特集2: 自動運転・運転支援

1. 自動運転・運転支援への取組み

木村　健*

1. はじめに

昨今、車両の動きを電子制御することにより、運転を支援する技術や、運転の一部を自動化する技術が各社から実用化されている。これは、モータライゼーションの発展に伴って発生した、交通事故、環境悪化、交通渋滞などの社会課題に対して、1980年代以降急速に発展したエレクトロニクス技術によって解決していく取り組みにより成し遂げてきたことである。

日産自動車においては、日産車がかかわる交通事故の死者数を実質ゼロにする「ゼロ・フェイタリティ」を究極の目標とし、このような電子制御技術の発展初期から、車両を知能化して事故を低減し、さらにはモビリティそのものを革新させる重要な技術と捉えて取り組んできた。この結果として、駐車時の操作を自動化するプロパイロット パーキングや、高速道路でのハンズオフ走行を可能にする、プロパイロット2.0のような高度な支援を可能にするに至っているが、これらは一朝一夕で可能になったものではなく長年にわたる膨大な技術の積み上げによって成し遂げられたものである。本稿では、長年の取り組みと当社としての技術的エッセンスについて概説する。

運転の自動化、運転支援の高度化につながる当社の取り組みとして、①クルマの動きを司る足腰を構築しつつ、外界認識技術の基礎固めをした運転支援の黎明期（概ね1990年代）、②周囲状況を認識する技術を高度化し、「セーフティ・シールド」コンセプトを構築しこれに基づく数多くの予防安全技術を実用化した導入・普及期（概ね2000年代）、そして③様々な運転支援技術を高速道路走行や駐車シーンなどで統合して実現した2010年代半ば以降の発展期に大別することができる。各時期の取り組み概要と当社としての技術のポイントについて以下の章で順次述べる。

2. 運転支援の黎明期

1980年代後半以降、車両の走行機能に対する電子制御が取り入れられ、路面状況等に応じてブレーキ油圧や駆動トルクを調整し、制動時のホイールロックや加速時のホイール空転を防止することが可能になった。また、自車の動きをセンシングして、後輪を微小に操舵したり、ブレーキ油圧を各輪個別に制御することで回転方向のモーメントを発生し、操縦性を向上させ、旋回挙動を安定させること等も可能になってきた。この中で、当社においても、ABS、TCS、HICAS、VDCなど、様々な電子制御デバイスを投入してきた[(1),(2),(3),(4)]。

さらに、この時期は、カメラ画像の処理やレーザー光を投光し反射光を捉えることによる測距（現在はLiDARと呼ばれる）や、同様にミリ波を照射し反射波を捉えることによる測距（RADAR）も実現され始めた時期である。当社においては、1980年代終わりごろから、カメラ画像の処理により路面の白線を捉える技術や、レーザー光を用いて前者との車間距離を捉える技術の基礎研究に着手していた。

これらの基礎研究、開発が結実し、最近の自動運転につながる最初の事例となったのが、旧建設省主導で行われたAHSプロジェクトにて実現した、自動で前車に追従して車線中央を走行する機能である。1996/9月には、上信越道の未供用区間を用いて他社と合同で自動走行デモンストレーションが行われ、高い性能で実現できることが示された[(5)]。

このように、早期から取り組みを開始することで、いち早く実用化につなげることができ、1997年には、前方車両との車間距離を保つよう駆動力、制動力を制御するブレーキ制御付きアダプティブクルーズコントロールを[(6),(7)]、2001年にはCCDカメラにより路面の白線を検出し、車線に沿って走行するようステアリング操作を支援するレーンキープサポートシステム[(8)]を実用化した。

これらの技術を開発するにあたり、当時からこれらの電子制御技術が徐々にドライバによる運転行動を支援あるいは自動化

* モビリティ＆AI研究所

していき、将来的には自動運転につながることを見据えて取り組んできた。順次機能を構築していくにあたり、人の運動制御の仕組み（図1）と対応付けて制御系の各機能を階層的に位置づけた。

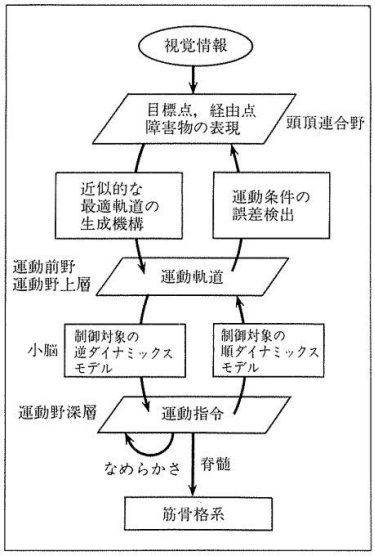


図1　人の階層的神経回路モデル[9]

ヒトの制御系は、脊髄反射に基づき細かい力の調整を行う手・足などの筋骨格系、制御対象のダイナミクスを考慮した小脳における運動制御系、視覚情報等に基づき目標値を定め軌道生成と誤差フィードバックを行う上層の制御系からなると考えられている。これと対応付けて、タイヤのスリップ率を調整するABS、TCS、およびタイヤの角度を正確に制御するHICASの角度サーボ[10]などは下層の筋骨格系に相当し、車両のダイナミクスを考慮して車両の剛体運動を制御するVDC、HICASは中層の運動制御系、外界情報に基づいて車間距離、車線内位置などを制御する運転支援は最上層の働きに対応すると考えられる。

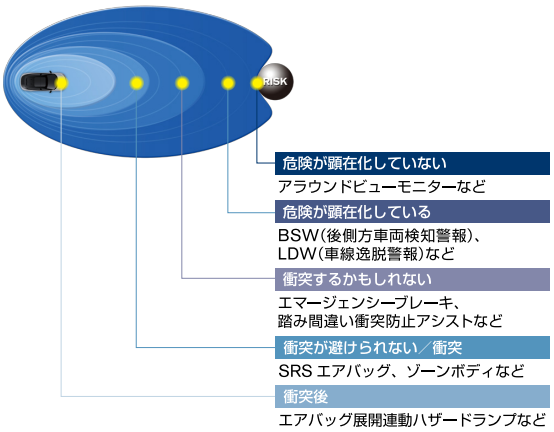
この黎明期においては、下層、中層の働きを構築して目標値通りの加減速、ヨー運動を車両の安定性を損なうことなく制御し、将来の運転支援、自動化へ向けて車の動きをコントロールする土台を築いた。これにより、その後の様々な運転支援の実用化につなげることができたと考えている。

3. 予防安全技術群の導入と普及

アダプティブクルーズコントロール、レーンキープサポートシステムでは、制動力や駆動力、操舵角を制御する機能に加えて、前方車両や路面の白線を検出する外界認識機能を用いることで実現されたが、これらの外界認識技術は急速に進歩し、前方のみならず側方、後方の車両や物体を、また、前方についてもより遠方の車両や物体をより高い精度で検出し、全方向について自車のリスク状態を把握することを可能にした。これらの技術をベースに、当社では「セーフティ・シールド」というコンセプトを構築し、「クルマが人を守る」という考え方のもと、乗員の安全の支援を目指した[11]。

これは、車両の状態を「危険が顕在化していない」「危険が顕在化している」「衝突するかも知れない」「衝突が避けられない」「衝突」「衝突後」という段階に分類し、それぞれの段階で発生する危険要因に対して最適なバリア機能を働かせ、少しでも危険に近づけないようにサポートする、というものであり、危険予防から危険回避、そして乗員保護までトータルな観点でのサポートである。

セーフティ・シールド*1



危険が顕在化していない ■プロパイロット（プロパイロット/ プロパイロット（ナビリンク機能付）/ プロパイロット 2.0） ■プロパイロット パーキング（プロパイロット パーキング/ プロパイロット リモート パーキング） ■インテリジェント ペダル ■インテリジェント クルーズコントロール（全車速追従・ナビ協調機能付） ■アクティブAFS ■インテリジェント アラウンドビューモニター ■インテリジェント ルームミラー	いつでも安心して運転できるよう ドライバーをサポートする技術
危険が顕在化している ■インテリジェント FCW（前方衝突予測警報） ■LDW（車線逸脱警報） ■インテリジェント LI（車線逸脱防止支援システム） ■BSW（後側方車両検知警報） ■インテリジェント BSI（後側方衝突防止支援システム） ■インテリジェント BUI（後退時衝突防止支援システム） ■インテリジェント DA（ふらつき警報） ■RCTA（後退時車両検知警報） **衝突するかもしれない** ■インテリジェント エマージェンシーブレーキ ■ABS（アンチロックブレーキシステム） ■VDC（ビークルダイナミクスコントロール） ■踏み間違い衝突防止アシスト	危険な状態を回避するよう ドライバーをサポートする技術
衝突が避けられない ■前席緊急ブレーキ感応型プリクラッシュシートベルト **衝突** ■ゾーンボディ ■SRSエアバッグシステム ■ポップアップエンジンフード **衝突後** ■エアバッグ展開連動ハザードランプ ■SOSコール（ヘルプネット）	万が一衝突が避けられないときに 被害を最小限にとどめる技術

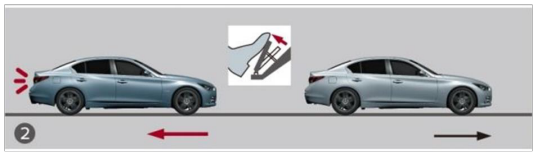
図2　セーフティ・シールド

図2に示すように、このコンセプトのもとで、数多くの技術を実用化してきている。

このような運転支援技術は運転におけるリスク低減に非常に有効である一方、予期しない動作によるシステムへの不信、システムの効果を過大に期待する過信などの課題があると言われている。当社では、これらの技術の開発にあたり、いわゆるヒューマンファクタ課題にも積極的に取り組んできた。

セーフティ・シールドの中の一技術である、インテリジェントペダルは人間の特性を十分に考慮したシステムの一例である(図3)。前車接近によるリスク感を定量化し、アクセルペダル反力を通じてドライバに知覚させ、ドライバのアクセルペダル操作に応じて減速制御するという、ドライバを制御ループに入れることで自然に車間距離を維持できるようにしたシステムである。これによって、加減速を頻繁に繰り返すような交通環境下にあっても容易に前車との車間を維持することが可能になり、ドライバの負担を軽減することが可能になった[12]。

① 追従走行中の先行車が近づいたとき、アクセルペダルを戻すと、システムがなめらかにブレーキをかけて減速します。



② ドライバーがアクセルペダルを踏んだままの場合はアクセルペダルを押し戻す方向に力を発生させ、アクセルペダルを戻す操作を支援します。ドライバーがアクセルペダルを戻すと、なめらかにブレーキ制御を行います

③ ドライバーによるブレーキ操作が必要だとシステムが判断した場合は、表示と音で警報し、アクセルペダルを押し戻す方向に力を発生させ、アクセルペダルからブレーキペダルへの踏みかえを支援します。

図3　インテリジェントペダル

この技術は、前車との車間距離と相対速度によってドライバが感じるリスク感、アクセルペダル反力の変化に対するドライバの弁別特性、システムの使用によるドライバの運転行動や車間距離の変化、システムの使用によるドライバのワークロード変化の定量評価など、様々なヒューマンファクタを考慮することによって実現されたものである[13],[14]。

4. 運転支援の発展

ここまで様々な運転支援技術を紹介してきたが、これらは前車との車間距離の維持、車線中央からのずれや逸脱、側方や後方車両への接近など、個々の運転行動やリスクに対する支援であった。これを高速道路における単一車線走行における統合的な運転支援として実現したのが2016年に実用化した「プロパイロット」である[15]。

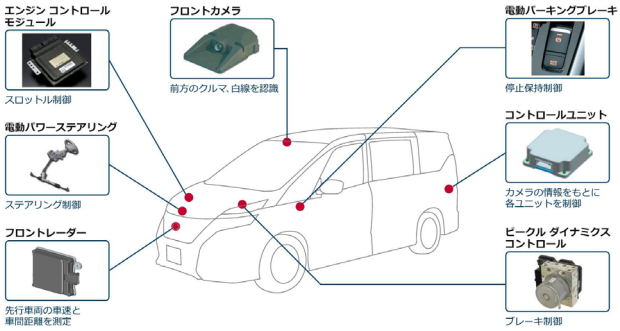


図4　プロパイロット

本システムではより高度化された外界認識技術によって道路と交通状況を把握し、アクセル、ブレーキ、ステアリングのすべてをシステムが自動で制御することで、高速道路における巡航走行時、渋滞走行時等におけるドライバの運転負荷を大幅に軽減する。

運転支援技術が高度化するにつれ、ドライバにとってシステムがどういう状態にあり、どういう支援が行われる状態にあるかを把握するのがより重要となる。「プロパイロット」においては専用ディスプレイを設けることによりシステムの状態をわかりやすく表示している。

さらに、2019年には高速道路の複数車線をナビゲーションと連動して設定したルートに従って走行し、さらに所定の条件下で同一車線内のハンズオフ走行、車線変更時のハンドル操作支援を実現にする「プロパイロット2.0」を実用化した[16]。これにより、目的地を入力すればナビのルートガイドに従い高速道路に乗ってから降りるまでの運転操作を包括的に支援することが可能になる。

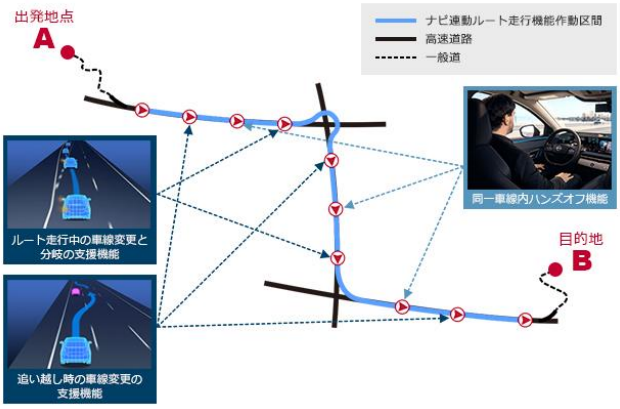


図5　プロパイロット2.0　ナビ連動ルート走行

さらに高度化した機能を実現するために、より多くの技術を統合しており、カメラ、レーダ、ソナーとGNSS、3D高精度地図を組み合わせて用いることで車両周囲360°の情報と,道路と自車両の正確な位置関係を把握し、車線数,合流・分岐・交差などの道路構造も把握する。また、ドライバが前方注視を怠っていないか監視するドライバモニタ、より複雑になったシステム状態を明確に伝える専用HMIも開発している。

プロパイロット2.0においては、単なる機能の高度化でなく「高速道路を安全・安心・利便・快適に走行できるという新たな価値を提供すること」を目標とし、そのため、熟練ドライバと同等以上に滑らかなステアリング制御を行うことに加え、HMIによりシステムが周囲をどのように認識しているか、どのように判断したかをクリアにドライバへ伝えることでこれを実現した[(17),(18),(19),(20),(21),(22)]。

プロパイロット、プロパイロット2.0は高速道路における統合的な運転支援を提供したものだが、これに加えて、駐車シーンにおける操作を自動化することで運転支援するシステムとして、プロパイロット パーキング[(23)]、およびプロパイロット リモート パーキングも実用化している[(24)]。

プロパイロット パーキングは、スイッチ操作だけでステアリング、アクセル、ブレーキ、シフト、パーキングブレーキまですべてシステムが自動で制御し、駐車完了するまでドライバをアシストするものであり、車両周囲状況に応じて切り返しを含む走行経路を算出し、アクセル、ブレーキ、ステアリング、シフトを連動させて高精度に車両をコントロールすることで実現している。また、プロパイロット リモート パーキングは、車外からインテリジェントキーの遠隔操作により、ドライバが乗っていなくてもクルマを前進、後退させることで、狭いガレージへの出し入れを支援するものである。

図6　プロパイロット パーキング

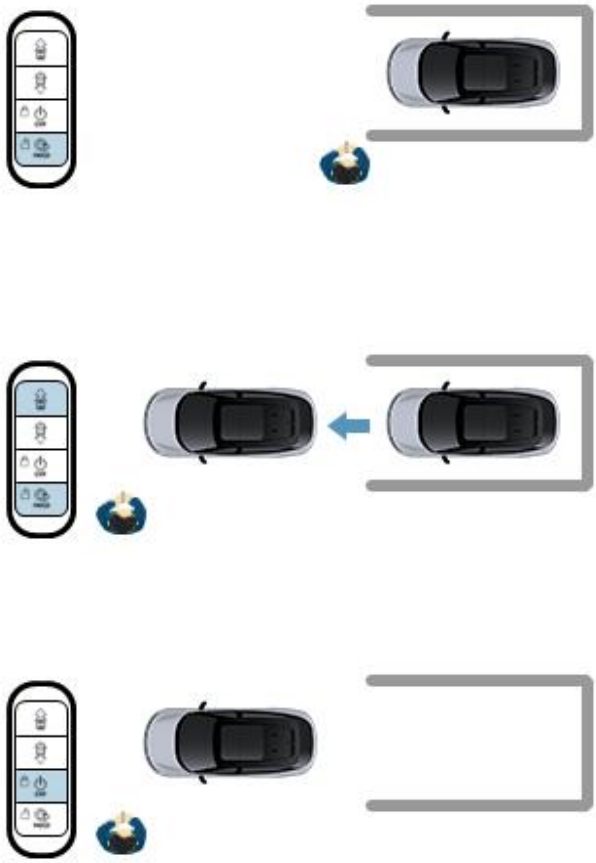


図7　プロパイロット リモート パーキング

このように、センサ技術、制御技術、ナビゲーション技術、HMI技術など多様な技術の集大成により、高速道路、駐車シーンなどの様々な場面における統合的な運転支援を実現してきた。

5. 今後の取り組み

ここまで述べてきた通り、約30年にわたる不断の取り組みによって技術を進化させ、究極の目標「ゼロ・フェイタリティ」へ向けて前進してきた。しかし、依然国内全体では年間約30万件の交通事故が発生し、多くの尊い人命が失われているのが現状である[25]。

これをさらに減少させていくため、実用化済技術の拡大を進めていくとともに、世の中で起こる多次元に複雑な事故を回避するための運転支援技術として、高性能の次世代LiDARを用いて認知能力を次のレベルに高めたグラウンド・トゥルース・パーセプション（Ground truth perception）技術に取り組んでいる[26]。

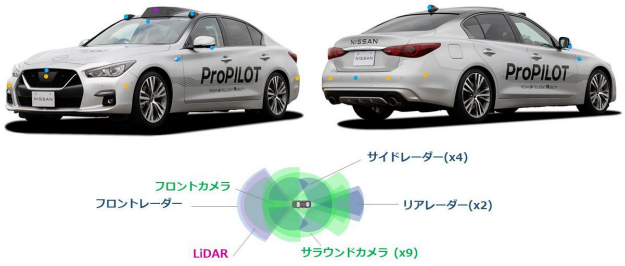


図8　グラウンド・トゥルース・パーセプション

また、このような自動運転技術の発展により、クルマは都市や地方における生活の質の向上へ向けて人々の移動を支える、社会インフラの一部にもなりつつある。

当社では、自動運転を活用したモビリティサービスEasy Ride®※に取り組み、2017年度より横浜地域での実証実験を開始している[27],[28]。

（※「Easy Ride®」は株式会社ディー・エヌ・エーと日産自動車株式会社の登録商標）

図9　Easy Ride®

現在は、ドライバが乗車して安全確保した上でのレベル2の自動運転として実証を行ってきているが、今後さらに開発を進めて実績を積みつつ、自動運転レベルを高めることで、都市と地方の移動を支える、持続可能な移動サービスの実現を目指していく。

また、自動運転によるモビリティサービスをクラウド内のAIを駆使して支える仕組みとして、シームレスオートノマスモビリティ（Seamless Autonomous Mobility：SAM）を米国NASAと共同で開発してきた[29]。

これにより、自動運転車両が事故・路上の障害など不測の事態に直面した際に、人が介入し遠隔でコントロールするとともに、クラウドに情報を集めすべてのクルマをつなぐことにより、クルマを安全に誘導する。

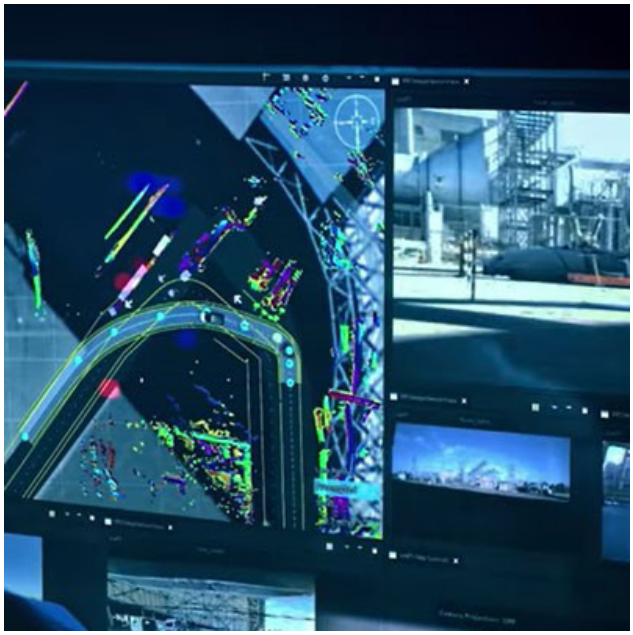


図10　シームレスオートノマスモビリティ

6. まとめ

以上、当社では究極の目標「ゼロ・フェイタリティ」へ向けて、車両の走行機能の電子制御の黎明期から、運転支援技術に取り組み、機能の拡大・高度化を推進してきた。また、今後のさらなる事故低減へ向けて、多次元に複雑な事故を回避するための運転支援技術に取り組み、また、都市や地方における持続可能な移動手段の提供へ向けて、自動運転車両を用いたモビリティサービスへの取り組みを継続していく。

近年、深層学習技術の誕生・普及に端を発する、第3次、第4次AI革命ともいわれる技術の能力が日増しに高まってきており、外界認識による物体検出、他車両や歩行者などの行動予測など、従来にない次元で実現可能となってきている。また、無線通信の高速化やクラウドコンピューティングの普及により、大量の走行データを蓄積・学習して、日々機能向上させていくことも可能になってきている。当社としても、これらの新技術を遅れることなく導入し、さらなる運転支援・自動運転機能の高度化を実現することで、「ゼロ・フェイタリティ」へ向けた交通事故の低減と、持続可能な移動手段の提供に取り組んでいきたい。

参考文献

(1) 松田ほか：日産型4輪アンチロック装置の開発、日産技報、No.20、pp.111-118 (1984).

(2) 福村ほか：TCS（トラクション・コントロール・システム）の最適化手法の検討 および車両挙動制御装置への展開、自動車技術会学術講演会前刷集（1996/10）、pp.73-76.

(3) 井上ほか：制動力配分制御による車両運動性能の向上、自動車技術会学術講演会前刷集（1992）、No.921035.

(4) 森ほか：後輪の位相反転制御による操縦安定性の向上 -SUPER HICAS、自動車技術会学術講演会前刷集（1989）、No.891068、pp.279-282.

(5) 瀬戸ほか：AHS実験車における群走行制御の開発、自動車技術会学術講演会前刷集（1997/10）.

(6) 飯島ほか：ブレーキ制御付ACCの開発、自動車技術会学術講演会前刷集（1999/10）、No.114-99、pp.1-4.

(7) 東又ほか：ブレーキ制御付ACCの車間距離制御系の設計、自動車技術会学術講演会前刷集（1999/10）、No.114-99、pp.5-8.

(8) 定野ほか：車線維持支援装置の開発、自動車技術会学術講演会前刷集（2001/5）.

(9) 川人：認知と運動の計算論的神経科学、神経心理学第10巻1号、pp.18-25.

(10) 数藤ほか：電動式後輪操舵用アクチュエータのロバスト制御、自動車技術会学術講演会前刷集、9302187、pp.7-10

(11) 日産技術ライブラリー 日産の安全への取り組み：https://www.nissan-global.com/JP/INNOVATION/TECHNOLOGY/ARCHIVE/SAFETY_TDC/（参照日：2023年12月1日）

(12) 高江ほか：反力制御ペダルを用いた車間維持支援システムの開発、自動車技術会論文集39巻5号（2008）、pp.7-12.

(13) 土方ほか：アクセルペダルからの反力情報伝達における感覚閾値に関する一考察、自動車技術会学術講演会前刷集、No.100-5、pp.1-4 (2004).

(14) 久家ほか：制駆動力とアクセルペダル反力を制御する運転支援システムのプロトタイプの有効性検証、自動車技術会学術講演会前刷集、No.100-05、pp.9-12 (2004).

(15) 日産ニュースリリース：https://global.nissannews.com/ja-JP/releases/160713-02-j?source=nng&lang=ja-JP（参照日：2023年12月1日）

(16) 谷口ほか:新型日産スカイラインのプロパイロット2.0、日産技報、No.86、pp.44-51 (2020).
(17) 江川ほか:特集1:未来を拓くProPILOT 2.0 1. 安心して任せられるパートナーへ、日産技報、No.87、pp.5-8 (2021).
(18) 谷口ほか:特集1:未来を拓くProPILOT 2.0 2. 新しい機能、日産技報、No.87、pp.9-12 (2021).
(19) 谷口ほか:特集1:未来を拓くProPILOT 2.0 3. 支える車両の制御技術、日産技報、No.87、pp.13-18 (2021).
(20) 餌取ほか:特集1:未来を拓くProPILOT 2.0 4. インテリジェント・インターフェース、日産技報、No.87、pp.19-24 (2021).
(21) 笹山ほか:特集1:未来を拓くProPILOT 2.0 5. 信頼できるシステムを支える技術、日産技報、No.87、pp.25-30 (2021).
(22) 久保田ほか:特集1:未来を拓くProPILOT 2.0 6. 検証のための新しい実験技術、日産技報、No.87、pp.31-36 (2021).
(23) 日産技術ライブラリー プロパイロット パーキング: https://www.nissan-global.com/JP/INNOVATION/TECHNOLOGY/ARCHIVE/PROPILOT_PARK/ (参照日:2023年12月1日)
(24) 日産技術ライブラリー プロパイロット リモート パーキング: https://www.nissan-global.com/JP/INNOVATION/TECHNOLOGY/ARCHIVE/PPRP/ (参照日:2023年12月1日)
(25) 交通事故分析センター:https://www.itarda.or.jp/situation_accidents (参照日:2023年12月1日)
(26) 日産ニュースリリース:https://global.nissannews.com/ja-JP/releases/release-756825ea00d516822dfa8e5e3604317b-220425-01-j (参照日:2023年12月1日)
(27) 瀬戸口ほか:無人運転車両による新しい交通サービス実現のための実証実験の実施 -サービスに必要な乗降地の選定について-、自動車技術会学術講演会前刷集、No.20196244 pp.1-6 (2019-10).
(28) 李ほか:無人運転車両による新しい交通サービス実現のための実証実験の実施 -モビリティサービスのための自動運転の効率的な実路走行評価手法の構築-、自動車技術会学術講演会前刷集、No.20196245 (2019-10).
(29) 日産技術ライブラリー シームレスオートノマスモビリティ (SAM):https://www.nissan-global.com/JP/INNOVATION/TECHNOLOGY/ARCHIVE/SAM/ (参照日:2023年12月1日)

著者

木村　健

特集2: 自動運転・運転支援

2. プロパイロット

井上　拓哉*　　谷口　洋平*　　徳永　誠士*

1. はじめに

日産は20年以上にわたり運転支援技術のパイオニアとして技術革新をリードし、数多くの世界初の技術を開発してきた。そして、2016年には統合的に支援する高速道路単一車線の運転支援技術「プロパイロット」(図1)を実用化、さらに2019年には高速道路の複数車線をナビゲーションと連動して設定したルートに従って走行し、さらに所定の条件下で同一車線内のハンズオフ走行が可能となる世界初の運転支援システム「プロパイロット2.0」(図2)を実用化した。本章では、「プロパイロット」および「プロパイロット 2.0」のそれぞれの技術について紹介する。

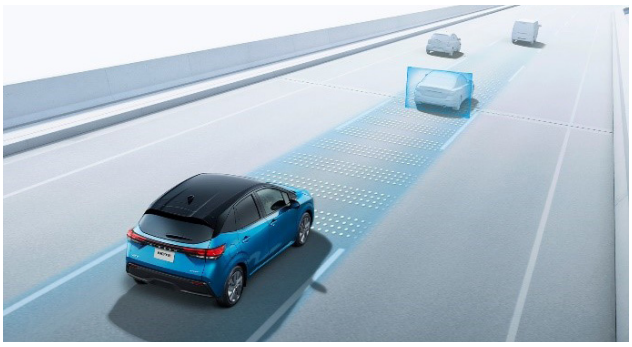


図1　プロパイロット

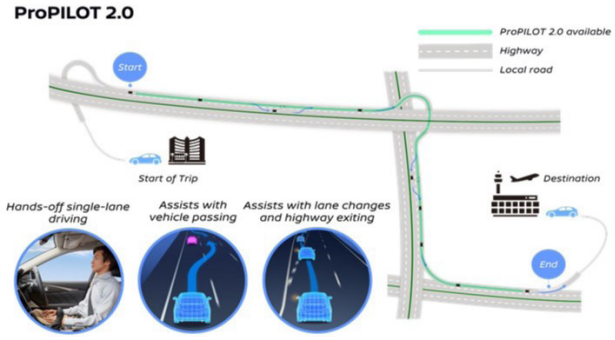


図2　プロパイロット2.0

2. プロパイロット(以下、PP 1.0)

本章では、PP 1.0の概要、機能、ドライバーとの関係、そして認識・制御技術について説明する。

2.1　システムの概要

PP 1.0は、高速道路で負担を感じる二大シーンである渋滞走行と、長時間の巡航走行において、アクセル・ブレーキ・ステアリングすべてを車両側で自動制御し、ドライバーの負担を軽減する。

PP 1.0は、外界を認識するフロントカメラとフロントレーダーに、ビークルコントロールユニット、電動パワーステアリング、ブレーキコントロールユニット、電動パーキングブレーキ、そしてセンサー情報に基づき各ユニットをコントロールするADASコントローラによって構成される(図3)。PP 1.0では、前方車両や白線を瞬時に三次元的に把握し、その情報を基に正確に車両制御、人間が運転している感覚に近い自然な走行を行うことで安心で快適な走行を実現している。

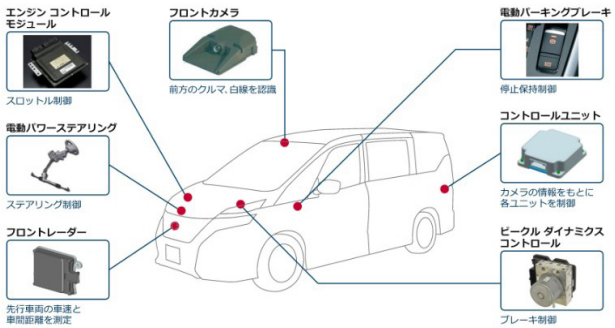


図3　PP 1.0のシステム構成

*AD/ADAS 先行技術開発部

2.2　PP 1.0の機能

PP 1.0には、車速・車間制御機能と車線維持機能の2つの機能がある。

2.2.1　車速・車間制御機能

ドライバーが設定した車速を維持するように速度制御を行う。先行車を検出すると、ドライバーが設定した車速を上限に車速に応じた車間距離を保つように車間制御を行う。先行車が停止した場合は、先行車に続いて自車も停止する。停止後、約30 秒間までは先行車に対して停止・追従走行を行うことができる。

さらにナビゲーションと連携して、制限速度が変わった時の設定速度の切り替えや、カーブの大きさ・高速道路の出口などの道路形状にあわせた減速制御を行い、ドライバーの速度調整操作を支援する。

2.2.2　車線維持機能

車線中央付近を走行するようにステアリングを制御し、ドライバーのハンドル操作を支援する。

2.3　ドライバーエンゲージメント

PP 1.0で走行中にドライバーが周囲の交通状況に応じた操作を失念することがないよう、ステアリングトルクセンサ、もしくはステアリングタッチセンサを用いてドライバーが操作しているかを検知している。システムがドライバーが操作してないと判断すると、警告を発しドライバーに対応を促す。警告後もドライバーの反応がない場合は、緊急警報とともに車両を減速させ、非常点滅灯で周囲に知らせながら車両を停止させる。車両停止後は、SOSコールサービスに自動で接続し、オペレータから公共機関（警察・消防・医療機関に救援要請を行う。これらの万が一の事態に対する備えを合わせて提供することにより、高度な運転支援を安心して使ってもらうことができる。

次にPP 1.0で安心で快適な走行を実現するために行っているセンサーや車両制御技術について説明する。

2.4　認識・制御技術

先行車との車間制御において自然な走行を実現するためには正確に先行車の位置と動きを検出する必要がある。PP 1.0では、フロントカメラとフロントレーダーの両センサーの長所を組み合わせた処理を行うことにより、素早く的確に先行車を検出することを可能としている。フロントカメラは対象種別の認識と横位置や車線との位置関係を検出することに優れている一方、フロントレーダーは対象との距離と相対速をより遠距離から高い精度で検出することに優れている。これらの長所を適切に組み合わせることで、高速走行時に必要となる遠距離からの先行車への対応を可能としながら、近距離における先行車の割込みや車線変更に対する適切な対応を実現している。

また、車線維持機能では、車両情報に基づくフィードバックを行うことによりカントなどの状況変化に適切に対応するほか、トラックなど大きな車両を追い越すシーンでは空気流の変化により横位置制御に対する抵抗が変化するが、隣接車線のトラックを認識し、操舵制御に情報をフィードフォワードすることで横位置の乱れを抑制し、大きな車両の横を安心して通過できるよう操舵制御を行っている。

さらに、ナビゲーションの地図データとGNSS情報により現在地と前方道路の道路属性、曲率、分岐点、制限速度などの情報を事前に把握し、交通環境に応じて適切な車速制御を行うことでドライバーの負荷を軽減し、運転をさらに安心かつ快適なものにしている。

3. プロパイロット 2.0（以下、PP 2.0）

本章では、PP 2.0の概要、機能、特徴となる技術、そしてシステムとドライバーとの関係について説明する。

3.1　システムの概要

PP 2.0は、目的地を入力すればナビゲーションが設定するルートに従って、高速道路の本線に乗ってから降りるまでのドライバーの運転操作を幅広く支援をする。

PP 2.0 は、車両に搭載した7個のカメラ、5個のレーダー、12個のソナーと、GNSS、3D 高精度地図（以下3D HDマップ）データを組み合わせて使用することで車両の前方だけでなく、左右や後方など周囲360度の情報と、道路上の正確な位置を把握する。3D HD マップデータには、道路構造が把握できる情報と車線の数、合流・分岐・交差の位置の情報が含まれ、これらの情報を使うことでこれから走る道路を予見した制御を行い、熟練したドライバーが運転しているような滑らかな走行を実現した。また、ドライバーモニターカメラを装備しており、ドライバーが前方の状況に注意しているか常に監視する。

PP2.0 のセンサー搭載図、360度センシングのイメージ図、および3D HD マップの一例をそれぞれ、図4、図5、および図6に示す。

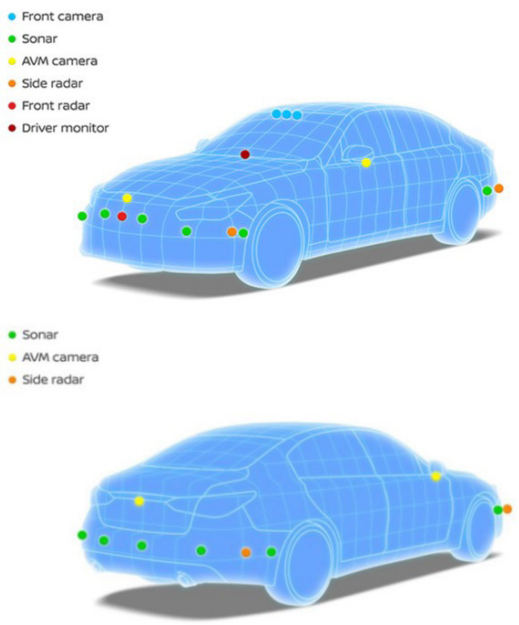


図4　プロパイロット2.0のセンサー構成

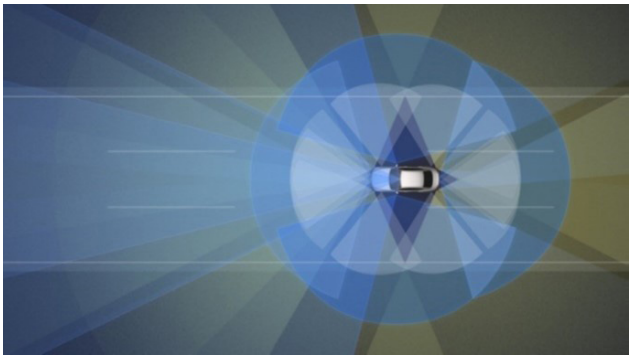


図5　360度センシング

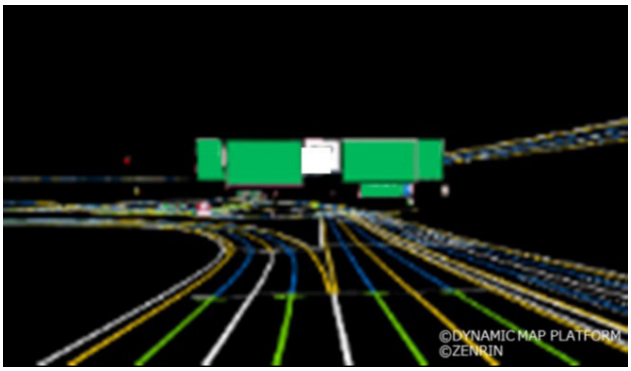


図6　3D高精度地図（3D HDマップ）

3.2　PP 2.0の機能

PP 2.0には、PP 1.0の車速・車間制御機能と車線維持機能に加え、車線変更支援機能、ナビゲーションのルートに従って支援するルート走行支援機能、追い越し操作を支援する追い越し支援機能がある。

3.2.1　車速・車間制御機能

ドライバーが設定した車速を維持するように速度制御を行う。先行車を検出すると、ドライバーが設定した車速を上限に車速に応じた車間距離を保つように車間制御を行う。先行車が停止した場合は、先行車に続いて自車も停止する。停止後、約30秒間までは先行車に対して停止・追従走行を行うことができる。

さらに3D HDマップとナビゲーションのルート情報を用いることで、道路形状にあわせた速度制御だけでなく、分岐の先の情報を用いた車速調整まで行う。

3.2.2　車線維持機能

車線中央付近を走行するようにステアリングを制御し、ドライバーのハンドル操作を支援する。ドライバーが常に前方に注意して道路・交通・自車両の状況に応じ直ちにハンドルを操作できる状態にある限り、ハンドルから手を離すことが可能となる。

3.2.3　車線変更支援機能

ドライバーがハンドルに手を添え、目的の車線の方向へ方向指示器を作動させると、ステアリングを制御し車線変更に必要なステアリング操作を支援する。

3.2.4　ルート走行支援機能

ドライバーがナビゲーションシステムで目的地を設定している場合、出口・分岐路または車線数が減少する地点などルートに従って走行するために車線変更が必要な地点に到達すると、ドライバーに車線変更を提案する。ドライバーがハンドルに手を添え、ステアリングホイール上に設置された車線変更支援スイッチを押すと、目的の車線の方向へ方向指示器が作動、その後ステアリングを制御し車線変更操作を支援する。目的の車線まで複数回車線変更が必要な場合は、連続して車線変更の支援を行うこともできる。

3.2.5　追い越し支援機能

ドライバーが設定した車速よりも遅い車両を前方に検出すると、ドライバーに追い越しを提案する。ドライバーがハンドルに手を添え、ステアリングホイール上に設置された車線変更支援スイッチを押すと、右側の車線の方向へ方向指示器が作動、その後ステアリングを制御し車線変更操作を支援する。遅い車両を追い抜くと、ドライバーに元の車線に戻ることを提案する。ドライバーが車線変更支援スイッチを押すと、左側の車線の方向へ方向指示器が作動、その後ステアリングを制御し車線変更操作を支援する。

次節で車線変更支援機能、ルート走行支援機能、追越し

支援機能に必須な3D HD マップデータの活用について説明する。

3.3　3D HDマップデータの車線変更支援機能への適用

本節では、3D HD マップデータの車線変更支援機能への適用の一例として、車線変更可否判断、車線レベルの走行計画について説明する。

3.3.1　車線変更可否判断

車線変更支援を実現するための課題の一つに、前方の車線に関する情報を取得することが挙げられる。車線変更を開始する時点では車線変更終了地点の車線情報をカメラでは計測しきれていない場合がある。このため、カメラのみの情報では車線変更中に車線変更禁止を表す区画線が現れるなど車線変更ができなくなる可能性がある。一方で、3D HDマップデータは車線レベルで曲率や区画線などの情報を持っているため、カメラの検知範囲外の道路形状を取得することで、任意の車線の開始地点から終了地点までを考慮した車線変更可否判断が可能となる。

3.3.2　車線レベルの走行計画

車線変更支援機能は、追い越し支援やナビゲーションシステムの推奨する経路に沿って進む目的でシステムが適切なタイミングを判断し車線変更を提案する。この判断はシステム内で3D HD マップデータの持つ車線レベルのデータを用いて走行計画を作成することで可能となる。ここでいう走行計画とは、どの区間でどの車線を走行すべきかと、どのように走行すべき車線に誘導するかの計画を指す。

図7 に車線レベルの走行計画を作成する過程を示す。まず、高速道路上で出口などの分岐が存在した場合に、ナビゲーションシステムの推奨する進路に移動するために必要な車線変更回数と、分岐に対して道なり距離とを計算し車線選択を行う。

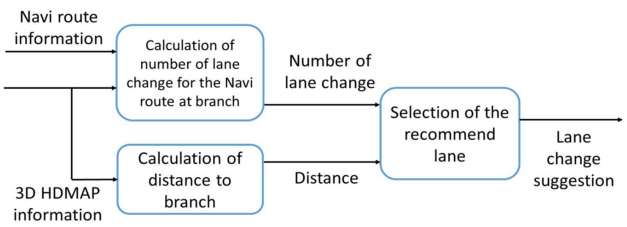


図7　車線レベル経路生成ブロック図

次に、車線レベルの走行計画について例を用いて説明する。図8は高速道路の分岐付近の道路形状を模式的に表した図である。ナビゲーションシステムの推奨する経路が、図中の「P」地点から出口に進むように設定されているとする。

本線の右側車線にいる場合は、出口が近づくと車線「A」に移動するまで左の車線に車線変更するようシステムが提案する。ここで車線「B」に移ってしまうとP地点を出るために必要な車線変更回数が却って増えてしまうため、車線「B」へ移動する提案はしない。なお、はじめから車線「B」を走行していた場合は、右への車線変更をシステムが提案し車線「A」へと誘導する。このように、いずれの車線を走行していても、最終的には車線「A」に誘導するように車線変更の提案が行われる。また、車線レベルでの走行計画を持つことで、前方車の追い越しにおいても適切なタイミングで提案することができる。例えば、進むべき進路が分岐の左方向にあり、かつその分岐までの距離が近い場合には、追い越しの提案をしないようシステムが判断している。

以上のように、3D HD マップデータを用いた車線レベルの走行計画を持つことで、どの車線に移動するのが望ましいかが分かり、その結果、適切なタイミングでの車線変更の提案が可能になる。

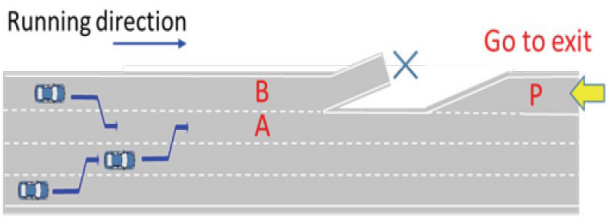


図8　分岐付近での車線レベル経路生成

3.4　オフボード連携機能

PP 2.0においては、3D HD マップのデータ更新などの機能を実現するため、テレマティクス通信によるサーバーとの常時通信によるオフボード連携機能を有している。

オフボード連携機能は、車両側の3D HD マップのストレージおよび地図データ出力を行う3D HD マップECU、テレマティクス通信を行うテレマティクスCU、最新地図データの保存および配信を行うサーバーから構成される。（図9）

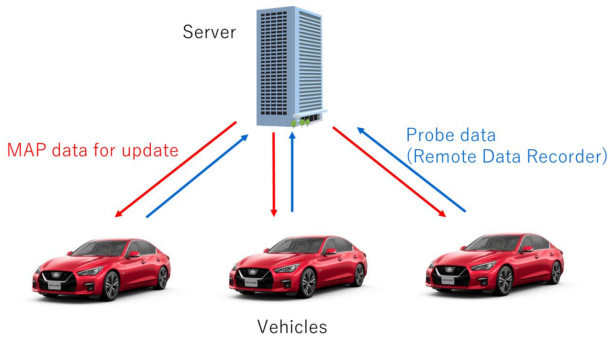


図9　オフボード連携

工事などによる道路形状の変更があった場合にもタイムリーに実際の道路形状にあった最新の地図データを活用できるようにするため、3D HDマップデータは年に数回の頻度で更新される。

3D HDマップECU は、サーバー上の最新地図データのバージョンとECU 内の地図データのバージョンの差分を都度確認し、地図データの更新があった場合にはナビの目的地が設定されている場合は、ルート上の地図を優先、目的地が設定されていない場合は自車位置に近い場所から優先的に最新地図データをサーバーからダウンロードし、ECU 内の地図データを更新する。これにより、常に最新の3D HDマップデータを運転支援に利用できるようにした。

3.5　PP 2.0とドライバーとの関係

PP2.0 の高度な運転支援機能を、ドライバーが簡単かつ適切に使えるようにするために独自に開発したHMI が、インテリジェントインターフェースである。インテリジェントインターフェースは、HUD (Head up Display) やメーターディスプレイによる表示、ステアリング・スイッチによる操作、ドライバーモニタによる警報等から構成される。(図10)

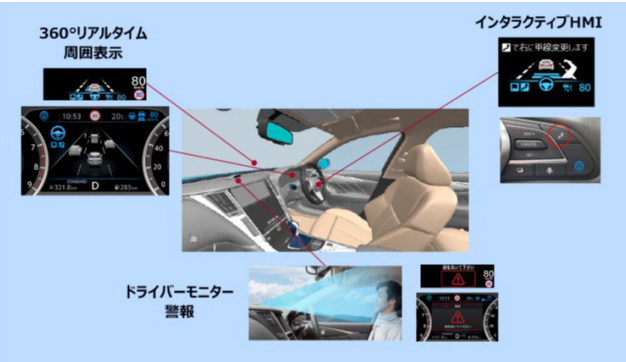


図10　インテリジェントインターフェース

PP 2.0では同一車線内でのハンズオフ機能が追加されたことにより、システムの作動状態はPP1.0 の2つから3つとなった。車速・車間制御のみを作動している ICC モード、車速・車間制御とステアリング制御の双方が作動しているが、ドライバーは常時ハンドルを把持する必要があるハンズオンモード、車速・車間制御とステアリング制御の双方が作動し、ドライバーが安全を確認しいつでもハンドル操作を行える状態にあることを前提にハンドルから手を離すことができるハンズオフモードの3つである。我々は、色の違いで識別を促すカラーコーディングを、HUD とメーターディスプレイに表示されるアイコン、インジケーター等の表示要素に広く適用し、ICC モードは白、ハンズオンモードは緑、ハンズオフモードは青とすることで、3状態が容易に識別可能となるようにした (図11)。

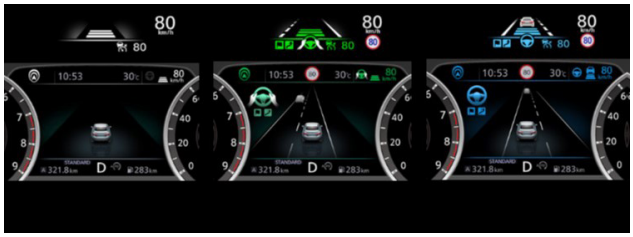


図11　作動状態を示すカラーコーディング

さらに、ハンズオフモードで走行中にドライバーが周囲の交通状況の監視を失念することがないよう、ドライバーが前方の状況に注意しているかを判断し、ドライバーに前方注視を促す警報を発するドライバーモニタも備えている。(図12)

図12　ドライバーモニタによる前方注視を促す警報

3.5.1　インタラクティブHMI

ナビ連動ルート走行機能における分岐時または追い越し時の車線変更支援では、システムがナビルート、先行車の車速、周囲の交通状況を考慮し、適切なタイミングでHUDおよびメーターディスプレイの表示を通して車線変更支援を提案する。（図13）

図13　システムから車線変更支援の提案

HUD では、矢印形状のグラフィクスで車線変更支援の提案を示し、上部のテキストでドライバーの承認を促す。ドライバーの前方視認を阻害することなく、ドライバーがシステム提案を認識できるよう、最小限の表示要素で構成している。同時にメーターディスプレイには車線変更の理由を合わせて表示し、ドライバーが必要に応じて確認できるようになっている。ドライバーが周囲の安全確認を行った上で、ステアリング・スイッチを押すと、車線変更支援が開始される。このスイッチは、ドライバーがシステム提案を受けて比較的短時間で操作する場合が多いため、視認性と操作性の双方に慮して、ステアリングの外周に近い上部に配置した。習熟するとスイッチを視認せずに押すことが可能である。車線変更支援中は、オーバーライドに備えてハンドルを把持しなければならない。そのため、車線変更支援が開始されると、HUD とメーターディスプレイはハンズオフモード（青のコーディング）からハンズオンモード（緑のコーディング）に切り替わり、ドライバーにハンドルの把持を促す。カラーコーディングが最も効果を発揮する場面である。

ドライバーの承認を受け付けてから車線変更が開始されるまでの間、HUD の矢印形状のグラフィックが手前から奥に流れるようなアニメーション表現となり、安全確認を促すテキストメッセージが表示される。システムが方向指示灯を点滅させ車線変更を開始すると、HUD の矢印形状のグラフィックが緑色になり方向指示灯と同周期で点滅し、車線変更が進行中であることをドライバーに伝える。（図14）

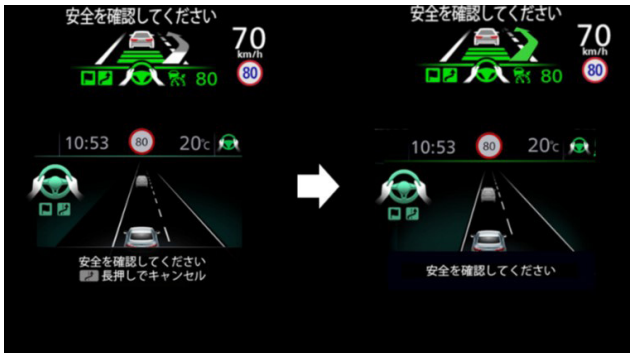


図14　車線変更支援時の表示

3.5.2　360°リアルタイム周囲表示

ドライバーにシステムの能力を正確に把握させるため、システムが検知している道路環境と交通状況を360° リアルタイムで表示する。

道路環境として、自車レーンと左右の隣接レーンの有無、路境界線の種別（白実線/白破線/黄色実線、二重線も表示可）を表示している。（図15）　これにより、3D HDマップデータとフロントカメラによる、周囲の道路環境の検知能力が、ディスプレイ内の空間に反映されることになる。

図15　360°リアルタイム表示の例（境界線別）

交通状況として、自車レーンと左右の隣接レーンで検知している他車両を車型毎（乗用車/大型車/二輪車/不明）に表示する。また、ディスプレイ内の他車両の距離感が、実際の風景と概ね一致するよう表示位置のチューニングを繰り返し、最終的に非線形なスケーリングとなっている。これにより、フロントカメラ、フロントレーダー、サイドレーダー等のセンサー出力

をフュージョン処理した他車両の検知状況が、ディスプレイ内の空間に反映される。ドライバーは実空間とディスプレイ空間を見比べることで、システムの検知範囲と識別能力を概観することができる。

ドライバーが様々なシーンを経験するに従い、360° リアルタイム表示を通して徐々にシステムの能力を学習し、ひいてはシステムの能力の範囲で適切にシステムを使用できるようになる。同時に、システムへの信頼感が醸成される。

6. まとめ

プロパイロットは“より広いシーンで”、“より使いやすく”、“より多くのお客様に”をコンセプトに開発を行っている。今回、「プロパイロット」、「プロパイロット 2.0」を商品化したことでお客様により安心で快適、ストレスフリーな運転を提供することができ、多くの反響を頂いている。

今後、より幅広いシーンで運転操作を支援できるよう技術開発を行い、更なる安全な交通社会の実現を目指し、クルマの新しい価値を提供していきたい。

著者

井上　拓哉

谷口　洋平

徳永　誠士

特集2: 自動運転・運転支援

3. メモリー機能付きプロパイロットパーキング

高野　照久*　　渡邉　武史*　　竹田　椋*

1. まえがき

自動車のドライバーにとって駐車は難しいと感じる運転操作の一つである。ドライバーは駐車場の形状や隣接車の有無に応じて、切り返し位置を適切に計画する必要がある。特に狭いスペースでの駐車ではハンドルの切り返し、および前後退のシフト切り替え操作が何度も必要となり、ドライバーの運転操作が難しい。そのため、駐車支援のための研究開発が活発に行われている。近年になり、住宅環境のような区画線のない駐車位置を自動的に検出するために、メモリー機能の開発が進められている。メモリー機能とは駐車位置をドライバーが予め登録することで、登録後はシステムが駐車位置を自動検出し駐車支援を行う機能である。メモリー機能にはドライバーが駐車位置をナビ画面上のカーソルを操作して登録するものや、ドライバーの駐車した経路を記憶し忠実に再現するものなどがある。

2. 日産のプロパイロットパーキング

プロパイロットパーキングは2017年発売の2代目リーフに初搭載された。アラウンドビューシステム[(1)]を用いた駐車区画線の検出と、ソナーを用いた車両間スペースなどの駐車可能な空間把握により、目標駐車位置の自動検出と、切返しを含めた最適な駐車経路の演算を行い、目標駐車位置まで車両を制御する駐車支援システム[(2)]である。ドライバーは駐車開始ボタンを押すだけで、システムが駐車操作（ハンドル・アクセル・ブレーキ・シフト切換え）を自動制御し、切返しを含めて目標駐車位置までの駐車操作を支援する（図1、2）。以降、サクラ、エクストレイル、アリアに搭載されている。

2023年には日産初のメモリー機能付きプロパイロットパーキングをセレナに搭載した（図3）。本稿では、最新のメモリー機能の駐車位置の登録、検出技術について紹介する。

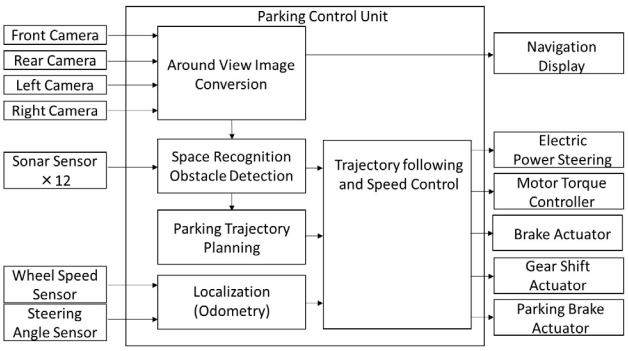
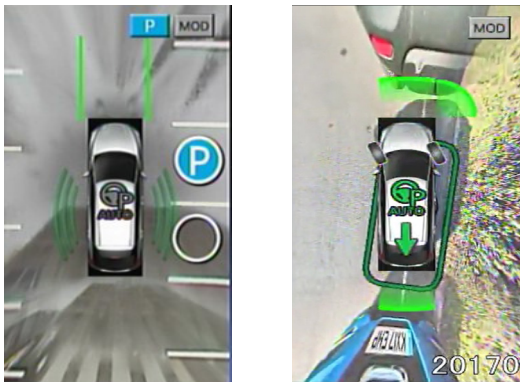


図1　プロパイロットパーキングのシステム構成図



目標駐車位置の検出　　駐車制御（縦列駐車）

図2　駐車位置検出と駐車制御

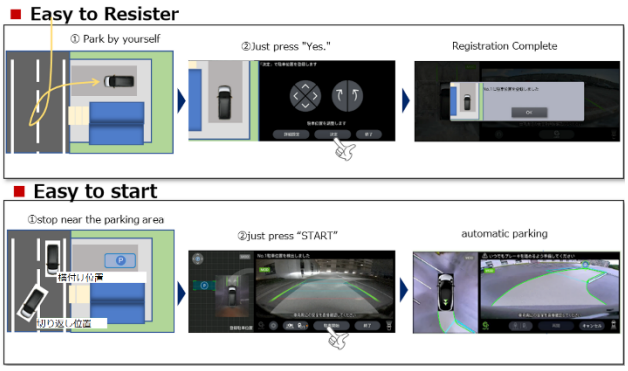


図3　メモリー機能付きプロパイロットパーキング

*AD/ADAS 先行技術開発部

3. メモリー機能付きプロパイロットパーキング

日産のメモリー機能の狙いは、ドライバーが煩雑な操作をすることなく駐車位置を登録でき、普段の運転操作から違和感なく駐車支援に移行できるシステムの実現である。 開発した支援システムは、ドライバーの低速走行中の路面画像を自動的に蓄積することで、ドライバーの事前操作が不要で、駐車後のワンタッチ操作で登録できる（図3上）。また検出時は、GNSS（Global Navigation Satellite System）を用いたシステムの自動起動と、メモリーの自動選択により、ドライバーが駐車位置の付近で停車するだけで、自動的に起動し、駐車位置を検出する（図3下）。また、駐車位置の横付け位置から切返し位置までの範囲で検知可能である。

4. システム構成

メモリー機能付きプロパイロットパーキングの部品構成を図4に示す。新開発の300万画素アラウンドビューカメラを搭載し、路面を含めた車両のほぼ全周囲の映像を、詳細に撮影する。また、左右のドアミラーには夜間認識のために赤外線投光器を搭載している。さらに、ナビゲーションシステムからGNSS情報を取得し、メモリー情報と紐づけて駐車位置の自動検出のために利用している。

5. 駐車位置の登録、検出手法

メモリー機能では、アラウンドビューカメラを用いて路面を撮影し、登録時の路面模様と現在の路面模様を照合し、駐車位置を検出する。路面模様は駐車位置の手前を走行している範囲も含めて、最大約40mの範囲でマップ化し保存する。広範囲の路面マップを用いることで、横付け位置だけでなく、切り返し位置からでも駐車位置を検出できる（図3下）。

5.1　路面マップ

路面マップとは走行経路に沿った路面模様を特徴量に変換し、特徴点の座標とともに記録したものであり、登録用の路面マップと検出用の路面マップの2種類がある。登録用の路面マップは、登録時に生成するものであり、駐車位置に面した通路から切返し位置を経由して駐車位置までを含むように、切返し位置を基準に前進と後退それぞれ上限20mの範囲で生成される（図5、図6（a））。検出用の路面マップは、駐車位置検出時に生成するものであり、検出時の自車両位置を基準に過去20mの範囲で生成される（図6（b））。なお、本システムは低速走行時に、アラウンドビュー画像を一定距離ごとに自動的に蓄積するため、ドライバーが事前に記録や検出を開始するための操作は必要なく、自動的に路面マップが生成される。

図4　メモリー付きプロパイロットパーキングの部品構成

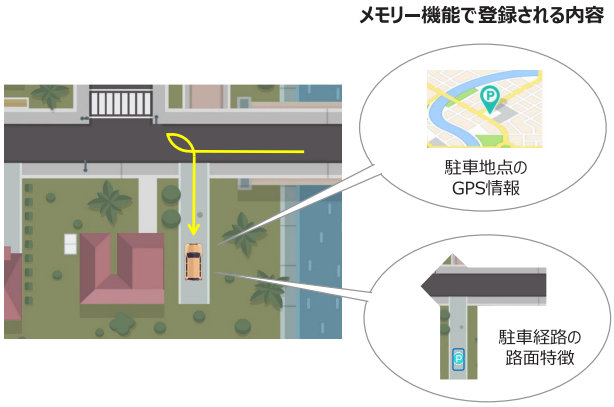


図5　メモリー機能で登録される内容

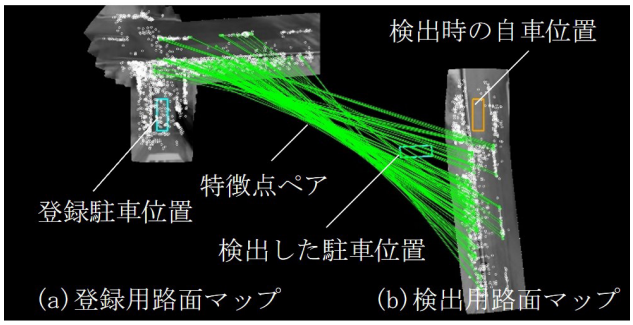


図6　路面マップの照合

5.2　駐車位置の検出

駐車位置を検出するために、検出用の路面マップと登録用の路面マップとを照合する。双方のマップを比較し、画像特徴の最も類似したペアを結び付ける。ここで画像特徴とは、路面マップから検出された角部やエッジ部などの位置を示す特徴点

と、特徴点を識別するための特徴量を示す。照合時に、駐車車両や自転車などの立体物、朝昼夜などの日照状況変化に伴う画像変化があると、照合性能が低下する。そのため、有効な特徴点を抽出する処理[(3)]を行っている。

5.3　登録駐車位置の自動検出

本システムでは駐車位置を登録する際に、ナビゲーションシステムから取得したGNSS の位置情報（緯度経度及び車両向き）を紐づけて保存する。登録後は、GNSSの位置情報を用いて、自車両の一定範囲内の登録駐車位置を自動的に探索し、登録駐車位置の付近で停車すると、自動的に登録用の路面マップと照合して駐車位置を検出し、ナビ画面に検知した駐車位置を表示する（図7）。複数の登録位置が自車両の一定範囲内に入った場合は、範囲内のすべての登録位置に対して路面マップの照合を行い、距離が最も近いものを優先的に表示する。またドライバー操作でメモリーを選択することもできる。

5.4　リアルタイム補正

駐車制御中に登録用の路面マップと現在の俯瞰画像を逐次照合し、駐車位置を検出する。駐車位置に近づくにつれて、駐車位置と直接照合できるようになるため、最終的な駐車位置精度が向上する。（図8）

6. ま と め

本稿では、日産プロパイロットパーキングの機能と、最新のメモリー機能の認識技術を紹介した。開発したメモリー機能ではドライバーが駐車した場所を簡単操作で登録し、登録後は駐車位置に接近すると自動的に駐車位置を検出することができ（図9、10、11）、簡単操作の駐車支援を実現した。

図7　自動検出時の画面

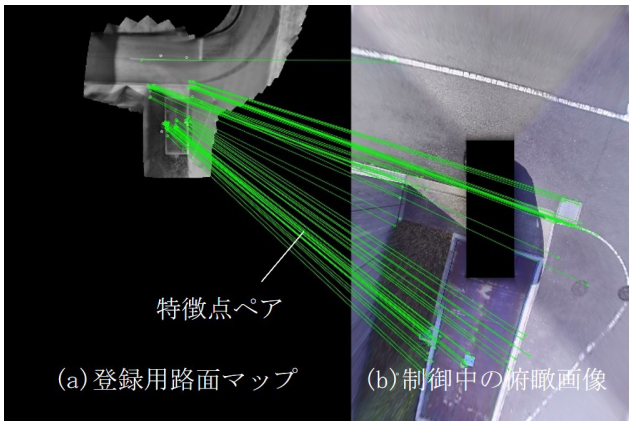


図8　リアルタイム補正時の路面マップ照合

図9　横付け位置で検知

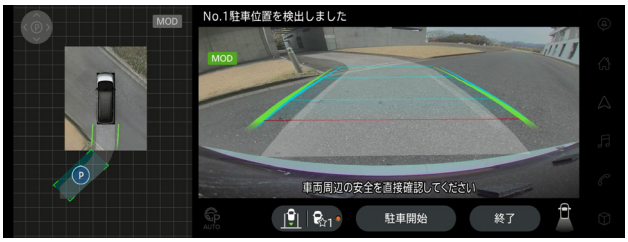


図10　切り返しで検知

図11　奥まった駐車位置を検知

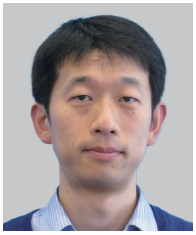
参考文献

(1) Ken Oizumi:Development of “All-Around View” System、2003-01-0017、SAE TECHNICAL PAPER SERIES

(2) 鈴木康啓ら:駐車位置検出から駐車操作まで自動で行う駐車支援システムの技術開発、自動車技術会大会学術講演会講演予稿集、2018、20185428

(3) 竹田椋ら:駐車位置周辺の路面マップ生成による簡単操作のメモリ機能付き駐車支援システムの技術開発、自動車技術会大会学術講演会講演予稿集、2023、20236254

著者



高野　照久

渡邉　武史

竹田　椋

特集２: 自動運転・運転支援

4. 事故ゼロを目指した最新の運転支援技術

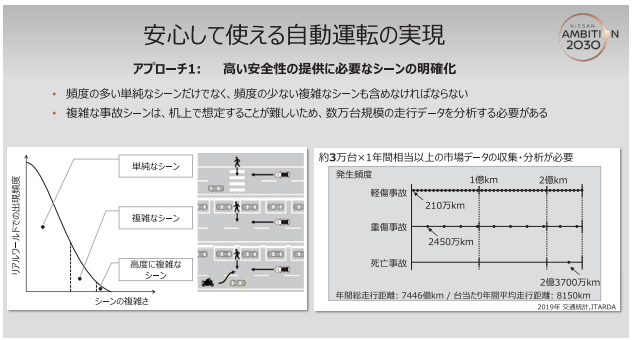
餌取　成明*

1. はじめに

日産は長期ビジョン「Nissan Ambition 2030」において、高性能な次世代LiDAR（ライダー）技術を活用し、事故の低減に大きく貢献する車両制御技術の開発に取り組んでいる。将来の自動運転の時代において、お客さまに安心してクルマを使っていただくためには、世の中で起こる多次元に複雑な事故を回避するための運転支援技術の更なる向上が必須であると考えており、２つの取り組みを通して“リアルワールドにおいてさらに高い安全性の提供”を目指している（表１）。

１つ目の取り組みはリアルワールドで高い安全性の提供を目指すために必要な交通シーンを明確にすることである。リアルワールドで起きている事故は、頻度が高いが単純なシーンから、頻度は低いが高度に複雑なシーンまで広く分布している。しかしながら深刻な事故に繋がる可能性のある複雑なシーンを机上で全て検討することは困難であり、統計的な手法を用いることになる。しかしこれも簡単なことではない。例えば日本の場合、交通事故統計によると１件の死亡事故に至る平均走行距離は約２億4000万ｍになる。これは約３万台の車の１年間の総走行距離に相当する。頻度の低いシーンをモデル化するにはこのようなデータが何セットも必要であり、我々は走行実験によるデータ収集に加え、量産車を使ったデータ収集に取り組んでいる。

もう一つの取り組みは自動化による安全性能の向上の取り組みである。日産はセーフティシールドコンセプトの下、衝突リスクの発生段階に応じた技術を開発・導入してきた。常用域については約25年にわたる技術開発を経て自動化を達成する目途が立ちつつあるが、緊急回避技術については開発を加速する必要がある状況である。



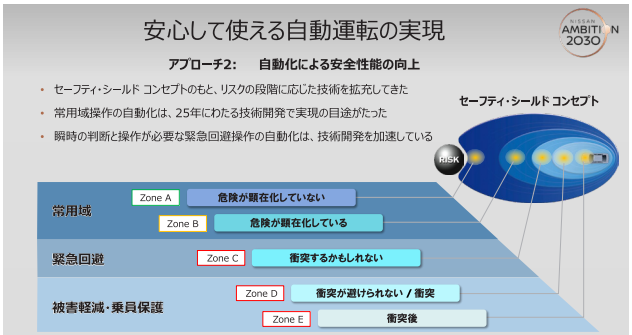


表1　安心して使える自動運転の実現に向けた取組

本章では、緊急回避操作の自動化について最新の日産での取り組み“Ground truth perception技術”を紹介する。

2. 複雑な事故の事例

頻度は少ないが実際に起こっている複雑な事故の事例を２つ示す。最初の事例は左の車線が遠方で渋滞している。その発見が遅れたトレーラーが横転、自車前方の３車線をふさいでしまうという事例である（図１）。

*AD/ADAS 先行技術開発部

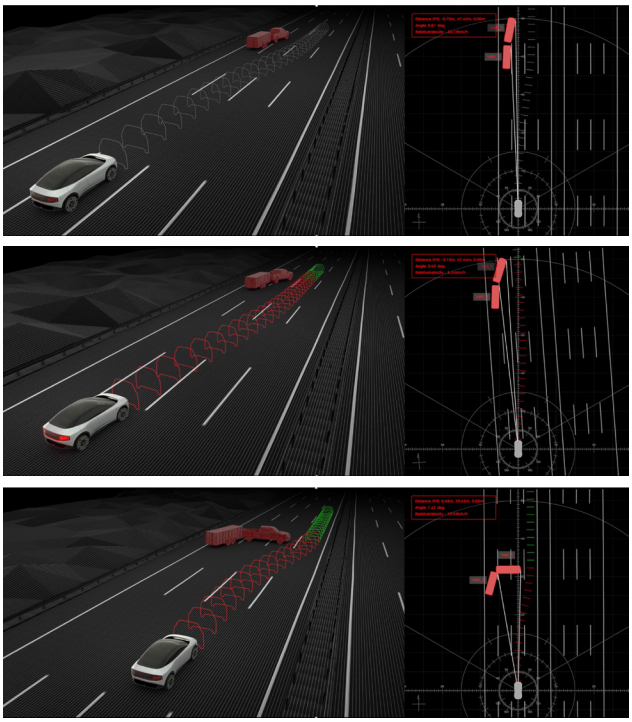


図1　複雑な事故の事例1

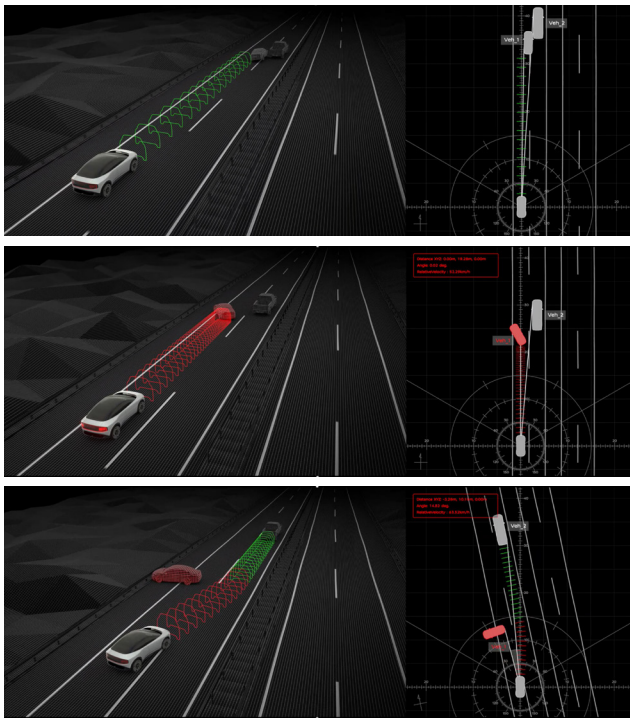


図2　複雑な事故の事例2

このようなシーンで自動運転車両はどう対処するかというと、まずトレーラーが自車線にはみ出してくるのでハンドルで避けようとする。しかしトレーラーが横転して３車線をふさぐ形となるのでさらに回避を行うことが必要になる。このように時々刻々と変化する状況を正確に遅れなく把握し、瞬時の判断で状況に即した回避行動をとることが必要になる。

2つ目の事例は前方を走っている車両が脇見をして隣車線のトラックと接触をして減速、その後ガードレールに衝突したため予想以上に急停止してしまう事例である。（図２）

このシーンでは、まず前方の車両が隣接車線のトラックと接触し減速するため、ブレーキによる回避を試みるが、その後前方の車両が急停止に至るため、緊急操舵で回避する。この場合も自車線にはみ出してくるのでハンドルで避けようとする。時々刻々と変化する状況を正確に遅れなく把握し、瞬時の判断で状況に即した回避行動をとることが必要になる。

このように自動運転車両に求められる緊急回避行動とは空間と物体を３次元で正確に遅れなく把握し、時々刻々と変化する状況のもと瞬時の判断で回避操作を連続させることである。

3. Ground truth perception技術

自動運転車両に求められる緊急回避行動を実現するためにまず必要なことは認識性能の革新である。今回開発したGround truth perception技術は、従来のカメラ、レーダーに加え、次世代高性能LiDARを使用している。

図３にカメラ、レーダー、LiDARの特徴を示す。

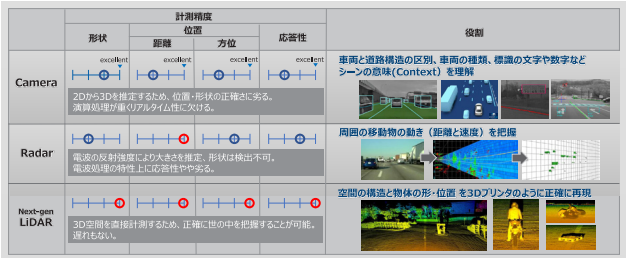


図3　カメラ、レーダー、LiDARの特徴

カメラは多くの情報を捉えるのでシーンの意味合い（コンテクスト）を理解できる反面、二次元から三次元を創り上げるため形、位置の正確性に欠け、また三次元化するアルゴリズムが複雑なため急な変化には物体の追従できないという短所がある。レーダーは物体の動きを捉えるには非常に優れているが、電波の反射の強さを大きさに置き換えており正確な形を捉えることは難しく、複雑なアルゴリズムの特性上、カメラと同様に急な動きの追従が苦手である。LiDARは複雑な解釈を行わず直接空間の構造を計測するため、変化に素早く追従することができ、3Dプリンタのように正確に空間を自動運転の頭脳に再現することができる。この3つのセンサの長所を統合して最大化することにより人間の能力に大きく近づくことができる。

次に既に実用化されているLiDARと次世代の高性能LiDARの差を説明する。次世代LiDARはまずカメラと同じように広い角度で世の中を捉えることができる。現在のLiDARは非常に薄い角度で空間を切り取るため空間と物体を理解することが難しく、LiDARのポテンシャルを十分に使えていない。また次世代LiDARは300mという現行の2倍以上の検知距離を目指している。これは世界の高速道路の一般的な最高速度130キロで渋滞末尾の車両を検出して通常の車線変更で回避することができるようにするためである。検知距離を2倍にすると遠方ほどビームが広がるため、合わせて分解能も2倍にする必要がある。この垂直検知角で25deg以上、検知距離で300m以上、分解能で0.05deg以下という目標に対して満たしているのが次世代LiDARである。（図4）

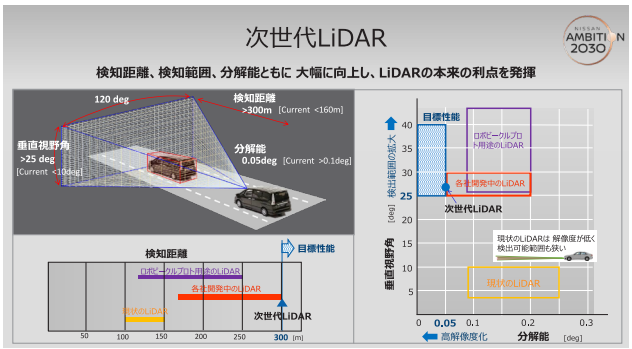


図4　次世代LiDAR

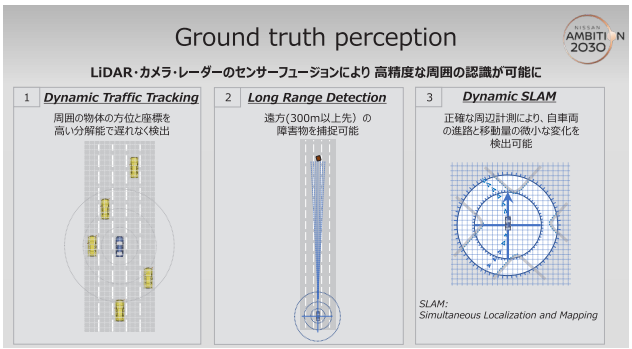


図5　Ground truth perception

カメラ、レーダー、次世代LiDARを融合したセンシング技術で実現する性能は①Dynamic Traffic Tracking、②Long Range Detection、③Dynamic SLAMである。（図5）

Dynamic Traffic Trackingとは、道路構造と周囲の車両の動きを正確に遅れなく捉える性能であり、緊急性能の向上に寄与する。Long Range Detectionは、300m以上離れた車両を捉え、高速道路で発生するほとんどの事象を対処できるようになる。最後にDynamic SLAMは周囲の空間を正確に計測することにより周囲の障害物が把握されることに加え、空間の見え方の変化から自身の動きを正確に計測することができる。自身の動きを正確に捉えることでホテルの敷地内でのアプローチなど地図の整備されていないエリアでも自動走行ができるようになり、Door to Door機能の実現が視野に入ってくることになる。

4. Ground truth perception試作車両

Ground truth perception技術を搭載した試作車を紹介する。

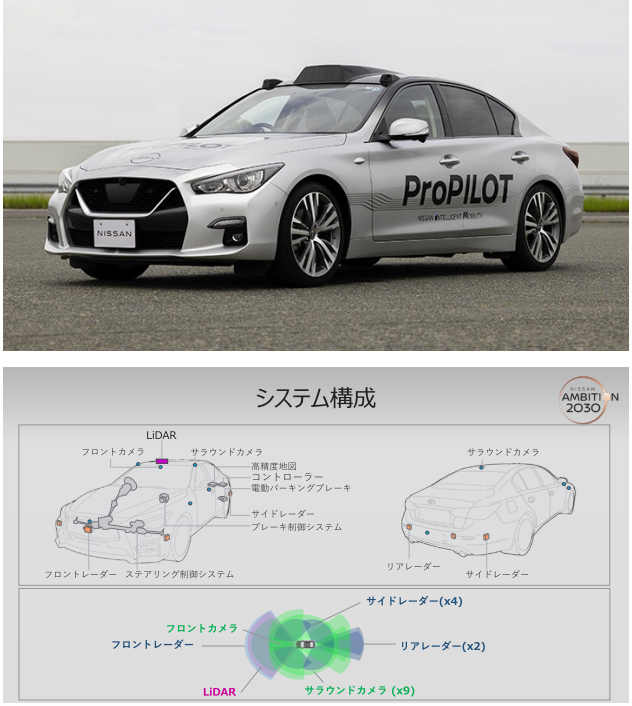


図6　試作車の外観とシステム構成

車両の周囲に7個のレーダー、10個のカメラ、ルーフ上に次世代LiDARを搭載した。ルーフ上にLiDARを搭載する理由は、ビームが周囲の車両で遮られないよう、遠くまで空間把握するために高い位置に搭載することを選択した。

5. Ground truth perception技術を用いた最新の運転支援技術

試作車の性能を3つのシナリオで紹介する。

一つ目のシナリオは道路沿いの駐車場から不注意に後退してきた車両を回避、回避した先に歩行者が飛び出してきたため緊急停止するシナリオである。（図7）

このシナリオでは周囲の物体と形と位置を正確に遅れなく把握し、瞬時の判断で緊急操作を連続的に行うことで後退車両及び飛び出してきた歩行者に対して連続した回避操作の自動化を実現した。

図7　試作車による緊急操作の自動化

2つ目のシナリオは対向車線を走っているタイヤが外れ前方から向かってくるシナリオである。（図8）

このシナリオは向かってくるタイヤを回避した後、タイヤが外れた対向車両が中央分離帯を越えて自車線に飛び出してくる。

本シナリオでも周囲の物体と形と位置を正確に遅れなく把握し、瞬時の判断で連続した回避操作の自動化を実現を確認した。

図8　向かってくるタイヤを検出し、回避するシーン

3つ目は高速走行時に渋滞末尾や路上障害物をいち早く検出し通常の車線変更で安全な車線に移動するシナリオ（図9）と地図の整備されていない道を自身で周囲の道路構造を把握し、進む道を演算し目的地であるドアの前まで自立走行するシナリオ（図10）である。Ground Truth perception技術により運転支援技術が進化し、Address to Addressに進化する姿を確認した。

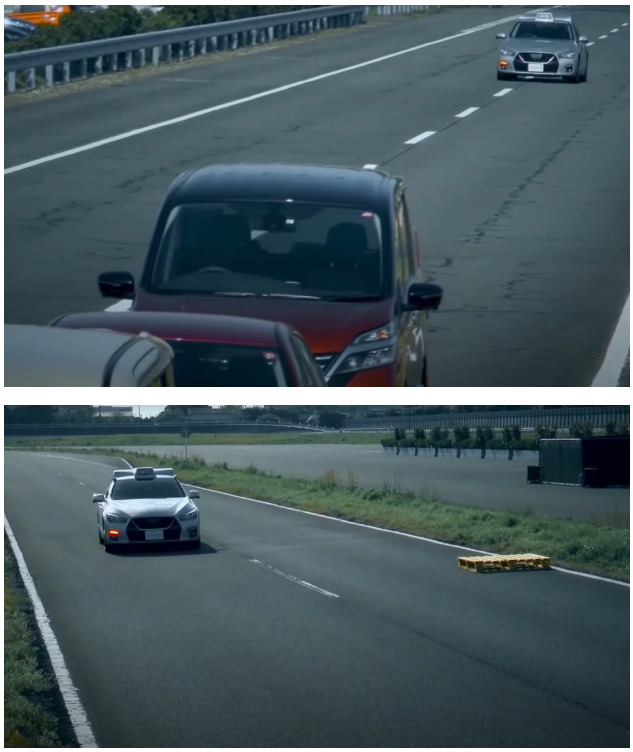


図9　渋滞末尾や路上障害物を車線変更で避ける様子

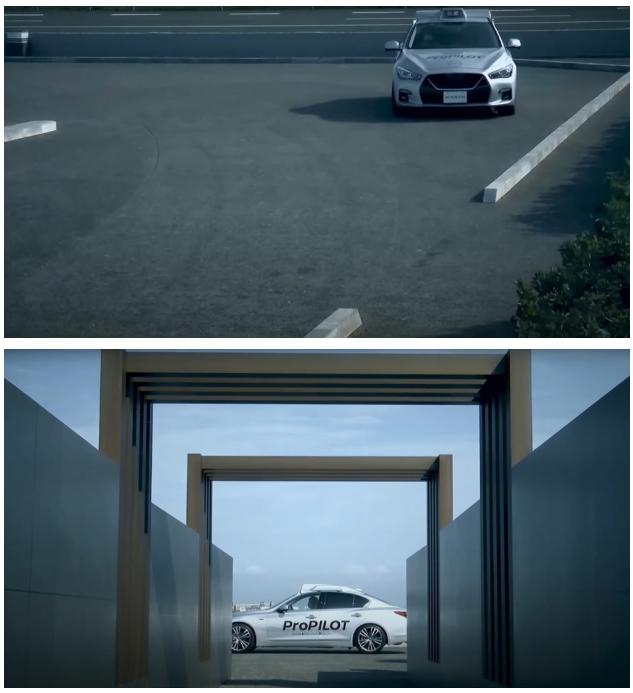


図10　試作車による緊急操作の自動化

6. おわりに

日産は安心して使える自動運転の実現に向けて、緊急回避操作の自動化をまず実現すべき課題と考えている。今回紹介した技術開発をさらに加速、進化させ、自動運転技術の次のステップを確実に高めていく。

著者

餌取　成明