

特集2：次世代のフラッグシップ ARIYA

1. 次世代のフラッグシップ ARIYA

赤石 永一* 中嶋 光**

1. 初めに

2010年に世界に先駆けてEVの量産を始めた日産自動車は、10余年の市場経験を基に革新的な次世代EVとしてアリア（図1）を開発した。アリアは、新しい日産とNissan Intelligent Mobilityを体現した車であり、目指したのは、「車の未来を感じる次世代のフラッグシップEV」である。お客様に「EVだからこそ実現できる比類なき至福のご経験を提供したい」という思いを込めた。



図1 ARIYA

2. 次世代フラッグシップを目指して

アリア開発にあたり、EVの特性を十分に活かしつつ、最新の技術を取り込み、すべての面でお客様にご満足いただけることを目指した。そこで我々は、多くの価値を同時に実現するために、新たな要素技術開発とそれらを高度に融合させる革新的システム技術の開発に挑戦した。

まず初めに、新たなEV専用PFによるパッケージの革新で、広く静かな室内、十分な航続距離、美しいスタイリングを実現した。次に、インフォテインメント技術の革新により、豊富なサービスと驚くほどの使いやすさを両立、そして、車両統合制御の革新により、高い動力性能と安定した走行性能を具現化した。

また、あわせてProPILOT 2.0の性能を向上し、新たにリモートオートパーク機能を追加した。

以下それぞれの技術革新について、次章からの詳細な説明に先立ち、概説していきたい。

3. EV専用PFによるパッケージの革新

これまでのEVの多くは、ICE搭載車用のプラットフォーム設計の考え方を踏襲していたため、EVの持つ小さなパワートレインの特性を十分活かしきれていなかった。そこで、今回、EV用パワートレインと車両搭載技術を高度に融合させたEV専用パッケージを新たに開発することで、室内空間の拡大、フロントオーバーハングの低減とホイールベースの拡大、最小回転半径の低減、操縦安定性や乗り心地性能の向上、EV航続距離の拡大、静かな室内等の実現を目指した。

それぞれの目標を満足する個々の達成手段には相反するものが数多くあるため、以下に述べる高度な技術開発を統合的に行う複雑なシステム技術開発に取り組んだ。

3.1 基本構造と室内空間、スタイリング

まず室内高の拡大に関しては、電池搭載のための床下構造を総合的に見直した。後述する必要な電池容量を確保しながら、同時に温調機構を備え、車両強度や剛性を確保するためにクロスメンバーを取り込む構造とした（図2）。それにより、超薄型かつ大容量電池搭載可能で高剛性を有する、車体一体型の電池パッケージを開発することができた。さらに、その

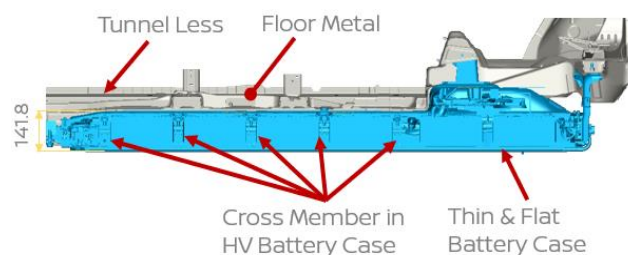


図2 床下構造

* 常務執行役員 **Nissan 第一製品開発部

高剛性パッケージを前後の車体と連結することで、車両全体のねじり剛性を高め、バッテリー床下配置による低重心化、およそ50：50の前後重量配分の効果と併せて、操縦安定性の向上と乗り心地性能の向上を高次元で両立させることができた。

また、パワートレインを小型化した空間を活かし、これまで室内に配置されてきた空調装置（HVAC）をモータールーム内に配置した。同時に、構造的に空間の多いHVAC自体を衝突時のつぶれ代としても機能させることで、衝突性能を維持しながら車室内空間の大幅な拡大を図った（図3）。また、同様にその空間を活用し、タイヤの切れ角を増大させ、Dセグメント並みの室内空間ながら、Bセグメント並みの最小回転半径を実現している。

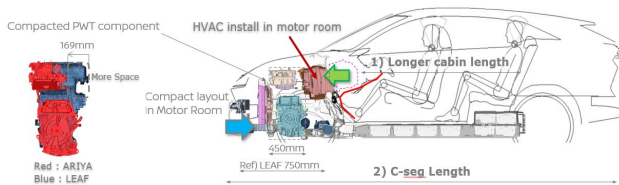


図3 パワートレインとHVACレイアウト

加えて、電動センターコンソールの採用とインストパネルの小型化により室内長を最大化し、フラット化した床面により前後席の足元スペースを拡大した。

このプラットフォームにより、Cセグメントの全長ながら、室内有効長はDセグメント並みの広さを実現することができた。同時に、ショートオーバーハング、ロングホイールベースレイアウトを可能にし、画期的で目を引くスタイリングを実現可能なベースを築くことができた。

これら画期的な室内や外観はアリアの大きな魅力であり、EV専用の新プラットフォームにより実現することができた。

3.2 長い航続距離

アリアを多くのお客様に買っていただきEV普及に貢献するために、航続距離、充電性能、冷暖房時の電費等のEVの基本性能を向上させ、お客様の実際の使用シーンで利便性を大幅に高めることを目指した。

その開発要素として、地道な走行抵抗の低減に加えて、主たる走行抵抗である空気抵抗の低減、夏場の高速道路走行で重要になる急速充電性能の向上、冬場の暖房性能の向上と電池耐低温特性の向上を図った。

3.2.1 電池容量

航続距離については、お客様の使用用途に応じて選択可能な様に、B6グレード車とB9グレード車を設定した。B6グレード仕様は主に毎日の通勤や買い物に使用されるお客様を想定し、B9グレード仕様は週末のレジャー（ゴルフやキャンプ等）を中心に使用されるお客様を想定した。その想定レンジを満足する電池容量を、以下に示す技術開発で実現した高い電費から導き出し、B6グレード：66kWh、B9グレード：91kWhとした。

3.2.2 空気抵抗の低減

空力抵抗係数（Cd値）を低減するため、流れるようなルーフ形状とし、フロントマスクにはエアカーテンと呼ぶ風流れを整流する通気口を設けた。また、空気流れコントロールために床下にフラットなフルアンダーカバーを採用した（図4）。これによりCd値：0.3以下を達成し、SUVとしてはトップクラスの空力性能を実現することができた。

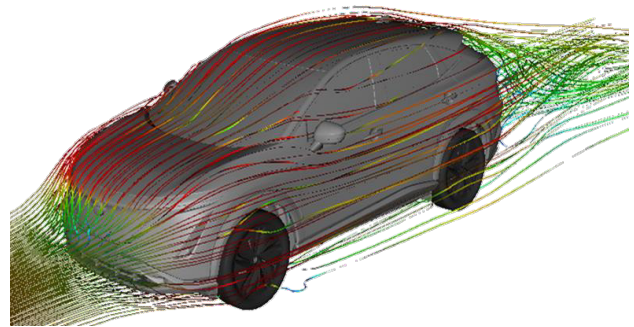


図4 空気流れ

3.2.3 急速充電性能

急速充電性能は、高速道路のパーキング等で急速充電するシーンを想定し、30分間の急速充電でバッテリー電力残量が10％から80％に回復できることを目標とした。充電速度はバッテリーの内部温度に強く依存するため、気温や走行パターンによらず安定した充電性能を確保し、また、薄型にできる様、液体による温度調整システム（図5）を開発した。

なお、将来を見据えて、この車載充電装置の受け入れ可能なパワーを130kWに設定し開発を行った。

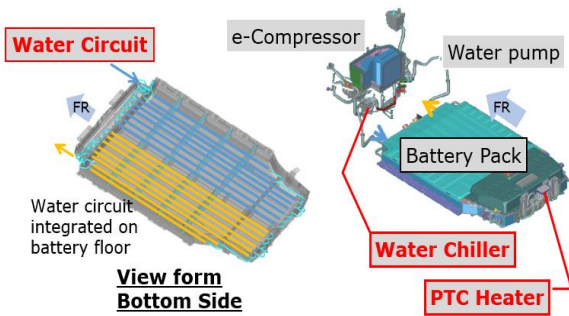


図5 温度調整システム

3.2.4 暖房性能

EVにとって、走行以外で最も大きなエネルギーを必要とするのが、夏期に比べて外気温との差が大きい冬期の暖房である。高効率なヒートポンプ式を採用し、暖房時の電費を大きく改善することで冬期の航続距離拡大を目指した。

3.3 静音性

エンジンの無いEVの騒音は、路面とタイヤの間で発生するロードノイズ、高速走行時に発生する風切り音、モーターが発生する音が主なものである。

ロードノイズに対しては、ノイズ吸収材内蔵タイヤや二重防振サブフレームを採用し、車体骨格の徹底的な剛性強化によるノイズ伝達系の感度低下を実施した。風切り音については、風流れ渦が発生しないように外板の段差、隙間を無くし、また遮音ガラス等の採用により車室外から入りこむ音を徹底的に遮断した。

さらに、ロードノイズが低い低車速等で、わずかなモーターの回転変動や半径方向振動が気になることがあるため、低速での音振特性に優れた新たなモーターを開発し、フラッグシップにふさわしい静音性を実現することができた。

4. インフォテイメント技術の革新

これまでの車載型操作表示装置とコネクテッドシステムは、新たなサービスや機能の増加に伴い、選択すべき階層が広く深くなると同時に操作や表示が煩雑になる。また、システムが複雑であるがゆえに、機能追加に時間がかかり、タイムリーなサービス提供が難しいという課題があった。そこで、アリアでは、IVIパネルとメータパネルの2つの大きな画面を統合的に使えるようにし、操作階層を大幅に減らすとともに操作のしやすい入力システムを構築した。また、表示装置としても、スワイプ操作で2画面を一体的に使えるようにすることで、わかりやすく使いやすいインターフェイスを開発することができた(図6)。

また、この入力装置の機能であるNAVIやエアコンの設定等



図6 画面スワイプ

には、ドライバーの音声により操作可能なボイスリコグニションを採用しており、お客様の自然な発話を理解する、利便性の高いHMIを実現した。

それを支えるコネクテッドサービスシステムは、柔軟性と開発スピードを担保するために、サービス用サーバーとシステムサーバーを分離独立させ、加えて、重要な機能統合ソフトウェアを内製で開発した。同時に、車載用のファームウェア更新を無線で行うFOTA (Firmware Over-The-Air) を導入し、永続的に、豊富なサービスを使いやすく、タイムリーに提供可能なシステムを実現できた。

5. 車両統合制御の革新 e-4ORCE

お客様要望の強い4WDを搭載するにあたり、単なる生活4WDではなく、車両制御とパワートレイン制御を融合させた、新たな4WDの価値を提供したいと考えた。

GTRやアテッサで採用されている、車両の走行状態に応じて前後アクスルのトルク配分を制御する4WD制御技術に、リーフで培ったモータートルクをmsec単位で高速高精度制御する技術を高度に融合させることにより、どんな路面の状況(雪道、凍結、雨、ドライ)であっても常に安定した車両挙動を実現し、安心、安全なドライビングを提供することを目指した。

前後に配置された2つのモーターは、従来の駆動力制御に加え、車両の加速度、ヨーレート、タイヤのスリップ判定など、これまで車両制御に用いられてきた情報を統合し、シームレスで自由自在な前後トルク配分を作り出す。加えて、4輪のブレーキ制動制御を統合することで、各輪荷重に応じた最適な駆動力を制御可能にし、車両挙動を高度に制御することを可能にした。

例えばワインディングロードの走行では、カーブ入り口では回頭性を良くするためにFR車のような後ろよりトルク配分、カーブの間では挙動の維持をするために前後50:50、カーブの出口でFF車のような前よりトルク配分とし、滑らかに加速しながらカーブを抜けてゆく、このような制御を前後独立して実施する(図7)。また、モーターによる前後配分を最適化した回生ブレーキの制御により、ドライバーだけではなく助手席や後席に乘る人にもスムーズで、快適な乗り心地を提供する。

e-4ORCEは、優れた動力性能に加え、運転するお客様に安心・安全そして運転する楽しさを提供する卓越した性能を有するシステムである。

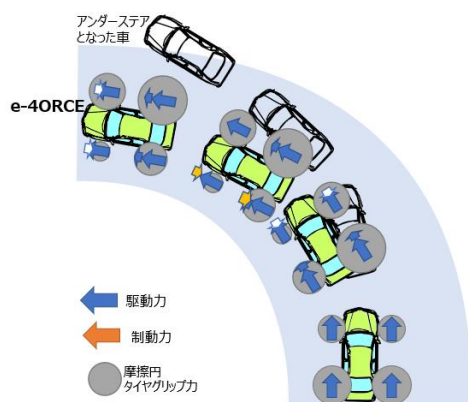


図7 e-4ORCE作動

6. ProPILOT 2.0、Remote Auto Park

スカイラインに搭載したProPILOT 2.0は、多くのジャーナリストから単に便利で安全快適だけでなく、「相棒」「パートナー」と言った表現でこれまでにない人とクルマの関係を表現していただいた。さらにその性能を向上させるため、準天頂衛星の信号を用いて自車位置精度を向上した。

複数車線の高速道路で、従来は自車がどの車線にいるか判別することが困難であったが、準天頂衛星信号を使う事により50cmレベル精度で自車位置の把握が可能となり走行する車線の位置を正確に確認することが出来る。これにより進路案内の精度が大幅に向上し、高速道路の分岐点に対する車線選択案内や車線変更案内が正確にかつスムーズに出来るようになった。

また、お客様への支援という意味では今回Remote Auto Park (RAP) という新しい技術を搭載した。専用のリモコンKeyを使う事で車外からアリアを前後に動かすことができる機能である(図8)。狭い駐車場で乗り込む際に先ずRAP機能で少し前進させ、ドアが十分に開けられるスペースを確保したうえでアリアに乗り込むということが可能となる。

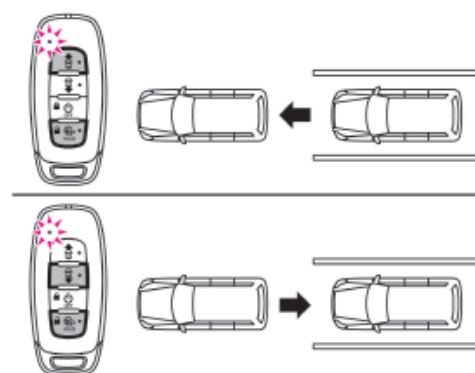


図8 Remote Auto Park

7. まとめ

開発した革新的システム技術によりアリアは、CセグメントSUVながら、Dセグメント並みの車室内広さとEセグメント並みの静音性を実現し、圧倒的に広く静かな、フラッグシップにふさわしい空間を実現した。同時に、WLTCモードでの航続距離は、最大610kmを達成した。情報を自在に操れる統合型インターフェイスディスプレイとコネクテッドサービスシステムにより、豊富なサービスと使いやすいインフォテイメントを実現した。また、日常から雪道まであらゆる走行をレベルアップさせるe-4ORCEにより、卓越した走行性能を実現した。

なお、この章では触れることができなかった多くの技術的チャレンジについては、以下の章にて取り上げているのでご参照いただきたい。

アリアは日産が有する全ての最新技術を盛り込んだ、まさにNissan Intelligent Mobilityの象徴であり、車の未来を感じる次世代フラッグシップEVに作り上げることができた。実際にアリアに乗って、触れていただき我々開発者の想いを感じて頂ければ幸いである。

著者



赤石 永一



中嶋 光

特集2：次世代のフラッグシップ ARIYA

2. 高いパッケージング効率を実現した
EV 専用プラットフォームCMF-EVの開発

大西 将浩*

1. はじめに

2010年に発売を開始したリーフは、本格的な量産EVとして、高い信頼性や安全性、EVらしい走りの気持ちよさがお客様に受け入れられ、EV普及時代を切り開くパイオニアとして貢献してきた。

今回、アリアで採用したEV専用プラットフォーム (CMF-EV) を新規開発するにあたり、リーフで培った高度な信頼性・安全性を継承・進化させつつ、車両パッケージ・航続距離・走行性能について「さらにお客様の期待を越えること」を、取り組むべき課題に据えた。

本稿では特に広い室内と大容量バッテリーの搭載、高い走行性能を達成させたキーポイントについて解説する。

2. EV車両パッケージの現状

お客様がEVに期待する車両パッケージとして、大きく以下2つが挙げられる。

- ① コンパクトなパワートレインによる、前後方向で広々とした室内空間
- ② 排気系、プロペラシャフトレスによる、完全にフラットな室内フロア

しかしながら、実際に双方を両立させるEVの開発はお客様の想像以上に困難である。

図1に、市販SUV群における車両全長と有効室内長 (アクセスレダグから後席乗員ヒップポイントの距離であり、居住空間の前後長の代表指標) の比較を示す。SUV EV車のベンチマークラインはSUV ICE車に対して前後方向のパッケージ効率で劣っていることが解る。航続距離確保を目的に大容量高電圧バッテリーを搭載したEVでは、車両質量が大幅に増加する。そのため、ICE車に対して、低速衝突時の損傷性ならびに高速衝突時の乗員・高電圧安全確保に必要な衝突ストロークが増え、コンパクトな駆動系によるスペースメリットを相殺していた。

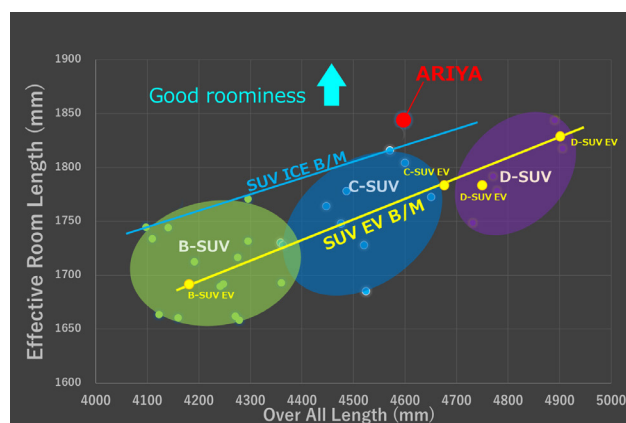


図1 SUV群における車両全長・有効室内長比較

また、完全フラットフロアについても、リーフではセンタートンネル内にブレーキ配管、冷却水配管、高電圧ハーネスなどを配策しており、お客様の期待に必ずしも応えられていなかった。

3. 新規EV専用プラットフォームCMF-EVでの進化

アリアに採用したCMF-EVでは、空調ユニットをエンジンコンパートメントに搭載するブレイクスルーと、機能統合によるパッケージの高密度化を図り、SUV ICE車のトップベンチマークを上回る前後方向空間効率と完全フラットフロアを実現した。(図1・図2)



図2 高い空間効率と完全フラットフロアを実現

*Nissan 第一製品開発部

更に、上記の機能統合部品を計画当初から車体骨格剛性の前提に織り込むことで、お客様がEVに期待する意のままの操縦性・乗り心地と軽量化を両立させた。

4. 空調ユニットのエンジンコンパートメント内配置

本章以降は、より具体的な達成方策について解説する。従来は室内のインストゥルメントパネル内に配置されていた空調ユニットを、エンジンコンパートメント内配置に変更し、薄型インストゥルメントパネルを実現したことは、アリアのワールドプレミア等で紹介され、広く知られている。

しかしながら、単なるユニット搭載位置変更のみでは車両全長に対する有効室内長、すなわち前後方向のパッケージ効率向上に殆ど寄与しない。なぜならば、室内空間が延長される一方で、空調ユニットを搭載するエンジンコンパートメントは延長せざるを得ないからである。

アリアにおけるブレークスルーは、空調ユニットの移動に加えて衝突時に積極的に圧壊させる構造としたことである。図3に示す通り、従来の空調ユニットはダッシュパネル後方、すなわち非クラッシュブルゾーンに搭載されていた。単純に空調ユニットをエンジンコンパートメントに移動、かつクラッシュストロークを維持すると、空調ユニットの前後寸法分エンジンコンパートメントの延長が必要になる。(図4)

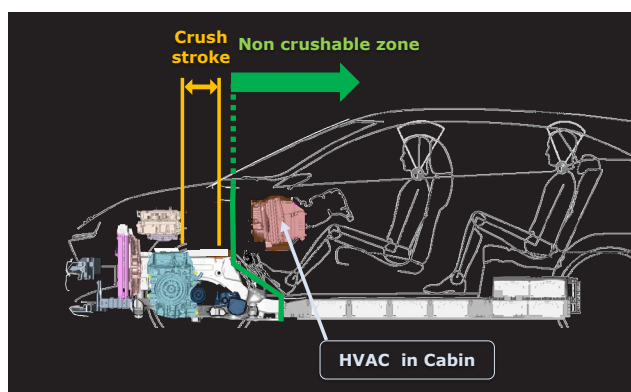


図3 従来の空調ユニットとクラッシュスペースの関係

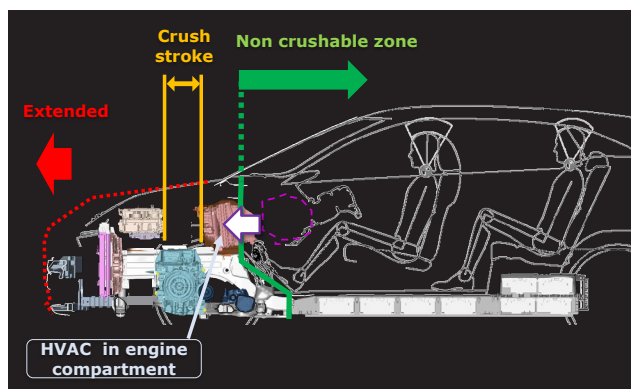


図4 空調ユニット移動とエンジンコンパートメント延長

アリアに採用したCMF-EVでは、空調ユニットを圧壊させることにより、必要なクラッシュストロークを確保しつつ、エンジンコンパートメント前後長を短縮した。(図5)

空調ユニットは主に熱交換器、冷媒配管、ブローファン、ダクト等で構成されているが、熱交換機とブローファンモータ以外の構成部品は樹脂あるいは中空形状であるため、圧壊が存在する。そこで、アリアのフルラップ前面衝突時では200mm程度空調ユニット本体を圧壊させる前提で衝突時のFS特性を空調ユニット割り付けて開発を進めた。

なお、空調ユニット構成部品のうち、高電圧部品である空気PTCヒータは、非クラッシュブルゾーンである居室内に搭載し、衝突時の高電圧安全にも配慮した。

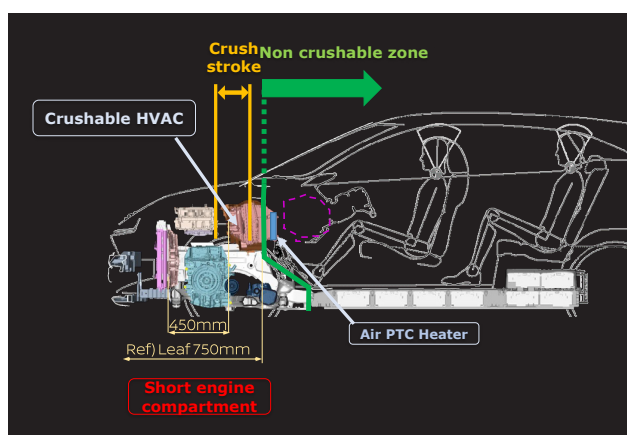


図5 空調ユニット圧壊前提のクラッシュスペース

ここでは、空調ユニットを安定して圧壊させる方策について解説する。図6にCMF-EVのエンジンコンパートメント内レイアウト図を示す。空調ユニットはエンジンコンパートメント内の最後方に搭載され、その前方には充電器、ジャンクションボックス、DCDCコンバータをアッセンブリしたアッパーパワートレインユニットが搭載されている。

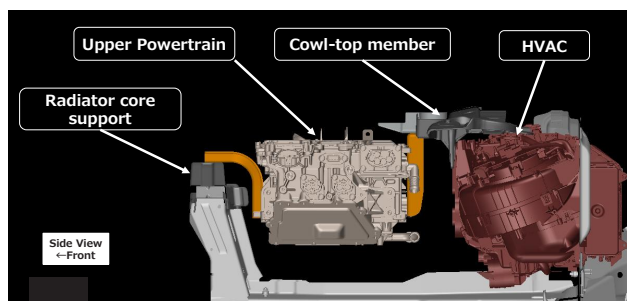


図6 エンジンコンパートメントユニット配置図

前面衝突時には、アッパーパワートレインユニットは衝突事象の中期から後退を開始し、空調ユニットの完全圧壊とほぼ同時に最大後退量に到る。様々な衝突形態において、安定的に空調ユニットを圧壊させるには、アッパーパワートレインユ

ニット側面視の初期搭載角度を維持したまま後退させることが望ましく、以下の考え方で挙動コントロールを達成した。

- ① アップパーパワートレインユニット前方を車体骨格と接続し、衝突時の後退挙動を安定させる
- ② アップパーパワートレインユニット後退時に後方固定点ブラケットを切り離し、アップパーパワートレインユニット後退を阻害しない

上記①の具現化構造として、フロントサイドメンバーと接続されたラジエーターコアサポートメンバーにアップパーパワートレインユニット前方を固定するとともに、ブラケット許容変形量及び変形モードを規定した。

②に対しては、後方固定点のボルト締結部にスリットを設け、衝突時の後退入力を受けた時のみブラケットがスライドして抜ける構造を設けた。(図7)

通常走行時の確実な固定と衝突時のスライドを両立させるため、ブラケット剛性や表面処理、寸法精度、締結トルク管理等を徹底している。

上記取り組みによって、新たに空調ユニットスペースをクラッシュブルゾーンとして活用し、十分なクラッシュストロークとお客様の期待である「コンパクトなパワートレインによる、前後方向で広々とした室内空間」の両立が可能となった。

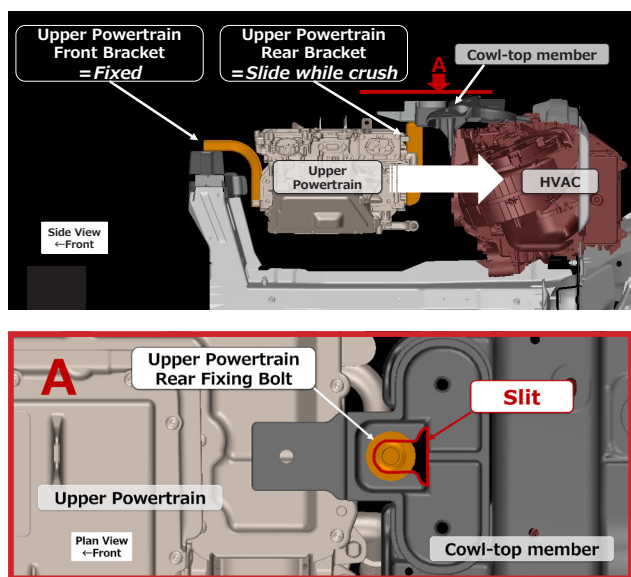


図7 前突時ユニット挙動ねらいと締結点のスリット構造

5. 機能統合による省スペース化と車体剛性の両立

大容量バッテリーの搭載、居室空間の拡大とフラットフロア、高い走行性能の実現を目的に、機能統合によるパッケージの高密度化にも取り組んだ。ここでは主要な2事例を紹介する。

第1は、アップパーパワートレインユニット固定構造、空調ユニット固定構造、ストラットタワーバーを統合したカウルトップメン

バーである。図8に示す通り、従来構造において、アップパーパワートレインユニットはサイドメンバー間を接続するメンバー上に、空調ユニットは車室内のステアリングメンバーにそれぞれ搭載されていた。さらに高い操縦性能が求められる車両については個別にストラットタワーバーが追加されていた。

CMF-EVでは、新たに設定したアルミ製のカウルトップメンバーにアップパーパワートレインユニットと空調ユニットの固定、ストラットタワーバーの機能を集約することで、固定構造スペース低減と軽量化をすすめながら、ストラットタワー周りの骨格剛性向上を両立させた。(図8)

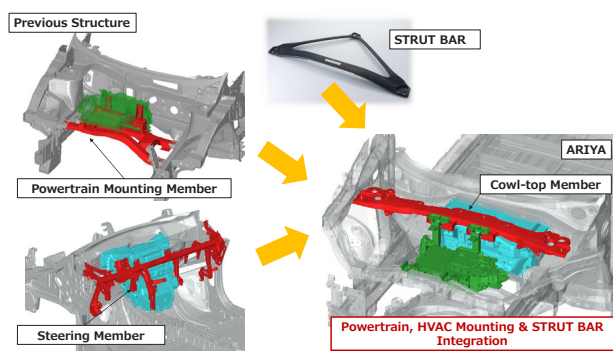


図8 カウルトップメンバーによる機能統合

第2は、高電圧バッテリーフレームの多機能化である。従来構造における高電圧バッテリーフレームの主たる機能は、バッテリー本体保持と衝突や路面干渉をはじめとする様々な入力からの保護機能である。

詳細は高電圧バッテリー開発の稿に譲るが、CMF-EVでは、バッテリーフレームにアルミ押し出し材を採用した利点を活かして、上記機能に加えて、バッテリー温調用ウォータージャケットと4WD用のリアモータ・インバータ行き冷却水配管を、新たにフレーム断面内に統合した。(図9)

さらに、リアモータ・インバータ行き高電圧ハーネスをバスバー化して高電圧バッテリーパック内に配策、ブレーキ配管を高電圧バッテリーパックとサイドシルの間隙に通すことによってトンネルを廃止し、お客様がEVに期待する「排気系、プロペラシャフトレスによる、完全にフラットな室内フロア」を実現した。

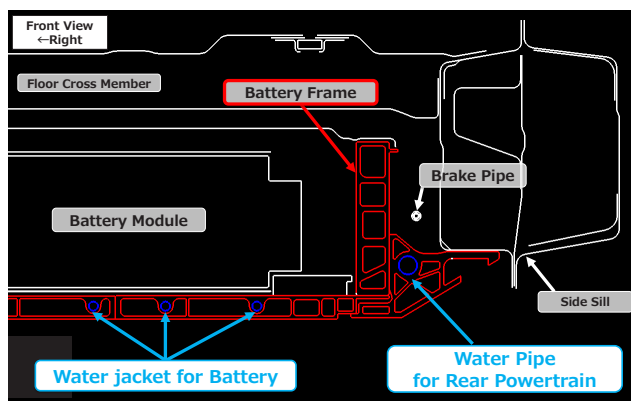


図9 高電圧バッテリーフレームへ水配管を統合

加えて、高電圧バッテリーフレームを主要な骨格部品として位置付け、車体骨格ならびにサスペンションメンバーとの結合強化を図った。

図10に示す通り、車体フロアに設定したホットスタンプ材の床クロスメンバーと高電圧バッテリー内クロスメンバーは前後位置が互い違いとなる様に設定されている。高電圧バッテリー内クロスメンバーはサイドフレーム及びサイドレールを介して車体のサイドシルと結合されており、側面衝突時の高電圧バッテリーの保護のみならず、車体骨格剛性向上にも寄与している。

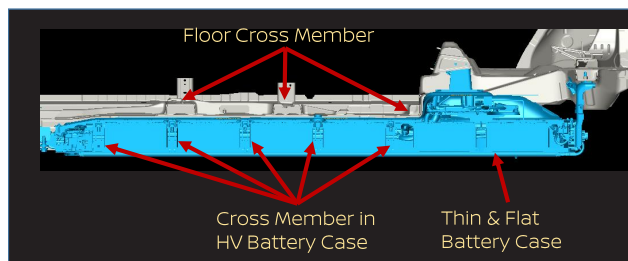


図10 車体フロアと高電圧バッテリー骨格位置関係

また、フロントサスペンションメンバーのリア側締結点、リアサスペンションメンバーのフロント側締結点と、高電圧バッテリーフレームとを、サスペンションピンスティを介して結ぶことにより、サスペンションメンバー締結点横剛性を向上させ、操舵応答性を高めた。(図11)

この様に、高電圧バッテリーフレームを主要な骨格部品として活用したこと等により、車体側クロスメンバー断面を縮小してフラットフロアを実現させつつ、従来CセグメントSUVに対して約1.9倍の車体剛性を確保し、低床フラットフロアと乗心地性能をはじめとする動性能との両立を図った。

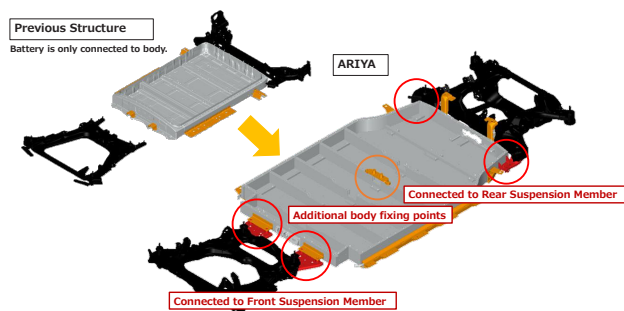


図11 サスペンションと高電圧バッテリーとの結合強化

5. おわりに

アリアに採用したCMF-EVは、当初からルノー車での活用も見据えて開発された。ルノーの主要開発メンバーも神奈川県厚木市の日産テクニカルセンター内のオフィスに常駐し、様々な技術課題に対して、お互いにアイデアを出し合い、日夜論議を尽くして技術解を練り上げ、ベストなものを選びながら開発を進めた。

また、開発中にEVを取巻く環境は日々激動したが、リーフで培った高度な信頼性・安全性を継承・進化させつつ、車両パッケージ・航続距離・走行性能について「さらにお客様の期待を越える」という当初目標はぶれることがなかった。

本稿では触れられなかったが、空調使用時や様々な温度条件を含む実用シーンでの航続距離や充電性能、高電圧バッテリーの耐容量低下特性などもリーフから進歩させることができた。さらに、e-4ORCEに代表されるEVならではの走りの良さやコネクティビティによる使い勝手の更なる向上にも取り組んだ。

結果として、アリアは、EVというカテゴリーを越えて、純粋なクルマとしても積極的に選んで頂ける製品になったと自負している。

これまでEV購入をためらっていたお客様にも広くご購入頂くことで、持続可能なモビリティに貢献できることを期待している。

著者



大西 将浩

特集2：次世代のフラッグシップ ARIYA

3. 統合型インターフェースディスプレイ

小畑 哲* 江口 隆* 笹沼 慶与*

近年、スマートフォンが日常の情報ツールとなり、ユースケースやUXの変化と共に車内のインフォテインメント情報は増加傾向にある。加えて、運転支援技術の進化により、周囲のセンシング情報やシステム状態等、情報の質も変化してきている。

このような環境変化において、運転や操作の負荷を減らすため、情報に容易にアクセスできるヒューマンマシンインターフェース（以下、HMI）を開発した。

本稿では、アリアで採用した「容易な情報へのアクセス」を支える技術である“視認性と操作性を両立する統合型ディスプレイのパッケージング”と、“多様なコンテンツを直感的で使いやすいグラフィカルユーザーインターフェース（以下、GUI）”について述べる。

1. 視認性と操作性を両立するインターフェース

インフォテインメントディスプレイとメーターディスプレイを一体の情報表示エリアとする様々な方策を検討し、今回はステアリングホイールによる死角を考慮したディスプレイおよびコンテンツ配置を採用した（図1）。



図1 統合型インターフェースディスプレイ

運転に必要なメーター情報は、ドライバーから見やすい前方に適切な距離を確保して表示し、インフォテインメント情報は、ドライバーの手が届く操作しやすい距離に配置した（図2）。また、人間の視野は、縦に比べ横に約1.5倍広く、横方向への視線

移動がしやすいことから水平に2つの情報を配置した（図3）。

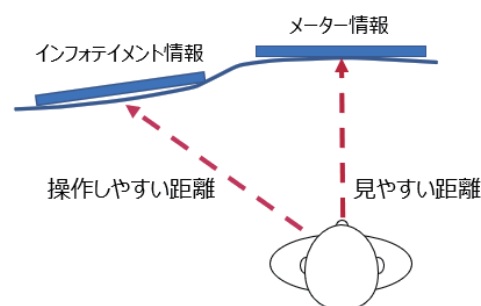


図2 情報レイアウト

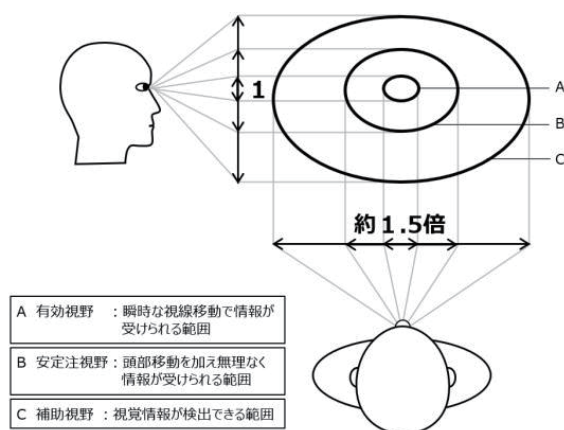


図3 人間の視野特性

これらディスプレイをS字曲面でつなぐことで、先進的なコックピットインテリアに調和した（図4）。これは複数曲率を持つカバーガラスを3Dホットフォーミング技術で生成し（図5）、カバーガラスの曲面に平面液晶ガラスを歪無く貼り合わせるオプティカルボンディング技術により実現した（図6）。

* コネクティドカー&サービス開発部



インフォテインメントディスプレイ メーターディスプレイ

図4 インテリアに調和したS形状

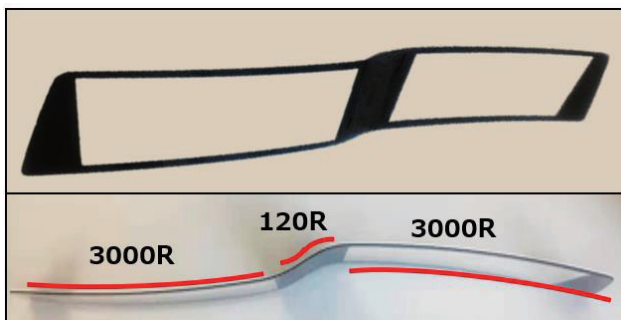


図5 S形状のカバーガラス

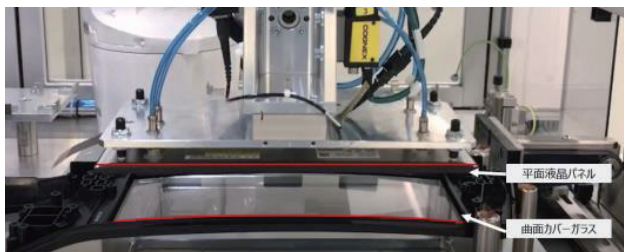


図6 曲面カバーガラスボンディング

2. シンプルで直感的な GUI

2.1 インフォテインメント情報

情報量の増加に対し人間の処理能力には限界があるため、分かりやすいメニューの数や配置を設計した。ウィジェット(図7)やタイルメニュー(図8)を大きくかつ数を最適化することで、機能の認知性と操作性を高めた。

最適なメニュー配列は、年代別被験者のメニュー選択しやすい評価に基づき決定した。メニュー数の増加とともに短期記憶のしやすさは低下するが、年代によらず9割以上の正答率となる計8個の4列×2行メニューを採用した(図9)。

基本的な使いやすさに加え、様々なコンテンツをお客様の好みや使い方に合わせてカスタマイズできる。また、タイルメ

ニューは、ドラッグ&ドロップで直感的なレイアウト変更ができる(図10)。



図7 ホームウィジェット



図8 8タイルメニュー

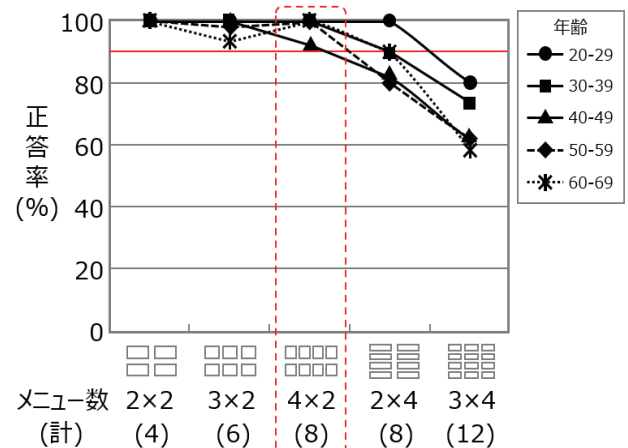


図9 選択しやすいメニューの数



図10 ホームウィジェットのカスタマイズ画面

2.2 メーター情報

メーター情報は、3つのゾーニングを表示の基本としている(図11)。さらに1ゾーン当たりの情報量を制限する事で情報を見つけ易くするシンプルモードを採用した。例えば、パワーゲージ、デジタル車速、走行可能距離を各ゾーンに配置する

事で、一目で車の状態を確認できる(図12)。



図11 従来から採用のメーター表示

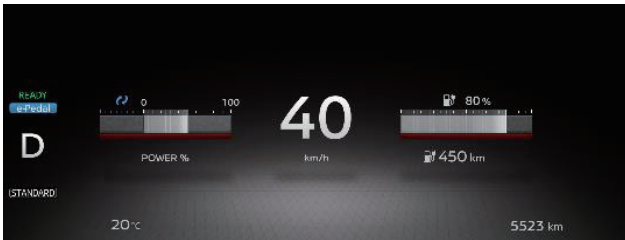


図12 ARIYAから採用のシンプルモード表示

2.3 2画面の情報連携

ドライバーがより見やすい位置で地図・オーディオ情報を確認可能にするため、直感的なスワイプ操作でインフォテイメントディスプレイからメーターディスプレイへ瞬時に情報を移動できる連携機能をEthernet通信により実現した(図13)。メーターでは地図を表示し、パッセンジャーは他のコンテンツを楽しむなど多様なユースケースをサポートした。

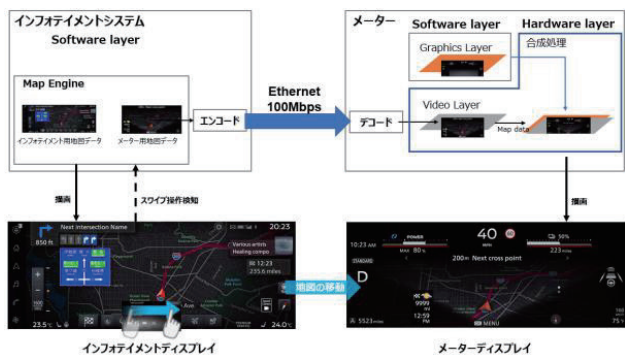


図13 Ethernetを使った2画面の情報連携

2.4 エモーショナルなUX

使いやすさの基本性能に加え、エモーショナルなバリューをお客様に提供する目的から、インタラクティブ性、空間性を持った機能・インタクションを開発した。

音声認識機能では、認知性を高めるインタラクティブ性のある音声アニメーション表現を用いた(図14)。

ホームウィジェットは、パララックス(視差)効果によりタイトルメニューとアイコンに空間性を持たせ、操作の気持ち良さ、楽しさをといった新しいUXを実現した(図15)。

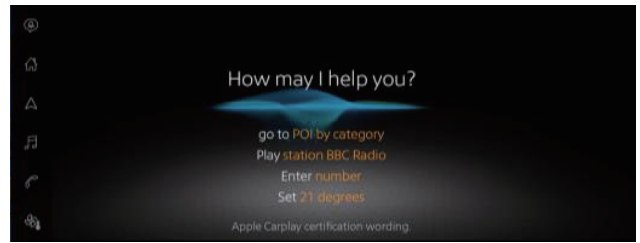


図14 音声インタラクション画面



図15 パララックス効果を持つホーム画面

まとめ

アリアにおいて、「容易な情報へのアクセス」を支える技術として、“視認性と操作性を両立させる統合型ディスプレイのパッケージング”と、“増加する情報を分かりやすく・使いやすく構造化したGUI”を実現した。加えて、多様なアプリやアニメーションなど、新たなエモーショナルバリューをお客さまに提供することにもチャレンジした。

今後はさらに、コックピットHMIをドライビングコンシェルジュの役割へと進化させて行く。

著者



小畑 哲



江口 隆



笹沼 慶与

特集2：次世代のフラッグシップ ARIYA

4. 新しいNissanConnectの開発

村松 寿郎* 船井 一宏** 田崎 克** 村上 晋太郎* 上島 宏幸**

1. はじめに

携帯電話網とナビゲーションシステムを接続し様々なサービスを提供するコネクテッドサービスは1990年代後半に始まり、日産自動車は“NissanConnect（旧コンパスリンク、カーウィングス）”を開始してから既に四半世紀が過ぎようとしている。

近年はインターネットの普及に伴う技術進化により自動車や家電のような「モノ」自体をインターネットにつなげてより便利に活用するIoT（Internet of Things）も身近になるなか、日産は2019年にコネクテッドカーシステムを刷新し、車両とお客様端末をシームレスにつなげお客様に新しい体験を提供するNissanConnectサービスの利用者が急激に増えている（図1）。

アリアでは、NissanConnect開発チームが全力で開発した技術を惜しみなく採用し、お客様に新しい感動体験を提供している。

本稿では、強化したNissanConnectプラットフォームと、それを土台に新たに開発した音声認識技術を紹介する。

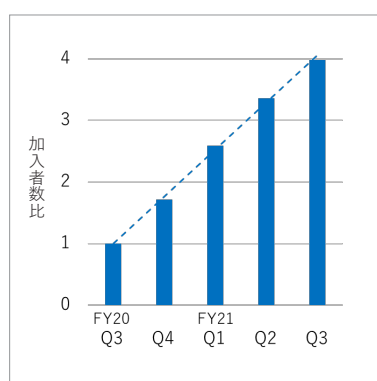


図1 NissanConnect加入者数推移

2. NissanConnectシステム

図2にNissanConnectのシステム概要を示す。車両にはIn-Vehicle Infotainment（IVI）とそのディスプレイ&GUI、

クラウドとの通信を行うTelematics Control Unit（TCU）を装備し、車内の他のECUやセンサとLANで接続される。TCUは携帯電話回線を用いてクラウドシステムと通信する。クラウドシステムはユーザへのサービスや情報を提供するためのコールセンタや3rdパーティによる情報提供システムが接続される。またユーザのスマートフォン上の専用APPはこのクラウドシステムと連携しており、これらIVI、ディスプレイ、IVC、クラウドシステム、およびAPPによってNissanConnectのプラットフォームとなっている。

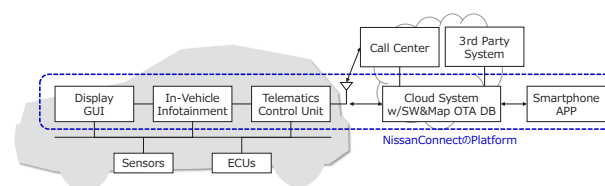


図2 NissanConnectシステム概要

ここでクラウドシステムは大きく3つの構成要素からなり、車両接続・車両情報管理部、サービスロジック・提供管理部とソフトウェア・Map OTA（Over-the-Air）配信管理部である。これらは迅速にグローバル展開することを目的に、コア部分をグローバル共通化した上で、各地域固有のニーズに合わせた地域ユニーク部分を追加する構成としている。またこのシステムには安定してサービスを提供するためのロバスト性と、変化するお客様の要望や周辺IoTに対応するためのフレキシビリティの両面が求められる。これを実現するため、よりロバスト性が求められる車両接続・車両情報管理部とソフトウェア・Map OTA（Over-the-Air）配信管理部をマイクロソフト社と共同開発し、よりフレキシビリティが求められるサービスロジック・提供管理部を内製することで効率の良い開発を実現している。

図3にこのプラットフォームを用いて提供する各種サービスのシーケンス概要を示す。例えばAPPから車両を操作するリモート機能では、APPへのユーザ入力をトリガにしてクラウド

* コネクテッドカー&サービス開発部

** コネクテッド技術開発&サービスオペレーション部

サーバとTCU間で通信路を確立し、コマンドをTCUに送信する。TCUはそのコマンドによって車両システムを動作させるとともに結果をクラウドシステムを介してAPPに通知する。また、車両運行中に3rd Party情報と連携するサービスでは、IVIへのユーザ入力トリガにしてクラウドシステムがプロキシとなり3rd Partyのシステムと接続し、そのサービスを提供する。これらのようにNissanConnectのプラットフォーム上に機能を構成することによって各種サービスを提供する。

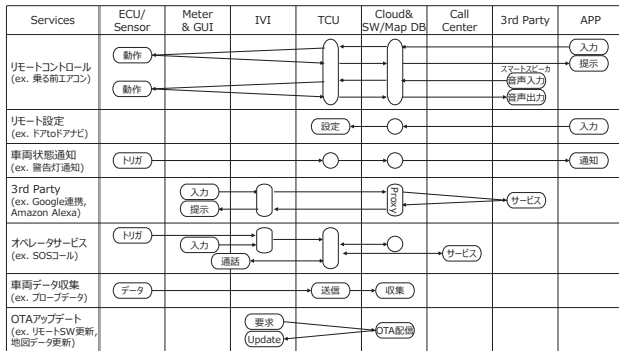


図3 NissanConnectサービスシーケンス概要

3. CCSを支える音声認識技術

運転中の車載機操作の負荷軽減に寄与する手段に音声認識技術がある。これまでは車載機本体に音声認識エンジンを装備したスタンドアロン方式が主流であったが、アリアではこれに加え、先に紹介したプラットフォームを土台として構成されるネットワーク上に配置した日産専用の辞書データベースを開発し、運転中に使われる日常的な発話表現とその意図を正確に理解できるオフボード方式を採用した。

自然言語の音声は、マイクを經由し車載機の音声信号処理を経て、1. 音素認識、2. 単語・文章認識、3. 意図推定の順に処理される (図4)。

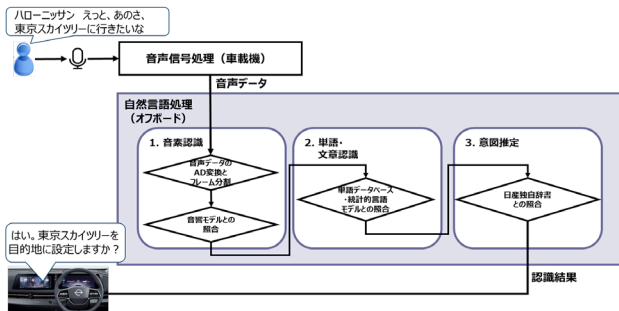


図4 自然言語認識処理の流れ

3.1 音素の認識

マイクに入力された音声信号はAD変換され等長のフレームに逐次分割される。そして周波数スペクトル分析をフレーム毎に行い音響特徴量を求め、それを音響モデルという人間の声を統計的に処理したモデルと照合することで音素を認識する。

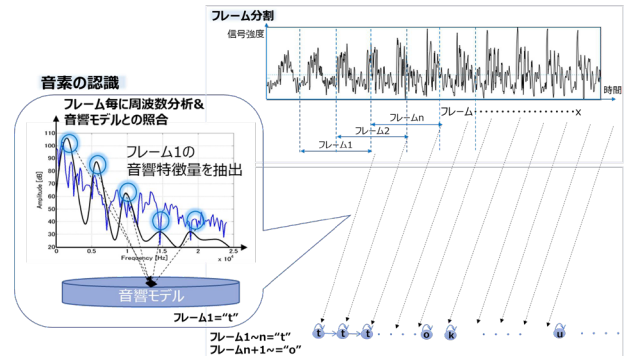


図5 音素の認識

3.2 単語・文章の認識

単語は、音素の時系列の繋がりを単語データベースに照合する事で得られる。また、単語から単語に遷移する確率をパラメータとして学習する事で得られる統計的言語モデルに照らして「最も確からしい単語の組み合わせ結果」を文章の最終候補として選定する。

例えば “とう…きょうすかいつりーにいきたい” という入力に対し、「東京スカイツリーに行きたい」のように正確度が高い文章を認識する事ができる。

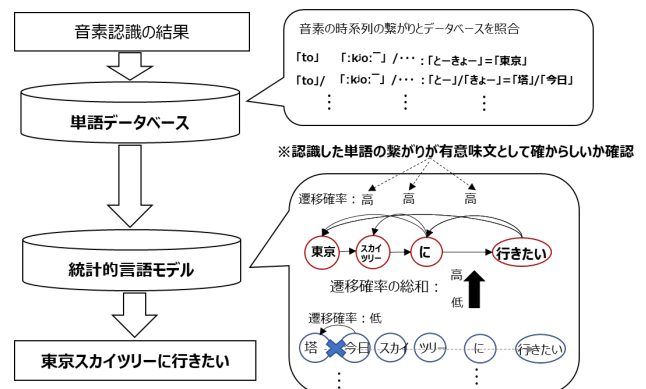


図6 単語・文章認識

3.3 意図推定

運転中に使われる発話の意図を推定するには、不要な単語 (例: “えーと”、“あのさ”) を除去し、意図推定に必要な単語 (例: 東京スカイツリー+行きたい) のみを抽出する処理が必要となる。

また、“に行きたい”の多くの同意語（“へ行く”、“を目的地にして”等）の認識や文法的には正確性を欠く語順となる場合もある。

これらを選別し、運転環境下でも十分な意図推定性能を確保す為、実運転環境で収集した約3000パターンの発話データを学習した日産独自の辞書データベースを開発した。

この辞書データベースを用いて、必要単語のみに絞り込むことで、他社水準70％程度に対しARIYAでは約85％もの音声認識率を達成した。

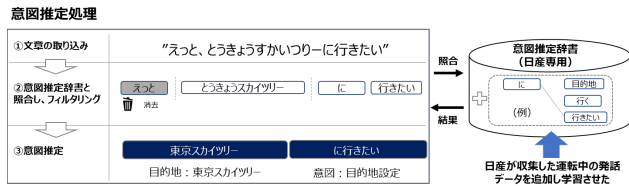


図7 意図推定

4. おわりに

NissanConnectプラットフォームを土台に、インターネットの一部として車が新たな価値を生み出す時代が到来した。今回紹介した音声認識は将来の新たな体験、例えばVPA (VirtualPersonalAssistant) 等の対話型サービスに繋がっていく。「大切なのはお客さまにとっての価値」、「そこに競争力はあるのか?」「正解を知っているのはお客様だけ」、これらの言葉の意味と意義を改めて噛みしめ、新しい時代をリードするサービス開発に勇往邁進していく。

著者



村松 寿郎



船井 一宏



田崎 克



村上 晋太郎



上島 宏幸

特集2：次世代のフラッグシップ ARIYA

5. ARIYA 向け高容量リチウムイオンバッテリー

片村 淳二* 八田 健太郎* 若林 計介* 高木 雅紀* 轟木 直人*

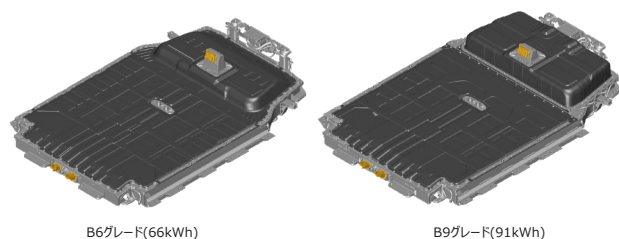
1. はじめに

近年、電気自動車 (EV) のグローバル展開に伴い、さらなる航続距離の伸長が求められている。航続距離はバッテリー性能に大きく依存しており、所定のバッテリーサイズにおけるエネルギー量の増加、すなわち体積当たりのエネルギー密度の向上が重要である。アリアは新開発のEV専用プラットフォームを採用することで、フラットで広々とした室内空間を実現しており、限定された空間でのバッテリーレイアウト設計が求められていた。

一方で、利便性向上の観点から急速充電性能に対する要望も高く、短時間でより多くの充電量を確保することが求められている。そのためにはバッテリー温度を適切にコントロールする温調システムが必要不可欠である。しかしながら、バッテリー温調システムはバッテリーパックの体積効率を著しく低下させる要因であり、特に厚み (高さ) 方向に大きな影響を与える。

今回、新開発したバッテリーパックでは温調システムを搭載しているにも関わらず、リーフ e+ に対してバッテリーパックの厚さ当たりのエネルギー密度を約2.3倍も向上させた。この結果、車室内の居住性の向上に貢献しつつ、EVトップレベルの体積エネルギー密度・急速充電性能を実現した。

本稿では、アリアに搭載した高容量リチウムイオンバッテリー開発について紹介する。



2. 室内空間の低床・フラット化を実現した技術

前述の通り、アリアは新開発のEV専用プラットフォームを採用しており、フラットで広々とした室内空間を実現している。

その為、バッテリーには薄型でフラットな構造設計が必要となり、その実現のため新開発した主要技術について紹介する。

薄型冷却機構

バッテリーEV (BEV) には、一般的に LLC を用いた温調システムが採用されている。このシステムにはプレートがバッテリーパック底面部に敷設されており、LLC をチラーで冷却/ヒーターで加温し、プレートに流す事でバッテリーを温調する。

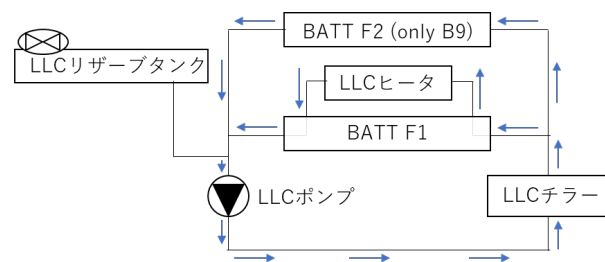


図1 バッテリー温調システム図

バッテリー内に配置された電池モジュールを均一に冷却/加温するためには、底板全面に均一に LLC を流す必要があるが、バッテリー内部空間は LLC 流路と隔てられた水密空間である必要がある。その為、図2のように、底板、LLC 流路機構、その保護板の3つの構造が必要になってしまう。しかし、アリアでは、それらを一体化する事でバッテリーパックの薄型化を達成している。(図3)

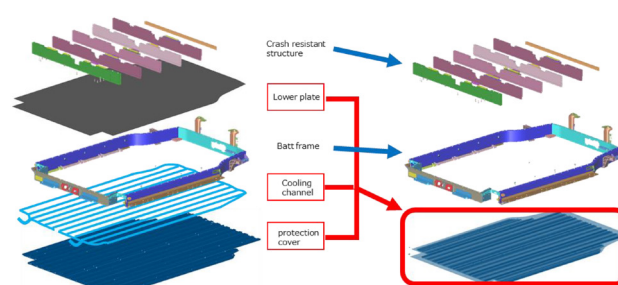


図2 他社バッテリー冷却構造

図3 アリア冷却構造

* パワートレイン・EV エネルギー技術開発部

アルミ押し出しによるバッテリーフロア

バッテリー筐体の底板、LLC流路機構、保護板を一体化するために、バッテリー筐体にはアルミ押し出し工法を採用し、押し出した底板の中をLLCが流せる断面構造とした。これによって、底板と冷却プレートの一実化を実現し、厚さを抑えた冷却機構を実現した。(図4)

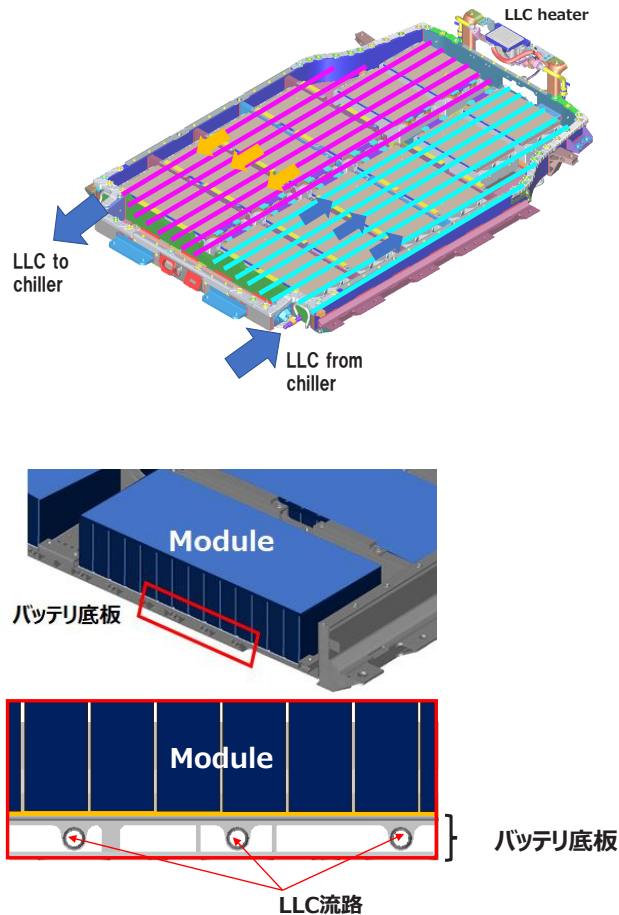


図4 LLC流路付きバッテリー底板断面

LLCを流す断面は電池モジュールを搭載するアッパープレートに接するように構成し、ロープレート側には中空部を設ける事で断熱性を高め、冷却効率を高めている(図5)

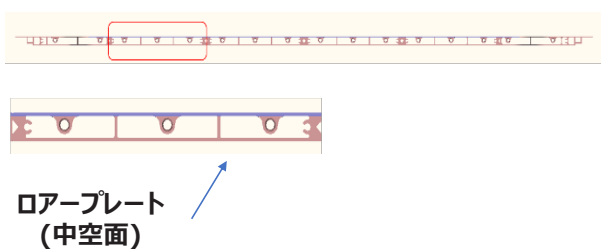


図5 LLC流路断面

また、薄型でフラットなバッテリーレイアウト設計の実現のために、電池モジュールを薄く広く配置している(図6)ため、パッ

ク外周骨格と電池モジュールの空間が狭く、衝撃時のつぶれ代が少ないという課題が出てくるが、これを解決するために、複数のクロスメンバーをバッテリーパック内に配置することで高い耐衝撃性を実現している。

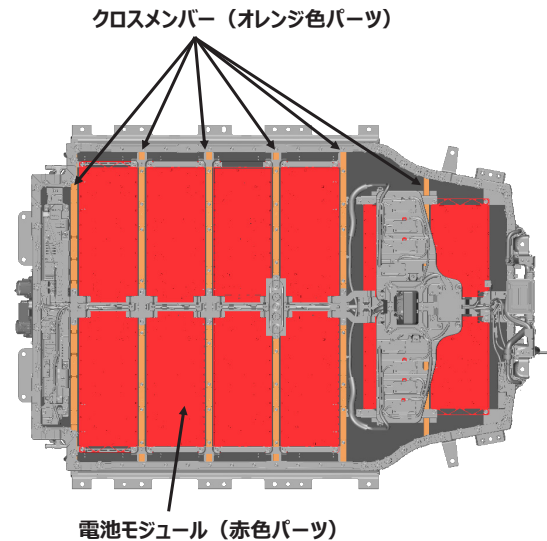


図6 ARIYAバッテリーレイアウト

3. トレードオフ性能に対するバランスのとれた進化

これまでは高い次元で性能をバランスさせるバッテリー開発を行ってきたが、アリアではさらにそれを進化させた。

表1は、アリアバッテリーとリーフ及び既存技術において、お客様の価値に繋がる主要なバッテリー性能を比較したものである。アリアバッテリーはトレードオフの関係にあるバッテリー性能をバランスよく進化させており、その代表的な項目について紹介する。

表1 既存技術との比較

お客様価値	バッテリー性能	自然放熱 (LEAF)	液体温調 (既存技術)	薄型温調機構 (ARIYA)
車室内空間	バック厚さ	BASE	△	○
航続距離	エネルギー	BASE	×	○
	質量	BASE	×	△
価格	部品点数	BASE	×	△
	構造の拡張性	BASE	←	○
利便性	連続充電	BASE	○	○
	低温充電	BASE	○	○

利便性能向上

前項で紹介した薄型冷却機構によって、EV専用プラットフォームならではのフラットで広々とした室内空間を実現しながら、様々な環境下における高い急速充電性能の実現も可能となった。

図7に外気温40℃、-5℃環境下で急速充電を実施した際の30分間の充電電力量を示す。アリアではバッテリー温度を適

切にコントロール（冬場は加温、夏場は冷却）することで、様々な環境下においても優れた急速充電性能を発揮することが可能になった。

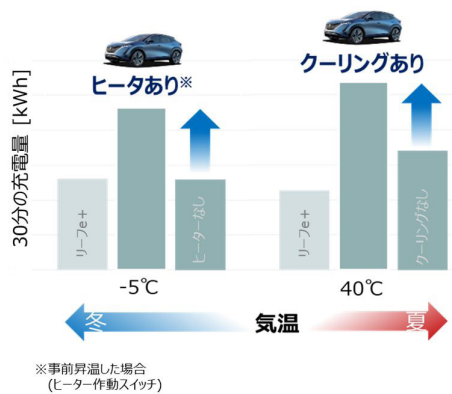


図7 急速充電性能

また、主に高速道路において、高速走行と急速充電の繰り返しを行うようなロングドライブを想定した際の急速充電性能を図8に示す。リーフ e+では急速充電の回数を重ねるごとにバッテリー温度が上昇し、2回目以降の充電速度が低下する傾向がある。しかしながら、アリアではバッテリー温度を適切にコントロールしているため、高速走行と急速充電を繰り返しても充電速度が低下せず、快適なロングドライブが可能となった。

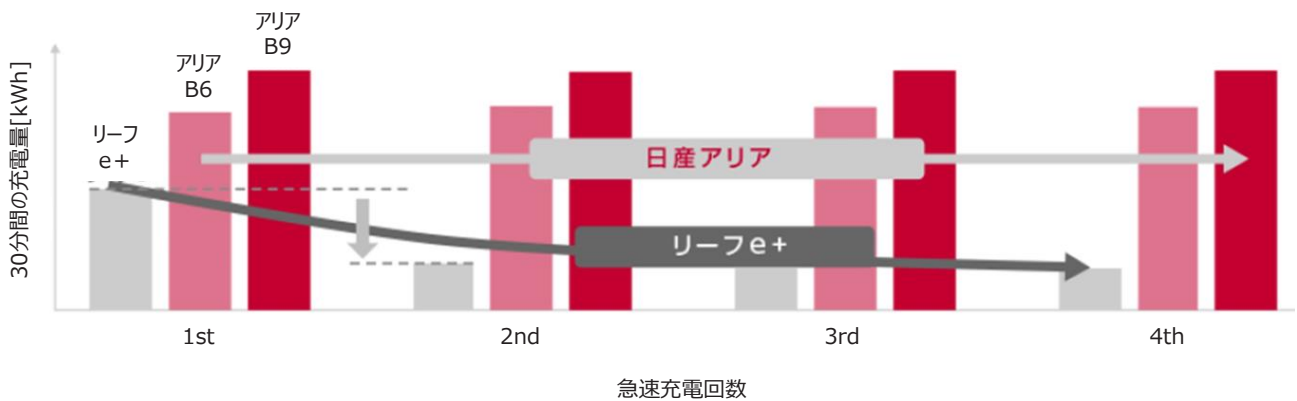


図8 高速走行と急速充電を繰り返した際の充電量推移

高い拡張性と部品点数削減を実現したバッテリー構造

前項で紹介したアルミ押し出しバッテリーフロア構造は、バッテリー薄型化だけでなく、さまざまな車両仕様に対応できる高い拡張性も実現している。バッテリー筐体は、車両ボディ前後方向に押し出した構造をとっているため、押し出し長さを変えることで、例えばホイールベース違いの車両へ適用が容易な構造となっている。これにより仕様数削減を実現している。さらに、B6グレード(66kWh)に対し、B9グレード(91kWhバッテリー仕様)では、高いエネルギー容量を得るために後部座席下のスペースにも電池モジュールを配置した2階建て構造となっているが、1階部分の基本構造は流用可能な構造をとっている。(図9)

前述したようにバッテリー筐体の底板とLLCプレートの一体化によって約60%近くの部品点数削減も実現し、こうした技術によって高い競争力に繋げている。

4. まとめ

今回、アリアに搭載したバッテリーは、新開発の薄型のバッテリー構造/温調システムにより、EV専用プラットフォームならではのフラットで広々とした室内空間を実現しながら、体積当たりのエネルギー密度の向上、様々な環境下における高い急速充電性能の実現を可能とした。

今後も、EVの本格普及に貢献するため、高い性能、信頼性を維持しつつ、リチウムイオン電池のケミストリーを継続的に改良していき、エネルギー密度向上と、より競争力のあるバッテリー開発を継続してゆく。

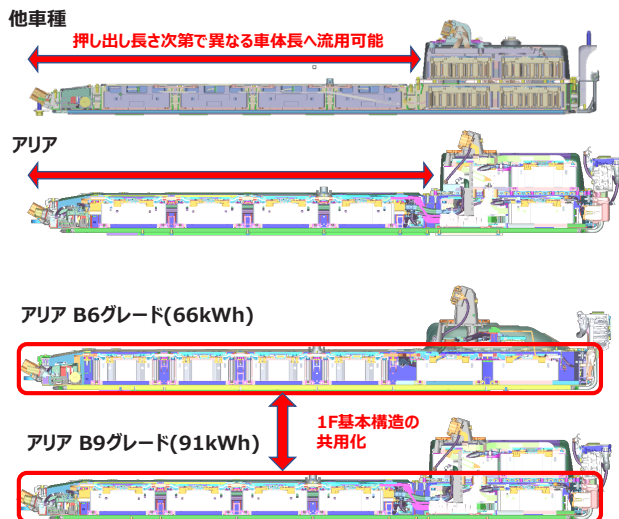


図9 他車種への高い拡張性

著者



片村 淳二



八田 健太郎



若林 計介



高木 雅紀



轟木 直人

特集2：次世代のフラッグシップ ARIYA

6. ARIYA の性能を実現する新開発モータ

大久保 孝仁* 和田 裕紀**

1. はじめに

アリアで実現したコンセプトの一つにラウンジ感を提供するというものがある。ラウンジコンセプトを実現するには、シートをはじめとするインテリアのデザイン・品質に加えて、ショックのないスムーズな加減速や静粛性が高い次元で確保されていることがキーとなる。本稿ではアリアに採用された完全新設計のモータを中心に、上記要件を達成した結果を紹介する。

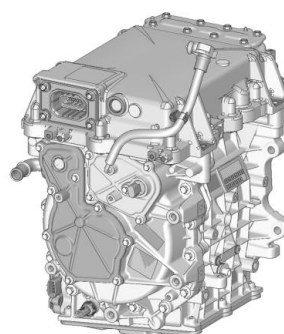
2. 新設計モータの概要

アリアでは、これまでリーフやノート・セレナe-POWERで採用してきたIPM (SM) ^{*1}に代わり、EESM^{*2}を採用した。EESMはステータに3相交流電流をPWM制御によって流す点ではIPMと同様であるが、ロータに永久磁石を使わず、代わりに直流電流を流して電磁石とする点が特徴である。

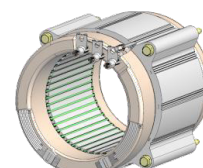
これにより、運転負荷に応じて最適なロータ・ステータ電流を選ぶことができ、効率の向上や振動・音の低減が図れる。一方でロータに電流を流すことによる発熱の増加や、トルク応答性の確保が課題である（詳細を次項以降に示す）。

図1にアリアのEESMの展開図と、参考にリーフのIPMの展開図を比較として示す。アリアのEESMは、8極のロータを採用し、ここにPEB^{*3}で生成した直流電流をブラシシステムを経由して供給する構造となっている。ロータ用の直流電流とステータ用の3相交流電流は、ドライバーからの駆動力要求に応じたトルク指令値をもとにPEBで演算され、それぞれの電流が最適な組み合わせとなるように制御される。またモータの冷却には直接油冷を採用した。

アリア

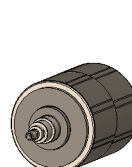


Rotor assembly

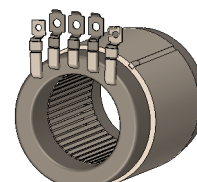


Stator assembly

リーフ



Rotor assembly



Stator assembly

図1 アリアとリーフのモータ

* パワートレイン・EV 技術開発本部

** パワートレイン・EV 電動技術開発部

3. ARIYAのモータで実現した価値

3.1 静粛性の実現

BEV^{※4}では、エンジン車やハイブリッド車に比べてエンジンが発生する音がないため、ロードノイズや風切り音が目立つようになると言われている。さらにエンジンにはなかったモータやインバータが発する高周波音が課題になることもある。アリアでは車体側で乗員に聞こえるロードノイズ・風切り音を小さくする工夫を多く入れており、それに伴ってモータから発生する高周波音も小さくすることで、全体の静粛性を確保した。

モータが発する高周波音は回転数・トルクに応じて変化し、その主な成分は電磁加振力である。IPMではロータの磁力が一定であるため、トルクはステータ電流のみで制御され、電磁加振力はそれに比例する。アリアのモータではステータだけでなくロータの電流をも制御することで、特に低トルク領域において電磁加振力を低減した。これにより緩加速や巡行など、ドライバーからの駆動力要求が大きいシーンにおいて、一段上の静粛性を実現した(図2)。

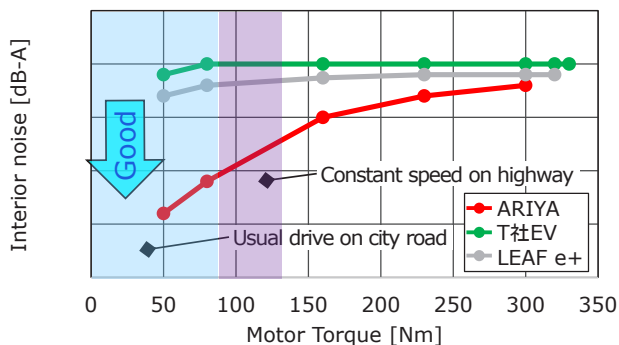


図2 室内音の比較

3.2 電費の向上

IPMでは高回転になるほど、ロータとステータの間に発生する誘起電圧が増大し、一般に弱め界磁制御などで高回転領域での出力を確保しているが、同時に効率が悪化してしまう。高周波音と同様に磁力一定のIPMでは誘起電圧の大きさ、弱め界磁電流の大きさは回転数・トルクに応じて一意に決まる。アリアのモータではロータの磁力を電流で可変できる点を活かし、誘起電圧を抑えつつ要求されるトルクを出せるようロータ・ステータ電流を制御した。これにより高回転運転においても効率低下を低減した(図3)。

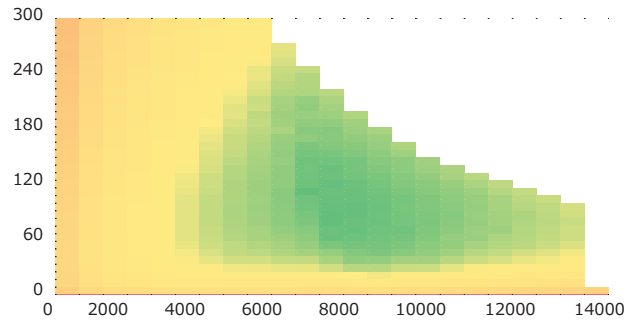


図3 効率

4. ARIYAのモータの特徴

4.1 巻線ロータの構造

EESMはその名の通り、ロータに直流電流を流し電磁石とするため、ロータも巻き線構造であることが特徴である。アリアでは8極の巻き線を持つロータを開発した。アライアンスグループであるルノーでは、Zoe向けに4極の巻き線を持つEESMを採用しているが、高出力化に伴い、ロータ体積を増大させると共に8極化することで、必要な電磁力とトルク応答性を確保することとした。

アリアではさらに高回転化も図っており、上記高出力化とも合わせて構造上の工夫をいくつか取り入れている。

図4にロータの断面および一部の拡大図を示す。8極のロータそれぞれに巻き線を巻いた後、極間にくさび型のスロットウェッジを挿入し、遠心力による巻線の変形を抑える構造としている。そのため巻線の巻き上がり形状の安定性が非常に重要である。アリアでは、Nissan Intelligent Factoryとしてモータ生産工程を立ち上げる際、全自動巻き線機を導入し、一度に8本のロータを巻き上げられる生産能力を確保しながら、生産技術部門と連携し各ロータ間で巻き上がり形状の均一化、安定化を実現した。

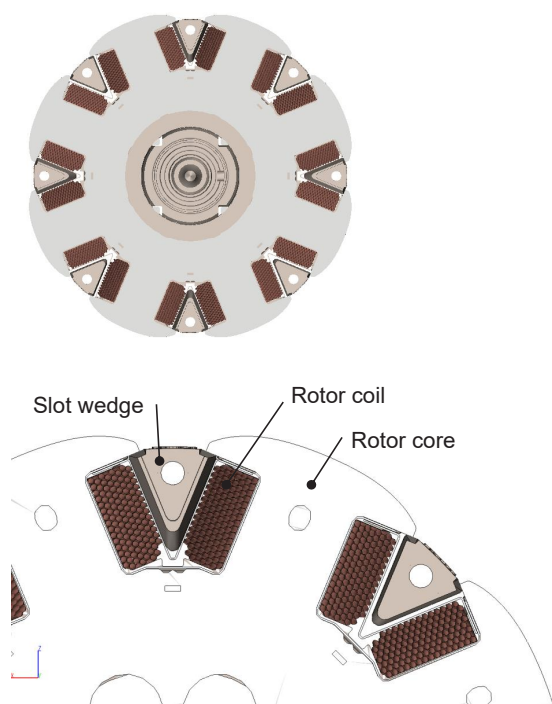


図4 巻線ロータの構造

4.2 油冷による冷却性能の向上

EESMはロータに電流を流して電磁石化する構造上、ロータの発熱が大きくなる。そこでアリアでは直接油冷という冷却方式を採用した。

図5に油冷回路の構成を示す。モータ下部のオイルパンに溜められたオイルを電動ポンプによって汲み上げ、モータケース内部の通路を経由して、ステータ・ロータ各部に噴き付ける。ステータには外周部から供給してステータコアを主に冷却し、ロータは前後コイルエンド部を冷却している。同時にベアリング、オイルシール周辺にも供給して潤滑の機能も確保した。

オイルはモータの内部でのみ循環し、発生した熱はモータ側面に取り付けられた熱交換器を通じて、車両側の水冷却回路に排出される。

オイルポンプはステータ・ロータの温度に応じて吐出量を可変としており、これによりポンプの消費電力を抑えた。

オイルは高電圧部品の冷却に使用することから絶縁性を確保しつつ、極低温から高温まで安定した性能を実現できるものを選定した。さらに無交換、無補充で済むメンテナンスフリーも実現している。

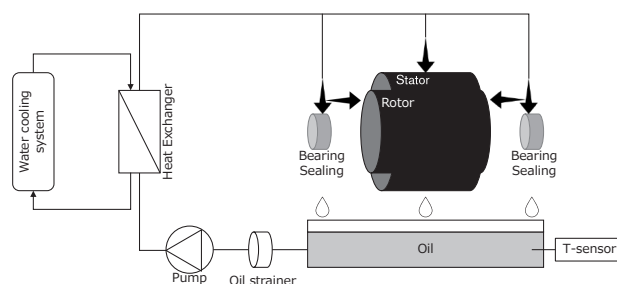


図5 モータの油冷回路

5. まとめ

電動化が加速している中で、電動駆動技術も進化している。今回アリアでは、従来多く使われてきたIPMに加えて、EESMも十分な性能・量産品質を確保できる有効な選択肢として増やした。

お客様が求める車両性能に対して、最適な技術を提供できるようになるとともに、レアアースコスト・供給リスクを低減する効果も得られた。

今後はEESMの特徴をさらに活かし、例えば前後に駆動モータを持つような車両において、巡回時のような負荷が低い時には、片方のモータのステータ・ロータ電流をオフにして、電費改善していくような使い方も有効であると考えている。

用語解説

- ※1 IPM (SM) : Interior Permanent Magnet Synchronous Motorの略。埋め込み磁石型同期電動機
- ※2 EESM:Electrically Excited Synchronous Motorの略。外部界磁型同期電動機
- ※3 PEB : Power Electric Boxの略。インバータ機能を主に周辺回路や電源分岐を集約した部品
- ※4 BEV : Battery Electric Vehicle。外部から充電された電池の電力のみを用いて走行する電動車

著者



大久保 孝仁



和田 裕紀

特集2：次世代のフラッグシップ ARIYA

7. 日産が考える電動 AWD の進化「e-4ORCE」 ～もっと爽快で自信をもてるドライビングをめざして～

富樫 寛之* 宮腰 祐篤** 片倉 丈嗣***

1. はじめに「e-4ORCE」とは

日産は、新たな電動 AWD (All Wheel Drive) 制御技術「e-4ORCE」をアリアから採用する。

「e-4ORCE」の「e」は、電気自動車の電動駆動に由来しており、「4ORCE (フォース)」は、物理的なパワーとエネルギーに四輪駆動の「4」を掛け合わせ、4 輪のタイヤのパワーであるフォースを制御するという意味を表す。

近年、環境性能に加えて高い運動性能への要求に応えるべく、高出力なモーターを前後に2機装備した電動 AWD が各社で採用されてきている。電動 AWD は従来の機械的 AWD に対して、非常に高い技術的ポテンシャルを有しているが、それは単に「加速が良い」、「限界性能が高い」と言うだけではなく、日常の使用環境下でも、クルマの動きの“質”を一段高めることができるかと日産は考えている。

「e-4ORCE」は、電動 AWD のポテンシャルを引き出し、クルマの動きの“質”を高めることにチャレンジした技術である。

本章では、この「e-4ORCE」の技術について解説する。

2. 「e-4ORCE」の技術概要

従来の内燃機関搭載の AWD システムは、内燃機関が発生する動力を連結されたプロペラシャフトを通して機械的に前後輪へ分配することによって実現されている(図2)。そのため、動力伝達の機械的遅れや、分配の分解能に機械的な限界がある。また、内燃機関は電動モーターのように高応答で出力を制御することが困難であるため、0.1 秒オーダーで総駆動力を制御することは難しかった。

「e-4ORCE」の基本構成は電動 AWD であるが、電動 AWD は、前後に独立した電動モーターを搭載するため(図1)、高い応答性で正確な前後駆動略配分が可能となる。

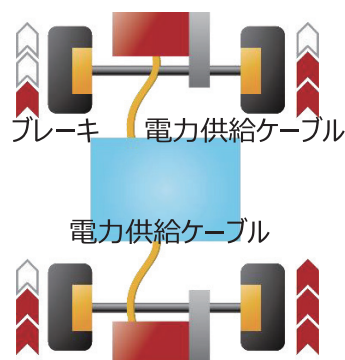


図1 e-4ORCE AWDシステム図

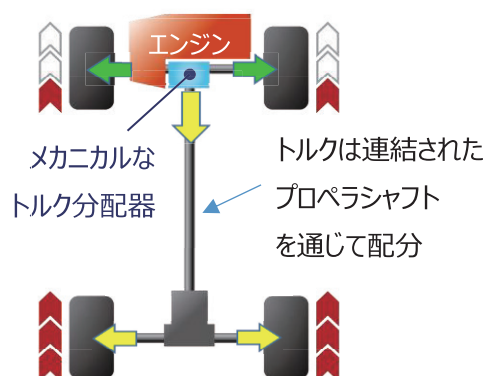


図2 従来 AWDシステム図

「e-4ORCE」の技術的な狙いは、電動 AWD のポテンシャルを100%引き出し、どのような環境下においてもドライバーが安心して運転できるだけでなく、車両姿勢を制御することにより同乗者にも快適な乗り心地を提供することにある。

クルマは4つの車輪で車体を支えているが、各車輪に掛かる荷重は、路面や車両状態により、刻一刻と常に変化している。輪荷重に伴って各タイヤ摩擦力(図3)の限界も変化するが、いかにバランスよく全てのタイヤを限界内で余裕を持たせてコントロールするかが、ポテンシャルを引き出すポイントとなる。

* 車両性能開発部 & パワートレイン・EV 性能開発部

** AD/ADAS & シャシー制御開発部

*** パワートレイン・EV 性能開発部



図3 タイヤ摩擦円と合力

前輪駆動車では、曲げる機能と加減速の機能が前輪に統合されており、余裕を持たせるのは難しい。4輪駆動では、曲げる機能と加減速の機能を前後に最適に役割分担させて(図4)、各タイヤが限界を超えることが無いように安定させることを狙う。最終的な限界挙動では、摩擦円の淵である最大値を4輪で使いきれの様に配分する。

一方限界挙動の手前では、各タイヤの限界を超えない範囲で自由な配分を細かく制御することによって、これまで機械式AWDでは不可能であった滑らかで扱い易い動きを実現することを可能にした。さらに状況に合わせてブレーキを左右コントロールし、減速時以外にもブレーキ力を活用し、旋回性能を高めた。

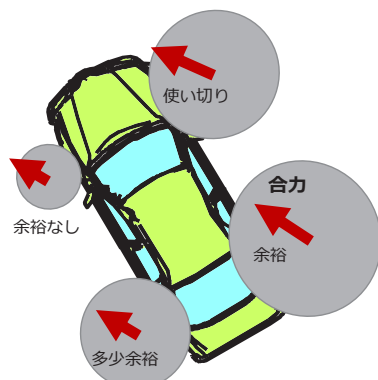


図4 4輪の摩擦円と合力関係を示すイメージ

これらの技術は、ATTESA E-TS電子制御トルクスプリット4輪駆動システムやインテリジェント4x4システムなどで長年日産が培ってきたAWD技術と、リーフ、e-Powerで培った電動駆動力制御のノウハウを遺伝子として交配、組み合わせながら、それぞれの技術を進化させることにより生み出し開発された(図5)。

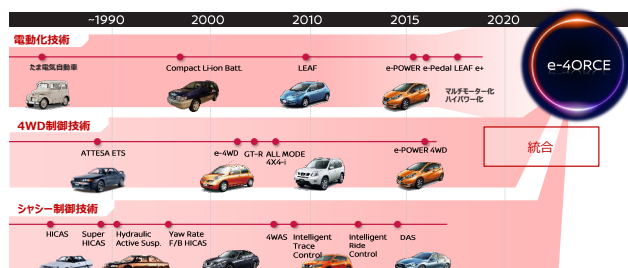


図5 e-4ORCEの歴史

3. 「e-4ORCE」がもたらす カスタマーエクスペリエンス

—爽快で自信をもてるドライビングを体験—

「e-4ORCE」が狙ったのは、電動AWDを前提として、電動モーターの高いポテンシャルを最大限に引き出すことで、クルマの 1. 卓越したハンドリングの扱い易さ、2. 路面を問わない安心感、3. 乗るすべての人に快適な乗り心地を従来の内燃機関車や他社の電動駆動AWDでは到達していないレベルにまで引き上げることだ。

3.1 卓越したハンドリング性能

一般的に、コーナリング時に加速するとクルマの走行ラインは外側にずれていく為、ドライバーはステアリングを操作切り足しするか、速度を落として対処しなければならない(アンダーステア)。これは輪荷重で決まる摩擦円の限界値の一部を加速する力に使うため、曲げる力が弱くなるために起こる。「e-4ORCE」は路面状況や走行状況に応じて、変化する輪荷重に応じたタイヤのグリップを最適に使用できるよう駆動力を前後輪に配分する。通常時の前後のトルク配分は50:50付近であるが、路面状況や走行シーンに応じて0:100～100:0の範囲で、ドライバーが気づかない間に、自動で最適な配分に変更する。また、減速時には前後モーターによる回生ブレーキと4輪の油圧ブレーキを組合せて制御することで、コーナリング性能を向上させている(図6)。

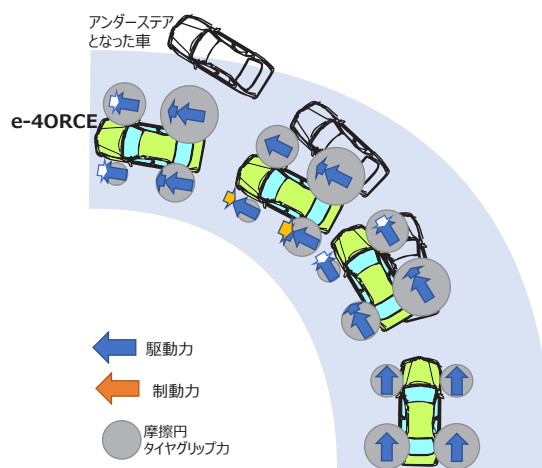


図6 e-4ORCEとアンダーステア比較

こうした高度な制御は、特にコーナリング時に効果を発揮し、クルマの動きはドライバーのステアリング操作に忠実で、修正操舵は最小限に抑えられると期待できる。「e-4ORCE」でこの滑らかで安定感の高いドライビングを感じてもらいたい。

3.2 路面を問わない安心感

雪、圧雪、氷、轍、ウエットなど状況変化する滑りやすい路面でも、日産が培ってきた前後独立モーター制御技術とブレーキ制御により、優れた走行性能を発揮する。

旋回加速安定性のデータを安心感の達成事例として図7に示す。このデータは、一定の40R、車速25kphの旋回状態を安定させた上で、そこから、アクセルを4秒間かけて全開まで踏み込んだ際のステア特性の変化を比較したグラフである。ステア特性とは、狙った走行ラインより外側にずれていく状況下で、走行ラインに合わせるために切り増しが必要となる操舵の大きさを表わす指標である。積雪路面では、摩擦力が低い上、凹凸の変化があり摩擦円の大きさは常に変化しているため、走行ラインが外側へも内側へも振れることがあり、状態を安定させることが簡単ではない。そのような雪道においてもアリア「e-4ORCE」は、ステア特性変動が小さく、安定した走行が可能であることがわかる。ハイパワーなモーターを搭載する他社SUVのAWD車（緑線、青線）に対し、ステア変化は約1/9となっている。従来の内燃機関搭載車のAWD車としてトップベンチのSUV（オレンジ線）と比較しても、約1/3の小さい変動を達成している。

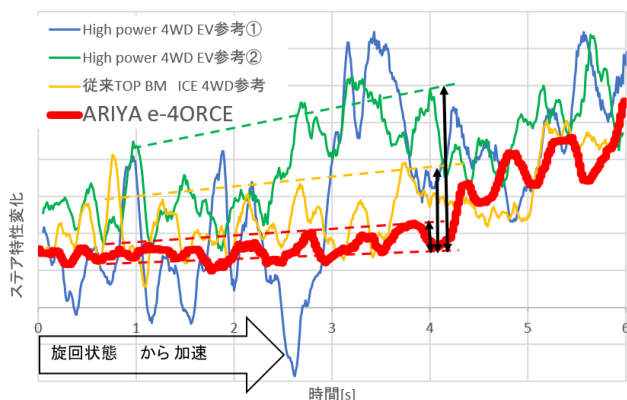


図7 雪路からの旋回加速性能

この高い安定性は、様々な状況においても、路面、ドライバーを問わず、高い安心感を提供できると考える。さらにスキルのあるドライバーには、雪道や凍った路面でも、この頼もしさが、ウインターシーズンのドライブに、楽しさをもたらしてくれるかもしれない。

3.3 乗るすべての人に快適な乗り心地

モーターによる回生ブレーキの制御は、快適な乗り心地の提供にも貢献する。電動駆動車であっても前輪駆動車の場合、フロントに搭載されたモーターのみで回生ブレーキをかけるため、減速時にクルマの後方が持ち上がり、ピッチという車両の傾きを、大きく感じる（図8左）。

「e-4ORCE」では、フロントモーターに加え、リアモーター

の回生ブレーキも併せて活用することで、渋滞時でも揺れが少なく、快適に過ごせる。加速、減速時には、モーターを最適にコントロールすることで車体姿勢の変化を抑える（図8右）。その快適な乗り心地は、車体の振動を最小限に抑え、ドライバーだけではなく助手席や後席に乗る人にもスムーズで、快適な乗り心地を提供することができる。

（ノート e-Power 4WD にて初採用）



図8 車両の傾き

4. おわりに

「e-4ORCE」は、システムが作動していることにドライバーが気付かないほど自然に制御を行うことを信条としている。初めて「e-4ORCE」に乗った人でも、極めて自然に何の違和感もなく快適で思い通りにクルマを操ることができると感じて頂けると期待する。

今まで日産車乗り継いで頂いてきた方には、運転中のふとした瞬間に、根幹の部分で、“日産だ”、でも“新しい領域の日産だ”と感じてもらえたと嬉しい。そして、一度「e-4ORCE」を知ってしまい、その安心感に慣れてしまうと、「e-4ORCE」なしのクルマには乗ることができなくなるような技術となることを狙って開発した。

アリアでは、ステアリング操作時のステア特性の変化の少なから得られる安定性により、スポーツ・カーに匹敵するパワーを持ちながら、構えることなく自然に扱えるクルマに仕立てた。この技術の発展性では、スポーツ・カーでも更なる性能を引き出せる可能性を秘めた技術となる。

参考文献

仲田 直樹，特集2：成長するe-POWER「2. システムの特徴と今後の発展」，日産技報，2020，No.88

平工 良三 坂上 永悟 片倉 丈嗣，特集2：成長するe-POWER「6. 価値を高める電動AWD 技術（All wheel drive）」，日産技報，2020，No.88

日産自動車株式会社，「インテリジェント トレースコントロール」，日産グローバルサイト

https://www.nissan-global.com/JP/TECHNOLOGY/OVERVIEW/cornering_stability_assist.html

著者



富樫 寛之



宮腰 祐篤



片倉 丈嗣