自動運転車両による「住宅地における路車間通信」実証実験を

まちなか自動移動サービス事業構想コンソーシアムが実施

道路側センサーが自動運転車両に交差点情報を提供し

「右折」等の円滑化と安全確保を検証

住宅地での移動サービス向けの運行設計領域（Operational Design Domain＝ODD）の検討・定義の一環として、㈱日本総合研究所（日本総研）が主催する「まちなか自動移動サービス事業構想コンソーシアム」は、2020年3月16日から25日まで神戸市北区筑紫が丘において自動運転車両を用いた路車間通信の実証実験を実施した。

今回の実証実験の目的は、自動運転車両が交差点での右折や合流をする際に、死角からの飛び出しなどに備えたり、発進・停止や加減速のタイミングを最適化させたりするための、車載センサーと道路側センサーの協調による仕組みの検証となる。

具体的には、自動運転車両の死角領域を含めた道路側センサーのセンシング状況や精度を評価すると共に、他の車両に不快感を与えない、安全で円滑な自動運転車両の挙動のあり方を検証。また、これらの評価を条件の異なる複数の交差点で実施することにより、交差点の違いによるリスクの違いも可視化した。

この実証実験の結果を踏まえながら、各参加団体はODDの精緻化を進めると共に、最適な自動運転車両の走行方法と道路側センサーのあり方について、さらに検討していくとしている。

なお、ODD（運行設計領域）は、自動運転システムが正常に作動する前提となる設計上の走行環境に係る特有の条件のことで、ODDに含まれる走行環境条件としては、①道路条件（高速道路、一般道、車線数、車線の有無 、自動運転車の専用道路 等）、②地理条件（都市部、山間部、ジオフェンスの設定 等）、③環境条件（天候、夜間制限 等）、④その他の条件（速度制限、信号情報等のインフラ協調の要否 、特定された経路のみに限定すること、保安要員の乗車要否等）、となっている。

また、「まちなか自動移動サービス事業構想コンソーシアム」は、住宅地内の店舗や公共施設、病院、バス停等までの、いわゆるラスト&ファーストマイルの移動サービスを持続可能にするための事業構想を目的に、2018年8月29日に日本総研が設立した産官学民によるコンソーシアムである。自治会、自治体を含む産官学民が連携して、サービスの社会実装に必要なシステムの仕様や事業仮説について検討している。主催は日本総合で、一般会員として㈱IHI、あいおいニッセイ同和損害保険㈱、沖電気工業㈱、関西電力㈱、ダイハツ工業㈱、菱電商事㈱が参加し、オブザーバーには一般財団法人日本自動車研究所、協力会員が神戸市、神戸市北区筑紫が丘自治会、神戸空港タクシー㈱、大和自動車交通㈱、国立大学法人名古屋大学、みなと観光バス㈱となっている。

■実証実験の内容

⑴ 実施概要

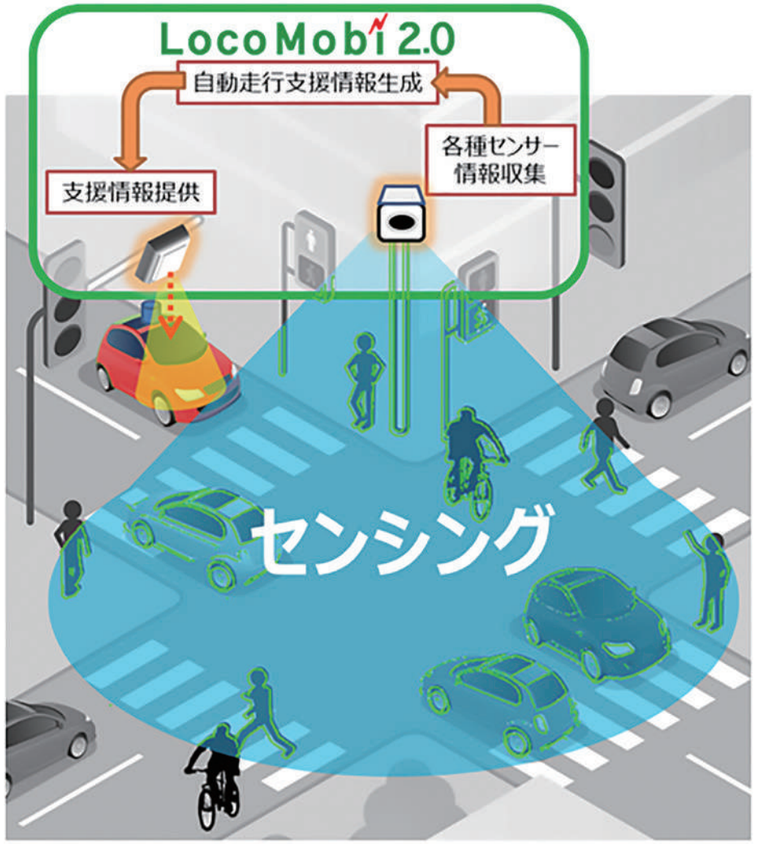
- **実施地区：神戸市北区筑紫が丘、広陵町、小倉台および桜森町**
- **実施場所：優先道路と非優先道路による交差点（十字路2カ所、T字路1カ所の計3カ所）**
- **実施期間：2020年3月16日㈪～2020年3月25日㈬**
- **実施主体：まちなか自動移動サービス事業構想コンソーシアム**
- **実証車両:自動運転車両（ヤマハ製ゴルフカーをベース車体として，名古屋大学が自動運転システムを開発）の車載センサーおよび道路側センサーから取得した交差点付近の交通参加者の移動情報に基づき、発停車、加減速を判断する。運転席および助手席には名古屋大学関係者が座り、万一の事態に備える。**
- **通過車両:手動運転車両（名古屋大学関係者が運転）**

（A）自動運転車両が交差点を右折する際、対向車線を通過する。

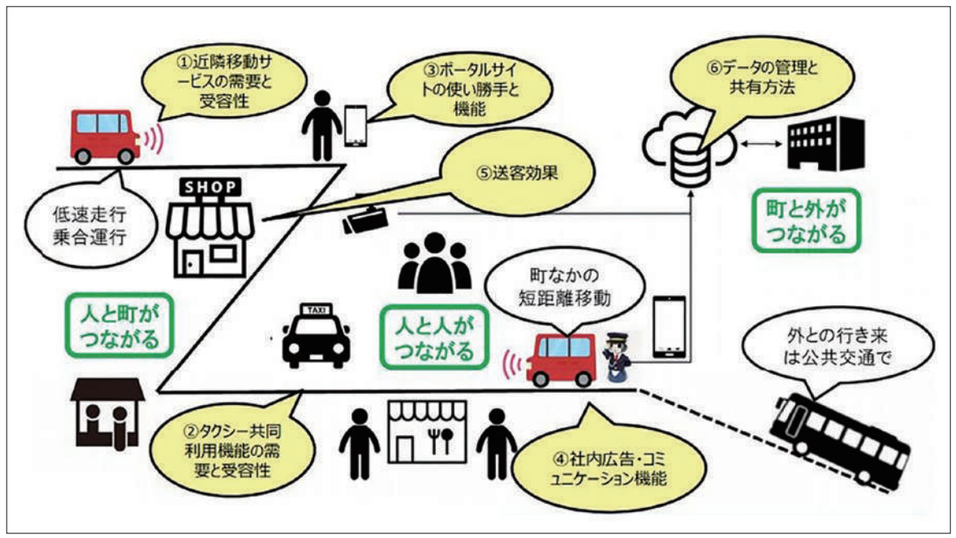
（B）非優先道路を走行する自動運転車両が優先道路である対角車線に合流する際、対角車線を通過する。

- **一般車両、歩行者等　本実証実験では特に用意しない。ただし、一般車両および歩行者等についても道路側センサーおよび車載センサーでは感知し、実証車両の挙動に反映させる。**
- **道路側センサー：交差点付近の電柱あるいは信号柱に、レーザセンサー（LiDAR）を設置しレーザセンサーが取得した交差点付近の交通参加者情報は、通信機器を通じて実証車両に送信される。**
- **車載センサー：ヤマハ製ゴルフカーをベースにした自動運転車両に各種センサーを搭載（写真参照）**

名古屋大学が開発した自動運転システムをヤマハ製ゴルフカーに搭載した自動運転の実証車両



自動運転支援サービスのイメージ



まちなか自動移動サービス事業構想コンソーシアムが 2019 年 12 月 9 日から 2020 年 2 月 7 日に実施した高齢者などの住宅地内外移動をサポートする「まちなか自動移動サービス」の実証実験イメージ図

(2) 実施の目的と内容

【目的】

①通過車両に不快感を与えない実証車両の挙動（交差点通過タイミング）の検証

・通過車両の助手席被験者および実証車両の同乗者被験者、そして実証車両周辺の被験者にヒアリングを実施

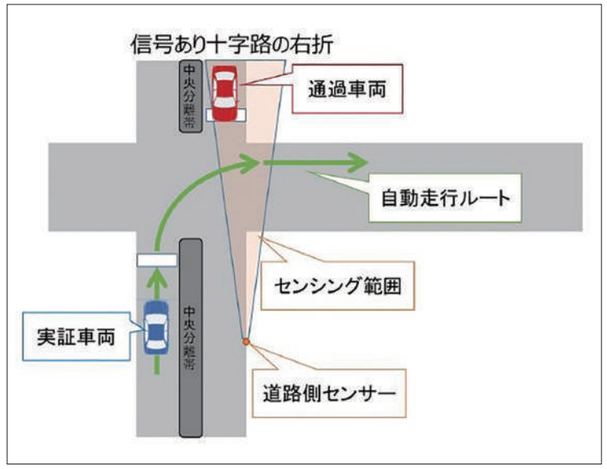
②道路側センサーのセンシング精度の評価

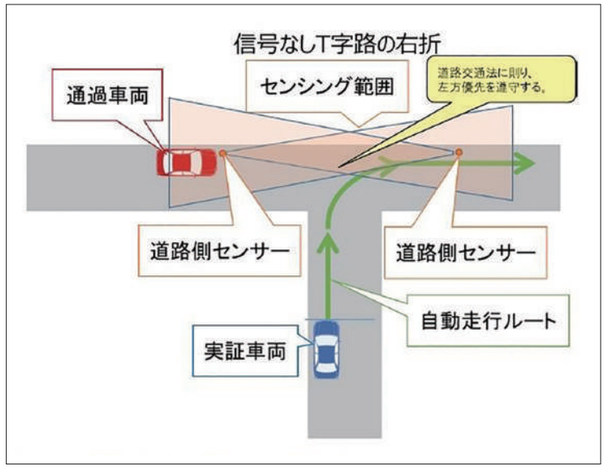
・実際の車両速度 / 加速度と道路側センサーの計測値の誤差を比較検証

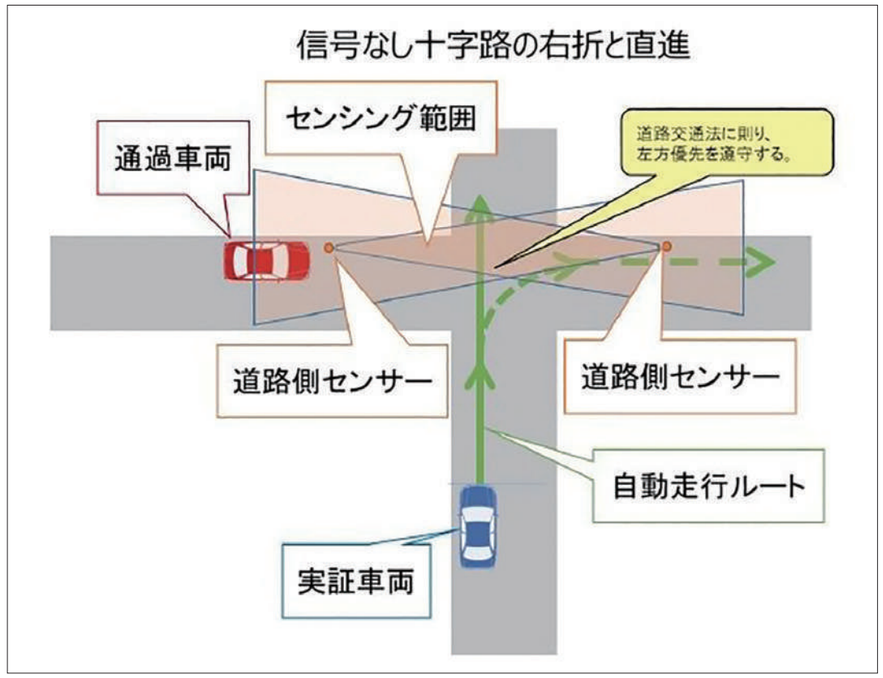
・道路側センサーによる実証車両の死角位置のセンシング状況の評価

③交差点の特性に応じたリスクの評価

・複数の交差点において、信号機、中央線・分離帯、歩道、側溝などの有無のほか、一方通行や坂道、バス通りなどの条件に応じて異なるリスクを評価







【内容】

（A）信号あり交差点（十字路）での右折

信号交差点において、実証車両の右折挙動を検証する。実証実験は、対向車線を直線走行してくる通過車両の有無に分けて行う。実証車両は、車載センサーおよび道路側センサーからの取得情報を活用して通過車両や一般車両、歩行者等の有無を判断する。通過車両や一般車両、歩行者等が存在する場合は、それらの挙動（速度、加速度等）に応じて右折する。評価は、右折による交通流の妨害の程度によって判断する。

（B）信号なし交差点（十字路、T 字路）での直進、右折

信号のない交差点（十字路および T 字路）において、実証車両の交差点通過挙動を検証する。実証実験は、優先道路側の対角車線を走行する通過車両の有無に分けて行う。実証車両は車載センサーおよび道路側センサーから取得した情報から対角車線を走行する通過車両や一般車両、歩行者等の有無を判断する。優先道路側の対角車線を走行する通過車両や一般車両、歩行者等が存在する場合は、それらの挙動（速度、加速度等）に応じて加減速または停止を行う。評価は、交差点通過タイミングによる交通流の妨害の程度によって判断する。

■実証実験の役割分担

- **㈱ IHI（本社：東京都江東区、満岡次郎社長）… 一般ドライバー向け安全運転支援システム（DSSS：Driving Safety Support System）用として開発された交通流データ収集・分析技術を活用し、実証車両の交差点右折支援を行う。公道に設置したレーザセンサーが検知した交差点周辺の対向車両および歩行者の位置・速度情報を、専用の無線回線を介してリアルタイムで実証車両に通知する。**
- **あいおいニッセイ同和損害保険㈱（本社：東京都渋谷区、金杉恭三社長）… テレマティクス自動車保険のパイオニアとして、運転挙動のデータや事故時の映像データ等を活用した安全運転促進に関する独自のノウハウを蓄積しており、実証実験では、それらのノウハウを活用し、自動運転車両の安全・安心な走行ルート設計の在り方について検討する。**
- **沖電気工業㈱（本社：東京都港区、鎌上信也社長）… 道路交通情報通信システム（VICS: Vehicle Information and Communication System）や車両動態解析による渋滞予測技術や映像・電波・レーザなどのセンシング技術を有しており、実証実験では、交差点に設置したレーザセンサーが周辺の歩行者や車両などの交通状況を検知し、通信を用いて実証車両にリアルタイムで通知することで走行支援を行う。**
- **国立大学法人名古屋大学（所在地：愛知県名古屋市、松尾清一総長）… ゴルフカーをベースとした自動運転車両のほか、独自に開発した自動走行用のソフトウェアを提供。実証実験では、これまで自動運転車両単体では不可能であった死角領域における対向車両や歩行者の検出を、インフラと協調することで可能にする“交差点の自動右折通過機能”におけるセンシング領域の実証を行う。**
- **（一財）日本自動車研究所（所在地：東京都港区、坂本秀行理事長）… 高度な自動運転を一般公道で実用化するには、利便性と安全性を高いレベルで両立することが必要となる。そのための走行コースの交通実態の把握、自動走行する上でのリスクアセスメント、最終的には許容できない危険を発生させないための方策の実装に至るまで、一連のプロセスや技術の検討と実証実験を通じて、安全性確保の手法を具体化する。**
- **㈱日本総合研究所（本社：東京都品川区、谷崎勝教社長）… 実証実験では、地域住民が安心して利用・参加できる自動移動サービスの実現を目的に、コンセプト立案から推進支援までの総合的なプロデュースを実施。また、実証地におけるサービスの実装に必要な ODD の作成をとりまとめると共に、他地域への展開も見据え、簡易に ODD を設計できる仕組みを構築する。**

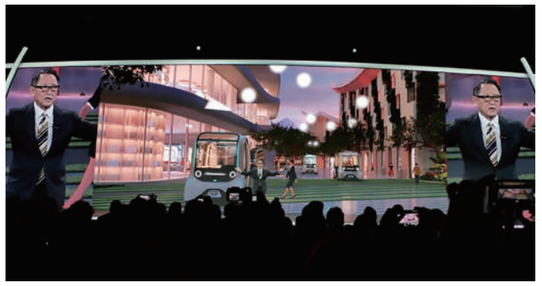
自動運転用一般道高精度地図生成に成功し、TRI-ADとDMPが地図更新の実証実験を新たに開始

パートナー連携で精度向上に向けた技術を開発

トヨタの自動運転ソフトウェアの先行開発を行うトヨタ・リサーチ・インスティテュート・アドバンスト・デベロップメント㈱（本社：東京都中央区、ジェームス・カフナー CEO ＝ TRI-AD）と、自動運転用 HD マップを日本と北米で提供するダイナミックマップ基盤㈱（本社：東京都中央区、稲畑廣行社長＝ DMP）は、2020 年 4 月より新たに双方の技術を活用した実証実験を進めることで合意した。TRI-AD のオープンなソフトウェアプラットフォームである Automated Mapping Platform（AMP：自動地図生成プラットフォーム）を用いて、車両センサーで収集した画像等のデータから道路上の変化した箇所を検出することで、DMP の HD マップ

トヨタが中心となり、2021 年初頭に東富士（静岡県裾野市）で着工される計画の「Woven City」。あらゆるモノやサービスがつながるコネクティッド・シティの実証都市となる

Woven City では自動運転車両の「e-Palette」などが稼働することになる



実証都市「コネクティッド・シティ」構想を発表する豊田社長

の効率的な更新の可能性について実証する。

先進運転支援システムや自動運転システムのグローバルな普及に伴い、高精度及び高品質の自動運転用地図に対する需要が高まっている。地図生成には、実際の道路上のペイントや構造物の変化を正確かつ迅速に把握し、効率的に地図を更新することが重要になる。現在は主に道路工事情報等に基づいた計測車両での現地調査によって道路の変化を把握しており、調査費用や迅速さが課題となっている。

今回の実証実験では、TRI-AD の画像認識技術を活用して、一般的な車両に搭載可能で普及価格帯のカメラで入手したデータから、道路上の変化した箇所を自動で検出する。この手法により、計測車両の走行距離や台数、人件費を大幅に削減しつつ、迅速に HD マップを更新することができる。今回の TRI-AD と DMP の連携により、自動車メーカーを含むユーザーが期待する高い品質水準を保ちながら、費用を抑えた効率的な HD マップの更新が期待できることになる。

両社は、日本国内の自動車専用道路の画像等のデータを用いて、TRI-AD の AMP の変化点抽出技術を活用し、DMP の HD マップ更新が効率的に行えることを確認し、その後、2021 年度からの運用開始を目指す。また、更なる更新頻度の短縮に向けた方策の検討、及び北米で HD マップを提供している Ushr, Inc.（DMP グループ企業）によるデータ更新への AMP 活用についても検討していくとしている。

TRI-AD の Automated Driving Strategy and Mapping の Vice President であるマンダリ・カレシー氏は、「私たちが開発する AMP の技術を活用することで、多くの自動車メーカーと連携し高品質な HD マップの開発と管理において業界をリードする DMP と、地図更新に資する変化点抽出技術で連携できることを嬉しく思います。本連携を通して、自動車メーカーを含むユーザーに最新の地図データを提供することができ、さらに AMP の技術の開発も加速させることができます。これにより、TRI-AD が目指す安心・安全な自動運転をより多くの人に提供できると考えています。TRI-AD が持つ技術開発の促進や活用範囲の拡大なども視野に入れ、今後も連携を強化していきます」とコメントしている。

また、DMP の President である稲畑廣行氏は、「DMP グループは、卓越したデータ精度により日本国内と北米において乗用車向けに HD マップを提供するリーディングカンパニーです。現在、道路状況の細かな変化をタイムリーに捉えることにより、HD マップを高い鮮度で保持することを考えており、TRI-AD が開発する AMP の変化点抽出技術と連携することにより、DMP Group はマップ更新のカバレッジとサイクル時間を改善できると考えております。また、この取り組みがすべてのクライアントの地図更新サービスの改善に役立つとも考えています。TRI-AD と協力して、AMP の更なる活用範囲の拡大を検討していくと共に、他の自動車メーカー等が保有する画像等のデータを広く利用することで整備コストの低減にも努めていきます。その結果、すべての人にとって HD マップの品質が向上すると考えております」と述べている。

すでに TRI-AD は、複数のパートナーと実証実験を実施（2020 年 3 月）し、自動運転に必要な相対精度（50㎝程度以下）の地図生成が可能であることを確認している。

行われた実証実験は、①専用の計測車両を使用せずに、衛星や一般車両から得られる画像データなどを元にして、自動運転用の地図情報を生成する、② TRI-AD の自動地図生成プラットフォームである Automated Mapping Platform（AMP）上の車両データのデータ形式を変換し、アルゴリズムを補正することにより、他社のプラットフォームで活用する、の 2 点を検証し、いずれも高精度地図生成に有効であるという結果を得た。

これらの実験成果を活用することで、自動運転用地図の更新期間の短縮、エリアの拡大、作成および維持コストの大幅な削減が期待できる。

■実験の概要

宇宙技術ソリューションをリードするマクサー・テクノロジーズ社（Maxar）、日本の IT サービスを牽引する㈱ NTT データと TRI-AD は、2019 年 4 月 25 日より 3 社合同で高解像の衛星画像を用いた自動運転用高精度地図の自動生成に向けた実証実験を行った。その中で、衛星画像に写る自動車や影、建物の倒れこみによる遮閉などの地図以外の要素を自動で解析、除去、補正することで、必要な地図情報を自動抽出することに成功。東京 23 区と海外 6 都市で、自動運転制御に活用できる相対精度（25㎝程度）の地図生成を実現し、自動運転用地図として有用であることを確認した。**（図 1 ～ 3 参照）**

図 1. 衛星画像（海外）

図 2. 自動車等の除去と画像補正

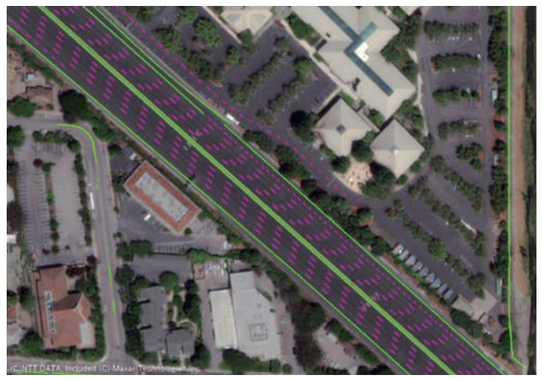


図 3. 地図情報抽出

道路インテリジェンスのプラットフォームを提供する CARMERA Inc. と TRI-AD は、東京 23 区と米国 2 都市で、一般車両にも搭載可能なドライブレコーダーを使用した自動地図生成技術の検証を行っ

た。この中で、ドライブレコーダーのデータのみで自動運転に必要な相対精度（40㎝程度）の地図生成に成功。両社が連携し、CARMERA の Real-Time Events and Change Management engine と同じマシンラーニング技術などを使用することで、自動運転に必要な最新情報を判別し、HD マッピング・システムに送信、更新することが数分でできるようになる。これにより、AI 認識に必要な画像データを収集し、幅広いエリアの地図生成の可能性について実証した。**（図 4 ～ 5 参照）**

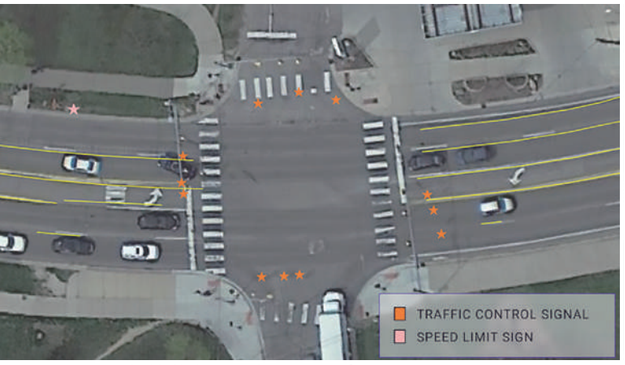


図 4. 郊外道路の標識配置マップ

図 5. 都会の道路レベルの特徴点検知

TRI-AD は、位置特定技術をリードする TomTom International BV.（TomTom）と新たな実証実験を行った。その中で、TRI-AD が集めた AMP の車両データの信頼性を検証し、TomTom のクラウドベースの地図生成プラットフォーム用にデータ形式を変換し、TomTom 独自のアルゴリズムを活用して入力することで、自動運転に必要な車線情報を含む一般道高精度地図の生成と更新に成功した。

（図 6 参照）

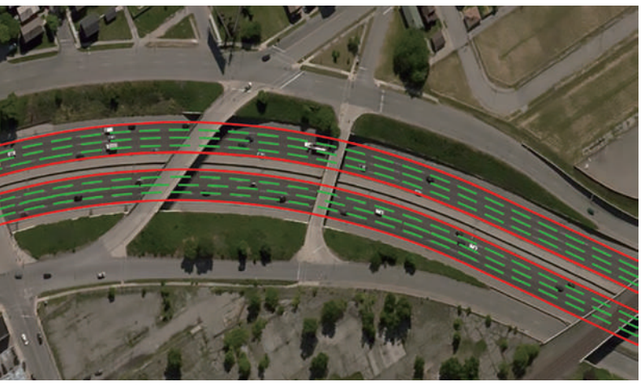


図 6. 高精度地図上でのレーンマーク

TRI-AD は、新たに世界をリードする位置情報データおよび位置情報技術のプラットフォームを提供する HERE Technologies（HERE）との共同実証実験も行い、TRI-AD の車両データの位置誤差を HERE の高度セルフヒーリング技術で補正することにより、自動運転に必要な車線情報を含む一般道高精度地図の生成に成功した。車両データを HERE Platform に入力することで、HERE 独自のアルゴリズムで高精度の一般道地図を自動生成することができる。HD Live Map は既に世界有数の自動車メーカーのレベル 3 自動運転開発プログラムにおいて採用されている。**（図 7 参照）**

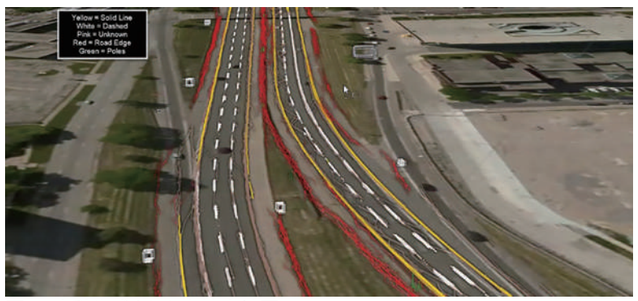


図 7. 自動生成された高精度地図

■パートナー企業について

・トヨタ・リサーチ・インスティテュート・アドバンスト・デベロップメント㈱（TRI-AD）… トヨタがめざす「全ての人に移動の自由を」を実現するための革新的な製品の開発を目的とし、2018 年 3 月に東京で設立。自動運転に関連する新しい技術と、先進的で安全なシステムを世界中の人々に届けることをミッションとしている。トヨタが新たに発表した Woven City においても、スマートシティのデザイン、コネクテッドモビリティ、ロボティクスの技術をトヨタやパートナーと実証。

・ダイナミックマップ基盤㈱（DMP）… 自動運転に求められる正確な自社位置推定及び安全で快適な乗り心地を実現する要となるセンチメーター級の HD マップを整備・提供する会社で、2019 年 4 月に Ushr, Inc. を買収して完全子会社としたことで日本国内のみならず北米でも HD マップの整備・提供を行っている。

・マクサー・テクノロジーズ社（Maxar）… アース・インテリジェンスと宇宙インフラ関連分野におけるパートナーのイノベーター。常に変化する地球の監視を通じて、状況の理解から判断への誘導支援を行うなど、政府および民間の顧客に価値あるソリューションを提供するほか、全世界を対象としたブロードバンド通信環境の提供や、宇宙環境の活用促進などを実施している。日本を含む全世界 30 ヵ国以上の拠点の約 5,800 人のチームメンバーは、宇宙利用の可能性を開拓すべく、様々な利用分野における統合的な機能と専門技術を提供している。

・㈱ NTT データ … 世界 50 ヵ国以上で IT サービスを提供。グローバルな視野と、それぞれの地域、各国のユーザーニーズに合わせた対応力で、コンサルティングからシステムづくり、さらにシステムの運用に至るまで、さまざまなサービスをを提供している。また、NTT データの衛星画像付加価値ソリューション「AW3D」は、全世界を対象に、鮮度の高い三次元地図を提供。NTT データの画像処理技術と AI 技術を掛け合わせることで、広域の高精度地図を短納期・低コストで提供している。

・CARMERA … 業界をリードするロードインテリジェンス企業。車載カメラのクラウドソーシングデータのみを活用して従来の 1/100 のコストを実現。市販車で使用できる完全に再生可能な高精度マップを構築することで、すべての人に安全な自動運転技術を提供することを目指している。北米、ヨーロッパ、中東、アフリカ、アジアの大手自動車 OEM メーカーおよび Mobility as a Service（MaaS）企業と協力し、各特定のセンサーやフォーマットにとらわれないアプローチ、モジュール式マップの作成およびメンテナンスにより、レベル 2（ドライバー主体）からレベル 4（AI システム主体）の自動運転技術をサポートしている。

・TomTom International BV.（TomTom）… 高精細な地図情報、ナビゲーションソフトウェア、リアルタイム交通情報やサービスによるモビリティを形作る独立系の位置情報テクノロジーの専門企業。渋滞や排出ガスのないより安全な世界というビジョンを実現するため、世界が進歩し続けるイノベーティブなテクノロジーを生み出している。TomTom の豊かな経験とテクノロジーにより、コネクテッドカー、スマートモビリティ、自動運転の実現に貢献。アムステルダムに本社を置き 30 ヵ国に拠点を持ち、世界中の何億人もの人々から信頼されている。

・HERE Technologies（HERE）… 位置情報データおよび位置情報技術のプラットフォームを提供する企業。位置情報の力で、人、ビジネス、都市の推進に取り組んでいる。HERE のオープンプラットフォームを通じて、都市のインフラ運営から企業の資産最適化、さらにはドライバーが安全に目的地に到着するところまで、ユーザーにより良い成果を提供している。