

自動運転に向けた車両制御システム

一杉和夫*
北野弘明**

Vehicle Control System for Autonomous Driving

Kazuo Hitosugi, Hiroaki Kitano

要旨

三菱電機は、2018年から正式にサービスが開始される準天頂衛星を活用した将来の自動運転(レベル3：通常時はシステムが車両を制御)に向けた開発に取り組んでいる。近年では、自動運転への取り組みは自動車メーカーを始め、各種サプライヤー、IT (Information Technology) 業界にもわたっており、自動運転の開発競争が激化している。

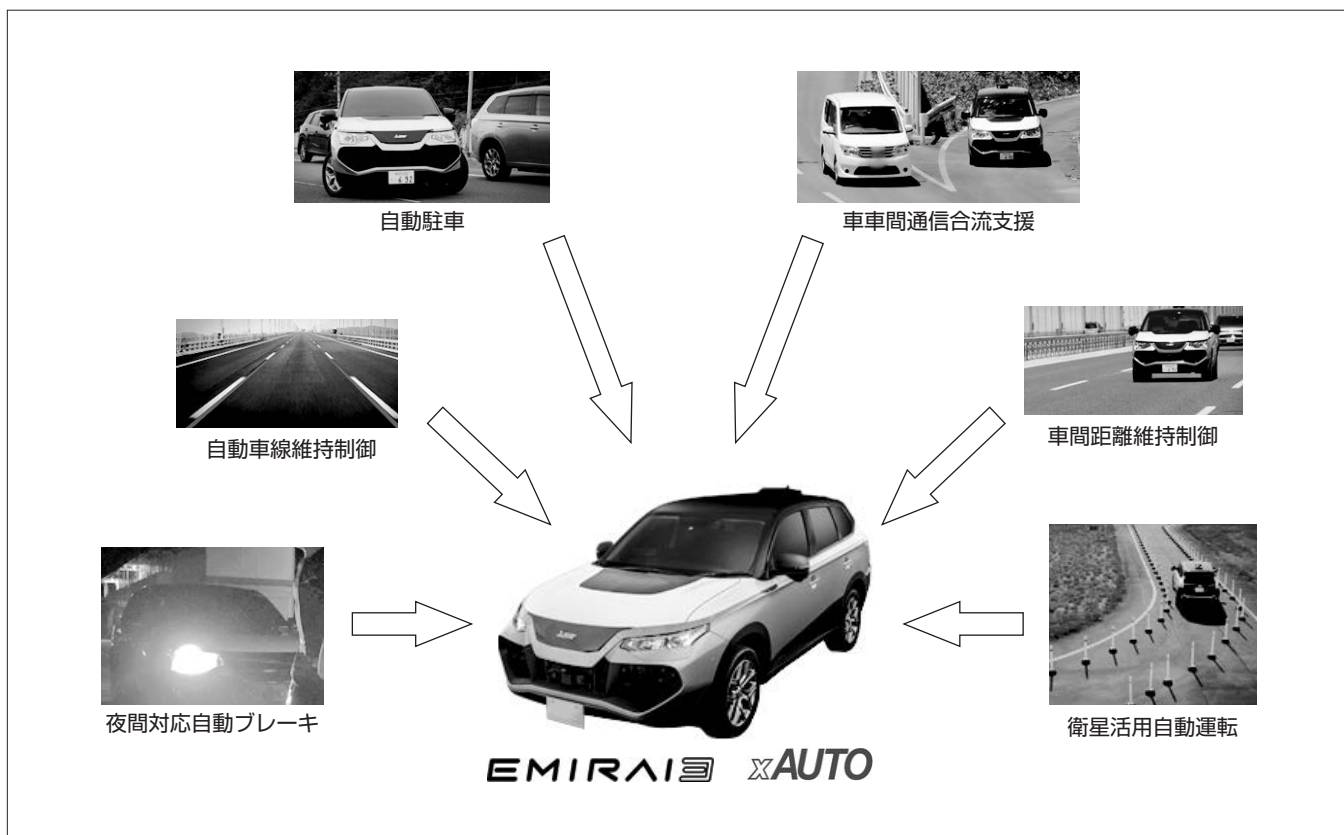
衛星から得られた高精度な自車位置情報、及び高精度地図を用いて目標走行経路を演算して、目標走行経路に沿ってドライバーがハンドル操作、アクセル操作、ブレーキ操作することなく自動走行可能な車両制御システムを開発した。

当社のテストコースでの動作確認では、目標走行経路に

対して平均誤差10cm以下(直進時)の高精度な車両制御を実現していることを確認した。

この衛星情報を活用した自動運転は、東京モーターショー2015コンセプトカー“EMIRAI3 xAUTO(イーミライスリーエックスオート)”にも適用しており、狭路でも自動走行可能である。

今後、自律的な予防安全システムに加えて、インフラとの関係(路車間通信、車車間通信等)を深めることで、更なる自動運転のレベルアップを図っていくとともに、ドライバーに安心感を与えつつ、より信頼性の高い自動運転システム構築に貢献していく。



東京モーターショー2015コンセプトカー“EMIRAI3 xAUTO”

EMIRAI3 xAUTOは、“大切にしたいのは、どんな時でも人を想(おも)うこと”のテーマの下、当社の技術力を結集した“あなたを想う三菱電機の予防安全技術“Diamond Safety””の搭載によって、近未来のクルマに求められる安全と快適を実現する実走行可能な自動運転コンセプトカーである。

1. ま え が き

当社は、2018年から正式にサービスが開始される準天頂衛星を活用した将来の自動運転(レベル3：通常時はシステムが車両を制御)に向けた開発に取り組んでいる。近年では、自動車メーカーを始め、各種サプライヤー、IT業界にわたって自動運転の開発競争が激化している。

本稿では、レベル3の自動運転に向けた取組みとして、衛星情報を活用した自動運転に焦点を絞って述べる。

2. 自動運転のレベル

内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)⁽¹⁾で自動運転レベルが設定されている。設定されている自動運転レベルの定義を表1に示す。レベル1は、“加速・操舵(そうだ)・制動のいずれかをシステムが行う状態”であり、緊急ブレーキやクルーズコントロール等が当てはまり、既に実用化され始めている。レベル2は、“加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態”である。2017年までにインフラ情報を活用した準自動走行システムの市場化を国として目指している。レベル3は、“加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときはドライバーが対応する状態”である。2020年の東京オリンピック・パラリンピックでは、東京でレベル3を実用化すると明記されている。レベル3の実現には、高精度な自車位置情報、高精度地図、インフラ連携等が必要となる。

3. 準天頂衛星システム

準天頂衛星システム⁽²⁾は、日本のほぼ真上を通る準天頂軌道の衛星“みちびき”が主体となって構成されている日本の衛星測位システムである。“みちびき”初号機は2010年に打ち上げられ、2018年度から4機体制(準天頂軌道2機、静止軌道1機を追加打ち上げ)となってサービスが開始される(図1)。さらに、2015年1月に策定された新たな“宇宙基本計画”で、“2023年度をめどに持続測位可能な7機体制での運用を開始する”ことが決定された。

準天頂衛星システムには、次のようなサービスがある。

(1) 衛星測位サービス

GPS(Global Positioning System)と同一周波数・同一時刻の測位信号を送信することで、GPSと一体となって使用して高精度な測位をすることができる。

(2) 測位補強サービス

GPSによる単独測位精度は10m程度であるが、準天頂衛星から送信される独自の補強信号を利用することでサブm級、cm級の測位精度を可能にすると同時に、信頼性が向上する。

(3) 災害・危機管理通報サービス

政府機関からの災害情報、危機管理情報、避難勧告など

表1. 自動運転レベル⁽¹⁾

自動運転レベル	概要	実現するシステム	
レベル1	加速・操舵・制動のいずれかをシステムが行う状態	安全運転支援システム	
レベル2	加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態	準自動走行システム	自動走行システム
レベル3	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときはドライバーが対応する状態		
レベル4	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、ドライバーが全く関与しない状態	完全自動走行システム	



図1. 準天頂衛星

の発令状況を準天頂衛星から送信する。

レベル3の自動走行に向けて、自律的な予防安全システムに加えて準天頂衛星からの高精度位置情報(cm級)を活用することで、安全精度を向上させて車単独では把握できない情報を付加した高度な自動運転を実現できるとともに、信頼性の高い車線維持・変更等の車両制御が可能となる。

4. 車両制御システムの構成

図2に、開発した車両制御システムの構成を示す。

大きく分けて衛星情報受信部、高精度な自車位置情報や高精度地図を用いて目標走行経路を演算するロケータ部、状況判断をして各種アクチュエータへの制御を行うADAS-ECU(Advanced Driving Assistance Systems-ECU)部に分かれる。

衛星情報受信部では、衛星情報を受信するためのアンテナ、及び受信機を備えている。

ロケータ部では、得られた衛星情報から高精度な自車位置情報を演算する。衛星情報の受信タイミング間、及び受信遅れ分はジャイロ情報を用いて自車位置補完演算をしている。演算された自車位置は車両重心位置としているため、アンテナ位置が重心位置と異なる場合は、その距離誤差分も補正演算している。また、自動走行するエリアに関する高精度地図をあらかじめ取得して内部に備えている。高精度な自車位置情報と高精度な地図データから自車の目標走行経路を演算する。地図データは点群として取り扱い、目標走行経路は近似曲線処理を実施している。ロケータ部で演算された自車位置情報や目標走行経路、速度制限情報等をADAS-ECU部へ展開する。

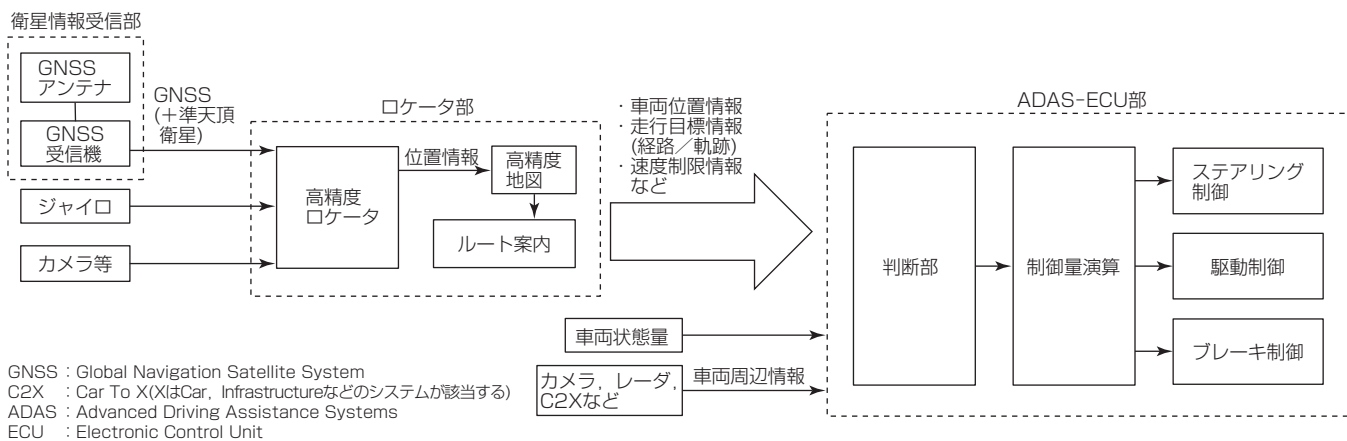


図 2. 車両制御システムの構成

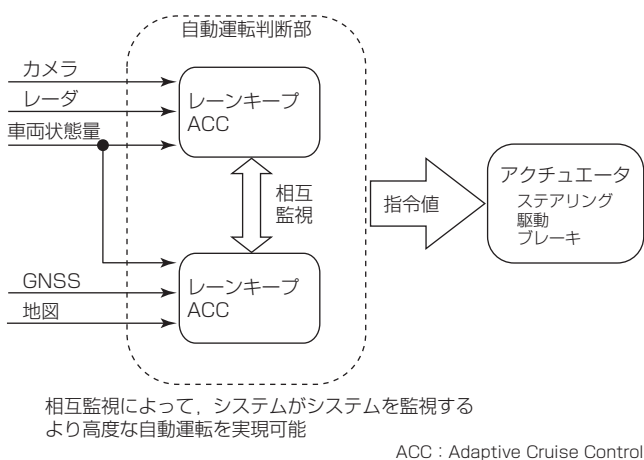


図 3. システム相互監視例

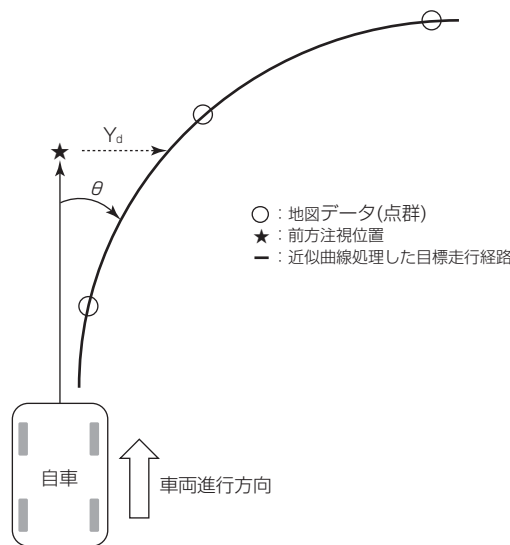


図 4. 車両の横方向制御

ADAS-ECU部では、状況を判断して各アクチュエータに対する制御量を演算して指令する(ステアリング制御, 駆動制御, ブレーキ制御)。

レベル3の自動走行実現に向けて、判断部でシステムがシステムを監視することが求められる。システムで相互監視することによって、より高度な自動運転を実現できる(図3)。

5. 車両制御

車両の横方向の制御には前方注視モデル⁽³⁾を使用する。その概略を図4に示す。数秒後の自車位置となる前方注視位置と近似曲線処理された目標走行経路に対しての横偏差 Y_d 、及び角度 θ 、並びに車両状態量を用いてステアリング制御を実施している。

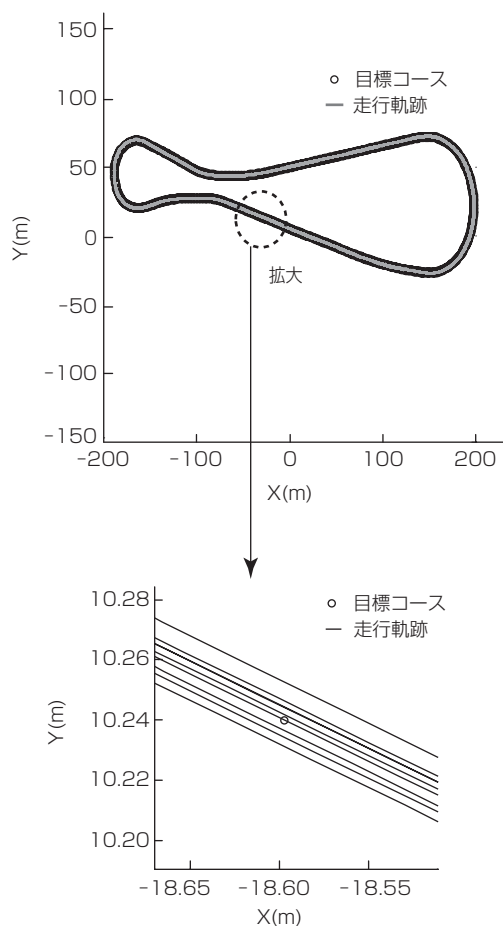
車両の縦方向の制御は駆動制御とブレーキ制御であり、駆動制御では自車の走行速度と地図情報から得られる速度制限情報を比較して速度制御を行う。ブレーキ制御では、緊急時を除いて急減速とならないように(スムーズに減速するように)減速指令値を設定している。また、地図情報に基づいた一時停止動作にも対応している(図5)。



図 5. 交差点での一時停止動作

6. 実機動作確認

当社のテストコースで衛星を活用した自動運転走行結果を図6に示す。図の左側はテストコースを9周走行した全体結果であり、目標コースに沿って走行していることが分かる。図右側は直進走行箇所を拡大した結果である。平均誤差10cm以下の高精度な車両制御を実現していることが確認できる。



平均誤差10cm以下を実現

図6. 衛星を活用した自動運転走行結果(9周)



図7. 東京モーターショー2015コンセプトカーEMIRAI3 xAUTO

実機動作確認に当たり、2018年度から準天頂衛星システムのサービスが開始されるため、衛星測位補強信号を準天頂衛星から実際に受信するのではなく、補正情報配信会社から移動体通信網を利用して受信した。

開発した衛星情報を活用した自動運転は、東京モーターショー2015コンセプトカーEMIRAI3 xAUTO(図7)にも適用しており、図8に示すような狭路や図9に示すような雪道でも自動走行することが可能である。



図8. 狭路での自動走行風景



図9. 雪道での自動走行風景

7. む す び

レベル3の自動運転に向けた取組みとして、衛星情報を活用した自動運転システムの構成や車両制御に関して述べた。今後、自律的な予防安全システムに加えて、インフラとの関係(路車間通信、車車間通信等)を深めることで、更なる自動運転のレベルアップを図っていくとともに、ドライバーに安心感を与えつつ信頼性の高い自動運転システムの構築に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)：SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)自動走行システム 研究開発計画 (2015)
http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf
- (2) 内閣府：準天頂衛星システムについて
<http://www8.cao.go.jp/space/qzs/qzs.html>
<http://qzss.go.jp/index.html>
- (3) 安倍正人：自動車の運動と制御 第2版－車両運動力学の理論形成と応用，東京電機大学出版局，252 (2012)