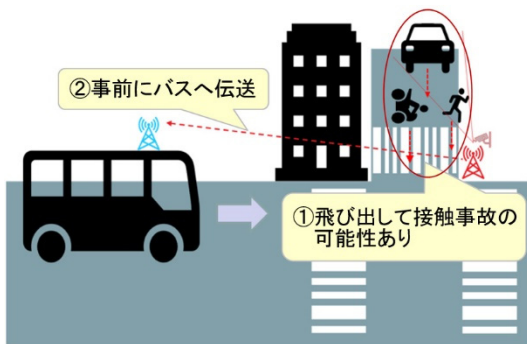


-新しいモビリティ社会に向けたソリューション-

自動運転バス運行の安全性分析及びインフラ支援システム提案

- Solutions for a New Mobility Society -

Proposal for Safety Analysis and Infrastructure Support System of Autonomous Buses



三菱重工業株式会社
GX セグメント
モビリティ営業部

国は自動運転レベル 4(特定条件下における完全自動運転)等の先進モビリティサービスを実現・普及することによって、環境負荷の低減や移動課題の解決並びに国全体の経済的価値の向上に貢献することを期待しており、全国各地で自動運転のプロジェクトが推進されている。

三菱重工業株式会社(以下、当社)には交通システム分野のシステムインテグレーションの実績が多数あり、この知見を活用した安全性分析及びインフラ支援システムの提案を通じて各種プロジェクトで抽出された課題解決を目指しており、本報では、これらの取組みを紹介する。

1. はじめに

自動運転の社会実装に向けて、日本政府は2025年度目途に国内約50箇所にて無人自動運転移動サービスの実現を目指している。政府は自動運転レベル4等の先進モビリティサービスの実現・普及に向けて、“自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト(RoAD to the L4)”を立ち上げ、2023年度は全国約60箇所にて実証実験が行われた。(自動運転レベルについては図1参照)

それら実証実験の結果、リスクアセスメントの実施要領やあるべき姿が定まっておらず、自動運転車両に搭載されたセンサの死角を補うシステムがまだ明確に確立されていないという課題が分かってきた。当社は、自動運転化を進める社会に対し、交通システムの知見を活用した安全性分析及びインフラ支援システムを提案することにより、自動運転の安全のみならず、自動運転サービスの効率的なシステム構築に繋がっていくと考えている。

システムが周辺監視	レベル5	“完全自動運転” 常にシステムが全ての運転タスクを実施
	レベル4	“特定条件下における完全自動運転” 特定条件下においてシステムが全ての運転タスクを実施
	レベル3	“条件付自動運転” システムが全ての運転タスクを実施するが、システムの介入要求等に対して運転手が適切に対応する必要あり
運転者が周辺監視	レベル2	“特定での自動運転機能” 高速道路での自動運転モード等
	レベル1	“運転支援” システムが前後・左右の何れかの車両制御を実施

図1 自動運転のレベル分け

2. 当社が自動運転ソリューションに取り組む意義

2.1 交通システムにおける当社の強み

当社は海外の鉄道プロジェクトにシステムインテグレータとして参画し、APM (Automated People Mover)・AGT (Automated Guideway Transit)^(注)やメトロを多数納入してきた。海外プロジェクトではシステムの建設工事だけでなく、完成したシステムが安全に運行できることの客観的な評価を求められ、その対応についても建設工事と合わせ実績を積んでいる。レベル 4 の自動運転バスの運行にあたり、安全面での評価プロセスや車両を支援するシステムについては、こうした自動運転鉄道プロジェクトで培った経験と技術を生かすことができると考えている(図2)。

(注) 空港ターミナル間や周辺施設への移動用として世界各地で利用されているゴムタイヤ式専用軌道自動運転交通システム

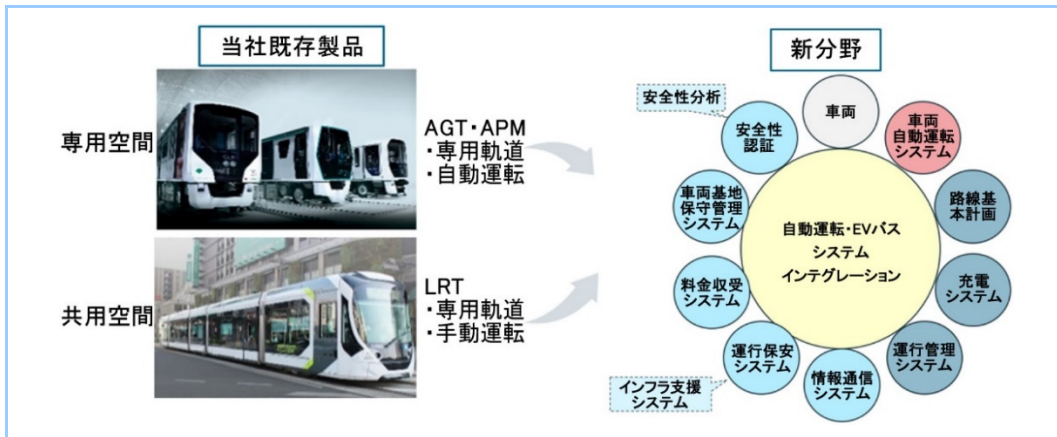


図2 自動運転分野への当社取組みイメージ

2.2 自動運転バスの想定課題と課題解決ソリューション

自動運転バスの運行では、これまでバスの運転手が担ってきた数々の判断や操作を自動運転制御システムが行うことになる。自動運転化により、安全面でシステムに求められる機能の抽出と具体化においては、バス車両のみならずバス停、信号システム等の運行路線も含めたシステム全体の課題検討が必要となる。しかし、前述の通りリスクアセスメントの実施要領が定まっていないため、当社は、自動運転バスの運行で想定されるリスクにつき、車両、路線設備を含めた各々のシステムや天候等の運行条件を抜け漏れなく網羅し、評価を行う手法として、(1)の安全性分析を提案する。また、車両に搭載された自動運転制御システムだけでは捉えられない死角や遠方にある物体の検知を補完する支援システムについても開発を進めており、(2)のとおり提案する。

- (1) 安全性分析(海外メトロ・AGT で実施した分析手法を自動運転バスへ展開):自動運転バスのシステム計画にあたり、安全性についての分析と評価を行いシステムに必要な機能を抽出する。運行開始にあたっては客観的評価の1つとしても使用する。
- (2) インフラ支援システム(海外メトロ・AGT で培った自動運転支援技術を活用し展開):地上側から車両から把握できない道路や沿線上の各種情報を地上に設置したセンサで検出し車両へ伝送することで、自動運転バスの運行において安全性の向上や効率的な走行に繋げる。

3. 安全性分析

3.1 安全性分析の概要

自動運転バスのシステム計画にあたり運行する路線の安全確保を検討する手法として PHA (Preliminary Hazard Analysis)を用いた安全性分析を提案している。PHA では、システム計画段階で各システムにおけるハザードから発生するリスクを想定し、リスクの発生頻度及び深刻度からそれぞれのリスク等級を評価の上、リスク低減策を検討していく。

3.2 安全性分析の特徴

予想されるリスクをある程度定量化し、お客様が受入できないリスクや条件付で受け入れることが可能なリスクに分類でき、それぞれの対策を効果的に検討することができる。また、リスク低減策を施すことで検討当初のリスク等級からどれくらい改善できたかを残存リスクとして表現することができ、改善状況を具体的に表現することが可能となる。

例えば、自動運転車両が検知できない死角からの車両等の飛出しをハザード、飛び出した車両等との接触事故をリスク、インフラ支援システムによる情報伝送をリスク低減策と整理することができる。

3.3 安全性分析の効果

PHA の結果を元に、自動運転バス路線において事故リスクを低減するための自動運転車両や道路設備への要求事項をシステム計画へ反映することで安全性の高い路線の実現が可能となる。また、抽出したリスクとその対策を定量的に視覚化することが可能となるため、自動運転バス路線に係る種々のステークホルダーと安全性に関する認識を共有することが期待できる。これまで提案したお客様からは、経営層を巻き込んだ議論にも活用できると評価頂いている。

4. インフラ支援システム

4.1 インフラ支援システムの概要

自動運転バスの周辺の車両等を路側に設置したカメラで検出し、交差点に進入する自動運転バスへ情報を送信して自動運転の制御に活用する。死角からの飛出し、交差点右折時における対向車検出等で幅広く活用可能な技術である。前述の安全性分析からは自動運転車両に搭載されたセンサだけではリスクが残存しており、実際に死角からの飛出しや見通しの悪い交差点での安全確保について実証実験を行い、リスクの確からしさやリスク対策の必要性を確認した。

自動運転バスが把握しにくい道路の交通状況を、道路側のカメラ画像の情報を AI 解析して自動運転バスへ伝送し、自動運転走行における安全性の向上を目的とする(図3)。例えば、自動運転バスが交差点直進中に脇道から接近して来る車両等の種別・速度・位置情報を、インフラ支援システムが自動運転バスへ伝送することで、自動運転バスは交通状況を把握して安全に走行することができる。

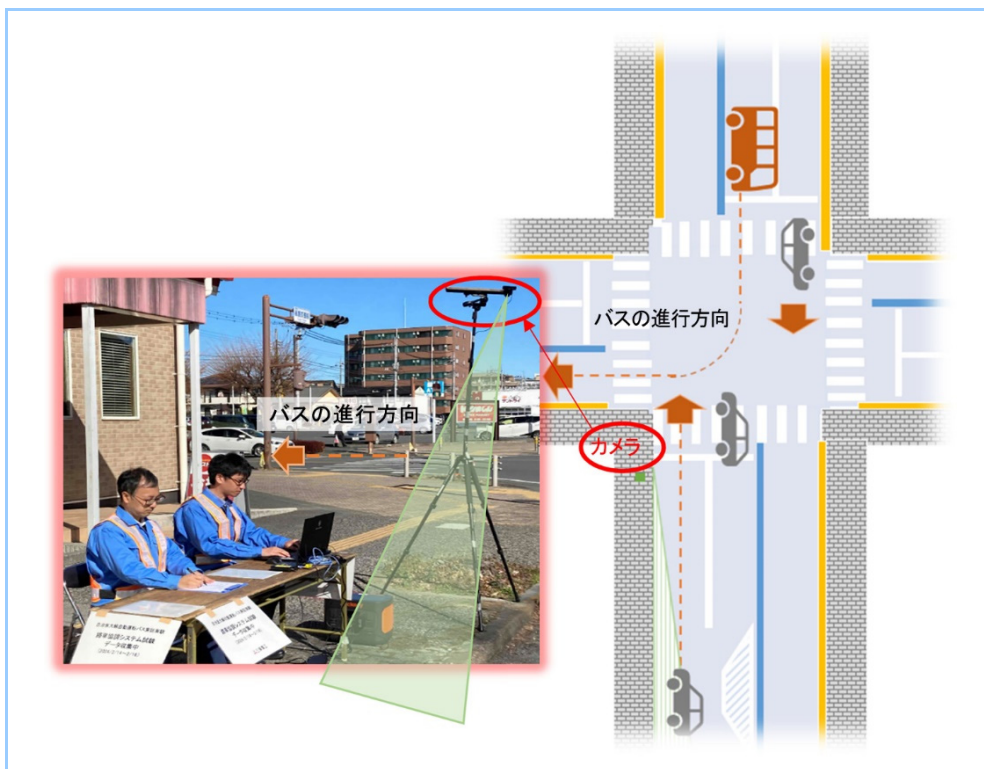


図3 インフラ支援システム実証実験の様子

また、自動運転バスが交差点で右折する際は、右折レーンにて待機中の対向車があると、直進レーンを走行して交差点へ進入する対向車は検知が難しい(図4)。こちらも車両の情報をインフラ支援システムが自動運転バスへ伝送することで、右直事故を未然に防いで安全に右折することができる。

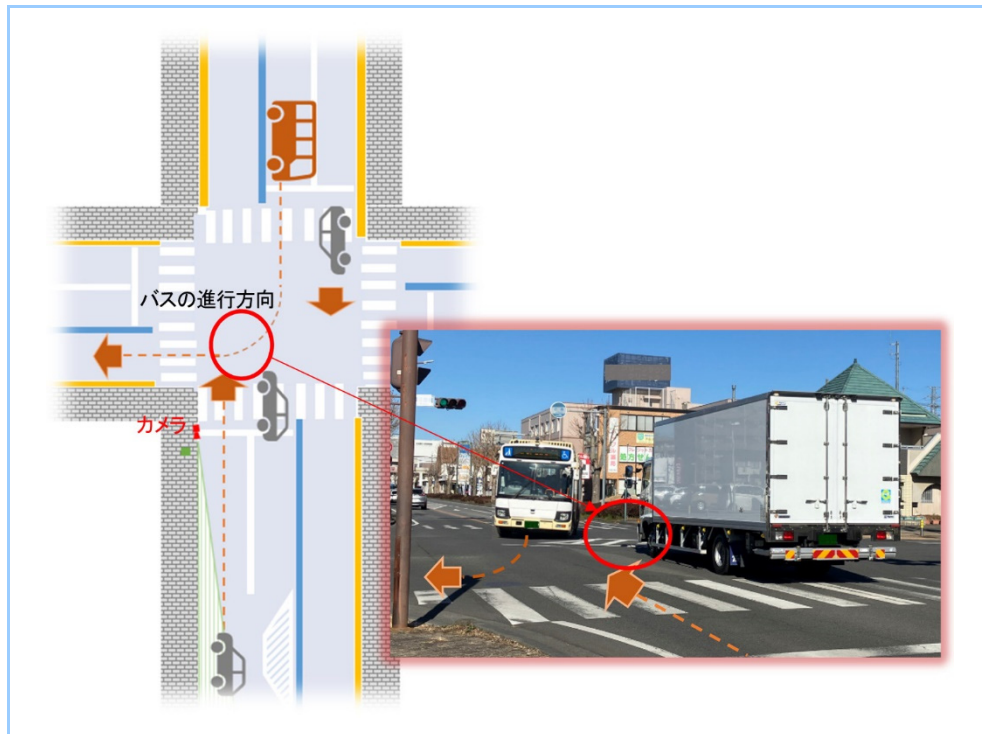


図4 自動運転バスは対向側の右折待ちのトラックで、直進車が見えない(イメージ)

4.2 インフラ支援システムの特徴

道路側の検出センサについては、カメラ、LiDAR やミリ波レーダー等の種類があるが、当社ではカメラを採用することで速度、位置の情報の他、対象物の種別判定の情報を比較的 low コストで自動運転バスに提供することができるシステムを構築した。センシングした検知情報の他、画像データも伝送できるため、自動運転バスだけでなく、運転手が運転するバスへも伝送し、安全運行の向上につなげることが期待できる。

4.3 インフラ支援システムの効果

自動運転バスから死角となる道路上の車両情報や交差点等で横断する歩行者の情報、道路脇を走行するバイクの情報等を提供することで、自動運転車両の運行における安全性の確保に貢献できると考えている。

4. 今後の展開

自動運転バスの安全運行に係る安全性分析及びインフラ支援システムの取組みについて紹介した。これらの手法、システムについては、実証実験への参加等でさらにデータを収集し信頼性を向上させるとともに、自動運転レベル 4 における自動運転バスの実運行へ繋げていきたいと考えている。