対応などを行うなど、今までのガソリン車やHEVでは対応できなかったような利用方法も可能となる。このように、EV特有の利用方法を社会に提案することによりEVのマーケットを創造していくことも大切である。

5. あとがき

今後長期にわたり、どのような低公害車が社会で受け入れられるかを予測することは難しいが、低排出ガス、

低燃費及び脱化石燃料は共通の課題であり、今後、これらの要素を満たした車両が車格や利用形態に応じて使われることは推測できる。

当社では「走る喜び」、「確かな安心」という基本方針に「環境への貢献」を加え、そのシンボル技術としてMIEVを捉え、EVの市販化を目指している。この実現に向けて社会の動向を見失うことなく、充電インフラの普及やEV市場の創造などの幅広い対応を併行して進めていきたい。

参考文献

- (1) 地球温暖化対策推進大綱（平成14年3月19日版）、地球温暖化対策推進本部、p.73、2002
- (2) 急激に温暖化した二十世紀、危機はすでに始まっている、（財）日本環境協会 全国地球温暖化防止活動推進センター（JCCCA）、p.3、2001
- (3) 京都議定書目標達成計画（平成17年4月28日版）、地球温暖化対策推進本部、p.別13、2005
- (4) 自動車税制のグリーン化（平成18年度税制改正後の内容も含む）、国土交通省自動車交通局ホームページ（自動車交通局関係 税制のページ <http://www.mlit.go.jp/jidosha/roadtransport.html>）、p.3、2005
- (5) 地域地球温暖化防止支援事業（プロジェクトコード：P01049）、NEDO技術開発機構ホームページ（エネルギー対策推進部担当事業 <http://www.nedo.go.jp>）、2005
- (6) 2005年の経済見通し、世界経済の潮流2005年春、内閣府政策統括官室、世界経済の潮流年次リストのホームページ（http://www5.cao.go.jp/j-j/sekai_chouryuu/index.html）、2005



田保栄三



吉名 隆



関根康史



斎藤麗子

S-AWC (Super All Wheel Control) の核となる 左右駆動力移動技術

Left-Right Torque Vectoring Technology
as the Core of Super All Wheel Control (S-AWC)

澤瀬 薫* 後田 祐一* 三浦 隆未*
Kaoru Sawase Yuichi Ushiroda Takami Miura

概要

S-AWCは、4輪のタイヤ能力をバランス良く最大限に活用し、意のままの操縦性と卓越した安定性を実現する車両運動統合制御システムである。その中核となる左右駆動力移動による直接ヨーモーメント制御技術には、車両のあらゆる加速・定常・減速状態で自在に旋回を制御できる特徴があり、その実現のために様々な左右駆動力移動機構が提案されている。これらの機構は、理論効率としてはすべて同一だが、使用する要素技術を考慮するとそれぞれ特質がある。今後、様々な要素技術の改良に伴い、種々の左右駆動力移動機構が出現するものと考えられる。

Abstract

The Super All Wheel Control (S-AWC) system is an integrated vehicle dynamics control system that maximally exploits the capability of all four tires in a balanced manner to realize predictable handling and high marginal performance. A direct yaw moment control technology that effects left-right torque vectoring (this technology forms the core of S-AWC system) can control cornering maneuvers as desired during acceleration, steady-state driving, and deceleration. Various left-right torque vectoring mechanisms have been proposed for the direct yaw moment control technology. These mechanisms are identical in terms of theoretical efficiency, but each has distinct characteristics owing to the employed elemental technology. It is conceivable that various left-right torque vectoring systems will emerge as various elemental technologies are improved.

Key words: Torque Split, Four Wheel Drive (4WD), Vehicle Dynamics, Integrated Control

1. ま え が き

4輪のタイヤ能力をバランス良く最大限に発揮させて「意のままの操縦性」と「卓越した安定性」を実現し、クルマづくりの原点である「走る喜び」と「確かな安心」を提供する、これが三菱自動車の提唱する4輪運動制御の開発思想AWC (All Wheel Control) である。この開発思想は、図1に示すように三つの要素を適切にコントロールすることにより具現化される。

第一は4輪接地荷重のコントロール、つまり各タイヤを路面にしっかりと接地させてタイヤグリップを高め、これを常に発揮できる状態に保つことである。この目的には、基本諸元やボデー、サスペンションなどの技術が使用される。

第二は4輪スリップ比・スリップ角のコントロール、つまり各タイヤが発生する前後力と横力とをバランス良

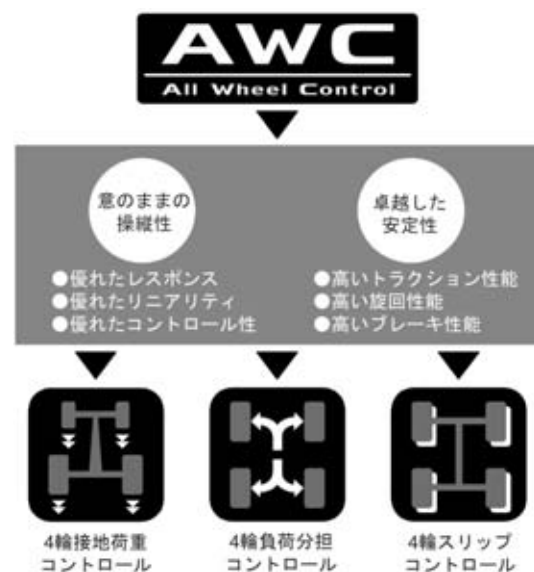


図1 AWC思想
AWC philosophy

* 技術開発本部 ドライブトレイン技術部

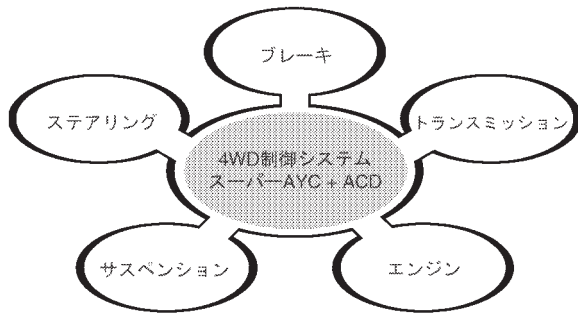


図2 S-AWCの概念
S-AWC concept

く最大になるようタイヤのスリップ比やスリップ角を制御することである。この目的にはABS（アンチロックブレーキシステム）やTCL（トラクションコントロール）、ステアリング系の制御などが用いられる。

そして第三は4輪負荷分担のコントロール、つまり各タイヤの前後力と横力とを負担が均等になるよう配分制御し、4輪をバランス良く活用することである。この目的に駆動系や制動系の制御などが用いられる。

当社はこの開発思想のもと、1987年、当時としては先進のVCU（ビスカスカップリング）付きセンターデフフルタイム4WD / 4輪操舵 / 4輪独立懸架 / 4輪ABSをギャランに搭載し、車両の運動性能を飛躍的に向上した⁽¹⁾。その後も、エンジン出力を制御して安定した旋回を実現するトレースコントロール機能⁽²⁾、前後駆動力配分を制御してトラクション性能と旋回性能を高める電子制御センターデフフルタイム4WD⁽³⁾など、様々な技術を実現してきた。

特に、1996年に世界で初めて市販車に搭載したAYC（Active Yaw Control）は、左右の車輪間で駆動力を移動させて車両のヨーモーメントを制御する全く新しい概念のシステムで、この技術の出現により、4輪負荷分担のコントロールが走行中のどんなときでも初めて可能となり、車両の旋回を自在に制御できるようになった⁽⁴⁾。以来、筆者らはAYCをハードウェアとソフトウェアの両面で継続的に改良・進化させるとともに、センターデフやABSなどとの統合制御も開発し、AWC思想の具現化に継続的に取り組んでいる。そしてその究極の姿が2005年の東京モーターショーで三菱Concept-Xに搭載し発表した4WDを核とした車両運動統合制御技術S-AWCであり、この中でもAYCが中心的な役割を担っている。

ところで、このAYCを代表とする左右駆動力移動技術は、その旋回制御の自在性から特に欧米で注目され、近年AYCと同等の機能を有する様々な左右駆動力移動技術が提案されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。その機構は、一般的にデフ機構に遊星歯車と2組以上のクラッチまたはブレーキを組み合わせたものが多く、直感的にその動作や特質を理解するのが難しい。

そこで本稿では、まず最初にS-AWCの概要と、その中核となる左右駆動力移動技術による直接ヨーモーメント制御の効果について解説する。更に、左右駆動力移動を実現する様々な機構の特質を、A/Tの変速制御解析などに用いられている速度線図法⁽⁷⁾を適用して解説し、今後の展望についても言及を試みる。

2. S-AWC

1980年代以降、様々な車両運動制御技術の開発がなされたが、事故の発生確率を小さくするアクティブセーフティ（予防安全）の観点から、車両安定化のために「走行限界を超えにくくする壁」を立てることを主な目的とし、制動系の制御を中心に実用化が進められた。近年では、制動系制御をベースにステアリング系制御と統合し、通常から限界領域までシームレスに車両の操縦安定性を向上させるシステムも出現している。

しかし、統合制御の核を制動系とした場合、車本来の機能である「走る」「曲がる」「止まる」のうち「走る」というドライバーの意図とはコンフリクトを起こす状況があり、「走る喜び」の点ではハンディを背負わざるを得ない。

一方、4WDは駆動力を4輪に分散して伝達できるため、一般に2WDと比べてトラクションに優れ、走行安定性が高いという特長がある。更に4輪への駆動力配分を制御することにより、旋回性能も高めることができる。特に、この4WDによる旋回制御は、ドライバーの加減速操作と干渉することがないため、車両の走行限界付近だけでなく、通常走行域から活用することが可能で、大きなメリットが得られる。

そこで、筆者らは以前よりこの4WD制御の特長に着目してAYCやACD（Active Center Differential）⁽⁸⁾を開発してきており、車両運動統合制御技術S-AWCにおいても図2に示すように4WD制御を核としてシステム構築することとした。

図3に、三菱Concept-Xに搭載したS-AWCの構成例を示す。このシステムはスーパーAYC + ACDによる4WD制御を核とし、アクティブブレーキコントロール、アクティブステアリングシステム、ロールコントロールサスペンションを組み合わせ、これらを一体的にコントロールする。これにより、例えば車両が走行限界状態にあり4輪がスリップしているような状況下にあってもドライバーの意思どおりに車が反応する「意のままの操縦性」と「卓越した安定性」を実現した。

3. 左右駆動力移動による直接ヨーモーメント制御

4輪への駆動力配分制御を考えると、一般に、エンジンからの駆動力をどのような割合で4輪に伝えるかに



図3 S-AWCシステム構成例
S-AWC system configuration

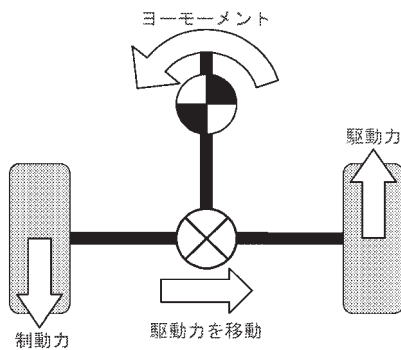


図4 左右駆動力移動コンセプト
Left-right torque vectoring concept

着目し、これを実現するためのメカニズムと制御則を検討しがちである。しかし、この考え方では、エンジン駆動力（エンジンブレーキ力を含む）がゼロに近づくほど、車両運動制御のポテンシャルもゼロに近付き、一定速走行時には制御効果が期待できない。更に、エンジン駆動力が大きな状態でも適切に駆動力を配分可能とするためには、制御対象として扱う駆動力が大きいためにメカニズムも大型化するという課題もある。

そこで筆者らは、特に車両の旋回を自在にコントロールするために必要なのはヨーモーメント、すなわち「駆動力の配分」ではなく「駆動力の差」を制御できるメカニズムが理想であると考えた。そして考案したのが「左右駆動力移動」というコンセプトと、そのコンセプトを実現するAYCデフである。

「左右駆動力移動」コンセプトは、図4に示すように左右輪の間で駆動力を移動して、一方には制動力を、他

方にはそれと同じ大きさの駆動力を発生させるものである。したがってエンジンからの駆動力に左右されることなく、またドライバーの加減速操作と干渉することもなく、いつでも自在にヨーモーメントを直接制御できるという優れた特長を持つ。

この左右駆動力移動を4WD車の後輪で制御した場合の効果は大別して二つある。一つは「後左右輪の負担均等化」による旋回性能向上であり、もう一つが直接ヨーモーメント制御での「前後輪の負担均等化」による旋回性能向上である。

「後左右輪の負担均等化」の具体例を図5に示す。車両が旋回状態にある場合、左右の荷重移動により旋回内輪の荷重は減少し、旋回外輪の荷重は増大する。これにより左右輪間でタイヤが路面に力を伝える能力に差が生じる。一方で、駆動輪の左右軸間に設けられるデフ機構は、過渡状態や機構の摩擦による影響を除いた場合、左右均等に駆動力を配分する。よって、駆動力が増加していくと、タイヤ能力が減少した旋回内輪が限界に達してスリップし始めるため、これ以上の運動性能向上が望めない(図5(a))。そこで左右輪の駆動力を制御し適切に振り分けることで、タイヤ能力に対する負荷余裕が増大し、旋回性能を向上できる(図5(b))。図6に、後輪の左右駆動力差に対する後輪コーナリングフォース余裕のシミュレーション検証結果を示す。左右駆動力差の増加とともに、あるところまではコーナリングフォースの余裕が増大する。過度の駆動力移動はその効果を減少させるものの、最適値近傍の勾配が非常に緩やかなことから、厳密に最適値を求めずとも十分な効果が得られることが分かる。

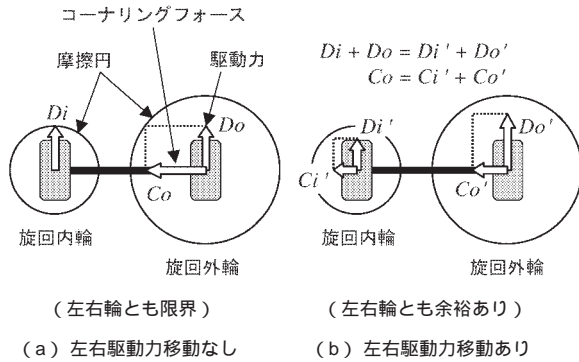


図5 後左右輪の負担均等化

Tire load equalization between left and right rear wheels

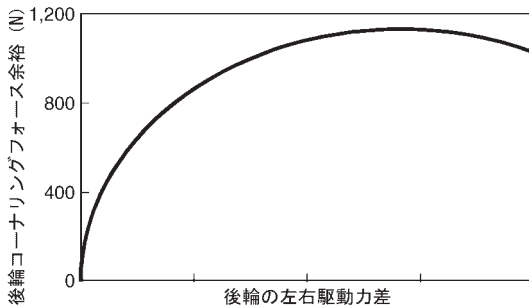


図6 後輪コーナリングフォース余裕
Cornering force margin of rear tire

次に、「前後輪の負担均等化」の具体例を図7に示す。図7(a)はアンダーステアでこれ以上の旋回ができない状態を表している。この場合、前輪のタイヤ能力を使い切っているものの、後輪のタイヤ能力には余裕がある。ここで仮に後輪のみコーナリングフォースを増加させた場合、重心回りのモーメント (= ヨーモーメント) の釣合いが崩れることにより旋回が維持できなくなるため、後輪には余裕があるにもかかわらず、後輪のタイヤ能力をこれ以上使用することができない。そこで左右駆動力移動によるヨーモーメントを加えることで、重心回りのモーメントの釣合いを保ちながら後輪のコーナリングフォースを増加させ、前輪のコーナリングフォースをその分減少させることにより、前輪の負荷余裕を増大し、旋回性能を向上できる (図7(b))。図8に、後輪の左右駆動力差に対する前輪コーナリングフォース余裕のシミュレーション検証結果を示す。左右駆動力差を増加するほど前輪のコーナリングフォースの余裕が増大することが分かる。

これらから、後輪における左右駆動力差の増大とともに、あるところまでは前後輪ともにコーナリングフォース余裕が増大するため、車両の旋回性能が向上することが分かる。更に、後輪の左右駆動力差によるヨーモーメントが大きいくほど前輪のコーナリングフォース余裕が増大し、車両の回頭性が向上することが分かるが、その効

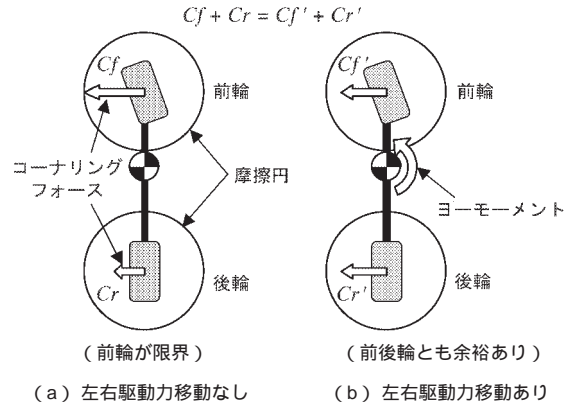


図7 前後輪の負担均等化

Tire load equalization between front and rear wheels

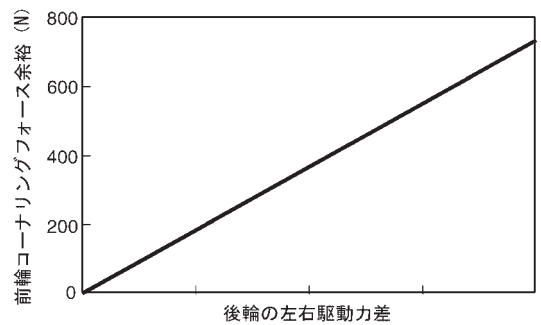


図8 前輪コーナリングフォース余裕
Cornering force margin of front tire

果は、加速時のみならず、定常走行時や減速時にも期待できる。

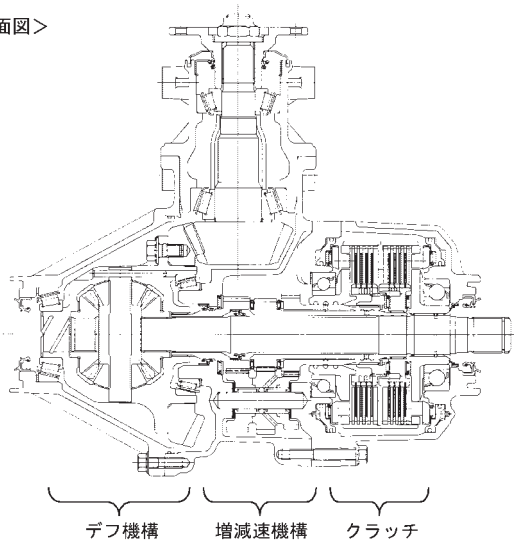
そこでこの効果を有効に発揮させるために、加速、定常、減速といった車両の走行状態に関わらず常に駆動力差を制御できるAYCデフのような「駆動力を移動する機構」が望ましいのである。

4. 駆動力移動機構の解析

AYCデフをはじめとする「駆動力を移動する機構」は、複数の歯車機構とクラッチを組み合わせた構造であるため、その動作や特性を理解することが難しい。筆者らは、このような複雑な機構の動作を視覚的に理解するのに有効な解析方法として、従来から「速度線図法」を用いている。速度線図法は、A/Tの変速メカニズムの解析などに使用されており、一組の歯車機構を1本の直線で表すことで、直線上に配置される各回転要素の回転速度を視覚的に把握できる手法である。その手法を拡張して左右駆動力移動機構に適用した例を、AYCデフを用いて説明する。

AYCデフは、デフ機構と増減速機構、2組のクラッチによって構成される (図9)。デフ機構は3要素2自由度の機構であり、速度線図上では図10のように入力軸Iを中心として左出力軸Lと右出力軸Rが等距離に配置され

<断面図>



<模式図>

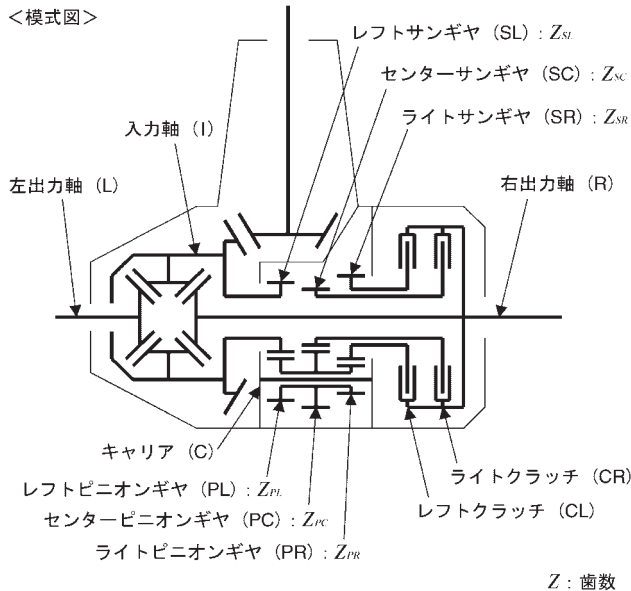


図9 AYCデフの構造
Structure of AYC differential

た直線で表される。この図の縦軸は回転速度を表しており、横軸の上下で回転方向が逆になることを意味する。各要素は直線の関係性を維持したまま、それぞれの回転状態に応じて上下方向にのみ移動できる。なお、図は左旋回中の状態を表している。増減速機構は、三つのサンギヤ、一体回転する三つのピニオンギヤ、これを保持するキャリアCからなる。この増減速機構は、キャリアCが固定されているため4要素1自由度の機構であり、各ギヤ比の関係から速度線図上ではキャリアCからライトサンギヤSR、レフトサンギヤSL、センターサンギヤSCの順に配置された直線となる。この二つの歯車機構は、デフ機構の入力軸Iと増減速機構のレフトサンギヤSLで結合されている。また、デフ機構の右出力軸Rと増減速機構のライトサンギヤSRの間にレフトクラッチCL、デフ機構の右出力軸Rと増減速機構のセンターサンギヤSC

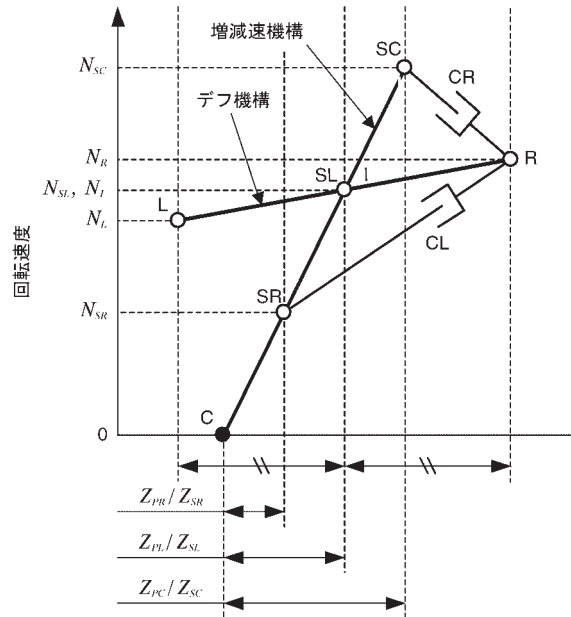


図10 AYCデフの速度線図
Velocity diagram of AYC differential

の間にライトクラッチCRが配置されている。

クラッチ要素は、回転の高い側から低い側へ駆動力を伝達する特性があるため、図10の状態ではライトクラッチCRを係合すると、センターサンギヤSCから右出力軸Rへ駆動力が伝達されて右出力軸の駆動力が増加する。逆にレフトクラッチCLを係合すると、右出力軸RからライトサンギヤSRへ駆動力が伝達されて右出力軸Rの駆動力が減少する。つまり、右出力軸Rの回転速度がセンターサンギヤSCとライトサンギヤSRの間にある場合に、左右どちらへも駆動力移動が可能であることが分かる。このことから、AYCデフではセンターサンギヤSCとライトサンギヤSRの回転速度により駆動力移動が可能な走行状態が決まるため、増減速機構のギヤ比設定がその性能において重要となる。

次に、駆動力移動した場合に各要素に作用する駆動力について説明する。速度線図法では歯車機構の直線を1本のこと見なし、各要素の駆動力をその要素の上下方向に作用する力として表現する。この力の上下方向の釣合いとモーメントの釣合いから、各要素に作用する力を導くことができる。例えば、デフ機構の入力軸Iに駆動力 T_I が入力されている場面で、ライトクラッチCRを係合し、左出力軸Lから右出力軸Rへ駆動力移動する場合を考える(図11)。ライトクラッチCRで伝達される駆動力を T_{CR} とすると、右出力軸Rには回転速度を増加させる方向(図の上向き)に T_{CR} が作用し、センターサンギヤSCには回転速度を減少させる方向(図の下向き)に T_{CR} が作用する。増減速機構では、センターサンギヤSCに作用した T_{CR} に対してC要素回りのモーメントが釣合うようにレフトサンギヤSLに T_X が作用する。レフト

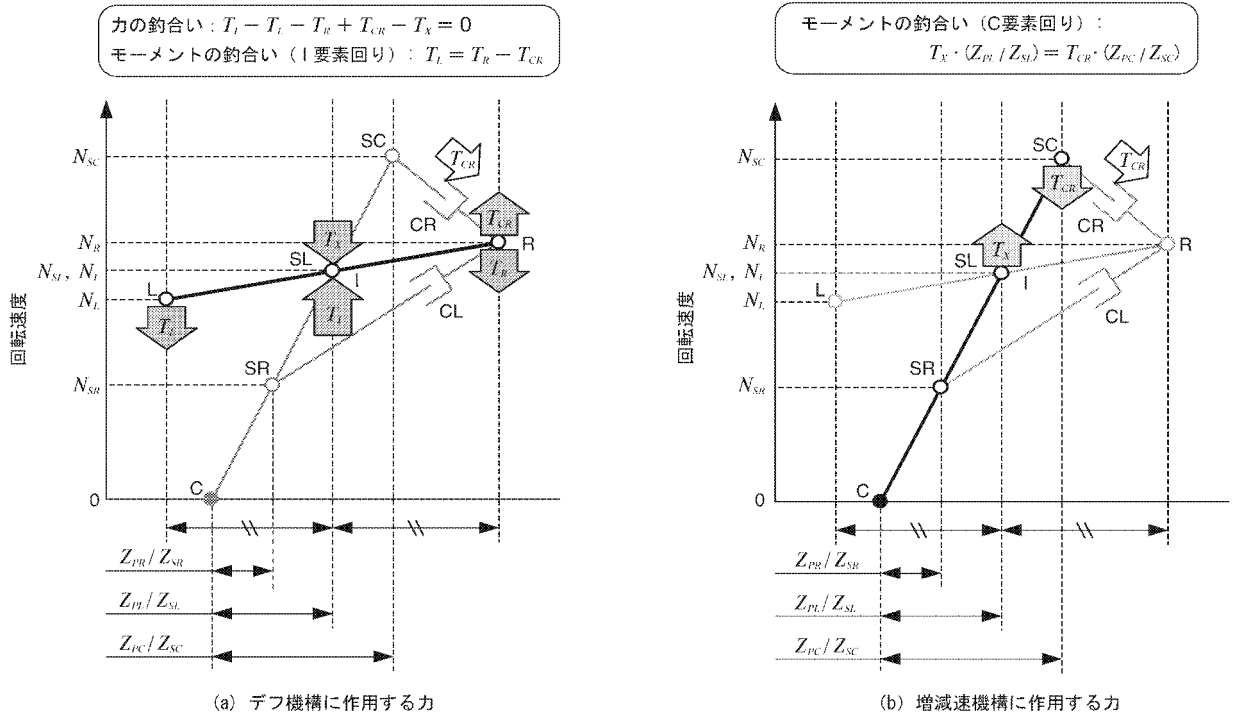


図 11 駆動力移動時に作用する力
Force balance during torque vectoring

サンギヤ SL はデフ機構の入力軸 I と結合されているため、デフ機構の入力軸 I には T_X の反力が作用する。このとき、左右の出力軸 L, R に作用する反力つまり左右軸の駆動力 T_L, T_R は、デフ機構での力の釣合いとモーメントの釣合いから以下のとおり導き出せる。ここでは、 Z は各ギヤの歯数を表す。

$$T_L = T_I / 2 - (Z_{PC} / Z_{SC}) / (Z_{PL} / Z_{SL}) / 2 \cdot T_{CR}$$

$$T_R = T_I / 2 - (Z_{PC} / Z_{SC}) / (Z_{PL} / Z_{SL}) / 2 \cdot T_{CR} + T_{CR}$$

このように、速度線図を用いることで各要素の回転速度を視覚的に把握でき、作用する駆動力の関係も容易に導き出すことが可能である。一方、速度線図では歯車機構を直線で表すため、異なる構造の歯車機構でも速度線図上では同じ表現となるものがある。このことは、ある機構を速度線図で表すことができれば、そこから構造のバリエーションを容易に見つけることが可能になる。つまり、速度線図法は、自動変速機の変速解析だけでなく複雑な駆動力配分機構の解析にも適用でき、更には新たな構造の考案にも活用できる有効な手法である。

5. 各種駆動力移動機構の特質

これまでに提案されている AYC と同様の機能を有する様々な左右駆動力移動機構について、速度線図を用いて特性を比較し、表 1 にまとめた。表 1 中の が S-AWC の核となるスーパー AYC である。

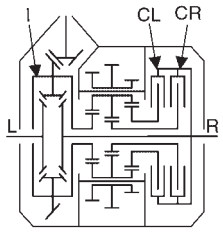
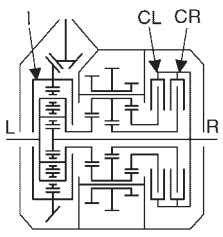
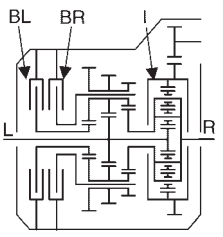
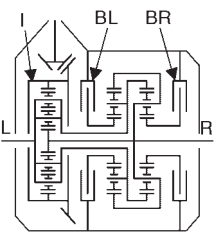
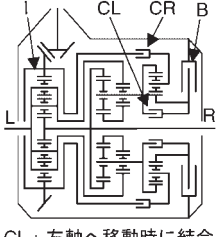
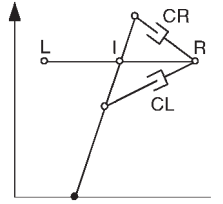
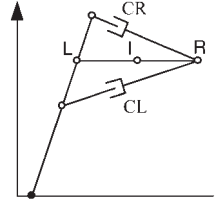
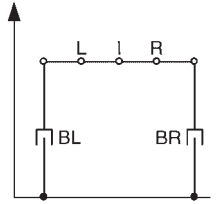
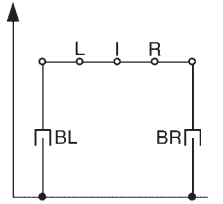
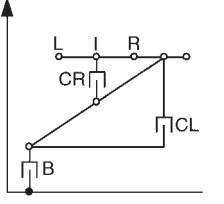
駆動力移動が可能な走行状態と発生可能な駆動力差を同一とした場合、いずれの機構も駆動力移動によるエネルギー損失は同じである。つまり、クラッチまたはブレーキを用いた駆動力移動機構は、どのような構造でも理論的なシステム効率と同じであり、実際のシステムの得失は、構造などに起因する要素技術の影響などによって決まる。

例えば、AYC デフは表 1 の他の機構に比べて大きなクラッチ容量が必要となるが、一方でクラッチの回転速度差は最も小さいため、引きずりを気にすることなくクラッチクリアランスを小さくして制御応答性を向上できるメリットがある。逆に、表 1 のようにブレーキを用いた機構は、ブレーキ部でのブレーキ容量を小さくし小型化ができる反面、回転速度差が大きくなることによる引きずり対策での工夫、小さい制御量で大きな駆動力差を制御するため制御精度の向上など、いくつかの要素技術の改良が必要になる。

このように同じ理論効率でも、クラッチを用いた機構とブレーキを用いた機構ではそれぞれ得失が異なり、今後は要素技術の改良により、様々な機構が実用化されるものと考えられる。

また、新たな要素技術の高効率化・低価格化が進めば、アクチュエーターとしてクラッチやブレーキではなく、電動モーターや油圧ポンプなどを用いた左右駆動力移動機構が出現することも考えられる。特に電動モーターを用いた機構は、一つのモーターによって左右駆動力

表 1 各種左右駆動力移動機構の比較
Comparison of various left-right torque vectoring systems

機 構	MITSUBISHI AYC	MITSUBISHI スーパー AYC ⁽⁹⁾	HONDA ATTS ⁽¹⁰⁾	MAGNA MDT-II ⁽⁵⁾	RICARDO Torque Vectoring Differential ⁽⁶⁾
摸 式 図					
	CL : 左軸へ移動時に制御 CR : 右軸へ移動時に制御	CL : 左軸へ移動時に制御 CR : 右軸へ移動時に制御	BL : 右軸へ移動時に制御 BR : 左軸へ移動時に制御	BL : 右軸へ移動時に制御 BR : 左軸へ移動時に制御	CL : 左軸へ移動時に結合 CR : 右軸へ移動時に結合 B : 移動する駆動力を制御
速 度 線 図					
クラッチ容量	大	中	小	小	小
クラッチ差回転	小	中	大	大	大
エネルギー損失	小	小	小	小	小
制 御 性	高	高	中	中	低

移動と左右軸直結機能の実現が可能であり、制御性や効率面で優れている。すでにいくつかの基本構造が提案されており、今後EVやHEVが普及し、電源系の高電圧化やインバーターの小型化・低価格化が進めば、実現する日は遠くないと思われる。

6. あとがき

AYCという左右駆動力移動技術により、筆者らは4WD制御に高い旋回制御ポテンシャルを付け加えることができた。これにより、従来の4WDの基本であるトラクション性能と旋回性能との高次元での両立という次元から、旋回性能と回頭性の更なる向上という新たな次元で車両運動制御を構築できるようになった。そしてこの技術は、S-AWCのように究極の走りを提供する車両運動統合制御の核となる特質を備えている。

将来、様々な類似の技術が実用化されると予想されるが、今後もAYCを核として、今まで培ってきたノウハウに新たなアイデアを加え、「走る喜び」と「確かな安心」をどこまでも追求し続けていきたい。

参考文献

- (1) 吉田寛ほか：新しいモビリティへの道 - 運動性能制御技術の展望 - ，三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 1，1988
- (2) 磯田桂司ほか：三菱トラクションコントロール (TCL) とシャシ統合制御，三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 3，1990

- (3) 澤瀬薫ほか：駆動力総合制御4WDの開発，自動車技術 1992/10 Vol. 46，No. 10，p. 7～13
- (4) 澤瀬薫：駆動力と制動力を利用したアクティブヨーコントロール，自動車技術会シンポジウム No. 9702，9730894
- (5) Sankar K Mohan: Torque Vectoring Systems: Architecture, Stability Performance and Efficiency Considerations, 6th All-Wheel Drive Congress Graz, 2005
- (6) Jonathan C. Weals et al: SUV Demonstration of a Torque Vectoring Driveline and New Concepts for Practical Actuation Technologies, JSAE Annual Congress No. 38-05 194, 2005
- (7) 永吉由昌ほか：遊星歯車の速度線図法を用いた自動変速機の変速特性解析，三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 1，1988
- (8) 澤瀬薫ほか：高性能4WD車用アクティブセンターデフの開発，三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 13，2001
- (9) 高橋直樹ほか：アクティブヨーコントロールシステムの高性能化，JSAE SYMPOSIUM，No. 10-03，2003
- (10) 芝端康二ほか：左右駆動力配分システムの開発，HONDA R&D Technical Review，Vol. 9，1997



澤瀬 薫



後田 祐一



三浦 隆未

エンジンと変速のダイナミックスケジューリング制御： 燃費最適性と余裕駆動力の統一

Dynamic Scheduling Control for Engine and Gearshifts:
Consolidation of Fuel-Economy Optimization and Reserve Power

梅井一英* 高僧美樹**
Kazuhide Togai Miki Koso

概要

定常状態では走行に必要な負荷（パワー）が決まれば、それに対応する燃費最良の運転点は一義的に決まり、CVT（Continuously Variable Transmission）では広い運転範囲で最良点が得られる。しかし、道路で運転するときには必要駆動力は刻々変化するため、パワー制御系はそれに追従しなければならない。また道路環境やドライバーの加速要求に対応したパワー設定が必要である。燃費最良の目標運転点設定においては、エンジンの燃料消費率のみならずCVTの伝達効率を考慮している。また、目標運転点が短時間に大きく変わることからエンジントルク発生への応答性と変速応答性を考慮した動的なトルク変速値軌道生成も行った。余裕駆動力の概念を取り入れ、道路環境の変化やドライバーがスポーティな運転を好む場合には作動点を燃費最適点から変更するアルゴリズムを作成した。作成したアルゴリズムにより燃費向上と運転挙動に合わせた加速性能向上を統一して扱うことができた。

Abstract

If the power needed for vehicle propulsion is determined, the most fuel-efficient operating point during steady-state driving operation can be determined with complete certainty, and in using continuously variable transmission (CVT), the optimal operating point can be obtained over a wide operating range. During the on-road operation, however, power requirements continuously fluctuate, meaning that the power control system must continuously track and accommodate the changes. Further, the power settings matched to the road environment and to the driver's acceleration demands are needed. In setting of the target operating point for the optimal fuel efficiency, the CVT's transmission efficiency is considered in addition to the engine's fuel consumption rate. And since the target operating point varies greatly within short periods of time, dynamic torque and gear ratio trajectory generation that takes torque-generation response and shift response into account is also performed. The concept of the reserve power was adopted, and an algorithm was created for changing the operating point from the point of optimal fuel efficiency in accordance with changes in the road environment and to accommodate any preference for sporty driving on the part of the user. By means of the created algorithm, it became possible to consolidate fuel-efficiency enhancement with acceleration enhancement matched to driver behavior.

Key words: CVT, Shift Control, Dynamic Scheduling, Fuel Efficiency, INVECS

1. はじめに

当社では適応型シフト制御をINVECSと呼び、1992年ギャラン4 A/T車に搭載したのが最初である。その後、INVECSとしてスポーツシフトを持つFTO 4 A/Tに1994年、二代目ダイヤモンド5 A/Tに1995年搭載した。

2000年には当社初のCVTをランサーに搭載し、CVTの適応シフト制御INVECSを導入した(図1)^{(1)~(3)}。今後も燃費の改良と快適性の両立が求められ続けている。燃費最小運転制御については以前よりいくつかの論文があり⁽⁴⁾、当社でも2003年よりコルトに適用されている。実時間燃費最小化アルゴリズムにはエンジン、トランスミッションそして人間系が相互に関連しており、その統合制御が困難な理由と対応技術について紹介する。

* 技術開発本部 パワートレイン研究部

** 三菱自動車エンジニアリング(株) 開発事業部 シャーシ・駆動系設計部

Type	Year (model)	TM	Main function
INVECS	1992 (GALANT)	4 A/T	• Fuzzy ruled shift control
INVECS	1994 (FTO)	4 A/T	• Sports (manual) mode • Neural network shift control
	1995 (DIAMANTE)	5 A/T	• Learning control
INVECS	2000 (LANCER)	CVT	• Sports (manual) mode • Neural network shift control • Learning control



INVECS (GALANT)



INVECS (FTO)



INVECS (DIAMANTE)



INVECS (LANCER)

図1 INVECSの市販車への適用
Application of INVECS on the market

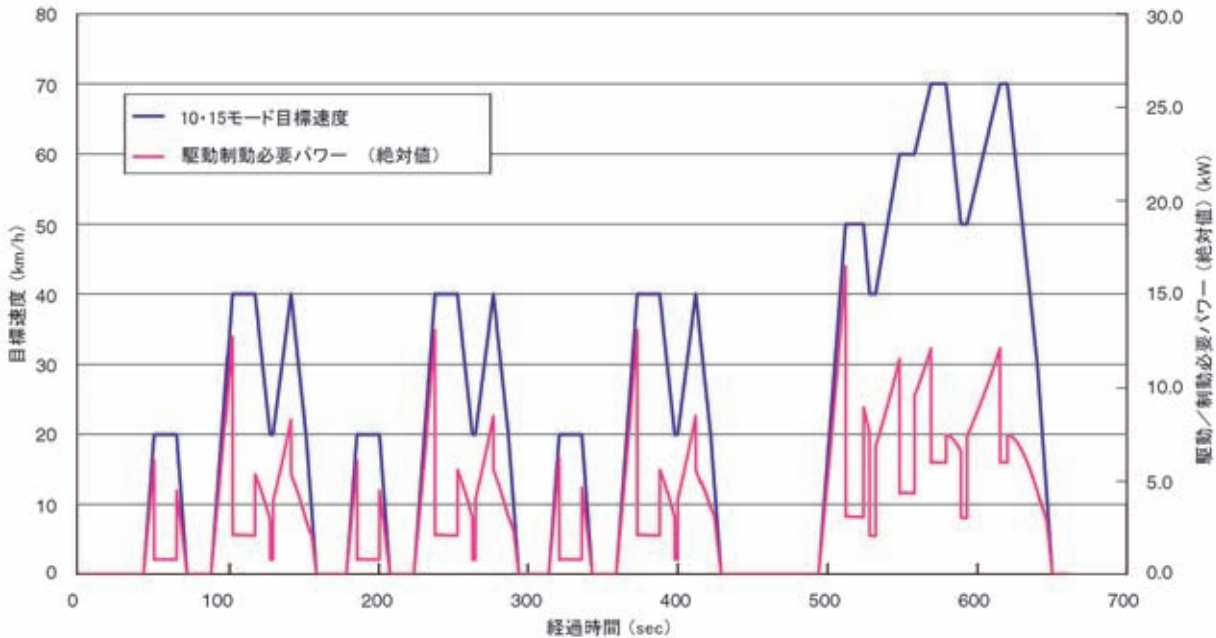


図2 10・15モード目標速度と駆動/制動必要パワー
Target speed and driving/braking required power in 10-15 mode cycle

2. モード燃費予測評価と最小化

燃費予測には二つの方法がある。走行抵抗からエンジン負荷を計算して予測するものと実際にモード走行シミュレーションを行うものである。

2.1 走行抵抗からの逆算

走行抵抗から逆算する方法は、初期燃費予測のための簡便な方法である。対象車両の走行抵抗とモード運転に追従するための車両加速度から必要な車両動力を求める(図2)。それをギヤ比とトランスミッション伝達効率を考慮してエンジンパワーとエンジンの運転点を求める。

そうすると台上運転で計測した燃料消費率 (g/kWh) が利用できる。これを積算すると燃費が求められるが、ギヤ比を決めておかなければならない。有段トランスミッションではギヤ比を最小燃料消費点から選ぶことができ、計算回数の多くない最適化問題として定式化できる。ただし、この計算では動的なギヤシフトが考慮されておらず、シンクロナイザー (M/T, AMT) やクラッチの係合過程が入っておらず、またトルクコンバーターの非直結運転 (A/T, CVT) の損失も含まれていないが、計算が複雑になるため適用目的からこれらを含むことは得策ではない。

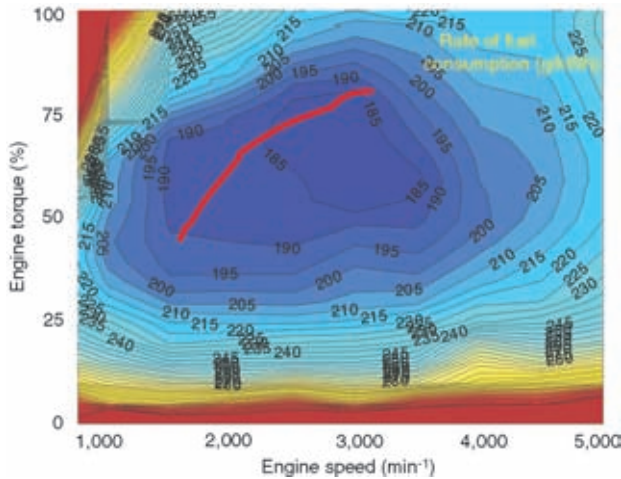


図3 燃費最小点運転
Operation at point of minimal fuel consumption

2.2 仮想運転による走行シミュレーション

シミュレーターとしてドライバー、エンジン、トランスミッション、車両と制御器を構成し、目標速度追従運転をシミュレーター上で行う。10・15モードの場合は法規により実速度が目標に対して±2 kmの範囲に入っている必要がある。計算時間刻みを細かくすると時間がかかるが、全領域を走行することから、クラッチやトルクコンバーターを使った発進と変速途中の挙動が分かる。また加速燃費の精度が良くなることから、減速やアイドル運転の総合燃費への寄与度が得られる。燃費は各計算時点でのエンジン負荷に基づく燃料消費量特性から求めるか、燃料噴射量を計算しているならこの噴射量から求めることができる。ここではギヤ比はあらかじめ決められているとしているが、この場合でも燃費最良のキャリブレーションをすることはできる。燃費と制約を評価関数にし、シミュレーションごとに最適化アルゴリズム（例えばシミュレーティッドアニーリング）によりギヤ比や直結範囲を変更していけばいい。さて、ここで2.1項で考えたような、必要なパワーからエンジンパワーを求め、実時間でエンジンの運転点つまりギヤ比とエンジントルクを設定できないかという考えが生まれる。このためのアルゴリズムと制約を検討していく。

3. 実時間最小燃費運転アルゴリズムと問題点

3.1 基本アルゴリズム

駆動軸パワーを設定すればトランスミッションの伝達効率を考慮して必要なエンジン出力パワーに換算できる。この段階では出力しか決まっておらず、運転はできない。このパワーを、縦軸エンジントルク、横軸エンジン回転数である出力当たりの燃料消費率特性図の上に描き、等パワー曲線と最小燃費曲線が交わったところを運転点とすると、定常運転では燃費最小となる（図3）。常識的

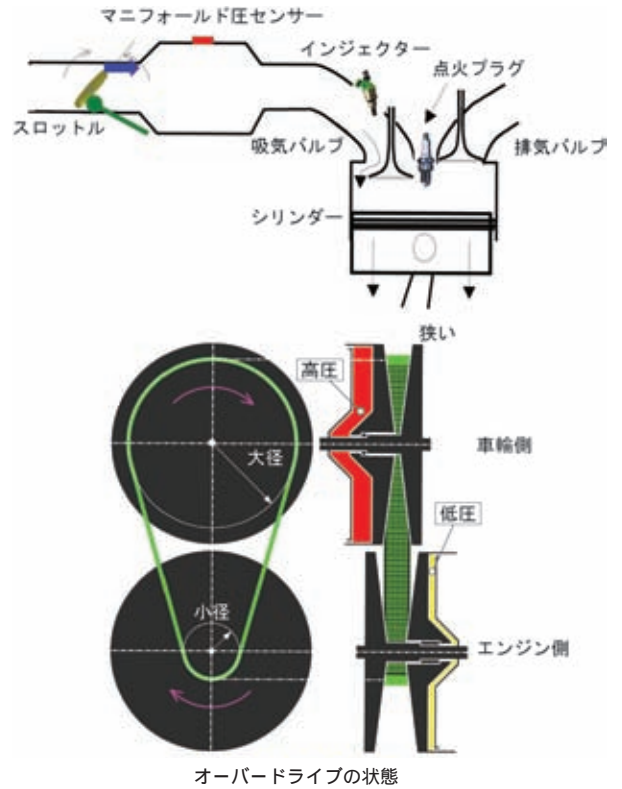


図4 エンジントルク発生とCVT変速
Engine torque generation and CVT shift

な話であるが、トランスミッション効率がギヤ比に依存することから目標エンジンパワーは一義的には決まらず、繰り返し計算が必要な場合がある。この計算を実時間、つまり制御器の制御周期ごとに繰り返せばいい。モード運転だけをロボットにさせる場合には目標駆動軸パワーは車両と目標速度から得られるが、通常の運転のことを考えると目標パワーはアクセルから与えられるのが自然である。

3.2 追従性

基本アルゴリズムにはエンジンの目標運転点が変われば、瞬時に次の目標運転点に移動できるという暗黙の前提があるが、実パワープラントではそれは成立しない。ガソリンエンジンではスロットルが動いても吸気管の蓄積効果によりスロットルに対応する空気は気筒内に入らず、更に往復内燃機関固有の行程遅れ（吸気、圧縮、膨張）がある。またCVTにおいても、プーリー内の油圧シリンダーに油を供給し、ベルトを目標巻きかけ径に到達させるのに時間がかかる。これはエンジンの応答より遅い。エンジントルク応答は0.1秒のオーダーであり、CVT変速はこの数倍となる（図4）。

3.3 パワートレインの加減速エネルギー

加速に用いたエネルギーは減速中に回収できない。そのためエンジンとCVT入力軸は最小限の加速に抑える運

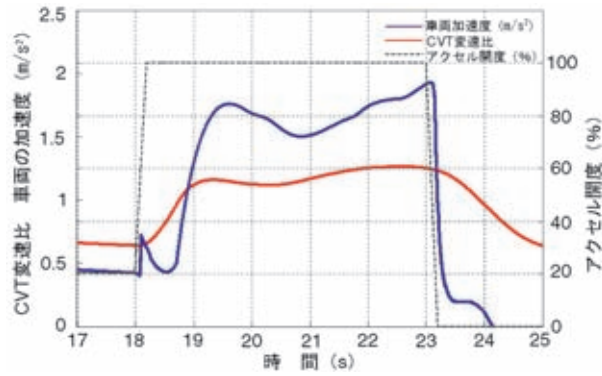


図5 CVT変速に伴うトルク吸収
Torque absorption accompanying CVT gearshifting

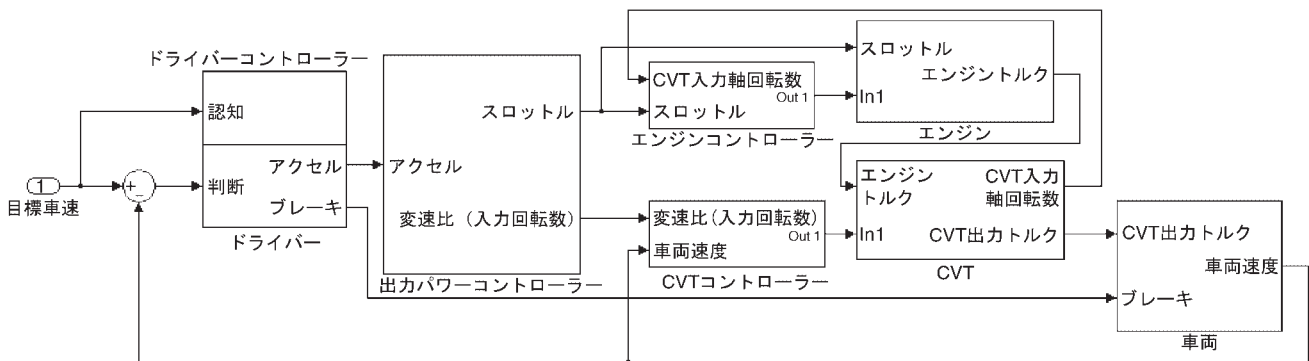


図6 ドライバーを含む制御システムの安定性
Stability of control system including driver

転が望ましい。目標値発生だけでなく結果として回転数上昇も考慮すべきである。CVTはもともとベルトをはさむプーリの慣性モーメントが大きい上に、変速により等価慣性モーメントが変わるため、短時間で変速を終了すると車両加速時にエンジン回転上昇によるトルク吸収、車両減速時にトルク放出があり、エネルギー収支に影響を与えるだけでなく、快適性に良くない(図5)。

CVTの変速によるトルク吸収と放出は次の式で求められる。

$$(I_v + I_e R^2) \dot{\omega}_v = -I_e \dot{\omega}_e R + T_e R - T_{ld} \quad (1)$$

- ここで、 I_v : 車両慣性モーメント
- I_e : エンジン慣性モーメント
- R : CVT変速比
- ω_v : 車両速度
- ω_e : エンジン速度
- T_{ld} : 走行抵抗
- T_e : エンジントルク

4. 人間の運転との干渉

4.1 速度制御系の構造

従来の運転ではドライバーのアクセル操作に従って(たとえ電子スロットルであっても)スロットルが動き、またCVTの変速も行われる。この燃費最小化アルゴリズムでは、アクセル操作量はスロットルでなく、要求駆動パワーであり、それを制御器の中で目標のエンジントルクと変速比に変換している。また外乱としてパワープラントの加減速によるトルク流入出がある。この段階でゲインの変化と応答遅れの付加が考えられる。そして、ドライバーがパワープラントの加速減速や車両の挙動に反応して更にアクセルを動かすことがある。簡単に言えばドライバーの指示に対して、制御器がそれを上書きするような制御系になっているということである(図6)。目標速度追従シミュレーションではパラメーターによっては速度に振動的な現象が見られる。

4.2 ドライバー反応モデル

ドライバーの運転行動は、認識、情報処理による操作量決定と操作に分けられる。目標速度追従運転において認識は将来の目標速度と速度変化の方向、目標速度と実

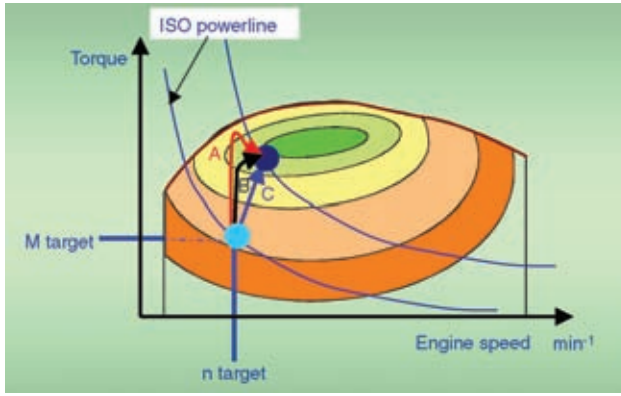


図7 目標パワー追従軌跡
Target power tracking locus

速度のずれ，情報処理は t 秒後の速度と現在速度の差（フィードフォワード）と現在の速度偏差からアクセルとブレーキ操作量で決定する．操作とは足を動かしペダルを踏む動作に対応している．認識には反応遅れがあり，情報処理には不適切な操作量の設定がある．これらは本来人間が持っているものであるが，ドライバー操作に対して更に運転操作を加える最小燃費運転制御が入ったため人間 - 制御系の干渉の恐れがある．簡単に言えば人間を含む速度フィードバック系で人間と制御器を総合したゲインと位相が安定限界に近づく，つまり目標速度に追従しようとしてアクセル操作が振動的（頻繁に踏む，緩める，場合によってはブレーキ操作も）になることである．

4.3 非干渉化

ドライバーを含む速度制御系の中で運転行動の伝達特性を速度偏差ゲイン，1次遅れ（ローパス特性）とむだ時間で単純化しても大きな誤りではない．アクセル操作から車両速度応答までの伝達特性として燃費最小制御器，パワートレインと車両の伝達特性を近似すると，むだ時間 + 2次以上の伝達関数で表せる．ドライバーの運転反応特性とこの車両伝達系を合わせた系で，位相が 180° を越えるときにゲインが0を越えていると不安定になる．応答遅れを拡大する構造の排除とアクセルからスロットルや変速までのゲインの適正化が必要であり，場合によっては燃費最小制御とスロットル制御の間で局所フィードバックを行うのが効果的である．また，ドライバーの速度フィードバックゲインが大きくなならない（不慣れな反応を引き起こさない）ような人間 - 機械系の視点も必要である．

5. 目標運転点追従性

アクセルがステップ的に変化して，目標パワーが瞬時に変わったとしてもトルクと回転数（変速比）はそれに正確に追従できない．そしてその応答性はトランスミッ

ションの変速応答に支配される．

5.1 目標パワー軌跡生成

目標パワーは定常走行から再加速に移る時にステップ的に変化する．パワー目標値追従としては図7のようになる．ここでトルクと変速を独立して制御するとBの経路を通り，変速に合わせるとC，変速応答の補償をトルクで行うとAの軌跡になる．パワー軌跡線図では経路は長く見えるが，最短時間応答である．パワー目標からこの軌跡生成を行うのはやさしくないが，目標パワーの段階でトルクと変速比（目標エンジン回転数）に分解し，変速応答の伝達関数をトルク目標に補正するという手法をとれば，簡単にトルクと変速比の軌道が生成できる．

変速応答の伝達関数は1次遅れ $1/(1 + T_{gr}S)$ で表すことができるので（変速速度に比例する逆応答は含まず），これでトルク目標を補正する．トルク応答の伝達特性は吸気系の伝達関数から $1/(1 + T_{ce}S)$ ，ただし行程遅れと燃料輸送遅れは含んでいない．

トルク目標値への補償器は式(2)のとおりである．

$$T_{et} = \frac{1 + T_{gr}S}{1 + T_{new}} T_{et} \quad (2)$$

ここで， T_{et} : 目標トルク（変速補正あり）

T_{gr} : 変速応答時定数

T_{new} : 適切なローパスフィルター（付加）

T_{et0} : 要求トルク

T_{ce} : 吸気系時定数

5.2 トルクと変速比の制御

CVTについてはベルトスリップを起こさない最大変速速度が絶対制約としてある．また速い変速はエンジンとCVT入力部の慣性モーメントの加減速による減速（空走）感と加速感につながる（図5，式(1)）ためこの制約もあり，時定数が秒のオーダーのローパス特性となっている．またエンジンのトルク発生については，吸気管容積による時定数をもつ1次遅れと行程遅れがあり，またスロットル通過空気量はスロットル開口面積だけでなく吸気管内圧力に依存することから，刻々指示されたトルクに合わせることは容易ではない．定常状態をもとにしたスロットル開度のフィードフォワードと吸入空気量のフィードバック制御が必要である（ただし，吸気管圧力は脈動を含むので行程平均の値しか使えず，むだ時間系となり高ゲインのフィードバックは期待できない．オブザーバーによる推定値を併用した制御とする）．

特にトルク制御に大きな誤差が出た場合にはドライバーを含む閉ループシステムのゲインがずれ，ドライバーを含めた全体系の安定性に影響する．また急激なトルク変化はステップ的な入力として，駆動軸のねじり振動を

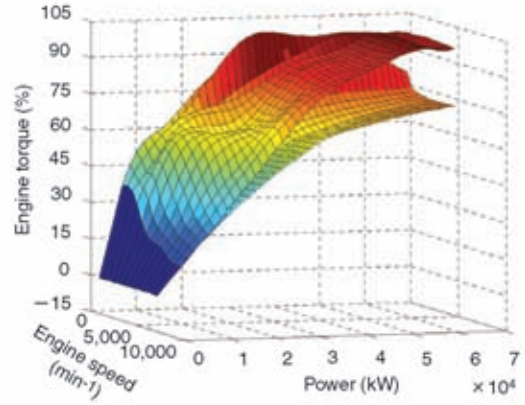
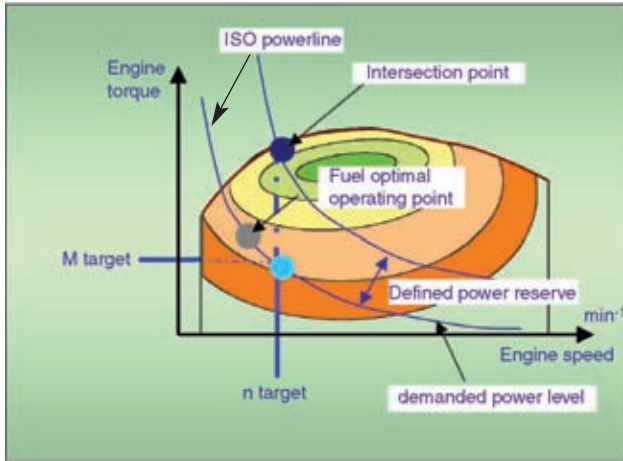


図8 駆動パワー余裕の概念
Concept of reserve power

引き起こし、またマウントやサスペンションからの入力となり乗心地を損なう⁽⁵⁾⁽⁷⁾。

5.3 改良型制御

発進時には必要駆動パワーは0であるが、これは意味がなく、目標エンジンパワーは計算できない。また発進後にパワーが発生しても、トルクコンバーターの効率がトランスミッション効率にかかることになり、更に計算が複雑かつ数値安定性が悪い。そのため、目標パワーからギヤ比をフルローとしてエンジンパワー（効率はフルロー相当）を計算、更にそのギヤ比でのCVT入力トルクを計算し、それを目標とするための回転数制御を行う。良く知られていることだが、トルクコンバーターを通したトルク伝達式は次のとおりであり、ここから必要なエンジン回転数が求められる。

$$T_{tc} = \tau(e) C(e) N e^2 \quad (3)$$

- ここで、 τ : トルク比
- e : 速度比
- C : 容量係数
- $N e$: エンジン回転数

トルクコンバーターが直結になった後は前述の燃費最適化運転点探索を行う。エンジントルク目標は変速比応答補正をする。またエンジン吸気系非線形補正のためにフィードバック（オブザーバー併用）を行い、目標トルク追従の応答性と安定性を確保する。

変速比の制御は加減速エネルギーを増やさない、CVT変速速度による逆応答量を抑えるという点から、応答性を上げる制御系は構成しない。

6. ギヤシフトダイナミックスケジューリング

燃費最小運転アルゴリズムと周囲環境や運転志向に応じた実時間運転点変更アルゴリズムについて紹介する。

6.1 駆動力余裕の概念

一般に大きいギヤ比で走行するとエンジン回転数は高くなるが、アクセルを踏み込んだ時の加速は良好になる。例えば4速A/Tの4速1,500 min⁻¹で運転するより3速2,000 min⁻¹運転の方が同一のアクセル操作に対して得られる加速度は大きく、またエンジントルク増加余裕も大きい。これをCVTに適用するため、駆動力余裕の概念を導入する。駆動力余裕とは同一パワー曲線上の点に対して、回転数を固定して最大トルクまでの距離をいう（図8）。最大トルク曲線とあるパワー曲線が交わる回転数ではパワー余裕はなく、回転数を増加していくと付近にパワー余裕が生まれる。

この余裕量を運転状態と周囲環境に合わせて動的に変更する制御方法を考える。

6.2 ダイナミックスケジューリングの実現

A/T車やCVTでは通常のドライブモードの他に全般にギヤ比が高い変速モードが備えられている場合があり、パワーあるいはスポーツモードと呼ばれている。これは選択すれば固定のギヤ比であり、坂道でも変わらないし、穏やかな運転をしてもキックダウンが頻繁に起こる運転をしても変わらない。

燃費最適運転を基本としながらも、道路環境や運転の嗜好により車の加速応答が変わるアルゴリズムが、前述の駆動力余裕の概念を導入して構成できる。アルゴリズムは、駆動力余裕度により運転点を変更する、道路条件や運転挙動により駆動力余裕を変更するという二つの部分からなる。前者は目標値発生部に追加し、後者は新し

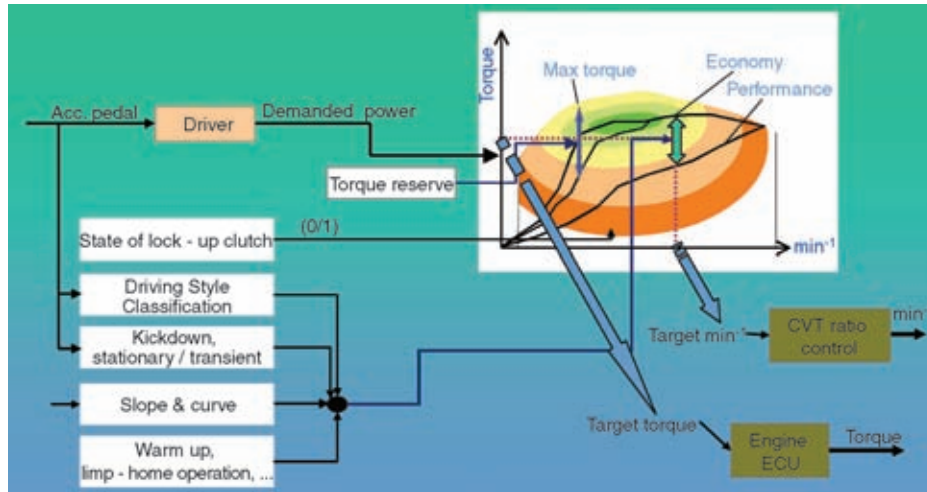


図9 ダイナミックシフトスケジュール
Dynamic gear shift scheduling

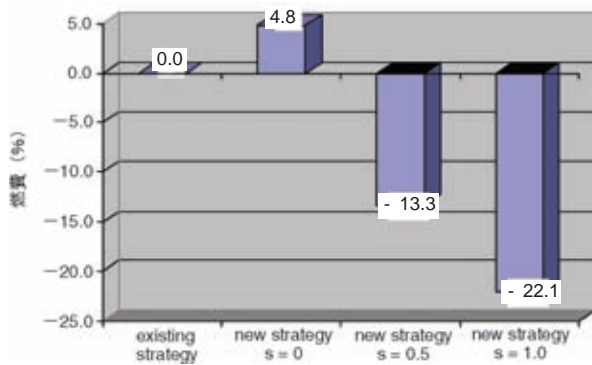


図10 燃費性能
Fuel-economy performance

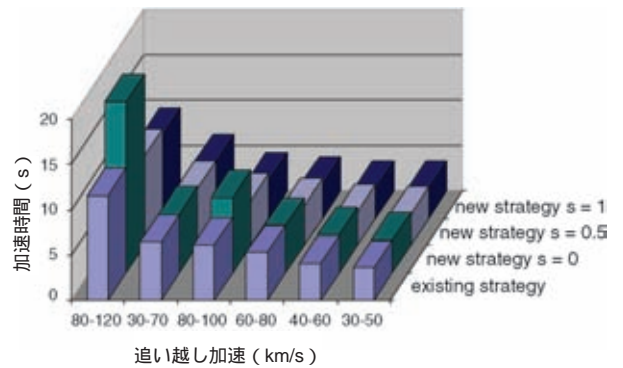


図11 加速性能
Acceleration performance

く作成した(図9)。

駆動力余裕変更のためにいくつかの要因を考慮している。坂道の勾配，カーブの曲率半径，キックダウン頻度，排ガスのための暖気促進，そして運転の特徴である。

坂道であれば当社が従来から採用している駆動力と加速度から道路勾配を予測して，ある程度以上の勾配ならば駆動余裕を増加させることができる。またキックダウンについては，頻度が多いような場合には(キックダウンが短い時間に繰り返されるような場合)駆動力余裕を増やす。

この制御では適用機構を持つために，いったんパワー余裕が増えても，穏やかな運転が続けばパワー余裕が減り，燃費最小モード運転になる。つまりアイドルストップのように注意を払えば燃費が良くなるしくみになっている。

6.3 ダイナミックスケジュールリングの効果

燃費と加速性能に及ぼす影響をシミュレーションで調

べた。燃費優先(パワー余裕0)からスポーティ運転(パワー余裕を変更)について比較した。ここでパワー余裕係数 $S = 0$ は燃費優先モード， $S = 1.0$ はパワー優先モードである。この S を変えてモード燃費を予測した(図10)。 $S = 0$ では現状のシフト制御より燃費は良好になり， S の増加に伴い燃費は悪化していき， $S = 1.0$ で25%低下する。発進加速及び追い越し加速時間をグラフに示す(図11)。パワー余裕0が最良燃費モードであり，パワー余裕を増やしスポーティ運転志向になると，燃費は悪化するが，加速性能が改善されることが分かる。

7. ま と め

燃費最適点運転は定常状態では実現できるが，負荷が変わって必要動力が動的に変わる場合は目標追従の視点から再構築する必要がある。そこで，応答性を考慮した最小燃費アルゴリズムを作成，またフィードバック系としての運転安定性を検討した。そして駆動力余裕の概念を用いて，燃費最小運転に道路環境と運転者の挙動による実時間補正を加えるダイナミックシフトスケジュールリ

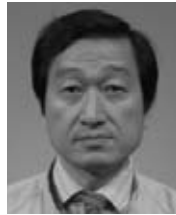
ングを提案した。提案手法によりスポーティ運転が要求される場合は、燃費消費をわずかに犠牲にするだけで大幅な加速性能の向上が得られることをシミュレーションにより示した。

8. 謝 辞

ドライバーモデルの概念については神戸大学の玉置研究室に教示して頂いた。ダイナミックギヤシフトスケジュールリングの概念及び結果についてはDaimler Chrysler Research Technology Dr. SchinkelとDr. Halfmeierとの共同研究からのものである。協力して頂いた方々に感謝します。

参考文献

- (1) 谷，馬越，田中，清水，谷本：ファジィ制御を導入した新アクティブセーフティシステム（INVECS）の開発，三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 6，1994
- (2) 藤田，浅野，大西，中村：INVECS-IIスポーツモードA/Tの開発，三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 7，1995
- (3) 近藤，生島，佐藤，野谷，池田ほか：＜GDIシグマシリーズ＞ GDI-CVTの開発，三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 12，2000
- (4) 中村，芦沢，菅原，金井：運転性と燃費の向上を目的とした多入力多出力加速度フィードバック制御系の設計，自動車技術会学術講演会2003，20035005
- (5) 梅井，竹内：CVT車のドライブトレイン振動現象の解析とアクティブ制御設計，三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 17，2005
- (6) Allen, Fancher, Levison, Mourant, Schnell, Srinivasan: Simulation and Measurement of Driver and Vehicle Performance, Transportation Research Board Millennium Papers
- (7) K. Choi, K. Togai: Passenger car acceleration vibration suppression strategy with constraint control, SICE annual conference 2003
- (8) 井手，宇田川，片岡，内山：金属Vベルト式CVTの変速応答について，スバル技報22号



梅井一英



高僧美樹

スキッシュピストンによる燃焼の改善

Enhancement of Combustion by Means of Squish Pistons

宮本勝彦* 干場義幸*
Katsuhiko Miyamoto Yoshiyuki Hoshiba
細野清隆* 平尾俊一*
Kiyotaka Hosono Syunichi Hirao

概要

ピストン形状の変更による燃焼改善に取り組んで得られたいくつかの知見について述べる。まず、筒内流動についての手法としてタンブルとスキッシュを取り上げ、供試エンジンにおいて燃焼パターンの特徴や部分負荷燃費への効果を調査。スキッシュは中期～後期燃焼が活性化されることを特徴としており、これは燃焼パターンとしては望ましい形態である。燃料消費低減については、低負荷では燃焼速度向上による熱効率の改善、高負荷はノック抑制の効果がある。全開域においてはノック抑制のみでなく、ピストン形状による体積効率の向上効果もあることを確認。これらの実験的アプローチと筒内流動解析による手法の二つの切り口から効果の要因を検討、影響の大きい設計要件などについて述べる。

Abstract

Knowledge gained through studies aimed at enhancing combustion by means of changes in piston shapes is presented in this paper.

Attention was first focused on tumble and squish in the context of in-cylinder flows, and the characteristics of combustion patterns and effects on partial-load fuel consumption were investigated. Squish is characterized by invigoration of combustion in the middle and late stages, which is desirable for combustion pattern. For reduction of fuel consumption, it was confirmed that improved thermal efficiency yielded by squish-enabled increase in combustion speed is beneficial with low engine loading and that squish-enabled suppression of knock is beneficial with high engine loading. During full load operation, it was confirmed that not only knock suppression but also piston-shape-yielded improvements in volumetric efficiency are beneficial. The benefits were evaluated experimentally and through the analysis of in-cylinder flows. These findings and particularly influential design factors are discussed in this paper.

Key words: Gasoline Engine, Combustion, Knocking, Piston

1. はじめに

地球温暖化が問題となる中、CO₂の約20%は運輸部門が排出し自動車はその約90%を占めるに至る。こうした社会環境の中、自動車の燃費改善は重要な課題であり、エンジンの熱効率改善などの研究が地道に続けられている。熱効率改善手法としてはEGR導入やリーンバーンによる主にポンプ損失低減によるものや高負荷でのノック抑制、筒内流動の最適化による燃焼の改善などがある。この中で筒内流動を利用した燃焼の改善は大きく二つに分けられる。一つはタンブルやスワールのようなエンジ

ン吸気行程から圧縮行程全般にわたり筒内の流動を持続させ燃焼の活性化に結びつけるもの、もう一つはスキッシュを利用した主に圧縮上死点近傍でのみ乱れを発生させるものである。昨今、スキッシュはペントルーフに適したいわゆる斜めスキッシュが多く用いられている。本稿では主に斜めスキッシュピストンによる燃焼、性能への影響をフラットピストンと比較し、高負荷ノックの抑制や吸気量及び部分負荷運転時の燃費への影響などを調査した。

2. ピストン形状と一般的特性

表1に代表的な3種のピストン頂面形状とその得失を示す⁽¹⁾。フラットピストンは頂面の表面積が小さいため

* 技術開発本部 パワートレイン研究部

表1 各種ピストン形状の損失
Merits and demerits of piston shapes

アイテム	スキッシュ付き燃焼室		フラットピストン
	斜めスキッシュ	水平スキッシュ	
形状			
S/V比	x	x	
燃焼期間			x
耐ノック性			x
吸入空気抵抗		x	
ピストン	重量	x	
	大きさ	x	
	熱損失	x	

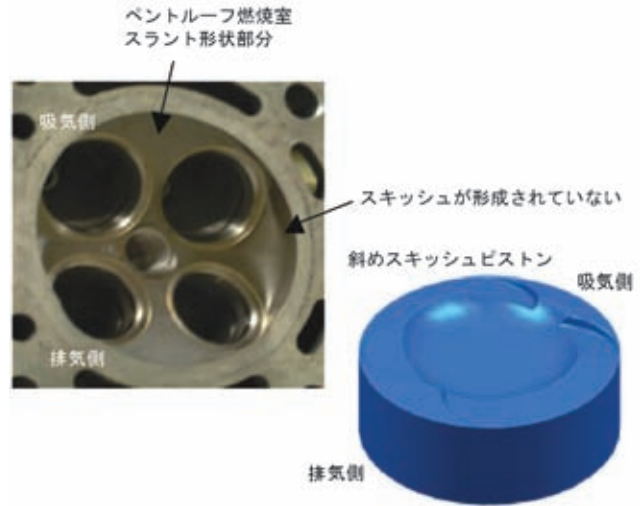


図1 燃焼室形状と代表的な斜めスキッシュピストン形状
Shape of combustion chamber and shape of typical slanted-squish piston

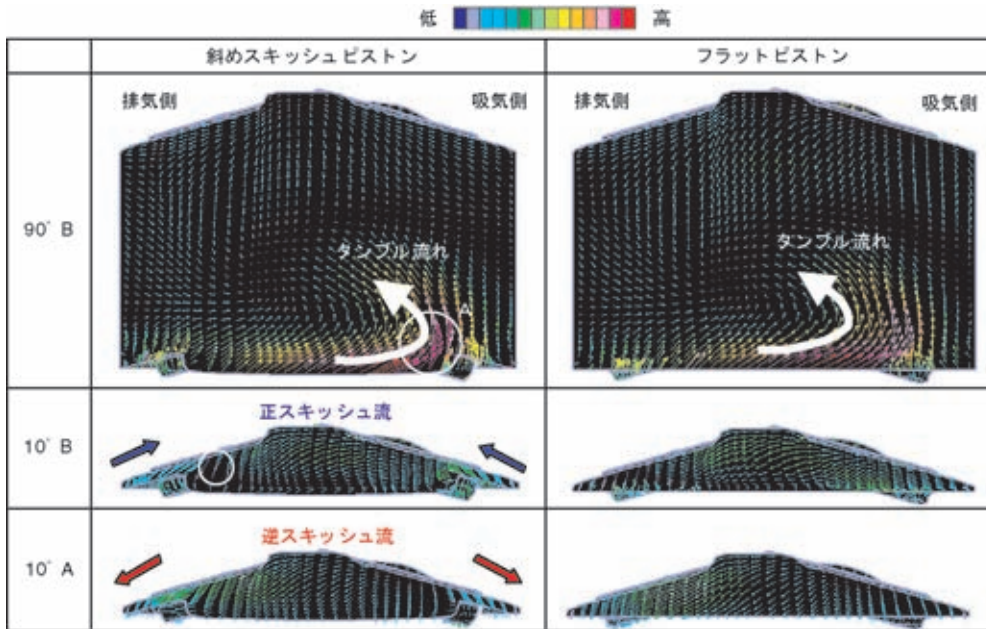


図2 フラットピストンと斜めスキッシュピストンのCFD計算比較(流速ベクトル図)
CFD computation for flat piston and slanted-squish piston (Flow velocity vector chart)

熱損失が少なく、また重量が軽いメリットがある。水平スキッシュピストンは燃焼の促進に有効であるが、スキッシュエリアを確保するためにバルブ径が小さく高回転での空気量が減少し、最高出力域で性能が抑えられる傾向にある。斜めスキッシュピストンは、近年の主流である4バルブ中心点火のベントルーフ燃焼室に適しており、バルブ径を縮小させることなくスキッシュエリアを確保できるメリットがある。しかし、ピストン頂面の表面積増大やピストンが重くなるなどのデメリットがあるとされている。また、斜めスキッシュピストンについては後期の燃焼を加速しノックを抑制するとの報告がなされている⁽²⁾。

今回の試験エンジンの燃焼室を形成するシリンダーヘッド(以下、C/Hとする)とピストン形状を図1に示す。今回供試した燃焼室には吸排方向のベントルーフ部分にはピストンとの間に斜めスキッシュエリアが形成されるが、エンジンの前後方向にはスキッシュエリアが形成されない。この燃焼室を基本として種々試験を行った。

3. 筒内流動と燃焼特性

3.1 フラットピストンと斜めスキッシュピストンのCFD計算比較

スキッシュピストンとフラットピストンのCFD計算結果を図2に示す。用いたソフトウェアはSTAR-CDと

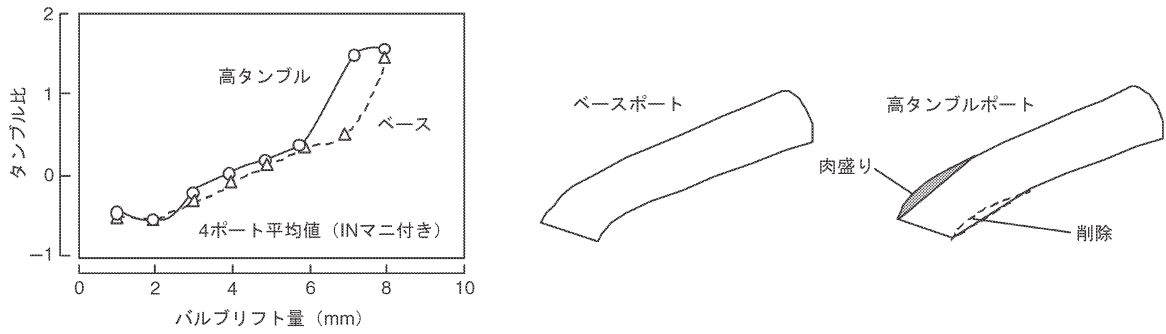


図3 タンブルポートとタンブル特性
Port shapes and their tumble characteristics

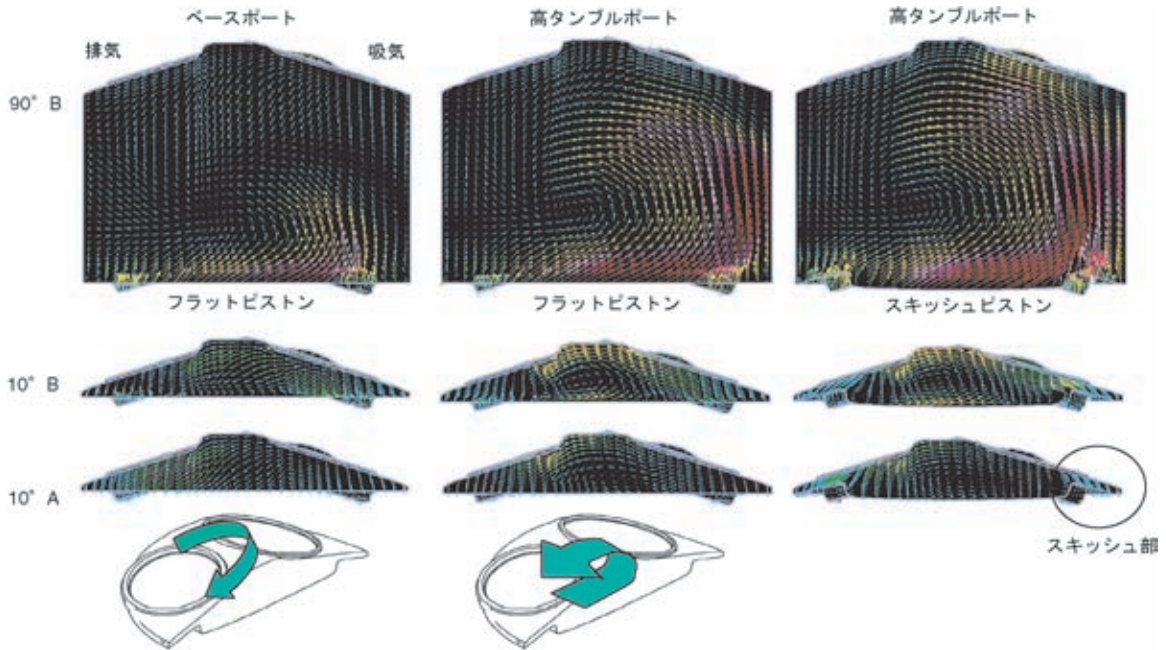


図4 タンブルポートとベースポートのCFD計算比較 (流速ベクトル図)
CFD computation for tumble port and base port (Flow velocity vector chart)

es-ice である。圧縮行程の縦渦は、スキッシュピストン
の場合ではピストンのスキッシュ入口部の影響によりA
部の流速がやや高くなる傾向があるが大差はない。圧縮
上死点前(10°)ではスキッシュピストンに正スキッ
シュ流が顕著に発生しており、この流れとタンブル流の衝
突により排気側スキッシュ出口辺りに流れのよどみが発
生している。また、点火プラグ近傍の流れはフラットピ
ストンに対し弱くなっており、初期燃焼の変動を抑制す
る効果がある⁽³⁾。

上死点后(10°)においては、スキッシュピストンに
は強い逆スキッシュ流が形成されている。上死点10°前
でよどみになっていた部分(図中 部分)は逆スキッ
シュにより吸い込まれると同時に残存タンブルに押される
形で流れが生成し、その分排気側の逆スキッシュ流は吸
気側より強くなっていることが認められる。

3.2 タンブルポートとベースポートのCFD比較

燃焼を活性化するためには筒内流動の促進が有効であ
るが、バルクな縦流れから上死点近傍での渦の崩壊によ
るタンブル流と、上死点近傍のみで乱れを発生させるス
キッシュ(斜め)の種々組み合わせについて筒内流れの
CFD計算を行った。

ここでタンブルポートとベースポートの形状差並びに
定常流試験でのタンブル特性を図3に示す。タンブルポ
ートはベースポートに対し吸気弁上部を肉盛りし、下部
を削除して吸気主流を点火プラグ側に偏らせ、タンブル
を強化した。これによりバルブリフト6mmから高リフ
ト側にて流動が強化されていることが分かる。このポ
ートは手加工にて修正したため、三次元計測を行いCAD
データに落とし込んだ後シミュレーションモデルの作成
を行った。

このモデルとベースポートのCFD計算結果を図4に示

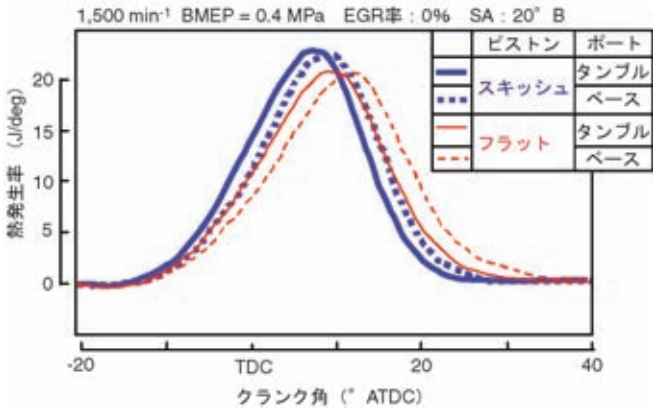


図5 各種筒内流動の組み合わせと熱発生
Heat release under partial loading with various combinations of piston and port

す。フラットピストンでの比較において、高タンブルポートは圧縮行程（90°BTDC）で、吸気側を上流に向かう流れが強いことが認められ、ポートの修正が筒内流動の強化につながっていることが分かる。上死点前10°では吸気側から点火プラグ中心へと強い渦ができています。上死点付近の流れイメージは高タンブルポートが縦渦を維持しているのに対し、ベースポートはタンブルが弱いため縦流れを維持できず斜め回転となっている（イメージ：図4左の最下段）。

図4右図はスキッシュピストンとタンブルポートを組み合わせた場合である。スキッシュピストンの場合、タンブル流はピストン吸気側のスキッシュ入口斜面により上方に跳ね上げられ、フラットピストンよりライナ中心部のタンブル流が強化される。このため、点火プラグ近傍にまで流速の高い領域が拡大している。

3.3 スキッシュとタンブル組み合わせ時の部分負荷燃焼

図5にピストンとポートの種々組み合わせにおける部分負荷での熱発生率を示す。平均タンブル比はベースポートが0.77に対し高タンブルポートは1.08である。ベースポートとフラットピストンの組み合わせ（赤点線）に対しポートのみをタンブル仕様（赤実線）、ピストンのみをスキッシュ仕様（青点線）に変更した場合はともに燃焼が速くなっていることが認められる。今回の場合、この燃焼促進効果のある二つのケース（赤実線、青点線）は初期燃焼域が偶然にもほぼ重なっており、スキッシュピストンを使用した場合は上死点後に熱発生が急になり、その絶対値も高くなっている。これはCFD計算にて確認されていた逆スキッシュ流が燃焼を促進させたと言える。燃焼加速が上死点後に顕著であることはピストン下降時に筒内圧が高くなり、効率良く燃焼エネルギーが仕事に変換されていることを表している。

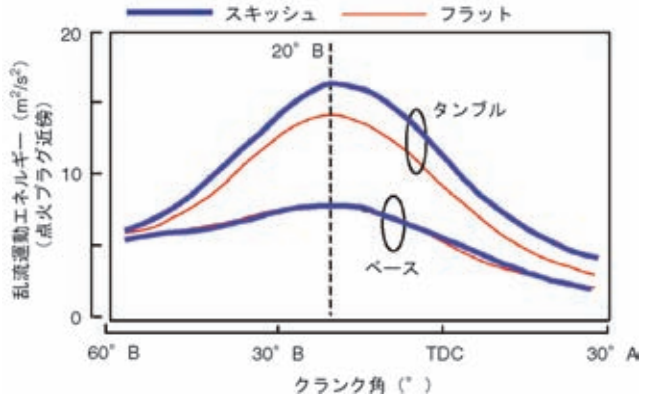


図6 点火プラグ近傍の乱流運動エネルギー
Turbulence energy in vicinity of spark plug

スキッシュピストンにタンブルポートを組み合わせた場合（青実線）はスキッシュの特徴である後期の燃焼促進に加え、初期～中期の燃焼も早くなり熱発生が進角側にシフトした燃焼パターンとなる。この燃焼パターンは熱発生の重心が進角しすぎ、熱損失、サイクル効率上は好ましいパターンではないと思われる。

次に、図6にCFD計算による点火プラグ近傍の乱流運動エネルギーを示す。タンブルポートとスキッシュピストンの組み合わせは上死点前から乱流エネルギーが高くなっており、これが初期～中期にかけての燃焼が早くなっている理由である。これは図4のCFD計算においてスキッシュピストン形状がタンブルを強化していることに結びつく。

一方、ベースポートにスキッシュピストンを組み合わせてもプラグ近傍の乱流エネルギーは高くなっていない。

斜めスキッシュピストンはスキッシュ入口形状（キャビティからの立ち上がり部）によりタンブルが保存されやすく、乱れを強化しすぎないポートとの組み合わせにするような注意が必要である⁽³⁾。

3.4 スキッシュとタンブル組み合わせ時の部分負荷燃費

図7に前項の流動強化を施した時の部分負荷燃費を示す。定常流による平均タンブル比を横軸にして燃費、燃焼期間を表した。タンブル比が高くなると流量係数は低下する。ベースポートにてフラットピストンをスキッシュピストンに変更した場合はタンブル比が変わることなく（＝流量係数の低下なく）燃費が低減できる（図中）。フラットピストンにてポートをタンブル仕様にするると燃費低減が認められるが（図中）、スキッシュピストンにタンブルポートを組み合わせるとベースポートとの組み合わせより燃費は悪化する結果となった。

燃焼解析のところでも述べたようにスキッシュ＋タンブルポートは燃焼が早期になり熱効率や熱損失の面で不利

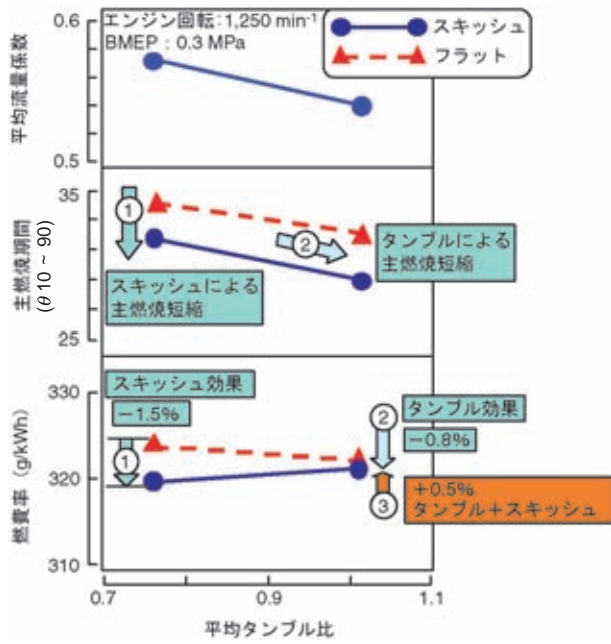


図7 各種筒内流動手法を組み合わせたときの部分負荷燃費
Partial-load fuel consumption with flow-intensifying measures implemented

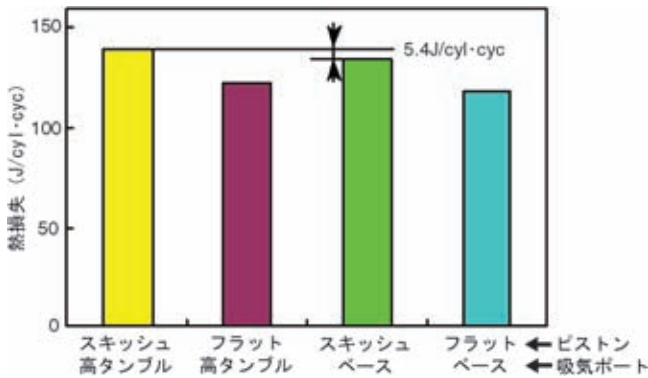


図8 各種筒内流動手法を組み合わせたときの部分負荷熱損失
Partial-load heat losses with flow-intensifying measures implemented

になったものと考えられる。図8に燃焼解析を行った条件での熱損失の計算結果を示す(計算式は参考文献(4)を参考にした。今回は筒内流動の違いによる熱伝達率の差は考慮できていない)。熱損失は燃焼が速くなる順に多くなっている。特にスキッシュピストンで熱損失が大きいのは、燃焼が加速する位置が上死点近く筒内の温度が高くなることと、ピストン頂面の表面積が大きいことが要因の一部であることが推察される。

4. スキッシュ部形状のノック、燃焼への影響

4.1 スキッシュ部隙間高さとの影響

スキッシュ部設計パラメータのうち、隙間形状の影響

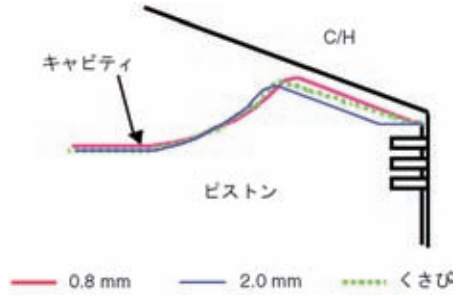


図9 スキッシュ隙間形状
Shapes of squish-area clearances

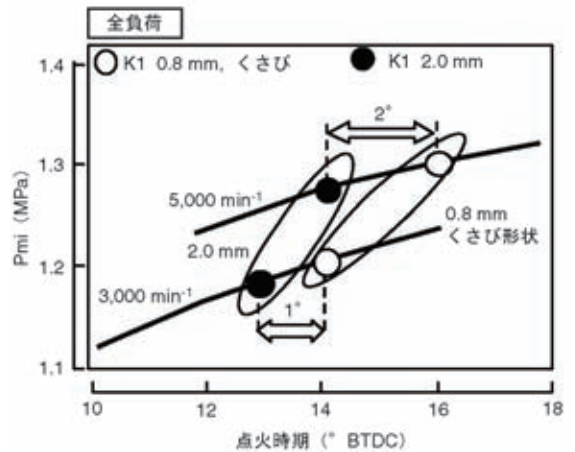
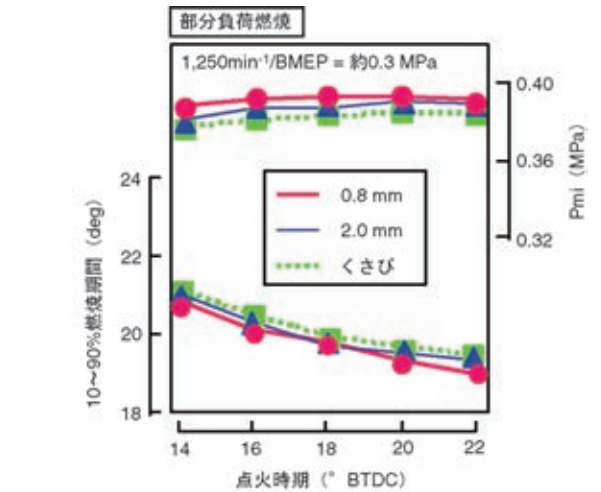


図10 隙間形状の部分負荷燃焼と全負荷のノックへの影響
Effects of squish-area shape on partial-load combustion and full load knock

を部分負荷燃焼とノックについて調べた。隙間は2種評価し、その高さは0.8 mmと2.0 mm、残りの1種はくさび形状としスキッシュ入口部分の高さは1.4 mm、ライナ側の最も狭い部分は0.8 mmとした(図9)。

図10に部分負荷燃焼と全負荷ノック特性の試験結果を示す。部分負荷燃焼は1,250 min⁻¹にて燃料量一定にて試験を実施したため、図示平均有効圧(Pmi)が高いほど効率の良い燃焼を表す。隙間0.8 mmは10~90%の燃焼

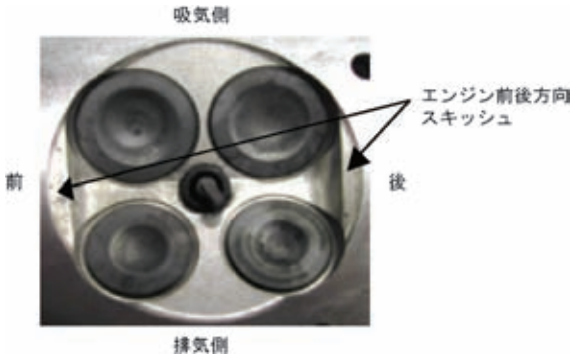


図 11 エンジン前後方向スキッシュ付き C/H
Cylinder head with squish areas aligned in engine's front-rear direction

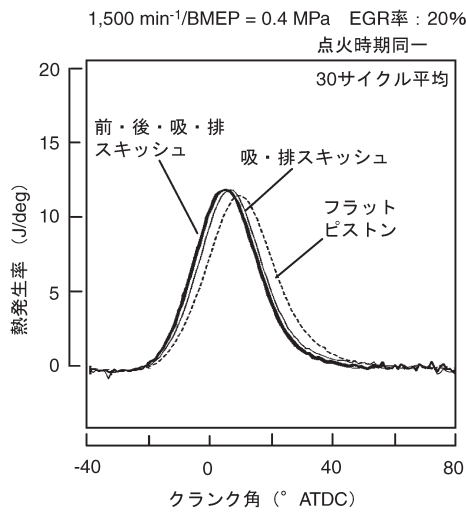


図 12 2種スキッシュの部分負荷燃焼
Heat release rate with each of two squish-area patterns and with flat piston

期間が短く Pmi が高い。一方、くさび形状は最も Pmi が低く 10 ~ 90 % 燃焼期間が長い。このようなスキッシュ入口に向けて広がる形状では十分な正、逆スキッシュ流が生成できていないと考えられる。

次に全負荷でのノックであるが、隙間高さ 0.8 mm とくさび形状ではノック点火時期が隙間 2.0 mm に対し 3,000 min⁻¹ では 2° 進角, 1,000 min⁻¹ でも 1° 進角する。隙間 2.0 mm はフラットピストンとほぼ同じノック点火時期となり、スキッシュによるノック抑制効果が得られていない。本試験結果とくさび形状、隙間 0.8 mm の共通点を考えると、エンドガス部の隙間が小さいことがノック抑制につながっているようである。エンドガス部の S/V 比が大きい隙間 0.8 mm とくさび形状は壁面への熱伝達量が多く、エンドガスが冷えていることが今回のノック抑制につながっている一因と考えている。

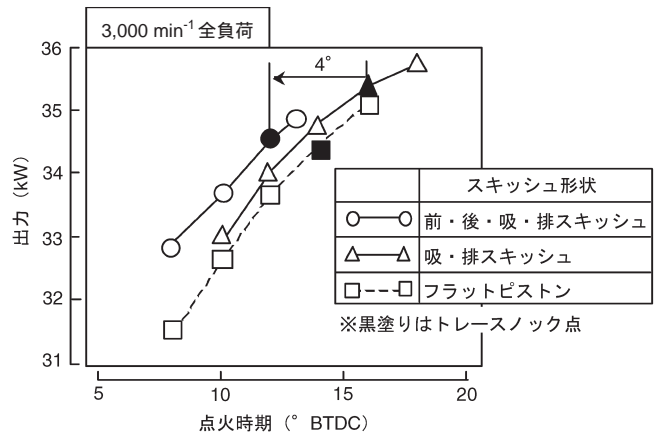


図 13 2種のスキッシュの全負荷性能
Full load performance with various squish-area pistons

4.2 C/H 前後方向スキッシュの影響

これまではエンジン前後方向にはスキッシュを設けず、吸排方向にのみ設けた燃焼室にて評価してきた。この項では C/H のエンジン前後方向にもスキッシュ部を設けた場合の全開性能と燃焼への影響を調査した。使用した C/H の写真を図 11 に示す。前後方向には C/H 側に約 7 mm のスキッシュを設け、ピストンとの隙間は排気部のみ 1.4 mm であるが他は 1.2 mm である。

図 12 に 2 種のスキッシュとフラットピストンの熱発生率を示す。燃焼が最も速いのは四方（吸・排・前・後）にスキッシュ部を持つものである。吸排方向のみのスキッシュとの差は小さいがフラットピストンとの燃焼特性差は歴然としている。しかし、図 13 に示すように全開運転において、同一点火時期では燃焼が速いためトルクは高いがノック点火時期が遅角しており、ノック点の出力は吸・排のみにスキッシュ部を設けたものが勝っている。理由として C/H 前後方向スキッシュ部の冷却が不十分であった可能性がある。

5. 全負荷運転時の吸気能力とピストン形状

図 14 にスキッシュピストンとフラットピストンの全負荷性能を示す。ほぼ全域でスキッシュピストンの使用によりトルクの向上があり、またノック抑制により点火時期が進角する。加えて 4,500 min⁻¹ 以下においては、フラットピストンに対して体積効率の増大が認められる。これらの効果により最大トルクで + 1.4 %、最大出力で + 1.2 % の向上がある。

一般的にスキッシュピストンはフラットピストンに対しバルブ面積の確保が困難なため吸気能力は劣るとされている。一方、水平スキッシュに対し斜めスキッシュは C/H のマスク部分が少なく吸気能力については有利との報告がある⁽²⁾。しかし、斜めスキッシュピストンがフラットピストンよりも有利であるとの検証結果はない。

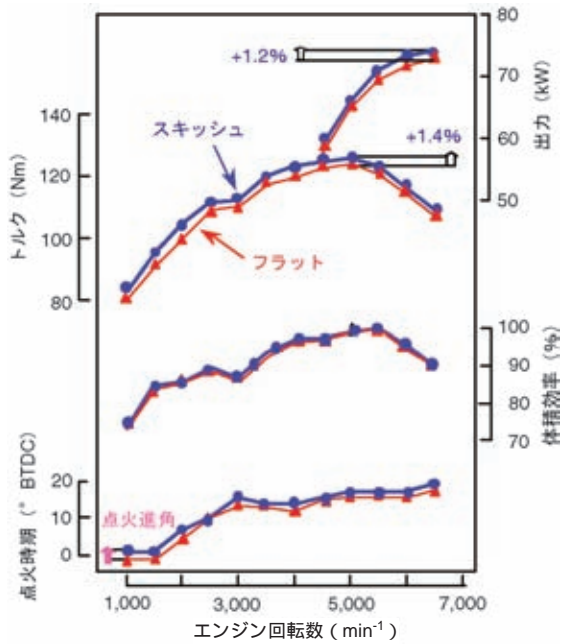


図 14 全負荷性能
Full load performance

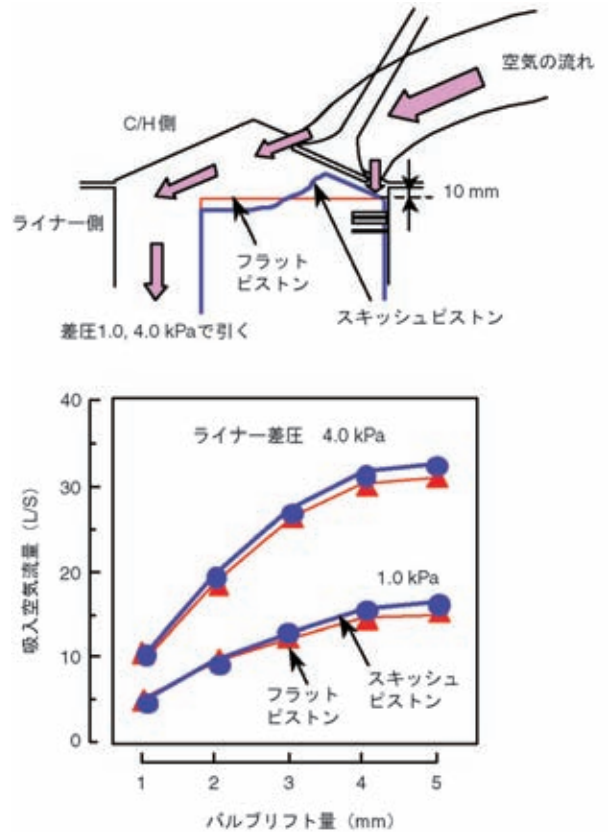


図 16 テストスタンドの概略と定常流試験の結果
Outline of test stand and results of steady-flow tests

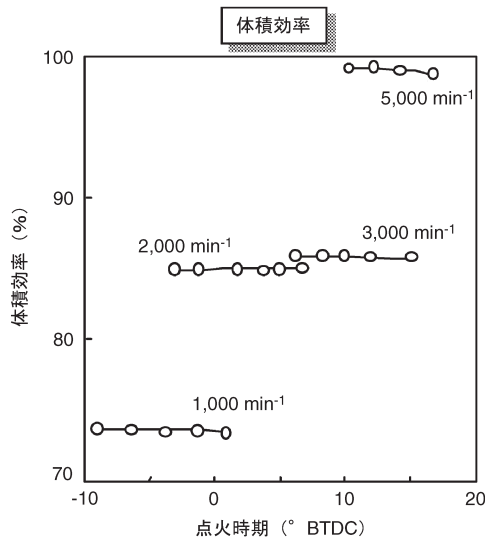


図 15 各回転での点火時期に対する
全負荷運転時の体積効率
Full load volumetric efficiency relative
to ignition timing at various engine speeds

斜めスキッシュピストンの体積効率上有利な点として、燃焼が速く排温・排圧の低いことが内部EGR量を低減する、斜めスキッシュ部を設けるためにピストン頂面外周部には肉盛りが必要、しかし、燃焼室容積を確保しなければならず中央部にはキャピティを設ける。この部分が吸気を流れやすくしているとの二つの仮説を立て検証した。については点火時期を変更した時の体積効率を調査した。もし、の仮説が正しいなら点火時期の変更により燃焼速度が変わり、遅角することで排温が

上昇し体積効率は低下するはずである。しかし、図 15 に示すように点火時期を変えても体積効率の変化はほとんどなく、遅角するほど低下する傾向もない。

次にテストスタンドにての影響を調査した。テストスタンドの概略と定常流試験の結果を図 16 に示す。テストスタンドはピストンの1/3を削除し空気を吸引するようにしてある。バルブ上流とライナー部分の差圧を1.0 kPaと4.0 kPa一定にして空気流量をフラットピストンと斜めスキッシュピストンにて比較した。バルブリフト1.5 mm以上から両ピストンの差が出始め、バルブリフトが大きくなるにつれその差は拡大し、流量が大きいほど形状による差が顕著に表れている。実際の運転ではピストンがTDC近くでバルブリフトが大きい状況はありえないが、本テストスタンドの試験結果からピストン形状が吸気能力に影響を与えることが明確になった。

次に実機での影響調査を実施した。供試したピストンは2種類とも斜めスキッシュピストンであるが、ピストンBはスキッシュ部分となる縁が全周大きいものであるが、ピストンAは吸気バルブ近傍のみ小さくしてある(図 17)。図 18 に全負荷運転での体積効率を示す。わずかな形状差であるにもかかわらず体積効率には明確な差が現れている。実機でもピストン形状が体積効率に影響を及ぼすことを検証できた。これらの結果から、吸気バ

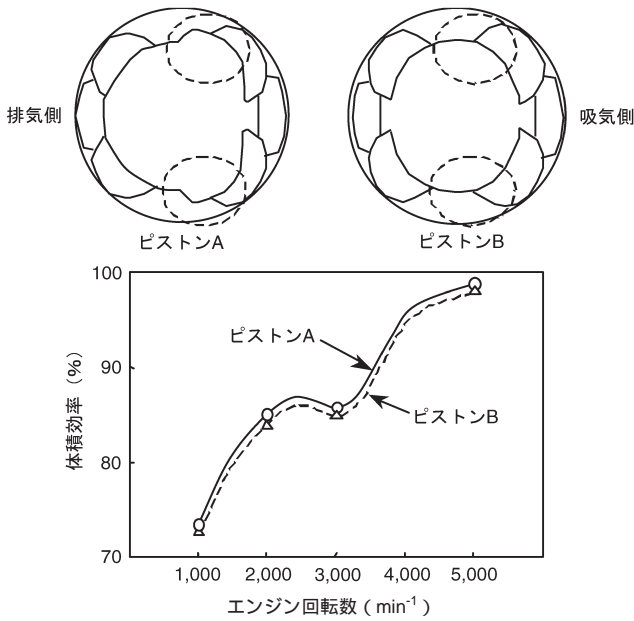


図17 吸気バルブ近傍のみスキッシュ部を減らしたピストンと全負荷運転での体積効率
Effect on full load volumetric efficiency of reduction in size of squish area in vicinity of intake valve

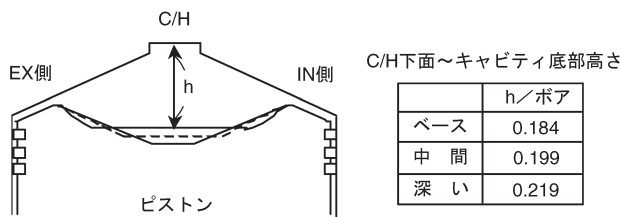


図18 キャビティ深さの評価ピストン
Piston for evaluation of cavity depth

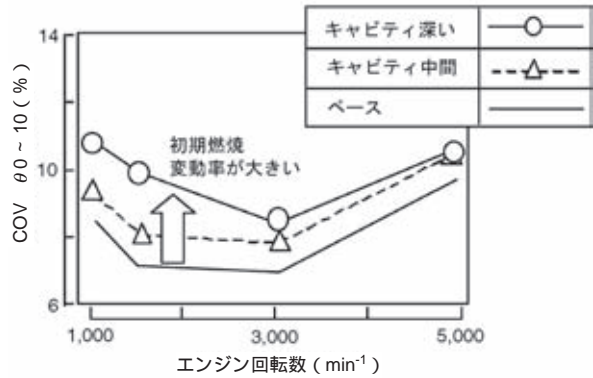
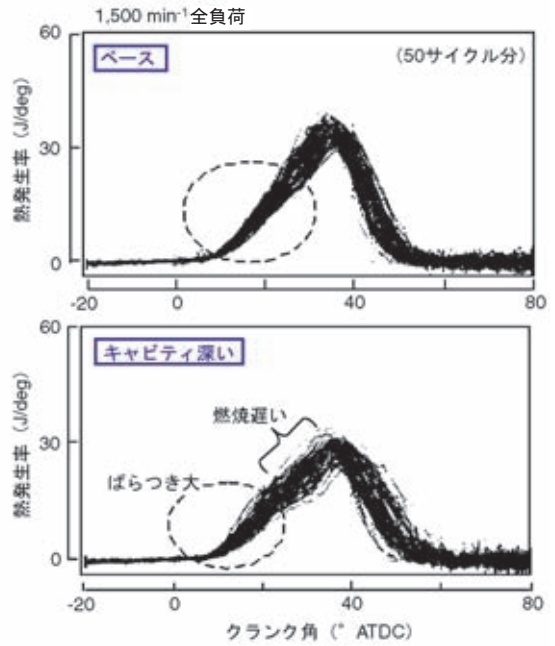


図19 キャビティ深さの燃焼への影響
Influence of cavity depth on combustion

ルブ下近傍に空間を設けること（特に吸気主流方向）が体積効率向上におけるピストン設計上のポイントであると言える。

6. スキッシュ部分以外のピストン形状が燃焼に与える影響

圧縮比を所望の値にすることを前提にピストンに斜めスキッシュ部を形成するためには、ピストン中央部にキャビティを形成し圧縮比合わせを行うことが一般的である。このキャビティ部分が燃焼に及ぼす影響を調査した。キャビティ部分は深さを、キャビティからスキッシュ部につながる部分は、その立ち上がり角を主要な評価パラメータとした。

図18に評価したキャビティ深さの異なるピストンの形状を示す。深さを示す指標としては燃焼室の点火プラグねじ最下部からピストン中央部の高さ(h)とし、h/ボアは約0.18~0.22となっている。このh/ボアはタンプルの崩壊の時期を制御し、この値が大きいほど崩

壊時期が遅れるとの研究報告がある⁽⁵⁾。

図19に全負荷運転時の熱発生率と初期燃焼期間(0~10%)の変動率(=標準偏差/平均値)を示す。キャビティが深いピストンでは初期燃焼部分のばらつきが大きく、また、中期の燃焼が緩慢になっていることがベースピストンとの比較により分かる。キャビティが深いことはh/ボアが大きく、これはタンプルの崩壊遅れや崩壊自体が不十分であり、その結果、点火時にはバルクな強い流れがプラグ近傍に残るため初期燃焼が不安定になっているためと考えられる。中期の燃焼の遅さもキャビティが深いため上死点での渦を押しつづすという作用が弱く、乱れへの変換が不十分のために引き起こされていると推察する。

斜めスキッシュと従来(水平)スキッシュを比較した研究では、キャビティからの逆スキッシュ流がスキッシュ入口の鋭角なピストン部分で剥離を起こし乱れが増大する結果、後期燃焼の加速によりノックが抑制されるとの知見がある⁽⁶⁾。ここでは斜めスキッシュピストンにお

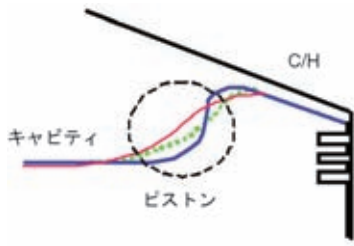


図20 キャビティからスキッシュへの立ち上がり形状
Shape of slope from cavity to squish area

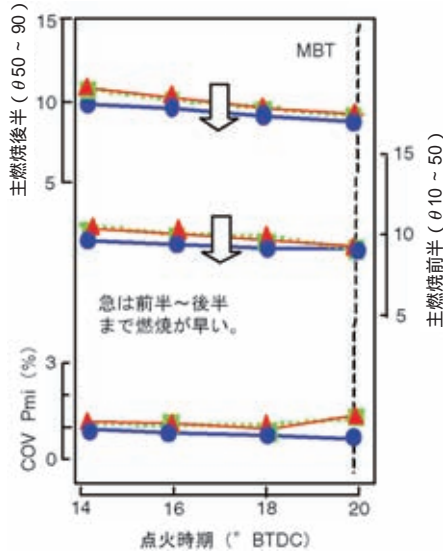


図21 部分負荷の燃焼期間比較
Partial-load combustion durations

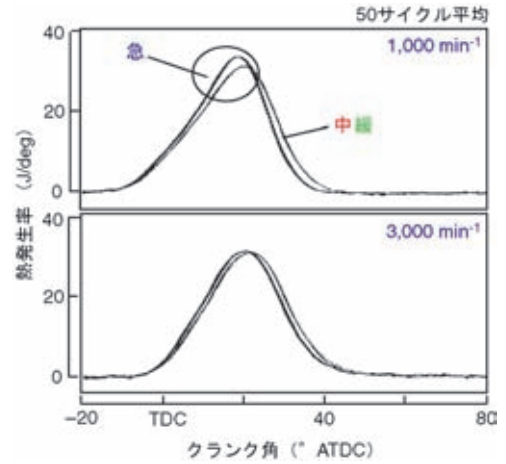


図22 全負荷での熱発生比較
Full load heat release

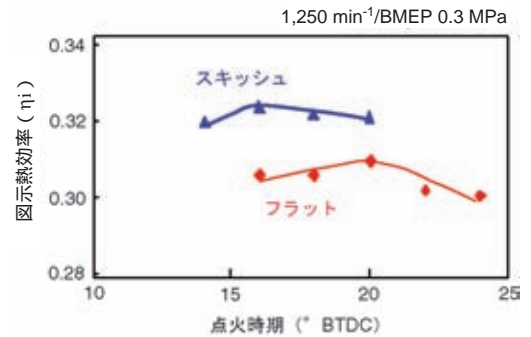


図23 点火時期に対する図示熱効率
Indicated thermal efficiency relative to ignition timing

いてキャビティからの立ち上がり角度を変えた3種のピストンを使い影響を調査した。

図20に評価した3種のピストンの形状を示す。ここに記載の図は吸排方向の立ち上がり形状を表すが、エンジン前後方向の立ち上がりも同様に差のある形状となっている。

図21に部分負荷での3種ピストンの燃焼期間の比較を示す。最もスキッシュ入口が鋭角である立ち上がり急ピストンでは主燃焼前半(10~50%燃焼)、主燃焼後半(50~90%燃焼)とも他のピストンより短くなっている。次に全負荷の熱発生率を図22に示す。ここで特徴的であるのは、1,000 min⁻¹で上死点後に燃焼の加速が見られることである(図中 部)。同じ斜めスキッシュを持つピストンでもキャビティからの立ち上がり角の設計により乱れを変えることが可能であることを示している。しかし、3,000 min⁻¹では筒内の乱れが増大するため熱発生には、1,000 min⁻¹ほど大きな差はない。ここで取り上げたスキッシュへの入口角度は重要な設計要件と言える。

7. 熱 損 失

斜めスキッシュの形成と圧縮比の適正化のためのピストン頂面凹凸は、表面積を増大させ熱損失上不利となる。一方で斜めスキッシュピストンでは部分負荷の燃焼促進も得られるためMBTは遅角側となり受熱期間は短くなる。ここではフラットピストンと斜めスキッシュピストンのMBTでの熱損失について検証を行った。

図23に点火時期に対する図示熱効率を示す。スキッシュ付きは燃焼が速く、熱効率最良となる点火時期はフラットピストンに対し遅角側となる。両ピストンでの熱効率最良点で実測した筒内圧を用いて熱損失を計算⁽⁴⁾したものが図24である。フラットピストンで最良熱効率となる点火時期は進角しているため熱発生開始が早く、その分熱損失が多くなる。スキッシュ付きはピストン表面積が大きいかに関わらず熱損失はフラットピストンと同等になる計算結果となった。熱損失に関しては幾何学的表面積では劣っても燃焼特性を考慮すればデメリットを最小限にできる場合もある。

参考文献

- (1) 石川義和：ガソリンエンジン設計の要諦，山海堂，2002
- (2) 植田貴宣ほか：スキッシュ部形状がノッキングに及ぼす影響，自動車技術会学術講演会前刷集 982，p. 99，1998
- (3) 田端道彦，藤本昌彦，岩井浩平：タンブル流および逆スキッシュ流によるノッキング改善，マツダ技報 NO. 21，p. 192，2003
- (4) 首藤登志夫，鈴木広行：水素燃焼機関における壁面熱伝達式に関する研究，日本機械学会論文集（B編）68巻 673号，p. 200，2002
- (5) 金子誠，加藤普，最首陽平：タンブルの生成と崩壊の制御によるSIエンジンの燃焼制御，SUBARU Technical Review Vol. 30，p. 117，2003
- (6) 小島普爾：燃焼シミュレーションによるノック抑制機構の解明，豊田中央研究所R&Dレビュー Vol. 33 NO. 3，p. 114，1998

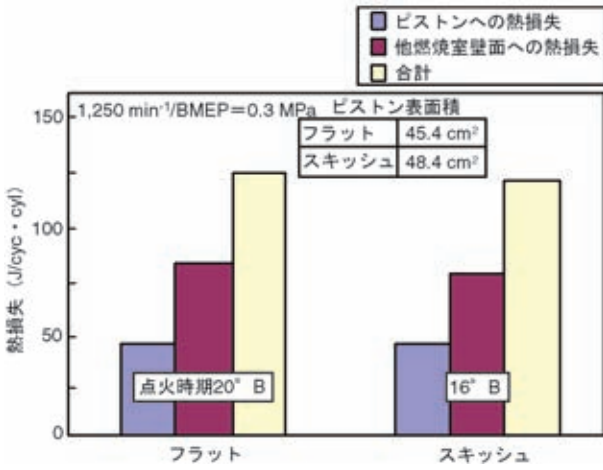


図24 ピストンによる熱損失(概算)の差
Heat losses (approximate) with each piston type

8.まとめ

スキッシュ部を主としたピストン形状が燃焼，体積効率に及ぼす影響を調査した．スキッシュ高さや形状，またスキッシュピストンを設計する際のスキッシュ以外の部分の影響に対する知見が得られた．キャビティからスキッシュ部への立ち上がり角度やキャビティの深さは設計の重要な要件であり，吸気バルブ下のピストンにより形成される空間が体積効率に影響を与えることが分かった．



宮本勝彦



干場義幸



細野清隆



平尾俊一

エンジン性能シミュレーター最適化計算システムの開発

Development of Optimizing System for Engine Performance Simulator

北田 泰造* 口田 征人* 林 伸治*
Taizo Kitada Masato Kuchita Shinji Hayashi

概要

コンピューターの進歩によって多数の計算をストレスなく処理できるようになってきたことを受けて、エンジン性能シミュレーターの最適化計算システムの開発に取り組んだ。iSIGHT™の遺伝的アルゴリズムで多目的最適化計算ができるようにするとともに、モンテカルロ法と応答曲面解析を組み合わせで最適値を求める内製ソフトの開発を行った。iSIGHT™で遺伝的アルゴリズムを使えば、少ない計算回数でパレート曲線が得られるメリットがある一方で、モンテカルロ法と応答曲面解析を利用するとマップが描けるため、制御パラメーターが目的値に与える影響を視覚的に観察できるメリットがあることが分かった。また、開発した最適化ソフトは、多数の計算を数台のパソコンに振り分けて計算する分散処理機能を持っているので、その概要についても紹介する。

Abstract

With the recent advances in computer performance enabling massive calculations to be performed with ease, an optimization system was developed for our engine performance simulator. Multi-objective optimization with a genetic algorithm in iSIGHT™ was used for our system. In-house software using the Monte Carlo method and the response surface analysis was also developed. It was discovered that multi-objective optimization can produce a Pareto curve with fewer calculations, and the Monte Carlo method with the response surface analysis can show maps for visualizing the effect of control parameters on the objectives. Additionally, our developed optimization software has a dispersed processing function for sharing piled up calculation jobs among several personal computers. An overview of this function is also introduced.

Key words: CAE, Optimization, Genetic Algorithm, Monte Carlo Method, Response Surface Analysis

1. はじめに

コンピューターの劇的な進歩によって、0次元計算や一次元計算については、大量の計算でもストレスなく処理できるようになってきた。これまでは、経験を駆使して少ない計算回数で最適な設計値を引き出す腕前を競っていたが、この変化によって、目的に合った最適化アルゴリズムを選んで、後は最適な設計値をコンピューターに求めてもらう時代が変わろうとしている。まさに、CAEの分野においても、最近よく耳にするパラダイムソフトが起きようとしている。

当社では、一次元脈動計算をもとにしたエンジン性能シミュレーター⁽¹⁾や車両の燃費・排ガスシミュレーター⁽²⁾などを独自に開発して、新エンジンの開発や既存のエンジンの改良などに幅広く利用している。本文では、これらの内製コードを市販の最適化ソフト iSIGHT™の多目的

最適化に対応した遺伝的アルゴリズムで計算を行った例、今回新たに開発したモンテカルロ法と応答曲面解析を組み合わせで最適化を行う内製ソフトの概要と計算結果について紹介する。

2. エンジン性能シミュレーターの最適化計算

2.1 iSIGHT™を使った多目的最適化

市販の最適化ソフト iSIGHT™は、GUI環境で計算処理の流れを組み、最適化計算アルゴリズムを選べば、自動的に最適値を求めてくれるソフトウェアで、Ver. 8からは多目的最適化計算に対応した遺伝的アルゴリズム NSGA-II⁽³⁾と NCGA⁽⁴⁾が使えるようになっている。iSIGHT™では(1)入力ファイルの一部を書き換えて、(2)計算を実行し、(3)目的値にする計算結果を取り込み、(4)その結果に従って次に計算するパラメーターを決める作業を繰り返し、計算が終了するとパレート曲線(パレート最適解の集合)が求まる。ユーザーは、最適化計算の種類に応じて制御パラメーターを操作するアルゴリズム

* 技術開発本部 パワートレイン研究部

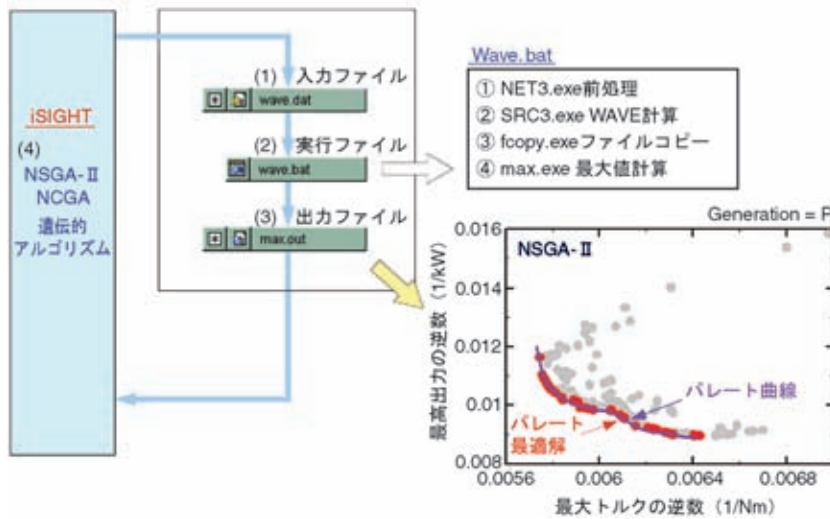


図1 iSIGHT™による多目的最適化計算
Multi-objective optimization with iSIGHT™

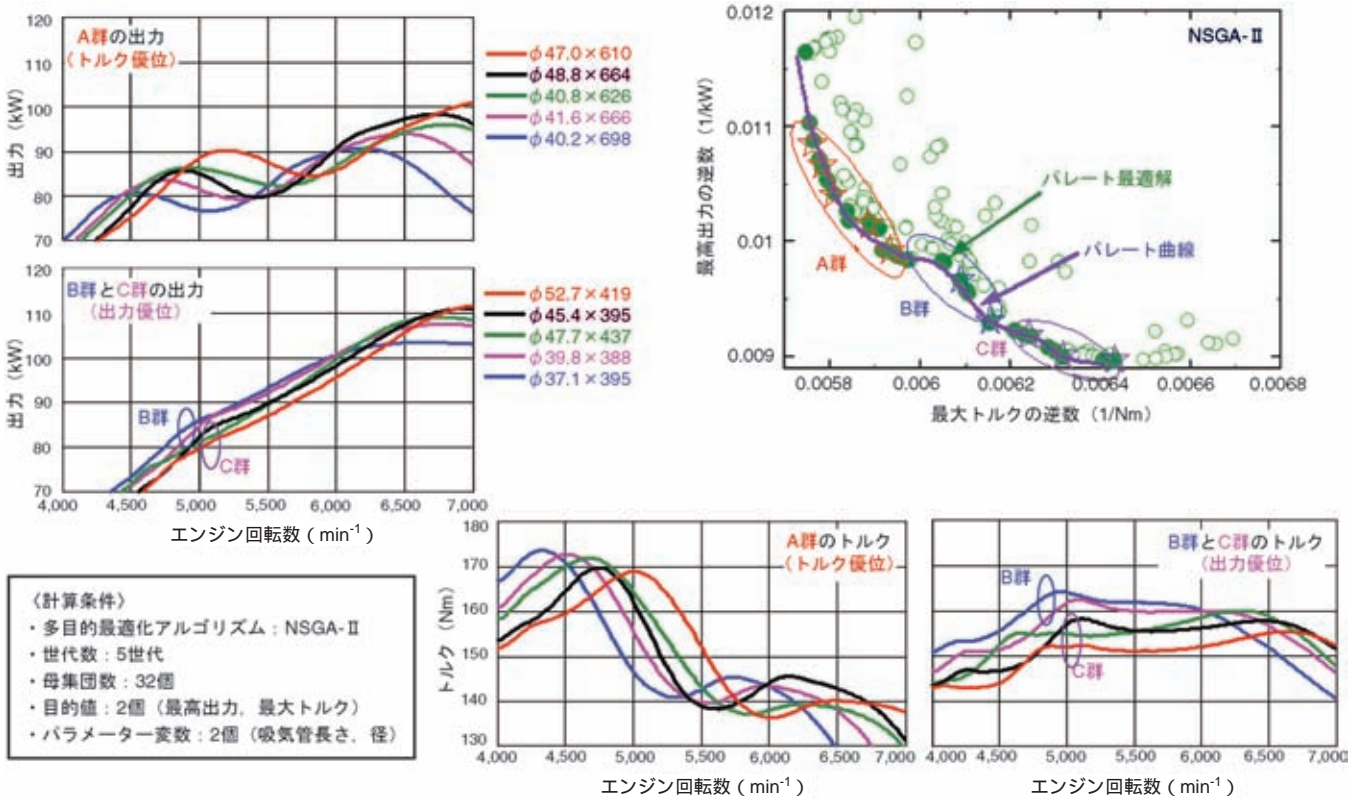


図2 エンジンの最高出力と最大トルクの多目的最適化（吸気管長さや径を变化）
Example of multi-objective optimization as engine maximum power and maximum torque
(between intake manifold length and diameter)

ムを指定する。図1は、エンジン性能シミュレーターにiSIGHT™を適用した例である。ここでは、一連のエンジン性能計算をBatchファイルで一纏めにした形で行っている。

図2は1.6Lエンジンの吸気管長さや径を制御パラメーターに取って、エンジンの最大トルクと最高出力を目的値として、NSGA-IIで最適化計算を行った例を示している。

右上の図は、母集団32個の第5世代までの192回の計算結果を表しており、ほぼ満足できるパレート曲線が描けていることが分かる。このパレート最適解を観察すると、A、B、C群の三つの部分が見えてくる。トルク優位のA群と出力優位のC群、その間のパレート面が凹んだ部分のB群である。このB群の部分はトレードオフの関係からずれている能率の悪い箇所であり、この付近の最高出力や最大トルクを狙う必要があるなら、吸気管長さや

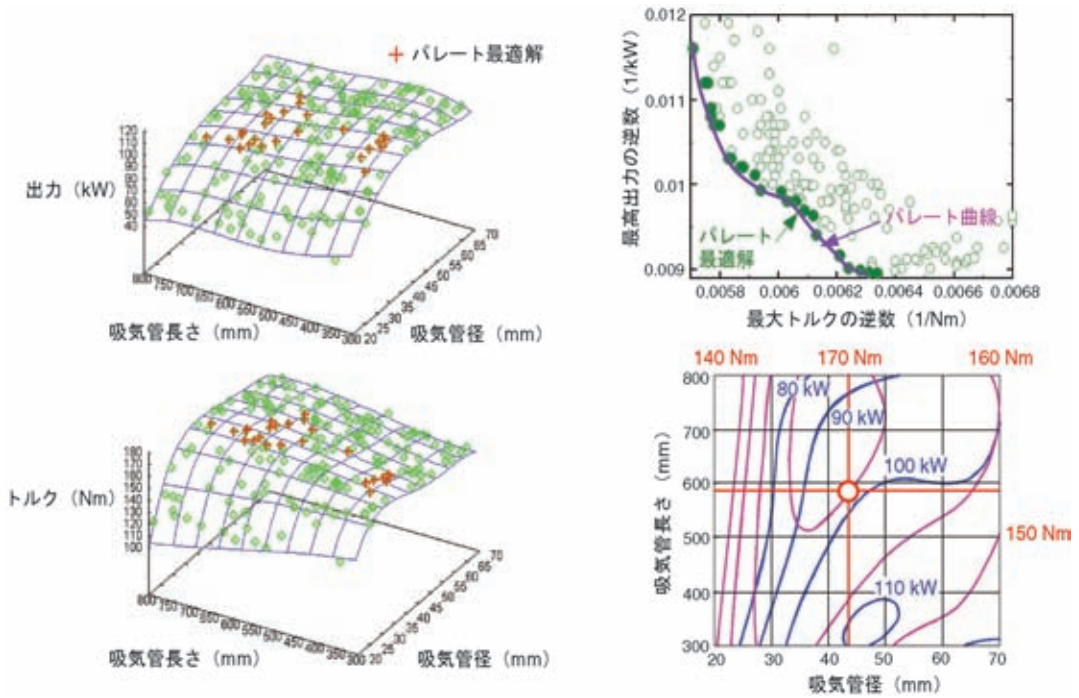


図3 モンテカルロ法 + 応答曲面解析による最適化
Optimization by Monte Carlo method with response surface analysis

径だけを変更するのではなく、根本から吸気系のレイアウトを見直す必要があることを示している。

同じ図2に、パレート最適解をほぼ等間隔で10点拾い、エンジン回転数を横軸に、出力とトルクを縦軸に取って並べたものを示している。図から出力カーブとトルクカーブがカスケード状に変化している様子が分かる。

出力図の横にそのパレート最適解を得た制御パラメータの吸気管長さや径を示しているが、吸気管長さに対しては、A群は長くC群は短くなっており、長ければトルク優位、短ければ出力優位になっていることが分かる。一方、吸気管径については大小が混在しており、この解析でははっきりした傾向を見つけ出すことはできない。

2.2 モンテカルロ法による最適解の探査

2.2.1 多目的最適化計算との比較

最適化のループを持たずに、制御パラメータをランダムに振って計算を行うモンテカルロ法でも、図3の右上の図に示すような、iSIGHT™の多目的最適化と同様のパレート曲線が得られる。図2と比較して、モンテカルロ法では、パレート曲線から離れた無駄な点もかなり計算されていることが分かる。

2.2.2 応答曲面解析

モンテカルロ法の計算結果をもとにして最高出力と最大トルクの応答曲面⁽⁵⁾を求めたところ、図3の左図に示すように、全計算点がほぼ応答曲面上に乗っていることが分かった。

各計算点に対する応答曲面の誤差は、ズレが大きくな

る周辺部でも、最高出力と最大トルクともに5%以内でフィットしている。この図は、最高出力と最大トルクに分けて各計算点における値をプロットしたものであり、+印で示した点はパレート最適解を示している。

モンテカルロ法では、指定した範囲内にランダムに計算点をばら撒くため、最適値から遠い無駄な計算も行うが、逆にその無駄な点を利用して、目的値に及ぼす制御パラメータの影響が視覚的に判断できる等高線マップを描くことができる。図3の右下の図に示したように、最高出力と最大トルクの等高線を重ね合わせると、自分の好みに合った最適設計値を容易にイメージできる。例えば、最大トルク170 Nmを確保しつつ最高出力を最大限に引き出すには、吸気管長さ590 mmで吸気管径を43 mmに取れば良いことが一目で分かり説得力もある。

また、この図から先程の多目的最適化計算では分からなかった吸気管径が最高出力と最大トルクに与える影響が理解できる。吸気管径が細くなればエンジンに流れ込む空気量が少なくなることは自明だが、太くてもエンジンに流れ込む流速が低下してエンジンに空気を押し込めなくなる現象（吸気慣性の低下）が発生するため、好ましくないことが分かる。

2.2.3 応答曲面の計算方法

ここで利用した応答曲面⁽⁵⁾は、四次の関数を使って表される曲面に、誤差の二乗和が最小になるように多重回帰させて求めたものである。

具体的には、吸気管長さや径をxとy、最高出力や最大トルクをzとすると四次曲面は式(1)となり、

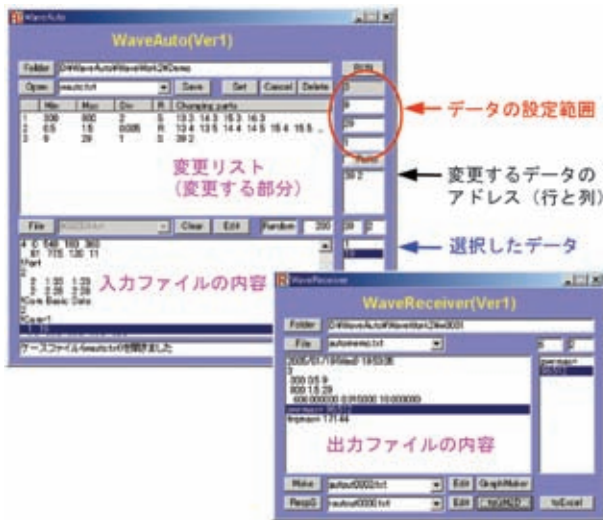


図4 内製ソフトウェア WaveAuto と WaveReceiver
In-house software WaveAuto and WaveReceiver

$a_0 \sim a_{14}$ の15個の係数を求めれば応答曲面が決まる．

$$z = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 + a_6x^3 + a_7x^2y + a_8xy^2 + a_9y^3 + a_{10}x^4 + a_{11}x^3y + a_{12}x^2y^2 + a_{13}xy^3 + a_{14}y^4 \quad (1)$$

計算点が n 個だとすると式(2)のような行列の式になり、

$$\begin{Bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1^2 & x_1y_1 & y_1^2 & x_1^3 & x_1^2y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 & x_2^2 & x_2y_2 & y_2^2 & x_2^3 & x_2^2y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & y_n & x_n^2 & x_ny_n & y_n^2 & x_n^3 & x_n^2y_n \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{Bmatrix} x_1y_1^2 & y_1^3 & x_1^4 & x_1^3y_1 & x_1^2y_1^2 & x_1y_1^3 & y_1^4 \\ x_2y_2^2 & y_2^3 & x_2^4 & x_2^3y_2 & x_2^2y_2^2 & x_2y_2^3 & y_2^4 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_ny_n^2 & y_n^3 & x_n^4 & x_n^3y_n & x_n^2y_n^2 & x_ny_n^3 & y_n^4 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_{14} \end{Bmatrix}$$

$$\{Z\} = \{X\} \{A\} \quad (2')$$

下記の式(3)を解けば、 $a_0 \sim a_{14}$ の15個の係数が決まる．

$$\{A\} = (\{X\}^T \{X\})^{-1} \{X\}^T \{Z\} \quad (3)$$

3. 内製計算コード (WaveAuto)

3.1 計算システムの概要

Text形式で表記されている入力ファイルの値を乱数を使って書き換えて、計算コードを走らせるだけのソフトウェアならば、それほど難しくなく作成できる．モンテ

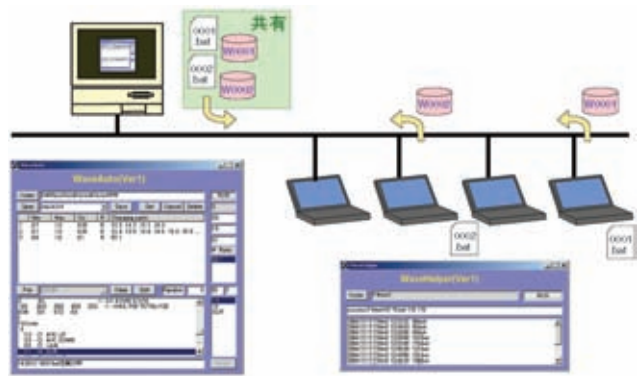


図5 最適化計算のための分散処理システム
Dispersed processing for optimization

カル口法と応答曲面解析で最適値を求める方法であれば、ライセンスの制約がある iSIGHT™ の利用を避ける方が社内の方々に広く利用してもらえ効果的であると考えて、内製ソフト WaveAuto を作成するに至った．

このソフトは、図4に示すような Windows™ アプリで、入力ファイルの行と列をクリックして制御パラメータの変更リストを作り、このリストに従って指定した回数 of 計算を実行させるものである．内製のエンジン性能シミュレーター用として開発したが、柔軟なシステムになっており、計算を実行するコード名や処理操作の記述を変更することによって、いかなる計算コードにも対応できるようにしている．

この WaveAuto で計算した結果は、多数のファイルに分かれて保存されているので、それぞれのファイルから必要なデータを抽出して、計算結果を一纏めにしたファイルを作り、そのファイルをもとにして応答曲面を求めるソフト WaveReceiver も用意した．このソフトも WaveAuto と同様に、応答曲面を求めるデータを出力ファイルの行と列で指定するようになっている．

3.2 分散処理システム

エンジン性能シミュレーターは一次元脈動計算を解いているため、現状のパソコンで1ケース計算するのに数十分かかることもある．そこで、多数の計算をストレスなく扱えるようにするため、複数のパソコンに分散して計算を行うソフト WaveHelper を開発した．図5に示すように、この WaveHelper をインストールしたパソコンを、WaveAuto をセットしたパソコンの共有フォルダーにマウントして利用する．この WaveHelper は、WaveAuto が発行した手順書 (Batch ファイル) と入力データを一纏めにしたフォルダーを自分のパソコンに持ち帰り、その手順書に従って計算を行った後、計算結果を元のフォルダーに戻す作業を繰り返すソフトウェアである．マウント先のプログラムを使って計算を行うため、自分のパソコンにエンジン性能シミュレーターなどのプログ

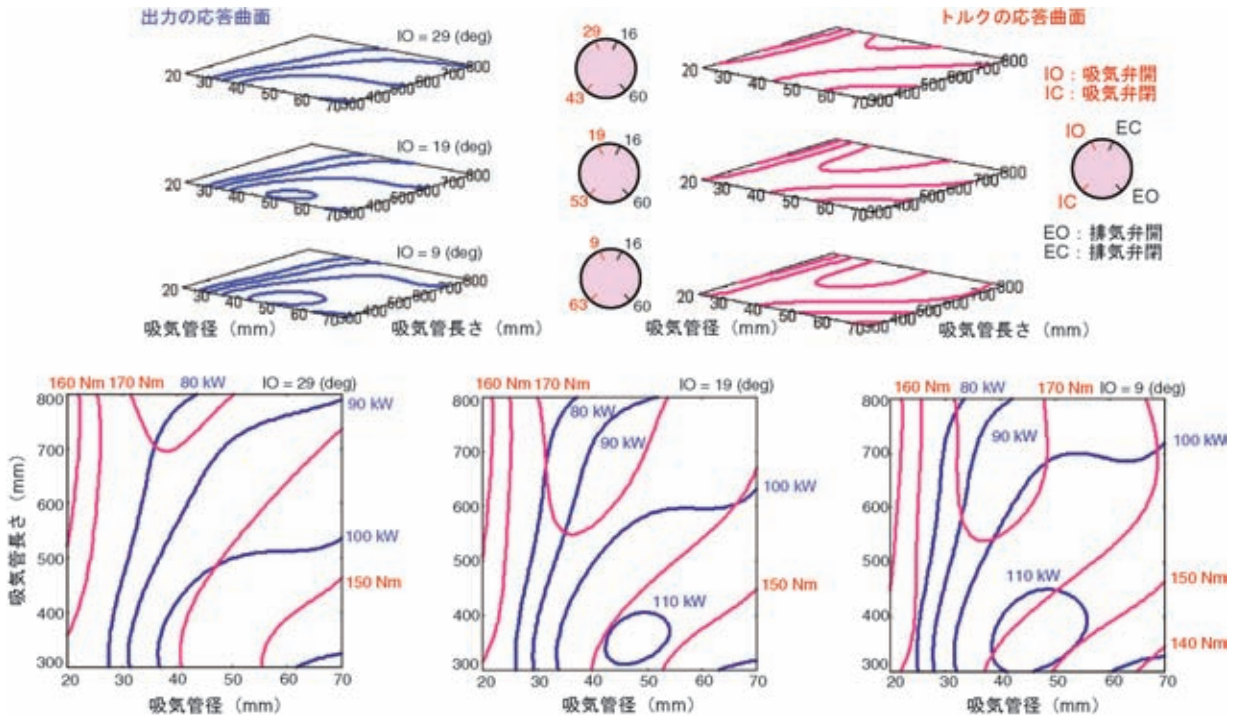


図6 エンジンの最高出力と最大トルクの多目的最適化（吸気管長さ，径と吸気バルブタイミングを変化）
 Example of multi-objective optimization as engine maximum power and maximum torque
 (among intake manifold length, diameter and intake valve timing)

ラムをインストールする必要がなくデータも残らないので、空いているパソコンを気軽に利用できる。

3.3 WaveAuto とWaveHelper を使った計算例

このシステムを利用すると、事実上計算時間の制約が無く、大規模な計算でも短時間で実現できる。

図6は、吸気管長さとの制御パラメーターに、吸気バルブタイミングを加えて計算を行った例を示している。吸気バルブタイミングも制御パラメーターの一つになった応答曲面が求まるので、任意のバルブタイミングを指定すると、即座にそのバルブタイミングでの吸気管長さとの関係の最高出力と最大トルクをマップで表示することができる。

図7は、応答曲面解析で計算結果を評価するには、どの程度の計算回数が必要かを調べたもので、吸気と排気のバルブタイミングを制御パラメーターに取って、エンジン回転数ごとに最大トルクを求めた結果を示している。上図に示すように、計算点数25点でも最大誤差は1.5%（平均誤差0.16%）と極僅かであり、下のコンター図では、25点と200点の等高線形状の違いを見出すことはできない。

我々の応答曲面解析は四次関数を利用しているので、多峰性に富んだ解は表現できないが、我々が取り扱うパラメーターがエンジン性能に及ぼす影響は単純なので、四次の応答曲面でも十分に対応でき、少ない計算点数でも十分な精度の応答曲面が得られると考えている。

近年、可変バルブタイミングが一般的に利用されるようになり、エンジン回転数ごとに吸/排気のバルブタイミングを設定できるようになってきた。よって、予めこのような計算方法で最良点を予測しておく、能率良く開発を進めることができる。更に、このようなコンター図を使えば最大トルクの目玉の中心を狙った設定ができる。図7のコンター図の赤い部分が最大トルクが高くなる所を示しており、エンジン回転数とともにこの部分が移動していることが分かる。

3.4 車両の燃費・排ガス計算への適用

エンジン性能シミュレーター用に開発したWaveAutoは、車両の燃費・排ガスシミュレーター⁽²⁾にも対応させており、マウス操作で図8のような操作パネルに切り変わる。

図9に、この車両の燃費・排ガスシミュレーターを使って、マニュアルトランスミッション（MT）車について、車重、エンジン排気量とデフ比を制御パラメーターに取って、10-15モード燃費と0-100 km/hの加速性についての最適化計算を行った例を示す。

下の立体コンター図は、燃費と加速時間について、排気量、デフ比、車重をx, y, z軸に取って応答曲面を描いたもので、この図から制御パラメーターが、燃費と加速時間に与える影響を見渡すことができる。左上の図は、計算を行った150点をプロットしたものである。

右上の図は、車重1,150 kgの断面を切り出して観察し

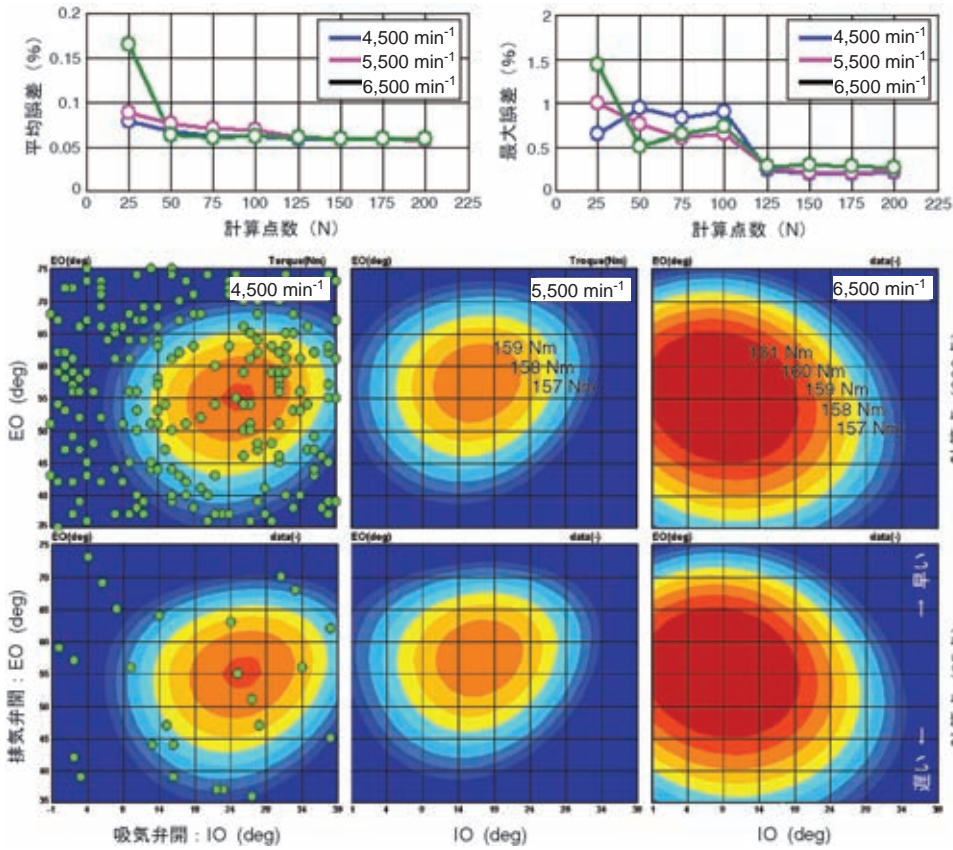


図7 エンジン回転数ごとの吸排気バルブタイミングの最適化
Example of intake/exhaust valve timing optimization at each engine speed



図8 車両の燃費・排ガス
シミュレーター用パネル

Operation panel for vehicle fuel consumption and exhaust emission simulator

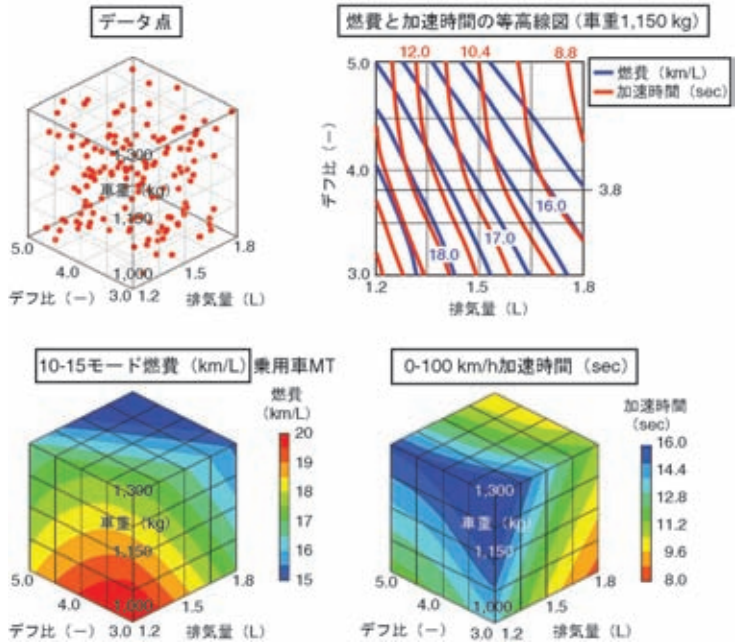


図9 車両の燃費・排ガスシミュレーターの最適化計算例
Example of optimization for vehicle fuel consumption and exhaust emission simulator

たものであるが、加速時間を一定にしてデフ比を5.0から浅くしていくと、3.8までは燃費が向上するが、3.8より小さくしてもゲインが出ないことが分かる。

例えば、加速時間12.0 secのラインでデフ比を5.0から浅くしていくと、燃費17.0と17.5 km/Lのラインを横切

って燃費が向上していくが、デフ比3.8を境に燃費と加速時間のラインはほぼ平行になり燃費が向上しなくなることが、図から見て取れる。

4. ま と め

iSIGHT™の遺伝的アルゴリズムを使った多目的最適化計算は、少ない計算回数で最適値に到達するため、三次元計算などの重い計算で最適値を導き出す手法として有効であり、この分野での利用を進めていきたい。一方、モンテカル口法と応答曲面を組み合わせた最適化計算では、指定した範囲に計算点をバラ撒く無駄な計算を行うが、この無駄な計算を利用して、目的値の全体像を表すマップが描けるため、制御パラメーターが目的値に与える影響を視覚的に捕らえることができるメリットを持っており、軽い計算にはこの方法を利用して行きたいと考えている。

また、これらの方法はCAEのみならず実験にも応用できるので、その有効性も確認してみたい。

5. あとがき

7年前のテクニカルレビュー11号で、コンピューターの発展に期待して、奇しくも“通勤途中のポケット内でエンジン性能シミュレーターが走るようになる”近未来を予測したが、今では小さなカバンの中で十分に走る時代が到来したことに改めて驚いている。このように計算自体が手近になったことや計算コストの低下を活かして、ある程度の計算精度が確保できるものについては、シミュレーションに移行することが開発力向上に繋がること

も自明の理と成ってきた。一方で、最適化計算の導入は、誰でも間違いなく最良の設計値が予測できる反面、技術者が感性を磨く場を失うリスクをはらむ諸刃の剣のようにも見える。今後、技術者の感性を高めると同時に、効率的に設計値を決められるような方法を模索していく必要性を強く感じている。

参考文献

- (1) 北田，口田，大橋：三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 11，p. 31，1999
- (2) 口田，北田，木戸：三菱自動車テクニカルレビュー，NO. 14，p. 20，2002
- (3) K. Deb: KanGAL report 200001, Indian Institute of Technology Kanpur, 2000
- (4) 渡邊，廣安，三木：数理モデル化とその応用，情報処理学会論文誌，Vol. 43，No. SIG10，2002
- (5) 山田：実験計画法(方法編)，日科技連，p. 185，2004



北田泰造



口田征人



林 伸治

ふく射解析による部品温度予測手法の開発

Development of Technique for Predicting Parts Temperatures Using Radiation Analysis

林 毅* 浮田 哲嗣*
Tsuyoshi Hayashi Tetsuji Ukita
瀬戸 寛樹* 柳瀬 昌樹*
Hiroki Seto Masaki Yanase

概要

エンジンルーム内の部品は高温の環境下に置かれているが、その中でも排気系の周辺に位置する部品はふく射と対流の影響により特に高い温度となる⁽¹⁾。ふく射による熱の移動量は、部品の形状や位置関係などの幾何学的な条件により異なるが、最近では計算機を用いてその影響を算出することが可能となっている。本稿では、複雑な構造を持つ排気系周辺のふく射による熱のやり取りを数値解析にて算出し、部品温度を予測する手法について検討を実施したので、その内容について紹介する。

Abstract

The parts in a vehicle's engine compartment are exposed to a high-temperature environment. Among them, the parts positioned in the vicinity of the exhaust system become particularly high temperature owing to the effects of thermal radiation and convection⁽¹⁾. The amount of radiant heat transfer depends on geometrical conditions such as shapes and positional relationships of parts. It has recently become possible to calculate the amount of radiant heat transfer using computers. This paper describes a study of a technique for predicting parts temperatures using numerical analysis of the thermal radiation in the structurally complex area around the exhaust system.

Key words: Thermal Radiation, Exhaust System, Temperature Prediction, Numerical Analysis

1. ま え が き

部品の温度上昇による変形、劣化、溶損といったいわゆる熱害の発生を防ぐための部品温度管理は、自動車の信頼性を確保するためにも重要な要素の一つである。近年では、市場のニーズにいち早く対応すべく開発期間の短縮化が求められており、開発初期段階で熱害懸念部位を把握し対策案を検討する必要がある。そのために試験車の無い段階で部品温度を予測する技術の構築が必要となっている。

部品温度を予測するためには、エンジンや排気系といった熱源からの伝熱量を精度良く求める必要がある。特に排気系部品は表面温度が部位によっては600℃を越える所もあり非常に高温となる(図1)。ふく射による部品表面からの放熱量は温度の4乗に比例することが一般的に知られているが⁽²⁾、そのため排気系表面からのふく射が周辺部品の温度に多大な影響を与えていることは容易に想像できる。

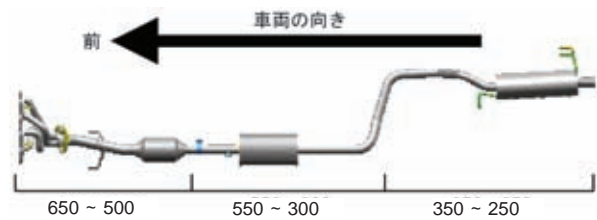


図1 排気系部品の表面温度分布
Distribution of surface temperatures on exhaust system

ふく射による伝熱量は、表面温度と放射率、並びに形態係数(部品間の位置関係)により決まる。放射率に関しては部品表面の塗装や仕上げにより変化するため、計測により求める必要がある。形態係数に関しては複雑な形状間における値を手計算で求めることは非常に困難であるが、最近では計算機を用いて算出が可能となっている。

当社では、排気系とその周辺に位置する部品間におけるふく射による熱のやり取りを数値解析にて算出し、その値から部品温度を予測する手法について検討を進めており、本稿ではその内容を紹介する。

* 技術開発本部 性能実験部

表1 放射率
Thermal emissivity

計測点	放射率	文献材質	文献放射率
ヒートプロテクター	0.18 ~ 0.38	研磨金属面	0.1 ~ 0.2
エンジンブロック	0.45 ~ 0.69	酸化鉄	0.5 ~ 0.7
ハンガーゴム	0.95 ~ 1	ゴム, 硬	0.95

2. ふく射熱流束の算出

排気系部品の表面温度分布がある状態で安定しているとき、周辺部品に与えるふく射の影響は、部品の放射率と排気系部品に対する位置関係により定まる。そこで部品表面におけるふく射による影響を評価するために、排気系部品及び周辺部品形状をモデル化し、表面温度と放射率を境界条件とした数値解析を行うことにより、部品表面におけるふく射熱流束を算出する手法を用いることにした。以下便宜上、この解析をふく射解析と呼ぶ。ここでは、ふく射解析の境界条件として必要となる放射率の計測方法と、ふく射解析の内容について述べる。

2.1 放射率の計測

放射率の計測は、放射温度計と接触式温度計を用いて実施した。放射温度計は計測部に入射するふく射熱流束を設定された放射率に応じ温度に換算しているため、設定された放射率が計測対象となる部品表面の放射率と異なる場合、その計測値は実際の温度とは違ったものとなる。その性質を利用して、放射温度計での計測と同時に接触式温度計にて実際の部品温度を計測し、それら計測値を比較することにより放射率を推定することとした。

部品温度とその部品から放射されるふく射熱流束には以下の関係式がある。

$$q_{emi} = \varepsilon_{part} \cdot \sigma \cdot T_{part}^4 \quad (1)$$

このとき、

- q_{emi} : 部品から放出されるふく射熱流束 [W/m²]
- ε_{part} : 部品表面の放射率 [-]
- σ : ステファン・ボルツマン定数 [5.67 × 10⁻⁸ W/(m²·K⁴)]
- T_{part} : 部品温度 [K]

放射温度計の設定放射率を1としたときの放射温度計による計測温度を T_{rad} とすると、放射温度計に入射するふく射熱流束 q_{sensor} との関係は次式で表される。

$$q_{sensor} = \sigma \cdot T_{rad}^4 \quad (2)$$

放射温度計による計測は、周辺部品からの影響を防ぐ

ために計測器を計測対象に極力近付けて行った。このとき、計測器自身から放射されたふく射熱が計測対象にて反射され計測器に再入射するため、その分を考慮に入れる必要がある。放射温度計の計測部放射率が1であると仮定した場合、 q_{sensor} は次式で表される。

$$q_{sensor} = \varepsilon_{part} \cdot \sigma \cdot T_{part}^4 + (1 - \varepsilon_{part}) \sigma \cdot T_{sensor}^4 \quad (3)$$

このとき、

- T_{part} : 接触式温度計計測部品温度 [K]
- T_{sensor} : 放射温度計自身の温度 [K]

よって、部品表面放射率 ε_{part} は式(2)、(3)より次式で表される。

$$\varepsilon_{part} = (T_{rad}^4 - T_{sensor}^4) / (T_{part}^4 - T_{sensor}^4) \quad (4)$$

式(4)から分かるように、部品温度と放射温度計自身の温度が等しい場合、放射率を計算することができない。そのため計測の際は、部品の温度を放射温度計自身の温度よりも十分高く保つことが精度確保のため重要な要素となる。今回は、実車両を用いてエンジンを運転した状態で、排気系部品を高温にした状態にて放射率の計測を行った。本手法による放射率の計測結果と文献上における一般的な値⁽²⁾を表1に示す。計測結果は部品表面の汚れや錆などの条件が異なるため多少ばらつきがあるが、その値は文献上の値とほぼ等しく、本手法の妥当性を確認することができた。

2.2 ふく射解析

解析は汎用熱流体解析ソフト STAR-CD にて実施した。今回のふく射解析では計算時間短縮のため流れ場は解かず、ふく射による熱交換についてのみ計算を行っている。排気系並びに各部品表面には、計測により得られた放射率が設定されており、排気系表面温度を入力することにより周辺部品のふく射熱流束を求めることができる。ふく射解析モデルは、排気系と部品の表面間のふく射による熱交換に着目しているため、面对面の解析に有利な DBM (Discrete Beam Method) を使用している⁽³⁾。計算では部品表面に入射するふく射熱流束と表面から放出されるふく射熱流束が得られるが、それらの差を求めることにより部品に伝わるふく射熱流束量を算出した。ふく射解析の解析結果例を図2に示す。色の赤い部分はふく射により温められていることを表しており、青い部分はふく射により冷やされていることを表している。排気系に関しては主に熱を放出しているため色が青く、周辺部品はその熱を受け取っているため色が赤く表示されている。

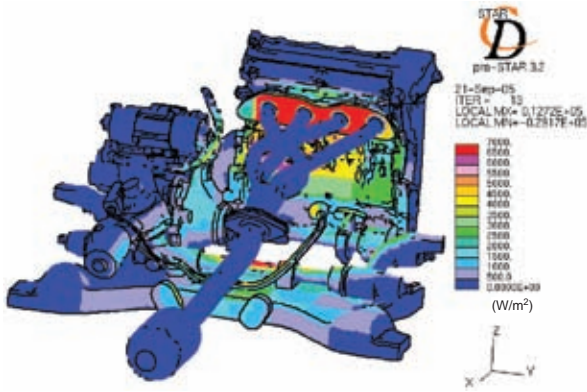


図2 ふく射熱流束の計算例
Calculation example of radiant heat flux

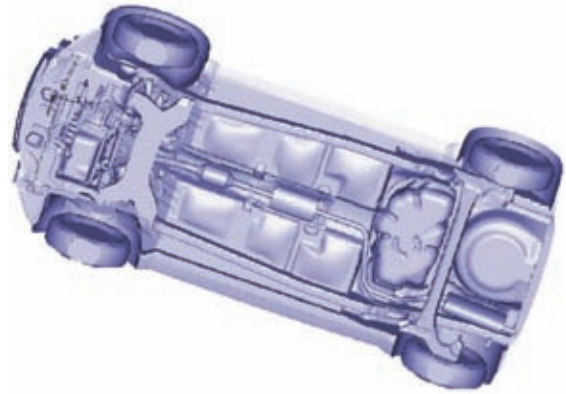


図3 検証モデル
Validation model

3. ふく射と部品温度の関係

ふく射解析を用いることにより、部品表面におけるふく射熱流束を算出することが可能となったが、実際の自動車開発では部品の熱的な信頼性は許容温度で管理されている。ここでは排気系周辺に位置する部品の中でも比較的許容温度の低い樹脂・ゴム製の部品を検討対象として、部品温度予測手法のベースとなる考え方について説明するとともに、その妥当性について検証した結果について述べる。

3.1 理論式の導出

排気系周辺に位置する部品は、エンジンが運転している間は常に高温となった排気系表面からのふく射の影響を受けており、部品周辺の雰囲気温度よりも高い温度となっている。ふく射及び熱伝導の影響がない状況を仮定した場合、部品温度は雰囲気温度と等しくなると考えられるが、近くに高温の排気系がある場合、排気系からのふく射により部品温度は上昇し、雰囲気との温度差が生じることにより部品から雰囲気への放熱が行われる。このときの部品温度の上昇分は、入射したふく射熱量と雰囲気への放熱量のバランスにより決定される。

樹脂・ゴム製の部品においては部品内部の発熱及び熱伝導の影響が無視できると仮定した場合、部品表面における熱流束のバランスは、ふく射による熱流束を q_{rad} 、対流による熱流束を q_{con} とおくと次式により表される。

$$q_{rad} + q_{con} = 0 \quad (5)$$

ここで、 q_{con} は次式で与えられる。

$$q_{con} = \alpha_{air} (T_{amb} - T_{part}) \quad (6)$$

α_{air} は熱伝達係数、 T_{part} は部品表面温度、 T_{amb} は雰囲気温度である。部品温度と雰囲気温度の差をふく射熱に

よる部品温度上昇分（以下、 ΔT とする）とした場合、 ΔT は式(5)、(6)より次式で表される。

$$\Delta T (= T_{part} - T_{amb}) = q_{rad} / \alpha_{air} \quad (7)$$

式(7)より、ふく射熱流束とふく射による部品温度上昇分は、ふく射熱流束に比例し、熱伝達係数に反比例する関係にあることが分かる。

このように、理論式によりふく射と部品温度の関係について明らかになったが、この式(7)の妥当性について検証するため、ふく射解析と実車部品温度計測試験を実施した。以下にその検証方法と結果について述べる。

3.2 検証方法及び結果

検証は、当社製小型乗用車（1.5Lガソリンエンジン）を対象として、実車試験により得られる温度計測結果と、ふく射解析により得られるふく射熱流束の相関性を調べるにより実施した。

実車試験は風洞設備にて実施し、定常状態における排気系表面温度 T_{exh} 、部品表面温度 T_{part} 、雰囲気温度 T_{amb} について計測を行い、それらよりふく射による温度上昇分 ΔT を求めた。当設備では外気温度、風速、湿度、走行負荷を独立に制御することが可能で、様々な走行状態を模擬することが可能である。

ふく射解析に用いた解析モデルを図3に示す。モデルはエンジンルーム及び床下を詳細に模擬しており、エンジンや排気系部品、遮熱板を始め、ハーネスやハンガーゴムなど排気系周辺に位置する部品についても形状を細かく再現している。温度境界条件は、実車試験と同じ条件に設定することにより実車と解析の相関をとれるようにした。以下に、排気系周辺部品の中でもフロントパイプハンガーゴム（以下、ハンガーゴムとする）を対象として、排気系表面温度 T_{exh} 、排気系とハンガーゴム間の距離 L 、車速 v をパラメーターとした検証の結果について

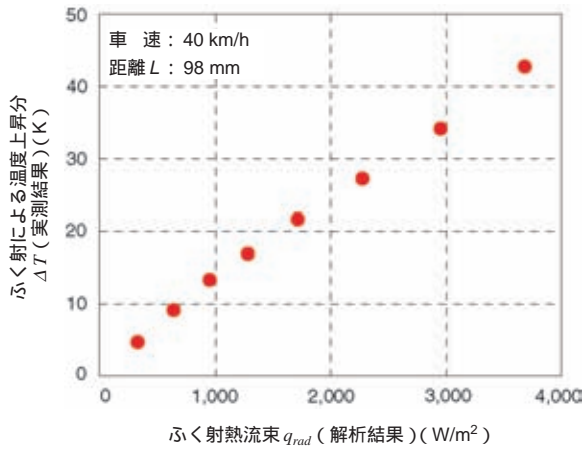


図4 ふく射熱流速と温度上昇分の相関
Relationship between radiant heat flux and increased amount of parts temperature

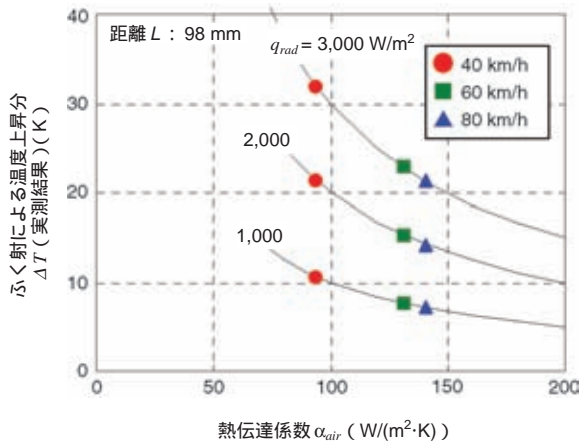


図5 車速 v の影響
Influence of vehicle speed v

て述べる。

(1) 排気系表面温度の影響

図4は車速 $v = 40 \text{ km/h}$ 、排気系とハンガーゴムの距離 $L = 98 \text{ mm}$ の条件にて、排気系表面温度を変化させた場合の実車試験により得られた ΔT とふく射解析により得られるふく射熱流速の関係を示したものである。各点は異なった排気系表面温度に対応しており、温度が高いほどふく射熱流速 q_{rad} も高い値となる。 ΔT とふく射熱流速には高い相関があることから、それらの間には比例関係があり、式(7)に示されている傾向と一致していることが分かる。

(2) 車速の影響

熱伝達係数の変化による影響を確認するため、車速を変化させることによる検討を実施した。図5は排気系とハンガーゴムの距離 $L = 98 \text{ mm}$ の条件にて、車速 v を $40 \sim 80 \text{ km/h}$ の範囲で変化させた場合の ΔT と熱伝達係数 α_{air} の関係を示したものである。車速を上げた場合、部品周辺の風速も増加するため熱伝達係数が上昇し、部品

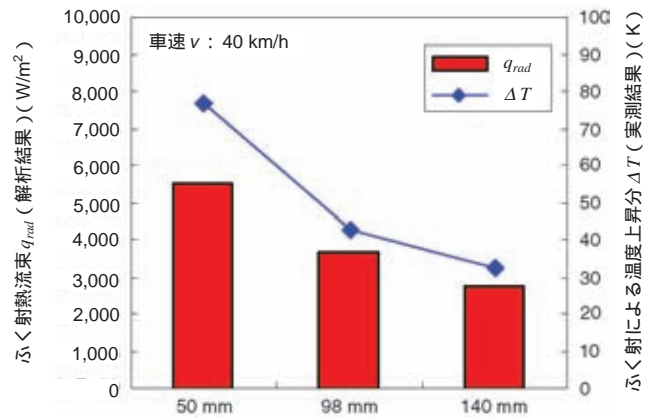


図6 距離 L の影響
Influence of parts distance L

表面からの放熱が促進された結果 ΔT も低下しており、熱伝達係数と ΔT が反比例の関係にあることが分かる。また、それぞれの車速において ΔT とふく射熱流速の比例関係は維持されており、式(7)の関係を裏付ける結果となった。

(3) 距離の影響

図6は車速 $v = 40 \text{ km/h}$ の条件にて、排気系とハンガーゴムの間の距離 L を変化させた場合における ΔT とふく射熱流速の関係を示したものである。距離が離れるほどふく射熱流速は小さくなるが、解析でも同様な結果が得られている。またふく射熱流速と ΔT の相関性も保たれており、距離の変化に対しても式(7)を用いることによりおおむね評価できると考えられる。

(4) 配置位置の影響

これまでハンガーゴムのみを対象として検証を進め、ふく射解析により ΔT を評価できることを確認してきたが、ここでは他の部品への適用例について述べる。図7はエンジンルーム内の排気系周辺に位置する部品 A、B、C のふく射解析結果を、図8は各計測点におけるふく射熱流速と ΔT の相関関係を表している。これらの図より、部品 B と部品 C における熱伝達係数はほぼ同等であるが、部品 A に関してはそれらより小さい値となっていることが分かる。部品が配置されている位置は、部品 A はエンジン後ろ側に位置しているのに対して、部品 B と C は床下の比較的風が流れやすい場所に位置しているため上記のような結果になったと考えられる。そのため、ふく射解析を用いた部品温度予測手法を検討する際には、エンジンルーム内の風の流れを考慮に入れて熱伝達係数を設定する必要がある。

4. ふく射解析を用いた温度予測手法の検討

これまでの検討で、ふく射熱流速と部品温度の関係について調査を実施し、ふく射による部品温度の上昇分 ΔT がふく射熱流速 q_{rad} に比例し、ふく射熱流速解析にて

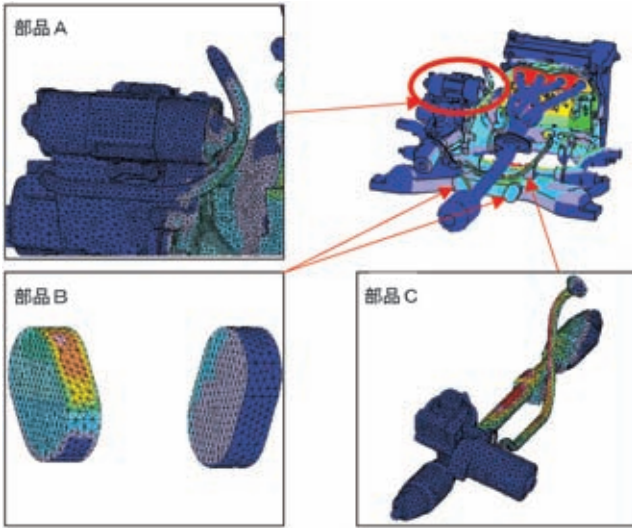


図7 排気系周辺部品におけるふく射熱流束分布
Radiant heat flux distribution
on parts near exhaust system

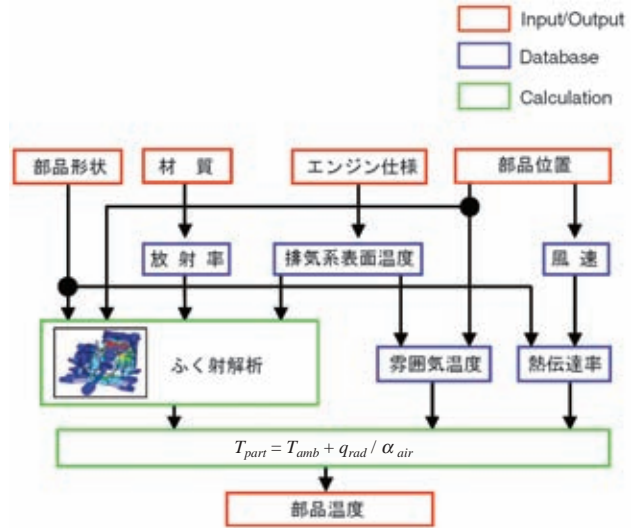


図9 部品温度予測手順
Process for parts temperature prediction

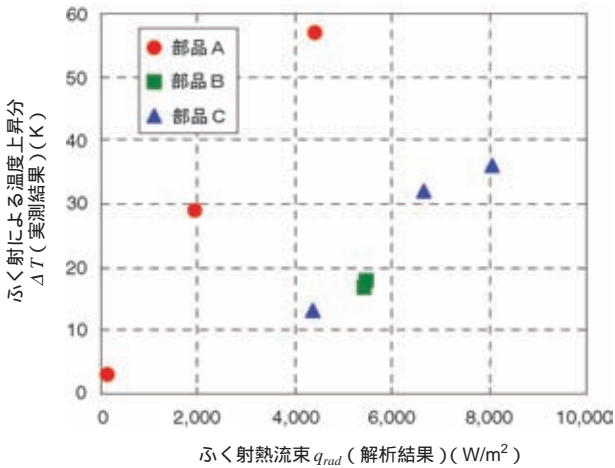


図8 配置位置の影響
Influence of parts location

評価できることを確認してきた。しかしながら、実際の自動車開発においては ΔT のみで部品温度を管理することはなく、最終的には部品温度そのものを予測する必要がある。そこで次に、ふく射解析の結果を用いて部品温度を予測する手法について検討を実施したので、その概要と適用事例について述べる。

4.1 予測手法の概要

式(7)を部品温度 T_{part} について整理することにより次式が得られる。

$$T_{part} = T_{amb} + q_{rad} / \alpha_{air} \quad (8)$$

今回は、この式を用いて部品温度予測を実施した。図9に予測手法の概略図を示す。部品形状、位置、材

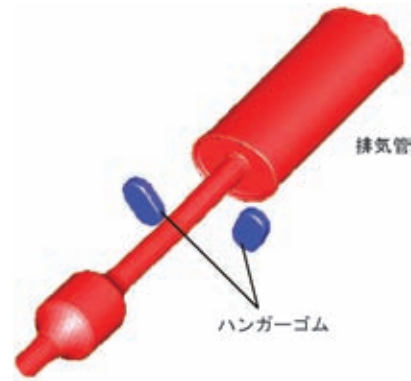


図10 部品温度予測手法検討モデル
Computational model for study of technique for
predicting parts temperatures

質、並びにエンジン仕様を入力項目としており、データベースと解析より想定された走行条件における部品周辺雰囲気温度、ふく射熱流束、周辺空気熱伝達係数を算出する。最終的にそれらの値を式(8)に代入することにより部品温度の予測を行う。

4.2 温度予測手法の適用事例

今回、雰囲気温度と熱伝達係数を導くためのデータベースは、前章で検討に用いた小型乗用車(1.5Lガソリンエンジン)にて計測した基礎データより構築し、この車両と同車格で、アッパーボデー、プラットフォーム、エンジンのすべてが異なる車両(1.5Lターボチャージャーガソリンエンジン)にて部品温度予測を実施した。この車両はハンガーゴムが2個、排気系に対してほぼ左右対称の位置に配置されており(図10)、それぞれに対してふく射解析を実施し、部品温度予測を実施した。走行条件は車速40 km/hの登坂走行を想定しており、定常時の

表2 部品温度予測結果
Results of parts temperature prediction

	雰囲気		ΔT		部品温度	
	左	右	左	右	左	右
ハンガーゴム	80		11		91	
予測	80		11		91	
実測	70	72	9	12	79	84
誤差	+10	+8	+2	-1	+12	+7

部品温度を想定している。予測結果と実車試験結果を表2に示す。 ΔT に関しては、予測誤差が2程度と良好な結果が得られた。一方、雰囲気温度に関しては誤差が10程度あるため、部品温度予測としては課題が残る結果となった。

4.3 考察

今回の検証では、実測値ベースのデータベースを用いて設定した雰囲気温度に関しては誤差が大きい結果となった。このことは、同車格の車両間においてもエンジンルーム及び床下の温度、風速分布は車種ごとに大きく異なることを意味している。更なる予測精度向上のためには、空気流れ場を考慮に入れた予測手法の構築が必要になると考えられる。

一方、 ΔT に関してはふく射解析を用いることにより良好な予測結果を得ることができた。この結果より、ふく射解析による ΔT の予測は様々な樹脂、ゴム製の部品、車種においても有効であり、ふく射の影響に関してはほぼ本手法にて評価できると考えられる。

5. まとめ

試験車の無い段階で排気系からふく射の影響を受ける部品の温度を予測する技術の構築を目的とし、ふく射解析による部品温度予測手法の検討を実施した。

ふく射により暖められた部品温度は雰囲気温度よりも高くなり、それらの差分をふく射による温度上昇分 ΔT とおくと、 ΔT はふく射熱流束に比例する。この関係は内部発熱の無い樹脂・ゴム系の部品であれば一般的に成立し、車種を問わずに用いることができるということが明らかになった。それにより、ふく射解析を用いることによって車両が無い状態においても ΔT の検討が可能であることを確認できた。

6. あとがき

ふく射とともに、排気系周辺部品温度を決めるもう一つの重要なファクターである雰囲気温度の予測に関しては、エンジンルーム内の三次元熱流体解析や冷却系、排気系システム解析などが進められている。最終的にはふく射解析をこれらと組み合わせることにより、更なる部品温度予測精度の向上が期待できる。

今回は定常状態における部品温度について検討を進めてきたが、その他にも過渡的な温度特性や排気系表面そのものの温度予測など課題は多く残っている。今後も継続して部品温度の予測技術の検討を進め、開発期間の短縮や信頼性の向上に貢献できるよう努力していく。

参考文献

- (1) 林毅ほか：CAEによる排気系周辺部品ふく射予測手法の検討，自動車技術会，学術講演会前刷集，No. 115-05，p. 11～16，2005
- (2) 社団法人日本機械学会，伝熱工学資料改訂第4版，東京，丸善株式会社，p. 156～189，1986
- (3) CD-adapco Japan Co., LTD, STAR-CD version 3.22，輻射計算設定資料，p. 2，2004



林 毅



浮田哲嗣



瀬戸寛樹



柳瀬昌樹

自動車車室静粛化の基礎的研究 (直方体閉空間の構造 - 音響系連成問題の実験及び理論解析)

Basic Study for Reducing Noise in a Vehicle Cavity
(Experimental and Theoretical Analyses of Structural – Acoustic Coupling Problems
in a Rectangular Parallelepiped Space)

清野 裕之^{*}
Hiroyuki Seino

概 要

本研究では、力学的な見地からワゴン・ワンボックスタイプの自動車の低周波こもり音の現象を把握した上で、実験及び理論解析に基づいて低周波こもり音の効果的な低減化手法を提案する。まず最初に、低周波こもり音の現象を構造 - 音響連成系の基礎的問題として、直方体の実験装置と一次元理論モデルを用いて力学的に検討する。次に、こもり音を低減するために、一次元理論モデルに基づき動吸振器の最適設計を提案する。最後に、実際の自動車に提案する方法を適用し、低周波こもり音の低減に有効であることを確認する。

Abstract

In this study, low frequency booming noise of wagon and minivan-type vehicles is clarified from a dynamics perspective and an effective reduction method is proposed according to some experimental and theoretical analyses. First, the phenomena of low frequency booming noise are discussed dynamically as structural – acoustic coupling system by using a rectangular parallelepiped test rig and one-dimensional theoretical model. Second, the unique optimum method that reduces booming noise at structural – acoustic coupling system with a dynamic vibration absorber is proposed based on a one-dimensional theoretical model. Finally, the proposed method is examined in an actual vehicle and it is confirmed to be satisfactory for reducing low frequency booming noise.

Key words: Vibration, Noise, Optimum Design

1. ま え が き

自動車の商品開発において、車室内の静粛性は、高く要求される重要な性能の一つである。本論文は、ワゴン・ワンボックスタイプの自動車において、静粛性を損なう要因の一つである低周波こもり音の現象の解明とその低減を目的としたものである。ここで低周波こもり音とは、エンジン起振力や走行中の路面入力の原因となって、車室を取り囲むフロントガラスやテールゲートなどのパネル部と車室内の空間部が連成した系の低次前後モードによって励起される現象を呼ぶ。

低周波こもり音の解析の手段として、これまで大規模有限要素モデルを用いた構造 - 音響連成解析が広く行われてきた。しかし、この方法で解析を行うには、モデルの作成に詳細な図面が必要となるため、開発の初期段階

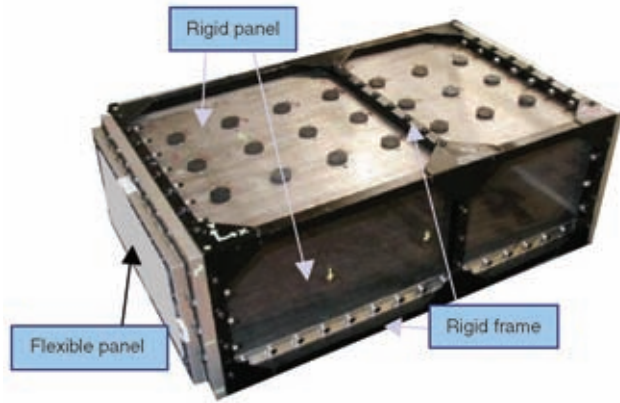
で有効とはなり難い。高い静粛性を確保するためには効果的な構造提案が開発の初期段階で必要である。低周波こもり音の現象を力学的に理解することが重要である。

そこで著者は、力学的な見地からワゴン・ワンボックスタイプの自動車の低周波こもり音の現象把握を試み、その結果に基づいて低周波こもり音の低減化手法を提案し、実際の自動車に本手法を適用した結果をまとめた。ここでは本論文の概要を紹介し、詳細は参考文献(1)~(4)を参照願いたい。

2. 自動車のこもり音現象分析

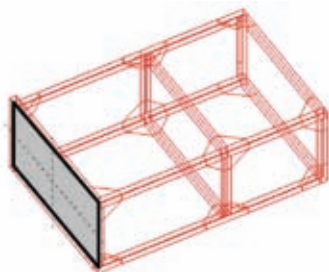
はじめに実際の自動車について加振試験を行い、低周波こもり音の現象を実験的に調べた。実験で得られた結果を有限要素法の結果と比較した結果、音響系と構造系の連成を考慮したとき、解析結果が実験結果とよく合致した。このことから、低周波こもり音の現象は、構造の振動と音響を連成させた構造 - 音響連成問題として扱う

^{*} 技術開発本部 FF系車体実験部

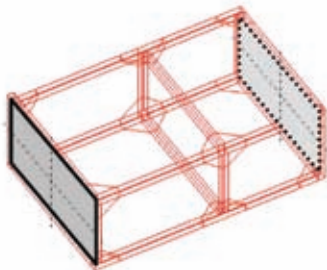


- ・800×400×200 (mm) の箱型模型
- ・音響系単体の固有振動数は1,344.6 (rad/s)
- ・前後面に弾性パネルが装着可能
- ・フレームの弾性共振は2,500 (rad/s) 以上

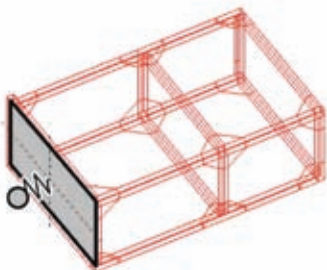
図1 実験装置
Test rig



① 一面が達成する場合



② 二面が達成する場合



③ 付加ばね質量系を有する一面が達成する場合

図2 こもり音問題のモデル化
Modeling of booming noise problem

必要があることが分かった。

3. 直方体閉空間の実験解析と理論考察

上記の結果に基づいて、図1に示す自動車の車室を模擬した箱形模型を作成して構造 - 音響連成問題を実験的

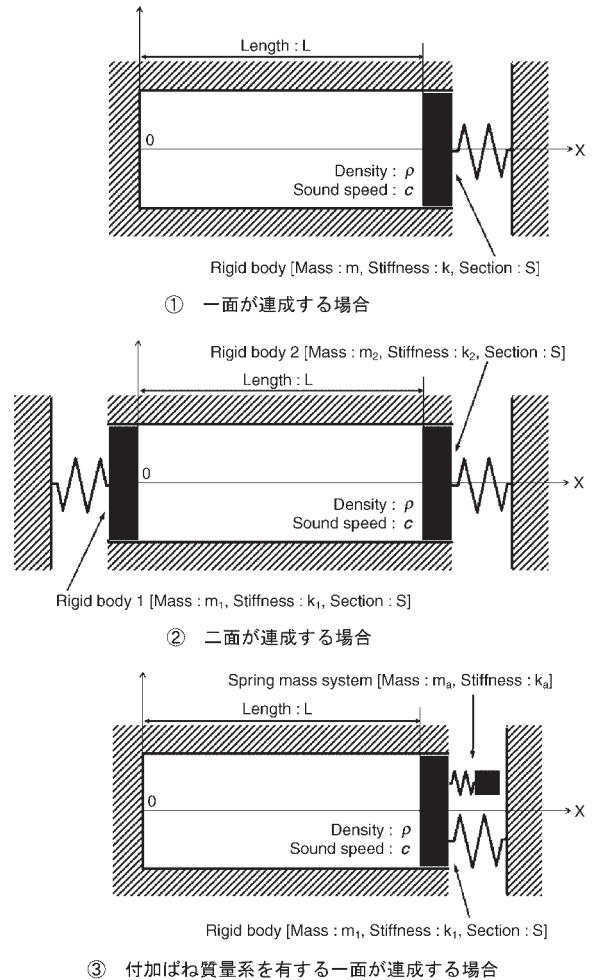


図3 一次元モデル
One-dimensional model

に詳細検討した。この箱形模型はパネル単体の一次固有振動数と音響系単体の一次固有振動数が近接するように設計した。

ワゴン・ワンボックスタイプ自動車の低周波こもり音の問題にはいろいろな場合がある。これらを基本的な模型に分類すると、図2に示す一面が弾性パネルからなる直方体閉空間、対向する二面が弾性パネルからなる直方体閉空間、一面が付加ばね質量系を有する弾性パネルからなる直方体閉空間となる。はテールゲートが低周波こもり音に寄与が大きい場合、はテールゲートとフロントガラスが低周波こもり音に寄与が大きい場合、はテールゲートに補器類が取り付けられた場合を想定した問題である。

これらの場合に対してそれぞれ、固有振動数、モードシェイプ、周波数応答関数に関する特徴を実験データよりまとめた。まとめた結果の詳細は参考文献で確認して頂きたい。

次に、これらの特徴を理論的に解析するため、この構造 - 音響連成系を図3に示す一次元物理モデルで表し、ラグランジュの方程式を導いた。この方程式より理論解

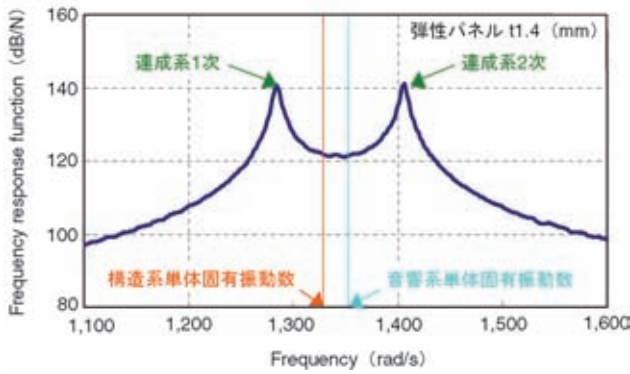


図4 音圧の周波数応答関数
Frequency response function of sound pressure

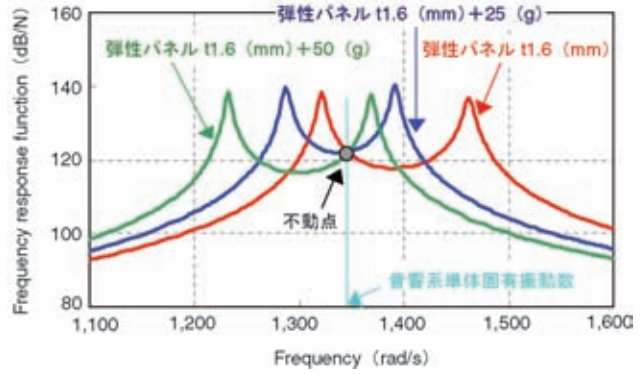


図6 周波数応答関数の不動点
Fixed point of frequency response function

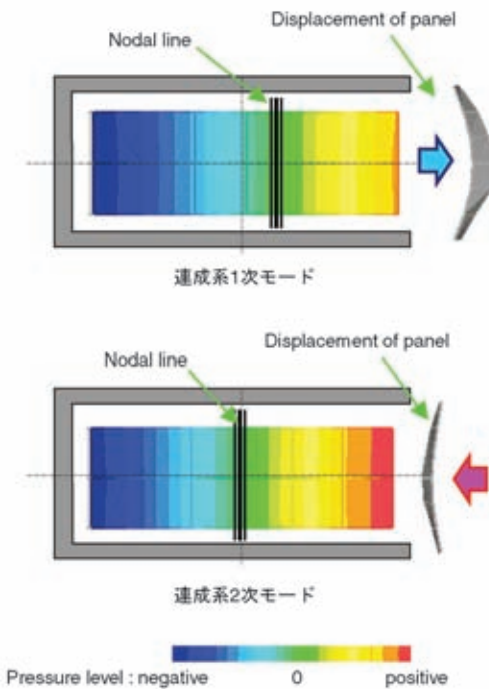


図5 一面が弾性パネルのときのモードシェイプ
Mode shapes of test rig with flexible panel at one side

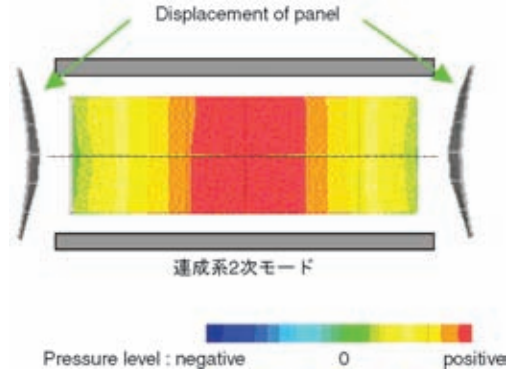


図7 対向する二面が弾性パネルのときのモードシェイプ
Mode shape of test rig with flexible panels at opposite sides

析した結果、実験により得られた特徴がすべて説明できた。

このことから、自動車の開発初期段階で有効な基礎理論を導くことができたと考える。以下に から の問題の基本的な特徴を紹介する。

3.1 一面が弾性パネルからなる直方体閉空間⁽¹⁾

- ・構造系と音響系が連成することにより、連成系の固有振動数が各単体の固有振動数と異なったものとなる（図4）。
- ・構造系近接の音圧の正・負に応じて、音響系に対する構造系の位相関係は、音響系の内側から見て必ず連成系1次モードで外側・内側、連成系2次モードで内側・外側となる（図5）。

- ・構造系の特性に関わらず、構造系を加振したときの音圧の周波数応答関数は、音響系の単体の固有振動数において常に一定の値となる。つまり、不動点が存在する（図6）。

3.2 対向する二面が弾性パネルからなる直方体閉空間⁽²⁾

- ・両端が開いている音響系の場合に見られるような直方体の中央が腹となる音圧モードシェイプが現われる（図7）。
- ・加振する構造系の特性に関わらず、音圧の周波数応答関数において不動点が2点存在する。

3.3 一面が付加ばね質量系を有する弾性パネルからなる直方体閉空間⁽³⁾

- ・付加ばね質量系の特性によって、一面が連成する場合で確認できた周波数応答関数の不動点を回避することができる（図8）。

4. 動吸振器による音圧最小化⁽⁴⁾

付加ばね質量系による音圧への影響に注目し、これを

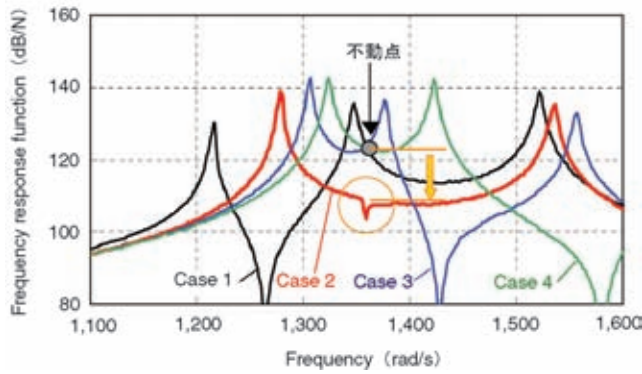


図8 不動点の回避
Avoidance of a fixed point

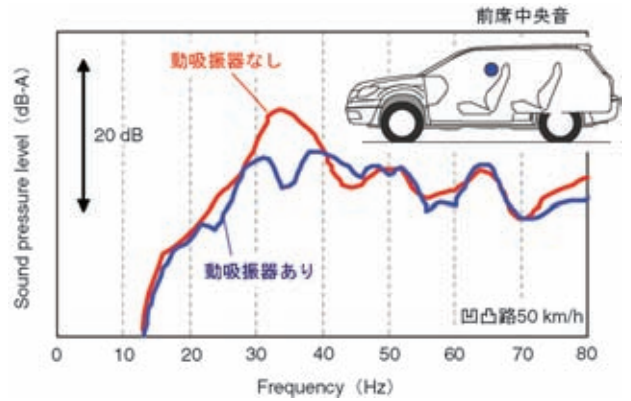


図9 こもり音の低減
Reduction of booming noise

低減方法として積極的に使うという観点から、動吸振器の利用とその最適設計法について検討した。定点理論を用いた従来の最適設計法は適用できないため、ここでは一次元モデルを用いて、構造 - 音響連成系としての最適設計を可能とする、逐次近似法を利用した新しい方法を提案した。なお、最適設計の指針は構造系から派生している二つの振動数において音圧振幅を同一とすることである。また、箱型モデルを用いて、理論解析の結果の検証を行い、理論が妥当であることを確認した。

5. 自動車への応用

これまでに得られた結果の妥当性を実際の自動車で検討した。固有振動数・モードシェイプの特徴が再現されており、理論が妥当であることが確認できた。また、提案した最適設計法による動吸振器によって、低周波こもり音の低減に有効であることを確認した(図9)。

6. あとがき

ページ数の関係上、詳しく内容を述べられなかったが、興味を抱いて頂いたならば著者にとって幸甚である。ぜひ記した四つの参考文献を参照して頂きたい。

また、本研究をまとめるに当たり、長期間にわたって終始懇切丁寧な御指導を賜った愛知工業大学の安田仁彦教授並びに実験において有益な御助言頂いた車両実験部の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

なお、本論文にて博士学位を取得しました。

参考文献

- (1) 山内裕司, 清野裕之, 安田仁彦: 構造・音響連成系の実験解析と理論考察(一端で弾性パネルと連成する音響管の場合), 日本機械学会論文集(C), 69巻, 685号, p. 2256 ~ 2261, 2003
- (2) 山内裕司, 清野裕之, 安田仁彦: 構造・音響連成系の実験解析と理論考察(両端で弾性パネルと連成する音響管の場合), 日本機械学会論文集(C), 69巻, 686号, p. 2533 ~ 2540, 2003
- (3) 清野裕之, 山内裕司, 安田仁彦: 構造・音響連成系の実験解析と理論考察(付加ばねマス系を有する弾性パネルと一端で連成する音響管の場合), 機械学会論文集(C), 70巻, 691号, p. 671 ~ 677, 2004
- (4) 清野裕之, 山内裕司, 安田仁彦: 構造・音響連成系の実験解析と理論考察(動吸振器による音響管の音圧最小化), 日本機械学会論文集(C), 71巻, 708号, p. 2469 ~ 2476, 2005



清野裕之

新開発4気筒MIVECエンジン

Newly Developed Four-Cylinder MIVEC Engine

東條正人* 久保明仁*
Masato Tojo Akihito Kubo

概要

新型SUV (Sports Utility Vehicle) 『アウトランダー』に搭載されている新開発4気筒エンジンについて紹介する。

このエンジンは『ワールドエンジン』プロジェクトとして、シリンダーブロック(以下、C/Bとする)などの基本構造部分を三菱自動車、ダイムラクライスラー、現代自動車の3社が共同で開発。吸・排気マニホールドを始めシリンダーヘッド(以下、C/Hとする)の吸・排気ポートなど、エンジンチューニングに関わる部分は、当社独自で開発したエンジンである。開発に当たっては、当社の車両開発と同様、MMDS (Mitsubishi Motors Development System) に則った厳格な開発プロセスを採用し、高い品質と確かな信頼性を確保している。

なお、このエンジンは2005年9月より当社パワートレイン製作所滋賀工場にて、新規導入した最新鋭設備で生産を開始しており、順次新型車に搭載予定の当社主力エンジンの一つである。

Abstract

This paper gives an overview of a newly developed four-cylinder engine used for the new Mitsubishi OUTLANDER Sports Utility Vehicle (SUV).

The new engine is one of the results of the World Engine project conducted by Mitsubishi Motors Corporation (MMC), DaimlerChrysler Corporation, and Hyundai Motor Company. The cylinder block and other basic structural parts of the engine were jointly developed by the three companies, but the intake and exhaust manifolds, the cylinder head's intake and exhaust ports, and other elements related to engine tuning were independently developed by MMC. For high quality and reliability, MMC adopted a rigorous development process conforming to the Mitsubishi Motors Development System (MMDS), which is also applied to vehicle development. Production of the new engine began in September 2005 on a newly installed, state-of-the-art production line at the MMC's powertrain plant in Shiga, Japan. MMC sees the new engine as one of the mainstays of its engine lineup and intends to employ it in an increasing number of new vehicle models.

Key words: Engine General, Gasoline Engine, Spark Ignition Engine

1. ねらい

これからの新エンジンに求められる特性として、「走る喜び」を体感できる高性能、より良い経済性を実現するための省燃費、年々厳しくなる排出ガス規制に対応するためのクリーン化、加速性能や燃費をより良くするための軽量・コンパクト化及び快適なドライブのための低振動・低騒音化が挙げられる。

このエンジンは、これらの特性を満たすべく、最新技術を随所に投入し、新開発した4気筒エンジンである(図1)。



図1 新開発4気筒MIVECエンジン(4B12型)
Newly developed four-cylinder MIVEC engine (4B12)

* 技術開発本部 エンジン設計部

表 1 採用した技術と目的
Technologies and purposes thereof

項目	目的	高性能・低燃費	低排出ガス	小型・軽量	低振動・低騒音	信頼性向上
アルミダイカスト製 C/B						
樹脂製 C/H カバー						
直打式 DOHC バルブ駆動						
吸・排気連続可変バルブタイミング (MIVEC)						
タイミングチェーンカム駆動						
オイルポンプ一体式バルancerシャフトモジュール						
サーペンタイン補機駆動						
樹脂製等長ロングポートインテークマニホールド						
ステンレスパイプ製エキゾーストマニホールド						
後方排気エンジンレイアウト						
低粘度エンジンオイル (0W-20)						
超微粒化インジェクター						
EGR システム						
シュラウド一体樹脂インペラー付きウォーターポンプ						
リターンレス燃料システム						
イリジウムスパークプラグ						

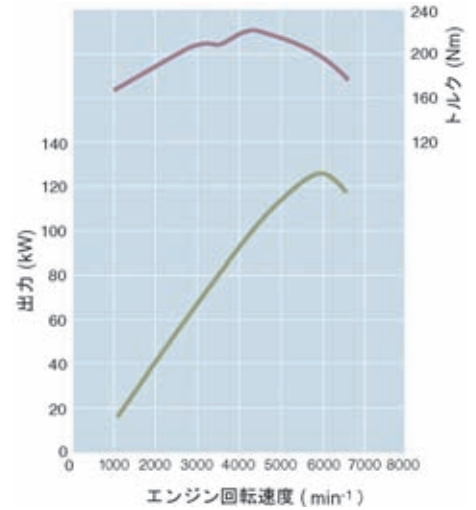


図 2 エンジン性能曲線図
Engine performance curves

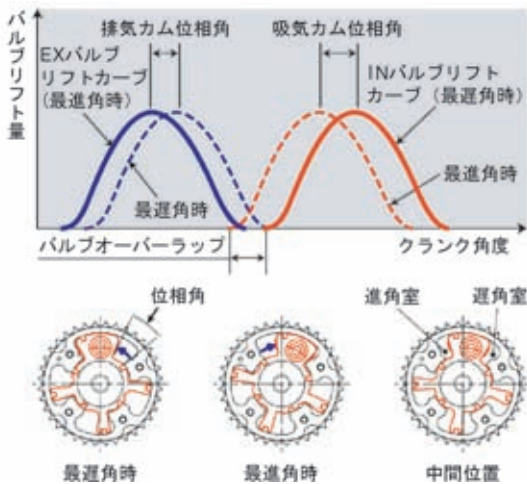


図 3 吸・排気連続可変バルブタイミング (MIVEC)
Operation of intake and exhaust continuously variable valve timing MIVEC system

2. 特 長

前述の新エンジンへの特性を実現するために採用した技術を以下に紹介するが、採用したコンポや技術は複数の特性に対し、重複して寄与しているものが多いため、項目と目的を表 1 に示す。

2.1 高出力・低燃費

当社初の吸・排気連続可変バルブタイミング式 MIVEC (Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control system) の採用を始め、体積効率向上をねらった C/H 吸・排気ポート最適化、吸・排気マニホールド形状の最適化

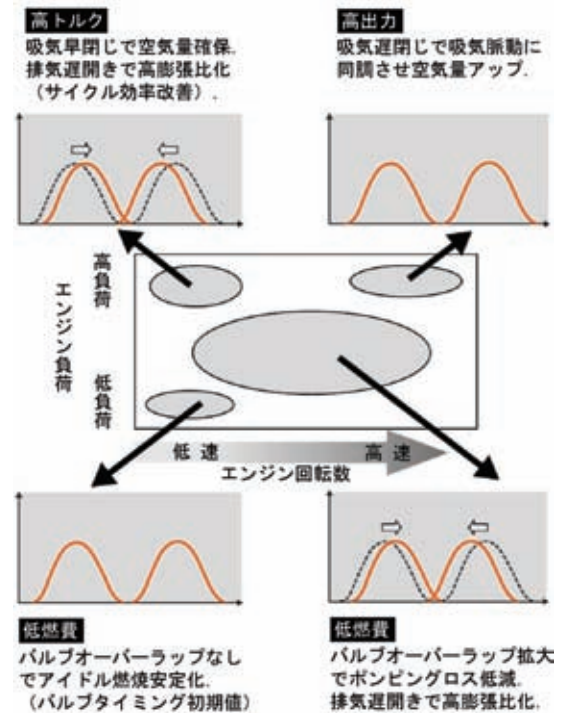


図 4 吸・排気連続可変バルブタイミング (MIVEC) の効果
Effects of intake and exhaust continuously variable valve timing MIVEC system

を行う一方、フリクション低減をねらったバルブ軸の弾性研磨、ウォーターポンプの高効率シュラウド付き樹脂インペラー化及び 0W-20 の低粘度オイル採用などにより、クラストップレベルの出力性能と燃費特性を実現した。エンジンの全開性能を図 2 に、吸・排気 MIVEC のしくみを図 3 に、効果を図 4 に示す。

表2 主要諸元
Major specifications

項目	型式	4B12	4G69 (参考)
搭載車種		アウトランダー	エアトレック
排気量	(L)	2.359	2.378
ボア径	(mm)	88	87
ストローク	(mm)	97	100
ボア・ストローク比 (S/B)		1.10	1.15
シリンダーボア間ピッチ	(mm)	96	93
コンロッド大小端長	(mm)	143.75	150
圧縮比		10.5	9.5
C/B材質		アルミダイカスト製	鋳鉄製
カムシャフト駆動		サイレントチェーン	タイミングベルト
動弁系		直打式DOHC 16弁 バルブタイミング連続可変MIVEC (吸・排気)	ローラーロッカーアーム式SOHC 16弁 バルブリフト&タイミング切替MIVEC (吸気)
バルンサーシャフト		オイルポンプ一体式モジュール	バルンサーシャフト単独
エンジン搭載方向		後方排気	前方排気
最高出力	(kW/min ⁻¹)	125/6,000	118/5,750
最大トルク	(Nm/min ⁻¹)	226/4,100	215/4,000
10・15モード燃費/等価慣性重量	(km/L)(kg)	11.6/1,750	10.6/1,750 ^{*1}
排出ガス規制対応		平成17年基準排出ガス75%低減レベル(4)	平成17年基準排出ガス50%低減レベル(3)

*1: 4WDの場合

2.2 低排出ガス

C/H吸・排気ポートの最適設計、吸・排気MIVECの活用による吸入空気流動制御、超微粒化インジェクターによる燃料霧化促進などによる燃焼改善に加え、ステンレス製排気マニホールドを二重化し、車両後方に配置すること(以下、後方排気とする)で触媒上流の熱容量を低減し、触媒を早期に活性化することで排出ガスを低減し、平成17年基準排出ガス75%低減レベル(4)を達成した。

2.3 軽量・コンパクト

材料置換としては、C/Bのアルミダイカスト化、C/Hカバーや吸気マニホールドの樹脂化、排気マニホールドのステンレス化を行った。またバルンサーシャフトとオイルポンプをモジュール化するなどした結果、従来の2.4L SOHC MIVECエンジンに比べ、DOHC化と吸・排気MIVEC化を図りながらも実に16kgもの軽量化を実現した。

コンパクト化については、後方排気化により補機類を吸気側に集中配置することが可能となり、エンジン全幅の短縮を図っている。これはクラッシュアブルゾーンの拡

大による衝突安全性能向上や車両フロントデザインの自由度拡大に大きく寄与している。

またカムシャフト駆動のチェーン化、補機ベルトのサーペンタイン駆動により、エンジン全長においても従来エンジンに対し37mm短縮されている。

2.4 低振動・低騒音

バルンサーモジュール、サイレントチェーンの採用、吸・排気MIVEC活用による燃焼安定化及びC/H、C/Bの高剛性設計により、低振動・低騒音を実現している。

3. 主要諸元

主要諸元を表2に示す。



東條正人



久保明仁

新開発FFプラットフォームの概要

Overview of the Newly Developed Front Engine Front Drive Platform

井上 靖 浩 [*] Yasuhiro Inoue	矢 島 嗣 元 [*] Hideyuki Yajima	黒 須 高 幸 ^{**} Takayuki Kurosu
高 野 一 郎 ^{**} Ichiro Takano	林 賢 司 ^{**} Kenji Hayashi	佐 藤 康 充 ^{**} Koji Sato
柳 瀬 純 一 ^{**} Junichi Yanase	小 林 英 市 ^{**} Eiichi Kobayashi	松 見 敏 行 ^{**} Toshiyuki Matsumi
近 藤 真 一 ^{***} Shinichi Kondo		

概 要

新世代SUV『アウトランダー』は、従来のSUVを凌駕する「確かな安心と走る喜びを容易に感じられる車」をねらって開発した。これを達成するために、エンジン・トランスミッションのみならず、車両の基本となるプラットフォーム（以下、PFとする）をも新設計した。このPFを開発するに当たってはまず、操縦安定性や乗心地、全方位衝突安全性や強度信頼性の大幅向上はもとより、環境に優しい高い燃費と排気ガス抑制などに必要な軽量化、更には快適な乗員空間を演出するに十分な静粛性など高いレベルの目標を設定した。これらの目標は、CAE解析技術を駆使し最適な対応策を導き、それを実車に反映し、繰り返し確認することで達成させることができた。

Abstract

With the OUTLANDER new-generation Sports Utility Vehicle (SUV), Mitsubishi Motors Corporation (MMC) aimed to surpass the conventional SUVs in terms of user confidence and driving pleasure. To achieve this goal, MMC newly designed not only the engine and transmission but also the platform that forms the foundation of the vehicle. As the first step in developing the platform, MMC established high targets with respect to handling stability, ride comfort, all-direction collision safety, strength, lightness (essential for environmentally compatible fuel economy and exhaust emissions), and quietness (essential for a comfortable cabin environment). To realize these targets, MMC determined the optimal measures using computer-aided-engineering (CAE) analysis techniques and reflected them in an actual vehicle in a process of repeated analysis and refinement.

Key words: SUV, Platform

1. ま え が き

近年SUVの普及に伴い、それに求められる要求性能が多様化・高度化している。その中で、我々が目指した新世代本格オンロードSUV『アウトランダー』の開発は、「お客様が“確かな安心”と“走る喜び”を日常の使用環境下でも容易に感じられる」ことといった「三菱のクルマづくりの原点に立ち返ること」から始めた。こ

れらを具現化した商品にするためには、車両の基本となるPFに要求される性能目標を設定し、それを妥協することなく高いレベルで達成させる必要があると考えた。ここでは、それらの性能要件を満足させるために活用したCAE解析手法や適用技術の概要を紹介する。

2. 新開発PFに要求される性能要件

(1) 全方位に対応した衝突安全性

全方位の衝突に対して乗員を守るには、衝突時のエネルギーを効果的に吸収させるクラッシュブルゾンの設定とともに、高耐力のキャビンが必要となる。また自車の保護性能のみならず相手車への攻撃性低減を両立させるボデー構造『RISE^{*}』をより進化させ、“確かな安心”

* 技術開発本部 ボデー設計部
** 技術開発本部 シャシー設計部
** 技術開発本部 デジタル技術室
** 技術開発本部 FF系車体実験部
*** 技術開発本部 安全実験部

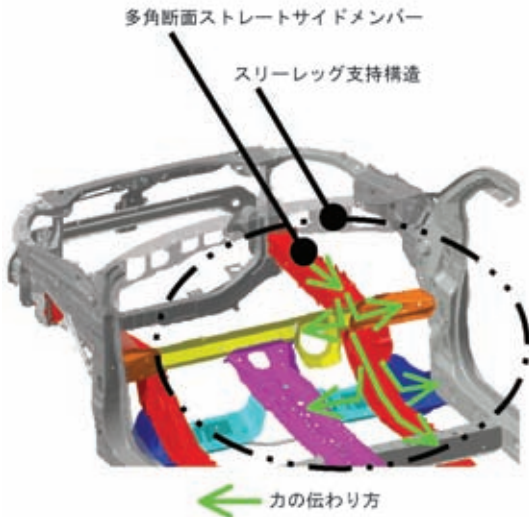


図1 多角断面ストレートサイドメンバー & スリーレグ支持構造
Polygonal-section, straight side members and three-leg support structure

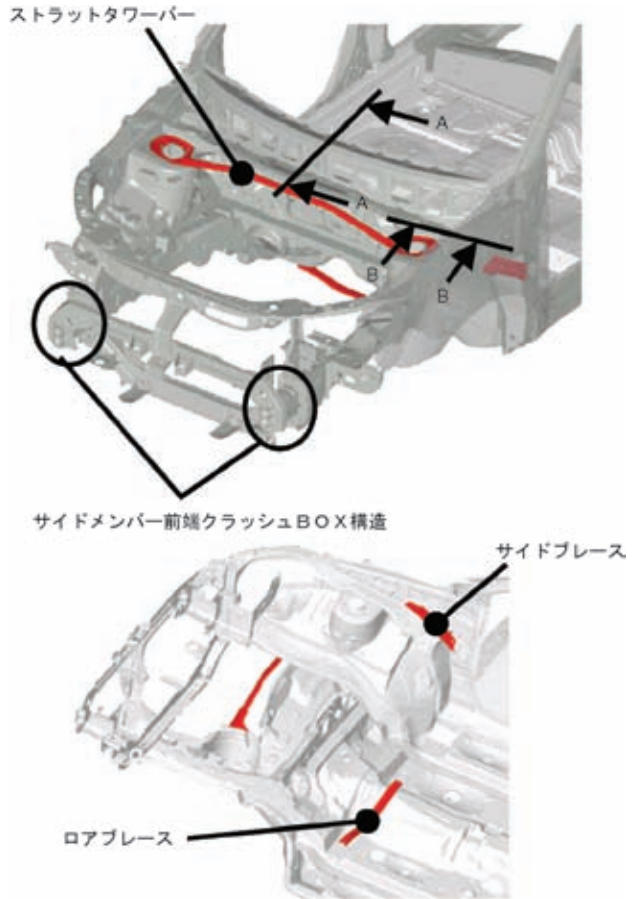


図2 クラッシュBOX構造 & ボデー補強
Crush-box structure and body reinforcements

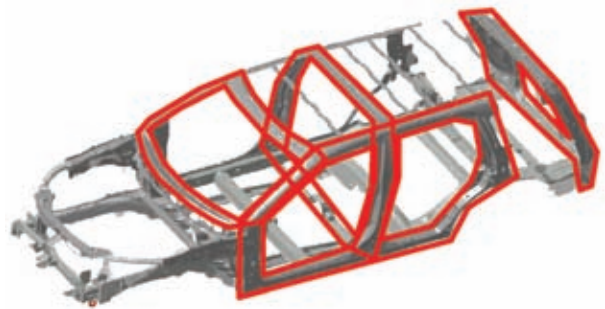


図3 客室保全構造
Protective structure around cabin

を得る。

*RISE : Reinforced Impact Safety Evolution

(2) 軽量・高剛性と高い信頼性

更に、高性能の新開発パワープラントの出力を受け止め、大径で低偏平なタイヤを余裕を持って履きこなすだけの走りを実現させるため、ボデー骨格はもとよりサスペンション（以下、サスとする）の取付部にも高い剛性・信頼性を与える。これらはまた同時に、環境への配慮からより軽量であることも要求される。

(3) 意のままの操縦安定性とフラットな乗心地

“走る喜び”つまり、「ドライバーの操舵に正確で忠実な操縦性や卓越した安定性，ダンピングの効いたフラットな乗心地」を実現する。そのために、ボデーには低重心化とサスを支える骨格部材の高剛性が要求される。サス側では高いタイヤの位置決め剛性を伴った上で十分なストロークで接地性に優れる性能であることが必要である。

(4) 快適な空間を演出するに十分な静粛性

ボデー各部の高剛性化とともに制振材や吸遮音材の適切配置によりエンジンや駆動系，タイヤなどからの不快な振動・透過音を効果的に抑制し，静粛で快適な室内空間を提供する。

3. 解析手法と適用技術の概要

(1) 衝突安全性

衝突CAE解析を最大限に活用し，以下に述べる様々な新機軸を採用して，当社の衝突安全強化ボデー『RISE』を更に進化させた。

まずは，その形状を徹底的に吟味した多角断面ストレートサイドメンバーの後端をダッシュクロスメンバーセ

ンター，ダッシュクロスメンバーサイド及びフロアサイドメンバーの三つの主要なメンバーを確実に結合することによって，前面衝突時の衝撃を効率良く分散させることができるスリーレグ支持構造を採用した（図1）。また，サイドメンバー前端にクラッシュBOXを配し，軽衝突でのボデー損傷を最小限に抑制することにも配慮した（図2）。

客室は予め骨格補強部材を環状に結合することにより，全方位からの衝突に対して力を分散させる堅牢なボデー構造とした（図3）。

新型『アウトランダー』では，パッシブセーフティ性

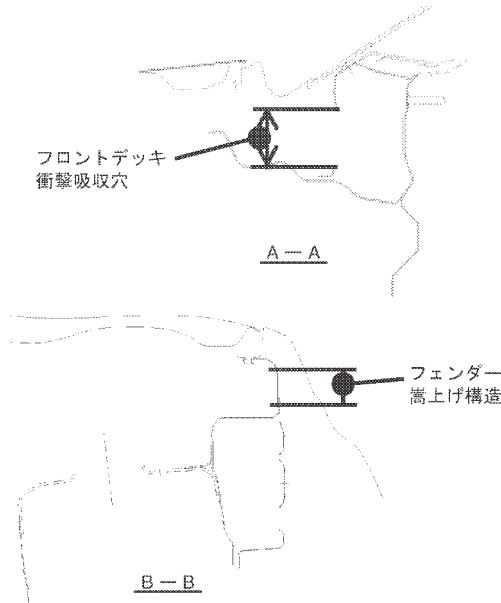


図4 フロントデッキ&フェンダー衝撃吸収構造
Shock-absorbing structures of front deck and fenders

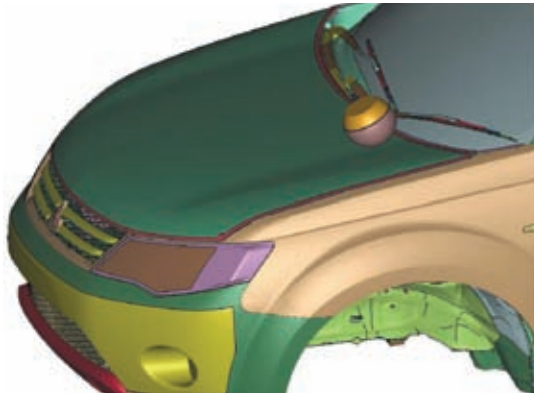


図5 歩行者保護CAE解析状況(ボンネット部)
CAE analysis for pedestrian protection (bonnet)



図6 歩行者保護CAE解析状況(バンパー部)
CAE analysis for pedestrian protection (bumper)

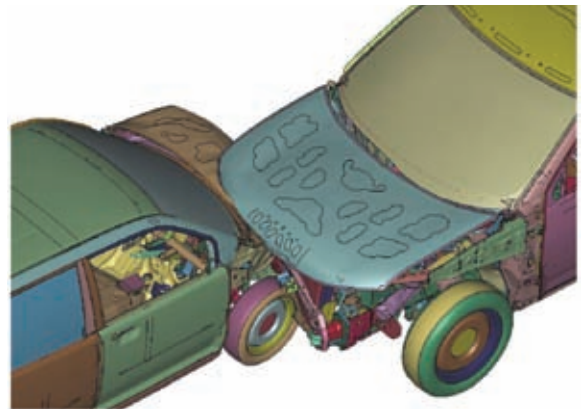


図7 対小型車衝突影響CAE結果
CAE analysis of effects of collision with smaller vehicle

能の一つの指標であるJNCAPと同一の評価方法・評価基準による社内テストで最高レベルの6を達成できたが、各種エアバックなどの乗員保護装置のみばかりでなく、ここで紹介したPF適用技術が大きく貢献している。

また歩行者保護対応としては、図4に示すようにフロントデッキとフェンダー部においてボデーパネルと内部構造の間に空間的な余裕を持たせた衝撃吸収構造を採用した。ボンネット部も内部のエンジンや補機との隙間を確保する一方、補強材の断面や配置を適正化し、強度・剛性を確保しながらも歩行者保護に必要な荷重コントロール性とエネルギー吸収性を高次にバランスさせている。車体前方には衝撃吸収材付きバンパーを採用し、歩行者衝突時の脚部保護性能を向上させた。図5、図6には、ボンネット部及びバンパー部それぞれのCAE解析例を示す。ボデー構造及びエンジンルーム内レイアウトの初期計画段階から、積極的にCAE解析技術を活用することによって、効率的な開発を行うことができた。

更には、より小型で軽量な車との衝突の際、相手車のダメージを最小限に抑えるコンパチビリティ性能に関しても、図7で示す解析技術を駆使して最適構造・材料を検討し、実車での試験確認を繰り返すことで三菱独自の衝突安全基準をクリアした。

(2) 軽量・高剛性，高信頼性

十分な強度・耐久信頼性をより軽い重量で確保するため、高強度材を含めた部材配置あるいは接合構造の最適化に腐心した。ボデーの主要骨格には、前述の客室保全環状構造採用と590 MPa級や980 MPa級の超ハイテン材適用拡大(図8)により、軽量・高耐力化を進めた。

開発車機構解析モデルを、当社テストコースをシミュレートした仮想悪路で走行させること(図9)により、開発初期の試作車がない段階でも車体各部への入力予測が可能となり、これを活用することで構造最弱部への効率的な対応策を予め盛り込めるようになった。

更には、防錆鋼板の使用率やフロア下のシーリング部位を大幅に増やすことで、長期の使用でも変わらぬ性能を楽しんで頂けるよう、配慮した。

(3) 操縦安定性・乗心地

前述のボデーへの対応策は、“意のままの操縦安定性やダンピングの効いたフラットな乗心地”への貢献度も

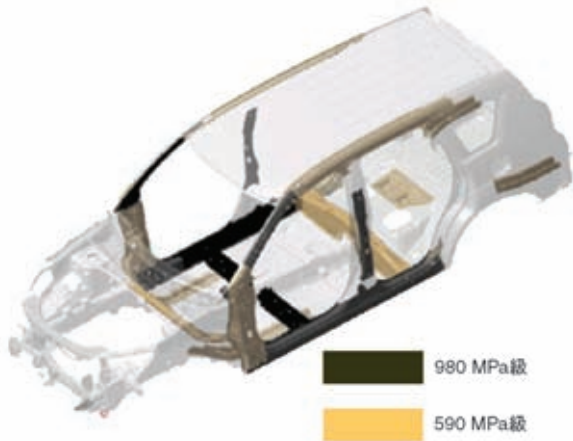


図8 590 MPa級ハイテン& 980 MPa級ハイテン適用範囲

Locations of 590 MPa-class and 980 MPa-class high-tensile steel

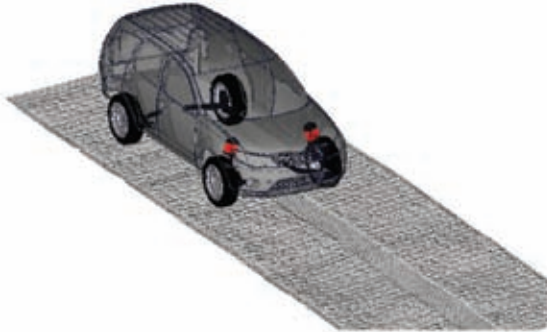


図9 仮想の悪路路面走行解析モデル

Rough-road operation of vehicle model in virtual environment

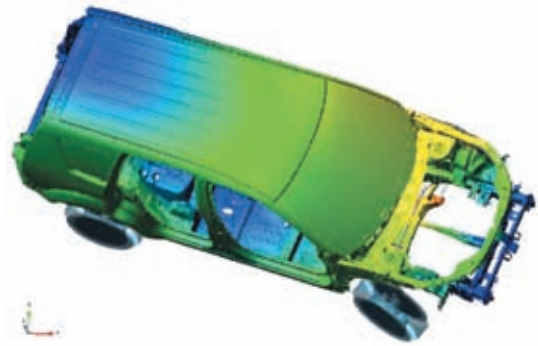


図10 走行中車体変形解析結果

Results of analysis of body distortion during vehicle operation

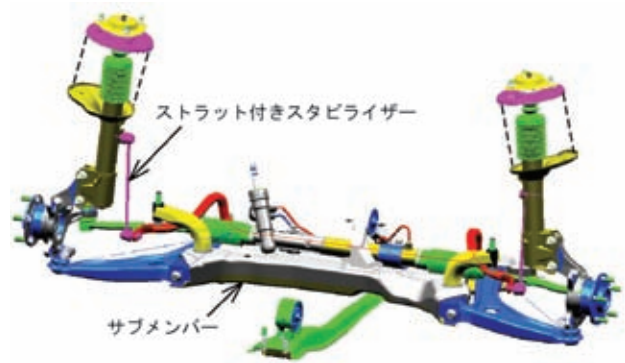


図11 フロントサスペンション

Front suspension

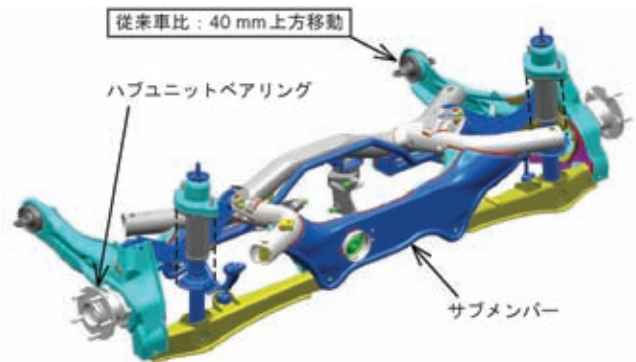


図12 リヤサスペンション

Rear suspension

大きい。図10に走行中の車体ひずみ分布の一例を示すが、(1)、(2)項で高められたボデー剛性に満足することなく、本解析を利用して走行中に発生する大きなひずみ部位を特定しそれを抑制するため、ストラットタワーバー、サイドブレースやロアブレース(図2中に記載)などといった補強材を採用した。採用に当たっては、その効果の一つずつ満足のいくまで走り込むといったチューニング作業を入念に繰り返した。これらの対策により、ボデー全体剛性の指標であるねじり剛性値で当社従来車『エアトレック』に対して+18%、曲げ剛性値で+39%というクラストップレベルの数値を達成した。

また、軽量低重心化のため「ランサーエボリューション」にてノウハウを蓄積したアルミルーフ(PF部品とはいえないが、特徴的な例として記載)を採用し、従来のスチール製に比べて約5kg軽量化した。車体で最も高い位置にあるルーフの重心低減効果はボンネットのアルミ化に比べて約3倍であり、軽量化とともに低重心化にも大きく貢献した。重心高とロール慣性モーメント低減によって操舵応答の遅れ感を解消、ロール・ダイブ・スクワットなど不要な車体挙動を抑制し、乗心地を犠牲にすることなく操縦安定性能を向上させた。

サスは『エアトレック』と同じ形式フロント：マクファーソンストラット/リヤ：トレーリングアーム式マルチリンクを踏襲しているが、ワイドトレッド・低重心化のみならず軽量・高剛性化をねらって主要部品をほぼすべて一新した。フロント・リヤともに十分なストローク設計(前：15mm/後：20mm延長)としアーム延長によるトレッド拡幅(45mm)、更にはストラット付きとし効率を高めたフロントスタビライザーと合わせてロール角を大幅に減少させ、接地感や安定感を容易に感じられるサス性能を得ることができた。

徹底的に形状合理化したサブメンバーをフロント(図11)・リヤ(図12)それぞれに配し、リヤに採用した

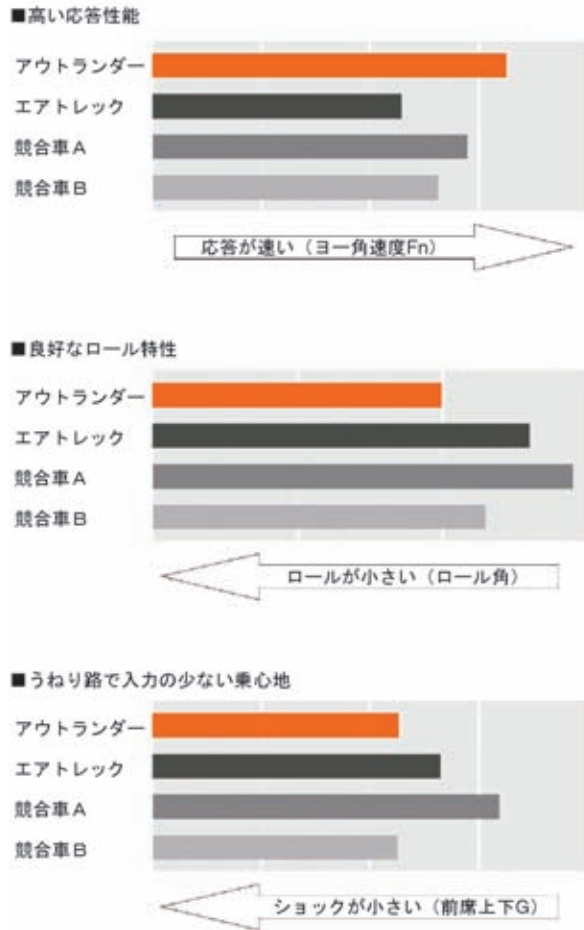


図 13 操縦安定性・乗心地特性例
Example of characteristics on handling stability and ride comfort

第三世代ハブユニットベアリンクとの相乗効果で、軽量化を図りながらサスの位置決め剛性を向上させた。フロントのサブメンバーは後方排気エンジンとの組み合わせにより完全フラット化を実現し、ロアアーム取付点の剛性は前側で2倍、後側で4.3倍に増大、“忠実で正確な操舵感”達成に大きく寄与している。リヤには最適に配置された“井桁”型サブメンバーを採用し、サス取付剛性と精度を大幅に向上させた。また、トレーリングアームの前側取付点を上方移動することにより、タイヤが突起を乗り越す時に「いなす」レイアウトにすることで、“上質でフラットな乗心地”を実現している(図12, 図13)。

その他の特徴装備としては、リヤに採用したモノチューブ(単筒)式ショックアブソーバー(以下、S/Aとする。図14)が挙げられる。「ランサーエボリューション」で採用したモノチューブ式S/Aは、ピストン受圧面積を大きく取れるため、応答性に優れ低速域から十分

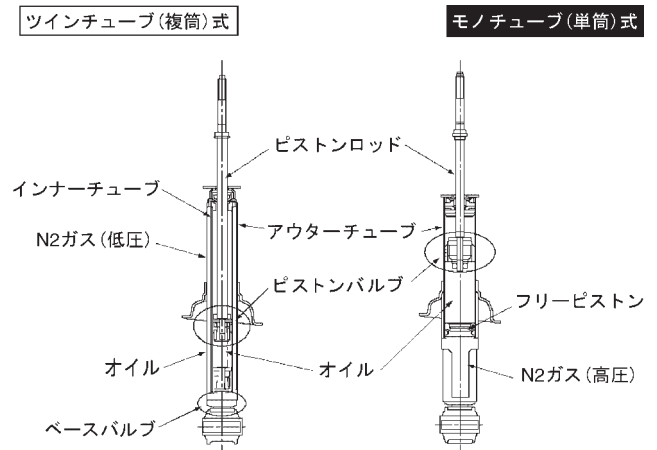


図 14 モノチューブショックアブソーバー
Monotube shock absorber

な減衰力を得ることができる。これにより、走行中の様々なサスの動きに応じて、必要で過不足ない減衰力を即座に発生させることができ、開発のねらいに「よりマッチ」したサス性能となった。

(4) 静粛性

細部にまでこだわって高剛性化・高耐力化したPFはそれだけでも、エンジンや駆動系、タイヤからの振動伝達抑制効果は大きい。万全を期して、制振材を適正部位に配置することで不快な振動をほぼ完全に遮断することに成功している。

透過してくる音についても、骨格内に液状タイプの発泡充填式遮音材で対応した。従来のシートタイプと比較した場合、レイアウト及び生産上の制約を受けにくく、より適正な箇所への塗布が可能であり、高い遮音効果を得られ“より快適な車内空間”提供に一役買っている。

4. あとがき

以上がPF適用技術の概要であるが、その他にも多様な技術を盛り込むことで、先の要求性能を満足させ魅力的な商品に仕上げることができたと自負している。ここで紹介した新開発PFは、まずは新型『アウトランダー』に採用されたが、今後は当社Cセグメント(小型乗用)車種群のベースとして採用されるものである。お客様の多様なニーズに応えるべく、その形態を様々に変えた商品がこれからも開発されることになるが、それら商品性能の根幹を本PFが担うことになる。このPF開発に携わってきた我々としては、更に磨きをかけ「より多くのお客様に喜んで頂ける商品」を開発していきたいと決意を新たにしている。



井上靖浩



矢島嗣元



黒須高幸



高野一郎



林 賢司



佐藤康充



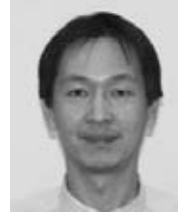
柳瀬純一



小林英市



松見敏行



近藤真一

アルミルーフ適用技術の開発

Development of Application Technology of Aluminum Roof

松村 吉修*

Yoshinobu Matsumura

近藤 崇敬**

Takayoshi Kondo

吉原 靖昌***

Yasumasa Yoshihara

奥村 明敏****

Akitoshi Okumura

三崎 利次**

Toshitsugu Misaki

佐久間 淳夫***

Atsuo Sakuma

福本 幸司****

Koji Fukumoto

吉田 智美**

Tomomi Yoshida

前田 正幸***

Masayuki Maeda

杉浦 裕****

Yutaka Sugiura

概要

ランサーエボリューション MRにおいては、重量低減による走行性能への効果を最大限にするためスチール製ボデーの車両でアルミ製ルーフパネルを初めて採用した。アウトランダーにアルミ製ルーフパネルを採用することで、車高の高いSUVでありながらセダン並みの高い走行性能を実現することを目的に開発を進めた。その結果、ランサーエボリューションで開発した熱歪み解析及び接合技術について解析精度の向上及びSPR接合のメカニズムを解明したのでここで紹介する。

Abstract

To maximize the beneficial effect of weight reduction on drive performance, an aluminum roof panel was adopted for LANCER EVOLUTION VIII MR – the first Japanese-made steel body with aluminum-roof vehicle. Subsequently, a development project was carried out to achieve high drive performance comparable with that of sedan models for the tall SUV by introducing an aluminum roof panel into OUTLANDER. As a result, the accuracy of the thermal deformation analysis method developed for LANCER EVOLUTION could be upgraded, and the SPR joining mechanism was elucidated. The present paper describes these two aspects.

Key words: Body, Aluminum, Weight Reduction, Thermal Deformation, Self-Piercing Rivet

1. はじめに

「走りの三菱」のDNAを進化させる一つとしてランサーエボリューション MR（以下、エボとする）ではフード、フェンダーのみならず日本で初めてルーフにアルミ材を採用することで低重心化、低ロール慣性モーメント化を図り、より高い運動性能を確保している⁽¹⁾⁽²⁾。

この技術は車高の高いSUVにおいてより大きな効果が得られることから、2005年10月に発売したアウトランダーへ採用した（図1）。

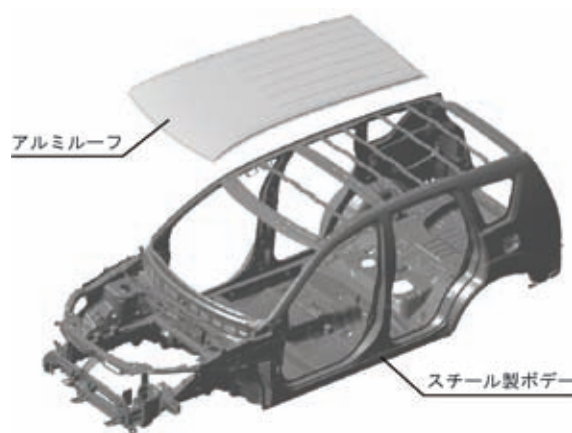


図1 アルミルーフの構造
Structure of aluminum roof

アルミ材はスチールとは異なる材料特性のため

- (1) 成形性
- (2) 接合方法
- (3) 電食

* 技術開発本部 先行車両技術部
** 技術開発本部 ボデー設計部
** 技術開発本部 デジタル技術室
** 生産技術本部 ボデー生産技術部
*** 水島製作所 軽・商用車組立工作部
*** 品質統括本部 水島品質管理部
**** 三菱自動車エンジニアリング(株) 水島生産技術部
**** (株)神戸製鋼所 アルミ・銅カンパニー 技術部
***** サンスター技研(株) ケミカル事業部
***** 東京貿易テクノシステム(株) 生産・製品管理室

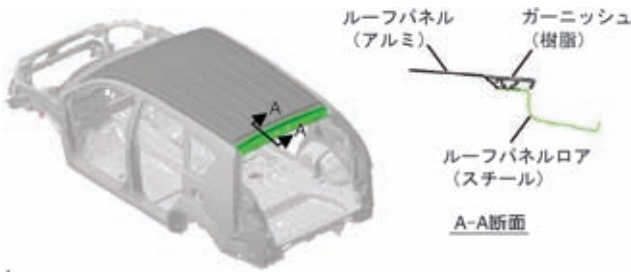


図2 ルーフ後端部の構造
Structure of rear end of roof

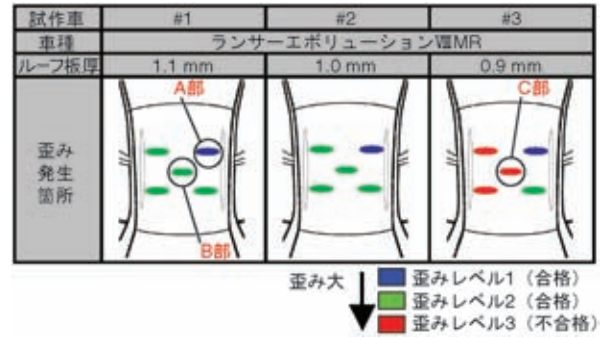


図4 試験車での歪み官能評価結果
Results of evaluation of test vehicles by human sense

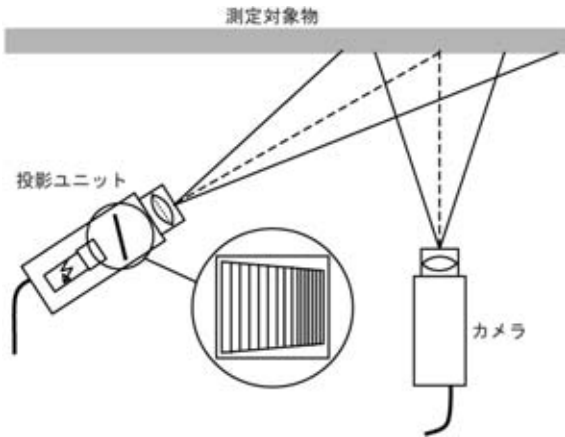


図3 ABISの原理
How ABIS works

(4) 塗装熱処理工程による外板熱歪み（以下、熱歪みとする）

といった問題を抱えている。

成形性にはCAE解析技術，接合にはセルフピアシンググリベット（以下，SPRとする），電食には接着剤，熱歪みには解析技術を用いて対応している。

ここでは熱歪み解析技術の精度向上手法，SPRの接合メカニズムと軽量高剛性ボデーに採用した590 MPa級高張力鋼板との接合について紹介する。

2. アルミルーフの構造概要

材料は，エボ同様6000系のアルミ合金板を使用し，耐デント，積雪強度などのルーフパネルに求められる性能を満足しつつスチール製に対し約5 kgの軽量化を実現することができた。

ルーフの構造はアルミの成形性を考慮し，図2のとおりルーフ後端部は分割タイプとした。分割部はルーフパネルと同色の樹脂製のガーニッシュを装着することで意匠性を確保した。

3. 熱歪み解析技術の向上

エボでは，開発時に塗装の熱処理工程での加熱による外観品質上問題となる歪みがルーフサイドに認められた

ため，熱歪み解析⁽³⁾及び実車にて効果を確認した大型のデザインビードを設置した。

アウトランダーでは，実車を用いることなくCAEによる熱歪み解析のみで適合することを目的として以下の二つの項目について解析技術向上を図った。

- (1) 熱歪み解析値の評価基準確立
- (2) マスチックシーラー特性を考慮した熱歪み解析技術の向上

3.1 熱歪み解析値の評価基準確立

完成車の熱歪み良否は，目視による官能評価で行われているが，それらの評価の定量化を試みた。

- (1) 歪みの定量化

熱歪み解析値の評価基準を確立するには，まず熟練した検査員の目による官能評価を定量化することが必要である。歪みを定量化するためスライムパクリ社製の歪み測定機 Automatic Body Inspection System（以下，ABISとする）を使用した。ABISの測定精度は10μmである。これまでの知見より歪みは数十μm程度であることから熱歪みの測定は可能と判断した。図3にABISの原理を示す。

- (2) ABISでの実車測定

実車での評価はエボにて行った。熱歪みの低減には板厚増加が効果的と考え，エボの現行板厚1.1 mmと1.0 mm，0.9 mmと板厚を変えた3種類のアルミルーフにつき，実車評価を行った。図4に官能評価結果を示す。板厚が薄くなると歪みのレベルが大きくなることが確認でき，熱歪みに対する板厚増加の効果が確認できた。ここで板厚0.9 mmでは，不合格となる歪みレベル3の熱歪みがあり，車両として不合格となる。

次に官能評価結果とABISでの測定結果との比較を行った。官能評価での歪みレベル1，2，3と判断された部位をABISで測定した結果を図5に示す。歪みレベルごとにABISによる歪み量の大きさが異なることが確認でき，不合格と判断する歪みレベル3をABISの結果より定量化することができた。

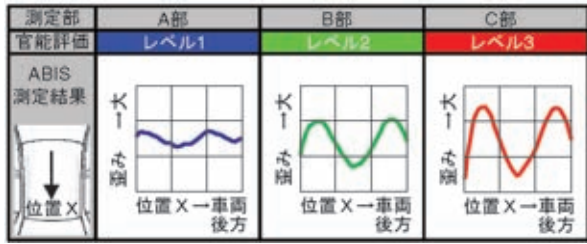


図5 ABISでの歪み測定結果
Deformation measurements by ABIS

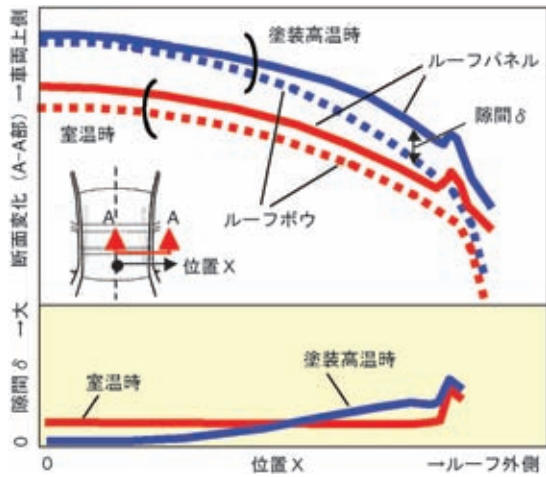


図6 塗装熱によるルーフパネルとルーフボウの隙間変化
How the gap between roof panel and roof bow is changed by heat during painting process

3.2 マスチックシーラー特性を考慮した熱歪み解析技術の向上

アウトランダーのようなSUVのルーフはエボのようなセダンタイプに比べ一般的に大きく、ルーフ中央部のパネル剛性が低くなる傾向にある。そのため、ルーフボウとルーフパネルとの間に塗布するマスチックシーラー（以下、マスチックとする）の熱収縮による熱歪みが問題となることがある。3.1項で試作したエボのようなセダンタイプのルーフにおいても、板厚が薄くパネル剛性の低いルーフではルーフ中央部に熱歪みが確認されている。アウトランダーでは、マスチックによる熱歪みを考慮した解析技術を開発した。

(1) マスチック部の熱歪み発生メカニズム

マスチック部は、熱処理工程による熱変形により常温時と高温時でルーフパネルとルーフボウの隙間が図6のように変化する。マスチックが高温時に硬化すると、熱処理工程後常温に戻ったときパネル剛性の低いルーフパネルに熱歪みが発生すると考える。

(2) マスチックのモデル化

単位面積当たりの厚さに依存するマスチックの特性をモデル化するため、マスチック厚さを変えた試験片にて剥離試験を行った。その結果、図7に示すように、試験

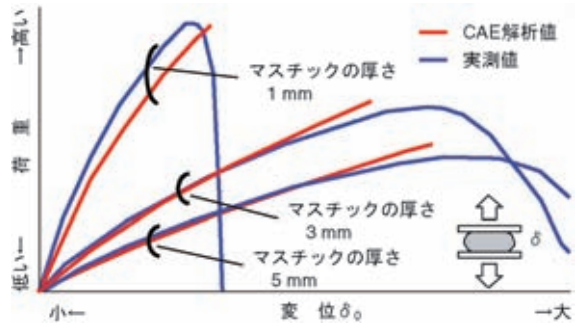


図7 マスチックのモデル化 妥当性確認結果
Model mastic proven to be correct

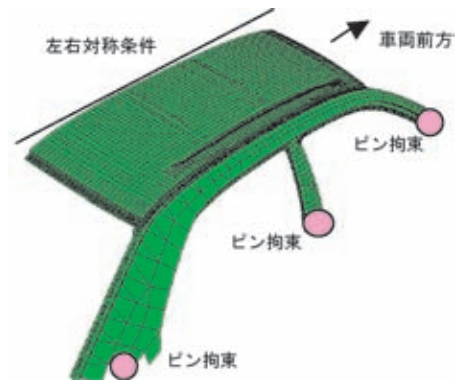


図8 エボ形状での解析モデル
Analysis model matched with EVO's shape

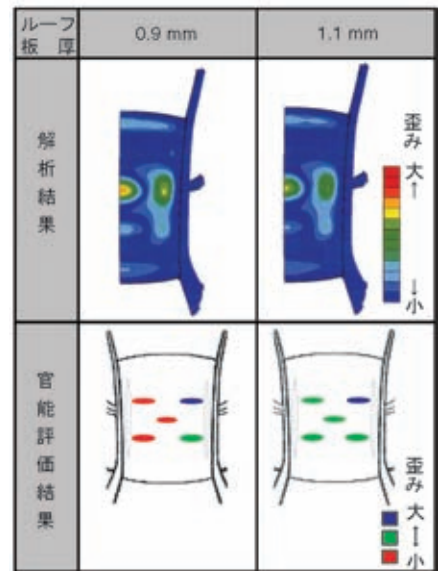


図9 エボ形状での解析結果及び実車結果
Analysis results and evaluation by human sense of real car – EVO

結果と解析結果は良い相関があることを確認した。

(3) エボルーフ形状での熱歪み解析

エボのルーフ形状に熱処理工程による熱変形やマスチックの特性を盛り込み、図8に示すモデルを用いて解析を行った。なお、硬化後のマスチックは、特性が変化しないと仮定した。その結果、図9に示すような解析結果

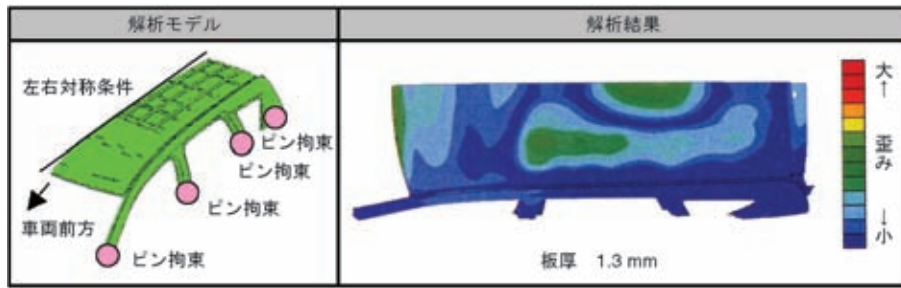


図 10 アウトランダー形状での解析結果
Analysis result – OUTLANDER

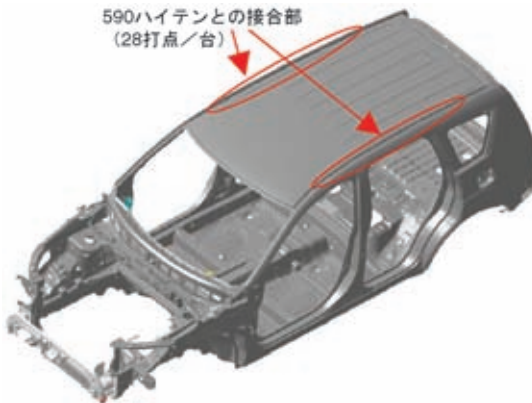


図 11 590ハイテンとの接合部
Junction with 590 Hi-Ten

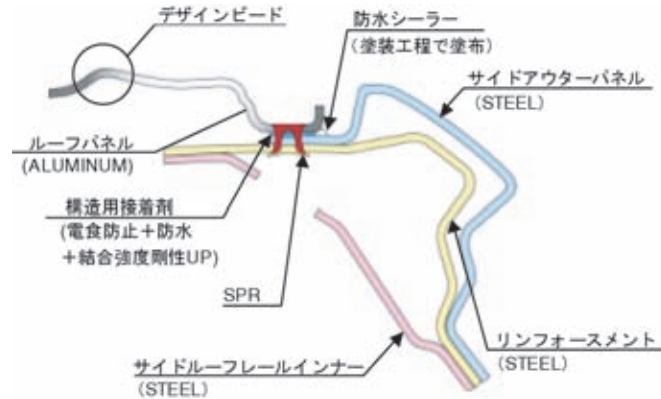


図 12 アウトランダー SPR 接合断面
Sectional view of SPR joint for OUTLANDER

と実車での官能評価結果とは良い相関があることを確認した。ABIS での測定結果で得られた歪みレベル3の数値を用いることでCAE解析にて熱歪み不合格を判定する基準を設定することができた。

3.3 アウトランダーへの適用

アウトランダーのルーフ形状に3.2項のマッシュアップのモデルを盛り込んで熱歪みを確認した。その結果、ルーフサイド部にはエボ同様デザインビードを設定するとともに、ルーフ中央部のマッシュアップによる熱歪みには板厚を1.3mmとすることで対応できることを確認した(図10)。

4. 接合技術

エボと同様にアルミルーフとスチール製モノコックボデーを接合する技術として、SPRを採用した。SPRの管理指標を設定するため接合メカニズムを明確にしたので以下に概要を述べる。また、今回アウトランダーで採用した新開発の軽量高剛性ボデーでは図11に示すルーフパネルと接合する部分に590MPa級高張力鋼板(以下、590ハイテンとする)を採用している。SPRを用いた590ハイテンとの接合に関してはこれまで報告例が少ない⁽⁴⁾~⁽⁷⁾ため、590ハイテンとのSPR接合技術についても以

下に概要を述べる。図12にアウトランダーでの接合部構造を示す。

4.1 管理指標の設定

SPRで板2枚を接合し剥離試験を行った場合の破断モードは、図13(a)に示す上板からSPRが抜ける場合と下板からSPRが抜ける場合の二つの破断モードが存在する。SPRの接合強度は材料強度と板厚に加え、図13(b)に示すリベット脚部の食い込み量とリベット頭部の出入り量の影響を大きく受ける⁽⁴⁾。上板からSPRが抜けた場合の剥離荷重を F_{head} 、下板からSPRが抜けた場合の剥離荷重を F_{leg} とすると、 F_{head} はリベット頭部の出入り量と、 F_{leg} はリベット脚部の食い込み量と相関があると考えられる。ここで、図13(c)に示すようにリベット頭部の出入り量とリベット脚部の食い込み量の関係を見てみると相関があることが分かったので、管理指標としては、生産ラインで適用しやすいリベット頭部の出入り量を用いることとした。

剥離荷重 F は式(1)に示すとおり F_{head} と F_{leg} の小さい値となる。

$$F = \min (F_{head} , F_{leg}) \quad (1)$$

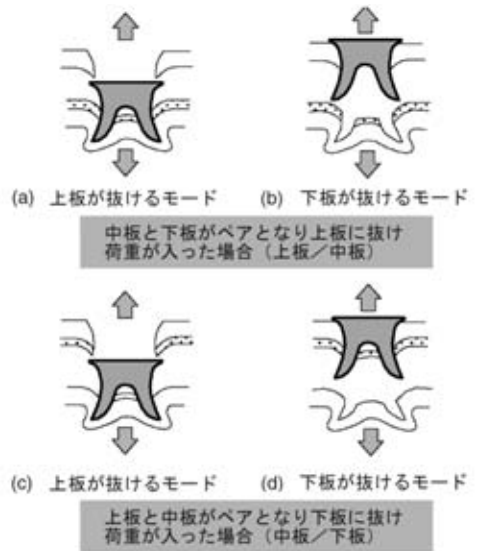
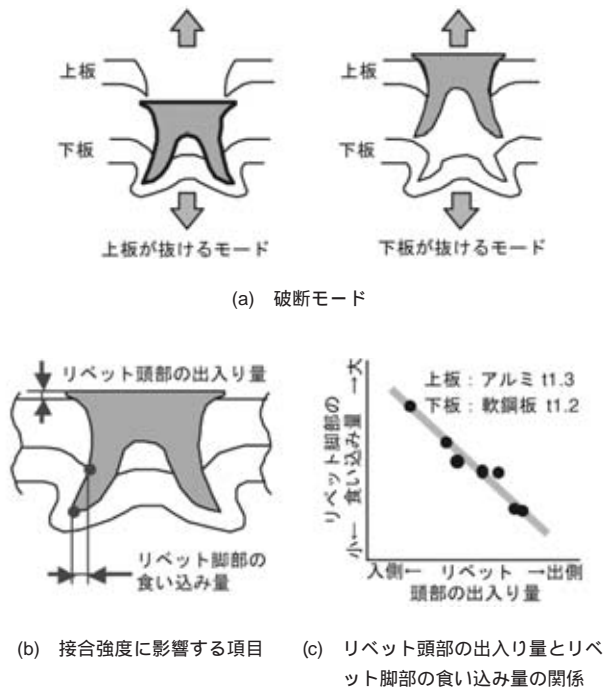


図 14 板 3 枚での破断モード

Two alternative ways that the three plates are torn apart

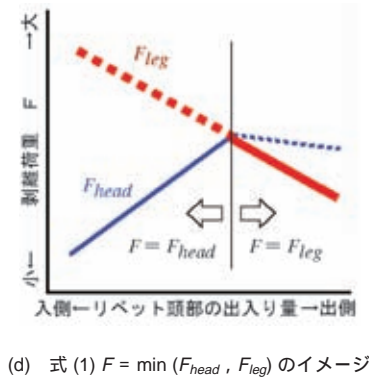


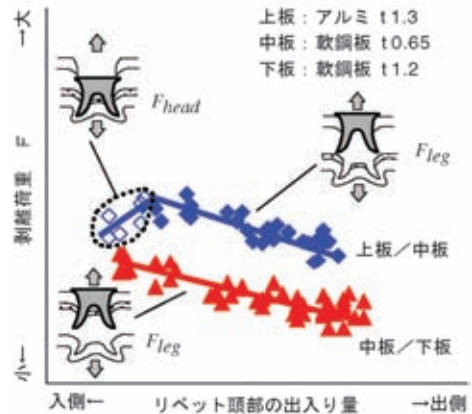
図 13 SPR 接合強度の考え方
SPR joint strength

- F : 剥離荷重
- F_{head} : 上板から SPR が抜けた場合の剥離荷重
- F_{leg} : 下板から SPR が抜けた場合の剥離荷重

また、図 13(d) に示すように、 F_{leg} はリベット頭部の出入り量が出側になると剥離荷重が小さくなるのに対し、 F_{head} はリベット頭部の出入り量が出側になると大きくなる。これはリベット頭部の出入り量が入側になることで母材にリベットが食い込み、母材の肉厚が薄くなることで剥離荷重が小さくなったためと考えられる。次に、管理指標として設定したリベット頭部の出入り量と剥離強度試験結果の例を示す。

4.2 管理指標の妥当性評価

アルミルーフの接合では、上述した板 2 枚の場合だけではなく、板 3 枚の接合が存在し、図 14 に示す四つのパターンの破断モードが存在する。ここで、破断する際



の荷重の入力パターンとしては中板と下板がペアとなり上板に抜け荷重が入る場合（以下、上板/中板とする）と上板と中板がペアとなり下板に抜け荷重が入る場合（以下、中板/下板とする）の二つの入力パターンが存在する。図 15 に上板（アルミ 1.3 mm）、中板（軟鋼板 0.65 mm）、下板（軟鋼板 1.2 mm）の板厚・材料組み合わせにおける剥離強度試験結果を示す。中板/下板の場合は F_{leg} のみとなる。また、上板/中板は式(1)で整理でき、剥離荷重 F は図 13(d) の形態となっている。以上より種々の破断モードでも剥離強度をリベット頭部の出入り量で評価することが可能であることを確認した。

4.3 590 ハイテンとの接合

次に下板が 590 ハイテンの場合の接合強度について考える。図 16 に上板（アルミ 1.3 mm）、中板（軟鋼板 0.65 mm）、下板（590 ハイテン 1.2 mm）の場合の剥離試験結

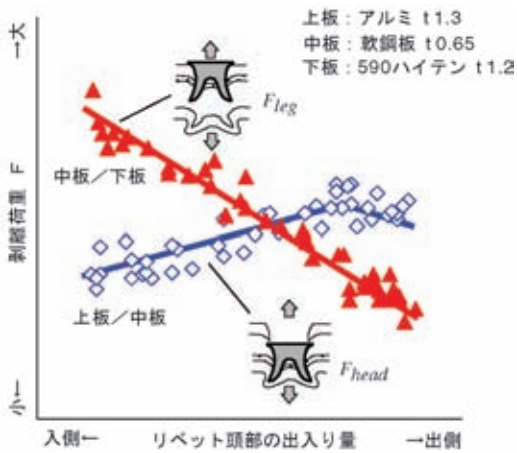


図 16 剥離強度とリベット頭部の出入り量の関係 (590ハイテン部)
Correlation between peeling strength and extent to which rivet head pokes out (590 Hi-Ten)



図 17 アウトランダー メインライン内での SPR 接合状況
SPR joining along OUTLANDER main line

果を示す。下板が軟鋼板の4.2項の結果とは、上板/中板と中板/下板の関係が異なることが分かる。これは下板が590ハイテンの場合、リベット脚部の食い込みによる抜け荷重が高くなったことに起因している。その結果として上板/中板では上板のアルミが剥がれるといった結果となった。図17にメインライン上でのSPR接合状況を示す。

5. アルミルーフの効果

アウトランダーにアルミルーフ、スチールルーフを搭載した場合の運動性能への効果を実車にて確認した。その結果、図18に示すとおりスチールルーフ車に比べ、ヨーレイト4%、ロールレイト9%、ロール角14%向

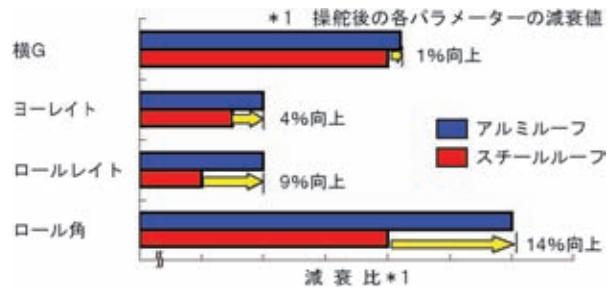


図 18 アウトランダーでの実車での運動性能確認結果
Verification of OUTLANDER driving performance

上していることが確認できた。これにより車高の高いアウトランダーにおいても操舵時の車両挙動安定化を実現することができた。

6. あとがき

アウトランダーにアルミルーフを採用するため、ここで紹介した熱歪みの解析技術及び接合技術の向上に挑戦した。その結果、お客様に三菱技術DNAを感じて頂ける商品を提案することができたと考える。なお、最近の車体は、軽量化のためハイテン材適用の要求が高く、590ハイテンより高強度なハイテン材との接合技術に関しては、更なる技術開発が必要と考え、研究に励んでいく。

なお、本開発に当たりご協力頂いた(株)神戸製鋼所、サンスター技研工業(株)、東京貿易テクノシステム(株)並びに社内外の関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- (1) 松村吉修, 小川伸一ほか: ランサーエボリューションの運動性能向上のための軽量化技術開発, 三菱自動車テクニカルレビュー, NO. 16, p. 82 ~ 87, 2004
- (2) 橋本徹ほか: 三菱自動車のDNA, 三菱自動車テクニカルレビュー, NO. 17, p. 8 ~ 12, 2005
- (3) 福本幸司ほか: 有効幅理論を用いたパネルの熱歪み評価, 自動車技術講演会前刷集, No. 72-05, p. 15 ~ 20, 2005
- (4) 岩瀬哲, 笹部誠二: 各種アルミニウム合金へのセルフピアスリベットの適用, 自動車技術講演会前刷集, No. 83-99, p. 1 ~ 4, 1999
- (5) 石川晴雄ほか: 自動車における環境負荷低減と材料ハイブリッド車体(), 軽金属溶接 Vol. 41, No. 8, p. 345 ~ 355, 2003
- (6) 藤村英文, 森孝男: アルミ - 高張力鋼 SPR 継手の引張せん断強度評価, 自動車技術講演会前刷集, No. 90-03, p. 1 ~ 4, 2003



松村吉修



三崎利次



吉田智美



近藤崇敬



佐久間淳夫



前田正幸



吉原靖昌



福本幸司



杉浦 裕



奥村明敏

新世代電子プラットフォームの開発

Development of a Next Generation Electronics Platform

深津 弘樹* 金田 浩司* 酒井 邦宏*
Hiroyuki Fukatsu Hiroshi Kaneda Kunihiro Sakai
徳永 哲智* 小川 智*
Akitoshi Tokunaga Satoshi Ogawa

概要

新型アウトランダーでは、電装品の高度化を支える基盤となる電子プラットフォームを一新した。新世代電子プラットフォームは、ECU通信ネットワークの増強や、最新の故障診断技術や機種切替え書込み技術など高度な基盤技術の導入により、電装品の高機能化、ECUの部番削減や共用化、ハーネスの削減などを実現した。

Abstract

As part of the new OUTLANDER project, we have upgraded the electronics platform in order to realize a foundation for answering the needs of ever-evolving electrical components.

Through the enhancement of the ECU communication network and introduction of cutting-edge failure diagnosis technologies, variant coding, and other advanced infrastructure technologies, we have realized greater functionality in electrical components, the reduced number and increased combined usage of ECUs, and the reduced number and lengths of harnesses.

Key words: Electronics Platform, Communication, E/E Architecture, Diagnosis, Gateway

1. ま え が き

当社では、2002年に発売したコルト以降、新型車にCANプロトコルを基幹とする通信システムを導入し、ハーネス削減や電装品の高機能化に対応してきた⁽¹⁾が、近年、一層の高機能化や故障診断機能向上などに対する要求の高まりから、通信ネットワークに接続するECUの数は急増し、現状の通信システムでの対応は限界となった。

今後も加速が予想される前記要求に対応するためには、通信ネットワークの増強だけでなく、基盤となる故障診断技術やソフトウェア技術など電装品を支えるインフラストラクチャー、すなわち電子プラットフォームの整備が不可欠となる。

新型アウトランダーでは、多くの先進の技術を取り入れて、今後の当社のスタンダードとなる新世代の電子プラットフォームを開発し、電装品の高機能化やECUの部番削減や共用化、ハーネスの削減などを実現したので、その概要を紹介する。

2. 新世代電子プラットフォームの概要

アウトランダープラットフォームのライフサイクルを通して、高度化するECUに対応する電子プラットフォームを提供するために以下が課題となった。

- ・ ECU数増加に対応する通信ネットワークシステムの構築
- ・ 通信ネットワークの複雑化に伴う、通信ソフトウェアの品質向上
- ・ 故障診断機能の向上
- ・ コストダウンのためのECU部番削減 / 部品共用化の推進及び電源系の合理化
- ・ サプライヤー標準ECUの使用

このどれもが、従来から当社で採用している技術では対応できないものであった。これらの課題を解決するため、通信ネットワーク、ECU基盤技術、電源系システムに新技术を導入し、電子プラットフォームを一新した。以下にその技術的特徴を説明する。

3. 技術的特徴

3.1 通信ネットワーク

電装品の高機能化に伴うECU数の増加に対応するた

* 技術開発本部 電子技術部

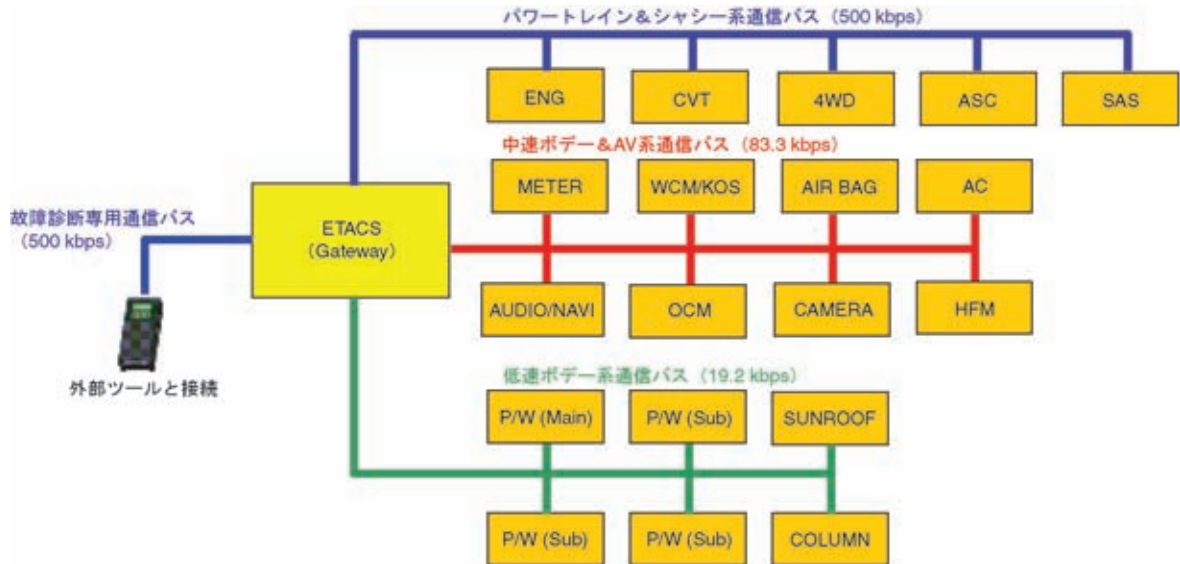


図1 アウトランダー ネットワークアーキテクチャー
OUTLANDER's network architecture

め、ECUの特性に応じた4系統の通信バスを持つ通信ネットワークを開発した。四つの通信バスはゲートウェイECUを介し、ネットワーク間で相互にデータのやりとりができる。次にネットワークアーキテクチャーとゲートウェイについて詳細を説明する。

3.1.1 ネットワークアーキテクチャー

ネットワークアーキテクチャーは図1に示すように、車載ECUの機能に応じてパワートレイン&シャシー系バス（CAN-C：500 kbps）、中速ボデー & AV系バス（CAN-B：83.3 kbps）、低速ボデー系バス（LIN：19.2 kbps）及び故障診断専用バス（CAN-C：500 kbps）の4系統から構成され、全通信バスはすべてゲートウェイ機能を内蔵するETACS（Electronic Time & Alarm Control System）を介して接続される。

パワートレイン&シャシー系バスには、エンジン、CVT、4WD、ASC（Active Stability Control）、ハンドル角センサーが接続され、中速ボデー & AV系バスにはコンビネーションメーター、ワイヤレスコントロール、エアバッグ、エアコン、AUDIOなどの各ECUが接続される。低速ボデー系バスには、パワーウィンドウ、サンルーフ、コラムスイッチの各ECUが接続される。故障診断専用バスは、ダイアグノシステスターと接続して各ECUの故障診断情報を転送する通信バスである。ダイアグノシスコネクタから車内の通信ネットワークに直接接続できない構成となっており、他の三つの内部バス（On-Boardバス）のセキュリティ性を向上している。

3.1.2 ゲートウェイ

複数の通信バスを繋げるため、ETACSにネットワークの中心となるゲートウェイ機能を持たせた。ここでゲートウェイとは、バス上のデータを受信し、受信データ

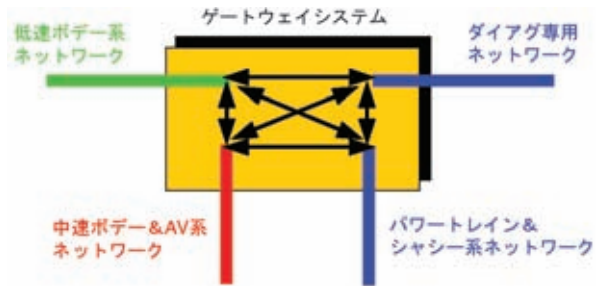


図2 ゲートウェイシステムの機能
Gateway system functionality

を別のバスへ転送する機能であり、ETACSは先に述べた四つの通信バス間のデータ中継を行う（図2）。

転送処理技術には、受信した1フレームをそのまま別の通信バスへ転送するメッセージルーチングと複数のフレームに定義された各シグナルを一つのフレームにまとめて転送するシグナルルーチング（図3）がある。一方、機能的にはOBDD（On-Board Data Transfer）、DMR（Diagnostic Message Routing）、NMM（Network Message Mirroring）の三つに大別される。OBDDとはOn-Boardのパワートレイン&シャシー系、中速ボデー & AV系、低速ボデー系のバス間で双方向にデータ転送を行うことをいう。OBDD機能にはメッセージルーチング技術とシグナルルーチング技術が適用される。DMRとは故障診断専用バスとOn-boardバス間の転送を指す。NMMとはOn-Boardバスを流れる全データを故障診断専用バスへ転送する機能を指す。DMRとNMMはどちらもメッセージルーチング技術のみが適用される。

加えて、ゲートウェイは常に通信ネットワークを監視し、故障診断を行うようにした。通信バスの物理的故障

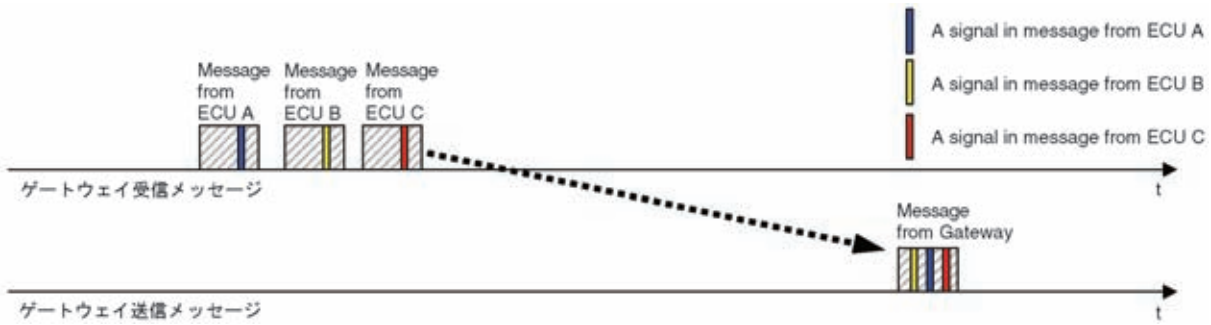


図3 シグナルルーティング処理説明図
Signal routing process

(断線, 短絡)を診断し, 結果をDTC (Diagnostic Trouble Code)として記憶する. また, 送信ECUの送信状態をモニターし, 送信が途絶するとその結果をDTCとして記憶する.

3.2 ECU基盤技術

新電子プラットフォームには, 以下に概説するECU基盤技術をすべてのECUに盛り込み, 部番削減や故障診断機能向上などに貢献した.

(1) ソフトウェアモジュール

従来から, CAN送受信部分を受け持つソフトウェアモジュールを採用し, 同一モジュールを全ECUに組み込むことで品質の確保を図ってきたが, 新プラットフォームでは送受信メッセージのスケジュール管理機能, ネットワークマネージメント機能, ダイアグノシス機能, 通信データフロー制御機能を受け持つモジュール群を採用, ECUへ組み込むことで一層の品質確保を図った(図4).

(2) ダイアグノシス

従来から, 送信ECUの正常送信を受信ECUがモニターし, その結果をDTCとして記憶する機能(Loss of ECU)を採用してきたが, 今回故障診断機能に関する大幅な改善を図った. 主な新規機能を以下に示す.

・フリーズフレームデータ

故障を検出した前後の車両状況を確認するため, DTC発生時のODO値や故障中である積算時間などを記録する. これらの情報を総称してフリーズフレームデータと呼ぶ.

・クロノスタック

テスターからのコマンドにより消去可能なDTCとフリーズフレームデータの記憶領域をクロノスタックと呼ぶ. クロノスタックにはDTC発生時のODO値や故障中である積算時間などが記憶される. ディーラーなどが故障診断テスターでモニターするDTCはクロノスタック領域のDTCである.

・テルテールリテンションスタック

ディーラーのテスターからのコマンドでは消去不可

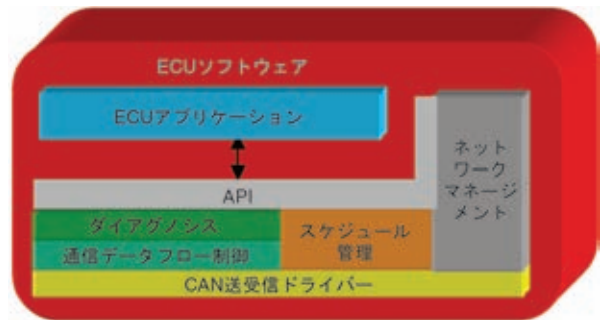


図4 ソフトウェアモジュール構成図
Software module configuration

能な記憶領域をテルテールリテンションスタックと呼ぶ. クロノスタックと同様のデータが記憶され, ディーラーでのデータ消去後も開発部門が不具合原因を調査可能とした.

(3) 機種切替え書込み

機種切替え書込みとは, ソフトウェア仕様切替えのためのパラメーター書込み機能であり, バリエーションコーディングとも呼ぶ. ECUは書き込まれた国別情報, エンジン種別などのパラメーターに従いその制御を切り替える. パラメーターの書込みは当社で行うため, ECU納入時の品番数を抑えることができ, 製造原価, 部品管理費などコスト削減に寄与している. 詳しくは別稿「ECU機種切替え書込みシステム」を参照頂きたい.

(4) リプログラミング

フラッシュメモリーを使用したECUの場合, ソフトウェアの書き換え(リプログラミング)が可能である. 新世代電子プラットフォームではリプログラミング仕様を統一し, CANを経由した高速リプログラミングを可能とした.

(5) セキュリティアクセス

ダイアグノシステスターはECUに記憶された様々な情報を取り出すことができる. そのような情報のいくつかは社外に対し秘匿性の観点から, 外部から容易にアクセスできなくする必要がある. そこで情報の重要度により,

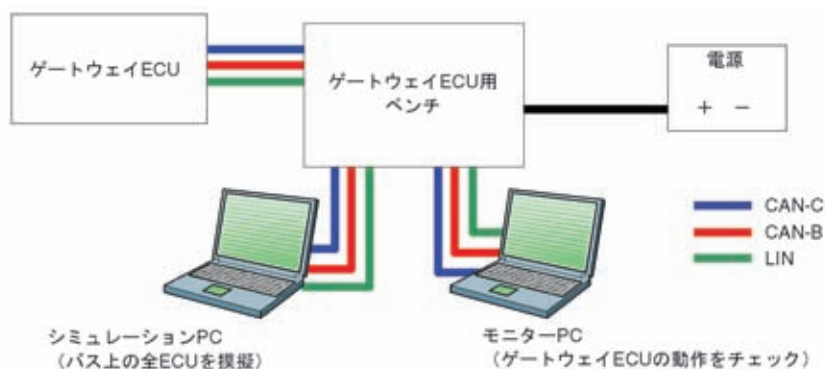


図5 ゲートウェイ台上試験装置構成図
Gateway bench test equipment

セキュリティレベルと呼ぶアクセス権限レベルを設定し、そのアクセス権限レベル以上のダイアグノシスターでなければ、情報をモニターできない仕組みを採用した。

3.3 電源系

電源系システムの大幅な合理化を実施した。従来、イグニッションスイッチからの直切りにより供給されていた電源を、ジャンクションボックス一体のETACSで集中管理し、リレー制御による電源供給へと変更した。イグニッションキーの状態をETACSが検知し、キー位置によりACC、IG系電源リレーを制御している。イグニッションスイッチを経由することなく、各電装品へ電源を供給することで、電源系配線の合理化を達成している。詳しくは別稿「アウトランダーにおけるETACSの機能進化」を参照頂きたい。

4. 信頼性の評価

これまで説明したように、新世代電子プラットフォームは、4系統の通信バス、それらを接続するゲートウェイ、ECUの機種切替え書込み機能など、既存のシステムから大幅に進化した。このシステムの信頼性を確保するために行った試験の一部を以下に示す。

4.1 ネットワーク通信確認試験

(1) 台上試験及び車両試験

台上試験では、台上に車両ハーネスを置き、各ECUを接続して試験を実施した。主にソフトウェア機能を試験し、通信データ内容、通信バス負荷、通信エラー発生後の復帰処理などを確認した。通信データ内容の確認では送信ECUと受信ECUでデータ整合性に問題がないかチェックを行った。また、4.2項で述べるゲートウェイ試験も主に台上試験で行った。

車両試験では、通信線の断線短絡試験（電源系やGNDとのショート）などハードウェアに関する試験を行った。実際の車両では、ハーネス断線の可能性は少なからず存

在するため、実車両で上記試験を実施し、車両挙動、各ネットワーク通信の状態、各ECUに記憶される故障コードを確認した。その他、電氣的ノイズ試験、過渡サージ試験、静電気試験などを行い、通信系に異常が発生しないことを確認した。

(2) HILS (Hardware In the Loop Simulator) によるネットワーク故障の確認試験

断線・短絡の故障モードはネットワーク全体で数百パターン以上の組み合わせを持っているため、HILSを用いて、故障環境を作り出し、各ECUが記憶するDTCの確認を自動で行った。これにより、試験工数の大幅な短縮を実現した。

4.2 ゲートウェイ確認試験

ゲートウェイの故障は、ゲートウェイを介してデータを授受するECUに影響を与え、シグナルの重要度により車両全体の動作に問題を生じさせる。そのため、全ゲートウェイ対象データについて細部にわたって仕様どおり動作するか確認した。試験実施時の試験装置構成を図5に示す。確認項目としては、ルーチング処理の動作確認、ルーチング処理時間などに加え、通信バスの故障診断機能確認などを行った。

4.3 機種切替え書込み確認試験

正常にECUへ機種切替え情報が書き込まれないとECUは車両に不適合な状態となり、車の挙動に影響を与える。そのためエラーハンドリングも含め細部にわたって仕様どおり機能するか確認した。試験は様々な書込み条件のもとでパラメーターを書き込み、ダイアグノシスマニターで正常に書き込まれたかを確認した。

5. あとがき

新世代電子プラットフォームを開発し、制御機能及び故障診断機能の向上、コスト削減など幅広い領域で大きな成果を達成することができた。それは、電装品の高機

能化に対応するための通信バス数の増強，故障診断の利便性を高めるためのフリーズフレームデータ導入，コスト削減のための機種切替え書込み及びびりプログラミング，そしてサプライヤー標準 ECU を採用するための標準通信プロトコルの導入などであった。

今後も継続して新しい通信技術を取り入れながら，電気・電子的アーキテクチャーを車両全体で最適化することに取り組んでいきたい。

最後に本開発を進めるに当たり多大なご尽力を頂いた社内外の関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 佐野喜亮ほか：新車内通信システムの開発，テクニカルレビュー，NO. 16，2004



深津弘樹



金田浩司



酒井邦宏



徳永哲智



小川 智

ECU機種切替え書込みシステム

ECU Variant Coding System

滝水 宏樹* 深谷 俊樹**
Hiroki Takimizu Toshiki Fukaya
伊藤 嘉章** 坂野 信彦**
Yoshiaki Ito Nobuhiko Sakano

概要

新型アウトランダーより、ECU（Electronic Control Unit）機種切替え書込みに対応した設計、生産、サービス一貫システムを開発、導入した。このシステムは機種切替えデータを車種や装備情報などを規定した既存のリスト体系の中で作成、管理でき、更に、人手を介することなく車両組立ラインやサービス部門に提供することが可能である。

Abstract

Mitsubishi Motors Corporation (MMC) has developed and introduced the new integrated system allowing design, production, and after-sales sections to support Electronic Control Unit (ECU) variant coding, and this system was first installed in the new OUTLANDER. The said system makes it possible to create and manage variant coding data within an existing list system through specifications of model and equipment information; furthermore, this data can be supplied to vehicle assembly lines and after-sales departments without the need for manual input.

Key words: Electronics, Information System, Production Engineering, Service

1. はじめに

従来、車両に搭載されるECUは、同じ電子制御システムでも車種または仕様により、異なる部品番号が設定される場合があった。しかし、これらのECUの違いはソフトウェア的なわずかな仕様差異の場合があり、このために部品番号を設定することが管理コストの増大を招いている。一方、10年余前と比べ、車両に搭載されるECUは格段に数が増加し、またそれらのECUはCAN（Controller Area Network）バスに接続され、車外のツールとの通信が可能となった。

このような背景から、欧米の自動車メーカー及びECUメーカーを中心に「ECU機種切替え書込み」と呼ばれる技術を採用する動きが広まり、業界に普及しつつある。

当社では、2004年に欧州で発売したコルトからECU機種切替え書込み技術を採用した。しかし、新型アウトランダーでは機種切替え項目が多く、本格的な情報処理システムの構築が必要となった。

この実現のため、e-DaCS（ECU Data Coding System）プロジェクトを社内に立ち上げ、設計/生産/サービスが一体となった活動を行った。

この情報処理システムを具現化するに当たり、大きく下記4点を軸に、システム及び業務プロセスの検討を行った。

- ・設計/生産/サービスの業務オペレーションを通じて機種切替えデータをシームレスに扱える仕組みとすること
- ・上流工程で設定した機種切替えデータは人手の編集を介さずに下流工程で利用可能とすること
- ・機種切替えデータは車両固有情報となるため、車台番号（以下、VINとする）と関連付けて管理・トレース可能とすること
- ・設計変更により機種切替えデータが変更となる場合に生産・サービスで処置可能であること

本稿では、ECU機種切替え書込み技術の概要、設計/生産/サービスでのシステム開発及び運用手法について説明する。

2. ECU機種切替え書込みの概要

ECU機種切替え書込みとはECUメーカーより初期設

* 技術開発本部 電子技術部
** グローバルアフターセールス本部 販社支援・CS推進部
** 生産技術本部 組立生産技術部
** 管理本部 SCM IT部

定された共通ECUを単一部品番号で納品し、車両や装備仕様を区別する情報（機種切替え項目）をもとに車両組立ラインや販社でECUの制御仕様を適切なものに設定することをいう。

3. 設計側での対応

3.1 概要

新型アウトランダーでは多岐にわたる機種切替え項目が存在し、それらは車種、仕向け、類別ごとに、機種切替えデータリストの中で管理されている。本リストは当社既存の設計管理システムのもとで作成、管理される。

この機種切替えデータリストに定義される情報は、人手を介することなく、社内に構築された社内LANによって、車両組立ライン、サービス部門へ渡される。

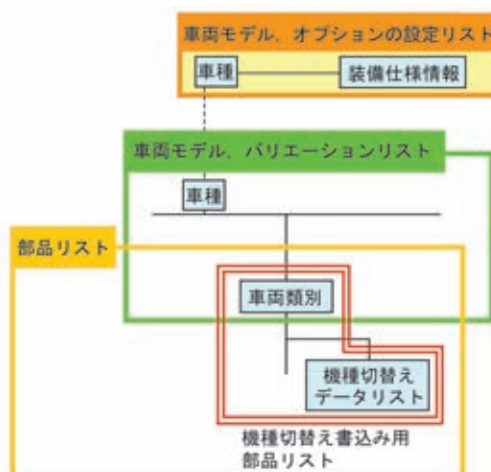


図1 設計データ関連図
Interlinking of design data

3.2 機種切替えデータの部品リスト化

機種切替えデータの元となる車種、仕向け、装備情報を記載したリストが、当社既存の設計管理システムで管理されるため、機種切替えデータリストも同一システムのもとで管理することが望ましい。

機種切替えデータは車種や車両の類別情報、お客様に対する車の設定やオプションを規定した装備仕様情報と紐付けて管理する(図1)。

この情報によって、車両個々の機種切替えデータは一意に決定される。

3.3 機種切替えデータの管理と運営

機種切替えデータは前述のとおり、既存の設計管理システムのもとでリストとして管理されるが、管理上の位置付けは機種切替えに対応するECUの設計情報を規定したリストと同レベルに定義されている。すなわち、機種切替えデータは車両に装着する一つの部品として扱われる。したがって、機種切替えデータリストの内容に変更や追加があれば、いわゆる「設計変更」と同じように設計担当より、適切な設計変更通知書が発行され、関連部門へ連絡される。

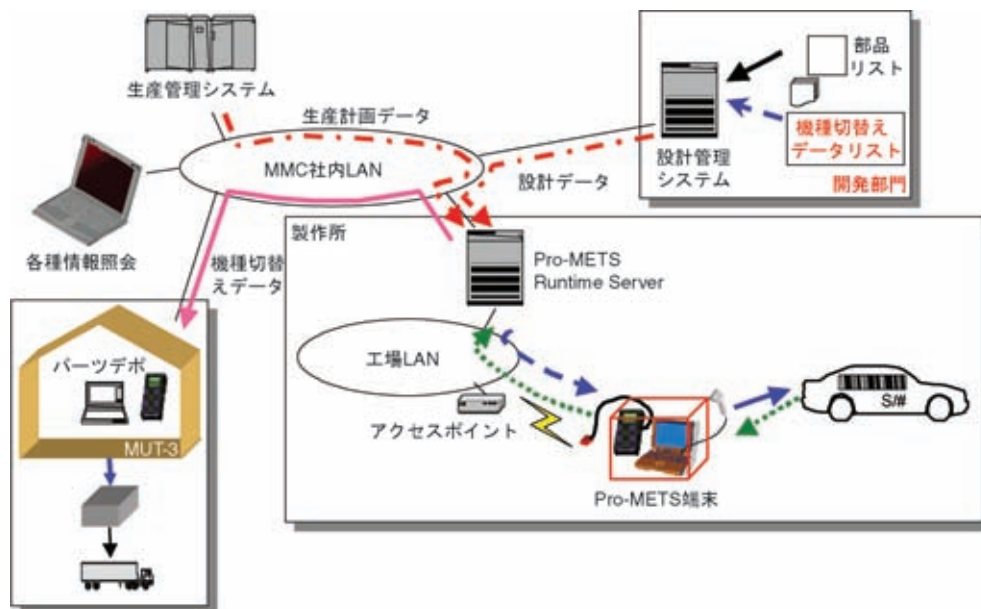


図2 e-DaCSシステム概要
e-DaCS overview

4. 生産側での対応

4.1 概要

ECU 機種切替え書込みに対応するため、Pro-METS (Mitsubishi ECU Test System for Production) ランタイムサーバー (PRS) を新規開発した(図2)。

主要機能を以下に挙げる。

- ・販売・受注情報から生成された生産計画データと設計管理システムから送られる設計データより量産車ごとの機種切替えデータを自動生成
- ・設計変更通知データに実施時期を指定することで適切な機種切替えデータを生成可能
- ・Pro-METS で各車両に書き込まれた機種切替え履歴データをすべて履歴情報として保管

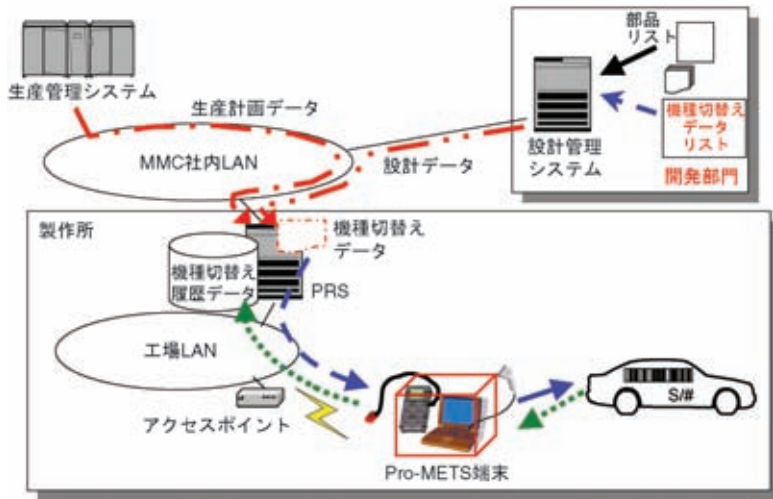


図3 ECU 機種切替え情報の流れ
Variant coding information and flow of data

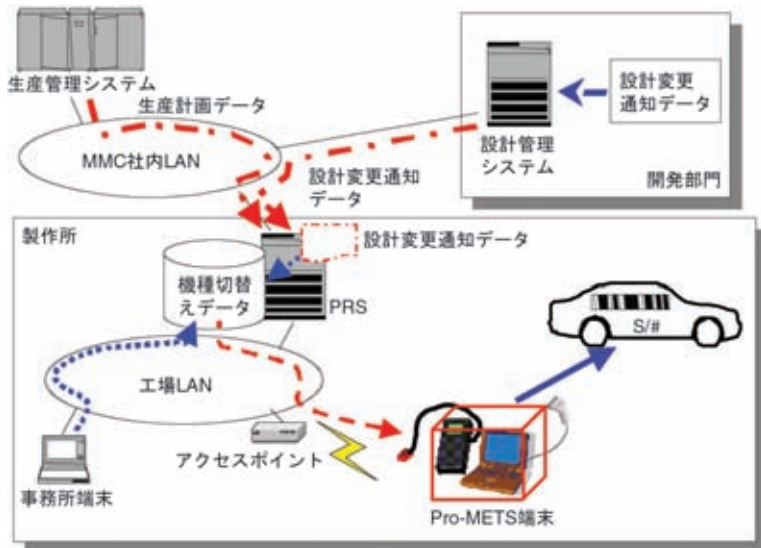


図4 設計変更への対応
Support for design changes

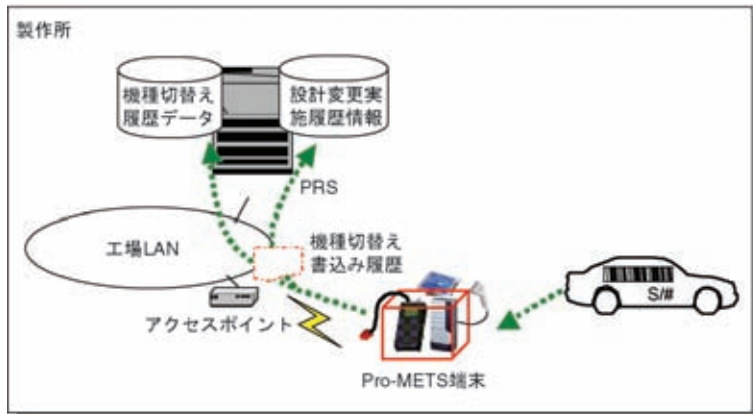


図5 履歴情報保管のデータフロー
Flow of data during the recording of logs

4.2 機種切替えデータの生成

生産管理システムで管理される量産車1台ごとの生産計画データと設計部門で作成した設計データから1台ごとの装備仕様情報に基づいた機種切替えデータが、PRSにて毎日自動生成される(図3)。

4.3 設計変更通知書の生産車への適用の仕組み

機種切替えデータを変更した場合、設計部門で作成した設計変更通知データを用い、設計変更を適用することが可能である。

この変更通知を量産車に反映させる際は、事務所端末のWEB画面から対象車両の車種、実施時期を指定する(図4)。

4.4 機種切替え書込み履歴情報の保管

図5に履歴情報保管のデータフローを示す。Pro-METS 端末の機種切替え書込み履歴データは、工場LANを經由してPRSに送信され、設計変更実施履歴情報とともに保管される。またこの履歴データは市場でのECU交換時に書き込むためのデータとして再利用される。

5. サービス側での対応

5.1 概要

販社で機種切替え対象ECU交換作業時、対象車両に適合した機種切替えデータが正しく書き込まれたECUを車両に装着する必要がある。

このため、故障診断ツールであるMUT-3に、機種切替えデータ書込み機能を設定した。この際、基本コンセプトとして、

- ・PRSからダウンロードする機種切替えデータをそのまま使うこと
- ・機種切替えデータを扱う上で、VINとECUの部品番号を照合に利用することを前提に機能を開発した。

5.2 MUT-3の機種切替え書込みの仕組み

MUT-3を用いた機種切替え書込み方法では、まず、PRSからVIN及びECU部品番号をキーに、対象車両の機種切替えデータファイルをダウンロードし、MUT-3に読み込む。

MUT-3は、入力されたVINとECUから読み出した部品番号を用い、機種切替えデータ

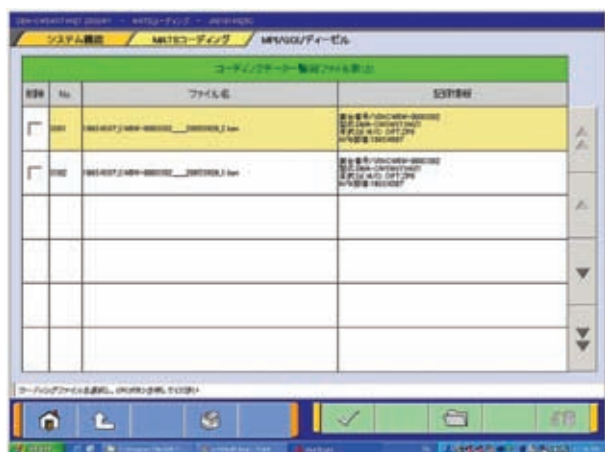


図6 機種切替えデータの検索
Searching variant coding data

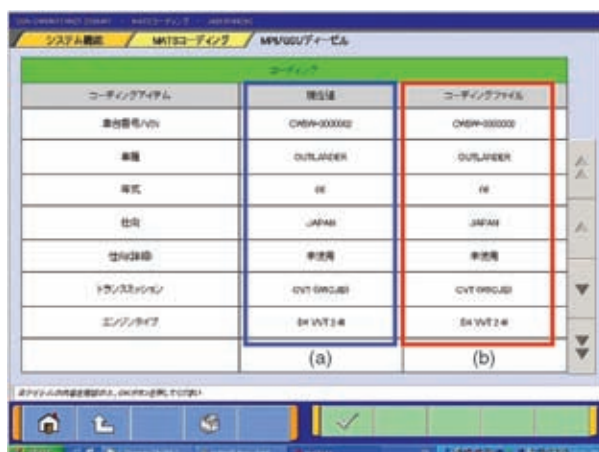


図7 データ照合
Data verification

ファイルのVINとECU部品番号とを照合し、一致したファイルを一覧表示する(図6)。

次に、一致した機種切替えデータファイルから実際にECUに書き込むデータを抽出し、CRC演算を行う。このCRC演算結果と、データファイル内部に予め含まれているCRC演算結果を照合し、一致している場合に、実際にECUにデータを書き込む。

最後に、機種切替えデータファイルから読み出した項目内容(b)と、ECUに書き込んだデータから読み出した項目内容(a)を同時に表示し、内容一致していることを目視確認できるようにした(図7)。

5.3 今後の課題

新型アウトランダーの国内立ち上がり時は、販社で機種切替え対象ECU交換時に、補用品供給部門でMUT-3を用いて機種切替え書込みを行い、販社に書込み済みECUを送付する方法で対応する。

当面はこのような方法で実施していくが、今後、できるだけ早い時期に、国内外の販社自身でも機種切替え書込み作業を実施可能にする手法を検討中である。

6. ま と め

ECU機種切替え書込みに対応した開発、生産、サーブス一貫システムを開発、導入した。これにより、ECUの部品番号数の抑制、管理コストの低減を達成できた。

最後にこの場をお借りして本システムの開発にご尽力頂いた皆様に対し御礼申し上げます。



滝水宏樹



深谷俊樹



伊藤嘉章



坂野信彦

アウトランダーにおける ETACS の機能進化

ETACS Functionality Development for the OUTLANDER

長 森 健 夫 [*] Takeo Nagamori	井 上 孝 [*] Takashi Inoue	水 谷 康 幸 [*] Yasuyuki Mizutani
新 里 幸 浩 [*] Yukihiro Nissato	兵 頭 浩 [*] Hiroshi Hyodo	川 島 直 樹 [*] Naoki Kawashima

概 要

三菱独自のボデー系総合制御ECU ETACS (Electronic Time & Alarm Control System) は、新型アウトランダーにて、従来のボデー制御機能⁽¹⁾に加え、車両全体の制御中枢 (通信ゲートウェイ機能、ECU 機種切替え書込み機能、電源分配機能などを統合) の役割を担うECUとして大きく進化し、開発、生産及び販売の各行程において大きなメリットを生み出した。

Abstract

Mitsubishi Motors Corporation's (MMC's) unique body-system electronic controller, Electronic Time & Alarm Control System (ETACS) has been advanced in order to take on the role of core ECU for the entire electronics system in vehicles from the conventional body control system⁽¹⁾. In the new OUTLANDER, ETACS performs a gateway for vehicle communications. Also it distributes power, and switches electronic component's variations to establish proper Controller Area Network (CAN) bus communication structure. With the integration of these significant functions, ETACS achieves considerable advantages for development, production, and retail processes.

Key words: Electronic Equipment, Electronics Control, Multiplexing, Diagnosis

1. ま え が き

車載電子制御ECUは、通信ネットワーク採用による省線化、高機能化という開発側からのニーズだけではなく、ECU部品類別の削減や故障診断の充実、更にはトレーサビリティの確保という生産側、販売側からのニーズにも対応したシステムが望まれている。新型アウトランダーでは、新世代電子プラットフォーム⁽²⁾を採用し、その中枢ECUとしてETACSを設定。ECU機種切替え書込みシステム⁽³⁾のインフラ導入により、これらニーズ、ニーズを満たす機能を実現したので、ここに紹介する。

2. ETACS のシステム構成

ETACSの外観を図1に、システム概要を図2に示す。約30種類のスイッチ及びオートライトセンサー、外気温センサーが入力信号としてETACSに直接接続されている。通信ネットワークは、4系統のCAN及びLINで構成され、ETACSはそのネットワークの中枢として、各ネ



図1 ETACS 外観
Outer appearance of ETACS

ットワーク間の信号を相互に伝送している。そしてETACSは、これらのスイッチ情報及び通信で得た各種車両情報をもとに、ドアロック、ヘッドライト、ワイパーなど数多くのボデー系電装部品を制御している。

* 技術開発本部 電子技術部

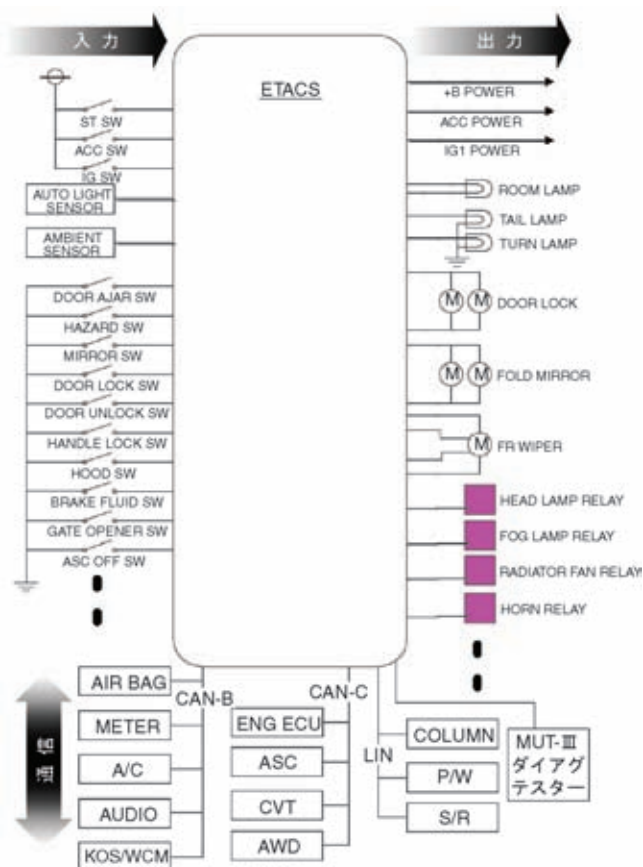


図2 システム概要
Overview of the system

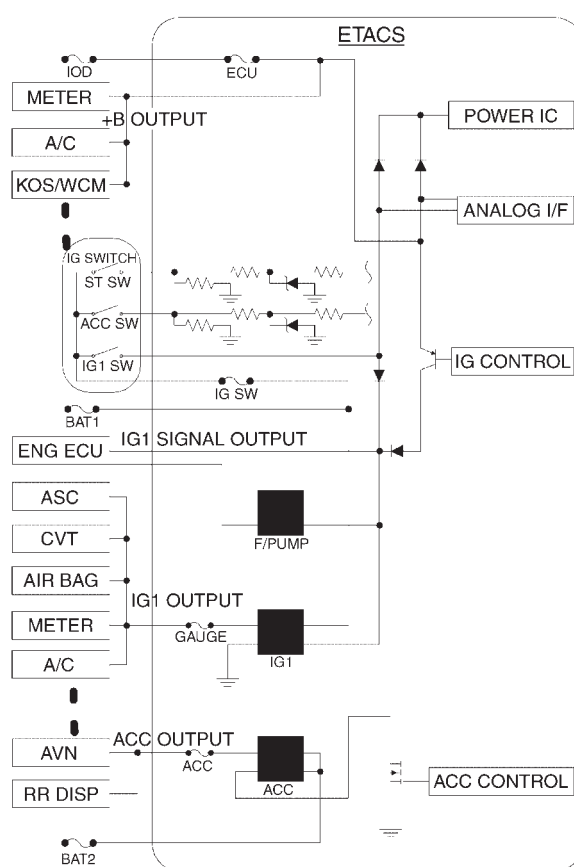


図3 イグニッションコントロール
Ignition control

3. ETACS 機能進化の概要

3.1 ジャンクションブロックの統合

通信ネットワークを充実させれば必然的に省線化が可能となるが、今回は、従来は別体であったジャンクションブロック（ヒューズボックス）を統合したことにより、ハーネスルートの最適化も実現。また、ハーネス内のジョイントをETACSに取り込むことにより、更なるハーネス削減効果を生み出した。

3.2 電源コントロール

今回のETACSは、イグニッションスイッチの情報をもとに、車両全体の電源をリレーによりコントロールする機能を有している（図3）。例えば、寒冷地でニーズの高いリモコンエンジンスターターを追加装着する際に、非常に有用となる。従来車では、リモコンエンジンスターターを追加装着する際には、イグニッションスイッチ部分に回路を割り込ませ、更にイモビライザー機能にも特殊な変更が必要であった。しかし、今回のアウトランダーでは、ETACSが車両全体の電源をコントロール可能なため、イグニッションスイッチ部分に回路を割り込ませることなく、またイモビライザー機能もCANネットワーク上に存在するため、ここにETACSが機能介入

することにより、リモコンエンジンスターターの追加装着を容易にしている。

3.3 ゲートウェイ

従来のETACSは、二つの通信バス（CAN, SWS）間のゲートウェイ機能を有していたが、今回は、四つの通信バス（パワートレイン&シャシー系CAN, 中速ボデー&AV系CAN, 低速ボデー系LIN, 故障診断専用CAN）間のゲートウェイ機能を備えており、各ECUをその制御系に相応しい通信バス上に配置することが可能となった。また、故障診断専用CANはダイアグテスターとの通信専用であり、ETACSがファイアーウォールとなって、物理的なアイソレーション、及びセキュリティ保護を行っている（詳細は、別稿「新世代電子プラットフォームの開発」を参照）。

3.4 データコーディング

今回のアウトランダーにおけるETACSの最大の特徴がこのデータコーディングであり、大別すると以下の三つの機能（(1)~(3)）となる。製作所、販売店及びお客様のニーズに合わせ、部品交換することなく、ETACSの機能を切り替えることが可能となっている。

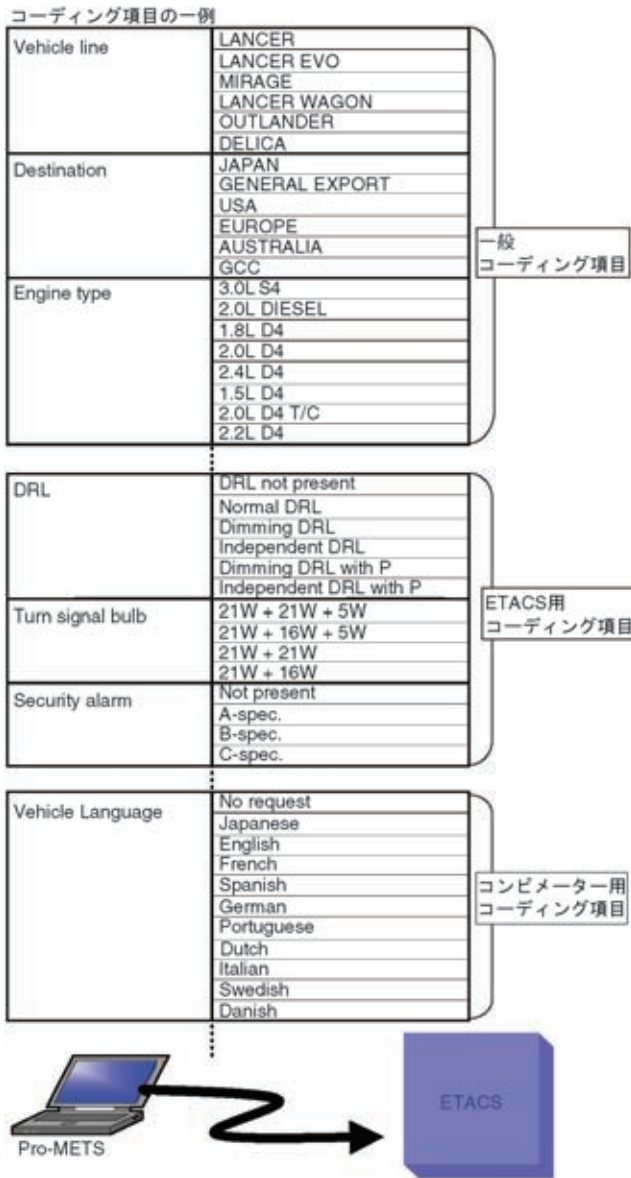


図4 バリエーションコーディング項目例
Example of variant coding items

(1) ECU機種切替え書込み

ECU機種切替え書込みとは、製作所の艦装ライン最終工程で、車両の装備仕様情報をECUに書き込み、ECUの機能を切り替えることである。これにより、昨今のECU多機能化に伴い増加してきた品番を大幅に減らすことが可能となった。図4にECU機種切替え書込みの概要を示す。ETACSには、製作所車両艦装ライン最終工程で、Pro-METSとよばれる検査ツールにより、ETACSを含む各ECUの機能切替えに必要な装備仕様情報（以下、コーディングデータとする）が書き込まれる。ETACSは、コーディングデータに従って自らの機能を切り替えるとともに、CAN及びLINネットワークにコーディングデータを送信する。ネットワークにつながれた各ECUは、このコーディングデータに従って、機能を切り替える。

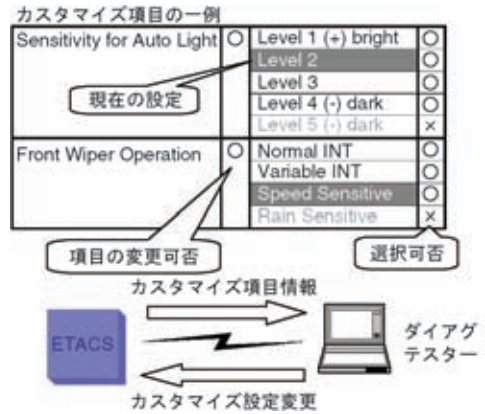


図5 カスタマイズ項目例
Example of customizing items

コーディングデータは約100項目にも及び、車種、仕向け、エンジンやトランスミッション型式などの一般的な装備情報とともに、ETACSやコンピメーター、エアコンECUなどの各ECUの詳細機能を切り替えるための固有の仕様情報も含まれる。

(2) オプションコーディング

コーディングデータには、販売店で追加装着される装備仕様項目も含まれる。例えばフォグランプの有無は、コーディングデータの一項目であるが、フォグランプは販売店オプションとして追加装着される場合が多い。このような項目は、ダイアグテスターにより、販売店でコーディングデータの書き換えが可能となっている。ただし、販売店で書き換え可能なデータは、一部の項目に制限されており、その他の項目は、誤って書き換えられることのないような仕組みになっている。例えば、フォグランプの点灯モードは各国で異なり、コーディング項目の一つであるが、これは法規要件であるため販売店での書き換えはできない。

(3) カスタマイズ

カスタマイズとは、お客様の好みに応じて各機能の詳細仕様を変更することである。例えば、ETACSでは、盗難警報の設定やオートライトの点灯照度調整などが、ダイアグテスターを利用して販売店でカスタマイズ可能である。カスタマイズ機能自体は、従来ETACSでも可能であった。しかし、機能に制限があった。つまり、カスタマイズ可能な項目は、車両の装備仕様によって異なる（例えば、オートライトの照度調整は、オートライト装着車でしか設定変更できない）が、ダイアグテスターは、どの項目がカスタマイズ可能なかを判別できないため、すべてのメニューを表示せざるを得なかった。しかし、今回のアウトランダーでは、コーディングデータをもとに、カスタマイズ可能な項目をダイアグテスターに送信し、ダイアグテスターは設定可能な項目のみを表示することが可能となっている（図5）。

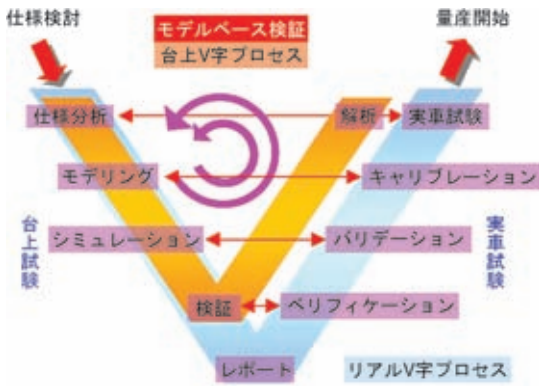


図6 モデルベース検証
Model-based evaluation

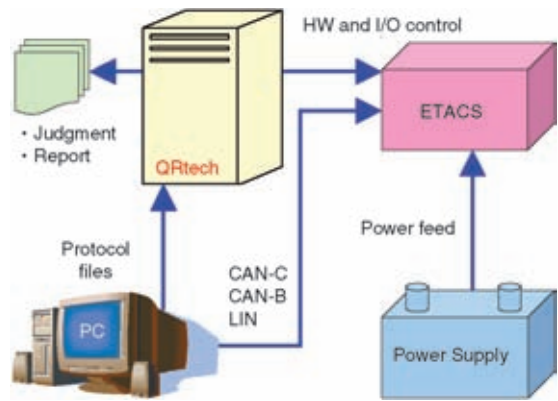


図7 台上試験装置
Bench testing tool

3.5 車体ナンバーとの整合

ETACSは、車両固有のコーディングデータを記憶するため、装備仕様の異なる車両に装着された場合、各ECUは正しく機能しなくなる。これを防ぐ方法を以下に説明する。製作所においては、エンジンECUにVIN（車体ナンバー）が書き込まれた後、ETACSにECU機種切替え書込みが実施されるが、このときETACSは、エンジンECUがCANバスに送信するVINを読み込み、自身に記憶する。つまり、エンジンECU及びETACSに記憶されるVINは同一の値となる。市場で、万が一ETACSが他の車両に取り付けられた場合は、ETACSはエンジンECUのVINとの不整合を検知し、コンビメーターにエラー信号を送信する。コンビメーターは、これを受けて、メッセージディスプレイに「SYSTEM ERROR」を表示し、不正な部品交換であることを伝える。

3.6 ネットワーク故障診断

従来車の場合、オプション機能に関する故障診断（故障なのか未装備なのか）は、サービスマンの判断に依存せざるを得なかった。たとえば、サンルーフECUやオーディオECUは、ネットワークに接続されるため、未装備の場合であっても故障診断上は、通信故障という判断になる。しかし、今回のアウトランダーにおいては、正規のコーディングデータに基づく故障診断が行えるようになり、未装備の機能に対しては故障の判断をしないよう改善されている。また、ゲートウェイとして、全ECUの通信状態を監視し、故障発生時の走行距離値や経過時間を記憶するなど、診断情報も大幅に充実させた（詳細は、別稿「新世代電子プラットフォームの開発」を参照）。

3.7 リプログラミング

昨今のECUは、ROM容量の増大、処理の複雑化に伴い、リードタイム短縮やリスク軽減のためにフラッシュROMを採用する傾向にある。アウトランダーのETACS

においても、フラッシュROMを採用しているが、ETACSを車両に装着したままダイアグテスターからCANバスを通じてリプログラミングが可能によう進化させた。従来も開発時はフラッシュROMを採用しており、ETACS単体でのリプログラミングは可能であったが、車両に装着したまま実行できる有用性は開発効率を大幅に向上させた。なお、ゲートウェイや機種切替え書込み機能を内蔵している性格上、短期間に仕様変更を行う必要があるため量産後もフラッシュROMを継続採用している。仕様切替え時の旧品在庫をゼロにできるメリットもある。

4. 信頼性の評価

4.1 台上試験

ETACSの制御量は、マイコンの命令に換算すると数十万命令に及ぶ。更に、システムの高度・複雑化に伴う機能試験の工数増大は深刻な問題であった。対策として、まず台上シミュレーターに実車相当の負荷環境を作り出し、仮想的に動作確認を行うモデルベース検証を重視することで、その後の実車試験にかかる負担を低減させた（図6）。

モデルベース検証用のシミュレーションツールにはQRtech[®]（Qualified Real-time Technologies）を使用した。QRtech[®]は、テキストファイルで作成された専用のプロトコルを入力すると、実車操作に相当するシミュレーション・合否判定・レポート出力が可能な全自動台上試験装置である（図7）。

このモデルベース検証で42,000パターンもの機能試験を実施し、ソフトバグやマイコン制御レジスター設定ミスなどの設計エラーを検出することによって、設計どおりに機能することを確認した。

4.2 実車試験

新世代電子プラットフォームの中核を担うETACSは、

ECU単体ベースの台上試験で機能不具合をすべて検出することが難しい。各コンポーネントから構成される車両システムを検証しなければ、信頼正の評価には繋がらない。このため実車試験では、のべ2,400時間という膨大な時間を費やして以下の点を重点に確認した。

- ・スイッチ操作タイミングや過渡入力、複数機能の同時操作を行った場合の動作確認
- ・通信データの受信タイミングに対するソフトウェアフィルター処理の確認
- ・クランキングによる電源電圧変動時の動作確認
- ・実用上起こり得ないスイッチ入力や通信データ異常時のフェールセーフ確認
- ・データコーディングの動作確認と組合せによる機能干渉の確認

5. あとがき

アウトランダーETACSの開発は、新世代電子プラットフォームの採用という大きなシステム変更の中で、ETACSがネットワークの核になるという重責のもと、従来のETACS開発とは比較にならない程の開発工数を投じた。設計的なメリットだけでなく、生産、販売、そして整備まで変革することを目的に進めてきた。開発中にも、ECU機種切替え書込み、故障診断、またリプログラミング機能などの有用性を感じる場面が多く、これらの機能が今後のトレンドになっていくという手応えを感じている。アウトランダーで確立したシステムをベースに、今後も三菱独自のETACSを開発していく所存である。

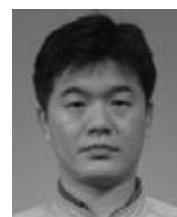
最後に、本開発を進めるに当たり、のべ4,000時間という膨大なデザインレビュー実施にご理解頂いたETACSサプライヤパートナー殿、また多大なるご尽力を頂いた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

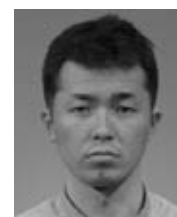
- (1) 川島直樹ほか：コラムスイッチ回りの多重通信システム、テクニカルレビュー、NO. 10, 1998
- (2) 深津弘樹ほか：新世代電子プラットフォームの開発、テクニカルレビュー、NO. 18, 2006
- (3) 滝水宏樹ほか：ECU機種切替え書込みシステム、テクニカルレビュー、NO. 18, 2006



長森健夫



井上 孝



水谷康幸



新里幸浩



兵頭 浩



川島直樹

高性能プレミアムサウンドシステムの開発

Development of High Quality Premium Sound System

中村 泰三* 五味 淳史* 石渡 秀和*
Taizo Nakamura Atsushi Gomi Hidekazu Ishiwata
梅村 貴浩* 浅野 重昭* 神谷 祐司*
Takahiro Umemura Shigeaki Asano Yuji Kamiya

概要

新型アウトランダーに国内初となる“ロックフォード・フォズゲート”ブランドのプレミアムサウンドシステムを採用した。このサウンドシステムは、メーカー純正品の枠を越えた高音質再生を目標としており、スピーカー、パワーアンプなどの部品単体の性能向上のみでなくそのスピーカーの性能を最大限に引き出すために、スピーカーの取り付け環境を最適化することにより、目標を達成した。

Abstract

The new OUTLANDER features the first application of the Rockford Fosgate premium sound system in Japan. In the realization of its aim of achieving audio quality beyond that expected of manufacturer's genuine-part systems, this sound system not only improves the individual performance characteristics of speakers, power amplifiers and other system components, but also optimizes the speaker mounting conditions, in order to maximize the performance levels thereof.

Key words: Premium Sound System, High Quality Sound, Speaker Installation Condition, DSP (Digital Signal Processor)

1. ま え が き

メーカー純正品の枠を越えた高音質、お客様の期待を越えるサウンドクオリティを実現するために、以下を目標とした。

- (1) クリアな音質
- (2) 大迫力の重低音
- (3) 雰囲気のある音場感

これを実現するためには、スピーカー、アンプなどの部品単体の性能を向上させるのみでは不十分であり、車体構造にまで踏み込んだスピーカーの取り付け環境の最適化、及び新型アウトランダーの車室内音響特性にパワーアンプの出力特性をマッチングさせることが必要となる。今般、このスピーカーの取り付け環境の最適化による効果と、パワーアンプに内蔵されているDSP (Digital Signal Processor) を用いた音質マッチングの効果について紹介する。

2. システム構成

新型アウトランダーのロックフォード・フォズゲートプレミアムサウンドシステムは「9スピーカー7ポジシ

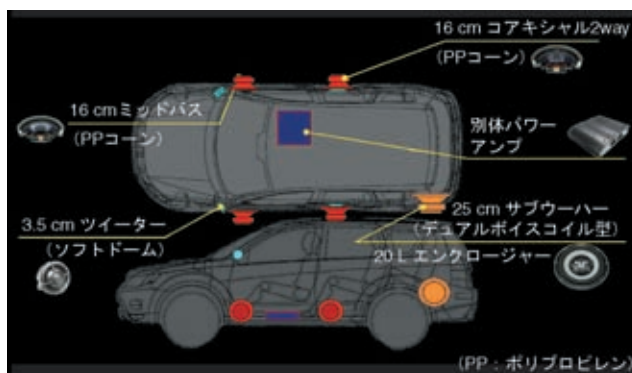


図1 新型アウトランダーのスピーカーレイアウト
Speaker layout of the new OUTLANDER

ョン」とした(図1)。

- ・ドアミラー室内側：3.5 cm ソフトドームツイーター (高音域再生専用スピーカー)
- ・フロントドア：16 cm ミッドバス (中低音域再生専用)スピーカー
- ・リアドア：16 cm コアキシャル2Way フルレンジ (全帯域再生用)スピーカー
- ・カーゴルーム左側：25 cm サブウーハー (重低音域再生専用スピーカー)

* 技術開発本部 電子技術部

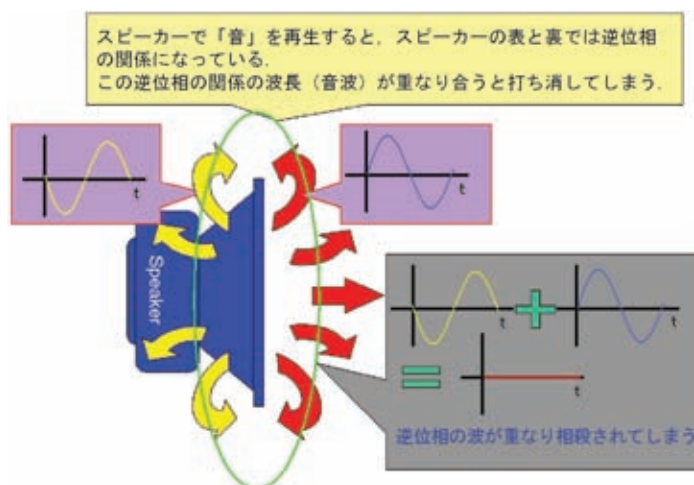


図2 スピーカー裏側の音の回り込みの原理
Leakage of sound from the rear of the speakers

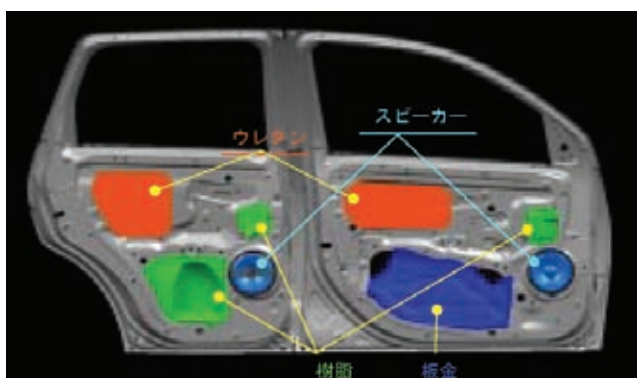


図3 新型アウトランダーのドア構造
(スピーカーボックス構造)
Door structure of the new OUTLANDER
(speaker-box structure)

また、これらのスピーカーに十分な入力を与えるべく、ドライバーシート下にトータル650 W (MAX) のパワーアンプを装着した。

これにより、フロント、リアドアスピーカー及びツイーターにて歪み感の少ないクリアな音質を、25 cm サブウーハーにて迫力のある重低音を再生する。またパワーアンプに内蔵されたDSPを用いて、出力特性を新型アウトランダーの車室内音響特性にマッチングさせることにより、雰囲気のある音場を形成可能なシステムを構築した。

3. 技術的特徴

3.1 ドアスピーカーの取り付け環境最適化

ドアに装着されたスピーカーで高音質を実現するための重要な要件として

- (1) スピーカー取り付け面の高剛性化
- (2) ドアのスピーカーボックス構造化

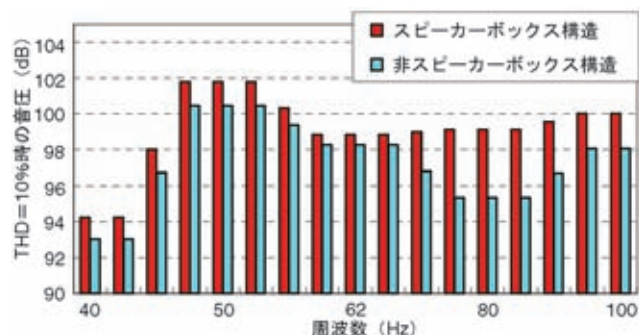
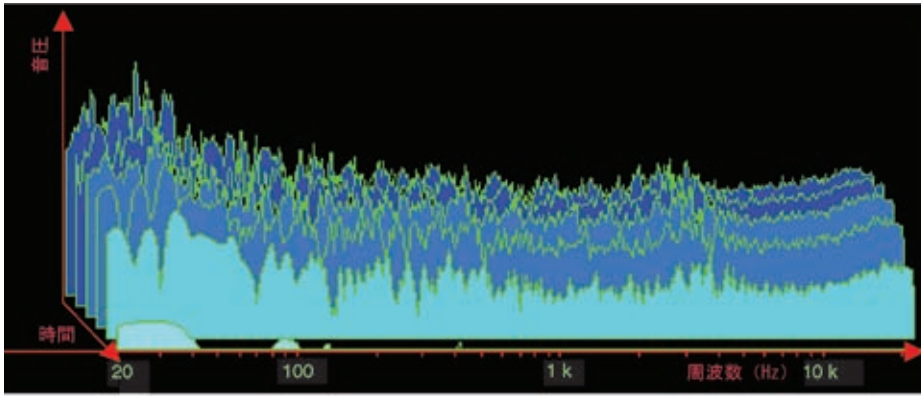


図4 全高調波歪み10%時の音圧特性測定結果
Results of sound pressure characteristics measurement
at 10% total harmonics distortion

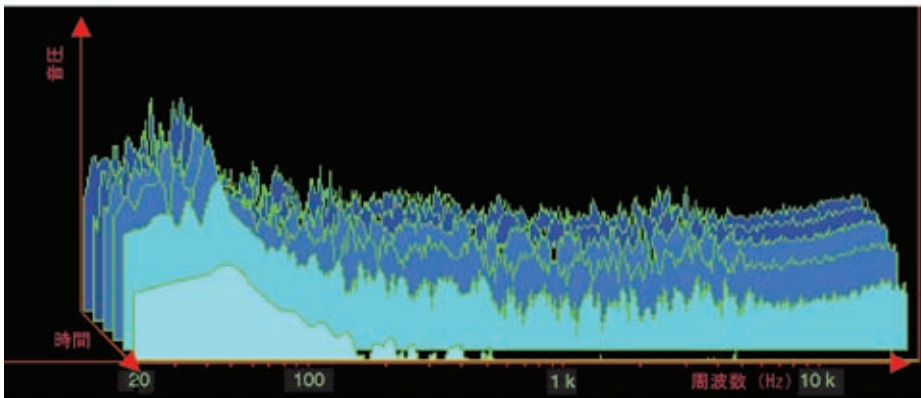
が挙げられる。取り付け面の剛性が不足していると、音のエネルギーが板金の振動エネルギーに変換されてしまいスピーカーの再生効率が悪くなるとともに、スピーカー取り付け面自体の振動で不要な歪みが発生する。また、ドアをスピーカーボックス構造とせず、ドアインナーパネルの作業穴を放置したままにすると、作業穴からスピーカー裏側の音が回り込むため、スピーカーの表面と裏面の音が干渉し、打ち消し合ってしまう(図2)。これらの音質劣化の要因をなくすため、本プレミアムサウンドシステムにおいてはドアを補強すると同時にドアのスピーカーボックス構造(作業穴の遮蔽)を採用した(図3)。この効果について紹介する。以下、ドアをスピーカーボックス構造とした場合、しない場合の各種測定結果の比較を行う。

図4は右側フロントドアスピーカーに周波数40~100 Hzのサイン波を入力したときに全高調波歪みTHD (Total Harmonics Distortion) が10%を越える時の音圧を測定したものである。

一般的に、ボリュームを上げていくと音圧が上がると



(a) スピーカーボックス構造



(b) 非スピーカーボックス構造

図5 インパルス応答測定結果
Results of impulse response measurement

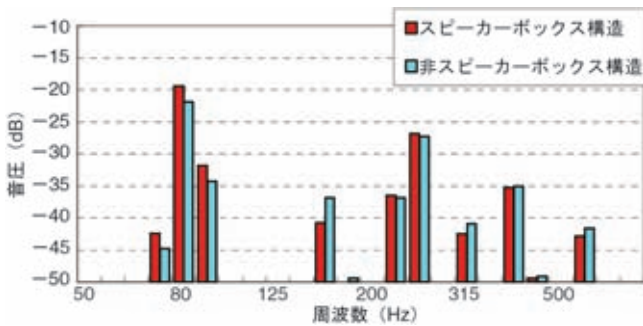


図6 入力80 Hzに対する高調波測定結果
Results of harmonic distortion measurement with 80-Hz input

同時に歪みも増えていく。

図から分かるように、スピーカーボックス構造の方が10%歪みに到達する音圧がより高いことが分かる。すなわち、再生音の歪みがより少ないため、クリアなサウンドが再生可能となる。また、大出力時においても歪みの少ない再生が可能となる。

図5は右側フロントドアスピーカーにインパルスを入力し、その残響音を計測したものである。

図から分かるように、スピーカーボックス構造の方が重低音域の立ち上がりが良く、また減衰もスムーズに行われていることが分かる。すなわち、入力信号に対する

応答性に優れているため、音楽信号をより忠実に再生することが可能となる。

図6は右側フロントドアスピーカーに80 Hzのサイン波を同一入力レベルで入力した時の周波数特性を測定したものである。

図から分かるように、スピーカーの入力レベルが同一であっても、スピーカーボックス構造とした方が80 Hzの音圧が約2.5 dB大きいことが分かる。すなわち、同じ大きさの音を得るために、より少ないエネルギーの入力で済むため、効率が良く再生が可能となる。

新型アウトランダーでは、ドアのスピーカー取り付け面の剛性を確保すると同時にドアのスピーカーボックス構造をとったことで、レスポンスが良く、高効率、かつ歪みの少ないクリアなサウンドを得ることができた。

3.2 25 cm サブウーハーの取り付け構造最適化

高音質を得るためには、CD (Compact Disc) に収録されている20 Hz ~ 20 kHzすべての音響情報を再生することが必要となる。ところが車室内環境においては特に重低音の再生が難しく、他社含めて満足いく迫力感のあるサウンドシステムはほとんどないというのが実情である。この重低音をたっぷりと鳴らすための重要な要件として、

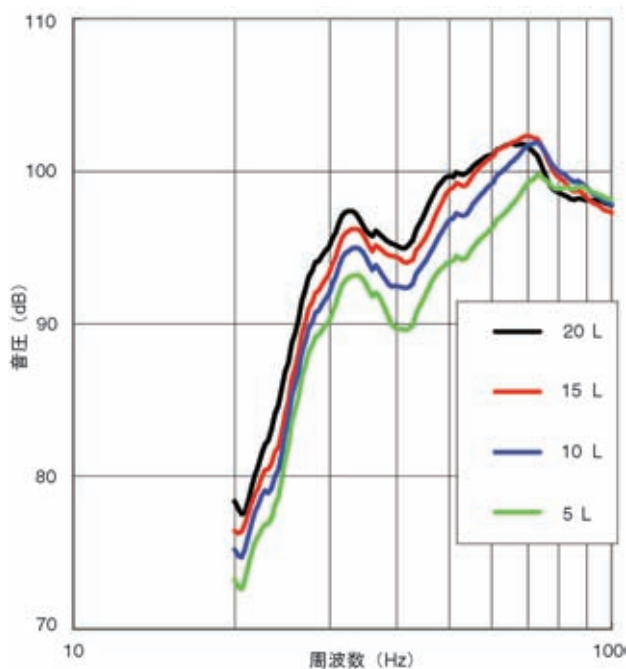


図7 サブウーハー128 W入力時の音圧測定結果
Results of sound pressure measurement
with 128-W subwoofer input

(1) 大口径サブウーハーの採用

(2) 大容量密閉型スピーカーボックス構造の採用が挙げられる。一般的にサブウーハーの口径が大きくなればなるほど重低音再生には有利になるが、サブウーハーの取り付け環境やスピーカーボックスの内容量がその性能に大きく影響を及ぼす。スピーカーボックスは完全密閉であるが故に、容量が小さすぎるとスピーカーボックス内の空気がサブウーハーのコーン紙の動きを妨げ、重低音の最低再生限界周波数を上昇させるばかりか、効率も低下する。反対に容量が大きすぎるとコーン紙の動きの制動が効かなくなり、タイトな重低音が得られなくなる。重低音の再生とタイトな音質の両立のため、本プレミアムサウンドシステムにおいては20 Lのスピーカーボックスを採用した。これについて効果を紹介する。

図7は同一の25 cmサブウーハーを用いて、スピーカー入力レベル128 W時の、スピーカーボックスの容量変化(20 L, 15 L, 10 L, 5 L)に対する、音圧を測定したものである。

図から分かるように、サブウーハーの再生周波数帯域である100 Hz以下において、スピーカーボックス容量を大きくすればするほど、音圧が高くなっていることが分かる。例えば、50 Hzにおいて10 Lのボックスと20 Lのボックスでは約3 dBの音圧差があるが、それはアンプの出力に換算すると2倍の出力の違いに相当する。したがって、スピーカーボックスの容量を増加させることで、ウーハーの再生効率を向上できたことが分かる。

図8は上記の試験と同様条件にて、サブウーハーのイ

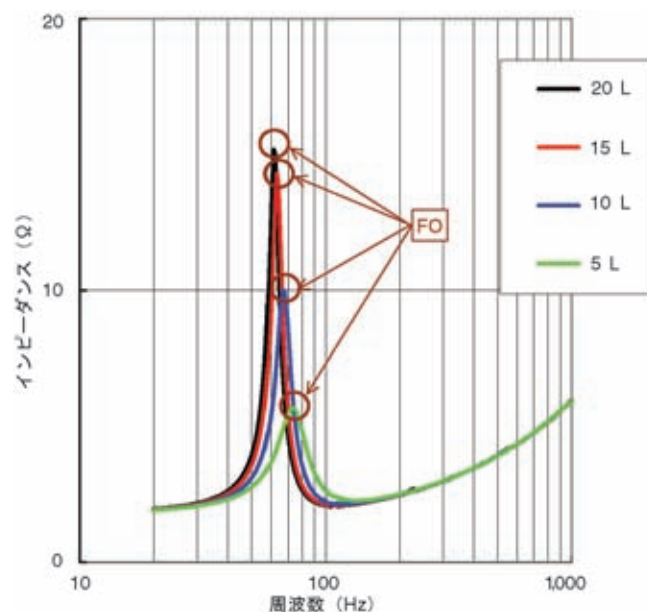


図8 サブウーハーインピーダンス測定結果
Results of subwoofer impedance measurement

ンピーダンスを測定したものである。

図から分かるように、サブウーハーの最低再生限界周波数の目安である最低共振周波数 F_0 を各スピーカーボックス容量別に比較すると、容量が大きくなるにしたがって F_0 値は下がっていく。すなわち重低音域の再生はスピーカーボックスが大きくなればなるほど有利であることがこれからも分かる。すなわち、最低再生限界周波数がより低くなり、20 Hzに近い周波数まで再生可能になった(図7)。

新型アウトランダーでは、上記の25 cm大口径サブウーハーを20 L大容量スピーカーボックスに取り付けたことにより、重低音を大音量で再生することができた。

3.3 DSP (Digital Signal Processor) による音質チューニング

車室内で高音質を実現するための重要な要件として、

- (1) パワーアンプ出力の周波数特性上のチューニング(車室内音響特性とのマッチング)
- (2) 各スピーカー出力の時間軸上のチューニング(リスナーからスピーカーまでの距離の差を補正)

が挙げられる。車室内で音楽を再生した場合、各車室内空間における特有の形状/素材などの影響により、強調される周波数帯域や、減衰する周波数帯域が発生する。これを補正するために用いるのがパラメトリックイコライザーである。これを用いることにより、強調されている周波数帯域を減衰させ、不足する周波数帯域を増幅して、全体的にフラットでスムーズな周波数特性へとチューニングする。これにより、リスナーにとって自然で、クリアな音となる。

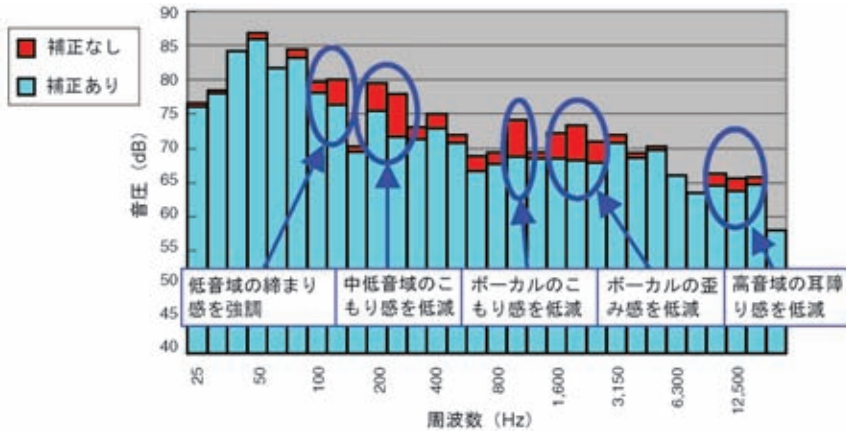


図9 パラメトリックイコライザー効果
Effectiveness of parametric equalization

レオ感・音像感が得られるようにチューニングする．これらについて効果を紹介する．

図9はパラメトリックイコライザーによる補正あり/なしの比較データである．

図から分かるように，パラメトリックイコライザーによる補正によって以下の点が改善されている．

- ・100 Hz 付近での低音域の締め感強調
- ・200 Hz 付近での中低音域でのこもり感を低減
- ・1 kHz 付近でのボーカルのこもり感を低減
- ・2 kHz 付近でのボーカルの歪み感を低減
- ・10 kHz 付近での高音域の耳障り感を低減

パラメトリックイコライザーによる補正なしのデータでは，各部で不快なこもり感・歪み感を感じさせる音が発生している．これはスピーカーの取り付け環境や車室内環境の影響によるもので，この新型アウトランダーにて発生する特有の音響の癖であると考えられる．これをパラメトリックイコライザーにより補正することで，こもり感・歪み感のないクリアな音質での音楽の再生が可能となる．

図10はタイムアライメント機能採用/非採用それぞれの場合の，各スピーカーからの音が運転者に到達するまでの時間差を測定した結果である．この時間差は，発信器から発信された音声信号が運転席に置かれたマイクで受信されるまでの遅延時間差を示す（最初に受信された音声（リアドアスピーカー（右）からの音声）を基準とする）．

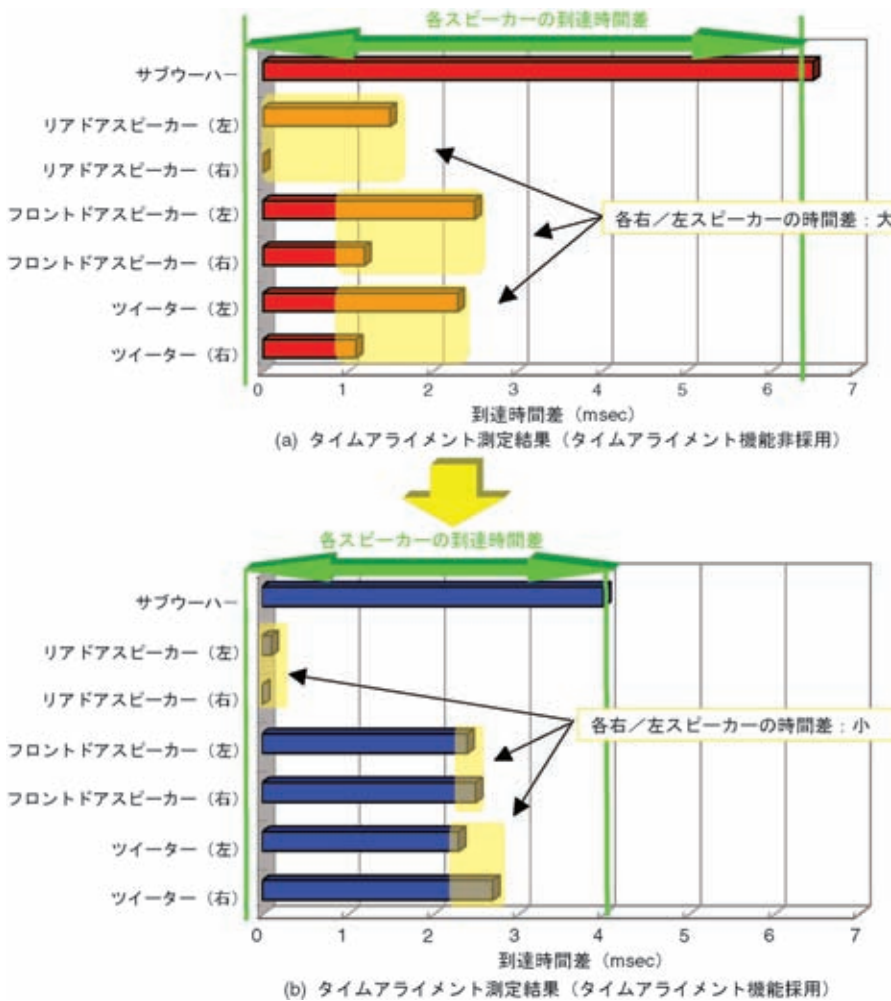


図10 タイムアライメント機能の効果
Effectiveness of time alignment function

また各スピーカーからリスナーまでの距離が異なるために，そのままの状態では，音像が近いスピーカーに片寄ってしまう．これを補正するために用いるのがタイムアライメント機能である．これにより左右のスピーカーの距離差を時間軸上で補正し，リスナーに心地良いステ

初に受信された音声（リアドアスピーカー（右）からの音声）を基準とする）．

図10(a)から分かるように，タイムアライメント機能非採用の場合は，各スピーカーの音が運転者に到達する時間のばらつきが大きく，特に車両左右のスピーカーが

らの音の到達時間差が大きい。運転者にとっては車両右側のスピーカーの音が早く聴こえるため、音像が右側に偏ってしまう。更に、サブウーハーの出力がかなり遅れて到達していることから、音像の輪郭がぼやけてしまうことが懸念される。タイムアライメント機能を用い、各スピーカーからの音声の到達時間を適切に補正すると、**図 10 (b)**のようになる。**図 10 (a)**と比較すると、各スピーカーからの音の到達時間のばらつきが小さく、車両左右のスピーカーの時間差が小さいことが分かる。また、サブウーハーの音声も遅れがほとんどないことが分かる。これより、運転者にとってクリアで心地良いステレオ感・音像感を得ることができる。

4. あとがき

高性能スピーカーを、取り付け環境を最適化した車体に取り付け、DSPを用いたチューニング技術によって新型アウトランダーの車室内音響特性にマッチングさせることにより、開発目標である「お客様の期待を越えるサウンドクオリティ」が実現できた。

また、専門誌の評論家からも、「メーカー純正レベル

を越えるサウンドクオリティ・絶大なパンチサウンド」との好評を得ている。

今後も音質向上のための研究を重ね、スピーカーのポテンシャルを十分に発揮できる車体作りなど、オーディオの更なる高音質化を目指して開発を進めていきたい。



中村泰三



五味淳史



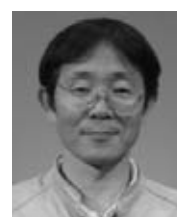
石渡秀和



梅村貴浩



浅野重昭



神谷祐司

新開発3気筒MIVECエンジン

Newly Developed Three-Cylinder MIVEC Engine

流郷 幸裕* 三輪 裕昭*
Yukihiko Ryugo Hiroaki Miwa

概要

新コンセプト軽自動車「i (アイ)」に搭載されている新開発3気筒エンジンについて紹介する。本エンジンは「i」のMR (Mid Engine Rear Drive) プラットフォームに合わせ最適化し、軽量・コンパクト、高性能、低燃費、低コストを目指して、当社独自に開発したものである。なお、本エンジンは2005年12月より当社パワートレイン製作所水島工場にて、新規導入した最新鋭設備で生産を開始しており、今後の当社軽自動車用主力エンジンの一つである。

Abstract

This report introduces the newly developed three-cylinder engine for “i”, the new-concept minicar. This engine was developed to be the optimum match for the mid engine rear drive (MR) platform of “i”; and during the course of this development, the focus was placed firmly on achievement of a lightweight, compact, high performance, fuel efficient, and low cost design. As one of the core engines for the Mitsubishi Motor’s future fleet of minicars, production began in December 2005 at our Mizushima Powertrain Plant, and cutting-edge manufacturing equipment was newly added for this purpose.

Key words: Gasoline Engine, Development/Mini Car, Basic Structure, Technical Feature

1. 開発のねらい

「i」は「新時代に向けた革新的な軽自動車」がキーワードであるが、「斬新なスタイリングと居住性の両立」に寄与するエンジンのコンパクト化、「走る喜び」を体感できる高性能と軽量、より良い経済性を実現する省燃費、1クラス上の快適なドライブのための静粛性、更に排出ガスのクリーン化などがエンジンに求められた。

本エンジンは、これらの要求に合致させるべく、基本諸元・構造を新規に考え、経験に培われた「基本技術」と、軽自動車を越えた質感を実現する「1クラス上の技術」を融合させ、性能・燃費・静粛性・信頼性を高次元で調和させることをねらいとした。

2. 基本構造と技術特長

本エンジンは前述のねらいを実現するためにすべての諸元、構造、仕様を一から検討し、エンジンの基本であるボア・ストローク、本体構造、採用コンポーネント、材質などすべてを刷新した。また、将来への発展性も考慮した。以下に主要技術と成果を紹介する。なお、エン



図1 3B20 エンジン外観
External view of 3B20 engine

ジン外観を図1、断面を図2、主要諸元を表1、主要採用技術を表2に示す。

2.1 軽量・コンパクト

車両の後輪軸直前に搭載するためキャビン及びカーゴルームを圧迫しないよう最大限のコンパクト化を図るとともに、車の運動性能に寄与すべく軽量化を図った。

コンパクト化の主要工夫点は、エンジンの高さを抑え

* 技術開発本部 エンジン設計部

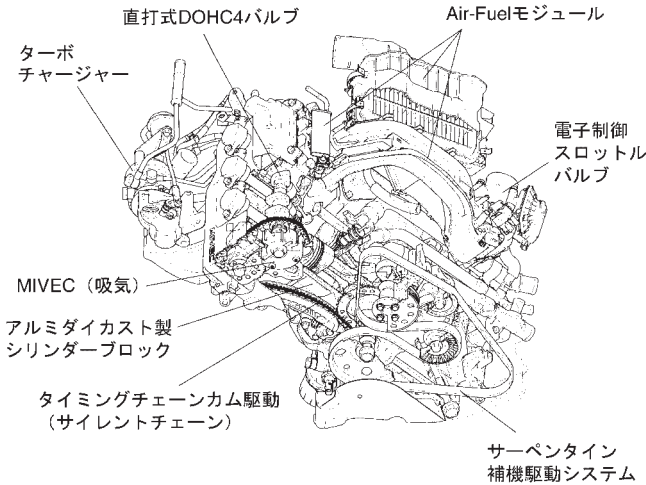


図2 3B20 エンジン断面
Sectional view of 3B20 engine

表1 主要諸元
Major specifications

項目	型式	3B20	3G83 (参考)
搭載車種		i (アイ)	ek・SPORT
排気量 (L)		0.659	0.657
ボア径 (mm)		65.4	65
ストローク (mm)		65.4	66
ボア・ストローク比 (S/B)		1.00	1.02
シリンダーボア間ピッチ (mm)		80	72
圧縮比		8.8	8.5
シリンダーブロック材質		アルミダイカスト製	鋳鉄製
カムシャフト駆動		サイレントチェーン	タイミングベルト
動弁系		直打式DOHC 12弁バルブタイミング連続可変MIVEC (吸気)	ローラーロッカーアーム式SOHC12弁
エンジン排気方向		後方排気	前方排気
最高出力 (kW/min ⁻¹)		47/6,000	
最大トルク (Nm/min ⁻¹)		94/3,000	93/3,500
10・15モード燃費 / 等価慣性重量 (km/L) (kg)		18.4/1,000	16.0/1,000
排出ガス規制対応		平成17年基準排出ガス50%低減レベル(3)	

表2 採用した技術と目的
Technologies and purposes thereof

項目	効果	高性能・低燃費	低排出ガス	小型・軽量	低振動・低騒音	信頼性向上
アルミダイカスト製シリンダーブロック						
吸気連続可変バルブタイミング (MIVEC)						
直打式DOHCバルブ駆動						
タイミングチェーンカム駆動 (サイレントチェーン採用)						
斜めスキッシュピストン採用による燃焼改善						
低フリクション主運動系						
モジュール設計・チェーンケース						
モジュール設計・吸気 (樹脂インテークマニホールド) / 燃料系						
シリンダーヘッド優先冷却						
ロングリーチイリジウム点火プラグ						
サーペンタイン補機駆動システム						
高レスポンスターボチャージャー						
ステンレスパイプ製エキゾーストマニホールド						
後方排気エンジンレイアウト						
電子制御スロットルバルブ						
低粘度エンジンオイル (5W-20)						

る基本諸元の選定, シリンダーブロック構造のシンプル化, カム駆動タイミングチェーンの採用, 直打式動弁系の採用, エンジン前回り部品のモジュール構造化, 吸気・燃料系部品のモジュール構造化などである。また車両への搭載姿勢は, 車両前後方向と高さ方向の寸法がバランスよく設定できる後方45度傾斜とし, 吸排気系, 補機類を効率良く配置した。

軽量化の主要工夫点は, シリンダーブロックのアルミ化, インテークマニホールドの樹脂化など軽量材の採用, エキゾーストマニホールドのSUS板金化, 各部構造のシンプル化, モジュール構造による部品の集約化などで, 3G83 SOHC4弁に対しDOHC MIVEC化を図りながら約20%の軽量化を達成した。Air-Fuelモジュールを図3に

示す。

2.2 高性能・低燃費

インタークーラー付きターボチャージャーにより最高出力47kW(64PS)の高性能を確保した。

トルク特性はMIVEC (Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control system) の採用と低速からレスポンス良く応答するターボチャージャーの組み合わせで, 2,000 min⁻¹ から高トルクを発生し, 低速域では3G83に対し8%トルクを向上した。エンジンの全開性能を図4に示す。

燃費は, MIVECの採用に加え圧縮比のアップ, 斜めスキッシュピストンの採用, シリンダーヘッド優先冷却方式によるエンジン内冷却の最適化, 樹脂インテークマ

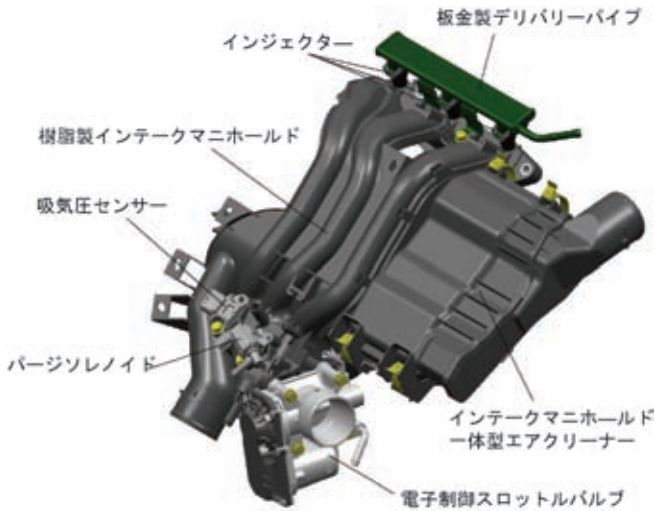


図3 Air-Fuel モジュール外観
External view of Air-Fuel module

ニホールドの採用などによる燃焼改善，ピストンリングの低張力化，その他エンジン各部のフリクション低減などによりクラストップレベルの低燃費を実現した。

2.3 低振動・低騒音

低振動・低騒音を実現するための技術コンセプトは、エンジン本体構造の高剛性化と可動部分の騒音を抑えることをねらいとして取り組んだ。

エンジン本体剛性の部分では、シリンダーブロック、クランクシャフトの基本諸元、構造を工夫した。また、アルミオイルパン、アルミヘッドカバーなど1クラス上の技術を採用した。

可動部の低騒音化については、サイレントタイミングチェーンの採用、動弁系回りの高剛性化、補機ベルトオートテンショナーの採用などにより騒音を抑えた。

これらにより低速から高速までスムーズな振動・騒音特性を実現している。

2.4 環境対応

吸気ポートの最適設計，MIVECの活用，ステンレス製2重管エキゾーストマニホールドの採用，フューエルインジェクターの最適噴霧化，新型触媒の採用などにより触媒の早期活性化を行うことで排出ガスを低減し，平成17年基準排出ガス50%低減レベル(3)を達成した。

また，各部の改良によりオイル消費低減，オイル劣化低減を図り，オイル交換距離を従来比1.5倍に延長し環境に配慮した。

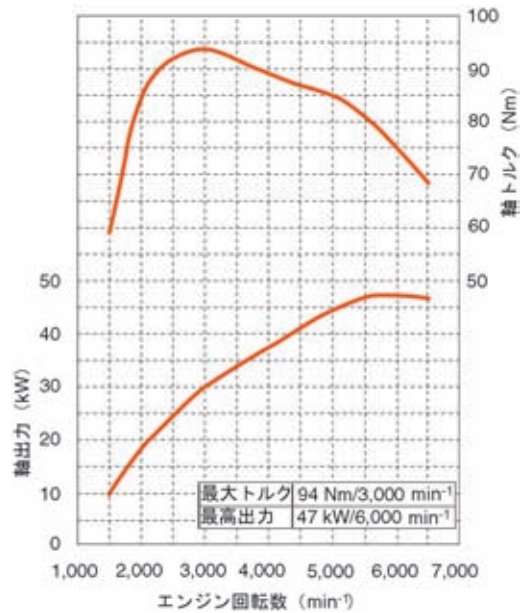


図4 エンジン性能曲線
Performance curve of the engine

2.5 機能

電子制御スロットルを採用することでエンジンの制御性を向上し，アクセル操作に対しスムーズなエンジン出力特性とすることでクラスを越えた走行フィーリングの実現に寄与した。

また，エンジン制御には高性能高容量32 bitマイコンを使用した最新のECUを採用．高度ソフトウェアを実装し，あらゆる運転条件で最適な制御を実現した。

2.6 その他

本エンジンの開発に当たっては，最新のシミュレーション技術による各種解析，デジタルモデリング技術の活用，サプライヤーとの共同開発，MMDS (Mitsubishi Motors Development System) に則った厳格な開発プロセスの適用などと，フロントローディングによる確実な生産準備，最新の生産設備の導入などにより品質を高めた。



流郷幸裕



三輪裕昭

新開発MRプラットフォームの概要

Overview of the Newly Developed Mid Engine Rear Drive Platform

岩男 明信* 河村 信介*
Akinobu Iwao Shinsuke Kawamura

概 要

「i (アイ)」のプラットフォームは法規で定められた軽自動車の規格内で、“斬新なスタイリングと居住性の両立”“軽快なフットワークと上質な乗心地”“全方位の衝突安全性”という従来車が達成できていない高い目標を実現するために新規開発したものである。通常フロントボンネット内に搭載されるパワープラントを、荷室部床下に搭載することで、ワンモーションシルエットのデザインと居住性・すいすい軽快なハンドリングとフラットで上質な乗心地、長い居住スペースと全方位の衝突安全性・長いホイールベース&大径タイヤと小さな回転半径など、背反関係にある要素を高いレベルで両立することができた。

Abstract

The “i” platform development project was undertaken with the aim of achieving high targets which were not possible to achieve with conventional designs within the regulated subcompact automobile category – namely, highly-modern styling in tandem with interior comfort, light handling, a high level of riding comfort, and 360° collision safety. By relocating the power plant normally found under the front bonnet to the beneath the floor in the luggage compartment, it became possible to simultaneously achieve a one-motion silhouette profile, interior comfort, light handling, consistently high-quality driving comfort, a longer passenger compartment, safety under collision from all directions, long wheelbase, large wheels, small turning radius, and many other high-level elements that would traditionally have had to be traded off against each other.

Key words: MR, Platform, Subcompact Automobile

1. ま え が き

国内自動車総需要の約1/3を占める軽自動車市場は、三菱自動車にとっては非常に重要なセグメントであり、長年にわたり商品を投入してきた。元来国民の足としての普及目的を背景にもつ軽自動車だが、昨今はユーザーのニーズも多様化してきており、既存車にはない新しいコンセプトの軽自動車の開発に着手し、新しい商品価値を生み出す手段として新たなレイアウトのプラットフォームを開発した。新規開発のMR (Mid Engine Rear Drive) プラットフォームはフロントにエンジンがないことで、**図1**のような従来車には不可能だったデザインを可能とするのみならず、小型車並みに長いホイールベース、大径タイヤ、約45:55の前後重量配分、高剛性ボデーなどの技術特長から長い室内長、フラットで上質な乗心地、軽快なハンドリング、全方位の衝突安全性、静かなロードノイズなどを実現できた。本稿では、MRプラットフ



図1 「i (アイ)」の外観
External view of “i”

ォームの概要につき報告する。

2. パッケージング

図2にMRプラットフォームの概要を示す。フロントにエンジンがないMRレイアウトは、通常のFF (Front Engine Front Drive) 車と比較して前輪をレイアウトする自由度が高いため、前輪を車両前端に近付け、後輪との

* 商品開発・環境統括部門 軽商品開発プロジェクト

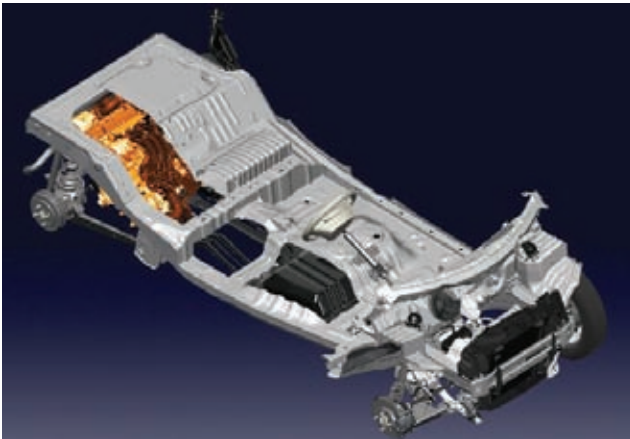


図2 MRプラットフォーム概要
MR platform



図4 「i」のボデー骨格
Body structure of "i"

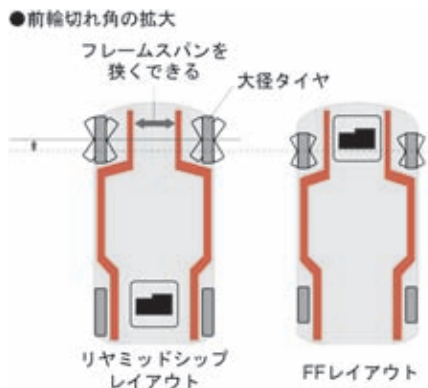


図3 前輪の切れ角
Front wheel steering angle

距離を長く取ったロングホイールベースとすることが可能となる。これにより「i」では前席乗員を前方に移動し、前後方向に長い居住長を確保している。一見短いフロントノーズながらエンジンがない分、十分に前方からの衝突時にエネルギーを吸収するクラッシュ長を確保できている。MRレイアウトは全長に制限のある軽自動車では、長い室内長と衝突安全性を両立できる合理的なレイアウトである。また走行性能の向上に有効な大径タイヤを装着する場合、全幅が規制されている軽自動車のFF車では、タイヤ径の増加に伴いフル操舵時にタイヤとサイドメンバーが干渉し、これを回避するために舵角を制限し最小回転半径を大きくせざるを得ないケースが多いが、MRレイアウトの場合は、フロントにエンジンがないため、図3に示す通りサイドメンバーを車体中央に寄せてレイアウトすることでタイヤとの干渉が発生せず、ロングホイールベースかつ大径タイヤでありながら、軽自動車の標準的な回転半径をキープすることができた。ロングホイールベースと大径タイヤはエクステリアデザイン、居住性に加え、操縦安定性や乗心地にもメリットをもたらしている。

3. ボデー

3.1 ボデー骨格概要

ボデー骨格はプラットフォームの根幹となる構成要素であり、その機能には高い強度・剛性と衝突時のエネルギー吸収性能を可能な限り軽量にて実現することが要求される。「i」のボデー骨格は、図4に示すとおり大型断面フレームを前後にストレートに通し、その最適位置に左右のフレームをつなぐクロスメンバーを配置し、曲げ・ねじりにおいて従来車のほぼ2倍の高いボデー剛性を確保した。フロントサイドメンバーはエネルギー吸収効率の良い六角形断面とし衝突時のエネルギー吸収特性を向上させた。またフロントにエンジンがないことによるレイアウトの自由度を活かし、フロントサイドメンバーとAピラーをつなぐ台形のクロスメンバーを新たに追加して衝突時の入力をアッパーボデーでも支える構造とし、衝突時のトーボードの後退量を抑制した。側面からの衝突に対しては、左右のフレームをつなぐクロスメンバーを最適な位置に配置してボデーの変形をコントロールし、乗員の生存空間の確保と傷害値の抑制を実現した。また、後方からの衝突に対しても、大型断面のフレームに加え、エンジン及びエンジンマウントを介して衝撃をフレーム部に入力し、後席乗員の生存空間を確保する構造としている。高いボデー剛性は、操縦安定性・乗心地・NVH特性面でも良い効果を生んでいる。

3.2 ボデーの軽量化

軽量化へのアプローチはCAE計算による断面・板厚の最適化とハイテン材の適用範囲の拡大を推進した。従来車でも採用例のある590MPaハイテン材に加え、フロントエンドクロスメンバー及びブルーフポーの一部には980MPaハイテン材を採用し軽量化を推進した。



図5 フロントサスペンション
Front suspension



図6 リヤサスペンション
Rear suspension

4. シャシー

4.1 フロントサスペンション

図5に示すとおり、フロントサスペンションは軽量・コンパクトで十分な市場実績のあるマクファーソンストラット式を採用した。ロアアームにはA型アームタイプを採用し、ブレーキング時のノーズダイブを抑制するアンチノーズダイブレイアウトとした。フロントにエンジンがないためFF車よりもショックアブソーバー上部取り付け点を車体内側にレイアウトでき、車体前方から見たストラットの傾きを大きくすることが可能となった。この結果、FF車よりもサスペンション収縮時にスプリングの反力を利用してストラットの曲げ力を低減することができ、スムーズなサスペンションの動きにより良好な乗心地確保に寄与している。同時にフロントフードを低くでき、「i」の個性的なワンモーションシルエットに貢献している。

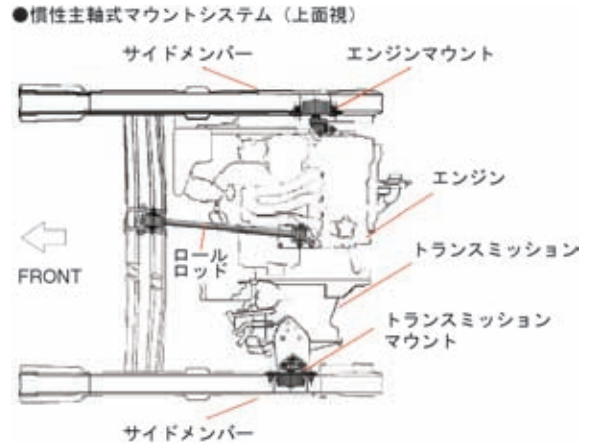


図7 マウント構造
Construction of engine mount system

4.2 井桁フレーム

フロントフレームに剛結された井桁フレームはフロントサスペンションのロアアーム、ステアリングギヤボックス、4WD車のフロントデフを保持している。剛性の高い井桁フレームをフロントサイドメンバー部にダイレクトに結合することで、サスペンション剛性を確保し軽快な走行性能としっかりとした操舵フィーリングを実現している。また、前方からの衝突時はステアリングギヤボックスを保持した井桁フレームが車体下方に折れステアリングシャフトとギヤボックスの結合を切り離し、ステアリングの収縮量を増やす構造とし、乗員の傷害値を軽減する。パワーステアリングはモーターがピニオン軸に装着されたピニオンタイプの電動パワーステアリングを採用し、低速から高速までの最適な操舵力と低燃費を両立した。また2WD車の場合はフロントタイヤを駆動しないため、FF車特有のトルクステアのない自然な操舵フィーリングを実現している。

4.3 リヤサスペンション

リヤサスペンションはシンプルな構造を持ち、車体のロールに伴う対地キャンバー変化が少なく安定性確保の面で有利な3リンクド・ディオンタイプを採用した(図6参照)。また、主要サスペンション部品のボデーへの取り付け部位をすべてボデーサイドメンバーに直接設定し、サスペンション剛性を確保して高い操縦安定性・上質な乗心地を実現するとともに、タイヤからの入力をボデーの共振感度の低い部分に入力し、ロードノイズにも良い効果をもたらした。

4.4 エンジンマウント

エンジンのマウント構造を図7に示す。慣性主軸式マウントシステムのペンデュラム式3点支持マウントを採用した。パワープラントをサイドメンバー内に設置され

た左右メインマウントで支持し、ボデークロスメンバーとトランスミッション下端をつないだロールロッドでエンジンのロール方向の動きを抑制する構造である。ペンデュラム式3点支持マウントはパワープラントの上下方向の振動には左右メインマウントが、回転方向の振動にはロールロッドが各々個別に防振を受け持つので、上下方向と回転方向の防振が混在する重心支持方式と比較して防振対策が容易になるメリットがある。エンジンマウント、トランスミッションマウントをサイドメンバーの断面内に内蔵する構造を取ることで、左右方向にスペース効率の良いレイアウトとした。

5. フレキシビリティ

MRプラットフォームは、デザインに対する自由度の高さとともにスポーティカーからオフロードカーまで様々な車両形態に対応できるフレキシビリティの高さも大きなメリットの一つである。

また、フロントにエンジンがないことからフロント部の衝突特性にパワープラント仕様の影響が少なく、開発効率良くパワープラント展開に対応可能である。

6. あとがき

三菱自動車では初めてとなるMRプラットフォームの開発は、未知の問題との格闘の連続であったが、関係者全員の努力により完成したプラットフォームはねらいどおりの長所を得ることができた。今後は、長所の一つでもあるフレキシビリティの高さを有効活用し、MRプラットフォームの他車種への展開を広げていきたい。



岩男明信



河村信介

ピエゾケーブルセンサーを利用した ドアキーレスオペレーションシステム

Door Keyless Operation System Using Piezoelectric Cable Sensor

中森 洋治 [*] Yoji Nakamori	藤原 雄高 [*] Yutaka Fujiwara	高橋 聡 ^{**} Akira Takahashi
兵藤 正武 ^{**} Masatake Hyodo	乾 弘文 ^{**} Hirofumi Inui	阿部 幸夫 ^{**} Yukio Abe
笠井 功 ^{**} Isao Kasai		

概要

使い勝手の良いキーレスオペレーションシステム（以下、KOSとする）を軽自動車まで幅広く車種展開できるようにするため、現在多く採用されているパドル式ドアハンドルへの適用が可能な小形ドアアンロックセンサーとして、ピエゾケーブルセンサー（以下、PCセンサーとする）を開発し、業界で初めて採用したのでここに紹介する。ピエゾケーブルセンサーは、ドアハンドルの開操作初期の振動がセンサーに加わると、圧電効果により電圧信号を出力することを特長としており、従来の静電容量式センサーに比べ、小形、搭載容易化、検出確実化を図っている。

Abstract

We have developed a piezo cable sensor and incorporated it into a compact car model for the first time in the car manufacturing industry as a slim door unlock sensor which fits into the currently predominant paddle-type door handle, in order to expand the scope of application of the highly useful keyless operation system (KOS) even to minicars. The piezo cable sensor, which emits a voltage signal generated by piezoelectric effect in response to the initial vibration from a door handle, is smaller and easier to accommodate than the conventional capacitance-type sensor and is superior in detection performance.

Key words: Keyless Entry, Keyless Operation System, Piezo Cable Sensor, Door Handle

1. ま え が き

近年、自動車のロックシステムはキーレスエントリーから、キーを携帯しているだけでドアをロック、アンロックできるより使い勝手の良いKOSへの移行が進んでいる。しかし、従来のKOSはアンロックセンサーのサイズが比較的大きく、軽自動車に用いられているパドル式ドアハンドルには搭載しにくいという問題があり、KOSを軽自動車に広く展開するためにはアンロックセンサーの小形化が求められていた。今回、業界で初めてPCセンサーを用いた小形で搭載性に優れたアンロックセンサーを開発し、新コンセプト軽自動車「i (アイ)」に搭載したので以下に紹介する。

* 技術開発本部 先行車両技術部

** 三菱自動車エンジニアリング(株) 開発事業部

** 松下電器産業(株) 松下ホームアプライアンス社

2. 開発のねらい

現在、KOS用のドアハンドル組込みアンロックセンサーは静電容量式が主流であるが、手袋着用時の操作では、直接の手操作に比べ誘電率が低く十分な電荷の変化が得られない場合があり検出が困難になる。また、水滴でも電荷の変化が発生するため、降雨や洗車時に影響を受ける可能性がある。更に、センサー電極をハンドルレバーに装着するため、ハンドル本体の厚みが増し特に軽自動車の薄いドア内部にレイアウトしにくいという問題があった。

今回開発したアンロックセンサーでは、ドアを開ける際のハンドル操作初期の振動を検出する方式に着目した。検出センサーには、環境に影響を受けない高い検出性能とともにケーブル状で搭載性に優れるという特長を持つPCセンサーを採用した。

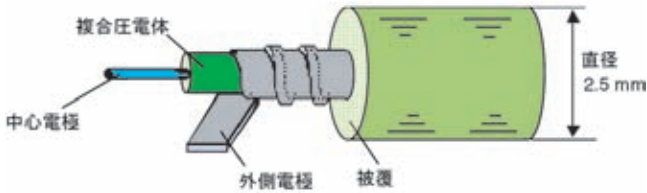


図1 PCセンサー外観
Appearance of PC sensor

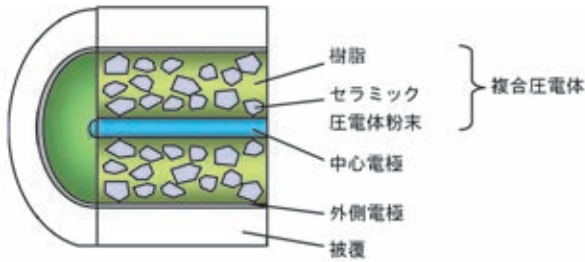


図2 PCセンサーの内面
Inside of PC sensor

表1 PCセンサーの仕様
Specifications of PC sensor

項目	仕様
複合圧電体	セラミック圧電体粉末，樹脂（ポリエチレン系樹脂）， その他複合体
中心電極	Cu - Ag 合金コイル
外側電極	3層ラミネートフィルム（Al - PET - Al）
絶縁体，外皮	エラストマー，φ2.5 mm

3. PCセンサーの構造と原理

3.1 構造

PCセンサーは、図1のように中心電極，複合圧電体（樹脂と圧電セラミックス粉末の混合），外側電極及び被覆を同軸状に成型した直径2.5 mmのフレキシブルなケーブル状の圧電センサーである。PCセンサーの内面（断面）を図2，同センサーの仕様を表1に示す。

3.2 検出原理

センサーが振動を受けたり変形したりすると，圧電効果によりその加速度の大きさに応じた電圧を発生する（図3）。

本PCセンサーの開発では，複合圧電体の材料選定や，高い圧電効果が得られる独自の分極装置などの製造技術を確立し，高感度で搭載自由度の高いケーブル状の圧電センサーを実現した。

4. PCセンサー搭載構造

ドアハンドルに搭載した状態を図4，図5に示す。

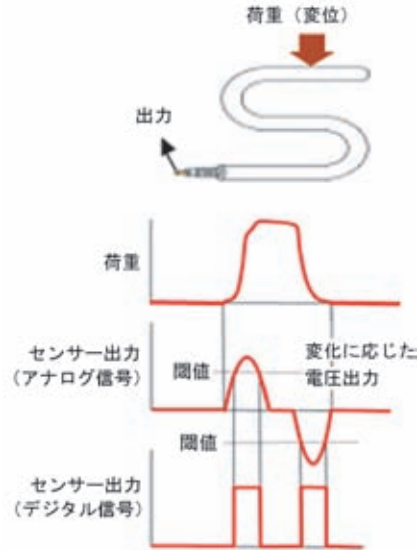


図3 圧電効果
Piezoelectric effect

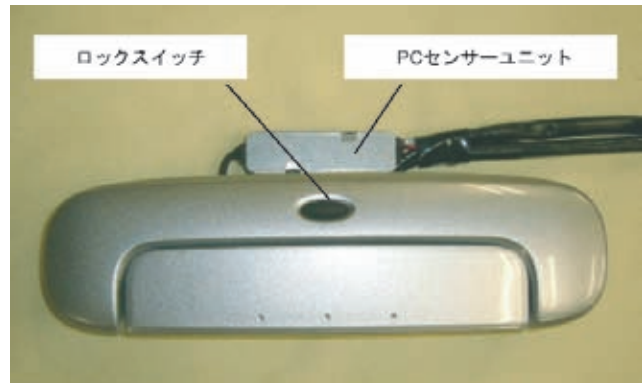


図4 ドアハンドル（正面）
Door handle (front view)

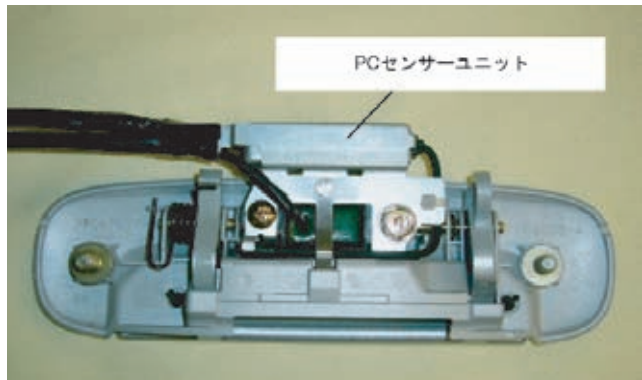


図5 ドアハンドル（裏面）
Door handle (rear view)

PCセンサーは，PCセンサーユニットケースと一体にしてドアハンドルへの組付け作業性を考慮した構造としている（図6）。

ドアハンドルのレバー操作の動きに連動して板バネが

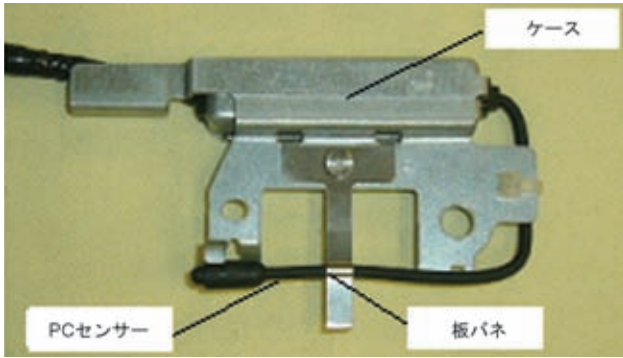


図6 PCセンサーユニット
PC sensor unit

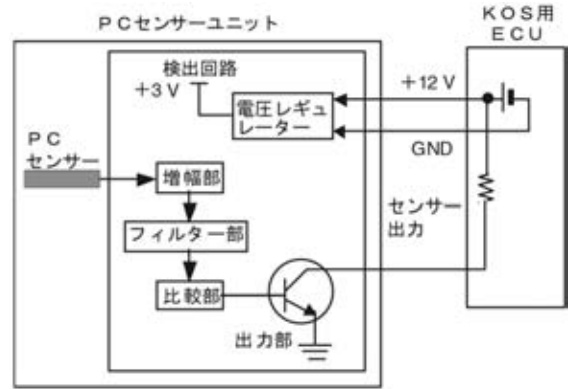


図8 PCセンサーユニットの回路ブロック
Circuit block in PC sensor unit

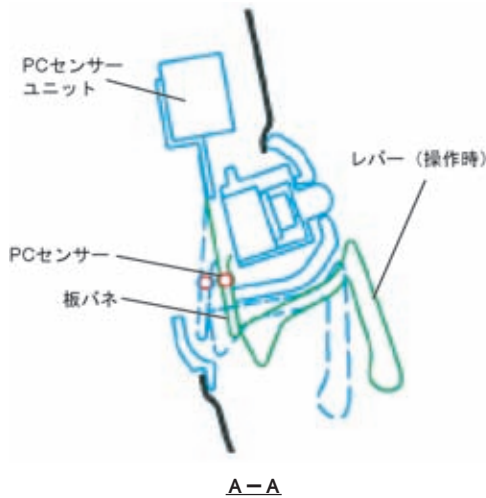


図7 ドアハンドルと断面
Door handle and section

変位し、PCセンサーが板バネに連動して変位することで、操作初期の振動が検出できる(図7)。この検出信号をKOS用ECUに送り、ドアの施錠がアンロックされる。また、ドアハンドル本体上部にはドアを施錠するロックスイッチを設けている。

5. 検出回路構成と性能

5.1 PCセンサーユニット

検出回路構成を図8に示す。PCセンサーユニットは、

表2 PCセンサーの仕様
Specifications of PC sensor

項目	性能
動作電源電圧	DC 8 ~ 16 V
消費電流	0.8 mA 以下 (判定出力時)
出力信号	オープンコレクター方式
出力ON時間	25 ms 以上
使用温度範囲	- 30 ~ + 80
保存温度範囲	- 40 ~ + 85
使用湿度範囲	95 % 以下

PCセンサーの出力信号を処理してドアハンドル操作の判定信号を出力する。

ドアハンドルのレバー操作によりPCセンサーに振動や変形の加速度が加わると、圧電効果によりその大きさに応じた電圧信号がPCセンサーから出力される。増幅部で約200倍増幅して比較部に送る。レバー操作時の振動は微少な信号のため、最適なフィルター回路を形成して電磁波の外乱影響を抑制し確実に検出できるようにしている。比較部は、増幅部から送られたアナログ信号をデジタル信号(ON/OFF)に変換する。また、PCセンサーユニット内の電源を安定化するために、電圧レギュレーターで+3V電源を用い、電源の電圧変動の影響を低減している。表2にPCセンサーユニットの仕様を示す。

5.2 検出性能

ドアを開ける際の考えられるあらゆるハンドルレバー操作速度に対してもハンドルレバー操作初期の振動を確実に検出可能(図9)であることを確認した。

また、ドアへのいじわる的な振動入力に対して誤作動がないことや、種々の環境下で確実な検出性能を有することも確認済である。

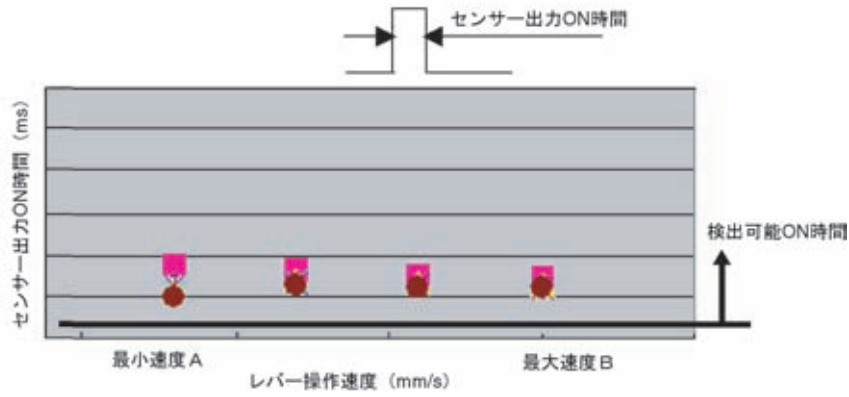


図9 ハンドルレバー操作速度と出力ON時間 (n = 5)
Handle lever operation speed and output ON time sensor (n = 5)

6. あとがき

今回、小形で搭載性に優れ、検出が確実なPCセンサーを開発できた。なお、検出の感度については、KOSのアンロックフィーリングに大きく影響を与えるものであり、お客様がハンドルを操作した瞬間にそのシステムの品質の印象を与えるといってもよい。今後は、更なるフィーリングの向上を目指し、改良を行っていく所存である。また、PCセンサーの優れた特長を生かし、様々なドアハンドルへの展開も検討していきたい。

最後に、本開発に当たりご協力を頂いた社内外の関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- (1) Y. Fujii, N. Kanazawa, I. Masahiko and T. Nagai: A Piezoelectric Coaxial Cable, Technical Digest of the 18th Sensor Symposium, p. 269 ~ 272, 2001
- (2) Y. Fujii, N. Kanazawa, I. Masahiko and T. Nagai : コード状感圧センサー, 高分子学会第10回ポリマー材料フォーラム予稿集, 2001



中森洋治



藤原雄高



高橋 聡



兵藤正武



乾 弘文



阿部幸夫



笠井 功

インホイールモーターによる車両運動性能の向上

Improvement of Vehicle Dynamic Performance by Means of In-Wheel Electric Motors

蒲地 誠* ケビン・ウォルターズ* 吉田 裕明*
Makoto Kamachi Kevin Walters Hiroaki Yoshida

概要

インホイールモーターを駆動輪に搭載した電気自動車は、各輪のモータートルクを独立に制御できるため、左右輪のモータートルク差により車体に発生するヨーモーメントを利用した運動制御が可能である。新たにアクチュエーターを追加する必要がなく、ソフトウェアのみで運動制御を実現できるとともに、モーターの特長である高速かつ緻密なトルク制御性能の効果が期待される。本稿では、インホイールモーターの可能性を実証すべく、車両の運動性能、特に操舵角に対するヨーレート及び横加加速度の過渡応答特性を向上させることを目的とした制御について報告する。後2輪にインホイールモーターを搭載したCOLT EV プロトタイプを用いて、制御が効果的であることを実験にて検証した。

Abstract

With an electric vehicle that has in-wheel motors in its driving wheels, each wheel's motor torque can be controlled independently, meaning that a yaw moment created by means of motor-torque differences between the left and right wheels can be used for dynamic control. Without requiring any additional actuators, such an arrangement permits dynamic control to be realized using only software and delivers the benefits of the motors' inherently rapid, precise torque controllability. As part of an effort to verify the potential of in-wheel motors, this paper describes the control method devised to enhance a vehicle's dynamic performance (particularly the transient-response characteristics of the yaw rate and the lateral acceleration relative to the steering angle). The control method was proved effective by means of experiments conducted using a COLT EV prototype vehicle with two rear in-wheel motors.


Key words: Electric Vehicle, Vehicle Dynamics, Active Control

1. はじめに


近年、環境問題や石油資源の枯渇に対する懸念が高まり、内燃機関自動車から電気自動車（ハイブリッド車、燃料電池車を含む）への世代交代が期待されている。

中でも、各車輪内にモーターを分散配置するインホイールモーター（以下、IWMとする）を用いた電気自動車は、車内スペースやデザインの自由度が増すことから、次世代電気自動車として注目を浴びている。また、IWM車は各車輪のモータートルクを独立に制御できるため、左右輪にトルク差を与えることで車両にヨーモーメントを発生させ、車両の運動を制御する直接ヨーモーメント制御（以下、DYCとする）が可能である⁽¹⁾。これらの利点に着目し、当社ではIWMを搭載したプラットフォームを電気自動車、ハイブリッド車、燃料電池車に展開するというMIEV(Mitsubishi In-wheel motor Electric Vehicle)

コンセプトに基づいて、次世代電気自動車の研究・開発を行っている。

本稿では、IWM車にDYCを適用することで、車両運動性能（操縦性・安定性）、特に操舵角に対するヨーレート及び横加加速度の過渡応答特性を改善できることを検証する。試験車として、後2輪にIWMを搭載したプロトタイプEVであるCOLT EV（1）を用い、DYCの効果について実験的考察を行う。

2. COLT EV

試験車COLT EVの概要とシステム構成について述べる。COLT EVは、市販車のCOLTからエンジン、トランスミッション及び燃料タンクを取り除き、後2輪にIWMを、燃料タンクの位置に駆動用電池を搭載した電気自動車である。モーター制御ユニットであるインバーターはラゲッジスペース下に設置している（2）。インバーター及びIWMについては独自開発したものを、また、駆動用電池は(株)Litcelの高性能リチウムイオン電池を

* 技術開発本部 先行車両技術部



図1 COLT EV
COLT EV

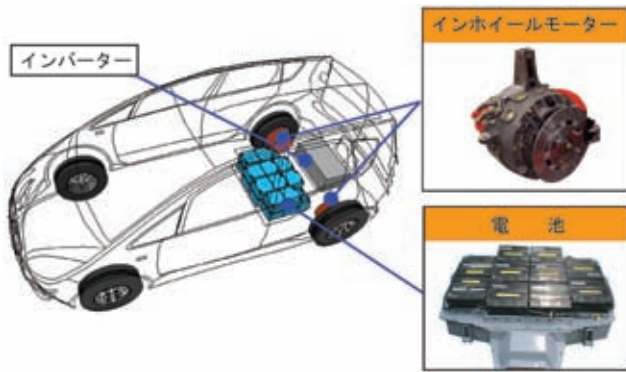


図2 パーツレイアウト
Parts layout

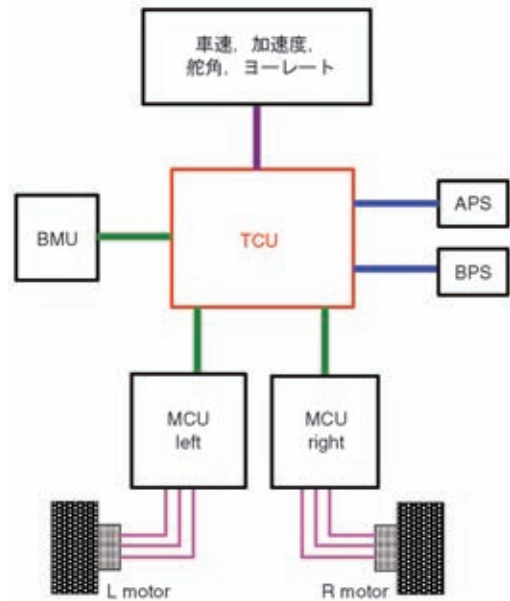


図3 システム構成
System configuration

表1 車両諸元
Vehicle specifications

寸法 (L × W × H)	3,885 × 1,680 × 1,550 (mm)	
空車重量	1,150 kg (F : 467 kg + R : 683 kg)	
最高速度	150 km/h (93 mile/h)	
タイヤ	185/55R15	
モーター (1基当たり)	最高出力	20 kW
	最高トルク	100 Nm
	最高回転数	9,000 min ⁻¹
	減速ギヤ	遊星 (ギヤ比6.0)
電池	種類	リチウムイオン
	容量	40 Ah
	電圧 / モジュール	14.8 V × 22 モジュール

採用した．車両諸元は表1のとおりである．

COLT EV のシステム構成を図3に示す．アクセル (APS) , ブレーキ (BPS) , 電池 (BMU) 及び各種センサー (車速, 舵角, ヨーレート, 加速度) の情報をトルク演算装置 (TCU) に取り込み, 左右モーターへの指令トルクを演算する．指令トルクはRS232C 通信によって左右モーター制御ユニット (MCU) に送られる．

3. 車両モデルとDYC

3.1 車両の線形モデル

図4のようなIWM車の左右輪にそれぞれ T_l, T_r のモータートルクを与えた場合, モータートルク差 T_{dif} によって車両の重心点回りに発生するヨーモーメント M_z は次式で書ける．

$$M_z = \frac{d}{2} \left(\frac{g_r T_r}{R} - \frac{g_l T_l}{R} \right) = \frac{g_r d}{2R} T_{dif} = K T_{dif} \quad (1)$$

よって, 図5のような線形2輪モデルを考えると, 車両の運動方程式は次式のように書ける⁽²⁾．

$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{2C_f + C_r}{MV} & -1 - 2\frac{l_f C_f - l_r C_r}{MV^2} \\ -\frac{2l_f C_f - l_r C_r}{I} & -\frac{l_f^2 C_f + l_r^2 C_r}{IV} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{2C_f}{g_a MV} & 0 \\ \frac{2l_f C_f}{g_a I} & \frac{K}{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ T_{dif} \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここで, θ は操舵角, β は重心横滑り角, γ はヨーレートである．更に両辺をラプラス変換することで, θ 及び T_{dif} から γ への伝達関数は以下のように書ける．

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{A_G(1 + T_G s)}{1 + \frac{2c_s}{\omega_n} s + \frac{1}{\omega_n^2} s^2} \theta + \frac{A_H(1 + T_H s)}{1 + \frac{2c_s}{\omega_n} s + \frac{1}{\omega_n^2} s^2} T_{dif} \\ &= G(s)\theta + H(s)T_{dif} \end{aligned} \quad (3)$$

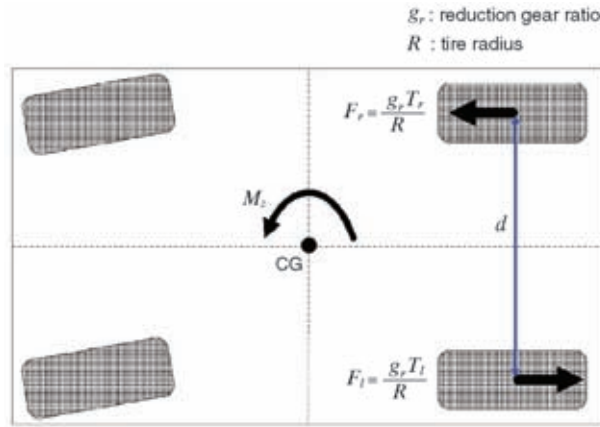


図4 モータートルク差とヨーモーメントの関係
Relationship between motor-torque difference and yaw moment

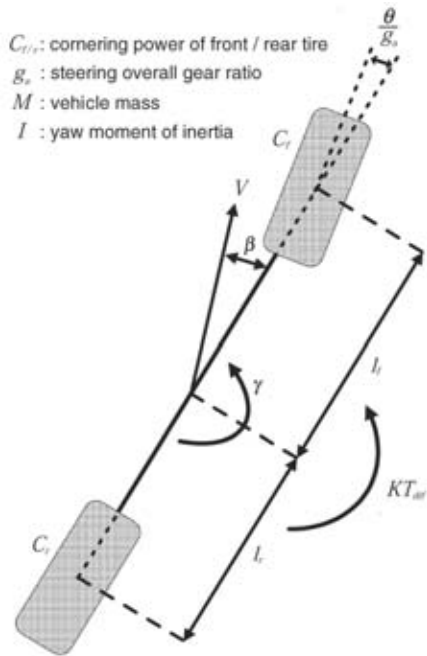


図5 線形2輪モデル
Linear two-wheel model

ここで、 A_G 及び A_H は定常ゲイン、 T_G 及び T_H はリード時定数、 ζ は減衰係数、 ω_n は固有振動数を表す。このように、ヨーレートは操舵応答とモータートルク差応答の線形和として表される。よって、図6のように、モータートルク差を適切に与えることで、車両の運動（ヨーレート）を制御することが可能である（DYC）。

3.2 車両モデルの同定

上記の伝達関数 $G(s)$ 、 $H(s)$ を実験に基づいて同定する。

3.2.1 伝達関数 $G(s)$ の同定実験

車速を一定に保ち（本稿では80 km/h）、操舵角入力をパルス状に与える。パルス幅は約0.5 sとし、タイヤ特性の線形性を保証するため、操舵角のピークは横加速度の

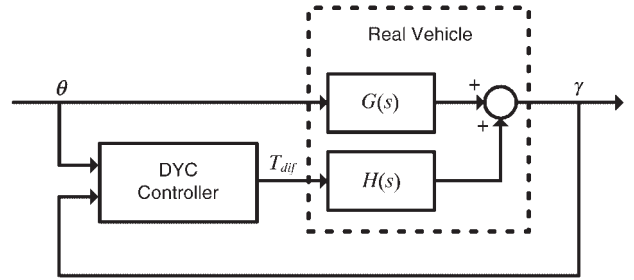


図6 DYCの概念図
Conceptual view of DYC

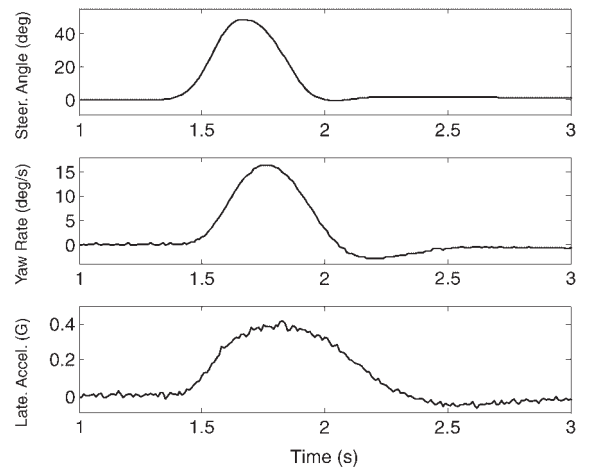


図7 同定実験結果（操舵角入力）
Results of identification experiment (steering-angle input)

ピークが約0.4 Gとなるように与える⁽³⁾。実験結果の時間波形を図7に示す（上図は操舵角，中図はヨーレート，下図は横加速度）。

3.2.2 伝達関数 $H(s)$ の同定実験

車速を一定に保ち（本稿では80 km/h）、ハンドルを0度の位置に固定したまま、モータートルク差入力をパルス状に与える。パルス幅は0.5 sとし、ピークはその車速において出し得る最大トルク差付近に設定する。実験結果の時間波形を図8に示す（上図はモータートルク差，中図はヨーレート，下図は横加速度）。なお、モータートルク差は減速ギヤを介する前のモーター単体へのトルク指令値の差である。

3.2.3 同定計算

同定入力（操舵角及びモータートルク差）と同定出力（ヨーレート）にそれぞれ離散フーリエ変換を行い、それらの比をとることで周波数応答を計算し、その周波数応答に近くなるように伝達関数 $G(s)$ 、 $H(s)$ をカーブフィッティングして求める。なお、式(3)に合わせ、両伝達関数の分母は共通とし、分母の次数を2次、分子の次数を1次とする。計算結果のボード線図を図9に示す（実線は伝達関数 $G(s)$ 、破線は伝達関数 $H(s)$ ）。

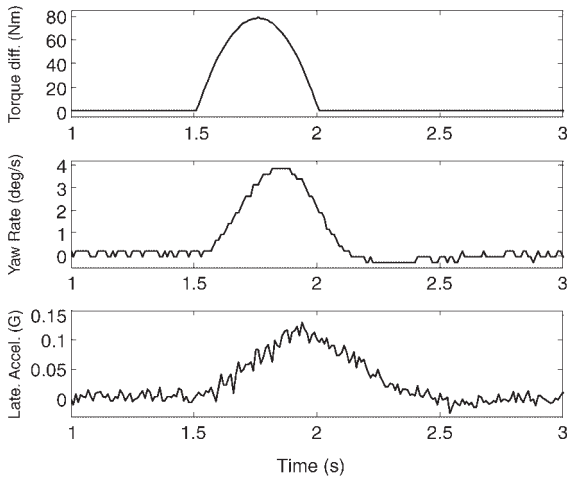


図8 同定実験結果（モータートルク差入力）
Results of identification experiment
(motor-torque-difference input)

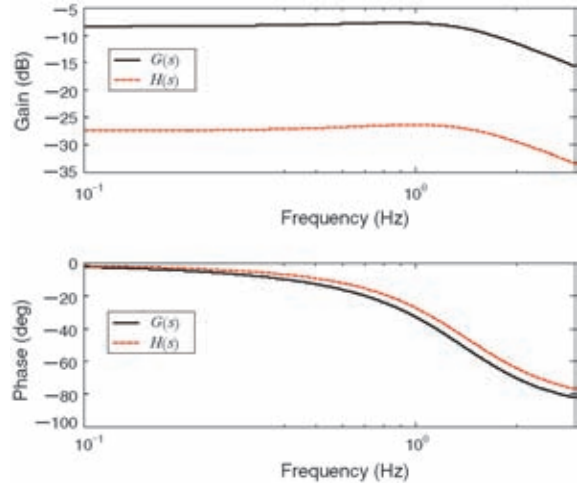


図9 同定した伝達関数のボード線図
Bode diagrams of identified transfer functions

4. 操縦性・安定性の評価と制御の目標

同定によって得られた伝達関数の特徴量に着目し、車両の操縦性・安定性を評価する方法について述べ、更にDYCを行う際の目標設定に触れる。

4.1 評価パラメーター

操縦性・安定性に関する車両の運動特性として、操舵角入力に対する応答の速応性、減衰性、回頭性、追従性が挙げられる。ここで、速応性はヨーレートの立ち上がりの速さ、減衰性はヨーレートの収まりの良さ、回頭性はヨーレートの定常値の大きさ、追従性は横加速度の立ち上がりの速さに相当する。そして、速応性はヨーレート固有振動数 $f_n = \omega_n/2\pi$ に、減衰性はヨーレート減衰係数 ζ に、回頭性はヨーレート定常ゲイン A に、追従性は横加速度の位相遅れ (@1 Hz, 以後 ϕ と呼ぶ) にそれぞれ対応することが知られている⁽⁴⁾。以後この四つの特徴量 (f_n, ζ, A, ϕ) を4パラメーターと呼ぶ。

4.2 4パラメーターの計算

4パラメーターのうち $f_n = \omega_n/2\pi$, $A = A_G$ 及び ζ は同定した伝達関数 $G(s)$ から抽出できる。 ϕ を求める方法は、3.2.3項と同じで、操舵角から横加速度への伝達関数を求め、その周波数応答から位相遅れを求める。なお、伝達関数の次数については、線形モデルと対応させ、分母の次数を2次、分子の次数を2次とする。求めた4パラメータを表2にまとめる。

4.3 DYCの目標設定

車両の操縦性・安定性は、車両の重量、前後重量配分、ヨー慣性モーメント、ホイールベース、サスペンション特性、前後タイヤのコーナリングパワーなどによ

表2 4パラメーター（DYCなし）
Four-parameter values (without DYC)

f_n	1.42 (Hz)
ζ	0.665
A	0.382 (1/s)
ϕ	- 74.0 (deg)

て決まる。しかし、車両形態や車格の制限により前記のような車両諸元を変更することが不可能な場合に、DYCによって車両の操縦性・安定性を改善できることは望ましい。

一方、高性能車は一般に4パラメーターの値がすべて大きい⁽⁴⁾。そこで、4パラメーターを図10のようなレーダーチャートに表すと、高性能車ほど四角形が大きくなる。ここで、破線はCOLT EV、実線は当社の高性能車を表す。DYCによって操縦性・安定性を改善する際の目標としては、4パラメーターの値をすべて大きくすることが考えられる。しかし、図10のように ζ と A は十分に大きく、 f_n と ϕ の低さが顕著であるため (IWM EV化により後輪の分担重量比が増大したことによる)、本稿では特に f_n と ϕ を大きくすることをDYCの制御目標とする。

5. DYCとその効果

操縦性・安定性を改善することを目標にしたDYCを行い、その効果を実験により検証する。

5.1 目標ヨーレートの設定

4.3項で述べたように、 f_n 及び ϕ を大きくすることを制御の目標とする。そこで、操舵角に対する理想的なヨーレート応答を目標ヨーレートとして与え、DYCによって実ヨーレートを目標ヨーレートに追従させることを考え

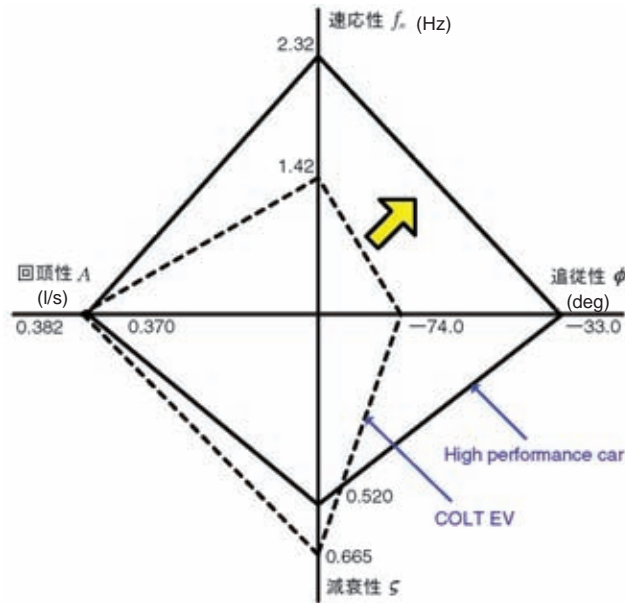


図 10 4パラメータの比較 (DYCなし)
Comparison of four-parameter values (without DYC)

る．本稿では，規範となる伝達関数（規範モデル）を与え，実際の操舵角からヨーレートへの伝達特性をこの規範モデルに近付けるような制御系を構築する．

まず f_n を大きくすることを考え，規範モデル $F(s)$ を次式のように設定する．ただし， γ^* は目標ヨーレートを表す．

$$\gamma^* = F(s)\theta = \frac{A_G(1+T_Gs)}{1 + \frac{2\zeta}{\omega_n}s + \frac{1}{\omega_n^2}s^2} \theta \quad (4)$$

ここで，たとえば $\omega'_n = 2\pi f_n \times 1.5$ とした時の伝達関数 $F(s)$ のボード線図は図 11 のとおりである（実線は $F(s)$ ，破線は $G(s)$ ）．このように， f_n を大きくすることで，ヨーレートの位相遅れが改善されることから，横加速度の位相遅れ ϕ の改善も期待できる．これに関しては，5.3 項で実験による検証を行う．

5.2 DYC 制御則

目標ヨーレートと実ヨーレートが一致するための条件は次式のように書ける．

$$\gamma^* - \gamma = F(s)\theta - \{G(s)\theta + H(s)T_{dif}\} = 0 \quad (5)$$

式(5)より，そのために与えるべきモータートルク差 T_{dif} は次式のようになる．

$$T_{dif} = \frac{F(s) - G(s)}{H(s)} \theta \quad (6)$$

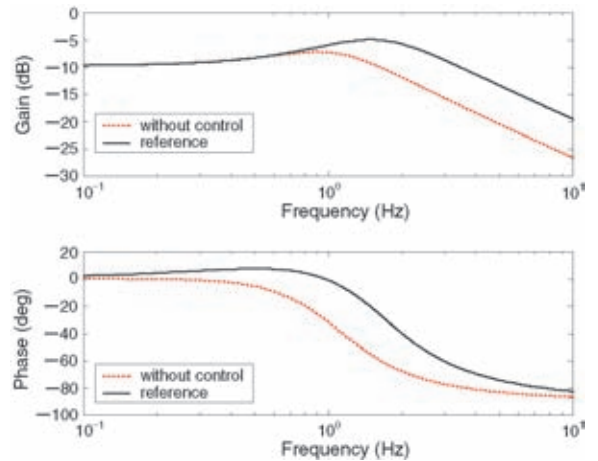


図 11 規範モデルのボード線図
Bode diagrams of reference model

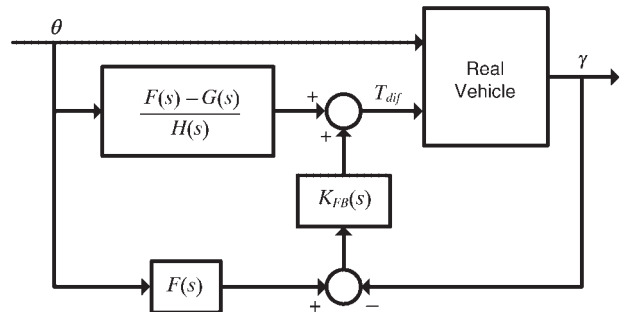


図 12 DYC 制御則のブロック線図
Block diagram of DYC logic

また，実際はモデル化誤差や外乱の影響があるため，式(6)のみでは目標ヨーレートと実ヨーレートは一致しない．そこで，本稿では，式(6)をフィードフォワード項とし，更に目標ヨーレートと実ヨーレートの偏差をフィードバックする下記のような制御則を用いる．

$$T_{dif} = \frac{F(s) - G(s)}{H(s)} \theta + K_{FB}(s) \{F(s)\theta - \gamma\} \quad (7)$$

ここで， $K_{FB}(s)$ には PID 制御などの適当な伝達関数を選ぶ．この制御則のブロック線図は図 12 のとおりである．

5.3 実験による DYC の検証

ここでは，前節で述べた制御則を用いて DYC を行ったときの実験結果について述べる．目標ヨーレート，式(4)は $\omega'_n = 2\pi f_n \times 1.5$ とし，フィードバック制御項には比例制御を用いた．車速は同定実験と同じ 80 km/h とした．

5.3.1 時間波形による検証

操舵角をステップ状に加えたときの応答波形を図 13

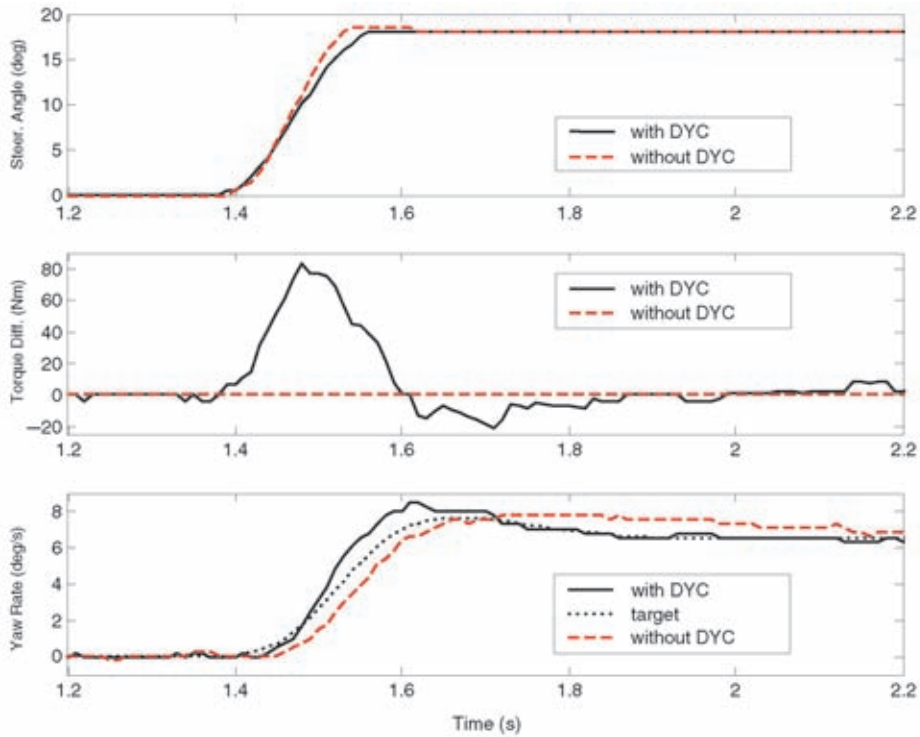


図13 ステップ操舵角入力の実験結果
Results of steering-angle step inputs

表3 4パラメーター (DYCあり)
Four-parameter values (with DYC)

f_n	1.82 (Hz)
ζ	0.695
A	0.382 (l/s)
ϕ	-48.0 (deg)

に示す(上図は操舵角, 中図は制御入力, 下図はヨーレート). この図から, DYCを行ったときのヨーレート(実線)は, 目標ヨーレート(点線)に正確には追従できていないが(制御パラメーターあるいは制御則の最適化が必要), 制御なしの場合(破線)に比べて立ち上がり収束が速くなっていることが確認できる.

5.3.2 4パラメーターによる検証

DYCを行った場合の4パラメーターを表3に示す. 制御の目的は f_n 及び ϕ を大きくすることであり, 表3の結果はその目的を達成できていることを示す. 制御の効果を確認するため, 4パラメーターをレーダーチャートに表したものを図14に示す(点線はDYCなし, 実線はDYCあり). このように, 四角形が大きくなっていることから, DYCにより車両の操縦性・安定性が改善されていることが視覚的に確認できる.

6. ま と め

本稿では, 試験車COLT EVを用いて, IWM電気自動

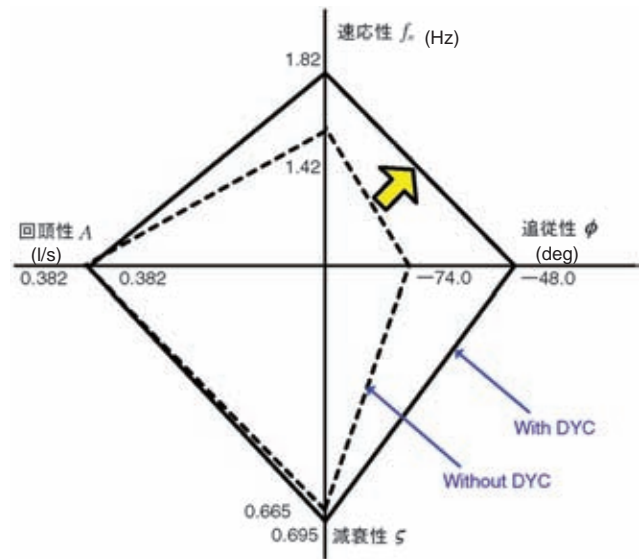


図14 4パラメーターの比較 (DYCあり)
Comparison of four-parameter values (with DYC)

車の特長であるDYCによって, 車両の運動性能(操縦性・安定性)を向上できることを実験により検証した.

今後は, 横加速度の大きな場合や低 μ 路のような非線形領域においてもDYCの検討を行う予定である. 特に, 低 μ 路においてはスリップを抑制して安定性を高める必要がある. これには, モーターの高速かつ緻密なトルク制御性能を活かした粘着制御(ABSやトラクションコントロールに相当)が有効である.

また、4輪IWM電気自動車の場合、DYCに必要な左右輪のトルク差を4輪で発生させるため、トルク配分に自由度が生まれる。この自由度を利用して、各タイヤの発生力（前後力及び横力）を最適に制御でき、更にロールやピッチをアクティブに制御することも可能と考えられる。これらの可能性についても検証していく予定である。

参考文献

- (1) 堀洋一：電気と制御で走る近未来車両に関する研究，FEDレビュー，Vol. 3，No. 4，2004
- (2) 安部正人：自動車の運動と制御 [第二版]，山海堂，2003

- (3) 自動車規格：乗用車の操だ過渡応答試験方法，JASO Z110，2003
- (4) 谷正紀他：乗用車の操舵応答性とサスペンション特性の関係，三菱重工技報，Vol. 25，No. 1，1988



蒲地 誠



ケビン・ウォルターズ



吉田裕明

積雪によるルーフ大たわみの予測技術の開発

Development of Technique for Predicting Roof Buckling Under Snow Load

小林英市^{*} 宮地俊之^{*} 松村吉修^{**}
Eiichi Kobayashi Toshiyuki Miyachi Yoshinobu Matsumura
安井章師^{**} 渡壁宏行^{**} 狩野裕隆^{***}
Akinori Yasui Hiroyuki Watakabe Hirotaka Kano

概要

ルーフの軽量化を図る際に問題となる積雪によるルーフの大たわみを解析するのに、従来は陰解法の構造解析ソフトウェアを適用していたが、計算が途中で発散し、解析が困難であった。今回、陽解法の構造解析ソフトウェアを適用し、適切な解析パラメータを選択することにより、積雪によるルーフの大たわみの挙動を精度良く予測する手法を開発した。

Abstract

Implicit method structural analysis software was used in the past to analyze the buckling of vehicle roof under weight of snow, which is a major hurdle for a designer seeking to lighten the roof. However, calculation using this software resulted in mathematical divergence at a halfway point, and it was difficult to continue the analysis. In this study, we adopted explicit-method structural analysis software, selecting appropriate analytical parameters, and succeeded in developing a technique for accurately predicting the behavior of roof buckling under weight of snow.

Key words: CAE, Strength Against Snow Load, Explicit Method, Implicit Method

1. ま え が き

ルーフの軽量化は単に軽くなるだけではなく、車両最上部が軽くなり、重心高が下がることにより操縦安定性の向上効果も期待できる。このルーフの板厚低減を図る際に特に問題となるのが積雪等によるルーフの大たわみである。

従来、解析精度確保のために陰解法による構造解析ソフトウェアを適用してきたが、計算が途中で発散してしまうことや計算時間が長い等、開発業務に用いるには問題があったので、陽解法の構造解析ソフトウェアをルーフの大たわみ解析に適用することを検討した。

2. 解 析 手 法

有限要素法を適用して解析領域を離散化すると次式の運動方程式が得られる。

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = f \quad (1)$$

ただし、M：質量マトリックス
C：減衰マトリックス
K：剛性マトリックス
u：節点変位ベクトル
f：節点力ベクトル

この運動方程式を解くため、時間範囲 $0 \leq t \leq T$ を小さいが有限の時間間隔 Δt の集合として分割し、 Δt ずつ Step-by-Step に運動方程式を近似的に時間積分して解を求めていく手法である直接時間積分法がよく適用される。

2.1 陰 解 法

加速度が時刻 $t = t_i$ と $t = t_{i+1} = t_i + \Delta t$ の間で一定値で、 \ddot{u}_{i+1} と \ddot{u}_i の平均値をとるものと仮定すると (Newmark の積分公式で $\alpha = 1/2$, $\beta = 1/4$ とした場合)、速度及び変位は次式で与えられる。

$$\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + (\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i) \frac{\Delta t}{2} \quad (2)$$

* 技術開発本部 デジタル技術室

** 技術開発本部 先行車両技術部

** 技術開発本部 安全実験部

*** 三菱自動車エンジニアリング(株) 開発事業部 開発計画部

*** JFE スチール(株) スチール研究所 薄板加工技術研究部

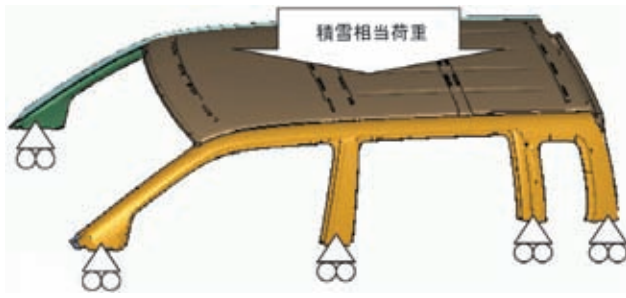


図1 ルーフ大たわみ解析の境界条件
Boundary conditions – analysis of roof buckling

$$u_{i+1} = u_i + \dot{u}_i \Delta t + (\ddot{u}_{i+1} + \ddot{u}_i) \frac{(\Delta t)^2}{4} \quad (3)$$

式(3)より式(4)を導き、式(2)に代入すると式(5)が得られる。

$$\ddot{u}_{i+1} = 4 \frac{u_{i+1}}{(\Delta t)^2} - \left(\ddot{u}_i + 4 \frac{\dot{u}_i}{\Delta t} + 4 \frac{u_i}{(\Delta t)^2} \right) \quad (4)$$

$$\dot{u}_{i+1} = 2 \frac{u_{i+1}}{\Delta t} - \left(\dot{u}_i + 2 \frac{u_i}{\Delta t} \right) \quad (5)$$

式(4)、式(5)を式(1)に代入すると、式(6)が得られる。

$$\left(\frac{4}{(\Delta t)^2} M + \frac{2}{\Delta t} C + K \right) u_{i+1} = f_{i+1} + M a_i + C b_i \quad (6)$$

$$a_i = \ddot{u}_i + 4 \frac{\dot{u}_i}{\Delta t} + 4 \frac{u_i}{(\Delta t)^2} \quad (7)$$

$$b_i = \dot{u}_i + 2 \frac{u_i}{\Delta t} \quad (8)$$

つまり、 $t = t_i$ における u_i 、 \dot{u}_i 、 \ddot{u}_i が与えられると、式(6)より u_{i+1} が求まり、式(4)、式(5)より \ddot{u}_{i+1} 、 \dot{u}_{i+1} が求まる。

式(6)の左辺の係数マトリックスに剛性マトリックス K が含まれていることより、連立1次方程式を解くことが必要となるので、陰的な解法である⁽¹⁾。

2.2 陽解法

時間に関して中央差分近似公式を適用すると、速度及び加速度に関して式(9)、式(10)が成立する。

$$\dot{u}_i = (u_{i+1} - u_{i-1}) / (2\Delta t) \quad (9)$$

$$\ddot{u}_i = (u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}) / (\Delta t)^2 \quad (10)$$

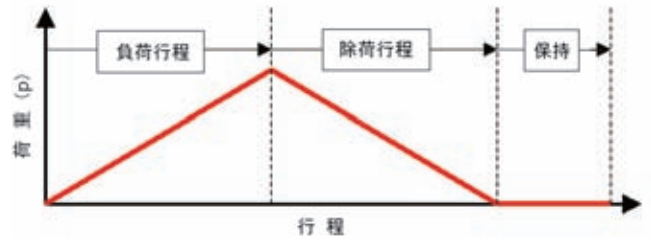


図2 ルーフ大たわみ解析の荷重設定
Load – analysis of roof buckling

式(9)、式(10)を式(1)に代入すると、式(11)が得られる。

$$\left\{ \frac{1}{(\Delta t)^2} M + \frac{1}{2\Delta t} C \right\} u_{i+1} = f_i - \left\{ K - \frac{2}{(\Delta t)^2} M \right\} u_i - \left\{ \frac{1}{(\Delta t)^2} M - \frac{1}{2\Delta t} C \right\} u_{i-1} \quad (11)$$

u_i 、 u_{i-1} が与えられる式(11)より、 u_{i+1} を求めることができ、式(9)、式(10)より \dot{u}_{i+1} 、 \ddot{u}_{i+1} を求めることができる。

式(11)の左辺の係数マトリックスに剛性マトリックス K が含まれていないことより、 M 、 C が対角マトリックスの場合には連立1次方程式を解く必要がなくなる。このため、陽的な解法となる⁽¹⁾⁽²⁾。

3. 積雪によるルーフ大たわみ解析

3.1 解析法の検討

陰解法の場合は連立方程式を解く必要があるので、積雪によるルーフの飛び移り座屈解析は孤長増分法⁽³⁾等の手法を適用しても解の発散がしばしば発生する。

陰解法のソフトウェアとしてMSC/NASTRANの大変形解析を適用し、解析モデルはベルトラインより上部をモデル化して、モデル切断面を単純支持した(図1)。積雪強度試験を模擬するため、ルーフパネルに下方向に積雪相当荷重 (p) が掛かるように荷重条件を設定した(図2)。

陽解法のソフトウェアとしてLS-DYNAを適用し、モデル化範囲と境界条件は陰解法と同様である。

3.2 解析結果比較

図3に解析結果と試験結果の比較を示す。ルーフパネル最大変形位置の変位 - 荷重特性を示している。

陰解法は負荷行程の途中で計算が発散して止まってしまった。陰解法で計算が止まった状況と試験結果と比べると、飛び移り座屈変形の開始近傍であると推測される。

陽解法を用いた場合、負荷行程から除荷行程まで計算が完了し、除荷行程で飛び移り座屈の戻りも再現できている。

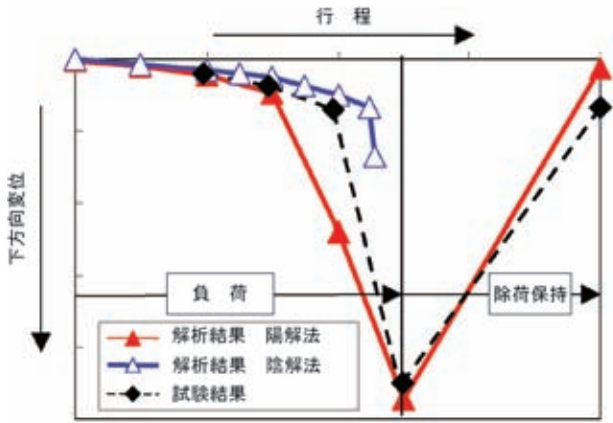
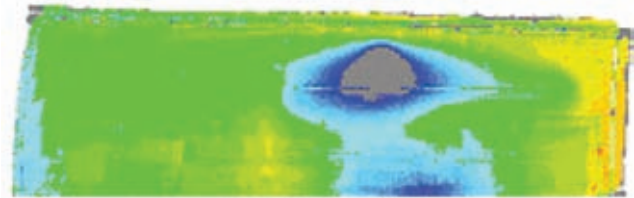
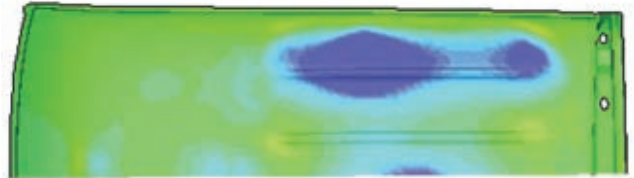


図3 陰解法と陽解法の計算比較
Comparison of implicit method and explicit method calculations



残留変位分布図実験結果



残留変位分布図計算結果

図6 試験と解析比較－除荷後の変位分布
Displacement distribution after load removal – comparison of test and analysis results

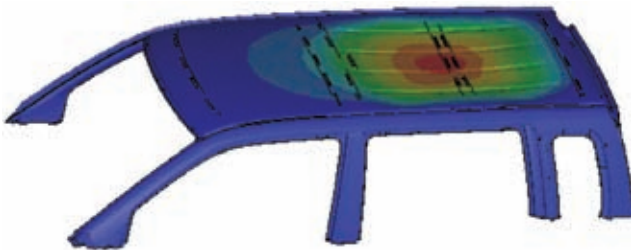


図4 飛び移り座屈時の変形モード
Deformation mode under buckling

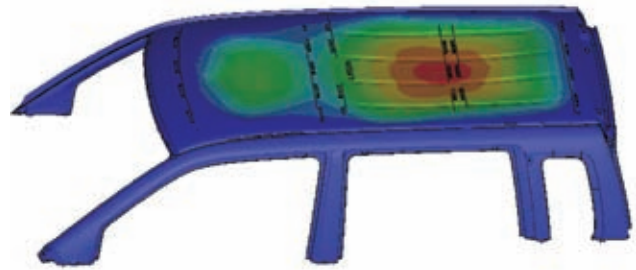


図7 最大荷重負荷時の変形モード
(ルーフパネル板厚低減)
Deformation mode under maximum load
(reduction of roof panel thickness)

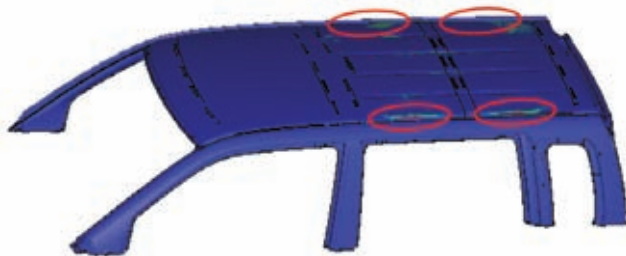
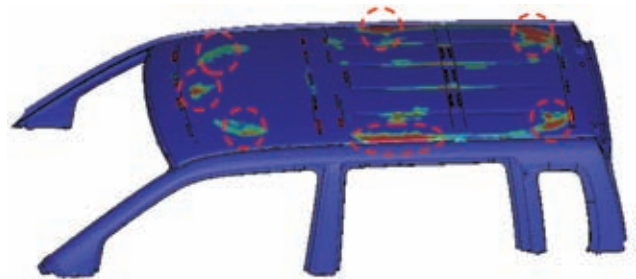


図5 除荷後の塑性歪の分布
Plastic strain distribution after load removal



塑性歪発生箇所

図8 除荷後の塑性歪の分布 (ルーフパネル板厚低減)
Plastic strain distribution after load removal
(reduction of roof panel thickness)

3.3 陽解法解析結果

図4は最大負荷（飛び移り座屈）時の変形モードの分布を示す。センターピラー間とリヤルーフレール間がたわむ変形モードになっていることが分かる。

図5は荷重除荷後の変形モードに塑性歪を載せた分布図を示す。荷重除荷により飛び移り座屈は元に戻っているが、飛び移り座屈の縁部で塑性歪が残留していることが分かる。

図6は荷重除荷後の上下方向変位の試験と解析の比較を示す。傾向が一致していることが分かる。

設計パラメーター変更時の検討の一つとして板厚を2ランク減少した場合について検討した。

図7は板厚低減条件の最大負荷（飛び移り座屈）時の

変形モードの分布を示す。センターピラーより前側の飛び移り座屈が予測される。

図8は板厚低減条件の荷重除荷後の塑性歪の分布図を示す。塑性歪が増加していることが分かる。

4. あとがき

陽解法を適用した解析手法は解が発散することなく、

十分な精度で積雪によるルーフの大たわみを予測することができ、今後の車種開発の中でも有効なツールになり得ると考える。最後に、本研究を実施するに当たり、ご協力、ご指導頂いた社内外の関係者各位に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 日本鋼構造協会：構造工学における有限要素法の理論と応用，第3章
- (2) 日本機械学会：計算力学ハンドブック（1有限要素法 構造編），第4章，丸善
- (3) 鷲津久一郎ほか4名編：有限要素法ハンドブック2 応用編，5. 構造物の安定および大変形解析，培風館



小林英市



宮地俊之



松村吉修



安井章師



渡壁宏行



狩野裕隆

カーエアコン用新機能フィルターの開発

Development of Filter with New Function for Car Air-Conditioner

山川 誠^{*} 野村 忠宏^{*} 伊藤 由紀^{**}
 Makoto Yamakawa Tadahiro Nomura Yuki Ito
 金森 修^{**} 香野 真徳^{**} 大崎 智康^{**}
 Osamu Kanamori Masanori Kono Tomoyasu Osaki
 田中大輔^{***}
 Daisuke Tanaka

概要

車室内における空気質の向上を目的に、酵素と尿素の働きによって花粉やダニの死骸や糞などアレルギーの原因となる物質（アレルギー）をフィルター上で分解・抑制する世界初^{*1}のカーエアコン用フィルター（商品名：バイオクリアフィルター）を三菱重工業(株)と共同で開発した。本稿では、このフィルターの技術的な特徴及び開発時に評価した内容などを述べる。

^{*1} 酵素と尿素を利用し花粉やダニなどのアレルギーを分解・抑制するカーエアコン用フィルターとしては世界初（2005年2月当社調べ）。

Abstract

In collaboration with Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., we have developed the world's first^{*1} car air-conditioning filter for decomposing and inactivating pollen, mites, and other substances that cause allergies (allergens) accumulating on the filter through the action of an enzyme and urea (called "Bio-clear Filter") to improve the air quality in the cabin. This paper describes the technical features and performance evaluation of this filter.

^{*1} World's first car air conditioner filter that decomposes and inactivates allergens such as pollen and mites using enzyme and urea. (As a result of our company's investigation, as of February 2005)

Key words: Filter, Air Conditioning, Amenity

1. ま え が き

近年における、家庭用の空気清浄機の急激な売り上げ増加や、家電メーカー各社による住宅用エアコンへの除菌機能の付加などから、顧客の健康志向、室内空気質の改善に対する関心の高まりをうかがうことができる。また、当社内で実施した車室内空気質の改善に関するアンケート結果（図1）においても、除塵、脱臭（消臭）の機能に加え、除菌あるいは花粉などのアレルギー原因物質除去機能に対する関心の高さが示された。

そこで、当社は、三菱重工業(株)が住宅用エアコン向けに開発した、フィルター上で花粉やダニの死骸や糞（以下、ダニとする）などアレルギーの原因となる物質

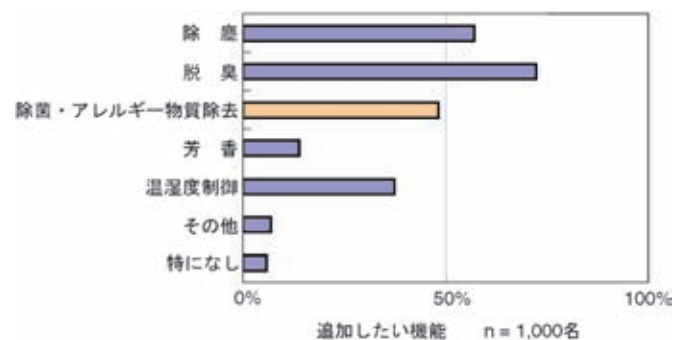


図1 車室内空気質の改善のために追加したい機能
Desired additional functions to improve the air quality in the cabin

（以下、アレルギーとする）を分解・抑制する技術⁽¹⁾⁽²⁾を応用し、車室内の空気質を改善するカーエアコン用新機能フィルター（以下、バイオクリアフィルターとする）を三菱重工業(株)と共同で開発した。

本稿では、バイオクリアフィルターの技術的な特徴、空気質改善の効果及び開発時に評価した内容について述べる。

^{*} 技術開発本部 装備設計部
^{**} 技術開発本部 材料技術部
^{**} 技術開発本部 先行車両技術部
^{**} 三菱重工業(株) 冷熱事業本部 車輻空調機部
^{***} 三菱重工業(株) 技術本部 名古屋研究所

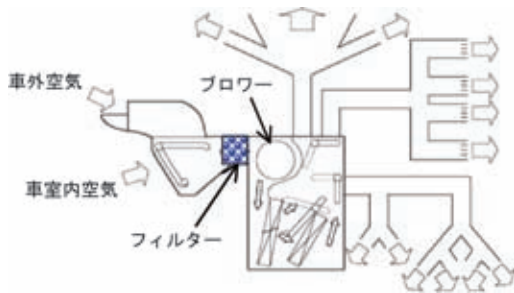


図2 カーエアコン用フィルターの装着位置
Location of filter for car air-conditioner

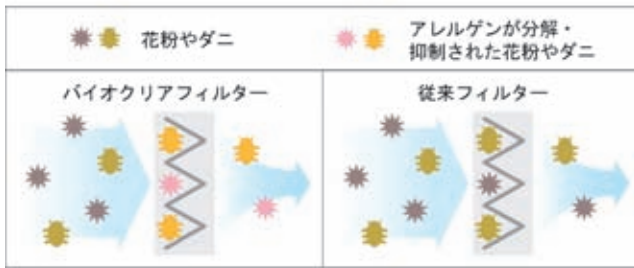


図3 バイオクリアフィルターと従来フィルターの比較
Comparison of Bio-clear Filter and conventional filter

2. バイオクリアフィルターの技術的な特徴

2.1 従来フィルターの問題点

カーエアコン用フィルターは、通常エアコンユニット内の送風機（ブLOWER）の上流部に設置され、エアコン作動時には、車室内外の空気がこのフィルターを通過するため、空気中に含まれる粉塵のほか、花粉やダニなどもフィルター上に捕集される（図2）。

ところが、このフィルター上に捕集された花粉やダニなどの一部は、車両走行中の振動やフィルターを通過する風（特に最大風量での使用時）などの影響により車室内に再飛散し、車室内の空気質を悪化させる。

2.2 バイオクリアフィルターによる空気質改善

開発したバイオクリアフィルターは、花粉やダニなどを捕集するだけでなく、フィルター上に捕集したこれらのアレルギーを分解・抑制する機能を有する。これにより、車室内に一部の花粉やダニなどが再飛散しても、アレルギーは分解・抑制されるため、空気質の改善が図れる（図3）。

2.3 アレルギーを分解・抑制する技術の概要

花粉やダニなどのアレルギーの主成分はタンパク質であり、これらタンパク質は、高次構造による化学的安定性を有することから、これまで高熱や強度の薬剤を用いる方法を除いて、分解・抑制することは困難とされてきた。しかし、尿素と酵素の逐次的な反応によるタンパク

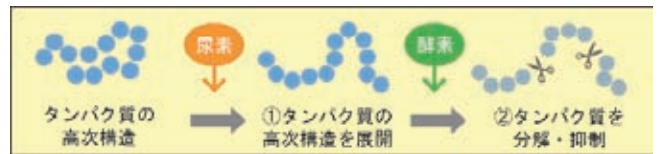


図4 アレルギーの分解・抑制プロセス
Allergen decomposition and inactivation process



図5 フィルター用濾材の構造
Composition of filter media

質の変性・分解作用を利用することで、車室内雰囲気中でも、アレルギーを分解・抑制することを可能とした。ここでは、この酵素と尿素によるアレルギーの分解・抑制の概要を述べる。

酵素と尿素によるアレルギーの分解・抑制は、以下の二段階のプロセスを経て成される（図4）。

捕集した花粉やダニなどアレルギーのタンパク質高次構造は、尿素の持つ緩和作用により、分解しやすい構造へと展開される。

分解しやすい構造へと展開されたタンパク質は、酵素が持つ加水分解反応の触媒作用により、分解・抑制される。

なお、使用する酵素と尿素は、人体への安全性についても配慮し、生物由来の天然成分である酵素と、一般のスキンケア用品などにも含まれる尿素を用いている。

2.4 バイオクリアフィルターの濾材構造


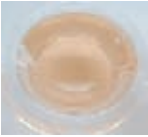

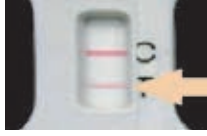
アレルギーの分解・抑制はフィルター上で行われるため、バイオクリアフィルターには、花粉など数十 μm サイズの粒子を捕集する集塵性能が求められる。しかし、単にフィルター用濾材の目付けを改良し、集塵性能を上げるだけでは、早期にフィルターが目詰まりを起こしてしまうなどの問題がある。そこで、フィルター用濾材には、3層のラミネート構造を採用し、主に上下の層には粉塵除去機能を、中間層にはアレルギーの分解・抑制機能を分担させることで、高い集塵性能と目詰まり防止の両立を図っている（図5）。

3. バイオクリアフィルターの性能及び効果

3.1 アレルギーの分解・抑制性能

開発したバイオクリアフィルターによるアレルギーの分解・抑制能力を確認するため、代表的なスギ花粉アレルギーとコナヒョウヒダニアレルギーを用いて評価を実

表1 花粉やダニのアレルゲン分解・抑制性能
Decomposition and inactivation of pollen and mite allergens

	バイオクリア フィルター	従来フィルター
スギ花粉アレルゲンの分解・抑制性能 アレルゲンが多いと濃く発色	 分解・抑制を確認*	
コナヒョウヒダニアレルゲンの分解・抑制性能 アレルゲンが多いと濃く発色	 分解・抑制を確認*	

*試験方法：試験用に加工したフィルター用濾材に、花粉やダニアレルゲンを付加し、分解・抑制性能を確認。
花粉：比色ELISA法、ダニ：イノムクロマト法
実施：三菱重工業(株) 名古屋研究所

表2 カーエアコンと住宅用エアコンの使用環境比較
Comparison of car air-conditioner and residential air-conditioner

	カーエアコン	住宅用エアコン
吸込み空気の種類	車室内空気及び車外空気	室内空気のみ
水分の付着	あり (雨水や洗車の水)	なし
最大の環境温度	約60	約40

施した。

スギ花粉アレルゲンに対する分解・抑制能力の評価では、比色ELISA法にて約85%の分解・抑制率（花粉をフィルター上に付加し、35℃、80%RHの雰囲気中に1時間放置後、分解・抑制された割合）を示し、また、コナヒョウヒダニアレルゲンについても、イノムクロマト法にて分解・抑制効果が確認された（表1）。

3.2 耐環境性能

先に述べたとおり、バイオクリアフィルターは、住宅用エアコンの技術をカーエアコン用に応用したものであるが、カーエアコンと住宅用エアコンとでは、使用環境が大きく異なる（表2）。

住宅用エアコンでは、粉塵などが比較的少ない室内空気を吸込み浄化するのに対し、カーエアコンの場合は、車室内を換気させるため、粉塵などが多く含まれる車外の空気を取り入れ浄化する機会が多い。また、車外の空気の入入口からは、雨水や洗車の際の水などが浸入することがあり、更に、炎天下駐車で、車室内の温度が非常に高くなるなど、カーエアコンは、住宅用エアコンに比べ過酷な使用環境下にある。

そこで、これら過酷な使用環境に対する適合性及び耐久性を確認するため、住宅用フィルターで評価した項目

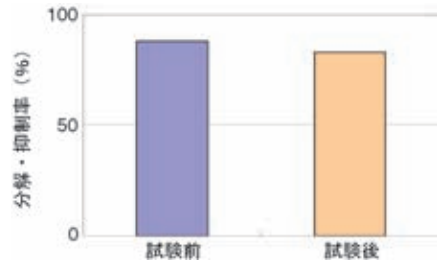


図6 耐高温性試験後の分解・抑制性能の変化
Change in decomposition and inactivation rate after heat-resistance test

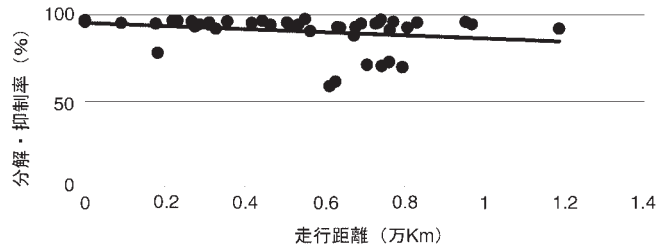


図7 モニター試験後の分解・抑制性能の変化
Change in decomposition and inactivation rate after monitor test

に加え、新たにカーエアコン用の評価項目を規定した。ここでは、カーエアコン用に規定した評価項目の一例と、実車を用いたモニター試験の概要について述べる。

3.2.1 カーエアコン用の評価項目及び結果

上述したように、炎天下駐車で車室内の温度は非常に高くなり、フィルター周辺の温度は60℃以上となる場合もある。そこで、カーエアコン用の評価項目として、高い温度に対する耐性（耐高温性）を規定した。この耐高温性試験にて、フィルターを70℃に保持した恒温槽中に長時間放置した後、フィルターの機能や性能の変化を確認したところ、花粉の分解・抑制性能の変化幅は小さく、良好な結果であった（図6）。

3.2.2 実車を用いたモニター試験の結果

カーエアコンの使用環境は、車を使用する場所や時期、あるいはユーザーの使い方などにより種々異なる。そこで、実際にユーザーが所有する60台の車両にバイオクリアフィルターを搭載し、フィルターの機能や性能の変化を確認するモニター試験を実施した。なお、試験期間は、スギなどの花粉飛散時期と気温が高く降雨量の多い時期が含まれる3月から9月までの6ヶ月間とした。

図7及び図8は、上記モニター試験で確認した、花粉の分解・抑制性能の変化と目詰まりなどによる通風抵抗の変化を示し、抑制性能の大幅な低下がないこと、及び通風抵抗の大幅な増加のないことが確認できた。

4. ま と め

車室内空気質の改善を目的に、花粉やダニなどのアレルゲンを分解・抑制する世界初のカーエアコン用バイオ

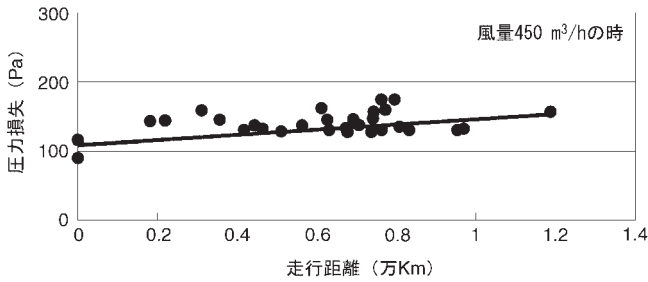


図8 モニター試験後の圧力損失の変化
Change in the pressure loss after monitor test

クリアフィルターを開発し、使用環境に対する適応性や耐久性を確認した。なお、このバイオクリアフィルターは、2005年5月発売の「コルト」「ekワゴン」「パジェロミニ」の特別仕様車「ブルームエディション」から各車種に採用され、市場からも好評を得ている。

現在は、より一層の車室内環境の向上を目指し、日本自動車工業会が推進している「車室内のVOC（Volatile Organic Compounds, 揮発性有機化合物）低減に対する自主的な取り組み」も視野に入れ、車室内のVOCを低減させる機能の追加に着手している。

最後に、本稿で紹介したバイオクリアフィルターの開発に当たり、ご協力頂いた三菱重工業(株)及び社内関係者の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 宮澤ほか：アレルギーに対応した空気清浄ルームエアコン，三菱重工技報，Vol. 41，No. 2，p. 68，2004
- (2) 田中ほか：快適空間を創造する空気質向上技術，三菱重工技報，Vol. 42，No. 1，p. 36，2005



山川 誠



野村忠宏



伊藤由紀



金森 修



香野真徳



大崎智康



田中大輔

ノーズビューカメラを利用した音声駐車ガイドシステム

Parking-Guidance System Using Nose-View Cameras

上南恵資* 大藪仁美* 前村高広*
Keiji Ueminami Hitomi Ohyabu Takahiro Maemura

概要

自動車の運転の中でも苦手意識を持つ人が多い車庫入れや縦列駐車の手続きを音声と表示で案内するシステムを開発した。使いやすさを第一に考え、ノーズビューカメラを利用することで初期設定に特殊なコツが必要ないものとし、初めてこのシステムを使う人にも分かりやすく、シンプルなユーザーインターフェースとした。更に、車両パラメーターのばらつきを補正することで実用的な駐車位置精度を満足するシステムとした。

Abstract

We have developed a system for providing voice and visual guidances during parallel and garage parking – two of the most disliked maneuvers among all common driving operations. Placing the priority on ease of use, we employed the nose-view cameras to realize an interface with no need for complicated initial settings, and which can be easily understood by all drivers, even those making use of the system for the first time. In addition, compensation for vehicle parameter unevenness allows the system to achieve highly-practical levels of position accuracy for parking.

Key words: Intelligent Vehicle, Safety, Electric Equipment, Comfort, Human-Machine-Interface, Intelligent Transport Systems (ITS)

1. ま え が き

自分の好きな場所へ自由に移動できることから、自動車の運転が好きなドライバーは多いが、バックを伴う車庫入れや縦列駐車といった駐車動作は多くの人が苦手意識を持っている。このため、駐車動作を支援する様々なシステムがこれまでに市販されてきた。後方確認用カメラは駐車動作の中でも特に苦手意識が高い「後ろが見えなくて怖い」「どこまで後退できるかが分からない」ことを補助するものである。また、コーナーセンサーは「車の角が分からない」ことを補助するために開発された。しかし、それでも駐車場で何度も切り返しをして、なかなか駐車スペースに入れられない光景が見られるのは、「最初に停止する位置が分からない」ことや「ハンドルを切るタイミングが分からない」ことが解消されていないからと考えられる。

そこで、見通しの悪い交差点で左右の道路の状況を確認するために搭載されるノーズビューカメラ(図1)を利用することで、以下の点を満足する低コストで実用的な駐車支援システムを開発し、2005年5月発売の新型グランディスに搭載し発売した。



(a) カメラ外観



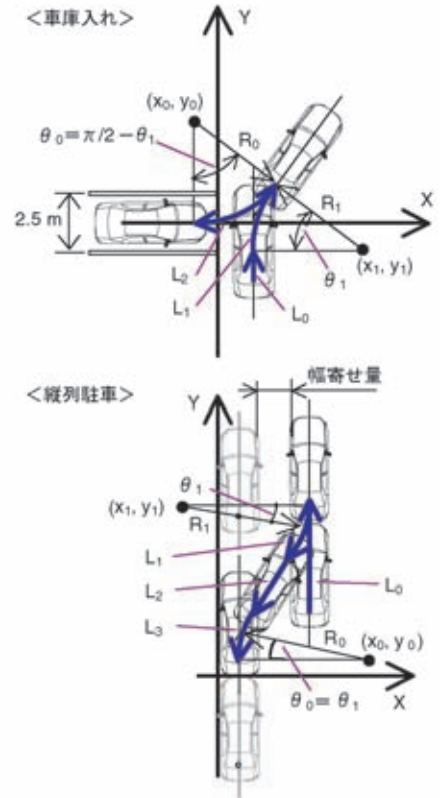
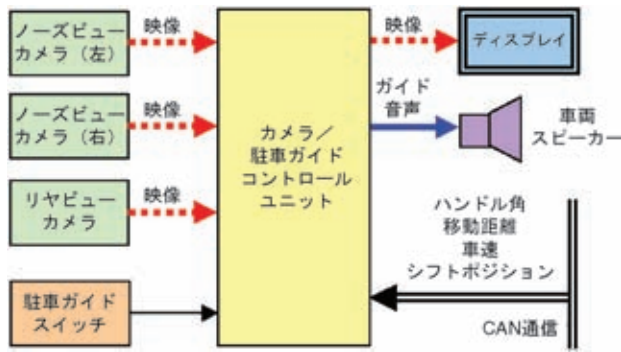
(b) モニター映像

図1 ノーズビューカメラ
Nose-view camera

< 本システムの要求仕様 >

- ・最初に停止する位置が誰でも簡単に決められる
- ・前進/後退/停止/ハンドル操作を音声で案内
- ・縦列駐車だけでなく頻度の高い車庫入れにも対応

* 技術開発本部 電子技術部



2. システム構成

システム構成を図2に示す。

バンパー両端に左右1個ずつ装着されるノーズビューカメラと車両後方に装着されるリヤビューカメラの映像は、カメラ/駐車ガイドコントロールユニットに入力され、メニュー画面やガイド線、操作案内表示がスーパーインポーズされた上で、ディスプレイに出力される。ガイド音声は車両スピーカーから出力され、音声案内に必要なハンドル角や移動距離などの車両情報はCAN (Controller Area Network) 通信により各機器から取得する。また、ユーザーによるシステム起動やメニュー選択のため、専用の駐車ガイドスイッチが装備される。

ノーズビューカメラ映像にガイド線(図3(a))がスーパーインポーズされ、このガイド線を画面に映し出される駐車区画線に合わせて停止することで自車位置と駐車区画との位置関係が決まる(図3(b))。このとき、車両は区画に垂直または平行になっていることを前提とすることで、駐車経路の演算が可能となる。演算される駐車経路は直進と左右最大舵角での前進/後退のみの組み合わせとし、車庫入れで3ステップ、縦列駐車では4ステップとした(図4)。車両諸元やノーズビューカメラ取り付け位置、左右最大舵角時の旋回半径 R_0, R_1 から旋回中心の座標 $(x_0, y_0), (x_1, y_1)$ 、旋回角度 θ_0, θ_1 を求め、案内に必要な各ステップでの移動距離 $L_0 \sim L_3$ をパラメーターとして使用する。本システムは、この駐車経路に従って走行するために必要な操作を、音声と表示

で案内する。

ここで、本システムが対象とする駐車スペースの条件について述べる。シンプルな操作を実現するため、駐車スペースの一端のみで初期位置を決定するが、このとき、車庫入れの駐車スペースの幅は2.5 mを前提として経路演算している。これは、多くの駐車場で駐車スペース幅が2.5 mとなっているという調査結果に基づいている。また、縦列駐車では案内終了時の左右位置に影響するため、位置合わせ時の駐車スペースからの幅寄せ量は0.7 ~ 1 mの範囲としている。

前述のとおり、本システムは操作手順の情報を提供するものであり、車両の操作はあくまでもドライバーが行う。また、車両周辺の障害物の認識や、駐車スペースが駐車可能な大きさかどうかを認識する機能はないため、ドライバーはシステム利用時も通常の運転時と同様、車両周辺の安全に注意しながら運転する必要がある。

3. 動作手順とユーザーインターフェース

本システムの開発に当たっては、特に動作手順を含むユーザーインターフェースの分かりやすさを追求した。本システムを使用した場合の一連の動作概要を図5に示す。

本システムのユーザーインターフェースは、初めてこのシステムを使う人にも分かりやすく、運転に不慣れな人でも扱いやすい、そして無駄のない操作ができるものであることを最優先に開発した。以下に動作の流れとそ

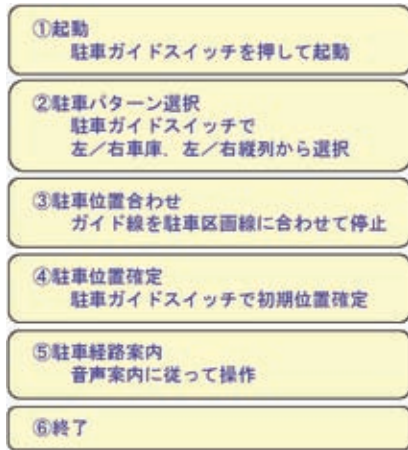


図5 システム動作概要
System operation overview

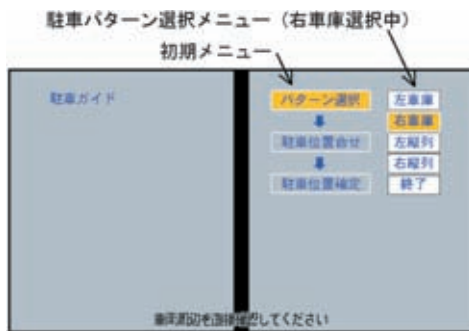


図6 駐車パターン選択画面
Image of parking pattern selection

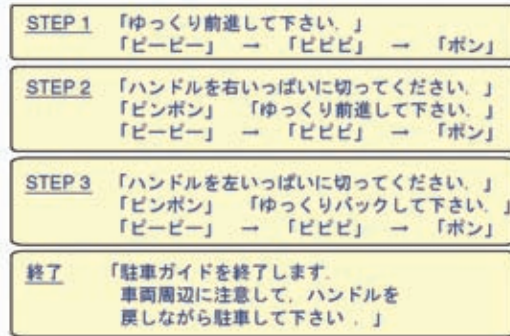
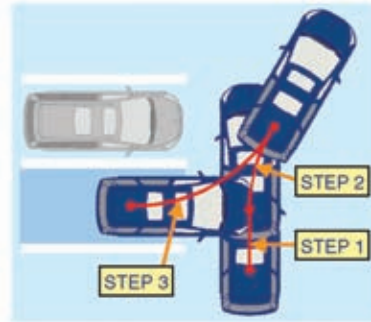


図7 駐車経路案内の流れ（左車庫入れ）
Example of parking guidance (left garage parking)

の特長について説明する。

- (1) 起動：駐車ガイドスイッチを押すと表示される初期メニューは、この後の一連の動作が一目で分かるものとした（図6）。
- (2) 駐車パターン選択：起動と同時に「駐車パターンを選択してください」というメッセージが流れ、画面右には選択できる駐車パターンが一覧で表示されるため、初めてのユーザーにも分かりやすくなっている。駐車ガイドスイッチを押すごとに選択された項目は切り替わり、強調表示されるため、選択操作も容易になっている（図6）。
- (3) 駐車位置合わせ：前述のとおり、画面に表示される1本のガイド線と画面に映し出される区画線が重なるように停止するだけ、というシンプルかつ明瞭な方法を採用した。これによりドライバーは駐車場の通路に平行に停止するだけで、特殊なコツも必要なく、煩わしさもほとんどなくなっている。また、この際ガイド線は、左車庫入れ/左縦列駐車なら左側のみ、右車庫入れ/右縦列駐車なら右側のみに表示し、更に点滅させることで、より分かりやすいものとした。
- (4) 駐車位置確定：駐車ガイドスイッチを押して位置

を確定すると、経路案内が開始される。

- (5) 駐車経路案内：これ以降は、すべての操作手順が音声で案内されるため、勘に頼ることなく誰でも簡単に操作ができるようになっている。車庫入れの場合における駐車経路案内の流れを図7に示す。車庫入れと縦列駐車では基本的な操作は同じである。

駐車経路案内中はハンドル操作は停車中のみとし、移動中は左または右の最大舵角、もしくは中立での保舵のみであり、通常運転時よりも周囲の安全確認がしやすくなっている。また、前進/後退の移動案内時は、停止位置までの距離が短くなるにつれて「ピーピー」というブザー音の間隔が短くなり、停止位置に来たときは「ボン」という音により停止を促すようになっている。

万が一、案内どおりではなく間違えて操作した場合も、音声により再度案内が行われるようにした。例えば、前進で停止位置を行き過ぎてしまった場合は、「ゆっくりバックしてください」という音声案内が流れ、停止位置で停止できるまで案内が繰り返し行われるようになっている。

また、仮に音声を聞き逃したときのために、音声案内に対応した操作内容を画面でも表示するようにした。一目で操作内容が分かる単純なアイコンと文字のみの表示とすることで、画面を注視することによって、車両周辺の安全確認がおろそかにならないよう配慮した（図8）。

更に、音声を最後まで聞かずに操作を始めたとしても、案内は継続するものとした。音声案内による駐車支

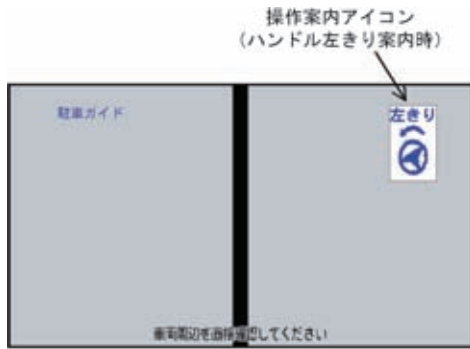


図8 駐車経路案内画面
Image of parking guidance

援というと、案内どおり操作すると時間がかかり、『自分でやったほうが早いのでは』、という印象があるが、慣れてくると音声を最後まで聞かずに次々と操作を行えるので、案内なしの場合と大差ないスムーズさで駐車が可能となっている。

4. 駐車位置精度

本システム開発に当たり、シンプルな操作性を実現するとともに、案内に従って駐車した場合の駐車位置精度の向上にも取り組んだ。開発に当たっては、特に車庫入れ時の駐車区画中心に対する左右位置ずれに注目し、精度に影響を与える車両パラメーターのばらつきやドライバー操作のばらつきがあっても、位置ずれが±100mm以内であることを目標性能とした。

本システム最大の特長であるシンプルな操作を実現するために、旋回は最大舵角のみを用いているが、最大舵角はサスペンションの組み付けなどによって、車両ごとだけでなく、各車両の右きり、左きりにおいてもわずかに異なる。実際の車両の最大舵角に設計値からのずれがあると、旋回の際、設計値で演算した駐車経路からのずれが生じ、その結果、経路案内後の駐車位置にもずれが生じる。目標駐車位置精度を満足するためには、最大舵角のずれはある一定の角度以下の範囲である必要があるが、車両としての最大舵角の設計基準範囲がこの範囲よりも広くとられているため、目標駐車位置精度を満足しない車両が存在する可能性がある。実際の生産車でばらつきを計測し、分布を解析した結果、目標駐車位置精度を満足できない車両が2.6%（サンプル数3,920）発生することを確認した（図9）。そこで、駐車経路の演算には車両ごとの最大舵角値を用いることとし、全車両に対し、工場出荷時に左右最大舵角値を記憶することとした。

また、同一車種でも装備仕様によって数種類のタイヤサイズが選択できることが多い。移動距離の値は車輪の回転数から算出されるが、装着されるタイヤサイズによ

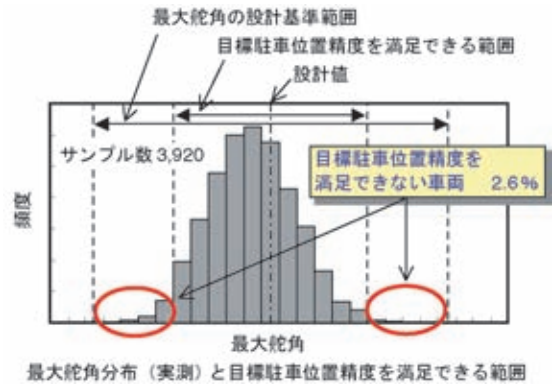


図9 最大舵角ずれの駐車位置精度への影響
Effect of deviation in maximum steering angle on parking accuracy

って回転数に対する移動距離が異なるため、実際に装着されるタイヤサイズに換算する必要がある。タイヤサイズについても工場出荷時に装着されるタイヤ種別を記憶することで駐車位置精度の向上を図っている。

更に、ノーズビューカメラの取り付けばらつきによる精度への影響も考慮した。カメラの取り付けにばらつきがあると、画面にスーパーインポーズ表示されるガイド線が規定の方向に描画されていないことになり、位置合わせ時に自車位置と駐車区画の位置関係にずれが生じ、駐車位置精度に影響する。カメラの取付けばらつきをゼロにするのは困難なため、ガイド線の表示位置を工場出荷時に調整することで、その影響を排除した。

5. あとがき

- (1) ノーズビューカメラを利用することで、設定が極めて容易で、全体を通してシンプルな操作性を持つ駐車支援システムとすることができた。
- (2) 音声案内を基本としたユーザーインターフェースは、初めて利用するドライバーにも分かりやすく、安全性にも配慮したものとした。
- (3) 駐車位置精度に影響を与える各種の車両パラメーターのばらつきを補正することで、実用的な駐車位置精度を満足するものとした。

最後に、本システムの開発に当たりご協力を頂いたクラリオン株式会社並びに生産技術部門、車体実験部門をはじめとする社内の関係各位に深く御礼申し上げます。



上南恵資



大藪仁美



前村高広

プレス成形シミュレーションの最新技術紹介

Latest Stamping Simulation Technique

松山 邦臣* 大塚 健郎*
Kuniomi Matsuyama Takeo Ohtsuka

概要

板金プレス部品の高精度化，コスト低減化，短納期化を達成するために，シミュレーションを活用したモノづくりが有効な手段として重要視されている．近年，複雑なデザイン形状の採用や軽量化を目的としたアルミ，高張力鋼板の採用が進み，シミュレーションはこれまで以上に高度な予測を要求されている．

本稿では，生産技術部門におけるプレス成形シミュレーションの活用事例と，最近採用が拡大されている超高張力鋼板のスプリングバック対策として，CAE (computer-aided engineering) を利用した金型形状の最適化技術について紹介する．

Abstract

Considerable attention is now turning to simulation-based manufacturing methods as an effective means for making stamping parts highly accurate, reducing cost and achieving timely product delivery. The trend in the recent years has been toward adoption of complex design shapes and preference for aluminum or high strength steel sheets for lightening. Consequently, more sophisticated prediction is demanded in simulation methods.

The stamping simulation method actually applied by production engineering departments are described in this paper. Additionally, in consideration of the extensive use of the springback prediction method for ultra high strength steel sheets, we present a die shape compensation method based on computer-aided engineering (CAE).

Key words: CAE, Front-Loading, Springback, Die Compensation

1. はじめに

プレス成形シミュレーションとは，力学的に定式化された境界値問題を，有限要素法を用いてコンピューターによって解くことである．板金プレス部品の成形途中に発生する割れ，シワといった不具合を予測することが可

能である（図1）．

生産技術部門では1990年代後半からシミュレーションの実務適用を開始し，現在では主に製品形状や補正形状（余肉形状，ブランクホルド面など）の割れ，シワの予測だけでなく，工程短縮や部品一体化の検討，材料歩留まりや低グレード化の検討，更にアルミ，高張力鋼

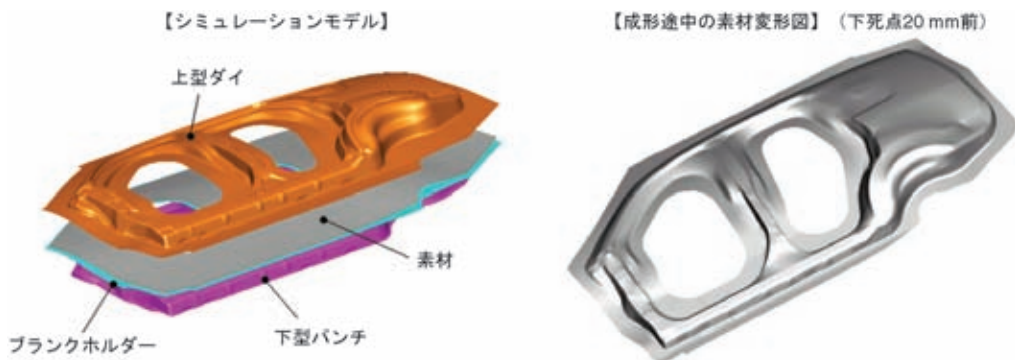
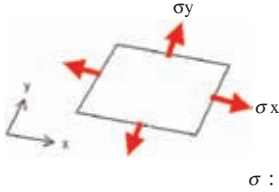
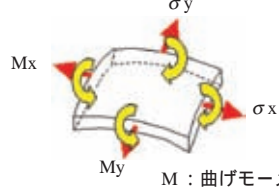


図1 プレス成形シミュレーション
Stamping simulation

* 生産技術本部 ボデー生産技術部

表1 プレス成形シミュレーションソフトウェアの特徴
Features of stamping simulation software

ソフト名	Auto Form Incremental (AFI)	PAM-STAMP (PAM)
目的	製品形状の割れ，シワ対策	製品+余肉形状の割れ，シワ対策
特徴	有限要素：膜要素（自由度2）使用  σ ：応力	有限要素：シェル要素（自由度4）使用  M：曲げモーメント
長所・短所	・連立方程式の次数を下げるにより 高速な計算が可能 ・ただし，計算精度は中程度	・連立方程式を正確に解くことにより 高精度な計算が可能 ・ただし，計算完了が遅い
活用状況	・内製プレス部品 ・外製プレス部品（難成形部品のみ）	・内製プレス部品のみ

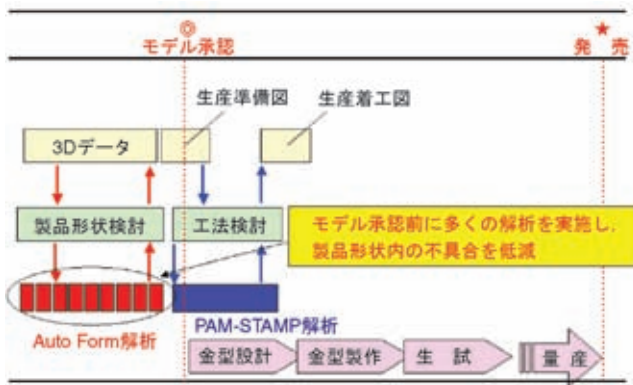


図2 開発日程におけるシミュレーション実施タイミング
Simulation activities under development schedule

板，テーラード blanks 材の成形性の検討にも活用している。

2. 当社におけるプレス成形シミュレーションの特徴

2.1 使用ソフトウェア

現在当社では，使用目的に応じて2種類のソフトウェアを使い分けている．表1に2種類のソフトウェアの特徴，図2に開発日程における解析実施タイミングを示す．

製品検討に利用されているAFI (Auto Form Incremental) は，デザイン及び構造検討段階で使用し，開発初期段階での重大不具合の早期発見，そして対策内容を生産準備図へ反映することを目的としている．

工法検討に利用されているPAM (PAM-STAMP) は，成形過程を考慮した詳細な解析が可能であり，余肉形状，blankホルド面など工法設定の最適化，そして対策内容を生産着工図へ反映することを目的としている．

特に最近導入したAFIは後述の設計部門と生産技術部門との協業によるフロントローディングの推進には欠か

せないものとなっている．

2.2 解析業務の流れ

プレス成形シミュレーション解析業務の一連の流れを図3に示す．

まず，設計部門から出図される三次元データに対し，余肉形状，blankホルド面などの補正形状を作成しAFI解析を実施する．AFI解析で指摘された割れ，シワの不具合に対し，成形性検討会で製品形状の変更や余肉形状の変更など，不具合に対する対策案を決定する．そして設計部門と変更内容を調整し，次回のデータへ折り込んで再度AFI解析を実施する．AFI解析では重大不具合がなくなるまで解析を繰り返す．不具合に目処がついた後，解析の中率の高いPAM解析へと移行し，不具合指摘漏れをチェックする．解析業務担当者は更なる予測精度向上のためにトライアウトとシミュレーション結果との整合性を検証し，次期車種へとフィードバックしている．

3. フロントローディングにおけるシミュレーション活用例

3.1 設計部門とのコラボレーション

プレス成形性不具合の早期撲滅を実現するためには，設計変更に対して自由度のあるデザイン段階から解析を開始し，不具合対策を確実に設計部門へフィードバックして図面に反映させる必要がある．当社ではシミュレーションの結果に対して，生産技術部門だけでなく設計部門を交えた成形性検討会を開催している（図4）．この検討会では，特に製品形状に関わるすべての割れ，シワ不具合指摘部について，具体的な対策形状の立案を行っている．また，不具合がゼロになるまで検討を継続するため，次回の解析実施スケジュールの調整も実施している．



図3 解析業務の流れ
Stamping simulation workflow



図4 設計部門との成形性検討会
Discussion with Designing Dept. on suitability for simulation results

3.2 シミュレーション活用による不具合低減効果

図5はアウトランダーのサイドパネルアウターにおけるシミュレーション効果を示す。初期検討段階ではシミュレーションで8箇所の割れ指摘を行ったが、繰り返し対策を反映することにより、金型製作前には2箇所まで低減させることができた。実際の初回トライアウト品においては、軽微な割れが発生したものの致命的な割れはゼロであり、CAEによる不具合低減効果が確認できた。

3.3 今後の取り組み

今後は、初回トライアウトでの不具合撲滅に向けて、



図5 アウトランダーのサイドパネルアウターにおける不具合低減効果
Defect-reducing effect on side panel outer of OUTLANDER

表2 板金部品の初期品質向上のための今後の取り組み
Theses to improve initial product quality of stamping parts

項目	内容
デザイン，設計部門への生技要件フィードバック徹底	<ul style="list-style-type: none"> ・「材料ベースグレード化のための製品設計ガイドライン」を遵守した製品設計（要望） ・生産準備図～铸件Go図～着工図におけるデータ変更量ミニマム化の遵守（要望）
CAE解析の更なる活用	<ul style="list-style-type: none"> ・CAE解析（割れシワ）の更なる予測精度向上 ・不具合を流出させないルール作り
寸法精度，面歪み対策	<ul style="list-style-type: none"> ・展開トリムラインの最適化 ・スプリングバック予測精度向上 ・面歪みの定量化と予測精度向上

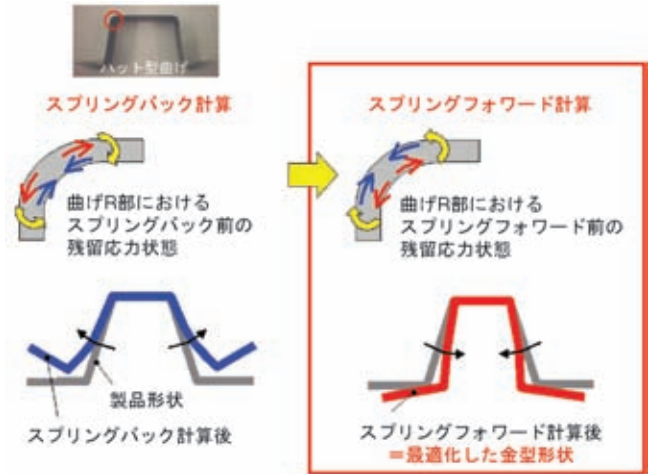


図7 スプリングフォワード法のアイデア
Concept of spring-forward method

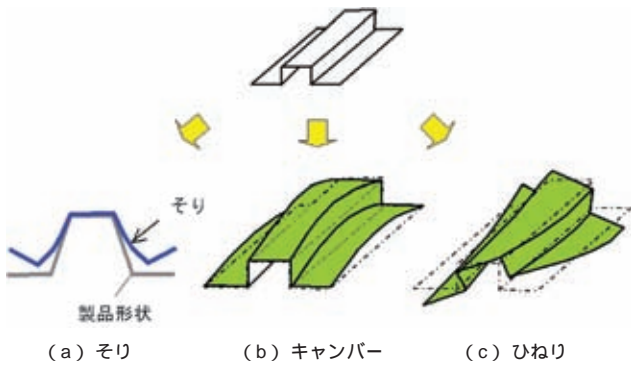


図6 超高張力鋼板のプレス成形で問題となるスプリングバック不具合

Springback defects on formed ultra high strength steel sheets

デザイン，設計部門へ「材料ベースグレード化のための製品設計ガイドライン」を遵守した製品設計を働きかけるとともに，CAE解析の更なる活用，寸法精度，面歪み対策について取り組んでいく（表2）。

4. スプリングバック対策としてのCAEによる金型形状最適化技術

4.1 超高張力鋼板のプレス成形における問題点

衝突安全性の向上と車体軽量化による燃費向上を実現させるため，超高張力鋼板（引張強さ590 MPa以上）の採用が拡大されている。しかし，超高張力鋼板は成形が難しいだけでなく，スプリングバックと呼ばれる寸法変化が大きく，その制御に苦慮している現状にある。特に，980 MPa級鋼板の使用においては，これまでに経験が少なく，また，そり，キャンパー，ひねりなどの三次元的なスプリングバック変形（図6）に対しては全く予測，対策する術がないため，現場でのトライアンドエラーによる修正に多くの工数がかかっている。

4.2 新しい金型最適化方法の提案（スプリングフォワード法）

CAEによるスプリングバックの予測は，車体ボデー部品のように複雑な形状へ直接応用できる可能性を秘めており，最も期待されている方法の一つである。すなわち，CAEで部品のスプリングバックの事前予測と対策を行い，トライ工数を抑えて製造の効率化を図り，最終的にはトライレス生産を実現するものである。

ここで，設計者が本当に必要な情報はパネルのスプリングバック変形量ではなく，精度の良い部品を作るための金型形状である。つまり，CAEによっていくらか精度の高いスプリングバックの予測ができて，そのデータを金型設計に使いなれば，精度の良い部品を作ることはできないのである。

そこで，今回CAEを利用して金型形状を最適化する新しい方法であるスプリングフォワード法を提案した。スプリングフォワード法とは，スプリングバック発生原因である残留応力の正負符号を反転させて計算し，通常のスプリングバックとは逆方向に変形させ，この変形量をそのまま金型形状に反映するというアイデアである（図7）。図8に従来方法と提案方法のフローチャートの比較を示す。この提案工法を使って，金型製作前にあらかじめCAEを実施して金型形状を自動的に最適化し，本形状で加工した金型でプレス成形することにより良好な結果が得られたので，その事例を紹介する。

4.3 提案方法による金型最適化事例

(1) 金型形状の最適化

提案方法の最終目的は，精度の良い部品を得るための金型形状を作ることである。そこで，提案方法の有効性を検証するために，試験型を製作してトライアウトを実施することにした。トライ部品には，衝突安全性のため

工程	シミュレーション	金型製作	プレス成形 (トライ)	金型修正
現状工法	割れ、シワ予測のみ (スプリングバック計算は未実施)	製品形状どおり金型加工	スプリングバック発生 ⇒ 検具にて測定 離型 トライ&エラー	動と経験で修正 肉盛り 再加工
提案工法	スプリングフォワード法で金型形状を最適化	最適化形状にて金型加工	一発合格! 離型	不要

図8 現状の金型製作プロセスと提案工法の比較

Comparison of conventional die manufacturing process and proposed method

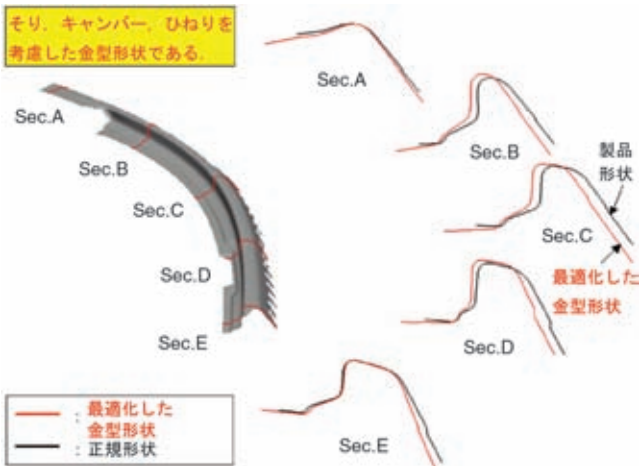


図9 スプリングフォワード法により最適化した金型形状
Compensation of die shape by spring-forward method

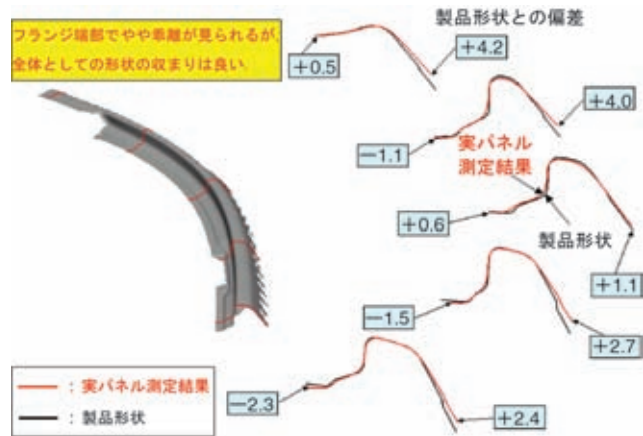


図11 最適化した金型によるトライアウト結果
Compensated die tryout results

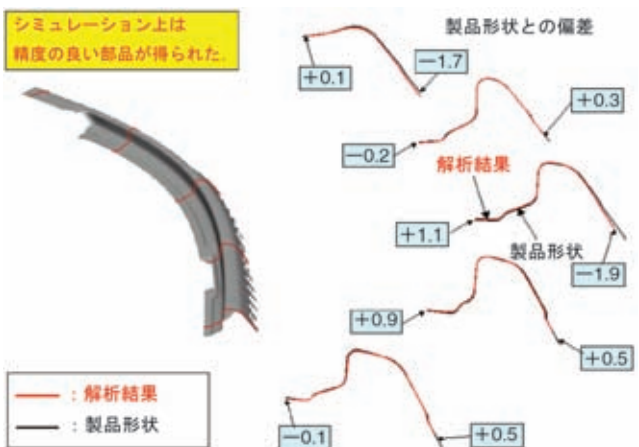


図10 スプリングバック解析結果
Results of springback simulation

超高張力鋼板が採用され、かつ部品精度の確保が極めて困難であるフロントピラリンフォースアッパーを選定した。トライ部品は、グランディスの同部品形状をベースとした非常に実部品に近い形状である。また、トライ材料は980 MPa級超高張力鋼板(アウトランダーで採用)を使用した。図9に提案方法により最適化した金型形状の断面を示す。本形状はひねり、キャンパーといった三次元的な変形が考慮されている。

(2) シミュレーションによる効果確認

図10はスプリングバックの解析結果である。シミュレーション上は精度の良い部品が得られた。そこで、本形状で試験金型を製作し、実際に精度の良いパネルが得られるかトライアウトを実施した。

(3) 試験金型による効果実証

図11は実際に最適化した試験金型でプレス成形したパネルを三次元測定した結果である。フランジ端部にお

いてやや製品形状との乖離が見られるものの、ひねり、キャンバーといった全体形状の収まりは大幅に改善された。

4.4 今後の課題

今後、実用化に向けて、スプリングバック解析の更なる精度向上、最適化形状をサーフェスデータ化するためのCAD機能の開発などに取り組んでいく。

5. おわりに

以上、当社におけるプレス成形シミュレーションについて、そのプロセスと事例について述べてきた。今後も更なる軽量化が要求されてくると考えられ、超高張力鋼

板の活用部位の拡大が考えられるので、信頼性や解析スピードの向上を図り、早期に実用化の目処をつけたい。最後にご協力頂いた社内外の関係各位に対し、この場を借りて厚く御礼申し上げます。



松山邦臣



大塚健郎

“ Concept-X ” ができるまで

MRDE (Mitsubishi Motor R&D Europe GmbH) デザインスタジオからの熱きメッセージ

The Road to “Concept-X”

Passionate Message from the Design Studio of Mitsubishi Motor R&D Europe GmbH (MRDE)

2005年東京モーターショーに出品されて好評を博した“Concept-X”は、ヨーロッパのデザインスタジオ（ドイツ・フランクフルト近郊に位置するMRDEに所属）において、製作されたものである。

“Concept-X”製作プロジェクトに従事した3人のデザイナーの手記を掲載することにより、現地デザイナー達の熱い思いと、海外でのデザイン拠点の活動を紹介します。



デザインイメージを創造する舞台裏

- 過程と手順を理解しながら

A Glimpse into Creating a Design Icon

- Understanding the Process and Method



プロジェクト・リーダー

マイケル・カッツアート

Mikael Cazzato

市場には、ドライバー、掃除機や車など、生活道具が溢れている。それらを見ていると時々驚きを感じる。その道具は、どのように、なぜこの形になったのか？わたしは、これらを作った舞台裏の人たちのことを考えてしまう。彼らが、その商品の見栄えや使い心地を良くしたのだ。舞台裏のデザイナーが製品を作り込むとき、彼らの頭の中は、商品の全体像、細部の配置、色、質感、音、そして使い心地に至るまで交錯している。

彼らデザイナーは、製品の生産過程、素材の選択、販売店でどのようにディスプレイされるか、スタートからゴールまで考えている。デザイナーの幅広いアイデアが、商品開発の過程で、使い勝手の良さ、商品製造コストの低減につながり、付加価値のある魅力的な商品を生み出す。車のデザイン（特にエクステリアデザイン）は、そ

の他の生活道具と違い、感動や迫力といった動的な要素が入ってくる。この違いが、商品を創造する上で重要な影響力を持つという点が Car Design の特徴である。

また、デザインは製品そのものだけでなく、ブランドイメージとアイデンティティを同時に考えることが重要で、それが商品として成功する鍵を握っている。

MRDE デザインは、知識とプロ意識を持って三菱自動車の新製品の誕生に貢献できる好運と技能を有している。小さいチームながらも、三菱ブランドの新しいイメージ創造と新しいスタートに参加している大きな一員と言える。

MRDE では、日本という主要製造地から離れたヨーロッパに位置していることにより、一味違った取り組みや意識でプロジェクトに取り掛かることが可能である。言

い換えると、違った角度から別な解決策や問題点が見えるのだ。また我々はヨーロッパという視点からのトレンドや市場の動きを参考にしている。それは時には日本人の視点でも、三菱ブランドに多様性・創造性を加え、お客様が一目で分かる他ブランドとの違いを作り出す上でも役に立つ。

2004年後半、MRDE デザインはコードネーム 05V、後の三菱 Concept-X という名前のプロジェクトを任された。この課題を実行するためにオマー・ハルルボジッチ（エクステリア・チーフデザイナー）、トーマス・バケリソ（インテリア・デザイナー）、マイケル・カツァート（プロジェクト・リーダー）らのデザイナーからなる小さなチームが結成された。

このプロジェクトは、東京モーターショーで三菱自動車のブランドイメージを強化する要素の一つとなろう。かの有名なランサー EVOLUTION の後継車、あるいは少なくとも将来の「新型 EVOLUTION」を示唆する姿を披露するのが目的であるのだから。

ランサー EVOLUTION は MMC 商品ラインナップの中でも長期にわたって象徴的存在であり、FIA 世界ラリー選手権（WRC）での勝利は、その性能と敏捷性を広めてきた。

成功を収めている一方で、そのデザイン・スタイリングは二つの誇張した側面を持っている。一つは「まっすぐで純粋なイメージを大事」にし、もう一つは「素晴らしい車だがちょっと古くさくなってきた」ということである。さて、偶像的存在のランサー EVOLUTION のそのようなイメージをどううまく組み合わせ、しかも強化させようか？決して簡単な課題ではないが、正しく分析して愛情と注意をもってすれば達成可能な課題である。

まず、EVOLUTION とは何か、どういう存在かを理解することが必要だ。例えばスポーツカーのような車には、感動や興奮などのエモーションがかなり含まれており、それらを注意深く調査、解釈しなければならない。どうすれば車そのものからスポーティなオーラを発生させ得るか、また同時に三菱らしい車に仕立てるのは何か？

これらの問いに答えるには、ブランド全体を見渡し、MMC が MMC らしくあるために過去にどんなことをしてきたか、どんな車を作ってきたかを理解することが大事である。MMC を代表する物、真の MMC とはパジェロか？それともデリカか？

デザインの観点からすると、MMC のほとんどの車に共通することは「成熟していて雄々しい」であると言いたい。もちろんそれ以外の面もあって各商品を優れたも

のに仕上げているが、基本は三菱らしい雰囲気を持たせている何かを理解することだ。

Concept-X を作りながら、我々チームは WRC と純粋なスポーツカーをうまく組み合わせたいと思った。それは本来の EVOLUTION のあるべき姿でもある。しかし、そのデザインが固定観念となったり、今までの派生に過ぎない結果になるのは避けなければならなかった。

我々はまた、ラリーアートからプロのドライバーやエンジニアを招いて意見交換も行った。車を丸々ラリーカーにはしたくなかったが、WRC の世界から刺激を得てデザイン全体のテーマとして浮き上がらせようと考えていた。WRC を前面に押し出すのではなく、各所の細工や仕上げを通じてレースマシンと感じるような車に仕上げたかった。

MMC のデザインに通じるキーワードを探るとき、いろいろなアイデアや方向性を検討してきたが、後に「はがね」つまり「鍛えられた鋼鉄」というキーワードに落ち着いた。これは武器としての刀剣、刀を意味しているのではなく、いかに金属を柔軟かつ剛健に、更に美しく品質と耐久性を備えた形に作るかという意味においてである。私は「はがね」は Concept-X の外観、内装の両方に置いて実現されたと思っている。この車は敏捷性と柔軟性を感じさせると同時に品質、耐久性とパワーを備えている。

このプロジェクトのもう一つの意味は、MMC のスポーツ DNA を確立し鍛錬することでもあった。Concept-X には強靱さ、そして品質が一目で分かる特徴（フロントグリル、ヘッドランプ、テールランプ、ボデーセクションなど）が見られるが、それは全体を考えた上でのプロポーションとバランスをじっくり検討した成果である。そしてこれらのスポーツ DNA の特徴が将来の MMC ラインナップにも同様に取り入れられ、世界的規模のデザイン認識に貢献することだろう。

私は、MRDE デザインが Concept-X を作り上げることによって、MMC ブランドの新しい顔を作り出し、イメージ強化のために貢献できたと思う。この新しい顔が、将来の車のヒントにもなり得て、MMC デザイナーが新しいゴールを目指し斬新で美しい商品を生み出す手助けになってほしい。

それぞれの特徴の巧妙なバランス、EVOLUTION とは何であるかの本質的理解が、Concept-X が真のランサー EVOLUTION 次期車であると信じ得る成果につながってくれた。

三菱 Concept-X エクステリアデザイン物語

Mitsubishi Concept-X
Exterior Design Story



エクステリア・チーフデザイナー

オマー・ハリルホジッチ
Omer Halilhodzic

初期段階でこの Concept-X プロジェクト製作に参加したときから、まっしぐらに進むプロジェクトになることは分かっていた。新しい EVOLUTION を作り上げる上でまず考えたのは、この車を持つ良いところを受け継ぐことだった。MMC ラインナップの中で EVOLUTION が特別なステータスにあり、多くのファンの中でカルト的存在であることははっきりしている。したがって、我々チームも白紙から全く新しい EVOLUTION を発案することなどは考えずに、必要な箇所を改善するための方法を探った。

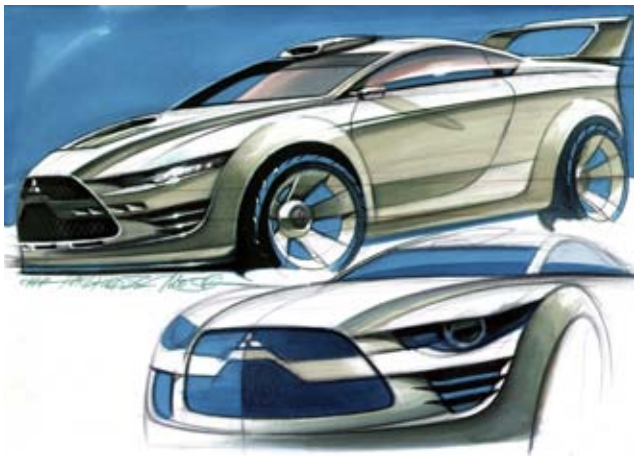
また、新しいプラットフォーム（車台）、新しいエンジン、新しい技術も用意されていた。新しい車は、カーデザインをはじめ、機能性、空気抵抗性、人間工学的要素（エルゴノミクス）、動力性能などの多くの面において大きな前進を遂げるべきだ...。そう念頭に置いて自分の考えを紙に描いていったが、これにはたいした時間を要さなかった。

また、仲間達やマネージメント陣、特に仲西 MMC デザイン本部長とも語り合った。新しい EVOLUTION は強烈なキャラクターと純粋な三菱 DNA を備えていなければならないと私は考えた。たぶんフロントに3枚、リアには数枚のスケッチを描いただろう。頭の中では、スポーティなアスリートボデーが、大きなホイールにがっしりと支えられており、アグレッシブで際立ったフロント・リアデザインを持つ車を想像した。巨大なエアイン

テークが細長い LED のヘッドランプとともにフロント部を強調する。フロント及びリア回りはスリーダイヤロゴを中心に作っていった。スリーダイヤが、堂々と誇らしく車全体に完璧にフィットすることが重要だと思ったからだ。ロゴが後付けの付属品のように見えてはならなかった。そして三菱 DNA が Concept-X 全身からみなぎるようなデザインを心がけた。パジェロの原型、前代ギャランとランサーを観察し、これらに共通している遺伝子は何かを探った。そして感じたのは、それらすべてに飛行機の何かを感じさせるデザインが含まれているということだった。

EVOLUTION とは何かを身をもって理解するために、EVOLUTION を数週間借りて試乗した。これは実に素晴らしかった！また BMW M3 やアウディー S4 に試乗する機会も得た。この試乗から得たものは大きく、新しい EVOLUTION がどういうものであるべきか、またどうなってはいけないかが自分にとってはっきりした。そして EVOLUTION 試乗から得た感覚をスケッチに表現していった。

デザインの方向性がだいたい決まってから、トリノ（イタリア）のモダルテ（Modarte）社で、コミットメントショーに使われた EVOLUTION モデルを使いながらフルサイズモデルでの作業に着手した。コミットメントショーのモデルはその数ヶ月前に作られたもので、それを作ったときの経験が今回の Concept-X での作業にも影響



エクステリアデザインを決定づけた初期のスケッチ
Original sketch which defined the exterior design



1/1 モデルでリファイン検討中のハリルホジッチ氏
Mr. Halilhodzic working on the 1/1 exterior model

した。主な作業はキャピンの側面部とピラーに集中した。ホイールベースはベースの車台に合うよう調整し、ホイールサイズを20インチまで拡大したためホイールアーチ部分の改修も必要だった。私の目標は、機能性は維持しながら格好良いバランス・均衡（プロポーション）と、際立った容姿で一般大衆の目を引くことだった。

エンジンとターボチャージャーには大きい通気口が必要なので、エアインテーク、エアアウトレットは風洞試験での調査を考慮しながらデザインした。同様に、キャビン全体の見栄え向上、空力形状も改善した。フロント全体は歩行者保護も考えてデザインした。特に気を遣ったのはボデーがホイールにバランス良く載っていること、車全体が力強く構えていてスポーティかつアグレッシブに見えることだ。

私はトリノのモダルテ社の一流モデラーチームと一緒に働けたことを光栄に思っている。彼らは腕のいいモデラーであるばかりでなく、情熱的に仕事に取り組む真の芸術家だ。何度も修羅場に直面しながらも彼らとの作業は実に楽しかった。フルサイズモデル作業の期間中、表面処理やラインの調整をしながら彼らを励ましてみたり、問題が起こったときには解決策と一緒に模索したりした。彼らには本当に感謝している。

もちろん全体をまとめる上でのリーダーは私だったので、決定も下さねばならなかった。作業場の雰囲気はともエモーショナルであり、時には緊迫したものでもあったが、常に前向きだった。それは完成車を見ると分かって頂けるだろうか。

仲西本部長や辻本MRDEデザイン部長も何度もモダルテ社に足を運び、進行具合をチェックしたりアドバイスをくれたりした。そこで全体の方向性が間違っていないことや、幹部がモデルの見栄えに満足なことが確認できると、私も嬉しかった。

次のステップはホイール、タイヤ、ミラー、グリル、ヘッドランプ、テールランプなどのディテールに取りかかることだった。この作業は主にMRDEトレバースタジオでコンピューターモデルを作りながら進められた。ワー・タン（Wah Tang）率いるCGデジタルチームが、イタリアのモデルデータをもとに迅速かつ正確にCGモデルを作成した。そして見事なまでのCGモデルを、ステレオリトグラフィーを使って実物モデルに反映し、各部がぴったりと合致したのは驚きだった。トゥーラ（TOORRA）社はコンピューターデータをもとに、格好良いアルミホイールを削ってくれ、ブレンボ（BREMBO）社は我々の要望するサイズとデザインのブレーキディスクとキャリパーを提供してくれた。



塗装を終え最終のアセンブリー作業
Final assembly process after the model painted

フルサイズモデルが完成した後、アルミ板を使った手加工のエンジンフードを除き、外壁パネルを型抜きし、ファイバーグラスのボデーパネルを作る作業に移った。作られたボデーパネルをベースの車台に載せて組み立て、すべての部品を並べ合わすと、後に残るは塗装のみだ。

塗装は大変重要な作業だ。というのも、そのでき映えによって車の見栄えが大幅に良くなったり、またはこれまでの努力を台無しにする程の影響力を持っているからだ。塗装の最終コーティングを準備しながら、塗装職人達と何時間も話し合いを重ねた。あらゆるラインと曲面、映り込みのでき具合などを慎重にチェックして、要すればこの段階でも修正すべき点は修正しなければならなかった。ここで必要とされるのは鋭い目と多くの経験であり、計算式やハウツー本は助けにならない。感覚の世界だ。

ポリエステルの下塗り材を何層も塗ってから、丁寧にサンドペーパーでなめらかな表面を作り上げると、次に待っているのが最終塗装だ。塗装マエストロのピーノ（Pino）が、細心の注意を払って完璧な仕上げをしてくれた。その後の磨き作業は塗装に更なる艶を与えるために欠かせない。しかし、塗装ブースから車が出てきたとき、その場にいた一同はあまりの素晴らしさに立ち尽くしたほどだ。

塗装やそれ以外の部分に傷を付けないように気を付けながら、残りの部品を取り付け、すべてがうまく機能するかを確認する。これは緻密で時間のかかる作業だが、幸いに大きな問題もなくスムーズに事は運んだ。そして文字どおりすべての作業が終わってエンジンが始動し、車が自力で動き出した瞬間を私は忘れない。そのとき、自分のタスクが終わった！

Concept-Xのインテリア イメージを作り出す

Creating an Interior Icon for Concept-X



インテリア・デザイナー

トーマス・バケリソ

Thomas Vaquerizo

Concept-X インテリアデザインの目的は、近く出現するランサー次期車を披露しつつ、ラリーにおけるMMCの勝利の数々をロードカーにつなげることである。これはMMCのスポーツDNAの代表であるランサーEVOLUTIONのDNA要素を進化させるものである。

このインテリアのポイントは、ミニマリズムで機能的、集中力そして明確さを持つことだ。集中力の意味は、ユーザーにとって使いやすいレイアウトを意味する。ドライブに必要なスイッチはドライバーの回りに集中し、メータークラスターは、はっきりと見やすいモニターでシフトガイドも映し出す。また、デュアルクラッチギアのシフトノブはスポーツタイプステアリング上に配置した。

全体構成は、ラリーマシンのロールケージ構造にヒントを得た。インパネ（以下、I/Pとする）、ドア、ルーフとフロアトンネルはアルミパーツが骨格となっており、ここに各種機能装置のすべてを配置してある。それだけでなく、ラリーカーに乗っているような気分を味わせてくれる。例えばI/Pのアルミ骨格にはマルチメディアコントローラーとエアアウトレット、各種スイッチがレイアウトされている。フロアトンネルのアルミ骨格には空調ダイヤルと消化器（または水のボトル）がある。ドアのアルミ骨格には、アームレストとパワーウィンドウスイッチを配置した。ルーフのアルミ骨格には、エアアウトレットとエンジンスタートボタンを配置した。これは戦闘用ヘリコプターのコックピットをモチーフにして

いる。次にレーシングバケットシート（乗員4名分に使用）とシートベルトだが、シートの背もたれは背骨のような緩やかなラインを持ち、シートベルトと一体になっている。これは、戦闘機の脱出シートをモチーフにした。

マルチメディアモニターは、I/P中央からスライドして現れ、ドライバー、パッセンジャー、後席乗員が情報共有できる。このモニターはマルチメディアシステムによって制御され、技術情報（エンジンパフォーマンス、SAWC、タイヤ空気圧、ナビゲーションなど）からメディア情報（オンボードカメラからの画像、音楽、電話、インターネットなど）まで表示できる。

一方インテリアカラーリングはミニマリストと頑丈さをテーマとしているが、これはこのテーマの代表例である日本の鎧をイメージして開発した。I/Pやドアとリムに使った強化ナイロン、突出した面を持つレザーシートにそれが現れている。

暗色系を選んだことによりアルミニウムパーツとのコントラストが映え、赤のアクセントライトは潜水艦のキャビンのような真剣な集中力を感じさせる。ルーフに設置されているパネルを点灯すると、白みがかかったライトがコンピューターのようなハイテク気分を醸し出すと同時に、車内照明の役割も果たしている。

インテリア誕生の過程

MRDEでの打合せは2005年の初春に行われた。マネージメントによって大まかな方向性が示された後、まずはデザイナー達がスケッチ作業によりイメージの具体化



完成したConcept-Xのフロントシート周り

Front seat area of completed Concept-X



インテリア全体のイメージを決定づけた初期のスイッチ

Original sketch which defined the overall interior image



作業途中の樹脂製 1/1 インテリアモデル
1/1 interior model under development

に取り組んだ。それらスケッチはマネージメントとともに検討しながら、はっきりしたテーマができて上がるまで練られていった。

次のステップはでき上がったテーマをエアラス（先進的CADモデリングのツール）を使って立体イメージに展開することだった。エクステリアデータと人間工学的（エルゴノミクス）要件を鑑みながら全体のボリューム、表面処理、細部を改善しまとめ上げることである。こういった要件を含んだ3D立体データをイースター連休前にマネージメントに提示し、認可を受け、我々は次のステップ、つまり原寸大のフルサイズモデルを作り出した。

フルサイズモデルの作製は、イタリアのトリノに在するモデル・プロトタイプ専門の会社モダルテ社で行われることになった。トリノは腕のいい技術者やモデラーが集まっており、プロトタイプを製作するには最高の地として有名である。3Dデータはまず堅いポリウレタン材を使って機械で形状を削り出す（ミリングと呼ぶ）。こ

の素材は丈夫で軽い上に補修作業が簡単なのだ。我々はモダルテ社のプロスタッフとともに夏の数ヶ月間作業を続け、我々の考えていたようなポリウムと細部パーツをまとめ上げた後に認可された。

これに続く段階は、グラスファイバー（ドア、IP、トンネル、ルーフ、ピラーなどに使用）と樹脂（細かい部品すべてに使用）を使ってすべての部品を型取りし製品を作ることだ。型取られた部品は後に用途に応じてトリミングしたり塗装することになる。それが終わると、試しに部品をエクステリアフレームに取り付けてみる。最終組み立てに入る前に、仕上げた部品とフレームがぴったりうまくはまり合うかを確認するためだ。これはデザインプロセスの中で、完成車が最高のできであるために極めて重要な段階である。

このプロジェクトでは、最終段階で更にアイデアが追加された。フロアトンネルに消火器を設置する案がその一つである。このアイテムを追加することで安全性を意図したと同時に、見る人の目を引くことができる。しかしながらコンセプトカーの発表前にMMC本社から内部規定により日本では消火器設置は不可であると通知を受けた。そこでデザインとしては不本意ながらも速やかに代替案を提案せねばならなくなり、水の入ったボトルを置くことにした。日本以外での展示となれば消火器との交換が容易にできる。これは我々の迅速なレスポンスの証と言えよう。

Concept-X プロトタイプはイタリアでの写真・ビデオ撮影の直前、8月末にスケジュールどおり完成した。そしてその後の最終手入れの後、2005年10月の東京モーターショーでの成功を待つべく日本に送り出された。

アウトランダー

OUTLANDER



新生三菱自動車を送り出す新型車第一弾として、エンジン、トランスミッション、プラットフォームのすべてを一新した世界戦略車『アウトランダー』を2005年10月に発売した。

1. ねらい

オールラウンドに楽しめるSUV (Sports Utility Vehicle) の魅力に、三菱自動車が培ってきた走りのDNAを注入。セダンのように気持ち良く・意のままに走れる走行性能と、クラスを越えた広く・快適なキャビンの高い次元で両立させることを目標に開発した。

2. 特長

2.1 エクステリアデザイン

爽快な走りをイメージさせるスポーティさと広く快適な室内空間を高い次元で両立。精悍かつ端正な造形により洗練されたスタイリッシュなデザインとし、ワイドトレッドと大径タイヤの組み合わせによる安定感あるスタンスと、それを包み込むフェンダーフレアやアンダーカパーでSUVらしいタフさを表現した。



2.2 インテリアデザイン

大らかでダイナミックな造形によるインパネや、モーターサイクルのフレームを彷彿とさせるドアやフロアコンソールにより、タフで洗練されたスポーティさを表現。SUVとしてのユーティリティや高い機能性を、しっかり造り込まれた端正な造形でまとめ上げた。

2.3 気持ち良く・意のままに走れる走行性能

新開発アルミブロック2.4L DOHC MIVECエンジンと新開発INVECS-III 6速スポーツモードCVTを組み合わせ、クラストップレベルの動力性能・レスポンスの良いスムーズな加速感と低燃費を高い次元で両立させた。また、シフトレバーをDレンジに入れたままでも操作可能なパドルシフトを上級類別に標準装備し、走りの自由度を広げた。

更に、AWC (All Wheel Control) 思想に基づき各種技術を採用。新開発プラットフォームの高剛性ボデーをベースにアルミルーフを採用し、SUVの弱点とされる重心高とロール慣性モーメントを大幅に低減した。新開発のリアサスペンションには減衰力の応答性に優れるモノチューブ (単筒) 式ショックアブソーバーを採用し、ワイドトレッドと合わせて、しなやかでフラットな乗心地としながら、ロールが少なく操舵応答性の良いハンドリングを実現した。4WDシステムには新開発の電子制御4WDを採用。幅広い路面状況に適應する4WDオートに加え、2WD、4WDロックの3モードを設定し、走行状況やドライバーの好みに応じて自在に選択可能とした。更に、Active Stability Control (ASC) を全車に標準装備し、様々な状況下での安定した走行をサポートする。



2.4 クラスを越えた広く・快適なキャビン

ミッドサイズSUV最大級まで拡大した車体サイズと荷室フロア地上高600mmの低床パッケージングにより、875mmのセカンドシートレッグスペースや935mmの荷室高（テールゲート開口部）など、クラスを越えた広さのキャビンスペースを実現。一方で、最小回転半径はクラス最小レベルの5.3mとし、とりまわし性を高めた。

更に、上下開閉式テールゲートや、荷室後部のスイッチでセカンドシートをタンブルできるワンタッチタンブル機構を装備し、使い勝手を高めた。

また、いざという時にフラットな荷室フロアから取り出して+2名の乗車が可能なエマージェンシー用途の床下収納式サードシートも設定した。

2.5 プレミアムサウンドシステム

北米カーオーディオのトップブランドの一つであるロックフォードフォズゲートと共同開発したトータル650W（最大）の9スピーカーオーディオシステムを採用。プレミアムサウンドシステム装備車は、前後ドアのスピーカーボックス化とデッドニング（制振）化をする



とともに、フロントのツイーターカバーを樹脂からより開口率を広くとれるパンチングメタルとするなどの対策を実施。従来の自動車用純正オーディオの領域を越えた重低音のパワフルかつクリアなサウンドを実現した。

2.6 安全・環境性能

新開発プラットフォームにより、重量増加を最小限に抑えながらJNCAP6レベル（社内試験結果）の衝突安全性能を達成。更に、小型車との衝突時における相手車の被害軽減や歩行者保護にも配慮した。

また、平成17年排出ガス基準75%低減レベルと平成22年度燃費基準+5%に適合させた。

更に、エンジンイモビライザー、セキュリティアラームシステム、消臭天井を全車に標準装備し、お客様へのより確かな安心の提供を目指した。

3. 主要諸元

主要諸元を下表に示す。

諸元	型 式	三菱 DBA-CW5W			
		4WD			
		M		G	
乗車定員	(名)	5	7	5	7
全 長	(mm)	4,640			
全 幅	(mm)	1,800			
全 高	(mm)	1,680			
最低地上高	(mm)	210			
車両重量	(kg)	1,550	1,590	1,580	1,620
最小回転半径	(m)	5.3			
10・15モード燃料消費率	(km/L)	11.6			
エンジン型式		4B12 2.4 L MIVEC			
弁機構・気筒数		DOHC 16バルブ・4気筒			
最高出力	{kW(PS)min ⁻¹ ネット}	125(170)6,000			
最大トルク	{Nm(kgf·m)min ⁻¹ ネット}	226(23.0)4,100			
変速機型式		INVECS-III 6速スポーツモードCVT			
サスペンション	前	マクファーソンストラット			
	後	マルチリンク			
タイヤ		215/70 R16		225/55 R18	

(商品開発統括部門 C-seg 商品開発プロジェクト：村崎，加藤)



「i (アイ)」は、「リヤミッドシップレイアウト」(以下、「MR」とする)の新開発プラットフォームの採用により、スタイリング、操縦安定性と乗心地、衝突安全性における三つの革新を実現した「ニュープレミアムモデル」である。新時代を切り拓き、新たな価値を提案するクルマとして、2006年1月24日に発表・発売した。

1. ねらい

「i」は、小型車からのダウンサイジング層や、従来の軽自動車では満足できない層を主なターゲットとした。そのために、軽自動車の枠の中で、

- ・斬新なスタイリングと居住性
- ・居住性と衝突安全性
- ・ハンドリングと乗心地

という三組の二律背反するテーマに取り組み、これらを高い次元で両立させるために、「MR」を採用した。

2. 特長

「MR」の採用により、従来の軽自動車では成し得なかった様々な特徴を実現した。

2.1 エクステリアデザイン

「MR」を活かした明快なワンモーションシルエットとし、車体の四隅に配された大径タイヤにより安定感と力強さを表現した。また大きなフロントウィンドシールド

ガラスや、ワンモーションのリヤドアオープニングラインで伸びやかさも表現し、軽自動車の枠を感じさせない自由で明快な個性と存在感を表現した。

前後ランプなどのシャープな造形と合わせ、知的で斬新かつ親しみやすいCOOLでCUTEなスタイリングを目指した。

ボデーカラーはシックでモダンな新色2色を含む全9色展開とした(うち1色は2006年3月から発売)。

2.2 インテリアデザイン

広いフロントウィンドシールドガラスや、ロングホイールベース化により、余裕のある、明るく開放的な室内空間を実現した。なめらかなフォルムのインパネと、シンプルかつクールな質感のメーターやセンターパネル回りのディテールにより、使う楽しさと走る喜びを提供することを目指した。

シートはモダン家具を思わせる、シンプルでやさしいフォルムとし、乗員を優しく包み込む座り心地とした。

内装色は、明るいグレーを基調とし、全ボデー色に対して、レッドとダークグレーの2色のシート生地を選択可能とした。また、助手席前のアッパートレイ回りはシート色と同色にコーディネートされる。

2.3 パッケージング

「MR」の採用により、ホイールベースを2,550 mmと小型車並みとすることで、長い室内長を実現した。ま



た、これは大径タイヤと合わせ、後述の操縦安定性と乗心地の面でも重要な役割を担っている。一方、最小回転半径を従来の軽自動車並みとし、小回り性も確保した。

リヤシートを倒すことにより、使い勝手の良い、長くフラットな荷室空間を実現した。

2.4 軽快な走り

(1) パワートレイン

新設計の3気筒MIVECエンジン(3B20型)は、インタークーラー付きターボチャージャーとの組み合わせにより、高性能と全域低燃費、低排出ガスを両立させた。

高剛性アルミシリンダブロックや、インテークマニホールドの樹脂化などにより、軽量・コンパクトを追求したエンジンをリヤミッドシップに45度傾斜させ搭載することで、低重心化と優れたスペース効率を実現した。

また、サイレントチェーンやオートテンショナーの採用など、耐久性、信頼性の向上も図った。

全車ターボエンジン搭載ながら、平成17年排出ガス基準の50%低減レベル(3)を達成。同時に10・15モード燃費は2010年燃費基準をクリアした。

(2) 操縦安定性、乗心地

『i』は「MR」の採用により、街中をスイスイ気持ち良く走れる軽快感と落ち着きのある心地良い乗心地を実現した。

前後約45:55の良好な重量バランスに、最適なタイヤサイズの設定などで、MRのメリットを最大限引き出すことを目指した。

ダブルレーンチェンジ試験において、欧州の小型車をも凌ぐ緊急回避性能を実現した。

また、短い制動距離とノーズダイブの少ない安定した制動時の車体姿勢も、「MR」の特性を活かしたメリットである。

更に各部の剛性アップや遮音材の最適配置により、小型車並みの静粛性を実現した。

2.5 全方位衝突安全ボデー

短いフロントノーズながら、十分なクラッシュブルゾンを確保。大断面ストレーツフレームや最適配置のクロスメンバー、また後突時の衝撃を受け止めるリヤフロア、エンジンにより、全方位からの優れた衝突安全性を実現した。社内試験結果では、JNCAP 5レベルの衝突安全性を達成した。

更にフード下の空間確保や、ワイパー

ピボット部の衝撃吸収構造により、歩行者保護にも配慮した。

2.6 ユーティリティ&装備

(1) 広いフロントウィンドシールドガラスには赤外線と紫外線をカットするUV & ヒートプロテクトガラスを採用した。

(2) キーをポケットやバッグから出さずにドアのロック・アンロック、エンジン始動・停止を行えるキーレスオペレーションシステムを採用した。

(3) AM/FMラジオ付きCDプレーヤーはユニークパネルタイプで、大型ロータリースイッチを中心に操作性の良いスイッチを配置。視認性の良い液晶ディスプレイも採用した。また、7インチワイドディスプレイHDDナビゲーションもメーカーオプションで設定した。

(4) クリーンエアフィルター付きフルオートエアコン+消臭天井により快適な室内環境を実現した。室内VOC低減について、自工会の自主規制に前倒しで対応した。

(5) 世界安全基準「エコテックス規格100」の認証を取得したシート生地を日本車として初めて採用し、より安心して過ごせる室内環境を実現した。

(6) 多彩な機能のETACS (Electronic Time and Alarm Control System) 機能により、セキュリティアラーム、車速感应式ワイパーなどを標準装備した。

3. 主要諸元

主要諸元を下表に示す。

諸元	型式	i (アイ)		
		2WD	4WD	
寸	全長 (mm)	4 A/T 3,395		
	全幅 (mm)	1,475		
	全高 (mm)	1,600		
	ホイールベース (mm)	2,550		
	トレッド	前 (mm)	1,310	
		後 (mm)	1,270	
法	室内長 (mm)	1,775		
	室内幅 (mm)	1,270		
	室内高 (mm)	1,250		
	車両重量 (kg)	900	960	
	最小回転半径 (m)	4.5		
	型式	3B20 インタークーラーターボ		
エンジン	総排気量 (cc)	659		
	弁機構	DOHC MIVEC 12バルブ		
	気筒数	3気筒		
	最高出力 {kW(PS)min ⁻¹ ネット}	47(64)6000		
	最大トルク {Nm(kgf-m)min ⁻¹ ネット}	94(9.6)3000		
	燃料供給装置	ECI MULTI (電子制御燃料噴射)		
走行装置	ステアリング	ラック&ピニオン (パワーステアリング付き) マクファーソンストラット式		
	サスペンション	前	3リンクドディオン式	
		後	3リンクドディオン式	
	ブレーキ	前	ベンチレーテッドディスク (13インチ)	
		後	リーディングトレーリング (8インチ)	
	タイヤ	前	145/65R15	
後		175/55R15		

(商品開発統括部門 軽商品開発プロジェクト 岩男, 河村, 増田)



ランサーエボリューションワゴン

LANCER EVOLUTION WAGON



『ランサーエボリューション=セダン』という概念を打ち破り、ランサーエボリューションならではの優れた運動性能と、ワゴンボデーの優れたユーティリティを融合させた、三菱自動車ならではの新しい『高性能4WDスポーツワゴン』、ランサーエボリューションワゴンを発表・発売した。また、街中のイーゼードライビングからワインディングでのスポーツドライビングまで幅広く走りを楽しめるよう、A/T車も設定した。販売台数は2,500台限定としている。

発表・発売日は2005年9月7日。

1. ねらい

わが社独自の“オール・ホイール・コントロール”技術を積極的に採用し、“走る”“曲がる”“止まる”といったすべての運動性能において、ランサーエボリューションらしい走りを実現し、ランサーワゴンの持つ使い勝手の良さを融合した、三菱独自の方向を具現化した新商品を投入。また、ベース車部品を極力活用し、短期かつ低コストでの開発を実現した。

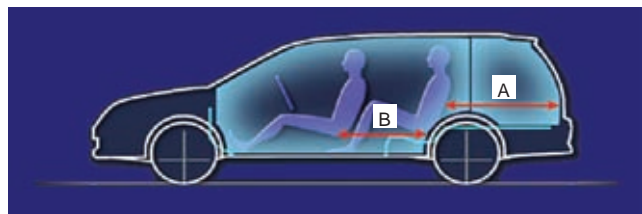
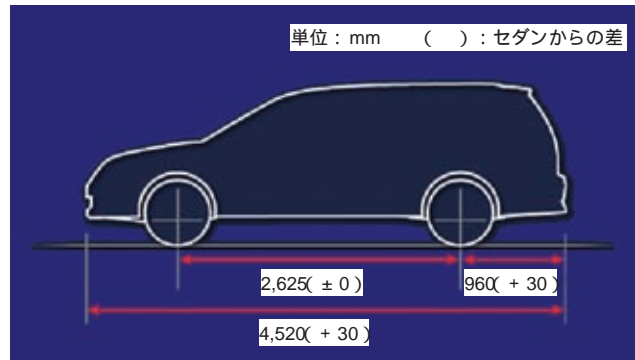
2. ターゲットユーザー

アクティブな生活を指向する40代以上の男性、高性能車指向/あこがれ層。ユーティリティの付加により新たな世界観を提案し、セダンエボリューションとは異なる新規顧客層を開拓する。更に、ギャランレグナムVR-4やリベロGT代替層、他社スポーツ車代替層をねらう。

3. 商品概要

3.1 諸元

- ・セダンに対しリヤオーバーハング30mm延長
- ・荷室奥行きはランサーワゴン並み、容積はエボリュ

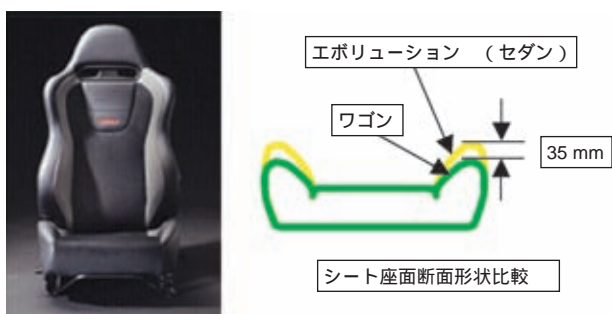


	ランサーエボリューションワゴン	ランサーワゴン	他社ワゴン
荷室長A	800mm	800mm	1,068mm
居住性B	785mm	785mm	768mm

- ・エボリューション用17インチ高性能タイヤによるホイールハウス張出しで約10%減
- ・後席はランサーシリーズの優れた居住性を継承

3.2 エクステリア

フロントはエボリューションから移植。リヤはワイド&ローなイメージを強調するエボリューションと共通のモチーフとした。



細部にメッキを施したインテリア
Interior environment with chrome-finished parts

3.3 インテリア

エボリューションの内装を基調に細部にメッキを施し質感を向上するとともに、レカロシートはワゴンとして適度なサポート性を確保しつつ、座面サイド部高さを35 mm 下げて乗降性を向上させた。

3.4 ボデー

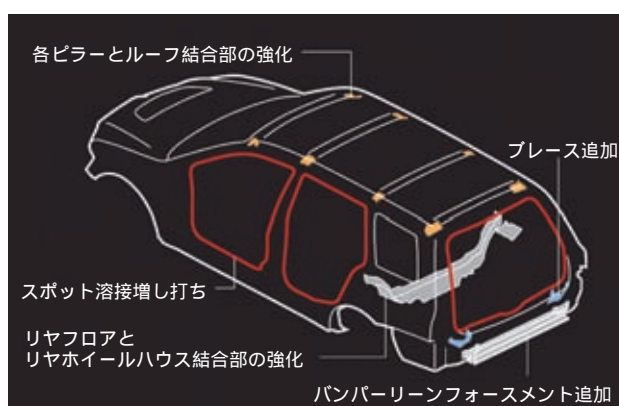
エボリューションのハンドリングを継承するため、リヤ回り、開口部、そしてピラーとルーフ結合部を補強して高剛性を確保。

更に高いハンドリングを実現するために、リヤシートの後に左右ボデーを結合するリヤハイパフォーマンスバーを開発しディーラーオプションとして設定。

3.5 エボリューションから受け継ぐ走りの技術

エボリューションをそのまま流用した前後サスペンション。GT (6 M/T) 用にエボリューションと同じエンジンを採用。GT-A (5 A/T) はA/Tとのマッチングがよく応答性が高いエボリューション GT-A 用エンジンを採用。4WDシステムはエボリューションを基本とし、スポーティな走りを可能とするシステムを装備。

室内騒音は快適性を考慮し、セダンより1~3 dB 低減。



	GT (6 M/T)	GT-A (5 A/T)
センターデフ	ACD (Active Center Diff.)	
フロントデフ	ヘリカルLSD	ノーマルデフ
リヤデフ	機械式LSD	

3.6 特徴装備

荷室のアンダーフロアボックスなど使い勝手の良いユーティリティを実現。エボリューション セダンGTに対し以下のような装備を常装化。

- ・HIDヘッドランプ (フォグランプ・オートライト機能付き)
- ・6スピーカー
- ・プライバシーガラス
- ・アクセサリーソケット (DC 12V, ラゲッジルーム)

4. まとめ

従来の走り主体のエボリューションユーザーに、街中~郊外で思い切り車生活をエンジョイして頂けるワゴン、いざ峠道では心躍らせて走れる、三菱だからこそできるワゴン車を思う存分楽しんで頂きたい。

(商品開発統括部門 C-seg 商品開発プロジェクト: 岩田)

過去3世代にわたり三菱自動車（以下、MMCとする）は280万台のピックアップトラックを世に送り出してきた。4世代目となるトライトンはこれまで世界中で築いてきた遺産を継承し、更に発展させたピックアップトラックである。新型トライトンは「基本機能を最重要視し、高品質によりMMCブランドを構築し、幅広いお客様のニーズに応える」ことをコンセプトに開発を進めた。今後、140カ国以上の国々へ展開されるが、世界戦略の第一弾として2005年8月25日にタイで発表、発売した。

1. ねらい

世界中で築き上げたMMCピックアップトラックの遺産を継承し、幅広いユーザーニーズに応えるために以下の三つのキーコンセプトを掲げて開発した（図1）。

- ・ピックアップトラックの基本機能を継承する過去3世代の商品で築いた信頼性と耐久性のノウハウを継承する。
- ・高品質によりMMCブランドを構築するMMDSを適用してクラスNo.1の品質を目指す。
- ・幅広いユーザーニーズに応える商用ユースにも合致する一方で、現代的なライフスタイルにマッチした魅力的なスタイリング、充実した機能、快適性を実現する。

これらの多岐にわたるニーズに応えるため、トライトンではARTとACTの二つのキーワードを掲げて開発をスタートした（図2）。

- ・ART (Active Recreational Truck)
新しい方向性を広げたトラック
- ・ACT (Active Commercial Truck)
MMCピックアップトラックの財産である耐久信頼性を継承したトラック

この二つのキーワードを合言葉に、新たにSUV (Sports Utility Vehicle) ユーザーの一部にも受け容れられる「DISTINCTIVEなピックアップトラック」をねらいとした。

2. 特長

2.1 エクステリア

トライトンの開発のねらいであるDISTINCTIVEなピックアップトラックをART, ACTの視点で各々具体的に形あるものとした。

2.1.1 ダブル/クラブキャブエクステリアデザインの特徴 - ART

パジェロエボリューションなどの三菱SUV DNAを引

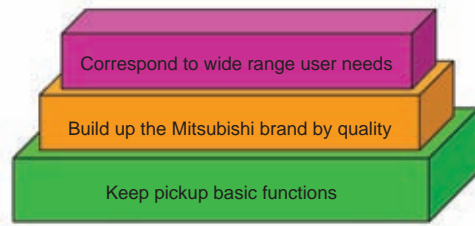


図1 商品コンセプト
Product concept

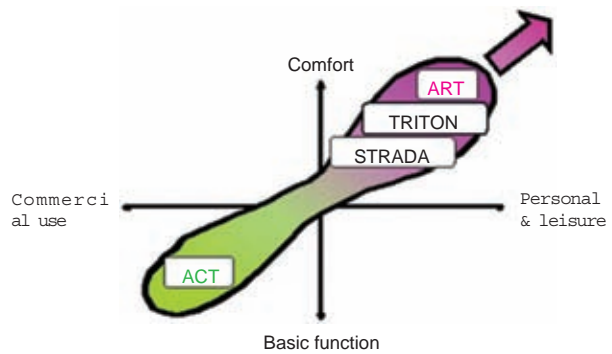


図2 キーワード
Key word

き継ぐフロントデザインの中央にスリーダイヤマークを配置した。張り出したフロントフェンダーで安定感のあるロードハギングスタンスを強調し、スピード感のあるAピラーとルーフライン、キックアップしたベルトラインでインパクトの強い躍動感のあるフォルムを創造した。シェイプアップした筋肉のような張りのあるドア断面とリヤ回りの面処理、全体にマッチしたキャンパーのあるリヤゲート形状で乗用車イメージの中に力強さを合わせ持つ先進的なトラックデザインを表現した。荷箱がキャビンを含み込むイメージの特徴的パーティングラインやルーフラインとマッチさせたカーブ形状の荷箱サイドライン（ダブルキャブ）により新鮮なフォルムと普遍的なスタイリングを迫した（図3、図4）。

2.1.2 シングルキャブエクステリアデザインの特徴 - ACT

三菱SUV DNAを引き継ぐフロントデザインコンセプトをARTと共用しながら、グリル、ヘッドランプ、バンパーなどをACT専用品としてMMCピックアップトラックの財産である耐久信頼性を表現したフロントデザインとした（図5）。

2.2 インテリアデザインの特徴

エクステリアデザインとマッチしながら新鮮なイメー



図3 ダブルキャブ
Double cab



図4 クラブキャブ
Club cab



図5 シングルキャブ
Single cab

ジのインテリアデザインをねらいとした。インパネは流麗なウェーブ形状と幾何学調ストライプ紋により先進性を表現した。専用デザインステアリングホイール、大型フロアコンソール、バケットタイプのフロントシートでスポーティで乗用車的なインテリアデザインを実現した(図6)。

2.3 パッケージング

全長/全幅/全高は先代モデル並みをキープし、世界の小型ピックアップトラックセグメントの中心位置をねらい、世界のあらゆる市場に適合できるサイズとした。ホイールベース/トレッドは操縦安定性と乗心地をともに向上可能な諸元値に設定し、特に、全幅、トレッドを拡大することによりステアリング舵角を増加させ、クラ

ス最小の回転半径(4WD: 5.9 m, 2WD: 5.7 m)を実現した。また、フード見切り性バランス改善と合わせて、取り回し性を大幅に向上し、新型トライトンの特徴的な商品力とした。室内居住性に関しては、ダブルキャブ室内長を約150 mm拡大し、後席居住空間をSUV並みとした。装備仕様のにも本革シート、リトラクタブルリヤパワーウィンドを展開し、従来のトラックの後席感覚から脱却したSUVそのものの居住性を実現した。

2.4 軽快な走り

2.4.1 新開発コモンレールエンジン

MMCとしては初めてとなる2機種のコモンレール式直噴ディーゼルエンジン(2.5 L/3.2 L)を新たに開発した。180 MPaの高圧で燃料を自在のタイミングで噴射で



図6 インテリア
Interior

きる革新的技術により、タイで施行されたSTEP 3排ガス規制をクリアしながら、出力、燃費共に約20%の向上を実現し、クラストップの動力性能と、競合車に対抗できる低燃費を両立した。

2.4.2 プラットフォーム

アジアでも顕著になってきた高速化に対応してフロントステアリングにR&Pギヤを採用した。フロントの剛性アップに伴い、リヤリーフサスペンションのアライメントを見直し、サスペンションの前後剛性バランスを適正化した。新設計フレームの素性の良さも加わり、操縦安定性と乗心地においてもSUV並みとした。商用コースを前提にしたシングルキャブにはハードサスペンションを設定し、プラットフォームにおいてもART、ACTに対応した最適化を実践した。

2.4.3 衝突安全対応

欧州に展開予定のトライトンは、開発当初より衝突安全Euro NCAP 4 対応を前提に開発を進めており、剛性の高いボデー基本骨格や、衝突時エネルギー吸収効率の高い新設計シャーシフレームを全仕向けに取り入れ衝突安全性を高めている。運転席/助手席エアバッグを設定するのはもちろんのこと、プリテンショナーとフォースリミッタ付きシートベルトを併せて設定し、更に安全性を高めた。ペダル類に後退抑制構造を取り入れ下肢傷害値にも配慮した。

2.4.4 豊富な装備

SUVユーザーにも受け容れられることをねらったトライトンは装備仕様面でも従来のトラックの枠にとらわれることなく乗用車並みの装備、ピックアップトラックならではの装備を以下のとおり新規に採用した。

- ・リトラクタブルリヤパワーウィンド

キャビンと荷箱を仕切るガラスを電動昇降式とし

て、荷箱に容易にアクセス可能とした。

ベンチレーションポジションを設けて、室内換気にも利用できるよう設定し、ユーザーの自由な発想で活用できる新型トライトンの特徴コンポとして開発した。

- ・本革パワーシート

ダブルキャブ最上級類別にピックアップトラック初の本革シートを採用した。

運転席はパワーシートとしてSUVに比肩するシートとした。

- ・RVメーター

機械式3連メーターに替わって液晶RVメーターを採用し、視認性が良くデザイン的にも優れたものとした。従来的高度、外気温などの環境情報表示に加えて、平均車速、平均燃費などの走行情報表示や純正オーディオ装着時にはオーディオ情報表示を可能にした。

- ・電子機器

ETACS (Electronic Time and Alarm Control System) を全車に搭載することで多彩な機能を実現、MUTによる機能のカスタマイズが可能となり、ダイアグ機能も充実できた。

2.4.5 悪路走破性(4WD)

高速走行時の安定性を高めるため先代モデルより低重心を実現するレイアウトを採用した。一部地上高が先代モデルを下回ったが、地上高最下端部を車輪直下に集め実際の悪路走行性能低下を防止した。また、悪路走破性の重要な指標となるランプブレイク角はクロスメンバー位置の見直しにより26.7度(対先代モデル+3.5度)を確保し、リバウンド側ホイールストロークをフロントは20mm、リヤは13mm先代モデルより増大し、低重心化

NEW PRODUCTS

を実現しながら、悪路走破性を定評のあった先代モデルを上回るものとした。

ものとした。

2.4.6 防錆・環境対応

12年防錆による耐久信頼性向上を取り入れた。また、環境対応、リサイクルに対してもEU指令を先取りする

3. 主要諸元

主要諸元を下表に示す。

項目	車体		シングルキャブ	クラブキャブ				ダブルキャブ							
	型式		KA4TNE NMFURU	KA4TNC NMFURU	KA4TNC NUZRURU	KA4TNC RUZRURU	KB4TGC NHZRURU	KB8TGC NHZRURU	KA4TNJ NMZRURU	KA4TNJ NUZRURU	KA4TNJ RUZRURU	KB4TGJ NHZRURU	KB8TGC NHZRURU	KB8TGC NXZRURU	KB8TGC RXZRURU
寸法	全長 (mm)		5,030	5,110				4,995							
	全幅 (mm)		1,750				1,800		1,750			1,800			
	全高 (mm)		1,655	1,660	1,655		1,780		1,655	1,650		1,780			
	ホイールベース (mm)		3,000												
	トレッド	前 (mm)		1,505			1,520		1,505			1,520			
		後 (mm)		1,500			1,515		1,500			1,515			
	重量	荷台内寸法 長 (mm)		2,220	1,805				1,325						
		荷台内寸法 幅 (mm)		1,470						405					
		荷台内寸法 高 (mm)		405											
		最低地上高 (mm)		200		195		205		200	195		205		
量	床面地上高 (mm)		715	725	720		860		715	710		850			
	車両重量 (kg)		1,505	1,565	1,600		1,795	1,840	1,640			1,860	1,920	1,930	1,940
	車両総重量 (kg)		2,495	2,285	2,330		2,535	2,605	2,330			2,535	2,605		
	乗車定員 (人)		3	2				5							
性能	最高速度 (km/h)		150		160	158	170	172	160		158	170	172		
	最小回転半径 (m)		5.7				5.9		5.7			5.9			
	最大登坂能力 (tan, q)		0.31		0.36		0.38	0.47	0.36			0.38	0.47		
	最大牽引重量 (ブレーキ付き) (kg)		N/A												
最大牽引重量 (最大積載) (ブレーキなし) (kg)		N/A													
エンジン	形式		4D56IDI T/C		4D56CDI T/C		4D56 CDI I/T	4M41 CDI I/T	4D56CDI T/C			4D56 CDI I/T	4M41CDI I/T		
	総排気量 (cc)		2,477						3,200		2,477			3,200	
	ボア径×ストローク (mm)		91.1 × 95.0						98.5 × 105.0		91.1 × 95.0			98.5 × 105.0	
	圧縮比		20.5		17.5		17.0		17.5			17.0			
	最大出力 (kw/min ⁻¹)		66/4,000		85/4,000		103/4,000	121/3,800	85/4,000			103/4,000	121/3,800		
最大トルク (Nm/min ⁻¹)		196/2,000		247/2,000		321/2,000	351/2,000	247/2,000			321/2,000	351/2,000			
燃料装置	燃料供給装置		電子制御燃料噴射				電子制御燃料噴射 (コモンレール式)								
	タンク容量 (L)		75												
トランスミッション	形式 (マニュアル, フロアシフト)		5 M/T (R5M21)		5 M/T (R5MB1)	4 A/T (R4AW4)	5 M/T (V5MB1)	5 M/T (R5MB1)	4 A/T (R4AW4)	5 M/T (V5MB1)			4 A/T (V4A5A)		
	1速		3.967		4.313	2.452	4.313		2.452	4.313			2.842		
	2速		2.136		2.330	1.452	2.330		1.452	2.330			1.495		
	3速		1.360		1.436	1.000	1.436		1.000	1.436			1.000		
	4速		1.000		0.688		1.000		0.688		1.000		0.731		
	5速		0.856		0.789	-	0.789		-	0.789		-			
	後退		3.578		4.220	2.212	4.220		2.212	4.220		2.720			
シフト	トランスファー	ハイ	-				1.000		-			1.000			
	変速比	ロー	-				1.900		-			1.900			
	最終減速比		4.222		3.909		4.100		3.909			4.100			
ステアリング		ラック&ピニオン (パワーステアリング付き)													
サスペンション	前		ウィッシュボーン, コイルスプリング												
	後		車軸式, 半楕円リーフスプリング												
ブレーキ	前		ベンチレーテッドディスク (15インチ)			ベンチレーテッドディスク (16インチ)	ベンチレーテッドディスク (15インチ)			ベンチレーテッドディスク (16インチ)					
	後		リーディングトレーリング式ドラム (10インチ)			リーディングトレーリング式ドラム (11.6インチ)	リーディングトレーリング式ドラム (10インチ)			リーディングトレーリング式ドラム (11.6インチ)					
タイヤ	前		195R15C 8PR 106/104R		215/70R15C 6PR 106/104S	245/70R16 111S RF	195R15C 8PR 106/104R	215/70R15C 6PR 106/104S	245/70R16 111S RF						
	後		195R15C 8PR 106/104R		215/70R15C 6PR 106/104S	245/70R16 111S RF	195R15C 8PR 106/104R	215/70R15C 6PR 106/104S	245/70R16 111S RF						

(商品開発統括部門 RV1商品開発プロジェクト: 撰, 富田, 小西, 柴田)



台湾、インドネシア、フィリピン、中国、ベトナムなどで好評を博しているFREECA（フリーカ）を8年ぶりにフルモデルチェンジし、好評な乗用&商用を満たす多目的車としてのコンセプトを更に進化させたコンパクトボデーの新型車ZINGER（ジンガー）を台湾CMC（中華汽車工業股份有限公司）で2005年12月発表、発売した。

1. ねらい

台湾・中国・東南アジアでは、商用ニーズと乗用ニーズ/レジャーニーズを両立させたマルチパーパスのニーズが非常に高く、次のコンセプトに基づきZINGERを開発した。

コンセプトキーワード：MICS-RV（**図1**）

- ・ M：マルチパーパス性の追求
- ・ I：広いインテリアと優れた乗心地
- ・ C：コンパクトボデーサイズ
- ・ S：洗練されたスタイリング
- ・ R：ラフロード走行性能
- ・ V：バリューフォーマネー

その他に、使い勝手にこだわり多くの収納スペースを設定してユーティリティを向上させている（**図2**）。また、前・後席のフルフラットシートや、後席スライドシート採用などによる多彩なシートアレンジメントにより



図1 コンセプトキーワード
Concept key word

乗用/商用を問わないマルチパーパス性を追求している。

2. 特長

2.1 エクステリアデザイン

世界のマーケットに通用する先進のスタイリングとして、商用のユーティリティ/SUV（Sports Utility Vehicle）のテイスト/ミニバンのラグジュアリの融合を図り、ファミリーからスポーティまで幅広いユーザーに訴求できるバランスの良いプロポーションとした。Sports DNAを受け継ぐ力強いデザインとして、フロント回りにはスタイリッシュな大型ヘッドランプを採用し、サイドでは大径タイヤと、それを強調するフレアガーニッシュ及びウェッジしたベルトラインによりスポーティ感を表現するとともにSUVイメージを強調した。リヤ回りではリヤランプを乗用車感覚の横基調デザインとし、テールゲートガーニッシュとともに安定感を表現した。更に、力強さを強調するフロントとリヤのアンダーガードガーニッシュによりSUVテイストを高めた。

2.2 インテリアデザイン

エクステリアの斬新さとともに、インテリアでも未来的な心地良いウェーピングライン・新鮮な色使いと素材感を訴求し、高品質とユーティリティ性をねらった。メーターに高輝度のブルー照明を採用して未来感を表現し、ステアリングホイールやフロアコンソールにはシルバーのアクセントを入れスポーティ感を表現した。インパネとドアトリムは2トーンとし、コントラストによる開放感と高級感を演出した。エアコンスイッチパネルは、操作性を向上させた大型でカラフルなノブを採用し、オーディオパネルはアクセントの木目により高級感をねらった。内装色は、上級仕様はマルーン/ベージュの組み合わせとし、スペシャリティな高級感をねらい、標準仕様は、ブルー/グレイで若々しいスポーティ感を表現した。

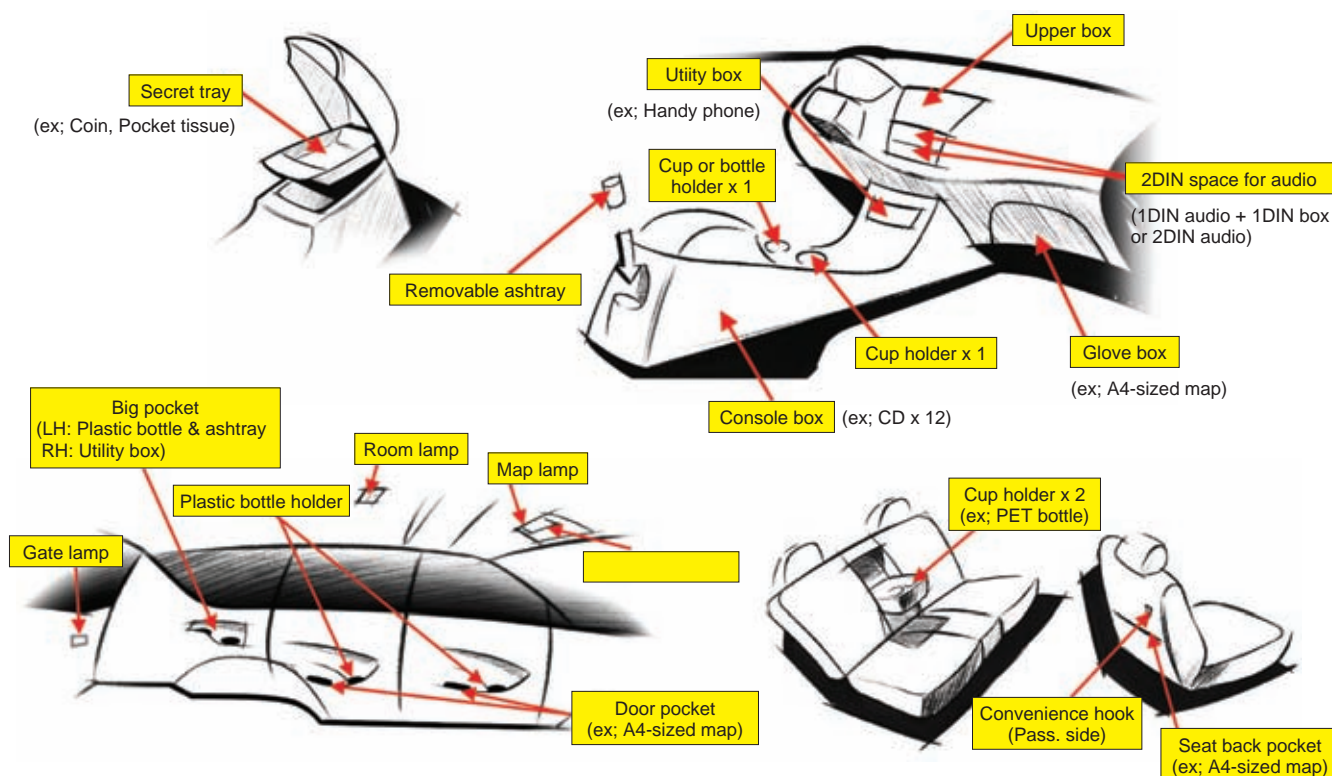


図2 マルチパーパス：ユーティリティ
Multi purpose : Utility

2.3 パッケージング

全長 / 全幅 / 全高は先代モデル並みのサイズでコンパクトボデーとしての取り回し性をキープしつつ、インテリアの広さはクラストップレベルとした。特に室内長は先代モデルに対して225 mm 延長、室内幅も40 mm 拡大した。また、ホイールベース延長 / トレッド拡大により操安性と乗心地の両立を図っている。

シートはゆったりと座れる大きさとし、十分なヘッドクリアランスとともに快適な居住感を得ている。

2.4 爽快な走り

2.4.1 パワートレイン

先代モデルの2.0 L MPI ガソリンエンジンに対して、ZINGER では走行性能向上のために2.4 L に排気量をアップした。トランスミッションは電子制御4 A/T を採用。

2.4.2 操縦安定性・乗心地

新設計の高剛性フレーム及びフロントダブルウィッシュボーンサスペンション / リヤ3リンクコイルサスペンション（先代モデルはリヤリーフスプリング）により、操縦安定性と乗心地をハイレベルにバランスさせSUV 並みの性能を確保している。先代モデルの弱点であった乗心地はリヤ3リンクコイルサスペンション及び乗用車用ラジアルタイヤの採用により優れた快適性を確保した。

2.4.3 静粛性

高剛性シャシーフレームと高剛性ボデーの採用に加え、2重ドアシールや、球面継手による排気系の振動吸収・遮音材 / 吸音材の最適配置・発泡充填材などによりクラストップレベルの静粛性を確保している。

2.4.4 車体振動・ハンドル振動

高剛性シャシーフレームに加え、デッキクロスメンバー結合剛性アップ、ボデーマウントラバーの最適チューニングなどにより、車体振動 / ハンドル振動低減を図っている。

2.4.5 衝突安全性

三菱自動車（以下、MMC とする）の衝突安全ポリシーに基づきRISE ボデーを採用し、法規制の有無に関わらず、64 km/h ODB など欧州並みの基準に適合する安全性を確保している。また、シートヒップポイント地上高が700 mm 以上あるため、側突対応は法規制対象外であるが、MMC 衝突安全ポリシーに則り法規制適合可能なものとしている。また、エアバッグ採用モデルではプリテンショナー & フォースリミッター付きシートベルトを採用している。ステアリングコラムは衝突時の衝撃によりシャフトが室内に突入しないように構造上の配慮をしている。

2.4.6 悪路走破性

最低地上高を、乗用車やミニバンの150 ~ 160 mm レ

ベルに対して、180 mmを確保して悪路、冠水路などの走行性を確保している。また、アプローチ&ディパーチャアングルを大きく設定することにより、優れた走破性を確保している。

2.4.7 防錆・環境対応

MMCの新型車に適用している防錆/環境ストラテジーにも対応しており、防錆仕様強化により耐久信頼性向上を図り、また、すべての部品には有害物質/素材を使用しないなどの環境対応を図っている。

2.4.8 豊富な装備

商用及び乗用&RVニーズに対応するために、ZINGERでは乗用車並みの各種装備を充実させている。

- ・運転席パワーシート(P・Xライン)
- ・本革シート(H・P・Xライン)

- ・サンルーフ(P・Xライン)
- ・運転席&助手席エアバッグ(Xライン)
プリテンショナー&フォースリミッター付きシートベルトも同時装備
- ・HIDヘッドランプ(Xライン)
- ・オートエアコン(P・Xライン)
- ・ETACS(Electronic Time and Alarm Control System)
(全モデル)
多彩な機能を充実。MUTによる機能のカスタマイズが可能となり、ダイアグ機能も充実させた。

3. 主要諸元

主要諸元を下表に示す。

諸 元		型 式		ZINGER			
				M		H	P
				5MT	4AT		
寸	全 長	(mm)	4,585				
	全 幅	(mm)	1,760		1,775		
	全 高	(mm)	1,800		1,805		
	オーバーハング	フロント	(mm)	800			
		リヤ	(mm)	1,065			
	ホイールベース	(mm)	2,720				
	ト レ ッ ド	前	(mm)	1,505			
		後	(mm)	1,500			
	乗車定員	(人)	5				
	最低地上高	(mm)	180				
最小回転半径	(m)	5.3					
法	車 両 重 量	(kg)	1,640	1,660	1,720	1,725	
	型 式		4G64				
エ	弁 機 構		SOHC 16バルブ				
	総排気量		2,351				
ン	ボア径×ストローク		86.5 × 100				
	圧 縮 比		9.0 : 1				
ジ	燃料供給装置		MPI				
	最大出力	{ kW(PS)min ⁻¹ }	93.5(127)5,250				
ン	最大トルク	{ Nm(kg·m)min ⁻¹ }	193(19.7)4,000				
	タンク容量	(L)	65				
ト ラン ス ミ ッ シ ョ ン	燃 料		無鉛ガソリン(RON 91)				
	ギ ア 比	1速		3.967			
		2速		2.136			
		3速	1.360	2.826			
		4速	1.000	1.493			
		5速	0.856	1.000			
		後退	3.578	0.730			
		最終減速比	4.222	4.636			
走		サスペンション	前 (mm)	ダブルウィッシュボーン、コイルスプリング、スタビライザー付き			
	後 (mm)		リジッド、3リンク、コイルスプリング、スタビライザー付き				
	ブ レ ー キ	前 (mm)	ベンチレーテッドディスク(15インチ)				
		後 (mm)	リーディングトレーリング式ドラム				
装 置	ステアリング		ラック&ピニオン				
	タ イ ヤ		205/70R15		225/60R16		
	ホ イ ール	15インチ、フルカバー付きスチール	15インチ、アルミ	16インチ、アルミ			
	スペアタイヤ	標準タイヤ/スチール		標準タイヤ/アルミ			

(商品開発統括部門 RV2商品開発プロジェクト: 渡部, 羽間, 葛岡, 秋田, 吉岡, 酒井, 木村)

技術発表

▶ 海外講演

発表時期	題 名	発 表 先	発 表 者	所 属
'05. 4. 11 } '05. 4. 14	Analysis and Design Requirements of Tandem TWC Systems (タンデムTWCシステムの解析と設計要件)	SAE 2005 World Congress デトロイト(アメリカ)	岡田公二郎 岩知道 均一 田村保樹 川島一仁	技術開発本部 パワートレイン研究部
'05. 6. 14 } '05. 6. 16	Safety versus Performance: Lithium-ion Battery for Electric Vehicle Application (EV用リチウムイオン電池の性能と安全性)	The 5th International Advanced Automotive Battery Conference ホノルル(アメリカ)	宮下拓也	技術開発本部 先行車両技術部
'05. 10. 24 } '05. 10. 26	New Trim Parts Modeling for Mid-Frequency Prediction (Phase-) (中周波予測のための新しいトリム部品のモデリング (フェーズ-))	MSC Software 2005 Virtual Product Development Conference ミュンヘン(ドイツ)	塩崎弘隆	技術開発本部 デジタル技術室
'05. 11. 6 } '05. 11. 10	Future Motion Control to be realized by In-Wheel Motored Electric Vehicle (インホイールモーターEVによる将来運動制御の実 現)	IECON 05 (The 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society) ローリー(アメリカ)	蒲地 誠 ケビン・ウォルターズ 吉田裕明	技術開発本部 先行車両技術部
'05. 12. 20 } '05. 12. 22	New Concept of Ignition Control Using Products of Pre- Cool-Flame Reaction (冷炎前反応の生成物を利用した着火制御)	自動車技術会 The 18th Internal Combustion Engine Symposium (第18回内燃機関シンポジ ウム) 済州(韓国)	桑原一成 安東弘光	技術開発本部 パワートレイン研究部

▶ 国内講演

'05. 5. 19	三菱自動車のガソリンエンジン技術の開発動向	自動車技術会 春期大会 パワートレインの未来を描 くフォーラム 「国内各社のガソリンエンジ ン技術戦略は？」 (横浜)	太田 誠一	技術開発本部
'05. 5. 18 } '05. 5. 20	新操作ヒューマンマシンインターフェースコンセプト とユーザビリティ評価	自動車技術会 春期大会 学術講演会 (横浜)	磯村有宏	技術開発本部 車両実験部
'05. 6. 15	ブレーキジャダー低減ディスクの開発	自動車技術会 中部支部総会 研究発表会	中井浩二 野畑康寛 斉藤範幸	技術開発本部 車両実験部 三菱自動車エンジニアリング(株)
'05. 6. 30	鋳物部品の3Dデータ化取り組み	第3回日経ものづくり実務 セミナー 「ものづくりへの3次元デ ータの活用」	加藤正朗	技術開発本部 エンジン実験部
'05. 8. 3 } '05. 8. 5	ノンパラメトリック形状最適化手法による自動車部品 の多目的剛性設計	日本機械学会 第15回設計工学部門講演会 (札幌)	辻 二郎 下田昌利 石津久之	三菱自動車エンジニアリング(株) 湘南工科大学 技術開発本部 デジタル技術室

'05. 8. 3 }	簡易モデルによるコンセプト検討手法	日本機械学会 第15回設計工学部門講演会 (札幌)	塩崎 弘 隆	技術開発本部 デジタル技術室
'05. 8. 5				
'05. 4. 22	CAEによるスプリングバック(ひねり, そり)の金型見込み技術の開発	日本塑性加工学会東海支部	松山 邦 臣	生産技術本部 ボデー生産技術部
'05. 6. 17	JAMA 4社のPDQ実務展開事例	自動車部品生産システム展 「PDQ&3D図面の標準化セミナー」	平塚 教 之	管理本部 エンジニアリングIT部
'05. 9. 28 }	CAEによる排気管周辺部品ふく射予測手法の検討	自動車技術会 秋季大会 学術講演会 (福岡)	林 毅 瀬戸 寛 樹 柳瀬 昌 樹 浮田 哲 嗣	技術開発本部 性能実験部
'05. 9. 30				
'05. 10. 5, '05. 10. 7	FLOWMASTERとSCRYU/Tetraの連成計算による冷却システム解析事例の紹介	CRCソリューションズ 「FLOWMASTERユーザー会」 ソフトウェアクレイドル 「SCRYU/Tetraユーザー会」	久保 雅 彦	技術開発本部 パワートレイン研究部
'05. 10. 13.	JAMAでの先進取り組み5社のPDQ実務展開事例と三菱自動車のPDQ活動	第4回日経ものづくり実務セミナー 「PDQの最新事情と先進事例」	平塚 教 之	管理本部 エンジニアリングIT部
'05. 11. 5 }	反応ネットワークの整理による炭化水素の低温酸化反応の理解	日本機械学会 熱工学コンファレンス2005	桑原 一 成 安東 弘 光	技術開発本部 パワートレイン研究部
'05. 11. 6				
'05. 11. 10	速度線図法を用いた左右駆動力移動機構の解析	自動車技術会 シンポジウムNo. 10-05 「動力伝達系の最新技術2005」	後田 祐 一 澤瀬 薫 三浦 隆 未	技術開発本部 ドライブトレイン技術部
'05. 12. 5 }	冷炎前・後反応を支配する化学種が着火誘導期に及ぼす影響	日本燃焼学会 第43回燃焼シンポジウム	桑原 一 成 安東 弘 光	技術開発本部 パワートレイン研究部
'05. 12. 7				
'05. 12. 8	プレス量産におけるCAE活用事例	薄鋼板成形技術研究会	藤田 孝	生産技術本部 ボデー生産技術部
'05. 12. 15	ダイナミックダンパの最適化	自動車技術会 シンポジウムNo. 14-05 「振動騒音問題とうまくつきあう方法」	門松 晃 司	技術開発本部 FF系車体実験部
'05. 12. 15	CAEモデル形状変更手法によるコンセプト検討手法	自動車技術会 シンポジウムNo. 14-05 「振動騒音問題とうまくつきあう方法」	河合 秀 樹 塩崎 弘 隆 柳瀬 純 一	技術開発本部 デジタル技術室
'05. 12. 19 }	自動車車室内におけるVOC対策, 低減と環境改善	技術情報協会 講習会「自動車車室内におけるVOC対策」 (東京)	土屋 浩 一	技術開発本部 材料技術部
'05. 12. 20				
'05. 12. 26	自動車の車体周囲流れと性能向上について	日本流体力学会中部支部 流体サロン講演	吉田 昌 弘	技術開発本部 パッケージング技術部
'06. 1. 13	長時間着座時における生体疲労評価指針の検討	日本機械学会 バイオエンジニアリング部門 第18回バイオエンジニアリング講演会	香野 真 徳	技術開発本部 先行車両技術部
'06. 2. 23	Robust Design of Front Impact Crash Simulation with FEM by Taking Account of Uncertainty on Spot Weld Rapture (前面衝突解析における不確定なスポット破断を考慮したロバスト設計手法)	自動車技術会 シンポジウムNo. 06-06 「進化し続けるバーチャル開発！」 (東京)	高階 克 彦	技術開発本部 デジタル技術室

'06. 3. 13 }	The prediction technique trend of the car air conditioning - JSAE AC review Chapter No. 6 -	自動車技術会 JSAE Automotive Air-Conditioning CONFERENCE 2006 自動車空調技術総合レビュー2006 (東京)	浮田 哲 嗣	技術開発本部 性能実験部
'06. 3. 15	空調の計算技術 - 空調レビュー第6章 -			
'06. 3. 15	新開発アウトランダー搭載4B1型2.4Lエンジン	自動車技術会 シンポジウム No. 11-06 「新開発エンジン」 (東京)	大森 祥 吾	技術開発本部 エンジン実験部

▶ 海外向寄稿

'05. 11	新技術による新車開発プロセス改善	Automotive Engineering Partner	塩崎 弘 隆	技術開発本部 デジタル技術室
---------	------------------	-----------------------------------	--------	-------------------

▶ 国内向寄稿

'05. 7. 1	薄鋼板成形技術研究会 WG 活動の紹介	日本塑性加工学会誌 塑性と加工 Vol. 46, No. 534, 2005	北尾 光 教 松村 卓 也	生産技術本部 ボデー生産技術部
'05. 7	製品別リサイクル技術「自動車」	シーエムシー出版 最新プラスチックリサイクル 総合技術	太田 全 也	技術開発本部 材料技術部
'05. 7	ホルムアルデヒド添加雰囲気の中に噴射されたディーゼル噴射の着火特性	自動車技術会 関西支部ニュース第27号	桑原 一 成	技術開発本部 パワートレイン研究部
'05. 8	構造・音響連成系の実験解析と理論考察(動吸振器による音響管の音圧最小化)	日本機械学会論文集 071 巻 708号 C 編	清野 裕 之 山内 裕 司 安田 仁 彦	技術開発本部 FF系車体実験部
'05. 9	WRC用エンジンの高効率化	自動車技術会 自動車技術 Vol. 59, No. 9, 2005	新井 泉 柴山 隆	技術開発本部 モータースポーツチーム
'05. 9	クランクシャフトの回転方向がアイドル振動へ与える影響	自動車技術会論文集 Vol. 36, No. 5	門松 晃 司	技術開発本部 FF系車体実験部
'05. 11	Impact of Formaldehyde Addition on Auto-Ignition in Internal	日本機械学会 JSME International Journal	桑原 一 成 安東 弘 光 古谷 正 弘 太田 安 彦	技術開発本部 パワートレイン研究部 名古屋工業大学
'06. 1	アイドリングストップ車の現状と将来 - 問題解決に向けて	自動車技術会関西支部 オートテクノロジー2006	貝原 邦 明	技術開発本部 パワートレイン研究部
'06. 1	ETFE フッ素樹脂製燃料ホース・ベーパーホースの開発	自動車技術会 関西支部ニュース第28号	縄田 圭 悟	技術開発本部 材料技術部

テクニカル レビュー 2005 NO.17 掲載

題 名	発 表 者	所 属
三菱自動車の技術DNA	橋 本 徹 福 山 和 男 及 川 信 浩 久 米 建 夫	技術開発センター 車両技術部 エンジン設計部
CVT車のドライブトレイン振動現象の解析とアクティブ制御設計	梅 井 一 英 竹 内 正	技術開発センター パワートレイン研究部
一次元シミュレーションによる熱管理解析手法の紹介	久 保 雅 彦 椎 健 太 郎	技術開発センター パワートレイン研究部
ロードノイズ予測技術	山 内 裕 司 鎌 田 慶 宣 柴 田 崇 菅 原 俊 彦	商品開発本部 FF系商品開発プロジェクトC-seg 技術開発センター 車両実験部
欧州版新型コルトにおける新技術開発	三 上 則 文 高 岡 久 仁 夫 森 田 士 朗 片 岡 健 金 田 匡 弘 井 上 雅 弘 原 田 昭 宏	MRDE Helmond 設計部
三菱の音創り	秋 好 靖 二 中 川 速 水 柴 田 崇 新 名 祐 三 仲 井 浩 中 田 安 彦 山 内 裕 司 菅 原 俊 彦 熊 倉 佐 恵	技術開発センター 車両実験部 車両技術部 エンジン実験部 商品開発本部 FF系商品開発プロジェクトC-seg
悪路耐久走行時のサスペンション入力予測技術開発	坂 井 英 児 富 永 秀 和 加 藤 益 久 山 本 典 史 松 木 大 樹	技術開発センター 安全実験部 三菱自動車エンジニアリング(株) 乗用車開発事業部 開発計画部
バーコードを用いたキー登録方式の開発	陌 間 純 朗 佐 藤 英 充 山 崎 敏 彦 松 野 守 保 伊 倉 陽 子	技術開発センター 電子技術部
マルチリニア接合によるテールブランクの量産化	宇 野 健 二	生産・物流本部 ボデー生産技術部
公差解析シミュレーションの実用化	勝 丸 眞 司 谷 下 澤 清 隆 谷 田 部 隆 之 藤 井 康 司 大 橋 達 哉 森 一 起	技術開発センター デジタル技術室 商品開発本部 ボデー設計部 生産・物流本部 ボデー生産技術部 管理本部 エンジニアリングIT部

題 名	発 表 者	所 属
三菱自動車のDfE（環境配慮設計）推進マネジメントシステム「e-DES」について	森 久 雄 磯 谷 高 志 田 保 栄 三	経営戦略本部 環境技術部
水島製作所 新塗装工場の紹介	小 山 陽 市	生産・物流本部 塗装生産技術部
MDC-Power社の紹介	友 納 文 隆	生産・物流本部 パワートレイン生産技術部
北米の技術動向	波 田 英 輝 田 邊 賢 治	MRDA 技術管理部 技術情報グループ MRDA 品質総括部 法規・認証グループ

編集委員会

委員長：田保栄三

委員：北田泰造

佐々木美広

中川速水

中村邦広

和田純夫

事務局：大森正一

笠井直美

沼田仲穂

橋本昌憲

- お問い合わせ 三菱自動車工業株式会社
環境技術部

E-mail: technicalreview.et@mitsubishi-motors.com

編集後記

▷ … 弊社は、昨年1月に事業再生計画を修正して再発進し、その後、海外専門誌での受賞やパリダカの優勝など明るい兆しも見え、10月に『アウトランダー』、本年1月には軽自動車『i(アイ)』を発売致しました。まだまだ厳しい状況ですが、新聞紙上でも少しずつ上向きの評価を頂けるようになってきました。

▷ … 巻頭言は、今年も相川常務にお願いしました。昨年は商品開発、今年は環境が主なテーマです。京都議定書への各国対応が大きなニュースとなるように、環境は企業でも欠くことのできない重要な問題です。弊社も色々な面から環境改善に取り組んでいます。

▷ … 環境の一つの柱は低公害車です。既存のエンジンの改良、代替燃料の使用など様々な手法がありますが、モーターを駆動源とした将来車が人気です。技術展望では、これらの技術を分かりやすく紹介しています。

▷ … 技術開発にはお金が必要ですから、ここ数年、研究を遂行する技術者には多くの困難があったと考えられます。そのような中、多くの記事が集まったことに事務局としては感謝しています。努力された多くの技術者が処遇される会社になっていくことを願います。

(沼田仲穂)

三菱自動車 *テクニカル* レビュー

2006 NO.18

2006年4月1日発行

発行人 田保栄三

発行所 三菱自動車工業株式会社

〒108-8410 東京都港区港南二丁目16番4号

電話 (03) 6719-2111

印刷・製本 株式会社 ホンヤク出版社

