

自動運転の現状と展望



東京大学大学院新領域創成科学研究科

鎌田 実



■ 自己紹介

- 1959年生
- 1982年 東京大学工学部機械工学科 卒業
- 1987年 東京大学大学院工学系研究科船用機械工学専攻 修了
- 1990年 東京大学工学部 講師
- 2002年 東京大学大学院工学系研究科 教授
- 2009年 東京大学高齢社会総合研究機構 機構長・教授
- 2013年 現職

専門は、車両工学、人間工学、福祉工学、ジェロントロジー。

国交省交通政策審議会委員、車両安全対策検討会座長

経産省・国交省 自動走行ビジネス検討会 座長

AMED ロボット介護機器開発プロジェクト プログラムオフィサー

■ 自動運転にまつわる疑問

- 完全自動運転は、いつ実現するか？
- 自動運転が普及すると、世の中はどのように変わるか？
- 日本と諸外国で、どのように違うか？

□答え

- どこでも走れる完全自動運転は当分の間無理という声もある。
(限定地域、限定空間で車を自動で走らせることは、お金をかければ今すぐでもできる。どれくらいお金をかけるのが妥当か。)
- 人と車の付き合い方が変わっていくだろう。
(車の自己所有という概念がなくなってくかもしれない。)
- 日本ではドライバ不足が顕著なので、事業用自動車の無人化へ強い期待がある。
(走るところが決まっていればやりやすい。)

■ どうやって自動化を実現するか

- 基本的に、インフラ協調か自律
- 1990年代はインフラ協調。(磁気ネイル等)
でも、インフラが無いところは走れない。インフラ整備には膨大な費用
- 2010年以降は自律が主流。(DARPA。Google)
でも、リッチなセンサや地図が必要で、コスト面で大変
- 最近では、路線バスやトラックの定期便のように走るところが決まっているものは、多少のインフラ整備で、自律センサの簡素化を期待する方向と、リッチな自律方式も大量普及でコストダウンを狙うという方向の両面がある。

■超高齢社会の日本

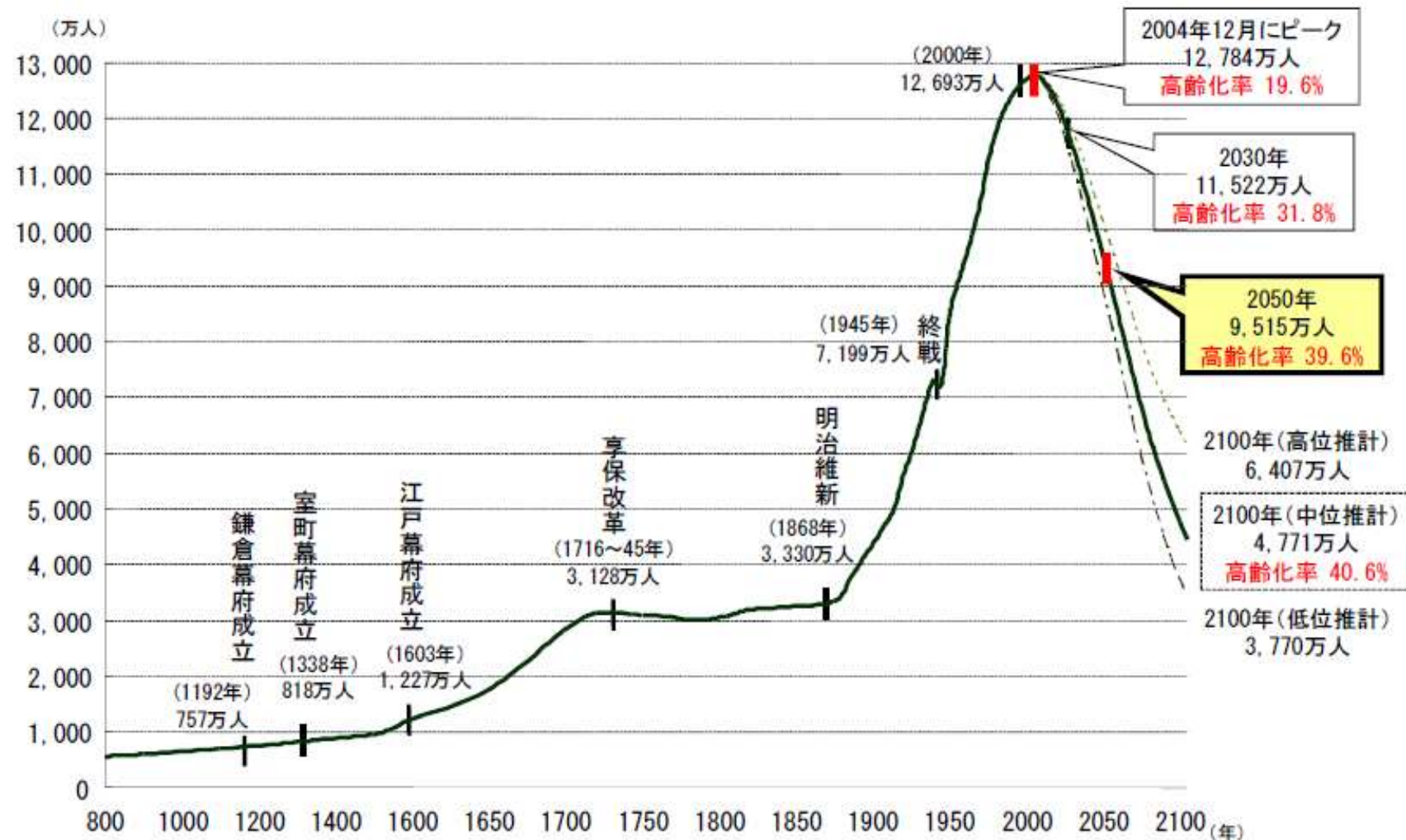
- 高齢化率27%超(2016.9)で世界一
- 2030年までに30%超、2055年には40%に達する
- 人口はすでに頭打ちで、これから顕著に減少傾向
- 少子化傾向も続き、こども・生産年齢が減り、高齢者があるところまで増える
- GDPを維持していくには、相当生産性を上げないといけない
- 社会保障のシステムが将来大丈夫か
- 医療や介護にかかる費用が膨大になる
- こういった時代になることは確実視されているが、将来のきちんとしたビジョンが描かれていないのが問題

□国土がどうなっていくか

- 国交省の国土のグランドデザイン2050の紹介
- 人口減により、人口ゼロの場所が増えていく
- 広がった居住域が、不便なところでは歯抜けになっていく
- 自治体のインフラ維持も困難になっていく
- 国交省では、コンパクト・プラス・ネットワークを掲げているが、そう簡単なことではない。(小さな拠点のあり方、ネットワーク維持に必要なドライバ不足、等々)
- 自動運転に期待が持たれるが、条件の容易な所ではよいが、厳しい条件下での実用化には時間がかかりそう。

【図 I-1】我が国の人口は長期的には急減する局面に

○日本の総人口は、2004年をピークに、今後100年間で100年前(明治時代後半)の水準に戻っていく。この変化は千年単位でみても類を見ない、極めて急激な減少。



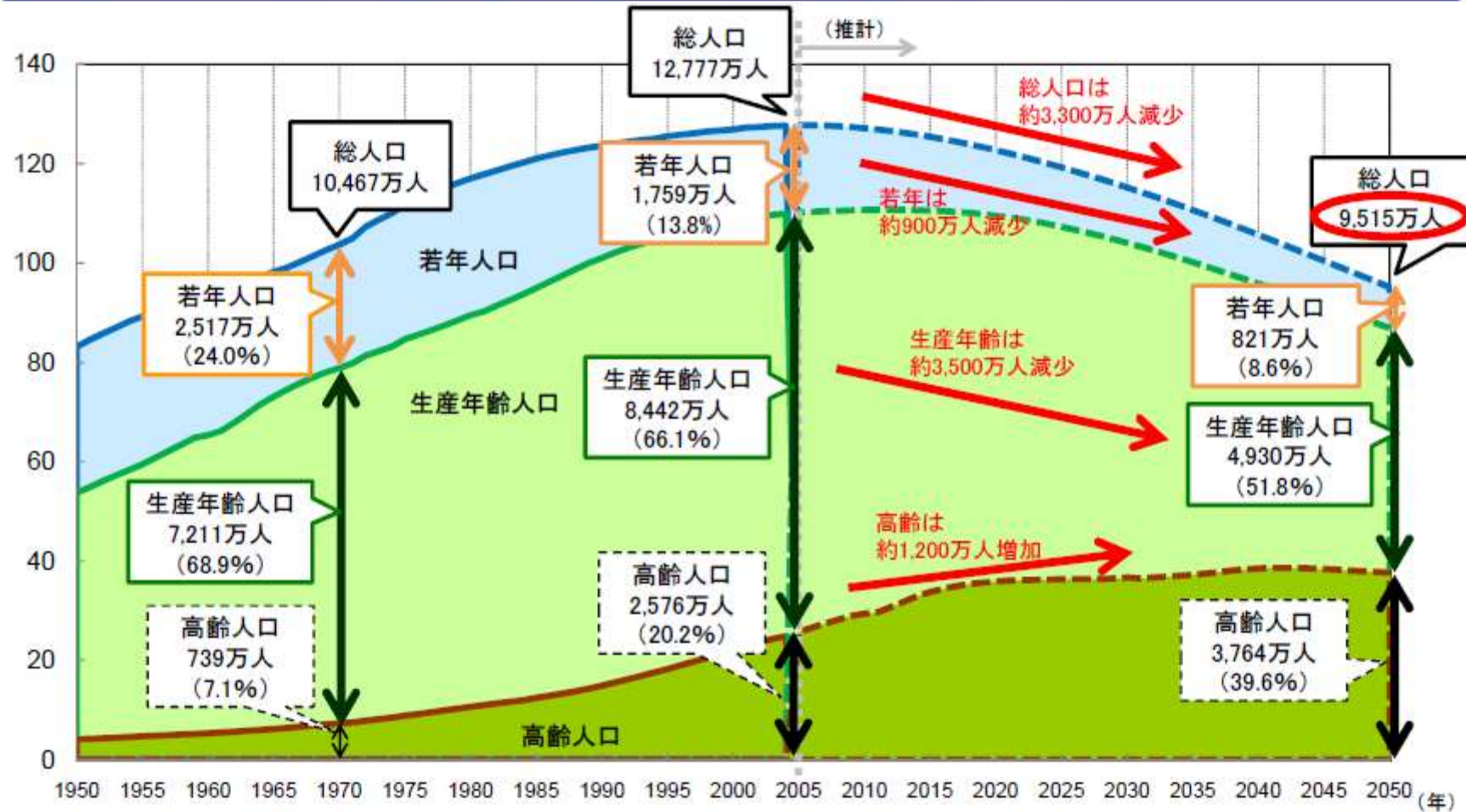
(出典)総務省「国勢調査報告」、同「人口推計年報」、同「平成12年及び17年国勢調査結果による補間推計人口」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成18年12月推計)」、国土庁「日本列島における人口分布の長期時系列分析」(1974年)をもとに、国土交通省国土計画局作成

(C)Dr. Minoru KAMATA, Japan Transport Research Institute, 2018

国交省HPより

【図 I -2】2050年には日本の総人口は3,300万人減少

- 日本の総人口は、2050年には、9,515万人と約3,300万人減少（約25.5%減少）。
- 65歳以上人口は約1,200万人増加するのに対し、生産年齢人口（15-64歳）は約3,500万人、若年人口（0-14歳）は約900万人減少する。その結果、高齢化率でみればおよそ20%から40%へと高まる。



（出典）総務省「国勢調査報告」、同「人口推計年報」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成18年12月推計）」における出生中位（死亡中位）推計をもとに、国土交通省国土計画局作成

（注1）「生産年齢人口」は15～64歳の者の人口、「高齢人口」は65歳以上の者の人口
（注2）（ ）内は若年人口、生産年齢人口、高齢人口がそれぞれ総人口のうち占める割合

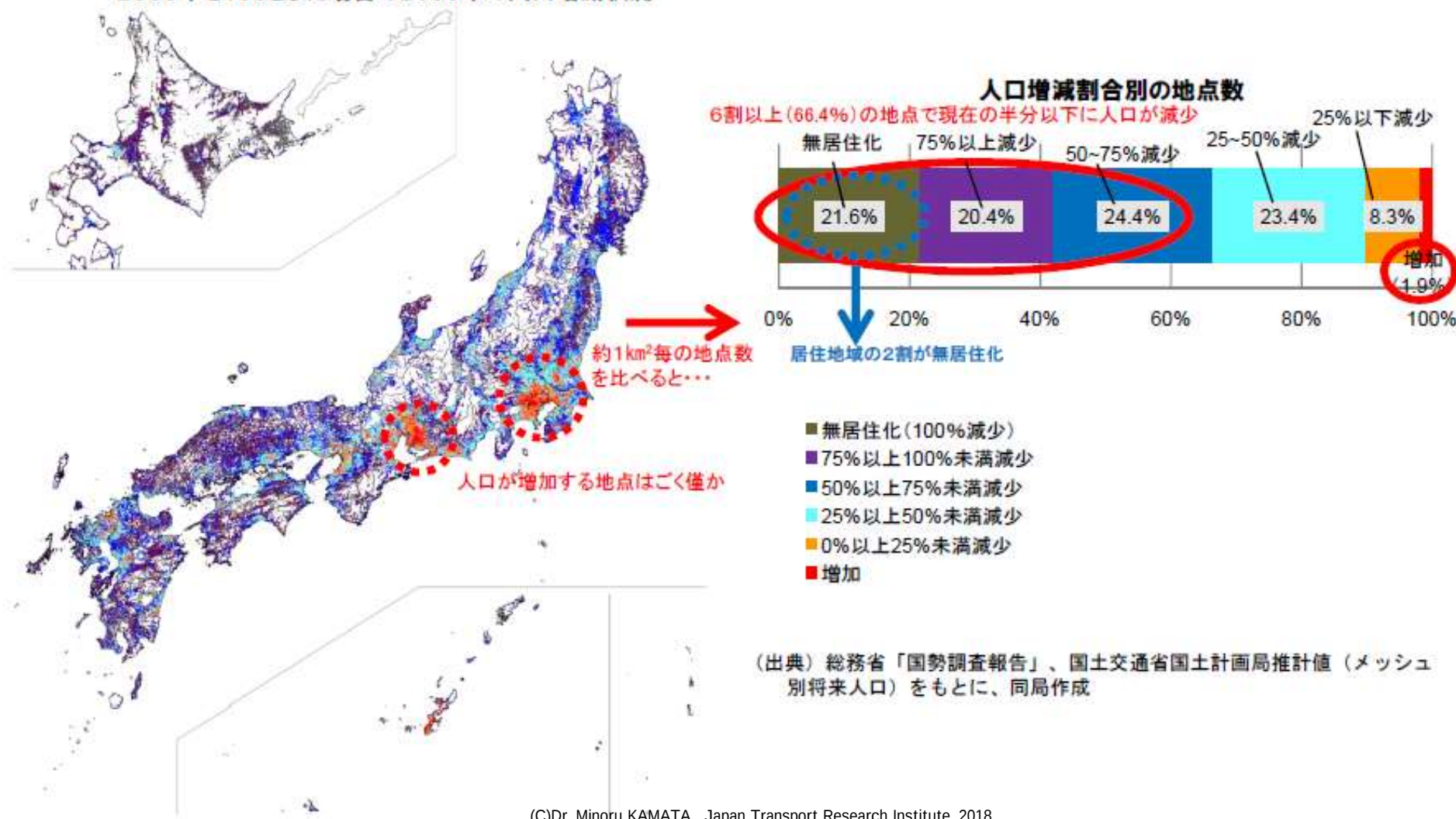
（注3）2005年は、年齢不詳の人口を各歳別に按分して含めている
（注4）1950～1969、1971年は沖縄を含まない

国交省HPより

【図Ⅱ-1】国土の大部分で人口が疎になる一方、東京圏等に集中が起こる

- 全国を「約1km²毎の地点」でみると、全国的な人口減少率(約25.5%)を上回って人口が減少する(人口が疎になる)地点が多数となっている。特に人口が半分以下になる地点が現在の居住地域の6割以上を占める。
- 人口が増加する地点の割合は2%以下であり、東京圏と名古屋圏に多い。

2005年を100とした場合の2050年の人口増減状況

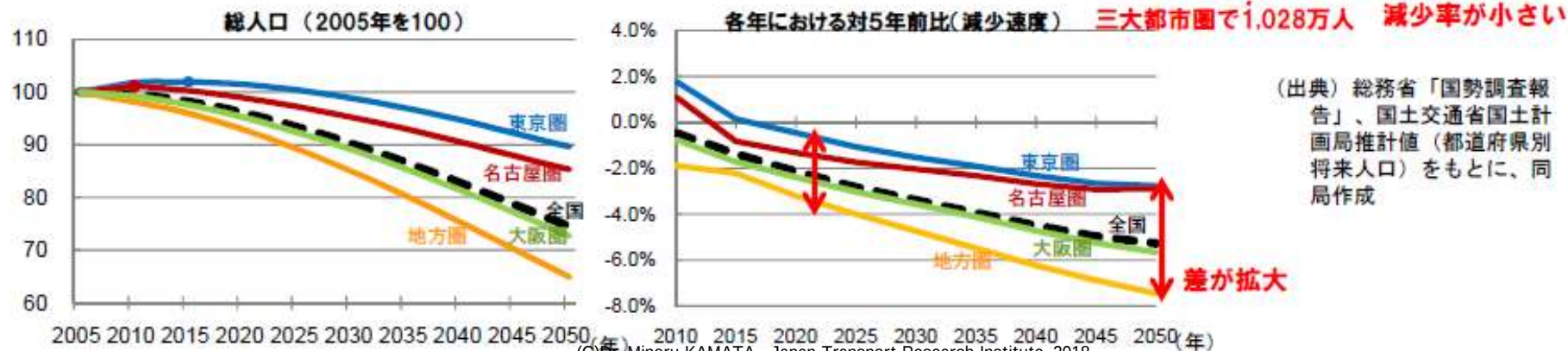


国交省HPより

【図Ⅱ-2】圏域により人口減少の状況は異なる

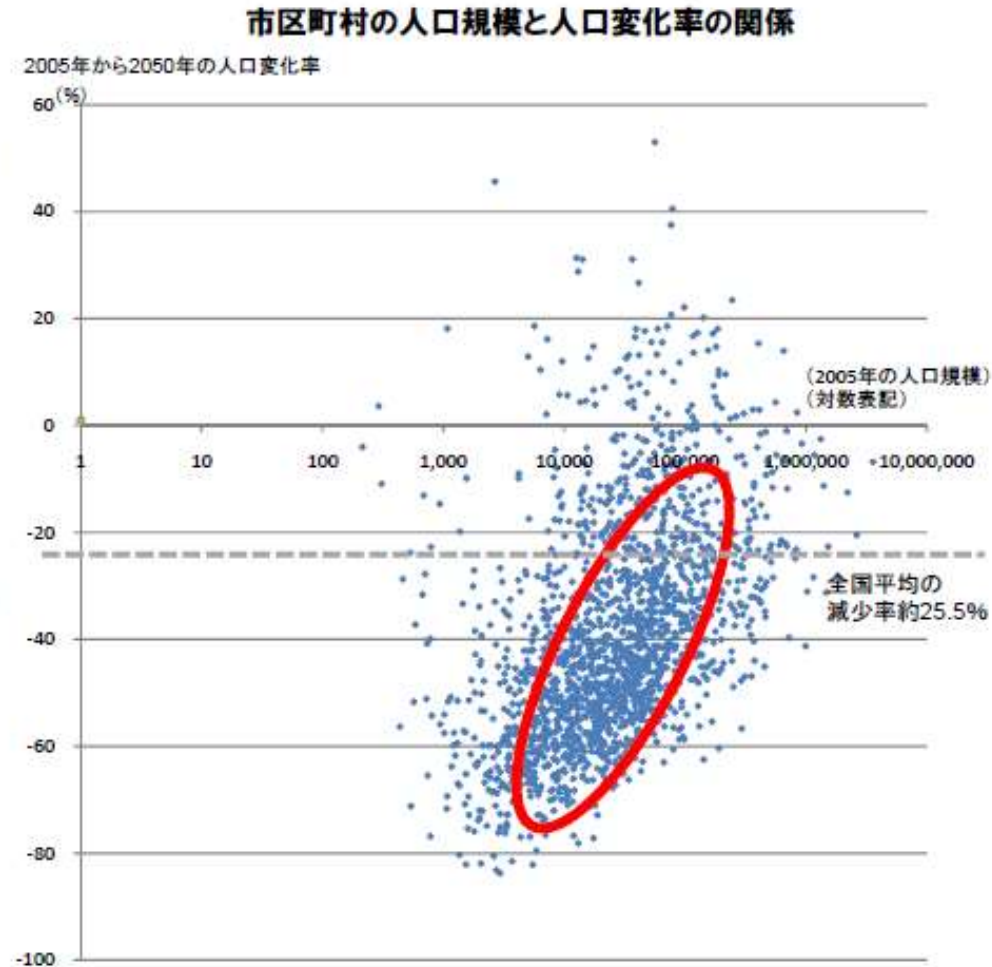
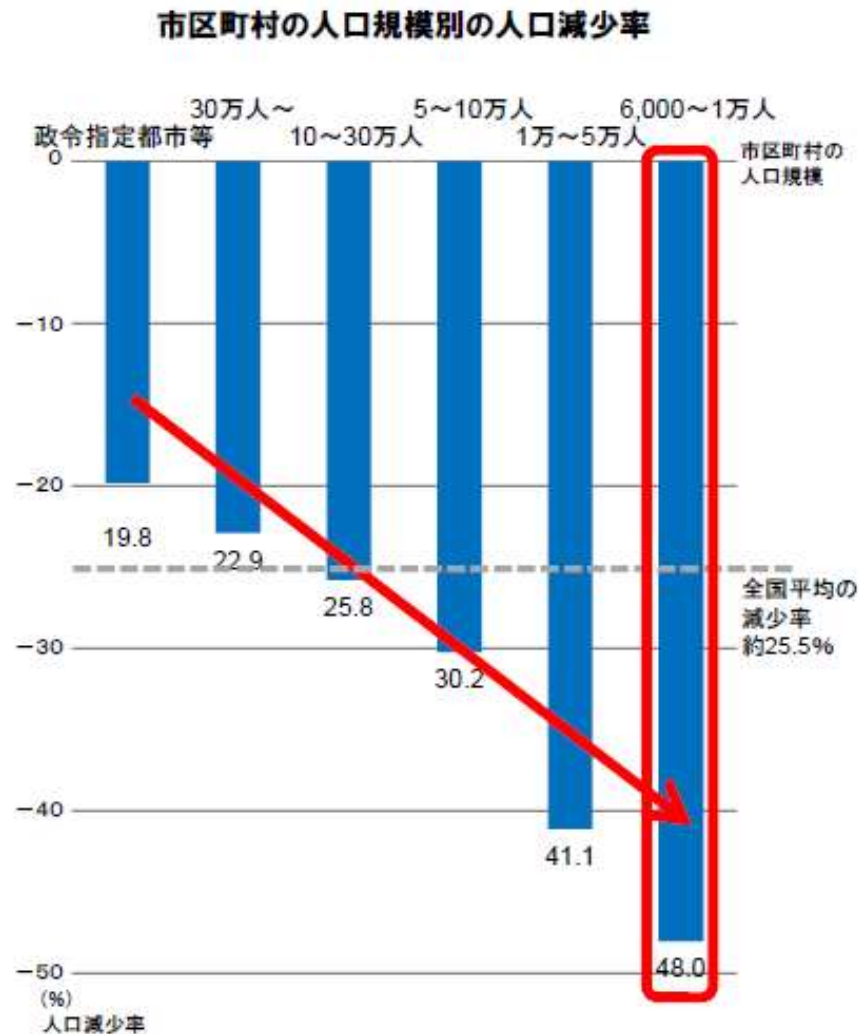
○広域ブロック別の《人口》は、多くの圏域で一貫して減少するが、東京圏は当面増加した後、2020年に減少に転ずる。
「対2005年増減率」でみると、東京圏、名古屋圏は全国平均より減少率が小さいのに対して、その他の地域では減少率が大きい。地域間で減少率に大きな差がある。（なお、減少数でみると、三大都市圏で全体の約3分の1を占める。）
○5年毎の減少率の推移でみると、東京圏など与其他地域で減少率の差が拡大しており、結果として、東京圏などの人口シェアが加速度的に高まる。

		(万人)											(万人)		
		北海道	東北圏	首都圏	中部圏	北陸圏	近畿圏	中国圏	四国圏	九州圏	沖縄県	全国	東京圏	名古屋圏	大阪圏
実績	1970年	518	1,139	3,026	1,374	278	1,740	700	390	1,207	95	10,467	2,411	869	1,547
	2005年	563	1,207	4,238	1,722	311	2,089	768	409	1,335	136	12,777	3,448	1,123	1,848
国計局 推計値	2010年	548	1,168	4,291	1,728	306	2,074	754	397	1,313	139	12,718	3,510	1,135	1,834
	2015年	534	1,135	4,282	1,707	299	2,038	736	386	1,285	141	12,543	3,514	1,126	1,802
	2020年	513	1,091	4,246	1,675	290	1,989	709	371	1,248	142	12,273	3,498	1,111	1,759
	2025年	487	1,040	4,183	1,635	278	1,927	678	353	1,203	143	11,927	3,461	1,092	1,706
	2030年	458	983	4,101	1,588	265	1,856	642	334	1,153	143	11,522	3,408	1,069	1,645
	2035年	425	922	4,001	1,537	250	1,777	604	314	1,097	142	11,068	3,343	1,044	1,577
	2040年	390	858	3,885	1,480	234	1,690	563	292	1,037	141	10,569	3,265	1,016	1,502
	2045年	355	792	3,758	1,419	218	1,597	522	271	974	139	10,044	3,178	987	1,424
	2050年	319	727	3,628	1,359	201	1,503	481	250	911	137	9,515	3,090	958	1,343
	2050年との差	-244	-480	-610	-363	-110	-586	-287	-159	-424	-3	-3,262	-358	-165	-505
	対2005年 増減率	-43.4%	-39.8%	-14.4%	-21.0%	-35.2%	-28.1%	-37.4%	-38.9%	-31.7%	0.3%	-25.5%	-10.4%	-14.7%	-27.3%



【図Ⅱ-5】市区町村別では、小規模市区町村ほど人口の減少率大きい

○《市区町村の人口規模別》に人口動向をみると、人口規模が小さくなるにつれて人口減少率が大きくなる傾向が見られる。人口規模が10万人以下の市区町村では、人口減少率が全国平均の25.5%を上回る市区町村が多い。特に現在人口6,000～1万人の市区町村では、人口がおよそ半分に減少する。



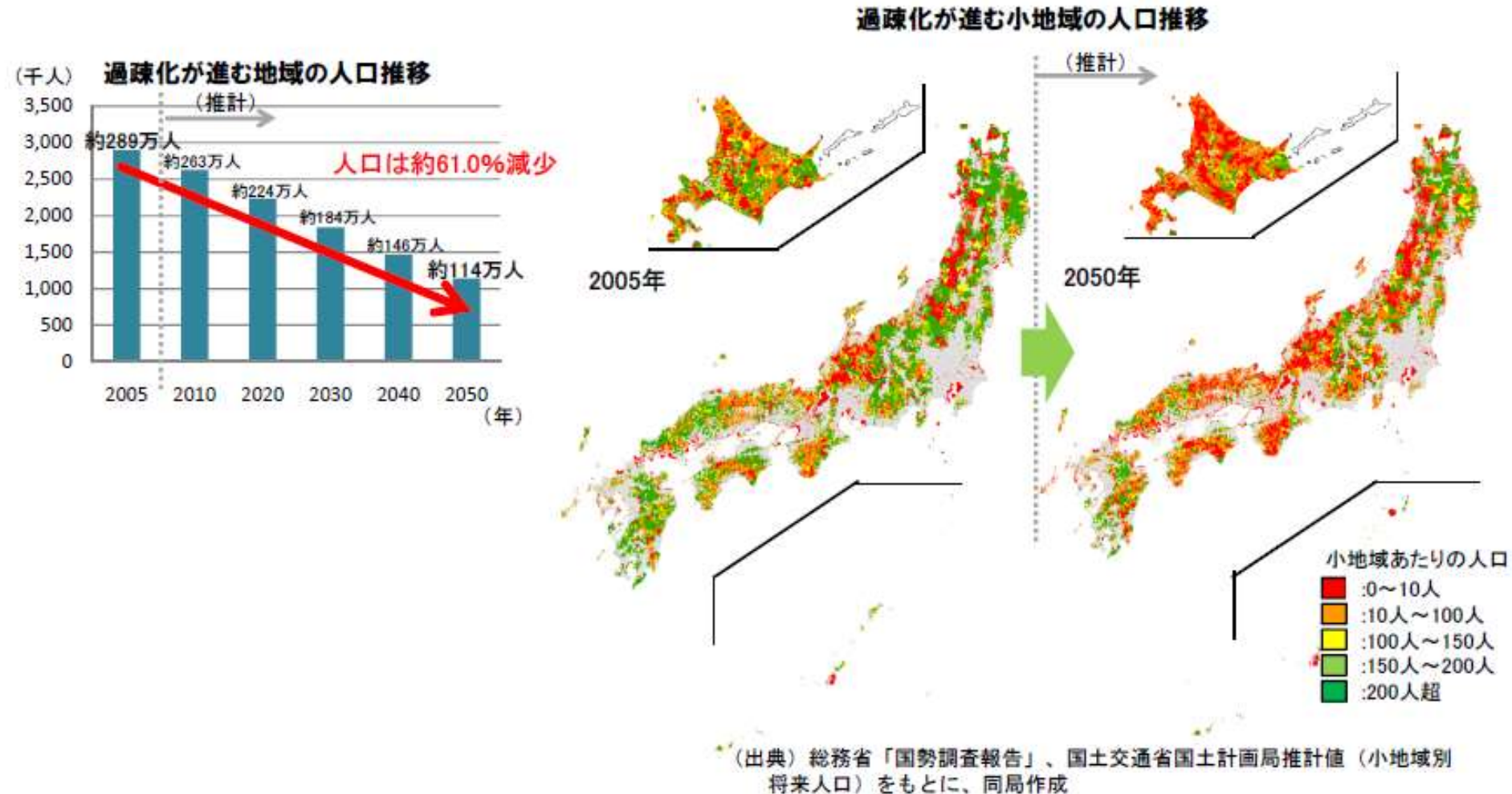
(出典) 国土交通省国土計画局推計値(市区町村別将来人口)をもとに、同局作成

国交省HPより

【図Ⅱ-6】過疎化が進む地域では、人口が現在の半分以下に

○過疎化が進む地域をみると、人口減少率は約61.0%で、全国平均の人口減少率(約25.5%)を大幅に上回る。

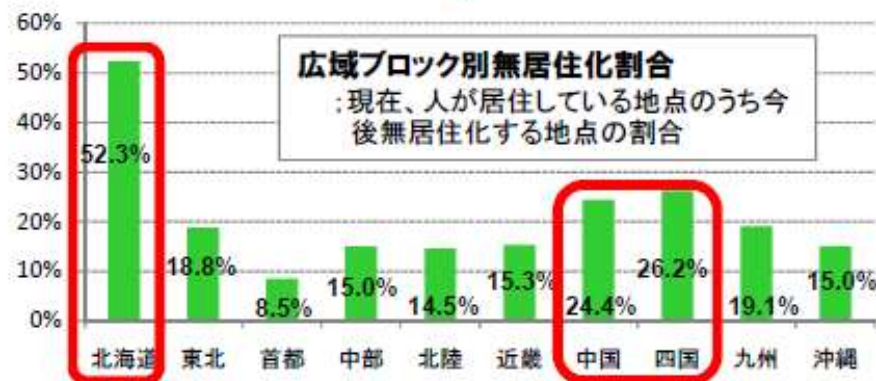
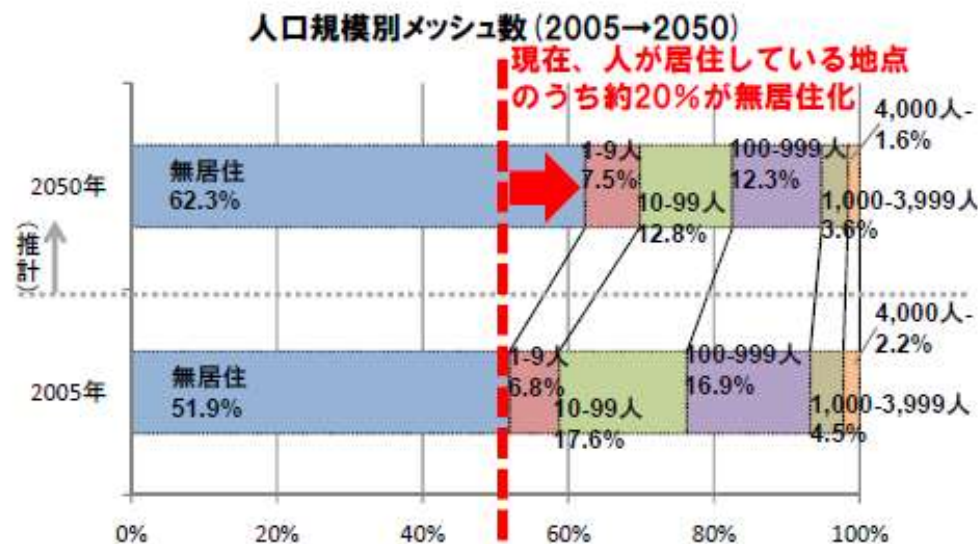
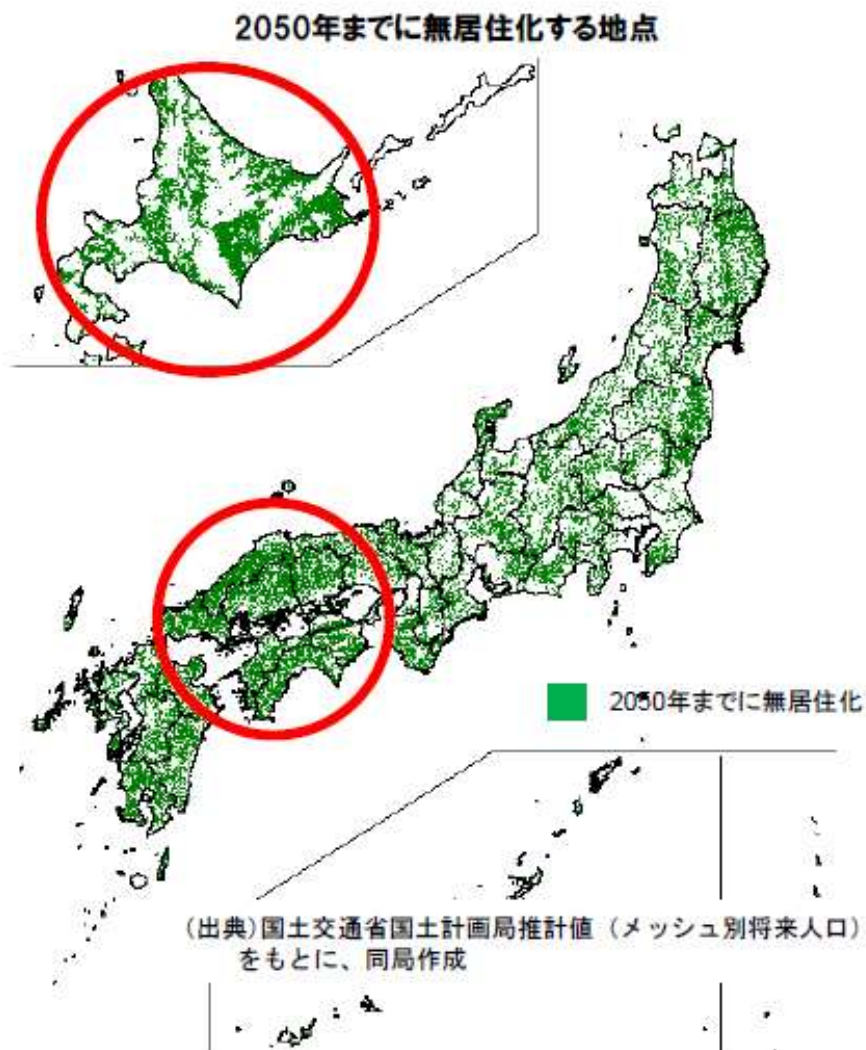
(注)「過疎化が進む地域」は、現時点の人口密度が、過疎地域の平均的な人口密度(約51人/km²)を下回っている国勢調査上の小地域(町丁・字等の地域)。約3万地域、国土面積の約6割。なお、「過疎地域の平均的な人口密度」は、過疎地域自立促進特別措置法上の「過疎地域」(平成22年4月1日時点で776市町村)における人口の合計と面積の合計から算出



国交省HPより

【図Ⅱ-7】2050年までに居住地域の2割が無居住化

○《居住・無居住の別》でみると、2050年までに、現在、人が居住している地域のうち約2割の地域が無居住化する。
現在国土の約5割に人が居住しているが、それが4割にまで減少。離島においては、離島振興法上の有人離島258島（現在）のうち約1割の離島が無になる可能性。

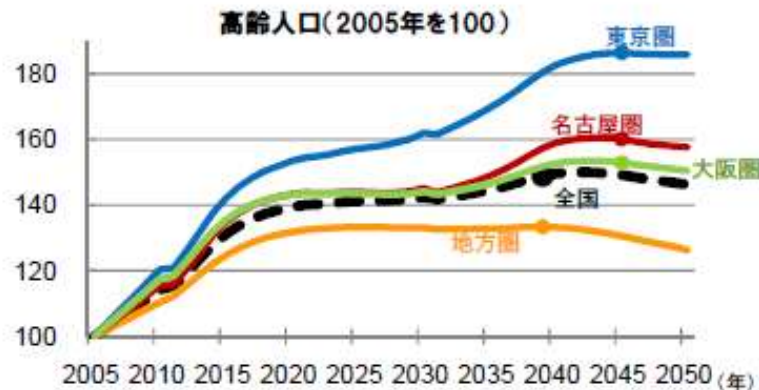


国交省HPより

【図Ⅱ-10】高齢人口は2040年まで増加。特に東京圏で増加が突出

- ≪高齢人口≫(65歳以上の人口)をみると、その増加のスピードは2020年頃までが早く、その後次第に緩やかになり、全国では2040年をピークに減少に転じる。
- 広域ブロック別では、三大都市圏の方が地方圏を上回るスピードで増加し、特に東京圏では増加率、増加数ともに突出する(増加率: 約90%、増加数: 約500万人)。

		(万人)											(万人)		
		北海道	東北圏	首都圏	中部圏	北陸圏	近畿圏	中国圏	四国圏	九州圏	沖縄県	全国	東京圏	名古屋圏	大阪圏
実績	1970年	30	86	175	99	23	115	65	39	103	6	739	126	58	97
	2005年	121	281	757	339	69	406	176	99	298	22	2,567	599	209	356
国計局 推計値	2010年	137	303	906	390	77	476	196	108	324	24	2,941	726	243	420
	2015年	157	337	1,065	449	88	549	220	120	365	29	3,378	858	283	485
	2020年	168	355	1,148	476	92	579	230	125	385	32	3,590	926	301	512
	2025年	172	358	1,175	480	93	581	231	125	386	35	3,635	948	302	513
	2030年	173	356	1,207	483	93	584	229	123	383	37	3,667	978	304	515
	2035年	173	351	1,255	491	93	594	227	121	381	39	3,725	1,024	312	524
	2040年	172	347	1,337	514	93	617	226	119	386	41	3,853	1,102	333	546
	2045年	167	337	1,358	513	91	617	220	115	379	42	3,841	1,125	336	546
	2050年	160	324	1,348	502	88	607	213	111	368	43	3,764	1,122	331	538
	2005年との差	39	43	591	163	19	201	37	12	70	21	1,197	523	122	182
	対2005年 増加率	32.7%	15.2%	78.1%	48.1%	27.8%	49.7%	21.0%	11.6%	23.6%	94.7%	46.6%	87.1%	58.1%	51.2%

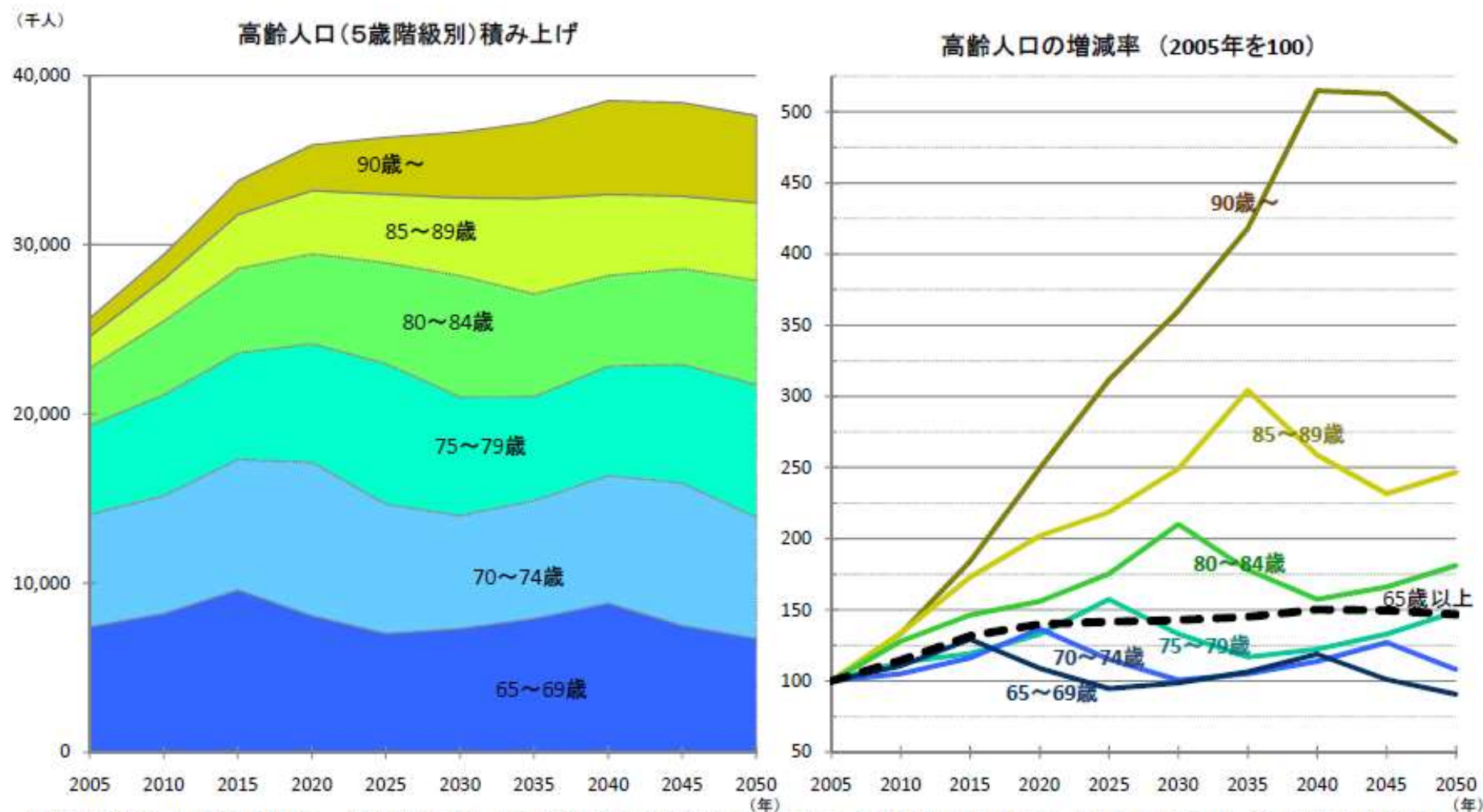


(出典) 総務省「国勢調査報告」、国土交通省国土計画局推計値(都道府県別将来人口)をもとに、同局作成

国交省HPより

【図Ⅱ-12】高齢者の中でも年齢階層により増加率が異なる

○65歳以上の高齢人口を5歳階級毎にみると、年齢が上がるほど、増加率が高まる傾向。80歳以上の年齢階級についてみると2050年まで一貫して65歳以上の高齢人口の増加率よりも大きくなっている。



(出典) 総務省「国勢調査報告」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成18年12月推計)」における出生中位(死亡中位)推計をもとに、国土交通省国土計画局作成。

国交省HPより

■ 自動運転の状況

- 1年前の記事
- 進化が急で色褪せる部分とまだまだ課題となっている部分がある。
- 2019～2021年に完全自動化をアナウンスした海外勢がでてきた。

日経新聞

2017年3月8日より

経済教室

鎌田 実 東京大学教授

自動運転の未来と課題 ①

「完全」実現へ技術の壁高く

自動運転に対する期待が高まり、メディアでも連日のように報道されている。一般の人々は自動で車が動くことをイメージしがちだが、2020年までに市販が想定されているのは「レベル2」に分類されるような一部は自動化しても運転の責任はドライバーにあるという姿だ(表参照)。あとは例えば限定空間で低速の自動運転バスをレベル5で動かせるようになるのが当面の姿と見られる。簡単にいって、現状の技術はお金をかければ条件の良い環境では完全自動が達成できるレベルであり、条件の厳しい環境への適用拡大や低コスト化に向けて各社が必死に取り組んでいる状態である。

そもそも自動運転は何のために実現させようのかを考えると、いくつかの視点がある。一番は事故防止だ。交通事故の9割はドライバーのヒューマンエラーといわれ、それを自動運転技術により防止できれば事故は減る。ただし事故をゼロにするとは無理と考へ、最大の期待は渋滞の解消、高効率ドライバーの事故

自動運転レベルの定義概要(案)

レベル	概要	安全運転にかかる監視・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		運転者
SAEレベル0 (運転自動化なし)	運転者が全ての運転タスクを実施	運転者
SAE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かかる運転タスクのサブタスクを実施	運転者
SAE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かか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全ての運転タスクを実施		システム
SAEレベル3 (条件付き運転自動化)	システムが全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、適切に対応することを期待	システム (フォーカスバック中は運転者)
SAEレベル4 (高度運転自動化)	システムが全ての運転タスクを実施(領域限定的) 予備対応時において、利用者が必ずしも対応しなくても期待される	システム
SAEレベル5 (完全運転自動化)	システムが全ての運転タスクを実施(領域限定的ではない) 予備対応時において、利用者が必ずしも対応しなくても期待される	システム

(注)レベル3～5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、時間的な条件を含む。SAEは米国の標準などを定める技術者団体(出所)内閣府官庁共同戦略室

高まる。研究開発が進められ、一部で実証も始まっている。実世界の様々な環境条件下で安全と効率化になるには、きつと取り組まなければならない。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。

高まる。研究開発が進められ、一部で実証も始まっている。実世界の様々な環境条件下で安全と効率化になるには、きつと取り組まなければならない。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。

産学連携で欧米に先行を

高まる。研究開発が進められ、一部で実証も始まっている。実世界の様々な環境条件下で安全と効率化になるには、きつと取り組まなければならない。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。

高まる。研究開発が進められ、一部で実証も始まっている。実世界の様々な環境条件下で安全と効率化になるには、きつと取り組まなければならない。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。



かまた・みのる 59年生まれ。東京大工学部卒、同大工学博士。専門は車両工学、福祉工学

高まる。研究開発が進められ、一部で実証も始まっている。実世界の様々な環境条件下で安全と効率化になるには、きつと取り組まなければならない。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。

高まる。研究開発が進められ、一部で実証も始まっている。実世界の様々な環境条件下で安全と効率化になるには、きつと取り組まなければならない。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。

ポイント

- 。当面の市販車想定は部分的な運転自動化
- 。海外では車の運転からの完全解放めざす
- 。住宅地・山間地対応、技術面など課題山積

高まる。研究開発が進められ、一部で実証も始まっている。実世界の様々な環境条件下で安全と効率化になるには、きつと取り組まなければならない。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。関係する企業、行政、市民など、関係者が協力して取り組む必要がある。

■ 自動運転の最近の動きがわかるもの

- 日本学術会議の提言 ⇒

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t246-1.pdf>

- 官民ITS構想・ロードマップ2017 ↓

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dai71/siryous3-2.pdf>

官民ITS構想・ロードマップ2017(案)
＜経緯とポイント＞

平成29年5月30日
内閣官房IT総合戦略室

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）6月27日

日本学術会議

総合工学委員会・機械工学委員会合同

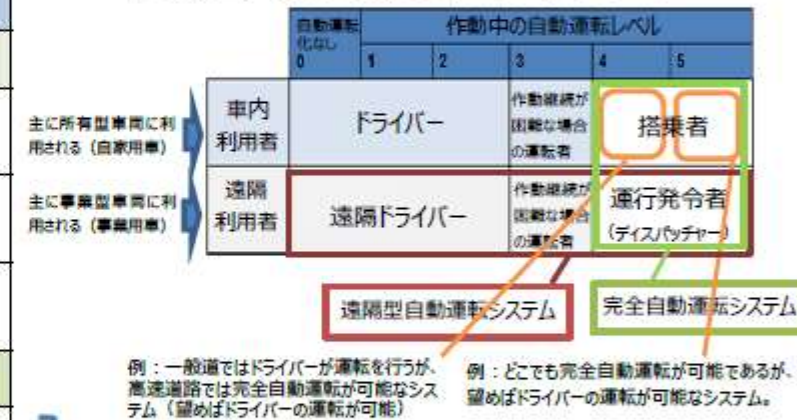
□ 自動運転の定義・分類

- 米国の新たな自動運転政策の発表を踏まえ、我が国における自動運転レベルの定義として、「SAE (Society of Automotive Engineers) J3016 (Sep2016)」を採用。
- 本ロードマップでは、SAEレベル3以上を「高度自動運転システム」、SAEレベル4、5を「完全自動運転システム」と呼ぶ。また、利用者（ドライバーに相当する者を含む）が車両外に存在するシステムを「遠隔型自動運転システム」と呼ぶ。

自動運転レベルの定義概要 (SAE J3016 (Sep2016))

レベル	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		
SAE レベル0 運転自動化なし	・ 運転者が全ての運転タスクを実施	運転者
SAE 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
SAE 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全ての運転タスクを実施		
SAE レベル3 条件付運転自動化	・ システムが全ての運転タスクを実施（限定領域内※） ・ 作動継続が困難な場合の運転者は、システムの介入要求等に対して、適切に応答することが期待される	システム （作動継続が困難な場合は運転者）
SAE レベル4 高度運転自動化	・ システムが全ての運転タスクを実施（限定領域内※） ・ 作動継続が困難な場合、利用者が応答することは期待されない	システム
SAE レベル5 完全運転自動化	・ システムが全ての運転タスクを実施（限定領域内※ではない） ・ 作動継続が困難な場合、利用者が応答することは期待されない	システム

＜遠隔型自動運転システムの位置づけ＞



高度自動運転システム

完全自動運転システム

官民ITS構想・ロードマップより

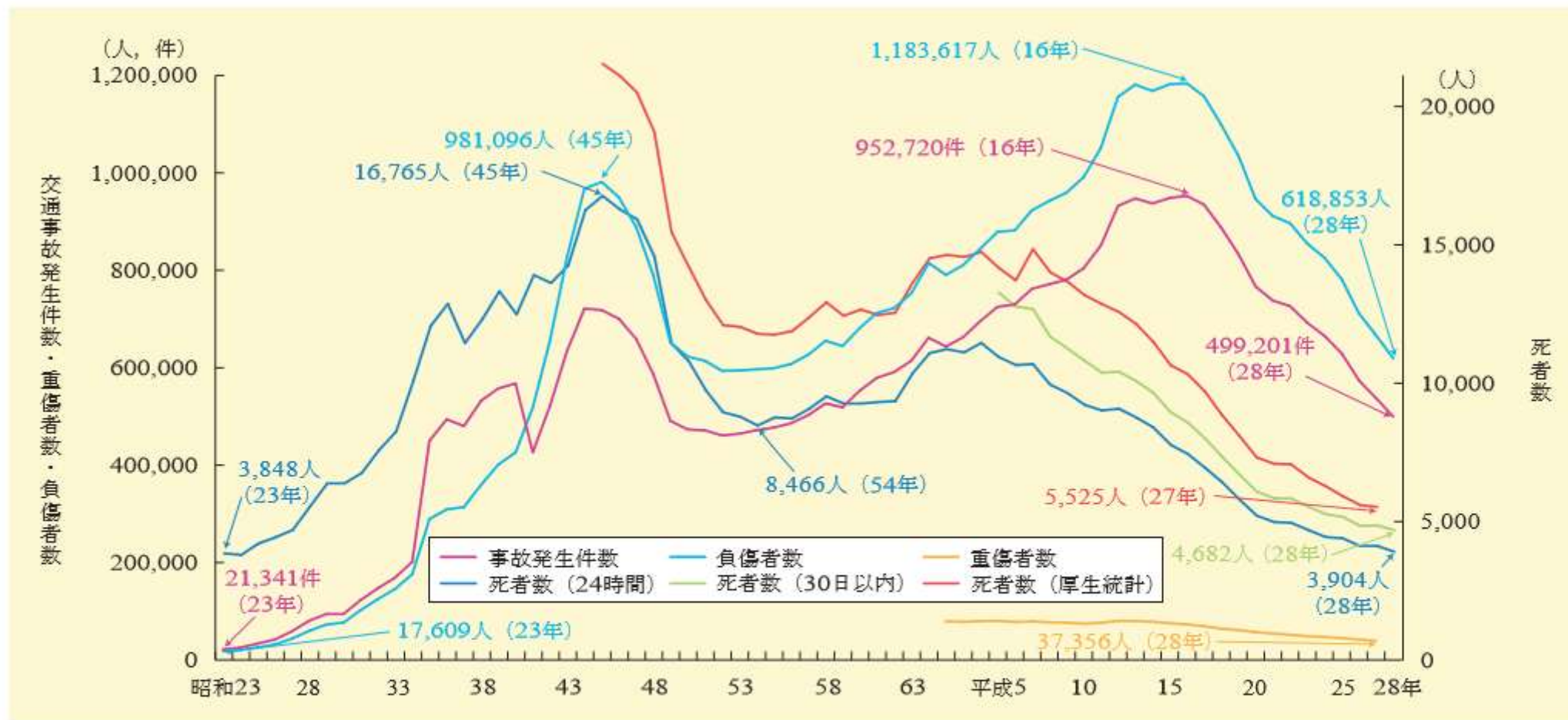
※ここでの「領域」は、必ずしも地理的な領域に限らず、環境、交通状況、速度、時間的な条件などを含む。

■ 自動運転の目的

何のための自動運転か・・・(1)安全

- 2017年の交通事故死者数は3694人
- 事故件数、負傷者数は順調に減ってきているが、死者数は一時下げ止まり
- 政府は世界一安全な国を目指して、死者数2500人以下を目標
- 2016年から10次の交通安全基本計画
- 国交省でも交通政策審議会の技術安全ワーキングで議論。自動車技術で2011年からの10年間で死者1000人減が目標。予防安全技術の本格展開を期待
- 警察庁でも、従来の交通安全教育に加え、自動運転への期待も。
- 交通事故の9割以上がヒューマンエラーと言われており、自動化による大幅減が期待される。
- しかしながら、自動運転になっても、事故ゼロは無理。

▶ 第1-1図 道路交通事故による交通事故発生件数、死者数、負傷者数及び重傷者数の推移



- 注 1 警察庁資料による。
- 2 昭和41年以降の件数には、物損事故を含まない。また、昭和46年までは、沖縄県を含まない。
- 3 「死者数 (24時間)」とは、交通事故によって、発生から24時間以内に死亡したものをいう。
- 4 「死者数 (30日以内)」とは、交通事故によって、発生から30日以内 (交通事故発生日を初日とする。) に死亡したものをいう。
- 5 「死者数 (厚生統計)」は、警察庁が厚生労働省統計資料「人口動態統計」に基づき作成したものであり、当該年に死亡した者のうち原死因が交通事故によるもの (事故発生後1年を超えて死亡した者及び後遺症により死亡した者を除く。) をいう。なお、平成6年までは、自動車事故とされた者を、平成7年以降は、陸上の交通事故とされた者から道路上の交通事故ではないと判断される者を除いた数を計上している。



(資料) 警察庁交通事故統計⁶より国土交通省自動車局作成

図 2-1-1 交通事故件数、死者数、負傷者数の推移

<http://www.mlit.go.jp/common/001137710.pdf>
より

交通事故のない社会を目指した
今後の車両の安全対策のあり方について

平成 28 年 6 月 24 日

交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会

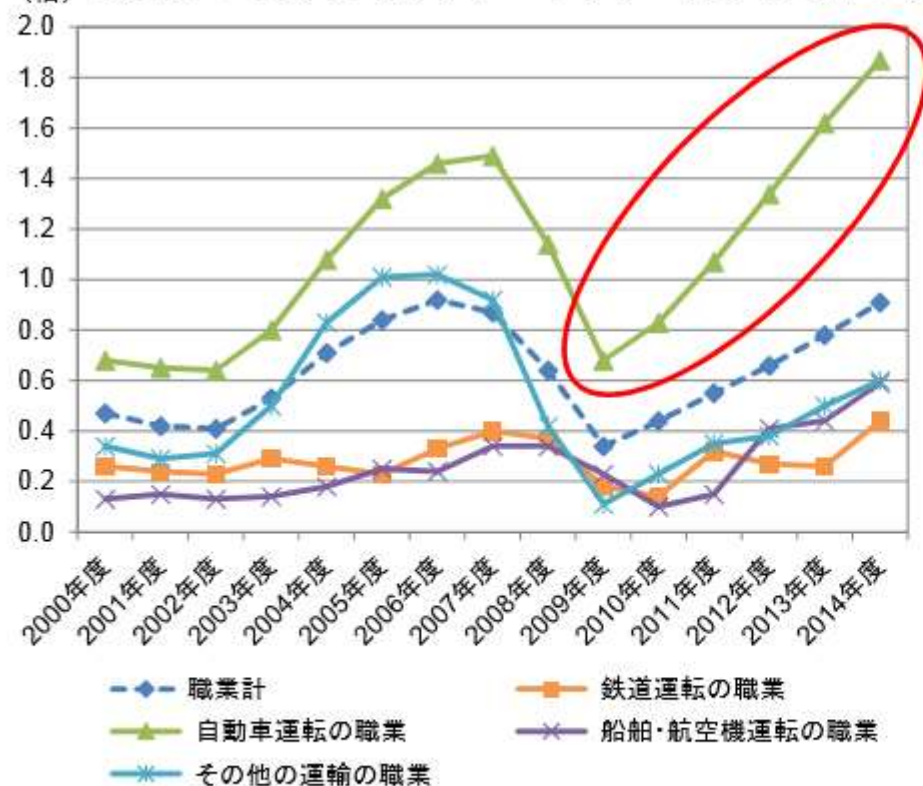
■ 自動運転の目的

何のための自動運転か・・・(2)ドライバ不足

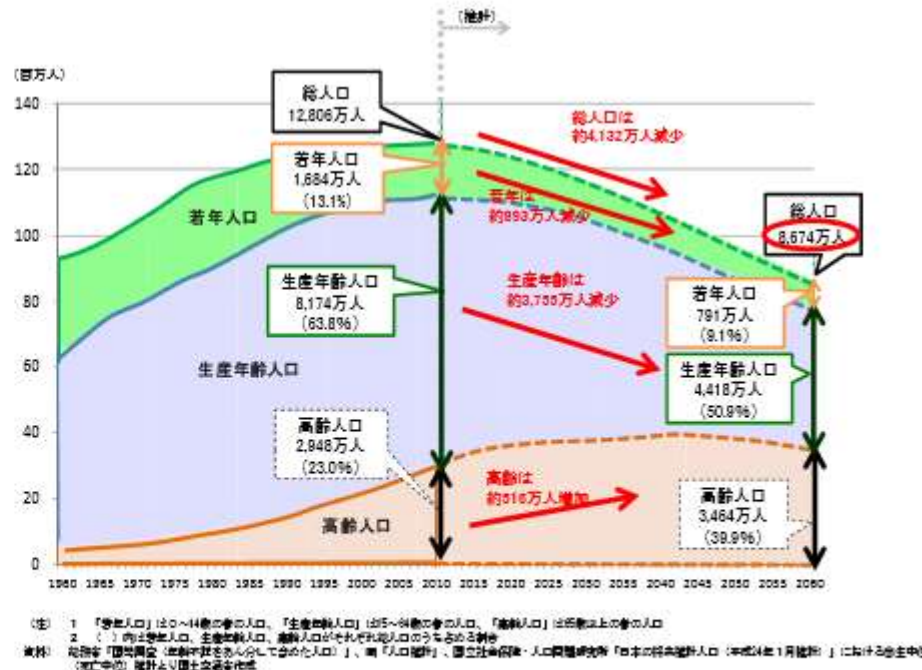
- バス、タクシーで、ドライバ不足が顕著
- トラック業界でもドライバが不足。労働環境の悪化。
- 自動運転によるドライバ無しの無人運転への期待
- 過疎地域でのレベル4・5
- 高速道路でのトラック隊列（先頭車有人、後続車無人）
- 警察庁の実証実験のガイドラインでは、ドライバは車両にいなくてもよいが遠隔監視・操縦を必須。（現状では人が責任持つ）
- 1台の車を1人で遠隔で見ると人件費は減らない。1人で何台見れるか

- 交通産業の運転者の有効求人倍率をみると、特に自動車運転者で高くなっており、かつ、ここ数年急速に上昇してきている。
- 2010年から2030年の間に、生産年齢人口は毎年1%近く減少していくことが見込まれており、今後、人材の確保がより困難になっていく可能性がある。

(倍) 職業別の有効求人倍率(パートタイムを除く常用)の推移

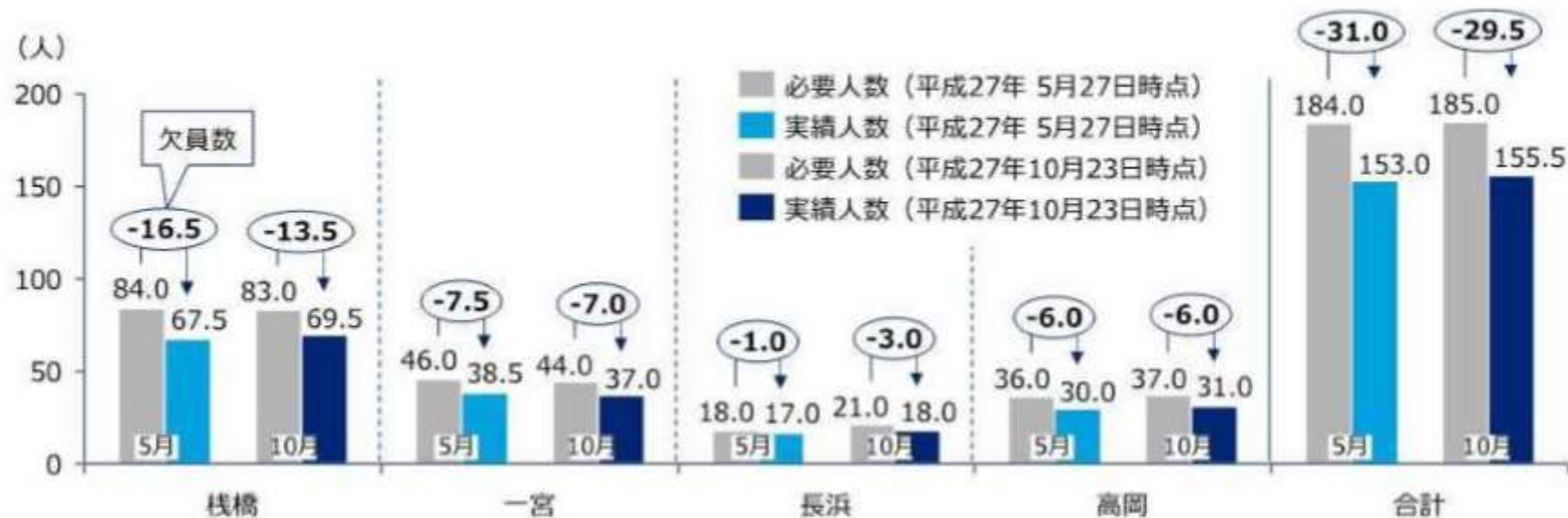


我が国の人口構造の推移



地域公共交通に関する最近の動向等より

とさでん交通においては、路線再編と併せたダイヤ改正により、欠員改善をしたものの、いまだ各営業所が欠員状態である。



出典:とさでん交通HP

必要人数…各営業所の本仕業数に予備率1.31を掛けて算出
 実績人数…OB乗務員は0.5人として集計
 欠員数(不足人数)=必要人数-実績人数

欠員分については、時間外勤務や休日出勤、
貸切バス運転者起用で対応

地域公共交通に関する最近の動向等より

■ 自動運転の目的

何のための自動運転か・・・(3) 付加価値

- 海外では自動運転の意義を、運転しないで別のことができるという点に重きを置く
- 移動中に、色々なことが出来れば、仕事の生産性等が上がる
- 長距離トラックドライバが休養時間に使えれば、労働条件の改善も
- さらに、コネクティッドカーとして付加価値を高められれば、有効性はさらに増す。
- 一方、車が皆自動で走るようになれば、交通量と道路容量の関係などを見直し、道路空間の再配分ができ、余った土地の有効活用も可能(次ページから将来の街のイメージ)

TRANSFORMING CITY CENTRES

<http://www.wsp-pb.com/GlobalIn/UK/WSPPB-Farrells-AV-whitepaper.pdf>



ENHANCING OUR SUBURBS

<http://www.wsp-pb.com/Globaln/UK/WSPPB-Farrells-AV-whitepaper.pdf>



NEXT GENERATION MOTORWAYS & MAJOR ROUTES

<http://www.wsp-pb.com/Globaln/UK/WSPPB-Farrells-AV-whitepaper.pdf>



OUR RURAL COMMUNITIES

<http://www.wsp-pb.com/GlobalIn/UK/WSPPB-Farrells-AV-whitepaper.pdf>



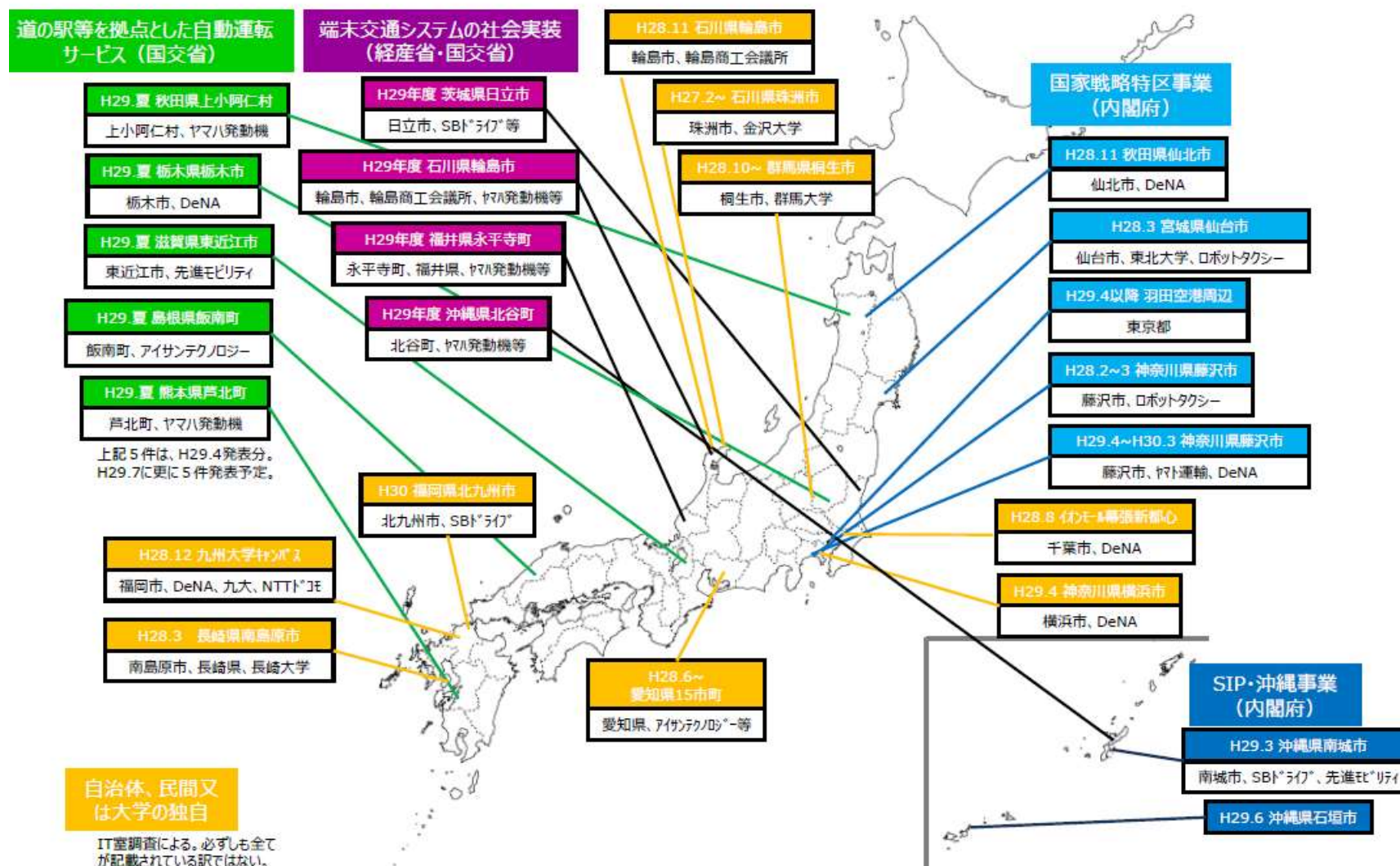
■ 自動運転の技術

- 1990年代から研究開発が加速化。その頃は、インフラ依存（道路に磁気マーカ等）や車車間通信などが主流
- 2000年代に入ると一時下火になったが、DARPAのグランドチャレンジ、アーバンチャレンジ等により、自律の自動運転へ
- 3Dの高精度地図を用意し、それとGPS等で自己位置を特定し、走行経路を大まかに決め、さらに周辺環境認識をして、詳細経路を決めていくような方式がメイン
- 画像処理等に人工知能の活用で、高度な認識が可能になった
- 電磁誘導線や磁気マーカ等を併用するとシステムの簡素化が可能
- センサをてんこ盛りして重装備とすれば、かなりの所まで自動運転が可能。しかし事業性や商品性を考えると低コスト化も重要

■ 最近の国の動き・・・官民ITS構想・ロードマップ2017

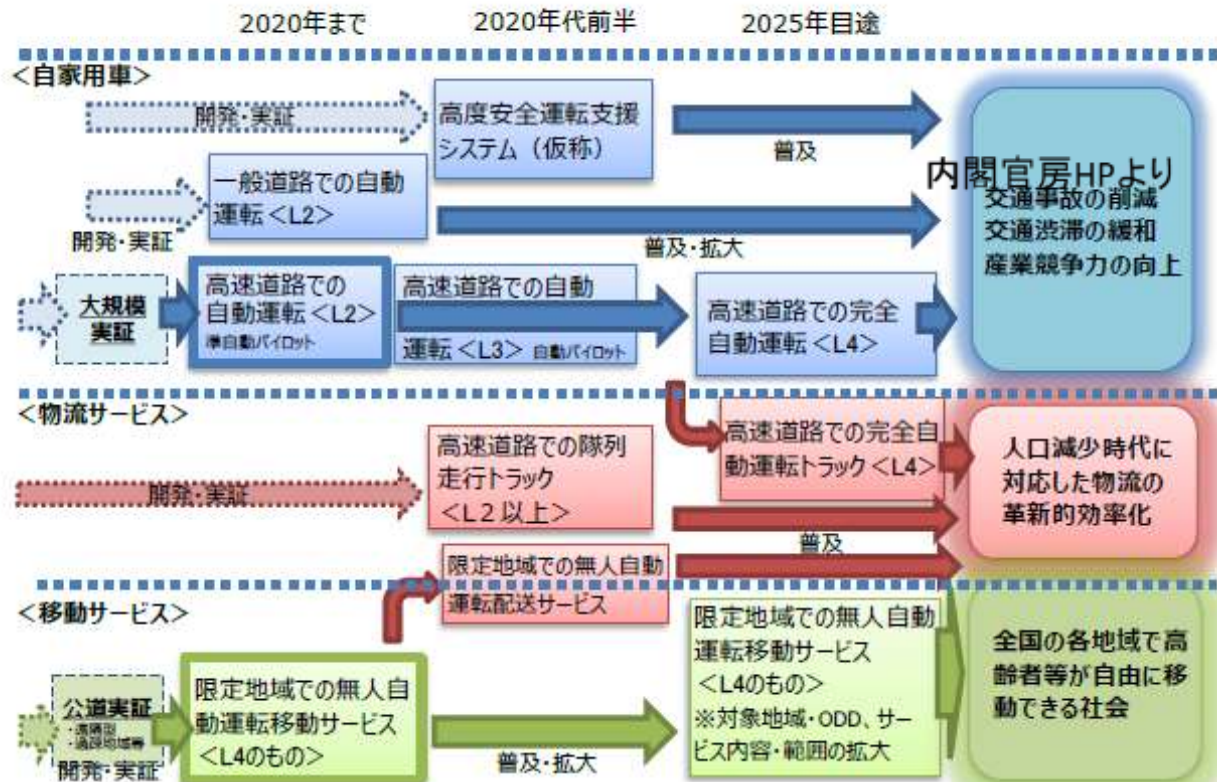
(参考) 日本における地域での自動運転実証実験 (予定含む)

5



- 前述の我が国における重点的社会・産業目標を踏まえ、まずは、2020年までの①高速道路での自動運転、②限定地域での無人自動運転移動サービスの実現を目指す。
- その上で、2025年までの自動運転システムの開発・普及に係るシナリオ、及び、市場化・サービス実現期待時期を、以下の通り、自家用車、物流サービス、移動サービスに分けて示す。

＜全体ロードマップ（イメージ）＞



＜市場化・サービス実現期待時期＞

	レベル	実現が見込まれる技術（例）	市場化期待時期
自動運転技術の高度化			
自家用	SAEレベル2	「準自動パイロット」	2020年まで
	SAEレベル3	「自動パイロット」	2020年目途
	SAEレベル4	高速道路での完全自動運転	2025年目途
物流サービス	SAEレベル2以上	高速道路でのトラックの隊列走行	2022年以降
	SAEレベル4	高速道路でのトラックの完全自動運転	2025年以降
移動サービス	SAEレベル4	限定地域での無人自動運転移動サービス	2020年まで
運転支援技術の高度化			
自家用		高度安全運転支援システム（仮称）	（2020年代前半）今後の検討内容による

- ・「準自動パイロット」：高速道路での自動走行モード機能（入口ランプウェイから出口ランプウェイまで。合流、車線変更、車線・車間維持、分流など）を有するシステム。自動走行モード中も原則ドライバー責任であるが、走行状況等について、システムからの通知機能あり。
- ・「自動パイロット」：高速道路等一定条件下での自動走行モード機能を有するシステム。自動走行モード中は原則システム責任であるが、システムからの要請に応じ、ドライバーが対応。

- 2020年目途に目指す高度自動運転システムの実現にあたっては、「ドライバーによる運転」を前提とした交通関連法規の多岐にわたる見直しが必要。このため、2017年度中を目途に、高度自動運転実現に向けた政府全体の制度整備の方針（大綱）をまとめる。
- また、公道実証の推進のため、日本版レギュラトリー・サンドボックスの活用、官民連携体制の整備、さらに、自動運転の普及に向け、社会受容性に係る取組を推進。

＜高度自動運転の実現に向けた制度整備大綱＞

＜制度整備に係る基本的考え方＞

- i. 中期的視点に立った制度面における国際的リーダーシップの発揮
- ii. 安全性を確保しつつイノベーションが促進されるような制度枠組みの策定
- iii. 社会受容性を前提としつつイノベーションが促進されるような責任関係の明確化

＜高度自動運転に係る制度整備に係る検討項目（イメージ）＞

①自動運転車両・システム等の特定

- 高度自動運転システムの定義と特定
- 高度自動運転システムの管理主体（システム運用者等）の特定 など

②安全基準の在り方

- 高度自動運転システムの国際基準の獲得を目指した検討
- 車両として安全を確保するために必要な技術的要件の考え方
- 車両の性能に応じた走行可能な条件の考え方 など

③交通ルール等の在り方

- 「システムによる運転」における交通ルール等の在り方
- システム運用者等の要件・義務の在り方
- 製造事業者、システム運用者による消費者教育、説明義務の在り方 など

④事故時等における責任関係

- 自賠法に係る今後の在り方
- 上記を踏まえたその他の民事責任の在り方（製造物責任の考え方の適用を含む）
- 刑事上の責任に係る論点整理
- 原因究明体制の整備の必要性 など

＜道路交通に関する条約との整合性＞

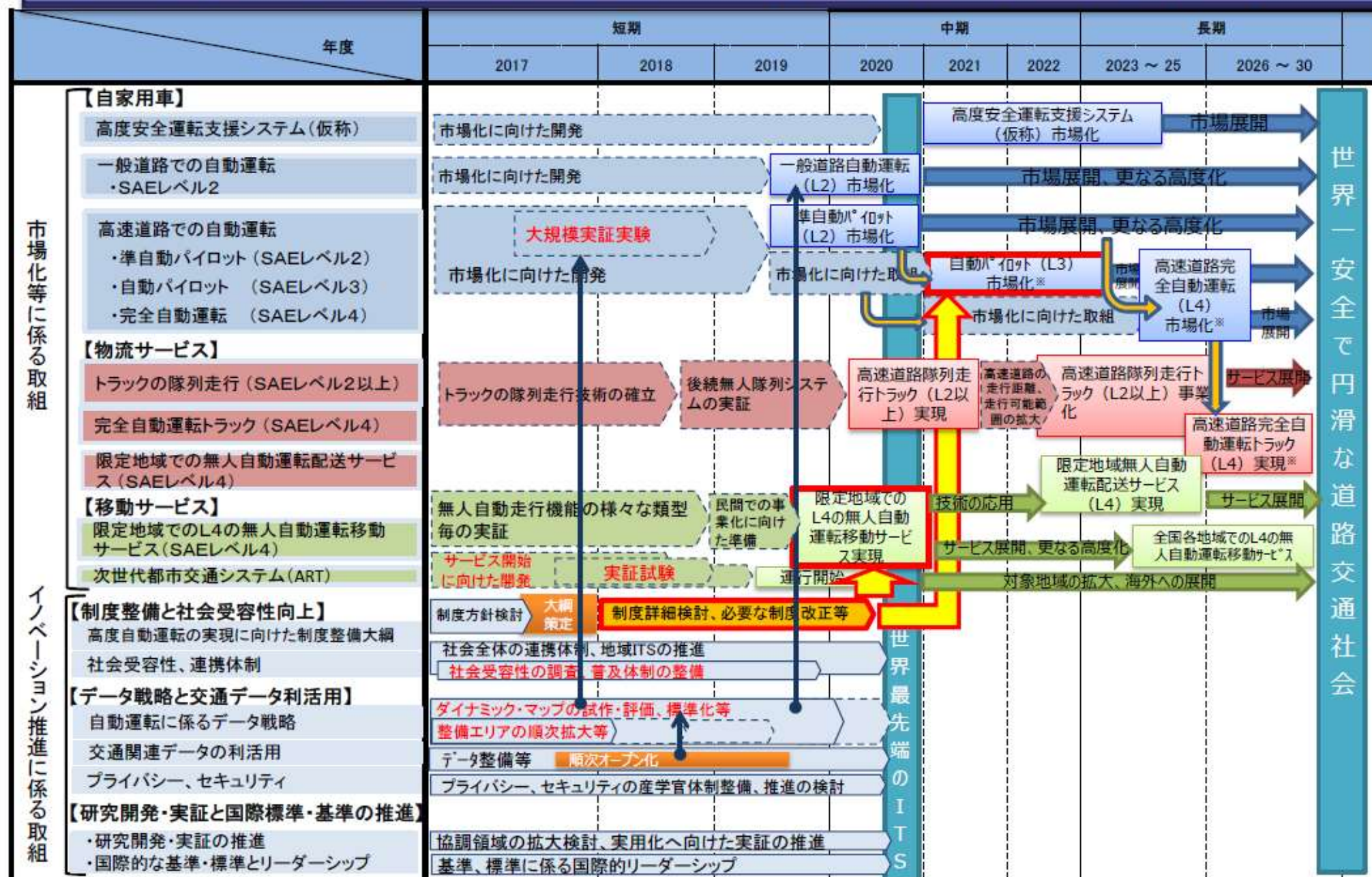
- 国連の道路交通安全グローバルフォーラム（WP1）で道路交通に関する条約と自動運転との整合性を議論。
- 日本も積極的に議論に参加し、検討。

＜公道実証の制度面の整備とプロジェクトの推進＞

- 公道実証の積極的推進、テストコース活用
- 日本版レギュラトリー・サンドボックスの活用
 - ✓ 事前規制・手続の抜本的見直し
 - ✓ 法令相談等を行うセンターの設置
- 官民連携体制の整備
 - ✓ 公道実証に係るデータの共有化等の検討
 - ✓ 制度的課題の抽出と反映 など

＜社会受容性の確保と社会全体での連携体制の整備＞

- 自動運転に係る社会面・産業面の分析の調査の推進
 - ✓ 産学官によるオープンな検討体制の構築
 - ✓ ユーザー・市民視点での情報提供
- メディア・ミーティング、市民ダイアログの開催
- 地域における連携体制の整備



赤字：SIP¹関連研究開発を含む項目

¹SIP：総合科学技術・イノベーション会議 戦略的イノベーション創造プログラム（2014～2016年度）

（C）D. Minoru KAMATA, Japan Transport Research Institute 2018

※：民間企業による市場化が可能となるよう、政府が目指すべき努力目標の時期として設定。

※：高度安全運転支援システム及びSAEレベル3以上の市場化等は、道路交通に関する条約との整合性が前提。

- 2020年度にラストマイル自動運転による移動サービスを実現するため、経済産業省と連携し、**車両技術の開発を推進**。
- あわせて、**車両技術の開発状況に応じ、安全性を検証**（保安基準への適合性の確認、基準緩和措置における安全性確保の検証等）。

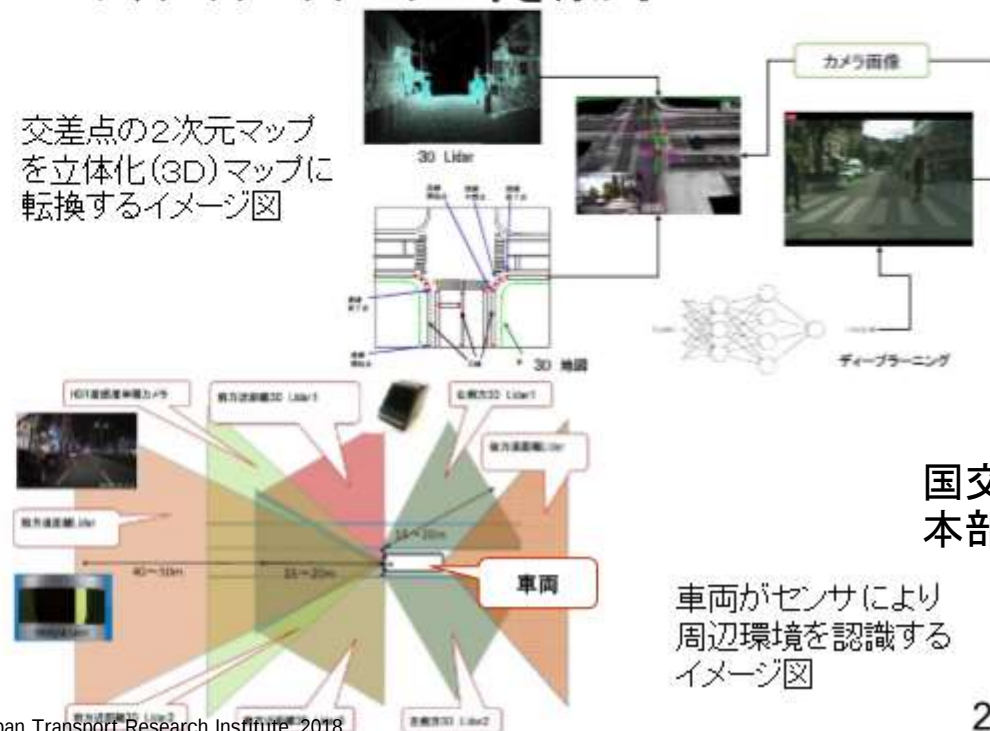
小型カート

- 既存の電動カートを改造し、自動走行に必要な技術を付加。
- 具体的には、誘導線検知、障害物対応、前走車追従のためのセンサ等を付加。



小型バス

- 既存の小型バス車両を改造し、自動走行に必要な技術を付加。
- 具体的には、周辺を広範囲に認識するためのセンサ、ダイナミックマップ等を付加。





自動走行のデモンストレーション



遠隔監視・操作卓の様子



遠隔監視・管制モニターの画面（遠隔操作とは異なる）
© Dr. Minoru KAMATA, Japan Transport Research Institute, 2018

産総研HPより



1. 電磁誘導線の自動走行中に自転車をセンサーで検知し停止



2. 遠隔操作卓から制御切替を行い、操舵を右に切った状態



3. 固定障害物である自転車横を回避通過



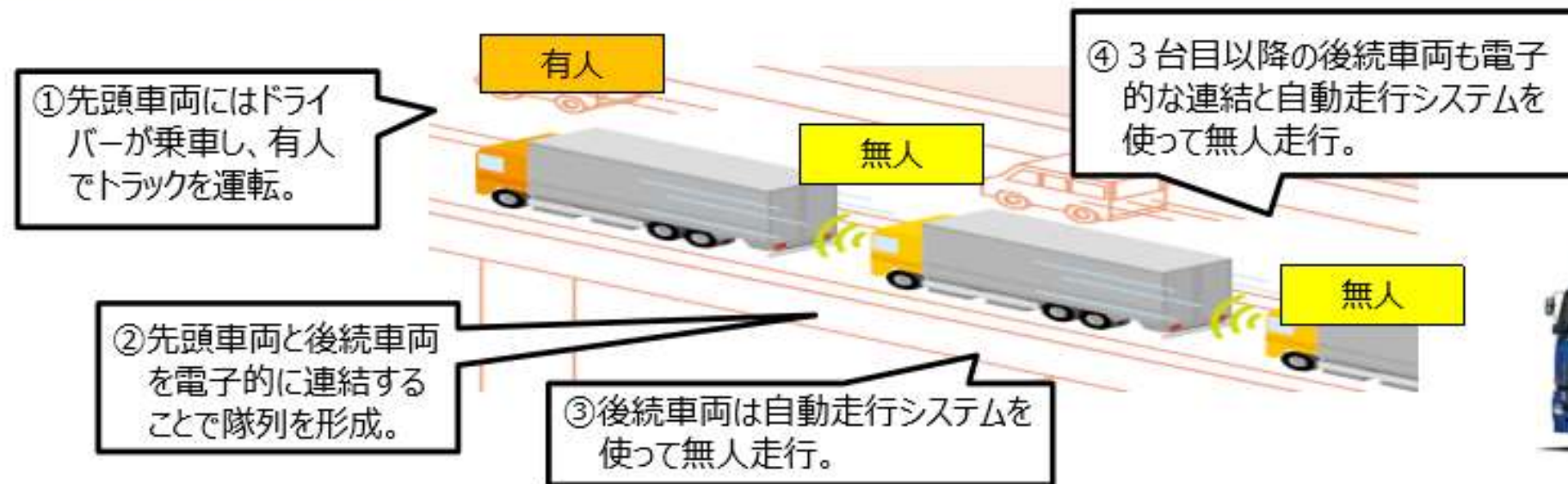
4. 自転車を回避し、電磁誘導線上の経路に戻り、遠隔操作から、自動走行へ切替

産総研HPより

トラックの隊列走行について

- 2020年度に高速道路での後続無人隊列走行を実現するため、車両の技術開発を自動車メーカー等に促すとともに、貨物運送事業者の意向・ニーズを把握し、事業として成立・継続するために必要な要件・枠組みについて、自動車メーカー、貨物運送事業者等と連携しながら検討を進める。

将来の実現イメージ



車両イメージ

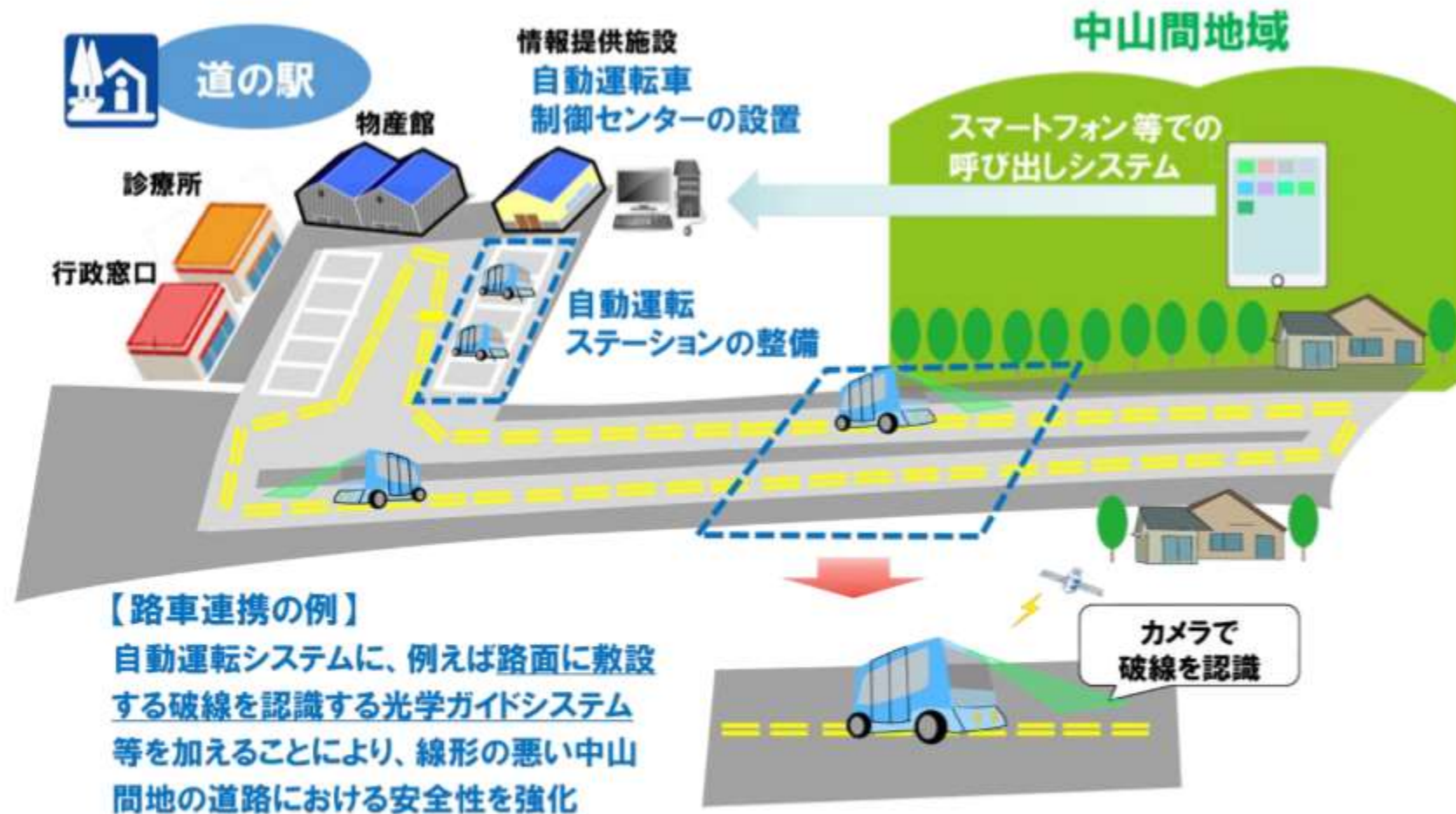


(日野自動車提供)

大型25トンカーゴ型トラック

国交省自動運転戦略
本部資料より

- 超高齢化等が進行する中山間地域において、人流・物流を確保するため、「道の駅」等を拠点とした自動運転サービスを路車連携で社会実験・実装する。



【路車連携の例】

自動運転システムに、例えば路面に敷設する破線を認識する光学ガイドシステム等を加えることにより、線形の悪い中山間地の道路における安全性を強化

物流の確保
(宅配便・農産物の集出荷等)

貨客混載

生活の足の確保
(買物・病院、公共サービス等)

地域の活性化
(観光・働く場の創造等)

今年夏頃から全国約10箇所を実験開始予定

(C)Dr. Minoru KAMATA, Japan Transport Research Institute, 2018

国交省自動運転戦略
本部資料より

■ 自動走行ビジネス検討会の議論の内容

1.はじめに

自動走行ビジネス検討会について（2）

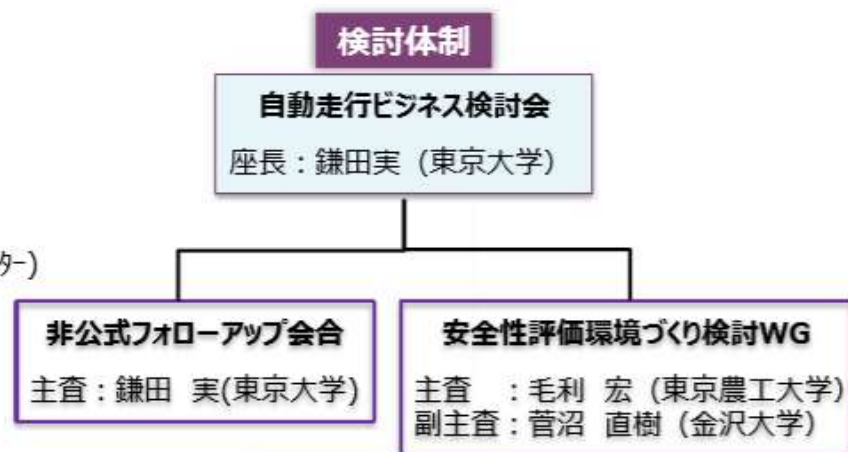
委員等名簿・検討体制

委員

（敬称略、五十音順、下線：座長）

有本 建男	政策研究大学院大学 教授 （戦略的イノベーション創造プログラム 自動走行システム サブ・プログラムディレクター）
大平 隆	いすゞ自動車株式会社 常務執行役員
大村 隆司	ルネサスエレクトロニクス株式会社 執行役員常務
小川 紘一	東京大学 政策ビジョン研究センター シニアリサーチ
加藤 洋一	株式会社SUBARU 取締役常務執行役員
加藤 良文	株式会社デンソー 専務役員
鎌田 実	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
河合 英直	独立行政法人 自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 自動車研究部 部長
工藤 秀俊	マツダ株式会社 執行役員
鯉淵 健	トヨタ自動車株式会社 先進技術開発カンパニー常務理事
重松 崇	株式会社デンソーテン 代表取締役会長
柴田 雅久	パナソニック株式会社 専務執行役員
清水 和夫	国際自動車ジャーナリスト
周 磊	デロイト トーマツ コンサルティング合同会社 執行役員 パートナー
須田 義大	東京大学 生産技術研究所 教授
高田 広章	名古屋大学 未来社会創造機構／大学院情報学研究科 教授
永井 正夫	一般財団法人日本自動車研究所 代表理事 研究所長
中畔 邦雄	日産自動車株式会社 常務執行役員
中野 史郎	株式会社ジェイテクト シニアフェロー
松本 宜之	本田技研工業株式会社 取締役専務執行役員
山足 公也	日立オートモティブシステムズ株式会社 執行役員CTO兼技術開発本部長

検討体制



オブザーバー

一般社団法人電子情報技術産業協会
一般社団法人日本自動車工業会
一般社団法人日本自動車部品工業会
一般社団法人日本損害保険協会
一般社団法人JASPAR
公益社団法人自動車技術会
国立研究開発法人産業技術総合研究所
特定非営利活動法人ITS Japan
独立行政法人情報処理推進機構
日本自動車輸入組合

事務局

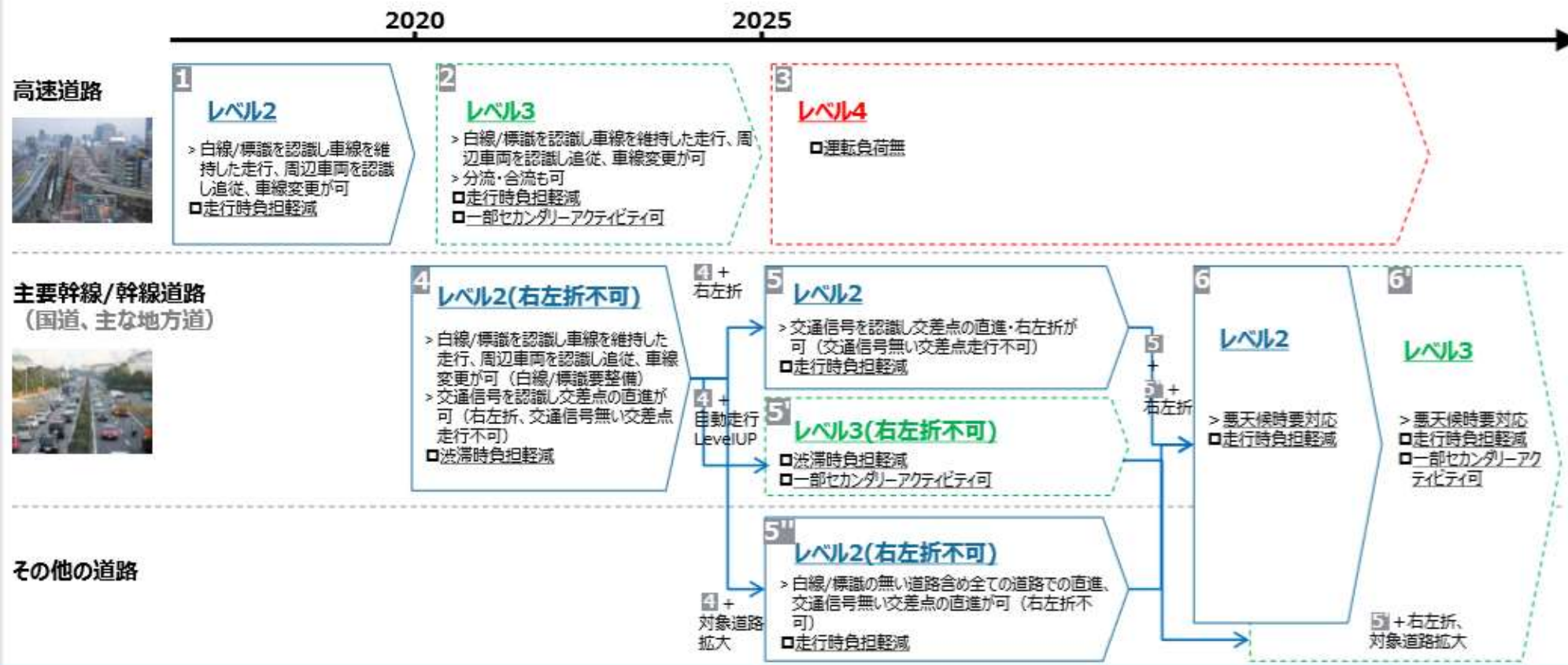
経済産業省製造産業局
国土交通省自動車局

2.一般車両における自動走行（レベル2，3，4）の将来像

(1) 高速道路、一般道路における自動走行の将来像（**自家用**）

- 高速道路においては、2020年までに、運転者が安全運転に係る監視を行い、いつでも運転操作が行えることを前提に、加減速や車線変更が可能なレベル2を実現し、2020年以降に高レベルの自動走行を実現する見込み。
- 一般道路においては、2020年頃に国道・主な地方道において、直進運転のレベル2を実現し、2025年頃には、対象道路拡大や右左折を可能にするなど自動走行の対象環境を拡大する。

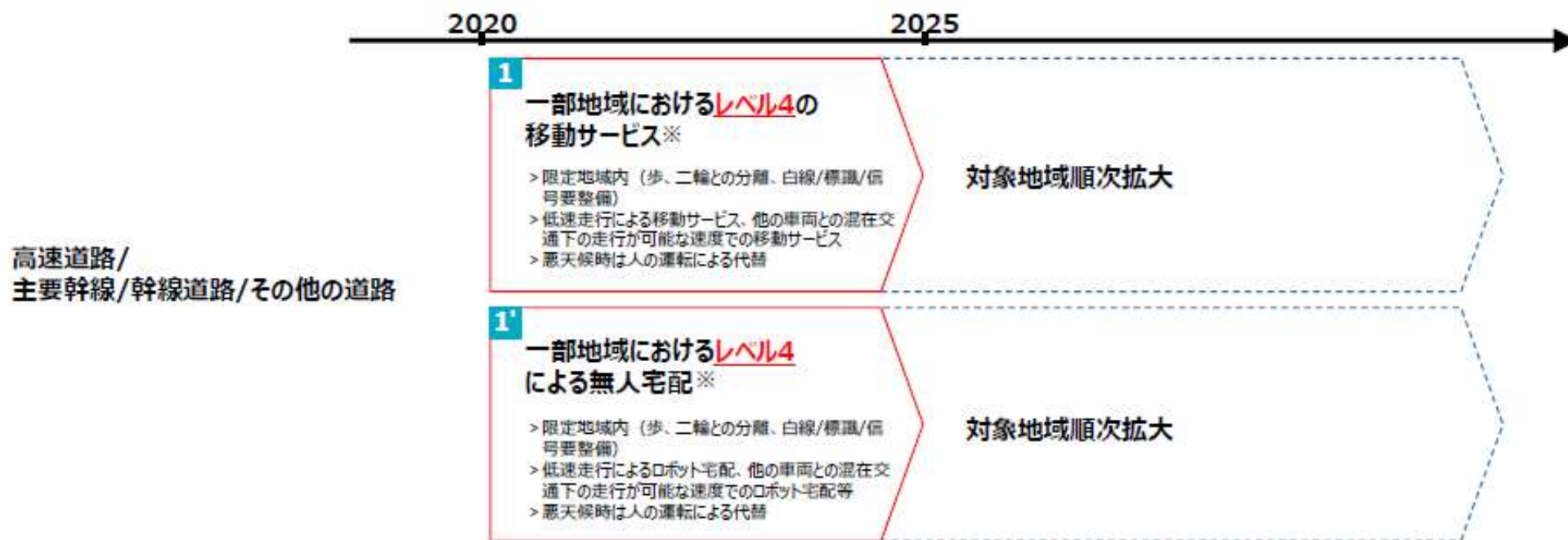
※ レベル3以上の実現性、時期については、更なる法的、技術的な議論が必要なため、記載は目安。



2.一般車両における自動走行（レベル2, 3, 4）の将来像

（2）高速道路、一般道路における自動走行の将来像（事業用）

- 2020年頃、社会ニーズが強い地域や経済性の成立し易い地域を選定し、その地域に必要なインフラ整備を行うことで、法的な制度の整備に合わせて、限定地域における事業用のレベル4を実現する。
- 順次、レベル4が可能な地域のエリアの広さや数を増やすことで導入地域が拡大していく見通し。
- レベル4の実現に向けては、「技術」と「事業化」の両面で、技術を制度やインフラで補いつつ、簡単なシーンから早期に実現・事業化し、複雑なシーンへと広げ、世界最先端を目指す。
- そのためには、走行環境の複雑性を車両側の性能が如何に上回るかが重要であることから、走行環境の複雑性とハード・ソフトの性能を類型化・指標化した上で、その組合せから、地域の抽出、必要な性能を定めて実現していく。



※レベル2, 3の移動サービス、無人宅配についても実現の見込
(C)Dr. Minoru KAMATA, Japan Transport Research Institute, 2018

3.競争・協調領域の戦略的切り分け(取組方針)

- 自動走行（レベル2～5）の実現に向け、必要な技術等を抽出。
- その上で、今後我が国が競争力を獲得していくにあたり、企業が単独で開発・実施するには、リソース的、技術的に厳しい分野を考慮し、「安全性評価」を加えた10分野を重要な協調領域に特定。
- 協調すべき具体的取組は、「技術開発の効率化」と「社会価値の明確化・受容性の醸成」の分類から抽出。

重要10分野

協調分野	実現したい姿・取組方針
I.地図	自車位置推定、認識性能を高めるため、高精度地図の市場化時期に即した迅速な整備を目指す。一般道路特定地域の実証を通して方針を決定する方向性を2017年度提示。2019年度中に特定地域での仕様検証・評価を終え、2021年までに整備地域の拡大方針を決定。加えて、国際展開、自動図化等によるコスト低減を引き続き推進していく。
II.通信インフラ	高度な自動走行を早期に実現するために、自律した車両の技術だけでなく、通信インフラ技術と連携して安全性向上を目指す。2017年度にユースケースを設定し、適応インフラ、実証場所を決定。関連団体と連携し2018年度に仕様・設計要件を設定し、遅くとも2019年中に特定地域において必要となるインフラ整備を行うことが必要。
III.認識技術 IV.判断技術	海外動向に鑑み、最低限満たすべき性能基準とその試験方法を順次確立する。また、開発効率を向上させるため、データベース整備、試験設備や評価環境の戦略的協調を目指す。センシング、ドライブレコーダー、運転行動や交通事故データの活用を推進していく。
V.人間工学	開発効率を向上させるため、開発・評価基盤の共通化を目指す。運転者の生理・行動指標、運転者モニタリングシステムの基本構想を2017年度に確立。2017-18年度の大規模実証実験の検証を踏まえて、グローバル展開を視野に各種要件等の国際標準化を推進していく。
VI.セーフティ	安全確保のための開発効率を向上させるため、開発・評価方法の共通化を目指す。ユースケース・シナリオ策定を実施しセンサー目標性能の導出、設計要件の抽出を完了し、2017年度に国際標準化提案。車両システムの故障時、性能限界時、ミスユース時の評価方法を確立していく。
VII.サイバーセキュリティ	安全確保のための開発効率を向上させるため、開発・評価方法の共通化を目指す。最低限満たすべき水準を設定し国際標準提案、業界ガイドラインの策定を2017年度に実施。2019年度までに評価環境（テストベッド）の実用化するとともに、今後、情報共有体制の強化やサイバーセキュリティフレームワークの検討を進める。
VIII.ソフトウェア人材	開発の核となるサイバーセキュリティを含むソフトウェア人材の不足解消に向け、発掘・確保・育成の推進を目指す。ソフトウェアのスキル分類・整理や発掘・確保・育成に係る調査を2017年度に実施。2018年度はスキル標準策定等を進める。サイバーセキュリティについて2017年度に講座を実施。今後は人材の必要性や職の魅力を業界協調で発信する取組を検討する。
IX.社会受容性	自動走行の効用とリスクを示した上で、国民のニーズに即したシステム開発を進め、社会実装に必要な環境の整備を目指す。その実現に向け、自動走行の効用を提示、普及の前提となる責任論を整理し、状況を継続的に発信する。
X.安全性評価	これまで自動走行ビジネス検討会等を通して開発した技術を活用した安全性評価技術の構築を目指す。我が国の交通環境がわかるシナリオを協調して作成するとともに、国際的な議論に活用していく。また、今後発生する事故に関するデータについて、取り扱いを検討し、安全性評価へ活用していく。

Ⅶ. サイバーセキュリティ

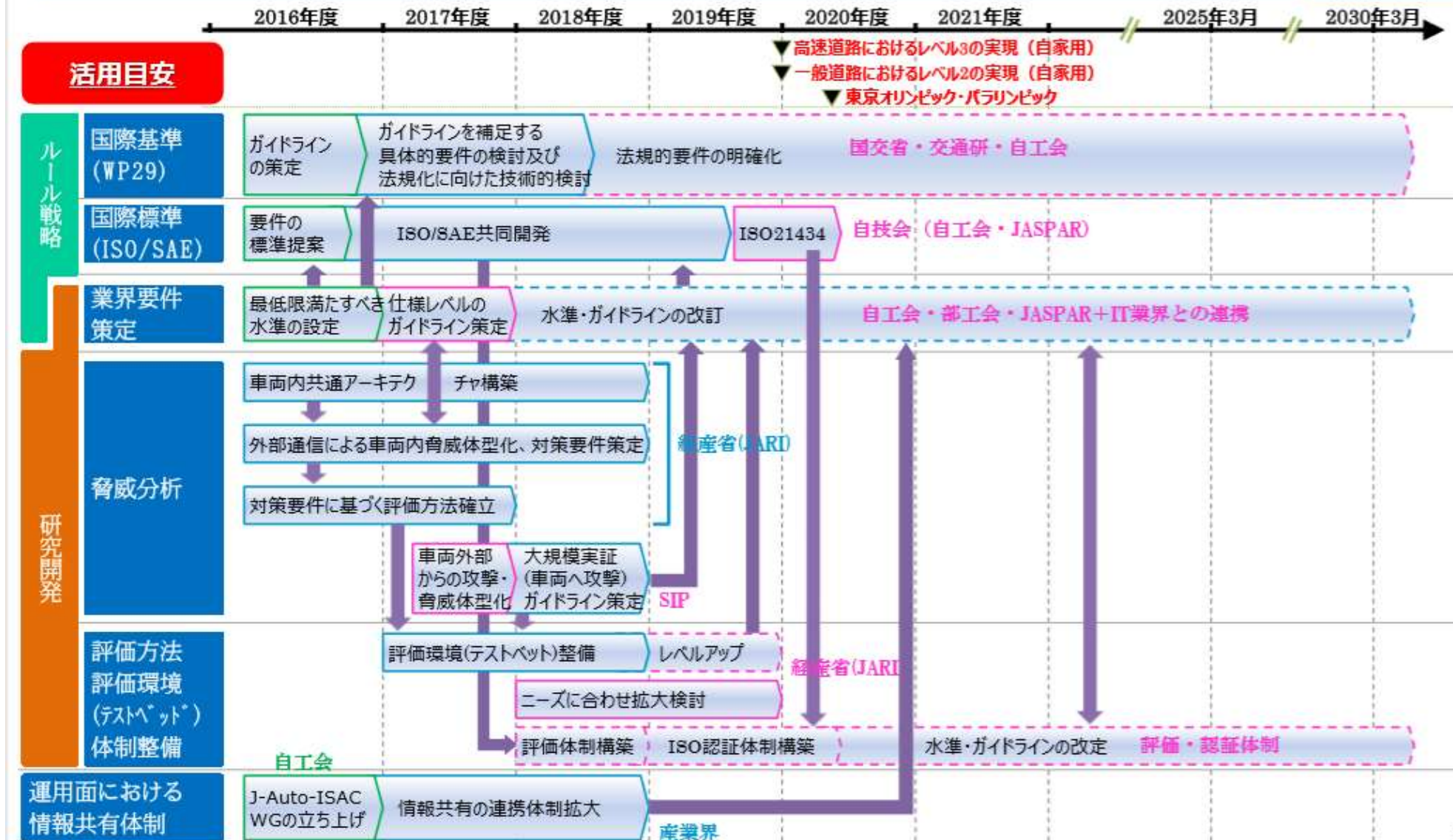
実現したい姿・取組方針

- 安全確保のための開発効率を向上させるため、開発・評価方法の共通化を目指す。
- 最低限満たすべき水準を設定し国際標準提案、業界ガイドラインの策定を2017年度に実施。2019年度までに評価環境（テストベッド）の実用化するとともに、今後、情報共有体制の強化やサイバーセキュリティフレームワークの検討を進める。

完了

取組中・取組方針

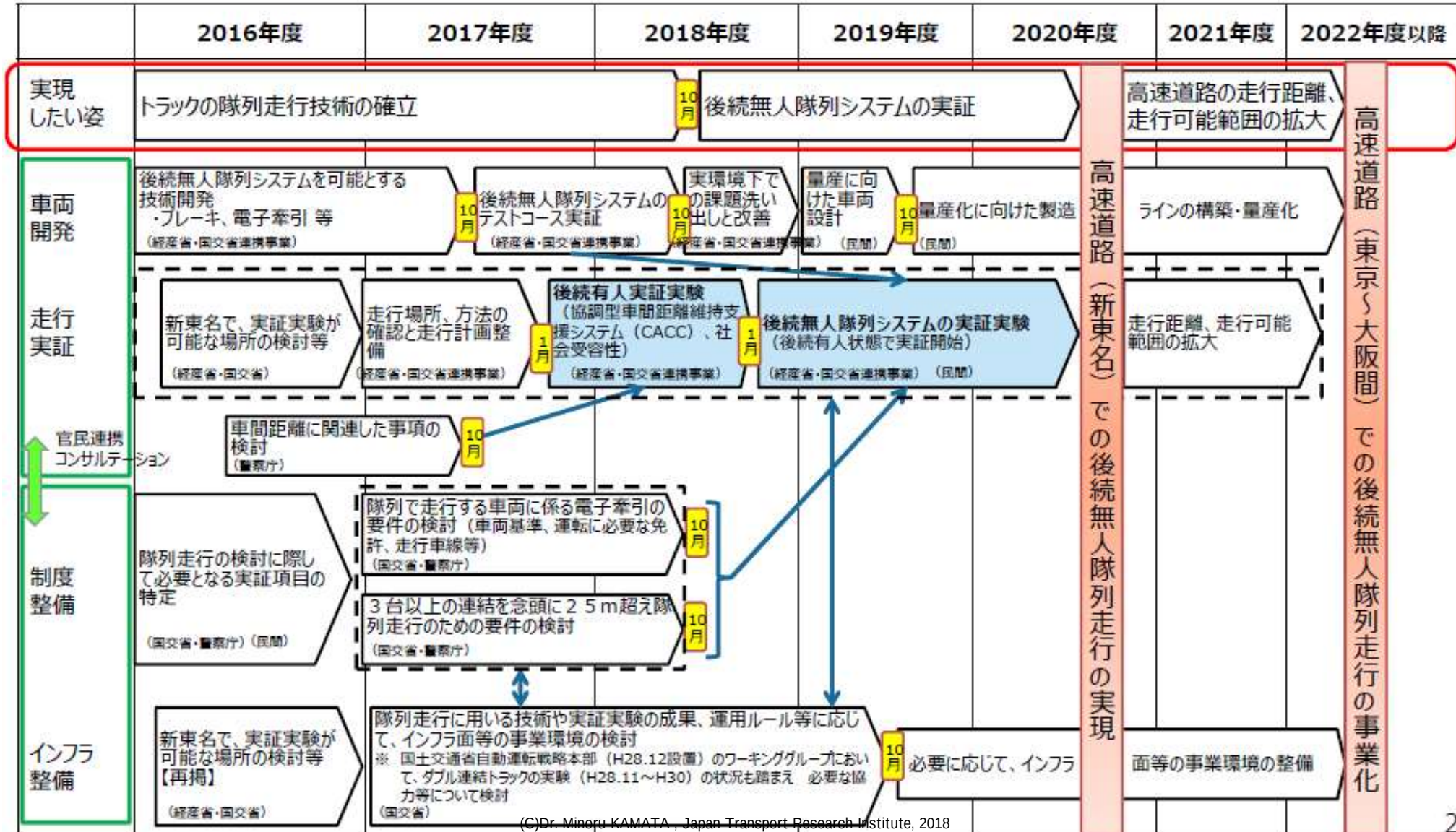
取組中・取組方針
(新規)



4.実証プロジェクト

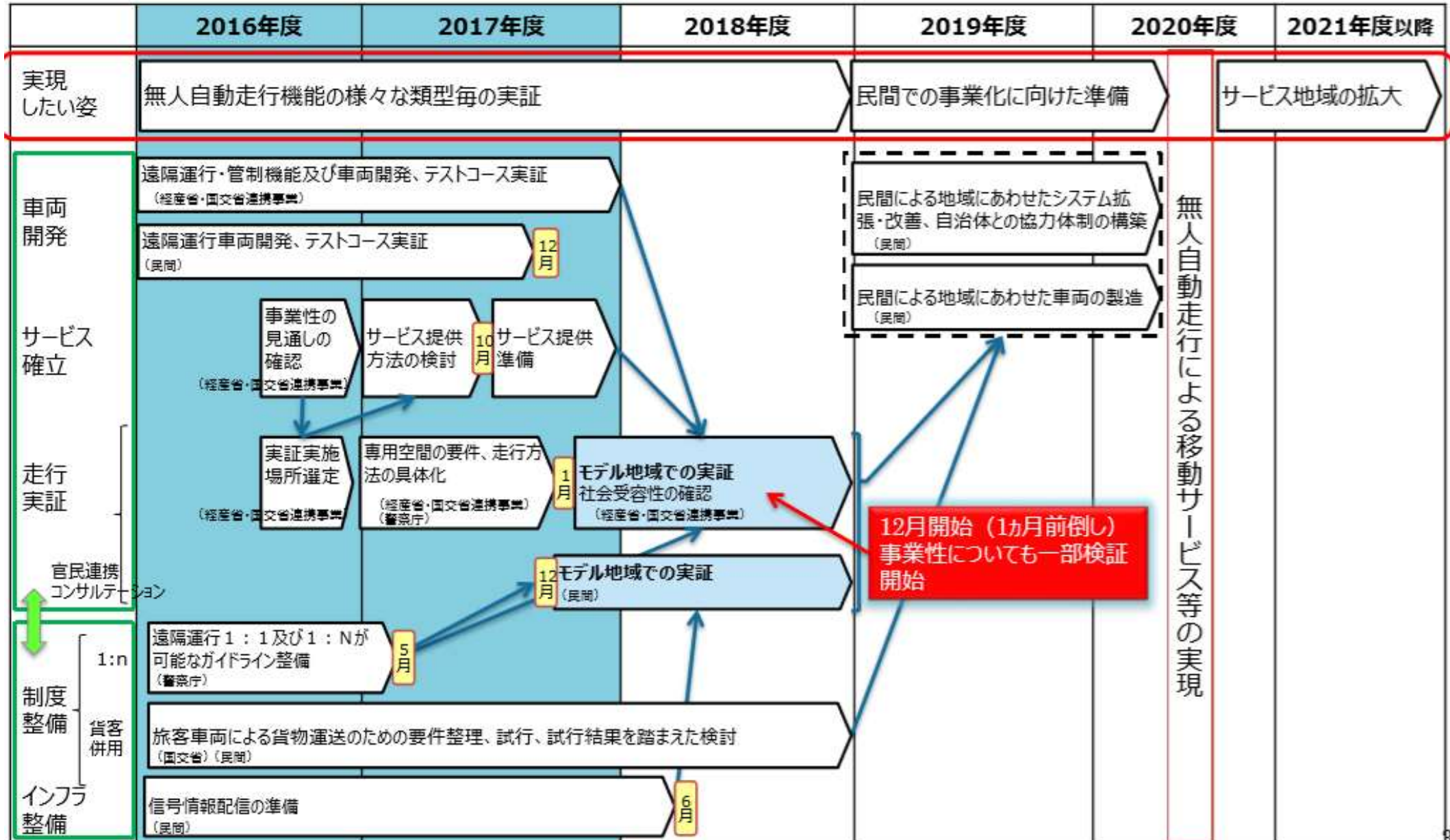
(1)トラックの隊列走行

実現に向けたロードマップ



(2) ラストマイル自動走行

実現に向けたロードマップ



■ 今後にむけて：現状認識

- 運転者がいて、オーバーライドできれば、レベル2として、非常に容易に実証実験は公道で行える。
- 運転席に運転者がいなくても、遠隔監視・操縦できれば、公道で実証実験は実施できる。
- ハンドルとペダルが無い車両でも、遠隔システムがあり条件が整っていれば、保安基準適合と見なして、ナンバー交付できる。
(ナンバーが無い車両だと、公道封鎖して専用空間化して実験実施)
- 技術としては、お金をかければ、シンプルな環境であれば完全自動が達成できるレベル。(低コスト化、複雑環境適合へ様々な検討)
- 責任問題についても、検討がなされている。
- 法規制の対応も、制度整備大綱がこの3月にまとめられた。

■ 今後に向けて：法規制

- 実証実験を行う範囲においては、運転席に人がいなくても、運転席の無い車でも、実施ができる形になっている。
- 遠隔監視が1:1から1:Nになった時の責任体制の議論はこれから。
- 遠隔監視が不要になるくらいAIの進歩が期待されるが、技術的側目での状況が見えてこないと議論がしにくい。
- そもそもどこまでの安全を要求するか。もらい事故までなくせと言われてもハードル高い。機器の信頼性への要求も一定の方向性が出されないとモノの設計ができない。
- 国際的な競争において、目指すべきレベルと到達スピードをどの辺に設定するのがよいか。
- 運輸事業を行うにあたっての要件等の議論もまだまだこれから。

■今後の展望

- 自動運転そのものについての法規制の対応は徐々に進んでいく。
 - 国際的な場での基準作りも、国連R79等の議論が進む。
 - 新たな事業に対する法規制対応はまだまだこれから。
 - 事業としての成立のための技術の進化が必要。
 - 安全目標に対する社会的コンセンサスを得て、量産仕様の明確化。
-
- 国際競争を勝ち抜けるようにしなければならない。
 - 車としての製品を作るメーカ、そのパーツのサプライヤー、そして車を使った事業を行う企業も。
 - 日本は技術力はあるが、戦略面で弱い。
 - 試験法、基準・標準を、取りにいけるような体制が必要

□自動運転の技術開発は国際競争

- 敵は国内同業他社ではなく、欧米企業
- 彼らは国も巻き込んで、勝ちにいける戦略を常に考えている
- 欧米の国も、自動車は基幹産業なので、企業と一体化して動く
- さらに、産学連携体制が強固に敷かれていて、人材の供給がうまくまわるようになっている。
- これに対して、日本の産学連携は貧弱
- メーカー間の協調体制も不十分
- 欧米主導で基準等が作られてしまうと、日本の事情が反映できず、日本仕様が別建てになってしまうかも。そうすると複数の仕様対応でますます遅れをとってしまう。
- 日本の事情を反映させた国際基準等が作れるように主導権を持つようにすべき。

□望まれる体制

- 産業界の横連携
- 勝ちにいける戦略作り
- 大学や中立研究機関等を巻き込んだオールジャパンの体制
- 戦略的協調の名のもとに、共通基盤のプラットフォームは共通化とか、日本主導の基準作りにつながるような体制を構築し、無駄な工数を廃して時間を短縮してゴールを目指す。
- 現状では競争の意識が強いが、数十年後には自動運転は当たり前技術になるはずで、早くデファクトをおさえた方が勝ち。
- 逆に欧米の後塵を拝すと、大きく遅れをとり、中国等にも負けていき、自動車産業がボロボロになる可能性もある。

■まとめ

- 自動運転に対する取り組みは急速に展開しており、1年前の資料が古めかしくなる
 - 各社、乗り遅れないように、研究開発に力を入れている
 - 自動車産業の大きなうねりの中にいるとも言える（自動運転、電動化）
 - これへうまく適合していかないと、競争に取り残されるかもしれない
 - しかし、技術的なハードルもたくさんあるし、商用・事業化に向けてのハードルも高い
 - 国際競争を勝ち抜けるような体制づくりが急務
-
- 自動運転だけでなく、介護ロボット等でも、もっと取組みを強化していき、現場と作り手の距離感を縮めていかないと、ハードはすぐに真似される。
 - 戦略がとにかく重要。

