

NISSAN TECHNICAL REVIEW

日産
技報

2017 No.81



競争力ある製品品質に向けた継続的改善活動

Continuous Improvement Activities for Competitive Product Quality

NISSAN MOTOR CORPORATION



2017



NISSAN TECHNICAL REVIEW

No. 81

日産技報第81号

目次

2017年10月 発行

◆ 巻頭言

競争力ある製品品質の確保に向けて……………	坂本 秀行 ……	1
-----------------------	----------	---

◆ 特集：競争力ある製品品質に向けた継続的改善活動

1. 技術でブレークスルーする品質改善活動……………	片上 哲史 ……	3
2. 品質改善技術の継続的開発と適用強化……………	豊田 英之・渡邊明規雄・福林 誠 水口 賢・長南 進 ……	7
3. 新技術の不具合・不満を未然に防止するデザインレビューの進化 ……	奈良 敢也・星野 洋二・片山 健次 ……	16
4. グローバル新車立上げ品質向上活動の強化……………	水野 哲志・及川 和亮 沼田 訓志・岡崎 範久 ……	26
5. 品質改善活動を軸にした開発プロセスの進化……………	水谷 伸一・葛西 真吾 ……	33

◆ 技術紹介

6. 遺伝的アルゴリズムを用いた新しい最適化手法による CVT チェーンの低騒音ピッチシーケンスの開発

塘 健志・三浦 吉孝・影山 雄介 …… 38

7. 高彩度・高コントラストを実現する高輝度カラーアルミの適用技術開発

筒井 宏典・渡邊健太郎・齋藤 智好 …… 45

◆ 新車紹介

8. 新型マイクラ商品概要 …… 青木佐知子・遠藤 慶至・小山 淳史 …… 53

9. 新型キックス商品概要 …… 青木佐知子・和泉 匡樹・野村 亮介

大沢 毅・川榮 聡史 …… 58

◆ 特許紹介 …… 63

———— CONTENTS ————

◆ **Preface**

Toward the Establishment of Competitive Product Quality 1
By Hideyuki SAKAMOTO

◆ **Special Feature : Continuous Improvement Activities for Competitive Product Quality**

1. Breakthrough Quality Improvements Through Technical Solutions
..... 3
By Tetsufumi KATAKAMI

2. Continuous Development and Enhanced Application of Quality Improvement Technologies 7
By Hideyuki TOYODA, Akio WATANABE, Makoto FUKUBAYASHI, Masaru MIZUGUCHI, Susumu CHONAN

3. Design Review Evolution to Prevent Problems and Dissatisfaction with New Technologies 16
By Kanya NARA, Youji HOSHINO, Kenji KATAYAMA

4. Enhancement of Activities to Improve Global New Model Launch Quality..... 26
By Tetsuji MIZUNO, Kazuaki OIKAWA, Satoshi NUMATA, Norihisa OKAZAKI

5. Development Process Evolution based on Product Quality Improvement Activities..... 33
By Shinichi MIZUTANI, Shingo KASAI

◆ **New Technologies**

6. New Hybrid Genetic Algorithm for Pitch Sequence Optimization of CVT Variator Chain	38
By Kenji TSUTSUMI, Yoshitaka MIURA, Yusuke KAGEYAMA	
7. Development of Technology for applying High-brightness Colored Aluminum to obtain High-chroma and High-contrast Body Color	45
By Hironori TSUTSUI, Kentarou WATANABE, Tomoyoshi SAITO	

◆ **New Models**

8. Product Overview of the New Micra	53
By Sachiko AOKI, Keiji ENDO, Atsushi KOYAMA	
9. Product Overview of the New Kicks	58
By Sachiko AOKI, Masaki IZUMI, Ryosuke NOMURA, Tsuyoshi OSAWA, Satoshi KAWAE	

◆ Introduction of Patents	63
--	----



競争力ある製品品質の確保に向けて

副社長 坂本 秀行

自動車産業では、電動化や自動運転技術、IT（情報技術）の導入などの大きな変革を迎えており、新技術をいち早く取り入れ、お客様の期待を超えて満足いただける車づくりに向けた激しい競争が繰り広げられています。

このような状況下においても、競争力の根幹を成すものは、言うまでもなく製品品質であり、これが確保できなければブランドも信用も全てが無くなると認識しなければいけません。競争力ある製品品質の確保は、我々の生命線であり、それに向けた改善活動を進化させながら継続していくことが必須条件です。特に、製品開発における活動で成すべきことを突きつめていくと、顕在化した課題に対し本質的な技術ソリューションを見だし適用していくこと、新技術や新製品に対しては将来起きる問題を予測し未然に対応すること、の2点が基本であると考えます。

我々のモノづくりにおける品質改善活動に目を転じると、活動の枠組みとしてNMQF（Nissan Monozukuri Quality Framework）を定めて体系的な取り組みを開始してから10年以上が経過しました。この間、特に製品開発フェーズにおいては、モノづくり部門が一体となり継続的に品質技術ソリューションを蓄積し適用してきました。また、デザインレビューを中心に、新設計に潜む問題の未然防止を組織的に実行し強化してきました。まさに製品品質改善の基本に基づいた活動を継続してきたと言えるでしょう。一方で、新技術の採用とともに自動車は、ますます高度な機能を持ち複雑化しており、この勢いは増えています。同時に、販売地域の拡大とともに多拠点での開発、生産への対応もさらに強化が必要となっています。これらを鑑み、我々は新技術や多拠点での開発、生産に対応し、プロセス、人財、技術の全てにおいて進化させてきました。決して十分とは言えませんが、その成果が故障率低減やお客様の不満低減といった指標に着実に現れていると認識しています。

今号の特集では、これまで継続してきた品質改善活動とその進化に焦点をあてて紹介しています。品質技術ソリューションの蓄積とその適用設計、新設計・新技術に対する未然防止活動などにおいて、進化させながら継続して取り組み、成果に結びついていることを理解してもらえと思います。

製品品質の確保には、緻密なプロセスと広範囲で深い管理、技術的な知見とそれらを網羅した技術ソリューション、および問題を未然に発見し製品価値を高めていく創造性が必要です。そして製品品質が十分な競争力に達していないのは、特に技術ソリューションと創造性が足りないからだという認識を強く持たなければなりません。

このような認識の下で、全ての地域、全ての部品において、品質に関わる全ての人が品質改善活動を今後も実行し続けることが必要不可欠です。

Toward the Establishment of Competitive Product Quality

Hideyuki Sakamoto
Executive Vice President

The automotive industry is undergoing profound changes through the introduction of electrification and autonomous driving technologies, information technology (IT) and other advanced technologies. Fierce competition is unfolding to develop and manufacture vehicles that embody new technologies early on and that provide satisfaction by exceeding customers' expectations.

Under these circumstances, it goes without saying that product quality is the fundamental element that secures competitiveness. We need to recognize that our brand, credibility and everything will be lost unless we can ensure product quality. The assurance of competitive product quality is the lifeline of our business. Toward that end, it is necessary to continually evolve and implement quality improvement activities. A close examination of what such activities should accomplish in the product development process in particular reveals two basic points. One is to find and implement essential technical solutions to issues that are now evident. The other is to predict and prevent potential problems that might occur with new technologies or products in the future.

Turning our attention to the quality improvement activities in Nissan's monozukuri operations, over ten years have now passed since we determined the Nissan Monozukuri Quality Framework (NMQF) as the basic structure of these activities and launched systematic efforts to improve product quality. During this interval, the all the monozukuri divisions have worked closely together in accumulating and implementing technical solutions to quality issues especially in the product development phase. We have also implemented and reinforced organizational measures centered on design reviews to identify and prevent any potential problems lurking in new designs. I think we can truly say that we have continuously implemented activities based on the fundamental principles of product quality improvement.

Meanwhile, along with the adoption of new technologies, vehicles are becoming increasingly more complex with highly advanced functions, and this trend continues to gain further momentum. At the same time, as the areas where our products are sold continually expand, measures are needed to further strengthen our development and manufacturing activities at multiple locations around the world. In view of these circumstances, we have worked to evolve our processes, human resources and technologies across the board for dealing with new technologies and enhancing our development and manufacturing activities at multiple locations worldwide. While still not fully sufficient, we can see that the results of these efforts have steadily appeared in various indices, including a reduction of failure rate and a reduction of customer dissatisfaction.

The special feature in this issue focuses on the quality improvement activities continually implemented to date and their evolution. Among other things, the articles describe the accumulation of technical solutions to quality issues and their application design, as well as various activities undertaken to prevent problems with new designs and new technologies. I believe readers will be able to understand the continuous efforts made to evolve these solutions and activities and the results they have led to.

The assurance of product quality requires a carefully thought-out processes and deep-reaching management over a broad range, technical knowledge and its comprehensive incorporation into technical solutions, and creativity to enhance product value by discovering and preventing potential problems. It is also necessary to strongly recognize that the reason why product quality has not reached a level of sufficient competitiveness is due especially to insufficient technical solutions and creativity.

Based on this recognition, everyone involved with quality in every geographical region must necessarily continue to carry out quality improvement activities for all parts in the coming years.

技術でブレークスルーする品質改善活動

Breakthrough Quality Improvements Through Technical Solutions



製品設計技術革新部 片上 哲史
Product Design Technology Evolution Department Tetsufumi Katakami

1. はじめに

日産自動車は製品品質改善を推進するために、2006年に仕事の進め方、枠組みをNMQF（Nissan Monozukuri Quality Framework）として定めた。

開発・生産フェーズにおいては「不具合、不満を出さない」ことを目標に、

- 市場やお客様の声に基づいた開発目標の設定
- 蓄積してきた再発防止策、品質改善技術の製品開発への確実な適用
- 技術や設計の新規性に基づいたデザインレビュー（以下DR）の実行による未然防止

を、市場フェーズにおいては「驚くほど早く直す」ことを目標に、

- 品質状況や不具合内容の迅速な把握
- 応急措置、迅速な恒久対策の適用

を行っている。そして、これらの活動を支える取り組みとして品質改善の技術開発とその蓄積、仕組みの改善、人材育成を実施している。

私たちはこのサイクルを10年以上継続してきた（図1参照）。その結果、2005年以降市場品質改善は着実に進歩してきている。たとえば、2011年には故障率を2005年に比べ約半減にすることができた（図2参照）。

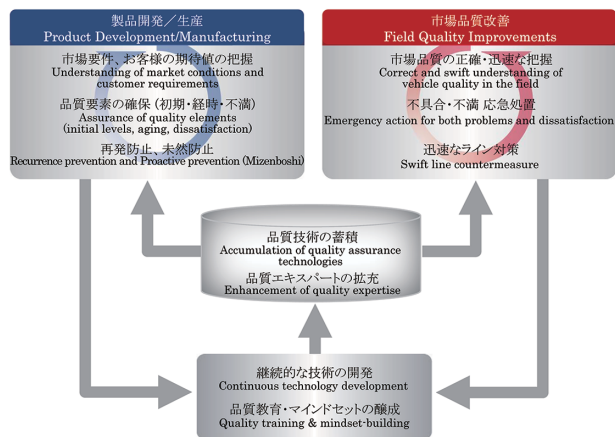


図-1 NMQF (Nissan Monozukuri Quality Framework)
Fig. 1 Nissan Monozukuri Quality Framework (NMQF)

1. Introduction

Nissan established the Nissan Monozukuri Quality Framework (NMQF) in 2006 to define work procedures and a framework for promoting improvement of product quality. The following activities are carried out in the development and manufacturing phases with the aim of preventing product defects and customer dissatisfaction:

- Setting of development targets based on market feedback and the voice of the customer;
- Reliable application to product development of accumulated measures for preventing recurrence of problems and quality improvement technologies;
- Proactive prevention (Mizenboshi) by undertaking design reviews (DR) based on the newness of a technology or a design.

In the market phase, the following activities are carried out with the aim of fixing problems with astonishing swiftness.

- Quick identification of the quality situation and nature of a problem;
- Prompt application of an emergency measure and a permanent solution.

Efforts undertaken to support these activities include the development and accumulation of technologies for improving quality, improvement of work processes, and the development of human resources.

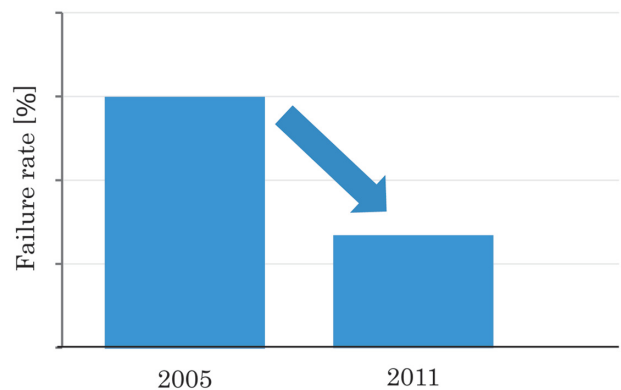


図-2 故障率の改善
Fig. 2 Failure rate reduction

2. 品質改善技術の拡充

2012年に新技術を搭載した車両の立ち上がり後に、不具合や不満が発生した。ドライブトレインやナビゲーションなどにおいては、新技術に対する未然防止の枠組みをお客様の不満領域にまで広げると同時に、更に強化することが必要であった。また、技術ストックがないことやストックされたものが技術的に不十分であることにより、再発もしくは類似構造で同様な不具合が発生したケースもあった。

そこで不具合や不満につながったものについて、お客様への迷惑度の大きいものから順次、設計・実験技術ソリューションを再構築する活動をスタートさせた（図3参照）。

一方、経時劣化品質については、市場で結果が出るまでに時間がかかることから、市場からのお客様の声に対応するだけでなく、中古車調査や良品回収を継続してきている。そこで兆候が確認された課題について、設計・実験技術ソリューションも構築してきている（図4参照）。

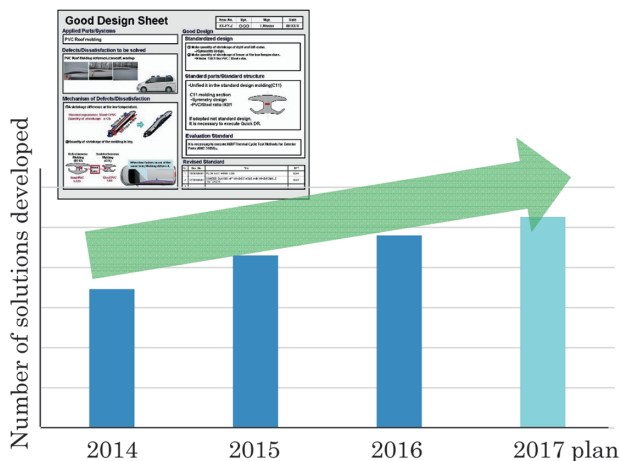


図-3 品質改善技術ソリューションの拡充
Fig. 3 Technical solution development

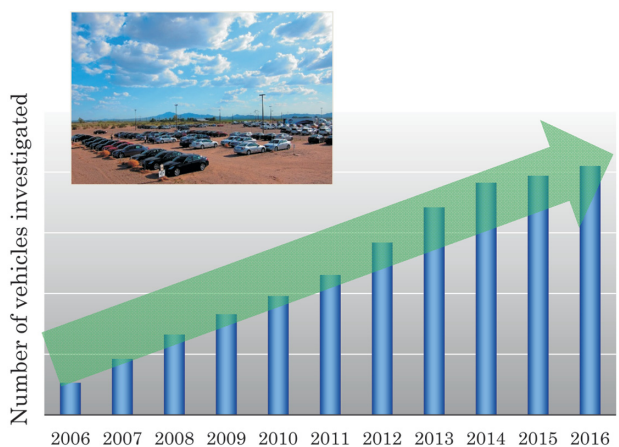


図-4 中古車調査の拡大
Fig. 4 Used car survey enhancement

We have continued to carry out the NMQF cycle for more than ten years (Fig. 1). As a result, improvement of vehicle quality in the field has progressed steadily since 2005. For example, by 2011 the failure rate had been reduced by approximately half compared with 2005 (Fig. 2).

2. Enhancement of Quality improvement Technologies

Following the launch of a model incorporating new technologies in 2012, cases of technical troubles and customer dissatisfaction occurred. The framework for precluding problems with new technologies embodied in the drivetrain, navigation system and other parts had to be extended to the area of customer dissatisfaction and also further reinforcement was necessary. Because there were no design standard on hand for addressing certain problems or previously accumulated measures were technically insufficient, problems recurred and there were instances where the same problems also occurred in other similar vehicle structures.

Accordingly, activities were launched to create design or technical solutions anew for issues that caused problems or dissatisfaction, beginning in order from the causes of the largest inconvenience to customers (Fig. 3).

Meanwhile, for durability quality, it takes considerable time before such issues appear in real-world use. Therefore, in addition to responding to the voice of the customer in the field, we have also continued to investigate used Nissan cars and to recover good parts. When signs of

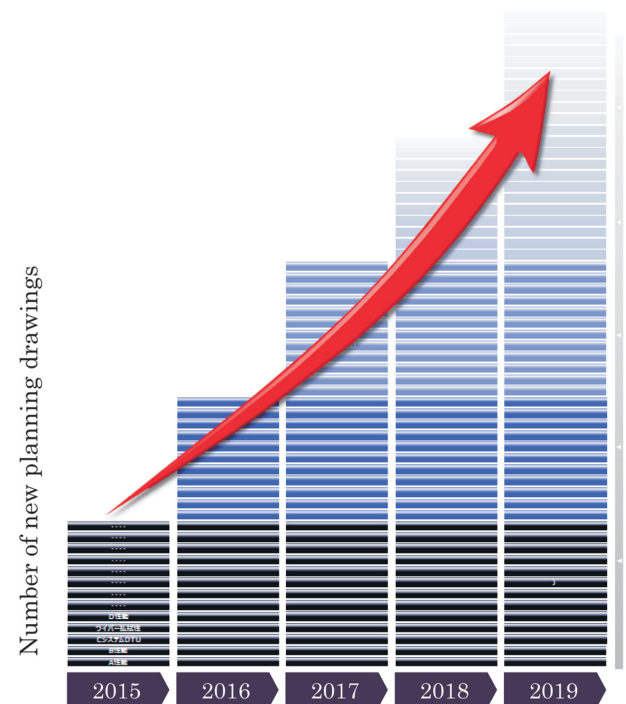


図-5 設計・性能計画図の充実
Fig. 5 Expansion of new planning drawings

設計・実験技術ソリューションの適用に際しては、標準構造まで決められるものと、車両の要件や目標性能によって変わるもので適用の仕方が異なってくる。とくに後者は設計・性能計画図も順次拡充させ、お客様の声に基づいた性能目標からシステム目標と設計・部品設計にまで展開し、最後は工程管理に落としこみ、製品開発への確実な適用を図っている（図5参照）。

3. 品質リスクアセスメントと未然防止の強化

従来は主に技術や設計の新規性を評価し、新規性の高いシステムやコンポーネントに対してはFull Process DRを、比較的小さな設計変更や工程変更に対してはQuick

an issue have been confirmed, a design or technical solution has been developed to deal with it (Fig. 4).

The way of applying design or technical solutions differs between those that have been determined for standard vehicle structures and those which vary depending on the vehicle requirements or the targeted performance. For the latter measures in particular, design and performance planning drawings have also been steadily improved. Based on the voice of the customer, solutions are incorporated at various levels from the performance targets to the overall system design and targets and are even included in part designs. Finally, solutions are also incorporated in process control. Every effort is made to ensure that solutions are reliably applied to product development (Fig. 5).

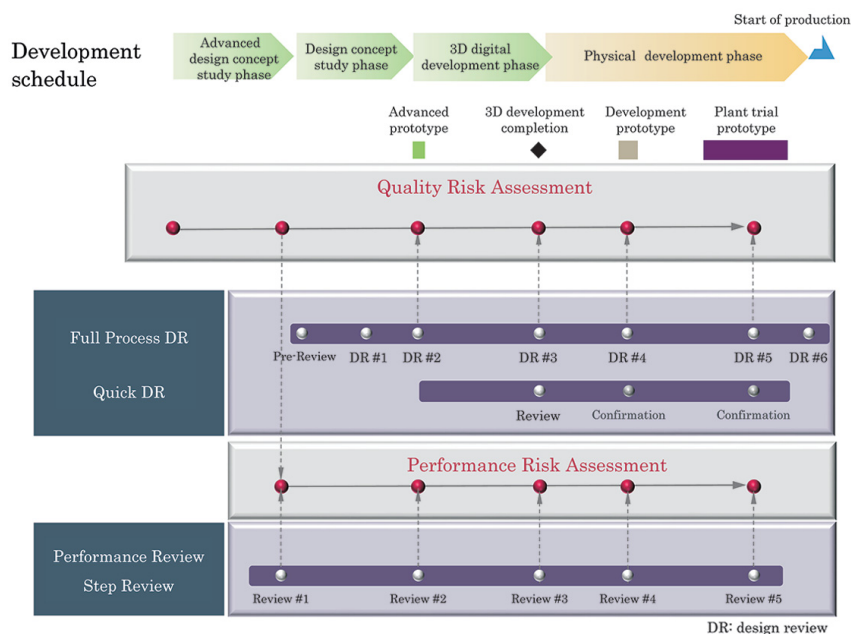


図-6 品質リスクアセスメントのプロセス
Fig. 6 Implementation timing of quality risk assessments

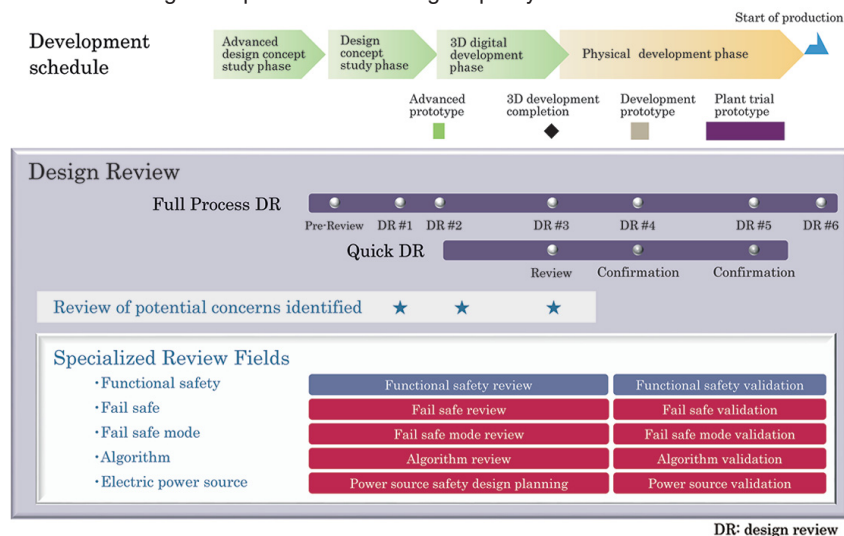


図-7 デザインレビューの全体体系
Fig. 7 Overall structure of design review

品質改善技術の継続的開発と適用強化

Continuous Development and Enhanced Application of Quality Improvement Technologies

豊田 英之*
Hideyuki Toyoda

渡邊 明規雄*
Akio Watanabe

福林 誠*
Makoto Fukubayashi

水口 賢**
Masaru Mizuguchi

長南 進***
Susumu Chonan

抄 録 品質を改善するための技術ソリューション開発と、それらの製品への適用を10年に渡り継続的に実施してきた。一方、技術ソリューションの中にはお客様期待値や市場負荷、車両の違いに応じて設計特性値の変更が必要なものもあり、近年は設計・性能計画図を再構築し車両への適用力を上げている。設計・性能計画図から技術ソリューション開発まで連続した取り組みを、事例を通じて紹介する。

Summary Development of technical solutions for quality improvement and their application to products have been implemented for ten years. Some design characteristics of technical solutions, however, need to be revised to suit customer expectations, market load or vehicle variations. Recently, design planning drawings have been reconstructed and applied further to vehicle development. This article describes some examples of the series of activities between technical solution development and design planning drawing creation.

Key words : Research & Development, quality, technical solution for quality improvement, design planning drawing

1. はじめに

日産自動車ではこの10年に渡り、市場で発生している不具合や不満を根本的に解決するための品質改善技術開発とその製品適用を継続的に進め、品質改善を図ってきた。この活動の根底には、問題が発生するたびに一時的な改善活動を繰り返しても、継続的な品質改善は決して望めず、ストックを重視した継続的な活動が実施されなければならないという考えがある。この考えに基づいた活動フローを図1に示す。本稿では、このフローに沿って、我々が取り組んでいる品質改善のツールとプロセスについて紹介する。

2. 品質改善技術開発活動

2.1 技術課題の抽出

技術課題は、不具合と不満の二つの視点から抽出を行う

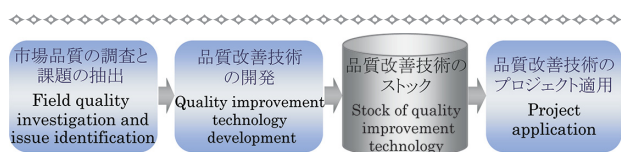


図-1 品質改善技術開発活動のフロー

Fig. 1 Flow of activities for developing quality improvement technologies

1. Introduction

Nissan has been working to enhance quality by continuously developing quality improvement technologies and applying them to products over the past ten years to fundamentally resolve problems and dissatisfaction customers have experienced with their Nissan vehicles. The fundamental principle underlying these efforts is that simply repeating temporary improvement activities whenever a problem occurs can never be expected to lead to continuous quality improvements; it is necessary to carry out improvement activities continuously with emphasis on accumulating improvement technologies. Figure 1 shows the flow of the activities based on this principle. This article describes the quality improvement tools and processes Nissan has been promoting in line with this flow.

2. Activities for Developing Quality Improvement Technologies

2.1 Identification of technical issues

Technical issues are identified from the two perspectives of problems and customer dissatisfaction. First, problems are identified by ascertaining failure that has occurred in real-world use. That is done by statistically analyzing submitted warranty claims and information on vehicle repairs done at Nissan dealers. For customer dissatisfaction that does not appear in warranty claims,

*製品設計技術革新部 / Product Design Technology Evolution Department **パワートレイン技術開発本部 / Powertrain Engineering Division ***コネクティドカー&サービス開発部 / Connected Car and Services Engineering Department

ていたサブシステム/部品階層の設計領域でも、日産の設計者自らがスペックの最適な割付け値を考えるようにした点である。これは電子システムであれば従来サプライヤのノウハウに依存していたアルゴリズムを自ら定義することでもあり、複雑化する技術領域での品質確保や競争力の一段高い車両目標性能の達成に必須の取り組みと考えている。設計者が車両階層から部品階層まで一貫して設計することで、実現可能かつ最適なスペックを割付けできるようにしたことに加えて、QVCC（品質ばらつき管理ツール）へ生産管理特性値としてつなぎ込んで生産部門と連携した精度管理を実行することで、より高度な設計計画ができるようになった。

2.3 品質改善技術のストック

技術ソリューションは、標準設計、標準構造/標準部品、評価基準に落とし込み、一品一葉のシート（Good Designシート）に記述しデータベース化し、海外開発拠点も含めて共有している。また、設計・性能計画図についても標準フレームとしてストックし、海外拠点を含めプロジェクトの性能計画の際に適用できるよう展開を進めている。

2.4 品質改善技術のプロジェクト適用

品質改善技術を織り込んだ部品を標準化し、部品の共用化、コスト低減、ツーリング費用の低減との両立を考慮し採用計画を策定する。また、標準化された部品適用以外に車両ごとに計画が必要な設計要件については、策定した設計・性能計画図のフレームを適用し、システム、サブ

ensuring quality and competitiveness in increasingly more complex technical areas. Design engineers execute fully integrated designs from the vehicle level to the parts level and are now able to allocate achievable and optimal specifications. In addition, accuracy control is performed in coordination with the manufacturing division, which involves incorporating production control characteristic values in the Quality Variation Control Characteristic (QVCC), a tool for controlling quality variation. This makes it possible to carry out more advanced design planning.

2.3 Stock of quality improvement technologies

Technical solutions are incorporated into standard designs, standard structures/parts and evaluation criteria, recorded on individual Good Design sheets, and entered into a database so that they can be shared by everyone including overseas operations. Design/performance planning drawings are also kept in stock as standard templates and are made available for use in performance planning for a new project, including at the company's overseas R&D centers.

2.4 Application of quality improvement technologies to projects

Parts embodying quality improvement technologies are standardized and shared in common. Plans for their adoption are proposed, taking into account possibilities for achieving cost reductions and reducing tooling costs. In addition, aside from the application of standardized parts, the templates of previously created design/performance planning designs are used for treating design requirements that necessitate planning for individual vehicles, and performance allocations are made for the specifications of the systems, subsystems and component parts. The quality control department and the person responsible for leading the development of a new model together confirm at each juncture of the vehicle development project whether the standard designs, evaluation criteria and standard templates of design/performance planning drawings stored in the Good Design database are being reliably adopted for the project.

3. Examples of Application in R&D Activities

Figure 4, the Initial Quality Study (IQS) by J.D. Power, shows two examples of marked improvement in quality as a result of creating technical solutions for the technical issues described here and applying them to new models. The examples presented here concern a navigation system and a continuously variable transmission (CVT) for which the design methods of the design/performance planning drawings were combined, leading to an improvement in product design capabilities.

3.1 Example 1: Planning drawings for navigation system

3.1.1 Improvement for faster startup time

Design/performance planning drawings were prepared to deal with thirteen types of dissatisfaction expressed to

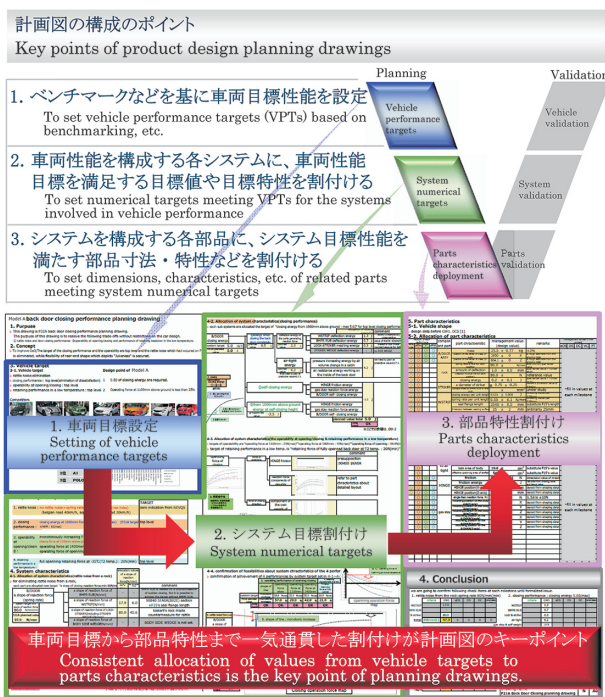


図-3 計画図構成
Fig. 3 Structure of design planning drawing

システム、部品の各スペックへ性能割付けを行う。そして、車両開発プロジェクトにおいては、Good Design シートのデータベースにストックされた標準設計、評価基準、あるいは標準フレームの設計・性能計画図が確実に採用されているかを品質統括部署と新型車開発のリーダーである車両開発責任者がプロジェクトの節目ごとに確認することとしている。

3. 技術開発での適用事例

本章では、抽出した技術課題に対して技術ソリューションを作り上げて車両適用したことで品質が大きく改善した事例として、ナビゲーションとCVT（Continuously Variable Transmission）の取り組みを紹介する。設計・性能計画図として設計手法をまとめ上げて新たな製品設計力向上につながり、図4に示す通りJ.D. パワー社のIQS（自動車初期品質調査）でも、よい結果を得られた。

3.1 事例1：ナビゲーション計画図

3.1.1 「起動時間の速さ」：改善への取り組み

ナビゲーションはこれまでの市場不満分類から、図5のように13種の項目について設計・性能計画図を策定した。ここでは代表事例として「起動時間の速さ」に関する計画

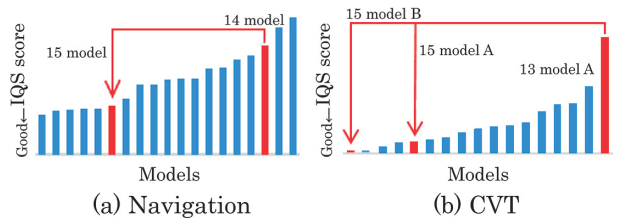


図-4 IQS スコア改善例
Fig. 4 Examples of IQS score improvement

date by customers about the navigation system as shown in Fig. 5. The planning drawing for faster startup time is explained here as a typical example.

3.1.2 Vehicle performance target set for faster startup time

A use case analysis was conducted in which the situation experienced by customers from before to after system startup was envisioned. Based on test evaluation results, a target startup time was defined so as not to cause customer dissatisfaction (Fig. 6). The study was not limited to this particular issue, but rather was extended to an examination of an essential target that would not cause dissatisfaction with respect to human ability and sensibilities. It also included consideration of the test procedure. The intention was not to set a target according to benchmark values of rival models. Every effort was made to set a highly competitive target more in tune with market needs and trends.

3.1.3 Allocation of system target for faster startup time

Besides a vehicle target for the total startup time, a study was made of the order of priority for starting different systems so that customers would not feel dissatisfied with the startup time as a functional aspect of vehicle launch preparation. Based on actual real-world use of different functions by customers, the order of priority for systems requiring early startup was found to be the rear-view camera as a driver assistance function, the heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) comfort functions, and the audio and map display functions that are only operable while the vehicle is at rest (Fig. 7).

3.1.4 Allocation to parts characteristics for faster startup time

In the design/performance planning drawings, the effect on the startup time set as a vehicle target was divided between the hardware processing speed and task

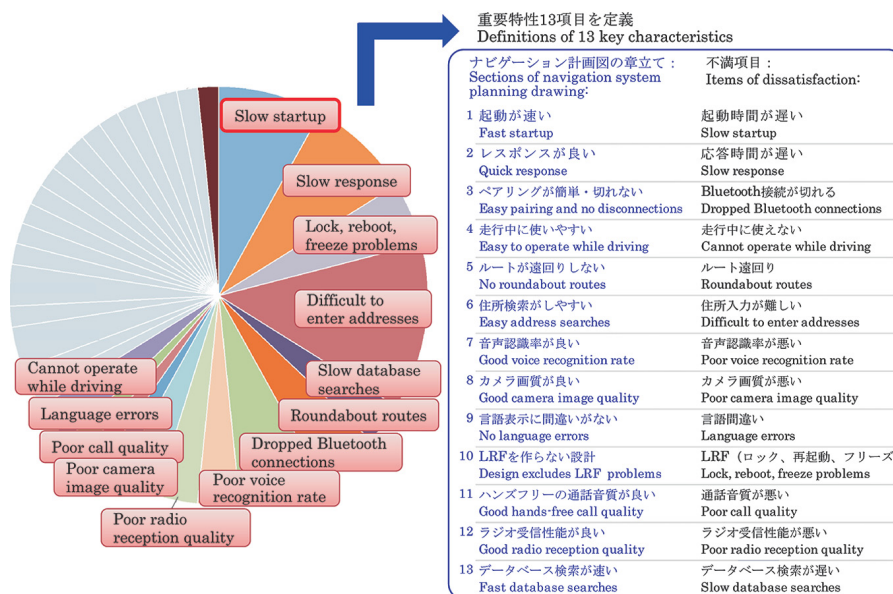


図-5 ナビゲーション不満分類
Fig. 5 Analysis of navigation system complaints

図を紹介する。

3.1.2 「起動時間の速さ」：車両目標設定

お客様がシステム起動前から起動後までに遭遇するとと思われるシーンについてユースケース分析を実施し、不満を感じない起動時間について実験評価結果を基に目標設定を行った（図6）。本課題に限らず、実験に関する仕事の進め方も、競合車ベンチマークの相場による目標設定ではなく、人の能力や感覚を基に不満を感じない本質的な目標の検討まで広げ、より市場のニーズとトレンドに合致した競争力の高い目標設定を行っている。

3.1.3 「起動時間の速さ」：システム目標割付け

起動時間トータルの車両目標だけではなく、発進準備の機能としてお客様が不満を感じないようにするために、起動する機能の優先順序について検討した。お客様のリアルワールドで実際の使用状況から早期起動が求められるシステムは、走行支援機能のリヤビューカメラ、快適化機能のHVAC（Heating, Ventilation, and Air Conditioning）、そして停車中にしかできない機能のオーディオ、地図表示の順であった（図7）。

3.1.4 「起動時間の速さ」：部品特性への割付け

設計・性能計画図では、車両目標で定めた起動時間に

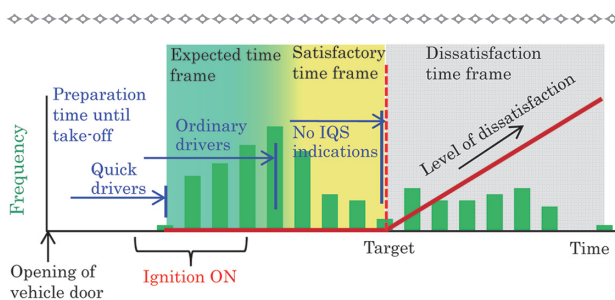


図-6 ナビゲーション起動時間の目標設定
Fig. 6 Setting of navigation system startup time target

- 優先順位
Order of priority
1. 走行支援機能（リヤビューカメラ）
Driver assistance functions (rear-view camera)
 2. 室内空間の快適化機能（HVAC）
Interior climate control functions (HVAC)
 3. 停車中にしかできない機能（オーディオ）
Function only operable while vehicle is at rest (audio)
 4. 停車中にしかできない機能（ナビゲーション関連）
Function only operable while vehicle is at rest (navigation system related)

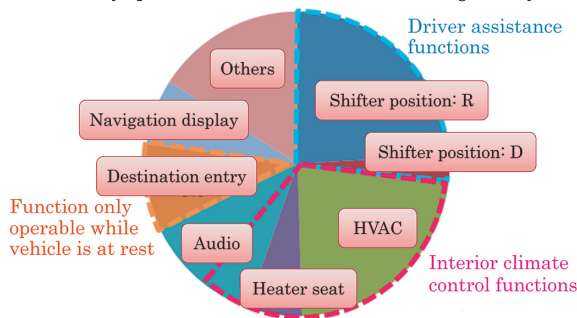


図-7 システム起動優先順位目標検討
Fig. 7 Study of system startup priority

processing by the software.

3.1.5 Solution development for attaining desired parts characteristics

Optimal characteristic values were determined for the CPU's arithmetic processing specification that provides the microcomputer's basic processing capacity and for the storage access specification in order to achieve the targeted hardware processing speed (Fig. 8). As the technical solution for the software, optimal designs were executed for the startup task priority, CPU occupation ratio and wakeup/sleep time.

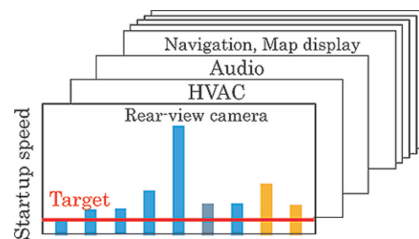
3.1.6 Validation of results for faster startup time

The navigation system was planned and manufactured as described above and its actual startup time was investigated. As one example of the system evaluation, the results for rear-view camera startup and map display are shown in Fig. 9. The startup time target was achieved for each one. The same thinking was thus applied to the development of a technical solution in which the CPU resource is used to the maximum effect to startup all the systems in the order of the highest priority. The results confirmed that the startup time achieved for the navigation system would not cause customers to feel dissatisfied.

3.2 Example 2: Planning drawings for CVT

It is well known that CVTs provide excellent fuel economy by enabling the engine to trace operating points for obtaining maximum fuel efficiency. That capability stems from their structural features that facilitate flexible and seamless ratio control. However, with regard to the acceleration feel, although CVTs can deliver optimal driving force in relation to the driver's intention, as indicated by the accelerator pedal angle, the relationship between the engine speed and the vehicle speed or vehicle acceleration (G) sometimes seems contrary to that intention. The result is referred to as a rubber band feel that can lead to customer dissatisfaction. As shown in Fig. 4, this phenomenon has

~~~~~



及ぼす影響を、ハードウェアの処理速度及びソフトウェアのタスク処理へ割付けを行った。

### 3.1.5 ソリューション開発（部品特性の実現）

狙いとするハードウェア処理速度を実現するために、マイコン処理能力の基幹となるCPUの演算処理スペックとストレージアクセスのスペックに最適な特性値を規定した（図8）。また、ソフトウェアの技術ソリューションとして、起動タスクの優先度、CPUの占有率、ウェイクアップやスリープの最適なタイミングの設計を行った。

### 3.1.6 「起動時間の速さ」：結果検証

上述の計画を経て製造した製品について、実際の起動時間を検証した。システム評価の一例として、図9にリヤビューカメラ起動と地図表示の結果を示す。それぞれの起動時間は目標を達成し、同様の考え方でソリューション開発した全てのシステムを、CPUリソースを最大限活用して優先度の高い順に起動させることで、お客様が不満を感じない起動時間の速さを実現できたことが確認できる。

## 3.2 事例2：CVT計画図

CVTは、変速比を無段階に可変制御できるという構造的な特徴を有しているが故に、最適燃費動作点に対する高いトレース性による良好な燃費性能が実現できることが知られている。しかし加速フィーリングにおいては、アクセル開度などのドライバ意図に対して最適駆動力の生成が可能となる一方、車両速度（以下、車速）や車両加速度（以下、G）とエンジン回転数の関係が意図と反してしまい、結果「ラバーバンドフィール」と呼ばれる不満現象につながることもある。この現象については、過去にはお客様の不満としてご指摘を頂き、サーベイ結果にも現れていた（図4（b）参照）。

ここでは、この現象の技術的解決事例について、設計・性能計画図を衝に述べる。

### 3.2.1 「ラバーバンドフィール」：車両目標設定

お客様が感じるラバーバンドフィールの不満メカニズムは、ドライバの加速意図であるアクセルの踏み込みに対して、基本的には車速やGとエンジン回転数の関係が一致しないことで、エンジン回転数だけが先に上昇したり、逆に変化が遅かったり、高回転で停滞したり、ふらついたりす

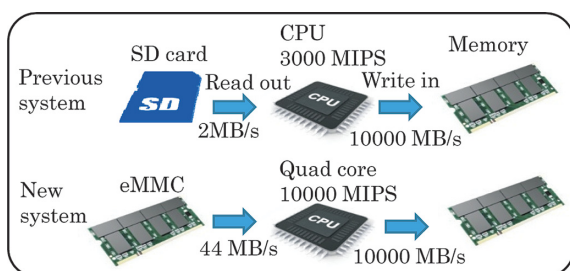


図-8 部品特性への割付け  
Fig. 8 Allocation of parts specifications

been pointed out by customers in the past as a source of dissatisfaction.

The next section describes an example of a technical solution for resolving this phenomenon, focusing on the design/performance planning drawings.

### 3.2.1 Setting of vehicle target for rubber band feel

The mechanism causing the rubber band feel that is dissatisfying to customers stems from a basic inconsistency between the engine speed and the vehicle speed or G in relation to the driver's acceleration intention as expressed by depressing the accelerator pedal. Sometimes only the engine speed alone rises first, or conversely, the change in speed lags. In the high speed range, the engine may seem to falter or hesitate. The related phenomena and mechanisms causing them can be divided into several types. As one example, consider vehicle launch acceleration at a small accelerator pedal angle. The engine speed alone first flares up before G is generated. Subsequently, the vehicle speed rises, but on the contrary, the engine speed momentarily falls.

Therefore, we thoroughly investigated each of the dissatisfying phenomena, including asking customers directly about their actual dissatisfaction. As a result of analyzing the extensive data thus collected, we set vehicle speed, G and engine speed targets for each waveform pattern.

In setting these targets, we did not simply try to suppress the engine speed because that would have conversely led to customer dissatisfaction with insufficient acceleration. Accordingly, the optimal targets were defined, taking into account a good balance among them. Figure 10 shows one example of the targeted performance for vehicle launch acceleration at a small accelerator pedal angle.

### 3.2.2 Setting of characteristic targets for vehicle, unit system and parts to resolve rubber band feel

We then conducted an acceleration performance simulation based on the G and engine speed targets at the time of vehicle launch. As a result, target values were allocated for the engine torque characteristic, CVT ratio characteristic, lockup (L/U) characteristic, torque converter characteristic and so on.

It will be noted that the influence of those assigned targets on fuel economy was also taken into account so as to determine the optimal solution. Figure 11 shows the results of the quality function deployment (QFD) applied

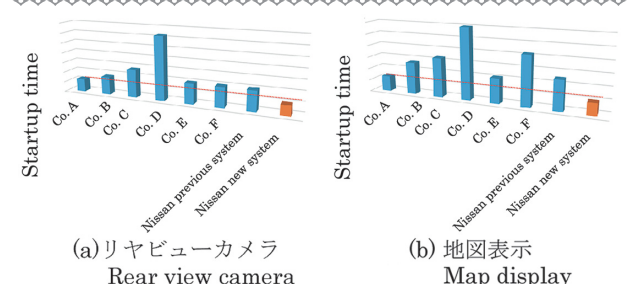


図-9 ナビゲーションの起動時間の改善結果  
Fig. 9 Improved results for navigation system startup time

ることによる。そしてこれは、その現象及び発生メカニズムによりいくつかは大別される。一例としては、アクセル低開度の発進加速時に、Gの発生前にエンジン回転数だけが先に高く吹け上がり、その後車速は上昇するのにエンジン回転数が一旦低下してしまうことが挙げられる。

そこで我々は各々の不満現象を徹底的に調査し、お客様から実際の不満現象を直接伺うことも含めて多数の現象データを分析した結果より、各々の波形パターンごとに車速、Gそしてエンジン回転数の目標を設定した。

またこの目標設定において単純にエンジン回転数を抑えることは、逆に加速力不足というお客様の不満につながる可能性があるため、そのバランスを考慮した最適目標値としている。図10にアクセル低開度発進時の目標性能の一例を示す。

### 3.2.2 「ラバーバンドフィール」：車両～ユニットシステム～部品の特性目標設定

次に、この発進時Gとエンジン回転数目標から動力性能シミュレーションを用いて、エンジン発生トルク特性と、CVT変速比特性、ロックアップ（以下、L/U）特性、トルクコンバータ特性などに目標値を割付けた。

なおこの際にも、その割付け目標が影響を与える燃費性能を考慮し、最適解となるようにしている。図11に車両階層～ユニットシステム階層のQFD（品質機能展開）を示す。

次に、これらのシステム目標からサブシステム、更には部品特性まで目標性能の落とし込みを行った。

例えば「CVT変速システム」は「ベルト&プーリ」「油圧回路」「制御」に、「L/Uシステム」は「L/Uクラッチ」「油圧回路」「制御」のサブシステムに大別される。そしてそれらは更に各部品特性につながっていく。一例を挙げると「L/Uクラッチ」は「クラッチサイズ」「枚数」などである。設定した変速比特性目標やL/U特性目標などは、この機能展開に基づき、最終的に各部品特性目標に割付けられている。図12に具体的な部品特性までの割付けの一例を示す。

### 3.2.3 「ラバーバンドフィール」：ソリューション技術

本件のソリューション技術開発としては、2段階で行っている。上述のようなハード特性も含めた性能設計による技術開発、及び現状ハード特性をインプット情報としてシミュレーションし目標達成を制御特性に割付けた短期ソリューションの制御開発である。

ここでは、後者の制御技術について紹介する。日産は2007年に「リニアモード変速制御」、2013年に「発進スリップL/U制御」、2014年に「D-STEP変速制御」をそれぞれ開発し、CVT搭載車に採用してきた。それらをベースに、前述の目標特性を要求機能として制御及び定数に織り込み改良を行った。具体的には、より細かくアクセル開度や車速などの走行状態に応じたエンジントルク・エンジン回

from the vehicle level to the unit system level.

As the next step, the system targets were broken down and allocated to performance targets for the subsystems and then to the parts characteristics. For example, the CVT ratio system is divided into the subsystems of the belt and pulleys, hydraulic circuit and control system, and the L/U system into the subsystems of the L/U clutch, hydraulic circuit and control system. The subsystems are further divided into the characteristics of each constituent part.

As one example, the L/U clutch is divided into the clutch size, number of plates and so on. Based on this function deployment, the targets set for the ratio characteristics, L/U clutch characteristics and so on are ultimately allocated to targets for the characteristics of each part. Figure 12 shows one example of the specific target allocations made to the level of parts characteristics.

### 3.2.3 Technical solution for rubber band feel

The development of a technical solution for this issue was carried out in two stages. A technical solution was developed based on the performance design that included the hardware characteristics like those mentioned above. A short-term control solution was developed by conducting a simulation using the existing hardware characteristics as input information and assigning the attainment of the desired targets to the control characteristics.

The latter control technology is described here. Nissan developed linear mode shift control in 2007, start-off slip L/U control in 2013 and D-STEP shift control in 2014 and adopted these control features on CVT-equipped vehicles. Based on these control features, the above-mentioned targeted characteristics were incorporated in the control system and constants as required functions and further improved. Specifically, torque management, CVT ratio and shift speed, L/U clutch capacity and slip speed are more closely and cooperatively controlled so as to obtain the engine torque and speed that more finely match the driving conditions, including the accelerator pedal angle and vehicle speed.

As a result, the rubber band feel was greatly eliminated, which led to a reduction in the customer dissatisfaction index.

## 4. Conclusion

The continuous development of quality improvement

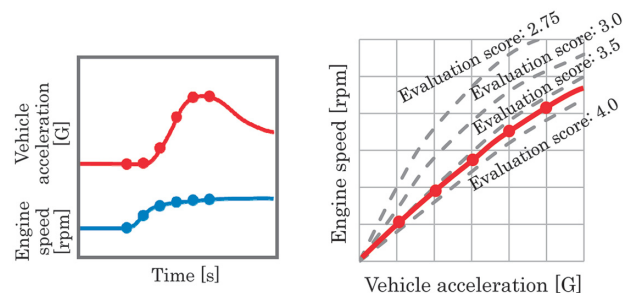


図-10 ラバーバンドフィール目標性能（車両特性）  
Fig. 10 Target vehicle characteristics for rubber band feel



転数にすべく、トルクコントロール制御、CVTの変速比・変速速度及びL/U容量、スリップ回転の細分化とそれらの協調制御である。

これらにより、「ラバーバンドフィール」は大幅に解消され、市場指摘数の低減につながった。

#### 4. お わ り に

この10年に渡る品質改善技術の継続的開発とプロジェクト適用、及び近年開始した設計・性能計画図構築の取り組みにより、着実に品質改善が図られてきている。お客様にとって品質の良い車両を提供するためには、お客様の期待値の正確な把握、本質的なメカニズム理解に基づく性能設計、及び部品設計が不可欠である。今後も、その継続的な開発と適用拡大により、お客様の期待を上回る高品質な車両を提供していきたい。

最後に、これまで品質改善技術の開発に御尽力頂いた全ての皆様に深く感謝の意を表すと共に、一層の御協力をお願い申し上げます。

technologies and their application to new model projects over the last ten years as well as activities for developing better design/performance planning drawings have steadily improved product quality. In order to provide customers with vehicles of excellent quality, it is indispensable to understand customers' expectations accurately and to execute performance designs and parts designs based on an essential understanding of the mechanisms involved. In the coming years, we want to continue to provide customers with vehicles that exceed their expectations by continuing to develop and expand the application of technical solutions.

Finally, authors would like to profoundly thank everyone for their concerted efforts so far to develop quality improvement technologies and request their greater cooperation in the future.

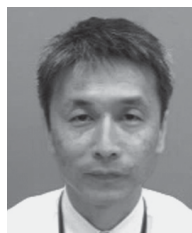
#### ■ 著者 / Author(s) ■



豊田 英之  
Hideyuki Toyoda



渡邊 明規雄  
Akio Watanabe



福林 誠  
Makoto Fukubayashi



水口 賢  
Masaru Mizuguchi



長南 進  
Susumu Chonan

# 新技術の不具合・不満を未然に防止するデザインレビューの進化

Design Review Evolution to Prevent Problems and Dissatisfaction with New Technologies

奈良 敢 也\*  
Kanya Nara

星野 洋 二\*  
Youji Hoshino

片山 健 次\*\*  
Kenji Katayama

**抄 録** 2005年以降、デザインレビュー（DR）のプロセスや標準ツールの整備に着手し、2007年にはFull Process DRとQuick DRで構成する日産自動車独自のDR体系を構築し、新車開発プロジェクトへの適用を開始した。近年は電動化、知能化、コネクティドカーに関連する新技術の拡大に伴い、各専門技術領域におけるレビューの強化を進めている。また、新技術への対応を経営的な視点を踏まえて判断するプロセスとして、リスクアセスメントの仕組みを導入した。これらの取り組みを効果的に進めるために、DRに関わる人材の育成も継続的に進めている。本稿では、これらの最新の取り組みについて紹介する。

**Summary** Since 2005, Nissan has been developing design review (DR) processes and standard tools that are utilized in DRs. This resulted in the establishment of Nissan's unique DR system consisting of Full Process DR and Quick DR and its application to the new vehicle development process was initiated. In response to the expansion of new technologies related to electric powertrains, advanced driver-assistance systems and connected car features in recent years, design reviews for these new technologies have been enhanced. In addition, a risk assessment scheme was newly implemented for making management decisions regarding new technologies. Human resources development training for engineers involved in DRs has been continued for advancing DR-related activities efficiently. This article describes the current situation of these activities.

**Key words :** Research & Development, quality, design review

## 1. はじめに

新技術の不具合・不満を未然に防止するには、開発段階におけるデザインレビュー（以下DR）が有効であり、日産自動車では2005年以降、DRのプロセスやツールのベストプラクティスを追求し、その内容を標準化するとともにグローバルに展開してきた。過去の不具合・不満の再発防止確認と異なり、未然防止では新設計や新技術に潜む問題点を発見することが重要であり、再発防止とは明確に区分し、技術や設計の新規性に応じたDRのプロセスとツールを整備してきた。図1に示すように、世界初採用、日産初採用といった新規性の高い技術に対しては、FMEA（Failure Mode and Effects Analysis）を問題発見のツールとするFull Process DRを適用し、既存技術の一部を変更する際には、変更点に着目するDRBFM（Design Review Based on Failure Mode）を用いたQuick DRを適用する。これにより、DRの準備に要する時間を抑制しながら、DRのカバーエリアを大幅に拡大することが可能になった。

## 1. Introduction

A design review (DR) is effective at the product development phase in proactively preventing problems and customer dissatisfaction with new technologies. Nissan has been pursuing the best practices in DR processes and tools since 2005 and the results obtained have been standardized and deployed globally. Unlike confirming that previous problems and customer dissatisfaction will not recur, what is important in proactive prevention is to identify potential problems lurking in new designs and technologies. That is clearly different from recurrence prevention. We have developed DR processes and tools matching the newness of technologies and designs. As shown in Fig. 1, a Full Process DR is applied to technologies having a high level of newness such as a world-first or a Nissan-first application. Failure mode and effects analysis (FMEA) is used as the tool for identifying potential problems. A Quick DR is applied when partial changes are made to existing technologies, using Design Review Based on Failure Mode (DRBFM) that focuses on changes. This selective use greatly expands DR coverage while holding down the time needed to prepare for a DR.

\*製品設計技術革新部 / Product Design Technology Evolution Department \*\*電子アーキテクチャ開発部 / System Integration and EE Architecture Engineering Department

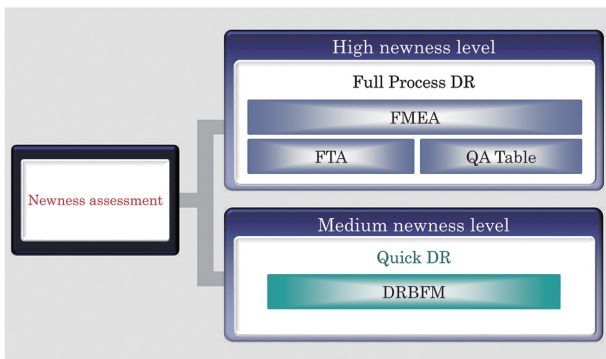
現在、新車開発プロジェクトへの適用規模はFull Process DRで5課題程度、Quick DRは30課題程度であり、年間約50件のFull Process DRと約300件のQuick DRを適用することで、新型車の品質確保に貢献している。

また、DRを設計構想段階から量産開始まで一貫した活動とし、設計、実験、生産のエンジニアが連携して、重要管理特性のばらつき抑制や工程保証まで網羅するよう運用している。

その効果の一例として、2016年度に発売した新型ノートの投入前後における故障率の推移を比較したデータを図2に示す。故障率は、新車販売後三か月間に発生したワランティ修理の発生数から計算している。多くの新技術を採用するなかで、発売直後から安定した品質レベルを確保できていることがわかる。

近年は、これまでに構築してきたDRを未然防止活動の基軸に据えながら、新技術の動向も踏まえて電源システム、フェイルセーフ、制御アルゴリズムなど、対象とするシステムや技術の内容に応じた設計手法の構築とレビューを強化してきている。また、新車投入計画、日程通りの開発完了が求められる新規エンジンや社会の注目度が高い自動運転に関連する新技術の開発では、開発日程や新車投入計画に影響する意思決定をDRとは完全に切り離し、経営レベルで実施する必要があるため、新たにリスクアセスメントの仕組みを導入した。本稿では、これらの新しい取り組みを中心に紹介する。

また、日産では2007年のFull Process DR、Quick DR導入以降、プロセスやツールの整備と並行して、資格認定制度を通じた人材育成を進めている。関連会社も含めた日本の拠点で導入した資格認定制度も、現在ではグローバルに13拠点に広がり、12,000名近くの開発エンジニアがDR関連の研修を修了し、日々DRを通じた不具合・不満の未然防止に取り組んでいる。これらの取り組みの最新情報についても併せて紹介する。



FMEA: Failure mode and effects analysis  
 FTA: Fault tree analysis  
 DRBFM: Design review based on failure mode

図-1 新規性判断にもとづく DR 体系  
 Fig. 1 Full Process DR and Quick DR

The current scope of application in new model development projects is around five issues for a Full Process DR and around 30 issues for a Quick DR. Annually, a Full Process DR is applied to approximately 50 items and a Quick DR to approximately 300 items, which contributes substantially to ensuring the quality of new models.

DR activities are consistently carried out from the design concept phase to the launch of mass production. Design, testing and production engineers work together to undertake comprehensive DR activities to control variation in important control characteristics and for process assurance.

As one example of the results, Fig. 2 presents data comparing the change in the failure rate before and after model launch of the new Note that was released in fiscal 2016. The failure rate is calculated from the number of repairs made under warranty in the first three months after a new vehicle is delivered. The results show that stable quality levels were secured following the sales launch for the many new technologies that were adopted.

The DR processes constructed to date form the principal axis of our proactive prevention activities. In recent years, we have further strengthened our design methods and review tools to match the nature of the target systems and technologies such as power source systems, fail-safe functions and control algorithms, among others, in accord with trends in new technologies. In addition, we have newly implemented a risk assessment system that is completely separate from DRs because decision-making concerning the development schedule or new model launch plans must be done at the corporate management level. This system concerns the development of new engines, for example, that must be completed on schedule because of a new model launch plan or the development of new technologies related to autonomous driving or other technologies in which there is strong public interest. This article focuses in particular on these new efforts.

Since the adoption of the Full Process DR and Quick DR in 2007, we have also been promoting the development

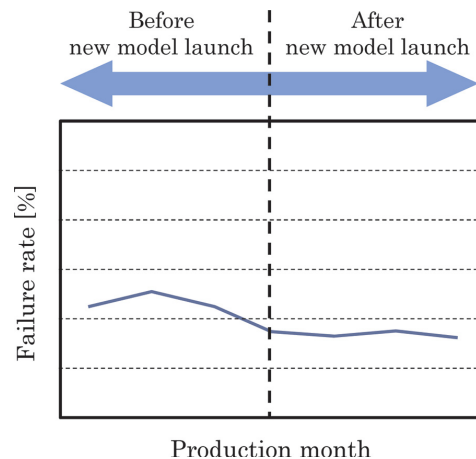


図-2 新型車投入前後での故障率の推移例  
 Fig. 2 Change in failure rate before and after new model launch



## 2. システム、技術領域に応じたレビューの強化

図3にDRの全体体系を示す。DR体系の柱となるFull Process DRとQuick DRに加えて、電動パワートレインの増加や電子制御システムの高度化といった最新の技術トレンドを踏まえ、システム、技術領域に応じたレビューの強化を進めてきた。

本章ではシステム、技術領域に応じたレビュー強化の例として、電源システム、フェイルセーフ、制御アルゴリズムに対するレビューと実験検証強化の取り組みを紹介する。

### 2.1 電源システム

電気自動車の日産リーフやe-POWERと呼ばれる電動パワートレインを搭載する新型ノートでは、強電系を含め多くのパワー半導体で構成される電源システムを搭載している。これらの電源システムを構成するパワー半導体の耐力ばらつきまで含めて安全に機能することを保証するため、電源安全設計のプロセス・基準を規定し、実施状況をレビューする仕組みを導入した。図4に示すように、電源安全設計のプロセスを、半導体ロバスト設計、保護設計、半導体PPM (Parts per million) 活動で構成し、各ステップでの検討項目を標準化するとともに開発のエキスパートに

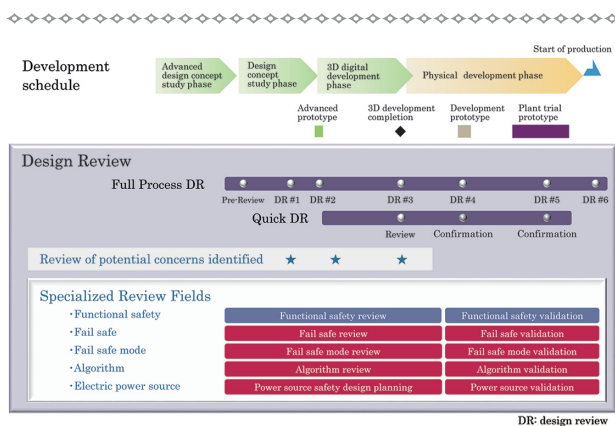
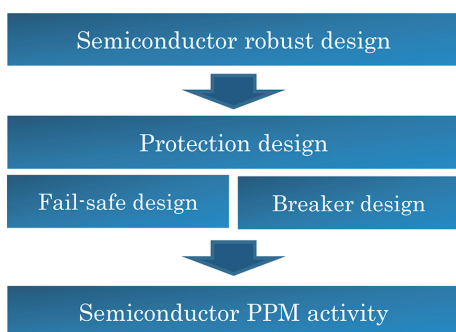


図-3 デザインレビューの全体体系  
Fig. 3 Overall structure of design review



PPM: Parts per million  
図-4 電源安全設計プロセス  
Fig. 4 Power source safety design process

of human resources at Nissan through a certification system in parallel with the implementation of DR processes and tools. At present, this system has been extended to 13 R&D centers globally and nearly 12,000 development engineers have completed DR-related training. They are working hard every day to proactively prevent problems and customer dissatisfaction through DR activities. This article also presents the latest information concerning these efforts.

## 2. Strengthening of Reviews Matching Systems and Technical Fields

Figure 3 shows an overall outline of the DR system. In addition to the Full Process DR and Quick DR that are the pillars of the DR system, reviews have also been strengthened matching new systems and technical fields in line with the latest technical trends, such as the increase in electric powertrains and the advanced sophistication of electronic control systems.

This section describes the reviews conducted for power source systems, fail-safe functions and control algorithms and the strengthening of related experimental validation activities as examples of the enhancement of reviews matching specialized technical fields.

### 2.1 Power source systems

The Nissan LEAF EV and the new-generation Note equipped with Nissan's e-POWER electric powertrain are mounted with a power source system consisting of many power semiconductors, including the high-voltage system. It is necessary to ensure that these power source systems function safely, including with regard to any variation in the strength of their constituent power semiconductors. For that purpose, we have specified a safety design process and standards for power sources and have implemented a review system for confirming that they are being followed properly. As shown in Fig. 4, the power source safety design process consists of semiconductor robust design, protection design and a semiconductor PPM (parts per million) activity. The items to be investigated in each step of the design process have been standardized and the reviews conducted by development experts have been reinforced.

In semiconductor robust design, the current paths are first made clear by creating a block diagram of the power source system as shown in Fig. 5 based on the power source, harness, semiconductors and other components. Next, it is confirmed that the system will be within its rated power under worst-case operating conditions. That is done by calculating the maximum generated power and resultant heat release based on the battery specifications that are the source of the supplied current and the semiconductor composition of the system and taking into account variation in the component parts. In addition, avalanche breakdown due to switching surges as well as other conditions are reviewed within the scope of the tolerance design.

The protection design review against potential

よるレビューを強化した。

半導体ロバスト設計では、先ず電源、ハーネス、半導体などの構成部品をもとに図5に示すようなシステム電源系統図を作成し、電流経路を明確にする。次に、電流供給源となるバッテリー仕様、システム内の半導体構成から構成部品のばらつきを考慮した最大発生電力とそれに伴う発熱量を計算したうえで、ワーストケース動作条件において定格内にあることを確認する。また、スイッチング時のサージ電流によるアバランシェ降伏などについても耐量設計対象としてレビューする。

異常時の保護設計に対するレビューは、フェイルセーフ設計と遮断設計の視点で実施する。フェイルセーフ設計では、故障診断系が異常を検知した際、半導体が故障する前にシステムに制限をかけたたり停止したりする必要があるため、構成部品ばらつきのワーストケースを想定したうえで、半導体損傷に至る前にフェイルセーフが確実に作動することを確認する。遮断設計は、万一の過電流に備えた電流遮断設計であり、ヒューズとなる溶断部位を定め、半導体損傷に至る前に確実に遮断機能が働くことを確認する。

これらの設計プロセスを図6に示すような電源安全設計計画図として規定し、本計画図に沿って電源安全設計が実施されていることを開発のエキスパートがレビューする仕組みとした。電源安全設計計画図レビューは、2016年度より運用を開始している。

半導体 PPM 活動は、電源システムを構成する部品の品

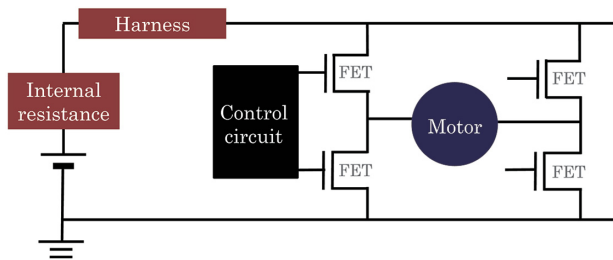


図-5 システム電源系統図  
Fig. 5 Block diagram of power source system

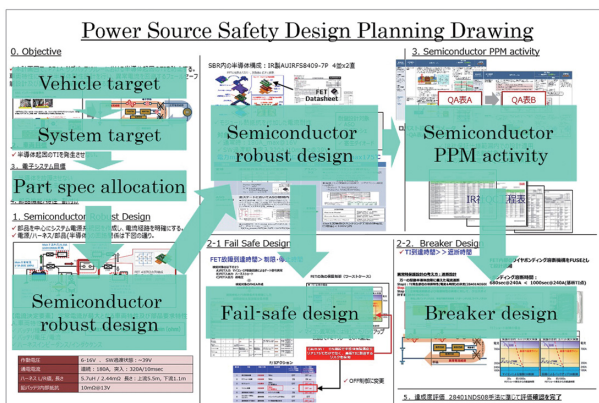


図-6 電源安全設計計画図例  
Fig. 6 Power source safety design planning drawing

troubles is conducted from the dual perspectives of the fail-safe design and breaker design. The fail-safe design review confirms that the fail-safe functions operate reliably before the semiconductors suffer any damage. That is done by envisioning the worst case for variation in component parts because it is necessary to limit or stop the system operation before a semiconductor fails in the event the failure diagnostic system detects an abnormal condition. The breaker design review confirms that the shut-down function operates reliably before the semiconductors are damaged. The places that act as fuses are specified in the circuit breaker design in preparation for the possibility of overcurrents.

This design process is specified in a power source safety design planning drawing like that shown in Fig. 6. Under the design review system, development experts confirm that the power source safety design has been executed in accordance with this planning drawing. We began conducting power source safety design reviews using planning drawings in fiscal 2016.

The semiconductor PPM activity concerns quality control for the parts composing a power source system. In the design review, parts for which quality control is necessary in the mass production process and important control characteristics are clearly identified and indicated in a Quality Assurance (QA) table. For the important control characteristics indicated in the QA table, development experts check the process capacity indices of the mass production process and confirm whether the targets have been achieved or not.

## 2.2 Fail-safe

The adoption of fail-safe functions has been increasing accompanying the growing number and complexity of electronic control systems installed on vehicles. The importance of these functions is also increasing. It is a fundamental requirement that a fail-safe function must operate reliably when necessary under a wide variety of usage environment conditions. It is also essential to avoid inconveniencing customers. For example, it is highly inconvenient for customers if a fail-safe function operates frequently to protect a vehicle system or if a fail-safe function limits the operation of the vehicle in some way.

Previously, fail-safe reviews were conducted primarily from the perspective of whether the functions operated reliably at the necessary time to avoid an unsafe condition. In addition to that, we have also implemented a fail-safe mode review that is conducted from the customer's perspective of the degree of inconvenience incurred by frequent fail-safe operation or the mode transitioned to and the ease of understanding mode notices given by warning lamps, among other things. Testing activities have also been strengthened for verifying that fail-safe functions operate as intended. This section also describes the steps taken in this regard.

The purpose of a fail-safe function is to monitor the status of the parts of a system and to transition a function

質管理に関する活動であり、設計レビューのなかで量産工程における品質管理が必要な部品と重要管理特性を見極め、QA (Quality Assurance) 表に記載する。QA 表に記載した重要管理特性については、量産工程において工程能力指数を確認し、目標達成状況を確認している。

## 2.2 フェイルセーフ

車両に搭載される電子制御システムの増加、複雑化に伴い、フェイルセーフの採用が増えており、その重要性も高まってきている。さまざまな使用環境条件において必要な時に確実にフェイルセーフが作動することが基本であるが、フェイルセーフが過剰に作動し、お客様に迷惑をかけてしまうことも避けなければならない。例えば、システムを保護するために頻繁にフェイルセーフが作動したり、フェイルセーフにより車両の走行に制限をかけたことは、お客様にとって迷惑度が高い。

従来のフェイルセーフレビューでは、フェイルセーフが必要なタイミングで確実に作動し、不安全な状況を回避できるかという視点を中心にレビューしていた。これに加え、フェイルセーフの作動頻度や遷移したモードの迷惑度、警告灯によるモード告知の分かりやすさを、お客様の視点でレビューするフェイルセーフモードレビューを導入した。また、フェイルセーフが狙い通りに作動することを実験で検証する活動の強化も進めている。本節では、これらの取り組みについて紹介する。

システムを構成する部品が故障した際、システムが不安全な状態に陥ることがないように、構成部品の状態を監視し、必要に応じて機能を安全な状態に遷移させることがフェイルセーフの目的である。一例として、エンジン冷却部品が故障した際、エンジンのオーバーヒートを回避するため冷却水温を監視し、水温が規定温度以上になると警告灯を点灯させたうえでエンジンの出力に制御をかけるといったフェイルセーフが採用されている。

お客様の安全やシステムの保護を目的として採用されるフェイルセーフであるが、例えば、メータ基盤の過熱保護ロジックが作動し、その都度、液晶メータがブラックアウトしてしまうと、運転に必要な情報が得られなくなり走行にも支障をきたしてしまう。こうしたお客様のご不満を未然に防止するため、お客様視点のフェイルセーフモードレビューを導入した。

本レビューでは、お客様視点評価担当のエキスパートがレビューアとなり、フェイルセーフが作動する頻度やフェイル時の遷移先モードがお客様にとって許容される範囲であるか、警告灯による状態告知が分かりやすいかといった視点で徹底的にレビューする。2014年度の導入以来、アセスメントシートでレビュー対象を選定し、これまでに新型V8ディーゼルエンジンの冷却系故障、電子制御エンジンマウントのシステム故障などに対するフェイル

to a safe state if necessary. That prevents a system from entering an unsafe state if one of its components should fail. As one example, a fail-safe function is adopted for preventing the engine from overheating in the event a part of the engine cooling system should fail. This function monitors the engine coolant temperature and illuminates a dashboard light if the temperature exceeds a specified level and also acts to control the engine torque.

Fail-safe functions are adopted for the purpose of ensuring customer safety and protecting vehicle systems. For example, suppose the overheat protection logic of the instrument panel operates and the liquid crystal gauges/meters go black at that time. The operation of the vehicle would be impaired because the driver would not be able to obtain the information needed for driving. We have also implemented a fail-safe mode review from the customer's perspective to proactively prevent such customer dissatisfaction.

This review is conducted by a reviewer who is an expert responsible for making evaluations from the customer's perspective. An exhaustive review is conducted from the standpoints of the frequency of fail-safe operation, whether the mode transitioned to when a fail-safe function operates is within the range tolerated by the customer, and whether warning notices given by warning lamps are easy to understand or not. Since this review was implemented in fiscal 2014, an assessment sheet has been used to select the scope of the review. To date, this fail-safe mode review has been applied to a problem in the cooling system of a new V8 diesel engine and to a problem in an electronically controlled engine mount system, among other things.

It is also important to conduct validation tests of fail-safe functions from the perspective of whether they operate properly as intended under various usage environment conditions in the real world and whether as a result the vehicle displayed any unintended behavior. For that purpose, in the R&D division we formed an organization that specializes in planning and conducting such fail-safe validation tests. The members participate in reviews beginning from the design phase of fail-safe functions. They identify the items requiring validation testing based on a good understanding of the weak points of a system and the usage environment conditions and then plan and conduct the tests.

These activities are carried out to review and validate by testing whether fail-safe functions operate as intended under a wide variety of market environment conditions and customers' ways of using their vehicles. Through this fail-safe mode review, we confirm the frequency of operation of fail-safe functions and whether customers have felt any dissatisfaction or inconvenience as a result of the mode transitioned to when a fail-safe function operated.

## 2.3 Control algorithms

We have strengthened our review process for electronic control systems as the application of these systems has continued to expand such as for electric

セーフに本レビューを適用してきた。

また、フェイルセーフについては、リアルワールドにおけるさまざまな使用環境条件において狙い通りに作動するか、フェイルセーフが作動した結果、車両が意図しないような挙動を示さないかといった視点での実験検証も重要である。このため、開発部門内にフェイルセーフ実験検証の企画と実行を専門とする組織を立ち上げた。メンバはフェイルセーフの設計段階からレビューに参画し、システムの弱みや使用環境条件を理解したうえで必要な実験検証項目を抽出し、実験の企画・実行を行う。

これらの取り組みにより、フェイルセーフがあらゆる市場環境条件、お客様の使い方のもとで狙い通りに作動することをレビューし、実験で検証するとともに、フェイルセーフの作動頻度やフェイル時に遷移したモードによってお客様に不満や不便を感じさせることがないように、フェイルセーフモードレビューを通じて確認している。

### 2.3 制御アルゴリズム

電動スライドドア、電動サンルーフ、乗員の体格に応じて助手席エアバッグの展開を判断する乗員検知システムなど、電子制御システムの採用拡大に伴い、制御システムを対象としたレビューの強化を進めてきた。なかでも、開発をサプライヤに委託しているコンプライアンス関連の電子制御システムについては、コントロールユニットに実装されるアルゴリズムの内容まで踏み込んで、リアルワールドのさまざまな使用環境条件のもとでシステムが狙い通りに機能することを設計・検証する仕組みを強化した。

制御アルゴリズムの設計・検証プロセスは、図7に示す

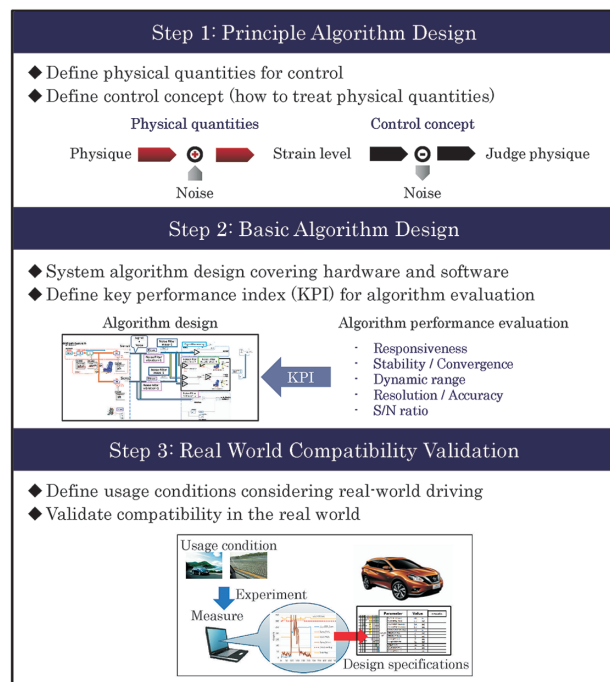


図-7 アルゴリズム設計・検証プロセス  
Fig. 7 Algorithm design & validation process

sliding doors, electric sunroofs and occupant detection systems that judge the necessity of the passenger airbag deployment according to the occupant's body weight. Our design/validation system has been strengthened especially for compliance-related electronic control systems the development of which is contracted to suppliers. We confirm that the systems function as intended under various real-world usage conditions, including going so far as to check the details of the algorithms incorporated in the control units.

The algorithm design and validation process is shown in Fig. 7. It consists of the principle algorithm design in step 1, the basic algorithm design in step 2 and real-world compatibility validation in step 3.

The principle algorithm design in step 1 involves determining the physical quantities to be controlled, clarifying the motion models related to those quantities and then defining the control concept. For example, for the occupant detection system, the targeted physical quantity is strain that is measured with a strain sensor embedded in the seat. The control concept is defined on the basis of the motion model that includes the occupant, seat and other constituent elements and also disturbances such as vehicle acceleration and vibration.

The basic algorithm design in step 2 involves designing the hardware and software for achieving the control system that accomplishes the control concept determined in step 1. On that basis, characteristics are then determined for evaluating the performance of the algorithm.

In the foregoing example of the strain sensor, the hardware is designed to eliminate disturbances by means of filter settings and the software logic is designed to distinguish the occupant's body weight based on the detected strain level. The characteristics selected for evaluating the performance of the occupant detection system algorithm are responsiveness, dynamic range, and signal-to-noise (S/N) ratio, among others.

In real-world compatibility validation in step 3, algorithm compatibility is validated by applying Quality Function Deployment (QDF) and other techniques to identify various use cases in real-world driving situations.

In the foregoing example of the occupant detection system, QDF was deployed to identify various driving situations encompassing everything from vehicle entry, through driving, to vehicle exit. For example, consider a situation where a greater portion of an occupant's gravitational force is transferred from the feet to the vehicle floor during vehicle deceleration. It was confirmed that the algorithm was capable of making correct judgments based on the rate of vehicle deceleration envisioned in real-world driving. If improvement is necessary as a result of the validation exercise, the relevant information is fed back to the basic algorithm design in step 2.

As explained here, the work of designing and validating control algorithms is divided into the three steps of principle algorithm design, basic algorithm design and

ようにステップ1の原理アルゴリズム設計、ステップ2の基本アルゴリズム設計、ステップ3のリアルワールド適合性検証で構成される。

ステップ1の原理アルゴリズム設計では、制御対象の取り扱う物理量を決定し、その物理量に関連する運動モデルを明確にしたうえで、制御コンセプトを定義する。例えば、ひずみセンサをシートに組み込んだ乗員検知システムでは、対象物理量はひずみ量であり、乗員やシートなどの構成要素、及び車両の加速度、振動などの外乱を含めた運動モデルをもとに制御コンセプトを決定する。

ステップ2の基本アルゴリズム設計では、ステップ1で決定した制御コンセプトをシステムで実現するためのハードウェア設計、ソフトウェア設計を行ったうえで、アルゴリズム性能を評価する特性を決定する。

先のひずみセンサの例では、外乱除去のためのハードウェア設計（フィルタ設定）やひずみ量から乗員の体格を判別するソフトウェアのロジック設計が該当する。乗員検知アルゴリズムの性能評価特性としては、応答性、ダイナミックレンジ、SN比（Signal-to-noise ratio）などが選定される。

ステップ3のリアルワールド適合性検証では、QFD（Quality Function Development）のシーン展開などを活用し、リアルワールドを考慮したさまざまなユースケースを抽出したうえで、アルゴリズムの適合性を検証する。

先の乗員検知システムの例では、QFDのシーン展開により、乗車、走行、降車を網羅したさまざまなシーンを抽出した。例えば、「減速時に乗員の重力が足から車両のフロアに伝わる比率が増える」というシーンに対しては、リアルワールドで想定される車両減速度のもとで正しい判定が行えることを確認した。検証の結果、改善が必要な場合は、ステップ2の基本アルゴリズム設計にフィードバックする。

このように、制御アルゴリズムの設計・検証を、原理アルゴリズム設計、基本アルゴリズム設計、リアルワールド適合性検証の3ステップに分類し、それぞれの検討結果をアルゴリズム原図としてストックする。このアルゴリズム原図をもとに新車開発ごとに適用計画図を作成し、その結果を開発のエキスパートがレビューする仕組みとした。

### 3. リスクアセスメントの導入

DRは、設計・開発段階において新技術に内在する問題を徹底的に洗い出し、各技術領域のレビューアが対応策までレビューするプロセスである。一方、世界初採用のエンジン機構や自動運転技術などの開発においては、さまざまな開発上のリスクに応じたマネジメントが必要になる。日産では技術論議を軸とするDRに加え、リスクアセスメントに基づくプロジェクトマネジメントを導入し、新技術に

real-world compatibility validation. The validation results obtained in each step are accumulated in the form of algorithm original drawings. Under this system, the planning drawings applied in each new model development project are created on the basis of these algorithm original drawings and the results are reviewed by development experts.

### 3. Implementation of Risk Assessment

The DR process involves thorough identification of potential problems present in new technologies at the design and development phases and the conduct of reviews in each technical area until solutions have been devised. Meanwhile, the development of world-first engine mechanisms or technologies like an autonomous driving system requires the management of various types of risk in the development process. In addition to DRs centered on technical discussions, at Nissan we implemented a project management system based on risk assessment to reinforce proactive prevention of potential problems and customer dissatisfaction originating in new technologies. This section describes the concept of quality risk assessment.

The timing for implementing quality and performance risk assessments in the new vehicle development process is shown in Fig. 8. For the adoption of new technologies, the risk level is judged before a new model development project is launched. That is done in order to determine the development period and number of prototypes that will be needed corresponding to the risk inherent in a new technology. As shown in Fig. 9, a quality risk assessor is appointed for each technical field of a new system or part. The risk level is judged from the perspectives of innovation level, safety concern, high warranty concern and high volume part. Risks are categorized into three levels. For a new technology having a high risk level, it is necessary to decide in advance measures for mitigating any risk that might surface at the development phase and the timing for judging when to switch to a backup. For that purpose, a quality risk management review was newly established that includes participation by senior management responsible for development matters. That was done to ensure that prompt judgments can be made at the right time about adding further risk mitigation measures or switching to a backup.

These efforts are collectively referred to as quality risk management, which is executed in a manner clearly separated from design reviews centered on technical discussions. This serves to reinforce the proactive prevention of problems and customer dissatisfaction originating in new technologies.

### 4. Certification System for Global Human Resources Development

Having put in place structures and processes for conducting DRs and quality risk assessments for proactive prevention of problems and customer dissatisfaction with new technologies, it was necessary to develop human

起因する不具合・不満の未然防止を強化した。本章では、品質リスクアセスメントのコンセプトについて紹介する。

新車開発プロセスにおける品質・性能リスクアセスメントのタイミングを図8に示す。新技術の採用にあたって、新技術のリスクに応じた開発期間や試作台数を決定するため、新車開発プロジェクトの開始前にリスクレベルを判断する。ここでは、図9に示すようなシステム・部品領域ごとに品質リスク判定者を任命し、innovation level、safety concern、high warranty concern、high volume part といった視点でリスクレベルを判定する。リスクレベルは3階層で区分され、リスクレベルが高い新技術に対しては、開発段階でリスクが顕在化した際のリスク緩和策やバックアップへの切り替え判断時期などをあらかじめ決めておく。以降の新車開発プロセスにおいて、リスク緩和策の追加やバックアップへの切り替えを適切なタイミングで迅速に判断するため、開発のトップマネジメントを含めた品質リスクマネジメントレビューを新設した。

これら一連の取り組みを品質リスクアセスメントと称し、技術論議を軸とするDRとは明確に分離して実行することで、新技術に起因する不具合・不満の未然防止を強化した。

#### 4. 資格認定制度によるグローバル人材育成

新技術の不具合・不満を未然に防止するには、DRや品質リスクアセスメントの仕組み・プロセスを整備したうえで、それらの仕組みやプロセス・標準ツールを正しく理解し、実行できる人材を育成しなければならない。日産では新しいDRのプロセスに対応した研修プログラムを整備するとともに、DRに関する資格認定制度を通じた人材育成プログラムを構築し、グローバルに展開してきた。本章では、現在の進捗状況について紹介する。

日産では、DR体系に合わせて図10に示す4階層の資格

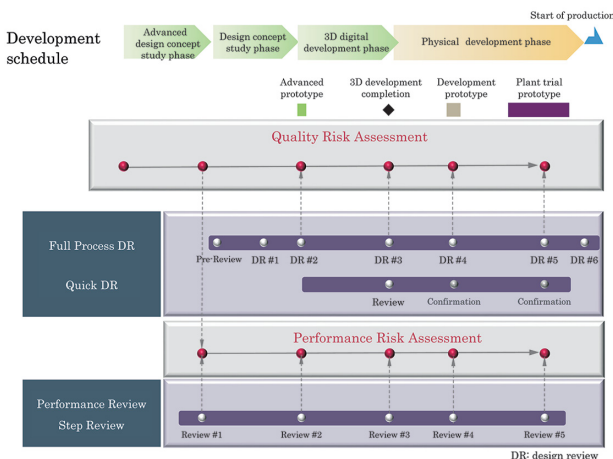


図-8 リスクアセスメント実施タイミング  
Fig. 8 Risk assessment implementation timing

resources capable of correctly understanding and executing these structures, processes and standard tools. At Nissan we implemented a new training program corresponding to the new DR processes and also constructed a human resources development program based on a DR certification system and implemented it globally. This section describes the current progress of these programs.

As shown in Fig. 10, Nissan has implemented a four-level certification system corresponding to the overall DR structure. Quick DR Crew is certification for conducting the Quick DR process. The training program is incorporated in the required training program of the R&D division and enables all engineers to obtain the related skills. A Quick DR Pilot is a person who has responsibility at the DR preparation step and is obligated to obtain certification at the manager level in the R&D division. Employees receive certification at the point where they have conducted the Quick DR process and reported the results to an expert on quality and reliability and are judged to possess the necessary skills.

DR Reviewers possess the certification of a Quick DR Reviewer and are selected from among the deputy general manager class by the general manager of each department. After completing reviewer training to cultivate a sharp mindset as a reviewer from the perspective of coaching, individuals report to a DR Expert the results of a review



| Quality risk assessment fields |
|--------------------------------|
| Engine                         |
| Drive train                    |
| EV / HEV system                |
| Lithium-ion battery            |
| Chassis                        |
| Body / Control / Fuel system   |
| Interior / Exterior            |
| Seat / HVAC / Safety device    |
| Electric hardware / Software   |
| Connected car service          |

図-9 品質リスクアセスメント領域  
Fig. 9 Quality risk assessment fields

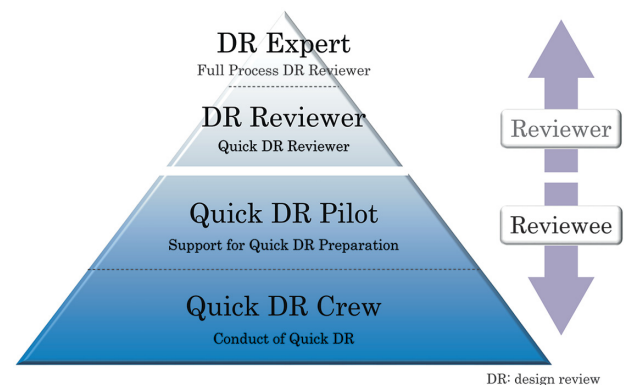


図-10 デザインレビュー資格認定制度  
Fig. 10 Design review certification system

認定制度を導入している。Quick DR CrewはQuick DRを実践するための資格であり、研修プログラムを開発部門の必修教育に組み込み、全エンジニアがスキルを修得するようにしている。Quick DR PilotはDR準備段階の責任者であり、開発部門の課長クラスに資格取得が義務づけられている。Quick DRを実施した結果を品質・信頼性のエキスパートに報告し、必要なスキルが備わったと判断された時点で認定となる。

DR ReviewerはQuick DRのレビューアとしての資格であり、開発部門の主管クラスから各部長が人選している。コーチングの視点からレビューアとしてのマインドセットを説くレビューア研修を修了し、自身がレビューした結果をDR Expertに報告することが認定プログラムとして設定されている。DR Reviewerとしてレビューの実務経験を積むことが、将来のDR Expert資格認定の必須要件となる。

グローバルの開発拠点で研修を通じた人材育成を進めており、図11に示すように、これまでグローバルに13拠点で研修を開催してきた。2016年度末時点のQuick DR Crew研修修了者数はグローバルで12,000名近くに達している。

Quick DR Pilotの認定プログラムは北米、欧州を皮切りに、現在では中国、台湾、インド、タイ、ブラジルの各拠点にも導入しており、2016年度末時点での認定者数は220名に昇る。

DR Expert、DR Reviewerについては、日本をはじめとし北米、欧州、中国の各拠点でレビューが必要な技術領域を定めて、計画的に育成を進めている。2016年度末時点では、グローバルで150人を超えるDR Expert、DR Reviewerが認定され、DRのレビューアとして活躍している。

## 5. おわりに

日産では新技術を搭載した新型車投入後の不具合・不満を未然に防止するために、新技術の動向を踏まえてDRの体系を強化するとともに、実行にあたって必要な人材の育成を継続的に進めてきている。また、品質・性能に関するリスクアセスメントの仕組みを導入することにより、経営的な視点を踏まえた品質リスクマネジメントを強化している。仕組みやプロセスの改善に終わりはない。今後も、自信をもってお客様にお届けできる品質レベルを確保するために、お客様の満足度調査や不具合・不満の振り返りを徹底し、仕組みやプロセスのブラッシュアップを継続していく。

they have personally conducted, as prescribed in the certification program. Gaining practical review experience as a DR Reviewer is a necessary requirement for being certified as a DR Expert in the future.

Human resources are being developed through training at Nissan's global R&D centers. As shown in Fig. 11, training has been conducted at 13 R&D centers globally to date. As of the end of fiscal 2016, nearly 12,000 employees had completed Quick DR Crew training.

The Quick DR Pilot certification program was started first in North America and Europe and has now also been implemented at R&D centers in China, Taiwan, India, Thailand and Brazil. 220 employees had been certified as of the end of fiscal 2016.

DR Experts and DR Reviewers are being trained systematically in technical fields where reviews are deemed necessary at R&D centers in Japan, North America, Europe and China. As of the end of fiscal 2016, over 150 employees had been certified as DR Experts or DR Reviewers and were actively conducting design reviews.

## 5. Conclusion

At Nissan, we have reinforced our design review (DR) processes based on the trends in new technologies in order to proactively prevent problems and customer dissatisfaction with new technologies incorporated in new models following their release. Continuous efforts are also being made to develop the necessary human resources for executing these processes. In addition, a risk assessment system for quality and performance has also been implemented to reinforce quality risk management from the perspective of corporate management. There is no end to the work of further improving these processes and systems. We want to further refine our processes and systems in the future based on thoroughgoing reflection of the results of customer satisfaction surveys and reports of troubles and customer dissatisfaction so that we can secure levels of quality which we can deliver to our customers with pride.



図-11 デザインレビュー研修のグローバル展開  
Fig. 11 Global expansion of design review training

■ 著者 / Author(s) ■



奈良 敢也  
Kanya Nara



星野 洋二  
Youji Hoshino



片山 健次  
Kenji Katayama



## グローバル新車立上げ品質向上活動の強化

### Enhancement of Activities to Improve Global New Model Launch Quality

水野 哲志\*  
Tetsuji Mizuno

及川 和亮\*  
Kazuaki Oikawa

沼田 訓志\*  
Satoshi Numata

岡崎 範久\*\*  
Norihisa Okazaki

**抄 録** 日産自動車は新車立上げ品質を確保するために、量産準備段階における品質ばらつき抑制などの取り組みをここ10年来、設計部門と生産部門とが密接に実行してきている。近年は、グローバル生産の増加と共に、日本で量産立上げ後に海外に展開するのではなく、海外生産が最初の量産立上げとなるケースが増加しており、これに対応した取り組みの強化をさらに行ってきた。日本での設計構想段階から海外での量産開始まで、一貫した未然防止を確実にを行う組織的な活動の導入などである。これによりグローバル生産での新車立上げ品質を確保することに貢献してきている。この活動はグローバルに継続的に適用しており、本稿で事例を交えて紹介をする。

**Summary** At Nissan Motor Company, the design and manufacturing divisions have been working closely together these past ten years in quality-related activities, such as quality variation control, at the preparation phase of mass production to secure new model launch quality. In recent years, along with the expansion of global production, there have been increasing cases where mass production has been launched first overseas. Accordingly, further enhancement of quality activities became necessary. One such activity is the implementation of organizational efforts to ensure consistent proactive prevention (Mizenboshi) throughout the entire process from the design concept phase in Japan to the start of mass production overseas. This has contributed to ensuring new model launch quality in production overseas. These activities have been applied continuously in overseas production operations. This article describes these activities, citing specific examples.

**Key words :** Production Engineering, quality, quality improvement activity

#### 1. はじめに

日産自動車では、新車品質向上のために、品質ばらつき抑制をはじめ、設計部門と生産部門が連携した品質向上活動を10年来実行してきている。

その中で、さらに設計構想の段階から量産開始まで一貫した品質向上活動を強固にすべく、設計の意図通りにモノができているのか、設計者自らが製造現場で部品、車両、工程を確認する組織的な取り組みを導入した。特にグローバル生産の増加にともない現地生産での量産準備段階における品質向上を目的とした、以下三つの取り組みの強化を実施してきた。

第一に、先に紹介のあった未然防止を目的としたデザインレビュー (DR) において、デジタルフェーズからフィジカルフェーズまで一貫した設計・生産の連携の下に取り組んできた活動の強化を行った。(記事「新技術の不具合・不満を未然に防止するデザインレビューの進化」を参照願います。)

#### 1. Introduction

The design and manufacturing divisions at Nissan have been jointly implementing quality improvement activities, especially efforts to control quality variation, over the last ten years for the purpose of improving new model launch quality. In this connection, organizational efforts have been initiated whereby design engineers themselves go to manufacturing workplaces to check parts, vehicles and processes in order to confirm that everything is in accord with the design intention. These efforts further reinforce consistent quality improvement activities extending from the design concept phase to the launch of mass production. Accompanying the expansion of global production, the following three efforts in particular have been reinforced for the purpose of improving quality in the mass production preparation phase at overseas plants.

First, we have strengthened our design review (DR) activities that are consistently carried out from the digital phase to the physical phase through close coordination by the design and manufacturing divisions. The purpose here is proactive prevention that was mentioned in the preceding

\*製品設計技術革新部 / Product Design Technology Evolution Department \*\*車両品質技術部 / Vehicle Quality Engineering Department

日本の量産を経ずに最初に海外での量産準備を現地で実施するケースが増え、更なる設計・生産の連携強化が必要になってきたことが理由である。そこで、フィジカルフェーズの活動にもパワートレイン、車体、シャシー、内外装部品、電子デバイス部品など各技術領域のエキスパート（以下、エキスパート）が継続して参画し、日本で実施される設計構想段階から海外での量産開始まで、DRの結果に基づく一貫した未然防止活動の強化を図った。

第二に、従来から実施してきた品質ばらつき抑制に対する活動の強化を行った。従来は、日本生産工程で確立したばらつき抑制技術を海外生産に展開していたが、海外生産工程で初めて品質保証を確立する車種も増えてきたことが背景にある。それに対応するために、エキスパート、設計・生産のエンジニアと連携した体制を整えるとともに、海外生産の現場・現物における品質ばらつき抑制の取り組みを強化した。

第三に、複数の地域で生産される車種では、同一設計の基で地域ごとに現地生産される部品が多くなっていることから、新たな部品品質確認活動を追加した。グローバルに生産される部品は同一設計であっても、最初に品質確認をした部品とその後他地域で生産された部品との間に変化が生じる可能性がある。そのような変化点に対し、品質への影響をレビューする部品品質確認活動を導入した。これには、設計の変更点／変化点に着目するQuick DRの手法を応用した。

以上を中心とした量産準備段階でのエキスパート、設計・生産エンジニアの組織的なグローバル新車立上げ品質向上活動を「セーフローンチ活動」と呼んでいる（図1）。

本稿では、一部事例を交えながらグローバルに展開している本活動を紹介する。

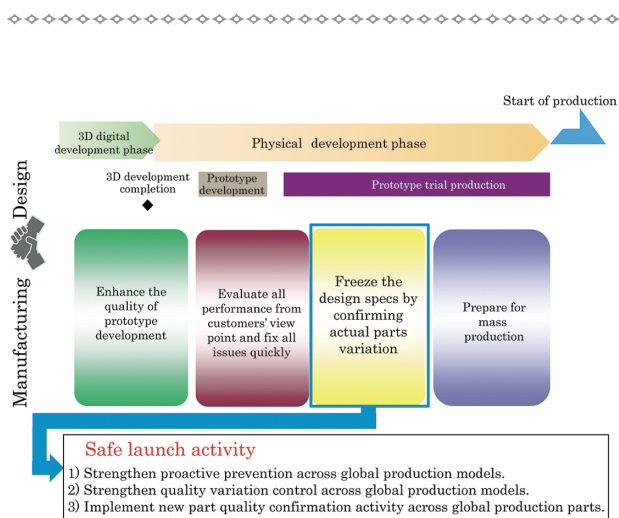


図-1 新車品質向上プロセス「セーフローンチ活動」  
Fig. 1 Safe launch activity process for improving new vehicle quality

article. (Further details may be found in the article entitled “Design Review Evolution to Prevent Problems and Dissatisfaction with New Technologies”.)

The reason for doing that was because it became necessary to further strengthen coordination between the design and manufacturing divisions owing to increasing cases where mass production preparations are undertaken overseas without first launching mass production in Japan. Toward that end, experts in every technical area, for example, the powertrain, body, chassis, interior/exterior trim parts and electronic device parts, also now continuously take part in activities in the physical phase. This serves to reinforce consistent proactive prevention activities based on DR results, from the design concept phase to the launch of mass production overseas.

Second, we have also further strengthened our activities that have been carried out heretofore to control quality variation. Previously, techniques for suppressing quality variation that were established in production processes in Japan were then deployed in overseas production operations. However, for an increasing number of vehicle models quality assurance must be established first in production processes overseas. To cope with this situation, we put in place a system for closer coordination among experts, design engineers and production engineers. We also strengthened our efforts to control quality variation in materials, parts and processes in overseas manufacturing workplaces.

Third, we added new activities for confirming the quality of parts used on models that are produced in multiple geographical areas. That was done because an increasing number of parts are now produced locally in each area based on the same design. Even though globally produced parts have the same design, changes might possibly occur between the parts for which quality was initially assured and parts that are subsequently produced in other areas. To deal with such changes, we initiated an activity to confirm the quality of parts by reviewing the possible influence of such changes on quality. The Quick DR method was applied here that focuses on design changes.

The organizational efforts of experts and design/production engineers at the mass production preparation phase to improve global new model launch quality are collectively referred to as the “safe launch activity” (Fig. 1).

This article describes the quality improvement activities being deployed globally, citing several specific examples.

## 2. Reinforcement of Proactive Prevention Activities in Global Production

Most cases of global production to date have involved the completion of mass production preparations in Japan for launching production of a new model followed by subsequent expansion to overseas production. However, cases where mass production preparations are carried out first for overseas production have been increasing in recent years. Consequently, it became necessary to

## 2. グローバル生産における未然防止活動の強化

今までのグローバル生産では、日本生産に対応し量産準備を完了させ、その後海外生産へと拡大していくケースが多かったが、近年、海外生産で最初に量産準備を行うケースが増えてきた。結果として、デジタルフェーズからフィジカルフェーズ、そして量産準備まで一貫して行う未然防止活動が途切れることなく実行されるための方策が必要となってきた。つまり、日本での設計構想段階における設計意図やDR結果に基づいた確認を、海外での量産準備段階の現場・現物に対し組織的に実行できるようにすることである。

その対応として、DRに参画したエキスパート及び設計・生産エンジニアが連携し、量産準備段階でDR結果と設計意図に基づいた確認を行う組織的な活動を導入した。

本活動は、新型車の投入計画及び販売台数が最も多い北米から適用を始めた。例えば、2014年に量産を開始したムラーノの北米生産では、設計構想段階で実施した20件余りのQuick DRで決定した製造での対応を中心に、現場・現物で確認を行った。本活動では、量産準備の早い段階で現地生産における製造要件を設計に反映することにもつながり、量産準備以降の設計変更をゼロとすることにも貢献した。

本活動は、発売直後の新車の品質レベルの改善に大きく貢献したため、現在は北米生産での成果をさらに欧州生産、中国生産にも拡大している。

## 3. グローバル生産における品質ばらつき抑制活動の強化

これまで品質ばらつき抑制技術をはじめとした技術ソリューションの開発と、その製品適用を継続的に実施してきたが、前述のように新たなばらつき抑制活動を海外生産で実施する事例も増加している。例えば、欧州のInfiniti G30/GX30では建付品質の向上にチャレンジをするために、日本で確立したばらつき抑制技術に加えて、現地で車体パネル部品の隙間ばらつきを半減する活動を行った。エキスパート、設計・生産エンジニアによる体制を組み、図2に示すようなばらつき抑制プロセスに沿って、日本で実施すると同様に現地で取り組んだ。

本車両の建付品質に関するお客様期待値から、トップレベルである車体パネル隙間の寸法ばらつきの半減を目標として設定した。ばらつきを持つシステム特性を階層的に漏れなく部品特性まで機能展開する手法を用いて、車体パネルの位置・公差の積み上げを行った。この機能展開を基に、設計感度解析によりシステム特性の中央値とばらつきに対する部品特性の感度を求め、システム特性の中央値改善とばらつきの抑制の両面から、部品特性の中央値を決定した。

implement measures for conducting proactive preventive activities consistently without any interruption from the digital phase through the physical phase to the preparations for mass production. In short, that meant making it possible to implement organizationally confirmation of materials, parts and processes in manufacturing workplaces at the mass production preparation phase overseas, based on the design intention and DR results obtained at the design concept phase in Japan.

To accomplish that, we initiated an organizational activity whereby the experts participating in DRs and design and production engineers work together to conduct such confirmation at the mass production preparation phase based on the design intention and DR results.

This activity was first adopted in North America where new model launch projects and sales volumes are the largest. For example, for North American production of the Murano that went into mass production in 2014, confirmation of materials, parts and processes in manufacturing workplaces was carried out centering on manufacturing measures that were determined on the basis of Quick DR conducted for over 20 items at the design concept phase. This activity contributed to reflecting local manufacturing requirements in the design at an early phase of mass production preparations and also to eliminating entirely any design changes from the mass production preparation phase onward.

This activity greatly contributed to improving the quality level of the new model immediately after the sales launch. The results obtained in North American production operations are now also being expanded to production operations in Europe and China.

## 3. Reinforcement of Activities for Controlling Quality Variation in Global Production

We have continuously developed technical solutions and applied them to products as specific measures for controlling quality variation. Examples of the implementation of new activities like those described above for controlling quality variation in overseas production are also increasing. For example, a challenge

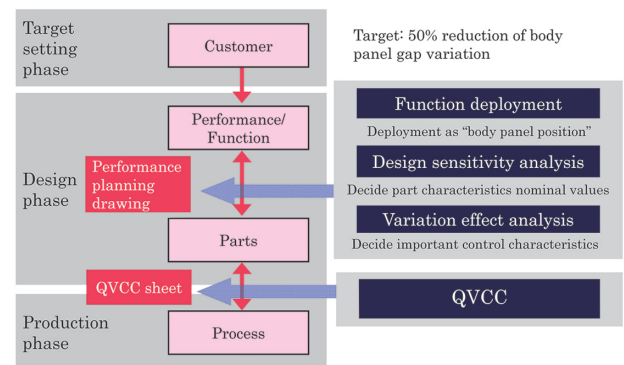


図-2 品質ばらつき抑制プロセス  
Fig. 2 Quality variation control process

次にばらつき影響度解析を行い、システム特性のばらつきに対する部品特性のばらつきへの影響を解析し、重要管理特性として生産管理項目に追加した。

その具体的な事例として、ドアパネルの隙間の寸法ばらつきの半減について紹介する。先に述べた設計感度解析とばらつき影響度解析から、ドアパネルの建付品質に対する工程での重要管理特性を「ドアヒンジの上下の位置ずれ」及び「ドアとボディパネルの距離（ボディシールの面間距離）」に決定し、QVCC（Quality Variation Characteristic Control）へ生産管理特性値として織り込み、生産の精度管理を加えた。

このなかで、影響度の大きい生産管理特性の「ドアヒンジの上下の位置ずれ」のばらつきを低減するために、設計構想段階ではドアヒンジ位置の中央値を調整できる構造を採用していたが、現地量産準備段階で本活動を適用したところ、ヒンジピンの中心位置からの仮想線によって上下の位置ずれを計算する従来の測定方法では、測定誤差が大きいことがわかった。そのため、ドアヒンジに棒状のプローブを直接差し込んで、下側の円盤型測定器で測定する新たな方法を採用した（図3）。これにより測定誤差を小さくすることができた。

また、生産エンジニアの検討に基づき、ドアヒンジを狙った規格範囲内の位置に取付けるための専用治具が採用され、さらに本治具内には、使用過程での変化を少なくし安定した生産ができるように、キャリブレーション機能が付与された。

以上のように、エキスパート、設計・生産エンジニアの連携の下に、海外生産でばらつき抑制の技術ソリューションを開発する活動は、他の地域にも拡大している。

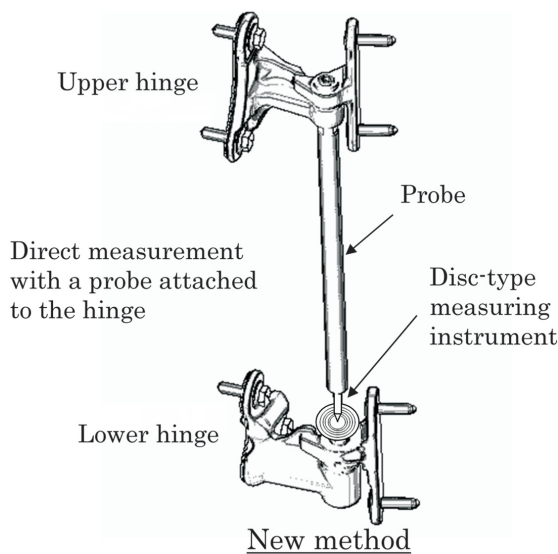


図-3 ヒンジ傾斜角測定方法  
Fig. 3 Method of measuring door hinge tilt angle

was undertaken to improve the Fit & Finish quality of the Infiniti G30/GX30 built in Europe. In addition to applying the quality variation control techniques established in Japan, a local activity was initiated to reduce by half the variation in gaps between body panels. A team consisting of experts and design/production engineers was formed, and the quality variation control process shown in Fig. 2 was carried out locally in the same way as is done in Japan.

Based on customer expectations concerning the Fit & Finish quality of the Infiniti, a top-level target was set for reducing by half the dimensional variation in body panel gaps. The function deployment method was used to assign system characteristics exhibiting variation to parts characteristics hierarchically without missing anything and then to gather up the body panel positions and tolerances. Based on this function deployment, a design sensitivity analysis was conducted to find the central values of system characteristics and the sensitivity of parts characteristics to variation. The central values of parts characteristics were determined from the two perspectives of improving the central values of system characteristics and controlling variation.

A variation effect analysis was then conducted by analyzing the influence on variation in parts characteristics in relation to the variation in system characteristics. Production control items were then selected as important control characteristics.

As a specific example, the following discussion describes how the dimensional variation in the door panel gap was reduced by half. Based on the design sensitivity analysis and variation effect analysis, two important control characteristics were determined for processes involving the Fit & Finish quality of door panels. One was the difference in position between upper/lower door hinges and the other was the distance between the doors and body panels, i.e., body seal interface distance. These two items were incorporated in Quality Variation Characteristic Control (QVCC) as production control characteristics and added for production accuracy control.

The difference in position between upper/lower door hinges in particular had an especially large impact as a production control characteristic. For the purpose of reducing its variation, a structure was adopted at the design concept phase that allowed the central value of the door hinge position to be adjusted. However, when this activity was applied at the phase of local mass production preparations, it was found that large measurement error occurred with the conventional method of measuring the central position of the hinge pins when an imaginary line from that position was used to calculate the difference in position between the upper/lower hinges. Therefore, a new measurement method was adopted whereby a rod-like probe is inserted directly into the upper door hinge and a disc-type measuring instrument is used to measure the position of the lower hinge (Fig. 3). This new method effectively reduced measurement error.

In addition, based on a study done by production

4. グローバル生産における新たな部品品質確認活動

グローバル生産車に採用される部品では、同一設計の基で複数の地域で現地生産されるものが多い。すでに品質確認を終え、最初に立上がった部品（基準部品）とその後他地域で立上がる現地生産部品（対象部品）で同じ品質を確保するために、新たな取り組みが必要となってきた。特に、品質が確認された部品からの変化点に起因する問題を未然に防止することが重要であり、生産地が異なることで意図せず変化している部分に着目する必要がある。そこで、設計の変更点／変化点に着目したQuick DRの手法を応用し部品間の変化点に着目して、図4に示すような部品品質を確認する効果的で効率的な新たなプロセス、ツールを導入した。

プロセスはQuick DRと同様に四つのステップで構成される。まず、ステップ1では、生産地に変更があるものを対象部品として選定をする。ステップ2では、品質確認を終えた部品を基準部品とし、生産地違いの部品との一対比較により変化点を抽出する。さらに、その変化点による品質への影響を検討し、対応案を決める。ステップ3のレビューで最終対応策を決定し、ステップ4でその適用確認を完了するプロセスである。これをPPチェック（Part on Part check）と呼び、Quick DRの標準ツールであるDRBFM（Design Review Based on Failure Mode）と共通性を持たせたPPチェックワークシートをツールとして標準化した。これによって、既にグローバルに導入しているQuick DRの知識をベースに、未然防止活動の一環として違和感なく実行できるようにした。

engineers, a specialized jig was adopted for installing door hinges at the positions within the standard range targeted for them. The jig also incorporates a calibration function that reduces change during use, thereby facilitating stable production.

The activities described here for developing technical solutions to control quality variation in overseas production through teamwork by experts and design/production engineers are being expanded to other geographical areas.

4. New Activity for Confirming Parts Quality in Global Production

Many of the parts adopted on global production vehicles are manufactured locally in a number of areas based on the same design. A new activity became necessary for ensuring the same quality between parts whose quality has already been assured and have been put in production (standard parts) and parts that are subsequently put in production locally in other areas (target parts). It is especially important to prevent proactively any problems originating in subsequent changes made to parts whose quality has previously been confirmed. For that purpose, it is necessary to focus on aspects that have been changed between different production locations without changing the original design intention. For that purpose, the Quick DR method that focuses on design changes was adapted to pay special attention to such changes between parts. As shown in Fig. 4, a new process and tool were thus implemented for confirming parts quality effectively and efficiently.

Similar to Quick DR, this process consists of four steps. First, in step 1, target parts are selected whose production location has changed. In step 2, changes are identified by making a paired comparison between the

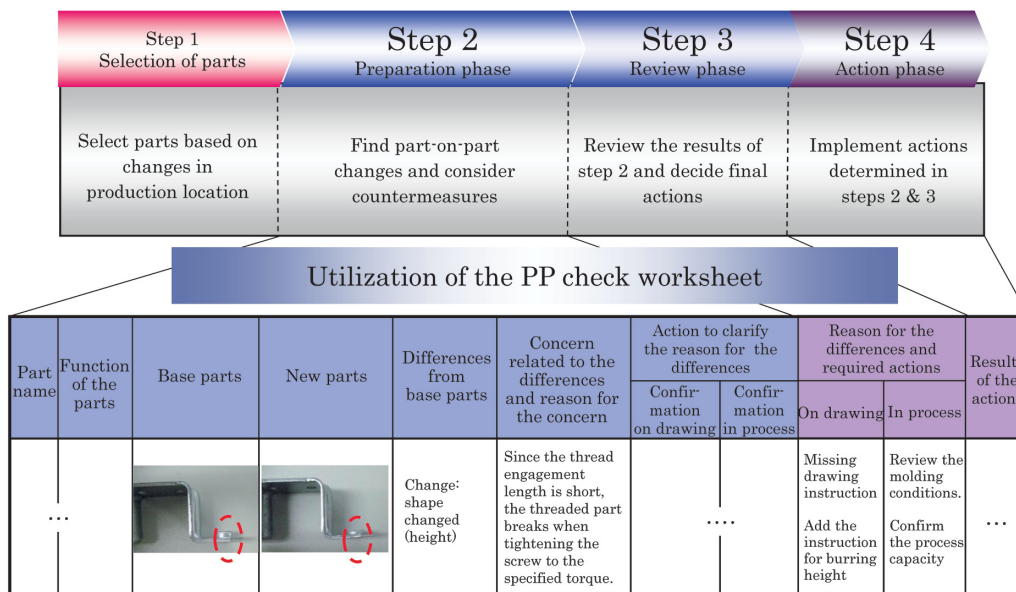


図-4 PPチェックのプロセス及びツール  
Fig. 4 Part-on-part check process & tool

この活動はエキスパート、設計・生産エンジニアの連携の下、品質に影響のある変化点の抽出とその対応についてのレビューまで現地で行っている。特に、部品の現地化が多い中国生産から本活動を開始し、襄陽工場のムラーノやマキシマ、大連工場のログ、花都工場のリビナにそれぞれ適用を拡大した。例えば、ムラーノでは北米生産の部品を基準部品、中国生産で現地化された部品を対象部品としてPPチェックを行い、その結果、200件余りの修正を加えた。この新たな活動により、グローバル生産の拡大に伴い増加している現地化部品に対して、効果的かつ効率的な未然防止活動が可能となり、品質確保に貢献している。

さらに中国生産以外にも、スペイン生産のナバラではタイ、メキシコ生産の部品を基準部品とし、この品質確認活動を適用し、品質確保を行っている。

### 5. グローバル生産への更なる活動拡大

以上紹介したエキスパート、設計・生産エンジニアによる組織的な三つの活動、つまりグローバル生産におけるDRの強化、品質ばらつき抑制の強化、新たな部品品質確認活動を、図5に示す通り2016年以降ブラジル工場及びメキシコ工場、タイ工場、さらには中国鄭州工場へとグローバルに展開している。現在までに延べ1,000人を超えるエキスパート、設計エンジニアが日本から現地で活動に参画し、一貫した未然防止活動を実行している。今後も継続的に拡大、展開していく計画である。

### 6. おわりに

新車品質確保のために、品質ばらつき抑制をはじめ、設計部門と生産部門の連携した品質向上活動を10年来継続してきた。その結果、着実に品質改善が図られてきた。加えて、新車品質確保のためのエキスパート、設計・生産のエンジニアによる現場・現物レビューを、北米生産だけでなくグローバルに拡大し継続的に適用することで、各地

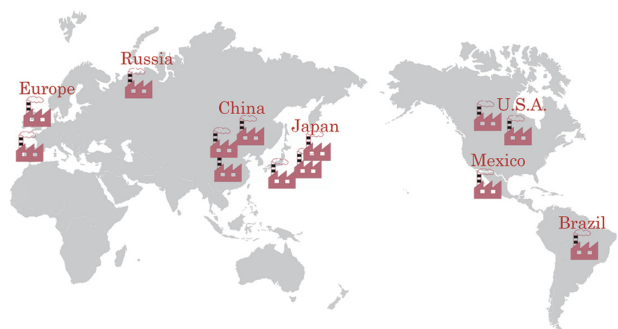


図-5 セーフローンチ活動のグローバル展開状況  
Fig. 5 Global deployment situation for safe launch activity

standard parts that have already undergone quality confirmation and the parts to be produced at a different location. Furthermore, the impact of the changes on quality is investigated and proposed countermeasures are determined. In step 3, the proposals are reviewed and the final measures are determined. In step 4, the process is completed by confirming the application of the measures. This process is called a part-on-part check (PP check) and its standard tools are a Design Review Based on Failure Mode (DRBFM), which is the standard tool of Quick DR, and a PP check worksheet that is used in common with DRBFM. Based on knowledge of Quick DR, which has already been implemented globally, PP checks can be conducted naturally as one part of proactive prevention activities.

The PP check activity is conducted locally from the identification of changes affecting quality to the review of implemented countermeasures, based on teamwork by experts and design/production engineers. This activity was initiated especially for manufacturing in China where many parts have been localized. Its application has been expanded to the Murano and Maxima at the Xiangyang Plant, the Rogue at the Dalian Plant and the Livina at the Huadu Plant. For example, PP checks were conducted for the Murano using parts made in North America as the standard parts and parts manufactured locally in China as the target parts. As a result, over 200 corrections were made to the latter parts. This new PP check activity contributes significantly to quality assurance by facilitating effective and efficient proactive prevention activities for localized parts that have been increasing in number with the expansion of global production.

Besides production in China, this activity for confirming quality has also been applied to the Navara built in Spain to ensure quality, using parts made in Thailand and Mexico as the standard parts.

### 5. Further Expansion of Activities to Global Production

The preceding sections have described three organizational efforts carried out jointly by experts and design/production engineers, namely, reinforcement of DR in global production, reinforcement of quality variation control and the new PP check activity for confirming parts quality. As shown in Fig. 5, since 2016 these activities have been deployed globally at plants in Brazil, Mexico, Thailand and Zhengzhou in China. A total of more than 1,000 experts and design engineers from Japan have participated in local efforts to carry out consistent proactive prevention activities. It is planned to continuously expand deployment of these activities in the future.

### 6. Conclusion

Nissan has continuously carried out quality improvement activities over the past ten years through teamwork between the design and manufacturing divisions to ensure new model launch quality, especially by controlling

域の品質レベルは迅速に確実に上がってきている。以上から、継続的に本活動に取り組むことで、グローバル新車立上げにおける品質確保をより確実なものにしていくことができるかと確信している。

最後に、これまで多くの海外生産現場での活動にご尽力頂いた方々に深く感謝の意を表すとともに、一層のご協力をお願い申し上げます。

quality variation. As a result, quality has steadily been improved. In addition, reviews of materials, parts and processes in manufacturing workplaces by experts and design/production engineers to ensure new model quality have been continuously applied not only in North America but also expanded globally. That has quickly and definitely raised quality levels in every geographical region. Based on these results, we are confident that continuous efforts to carry out these activities will make quality assurance for global new model launches even more definite in the years ahead.

Finally, the authors would like to profoundly thank everyone for their diligent efforts in carrying out these activities in many manufacturing workplaces overseas and ask for further continued cooperation in the coming years.

■著者 / Author(s) ■



水野 哲志  
Tetsuji Mizuno



及川 和亮  
Kazuaki Oikawa



沼田 訓志  
Satoshi Numata



岡崎 範久  
Norihisa Okazaki

# 品質改善活動を軸にした開発プロセスの進化

## Development Process Evolution based on Product Quality Improvement Activities

水谷 伸一\*  
Shinichi Mizutani

葛西 真吾\*\*  
Shingo Kasai

**抄 録** 新技術を市場投入する場合において、短期間で車を開発し高い製品品質を確保することは、商品競争力を獲得する上でとても重要である。そこで開発期間を維持しながら製品品質を確保するため、デザインレビュー、セーフローンチ活動といった未然防止活動を積極的に導入し設計部門と生産部門との連携も含め、より効果的に、かつ効率的に実行できる新たな開発プロセスを導入してきた。品質改善のための「技術」「仕組み」「人財」を生かすために開発プロセスを進化させてきたので、この取り組みについて紹介する。

**Summary** When putting a new technology on the market, shortening the development lead time and ensuring a high level of product quality are both essential for product competitiveness. That is why Nissan has implemented a new development process that facilitates more efficient and effective proactive prevention activities such as design reviews and the safe launch activity through close cooperation between the design and manufacturing divisions for securing high product quality while adhering to the development schedule. This article describes the evolved development process for quality improvement from the viewpoints of technology, systems and human resources.

**Key words :** Production Engineering, quality, development process

### 1. はじめに

新車開発は組織の枠を超え、多くの担当者が携わるプロジェクト業務である。プロジェクトを円滑に進めるためには、各組織の業務のつながりや標準日程を明確にすることが重要である。したがって日産自動車では「開発マスタープロセス」を定義し、業務の抜け漏れを無くし効率的に仕事を進めることができるように、仕組みを整備してきた。開発プロセスを定義することで開発期間を短縮できるだけでなく、競争力のある製品を効率的に、かつ継続的に生み出すことが可能となる。開発マスタープロセスは、モノづくりに関わる全ての部署が有機的にかつ効率的に連携できるように、開発から量産まで一貫した工程を示したものであり、全ての部署がそれに沿って活動を行う衝となる

### 1. Introduction

The development of a new vehicle is a vast project involving large numbers of people and transcending organizational lines. In order to proceed with such a project smoothly, it is essential to make clear the connections between the work of each organization and the standard schedule. Accordingly, at Nissan we have defined a “development master process” and have put in place a system for advancing the work efficiently without leaving out or overlooking anything. Defining the development process in this way not only makes it possible to shorten development lead time, it also enables competitive products to be continuously created efficiently. The development master process shows a consistent flow of activities from product development to mass production in which all departments involved in monozukuri can work together organically and efficiently. It provides a road map for all departments to follow in carrying out their activities (Fig. 1).

Similarly, quality improvement activities are also consistently carried out from product development to mass production in the course of developing a new vehicle. They are not special activities done during a limited period of time, but rather efforts that all departments involved in monozukuri must continuously undertake. Accordingly, it goes without saying that quality improvement activities are a core aspect of new vehicle development. The details of these activities are incorporated in the development master

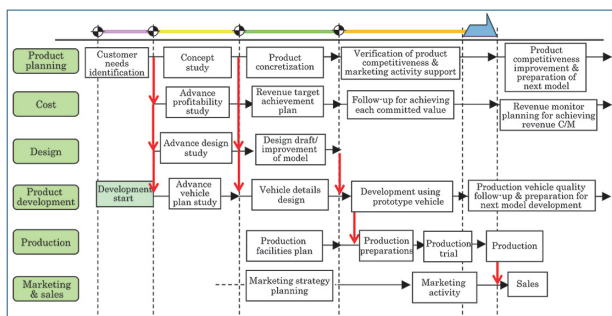


図-1 開発マスタープロセスのイメージ  
Fig. 1 Outline of development master process

\*Nissan 第二製品開発部 / Nissan Product Development Department No. 2 \*\*製品設計技術革新部 / Product Design Technology Evolution Department







ンが連携し、製品品質向上を目指す。開発マスタープロセスにおいては、グローバルに設計、生産、購買、そしてサプライヤとの連携にまで配慮し、関係者が無理なく実行できるようなものにするという意味を持っている。もちろん、プロセスで定義しているプロジェクトの節目管理とリンクし達成度の確認を行うことも重要である。この活動は年々進化し、今では新車の立上がり品質を担う「ファイアウォール」の機能として重要な位置づけとなってきている。

このようなフィジカルでの新たな検証活動を継続的に無理なく実行するために開発プロセスの見直しを行った。具体的には試作イベント間のリードタイムを延長し、かつ新たな試作イベントを設け量産開始までに十分なPDCA (Plan-do-check-action) サイクルを確保した。

#### 4. プロセス改善のポイント

DR、セーフローンチ活動に対応した開発プロセスの進化を紹介してきたが、品質向上活動全体から開発プロセスの意味をとらえると、以下であると考えられる。

日産自動車が目指してきた品質向上活動は、

- ①ストックを重視した継続的な活動であること
- ②上流工程から品質改善を行うこと
- ③設計から生産まで一貫した活動であること
- ④設計だけでなく生産、購買、サプライヤの連携活動による効率的で効果的な活動であること

である。これらに対応して開発プロセスの進化を考えるならば、そのポイントは「旧態依然のガンバリズムからの脱却」、つまりリスクマネジメントによる合理的な対応を先取りし、その上で開発のエキスパートが技術的に公正な判断を行うことである。また、「お客様の期待に応えるための品質向上活動をやりきる緻密なプロセスの実現」も重要であり、私たちはいつ、だれが、何を、なぜ、を一週間の単位まで詳細に規定している。

そして、この好循環を継続することが、製品品質の向上につながると考えている (図3参照)。

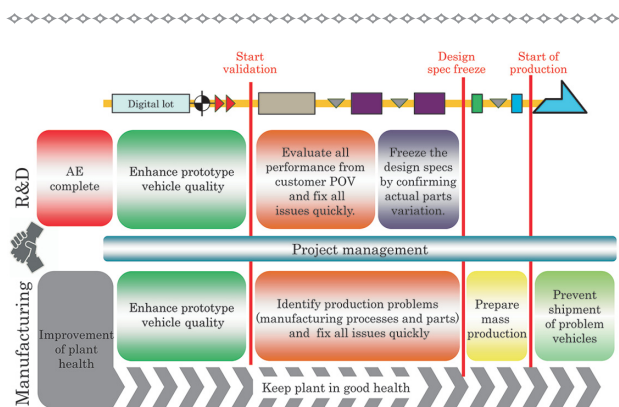


図-3 開発マスタープロセスの概念

Fig. 3 Concept of development master process

product quality through teamwork by all the functions involved in monozukuri, including manufacturing, procurement and suppliers, not just the R&D division. The development master process takes into account global collaboration by design, manufacturing, procurement and also suppliers and is intended to enable everyone concerned to carry out their work in a reasonable manner. Naturally, it is linked to the management of the project milestones defined in the process and it is also important to confirm their degree of accomplishment. These activities have continued to evolve every year and now occupy an important position as a firewall function responsible for ensuring new model launch quality.

The development process has been reviewed and improved such that these new validation activities in the physical phase can be continuously and readily carried out. Specifically, the lead time between prototype events has been extended and new prototype events have also been provided so as to ensure that the plan-do-check-act (PDCA) cycle can be sufficiently performed before the mass production launch.

#### 4. Key Process Improvements

The preceding sections have described how the development process has evolved in line with the DR system and safe launch activity. In terms of overall quality improvement activities, the following points are significant in the development process. The quality improvement activities Nissan has implemented have been aimed at:

- (1) continuous activities that emphasize the accumulation of technologies,
- (2) implementation of quality improvements from upstream processes,
- (3) consistent activities from design to production, and
- (4) effective and efficient activities through collaborative efforts by manufacturing, procurement and suppliers, in addition to the design division.

If we consider the evolution of the development process in line with these activities, the key point is to shake off the old habit of “just try to keep going no matter what.” In other words, we need to anticipate rational countermeasures based on risk management and let development experts make technical judgments impartially. It is also essential to achieve a fine-tuned process in which quality improvement activities can be carried out decisively in response to customers’ expectations. Toward that end, we define in detail who should do what by when and why on a weekly basis.

This good environment is continuing and we believe it will lead to further improvement of product quality (Fig. 3).

#### 5. Conclusion

The improvements made to the development process described here were intended to lead to new organic activities for the purpose of further improving product quality. The quality improvement activities that heretofore

### 5. お わ り に

今回の開発プロセスの改善は「製品品質向上」を目的に、新たな活動を有機的につなげることに配慮し行ったものである。今まで個々に行われてきた品質改善活動を開発マスタープロセスの中に明確に定義することで、開発に携わる全ての人たちが設計から生産まで一貫した活動の目的と達成目標を共有し、継続的に品質改善活動を実行できると考える。

これからもお客様からの指摘に真摯に対応し、また開発中に発生する問題の一つひとつの振り返りを丁寧に行い、仕組みの改善を永続的に行っていくことが、私たちプロセス開発グループの果たすべき機能と考えている。

have been undertaken individually are now clearly defined in the development master process. This enables everyone involved in product development to carry out quality improvement activities continuously, sharing the purpose and goals of consistent activities from design to production.

We believe that the function the process development group must discharge is to persistently improve our systems so that we can reflect carefully on every issue that occurs in the product development process and respond sincerely to things that are pointed out by customers.

#### ■著者 / Author(s) ■



水谷 伸一  
Shinichi Mizutani



葛西 真吾  
Shingo Kasai

# 遺伝的アルゴリズムを用いた新しい最適化手法による CVTチェーンの低騒音ピッチシーケンスの開発

New Hybrid Genetic Algorithm for Pitch Sequence Optimization of CVT Variator Chain

塘 健 志\*  
Kenji Tsutsumi

三 浦 吉 孝\*  
Yoshitaka Miura

影 山 雄 介\*\*  
Yusuke Kageyama

**抄 録** CVTの無段変速部に用いられるチェーンは、複数のピッチ長さを持たせ、これをランダムに配列（ピッチシーケンス）することにより、音振性能を向上している。本稿では、遺伝的アルゴリズムと局所探索を組み合わせた世界初のピッチシーケンス最適化手法“Hybrid Genetic Algorithm (Hybrid-GA)”を紹介する。

**Summary** A CVT variator chain system is superior in transmission efficiency to a belt system because of its lower internal friction. However, a chain produces more noise than a belt due to the long pitch length of contact between the pulleys and rocker joints. The method described here focuses on optimization of the pitch sequence for reducing chain noise. The previous pitch sequence was suitably combined of links of different lengths to improve noise dispersibility for reducing chain noise. A hybrid genetic algorithm, combining a genetic algorithm and local search, was developed in order to search widely and deeply in multimodal design space for global optimal solution. The new hybrid genetic algorithm reduced chain noise by 2.8 dB while providing a good balance of chain strength and efficiency.

**Key words :** Power Transmission, CVT, variator, drive chain, chain noise, pitch sequence, genetic algorithm

## 1. は じ め に

無段変速機（以下CVT）の無段変速部に用いられるチェーンは、ベルトに対して内部フリクションが小さく伝達効率に優れるが、プーリとロッカージョイントが接触する間隔（ピッチ長さ）が長く、構造上、音振性能が不利である（図1）。表1に、チェーン式とベルト式の得失の比較を示す。

チェーンノイズの主要な対策としては、ピッチ長さの短縮（ショートピッチ化）とリンクパターン（ピッチシーケンス）が挙げられるが、前者はトルク容量やチェーンの強度に適用限界がある。

そこで、トルク容量や強度への影響が小さいピッチシーケンスの最適化による音振性能の向上に着目した。従来のピッチシーケンスは、長さ違いのピッチを適切に組み合わせることでノイズの分散性を向上し、かみ合い1次のピークレベルを低減している。<sup>1)</sup>ここに、かみ合い1次とは、ロッカージョイントの本数で決まる次数（1回転当たりの振動数）のことである。さらに、ピッチシーケンスの組み合わせは、ピッチ長さの種類数に対してロッカージョイント本数の累乗数が存在し、全パターンを計算することは、計算時間を

## 1. Introduction

A continuously variable transmission (CVT) variator chain is superior to a belt system in terms of transmission efficiency because it has less internal friction. However, a chain has an inherent structural disadvantage with respect to noise and vibration because of the long section (pitch length) of contact between the pulleys and the rocker joints (Fig. 1). Table 1 compares the relative advantages and disadvantages of chain and belt systems.

Examples of the principal measures taken to reduce chain noise include shortening the pitch length (shorter pitch) and varying the link pattern (pitch sequence). However, there is a limit to how much the pitch length can be shortened because it affects the chain's torque capacity and strength.

Therefore, attention was focused on improving noise and vibration performance by optimizing the pitch sequence, which has much less effect on torque capacity and strength. The previous pitch sequence suitably combined different pitch lengths to improve noise dispersibility, which worked to reduce the peak level of 1st-order chain noise.<sup>1)</sup> First-order chain noise refers to the order (i.e., the number of vibrations per chain rotation) determined by the number of rocker joints. In addition, the

\*パワートレイン先行技術開発部 / Powertrain Advanced Engineering Department \*\*先行車両性能開発部 / Advanced Vehicle Performance Engineering Department



応答である。②チェーン1回転分を1周期として起振力波形を周波数分析する(図4)。③次節にて説明する目的関数に基づき、周波数特性を評価する。

ここで、チェーンのロッカージョイントの本数で決まるかみ合い1次の次数に対して回転±20次の範囲をかみ合い1次の領域と定義し、この領域を中心として低周波数領域、高周波数領域とする。リファレンスのピッチシーケンスは、単一のピッチ長さで構成されるシングルピッチシーケンスに対して、チェーンノイズの分散性を向上させた起振力の周波数特性を持つ(図4)。音振性能上は、このかみ合い1次ピークレベルを低減することが最も重要である。

## 2.2 最適化の目的関数

ピッチシーケンスによる起振力の周波数特性を評価するため、図5に示すような振動特性の目標水準(上限および下限)を設定した。チェーンノイズの振動特性が水準内に収まる場合(図5青色部)には、優良なシーケンスであると判断でき、水準からはみ出した量を式(1)の不適合量 $q$ として評価する。

$$q \equiv \sum_{i=0}^n [\{\min(A_i - L_i)\}^2 + \{\max(A_i - U_i)\}^2] \quad (1)$$

ここで各記号は以下と定義しており、最適化では不適合量 $q$ を目的関数とし、 $q$ の最小化を行う。

$A_i$ : 次数 $i$ での起振力レベル

$L_i$ : 次数 $i$ における下限ラインの値(下限値)

$U_i$ : 次数 $i$ における上限ラインの値(上限値)

不適合量 $q$ に用いる上限/下限ライン( $U_i, L_i$ )は以下の通りとした。

### (1) 低周波数領域

低周波数側では、チェーンノイズ以外の車室内の騒音(以下、暗騒音)が支配的になるため、相対的にチェーンノイズの増加が許容できる(図6)。

最適化では、チェーンノイズのエネルギーをかみ合い1次付

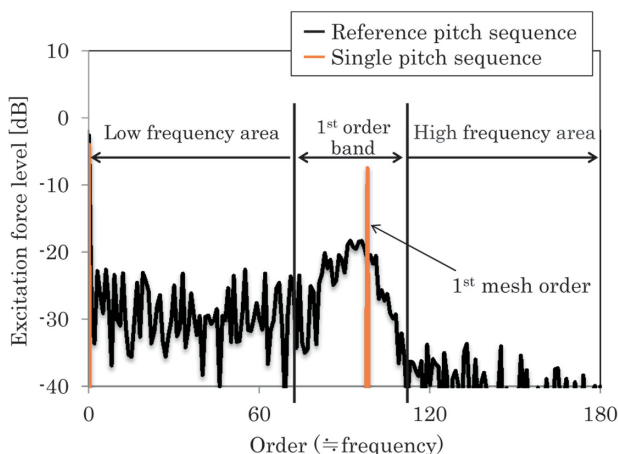


図-4 ピッチシーケンスの周波数分析結果  
Fig. 4 Fast Fourier Transform (FFT) analysis results for pitch sequence

sequence is converted to an excitation force waveform represented in a time history. An excitation force waveform refers to the time history response, the amplitude of which is determined by the pitch length. (2) A frequency analysis is performed on the excitation force waveform for one rotation of the chain as one cycle (Fig. 4). (3) An evaluation is made of the frequency characteristics based on the object function explained in the next section.

The region of the 1st-order mesh is defined here as a range of ±20 orders in relation to the orders of the 1st-order mesh band that is determined by the number of rocker joints in the chain. A low frequency area and a high frequency area are defined on either side in relation to the center of this region. In contrast to a single pitch sequence consisting of only one pitch length, the frequency characteristics of the excitation force produced by the reference pitch sequence were intended to improve the dispersibility of chain noise (Fig. 4). The most important point for improving noise and vibration performance is to reduce this peak level of 1st-order chain noise.

## 2.2 Object function for optimization

As shown in Fig. 5, target levels (upper and lower limits) were defined for the vibration characteristics of chain noise in order to evaluate the frequency characteristics of the excitation force produced by the pitch sequence. If the vibration characteristics of chain noise were within the target range (blue region in the figure), the pitch sequence was deemed to be good. The amount extending beyond the target range was evaluated as the nonconforming quantity  $q$  as defined in Eq. (1) below.

$$q \equiv \sum_{i=0}^n [\{\min(A_i - L_i)\}^2 + \{\max(A_i - U_i)\}^2] \quad (1)$$

where the symbols were defined as noted below. The nonconforming quantity  $q$  was defined as the object function for optimization and the aim was to minimize  $q$ .

$A_i$ : excitation force level of the  $i$ th order

$L_i$ : value of the lower line (lower limit value) of the  $i$ th order

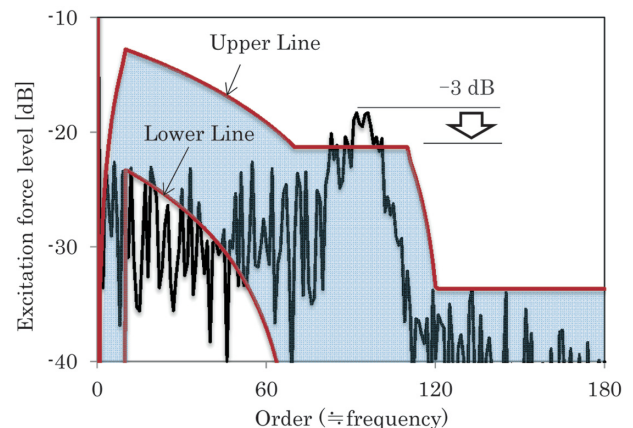


図-5 ピッチシーケンス最適化の目的関数  
Fig. 5 Object function for pitch sequence

近から低周波数側に移動させ、上記の暗騒音によるチェーンノイズのマスクング効果を利用する。そのため、低周波数側の上限ラインはリファレンスに対して高く設定し、さらに下限ラインも設定してエネルギーの移動を促進する。

(2) かみ合い1次領域

かみ合い1次のピークレベルの目標低減代は、ショートピッチ化1クラス分（例：ピッチ8→7 mm）による低減代と等価の3 dBとし、上限ラインをリファレンス3 dB減に設定した。

(3) 高周波数領域

高周波数側は暗騒音が低く、チェーンノイズのマスクング効果が期待できない。そのため、リファレンスよりも悪化しないことを狙い、高周波数側の上限ラインは、リファレンスのチェーンノイズのレベルの最大値とした。

2.3 ピッチシーケンスの設計空間の可視化と最適化手法の必要要件について

ピッチシーケンスの設計空間に適した最適化手法を開発するため、まずピッチシーケンスの特徴をクラスタリングし、設計空間を可視化した（図7）。<sup>23)</sup>ここで、設計空間の定義を、チェーンノイズのかみ合い1次のピークレベル（z-axis）と各ピッチシーケンスの仕様から求まるチェーンノイズの周波数特性の類似度（x & y-axis）によって構成される空間とした。

クラスタリングによる可視化分析には、事前にGAを用いて長時間の最適化計算を行い、最適化結果から300種類のピッチシーケンスを抽出して用いた。GAの解析条件にはショート、ミドル（対ショートピッチ比12）、ロング（対ショートピッチ比13）の3種類のピッチ長さを用い、それぞれの配合はショート：約70%、ミドル：約10%、ロング：約20%を初期値とした。

上記の可視化によって、ピッチシーケンスの設計空間は、局所最適解が多数存在する多峰性空間であることが分かった。

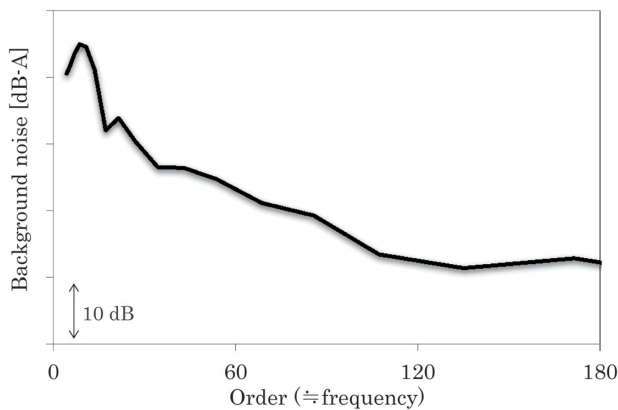


図-6 車室内暗騒音の周波数特性

Fig. 6 Frequency properties of interior background noise (Nissan C-class sedan, vehicle speed 20 km/h)

$U_i$  : value of the upper line (upper limit value) of the  $i$ th order

The upper and lower lines ( $U_i, L_i$ ) used for minimizing the nonconforming quantity  $q$  were defined as follows:

(1) Low frequency area

On the low frequency side, apart from chain noise, the vehicle interior noise (i.e., background noise) is dominant, so a relative increase in chain noise is allowed (Fig. 6).

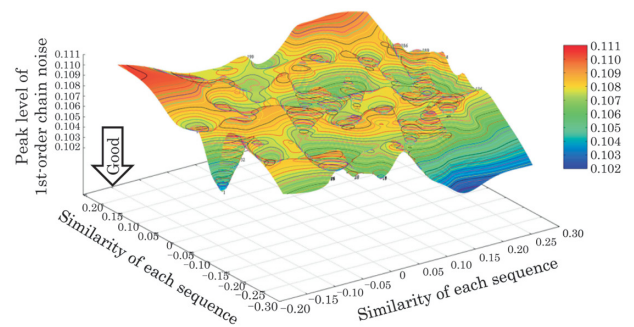
The optimization exercise was aimed at shifting the chain noise energy from the vicinity of the 1st-order band to the low frequency side and using the interior background noise effectively to mask chain noise. For that purpose, the upper limit line on the low frequency side was set high in relation to the reference pitch sequence, and the lower limit line was also set so as to promote the shifting of the chain noise energy.

(2) 1st-order band

The reduction target set for the peak level of 1st-order chain noise was defined as an equivalent reduction of 3 dB to be achieved by shortening the pitch length by one class (e.g., 8→7 mm pitch length). The upper limit line was defined at 3 dB below the reference.

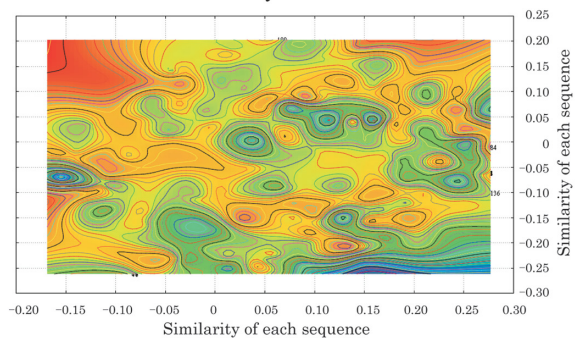
(3) High frequency area

On the high frequency side, interior background noise is low, so no masking effect for chain noise can be expected. For that reason, the peak chain noise level of the reference pitch sequence was selected as the upper limit line on the high frequency side so as to keep the noise level from becoming worse than the reference.



(a) 鳥瞰（かん）図

Bird's eye view



(b) 平面図

Plan view

図-7 クラスタリングによる設計空間の可視化  
Fig. 7 Visualization of pitch sequence design space by using clustering



このように、多峰性空間における最適解の探索は、初期値や探索パス次第では局所最適解に陥ってしまい、大域最適解に到達することが困難である。

さらに、ピッチシーケンスとチェーンノイズの周波数特性の関係には、非線形性および不連続性が強い点も挙げられる。ショート1枚をロングに変更するだけで、チェーンノイズの周波数特性は周波数領域全域で大きく変化する。

以上より、ピッチシーケンスの最適化手法の要件としては、広い領域を探索する機能と狭い領域を深く探索する機能を併せ持った手法であることが必要である。

### 2.4 New Hybrid Genetic Algorithm

ピッチシーケンスの設計空間は顕著な多峰性を持つため、ピッチシーケンスの最適化に特化した新しい手法を開発した。本手法では、GAによる大域最適化と、局所探索を組み合わせた“Hybrid Genetic Algorithm”（以下Hybrid-GA）を構成した。GAおよび局所探索は従来用いられてきた手法を踏襲しているが<sup>45)</sup>、さらにピッチシーケンスの最適化に特化したアルゴリズムを追加・変更している。

開発したHybrid-GAでは、以下の4ステップのうち2～4を繰り返すことで最適化を行う（図8）。

- ステップ1：母集団生成

はじめに、ランダムにピッチ長さを組み合わせてピッチ

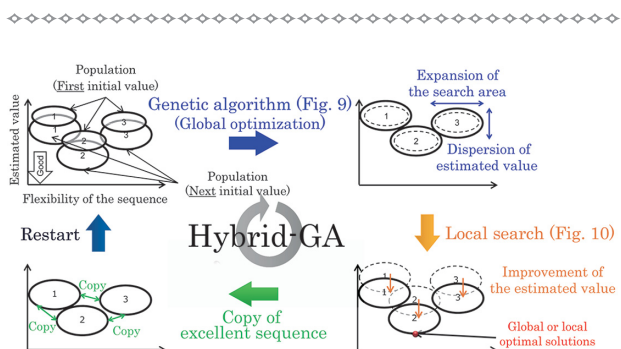


図-8 Hybrid-GA のフローチャート  
Fig. 8 Flow chart of Hybrid-GA

### 2.3 Visualized design space of pitch sequence and essential requirement for the optimization method

As the first step in developing an optimization method suitable for the design space of the pitch sequence, the features of the pitch sequence were clustered to visualize the design space as shown in Fig. 7.<sup>2)3)</sup> The design space was defined here as that formed by the peak level of 1st-order chain noise (z-axis) and the degree of similarity of the frequency characteristics of chain noise (x- and y-axes) found from the specifications of each pitch sequence.

In the visualization analysis based on clustering, 300 types of pitch sequences were used that had been extracted from the results of optimization calculations performed in advance over a long time using a genetic algorithm. Three types of pitch lengths were used as the GA simulation conditions: short pitch, medium pitch (short/medium pitch ratio = 1.2) and long pitch (short/long pitch ratio = 1.3). The initial values allocated to the pitch length proportions were approximately 70% short pitch, approximately 10% medium pitch and approximately 20% long pitch.

The visualization results revealed that the pitch sequence had a multimodal design space in which there were many local optimal solutions. In searching for the optimal solution in such a multimodal space it is difficult to reach a global optimal solution because there is a tendency for the process to fall into a local optimal solution depending on the initial values and the search path used. Another aspect is that the relationship between the pitch sequence and the frequency characteristics of chain noise is strongly nonlinear and discontinuous. Simply changing one short pitch to a long pitch greatly changes the frequency characteristics of chain noise in all frequency regions.

The foregoing results indicated that the essential requirement for the pitch sequence optimization method is that it must possess functions for conducting both wide-range searches and deep searches in narrow regions.

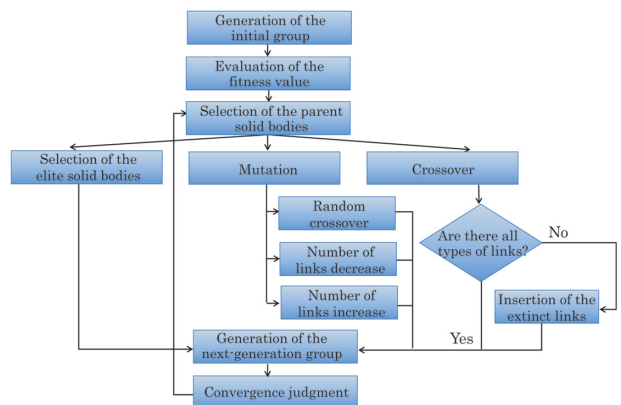


図-9 遺伝的アルゴリズム (GA) のフローチャート  
Fig. 9 Flow chart of GA

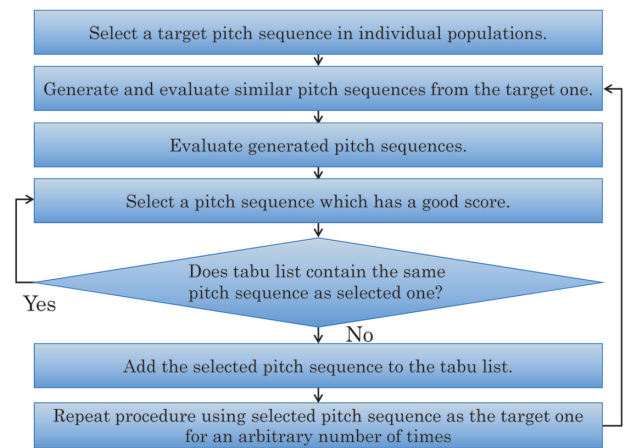


図-10 局所探索のフローチャート  
Fig. 10 Flow chart of local search

シーケンスを作成し、いくつかの母集団に分ける。

- ステップ2：GAによる大域探索

フローチャート図9に従って、各母集団に対して独立にGAを用いた最適化を行う。これにより、広大で複雑な設計空間から、振動特性の良いピッチシーケンスを探索する。

- ステップ3：局所探索

バラバラに散らばった各母集団の設計空間近傍から、より振動特性が優れたものを探索する。本手法では図10に示すフローチャートに従って、局所探索を行った。

- ステップ4：交換

各母集団間で、振動特性に優れたピッチシーケンスをコピーして共有する。これらを掛け合わせることで、新しい優良なピッチシーケンスが生まれることが期待される。

### 2.5 ピッチシーケンスの最適化結果

本節では、リンク種類、ピッチ比、各ピッチ長さの配合比を任意としピッチシーケンスの最適化を行い、振動特性に優れたピッチ比の組み合わせとピッチシーケンスを求めた。

3種類のピッチ長さ（ショート、ミドル、ロング）を用い、それぞれの配合の初期値はショート：約70%、ミドル：約15%、ロング：約15%、ミドルとロングの対ショートピッチ比はそれぞれ1.1～3.0の範囲で組み合わせ、パラメータスタディと最適化を実施した。

上記によって得られた大域最適解のピッチシーケンスは、各ピッチ長さの配合がショート：75%、ミドル：10%、ロング：15%で、対ショートピッチ比がミドル=1.24、ロング=1.70であった。また、この大域最適解のチェーンノイズの周波数特性を図11に示す。大域最適解はリファレンスに対して、低周波数側のレベルが大幅に上がっており、目的関数と大きいピッチ比を用いたことによって、狙ったエネルギー移動（かみ合い1次付近のエネルギーを低周波数領域へ移動させる）を実現できている。

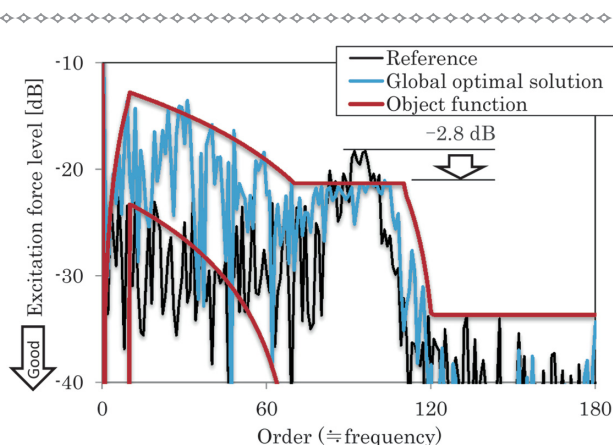


図-11 大域最適解とリファンレンスの比較結果

Fig. 11 Comparison of chain noise frequency properties between global optimal solution and reference

### 2.4 New hybrid genetic algorithm

A new optimization method was developed specifically for optimizing the pitch sequence because its design space is profoundly multimodal. This method employs a hybrid genetic algorithm (hybrid GA) that combines GA-based global optimization with a local search procedure. Both the GA and local search continue previously used methods,<sup>4)5)</sup> to which other algorithms were added and modified specifically for optimizing the pitch sequence.

The newly developed hybrid GA conducts the optimization process through the repetition of steps 2 to 4 in the following four-step procedure (Fig. 8).

- Step 1: Population generation

First, a pitch sequence combining different pitch lengths at random is generated and divided into several populations.

- Step 2: GA-based global search

Following the flow chart in Fig. 9, each population is optimized independently using the GA. In this way, a search is then made for a pitch sequence with desirable vibration characteristics in the vast and complex design space.

- Step 3: Local search

A search is made for a pitch sequence with more outstanding vibration characteristics in the vicinity of the design space in which the individual populations are scattered about. The local search is conducted according to the flow chart shown in Fig. 10.

- Step 4: Exchange

Pitch sequences with excellent vibration characteristics are copied and shared among the populations. It is expected that multiplying them will produce a new and excellent pitch sequence.

### 2.5 Results of pitch sequence optimization

This section presents the results of a pitch sequence optimization performed for arbitrarily selected link types, pitch ratios and pitch length proportions. A pitch ratio combination and pitch sequence with excellent vibration characteristics were found as a result.

Three types of pitch lengths—short, medium and long pitches—were used as the initial values in the optimization exercise. Their proportions were approximately 70% short pitch, approximately 15% medium pitch and approximately 15% long pitch. The pitch length ratios of the medium pitch/short pitch and the long pitch/short pitch were combined in a range of 1.1 to 3.0, and a parametric study and optimization exercise were carried out.

The pitch sequence in the global optimal solution thus obtained had pitch length proportions of 75% short pitch, 10% medium pitch and 15% long pitch. The pitch ratio of the medium pitch/short pitch was 1.24 and that of the long pitch/short pitch was 1.70. The frequency characteristics of the chain noise in this global optimal solution are shown in Fig. 11. Compared with the results for the reference, the level on the low frequency side of the optimal solution was

### 3. ま と め

CVT の無段変速部に用いられるチェーンの音振性能を向上するために、以下に示すような、ピッチシーケンス特有の多峰性空間に適した遺伝的アルゴリズムと局所探索を組み合わせた最適化手法“Hybrid Genetic Algorithm (Hybrid-GA)”を開発した。

- (1) 車室内の暗騒音による低周波数側でのチェーンノイズのマスクング効果を利用した目的関数を定義した。
- (2) ピッチシーケンス特有の設計空間をクラスタリングによって可視化したことにより、多峰性空間であることを明らかにした。
- (3) 新たに開発した Hybrid-GA により、リファレンスのピッチシーケンスのかみ合い1次のピークレベルに対して、ショートピッチ化1クラス分に相当する 2.8dB の改善を見込めるピッチシーケンスが探索できた。

### 参 考 文 献

- 1) I. Norbert et al.: Latest Results in the CVT Development, 7th LuK Symposium (2002).
- 2) Y. Kageyama: A Study on Enhancing Design Information Concept Design Phase Using CAE (2004).
- 3) H. Uno et al.: Method Development of Multi-Dimensional Accident Analysis Using Self Organizing Map, SAE Technical Paper No. 2013-01-0758 (2013).
- 4) 池田心ほか: GA の探索における UV 現象と UV 構造仮説、人工知能学会論文誌、Vol. 17、No. 3、pp. 239-246 (2002).
- 5) F. Glover et al.: Tabu Search, Kluwer Academic Publishers, Boston (1997).

markedly raised. This indicates that by using the object function and a large pitch ratio, the chain noise energy was shifted from the vicinity of the 1st-order mesh band to the low frequency side as intended.

### 3. Conclusion

A hybrid genetic algorithm (hybrid GA) was developed as an optimization method for improving the noise and vibration performance of the CVT variator chain system. As described here, this method combines a GA that is well suited to the unique multimodal design space of the pitch sequence with a local search procedure.

- (1) An object function was defined for using the background noise of the vehicle interior effectively to mask chain noise on the low frequency side.
- (2) Clustering was used to visualize the unique design space of the pitch sequence, which revealed that it was multimodal space.
- (3) The newly developed hybrid GA was used to find an optimal pitch sequence that reduced the peak level of 1st-order chain noise by 2.8 dB compared with that of the reference pitch sequence. That improvement corresponds to a shorter pitch length of one smaller class.

### References

- 1) I. Norbert et al.: Latest Results in the CVT Development, 7th LuK Symposium (2002).
- 2) Y. Kageyama: A Study on Enhancing Design Information Concept Design Phase Using CAE (2004).
- 3) H. Uno et al.: Method of Developing Multi-Dimensional Accident Analysis Using a Self-organizing Map, SAE Technical Paper No. 2013-01-0758 (2013).
- 4) Y. Ikeda et al.: UV Phenomenon in Genetic Algorithms and UV Structure Hypothesis, Trans. of the Japanese Society for Artificial Intelligence, Vol. 17, No. 3, pp. 239-246 (2002).
- 5) F. Glover et al.: Tabu Search, Kluwer Academic Publishers, Boston (1997).

### ■著者 / Author(s)■



塘 健 志  
Kenji Tsutsumi



三 浦 吉 孝  
Yoshitaka Miura



影 山 雄 介  
Yusuke Kageyama

## 高彩度・高コントラストを実現する高輝度カラーアルミの適用技術開発

Development of Technology for applying High-brightness Colored Aluminum to obtain High-chroma and High-contrast Body Color

筒井 宏典\*  
Hironori Tsutsui渡邊 健太郎\*\*  
Kentarou Watanabe齋藤 智好\*\*\*  
Tomoyoshi Saito

**抄 録** 高彩度・高コントラストの塗色（オレンジ色）を通常の自動車塗装工程で実現するために、高輝度カラーアルミの適用技術の開発を実施した。高い意匠の実現のためには、カラーアルミ顔料の表面形状・配合量の最適化が必要であり、配合量として従来の2倍量の添加が必要であることがわかった。一方、そのトレードオフとして塗装外観に影響が出るため、カラーアルミのへん平比（アスペクト比）及びクリアコートに最適な材料を用いることで、高意匠と塗装外観を両立する技術を確立した。

**Summary** We developed the technology for applying high-brightness colored aluminum to obtain a high-chroma, high-contrast orange body paint color using the conventional auto body painting process. To achieve the target design, it was necessary to optimize the surface shape of the colored aluminum pigments and their content. It was found that the optimal additive content was twice the normal amount. As a trade-off, that affected the paint appearance. By optimizing the flatness ratio (aspect ratio) of the colored aluminum pigments and the clear coat material, the technology was established for achieving both the targeted design and paint appearance.

**Key words :** Materials, paint, smoothness, colored aluminum, aspect ratio

## 1. はじめに

自動車のボディカラーは、日本市場だけでなくグローバル市場においても白、黒、シルバーの無彩色が大部分を占めるが<sup>1)</sup>、鮮やかな色（高彩度塗色）は車のスタイルを印象付けるうえで重要である。また、魅力的なカラーは消費者の購買意欲に大きな影響を与えるため自動車会社の商品戦略上、極めて重要なウエイトを占めてきており、開発にしのぎを削っているのが昨今の現状である。さらに、鏡のようにきれいな映り込み（鮮映性）も自動車塗装には求められる。

最近、鮮やかなレッドを街中で見かけることが増えてきているが、塗膜構成はクリアコート（以下、クリア）にナノ顔料を添加したカラークリアや、塗装上塗り工程を2回まわし異なるベースコート（以下、ベース）による複層塗膜構成で成立させることが報告されている。しかし、これらの方策は生産能力に影響を与えることが課題となる場合がある<sup>2)</sup>。

今回、高彩度で高コントラストな塗色を従来の塗膜構成で実現するために取り組んだ。本稿ではその開発における技術課題と達成方策について報告する。

## 1. Introduction

Neutral colors like white, black and silver occupy large portion of vehicle body colors not only in the Japanese market but also in global markets.<sup>1)</sup> However, vivid colors, i.e., high-chroma paint colors, are important for creating a strong impression of the vehicle styling. In addition, color is an extremely important factor in the product strategy of vehicle manufacturers, because attractive body colors greatly influence consumers' purchase intention.

This is the reason to be engaged in fierce competition in recent years to develop attractive colors. Along with this, a beautiful mirror-like reflection (image clarity) is also required of automotive body paints.

A vivid red color has been seen on products with increasing frequency in recent years. It is reported that this paint has a multilayer film configuration consisting of a tinted clear coat containing nanometer-size pigments and different base coats applied in two passes through the top coat painting process. However, there are cases where this approach causes an issue by affecting production capacity.<sup>2)</sup>

We have been working to develop a high-chroma, high-contrast paint color that has the conventional paint film configuration. This article describes the technical

\*車体技術開発部 / Body Engineering Department \*\*材料技術部 / Materials Engineering Department \*\*\*塗装樹脂技術部 / Paint and Plastic Engineering Department



2.4 塗膜構成の決定

図3に従来のレッドと実績のある高彩度レッドの塗膜構成を、生産性と魅力度の観点からメリット/デメリットを示した<sup>2)</sup>。

いずれの構成も特徴があるが、高彩度な発色を実現するためには「高彩度な半透明ベース層」と「強い反射光を有するアルミ顔料のベース層」の構造となっている。この特徴を考慮したうえで、通常塗装工程にて本開発の目標意匠を達成する技術開発を実施した。

3. 結果と考察

3.1 塗膜作成方法

被塗物に電着塗膜を形成して加熱硬化させた後、水系中塗り塗料を塗装し、加熱硬化や低温乾燥（フラッシュオフ）させず水系ベース塗料を塗装して、フラッシュオフ後に溶剤系クリアを塗装し140℃×20分で加熱硬化させて複層塗膜を形成した。いわゆる3ウェット1フラッシュオフと呼ばれる3コート1バーク工法で塗装し、膜厚は中塗り15～30 μm、ベース10～20 μm、クリア30～50 μmの範囲にて実施した。

3.2 ベース層の材料設計

高彩度・高コントラストを実現させるためには、前述の通り「高彩度な半透明ベース層」と「強い反射光を有するアルミ顔料のベース層」の二つの要素が重要である。

今回、目標の従来工法でこれらの課題を解決する手法として、カラーアルミ顔料に着目した。カラーアルミ顔料とは、アルミフレークに酸化鉄を1 μm以下の薄膜コーティングし、干渉色により発色させる顔料である。特長と

prototypes were plotted using the chroma value (C\*) specified by the International Commission on Illumination (CIE). The results are shown in Fig. 2.

It is seen in the figure that the higher the paint colors were rated in the visual evaluation, the higher was the chroma of their highlighted region and the greater was the difference in chroma between their highlighted and shaded regions. Accordingly, the following two characteristics were selected to be measured for high chroma and high contrast.

- Vividness = chroma of C\* at 15° (Fig. 2 (1))
- Contrast = difference in chroma  $\Delta C^*$  (15° - 110°) (Fig. 2 (2))

2.4 Selection of paint film configuration

Figure 3 shows the paint film configuration of the current red and a high-chroma red with a record of actual use in terms of their relative advantages and disadvantages with respect to productivity and attractiveness.<sup>2)</sup> Each configuration has its own features, but it is seen that a configuration for obtaining a high-chroma color has a high-chroma semi-transparent base layer and an aluminum base layer with strong specular reflection. Taking these features into account, techniques were developed for achieving the targeted design of the paint color using the conventional painting process.

3. Results and Discussion

3.1 Method of forming paint film

A multi-layer paint film was formed in the following process. An electrodeposition film was formed on the metal surface and baked. Then, water-borne intermediate paint coat was applied followed by water-borne base layer coat before baking and low-temperature drying (flash-off). After flash-off, a clear coat was applied and baked at 140° for 20 min. to form the multi-layer paint film. This represents a 3 coating-1 baking process in which three wet coats are applied and one flash-off is performed. The paint film thickness was in a range of 15-30 μm for the intermediate coat, 10-20 μm for the base coat and 30-50 μm for the clear coat.

|                   | Current red                                           | High-chroma red                                                                  |                                                                                                          |                                                               |
|-------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Paint composition | Clear → Bake<br>Base → Bake<br>Primer surfacer → Bake | Clear → Bake<br>Transparent base → Bake<br>Base → Bake<br>Primer surfacer → Bake | 2nd clear → Bake<br>Transparent base → Bake<br>1st clear → Bake<br>Base → Bake<br>Primer surfacer → Bake | Colored clear → Bake<br>Base → Bake<br>Primer surfacer → Bake |
| Type              | Normal (2 coatings, 1 baking)                         | 3 coats (3 coatings, 1 baking)                                                   | 2 passes (4 coatings, 2 bakings)                                                                         | Colored clear (2 coatings, 1 baking)                          |
| Productivity      | ◎                                                     | ○                                                                                | ×                                                                                                        | △                                                             |
| Attractiveness    | △                                                     | ○                                                                                | ◎                                                                                                        | ◎                                                             |

◎: Excellent ○: Good △: Fair ×: Poor

図-3 塗膜構成の比較

Fig. 3 Comparison of paint film configurations

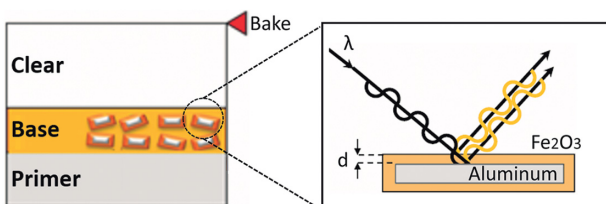


図-4 ベース層の設計思想

Fig. 4 Design concept of basecoat

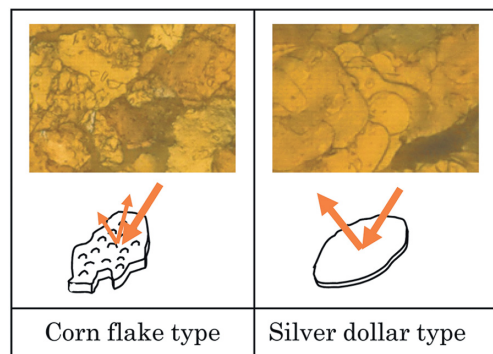


図-5 アルミ顔料の粒子形状

Fig. 5 Particle configurations of colored aluminum

して、顔料単体で「高彩度な半透明層」を有し、かつ半透明層が薄膜のため光の減衰が少なく「アルミニウムによる強い反射光」が期待される。つまり、従来のベース2層の役割をカラーアルミ単体で実現させるコンセプトである(図4)。

### 3.3 カラーアルミ顔料の検討

図5に示すように、カラーアルミ顔料の粒子形状にはコーンフレクタタイプとシルバードラータタイプに大別される。コーンフレクタタイプは表面に凹凸があり、端部にギザギザのエッジがあるため拡散光が多く、正反射光が低下する。一方、シルバードラータタイプは表面が平滑でエッジ部の拡散光が少なく、正反射光が強いためハイライトが明るく、シェードが暗くなり陰影感が強くなる特徴がある<sup>4)</sup>。

アルミニウム表面の違いが彩度に及ぼす影響を確認するため、それぞれのアルミニウムにてカラーアルミを作製し比較した結果を図6に示した。図6からシルバードラータタイプのカラーアルミを用いた方がハイライト部の彩度が高く、シェード部の彩度が低くなり目標意匠に近づくことがわかった。

図7に太陽光のもとでの塗板の写真を示す。ハイライト部の鮮やかで強い反射光とシェード部の暗さによる陰影感は、シルバードラータタイプのカラーアルミの方が優れており、図6を支持する結果が得られた。

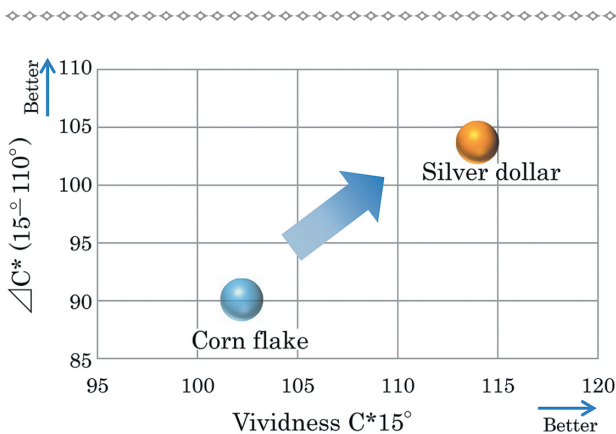


図-6 カラーアルミ顔料による彩度・コントラスト変化  
Fig. 6 Vividness and contrast for different types of colored aluminum

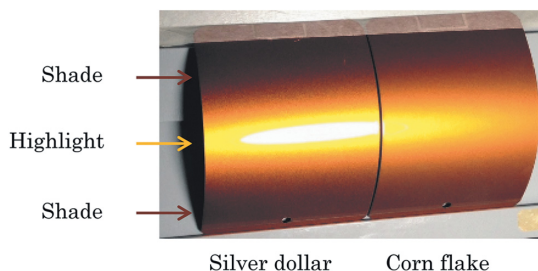


図-7 カラーアルミ違いによる太陽光反射の比較  
Fig. 7 Comparison of sunlight reflection for different types of colored aluminum

### 3.2 Base coat material design

As mentioned in the preceding section, there are two key elements for achieving high chroma and high contrast: a high-chroma semi-transparent base layer and an aluminum base layer with strong specular reflection. Attention was focused on the use of colored aluminum pigments as a means of resolving these issues using the targeted conventional process. A colored aluminum pigment refers to a pigment that is produced by interference color by coating aluminum flakes with a thin coat of iron oxide less than 1 μm in thickness. The expected features include a high-chroma semi-transparent layer formed with a single pigment and also the strong specular reflection of aluminum because the semi-transparent film attenuates only a little light owing to its thinness. In other words, with this concept, the function of the conventional 2-layer base coat is performed by the colored aluminum alone (Fig. 4).

### 3.3 Examination of colored aluminum pigments

As illustrated in Fig. 5, the particle configuration of colored aluminum pigments can be broadly divided into the corn flake type and the silver dollar type. The corn flake type has an uneven surface and because the ends have jagged edges, there is a lot of light diffusion and a low level of specular reflection. On the other hand, the silver dollar type has a smooth surface and strong specular reflection because there is little light reflection at the edges. Consequently, it features a strong feeling of contrast with a bright highlighted region and a dark shaded region.<sup>4)</sup>

The effect of these differences in the aluminum surface on chroma was investigated by making colored aluminum test pieces from each type and comparing the results obtained. Figure 6 shows the difference in vividness and contrast for the two types of colored aluminum pigments. It is seen that the silver dollar type of colored aluminum displays high chroma for the highlighted region and low chroma for the shaded region. These features approach the targeted design.

Figure 7 is a photograph of sunlight reflection on plates painted with the two types of colored aluminum. The silver dollar type of colored aluminum exhibits superior contrast characterized by vivid and strong light reflection in the highlighted region and darkness in the shaded region. These results support the data in Fig. 6.

Based on these results, the silver dollar type was selected for investigation as the colored aluminum pigment to be used in this development project.

### 3.4 Investigation of colored aluminum content

The effect of the colored aluminum content on chroma was investigated for the purpose of obtaining the targeted high-chroma design. Figure 8 shows the paint appearance as a function of the colored aluminum content. The results indicate that the vividness C\* value at 15° for the highlighted region increased with increasing aluminum content and saturated color.

この結果により、本開発に用いるカラーアルミ顔料はシルバダラータイプを用いて検討を行った。

### 3.4 カラーアルミ配合量の検討

高彩度の目標意匠を実現するため、カラーアルミ配合量が彩度に及ぼす効果を検討した結果を図8に示す。配合量の増加に伴い、ハイライトの彩度C\*15°が増加し色飽和することがわかった。そこで、C-3を最適なアルミ配合量と判断した。一方、配合量の増加に伴い鮮映性は低下することがわかった。

配合量C-3は、一般的なアルミ配合量の2倍相当を要し、かつ顔料自体に厚みがあるため、ベースの表面が荒れ、クリアを塗装しても塗装外観（鮮映性）が低下することがわかった。

### 3.5 鮮映性改善の方策

鮮映性を改善させるための方策としては、①カラーアルミ配合量の減量、②ベース中のカラーアルミの配向性の向上、③体積収縮の少ないクリアを使用すること、が考えられる。①は意匠を低下させるため、②、③を実施した。

### 3.6 カラーアルミのアスペクト比と鮮映性の関係

ベース層の粗さが鮮映性を低下させるため、カラーアルミを水平にきれいに配向させる方策として、ベース塗料乾燥時の体積収縮に伴いアルミニウムが配向しやすいへん平なカラーアルミを用いることを検討した。

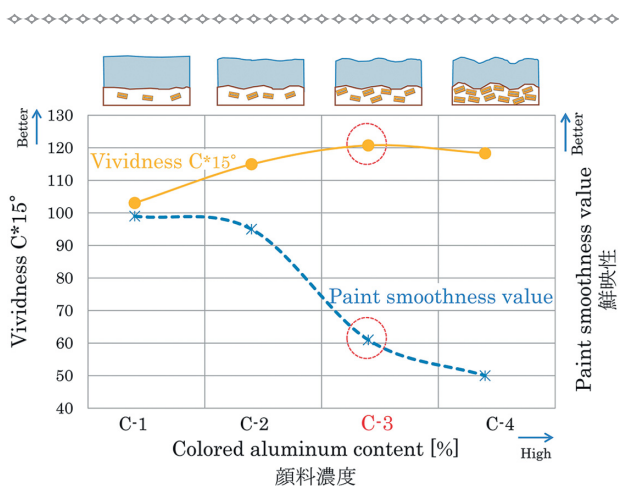


図-8 カラーアルミ顔料の配合量と鮮映性の関係  
Fig. 8 Relation between colored aluminum content and paint appearance

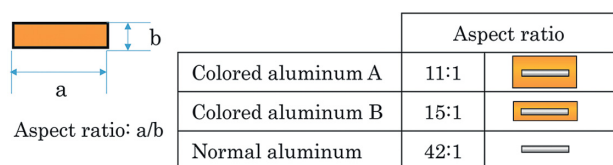


図-9 アルミ顔料のアスペクト比  
Fig. 9 Aspect ratios of different types of aluminum

It was concluded from the results that C-3 was the optimal colored aluminum content. On the other hand, the paint smoothness value (image clarity) declined with increasing aluminum content.

The C-3 content corresponds to approximately twice the usual colored aluminum content. In addition, because the pigments themselves are thicker, it was found that the base coat surface was rough and that the paint appearance (paint smoothness value) declined even though a clear coat was applied.

### 3.5 Measures for improving paint smoothness value

The following measures were considered for improving the paint smoothness value: (1) reducing the colored aluminum content, (2) improving the orientation of the colored aluminum particles in the base coat, and (3) using clear coat with little volumetric shrinkage. As the first measure would degrade the design, it was decided to implement the second and third measures.

### 3.6 Relation between aspect ratio of colored aluminum and paint smoothness value

Because the roughness of the base layer degraded the paint smoothness value, a measure was needed for uniformly orienting the colored aluminum particles horizontally. A study was made of the use of flat colored

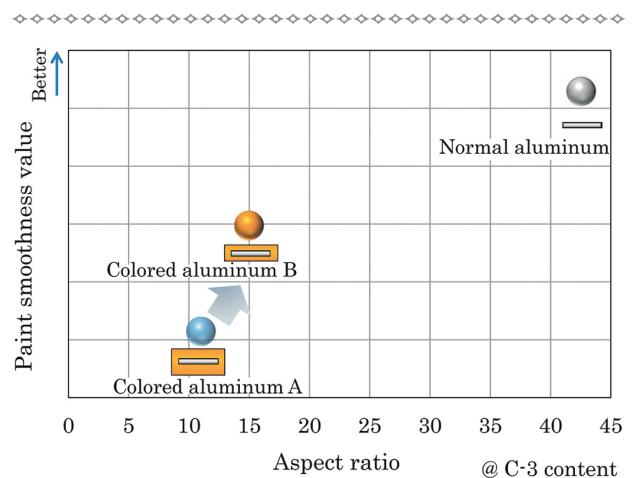


図-10 アルミ顔料のアスペクト比と鮮映性  
Fig. 10 Paint appearance as a function of aluminum aspect ratio

| Particle orientation                         | Section photo | Paint appearance |
|----------------------------------------------|---------------|------------------|
| Colored aluminum A<br>Aspect ratio: 11:1<br> |               |                  |
| Colored aluminum B<br>Aspect ratio: 15:1<br> |               |                  |

図-11 カラーアルミのアスペクト比とアルミ配向性  
Fig. 11 Aspect ratio and particle orientation of different types of colored aluminum



へん平の指標としてアスペクト比（粒径／厚み）を用いて、図9に示すアスペクト比の異なるカラーアルミと、比較のため通常シルバーの3種類のアルミニウムによる鮮映性の影響を調べた。塗装は3.1節に示す方法で実施し、クリアはアクリルメラミン系を用いた。鮮映性は電着、中塗り、ベース、クリアの複層塗膜を測定した。

図10に示すように、彩度が最適となる配合量C-3で鮮映性に明確な差が生じた。アスペクト比は鮮映性に影響し、アスペクト比が高いアルミニウムを用いると鮮映性に優れることがわかった。

カラーアルミA及びBのベース層を断面観察した結果を図11に示す。アスペクト比の高いBの方がアルミ配向性が高いことが確認され、蛍光灯の映り込みもBの方が優れることがわかった（図11）。したがって、へん平なアルミニウムの使用により鮮映性に効果があると言える。

### 3.7 クリア層による鮮映性の検討

へん平なカラーアルミBを用いることにより鮮映性は改善したものの更なる鮮映性の改善が必要であり、クリアでの改善を検討した。

図12に示す様に、自動車塗料に用いられる一般的なク

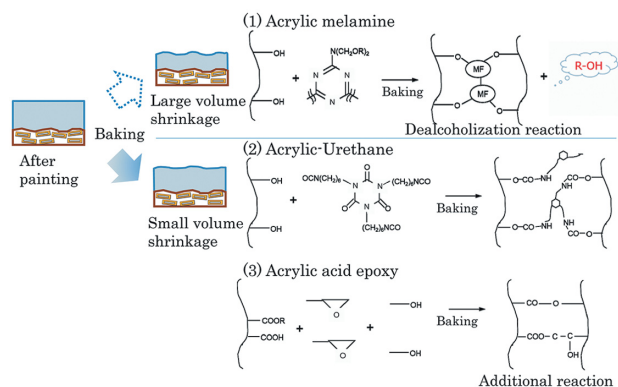


図-12 クリアコートの硬化反応  
Fig. 12 Curing reactions of clear coat

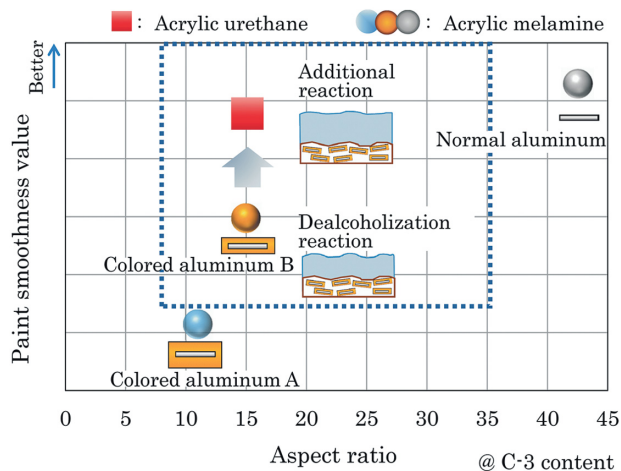


図-13 クリアコート違いによる鮮映性  
Fig. 13 Paint appearance for different types of clear coat

aluminum particles more conducive to a horizontal orientation accompanying volumetric shrinkage during the base coat drying process.

The aspect ratio (particle diameter/thickness) was used as an index of flatness. Figure 9 presents the results of an investigation of the influence of the aspect ratio on the paint smoothness value. Two types of colored aluminum with different aspect ratios were examined in comparison with an ordinary silver aluminum. Paint was applied using the method explained in section 3.1, and acrylic melamine was used for the clear coat. The paint smoothness value was measured for the electrodeposition layer, intermediate layer, base coat and clear coat.

As shown in Fig. 10, a distinct difference in the paint smoothness value is seen for the C-3 content, which was found to be optimal for chroma. The results show that the aspect ratio influenced the paint smoothness value, as a superior paint smoothness value was obtained with aluminum particles having a high aspect ratio.

Figure 11 shows the results of cross-sectional observations made of the base coat for colored aluminum A and colored aluminum B. The images reveal that the colored aluminum B with a higher aspect ratio had a higher degree of particle orientation and that the reflection of fluorescent light was also superior for B (Fig. 11). These results indicated that using flat aluminum particles was effective for obtaining the desired paint smoothness value.

### 3.7 Investigation of effect of clear coat on paint smoothness value

The use of flat colored aluminum B was found to improve the paint smoothness value, but it was necessary to improve this property further. An investigation was conducted to study the effect of the clear coat for obtaining improved paint smoothness value.

As shown in Fig. 12, acrylic melamine, which is generally used as the clear coat of automotive paints,

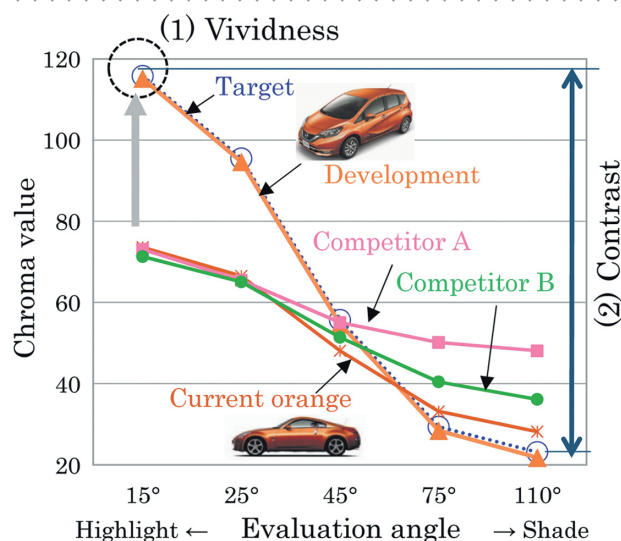


図-14 開発色の彩度変化比較  
Fig. 14 Chroma value change comparison of developed color

リアであるアクリルメラミン系は脱アルコール反応による体積収縮が発生する。一方、酸エポキシ硬化系やアクリルウレタン系の付加反応タイプは体積収縮が生じにくいいため、鮮映性の向上に寄与すると考えられる。

今回、アクリルメラミン系とアクリルウレタン系の2種類にてクリアの鮮映性の影響を調査した。結果を図13に示す。

付加反応のアクリルウレタン系を用いることで、通常シルバーレベルまで鮮映性が改善することがわかった。

#### 4. 結 論

高彩度・高コントラストを従来工法で実現させる技術として、以下の材料設計、及び課題解決手法が有用である。

- ① 着色透明層とアルミニウムの強い反射光を有するカラーアルミ顔料を用いる。
- ② アルミニウム表面は正反射の強いシルバーダラータイプを用いる。
- ③ アスペクト比の高いカラーアルミは、鮮映性の向上に効果がある。
- ④ 鮮映性改善には付加反応タイプのクリアが有効である。

以上を織り込むことにより、図14に示す様に鮮映性の品質を低下させることなく、彩度の目標意匠を達成した。

本技術は、プレミアムコロナオレンジとして、ノートe-Power、X-Trailをはじめグローバルに拡大採用され、日産のカラーブランド向上に貢献している。

#### 5. 参 考 文 献

- 1) 有本正存:日本のクルマ、そのカラートレンドと新技術、自動車工業会、JAMAGAZINE、No. 49、pp. 13-14 (2015).
- 2) 岡本倫幸ほか: 高い彩度とフリップ・フロップを有するレッドメタリック塗装の開発、自動車技術会、学術講演会 予稿集、No. 1-171、pp. 1847-1851 (2016).
- 3) X-Rite社: カラーコミュニケーションガイド—色を正しく伝えるために—、pp. 2-16、  
[http://www.sdg-net.co.jp/products/x-rite/products\\_detail/pdf/L10-001\\_Understand\\_Color\\_ja.pdf](http://www.sdg-net.co.jp/products/x-rite/products_detail/pdf/L10-001_Understand_Color_ja.pdf) (参照日: 2016年7月6日).
- 4) 藤原真一: 自動車外板色の新光輝材料及び新意匠技術、表面技術協会、表面技術、Vol. 67、No. 5、pp. 242-248 (2016).

undergoes volumetric shrinkage due to a dealcoholization reaction. On the other hand, it was reasoned that the additional reaction type such as an acid-curing epoxy resin and acrylic urethane might contribute to improving the paint smoothness value because they tend not to suffer volumetric shrinkage.

In this study, an investigation was made of the effect of acrylic melamine and acrylic urethane on the paint smoothness value of the clear coat. The results obtained for these two types are shown in Fig. 13. It was found that the use of acrylic urethane with an additional reaction improved the paint smoothness value to the level of ordinary silver aluminum.

#### 4. Conclusions

To the identified issues, the following material design and solutions were found to be effective techniques for achieving high chroma and high contrast with the conventional painting process.

- (1) The use of a colored semitransparent layer and a colored aluminum pigment with strong specular reflection.
- (2) For the aluminum surface, the use of silver dollar type pigments having strong specular reflection.
- (3) Colored aluminum pigments with a high aspect ratio are effective in improving the paint smoothness value.
- (4) Clear coat with an additional reaction is effective for improving the paint smoothness value.

As a result of incorporating the foregoing measures, the target high-chroma design was achieved without reducing appearance quality in terms of the paint smoothness value.

The application of the Premium Corona Orange developed in this project is being expanded globally. Mainly, Note e-Power and X-Trail contributes in improved color quality of Nissan brand vehicles.

#### 5. References

- 1) M. Arimoto: Color Trends and New Technologies of Japanese Vehicles, JAMAGAZINE, Japan Automobile Manufacturers Association, No. 49, pp. 13-14 (2015).
- 2) T. Okamoto et al.: Development of High Vividness and Flip-Flop Red, Proc. of the JSAE, pp. 1847- 1851 (2016).
- 3) X-Rite. Com: A guide to Understanding Color Communication, pp. 2-16,  
[http://www.sdg-net.co.jp/products/x-rite/products\\_detail/pdf/L10-001\\_Understand\\_Color\\_ja.pdf](http://www.sdg-net.co.jp/products/x-rite/products_detail/pdf/L10-001_Understand_Color_ja.pdf) (reference date: July 6, 2017).
- 4) S. Fujiwara: New Bright Material and New Paint Technology of Automobile Body Color, Journal of the Surface Finishing Society Japan, Vol. 67, No. 5, pp. 18242-248 (2016).

■著者／ Author(s) ■



筒井 宏典  
Hironori Tsutsui



渡邊 健太郎  
Kentarou Watanabe



齋藤 智好  
Tomoyoshi Saito

# 新型マイクラ商品概要

## Product Overview of the New Micra

青木 佐知子\*  
Sachiko Aoki

遠藤 慶至\*\*  
Keiji Endo

小山 淳史\*\*  
Atsushi Koyama

**抄 録** 新型マイクラは世界最大のハッチバック市場である欧州をターゲットに開発し、2017年3月に投入された。5代目となるマイクラは、「ニッサンインテリジェントモビリティ」を具現化する先進技術を採用し、他と一線を画す特徴的なデザインと上品なインテリアで、従来のBセグメントのハッチバックでは物足りないお客様や、上級セグメントの仕様とコンパクトな車両サイズの両立を求めるお客様に適している。本稿では新型マイクラの商品概要を紹介する。

**Summary** The new Micra was developed for Europe, the world's biggest hatchback market, and launched in March 2017. This fifth-generation Micra adopts various advanced technologies that bring Nissan Intelligent Mobility to life. Its striking design and high-quality interior make it stand out from the crowd, appealing to buyers looking for something more from their B-segment hatchback or to those wanting to downsize their vehicle. This article presents a product overview of the new Micra.

**Key words :** Automotive General, new car, Micra

### 1. はじめに

新型マイクラは、世界中のBセグメントの中で最も台数規模が大きく（2016年度に全欧で約400万台）、最も競争が激しい欧州の同セグメントにおいて、日産の欧州ビジネスを支える柱にすべく開発し、2017年3月に投入された(図1、表1)。

30年以上前にデビューした初代マイクラの登場は小型ハッチバックセグメントにおける革命であり、日産にとって新たな歴史の幕開けであった。5代目となる新型マイクラは、初代と同様に革新的であり、新たな価値をお客様に提供することのできるクルマである。

### 2. 商品コンセプト

新型マイクラは「エキサイティングなシティカーのシンボル」というコンセプトをベースに、「一目見て惚れ惚れ(ほれほれ)するような、エキサイティングでダイナミックなスタイリング」、「先進的なITシステムや高いパーシブドクオリティを備えた、調和のとれたインテリア空間」、「俊敏で運転する楽しさを与える運動性能」を追求したモデルである。

都会に住む若者やカップル向けに、新型マイクラを運転することで日々の生活での高揚感を提供することを目的に開発した。

### 1. Introduction

Released in March 2017, the new Micra was developed to be a mainstay model supporting Nissan's business in Europe. It competes in Europe's B-segment, which is the world's largest and most fiercely competitive hatchback market with total Europe-wide sales of approximately four million units in fiscal 2016 (Fig. 1, Table 1).

The introduction of the first-generation Micra that debuted more than 30 years ago marked a revolution in the small hatchback segment. It also represented the opening of a new page in Nissan's history. As the fifth generation in this series, the new Micra is as revolutionary as the first



図-1 新型マイクラ  
Fig. 1 All-new Micra

\*商品企画部 / Product Planning Department \*\*第一ブランド推進部 / BRAND Promotion Department No. 1

### 3. アピールポイント

#### 3.1 デザイン

新型マイクラのエクステリアデザインは、2015年のジュネーブモーターショーで公開したコンセプトカー「SWAY」のデザインを忠実に再現し、次世代日産ブランドのデザインアスペクトとエモーショナルで彫刻的なボディ形状により、最新のデザインランゲージを体現している。デザインアスペクトとしては、リヤエンドに至るキャラクタラインの出発点となる特徴的なVモーショングリル、ブーメラン型ランプシグネチャ、開放感を感じさせるフロートイングリーフなどを採用している。また、Cピラーに隠れたりヤドアハンドルやスポイラにまで伸びるルーフラインで、クルマの空力性能とスタイルの良さを両立させている。

車体色は、印象的な外観に合わせて「エナジーオレンジ」など、10色の鮮やかで洗練された色を設定した。また、エクステリアおよびインテリアのパーソナライゼーション用オプションにより、125種類のバリエーションの選択が可能で、お客さまは新型マイクラでオリジナルのスタイルを作り出すことができる（図2）。

インテリアデザインにおいても、日産ブランド共通の新しいデザインランゲージを取り入れている（図3）。新しいブランド共通のステアリングを採用し、センターコンソールから左右方向への広がりを持たせるブランド共通デザイン「グライディングウイング」形状のインストルメントパネルが、洗練された広々感を与えている。



表-1 車両諸元  
Table 1 Vehicle dimensions

|                |       |
|----------------|-------|
| Length (mm)    | 3,999 |
| Width (mm)     | 1,743 |
| Height (mm)    | 1,455 |
| Wheelbase (mm) | 2,525 |



図-2 パーソナライゼーション例  
Fig. 2 Personalization options

generation and is capable of providing customers with new value.

#### 2. Product Concept

The new Micra was developed around the concept of symbolizing an exciting city car. It features exciting, dynamic styling that mesmerizes people at first sight, a well-harmonized interior fitted with a cutting-edge IT system and projecting high perceived quality, and highly responsive dynamic performance that ensures outstanding driving pleasure.

The car was developed with the aim of giving young people and couples living in the city an uplifting feeling in their daily lives by driving the new Micra.

### 3. Appealing Features

#### 3.1 Design

The exterior design of the new Micra faithfully reproduces that of the Sway concept car that Nissan unveiled at the 2015 Geneva Motor Show. Embodying the latest design language, the sculpted body form features design cues and emotion that characterize the next generation of Nissan brand cars. Adopted design cues include the distinctive V-motion grille, from which the character line runs to the rear end, signature boomerang-shaped headlights, and a floating roof that imparts an airy feeling. In addition, the rear door handles hidden in the C-pillars and the extended roofline that incorporates the rear spoiler successfully combine aerodynamic performance with superb styling.

The new Micra is available in ten vivid and sophisticated body colors, including Energy Orange, that aptly match the car's striking appearance. A wide selection of 125 types of personalization options are offered, enabling owners to create an original exterior and interior befitting their own style (Fig. 2).

The interior design also embodies the new design language common to the Nissan brand (Fig. 3). Features shared with other Nissan brand cars include the new steering wheel and the "gliding wing" instrument panel design extending to both sides from the center console to impart a refined and expansive feeling.



図-3 インテリア  
Fig. 3 Interior

### 3.2 室内空間

新型マイクラのインテリアデザインは、全面ソフトパッドを採用したダッシュボードやステッチ付のソフトラッピング施したインストルメントパネルとセンターコンソールニーパッドの採用により、ドアを開けた瞬間に感じとれるワンクラス上の質感を実現している。

また、Bose社と日産のコラボレーションによって開発された「Bose® Personal® サウンドシステム (6スピーカー)」を設定している。このサウンドシステムは、運転席のヘッドレストに二つのBose UltraNearfield™ スピーカを搭載しており、Bose PersonalSpace™ ヴァーチャルオーディオテクノロジーとの組み合わせによりドライバ向けに最適化され、引き込まれるような音質を実現している (図4)。

さらに、7インチ・フルカラーセンターディスプレイを搭載し、オーディオシステム、カーナビゲーション、携帯電話、Apple CarPlayを経由してダウンロードしたアプリケーションやSiriの音声コントロールを利用することができる。

### 3.3 運動性能

新型マイクラには、快適な乗り心地を実現する「インテリジェントライドコントロール」と、アンダステアを低減し軽快なハンドリングをサポートする「インテリジェント



図-4 Bose® Personal® サウンドシステム (6スピーカー)  
Fig. 4 Six-speaker Bose® Personal® sound system

### 3.2 Interior

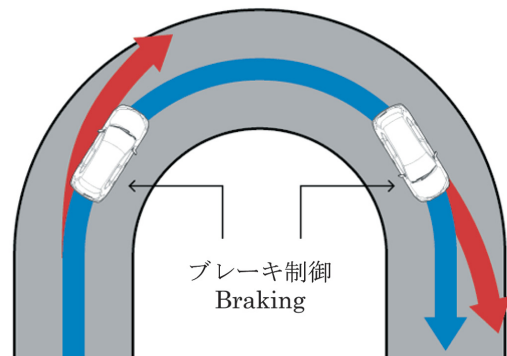
The interior design of the new Micra has the perceived quality of a car one class higher, which is perceptible the instant one opens the door. This feeling is created in part by the full soft-padded dashboard and the soft molded skin of the instrument panel and center console knee pads trimmed with decorative stitching.

The new Micra is available with a six-speaker Bose® Personal® sound system, developed through collaboration between Bose and Nissan. This sound system is optimized for the driver, with two Bose UltraNearfield™ speakers built into the driver's seat headrest that combine with Bose PersonalSpace™ Virtual Audio Technology to provide immersive sound quality (Fig. 4).

Another interior highlight is a 7-inch full-color center display for controlling the audio system, car navigation system, and applications downloaded via a cell phone or Apple CarPlay as well as for using Siri voice control.

### 3.3 Dynamic performance

The new Micra is equipped with Intelligent Ride Control for enhanced ride comfort and Intelligent Trace Control (cornering stability assist) to support crisp handling by reducing understeer (Figs. 5 and 6). The



走行ライン (制御なし)  
Driving trajectory without Active Trace Control  
走行ライン (制御あり)  
Driving trajectory with Active Trace Control

図-6 インテリジェントトレースコントロールのイメージ図  
Fig. 6 Concept of Intelligent Trace Control

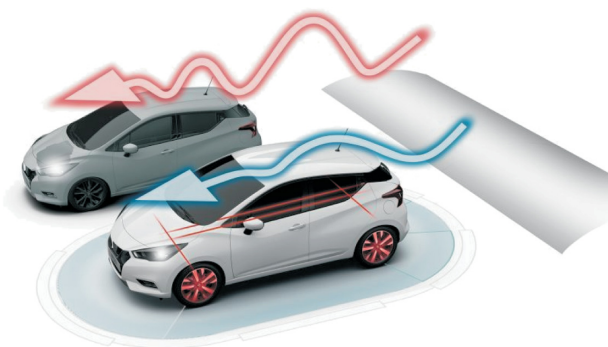


図-5 インテリジェントライドコントロールのイメージ図  
Fig. 5 Concept of Intelligent Ride Control



図-7 ニッサンインテリジェントドライビングのイメージ図  
Fig. 7 Concept of Nissan Intelligent Driving

トレースコントロール（コーナリングスタビリティアシスト）」を搭載した（図5、図6）。前者はエンジンとブレーキを制御することで上屋の不快感を抑制し、快適な乗り心地を提供することを目的とした技術であり、後者は4本のタイヤそれぞれに自動ブレーキを効かせることで、カーブの途中で加速したときに外側に膨らむのを抑える技術である。両システムは、欧州の「キャッシュカイ」と「エクストレイル」にも採用されており、運転の楽しさと安心を両立する革新的な技術である。

また、ルーフスポイラとサイドスポイラを一体化することで、これまでにない高い空力性能を実現し、ハッチバック車ではトップレベルのCd値 0.29を達成している。

エンジンの効率も大幅に向上させている。新型マイクラは、どちらも90PS（66kW）を有する3気筒 0.9Lターボガソリンエンジンと4気筒 1.5Lディーゼルエンジン、および71PS（52kW）の3気筒 1.0L自然吸気ガソリンエンジンをラインナップに揃えた。改善された空力性能と高効率のエンジンラインアップは、「ニッサンインテリジェントパワー」の実現に向けた、更なる前進を意味している。

### 3.4 安全装備

新型マイクラは、欧州における日産のBセグメントモデルとして充実した安全装備を全グレードで備え、「ニッサンインテリジェントドライビング」を体現するモデルである（図7）。欧州のBセグメントで初採用となる「車線逸脱防止支援システム」や日産ブランド車としては欧州初となる「歩行者認識機能付インテリジェントエマージェンシーブレーキ」を搭載した。また、上級セグメントに搭載されている「インテリジェントアラウンドビューモニター」、「標識検知機能」、「ハイビームアシスト」、「ブラインドスポットワーニング（後側方車両検知警報）」などの技術も採用した。これらの先進安全装備は、自動運転の要素技術でもあり、「ニッサンインテリジェントモビリティ」にとって必要不可欠な技術である。

## 4. おわりに

新型マイクラは、印象的なデザインと革新的な技術を採用し、安心感のある軽快なドライビングパフォーマンスを提供することで、従来のBセグメントのお客さまの期待を大きく上回るものに仕上がっている。

最後に、この新型マイクラの開発、デザイン、生産、マーケティング、販売、そして商品企画に携わって頂いたすべての皆様の努力により、完成度の高い商品に仕上げることができたことを心より深く感謝いたします。

former control technology is intended to ensure a comfortable ride by suppressing unpleasant body motions through suitable control of the engine and brakes. The latter technology applies automatic braking to the four tires independently to suppress outward sway of the vehicle body due to acceleration while cornering. Both control systems represent innovative Nissan technologies that are also provided on the Qashqai and X-Trail in Europe to give owners driving pleasure combined with peace of mind.

The new Micra achieves an unprecedentedly high level of aerodynamic performance due to the integration of the rear roof and side spoilers. It achieves a Cd of 0.29, one of the best figures for a hatchback.

The efficiency of the engines offered on the new Micra has also been substantially improved. The engine lineup contains a 0.9L turbocharged 3-cylinder gasoline engine and a 1.5L 4-cylinder diesel engine, both of which produce 90 PS (66 kW), as well as a 1.0L naturally aspirated 3-cylinder gasoline engine generating 71 PS (52 kW). The enhanced aerodynamic performance and improved efficiency of the engine lineup represent further advancements toward making Nissan Intelligent Power a reality.

### 3.4 Safety equipment

All grades of the new Micra are equipped with improved and expanded safety equipment for a Nissan B-segment model in Europe. As such, the new Micra is a model that embodies Nissan Intelligent Driving (Fig. 7). The car is the first B-segment model in Europe to adopt Intelligent Lane Intervention and is the first Nissan brand model in Europe to be equipped with Intelligent Emergency Braking that includes pedestrian detection capability. In addition, it also adopts Nissan's Intelligent Around View Monitor, Traffic Sign Recognition, High Beam Assist, and Blind Spot Warning (detection and warning of following vehicles in adjacent lanes), among other advanced technologies that are typically featured on upscale models. These advanced safety features are also key technologies for autonomous driving and are necessary and indispensable elements of Nissan Intelligent Mobility.

## 4. Conclusion

Featuring an impressive design and innovative technologies, the new Micra provides nimble driving performance with complete peace of mind. It has been engineered to vastly exceed the expectations of traditional B-segment customers.

Finally, the authors would like to profoundly thank everyone involved in the product planning, styling, design, development, production, marketing and sales of the new Micra. Thanks to everyone's concerted efforts, the new Micra is a car that has been finished to a high degree of product perfection.

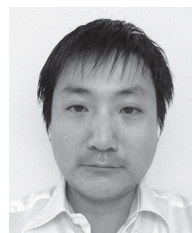
■ 著者 / Author(s) ■



青木 佐知子  
Sachiko Aoki



遠藤 慶至  
Keiji Endo



小山 淳史  
Atsushi Koyama





## 2. 商品コンセプト

「お客様にとってのオリジナルゴールドメダル」というコンセプトをベースに、「力強い存在感、ワンクラス上を感じさせる先進的で魅力的なスタイリング」、「くつろぎの空間と行動力を広げるラゲッジ」、「先進技術に守られた安全性」、「快適な乗り心地」を追求したモデルである。

都会のストレスフルな交通状況のなかでも安全に、かつ様々な場面で若い夫婦やカップルが楽しめることを目的に開発した。

## 3. アピールポイント

### 3.1 デザイン

新型キックスのベースとなるアーバンコンパクトスポーツカー「EXTREM」(図2)を2012年に発表した。これは日産が初めてブラジル向けにデザインし、ブラジルで製作したコンセプトモデルである。EXTREMは純粋なコンセプトモデルであったが、それに対する反響を織り込んだモデルを2年後の2014年に「Kicks Concept」(図3)としてサンパウロモーターショーで世界初公開した。これはコンセプトモデルをベースに、将来市場へ投入する可能性を想定したモデルへと昇華させた新たな試みである。

これらコンセプトモデルの評価を基にグローバルに存在するデザインセンタでコンペを実施し、最終デザインを決定した。

エクステリアデザインは力強い存在感をフロントのV-motionグリルで際立たせ、サイドへ流れるようなヘッドランプとブーメランシェイプのシグネチャが次世代の日産ブランドデザインを表現している。リヤにおいても同様にブーメラン形状のランプを採用し、またサイドはAピラーからDピラーまでをブラックアウトしまるでルーフが浮いているかのようなフローティングルーフデザインを採用し、次世代の日産ブランドデザインを表現している。

powerful presence and an impression of a vehicle one class higher; a relaxing interior and ample luggage space for expanding the owner's realm of activity; safety supported by advanced technologies; and a pleasing, comfortable ride.

It has been designed and engineered to enable young married couples and young people to enjoy themselves fully and safely in a wide variety of situations even when traveling in stressful urban traffic environments.

## 3. Appealing Features

### 3.1 Design

The design of the new Kicks is based on the EXTREM concept, a compact urban sports car that was announced in 2012 (Fig. 2). The EXTREM was the first concept model that Nissan designed specifically for Brazil and was built in that country. While the EXTREM was purely a concept model, the response it drew was incorporated in the Kicks Concept (Fig. 3) that was unveiled for the first time worldwide two years later in 2014 at the Sao Paulo International Motor Show. That represented a further attempt to transform the concept into a vehicle envisioned for possible future market introduction, based on the concept model.

A design competition was then held among Nissan's global design centers, based on the evaluations of the concept models, and the final design was thus determined.

The exterior design projects a powerful presence, accentuated by the front V-motion grille, and expresses the next-generation Nissan brand design typified by the boomerang-shaped signature headlamps that flow around toward the sides. Similarly, boomerang-shaped lamps are also adopted at the rear. The side view features Nissan's floating roof design created by blackening out the pillars from the A-pillar to the D-pillar to give the impression that the roof seems to be floating. This feature also expresses the next-generation Nissan brand design.

The new Nissan Kicks comes with a distinctive two-tone color roof that clearly sets it apart from other vehicles and conveys an impression of a vehicle one class higher.



図-2 EXTREM  
Fig. 2 EXTREM concept



図-3 Kicks Concept  
Fig. 3 Kicks Concept

新型キックスは特徴的な2トーンカラールーフも設定しており、他車とは異なる、ワンクラス上の存在であることを表している。

インテリアデザインにおいても、日産ブランド共通の新しいデザイン表現を取り入れている。新しい日産ブランドの共通ステアリングを採用し、またセンターコンソールから左右方向への広がりを持たせる日産共通デザインも、開放感の演出に寄与している。内装にはインパクトの強いオレンジのカラーを採用し（図4）、ニューカテゴリーのモデルとして存在感を放っている。

### 3.2 室内空間

新型キックスは各国のお客様の実際の使用シーンを調査し、日常やレジャーで最大限に活用できるように機能面でも妥協することなく開発した。室内空間は1列目のヘッドルームとレッグルームで、クラストップレベルの広さを実現している。荷室においてもクラストップレベルの容積を有しており（図5、図6）、ゴルフバックを2セット、スーツケースなどが積載可能となっている。



図-4 オレンジ内装  
Fig. 4 Orange leather interior trim



図-5 クラストップレベルの荷室容積  
Fig. 5 Class-leading luggage capacity

The interior design also incorporates new design elements shared by Nissan brand cars. It adopts the new steering wheel common to the Nissan brand and the shared dashboard design that extends to both sides from the center console, helping to create an open, airy feeling. A distinctive orange color with a strong impact has been adopted for the interior trim (Fig. 4), imparting the presence of a model in an all-new category.

### 3.2 Interior

The new Kicks has also been developed without compromising any of its functional features so that it can be used to the fullest extent in everyday life and for leisure purposes. This was based on surveys conducted in various countries concerning how customers use their vehicles in actual driving situations. The front seats provide the largest headroom and legroom of vehicles in this class, and the luggage area also boasts class-leading luggage capacity (Figs. 5 and 6). There is ample space to hold two golf bags or suitcases and other items.

### 3.3 Advanced equipment

Nissan is proceeding with the development of cutting-edge electrification technologies and intelligent technologies for the purpose of attaining the company's goal of totally eliminating fatal traffic accidents involving Nissan vehicles.

The new Kicks also serves to bring Nissan Intelligent Mobility closer to a definite reality by featuring Nissan's Around View Monitor with moving object detection, adopted for the first time in this segment ahead of other competing models. The Kicks provides customers with full peace of mind through the Nissan Safety Shield technologies (Fig. 7).

### 3.4 Pleasing ride comfort

One of the distinctive features of the new Kicks is its outstanding ride comfort. This is made possible via Chassis Control technology, a generic term for three technologies: Intelligent Ride Control, Intelligent Trace Control and Intelligent Engine Brake.



図-6 後席フォールダウン時の荷室  
Fig. 6 Luggage space with rear seat folded down

### 3.3 先進装備

日産自動車の目標である「交通死亡事故ゼロ」の実現に向け、最先端の「電動化技術」、「知能化技術」の開発を進めている。

新型キックスもニッサンインテリジェントモビリティの実現を確かなものにするべく、競合車に先駆けこのセグメントでは最も早くアラウンドモニタ（移動物検知付）を導入し、お客様への安心をセーフティ・シールド技術を介して提供している（図7）。

### 3.4 快適な乗り心地

新型キックスの特徴はその乗り心地のよさにある。インテリジェントライドコントロール、インテリジェントトレースコントロール、インテリジェントエンジnbr레이크という三つの技術を総称し、シャシーコントロールというテクノロジーを採用した。

インテリジェントライドコントロールではエンジントルク（駆動力）とブレーキを制御することで車両の揺れを抑制し、凹凸（でこぼこ）道などでの乗り心地と安心感の向上を実現した（図8）。

インテリジェントトレースコントロールはワインディング路や高速道路の出入口といったコーナーで、走行状況に応じて4輪それぞれのブレーキを制御することで、車両の動きをなめらかにし、また応答性を高めることにより、安心感の高いコーナリングを実現する。コーナーの出口では走行ラインのトレース性をサポートすることで、車両が外側に膨らまずに走行が可能となる（図9）。

インテリジェントエンジnbr레이크は、コーナやブレーキ時に、自動でエンジnbr레이크を付加することで、ドライバーのフットブレーキ操作負荷を軽減することにより、イージードライブをサポートする（図10）。

これらシャシーコントロール技術を採用することで、大幅に向上した乗り心地と安心感をお客様に提供することを可能にした。



図-7 安心を提供するセーフティ・シールドのイメージ図  
Fig. 7 Concept of Nissan Safety Shield

Intelligent Ride Control suppresses pitching motion by suitably controlling the engine torque (driving force) and braking force. This works to improve ride comfort and ensure peace of mind on uneven road surfaces (Fig. 8).

Intelligent Trace Control serves to control the braking force at all four wheels independently according to the driving conditions when cornering, such as on winding roads and on expressway entrance and exit ramps. This smooths vehicle motions and enhances responsiveness to provide cornering performance with complete peace of mind. It supports the vehicle's ability to trace the driving trajectory at the exit of corners, enabling the vehicle to travel without swaying to the outside (Fig. 9).

Intelligent Engine Brake automatically applies additional engine braking when cornering or braking, which supports driving ease by reducing the driver's workload of operating the foot brake (Fig. 10).

The adoption of these Chassis Control technologies makes it possible to provide customers with greatly enhanced ride comfort and peace of mind.



図-8 インテリジェントライドコントロールのイメージ図  
Fig. 8 Concept of Intelligent Ride Control

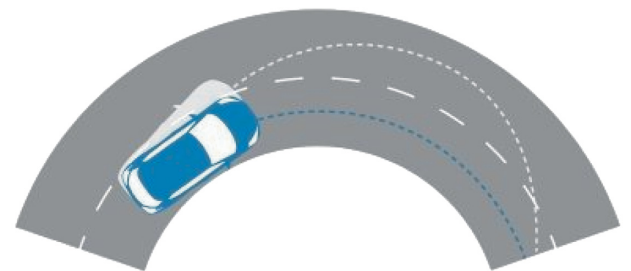


図-9 インテリジェントトレースコントロールのイメージ図  
Fig. 9 Concept of Intelligent Trace Control

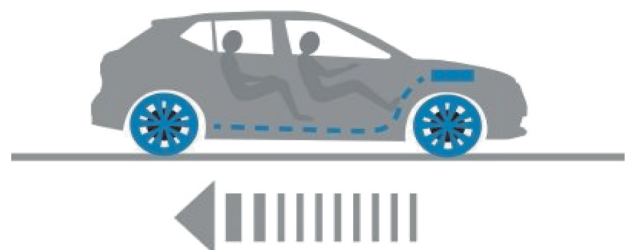


図-10 インテリジェントエンジnbr레이크のイメージ図  
Fig. 10 Concept of Intelligent Engine Brake

#### 4. おわりに

本稿では新型キックスの概要として企画の訴求ポイントを中心に紹介した。グローバルモデルとして80か国以上に投入を計画しているが、既に販売が開始されているブラジルやメキシコを始めとするラテンアメリカでは数々の賞を受賞し、またジャーナリストの皆様からもベストカーとの賞賛を頂いている。お客様からの意見も非常に好意的で、販売も好調である。

最後に新型キックスの開発、デザイン、生産、マーケティング、販売に携わっていただいた全ての皆様に、魅力的なニューモデルを市場に届けることができたことを深く御礼申し上げます。

#### 4. Conclusion

This article has presented an overview of the new Kicks, focusing primarily on the features emphasized in planning the vehicle. It is planned to introduce this global model in over 80 countries worldwide. In Latin American markets beginning with Brazil and Mexico where sales have already been launched, the new Kicks has won numerous awards as well as receiving several best vehicle honors from automotive journalists. It has also been received very favorably by customers and sales are proceeding briskly.

Finally, the authors would like to profoundly thank everyone involved in the design, development, production, marketing and sales of the new Kicks for making it possible to put this attractive new model on the market.

#### ■著者 / Author(s) ■



青木 佐知子  
Sachiko Aoki



和泉 匡樹  
Masaki Izumi



野村 亮介  
Ryosuke Nomura



大沢 毅  
Tsuyoshi Osawa



川 榮 聡 史  
Satoshi Kawae

# 特許紹介

## Introduction of Patents

当社の登録特許のうち、重要課題をブレイクスルーすることにより会社への大きな貢献をもたらした特許、その中でも特に品質向上に関連した特許計4件を紹介する。

The four patents described here relate to inventions that have been adopted especially for quality improvement. Among the patents registered to Nissan in recent years, these four patents have contributed significantly to the company by achieving breakthroughs in important issues.

※発明者の所属は2017年9月現在  
Inventors' affiliations are as of September 2017

### 1. サスペンション装置 (図1)

出願：2007年3月29日 特願2007-87745号

登録：2011年12月22日 特許第4888189号

名称：サスペンション装置

|                |       |
|----------------|-------|
| 発明者：退職         | 川辺 喜裕 |
| シャシー開発部        | 西田 雅彦 |
| シャシー開発部        | 渡辺 勲  |
| Nissan 第二製品開発部 | 相良 憲司 |

#### 1.1 発明の狙い

サスペンションは、乗り心地と操安性の両立が求められる。乗り心地を向上させるためにサスペンションリンクとサスペンションメンバとを接続するブッシュの剛性を低くすると、タイヤが車幅方向へも変位しやすくなってしまうため操安性が低下する。一方、操安性を向上させるためにブッシュの剛性を高くすると、タイヤが前後方向へ変位しにくくなってしまうため、段差乗越え時にタイヤへの入力を十分吸収できなくなり乗り心地が低下する。

本発明は乗り心地に必要なタイヤ前後方向の剛性低下を図り、かつ操安性に必要なタイヤ左右方向剛性を向上させることで、乗り心地と操安性とを両立することができる。

#### 1.2 発明の構成

本発明のサスペンション装置は、アクスルとサスペンションメンバとを連結する前側ロアリンクと後側ロアリンクとが車両前後方向に並んで配置され、この2本のロアリンクが車幅方向に離間した複数箇所までコネクティブブッシュを介して互いに連結されることによって、タイヤの前後方向変位を一定範囲で許容しつつ、タイヤの車幅方向変位を規制することができる。

#### 1.3 活用実績

アルティマ、ティアナ、マキシマに採用されている。

### 1. Suspension device (Fig. 1)

Patent application date: March 29, 2007

Japanese patent application No.: 2007-87745

Registration date: December 22, 2011

Japanese patent No. 4888189

Title: Suspension device

Inventors:

Yoshihiro Kawabe, Retired employee  
Masahiko Nishida, Chassis Engineering Department  
Isao Watanabe, Chassis Engineering Department  
Kenji Sagara, Nissan Product Development Department

No. 2

#### 1.1 Aim of invention

An automotive suspension must provide ride quality combined with handling and stability. If the stiffness of the bushings connecting the suspension links and suspension members is reduced to improve ride quality, it will cause handling and stability to deteriorate because the tires will also tend to deflect in the vehicle width direction. On the other hand, if the bushings are made stiffer for improving handling and stability, the tires will not tend to deflect in the vehicle longitudinal direction, causing ride comfort to deteriorate because the suspension will not be able to sufficiently absorb the force input to the tires when traveling over a bump.

The present invention allows bushing stiffness to be reduced in the tire longitudinal direction, which is necessary for better ride comfort, and also increases bushing stiffness in the tire lateral direction, which is needed for good handling and stability. As a result, it provides both ride comfort and handling and stability.

#### 1.2 Composition of invention

This invented suspension device is a connective bushing that connects two lower links (front and rear links positioned in the vehicle longitudinal direction and connecting the axle and suspension member) at multiple points spaced apart in the vehicle width direction. This makes it possible to restrict tire deflection in the vehicle







## 2.2 発明の構成

本発明のクロムめっき部品は、素地上に形成した腐食分散めっき層と、この腐食分散めっき層の上に塩基性硫酸クロムを金属供給源として形成した鉄を含む3価クロムめっき層（膜厚0.05～2.5  $\mu\text{m}$ ）、及びこの3価クロムめっき層の上に陰極酸性電解クロメート処理により形成したクロム化合物の皮膜（膜厚が7nm以上）からなる。

そして、腐食分散めっき層はマイクロクラックニッケルめっき、またはマイクロポーラスめっき浴中での処理により形成する。

## 2.3 活用実績

GT-R、エルグランド、エクストレイル、ジューク、キャラバン、ノートなどに採用されている。

## 2.4 発明者の想い

2004年頃よりロシア市場にて、外装クロムめっき部品に斑点状の特異的な錆が生じる現象が見られた。各種調査の結果、冬季に散布される塩化カルシウム主成分の融雪剤が泥と混じって車体表面に強く付着し、錆負荷が維持されることが原因だと分かりました。

上記錆への対策仕様となった本発明は、①塩化カルシウム泥付着による特異的な錆への耐食性、②通常の錆への耐食性、③通常のクロムめっきと同様な銀白色の意匠、を両立しためっき仕様です。家電などの他業界調査や合金特性の調査など、既存の枠にとらわれない視点で、当時は相反すると言われていた上記三つの要求性能を同時に満たすめっきを開発することができました。

本発明により、日産は他の自動車メーカーに先行し、ロシア市場での特異的な腐食に解を提示できました。同国の自動車雑誌でも取り上げられ、販売増に貢献できたと考えております。現地のスタッフから英訳記事が送られてきた際は、大変嬉しかったことを覚えています。

なお、本発明技術はめっき液成分の調整により、黒色のメタリック色調を得ることも可能であるため、多くのモデルの特別仕様車にて昨今、採用が拡大しています。

1990年頃まで、自動車防錆は魅力品質の一つでありましたが、近年は「当たり前品質」と理解されています。しかし開発者自らが市場に赴いて変化を察知し、その変化に耐え得る仕様の開発を行い、更には防錆以外への応用可能性を真摯に考えた結果、本技術は当たり前品質のみならず魅力品質へも貢献する発明につながる事が出来たと考えております。

末筆ながら、本開発にご協力を頂いた皆様、また発明にこぎ着けるにあたり、多くの試験品の試作のご協力を頂いた共願先のAtotek Deutschland社にこの場を借りて御礼申し上げます。

process on the trivalent chrome plated layer.

The corrosion dispersion plated layer is formed in a process carried out in a microcracked nickel plating or microporous plating solution.

## 2.3 Status of use

This invention has been adopted for the GT-R, Elgrand, X-Trail, Juke, Caravan and Note, among other models.

## 2.4 Thoughts of an inventor

From around 2004, specific rust spots were observed on chrome-plated exterior trim parts on vehicles in the Russian market. As a result of conducting various surveys, the cause was found to be related to the snow-melting agent, containing calcium chloride as one of its main components, which was spread on the roads in Russia in the winter. The agent mixed with mud and adhered strongly to the vehicle body surface, thereby maintaining the corrosion load over a long time.

The present invention was developed as a specification countermeasure against that rust issue. This plating specification provides (1) corrosion resistance against the specific rust caused by calcium chloride-containing mud adhering to the vehicle and (2) corrosion resistance against ordinary rust, combined with (3) beautiful silver design identical to that of ordinary chrome-plating. After surveying other industries such as the home appliances sector and the characteristics of alloy properties, we succeeded in developing this plating technology from a perspective that was not limited to the existing framework. It simultaneously satisfies all three of the aforementioned performance requirements, which at that time were said to be contradictory.

With this invention, Nissan presented a solution to the specific rust issue in the Russian market ahead of other vehicle manufacturers. It was even given coverage in an automotive magazine in that country and probably contributed to expanding sales of Nissan vehicles. I remember being very pleased when I received the article about it in English sent by the local staff in Russia.

It will be noted that a black metallic color tone can also be obtained with this invented technology by adjusting the plating solution components, so its application is being expanded as a special specification version of many vehicle models.

Until around 1990, vehicle rust prevention was regarded as one element of attractive quality, but in recent years it has been understood as being expected quality. However, engineers themselves go into the field to detect changes and then develop specifications capable of accommodating those changes. After seriously considering the application possibilities of this invention for purposes other than rust prevention, it is felt that it can also contribute to attractive quality in addition to being expected quality.

Finally, I would like to take this opportunity to express my appreciation to everyone who cooperated with the

### 3. 回転霧化式静電塗装装置のベルカップ (図4-6)

出願：2013年9月20日 特願2014-539665号

登録：2015年10月30日 特許第5830612号

名称：回転霧化式静電塗装装置のベルカップ

発明者：塗装樹脂技術部 三友 裕之  
 生産技術研究開発センター 倉田 達樹  
 塗装樹脂技術部 太田 資良  
 コネクティドカー&サービス開発部 酒井 翔  
 社外 朝倉 浩一  
 志澤 一之  
 菅原 英夫

#### 3.1 発明の狙い

ベルカップを用いる塗装装置は、吹き付ける塗料の平均粒径が小さいほど鮮映性や色味性能は高いが、粒径分布の標準偏差が大きく品質が安定しにくいという問題を抱えていた。

本発明は塗料の粒径分布の標準偏差を小さくすることができるベルカップを提供し、塗装品質を安定させる。

#### 3.2 発明の構成

ベルカップは高速回転するカップ内面に供給された塗料を、遠心力でカップ内面に押し付けながら、カップの奥から外方に向けて送り出し霧化させるものである。

本発明は、遠心力の小さい小径部の回転軸中心線に対するカップ内面の傾斜角を最適化することによって、遠心力により塗料がカップ内面へ垂直に押し付けられる力を均一に保たせている。また遠心力の大きい外周部付近では傾斜角を大きくすることによって、液膜の厚さが不均一になる現象を防いでいる。

このため一定の厚みを維持した状態で塗料を送り出すことができ、また霧化する塗料の粒径分布の標準偏差を小さくすることができるため、塗装品質が安定する。

#### 3.3 活用実績

塗装設備の標準技術として、日本、米国、中国、メキシコ、インド、インドネシア、タイの塗装ラインの中塗り塗装機、上塗り塗装機に導入されている。

#### 3.4 発明者の想い

自動車塗装にはどんなイメージをもたれるでしょうか。板金屋さんのようなエアスプレー塗装もありますが、生産ラインでは主にベル塗装機という機械で塗装します。ベルカップというお椀形の部品を数万回転/分という高速で回転させ、その遠心力で塗料を微粒子化して、電気力でボディに付着させます。この際、塗料粒子が小さくそろっているほど塗膜の肌が平滑で、美しく仕上がります。

development of this technology and especially to Atotech Deutschland, the joint patent applicant, for their cooperation in producing many test pieces that were helpful in attaining this invention.

### 3. Bell cup of rotary atomizing electrostatic painting system (Figs. 4-6)

Patent application date: September 20, 2013

Japanese patent application No.: 2014-539665

Registration date: October 30, 2015

Japanese patent No.: 5830612

Title: Bell cup of rotary atomizing electrostatic painting system

Inventors:

Hiroyuki Mitomo, Paint and Plastic Engineering Department

Tatsuki Kurata, Production Engineering Research and Development Center

Shirou Oota, Paint and Plastic Engineering Department

Sho Sakai, Connected Car and Services Engineering Department

Kouichi Asakura, External

Kazuyuki Shizawa, External

Hideo Sugawara, External

#### 3.1 Aim of invention

Painting systems using a bell cup provide higher clarity and better color performance as the mean particle diameter of the sprayed paint becomes smaller. However, they have had the problem that it is difficult to obtain stable quality owing to the large standard deviation of the particle diameter distribution.

The present invention stabilizes paint quality by providing a bell cup capable of reducing the standard deviation of the particle diameter distribution of the sprayed paint.

#### 3.2 Composition of invention

Paint is supplied to the inner surface of the bell cup that is rotating at high speed. While being pressed against the inner surface of the cup, paint is transferred by centrifugal force from the rear to the outer edge of the cup where it is atomized into droplets.

The present invention optimizes the angle of inclination of the cup inner surface relative to the center line of the axis of rotation of the small diameter portion where centrifugal force is small. As a result, it maintains uniform centrifugal force that presses the paint perpendicularly against the cup inner surface. In addition, the angle of inclination is made larger near the outer circumference of the cup where centrifugal force is large, thereby preventing the thickness of the liquid film from becoming non-uniform.

That makes it possible to eject the paint in a state where a certain thickness is maintained. Moreover, it reduces the standard deviation of the particle diameter

この特許は微粒子化する性能を向上させるために、ベルカップの新構造を探る開発の結果です。作業にあたっては、慶應義塾大学の研究室と共同開発の形を取りました。日産側の試作・実験作業と並行して、大学側では基礎検討における理論検証とメカニズム解明を進めました。

塗料粒子の大きさのばらつきを少なくし、平均値を小さくするという目標はなかなか難しい課題で迷走しましたが、あるひらめきが突破口となりました。それはベルカッ

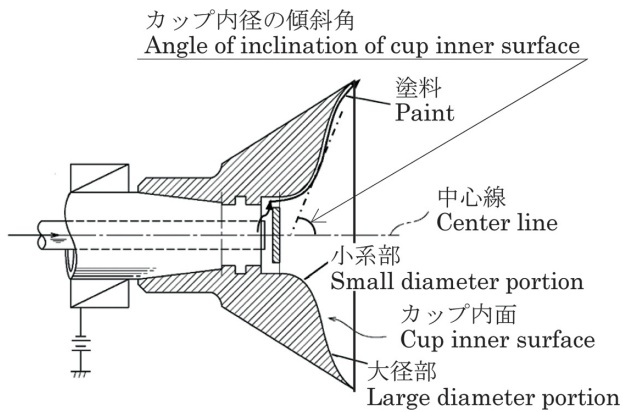


図-4 ベルカップ  
Fig. 4 Bell cup

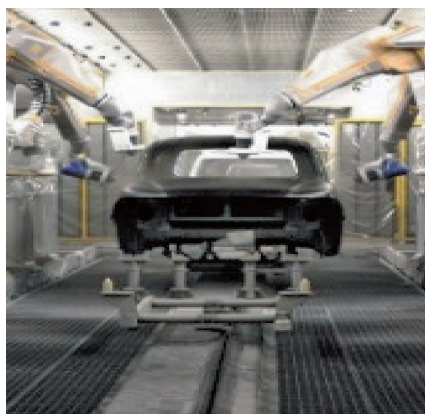


図-5 自動車塗装の様子  
Fig. 5 Scene of the vehicle painting process

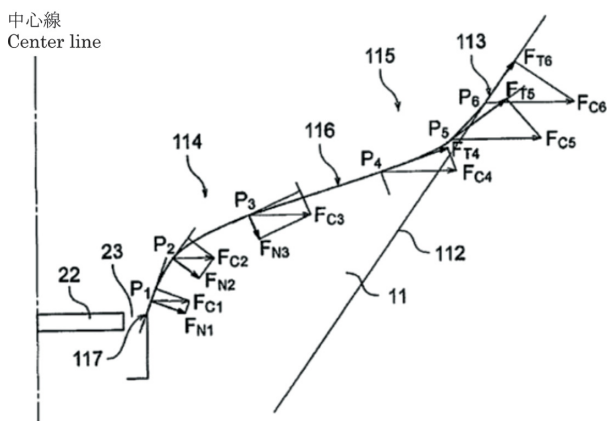


図-6 遠心力と法線成分  
Fig. 6 Centrifugal force and normal component

distribution of the atomized paint, which achieves stable paint quality.

### 3.3 Status of use

This painting system has been installed as the standard technology of the intermediate and top coat painting machines on Nissan paint lines in Japan, America, China, Mexico, India, Indonesia and Thailand.

### 3.4 Thoughts of an inventor

I wonder what impression readers have of the vehicle painting process. While there is some air spray painting like that done at body repair shops, most of the painting on vehicle production lines is done by bell coating equipment. A bowl-shaped bell cup is rotated at a high speed of several 10,000 rpm and the resultant centrifugal force atomizes the paint into droplets that adhere to the vehicle body under electrostatic force. The more uniform the tiny paint particles are in that process, the smoother and more beautiful the paint film becomes.

The present patent is the result of a development project in which we sought a new structure for the bell cup in order to improve atomization performance. The work was carried out in a joint development project with a laboratory at Keio University. In parallel with the prototyping and experimental work done at Nissan, the university laboratory conducted fundamental studies to validate the theory and elucidate the mechanism involved.

Our goal of reducing the variation in the paint particle size and obtaining a smaller mean value presented an arduous task that sometimes made us wander off course, but one flash of inspiration proved to be a breakthrough. That was the concept of making the normal component of the centrifugal force velocity vector constant when drawing the shape of the bell cup surface. That would mean the force acting on the paint film spread over the bell cup surface would always be constant, making it possible to form a homogeneous film. If the thickness of the paint film was homogeneous, the size of the atomized particles produced by the dispersion of the film would also be homogeneous. In applying this concept to an actual bell cup, the shape at the end of the cup was modified based on simulation results and then verified experimentally. That process was persistently repeated until we found the ideal shape.

As a result, we created the bell cup required by Nissan's standard painting system, and it has been deployed globally in paint shops at Nissan plants in many countries. We intend to work together with others in the paint industry in order to provide customers with even higher quality paint in the future.

Finally, I would like to take this opportunity to thank everyone involved, especially the people at Keio University, for their invaluable cooperation with the development of this invention.

プ表面の形状を描く際、遠心力の速度ベクトルの法線成分を一定にするという考え方でした。これはベルカップ表面に広がる塗料の膜に作用する力が常に一定になり、均一な膜の生成を可能にするということです。塗料の膜の厚さが均一であれば、そこから分散して生成する微粒子の大きさも均一になります。実機への適用にあたり、シミュレーションで端部の形状を修正し、実験で検証することをして繰り返し返しながら理想的な形状を求めていきました。

結果として日産の標準機として認められたベルカップが出来上がり、各国の塗装工場へグローバル展開されました。今後もより高品質な塗装をお客様に提供できるよう、塗装業界をあげて取り組んでいきたいと思えます。

最後に、本発明に多大なご協力をいただきました慶應義塾大学を始めとする関係者の皆様に、この場を借りて御礼を申し上げます。

4. 電動車両用動力伝達装置 (図7、図8)

出願：2014年5月21日 特願2014-105526号  
(特願2010-121145からの分割出願)

登録：2016年6月3日 特許第5943033号

名称：電動車両用動力伝達装置

発明者：パワートレインプロジェクト部 岡田 智宏  
電子アーキテクチャ開発部 及川 直昭  
パワートレイン技術開発試作部 猿渡 隆弘  
パワートレインプロジェクト部 池田 達彦  
EV・HEVコンポーネント開発部 中山 謙  
エンジン&トランスミッション技術開発部 添田 和彦  
パワートレインパートナーシップ&アライアンスコーディネーションオフィス 稲田 明紀

4.1 発明の狙い

車両駆動用のモータを駆動するインバータから発生する高周波ノイズが動力伝達経路を介してドライブシャフトなどに伝わり、そのドライブシャフトなどがアンテナと

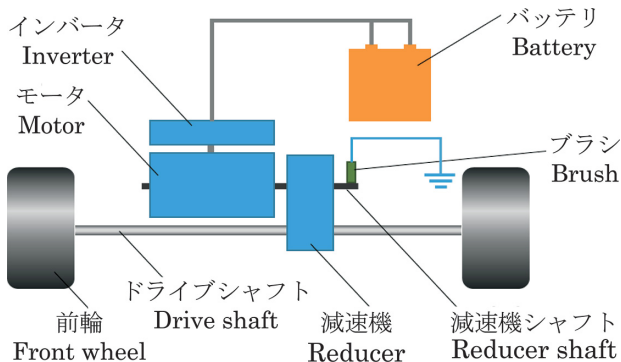


図-7 電動車の駆動伝達経路  
Fig. 7 Power transmission path of an electrified vehicle

4. Power transmission device for electrified vehicles (Figs. 7 & 8)

Patent application date: May 21, 2014

Japanese patent application No.: 2014-105526  
(divisional application from patent application No. 2010-121145)

Registration date: June 3, 2016

Japanese patent No.: 5943033

Title: Power transmission device for electrified vehicles

Inventors:

Tomohiro Okada, Powertrain Project Department  
Naoaki Oikawa, System Integration and EE Architecture Engineering Department  
Takahiro Saruwatari, Powertrain Technology and Prototype Development Department  
Tatsuhiko Ikeda, Powertrain Project Department  
Ken Nakayama, EV and HEV Component Engineering Department  
Kazuhiko Soeda, Engine and Transmission Engineering Department  
Akinori Inada, Powertrain Partnership and Alliance Coordination Office

4.1 Aim of invention

High-frequency noise emitted from the inverter that drives the motor for propelling an electrified vehicle is transferred via the power transmission path to the drive shaft and other parts. The drive shaft and other parts act as an antenna for radiating high-frequency noise to the outside, which adversely impacts radio reception, among other things. The present invention prevents that adverse impact by reducing the high-frequency noise transmitted to the drive shaft.

4.2 Composition of invention

The invention provides a ground function in the power transmission path from the motor shaft to the drive wheels for enabling noise to dissipate to the vehicle body.

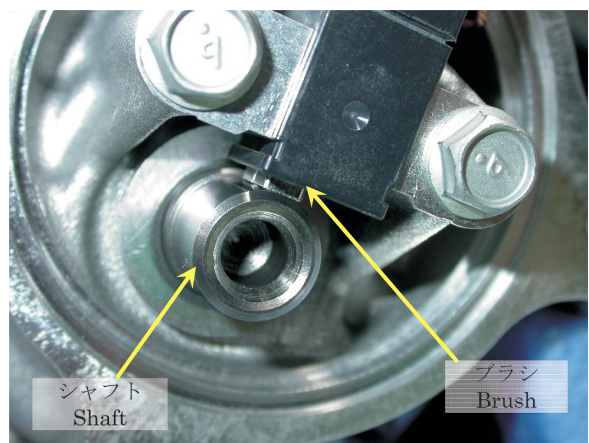


図-8 ブラシ設置図  
Fig. 8 Photograph of installed brush

なって高周波ノイズが外部に放出され、ラジオ受信などに悪影響を及ぼす。この悪影響を防止するため、ドライブシャフトなどに伝わる高周波ノイズを低減する。

#### 4.2 発明の構成

モータシャフトから駆動輪に至る動力伝達経路上に、ノイズを車体へ逃がすアースを設ける。このアースの電気的接続位置よりも上流側の電気抵抗を大きくすることが、動力伝達経路の上流から下流に向かうノイズ伝播を効果的に減少できるため、動力伝達経路上のスプラインはめ合部やギヤかみ合部といった動力伝達結合部が、アースの電気的接続位置よりも上流側に位置する電気抵抗体として機能するようにした。

#### 4.3 活用実績

日産リーフ、ノートe-POWERに採用されている。

#### 4.4 発明者の想い

電気自動車を世に送り出すにあたり、インバータからのスイッチング動作によって発生する高周波ノイズの低減は重要な課題でした。このノイズは強電系全体としてどう低減するかを考える必要があり、シミュレーションによる検討を進めてきた結果、動力伝達経路上にブラシを用いてノイズを車体へ逃がす方法を採用することとしました。

開発当初はモータに近い位置にブラシを設置しましたが、思うような効果が得られませんでした。シミュレーションや実機評価を重ねることで、スプラインはめ合部やギヤかみ合部といった動力伝達結合部下流にブラシを設置することがノイズ低減に効果があることがわかり、本発明に至りました。最終的にはブラシを減速機シャフトに設置することを決めました。

現在、日産リーフやノートe-POWERなどに幅広く採用されおり、とてもうれしく思います。

製品化にあたって、ブラシ設計や繰り返し行った評価など、多くの方々に協力いただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

Increasing the electrical resistance upstream from the point where the ground is connected is effective in reducing the transmission of noise from upstream to downstream in the power transmission path. Therefore, joints in the power transmission path such as splined parts and gear meshing parts serve in this invention as electrical resistors positioned upstream of the electrical connection point of the ground.

#### 4.3 Status of use

This invention has been adopted on the Nissan LEAF and for the Note e-POWER.

#### 4.4 Thoughts of an inventor

In order to put electric vehicles on the market, a crucial issue was to reduce the high-frequency noise originating in the switching operation of the inverter. It was necessary to consider how this noise should be reduced in terms of the overall high-voltage electric system. As a result of running simulations to examine this issue, it was decided to use a brush in the power transmission path as a method of dissipating the noise to the vehicle body.

In the early stage of development, the brush was positioned close to the motor, but the desired effect was not obtained. Through repeated simulations and test evaluations it was found that the brush was effective in reducing noise when it was positioned downstream of joints in the power transmission path such as splined parts and gear meshing parts. That insight led to the development of this invention. In the end, it was decided to install the brush on the reducer shaft.

I feel very happy that this invention is now being widely used on the Nissan LEAF, Note e-POWER and in other applications.

Many people cooperated with the commercialization of this invention, including with the brush design and the repeated evaluation tests. I would like to take this opportunity to thank them for their cooperation.

## 編 集 後 記

今号では、製品開発において組織的・体系的に実行している品質改善活動の紹介をいたしました。特に、新技術の導入、製品の高機能化、開発及び生産のグローバル化などの急速な変化の中で、進化しながら継続してきた活動を皆様にお伝えすることを意識し、あえて活動内容に焦点を置いた特集といたしました。

一方で、どのような活動であっても実践が伴わなければ成果に結びつかないことは言うまでもありません。品質改善においては、一つの部品の細部の問題が車全体の品質に影響を及ぼすがゆえに、全ての部品に対して活動を実践することが必要です。そして、今日の成果は、車両からシステム、さらに部品の細部に至るまで、品質に関わる多くの方が今号で紹介した品質改善活動を実践してきたことによるものです。記事の中で紹介したのは一部に過ぎませんが、実践による技術的な蓄積が製品品質の改善につながっています。

お客様に満足頂き、競争力ある製品品質を継続的に確保するためには、さらに関係する全ての方が品質改善活動を理解し、スピードをあげながら実践し続けていくことが非常に重要です。この日産技報 81 号が、さらなる品質のレベルアップに向けた活動の継続とスピードアップをしていくために、皆様の参考になれば幸いです。

— 製品設計技術革新部・星野洋二 —

## 2017 年度日産技報編集委員会

|       |                    |                     |               |
|-------|--------------------|---------------------|---------------|
| 委員長   | 楠川博隆               | エンジン&トランスミッション技術開発部 |               |
| 坂元宏規  | 先端材料研究所            | 河本桂二                | パワートレイン計画部    |
|       |                    | 佐藤学                 | 技術企画部         |
| 副委員長  | 高木潔                | 研究企画部               |               |
| 平工良三  | パワートレイン技術開発本部      | 中野正樹                | E V システム研究所   |
|       |                    | 内藤原平                | モビリティ・サービス研究所 |
| 委員    | 長谷川哲男              | グローバル技術渉外部          |               |
| 天田正秀  | 商品戦略部              | 石島守                 | 車両生産技術統括部     |
| 佐藤正晴  | Infiniti 製品開発部     | 折井亮次                | パワートレイン技術企画部  |
| 斎藤康裕  | Infiniti 製品開発部     |                     |               |
| 森達朗   | Infiniti 製品開発部     | 事務局                 |               |
| 佐々木徹夫 | コネクテッドカー&サービス開発部   | 柳井達美                | 研究企画部         |
| 荒木敏弘  | 統合 C A E ・ P L M 部 | 細谷裕美                | 研究企画部         |
| 大西孝一  | カスタマーパフォーマンス&車両実験部 |                     |               |

## 日産技報第 81 号

© 禁無断転載

|        |                                                             |
|--------|-------------------------------------------------------------|
| 発行     | 2017 年 10 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<br>神奈川県厚木市森の里青山 1 番 1 号<br>〒 243-0123 |
| 印刷所    | 相互印刷株式会社<br>東京都江東区森下 3 - 13 - 5                             |

## Editorial Postscript

This issue of the Nissan Technical Review describes the quality improvement activities that Nissan has been carrying out organizationally and systematically in the product development process. Rapid changes have been taking place especially with regard to the introduction of new technologies, enhancement of product functionality to higher levels, and globalization of product development and manufacturing, among other trends. Against this backdrop, we were conscious of conveying to the readers the nature of the activities we have continued to evolve and implement, so this special feature intentionally focuses on the details of our activities.

It goes without saying that regardless of the type of activity, it will not lead to results unless it is practiced. It is necessary to implement quality improvement activities for all parts because a problem in the small details of one part can affect the quality of an entire vehicle. The results we have today stem from the fact that many people involved with product quality have been carrying out the quality improvement activities described in this special feature, extending from the vehicle level to the system level and further to the details of the parts. The activities presented in the articles represent only a fraction of the total, but the accumulation of technologies through the implementation of these activities has led to significant improvements in product quality.

In order to continuously secure competitive product quality and satisfy customers, it is extremely important for everyone involved to understand quality improvement activities and to implement them with greater speed. It is hoped that this Nissan Technical Review issue No. 81 will be a useful reference to everyone in continuing to carry out activities for further improving quality levels at an even faster pace.

Youji Hoshino

Product Design Technology Evolution Department

## FY2017 Nissan Technical Review Editorial Committee

### Chairman

Hiroki SAKAMOTO  
Advanced Materials Laboratory

### Vice-chairman

Ryozo HIRAKU  
Powertrain Engineering Division

### Members

Masahide AMADA  
Product Strategy Department  
Masaharu SATOU  
Infiniti Product Development Department  
Yasuhiro SAITOU  
Infiniti Product Development Department  
Tatsuro MORI  
Infiniti Product Development Department  
Tetsuo SASAKI  
Connected Car and Services Engineering Department  
Toshihiro ARAKI  
Integrated CAE and PLM Department  
Koichi ONISHI  
Customer Performance and Vehicle Test Engineering Department  
Hirotaka KUSUKAWA  
Engine and Transmission Engineering Department

Keiji KAWAMOTO  
Powertrain Planning Department  
Manabu SATOU  
Technology Planning Department  
Kiyoshi TAKAGI  
Research Planning Department  
Masaki NAKANO  
EV System Laboratory  
Genpei NAITO  
Mobility Services Laboratory  
Tetsuo HASEGAWA  
Global Technical Affairs Department  
Mamoru ISHIJIMA  
Vehicle Production Engineering Control Department  
Ryouji ORII  
Powertrain Planning Department

### Organizer

Tatsumi YANAI  
Research Planning Department  
Hiromi HOSOYA  
Research Planning Department

---

## Nissan Technical Review 81

October, 2017

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 / Cover Design Concept

---

---

製品設計技術革新部で品質の仕組みのプロジェクト適用を担当している水野です。今回の表紙デザインは、新車品質確保のためのセーフローンチ活動の取り組みを表現しています。本活動は、エキスパート、設計・生産エンジニアの組織的な取り組みであり、海外生産現場の仲間も含めた現場・現物レビューがメインです。また、2014年の北米生産のムラーノから始まり、グローバルに生産工場を中心に活動を拡大してきました。そこで、グローバルに展開してきた生産工場を背景に、日本のエキスパートと現地の設計・生産エンジニアの関係をイメージしたデザインにしました。つまり、新車の品質にかける思いは一つ、日産のエンジニアの姿を表現しています。

The cover design of this issue expresses the efforts being pursued under our safe launch activity for ensuring new model launch quality through organizational teamwork by experts, design engineers and production engineers. Their main focus is on expert reviews of materials, parts and processes in manufacturing workplaces, including participation by our colleagues in overseas production operations. This activity was first deployed for North American production of the latest generation of the Murano in 2014 and has since been expanded primarily to our global production plants. In this regard, the design depicts the cooperative relationship between our experts in Japan and local design and production engineers, against the backdrop of the global expansion of Nissan's production plants. In short, the design expresses the unified commitment and dedication of Nissan's engineers to ensure new model quality.



水野 哲志  
Tetsuji Mizuno

製品設計技術革新部  
Product Design Technology  
Evolution Department

---

