

5. ラストマイル自動運転車両システム

5.1 はじめに

5.1.1 活動の背景と目的

2020年度までの限定地域での無人自動運転移動サービスの実現の政府目標達成に向け、地域における移動手段確保に資する自動運転移動サービスの実証実験が全国各地で実施されている。

自動走行ビジネス検討会では、スマートモビリティシステム研究開発・実証事業として最寄の駅・停留所等と自宅等の目的地を自動運転で結ぶラストマイル自動運転（端末交通システム）の社会実装に向けた実証が進められている。

本WGにおいては、ラストマイル自動運転について、関連するプロジェクトの調査、検討項目の抽出等を行いながら、国内におけるラストマイル自動運転車両システムに関する技術的な基本設計書案の策定を検討することとした。

5.1.2 検討項目と活動計画

図5-1の活動計画に沿って活動を行った。

2016年度	2017年度		2018年度		2019年度		2020年度	
'17	'18		'19		'20		'21	
3	4	3	4	3	4	3	4	3
方針すり合わせ	→							
ODD、ユースケース検討	ラストマイル自動運転実現時のユースケース検討 →							
ASVで扱う内容の明確化	基本設計書の対象とするシステムの範囲の明確化 →							
スマートモビリティ実証事業情報収集	専用空間の要件 走行方法の具体化 →		モデル地域での実証 社会受容性の確認 →					
ユースケースに応じた技術的要件検討	ユースケースのピックアップと技術的要件検討 →							
課題抽出					成果まとめに向けた幅広い意見照合 →			
成果まとめ					基本設計書 →		ODD拡張考え方整理 報告書まとめ →	

図5-1 ラストマイル自動運転活動計画

5.2 検討の流れ

5.2.1 用語の定義

検討を進める上で必要となる技術用語について、以下のとおり定義した。

(1) ラストマイル

最寄り駅やバス停と自宅あるいは目的地の間の短距離や特定の敷地内、区域内等比

較的狭い範囲内の移動を指す。書によっては、ラストワンマイル、ファーストワンマイルとも称される。

本基本設計書では、ラストマイルを自動運転により実現する事をラストマイル自動運転と呼び、後述（5.2.2 節）のように特にその運行速度を低速度に限定した車両をラストマイル自動運転車両と呼び、その車両に搭載される制御システムをラストマイル自動運転車両システムと呼ぶ。端末交通システムやスマートモビリティシステムに包含されることもある。

（2）ODD（運行設計領域、Operational Design Domain）

自動運転の機能が作動するように設計されている特定の範囲。書によっては限定領域あるいは走行環境条件とも称される。

（3）MRC（ミニマルリスクコンディション、Minimal Risk Condition）

自動運転の機能異常等で安全に走行できない事象が発生した場合に対処として最終的に車両が目指す安全状態。一般的には事故リスクが十分低い状況での停止状態を指す。

（4）MRM（ミニマルリスクマヌーバ、Minimal Risk Maneuver）

安全に走行できない事象が発生した場合の対処として、MRC に至るまでの車両運動制御。

（5）DDT（動的運転タスク、Dynamic Driving Task）

車両の運転に際しリアルタイムで行う必要がある全ての操作上及び戦術上の機能。戦略上の機能は含まれない（図 5-2）。ここで操作上の機能（Operational functions）とは、操舵による横方向の車両運動制御や加減速による縦方向の車両運動制御等を指す。戦術上の機能（Tactical functions）とは対象物・事象の検知や応答等を指す。また、戦略上の機能（Strategic functions）とは運行するかしないか、いつ、どこへ、どういった行程で、などの調整や選定を指す。

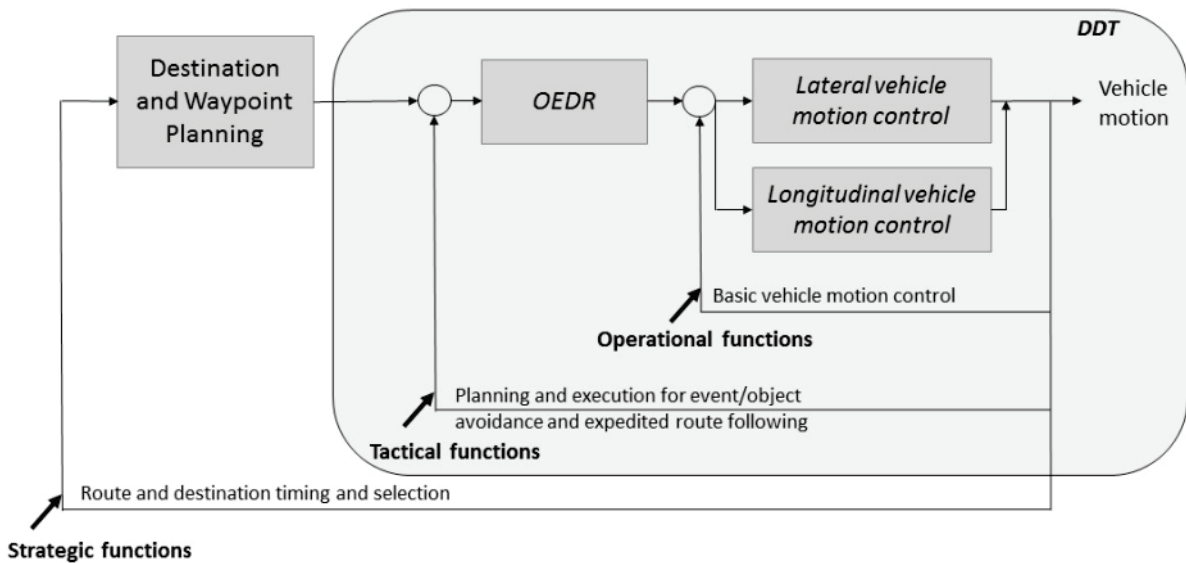


図 5-2 動的運転タスク部分を示す運転タスクの概略図（出典：SAE J3016）

（6）機能的走行空間

運行の関係者が必要性に応じてインフラ等を整備することで、該当車両が走行する環境において、DDTを支援する空間。ODDへの考慮が必要である。また、インフラ等の整備には自動運転車両の経路を表示することも含まれ、これにより他の交通参加者に対し注意を喚起する。

具体的には電磁誘導線、磁気ネイルの敷設、路面への経路の表示がある。海外の例ではCitymobil2での優先レーンなどがある。

（7）乗客・乗員

本基本設計書において、乗客は車両の利用者であり乗員は車両に搭乗し運行に従事する運転者以外の者を指し、いずれもDDTは行わない者とする。

（8）遠隔監視・操作者

自動車から遠隔に存在する者が電気通信技術を利用して車両動作を監視し、必要に応じその運転操作を行うことができるシステム（遠隔型自動運転システム）を用いて、自動車から遠隔に存在し、監視・操作をする者をいう。

（9）運行管理をする者

乗員や遠隔監視・操作者等のラストマイル自動運転の運行管理に携わる者をいう。

5.2.2 「ラストマイル自動運転」の特徴

議論を進めるにあたり、比較的新しい概念である「ラストマイル自動運転」についての認識の共有が必要であった。そこで下記のように「ラストマイル自動運転」を定義し、検討を進めた。

- (1) 自動運行装置搭載車両
(SAE 自動運転レベル4 車両も参照可能なものとする。)
- (2) ワンマイル程度の狭く限定された移動範囲を前提とした ODD
- (3) 主に物流／移動サービス／地域公共交通等に用いられる

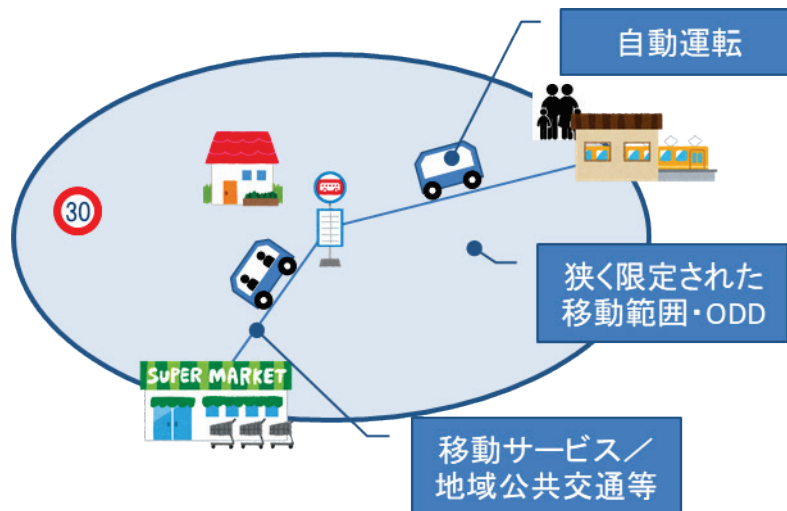


図 5-3 ラストマイル自動運転による移動サービスのイメージ

また、上記の定義に従って、検討上のポイントとなる特徴を、下記のようにまとめた。

表 5-1 検討上ポイントとなる特徴

「ラストマイル自動運転」の定義	検討上ポイントとなる特徴
自動運行装置搭載車両	(SAE 自動運転レベル4 の性能を有する車両の場合) ・システムによる DDT 継続困難な場合には、システムが自動的に MRC を達成することが必要。 ・ODD 内において、車両内がドライバレス状態での走行が可能。
ワンマイル程度の狭く限定された移動範囲を前提とした ODD	・地理的に限定された範囲内を走行。 ・一走行距離が比較的に短いため、速度を上げる必要性がない。 ・低速走行とすることで、衝突事故発生時のリスクを大幅に削減できる。 ・低速走行とすることで、障害物検出範囲等の性能要件の緩和が可能。 ・低速走行とすることで、「速やかな停止」による MRC 達成が可能 ・低速走行のため、歩行者との親和性が高い。 ・走行経路を事前に設定 (Pre-defined route) することで、想定すべきユースケースを限定できる。 ・将来的にはインフラ等を積極的に整備することで「機能的専用空間」とできる可能性がある。
主に物流／移動サービス／地域公共交通等に用いられる	・運行条件や走行経路について、運行管理する者による一定レベルでの管理が可能。

5.2.2 スコープの検討

先述の定義に従っても、「ラストマイル自動運転」はある特定の装置や機能を指すものではないため、議論のポイントを絞りにくい面があった。このため、ASVの活動として扱う内容の明確化につとめた。検討の結果、車両に搭載されたシステムが動的な運転タスクをおこなうにあたっての技術的要件を、主な検討対象とした。

国内で実施されているラストマイル自動運転の実証においては、低速で乗降ドア等も備えない簡素なカート型車両が利用されることも多いが、「自動運転の実現に向けたASVの推進」に資する観点から、それら車両そのものの諸元等については議論の範囲には含めないこととした。

また、運転の高度な自動化にはV2I（路車間通信）やダイナミックマップなどの交通インフラが果たす役割は大きく、特にラストマイル自動運転では地理的に限定された範囲内で事前に設定された経路を走行するためインフラ整備を積極的に活用しやすいとの特性があるが、本WGにおいては主に車両側に搭載されたシステムが担う技術的要件に絞って検討を進めることとした。

5.2.3 実証事例の調査

検討にあたっては、国の実証プロジェクトの1つである「ラストマイル自動走行事業」を参照した。

福井県永平寺町については、線路跡の町道「参（まい）ろーど」（図5-4）を活用し、小型自動運転カートにて参ろーどを往復（片道約6km）するルートの実証実験が2018年度から実施されている。

参ろーどは自転車歩行者専用道であり、特に荒谷～志比の区間は一般公道との交差点もなく、道路脇には物理的な柵も設けられており、想定すべきユースケースが非常に限定された走行経路である。一方、東古市～荒谷の区間には一般公道との交差点が12ヶ所あり、道路脇の柵も少ない。

したがって、自動運転（レベル3、4）での走行は、まずは新谷～志比の区間からの活用が想定される。



図 5-4 福井県永平寺町「参ろ一ど」

5.3 基本設計書の作成

5.3.1 方針

自動運転の導入初期には、多様な種類の自動運転車が、異なる地域特性を有する地域において異なる ODD の下で導入されることが予想されるため、個別具体的な利用シーンごとに安全性のアセスメントが必要となると考えられる。

そのため、本基本設計書においては「ラストマイル自動運転」と称せられる形態に共通的に考慮しておくべき ODD と、様々な組み合わせが考えられる走行環境や運用

方法の中でも代表的な利用シーンを想定した ODD とを、それぞれ記載することとした。後者においては、線路跡等の限定された走行空間での往復路のみでの運行等、限定の度合いが非常に高く早期活用が考えられる利用シーンについてまとめることとした。

技術的要件については、2020 年 4 月に策定された自動運行装置に係る道路運送車両の保安基準への適合性確保を念頭に、先述した個別具体的な利用シーンである線路跡等の限定された走行空間での往復路を想定した ODD の下で、記載することとした。また、早期の活用を想定する観点から、SAE 自動運転レベルは 3 と 4 のいずれともなり得ることを想定した。これらは先述したようにあくまで代表的な事例であり、異なる地域、異なる ODD、異なる種類の自動運転車に対する考え方を限定するものではない。

国土交通省が策定した「自動運転車両の安全技術ガイドライン」や「限定地域での無人自動運転移動サービスにおいて旅客自動車運送事業者が安全性・利便性を確保するためのガイドライン」についても照会し、前者に対する準拠や後者を車両側として担保すること等を企図した。制動能力ほか走行安全上車両に求められる基本的な車両要件は、道路運送車両法の保安基準に準拠していることを前提とした。

5.3.2 概要

図 5-5 に基本設計書の概要を記す。

近い将来に実現が見込まれる利用シーンを念頭に、その走行環境（場所、走行速度、天候等）を具体例としてまとめるとともに、当該走行環境を走行する車両について、自動運転車の安全基準への適合性確保にあたって設計時に留意すべきポイントを規定している。

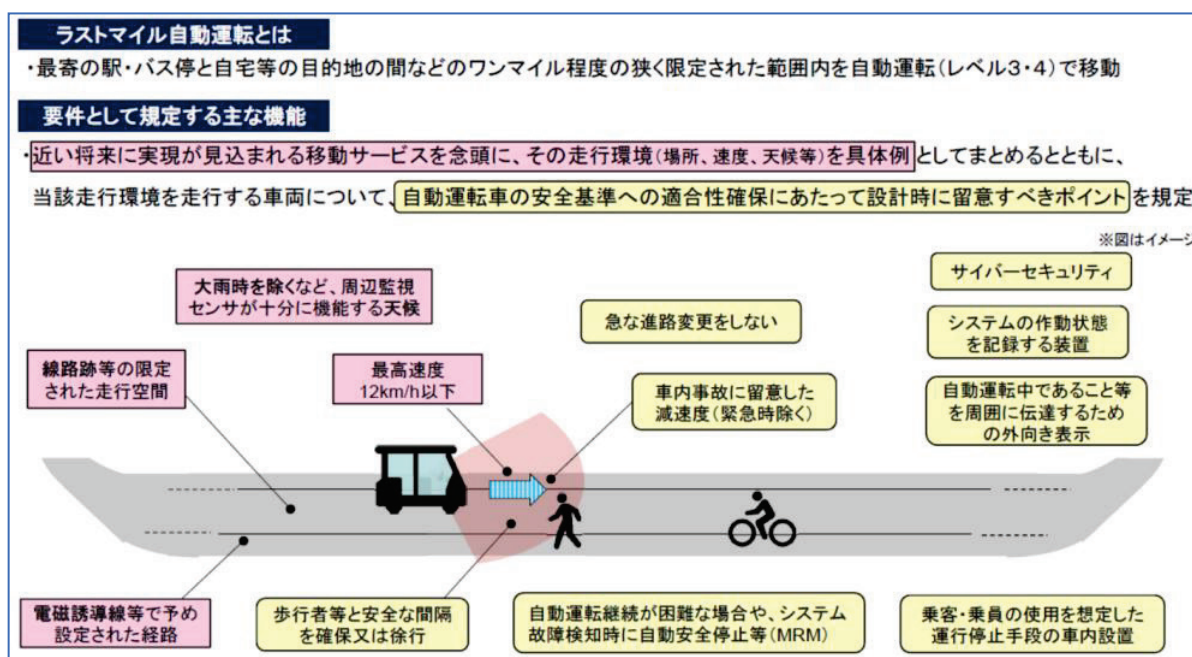


図 5-5 国土交通省発表資料より

【ラストマイル自動運転において共通的に考えられる走行環境】

- ・道路の幅員が大きく、通過交通が少なく、または周囲車両との速度差が小さい道路を走行
- ・事前に相応の検討を経て設定された経路（pre-defined route）のみを走行
- ・最高速度 30km/h 以下で走行
- ・実際に走行が想定される天候環境下で安全に物流／移動サービス等に供することが可能であることを事前に十分確認した上で走行 等

【走行環境の具体例】

- ・線路跡等の限定された空間を走行
- ・電磁誘導線等で予め設定された経路を走行
- ・最高速度 12km/h 以下で走行
- ・大雨時を除くなど、周辺監視センサーが十分に機能する天候のみ走行 等

【設計時に考慮すべき主なポイント】

- ・歩行者等と安全な間隔を確保し又は徐行すること
- ・急な進路変更をしないこと
- ・車内事故に留意した減速度で減速すること（緊急時除く）
- ・自動運転継続が困難な場合や、システム故障検知時には自動安全停止等を行うこと
- ・乗客・乗員の使用を想定した運行停止手段を車内に設置すること
- ・自動運転中であること等を周囲に伝達するための外向き表示を備えること
- ・サイバーセキュリティシステムについて代替の安全確保策が講じられることを前提に基準緩和認定制度の活用を可能とすること 等

5.3.3 代表的な検討事項

ここでは、本WGにおいて特に慎重に議論を重ねた事項について、その検討内容を記載する。

5.3.3.1 ラストマイル自動運転において共通的に考えられる ODD

5.3.3.1.1 走行速度

基本設計書へは下記のように記載した。

当該車両の走行速度は 30km/h 以下を対象とする。

ラストマイル自動運転車両は運行速度を低速度に限定するが、具体的な数値は事故時の影響等を踏まえたゾーン 30 という国際的に存在している環境設定に準拠することとした。

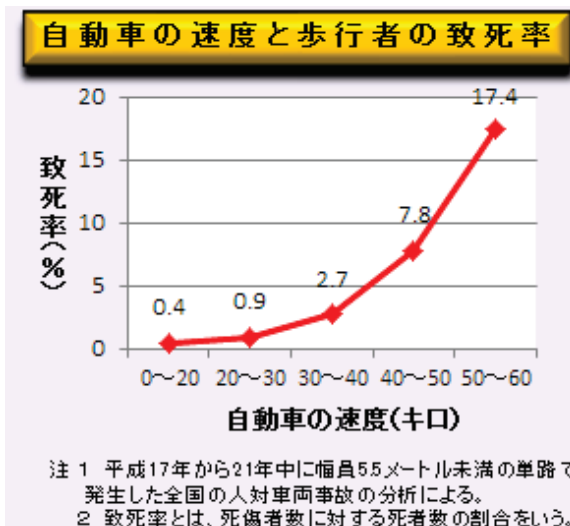


図 5-6 出典：警察庁「ゾーン 30 の概要」

走行速度	環境選定の前提
~30km/h	輸送効率が高く比較的長距離移動が現実的となる一方で、安全に関するリスクが課題となる
~20km/h	走行経路ごとに適切な速度制御を行えば、比較的様々な輸送ケースに対応が可能であると考えられる
~10km/h	本質的に安全性が高く、より細やかな輸送ニーズに応えられる可能性がある一方で、既存輸送の代替にはなりにくい

図 5-7 走行速度に関するWGでの議論

5.3.3.2 技術的要件

5.3.3.2.1 運行停止手段

基本設計書へは下記のように記載した。

車室内に、乗客、乗員が使用することを想定して運行停止手段を備えること。車内に運転者または乗員のいずれも乗車せずに運行する場合は、運行管理する者による車室外からの運行停止を可能とする手段も備えること。

本要件は、例えば、強盗・放火等の犯罪行為の場合に乗客・乗員が使用する、走行経路の近傍で火災発生があった場合に運行管理をする者が使用する、等の非常時の使用を想定したものである。特に車室外からの運行停止については、運行をする者が車内に存在する時と同等の安全性を確保できることに留意しつつ、さまざまな停止方法の可能性を踏まえた表記とした。

5.3.3.2.2 MRM

基本設計書へは下記のように記載した。

システムが DDT 継続困難と判断した場合には、速やかに制動をかけ、走行を停止すること。その際、後方を含む周囲の交通参加者に対し十分な情報提示をおこなうことが望ましい。

システムが DDT 継続困難と判断しなければならない場合とは、

- (1) 走行環境が設定された ODD を逸脱した場合、及び逸脱しそうな場合
 - (2) センサーの故障等、自動運転に支障のあるシステムエラーを検出した場合
 - (3) II の設計時の留意点・確認事項中の②の運行停止手段が行使された場合
- である。

【解説】

道路交通法において、「車両は、人の乗降又は貨物の積卸しのため停車するときは、できる限り道路の左側端に沿い、かつ、他の交通の妨害とならないようにしなければならない。」とされており、路肩の状況に応じて、運行管理する者が車両に代わってできる限り道路の左側に沿うように移動しMRCを達成させることも考えられる。なお、MRC達成にあたって留意すべき事項には、万が一走行経路上で立ち往生している自動運転車両があったとしても、追突リスクが高まるような実勢交通状況ではないこと、容易に同車両を回避できるように道路環境にも余裕があること、などが考えられる。

MRC達成後の乗客への対応は、運行管理する者に抛る対応と言える。対応の例としては運行管理する者が現場へ駆けつける、あるいは運行管理する者が遠隔での車両操作手段を用いる、などが考えられるが、こうした点についても「限定地域での無人自動運転移動サービスにおいて旅客自動車運送事業者が安全性・利便性を確保するためのガイドライン」（令和元年6月付）等を参照できることから、本基本設計書においては規定しない。

5.3.3.2.3 緊急車両への対応

基本設計書へは下記のように記載した。

車両は、緊急車両の走行を妨げないこと。

まず緊急車両の接近を検知することができるかどうかについては以下の議論があった。すなわち、欧州ではナビ画面上に緊急車両接近を表示することが検討されており、一方で現在国内においては明確な手段があるわけではないが、運行管理センターから緊急車両接近の連絡を受けることは可能と考えられる。

また、検知後に車両がとりうる挙動としては以下の議論があった。すなわち、ODDが「事前に設定された走行経路上」である自動運転車にとって、一般車両と同じように右や左に寄って道を譲ることは、およそ現時点ではハードルが高い。

上記の議論を受け、具体的に備える手段や方法の記載は除いた表現とした。

5.3.4 ラストマイル自動運転車両システム基本設計書の目次

1. はじめに
 - 1.1 本基本設計書の位置づけ
 - 1.2 用語の定義
 - 1.3 「ラストマイル自動運転」の特徴
 - 1.4 技術的要件検討にあたっての考え方
2. 共通のODD
 - 2.1 道路条件・地理条件
 - 2.1.1 対象道路

- 2.1.2 走行経路
- 2.2 環境条件
 - 2.2.1 時間的制約
 - 2.2.2 天候による制約
- 2.3 走行条件
 - 2.3.1 走行速度
- 2.4 機能的専用空間
- 3. 具体的な ODD の事例
 - 3.1 ODD 事例その 1 : (線路跡等の限定された走行空間での往復路の場合)
 - 3.1.1 道路条件・地理条件
 - 3.1.2 走行経路
 - 3.1.3 環境条件
 - 3.1.4 走行条件
 - 3.1.5 その他
- 4. 技術的要件

5.4 ODD 拡張の考え方

ODD の組み合わせ自由度は大きく、事前に全てを網羅することは考えにくい。そのため基本設計書の策定にあたっては、早期活用が期待される「線路跡等の限定された走行空間での往復路」を代表的な事例として記載する形をとったのは先述のとおりである。

今後も、実証実験の実施状況等を踏まえ、基本設計書が必要とされる領域（実用化が近いユースケース）から順次、事例を追加して拡張していくこととした。イメージを図 5-8 に示す。

2. 無人自動運転サービスの実現及び普及に向けたロードマップ^②

- 実証実験を行う事業者へのヒアリング等を通じて、各類型に当てはまるサービス形態の事例を整理。



自動走行ビジネス検討会「自動走行の実現に向けた取組方針」Version 4.0 より

図 5-8 ODD 拡張のイメージを追加

なお、本WG内の議論では、ODD の要素を拡張した場合に技術的要件が質的に変化する境界に着目してまとめては、という提案もあった。今後 ODD を拡張する際、検討の余地がある点を申し添える。