

道路構造単位に着目したブロックベース型ODD定義手法の提案と 各ODD定義に応じた安全対策の指針

—ラストマイル自動運転移動サービスの安全性確保に向けて—

創発戦略センター コンサルタント 逸見 拓弘

目 次

1. 背 景

- (1) ラストマイル自動運転移動サービスの実装を目指す意義
- (2) ラストマイル自動運転移動サービスの実装に向けた現状
- (3) 一般道でラストマイル自動運転移動サービスの実装を目指すにあたっての課題
- (4) ODD定義に関する海外・国内での先行検討

2. 道路構造に着目したブロックベース型ODD定義手法の提案

- (1) 道路構造単位でODDを定義するメリット
- (2) 道路構造単位でODDを定義するブロックベース型ODD定義手法の提案
- (3) 道路構造単位でのODD定義の考え方
- (4) ブロックベース型ODD定義手法の適用例

3. 道路構造単位のODD定義に応じた安全対策の指針

- (1) 安全対策の考え方
- (2) 交通事故リスクの類型化
- (3) ODD範囲内で予見される交通事故リスクの類型化の例
- (4) 安全対策の検討が求められる交通事故リスクの考え方
- (5) 安全対策の検討において重要な二つの視点

4. ブロックベース型ODD定義手法・安全対策に関する展望の今後の課題

- (1) 便益と展望
 - A. 既存の地域交通にもたらす便益
 - B. 車載システムの負担軽減の可能性
- (2) 今後の課題
 - A. 道路ブロックの分割の仕方
 - B. 隣接道路ブロックとの境界条件の考慮
 - C. 道路インフラ整備の費用負担者

要 約

1. 高齢化の進展に伴い、地域における住民の移動手段に係る課題が顕在化している。この社会的課題の解決手段として期待されているのが、「ラストマイル自動運転移動サービス」の実装である。
2. 政府も、その社会的意義を踏まえラストマイル自動運転移動サービスの実装に期待を寄せている。政府による関連法令の整備も後押しとなり、2021年3月、福井県で、運転自動化レベル3相当のラストマイル自動運転移動サービスの本格運行が開始された。福井県のサービスは、廃線跡という限定空間を対象としたサービスだが、政府は「2025年度までに多様なエリアで、多様な車両を用いたレベル4無人自動運転サービスの40カ所以上実現」を目標に掲げており、今後は限定空間だけでなく一般道のような混在空間でのラストマイル自動運転移動サービスの実装も目指されていくものと考えられる。
3. 一般道でのラストマイル自動運転移動サービスを実現するための最大の課題は、運行設計領域（Operational Design Domain、以下「ODD」）の定義手法と、定義したODDの範囲内においてどこまでのリスクが許容されるのかといったリスクの考え方・基準の問題である。現状では、“リスク”に対する業界共通の考え方・基準がないため、自動運転システム事業者は自動運転車両の安全設計の道筋を見出せずにいる。
4. 本論文では、一般道を対象としたラストマイル自動運転移動サービスにおけるODD定義手法を提案し、実装への道筋を示す。また、定義したODDの範囲内において合理的に予見されるリスクの考え方を示し、そのリスクに対する安全対策の指針を示す。
5. 本論文で提案する手法では、自動運転車両の走行経路を道路構造単位でブロック分割し、道路ブロックごとにODDを定義する。つまり、走行経路を道路構造単位でブロック分割し、分割された各道路ブロック単位に対して1対1対応でODDを定義していくことで走行経路全体のODDを定義する。
6. 上記手法は、道路ブロック内で予見される交通事故リスクを類型化しやすいという利点を有しており、予見される交通事故リスクに対して安全対策を講じることで、安全性確保を実現できる。
7. 予見される交通事故リスクに関する安全対策の検討方針は、二つの視点で進めるべきである。一つは、自動運転車両システム側の安全対策を検討する視点であり、もう一つは、道路インフラ側の安全対策を検討する視点である。前者だけでは防ぎきれない交通事故の発生を想定すると、後者の検討も重要である。
8. とくに、道路インフラに安全対策を講じることは既存の地域交通の安全性の向上という便益ももたらす。また、ブロックベース型のODD定義を基礎として自動運転システムの開発を検討することは、自動運転システムの効率化に繋がる可能性がある。

9. 一方で、ブロックベース型ODD定義手法には、道路ブロックをどこまで細分化すべきなのか、隣接ブロックとの境界条件をどのように考慮すればよいのか、といった課題は残される。また、道路インフラに安全対策を講じる場合、少なからず行政の協力や費用負担が必要になるという難しさもある。今後、自動運転車両を使用した公共交通を社会が受け入れていくにあたり、行政はどこまで費用負担すべきか、その合意形成も残された大きな課題である。

1. 背景

(1) ラストマイル自動運転移動サービスの実装を目指す意義

高齢化の進展に伴い、とくに地方の人口減少や過疎化が進む地域における住民の日常の移動手段に係る課題が深刻になっている。近年では、高齢者の交通事故の増加などもあり、運転免許返納者数は増加傾向にある。自ら移動手段を持たない高齢者の増加は、地域内の近距離移動にさえ課題を抱える移動弱者の増加を意味している。さらに、人口減少や過疎化が進む地域の中には、コロナ禍の影響以前から利用者減少により採算が悪化していることに加え、高齢化による運転手不足も進み既存の地域公共交通の維持すら難しくなっている地域も存在する。

このような社会的課題の解決手段として期待されるのが、運転者が不在となるSAE運転自動化レベル4相当の自動運転移動サービス（以下、「ラストマイル自動運転移動サービス」）である。無人の自動運転車両が自宅付近から最寄りの駅やバス停といった地域内の交通結節点へ輸送するサービスが実装されれば、地域内の近距離の移動弱者が抱える問題の解決に繋がる。また、維持が難しくなっている路線バスの無人自動運転化が実現すれば、運転手不足で維持が困難になりつつある既存の地域公共交通の維持も可能となる。

(2) ラストマイル自動運転移動サービスの実装に向けた現状

政府も、その社会的意義を踏まえラストマイル自動運転移動サービスの社会実装に期待を寄せており、関連の制度整備を進めている。

2020年4月に道路運送車両法、道路交通法が改正施行され、一定の要件を満たせば、SAE International定義の運転自動化レベル3相当の自動運転車両による公道走行が可能となった（国土交通省自動車局 [2019] [1]、警察庁 [2019] [2]、SAE International [2016] [3]、JASO テクニカルペーパー [2018] [4]）。また、2020年11月には、道路法が改正施行され、自動運転車を補助する施設（磁気マーカ等）を道路付属物（民間事業者の場合は占有物件）として位置付け、自動運転車両の走行空間に関する規定の制度整備も進められている（国土交通省道路局 [2020] [5]）。

（図表1）道路運送車両法の改正点

改正点	概要
保安基準対象装置への自動運行装置の追加	保安基準の対象装置に「自動運行装置」を追加 自動運行装置が使用される条件（走行環境条件）を国土交通大臣が付すこととする
自動車の電子的な検査に必要な技術情報の管理に関する事務を行わせる法人の整理	電子的な検査の導入に伴い、自動車の検査における電子的な基準適合性審査に必要な技術情報の管理に関する事務を（独）自動車技術総合機構に行わせる
分解整備の範囲の拡大及び点検整備に必要な技術情報の提供の義務付け	事業として行う場合に認証が必要な「分解整備」の範囲を、対象装置の作動に影響を及ぼすおそれのある整備等に拡大、名称を「特定整備」に改正 自動車製作者等から、特定整備を行う事業者等に対し、点検整備に必要な型式固有の技術情報を提供することを義務付け
自動運行装置等に組み込まれたプログラムの改変による改造等に係る許可制度の創設等	自動運行装置等に組み込まれたプログラムの改変による改造等である、その内容が適切でなければ自動車が保安基準に適合しなくなるおそれのあるものを電気通信回線の使用等により行う行為等に係る許可制度を創設 許可に関する事務のうち技術的な審査を（独）自動車技術総合機構に行わせる
その他	自動車の型式指定制度における適切な完成検査を確保するため、完成検査の瑕疵等の是正措置命令等を創設 自動車検査証の電子化（ICカード化）、自動車検査証の記録等事務に係る委託制度を創設

（資料）国土交通省自動車局 [2019] [1] より日本総合研究所作成

(図表 2) 道路交通法の改正点

改正点	概 要
自動運行装置の定義等に関する規定の整備	道路運送車両法に規定される自動運行装置を「自動運行装置」として定義同装置を使用して自動車をを用いる行為は「運転」に含まれる旨規定
自動運行装置を使用する運転者の義務に関する規定の整備	自動運行装置が使用される条件（国土交通大臣が付する走行環境条件）を満たさない場合には、同装置を使用した運転を禁止。条件外となった場合に直ちに適切に対処できる状態であるなどの場合に限り、携帯電話使用等禁止（安全運転義務への乗せ）規定の適用を除外
作動状態記録装置による記録等に関する規定の整備	作動状態の確認に必要な情報を記録するための装置による記録及び保存を義務付け整備不良車両と認めるときは、警察官が記録の提示を求められることができる旨規定

(資料) 警察庁 [2019] [2] より日本総合研究所作成

(図表 3) 運転自動化レベルの定義

運転自動化レベル	概 要	操縦主体	運行設計領域 (ODD)
運転者が一部又は全部の動的運転タスク (DDT) を実行			
レベル 0 運転自動化なし	運転者がすべてのDDTを実行	運転者	無し (適用外)
レベル 1 運転支援	システムが縦方向又は横方向のいずれかの車両運動制御のサブタスクを限定領域のODDにおいて実行	運転者	限定領域
レベル 2 部分運転自動化	システムが縦方向及び横方向両方の車両運動制御のサブタスクを限定領域において実行	運転者	限定領域
自動運転システムが (作動時は) 全てのDDTを実行			
レベル 3 条件付運転自動化	システムが全てのDDTを限定領域において実行 作動継続が困難な場合は、システムの介入要求等に適切に応答	システム (作動継続が困難な場合は運転者)	限定領域
レベル 4 高度運転自動化	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を限定領域において実行	システム	限定領域
レベル 5 完全運転自動化	システムが全てのDDT、及び作動継続が困難な場合への応答を無制限に実行	システム	あらゆる領域

(資料) SAE International [2016] [3]、JASO テクニカルペーパー [2018] [4] より日本総合研究所作成

(図表 4) 関連用語の定義

語 句	定 義
操縦主体	認知、予測、判断および操作の行為を行う主体
動的運転タスク (DDT; Dynamic Driving Task)	道路交通において、行程計画ならびに経路地の選択などの戦略上の機能は除いた、車両を操作する際に、リアルタイムで行う必要がある全ての操作上および戦術上の機能。 以下のサブタスクを含むが、これらに制限されない。 1) 操舵による横方向の車両運動の制御 2) 加速及び減速による縦方向の車両運動の制御 3) 物及び事象の検知、認識、分類、反応の準備による運転環境の監視 4) 物及び事象に対する反応の実行 5) 運転計画 6) 照明、信号及び身ぶり手ぶりなどによる被視認性の向上
運行設計領域 (ODD; Operational Design Domain)	ある自動運転システム又はその機能が作動するように設計されている特定の条件 (運転モードを含むが、これには限定されない)。 注1: 運行設計領域は、地理的、道路面の、環境的、交通の、速度上の、および/または時間的な制約を含んでもよい。 注2: 運行設計領域は、一つ又は複数の運転モードを含んでもよい。

(資料) 首相官邸 [2020] [6] より日本総合研究所作成

運転者が存在しないレベル 4 相当の自動運転の実現には、道路交通法の更なる改正が必要となるものの、ラストマイル自動運転移動サービスが実装可能な制度整備は着実に整えられつつある。

こうした政府による制度整備も後押しとなり、2021年3月には、福井県で遠隔監視・操作型の自動運

行装置を備えた運転自動化レベル3相当のラストマイル自動運転移動サービスの本格運行が開始された(産業総合研究所 [2021] [7])。とくに、福井県のサービスは、廃線跡という限定空間をODD(「ODD」の定義は図表4を参照)としていることに特徴を有している。限定空間内では他の交通参加者の進入が制限されるため、走行空間の安全性確保をしやすかったことも一因となり、本格運行の実現に繋がった。

一方で、政府は、「2025年度までに多様なエリアで、多様な車両を用いたレベル4無人自動運転サービスの40カ所以上実現」を目標に掲げている(経済産業省 [2021] [8])。今後は、廃線跡のような限定空間のODDだけでなく、一般道のような混在空間のODDでのラストマイル自動運転移動サービスの実装も目指されていくとみられる。

(3) 一般道でラストマイル自動運転移動サービスの実装を目指すにあたっての課題

一般道でラストマイル自動運転移動サービスを実現するための最大の課題は、どのようにODDを定義すれば良いのかというODD定義の手法と、定義したODDの範囲内においてどこまでのリスクが許容されるのかというリスクの考え方・基準に関する課題である。

例えば、交通ルールに違反した交通参加者が自動運転車両に衝突するリスクについてもゼロにはできない。このようなリスクも許容しないという判断をしてしまうと、自動運転車両は前にも後ろにも自動走行できなくなってしまう。せめて手動運転車両の走行時に想定されるのと同程度のリスクに関しては自動運転車両にも許容されるべきなど、一定のリスクに関する考え方・基準が必要といえる。

国土交通省は、2018年に公表した「自動運転車の安全技術ガイドライン」において、「『許容不可能なリスクがないこと』、すなわち、自動運転車の運行設計領域(ODD)において、自動運転システムが引き起こす人身事故であって合理的に予見される防止可能な事故が生じないこと」を自動運転車両システムの性能として求めている(国土交通省自動車局 [2018] [9])。とくに、一般道のような混在空間では、複雑な道路構造・付帯設備で構成された空間内を多様な交通参加者が往来するため、前述の廃線跡のような限定空間よりも様々なリスクが予見される。自動運転車両システムを開発する事業者は、様々なリスクに対して“合理的に予見される防止可能な事故”が生じないように安全設計をしていくことが求められているのである。

しかし、現時点では、政府は、ODD定義手法やリスクを合理的に予見する考え方・基準をそれ以上具体的には示していない。現状では、“リスク”に対して共通の考え方・基準が存在しないため、自動運転システム開発に携わる事業者は、どのようにODDを定義し、どのような考え方・基準でリスクを考慮して自動運転車両の安全設計をしていけば良いのか、その道筋が見出せずにいる。

(4) ODD定義に関する海外・国内での先行検討

ODDの定義に関しては、海外・国内で一部の先行検討が進められている。

アメリカに本拠を置き、自動車関連の標準規格の開発等を担う専門組織SAE Internationalの関連団体であるSAE ITCは、2020年4月に「AVSC Best Practice for Describing an Operational Design Domain: Conceptual Framework and Lexicon」を公表し、ODD定義において考慮すべき項目とODD記述方法のベストプラクティスを示している(SAE ITC [2020] [10])。

(図表 5) SAE ITCのODD定義概要

分類	定義	項目例
天候環境条件	自動運転車両の機能に影響を与える可能性がある気象条件	気温、降水、霧、空、照度、太陽、風
道路表面状態	路面表面の状態	補修状態、路面標示、路面状態、非静的道路障害物
道路構造	物理的な道路構造	道路網、経路、視距、勾配、曲率、交差点、区域、交通管制
運用上の制約	走行環境に関する条件のうち、天候環境条件以外の条件	混雑、運用時間、区域
道路利用者	周囲の交通参加者	自動車、自転車、歩行者、交通機関、トラック、バイク、小型モビリティ、車椅子
非静的物体	走行環境内に存在する、道路構造物や動的物体以外の物体	—
通信	車間通信、路車間通信、GNSS、基地局などとの通信	車両管理、通信障害

(資料) SAE ITC [2020] [10] より日本総合研究所作成

また、英国規格協会 (BSI) も、2020年 8 月に「Operational Design Domain (ODD) taxonomy for an automated driving system (ADS)-Specification」を公表し、「景色」「走行環境条件」「動的物体」に注目してODDを分類、記述する手法を示している (BSI [2020] [11])。

(図表 6) BSIのODD定義概要

分類	定義	項目例
景色	道路や信号など、走行環境下における静的要素	ゾーン、運転可能エリア、交差点、特殊構造、固定道路構造物、仮設道路構造物
環境条件	天候や大気の状態	天候、微粒子、照度、通信
動的物体	交通や周辺車両など、ODDにおける動的な要素	交通、周辺車両

(資料) BSI [2020] [11] を基に日本総合研究所作成

日本政府も、国土交通省自動車局が2020年 7 月に「ラストマイル自動運転車両システム基本設計書」を公表し、ラストマイル自動運転移動サービスにおいて考慮すべき共通のODDを示している。さらに、本資料では、限定空間におけるODD事例も記されている (国土交通省自動車局 [2020] [12])。

(図表 7) 国土交通省のODD定義概要

大分類	小分類	内容
道路条件、地理条件	対象道路	自動車専用道を除き、広く公道を対象とするが、安全な社会実装を進める上で、道路の幅員が大きく、通過交通が少なく、また、周囲車両との速度差が小さい道路を走行することが望ましい。
	走行経路	当該車両は、事前に相応の検討を経て設定された経路 (pre-defined route) のみを走行することとする。
環境条件	時間的制約	システムに使用するセンサの特性上、走行を昼間に限定するなど、用いられるセンサに依存する個別具体的なODDの内容は、事前に相応の検討を経て決定するものとする。
	天候による制約	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すること。
走行条件	走行速度	当該車両の走行速度は 30km/h以下を対象とする。
機能的走行空間	—	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。他の交通参加者に対し、自動運転車両の経路を表示することで、注意を喚起することも有用である。

(資料) 国土交通省自動車局 [2020] [12] を基に日本総合研究所作成

3文献ともODD定義にあたり考慮すべき条件として、道路の物理的条件、気象時間帯などの環境条件、その他動的条件、等を取り上げている。一方で、これら文献では、ODDを定義するにあたり考慮すべき抽象的な条件の言及に留まっており、一般道という混在空間を自動走行させるにあたっての具体的なODD定義手法や、ODDの範囲内において合理的に予見されるリスクに対しての考え方・基準等には言及していない。

もし、一般道という混在空間を自動走行するにあたっての具体的なODD定義手法と、ODDの範囲内において合理的に予見されるリスクに対しての業界共通の考え方・基準があれば、自動運転システム開発に携わる事業者はその物差しに沿った安全設計の検討ができるようになるため、実装への道筋も見出しやすくなる。

そこで、本論文では、一般道という混在空間を対象としたラストマイル自動運転移動サービスにおけるODD定義手法を提案する。また、定義したODDの範囲内において合理的に予見されるリスクの類型化に関する考え方を示し、そのリスクに対する安全対策の指針を示す。

2. 道路構造に着目したブロックベース型ODD定義手法の提案

(1) 道路構造単位でODDを定義するメリット

廃線跡を代表例とする限定空間では、他の交通参加者の進入は制限される。また、道路構造は、単路が連続的に続いている構造になっている。このように、極端に限定された条件のODDの範囲内の場合には合理的に予見されるリスクも限定されるため、安全設計も比較的検討しやすい。

一方で、混在空間では、限定空間と比較して非常に様々なリスクが予見される。なぜなら、混在空間では廃線跡などの限定空間と異なり、多様な交通参加者の存在が想定されるためである。また、道路構造も、単路だけでなく交差点も存在する構造になっており、自動運転車両が交差点を右左折する場合もあるためである。したがって、一般道では、限定空間とは異なるODDの定義の仕方が必要であり、そのODD範囲内において予見されるリスクを洗い出す手法が必要となる。

一般道でのODD定義を考えるにあたり、“道路構造単位”に着目してODDを定義する考え方は非常に有用となる。例えば、一般道の「単路」を想定し、ODDを定義するにあたり着目すべき点を考えてみる。ガードレール・中央分離帯が設けられている幹線道路とガードレール・中央線が設けられていない生活道路の「単路」では交通参加者が異なるため、両者は別々にODDを定義すべきであろう。一般道の「交差点」も、信号機の有無、一時停止標識の有無、横断歩道の有無などの道路構造の特徴に応じて、それぞれ別々にODDを定義すべきであろう。

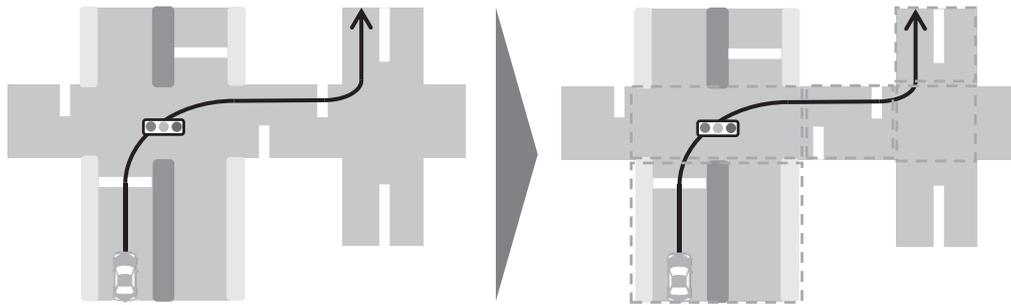
このように、「単路」や「交差点」といった“道路構造単位”を変数としてODDを定義していくと、合理的に予見されるリスクも洗い出しやすくなる。したがって、本論文では、“道路構造単位”に着目し、道路構造の特徴に応じてODDを定義する手法を提案する。

(2) 道路構造単位でODDを定義するブロックベース型ODD定義手法の提案

本論文では、自動運転車両の走行経路を道路構造単位でブロック分割し、道路ブロックごとにODDを定義するブロックベース型ODD定義手法を提案する。図表8に、走行経路を道路構造単位でブロッ

ク分割するイメージを示す。道路構造の特徴に応じて分割された各道路ブロックのそれぞれに対してODDを定義していく。各道路ブロックのODD定義の組み合わせにより走行経路全体のODDの定義がされるため、本手法をブロックベース型ODD定義手法と呼ぶ。

(図表 8) 走行経路を道路構造単位でブロック分割するイメージ

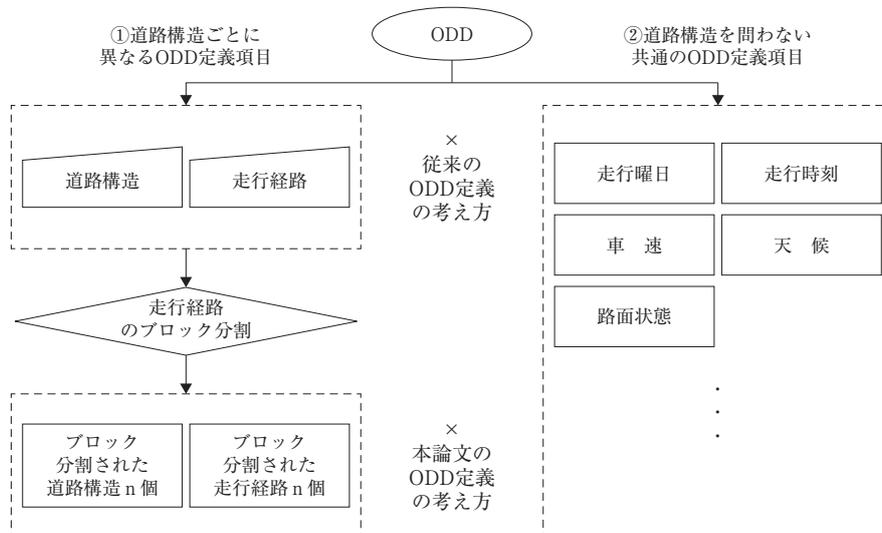


(資料) 日本総合研究所作成

(3) 道路構造単位でのODD定義の考え方

道路構造単位でODDを定義するにあたり、各道路ブロックにより異なるODD定義項目と、道路ブロックを問わず経路全体で共通したODD定義項目を、場合分けして考える必要がある。例えば、道路構造や付帯設備等は、道路ブロックごとに異なるODD定義項目となる。一方、運行の曜日時間帯や天候条件は、道路ブロックを問わず経路全体で共通したODD定義となる。したがって、ブロックベース型ODD定義手法では、図表9のようにODD定義項目を「①道路構造ごとに異なるODD定義項目」と「②道路構造を問わない共通のODD定義項目」に分類し、前者の①については、走行経路を道路構造単位にブロック分割して定義する。

(図表 9) 本論文におけるODD定義の考え方



(資料) 日本総合研究所作成

① 道路構造ごとに異なるODD定義項目

道路構造ごとに異なるODD定義項目は、「道路構造」と「走行経路」に分類する。ブロックベース型ODD定義手法では、「道路構造」と「走行経路」をブロック分割し、「i. ブロック分割後の道路構造×ii. ブロック分割後の走行経路」の組み合わせで道路ブロックごとにODDを定義していく。

i. ブロック分割後の道路構造のODD定義項目

ブロック分割後の道路構造のODDは、図表10に示した項目の組み合わせで定義する。また、図表10の右列にODD定義の例を示している。

(図表10) 道路構造のODD定義項目

項目	ODD定義の例
道路形状	①交差点の場合 ✧ 交差点 (T字路) ✧ 交差点 (Y字路) ✧ 交差点 (十字路) ✧ 交差点 (その他) ②単路の場合 ✧ 単路 (トンネル・橋) ✧ 単路 (カーブ・屈折—右—上り) ✧ 単路 (カーブ・屈折—右—下り) ✧ 単路 (カーブ・屈折—右—平坦) ✧ 単路 (カーブ・屈折—左—上り) ✧ 単路 (カーブ・屈折—左—下り) ✧ 単路 (カーブ・屈折—左—平坦) ✧ 単路 (直線—上り) ✧ 単路 (直線—下り) ✧ 単路 (直線—平坦) ✧ 単路 (その他)
車道幅員	①交差点の場合 (自動運転車両の進入側幅員×交差側幅員) ✧ 小 (5.5m未満) × 小 (5.5m未満) ✧ 大 (5.5m以上) × 小 (5.5m未満) ✧ 小 (5.5m未満) × 大 (5.5m以上) ✧ 大 (5.5m以上) × 大 (5.5m以上) ②単路の場合 ✧ 小 (5.5m未満) ✧ 大 (5.5m以上)
点灯信号機	✧ 点灯信号機が存在 ✧ 信号機が点滅 ✧ なし (信号が消灯、信号が故障、信号なし)
一時停止規制	✧ 一時停止標識 ✧ 一時停止表示 ✧ なし
中央分離帯施設など	✧ 中央分離帯 ✧ 中央線が存在 ✧ なし
歩車道区分	✧ ガードレール、防護柵 ✧ 縁石、ブロック等 ✧ 路側帯が存在 ✧ なし

(資料) 日本総合研究所作成

ii. ブロック分割後の走行経路のODD定義項目

ブロック分割後の走行経路のODDは、直進/追越・追抜、右折、左折といった自動運転車両の進路で定義する。

(図表11) 走行経路のODD定義項目

項目	ODD定義の例
車両進路	◇ 直進/追越・追抜 ◇ 右折 ◇ 左折

(資料) 日本総合研究所作成

② 道路構造を問わない共通のODD定義項目

道路構造に注目しないODD定義に関しては、第1章で述べた通り国内外で様々な既往検討がされている。したがって、本論文では、道路構造を問わない共通のODD定義項目に関しては新たなODD定義手法を提唱せず、既往研究で挙げられている代表的なODD定義項目と定義例を図表12に記すのみに留める。ODD定義のより詳細な記述方法・表現方法については、第1章で述べたSAE ITCやBSIの文献を参考にされたい。

(図表12) 道路条件によらない共通のODDの定義例

項目	定義例
走行曜日	◇ 月・火・水・木・金・土・日・祝日
走行時刻	◇ 開始時刻-終了時刻
車速	◇ 最低0 km/h~最大XXkm/h
天候	◇ 晴、曇、雨、霧、雪
路面状態	◇ 舗装-乾燥、湿潤、凍結、積雪、非舗装
・	・
・	・
・	・

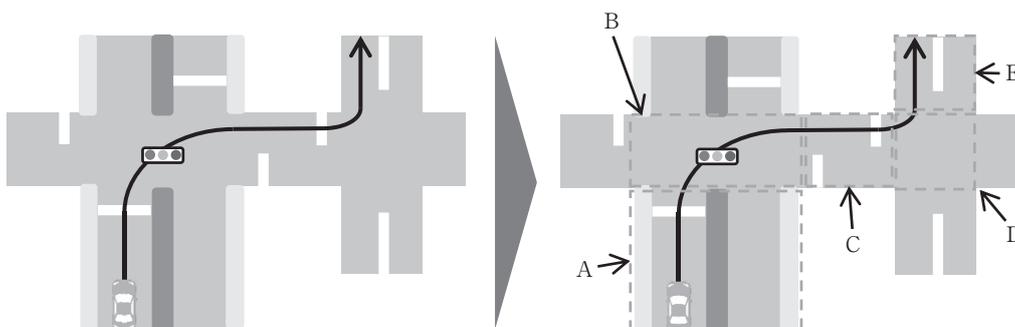
(資料) 日本総合研究所作成

(4) ブロックベース型ODD定義手法の適用例

本論文では、ブロックベース型ODD定義手法の適用例として、図表13に示した経路を自動運転車両が走行するユースケースに対して、道路構造単位でのブロックベース型ODD定義手法を適用した例を示す。

まず、道路構造単位に注目し、「道路構造」と「走行経路」をブロック分割する。ここでは、交差点や単路といった道路構造単位で、図表13の通り、道路ブロックA~Eのブロックに分割している。

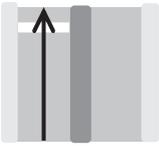
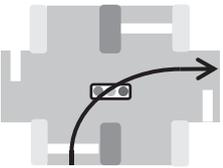
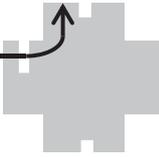
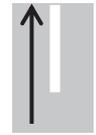
(図表13) 道路構造×走行経路のブロック分割



(資料) 日本総合研究所作成

次に、道路構造ごとに異なるODD項目を定義する。ここでは、図表14の通り、A～Eの各道路ブロックに関し、「道路構造」と「走行経路」の項目でODDを定義した。図表14に記した道路構造ごとに異なるODD定義に対し、図表15に示した道路構造を問わない共通のODD定義項目を追加することで、経路全体のODDを定義することができる。

(図表14) 道路構造ごとに異なるODD定義項目のODD定義

	模式図	道路形状	車道幅員	点灯 信号機	一時 停止 規制	中央 分離帯 施設等	歩車道 区分	自転車進路
A		単路 (直線-下り)	大 (5.5m以上)	なし	なし	中央 分離帯 あり	ガード レール あり	直進/ 追抜・追越
B		交差点 (十字路)	大 (5.5m以上) × 小 (5.5m未満)	点灯 信号機 あり		中央 分離帯 あり	ガード レール あり	右折
C		単路 (直線-平坦)	小 (5.5m未満)	なし	一時 停止 標識 あり	なし	なし	直進/ 追抜・追越
D		交差点 (十字路)	小 (5.5m未満) × 大 (5.5m以上)	なし	一時 停止 標識 あり	なし	なし	左折
E		単路 (直線-上り)	大 (5.5m以上)	なし	なし	中央線 あり	なし	直進/ 追抜・追越

(資料) 日本総合研究所作成

(図表15) 道路構造によらず共通のODD定義項目のODD定義

項目	定義
走行曜日	月・火・水・木・金 (土日祝日は運休)
走行時刻	9:00-16:00 (夜間は運休)
車速	最低0 km/h~最大20km/h
天候	晴、曇、雨 (霧、雪は運休)
路面状態	舗装-乾燥、湿潤 (凍結、積雪、非舗装は、運休)
...	...

(資料) 日本総合研究所作成

3. 道路構造単位のODD定義に応じた安全対策の指針

(1) 安全対策の考え方

自動運転車両を自動走行させるにあたり、最も重視すべきリスクは人命にかかわる交通事故リスクである。1.(3)で述べた通り、政府は、「自動運転車の安全技術ガイドライン」(2018年)に自動運転車両には「ODDの範囲内で合理的に予見される防止可能な事故が生じない性能であること」を求めている。ODDの範囲内において予見される交通事故リスクを洗い出し、適切な安全対策を講じる検討は不可欠である。

従来の道路構造単位に着目しないODD定義の場合、様々な地点において多様な交通事故リスクが予見された。一方で、本論文で提案したブロックベース型ODD定義手法では、考慮すべき領域は各道路ブロックの範囲内に限定されるため、交通事故リスクも予見しやすくなる。以下では、ブロックベース型ODD定義を活用して予見される交通事故リスクを類型化する手法と、交通事故リスクの各類型に対しての安全対策の検討指針を示す。

(2) 交通事故リスクの類型化

ブロックベース型ODD定義手法で定義されたODD範囲内に予見できる交通事故リスクは、図表16のように「事故対象の種別×事故対象の進路」の組み合わせで表現することで類型化できる。

(図表16) 交通事故リスクの類型化

事故対象の種別 (例)	事故対象の進路 (例)
四輪車	◇ 反対方向から
二輪車	◇ 同方向から
歩行者	◇ 左から
	◇ 右から
対象なし	(※第2当事者が存在しないため、事故類型を記載) ◇ 路上工作物に衝突 (ex 電柱、標識、分離帯、防護柵 など) ◇ 駐車車両に衝突 ◇ 路外逸脱

(資料) 日本総合研究所作成

(3) ODD範囲内で予見される交通事故リスクの類型化の例

ODD範囲内で予見される交通事故リスクの類型化の一例として、2.(4)に示した道路ブロックAとBにおける交通事故リスクの類型化を試みる。道路ブロックAとBのODD範囲内で予見される交通事故リスクは、図表17のように類型化することができる。

(4) 安全対策の検討が求められる交通事故リスクの考え方

(3)で類型化した各交通事故リスクについては、その「被害度」と「発生可能性」を総合評価し、優先順位をつけて安全対策を検討していくと良いであろう。

例えば、図表17の1-1や1-3の事故類型は、ガードレールや中央分離帯の設置がある場合には、交通事故の「発生可能性」が低くなると考えられ、他のリスクへの安全対策の方が、検討の優先順位は高くなるであろう。一方で、図表18の2-1の事故類型は、いわゆる自動車と二輪車の右直事故と言われる交

通事故であり、手動運転車両の事故統計では「被害度」も「発生可能性」も高い交通事故として有名な類型である。自動運転車両でも同じ傾向の事故統計になると仮定すると、安全対策の検討の優先度は高くなるであろう。

(図表17) 道路ブロックAにおいて予見される交通事故類型の一覧

事故対象の進路	事故類型 (対四輪車)	事故対象の進路	事故類型 (対二輪車)	事故対象の進路	事故類型 (対歩行者)	事故対象の進路	事故類型 (単独)
1-1 正面から		2-1 正面から		3-1 正面から		4-1 路上工作物に衝突	
1-2 同方向		2-2 同方向		3-2 同方向		4-2 駐車車両に衝突	
1-3 左から		2-3 左から		3-3 左から		4-3 路外逸脱	
1-4 右から		2-4 右から		3-4 右から			

(資料) 日本総合研究所作成

(図表18) 道路ブロックBにおいて予見される交通事故類型の一覧

事故対象の進路	事故類型 (対四輪車)	事故対象の進路	事故類型 (対二輪車)	事故対象の進路	事故類型 (対歩行者)	事故対象の進路	事故類型 (単独)
1-1 正面から		2-1 正面から		3-1 正面から		4-1 路上工作物に衝突	
1-2 同方向		2-2 同方向		3-2 同方向		4-2 駐車車両に衝突	
1-3 左から		2-3 左から		3-3 左から		4-3 路外逸脱	
1-4 右から		2-4 右から		3-4 右から			

(資料) 日本総合研究所作成

(5) 安全対策の検討において重要な二つの視点

安全対策の検討は、二つの視点から検討で進めていくことが望ましい。一つは、自動運転車両システムに関する安全対策の視点であり、もう一つは、道路インフラに関する安全対策の視点である。

現在は、完全自律型の自動運転車両の開発を目指し、自動運転車両システムへの安全対策の検討にもつぱら力が注がれている。一方で、安全対策に万全を期すならば、自動運転車両システムだけでなく道路インフラに関する安全対策も並行して検討する方が望ましい。なぜなら、実際の走行環境では、私有地や死角からの車両や歩行者の急な飛び出し、後続車両の強引な追い越しなど、自動運転車両システムだけでは対応しきれないリスクが潜在しているためである。このため、万が一にも不慮の事故が発生しないよう、自動運転車両システムだけでなく、道路インフラに関する安全対策も並行して検討していくことが重要となる。

このように、合理的に予見できるそれぞれの交通事故リスクに対して自動運転車両システムと道路インフラの二つの視点から適切な安全対策を検討することで、自動運転の安全性確保をより確実なものとしていくことができる。

4. ブロックベース型ODD定義手法・安全対策に関する展望の今後の課題

本章では、ブロックベース型ODD定義と各ODD定義に応じた安全対策の指針に関し、今後の展望と課題を述べる。

(1) 便益と展望

A. 既存の地域交通にもたらす便益

第3章では、安全対策に万全を期すならば自動運転車両システムに関する安全対策だけでなく、道路インフラに関する安全対策も並行して検討することが望ましいと述べた。とくに、道路インフラへの安全対策を検討することは、既存の地域交通の安全性を高めることにも繋がる。

例えば、ガードレールを設置して歩車分離を明確にすることは、手動運転か自動運転かにかかわらず、車両全般と歩行者の交通事故リスクを低減する。また、車線の優先/非優先を明確にしたり中央線を設けたりすることは、手動運転か自動運転かにかかわらず車両同士の交通事故リスクを低減する。

このように、道路インフラに関する安全対策には、自動運転車両の事故リスク低減だけでなく、既存の地域交通の安全性の向上という効果をもたらすことも期待ができる。

B. 車載システムの負担軽減の可能性

ブロックベース型ODD定義を基礎として自動運転システムの開発を検討することで、車載システムの負担軽減に繋がる可能性がある。

自動運転に必要なデータ処理をすべて自動運転車両の車載システムにゆだねると、車載システムのデータ処理の負担が大きくなってしまう。しかし、各道路ブロックに道路ブロック内の交通情報を管理する道路ブロック監視システムを設置し、車載システムとデータ処理を役割分担できれば、車載システムの負担を軽減できる。道路ブロック監視システムは、道路インフラから取得される情報（例えば、道路

に設置したカメラ・センサー等から取得できる交通参加者情報、信号灯色情報など)を、エッジ層においてデータ処理をするシステムである。車載システムは、道路ブロック監視システムのデータ処理結果を受信して活用することで、限定されたデータ処理に特化できるようになり、車載システムの負担軽減に繋がる可能性がある。

また、走行予定経路すべての高精度3次元地図データをあらかじめ車載ハードディスクに保存せず、後方&前方の道路ブロック数個分の高精度3次元地図データだけを随時クラウドから同期するシステムとすることで、大容量ハードディスクが不要となりハードディスクのコスト削減に繋がる可能性もある。ただし、通信に関して、通信量、通信速度、コスト等の検討は別途必要となる。

(2) 今後の課題

A. 道路ブロックの分割の仕方

今後の検討課題として、道路ブロックの分割の仕方が挙げられる。つまり、道路ブロックをどこまで細分化すれば十分かという課題である。本論文の2.(4)では、道路ブロック分割の一例を紹介した。しかし、本論文で紹介したODD定義の適用例では、商業施設や駐車場などの地域特性は考慮できていない。地域特性を踏まえ、より詳細に道路ブロックを分割してODDを定義する手法については、更なる検討が必要となる。

B. 隣接道路ブロックとの境界条件の考慮

さらに今後の検討課題として、隣接する道路ブロックとの境界条件をどのように考慮すべきか、という課題も挙げられる。ブロックベース型ODD定義手法に基づいた考え方では、道路ブロックの境界付近で予見される事故リスクを十分に考慮できない。道路ブロック同士の境界付近において予見されるリスクについては、別途検討が必要となる。

C. 道路インフラ整備の費用負担者

道路インフラに安全対策を講じるにあたり、費用負担者をだれにするかも課題として挙げられる。

自動運転車両システムの安全対策は、システム開発者や運行事業者など民間事業者の費用負担となる。一方で、道路インフラに安全対策を講じる場合には、その費用負担は道路管理者である国や地方自治体となるであろう。

今後、自動運転車両を使用した公共交通を社会が受け入れていくにあたり、公共交通の社会的意義を踏まえた上で行政はどこまで費用を負担すべきかといった合意形成も残された大きな課題である。自動運転の実装を目指すにあたっては、例えば自動運転に必要な道路インフラの安全対策は行政が担い事業運営は民間事業者が担う「公設民営型」のスキームなど、官民の役割分担・費用負担の在り方について議論を深めていく必要があるだろう。

(2021. 8. 31)

参考文献

- [1] 国土交通省自動車局 [2019]. 『道路運送車両法の一部を改正する法律案』、<https://www.mlit.go.jp/common/001277892.pdf>
- [2] 警察庁 [2019]. 『道路交通法の一部を改正する法律（令和2年5月までに施行）』、<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/selfdriving/trafficact.pdf>
- [3] SAE International [2016]. 『J3016 (2016) Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicle』
- [4] JASO テクニカルペーパー [2018]. 『自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義』
- [5] 国土交通省道路局 [2020]. 『道路法等の一部を改正する法律案』、<https://www.mlit.go.jp/policy/content/001333004.pdf>
- [6] 首相官邸 [2020]. 『官民 ITS 構想・ロードマップ2020』、https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20200715/2020_roadmap.pdf
- [7] 国立研究開発法人産業技術総合研究所 [2021]. 『無人自動運転移動サービスが永平寺町で本格運用を開始』、https://www.aist.go.jp/Portals/0/resource_images/aist_j/topics/to2021/to20210323/eiheiji_lastmile.pdf
- [8] 経済産業省 [2021]. 『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）研究開発・社会実装計画（概要）』、https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/automobile/Automated-driving/RoADtotheL4.html
- [9] 国土交通省自動車局 [2018]. 『自動運転車の安全技術ガイドライン』
- [10] SAE ITC [2020]. 『AVSC Best Practice for Describing an Operational Design Domain: Conceptual Framework and Lexicon』
- [11] BSI [2020]. 『Operational Design Domain (ODD) taxonomy for an automated driving system (ADS)-Specification』
- [12] 国土交通省自動車局 [2020]. 『ラストマイル自動運転車両システム基本設計書』、https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000346.html