

予防安全・自動運転の開発と 実証実験の取り組み

角谷文章*
一杉和夫*
明石陽平*

Development and Experiment of ADAS and Autonomous Driving System

Fumiaki Kadoya, Kazuo Hitosugi, Yohei Akashi

要 旨

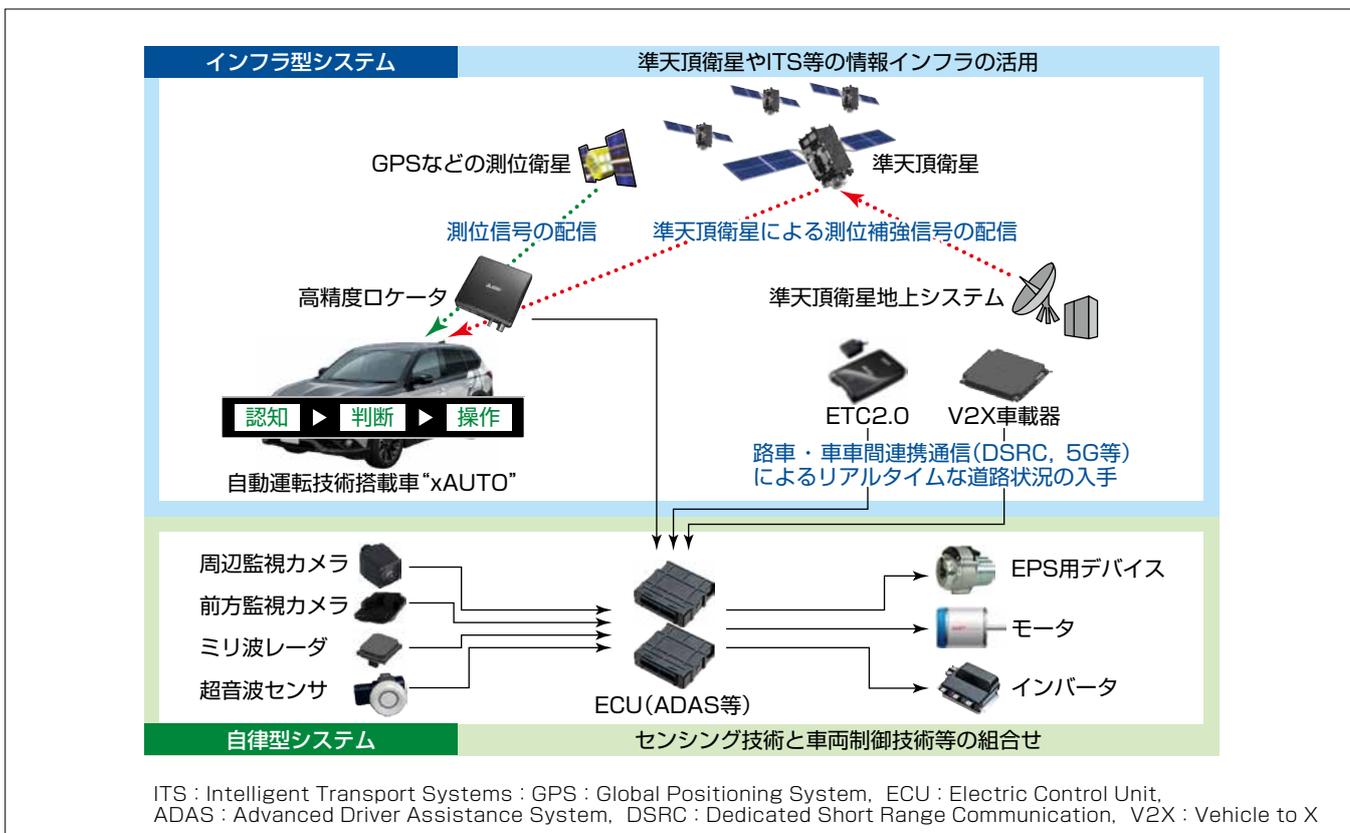
グローバルで官民一体となって実用化を目指している自動運転に関して、日本では2025年に自動化レベル4の実現を目指す指針が政府から示された。この背景の下三菱電機では、予防安全事業を発展させたレーダやカメラを用いた自律型の自動運転技術に加えて、準天頂衛星システム及びITS(高度道路交通システム)を用いたインフラ型の自動運転技術の両面から自動運転の取り組みを推進している。

インフラ型自動運転では、準天頂衛星からセンチメートル級の位置情報を受信し、高精度地図と組み合わせて高精度に自車位置を把握することで自動運転を実現する。トンネルなどの衛星の電波が受信困難な状況では自律型デバイスからの情報や、車両運動系センサから得られる車両状態量から自車位置を推定する複合航法技術を用いることで自車

位置を把握し自動運転の継続を図る。また、路車・車車間通信を用いてダイナミックマップと呼ばれる位置と紐(ひも)付けされたリアルタイムな交通情報を受信し、先読み情報を使った高度な自動運転を実現している。

この自動運転システムを実証実験車“xAUTO(エクスオート)”に搭載して、公道で実証走行をすることで、様々な道路環境でも自動運転が実用可能なことを確認してきた。さらに、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の大規模実証実験に参加し、ダイナミックマップを活用した自動運転高度化の取り組みを進めている。

今後は高度な自動運転システムの実現と実車を用いた実証実験によってシステムのロバスト性と完成度を高め、安全で快適な交通社会の実現のために貢献していく。



インフラ型及び自律型自動運転システム構成

インフラ型システムは準天頂衛星やITS等の情報インフラと高精度ロケータを組み合わせた自動運転システムであり、自律型システムはレーダやカメラ、超音波センサによるセンシング技術と車両制御技術等を組み合わせた自動運転システムである。

インフラ型と自律型両面の自動運転技術を搭載した“xAUTO”による実証実験を通じて自動運転システムのロバスト性や完成度を高めている。

1. ま え が き

近年の自動車産業では“CASE”と呼ばれるキーワードが使われている。“CASE”は、今後の自動車産業の成長に欠かせない技術領域の頭文字がつけられている。その中の“A”はAutonomous：自動運転を指している(残りは、Connected：コネクテッド, Shared & Services：シェアリングとサービス, Electric：電動化を指している)。自動運転技術は、高度化や実用化が進んでいくことが見込まれている。

当社では、独自技術として強みのある高精度衛星測位システムや高精度三次元地図等を活用した“インフラ型”自動運転システム、車載センサ(カメラ、レーダ、ソナー等)を活用した“自律型”自動運転システムを協調させた自動運転システムの開発に取り組んでおり、あらゆる環境で高い安全性と快適性を両立させる自動運転システムの実現を目指している。さらに、自動運転実証実験車xAUTOを開発し、公道での自動運転実証実験を行っている。

本稿では、“インフラ型”と“自律型”を協調させた高度自動運転システムの開発について述べる。

2. 自動運転レベル

自動車の自動運転には、ドライバーの関与度合いや自動運転システムが行う機能によって様々な概念が存在する。内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラム(cross-ministerial Strategic Innovation promotion Program：SIP)の自動走行システム研究開発計画⁽¹⁾では、自動運転レベルの定義として、米国SAE(Society of Automotive Engineers)のJ3016(2016年9月)が採用されている。自動運転レベル定義の概要を表1に示す。また、SIPの自動運転研究開発計画では、2020年を目途にSAEレベル3、2025年を目途にSAEレベル4の市場化を目指すとされている。

3. 準天頂衛星システムの活用

インフラ型自動運転システムは、準天頂衛星システムのセンチメートル級測位補強サービス(Centimeter Level Augmentation Service：CLAS)⁽²⁾を活用する。準天頂衛星システムは、2018年度から正式運用が開始された衛星システムであり、米国のGPSと互換性を持つ測位信号を送信する補強機能と測位精度を向上させる補強信号を日本国内に配信する補強機能を併せ持っている。従来の衛星測位は、GPSなどの全地球航法衛星システム(GNSS)からの

表 1. 自動運転レベルの定義概要⁽¹⁾

レベル	概要	安全運転に係る監視、対応主体
運転者が全て又は一部の運転タスクを実施		
SAEレベル0 運転自動化なし	・運転者が全ての運転タスクを実施	運転者
SAEレベル1 運転支援	・システムが前後・左右のいずれかの車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施	運転者
SAEレベル2 部分運転自動化	・システムが前後・左右の両方の車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施	運転者
自動運転システムが全ての運転タスクを実施		
SAEレベル3 条件付運転自動化	・システムが全ての運転タスクを実施(限定領域内 ^(注2)) ・作動継続が困難な場合の運転者は、システムの介入要求等に対して、適切に応答することが期待される	システム (作動継続が困難な場合は運転者)
SAEレベル4 高度運転自動化	・システムが全ての運転タスクを実施(限定領域内 ^(注2)) ・作動継続が困難な場合、利用者が応答することは期待されない	システム
SAEレベル5 完全運転自動化	・システムが全ての運転タスクを実施(限定領域内 ^(注2) ではない) ・作動継続が困難な場合、利用者が応答することは期待されない	システム

(注2) ここでの“領域”は、必ずしも地理的な領域に限らず環境、交通状況、速度、時間的な条件などを含む。

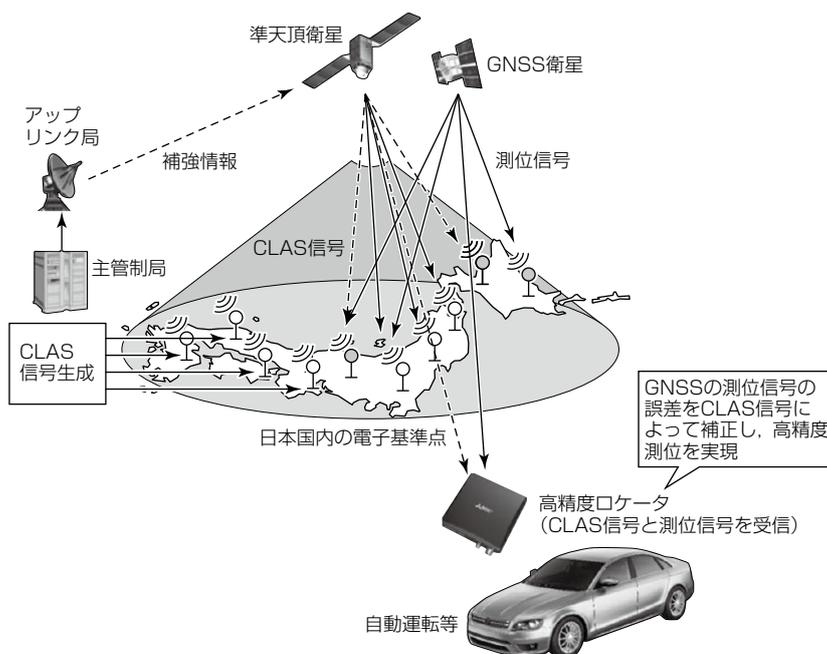


図 1. センチメートル級測位補強サービス

測位信号を利用したものであり、衛星が持つ誤差(衛星軌道・衛星クロック・衛星信号バイアス誤差)と測位する地域による誤差(電離層・対流圏遅延誤差)を含んでおり測位精度は数m程度である。CLASは、国土地理院が設置している電子基準点網を活用して衛星や地域ごとの誤差を補正する測位補強信号を生成し、準天頂衛星経由で配信することでセンチメートル級の測位精度を提供する(図1)。

4. インフラ型自動運転システム

自動車の位置推定にGNSSを活用する場合、高い絶対位置精度が期待できる一方で、道路上の遮蔽物の影響等によ

る信号の途切れや衛星信号の出力遅延などの影響を考慮する必要がある。当社では、慣性センサから得られる車両状態量を用いることで衛星測位信号を補うGNSS/INS(自律航法システム)複合航法の開発に取り組んでいる(図2)。慣性センサは、センサ出力のアベイラビリティ(必ず出力が得られる)や連続性、小さい出力遅延という点で優れている一方、位置誤差が時間とともに拡大することに注意する必要がある。

さらに、ダイナミックマップと呼ばれる高精度三次元地図と高精度衛星測位システムを組み合わせることで、高速道路で車線内での自車の位置まで特定できる。高精度な自車位置の特定と、周辺道路や周辺車両から提供される情報とを合わせることで、高速道路で目的地(目的の高速出口)への車線レベルでのルート設定や車線内の高精度な位置制御車線変更、合流・分流シーンでの自動運転走行への活用が期待できる。

5. 自律型自動運転システム

自動車の運転は、一般的に“認知”“判断”“操作”の機能に分類される。人による運転であれば、前方の道路環境や信号、歩行者等を知覚情報として得て、脳で判断し、手や足で自動車の装置を操作するという行動になる。先に述べた衛星測位システムの活用は、“認知”の機能として自動運転

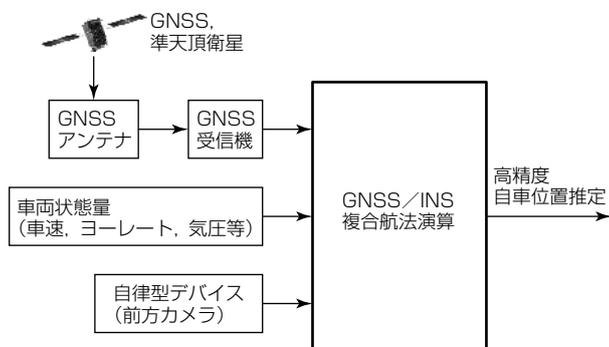


図2. GNSS/INS複合航法

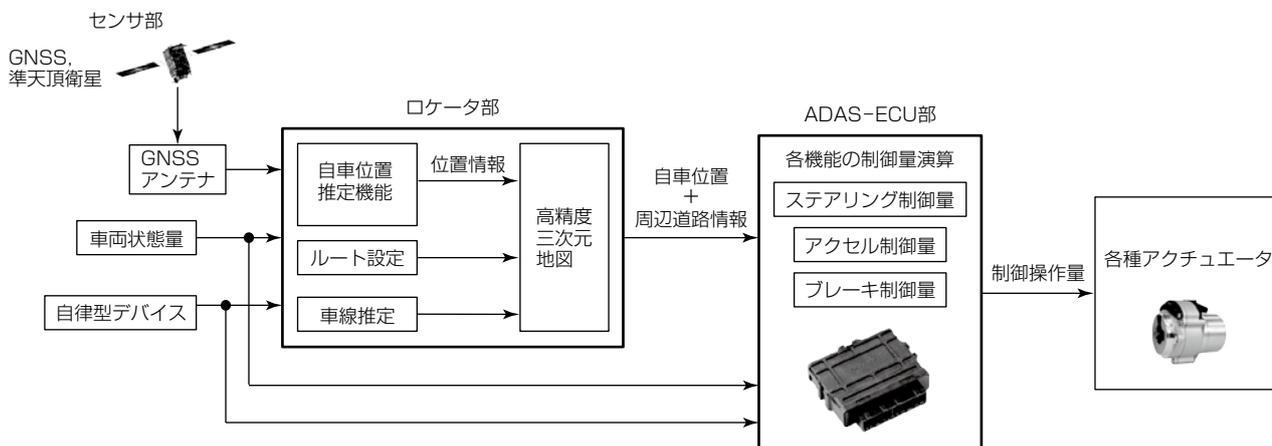


図3. xAUTOの車両制御システム

に用いられる。当社では、自律型デバイスとして、ミリ波レーダ(物体識別機能)、前方監視カメラ・周辺監視カメラ、超音波センサ、ドライバーモニタなどの技術開発にも取り組んでいる。これら自律型デバイスの情報とEPS制御技術や先進運転支援システム制御ユニット(ADAS-ECU)を組み合わせることで自動運転技術につながる高度な運転支援システムを実現している。例えば、前方の歩行者との衝突を避けるための緊急自動ブレーキ、車線維持制御装置、車間距離維持装置、さらには自動駐車システムなどがある。

自動運転実証実験車xAUTOにはこれらの自動運転技術に加えて、乗員へ情報を通知するHMI(Human Machine Interface)装置も備えており、各種自動運転技術の状態を確認できる。

6. 車両制御システム

自動運転実証実験車xAUTOの車両制御システムは、“センサ部”“ロケータ部”“ADAS-ECU部”の三つに分かれる。センサ部は、準天頂衛星受信アンテナや慣性センサ、前方監視カメラやミリ波レーダ等の自律型デバイスを指す。ロケータ部は、衛星による高精度測位結果や車両状態量、道路白線等の道路情報と内部に備える高精度三次元地図を組み合わせることで、地図上の自車位置を高精度に演算し、自車位置情報や目標走行ルート及び道路の速度制限などの周辺道路情報を出力する。ADAS-ECU部は、ロケータ部から受け取った情報と車両状態量及び自律型デバイスの情報から各種運転支援システムのための制御操作量(ステアリング制御量、アクセル制御量、ブレーキ制御量等)を演算し、車両の各種アクチュエータに指令を出す(図3)。

先に述べた自動運転レベルのSAEレベル3以上の自動運転技術では、安全運転のための監視や対応の主体はシステム側におくと定義されており、ADAS-ECU部が安全運転の監視を担う。xAUTOは、インフラ協調型自動運転システムと自律型自動運転システムを搭載し、走行する環境に応じて最適なシステムを選択して自動運転走行を行う。

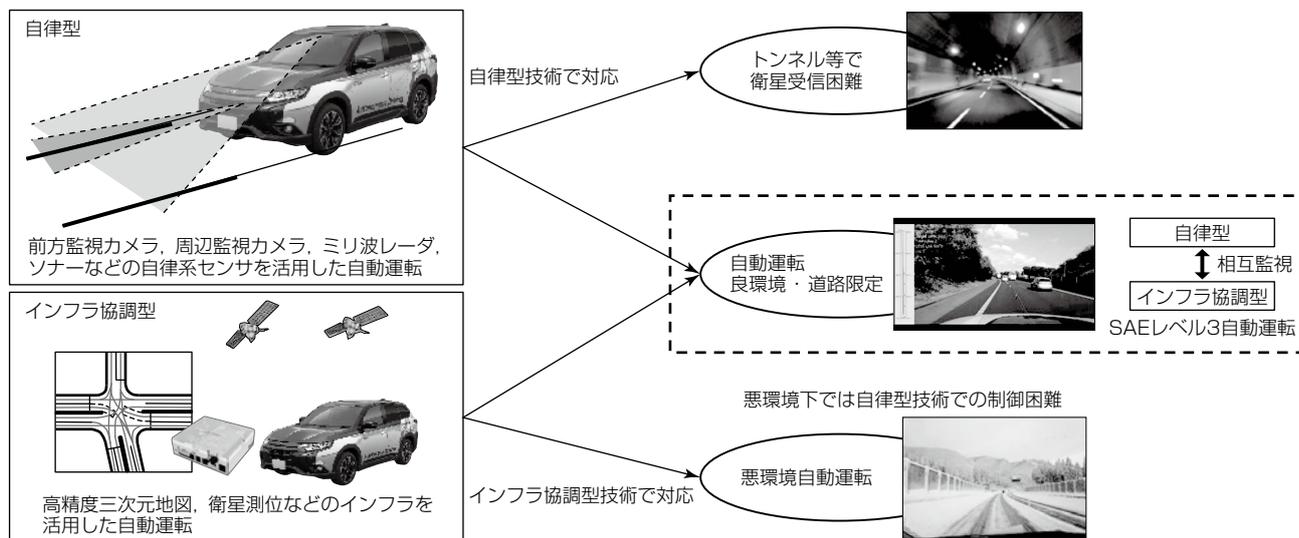


図4. xAUTOの自動運転システム

例えば、良環境では自律型とインフラ型の相互監視による自動運転走行を行う。道路白線が老朽のため薄くなっている場合や積雪のために白線を認識できないような悪環境では、衛星を活用したインフラ型をメインとした自動運転システムによる自動運転走行を行う。また、トンネル走行時は、衛星からの信号を受信できなくなるため、前方監視カメラ等の自律型デバイスによる自律型自動運転システムをメインとした自動運転走行を行う(図4)。

7. 公道実証実験の状況

xAUTOは2017年9月に、試験運用中の準天頂衛星からのCLAS信号を用いた公道実証実験を世界で初めて実施した。また、SIPの大規模実証実験への参画によるダイナミックマップを利用した自動運転や、積雪や吹雪のある視認性の悪い条件下での自動運転を実施し、公道試験を通じてxAUTOの自動運転システムの成立性やロバスト性を確認している。公道実証実験の様子を図5、図6に示す。

8. むすび

“インフラ型”と“自律型”の自動運転技術を組み合わせた自動運転システムの開発について述べた。インフラ型の自動運転システムには当社が強みを持つ準天頂衛星によるCLAS信号を利用している。自律型の自動運転システムには当社が取り組む高度な認知センサ技術を用いている。自動運転実証実験車xAUTOを開発し、公道実証実験で安全性と快適性の両立を確認している。今後は、さらに信頼性を高めて市街地までの高度なSAEレベル2、高速道でのSAEレベル3やエリア限定のSAEレベル4の自動運転システムの実用化に向けて開発を進め、安全で快適な交通社会の実現に貢献していく。



CLAS信号を利用して走行



図5. CLAS信号及びダイナミックマップを利用した自動運転の様子



図6. 視認性の悪い条件下での自動運転の様子

参考文献

- (1) 内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 自動走行システム研究開発計画 (2018) https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf
- (2) 廣川 類, ほか：準天頂衛星システムセンチメートル級測位補強サービス, 三菱電機技報, 91, No.2, 101~104 (2017)