



自動運転技術の動向



2015年11月5日

特定非営利活動法人 ITS Japan



内容



- 自動運転とは?
- 自動運転への期待
- 自動運転実現に向けた課題
- 欧米の動向
- 輸送用車両の自動化動向
- 日本の取り組み状況
- まとめ



自動運転の用語

■ 自動運転/自動運転車両

☞ 使う用語により意味が大きく異なる

Self driving

Automatically operated

Driverless

Automated

Robot Taxi

Auto Pilot



Unattended Operation

Autonomous





米国の課題と自動運転への期待



■ 安全

- 5.300万件の衝突事故と32000人の死者(2011年)
- 90%を超える事故(500b\$:5兆円 100円/\$)が人間のエラー

■ Mobility

- 渋滞によるコストは、毎年120b\$(不要消費時間と燃料)
- 道路容量を倍増できる可能性(CACCのトライアル)
- 5400万人のアメリカ人(全人口の20%)が障害を持つ
- 1億9000万回の救急要請にかかる費用が年間5700億円



■ 環境

- 米国のGreenhouse gas emissionによる社会コストの25% 30b\$
- SARTRE(Energy ITS)の結果では、8~16%の燃料消費削減が期待できる





欧州での課題と自動運転への期待



■ FP7 AdaptIVeプロジェクトでの定義

**ゼロ
エミッション**

燃料消費とCO₂ 排出の削減
交通流の適正化



**年齢層の
変化**

自信のないドライバーの支援
高齢者のためのMobilityを促進



ビジョンゼロ

人間の運転ミスを避けるなど運転支援の可能性の拡大



AdaptIVe
Automated Driving



欧州の取り組み



■ 渋滞による時間損失を問題視

☞ 「時間を開放する」 ⇨ 「2次タスクの許容」を狙う



読書



ネットサーフィン



電話



携帯メール



注)2次タスク:運転中の運転以外の作業を言う

運転が2次タスクと言う若者が増加しているが、現段階では間違い

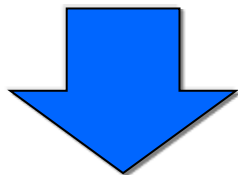


どのような自動運転を実現するのか？

欧州



2次タスクの許容



Self-Driving Car?



市場適合性評価のための法律改正、
認可に向けた仕組みづくり

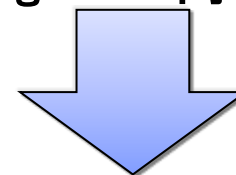
米国



ドライバーと
クルマをEngage



両眼は道路、
両手はステアリング



製造物責任の課題

Roadworthiness Test



自動運転の位置付け

■ 利用条件による自動化の制約





自動運転実現に向けた方向

■ 自動運転のドメインは以下に分類される

➤ 乗用車



➤ トラック隊列走行



➤ 都市用共有モビリティ



◆ トラック隊列走行は、早期実現の可能性を感じる



自動運転実現に向けた課題

各所で提起された課題と解決への提言



自動運転実現に向けた課題-1

■ 異常気象、異常環境下での認知性能

- センサーは、環境条件で性能が異なる
- 人間より良い性能を求めるか？ 同等で良いか？

■ 異常気象、異常環境の認知

- 竜巻
- 枯葉
- 砂塵





■ 凹障害

- 発生確率は低いが大きな問題
- 遭遇する前にマッピングできない



■ 情緒的判断

- 人間は多くの要素から判断





■ 動的運転環境への適応

- 逐次変化する環境への対応が難しい

Adaptation to Dynamic Environments

- ❖ Automated systems in the press today have difficulty in dynamic physical environments.
 - Driving a route ahead of time is not a practical option for driving on public roads.
 - Systems need to be capable of adapting to dynamic traffic patterns, construction/work zones, accidents, etc.



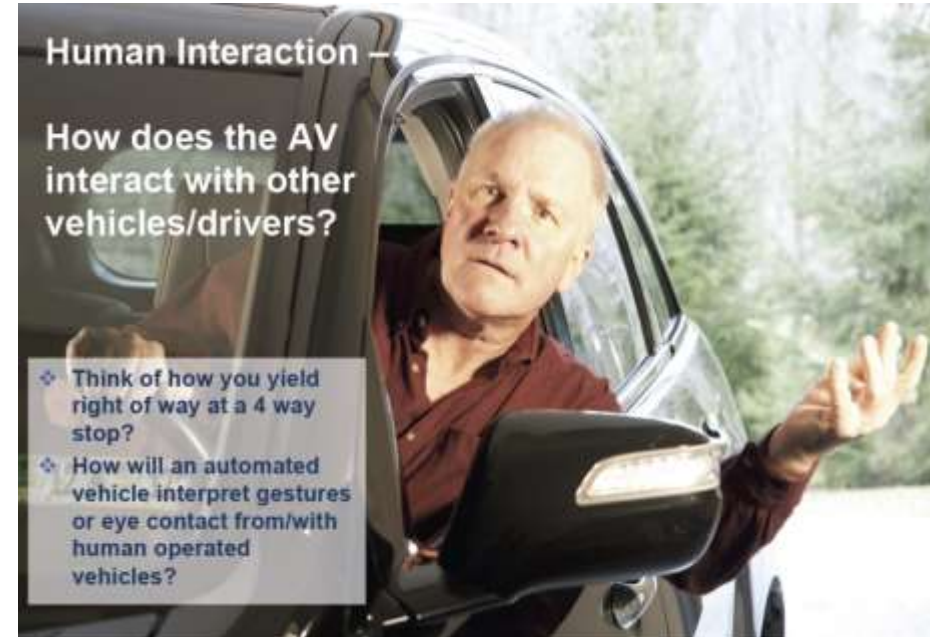
https://www.fhwa.dot.gov/resourcecenter/teams/civilrights/cr_ppp1.cfm

- ❖ A human driver is not deterministic, should we require automated systems to be?



■ ヒューマン・インタラクション

- いつどのように運転責任を戻すか?
- どのように他の運転手と接するのか?






■ 信頼性の評価指標とテスト

- 実験場のベンチテストだけでは評価が不十分


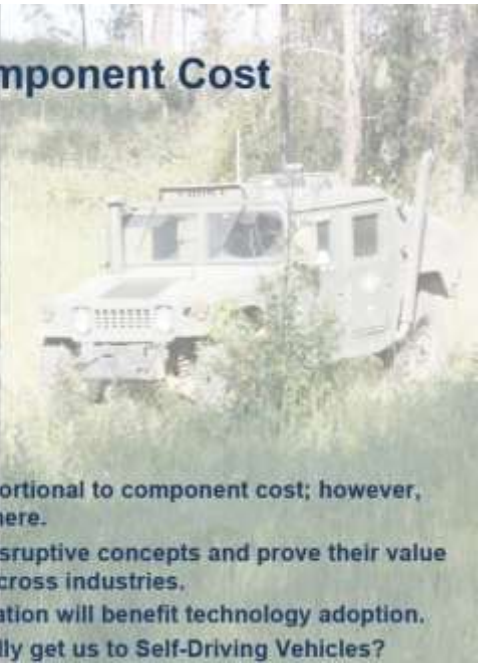
■ 性能と部品コスト

- 性能とコストは比例
- 破壊的なコンセプトが必要

Reliability Metrics and Test Strategies

- 
- ❖ Difficult to test full automation on a lab bench.
 - ❖ Mileage accumulation w/o accident or human intervention is a metric, but it is not THE metric.
 - ❖ Tests need to be designed to exercise a system in dynamic real world environments and scenarios. What scenarios, how many?
 - ❖ Systems should be specified for relevant operational envelopes (more granular than the NHTSA levels of automation) so that the consumer understands what the system does and when.

Performance vs. Component Cost

- 
- 
- ❖ Today, performance is directly proportional to component cost; however, there is disruptive technology out there.
 - ❖ Research is needed to take those disruptive concepts and prove their value in the automated driving equation across industries.
 - ❖ Cross industry/application collaboration will benefit technology adoption.
 - ❖ Does ADAS1 + ADAS2 + ADAS3 really get us to Self-Driving Vehicles?



■ Human Factors

- 一般ドライバーとプロ(パイロットなど)の差
 - ✓ 訓練の違い
 - ✓ 個人差(若者、高齢者、異なる技術)
 - ✓ システムのエラーへの対応能力



VS.



➤ 課題

- ✓ ドライバーの理解
- ✓ 操作の移管
- ✓ 自動化のミスユース

➤ 解決案

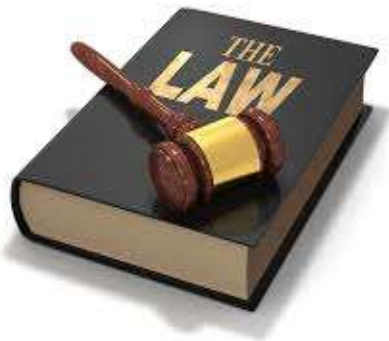
- ✓ ドライバーモニタリング
- ✓ 設計による解決





自動運転実現に向けた課題-7

- 法律と規制
- 事故や不具合時の賠償責任
- Stakeholdersによる投資意欲
- 教育や訓練含めた利用者の受容性
- 社会の受容性
- 混合交通下での利用
- 実用化による効果
- ...





自動運転実現に向けた課題-8

■ 自動運転システムに対する倫理的配慮

- 安全、モビリティ、合法性の成立が必須
- 様々な環境で、どのように自動化を機能させるか
- 哲学者と技術者の共同検討が必要



避けられない際にどちらに衝突するか



合流時にスピードリミットで走行するか?



センターラインを越えることが禁止



ランナバウトを抜け出せるか?



■ ITSセキュリティ

- 繋がるほどセキュリティへの課題が高まる
- 意図しない状況下でのリスクの排除や低減が必要
 - ✓ 自動車の電子機器と交通管制システムは攻撃に対し脆弱
 - ✓ 協調型システムは、互いの信頼により成立する



乗っ取られた道路標示



欧州動向

- FP7からHorizon 2020プロジェクト
- 各国プロジェクトの拡大





欧州自動運転プロジェクト概況



ロボット
カー

Robot car

運転支援
システム

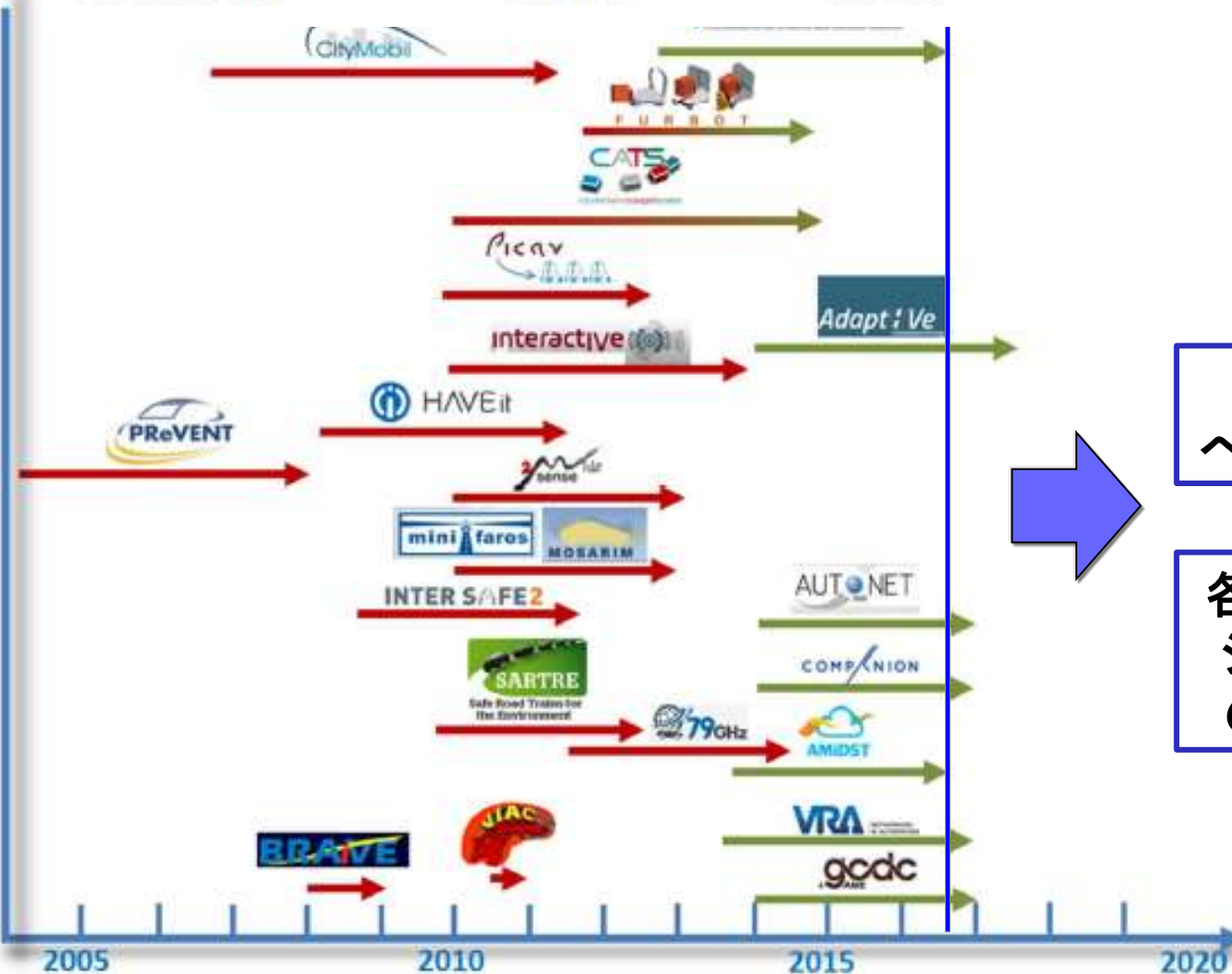
Driver assistance
systems

接続
通信

Connectivity &
Communication

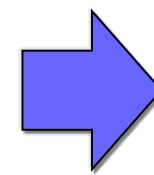
支援
活動

Networking/
Challenges



H2020
への移行

各国プロ
ジェクト
の展開





Horizon 2020プロジェクト内容



■ FP7からH2020と各国プロジェクトへの展開が進む



H2020での自動運転関連プロジェクト概要

合計114m€

トピック	タイトル	アクション タイプ	ステージ	予算(m€)	
				2016	2017
ART-02	乗用車用オートメーションパイロット	IA	2	48	
ART-04	移行期間に於ける自動運転の安全と利用者受容性	RIA	2		
ART-05	自動運転への移行を支援し、既存の車両と自動運転車両の共存する道路インフラ	RIA	2	13	
ART-06	自動運転を支援する活動	CSA	2	3	
ART-01	自動運転を実現するICTインフラ	IA	2		50
ART-03	公道での複合隊列走行	IA	2		
ART-07	都市道路交通の自動化デモンストレーション	IA	2		

CSA : Coordination and Support action, IA: Innovation Action

RIA: Research and Innovation Action



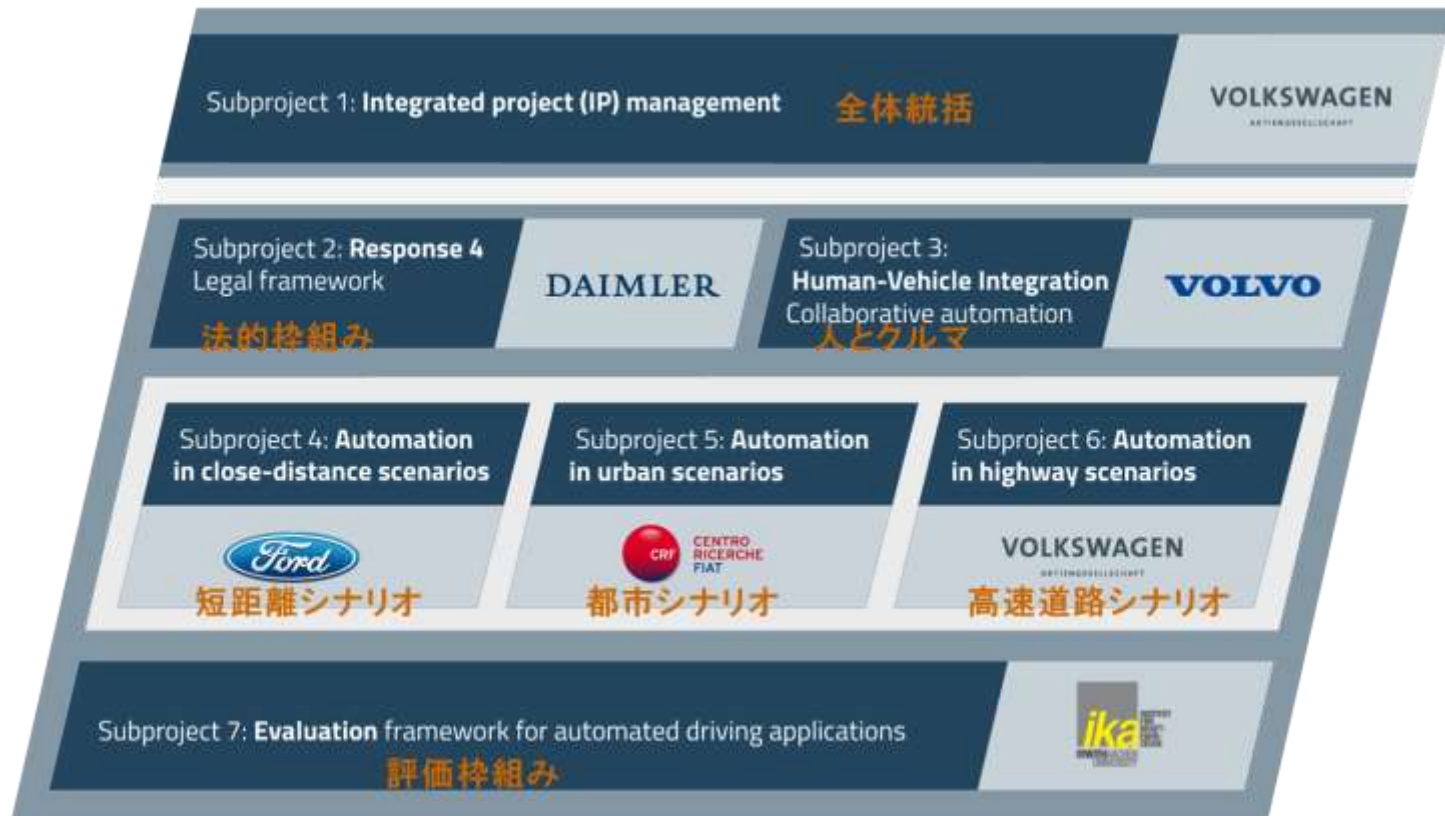
FP7の代表的プロジェクト: AdaptIVe



AdaptIVe
Adaptation of Intelligent Vehicles

■ プロジェクト概要

- Budget: EUR 25 Million(35億円 140円/€)
- European Commission: EUR 14,3 Million
- 期間: 42ヶ月 (January 2014 – June 2017)
- 8ヶ国 : France, Germany, Greece, Italy, Spain, Sweden, Netherlands, UK
- 30のパートナー、関係プロジェクトと連携





FP7の代表的プロジェクト: CityMobil2



■ プロジェクト概要

- 45のパートナー、12の都市、5つの自動運転車両システム製造会社
- 15 M€ (21億円 140円/€)budget, 9.5 M€ EC funding, FP7
- 48か月間のプロジェクト (2012-2016)
- 6~10人乗り車両の2車団
- 7つの都市でのデモと、3つのShowcaseを計画



CITY	Demo type	2014												2015												2016												vehicles
		MA	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	MAN.							
Oristano	Small demo																														R	3						
Leon	Showcase																														R	2						
CERN	Showcase																														R	2						
La Rochelle	Big demo																														R	6						
Saint-Sulpice	Big demo																														I	6						
Milano	Big demo																														I	6						
Vantaa	Small demo																														R	6						
Trikala	Small demo/showcase																														I	3						
Sophia-Antipolis	Small demo/showcase																														tbd	2						
San Sebastian	Small demo/showcase																														tbd	4-6						
																															tbd	3						

Legend: ■ = set-up ■ = operation





自動運転欧州各国固有の取り組み

- スウェーデン
- 英国
- オランダ
- フランス
- ドイツ





■ プロジェクト概要

- 世界で初めての一般公道でのプロジェクト
- 100台のVolvoのSelf-driving Carが実際の交通環境で走行
- 一般の顧客が運転
- 105億円(75m\$: 140円/\$)の投資
- スウェーデン政府とVolvo共同
- 2013年に開始、実際のパイロットは2017年実施

DRIVE ME | partners – a COLLABORATION WITH THE CITY AND GOVERNMENT AUTHORITIES





米国動向

- 政府プロジェクト
 - 自動運転(AV)の推進
 - 協調型システム(CV)の推進
- 各国州プロジェクトの拡大



米国の動向概況

■ USDOT Connected Automationの進捗状況

Autonomous Vehicle

Strategic plan 2015-2019

- Realizing CV Implementation
- Advance Automation

州によるプロジェクト

- Mcity
- GoMentum Station
- 他州に拡大



Connected Automated Vehicle

FHWAインフラガイドライン→AASHTO

Connected Vehicle

CV Pilot Program: \$42mプロジェクト

- NYC, Tampa, Wyoming

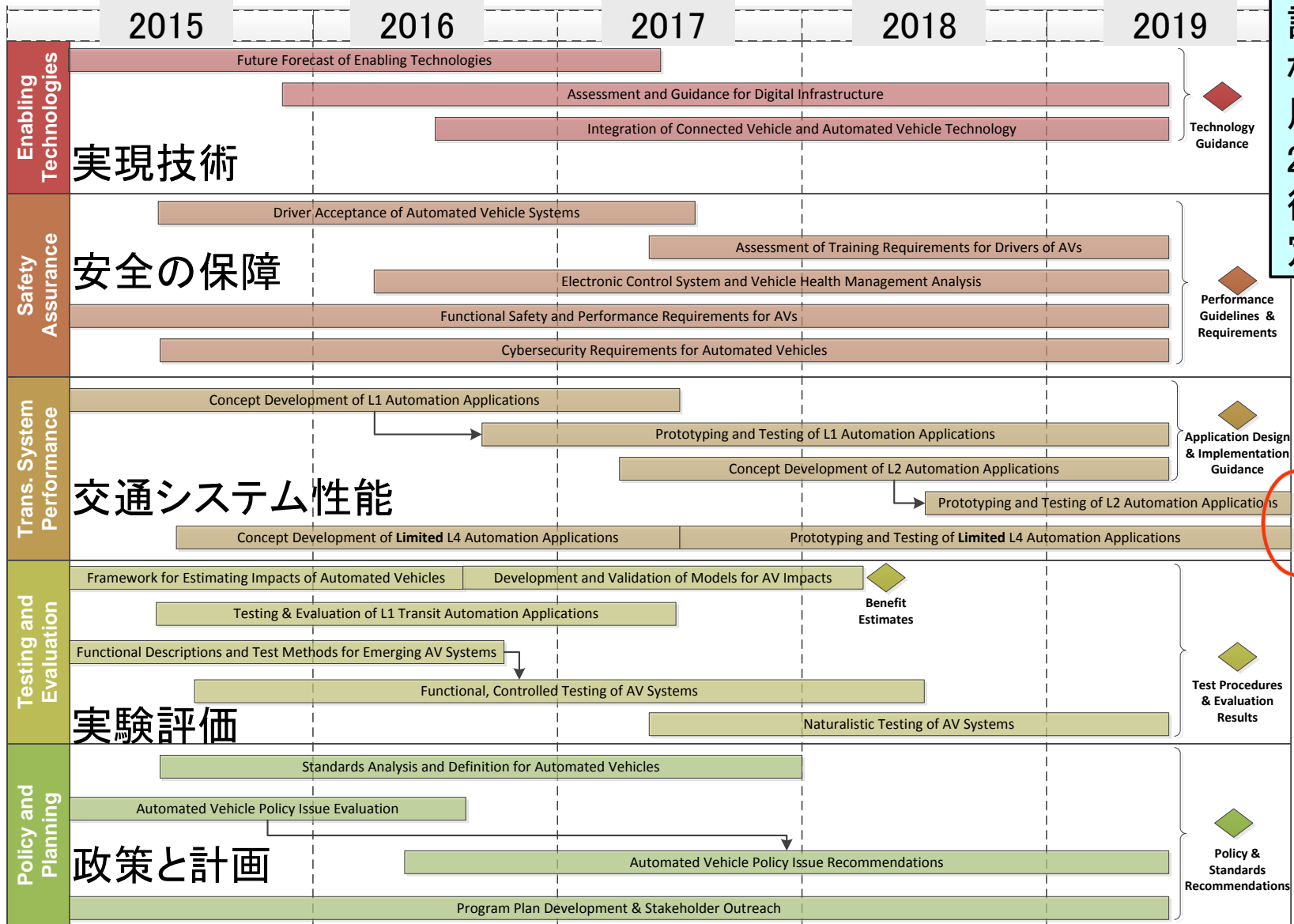




自動運転: USDOTの研究



■ プログラムロードマップ



時期が明記されていないが実用化は2020年代後半と想定





自動運転: FMVSSの見直し

■ Highly Automated Vehiclesの導入がFMVSSに影響されるか?

- AVの導入に対する既存FMVSSの障害を明確にする
 - ✓ 特にHuman out of the loopや、Driverlessの場合
- 技術革新やAV機能発揮に対し、既存FMVSSによる阻害を防止する
- NHTSAとITS JPOが連携して対応する





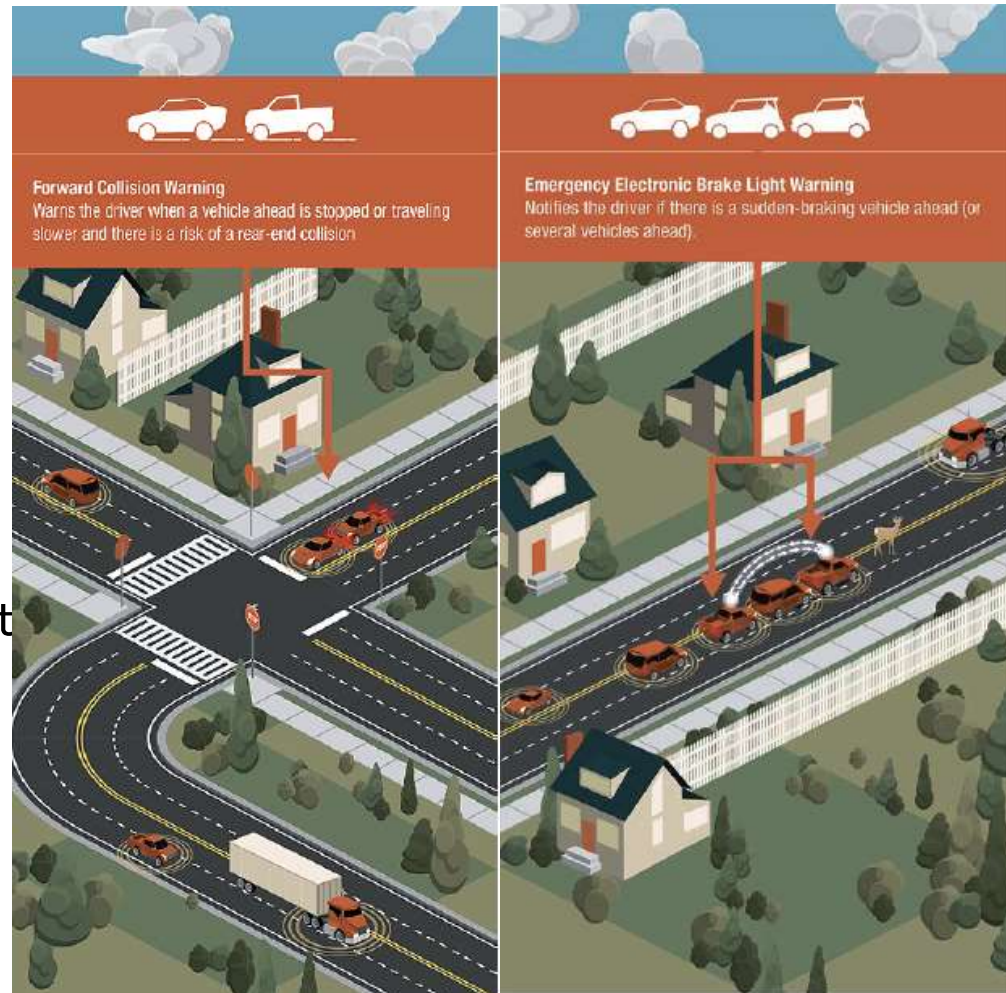
■ USDOTの取り組み：主要課題と取組時期

		短期			長期			
法律環境	連邦政府の標準と規制の適用	+	+	+				
	安全基準や認証手順の作成	+	+	+				
	ITSとAVに関する立法精査と分析	+	+	+				
	FMCSA規制と執行に対するAVのインパクト調査	+	+	+				
データプライバシーとマネジメント	交通データ収集と運営に対する影響	+	+	+				
	プライバシー、ポリシーと運営の評価	+	+	+				
責任問題	責任と保険モデル	+	+	+				
利用者と社会的課題	顧客受容性と教育		+	+	+			
	社会的影響とポリシーの明確化			+	+	+		
インフラと計画	インフラ計画と投資			+	+	+		
	長期交通計画手順への影響				+	+	+	
	土地利用とポリシー					+	+	+



CV: 安全アプリケーション

- **交差点通過支援**
Intersection Movement Assist
- **左折支援**
Left Turn Assist
- **車線変更警報/死角警報**
Lane Change Warning/
Blind Spot Warning
- **前方衝突警報**
Forward Collision Warning
- **緊急ブレーキライト警報**
Emergency Electric Brake Light
- **追い越し中止警告**
Do Not Pass Warning:
- **バス前方右折警告**
Vehicle Turning Right
in Front of Bus Warning





CV:パイロット展開タイムライン



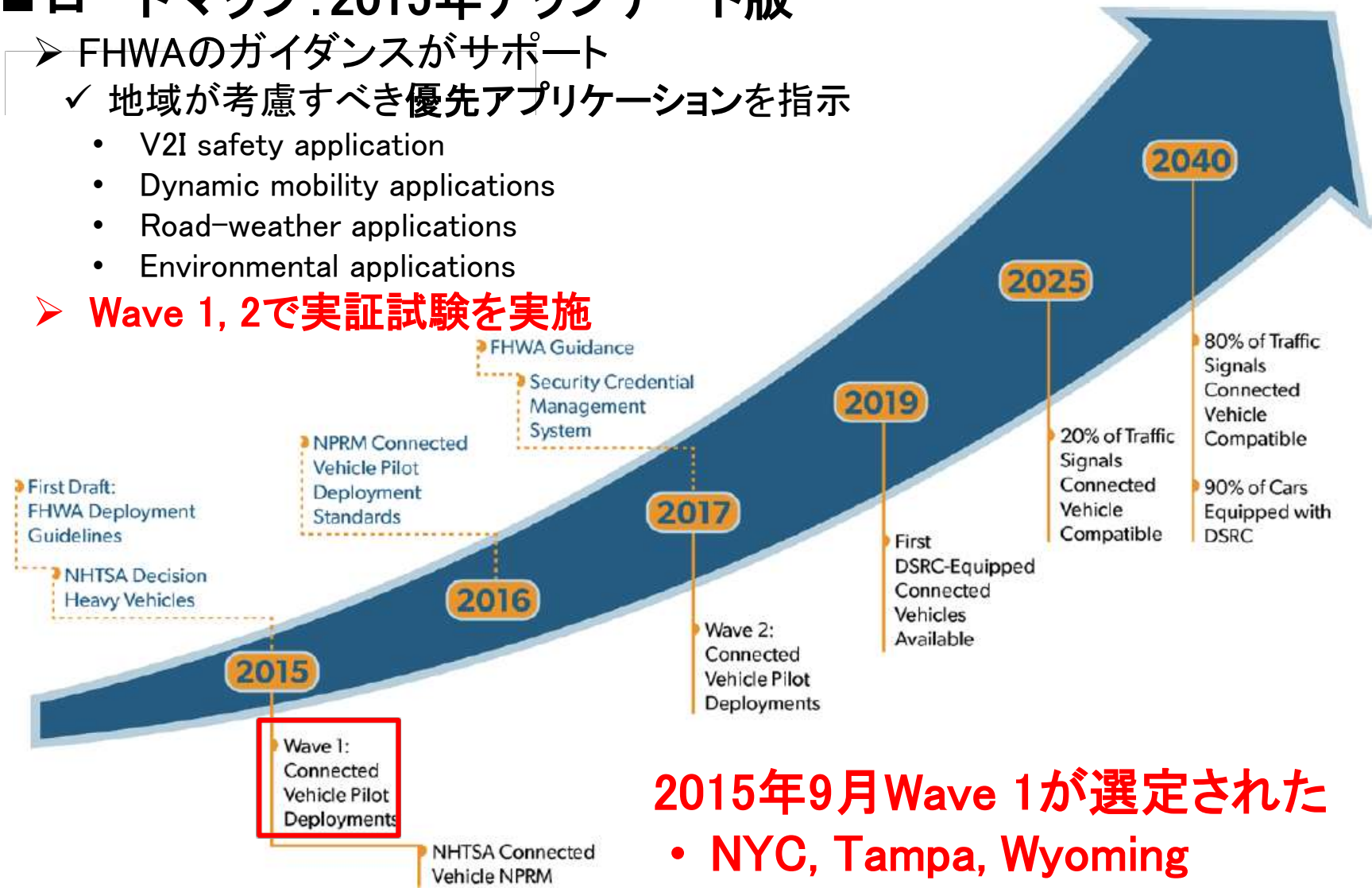
■ ロードマップ:2015年アップデート版

➤ FHWAのガイダンスがサポート

✓ 地域が考慮すべき優先アプリケーションを指示

- V2I safety application
- Dynamic mobility applications
- Road-weather applications
- Environmental applications

➤ Wave 1, 2で実証試験を実施



2015年9月Wave 1が選定された

• NYC, Tampa, Wyoming

2019年以降の計画が追加された



Wave 1提案: NYC・New York州



■ Pilot Deployment地区概要: 3地域

- Manhattan Grid
- Manhattan FDR Dr.
- Brooklyn Flatbush Ave

Manhattan FDR Dr.



- Limited access highway
- Excludes trucks/buses
- Short radius curves
- Over-Height restrictions
- \$1,958,497 in Over-Height incident delay costs (2014)
 - 24 % of City-wide total

Brooklyn Flatbush Ave



- Over-Height restrictions
 - Tillary St.
 - Brooklyn Bridge
- High accident rate arterial 2012-14 (red dots)
 - 1,128 injuries
 - 8 fatalities
- Average speed 15 mph (AM inbound)
- 35 intersections



- Grid (600' x 250')
- Day vs. Night conditions
- Residential/commercial mix
- High accident rate arterials (2012-2014)
 - 20 fatalities
 - 5,007 injuries
- 204 intersections

Manhattan Grid





■ モビリティと安全の課題

- 商用トラックの事故
- 歩行者の受傷

■ 具体的課題

1. 速度違反の削減
2. 事故多発交差点での事故防止
3. 歩行者安全の向上とバス交通混雑領域でのバス関連事故の削減
4. 障害歩行者の安全性向上(V2P)
5. トラック安全性向上
6. 橋の低クリアランス問題の改善
7. トラックルート規制の強化
8. 工事地区安全の向上
9. 超混雑エリアでのモビリティのバランス
10. 衝突、傷害、遅れの削減





米国 州の取り組み

■ 下記の州を中心とした取り組みが進展

- ミシガン州
- カリフォルニア州
- ネバダ州
- バージニア州
- フロリダ州





■ 高速道路、幹線道路に路側機を設置し評価試験開始

➤ Freeway (高速道路)

- ✓ 先進交通情報
- ✓ 渋滞警報
- ✓ レーンマネジメント
- ✓ 交通規制情報
- ✓ 緊急要員への情報提供

➤ Arterial (幹線道路)

- ✓ 先進交通情報
- ✓ 信号情報
- ✓ 交通規制情報 Incident and Work Zone Lane Closures
- ✓ 緊急情報への対応

➤ 当局用のアプリケーション





■ Mobility Transformation Center (MTC): 共同試験場

➤ Roadway: 道路環境

- ✓ 南北約3Km
- ✓ 各種の路面(コンクリート、アスファルト、レンガ、土)
- ✓ 曲率の異なるカーブやランプ
- ✓ 2, 3, 4車線道路
- ✓ ランアウトやトンネル
- ✓ 窪んだ土路面や草で覆われた路面

➤ Road-side: 路側環境

- ✓ 各種の標識と交通制御装置
- ✓ 固定型や各種の照明
- ✓ 横断歩道、車線反射装置、縁石、バイクレーン、踏切
- ✓ 消火栓、歩道等
- ✓ 建物(固定型、可動型)

Mcityと命名
32 acres (約13万㎡)





■ テストコース概要





■ トラック自動運転化への考慮

- より安全が向上すること
- 人間の性能を向上させること

■ 期待

- 運転手不足に貢献
- 港や中継地点での渋滞解決
- 長距離運転は隊列走行により大きな利益が得られる可能性ある
 - ✓ 燃料効率向上、安全性向上、CO2排出の削減
- First mile/Last mileオペレーション自動運転化による安全性、効率向上



■ Man & Machine 変革

- ✓ ドライバーに疲労軽減、他環境とのコミュニケーション等自由度を提供
- ✓ ドライバーに仕事の魅力を提供

但し、無人トラック化ではなく、車両の責任者はドライバーに帰属





Dr. Shladover, University of California, Berkeleyの提言

■ 強力なブレークスルーが必要な技術の制約が存在

- 安全な標的と危険な標的を識別できる廉価なシステム
- 完全性、正確性、安全性を検証する方法
- 故障を瞬時に廉価に検出、特定、修復できる
- システムの安全性、耐久性、可用性を簡単に証明する方法

■ 利用環境を制約し実現

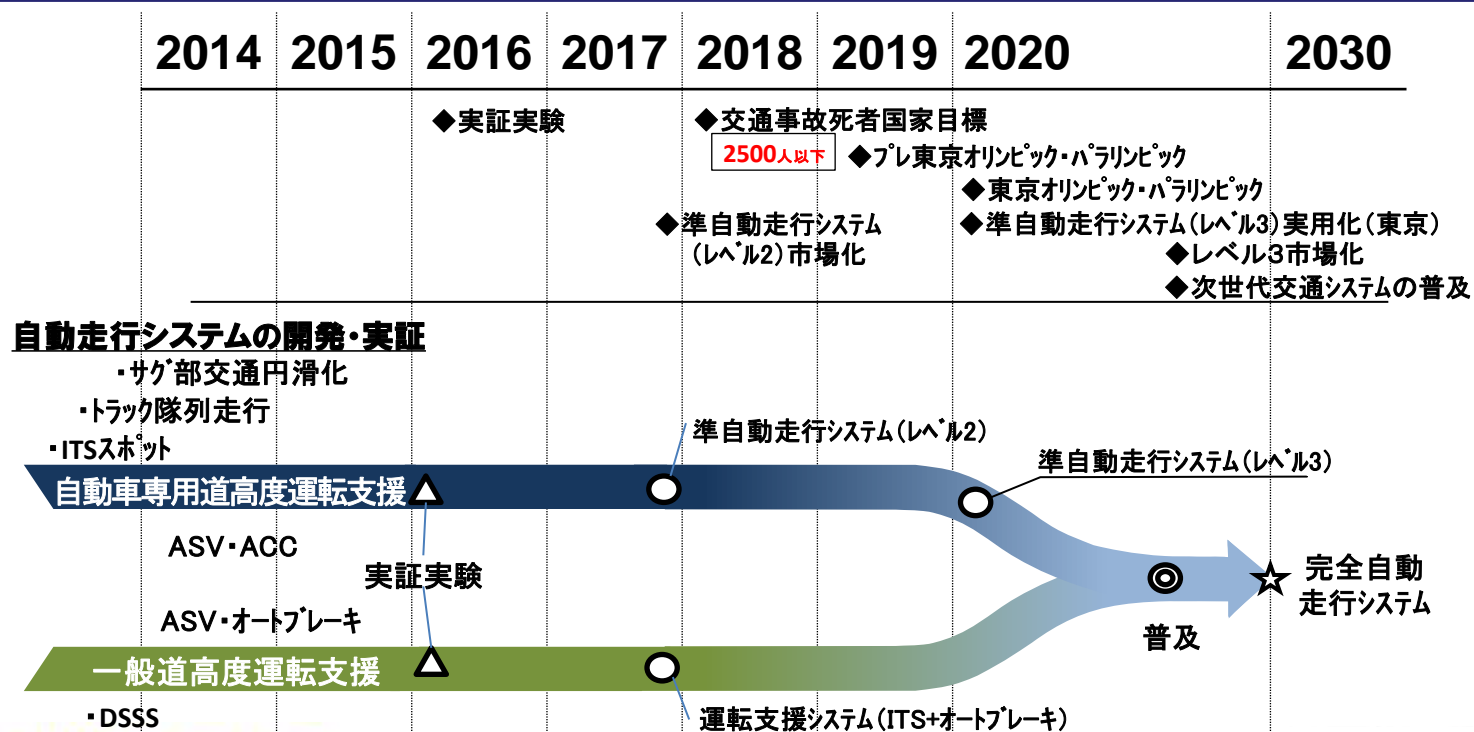
- 機能の削減(ドライバーの監視に依存を継続)
- 速度の低減
- 混合交通(自動運転車両と一般車両)を除外
- 交通環境の単純化(利用制限されているHighwayに限定)
- 歩行者、バイクの除外
- 好天時の昼間のみ限定
- 詳細地図のある地域だけでの利用

「自動走行システム」について











① 目標・出口戦略

1. 交通事故低減等 国家目標の達成 : 国家目標達成の為の国家基盤構築
2. 自動走行システムの実現と普及 : 一気通貫の研究開発と国際連携同時進行による実用化推進
3. 次世代公共交通システムの実用化 : 東京オリンピック・パラリンピックを一里塚として、東京都と連携し開発

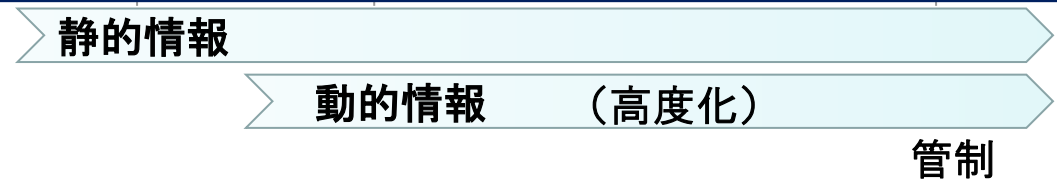


自動化レベルの定義と市場化目標時期

 実用化  計画

完全自動走行システム	レベル4	加速・操舵・制動全てをドライバー以外が行い、ドライバーが全く関与しない状態	2020年代後半	
準自動走行システム	レベル3	加速・操舵・制動全てをシステムが行う状態。但し、システムが要請した時はドライバーが対応する。	2020年代前半	
	レベル2	加速・操舵・制動のうち複数の操作を同時にシステムが行う状態	2017年以降	
安全運転支援システム	レベル1			 
運転支援なし				

自動運転レベルは道路環境に応じて変化



いずれのレベルにおいても、ドライバーはいつでもシステムの制御に介入することができることが前提

産学官連携 研究開発体制

大所高所からの意見を集約する場

自動走行システム推進委員会

府省・官民連携による議論の場

システム実用化WG

次世代都市交通WG

国際連携WG

専門家による技術ディスカッションの場

地図構造化TF

交通制約者・歩行支援TF

民から官へ提案
(ミラー組織)

民間を主体とした自由なディスカッションの場

自動走行に関する民間意見交換会

個別テーマ毎に議論のたたき台づくり

**ダ'イミックマップ'
検討サブWG**

HMI サブWG

ART詳細化サブWG

東京都

日米欧
標準化機構

ITS世界会議

国内開催の
国際会議

メディアミーティング
(市民・メディア)



【欧州】

■ 欧州の自動運転関連プロジェクトの進行

- FP7プロジェクトが成果を出し(AdaptIVe, CityMobil2等)、Horizon 2020に移行開始

■ 国毎のプロジェクトが始まる

- スウェーデン、オランダ、フランス、英国、ドイツ、フィンランド

【米国】

■ 政府(USDOT)の準備

- Connected Automated Vehicleの導入計画をStrategic Plan 2015-2019に反映
- 関連組織(RITA, FHWA, NHTSA, AASHTO等)の準備が進行
- パイロットプログラムが開始

■ 州毎の活動が始まる

- ミシガン州、カリフォルニア州、ネバダ州、バージニア州、フロリダ州

【共通】

■ クルマの自動化に向けた自動車会社の対応

- アメリカでは、運転者責任
- 欧州では、2次タスク許容に向けた取り組みが進む

■ 確保すべき性能、評価法、基準

■ 実用化の進め方

■ 国際連携による推進が重要



END