

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) /
自動運転による交通事故低減等への
インパクトに関する研究

報告書概要版

2020年3月

国立大学法人 東京大学

学校法人 同志社



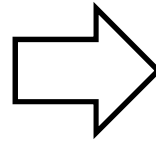
ITEC
Institute for Technology,
Enterprise and Competitiveness

調査研究の目的

SIP-adus 第2期 自動運転（システムとサービスの拡張）研究開発計画

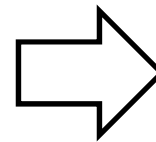
「自動運転を実用化し普及拡大していくことにより、交通事故の低減、交通渋滞の削減、交通制約者のモビリティの確保、物流・移動サービスのドライバー不足の改善・コスト低減等の社会的課題の解決に貢献し、すべての人が質の高い生活を送ることができる社会の実現を目指す」

インパクト（効用と潜在リスク）の定量化・金銭価値化



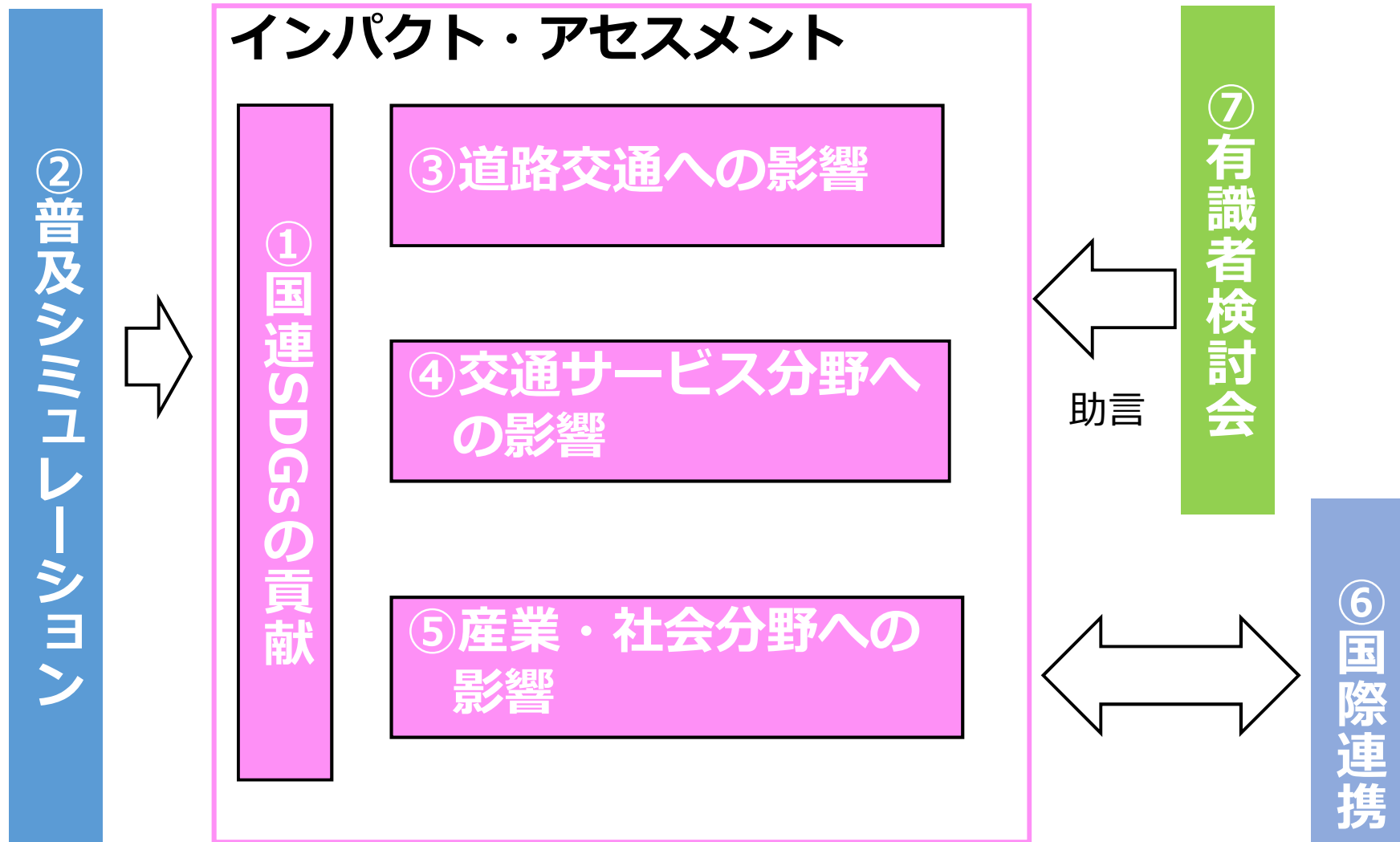
社会的受容性醸成のための基礎資料

メーカーの市場投入方法や政府の政策によるインパクトの違いに注目



企業経営、政策形成への活用

調査研究の全体像



研究項目

① SDGs との関連性の整理

② 自動運転車の普及シミュレーション

③ 道路交通へ与える影響

i. 交通事故逡減効果の推計

ii. 交通渋滞削減効果及びCO₂排出削減効果の推計

④ 交通サービス分野への影響

i. 交通制約者及び過疎地等の交通不便地域でのモビリティ確保

ii. 物流・移動サービスのドライバー不足への対応とコスト削減

iii. 自動車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造の変化

⑤ 産業・社会分野への影響

i. 自動車の保有構造等の変化による自動車産業全体への影響

ii. 日本経済の全要素生産性の向上への貢献

⑥ 国際連携体制の構築

⑦ 有識者検討会の開催

1 SDGs との関連性の整理

<概要>

自動運転が持続可能な社会を実現する上でどのように寄与し得るのかを明らかにすることを目的に、自動運転と「持続可能な開発目標（SDGs : Sustainable Development Goals）との関連性を整理

<方法>

「自動運転とSDGsとの関連性に関する検討会」の議論をベースにして整理を行った。

検討会の開催

1) 開催日と場所

2019年4月5日 13:00-15:30 同志社大学寒梅館技術・企業・国際競争力研究センター会議室

(猪井博登委員からは、2019年4月23日 13:00-14:30 同志社大学寒梅館技術・企業・国際競争力研究センター会議室にて個別のヒアリングを実施)

2) 検討会委員

(敬称略)

氏名	所属・役職
委員長 紀伊雅敦	香川大学創造工学部教授
有本建男	政策研究大学院大学客員教授、科学技術振興機構上席フェロー
猪井博登	富山大学都市デザイン学部都市・交通デザイン学科准教授
塩見康博	立命館大学 理工学部環境都市工学科 准教授
魏 啓為	地球環境産業技術研究機構システム研究グループ研究員
松橋啓介	国立環境研究所社会環境システム研究センター（環境政策研究室）室長

インパクトの分類（1）

1) 直接的インパクトと間接的インパクト

直接的インパクト：自動運転が、モビリティの変化を通じてSDGsの目標・ターゲットに及ぼす影響を指す。

Sustainable Mobility for Allによって作成されたGlobal Mobility Report 2017では、持続可能なモビリティを「ユニバーサル・アクセス」、「効率」、「安全」、「グリーン・モビリティ」の4つ領域で定義している。これを参考に、「ユニバーサル・アクセス」、「効率」、「安全」、「グリーン・モビリティ」の4つ領域へのインパクトを考えた。また、これらの間のシナジーとトレードオフも考察

間接的（波及的）インパクト：自動運転が、SDGsの目標・ターゲットへの直接的なインパクトを介して、間接的（波及的）に他のSDGsの目標・ターゲットに及ぼす影響を指す。インパクトの領域として、1) 所得の上昇と格差の是正、2) 衛生状態の改善、3) 教育機会の拡大 の3領域を設定

インパクトの分類 (2)

2) 短期的インパクトと長期的インパクト

短期的インパクト：SAEレベル1や2の自動運転（が社会に浸透した場合に、SDGsの目標・ターゲットに及ぼす影響を指す。SDGsの達成目標年である2030年には、ほぼ、実現していると予想される。

長期的インパクト：ODDが十分に拡大したSAEレベル3や4の自動運転や、レベル5の自動運転が社会に浸透した場合に、SDGsの目標・ターゲットに及ぼす影響を指す。2030年での実現は困難と予想される。

3) 長期的インパクトにおける自動運転の3分類

自動運転を、移動・物流サービス、オーナー・カー、シェアード・モビリティの3つに分けて整理。

結論（1）

- 直接的インパクトとそのシナジー効果、さらには間接的インパクトを通して、自動運転は、広範な範囲でSDGsの目標・ターゲットに寄与
- 一方で、次に示すように、いくつかのネガティブ・インパクトやトレードオフが生ずる可能性がある。

1) 災害時の社会のレジリエンスが低下し、目標11や13に対してネガティブなインパクトを及ぼす可能性。

→自動運転車両のマネジメント技術の開発を推進することが重要

結論 (2)

2) 自動運転乗用車が自己所有された場合の自動車交通へモーダル・シフトと都市のスプロール。一方、シェアード・モビリティが普及した場合の都市内交通の自動車交通へモーダル・シフト。これらは、目標3、7、8、9、11にネガティブなインパクトを及ぼす。

→外部不経済を内部化する経済的な仕組の導入。

→自動運転車と他の交通モードとの接続性を向上させる等の取り組みが必要。

2 自動運転車の普及シミュレーション

<概要>

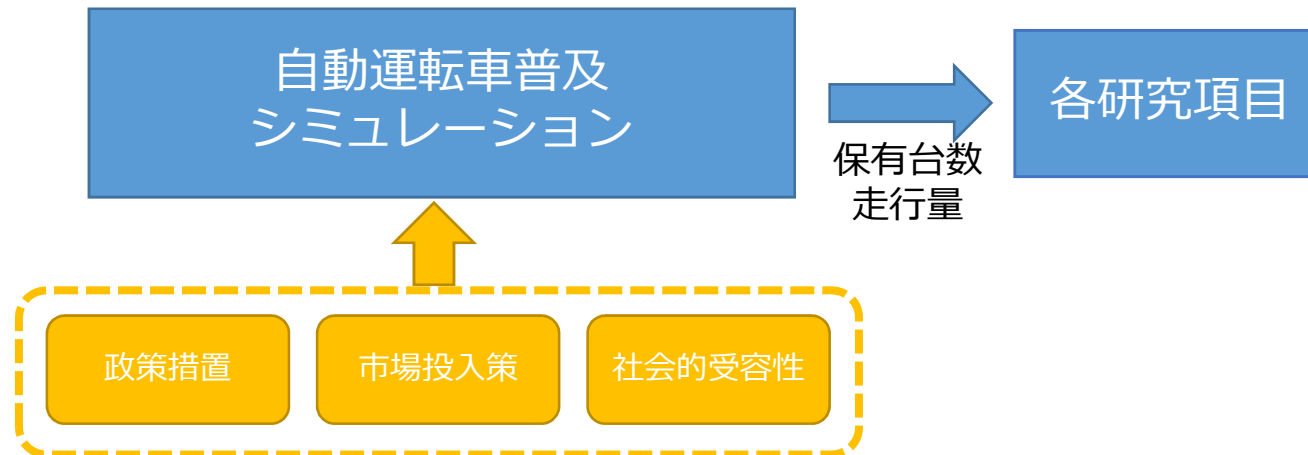
- シミュレーション結果を、本研究PJで実施する各種インパクト・アセスメントのための共通データとして利用するためのシミュレーションモデルを構築

<方法>

- 車の保有台数モデル、消費者の自動運転選択モデル構築など要素モデルの構築
- 要素モデルを組み合わせたシミュレーションシステムの構築
- 乗用車（オーナーカー）のテスト・シミュレーションの実施

シミュレーションの目的

- シミュレーション結果を、本研究PJで実施する各種インパクトアセスメントのための共通データとして利用。
- 以下のような要素が普及に及ぼす影響の評価
 1. 自動運転車に対する政策措置（経済的インセンティブ設定、自動運転デバイスの搭載義務化、保持要件緩和免許の導入など）。
 2. OEMの市場投入策（市場投入時期、価格）。
 3. 社会的受容性の向上。



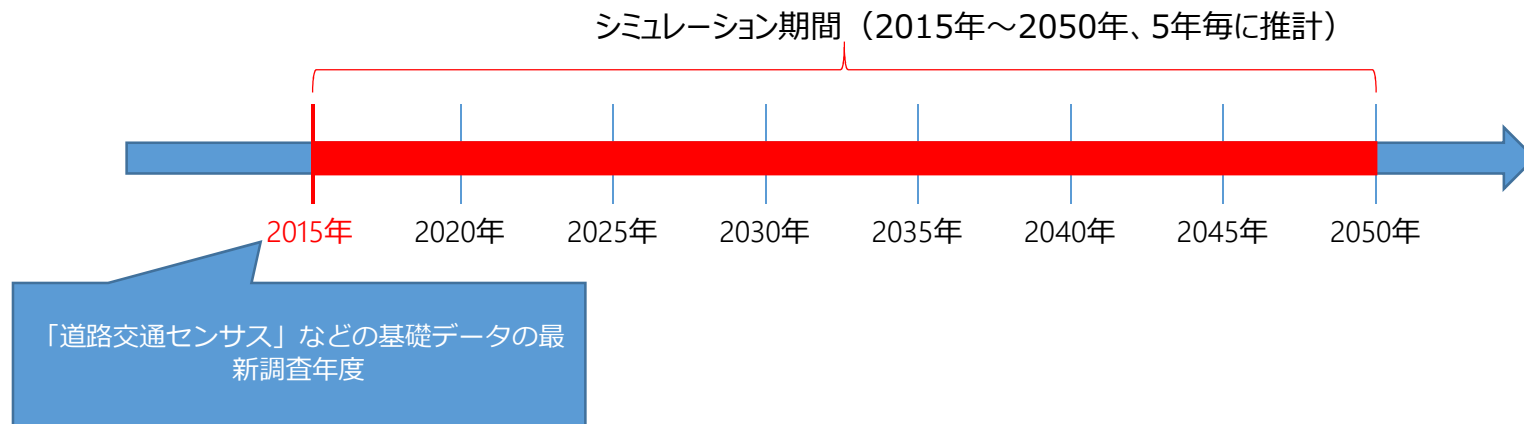
シミュレーションにおける各種分類

推計の分類と対象期間

1. 推計の分類

本研究における分類	推計方法の概要	アウトプット
オーナーカー	○Web調査の結果を用いて技術に対する消費者の選択構造をモデル化 ○「④- iii. 車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造の変化」の研究結果を取込み、オーナーカーから移動サービスへの移行をモデル化	保有台数 新車登録台数 走行量
移動サービス		
物流サービス	「④- ii. 物流・移動サービスのドライバー不足への対応とコスト削減」（東京大学）の研究結果を利用	

2. 対象期間



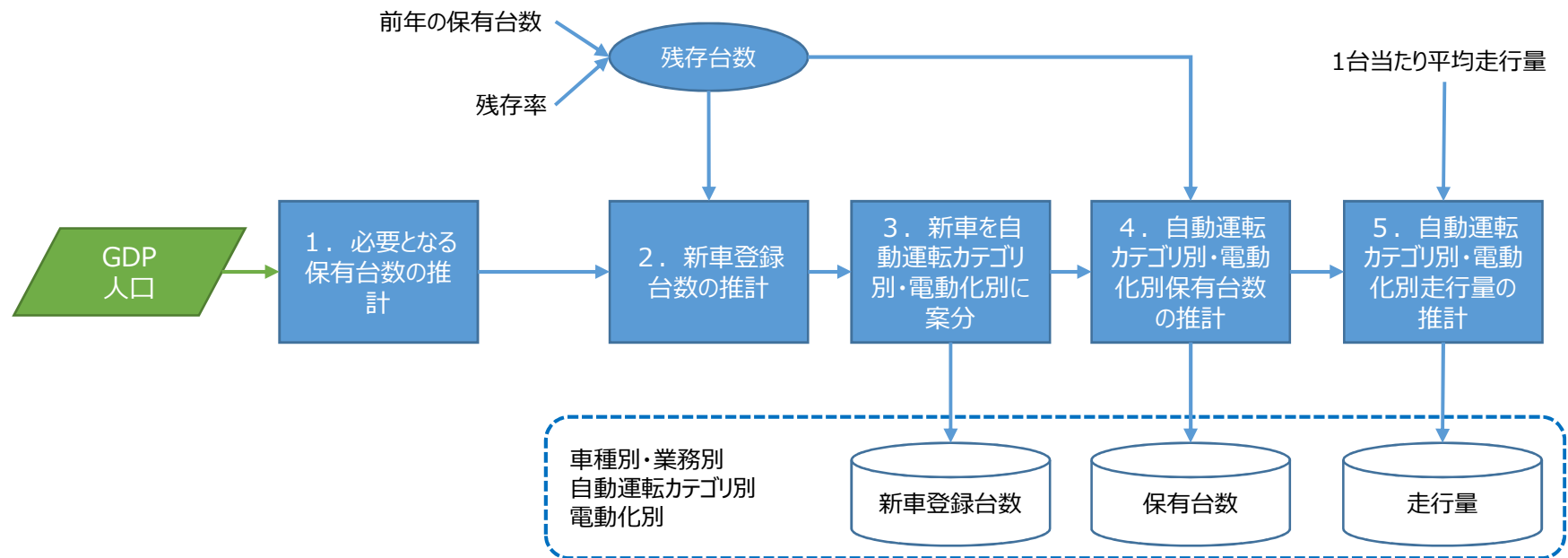
推計の対象とする自動運転カテゴリ

カテゴリ	高速道路	一般道路	対応技術など
C0	SAE Lv.0	SAE Lv.0	運転支援装置なし
C1	SAE Lv.1 運転支援	SAE Lv.1	<ul style="list-style-type: none"> ・衝突被害軽減ブレーキ ・ペダル踏み間違い時加速抑制装置 ・車線逸脱警報装置 ・車間距離警報装置
C2	SAE Lv.2 部分運転自動化	SAE Lv.1	C1に加え、 <ul style="list-style-type: none"> ・高速道路におけるレーンキーピングシステム (LKAS)+ ACC(アダプティブ・クルーズコントロール) (低速から停止も含む全車速域対応) ・高速道路における自動レーンチェンジ
C3	SAE Lv.3 条件付運転自動化	SAE Lv.2	C2に加え、 <ul style="list-style-type: none"> ・高速道路におけるLv.3 ・一般道におけるLv.2
C4	SAE Lv.4 高度運転自動化	主要幹線道路におけるSAE Lv.3	C3に加え、 <ul style="list-style-type: none"> ・高速道路における Lv.4 ・一般道の主要幹線道路における Lv.3 ・一般道では、システムの要請に応じて運転操作の引継ぎ (TOR) が発生
C5	SAE Lv.4 高度運転自動化	主要幹線道路におけるSAE Lv.4	C4に加え、 <ul style="list-style-type: none"> ・一般道の主要幹線道路における Lv.4 ・運転操作の引継ぎ (TOR) は発生しない
C6	SAE Lv.5 完全自動運転化		

シミュレーションのロジック

自動運転車普及シミュレーションの流れ

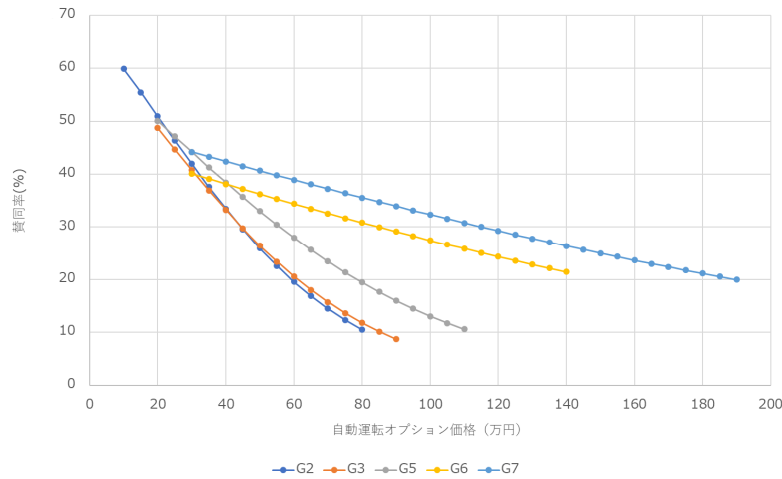
オーナーカーの場合



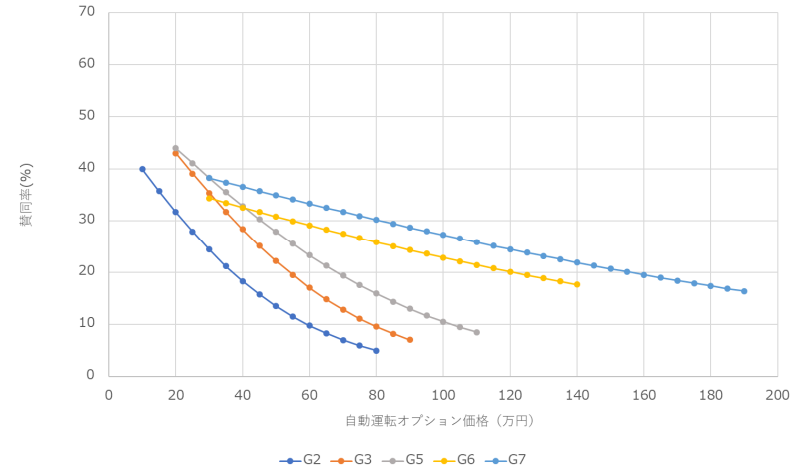
自動運転カテゴリ別の賛同率曲線

自動運転カテゴリ別の賛同率曲線を、Webアンケートの個票データを用いて導出。

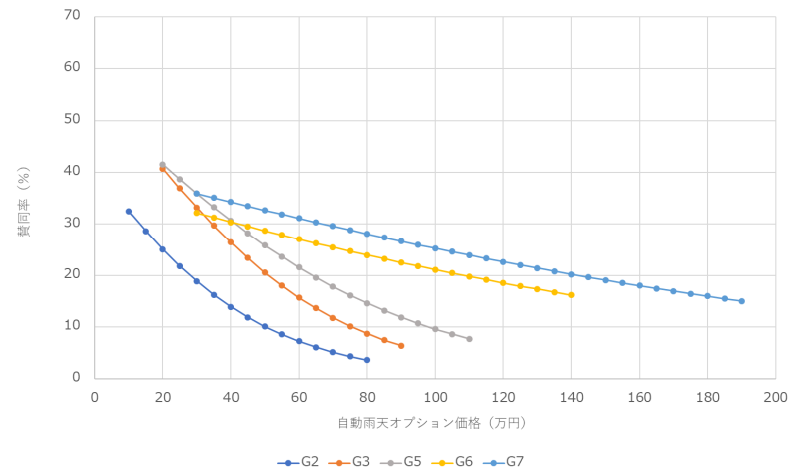
普通乗用車



小型乗用車

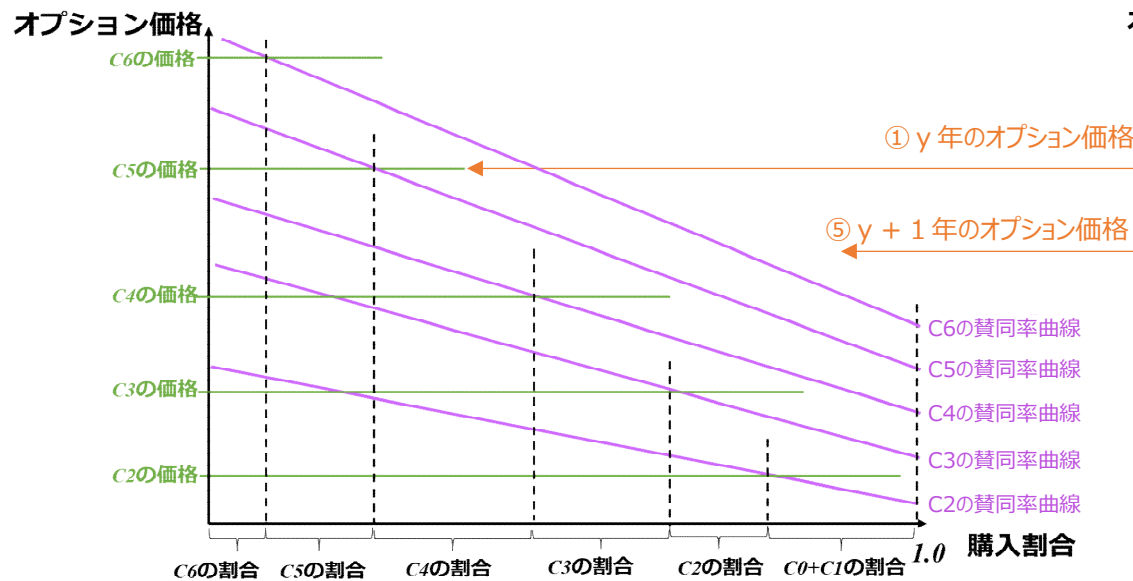


軽乗用車



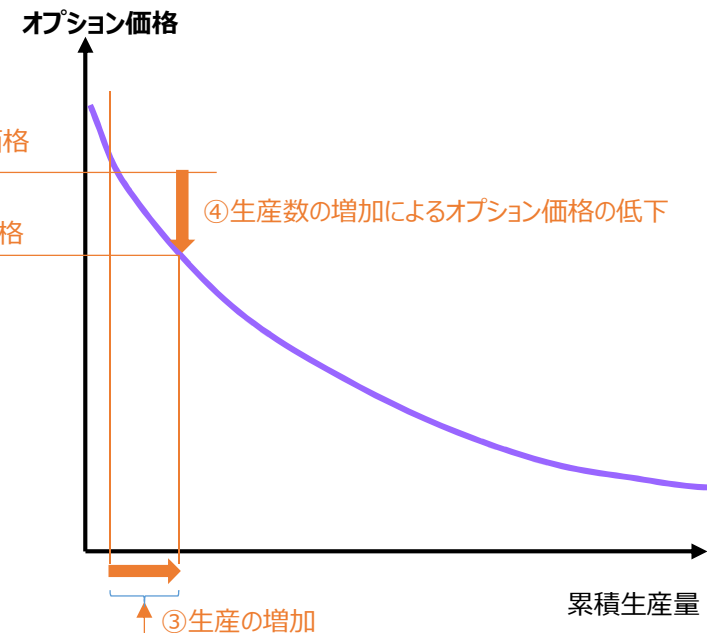
オーナーカー（乗用車）における新車の自動運転カテゴリ別案分

カテゴリ別の購入割合の決定方法



②各カテゴリの車の購入割合の決定
 消費者は購入意思額より小さい価格の自動運転カテゴリの内、
 最上位の自動運転カテゴリを購入する。

供給価格の決まり方（C5を例にして）



自動運転カテゴリ別の市場投入時期、初期オプション価格の設定 (乗用車の場合)

- 市場投入時期、初期オプション価格、生産経験による価格低下率（習熟率）を、次のように設定。

※ 習熟率とは累積生産量が2倍になったときの生産コストの比率

自動運転カテゴリ	市場投入年	初期オプション価格 (万円)	習熟率 (※)
C2	2019	41	0.9
C3	2020	70	
C4	2025	81	
C5	5年後 2030	93	
C6	10年後 2035	107	

「官民ITS構想・ロードマップ2019」、および「自動走行の実現に向けた取組方針 version2.0」(自動走行ビジネス検討会,平成30年3月30日)を参考に設定

文献を参考に設定

自動ブレーキシステムの経験曲線を参考

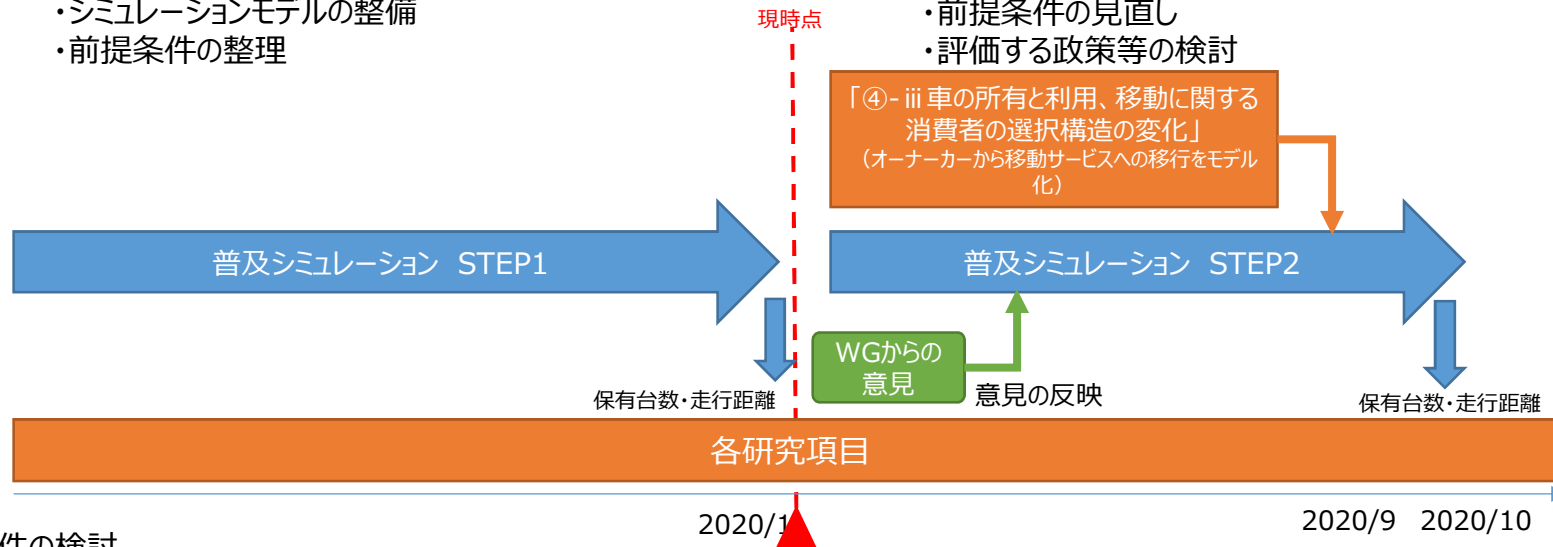
シミュレーションのSTEP

STEP 1

- ・シミュレーションモデルの整備
- ・前提条件の整理

STEP 2

- ・前提条件の見直し
- ・評価する政策等の検討



前提条件の検討

STEP	オーナーカーから移動サービスへの移行	自動運転化、電動化による耐用年数の変化	自動運転車の市場化時期・価格	消費者による自動運転カテゴリの選択	車の電動化	物流サービス・移動サービスへの導入シナリオ	自動運転化による走行量の変化
STEP 1 (2019年度)	考慮せず	耐用年数は現在と変わらず	文献を参照し、設定	・消費者の自動運転カテゴリの選択のモデル化。	車の自動運転化と独立に設定	考慮せず	1台当たりの走行量は現在と変わらず
STEP 2 (2020年度)	「④- iii 車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造の変化」(香川大学)の研究結果を利用	自動運転化・電動化による耐用年数の変化を検討	日本の状況にかんがみて設定	・賛同率の変化のシナリオ設定等	自動運転化と電動化の関係を検討	「④- ii . 物流・移動サービスのドライバー不足への対応とコスト削減」(東京大学)の研究結果を利用	自動運転化による1台当たり走行量の変化を検討

3 - i 交通事故低減効果の推計

<概要>

- 別施策「自動運転及び運転支援による交通事故削減効果の見える化」でシミュレートされる自動運転普及による交通事故件数、死傷者数の低減効果の推計結果の提供を受け、自動運転の交通事故低減効果を金銭価値化する。

<方法>

- この研究の一環として、実験経済学的手法ならび生活者へのwebアンケートを用いて交通事故加害者の非金銭的損失（心理的負担）の経済的評価を行う。本年度は、経済実験を実施。

経済実験の結果

- 同志社大学の学部学生76名に対して経済実験を実施
- 被害者と加害者の非金銭的損失を計測。但し、「死亡」のみを対象とする。
- この実験によって得られた最も重要なファインディングは、被験者は、加害者としての非金銭的損失を、被害者としての非金銭的損失と同程度か、もしくはそれ以上に高く見積もっていることである。

③ ii. 交通渋滞削減効果及びCO2排出削減効果の推計

<概要>

- 自動運転車が普及した場合の交通渋滞及びCO2排出削減量を推計

<方法>

- 高速道路における渋滞量の約6割はサグ部で発生。
- 自動運転は適切な車間距離と速度による走行を促進し、交通容量の向上に貢献し、結果として渋滞削減に寄与し、同時にCO2削減にも貢献すると仮定。
- このメカニズムを交通流シミュレーションにより計算（片側3車線区間及び片側2車線区間それぞれ代表的な1区間において実施）。自動運転の普及率として、20%と90%の2ケースを想定。
- 一般道路についても同様の考え方で行われた交通流シミュレーションによる既往研究結果を引用
- それぞれについて全国拡大を行い、全体量を試算

高速道路における渋滞削減量，CO2排出削減量の試算結果

- 別途の結果より，自動運転の普及率が2035年に25%，2050年に34%となることが予想される。
- 今回の仮定下において試算した結果のうち，高速道路における試算結果は下記の通り。（前提条件を変更すれば，当然推計結果も変化することに留意のこと）
 - ✓ 渋滞削減量：現在比で2035年には16%，2050年には17%の削減
 - ✓ CO2削減量：現在比で2035年には1.9%，2050年には2.2%の削減

4- i 交通制約者及び過疎地等の交通不便地域でのモビリティ確保

<概要>

- 自動運転技術を利用することが新たなビジネスや暮らしの仕組みをもたらす可能性があることを整理
- 過疎地での自動運転技術を活用した暮らしのシーンを整理

<方法>

- 地方の町役場職員等に自動運転技術の活用可能性についてインタビュー調査を実施

自動運転技術導入による使用用途の検討

インタビューにより導出された自動運転車両の使用用途

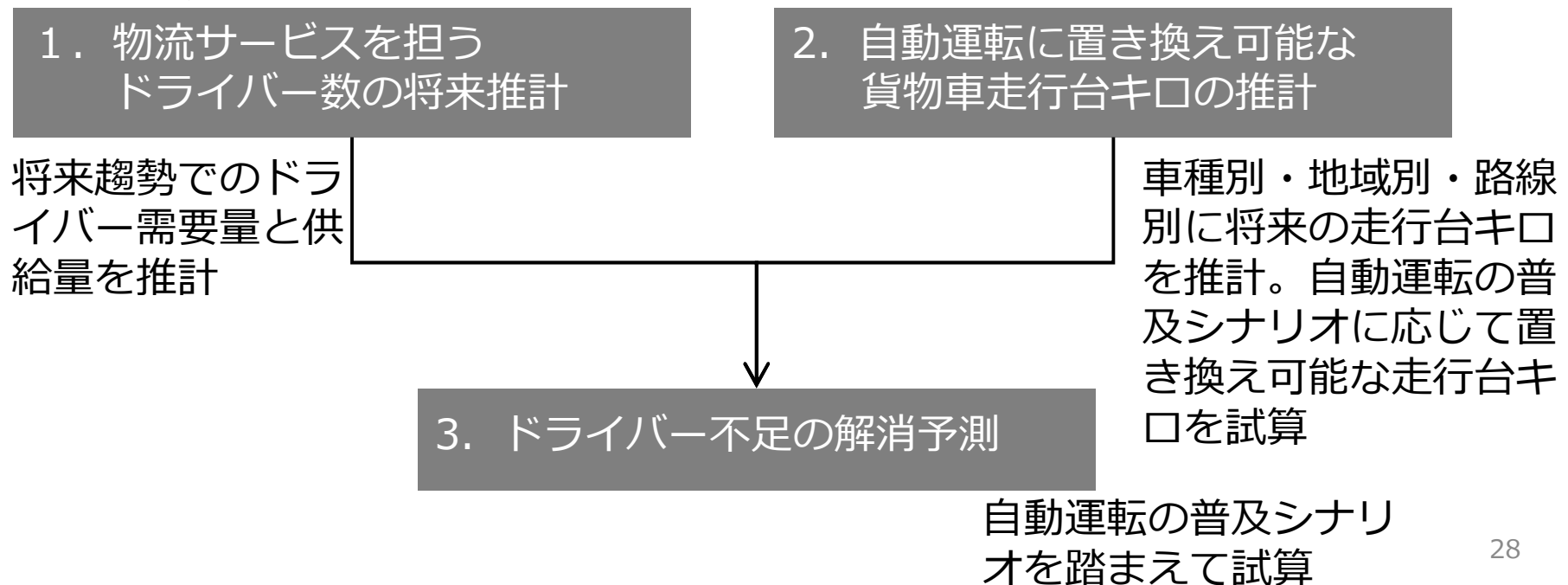
- 運転サービスの代替
 - 現在のサービスを自動運転技術で代替
 - 省力化（ドライバーの負担軽減）
 - 完全無人化
- 行政サービスの拡大
 - 不十分なサービスを自動運転技術で充実
 - サービス頻度や範囲の拡大
 - サービスの質の向上
 - サービスの充実（支援，検診，アテンド，現場確認，災害対策）
 - 被支援者・同乗者へのサービス向上
 - 現場確認，現場対応への注意力向上
- 行政サービスの創出
 - 新たなサービスの実現
 - 付加的に必要な技術と期待
 - 自動異常発見（現場確認，災害対応）
 - 問題箇所の抽出，現場での応急対応

4- ii 物流・移動サービスのドライバー不足への対応とコスト削減

<概要>

- 今後、更に深刻化する物流サービスのドライバー不足に対して、自動運転技術の導入により、どの程度、課題が解消されるのかを試算

<方法>



トラックドライバー数の需要量推計の方法

<概要>

- 将来の貨物量を推計した上で、その貨物運送に必要なとなるトラックドライバーの人数を推計する。

<方法>

- 生成貨物量の将来推移を推計（将来交通需要推計手法検討会議（国土交通省：2010年度）の手法を適用）し、更に貨物車輸送トン数を推計。更に、平均積載トン数モデル・平均輸送距離モデルを適用して貨物車総合台キロを推計
- 現況から将来への走行台キロの変化率がドライバー需要量の変化率と等しいと仮定し、現況のドライバー数に変化率を乗じて将来のドライバー需要量を推計

トラックドライバー数の供給量推計の方法

<概要>

- 雇用関係の統計を用いて、2040年までのトラックドライバーの人数を推計する。

<方法>

- 総務省「労働力調査」から得られるトラックドライバー数に、厚生労働省「賃金構造基本統計調査」（賃金センサス）における「営業用大型貨物自動車運転者」および「営業用普通・小型貨物自動車運転者」の年齢階級別構成比を乗じて、現況の年齢階級別トラックドライバー数を推計
- コーホート法を用いて5年毎に計算を繰り返して、継続雇用ドライバー数と新規雇用ドライバー数から将来のドライバー供給量を推計

仮定した自動運転技術の普及シナリオ

官民ITS構想・ロードマップ2019における物流サービスに関する記述を踏まえ、以下のシナリオを設定

シナリオ		2025年	2035年	2040年
1	特定的高速道路（新東名、新名神）において、トラックの完全自動運転（後続車無人隊列走行の設定も実施）	開始	○ 達成	
2	4車線以上的高速道路において、トラックの完全自動運転		○	
3	限定地域（過疎地を中心とする地方部）を対象とした無人自動運転の配送サービス	開始	○ 達成	
4	限定地域（交通量の少ない都市部・都市部郊外を除く地域）を対象とした無人自動運転		○	○
5	一般道路を含む重要物流道路におけるトラックの完全自動運転			○

トラックドライバー不足の解消予測

- 今回の仮定下において試算した結果は下記の通り。（前提条件を変更すれば、当然推計結果も変化することに留意のこと）
- ✓ 2035年には約18万人、2040年には約23万人のドライバーが不足する可能性がある。
- ✓ 無人トラックの走行が可能な環境が順位用意されていくとすれば（例えば、近い将来は高速道路で、その次に主要な国道において、等）、2035年には最大で約12万人、2040年には最大で20万人程度のドライバー不足を解消することが可能と予想される。

4- iii 自動車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造の変化

<概要>

- 自動運転車や MaaS等の導入・普及によって、車の所有と利用、移動に関する消費者の選択構造がどのように変化するかを検討

<方法>

- 消費者の交通手段の選択モデルの構築と、その自動運転車普及シミュレーションへの連携を検討
- 学生を対象に事前アンケート調査を実施

事前調査

- 1) 保有手動運転車、2) 保有自動運転車、3)一人乗り自動運転タクシー、4)乗合い自動運転タクシー、の4つのモード間の選択構造を、学生アンケートに基づき事前調査
- 「自動走行システムの社会的影響に関する検討会」の意見を踏まえ、交通手段に公共交通を含む等、推計方法を再検討する予定。

5 産業・社会分野へ与える影響の検討

ii 日本経済の全要素生産性の向上への貢献

<概要>

- 自動運転が、日本経済の全要素生産性を高めるルート进行分类した上で、それぞれのルートの具体的ケースを整理する。
- 自動運転車化が、全要素生産性向上にどの程度寄与するのかを、概数として算出する。

<方法>

- この研究項目については令和2年度に本格的に取り組むが、2019年度から文献サーベイや作業計画の立案に着手している。本年度は、その一部について報告書に記述。

6. 国際連携体制の構築

• 日独連携

- 内閣府とドイツ連邦教育研究省（BMBF）の間での「自動走行技術の研究開発の推進に関する日独共同声明」（Joint Declaration of Intent）（2017年1月12日署名）に基づき、共同研究を開始
- 第1回会合を2019.10.7～8にドイツ宇宙研究所ベルリン事業所にて開催し、互いの研究内容を紹介するとともに、互いの関心分野を表明しあい、情報交換や研究協力する分野を討議



7. 有識者検討会

3回開催 (2019.6.26, 2019.10.1, 2020.2.3)

氏名	所属	専門
糸久 正人	法政大学 社会学部 准教授	技術経営
今井 猛嘉	法政大学大学院 法務研究科 教授	刑法
植原 啓介	慶應義塾大学 環境情報学部 准教授	情報通信
○大口 敬	東京大学 生産技術研究所 次世代モビリティ研究センター 副センター長、教授	交通制御工学
垣内 秀介	東京大学大学院 法学政治学研究科 教授	民事手続法
紀伊 雅敦	香川大学 創造工学部 教授	都市・交通計画
北村 友人	東京大学大学院 教育学研究科 准教授	教育学
倉地 亮	名古屋大学大学院 情報学研究科附属 組込みシステム研究センター 特任准教授	サイバーセキュリティ
佐倉 統	東京大学大学院 情報学環	科学技術社会学
塩見 康博	立命館大学 理工学部環境都市工学科 准教授	交通工学
菅沼 直樹	金沢大学 新学術創成研究機構 未来社会創造研究コア 自動運転ユニット 准教授	ロボット工学
田口 聡志	同志社大学 商学部 教授、技術・企業・国際競争力研究センター ディレクター	行動経済学
中村 彰宏	横浜市立大学大学院 国際マネジメント研究科 教授	公共経済
ポンサートン・ラクシンチャーンサク	東京農工大学 機械システム工学科 教授	機械力学制御
三好 博昭	同志社大学 政策学部 教授、技術・企業・国際競争力研究センター長	技術公共政策
森本 章倫	早稲田大学 理工学術院 社会環境工学科 教授	都市計画
山崎 吾郎	大阪大学 COデザインセンター 准教授	文化人類学