

国内初のレベル4自動運転車両システム



The First Vehicle System for Level 4 Autonomous Driving in Japan

1. 背景

2023年4月の法令改正によって、同年5月に福井県永平寺町で国内初^(*)の遠隔監視だけのレベル4での無人自動運転移動サービスが開始された。このサービスの自動運転システムでは、車両システムが管制システム及び遠隔監視システムと連携することで安全かつ円滑な自動走行を実現しており、当社は主に車両システムの車両状態管理及び衝突被害軽減ブレーキシステムを開発した。これらのシステムを搭載した自動運転車両を図1に示す。

* 1 2023年3月31日、当社調べ

2. 車両状態管理

自動運転車両を監視及び運行する特定自動運行主任者が管制システムを介して自動運転車両の状態を明確に識別できるように車両状態を定義した。車両状態は、初期、待機、手動走行、自動走行、遠隔操縦、緊急停止の六つのモードに大別される(図2)。自動走行に関する基本的な状態遷移としては、まず車両電源を入れた状態では、車両状態は初期モードになる。その後、車両で自動走行を受入れ可能になる操作をすると待機モードに遷移する。そして管制システムから自動走行を許可する指示がある場合、車両システムは自動走行モードに遷移し、走行経路上に障害物が存在せず安全に発進できることを判断した後に自動走行を開始する。また悪天候等によって走行環境条件(ODD)を満たさない場合、車両システムや管制システムや遠隔監視システムが異常である場合、管制システムから緊急停止を指示された場合、及び車両前方に障害物が存在し続けて走行不能状態に陥った場合には、緊急停止モードに遷移し、車両システムはブレーキを作動させて緊急停止した上で乗員に車両及び運行状況を音声アナウンスする。これによって、特定自動運行主任者は車両状態や走行環境や乗員の状況を確認して運行を継続できるか否かを判断でき、乗員は緊急停止した状況を理解することで冷静に対応できる。また、

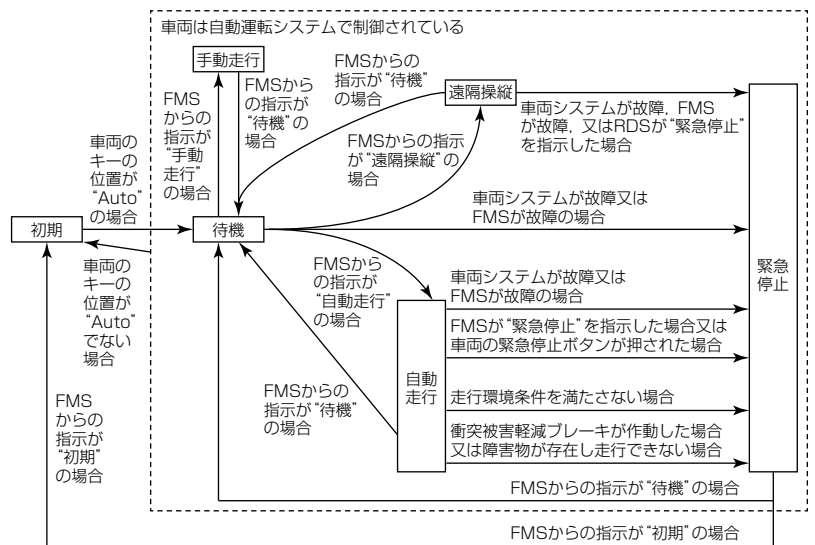


図1-自動運転車両

より詳細な車両状態として、自動走行モード内の“障害物追従走行中”又は“障害物追従一時停車中”では自動走行中の障害物への追従走行状況を定義し、緊急停止モードの各詳細状態では緊急停止した要因等を定義しており、これによって特定自動運行主任者に対して適切な運行状況の把握と緊急停止後の速やかな運行復旧判断を支援している。

3. 衝突被害軽減ブレーキシステム

衝突被害軽減ブレーキシステムは図3のように構成しており、車両周辺の障害物を検知するため、カメラとミリ波レーダーと超音波センサーを備える。カメラとミリ波レーダーで検知した障害物情報をセンサーフュージョンによって統合し、統合された障害物情報を基に車両と障害物との接触を回避するようにブレーキを作動する。また超音波センサーで検知した障害物情報を基に停車状態からの発進可否を判断する。自動ブレーキへの要求は、第三者機関での安全性に関する要求と永平寺町での運行サービスの可用性



FMS : Fleet Management System, RDS : Remote Driving System

図2-車両状態管理

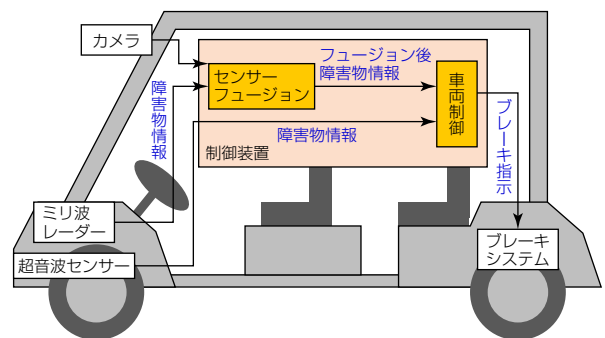


図3-衝突被害軽減ブレーキシステム構成

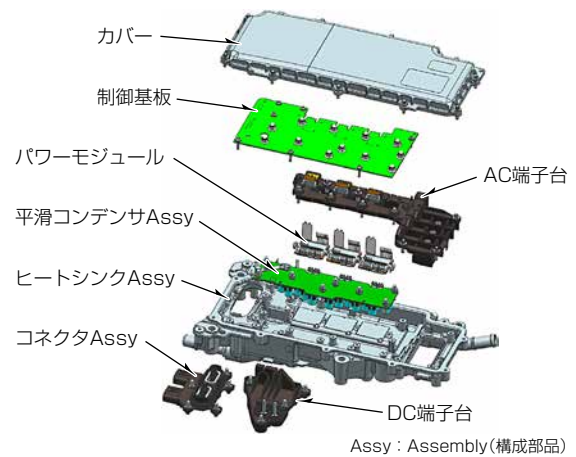
に関する要求がある。後者について走行経路上を歩行者や自転車が往来するため、車両は障害物に対して安全に停止しなければならないが、一方で、障害物の誤検知による不要なブレーキの作動を抑制する必要がある、この両立が課題であった。課題解決に当たって、主に三つのアプローチによって対策した。一つ目は“センサーフュージョンによる誤検知抑制”である。道幅が狭い上に柵や草木との距離が近くミリ波レーダーでは走行経路上にノイズが多く発生する環境であるため、ノイズ除去アルゴリズムを適用するとともにカメラ検知結果との組合せによって制御対象とする障害物を切り分けることで誤検知を抑制した。二つ目は“走行エリアごとの制御条件最適化”である。車両への乗降場所である停留所や車両同士がすれ違う待避所では構造

物との距離が極めて近い箇所を走行することで誤検知が発生していたため、経路上に埋設されているRFID(Radio Frequency IDentification)タグを用いて走行エリアが停留所・待避所と通常路のどちらであるかを判定し、エリアごとに制御条件を細分化し対応した。三つ目は“経路座標変換による誤判定抑制”である。カーブでは車両正面に位置するが走行経路外に存在する障害物に対してブレーキを誤作動させるため、検知した障害物が走行経路上の障害物であるか否かを判定することが必要である。そこで自車速とヨーレートから走行経路を算出し、経路を基準とした座標系に変換した障害物の位置を基にブレーキ作動の要否を判断した。

MHEV搭載向け1モーターシステム用パワーユニット

Power Unit for 1 Motor MHEV System

近年、二酸化炭素(CO₂)／燃費規制を背景にMHEV(Mild Hybrid Electric Vehicle)の開発が進められている。中でも48VMHEVは、高電圧を扱うストロングハイブリッドシステムよりもコストを抑えつつ、CO₂削減、燃費向上を図ることができるため、各国で注目されている。この市場からのニーズに対応するため、MHEV搭載向け1モーターシステム用パワーユニットを開発した。各部品の形状や熱設計を最適化することでエンジン始動／駆動アシスト／EV走行(エンジンを停止し電気だけで走行するモード)／回生充電等各出力の達成、小型化による車両搭載レイアウトへの対応、耐振性の確保を実現した。また、機能安全、サイバーセキュリティの国際規格ISO26262／21434への対応も実施した。



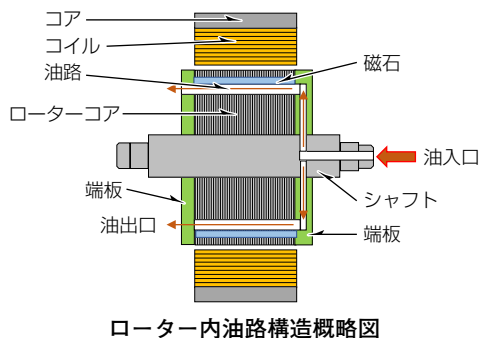
MHEV搭載向けパワーユニットの部品構成

モーター高性能化のための磁石直接冷却

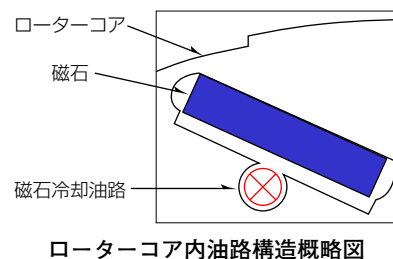
Direct-magnet-cooling System for Improving Motor Performance

2021年国内発売の三菱自動車工業(株)向けアウトランダー(注)PHEV(Plug-in Hybrid Electric Vehicle)のフロントモーターシステムの開発を当社で行った。年々高まる高出力化と小型・軽量化の要求を達成するため、この機種では、磁石直接冷却を適用した。この冷却方式はコイルを

油で冷却する油冷方式を基本として、さらにローターシャフト後端から冷却油を供給し、ローター内部に設けられた油路を通過して磁石を直接冷却するものである。この方式を採用することによって、従来の油冷方式と比して磁石温度上昇をおよそ20%低減できた。これによって、旧来の油冷方式より高出力運転が可能になり、高出力と小型・軽量化を両立して達成できた。



ローター内油路構造概略図



ローターコア内油路構造概略図

48Vマイルドハイブリッド車両用水冷式ベルト駆動モータージェネレーター

Water Cooling Type Belt-driven Motor Generator for 48V Mild Hybrid Vehicle

48Vマイルドハイブリッドシステムは、従来の12Vシステムに比べて加速性能及び燃費の改善が期待できるため、主に欧州・中国市場で搭載車両が急増している。マイルドハイブリッドの主要構成部品であるベルト駆動式モータージェネレーター(MG)の分野で、当社はこれまで12V及び24Vシステム用空冷式MGを製品化してきた。今回、24V製品と同等の体格で48Vシステムに対応可能な当社で初めての水冷式MGを新規開発した。48V用パワーモジュールの開発及び最適な絶縁構造の採用によってMGの高耐圧化を実現し、インバーターの冷却方式を空冷から水冷に変更することによって長時間連続の駆動・発電動作を可能にした。



48Vマイルドハイブリッド車両用水冷式ベルト駆動モータージェネレーター

マツダ直列6気筒エンジン車向けPCM

Powertrain Control Module for Inline-six Engine

マツダ(株)では、内燃機関の更なる環境負荷低減と、上級志向の顧客獲得のため、ラージ商品群といわれる大型SUV(Sport Utility Vehicle)の開発を行っている。今回、ラージ商品群に搭載される新規の直列6気筒ガソリンエンジンのコントロールユニット(PCM)を開発した。このユニットは、6気筒エンジンと48V-ISG(Integrated Starter Generator)で構成されるMHEVシステムのトルクマネージメントを司(つかさど)り、高い走行性能と環境性能の実現に貢献する。新規の車載用高機能マイコンによって、制御対象の増加に対応するとともに、マルチコア化による負荷分散を行うことでPCMの高機能化を実現している。また、モデルベース開発を適用することで、短期間での製品の量産化を実現した。



直列6気筒エンジン車向けPCM

センシング情報を利活用した統合ソリューション事業の情報基盤開発

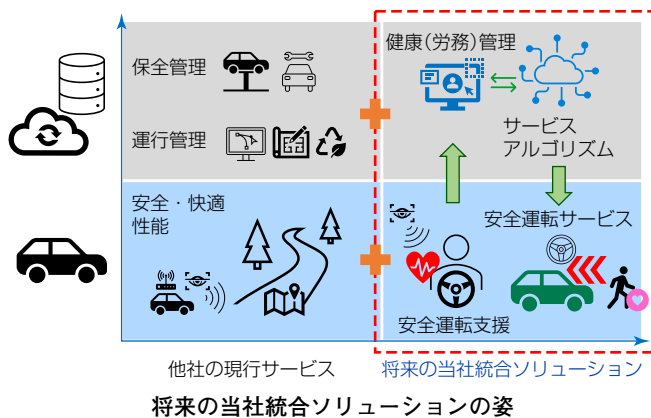
Information Platform for Integrated Solution Service Generated through Sensing Data

ドライバーモニタリングシステム、高精度ロケータの情報を利活用した統合ソリューションで、輸送・産業機器業界が抱える社会課題の解決を目指している。

具体的な開発要素としては大きく次の四つがある。

- (1) センシング情報を収集するコンポーネント開発
- (2) 収集した情報から価値を創出する“状態分析とデータ加工”のアルゴリズム開発
- (3) これらを管理・運用するためのプラットフォーム構築
- (4) 創出した価値を顧客へ提供するサービスアプリケーション開発

独自の生体センシングや高精度複合測位の情報を活用することによって、新たな価値を付けたソリューション提案を目指している。

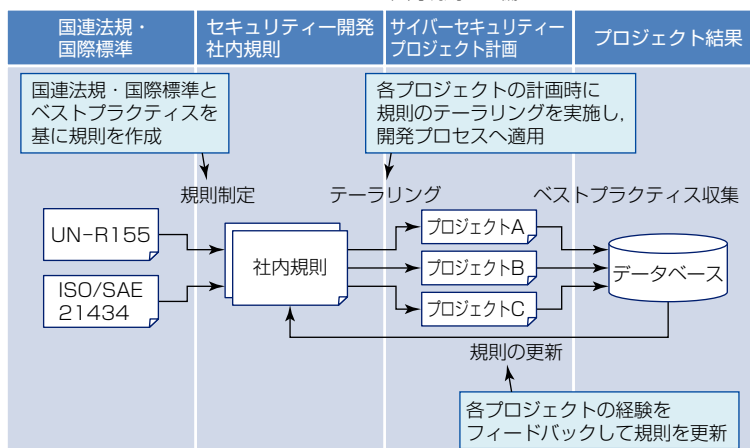


ISO/SAE 21434に基づくサイバーセキュリティ対応のための社内規則の策定と適用

Make and Apply Company Rules for Cybersecurity Based on ISO/SAE 21434

近年の自動車用機器に対するサイバー攻撃のリスクの高まりを受けて、国連法規UN-R155や国際標準ISO/SAE 21434が策定された。当社では、これら法規・国際標準に準拠するためのプロセスを社内規則として定めた。その中で、サイバーセキュリティ対応のエビデンスになる文書をプロジェクトごとに作成することを規定している。そして国際標準の要件が満たされているか一つ一つ確認するためのアセスメントを実施し、そこで合格しなければ量産できないように規定している。また、継続的に脆弱(せいじゃく)性情報を監視することで、量産後に発生する新たな脅威に対処できる体制を構築した。このようにして、当社は確実なサイバーセキュリティ対応を行っている。

UN-R155とISO/SAE 21434に基づいて社内規則を整備



UN-R: 国連法規, ISO: 国際標準化機構, SAE: 米国自動車技術者協会

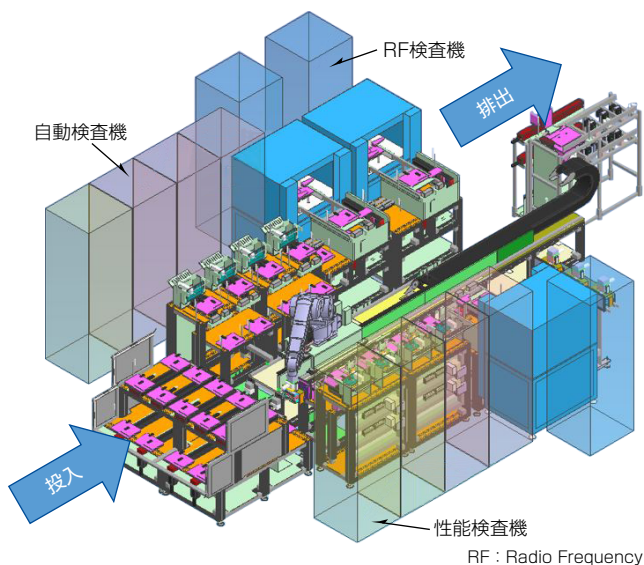
社内規則の制定と更新

カーナビゲーション製品の検査工程での自動搬送システムの構築

Automatic Transport System in Inspection Process of Car Navigation Products

カーナビゲーションの検査工程に当社製の垂直多関節形のロボットを使用した製品自動搬送システムを2023年1月に導入した。既存の手搬送する検査ラインに対してこのシステムを後付けすることで自動搬送が実現できることをコンセプトにしており、小改造だけで別の工程に転用ができるため持続して省人効果が期待できるのが強みである。搬送

時間の短縮を目的として製品の位置補正の方法を従来のカメラ撮像から力覚センサーに変更した。それによって数mm程度のズレに対して置台との接触から生じる反力による位置補正を可能にした。一方で、製品前面は液晶があり接触させられず補正しきれないため、ロボットプログラムでリトライ機能を付けて置きミス削減を図った。



デザイン図



実機写真