



「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期／自動  
運転(システムとサービスの拡張)／混在交通下における交  
通安全の確保等に向けたV2X情報の活用方策に係る調査  
～自動運転車両による交通流への影響評価に係る  
シミュレーション等～」

2019年度分 成果報告書

概要版

パシフィックコンサルタンツ株式会社  
一般社団法人 UTMS協会

2020年2月

# 調査目的

## 【SIP第2期 自動運転の研究開発計画の目標】



- 自動運転を実用化し普及拡大していくことにより、**交通事故の低減、交通渋滞の削減**、交通制約者のモビリティの確保、物流・移動サービスのドライバー不足の改善・コスト低減等の社会的課題の解決に貢献し、すべての人が質の高い生活を送ることができる社会の実現を目指す。
- **自動運転実現に必要な協調領域の技術**を2023年までに確立し、様々な事業者・自治体等を巻き込んだ**実証実験等で有効性を確認**するとともに、**複数の実用化例を創出**することにより社会実装に目途をつける。



## 【目的】

- 平成30年度に実施された検討結果を受けて、**東京臨海部実証実験において収集されるデータの活用**を見据えたシミュレーションの作成検証及び交通流の分析等により、**一般車両と自動運転車が混在した交通下**における自動運転車による既存交通流への影響を踏まえた**交通安全に係る施策立案、交通管理業務等への活用**等を検討する。

# 1. 本事業の位置付け

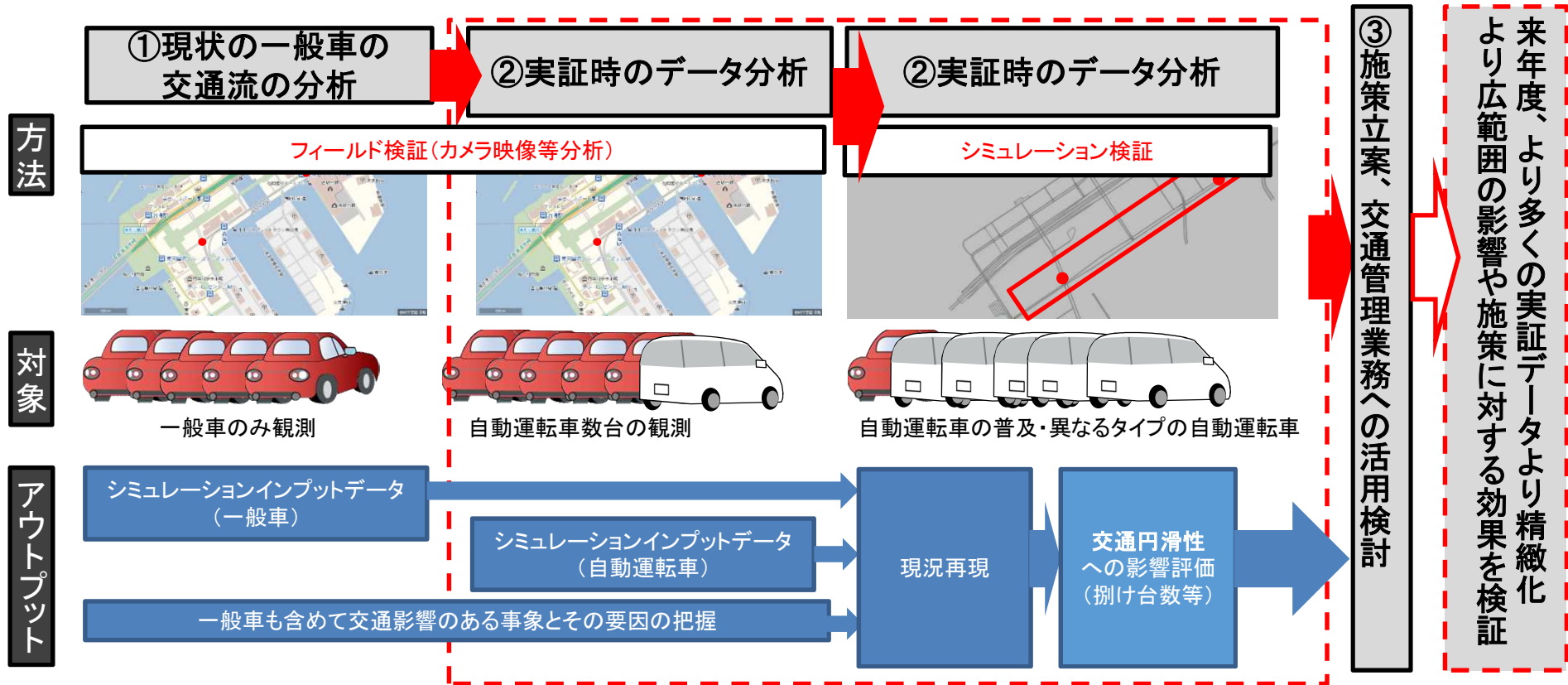
事業内容		2018年度	2019年度
SIP 事業	<ul style="list-style-type: none"><li>自動運転車両の走行による交通流への影響調査・分析手法の検討</li><li>交通管制業務に活用可能な車車間通信情報の整理</li><li>車車間通信情報の交通管制業務への活用手法の調査</li></ul>		
	<ul style="list-style-type: none"><li>東京臨海部実証実験において取得されるデータを用いた自動運転車の影響評価を行う事項等の決定</li><li>フィールドによる交通流の分析及びシミュレーションにおける現況再現</li><li>シミュレータを活用した分析方法の検討及び実データを用いた分析</li></ul>		

## 2. 概要 主な調査項目

- ① 分析対象箇所における現状の交通流の分析
- ② 東京臨海部実証時（自動運転車走行時）に取得されるデータの分析
- ③ 交通安全に係る施策立案、交通管理業務等への活用方策の検討

国内外文献・  
ヒアリング調査

委員会



## 3-1. フィールド検証（検証項目、一般車両のみ）

	検証内容	検証方法
単路部	他車両の追い越し状況把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>全通行車両の速度分布から実勢速度を抽出</li> <li>実勢速度以下の車群を追い越す車両の割合を抽出</li> </ul>
	車群後続の混雑状況把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>車群内台数、車群末尾速度の変化を抽出</li> </ul>
	交差点接近に伴う予備減速状況把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>停止位置に向かって減速開始する距離、速度を抽出</li> </ul>
交差点部	灯色変更時（赤→青）の捌け状況把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>先頭車両が停止線を越える最頻値時間を抽出</li> <li>後続車両が停止線を越える時間を抽出し、捌け台数を算出</li> </ul>
	交差点右左折時における捌け状況把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>通過可否の確率が等しくなる臨界ギャップ時間を抽出</li> <li>青 1 時間における捌け台数を算出</li> <li>横断歩道通行者の位置等と車両通過所要時間の関係性を抽出</li> </ul>



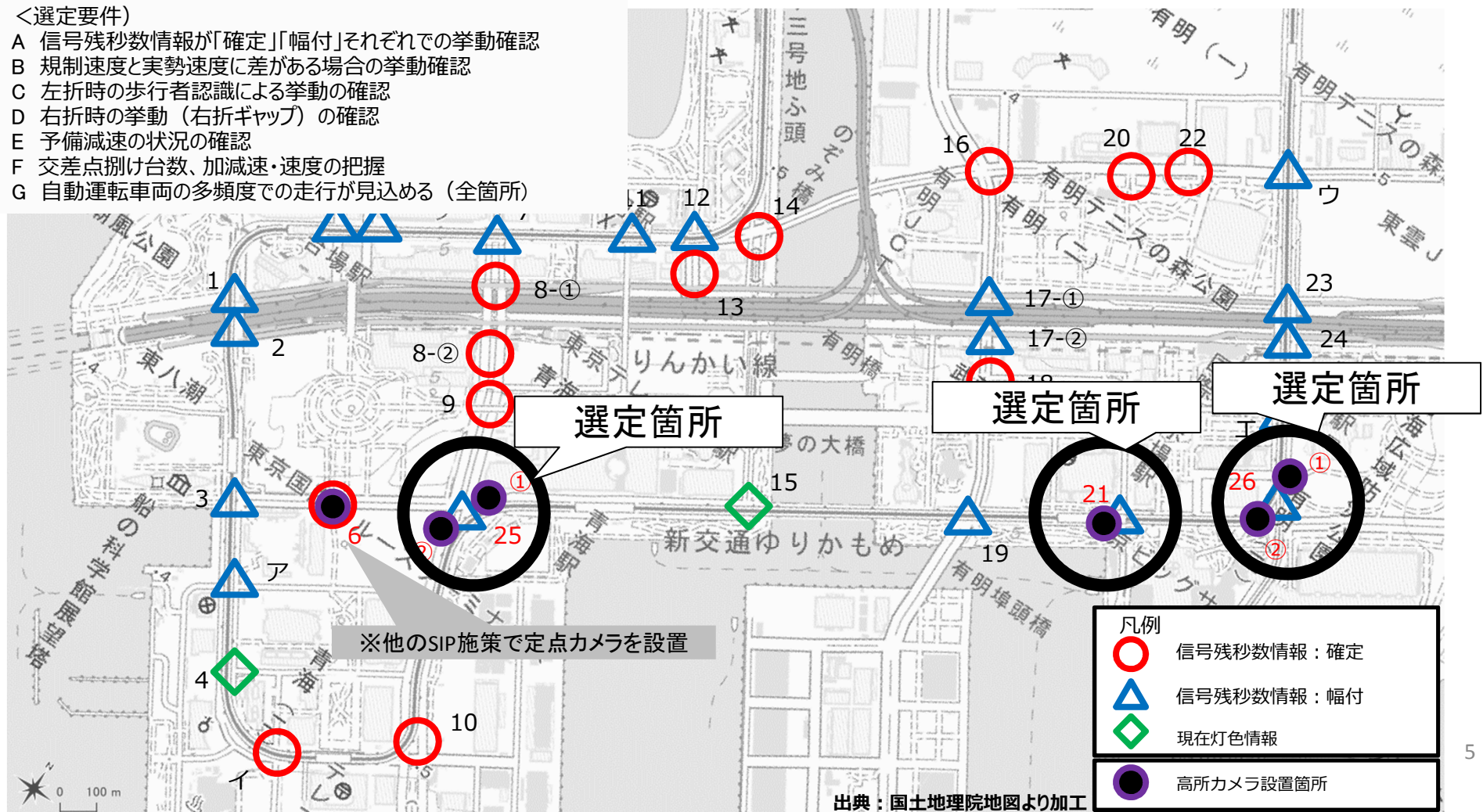
シミュレーションの入力値及び現況再現性の確認に活用

## 3-2. フィールド検証（観測箇所の選定）

○多数走行する車両の交通量及び挙動を俯瞰したデータとして取得するためには、定点カメラの設置が必要  
⇒以下の観点から箇所を選定

＜選定要件）

- A 信号残秒数情報が「確定」「幅付」それぞれの挙動確認
- B 規制速度と実勢速度に差がある場合の挙動確認
- C 左折時の歩行者認識による挙動の確認
- D 右折時の挙動（右折ギャップ）の確認
- E 予備減速の状況の確認
- F 交差点捌け台数、加減速・速度の把握
- G 自動運転車両の多頻度での走行が見込める（全箇所）





### 3-3. フィールド検証（定点カメラによる観測）

○現況の交通流を把握するため、定点カメラを設置し、カメラ映像から必要データを取得

箇所名（交差点名）	9月観測カメラ台数 （自動運転車の混入なし）	11月観測カメラ台数 （自動運転車の混入時を想定）
東京ビッグサイト正門	4	4
青海一丁目	2	2
東京ビッグサイト前	2	2

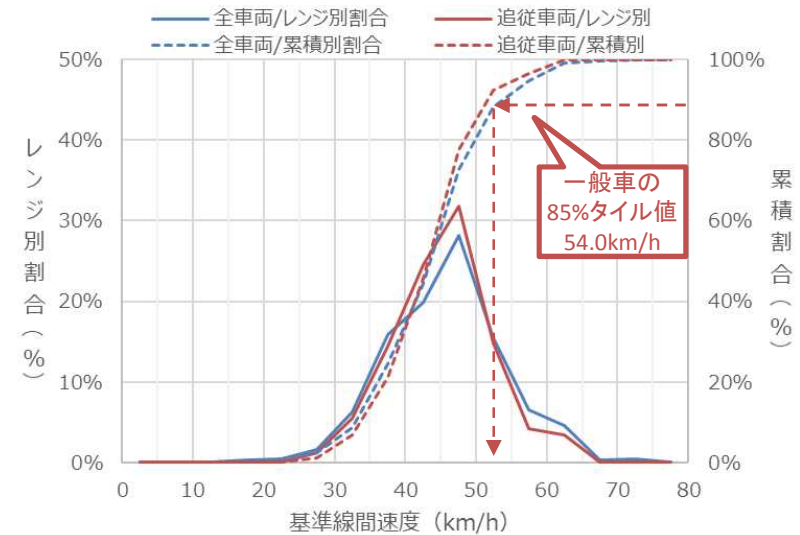
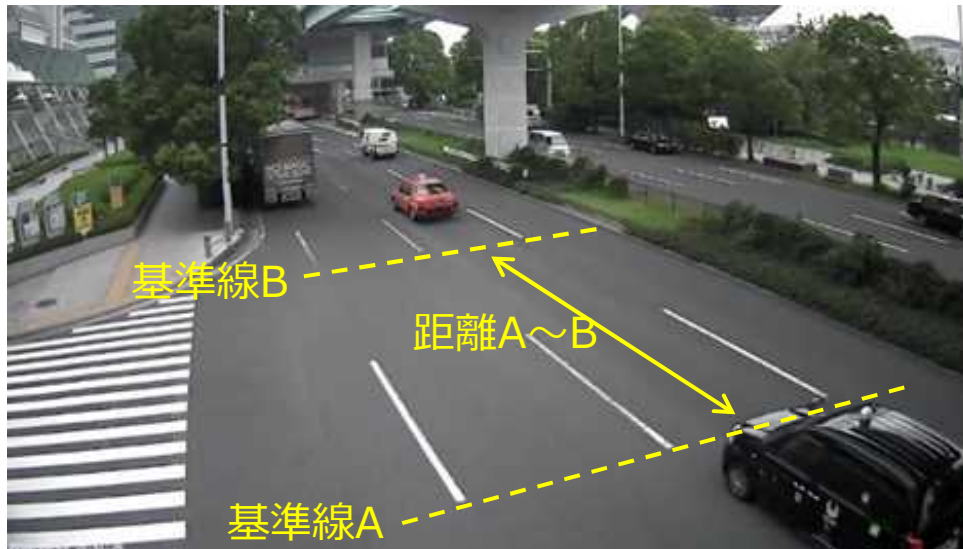


出典：国土地理院地図より加工

## 3-4. フィールド検証（定点カメラからのデータ生成）

○定点カメラの映像から、必要データを取得（速度分布の例）

- ①基準線を設定し、基準線通過時刻を計測
  - ②区間平均速度を、基準線間距離÷区間通過時間より算出
- ※通過時刻は1/30単位、距離は1m単位で計測
- ③速度分布をグラフ化、実勢速度（85%タイル速度）等を取得





## 4 - 1. シミュレーションの実施（シミュレーターの選定）

○本調査では、自動運転車に特有の挙動を設定するため、マイクロモデルが適していると判断  
 ⇒なかでも、基本的な機能が備わっていること、カスタマイズ性があること、基本検証が十分に行われていること等からマイクロ交通流シミュレータソフトVissimを使用。

	マクロモデル	ハイブリッドモデル (メソモデル)	マイクロモデル
車両の取り扱い単位	車両を集合体として取り扱う	車両を車群、流体として取り扱う。	車両個々を取り扱う
モデルの概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>各リンク（道路）毎にQV（容量-速度関係）を割当</li> <li>最小コスト（最短時間）経路を利用するものとする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>QK（容量-交通量関係）を利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>個々の車両がモデル式（追従理論等）に従い、行動</li> </ul>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>日単位の交通指標（日交通量、混雑度、速度など）</li> <li>※時間帯別配分もあるが一般的でない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>短時間（分・時間）単位の交通指標（交通量、渋滞長、速度など）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>短時間（分・時間）単位の交通指標（交通量、渋滞長、速度など）</li> </ul>
主なソフトウェア/ システム例	<ul style="list-style-type: none"> <li>SOUND</li> <li>I/O法</li> <li>JICA STRADA</li> <li>国土交通省</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AVENUE</li> <li>DEBNetS</li> <li>MACSTRAN</li> <li>RISE</li> <li>TRANDMEX</li> <li>ボックスモデル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VISSIM</li> <li>AIMSUN</li> <li>PARAMICS</li> <li>NETSIM</li> </ul>

自動運転車に特有の挙動を設定するため、マイクロモデルが適している。

## 4 - 2. シミュレーションの実施（条件：エリア）

### ○シミュレーション範囲

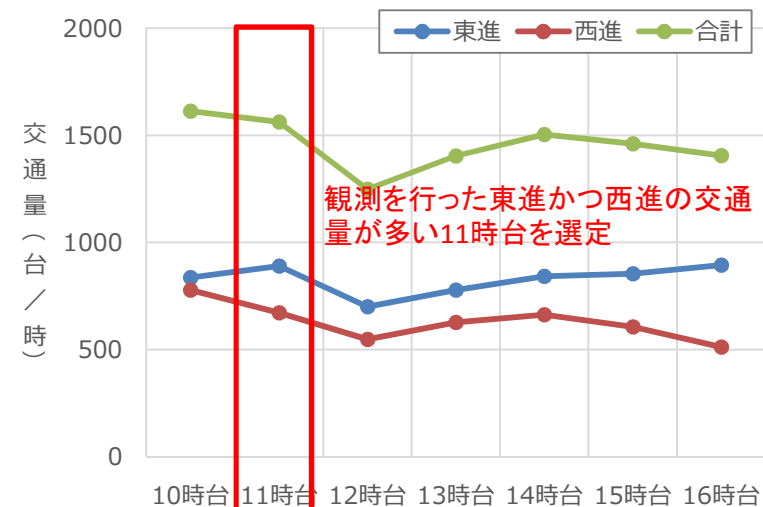
- ・複数交差点を含む道路ネットワークとして円滑性の評価を実施  
（フィールド検証を行った3交差点（定点カメラ設置個所）を含む）



## 4-3 シミュレーションの実施(条件:時間帯)

- シミュレーション実施時間帯
  - 自動運転混入時との比較を想定し、フィールド検証の定点観測日のうち、平日（火曜日）を対象
  - 時間帯は、10時～17時の中で、交通円滑性への影響を見るため、**交通量の多い時間帯の11時台（1時間程度）**で検証する。

定点カメラの交通量調査の結果より選定



## 4-4. シミュレーションの実施（現況再現性の確認 1）

○フィールド検証結果等で得られた数値とシミュレーションの出力値を比較し、現況再現性を確認

現況再現性確認指標	結果
交通量	各交差点箇所にて再現性を確認( $R^2=0.99$ )
速度	速度分布・平均・標準偏差から再現性を確認
車頭時間	車頭時間の分布・平均値・標準偏差等で再現性を確認
先頭車の発進状況	青信号になってから停止線を通るまでの時間について、分布・平均値・標準偏差等で再現性を確認
車線変更回数	特定区間での車線変更回数から再現性を確認
右折ギャップ	右折時の臨界ギャップから、再現性を確認
信号交差点手前の減速	赤または黄色信号で停止する際の減速状況から、再現性を確認
右左折時の歩行者位置	横断歩道部に人がいた場合の発進割合などから、再現性を確認

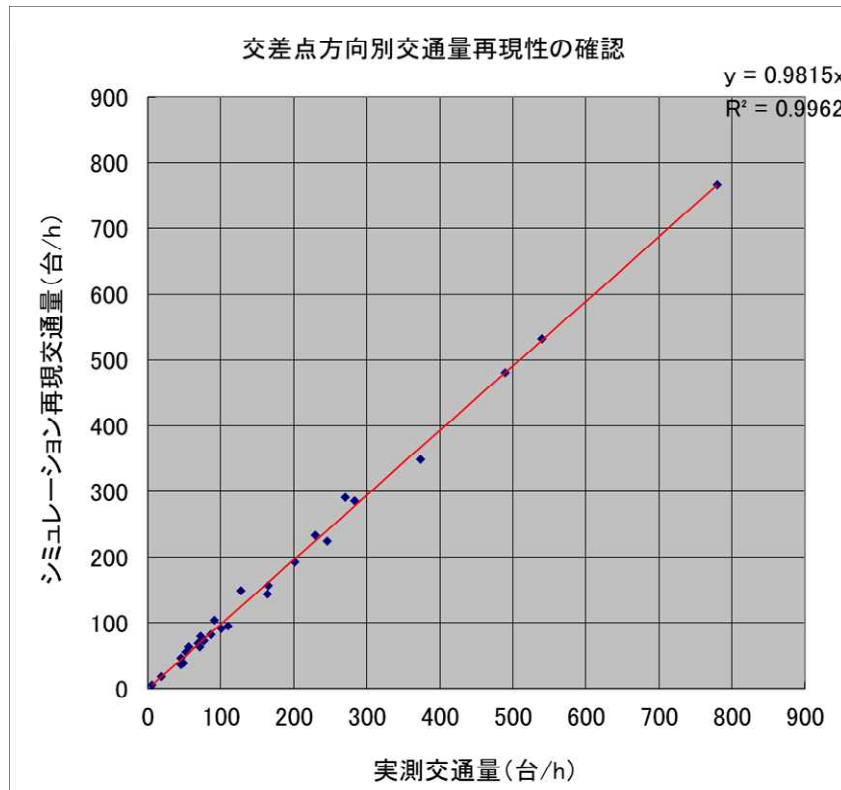
なお、路上駐車については、定点カメラで観測された一部箇所にシミュレーション上でも出現するよう設定した上で、上記の現況再現性を確認

# 4-5. シミュレーションの実施（現況再現性の確認2）

○フィールド検証結果等で得られた数値とシミュレーションの出力値を比較し、現況再現性を確認

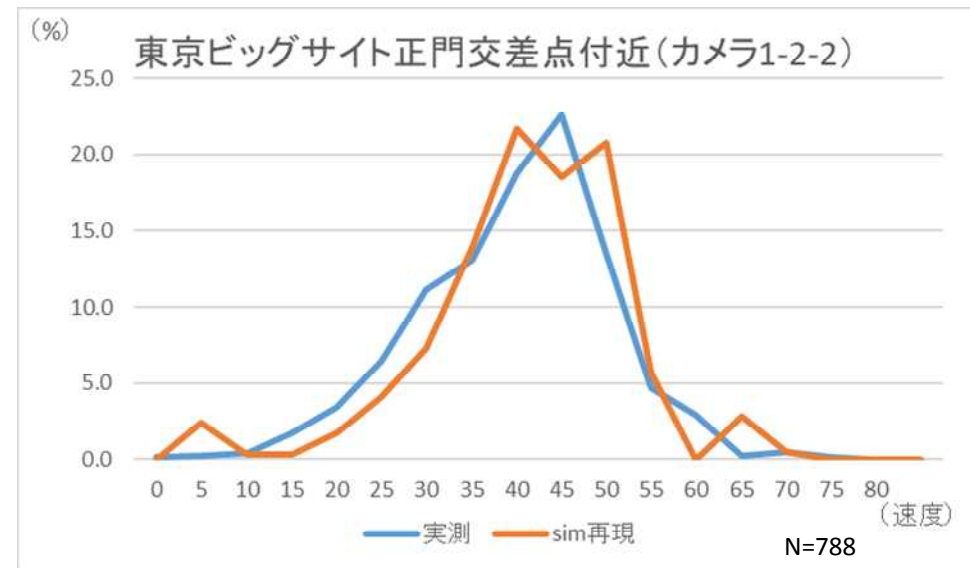
<現況再現例>

交差点別・断面別・方向別  
交通量の再現性確認※1



※1交差点の各流入箇所(4か所)の方向別交通量の観測値を横軸、シミュレーション値を縦軸にプロット

速度分布※2  
(東京ビッグサイト正門交差点付近)



※2 交差点からおよそ75m地点～90m地点の区間速度  
(1時間の分布)



## 4-6. シミュレーションの実施（パラメータの設定）

自動運転車の混在状況のデータ取得ができなかったため、道路交通法・ISO、ヒアリング・委員会委員へのアンケート、文献等から得られた情報を基に設定

パラメータ名	内容の説明	基本設定	根拠	参考・一般車の設定値
希望速度	追従状態でなく、前方に停止線等のない状態での車速度	規制速度以下	道路交通法を基に設定	50km/h前後の分布
最大加速度・希望加速度	車両性能加速度及び、通常運転時の加速度	<b>2m/s<sup>2</sup>~4m/s<sup>2</sup></b>	JIS D 0807:2011を基に設定 (ISO 22179 : 2009)	0~3.5/-7.5~-5.1
最大減速度・希望減速度	上記と同様の場合の減速度	<b>3.5m/s<sup>2</sup>~5m/s<sup>2</sup></b>  (希望減速度) 0.2G	JIS D 0807:2011を基に設定 (ISO 22179 : 2009)  ※アンケートを参考に設定	0~3.5/-2.8
停止車間距離 CC0	停止時の車間距離	<b>4.5m</b>	※アンケート結果を参考に設定	1.5m
車頭時間 CC1	前方車両との車頭時間 ※通常ドライバーは車間時間の希望値を持つ	<b>平均3.0秒 標準偏差0</b>	文献①を参考に設定	平均1.5秒 標準偏差0.5秒
車線変更時ギャップアクセプタンスパラメータ	車線を変更する際に、隣接車線において最低限必要な後続車ギャップ (秒)	Co-Exists Normalの設定に準拠 MinHDwy:0.5[m] SafeDistFact:0.6	Co-Exists (ヨーロッパにおける自動運転車による交通影響評価の取り組み) の研究知見を参照	MinHDwy:0.5[m] SafeDistFact:1
右折時ギャップアクセプタンスパラメータ	右折可能な、対向直進車両のギャップ算出に使用するパラメータ	<b>右折可能ギャップ5.0秒相当</b> FrontGap 0.5 RearGap 1.0	文献①、ヒアリング結果を参考に設定	右折可能ギャップ4.5秒相当 FrontGap 0.5 RearGap 0.5
信号反応時間	赤から青信号に切り替わった瞬間の、車が発進するまでの反応時間。	<b>1秒 (標準偏差0)</b>	アンケート、ヒアリング結果を参考に設定	平均2.5秒 標準偏差2秒

文献① : Right turn movements at signalized Intersections

## 4-7. シミュレーション結果

- 自動運転車普及ケースを**普及率0%、10%、50%、90%、100%**で比較して実施
- 基本の設定パターンに加えて、**追従挙動を変更したパターンを実施**

○交差点捌け台数の変化（1時間の間の東京ビッグサイト前（南西側断面）の右左折・直進台数を集計）



車頭時間を基本設定パターンより短い設定値（一般車の設定値と同程度）とした場合

結果

- 基本設定パターンにおいては、自動運転車の普及により、普及率50%以上になると交差点捌け台数が減少する傾向がみられた。
- 追従挙動変更パターンでは、車頭時間をより短い設定値にすると、普及率50%以上で交差点捌け台数は増加する傾向がみられた。

考察

- 普及過程においては、一般車と自動運転車の双方が走行しやすい交通環境の構築など、交通円滑性に関する施策が必要になる場合もあると考えられる

## 4 - 8. シミュレーション結果（まとめ）

○発進挙動や車線変更挙動の変更パターンについても実施

検証状況	車両	パラメータ設定	結果
現況再現	一般車	一般車	実測に近い値をシミュレーションにより現況再現
自動運転混在	自動運転車	基本設定	自動運転車のモデル化設定（p6）では、普及率50%のケースから交通円滑性が低下傾向
		追従挙動（車頭時間）変更	車頭時間が一般車と同程度に短い設定の場合、普及率50%以上では交通円滑性が緩やかに向上
		発進挙動（信号反応時間）の変更	自動運転車の信号に対する反応時間が一般車よりも短い設定の場合、普及率90%以上では交通円滑性が向上
		車線変更挙動（車線変更可能ギャップ）の変更	自動運転車の車線変更可能ギャップが大きくなると、普及率50%以上では交通円滑性が向上

# 5 – 1. 事例調査・ヒアリング（概要）

---

## 1. 海外事例調査

- ・TRB会場での事例収集及び全世界で交通シミュレーション等を実施するPTV社にヒアリングを実施

## 2. 専門家意見収集

- ・主に国内の以下の専門家に意見を収集

首都大学東京 小根山研究室

横浜国立大学 田中研究室

- ・主に台場地域で自動運転の実験に参加され、車両開発をされている金沢大にもヒアリングを実施

金沢大学 菅沼研究室

## 5 – 2. 事例調査・ヒアリング（海外事例調査）

---

### 1. 海外事例調査 主な意見

- 将来の開発や、様々な交通モードの普及により、**交通需要が変化する**ことが考えられるが、それらを考慮していくことも一つの重要な知見となりうる。
- 例えば、10%の普及段階と90%の普及段階とでは、**普及している自動運転車の性能（挙動特性）が異なる**ことが想定される。**CoEXIST**※では、90%の普及段階では、BASEパターンの自動運転車ではなく、Advancedの自動運転車が普及している状況をシミュレーションしている。
- CoEXISTにおいては、自動運転車のパラメータは、専門家による会議において、**将来の性能（挙動特性）を予測して決定**したものである。

※CoEXIST: EUのプロジェクトで、その中で自動運転車の普及率や普及する自動運転車の性能（挙動特性）の違いによる評価を実施

など



## 5-3. 事例調査・ヒアリング（専門家意見収集）

### 2. 専門家意見収集 主な意見

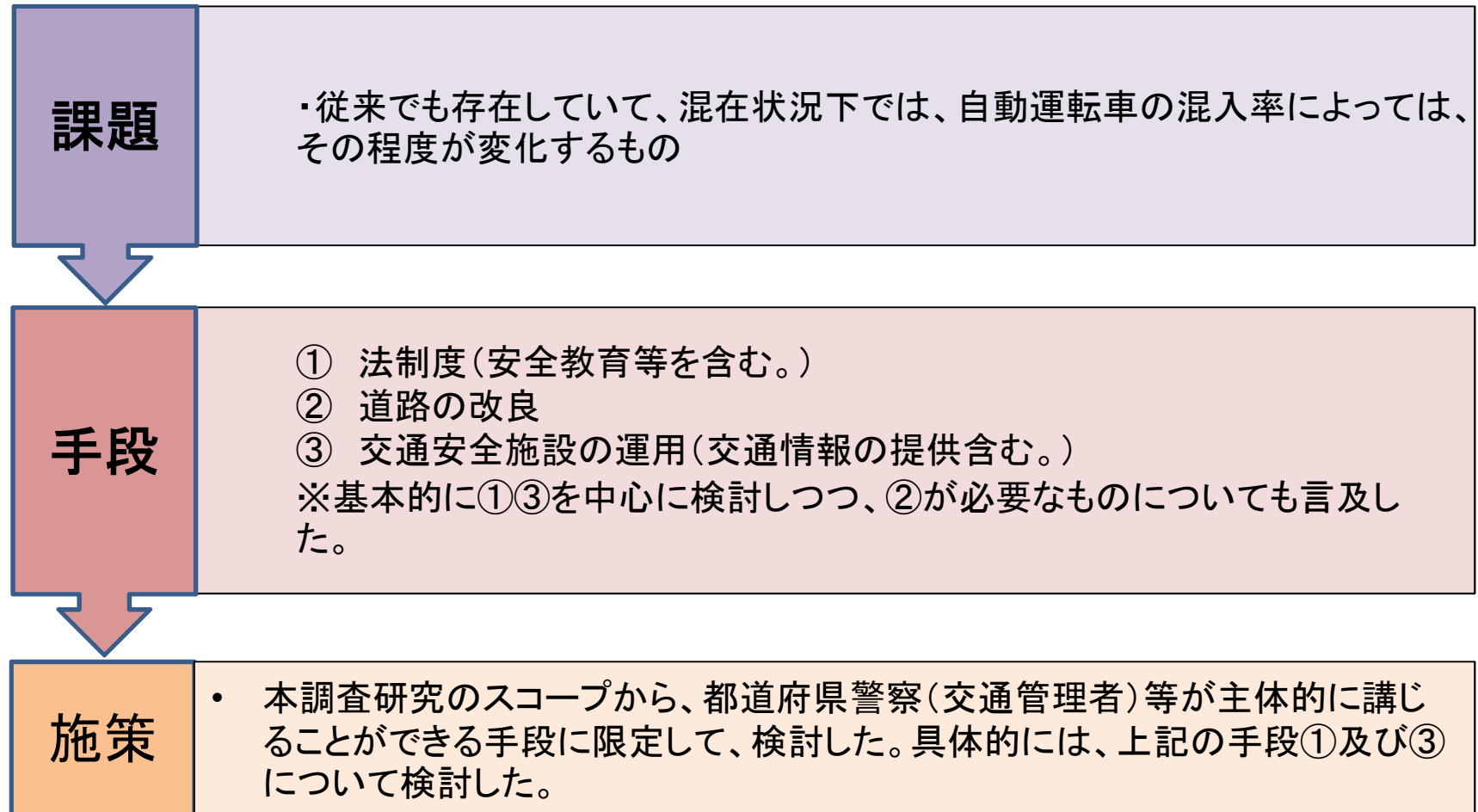
○自動運転車の混入により想定される交通影響と交通管理施策について

- 方向別の現示を導入する動線分離、歩車分離をするなど右折左折をするときは**慎重な判断がいらぬような交差点の運用**をするべき。
- 単に自動運転車に青時間を延長したり、他の一般ドライバーに気をつけてもらうといった施策でなく、**現示自体のあり方・設定方法を再検討**すべき。
- 規制速度と実際の速度など、法規制と実際が異なっている部分は、やはり自動運転車では対応できないので、**その対処が必要ではないか**。
- 例えば、ヨーロッパなどでは非常に厳しい速度規制取締りがされている一方で、規制速度はある程度実勢速度に見合っている。

など

## 6-1. 交通安全施策立案・交通管理業務等への活用

### 【検討の考え方】



- ・ 手段については、現行の法制度の変更は検討していない。
- ・ 課題は、分析結果から抽出したものに限定しており、網羅性は無いところである。
- ・ 施策については、アンケート・ヒアリング等から得られた事項を幅広く記載

## 6-2. 交通安全施策立案・交通管理業務等への活用

場所	想定項目 (抜粋)	想定される現象/課題	施策例
単路部	自動運転車を先頭に後続車両の混雑	<ul style="list-style-type: none"> <li>○フィールド検証結果より、車群の先頭車の速度が、実勢速度よりも低い場合、車群の台数が増加するとともに後続車の速度が低下傾向</li> <li>○アンケート・ヒアリング結果より、後続車による無理な追越しに起因する接触事故等の発生懸念</li> <li>○シミュレーション結果より、車頭時間（車間時間）が一般車よりも大きい場合には、交差点捌け台数が減少傾向</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•一般ドライバーや、自動運転車のドライバーに対する教育（安全教育の充実）</li> <li>•自動運転車の混在交通下における速度乖離の緩和</li> <li>•自動運転車による後続車への配慮の表示や機能</li> <li>•車群を考慮した信号制御の可能性検討</li> <li>•一般車の走行支援や機能の高度化等</li> </ul> <p>※ 検討にあたっては、車線数・追越しの可否等道路・交通条件も考慮・整理が必要</p> <p>※ 自動運転車が増加し、実勢速度が規制速度に近づくと、左記の現象/課題の発生は減少する可能性にも留意</p>
	交差点接近時の予備減速	<ul style="list-style-type: none"> <li>○アンケート結果より、後続ドライバーの想定よりも自動運転車の減速が早い場合には、追突リスクが発生・増加する可能性を想定</li> <li>○アンケート・ヒアリング結果より、自動運転車の予備減速が一般車と比べて早過ぎる傾向があると、後続混雑に繋がる可能性を想定</li> </ul> <p>※ ただし、極端な予備減速でなければ課題にはならないとの意見あり</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•一般ドライバーに対する教育（安全教育の充実）</li> <li>•自動運転車の存在を前提として信号制御パラメータの最適化</li> <li>•信号情報提供による予備減速走行の最適化</li> <li>•予備減速を後続車に通知する仕組みの可能性検討</li> </ul>

## 6-3. 交通安全施策立案・交通管理業務等への活用

場所	想定項目 (抜粋)	想定される現象/課題	施策例
単路部	道路近傍の歩行者認識による減速	<p>○ アンケート結果より、歩行者が急に横断を始めた場合には、接触事故や急減速の発生の可能性を想定</p> <p>※ここでは、歩道有道路の車道側にいる歩行者、歩道なしの路肩にいる歩行者等を想定</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般ドライバーに対する教育（安全教育の充実）</li> <li>歩行者から見ても自動運転車と分かる表示の可能性の検討</li> <li>インフラ側センサや歩行者側からの横断要求等により横断歩行者を検知し、周囲の車両へ通知</li> </ul>
	緊急車両への対応	<p>○ アンケート結果より、緊急車両の接近検知が遅れ、交差点進入や進路を譲る対応が遅れる等の可能性を想定</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>F A S TとV 2 Xの組み合わせ等により緊急車両の到来等について余裕のある情報提供</li> </ul>
無（信号）横断歩道	歩行者の断続的到着による停止時間の長期化	<p>○ アンケート・ヒアリング結果より、歩行者横断が多い場合や歩行者の行動が予測できないことによる、自動運転車の停止に伴う後続混雑の可能性を想定</p> <p>※ ただし、法令順守に基づき歩行者を優先させるため、特に課題にはならないとの意見もあり</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般ドライバーに対する教育（安全教育の充実）</li> <li>自動運転車の右左折が推奨/非推奨の交差点の検討</li> <li>インフラ側センサ等による歩行者の検知・通知</li> </ul>

## 6-4. 交通安全施策立案・交通管理業務等への活用

場所	想定項目 (抜粋)	想定される現象/課題	施策例
交差点部	灯色変更時 (赤→青)の 発進遅れによる 捌け台数の変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>○フィールド検証結果より、車群の先頭車の速度が、実勢速度よりも低い場合、車群の台数が増加するとともに後続車の速度が低下傾向</li> <li>○アンケート・ヒアリング結果より、後続車による無理な追越しに起因する接触事故等の発生の懸念</li> <li>○シミュレーション結果より、車頭時間（車間時間）が一般車よりも大きい場合には、交差点捌け台数が減少傾向</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•一般ドライバーや、自動運転車のドライバーに対する教育（安全教育の充実）</li> <li>•自動運転車の混在交通下における速度乖離の緩和</li> <li>•自動運転車による後続車への配慮の表示や機能</li> <li>•車群を考慮した信号制御の可能性検討</li> <li>•一般車の走行支援や機能の高度化等</li> </ul> <p>※ 検討にあたっては、車線数・追越しの可否等道路・交通条件も考慮・整理が必要</p> <p>※ 自動運転車が増加し、実勢速度が規制速度に近づくと、左記の現象/課題の発生は減少する可能性にも留意</p>
	右折、左折時の 慎重な判断による 捌け台数の変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>○フィールド検証の結果、横断歩道を横断する歩行者等が捌けた安全な状態で通過する車両が多い。</li> <li>○アンケート・ヒアリング結果より、自動運転車の方が右折時のギャップアクセプタンスが長いと想定される場合には、捌け台数の減少傾向となる可能性。</li> </ul> <p>※ ただし、一般車と比べて右折時のギャップアクセプタンスが著しく長くない限り、特に課題にはならないとの意見あり</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•歩車分離、右直分離等の信号制御方式の変更により、判断の負担を軽減</li> <li>•感応制御等の自動運転車の判断に影響のある特殊制御の再検討</li> <li>•各交差点における一般車の臨界ギャップ情報等の提供</li> </ul>



## 7. 今後の検討課題

---

### ○自動運転実証実験時の実走行データによる観測とシミュレーション評価への反映

自動運転車のデータが少なかったため、主に一般車両を対象にデータを取得し、シミュレーションへの活用等を実施

⇒ **自動運転車の実走行データを活かしたフィールド検証やシミュレーションの再検討**等が必要

### ○シミュレーション範囲の拡大

限定区間での交通円滑性の評価を実施し、自動運転混入時の影響について一定の傾向を確認

⇒ より広範囲で簡易的にデータを取得し、**より広域な道路ネットワークにおける交通円滑性**をシミュレーションによる評価が必要

### ○施策に対する効果評価

シミュレーションを活用した自動運転車混入による影響評価及び関係者へのアンケート調査並びに有識者ヒアリング等を踏まえ、施策の検討実施

⇒ 検討した**施策について、シミュレーションによる効果評価を実施**すること等が必要