

NISSAN TECHNICAL REVIEW

日産
技報

2013 No.73



Orchard コンセプトに基づく日産の技術開発戦略
人の特性を究めたライフ・オン・ボード技術開発

NISSAN



2013



NISSAN TECHNICAL REVIEW

No.73

日産技報第73号

目次

2013年12月 発行

◆ 巻頭言

「お客様に買ってもらえるクルマ」を支える基盤技術	常務執行役員 浅見 孝雄	1
--------------------------------	--------------------	---

◆ 特集：Orchardコンセプトに基づく日産の技術開発戦略

1. 「Orchardコンセプトに基づく日産の技術開発戦略特集」に寄せて	佐藤 学	3
2. 環境	廣田 寿男・岸 一昭・中野 晴久・福田 光伸・門田 英稔	6
3. 安全	岡部友三朗・飯島 徹也・小林 純一・小林 雅明・山口 朗・宇野 仁	12
4. ダイナミック・パフォーマンス	波頭 伸哉・川上 慎吾・村田 誠・小野 雄二・金原 俊一 三山 栄仁・磯野 洋一・宮下 直樹・木村 健	17
5. ライフ・オン・ボード	山田 耕司・山本 哲也・田中 兼一・平尾 章成 吉澤 公理・橘 学・竹内 貴司	24

◆ 特集：人の特性を究めたライフ・オン・ボード技術開発

6. 「人の特性を究めたライフ・オン・ボード技術開発」特集に寄せて	小林 健樹	32
7. 人間の視認特性に基づいたメーター表示技術開発	竹藤 和弘・小坂 則雄・渡辺 博司 金沢 到・古川 政光	33

8. Infiniti Q50 新コックピットHMIの開発	道吉 誓子・鈴木 基之・佐藤 真平・渡辺 博司 美記陽之介・植栗 寛達・宮下 由佳	38
9. スパイナルサポート機能付コンフォタブルシートの開発	石渡 茂樹・永野 孝佳・吉澤 公理 平尾 章成・江上 真弘	43
10. 幅広い体格の乗員に適合したシートクッション特性の検討	高松 敦・吉澤 公理 平尾 章成・江上 真弘	48
11. 射出成形表皮インストルメントパネルの開発	寿原 雅也・徳毛 一晃・石井 郁・長尾 毅 水谷 篤・小松 基・土方 俊介・橘 学	53
12. 無塗装・低光沢・高触感ハードプラスチック内装技術の開発	田中 洋之・豊福 史・野口 和彦 久山 毅・土方 俊介・橘 学	59
13. 内装素材の質感評価技術開発	美記陽之介・田中 洋之・萩野 重行	63
◆ 特許紹介		67

———— CONTENTS ————

◆ **Preface**

- ～ Fundamental Technologies to Support Cars You Want ～ 1
By Takao ASAMI
-

◆ **Special Feature : Nissan Technology Strategy on the Orchard Concept**

1. Overview of Nissan Technology Strategy on the Orchard Concept 3
By Manabu SATOU
2. Enviromental Technologies 6
By Toshio HIROTA, Kazuaki KISHI, Haruhisa NAKANO, Mitsunobu FUKUDA, Hidetoshi KADOTA
3. Safety Technologies 12
By Tomosaburo OKABE, Tetsuya IJIMA, Junichi KOBAYASHI,
Masaaki KOBAYASHI, Akira YAMAGUCHI, Hitoshi UNO
4. Dynamic Performance 17
By Nobuya HATOU, Shingo KAWAKAMI, Makoto MURATA, Yuuji ONO, Shunichi KANEHARA,
Yoshihito MIYAMA, Youichi ISONO, Naoki MIYASHITA, Takeshi KIMURA
5. Life on Board 24
By Koji YAMADA, Tetsuya YAMAMOTO, Kenichi TANAKA, Akinari HIRAO,
Norimichi YOSHIKAWA, Manabu TACHIBANA, Takashi TAKEUCHI

◆ **Special Feature : Human Scientific Life on Board (LoB) Development**

6. Overview of Human Scientific Life on Board (LoB) Development 32
By Kenju KOBAYASHI
7. Development of Meter Cluster Display Technology based on Characteristics of
Human Vision 33
By Kazuhiro TAKEFUJI, Norio KOSAKA, Hiroshi WATANABE, Itaru KANAZAWA, Masamitsu FURUKAWA

8. Development of New Cockpit HMI for Infiniti Q50	38
By Seiko MICHİYOSHI, Motoyuki SUZUKI, Shinpei SATO, Hiroshi WATANABE, Yonosuke MIKI, Tomomichi UEKURI, Yuka MIYASHITA	
9. Development of Comfortable Seat with Spinal Support	43
By Shigeki ISHIWATA, Takayoshi NAGANO, Norimichi YOSHIZAWA, Akinari HIRAO, Masahiro EGAMI	
10. Analysis of Seat Cushion Characteristics Adjusted to Wide Range of Occupant Physiques.....	48
By Atsushi TAKAMATSU, Norimichi YOSHIZAWA, Akinari HIRAO, Masahiro EGAMI	
11. Development of Injection Skin for Instrument Panels	53
By Masaya SUHARA, Kazuaki TOKUMO, Kaoru ISHII, Takeshi NAGAO, Atsushi MIZUTANI, Motoru KOMATSU, Shunsuke HIJIKATA, Manabu TACHIBANA	
12. Development of Low Gloss and Soft Touch Grain for Interior Parts.....	59
By Hiroyuki TANAKA, Fumi TOYOFUKU, Kazuhiko NOGUCHI, Tsuyoshi KUYAMA, Shunsuke HIJIKATA, Manabu TACHIBANA	
13. Development of Method for Evaluating Texture Quality of Interior Material	63
By Yonosuke MIKI, Hiroyuki TANAKA, Shigeyuki HAGINO	
◆ Recent Patent Applications	67



「お客様に買ってもらえるクルマ」を支える基盤技術 ～Fundamental Technologies to Support Cars You Want～

常務執行役員 浅見 孝雄

お客様から見ると似たような新型車が毎月のように発売されており、クルマは買い手市場で取引されるコモディティとなりつつあると言っても過言ではない。ライバルが多く参加する競争市場でヒット商品を継続して出し続け、価値の高いブランドを確立してゆくことは大きな挑戦である。一方、多くの自動車メーカーは利益を上げており、すべての市場でクルマはコモディティとなったと断定するのも早計であろう。この背景としては、新興国の経済発展、安全性や燃費などの性能の進化、商品の魅力が経済合理性だけではなく、デザインやアフターサービスなど多岐に渡り、お客様の好み価値判断に大きく影響することなどが挙げられる。

それでは、グローバルな競争市場において「お客様に買ってもらえるクルマ」で勝つにはどうしたらよいのか。まずは未開拓の市場セグメントにモデルを投入すること、現行車で不評の部分を改良すること、技術開発を行って新機能を採用することなどであろう。しかし、将来のお客様の期待値を超えるような商品を継続的に投じてゆくためには、他社が一朝一夕では真似出来ないような競争力の源泉とも言うべきものが必要となる。R&Dの場合、基盤技術力がこの一つに相当するのではないか。当社の商品に対する市場評価、保有技術のポートフォリオ、新技術の動向を鑑みるに、今後はシステムエンジニアリングと人間特性の理解に基づくエンジニアリングが大きな課題になると考える。

システムエンジニアリングで重要なことは、最初にシステムに対する様々な要件を記述しつくすこと、あるいはお客様の期待値を明らかにすることである。そこから機能・性能の展開、アーキテクチャや部品の設計に入る。これが不十分であると、お客様の期待値に届かない製品を生みかねない。これ

までは各人が自主的に組織間連携を図る企業文化のおかげで結果的にはシステム要件に対応して来ましたが、今後は電動化や智能化の加速に伴い、システムエンジニアリングのアプローチがより強く求められる時代になりそうである。

もう一つは人間の物理的・心理的特性の理解を基本としたエンジニアリングである。当社は創立80周年になるが、例えば乗り心地、操舵の安心感、ドライビングポジションなど、人間の特性が評価に関係する性能領域において、未だに多くのことが解明できていない。既にいくつかの分野で、徹底的に人間の特性を研究し、人間モデルを取り入れた性能設計開発を行う取り組みが始まっている。もちろん永年に渡って蓄積してきた知見を技術・技能の高いものが属人的に担保するという伝統芸的なやり方も重要である。しかし、これだけでは、グローバルな開発効率の向上や新技術の先行開発などに対しては十分ではない。例えば、自動運転車の加速を決める際には、様々なドライバが何を基準に加速を調整しているのかを理解することが出発点になるのである。

現在システムエンジニアリングと人間特性の理解を基本としたエンジニアリングをどう強化してゆくか、関係者と論議を進めている。「お客様に買ってもらえるクルマ」を支える基盤技術の強化に向け、皆さんの積極的なご参加とご提案を期待しています。

「Orchard コンセプトに基づく日産の技術開発戦略特集」に寄せて

Overview of Nissan Technology Strategy on the Orchard Concept

技術企画部 佐藤 学
Manabu Satou



1. はじめに

新興国を中心とした経済発展にともなう人々の移動距離の増加により、2030年には自動車販売が年間1億台を超えるという予測がある。自動車が人々の豊かな生活を実現する一方で、渋滞や事故、地球温暖化やエネルギーセキュリティなど、自動車を取り巻く環境もより深刻なものとなるであろう。持続可能なモビリティの方向性を策定する技術戦略の役割はますます重要となっている。

日産の過去10年間の技術戦略論議から導かれた2大テーマはZero EmissionとZero Fatalityである。

CO₂を含めた排気ガスゼロ、そして交通事故による死亡・重傷者数ゼロという、2つのゼロの実現社会をゴールとすれば、自動車が準備すべき技術の方向性は「電動化」と「知能化」であろう。

2. 電動化

自動車が地球環境に与える影響をミニマムにするには、エネルギーの生産と使用を極力コンパクトなループとし、エネルギー使用から再生までの循環スピードを上げればよい。この考え方を図1に示す。

図の右側はエネルギー使用のループである。電動化によってエネルギーの使用効率を上げ、エネルギーを回収・貯蔵し必要な時だけ使うことでエネルギーの使用をミニマムにする。また、図の左側、つまりエネルギーを生産するループでは、エネルギー資源を再生するサイクルをなるべく短くする必要がある。例えば、地球がCO₂を吸収し、化石燃料を再生するには数万年から数億年単位での時間を要し、生物由来でのエネルギー再生を工業サイクルにのせたバイオ燃料でも数箇月から年単位での時間軸である。一方、エネルギーソースを電力とすれば、風力、太陽光や太陽熱など、さまざまな自然由来のエネルギーを数時間から数日で再生することができる。エネルギーの生産・使用・再生のループを最もコンパクトにすることで地球に与えるインパクトをミニマムにすることが、電動化技術戦略の中心にある考え方である。

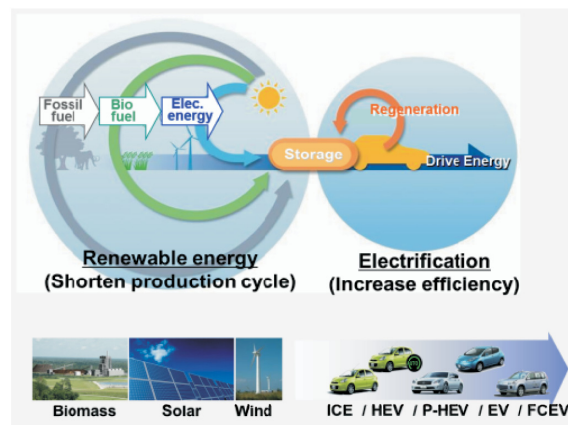


図-1 エネルギー生産・使用・再生ループ
Fig. 1 Energy loop

気候変動の要因のひとつと考えられている大気中CO₂濃度に関して、最新の気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 第5次レポートでも見通しが緩和されるという論議はなさそうである。つまり、大気の気温上昇を2℃に留めるためには、新車のCO₂排出量(Well to Wheel*)を2050年までに90%削減(2000年比)する必要があることを念頭におくことが不可欠であると考え(図2)。

(* Well to Wheel: 1次エネルギーの採掘から車両走行による消費までに発生するCO₂排出総量。)

パワートレインの電動化は、エネルギーを駆動力に変換する効率が高く、その究極は電気自動車(EV)である。一

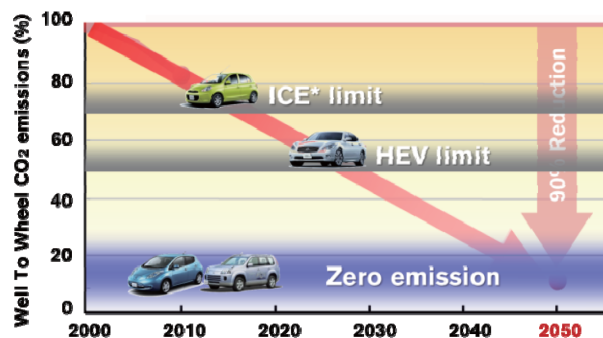


図-2 新車のCO₂排出
Fig. 2 New vehicle's CO₂ emission

方でコンベンショナルな内燃機関は、2050年のCO₂ 90%減の要求に対し、2020年頃には効率向上の限界を迎えると考えられる。

したがってこれからの10年は、コンベンショナルな内燃機関を全て電動化できるか否かが、気候変動の抑制の視点からの持続可能なモビリティ実現の試金石となる。

3. 知 能 化

死亡・重傷者数を実質ゼロにするという目標の実現には、事故そのものを起こさないという考え方が必要であり、「ぶつからない車」の実現にこれまで10年以上取り組んできた。その中で軸となる概念が、「Safety Shield = 車が人を守る」という考え方である（図3）。

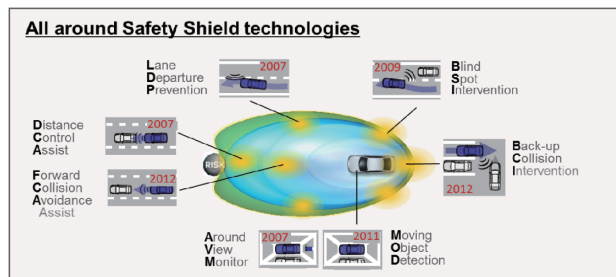
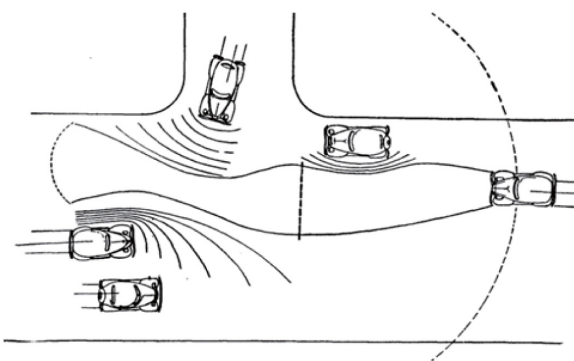


図-3 セーフティ・シールド
Fig. 3 Safety shield

当時、議論の中で参考にしたのは、米国の心理学者Gibson氏が1938年に提唱した「Field of safe travel: 道路上の車両の位置や速度に応じてリスクポテンシャルが存在する」という考え方である（図4）。



出典: Gibson, J.J., College, S. and Crooks, L.E. (1938)
A theoretical field-analysis of automobile-driving
The American Journal of Psychology

図-4 位置や速度に応じて発生するリスクポテンシャル
Fig. 4 Field of safe travel

車が360度の危険に近づかない、例えば、前走車との車間距離の維持を支援する、車線逸脱の可能性に対して警報を出す、あるいは元の車線に戻る操作を支援するなどの

数多くのSafety Shieldのコンセプトに基づいた安全技術を過去10年にわたり市場に投入してきた。これら技術に対する市場からのフィードバックをベースに信頼性をさらに向上し、リスクが一番小さなところを選んで走行するという考え方でSafety Shieldを発展統合すれば、自動車の知能化を代表する自動運転の基盤につながる。

交通状況に応じたドライバの判断力を、技術に置き換えることは大きなチャレンジである。免許をとりたてのドライバと経験を積んだドライバでは、その判断力の違いは何か。事故を起こさない人はたくさんいるが、ヒヤリ・ハットを経験した人もたくさんいる。その蓄積の多さが熟練ドライバと初心者ドライバの差だとすると、さまざまな運転シーンからの経験をいかにSafety Shieldをつかさどる知能の中に溜め込み、逐次最適な判断を選択する人工知能を実現できるかが自動車の知能化を進める上での大きな技術課題となると考えられる。

4. お わ り に

次の10年の中で、日本は東京オリンピックを迎える。2020年は日本が持つポテンシャル、技術レベルの高さ、社会の成熟度を世界に示すチャンスである。

日産では、技術マネジメントを果樹園での作物育成計画に例え、収穫～栽培育成～種まき・土づくりフェーズでの活動計画を定義したOrchardコンセプト（図5）を基に、過去10年にわたって4つの戦略的技術領域「環境」「安全」「ダイナミック・パフォーマンス」「ライフ・オン・ボード」で日産の技術は培われてきた。

この中で、今後世界に向けて実力を問うていくのは、電動化・知能化に関する技術であろう。自動車がどんどん賢くなり、さらにエネルギー循環をミニマムとすることは、冒頭の自動車が直面する課題解決への大きな足掛かりになる。

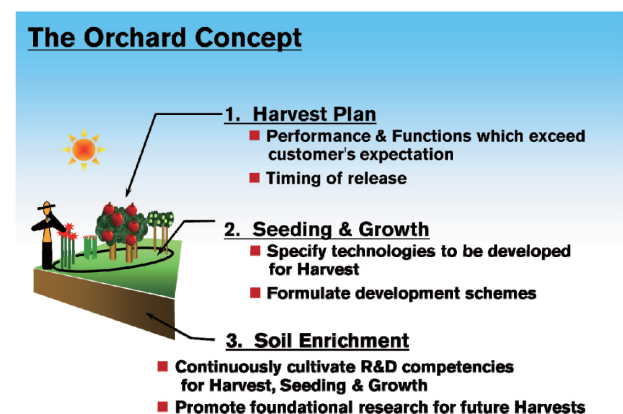


図-5 Orchard コンセプト
Fig. 5 The Orchard Concept

Orchard（果樹園）の横に立ち Harvest plan に思いを巡らす農夫は、今後は自動車技術だけでなく、IT やコンシューマーエレクトロニクスなど異業界の技術知見をも積

極的に取り込む思慮が必要である。業界を超えた総合技術力で、日本が新しい技術進化をリードすることを世界に発信していければと考えている。

環境

Enviromental Technologies

廣 田 寿 男*
Toshio Hirota

岸 一 昭**
Kazuaki Kishi

中 野 晴 久***
Haruhisa Nakano

福 田 光 伸****
Mitsunobu Fukuda

門 田 英 稔*****
Hidetoshi Kadota

1. は じ め に

この10年間に自動車の環境技術を巡る状況は大きく変化した。背景として国際社会の環境に対する関心の変化と自動車の電動化など要素技術の急速な進化がある。各国政府の関心は、排気ガスによる大気汚染などローカルな問題に加えて、地球温暖化やエネルギー資源の安定供給など持続可能性に関わる課題に重点が置かれるようになってきた。2001年、気候変動に関する政府間パネルIPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）は第3次報告書の中で、地球の平均気温が20世紀以降上昇し続けていること、及び人間活動によるCO₂など温暖化ガスの排出が地球温暖化の原因である可能性が高いことを報告した。2004年には、持続可能な開発のための経済人会議WBCSD（World Business Council for Sustainable Development）が、サステナブルモビリティプロジェクトSMP報告書を発行し、持続可能なモビリティの実現には地球温暖化への対応が重要な課題であり、自動車から排出されるCO₂など温暖化ガスの排出量の大幅な低減が必要であるとした。

日産自動車は環境理念として「人とクルマと自然の共生」を掲げ、「企業活動やクルマのライフサイクル全体での環境への負荷や資源利用を自然が吸収可能なレベルに抑える」ことを究極のゴールとしている（図1）。

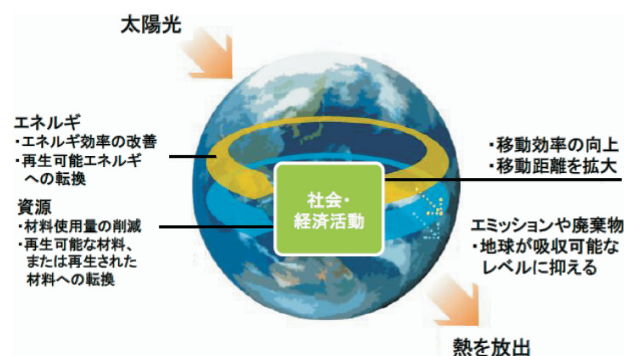


図-1 究極のゴールと重要課題
Fig. 1 Ultimate goal and key issue

2011年に発表した中期環境行動計画「ニッサン・グリーンプログラム2016（NGP2016）」では、CO₂などエミッション低減、エネルギー効率の改善と再生可能エネルギーへの転換、材料使用量の削減を重要課題とし、ゼロ・エミッション車の普及、低燃費車の拡大、カーボンフットプリントの最小化、新たに採掘する天然資源の最小化という4つのキーアクションについて2016年までの目標と具体的な活動を設定している。

環境問題への対応は、規制への対応だけでなく、自主的な長期ビジョンとその実現に向けた具体的な目標を設定し、多面的な実行と進捗管理が重要と考える。

2. 流れを変えた技術

エネルギー効率の改善と再生可能エネルギーへの転換については、エンジンや変速機などパワートレイン系のエネルギー効率の改善、ハイブリッド車の開発、車両の軽量化や走行抵抗の低減、エコ運転サポート、動的経路誘導システムDRGS（Dynamic Route Guidance System）など、多くの技術領域でチャレンジングな開発を進めてきた。またゼロ・エミッション車として、リチウムイオン電池を搭載した電気自動車（以下EV）の開発と実用化、さらに水素と酸素からつくる電気をエネルギー源とする燃料電池車の開発にも精力的に取り組んでいる。車両の軽量化については、高張力鋼、アルミニウム、樹脂などの材料技術、アッセンブリ技術、コスト低減などに取り組み、大幅な効果を生み出してきた。

資源の保全については、材料使用量の削減と再生可能な材料、または再生された材料への転換、リサイクル材料の使用拡大に力を注いでいる。またリチウムイオン電池の二次利用や電池材料のリサイクルシステムの構築にも積極的に取り組んでいる。

これらの取り組みの中からエポックメイキングな環境技術として、下記の4つの技術について述べる。いずれもかつては将来の夢として議論されていた技術が、長年のエンジニアの努力の積み重ねにより現実となって世の中に出す

*技術企画部 **パワートレイン第一製品開発部 ***パワートレイン第三製品開発部

****パワートレイン第四製品開発部 *****Nissan PV 第一製品開発部

ことができた技術であると言える。エンジンの高圧縮比化は大幅な燃費低減のキーテクノロジーであったが、高圧縮比によるノッキングを抑制することが困難であった。しかし、燃料直噴や効果的な燃焼室冷却、バルブ制御技術などのブレークスルーにより高圧縮比エンジンが現実のものとなった。無段変速機（以下CVT）は金属ベルトと油圧コントロール技術、さらにリダクションギアによりコンパクトで変速比幅の大きい変速機を実現した。ハイブリッド車は複雑かつ高価で、エンジンと電動パワートレイン（以下e-PT）の欠点を持つと言われ続けてきたが、パワーエレクトロニクスの大幅な進化と制御技術、特にクラッチの絶妙な制御により滑らかで逞しい動力性能と燃費を両立させた。EVは、1990年代から取り組んできたエネルギー密度の高い自動車用リチウムイオン電池の研究開発により、またモータや制御技術のブレークスルーにより、環境性能だけでなくレスポンスのよい加速性能や快適な走行フィーリングなどクルマのイメージを大きく変える次世代のクルマとなりつつある。いずれも長い年月をかけて地道に継続してきた技術開発が、クルマを大きく変えていく技術として実を結んだ。

3. 技術創出への挑戦

3.1 次世代3気筒 1.2リッター直噴スーパーチャージャ付エンジンの開発

本技術開発では、欧州Bセグメントと国内Sクラスで、クラストップレベルの低CO₂と高い動力性能を両立することを目標とした。目標達成のためには、圧縮比を高め、ポンピングロスとフリクションロスを徹底的に低減するブレークスルー技術を採用した（図2）。

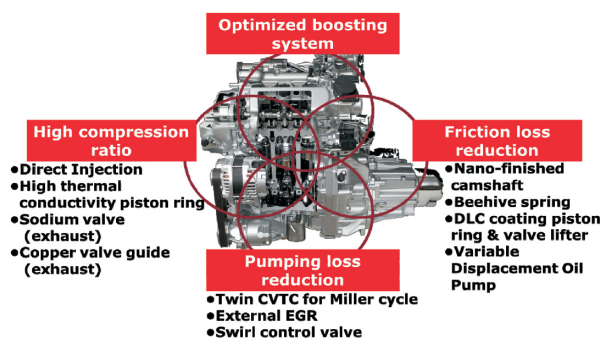


図-2 次世代スーパーチャージャ付エンジン
Fig. 2 Next generation supercharged engine

熱効率を高めるために、過給エンジンでありながら、圧縮比は非常に高い12.0とした。直噴システムに加え、Na（ナトリウム）封入エキゾーストバルブ、高熱伝導ピストンリング、ピストンクーリングチャンネルなどにより、燃焼室を重点的に冷却し、ノッキングの改善を図った。

ポンピングロス低減のためには、高膨張＋吸気遅閉じの

ミラーサイクルとし、吸気弁閉タイミングを大幅に遅角させた。内部EGR（Exhaust Gas Recirculation）、外部EGRも組み合わせ、大幅なポンピングロスの低減を図った。しかしながら、高圧縮比とミラーサイクルにより、ガス流動が小さくなってしまおうという課題があった。本技術開発では、スワールコントロールバルブにより、ミラーサイクルでの有効圧縮比低下、ならびに高いEGR率、かつ空気量が少ない状態においても、ガス流動を保持し、良好な燃焼の維持を実現した。

フリクションロス低減のためには、水素フリーDLC（Diamond Like Carbon）コーティングピストンリングを世界初採用した。また、オイルジェット、排気側への可変バルブタイミング機構に伴い、オイルポンプ供給油量要求が高くなったが、可変容量タイプのオイルポンプにより、オイルポンプフリクションを悪化させることなく、供給油量要求を実現した。

動力性能を高めるためには、スーパーチャージャを採用したが、スーパーチャージャ制御用に電磁クラッチも備えて、過給が不要な運転シーンでは、スーパーチャージャを切り離し、その駆動損失の低減も図った。加えて、ベルト駆動系は、回転変動吸収ダンパープーリーとオートテンシナとして、ベルト張力も大幅に低減した。これらの結果、低CO₂と高動力性能のための追加デバイスがあるにもかかわらず、フリクションロスは、ベースとなったHR12DEエンジンに対しても10%小さい（図3）。

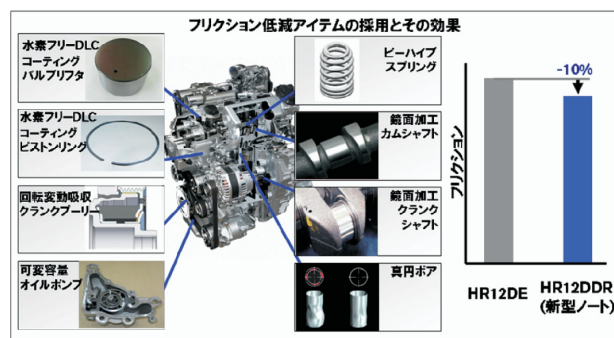


図-3 フリクション低減アイテムの採用とその効果
Fig. 3 Technologies for friction reduction

開発したHR12DDRエンジンを国内Sクラス車に搭載することで、ガソリン車トップレベルの燃費性能を達成した。動力性能も、旧モデルの1.5Lエンジン搭載車に対して同等以上を達成している（図4）。

HR12DDRエンジンは、直噴ミラーサイクルと高効率スーパーチャージャ、アイドルリングストップシステムを組み合わせた世界初のシステムであり、2011年より欧州のMicra、2012年より国内の日産ノートに搭載している。

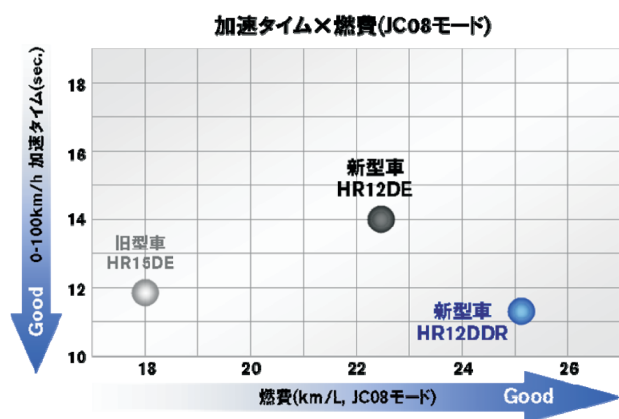


図-4 燃費低減と動力性能の改善
Fig. 4 Improvement of fuel economy and driving performance

3.2 CVT燃動技術革新

法規制を含めて地球環境問題への関心がますます高まる中で、最も台数比率の大きいエンジン車に対応する技術としてCVTは其中でも有力な手段であり、この数年の間に各メーカでそのシェアを広げてきている。他社に先駆けて日産自動車は1997年に当時世界初となる2.0LクラスFF車用ベルトCVTを発表して以来、3.5Lクラス大型車用まで幅広い車両に対応したCVTを実用化してきた。

日産自動車の技術開発計画 Vision 2015 の中では更なる燃費向上のため、2005年比40%のフリクション低減が掲げられ、それに伴う取り組みを行ってきた。

3.2.1 CVTのフリクション低減

CVTは金属ベルトをプーリで油圧により押さえてトルクを伝達する構造上、有段式自動変速機（以下AT）に比べ高い油圧を必要とする。

そのためにフリクションは大きく

- 1) オイルポンプロス
- 2) ベルト内部ロス
- 3) オイルの攪拌（かくはん）抵抗

があり、これらの全てを低減させるための改善を行った。

更に燃費改善のためには変速の自由度を上げること、すなわち変速比幅（最小ギア比から最大ギア比の幅）も重要となる。

これら2つの改良のためのアプローチは、適用される車両により異なったものとした。

3.2.2 小型車への適用

小型車への搭載のためには、小型化が必須であり、従来型のCVTでは搭載できなかったため、CVTでありながら遊星ギアの副変速機を用いた新型CVT、副変速機付エクストロニックCVT（図5）を開発した。

これによりプーリは小型化し搭載性を確保しながら、変速比幅は従来の6.0から7.3に20%拡大した。更にこの小型化はプーリを従来よりも上方に配置することで攪拌抵抗を減らし、フリクションを代表点で30%、同一動作点で

40%削減を2010年に達成した。

この開発では、特にCVTとしての滑らかな変速を維持するため、ワンウェイクラッチレスの副変速機変速制御に加えて、ベルト変速と同期させる協調制御が重要となり、ハード開発のみならず、制御技術開発がこの製品化のキー技術となった。



図-5 小型車向け副変速機付エクストロニック CVT
Fig. 5 New generation XTRONIC CVT for compact size model

3.2.3 中大型車への適用

中大型車に対しては、現状の搭載性が確保されており、その中での改良となった（図6）。そのためレシオカバレッジの拡大はプーリ外径を上げずに最小径を細軸化により達成した。そのほかポンプロスの低減やオイルレベルの低減により、こちらもフリクションの2005年比40%削減を2012年に達成し、小型車含めVision 2015目標を前倒して達成した（図7）。

更に3.5Lクラスの大型車には、日産車として初のチェーンによる変速機構を採用している。チェーン適用に際しては、車両も含めた音振開発が必須であり、エンジンマウントの最適化など、伝達系の改善が行われた。



図-6 中・大型車向けエクストロニック CVT
Fig. 6 XTRONIC CVT for mid and large size models

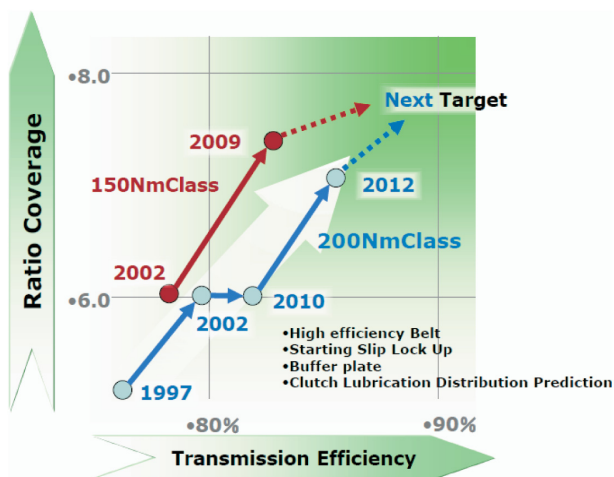


図-7 CVTの伝達効率、変速比幅の進化
Fig. 7 Evolution of CTV

3.3 日産オリジナルハイブリッドシステムの開発

2010年日産フーガで発売した1モータ2クラッチ方式の日産オリジナルハイブリッドシステムは、2013年にはInfiniti Q50に加え、Infiniti QX60、Nissan PathfinderよりFF車向けにも採用拡大する年を迎えた。

システムの基本構造を図8、図9に示す。FR、FFともにエンジンとトランスミッションの間にクラッチとモータをトルクコンバータと置き換えて配置するシンプルな構成とし、このモータ前後2つのクラッチとを連携制御させて、

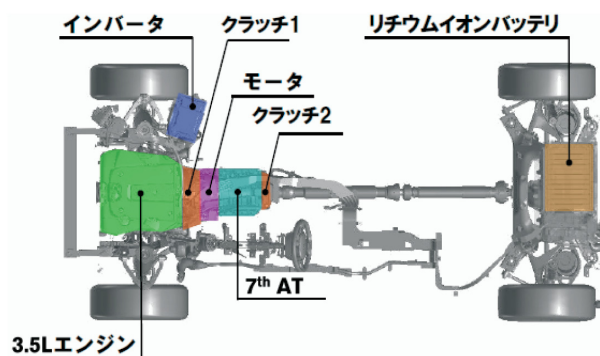


図-8 FR車向けハイブリッド構成図
Fig. 8 FR hybrid system

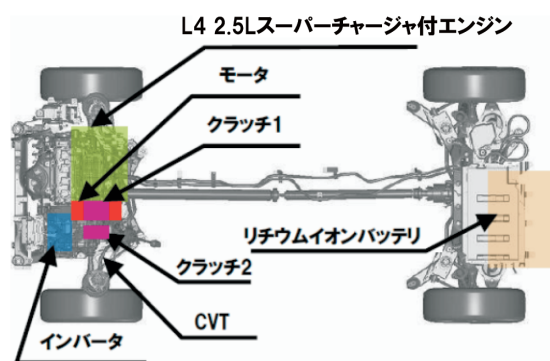


図-9 FF車向けハイブリッド構成図
Fig. 9 FF hybrid system

モータ走行、エンジン始動、減速時にエネルギー回生を行う。高いトルク応答性を確保するため、コンパクトで瞬時に大きな入出力を発生できるリチウムイオン電池と組み合わせている。

図10にFR車向けユニット断面を示す。7速ATをベースに、モータ走行時に減速エネルギー回生中のフリクションを小さくするため、エンジンとモータ間を断続するクラッチには乾式単板を採用した。

FF車では車両全幅を維持するために、いかに全長を伸ばさずにモータと乾式クラッチを内蔵させるかという課題の解決に時間を要したが、モータの内側に乾式多板クラッチを入れ込む構造アイデアにより、図11に示す断面構造に至った。

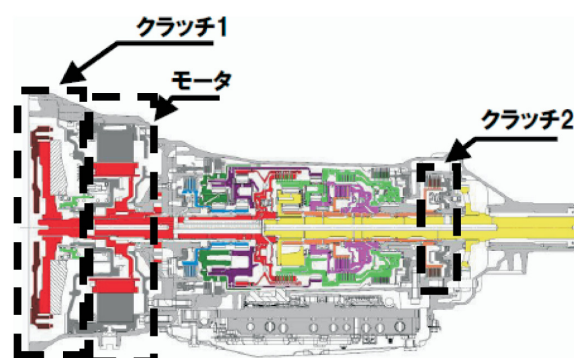


図-10 FR車向けユニット断面図
Fig. 10 Drivetrain unit for FR hybrid system

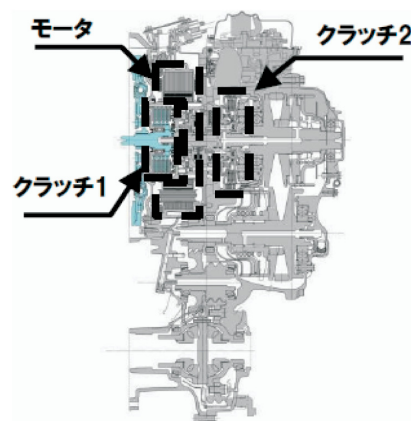


図-11 FF車向けユニット断面図
Fig. 11 Drivetrain unit for FF hybrid system

また、エンジン走行とモータ走行を瞬時に、かつスムーズに切り替えるためのモータとクラッチの制御は、変速と始動、クラッチスリップの組み合わせからなる「畳敷き」の巨大なリストと地道に向かい合う開発の日々であった。

エンジン、トランスミッションの改造を最小にとどめ、コンパクトに構成することを生かし、今後は更なる車種拡大、燃費競争力向上、プラグインハイブリッドへの発展を継続して取り組んでいく。

3.4 日産リーフの技術開発

EVは走行時無排気であること、新たな運転感覚が楽しめること、電力や情報ネットワークに組みこまれ新たな社会的価値を創造できるという商品魅力を持つ。2010年12月に日産リーフ2011年モデル（以下11MY）を発売開始し、多くのお客様から反響をいただいた。それらを反映させて、さらなる性能向上や商品力を向上させた2013年モデル（以下13MY）を2012年12月から販売している。

その両車（11MYと13MY）を合わせると、2013年9月現在、日本、米国、および欧州を中心に世界の23以上の国と地域で、8万台以上が市場を走行しており、その総走行距離は10億km以上に達している。

3.4.1 13MYの概要

11MYと13MYの諸元比較を表1に示す。13MYはエクステリアデザインを踏襲し、車両全体で80kgの軽量化を行った。e-PTは11MYでは機能ごとに独立していたコンポーネントを一体化することにより軽量化（20kg）と小型化を図り、車載性を拡大させた。モータ電磁設計の見直しや減速機のギア比の適正化をセットで行うことで11MYに対して、モータの最大トルクを下げながら走行効率を上げ、動力性能を向上させることができた。バッテリーは電池の最少単位であるセルを11MYから踏襲し、パック内の構

表-1 日産リーフの主要諸元
Table 1 Specification of Nissan LEAF

	11MY	13MY
車両サイズ (mm)	L4450 x W1770 x H1550	←
車両重量 (kg)	1520	1440kg
乗車定員	5人	←
モータ形式	交流同期モータ	←
モータ 出力/トルク	80kW / 280Nm	80kW / 254Nm
減速機 ギア比	7.938	8.194
加速性能: 0-100kmph	11.9 sec	11.5 sec
最高速度	145km/h以上	←
バッテリー	リチウムイオン	←
バッテリー容量	24 kWh / over 90kW	←
暖房システム	温水ヒータ	ヒートポンプ式

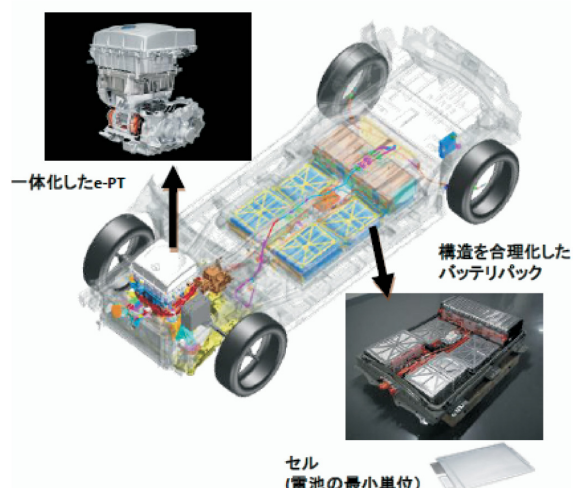


図-12 13MYのプラットフォーム
Fig. 12 13MY Nissan LEAF platform

造を合理化することで30kgの軽量化を行った（図12）。これらの技術により、13MYは一充電走行距離（国土交通省審査値）を11MYの200kmから228kmに向上させることができた。

3.4.2 13MYで採用した技術

11MYではPTCヒータにより温水を作り、室内のヒータコアに流すことで温風を作り出していた。これに対し13MYではヒートポンプシステムを採用し、冷媒により外気の熱エネルギーをくみ上げ、室内コンデンサで放熱させることで温風を作り出している。このシステム変更により30%の暖房消費エネルギーの削減を行った（図13）。

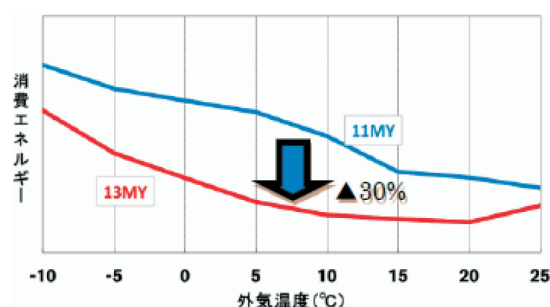


図-13 空調消費電力比較
Fig. 13 Comparison of AC energy consumption

協調回生ブレーキは、13MYで作動速度域の拡大を行った。北米のLA4モード走行時に理論上回収可能なエネルギー総量に対する実際の回収エネルギーの割合は、11MYで約80%であったが、13MYで約90%に改良して電費改善の貢献をしている。

4. おわりに

持続可能な社会を築いていく上でモビリティの役割は大きい。「人とクルマと自然の共生」の実現を目指し、これからも環境技術の研究開発に取り組んでいる。

エンジン車、ハイブリッド車の燃費競争は激化しつつある。新型車が発表されるたびに新たな燃費技術が搭載され燃費記録が書き換えられる。エンジンのさらなる低燃費化と減速エネルギー回生やアイドリングストップ技術の改善などにより、軽自動車で30km/L（JC08モード）、ハイブリッド車では35km/Lを超えるクルマが登場してきた。また大容量のリチウムイオン電池を搭載し短距離走行ではモータ走行が可能なプラグインハイブリッド車が市場に導入されるようになってきた。またゼロ・エミッション車については、各社から多くのEVモデルが市場に導入され、燃料電池車も実用化に向けて競争が一段と厳しくなってきた。

このような状況の中で、日産自動車は低燃費車とゼロ・エミッション車の開発と市場導入に積極的に取り組んで行く。低燃費車については、2016年までに企業平均燃費を

2005年度比35%改善することを目標とし、ガソリン車のさらなる燃費改善に加え、FFハイブリッド車の開発、次世代エクストロニックCVTのグローバル投入、新型プラグインハイブリッド車の開発、車両軽量化技術の開発と市場投入を進める。ゼロ・エミッション車については、一充電走行距離のさらなる増大とコスト低減を進め、またモデル増加により市場導入を拡大していく。また燃料電池車の実用化に向けた開発を進めていく。

さらに、社会における自動車の役割を拡大していくことも重要であると考えている。日産自動車は、日産リーフのバッテリーから住宅に電力供給する「LEAF to Home」の開発と市場への導入を開始した。日産リーフのバッテリーに蓄えた電気を住宅の電力系統と接続することにより、スマートハウスやスマートコミュニティの電力マネジメント、例えば電力ピークカットや災害時の非常用電源として、あるいは太陽光発電など再生可能エネルギーの電力マネジメントに貢献する（図14）。また超小型EVのシェアリングに



図-14 スマートハウス/スマートコミュニティ
Fig. 14 Smart house / Smart community

よるエネルギー消費の少ないモビリティの提供など、環境影響の少ないコミュニティづくりに貢献する研究開発も重要と考える。

■著 者■



廣 田 寿 男



岸

一 昭



中 野 晴 久



福 田 光 伸



門 田 英 稔

安全

Safety Technologies

岡部 友三朗*
Tomosaburo Okabe飯島 徹也**
Tetsuya Iijima小林 純一***
Junichi Kobayashi小林 雅明****
Masaaki Kobayashi山口 朗*****
Akira Yamaguchi宇野 仁*****
Hitoshi Uno

1. はじめに

先進国の交通事故による死者数は、全般に減少傾向にあるものの楽観視できる状況にはない。例えば2012年の日本の交通事故死者数は4,411人に上り、いまだに大きな社会問題のひとつである。また、開発途上国においては依然として高い水準にあり、WHOの統計によると全世界の年間交通事故死者数は120万人を上回り、このまま放置すれば2030年には倍増すると予測されている。いずれの国・地域においても安全な交通社会を実現するために、さらなる努力が必要である。図1は2010年の世界の交通事故死者数を示す。

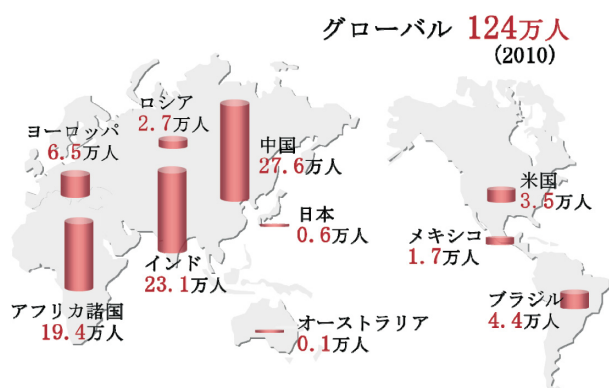


図-1 世界の交通事故による死者数 (2010年)
Fig. 1 World's road traffic fatalities

2. 安全技術の歴史

日本の交通事故による死者数の推移を見ると、1970年にピークを迎え、1万6,765人に達した (図2)。

その後、1979年には約半数の8,466人まで減少したが、1992年まで再び増加傾向となり、死者数が1万人を超える第二次交通戦争と言われる状況となった。

しかしながら1992年以降は、クルマの安全性能の向上、交通インフラの整備や規制強化、ドライバの安全意識の向上などによって減少傾向が続き、2012年の死者数は1970

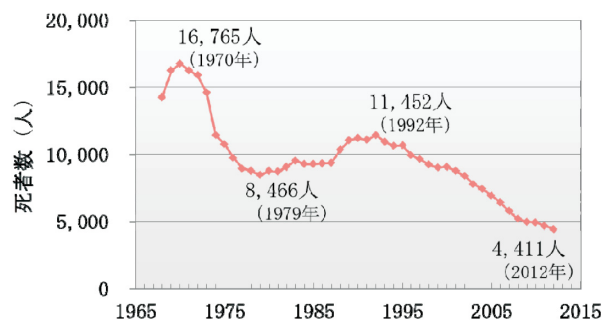


図-2 日本の交通事故による死者数の推移
Fig. 2 History of road traffic fatalities in Japan

年のピークに対して約4分の1まで減少した。

このような死者数低減に貢献するクルマの安全技術は、事故を回避・軽減する「衝突回避技術」と、衝突の被害を軽減する「衝突安全技術」の二つに大別することができる。1990年代のクルマの安全性能の向上は、主にエアバッグ (図3) などの衝突時に衝撃を小さくする衝突安全技術が寄与したものと考えられる。それを裏付けるデータとして致死率 [= 死者数 / (死者数 + 負傷者数)] の変化をしてみると、これまで全般的に減少傾向にある中で、死者数が減少に転じた1992年を境に致死率の減少代が大きくなっており、この時期はエアバッグの普及や車体骨格の高強度化の時期と重なっている (図4)。



図-3 エアバッグシステム
Fig. 3 Airbag system

*車両性能開発部 **IT&ITS開発部 ***EVシステム開発部 ****環境・安全技術渉外部 *****技術企画部

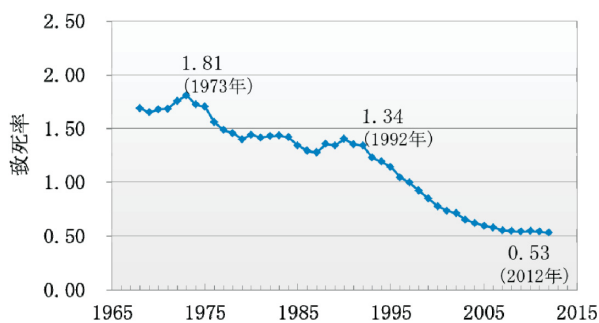


図-4 日本の交通事故による致死率の推移
Fig. 4 History of road traffic fatality rate in Japan

しかしながら近年では、減少を続けてきた致死率が横ばいに推移しており、従来からの衝突安全技術に加えて、事故の発生自体を低減する衝突回避技術の重要性がますます高まっている。

これまでの安全技術の歴史を簡単に振り返ると、1978年に米国高速道路交通安全局NHTSAがNCAP (New Car Assessment Program) と呼ばれる衝突試験の情報公開制度を開始して以降、当社は1980年代に衝突時の乗員を保護する前席エアバッグを市場に投入し、1995年には日本メカ先の先陣を切って日本市場において運転席エアバッグを標準採用とした。

1990年代に日本や欧州にも導入されたNCAPは、各自動車メカのクルマを実際に衝突させて様々なデータを計測し、それに基づく安全性のレーティングを一般に公開して市場競争原理を働かせることで、安全装備の普及を促進する原動力として大きな影響を及ぼしてきた。

現在NCAPは中国やASEANを含む世界9か国で実施されているが、近年では評価対象として従来の衝突安全技術のみならず、衝突回避技術を追加する動きが始まっており (図5)、今後ますます拡大していく見込みである。

US NCAP		導入年
Electronic Stability Control (ESC)		2010年
Lane Departure Warning (LDW)		2010年
Forward Collision Warning (FCW)		2010年
Euro NCAP		
Speed Limit Information Function (SLIF)		2013年
Autonomous Emergency Braking (AEB)		2014年
LDW / Lane Keep Assist (LKA)		2014年
AEB Pedestrian		2016年
JNCAP		
FCW / AEB		2014年
LDW		2014年

図-5 NCAP に評価される事故回避技術
Fig. 5 Crash avoidance technologies assessed by NCAP

そのような中、当社は独自の安全ビジョンと安全コンセプトに基づいて技術開発の方向性を決定し、リアルワールドにおける事故や死傷者を低減するために様々な技術を

開発して市場に投入している。次に当社の安全技術開発の基盤を成す考え方について概説する。

3. 安全ビジョン2015/2020

当社は1999年に「日本で日産車が関与した交通事故による日産車一万台当たりの死亡・重傷者数を、1995年を基点として2015年までに半減する」という目標を設定し、ビジョン2015と称して発表した。

その後、対象地域に米国と欧州を加え、3地域とも2015年の目標を達成し、現在は2020年までにさらに半減させるビジョン2020を掲げて新技術の開発に取り組んでいる (図6)。

日産車一万台当たりの死亡・重傷者数

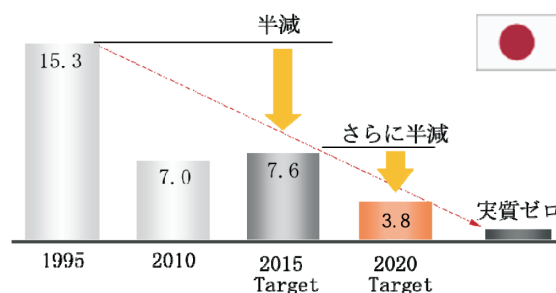


図-6 安全ビジョン (日本)
Fig. 6 Safety vision in Japan

4. セーフティ・シールドコンセプト

2005年には当社の安全コンセプトである「セーフティ・シールド」コンセプトを発表した。これはクルマが人を守る、即ちできるだけドライバを衝突の危険に近づけないようにクルマが支援し、万一衝突が避けられないときも被害を軽減するという考え方である。そのコンセプトを実現するために、クルマが置かれている状態を「危険が顕在化していない」「危険が顕在化している」「衝突するかもしれない」「衝突」「衝突後」の6段階に分けて捉え、各々の状況に応じた技術の研究開発に取り組んでいる (図7)。当社は、このセーフティ・シールドコンセプトに基づいて、衝突安全技術に加えて衝突回避技術の研究開発を加速した。

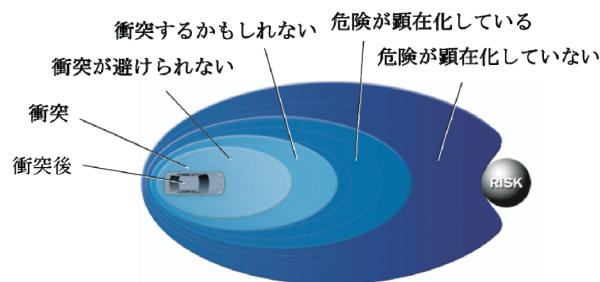


図-7 セーフティ・シールドコンセプト
Fig. 7 "Safety Shield" concept

2007年に世界に先駆けて、先行車との安全な車間距離の維持を目的としたディスタンスコントロールアシストと、車線逸脱の防止を目的としたレーンデパーチャープリベンションを商品化した。

続いて2010年に車線変更の際の事故の防止を目的としたブラインドスポットインターベンションを、2011年にクルマの周囲の移動物を検知して知らせるムービングオブジェクトディテクションを発表し、2012年には後退時の事故の防止を目的としたバックアップコリジョンインターベンションを商品化した（図8）。

危険が顕在化していない	ディスタンスコントロールアシスト ムービングオブジェクトディテクション
危険が顕在化している	レーンデパーチャープリベンション ブラインドスポットインターベンション バックアップコリジョンインターベンション
衝突するかもしれない	フォワードエマージェンシーブレーキ ビークルダイナミクスコントロール
衝突が避けられない	インテリジェントブレーキアシスト プリクラッシュシートベルトシステム
衝突	ゾーンボディ SRSエアバッグシステム
衝突後	エアバッグ展開連動ハザードランプ

図-8 セーフティ・シールドテクノロジー例
Fig. 8 Example of safety shield technologies

さらに2013年には、これらの新技術の中でも最初に登場したひとつであるアラウンドビューモニタを活用した踏み間違い衝突防止アシストを市場に投入した。これは、空から見ているような視点でクルマの周囲の安全を確認できるアラウンドビューモニタの機能を進化させ、駐車時などの低速走行時にドライバーがブレーキペダルと間違えてアクセルペダルを踏んでしまった場合に、前方および後方の衝

突リスク回避を支援するシステムである。

当社は、現在クルマの周囲360°のあらゆる方向に存在する衝突リスクに対応する技術を備えており（図9）、今後も開発の手を緩めず衝突回避技術の強化に努めていく。

5. 技術創出への挑戦

本章では、セーフティ・シールドコンセプトに基づく個々の技術開発について、ディスタンスコントロールアシストとレーンデパーチャープリベンションを例にとり述べる。

5.1 ディスタンスコントロールアシスト

本システムは、車両前部に設置したレーダーセンサからの情報をもとに、先行車との車間距離や相対速度に応じてブレーキを制御するとともに、アクセルペダルを踏んでいる場合には、アクセルペダルアクチュエータによりペダルを押し戻す力を発生させることで、ドライバーの安全な車間距離を維持するための操作を支援する（図10）。

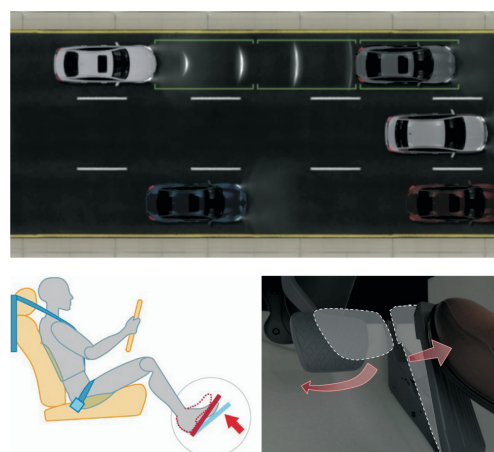


図-10 ディスタンスコントロールアシスト
Fig. 10 Distance Control Assist

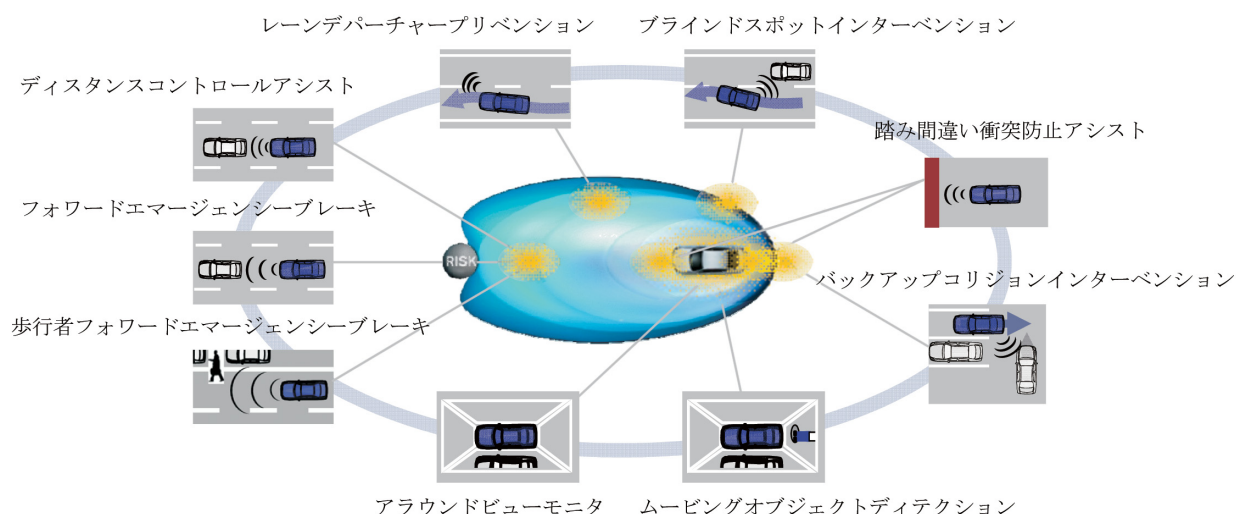


図-9 オールアラウンド衝突回避技術
Fig. 9 All around crash avoidance technologies

本システムはドライバの車間維持操作の支援を行うため、ドライバのアクセルおよびブレーキ操作と協調する必要がある。その要件を満たす方策として、アクセルペダルの踏力に着目し、アクセルペダルを介してシステムからドライバへフィードバックすることにより、ドライバに対して違和感がない支援を実現した。

以下に具体的な作動例を示す。

(1) 先行車に近づいた場合

ドライバがアクセルを踏んでいる場合は、アクセルペダルにペダルを押し戻す方向の力を発生させて、ドライバのアクセルペダルを戻す操作を支援する。ドライバがアクセルペダルを戻すと、システムが滑らかにブレーキをかけて減速し、ドライバの車間維持操作を支援する。

(2) ドライバのブレーキ操作が必要と判断した場合

ディスプレイの表示及びブザーによる警報でドライバに注意を促し、同時にアクセルペダルにペダルを押し戻す方向の力を発生させて、ドライバがアクセルペダルからブレーキペダルへ踏みかえる操作を支援する。

開発に当たっては、ドライビングシミュレータや試作車両を用いて、複数の実験参加者による走行試験を繰り返し行い、システムの妥当性を検証した。例えば、システム作動時と非作動時における衝突余裕時間（Time-To-Collision）の変化を分析し、先行車を追従している状況において、狙い通りに、先行車への接近頻度が減少していることを確認した（図11）。

なお、実験参加者へは事前に書面と口頭で実験内容を説明し、同意後実験を行った。

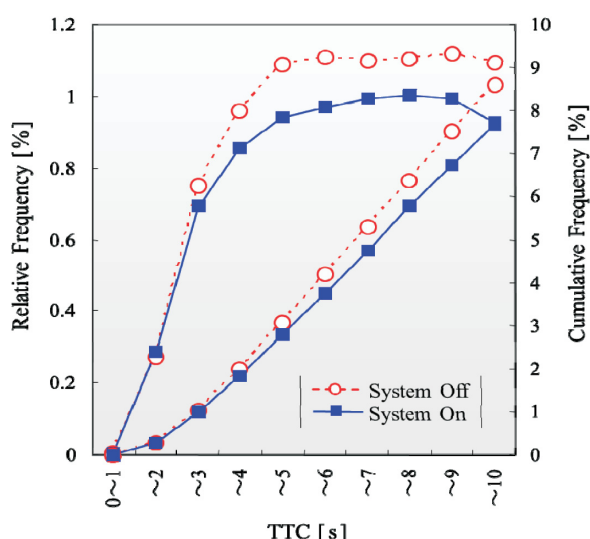


図-11 衝突余裕時間
Fig. 11 Time-To-Collision

5.2 レーンデパーチャープリベンション

本システムは、車載カメラによって車線区分線を検出し、自車両が車線から逸脱する可能性があるとして判断した場合に、表示と音でドライバに知らせるレーンデパーチャー

ワーニング機能に加え、車線からの逸脱を防ぐ方向にヨーを発生させて、ドライバが自車両を車線内に戻す操作を支援する機能を有している（図12）。



図-12 レーンデパーチャープリベンション
Fig. 12 Lane Departure Prevention

ドライバの運転操作との協調を図るために、以下の要件を満たすようシステムを構築した。

(1) ドライバ運転意図

車両の操舵角、操舵角速度、方向指示器の作動有無の情報に基づいて、ドライバが意図して車線変更操作している状態や、車線逸脱から車線内に戻す操作をしている状態をシステムが検知し、方向指示器を作動させた時には制御を行わず、また方向指示器を作動させない時でも、車線を越える運転意図が検知された場合には、ドライバの操作量に応じて発生させるヨー運動を滑らかに抑制し、ドライバの運転操作との干渉を防ぐ制御を実現した。

(2) ドライバの運転特性

ドライバが車線逸脱した際に行う運転行動を分析し、車両制御パラメータに反映した。図13にドライバが車線逸脱時に車線内に戻す操作によって発生した車両のヨー運動特性を示す。ヨーレートとヨー角の関係に基づいて制御パラメータを設定することで、実際のドライバの操作特性に沿った制御を実現した。

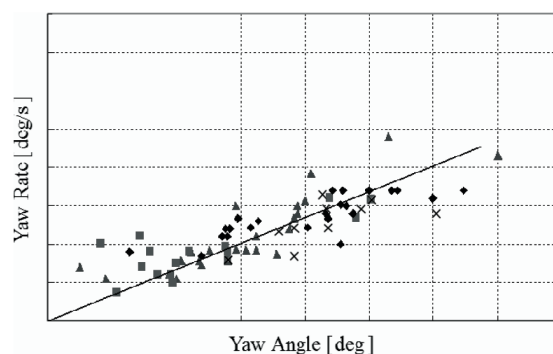


図-13 車線逸脱時におけるドライバの操作特性
Fig. 13 Characteristic of driver's operation during departing lane mark

6. おわりに

本稿では、真に安全なクルマ社会の実現を目指して当社が行ってきた様々な取り組みのうち、安全なクルマを実現するための技術開発に焦点を絞って、ビジョン（目標）、コンセプト（基本的考え方）、および具体的な商品化の事

例を紹介してきた。

顧みると、究極の目標である「日産車が関与する交通事故による死亡・重傷者数ゼロ」を目指した技術開発は、膨大な数の交通事故の分析を通じた事故の実態、事故発生原因や人体傷害発生メカニズムの把握から始まった。そして、そのような事実を踏まえて、高い志を有するビジョンと達成方策の全体像を捉えたコンセプトを設定したことにより、具体的な技術開発の発想、計画、実行が、常に強化され、刺激され、促進され続けて現在に至っている。

この間、各種エアバッグや歩行者保護対応車体など多くの人体傷害軽減技術が商品化され、交通事故の被害低減に貢献を果たしてきた。そして、2000年以降は技術開

発の最前線が、これら衝突安全技術のさらなる進化に加えて、衝突回避技術の領域へと拡大した。

本稿で紹介したこれまでの技術開発の取り組みは、冒頭に述べた先進国における交通事故死傷者数の大幅な低減に多大な寄与を果たしてきたが、その一方で、全世界的な視点に立ったビジョンの達成に向けては、未だに長い道のりが残されている。

当社はドライバを取り巻く環境を見極め、注意を促し、さらに危険な状況では一歩踏み込んでクルマが人を守るセーフティ・シールドの考え方に基づいた技術の進化と普及促進を通じて、交通事故がゼロの自動車社会の実現に向けて、さらなる貢献を果たしていく。

■著者■



岡部 友三朗



飯島 徹也



小林 純一



小林 雅明



山口 朗



宇野 仁

ダイナミック・パフォーマンス

Dynamic Performance

波頭 伸哉*
Nobuya Hatou川上 慎吾**
Shingo Kawakami村田 誠**
Makoto Murata小野 雄二**
Yuuji Ono金原 俊一***
Shunichi Kanehara三山 栄仁****
Yoshihito Miyama磯野 洋一*****
Youichi Isono宮下 直樹*****
Naoki Miyashita木村 健*****
Takeshi Kimura

1. はじめに

戦略的技術領域の3番目としてダイナミック・パフォーマンス（以下、DP）について解説する。DPでは車の動性能全般を扱い、操縦安定性・乗り心地・制動・静粛性・動力性能の5性能で構成される。

1.1 DPコンセプト

車の動性能の中では、運転経験やスキルに応じて認知が高まる、例えば操縦安定性のような性能と、助手席や後席など運転経験がなくてもその良さが分かる、乗り心地や静粛性がある。限られたお客さまや場所でその良さが分かる技術ではなく「Anyone, Anytime, Anywhere」で感じる良さをコンセプトとした（図1）。

Anyone	ドライバが	助手席の方が	後席の方が
Anywhere	ドライ路で		ウエット路で
Anytime	走り出し 30mで	一般の幹線 道路で	高速道路で 超高速域で

図-1 DPコンセプト
Fig. 1 DP concept

1.2 お客さまに感じていただく価値

例えば、サスペンションブッシュを硬くする場合、操縦安定性は高まるが、逆に路面からの騒音が大きくなり静粛性が損なわれる可能性が高い。また、これ以外にも5つの性能がそれぞれトレードオフの関係にあるため、技術開発のベクトルをそろえ、DPとしてお客さまに感じていただく4つの価値「始まりは静かにときめく」「胸の高鳴りが加速する」「意のままにコーナーを抜ける」「高速の中で信頼に出会う」を定義した（図2）。

この4つの価値を実現し、「Nissan=信頼のドライビングプレジャー」と世の中で認知される事を目標とした（Vision 2015）。



図-2 お客様に提供したい4つの価値
Fig. 2 Delivering four kinds of value

2. 流れを変えた取り組み

2.1 従来の動性能の定量評価方法

人の影響を排除した決められた条件（規定入力）で車の性能評価を行ってきた。例えば、強い横風の中、高速道路を走行する場合、公道ではドライバはレーンの中にとどまろうとハンドル修正を繰り返し行う。この際のハンドル修正のしやすさが、安心か不安かにつながる。一方、これを定量評価に置き換える場合、ブルーピンググラウンド内に設置した横風発生試験装置の横に試験車両を進入させ、横風により流される量を評価結果としている（図3）。この際テストドライバは、握ったハンドルを操舵させてはいけない。この方法で、テストドライバによらず同じ評価結果を得られるようにするとともに、競合車との比較や、製品



図-3 横風発生試験例
Fig. 3 Cross wind test

*TCSX **実験・計測技術開発部 ***車両性能開発部 ****Infiniti 製品開発部 *****シャシー技術開発部

における性能開発を容易にしてきた。

2.2 DP技術開発での取り組み

4つの価値実現には「意のまま」「信頼」さらには「安心感」など、人の感じ方を示す評価が必要となった。前述の横風+高速道路走行の場合、公道と同様レーンの中にとどまろうとするハンドル修正のしやすさを計測しないといけない。以下、「意のままにコーナーを抜ける」での取り組みを説明する。ブルーピンググラウンド内のカントリーコースで2つのコーナーを評価・計測対象シーンとし、公道と同様、特に条件を設定しない中で、ドライバは2台の車を運転する。その運転の際に、図4に示すようにハンドル操舵やアクセル操作、車両の前後・横加速度、エンジン回転数を同時計測する。

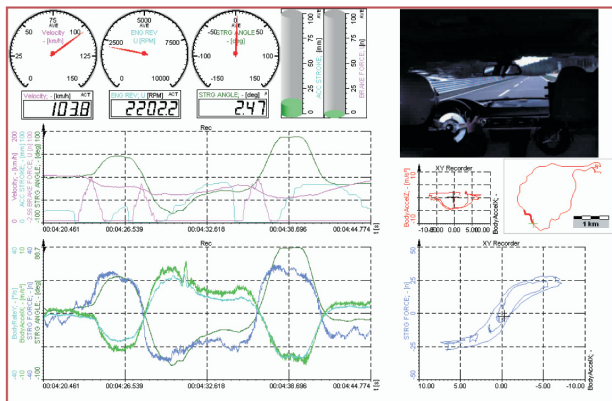


図-4 ドライバ操作計測状況
Fig. 4 Driver operation test results

意のままの車Aとそうでない車Bの比較から、A車はハンドル操舵の舵角が滑らかなのに対し、B車は滑らかな舵角でないことや、その要因がコーナーの中でAT (Automatic Transmission) の変速が発生しエンジンブレーキ力が弱まり、オーバースピード感から急峻なハンドル操舵が入ったことが計測データから判明した。以上のことから、車の特性と人は影響しあうため、DPの技術開発では人の操作や操舵、さらには人の頭の動きなど人に着目した評価方法の開発に力を入れてきた。

3. 技術創出への挑戦

3.1 「始まりは静かにときめく」を実現する乗り心地性能技術

3.1.1 提供するお客様価値

走り出してすぐ分かる滑らかな乗り心地を実現するには、図5の赤枠で示す30Hz以上の領域で発生する高周波の振動レベルを低減する必要がある。しかし、ばね上の動きと高周波の乗り心地を両立させようとすると、ダンパ減衰力の間でトレードオフが発生する。

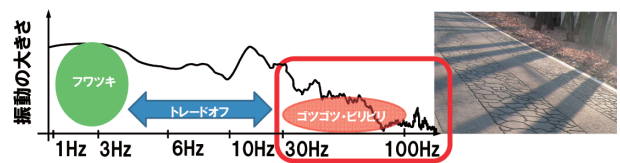


図-5 乗り心地間のトレードオフ性能
Fig. 5 Trade-off performance between ride comfort

3.1.2 システム構成

乗り心地性能には、ダンパ、シート、インシュレータなど様々な部品が影響しているが、特にダンパは低周波のばね上の動きから高周波の乗り心地まで、影響が大きい要素である。

3.1.3 ブレークスルーポイント

従来、安心なばね上の動きを実現するため、ダンパ減衰力を高め振動レベルを低減してきた。ここでは、視線計測と人の感じ方から分かった安心と感じるばね上の動き、滑らかな乗り心地を実現するダンパ減衰力のありたい姿と、それらの性能を予測できる解析技術について紹介する。

新開発の計測技術を用い計測した、視線、頭部のヨー角、ピッチ角 (図6) と、人の感じ方の関係を解明した結果、上下の動きの大きさだけでは無く、ロール、ピッチなどを含んだ動きも、安心・快適と感じられる動きには重要と言う特性が分かった。

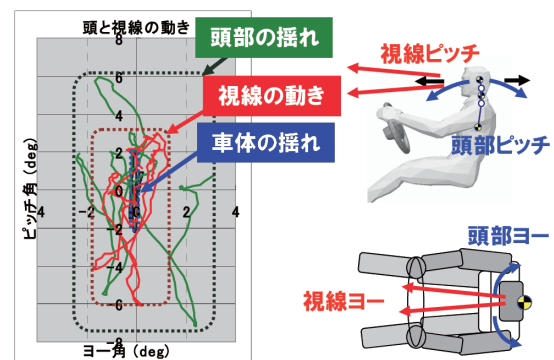


図-6 頭部・視線の動き
Fig. 6 Motion for head and eye gaze

もう一点、乗り心地に寄与が高いとしたダンパ減衰力について説明する。従来、ばね上の動きを抑えるため、ダンパ内のピストン低速の減衰力を高く、突起乗り越しでのショック感を低減するため、ピストン高速の減衰力を低くすることを理想に開発してきた。しかし、公道の道路の凹凸の形態を徹底的に計測・分析した結果 (図7)、高周波で発生する減衰力を低減できる新たなダンパ特性が分かった。

実は、ここで紹介した2つの特性は、従来の考え方では説明できない内容であったため、その効果を示す実験車を何台も試作し、試乗/体感いただきながら関係者とのコンセンサスを得る必要があった。

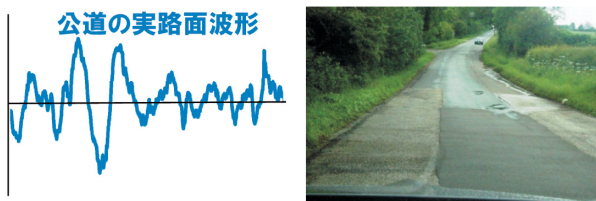


図-7 公道の実路面形状／波形
Fig. 7 Public road profile

3.1.4 開発結果

これら2つの分かった特性を考慮した数値解析モデルを構築し最適化を図った結果、ダンパから車両に入る高周波の余分な減衰力が低減（図8）する結果を得た。

本技術をFR（front engine rear drive）車に適用し実験で確認した結果を図9に示す。ベース車に比べ、技術適用車は高周波の振動を低減できることが確認でき、この技術を2013年Infiniti Q50に適用した。

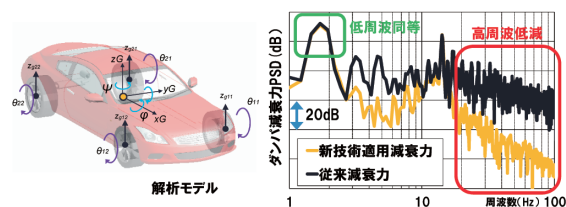


図-8 公道の実路面形状を用いた最適化結果
Fig. 8 Optimization damper with public road profile

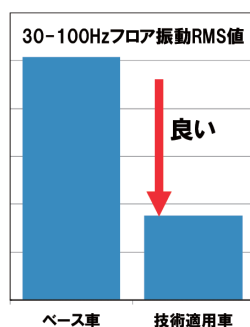


図-9 新技術適用結果
Fig. 9 Application technology result

3.2 「胸の高なりが加速する」を実現する加速感向上サウンド技術

3.2.1 提供するお客様価値

車の加速と一体となった力強く、伸びやかな音で、お客様に“胸のすく加速感”を感じて頂くことを目指し、加速サウンド技術開発に取り組んでいる。

2013年Infiniti Q50では、①一体感を生むエンジン回転に対する音量のリニアリティ（図10左）と、②Infinitiブランド独自の力強く伸びやかなエンジン回転次数を強調した音色（図10右）により、高揚感を実現させている。

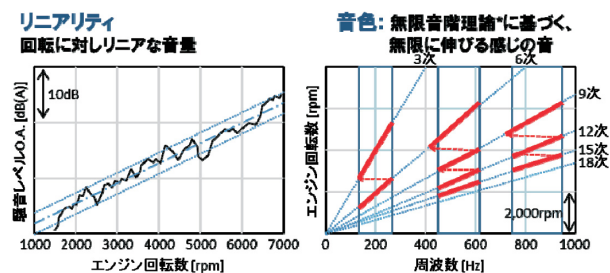


図-10 サウンドコンセプト
Fig. 10 Sound concept

3.2.2 実現技術

従来、吸排気系の構造で音づくりを進めてきたが、車外騒音の制約などにより、車内で音量が不足することや、仕向け地の仕様により部品種類が増えるという課題があった。

今回、これらを解決しつつ上記①②を実現するために、新開発のActive Sound Control（以下、ASC）（図11）を主体に技術開発に取り組んだ。ASCにより、吸排気系などのシステムでは成し得ない、未体験の加速サウンドを実現できた。

3.2.3 ブレークスルーポイント

(1) Active Sound Control

ASCはエンジン回転数に応じてオーディオスピーカから所望の音を電氣的に加えるシステムであり、高い自由度がある一方、電気音特有の違和感が課題であった。そこで人の感覚を徹底的に分析し、違和感の無い制御を開発した。

例えば、音量は加速意図に合っていないと違和感を生じる。そのため、加速意図と音量の関係を分析し、ドライバ操作（アクセル開度などの入力）をセンシングすることで、加速意図はち密に把握可能であることが分かった。これらを制御に織り込むことで、電氣的に加音しているとは思えない自然な音量を実現した。

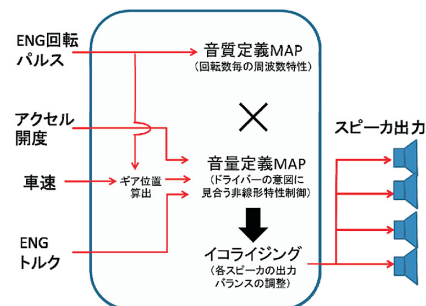


図-11 Active Sound Control System
Fig. 11 Active Sound Control System

(2) 中高周波音低減技術

ASCの加音によるエンジン回転次数強調をより高めるには、それ以外の中高周波音の低減が重要である。2013年Infiniti Q50ではエンジンマウント剛性、吸気／排気近

接音、車体音感度、及び遮音特性を見直した。特に吸気はバンク別2系統吸気の左右バンクの位相キャンセル効果を狙い集合ダクトとし（図12）、さらにエンジンルーム内のパッケージのレイアウトを見直し、集合部の面積を拡大させ効果を高めた（図13）。

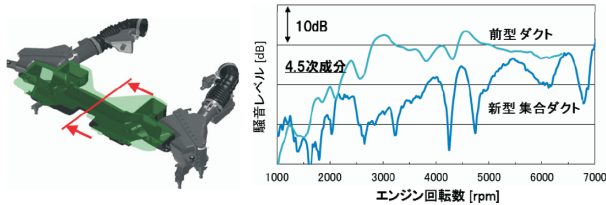


図-12 新吸気ダクトのレイアウト
Fig. 12 New duct layout

図-13 新吸気ダクトの効果
Fig. 13 Effectiveness for new duct

また、エンジン／トランスミッションからの高周波音低減では、キャビンへの入力経路を明確にした上で、高寄与な経路のフロアトンネルへ吸音材を集中的に投入し、効率的に性能を向上させた。

3.2.4 開発結果

上記の技術開発により、2013年Infiniti Q50では、①クラストップのリニアリティや、②独自の音色（図14）を実現し、お客様へ“胸のすく加速感”を感じて頂ける加速サウンドを開発できた。

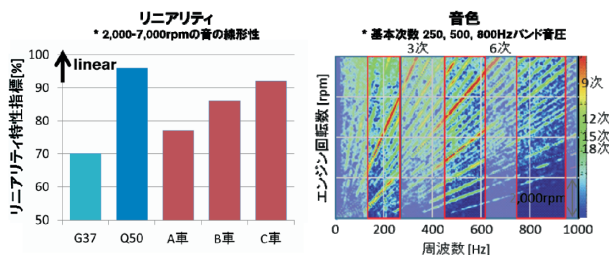


図-14 新型 Infiniti Q50 の音質確認結果
Fig. 14 Sound index of Infiniti Q50

3.3 「意のままにコーナーを抜ける」を実現する制・駆動力コントロール技術

3.3.1 提供するお客様価値

コーナーを走る際、ドライバーはブレーキ、ステアリング、アクセルの複合操作をする必要があり、特に初心者や運転に不慣れな人にとっては、スムーズに狙ったラインを走ることが難しいシーンである。ここでは、ドライバーの運転をアシストする「アクティブエンブレキ」と「コーナリングスタビリティアシスト」について紹介する。

アクティブエンブレキは、主に日常域におけるブレーキ操作時や旋回時にエンブレキを付加することでドライバーのブレーキ操作負担を低減し、結果としてハンドル操作に集中しやすくなる効果が期待できる。また、コーナリングスタビリティアシストは、主に中速域における車両の旋回状態に応じ各輪のブレーキをコントロールすることで、操舵に対するヨーの遅れやアンダーステアを低

減し、狙ったラインを走りやすくなる効果が期待できる。その結果、ドライバーは楽な操作で、狙ったラインを通過できるので意のままにコーナーを走れるようになる。

3.3.2 システム構成

システム構成を図15に示す。VDC（Vehicle Dynamics Control）やCVT（Continuously Variable Transmission）を利用して、特殊なデバイスの追加無しに実現されるシステムである。そのため高級車のみならず、様々な車種に展開が可能な技術である。

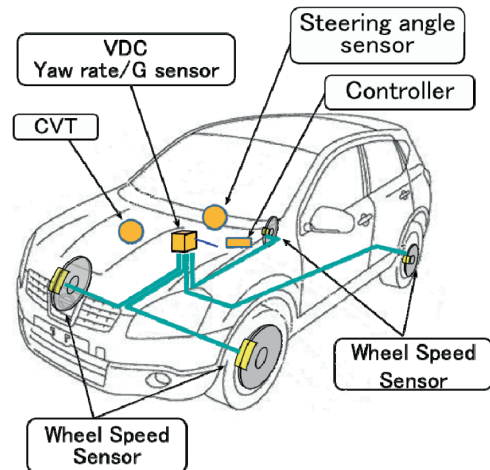


図-15 システム構成
Fig. 15 System configuration

3.3.3 ブレークスルーポイント

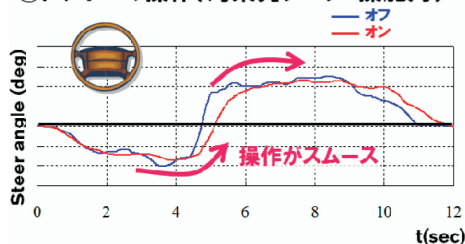
VDCなど従来の車両挙動制御は、不安定挙動を検出してから制御介入するため、スムーズな制御介入が困難であった。作動域を日常域に拡大するにあたり、次の3つの工夫によりスムーズで違和感の少ない制御を実現した。

- (1) ドライバーのステアリング操作から期待する走行ライン、車両挙動を予め推定することで、より早いタイミングから滑らかな制御を行う。
- (2) 不要な制御違和感を減らすため、ドライバーの運転スキルや余裕度をステアリング操舵速度から推定し、制御介入タイミングと量の適切化を図った。滑らかなステアリング操作に対しては、過剰な制御支援は不要と考えた。
- (3) VDCアクチュエータによる液圧コントロールの精度や静粛性を向上させ、またCVTによるエンブレキを利用することで、日常域での制御介入を可能とした。

3.3.4 開発結果

普通、人は違和感に対してはその悪さを意識することが多いが、逆に、滑らかに普通に運転できる良さを試乗会などで体感いただくことが難しい。そこで、ワインディング走行時のドライバーのハンドル操舵の様子を実際に計測しデータに示すと（図16）、制御オフに対し①ドライバー操作、②車両挙動、共にスムーズになっていることが分かる。なお、本技術は2013年日産ログより採用される。

①ドライバの操作(時系列データ:操舵角)



②車両挙動(時系列:横G)

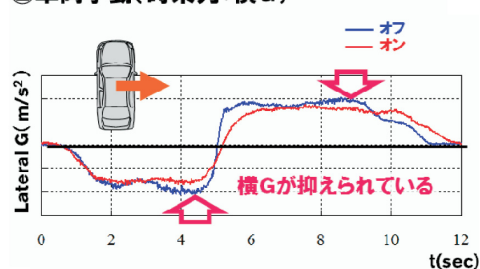


図-16 制御効果検証
Fig. 16 Test results

3.4 「高速の中で信頼に出会う」を実現するステアリング技術

3.4.1 提供するお客様価値

高速走行では、ちょっとした路面の轍（わだち）、横風などの外乱で進路が大きく乱されるため、遅れることなく細かな修正操舵を行うことが不可欠であり、ドライバにとって緊張を強いられるシーンである。このようなシーンでは、外乱に対する車両の安定性を高め、少ない修正操舵で走行できるようにすることが、車への信頼を高めることになり、また、長時間走行での疲労を低減することにもつながる。

高速走行時の外乱に対する車両の安定性を高めるためには、サスペンションやタイヤの特性、空力特性、車体剛性など、様々な特性からなる車両の総合的な性能が求められるが、当社ではこの性能を飛躍的に高める技術として、新しいステアリング技術「ダイレクト・アダプティブ・ステアリング」を開発した。

3.4.2 システム構成

ダイレクト・アダプティブ・ステアリングは、従来機械的につながっていた、ハンドルとタイヤの間の連結を、ステアリングシャフトの途中に設けたクラッチで切り離し、ハンドル操作に対するタイヤの動き、及び路面からの反力に対する操舵力を電気的な連結に置き換えたステアリング技術である（図17）。

3.4.3 ブレークスルーポイント

このシステムでは、ハンドル角度センサで検出したドライバの操作に基づいてタイヤの転舵角度を決定し、ステアリングアングル・アクチュエータで、タイヤの角度をサーボ制御する。また、タイヤからステアリングラックへの入力を推定して操舵力を決定し、ステアリングフォース・ア

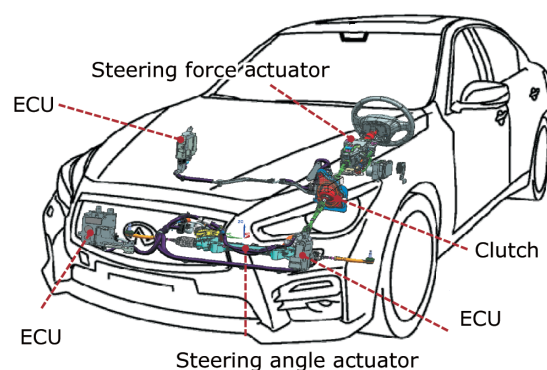


図-17 ダイレクト・アダプティブ・ステアリングの構成
Fig. 17 System configuration of Direct Adaptive Steering

クチュエータで操舵力を発生する。タイヤの角度は角度サーボにより正確に保持されているため、例えば、路面からの外力を受けた場合にも角度が変化することがなく、進路の乱れが小さい（図18）。

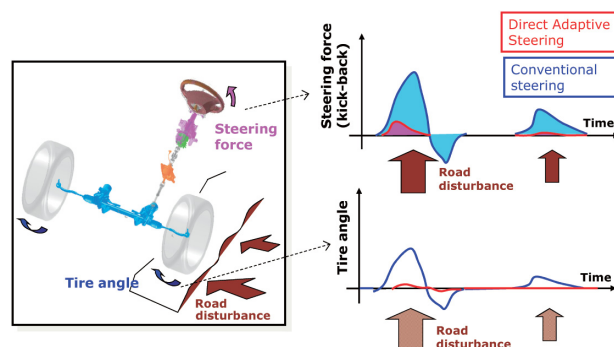


図-18 外乱低減の働き
Fig. 18 Isolation from rough road disturbance

また、このシステムでは、カント路を走行している場合にも、ハンドルの角度とタイヤの角度の関係を微妙に修正することで、片流れを防ぐことが可能になる（図19）。

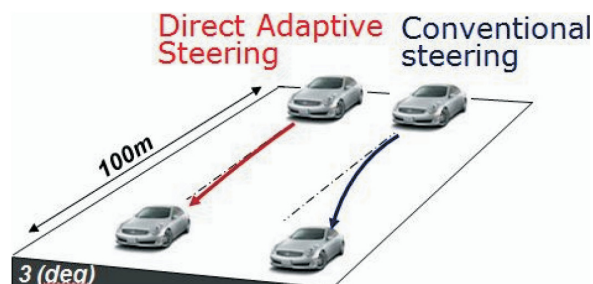


図-19 カント路面での片流れ低減
Fig. 19 Reduction of a vehicle pull on cross slope surface

3.4.4 開発結果

この技術を搭載した2013年 Infiniti Q50 において、アウトバーンを高速（200km/h）で走行した際のハンドル角の修正の大きさを同クラス他社車と比較した。結果を図20に示す。修正操舵が大幅に低減されており、本技術を採用した狙いが達成されていることが確認できる。

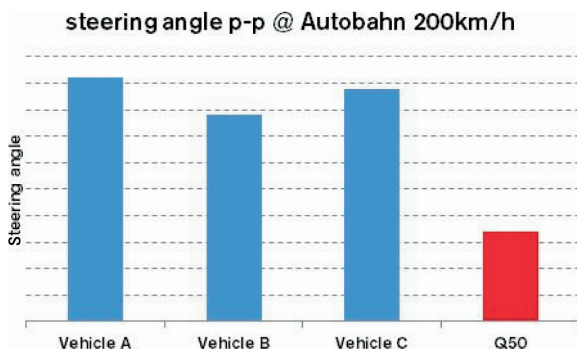


図-20 高速走行時のハンドル修正角
Fig. 20 Steering correction angle in high speed driving

4. お わ り に

人の感じ方のメカニズムを解明しドライバーや乗員の方がストレスなく乗れる車づくり、更に音による加速感の演出のような $+a$ の要素を「技術創出への挑戦」として紹介した。ここでは、DPを支える実験技術動向を紹介しまとめとしたい。

4.1 視線計測装置

これまでの視線計測装置では、専用の帽子に固定したセンサを用いるため、「普段通りの自然な運転が出来ないこと」や「カメラが視界の妨げになること」などの問題があった。近年、非接触型の視線計測装置（図21）が開発され、実験参加者のドライバーにセンサ類を一切装着すること無く運転中の「視線角（ピッチ／ヨー方向）」、及び視線の動きと関係の深い「頭部」6軸方向の動きを同時計測することが可能となった。これらの計測により安心感のメカニズム解明が加速されることを期待する。



図-21 視線計測装置
Fig. 21 Measuring equipment for sight data

4.2 Hardware in the Loop Simulation

3.2節や3.3節で取り上げたように、急速に制御システムが拡大採用されつつある。同システム開発の難しい点は、お客様が使われる操作や環境の全てを想定し信頼性を確保することや、人の感じ方にあったロジックを開発することである。複数の制御システムが搭載され無数の組み合わせの中から、お客様に最良の性能を提供する、あるいは信頼性を保証するロジックの開発、制御定数決定を実現する実験技術としてHardware in the Loop Simulation実験（HILS）がある。これは、実在する油圧系や制御システムのコントロールユニットはフィジカル、制御システムに関係のない部分は数値モデルとしたバーチャルとフィジカルを結合し、リアルタイムシミュレータで解析・実験するものであり、複雑化する制御システム開発の切り札として期待したい。

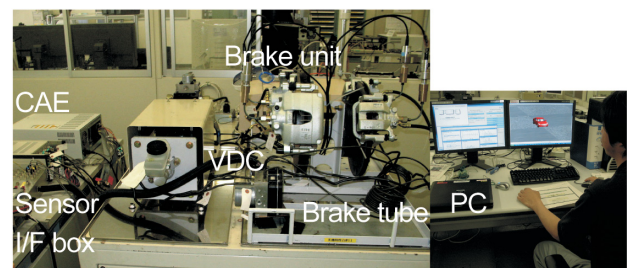


図-22 VDC HILS 構成の写真
Fig. 22 Photo of VDC HILS configuration

2章で紹介したとおり、人の影響を排除した決められた条件（規定入力）による従来の運動性能定量評価では、公道での人の感じ方を再現させることが難しい。人の感じ方のメカニズムを解明し公道での印象を再現する評価方法の確立や、本稿で紹介した複雑化する制御技術の実験方法の確立が、この分野でリードし続けていくためのキーと著者は確信する。

■著 者■



波 頭 伸 哉



川 上 慎 吾



村 田 誠



小 野 雄 二



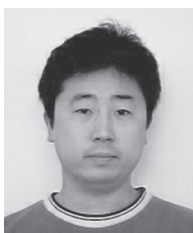
金 原 俊 一



三 山 栄 仁



磯 野 洋 一



宮 下 直 樹



木 村 健

ライフ・オン・ボード

Life on Board

山田 耕 司*
Koji Yamada山本 哲 也**
Tetsuya Yamamoto田中 兼 一**
Kenichi Tanaka平尾 章 成**
Akinari Hirao吉澤 公 理**
Norimichi Yoshizawa橘 学**
Manabu Tachibana竹内 貴 司***
Takashi Takeuchi

1. は じ め に

日産自動車では2005年からライフ・オン・ボード（LoB）という考え方を掲げ、車に乗って降りるまで人と車がかかわり合うすべてのシーンにおいて、お客様に「驚きの機能」と「上質な造り」を提供することを目指してきた。

このLoB領域にてお客様が体感される価値は非常に多岐にわたり、商品としてモデルごとの特徴やブランドイメージの形成に大きな影響を与えることになる。そこで、LoBはダイナミック・パフォーマンス領域と共に、「日産＝ドライビングプレジャー」をVision 2015の目標として、お客様に提供するコアバリューを（1）運転しやすいコックピット、（2）快適なキャビン、（3）インテリアの上質な造りの三つに重点化して、これまで様々な技術を開発し世の中に送り出してきた（図1）。



図-1 お客様に提供したいLoBの3つの価値
（コアバリュー）

Fig. 1 Delivering three kinds of value

LoBの価値創出において当初より一貫してきたことは「人を科学する」という基本理念である。人の特性を科学的に解明する基礎研究に基づき、使い勝手、快適感や見栄えなどといった主観的に“感性”で評価される特性を客観的な定量指標で語れる糸口を見つけてきた。

「人を科学する」上で、「人を測る」ことが最も難しい。人は感情に左右され、ばらつきが大きく、客観性に乏しいセンサといえる。したがって、人の特性およびそのメカニズムを理解するためには、肉体面のみならず、精神面、認知や知覚の研究も不可欠であり、連携したパートナーも医療関係など多岐にわたる。LoB開発の現場は、モノを測る

だけでなく、人を測る装置や研究設備などに特徴が見られた。計測やメカニズムの解析では、厳密解にこだわらず本質的な因子を見極め、いかに単純化した仮説を構築するかの発想力が重要であるが、思い返せばLoB開発に携わってきたエンジニアは、ダイバーシティに富んでいて、長年培ってきた日産流にこだわらない自由な考えや、新しい領域へのチャレンジを尊重する意識が高かった。

2. 流れを変えた技術

「人の特性を究める」ことにより実現する様々なLoB技術を開発し、世の中に送り出してきたが、本稿では、それぞれのコアバリューを具現化した以下の技術成果を紹介したい。

1) 人を科学したコックピットHMI技術

車の高機能化や通信技術の進化に伴い、コックピットの表示や操作機能数は急激に増大してきた。そこで、運転時の状況認知の向上と負荷の低減を両立させて、使いやすいコックピットを実現することを目指してきた。状況認知の向上技術として周辺視の特性に適応させたエコドライブインジケータ、また、負荷の低減技術では、スイッチ数の削減を実現したインテリジェント・コントロールディスプレイを実例にして、日産らしいコックピットHMI開発の考え方を解説する。

2) 快適なキャビンの実現技術（血のめぐりへの挑戦）

人が常に触れる空気・温熱環境、および座り心地に着目してキャビンの快適性向上を追求してきた。人の温熱感覚特性と熱伝導特性を考慮したクイックコンフォートシートヒータ、姿勢保持に関する身体負荷を最小化して疲労を低減できる中立姿勢コンセプトに基づくコンフォタブルキャブテンシートおよびスパイナルサポート、また、小体格者の膝裏圧迫を解消し快適な着座姿勢を取ることが可能となる圧迫低減クッションなどの技術事例を紹介するとともに、血の流れという共通の生理現象により知覚される

*TCSX **内外装技術開発部 ***Infiniti 製品開発部

温熱快適性と姿勢快適性を同時に向上させる技術開発の考え方についても解説する。

3) 高触感内装技術

見た目だけでなく、触れても上質感が実感できるインテリアの実現を目指してきた。赤ちゃんの肌のような触感を目指した合成皮革ソフィレス®や本革の開発、ひとクラス上の高触感を実現したインストルメンタルパネル表皮技術、硬い樹脂材料でも触れば滑らかな絞（シボ）、などを事例に挙げて、触感を物理量に落とし、触る側の指の特性にヒントを得た技術開発の考え方や経緯について解説する。

3. 技術創出への挑戦

3.1 人を科学したコックピットHMI技術

自動車の安全・利便機能の高度化やナビゲーション、テレマティクスサービスなどの通信技術の進化に伴い、コックピットの表示コンテンツ数と操作スイッチ数は増加の一途を辿っている。一方、運転へのディストラクションが少なく、より使いやすいコックピットHMIが求められており、我々は運転時の「状況認知の向上」と「操作負荷の低減」を追求してきた。

3.1.1 状況認知の向上

運転中は、直接視界に入る外界情報に加え、自車の走行情報や設定状態、ナビゲーションなどの外部情報を認知している。これら様々な情報を、運転操作を妨げない適切な方法で、適切な量を、適切なタイミングで提供することにより、状況認知レベルを向上させることを目指してきた。そのためには車内で提供される様々な情報の認知性をひとつずつ向上させていくことが必要とされる。メータなどの表示文字は、最も視力の高い中心視から視認対象が少し離れた状態でも、また、高齢者のように視力の低下が生じているドライバーに対しても必要な視認性を確保できる大きさに設定した。さらに、十分に目の焦点が合っていない状態でも文字形状の融合が少なくなるような文字デザインを開発してきた。このような文字デザインをメータやスイッチの表記などに一貫して採用して、情報の視認性を向上させた。また、エコ運転の情報に対しては新しい情報提示方法を検討し、運転中に前方を注視した状態でもエコ運転の状況を煩わしくなく視認可能な表示の実現を目指した。人は周辺視で光を感じるとその方向へ視線が誘導される。しかし、エッジがぼやけた光パターンに対して視線が誘導されることはなく、周辺視の状態でも光パターンの大きさや色の変化を視認することができるという特性を明らかにした。周辺視で視認できる下方角20度の位置に光学的にぼかしたインジケータを設置して、このインジケータの表示面積と色の変化でエコ運転状況を認識できるエコ

ドライブインジケータを開発し、2012年日産ノートに採用した（図2）。



図-2 日産ノート搭載エコドライブインジケータ
(メータ上部のしま状の濃淡変化がエコ状態の表示部)
Fig. 2 Eco-drive indicator

3.1.2 操作負荷の低減

IT/ITSの進歩によって多くの新しい機能が追加搭載されてきている。新機能を分かりやすく操作するためにタッチパネルの活用が考えられる。タッチパネルは表示された内容（機能）を直接指で触れるという、誰にでも認知しやすい操作形態を有している。分かりやすさという長所を持つ一方、従来のハードスイッチが有する手探りしやすさや操作した結果の確認など、触覚による情報認知が十分ではない。分かりやすさと触覚による情報認知とを備えることで、操作負荷を低減するHMIの開発を行った。2010年日産ジュークにはエンジン特性やCVT（Continuously Variable Transmission）の特性などの組み合わせ方で3種類のドライブモード（NORMAL/SPORTS/ECO）を選択することができる新機能を搭載した。これらの運転にかかわる新機能を操作するために、2色のフィルタと2色のLEDによって2種類のスイッチ表記の切替えを可能とした6個の多機能スイッチを有するインテリジェントコントロールディスプレイを開発した（図3）。通常はエアコン用のコントロールパネルとして使用し、スイッチの表記を切



図-3 日産ジューク搭載インテリジェントコントロールディスプレイ
(上段がエアコン操作時、下段がドライブモード操作時)
Fig. 3 Intelligent Control Display

替えることによってドライブモードの選択操作を行う構成とした。ハードスイッチの操作性を保ちながら、各スイッチの持つ機能の内容を確実にドライバに伝え、スイッチ数の増加を抑えてスイッチ面積を確保し、さらに操作する楽しみも持つHMIを実現することができたと考えている。

人の特性への理解を深めることによって、運転へのディストラクションが少なく、使いやすく、そして使ってみてほしいと思わせる魅力を持つ日産らしいHMIを、今後も開発していく。

3.2 快適キャビン実現技術

3.2.1 コンセプト

2003年以降、基礎研究を続け、2006～07年に掛けてSAEなどにおいて発表してきた長時間走行時の肉体的疲労低減技術に基づき、2010年に快適なキャビンを実現するためのコンセプトとして「Health & Wellbeing」コンセプトを発表した（図4）。これは、お客さまの心身を健康でより良い状態に保つことを目的に、負担や疲労を軽減するという従来の「快適なキャビン」の概念を広げ、「血のめぐりを良くする快適な姿勢と温熱環境」「美容と健康にも良い空気」を柱として、より進化した価値の提供を目指すものである。



図-4 「Health & Wellbeing」コンセプト
Fig. 4 “Health & Wellbeing” concept

特に「血のめぐりを良くする快適な姿勢と温熱環境」においては、従来個々の性能として開発されてきた姿勢快適性と温熱快適性について、人間はどちらも血のめぐりを介して知覚していることに着目し、血のめぐりを向上することで全体の快適性を向上できると考えた。本節では、乗員が触れる面積が最も大きい部品であるシートにおいて、血のめぐりを向上するために開発した技術について紹介する。

3.2.2 快適な姿勢を実現する技術

無重力状態において計測された人体の姿勢である中立姿勢がある。この姿勢は、負担となる全身の自重から解放され受動的な負荷が最小の状態での釣り合った姿勢と考えられる。そこで、快適で負担の少ない着座姿勢を実現す

るには、脊柱を負担の少ない自然な形にすることと、全身の体重を広い面積で分散させて支持することが有効であるとして、「中立姿勢コンセプト」と名付けた。コンセプト立案においては、着座面形状が自由に設定できるシートシミュレータなどを用いた台上実験や筋骨格モデルによる生体内負荷解析、多くの生理学指標を用いた長時間走行疲労評価などの多くの検証を基礎研究として実施した。

このコンセプトを具現化したのが、2010年日産エルグランド7人乗りモデルの2列目シートに装備されたコンフォタブルキャプテンシートである。このシートには、「クッション一体型オットマン」、「シートバック中折れ機能」、「3層構造クッションパッド」を世界で唯一同時採用し、全身を非常に広い面積で支え、かつ背骨の負担を軽減出来る快適なシートである（図5）。



図-5 コンフォタブルキャプテンシート
Fig. 5 Comfortable Captain Seat

コンフォタブルキャプテンシートは2列目用の独立シートであるため、中折れ機構やオットマンなどの付加機能を用いて快適性を大幅に向上することが可能であった。しかし、同コンセプトをより多くの製品ラインナップに適用するためには、既存の前席や後席の構造、寸法要件を大きく変えることなく実現する必要がある。そこで開発した技術がスパイナルサポート機能付コンフォタブルシートである。スパイナルサポート機能とは、シートバックを適切な位置で折り曲げて中折れ形状とし、同時にたわみ特性を最適化することにより、上半身の重い部位である胸部と骨盤部を適切にサポートし、脊柱を自然な形に保ち、背中や腰の筋肉に掛かる負担を軽減するものである（図6）。この

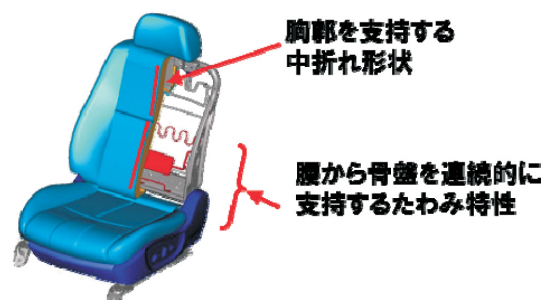


図-6 スパイナルサポート機能付コンフォタブルシート
Fig. 6 Comfortable seat with spinal support

技術は前席のみならず、様々な動作を行う後席にも、条件を最適化して適用できるようにした。本技術は2013年日産アルティマにおいてZero Gravity Inspired Car Seat (図7) として発表し、2013年Infiniti Q50においてはさらに後席にも採用しており、今後順次全車へ適用を進めていく。



図-7 ゼログラビティシート
Fig. 7 Zero Gravity Inspired Car Seat

次に、血のめぐりに直接的に影響する技術を紹介する。シートクッションの長さは、グローバルでより多くの体格の乗員に対して、座り心地を損なわないよう設計されている。そのため、結果として日本人女性に代表されるような小体格乗員が着座した際、クッション先端により膝裏の血管が直接圧迫され、血流が阻害されてしまうことがある。この不快感を避けるために、前側に大きく尻ずれした不自然な運転姿勢を取ることが多い。そこで、人にとって快適なクッション要件を検討した結果、体格によらず大腿部の位置に応じた一定の基準を持つことが分かり、クッション前端部を本体よりも柔らかくすることにより、大体格者の姿勢を不安定にせず、小体格者が圧迫されない程度の圧力で支えることのできるクッション要件を特定した (図8)。これにより、すべての乗員において快適な支持を提供できた。本技術は、2013年Infiniti Q50の前・後席に採用し、以降順次適用を進めていく。

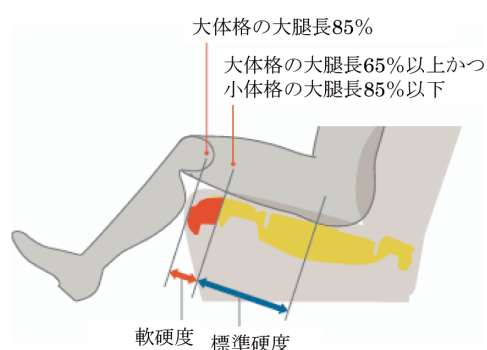


図-8 圧迫低減クッション
Fig. 8 Pressure reduction cushion

最後に、温熱快適性の向上技術として開発したクイックコンフォートシートヒータについて紹介する。数多くの生理学的な実験を繰り返した結果、シート着座時において「暖かさ」と「快適感」の感度には、部位による差がある

ことが分かった。一方、人体の熱の伝わりやすさ (熱伝導係数) にも部位による違いがあることが分かった。これらの特性を両立するために、従来均一密度分布であったシートヒータの熱線密度を最適化することで、消費電力が同じでも、特別な制御無しに、感覚特性に応じた温度分布を実現し、暖かいと感じられるまでの時間が従来よりも早く、かつ長い時間快適と感じることができるシートヒータを開発し、2010年エルグランドにおいて初採用した (図9)。人体に直接伝熱できるシートヒータは、温熱快適性向上における効率が良いため、電気自動車 (EV) におけるエネルギー効率向上にも貢献できる技術であり、2010年日産リーフにも採用されている。

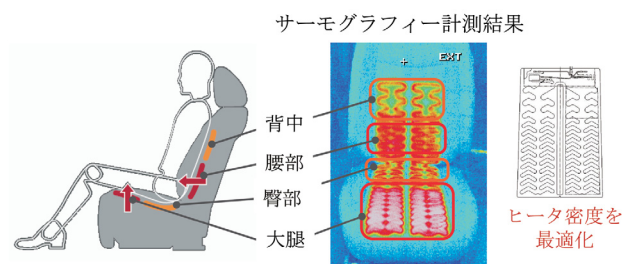


図-9 クイックコンフォートシートヒータ
Fig. 9 Quick comfort seat heater

以上のように、血のめぐりを良くするシート快適性向上技術は着実に技術開発が進み、それぞれ全車への適用を進めている。その実現は、人を科学して性能要件を見極めることと、新機構を追加せずに既存の構造をモディファイして実現できる設計要件とすることに、エンジニアが注力したことが大きい。

3.2.3 血のめぐり指標開発

前項に述べたように多くの快適性向上技術は、着座時に生じている個々の事象において、人を科学することにより開発してきた。しかし、複数の技術を製品に採用した結果、快適性がどれくらい向上するかを知るには、人体にどのような変化が起きて、どれくらい快適になっていると言えるかということを知ることが出来る評価指標の開発が不可欠であった。

従来、キャビンの快適性にかかわる姿勢快適性 (座り心地) や温熱快適性 (温冷感) は官能評価に加え、客観指標として、姿勢は筋負荷や皮膚表面血流など、温度は皮膚温や皮膚表面血流など、別々の指標を用いて評価を行い、個々に性能向上を図ってきた。それぞれの性能を向上させることは重要であるが、姿勢と温度の快適感を一元的に評価する指標を開発できれば、キャビンにおける快適性を総合的に向上させる有用な手段になると考えた。両者に共通して用いられることがある皮膚表面血流は人体の局所的な生理反応を計測するものであることから、全身の血のめぐり (循環動態) に着目すれば両者を一元的に評価できると考え、計測装置を導入した (図10)。

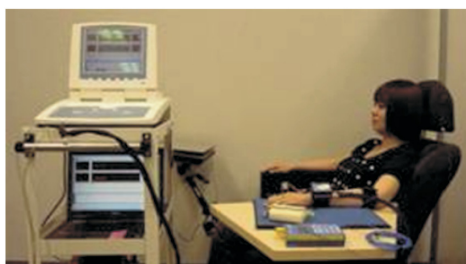


図-10 血のめぐりの計測セットアップ
Fig. 10 Experimental setup for measuring blood circulation

一般に、このような循環動態の計測は、血のめぐりが大きく変化する運動中のアスリートの状態評価や手術中の患者のモニタリングで使われており、キャビン内における姿勢や皮膚温の微小な違いを測るためには、安定かつ精度良く計測する必要があった。図11に、実験参加者が実験室に入室してから同じ姿勢を保持したときの血のめぐりの指標候補である1回拍出量（心臓の1回の拍動で吐き出す血液の量）の変化を示す。入室直後は、実験室までの移動による歩行運動や姿勢の変化による影響があり不安定な状態が続き評価が不十分であるが、しばらくすると安定することを確認できる。

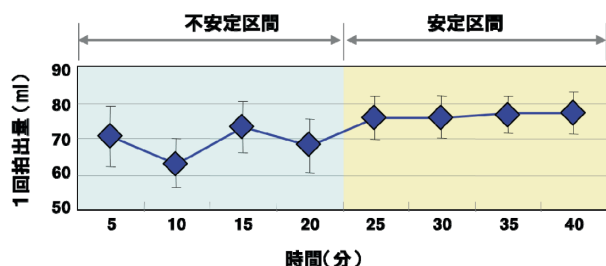


図-11 1回拍出量の変化
Fig. 11 Change of stroke volume

このように、血のめぐりの変化には様々な要因が影響するため、因子を洗い出し、一つ一つの影響度合いを地道に実験参加者による評価・確認を行うことで、計測評価のための環境や人の統制方法を確立した。

なお、実験参加者へは事前に書面と口頭で実験内容を説明し、同意後実験を行った。また、本稿に関するすべての実験については同様の同意を得ている。

全身の血のめぐりの指標の候補としては、血圧、心拍数、1回拍出量、末梢血管抵抗（血管の抵抗）があり、車内における姿勢と温度の変化範囲を考慮した基礎実験を行い、4つの指標の反応を確認した。結果、姿勢と温度の変化による反応は、1回拍出量で検出できることが分かった。これは、全身の血のめぐりが良ければ心臓に戻る血液量も増加し、結果として1回の拍動で吐き出される血液量も増加することを意味する。つまり姿勢と温度の変化に対し、どちらも快適感を感じると1回拍出量が増加し、不快になると減少する。

本指標を用いて、姿勢快適性として中立姿勢コンセプト

に基づくコンフォタブルキャプテンシートの効果を図12に、温熱快適性として人の温熱感覚特性と熱伝導特性を考慮したクイックコンフォートシートヒータの効果を図13に示す。

コンフォタブルキャプテンシートは、通常の着座姿勢（基準姿勢）に対し、シートバックの中折れ構造を用いたリクライニング姿勢、オットマン機能を使って足を上げた姿勢でそれぞれ1回拍出量が増加し、さらにその組み合わせによっても効果が増加することが分かった（n=6）。

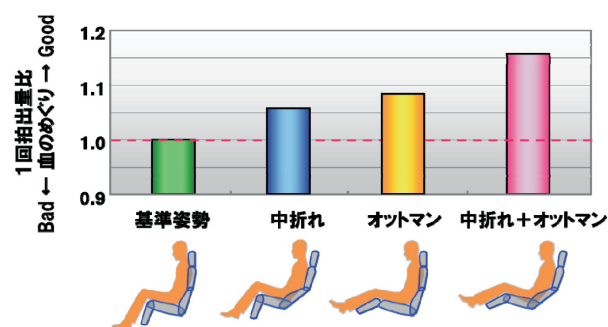


図-12 コンフォタブルキャプテンシートの評価結果
Fig. 12 Evaluation result of comfortable captain seat

低温の部屋で血のめぐりが低下した状態から、クイックコンフォートシートヒータと従来シートヒータで血のめぐりの回復量を比較したところ、両ヒータの消費電力は同等にもかかわらず、開発したシートヒータの方が早く血のめぐりが回復し、狙い通りに使用開始直後から早く快適になることが確認できた（n=6）。

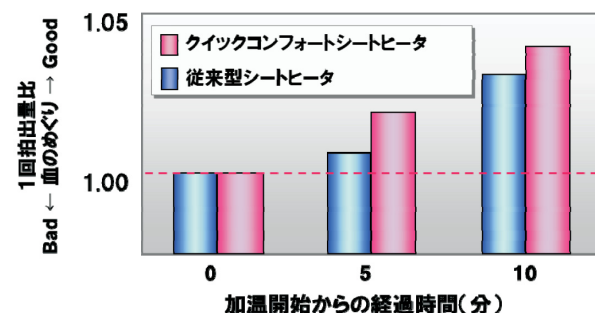


図-13 クイックコンフォートシートヒータの評価結果
Fig. 13 Evaluation result of quick comfort seat heaters

以上のように、姿勢快適性と温熱快適性と言う全く別の感覚を人体生理のメカニズムを考慮して同一の生理指標で評価する試みは、非常に珍しくほかに類を見ない。その反面、快適と言う微妙な生理反応を対象としているが故の苦労も多く、安定的に計測できるようにするために、非常に多くの実験を繰り返してきた。しかしながら、血のめぐり計測ができるようになったことで、「Health & Wellbeing」コンセプトにおけるキャビンの快適性を総合的に評価できる可能性が見えたといえよう。

今後も、人を科学することで、より快適なキャビンを実現する技術開発に注力していく。

3.3 高触感内装

高触感内装については、日産技報の中でも何度か取り上げて技術的な解説を述べてきたが、今回はこれまであまり語ってこなかった、アプローチを中心に解説する。

人を科学して触感を究めるという課題を設定したが、究めるということは、①触感という感覚的なものを物理量に落とし込み、②目標値を定め、③部品や材料の設計因子と結び付け、結果、触感を設計できるようにするというものである。①については、人は、手のどの部分で、どのような触り方をして、何を感じているのか、ということ深く掘り下げ、4つの因子（硬軟感、粗滑感、乾湿感、温冷感）を特定した。それから、利き手の人差し指や中指の第一関節から先の指の腹の部分を中心に、押ししたりなでたりしながら、例えば、押ししているときは4つの中でのどの因子を感じているのか、強さやなでる速度、接触している面積はどれくらいか、などを明確にした。さらに、4つの因子を測定できる計測器を用い、先ほどの触り方と同じようなモードで測定し、パラメータを特定した（図14）。

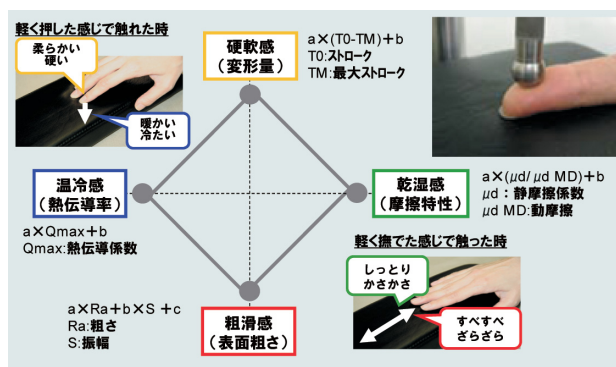


図-14 触感の4因子と物理特性

Fig. 14 4 factors of tactile sensation and physical properties

②の目標値については、ルノーと共同で世界6ヵ国360人の方々に色々な素材を触って頂き、どれが好ましいか、その素材のどんなところが良いのかを探求した。実はこの段階で、多くの方々からの様々なアドバイスから、いくつかの気づきが得られた。例えば、当時の部長からは、“独自のアプローチを考えて、触感で何年か飯が食えるようになれ”という言葉を受けた。その独自のアプローチを見いだすきっかけは、触感の物理特性検討の件でルノーに出張した時に、“Hi! How are you!”と握手をしながら気づいたことだった。年配のフランス人男性の相手の方が軽く握手をしてきたとき、年配の方でも柔らかい手（指の腹）をしているな、と実感した。自分の指の柔らかさなど自覚したことはなかったが、他人の指に触れて初めて、人の指というのは柔らかくて気持ちいいのだと感ずることができた。出張から帰って、数十人の指の特性を測って嗜好性との相関を分析し、指のような柔らかさや指紋の間隔に近い凹凸の触感ほど好まれるということが分かった（図15）。

これまで、触られる素材ばかりに目を向けていたが、触る指に注目したのは新たなアプローチであり、まさに発見であった。実は、感覚というのは、経験が大きく左右する。赤ちゃんはお母さんに抱っこされると泣きやむが、幼いころから人は、お母さんの肌の感覚が本能的に好きなのではないだろうか、指の特性に近い触感が好まれるのは、実はお母さんの肌の感覚に相通じるものがあるのだろうと考えた。もう一つ、気づきにつながったアドバイスの例を紹介する。ある報告会で役員の方々から“分かりやすく説明しなさい”“テレフォンショピングみたいにはできないのか”という2つの指示を受けた。2つ目は冗談だったのかもしれないが、この言葉で我々は、これまでの比較論での分かりやすさではダメで、絶対論で分かるようにすべきだと気づいた。現行品と比べて、開発品が良くなったと説明することがよくあるが、お客様が販売店で新車をご覧になると、前のモデルと新型車を隣に置いて比べることはあり得ない。特に、感覚の領域においては絶対値がいかに優れているかが重要なことである。従って、最終的に目標値は、その良さが絶対値で明らかに分かるように設定した。

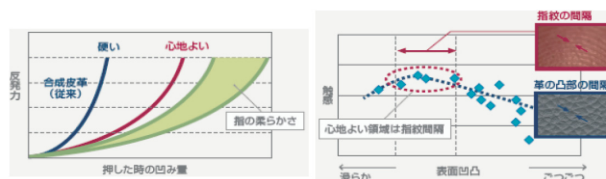


図-15 柔らかさ、表面凹凸と心地よい領域

Fig. 15 Softness, asperity and good feel area

③は、触感を素材の設計因子に落とし込むことであるが、2009年フーガでは、合成皮革、本革、インストルメントパネルの表皮、プラスチックについて、それぞれ最適な構成を考え、どこにどのような役目を持たせるかを検討した。例えば、合成皮革は3層構造になっているが、最も表層は車の内装としての耐久性を第一に考えた材料設計になっている。そこで、4因子の中の粗滑感と乾湿感が、人の指の特性に近くなるように、表面の凹凸の間隔は指紋の間隔に合わせ、さらにある表面処理を適用した。2層目は硬軟感を考えた設計とした。本革でも同様であるが、本革の上面に耐久性を保持するために塗装を施すが、塗装が厚すぎると本革を触るのではなく、硬い塗装に触ることになる。これは、触感にかかわる革の特性と従来の塗料の特性が、あまりにも異なることによるためであるが、指の特性と似たような塗料を何とか見つけだし、車の内装として適切な耐久性を備えるように最適化を図った。合成皮革も本革の塗料も、最終設計に至るまで、それぞれ約200種類ものサンプルで試作評価を行った。また、2012年新型ノートのインストルメントパネルやドアトリムに使っているプラスチックについては、もともとポリプロピレンという硬い素材なので、4因子の中の硬軟感はゼロ

になるが、表面の凹凸を制御し粗滑感を高い目標値に設定して、硬くても触れると高触感を実現した（図16）。



図-16 フーガ（左）とノート（右）の内装
Fig. 16 FUGA and NOTE interior

次に、技術的な話ではないが、開発した合成皮革に付けたソフィレス®（SOFILEZ）という名前の由来について説明したい。イタリア語のsoffice（ソフィッチェ：弾力のある、しなやかな）とlene（レーネ：柔らかい、穏やかな）を組み合わせたSofileneに、フェアレディZから採用することと、究極であるという意味のZを合わせて、SOFILEZと名付けた。実は、イタリア語を使ったことにも訳があり、世界6カ国の官能評価を細かく分析をすると、イタリア人と日本人は、しっとりした触感を好むという共通の傾向が見えてきた。SOFILEZは、少しイタリア人と日本人好みに仕上げている。筆者は以前より一度は名前を付けられるくらいの商品を開発したかったが、それを達成でき、またこのSOFILEZは、関係部署のご協力により、現在では他業界の複数の会社への外販を実現している。

最後に、内製で開発したインストルメンタルパネルのモノづくりの話を紹介する。お客様に安定した品質を確保するには、材料や工法、設計のあらゆる技術が必要になる。そのため、従来別々の場所にいた材料技術、生産技術、高品質評価、設計部署が一同に集まりチームを結成し、大部屋方式で開発を行うという新しい取り組みを行った。

競合車を凌駕（りょうが）する高触感の実現とともに、以下の課題にもチャレンジした。

- 1) 美しい複雑なデザインをち密に再現
- 2) メータやナビゲーション、エアバッグ、ステアリングコラムなどの機能部品を隙間無く保持
- 3) 経時でも変わらない質感
- 4) 最高の触感を提供する従来工法以上のシボの再現性

課題に対し、これまでより高い目標値を設定しながらも、チームが一丸となりすべて達成することができた。また、これらを短期間で開発完了させるためには、様々な苦労があった。例えば、触感に一番影響を与える表面層の開発には、のべ数十個の試作型の製作、1万回以上の成形トライアル、百回以上の試験を行った（図17）。時には金型の中に残った1ミリ以下の埃（ほこり）やゴミを拾い集め、顕微鏡で数百個のサンプルを一つずつ丹念に調べて、不具合の原因を特定し、改善を図ってきた。

触感を究めることをスタートしてから約10年になるが、これまでの開発に力を注がれた関係者の皆様に感謝する

とともに、そのチャレンジに敬意を表す。



図-17 インストルメントパネル表皮の成形機
Fig. 17 Molding machine for instrument panel skin

4. お わ り に

ライフ・オン・ボード（LoB）ではその名の通り、車に乗って降りるまで人と車がかかわり合うすべてのシーンにおいて、車もたらす価値の創造に取り組んできた。

お客様が車に期待することは、時の流れとともにますます多様化、複雑化してきており、車（モノ）がもたらす機能的な価値にとどまらず、車にかかわる様々な生活シーンにおける体験（コト）によるベネフィットが、より重視されるようになってきた。

したがって、お客様視点からの車の魅力や競争力は、自動車業界以外の動向や社会トレンドなどにも、大きく影響を受けるようになってきた。近年、IT機器の進化などがライフスタイルにも変化をもたらし、小中学生から大人まで、パーソナルコンピュータやスマートフォンが日常生活で欠かせなくなっており、車に乗っている時にも、様々な外部サーバから提供される情報や機能プログラムに自在にアクセスできることが期待されている。これは、LoBの価値創造に向けて技術開発に取り組むべきエリアが、車とつながりを持つより広い世界へ拡張しつつあることを意味する。

これからは、技術的、科学的な視点からのアプローチにとどまらず、サービスやビジネスと融合した新たな価値の提供に向けて、より斬新な発想が必要となる。冒頭に述べたとおり、これまでLoB開発に携わってきたエンジニアは、自由な発想とチャレンジ精神が旺盛であったが、これは現在にまでも脈々と引き継がれている。今後も「人を科学すること」および「人の特性を究めること」を基本理念に、日産らしい「驚きの機能」と「上質な造り」の提供により、ブランドバリューの向上への貢献を続けていきたい。

■著 者■



山 田 耕 司



山 本 哲 也



田 中 兼 一



平 尾 章 成



吉 澤 公 理



橘 学



竹 内 貴 司

「人の特性を究めたライフ・オン・ボード技術開発」特集に寄せて

Overview of Human Scientific Life on Board (LoB) Development

内外装技術開発部 小林 健樹
Kenju Kobayashi



1. はじめに

日産自動車では2005年からライフ・オン・ボード (LoB) という戦略を掲げ、乗車から降車までのすべてのシーンにおいて、お客様に驚きの機能と上質な造りを提供することを目的に技術開発を進めている。

特に、お客様に提供するコアバリューとして、(1) 運転しやすいコックピット、(2) 快適なキャビン、(3) インテリアの上質な造りの三つを定義し、これまで、日産エコメーター、フォレストエアコン、プレミアムインテリアパッケージなど様々な技術を市場に送り出し、好評を得ている。

LoB技術開発のユニークな点は、当初より一貫して「人を科学する」ことを基本理念としていることである。これは、使いやすさや快適感、見栄えなど“感性”で評価する人のメカニズムを解明することで定量化し、技術開発を行うことである。これにより、世界中の様々なお客様が実感できる価値を提供可能と考えている。本特集では、それぞれの具体的な取り組みについて触れる。

2. 技術と市場の動向

市場のグローバル化に伴い、初めて車を買われるお客様や高齢者など多様なニーズに応える必要がある。運転しやすいコックピットでは機能拡大に伴う様々な情報を分かりやすく伝えること、快適なキャビンでは多様な体格のお客様が心地よく過ごせる空間の開発などが求められる。また、新興メーカのコスト競争力も見逃せず、インテリアの上質さを初めとする魅力アイテムを、コストをかけずに実現する必要性が高まっている。そのためにも、人を科学した技術開発がますます重要となってきている。

3. 本特集で解説する新技術

1) 人間の視認特性に基づいたメータ表示技術

Infiniti JXおよび新型ノートのメータから採用したアドバンスド・ドライブアシスト・ディスプレイおよびエ

コドライブインジケータについて、人間の視認特性に基づく技術開発を紹介する。

2) Infiniti Q50 新コックピットHMI

新型Infiniti Q50に採用した新しいコックピットHMIの考え方（ディストラクションの低減、直感的でインベーティブなHMIなど）とその実現技術について紹介する。

3) スパイナルサポート機能付コンフォタブルシート

新型アルティマより採用した疲労低減シート技術について、コンセプト、快適着座状態の定量化技術、生理計測による疲労低減効果の検証結果について紹介する。

4) 幅広い体格に適合したシートクッション

新型Infiniti Q50より採用した、小柄な人から背の高い人まで幅広い体格の乗員に適合できることを目的に開発した新しいクッション構造について紹介する。

5) 射出成形表皮インストルメントパネル

新型シルフィ／セントラより採用したインストルメントパネル射出成形表皮技術について、従来表皮と同等の触感を保ちながら、コスト削減も可能とした射出成形用高流動表皮材料の開発と成形方法を紹介する。

6) 無塗装・低光沢・高触感ハードプラスチック内装

エントリークラスの内装質感向上を目的に新型ノートに採用した「無塗装で低光沢・柔らかく感じる」ハードプラスチック内装技術について紹介する。

7) 内装素材の質感評価技術開発

質感の高い内装表皮材を開発するために、人が質感を評価するメカニズムの解明とそれに基づいて開発した表皮材の質感評価手法について紹介する。

4. おわりに

LoBでは、ドライバはもちろん、乗員すべてのお客様に楽しく、快適に過ごせる時間と空間を提供すべく、今後も技術開発を行っていく。

最後に、LoBの技術開発及び商品化に貢献されている社内外の方々に心より感謝申し上げます。

人間の視認特性に基づいたメーター表示技術開発

Development of Meter Cluster Display Technology based on Characteristics of Human Vision

竹 藤 和 弘*
Kazuhiro Takefuji

小 坂 則 雄*
Norio Kosaka

渡 辺 博 司*
Hiroshi Watanabe

金 沢 到*
Itaru Kanazawa

古 川 政 光**
Masamitsu Furukawa

抄 録 Infiniti JXおよび新型ノートのメーターから採用された、豊富な情報を表示させつつ表示の見やすさと分かりやすさを向上したアドバンスド・ドライブアシスト・ディスプレイ、および走行中でも自然と視野に入る位置において表示の変化でエコ運転度合いを知らせるエコドライブインジケーターについて、人間の視認特性に基づいた技術開発の内容を紹介する。

Summary An “Advanced Drive Assist Display,” which displays various types of information with improved visibility and readability for drivers, has been installed in the meter cluster of Infiniti JX. And an “Eco Drive Indicator,” which notifies the driver of his or her “eco driving” level from a location that naturally falls into the driver’s field of view, has been installed in the meter cluster of new NOTE. This article introduces these developments that are based on characteristics of human vision.

Key words : Human Engineering, Research & Development, vision, visibility, meter cluster, Human-Machine-Interface, Graphical-User-Interface

1. は じ め に

近年の自動車の高機能化に伴って、メーター内に表示される情報は、速度や距離などの数字情報、警告灯に使用される記号情報、目的地やITSの運転支援情報を表わす文字情報など、その量と種類が増加し続けている。図1は、高機能車での表示情報数を、車両の発表年別に示した図である。

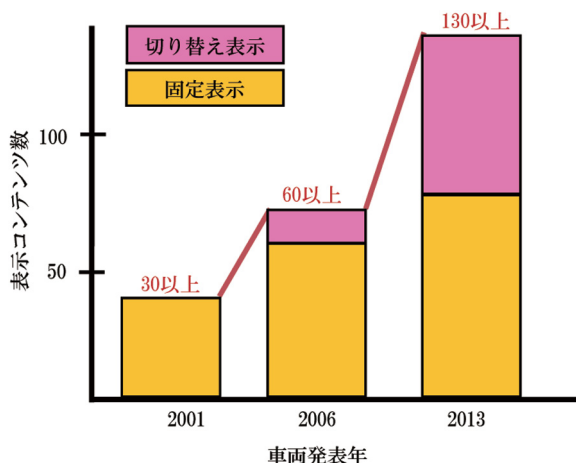


図-1 メーター内表示情報数の増加

Fig. 1 Increasing information from a meter cluster

このように表示情報数が増加していく中で、日産自動車ではメーター内に表示される情報の見やすさを確保するた

め、従来から視覚的な見やすさや分かりやすさを向上させる様々な取り組みを行ってきた。図2は、情報の見やすさを向上させる取り組みを行う際に、見やすさを構成する要因を分解した例である。

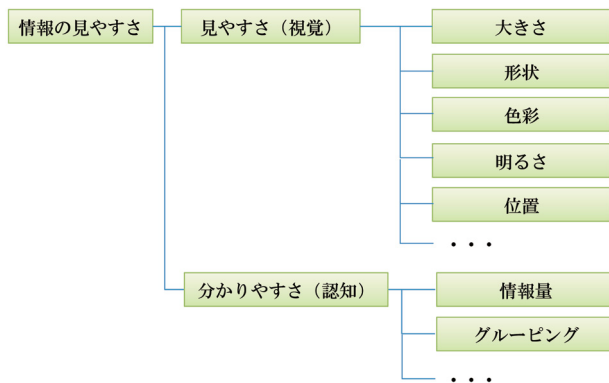


図-2 情報の見やすさの構成要因

Fig. 2 Factors of information with improved visibility

視覚的な見やすさについては、メーター内に表示される情報数がさほど多くなかった頃から、数字や文字の大きさ、フォント形状、警告灯の配置や色彩などを工夫することによって、見やすさを向上させる取り組みを行ってきた¹⁾。

視覚で捉えた情報の認知のしやすさ、すなわち分かりやすさの工夫としては、例えば図3のように、液晶ディスプレイをメーター内に設けて自由に表示を切り替えられるようにすることで、一度に表示する情報数を制御できるよ

*内外装技術開発部 **実験試作部

うにし、情報数の増加と分かりやすさの両立を図るものがある。



図-3 液晶ディスプレイ付メーター
Fig. 3 Meter cluster with liquid crystal display

さらに今後、IT/ITS技術の進化に伴って、車両相互の情報など新しい表示情報が增加することが予想されることから、見たい情報をほかの情報から分離して見つけやすくする、情報の識別性の向上が求められる。また、エコ意識の高まりによりエコ運転度合を知らせるエコインジケータの採用が増えており、運転中にメーターを見に行く余裕のない初心者でも、エコ運転情報を取得できるような工夫も求められる。そこで、人の視認特性を科学的に捉え、その特性を活用することで分かりやすさを向上させ、様々な情報表示に対応していく必要がある。

2. 人の視認特性

人間の眼球の網膜内には、錐体・桿体と呼ばれる視細胞がある。錐体は解像度が高く色の識別が可能という特性があり、一方、桿体は解像度が低く色の識別ができないという特性を持っている。図4に示す通り、錐体の密度分布は眼球の中央近辺のみが高く、逆に桿体の密度分布は中央近辺が低く、中央から少し離れた部分で高くなり、そこから外側へ行くに従って徐々に低くなっている。

視野は錐体の密度が高い中心視と、桿体の密度が高い周辺視の二つに大別でき、それぞれが錐体、桿体の特性に基づき、視認について異なる役割を担っている。中心視は視野角にしておよそ1°程度の狭い範囲で、物体の形状や色などの認識を受け持ち、一方、周辺視は時間変化に敏感であり、物体の位置や運動の認識を受け持っている。従って、メーターに表示される警告灯を見てその意味を理解する、あるいはトリップコンピュータの複数の表示情報の中から目的の情報を探索・識別する場合には中心視がその役割を果たしており、一方、前車を見て運転している時に突然飛び出してくる障害物の存在を把握する、あるいは景色を見ながら運転している時に、前車のストップランプの変化に気づくような場合には、周辺視が主にその役割を担っている。

後述するアドバンスド・ドライブアシスト・ディスプレイは、人の視認特性のうち中心視における情報の識別性の

向上を狙い、エコドライブインジケータは、周辺視特性を利用しエコ運転情報を取得しやすくすることを狙って開発したものである。

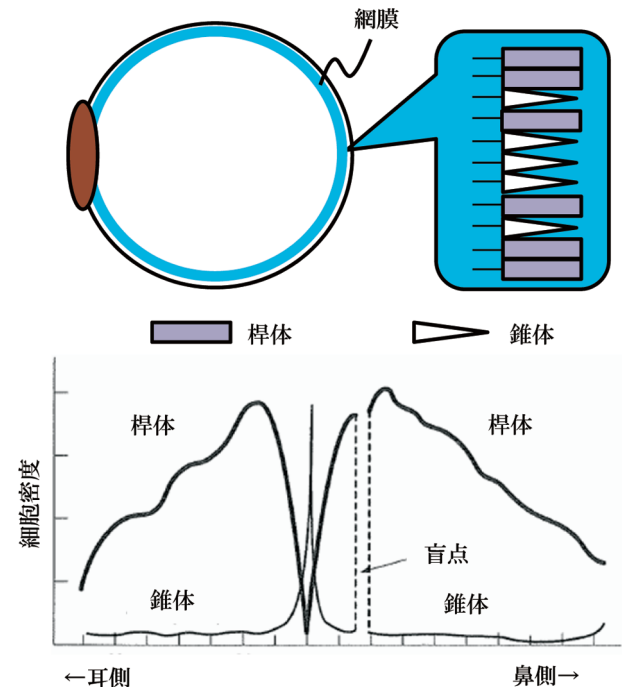


図-4 眼における錐体と桿体分布²⁾
Fig. 4 Distribution of cone and rod²⁾

3. アドバンスド・ドライブアシスト・ディスプレイ

図5に示すInfiniti JXのメーターには、情報の識別性向上を狙って奥行方向に段差をつけた、アドバンスド・ドライブアシスト・ディスプレイが設けられている。



図-5 Infiniti JX 搭載のアドバンスド・ドライブアシスト・ディスプレイ付メーター
Fig. 5 Infiniti JX cluster meter with Advanced Drive-Assist Display

情報の識別性とは、空間に広がる多様な情報を識別して取捨選択を行い、判断や行動を行う上で必要な情報に注意を配ることを、いかに効率的に行えるかを表す性能である。この中で、必要な情報に注意を配ることを、選択的注意と呼ぶ。選択的注意の特徴として、注意を配っている領域では、それ以外の領域よりも、脳内での認知処理が促進されると言われている。三次元空間上では、奥行が

異なる複数の面に情報が提示された場合、注意は注視している一つの面に配られ、注意が配られている面と異なる奥行の面にある刺激からの影響を受けにくい。このことから、奥行を利用して複数の面を用いることで、注意を配っている面の情報と、そうでない面の情報の区別がしやすくなると考えられる。これは、二次元平面上では近接している複数の情報であっても、そこに奥行差による面の分離を利用すれば、片方の情報を読み取る際に、もう片方の影響が少なくなることを示唆している。メーターにおいても奥行を利用することで、識別性が向上する可能性がある。

そこで、実際の車内でのメーターまでの視距離を模擬した実験により、その効果を測定した。本稿での全ての実験については、事前に書面と口頭で実験参加者へ説明を行い、同意を得た上で実施している。

実験は図6に示すように運転負荷をかけない光学ベンチ上での実験と、図7に示すように運転負荷を加えるドライビングシミュレータにおける実験の二通りを実施した。

実験は、探索すべき情報を、実際にメーターに表示される意味を持った数値情報（デジタル時計）とした場合に、面分離による識別性の向上効果が現れるのかを検証する目的で実施した。探索すべき数値情報を提示する領域と、アナログメーターを模したスピードメーターおよびタコメーター提示領域を、同一の奥行にする場合と、奥行差をつけて面を分離した場合とで、効果の比較を行った。

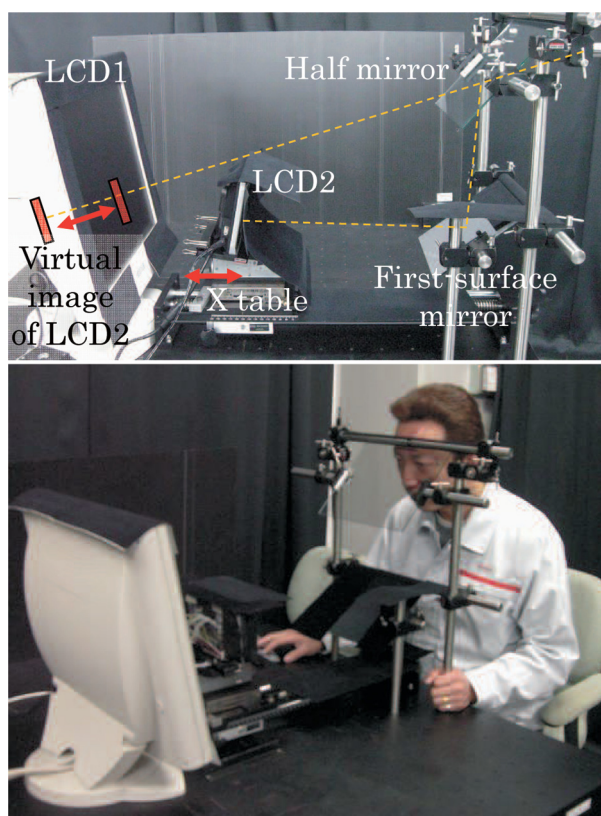


図-6 光学ベンチ上での実験の様子
Fig. 6 Experimental setup based on optical bench

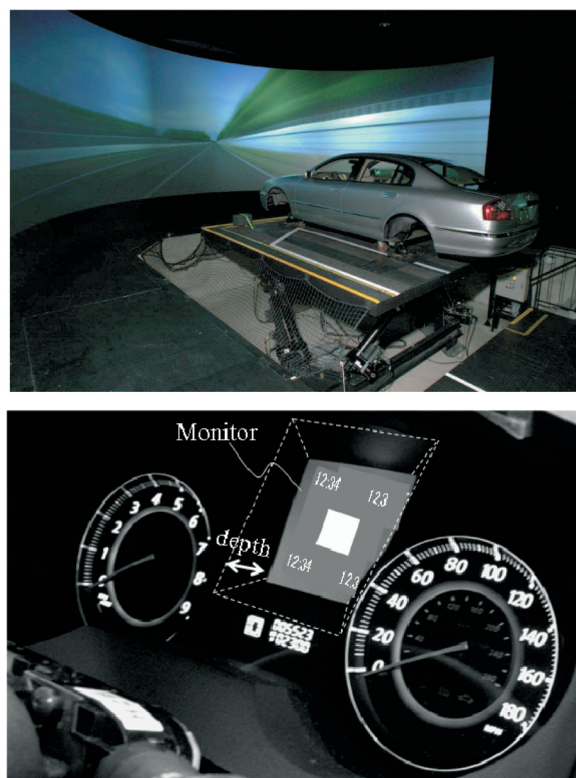


図-7 ドライビングシミュレータでの実験の様子
Fig. 7 Experimental setup based on driving simulator

光学ベンチにおける実験では、情報表示と同時に提示する合図の音の開始から、その後実験参加者が情報を認識してボタンを押すまでの時間を、反応時間として計測した。結果は図8の通りであり、平均反応時間は、奥行差0mmに対して20mmでは減少し、奥行差20mmと50mmでは同等となった。これは、アナログメーターの領域面とデジタル情報の領域面に奥行差がある場合、二つの面の奥行差に応じて、デジタル情報の面に注意が配分されるようになり、アナログメーターの面にある情報による影響が小さくなって、識別性が向上したと考えられる。

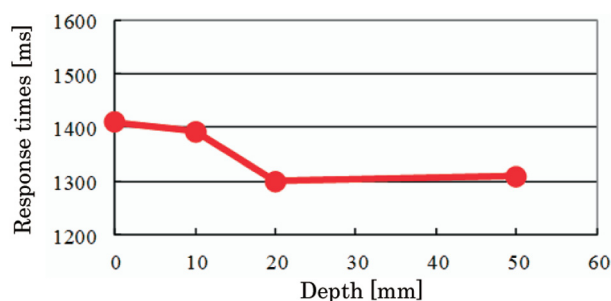


図-8 光学ベンチ上での実験結果
Fig. 8 Experimental results based on optical bench

ドライビングシミュレータにおける実験では、前景からメーターに視線移動を開始した時から、メーター内のデジタル情報を読み取って、再び前景に視線移動を開始する時までの時間を、視認時間として計測した。結果は図9の

通りであり、アナログメーター領域とデジタル情報領域に奥行き差を付けた場合、奥行き差0mmから30mm、30mmから50mmと、奥行き差が増すごとに視認時間が短くなる傾向が見られた。このことから、運転負荷がかかる環境でも、奥行き差による面分離が、識別性を向上させたと考えられる。

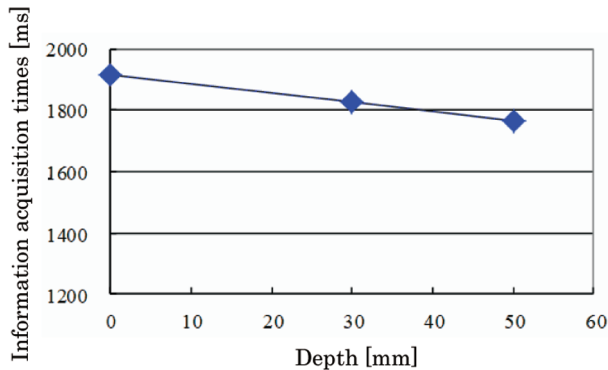


図-9 ドライビングシミュレータでの実験結果
Fig. 9 Experimental results based on driving simulator

以上の結果より、奥行きによる面分離が情報の識別性向上に有効であることを確認した。これら光学ベンチとドライビングシミュレータでの実験結果を受けて、Infiniti JXのアドバンスド・ドライブアシスト・ディスプレイは、アナログメーター領域とデジタル情報領域におよそ50mmの段差を設けることでそれぞれの面を分離し、分かりやすさの向上を図った。

4. エコドライブインジケータ

日産オリジナルのエコ運転支援情報としてエコドライブナビゲーターがあり、セレナやシルフィ、アルティマなど幅広い車種に採用されている。この情報は加速をするための最適な燃料消費量を閾（しきい）値として、図10に示すように過剰な燃料消費が無くエコ度合の高いアクセル踏み込み量と、過剰に燃料が消費されているエコ度合の低いアクセル踏み込み量を、ゲージと色で区別しやすくすることでエコ運転を支援する。特に燃費への影響が大きい発進時に、この情報を用いてエコ度合の高い踏み込み量となるようにアクセル操作を調節することで、燃費を向上することができる。

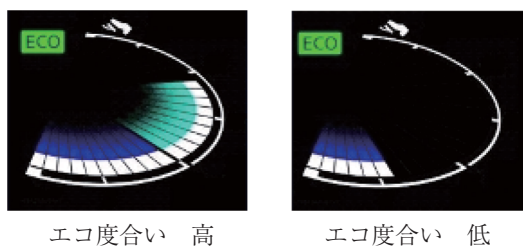


図-10 セレナ搭載のエコドライブナビゲーター
Fig. 10 "Eco drive navigator" of SERENA

今回は、エコドライブナビゲーターで提供している情報の視認性を、更に向上して幅広く活用することを狙い、新しいエコ運転支援情報の表示手法を検討した。例えば、運転に不慣れなドライバは、走行中に視線は前景を注視していることが多いため、メーターを注視して車速などの運転に必須の情報から、更に何か追加の情報を認識する余裕が少ない場合が多い。そこで第2章で述べたように、エコドライブナビゲーターの情報を、周辺視の特性を考慮した表現にすれば、メーターを注視して複数の情報を認識する余裕のない場合でも、エコ運転支援情報を活用できると考えた。

上記の考え方に基づいて検討したエコドライブインジケータについて、以下に述べる。試作機では、設置位置を周辺視の範囲内となる、下方角約20°（基準アイポイント起点）のメータークラスタ上とした。また、エコ運転支援情報の表現について、周辺視の特性を活用するよう次の工夫を行った。周辺視では、物体の位置や色などを精度よく識別することはできないが、運動を伴う形状の変化や位置の移動などを識別することができる。従って、周辺視では、図10のような表現からゲージの目盛位置と色を読み取って、エコ度合の高い踏み込み量かどうかを識別することは難しい。しかし、エコ度合の高い踏み込み量と、エコ度合の低い踏み込み量の違いをインジケータの幅の違いで表現すれば、周辺視でも、現在の踏み込み量のエコ度合を識別できると考えた。この考え方を基に、試作機の表現は図11のように、インジケータの幅が、エコ度合の高い踏み込み量の場合の方が、エコ度合の低い踏み込み量の場合よりも広くなるように設定した。

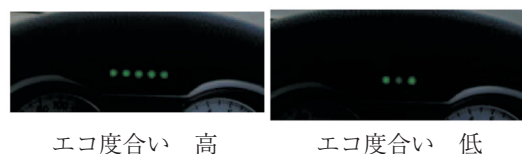


図-11 エコドライブインジケータの試作機
Fig. 11 Prototypes of "eco drive indicator"

次に、運転に不慣れなドライバにとってのエコドライブインジケータの見やすさを、図11に示す試作機を用いて実車で確認した。運転に不慣れなドライバの条件を、運転歴が10年以下、運転頻度が月2回以下、運転は休日のみの全てを満たすこととして、実験参加者を選定した。そのドライバに、エコドライブインジケータ（図11）と、エコドライブナビゲータの試作機を搭載したテストカーで市街地を走行してもらい、双方の見やすさを5段階で比較評価した。結果は図12の通り、エコドライブインジケータの方が平均で0.9点良い評点となった。これは、周辺視の特性を活用した情報表示によって、走行中にメーターを注視する余裕のない運転に不慣れなドライバが、情報を認知しやすくなっていることを示唆している。

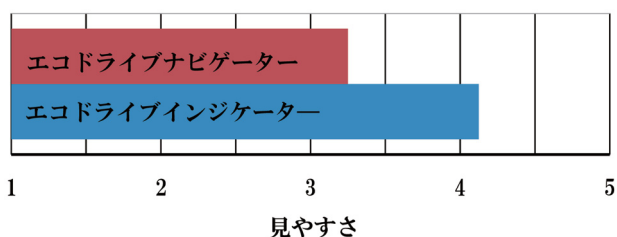


図-12 運転に不慣れなドライバの見やすさ評価結果
Fig. 12 Experimental results of visibility by unskilled drivers

以上より、情報を周辺視の範囲内に、周辺視で認識できる形態で提示することで、運転に不慣れなドライバの情報認知性の向上に効果があることを確認できた。この結果を活用して、新型ノートのエコドライブインジケーターは下

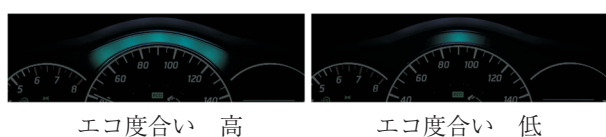


図-13 新型ノートに搭載のエコドライブインジケーター
Fig. 13 “Eco drive indicator” of new NOTE

方角20°（基準アイポイント起点）のメータークラスタ上に設置され、図13のようにエコ度合が高くなると、表示されるインジケーターの幅が広がる表現となっている。

5. ま と め

情報の見やすさを向上させる目的で、アドバンスド・ドライブアシスト・ディスプレイおよびエコドライブインジケーターを開発し、車両に搭載してきた。今後も車内で表示される情報は増加し続けていくことが予想されるため、より見やすい表示を目指し、人を科学することを基本にして開発を行っていく。

6. 参 考 文 献

- 1) 舟川政美：見やすいメータ、日産技報、No. 41、pp. 20-25（1997）
- 2) 日本視覚学会：視覚情報処理ハンドブック、朝倉書店（2000）

■ 著 者 ■



竹 藤 和 弘



小 坂 則 雄



渡 辺 博 司



金 沢 到



古 川 政 光

Infiniti Q50 新コックピットHMIの開発

Development of New Cockpit HMI for Infiniti Q50

道吉 誓子*
Seiko Michiyoshi

鈴木 基之*
Motoyuki Suzuki

佐藤 真平*
Shinpei Sato

渡辺 博司*
Hiroshi Watanabe

美記 陽之介**
Yonosuke Miki

植栗 寛達**
Tomomichi Uekuri

宮下 由佳**
Yuka Miyashita

抄 録 2013年に発表・発売した北米向け新型車Infiniti Q50において、「直感的でイノベーティブなHMI」「走行時に安心して自然に使える」をコンセプトとした、より見やすく使いやすい新コックピットHMIを搭載した。本稿では、コックピットHMIの中核である新ITシステムのHMIを中心に、その実現方策と人間工学評価結果を説明する。

Summary The new Infiniti Q50 that was released in 2013 makes use of a new cockpit HMI that is easier to see and easier to operate. It is a system based on the concepts of “intuitive and innovative HMI” and “easy and spontaneous operability while driving.” This article describes efforts to realize this approach and the results of ergonomics evaluation, with primary focus on the new IT system that is the core of the new cockpit HMI.

Key words : Human Engineering, interior, Human-Machine-Interface, display, navigation, audio system, switch, touch panel

1. はじめに

1980年代後半からナビゲーションシステムなどの情報機器がコックピットに搭載され、より便利で快適な運転を行えるようになったが、その一方で、コックピット内に表示される情報や、情報機器に対する操作は増え続けており、車両におけるヒューマンマシンインターフェース（以下、HMI）の重要性が近年、より高まっている。

当社のコックピットにおけるHMIは、

- ・表示デバイス（センターディスプレイやメータなど）は見やすい位置に配置
- ・操作デバイス（スイッチやコントローラ）は操作しやすい位置に配置

というシンプルで一貫した設計指針に基づき、「見やすく使いやすいコックピットHMI」を追求し、車両に搭載してきた。

本稿においては、新型Infiniti Q50に搭載した新コックピットHMIのコンセプトと、HMIの中核である新ITシステムを中心とした実現方策と人間工学評価結果を説明する。

2. Infiniti Q50のコックピットHMIコンセプト

本章では、Infiniti Q50の表示系・操作系HMI開発において、目指したコンセプトを述べる。

2.1 直感的でイノベーティブなHMI

スマートフォンやタブレット端末の普及が加速し、新しいタッチパネル操作とそれに適したグラフィカルユーザーインターフェース（以下、GUI）が登場し、直感的で操作しやすいユーザーインターフェース（以下、UI）として幅広いユーザに受容され、世の中のデファクトスタンダードになりつつあった。

また、車載されている既存のタッチパネルディスプレイにはない斬新な造形デザインも出現した。

そこで、今回のコックピットHMIでは、それらの操作系を車載として適用させ、車載システムならではの「直感的でイノベーティブなHMI」を目指すこととした。

2.2 走行時に安心して自然に使える

Infinitiブランドがドライバに提供したい価値として掲げている「運転する高揚感を追求するドライビングプレジャー」において、ドライバが運転を楽しむことに集中するために、必要な情報を不安なく得ることができ、必要な操作を自然な動きで実現できるコックピットHMIは不可欠であり、InfinitiのコックピットHMIは、2010年に発売したInfiniti Mから、「走行中に安心して自然に使える」をコンセプトとして開発を行ってきた。

Infiniti Q50においても、このコンセプトを継承し、

- ・ドライバの視線移動を最小とする表示位置に、状態に

*内外装技術開発部 **実験・計測技術開発部

応じた最適表示を行う

・走行中に、ドライバの運転姿勢を保持し操作できるという点に注力し、より進化したコックピットHMIを目指した。

3. コンセプトの実現方策

3.1 コックピットHMIの基本構成

前述したコンセプトを実現するため、Infiniti Q50では、ツインタッチディスプレイを中心とした新しいHMIを採用した。以下に、Infiniti Q50の主なデバイスの構成を示す（図1）。

- ・ ツインタッチディスプレイ
 - ・ 上方に配置した8インチディスプレイ（上画面）
 - ・ ナビゲーション、オーディオ、エアコンを集中操作できる7インチディスプレイ（下画面）
- ・ コンソールに配置したIT コマンド
- ・ ステアリングホイールを持ち替えずに操作できるステアリングスイッチ



図-1 Infiniti Q50 HMI の構成
Fig. 1 Components of Infiniti Q50 HMI

3.2 フラッシュサーフェス構造

従来のディスプレイはディスプレイの周囲をフィニッシャーで覆うベゼル構造であったが、Infiniti Q50ではスマートフォンやタブレット端末で採用されているフラットなデザインに近づけるため、ディスプレイと周囲のフィニッシャーとの面差がないフラッシュサーフェス構造を採用した（図2）。



図-2 フラッシュサーフェス構造
Fig. 2 Flush surface structure

このフラッシュサーフェス構造は、ディスプレイの周囲に外光を遮る庇（ひさし）が無いいため、従来のディスプレイと比較すると外光入射時の視認性が厳しくなる環境下となるが、反射率をより低くする表面フィルムを採用することで、運転中に確実に視認できる性能を確保した。

3.3 静電容量式タッチパネル

従来のタッチパネルは感圧検知の抵抗膜式タッチパネルを採用していたが、Infiniti Q50では軽く触れるだけで操作可能な静電容量式タッチパネルに変更し、スマートフォンで普及したマルチタッチ操作やスライド操作を取り入れ、ユーザが直感的にマルチタッチ操作やスライド操作を行うと思われる地図の拡大・縮小、及びスクロール操作、メニュー操作に割り当てた。

運転中の情報機器の操作において、ドライバがドライビンググローブを装着しながらタッチパネルを操作する利用シーンが考えられる。静電容量式タッチパネルは、指が触れた状態の静電容量の変化を見ることにより操作を検知しており、グローブを装着した状態で操作すると、静電容量の変化が少なく、検知できない場合がある。単純に検知しやすい感度に上げると、素手の指がタッチパネルに近接しただけで検知してしまう誤動作が発生する。

そこで、グローブ装着時の操作を検知できる感度に上げた状態で、グローブ装着時の操作した状態と、指がタッチパネルに近接した状態の静電容量の変化の違いを検知・判別し、近接時の誤操作を防止するロジックを採用することで、誤操作もなく、グローブを装着した状態で操作ができるタッチパネルを実現した（図3）。



図-3 静電容量式タッチパネルとドライビンググローブ
Fig. 3 Capacitive touch panel and driving gloves

3.4 表示・操作デバイスの車室内レイアウト

Infiniti Q50のコックピットは「見やすく使いやすいコックピットHMI」を実現するため、ツインディスプレイと各スイッチコントローラを、以下のように配置した。図4にInfiniti Q50のレイアウトを示す。

8インチディスプレイ（上画面）は、従来通り高い位置に配置することで、走行中の視認負荷を低減させている。

また、7インチディスプレイ（下画面）は、従来よりもタッチパネルのハンドリーチが短くなる位置に配置し、シートバックから肩を離さず、姿勢を変えずにタッチパネル操作ができる。

ITコマンドは、シートバックから肩を離さず、肘に余裕がある状態で握れるコンソールに配置することで、運転姿勢を変えずに、楽に操作できるようになり、走行中の操作性向上を実現した。

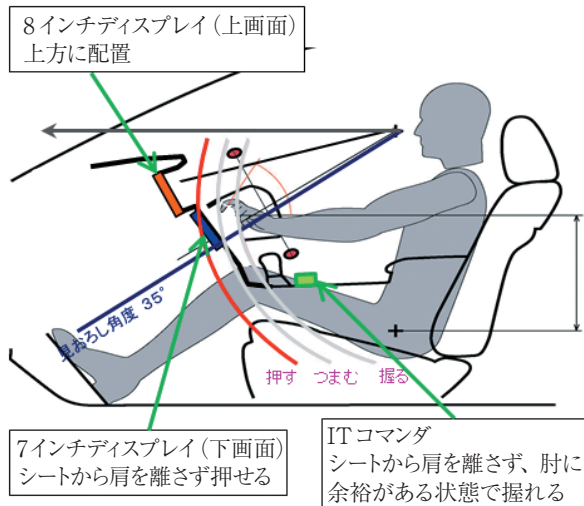


図-4 Infiniti Q50 の HMI レイアウト
Fig. 4 HMI layout of Infiniti Q50

さらに、走行中の操作性をより向上させるために、8インチディスプレイ（上画面）にショートカットメニューを追加した（図5）。ショートカットメニューは、走行中の操作頻度の高い機能やユーザが任意で選んだ機能を表示し、コンソールに配置したITコマンドやステアリングスイッチで操作することができ、走行中に運転姿勢を崩さずに、前景に近い8インチディスプレイ（上画面）を見ながら、頻度の高い機能を操作することができるようになった。



図-5 ショートカットメニューの操作
Fig. 5 Control devices for shortcut-menu operation

3.5 ハードスイッチの削減

車の機能が増えると共に、コックピットのスイッチも増え続けており、ユーザに「直感的に使いやすい」と感じてもらうためには、まず、使うスイッチを見つけやすいことが重要であり、Infiniti Q50においては、コックピット内のハードスイッチの配置と数の最適化を行った。

特に、ナビゲーションやオーディオ、エアコンのスイッチに対しては各機能の操作頻度を見直し、比較的操作頻度の低いスイッチ（エアコンのA/Cスイッチやステアリングヒータ）はタッチパネル内のソフトスイッチに置き換え、一方操作頻度の高いスイッチ（エアコンの温度調整やオーディオボリュームなど）を従来通りハードスイッチとして残すことで、ハードスイッチの削減を図った。これにより、図6に示すように、クラスC及びコンソール周りのスイッチ数を前型Infiniti Gの45から30に減らし、スイッチを見つけやすいコックピットを実現した。



図-6 Infiniti G と Infiniti Q50 のハードスイッチ数
Fig. 6 Number of switches of Infiniti G and Infiniti Q50

3.6 新グラフィカルユーザインターフェース（GUI）

3.5節で述べたハードスイッチの削減において、比較的操縦頻度が低いハードスイッチを画面内のソフトスイッチとする方策を取るにあたり、ソフトスイッチはハードスイッチの操作と同等の操作性を確保することを目標とした。タッチパネルによるスイッチ操作はハードスイッチのような操作感がないため、操作が完結するまで操作対象を見て押す操作となる。そこで、ハードスイッチと同等の操作性を実現するために、見やすい位置に、押しやすいサイズでスイッチを配置することとした。

・スイッチの配置

従来のハードスイッチよりも高い位置にソフトスイッチを配置し、操作対象を見て押す視認拘束時間の増加を抑えた。

・スイッチの寸法

従来のソフトスイッチの寸法に対し、より押しやすいス

イチサイズに拡大した。特に、従来はハードスイッチであったスイッチをソフトスイッチに置き換えた各機能のメニューに入るスイッチは、押しやすい形状でより大きい寸法を確保し、スイッチとスイッチの表示間隔は、十分なクリアランスを確保し、誤操作の防止を図った。図7に前型Infiniti Gと新型Infiniti Q50のGUIの例を示す。



図-7 Infiniti GのGUIとInfiniti Q50の新しいGUI
Fig. 7 GUI for Infiniti G and new GUI for Infiniti Q50

また、Infiniti Q50の新ITシステムはスマートフォンと同様に、ユーザがアプリケーションを追加する機能を有している。その機能拡張に対応するため、図8に示すように、メニュー画面の上位階層にスマートフォンなどで採用されているページの概念を導入した。これにより、ユーザはこのページ上の機能を自由に追加・削除・並べ変えを行い、スライド操作でページを切り替えることが可能となり、各機能へのアクセス性も向上した。



図-8 Infiniti Q50のメニュー画面
Fig. 8 New GUI images of Infiniti Q50 HMI

4. 人間工学評価

4.1 最適なソフトスイッチサイズと設置位置の検討

ハードスイッチをソフトスイッチに置き換えることで、ユーザの使用シーンに応じてディスプレイ上の最適な位置に操作スイッチを表示できるという利点があるが、ソフトスイッチは触覚のフィードバックがないため、適切なサイズとすることが重要である。

そこで、走行状態を模擬したドライビングシミュレータ(図9)上でソフトスイッチの操作を行う場合のドライバの視認時間と運転行動を分析し、最適なソフトスイッチサイズと設置位置を決定した。尚、本稿での実験については、事前に書面と口頭で実験参加者へ説明を行い、同意を得た上で実施している。

下方角、ソフトスイッチサイズ、及び視認時間の関係を図10に示す。ソフトスイッチを操作するときの視認時間がハードスイッチを操作するときと同程度になるように、ソフトスイッチのサイズを20～25mm程度、下方角を25

～30°程度とした。

このような検討を繰り返し、3.6節で示した新GUIの設計を行った。

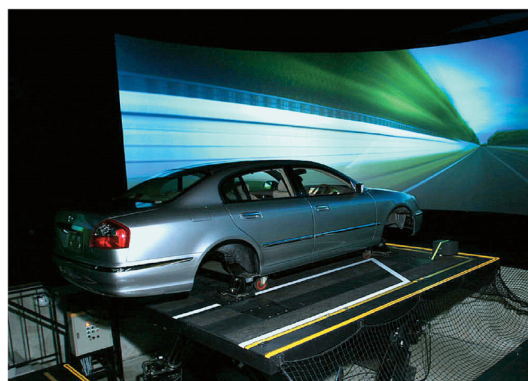


図-9 ドライビングシミュレータ
Fig. 9 Driving simulator

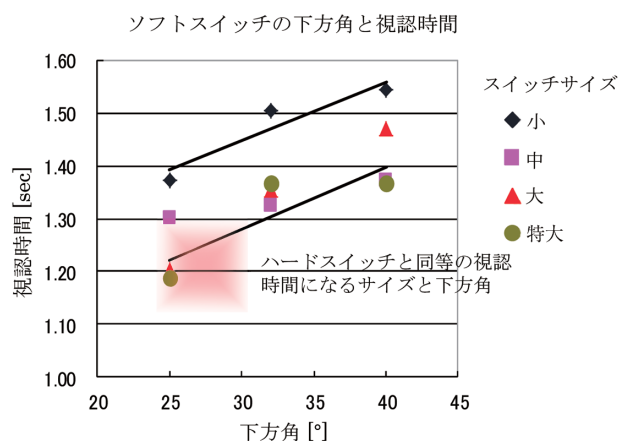


図-10 視認時間分析
Fig. 10 Analysis of glance time

4.2 地域性を考慮したカスタム評価

インターフェースの使いやすさや見た目の印象は、ユーザの機器の使用経験や生活環境によって異なってくる。そこで日本と北米のユーザによって本システムの総合的な評価を行った(約100名)。その結果、日本、北米両地域で「操作が直観的でわかりやすい」「2画面あるので地図が常時表示できて良い」「アイコンやスイッチが大きくて良い」「ITコマンドで地図の操作ができて便利」「グラフィックがクール」などのコメントが得られ、本システムの狙いが達成できていることが確認できた。

5. まとめ

これまでに述べてきた方策の投入により、コンセプトに掲げた「直感的でイノベティブなHMI」「走行中に安心して自然に使える」を具現化した新コックピットHMIを商品化することができた。

本稿の結びとして、今後のコックピットHMIにおける

取り組みについて述べたい。

スマートフォンを初めとするクラウドサービスが急激に進化し、ドライバは、様々な情報機器とアプリケーションを活用し、場所・時間を選ばずリアルタイムの情報を得、外部とのコミュニケーションを図ることが可能となった今、車内においても、車外と同じようにしたいという欲求は増え続けており、より「走行中に安心して自然に使えるコックピットHMI」が求められている。

究極のコックピットHMIは、車が、車やドライバの状態、状況を検知し、ドライバが必要以上に操作することなく、最も見やすい場所に、適切なタイミングで情報を表示する姿であると考え。その姿を具現化するため、車自体の高度化と、人間工学に基づいた表示系・操作系HMIの

開発を並行して取り組んでいきたい。

最後に、今回の開発に携わった方々、関係サプライヤの方々に深く感謝の意を表すと共に、今後の更なる進化へのご支援を、よろしくお願い申し上げます。

6. 参 考 文 献

- 1) 道吉誓子ほか：新型カーウイングスナビゲーションシステムの開発、日産技報、No. 65、pp. 31-39、(2009)
- 2) 荒井政志ほか：Infinitiらしい走りの良さを実現するコックピットHMI、日産技報、No. 67、pp. 4-7、(2010)
- 3) 北崎智之ほか：車載HMIの現状と展望、自動車技術、Vol. 64、No. 20、pp. 12-17 (2010)

■ 著 者 ■



道 吉 誓 子



鈴 木 基 之



佐 藤 真 平



渡 辺 博 司



美 記 陽 之 介



植 栗 寛 達



宮 下 由 佳

スパイナルサポート機能付コンフォタブルシートの開発

Development of Comfortable Seat with Spinal Support

石 渡 茂 樹*
Shigeki Ishiwata

永 野 孝 佳*
Takayoshi Nagano

吉 澤 公 理*
Norimichi Yoshizawa

平 尾 章 成*
Akinari Hirao

江 上 真 弘*
Masahiro Egami

抄 録 「ライフ・オン・ボード」のコアバリューのひとつである「快適なキャビン」に向けた技術開発の取り組みの中から、人の身体特性に基づいて開発した、長時間着座時の疲労を低減する「スパイナルサポート機能付コンフォタブルシート」について紹介する。無重力空間で脱力した姿勢である中立姿勢をヒントに、人体の負担を最小限にする姿勢支持方法を導き出し、その効果を生理学的指標で検証を行った。

Summary This article presents the development of a “comfortable seat with spinal support” based on human body characteristics that took place as part of efforts to develop a comfortable cabin, which is a core value of the “Life on Board” concept. Inspired by the “neutral posture” a body attains in zero gravity, this seat is designed to reduce the physical fatigue that occurs in long-term sitting.

Key words : Human Engineering, comfort, seat

1. はじめに

クルマの中で人に最も接するシートの基本機能は人を支えることであり、長時間運転時の着座疲労を低減するためには、負担の少ない姿勢で快適に支えることが求められる。日産自動車では、人体の負担を最小限にする姿勢として、「中立姿勢」に着目している。中立姿勢とは、無重力状態において計測された脱力状態の姿勢であり¹⁾、自重の影響を受けず、体内の受動的な負荷が最小の状態での釣り合った最も自然な姿勢と言える。当社の先行研究において、この姿勢を保持するためには、中折れ形状のシートバックが有効であり、試作した中折れ機能付シートを使用した長時間走行実験において、多くの生理学的計測指標にて肉体疲労が少ないことを確認できている^{2) 3) 4)}。この技術を活用して開発されたのが、図1に示すエルグランド

7人乗りモデルの2列目シート「コンフォタブルキャプテンシート」に採用している中折れ機能付シートバックである。シートバックを大きく後方へ倒し、中折れ機能を使用してシートバック上部を起き上げることで、背骨の形状が無重力空間で筋力がバランスした状態に近づけることができる。更にクッション一体型オットマンを持ち上げることで、下肢まで含めて人体全体を負担の少ない快適な姿勢とすることができる。

中折れ機能は前述のように、シートバックを大きく倒したときに効果を最大限に発揮し、前後スペースが大きい場合に特に有効である。一方で、運転姿勢をとる前席やリクライニング機構が無い、もしくは調整する範囲が狭い後席では、限られた範囲での使用となる。このような座席に対しては、それぞれに最適な中折れ形状を適用することで、調整機構を有することなく、コストも掛けずに、疲労を低減できると考え、すべての人を快適にすることを目標に、幅広く適用できるシートの開発に取り組んだ⁵⁾。

2. 中立姿勢コンセプト

人体の脊柱の中で胸郭部に位置する胸椎は肋骨に閉ざされており、動きが制限されたブロック構造と見なすことができる。この胸郭部と骨盤部は質量が大きく、その間が動きの自由度の高い腰椎からなる腰部によって連結されている。中立姿勢においては、人体の一つひとつの関節は受



図-1 コンフォタブルキャプテンシート
Fig. 1 Comfortable Captain Seat

*内外装技術開発部

動抵抗が最小となり、最も自然な角度となっており、そのときの腰椎の形状は真っ直ぐからやや前湾となり、椎間板負荷や筋負荷が少ないことが確認できている²⁾。着座姿勢においても、この腰椎の形状を再現することが有効であると考えられる。

実際の重力場で座席に着座した際、ハムストリングス(大腿後側の筋)の働きにより、骨盤部が後転する。そこで、まず骨盤部を支持して後転を防ぎ、重量物である胸郭部を支持して体幹部の自重をシート側で負担することで、間に位置する腰部の筋負担を低減できると考えた。骨盤部と胸郭部を合理的に支持する方法としては、シートバックの下部及び上部が人体に近づく中折れ形状により支持することが有効である。このとき、骨盤部と胸郭部を自然な姿勢となるように支え、腰椎の形状を中立姿勢に近い形状に近づけることで、椎間板負荷と筋負担の低減を実現できる。

したがって、車両上の着座姿勢に適したシートバック角度において、自然な姿勢となるように設定された中折れ形状のシートバックを有するシートを開発することで、腰部の筋負担低減を特別な調整機構を設けずに実現できると考え、中折れ形状により人体を中立姿勢に近い自然な姿勢で支える「中立姿勢コンセプト」に基づくシートの開発に取り組んだ(図2)。

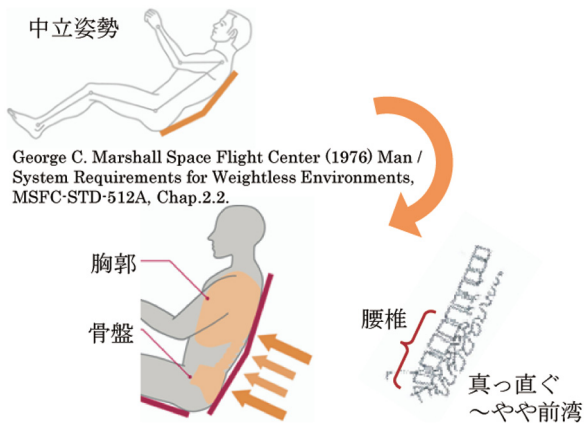


図-2 中立姿勢コンセプト
Fig. 2 Neutral posture concept

3. 快適な運転姿勢と着座面の探索

快適で負担の少ない運転姿勢とその姿勢を支える着座面を探索するために、図3に示すシートシミュレータを用いた。このシートシミュレータは座部が8個、背もたれが14個のユニットに分割されており、各々の位置の調整が可能であり、様々なシート形状に変化させることができる。この装置を使用し、背もたれの角度を一般的な運転姿勢に適した角度となるように初期形状を設定し、体格の異なるパネラ12名を対象に、快適で楽と感じる運転姿勢と



図-3 シートシミュレータ
Fig. 3 Seating simulator

なるように各ユニットの位置を調整させ、その際の姿勢と着座面形状を計測した。実験参加者へは事前に書面と口頭で説明を行い、同意後に実験を行った。なお、本稿の研究に関係するすべての実験については同様の同意を得ている。

3.1 快適な着座姿勢

表1に着座姿勢の定義と先行研究²⁾の中折れ機能付シートでの計測値を比較した結果を示す。一般的な運転姿勢に適した背もたれ角度で計測した最適姿勢は、先行研究で計測された中立姿勢に近い運転姿勢に対して、シートバック角度の変化に合わせて骨盤部、腰部が前傾した一方で、胸郭部の角度変化は小さかった。故に胸郭部と腰部のなす角はシートバック角度が起きた分に合わせて大きくなり、折れ角が緩くなった。

表-1 最適着座姿勢の計測結果
Table 1 Measurement results of optimized posture

身体角度	計測結果	先行研究	差
A1: 胸郭角度	7.6	9.2	-1.6
A2: 腰角度	25.6	35.0	-9.4
A3: 骨盤角度	38.0	45.7	-7.7
A4: 胸郭-腰挟み角	162.0	154.2	7.8

この結果は、前方を注視し、ハンドル操作を行えるように胸郭部の角度を保とうとしたこと、またシートバック角度が変化したことにより、体幹部の自重と関節の受動抵抗の関係が変化したためと推測され、シートバックの角度変化によって最適な胸郭部と腰部のなす角は変化すると考えられる。その変化は、腰部がシートバック角度に合わせて変化し、胸郭部は角度を保とうとすることから、最適な着座姿勢は、図4に示すように腰部角度の起立に伴い、胸郭と腰部のなす角が緩くなる変化を示すと考えられる。

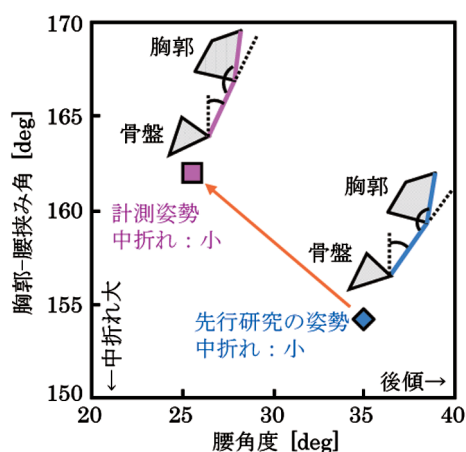


図-4 腰部角度と姿勢変化の関係
Fig. 4 Posture change due to lumbar angle

3.2 快適な着座姿勢を実現する着座面形状

背もたれの着座面形状について、パネラ12名の計測結果と平均形状を図5示す。通常、立位においては、脊柱はS形状となり、個々で様々な形状を示すが、今回体格が異なっても最適と感じる着座面形状は大きく異なることがなく、シートバック中央部で折れ曲がる中折れ形状を示した。これは、立位においては、筋力により人体の自重を支え、姿勢を維持するため、個々の体格、関節の柔軟性、筋力により異なった脊柱形状になることに対して、快適で負担の少ない着座姿勢においては、より脱力した姿勢となり、更に自重をシート側で支えることにより、筋力や人体の自重の影響が小さく、人体にとって自然な脊柱形状とすることができているためと考えられる。

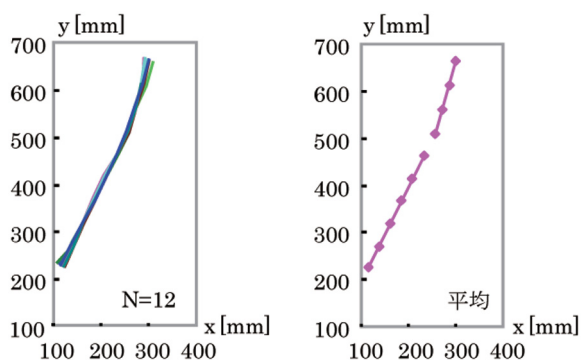


図-5 最適着座面計測結果
Fig. 5 Measurement results of optimized seat contours

今回探索したのは、剛体のシートに着座した際に示す着座面であるため、実際のシートでは着座した際に最終的に安定するたわみ後の着座面が一致すれば良いと考え、着座後の着座面が計測結果の平均形状となるようにたわみ特性を調整したシートを試作した（図6）。



図-6 フロントシートの試作品
Fig. 6 Prototype of front seat

4. 開発シートの評価

4.1 体圧分布計測

従来のシートと開発したスパイナルサポート機能付コンフォタブルシートに着座した際の体圧分布計測結果の例を図7に示す。従来のシートでは腰部を中心に強く支持した体圧分布を示しているのに対して、開発したシートでは骨盤部、胸郭部にも体圧が分散され、シートバックの下から上まで連続的に支持していることがわかる。したがって、最適な姿勢がとれるように調整された中折れ形状を有するシートは、コンセプト通り、骨盤部と胸郭部を積極的に支持できていることが確認できる。

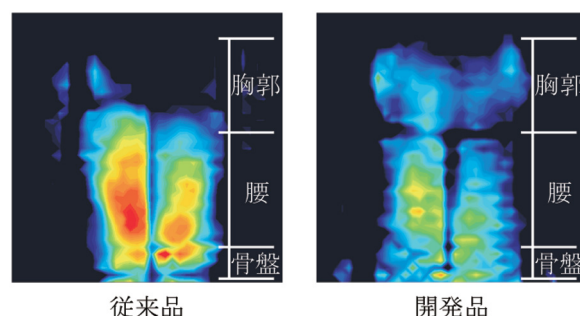


図-7 体圧分布の比較
Fig. 7 Comparison of pressure distribution

4.2 長時間走行疲労評価

開発したシートの効果を検証するため、従来のシートと開発したシートを用い、長時間走行時の疲労評価実験を行った。実験はテストコースのオーバル周回路において、100km/h定常走行を基本として、120分間の連続走行を実施した。日、英、米のパネラ計14名を対象に官能評価を行い、うち3名を対象に筋電図計測を実施した。

(1) 官能評価

疲労低減効果の官能評価として、0、5、15、30、45、60、75、90、105、120分後に0：感じない～5：我慢できない、の6段階で人体部位別の疲労主観評価を実施した。評価部位は頸、肩、背中、腰、腕、臀部、大腿・膝、足首・ふくらはぎ、の8部位である。

図8に、特に疲労低減効果の高かった腰の部位について、

疲労主観評価の経時変化を平均値で示す。45分走行後から従来のシートに対して開発したシートの疲労が低減し、120分後において約30%の低減効果が認められた。

そのほかの部位では、臀部においても疲労が低減する傾向が見られ、それ以外の部位では差は見られなかった。この結果は、開発したシートでは骨盤と胸郭を支持しているため、その間の背筋で姿勢を維持する筋負担が低減したとともに、従来のシートに対してシートバックで受ける荷重が増加した分、座面に掛かる荷重が減少し、臀部への負荷が減少したためと考えられる。

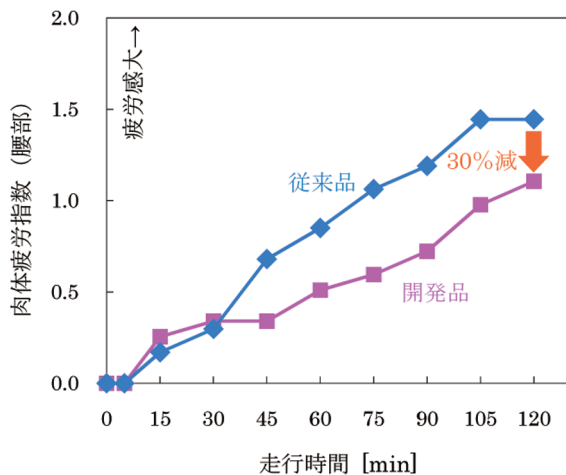


図-8 腰部の疲労主観評価結果
Fig. 8 Subjective evaluation of lumbar fatigue

(2) 筋電図計測

運転姿勢における筋負担を計測するため、走行時の背筋の筋電図を計測した。計測は0～120分の間で15分おきに実施した。

図9に示すように、筋電図の平均振幅を筋活動量の指標とし、走行初期の平均振幅を比較すると、開発したシートは従来のシートに対して、筋活動量を低く抑えていることが確認できた。また、積分筋電値の経時変化においても、筋活動量の蓄積量は走行開始時から終了まで、低い傾向を維持していることが確認でき、特に45分走行後から差が大きくなっており、官能評価結果の傾向とも一致する。したがって、開発したシートは従来のシートよりも背筋の筋負担が小さいことが確認できた。

以上のように、疲労主観評価、筋電図計測による生理計測の定性的、定量的両側面から、開発したシートは運転姿勢を維持するための筋負担が低減し、疲労感も低減されることが検証できた。

したがって、コンセプトで述べたように、運転姿勢に最適な中折れ形状を持つシートは、体幹部の骨盤と胸郭を効率的に支持し、その間の背筋の筋負担を低減させ、疲労を低減することができることがわかった。そのため、シートバックを2分割にして上下の角度を調整する特別な調整

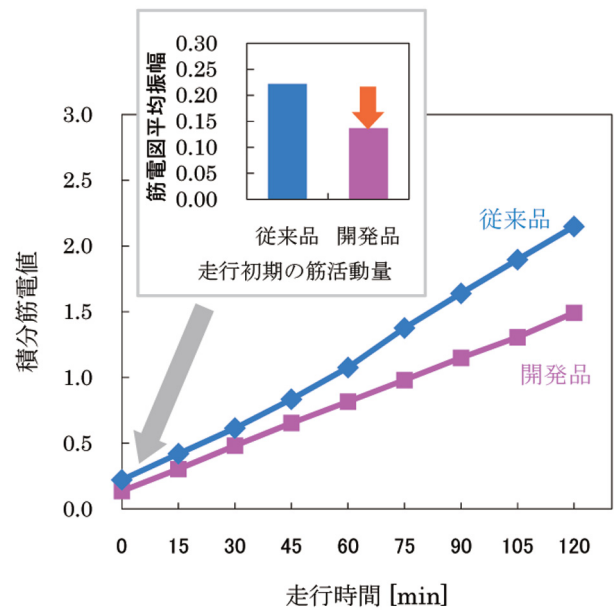


図-9 筋電図計測結果
Fig. 9 Measurement results of EMG

機構を有することなく、シートのたわみ特性の調整によりコストを掛けずに疲労低減を実現することができた。

5. リヤシートへの適用開発

フロントシートについては、これまでに述べてきたように、運転姿勢において最適となる中折れ形状を持つシートを開発したが、この考え方をリヤシートへ拡大することにも取り組んだ。

リヤシートでは、運転姿勢のように特定の動作ではなく、景色を見る、会話を楽しむ、飲み物を飲む、本を読む、眠るなど、様々な動作を行う。そこで、それら代表的な行動それぞれに対して、中折れ角度の最適値、許容範囲を導き出し、様々な動作においても快適に過ごせる中折れ角度を求めた結果、フロントシートよりもやや浅く設定する必要があることがわかった。この結果を織り込み、図10に示すリヤシートを試作した。フロントシート試作品と同



図-10 リヤシートの試作品
Fig. 10 Prototype of rear seats

様に、リヤシート試作品についても長時間走行疲労評価実験を行った結果、フロントシートと同等の効果があることを確認できた。

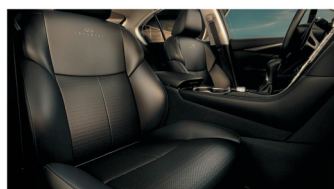
6. 車両への適用

以上のように、無重力空間で脱力した中立姿勢を参考として、中折れ機能付シートバックをエルグランドの2列目シート「コンフォタブルキャプテンシート」へ適用し、その考え方をフロントシートとリヤシートへ応用した「スパイナルサポート機能付コンフォタブルシート」を開発した。「スパイナル」とは背骨を意味し、背骨を最も自然な形状で支えることで、負担を少なくした快適なシートを実現した。このシートは、フロントシートでは、北米向けアルティマ、中国向けティアナを皮切りとして、リヤシートでは、

フロントシート



ALTIMA / TEANA



Infiniti Q50

リヤシート



Infiniti Q50

図-11 適用車両
Fig. 11 Applied models

フロントシートと共に北米向け新型Infiniti Q50より搭載され(図11)、以降の新型車へ順次拡大展開を予定している。

7. おわりに

本稿のスパイナルサポート機能付コンフォタブルシートの開発にあたって、快適な状態を特定する実験から始まり、生理指標による効果検証に至るまで、研究から開発、評価のプロセスにおいて、一貫して快適性を定量値で明らかにすることで、長時間ドライブの疲労を低減するシートを開発できた。今後もこのように「人を科学」して、快適なシートの開発に取り組んでいく。

8. 謝辞

快適姿勢の人間工学的研究および実験装置の開発においては慶應義塾大学理工学部名誉教授 山崎信寿様に御協力と御指導を頂いた。ここに記して謝意を表する。

9. 参考文献

- 1) George C. Marshall Space Flight Center : Man/System Requirements for Weightless Environments, MSFC-STD-512A, Chap.2.2 (1976)
- 2) 平尾章成ほか：生体力学的負荷に着目した疲労低減運転姿勢の開発、自動車技術会論文集、Vol. 39、No. 2、pp. 87-92 (2008)
- 3) 平尾章成ほか：長時間運転時の肉体疲労の定性および定量的評価、自動車技術会論文集、Vol. 39、No. 4、pp. 153-158 (2008)
- 4) 平尾章成ほか：多面的評価に基づく肉体疲労低減運転姿勢の提案、バイオメカニズム19、pp. 125-136 (2008)
- 5) 石渡茂樹ほか：体幹部支持を考慮した疲労低減シートの開発、自動車技術会論文集、Vol. 44、No. 2、pp. 647-652 (2013)

■著者■



石渡茂樹



永野孝佳



吉澤公理



平尾章成



江上真弘

幅広い体格の乗員に適合したシートクッション特性の検討

Analysis of Seat Cushion Characteristics Adjusted to Wide Range of Occupant Physiques

高松 敦*
Atsushi Takamatsu

吉澤 公理*
Norimichi Yoshizawa

平尾 章成*
Akinari Hirao

江上 真弘*
Masahiro Egami

抄 録 シートクッションには、大柄な乗員の座り心地を満足させながら小柄な乗員にも不快感を与えずにきちんと座れる着座環境を提供するという、幅広い体格の乗員に適合した設計が求められる。その指針を明らかにするため、人が快適と感じるクッション長さの決定メカニズムを実験により求め、幅広い体格の乗員を満足するために必要なクッションの特性について検討した。また、この考え方を実際に適用した事例として、北米向けInfiniti Q50に搭載されている圧迫低減クッションについても紹介する。

Summary Seat cushions must be designed to accommodate a wide range of occupant physiques. They must provide seating comfort to not only tall occupants but also those of shorter stature. To clarify design methods, we identify the reasons people feel comfortable with particular cushion lengths, which we ascertained through many experiments, and analyze seat cushion characteristics for a wide range of physiques. Finally, we present “pressure reduction seat cushions” that have been adopted in new Infiniti Q50 as an example of our application of these characteristics to design.

Key words : Human Engineering, seat cushion, wide-built occupants, cushion length, seating comfort, knee back, thigh length, cushion edge, pressure reduction seat cushion

1. は じ め に

従来、シートクッションの長さは大柄な体格の乗員（以下、大柄乗員）の座り心地を損なわないよう大きめに設計されることが多く、小柄な体格の乗員（以下、小柄乗員）が着座した際、クッション先端により膝裏が圧迫される不快感を避けるために、大きく尻ずれた不自然な運転姿勢を取らざるを得ないという問題点があった（図1）。

一部の高級車種には、クッション長さ自体を調整できるサイサポートアジャスター（図2）が採用されているが、



図-2 サイサポートアジャスターの例
Fig. 2 Example of thigh support adjuster

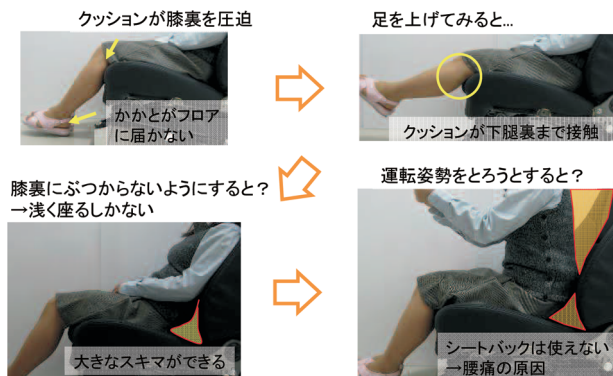


図-1 クッション長さが着座姿勢に及ぼす影響
Fig. 1 Influences of cushion length on short occupant's sitting posture

元々のクッション長さが大きくて小柄乗員がきちんと座れない場合は、せっかくの調整機能も効果が発揮できない。

このように、シートクッションには、大柄乗員の座り心地を満足させながら、小柄乗員がきちんと座れる着座環境を提供するという、幅広い体格に適合した設計が求められており、そのための基礎的な検討を行い、設計の指針を明らかにすることが必要である。

そこで本稿では、これまで日産自動車に取り組んできた、幅広い体格に適合できるクッション特性の検討内容、具体的には人が快適と感じるクッション長さの決定メカニズムと、幅広い体格乗員を満足させるために必要なクッションの特性について紹介し、この考え方を適用した事例として、北米向けInfiniti Q50の前・後席に採用されている圧迫低減クッションを紹介する。

2. クッション長さ決定のメカニズム

2.1 最適クッション長さとその決定要因

クッション特性の検討にあたり、まずクッション長さを可変とした実験装置を製作し、様々な体格の実験参加者（11名、身長150–181cm）に運転姿勢を取らせた場合の快適と感じる最適クッション長さの範囲を官能評価実験にて求めた。具体的には、クッション長さを連続的に変化させた場合に、許容できる最大長さと最小長さをそれぞれ探索した。図3に探索に用いた実験装置を、図4にその結果を示す。

なお本稿での実験については、事前に書面と口頭で実験参加者へ説明を行い、同意を得たうえで実施した。



図-3 最適クッション長さ探索用の実験装置

Fig. 3 Experimental seat devices for searching comfortable cushion length

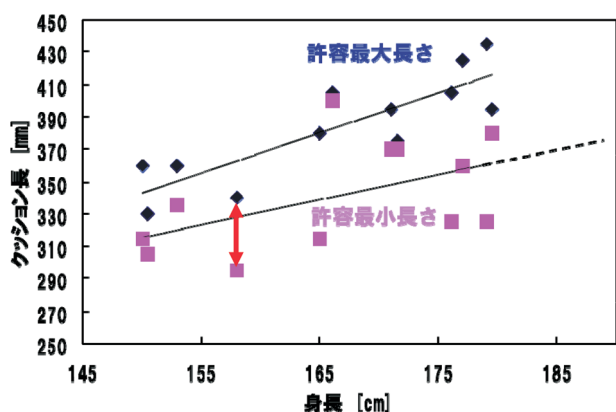


図-4 許容できるクッション長さの範囲

Fig. 4 Range of cushion length accepted by various built subjects

図4において、例えば、身長158cmの実験参加者Aが許容できるクッション長さの範囲は290mm以上、340mm以下ということになる。一方、クッション長さのある値に設定すれば、これを許容する乗員体格のカバー範囲（上限および下限体格）を求めることができる。

さらに同実験において、クッション長さを連続的に変化させながら、クッションが許容できる最大長さを超えた場合、あるいは許容できる最小長さを下回った場合に感じる違和感の中身について、それぞれ複数の官能評価項目より

回答させた。特に回答の多かった評価項目を抜き出し、相関の高い項目同志を階層化して整理した結果を図5に示す。

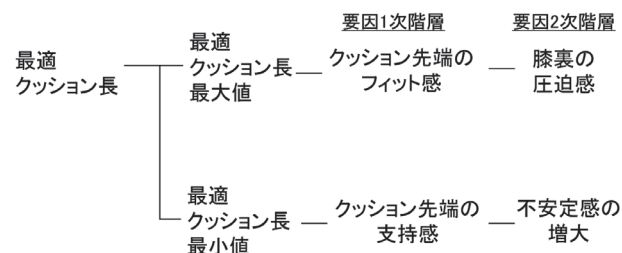


図-5 最適クッション長さの決定要因

Fig. 5 Decision factors for suitable cushion length

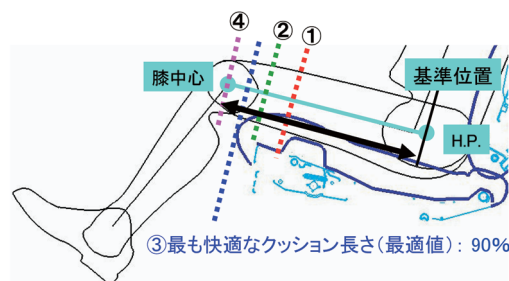
これより、最適クッション長さはクッション先端の「フィット感」と「支持感」という異なる二つの要因により成立していることがわかった。

すなわち、最適クッション長さの最大値はクッション先端の「フィット感」で決定され、ある値より長くなるとアクセルやブレーキなどペダル操作の際にクッション先端による「膝裏の圧迫感」が増して許容できなくなる。

一方、最適クッション長さの最小値はクッション先端の「支持感」によって決定され、ある値より短くなると乗員はクッション先端の支持不足から「不安定感の増大」を覚えて許容できなくなる。

2.2 クッション長さ決定の寸法要件

次に、様々な体格の実験参加者（11名、身長150–181cm）に対して再度、図3の実験装置を用いて、①「不安定感」を感じさせない最低限のクッション長さ、②「支持感」を確保できる許容最小のクッション長さ、③最も快適と感じるクッション長さ、④「フィット感」を確保できる許容最大のクッション長さをそれぞれ求め、大腿長さ（ヒップポイントから膝中心までの距離）で基準化したところ、①～④ともに実験参加者の体格に依存することなく、その平均値は図6のようにになった。



- * 許容境界値
- ① 臀部・大腿部支持に最低限必要なクッション長さ : 75%
 - ② 「支持感」確保に最低限必要なクッション長さ(許容最小値) : 85%
 - ④ 「フィット感」を確保できる許容最大クッション長さ(許容最大値) : 95%
- ※パーセンテージは、大腿長に対する割合

図-6 快適なクッション長さの寸法要件

Fig. 6 Size conditions for comfortable cushion wide-built occupants

すなわち、①「不安定感」を感じさせない最低限のクッション長さは大腿長さの約75%であり、②クッション先端の「支持感」確保に最低限必要なクッション長さは同85%、③最も快適と感じるクッション長さは同90%、④クッション先端の「フィット感」を確保し膝裏圧迫を許容できる最大のクッション長さは同95%となることがわかった。

2.3 クッション長さ決定の感覚要件定量化

図7に、前節①～④の各場合において、実験参加者ごとに計測したクッション部支持圧力分布の一例を示す。

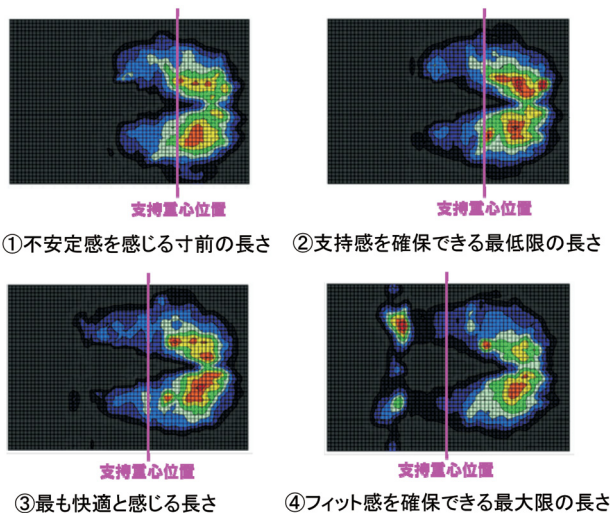


図-7 クッション長さとは支持圧力分布の関係

Fig. 7 Relationship between cushion length and supporting pressure distribution

①では、クッション先端の支持が全くないため臀部と大腿部に荷重が集中し、結果として支持重心位置が②～④に比べて大きく後方へ移動しており、これが不安定感の増大を誘発していると推察される。②では、①に比べてクッション先端による大腿前部の支持がなされているが、その圧力は最も快適と感じる③に対してまだ低い値にとどまっている。一方、④では、③に対しクッション先端による局所的な膝裏圧迫が非常に強くなっており、これがフィット感を損なう要因になっている可能性が高い。

以上より、クッション長さの変化により人が感じる「不安定感」、「支持感」、および「フィット感」の各感覚要因は、クッション部支持圧力分布の変化から説明することができると考えた。そこで、図7のような実験時の各実験参加者の圧力分布計測結果を分析し、それぞれの要因を定量化することを試みた。

まず、「不安定感」については、先の実験で①を求めた際の実験参加者ごとのクッション支持圧力分布から支持重心位置を求め、大腿長さで基準化すると、支持重心位置がヒップポイントから大腿長さの20%以内に入った場合に不安定感が増大して我慢できなくなることがわかった。

次に、クッション先端の「支持感」について、先の実験

で②を求めた際の実験参加者ごとの大腿前部（大腿長さの75～90%間）の支持平均圧力を求めると、クッション先端により大腿前部が支持される圧力が平均で0.78kPa以上あればクッション先端の「支持感」が得られ、許容されることがわかった。

さらに、クッション先端の「フィット感」について、先の実験で④を求めた際の実験参加者ごとの膝裏部（大腿長さの90～110%間）の局所平均圧力を求めると、クッション先端により膝裏が圧迫される圧力が平均で1.27kPaを超えるとフィット感が損なわれ、許容できなくなることがわかった。

以上を整理し、人が快適なクッション長さを決定する際に決め手となる感覚要件を整理すると図8のようになる。

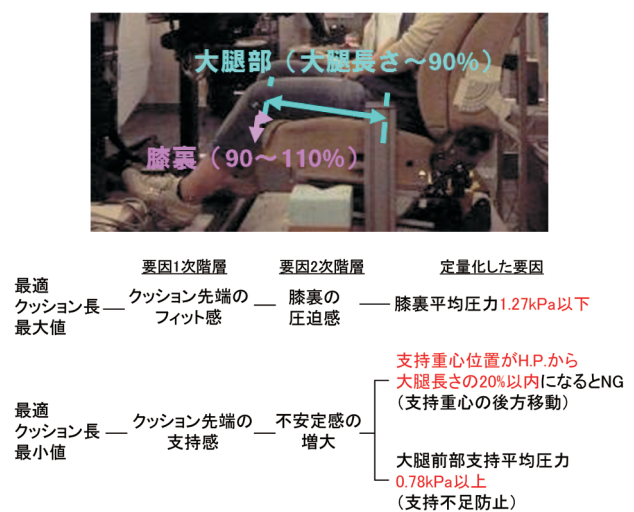


図-8 クッション長さの決定メカニズム

Fig. 8 Quantitative conditions for comfortable cushion length

3. 幅広い体格に適合するクッション仕様

前章で紹介した快適なクッション長さの寸法要件と考慮すべき感覚要件の定量値をふまえ、一つの仕様で幅広い体格に適合しうるクッション特性を図9のように導き出した。

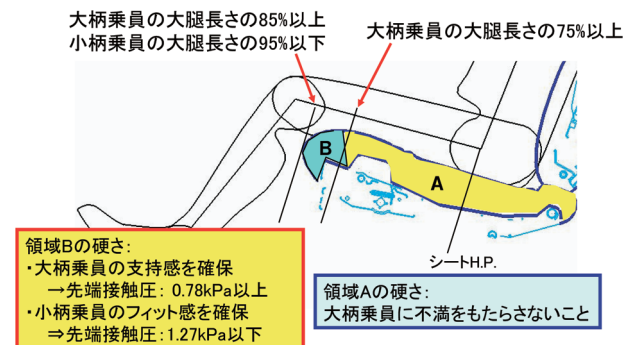


図-9 幅広い体格に適合するクッション特性

Fig. 9 Seat cushion characteristics for adjusting wide-built occupants

すなわち、クッション長さはカバーすべき上限大柄乗員の大腿長さの85%以上、かつ下限小柄乗員の大腿長さの

95%以下に抑えなければならない。

一方、クッション硬さについて、少なくとも領域A（上限大柄乗員の大腿長さの75%まで）は大柄乗員の臀部と大腿部をしっかりと保持できる硬さが必要となるが、クッション先端の領域B（上限大柄乗員の大腿長さの75～85%間）については、大柄乗員の大腿前部「支持感」のみならず小柄乗員の膝裏部「フィット感」も確保しなければならないため、カバー範囲内の任意体格乗員が着座した際の接触圧を0.78kPa以上、1.27kPa以下におさめる必要がある。

以上の考え方にに基づき、体格対応表を用いて大腿長さを乗員体格（身長）に換算し、許容クッション長さとの関係としてまとめたものを図10に示す。

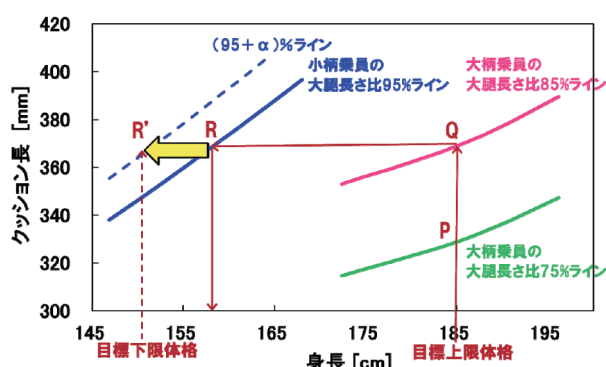


図-10 乗員体格とクッション長さとの関係
Fig. 10 Relationship between occupant's built and cushion length

シート設計者は、一つのクッションでカバーしなければならない乗員体格の範囲を想定し、その上限体格から必要クッション長さを確定させる（図10の交点Q）。一方、小柄乗員の「フィット感」を確保できるクッション長さは大腿長さの95%以下であることから、必要クッション長さと95%ラインの交点Rが満足できる乗員体格の下限値を表すことになる。しかし下限値が目標とする体格まで到達しない場合は、乗員に不自然な着座姿勢を強要することになりかねない。

そこで、これを解決するため、クッション先端の領域B（図10のPQ間距離）の硬さを領域Aに対してより柔らかくし、小柄乗員の「フィット感」を確保しながら許容クッション長さを95%からさらに拡大させる方策（図10における点R⇒R'の方向）を新たに検討した。すなわち、領域Bの硬さを図9で規定された範囲の下限値寄りに設計すれば、クッション長さを変えずに、より小柄な乗員まで満足することができると考えた。

この考え方を実際に適用した事例として、次章にて「圧迫低減クッション」の開発内容を説明する。

4. 圧迫低減クッションの考え方と構造

一般に、乗用車シートでは、前・後席ともにクッション

長さを従来型から変えることなく、より小柄な乗員でも自然な着座姿勢がとれることがのぞましい。前述のとおり、クッション長さ自体は目標とする上限の乗員体格で決定されるため、カバーできる乗員体格の下限値を拡大するには必然的に「フィット感」を確保できるクッション長さの最大寸法を従来の95%より拡大する必要が生じる。そこで、クッション先端（領域B）をそのほかの部分（領域A）に対して柔らかくする「圧迫低減クッション」の考え方を採用することで、小柄乗員にも自然な着座姿勢を提供できる。

クッション先端を柔らかくするにあたっては、大柄体格乗員の「支持感」を確保できる接触圧である0.78kPaを下回らないこと、かつ乗降時にクッション先端へ繰り返し負荷がかかっても表皮にシワが寄らない耐久品質を満足できること、の2点に留意して硬さを決定した。

以上のように開発した「圧迫低減クッション」の試作品を用いて検証を行った結果、小柄乗員の「フィット感」を確保できる許容最大長さを大腿長さ比で従来の95%から100%まで拡大できることが確かめられ、クッション長さを従来型から変えることなくカバー範囲下限値の乗員体格をAF33相当（身長約160cm）からAF05相当（身長約152cm）まで拡大することが可能となった。

図11には圧迫低減クッションの試作品の体格カバー範囲拡大効果を、図12には身長152cmの小柄乗員が従来型

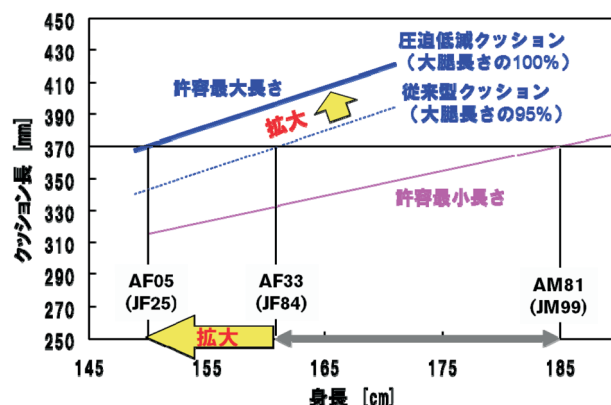


図-11 圧迫低減クッションの体格カバー範囲拡大効果
Fig. 11 Effects of covering-range expansion of pressure reduction cushions

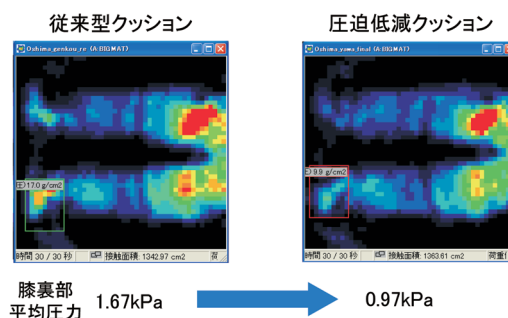


図-12 圧迫低減クッションの効果検証（小柄乗員）
Fig. 12 Pressure reduction effects for short built

クッションに着座した場合、および圧迫低減クッションに着座した場合それぞれの体圧分布計測結果を示す。

このように、圧迫低減クッションでは、クッション先端による膝裏部への平均圧力は1.27kPa以下に抑えられ、カバー範囲下限値である小柄乗員のフィット感を確保できる仕様となっていることがわかる。

さらに、大柄乗員4名（身長179cm 2名、181cm 2名）、小柄乗員4名（身長150cm、152cm、155cm、157cm）のそれぞれに各クッションを使用して、運転姿勢をとった場合の快適感官能評点を比較した結果を、図13に示す。

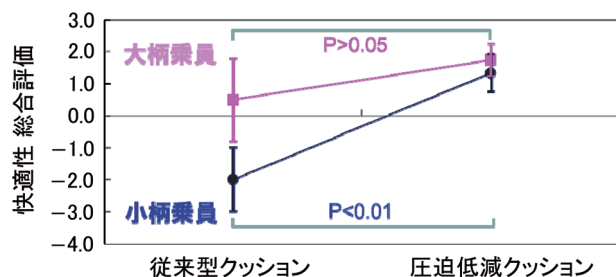


図-13 圧迫低減クッションの快適感評価

Fig. 13 Improvements of seating comfort by using pressure reduction cushions

ここで、圧迫低減クッションでは大柄乗員の評点も向上しているが、これはクッション先端が柔らかくなったことで大柄乗員の膝裏フィット感も向上したためと考えられる。

このように、幅広い体格へ適合するクッション特性を適用して圧迫低減クッションを試作した結果、大柄乗員に対する大腿部支持感を満足させながら小柄乗員に対する膝裏圧迫を緩和でき、従来型クッションより小柄な乗員にまで快適な着座環境を提供することが可能となった。この結果を受け、北米向けInfiniti Q50の前・後席クッションに圧迫低減クッションを採用している。

5. おわりに

本稿では、人が快適と感じるクッション長さの決定メカニズムを実験により求め、幅広い体格乗員を満足するために必要なクッションの特性について検討した。また、この考え方を適用した圧迫低減クッションの開発事例を紹介した。今後も、本検討で得られた知見を活用したシートクッションの設計・開発を行っていく。最後に、本開発に尽力された大島瑠美子氏（2011年3月退職）はじめ社外、社内関係諸氏に深く感謝を申し上げる。

■著者■



高松 敦



吉澤 公理



平尾 章成



江上 真弘

射出成形表皮インストルメントパネルの開発

Development of Injection Skin for Instrument Panels

寿原 雅也*
Masaya Suhara

徳毛 一晃**
Kazuaki Tokumo

石井 郁***
Kaoru Ishii

長尾 毅****
Takeshi Nagao

水谷 篤****
Atsushi Mizutani

小松 基**
Motoru Komatsu

土方 俊介*****
Shunsuke Hijikata

橘 学*****
Manabu Tachibana

抄 録 自動車の内装に求められる「上質な造り」、「コスト競争力」、「グローバル生産」達成を目的に、従来のラグジュアリークラス向けインストルメントパネル表皮と同等の触感、表皮生産サイクルの短縮、コスト低減、新興国での生産を実現する射出成形表皮インストルメントパネルの新技术開発を行い、新型シルフィ/セントラから採用した。本稿では、射出成形用高流動表皮材料の開発と大型薄肉表皮成形方法への取り組みについて紹介する。

Summary In order to achieve “high quality,” “low cost,” and “global production” for vehicle interiors, we developed a new technology for injection molding skin installment panels that produces a feel resembling the soft feeling found in more luxurious classes, shortens the production cycle, lowers cost, and is applicable to production in developing countries. This new technology has been adopted beginning with new SYLPHY and SENTRA. This article describes the development of injection molding using high flow skin materials and efforts to develop a large thin-wall skin molding method.

Key words : instrument panel, interior, Material, Production Engineering

1. はじめに

自動車市場がグローバルに拡大する中、インストルメントパネル（以下、インパネ）表面の見栄えなどの質感向上（上質な造り）を図るため、商品力の高い表皮・発泡層付インストルメントパネル（以下、ソフトインパネ）（図1）を従来のラグジュアリークラス向けだけでなく、ミドルクラスに向けて拡大して提供していくことが求められている。その際には、グローバル対応、コスト低減も必要となるため、今回商品力の向上（上質な造り）、コスト競争力

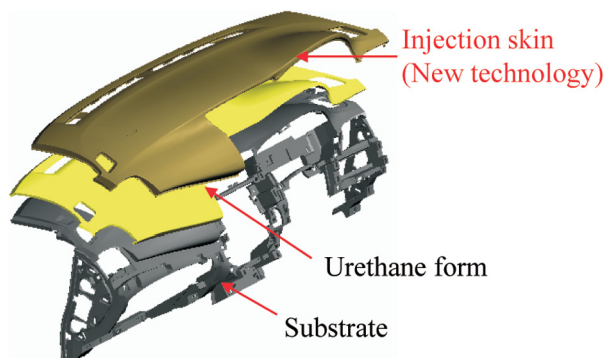


図-1 インストルメントパネルの部品構成
Fig. 1 Instrument panel components

の向上、グローバル生産対応を狙いとして、大型であるインパネ表皮成形を汎用射出成形機により、従来表皮と同様に約1.0mm厚で成形できる技術の開発に取り組んだ。本稿では、その開発概要と材料開発、成形技術開発について紹介する¹⁾。

2. 開発の狙い

日産自動車では人が触った「質感」について、柔らかさの定量値を設計目標として掲げ、ソフトインパネの開発を進めてきた（図2）²⁾。今回開発した射出成形表皮工法は、触感については、従来のラグジュアリークラス向けに採用

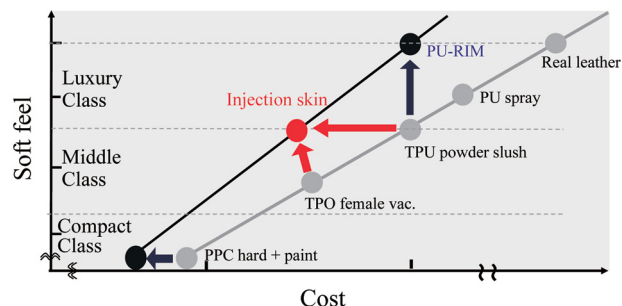


図-2 コストと触感目標の関係
Fig. 2 Relations of cost and touch-feeling

*Infiniti 製品開発部 **材料技術部 *** 追浜工場 **** 車両技術開発試作部 ***** 内外装技術開発部

されているTPU材パウダースラッシュ工法と同等とし、コスト目標はミドルクラス向けで一般的に採用されているTPO材真空成形工法以下にすることとした。コストを下げることで、よりコンパクトクラスへの採用拡大が可能となる。

本開発対象は、ソフトインパネの構成部品のうち、表皮部とし（図3）、コスト競争力のあるソフトインパネ表皮を実現するためには、

- ・大幅な薄肉化（製品板厚は1.0mm）を実現する高流動材料の開発
- ・射出成形を実現する形状・外観品質の確立
- ・射出成形化によるハイサイクル化
- ・自動取り出し機の採用
- ・生産コスト低減

を達成する必要がある。

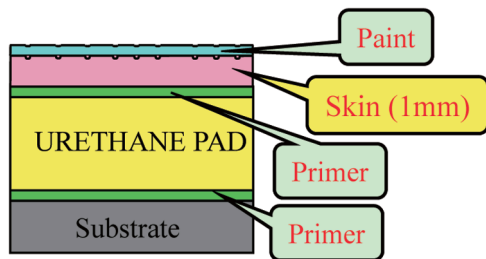


図-3 本開発のインストルメントパネル断面
Fig. 3 Section of developed instrument panel

3. 主な技術課題

3.1 高流動射出成形表皮材料

一般的に大型射出成形部品の板厚は最小で2.3mm程度であるが、本開発では、インパネ表皮として押したときにたわみを持たせて柔らかさを得るために、板厚を半分以下の1.0mm厚で成形することを目標とした。また、1.0mmという薄さの表皮を成形する場合、金型内を流れる樹脂の流路が狭くなり、樹脂の流動抵抗が増加することから、より粘度の低い高流動性が必要となる一方、インパネ表皮に求められる必要な表皮硬度やエアバッグ展開性能といった機械物性も満足する必要がある。今回表皮射出成形工法に用いる材料は、従来材料の延長では達成が困難であるため、動的架橋型熱可塑性エラストマー（Thermoplastic Elastomer；以下、TPE）を選定した。本開発においては、大物であるインパネ表皮を薄肉射出成形で実現するために高い流動性を有し、かつ部品要求性能を達成すべく、生産性、性能要求を満たす材料開発の目標値を検討し設定した。その材料開発目標物性項目を表1に示す。

表-1 材料要求性能目標
Table 1 Target of demand functions for materials

Required function	Property
Injection molding being possible in t=1mm	MFR
Touch feeling more than TPU powder slush	Hardness
To prevent scattering with airbag deployment	Tensile strength
	100% modulus
	Tensile elongation
	Tensile elongation

まずは、成形性を満足する流動性の目標設定について、下記の手順で実施した（図4）。

- ・表皮製造各拠点の成形機スペックの射出率の下限を調査
- ・MFR（材料流動性）の異なる材料で射出率を振って成形性を確認
- ・射出率の下限で成形可能な流動性を下限値と設定

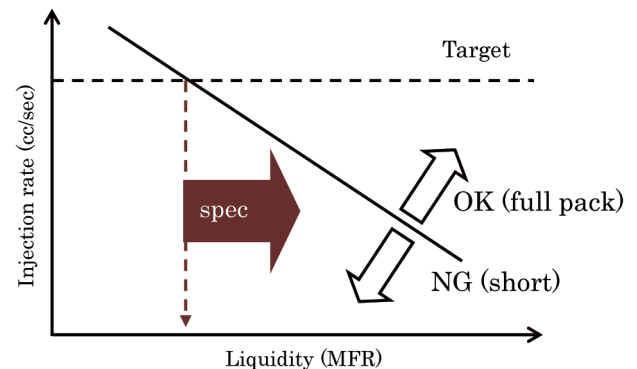


図-4 MFR（材料流動性）と成形機射出率の関係
Fig. 4 Relationship between MFR and injection rate

次に、商品性を満たす表皮硬度の目標設定について、下記の手順で実施した（図5）。

- ・表皮硬度目標値をTPU材パウダースラッシュ工法と設定
- ・軟化剤添加量を振って硬度の異なる材料を作製
- ・材料硬度と柔らかさの関係から目標表皮硬度を算出

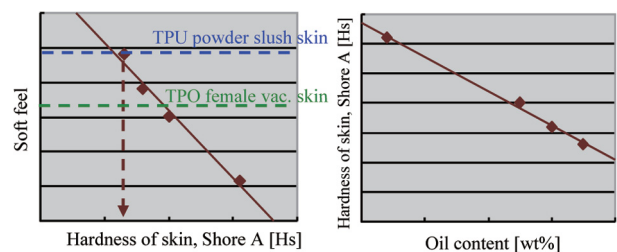


図-5 材料硬度と軟化剤添加量の関係
Fig. 5 Relationship between skin hardness and oil contents

さらに、エアバッグ展開性能を満たす引張伸びについては、物理特性としての引張伸び特性は製造ばらつき上下限品でのエアバッグ展開試験を実施した上で、目標値を設定した。

そして、上記で定めた要求機能、流動性・硬度、及びエアバッグ展開性能を満たす引張伸びの目標をすべて達成する範囲を明確化することを目指した。検証の結果、架橋剤と軟化オイルの添加量を増減させることにより、物性が影響を受けることを突きとめた（図6）。

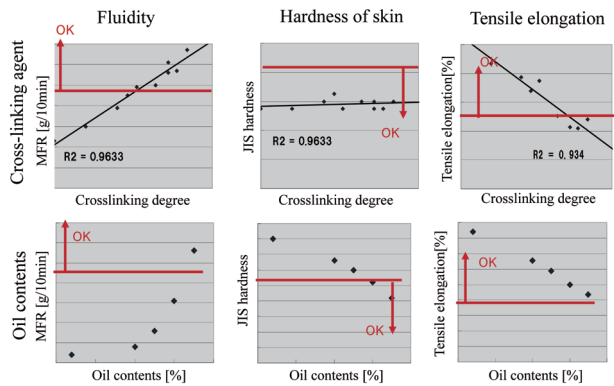


図-6 架橋剤と軟化オイルの添加量による材料物性への影響
Fig. 6 Relationship crosslinking degree and oil contents for material property

上記の検討結果により、要求性能を満たす架橋剤と軟化オイルの添加量の基本配合バランスを決定することができ、材料設計パラメータを定めることができた（図7）。

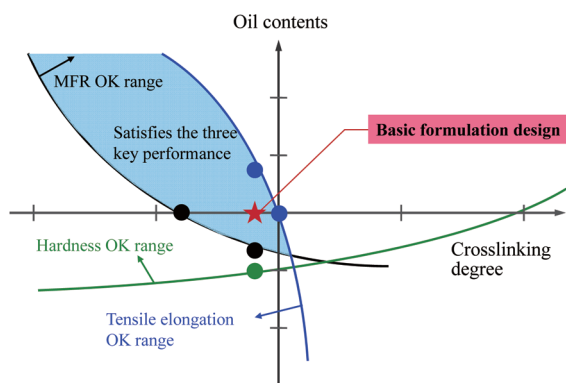


図-7 配合比率
Fig. 7 Compounding ratio

これらの検討の結果、従来の射出成形用材料に対して約10倍のMFR値を持つ材料を開発することができ、薄肉成形を可能とした（図8）。

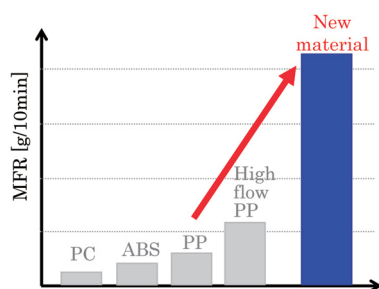


図-8 高流動材料の開発
Fig. 8 High MFR resin development

3.2 形状・合わせ構造

本工法では、薄肉成形のために高流動材を使用することから、スライド機構を設けると、バリが発生しやすい。また、表皮の意匠面にはシボを付加しており、その転写性、脱型性を考えた結果、製品をキャビティ側に残し、アンダーカット部にはスライド構造を設けず、厚肉構造をそのまま残すことにした（図9）。

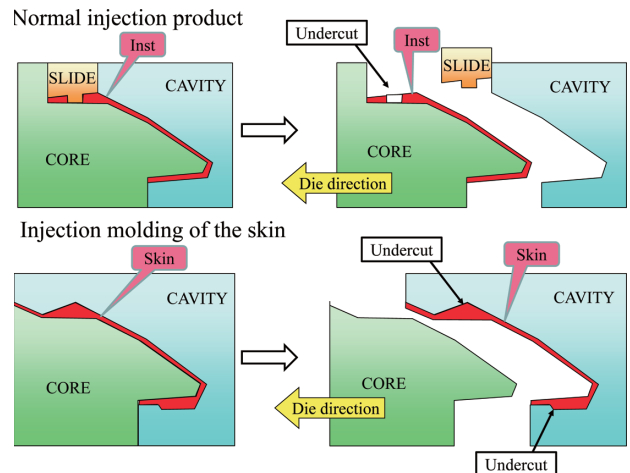


図-9 型構造・成形方法の変更
Fig. 9 Change of injection tools

そのため、従来の構造とは部品合わせ構造を変更する必要があり、その代表的な断面構造を図10に記す。

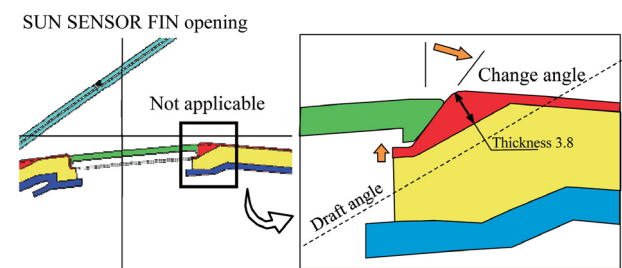


図-10 部品合わせ部基本構造
Fig. 10 General section of finisher

このアンダーカット部を厚肉化することによる跳ね返りとして、厚肉部への材料収縮によるヒケと、それによる外観品質への影響があげられる。そのため、材料性能、成形条件より、ヒケの発生を抑える必要がある。

また、製品の部品端末部で型抜き方向に対してアンダーカット形状が発生する場合は、上記のような厚肉部を設定する必要があるが、その厚肉量は部品全体で厚肉量が許容値を超え無いよう、バランスを見て型抜き方向を決定、または部位ごとに厚肉量を超えないよう形状変更する必要がある。その検討例を図11に示す。

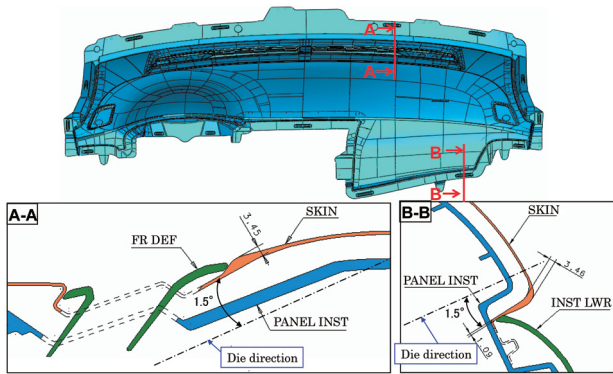


図-11 表皮厚肉部形状適用例
Fig. 11 Section study of thickness shape

3.3 薄肉成形課題（ヒケ・ウェルドライン）

形状・成形性対応のために設定したアンダーカット部の厚肉化は反面、ヒケという外観不具合が懸念される。従来板厚が厚いアンダーカット部のヒケについては、金型内樹脂圧力が高いほど、ヒケが改善されることがわかっていた。

そこで図12に示すように、厚肉部の厚さと金型内樹脂圧力の関係からヒケが発生しない閾（いき）値を求め、それをCAE解析に織り込み適正なゲートの配置が設定できる仕組みを作った³⁾。同時に、樹脂圧力をモニタしながら、金型温度、樹脂温度、保圧圧力や時間など、各因子の設定値を検証し、ヒケが発生しない条件を確立した。

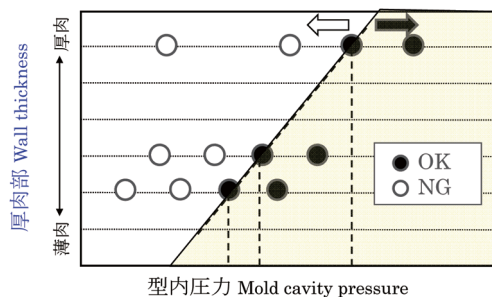


図-12 厚肉部の材料収縮量改善
Fig. 12 Improvement of shrinkage in thick portion

また、もう一つの射出成形における外観不具合である樹脂合流部に発生するウェルドライン対策としては、一般的に会合角が重要とされていたが、本工法では、樹脂合流時の樹脂温度が高いほどウェルドが発生しにくい。CAE解析結果と実測の成形状態を比較検証し、ウェルドの発

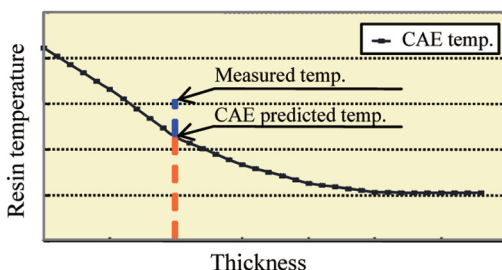


図-13 樹脂合流部の樹脂温と厚肉量の関係
Fig. 13 Relation of resin temperature of a merging section

生を最小とし、その発生位置をコントロールすることができた（図13）⁴⁾。

部品形状でのCAE解析によりウェルドを最適化した評価例を図14に示す。

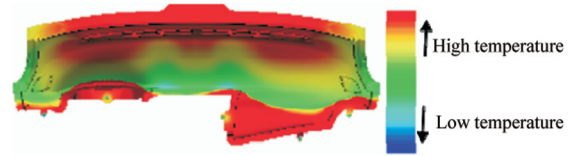


図-14 樹脂温分布シミュレーション
Fig. 14 Simulation results for resin temperature distribution

3.4 表皮の自動取り出し

従来の表皮成形工法では、作業者が金型より手で製品を取り出しており、成形サイクルが長くなる要因となっていた。それに対し、通常の射出成形工法では、自動取り出し装置にて取り出しを行っている。

本工法では、前述のようにアンダーカット部にスライド機構を設けず、厚肉形状を残し、製品をキャビティ側に残している。そのため、製品取り出し方法として、製品裏面にタブを設けておき、取り出し装置側には掴み機構を備え、柔らかな製品を掴み、変形させて取り出すようにした（図15）⁵⁾。

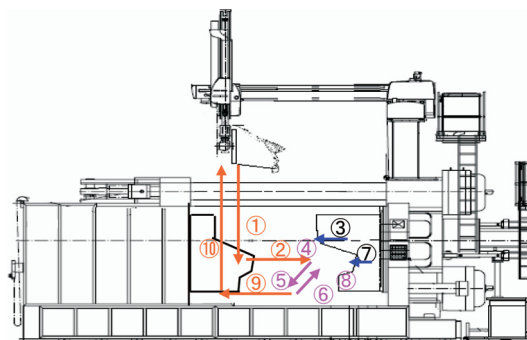


図-15 薄肉表皮自動脱型の手順
Fig. 15 Automatic extraction operation flow diagram

この方法により、成形した表皮の自動取り出しが可能となり、通常の射出成形と同等な生産サイクルを実現し、表皮量産工法としては最速とすることができた（図16）。

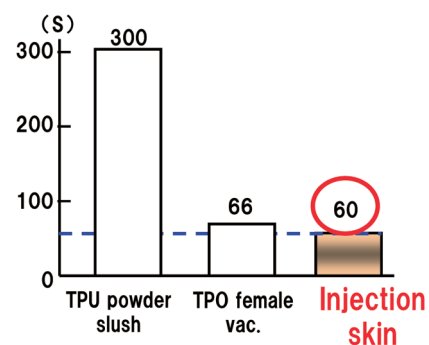


図-16 成形サイクルタイム比較
Fig. 16 Comparison of molding cycle

3.5 生産コスト低減

従来の真空成形工法は、1枚のシート状の材料から成形するため形状に制限があり、かつ開口部分などを後から取り除く必要があり、材料の歩留まりが低いという問題があった。本工法では、最終形状となる部分のみ材料を射出注入するため、材料の歩留まりが高く、効率的である(表2)。

表-2 表皮成形効率
Table 2 Skin forming efficiency

	Input	Product weight	Yield	Process		
				Material	Molding	Trimming
TPU powder slush	1971g	1200g (t=1.1)	61%			
TPO female vac.	1561g	578g (t=1.2)	37%			
Injection skin	1359g	827g (t=1.0)	61%			

そして、従来表皮専用成形機を持たない新興国にて新規表皮成形設備投資を前提とし、ソフトパッド付表皮インパネを生産する場合の部品コストを算出した結果を図17に示す。本開発技術の結果、ラグジュアリークラス向けであったTPU材パウダースラッシュ工法に対し、26%のコスト低減を実現した。

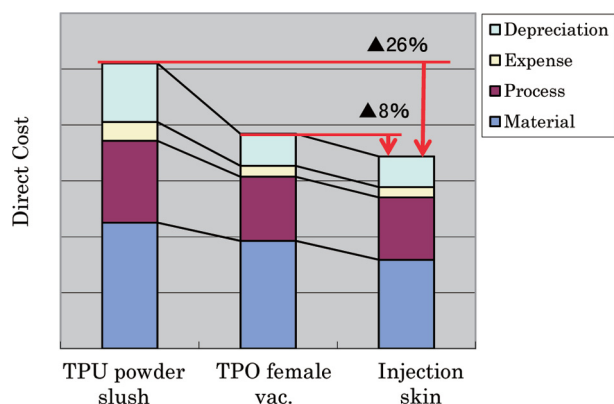


図-17 表皮成形コスト比較
Fig. 17 Comparison of skin molding cost

さらに、これまでソフトインパネ生産には表皮専用の生産設備が必要であったが、本工法の採用により汎用射出成形機での生産が可能となるため、バンパなどの射出成形部品と成形設備を共用できるようになり、グローバル生産拠点拡大時での投資抑制を可能とした。

4. ま と め

本技術開発により、以下のことが実現できた。

- (1) 射出成形にて1.0mm厚の大型インパネ表皮を成形するための高流動な新規射出成形表皮材料を開発した。

- (2) 射出成形での表皮生産を実現するために、形状アンダーカット部は厚肉とする部品合わせ構造を確立した。
- (3) ウェルド、厚肉部ヒケの発生するメカニズムを明確にし、設計段階でCAE解析による不具合対策ができる仕組みを構築した。
- (4) 薄肉表皮の自動取り出し装置を開発し、高触感インパネ表皮の自動生産ラインを構築した。
- (5) 汎用射出成形機による短サイクル生産、設備共用化を可能としたため、大幅な投資コスト低減を実現し、グローバル展開を容易とした。

結果として、「上質な造り」、「コスト競争力」、「グローバル生産対応できる工法」の実現ができた。

本技術は日産シルフィ／セントラ（中国、メキシコ、タイ生産）より採用し（図18）、以降グローバル生産車種を中心に適用拡大を計画している。今後は、さらに低コスト高付加価値技術の開発に取り組み、内装商品力を向上し、高品質な製品を廉価に、グローバルに提供していきたい。

最後に、今回の開発に多大なる御協力を頂いた社内外の方々に深く御礼を申し上げます。



図-18 新型シルフィ／セントラの内装
Fig. 18 Interior of SYLPHY and SENTRA

5. 参 考 文 献

- 1) 寿原雅也ほか：射出成形表皮インストルメントパネルの開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 53-13、pp. 1-5（2013）
- 2) 橘学ほか：人を科学することによる質感向上材料技術、日産技報、No. 67、pp. 36-40（2013）
- 3) 長尾毅ほか：高触感な射出成形表皮における薄肉成形の取り組み、プラスチック成形加工学会、成形加工シンポジウム'12予稿集、pp. 9-10
- 4) 中村哲男ほか：射出成形表皮工法の開発、カルソニックカンセイテクニカルレビュー、Vol. 2012、vol. 9、pp. 21-25（2013）
- 5) 石井郁ほか：高触感な射出成形表皮の開発、日産技報、No. 71、pp. 37-41（2012）

■著 者■



寿原 雅也



徳毛 一晃



石井 郁



長尾 毅



水谷 篤



小松 基



土方 俊介



橘 学

無塗装・低光沢・高触感ハードプラスチック内装技術の開発

Development of Low Gloss and Soft Touch Grain for Interior Parts

田中 洋之*
Hiroyuki Tanaka

豊福 史**
Fumi Toyofuku

野口 和彦*
Kazuhiko Noguchi

久山 毅***
Tsuyoshi Kuyama

土方 俊介****
Shunsuke Hijikata

橘 学****
Manabu Tachibana

抄 録 自動車内装に求められる魅力品質には様々なものがある。近年、日産自動車は五感品質に着目しインテリアの“上質な造り”を目指してきた。特に触感に着目し、計測・定量化することで、触感に優れた材料設計が可能となった。今回、我々は広くインテリアに使用されるポリプロピレンを主成分とする成形樹脂について同様の検討を行った。結果、触感に優れ且つ見た目の質感のよい低光沢な樹脂表面形状を開発し、新型ノートに採用した。本稿にてその取り組みを紹介する。

Summary Vehicle interiors require a variety of attractive qualities. Given this, in recent years, we have focused on the five senses in order to create a “well-made interior.” We are especially interested in tactile feeling. For example, we have been measuring and quantifying tactile feeling, which has allowed us to design materials with superior qualities in this area. We recently took a similar approach with regard to molded plastic that is mainly composed of polypropylene, a material widely used in vehicle interiors. We designed a resin surface with superior tactile qualities that also produces a “low gloss” visual effect. This resin surface has been adopted in the E12 NOTE. This article gives an overview of this activity.

Key words : Performance, grain, low gloss, soft feel, touch-feeling, interior

1. はじめに

自動車内装の魅力の一つとして質感があげられる。質感は見た目のデザイン的な部分も大きいですが、内装技術という観点では、触感が重要な役割を果たすと考えられる。触感に関する研究は他業界でも取り組まれており、物理量に表すと「硬軟感」、「乾湿感」、「粗滑感」、「温冷感」の4因子で構成されていると言われている。図1に触感の4つの因子を示す。

日産自動車ではこれまでに、自動車内装に合せた計測方

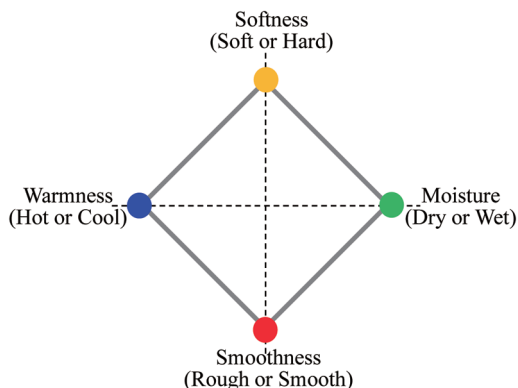


図-1 触感を構成する4因子
Fig. 1 Four factors of touch-feeling

法でこれらの因子を定量化し、本革、合成皮革、成形表皮など触感に優れた素材を開発してきた。これらの素材は、触感4因子の中の3因子に着目し、触る側の指の柔らかさに近いものを目指して開発してきた。

一方、グローバルに自動車市場が拡大している中、コンパクトカーのシェアが最も大きい。今回このコンパクトカーにおいて、ワンランク上のクラスから乗り換えられるお客様も満足できるクラスNo. 1の質感をベストコストパフォーマンスで実現した。その方策は、コンパクトカーで最も多く使われるポリプロピレン樹脂についても良い触感を目指すということである。樹脂の場合、硬軟感がゼロとなるため、乾湿感（摩擦特性）に着目した（図2）。

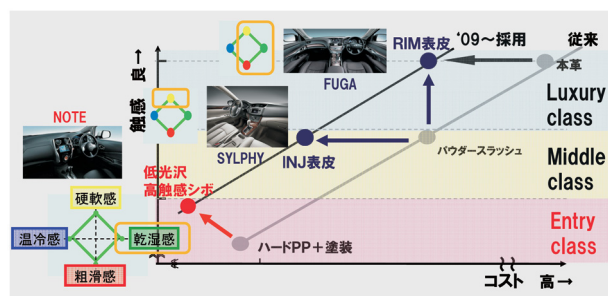


図-2 触感目標とコストの関係
Fig. 2 Relations of tough-feeling and cost

*Nissan PV 第一製品開発部 **車両実験部 ***Nissan PV 第二製品開発部 ****内外装技術開発部

我々は、樹脂の表面を形成するシボの大きな凹凸については指との接触面積と触感の間に相関があり、指との接触率をある範囲に収めると触感が向上するという事を明らかにした。

これに基づき、表面凹凸をコントロールすることで、接触率を狙った範囲に入れることに成功した。また見た目の質感という観点では、低光沢が質感の高い状態である。凹凸の表面に更に細かな凹凸を付与することで、光を乱反射させる効果を発現させることにより、低光沢・高触感を併せ持つ素材を開発することができた。

2. 触感の定量化

これまでに我々は、4つの触感因子を測定可能にしてきた(表1)。今回は、樹脂の触感ということで、硬軟感を除く粗滑感と乾湿感の2つの因子が考えられるが、粗滑感は表面粗さ、すなわちデザイン意匠そのものに関わるため、設計側でコントロールすることが難しいことから、今回はコントロール可能な「乾湿感」に絞って検討を行った。

表-1 触感 4 因子の物理特性
Table 1 Physical properties of four factors

Four sensory factors	Physical properties	
Softness (soft or hard)	Deformation	$A \times \log(T0-TM) + B \times \log(WC)$
Smoothness (rough or smooth)	Surface roughness	$C-D \times \log(Ra) + E \times \log(S)$
Moisture (dry or wet)	Friction characteristics	$F+G \times \log(\mu d/\mu d)$
Warmness (hot or cool)	Thermal conductivity	$H-J \times \log(Qmax)$

「乾湿感」を評価する場合、摩擦特性が代用特性となる。これは、せん断方向に指を動かしながら、表面の摩擦特性を感じる因子であり、“しっとりした”や“かさかさした”という感覚をあらわした特性である。既に報告済みであるが、人がこの感覚を評価する時の指の動きと力に合わせて測定条件を設定し、この特性の測定結果と専門家が評価した「乾湿感」の相関を取った(図3)。測定装置は表皮

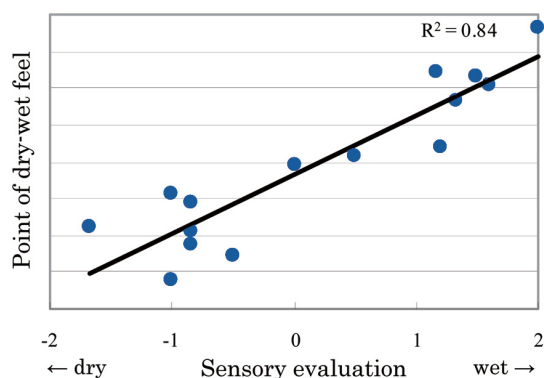


図-3 摩擦特性と乾湿感の関係
Fig. 3 Friction vs. dry-wet feel

材とプローブが接触するしゅう動部から荷重センサまでの距離を短くする事で計測データ(振動)が減衰されにくくなり、動摩擦領域の摩擦特性データをより正確に取得できるよう工夫している(図4)。

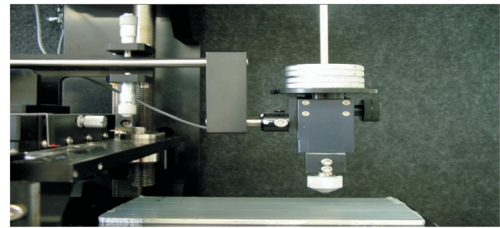


図-4 摩擦特性の計測装置
Fig. 4 Measurement equipment of friction

「粗滑感」は、“ごつごつ”“ざらざら”“なめらか”という感覚を表した特性で表面凹凸形状が影響している。人が「粗滑感」を感じる場合、指の腹でミクロンオーダーの細かな凹凸を認識している。前述した「乾湿感」を感じている場合の指の動きと、「粗滑感」を感じている場合の指の動きは異なる。

3. 触感目標値の設定

ハードプラスチックは粗滑感と乾湿感がコントロール可能である。しかし、前述したように表面凹凸形状が主要因子である粗滑感は、表面デザイン(シボ柄)が決まっている場合コントロールが難しい。そこで、デザインに影響を与えずコントロール可能な「乾湿感」に着目し、その代用特性である摩擦特性について目標の設定を検討した。

摩擦特性は結果的な特性であり、直接設計可能な因子では無いため、設計可能な因子を特定する必要がある。今回は、摩擦力は指と対象物の接触面積で予測できると考え、因子として触る指との接触率に着目した(図5)。

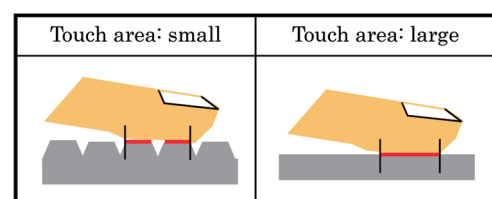


図-5 接触面積と摩擦特性
Fig. 5 Touch area vs. friction

まず、「乾湿感」と接触率の関係を検証する。そのために接触率を測定する必要があるが、指の接触率は押す力によって変化するため以下に示す測定手法を開発した。

凹凸のあるサンプルを細かく砕いたチョークの粉で埋め、平滑な状態としておき、その表面を指でなぞる。指はもとからあるシボに追従できるところまで追従し、追従できなかった部分がチョークの粉として残る。初期のシボと追従できなかったチョークの粉の凹凸を三次元測定器で測

定し、指が追従した部分を分子、全体の面積を分母としてその割合（接触率）を算出する（図6）。これにより、押す力による変化を考慮した指の接触率の測定が可能となる。

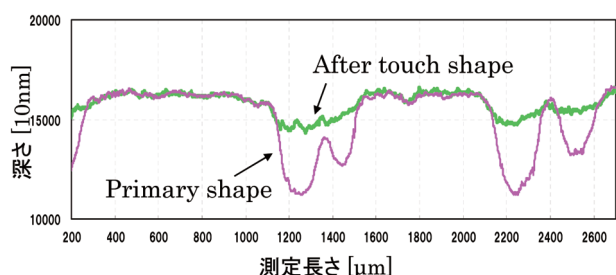


図-6 なぞり前後のシボ断面形状
Fig. 6 Primary shape and after touch shape

次に、接触率の違う数々のサンプルを準備し、これらの乾湿感の官能評価を行い、接触率との相関をとった。その結果を図7に示す。

なお実験参加者へは事前に書面と口頭で説明を行い、同意後実験を行った。

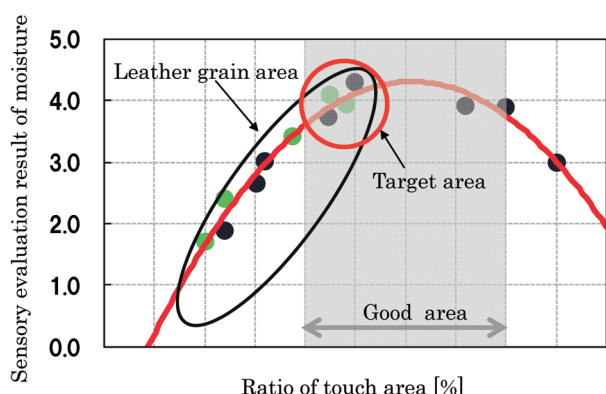


図-7 接触率の目標値
Fig. 7 Target of touch area ratio

「乾湿感」と接触率では二次相関の関係にあり、ある接触率のところで変曲点を持つことが分かる。また、今回はデザイン的な要素をできるだけ制限しないということを前提とするため、デザインから要望されている革シボをベースにその範囲を見極めると、重なった部分が最も良い乾湿感（しっとりしている）の領域と考えられる。今回はこの領域を目標として、ハードプラスチックの触感向上に取り組んだ。

4. 触感向上方策及び低光沢化

デザイン意匠をできるだけ変えずに指との接触率を増やすため、現状のシボ形状（図8）をベースに、①シボ山の表面をできるだけ平らにする、②低い山を指と当たる高さまで持ち上げる、③シボ柄を拡大する、などの方策（図9）を行った。結果、指との接触率を前述の目標領域に入

れることができ、官能評価の結果でも良好な触感を得ることができた。

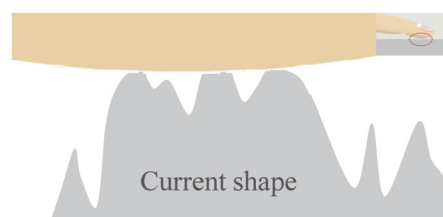


図-8 現状のシボ形状
Fig. 8 Current grain shape

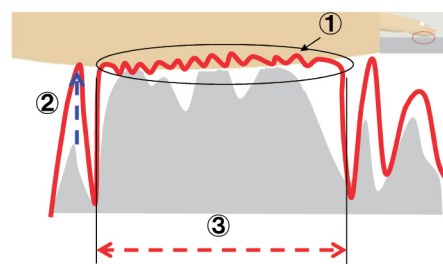


図-9 開発したシボ形状
Fig. 9 Developed grain shape

次に、接触面積は変えずに、低光沢を達成させるために、大きな凸の上にさらに細かな凸をつけることを試みた。大きな凸の幅は2mm程度であり、その上に数十ミクロンオーダの凸をつけることは可能である。

一般的に塗装部品は光沢が低くなるが、塗装の表面を分析すると、およそ15ミクロン程度の粒子（シリカなど）が存在し、この微細凹凸が入射光を乱反射し低光沢に見せていることが分かった（図10）。

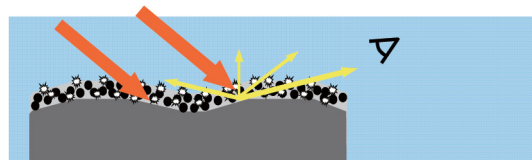


図-10 低光沢のメカニズム（塗装）
Fig. 10 Mechanism of low gloss (paint)

そこで、今回シボの山の上に15ミクロン程度の微細凹凸を追加付与した。その結果、従来グロス値で2.5～3.0くらいであった光沢を2.0程度まで下げることができた。

5. ま と め

- (1) 乾湿感の代用特性として指との接触率に着目し、その相関を明らかにした。
- (2) 表面凹凸（シボ形状）を設計し、接触率をコントロールすることで、高触感を達成した。
- (3) 表面に微細凹凸を付与することで、乱反射効果により低光沢化も併せて実現した。

本技術は新型ノートより採用され（図11）、市場から「す

べすべして気持ちいい」「触って良さを実感できる」など、好評を得ている。今後、ミドル・アッパーセグメントのハードプラスチック部品においても本技術を応用し、適用拡大を図っていく。

最後に、今回の開発に多大なる御協力を頂いた社内外の方々に深く御礼を申し上げます。



図-11 新型ノートの内装
Fig. 11 Interior of Nissan NOTE

6. 参 考 文 献

- 1) 岡崎一也ほか：本革を超える触感を持つ合成皮革、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 132-08、pp. 15-18 (2008)、文献番号20085662
- 2) 坂根智昭ほか：自動車用本革・表皮の触感について、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 99-07、pp. 25-28 (2007)、文献番号20075971
- 3) 佐野香織ほか：触感を向上させた内装表皮材の開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 140-05、pp. 19-22 (2005)、文献番号20055618
- 4) 橘学ほか：人を科学することによる質感向上材料技術、日産技報、No. 67、pp. 36-40 (2010)
- 5) 田中洋之ほか：低光沢高触感シボ開発による内装プラスチック部品の質感向上、自動車技術会、学術講演会前刷集、No. 53-13、pp. 1-3 (2013)、文献番号20135294

■ 著 者 ■



田 中 洋 之



豊 福 史



野 口 和 彦



久 山 毅



土 方 俊 介



橘 学

内装素材の質感評価技術開発

Development of Method for Evaluating Texture Quality of Interior Material

美 記 陽之介*
Yonosuke Miki

田 中 洋 之**
Hiroyuki Tanaka

萩 野 重 行***
Shigeyuki Hagino

抄 録 内装の素材の質感は微妙な表面の物理特性の違いで大きく変化し、クルマの室内の質感全体に影響する。人はそれを視覚・触覚・聴覚などで判断するが、本稿では視覚的な要因について質感を評価する手法に関して解説する。視覚的な質感の主要因は人が感じる艶感であるが、従来の計測器ではそれを表現することが困難であったため、素材表面の光の特性の新たな計測方法とその解析方法を開発した。

Summary The feeling of quality that an interior material produces has a major impact on the feeling of quality for the vehicle as a whole. Subtleties in the physical properties of a material's surface can affect how customers perceive quality in terms of their vision, tactile sense, or auditory sense. In this article, we describe a method for evaluating how the quality of interior material is perceived visually. The main factor in visual perception of high quality is a "glossy feel," which has been difficult to explain with conventional measuring methods. We therefore developed new measuring and analyzing methods to explain and predict how people evaluate quality.

Key words : Performance, Material, gloss, grain, sensation, plastic, interior, evaluation

1. は じ め に

内装の素材の質感はクルマのインテリア全体の質感の基礎となるものである。たとえどんなにデザインがよく、メッキなどの加飾をふんだんに使っていても、インテリアの表面積の大きな部分を占めるインストルメントパネルやドアトリムの素材の質感が低いとインテリア全体の質感の評価も低くなってしまう。このようにインテリア開発の重要なキーとなる素材の質感を、人は以下のような視覚、触覚、聴覚で総合的に判断する。

- 視覚：光があたったときの艶感
- 触覚：触れたときの手触り、押したときのソフト感
- 聴覚：触れたとき、叩（たた）いたときの音

人の感覚は極めて鋭敏で、微妙な物性の違いで質感は大きく変化する。したがって人の感覚や感性のメカニズムを科学的に解明し、物性値との関連を知ることが、質感の高いインテリア開発には重要である。触覚については本特集の他稿でも触れられているため、本稿ではユーザが最も感じやすい視覚で得る艶感の評価を解明した事例を紹介する。¹⁾

2. 艶感の評価の課題

素材の表面の艶（つや）が高いとテカテカと光って見え、「プラスチックっぽい」と指摘される要因となる。また隣接

した部品の艶差はインテリアのまとまり感の低下や、見た目の色の違いにも影響することから、艶をコントロールできる技術を持つことは非常に重要である。²⁾

艶を表現する特性値として、光沢計によって計測される光沢値が広く用いられているが、素材表面に図1に示するような皮革を模した凹凸パターン（以下、シボと呼ぶ）を有する内装部品では、しばしば光沢値と見た目の官能評価が合致しない。³⁾



図-1 シボの例
Fig. 1 Example of grain

図2にベテラン質感評価員による艶の官能評価と光沢値の計測結果を示す。評価は10cm四方の樹脂のシボ板（以下、サンプルと呼ぶ）を太陽光のもとで自由に角度を変え、総合的な艶の高さ（以下、艶感と呼ぶ）を7点法で採点した（サンプルは、光沢値の異なる黒色のシボパターンから成る）ものであるが、官能評価による艶感と光沢値の相関は低く（ $R^2=0.11$ ）、艶感は一様な光沢値では表せないことがわかる。

*実験・計測技術開発部 **Nissan PV 第一製品開発部 ***車両実験部

これは、光沢計が直接反射光、すなわち光源からの光の入射角と等しい反射角の光の強度のみを計測しているのに対して、人はさまざまな角度での光の反射状態から総合的に艶感を感じているからである（図3）。

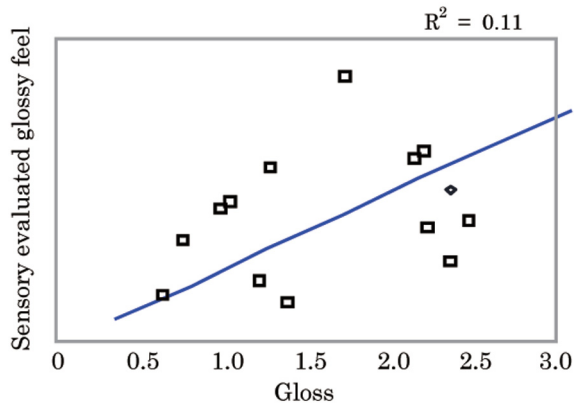


図-2 計測した光沢値と官能評価した艶感の関係
Fig. 2 Relationship between measured gloss and glossy feel

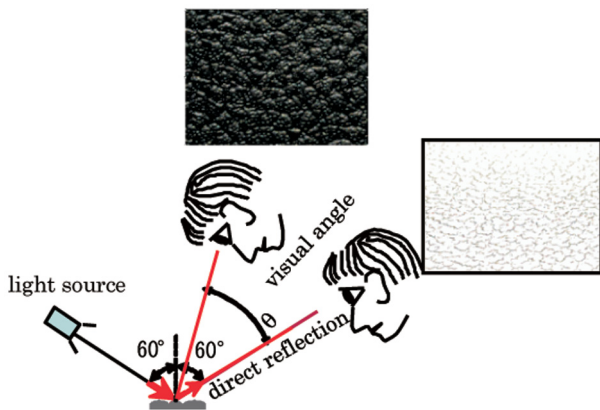


図-3 視角によるシボの見え方の違い
Fig. 3 Appearance of grain by visual angles

3. 人の艶感評価方法の調査

サンプルを見る角度と艶感の関係を図4に示す。これは黒色で統一したさまざまなシボのサンプルをベテラン質感評価員に手に持たせ自由に角度を変えたときに官能評価した総合的な艶感と、固定した位置で評価したときの艶感の相関関係を表している。固定した位置での評価時はサンプルの法線に対し60度の角度から光を入射させ、そのときに見る角度を10度ピッチで変化させている。なお正反射（入射角＝反射角）のときを0度としている。この結果から人は主に目視角度が20～60度での反射状態をもとに艶感を判断していることがわかる。

これは、目視角度が大きくなることで、目に入る光の強さは正反射に比べ弱くなるものの、シボの谷が暗くなり、一方でシボ山の形状（斜面から山部の勾配）により局所的に正反射に近い状態となる部分があり、結果として明暗差が大きくなるためである。

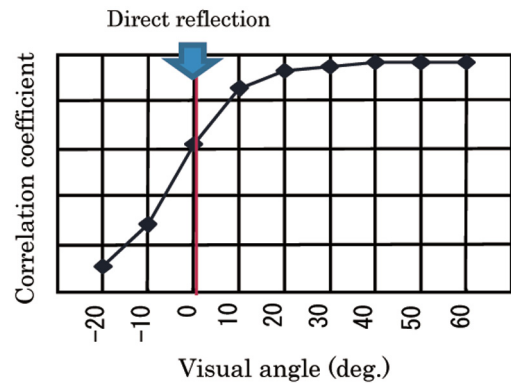


図-4 視角と艶感の相関関係
Fig. 4 Correlation between visual angles and sensory evaluated gloss

4. 艶の見え方の定量化

定量的な計測値で艶感を管理できないと、安定した質感をもつインテリアが開発できない。そこで、素材の表面の反射特性をもとに、艶感を定量的に予測する手法を開発している。

前述のように人は反射光の強さをもとに艶感を判断しているが、人はその絶対値を正確に測っているわけではない。人の視覚は対象とするものの周囲が明るければ、相対的に対象とするものは暗く感じられて、周囲が暗ければ対象とするものは明るく感じられる。

この特性を考慮すると、光沢計のように反射光の平均値だけを計測することはあまり意味がないことがわかる。つまり明るいと暗いところのバランスが、全体の評価をする上で重要となる。図5に見た目の艶感が異なるシボの反射輝度の分布例を示す。この図は光沢値がほぼ同等で、自由に手に持った官能評価で「艶が高い」と評価されたシボと「艶が低い」と評価された二つのシボの反射輝度を輝度・照度・色度測定システムPro Metricによって計測した画像の各ピクセルの輝度値の度数分布を表している。

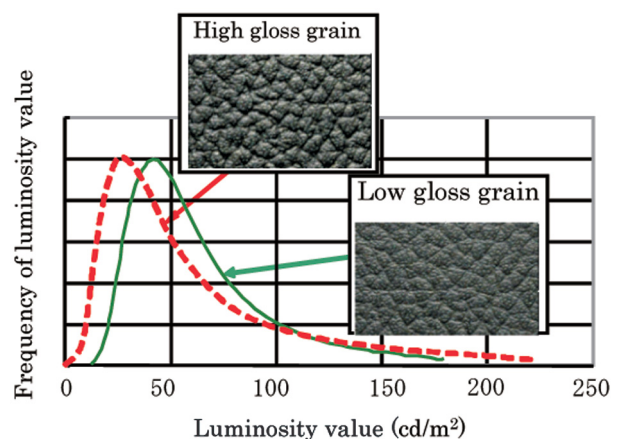


図-5 輝度分布（ $\theta = 40\text{deg}$ ）
Fig. 5 Distribution of luminosity value

艶が高いと評価されたシボは、艶が低いシボに比べ輝度分布がより広がっていることがわかる。部分的に強く光が反射するシボは、明るい場所のまわりの暗い部分が、明るい部分をより強調するので、たとえ平均値が同じでも艶感をより高く感じる原因となる。

この輝度分布を特性値として表現するため、明所の輝度と暗所の輝度の代表値を定義し、その比（明暗輝度比）を各シボの反射特性の一つとして用いている。

なお官能評価実験の結果、暗所の代表値は暗い側から30パーセンタイルの輝度値、明るい側は95パーセンタイルの輝度値が妥当であることがわかっている（図6）。

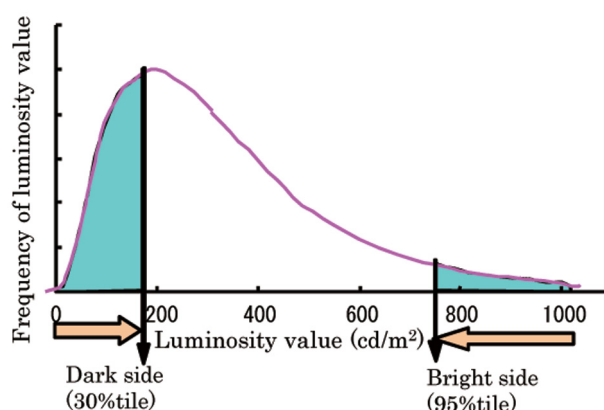


図-6 暗所輝度と明所輝度の代表値
Fig. 6 Representative luminosity value of "dark" and "bright"

5. 艶感評価の予測

この新しく定義した明暗輝度比と従来用いている計測値である光沢値をもとに、艶感は以下のように表せる。

$$[\text{艶感}] = a \times [\text{光沢値}] + b \times [\text{明暗輝度比}] + c$$

艶感を光沢値だけで予測したときの相関は $R^2=0.11$ （図2）であったのに対し、この予測法では $R^2=0.88$ と相関係数は十分に高いレベルとなり（図7）、評価の予測法として十

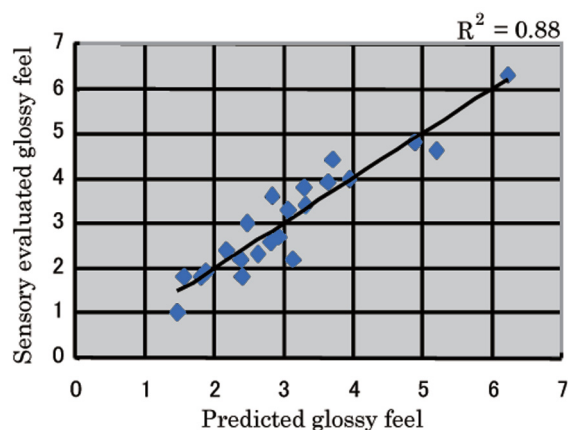


図-7 艶感の予測値
Fig. 7 Predicted value of glossy feel

分な精度を持っていることがわかった。

6. 光沢値及び明暗輝度比に影響する設計特性

素材表面の特性と光の反射には以下のような関係があるため、これらの特性と予測法をもとに、シボの表面形状を適切な光の反射をするように設計することができるようになった。

(1) 明所輝度に影響する設計特性

シボの山の部分の表面の微細形状が荒いと光は乱反射し、輝度は低くなる。逆に、細かいと正反射が強くなり、輝度は高くなる。このように微細形状を顕微鏡レベルでコントロールすることで、明所の輝度を適正な値にする。

(2) 暗所輝度に影響する設計特性

シボの谷が深いと傾斜面の角度が急になったり、影になったりすることで、目に届く反射光が少なくなり輝度が暗くなる（図8）。

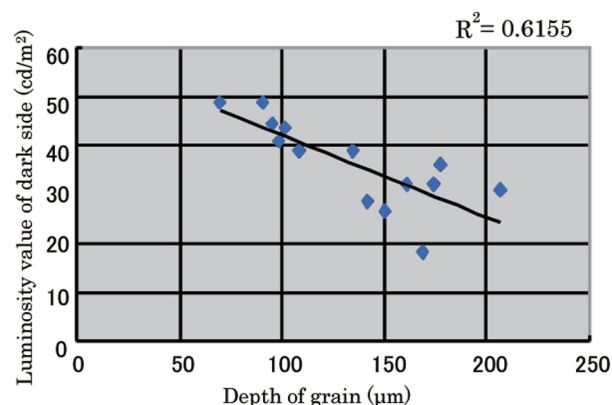


図-8 シボ深さと輝度値の関係
Fig. 8 Relationship between grain depth and luminosity value

7. おわりに

本稿では、主に視覚で感じる質感を定量的な方法で計測し、人の評価を予測する手法について解説したが、冒頭で述べたように質感は視覚だけでなく、触覚、聴覚の影響も大きい。

触覚については手・指の感覚器の構造と感性構造の分析など、人をより理解し、さらに定量的な計測値との関係をまとめることで、物性値から人の触感を予測する手法を開発している。

聴覚については、内装材を触ったり、操作したり、叩いたときに出る音と、人が持っている素材のメンタルモデルとのマッチングから、人は素材の質感を判断している。しかし、そのときに出る音は極めて短時間の衝撃音であり、従来のFFT（Fast Fourier Transform）による解析では

十分に人が感じる音の定量化が難しい。そこで心理音響解析手法を導入し、音の定量化をより人間の心理量に近い状態で行うことで評価を実施している。

このように質感の向上のためには、人の感性や感覚器を科学的に捉えると同時に、人の心理・感覚の解析に適した計測分析を行う必要がある。

現在、日産自動車では、このような取り組みを積極的に進め、表皮の質感向上や操作感など部品単位の質感向上だけでなく、インテリア全体の感性品質の向上に取り組んでいる。

8. 参 考 文 献

- 1) 坂田澄男ほか：内装樹脂部品の艶のメカニズム解明と評価法の開発、感性工学会、第14回感性工学会大会予稿集（2012）
- 2) 美記陽之介ほか：色・艶・シボの質感の定量計測の取り組み、自動車技術会、Vol. 65、No. 7、pp. 86-90（2011）
- 3) 前田光俊ほか：シボ（皴）面光沢測定法の検討、応用物理学会、第16回光波センシング技術研究会講演論文集、pp. 101-107（1995）

■ 著 者 ■



美 記 陽之介



田 中 洋 之



萩 野 重 行

特 許 紹 介

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や、工場に導入され大きな効果を上げている注目技術を支える特許計4件を紹介する。

(※発明者の所属は2013年11月末現在)

1. 車載情報機器のデータアクセス方法およびデータアクセス装置 (図1)

出願：2002年11月29日 特願2002-348211号
登録：2006年7月14日 特許第3828484号
名称：車載情報機器のデータアクセス方法およびデータアクセス装置
発明者：IT & ITS開発部 曾根 学
内外装技術開発部 小崎 征一

【発明の狙い・効果】

ナビゲーション装置は地図データやプログラムデータを書き換える（更新する）ことによって、最新の地図データや最新のナビゲーション機能を利用することができる。

しかし、ハードディスクドライブ（以下、HDD）方式ナビゲーションはデータ量が多いため、データの更新には非常に長い時間が必要となり、車載バッテリーの容量を確保することを考慮すると、エンジンを動かしておく必要がある。

そこで、ナビゲーション装置に接続される更新用の外部装置の電源より電力を供給すると共に、外部装置がナビゲーション装置内のデータを読み出したり、書き換えたりすることで、更新時間を短縮した。

【発明の構成】

ナビゲーション装置の電源スイッチがオフの時、ナビゲーション装置に接続される外部装置からHDDへと電源を供給する。

さらに、ナビゲーション装置のCPUを動作させずに、外部装置がHDDを制御して、HDDのデータを読み出す、または書き換えるようにした。

【活用状況】

カーウイングスナビゲーションシステム（HDD方式）、カーウイングスナビゲーションシステム（地デジ内蔵・HDD方式）にて、採用されている。

【発明者の想い】

日産としてHDD方式ナビゲーションの投入が急がれていた時に、懸案であった地図データ書き換え方法を解決する必要があった。

それまでのCDやDVD方式の場合はメディア交換だけで地図データを更新できたが、HDD方式ナビゲーションはメディアの交換ができないので、HDDに内蔵されたデータを書き換えなければならない。市販のナビゲーション装置の場合、車載機を取り外し、メーカーに郵送する方法が主流であったが、何週間もナビゲーション装置が使えないことになる。DVD（複数枚になる）やパソコン（以下、PC）からデータを読み込ませる方法もあるが、PCに比べて非力なナビゲーション装置のマイコンを介してHDDに書き込むため、半日程度の時間がかかってしまう。

しかし、ここで非力なナビゲーションのマイコンがボトルネックならば、HDDを外部のPCと直接接続すれば良いと考えた。そのためには、直接接続するためのインタフェースと、HDDの接続先を切り替えるスイッチを設ければ良い。接続用インタフェースは、コンパクトフラッシュとしたが、次モデルではUSBを採用した。

このアイデアは、サプライヤのエンジニアの方と技術論議をしている時に舞い降り、ものの30分でアウトラインができあがった。三人寄れば文殊の知恵ではないが、技術論議の中から良いアイデアが生まれ、膨らんでいった。

HDD方式ナビゲーションの地図データ更新作業は、実際はお客様ではなく、車検、点検入庫時の1回分無料サービスとそれ以外の有料サービスともディーラで行っているが、ディーラで実施できるのも、更新時間が短い（数十分）からである。本サービスでディーラ入庫率の向上にも寄与できていたら何よりである。

本技術は導入から7年近くがたつ。昨今は、着脱可能なSDカードが主流になりつつあるため、本技術の採用は減っていくであろう。ナビゲーション、車載ITは技術革新が速いので、また新たなキー技術を皆で論議しながら創出していきたい。

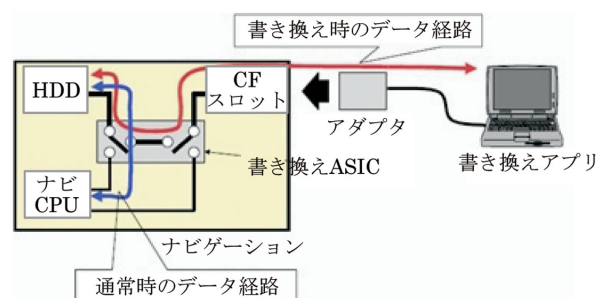


図1 HDD方式ナビゲーションの地図データ更新の概念図

2. 充電ポート用リッドの開閉構造（図2）

出願：2009年6月11日 特願2009-139895号

登録：2012年6月22日 特許第5018830号

名称：充電ポート用リッドの開閉構造

発明者：Nissan PV 第一製品開発部 重松 聡

株式会社日産テクノ 関戸 聖人

【発明の狙い・効果】

本発明は、電気自動車における充電ポート用リッドの開閉構造に関するもので、その特徴は、乗員がシートに着座したときに開放したリッドを視認できるようにすることにある。その結果、充電ガンを充電ポートに挿入したままの状態であることが認識しやすくなり、充電中に車両を発車させてしまうおそれなくなる。

【発明の構成】

本発明による充電ポート用リッドの開閉構造は、フード前端部に配設された充電ポートと、上下方向に回動して充電ポートを開閉するリッドとを備えている。

開いた状態のリッドの上端部は（少なくともリッドの一部は）、フードの上面の最も高い位置に配置している。つまり、開いた状態のリッドの上端部は、シートに着座した乗員の視点を通ってフード上面に接する直線とリッドとの交差部分よりも高い位置に配置されることになる。

この構造により、充電を行う場合は、リッドを上端位置まで開き、充電ポート用の充電ガンをコンタクトにはめ込むことになり、この状態でシートに着座した乗員がリッドを視認することができる。

【活用状況】

日産リーフの充電ポート用リッドに採用されている。

【発明者の想い】

電気自動車がガソリン車と大きく異なる点が、充電です。日産リーフはそれまでの電気自動車と異なり、普通充電と急速充電の二つの充電口を初めて設定しました。世界初の量産型電気自動車であること、お客様がほとんど毎日充電を行うことから、世界で行われるであろう様々な充電シーンを想定し、最も使いやすい充電口の位置、リッドの位置、リッドの開閉構造とは何かを、過去の電気自動車の充電口の位置も参考にしながら考え抜いた結果が、この特許に結びつきました。

具体的には、普通充電に約8時間かかるので、お客様が車両を動かす前に必ず自分が充電していたということが、右ハンドル車、左ハンドル車に関わらず必ず分かって、充電ガンを外していただくには、充電口がどこにあって、リッドはどのように開閉したら良いのか、また、急速充電

のハーネスとガンは小柄な女性には重く感じるものであり、急速充電器が設定されるであろう駐車場との位置関係を予測しながら、最も使いやすくするにはどうあるべきか、などを熟考しました。

その後、実際に日産リーフでお客様に届けることができるようになるまでには、様々な課題を解決する必要がありました。

ご協力をいただいた皆様に、感謝申し上げます。

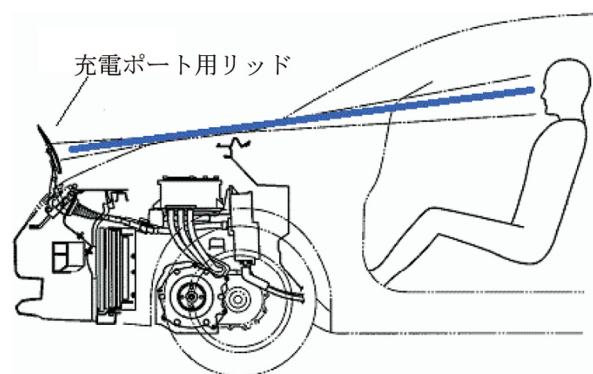


図2 充電ポート用リッドと乗員からの視点の関係

3. 自動車内装用表皮（図3-5）

出願：2008年9月30日 特願2008-254066号

登録：2012年8月31日 特許第5075782号

名称：自動車内装用表皮

発明者：材料技術部 坂根 智昭

先行車両開発部 奥山 裕司

退職者 岡田佳那子

【発明の狙い・効果】

自動車に用いられる内装部品の表皮として、耐候性・耐熱性に優れたもの、触感・風合いに優れたものはあったが、それらを両立するものはなかった。そのため「ヒトが何かに触れたときにどのように心地よさを感じているのか」について徹底的にメカニズムを解析し、ヒトの感覚を数値化することで、最適な「触り心地」の設計を可能にした。

具体的には、表皮をポリウレタン湿式層とポリカーボネート系ポリウレタンを含む表皮層で構成し、これらを所定の条件で設計することで耐候性・耐熱性に優れたものにするとともに、赤ちゃんの肌のような柔らかく心地よい触り心地を実現した。

【発明の構成】

耐候性・耐熱性に優れ、かつ触感・風合いに優れた表皮とするために、表皮層のポリカーボネート系ポリウレタンの重量平均分子量を特定の範囲で設定するとともに、表面の凹凸を指紋の間隔に近い範囲に設定した。

【活用状況】

シーマ、フーガのアームレストなどに採用されている。さらに、他社においては大東寝具工業株式会社のビーズクッション座椅子「tetra」、株式会社ヤマチ工芸社のソファ「GOUCH」などにも使用されている。

【発明者の想い】

この特許は、材料技術部在籍時に発案したものです。自動車用から家具用に至る本革や合成皮革の20個のサンプルを使い、日、米、中、伊、独、仏の360名を対象に触感の嗜好性を調査する所からスタートした。調査の結果、自動車用の本革・合成皮革と家具用のものとの間では触感に顕著な差があること、およびターゲットと考えていた家具用の合成皮革のサンプルの一つが、グローバルに好まれる触感であることを確認した。

自動車用の本革・合成皮革は、比較評価でどちらが良いかは分かるが、一つのサンプルだけではその良さが分からない。これに対して、家具用の本革・合成皮革は、そのサンプルだけを触って良いと分かるものであった。本開発にあたって、耐候性・耐熱性と触感・風合いとで相反する

性能を両立させることが主課題であるが、触感についてはターゲットから一切妥協しない、という想いがあった。

合成皮革用の主材はウレタンであり、ポリエステル系ポリオールを用いると触感は良いが、自動車用の耐久品質を満足させられない。一方、耐久品質を重視し、自動車用のポリカーボネート系ポリオールを用いると触感が低下する。そこで、乾式表皮層と湿式表皮層の各種ポリオール、各々の分子量分布、熱安定剤や光安定剤などの添加量、表皮表面の粗さを検討した結果、乾式表皮層には耐久品質に影響する分子量分布を規定し、乾式表皮層には表面粗さを最適にすることで、耐候性・耐熱性と触感・風合いとを両立させることができた。この表皮を最初に車載してから5年が経過しているが、クレームは出ていないと聞いている。

最後に、本開発に携わった関係者の方々に感謝します。



図3 自動車内装用表皮の触感

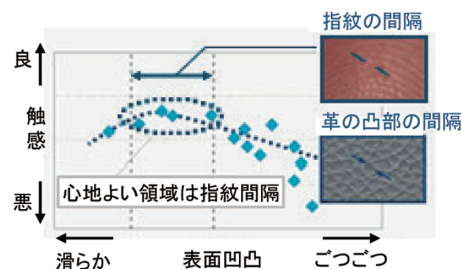


図4 表皮表面凹凸の間隔と触感の関係

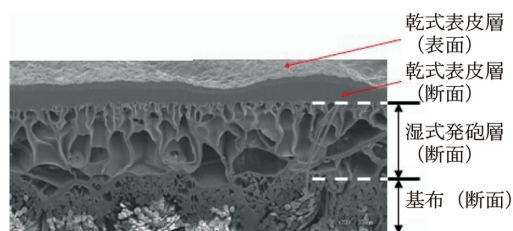


図5 クッション用合成皮革の構成

4. シートヒーター (図6-7)

出願：2010年2月1日 特願2010-020395号

登録：2012年11月2日 特許第5120389号

名称：シートヒーター

発明者：内外装技術開発部 大井 元

車両実験部 安齋 健二

技術企画部 永山 啓樹

【発明の狙い・効果】

人体は部位ごとの熱伝達効率や快適さの感じ方が異なる点に着目し、シートの部位ごとのヒーター密度を最適化した。

これによって、加温初期には温かみを感じやすい臀部及び大腿部に接するシート部位の温度を早く上昇させることができ、速暖感が得られる。安定時には、暖め過ぎによる熱さや蒸れを感じやすい臀部の温度上昇を抑制すると共に、気持ちよさを感じやすい腰部および大腿部に接するシート部位の温度を高めに保つことで快適感が向上する。

【発明の構成】

図6に示すとおり、シートの部位ごとにヒーター密度を設定した。

【活用状況】

E52エルグランド、日産リーフなどのシートヒーターに採用されており、今後、日産シートヒーターのスタンダードとなる。

また、本件技術は自動車メーカ以外からも注目されており、自動車以外の分野での活用も期待される。

【発明者の想い】

シートヒーターは、小さなエネルギーでも素早く乗員を暖めることができる効率的な暖房装置です。しかし、従来のシートヒーターは、シートの温度分布が考慮されていなかったため、シーンによっては特定の部位を熱く感じ過ぎなどの問題がありました。そこで、人体の温熱感覚特性を考慮した快適なシートヒーターの開発を目指しました。

開発は、人体後面の温熱感覚特性を明らかにすることからスタートしました。その結果、加温初期の速暖感の向上、安定時の快適感の向上のそれぞれに適したシートの温度分布を特定することができました。

次に、新型シートヒーターの開発に着手しました。本開発では、実験で特定した温度分布を安価な手段で実現することが最大の課題でした。この課題は、部位による人体からシート間の熱抵抗の差（温度上昇カーブの違い）を考慮してシート各部位の発熱密度（電熱線の配線パターン）を設計・最適化することでクリアしました。これにより、電

子制御を行うことなしに、加温初期・安定時とも目標とする温度分布を実現しました。

結果、コストは従来品と同等で、速暖感・快適感の両面で従来品に優るシートヒーターを開発することができました。開発したシートヒーターは「クイックコンフォートシートヒーター」の商品名で現在多くの車両に採用されています。

本技術の開発により、冬季車室内におけるお客様の快適性向上に貢献できたと考えています。本技術の商品化にあたっては、シート設計部署、実験部、サプライヤをはじめとする皆様の多大なる協力を得ました。この場をお借りし、当時ご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

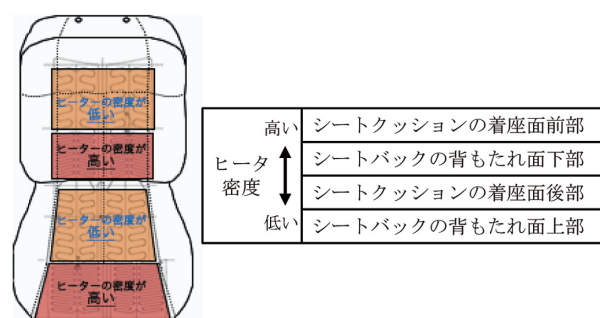


図6 シート部位とヒーター密度

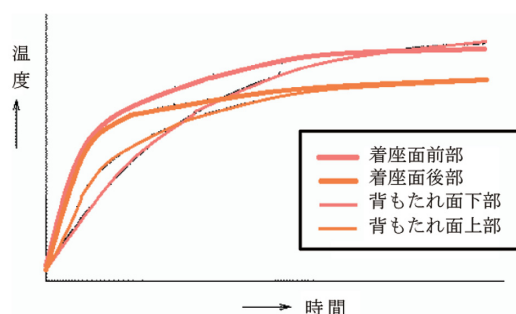


図7 シート部位ごとの加温経過

編集後記

日産技報第73号をお届けします。日産自動車では「環境」「安全」「ダイナミック・パフォーマンス」「ライフ・オン・ボード (LoB)」を4つの戦略的技術領域として定め技術開発に努めており、その成果として、電気自動車の「日産リーフ」や、「セーフティ・シールド」コンセプトに基づいた様々な安全装備、また新型 Infiniti Q50 から採用された「ダイレクト・アダプティブ・ステアリング」などの運転をサポートする装備を世に出しています。今年は日産自動車創設80周年にあたりますが、日産を技術面で支えるこの4つの領域について、その黎(れい)明期の活動内容を苦労話なども交えて紹介する特集としました。

また、4つの技術領域のひとつである「LoB」にフォーカスして、近年新車に採用した技術を中心に特集を組んで紹介しています。領域設立時から、「人を科学する」というあまり工学系では扱われない視点でのアプローチを心がけ、お客様に驚きの機能と上質な造りを提供するため、(1) 運転しやすいコックピット、(2) 快適なキャビン、(3) インテリアの上質な造り、の3つのコアバリューを定義して活動をしてきています。「スパイナルサポート機能付コンフォタブルシート」は人を科学した成果の代表例であり、また「射出成形表皮インストールメントパネル」はその高い生産性から多くの主要車種に採用され始めています。本号を通じてこのような最新の LoB 技術に触れて頂けたら、と思います。

最後になりますが、お忙しい中、本号に寄稿頂いた執筆者の皆様、また、それを深い理解と温かい視点で支えて下さった職場・家族の方々に、改めて深く感謝申し上げます。

— 日産技報編集委員・森 達 朗 —

2013 年度日産技報編集委員会 (Editorial Committee)

委員長 (Chairman)

原 田 宏 昭
(Hiroaki HARATA)

先端材料研究所

小 林 祐 司

パワートレイン計画部

坂 元 宏 規

研究企画部

副委員長

村 田 茂 雄

パワートレイン開発本部

三 田 村 健

モビリティ・サービス研究所

中 野 正 樹

E V システム研究所

委 員

植 月 剛

商品戦略部

長 谷 川 哲 男

環境・安全技術渉外部

高 城 龍 吾

技術企画部

瀬 川 浩

車両生産技術統括部

佐 藤 正 晴

Infiniti 製品開発部

山 下 寛

パワートレイン技術企画部

斎 藤 康 裕

Infiniti 製品開発部

飯 島 和 宏

エンジニアリングシステム部

森 達 朗

Infiniti 製品開発部

事務局

菊 池 朗

実験・計測技術開発部

柳 井 達 美

研究企画部

木 村 敏 也

I T & I T S 開発部

丸 山 高 澄

研究企画部

古 谷 宏 次

パワートレイン第三製品開発部

細 谷 裕 美

研究企画部

日 産 技 報 第 73 号

© 禁無断転載

発 行 2013 年 12 月

発行・編集人 日産技報編集委員会

発 行 所 日産自動車株式会社

総合研究所 研究企画部

神奈川県厚木市森の里青山1番1号

〒243-0123

印 刷 所 相互印刷株式会社

東京都江東区森下3-13-5

Nissan Technical Review 73

December, 2013

Publisher Nissan Technical Review
(Editor) Editorial Committee

Distributor Society and Frontier Laboratory

Nissan Reseach Center

NISSAN MOTOR CO., LTD.

1-1, Morinosatoaoyama, Atsugi-shi
Kanagawa, 243-0123, Japan

Copyrights of all atricles 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

総合研究所実験試作部で LoB 領域の業務を担当する桑原です。本誌 73 号は LoB 特集と聞き、長年携わってきた自身の業務をイメージした表紙デザインを描き応募しました。また同時に、今後クルマの自動化が進む中で、「人とクルマが信頼関係を保つための大切な HMI」「長時間走行の増加が予想されるため疲労の少ない快適なキャビンの提供」の 2 つの課題は LoB 領域にとって大切な任務となると考え、明るい未来へ向かって躍進するイメージも兼ねています。



実験試作部
桑原 達雄

