

(案)

提言

自動運転のあるべき将来に向けて
— 学術界から見た現状理解 —



平成29年（2017年）〇月〇日

日 本 学 術 会 議

総合工学委員会・機械工学委員会合同

工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

この提言は、日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会車の自動運転検討小委員会での審議結果を踏まえ、同分科会において取りまとめ公表するものである。

日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同
工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

委員長	松岡 猛	(連携会員)	宇都宮大学基盤教育センター非常勤講師
副委員長	永井 正夫	(連携会員)	一般財団法人日本自動車研究所代表理事・研究所長、東京農工大学名誉教授
幹 事	須田 義大	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授
幹 事	水野 毅	(連携会員)	埼玉大学大学院理工学研究科教授
	遠藤 薫	(第一部会員)	学習院大学法学部教授
	大倉 典子	(第三部会員)	芝浦工業大学工学部教授・学長補佐
	柴山 悦哉	(第三部会員)	東京大学情報基盤センター教授
	萩原 一郎	(連携会員)	明治大学先端数理科学インスティテュート (MIMS)、研究知財戦略機構・特任教授
	桑野 園子	(連携会員)	大阪大学名誉教授
	高橋 幸雄	(連携会員)	東京工業大学名誉教授
	松尾 亜紀子	(連携会員)	慶應義塾大学理工学部教授
	宮崎 恵子	(連携会員)	国立研究開発法人海上技術安全研究所運航・物流系運航解析技術研究グループ長
	向殿 政男	(連携会員)	明治大学名誉教授
	矢川 元基	(連携会員)	公益財団法人原子力安全研究協会会長、東京大学名誉教授
	成合 英樹	(特任連携会員)	筑波大学名誉教授
	藤原 修三	(特任連携会員)	国立研究開発法人産業技術総合研究所安全科学研究部門研究顧問

車の自動運転検討小委員会

委員長	永井 正夫	(連携会員)	一般財団法人日本自動車研究所代表理事・研究所長、東京農工大学名誉教授
副委員長	須田 義大	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授
幹 事	毛利 宏		東京農工大学大学院教授
幹 事	道辻 洋平		茨城大学工学部准教授

萩原 一郎	(連携会員)	明治大学先端数理科学インスティテュート (MIMS)、 研究知財戦略機構・特任教授
松岡 猛	(連携会員)	宇都宮大学基盤教育センター非常勤講師
高田 広章	(連携会員)	名古屋大学未来社会創造機構教授
池田 良彦		東海大学法学部客員教授
石川 博敏		認定 NPO 法人救急ヘリ病院ネットワーク理事
稲垣 敏之		筑波大学理事・副学長
内村 孝彦		ITS Japan 常務理事
大口 敬		東京大学生産技術研究所教授
景山 一郎		日本大学生産工学部教授
鎌田 実		東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
北崎 智之		国立研究開発法人産業技術総合研究所自動車ヒュー マンファクター研究センター・研究センター長
小林 敏雄		東京大学名誉教授、日本自動車研究所顧問
竹内 健蔵		東京女子大学現代教養学部教授
中野 公彦		東京大学大学院情報学環准教授
中山 幸二		明治大学大学院法務研究科教授
堀野 定雄		神奈川大学工学研究所客員研究員

本提言の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務	盛田 謙二	参事官（審議第二担当）（平成 27 年 8 月まで）
	石井 康彦	参事官（審議第二担当）（平成 27 年 8 月から）
	松宮 志麻	参事官（審議第二担当）付参事官補佐
	柳原 情子	参事官（審議第二担当）付審議専門職

要 旨

1 作成の背景

昨今の自動車業界での自動運転に向けた活発な動きや、日本政府も 2020 年に完全自動運転車を走らせると公表するなど、自動運転に関するマスコミ報道が加熱している。一方で、交通事故等の自動車交通の引き起こす負の側面はまだまだ解決せず、高齢化が進むことでより一層深刻になる面も想定される中、自動運転に対する過度とも言える期待や誤解が散見される。これらの状況を鑑み、正しい現状理解とあるべき将来に向けての議論を日本学術会議で行ったので、それを提言としてまとめる。

2 現状及び問題点

完全自動運転車の実現に向けた研究開発や公道実験が盛んにおこなわれているが、現在までに市場投入されている車両は、レベル 2 と呼ばれる部分的な自動運転であり、運転者が主体の運転支援システムとも呼べるものである。システムの過信が原因とみられるような死亡事故が発生する中、運転支援システムから部分的な自動運転、さらには完全自動運転まで様々な車両が開発されていくことに対し、自動車ユーザーのみならず交通参加者すべてが車の機能を正しく理解することが重要である。

また自動運転車の進化について、官民 ITS 構想・ロードマップ 2016 等で示されているが、運転者のみならず社会としてどのように受け止めていくべきかについては、まだ十分な議論がなく、事故時の責任問題、非自動運転車との混在下での車両間のコミュニケーション、歩車のコミュニケーションなど、検討すべき課題も多い。さらに、将来的に完全自動化が進んでいくとして、そのゴールをどのように描くか、またそれに向けた体制をどうするか、という課題についての議論もまだまだこれからである。

3 提言の内容

(1) 現状の正しい理解

自動運転への期待が大きいですが、現状で市販されているもの、さらに当面個人ユーザーが購入できるものとして開発が進められている車はレベル 2 と呼ばれる部分自動運転であり、運転者責任であることを、きちんと理解されるように周知・啓発を行うべきである。システム責任の自動運転車の開発競争も盛んであるが、事故時の責任問題が明確になり、許認可等の法制度が対応できて、社会的受容性が高まらないと実現は困難であり、完全自動運転車は、限定空間等での社会導入から進められるものと認識すべきである。

(2) 課題解決に対する自動運転のあり方

自動運転の意味する所は多様であるが、その目的に応じた開発・社会実装を以下のように行っていくべきである。

- ① 安全安心な交通社会を目指していくためには、交通事故削減へ向けて実効的な対策に取り組むべきである。そのため普及に時間のかかる完全自動運転車の開発とは別に、運転支援システムの完成度を高め、早期普及を目指すべきである。
- ② 少子高齢社会の課題解決として自動運転技術を活かすとするれば、特に過疎地域等での運転者不足への対応や物流分野の労働力不足への対応を重視すべきである。
- ③ 移動のイノベーションを目指すのであれば、シェアリングエコノミー等のエコシステムからの自動運転の位置づけを明確にして、ゴールのイメージを社会で共有し、それに向けたロードマップを整備していくべきである。
- ④ 産業競争力の強化の点から自動運転をとらえるのであれば、自動車産業は日本の基幹産業であるため、国際協調をふまえてこの分野に先導的に取り組んでいく必要があり、そのための産官学の連携体制の構築をしていくべきである。

(3) 研究開発の課題や適切な体制の整備

上記の自動運転のあり方をもとに、推進すべき課題や望まれる体制を考えると、以下のようになる。

- ① 交通事故の早期大幅削減に向けて、自動運転に関わる行政・専門機関は、運転支援システム（レベル1、2）の高度化のための支援と普及の方策を進めるべきである。
- ② 社会的受容性や制度設計など、社会科学的課題を含む産学連携プロジェクトを推進すべきである。特に高齢化や労働力不足の観点から、自動運転技術の適切な適用を推し進めるような体制を構築すべきである。
- ③ 完全自動運転（レベル4、5）の導入に向けては、未来社会のモビリティのあり方について学際的に検討すべきである。自動車技術者のみならず、広く移動やまちづくり等に関するステークホルダーによる研究を進め、我が国から世界に先駆けて社会変革を実現していく道筋をつけていくべきである。
- ④ 自動運転分野における産官学連携の推進と人材育成の強化のための体制整備をすべきである。日本の基幹産業が世界をリードしていけるような体制づくりとして、例えば技術研究組合のような組織体を企業側が作り、中立研究機関や大学と太いパイプで結び付き、さらに人材育成や人材交流がなされていく形が望まれる。特にこれからは、自動車技術と情報技術の融合分野(Cyber Physical System)が重要で、こういった学際分野での研究力強化や産学連携を推進すべきである。

以上のような取り組みを早急に進められるように、自動運転の推進に関わる国の関係部署や産官学の専門機関は検討を進めていくべきである。

目 次

1	はじめに.....	1
2	自動運転に対する期待と課題.....	1
	(1) 自動運転とは.....	1
	(2) 自動運転の効用に対する期待.....	3
3	自動運転に関する取り組みの現状.....	3
	(1) 国家主導の開発プロジェクト.....	3
	(2) 大手自動車企業の取り組み.....	5
	(3) ベンチャーおよび新規参入企業の取り組み.....	5
	(4) 大学等の動向.....	7
	(5) 国内外の動向.....	8
	(6) まとめ.....	10
4	自動運転・自動走行実現に向けた道筋と課題.....	10
	(1) 交通事故削減の観点.....	10
	(2) 運転者不足対応の観点.....	11
	(3) 未来社会のモビリティにむけて.....	11
5	協調領域の研究開発の課題.....	12
	(1) 協調領域の研究開発.....	12
	① 運転者とシステムに関わる HMI 課題.....	12
	② 自動運転車と交通参加者との関わりに関する HMI 課題.....	13
	③ 地図情報高度化などソフトインフラに関する課題.....	13
	④ 道路・都市などインフラに関する課題.....	14
	(2) 基盤技術の研究開発.....	15
	① 自動運転技術の評価手法の開発とリアルワールドデータの活用.....	15
	② システムの安全設計・セキュリティ.....	15
	③ ドライブレコーダ等の車載記録装置の設置と走行運転データの分析.....	16
	④ 人工知能 AI による認識技術・判断技術の高度化.....	16
	(3) 社会科学的・非技術的な課題.....	16
	① 道路交通条約と法整備の問題.....	16
	② 交通事故の法的責任.....	17
	③ 倫理問題.....	18
6	産学連携基盤の体制.....	18
7	提言とまとめ.....	19
	(1) 現状認識.....	19
	(2) 課題整理と自動運転のあり方.....	19
	(3) 研究開発の課題や適切な体制の整備.....	19
	<参考文献>.....	21
	<参考資料 1>工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会 審議経過.....	22

＜参考資料２＞車の自動運転検討小委員会 審議経過.....	23
-------------------------------	----

1 はじめに

2012年頃からの米グーグル社の自動運転車¹の実験走行や、メルセデスベンツ社の自動運転車が2013年にベルタ・ベンツルート約100kmを自動で走った頃から、急速に自動運転に関する話題に関心が集まるようになった。それまではテストコースや限定空間での自動運転のデモ等があったが、公道で自動運転車が走る様子は、未来を予感させるような衝撃が走ったとも言える。日本でも2013年秋に安倍首相を乗せたデモを自動車企業3社が実施しており、その頃から、日欧米の自動車メーカーや部品メーカーが自動運転に対する開発投資に大きく力を入れるようになってきている。米テスラ社が、2015年にオートパイロットと称した部分自動運転車を市場投入し、日本でも2016年8月に日産自動車がミニバンに自動運転機能を搭載し販売を始めている。

自動運転に向けた動きが過熱する一方で、2016年5月にはテスラ社の市販車両で初の死亡事故が発生し、自動運転に対する慎重論も現れている。

一口に自動運転といっても、次章に示すように様々な種類・レベルが存在するが、一般には完全自動運転、あるいは無人の自動運転がイメージされることが多く、それが早期に実現するように思っている人も少なくない。これまで市販されたものや、当面メーカー等で開発されるものは、レベル2と呼ばれる部分自動運転（準自動運転）に過ぎず、これは運転者の責任において動かすことが前提のものである。

法制面からみると、ジュネーブ条約等で、自動車は人間が運転操作するものと定義されているので、そういった条約や協定等を変更していかないと、完全自動運転の車両が公道を走るようにはならないのである。世間では、自動運転に対する過大な期待があり、正しく理解し正しく向き合わないと、これから市販化が進むと予想される部分自動運転車では、過信による事故の懸念もある。

一方で、車が自動で動くということは、移動の新たなイノベーションに結び付き、さらには都市や生活の変革といった新たなエコシステムの姿を目指す動きにもつながる。

このような背景の下、日本学術会議では、総合工学委員会・機械工学委員会の「工学システムにおける安全・安心・リスク検討分科会」の下に「車の自動運転検討小委員会」を設置し、自動運転とは何か、自動運転に正しく向き合うこと、自動運転によるイノベーションなど、多方面の観点から議論を行ってきた。本提言は、小委員会での議論をまとめ、一般市民が正しい理解を得ることに資すると共に、自動運転の推進に関わる国の関係部署や産官学の専門機関が検討を進めていくことを目指し作成されたものである。

2 自動運転に対する期待と課題

(1) 自動運転とは

自動運転のレベル定義については、米国 NHTSA が 2016 年 9 月に SAE-International の定義（レベル0～5）[1]に沿った案に変更すると発表しており、国別に異なる定義

¹ 自動運転に関する言葉の表現として、自動走行、自律走行、セルフドライビングカー、ドライバレスカー等様々な言い方が存在する。英語でも、automated vehicle, autonomous vehicle, self-driving car, driverless car, CAV(connect ed and automated vehicle)などがある。

は避けるべきとの観点から、本提言でも、図1に示す改定案を採用する。

レベル1は、前後・左右のいずれかを制御する「単機能運転自動化」レベルであり、主体は運転者が運転するもので、例として自動ブレーキやクルーズコントロールがある。

レベル2は、前後・左右の両方を制御する「部分運転自動化」レベルであり、あくまで運転者が主体の部分自動運転である。したがって高度運転支援システムと表現した方が適切とも言える。当面市場に出てくるのはこのレベル2であるが、周辺環境の監視義務やシステム状態の監視義務を実行しながら走行させる責任が運転者にある。

レベル3は、すべての運転タスクをシステムが行うもので、システムが対応できない場面のみ運転者へ権限を委譲する「条件付運転自動化」レベルである。システム責任で動いている間は、運転者はセカンドタスクと称する運転以外のことをやっても許される。しかしながら、システムがすべての権限移譲場面を予見して運転者に権限移譲を促すことは容易でない。レベル3の正確な定義に関する議論はまだこれからである[2]。

レベル4は、完全自動運転ではあるが領域を限定した「高度運転自動化」レベルである。企業や研究機関等での研究開発が進み、限定的な環境条件では自動運転と捉えられるレベルである。普通の自動車としては、いくつかのコンセプトカーが示されており、ハンドルとペダルが隠れるものや、運転席が後ろ向きになるものも提案されている。

レベル5は、領域を限定しない完全自動運転であり運転者の運転を想定していない移動体である。例えばハンドルやペダルのない車、無人タクシー、無人バスが考えられる。

レベル	呼称	概要	安全運転に係る監視、対応主体
運転者が全てあるいは一部の運転タスクを実施			
レベル0	運転自動化なし	運転者がすべての運転タスクを実施	運転者
レベル1	運転支援	システムが前後・左右のいずれかの車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施	運転者
レベル2	部分運転自動化	システムが前後・左右の両方の車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施	運転者
自動運転システムがすべての運転タスクを実施			
レベル3	条件付き運転自動化	・システムがすべての運転タスクを実施(領域※限定的) ・システムの介入要求等に対して、予備対応時利用者は、適切に応答することを期待	システム (フォールバック中は運転者)
レベル4	高度運転自動化	・システムがすべての運転タスクを実施(領域※限定的) ・予備対応時において、利用者が応答することは期待されない	システム
レベル5	完全運転自動化	・システムがすべての運転タスクを実施(領域※限定的でない) ・予備対応時において、利用者が応答することは期待されない	システム

※ここでの「領域」は、必ずしも地理的な領域に限らず、環境、交通状況、速度、時間的な条件などを含む。

図1 自動運転のレベル定義²

(出典) 平成28年12月内閣官房IT総合戦略室資料[3]を基に委員会で作成

2 内閣府SIPではこれまで自動運転のレベル定義については2013年版のNHTSAの分類に準拠したが、2016年版NHTSAではSAE J3016改正版の定義に沿った改定をしており、本提言でもそれに準拠する。

(2) 自動運転の効用に対する期待

自動運転に対する期待は、①交通事故削減、②渋滞緩和、③環境負荷低減、④高齢社会における移動支援、⑤運転から解放されることによる付加価値、⑥新たなビジネスチャンス、と多岐にわたっている。

なぜ自動運転を行うか、自動運転の第一の目的としては安全・事故防止と言われる。交通事故原因の90%以上が運転者のヒューマンエラーと言われ、そのエラーを機械がカバーすることで事故防止につなげようとするものである。これは大きな目的の一つであることに間違いはないが、一方で自動運転になると事故がゼロになるという過大な期待があるものの、センサ等の限界により事故を完全に防止できるかという点、そこまでは無理であり、また自動運転への過信により新たに発生する事故やニアミスもあり得るということを肝に銘じるべきである。自動運転の次なる目的としては、交通流が運転者の技量等によらずきちんと流れることにより、渋滞緩和や環境負荷低減につながるなどの期待がある。さらに、高齢化や過疎化への対応として、ロボットタクシーといった車両が無人で輸送サービスを提供できるようになると、高齢運転者の事故防止や高齢者の引きこもりの解消などにも効果が期待できよう。

海外では、特に運転者が運転の負担から解放され、移動時に別のことができるという点を大きなメリットとしてとらえ、このような新たな価値の創出への期待も少なくない。さらには、全車自動になれば、道路空間の余裕部を減少させたり、同じ道路容量の中をより多くの交通流を流すことができたりすることにより、都市空間の中の道路部分を減らすことができるし、車の個人所有という概念が無くなれば自宅に駐車場がなくなる[4]。さらには、車が自動で走り、コネクティッドと称するインターネットと接続することでICTやIoTの業界が提案する新たなサービスも期待され、元々の自動車業界だけでなく、様々な業界がプレーヤーとして移動サービス分野に加わることも考えられる。

3 自動運転に関する取り組みの現状

(1) 国家主導の開発プロジェクト

国レベルの話としては、ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) の流れの一つとして、首相官邸にIT戦略本部があり、世界最先端IT国家創造宣言がなされ、そこで官民ITS構想・ロードマップ[5]が作られている。2020年を目途に世界一安全な道路交通を目指し、また2030年には世界一安全で円滑な道路交通社会をつくるという社会目標を掲げ、自動走行システムが描かれている。ロードマップの2016年版では、2020年までの高速道路での自動走行と限定地域での無人自動走行移動サービスを記したものになっている。自動走行は、政府の日本再興戦略や改革2020においても重点分野として描かれており、成長戦略における中心と位置づけられている。科学技術基本計画の5期においても、世界に先駆けた「超スマート社会」(Society 5.0)[6]の実現にむけて、高度道路交通システムは総合戦略で掲げられた11のシステムの中でもコアシステムと位置づけられており、他のシステムとの連携協調をはかり、新たな価値を創出することが期待されている。

具体的な取り組みとして、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システム[7]では、府省庁連携により、「人々に笑顔をもたらす交通社会を目指して」を統一メッセージと定めてプロジェクトが推進されている。図2はSIP自動走行システム推進委員会で策定した研究課題であり、以下の5分類の課題を実施している。

- [I] 自動走行システムの開発・実証：① 地図情報高度化(ダイナミックマップ)の開発、② ITSによる先読み情報の生成技術の開発と実証実験、③ センシング能力の向上技術開発と実証実験、④ 運転者と自動走行システムのHMI（Human Machine Interface）技術の開発、⑤ システムセキュリティの強化技術の開発、⑥ 自動走行システムの早期実現化に向けた事業化研究と実証実験
- [II] 交通事故死者数低減・渋滞低減のための基盤技術の整備：① 交通事故死者低減効果見積もり手法と国家共有データベースの構築、② ミクロ・マクロデータ解析とシミュレーション技術の開発、③ 地域交通CO₂排出量の可視化
- [III] 国際連携の構築：① 国際的に開かれた研究開発環境の整備と国際標準化の推進、② 国際連携重点6テーマを定め、対応窓口を置き、戦略的に推進、③ 社会受容性の醸成、④ 国際パッケージ輸出体制の構築
- [IV] 次世代都市交通への展開：① 地域交通マネジメントの高度化、② 次世代交通システムの開発、③ アクセシビリティ（交通制約者対応）の改善と普及
- [V] 大規模実証実験：研究開発施策の統合化、制度面等の課題抽出

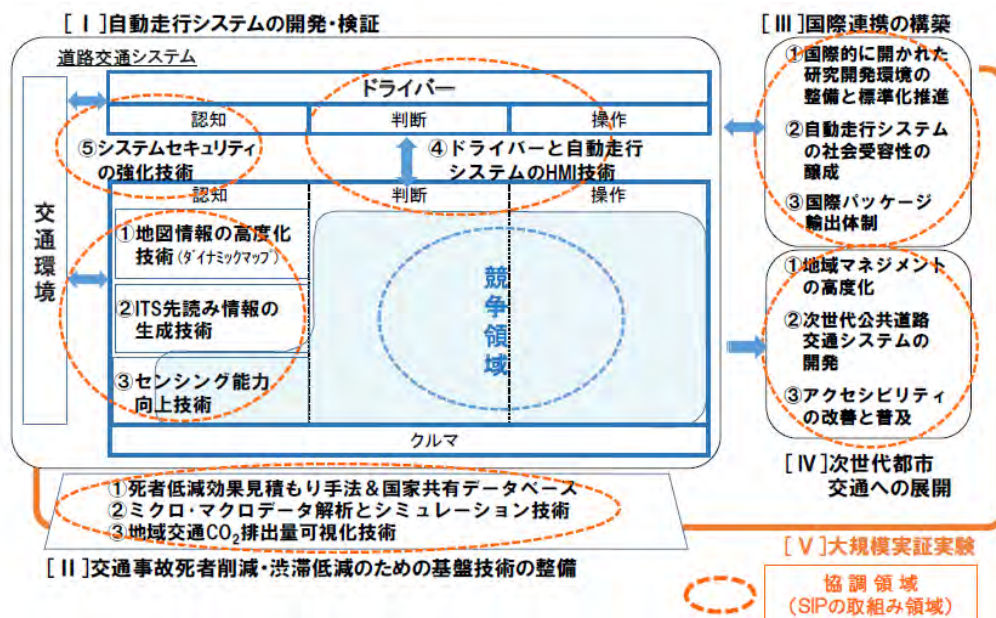


図2 SIPプロジェクト研究課題（2016年版）

（出典）内閣府 SIP 研究開発計画調査結果

経済産業省では、2015年から、自動車産業戦略2014で示された自動走行ビジネス検討会を国土交通省と合同で開き、報告書をまとめている。また経産省ではスマートモビ

リティの実現に向けて、要素技術の研究開発と、自動走行ビジネス検討会[8]で議論がなされたトラック隊列、バレーパーキング、ラストワンマイルといったテーマについてプロジェクトを実施している。トラック隊列とは、複数台のトラックを隊列自動走行させる取り組みであり、過去にエネルギーITS プロジェクトで研究開発がなされており、今回は電子連結で2台目以降を将来的に無人とすることをゴールとした取り組みである。バレーパーキングは、実用化されている自動駐車機能を活用して、駐車場内での低速走行と駐車を無人（あるいは遠隔）で行うことを目指した取り組みである。ラストワンマイルについては、施設内といった限定空間や過疎地域のような場所での自動運転の活用を目指しており、フィールドとなる自治体等を選定して進められる予定である。

警察庁では、2015年度に自動走行の制度的課題等に関する調査研究[9]を実施し、公道実証実験に関するガイドライン[10]をまとめた。

国土交通省では、国連のWP29（R79）の議論に参加し、自動走行の定義や自動操舵の扱い等について各国との協議を行っている。欧米の活発な動きに比べて、日本では自動運転の実証がやりにくく動きが鈍いとの報道もあるが、実際には車両は保安基準に適合していれば大臣認定等を受けずにナンバー取得ができて公道実験ができるし、レベル2として運転者責任において警察庁のガイドラインに沿っていれば実証実験はむしろやり易いとも言える。さらに、無人走行を目指した実証実験を行える枠組みを2017年までに整備するとしており、規制官庁も自動運転については非常に前向きになっている。

(2) 大手自動車企業の取り組み

2015年に取りまとめた自動車工業会の自動運転ビジョン[11]によると、2020年頃までは自動運転技術の実用化あるいは導入期であり、2030年頃までは普及拡大、展開期であり、2050年頃までは定着・成熟期としてとらえている。

自動運転に対する対外的な発信は様々であるが、現在は自動ブレーキなどの運転支援システムが急速に普及している段階であり、2020年に向けて自動運転・高度運転支援システムの技術開発や商品開発が激化している。各社とも自動運転の研究開発は活発に実施しており、多くのメーカーから2020年頃までには高速道路でのレベル2の自動運転機能を搭載した車両の発売がアナウンスされている。特に日産自動車は、2016年8月に、高速道路での単一レーンにおける自動運転機能をミニバンに搭載して発売し、2020年までに複数レーンの高速道路ならびに一般道での自動運転車の発売を明言している。

(3) ベンチャーおよび新規参入企業の取り組み

新しいビジネスチャンスととらえて、既存の自動車産業に加えて新規企業が参入している。この動きは、グーグル社を契機にしたIT業界の参入が有名であるが、既存大企業ではリスクを考慮して取り組みが難しい完全自動運転を最初からターゲットにしていることが多く、レベル4、5の自動運転サービスによる新しいビジネスの創出を目指している。そのため、無人走行を前提としたハンドルやペダルのないプロトタイプ車を作製するなどのインパクトを与えている。レベル4、5を限定空間に早期に市場導入し

て、その後の可能性を広げる戦略と考えることができる。これにより、単に自動運転車両を開発するだけでなく、自動運転車を用いたサービス（MasS：Mobility as a Service）をビジネスの主体とする動きもあり、自動運転のプラットフォーム事業も目指す動きがある。例えば、アメリカから始まったIoTを用いた乗り合いタクシーの配車ビジネスであるUberはその一例であり、現在は有人ドライバの自動車を用いたサービスを行い、IoTにより利用者と利用可能な車と運転者をリアルタイムにマッチングさせる配車サービスを行っているが、これをレベル4、5の自動車に置き換えることになる。

既存の自動車産業は、車両を販売してユーザーに対してモビリティの機会を提供するのに対し、新規参入ビジネスにおいては、自動運転車両のシェアリングによりモビリティをサービスとして提供する。既存の公共交通のオペレータと類似なサービスを提供するとも捉えられるが、自動運転車と協調型（Connected）サービスや電気自動車などを用いることにより、より付加価値の高いサービスを狙っていると考えられる。（図3）

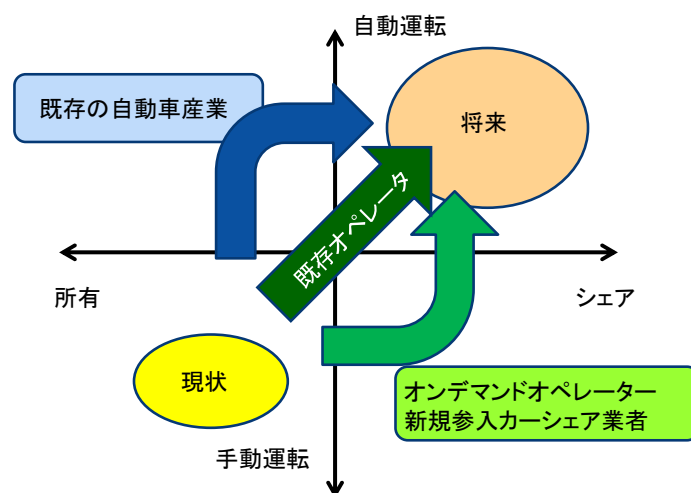


図3 モビリティオペレーションの変革

（出典）参考文献[12]より引用

我が国における最近の動向として、例えば、IT産業であるDeNAは輸入車両を用いたショッピングセンター内専用道路での自動運転デモを実施し、過疎地におけるモビリティサービスの提供を目指している。また、通信キャリアでもあるソフトバンクは、ベンチャー企業である「先進モビリティ」と合併で「SBドライブ」を設立し、無人バス等の事業やトラックの隊列走行の実現を目指している。無人車両を自動運転させるには、現状では法制面からの制約があるが、運転者が乗っていないとも、遠隔監視・操縦ができていれば同等とみなせるのではないかという議論もあり、今後の展開が注目される。

このような合従連携の動きは急激であるが、社会のシェアリングエコノミーの進展とともに、自動運転による新たなモビリティ社会を創造する可能性も秘めており、関係するステークホルダーを巻き込んだエコシステムを考慮した検討が必要であり、社会や産業界への影響分析が重要となってきた。

(4) 大学等の動向

自動運転・運転支援をテーマとした大学等の研究は多数見られるが、ここでは代表的な事例について述べる。比較的大規模なものとしては、文部科学省系の JST-S イノベ（戦略的イノベーション創出推進プログラムの略称）および名古屋 COI の産学連携研究プロジェクトである。

JST-S イノベ[13]では、平成 22 年にトヨタ自動車と東京農工大学等との産学連携コンソーシアムを立ち上げ、「80 代でもここは現役、いきいき外出の実現にむけて」を掲げて、特に地方地域の高齢者の日常の足となるような自律運転知能システムを有する車両開発を実施している。その基本コンセプトは、運転者の運転意欲を損なわず、運転者主体の「高度な自律運転知能システム」を持つ人間機械協調システムにより、安全運転の高度化を目指すものである。「高度な自律運転知能システム」とは、熟練運転者の高度な先読み運転知能をモデル化するもので、そのシステムの管理下で必要な時に必要なだけ介入制御する運転支援システムである。既存のレベル定義を超えたシェアード・コントロール（Shared Control）であり、ある意味では「人馬一体」であり、自動運転技術の発展形とも言えるものを提案している。

図 4 は、横軸が自動化レベルであり、縦軸が人間機械協調レベルであり、安心安全なモビリティの社会受容性を議論する場合に、このような二次元の評価軸が必要と考えられる。すなわち、人間とシステムが協調して事故ゼロに向けて安全レベルを向上するという観点で、完全自動運転の方向性とは別に、運転支援システムの高度化や普及の促進が重要であるという位置づけの研究開発である。

名古屋 COI 拠点[14]では、平成 25 年に名古屋大学とトヨタ自動車を中心に産学連携を前提とした組織を立ち上げ、「いつまでも生き活きと活動し暮らせる社会とモビリティの創出」を掲げて、高齢社会のモビリティ像を描き、加齢に伴う課題や運転支援の研究開発を実施しており、個別適合支援を目指した拠点づくりに取り組んでいる。JST-S イノベと同様に、高齢運転者が直面する免許返納の時期をいつまで延伸できるのか、地域の安心安全なモビリティをどう確保するのかといった社会的背景がある。

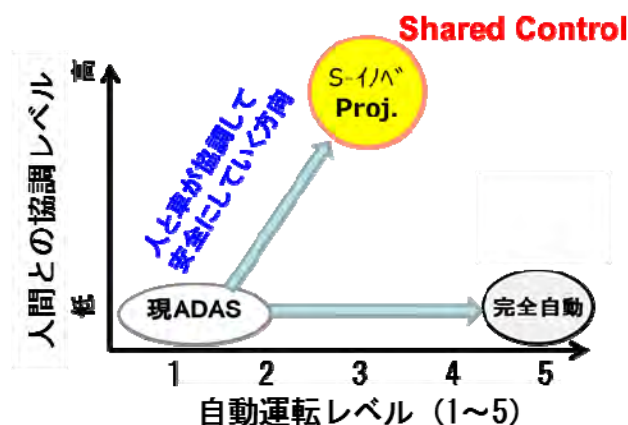


図 4 シェアード・コントロールの位置づけ (JST-S イノベ)

(出典) 平成 28 年 9 月 JST 研究発表会資料より委員会で作成

金沢大学では、石川県珠洲市と共同で自動運転の公道での実証実験を続けており、少子高齢化が深刻な過疎地域でのモビリティ確保を目指して、実績を積んでいる。この他、全国の多くの大学あるいは大学発ベンチャーで自動運転の研究を手掛けており、公道での実証実験を実施するところも今後増えてくると思われる。

更に最近では、人工知能 AI に対する期待が急速に高まっており、基礎研究を実施している大学や国研の活動と自動運転分野との連携が進むことが期待される。

(5) 国内外の動向

車を自動で動かそうとする研究開発は、かなり昔から行われていた。米国では 1950 年代から始められたというが、日本でも 1960 年代に当時の通産省工業技術院機械試験所で取り組みが行われていた。知能自動車の研究として、数期にわたり進められてきたが、1990 年代からは広く ITS の一環としての取り組みとなり、同時期に日欧米で様々なプロジェクトが実施されている。1996 年には開業前の上信越道を用いて、自動運転のデモが行われ、2000 年のデモでは 5 台の車両が柔軟な隊列走行を行うことが示された。

本格的な自動運転が再度脚光を浴びるようになったのは、米ダーパが 2004 年にグラウンドチャレンジ、2007 年にアーバンチャレンジと称するコンペティションを実施し、自律型の無人車両でコースを走破することがなされ、この流れがグーグル社等の自動運転車両につながっている。2010 年代に入ると、これまで以上に自動運転に関する研究開発が進められて今日に至っている。

自動運転の動向も 2016 年に入り大きな変化を迎えてきた。大きな変化とは、自動運転の実現、通信を利用した協調型自動運転(Connected and Automated Driving)の実現という進化に加え、単に自動運転の実現を目的にすることではなく、協調型自動運転により社会と利用者をつなげるビジネス領域拡大の動きが著しい。米国では、協調型車両が先行し、ついで自律型自動運転車両を組み合わせた協調型自動運転車両への取り組みに進化してきた。先行した協調型自動運転車両では、Connected Vehicle Pilot Program が設置され、2015 年 9 月ニューヨーク市、タンパ市、ワイオミング州が、パイロットプログラムに選ばれ、プロジェクトが開始された。これがさらに進化し、スマート都市課題 Smart City Challenge への大きな展開が行われた。ここでは、交通の課題を解決するために、新たな交通データ、先進技術、アプリケーションが都市の革新に貢献できるか検討する。2015 年末に公募が開始され、2016 年 6 月に、78 の都市の中から 7 都市に絞られた 2 次審査から、オハイオ州コロンバス市が選定された。この Smart City Challenge には、米国運輸省から対処すべき技術領域が定義され、それぞれの地域から詳細な実行計画が提案された。

図 5 に米国運輸省により設定された技術領域を示す。新しい都市づくりに向け、どのように自動運転車両、自動運転を活用するか、また、情報通信網を活用したモビリティの改善、市民社会の向上への貢献に向けた大きな取り組みになっている。このように自動車業界による自動運転の実現ではなく、幅広い業界を巻き込んだ社会の改革への取り組みとなっている。

欧州では、欧州プレジデンシーを持ったオランダ政府の積極的な推進により、国境、業界の枠を超えた取り組みが進展している。ポリシーのフレームワークの取り組みとして、欧州域の協調を宣言したアムステルダム宣言、実行に向けた具体的活動を行う活動母体が定義された。共通目標に対するそれぞれの役割、機能、定義を図6に示す。

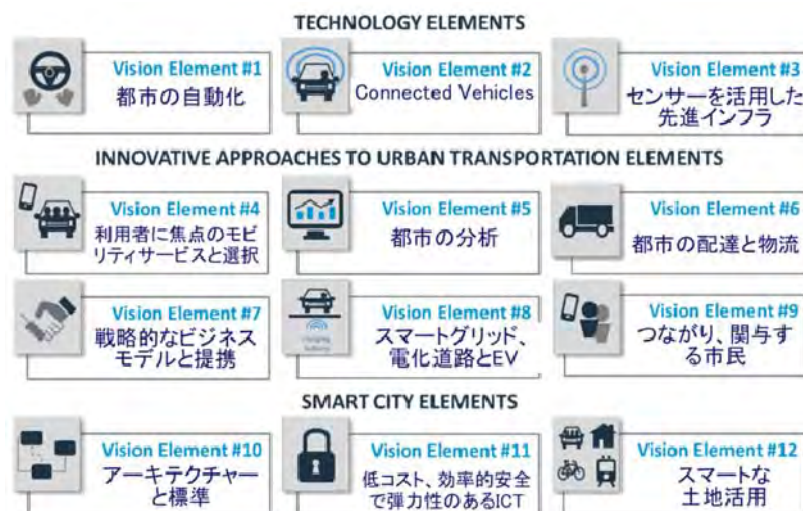


図5 USDOT による Smart City Challenge の対応要件
(出典) 平成 28 年 USDOT の WEB 公開資料をもとに委員会で作成

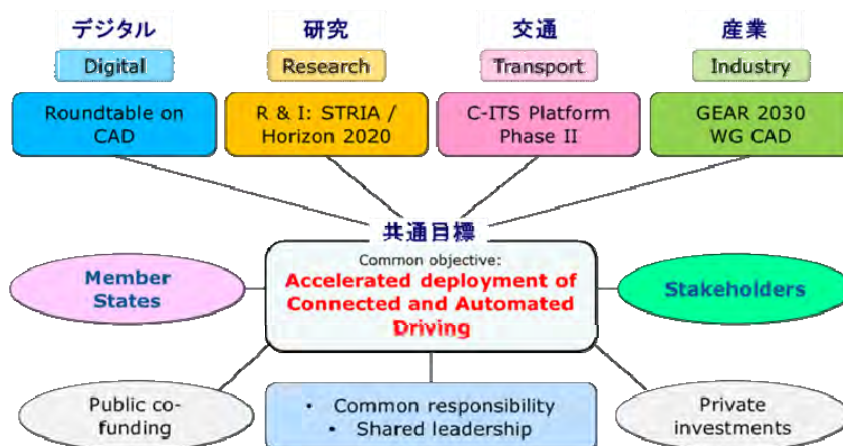


図6 EUによる Connected Automated Driving (CAD) への取り組み
(出典) European Commission によるプレゼンテーション資料をもとに委員会で作成

研究開発を担当する STRIA、交通の革新を担当する C-ITS Platform、産業育成に取り組む GEAR 2030、自動車業界と通信業界の連携を推進する Oettinger Round Table 等が組織された。それぞれが連携して取り組むことを EU 加盟国で合意したアムステルダム宣言など、幅広く産業界、国家に拡大したプロジェクトに展開している。実証実験への展開も準備され、2019 年の実用化に向けた欧州域全体の取り組みが大きく推進している。

(6) まとめ

このように自動運転に向けての取り組みが活発化しており、レベル1ではあるが自動ブレーキ等の運転支援装置が急速に実用化・普及し、追突事故が大幅に削減されたという数値が公表されているように、世間の人々の安全に対する期待に応えている。

一方、テスラ社が2015年にオートパイロットと称する部分自動運転車を発売し、世界の自動車業界が追従する状況が続いているが、2016年に起きた米国での死亡事故を契機に、楽観論を戒めるばかりでなく、レベル2～3の言葉の使い方には十分注意する必要がある。

人口減・高齢化・過疎化が進む地方地域では、バスやタクシーの運転者不足も顕著であり、車を自動で動かすニーズが特に強くある。様々な環境下でも問題なく走行できるようにするという技術的課題、法制面等の整備、社会の受容性などの点での課題をクリアしていく事が求められる。

4 自動運転・自動走行実現に向けた道筋と課題

本章では、これまでの背景や経緯を踏まえて、自動運転・自動運転技術の社会導入のあるべき姿を考えてみる。そこで社会的ニーズの高い、①交通安全を目指した流れ、②運転者不足といった社会問題への対応の流れ、③未来社会をにらんだ流れの3本柱で、自動運転をとらえて、その展開計画を論じてみることにする。

(1) 交通事故削減の観点

日本の交通事故の大きな特色としては、高齢者の死者数が多いことと歩行者の死者数が多いことであり、そこへ自動運転技術の適用を考えてみる。事故の発生場所は比較的生活道路が多く、現状の自動運転技術では認識も判断もハードルの高い環境条件である。従って、高レベルの自動運転の適用を早期に目指すのではなく、自動運転技術の適用で、運転者主体ながら運転支援技術の高度化により、事故の大幅減を目指すことが社会的ニーズに合致すると考えられる。

自動ブレーキ（衝突被害軽減ブレーキとも呼ぶ）の新車装着率はかなり高まっており、追突事故件数が大幅に削減したという報告がある。現状の機能としては前車への追突防止機能の効果が大きい。今後は歩行者検出能力、夜間の検出能力向上、さらには自転車検出能力などの向上を早期に目指したい。レーンキープも一般道での展開において、白線のかすれや白線の無い所での対応などの高度化が必要になる。加えて、ドライバモニタリングによるデッドマンシステムなども合わせ、2020年頃までには新車のかなりの割合でこのような技術が実装されていれば、自動運転分類としてはレベル1ではあるものの、事故削減に大きな効果があるものと期待できる。

2016年にレベル2の初期段階のシステムが自動車専用道路に限定して実現しているが、事故削減の効果については今後一般道にどのように展開していくのかにかかっている。また我が国の特徴として、事故統計に表れているように高齢者の死亡事故の増加、中でも高齢者が加害者の事故増加は大きな懸念事項であり、自動運転の技術レベルの議論に留まることなく、人と機械との協調による安全性の向上に取り組む必要がある。い

いわゆるシェアード・コントロールと言った運転支援システムの高度化を目指し、2020年代半ばには高度な自動運転・運転支援システムの一般道への投入を期待したい。

(2) 運転者不足対応の観点

次に社会ニーズの高いものとして、トラック・バス・タクシーなどの事業用自動車の運転者不足の問題がある。特に過疎化が進むような地方地域では、人口減による利用者減で採算性も悪く、事業撤退につながる深刻な話であり、自動化・無人化に対する期待は強い。社会実装の場としては、例えば、①市街地では、電動車椅子レベル（6km/h）での自動送迎車両や、場所が限定される低速度マイクロバス（20km/h程度）の導入、②高速道路・自専道では、運転者の高齢化が深刻な長距離バスや長距離トラックにおいて、隊列走行を含めた自動運転を導入していく必要性、③一般道での無人ロボットタクシー等の提案等がなされているが、それぞれ事業者のサービス管理、遠隔監視・遠隔操縦を前提とし、何らかの形で人の介在が必要となる。このように事業用自動車に対する自動化は、サービスをどのように実現していくかに依存していると考えられる。

(3) 未来社会のモビリティにむけて

完全自動運転の実用化は社会の変革を促す側面がある。例えばあと10年、その普及にさらに10年かかるとして、20年後にはかなりの割合が自動で走っている段階になると仮定すると、完全自動を前提とした道路空間の再設計など、インフラ・まちづくりの点からの革新も目指せるようになる。車の所有という概念がなくなると、車を使用する生活スタイルから、車の製造・販売等、さらには駐車場の在り方まで、今とは異なった形態になっていくことが予想される。利便性、弱者も含めたモビリティ確保、安全や環境問題など、様々な観点から最適な未来像を描いていくことが求められていくだろう。ただし技術は年々進化するものの、機械は完全であることはあり得ず、不具合やそれによる損害等を社会がどのように受容していくかという社会受容性に大きくかかっている。

ここで重要なコンセプトはエコシステムである。エコシステムとは本来は、「生態系」を意味して、自然界での生物の共存共栄が実現できるシステムを擬えて、経済やIT業界における活動においても、複数の企業や搭乗人物、物が有機的に結びつき、循環しながら広く共存共栄していく仕組みを指す。AI、クラウドサービス、IoTなどの新たな技術により、自動運転車両もエコシステムを考慮した検討が必要となってきた。自動運転車両の製造販売とユーザーの関係にとどまらず、自動運転サービスに伴う法制度の整備、保険制度の拡充、インフラ整備などを整える必要がある。さらには、高度なセンサやシステムを有する自動運転車両のメンテナンスをどのように円滑に行うかという課題もある。シェアリングサービスにおいては、モビリティサービス事業者の役割も重要である。モビリティは本来、目的ではなく手段であり、豊かな人間生活を万人が地域によらず得られることが目的であり、自動運転の登場により、社会インフラの在り方、サービスの在り方、ひいては街づくりにも影響してくる。これらの社会インパクトを考慮

した未来社会の構築に向けた取り組みも、技術開発とともに推進していくことが望まれる。

5 協調領域の研究開発の課題

(1) 協調領域の研究開発

前章では様々な協調領域課題があることを示したが、本節では戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システムにおいて協調して取り組んでいる HMI（Human Machine Interface）関係、および高精度地図とインフラ整備を取り上げて各々の課題について述べる。

① 運転者とシステムに関わる HMI 課題

大半の交通事故の原因であるヒューマンエラーを排除し、交通事故を大幅に削減することが、自動運転技術への第一の期待である。しかし完全自動運転に至る前の部分自動運転は、運転者のシステムへの過信や誤信、システムを使用するためのタスクの困難さにより、新たな事故発生懸念が生じる。そのシステム起因事故の背景にあるヒューマン・ファクタを理解し、それを抑え込むことが重要である。

レベル2の自動運転においては、自動走行中であっても、システムが機能不良や機能限界によって停止もしくは不作為となる場合に備え、運転者には周囲環境とシステム状態を常に監視していることが義務付けられている。またレベル3においては、一定の条件下においてシステムが監視作業も含めて実行するが、システムが運転引継ぎ要請を発信した時には、これに対処しなければならない。システムを正しく使用するために運転者に求められるタスクは、上記に加えてシステムの機能やその限界を正しく理解すること、運転引継ぎが必要な場合に所望の時間内にそれを完了すること、また引継ぎは走行中に実施しなければならないこと、またレベルによって異なるこれらのタスクを正しく理解し実行することなどが含まれる。

運転者がシステムを使用する上で求められたタスクを正しく実行しなければ、システム起因事故発生の可能性が高まる。タスクの実行を運転者責任と短絡的に位置付けることは、人間中心のシステム設計の理念に反することであり、求められたタスクに対する運転者の能力を理解し、それを支援するための各種 HMI の開発が重要であり、2016 年度より SIP 事業として研究が行われている。

一方我が国において、交通事故削減のためには高齢運転者の事故削減が重要である。残念ながら、今後のレベル2の進化やレベル3などの複雑な部分自動運転を正しく使用するためのドライバタスクは、高齢者にとって特にハードルの高いものであり、今後タスクに関わる高齢運転者の認知・身体機能を理解し、HMI を適合してゆくことが課題となる。同時にタスク実行に必要な知識やスキル習得のための機会（例えばディーラーでのシステム販売時の説明や試乗）の標準化や制度化を検討して行く必要がある。また、自動ブレーキ（レベル1に相当）は既に追突事故削減効果が実証されているが、これをより多くの状況と多様な運転者特性に対応可能となるように進化させること、

すなわち運転者主体でありながら常にシステムが周囲環境と運転者能力や状態を把握し、必要な時に必要なだけシステムが介入するようなシェアード・コントロールは、特に高齢運転者に対する有効な安全運転支援として期待されるものであり、今後の研究開発を加速するべきである。

② 自動運転車と交通参加者との関わりに関する HMI 課題

道路交通法規はすべての状況において万全ではない。例えば高速道路の合流や料金所前後の優先権、一般道においては信号の変わり目、信号のない交差点、渋滞時の譲り合いなどの車両同士の優先権に加えて、信号のない横断歩道における歩行者との優先権などがこれに該当する。運転者は通常このような場面において、他の道路利用者と非言語コミュニケーションを通してお互いの意思を交換し、安全と交通効率を確保する。コミュニケーションには、灯火器や車両挙動、手振り、アイコンタクトなどの運転者自身の挙動を用いる。

自動運転車と従来の交通参加者の混合交通において、安全、安心、円滑な交通を維持するためには、レベル3以上の自動運転車はコミュニケーション機能を有することが重要である。そのためには、運転者や歩行者のコミュニケーション行動を理解し、それを自動運転車の挙動や“外向け HMI”などのコミュニケーション手段として自動運転車に実装することが今後の課題である。また、渋滞時の譲り合いなどの場面にみられるように、コミュニケーションの合意結果が交通法規に反する場面もあり、交通効率と法規遵守の排反事象に対する考え方を法律的論議を通して構築する必要がある。ある状況におけるコミュニケーションが交通参加者の一部にとどまったとき、第三の参加者とのサンキュー事故等につながるコンフリクトがあり、そのような問題を回避する手段を設計することは重要な課題である。

交通参加としての運転の社会性を広くとらえたときに、例えば事故被害者を発見した時の救済や警察への通報、雪道でスタックした車の救済、高速道路の逆走車や歩行者を発見した時の通報、初心者マークや高齢ドライバマークを装着した車両への配慮、通学地域の子供に配慮した走り方など、道路空間を共有する善良な運転者が行うであろう社会的運転行為の理解と自動運転車への実装を通して、社会に受容される自動運転車を超えて、新しい社会秩序を作り出す自動運転車の研究が今後重要となる。そのためには、工学に加えて社会心理学、文化人類学、法工学などの専門家を含めた文理横断的研究を立ち上げる必要がある。

③ 地図情報高度化などソフトインフラに関する課題

自動運転車を支えるソフトインフラとして、地図情報高度化（ダイナミックマップ）は欠かせない。その課題を既存の道路地図情報との関係で整理すると、(a)既存のデジタル道路地図、(b)交通規制標示・案内標識や交通情報として提供されている情報、(c)道路幅員・車線数・勾配・道路付属物など走行路環境詳細情報、(d)工事などによ

る臨時的な規制、走行可能車線変更情報、(e) 故障車・交通事故・災害の発生情報、の5種類に分けて考えることができる。

(a)は、国管理の道路は「道路平面図等管理システム (<http://www.road-drawings.jp>) 」により設計・竣工時のCADデータが公開されているが、都道府県・市町村道や道路法以外の道路は対象外である。また日本デジタル道路地図協会（DRM協会）は時間軸入りのDRM21規格を定めたが、今後の情報更新は保障されていない。また、(b)は、地図会社やカーナビ会社が自前の人海戦術で情報収集・更新をしており、更新頻度やコストに大きな課題がある。公共データのオープン・データ化の政府方針の下、位置情報を付与した生データのデジタル化の標準化と継続的に更新する枠組みが確立できれば、既存の道路交通情報などと共に共通プラットフォームで提供できる可能性があり、行政効率の向上にも寄与できる。

一方、(c)や(d)の準静的情報は、主にモバイル・マッピング・システム(MMS)により収集される。こうした情報を自動車可以利用できるよう標準化を推進し、リアルタイムな情報流通と共有の仕組みが必要である。まず高速道路から自動走行を導入するなら、すでに高速道路会社保有の道路設計情報には高さ方向、勾配情報が含まれているので、高速道路における勾配影響に起因する交通渋滞を原理的に解消する方法として、自動運転車が勾配情報を先読みして常に勾配影響を相殺する制御ロジックが考えられる。これが導入されれば、高速道路の交通渋滞を大幅に減らし、重大事故になり易い渋滞末尾事故や、渋滞中の軽微な追突・接触事故も大きく減少できる。

(e)の動的情報は、自動運転車のセンサで自律的に検知・判断する技術と、車車間通信や路車間通信で協調的に情報を収集・共有する方法とがある。ただし自律と協調の使い分けや共存には、まだ技術、制度の両面で課題が多い。なお、交通信号制御の有無や信号灯器の位置情報は、本来、交通規制(b)や詳細情報(c)に相当する。定常的に一定周期で信号が切り替わる場合は、(d)の準静的データであるが、交通感応制御の場合は、(e)の自律か協調の収集技術によりリアルタイムに把握する必要がある。

交通の動的状況と詳細な道路地図をあわせたダイナミックマップの規格は国際標準を獲得し、世界中どこでも使えることが重要である。精度不足な状況では自律的なセンサ機能で補完し、高信頼・高精度な環境下では高速走行や大量交通、隊列走行を実現させるなど、自動走行を支える基礎的デジタル・インフラとして重要な役割を担うものである。

④ 道路・都市などインフラに関する課題

都市や集落間を結ぶ道路（街道）は専ら通行の用に供するものであり、自動運転の普及・進展に応じた機能が発揮できるよう、道路構造や維持・管理も含めた発展が期待される。一方都市内道路（街路）は都市の骨格を形成し、防災やインフラ施設収納など多様な機能を持ち、歩行者・自転車・公共交通など多様な交通が通行・滞留する。ここでは歩行者優先、公共交通優先、自動車と自転車の共存など、様々な交通機能の異なる道路が階層的に存在する。

自動運転の普及は、移動体の保有や駐車空間のあり方を根本的に変えることで、道路空間の使い方に新たな革命を起こし、国、地域、都市・まちの計画、経営、管理など、社会全体を大きく変革する可能性がある。例えば、生活道路で人身事故をゼロにするために空間限定の速度制限の実現や、過疎地の人流と物流の自動化が地域活性化に寄与する可能性などが考えられる。今後、少子高齢化により生産人口が減り、都市化と過疎化が同時に進行する日本においては、いかに持続的に維持・管理・更新が可能なハードウェアとしてのインフラ施設と共に自動運転技術を実現していくか、インフラと車両の技術的可能性や限界、社会的ニーズ、事業性や経済性などを総合的に検討することが求められる。こうした様々な可能性、社会的受容性、社会制度や産業や経済への影響を総合的に評価し、公共性や事業性も勘案して持続的に政策や事業を実現するエコシステムの確立が求められる。

(2) 基盤技術の研究開発

ここでは、前節で述べたHMI関係やインフラ整備以外で、重要かつ共通基盤となる技術課題について触れる。

① 自動運転技術の評価手法の開発とリアルワールドデータの活用

まず「交通事故削減」、「渋滞緩和」、「環境負荷低減」という国家目標に対して、自動運転が社会に導入され普及していく過程で、どの程度の効果が期待されるのかといった予測技術の開発があげられる。一般道や専用自動車道にどの程度普及していったら、どの程度の事故の削減につながるのか、どの程度の渋滞緩和やCO₂削減につながるのかといった予測技術は、政策決定や技術開発の優先順位策定にあたり有効であると考えられる。SIPではそのため、定量的な分析と予測評価ツールとして、①リアルワールドでの大規模な交通事故データベース構築とその活用、②交通事故削減効果予測シミュレーション、③環境負荷低減効果予測シミュレーション、を研究開発課題としている。これらの開発にあたっては予測技術の精度向上を図ることが重要であり、そのため公道での実証実験（FOT:Field Operational Test）によるデータ収集や、市場での市販車の事故削減データの利用を促進すべきである。

② システムの安全設計・セキュリティ

このほか共通の基盤技術として重要だと指摘されているのは、サイバー攻撃に対するセキュリティであり、特に自動車が外部と通信やインターネットでつながることによる新たな危険に対する安全性や信頼性の設計があげられる。自動車業界にとどまらない大きな課題ではあるが、人命に直接かかわる部分については自動車側での安全対策が欠かせない。産業の競争力強化という観点からは、自動運転システムの機能や安全性をどのように評価するかという試験法が重要であり、国際的な枠組みの中で標準化や国際基準調和を進めていく必要がある。

③ ドライブレコーダ等の車載記録装置の設置と走行運転データの分析

さらに自動運転システムの高度化や健全な普及に向けては、走行データをいかに大量に収集・蓄積して分析していくかが重要である。例えば、車両内部情報と車外交通状況を記録できるドライブレコーダやEDR（Event Data Recorder）などの車載記録装置により、市場へのシステム投入後の事故削減データやヒヤリハットデータを分析することが極めて重要になってくる。自動運転のレベルが高度化されればされるほど、自動運転機能がソフトウェアに大きく左右されることは自明であり、今後はアルゴリズムのアップデートの信頼性をどのように確保していくのかという観点からも、車載記録装置をどのように利用するのが新たな問題として浮上している。さらに、事故時の事故原因の究明や責任問題の議論の際にも、科学的データを提供する意味で重要になってくる。

④ 人工知能 AI による認識技術・判断技術の高度化

認識技術や判断技術はややもすると競争領域ととらえられる面もあるが、自動運転の各レベルにおいて受容性を高めるためにも、この分野全体の底上げが期待される。近年、ディープラーニングに代表されるAI技術の応用をこの分野でもぜひ進めていきたい。ただこういった高度な情報技術を自動車技術に取り入れることはまだ始まったばかりであり、人材育成を含めた体制整備が急務である。

(3) 社会科学的・非技術的な課題

技術開発に比べ、わが国では法整備を含む法的側面の検討が非常に遅れている。最近ようやく法的課題の検討が開始されたところである。以下ではそれらについて現状の課題について触れる。

① 道路交通条約と法整備の問題

現在、世界各国の交通法規のベースとなっている道路交通条約として、1949年に国連会議で採択されたジュネーブ条約と、1969年に欧州諸国を中心に新たに採択されたウィーン条約がある。日本は前者を1964年に批准し、同条約が国内的効力を有する。いずれの条約も、公道を走行するには運転者の存在と運転者による確実な制御を必要と規定しており、運転者が一時的にせよ制御ループ外となる自動化システムは国際条約上許容されないと理解されてきた。しかしながら、2013年秋にウィーン条約の改正提案が採択され、システムが運転者により操作介入可能かスイッチオフ可能であれば、運転者が制御しているものとみなす旨の規定が挿入され、2016年3月より発効した。ジュネーブ条約についても同趣旨の改正が進められ、運転者の監視の下ではあるものの、運転者の制御無しに、自動でハンドル・ブレーキ操作するレベル2が可能となった。また現在、国連会議でレベル3以上の取り扱いについて議論が開始されたところで有り、日本でも道路交通法の改正作業を準備する必要がある。

2015 年 10 月より、警察庁のもとに「自動走行の制度的課題等に関する調査検討委員会」が設置され、①将来の道路交通法など法令の改正課題の洗い出しと、②当面の公道実証実験のためのガイドライン、の検討がなされ 2016 年 4 月 7 日にその検討結果が公表された。これにより、公道実験のために特別な免許やナンバーを要することもなく、世界でも最も公道実験を実施しやすい状況となった。2016 年度は更に、道路交通法等の改正作業に向けて具体的な検討を行っている。

また、国際基準調和フォーラム等において、許容されるシステムの具体的基準につき積極的に議論をリードすべく、国交省を中心として官民一丸となって基準標準づくりに取り組んでいる。今後もこれを積極的に推進すべきである。

② 交通事故の法的責任

自動車の運行にかかる工学的な意味での権限・責任の分配（システム責任と運転者責任の区分）と、法律的な意味での責任の分配は大きく異なる。この点につき、工学と法学の架橋、工学者と法学者の対話が必要である。

交通事故の法的責任としては、刑事責任、民事責任、行政法上の責任があり、それぞれ目的と適用要件が異なる。自動運転車の運行により交通事故が生じた場合、レベル 2 までは、基本的に運転者の運転支援であるため、従来の法適用に根本的な変更を来さない。しかしながら、レベル 4、5 となると、運転者の関与を前提としないため、従来の法体系には馴染まない。また、レベル 3 の権限移譲の場面も、従来の法律が想定しない新たなリスクを孕む。そこで、工学技術のシステム責任に対応した法的責任の検討が必要となる。システム責任下の走行では基本的に運転者の刑事責任は問題とならない。以下では民事責任について論じる。

自動車の運行により交通事故を惹起し、人身被害を生じた場合、我が国では被害者救済のため、自動車損害賠償保障法（自賠法）により、運行供用者の賠償責任と自賠責保険という強制保険制度により、迅速かつ確実な損害賠償が図られている。日本損害保険協会のニューリスク研究会の検討（2016 年 6 月公表）によれば、レベル 3 までは自賠法の適用が認められるが、運転者のいないレベル 5 は法律の想定外であって法適用の可否は未だ確定できないとしている。この点、国交省の下に今年度設置された有識者会議で自賠法の射程につき検討を開始したところである。

他方、自動車の欠陥により事故が発生した場合には、人損と物損を問わず、製造物責任法により、製造者たる企業に対して損害賠償責任を追及しうる。システムに設計上・構造上の欠陥または説明・警告上の欠陥があった場合には、製造業者が責任を負うことになる。問題は、「欠陥」すなわち「通常有すべき安全性」の判定基準であり、現在、経産省の下に設置された有識者会議でその検討を始めたところである。欠陥製品による被害者の救済を確保するとともに、技術者の開発意欲をそぐことのないような基準の明確化が求められる。損害保険会社としては、将来の保険市場の変動を予測し、従来の自動車保険から企業の PL 保険へのシフトも想定し、準備を始めている。コ

ネクティッド・カーの技術を活用して、事故率に応じた保険料割引を可能とするテレマティクス保険も普及しつつある。

③ 倫理問題

我々人間の運転者は、各自の倫理的判断の範囲内で、一時的な制限速度超過や追越し禁止違反など形式的な交通法規の違反をしつつ、交通の安全と円滑を図っている。しかしながら、自動運転車は基本的に遵法運転をプログラム化しているため、かえって他の交通参加者に危険を招いたり、交通の円滑を妨げることがありうる。そこで、より安全・円滑な交通のため、自動運転車に柔軟なルール解釈を許容してよいか問われる。これはまた、交通ルールの見直しにも繋がる。また、いわゆるトロッコ問題[15]にみられるような究極的な人命選択の場面につき、あらかじめ選択基準を示してよいか、いかなる基準で選択すべきか、倫理的な観点から問題が指摘されている。これらの問題は、技術者と哲学者の共同作業を要する課題とも言え、ややもすると社会的反発を受ける契機ともなりかねず、慎重に社会的合意を醸成する必要がある。

6 産学連携基盤の体制

米国の場合、グランドチャレンジ、アーバンチャレンジのように、企業の全面的な支援を受けた大学間の競争の場があり、そこで実績と経験を積んだ優れた技術者がグーグル社等の新興企業や自動車業界に就職して、自動運転開発の原動力として活躍している。自動車産業の強いドイツの場合、歴史的に産業界と大学との連携研究が強固に進められており、人事交流が盛んである。特に全国に展開している工科大学では教授・助手の人事交流が定着し、産業界との共同研究が不可欠となっている。運転支援・自動運転の分野でも、Horizon2020のような産学連携のEUプロジェクトが継続的に走っており、その中で産学共同の技術開発と人材育成が進められている。

一方日本の場合、4章で述べたように自動車業界と大学との連携は、一部の大学や企業との連携はみられるものの、必ずしも強い連携で行われているとは言い難い。この理由は、日本の大学は産学間の人事交流が希薄なため、業績評価が論文重視となりどうしても基礎研究にとどまってしまう傾向があるからであろう。SIP 自動走行システムプログラムでは、自動車企業を中心とした官民連携、府省庁連携の研究開発が進められているが、自動車メーカーにとっての協調領域課題が中心であり、大学・研究機関の関与は限定的である。

自動運転の研究開発は、自動車技術と情報技術の融合分野(Cyber Physical System)であり、工学システムの多くの分野に関わる学際領域の学術ともなっている。また、社会を大きく変える可能性を秘めた技術分野であるため、多くのイノベーションが期待される。こうした分野の技術開発は急速に進展するため、産学連携や人材交流の体制を早急に整備する必要がある。例えばSIP 関連で、HMI の研究コンソーシアムが立ち上がっているが、それ以外にも継続的に、共通基盤技術の産学連携の強化・拡大、研究拠点の整備、クロスアポイントメント制度[16]などの人事制度の導入など、を進めていく事が望まれる。

7 提言とまとめ

(1) 現状認識

自動運転に関する記事や報道に頻繁に触れるようになったように、その進化は急激であり、国レベルでも実証実験の実施、ロードマップの改定や定義の見直し等が行われている。しかしながら運転者のみならず社会として自動運転をどのように受け止めていくべきかについてはまだ十分な議論がなく、事故時の責任問題、非自動運転車との混在下での車両間のコミュニケーション、歩車のコミュニケーションなど、検討すべき課題も多い。さらに、将来的に完全自動化が進んでいくとして、そのゴールをどのように描くのか、またそれにむけた体制をどうするのか、といった話題についての議論もまだまだこれからである。そこで、我が国が抱える主要な社会的課題を整理し、それに対して自動運転がどのようなかかわり方を持ち社会の期待に応えられるかについて議論した結果をまとめることとした。

(2) 課題整理と自動運転のあり方

本提言では以下に示す主要な社会的課題を取り上げ、その課題解決に対する自動運転のあり方について整理した。

- ① 安全安心な交通社会を目指していくためには、交通事故削減へ実効的な対策に取り組むべきである。そのため普及に時間のかかる完全自動運転の開発とは別に、運転支援システムの高度化を図り早期普及を目指すべきである。
- ② 少子高齢社会の課題解決として自動運転技術を活かすとすれば、特に過疎地域等での運転者不足への対応や物流分野の労働力不足への対応を重視すべきである。
- ③ 移動のイノベーションを目指すのであれば、シェアリングエコノミー等のエコシステム〔本文 11 頁参照〕からの自動運転の位置づけを明確にして、ゴールのイメージを社会で共有し、それに向けたロードマップを整備していくべきである。
- ④ 産業競争力の強化の点から自動運転をとらえるのであれば、自動車産業は日本の基幹産業であるため、国際協調をふまえてこの分野に先導的に取り組んでいく必要があり、そのための産官学の連携体制の構築をしていくべきである。

(3) 研究開発の課題や適切な体制の整備

上記の自動運転のあり方をもとに、推進すべき課題や望まれる体制を考えると、以下のようになる。

- ① 交通事故の早期大幅削減に向けて、自動運転に関わる行政・専門機関は、運転支援技術(レベル1, 2)の高度化のための支援と普及の方策を進めるべきである。

自動ブレーキをはじめとして運転支援技術(レベル1, 2)が市場に急速に展開する中で、システムへの誤解や過信により新たな事故発生危険性を排除できない。そのため、産官学の専門研究者はシェアード・コントロールなど高度な人間機械協調シ

システムの開発を進めるとともに、中立公正な第三者機関による定量的な試験・アセスメント評価の実施や、その結果を利用者に正確に展開することが重要である。自動ブレーキ導入による事故削減効果が実証されつつあるように、導入促進策を強力に実施すべきである。

② 社会的受容性や制度設計など社会科学的課題を含む産学連携プロジェクトを推進すべきである。

高齢化対応や労働力不足対応の観点から社会的な受容性を醸成していくため、自動運転車の社会実装に向けた出口プロジェクト（例えば、ラストワンマイルや隊列運転技術の社会実装）を早期に実施することにより、技術的課題ばかりでなく、社会科学的課題に取り組むべきである。例えば、システム責任の考え方の整理（法制面、製造物責任、設計倫理など）、道路交通にかかわる法整備（道路交通法、運転免許制度など）、保険制度、更にはIoT時代のアルゴリズムのアップデート保障、等を検討すべきである。この際に、科学的エビデンス提供のためにはドライブレコーダ等の車載記録装置の設置が必須である。また自動車産業は言うまでもなくグローバル産業であり、国際的な産学連携の活動を進めるべきである。

③ 完全自動運転(レベル4、5)の導入に向けては、未来社会のモビリティのあり方について学際的に検討すべきである。

社会導入の適用条件を限定すると、完全自動運転車（レベル4、5）の実現はそう遠い将来ではない。クラウドサービス、IoTなどの新技術により、従来とは異なるモビリティのサービスの登場が期待される。そのため自動車技術者のみならず、情報工学や交通工学さらには人文社会や経済・法律などの専門家を交えて、広く移動やまちづくり等に関する研究開発を進め、我が国から世界に先駆けて第5期科学技術基本計画が掲げる Society5.0[本文3頁参照]を実現していく道筋をつけていくべきである。

④ 自動運転分野における産官学連携の推進と人材育成の強化のための体制整備をすべきである。

自動運転は、自動車技術と情報技術が高度に融合して初めて成り立つ技術分野(Cyber Physical System)であり、こういった学際分野での研究力強化や産学連携を強力に推進すべきである。具体的にはIT、AI技術を使った高度な認識技術や判断技術、HMI、ソフトインフラ等の協調領域、インパクトアセスメント、ビッグデータ、セキュリティ等の基盤領域、更には社会科学分野との連携があげられる。中長期的な観点からは、この分野の技術力の強化や人材育成は急務であり、人材交流の拡大を含めた対策を検討すべきである。例えば技術研究組合のような組織体を企業側で作り、中立研究機関や大学と太いパイプで結び付き、さらに人材育成や人材交流がなされていく形が望まれる。大学・研究機関においては産学連携を念頭にした論文偏重ではない評価やクロスアポイントメント制度の採用など、人事制度を早急に検討すべきである。

<参考文献>

- [1] SAE International, Automated Driving: Levels of driving automation are defined in new SAE international standard J3016, 2016.
http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf
- [2] Steven E. Shladover, The Truth about “Self-Driving” Cars, Scientific American 314, pp.52-57, doi:10.1038/scientificamerican0616-52, May 2016.
- [3] 内閣官房 IT 総合戦略室、第 1 回道路交通ワーキングチーム・第 26 回 S I P 自動走行システム推進委員会, 2016.
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/detakatsuyokiban/dorokotsu_dail/siryou3.pdf
- [4] WSP Parsons brinckerhoff Farrelles, Making Better Places: Autonomous vehicles and future opportunities, 2016.
<http://www.wsp-pb.com/Globaln/UK/WSPPB-Farrelles-AV-whitepaper.pdf>
- [5] 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部、官民 ITS 構想・ロードマップ 2016、2016 年 5 月
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20160520/2016_roadmap.pdf
- [6] 内閣府 第 5 期科学技術基本計画、2016 年 1 月、
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>
- [7] 内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 自動走行システム研究開発計画、2016 年 10 月、http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf
- [8] 国土交通省 自動車交通局、自動走行ビジネス検討会報告書（今後の取組方針）、2016 年 3 月、<http://www.mlit.go.jp/common/001124331.pdf>
- [9] 警察庁交通局 自動走行の制度的課題等に関する調査研究報告書、2016 年 3 月
<http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/jidosoko/kentoiinkai/report/honbun.pdf>
- [10] 警察庁 自動走行システムに関する公道実証実験のためのガイドライン、2016 年 5 月
<https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/gaideline.pdf>
- [11] 自動車工業会、自工会自動運転ビジョン、2015 年 11 月
http://www.jama.or.jp/safe/automated_driving/pdf/vision.pdf
- [12] 須田義大、ITS が切り拓くクルマの未来、運輸と経済（特集：これからの社会におけるクルマの役割）、Vol. 76, No. 2, P. 87, 2016 年 2 月.
- [13] 永井正夫、交通ビッグデータを基にした先読み運転知能の開発、電子情報通信学会誌、Vol. 99, No. 6, pp. 516-520, 2016 年 6 月.
- [14] 名古屋 COI 拠点、<http://www.coi.nagoya-u.ac.jp/>
- [15] 平野晋、『ロボット法』と自動運転の『派生型トロツコ問題』、NBL No. 1083, P. 29, 2016 年 10 月
- [16] 経済産業省産業技術環境局・文部科学省高等教育局、クロスアポイントメント制度の基本的枠組と留意点、2014 年 12 月
<http://www.meti.go.jp/press/2014/12/20141226004/20141226004-2.pdf>

＜参考資料１＞工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会 審議経過

平成 27 年

- 2 月 16 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 1 回）
役員の選出、今期の活動方針、小委員会の設置等について
- 5 月 11 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 2 回）
小委員会活動報告、シンポジウムの状況について、
話題提供（化学物質分野における安全目標について）
- 9 月 18 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 3 回）
小委員会活動報告、シンポジウム報告、「学術の動向」特集企画案、
話題提供（合意形成の条件—社会学の立場から）
- 12 月 18 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 4 回）
小委員会活動報告、「学術の動向」特集企画案、シンポジウム企画、
話題提供（医療事故防止のための医薬品の包装に対するユーザビリティ
工学からのアプローチ）

平成 28 年

- 4 月 21 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 5 回）
小委員会活動報告、安全工学シンポジウム 2016 企画案、
話題提供（車の自動運転に関する安全の考え方）
- 9 月 21 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 6 回）
小委員会活動報告、提言・報告等のまとめ方について、
話題提供（食品安全分野のリスクアナリシスとコミュニケーション）
- 12 月 21 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 7 回）
小委員会活動報告、小委員会からの提言のまとめ方について
提言「自動運転のあるべき将来に向けて — 学術界から見た現状理解
—」について承認

平成 29 年

- 2 月 21 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 8 回）
小委員会活動報告、安全工学シンポジウム 2017 企画案
- 4 月 27 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 9 回）
小委員会活動報告、今期および来期活動について、
話題提供（車の自動運転の様々な課題とその解決の展望について）
- 月○日 第○○回幹事会
提言「自動運転のあるべき将来に向けて—学術界から見た現状理解—」
について承認

＜参考資料２＞車の自動運転検討小委員会 審議経過

平成 27 年

6 月 29 日 車の自動運転検討小委員会（第 1 回）

役員の選出、今後の進め方について、安全工学シンポジウムの企画

9 月 3 日 車の自動運転検討小委員会（第 2 回）

話題提供 1（SIP における研究事例紹介）

話題提供 2（自動走行ビジネス検討会の活動紹介）

11 月 9 日 車の自動運転検討小委員会（第 3 回）

話題提供 1（産総研自動車ヒューマンファクター研究センターの設立趣旨と取り組みについて）

話題提供 2（自動運転に関する国内外の動向）

平成 28 年

2 月 12 日 車の自動運転検討小委員会（第 4 回）

安全工学シンポジウム企画 OS について、

話題提供 1（警察庁、自動走行の制度的課題等に関する調査検討委員会における進捗状況）、

話題提供 2（自動運転をめぐる事故と法的責任のあり方（民事責任））

6 月 6 日 車の自動運転検討小委員会（第 5 回）

話題提供（BMW における自動運転を含む最近の取り組み）

8 月 4 日 車の自動運転検討小委員会（第 6 回）

話題提供（高齢化社会のモビリティー名古屋 COI の取り組み紹介ー）

9 月 20 日 車の自動運転検討小委員会（第 7 回）

提言の構成、執筆分担等について

10 月 27 日 車の自動運転検討小委員会（第 8 回）

提言案について

12 月 5 日 車の自動運転検討小委員会（第 9 回）

提言案について

平成 29 年

2 月 20 日 車の自動運転検討小委員会（第 10 回）

提言案について

4 月 26 日 車の自動運転検討小委員会（第 11 回）

提言案について、安全工学シンポジウム企画 OS について、

話題提供（内閣府 SIP、自動運転の社会的受容性に関連する報告）

〇月〇日 第〇〇回幹事会

提言「自動運転のあるべき将来に向けてー学術界から見た現状理解ー」について承認

提言等の提出チェックシート

このチェックシートは、日本学術会議において意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）の査読を円滑に行い、提言等（案）の作成者、査読者、事務局等の労力を最終的に軽減するためのものです。

提言等（案）の作成者は提出の際に以下の項目をチェックし、提言等（案）に添えて査読時に提出してください。

	項目	チェック
1. 表題	表題と内容は一致している。	① はい 2. いいえ
2. 論理展開 1	どのような現状があり、何が問題であるかが十分に記述されている。	① はい 2. いいえ
3. 論理展開 2	特に提言については、政策等への実現に向けて、具体的な行政等の担当部局を想定している（例：文部科学省研究振興局等）。	1. 部局名： ② 特に無い
4. 読みやすさ 1	本文は 20 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。※図表を含む	① はい 2. いいえ
5. 読みやすさ 2	専門家でなくとも、十分理解できる内容であり、文章としてよく練られている。	① はい 2. いいえ
6. 要旨	要旨は、要旨のみでも独立した文章として読めるものであり 2 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。	① はい 2. いいえ
7. エビデンス	記述・主張を裏付けるデータ、出典、参考文献をすべて掲載している。	① はい 2. いいえ
8. 適切な引用	いわゆる「コピペ」（出典を示さないで引用を行うこと）や、内容をゆがめた引用等を行わず、適切な引用を行っている。	① はい 2. いいえ
9. 既出の提言等との関係	日本学術会議の既出の関連提言等を踏まえ、議論を展開している。	① はい 2. いいえ
10. 利益誘導	利益誘導と誤解されることのない内容である。	① はい 2. いいえ
11. 委員会等の趣旨整合	委員会・分科会の設置趣旨と整合している。	① はい 2. いいえ

※チェック欄で「いいえ」を記入した場合、その理由があればお書きください

記入者（委員会等名・氏名）：車の自動運転検討小委員会・永井正夫

参考： 日本学術会議会長メッセージ、「提言等の円滑な審議のために」（2014 年 5 月 30 日）。

<http://www.scj.go.jp/ja/head/pdf/140530.pdf>