

検討課題の整理

1. 前回までの議論のポイント
2. 本検討会における自動車の自動運転の定義
3. 自動運転の実現による効果

1. 前回までの議論のポイント

- 第4回検討会では、実現可能性のあるコンセプト案を整理した。
- 「運転支援の高度化」に関して、自動車メーカーからの提案を受け、自動車の運転支援技術の発展の方向性や道路側の支援が求められる事項等を整理した。

【前回の議論のポイント】

- 検討にあたっては、本検討会での自動運転の定義を明確にする必要がある。（ちなみに、自動車の自動運転は世界的に定義が統一されていない。）
- 利用者が自動運転の実現による価値を実感できるよう、どのような効果が期待できるのか整理する必要がある。
- 本検討会の中間とりまとめは、車両単体の責任によるアプローチを中心に記載する。



【対応案】

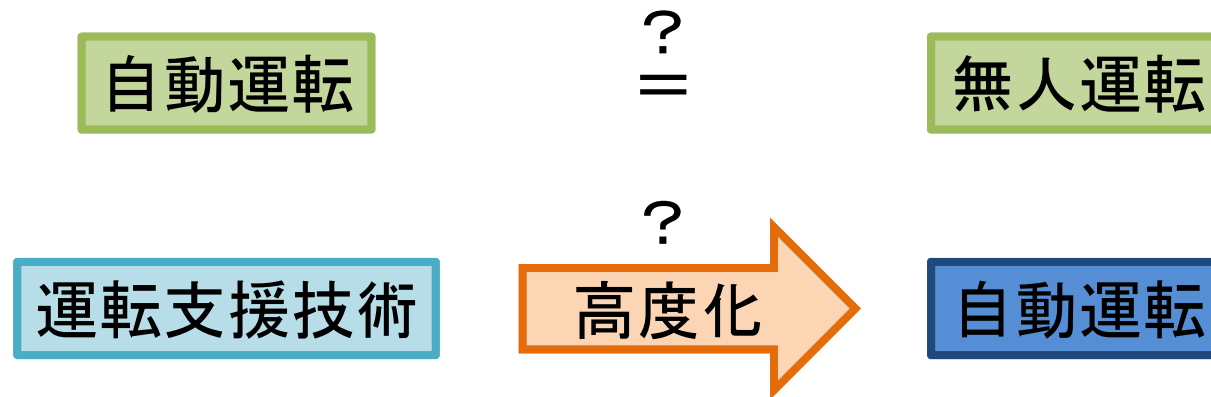
- 本検討会における自動運転の定義を整理する。
- 自動運転の実現により期待できる効果を明確化する。
- 車両単体の責任によるアプローチによる検討を進めるため、運転支援の高度化に関する課題整理及び検討事項等を整理する。

2. 本検討会における自動車の自動運転の定義（自動運転とは）

- 自動車の自動運転には、自動か無人か、人の操作が介在するか、運転支援を含むかなど、様々な捉え方が存在している。
- このため、本検討会で扱う「自動運転」の定義を明確化することが必要である。

自動車の自動運転の定義（現状）

自動運転には様々な捉え方が存在し、人によっても捉え方が異なる。
自動車の自動運転の定義は不明確である。



(参考) 航空機の場合

「オートパイロット」……巡航・アプローチ・着陸など、出発から到着までほとんどの段階で自動操縦。離陸は手動。

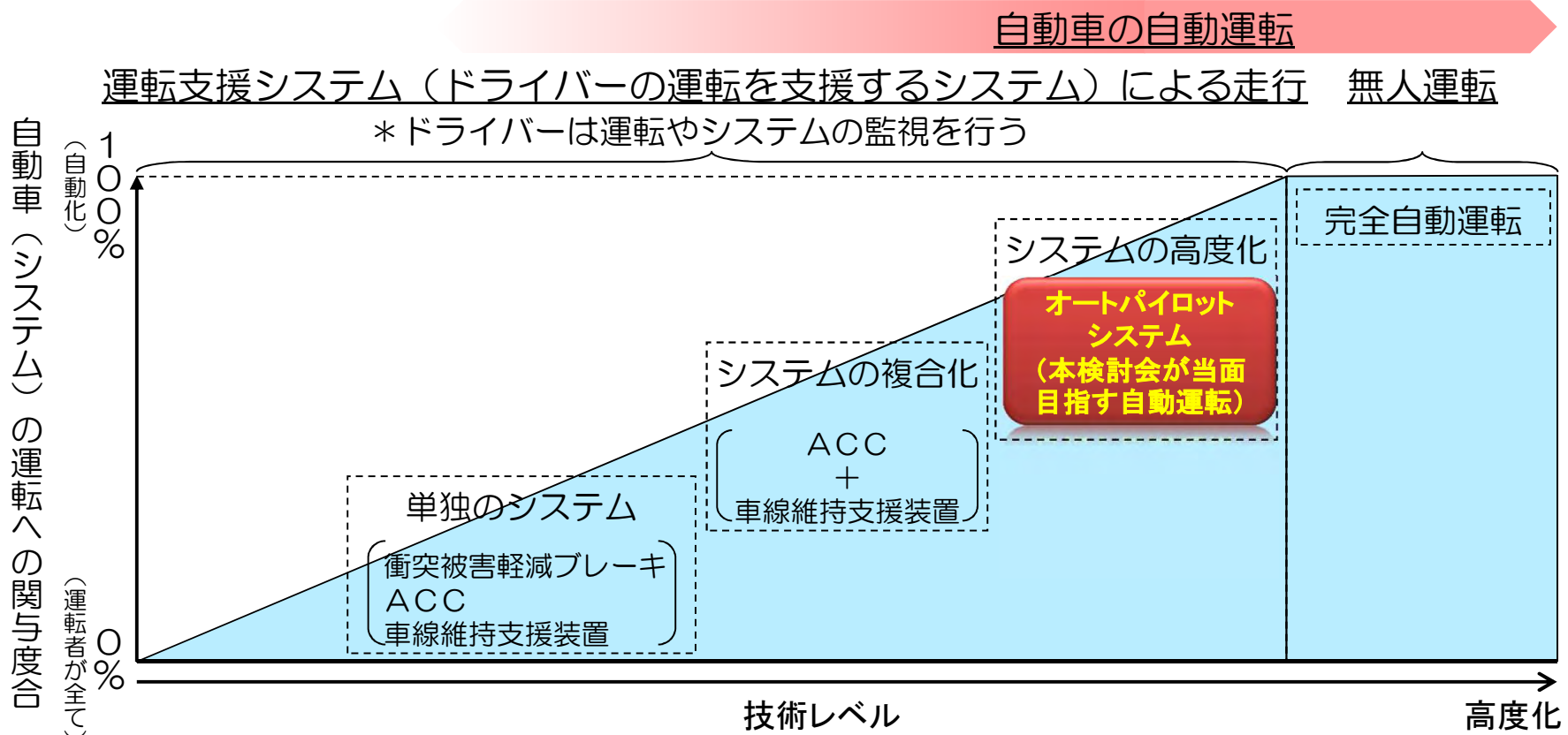
パイロットは存在。

「無人航空機」……基本的に無線操縦。

2. 本検討会における自動車の自動運転の定義（自動運転の考え方）

- 自動運転を自動車（システム）による運転への関与度合という観点から整理すると、技術レベルの高度化に応じて運転支援システムが複合化、高度化されていくに従い、システムの関与度合が高まっていく。
- 本検討会では、自動車の運転への関与度合が高まった運転支援システムによる走行と無人運転を自動運転として定義するが、当面は、ドライバーが存在する状態での高速道路上の自動運転（ドライバー支援型自動運転）を検討対象とする。

自動車の自動運転の考え方



<参考>ジュネーブ道路交通条約及び道路交通法

- ジュネーブ条約では、運転者は車両の操縦を行わなければならないとされ、他の道路使用者への安全のための注意義務等が規定されている。
- 国際的な制度も含む現行制度下では、実現可能な自動運転については、運転者の制御下にあることが前提となる。

1949年ジュネーブ道路交通条約（抜粋）

第8条：

第8.1条：一単位として運行されている車両又は連結車両には、それぞれ**運転者がいなければならない**。

第8.5条：**運転者は、常に、車両を適正に操縦**し、又は動物を誘導することができなければならない。運転者は、他の道路使用者に接近するときは、当該他の道路使用者の安全のために必要な注意を払わなければならない。

第10条：**車両の運転者は、常に車両の速度を制御**していなければならない。また、適切かつ慎重な方法で運転しなければならない。運転者は、状況により必要とされるとき、特に見とおしがきかないときは、徐行し、又は停止しなければならない。

道路交通法（昭和三十五年六月二十五日法律第百五号）（抜粋）

（安全運転の義務）

第七十条 **車両等の運転者は、当該車両等のハンドル、ブレーキその他の装置を確実に操作**し、かつ、道路、交通及び当該車両等の状況に応じ、他人に危害を及ぼさないような速度と方法で運転しなければならない。

＜参考＞NHTSA（米国運輸省道路交通安全局）の提言（2013年5月）

- NHTSA（米国運輸省道路交通安全局）では、2013年5月30日に自動運転に関する一次政策方針を公表した。
- NHTSAの自動運転に係るスタンスでは、現時点での半自動運転、完全自動運転の基準策定は時期尚早としている。

1. 車両の自動化の分類（Level of Vehicle Automation）

レベル0（自動化なし）-No-automation:

常時、ドライバーが、運転の制御（操舵、制動、加速）を行う。

レベル1（特定機能の自動化）-Function-specific Automation:

操舵、制動又は加速の支援を行うが操舵・制動・加速の全てを支援しない。

レベル2（複合機能の自動化）- Combined Function Automation:

ドライバーは安全運行の責任を持つが、操舵・制動・加速全ての運転支援を行う。

レベル3（半自動運転）- Limited Self-Driving Automation:

機能限界になった場合のみ、運転者が自ら運転操作を行う。

レベル4（完全自動運転）- Full Self-Driving Automation:

運転操作、周辺監視を全てシステムに委ねるシステム。

2. 自動運転に係るNHTSAのスタンス

- 現時点では、レベル3、4の自動運転は殆ど存在せず、基準策定は時期尚早としている。
- ただし、レベル3、4に相当する公道での試験走行のため、以下を州政府に提言している。
 - ＜運転免許＞ 自動運転車両を走行させるための講習を課す等、特別な運転免許が必要である。
 - ＜試験走行＞ 公道の他の車両への危険性を最小限に抑える方策を自動車メーカーから提出させる。
 - ＜車両対策＞ システムの機能限界時の運転者への円滑な移行等の車両対策を取ること。

<参考> SAEインターナショナルにおける自動化レベル(案)

- SAEインターナショナル(Society of Automotive Engineers International)は、科学者、エンジニア等からなるフォーラム等を通じて自動運転の情報交換を行っている。
- SAEインターナショナルでは、NHTSA(米国運輸省道路交通安全局)が定義した自動化のレベル4を二つに分け再定義している。(2013年中に最終版を作成予定)

自動化レベル(案) (Draft Levels of Automation for On-Road Vehicles)

NHTSA レベル	SAE レベル	SAEに おける 呼称	SAEにおける定義	ハンドル操作 と加速/減速 の実行主体	走行環境の モニタリング	運転操作の バックアップ 主体	システム能力 (運転モード)
			ドライバーが自ら運転環境をモニタリング				
0	0	手動	ドライバーが、常時、全ての運転操作を行う。	ドライバー (人間)	ドライバー (人間)	ドライバー (人間)	
1	1	補助	運転支援システムが走行環境に応じた ハンドル操作、あるいは、加減速のいずれか を行うとともに、システムが補助をしていない部分の運転操作をドライバーが行う。	ドライバー (人間) +システム	ドライバー (人間)	ドライバー (人間)	いくつかの 運転モード
2	2	部分的な 自動化	運転支援システムが走行環境に応じた ハンドル操作と加減速 を行うとともに、システムが補助をしていない部分の運転操作をドライバーが行う。	システム	ドライバー (人間)	ドライバー (人間)	いくつかの 運転モード
			自動化された運転システムが運転環境をモニタリング				
3	3	条件付き 自動化	システムからの運転操作切り替え要請にドライバーは適切に応じる という条件のもと、特定の運転モードにおいて自動化された運転システムが車両の運転操作を行う。	システム	システム	ドライバー (人間)	いくつかの 運転モード
4	4	高度な 自動化	システムからの運転操作切り替え要請にドライバーが適切に応じなかった場合でも 、特定の運転モードにおいて自動化された運転システムが車両の運転操作を行う。	システム	システム	システム	いくつかの 運転モード
	5	完全 自動化	ドライバーでも対応可能ないかなる道路や走行環境条件のもとでも、 自動化された運転システムが、常時、車両の運転操作を行う。	システム	システム	システム	全ての 運転モード

<参考> 欧州SMART64プロジェクトの研究報告書(2011年6月)

- 欧州SMART64プロジェクトは、欧州委員会資金による研究プロジェクトであり、2011年6月に研究報告書を作成している。
- SMART64プロジェクトでは、プロジェクトで対象とする自動運転を3つのレベルで定義している。

自動運転の定義 (Definition of automated driving)

自動運転 (Automated driving) :

- 継続的もしくは、介入の必要に応じシステムによる支援を行う運転。
- 運転者は常に車両を制御しているか、必要に応じ運転者が制御を行える状態であり、運転に対する法的責任はドライバーが持つ。

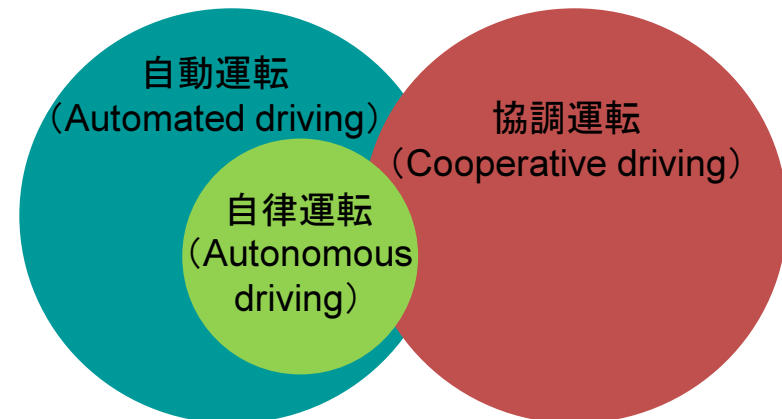
自律運転 (Autonomous driving) :

- 自動運転のうち、車両の制御を行う必要がない運転。
- 車両に運転者が存在しなくてもよく、存在しても制御等に運転者が介在しない。

※SMART64プロジェクトの対象外

協調運転 (Cooperative driving) :

- 車両の挙動を最適化するための路車・車車等の通信により支援を行う運転。
- ドライバーへの警告又は介入を基本として、交通処理能力、安全性や効率性を向上させる。



<参考>BAST(ドイツ連邦道路交通研究所)における自動化度合の定義

- BAST(ドイツ連邦道路交通研究所)の専門家グループ(自動車メーカー、部品メーカー、学術研究者等から構成)では、2012年11月に自動運転の法的影響について評価を実施しており、自動化度合として定義している。

自動化度合の定義 (Definitions of vehicle automation-degrees)

- | | |
|------------------|--|
| • 完全な自動化 | システムが車両の縦方向および横方向の制御を完全にかつ永続的に受け持つ。ドライバーへの制御引き渡し要請で実行されていないものがある場合、システムは、 <u>リスクを最小化するための動作を実行する</u> 。 |
| • 高度な自動化 | システムは車両の縦方向ならびに横方向の制御を行う。ただし、 <u>ドライバーは永続的にシステムを監視する必要はない</u> 。
システムから運転の引き継ぎの要請がある場合、ドライバーは <u>一定時間内に制御を引き継がなければならない</u> 。 |
| • 部分的な自動化 | システムが車両の縦方向および横方向の制御を行う。一方、 <u>ドライバーは永続的にシステムを監視し、いかなる時にも制御をシステムから引き継ぐことが可能な状態にあることが求められる</u> 。 |
| • 運転手補助 | ドライバーが永続的に、車両の <u>縦方向もしくは横方向の制御を行う</u> 。それ以外の制御は、 <u>ある程度</u> 、補助システムが自動的に制御する。 |
| • 運転手のみ | 人間のドライバーが自ら手動で運転を行う。 |

将来的に実現

現在でも実現可能

<参考>ISO/TC204/WG14における自動運転の定義

- ITSの国際標準化組織ISO/TC204におけるWG14では、走行を支援するシステム (Vehicle/Roadway Warning and Control System) の標準化を推進している。
- ISO/TC204/WG14では、自動化を3つのレベルで定義している。

自動化のレベル (Level of Automation)

人の運転	0	システムは運転に関与しない
運転支援	1	特定の運転環境について監視し、ドライバーに情報を提供する
	2	特定の運転環境について監視し、ドライバーに情報を提供する 制御アルゴリズムに基づいて危険な状況を判断し、ドライバーへ通知する
	3	特定の運転環境について監視し、ドライバーに情報を提供する 制御アルゴリズムに基づいて危険な状況における最も適切な操作を決定し、ドライバーへ通知する
車両制御	4	ドライバーが設定した状況を維持する 監視、提案、意思決定や自動運転の機能を持たない
	5	ドライバーの機能開始操作によって、特定条件下での運転環境の監視、制御アルゴリズムに基づいた運転環境に適した反応、適切な操作の維持を実施する 機能が完了するかドライバーが停止するまで実施する
	6	ドライバーの機能開始操作により、運転環境の監視は、制御アルゴリズムに基づいて最も適切な動作を選択する ドライバーの命令によって、適切な機能を管理下におき、ドライバーが介在するまで必要な情報を提供しながらコントロールする
	7	特定の条件下における特定の運転環境の監視は、制御アルゴリズムに基づいて最も適切な動作を選択する ある期間においてドライバーがいないあるいはドライバーが対応できない場合は、適切な機能制御を前提としており、ドライバーが介在するまでそれらの機能制御を維持する
自動運転	8	全ての運転環境の監視、制御アルゴリズムに基づいたオプションの生成と選択、適切な制御の維持、ドライバーへの適切な情報の提供を行う 特別装備の運転環境で出発するにあたり、ドライバーの制御を放棄する

<参考>人と機械の協調形態における自動化レベルの定義

- 1992年、T. B. Sheridanは、人と機械の協調形態を表現する概念を自動化レベルとして、完全手動から完全自動までの10段階として定義した。
- 1998年には、稲垣 敏之（筑波大学大学院教授）により、自動化レベル「6.5」を1段階追加し、11段階に再定義することを提案している。

自動化レベル (LOA) (Sheridan 1992) (Inagaki et al 1998)

- (1) コンピュータの支援なしに、すべてを人間が決定・実行。
- (2) コンピュータはすべての選択肢を提示し、人間はそのうちのひとつを選択して実行。
- (3) コンピュータは可能な選択肢をすべて人間に提示するとともに、その中のひとつを選んで提案。それを実行するか否かは人間が決定。
- (4) コンピュータは可能な選択肢の中からひとつを選び、それを人間に提案。それを実行するか否かは人間が決定。
- (5) コンピュータはひとつの案を人間に提示。人間が了承すれば、コンピュータが実行。
- (6) コンピュータはひとつの案を人間に提示。人間が一定時間以内に実行中止を指令しない限り、コンピュータはその案を実行。
- (6.5) コンピュータはひとつの案を人間に提示すると同時に、その案を実行。**
- (7) コンピュータがすべてを行い、何を実行したか人間に報告。
- (8) コンピュータがすべてを決定・実行。人間に問われれば、何を実行したか人間に報告。
- (9) コンピュータがすべてを決定・実行。何を実行したか人間に報告するのは、必要性をコンピュータが認めたときのみ。
- (10) コンピュータがすべてを決定し、実行。

赤枠で囲った自動化レベルでは、ドライバー主権は保証されていない

出典: T.B.Sheridan, Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control. MIT Press, 1992.

T.Inagaki, et al, "Trust, self-confidence and authority in human-machine systems," Proc. IFAC HMS, 1998.

3. 自動運転の実現による効果(全体イメージ)

- 自動運転の実現に向けては、その社会経済的な効果や利用者のメリットを明らかにすることにより、道路利用者等の理解を得ることが必要である。
- また、自動運転の実現にあたっては、渋滞や交通事故等の道路交通問題にも適切に対応していくことが必要である。
- このような対応を行うことを前提とした自動運転の効果は、サグ部等における渋滞の解消・緩和、追突などの交通事故の削減等の社会経済的な効果に加え、高齢者等の移動支援や運転の快適性の向上等が期待される。

自動運転の実現による効果(項目)

効果の内容

社会経済的な効果	①渋滞の解消・緩和	•交通流の円滑化を実現するための最適な走行を実現することにより、渋滞の解消や大幅な緩和効果が期待できる。
	②交通事故の削減	•自動運転の安全性の向上により、人的ミスや前方の情報不足等に起因する交通事故の削減効果が期待できる。
	③環境負荷の軽減	•不要な加減速の低減、空気抵抗の低減、渋滞の抑制等により、燃費向上やCO ₂ の削減効果が期待される。
その他の効果	④高齢者等の移動支援	•運転負荷を大幅に軽減し、高齢者の移動を支援するとともに、高齢者特有の交通問題を解決することが期待できる。
	⑤運転の快適性の向上	•運転負荷を大幅に軽減することにより、長距離の移動でも疲労が少なく移動することが期待できる。

<参考> 自動運転の実現による効果(イメージ)

<h3>① 渋滞の解消・緩和</h3>  <p>渋滞時でも自動で最適な車線、車間を選んでくれるのでスムーズに走れるよ!</p>	<h3>② 交通事故の削減</h3>  <p>自動で周辺車両や前方の状況を確認して危険を回避してくれるので安心だね!</p>	<h3>③ 環境負荷の軽減</h3>  <p>運転がスムーズなので、燃費がよく環境にもやさしいね!</p>
--	--	--

④ 高齢者等の移動支援



自動運転のお陰でちょっとした遠出も可能になり、行動範囲が広がったよ。

⑤ 運転の快適性の向上

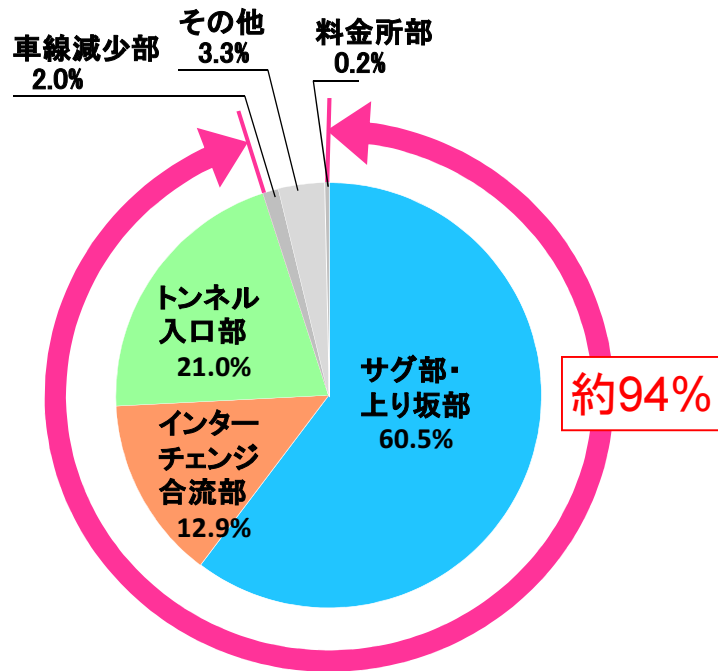


自動運転は、疲れにくくて、長距離移動も快適にできるわ。

3. 自動運転の実現による効果(①渋滞の解消・緩和)

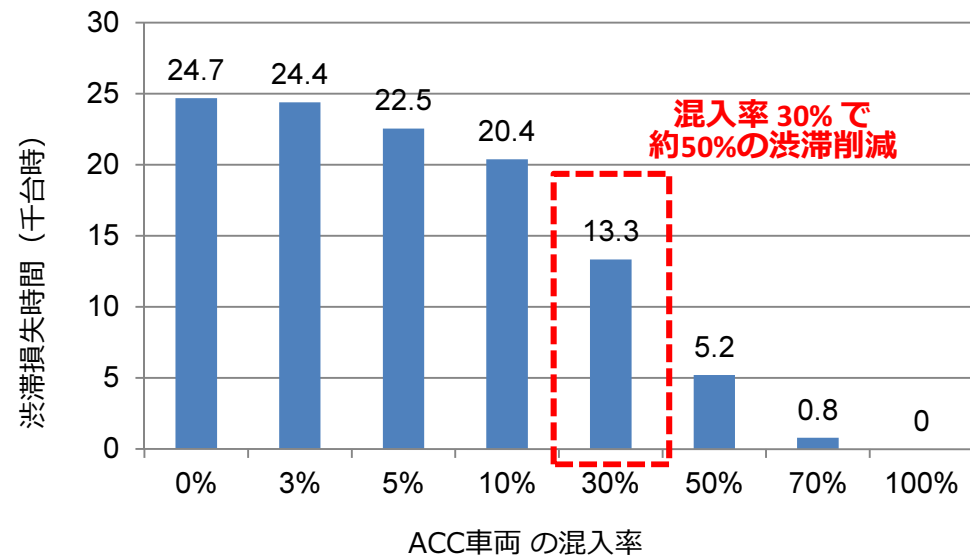
- 都市間高速道路の渋滞のうち約94%がサグ部・上り坂部、インターチェンジ合流部、トンネル入口部等が発生している。
- 東名高速道路（下り）大和サグにおけるACC導入を仮定したシミュレーションでは、ACC混入率30%で約50%の渋滞削減と試算されている。
- 自動運転の実現により、交通流の円滑化を実現するための最適な走行を実現することにより、渋滞の解消や大幅な緩和効果が期待できる。

都市間高速道路における渋滞量



総渋滞量 = 121,760 km・h/年
 <2010年>

ACC導入による渋滞削減効果

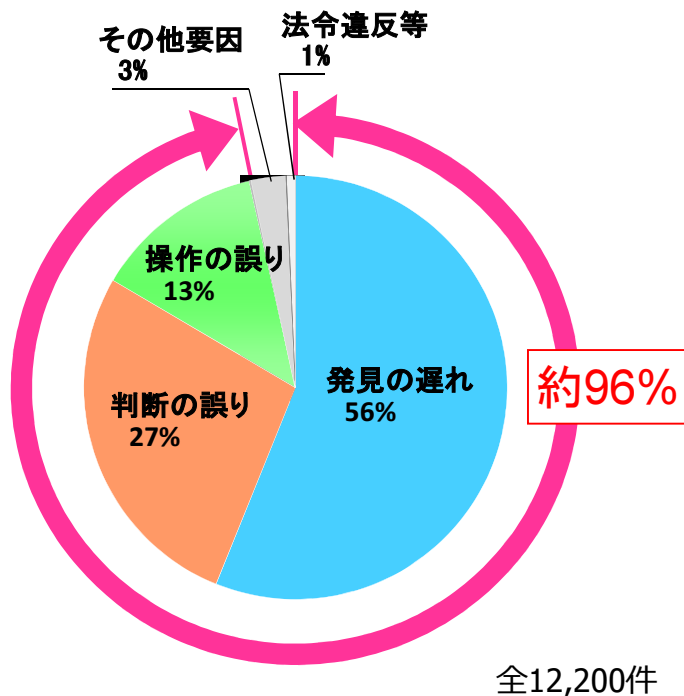


※2010年8月21日に東名高速道路（下り）大和サグ付近で発生した渋滞のデータを使用した試算結果。渋滞損失時間 = $\sum \max \{ \text{旅行時間} - \text{基準旅行時間} (70\text{km/hを想定}), 0 \}$
 ACC車両の設定車間時間は短めの1.35秒とし、その追従時における先行車両の速度変化に対する挙動は、ドライバーの挙動に比べ俊敏に反応すると仮定。

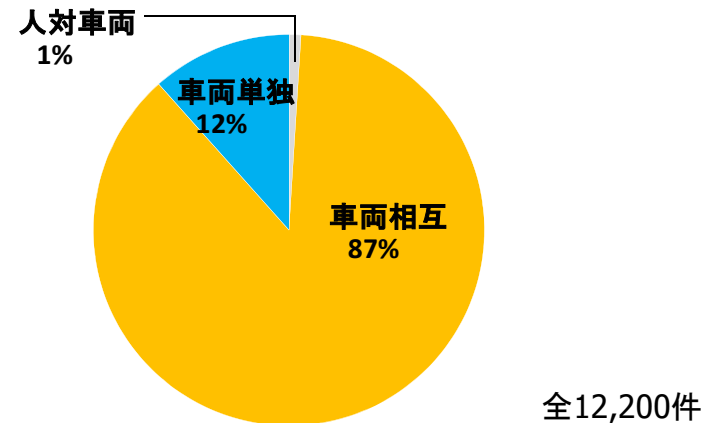
3. 自動運転の実現による効果(②交通事故の削減)

- 高速道路の人的要因別事故件数をみると発見の遅れ、判断の誤り、操作の誤りによる事故が約96%を占め、事故類型別事故件数をみると、追突(駐・停止車に)が約5割、工作物衝突・路外逸脱等が約1割を占める。
- 自動運転による安全性の向上により、人的ミスや前方の情報不足等に起因する交通事故の削減効果が期待できる。

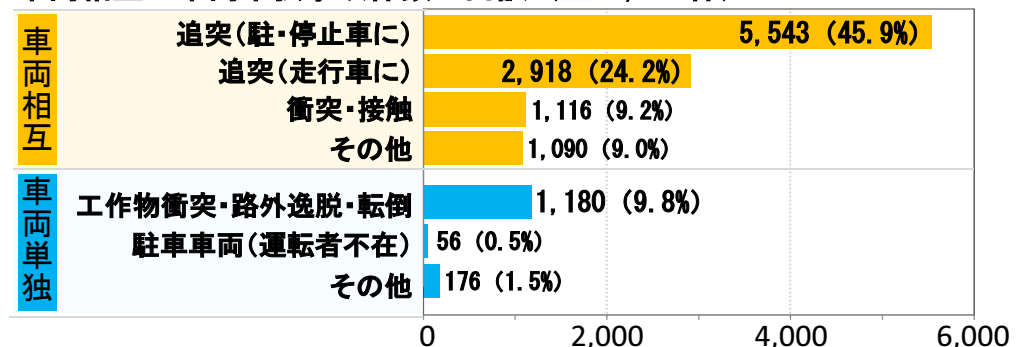
人的要因別事故件数(高速道路)



事故類型別事故件数(高速道路)



車両相互・車両単独事故件数の内訳(全12,079件)



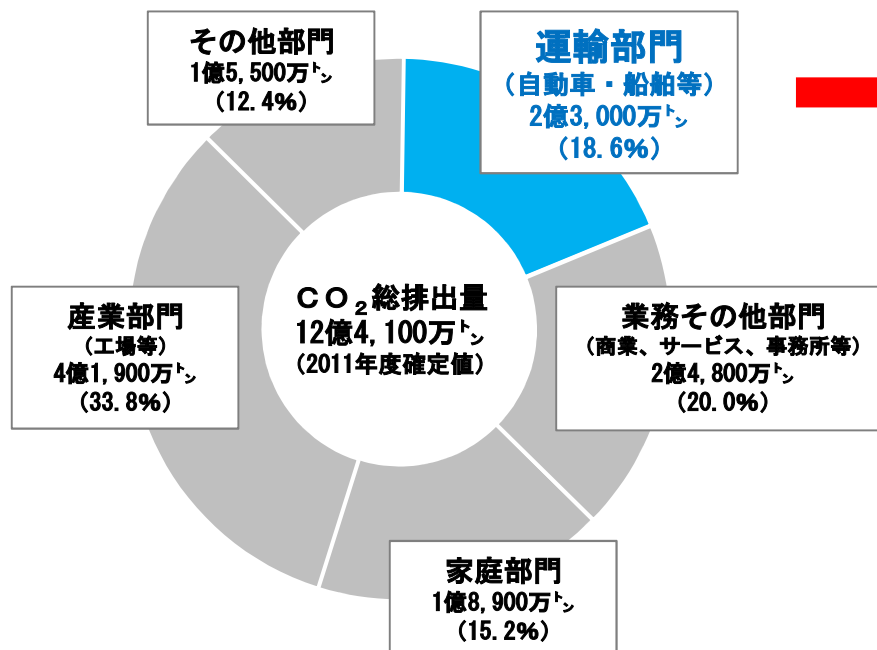
出典) 平成23年交通事故統計表データ、
(公財) 交通事故総合分析センター

出典) 交通統計平成22年版、(公財) 交通事故総合分析センター

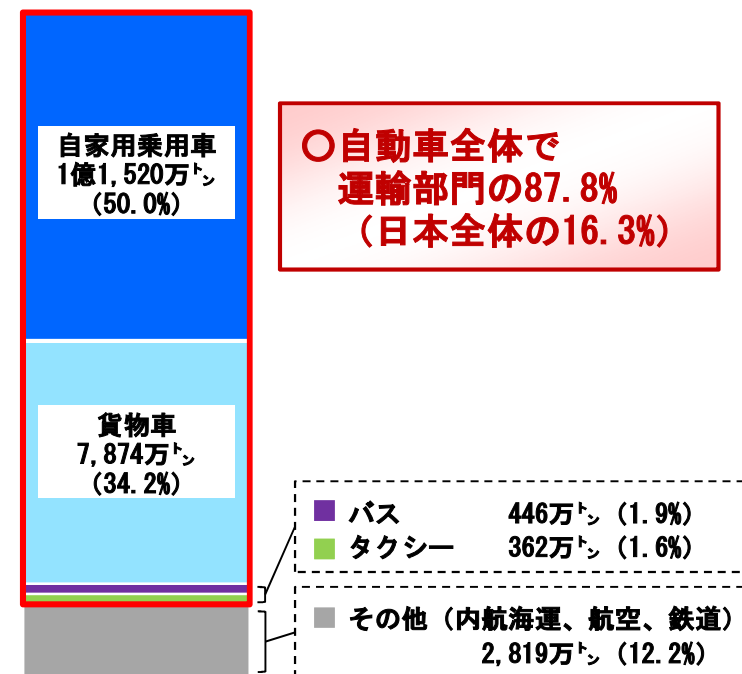
3. 自動運転の実現による効果(③環境負荷の軽減)

- 日本の二酸化炭素排出量のうち、運輸部門からの排出量は18.6%であり、運輸部門の87.8% (日本全体の16.3%) が自動車からの排出である。
- 自動運転の実現により、不要な加減速の低減、空気抵抗の低減、渋滞の抑制等による燃費向上やCO₂の削減効果が期待される。

日本の各部門による二酸化炭素排出量



運輸部門における二酸化炭素排出量

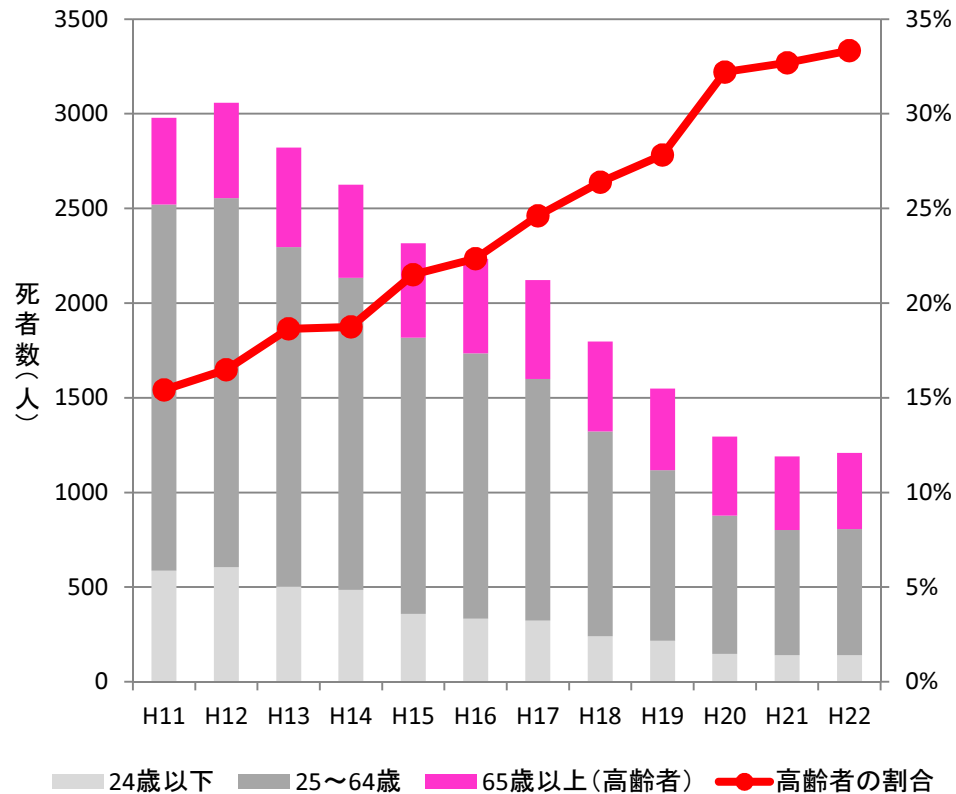


出典: 国土交通省HP「運輸部門における二酸化炭素排出量」より作成
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

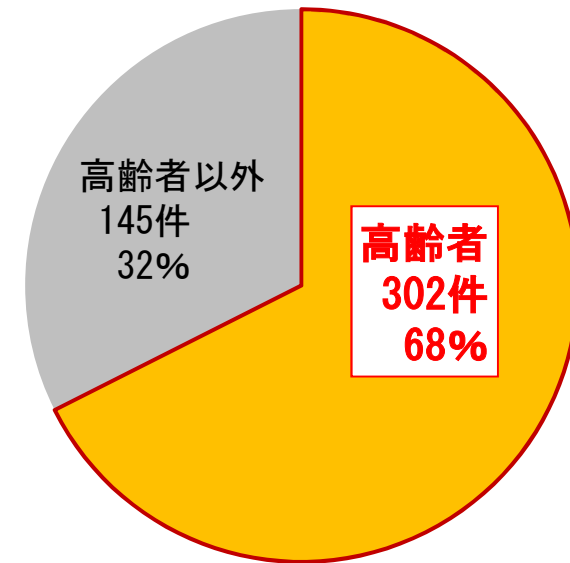
3. 自動運転の実現による効果(④高齢者等の移動支援)

- 自動車運転中の交通事故死者数に占める高齢者の割合は増加傾向にあり、高速道路の逆走は高齢者が約7割を占めるなど、高齢者特有のミスも顕在化している。
- 自動運転の実現により、運転負荷を大幅に軽減することで、高齢者の移動を支援するとともに、高齢者特有の交通問題を解決することが期待できる。

年齢層別・状態別交通事故死者数の推移
(自動車運転中)



高速道路逆走事案に占める高齢者割合

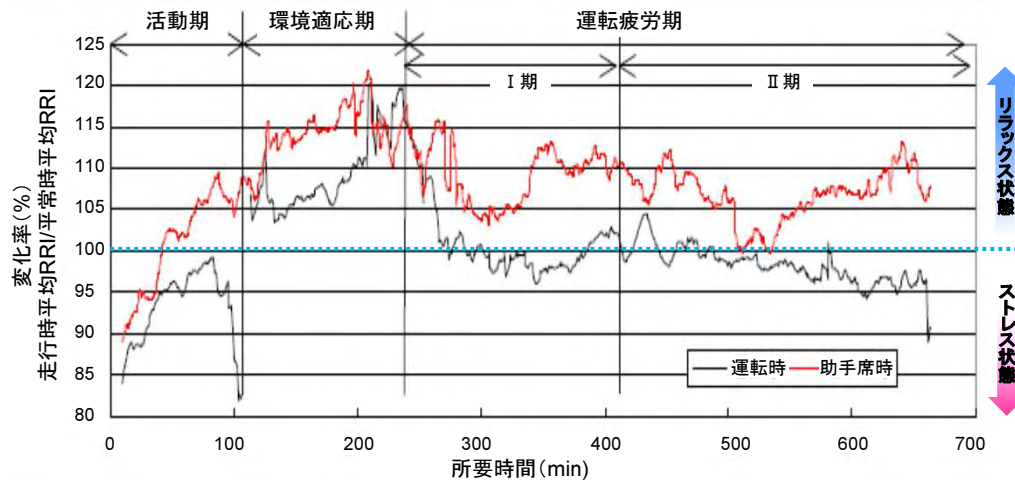


出典)警察庁資料 平成22～23年の計

3. 自動運転の実現による効果(⑤)運転の快適性の向上)

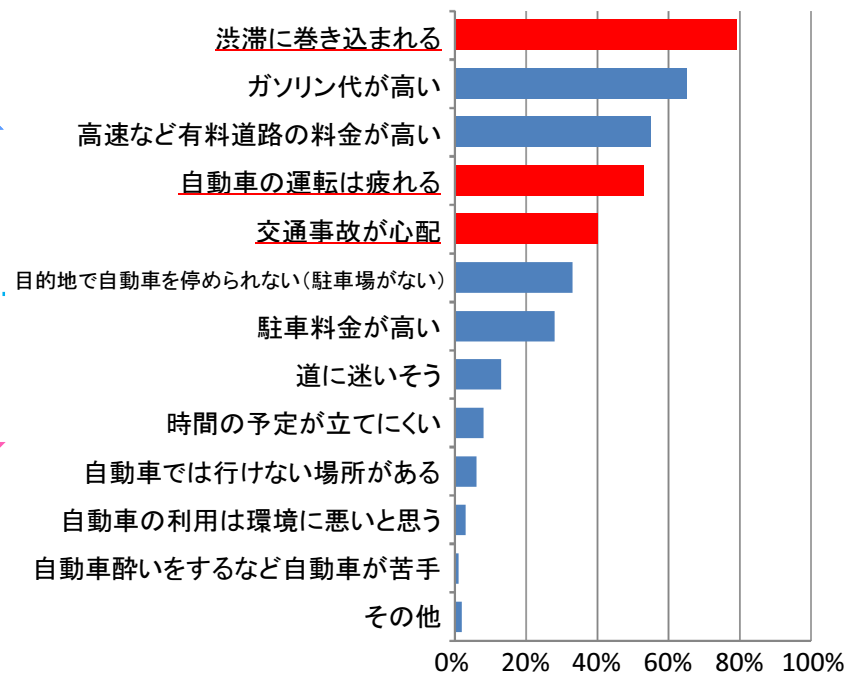
- 運転時のストレスを心拍間隔 (RRI) で見ると、運転時のストレスは高い傾向にあり、自動車での移動の不満も「運転は疲れる」という意見が上位にある。
- 自動運転の実現により、運転負荷を大幅に軽減することで、長距離の移動でも疲労が少なく移動することが期待できる。

走行時／平常時心拍間隔 (RRI) の測定結果



※100未満だとストレスが増加、100以上であれば平常時よりリラックスした状態

自動車旅行時の不満点 (複数回答)



出典) 岩倉他「長距離トリップに伴う運転ストレスの測定-AHS の便益計測を念頭に」(土木計画学論文集) 18(3), 2001

出典) 自動車旅行の活性化に向けた提言 快適な交通環境づくりと楽しさの演出 (平成21年)、一般社団法人日本自動車工業会