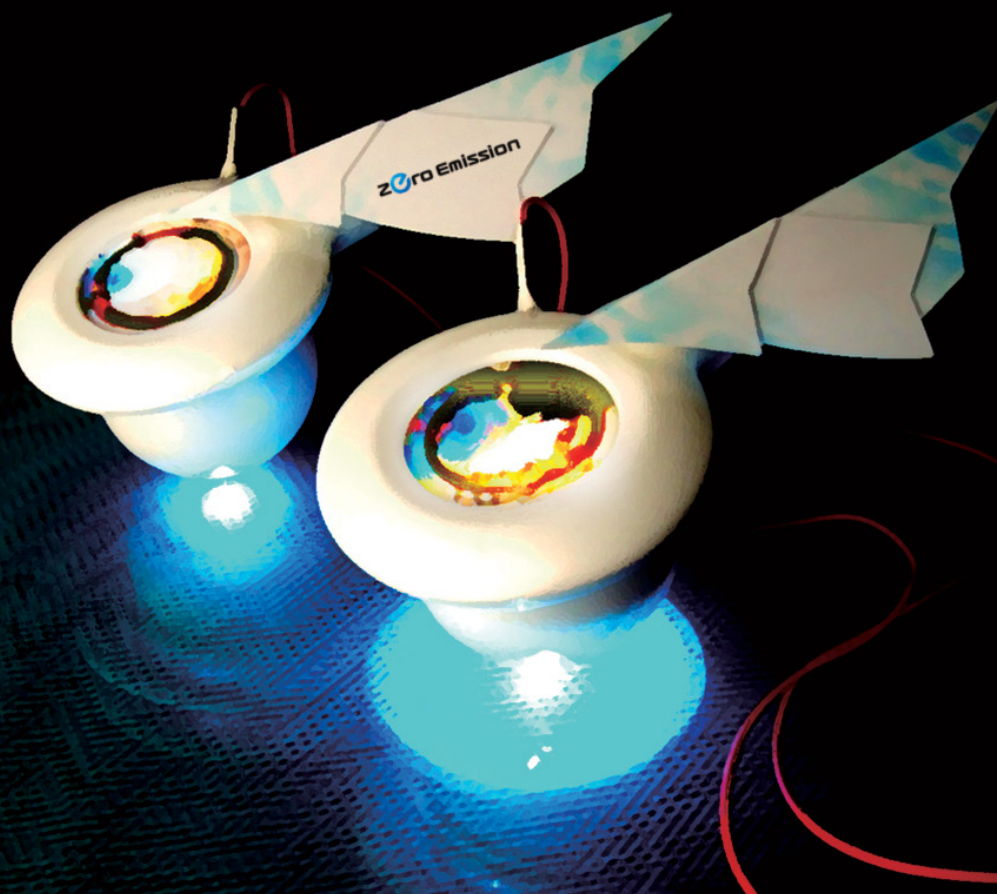


# NISSAN TECHNICAL REVIEW

日産  
技報

2014 No.74



バイワイヤ

PURE DRIVEにおけるパワートレイン電動化技術

Information Technology (IT)

NISSAN MOTOR CORPORATION







2014



NISSAN TECHNICAL REVIEW

No.74

# 日産技報第74号

## 目次

2014年3月 発行

### ◆ 巻頭言

技術の力で新しい価値を世界中のお客様に提供することだけが「競争力の源泉」……………立石 昇 …… 1

### ◆ 特集：バイワイヤ

1. バイワイヤ技術の先にあるクルマ……………内藤 原平 …… 3

2. スロットルバイワイヤシステムの開発……………水口 賢・小木曾一幸・中村 工 …… 5

3. シフトバイワイヤシステム開発 ～先進的な電子制御シフトとシステム信頼性～

後藤 友成・山本 大輔・刈屋 武・高崎 俊治・鍋島 久浩・中河原英満 …… 9

4. バイワイヤ技術から進化した回生協調ブレーキシステム……………佐伯 秀之・岩田 直衛・中嶋 起幸 …… 14

5. ステアリングにおけるバイワイヤ技術の応用……………木村 健・鈴木 拓・五十嵐一弘  
福島 寛貴・中村 研介・田村 翼 …… 19

### ◆ 特集：PURE DRIVEにおけるパワートレイン電動化技術

6. 日産の環境技術への取り組みとPURE DRIVE技術の進化……………平工 良三 …… 24

7. 日産オリジナルハイブリッドシステムの進化と拡大への挑戦……………原 智之 …… 26

8. 新型FFハイブリッドシステムの開発……………折田 崇一・伊東 良祐・有吉 伴弘・米田 健児  
中倉 奈月・木野戸秀将・小野山泰一・河合 恵介 …… 27

9. 新型FFハイブリッド車用QR25DERエンジンの開発……………村上 聡・吉田 直弘・市川 博之 …… 32

### 10. 新型FFハイブリッド車用トランスミッションの開発

寺内 政治・大曾根竜也・小長谷文人・山本 毅 …… 36

### 11. 新型ハイブリッド車用乾式多板クラッチ内蔵モータを搭載したトランスミッション開発

赤坂 裕三・青柳 剛・上原 弘樹・藤井 友晴 …… 41

### 12. FF-HEV用フロントカバーにおける新技術採用によるコストリダクション

森田 司・矢島 正敏・長縄 智義・柳 康太郎 …… 46

### 13. 1モータ2クラッチパラレルフルハイブリッドシステムの発進用湿式クラッチ耐久信頼性開発

月館 秀俊・早崎 康市・音川 佳代・河野 和之・新屋 隆・引地 高陽 …… 51

### 14. ハイブリッド車を支える振動・騒音低減技術……………佐藤 裕介・呂 貴明・松原 精二・山本 和志

折田 崇一・金子 弘隆・平野 芳則 …… 56

◆ 特集：Information Technology (IT)

|   |                                     |    |
|---|-------------------------------------|----|
| 15. IT 特集に寄せて                               | 木村 敏也                               | 62 |
| 16. 新世代車載ITプラットフォームの開発                      | 曾根 学                                | 65 |
| 17. テレマティクスサービスのグローバル展開                     | 下松 龍太・直井 和美・菊池 靖・牧之内卓美              | 69 |
| 18. 新型ITシステムにおけるアプリケーションダウンロード機能開発          | 曾根 学                                | 73 |
| 19. 新型ITシステムにおけるスマートフォン連携機能の開発              | 酒井 和彦・吉村 浩昌・鈴木 知行・古賀 靖章・坂本久美子・廣川 裕美 | 76 |
| 20. 新型NissanConnectナビゲーションシステム、オーディオシステムの開発 | 金杉 茂雄・伊藤 敏行・野々村祐介・山村 裕三             | 80 |
| 21. 今後の車載ITシステムの役割と進化の方向性                   | 二見 徹                                | 84 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| ◆ 社外技術賞受賞一覧表 |  | 89 |
|--------------|--|----|

◆ 受賞技術概要

|                                  |                      |    |
|----------------------------------|----------------------|----|
| 22. 低温プラズマによるHCCI燃焼自着火促進技術に関する研究 | 白石 泰介                | 94 |
| 23. 電気自動車用途における非接触充電の受電回路トポロジの検討 | 甲斐 敏祐・クライソン トロンナムチャイ | 95 |

|  |    |
|--|----|
| ◆ <b>Preface</b>   |    |
| ~ The Power of Technologies is the Only Way We Can Generate New Values ~   | 1  |
| By Noboru TATEISHI   |    |
| <hr/>  |    |
| ◆ <b>Special Feature : By-Wire Technology</b>  |    |
| 1. Next Vehicle through By-Wire Technology   | 3  |
| By Genpei NAITO  |    |
| 2. Development of Throttle-By-Wire System  | 5  |
| By Masaru MIZUGUCHI, Kazuyuki KOGISO, Takumi NAKAMURA  |    |
| 3. Development of Shift-By-Wire System   | 9  |
| By Tomonari GOTOU, Daisuke YAMAMOTO, Takeshi KARIYA, Toshiharu TAKASAKI,<br>Hisahiro NABESHIMA, Hidemitsu NAKAGAWARA                 |    |
| 4. Cooperative Regeneration Braking System evolved from By-Wire Technology   | 14 |
| By Hideyuki SAEKI, Naoe IWATA, Tatsuyuki NAKAJIMA  |    |
| 5. New Steering System utilizing By-Wire Technology  | 19 |
| By Takeshi KIMURA, Taku SUZUKI, Kazuhiro IGARASHI, Hiroki FUKUSHIMA,<br>Kensuke NAKAMURA, Tsubasa TAMURA                             |    |
| ◆ <b>Special Feature : Powertrain Electrification Technology on PURE DRIVE</b>   |    |
| 6. Nissan's Environmental Undertaking and Evolution of "PURE DRIVE"  | 24 |
| By Ryozo HIRAKU  |    |
| 7. Challenge for Evolution and Enlargement of Nissan Original Hybrid System  | 26 |
| By Tomoyuki HARA   |    |
| 8. Development of New FF-Hybrid System   | 27 |
| By Shuichi ORITA, Ryosuke ITO, Tomohiro ARIYOSHI, Kenji YONEDA,<br>Natsuki NAKAKURA, Hidemasa KINOTO, Taiichi ONOYAMA, Keisuke KAWAI |    |
| 9. Development of New QR25DER Engine with Supercharger for New FF-Hybrid System  | 32 |
| By Satoshi MURAKAMI, Naohiro YOSHIDA, Hiroyuki ICHIKAWA  |    |
| 10. Development of New Transmission System for FF-Hybrid Vehicles  | 36 |
| By Seiji TERAUCHI, Tatsuya OSONE, Fumihito KONAGAYA, Takeshi YAMAMOTO  |    |
| 11. Development of Transmission with Motor-housed Dry Multiplate Clutch<br>for New Hybrid Vehicles                                   | 41 |
| By Yuuzou AKASAKA, Tsuyoshi AOYAGI, Hiroki UEHARA, Tomoharu FUJII  |    |
| 12. Coat Reduction by Applying New Technology in Front Covers for FF-HEV   | 46 |
| By Tsukasa MORITA, Masatoshi YAJIMA, Tomoyoshi NAGANAWA, Koutarou YANAGI   |    |
| 13. Development of Wet-Start Clutch Reliability for 1-Motor, 2-Clutch Parallel<br>Full Hybrid System                                 | 51 |
| By Hidetoshi TSUKIDATE, Kouichi HAYASAKI, Kayo OTOKAWA,<br>Kazuyuki KOUNO, Takashi SHINYA, Takaaki HIKICHI                           |    |
| 14. Technologies for Improving NVH in Hybrid Vehicles  | 56 |
| By Yuusuke SATOU, Takaaki RO, Seiji MATSUBARA, Kazuyuki YAMAMOTO,<br>Shuichi ORITA, Hirotaka KANEKO, Yoshinori HIRANO                |    |

|  |    |
|--|----|
| <b>◆ Special Feature : Information Technology (IT)</b>   |    |
| 15. Overview of Information Technology .....   | 62 |
| By Toshiya KIMURA  |    |
| 16. Next-generation Onboard IT System Platform Development .....   | 65 |
| By Gaku SONE   |    |
| 17. Global Deployment of Telematics Service .....  | 69 |
| By Ryota SHITAMATSU, Kazumi NAOI, Yasushi KIKUCHI, Takumi MAKINOCHI                                      |    |
| 18. Application Download Function Development for New IT System .....                                    | 73 |
| By Gaku SONE   |    |
| 19. Development of Smartphone Connectivity Functions for New IT System .....                             | 76 |
| By Kazuhiko SAKAI, Hiromasa YOSHIMURA, Tomoyuki SUZUKI,<br>Nobuaki KOGA, Kumiko SAKAMOTO, Yuumi HIROKAWA |    |
| 20. Development of New NissanConnect Navigation System and Audio System .....                            | 80 |
| By Shigeo KANASUGI, Toshiyuki ITO, Yusuke NONOMURA, Yuzo YAMAMURA  |    |
| 21. Evolution and Future Role of Vehicle IT .....  | 84 |
| By Tooru FUTAMI  |    |
| <b>◆ List of Technical Award Recipients</b> .....  |    |
| 89   |    |
| <b>◆ Technical Award News</b>  |    |
| 22. A Study of Autoignition Promotion for HCCI by Low Temperature Plasma .....                           | 94 |
| By Taisuke SHIRAISHI   |    |
| 23. A Study on Receiver Circuit Topology of Non-contact Charger for Electric Vehicle .....               | 95 |
| By Toshihiro KAI, Kraisorn THRONNUMCHAI  |    |



==== 卷 頭 言 ====

## 技術の力で新しい価値を世界中のお客様に 提供することだけが「競争力の源泉」

～The Power of Technologies is the Only  
Way We Can Generate New Values～

執行役員 立石 昇

新しく魅力的な技術がどんどん世の中に投入されています。

本号特集で紹介されている色々な技術（ワイヤレス、電動パワートレイン、Information Technology (IT)）も大変素晴らしい革新的な新技術で、新しい価値をお客様に提供する、世界的にも最先端の技術です。

これらの技術に特徴的に表れている様に、最近の技術開発は従来以上にメカと電子、制御のロジックが、コンポーネントそして車両全体の開発に融合して一体不可分となり、いわゆる設計開発のフレームワークが単純に「〇〇システムの設計」と言うわけには行かなくなっています。

設計部門、実験部門、生産部門、そしてサプライヤ様も、その企画、開発段階、生産準備の全てにわたって従来以上に高度で複雑に絡み合った課題が多くなり、設計や開発確認のやり方、生産準備のプロセスに多くの工夫が必要となり、また実際に多くの改善、工夫が日々織り込まれています。

これから更に技術開発が加速度的に高度化、複雑化し、お客様の期待値は更に高くなり、コスト、品質の競争も更に激しくなって行くことでしょう。

この様な状況の中でも技術者は新しい技術、革新的な技術を高い品質とともに、積極果敢に市場に投入していかなければなりません。なぜならば自動車会社の競争優位は、結局のところ技術の優位性によってのみ、もたらされるからです。

仮に、ありとあらゆる事で勝っていたとしても、万が一技術で負けていては、将来は無いのです。つまり、技術で勝つ以外には、結局のところ勝つすが全く無いのです。

技術の対象が複雑になっても、それに立ち向かうための技術に、魔法の様な解法が特別に用意されているわけでもありません。技術者として、あるいは技術集団として、どの様にこの競争に立ち向かっていけばいいのでしょうか。



技術開発の現場で日々起きていることを目の当たりにしていると感じる事があります。

技術偏重のあまり、お客様の気持ちの分からない、世事に疎い唐変木になってしまっただけではもちろん困るのですが、誤解を恐れずに敢えて言えば、技術者たるもの「技術のことで頭がいっぱい」でもいいのではないかと思うのです。

朝から晩まで目の前にある技術の課題を解くことに夢中になってしまう、悩んで考えて、脳みそがしびれるほど考え抜いてしまう、そんな地味なことがこれからのグローバルな競争の中で、革新的な技術を高い品質で提供する時に、実は大変重要になって来ているのではないかと思うのです。

もちろんグローバルに競争しているので、業務の効率化、標準化の推進も喫緊の重要課題です。しかし標準化の推進は「何も考えずに作業を右から左に流す」ためのものではありません。より良く考えるための仕掛けです。

技術者にとって、知識と経験は全く欠くべからざる必須の要件です。

たとえばIQ300 の優秀な工学部卒業生を沢山採用してCADの前にはずらりと座らせてもクルマは出来ません。知識と経験という必須の要件を欠いているからです。

それでは知識と経験を積み、技術者の手足がすいすい動くのでしょうか。これで動かなければ話は簡単なのですが、実は知識と経験があれば「それなりに手足が動いてしまう」というところが落とし穴、陥穽です。

我々が我々自身に問いかけるべきです。

本当に頭を使って良く考えているのだろうか。

ふと手を止めて、じっくり考える。もう一度良く考える。そんなモチベーションが必要なのではないのでしょうか。

まっさらな図面に一本の線を引く時の緊張感。角Rを一つ決める時の思考。

この日産技報を手にとって、特集記事をじっくり読んでみる。毎日大変忙しい皆さんにとっては貴重なひと時かも知れません。そんな機会に技術の重要な使命にもう一度思いをはせて、またそれぞれの新しい気持ちと決意で、皆さんと一緒に日々の技術開発に真摯に取り組んで行けたらと思うのです。

## バイワイヤ技術の先にあるクルマ

Next Vehicle through By-Wire Technology

シャシー技術開発部 内藤原平  
Genpei Naito



### 1. はじめに

バイワイヤ技術といえば、従来の操縦システムが大型で操縦が難しいため航空機には早くから使われており、決して新しいものではない。近年の航空機では離陸から着陸まで自動操縦での飛行を実現するため、頭脳となるコンピュータと手足となるアクチュエータの電子制御システムが多く使われ、バイワイヤ方式による操縦が主流である。

一方、自動車では安全性、交通渋滞、燃費向上などの必要性が1980年代より高まり、パワートレイン分野やシャシー分野などで電子制御システムの搭載が進んだが、バイワイヤ技術に関しては、性能に対してコスト低減、信頼性確保が難しいため、バイワイヤ技術の導入による新たな価値、新機能を見極めつつ採用が進んできた。

### 2. クルマのバイワイヤ化

#### 2.1 バイワイヤ技術の必然

前述のような中で、パワートレイン分野の燃費向上の必要性が、自動車のバイワイヤ技術を牽引した。最初は、スロットルバイワイヤ（ドライブバイワイヤ）が1990年代より登場した。その後さらに電動化が進みハイブリッド車が開発され、同時にブレーキによる運動エネルギーの回収を目的とした回生協調ブレーキシステム用にブレーキバイワイヤが1997年初代トヨタプリウスで登場した。これはドライバのブレーキ操作に影響を与えずにモータによる回生ブレーキと摩擦ブレーキを使い分ける技術が必要となったためである。当社では2007年に北米で発売したNissan Altima Hybridに回生協調ブレーキを初搭載し、2010年の日産フーガハイブリッド、そして電気自動車の日産リーフに採用した電動型制御ブレーキを用いたシステムへと広げていった。また、このパワートレイン分野の電動化の流れは、シフトバイワイヤの採用も拡大し、先進的な操作性と室内空間の活用を目的に電動パーキングブレーキとともに採用が広がり始めた。

#### 2.2 “走る、曲がる、止まる”のバイワイヤ化

一方、シャシー分野では1980年代の「1990年までに走りにおいて世界一を目指す」901活動の下、車両運動性能向上を目的にハイキャス（4WS）、アテサE-TS（駆動力配分）、油圧アクティブサスペンションなどが開発された。また安全性向上の必要性からABS（アンチロックブレーキシステム）に始まったブレーキの電子制御は1990年代にTCS（トラクションコントロールシステム）、VDC（ビークルダイナミクスコントロール）と機能が拡充し、現在は個別に車輪のブレーキ力を制御する機能を持ったVDCが主流となっている。そして最後にステアバイワイヤ技術が電動パワーステアリングの広がりを受けてクリアな操作感、操縦安定性の向上を目的に開発され、2013年のInfiniti Q50のDAS（ダイレクトアダプティブステアリング）として実現した。これにより“走る、曲がる、止まる”のバイワイヤ技術が揃った。

### 3. クルマの知能化

ところで、私たちは総合研究所で1990年代にブレーキバイワイヤとステアバイワイヤの研究をスタートした。その製品化は前述したように、15年以上を経て実現した。当時の研究所では、“自動化・電動化”を技術のベクトルとし、この方向に向かう技術については、要素技術から、とにかく着手した。一方、新たな価値、新機能については、VDCや利便性を高める前車追従システムなどをスタートした。また、この1990年代後半には、国が主導した高速道路の自動運転を目指したAHS（Advanced Cruise-Assist Highway Systems）や高度に安全な車を目指したASV2（Advanced Safety Vehicle）などが盛り上がった。こうした中、速度と車間距離をコントロールして前車に追従するACC（アダプティブクルーズコントロール）が、そして自車前方の車線を検出して車線を追従するLKS（レーンキープサポートシステム）、ぶつからない車として有名になった前車への衝突を回避する自動ブレーキが開発された。さらに私たちは、これら自動化の先のシステム

として人との協調を目指したマジックバンパープロジェクト（図1）を立ち上げ、その中で「クルマが人を守る」というセーフティシールド・コンセプトを確立し、それを実現するために、運転状態に応じてアクセルペダルに反力を持たせるアクティブペダルを有するDCA（ディスタンスコントロールアシスト）、車線逸脱防止を支援するLDP（レーンディパーチャープリベンション）、ナビゲーションと協調しコーナでの減速を行う機能などを世に送り出した。

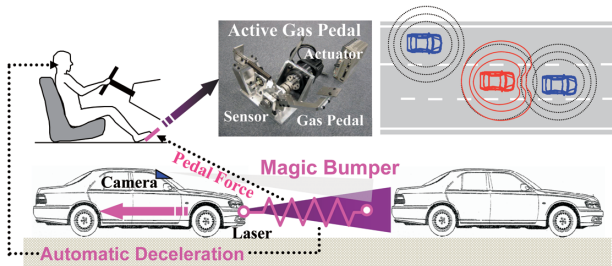


図-1 マジックバンパーの概念  
Fig. 1 "Magic Bumper" concept

これらの開発の中から私たちは、クルマを自在に動かすだけではなく、ドライバーに運転している状況をわかりやすく伝えることが安全にとっても、あるいはドライバーが安心・快適に運転するためにも重要だと考えてきた。そのためには、クルマが自分の周りをどのように認識し、どのように動こうとしているかを適切にドライバーに知らせること（図2）がポイントであり、そのためにクルマの動きとドライバーが直接触って感じるステアリングやアクセルペダルの力を独立にコントロールできるバイワイヤは必須の技術であると確信した。そしてその考えに基づいて、ドライバーがクルマの車線に対する進路ずれをステアリング反力から感じ取ることができるALC（アクティブレーンコントロール）（図3）を、ステアバイワイヤ技術を使って開発しInfiniti Q50で製品化した。

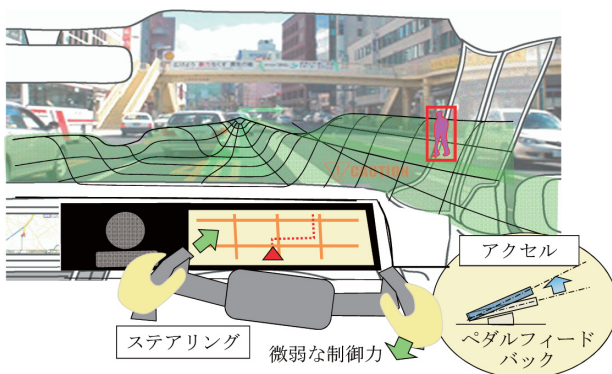


図-2 クルマによる周辺認識と制御  
Fig. 2 Recognizing a surrounding state and control by car

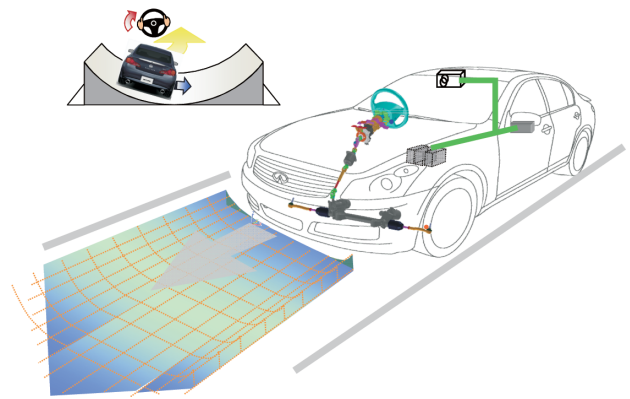


図-3 アクティブレーンコントロール  
Fig. 3 Active Lane Control

このようにバイワイヤ技術を開発できた背景には、前述したようにバイワイヤによる新たな価値、新機能を創造し、そして使い方を明らかにすることにより、必要性能、設計仕様、耐久要件などを世界中の市場データを基に作ることができたこと、そして、それらの性能・品質を量産として確保できる開発プロセス、レビュー体系、生産技術が揃っていることが私たち日産の大きな強みである。

#### 4. おわりに

図4のバイワイヤ技術のロードマップはステアバイワイヤの開発をリードした故江口孝彰氏がいつも語っていた『機能が変わる、形が変わる、造りが変わる』を示している。今、当社やGoogle社を始めとして、世界中の自動車メーカーや部品メーカーなどが2020年代での自動運転の実現を目指している。そのような中でこれらのバイワイヤ技術が揃ったことにより、クルマを自在に動かす土台はできたと言える。どんな機能・価値を実現し、どんな形のクルマを創造していくのか、私たちエンジニアの腕の見せ所であろう。10年後、20年後が楽しみである。

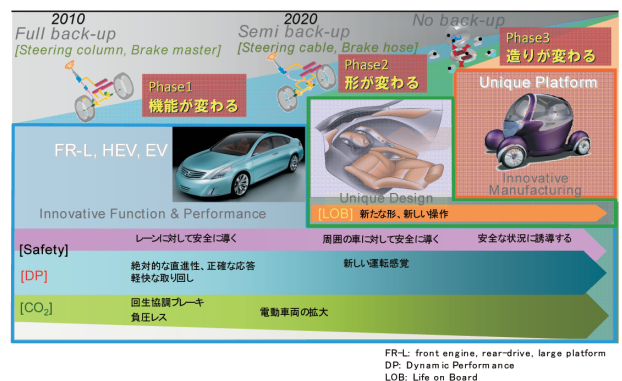


図-4 バイワイヤ技術のロードマップ  
Fig. 4 X-By-Wire road map

# スロットルバイワイヤシステムの開発

Development of Throttle-By-Wire System

水口 賢\*  
Masaru Mizuguchi

小木曾 一幸\*\*  
Kazuyuki Kogiso

中村 工\*\*  
Takumi Nakamura

**抄 録** エンジンのスロットルバルブをモータ駆動することにより、エンジンの充填空気量、ひいてはエンジントルクを自由にコントロールすることができるスロットルバイワイヤシステムは、従来までのメカニカルスロットルに代わり現在ではほぼ日産全車に採用されている。本稿では、スロットルバイワイヤシステムの全体システム構成、部品構成、安全設計、そして各車両性能に対しての活用例について紹介する。

**Summary** The Throttle-By-Wire System, which can control filling air volume and engine torque freely with a throttle valve driven by a motor, has been installed in almost all Nissan vehicles as a substitute for the conventional mechanical throttle system. This article introduces the overall system structure, parts structure, and safety design of the Throttle-By-Wire System as well as examples of its application for each vehicle performance item.

**Key words :** Engine Component, intake system, throttle-by-wire system, electric throttle control system, Accelerator Work Unit, brake override system, engine torque control

## 1. はじめに

1997年末にレパードに初めて採用されたエンジンのスロットルバイワイヤシステム（Electric Throttle Control System：以下、ETCシステム）（図1）は、エンジンの充填空気量をコントロールして実質的にエンジントルクを制御する技術として開発された。これによりISC（Idle Speed Control）やトラクションコントロールシステム（以下、TCS）などの機能統合が可能になると同時に、その自由度の高さから、ETCシステムをベースとした種々の燃費や運転性などの技術も開発され、性能向上ひいては車両の商品力向上に大きく貢献してきた。また、ハイブリッ



図-1 ETC アクチュエータ外観形状  
Fig.1 Outside shape of ETC actuator

ドシステムや車間車速自動制御システム「インテリジェントクルーズコントロール」などの要素技術の一つとしても不可欠なものとなっている。結果、本システムの開発以降急速にその採用は拡大され、現在では日産ほぼ全車に採用されるまでになった。本稿では、ETCシステムおよびそれをベースとした種々の技術について紹介する。

## 2. ETCアクチュエータ

ETCアクチュエータは、以下の6つの機構に大別され、スロットルボディ、スロットルバルブ、スロットルモータなど、主に20の部品で構成されている（図2）。

- ① DCモータによるモータ駆動機構
- ② ギヤによる駆動トルク増幅機構
- ③ バタフライ弁による空気量制御機構
- ④ スロットルポジションセンサによるスロットル角度検出機構
- ⑤ スプリングによるスロットル戻し機構
- ⑥ デフォルト機構

なお、1997年の初期型のアクチュエータはV型6気筒エンジン用のためにツインスロットル形状であったこともあり、実に3.0kgを超える質量であったが、その後の以下のようなシステム構造の簡素化や各部品の小型・軽量化、材料置換などにより、最新のものではシングルスロットルベースで800g台の質量となっている（図3）。

- ① モータの小型化

\*パワートレイン開発本部 \*\*パワートレイン第二技術開発部



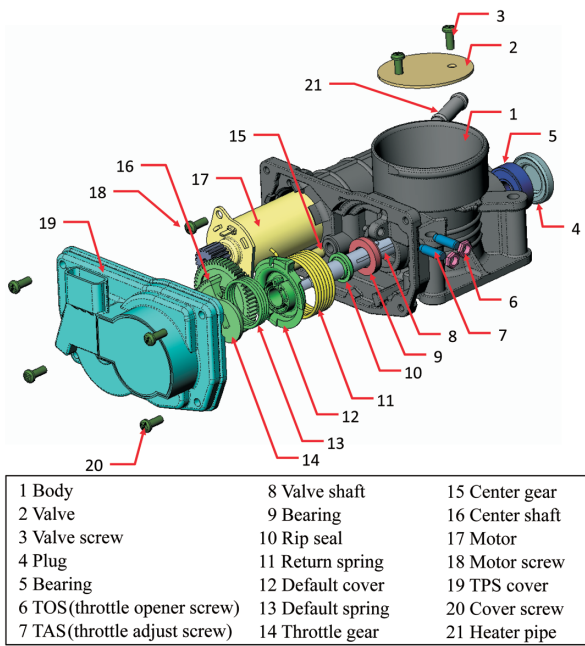


図-2 ETC アクチュエータ部品構成  
Fig. 2 Parts structure of ETC actuator

- ② デフォルト機構の簡素化
- ③ AWU (Accelerator Work Unit) の別体化
- ④ 焼結ギヤの樹脂
- ⑤ ギヤカバー、デフォルトレバーの樹脂化

また、このスロットルサーボ系にはロバストモデルマッチング制御を用いている。これは、通常のPID制御 (Proportional Integral Derivative Controller) とは異なり ETCシステムに要求される高い応答性や分解能、安定性などを高次元で両立することができる制御である。

具体的には、応答性では、規範モデルに沿った良好な周波数特性とオーバーシュートすることなく速やかに立ち上がるステップ応答が実現でき、分解能では、ステップ幅 0.05° の開度指令値に確実に追従している。安定性においても、ETCシステムが有する外乱要因 (環境: 温度・振動、エンジン: 電圧・負圧、はりつきトルクなど) に対し安定した挙動が確保できる。更に本制御系であれば、アクチュエータの同定のみで所望の特性を簡易に得られることから、車種展開などを容易に行えるという利点があり、現在の全車装着にも貢献している。

### 3. ETCシステムの全体構成

ETCアクチュエータを含めたシステム全体としては、以下の4つに大別される (図4)。

- ① 電源部
- ② AWU部
- ③ 演算部 (Engine Control Unit: 以下、ECU)
- ④ ETCアクチュエータ部

AWU内のアクセルポジションセンサ (以下、APS) 信号から、ECU内でスロットル目標値を演算し、サーボ系にはロバストモデルマッチング制御を用いてETCアクチュエータ制御を行っている。そしてその駆動電流に基づきDCモータでスロットルを駆動すると共に、その際のス

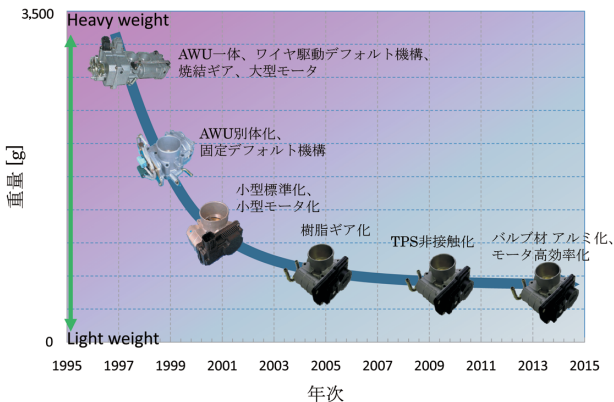


図-3 ETC アクチュエータ重量推移  
Fig. 3 Progress of ETC actuator weight

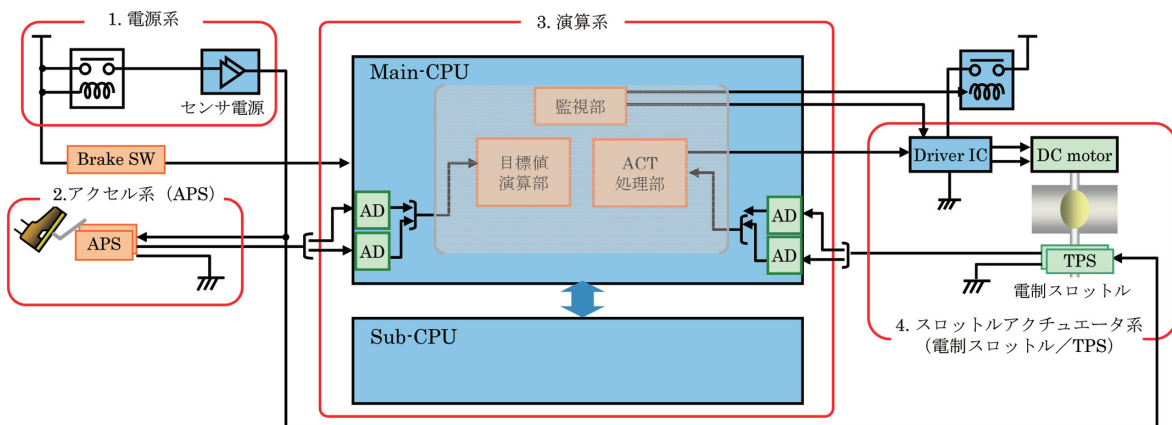


図-4 ETC システム全体構成  
Fig. 4 ETC overall system structure

ロットル開度をスロットルポジションセンサ（以下、TPS）信号にてフィードバックしているというシステム全体構成である。

#### 4. ETCシステムの安全設計

ETCシステムの故障に対しての安全設計には万全を期している。具体的には、全てのシステム構成部分に冗長系か監視系のフェールセーフ処置を施しており（表1）、フェール時は最悪の場合、モータ駆動電源を遮断し、機械的なリターン springs で強制的にスロットルをデフォルト開度となる様にしている。

デフォルト開度の状態においては、最低限のリンプホーム（非常回避）走行性能が確保されている。

また、ドライバがブレーキを踏んだ場合は、ブレーキ信号をトリガーに、その時のアクセル開度によらずスロットルを閉じるブレーキオーバーライド制御もフェールセーフの一つとして備えている。

表-1 システム構成部位への監視方策  
Table 1 Observation method of system components

| 構成部位            | 異常監視方策  |
|-----------------|---|
| モータ<br>(駆動回路含む) | ・モータ電流の監視<br>・CPU 演算目標スロットル開度と TPS 検出実スロットル開度との比較監視 |
| CPU             | ・Sub-CPU による Main-CPU 監視<br>・主要演算部分の冗長演算監視          |
| APS             | ・2系統センサによる互いの信号比較監視<br>・各信号の異常（断線、短絡）監視             |
| TPS             | ・2系統センサによる互いの信号比較監視<br>・各信号の異常（断線、短絡）監視             |

#### 5. ETCシステムの性能への貢献

ETCシステムの主機能は前述の通り、エンジンの充填空気量をコントロールして実質的にエンジントルクを制御することである。これによりトルクデマンドの概念が生まれ、トルクデマンド制御、更にはトランスミッションやモータと協調した駆動力デマンド制御が開発された。各性能要求に対し、トルクを衝し関連システムや部品特性とも連動しながらそれらを満足する種々の制御が開発・採用され、燃費性能・動力性能・運転性・排気性能・音振性能・耐久信頼性の大幅な性能向上が達成されるようになった（表2）。

例えば、動力性能においては、SportsモードやSnowモードなどの走行モードごとに、ドライバのアクセル開度に応じたトルク特性を変更することはもちろんのこと（図5）、各種走行状態やアクセルスピードなどのドライバ要求

も勘案して加速感が最適となるトルクプロフィールを制御することにより、大幅な性能向上を実現している。また燃費性能においては、CVT（無段変速機）の利点である最適変速比制御とETCシステムのトルクコントロールとを連動させ、エンジンの等出力最適燃費率点を常に中心と

表-2 ETCシステムの各性能への活用例  
Table 2 Application examples for each performance

| 性能     | 活用例  |
|--------|--|
| 動力性能   | ・加速感最適トルクプロフィール生成<br>・Sports モードなど対応トルクコントロール<br>・変速レスポンス向上トルクコントロール   |
| 燃費性能   | ・最適燃費動作点走行<br>・不要加速（トルク）削減   |
| 運転性    | ・燃焼状態切り替え（成層⇔均質燃焼など）トルク段差低減空気量コントロール<br>・ISC 機能向上（制御範囲、応答性、精度）<br>・Tip-in ショック低減トルクコントロール<br>・変速ショック低減トルクコントロール<br>・最高回転/最高速リミットショック低減トルクコントロール<br>・Pre-ignition 回避空気量コントロール |
| 排気性能   | ・排気最適動作点走行<br>・触媒活性化空気量コントロール  |
| 音振性能   | ・吸気騒音低減空気量コントロール<br>・ラトルノイズ低減トルクコントロール<br>・ジャダー低減トルクコントロール   |
| 耐久・信頼性 | ・システム/部品保護トルクリミット<br>・耐熱油水温用トルクコントロール  |

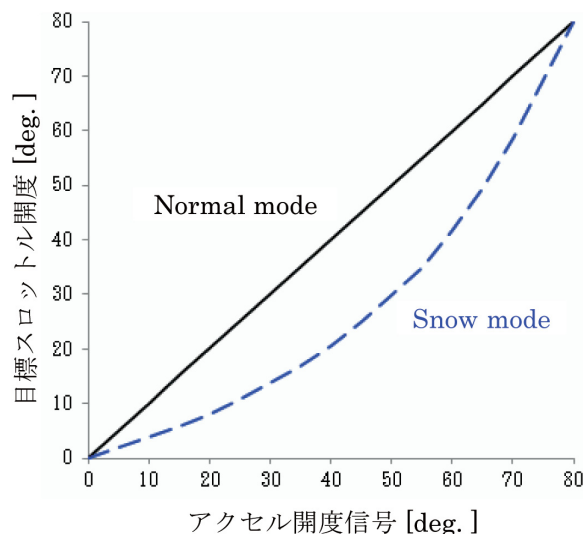


図-5 モードごとのスロットル特性例  
Fig. 5 Examples of throttle characteristic for each mode



して走るように制御することにより、大幅な燃費向上が実現できている (図6)。

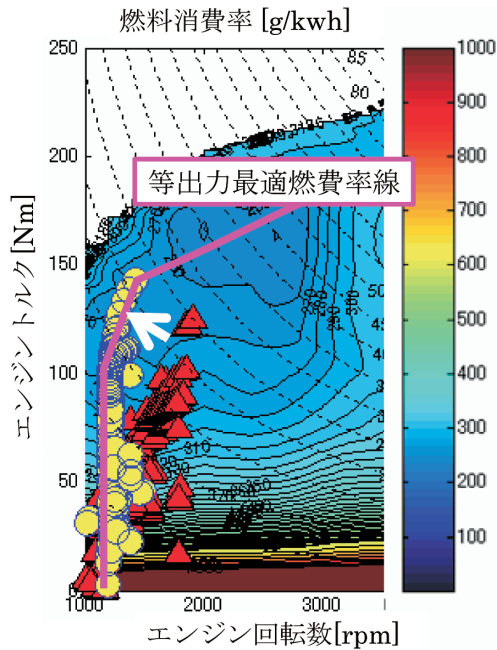


図-6 エンジン等出力最適燃費点走行例  
Fig. 6 Examples of driving points and optimized fuel economy points on the constant power line

なお、本システム開発以前のトルク制御装置としては、ISC用には補助空気バルブ (Auxiliary Air Control Valve) を、TCS用には第二スロットル機構を、ASCD (Automatic Speed Control Device) 用には別体アクチュエータを備えていたが、その制御範囲は狭くまた精度・応答性にも問題

があった。しかし、本システムに機能統合することにより、性能向上が可能となると共に、大幅な原価低減も実現された。

また、トルクデマンド制御の開発により、ハイブリッドシステムやインテリジェントクルーズコントロール、およびスタビリティコントロールシステム「VDC (Vehicle Dynamics Control)」などのトルク要求を忠実に実現する要素技術の一つとしても、本システムは不可欠なものとなっている。

## 6. おわりに

ETCシステムによりパワートレイン性能は劇的に進化し、その有用性はその後の急速な普及、および現在ほぼ全車採用という実績からも証明されている。これはひとえに初期開発はもちろん、その後の継続的な改良開発に携わった幾多の日産技術者の成果そのものである。

そして今後も本システムは更なる進化を続けると共に、最終的には、ほかのバイワイヤシステムとも協調して、車両運動性能システムの重要な一要素技術になると考えられる。

## 7. 参考文献

- 1) 國府田康男ほか：電子制御スロットルロボラストシステム開発、自動車技術会、自動車技術、Vol. 52、No. 9、pp. 37-42 (1998)

### ■著者■



水口 賢



小木曾 一 幸



中村 工

## シフトバイワイヤシステム開発 ～先進的な電子制御シフトとシステム信頼性～

### Development of Shift-By-Wire System

後藤 友成\*  
Tomonari Gotou

山本 大輔\*\*  
Daisuke Yamamoto

刈屋 武\*\*\*  
Takeshi Kariya

高崎 俊治\*\*\*\*  
Toshiharu Takasaki

鍋島 久浩\*\*\*\*  
Hisahiro Nabeshima

中河原 英満\*\*\*\*  
Hidemitsu Nakagawara

**抄 録** 初の量産EVである日産リーフに搭載するシフト機構として先進性を強固なものとするため、シフトバイワイヤシステムを開発した。本システムは高いシステム信頼性を低コストで実現すると共に、電子制御のメリットを最大限生かして、良好なシフト操作性と小型・軽量化を実現した。

**Summary** We developed a shift-by-wire system to reinforce Nissan's technical advantage and adopted it in Nissan LEAF, which is the first mass-produced electric vehicle. This shift-by-wire system realizes high reliability with low cost as well as good shift operability, smaller size, and lighter weight by taking full advantage of electric control.

**Key words :** *Electronics, electronic control, electric vehicle(EV), power train, transmission, actuator, automatic driving system, maneuverability*

## 1. はじめに

低炭素排出社会の実現に向けて、自動車メーカー各社は様々なソリューションを社会に提案している。その潮流の中で車両の電動化は本命であり、ハイブリッド車、燃料電池自動車、電気自動車（以下EV）などの開発及び市場投入が行われている。その中で、シフト機構を従来の機械式から電動式に変えていくことで、電動化のベネフィットである車両制御の自動化や知能化を拡大していくことが可能となる。

このため、我々はEVの日産リーフにおいて高い信頼性を確保しながら、先進的かつ革新的なデザインと操作性を両立したシフトバイワイヤ（以下ShBW）システムを開発した。本稿では、この概要を紹介する。

## 2. シフトシステムの概要

自動変速機は、駐車（P）、前進（D）、中立（N）、後退（R）の基本機能に加え、車両の性格によりマニュアルモードやスポーツモードなどの付加機能が備わる。

これらの機能をドライバーが正しく選択する際、従来はドライバーのシフト操作をトランスミッションのシフト機構へ機械的に伝達するために、大きなシフトレバーに一定の操作力と長いストロークを付与する必要があった。

またP、R、N、Dというシフトポジションの配列は、従来自動変速機の基本構造の制約により、シンプルなシフト

パターンの実現が難しい側面があった。

冒頭のような機能を従来の機械式シフト機構から、安全性を確保しながら短時間、低負荷操作による電子制御システムへ置き換えることが出来れば、ドライバーの操作負荷を軽減しつつ車両制御への貢献度を拡大することが出来る。

## 3. ShBWシステムのメリット

従来の機械式シフト機構に対し、ShBWシステムのメリットは主に以下が挙げられる。

- ・操作形態やシフトパターンの自由度向上
- ・操作負荷やストロークの低減
- ・シフトデバイス配置の自由度拡大
- ・小型化、軽量化
- ・システム連携による車両制御の可能性の拡大（自動運転／自動駐車における、車両状態や走行環境に基づいた自動シフトポジションチェンジ）

## 4. ShBWシステム

### 4.1 ShBWシステムの構成

日産リーフのShBWシステムは、パークロックECU、VCM（Vehicle Control Module）、パークロックアクチュエータ、シフトデバイス、シフトポジションインジケータから構成される。

\*車体技術開発部 \*\*内外装技術開発部 \*\*\*パワートレイン第三製品開発部 \*\*\*\*パワートレイン性能開発部

## 4.2 システム構成要素の機能

EVには従来のICE車（エンジン搭載車）にあったシフト機構が必要無く、車両の前進／後退の切替えは走行用駆動モータを正転、逆転することで行われる。ShBWシステムは、図1に示す通りドライバのシフト操作をパークロックECUが認識し、EV走行用駆動モータを制御するVCMへ前進／後退の指示、及びパークロック機構のロック／アンロックを行うパークロックアクチュエータへ切替え指示を行うシステムである。

各構成要素の主な機能について以下に示す。

### (1) パークロック ECU

パークロックアクチュエータを制御する。またVCMへ前進／後退の指示を行う。

### (2) VCM

EV走行用駆動モータを制御し、前後進及びニュートラルの切替えを行う。

### (3) パークロックアクチュエータ

パークロック機構のロック／アンロックの切替えを行う。アクチュエータ本体及び各種センサから構成される。

### (4) シフトデバイス

D、R、Nレンジへの切替えを電気的に出力するシフトレバー、及びパークロック機構のロック／アンロック切替えを行うパークロックスイッチから構成される。

### (5) シフトポジションインジケータ

現在のシフトポジションを表示する。

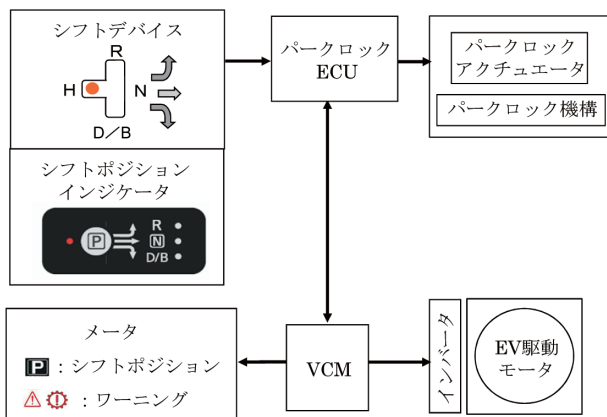


図-1 システム構成図  
Fig. 1 System structure

## 4.3 システム信頼性

ShBW技術の採用には、制御信号や処理動作に高い信頼性が要求される。以下にその取り組みの一例を紹介する。

### (1) CAN通信信頼性

パークロックECUとVCM間では、CAN (Controller Area Network) を用いてシフト情報を相互通信する。CAN通信信号の信頼性を向上するために、従来の通信診断に加えて、通信信号の上流生成部位の診断も行う診断

コードを付加し、CAN通信の信頼性を向上させた。

### (2) 自己診断と外部監視

パークロックECUは、メモリ診断などの自己診断及び演算結果の信頼性を確保するため冗長演算を行う。更にVCMは、パークロックECUの自己診断、演算結果を診断する外部監視を行うことで、ShBWシステムとしての制御信号の信頼性を向上させた。

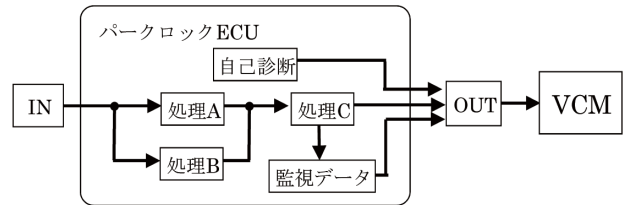


図-2 診断構成  
Fig. 2 Composition of diagnosis

## 5. 日産リーフのシフトデバイス開発

### 5.1 新操作形態の実現

ShBW化によるHMI (Human Machine Interface) 採用のメリットは、操作形態を従来のレバータイプに縛られることなく最適な形態を選ぶことが可能な点であり、ボタンタイプ、ダイヤルタイプ、ジョイスティックタイプなど、多様な形態が商品化されている。日産リーフの開発では様々な操作形態を評価し、分りやすさ、操作のしやすさという観点から『ジョイスティックタイプ』を選定し、シフトノブの形状はEVの先進性を表現するためマウス型とした(図3)。

このマウス型シフトノブは、手を乗せて操作することも、軽くつまんで操作することも、指先で操作することも可能なインターフェースである。

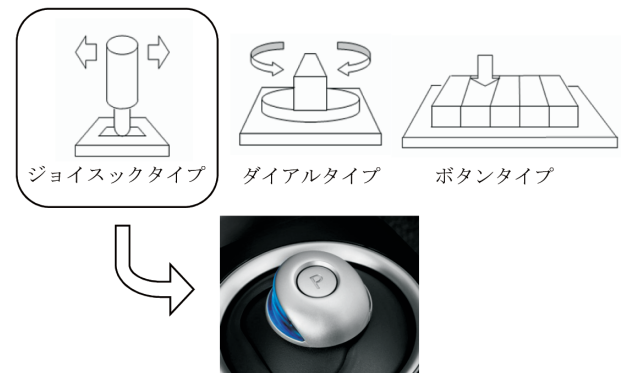


図-3 操作形態の検討  
Fig. 3 Study of shift interface

マウス型シフトノブの操作パターンは、一般的なストレート配置に対してT字のパターンとし、端末位置にR、Dレンジを配することで、車庫入れ時の前後進切替え操作をシンプルかつ操作しやすくした(図4)。

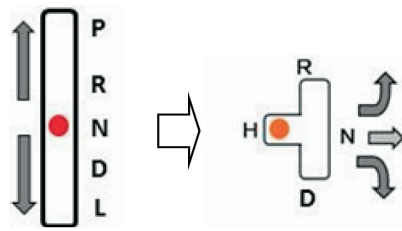


図-4 日産リーフの操作パターン  
Fig. 4 Operation pattern of Nissan LEAF shift knob

また操作後には必ず基準位置であるホームポジション (H) にシフトノブが戻るモーメンタリー式としている。これによりシフトポジションごとにシフトノブの占有空間を必要としなくなるため、EVらしいインテリアデザインや室内の広さ感向上に貢献している。

なおモーメンタリー式は将来実用化が予想される完全自動駐車システム適用において、車両の前後進自動切替え時にシフトレバー自体の作動が不要になるというメリットも兼ねそろえている。

パークポジションについてはシフトパターンから外し、分かりやすさや駐車時に容易にアクセス出来る様にするため、マウス中央にPボタンとして配置した (図3)。

## 5.2 新操作性の実現

マウス型シフトノブでは快適な操作感やフィードバック感を両立する操作性を追求し実現した。

前者は軽い操作力と短いストロークであること、後者は明確なクリック感を提供することが重要であり、図5で示す様なシフトノブ上荷重-ストローク線図とした。

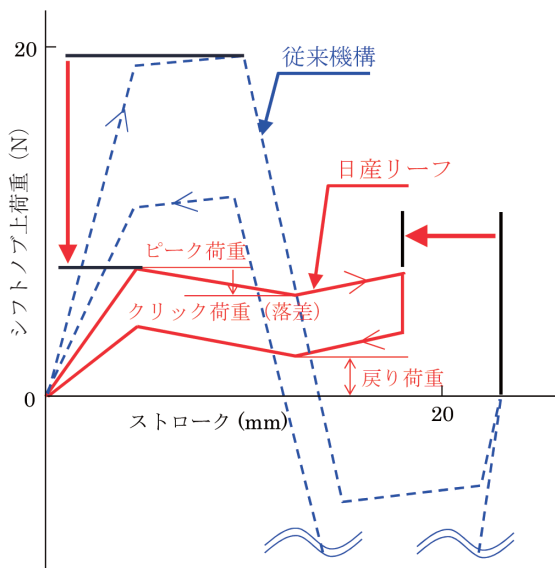


図-5 シフト方向荷重特性  
Fig. 5 Operation force of shift direction

## 5.3 シフトデバイスの小型化

シフトノブのサイズの縮小や操作力・ストロークの低減

に伴い、シフトデバイス機構部で保証すべき強度の最適化を検討した結果、従来比50%以上の小型化を実現した。

また従来の機械式で構成されているシフト機構では、シフトレバーの操作が直接トランスミッションに作用してしまうため、ドライバーや乗員の誤操作に対する対応として、シフトロック機構やセレクトボタン、トランスミッション側でのシフト制限機構など複雑な構成を必要としていた。

日産リーフではShBWシステムによる電子制御のメリットを生かし、機械的なシフト制限機構を設けることなくシフト制限機能を実現することでも小型化に寄与している。以下に制限機構の一例を示す。

- (1) 前進走行中D→Rに切替えた際、Nとする。後退走行中のR→D切替えも同様である。
- (2) 走行中にPスイッチを操作しても、パークロックアクチュエータを動作させることなく、現在のシフトポジションを維持する。
- (3) ブレーキを踏まずにP→DまたはP→Rに切替えた場合、Pレンジ状態を維持する。

尚いづれの場合もシフト制限されたことをドライバーに知らせるため、ブザーによる告知を行っている。

## 5.4 シフト位置検出の構成

シフトポジションセンサにはON/OFF式の非接触センサを6個用い、各センサの組合せにより並列冗長系を組んだ。また最小限のセンサ数で冗長系を実現し、高い信頼性と低い故障率を確保した。

図6の様に、シフトノブと連結されたスライダはシフトパターンに沿って前後左右に移動する。スライダ上には図7に示す通り2個のマグネットが配置されており、センサ基板上を非接触で移動する。その結果、各ポジションでは図8に示すセンサON/OFFの組合せとなり、シフトノブの位置を検出している。

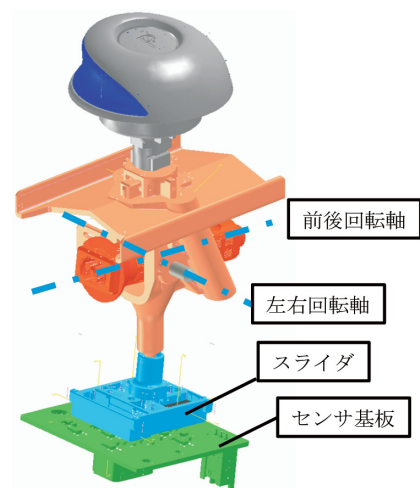


図-6 シフトデバイス構成  
Fig. 6 Shift device structure



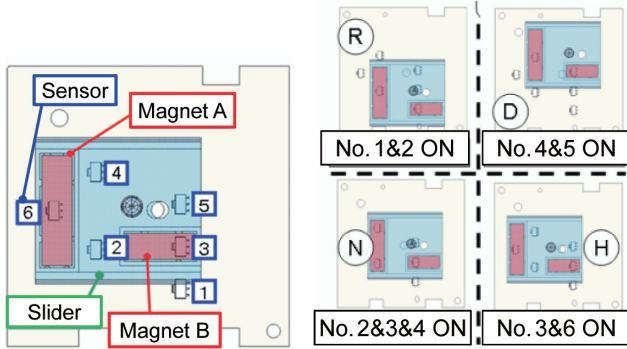


図-7 ポジションセンサ配置  
Fig. 7 Position sensor layout

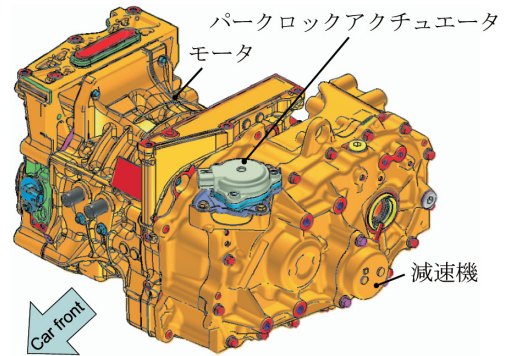


図-9 パークロックアクチュエータ搭載位置  
Fig. 9 Mounted position of park lock actuator

|      | R   | N   | D   | H   |
|------|-----|-----|-----|-----|
| No 1 | ON  | OFF | OFF | OFF |
| No 2 | ON  | ON  | OFF | OFF |
| No 3 | OFF | ON  | OFF | ON  |
| No 4 | OFF | ON  | ON  | OFF |
| No 5 | OFF | OFF | ON  | OFF |
| No 6 | OFF | OFF | OFF | ON  |

図-8 ポジション別センサ認識組合せ  
Fig. 8 Sensor combination of each position

## 6. パークロックアクチュエータの概要

### 6.1 パークロックアクチュエータへの要求性能

通常のパークロックは、シフトレバーとトランスミッションのパークロック用レバーを機械的に接続しドライバーの操作力を伝達することによって切替えているが、ShBWシステムはそれを電気力で切替える。そのためパークロックアクチュエータへの要求性能としては、坂道でのパークロック解除や極低温でも十分なトルクが発生出来ること、及び高い信頼耐久性を備える必要があった。

### 6.2 パークロックアクチュエータの構成

上記の要求性能を満足させるため、駆動源にはSR (Switched Reluctance) モータを採用し、加えて主な構成部品として減速ギヤ及び回転角センサを搭載したパークロックアクチュエータを適用した。SRモータは小型なうえ、高トルクかつ高応答であり、ブラシを使用していないため信頼性にも優れている。

### 6.3 パークロックシステムのレイアウト

パークロックアクチュエータは図9に示す様に、小型であるため限られたスペースの中で駆動用減速機の上部に搭載出来た。

## 6.4 パークロックシステムの作動

パークロックECUからの指示に基づき、パークロックアクチュエータは作動する。パークロックアクチュエータに機械的に接続されているマニュアルシャフト及びマニュアルプレートが減速機内で同時に回転し、パークロッドをスライドさせる。この一連の動作によりパークボールが押し上げられ、パークボールとパークギヤがかみ合い、パークロックが実行される (図10)。

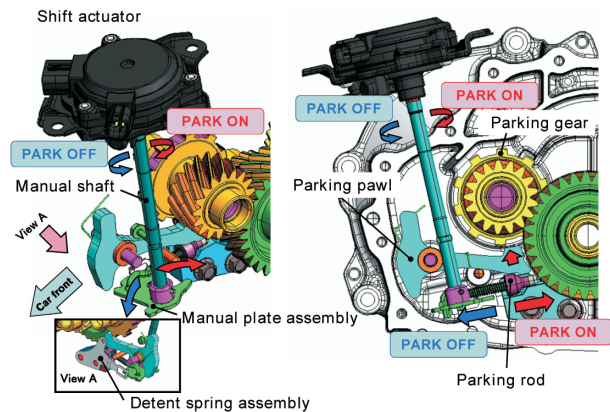


図-10 パークロック機構  
Fig. 10 Park lock mechanism

## 7. まとめ、今後の展望

海外のプレミアムブランドやハイブリッド車から採用されはじめたShBWシステムであるが、近年は比較的価格の低いモデルにも採用が拡大されてきている。この流れと合わせ、IT / ITSをはじめとした自動運転や車両の知能化による危険回避制御などの今後の技術発展を考慮すると、ShBWシステムは有効なアイテムになってくると考えられ、近い将来ShBWシステムの搭載率は急激に増加してくるものと予測される。

---

## 8. 謝 辞

最後に、本シフトバイワイヤシステムの開発、商品化にあたり多大なご協力を頂いた社内外の関係者の皆様に、深く感謝の意を表します。

### ■ 著 者 ■



後藤 友成



山本 大輔



刈屋 武



高崎 俊治



鍋島 久浩



中河原 英満



# バイワイヤ技術から進化した回生協調ブレーキシステム

Cooperative Regeneration Braking System evolved from By-Wire Technology

佐伯 秀之\*  
Hideyuki Saeki

岩田 直衛\*  
Naoe Iwata

中嶋 起幸\*  
Tatsuyuki Nakajima

**抄 録** ブレーキ制御におけるバイワイヤ技術の代表的な応用例として、電気自動車やハイブリッド車に適用される回生協調ブレーキシステムがある。回生協調ブレーキシステムにおいては、車両の走行状態とドライバの操作入力に応じて摩擦ブレーキと回生ブレーキを適切に配分することが必要であるが、この機能はブレーキバイワイヤシステムを用いることによって直接的に実現することが可能である。しかしながら近年の電気自動車、ハイブリッド車の急速な普及に伴い、ブレーキバイワイヤシステムではなく、よりシンプルなシステムで回生協調ブレーキを実現することが可能となってきた。本稿では、これらシステムの進化の過程と、それぞれのシステムの概要について紹介する。

**Summary** The Cooperative Regenerative Brake System (CRBS) for Electric Vehicles (EV) and Hybrid Vehicles (HEV) is a representative application of Brake-By-Wire technology. For the CRBS, it is necessary to distribute braking force into friction brakes and regeneration brakes according to the vehicle's condition and driver's operation. A simple way to realize this function is to adopt a Brake-By-Wire system. With the fast spread of EV and HEV in the market in recent years, systems that are even simpler than Brake-By-Wire are able to realize cooperating regenerative braking. This technical report provides brief descriptions of those systems and describes the progress of their technical development in recent years.

**Key words :** Chassis, vehicle dynamics, electric vehicle(EV), hybrid vehicle, regenerative braking system

## 1. はじめに

地球環境保護の観点から、近年電気自動車（以降、EV）やハイブリッド車（以降、HEV）などの電動車両が急速に普及してきている。これらEVやHEVのエネルギー消費率を向上させ、燃費（電費）を向上させる手段の一つとして、減速時の運動エネルギーをモータ発電により電気エネルギーとして回収する、回生ブレーキの活用が有効である。

回生ブレーキと摩擦ブレーキを併用した上でドライバの思い通りの減速度を実現するためには、回生分と摩擦分の制動力を協調して制御する必要があり、これを実現するシステムを回生協調ブレーキシステムと呼んでいる。

回生協調ブレーキシステムを実現する最も直接的な方法はドライバのブレーキ操作に対して独立に摩擦制動力を制御できるブレーキバイワイヤシステムであり、2007年のNissan Altima Hybridでこれを採用している。

また、電動車両の普及に伴いよりシンプルなシステムで回生協調ブレーキを実現することが求められてきたことから、2010年にHEVの日産フーガ ハイブリッド、EVの日産リーフに、電動型制御ブレーキシステムを実用化し、採用した。

さらに、近年の動向として車両の横滑り防止装置（以降、VDC）が法規化されて普及率が高まる背景があることから、このVDCを応用して回生協調ブレーキを実現するシステムの開発も実現し、2013年のNissan Pathfinder Hybrid、Infiniti QX60 Hybridから採用を開始している。

本稿では、これら進化の過程と、各システムの概要について紹介する。

## 2. 回生協調ブレーキの基本的動作

EVやHEVが、航続距離の延伸や燃費向上を行う場合、車両の減速エネルギーを回収、再利用することが有効である。減速エネルギーの回収は、駆動用モータを発電機として利用し、バッテリーに充電する。これを回生と呼び、この時の回生トルクを制動力として利用することを回生ブレーキという。一方、コンベンショナルなブレーキは、摩擦材（ブレーキパッド）をブレーキロータに押し付け、車両の運動エネルギーを摩擦熱に変換して減速する。これを摩擦ブレーキと呼ぶ。回生協調ブレーキは、これら2つのブレーキをコントロールし、ドライバの要求にあったブレーキを実現するシステムである（図1）。

\*シャシー技術開発部

回生協調ブレーキの主要な機能は、より多くの減速エネルギーの回収と合わせて、車両減速及びブレーキペダルの自然なフィーリングを作り出す「回生」と「摩擦」の最適な協調制御にある。とりわけ、車両が停止する直前に行われる回生ブレーキから、摩擦ブレーキへの移行の際の車両挙動やブレーキペダル反力を変化させないことが最も重要なポイントとなる。この協調を最適に実現して、燃費向上、航続距離延伸に貢献できる回生協調ブレーキシステムの開発が進められてきた。

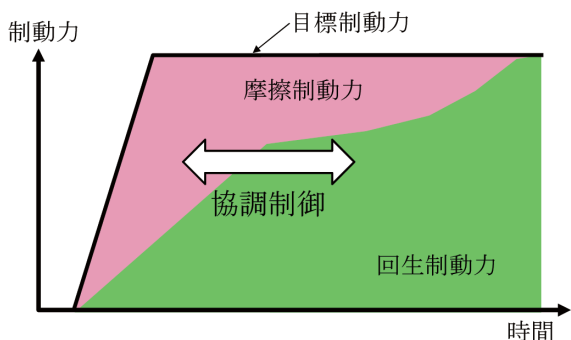


図-1 回生協調ブレーキ  
Fig. 1 Regenerative cooperative brake

### 3. Altima Hybridに採用された技術

2007年に北米で発売を開始したAltima Hybrid (図2)に日産初の回生協調ブレーキシステムを採用した。

このシステムは、ストロークシミュレータを持つブレーキマスタシリンダ、ブレーキ液圧をコントロールするブレーキアクチュエータ、及びECUから構成されている。マスタシリンダとブレーキキャリパは、通常時は切り離されており、ドライバ操作に依存せずにブレーキキャリパで発生する制動力をコントロールすることが可能なブレーキバイワイヤシステムである。

このドライバ操作量に依存せずに制動力をコントロールできる特徴を生かして、前章で述べた燃費向上のための回生協調ブレーキ機能を実現しているほかに、コンベンショナルなエンジン車両(以降、ICE車)と異なり走行中にモータ走行を行う際には、エンジン負圧によるブレーキ倍力機



図-2 Altima Hybrid  
Fig. 2 Altima Hybrid

能が実現できないため、「負圧レス」でのブレーキ倍力を同システムの中で実現している。

### 4. 日産リーフ、フーガ ハイブリッドに採用された技術

#### 4.1 電動型制御ブレーキシステムの開発の背景

特にHEVに関しては、同一の車型にICE車とHEVが共存することが多くみられる。このような状況において、EVやHEVをより普及しやすくするためには、ICE車との部品の共有化や設計の共通化による合理化が必要である。

ブレーキシステムにおいても、ICE車におけるコンベンショナルなシステムからの変更を最小限にした合理的な構成(図3)によって、回生協調ブレーキ機能を実現する技術を開発し、これを電動型制御ブレーキシステムとして、2010年から日産フーガハイブリッド(図4)、日産リーフ(図5)に採用した。この電動型制御ブレーキシステムの特徴は主に以下の2点である。

- ①ブレーキ倍力装置(ブースタ)の倍力源に、電動モータを利用することで「負圧レス」に対応
- ②ブースタ内部に回生協調機能を内蔵し、ブレーキフィーリングの良さと、回生/摩擦ブレーキの自在なコントロール性能を両立

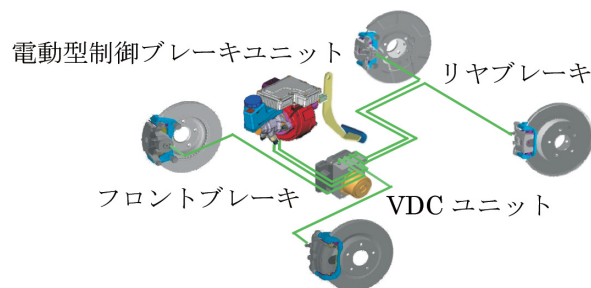


図-3 電動型制御ブレーキシステムの構成  
Fig. 3 System structure of electric controlled brake



図-4 フーガ ハイブリッド  
Fig. 4 Fuga Hybrid



図-5 日産リーフ  
Fig. 5 Nissan LEAF

#### 4.2 電動型制御ブレーキユニットの構成と構造

電動型制御ブレーキユニットは、マスタシリンダ、リザーバタンクから成る油圧ユニット、及びそれを制御するECUから成る機電一体型である（図6）。

油圧ユニットの内部構成を図7に示す。油圧ユニットはブレーキペダルからクレビスを介して接続されたインプットロッド、電気モータ、モータ回転の直動変換機構、直動変換機構によって動作するプライマリピストン、及びペダル反力を生成する各バネから構成される。

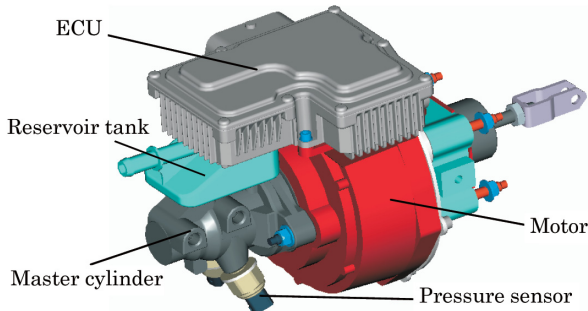


図-6 電動型制御ブレーキユニットの構成  
Fig. 6 Structure of brake unit

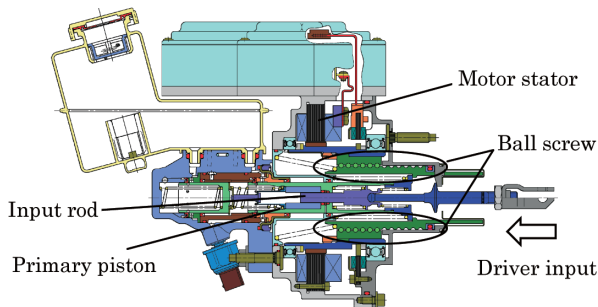


図-7 油圧ユニットの内部構造  
Fig. 7 Internal structure of hydraulic unit

#### 4.3 回生協調ブレーキの動作原理

インプットロッドに対し、プライマリピストンの位置を任意に制御することで、サービスブレーキ時や回生協調ブレーキ時に、マスタシリンダの液圧を増減させることが可能である。

図8に初期状態、摩擦ブレーキのみを使用した状態、回生ブレーキと協調させた状態の3つのシーンにおけるインプットロッドとプライマリピストンの位置関係を示す。

摩擦ブレーキのみを使用した場合、インプットロッドの位置は、ドライバのブレーキペダル操作入力によって決まり、プライマリピストンの位置は、目標とするマスタシリンダ圧を得るように電動モータの回転動作によって制御される。マスタシリンダ圧は、インプットロッドとプライマリピストンの位置に応じて供給されるブレーキ液量によって生成されている。ブレーキペダルへの反力は、インプットロッドに作用するマスタシリンダ圧、及びインプット

ロッドとプライマリピストンの間に取り付けられたバネの反力によって決定される。

回生ブレーキと協調させた場合、ドライバのブレーキペダル操作入力によって決まる車両の目標減速度は、駆動モータの回生トルクによって生成される減速度と、摩擦ブレーキによって生成される減速度の和によって実現される。回生ブレーキと協調させない場合と比較して、プライマリピストンの位置は、マスタシリンダ圧を減少させるためにペダル側に戻され、同状態を維持することによって目標減速度を実現することができる。この場合、マスタシリンダ圧が低くなるため、インプットロッドに作用する反力は減少してしまう。

しかしながら、反力の減少は、インプットロッドとプライマリピストンの間のバネの反力が増加することによって相殺される。そのため、ペダル反力の変化を起こすことなく、回生エネルギーの回収を実現することができ、回生ブレーキとの協調中であっても自然なブレーキフィーリングを提供することができる。

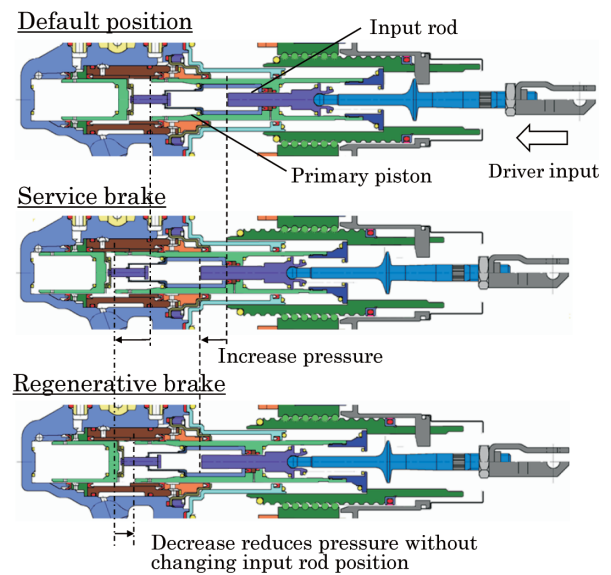


図-8 アクチュエータ動作の違い  
Fig. 8 Difference of actuation

### 5. Pathfinder Hybrid、QX60 Hybridに採用された技術

#### 5.1 VDC型回生協調ブレーキシステム採用の背景

燃費向上に貢献できる回生協調ブレーキシステムをさらに普及させるために、近年法制化が進み標準装備となってきたVDCの活用に着目した。

VDCは車両挙動安定化を実現するため、モータ駆動ポンプによる増圧、バルブ駆動による減圧など、4輪のブレーキ液圧を適切にコントロールする機能を備えている。それに対し、第2章で述べたように、回生協調ブレーキ機能も



同じくパワートレインの状況やドライバの運転状況に基づき、ブレーキ液圧をコントロールする機能が要求される。すなわちVDC機能と回生協調ブレーキ機能は共通点が多い。

また、従来使われている負圧ブースタの構造から生じるヒステリシスを利用すれば摩擦ブレーキと回生ブレーキの協調制御時に生じる液圧の変動がブレーキペダルへ伝わることも抑制することができる可能性がある。これらの着眼点から、この2つの機能を統合することができれば、より合理的なシステムが実現できる。

検討の結果、VDCのハードウェア及びソフトウェアに対する若干の変更を加え、ハイブリッドパワートレインとの通信を付加することによって、回生協調ブレーキ機能を実現した。これをVDC型回生協調ブレーキシステムと呼び、2013年に北米に投入したNissan Pathfinder Hybrid(図9)、Infiniti QX60 Hybrid(図10)にそれぞれ採用した。



図-9 Nissan Pathfinder Hybrid  
Fig. 9 Nissan Pathfinder Hybrid



図-10 Infiniti QX60 Hybrid  
Fig. 10 Infiniti QX60 Hybrid

## 5.2 VDC型回生協調ブレーキシステムの実現方法

回生協調ブレーキの制御機能を、本システムではVDCの液圧制御で実現する。具体的には、VDCが装着されたICE車のブレーキシステムに対して、主に以下①～④の4点の変更を加えた上で、パワートレインと回生協調機能に関わる通信を付与すれば、回生協調ブレーキシステムを実現することができる(図11)。

- ①VDCソフトウェアの制御変更
- ②VDCハードウェアの耐久性向上
- ③ブレーキマスタシリンダのロスストロークの増加
- ④ペダルストロークセンサの追加

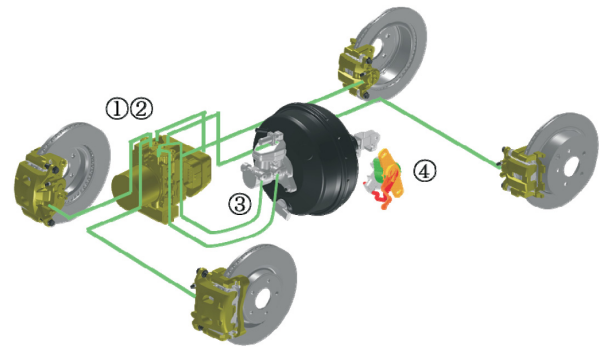


図-11 VDC型回生協調ブレーキシステムの構成  
Fig. 11 Construction of VDC type system

以下、このVDC型回生協調ブレーキシステムの動作について簡単に説明する。

摩擦制動力はドライバ操作により発生するマスタシリンダ圧、及びVDCの液圧制御機能によって発生する。VDCが発生する摩擦制動力はブレーキバイワイヤシステムの場合と同様にVDCが摩擦制動力を回生制動力と協調するよう制御している。VDCはペダルストロークセンサで読み取ったブレーキペダル操作量からドライバが要求する減速度を算出し、回生制動力指令値と摩擦制動力指令値の調停を行う。算出された指令値は、回生制動力はパワートレインへ通達し、摩擦制動力はVDCの液圧制御機能によって実現される。

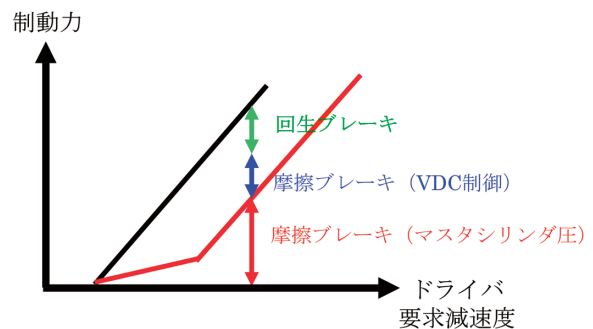


図-12 制動力発生方法  
Fig. 12 How to generate braking force

## 5.3 VDC回生の課題と対策

マスタシリンダがVDCやブレーキキャリバと切り離されているブレーキバイワイヤシステムと異なり、VDC型回生協調ブレーキシステムでは、VDCの液圧制御時に、その制御による液圧変動の影響がマスタシリンダに伝わることになる。そのため、回生制動力と摩擦制動力をすり替える時のペダルフィール(反力)に影響を与える可能性があるが、本システムでは回生/摩擦制動力すり替え時には勾配制限を持たせて変化させ、ペダルフィールに影響を与えないよう工夫している(図13)。

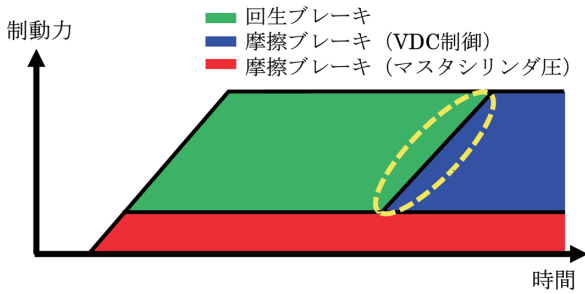


図-13 回生/摩擦制動力すり替え時の勾配制限  
 Fig. 13 Transient behavior of braking force

また、ドライバがブレーキ操作をするたびにVDCユニットが液圧を制御するため、これまでのVDCユニットに比べて作動頻度が高い。これに対応するため、ユニットの耐久性を向上させる方策を取り入れている。主な向上ポイントはモータブラシ負荷、ポンプシール性であり、ブラシ負荷低減には制御回転数低減、シール性確保にはシール部品の性能向上といった工夫を加えている。その結果、これまでのVDCユニットに対して大幅に作動耐久時間を向上させた。

## 6. ま と め

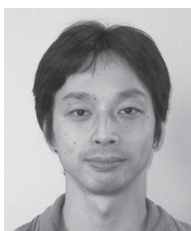
本稿では、ブレーキバイワイヤ技術の応用先としての回生協調ブレーキシシステムについて説明し、さらにEVや

HEVなどの電動車両の普及に応じてシステムがより合理的な構成に進化してきた過程を紹介した。しかしながら、これら電動車両の歴史はまだ浅く、このようなブレーキシシステムにおいても様々な方式が存在している現状にある。今後もさらなる電動車両の普及に答えるべく、より電費や燃費に貢献でき、かつ合理的なシステムへの進化が期待される。

## 7. 参 考 文 献

- 1) T. Oshima et al.: Development of an Electrically Driven Intelligent Brake System, SAE Technical Paper No. 2011-01-0568 (2011)
- 2) N. Fujiki et al.: Development of an Electrically-Driven Intelligent Brake System for EV, EVTeC'11, No.2011-39-7211 (2011)
- 3) 小池雄一ほか：世界初、電動型制御ブレーキシシステムの開発、自動車技術会、自動車技術、Vol. 65、No. 7、pp. 8-9 (2011)
- 4) 中尾誠治ほか：ブレーキ回生と制動感を両立させる電動型制御ブレーキシシステムの開発、日産技報、No. 69・70、pp. 56-60 (2012)
- 5) 渡邊剛史ほか：アルティマ ハイブリットの開発、日産技報、No. 60、pp. 58-63 (2007)

## ■ 著 者 ■



佐伯 秀之      岩田 直衛      中嶋 起幸

# ステアリングにおけるバイワイヤ技術の応用

New Steering System utilizing By-Wire Technology

木村 健\*  
Takeshi Kimura

鈴木 拓\*  
Taku Suzuki

五十嵐 一弘\*  
Kazuhiro Igarashi

福島 寛貴\*  
Hiroyuki Fukushima

中村 研介\*  
Kensuke Nakamura

田村 翼\*  
Tsubasa Tamura

**抄 録** ステアリングホイールとタイヤの連結を電気信号に置き換え、転舵角と操舵力を独立に制御可能にしたステアリングシステムを開発し、素早く正確な応答と路面からの外乱に対する高い安定性の両立、幅広い範囲のギア比など、従来のステアリングでは実現できなかった性能を実現した。

**Summary** In this article, we present a new steering system that enables independent control of tire angles and steering force by replacing the mechanical linkage between the steering wheel and tires with electronic signals. This system realizes a quick and direct response, high disturbance suppression and straight-line capability, and a wide range of steering ratio settings.

**Key words :** Chassis, steering system

## 1. はじめに

ステアリングにおけるバイワイヤ技術の応用については、1990年代後半ごろから研究されている。ステアリングが完全にバイワイヤ化されると、ステアリングシャフトが無くなることから、車両パッケージ、衝突安全性、室内デザイン、生産効率など様々な面で革新をもたらすことが可能であるが、一方で、システム失陥時の操舵機能の確保が必要であり、完全なバイワイヤの実現にはまだ多くの課題が残っている。

これに対し、日産自動車では、まず運動性能面での革新に着目し、ステアリングシャフトの途中にクラッチを設けて機械的に切り離すことでバイワイヤ動作させるシステム「ダイレクトアダプトステアリング (DAS)」を開発し、Infiniti Q50に搭載した<sup>1)</sup>。本稿では、DASのシステム構成と主な動作、および運動性能上の効果について概説する。

## 2. 開発の狙い

当社が目指す「意のままの走り」へ向けたステアリングの特性としては、中低速域での軽さ・取り回しの良さ、ワインディング路などでの正確な動き、不整路や高速走行における安定性・耐外乱性など様々な要求がある。しかし、現実にはこれらの特性はトレードオフ関係にあり、例えば、ステアリングの操作量を減らすようステアリングのギア比を小さくすると、路面の不整によってステアリングを

取られやすくなる。また、路面不整によるステアリングへのキックバックを減らすようステアリングギアの支持剛性を下げると、操舵応答性が低下し、ステアリング操作に対する車両の動きの正確さが低下することになる。

これらのトレードオフ関係を解消し、低中低速域での取り扱いやすさと耐外乱安定性や直進性を従来にない次元で両立することを目的に、ステアリング機構の機械的な連結をクラッチで切り離し、電気信号に基づいてタイヤ角度と操舵力を生成することにより、タイヤ角度と操舵力を独立に制御する技術として、DASを開発した。

本システムによって目指した代表的なシステム特性を以下に示す。

- (1) 低中低速域で俊敏なレスポンスと、軽快であること
  - ・ハンドル操作に対し車両の応答遅れが少ない
  - ・フリクションが無く、軽くすっきりとした手応え
  - ・ドライバーの操作量が少ない
- (2) 路面の状況が分かりやすく、車との一体感が持てること
  - ・路面反力が遅れ無く、且つ正確にドライバーへ伝わる
  - ・不要なフリクションが無い
  - ・タイヤのグリップ状態が正しく把握できる
- (3) 高速域や荒れた路面でも、圧倒的に直進性が良いこと
  - ・轍(わだち)などでタイヤからの路面入力があっても、タイヤが取られない
- (4) 不要な振動がドライバーに伝わらず、修正操舵が少ないこと
  - ・不整路におけるキックバックが無く、修正操舵が不要

\*シャシー技術開発部



### 3. システム構成

システムの構成を図1に示す。ステアリングの機械的連結をクラッチにより切り離し、タイヤをステアリングアングル・アクチュエータで転舵し、操舵力をステアリングフォース・アクチュエータで発生することにより、タイヤ角度と操舵力を独立して制御可能とする構成であり、ドライバ操作に対するタイヤの動き、タイヤが受ける路面反力に対する操舵力は全て電気信号に置き換えて伝達される。

以下、各構成部品の詳細を示す。

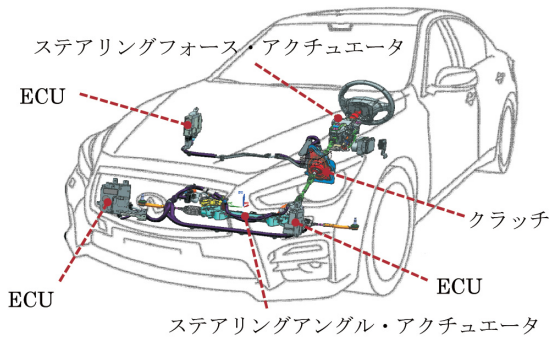


図-1 システム構成  
Fig. 1 System configuration

#### 3.1 主要構成部品

##### (1) ステアリングアングル・アクチュエータ

ラック&ピニオンタイプのラックギアに、左右2個のブラシレスモータを組み合わせてアクチュエータを構成した。各モータには角度センサ、電流センサを備える。また、失陥時のパワーアシスト機能用に、ピニオン部にトルクセンサを持つ。また、ダイレクトな車両応答を得るため、サスペンションメンバに剛結支持される。

##### (2) ステアリングフォース・アクチュエータ

コラム下端部に、ステアリング同軸でブラシレスモータを搭載した。極力フリクションを低減し、滑らかな応答を得るため、ダイレクトドライブ結合とした。

##### (3) クラッチ

システム失陥時にステアリングホイールとラックギアを機械的に連結させて操舵機能を維持するため、シャフト軸上にクラッチを設定した。ソレノイドへの通電により、開放・締結を制御する電磁式のローラクラッチであり、車両電源OFF時には締結状態で、車両電源ON後、通電することにより開放され、バイワイヤ動作が可能になる。

##### (4) ECU、ECU間相互通信

ステアリングアングル・アクチュエータ用の2つのモータ、およびステアリングフォース・アクチュエータ用のモータの計3個をそれぞれ駆動するため、ECUを3個搭載し、それぞれが相互通信して作動状況を常時監視する構成とした。ECU間の相互通信には、専用のネットワークシステムを用いており、大量のデータを高速で通信するため、車載

LANとしてFlexRayを採用した。

#### 3.2 制御の流れ

最も基本的な働きはドライバのステアリング操作に対してタイヤを転舵することである。これについては、角度センサで検出したハンドルの角度と車速から目標のタイヤ転舵角度を演算し、これに応じてタイヤの角度をサーボ制御<sup>2)</sup>することで行う。一方、ステアリング操作に必要な操舵力は、転舵用モータの駆動電流や車速などの車両挙動情報からステアリングラックに加わる力を推定し、これに基づく操舵力を算出してステアリングフォース・アクチュエータを駆動することで発生する。これらの動作を行っている際、クラッチに対しては開放指令が出されて開放されており、3つのECUは同一の演算を行いつつ、演算結果を互いに監視している(図2)。

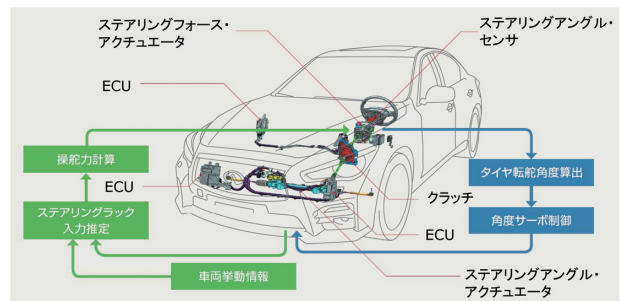


図-2 システムの基本動作  
Fig. 2 System function

#### 3.3 システム故障時のバックアップ

3つのECUが常時相互監視し、タイヤの角度と操舵力の独立制御を維持できない異常検出時には、クラッチを締結してバックアップモードへ状態遷移する。この場合、ハンドルとラックギアは機械的に連結され、操舵機能を維持するが、故障が発生していないステアリングフォース・アクチュエータのモータを用いたパワーアシストを行う(図3)。

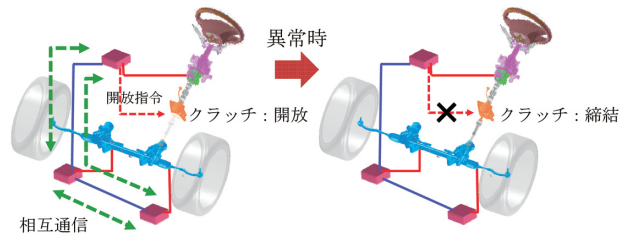


図-3 バックアップモード  
Fig. 3 Back-up mode of system

### 4. 機能上の特徴

#### 4.1 遅れの小さい転舵応答

ステアリング操作が機械的にタイヤの動きへと伝えられる通常のステアリングでは、ステアリングシャフトやパワーステアリングのトーションバーのねじれ、ステアリ

ングギアの防振支持など様々なコンプライアンスの影響を受け、ステアリング操作に対するタイヤの動きには若干の遅れが発生する。一方、DASでは、これらのコンプライアンスの影響無くタイヤを動かすことができ、ステアリング操作に対して応答遅れが小さい、ダイレクトな応答が得られる(図4)。

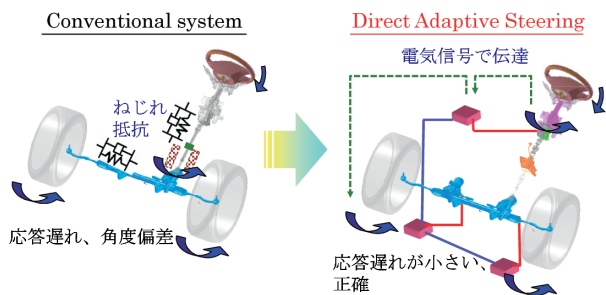


図-4 遅れの小さい応答  
Fig. 4 Response with small delay

#### 4.2 高い耐外乱性

通常のステアリングでは、轍や凹凸などの不整路を通過する際に、路面からタイヤに加わる力によってタイヤの向きが変化して、車両の進路の乱れとなる。また、これがステアリングホイールに伝わることでキックバックとなる。一方、本システムでは、タイヤの角度はステアリングアングル・アクチュエータのサーボ制御により位置決めされているため、このような路面でも進路の乱れが小さく、キックバックの無い操舵特性を得ることができる(図5)。

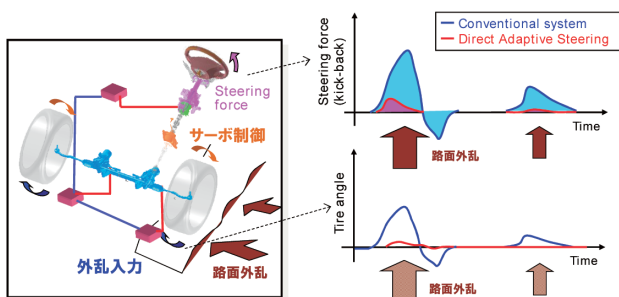


図-5 路面からの外乱を低減する動き  
Fig. 5 Reduction of road disturbance

#### 4.3 操舵力特性

本システムでは、操舵力に対して影響するフリクション要素がステアリングフォース・アクチュエータ部のみであり、また、前項で述べたように路面入力によるキックバックの影響も受けないため、軽くすっきりとして、かつ外乱の影響を受けない滑らかな操舵力を実現することが可能であるが、操舵力特性としては、車両挙動や路面情報が分かりやすいことが必要である。前述したように、操舵力はステアリングラックへの入力推定値に応じて生成しているため、これを精度良く推定することが重要であり、転舵角や各種センサの情報を用いてタイヤ特性の非線形領域を含めて推定を行っている。図6に圧雪路走行時の入力推

定値と実測値の比較を示す。カウンターステア操作を行うような状況においても、精度良く推定できている。

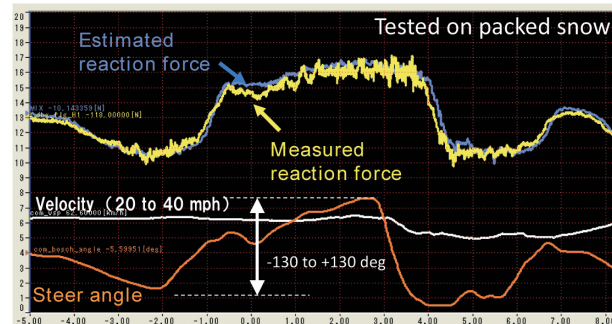


図-6 ステアリングラック入力推定結果  
Fig. 6 Estimation of input to the steering rack

#### 4.4 特性の可変幅

中低速域での軽快な動きと高速域での安定性を両立する方法として、ステアリングギア比可変機構を設け、中低速域ではクイックで、高速になるほどスローなギア比にするシステムがある<sup>3)</sup>が、本システムでは機械部品の制約無くステアリング特性を決定することができるため、従来に対してはるかに広い範囲でギア比を変化させることが可能である(図7)。

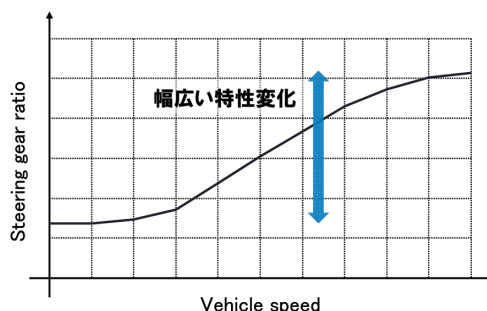


図-7 車速に応じたステアリングギア比変化  
Fig. 7 Velocity dependent steering ratio

また、スイッチ操作でステアリング特性を切換え可能とすることも広まりつつあるが、同様に、本システムでは広い範囲で応答性や操舵力の重さを変化させることが可能である。図8に示すように、従来の車両に対し軽い操舵力に設定できている、かつ可変幅を非常に大きく取れている。

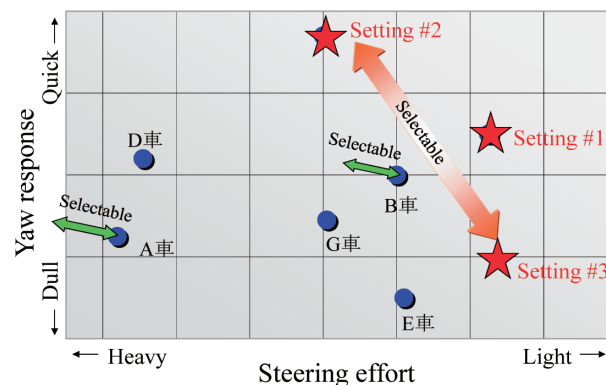


図-8 ステアリング特性の可変範囲  
Fig. 8 Wide ranging selectable steering characteristics

4.5 直進性向上機能

本システムでは、ステアリングホイールの角度に対するタイヤの角度を自由に設定することが可能である。これを活用して、カント路面などを走行する際にタイヤの角度に微小なオフセットを与え、通常は避けられない片流れを防ぐことができる (図9)。

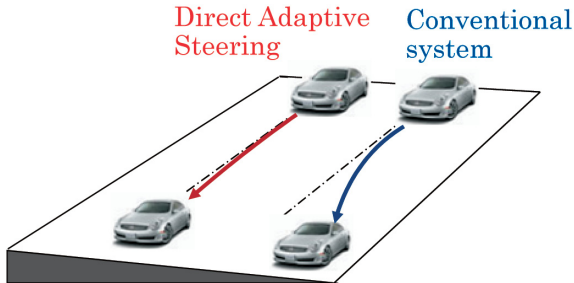


図-9 カント路面における片流れ低減  
Fig. 9 Reduction of pull drift on road surface with side slope

また、タイヤの角度に加えて、操舵力に微小な補正を加えることも可能であり、前方を撮影するカメラなどを用いて車線に対する自車の進行方向のずれを検知し、タイヤの角度と操舵力に微小な補正を加えることで、横風などの外乱で生じる車両の進路ずれを低減し、車線に沿った走行をさらに容易にすることができる (図10)。尚、本機能はInfiniti Q50にて、Active Lane Controlとして搭載している。

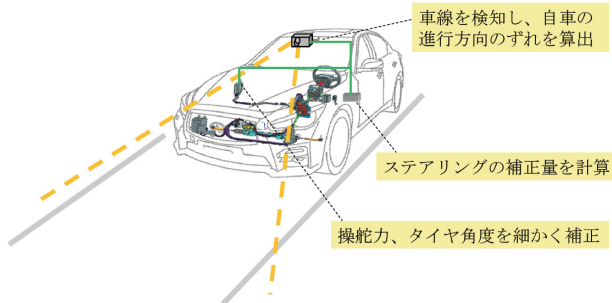


図-10 車線に対する方向ずれに応じた補正機能 (Active Lane Control)  
Fig. 10 Steering compensation for deviation to the lane direction (Active Lane Control)

5. 実走行における効果

従来のパワーステアリングを搭載した車とDAS搭載車の定量データ比較に基づき、本システムによる効果を示す。高速直進走行時の修正操舵量の比較では、従来のステアリング搭載車と比較して修正操舵量が約半減されている (図11)。更にカント路面での直進性については、右流れ路面、左流れ路面ともに、片流れ量がそれぞれ半分以下に低減できている (図12)。

Steering adjustment in straight driving at 170 km/h on Autobahn

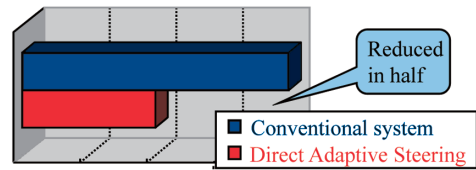


図-11 DASによる修正操舵量低減効果  
Fig. 11 Reduction of steering correction with Direct Adaptive Steering

Amount of pull drift on side slope surface (while driving 250 m at 100 km/h)

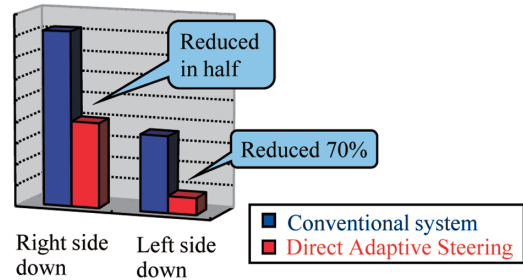


図-12 DASによる片流れ低減効果  
Fig. 12 Reduction of pull drift with Direct Adaptive Steering

図13には、様々な路面パターンでの高速走行時 (100~130km/h) の操舵角を比較した結果を示す。やはり、従来のパワーステアリング搭載車に比べて操舵角が少なく、かつ修正の頻度も低減できている。

また、このDASを搭載した新型車、Infiniti Q50において、アウトバーンを高速 (200km/h) で走行した際のハンドル角の修正の大きさを、同クラスの他社車と比較した結果を図14に示す。修正操舵量が大幅に少ないことが確認できる。

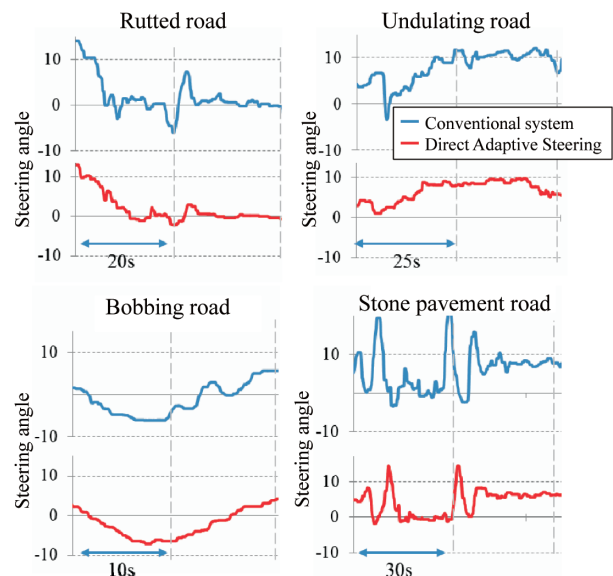


図-13 様々な路面における修正操舵低減効果  
Fig. 13 Reduction of steering correction on various road surface



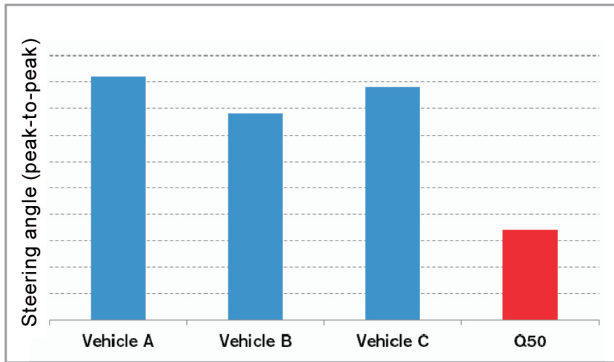


図-14 高速走行時の修正操舵角比較  
Fig. 14 Comparison of steering angle (peak to peak) at 200 km/h on Autobahn

## 6. ま と め

バイワイヤ技術をステアリングに応用し、タイヤの角度と操舵力を独立に制御可能にしたステアリングシステム

「ダイレクトアダプトステアリング (DAS)」について、構成と機能上の特徴を説明するとともに、実走行における効果を、修正操舵量の比較に基づいて示した。

今後、本システムを活用したさらに多様な機能の実現を検討していくとともに、完全なバイワイヤへ向けた検討も実施していきたい。

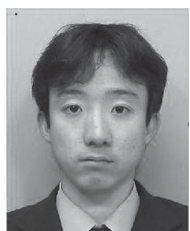
## 7. 参 考 文 献

- 1) 種田友明ほか: 転舵角と操舵力を独立制御可能な操舵システムの開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 120-13、pp. 1-5、文献番号20135874 (2013)
- 2) 中島孝ほか: モデル追従制御を用いた後輪舵角の制御手法、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 44-99、pp. 1-4 (1999)
- 3) T. Katayama, et al.: Development of 4 Wheel Active Steer, SAE Technical Paper No. 2008-01-0495 (2008)

## ■ 著 者 ■



木村 健



鈴木 拓



五十嵐 一弘



福島 寛貴



中村 研介



田村 翼

\*\*\*\*\*

# 日産の環境技術への取り組みとPURE DRIVE技術の進化

Nissan's Environmental Undertaking and Evolution of "PURE DRIVE"



パワートレイン第一技術開発部 平 工 良 三  
Ryozo Hiraku

\*\*\*\*\*

## 1. ま え が き

自動車技術の進化の方向性として、パワートレインが電動化へ向かうことは必然であろうか。

これまでの100年以上に及ぶ自動車技術の進化は、恐竜の進化を連想させることがある。恐竜は、多様化・巨大化による力強い進化と繁栄の末、大きな環境変化に耐えられず、絶滅したと言われる。そして、恐竜の繁栄する時代には、小さく弱い存在であった哺乳類が、後の時代に繁栄する。現代の電気自動車（以下EV）の存在は、白亜紀の哺乳類を連想させる。

## 2. 背 景

我々自動車メーカーには、魅力的な商品を提供することだけでなく、環境への負担が少ないクルマをつくることが求められている。日産は、2050年までに新車から排出されるCO<sub>2</sub>を2000年比で90%削減する必要があるという長期ビジョンに沿って、環境技術の開発と商品の投入を進めている。

その一つとして、走行中にCO<sub>2</sub>や排出ガスを出さないEVを重要なソリューションと考え、既に量産・商品化し更なる開発に力を注いでいる。しかし、EVがグローバル市場の主流になるには、まだ技術的・経済的な課題があり、短期的にはゼロCO<sub>2</sub>のEVだけでグローバルのCO<sub>2</sub>削減を担うこともまた難しいと考えることが妥当と思われる。

即ち、内燃機関をベースとするパワートレインの更なる進化によるCO<sub>2</sub>低減は重要であり、究極のエコカー「Zero Emission」と並び、エンジンの進化型エコカー「PURE DRIVE」として日産は開発に力を入れている。

## 3. PURE DRIVE –進化の方向性–

内燃機関をベースとするパワートレインであっても、従来の延長線上を超えた進化が求められている。

進化の方向性は幾つか考えられる。

一つには、本特集であるパワートレインの電動化が挙げられる。ハイブリッド車（以下HEV）に代表される電動化は、従来のパワートレインと融合させることによって、既に高い成果をもたらしている。もう一つは、ダウンサイジング技術、そしてその次に考えられるのは、排熱回収を含む熱エネルギーマネージメントの技術であろう。

### 3.1 電動化

パワートレインの効率化の観点において、電動化が既に大きな流れであることは疑う余地がない。ここで、電動化とはモータでクルマを走らせることだけを示している訳ではない。

電動化は内燃機関をベースとするパワートレインを更に進化させることができる。停止時のアイドル流量をカットするアイドリングストップや、前述の運動エネルギーを回生するHEVの機能は、既に実現された電動化による進化の一例である。内燃機関は理想的な状態で作動させることさえできれば、更に効率的なパワーソースに成り得、電動化はそれを実現するための、重要な手段となる。

現在の内燃機関は、概ね単独でパワーソースとしての機能を実現すべく進化してきたものであり、電動化技術との組み合わせを前提とすると、大きくその形態が見直される可能性もある。

これらの進化を達成していくには、性能設計及び機能開発を内燃機関単独ではなく、電動化機能やトランスミッションの機能を合わせた、パワートレイン全体で行うこと

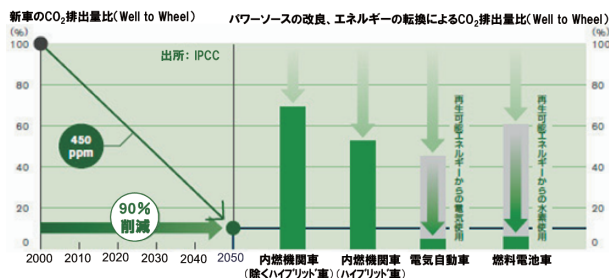


図-1 CO<sub>2</sub>排出量削減のシナリオ  
Fig. 1 Long-term scenario for reducing CO<sub>2</sub>

が必須となっている。

### 3.2 ダウンサイジング

ここで述べるダウンサイジングとは、内燃機関の排気量が小さい側へシフトすることを意味しており、その流れには大きく分けて2種類の方策がある。

一つは、車両の軽量化、走行抵抗の低減などによって、パワートレインに要求される出力が低くなり、その結果、パワーソースのダウンサイズが可能となるパターンであり、もう一つは、パワーソースの出力密度を上げ、ダウンサイズを実現するパターンである。もちろん両者を組み合わせたパターンもある。

必要なエネルギーを低減する省エネルギーという観点では、前者は自然な流れであり、効率向上の進化の過程では必ず要求されると思われる。しかし、必要最低限のサイズまで小さくなれば、それ以上の小型化、軽量化には限界があり、次の進化をリードする技術ではなく、ある意味次の進化のための資格要件のように思われる。

一方後者は、過給器に代表されるような、機能の追加による性能向上が期待できる領域であり、まだ進化の可能性を秘めている。

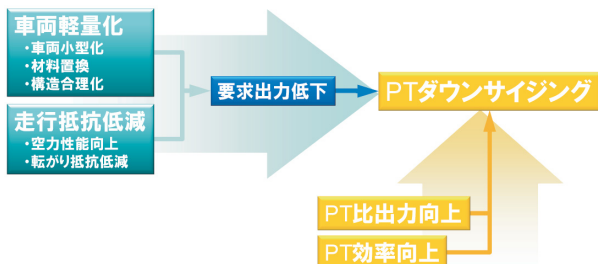


図-2 パワートレイン (PT) ダウンサイジングの流れ  
Fig. 2 Trend of powertrain downsizing

### 3.3 熱マネージメント

昨今拡大しつつあるHEVは、運動エネルギーを回生することによって燃費を向上させることに成功している。しかし、その原資である運動エネルギーは、燃料が持つエネルギーの僅か7%程度に過ぎない。一方、7割近くのエネルギーは、熱として捨てられており、運動エネルギーと同様に、これらの熱エネルギーを効率的に回生することができれば、燃費は画期的に向上する計算になる。但し、残念ながら、現段階で有望なその手段は見当たらない。この領域は次の時代に期待したい。

効率的に回生をする以前に、破棄する熱エネルギーを最小にする努力は、内燃機関が生き残るための必須要件になってくるであろう。短距離走行や外気温が低い条件での燃料消費率が悪いことは周知の事実であるが、これは走行に使用するエネルギーに対して、パワートレインそのもの

を温めるために必要なエネルギーの割合が相対的に大きくなるのが影響している。この影響は、パワートレインの総合効率が向上すればするほど益々顕著になってくる。前述の7割近い熱エネルギーは全て無駄に捨てている訳ではなく、暖機やヒータの熱として有効に利用している、という意見もあるが、そもそも暖機が必要である時点で無駄である、とも解釈できる。一旦温まったパワートレインは、駐車中にまた冷えて、その熱を放散するのであるから、やはり捨てている、という解釈が正しい。翌日また温め直さなくてはならない。そういう意味で、駐車中に冷えないようにする保温もしくは蓄熱と言う概念も、今後益々重要な技術領域となって来るであろう。

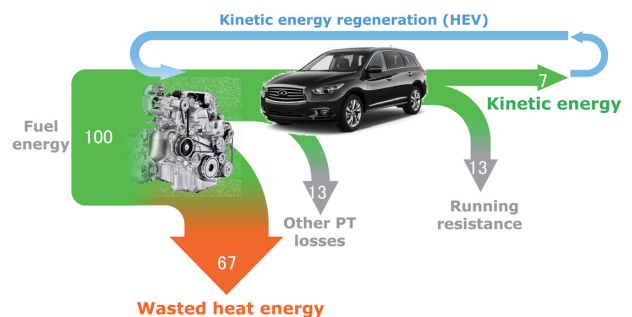


図-3 捨てられている熱エネルギー  
Fig. 3 Wasted heat energy

## 4. まとめ

パワートレインの電動化をはじめとする上記3点の技術開発の推進によって、内燃機関をベースとするパワートレインは依然重要なパワーソースであり続けると考えられ、日産は「PURE DRIVE」としてこれらの技術開発に力を入れている。

但し、更にその次の時代に向けては、これらだけでは依然不十分であると思われる。より一層の変革が求められる時代に備え、その仕込みはもうはじめなくてはならない。

## 5. あとがき

恐竜は、多様化・巨大化による力強い繁栄の末、大きな環境変化に耐えられず、絶滅したと言われる。しかし私は、恐竜は絶滅したのではなく、その一部は生き残り、鳥類に進化したとする説を信じる。進化を遂げ、そして生き残ったポイントは、①徹底した小型・軽量化、②恒温動物化（活動前のウォームアップを必要としない）、③翼（飛躍的に移動効率を高める手段）を得た、の3点だと思う。

上記2項目はクルマにも共通するポイントであると感じられる。果たして、あと一つ“翼”とは、クルマにとって何であろうか、2050年までに答えを見つけない。

\*\*\*\*\*

# 日産オリジナルハイブリッドシステムの進化と拡大への挑戦

Challenge for Evolution and Enlargement of Nissan Original Hybrid System



パワートレイン第四製品開発部 原 智之  
Tomoyuki Hara

\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

2010年11月日産オリジナルハイブリッド車（以下HEV）用システムとなる“1モータ2クラッチパラレルハイブリッドシステム”（以下1M2C）を搭載した日産フーガハイブリッドを日本市場に投入して以降、米国、欧州、中国へと仕向け地を拡大し、更には2車種目となる日産シーマに採用を拡大し、これまでにグローバルで累計約16,000台の1M2CのHEVを販売してきました。そして1M2Cの立ち上がりから3年目となる2013年、1M2Cの第2幕が開きました。

まずFR（後輪駆動）車用としては、2013年8月、第2世代となる正常進化型1M2Cを搭載したInfiniti Q50が北米のお客様に向けて販売が開始され、更に同年10月、待望のFF（前輪駆動）車用1M2CがInfiniti QX60、Nissan Pathfinderに搭載され北米で販売が開始されました。

Q50では燃費と圧倒的な動力性能のバランス、QX60及びPathfinderでは燃費とユーティリティの高さなど、これまで狙いとして造りこんできた性能を多くのお客様、メディアから高い評価を頂いており、関係された皆さんにまずは感謝申し上げます。

FF／FRそれぞれのシステムの特徴、採用された新技術の詳細については本特集の執筆記事に譲りますが、ここでは1M2Cの将来展望について記します。

## 2. 日産オリジナル1M2Cの意義

多様化するお客様の各種性能・機能に対する要望への対応に加えて、我々自動車メーカーの果たすべき責任の一つとして近年ますます環境への負担の少ない車造りが求められており、当社は会社・製品のブランドを支える重要なプレイヤーとして、走行中CO<sub>2</sub>や排出ガスを出さない電気自動車（以下EV）の「Zero Emission」戦略、内燃機関をベースにパワートレインの更なる進化によりCO<sub>2</sub>低減を目標とした「PURE DRIVE」戦略の二つに取り組んでいます。

この二つ目の戦略である「PURE DRIVE」戦略を実現するソリューションの一つとして、パワートレインの電動化は

疑う余地がありません。では、何故日産オリジナルシステムである1M2Cが当社にとって電動化実現のための有効なソリューションとなるのか、もう少し考えてみたいと思います。

「PURE DRIVE」戦略実現に求められる大切なファクターは“早く、手頃な価格で、世界中の多くのお客様にお届けする事”であると考えます。

そのためには、当社が先行するEVで培った強電技術を最大限に生かして、更には日産が保有する多くのアセット（資源）を有効に活用する事であり、FR車においては既存の7速AT（自動変速機）を、FF車においては日産パワートレインの強みであるCVT（無段変速機）をベースに、HEV専用プラットフォームでは無く既存のプラットフォームの小改造で搭載可能なハイブリッドシステムを造り上げる事に有ると考えます。

エンジンとトランスミッションの間にある既存のトルクコンバータのスペースに電力回生、力行機能を備えた1つのモータを配置し、高効率、かつシンプルで軽量のシステムとしたことが最大の特徴であり、これにより優れた燃費、動力性能を両立し、HEVでありながら高いユーティリティ、4WDバリエーションを成立させています。

これこそが、日産オリジナルシステムである1M2Cの意義であり最大の特徴です。

## 3. おわりに

これまで、この意義を実現するために多くの困難な技術課題を克服し、新技術の開発に取り組んできました。

しかしながら、未だ1M2Cは完成ではありません。エンジン本体、ベースとなるトランスミッション、強電コンポーネントの更なる高効率化に加え、それら各コンポーネントのシステムオペレーション技術、規模の拡大に合わせた大幅な原価低減開発など、1M2Cの技術限界を目指した開発にこれからも取り組んでいく必要があります。

多くの皆さんに支えられてここまで来ましたが、1M2Cの進化と拡大に向けた挑戦は続いて行きます。今後とも皆さんの強力なご支援をお願いいたします。



# 新型FFハイブリッドシステムの開発

## Development of New FF-Hybrid System

折田 崇 一\*  
Shuichi Orita

伊東 良 祐\*  
Ryosuke Ito

有吉 伴 弘\*  
Tomohiro Ariyoshi

米田 健 児\*  
Kenji Yoneda

中倉 奈 月\*  
Natsuki Nakakura

木野戸 秀 将\*  
Hidemasa Kinoto

小野山 泰 一\*  
Taiichi Onoyama

河合 恵 介\*  
Keisuke Kawai

**抄 録** フーガハイブリッドで採用した日産独自のFR車向け1モータ2クラッチパラレルハイブリッドシステムをベースに、FF車向けシステムとしてCVTと組み合わせた新型ハイブリッドシステムを開発した。また、次世代の低フリクション、ワイドレンジオカバレッジCVT、新型ダウンサイズ過給エンジンを組み合わせることで、コストアップを抑えながら大幅な燃費向上を実現し、V6 3.5Lエンジン車と同等の加速性能とダイレクト感のあるドライビングフィールを実現した。

**Summary** Nissan has developed a hybrid system for front-wheel-drive vehicles by combining the “one-motor, two-clutch system” made for Fuga Hybrid with a new CVT that makes possible a significant friction reduction, wider ratio coverage, and downsized supercharged engine. This allowed us to achieve a considerable fuel economy improvement as well as good response and direct feel without comprising cabin roominess.

**Key words :** Power Unit, power transmission, hybrid system, hybrid vehicle, 1-motor 2-clutch parallel hybrid system

### 1. はじめに

中期環境行動計画「ニッサン・グリーンプログラム（以下NGP）2016」では、「ゼロ・エミッション車の普及」「低燃費車の拡大」「カーボンフットプリントの最小化」「新たに採掘する天然資源の最小化」の4つをキーアクションとして掲げており、低燃費車の拡大についてのアクションプランのひとつにハイブリッド車（HEV）の投入・拡大を掲げている。今回、北米中型SUVであるInfiniti QX60 Hybrid及びNissan Pathfinder Hybridに向けて新しいFF（前輪駆動）車用ハイブリッドシステムを開発した（図1）。

本稿では、開発の背景、システム概要、達成した性能、本システムの技術課題とブレークスルー技術について説明する。



図-1 Infiniti QX60 Hybrid (左) と  
Nissan Pathfinder Hybrid (右)  
Fig. 1 Infiniti QX60 Hybrid (left) and  
Nissan Pathfinder Hybrid (right)

### 2. 開発の背景

2010年に発売を開始した日産フーガハイブリッドは、NGP 2010の目標のひとつである「2010年度の北米、日本市場への投入を目標に日産独自のシステムを搭載したハイブリッド車の開発」を達成するために開発された。このフーガハイブリッド用1モータ2クラッチパラレルハイブリッドシステムをベースとし、新たにNGP 2016の目標「低燃費車の拡大」のアクションプランのひとつ「ハイブリッドの投入・拡大」を達成するため、FF車用ハイブリッドシステムの開発に着手し、高い燃費性能・加速性能を達成しながらコスト低減、軽量化、優れた車両搭載性の実現を目指した。ダウンサイズ過給エンジン、超低フリクション・ワイドレンジの新世代CVTといったコンベンショナルなパワートレインの燃費技術とハイブリッド技術を組み合わせることで、競争力の高いパワートレインパッケージを提案することが出来た。またハイブリッドシステムを最適化することで燃費・動力性能を確保しながら、バッテリーを大幅に薄型化することが可能となり、SUVとして重要な優れた居住性やスペースユーティリティを同型車の非ハイブリッドモデルと同等に確保することが出来た。

\*パワートレイン第四製品開発部



### 3. システム概要

#### 3.1 システム構成

図2にハイブリッドシステムの構成、表1に基本スペックを示す。

本ハイブリッドシステムは下記3つの特長を狙い開発を行った。

- (1) 高速走行も想定した大幅な燃費向上
- (2) 素早いレスポンスとダイレクトな運転フィーリング
- (3) 軽量・低コスト

これらの目標を達成するため、日産オリジナル1モータ2クラッチパラレルハイブリッドシステムに4気筒 2.5 Lダウンサイズスーパーチャージャ付エンジン (QR25DER) と新世代CVT (無段変速機) を組み合わせたハイブリッドパワートレインを構成した。

エンジン、CVTの燃費向上技術との組み合わせにより、モータ出力を減速エネルギー回生に最適化することで、システムトータルのコストを低減し、小型・軽量化を図りつつ、競争力のある燃費を達成し、V6 3.5Lエンジン車と同等の動力性能を確保した。

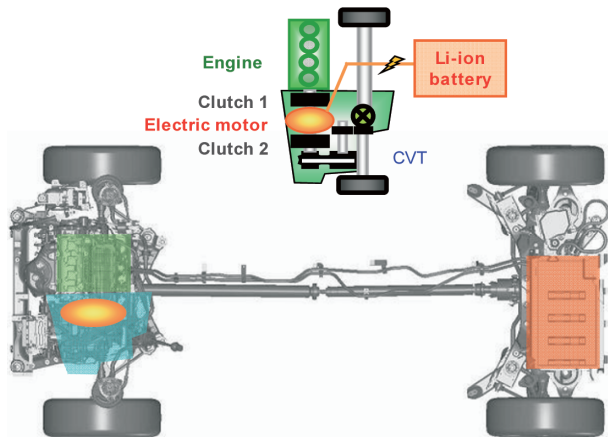


図-2 FF車用ハイブリッドシステムの構成  
Fig. 2 Hybrid system for FWD vehicle

表-1 FF車用ハイブリッドシステムの基本スペック  
Table 1 Hybrid system specification table

| Item             | Unit         | Value (or Details)                            |
|------------------|--------------|---|
| Engine           | Disp.        | L 2.5   |
|                  | Type         | - QR25DER L4 w/ Supercharger                  |
|                  | Max. power   | kW/rpm 175/5600                               |
|                  | Max. torque  | Nm/rpm 330/4000                               |
| Transmission     | Type         | - Transversal (FWD) Continuous variable (CVT) |
|                  | Pulley ratio | - 0.383~2.413                                 |
| Motor & Inverter | Type         | - Permanent magnet AC Synchronous motor       |
|                  | Max. power   | kW 15   |
|                  | Max. torque  | Nm 160  |
| Battery          | Type         | - Li-ion (cylindrical)                        |
|                  | Size         | - 40 cells                                    |
|                  | Voltage      | V 144   |

図3にFFハイブリッド車用トランスミッションの断面図を示す。

従来のCVTからトルクコンバータを廃止し、その部分にモータと乾式多板クラッチ (以下CL1) を同軸に配置した結果、パワートレインの長さを従来と同等とし、FF車のエンジンコンパートメント内に搭載が可能となった。

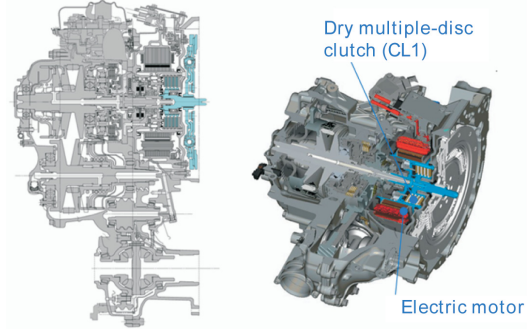


図-3 FFハイブリッド車用トランスミッションの断面図  
Fig. 3 CVT unit including electric motor

#### 3.2 システム動作モード

システム動作は以下の6つのモードがあり、図4にそれぞれの状態を示す。

- ① CL1を解放しモータで発進するモード
- ② CL1を締結しエンジンとモータで発進するモード
- ③ エンジンで充電をしながら駆動するモード
- ④ エンジンとモータの両方で加速するモード
- ⑤ CL1を解放し回生するモード
- ⑥ 排ガス転換触媒の活性を促進しながら、エンジントルクを一定に制御し排出ガスを低減するモード (EGVRモード)

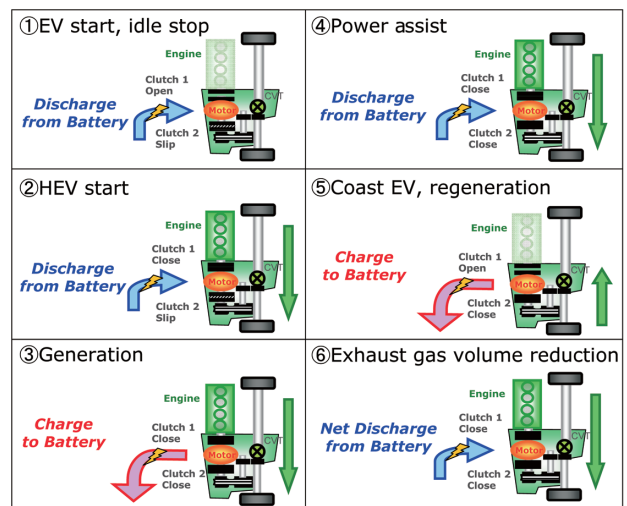


図-4 システム動作モード  
Fig. 4 System operations

### 4. 達成した性能

#### 4.1 燃費

ここではQX60 Hybrid及びPathfinder Hybridで達成し

た性能について述べる。

両モデルに搭載のQR25DERエンジンの燃料消費率マップを図5に示す。燃費向上を狙って、作動角変化量（開弁期間）の大きい可変バルブタイミング機構（VTC）を吸気と排気の両方に採用し、スーパーチャージャの採用によりエンジンのダウンサイズ化を行うことで良燃費領域を拡大し、更にCVTとの組み合わせによる優れた燃費効率を達成した。

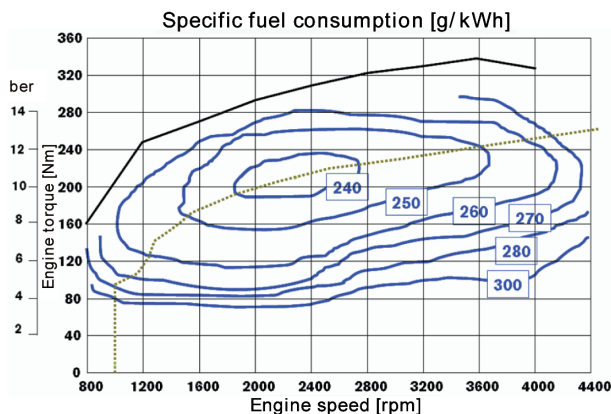


図-5 QR25DERエンジンの燃料消費率マップ  
Fig. 5 Specific fuel consumption of QR25DER

図6に従来のCVTとのフリクションの比較を示す。

オイルポンプの小型化やオイルの低粘度化によって攪拌（かくはん）抵抗を下げ、フリクションを最大40%低減した。また、変速比幅を5.3から6.3に拡大し、駆動効率を向上した。

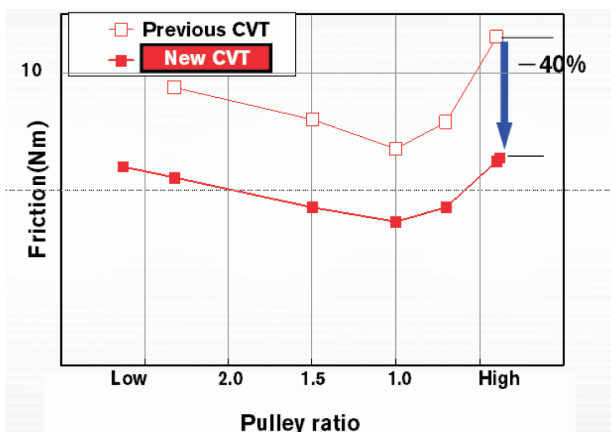


図-6 従来のCVTとのフリクションの比較  
Fig. 6 Friction reduction of CVT

図7にPathfinder Hybridとベース車(3.5Lガソリン仕様)のUSコンバインドモード、及びハイウェイモードの燃費の比較を示す。ベース車に対しUSコンバインドモード燃費を30%、ハイウェイモード燃費を13%向上させ、それぞれ26mpg (11.1km/l)、28mpg (11.9km/l) と、3列シートの北米中型SUVとしてトップクラスの燃費を達成した。

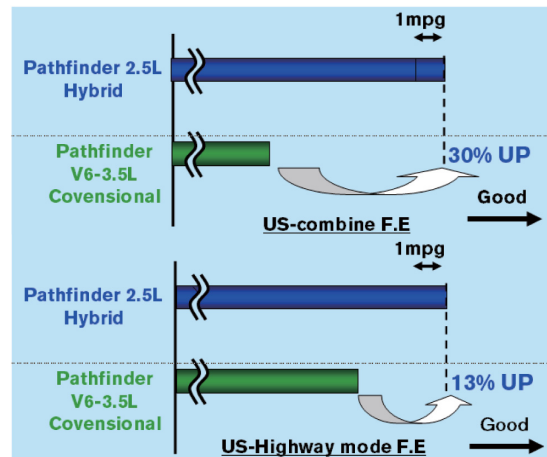


図-7 Pathfinder Hybridとベース車(3.5Lガソリン仕様)の燃費比較  
Fig. 7 Fuel economy

## 4.2 動力性能

図8にシステムトルク特性、図9に車速50km/hからの加速の波形を示す。

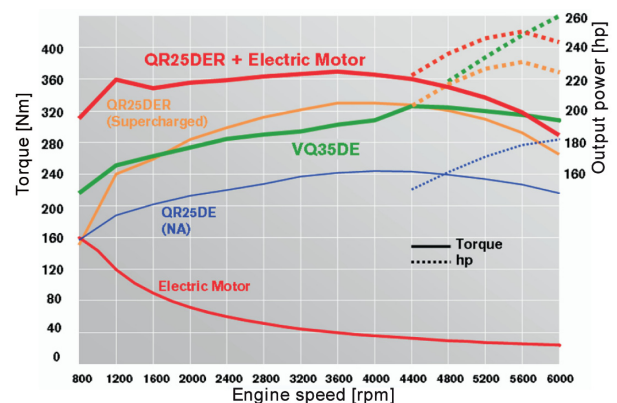


図-8 システムトルク特性  
Fig. 8 System torque curve

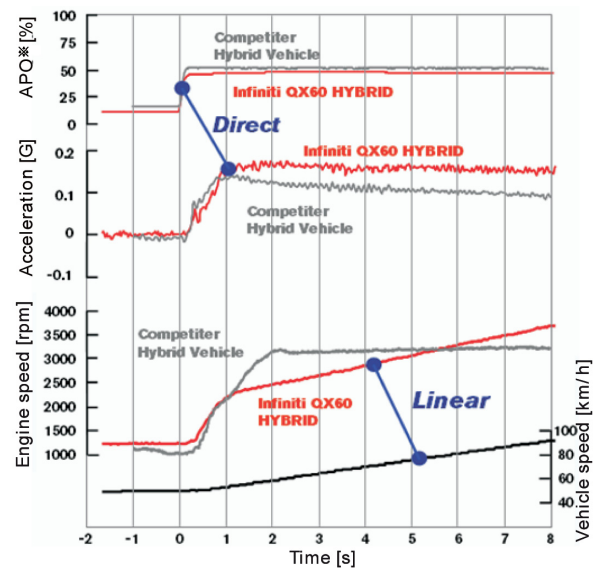


図-9 車速 50km/hからの加速の波形  
Fig. 9 Direct and linear acceleration feeling

V6 3.5Lエンジン車と比べ、低回転域のトルクを強化することで、SUVにふさわしい粘りのあるリニアな加速フィーリングを実現できた。また、1モータ2クラッチハイブリッドシステムの長所である、ダイレクト感のあるドライブフィーリングを実現できた。

5. 技術課題とブレークスルー技術

本ハイブリッドシステムでは、EV走行/エンジンでの走行/モータアシスト走行/減速時エネルギー回生などの機能を頻繁に切替えること、流体継ぎ手であるトルクコンバータを廃したこと、また北米中型SUVとしての車両要件から以下の課題が懸念された。

- ① エンジン始動のスムーズさとレスポンス性の両立
- ② 発進要素として使用する湿式多板クラッチ (CL2) に起因するスムーズさ、レスポンス性
- ③ 長時間の高負荷低速走行時のCL2耐久性
- ④ アクセル操作に対する駆動系ねじり共振 (ガクガク振動)

①②については、フーガハイブリッドで開発した、リチウムイオン電池の充放電の早さを活用した高応答かつ高精度のモータ制御技術、及びモータ推定トルクをセンサとしたクラッチトルク容量学習によるクラッチ制御の高精度化を本システムにも適応して対応した<sup>1) 2)</sup>。

③について、キャンプや海、湖でのレジャーユースで多用されるトレイラやボートのトーイング、砂地や泥ねい路などの悪路走行が北米SUV市場の当たり前性能として要求される。それらのシーンではCL2に長時間、高トルクが入力され発熱が課題となるが、冷却性能を向上させることで要求性能を達成した。5.1節で詳細を説明する。

④については、日産リーフ、フーガハイブリッドで開発したモータによる制振制御技術を更に進化させ、CVTと組み合わせた変速に伴う振動特性の連続変化に対応した制御を構築した<sup>3)</sup>。5.2節で詳細を説明する。

5.1 長時間の高負荷低速走行時のCL2耐久性

北米SUV市場においてはCL2に長時間、高トルクが入力されるトーイング登坂、砂地走行などの高負荷低速走行での走破性が要求される。これらの高負荷低速走行ではCL2を滑らせて発進するが、長時間スリップするシーンではCL2の発熱が課題となる。今回、専用の電動オイルポンプを採用し、高負荷を判定すると作動させCL2を効率的に冷却することで対応した。

図10に北米砂地走行時のCL2温度推移を示す。

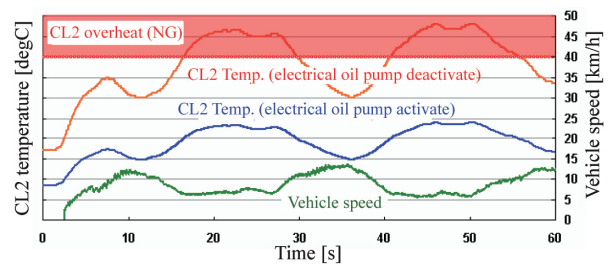


図-10 北米砂地走行時のCL2温度推移  
Fig. 10 CL2 temperature on sand drive

5.2 アクセル操作に対する駆動系ねじり共振 (ガクガク振動)

埋込磁石型同期モータは、応答性に優れるという特長がある。しかし、モータトルクを急しゅんに変化させると駆動力伝達系のねじりに起因する車両ガクガク振動が発生するという問題がある。一方で、振動低減のためにトルク変化を鈍くすると駆動力レスポンスが悪化する。そこで、高応答かつ高精度のモータの特長を最大限引き出すことを目的に、新たにCVT車向けのモータによる制振制御技術を開発した。

図11に制振制御系のブロック図を示す。モータトルク指令値に含まれるねじり振動周波数成分を減衰させるフィードフォワード補償器と、エンジントルクやバックラッシュなどの外乱で発生する振動を抑制するフィードバック補償器で構成する。

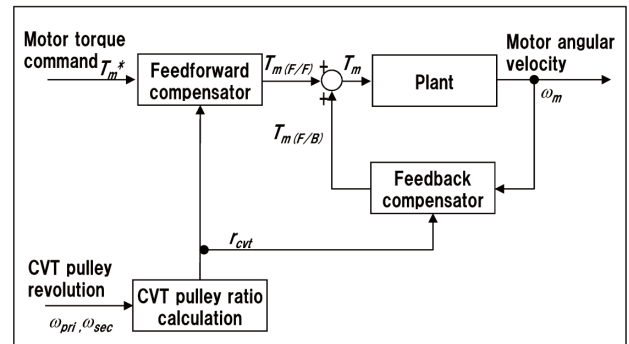
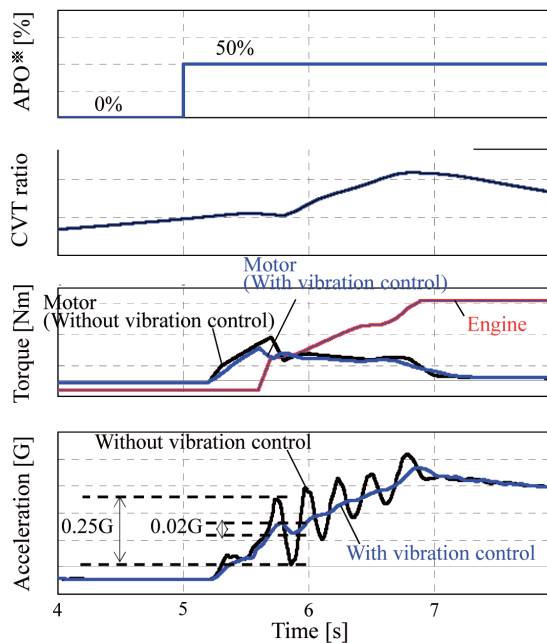


図-11 制振制御系のブロック図  
Fig. 11 Block diagram of the vibration control

CVTが走行中に変速すると駆動系のねじり振動についても共振周波数は変化するため、CVTの連続した変速に最適なモータコントロールを実施した。

図12に制振制御の効果をシミュレーションで予測した結果を示す。制振制御無しの場合、アクセル踏み込み直後に0.25Gの大きな振動があり、その振動が継続しているが、制振制御を用いることで0.02Gに低減でき、効果を確認できた。





※ APO = accelerator pedal opening

図-12 シミュレーションによる制振制御の効果予測  
Fig.12 Simulation results

## 6. ま と め

本システムは、フーガ ハイブリッドで採用した日産独自のFR（後輪駆動）車向け1モータ2クラッチパラレルハイブリッドシステムをベースに、ダウンサイズスーパーチャージャ付エンジンと超低フリクション・ワイドレンジの新世代CVTといったコンベンショナルなパワートレイン技術を組み合わせることで、3列シートの北米中型SUVカテゴリでトップクラスの燃費と、1モータ2クラッチハ

イブリッドシステムの長所であるダイレクト感のあるドライビングフィーリング、SUVにふさわしく粘りのあるリニアな加速感を実現した。走行中のエンジン始動、変速、発進を、クラッチを介して頻繁に切替えることに起因するスムーズさとレスポンスの両立課題は、フーガ ハイブリッドで開発したシステム制御を適用して解決した。また、北米中型SUVとしての車両要件に起因する長時間の高負荷低速走行時の発進クラッチ耐久性については、クラッチ冷却用の電動オイルポンプによる冷却性能強化を行い、アクセル操作に対する駆動系ねじり共振（ガクガク振動）は、CVTの連続変化する変速に最適化したモータ制振制御を開発した。

本FF用ハイブリッドシステムを開発することでNGP 2016の目標通り、ハイブリッドの投入・拡大を実現した。

最後に、この技術的難易度の高いシステムの開発・商品化に多大なご協力をいただきました国内外関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

## 7. 参 考 文 献

- 1) 土川晴久ほか：新パラレルフルハイブリッドシステムの開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 87-11、pp. 21-26 (2011)
- 2) 安達和孝ほか：1モータ、2クラッチパラレルハイブリッド車両のクラッチ、モータ統合制御開発、自動車技術会、自動車技術、Vol. 66、No. 2、pp. 41-47 (2012)
- 3) 伊藤健ほか：高性能電動パワートレイン及び高応答加速度制御技術の開発、自動車技術会、自動車技術、Vol. 66、No. 6、pp. 6-7 (2012)

## ■ 著 者 ■



折田 崇一



伊東 良祐



有吉 伴弘



米田 健児



中倉 奈月



木野戸 秀将



小野山 泰一



河合 恵介

# 新型FFハイブリッド車用QR25DERエンジンの開発

Development of New QR25DER Engine with Supercharger for New FF-Hybrid System

村上 聡\*  
Satoshi Murakami

吉田 直弘\*  
Naohiro Yoshida

市川 博之\*  
Hiroyuki Ichikawa

**抄 録** 近年、環境問題に対する関心は世界的に高まっており、低燃費化は重要な課題となっている。一方、車本来の魅力である走る楽しさをも損ねてはいけな。この相反する2つの課題を両立させるため新型2.5L直列4気筒スーパーチャージャ付エンジンを開発し、このエンジンと1モータ2クラッチハイブリッドシステムと組み合わせる事で、低燃費化と走る楽しさを高次元で両立することが出来た。

**Summary** In recent years, low fuel consumption has become a major concern amid growing global awareness of environmental issues. On the other hand, driving pleasure cannot be ignored. Nissan has developed a new 2.5 liter 4-cylinder engine with supercharger (QR25DER) and combined it with the 1-motor, 2-clutch hybrid system in order to satisfy these two demands at a high level.

**Key words :** Power Unit, heat engine, spark ignition engine, supercharger

## 1. はじめに

近年、地球温暖化、大気汚染に対するグローバルな環境問題があり、低燃費化は重要な課題となっている。

また、同時に自動車の本質的な魅力である動力性能への関心も高くなっている。高まる環境性能要求と動力性能要求の両立を目指し、新型4気筒2.5Lのスーパーチャージャ付ガソリンエンジンQR25DERを開発し新型Infiniti QX60、Nissan Pathfinderへ搭載した。

本エンジンは、スーパーチャージャを採用することで、低・中回転域においてV6 3.5Lエンジンを上回るトルク特性を実現し、1モータ2クラッチハイブリッドシステムと組み合わせることで、低燃費化と走る楽しさを高次元で両立することが出来た。

本稿では、この新型QR25DERエンジンの開発の狙いと主な採用技術について紹介する。

## 2. エンジンの概要と主要諸元

QR25DERエンジン（図1）は、2012年発売した新型Nissan Altimaに搭載された第三世代目QR25DEエンジンの本体系・基本構造を共用しつつ、最新の四葉ルーツ式スーパーチャージャを追加することで、V6 3.5LのVQ35DEエンジンと同等の出力・トルクを確保しながら、大幅な燃費向上を達成すべく開発した。

QR25DERとベースエンジンである自然吸気エンジンのQR25DE、VQ35DEとの諸元比較を表1に示す。昨今の北

米市場でのガソリン価格上昇を考慮し、スーパーチャージャを追加しながらもレギュラーガソリン対応としている。



図-1 QR25DERエンジン  
Fig. 1 QR25DER engine

表-1 エンジン主要諸元  
Table 1 Engine specifications

|                                 | QR25DE                 | QR25DER                | VQ35DE<br>(for Pathfinder) |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
| Engine type                     | Inline<br>4-cylinder   | Inline<br>4-cylinder   | V-6cylinder                |
| Injection type                  | Port injection         | Port injection         | Port injection             |
| Aspiration                      | Natural                | Supercharger           | Natural                    |
| Displacement (cm <sup>3</sup> ) | 2488                   | 2488                   | 3498                       |
| Bore x Stroke (mm)              | 89 x 100               | 89 x 100               | 95.5 x 81.6                |
| Compression ratio               | 10                     | 9.1                    | 10.3                       |
| Max. power (kw/rpm)             | 136/6000               | 172/5600               | 194/6000                   |
| Max. torque (Nm/rpm)            | 244/4000               | 330/3600               | 326/4400                   |
| Emission class                  | LEV2-SULEV             | LEV2-ULEV              | LEV2-ULEV                  |
| Gasoline                        | Regular<br>(Ron-91oct) | Regular<br>(Ron-91oct) | Regular<br>(Ron-91oct)     |

\*パワートレイン第一製品開発部

### 3. 性能・採用技術

#### 3.1 出力・トルク特性

図2にQR25DERの出力・トルク特性を、ベースのQR25DEおよびVQ35DEとの比較で示す。スーパーチャージャを搭載することで、CVTベースのハイブリッドシステムで多用する低・中回転域において、V6 3.5LのVQ35DEを上回るトルク特性となっている。

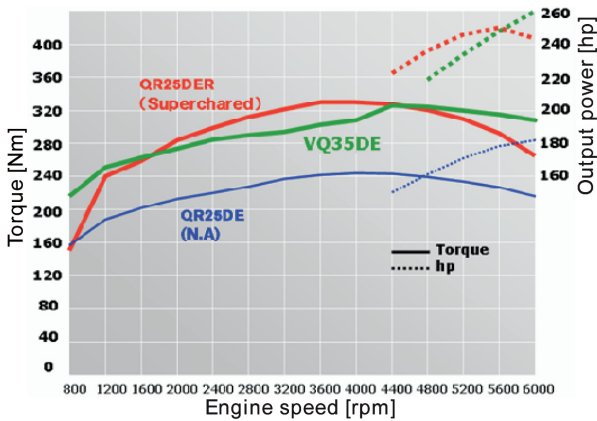


図-2 エンジントルクカーブ  
Fig. 2 Engine torque curve

#### 3.2 クランクシャフト剛性アップ

QR25DERはベースのQR25DEに対しスーパーチャージャを搭載することで、燃焼圧力が増加している。燃焼圧力の増加によりクランクシャフトへの入力が大きくなり、クランクシャフトの口開き方向の変形による音振性能の悪化が懸念された。その対策として、QR25DERではクランクシャフトの形状を変更することで（図4）シャフト剛性を向上させ、音振性能は悪化させない設計にした（図3）。

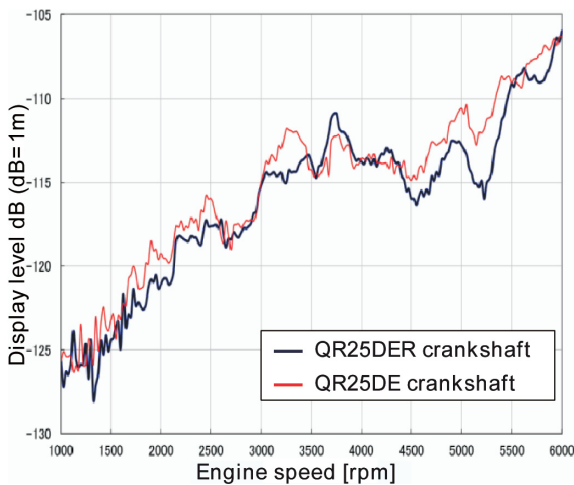


図-3 クランクシャフト変更による音振低減効果  
Fig. 3 Effect of crankshaft change for NVH

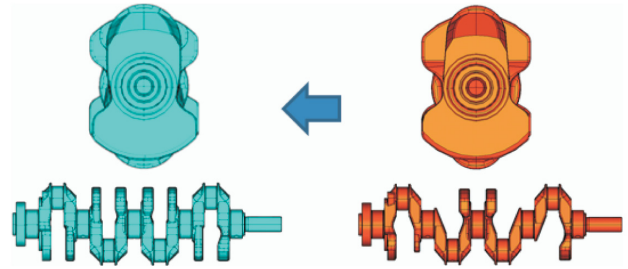


図-4 QR25DER クランクシャフト形状  
Fig. 4 QR25DER crankshaft shape

#### 3.3 油圧中間ロックVTC

QR25DERは吸気、排気両方に可変バルブタイミング機構（VTC）を搭載する。

吸気側には、QR25DEと同様に中間ロック式VTCを採用している。これにより、冷機始動時は吸気バルブの閉じるタイミングを早く設定することで、始動時のHC（炭化水素）排出量を低減し、モータ走行（EV走行）からの再始動時は吸気バルブの閉じるタイミングを遅く設定することで、エンジン始動ショックを低減することが出来た。従来の油圧式VTCでは、エンジン始動時に十分な油圧を確保出来ないため、エンジン始動時に異なるバルブタイミングを設定することが出来なかったが、中間ロック式VTCを採用することで可能となった。始動時以外の領域では、それぞれの性能要求に応じた最適なバルブタイミングを設定している。図5に暖気後のバルブタイミングマップを示す。

この吸気、排気バルブタイミングマップによりダウンサイジング化による燃費高効率領域を拡大した。燃費マップを図6に示す。

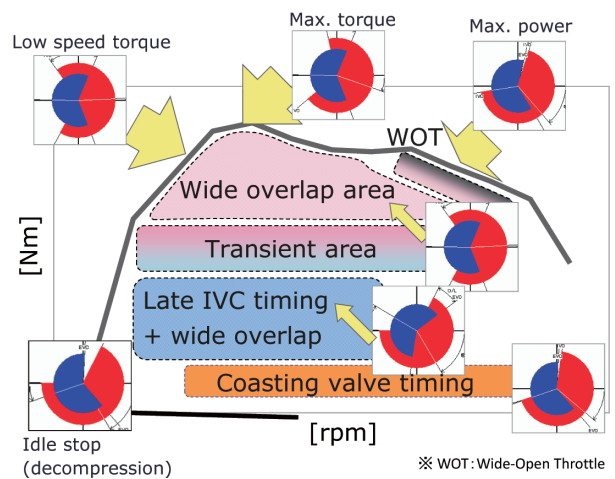


図-5 バルブタイミングマップ  
Fig. 5 Valve timing map (after warmed-up)



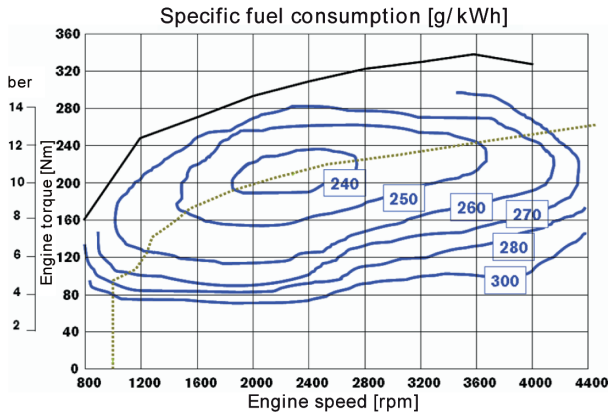


図-6 燃費マップ  
Fig. 6 Specific fuel consumption of QR25DER

### 3.4 スーパーチャージャ

QR25DERは従来のスーパーチャージャに対し高効率、高圧縮を実現できるEaton社製のスーパーチャージャ Twin Vortices System (図7) を搭載し、ベルトドライブで駆動する。スーパーチャージャ追加に伴う燃費向上効果とスーパーチャージャ自体の駆動損失の最良点となるクランクプーリ比2.65でベルト駆動している。

図8にスーパーチャージャのシステム構成を示す。ハイブリッドシステムとの協調制御を実現するため、電動ス

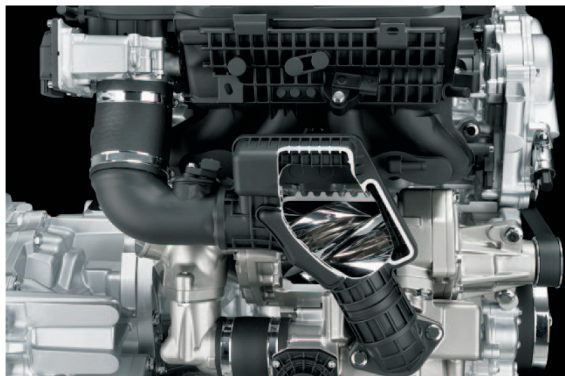


図-7 スーパーチャージャとバイパスバルブ  
Fig. 7 Supercharger and bypass valve

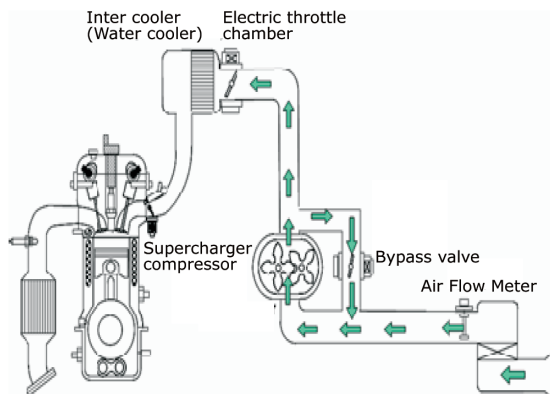


図-8 スーパーチャージャのシステム構成  
Fig. 8 Supercharger system

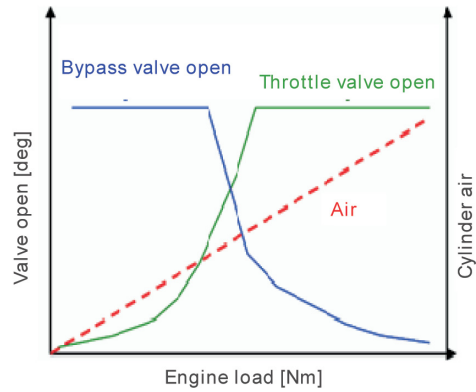


図-9 スロットルバルブとバイパスバルブ作動図  
Fig. 9 Throttle valve and bypass valve motion

ロットルタイプのバイパスバルブを採用する。スロットルバルブとバイパスバルブの協調制御によりトルクコントロールを実施している (図9)。

スーパーチャージャ駆動時は高周波の脈動を伴うため、脈動音の抑制が課題となる。脈動音はエンジン回転数ごとに周波数を変え、またバイパスバルブの開度に応じ脈動伝達経路も変える。QR25DERでは、この脈動を吸収するため、エアダクト経路中に周波数帯の異なるレゾネータを多数設定した (図10)。その結果、脈動音を暗騒音以下のレベルまで下げることが出来た (図11)。

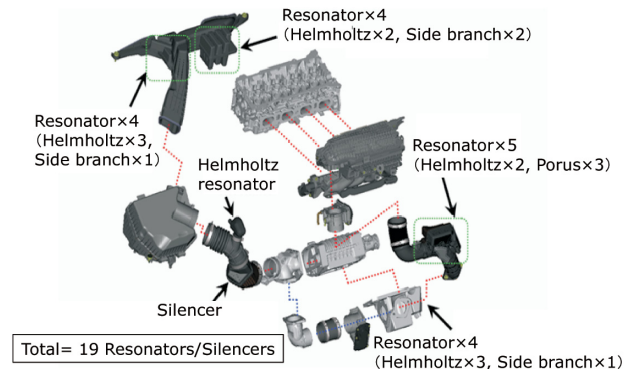


図-10 スーパーチャージャ脈動音対策  
Fig. 10 Countermeasure for supercharger pulsation noise

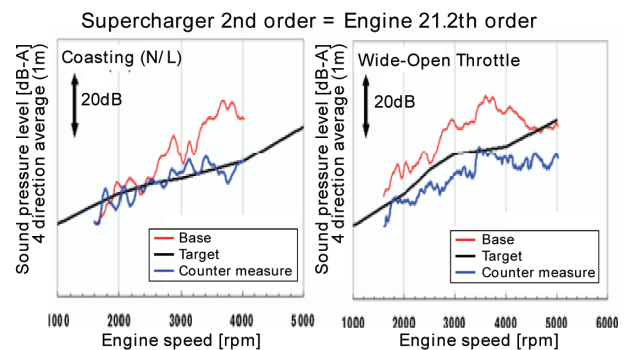


図-11 スーパーチャージャ脈動音低減効果  
Fig. 11 Effect of countermeasure for supercharger pulsation noise

### 3.5 可変燃圧システム

スーパーチャージャは排気システムコストを抑え、厳しいエミッション規制を達成することが出来る。しかし、ノンリターン燃料システムで成立させるには大流量のインジェクタが必要となる。大流量インジェクタを採用した場合、噴霧粒径が大きくなり排気エミッションに不利となる。

そこでQR25DERでは、燃料圧力を350kPaから650kPaに変更出来る可変燃圧システム（FPCS）を採用した。燃料圧力をECM（Engine Control Module）で読み取り、FPCM（Fuel Pump Control Module）を制御することで、各回転の負荷ごとに燃圧コントロールを実施する。その結果、低回転側の噴霧微粒化目標を満足できるインジェクタで高負荷・高回転側の燃料流量要求を満たすことが出来た。可変燃圧システム図を図12に、燃料圧力マップを図13に示す。

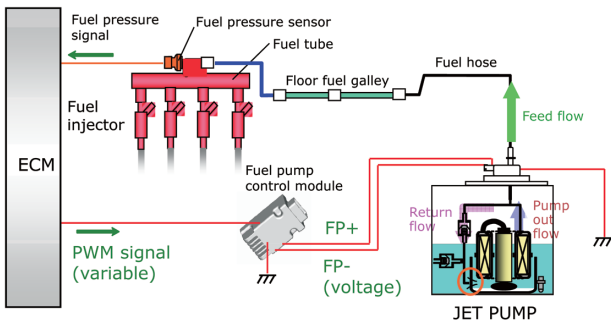


図-12 可変燃圧システム  
Fig. 12 Fuel pressure control system (FPCS)

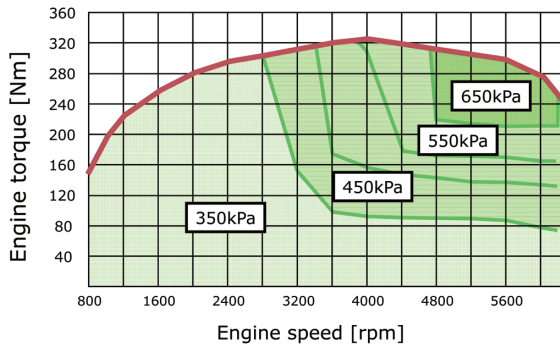


図-13 燃料圧力マップ  
Fig. 13 Fuel pressure map (after warmed-up)

### 3.6 水冷インタークーラー

QR25DERは、熱容量が大きい水冷インタークーラーを採用することで、空冷インタークーラーよりも停止からの発進時と減速からの再加速時における吸気温を低くすることが出来た（図14）。これにより、高吸気温による点火時期リタードが無くなり、動力性能と燃費の向上を実現することが出来た。

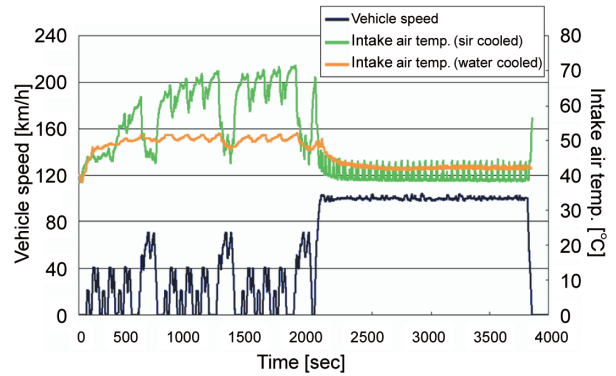


図-14 水冷式と空冷式インタークーラーの吸気温比較  
Fig. 14 Comparison intake temperature between water-cooled and air-cooled intercooler

## 4. まとめ

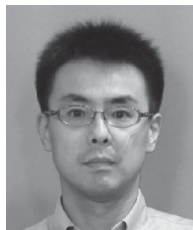
今回開発したエンジンQR25DERは、上記に記述したようにAltima向けのベースエンジンQR25DEにスーパーチャージャを搭載した。その結果、低回転域からV6 3.5Lエンジン並みの出力トルクを発生させることが出来、ハイブリッドシステムとの組み合わせることで、運転する楽しさを損なわず低燃費を実現することが出来た。

最後に本エンジンの開発、製品化に多大なご協力を頂いた社内外関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

## 5. 参考文献

- 1) 村田雅人ほか：新型ガソリン4気筒2.5Lエンジン開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 91-12、pp. 1-4 文献番号20125820（2012）

### ■ 著 者 ■



村上 聡



吉田 直 弘



市川 博 之

# 新型FFハイブリッド車用トランスミッションの開発

Development of New Transmission System for FF-Hybrid Vehicles

寺内 政治\*  
Seiji Terauchi

大曾根 竜也\*  
Tatsuya Osone

小長谷 文人\*\*  
Fumihito Konagaya

山本 毅\*\*  
Takeshi Yamamoto

**抄 録** 日産は2013年10月に、FFハイブリッド車のNissan Pathfinder Hybridを北米向けに投入した。このFFハイブリッドシステムはFR車のフーガハイブリッドで採用済みの1モータ2クラッチシステムを踏襲し、トランスミッションは中・大型乗用車向けのCVTをベースに高効率且つ小型・軽量を目指して、新たにFFハイブリッド車用トランスミッションを開発した。本稿では、そのシステム基幹コンポーネントである本トランスミッションにおいて、技術課題を克服したブレークスルー技術、構成、性能について解説する。

**Summary** In October 2013, Nissan released new Nissan Pathfinder Hybrid equipped with a one-motor, two-clutch parallel full hybrid system in the North American market. This system has also been applied to Infiniti QX60 Hybrid. The hybrid system uses a one-motor, two-clutch parallel system (initially applied to Infiniti M35h) that efficiently manages power from both the electric motor and gasoline engine. It has high potential to balance a lightweight package with high efficiency. This article focuses on the hybrid transmission as one of the core components of this hybrid system. It describes the hybrid transmission structure, performance, and breakthrough solutions that were adopted to overcome various technical issues.

**Key words :** power transmission, hybrid vehicle, one-motor two-clutch hybrid system

## 1. はじめに

地球環境が明確に課題視され、CO<sub>2</sub>低減の必要性が高まって久しいが、2ペダル市場においては、ドライビングプレジャー向上のニーズも急速に高まっている。これまで日産自動車はジヤトコ株式会社と連携し、CVT（無段変速機）を中心としたフルラインナップ化されたトランスミッションで、それらのカスタマーニーズに答えてきた。中でも2012年に市場投入した中・大型乗用車向けのCVT（以降CVT8）は従来型に比べ、レシオカバレッジの17%拡大、フリクションの40%の低減、および車両との協調制御の進化により、10%の大幅な燃費向上とドライビングプレジャー向上を両立した。

FF（前輪駆動）車のハイブリッド車（HEV）化にあたり、日産／ジヤトコは、すでにFR（後輪駆動）車用7速AT（自動変速機）と組み合わせ、2010年11月より発売している日産フーガハイブリッド向けのHEVシステムと同様の1モータ2クラッチハイブリッドシステム（以降1M2CL）構造を採用した。

本稿では、ベースのCVT8の持つワイドギアレシオ、低フリクション性能、および搭載性を継承したFFハイブリッド車（以降FF-HEV）用トランスミッション開発の概要を紹介する。

## 2. HEVシステムおよびユニット概要

### 2.1 システム構成と作動

HEVシステムにはこれまで様々な方式が考案されているが、1M2CLは最も小型・軽量、且つ高効率なパラレルHEVシステムのひとつである。構成としては、1つのモータと2つのクラッチからなる。

図1に1M2CLの概念図を、図2に車両状況における1M2CLの機能と動作を示す。

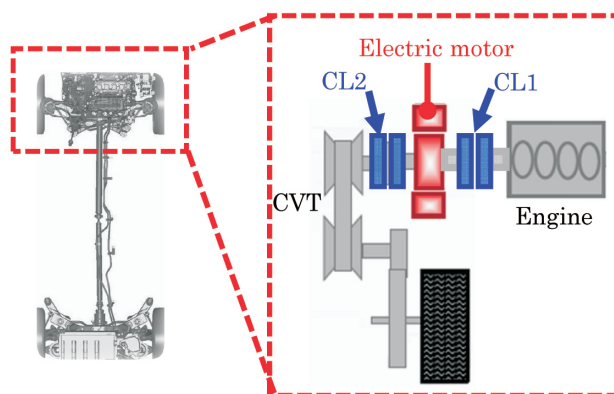
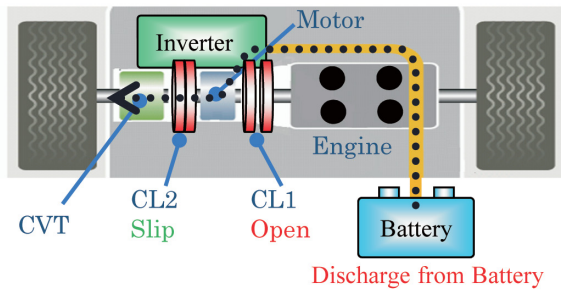


図-1 1M2CLのシステム概念構成図  
Fig. 1 Conceptual structure of 1M2CL system

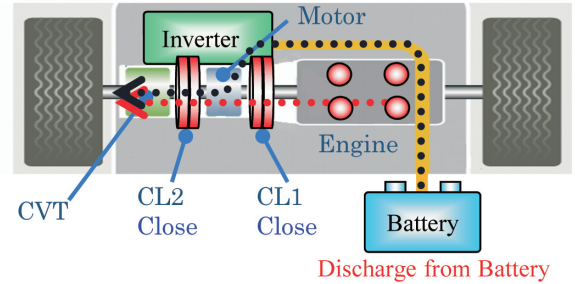
\*パワートレイン第四製品開発部 \*\*ジヤトコ株式会社



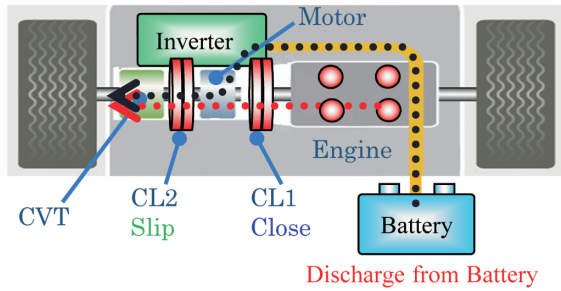
① Start by motor (engine stop)



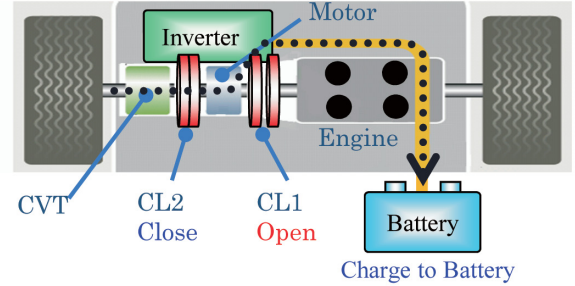
④ Power assist by motor



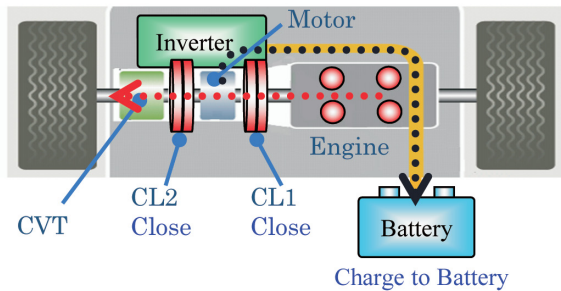
② Start by motor & engine



⑤ Energy regeneration during coasting



③ Power generation & battery charge



⑥ Exhaust gas volume reduction at cold start

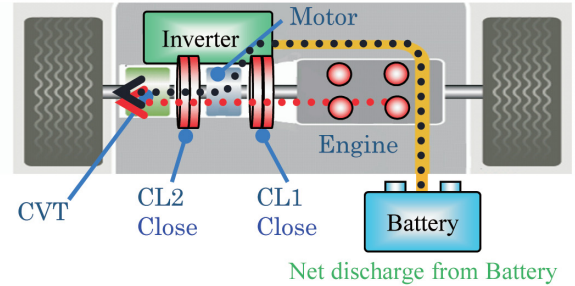


図-2 システム動作 (モード)  
Fig. 2 System operations (modes)

1つのモータが駆動と発電を行い、2つのクラッチのうちエンジンとモータの間に位置するクラッチ（以降CL1）は以下の機能と動作を行う。

- (1) エンジン停止時にCL1を開放し、エンジンとモータを切り離してエンジンフリクションを遮断する。
- (2) エンジン始動時にCL1を締結し、モータトルクをエンジンへ伝達してエンジンを始動させる。
- (3) エンジン始動後、CL1の締結を維持し、エンジンの動力をトランスミッションへ伝達する。

そして、もう一方のクラッチ（以降CL2）はCVTの前駆進切換えクラッチのスペースに配置され、以下の機能と動作を行う。

- (1) 車両発進時にCL2をスリップさせ、スムーズな発進および停止のため、モータ（もしくはエンジン+モータ）からの伝達トルクをコントロールする。
- (2) 車両走行時にCL2を締結し、モータ（もしくはエンジン+モータ）の動力を変速機構へ伝達する。
- (3) 車両停止時にCL2をスリップさせ、モータの動力をコントロール（遮断）し、ニュートラルを形成する。

## 2.2 新型FF-HEV用トランスミッションの主要諸元

新開発のFF-HEV用トランスミッションの主要ユニット諸元を表1に、また断面図を図3に示す。

表-1 FF-HEV用トランスミッションの主要諸元  
Table 1 Specifications of transmission for FF-HEV

| Hybrid type      |                 | 1-motor 2-clutch parallel |
|------------------|-----------------|---------------------------|
| Final gear ratio |                 | 5.846                     |
| Torque capacity  |                 | 380 Nm                    |
| Motor            | Max. torque     | 160 Nm                    |
|                  | Max. power      | 15 kW (力行)                |
|                  | CL1 clutch type | 乾式 4枚                     |
| Transmission     | Type            | CVT                       |
|                  | Belt type       | チェーンタイプ                   |
|                  | Ratio coverage  | 2.413~0.383               |
|                  | Fwd/Rev ratio   | Fwd: 1/Rev: 2.13          |
| CL2 clutch type  |                 | 湿式 Fwd:4枚/Rev:5枚          |

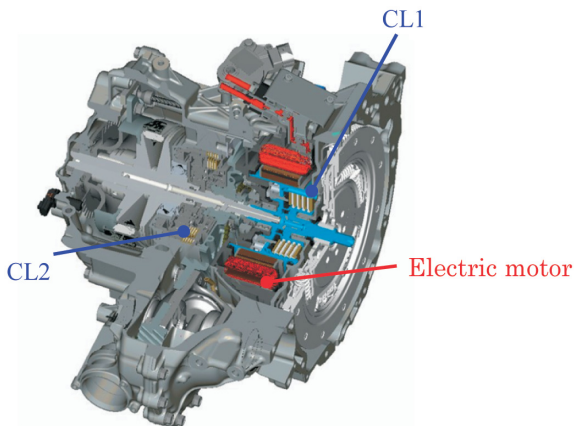


図-3 FF-HEV用トランスミッション主断面  
Fig. 3 Cross-sectional view of transmission for FF-HEV

### 3. 1M2CLをFF-HEV用トランスミッションへ採用するためのコンポーネント技術

多様な車両への搭載を求められるFF-HEV用トランスミッションは、1M2CLコンポーネントをCVTのユニット部へ内蔵することにより、CVTのワイドギアレシオ、低フリクション性能を確保しながら、優れた搭載性もほぼそのままに継承した。これを達成するためのキー技術を解説する。

#### 3.1 モータ搭載の技術

HEV用モータをトランスミッション内に搭載する際には、EV走行時（エンジン停止中の走行）を想定して、より静粛性を高める必要がある。そこで、モータからの振動伝播を抑止するために、モータをトランスミッションケースに直接固定せず、弾性体を介して保持するモータマウントフローティング構造（図4）を採用した。

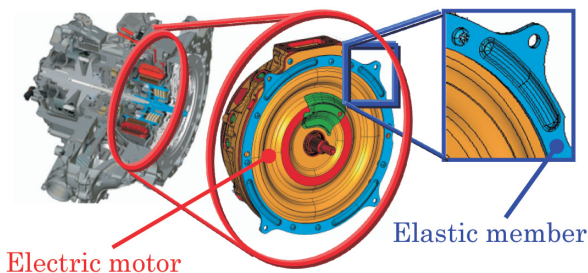


図-4 モータフローティングマウント構造  
Fig. 4 Floating motor mounting structure

#### 3.2 CL1搭載の技術

図5に新型FF-HEV用トランスミッションのCL1構成、図6にCL1の断面図を示す。FR車と異なり、FF車は車両左右方向にエンジンとトランスミッションを搭載することになるため、トランスミッションへの全長抑制要求は、更に厳しくなっている。

このため、新型FF-HEV用トランスミッションは、CL1に乾式多板クラッチを採用して、CL1全体をモータの内側へ収めることで、CL1およびモータをCVTのトルクコンバータスペースに収めるレイアウトとした。また、乾式多板構造を採用するためには、クラッチ開放時の引きずりフリクションの性能向上や摩耗粉の排出性向上が必要となる。新型FF-HEV用トランスミッションでは、摩擦材表面の溝形状の最適化やクラッチプレートへの空気孔設置により、クラッチ板の間に空気を流し込み、性能向上を図った。

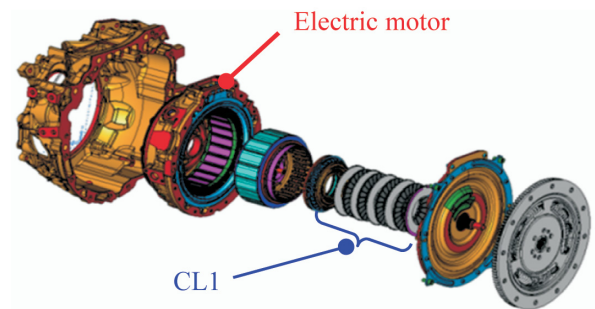


図-5 FF-HEV用トランスミッションのCL1構成  
Fig. 5 Structure of CL1 in transmission for FF-HEV

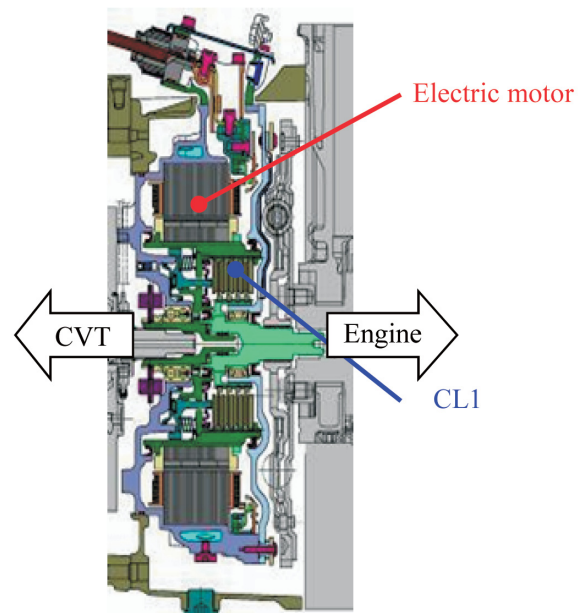


図-6 モータおよびCL1部の断面  
Fig. 6 Cross-sectional view of electric motor and CL1

#### 3.3 CL2搭載の技術

新型FF-HEV用トランスミッションは中型SUVへも搭載するため、トーイングも可能としている。トーイング発進では、CL1を締結し、エンジン+モータからの大きなトルクをCL2に入力した状態で、CL2をスリップさせながら発進するため、CL2の冷却性能を向上する必要がある。



新型FF-HEV用トランスミッションは、CL2へのトルク入力経路の見直しや潤滑冷却専用の電動オイルポンプを装備することで、CVTの前後進切換えクラッチのスペースに収めながら、CL2の耐久性を向上することに成功し、SUVへの適用を可能にした（図7、図8）。

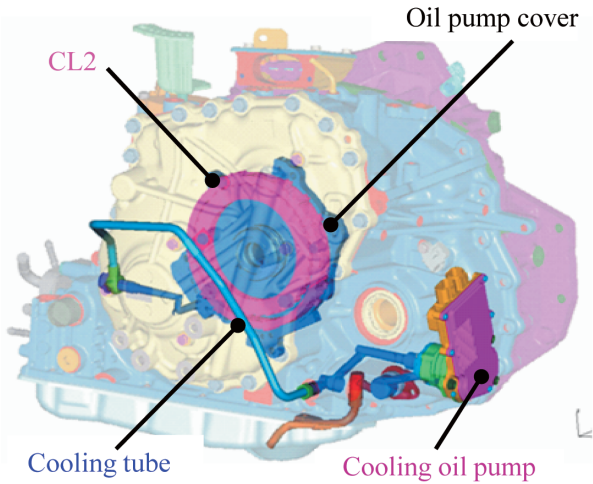


図-7 CL2の冷却システム  
Fig. 7 Cooling system for CL2

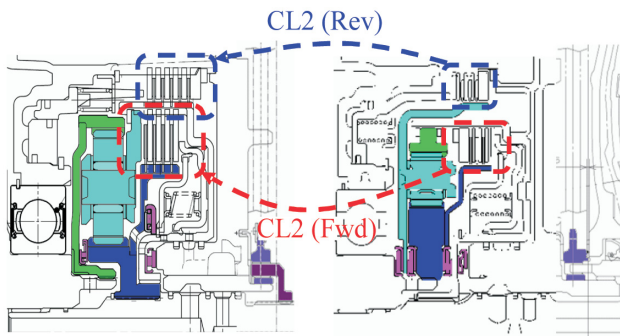


図-8 CL2およびプラネタリギヤ部の断面（FF-HEV用トランスミッション（左）、ベースのCVT8（右））  
Fig. 8 Cross-sectional views of CL2 and planetary

#### 4. 更なる燃費向上の取り組み

新型FF-HEV用トランスミッションは、ベースとなるCVT8の優れた燃費性能を更に飛躍させるため、HEV化に伴い様々な燃費向上技術を採用した。

##### 4.1 プーリ剛性の最適化

新型FF-HEV用トランスミッションでは、セカンダリプーリ剛性を向上し、プーリ変形に伴うチェーンの走行半径変動を抑制することにより、ベースのCVT8と比べてトルク容量を20%向上した。これにより、推力も低減することができ、より低い油圧でのトルク伝達を可能とした（図9）。

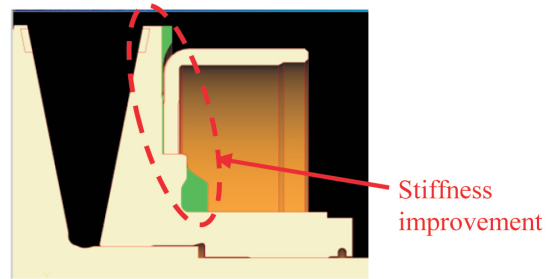


図-9 セカンダリプーリの最適化形状  
Fig. 9 Optimized shape of the secondary pulley

##### 4.2 新トルクデマウンド制御

エンジン、モータのトルク制御およびCVTの変速制御を協調させることで、目標駆動力を実現しながら電力回収の向上と燃料消費率の抑制することが可能となる。これを実現するために、新たに開発したトルクデマウンド制御を採用した。

##### 4.3 充電状況に応じた最適変速

CVTが充電状況（State of charge；以降SOC）に応じた変速を行うことで、駆動力を維持したままエンジントルクが最適動作線をたどることを可能とした。

##### 4.4 回生効率の向上

回生時にモータおよびインバータの効率が良い条件で電力回収を行うようCVTが変速し、モータ回転を最適にコントロールして、短い時間でのSOC回復を実現した。

#### 5. 新型FF-HEV用トランスミッションのものづくり生産と開発のダイバーシティ

新型FF-HEV用トランスミッションは、モータ、CL1およびCL2のレイアウトを最適化して、ベースのCVT8との部品共用率を高めることに成功した。

##### 5.1 ユニットダイバーシティ

新型FF-HEV用トランスミッションは、ベースのCVT8との部品共用率を約70%達成している。その結果、小型・軽量のユニット特性の維持、コスト低減に大きく寄与した。

##### 5.2 フレキシブルな生産

新型FF-HEV用トランスミッション開発では、生産技術部門、工場部門および開発部門によるクロスファンクショナルなサイマル活動により、部品共用のみならず生産ラインの共有化にも取り組んだ。その結果、トランスミッションケース、プーリ部品、ギヤ部品およびコントロールバルブなど多くの主要部品で、ベースのCVT8の加工および組立ラインと共有化に成功した。

加えて、モータ搭載や強電ハーネス取付けなどHEV特有の工程に関しても、従来CVT8の組立ラインの構成を大きく変えることなく、混流生産を可能とした。

## 6. ま と め

CO<sub>2</sub>低減（燃費向上）とドライビングプレジャー向上の両立というニーズが高まる中、1M2CLをFR車に続きFF車においても適用し、上記ニーズへのソリューションとして中・大型車向けにFF-HEV用トランスミッションの開発を行った。この新型FF-HEV用トランスミッションは、高効率且つ小型・軽量の1M2CLを採用すること、CL1とCL2の最適レイアウト、モータマウントフローティング構造などにより、ベースのCVT8の特徴であるワイドギアレシオ、低フリクション性能、および優れた搭載性を継承することができた。

また、ベースのCVT8との部品共用を進め、価格競争力

やグローバルでの生産性を確保しながら、プーリ剛性の最適化や新トルクデマンド制御の採用など、最新の燃費技術に磨きを掛け、カスタマーニーズに応える新世代ユニットとすることができた。

最後に、この新型FF-HEV用トランスミッションの開発にあたり、多大なご協力を頂いた社内外の皆様にも、深く感謝の意を表します。

## 7. 参 考 文 献

- 1) 赤坂 裕三ほか：新型ハイブリッド車用乾式多板クラッチ内蔵モータのトランスミッションへのフローティングマウント技術、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 132-13、pp. 1-7 (2013)
- 2) M. Takeshi: Parallel hybrid with CVT Optimum regeneration system of ICE Powertrain, 11th International CTI Symposium (2012)

### ■ 著 者 ■



寺内 政治



大曾根 竜也



小長谷 文人



山本 毅

# 新型ハイブリッド車用乾式多板クラッチ内蔵モータを搭載したトランスミッション開発

Development of Transmission with Motor-housed Dry Multiplate Clutch for New Hybrid Vehicles

赤坂 裕三\*  
Yuuzou Akasaka

青柳 剛\*  
Tsuyoshi Aoyagi

上原 弘樹\*  
Hiroki Uehara

藤井 友晴\*  
Tomoharu Fujii

**抄 録** FFハイブリッド車用に引きずりフリクションがなく、燃費性能及びエンジン始動応答性に優れる世界初の乾式多板クラッチを内蔵したモータを開発した。本稿では多くの難課題を克服した乾式多板クラッチのブレークスルー技術、及びトランスミッションへのモータフローティングマウント技術について説明する。

**Summary** We developed the world's first electric motor with a built-in dry multiplate clutch without friction for FF hybrid vehicles. This article describes the technologies for the dry multiplate clutch and motor floating mount to the transmission.

**Key words :** Power Transmission, clutch, hybrid vehicle

## 1. はじめに

ハイブリッド車は様々なシステム方式が提案されているが、中でも走行と発電を行う1つのハイブリッド用モータと2つのクラッチ（1つはエンジンとモータ間の接続に、もう1つは発進時に使用）を搭載した1モータ2クラッチパラレルハイブリッドシステム（以下、1モータ2クラッチシステムと記す）は、エンジンとモータ間の動力伝達を切り離すクラッチを持つ<sup>1)</sup>。よってEV（モータ）走行時や減速時のモータによるエネルギー回生においてエンジンのフリクションロスがない高効率なシステムである。

本稿ではFF（前輪駆動）車への1モータ2クラッチシステムの搭載を目的に、乾式多板クラッチ（以下、クラッチ1と記す）とそのパッケージ技術、モータ搭載による騒音を大幅に低減するトランスミッションへのモータマウント技術の開発を行ったので報告する。

## 2. FFハイブリッドユニット

### 2.1 トランスミッション構成

FF車はハイブリッドユニットを搭載するためのスペー

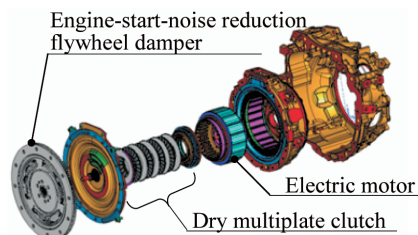


図-1 FFハイブリッド車用トランスミッション  
Fig. 1 Transmission for FF hybrid vehicle

スが小さい。このため、コンベンショナルなトランスミッションのトルクコンバータのスペースにクラッチを多板構造に、かつモータ内側に内蔵することで、軸方向長さを短縮する必要があった（図1）。

## 3. 乾式多板クラッチ

### 3.1 技術課題と取り組み

乾式多板クラッチの開発には、以下の課題を解決する必要があった。

#### (1) 摩擦材の偏摩耗

多板クラッチ構造は複数のクラッチプレートの内、端のプレートを一つのピストンで押す構造のため、各プレートの面圧分布に偏りが発生し、摩擦材が偏摩耗する。同時に偏当りにより摩擦係数も低下する。

#### (2) 引きずりフリクション

クラッチ1の開放時、プレート間に発生する負圧によりクラッチプレートが吸い付くため接触し、引きずりフリクションが発生する。

#### (3) 摩耗粉の堆積

摩擦材から発生する摩耗粉がクラッチ1付近に介在すると、締結開放機能が損なわれる。

### 3.2 摩擦材の偏摩耗

多板クラッチ構造はMT（手動変速機）のクラッチのように、プレート面全体で荷重を受けることができない。そのため各クラッチプレートにかかる荷重の位置が変わり、面圧分布に偏りが発生し、摩擦材が偏摩耗する。図2に各ピストンの押し位置におけるクラッチプレートの傾きを断

\*パワートレイン第四製品開発部

面図で示したものと、プレート面圧分布を示している。ピストンの位置は①がプレートの内径側を押しており、②、③、④とプレートの外径側へ移動させた場合を示している。①のピストン内径側を押した場合はピストン側のプレートにかかる荷重が内径側に集中し、③、④のようにピストン位置を外径側に移動させ過ぎると、外径側のみに荷重が集中する。

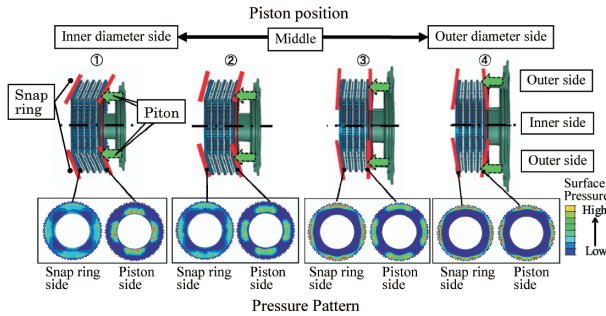


図-2 ピストンの位置における圧力分布  
Fig. 2 Piston position and pressure distribution

図3にピストン位置と各性能を示す。面圧分布が最適となるピストン押し位置は、内径側と外径側の面圧が同等になる②と③の間である。

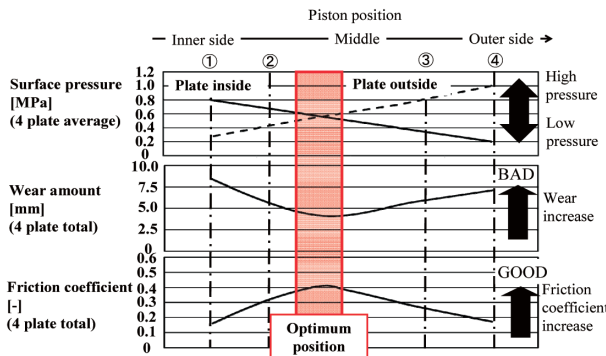


図-3 ピストンの位置による各性能結果  
Fig. 3 Piston position and various performance

以上より、ピストン押し位置を最適に設定することで、8面のクラッチプレート面圧分布を適正化した。図4に最適なピストンの押し位置と摩擦材の摩耗量低減効果を示す。

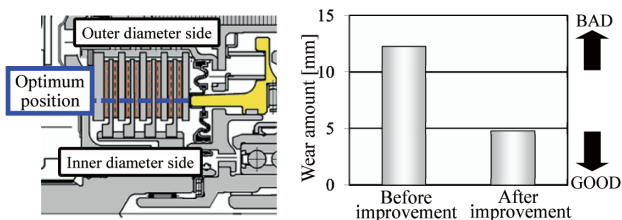


図-4 ピストン位置改善による摩耗量比較  
Fig. 4 Comparison of wear by improvement of piston position

### 3.3 引きずりフリクション

図5にプレート形状の改良による引きずりフリクション

低減の考え方を示す。ハイブリッド走行からEV走行への移行時に、クラッチ1を開放する。クラッチ1のプレート間に発生する負圧によりクラッチプレートが吸い付くため接触し、引きずりフリクションとなる(図5①)。

そこでクラッチ1の摩擦材に放射状の溝を設けると、遠心ファンの効果で空気がクラッチプレートの内径側から外径側に流れる。この気流をプレート間に流し込みプレート同士を引き離す方法を検討したが、負圧が発生し、プレート同士が吸い付き、引きずりフリクションが発生した(図5②)。

摩擦材の放射状溝に加え、プレート内径側に空気の供給通路としての空気孔を設けることで、プレート間に発生する負圧の低減を試みた(図5③)。

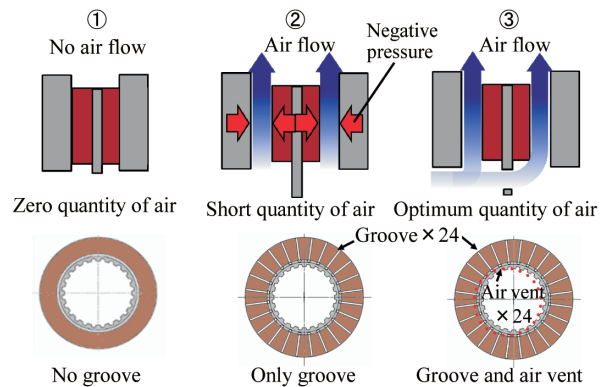


図-5 気流によるクラッチプレート分離の考え方  
Fig. 5 Clutch plate separation by air flow

摩擦材の溝で作り出す遠心方向の空気量は、多過ぎると供給できる空気量とのバランスが崩れ、空気の量が不足すると負圧低減効果が減少し、引きずりフリクションが発生する。以上によりクラッチプレート形状(摩擦材溝形状と空気穴)による空気の流量バランスを適正化することで、引きずりフリクションを無くす構造を考案した。図6に摩擦材の溝数と引きずりフリクションの関係、及び適正化したプレート形状の引きずりフリクション測定結果を示す。

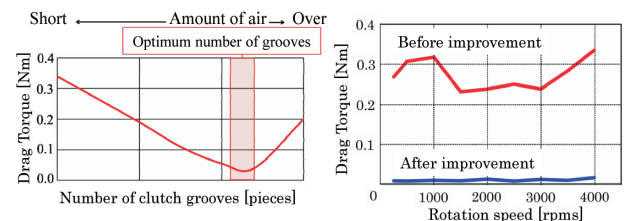


図-6 クラッチ溝数とドラッグトルクの検証結果  
Fig. 6 Number of clutch grooves and drag torque

### 3.4 摩耗粉の堆積

クラッチ1はモータに内蔵するため閉鎖空間となっており、摩擦材の摩耗粉はプレートの回転による遠心力で外周側へ排出できず堆積してしまう。よってクラッチ1締結・開放機能が損なわれないように摩耗粉をクラッチ1周辺か



ら移動させる必要があった。そこで、プレートが回転することで発生する空気の流れを活用し、摩耗粉を風力により押し出す構造を検討した。図7に空気の流れを示す。

クラッチ1により発生する気流の経路は以下とした。

- (1) 遠心ファンの効果で気流がクラッチプレート外径側に送られ、クラッチ1外径側の気圧が高まる。
- (2) クラッチ1外径側の気圧が高まっているため、気圧の低い大気側へ空気が流れる。
- (3) クラッチ1が発生する気流によりクラッチ1内径側の空気が外径側に送られてしまうため、内径側の気圧が低下し、大気側から空気が流れる。

結果、(3) → (1) → (2) → (3) に空気が流れる。この空気の流れを用いてクラッチ1の摩擦材から発生する摩耗粉をプレート外径側から大気圧方向へ移動させる設計とした。

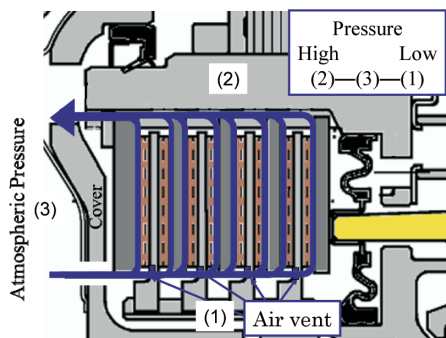


図-7 クラッチの摩耗粉を動かす気流の流れ  
Fig.7 Air flow to move clutch powder

以上より摩耗粉の排出検討を行った。摩耗粉は遠心力によりドラム内周に張付く。摩耗粉とドラム間のしゅう動抵抗（遠心力と摩擦係数で決まる）に対して、プレートが発生させる気流の力が勝っていれば摩耗粉をプレート周辺からダストエリアに移動できる。模式的に表したものを図8に示す。

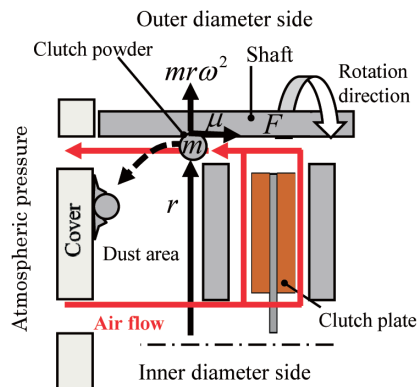


図-8 クラッチ摩耗粉排出の概略図  
Fig.8 Schematic diagram to move clutch powder

具体的な形状は流体解析により気流、圧力分布が最適になるように決定した（図9）。

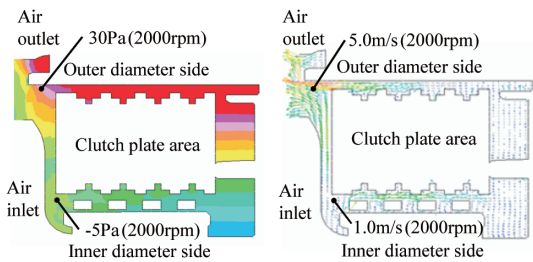


図-9 圧力分布と流速解析  
Fig.9 Pressure distribution and flow velocity analysis

図10にクラッチ1内の空気の流れを、図11に耐久実験後のクラッチ1内の摩耗粉堆積状態の比較結果を示す。改善後に摩耗粉が移動され、プレートに摩耗粉が残っていないことが分かる。

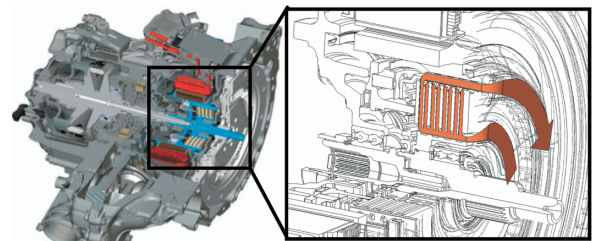


図-10 クラッチ内の気流の流れ  
Fig.10 Air flow in clutch

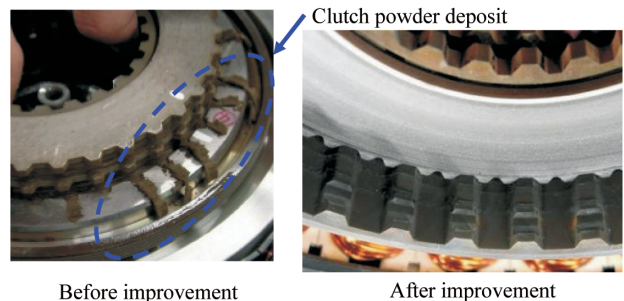


図-11 気流によるクラッチの摩耗粉排出効果  
Fig.11 Discharge effect of clutch powder by air flow

## 4. モータ振動伝播の低減

### 4.1 要求機能

モータをトランスミッション内に搭載する際には、運転時にモータから発生する振動がトランスミッションケースを伝播して車両の音振性能を悪化させる。

図12にモータノイズ発生メカニズムを示す。

モータ（図12①）の電磁加振力がモータハウジング（図12②）からトランスミッションケース（図12③）を伝播し、最終的にトランスミッションケース表面からの放射音がノイズとして認識される。よってお客様が走行時に車室内及び車外において不快に感じないように、モータノイズを低減する必要があります。



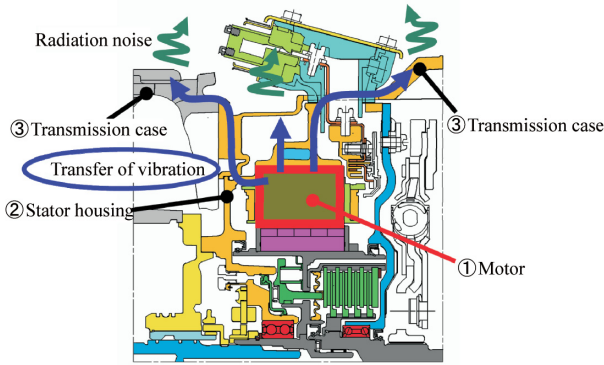


図-12 モータノイズ発生メカニズム  
Fig. 12 Mechanism causing motor noise

#### 4.2 モータ支持方式

モータのトランスミッションケースへの支持方法は、このモータノイズに影響する重要なファクターである。モータの支持方法として従来、以下 (1)、(2) の二つの構造があるが、今回はトランスミッションへの搭載性及び音振性の向上を目的として、下記 (3) を開発した (図13)。

- (1) トランスミッションケースに圧入する方式
- (2) ハウジングに取り付けたモータをトランスミッションケースに締結する方式
- (3) モータをトランスミッションケースに直接固定せず、弾性体を介してモータを保持するフローティングマウント方式

|     | Assembly method          | Outline section                            | Sound insulation |
|-----|--------------------------|--|------------------|
| (1) | Directly press fit       | Case<br>Motor                              | Very poor        |
| (2) | Bolted motor housing     | Case<br>Housing<br>Motor                   | Poor             |
| (3) | Floating motor structure | Case<br>Housing<br>Elastic member<br>Motor | Good             |

図-13 モータ支持構造例  
Fig. 13 Example of motor supporting structure

#### 4.3 設計概要

モータフローティングマウント構造を採用するには、モータを保持する弾性体の剛性及び強度のバランスが課題となる。剛性としてはモータ側とケース側への固定方法、固定箇所、固定数、配置、及び固有値を決める必要がある。一方、強度としてはモータへの入力（モータトルク、車両加減速時の振動、旋回時の振動、エンジン振動など）に耐える強度が必要となる。

モータで発生する電磁加振力は円環振動となり、モータハウジング及び弾性部材を介してトランスミッションケースに伝播する。その際、円環振動の節となる位置に弾性部材の固定点を設けることで、伝わる振動のレベルを最小限に押さえ込む構造とした (図14)。

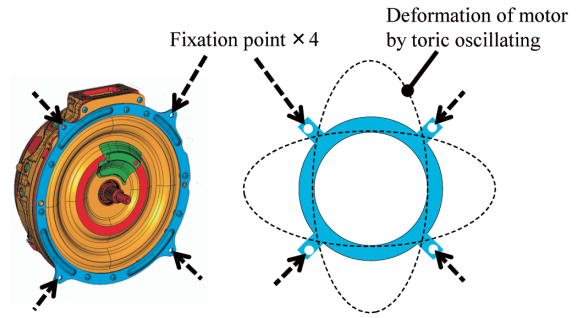


図-14 弾性部材の固定点レイアウト  
Fig. 14 Layout of fixation points of elastic member

モータを保持する弾性体の剛性については、トランスミッションの振動方向の上下、前後、左右のいずれの方向においても重量物となるモータの振動モードの固有値（共振周波数）が車両運転時の実用領域外となるように剛性値を決定した。図15に試作したトランスミッションケース振動の周波数特性を示す。エンジン900～1000回転付近の領域において周波数特性にピークを持つことが分かった。振動のピーク位置をより低回転側にシフトさせるように、弾性部材の剛性値を調整した。

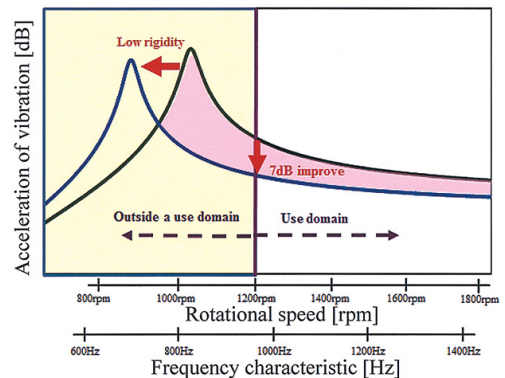


図-15 トランスミッションケース振動の周波数特性  
Fig. 15 Vibration frequency characteristic of transmission case

#### 4.4 部品設計詳細

弾性部材の剛性値は、モータとトランスミッションの締結部からモータ側の剛性及びトランスミッションケース側の剛性のバランスを保つ必要がある (図16)。

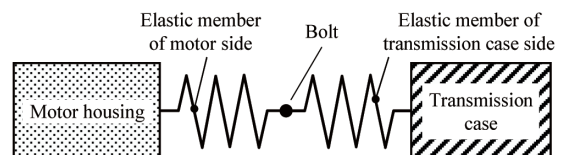


図-16 弾性部材の概略図  
Fig. 16 Schematic diagram of elastic members

図17に各々の剛性の生存空間を示す。横軸にモータ側、縦軸にトランスミッション側の剛性を示している。振動特性から太線の下側の空間が生存領域となる。一方、剛性を低減すると、材料及び形状の制約から強度を保つのが

困難になる。横軸、縦軸に強度上の限界ラインを点線で示す。この3本の線で囲まれた空間が、各々の剛性値の適正範囲となる。

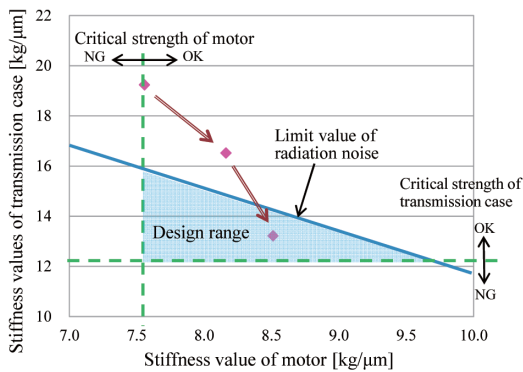


図-17 モータ剛性値とトランスミッションケース剛性値の関係  
Fig. 17 Relation of stiffness between motor and transmission case

これらの要件を満たす剛性値から弾性部材の詳細形状を決定した。図18、図19にモータ、トランスミッションケース、各々を締結する弾性部材としてのプレート、締結方法、及び部位を示す。モータはプレートに8本のボルトで固定し（図18①）、プレートの4箇所突起部の孔でトランスミッションケースに固定される（図18②）。トランスミッション固定点は適正な剛性を確保できるようにボス形状を決定した。

トランスミッション振動レベルを実験にて比較した結果、圧入固定構造と比較して、大きな振動低減効果を確認できた（図20）。

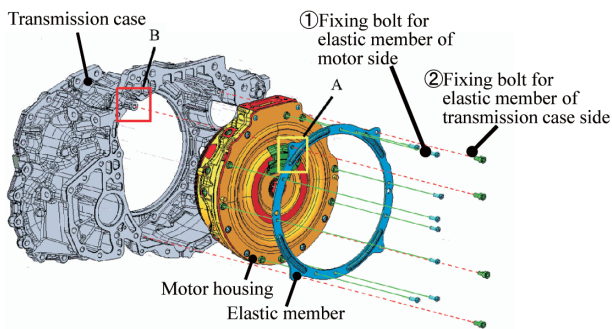


図-18 モータフローティングマウント構造  
Fig. 18 Floating motor mounting structure

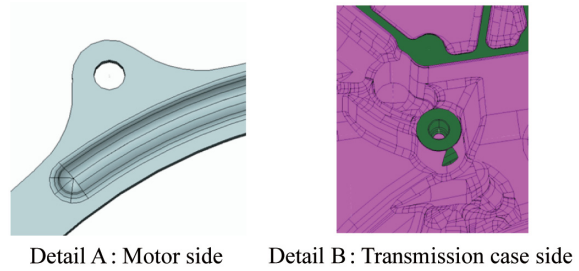


図-19 弾性部材の形状  
Fig. 19 Shape of elastic members

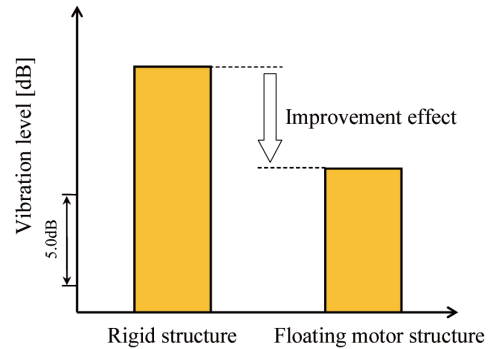


図-20 モータフローティングマウント構造の振動レベル検証結果  
Fig. 20 Validation of effect of floating motor structure on noise and vibration performance

## 5. まとめ

- (1) クラッチプレート摩擦面の接触面圧分布の適正化、遠心ファン効果で発生させた気流をプレート間に通過させることで、吸い付きと摩耗粉の押し出しを両立させた。
- (2) モータをトランスミッションにフローティングマウントすることで、静粛性に優れたハイブリッドシステムを実現した。

## 6. 参考文献

- 1) O. Tatsuya : Introduction to the HEV transmission for Infiniti M35h, Berlin, 2011, CTI-Car Training Institute, Volume 2, pp. 191-204 (2011)

## ■ 著 者 ■



赤坂 裕三



青柳 剛



上原 弘樹



藤井 友晴

## FF-HEV用フロントカバーにおける新技術採用によるコストリダクション

Coat Reduction by Applying New Technology in Front Covers for FF-HEV

森田 司\*  
Tsukasa Morita矢島 正敏\*  
Masatoshi Yajima長縄 智義\*  
Tomoyoshi Naganawa柳 康太郎\*  
Koutarou Yanagi

**抄 録** 私達サスペンション／アクスル技術グループは、サスペンション／アクスル部品の設計及び先行開発によるシーズ技術の蓄積を行い、生産技術部門が発想した新しい技術を折り込んだ商品を提案し実行している。今回のフロントカバーにおけるプレス化では、トルクコンバータやトランスミッションの板金技術の知識と経験があって大幅なコスト削減を行うことが出来たので紹介する。

**Summary** The Suspension and Axle Engineering Group accumulates seed technologies through our design and advanced development of suspension axle parts. We also propose and develop products that incorporate new technologies conceived by the Production Engineering Department. Because we have knowledge and experience in sheet metal technology for torque converters and transmissions, we could achieve a large cost reduction in front covers for FF-HEV. Here, we explain areas of this technology.

**Key words :** Production Engineering, cost reduction, weight reduction, spinning, flexible manufacturing system, hybrid vehicle

## 1. はじめに

近年の自動車関連は燃費が良い車のニーズが高く評価されており、自動車メーカ各社は軽量化や安全性に対してコストをかけ新商品を投入し、お客様の要望へ応えている。また昨今は、円安の影響などにより石油が高騰している中でハイブリッド車（以降、HEV）の需要が高まっており、お客様のニーズをつかむためには格安で燃費の良いハイブリッドシステムを目指す必要がある。

今回新たにハイブリッドシステムを開発するにあたり、モノづくり側としては日産生産方式（以降、NPW）を実践し、つくりやすい形状をデザインして、開発側へ提案した。品質の90%、コストの80%は図面で決まるとまで言われている。

通常のやり方は出来た図面を基にサイマルを行っているが、今回はモノづくりを知ったエンジニアが設計を行い、短期に最高のものを提供することが出来た。

本稿では、前輪駆動車用HEV（以降、FF-HEV）のフロントカバーにて取り組んだ新技術採用によるコストリダクションの内容について解説する。

## 2. 開発の取り組み

## 2.1 フロントカバーの部品形状及びユニット概要

本フロントカバーはFF-HEV向けに開発された部品で

ある。

CVT（無段変速機）内のモータユニットを形成するハウジング前方に設置されている（図1参照）。

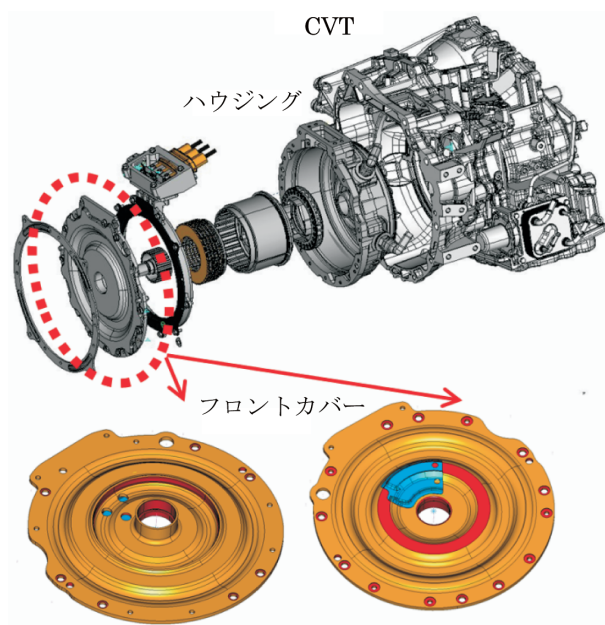


図-1 フロントカバー概要  
Fig. 1 Front cover for FF-HEV

## 2.2 フロントカバーの開発

はじめに、基本仕様、レイアウト要件を組み込み、剛性

\*成形技術部



解析を実施した。図2の#1、#2は入力荷重に対する剛性解析の変形量である。#1が当初形状で、#2が改善形状である。#1は小範囲で肉寄せしたことで薄肉になり、局所的に剛性が低下した。また、ボス部の根元付近の剛性が高く、ボス部の変形が大きい。これに対し、#2は剛性が低下はしたが、荷重を受ける箇所が分散したことで、全体が変形するような剛性バランスにすることが出来た。また図2の軸方向の変形量において#1は0.0211mm変形しているが、#2では0.0156mmの変形量に抑えられている。

以降、幾つかのパラメータ設計を行い、剛性解析を繰り返した結果、目途がたったので音振解析を行い、プレス化のデザインを確立することが出来た。

同時に工法検討も行い、部分的な増肉も必要となったため、プレス加工だけでは成形が成立しないことからトルクコンバータやトランスミッション部品で採用していたスピニング工法を用いることにした。プレス化は切削部位の削減や強度・剛性の向上による軽量化も同時に出来ることがメリットである。

その後もダンパとのクリアランス問題や摩耗粉の対応などを行い、試作から生産準備へ移行した。

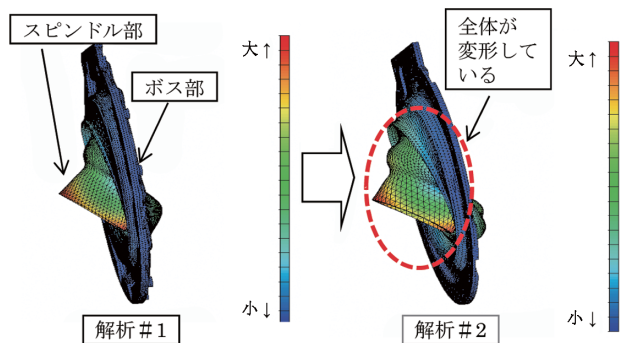


図-2 剛性解析での変形量  
Fig. 2 Result of FEM simulation

### 3. NPWの実践

NPWとは、モノづくりのありたい姿の実現に向け、製品設計と工程設計の面からその環境をつくっていくことである。このことを含め、コストリダクションは最少の資源でつくることを基本とし、本部品は以下を徹底した。

- フロントカバー生産工程における考え方  
コストリダクション → 最少の資源でつくる

製品設計段階では、部品数を減らした一体化が原則で、加工は削らず（ネットシェイプ）、溶接は短時間化を意識し、最終の品質確認はラインつくりこみにより最低限とした。工程設計段階では、プレス工程から加工、溶接までの一貫工程とし、適正品質確保を基本に比例費の削減に

取り組み、ライフサイクルコストを考え生産量に応じた投資を行うこととした。

- 製品と工程設計における考え方  
最少の材料でつくる → 歩留り最大化  
最少の人員でつくる → 工程時間最少化  
最少の投資でつくる → 安くつくる

### 4. 加工方法によるコストリダクション

フロントカバーの設計段階で、下記①～⑥のコストリダクションの方策を検討し、合理化を実施した（図3参照）。

- ① 中央ボス部の下穴加工をプレス化
- ② ハウジング取り付け穴加工をプレス化
- ③ カバー外周加工をプレス化
- ④ ダストシール部の増肉加工をスピニング化
- ⑤ スブラッシュガード取り付け部の加工範囲最少化
- ⑥ 中央ボス加工の板厚及び増肉加工をスピニング化

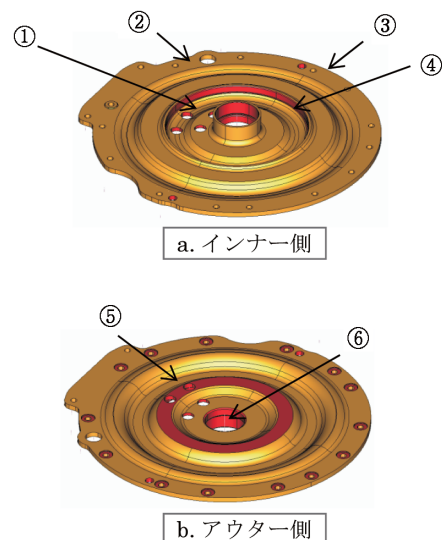


図-3 コストリダクション実施箇所  
Fig. 3 Characteristics of cost reduction

### 5. 工程紹介

#### 5.1 フロントカバー生産工程1（プレス加工）

この工程ではフロントカバーの主要な形状をつくるプレス加工を行う（図4参照）。またスピニング加工前の予備成形を行っている。

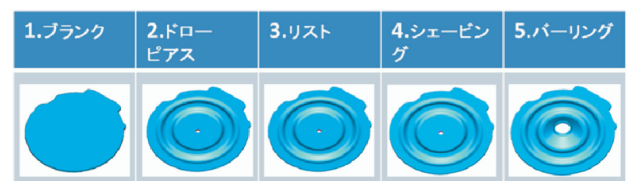


図-4 フロントカバー生産工程1  
Fig. 4 Process of manufacturing front cover No. 1



中央ボス部の高さ、増肉部位の前形状設定、穴広がり率に対する下穴精度が課題であり、克服するために下穴サイズの選定やシェーピング工法（図5a）の採用、中央ボス形状の選定、バーリング加工（図5b）によりスピニング加工前のボリューム確保を行っている（図6参照）。

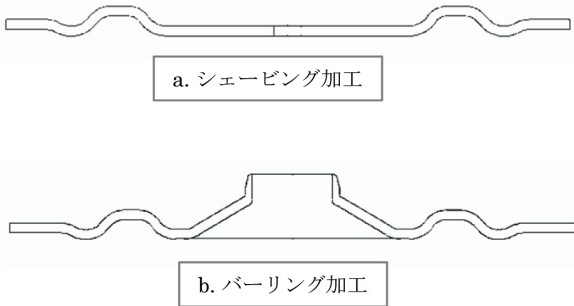


図-5 予備成形形状  
Fig. 5 Pre-formed shape



図-6 バーリング形成後のパネル形状  
Fig. 6 Panel shape after the barring formation

5.2 フロントカバー生産工程2（加工、溶接、洗浄）

この工程はスピニング加工、プレス加工、旋盤加工、マシニング加工、溶接、及び洗浄を行っている（図7参照）。スピニング加工工程における増肉部位を図8に示す。

また本工程により、過去のスピニングでのしごき加工による増肉、ボス部の高さ確保のための穴広がり率を超える成形性を確保することが出来た。

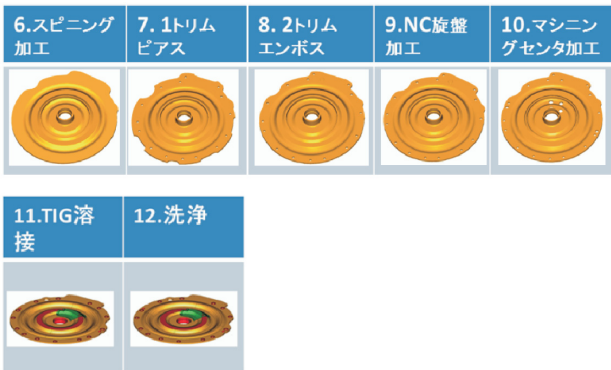


図-7 フロントカバー生産工程2  
Fig. 7 Process of manufacturing front cover No. 2

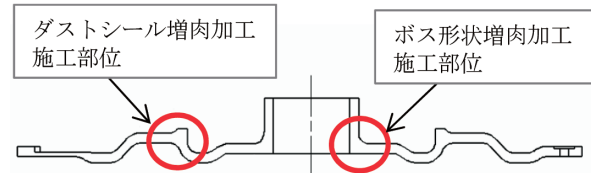
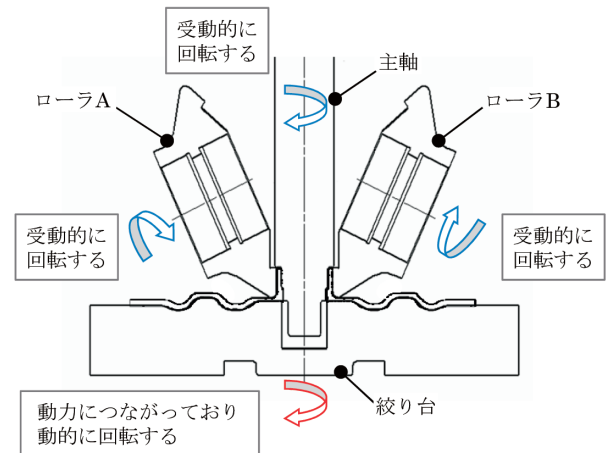


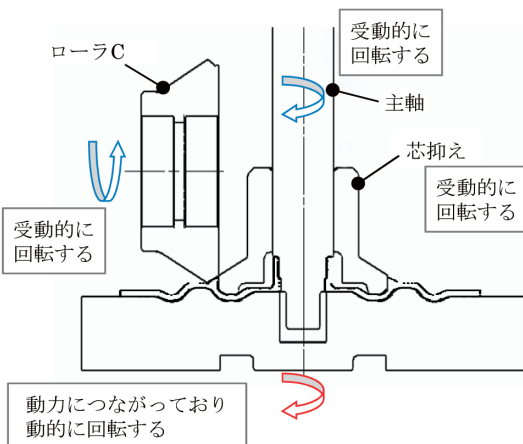
図-8 スピニング加工形状  
Fig. 8 Spinning processing shape

ここで採用した新技術のスピニング加工を説明する（図9参照）。

まず、プレスによる予備成形をしたパネルを絞り台にセットする。主軸の押さえによりワークを固定した後、絞り台が回転すると共に主軸が回転される。左右のローラA、Bも絞り台の回転と共に回転され、そのローラをさらに押し付けることにより中央ボス部を成形する（図9a参照）。次に片側のローラがチェンジされ、ローラCによりダストシール部を1個のローラで成形する。2段階の成形により完成となる（図9b参照）。



a. ローラA、Bによる加工



b. ローラCによる加工

図-9 スピニング加工概要  
Fig. 9 Spinning processing summary

加工の特長としては、スピニング加工はしごき加工であるため、いかに成形後の板厚のばらつきを少なく出来るかがポイントであり、しごき回数としごき芯押し軸方向のローラ送り量がキーとなる。

スピニング加工技術として、絞りや裂開などの経験や知識はあったが、しごき加工についての経験を得るため、品質工学を適用した。その結果、しごき回数が多いと板厚のばらつきは小さくなり、しごき回数が少ないとばらつきは大きくなることがわかった。これにより、1回のしごき回数当たりでワークが受ける成形荷重を小さくすることで、大きな塑性流動に伴う成形中の荷重変動を少なくすることとなり、板厚のばらつきを小さくすることが出来た。

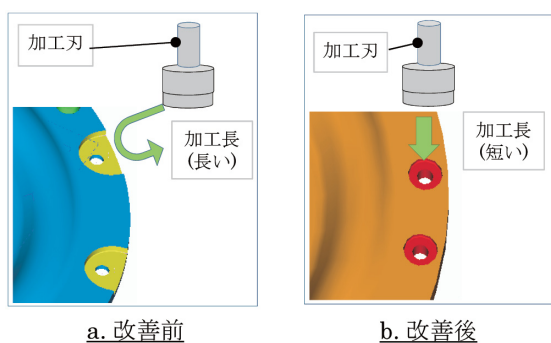


図-10 取り付け面加工  
Fig. 10 Mounting surface processing

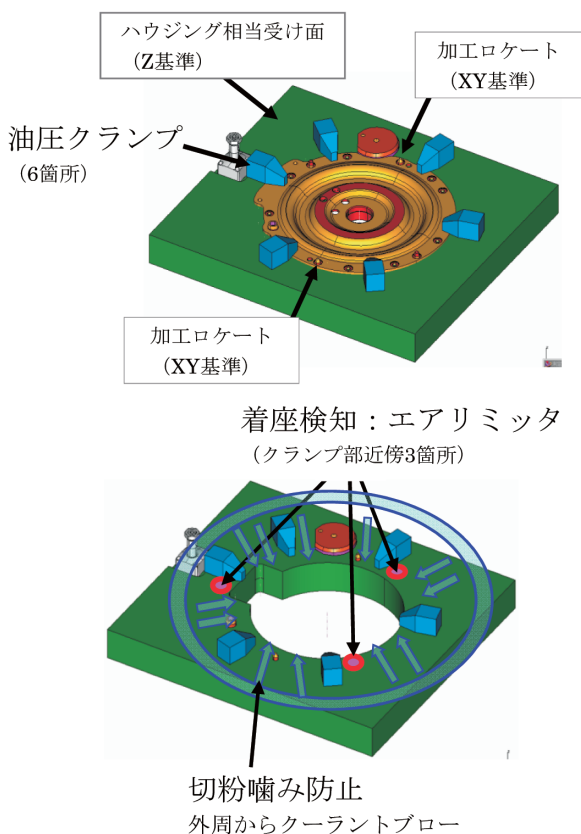


図-11 加工用治工具概要  
Fig. 11 Processing jig summary

また、しごき時のローラ送り量が大きくなると、厚さのばらつきは大きくなる。これはローラ送り量を大きくすることにより板厚内部全体が塑性域に達せず、しごき面の厚さに影響することから、ローラ送り量を小さくして対応した。

併せて、設備と治工具の重点ポイントがあり、要因系として確認した。管理寸法を中央ボス形状の予備成形及びスピニング加工施工部位とし、要因管理部位としては絞り台と芯押し軸との直角度、振れ、剛性値、ローラの摩耗量、ベアリングの温度・振動値・芯押し軸の推力、クーラント温度、加工プログラムなどと取り決めて実行した。

加工としても、ボス部、取り付け部、ロケット穴などの加工時間の最少化、工具寿命の向上などを考慮し、旋盤加工とマシニング加工でのクランプ位置、及び工程区分や取り付け面加工をフライス加工での横送り加工から座ぐり加工への変更を実施した(図10、図11参照)。

フロントカバー本体へのガードスプラッシュ取り付けは、熱変形やスパッターなどを考慮し、プラズマ溶接工法を選択した。

## 6. コストリダクション事例

ここでは、前述した加工方法によるコストリダクション以外の取り組みについて紹介する。

### 6.1 歩留り向上

材質は低グレード材で板厚も最少とし、通常は丸ブランク材を使用するが、製品の輪郭サイズにトリム代をつけて異形状ブランク材を使い、歩留り率が高い3個抜き仕様で高歩留り化を進めた(図12参照)。

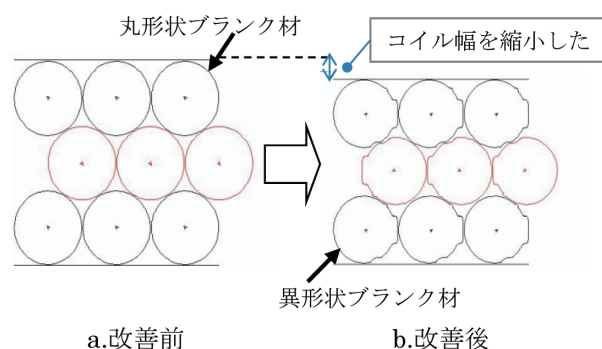


図-12 ブランク材のレイアウト  
Fig. 12 Layout of blank materials

### 6.2 自動化の推進

今回の取り組みの実施にあたっては、全ての領域でデジタル技術を多用した。

生産ラインレイアウトの検討は、全ての工程を1人で生産することとし、ロボットシミュレーションや生産ライン

シミュレーションにより分析することで、各工程のサイクルタイムなどを最適化した（図13参照）。

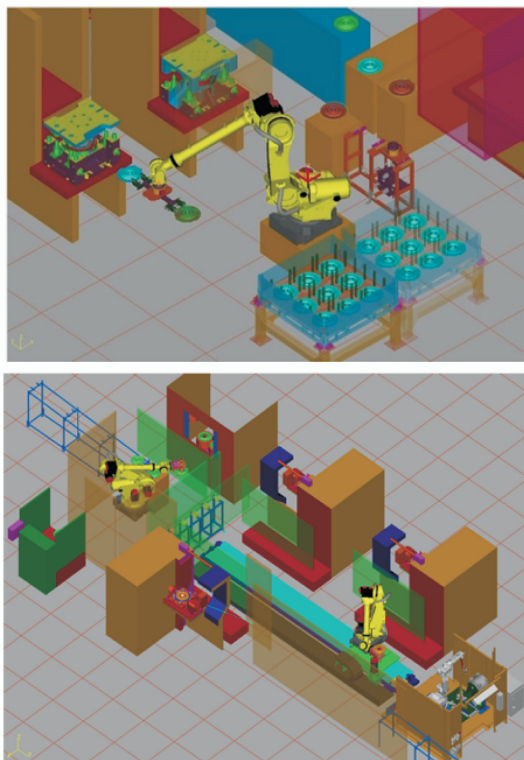


図-13 生産ラインレイアウトのシミュレーション  
Fig. 13 Simulation of product line layout

以上、部品設計から生産準備段階において、実際の設備が完成する前にバーチャルで検討することにより、生産設備をスムーズに立ち上げることが可能となった。

また、投資の観点からポータブルプレスや旋盤、マシニング、洗浄機については遊休機を使用し、ロボットハンドや治工具関係は内製設計、製作で投資削減も実施した。

## 7. まとめ

FF-HEV用フロントカバーのコストリダクションは述べてきたような生産技術の新技術導入により、当初の狙いである、コスト40%削減が出来た。

今回の取り組みにおけるポイントは工法の置換だけではなく生産技術の知識や経験を取り入れ、開発へのデザイン提供により最少のコスト計画を実施し、生産準備・立ち上げまで、一貫して同一エンジニアチームにより実施したことが成果につながった。今後は更にスピニング技術を高めることによるコストリダクションを計画し、原価低減への貢献を実施していきたい。

## 8. 参考文献

- 1) 寺田耕輔ほか：絞りスピニング加工における破断発生メカニズムとその予測手法、日本塑性加工学会、塑性加工秋季講演会講演論文集、pp. 395-396 (1998)
- 2) 寺田耕輔ほか：絞りスピニング加工における破断発生メカニズムとその予測手法、日本塑性加工学会、塑性加工春季講演会講演論文集、pp. 701-702 (1999)
- 3) 寺田耕輔ほか：絞りスピニング加工における破断発生メカニズムとその予測手法、日本塑性加工学会、塑性加工春季講演会講演論文集、pp. 473-474 (2000)

## ■著者■



森田 司



矢島 正敏



長縄 智義



柳 康太郎

## 1モータ2クラッチパラレルフルハイブリッドシステムの発進用湿式クラッチ耐久信頼性開発

Development of Wet-Start Clutch Reliability for 1-Motor, 2-Clutch Parallel Full Hybrid System

月館 秀俊\*  
Hidetoshi Tsukidate早崎 康市\*\*  
Kouichi Hayasaki音川 佳代\*  
Kayo Otokawa河野 和之\*  
Kazuyuki Kouno新屋 隆\*\*\*  
Takashi Shinya引地 高陽\*\*\*\*  
Takaaki Hikichi

**抄 録** 日産が世界に先駆けて開発した1モータ2クラッチパラレルフルハイブリッドシステムは、トルクコンバータを廃止する事で高い燃費特性とダイレクトな加速フィーリングの両立を実現した。本稿では、グローバル市場要件における湿式クラッチの耐久信頼性の成立性について、ブレイクスルー技術と本システム搭載車両による現地検証結果の概要について説明する。

**Summary** Nissan developed the world's first 1-motor, 2-clutch parallel full hybrid system. This system does not have a torque converter so as to achieve high fuel economy and a feeling of direct response. Therefore, its wet-start clutch must slip instead of a torque converter, which makes ensuring its reliability very important. This article describes breakthrough technologies for wet-start clutch reliability and verified reliability results in the global market.

**Key words :** Automotive General, power unit, hybrid vehicle, fuel economy, drivability, EV frequency

## 1. はじめに

日産自動車は、世界に先駆けて独自の「トルクコンバータレス1モータ2クラッチパラレルフルハイブリッドシステム」を開発し、このシステムを搭載した車両を日本では2010年11月から、北米・欧州では2011年3月から販売を開始した。

このシステムは、最小限の投資で最大限のパフォーマンスを実現するために、既存の車体と7速AT（自動変速機）を流用してハイブリッドシステムを成立させることを前提とした。高い燃費性能を保持しながらダイレクトな加速フィーリングを実現するためにトルクコンバータを廃止し、代わりの発進要素として7速ATの変速用湿式多板クラッチを採用した。このため、クラッチ発熱による耐久信頼性の確保が極めて重要であった。

本稿では、トルクコンバータレス1モータ2クラッチパラレルフルハイブリッドシステムの制御を工夫することによる、グローバル市場要件に対しての湿式多板クラッチの耐久信頼性の成立性について説明する。

## 2. システム概要

## 2.1 システム構成と動作

本システム搭載車両のレイアウトを図1に、システム構

成を図2に示す。本システムの発進要素である湿式多板クラッチ（以下CL2）に関わるシステム状態は、車速と駆動力によってEV、HEV、WSC（Wet Start Clutch）、MotorWSCの4つのモードに分かれる（図3）。渋滞などでの極低速走行時にはEVモードまたはWSCモードを選択し、坂道渋滞のように極低速かつ駆動力要求が高い場合はMotorWSCモードを選択する。

各モードのシステム状態を図4に示す。CL2耐久信頼性と関連のあるWSCモードとMotorWSCモードの各制御は以降で説明する。

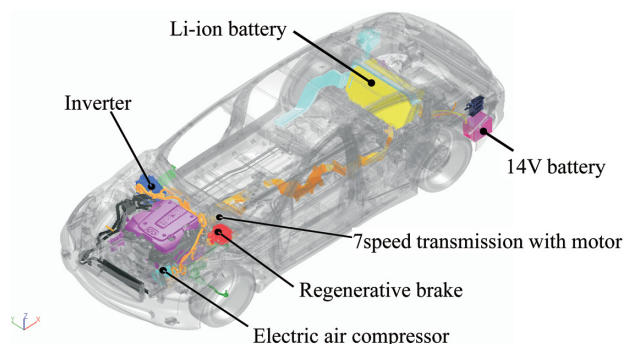


図-1 ハイブリッドシステム車両搭載概要  
Fig. 1 Overview of hybrid vehicle

\*パワートレイン第四製品開発部 \*\*パワートレイン第三製品開発部 \*\*\*車両実験部 \*\*\*\*パワートレイン実験部



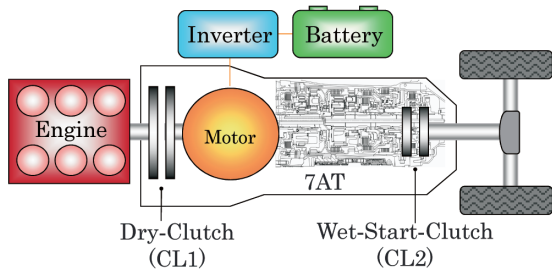


図-2 ハイブリッドシステム構成概要  
Fig. 2 Hybrid system architecture

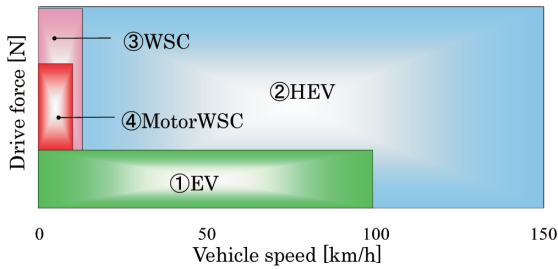


図-3 各モードの作動領域  
Fig. 3 System operations area

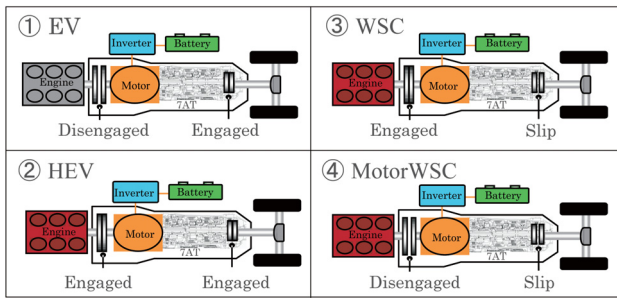


図-4 基本システムオペレーション  
Fig. 4 System operating modes

2.2 WSC制御

WSCモードは、低速でスムーズに発進するために、エンジン回転と車輪速との差回転を吸収するモードである。

しかし、エンジンを自立させる目的で、エンジン回転数を常にアイドル回転数以上でコントロールする必要があるため、CL2に高いスリップ回転数が発生する。また、要求駆動力が高い場合は、CL2に油圧による高い押付け力が発生する。このため、低速や高勾配路走行時にはCL2の温度が上昇する。

2.3 MotorWSC制御

WSCモード時のCL2発熱を低減するために、MotorWSCモードを開発した。このモードは、CL2温度が所定値以上になった場合にCL2温度を下げる目的で発動する。図5に示す様に、MotorWSCモードではエンジン自立状態からCL1を開放するため、通常はエンジン始動用に確保するモータトルクを駆動用に補うことで、EV走行時よりも高いモータトルクを出力できる。これにより、MotorWSCモードはWSCモードと同等の機能を発揮することが可能

になったと同時に、CL2のスリップ回転数を低減したことで温度上昇を抑えた。

一方、このMotorWSCモード状態が長時間継続するとバッテリーの充電量(SOC: state of charge)が低下するため、SOCが所定値以下ではWSCモードに移行してバッテリーを充電する必要がある。

つまり、低SOC領域の使用頻度が高い市場においては、MotorWSCモードの頻度の低下により、CL2発熱抑制効果が下がりCL2温度が上昇する。したがって、CL2耐久信頼性を確保するためにSOCマネジメントが重要である(図6)。

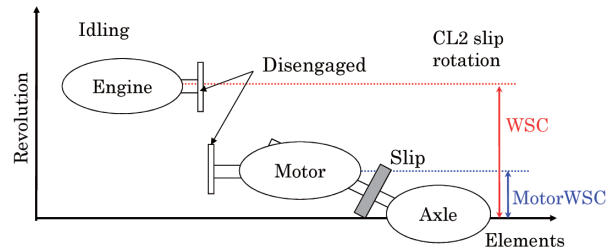


図-5 MotorWSCモード時のCL2差回転低減概要  
Fig. 5 Reducing clutch slip rotation at MotorWSC

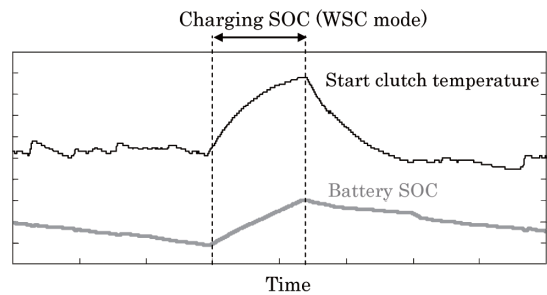


図-6 CL2温度とSOCマネジメントの関係  
Fig. 6 CL2 temperature and SOC-management

3. CL2耐久信頼性

3.1 耐久信頼性設計

部品の耐久信頼性は、その部品の入力と耐力の関係で決定される。当社ではCL2の耐久信頼性設計をするにあたり、図7に示す様に「入力(市場負荷)の推定」と「耐

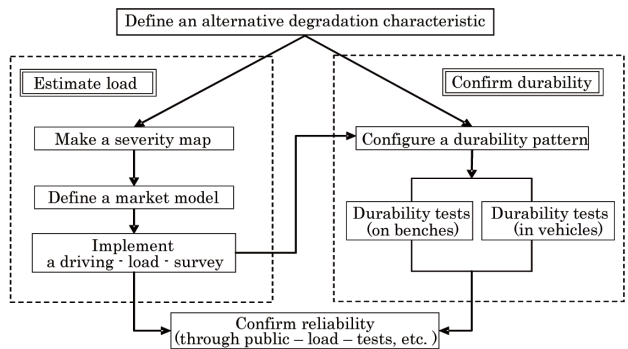


図-7 耐久信頼性業務フロー  
Fig. 7 Reliability design flow

力の確認」の両方を並行に実施し、最後に入力と耐力を照らし合わせて耐久信頼性の確認を行った。

### 3.2 CL2 耐久信頼性の市場負荷マップ

入耐力を確認するため、CL2市場負荷（寿命・一発）について故障メカニズムから代用特性をCL2温度と定義した。また、図8に示す様にこの代用特性と市場7大負荷（路面・駆動・制動・化学・温度・物理・操作）をマトリックスで表し、車両の使い方方に置き換えることで、CL2の市場負荷をマップ化した。

|         |      | CL2      |          |   |
|---------|------|----------|----------|---|
|         |      | 寿命       | 一発       |   |
| 故障モード   |      | 摩耗/ジャダー  | 焼け       |   |
| 故障メカニズム |      | 摩耗/ジャダー  | 焼け       |   |
| 代用特性    |      | 摩擦材温度×時間 | 摩擦材温度×時間 |   |
| 7大負荷    | 路面負荷 |          |          |   |
|         | 駆動負荷 | 低速・渋滞    | ●        |   |
|         |      | 急勾配      |          | ● |
|         |      | トーイング    |          | ● |
|         | 制動負荷 |          |          |   |
|         | 化学負荷 |          |          |   |
|         | 温度負荷 | 高温       | ●        |   |
| 低温      |      |          |          |   |
| 日射量     |      |          |          |   |
| 物理      | 高地   |          |          |   |
|         | 高湿   |          |          |   |
| 操作      |      |          |          |   |

図-8 CL2 市場負荷マップ  
Fig. 8 CL2 market stress map

### 3.3 耐力の確認結果と代用特性化

CL2耐力を確認するため、CL2負荷の代用特性であるCL2温度で加速させた耐久パターンを設定し、台上及び車両耐久試験を実施した。結果を図9に示す。耐力線が確認されたと同時に、マイナー則が成立していることも確認できた。

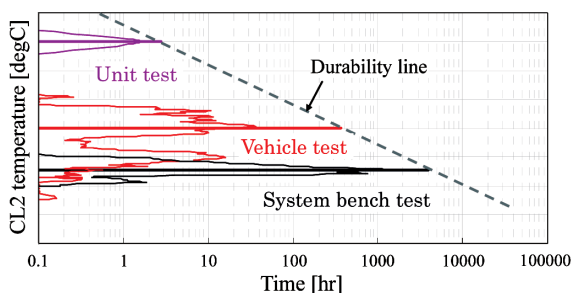


図-9 CL2 耐力線の検証結果  
Fig. 9 Confirmed CL2 durability line

### 3.4 市場負荷の推定

CL2の市場負荷を推定するに当たり、CL2の代用特性であるCL2温度をシステム動作上に可視化した（図10）。前述のように、低速・高駆動力時のCL2温度が高いため、この領域に着目することで市場の使い方方を把握することが重要と判断した。そこで、このCL2負荷が厳しい領域に着目した市場モデルを設定し、本システム搭載車両で負荷測定を実施することで、市場における負荷を推定した。

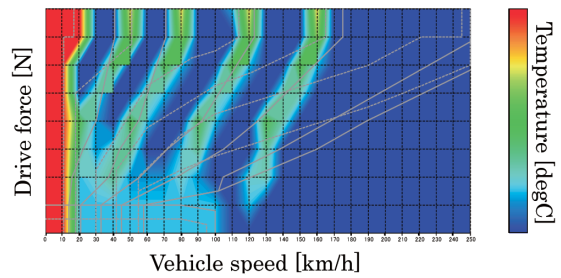


図-10 CL2の厳しい使い方マップ  
Fig. 10 CL2 severity map

### 3.5 北米でのCL2 耐久信頼性確認

耐久信頼性の検証のため、図11に示す様に北米公道走行試験を、ニューヨーク（渋滞が激しい地域）やサンフランシスコ（高勾配路が多い地域）、フェニックス（高外気温地域）、ロサンゼルス（北米マジョリティ）を主に、6年間に渡り総台数34台、総距離200万km、地球50周分実施し、CL2耐久信頼性が成立していることを検証した。

その一例を図12に示す。

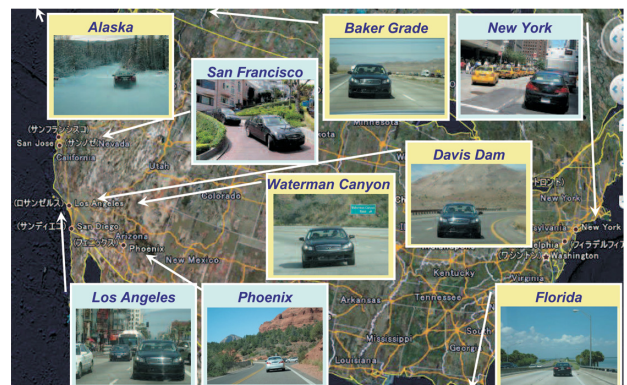


図-11 北米での検証実験地域  
Fig. 11 US fleet test areas

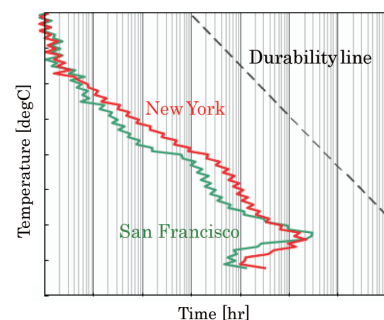


図-12 北米市場の実車走行による CL2 検証結果  
Fig. 12 Verification results of a public-road-test in North America

## 4. グローバル市場におけるCL2 耐久信頼性確認

### 4.1 調査地域の選定

グローバル市場における車両の使い方方は、道路環境や交通状況など、地域によって異なる。そこで、本システムを

グローバルに展開した場合のCL2耐久信頼性を検討した。

CL2の厳しい使われ方マップ (図10) から、CL2にとって厳しいシーンである「渋滞が激しく、高勾配が多い」を抽出した。また、本システムは電動エアコンシステムを採用しており、エアコン消費電力量が厳しい地域では低SOC頻度が高くなる可能性がある。前述の通り低SOC領域ではCL2発熱量が増加する可能性があるため、調査地域選定にあたってエアコン負荷に影響を及ぼす「外気温度及び日射量」も考慮した。以上の観点とグローバル市場の環境要件 (道路環境や交通状況、気象条件) を突き合わせることで、CL2負荷が厳しい地域の抽出を行い、CL2のグローバル市場負荷マップを作成した (図13)。また、このCL2グローバル市場負荷マップから図14に示す代表地域を選定し、本システムを搭載した車両にて現地調査を行った。

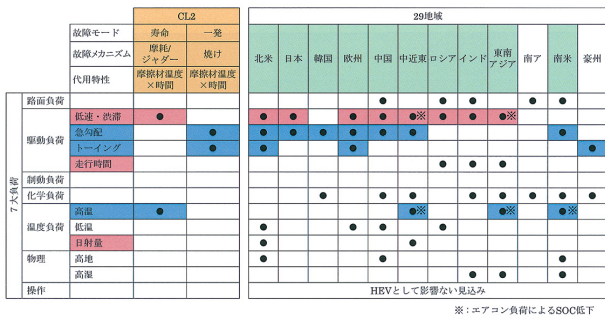


図-13 CL2 グローバル市場負荷マップ  
Fig. 13 Global market stress map for CL2

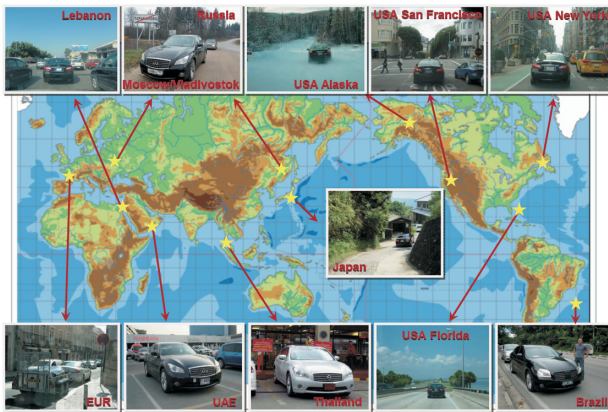


図-14 グローバル市場調査地域  
Fig. 14 Driving-load-survey areas

#### 4.2 調査結果

調査した結果、図15に示す様に渋滞路の平均車速が低く、勾配が大きかったのはブラジル、ロシア、レバノンであった。

また図16に、これら3地域と北米 (参考用) のエアコン消費電力を示す。エアコン消費電力量はレバノン、ブラジル、ロシアの順に高かった。特にレバノンとブラジルは北米の約5~9倍となっており、極低速・高勾配な上にエアコン使用も厳しいことが分かった。

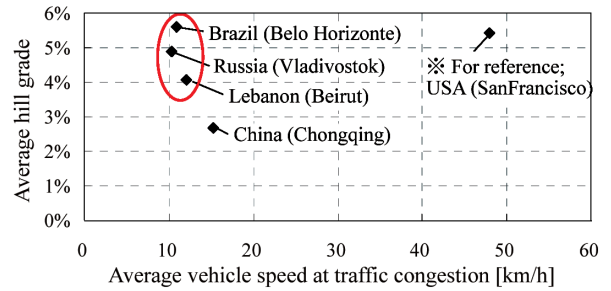


図-15 地域別渋滞時の平均車速と平均勾配の関係  
Fig. 15 Cities have low-speed and high-grades in traffic congestion

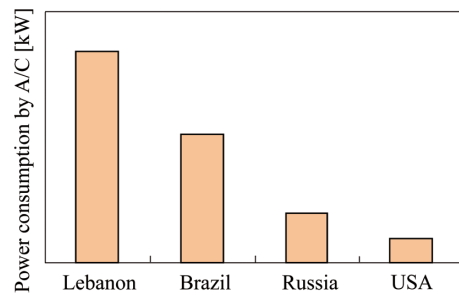


図-16 各地域のエアコン消費電力比較  
Fig. 16 Power consumption by the air conditioner

図17に各地域のSOC分布を示す。レバノンやブラジルは北米に比べ、SOCが低い側に分布している。このため、図18に示す様にWSCモード及びMotorWSCモードの頻度が多くなり、レバノンやブラジルはCL2の負荷が高くなる傾向の地域であり、システムの工夫が必要であることが分かった。

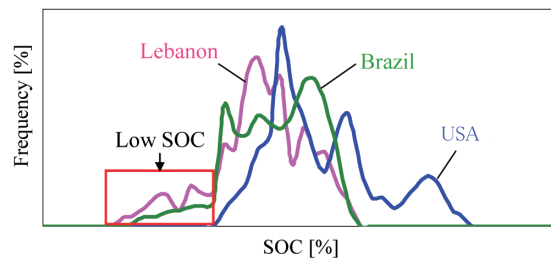


図-17 地域別渋滞走行時のSOC分布比較  
Fig. 17 SOC distribution during a traffic congestion

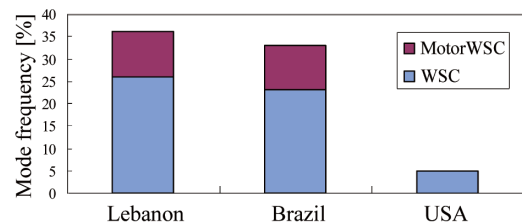


図-18 渋滞走行時のWSCモードとMotorWSCモード頻度  
Fig. 18 Mode frequency of WSC and MotorWSC

4.3 SOCマネジメント改善によるCL2耐久信頼性向上  
レバノンやブラジルの様にCL2に厳しい地域に対しても、エアコン消費分の電力を確保しつつCL2耐久信頼性



を成立させるために、SOCマネジメントを工夫した。具体的には、これまでWSCモードでの勾配走行時は高めに設定していた基本駆動トルクを、市場計測データから適正化した。これにより、要求駆動力に対して基本駆動力に余裕がある場合は積極的に発電トルクを確保できるようになった。さらに、SOCが低い場合は発電量を増やすように最適化した。これらの工夫により、勾配走行でのWSCモード時もエアコンに必要な電力を十分に確保することができた。

この結果、図19に示す様にレバノンとブラジルのSOC

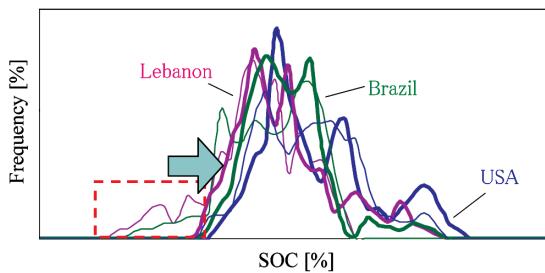


図-19 SOC マネジメント改善による結果  
Fig. 19 Improved SOC management

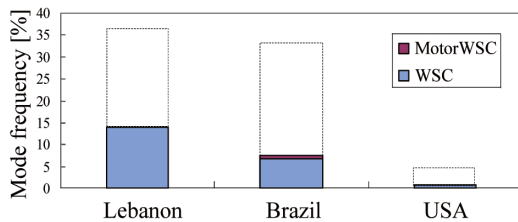


図-20 制御変更後のWSCモード低減効果  
Fig. 20 Mode frequency of WSC and MotorWSC with new control

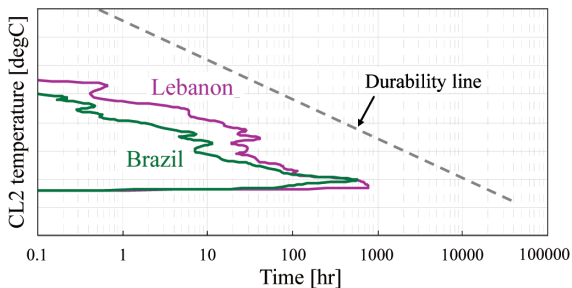


図-21 各地域でのCL2耐久性検証結果  
Fig. 21 Confirmed CL2 reliability in severe markets

分布は改善し、WSCモード及びMotorWSCモードの頻度も減少した(図20)。これにより、CL2の市場における負荷を耐力内に収めることができた(図21)。

以上の結果から、市場の入力を推定して耐力と照らし合わせる基本設計と、システムの状態を綿密に管理するSOCマネジメントを組み合わせることにより、ハードウェアを追加・変更することなくCL2耐久信頼性を成立させた。

## 5. まとめ

トルクコンバータレス1モータ2クラッチパラレルフルハイブリッドシステムは、スムーズな発進のためにCL2をスリップさせており、このCL2耐久信頼性の確保が極めて重要であった。そこでMotorWSC制御を採用し、市場の入力と耐力を照らし合わせることで、既販売地域でのCL2耐久信頼性の成立性を確認した。これにより、燃費や加速フィーリングといった他性能を最大限発揮したハイブリッドシステムを実現することができた。また、SOCマネジメントと組み合わせること、及び本システム搭載車両による現地検証結果から、グローバル市場要件に対して、ハードウェアを追加・変更することなくCL2耐久信頼性を成立させた。

## 6. 参考文献

- 1) K. Hayasaki: The Potential of a Parallel Hybrid System and Nissan's Approach, 18.Aachener Kolloquium Fahrzeug und Motorentechnik (2009)
- 2) K. Hayasaki: Development of a Parallel Hybrid System for RWD Vehicles, SAE Technical Paper No. 2011-01-0884 (2011)
- 3) 土川晴久ほか: 新パラレルフルハイブリッドシステムの開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 87-11、pp. 21-26 (2011)
- 4) 音川佳代ほか: 1モータ2クラッチパラレルフルハイブリッドシステムの発進用湿式クラッチ耐久信頼性開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 58-13、pp. 1-4 (2013)

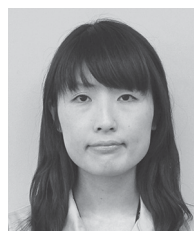
## ■ 著 者 ■



月館 秀俊



早崎 康市



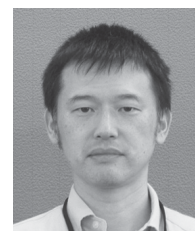
音川 佳代



河野 和之



新屋 隆



引地 高陽



## ハイブリッド車を支える振動・騒音低減技術

Technologies for Improving NVH in Hybrid Vehicles

佐藤 裕介\*  
Yuusuke Satou呂 貴明\*  
Takaaki Ro松原 精二\*  
Seiji Matsubara山本 和志\*  
Kazuyuki Yamamoto折田 崇一\*\*  
Shuichi Orita金子 弘隆\*  
Hiroataka Kaneko平野 芳則\*\*\*  
Yoshinori Hirano

**抄 録** FF車に初搭載した1モータ2クラッチ方式のハイブリッドシステムにおいて、車の性能を向上するため、振動や騒音の低減技術が重要である。これらの技術を開発の初期段階から車両全系のCAEを駆使することで、ハードウェアによる十分な振動・騒音低減技術とソフトウェアによる制振技術を構築し、本開発に貢献した。

**Summary** New technologies for reducing unwanted NVH phenomena are important to improve vehicle performance in new FF hybrid vehicle systems. This article describes the development of hardware and software technologies to improve NVH performance at an early phase of vehicle development with full vehicle CAE.

**Key words :** *Vibration, functional digital vehicle, hybrid vehicle, tip-in out vibration, taking of vibration, motor noise*

## 1. はじめに

FF（前輪駆動）車に初搭載した1モータ2クラッチ方式のハイブリッドシステム（以下、FF-HEV）において車の性能を向上するため、以下に示す振動や騒音の低減技術が重要である。

- ・レスポンスの良い走行性能と振動の両立を実現するためのモータ制振技術及びパワートレインマウント技術
- ・エンジンが停止した際のエネルギー回生時のモータノイズ低減技術

これらの技術を開発の初期段階から車両全系のCAE（Computer Aided Education）を駆使して、十分なハードウェアによる振動・騒音低減技術とソフトウェアによる制振技術を構築し、本開発に貢献することができた。

## 2. FF-HEVの振動・騒音課題

FF-HEVのシステム構造を図1に示す。エンジンとモータの間にエンジン始動のためのクラッチ1を、モータと無段変速機（以下、CVT）の間にクラッチ2を配置している<sup>1)</sup>。

2つの振動課題と、1つの騒音課題を内包する。

## 2.1 振動課題

走行の際、クラッチ2が締結された状態で、モータから

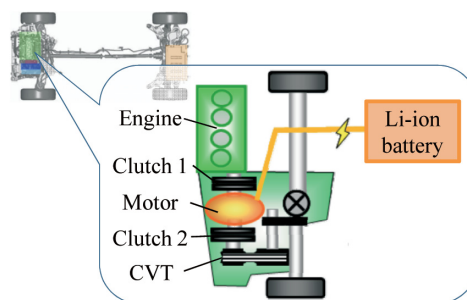


図-1 1モータ2クラッチ方式のFF-HEVシステム  
Fig. 1 FF-HEV system installed 1 motor and 2 clutches

の駆動力を直接タイヤに伝達している。このモータはエンジンと比較してトルク応答が早いため、アクセル操作時にステップ入力が発生する。この時に、パワートレインねじり共振（以下、PTねじり共振）によってこの入力が増大され、車両前後振動（以下、ガクガク振動）が問題になる。

また、発進時は、クラッチ2でスリップ状態を維持してモータトルクを伝達しながら、クラッチ1でエンジンを始動する。そして直ちにクラッチ2を接続することでモータ及びエンジンの駆動力を伝達する<sup>2)</sup>。この伝達時の急な駆動トルクの立ち上がりに伴うステップ入力と、スリップ時の自励振動が車両に作用するため、発進時振動が発生しやすいことである。

## 2.2 騒音課題

車室内が静かなエンジン停止時に、最大トルクでエネル

\*パワートレイン性能開発部 \*\*パワートレイン第四製品開発部 \*\*\*パワートレイン開発本部

ギ回生を行うシーンがあるため、モータノイズを低減する必要がある。

### 3. 振動低減技術

システムの良さを生かしてレスポンスの良い走行性能を実現するため、解析技術Functional Digital Vehicle（以下、FDV）を用いることにより、前記の振動課題を解決する技術（モータ制振制御技術、クラッチ接続技術）を構築できた。

#### 3.1 Functional Digital Vehicle

FDVは、以下を統合したフルビークルモデルである。

- ・機構要素全てをモデル化している機構モデル
- ・ドライバの操作信号を生成するドライバモデル
- ・アクセルペダルや車速に応じ、トルクを生成するエンジンプラントモデル
- ・有段変速機（以下、AT）/CVTの変速を行う油圧プラントモデル
- ・AT/CVT用クラッチのトルク容量を発生させるクラッチプラントモデル
- ・エンジンやAT/CVTを制御するコントロールユニットモデル

図2にFDVの動作概念を示す。まず、アクセルペダルやシフトレバー操作にしたがって、エンジンやAT/CVTモデルで計算されたトルクを機構モデルに入力する。次に、その応答として時々刻々計算される回転速度などの情報をコントロールユニットモデルに通信しながら、関連する全てのモデルを連成させ計算を行う。その結果、実車と同じ動作を再現できる<sup>3)</sup>。

従来からFDVを用いて、ガクガク振動、セレクト操作時の振動などの多くの性能向上を果たしてきた<sup>4)5)</sup>。

今回は、HEVの機構とプラントモデル（モータ、クラッチ）、及びモータ制振制御を含むコントロールユニットモデルを追加することで、FF-HEVの性能検討を可能にし

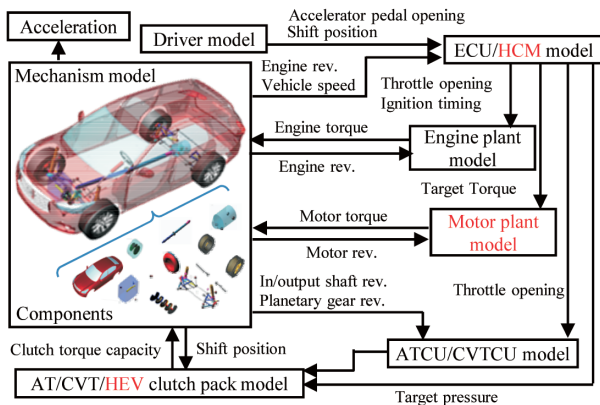


図-2 FDV 動作概念（赤字：追加した HEV 関連モデル）  
Fig. 2 Co-simulation by FDV model  
(red character: added model for HEV)

た。図2の赤字で追加したモデルを示す。さらに、システム内部の自励振動を再現するため、本クラッチプラントモデルには、 $\mu$ -V特性を定義した。

#### 3.2 モータ制振制御技術

ガクガク振動を低減するために、FR（後輪駆動）車の日産フーガハイブリッドで開発したAT用のモータ制振制御<sup>6)</sup>のCVT適用開発を行った。このAT用の制御は、変速を伴わない領域のみ動作する。一方で、CVTはギヤ比連続可変であり、時々刻々とPTねじり共振の周波数が増加するため、AT用の制振制御をそのまま適用することは困難であった。そこで、以下に示す2つの制御ロジック追加によって、CVT適用が可能であることを明らかにした。

##### 3.2.1 PTねじり共振の連続可変ロジック

モータ制振制御は、ねじり共振周波数にもとづき制御信号を演算しているため、この周波数を正確に得ることが重要である。正確に得るために、連続的に変わるCVTギヤ比とねじり共振周波数を一対一で関連付けたテーブル化を行った。図3にフーガハイブリッドとFF-HEV（Infiniti QX60 Hybrid）のねじり共振周波数の設定を示す。

さらに、2輪駆動車と4輪駆動車で、振動系が異なるため、ねじり共振周波数の変化に合わせて、テーブルを分ける必要があることも明らかにした。

図4にアクセル操作時（走行中）のFDV解析結果を示す。時間とともにギヤ比が変わるシーンで、狙い通り、大幅に振動が抑えられている。

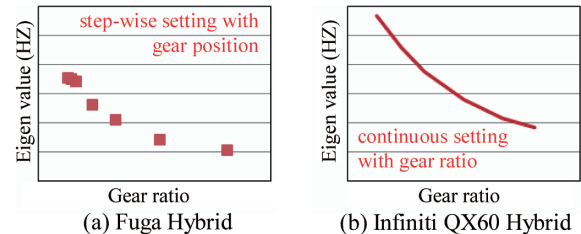


図-3 モータ制振制御のPTねじり共振周波数設定  
Fig. 3 Comparison of eigenvalue setting in vibration control logic

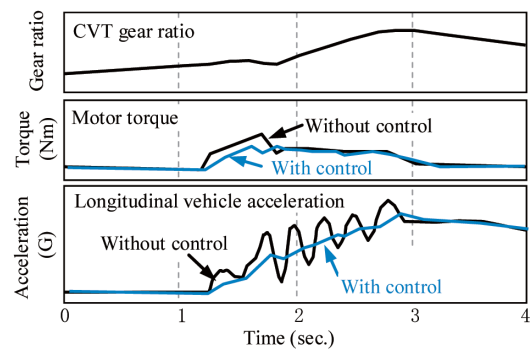


図-4 FDV 制振制御の結果（ガクガク振動）  
Fig. 4 FDV results with vibration control in tip-in

##### 3.2.2 最適トルク切替えロジック

解析結果から、エンジンとモータのトルクを切替える時

に、押し出されたように感じる振動が発生することがわかった。この発生原因は、切替時にエンジントルクの上昇に対して、制振制御の制御フィルタの影響でモータトルクの降下に遅れが生じ、トータルトルクが上凸になるためである (図5)。そこで、FDVを用いて最適なトータルトルクプロフィールを明らかにし、この振動との両立を実現した。

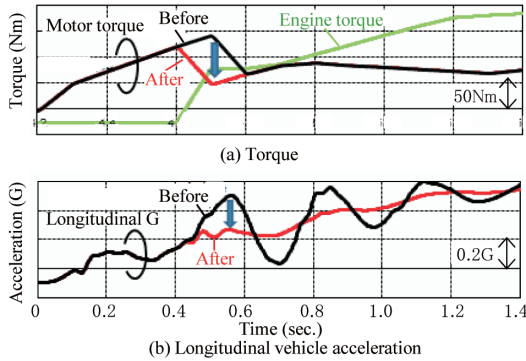


図-5 押し出されたように感じる振動 (FDV)  
Fig. 5 Push feel counter measure (FDV)

### 3.2.3 実車効果確認結果

2つのロジックを追加した実車実験を行い、解析と同様の制御効果が得られることがわかった (図6)。ばらつきや跳ね返りも含めて、FDVを用いて性能予測を実施し、制御定数決定に大きく貢献した。

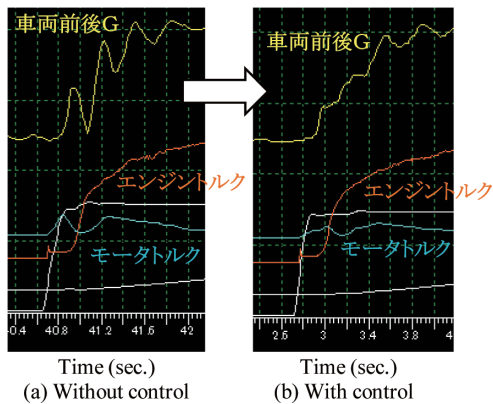


図-6 車両実験結果 (ガクガク振動)  
Fig. 6 Vehicle test result (Tip-in)

## 3.3 パワートレインマウント技術

発進時振動を低減する最適なパワートレインマウントシステム (以下、マウント) を明らかにする。

### 3.3.1 発進時振動の課題

FDVで発進時振動の解析を行った結果、PTねじり共振と、マウントの剛性を主なバネとする車両前後方向のパワートレイン剛体共振 (以下、前後共振) の周波数が近接するため、この振動が増大することが明らかになった (図7)。

この近接を回避するためにマウント剛性を上げると、 $\mu$ -V特性の負勾配が大きくなるクラッチ締結直前から、自励振動が発生する (図8)。この振動発生理由は、近接

の回避により、前後共振からPTねじり共振に与えていた減衰が小さくなったためである。

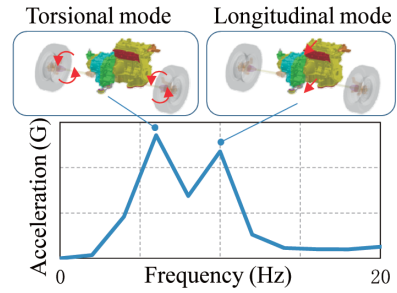


図-7 FF-HEV 発進時振動の周波数特性  
Fig. 7 Vehicle vibration in the longitudinal direction at the taking off by FDV result

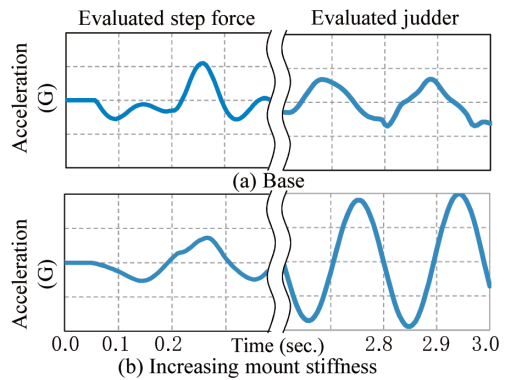


図-8 発進時振動 (+ハイパスフィルタ 1Hz)  
Fig. 8 Taking off vibration through high-pass filter (1Hz)

### 3.3.2 最適マウントシステム

2つの共振の近接を維持したまま、共振レベル及び自励振動を抑制できる減衰付加を行う。感度解析を行い、アッパー及びロアーのトルクロッド、右マウントで前後の減衰効果が高いことを明らかにした (図9)。アッパー及びロアーのトルクロッドを有する場合、駆動トルクを支持しない右マウントは、前後方向の減衰付加の自由度が高い。したがって、前後方向に大きな減衰を作用できる新規開発の流体右マウントを備える構成を、FF-HEVの基本マウント構成とした。

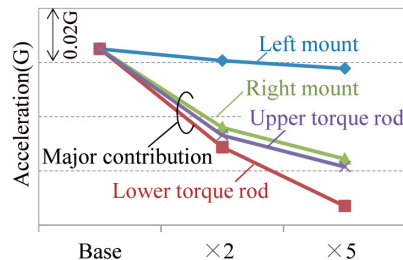


図-9 発進時振動の感度解析結果 (パラメータ: 前後減衰)  
Fig. 9 Result of parameter study to change longitudinal damping for taking off vibration

### 3.3.3 実機検証結果

図10に、この基本マウント構成の発進時振動の解析結果と、実験結果を示す。クラッチ2のステップ入力に影響する領域と、自励振動が影響する領域で、解析と実験が



対応し、狙い通り振動が低減している。

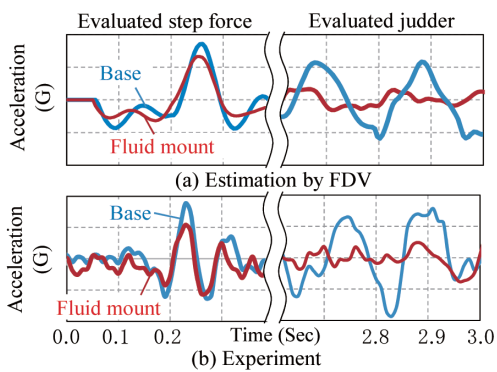


図-10 実機検証結果 (+ハイパスフィルタ 1Hz)  
Fig. 10 Experimental result of the taking off vibration through high-pass filter (1Hz) at longitudinal floor vibration

#### 4. 騒音低減技術

##### 4.1 モータノイズCAE適用の狙い

モータを有するFF-HEVでは、電磁加振力が加振源となる高周波のモータノイズが発生する。特にエンジン停止状態のエネルギー回生時は、暗騒音が低い中でモータが最大出力を発生するため、モータノイズが聞こえやすい条件である。ドライバの求める静粛性を実現するため、モータ構造の最適化及び無限要素法による放射音解析の適用などにより、モータノイズのポテンシャルの大幅向上を狙う。

##### 4.2 モータノイズ低減技術

4つの主な低減技術により、モータノイズのポテンシャルを大幅向上させた。

###### 4.2.1 防振構造

CVTをベースとする本FF-HEVは、全長方向に短いレイアウト要件を満足し、更に必要なモータ出力を確保するため、大径モータを採用している。トランスミッションケース（以下、ケース）に直接締結する場合、このモータの電磁加振力により励起された振動が直接ケースに伝わるため、静粛性の確保が難しい。そこで、ケースへの振動伝達を低減するため、図11に示すように低剛性構造としたサポートプレートを通じて締結する防振構造を採用した。これにより、モータ実用領域全域においてモータノイズの低減を図っている。

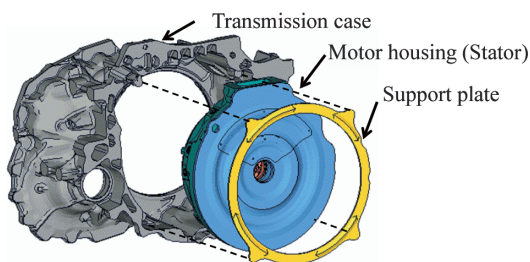


図-11 防振構造  
Fig. 11 Floating motor mounting structure

##### 4.2.2 ノード点支持構造

防振構造の場合、ステータを保持するモータハウジングの肉厚は制限されるため、径方向の剛性は低くなる。この結果、モータハウジングが径方向に膨張・収縮する構造系共振が1700Hz付近に発生する。モータハウジングは完全な対称形状ではないため、ステータ径方向加振力によりこの共振が励起され、ケースへ伝わる振動が増幅される。構造系の共振には、振動が最少となる節が存在するため、有限要素法（FEM解析）により節の位置を特定した。その位置でサポートプレートをケースに締結することにより、ケースへの振動伝達を低減している（図12）。この構造と防振構造の効果を無限要素法による放射音解析により予測し、1200rpm以上のモータ実用領域において、モータノイズを最大約14dB低減した（図13）。

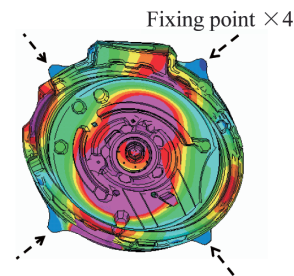


図-12 ノード点支持構造  
Fig. 12 Structure of nodal point fixing (displacement contour map of structural mode)

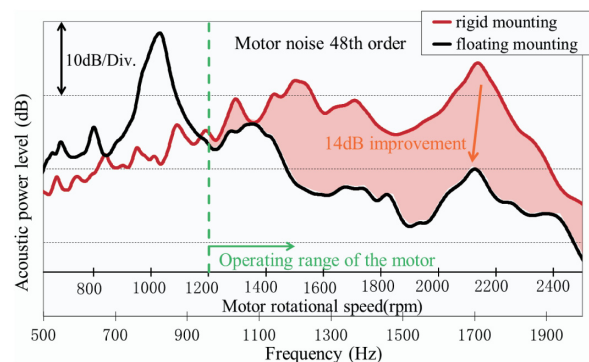


図-13 防振構造及びノード点支持構造の効果  
Fig. 13 Effect of the floating motor mounting and nodal point fixing mounting

##### 4.2.3 モータハウジングねじり共振の固有値設計

防振構造は、重量物であるモータハウジング（ステータ）を低剛性構造のサポートプレートを通じて保持するため、モータ実用領域に近い820Hzにモータハウジングねじり共振が発生する。この共振はステータの周方向加振力により励起され、ケースへ伝わる振動を増幅し、モータ実用領域（1200rpm以上）においてもモータノイズの悪化要因となる。モータハウジングねじり共振は、サポートプレート及びケース上のサポートプレートとの締結ボスがバネとなるモードである。サポートプレートはすでに低剛性構造とし



ているため、より効果が見込まれるボスを低剛性化することで、モータハウジングねじり共振をモータ実用領域より離すことが可能である。そこで強度との両立を図りながらボス剛性低減を具現化した。その結果、モータハウジングねじり共振周波数が約100Hz低下し、モータノイズを更に最大約7dB低減することができた（図14）。

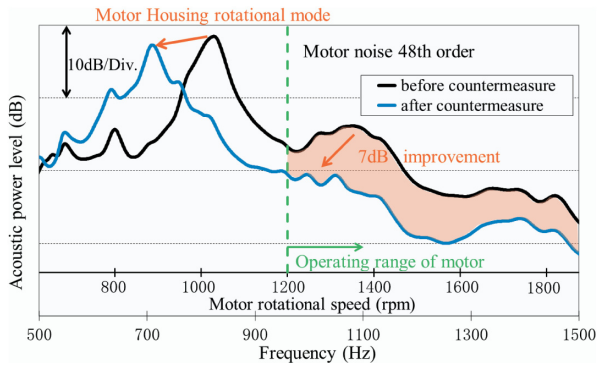


図-14 モータハウジングねじり共振の固有値設計効果  
Fig. 14 Improvement of motor housing torsional mode

#### 4.2.4 放射面剛性設計

ケースからのモータノイズ低減のため、ケースの面剛性を高める。ケースを22分割し、各エリアからの放射音を予測することで、周波数ごとの放射音寄与率を算出した（図15）。その結果より、着目した周波数域において、効果的に放射音を低減できる部位を特定し、その部位に対してリブの追加やケース肉厚増大による剛性改善を実施した。このように放射音解析技術を適用することで、効率よくモータノイズの低減を実現することができた。

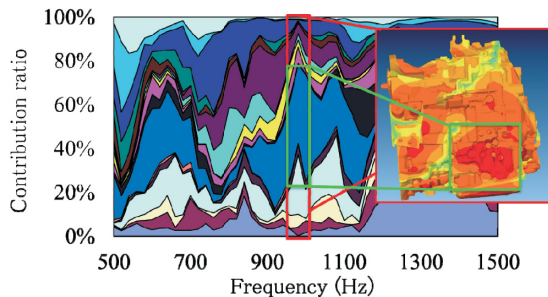


図-15 モータノイズ放射面の寄与分析結果  
Fig. 15 Contribution ratio of motor radiation noise

#### 4.3 モータノイズ低減技術まとめ

ハイブリッド車に期待される静かで快適な車室内を提供するために、モータノイズの低減に取り組んできた。開発の初期段階ではユニットの基本骨格となる防振構造の採用を決心し、さらに開発中期では放射音解析技術の活用により、効率のよい放射音特性改善を実施した。これにより、エンジンノイズのない静かな車室内においても、ドライバの期待に応え得る高い静粛性を実現した。

#### 5. まとめ

FF車に初搭載した1モータ2クラッチ式ハイブリッドシステムにおいて、FDV及びモータノイズCAEを用いて、十分なハードウェアによる振動・騒音低減技術とソフトウェアによるモータ制振技術を構築した。その結果、開発の初期段階から、ドライバの期待に応え得る高い快適性・静粛性を実現でき、この開発に大きく貢献することができた。

#### 6. 参考文献

- 1) 折田崇一ほか：新型FFハイブリッドシステムの開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 58-13、pp. 1-4 (2013)
- 2) 本杉純ほか：フーガ ハイブリッド向けモータとクラッチの統合制御技術の開発、日産技報、No. 69・70、pp. 31-35 (2012)
- 3) 塚田泰樹ほか：Functional Digital Vehicleの開発、日産技報、No. 58、pp. 49-53 (2006)
- 4) 江尻紀明ほか：品質ばらつき抑制プロセス適用によるFF車ATセレクトショック性能向上、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 43-13、pp. 1-4 (2013)
- 5) 三竿善彦ほか：品質ばらつき抑制プロセス適用によるATセレクトショック性能向上、自動車技術会論文集、Vol. 43、No. 2、pp. 485-490 (2012)
- 6) S. Fujimoto et al. : HEV Application of Shaking Vibration Control System Based on Advanced Motor Control, SAE Technical Paper No. 2012-01-0622 (2012)

---

■ 著 者 ■



佐藤 裕 介



呂 貴 明



松 原 精 二



山 本 和 志



折 田 崇 一



金 子 弘 隆



平 野 芳 則

## IT特集に寄せて

### Overview of Information Technology



IT&ITS開発部 木村 敏也  
Toshiya Kimura

#### 1. はじめに

現在のような地図表示を伴ったカーナビゲーションが登場してから約四半世紀が経過した。発売当初はオプション価格で50万円以上もする高価な商品で、一部の高級車に装着される贅沢品であった。また、読者の方もご存知かと思うが、地図コンテンツはまだまだ不十分であったし、ロケータ性能も不十分で、発展途上であったことは否めない。しかし、その後の25年余の間に、当該分野においても様々な技術革新、性能向上技術の開発が進み、今では、基本性能に対する不満は大分少なくなってきたように思われる。

Information Technology (IT) は、言うまでもなく、民生分野において著しい成長を遂げてきているが、自動車における当該技術の取り込みも加速する一方である。そこで、本号では、最新のIT技術を取り込んだ新世代インフォテイメントシステムを中心としたIT特集を組むこととした。

本キーノートでは、車載ITの発展の歴史の概略と今後の技術の進化の方向性について論ずることとする。

#### 2. これまでの発展の歴史

車載用ナビゲーション、IT端末は大きく3つのステージで進化してきた。

##### 2.1 黎明(れい) 期

本格的なカーナビゲーションが登場したのは1980年代後半であるが、当初は、小容量メディア (CD-ROM) に掲載された地図データと自車両位置を検出するロケータ機能からなるスタンドアロンタイプの商品であった。出現当初は商品としての基本性能も十分とは言えなかったが、1990年代のおよそ10年で、GPS (Global Positioning System) やジャイロセンサ、加速度センサなどの自車両位置を検出する精度が大幅に向上し、実用性が上がった。また、交通情報配信 (VICS) も始まり、念願の夢であった渋滞回

避走行も容易にできるようになってきた。しかしながら、2000年頃になってもまだまだ廉価な商品とは言えず、日本国内での純正装着率も高々20%程度であった。

##### 2.2 大容量化、機能統合化、低価格化

カーナビゲーションが日本において本格的に普及し始めたのは、2000年代に入ってからである。無論、そのドライブフォースは部品の低価格化であるが、それとともに、DVDやHDD (Hard Disk Drive) メディアを積極的に採用することにより地図データが大規模になり、行きたい場所を検索し最短あるいは最速で到達できるルート案内が可能となるなど、カーナビゲーションとしての基本性能が実用上十分なものに成長したことが挙げられる。更に、周囲モニターカメラやETC、ハンズフリー電話システムなど、ドライブや移動をサポートする利便機能がシステム融合し、ナビゲーションの液晶画面の利用頻度が大幅に高まったことも、普及促進に貢献してきたと言えよう。

##### 2.3 コネクテッド化

カーナビゲーションにとっての第3の大きな波は、コネクテッド化である。いわゆるテレマティクスに代表されるネットワーク回線を通じた外部インフラと車載端末との融合である。当社におけるテレマティクスサービスのはしりは1998年に開始した日本市場向け“コンパスリンク”であるが、その後、機能拡張させ、“カーウイングス”と名付けたサービスに進化させている。当初テレマティクスサービスのコンテンツとしては、オペレータによる目的地検索、設定のほか、ニュースや天気予報配信などが中心であったが、その後の拡張として1台1台の端末車両がプローブカーとなって最新の交通状況などをプローブデータとして収集し、よりきめ細かく精度の高い交通流データを配信できる仕組みを構築している。現在では同様のテレマティクスサービスを中国と米国市場に投入しているほか、日産リーフにおいては専用のオンボード型通信端末を搭載し、24時間いつでも当社のサーバに接続して、充電モニター機能などのお客様に利便性の高い価値を提供するほ

か、緊急自動通報機能や盗難車追跡機能など、いわゆるS&S (Safety & Security) 機能をも付加して、魅力向上を図ってきている。

### 3. 車載ITの今後の進化の方向性

これまでの四半世紀におけるカーナビゲーション、車載ITの進化の歴史は、前章で説明してきたように、

- ・高性能化 (高レスポンス、高精度)
- ・常に新鮮 (地図データ、アプリケーション)

の追求とも言え、これら商品のコアバリュー、また重要な競争軸と捉え成長させてきた。無論、これらの競争軸は今後も普遍的な軸であると考え、今後のカスタマーバリューの軸は、これらに加えてITならではの「知能化」が極めて重要になってくるものと考えている。クルマに

よっての知能化は様々な捉え方ができるが、別な表現をすれば、「気の利いた付加価値、サービスを提供する能力」とも言えよう (図1)。

前章でも述べたように、既に車載ITはテレマティクスと呼ばれるオフボードサービスにも対応してきており、外部脳 (クラウドやヒューマンオペレータ) を一部活用してオンボードだけでは達しえない初歩的な知能化が実現されてきている。

加えて、今後の車載ITの進化は、まさにこの知能化の発展によって、ユーザの欲求、嗜好にピタリと合わせたサービスの提供に軸足を移してゆくことになる。現在の車載システムは、お客様にご購入頂いた時点から経時劣化してゆき、また、中枢脳 (内部脳) が進化することもない。お客様がクルマに乗られている間、車載情報サービスを進化させ続けるためには、オフボード (クラウド=外部脳)

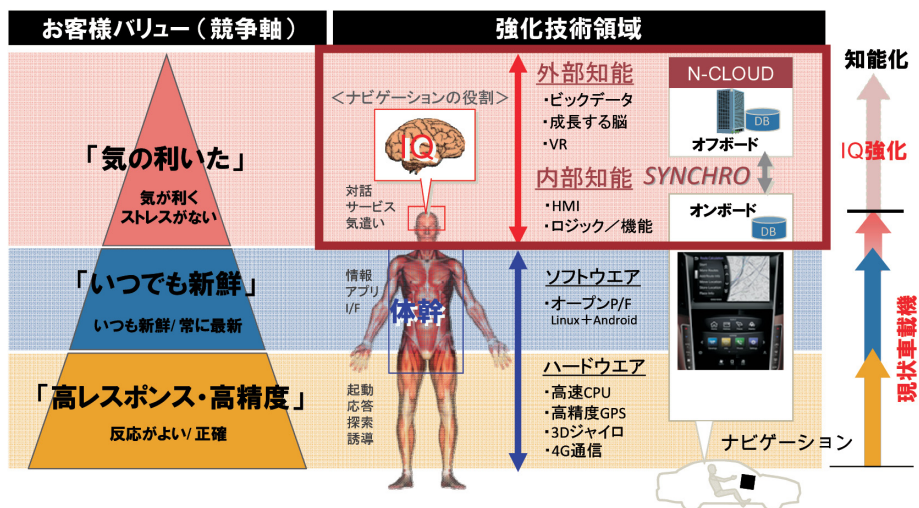


図-1 車載ITの進化の方向性  
Fig. 1 Evolution of onboard IT system

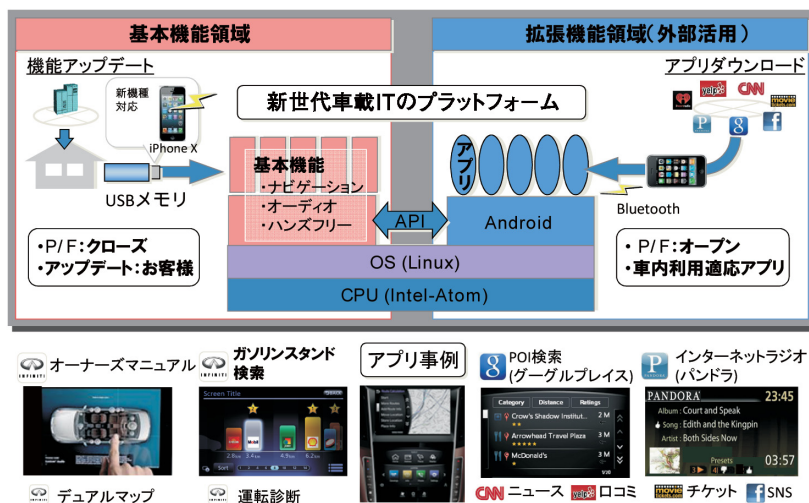


図-2 新型ITプラットフォーム  
Fig. 2 New type of IT platform



を徹底的かつ有機的に活用するよりほかに手段はない。いずれは、車載機（内部脳）の状態がクラウド（外部脳）と完全にシンクロし、外部脳の成長進化が即座に内部脳を成長させ、常に鮮度に高い、知的なサービスを提供し続けることになると思う。

#### 4. 本IT特集の狙い

このIT特集では、以下の記事から構成した。

- (1) 新世代車載ITプラットフォームの開発
- (2) テレマティクスサービスのグローバル展開
- (3) 新型ITシステムにおけるアプリケーションダウンロード機能開発
- (4) 新型ITシステムにおけるスマートフォン連携機能の開発
- (5) 新型NissanConnectナビゲーションシステム、オーディオシステムの開発
- (6) 今後の車載ITシステムの役割と進化の方向性

特に、2013年夏に北米にて発売を開始した新型Infiniti Q50では、ITプラットフォームを一新し、高性能CPU、デュアルOSを活用した知能進化型システムとして開発した（図2）。

本特集では、この新ITプラットフォーム開発の狙い、特徴に関する記事を冒頭に、続いてそのプラットフォームで実現する知能化サービス等々を紹介することとした。

いずれの記事も、実際に開発を指揮あるいは担当したメンバーによって執筆されたものであるが、どの技術領域も難度の高い開発となり、苦勞の結晶となっている。本紙面を借りて、開発に御協力頂いた全てのサプライヤ様、サービスベンダー様、当社内関係者に感謝の意を表したい。

#### 5. 参考文献

- 1) 伊藤敏行ほか：ドライブガイドシステムの開発、日産技報、No. 26、pp. 153-160（1989）
- 2) 曾根学ほか：新型ナビゲーションの開発、日産技報、No. 38、pp. 49-54（1996）
- 3) 原智亨ほか：カーナビゲーションの現状（マルチAVシステム）、日産技報、No. 43、pp. 10-12（1998）
- 4) 山中忠政ほか：新型カーウイングスナビゲーション（HDD方式）の開発、日産技報、No. 61、pp. 32-37（2007）
- 5) 会田肇：新型カーウイングスナビゲーションシステム（HDD方式）の実力、日産技報、No. 61、pp. 502-503（2007）
- 6) 木村敏也：最近のカーナビゲーションシステムの動向、日本機械学会誌、Vol. 111、No. 1075、pp. 38-39（2008）
- 7) 道吉誓子ほか：新型カーウイングスナビゲーションシステムの開発、日産技報、No. 65、pp. 31-39（2009）
- 8) 下松龍太ほか：日産リーフを支えるITシステムの開発、日産技報、No. 69・70、pp. 110-118（2012）

# 新世代車載ITプラットフォームの開発

Next-generation Onboard IT System Platform Development

曾 根 学\*  
Gaku Sone

**抄 録** スマートフォン、タブレットの急速な普及によって変わってきているお客様の車載情報端末に対する期待に応えるべく開発した、高性能で拡張性の高い新型ITシステムを紹介する。新型ITシステムは、「2つの画面を活用した直感的で分かりやすいヒューマンマシンインタフェース (HMI)」、「機能進化を可能とするクラウド活用」、「ユーザの好みを反映できるカスタマイズ」の3点に重点をおき開発した。この実現に当たって、システムの構造を従来から一新し、システムマスタユニットはLinux OS上に、今後の進化を容易にするソフトウェア構造を構築した。

**Summary** Nissan's next-generation onboard IT system aims to satisfy customers' expectations that are changing as a result of the rapid popularization of consumer electronic devices, such as smartphones and tablets. In the development of this system, three important points were prioritized: Intuitive human machine interface with dual screens, continuous upgradability with cloud computing technologies, and customization to meet customers' preferences. In order to realize these goals, the system platform was newly built from scratch. Linux was selected as the operating system due to its software development flexibility.

**Key words :** Electronics, communication system, human-machine-interface(HMI), cloud computing, application download, operating system(OS), smartphone

## 1. はじめに

2013年8月に北米にて販売が開始されたInfiniti Q50から、新型のITシステムを投入した(図1)。



図-1 新型ITシステム  
Fig. 1 New IT system

新型ITシステムの開発にあたり、差別化のポイントとして特に注力したのは以下の3点である。

- ① 2つの画面を活用した直感的で分かりやすいヒューマンマシンインタフェース (HMI)
- ② 機能進化を可能とするクラウド活用
- ③ ユーザの好みを反映できるカスタマイズ

## 2. 2画面HMI

新型ITシステムは、2つのディスプレイを持つ。Q50の場合、上画面が8インチ、下画面が7インチのサイズとしている。画素数は、上下ともWVGA(縦480ドット×横800ドット)である。

上下のディスプレイとも、スマートフォンやタブレットと同様の静電容量式のタッチスイッチを有し(図2)、指をスライドさせることで画面をスクロールする、2本の指の間隔をかえることで地図の縮尺を変える、といったスマートフォンと同様の操作に対応している。

運転中の上下の視線移動、遠近の焦点移動を少なくするため、上画面は可能な限り上方かつ遠方に配置しており、視認性に優れる。一方、下画面はハンドリーチが近く、操作性に優れる配置とした(図3)。

\*IT&ITS開発部

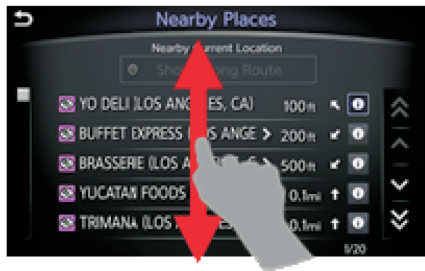


図-2 静電容量スイッチ操作例  
(リストスクロール、フリック)  
Fig. 2 Capacitive touch operation example  
(List scrolling, flicking)



図-3 表示・操作の考え方  
Fig. 3 Displays and controllers location principle

2つの画面を持つことのメリットは、上画面に、ナビゲーションやアラウンドビューモニタなどの運転中であってもすぐに見たい情報を表示したまま、下画面には、ユーザの好みの画面を表示することや、各種操作を行うことができる点である。

上画面は、視認性には優れるものの、ハンドリーチは若干遠いことから、運転中の操作性を確保するために、2つのリモートコントローラを用意した。

一つはステアリングスイッチで、オーディオ、ハンズフリー電話、音声認識など運転中に良く使う機能を、ステアリングホイールから手を離すことなく操作することができる。もう一つはセンタコンソールに設置したコマンドで、運転中でもスイッチを見なくても地図やアラウンドビューモニタなど、上画面に表示されるコンテンツの操作が可能である。

下画面では、オーディオ、エアコン、車両情報、ナビゲーションなどの基本機能の状態表示・操作のほかに、ダウンロードアプリケーション、スマートフォン連携アプリケーション、テレマティクス、インフィニティ・ドライブ・モード・セレクションなどの先進拡張機能の表示や操作が可能である。これらの機能の呼び出しは画面の下の3つのスイッチで行う。「AUDIO」「CLIMATE」の各スイッチは文字通りオーディオ、エアコン機能の呼び出しであるが、そのほかの機能は「MENU」スイッチで呼び出す。

下画面に表示される操作画面では、グラフィカルなアイコンやシンボルを活用することで、直感的な分かりやすさを向上させている。

「MENU」スイッチで呼び出される画面は全部で5面あるが、使用頻度の高いものを「MENU」スイッチを押した時に最初に呼び出される画面に配置している(図4)。また後述のように、配置は好みで変更可能である。



図-4 MENU画面  
Fig. 4 Menu screen

ほとんどの機能は下画面で操作可能であるが、オーディオとエアコンは、運転中であっても操作頻度が高いため、画面の周囲にプッシュボタン、ボリュームダイヤルを設定しており、操作のたびに画面を呼び出さなくても、基本的な操作が可能になっている。

### 3. クラウド活用

昨今、スマートフォンやタブレットの普及が急激に進んでおり、これら民生情報端末でできることが車内でも使えることが望まれている。今回、お客様が日頃使っているスマートフォンのアプリケーション(以下、アプリ)をクルマの中でも使いたいという要望に応えるために、スマートフォン連携機能を採用した。

アプリが実際に動作しているのは、スマートフォンまたはスマートフォンが接続しているインターネット上のサーバであるが、そのアプリを操作し、表示や音声出力を行う機能を車載機側に持たせた。こうすることで、スマートフォンアプリの画面をそのまま車載機のディスプレイに表示するのではなく、安全性を配慮して設計された操作画面を表示することができる。

対応アプリは定期的を増やしていくが、新たなアプリの操作画面はスマートフォンを経由して車載機にダウンロードすることができる。

上記のように、新型ITシステムはスマートフォンと接続できるようになったが、スマートフォン側に悪意のあるアプリがないとも限らず、ITシステム、さらには車両に対する悪影響を防ぐため、スマートフォンからアクセスできる車載機の情報には限定している。そのため、スマートフォンアプリでは、車両情報を活用する、あるいはITシステムと密接に連携するような機能は搭載していない。

長期間に渡ってお客様の満足を得続けるためには、このような機能であっても、車両購入後に追加できるようにする必要がありますと考えた。クラウド活用の全体構造を図5に示す。

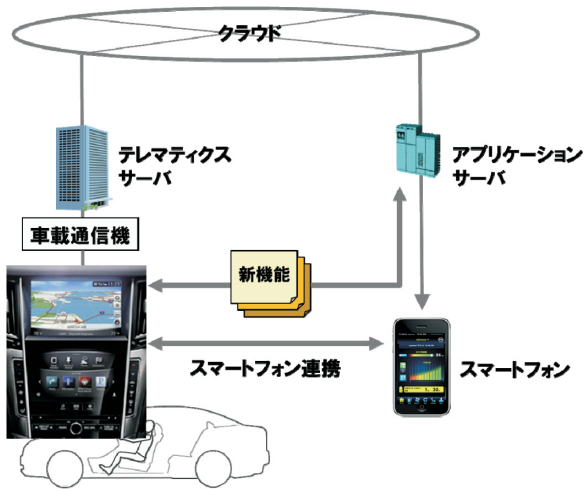


図-5 クラウド活用全体構造  
Fig. 5 Cloud collaboration total structure

アプリを車外のサーバからダウンロードして実行させる仕組みとしては、スマートフォンやタブレットで広く採用されているAndroid™をベースに当社独自の機能を織り込んでいる。具体的には、アプリが車両情報を参照する、車載ナビゲーション機能に情報を提供する、車載機のスイッチの操作を受け付ける、走行中にできる操作を制限する、といった機能を追加している。

Android™をベースにしているものの、独自機能を追加していること、また車両の制御、動作に悪影響を及ぼすような悪意のあるアプリの混入を防ぐことから、当社が専用に設置したアプリストアからのみダウンロード可能としている。スマートフォンアプリをダウンロードすることはできないが、Android™をベースにしているため、今後のアプリの追加において、多くのソフトウェアディベロッパとの協業が容易になる。

これらの新機能に加え、既にサービスを提供しているテレマティクス (Infiniti Communication) や衛星ラジオによる情報提供 (Sirius XM information) も、機能を進化させ採用している。

#### 4. カスタマイズ

上記のように新型ITシステムでは、大幅に機能の拡張を行っているが、お客様によって良く使う機能や好み異なるため、お仕着せの設定を無理強いするのではなく、お客様が好みに応じて設定できる自由度を拡大している。

まず、下画面のメニュー画面上に表示される様々なアイコン (スイッチ) は、お客様の好みで全5ページの中で変

更が可能である。但し「MENU」スイッチを押して最初に表示される3ページ目は、ナビゲーションの目的地設定、各種設定メニュー、電話など重要な機能を配置しているため、移動ができないようにしている。

また走行中であっても使いたい機能を中心に、上画面上で、ステアリングスイッチまたはセンタコンソールのダイヤルで操作できるショートカットメニューを用意しているが、このメニューに登録する項目をお客様の好みで追加することができる (図6)。

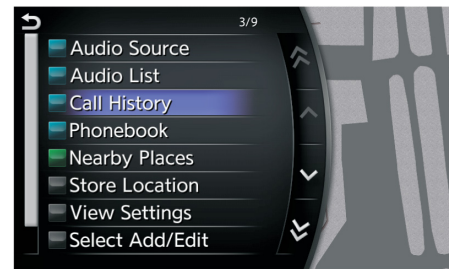


図-6 ショートカットメニュー  
Fig. 6 Shortcut menu

上画面に現在地地図を表示する際、表示を左右に2分割して、左右で異なる縮尺の地図を表示することや、左半分に、これから先のルートの情報や燃費情報を表示することができるが (図7)、運転中でも、センタコンソールのダイヤルで、その時々で使いたい表示をスピーディに選択することができる。

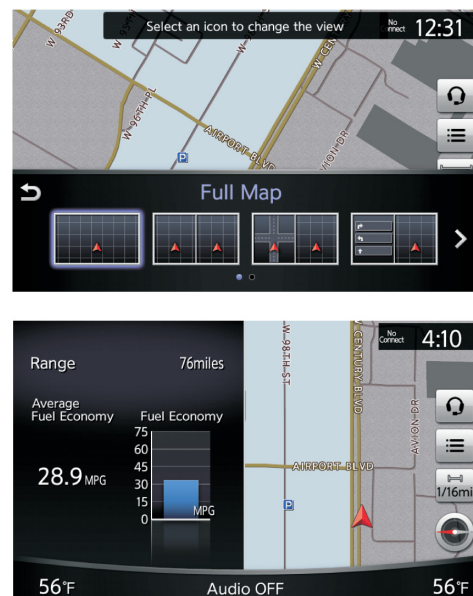


図-7 2画面表示  
Fig. 7 Split display

1台のクルマを複数のユーザが共用することを想定して、ラジオのプリセットやナビゲーションの登録地をユーザにより切り替える機能は、従来のITシステムから採用されている。インテリジェントキーのホブによりユーザの切り替えを行っている。新型ITシステムでは、インフィニ



ティ・ドライブモード・セレクション機能と連動することで、オーディオやナビゲーション機能だけでなく、エンジンやシャシーなど走行に関わる設定も、ユーザごとに自動的に設定を切り替えられるようにした。

### 5. 新型ITシステムの構造

新型ITシステムの構造を図8に示す。本システムでは、大幅な機能の拡充を果たしているが、その核となるシステムマスタユニットは、上側のディスプレイに統合されている。このディスプレイ一体型ユニットが、システム全体の制御、2つの画面への表示、操作に伴う画面遷移などを管理、実行している。更にBluetooth®を内蔵し、ハンズフリー機能を実現したり、USBやiPodからの音楽再生といったマルチメディア関係の機能を実行したり、アプリをダウンロードして実行したり、スマートフォンと接続してスマートフォン上のアプリの制御を行うといったクラウド活用機能の実行までも行っている。



図-8 車載機の構造  
Fig. 8 Onboard hardware structure

こういった機能を実行できるようにするため、このディスプレイ一体型ユニットは、メインのプロセッサとしてIntel社のAtom™チップを採用している。Atom™はタブレットなどで広く採用されているが、新型ITシステムでは、温度や振動などの車載要件を満足するよう耐環境性能を拡張したものを使用している。

また、Atom™上でソフトウェアが動作するためのオペレーティングシステム(OS)として、Linuxを当社として初めて採用した。

Linuxはオープンソースソフトウェアであり、何を使用しているかを明確にし、変更した時にそのソフトウェアを公開すれば、誰でも自由に使用できるOSで、昨今デジタル機器などで広く使われている。スマートフォンやタブレットなどで使われているAndroid™もLinuxがベースになっている。

システムマスタユニットのソフトウェア構造を図9に示す。

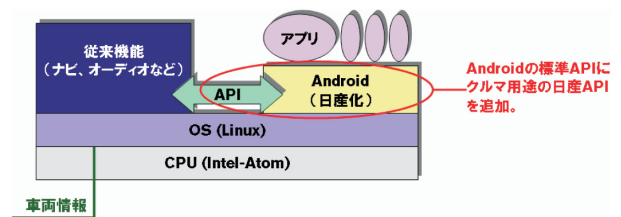


図-9 システムマスタユニットのソフトウェア構造  
Fig. 9 Software structure of the system master unit

Linuxは全世界で、大量の機器で使用されており、問題が発見され修正された場合は、その修正されたソフトウェアが公開されるため、信頼性が高い。また、OSの核となるカーネルだけでなく、周辺の中立ソフトウェアやデバイスドライバも豊富に存在するため、システムの構築、拡張が容易になる。新型ITシステムで、多くのマルチメディア機能やクラウド活用機能を実現できたのも、Linuxの採用によるところが大きい。更に、今後の継続的な機能拡張、進化も容易である。

### 6. おわりに

新型ITシステムは、北米向けInfiniti Q50に初めて採用されたが、今後、仕向け地の拡大、採用車種の拡大が計画されている。多くのお客様に満足頂けることを願ってやまない。

また、本システムの開発は、困難の連続であったが、何とか開発を完了させることができた。パートナー企業を含む関係各位のご協力、ご尽力に深く感謝する。

#### ■ 著 者 ■



曾 根 学

# テレマティクスサービスのグローバル展開

## Global Deployment of Telematics Service

下松 龍太\*  
Ryota Shitamatsu

直井 和美\*  
Kazumi Naoi

菊池 靖\*  
Yasushi Kikuchi

牧之内 卓美\*  
Takumi Makinouchi

**抄 録** 情報通信技術・サービスの進化や普及に伴い、自動車においても「つながる」機能・サービスへのニーズがグローバルに高まっており、自動車向け情報通信システムの一つであるテレマティクスシステムの重要性が増してきている。そのため、日産は、日本のテレマティクスサービス「カーウイングス」で培った技術を基に、テレマティクスサービスのグローバル展開を進めている。本稿では、日産のテレマティクスサービス展開の歩み、及び特徴を紹介する。

**Summary** Demand for connecting vehicle services is rising globally with the evolution and spread of information and communication technology and services. The importance of telematics systems, which are a kind of information and communication system for vehicles, is also increasing. Therefore, we are engaged in the global deployment of telematics service based on the technology developed for CARWINGS, which is a telematics service in Japan. This article reports our activities with regard to the expansion of our telematics service.

**Key words :** Electronics, telematics system, communication system

### 1. はじめに

2002年に「つながるよろこび」「つながる安心」の実現に向けて国内初の総合テレマティクスサービス「カーウイングス」を開始して以来、約10年が経過した。この10年の間に、情報通信業界では、インターネットの普及、携帯電話やスマートフォンなど情報通信端末の進化・普及、クラウドサービスの出現・拡大など、様々な情報通信サービスが世界の多くの地域で展開・普及してきている。

自動車向け情報通信サービスであるテレマティクスサービスにおいても、自動車メーカ各社が日本、米国、欧州、中国などの各地域でサービスを開始しており、テレマティクスサービスに対するニーズがグローバルに高まってきている。

このような中、日産自動車は日本向けテレマティクスサービス「カーウイングス」で培った技術を基に、各地域のニーズを織込みながら、中国と北米でサービスを開始するなど、テレマティクスサービスのグローバル展開に取り組んでいる。

本稿では、日産のテレマティクスサービスのグローバル展開の歩み、サービス内容、及び特徴について紹介する。

### 2. 日産のテレマティクスサービス展開の歩み

日産のテレマティクスサービスは、日本から提供を開始

し、現在では中国、北米、そして電気自動車（EV）向けにサービス展開を拡大している（図1）。

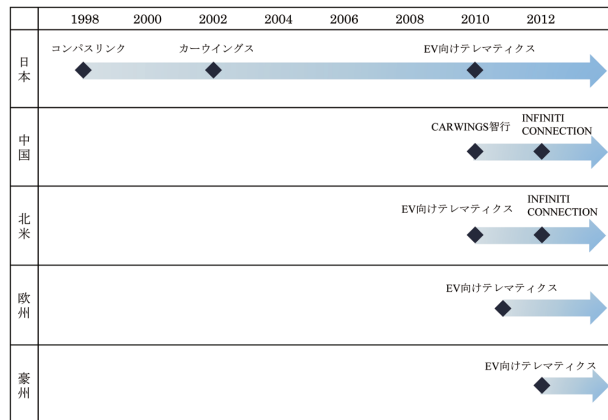


図-1 テレマティクスサービス展開の歩み  
Fig.1 Telematics service expansion

1998年、日産は日本において有人オペレータサービス「コンパスリンク」を開始した。オペレータセンタに接続し、オペレータとの音声会話のみでナビゲーションの目的地設定、ルート探索が行える目的地設定代行サービスを実現した。これにより、お客様は運転中でも、安全にナビゲーションの目的地設定が可能になった。

2002年からはオペレータサービスに加えて、交通情報、天気情報、ニュースなどの情報提供を行う国内初の総合テレマティクスサービス「カーウイングス」を開始した。

\*IT&ITS開発部

簡単操作による情報取得、TTS (Text To Speech) 技術を用いた情報の音声読み上げにより、走行中でも安全な情報提供サービス「情報チャンネル」を実現した。

2004年からは、テレマティクスセンタからのリアルタイム交通情報提供サービスを開始した。ナビゲーションにおいて、高鮮度な交通情報を生かした「最速ルート探索機能」を実現し、お客様はより早く目的地に到達するルートを選択し、走行することが可能になった。2006年には、カーウイングス会員の車両から収集したプローブデータ（走行情報）を活用したプローブ交通情報提供サービスを合わせて開始し、プローブ情報を利用することで、これまで提供できていなかった細部の道路についても交通情報の提供が可能となり、より高精度な最速ルート探索機能へ進化した。

そして、日本で培ったテレマティクス技術を基にして2010年からグローバル展開を進めている。2010年中国においては「CARWINGS 智行」、2012年からは北米と中国において「INFINITI CONNECTION」という名称でサービスを開始した。

これまでのナビゲーション向けサービスに限らず、各サービス提供地域のニーズに対応し、事故時緊急自動通報、遠隔操作によるドアの施錠・開錠、盗難車両追跡などの安全・安心サービスを実現した。

また、2010年EVの日産リーフの販売に合わせて、EV固有のニーズに対応したEV向けテレマティクスサービスを日本、北米で開始し、その後、欧州、豪州へとサービス提供地域を拡大した<sup>1)</sup>。

図2に各地域で提供しているサービス内容を示す。

|    |                        | 情報チャンネル | オペレータサービス | 最速ルート探索 | S&S<br>遠隔操作・<br>モニタリング | EV専用サービス |
|----|------------------------|---------|-----------|---------|------------------------|----------|
| 日本 | カーウイングス                | ○       | ○         | ○       |                        |          |
|    | EV向け<br>テレマティクス        | ○       | ○         | ○       |                        | ○        |
| 中国 | CARWINGS 智行            | ○       | ○         | ○       | ○                      |          |
|    | INFINITI<br>CONNECTION | ○       | ○         | ○       | ○                      |          |
| 北米 | INFINITI<br>CONNECTION | ○       | ○         |         | ○                      |          |
|    | EV向け<br>テレマティクス        | ○       |           |         |                        | ○        |
| 欧州 | EV向け<br>テレマティクス        | ○       |           |         |                        | ○        |
| 豪州 | EV向け<br>テレマティクス        | ○       |           |         |                        | ○        |

図-2 テレマティクスサービス  
Fig. 2 Telematics service list

### 3. カーウイングスのグローバル展開

これまで日本のICT (Information Communication Technology) サービスというと、よく「ガラパゴス」と言われることがある。これは、日本市場で最適化が著しく進むと、その結果として世界の流れからかけ離れ、海外の適応性とコストに優れた製品・技術が導入されると最終的に

淘汰されてしまうという状態を比喻する表現である。しかし、日産は、日本のカーウイングスで培った技術やノウハウを基に、ジャパンオリジナルなシステムをグローバル共通システムとして世界に打って出て、各地域で同様なサービスを展開している。以下、主な機能について紹介する。

#### 3.1 情報チャンネル

情報チャンネルは、テレマティクスセンタに用意されている情報(コンテンツ)をお客様がワンタッチでダウンロードでき、情報表示・音声読み上げを行える機能である。チャンネルとは、同じテーマに関する複数のコンテンツをまとめて提供できるようにした概念であり、カーラジオなどと同様に、走行中に簡便な操作でコンテンツを取得できるHMI (Human Machine Interface) となっている。

情報チャンネルは、日本では2002年からカーウイングスのサービスとして提供を開始し、北米では「Mobile Information Service」、中国では「资讯频道」という名称でサービスを展開している。

図3、図4に北米INFINITI CONNECTIONにおけるMobile Information Serviceのサービス提供例を示す。お客様は事前にWeb上のオーナーポータルサイトにて車内で取得したいコンテンツを選択する。乗車後、車内のナビ

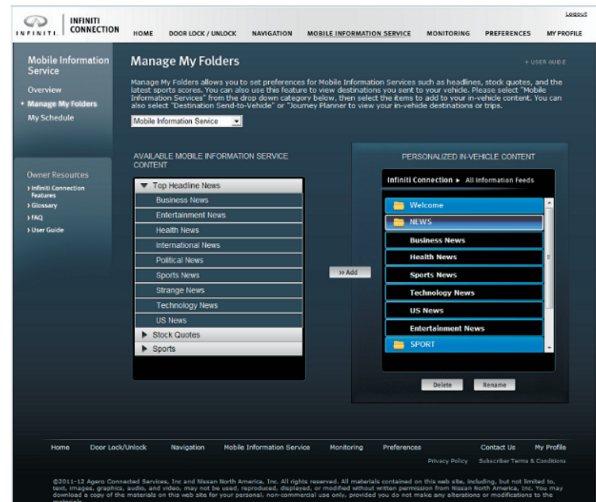


図-3 Mobile Information Service の Web 画面  
Fig. 3 Mobile information service (web)



図-4 Mobile Information Service の車載機メニュー画面  
Fig. 4 Mobile information service (onboard unit)

ゲーショとテレマティクスセンタの間でその情報を同期すると、その後はナビゲーション上のメニューを選択するだけでコンテンツを取得することができる。

### 3.2 オペレータサービス

オペレータサービスは、お客様が口頭で要求を伝えるだけで必要なコンテンツを取得できる機能である。音声対話によるユーザデマンド確定までを有人オペレータまたは自動音声応答装置IVR (Interactive Voice Response)が行い、それ以降はデータ通信モードに切り替えてコンテンツが提供される仕組みとなっている。

しかし、日本と海外では通信インフラが異なるため、国内システムを海外に適用するには、通信インフラへの対応が必要であった。

音声通話とデータ通信は別々の通信となるため、テレマティクスセンタ側で音声通話とデータ通信の対応付けを行う必要がある。日本のカーウイングスでは携帯電話の発信者番号通知を用いて音声通話とデータ通信の対応付けを行っていた。しかし、海外においては通信インフラにより発信者番号通知を取得できない場合があるため、DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency) を用いてID情報を送信する仕組みとした。

また、日本のカーウイングスでは音声通話によるユーザデマンド確定後、データ通信モードへの切り替えを自動で行うためにマルチアクセスを用いているが、中国、北米ではGSMネットワークを利用するため、トーン信号を用いて音声通話からデータ通信モードへの切り替えを行っている。

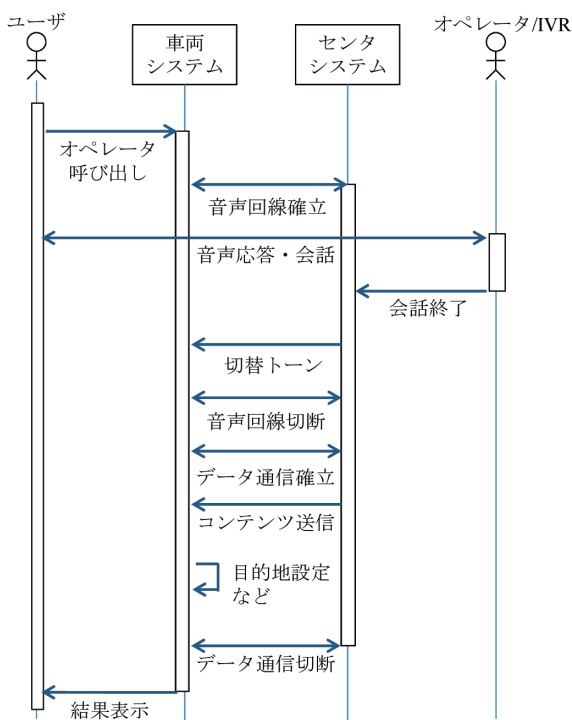


図-5 オペレータサービスのシーケンス図  
Fig. 5 Sequence diagram of operator service

る(図5)。

これらの海外通信インフラへの対応を行うことで、オペレータサービスを実現している。

### 3.3 最速ルート探索

最速ルート探索は、リアルタイムの交通情報を活用したルート探索機能であり、目的地により早く到着するルートの提供、高精度な目的地への予測走行所要時間の提供を行う。日本のカーウイングスのサービスの一つとして2004年から提供を開始し、その後、進化を図ってきている<sup>2)</sup>。

中国では、自動車需要の増大により交通渋滞が社会問題として深刻化している。そのため、日産は中国に対してもこの最速ルート探索機能を導入し、普及を進めている。

日産は2006年から2007年に北京市で実施したSTAR WINGSプロジェクトにおいて、最速ルート探索の効果検証を行い、約18%の旅行時間短縮効果、及び予測走行所要時間の精度向上(予測誤差は従来比約1/4)を実証した<sup>3)</sup>。

そして、日産は2008年よりFM多重放送で配信される交通情報データを活用したルート探索の提供を開始し、2010年よりCARWINGS智行のサービスの一つとしてリアルタイム交通情報データを配信し、最速ルート探索の提供を開始した。

これまでのFM多重放送で配信される交通情報には、

- ・リンク旅行時間が提供されていない
- ・配信エリアが限定されている

という課題があった。CARWINGS智行では、テレマティクスセンタからリンク旅行時間のデータを含む交通情報データを配信し、ナビゲーションはこのデータを活用してルート探索を行っている。

また、CARWINGS智行では現在地周辺だけでなく、目的地までの交通情報を全て配信している(図6)。例えば、北京から天津への経路を探索した場合、これまではFM多重放送で配信される北京の交通情報しか活用できなかった。

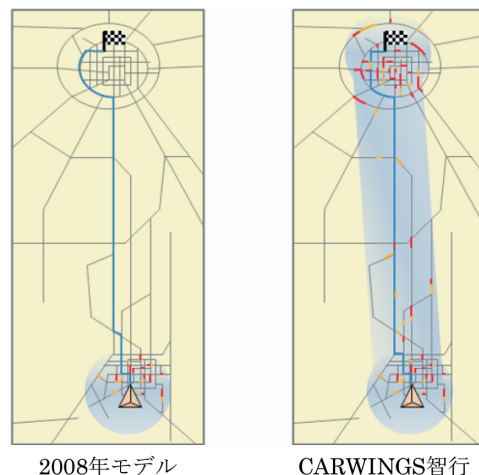


図-6 最速ルート探索のイメージ図(中国)  
Fig. 6 Fastest route guidance



たが、CARWINGS智行では、天津までの交通情報が全て配信され、それらを考慮したルート探索を行える。

これらにより、CARWINGS智行では、STARWINGSプロジェクトで実証された旅行時間の短縮、予測所要時間の精度向上を実現しており、お客様はより早く目的地に到達するルートを選択し、走行することが可能となった。

なお、北米に対しては、2006年より衛星ラジオで配信される交通情報データを活用したルート探索機能を提供している<sup>4)</sup>。

#### 4. 地域固有ニーズへの対応

日本のテレマティクスサービスは、ナビゲーションの発展と共に進化してきており、情報配信による利便性、移動効率向上へのニーズに対応してきた。一方、北米や中国などにおいては、それらのニーズに加えて、S&S (Safety & Security) サービスへのニーズが高い。

このニーズへ対応するために、日産では、車両に車載通信ユニットを搭載し、車載通信ユニットと車両内のほかの電子制御部品が連携を行い、S&Sサービスを提供している。車載通信ユニットを搭載することで、車両が常にテレマティクスセンタと通信することができ、走行時の衝突自動通知や緊急通報など乗車中のサービスだけでなく、駐車時の車両への不正侵入検知、盗難車両追跡、事前に設定したエリア内外への車両移動の通知など、降車後のサービスも実現している。

このように乗車時だけでなく降車後もお客様のカーライ

フをサポートしている。

#### 5. 最後 に

テレマティクスシステムにより、自動車は「つながるクルマ」へと進化し、「利便性」、「効率」、「安全・安心」など様々な価値をお客様へ提供することが可能になった。そして、今後「つながることの定番化」や「更なる新しい価値の提供」が求められ、テレマティクスシステムの重要性が増していく。また、情報通信技術の普及に伴い、新興国も含めグローバルで「つながるクルマ」へのニーズが高まり、普及が加速することが予想される。

今後もテレマティクスシステムの開発・グローバル展開に取り組み、「つながるクルマ」の価値向上と普及に貢献していきたい。

#### 6. 参 考 文 献

- 1) 下松龍太ほか：日産リーフを支えるITシステムの開発、日産技報、No. 69・70、pp. 110-118 (2012)
- 2) 古賀靖章ほか：最速ルート探索システムの開発、日産技報、No. 61、pp. 51-54 (2007)
- 3) 古賀靖章ほか：中国向け新型ティアナ搭載STARWINGSナビゲーションシステムの開発、日産技報、No. 65、pp. 40-44 (2009)
- 4) 佐藤康治ほか：北米交通情報対応ナビゲーションシステムの開発、日産技報、No. 61、pp. 47-50 (2007)

#### ■ 著 者 ■



下松 龍太



直井 和美



菊池 靖



牧之内 卓美

# 新型ITシステムにおけるアプリケーションダウンロード機能開発

Application Download Function Development for New IT System

曾 根 学\*  
Gaku Sone

**抄 録** 車両購入から時間とともに劣化していくITシステムの魅力を補うために、後から新たな機能（アプリケーション）をダウンロードし、実行することができる仕組みを新たに開発し、新型ITシステムに織り込んだ。その仕組みはAndroid™をベースにしているが、車内利用での有用性を向上させるために、車両や車載機とのインターフェースを追加するとともに、車外からのアタックに対するセキュリティも確保している。

**Summary** We have developed a mechanism for downloading and executing new applications that can maintain the attractiveness of an IT system for years following purchase, and installed it into a next-generation IT system. Although this mechanism is based on the Android™ operating system, a lot of Nissan-specific interfaces have been added in order to enhance interaction with the vehicle and other onboard devices and ensure security against threats from outside of the vehicle.

**Key words :** *Electronics, communication system, cloud computing, application download, operating system(OS), information security*

## 1. はじめに

2013年8月に北米で販売が開始されたInfiniti Q50から採用された新型のITシステムは、クラウド（インターネット）技術を活用して、車両購入後も継続して機能の進化、拡張ができることを特徴の一つとしている。

クラウド活用機能としては、車外のサーバから携帯電話回線を経由して、情報を車両に提供するテレマティクス（北米の場合はInfiniti Communication）や衛星ラジオからの情報提供機能（北米の場合はSirius XM radio）は、従来のITシステムでも採用されていたが、新型ITシステムでは情報提供にとどまらず、機能（アプリケーション）自体を車外のサーバからスマートフォンを経由してダウンロードし実行できるアプリケーションダウンロード機能と、お客様が普段使われているスマートフォン上で動作しているアプリケーションを車載機で表示や操作できるスマートフォン連携機能を、新たに採用した。

ここでは、アプリケーションダウンロード機能の仕組みについて紹介する。

## 2. アプリケーションダウンロードの仕組み

昨今、スマートフォンやタブレットなどで、好みのアプリケーションをダウンロードすることは広く行われている。このようなデジタル機器に慣れ親しんでいるお客様

にとって、車載IT機器においても、同様の機能拡張性（アップグレードビリティ）に対する期待値が大きくなるのは必然である。

但し、スマートフォン用のアプリケーションを車載機にダウンロードできるということでは意味がなく、クルマの中で有用なアプリケーションをダウンロードし、実行できるようにしなければならない。また、悪意のあるアプリケーションがダウンロードされ、実行されることにより、車両の運行に悪影響を及ぼさないようなセキュリティの確保も必須となる。このことから、世の中で広く使われている技術、方式をそのまま適用すれば良いということにはなり得ない。

新型ITシステムで実際に採用した方式は、スマートフォンやタブレットなどで広く使われているAndroid™をベースに、車両情報や車載機との連携機能やセキュリティを強化すべく、インターフェース（Application Program Interface = API）を当社独自のものとして定義した。一方、Android™をベースにすることで、アプリケーションをダウンロードし実行する部分の基本的な仕組みは、独自に開発する必要がなくなる。

新型ITシステムでは、ソフトウェアを実行する土台となるオペレーティングシステム（OS）として、Linuxを採用している。Linuxはオープンソースソフトウェアであり、何を使用しているかを明確にし、改変した時にそのソフトウェアを公開すれば、誰でも自由に使用できるOSで、昨

\*IT&ITS開発部

今デジタル機器などで広く使われている。OSの核となるカーネルだけでなく、周辺のみドルウェアやデバイスドライバも豊富に存在するため、システムの構築、拡張が容易になる。新型ITシステムで、多くのマルチメディア機能やクラウド活用機能を実現するために、このLinuxを採用した。

Android™も元々Linux上に構築された仕組みであるため、Android™をベースとしたアプリケーションをダウンロードする仕組みを実装するのも容易であった。また、本システムでは、スマートフォン連携機能も、この仕組みの上で動作している。

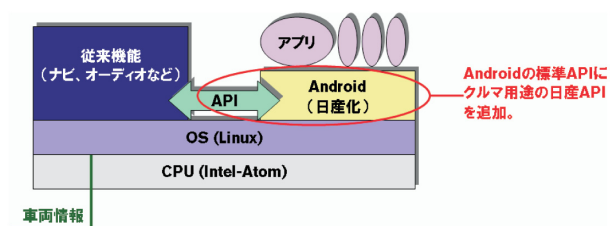


図-1 アプリケーションダウンロードの仕組み  
Fig. 1 Application download mechanism

### 3. ダウンロードアプリケーションとのインタフェース

ダウンロードアプリケーションをクルマならではのものとするために、ダウンロードアプリケーションが使用できる機能の拡張を図った。具体的には、車両情報の利用、ナビゲーション機能との連携、オーディオ機能との連携などである。

メータや車両の運行状況をモニタするようなアプリケーションを想定して、アプリケーションが車両情報を取得できるインタフェースを用意した。

またインターネットを利用して検索した地点やインターネット上のスケジューラに格納されている地点を目的地に設定するようなアプリケーションを想定して、車載機のナビゲーション機能の地図上に検索地点を表示する、あるいは目的地として設定できるインタフェースを用意している。

アプリケーションからの音楽再生や音声発話を想定して、車載機のオーディオシステムとの音声切り替えやミキシングのインタフェースも用意した。外部サーバを利用した音声認識を想定して、車載のマイク音声をアプリケーションが利用できるインタフェースも用意している。

このようなインタフェースの拡張を行っているため、スマートフォンやタブレット用のAndroid™アプリケーションをそのまま実行することはできない。しかし、アプリケーション開発者向けの開発環境 (ソフトウェア・ディベロップメント・キット = SDK) を準備しており、このSDKを使用することで、これらの専用インタフェースを利用したアプリケーションの開発が可能となる。ベースは

Android™であるため、多くの開発者にとってハードルは低く、今後のアプリケーションの拡充が期待できる。

### 4. セキュリティの確保

アプリケーションを外部からダウンロードできるようにする一方、悪意のあるアプリケーションはダウンロード、実行されないようなセキュリティの確保が必要となる。

アプリケーションは当社が管理する専用のサーバから、スマートフォンを介してダウンロードすることとしており、このサーバに格納されるアプリケーションは当社が認定したものだけとなる。また、アプリケーションが利用できるインタフェースも、アプリケーションごとにアクセスレベルを設定できるようにしており、信頼性が確認されたアプリケーションでなければ、車両情報や個人情報にアクセスできない仕組みを織り込んでいる。

### 5. おわりに

2013年12月現時点で、「時計」「コンパス」「ドライビング・パフォーマンス・メータ」「メンテナンス・ノート」「電子メール」「カレンダー」「ITシステム・クイック・ガイド」の7つのアプリケーションを用意しており (図2-8)、一部は車載機にプリインストールされているが、ほかはサーバからダウンロードできるようになっている。



図-2 時計アプリ画面例  
Fig. 2 Clock application

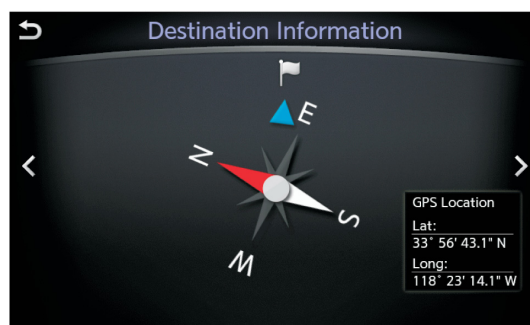


図-3 コンパスアプリ画面例  
Fig. 3 Compass application

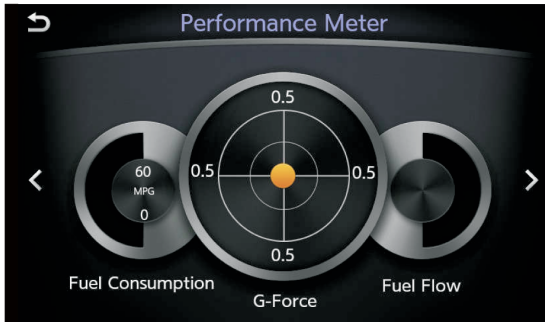


図-4 ドライビング・パフォーマンス・メータアプリ画面例  
Fig. 4 Driving performance meter application



図-7 カレンダーアプリ画面例  
Fig. 7 Calendar application



図-5 メンテナンス・ノートアプリ画面例  
Fig. 5 Maintenance note application



図-8 クイック・ガイド画面例  
Fig. 8 Quick guide application



図-6 電子メールアプリ画面例  
Fig. 6 Email application

これから、いかに魅力的なアプリケーションを、継続的に提供していけるかが重要であり、社内外の強固な連携により、魅力的なアプリケーションを創出し、お客様に提供していきたい。

最後に、新型ITシステムにおけるダウンロード機能の実現にあたり多大な御協力を頂いたサプライヤー様、ソフトウェアベンダー様、社内関係各位に謝意を申し上げます。

■ 著 者 ■



曾 根 学



# 新型ITシステムにおけるスマートフォン連携機能の開発

Development of Smartphone Connectivity Functions for New IT System

酒井和彦\*  
Kazuhiko Sakai

吉村浩昌\*  
Hiromasa Yoshimura

鈴木知行\*  
Tomoyuki Suzuki

古賀靖章\*  
Nobuaki Koga

坂本久美子\*  
Kumiko Sakamoto

廣川裕美\*\*  
Yuumi Hirokawa

**抄 録** 車載ナビゲーションなどにスマートフォンのアプリケーションを表示／音楽再生、操作する機能を開発した。走行中の操作許可／規制を含めた車載ITシステムに適合したHMI (Human Machine Interface) を実現しつつ、各アプリケーションに求められる機能を織り込んだ。これによりお客様が走行中においてもスマートフォンの持つ無限の利便性を享受可能であり、さらに今後登場してくるであろう新たなアプリケーションに対しても柔軟に対応していく環境を整える事が出来た。

**Summary** We developed smartphone connectivity functions that are displayed on an in-vehicle monitor and can be controlled by the onboard IT unit. These functions have been integrated into the new IT system. HMI (Human Machine Interface) has been adapted to meet the requirements of the vehicle IT system, including operation limitation/acceptance. At the same time, functions that each application requires have been realized. These developments enable the customer to benefit from the infinite convenience that smartphones offer while driving. Moreover, a flexible execution environment for new applications that will be developed in the future has been prepared.

**Key words :** Electronics, communication system, IT-system, smartphone, connectivity, convenience, application software, human-machine-interface(HMI)

## 1. はじめに

近年、スマートフォンとその上で動作するアプリケーション（以下、アプリ）は我々の生活の中で欠くことの出来ない存在になってきている。電子メールはもちろんのこと、SNS (Social Network Service) と呼ばれる人と人がつながるためのアプリ、店舗や飲食店、価格情報などの検索系アプリ、ニュースや天気予報などの情報系アプリ、音楽のダウンロードやストリーミングをする音楽再生アプリなど、その応用は多岐にわたる。

スマートフォンの利便性は、いつでもどこでも、というユビキタスの視点と、最新のものをいつでも更新・入手できるというアップグレードバリティに基づくと考えられる。

一方、車載ITシステムもスタンドアロンでの進化の後、日産のテレマティクスサービス「カーウイングス」に見られるネットワークとの通信機能を持つなどの進化を続けてきたが、車外で行った情報取得行為との連続性、機能のアップグレードバリティと言った点において課題が有った。

そこで、スマートフォンで日頃使っているアプリを車内でも活用できるようにすることで、これらの課題を解決す

る開発を進めてきた。その際に、走行中に安心して安全に必要な情報にアクセスしつつ、その一方でスマートフォンとの親和性を高めるという、一見相反する課題に対処していく必要があった。

今回、その相反する課題に対処するための方策として開発したスマートフォン連携機能「Mobile Apps」に採用された技術を説明する。

## 2. システム構成

Mobile Appsは車載ITシステム上のハードウェアリソースの中にソフトウェアとして組み込まれたHUP(Head Unit Proxy)、スマートフォン上にお客様がインストールするInfiniti InTouch App、Infiniti InTouch App内に実装されるHAP (Handset Application Proxy)、クラウド上に存在させるサーバーアプリによって構成される（図1、図2）。ヘッドユニットとスマートフォンの間はBluetooth®規格による無線通信（Android™スマートフォン）もしくはUSB規格（iOSスマートフォン）による有線通信となる。スマートフォンとバックエンドサーバーの間はスマートフォンのパケット通信を用いている。

\*IT & ITS開発部 \*\*ピークルインフォメーションテクノロジー事業本部

本稿で使用する用語の説明を表1に示す。

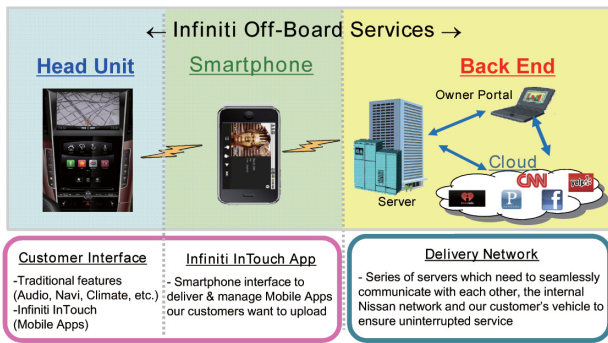


図-1 システム全体構成  
Fig. 1 System configuration

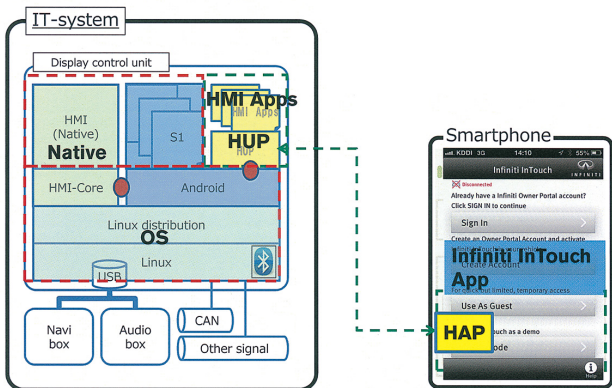


図-2 システム詳細  
Fig. 2 Detailed system configuration

表-1 各用語の説明  
Table 1 Explanation of technical terms

|                      |  |
|----------------------|--|
| HUP                  | ITシステムの中核となる Display Control Unit に組み込まれたソフトウェア。HAPと通信し、HMI アプリ (HMI Apps) のダウンロード、実行制御、OS との連携を行う。          |
| HAP                  | Infiniti InTouch App に組み込まれるソフトウェア。HUP 及び Back End Server と通信し、アプリのダウンロード、実行制御、Infiniti InTouch App との連携を行う。 |
| Infiniti InTouch App | お客様によってスマートフォンにインストールされるサービス専用アプリ。アカウント設定、ダウンロード対象アプリの設定などを行うことができる。   |
| HMI Apps             | Display Control Unit にダウンロードされる。車載機の表示・入力 HMI を定義する。   |

### 3. アプリケーションの種類

アプリはクラウドアプリとスマートフォンアプリの2種類に大別される。なお、理解を容易にするため、図1はクラウドアプリを想定して記述している。

クラウドアプリの実行はバックエンドサーバー上で行われる。表示・入力処理をヘッドユニット内のHMI Appsが行い、バックエンドサーバー上で実行されたアプリはクラウド上の各アプリベンダーのデータベースと連携して検索などの処理を行う。このクラウドアプリには検索系、SNS系のアプリなどがある。

スマートフォンアプリはInfiniti InTouch Appと同様、スマートフォンにインストールされる。アプリはスマートフォン上で実行されるため、バックエンドサーバーを介することなく直接各アプリベンダーのデータベースと連携する。このスマートフォンアプリには、オーディオ系アプリなどがある。

### 4. システムの動作

ITシステムの画面内に表示されたアイコン(図3)をタップすることにより、各アプリが起動する。実際には、①車載ITシステムに実装されたHUPがスマートフォン側のHAPと通信し、②アプリもしくはサーバー上のアプリを起動させ、③HUPに情報もしくは音楽データを転送する。④HUPは情報をITシステムの既定の表示形式に沿って情報の表示を行い、音楽データの再生などをつかさどる。⑤HUPはHAP経由でサーバーと通信し、ヘッドユニット上にダウンロードされたHMI Appsの更新処理を行う。バージョンアップが確認されると自動でダウンロードを行うため、お客様は特別な操作無しで、常に最新のアプリを使用することが出来る。

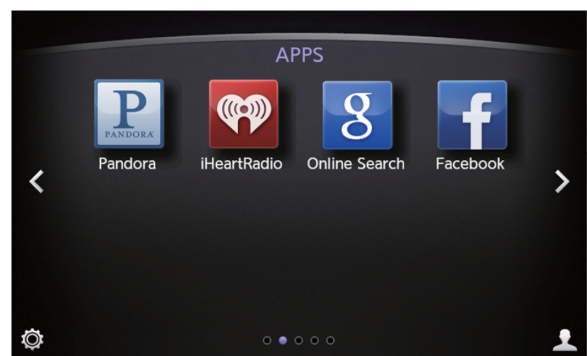


図-3 画面内アイコンの例  
Fig. 3 Example of screen icon

### 5. 機能概要

以下に、このスマートフォン連携機能の機能概略について説明する。

(1) 走行中の操作許可/規制を含めた車載ITシステムに適合したHMIを実現しつつ、各アプリに求められる機能を織り込んだ。たとえば、検索結果のリスト表示、リスト中のアイコン表示(図4)、詳細情報画面表示(図5)

などがある。

- (2) 車載ナビゲーションとの連携機能を搭載した。たとえば、Online Searchアプリの検索結果に基づき目的地を自動設定し（図6）、検索結果をナビゲーションの地図上にアイコン表示することが可能である。
- (3) 車載ITシステムのリソースを活用し、より付加価値の高い機能も実現した。たとえば、音楽再生アプリ（図7）はBluetooth®プロファイルを用いたデジタル信号で音声を伝送し、車載オーディオで再生することによりインターネットラジオなどのコンテンツを提供することが出来る。位置情報はナビゲーションがある場合にはナビゲーションの情報を利用可能とし、より精度の高い位置情報を利用可能にした。これにより、POI（Point of Interface）検索系アプリにて、現在地に基づいた情報検索を安定して行うことが出来る。

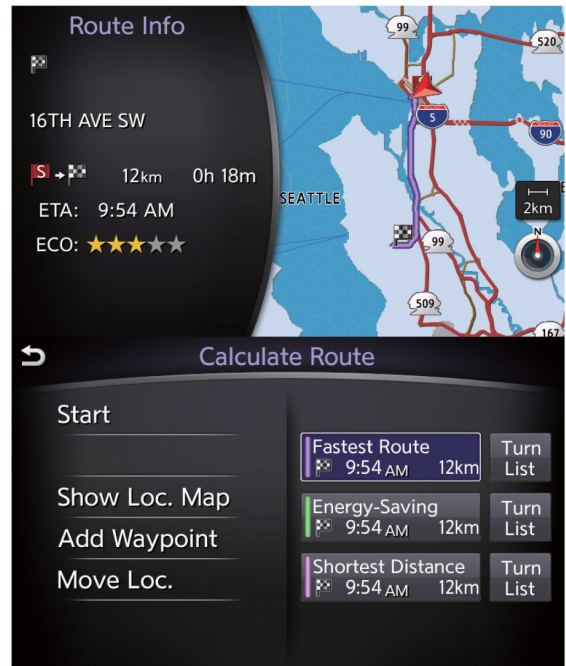


図-6 POI 検索結果を直接ナビゲーションの目的地に設定した表示例（Online Search アプリ）  
 Fig. 6 Result of POI search has been set as destination of navigation directory（Online Search application）

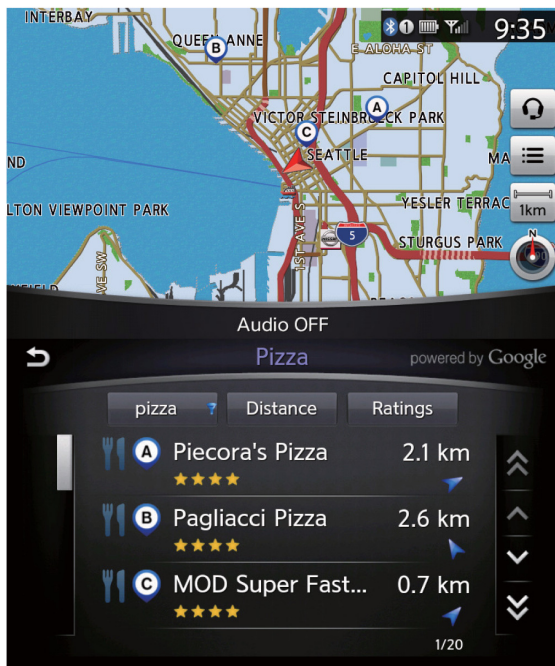


図-4 検索結果のリスト表示例（Online Search アプリ）  
 Fig. 4 Listed information as a result of POI search（Online Search application）

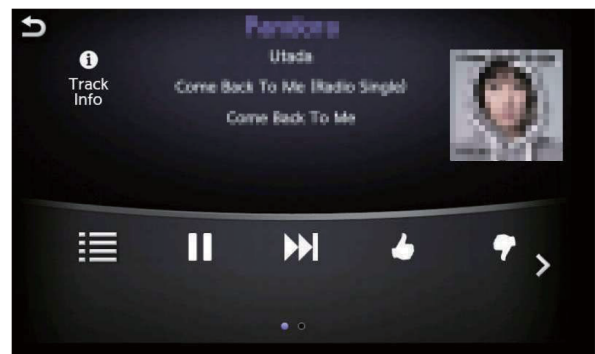


図-7 音楽再生アプリ表示例  
 Fig. 7 Music play application

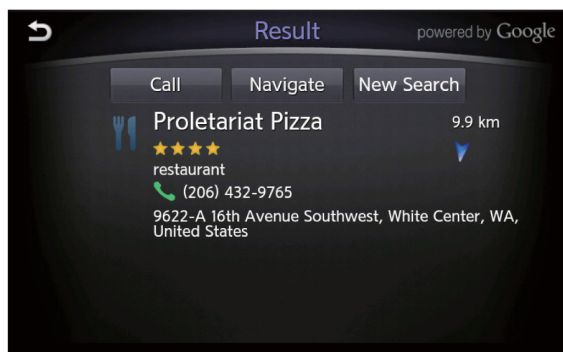


図-5 検索結果の詳細表示例  
 Fig. 5 Detailed information of searching result

更に、車載オーディオを活用し、TTS（Text To Speech）によるテキストの読み上げも実現した。これにより、走行中であっても情報系アプリから得られたテキスト情報の読み上げを可能にした。また、車載ハンズフリー電話のマイクを活用し、オフボードサーバーによる音声認識機能も採用しており、検索系アプリでのフリーワード入力を容易にした。

## 6. お客様の使用方法

スマートフォンの操作方法を踏襲することを念頭に置き、以下のシンプルなステップにてアプリが起動できるようにした。

- (1) 通常のスマートフォンアプリと同様の操作にて Infiniti



InTouch Appをダウンロードし、スマートフォンにインストールする。

- (2) Infiniti InTouch Appを起動してユーザ登録を行う。
- (3) Infiniti InTouch App中で使用するアプリを選択する。
- (4) Android™スマートフォンの場合はBluetooth®接続設定を、iPhoneの場合はUSB接続を行う。
- (5) Infiniti InTouch Appをスマートフォンで起動した状態で、ヘッドユニットの画面操作により機能を起動する。

## 7. アプリの選定

開発を進めるにあたり、代表的なジャンル（SNS／POI検索／音楽再生）より4つのアプリを選択した（表2）。今後、ニュース関連アプリの追加を初めとして、渋滞情報関連などのアプリを導入していく予定である。

表-2 初期に投入する予定のアプリ（2013年12月現在）  
Table 2 Planned application which will be launched in the first phase (as of December 2013)

|               | ジャンル             | 種別         | 主な機能               |
|---------------|------------------|------------|--------------------|
| Pandora       | Internet 音楽再生    | スマートフォンアプリ | 音楽再生、投票            |
| iHeart Radio  | Internet Radio   | スマートフォンアプリ | 音楽再生、投票            |
| Online Search | クラウド情報による POI 検索 | クラウドアプリ    | 検索、ナビ目的地設定、電話発信    |
| Facebook      | SNS              | クラウドアプリ    | リスト表示、詳細表示（写真、データ） |

## 8. まとめ

スマートフォン上で進化している最新アプリを車載HMI上で安全・安心に利用できること、また、車載ITシステムの各種機能（ナビゲーション、オーディオ、ハンズフリー電話、マイクなど）のリソースを統合するためのプラットフォームを構築することが出来た。これによりお客様が走行中においてもスマートフォンの持つ無限の広がりを楽しみ、さらに今後登場してくる新規アプリに対しても柔軟に対応していく環境を構築する事が出来た。

## 9. おわりに

クルマは高額な商品であることもあり、ITシステムが経年したからと言って買い換えるということは難しい。しかし、Mobile Appsは常に最新のアプリに対応できる可能性を提供しており、アプリの追加により愛着のあるクルマに長く乗りたいお客様のご要望にも応えられると考える。ITの進化とクルマへの愛着に対する一つの答えとなれば幸いである。

今回、新型ITシステムに本機能を導入したが、今後は広く当社のITシステムに採用を拡大して、より多くのお客様にMobile Appsを提供していく予定である。

## 10. 謝辞

最後に、Mobile Apps実現にあたっては商品企画、デザイン、オフボードIT企画、ITシステム開発、Mobile Apps 開発メンバーの皆様の惜しめない努力の賜（たま）物であり、関係各位に敬意を表します。

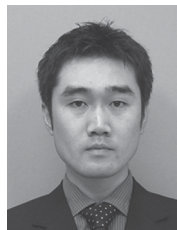
### ■ 著 者 ■



酒井 和彦



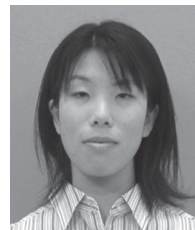
吉村 浩昌



鈴木 知行



古賀 靖章



坂本 久美子



廣川 裕美



# 新型NissanConnectナビゲーションシステム、オーディオシステムの開発

Development of New NissanConnect Navigation System and Audio System

金杉 茂雄\*  
Shigeo Kanasugi

伊藤 敏行\*  
Toshiyuki Ito

野々村 祐介\*  
Yusuke Nonomura

山村 裕三\*\*  
Yuzo Yamamura

**抄 録** 北米の2014モデル向けに新たに投入したNissanConnectナビゲーションシステムとディスプレイオーディオシステムのスマートフォン接続による外部クラウドサーバー連携機能の開発概要を紹介する。

**Summary** Smartphone connectivity functions with the NissanConnect navigation system and display audio system were launched for 2014 US models. In this article, new technologies that provide connectivity between onboard systems and the external cloud server system are described.

**Key words :** Electronics, IT-system, smartphone, connectivity, convenience, application software, human-machine-interface

## 1. はじめに

近年スマートフォンの普及は目覚ましいものがある。言うまでもなくユーザは、従来iPodのように大量のデータを持ち運ぶスタイルであったものから、高速通信機能によりクラウドにある無限に近い大量のデータをいつでも活用することができる点に魅力を感じている。その生活必需品となってきたスマートフォンを、クルマの中であっても安全に利用したいと希望するものも自然の流れである。

過去、携帯電話を1人1台持つ時代を迎えた時にも同様であったが、Bluetooth®無線通信、ステアリングスイッチと音声認識による入力デバイス、ディスプレイと音声合成という出力デバイスを駆使しながら、運転中にもお客様に安全に使っていただけるような様々なIT (Information Technology) 技術で解決してきた。

## 2. 商品コンセプト

近年のスマートフォンの普及は、グローバル市場で目覚ましいものがあり、車載機としても、スマートフォン対応を進める必要があった。このため、日産自動車では、このスマートフォンを運転中にも安全に使いたいというお客様の期待に対し、従来並みのコストで実現する開発を進めてきた。

北米向けNissan Altimaなどに採用されている、7インチタッチディスプレイのナビゲーションシステム (図1) と5インチディスプレイを有するディスプレイオーディオシステム (図2) においても、本機能を2014モデルより採用することにより、商品力の向上を図った。

また、本商品は図3に示す様に、車載機、スマートフォ

ン、クラウドサーバー間の通信連携により、機能を実現している。



図-1 ナビゲーションシステム  
Fig. 1 Navigation system



図-2 ディスプレイオーディオシステム  
Fig. 2 Display audio system

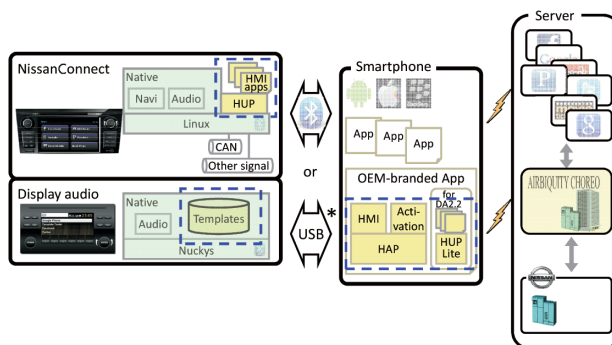


図-3 クラウドサーバーとの接続図  
Fig. 3 Connection image with cloud server

\*IT & ITS開発部 \*\*Nissan Technical Center North America

今回はその中で、オンボード車載機にフォーカスして、上記コンセプトを実現した機能・技術について紹介する。

### 3. スマートフォン連携機能開発

#### 3.1 アップグレード可能な廉価プラットフォーム開発

スマートフォンの特徴のひとつに、ユーザーが任意にアプリケーション（以下、アプリ）を追加、削除できる点が挙げられる。これをクルマで実現した事は無く、それを可能にする車載機の新規プラットフォーム開発が、今回最も重要な点となった。

##### 3.1.1 ナビゲーションシステムのプラットフォーム開発

HTML 描画機能 (QtWebKit) を新たに搭載したプラットフォームを開発した (図4)。この新プラットフォームでは、スマートフォンと車載機とを USB もしくは Bluetooth® 通信にて接続し、スマートフォンの HAP (Handset Application Proxy) を経由し、テキストデータ、画像データ、音声データなどを受信する。次に車載機側にインストールされた HUP (Head Unit Proxy) により、スマートフォンアプリの操作あるいは情報表示ができる様にデータ加工する。それを HTML 情報として、車載機のディスプレイに表示させる (図5)。もちろん車載機のハードスイッチの操作情報も HUP で取り込み、スマートフォンアプリをリモート操作することも可能である。

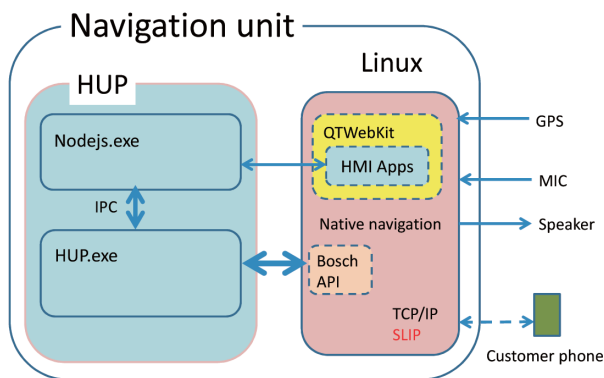


図-4 ナビゲーションシステムのプラットフォーム  
Fig. 4 Platform image for navigation system

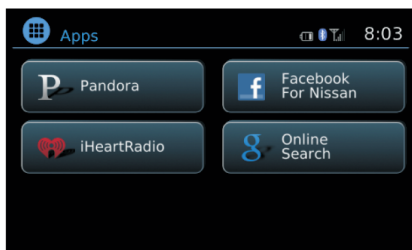


図-5 アプリケーションメニュー画面  
Fig. 5 Image for application menu

また、本機能を実現するために、従来比で約6倍の処理性能を持ったCPU (1440MIPS) を採用し、従来のナビゲーション機能を実現しつつ、スマートフォン機能も実現可能な様に、高速処理することが出来るプラットフォームとした。

加えて、情報表示にHTML方式を採用したことにより、ユーザーが任意にアプリをダウンロードし、使用することが可能となり、今後新たに出てくるアプリにも拡張して対応可能な仕様になっている。

##### 3.1.2 ディスプレイオーディオシステムのプラットフォーム開発

以下に開発したプラットフォーム (図6) と、筆者らが規定した2つのAPI (Application Program Interface) を示す。

また、図7左のAPI-1はディスプレイオーディオシステム内のBluetooth®モジュールのインターフェース仕様で、API-2はスマートフォン接続Bluetooth®インターフェース仕様である。

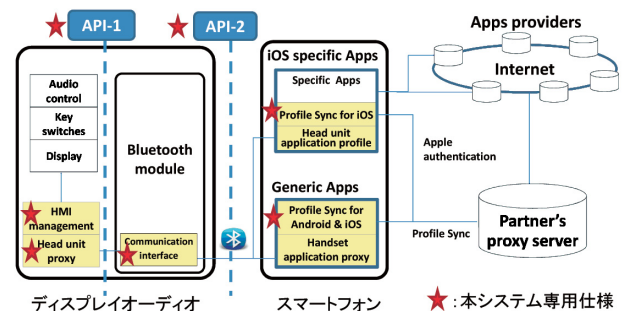


図-6 ディスプレイオーディオシステムのプラットフォーム  
Fig. 6 Platform image for display audio system

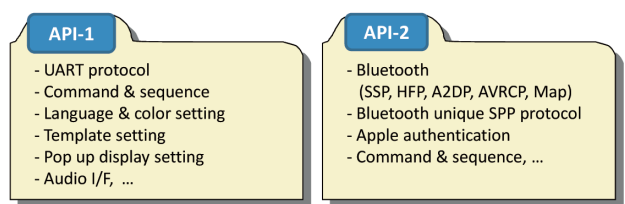


図-7 開発した2種類のAPI  
Fig. 7 Two types of API for display audio system

例として一般向けアプリの起動動作を説明すると、①Bluetooth®をペアリングする、②スマートフォンのHAPを有効にする、③顧客情報をスマートフォンとPartner's Proxy Server間でリンクする、④表示に必要なテンプレート (後述) をスマートフォンからディスプレイオーディオ車載機にてアプリケーションモードを起動する、⑤スマートフォンがApps Providerへ必要情報を要求する、⑥同Apps Providerからのデータをスマートフォンへダウンロードする、⑦スマートフォンのHAPがディスプレイ

オーディオ表示用にデータを編集する、⑨スマートフォンが編集したデータをディスプレイオーディオシステムが受信する、⑩ディスプレイオーディオシステムが指定テンプレート上にデータを表示する、という順番になる。

ここでテンプレート表示方式についてであるが、スマートフォン連携機能表示のために、車載機の上位機種NissanConnect及びInfiniti InTouchでは前述のようにHTML方式で描画をしているが、ディスプレイオーディオシステムのCPU処理能力は100MIPS以下（NissanConnectの約1/30、Infiniti InTouchの約1/70）であり、最低でも数百MIPS必要となるHTML描画を実現するには性能の高いCPUを採用せざるを得なくなるため、ディスプレイオーディオシステムでは、低コスト化のために専用のテンプレート方式を設計して、搭載した。このテンプレート表示方式は、スマートフォンからテキスト、表示色、画像、音声情報を受信し、テンプレートであらかじめ規定した位置にあてはめて表示していく方法で、従来のCDやラジオの表示画面と同等の画像処理能力で機能実現を可能にしている。

テンプレートはあらゆるアプリを想定した6種類を準備している。例えばSNS（Social Network Service）アプリの場合は図8左、インターネットラジオの場合は図8右の様なテンプレートを採用している。

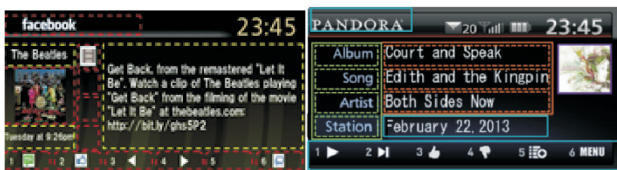


図-8 専用テンプレートによる表示例  
Fig. 8 Examples for display audio system

### 3.2 安全で使いやすいHMIの開発

コックピット内でも使いやすいインターフェースを目標にHMI（Human Machine Interface）を開発した。走行中の視認性を考慮し、見やすい大きさの文字サイズに配慮した情報表示を実現した。

さらに、操作スイッチに関しても、ほかの車載機（ナビゲーションやオーディオ）と共通性を持たせたソフトスイッチを採用しており、かつ車載機の一部のハードスイッチでも操作可能としている。

以下に、2014モデルでの対応アプリを紹介する。

#### 3.2.1 インターネットラジオ（Pandora、iHeart radio）

既に、車載機に備わっているBluetooth®やUSBを活用して、音声データをスマートフォンから車載機に送信し、走行中にインターネットラジオを視聴可能とした。さらには、楽曲情報や操作データも通信することで、スマートフォンアプリ自体の操作に類似させ、車載機画面で曲目選択や「いいね」などの操作もでき、自分の好みの音楽を選択して視聴可能な様に、画面デザイン設計した（図9）。



図-9 インターネットラジオの表示画面例  
Fig. 9 Display contents for internet radio

#### 3.2.2 SNSサービス（Facebook）

SNSのひとつであるFacebookの閲覧が可能であり、また受信したメッセージを音声合成機能で読み上げ可能とした（図10）。また、固定メッセージを用いた返信も、車載機より操作可能である。

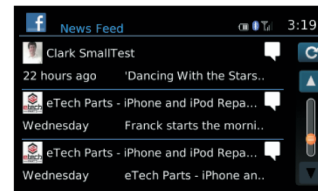


図-10 SNS表示画面例  
Fig. 10 Display contents for SNS

### 3.3 NissanConnectナビゲーション機能の強化

鮮度の良いPOI（Point of Interest）データを常に取得できる様に、スマートフォンを介してクラウドサーバーであるGoogle Searchからのデータダウンロード機能も利用可能である（図11）。さらにそのPOI検索データを活用したナビゲーションの目的地設定も可能で、かつ電話番号情報が付帯されていれば、そのPOIへ電話を掛けることも出来る。

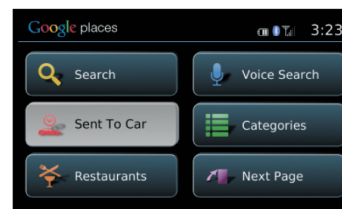


図-11 Google Search 表示画面  
Fig. 11 Display contents for Google Search

## 4. 開発時の新しい取り組み

本開発においては、従来のナビゲーション及びオーディオサプライヤに加え、アプリケーションサーバー運営会社、及び車載通信機サプライヤとの連携、共同開発が必要であった。

筆者らは日産リーフのEVナビゲーション開発で同様のパートナーシップでの開発経験を有しているが、ここでのスマートフォン連携アプリは充電状況モニターやエアコンリモート制御など、日産リーフ専用のナビゲーションシステム向けに開発したものであった。

これに対し、今回のスマートフォン連携機能開発においては、Apple APP Store、あるいはGoogle Placesなどの一般人気アプリをクルマに組み込むという新しい試みとなった。

我々自動車メーカーは、従来の車載機パートナーだけではなく、異業種とも言えるスマートフォン事業者やサーバー事業者と言ったIT企業などとの共同開発、あるいはパートナーシップが今後も重要となっており、更なる車載

ITシステム、サービスの魅力向上に向け、より強固な関係を構築し、次期型システム開発に生かしてゆく所存である。

## 5. 謝 辞

最後に、今回の開発に協力いただいた、ボッシュ株式会社、パナソニック株式会社、Airbiquity社の関係各位、および社内関係者に深く感謝の意を表します。

## 6. 参 考 文 献

- 1) 坂本剛ほか：新型キューブ向けディスプレイオーディオの開発、日産技報、No. 65、pp. 45-49 (2009)

### ■ 著 者 ■



金 杉 茂 雄



伊 藤 敏 行



野々村 祐 介



山 村 裕 三



# 今後の車載ITシステムの役割と進化の方向性

## Evolution and Future Role of Vehicle IT

二見 徹\*  
Tooru Futami

**抄 録** 従来の車載IT開発は、ナビゲーションシステムを中心としたスタンドアロン装備としての魅力づくりが中心的な課題であった。しかし今後は、クルマが車載ITを通じてクラウドと常時接続されることで生み出される新たな魅力、すなわちクルマの「知能化」を加速することが中心的な役割として期待される。

**Summary** In traditional in-vehicle IT development, generating the appeal of stand-alone equipment based on navigation systems is the main issue. However, in the future, it is expected that the generation of new appeal through the constant connection of cars to the cloud via vehicle IT—in other words, accelerated vehicle “intelligence” —will be the main thrust here.

**Key words :** Electronics, intelligent vehicle, communication system, cloud computing

### 1. ナビゲーションシステムの歴史

Information Technology (IT)による今後のイノベーションを考えるにあたり、ナビゲーションシステムの歴史を簡単に振り返る (図1)。

初期のナビゲーションシステムは、1990年代初頭にオーディオ、ビジュアル (テレビ)、ナビゲーションの3機能からスタートしたが、やがてFM多重放送や光/電波ビーコンによるVICS交通情報が加わり、地図上での渋滞表示が可能になった。交通情報の提供により、目的地設定を行わない場合でも、地図表示を常時利用する必然性が生まれ、ナビゲーションシステムの利用価値が格段に高まった。

1990年代半ばには、普及し始めた携帯電話を車内でも利用できるようにハンズフリー電話機能が追加される。さらに1990年代後半に入ると、車両周辺の死角を減らすため、リアビューカメラやサイドビューカメラなどのカメラ

システムが導入された。

そして、1990年代後半から2000年に入ると情報通信 (ICT) 分野で大きな変革が進行する。携帯電話とインターネットの爆発的な普及である。携帯電話は当初、音声通話が主体であったが、1990年代後半にはデータ通信サービスが本格化し、ナビゲーションシステムとの連携によって、テレマティクスと呼ばれる新たな技術分野を生み出した。初期のテレマティクスは、ドライバの携帯電話を利用し、渋滞情報を活用した最速ルート探索や最新地図の更新など、ナビゲーションシステムの性能向上や機能拡張を実現する手段として利用された。

### 2. 情報通信技術 (ICT) との融合

現在、携帯電話はモバイル通信ネットワークの進化とインターネットの普及によって、スマートフォンへ置き換わろうとしている。

2007年に市場に現れたスマートフォンは、高性能パソコンに匹敵する単体能力の高さに加え、高速モバイル通信によってインターネット環境に常時接続されることで、インターネット上のさまざまなデータやサービス環境を、あたかも端末機能の一部のように自在に活用できることが最大の特徴である。

その結果、電子メール、SNS (social networking service)、各種ウェブサイトの検索/閲覧、音楽/映像鑑賞など、従来はパソコン以外では利用できなかった高度なIT機能やサービスが、手のひらサイズの端末上で簡単に利用できるようになった。さらに最近では、高度なクラウドコンピューティング技術と融合することで、自然音声対話によ

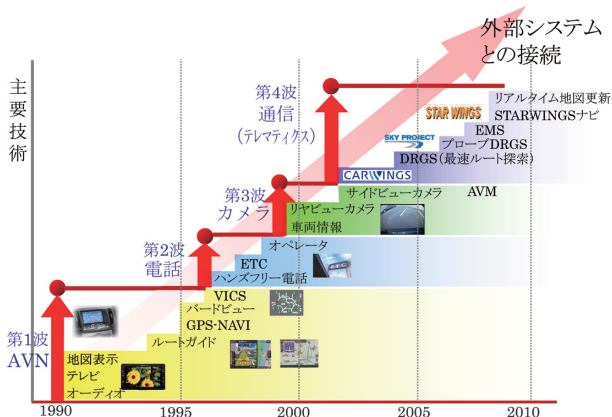


図-1 ナビゲーションシステムの進化  
Fig. 1 Evolution of navigation system

\*IT&ITS開発部

る情報検索や自動翻訳までも実現しようとしている。

それでは、クルマがデータセンタやインターネット環境と常時接続され、センタやクラウドが提供するサービスをあたかもクルマの機能の一部のように自在に活用できたら、どのような可能性が生まれるであろうか。

2010年に市場投入した電気自動車（以下、EV）の日産リーフでは、専用の車載通信モジュールが搭載され、センタとの常時接続が可能になった。この結果、ドライバーは通信を意識することなく、ナビゲーション操作の一部として、最新の充電スポット情報を取得することや、最速ルート探索を行うことが可能になったほか、クルマから離れた場所でも、パソコンやスマートフォンで充電状況を確認する、あるいは事前にエアコンを操作することが可能になった。ドライバーは車内外を問わず、24時間クルマと簡単にアクセスできるようになり、利便性は格段に向上した（図2）。

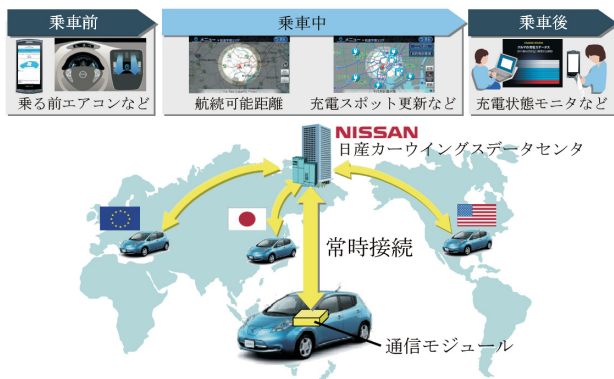


図-2 日産リーフの ICT  
Fig. 2 ICT of Nissan LEAF

しかし、常時接続がもたらす革新はこれにとどまらない。上記の各種サービスやメンテナンスなどのために必要な車両情報は、常時接続機能によって、ドライバーがサービスを利用するタイミングのみならず、車両状態に応じて自動的にセンタに収集される。これら大量のプロープ情報は、商品機能の改善や品質改善、マーケティング、さらに車両情報を利用したさまざまな外部ビジネスへの活用が期待されている。常時接続システムは、テレマティクス役割を、ナビゲーション機能を拡張する仕組みから、クルマの利用価値を拡張する仕組みへと変化させようとしている。

### 3. 内部進化と外部進化

常時接続によってセンタに収集される大量のプロープ情報が具体的にどのように活用されているか、日産リーフを例に現状をまとめる。

活用の方向性は大きく二つある。一つは商品開発、品質管理、マーケティングなど企業内部で活用する方向性であり、もうひとつは保険事業、モビリティ事業、エネルギー

事業など、企業外部で活用する方向性である（図3）。

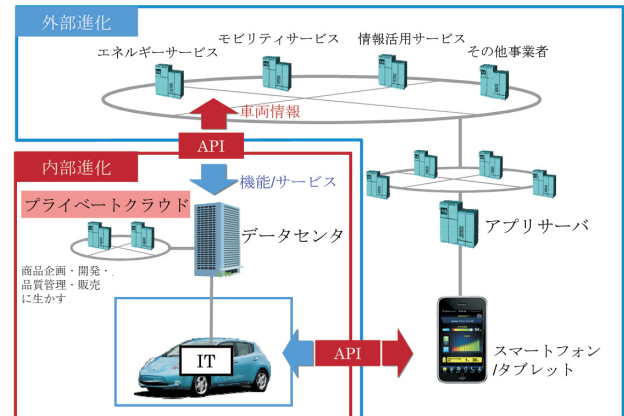


図-3 内部進化と外部進化を促す構造  
Fig. 3 Structure to promote from inside and outside

#### 3.1 内部進化

日産リーフのプロープ情報を、新たな商品機能開発に活用した事例を、以下にあげる。

##### (1) 充電履歴情報を活用した最新充電スポット更新

日産カーウイングスデータセンタに収集されるプロープ情報から、既存のナビゲーションシステムでは未配信の充電スポットを抽出し、日産リーフのオーナーに新規充電スポット情報を提供する。

具体的には、オーナーが充電を行うとナビゲーションシステムにその充電スポットの位置情報が記録され、日産カーウイングスデータセンタにその位置情報が収集される。当該スポット情報と既存の充電スポットとの差をとることで新規充電スポット候補が見つかる。その後、現地調査を実施し、案内可能な充電スポットを選別した上でクルマに配信する。この手法により、収集可能な充電スポットの数は大幅に増える。また、新たな充電スポット情報の収集から情報提供までの時間も短縮できる。

##### (2) 高精度バッテリー残量予測システム

日産リーフのナビゲーションシステムやオーナー向けウェブサイトでは、「ルート探索」機能によりルート情報に加えて、充電スポット情報や所要時間情報などを提供している。このうち充電スポットについては、目的地到着時のバッテリー残量を正確に予測し、充電無しで往復可能か否かが判断できなければ有効活用できない。

しかし、正確なバッテリー残量情報を提供するには、高低差が大きい地域や山間部、高速道路など、走行ルートに応じて大幅に変動する消費電力を高精度に計算する必要がある。

そこでまず、走行速度や道路勾配、電力負荷などを反映できる高精度な電力消費量シミュレータを準備し、シミュレータで計算された電力消費量が、日産カーウイングスデータセンタに収集されるプロープ情報から得られる現

実の消費電力に合うよう、各種パラメータの同定を行う。このシミュレータを用いて、ルート探索で計算された走行ルートの平均的速度や道路勾配、エアコンによる電力消費量などを加味した計算を行うことで、精度の高いバッテリー残量予測を行うことが可能になる。

これにより、オーナーは目的地到着までに充電が必要か否かを、よりの確に判断できるようになる(図4)。



図-4 高精度バッテリー残量予測システムの画面例  
Fig. 4 Example of high accuracy battery residual prediction system

(3) 日産リーフオーナーのトリップ情報を共有する「みんなの消費電力」

日産リーフのオーナー向けウェブサイトでは、日産カーウイングスデータセンタに収集されるプローブ情報に基づき、過去に類似のルートを走行した車両の消費電力の最大値と最小値、走行ルートやルート全工程の標高差、ルート途中の充電スポットなどをルート探索結果とともに表示する機能(「みんなの消費電力」)を提供している。

前項の高精度バッテリー残量予測システムと、過去の実績である「みんなの消費電力」機能を利用することで、利用者は目的地に到着するまでの充電計画をより綿密に立てることが可能となり、走行時の安心感が向上する(図5)。



図-5 「みんなの消費電力」の画面例  
Fig. 5 Screen example of “Electricity consumption of others”

3.2 外部進化

次に、日産カーウイングスデータセンタに収集されるプローブ情報を、外部の事業者が活用する事例をあげる。

(1) プローブ情報を用いた新型保険

日産カーウイングスデータセンタに収集される個々人のプローブ情報を編集・加工し、契約者の同意のもと外部保険会社へ提供し、PAYD (Pay As You Drive: 走行距離連動型保険) やPHYD (Pay How You Drive: 運転行動連動型保険) と呼ばれる走行距離や運転行動と連動したUBI (Usage Based Insurance: 利用ベース保険) に活用するビジネスが開始されている。こうした新しい自動車保険への関心は近年とくに高まっており、「日産リーフ」のプローブ情報を活用することで、走行距離に応じた合理的な保険料金を設定できるほか、エコ/安全運転診断などの利用者に対する運転アドバイスや、盗難追跡サービスなどの付帯サービスの提供も行っている。

(2) カーシェアリング、レンタカーへの適用

車両個々のプローブ情報をモビリティサービスに適用する例としては、EVカーシェアリングがある。EVはガソリン車と比べると燃料代がきわめて廉価であると同時に、貸し出し地点での充電が可能のため、車両返却時にガソリンスタンドに立ち寄って燃料を満タンにしたり、その燃料代を利用者が追加負担したりする必要がない。その一方で、利用者は航続可能距離に対する不安がある。そこで日産カーウイングスデータセンタからカーシェアリング事業者にEV個々のバッテリー残量などの情報を提供し、利用者に対して車両個々の航続距離情報を提供できる仕組みを開発している。これにより、利用者は目的の用途に対して十分な航続距離が保障される車両を確認してから予約ができる(図6)。

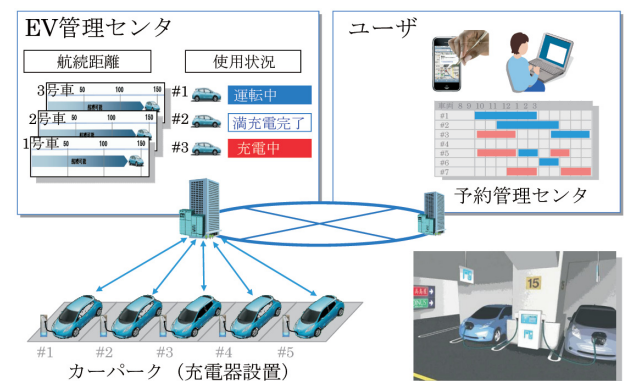


図-6 EVカーシェアリングシステム  
Fig. 6 EV Car sharing system

4. 自動車ITの未来

前章にあげたように、日産カーウイングスデータセンタ



に収集されるプローブ情報はさまざまなサービスや機能を創出する。これらの新たな価値は、ナビゲーション機能を進化させるにとどまらず、クルマ本体の魅力や利用価値を拡大している。

また、プローブ情報の活用のされ方に着目すると、二つのパターンがある。すなわち、共有情報全体を統計分析したり、編集したりすることで新たな価値を生み出すパターンと、個々の車両やドライバーのデータを分析して新たな価値を生み出すパターンである。今後、データの種類や取得頻度が増し、通信技術やデータ分析技術が進化すると、どのような可能性が生まれるか、以下に考察する。

### (1) クルマの知能化

今後のクルマの進化を特徴づける二つの流れとして、「知能化」と「電動化」がある。

「知能化」は、ドライバーが行う、認知、判断、操作という基本プロセスを、機械であるクルマに置き換えることで実現される機能やサービスといえる。これは、センサなどにより外界情報を取得し、コンピュータで処理・判断して、ドライバーに対する情報伝達や車両の制御を行うITプロセスの進化でもある（図7）。



図-7 車載 IT による情報処理プロセス  
Fig. 7 Information processing with in-vehicle IT

こうした「知能化」のゴールの一つである「自動運転（自動化）」の実現には、高精度、高鮮度なADAS（Advanced Driver Assistance Systems）地図が必要になると考えられている。

現在は交通情報生成などの目的で自車位置の点列として収集される個々の車両の走行軌跡情報が、勾配や周辺画像を含めた走行環境情報としてデータセンタに収集されると、高精度、高鮮度な三次元地図が生成できる可能性がある（図8）。また、大量の車両が遭遇する運転シーンを、データセンタで収集・分析することができれば、自動運転のための人工知能アルゴリズムを日々改善し、さらなる高度化に役立てることができる。

一方、個々の車両やドライバーの各種情報を分析することで、複雑なシステムの故障や不具合を事前に予知したり、ドライバー個々に異なる癖や習慣、体調などに応じた走行

ルートや運転支援を提供したりできる可能性がある。

データセンタに収集される大量のプローブ情報は、コンテンツの生成、アルゴリズムの開発、信頼性確保、パーソナライズなど、知能化のシステム開発のあらゆるプロセスに関与し、クルマに進化をもたらす。

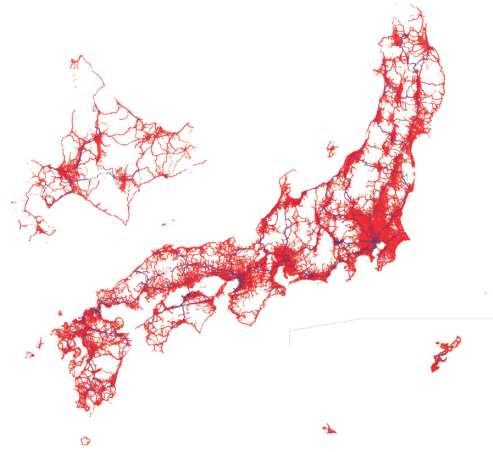


図-8 プローブ情報から生成された走行軌跡  
Fig. 8 Vehicle traveling trace produced by probe information

### (2) 交通システムの革新

次に、日産リーフのような「つながるクルマ」が大量に普及し、多数のデータセンタがクラウド上で連携しはじめたら、どのような可能性が生まれるであろうか。

まず、膨大な車両からのデータの収集・処理・共有が可能になる。今日、大量の電子メールのトラフィック管理がクラウド上で行われているのと同様に、クラウドは膨大な交通量も管理できるはずである。これによって移動時間は短縮され、所要時間まで正確に予測できる可能性がある。

最新の航空管制システムでは、膨れ上がる航空需要に対応するため、ローカルエリアでの管制のみならず、ほかの空港の管制情報や天候による影響などを考慮した広範囲な情報連携を行うことで、結果として非常に正確で安全な運行管理を実現している。クルマがクラウドと接続されることで、自車のみが渋滞を回避するという個別最適なナビゲーションから、交通全体を俯瞰（ふかん）し、未来予測を加えた全体最適ナビゲーションへと進化する可能性が生まれる。

このようなナビゲーションが実現すれば、クルマも「時間が読める」モビリティとなり、電車、バスなどの時刻表に合わせて正確に移動するモビリティや、レンタカーなどの時間予約を伴うモビリティとの相互乗り入れも容易になる。その結果、移動目的に合わせた最適なモビリティをシームレスに選択することも可能になる（図9）。

クルマとクラウドの融合は、二次元空間を走り回るクルマに、三次元空間的な視野や未来予測能力、さらには複数の代替手段を提供し、より高次の視点からの問題解決を



可能にする。

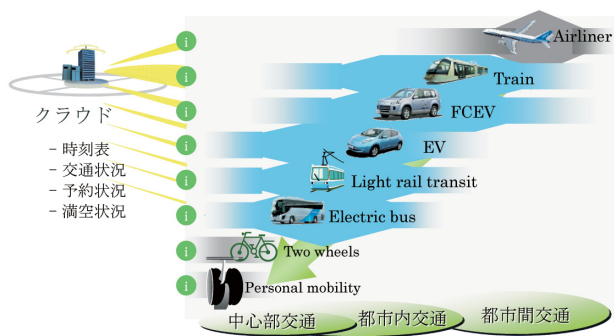


図-9 クラウド連携によるシームレス交通システム  
Fig. 9 Cloud based seamless transportation system

### (3) エネルギーシステムの革新

クルマとクラウドの融合が生み出すもうひとつの大きな可能性が、エネルギーネットワークの革新である。

クルマは自由に動き回るものであるが、同時に9割は停車中である。たとえば、ETCが特定区間で無料化されると、当該区間の高速道路利用者が急増するように、クルマの現在地や目的地情報と地域の電力需給情報をクラウド上で連携させ、駐車料金を電力需給状況に応じた変動相場制にすれば、EVを所望の駐車場に誘導できる可能性がある。

蓄電池としての能力も持つEVが、今後このような機能とともに大量普及すると、EVをコミュニティー電力のピークカットやピークシフトなどの電力平準化に活用したり、災害時の非常用電源として活用したりすることが可能になる。さらに、ソーラー発電や風力発電などの不安定な再生可能エネルギーの安定化にも役立つため、クリーンエネルギーの大量導入にもつながる(図10)。

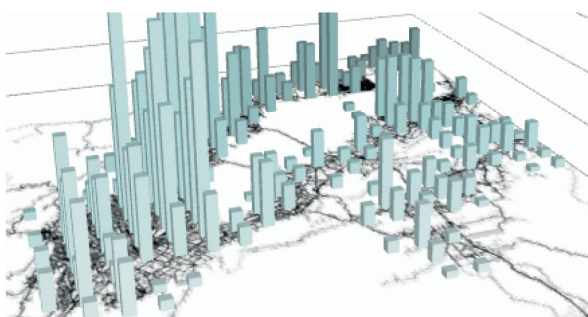


図-10 EVバッテリー容量の地域分布  
(北米カリフォルニア州)  
Fig. 10 Regional distribution of EV battery capacity  
(California, NA)

コンピュータシステムは、一極集中型の大型コンピュータから無数のパソコンをインターネットでつなげた分散ネットワークシステムへと進化した。電力の世界においても、現在の一極集中型から、分散ネットワーク型のクリーンな電力供給システムへと変化していく可能性が生まれ

る。

クルマとクラウドの融合は、クルマの知能化を加速すると同時に、これまで個々に進化を続けてきた道路ネットワーク、エネルギーネットワーク、通信ネットワークの3大ネットワークを統合し、環境、渋滞、事故、エネルギーといった社会的課題をより高次の視点からとらえ直し、解決に向かわせる原動力になるとと思われる。今後のクルマはスマートフォンと同様に、プライベートな商品としての進化を続けると同時に、巨大な社会ネットワークシステムによって管理される移動情報端末になっていくと考えられる(図11)。

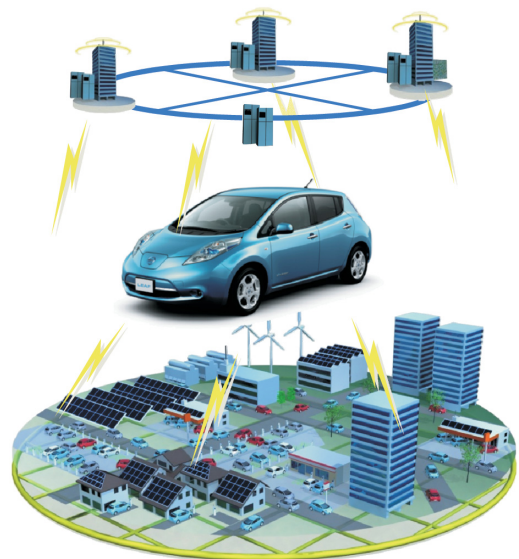


図-11 クルマとクラウドの融合  
Fig. 11 Fusion of car and cloud

## 5. 参考文献

- 1) 下松龍太ほか：日産リーフを支えるITシステムの開発、日産技報、No. 69・70、pp. 110-118 (2012)
- 2) 廣田寿男ほか：充放電対応EVを用いたエネルギマネジメントシステム、日産技報、No. 69・70、pp. 119-123 (2012)

■ 著 者 ■



二 見 徹

# 社外技術賞受賞一覧表

## 1. 技術賞

〈2012年11月～2013年10月〉

※主要な技術賞、論文賞、貢献・功労賞を対象に掲載しております。  
 ※所属は受賞時の所属、( )は研究開発当時の部署。  
 ※敬称略。

| 受賞年月    | 賞名                         | 受賞技術  | 受賞者   |
|---------|----------------------------|---|---|
| 2012.11 | 平成24年度神奈川県技能者等表彰<br>〔神奈川県〕 | 卓越技能者<br>優秀技能者<br><br>青年優秀技能者<br><br>第49回技能五輪全国大会特別優秀技能者<br><br>第50回技能五輪全国大会特別優秀技能者 | 実験試作部 中原 和義<br>プレス技術部 岩間 高志<br>実験試作部 青山 誠<br>追浜工場 大平 幸治<br>実験試作部 岡本 孝文<br>横浜工場 四方 正明<br>横浜工場 白井 亨<br>車両技術開発試作部 大高 達也<br>追浜工場 正木 大<br>成形技術部 後藤 恭輔<br>横浜工場 富谷 真太<br>車両技術開発試作部 松永 智昭<br>車体技術部 濱田 和洋<br>EVシステム開発部 石塚 義久<br>実験試作部 大窪 徹<br>実験試作部 黒田 康文<br>T C S X 村口 正宜<br>実験試作部 増山 雅彦<br>車両技術開発試作部 永津 龍之介<br>車両技術開発試作部 新名 尚隆<br>実験試作部 杉谷 章宏<br>T C S X 岩崎 健悟<br>成形技術部 本田 彼方<br>日産自動車九州 小石 一輝<br>車体技術部 尾曲 隆一<br>日産自動車九州 佐伯 唯奈<br>EVパワートレイン開発部 横山 弘法<br>T C S X 横澤 晃平<br>実験試作部 増山 雅彦<br>サービスエンジニアリング部 高見澤 和貴<br>車両技術開発試作部 新名 尚隆<br>成形技術部 本田 彼方<br>車体技術部 沖野 勇氣<br>車体技術部 尾曲 隆一<br>T C S X 菅 隆介<br>車両技術開発試作部 榎屋 貴紀<br>EVパワートレイン開発部 谷畑 大輝<br>成形技術部 高橋 真哉<br>車体技術部 立野 瑞樹<br>車体技術部 和田 大樹<br>実験試作部 小山 倫弘<br>車両技術開発試作部 佐藤 大地<br>EVパワートレイン開発部 薬師寺 紘 |
| 2012.11 | 平成24年度福岡県勤労者知事表彰<br>〔福岡県〕  | 圧造部門において、現在全世界で展開されている「いるだけ生産」方式を確立した。また、教育担当係長として後進の育成に貢献している。                     | 日産自動車九州 岡本 幸一   |

〈2012年11月～2013年10月〉

| 受賞年月    | 賞 名  | 受 賞 技 術   | 受 賞 者  |
|---------|--|---|--|
| 2012.11 | 平成24年度福岡県優秀技能者表彰<br>〔福岡県〕  | 優秀技能者   | 日産自動車九州 福田 洋一  |
| 2012.11 | 平成24年度栃木県知事表彰<br>〔栃木県〕   | 卓越した技能者   | 栃 木 工 場 鈴木 昌樹  |
| 2012.11 | 平成24年度栃木県職業能力開発協会<br>会長表彰<br>〔栃木県〕   | 卓越した技能者<br>職業訓練功労者  | 栃 木 工 場 矢嶋 渡<br>栃 木 工 場 出頭 光好  |
| 2012.11 | 平成24年秋の褒章<br>藍綬褒章<br>〔内閣府 経済産業省関係〕   | 産業振興功績  | 元日産副社長 高橋 忠生   |
| 2012.11 | 第28回素形材産業技術賞<br>経済産業省製造産業局長賞<br>〔一般財団法人素形材センター〕  | 自動車リチウムイオン電池用超薄金属箔切<br>断金型の開発   | 成 形 技 術 部 三田村 一広<br>成 形 技 術 部 斉藤 雅基<br>成 形 技 術 部 松苗 宏樹<br>成 形 技 術 部 上田 春二<br>成 形 技 術 部 清水 基男<br>パワートレイン技術開発試作部 山本 啓介 |
| 2012.12 | 2012 IEEE International Conference<br>on Power and Energy (PECON)<br>Overall Best Paper Award<br>〔PECON 2012〕      | Experimental Verification on Dual Winding<br>Method for Compound Magnet Motive<br>Forces Motor      | 芝 浦 工 業 大 学 土方 大樹<br>（株）東芝／芝浦工業大学 茂田 智秋<br>芝 浦 工 業 大 学 赤津 観<br>EVシステム研究所 加藤 崇  |
| 2013.1  | Mate2013<br>シンポジウム賞<br>優秀論文賞<br>〔一般社団法人スマートプロセス学会・<br>一般社団法人溶接学会〕  | SiC ダイアタッチメントの高温高信頼化法   | FUPET/EVシステム研究所 谷本 智<br>FUPET/サンケン電気(株) 谷澤 秀和<br>F U P E T 渡辺 衣世<br>FUPET/富士電機(株) 松井 康平<br>FUPET/サンケン電気(株) 佐藤 伸二     |
| 2013.2  | 2012年秋季大会学術講演会<br>優秀講演発表賞<br>〔公益社団法人自動車技術会〕  | リアカメラ俯瞰画像処理に基づいた後側方<br>車両検知   | IT&ITS開 発 部 深田 修   |
| 2013.2  | 平成24年度栃木県創意工夫功績者<br>表彰<br>〔栃木県〕  | 温度センサー固定法の改善とバネ巻き機の考案<br>マイコン活用による安価な診断装置の考案<br>安価なパーツフィーダーの考案                                      | 成 形 技 術 部 後藤 康隆<br>栃 木 工 場 鈴木 秀雄<br>栃 木 工 場 星 広美   |
| 2013.4  | APAC-17 Best Paper Awards<br>Powertrain Technology division<br>〔Asia-Pacific Automotive<br>Engineering Conference〕 | Microfluidic Simulation of Diesel Exhaust<br>Gas and Soot Oxidation in Diesel Particulate<br>Filter | 名 古 屋 大 学 山本 和弘<br>先端材料研究所 花木 保成   |
| 2013.4  | 平成25年度科学技術分野の文部科<br>学大臣表彰<br>創意工夫功労者賞<br>〔文部科学省〕   | 鋳造資材の在庫管理と部品手配業務の改善<br>BMS開発期間を短縮したEVシミュレータの考案<br>塗料ゴミ低減を目指したチッソ洗浄システムの考案<br>多種類部品判別による無人運搬システムの考案  | 栃 木 工 場 狩野 守久<br>実 験 試 作 部 櫻井 大二朗<br>日産自動車九州 大濱 貴志<br>日産自動車九州 松尾 健太  |

〈2012年11月～2013年10月〉

| 受賞年月   | 賞 名   | 受 賞 技 術   | 受 賞 者  |
|--------|---|---|--|
| 2013.5 | 第63回自動車技術会賞<br>技術開発賞  | ペダル踏み間違い事故低減技術の開発   | IT&ITS開発部 菅野 健<br>IT&ITS開発部 井上 拓哉<br>IT&ITS開発部 餌取 成明<br>IT&ITS開発部 田中 大介  |
|        | 技術開発賞   | 次世代3気筒1.2L直噴スーパーチャージャ<br>エンジンの開発  | パワートレイン第一製品開発部 岸 一昭<br>パワートレイン第一製品開発部 佐藤 健<br>パワートレイン実験部 富田 哲生<br>パワートレイン実験部 代市 満                                |
|        | 浅原賞学術奨励賞  | 低温プラズマによるHCCI燃焼自着火促<br>進技術に関する研究  | パワートレイン第一技術開発部 白石 泰介<br>(パワーソース研究所)  |
|        | 論文賞<br>〔公益社団法人自動車技術会〕   | ガソリンエンジンのシリンダ変形及びピス<br>トンリング張力とオイル消費に関する研究  | 日野自動車(株) 齋藤 誠至<br>(株)アイ・ピー・エー 今井 徹<br>東京都市大学 伊東 明美<br>パワートレイン実験部 乾 正継  |
| 2013.5 | 2012年度日本機械学会 機素潤滑<br>設計部門<br>奨励講演賞<br>〔一般社団法人日本機械学会〕            | 遊星ギヤの伝達誤差に及ぼすミスアライメ<br>ントの時間変化の影響   | EVシステム研究所 熊谷 幸司  |
| 2013.5 | 2012年度日本機械学会 エンジン<br>システム部門<br>ベストプレゼンテーション表彰<br>〔一般社団法人日本機械学会〕 | A Study on the Effect and Mechanism of<br>Plasma Assisted Gasoline HCCI Combustion<br>by Low Temperature Plasma | パワートレイン第一技術開発部 白石 泰介<br>(パワーソース研究所)  |
| 2013.6 | 平成25年電気学会産業応用部門表彰<br>部門論文賞<br>〔一般社団法人電気学会〕                      | 電気自動車用途における非接触充電の受電<br>回路トポロジの検討  | EVシステム研究所 甲斐 敏祐<br>EVシステム研究所 T. Kraisor  |
| 2013.7 | 第18回計算工学講演会<br>ベストペーパーアワード<br>〔一般社団法人日本計算工学会〕                   | 砂地における車両の横転挙動の数値シミュ<br>レーション  | 車両性能開発部 福島 達也<br>(車両実験部)<br>実験試作部 下道 雅史<br>株式会社JSOL 西 正人<br>株式会社JSOL 宮地 岳彦<br>車両実験部 息才 秀壽<br>モビリティ・サービス研究所 鳥垣 俊和 |
| 2013.8 | 2013年春季大会学術講演会<br>優秀講演発表賞<br>〔公益社団法人自動車技術会〕                     | 品質ばらつき抑制プロセス適用によるFF<br>車ATセレクトショック性能向上  | パワートレイン性能開発部 江尻 紀明   |
| 2013.8 | 2013 v_BASEフォーラム<br>ベストオーディエンス賞<br>〔一般社団法人日本機械学会〕               | 自動車気流騒音計測における仮想リファレ<br>ンス分析の適用  | 車両性能開発部 廣瀬 健一  |



〈2012年11月～2013年10月〉

| 受賞年月    | 賞名   | 受賞技術  | 受賞者  |
|---------|--|---|--|
| 2013.9  | 第5回ものづくり日本大賞<br>内閣総理大臣表彰<br>厚生労働省関係<br>〔経済産業省・国土交通省・<br>厚生労働省・文部科学省〕   | 卓越した技能者（現代の名工）  | 成形技術部 齊藤 丈二  |
| 2013.9  | IEEE Industry Applications Society<br>(IAS)<br>Industrial Drives Committee<br>2013 Third Prize Paper Award<br>〔IEEE IAS〕       | Control Method of Calculating Optimum<br>DC Bus Voltage to Improve Drive System<br>Efficiency in Variable DC Bus Drive System | University of Chen-Yen Yu<br>Wisconsin-Madison<br>EVシステム研究所 田村 淳<br>University of Robert Lorenz<br>Wisconsin-Madison |
| 2013.10 | 米国メディアパネル・イノベーション<br>アワード 2013<br>・グランプリ<br>・特別賞 Smart Mobility<br>〔CEATEC JAPAN 実施協議会〕  | 自動運転技術  | 日産自動車  |
| 2013.10 | 平成25年度福岡県優秀技能者表彰<br>〔福岡県〕  | 福岡県優秀技能者（福岡県版「現代の名工」）   | 日産自動車九州 倉方 満志  |
| 2013.10 | 平成25年度国際標準化貢献者表彰<br>（産業技術環境局長表彰）<br>〔経済産業省〕  | 自動車EMC技術 国際標準化活動における<br>貢献  | 電子アーキテクチャ開発部 塚原 仁  |
| 2013.10 | 43 <sup>rd</sup> SPE Automotive Innovation<br>Awards<br>・ Grand Award<br>・ Body Exterior category<br>〔SPE Automotive Division〕 | All-Olefinic Liftgate<br>(2014 Nissan Rogue)  | 日産自動車<br>日立化成株式会社<br>Magna-Decostar<br>LyondellBasell & Advanced Composites, Inc.<br>共和産業株式会社                        |
| 2013.10 | 43 <sup>rd</sup> SPE Automotive Innovation<br>Awards<br>・ Material category<br>〔SPE Automotive Division〕                       | Instrument Panels with Injection-Molded<br>Skin<br>(2013 Nissan Sentra)   | 日産自動車<br>カルソニックカンセイ株式会社<br>旭化成ケミカルズ株式会社  |

## 2. 製品ほか受賞

〈2012年11月～2013年10月〉

※主要な製品賞を対象に掲載しております。

| 受賞年月    | 受賞車（製品）、その他  | 受賞名   | 主催  |
|---------|--|---|---|
| 2012.11 | ノート  | 2013年次RJCカーオブザイヤー<br>・最優秀賞                                    | NPO法人日本自動車研究者<br>ジャーナリスト会議                |
| 2012.11 | 日産自動車  | キャリア支援企業表彰2012～人を育て・<br>人が育つ企業表彰～<br>・厚生労働大臣表彰                | 厚生労働省                                     |
| 2012.11 | NV350キャラバン<br>「タイガーアイブラウン(外装)／ブ<br>ラック×グレー(内装)」      | オートカラーアワード2013<br>・オートカラーデザイナーズセレクション<br>企画部門賞（OYAKATA MIND賞） | 一般社団法人日本流行色協会<br>(JAFCA)                  |
| 2012.11 | フェアレディZクーペ<br>「プレミアムサンフレアオレンジ(外<br>装)／パーシモンオレンジ(内装)」 | オートカラーアワード2013<br>・文化学園大学セレクション                               | 一般社団法人日本流行色協会<br>(JAFCA)                  |
| 2012.12 | Nissan DeltaWing                                     | 2012 AUTOSPORT<br>・Pioneering and Innovation Award            | (英)「AUTOSPORT」誌                           |
| 2012.11 | Nissan DeltaWing                                     | Innovation Award  | (英)「EVO」誌                                 |
| 2012.11 | Nissan DeltaWing                                     | 2013 Racing Car of the Year                                   | (米)「Automobile」誌                          |
| 2012.12 | 东风日产 启辰 e30<br>(東風日産 ヴェヌーシア e30)                     | 最佳环保技术奖<br>(最優秀環境保護技術賞)                                       | 2012广州车展组委会<br>(広州モーターショー組織委員会)           |
| 2012.12 | 东风日产 启辰 R50<br>(東風日産 ヴェヌーシア R50)                     | 2012年度经济型汽车<br>(カー・オブ・ザ・イヤー 最優秀経済車)                           | 中国主流媒体汽车联盟                                |
| 2012.12 | 东风日产 轩逸<br>(東風日産 シルフィ)                               | 2012年度风云汽车<br>(カー・オブ・ザ・イヤー)                                   | 中国强势媒体汽车联盟                                |
| 2013.1  | Nissan Resonance concept                             | Eyeson Design Awards<br>・Best Concept Vehicle                 | 2013 Detroit Auto Show                    |
| 2013.1  | 日産 シーマ   | クルマdeゴルフof the year 2012                                      | 「ゴルフトゥデイ」誌                                |
| 2013.3  | 日産自動車  | 2013 J-Win ダイバーシティ・アワード<br>・企業賞 大賞                            | NPO法人J-Win                                |
| 2013.5  | 「LEAF to Home」電力供給システム<br>ZAA-ZEO ZAA-AZEO ZHTP1580R | 平成24年度省エネ大賞 [製品・ビジネス<br>モデル部門]<br>・経済産業大臣賞（製品（運輸）分野）          | 一般財団法人省エネルギーセ<br>ンター                      |
| 2013.5  | 日産展位<br>(グローバルモーターショーブース<br>デザイン)                    | 最佳汽车展台创意奖<br>(ベスト・クリエイティブ・ブース・アワ<br>ード)                       | 2013上海车展组委会<br>(2013上海モーターショーオー<br>ガナイザー) |
| 2013.6  | NISMOグローバル新本社<br>(プロダクション：日産自動車ほか)                   | 第32回ディスプレイ産業賞<br>・ディスプレイ産業奨励賞                                 | 一般社団法人日本ディスプレ<br>イ業団体連合                   |

# 低温プラズマによるHCCI燃焼自着火促進技術に関する研究

A Study of Autoignition Promotion for HCCI by Low Temperature Plasma

白石 泰介\*  
Taisuke Shirraishi

## 1. はじめに

低燃費でクリーンなガソリンエンジンの燃焼技術として、超希薄燃焼技術の実現への期待が高まっている。予混合圧縮自着火（HCCI）燃焼は超希薄燃焼を実現可能であるが、運転領域の狭さや着火時期制御の困難さの問題が存在する。本研究では、バリア放電を応用した低温プラズマ点火システムを用いて、低温プラズマアシストにより予混合圧縮自着火の成立範囲が拡大すること、放電時期により着火時期制御が可能であることを示し、可視化実験と反応解析により低温プラズマによる着火促進メカニズムを明らかにした。

## 2. 概要

バリア放電を応用した低温プラズマ点火システムの電極仕様を図1に示す。広範囲に放電空間を形成させるために同軸円筒形状とし、中心電極の周囲を誘電体（バリア）で覆い、バリア放電を発生させた。従来のスパーク放電に対し、体積的な放電が実現可能である。

放電アシストによるHCCIの燃焼成立範囲の拡大効果を実機検証した結果、スパークアシスト時は、HCCI（基準）に対する空燃比（A/F）のリーン拡大代（ $\Delta A/F$ ）が1~1.5であったが、吸気行程中のバリア放電（BDI）アシスト時は $\Delta A/F=9$ と燃焼成立範囲が大幅に拡大した（図2）。

可視化実験と反応解析により、吸気行程中のBDIアシストによるHCCI燃焼の着火促進メカニズムを解析した結果、低温プラズマにより筒内で形成される活性化学種（オゾン）の量が増大し、且つ生成したオゾンが主燃焼室へ分散し、圧縮行程中の混合気の低温酸化反応過程を促進することが主要因であることが明らかとなった（図3）。

## 3. おわりに

本研究の成果により、希薄燃焼における伝播燃焼の点火強化と予混合自着火燃焼の着火促進・制御の両機能を

併せ持つ、新しい点火システムの可能性が示された。エンジン開発に新風を吹き込んだ本成果は、今後のエンジン技術の発展に大きく貢献できるものとする。

最後に、本研究遂行にあたりご協力頂いた社内外の方々に、この場を借りて深く感謝致します。

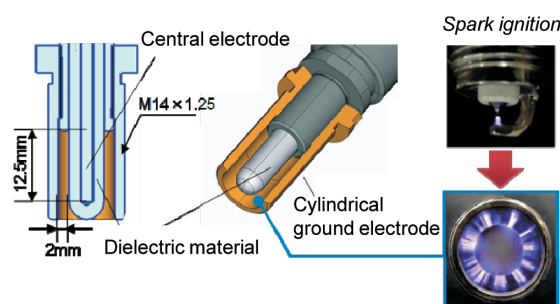


図-1 バリア放電点火プラグの電極仕様  
Fig. 1 Electrode schematic of barrier discharge ignition

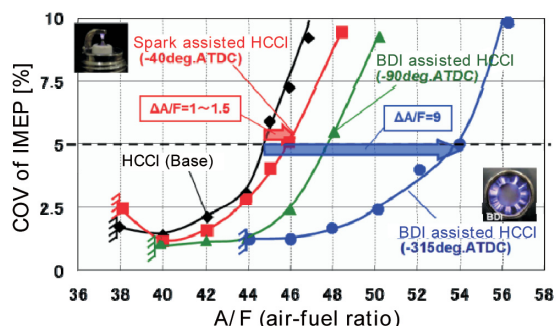


図-2 放電アシストによるHCCI燃焼成立範囲の拡大  
Fig. 2 Expansion of HCCI area by discharge assistance

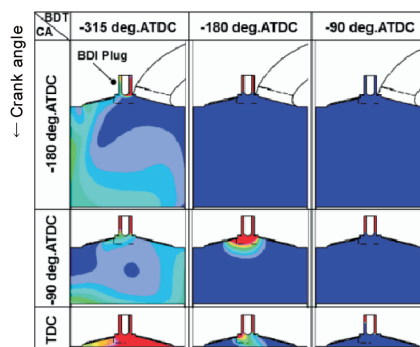


図-3 活性化学種の燃焼室内挙動  
Fig. 3 Behavior of ozone in combustion chamber

\*パワートレイン第一技術開発部

※自動車技術会賞 浅原奨励賞とは、初代会長 浅原七氏の提案により昭和26年に創設され、満37歳未満を対象に、自動車技術に関する優秀な論文等を発表した将来ある新進の個人会員に贈られる。

# 電気自動車用途における非接触充電の受電回路トポロジの検討

A Study on Receiver Circuit Topology of Non-contact Charger for Electric Vehicle

甲 斐 敏 祐  
Toshihiro Kai

クライソン トロンナムチャイ\*  
Kraisorn Throngnumchai

## 1. はじめに

非接触充電システムが実現すると、所定位置に車を駐車するだけで充電ができるため、電気自動車の利便性を大幅に向上できることが期待される。

非接触充電システムでは、効率向上のために送電（地上）側、受電（車両）側の両方に共振回路からなる力率補償回路が使われている。著者らはこれまでの研究により、従来用いられていた力率補償回路では、電気自動車用途で要求されている大電力および大きな送受電コイル間ギャップや位置ズレに対応するのが難しいことが分かった。特に、送受電コイル間ギャップや位置ズレが変化すると力率が悪化し、十分な効率を得ることができなくなる。

## 2. 概要

本論文では上記課題を鑑み、送受電コイル間距離の変動によって結合係数 ( $\kappa$ ) が変化しても力率変動が少なく、効率低下を抑えることが可能な力率補償回路を提案した (図1)。提案回路は、受電側にコンデンサ ( $C_2, C_3$ ) を2つ有する共振回路を形成している。

複素ラプラス平面上に駆動点インピーダンス ( $Z_{in}$ ) の代表特性根を描き、その  $\kappa$  変化に対する軌跡を用いて回路挙動を説明できる (図2)。ここで、代表特性根とは駆動点インピーダンスを多項式の有理数で表したときの分母多項式の根、つまり極のうち最も虚軸に近いもので、回路の共振特性を近似できる。図2より、提案の回路では虚軸に近い接近した根が2つ存在することが分かる。受電側コンデンサ ( $C_2, C_3$ ) の値を上手く選ぶと、 $\kappa$  変化に伴い2つの接近した根が互いに逆向きの軌跡を描くように設計することができる。これにより、お互いの位相変動を打消し合い、結果として  $\kappa$  が変化しても位相および力率の変動を抑制できる。

送受電コイルの位置ズレに対する総合効率の実験結果を図3に示す。位置ズレが小さい ( $X < 40\text{mm}$ ) 領域では、従来回路、提案回路共に総合効率にほとんど差異は見られ

ない。位置ズレが大きくなるにつれて、従来回路の効率低下が顕著であるのに対し、提案回路の効率低下が比較的小さいことが分かる。

## 3. おわりに

提案した回路は2つのコンデンサを有し、その値次第で力率の変動を抑制する以外にも漏えい磁界を抑制できる可能性を有している。今後さらに検討を進め、非接触充電システムの普及に貢献したい。

最後に、学術的妥当性や技術的価値について東京大学浅田邦博教授から多大なる助言やコメントを頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

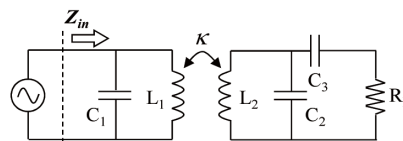


図-1 提案方式の等価回路  
Fig. 1 Equivalence circuit of proposed circuit

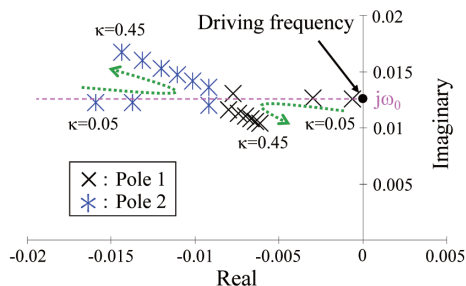


図-2  $\kappa$  変化における代表特性根の軌跡  
Fig. 2 Loci of representative pole when  $\kappa$  changes

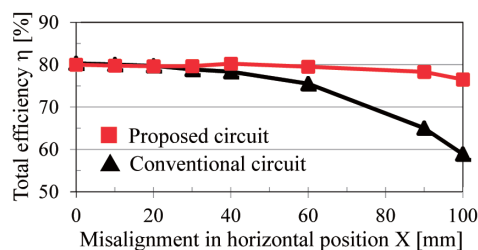


図-3 位置ズレに対する総合効率の実験結果  
Fig. 3 Total efficiency as function of misalignment

\*EVシステム研究所

※電気学会産業応用部門表彰 部門論文賞とは、産業応用部門誌に掲載された論文の中で、産業応用関連の学術または技術に多大な貢献をした論文の著者に贈られる。





## 編 集 後 記

日産技報第74号をお届けします。自動車は人生における購入品としてはマイホームに次ぐ高額品のひとつであり、それであるが故にお客様の趣味性と満足度、実用性、社会性を高いレベルで兼ね備えなければならないものです。日産自動車はそれを実現するために「環境」「安全」「ダイナミック・パフォーマンス (DP)」「ライフ・オン・ボード (LoB)」を4つの戦略的技術領域として定め、技術開発に日々取り組んでおります。

本号ではそれらを支える数多くの最新技術の中から、LoBの利便性・実用性を飛躍的に向上させるIT (Information Technology) 技術、DPや安全・環境性能を向上させるパイワイヤ技術、環境とDPを両立させZero Emission技術と両輪で進化させるPURE DRIVE技術を特集しています。今回ご紹介した技術は最新のインフィニティ車・日産車に既に採用されており、乗って、触れて、そして走り出した瞬間にその違い、良さを実感して頂けるものと自負しております。

今後の自動車の進化の方向性として「知能化」と「電動化」の二つの大きな流れがあり、本技術群は間違いなくその本流となるものであり、今後の進化のさせ方が自動車という商品の競争力そのものになっていくものと考えます。そういう視点で本号を読んで頂きますと、日産の最新技術へのご理解も一層深まるものと思います。

最後になりますが、お忙しい中、本号に寄稿頂いた執筆者の皆様、また、それを深い理解と温かい視点で支えて下さった職場・家族の方々に、改めて深く感謝申し上げます。

— 日産技報編集委員・小林 祐 司 —

## 2013年度日産技報編集委員会 (Editorial Committee)

### 委員長 (Chairman)

原 田 宏 昭  
(Hiroaki HARATA)

先端材料研究所

小 林 祐 司

パワートレイン計画部

坂 元 宏 規

研 究 企 画 部

### 副委員長

村 田 茂 雄

パワートレイン開発本部

三 田 村 健

モビリティ・サービス研究所

中 野 正 樹

E V システム研究所

### 委 員

植 月 剛

商 品 戦 略 部

長 谷 川 哲 男

環 境 ・ 安 全 技 術 渉 外 部

高 城 龍 吾

技 術 企 画 部

瀬 川 浩

車 両 生 産 技 術 統 括 部

佐 藤 正 晴

Infiniti 製 品 開 発 部

山 下 寛

パワートレイン技術企画部

斎 藤 康 裕

Infiniti 製 品 開 発 部

飯 島 和 宏

エ ン ジ ニ ア リ ン グ シ ス テ ム 部

森 達 朗

Infiniti 製 品 開 発 部

### 事 務 局

菊 池 朗

実 験 ・ 計 測 技 術 開 発 部

柳 井 達 美

研 究 企 画 部

木 村 敏 也

I T & I T S 開 発 部

丸 山 高 澄

研 究 企 画 部

古 谷 宏 次

パワートレイン第三製品開発部

細 谷 裕 美

研 究 企 画 部

## 日 産 技 報 第 7 4 号

© 禁無断転載

発 行

2014年3月

発行・編集人

日産技報編集委員会

発行所

日産自動車株式会社

総合研究所 研究企画部

神奈川県厚木市森の里青山1番1号

〒243-0123

印刷所

相互印刷株式会社

東京都江東区森下3-13-5

## Nissan Technical Review 74

March, 2014

Publisher Nissan Technical Review  
(Editor) Editorial Committee

Distributor Society and Frontier Laboratory  
Nissan Research Center

NISSAN MOTOR CO., LTD.

1-1, Morinosatoaoyama, Atsugi-shi  
Kanagawa, 243-0123, Japan

Copyrights of all articles described in this Review have been preserved by NISSAN MOTOR CO., LTD. For permission to reproduce articles in quantity or for use in other print material, contact the chairman of the editorial committee.

---

---

## 表紙コンセプト

---

---

TCSX で市場品質を担当しています松尾です。今回は「ワイヤレス」「PURE DRIVE パワートレイン電動化技術」「Information Technology (IT)」をテーマに、IT・電動化による直感的なドライビング操作イメージが感じられる世界感を表現してみました。マシン自体はあたかも重力に逆らうような逆三角形で、「電気」すなわち重力に左右されない自由度の高さと手軽さを表現し、またマシン全体は点でバランスを取っているため、直感的な動き出しを予感させる表現を行い、近未来的な「ノングラビティフォルム」デザインにまとめました。チャージによるキセノン光はエネルギーに満ちあふれ、エキサイティングでハイパフォーマンスなポテンシャルの高さを強くアピールしています。



TCSX  
松尾 要

---

