

自動運転バスの実証実験と ELSI を踏まえた社会実装への取り組み

ELSIを踏まえた自動運転の社会実装
ー 自動運転の社会実装と次世代モビリティによる社会デザインー

2021年12月13日



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
教授 中野公彦

移動にまつわる課題

過疎地



交通事故



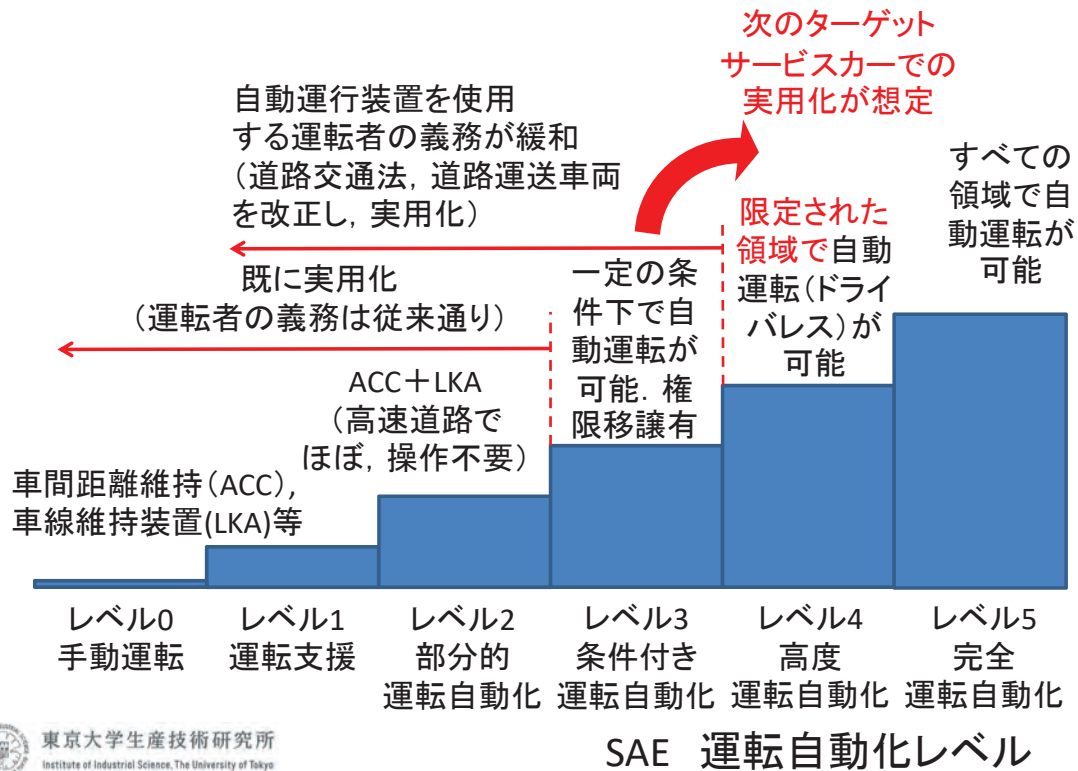
低頻度・サービス低下



自家用車の移動が主体に



自動運転技術の開発の状況



3

レベル4自動走行を目指したバスの開発

先進モビリティ×BOLDLY(SBドライブ)×東大生研



4

自動走行バス

側方ライダ



RTK-GPSアンテナ



遠点用ライダ (Velodyne)

近点用ライダ (日本信号)

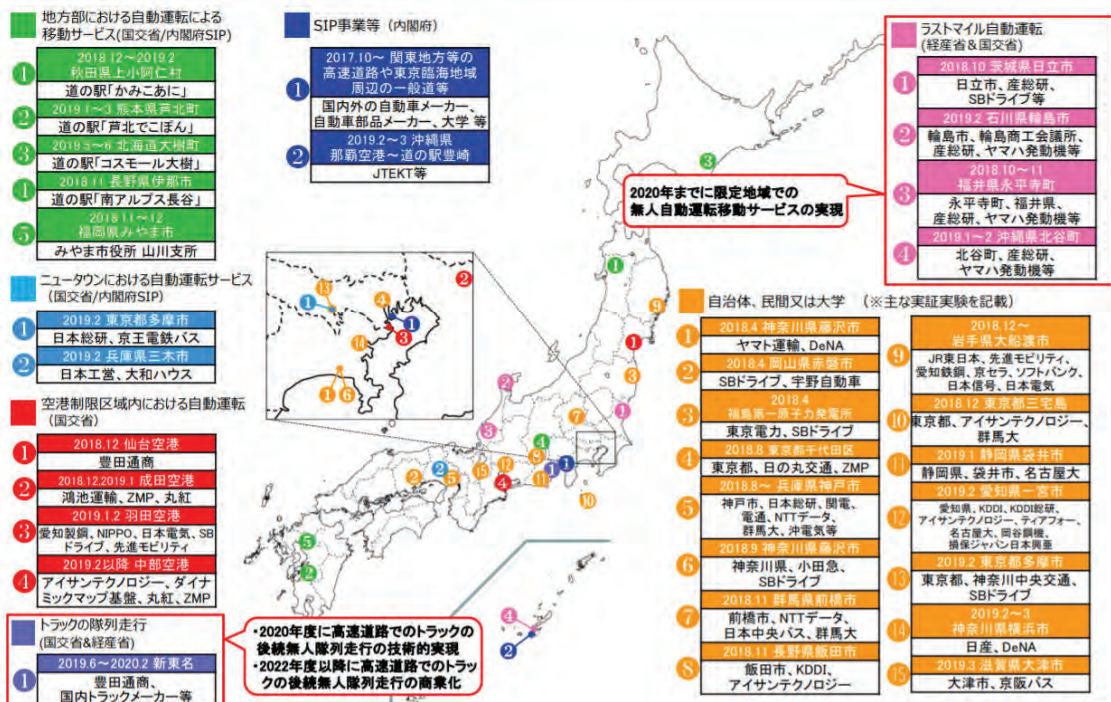
ミリ波レーダ



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

自動運転実証実験 (2018年度以降)

国土交通省



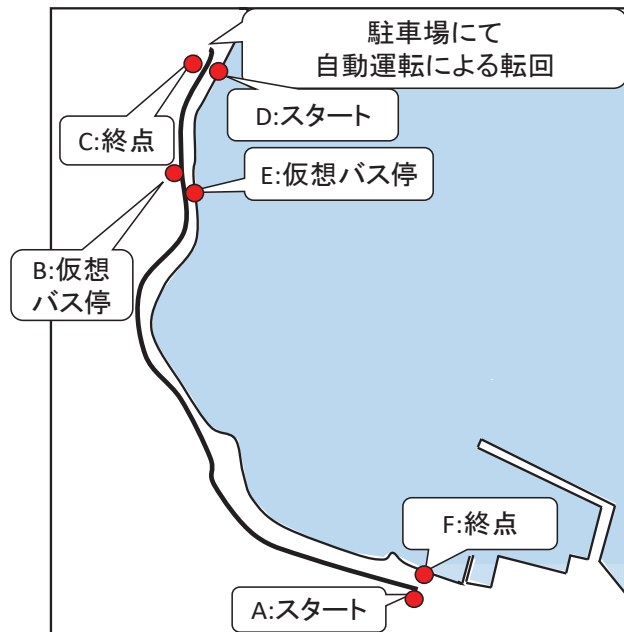
自動運転の実現に向けた国土交通省の取り組みについて 国土交通省自動車局 2019年11月13日
<http://www.forum8.co.jp/fair/df/movie-ppt/day1-104.pdf>



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

沖縄南城市

2017年3月20日から4月2日の期間に、あざまサンサンビーチ周辺の往復2kmほどの公道で行われた。



正着制御 (GNSS+LiDAR)



磁気マーカーによる自己位置同定

道路に埋め込まれた磁石と電子タグから、磁気とIDを検知して、自己位置推定を行う。

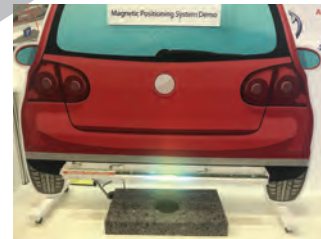
GPS信号をロスとしても、自動運転を継続することができる。



永久磁石



磁気センサ



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

9

磁気マーカー@多摩センター地区



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

10

柏キャンパス・柏の葉キャンパス駅間 自動運転バス実証実験

柏ITS推進協議会のもと、2019年11月1日
から営業運行を開始

出発地	柏の葉 キャンパス駅	東大 柏キャンパス
#1	12:35	13:05
#2	13:25	13:55
#3	14:15	14:35

東大
柏キャンパス



柏の葉キャンパス駅

※国土地理院の地理院タイルに実証実験ルートを加筆して掲載

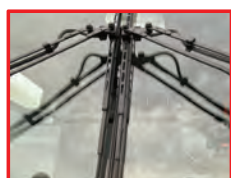


Institute of Industrial Science, The University of Tokyo



11

自動走行バス



ステレオカメラ

ミリ波レーダ



RTK-GNSS

LiDAR(ライダ)

NAVYA社製ARMA(BOLDLY社所有)



柏キャンパス内での実証実験



走行実績 2019年度

5月10日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	9月4日	12:00-13:00, 14:00-15:00
5月13日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	9月5日	13:50-14:40
5月29日	12:00-13:00	9月11日	10:00-11:00, 14:00-15:00
5月30日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	9月12日	12:00-13:00, 14:00-15:00
6月5日	12:00-13:15, 14:00-15:15	9月30日	12:00-13:00, 14:00-15:00
6月6日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	10月8日	12:00-13:00, 14:00-15:00
6月7日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	10月9日	12:00-13:00, 14:00-15:00
6月19日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	10月10日	12:00-13:00, 14:00-15:00
6月20日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	11月1日	12:00-13:00, 14:00-15:00
6月24日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	11月6日	12:00-13:00, 14:00-15:00
6月25日	10:00-11:15, 12:00-13:15, 14:00-15:15	11月8日	12:00-13:00, 14:00-15:00
7月8日	12:00-13:00, 14:00-15:00	11月25日	12:00-13:00, 14:00-15:00
7月9日	12:00-13:00, 14:00-15:00	1月9日	12:00-13:00, 14:00-15:00
7月10日	12:00-13:00, 14:00-15:00	1月16日	12:00-13:00, 14:00-15:00
7月30日	14:00-15:00	1月21日	12:00-13:00, 14:00-15:00
8月26日	12:00-13:00, 14:00-15:00	1月23日	12:00-13:00, 14:00-15:00
8月27日	12:00-13:00, 14:00-15:00	1月28日	12:00-13:00, 14:00-15:00
8月29日	12:00-13:00, 14:00-15:00	2月4日	12:00-13:00, 14:00-15:00
		2月6日	12:00-13:00, 14:00-15:00



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

15

ナンバープレート(自動車登録番号標) 取得



道路運送車両の保安基準第55条による基準緩和認定を受け2019年6月にナンバープレートが交付され(定員11名)、公道走行が可能なる。

ただし、申請に基づいて許可された範囲と条件に基づいた走行に限られ、オペレータと保安員の2名乗車が求められている。



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

16

ELSI: 次なる課題

Ethical, Legal and Social Issues (倫理的, 法的, 社会的課題)の略で, 科学技術の発展に伴って生じる, 倫理的, 法的, 社会的問題についてあらかじめ研究し, 対処するための取り組みを指す。

東京大学(柏ITS推進協議会)では, 柏の葉キャンパス駅と東京大学柏キャンパスの間を, 毎日(平日)3往復, 自動運転バス(レベル2運用)を走行させている。本プログラムは, 市民の方に, この自動運転バスに触れていただきながら, 自動運転技術をどのように社会に実装すべきかを考える取り組みである。



国立研究開発法人科学技術振興機構(JST), RISTEX 社会技術研究開発センター
科学技術の倫理的・法制度的・社会的課題(ELSI)への包括的実践研究開発プログラム
の一環として行われています



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

17

研究開発構想 根源的な問いと将来展望

機械の犯すミスを人間、社会が受け入れることができるのか？

新しい技術が起こすゼロではないリスクが、適切に理解され、客観的で公平な補償がなされ、倫理的にも許容されることにより、イノベーションの営みが起き、社会がその利益を享受することが期待できる。



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

18



人間と同様に事故を起こす可能性のある自動車の自動運転を、人間による自動車の運転と同様に、社会に受け入れるためには、どのようなことをすればよいのか。

ELSI観点でのデータ収集の取組

2021年8月より継続的なデータ収集を開始



車両の周辺状況を記録する業務用ドライビングレコーダを設置

データ活用の課題

自動運転の社会実装に向けて、社会との適切なコミュニケーションが必要。それにはデータの活用は不可欠と目されているが...

自動運転バスが計測しているデータの公開は新たな価値を生む

トレードオフ

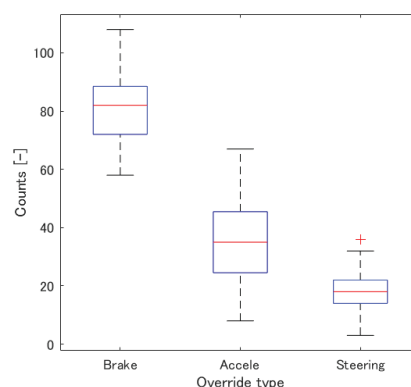
技術上の機密や個人情報 は当然保護されるべきデータ
公開に必要なコスト

実環境下でのオーバライド操作分析

自動走行中に必要があれば運転士が自動運転へオーバライドを行う。

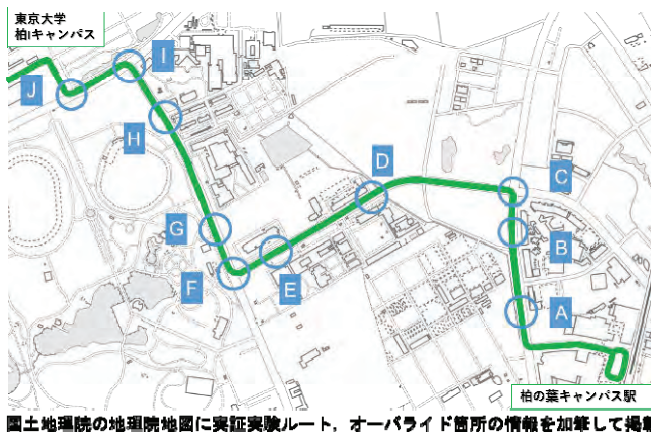
ドラレコでオーバライド前10秒、後5秒、計15秒の映像・数値データを記録

可視化するとアクセル・ブレーキが多い。アクセルとブレーキの操作は連動していると推測される。周辺交通の影響か？



20運行日のテイクオーバー件数の分析、箱ひげ図による可視化

運転介入が生じる外的要因の解明



今の自動運転バスでオーバーライドが生じる状況(シナリオ)

レベル3や4の自動運転で走らせるならば対応が必要

データを可視化して外的要因の解明を図る技術的対策や非技術的対策に活用

技術的対策

交差点形状や横断歩道、信号、駐車車両、路上工事
→これに対応する車両側制御技術開発、路上側でのセンシング支援

非技術的対策

→社会とのコミュニケーション、地域や周辺住民との協力。

霜野慧亮, 中野公彦, 鈴木彰一, 岩崎克康, 須田義大, 柏の葉地区を走行する自動運転バスを対象としたデータ収集と分析の試み, ITSシンポジウム2021, ITS Japan



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

21

実車データの自動解析



明治大学
MEIJI UNIVERSITY

データ連携を行うため、歩行者やナンバープレートの匿名化実験

・AIの画像認識技術を活用

昨年度3次元マップ作成場所にて走行





群馬大学 研究・産学連携推進機構
次世代モビリティ社会実装研究センター
CRANTS Center for Research on Adoption of NextGen Transportation Systems



東京大学
生産技術研究所
Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo



NICHE
東北大学未来科学技術共同研究センター

各地の実証実験の効率的な共有



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

22

科学技術コミュニケーション

目的:

自動運転技術を**自分ごと**と捉える場・情報を提供し、具体的な将来像を起点とした**論点を抽出**する

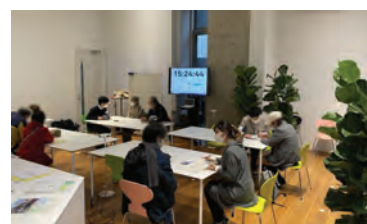


日時:

3月13日(土) 自動運転バス試乗会
3月20日(土) オンラインワークショップ

対象:

柏市民限定



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

23

市民との対話

<背景>

専門家が認識しているELSIの論点だけで十分か。

既存論点の認知度向上・意見回収に加え、少数派の意見も含め、「市民」から論点を直接抽出し、既存の論点を補完すべきなのではないか。 フレーミングも専門家と市民では異なる。

<手法>

哲学対話を用いた、自動運転技術にまつわるELSI論点を市民から抽出する対話の場の設計

※哲学対話: 特定のテーマについて参加者が問いを重ねながら、テーマと自分の意見の根底にある暗黙の前提(認識や判断や価値観)の理解を深める手法。教育目的や課題解決目的、参加者間の信頼感の醸成を目的とした企業研修にも活用されている。具体的な「技術」をテーマに据えたケースはほとんど報告がない。

哲学対話に期待する理由 ⇄ 多くの科学コミュニケーション等の課題の克服

- ・**論点の多様性**: 科学技術に関心のない層を巻き込める
- ・**論点の多様性**: 対等な対話を徹底するため、少数派の価値観も抽出できる
- ・**論点抽出**: 提示した論点への主張・意見ではなく、根幹となる「問い＝論点」自体を抽出できる
- ・**個々の価値観にもとづいた論点抽出**: 自分の暮らし・経験に紐づけて技術のもたらす変化を想像する場
- ・**理解を深めた上での論点抽出**: 対話を介して、多様な価値観に触れた上での論点を抽出できる



東京大学生産技術研究所
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

24

哲学対話

<成果>

- 対話の場の設計を目的に試行を3回実施。
- 哲学プラクティス連絡会にて手法の妥当性等について議論。
- 10月に千葉市科学館の科学祭で、抽出された論点について意見回収。
- 11月に高校生を対象に哲学対話を実施予定。
- 12月に科学技術社会論学会にて成果報告予定。

<今後>

- 参加者属性を変えながら、ELSI論点を抽出。
 - ELSI論点を絞り、深く掘り下げる
 - 既存の論点（欧州委員会専門家会合による報告書「Ethics of Connected and Automated Vehicles」など）との比較
- 市民と対話するフレームを提供



倫理検討

自動運転倫理研究会の開催(2021年9月16日、オンライン)

倫理的課題の明確化および、自動運転技術のELSIにおける倫理の役割・意義の検討を目的とし、国内で自動運転技術の倫理やロボット・AI倫理等に携わる哲学・倫理学研究者を集めて、研究会を行った。(参加者6名+プロジェクトメンバー3名)

自動運転技術の倫理に関する欧州の報告書を複数紹介したのち、議論を行った。

当日挙げられた主な論点:

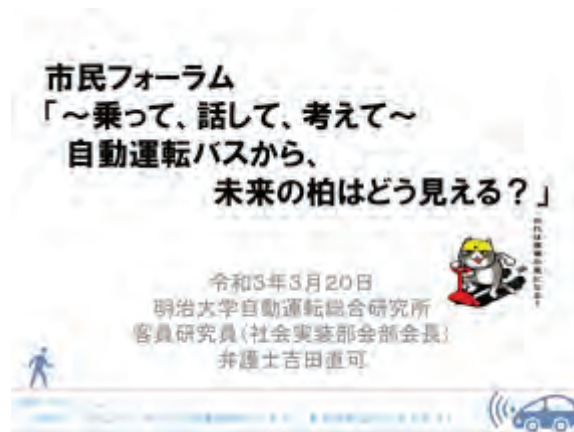
- 個別の車の振舞いのレベルの問題よりも、自動運転がある社会をどう設計すべきかという、都市設計の倫理の問題に目を向けることが必要。
- 現在の自動運転の導入状況のもとで生じる倫理問題、今後自動運転が普及するという仮定の下で将来生じる倫理問題のほか、そもそもなぜ導入すべきなのかという根本的な問題もある。現状では仮定に基づく議論に偏っている。現実の自動運転に即した議論が必要。
- 自動運転に関する責任をめぐる問題は、保険や法制度の設計の調整という問題に尽きるようにも思えるが、他方でそこに含まれない哲学・倫理学の問題領域もおそらくある。例えば自動車をを用いる人の徳の問題。車は根本的に他者危害性を含むものであるが、自動運転車は乗る人の他者危害意識や、それに伴う義務感・徳性を希薄化しうる。

自動運転技術ないし関連領域の倫理に携わる国内の哲学・倫理学研究者は数名いるが、分散している状況。まとまった形で議論できる場を設け、その成果を異分野に共有する機会は今後も必要である。研究会・シンポジウム等の形式で企画を継続していきたい。



「自動運転車と保険」セミナーの開催

- 「自動運転車と保険」という内容でセミナーを開催した。セミナーにおける登壇者は、明治大学中林教授、群馬大学三樹教授を中心に、現在の保険会社におけるデータ活用の方法、自動運転に纏わる保険制度の紹介を行い、今後の保険制度に係る関係者と議論を行った。
- 市民フォーラムにおいて、完全自動運転車の社会実装段階における交通規範の変容について市民とともに考えられるテーマを設定し、飛び出し事故を題材として、今後の交通規範の厳格化（特に、歩行者や自転車など、自動車以外の交通関係者）が許容されうるかを市民と対話を通じて検討を行い、交通規範の厳格化が許容された場合、道路の軌道化、過失相殺基準の変容などについて影響を及ぼすかについて検討した。



社会実装に向けて

- 自動運転はレベル4に向けて開発が進められており、地方におけるモビリティの確保と交通安全に寄与することが期待されている。
- レベル4はドライバレス（運転者不要）となる可能もあり、機械が運転の責任を担うことに対するELSI課題の解決も強く求められる。
- 地域ごとに必要とされる技術と社会実装の方法がある。
- 幸福な社会の実現に対して、自動運転がどのように寄与するのかを考えることが必要