

トラック隊列走行への取り組み



2019. 1. 30

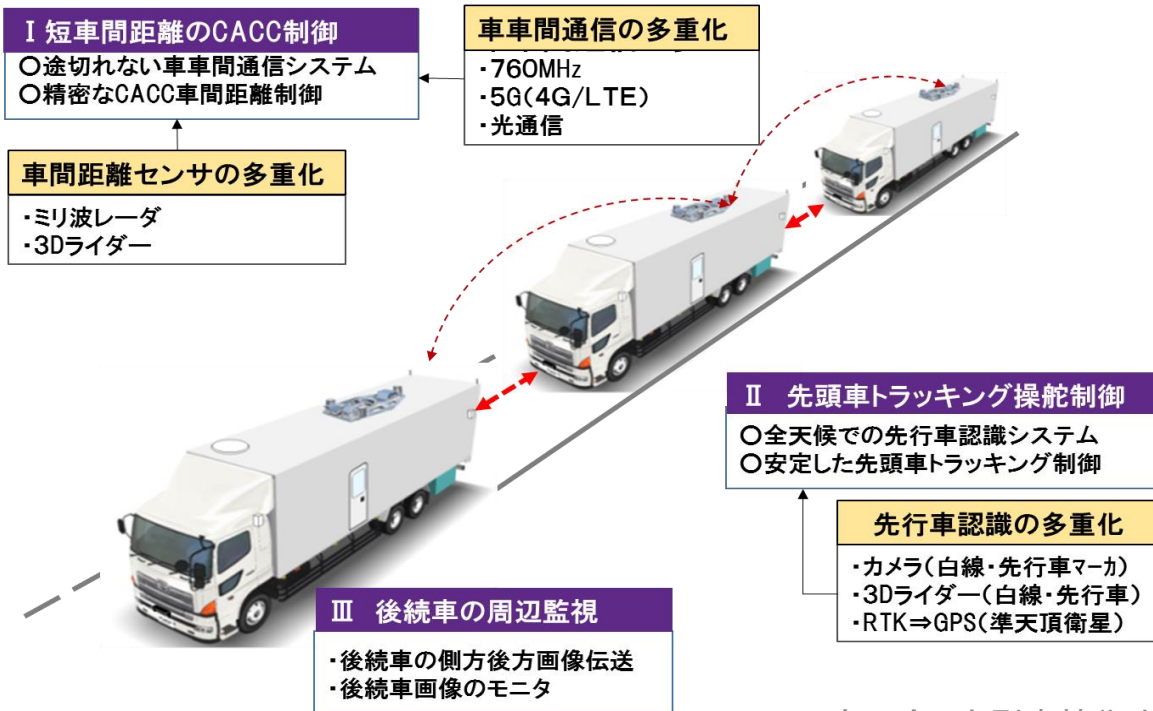
自工会 大型車技術企画検討会 主査
日野自動車(株) 技監 小川 博

トラック隊列走行とは

トラックを電子連結技術（車車間通信：CACC）により一体に制御し、数台のトラックが隊列車群を構成し走行するもので、省エネ効果・省人化（ドライバーの負荷軽減）・安全性や運行効率の向上が期待される技術。現在、日本のみならず*1世界各国においても実用化に向けた取り組みが活発化し、*2米国などでは一部商業運用が成されている。日本では、電子連結技術を「電子牽引」とみなすことで、先頭車両は有人、後続車両は無人で隊列走行が実現可能か検討を進めている。

*1: 欧州では商用車各社がACEA(欧州自工会)の下に、「Vision Truck Platooning 2025」作成、TNO(オランダ応用科学研究機構)を中心に2018年6月に隊列走行実証Programである「ENSEMBLE Project」を開始した。

*2: 米国のPeloton Technology はCACC技術による燃費削減を目的とした隊列走行技術を商業提供をしている。



トラック隊列走行の実証風景(経産省 トラック隊列走行の社会実装に向けた実証/2018年北関東道)

隊列走行に関わる政府の取り組み及び経緯 (2016年度)

日本再興戦略2016_第10回経済再生諮問会議 政府としての自動運転実現目標 by内閣府

SIP

内閣府・経産省・
国交省・警察庁

SIPでは、2017年度より予定している大規模実証実験に向け、特に協調領域に位置付けられる各要素技術開発について、これまでの取り組みを活かしつつ、自動車専用道・一般道においてシームレスに自動走行システムの実用化が行えるよう開発を進める。

1. 必要な技術の研究開発の実行

2. 国際競争力を高める戦略の検討

自動走行
ビジネス検討会
(2017年3月公表)
経産省・国交省

自動走行分野において必要な取組を産学官オールジャパンで検討。「自動走行の実現に向けた取組方針」として公表

- ①一般車両による自動走行(レベル2,3及び4)の将来像
- ②自動走行における競争・協調領域の戦略的切り分け
- ③実証プロジェクト 2020~2030年に実現を期待
 - A) 隊列走行
 - B) 自動バレーパーキング
 - C) ラストワンマイル自動走行
- ②ルール(基準・標準)の戦略的取組
- ③産学連携の促進

第6期ASV
推進計画(2016~
国交省

自動運転の実現に向けた検討。

- ①自動運転を念頭においた安全技術の在り方
- ②将来の基準化を念頭においた具体的な技術の検討
- ③実現されたASV技術を含む自動運転技術の普及

隊列走行に必要な技術的要件と課題について、自動認識技術検討WGで取り組む

トラック隊列走行
の社会実装に向
けた実証
経産省(国交省)

国土交通省
自動運転戦略本部
(2016年12月9日)
交通局・道路局

「車両の技術基準」「事故時の賠償ルール」「高齢者事故対策」「トラック隊列走行」「道の駅を拠点とした自動運転サービス」について早急にWGを設置し論議

未来投資会議
(2017年2月16日)
官邸

総理発言。来年度から「隊列走行」と「ラストワンマイル」の実証を開始。

政府のトラック隊列走行の将来像と取り組み(抜粋)

自動走行ビジネス検討会 2016年3月23日発表資料より

1. 将来像

- 我が国のトラック物流事業者には、経営効率の改善やドライバー不足への対応、安全性の向上等の観点から、隊列走行への期待が大きい。とりわけドライバー不足問題は深刻で、ドライバーの年齢構成が高齢化する中、今後、業界の存続に関わる問題とも認識されており、**特にドライバーの確保が最も難しい夜間の長距離幹線(東京-大阪間)輸送等を隊列走行によって省人化する強いニーズがある。**新たな取組となる隊列走行には、機械牽引等の既存の手段を超える効果が期待されることから、**トラックの隊列走行については、最終的には業界のニーズに応える後続車両無人の3台以上の隊列走行を目指すことが適当である。**

2. 取り組み方針

- 隊列を効率的かつ効果的に構成するためには、**複数の物流事業者の連携が現実的であり、そのための仕組み(隊列運行管理サービス)の在り方についても技術開発等と並行して検討が必要である。**
- 隊列運行の事業形態は下記の通り大きく3通りあり得るが、まずは、隊列走行システムの標準化や隊列運行管理技術の向上が必要なため、**共同運行(隊列事業者がトラックを保有)から試験運行を始め、車両システム技術の検討とも連携し、隊列運行管理サービスのビジネスモデルの具体化に向けた検討を進めていく。**
 - 1) 物流事業者が自社のトラックだけで隊列を形成して運行する。
 - 2) 「隊列運行管理サービス事業者」が各物流事業者の保有するトラックをマッチングして隊列を形成し、運行する。
 - 3) 「隊列運行管理サービス事業者」が保有する専用のトラックで隊列を形成し、に各物流事業者のトラックの荷物をそこに積み替えて運行する。

隊列走行実証事業の目標

2016年7月13日経産省公表より

自動走行ビジネス検討会の方針を受け、経済産業省が公募したスマートモビリティシステム研究開発・実証事業のうち「トラックの隊列走行の社会実装に向けた実証(以下、隊列走行実証事業)」を豊田通商(株)殿が受託。

1). 成果目標

□ 2016年度から2018年度までの3年間の事業。公道を含む実証事業等を通じ、隊列走行を含む高度な自動走行システムの社会実装に必要な技術の開発や事業環境等の整備を行う。

□ 遅くとも2025年度までにトラック隊列走行の事業化を確立し、2030年度までに1台あたり10%程度以上の省エネを目指す。

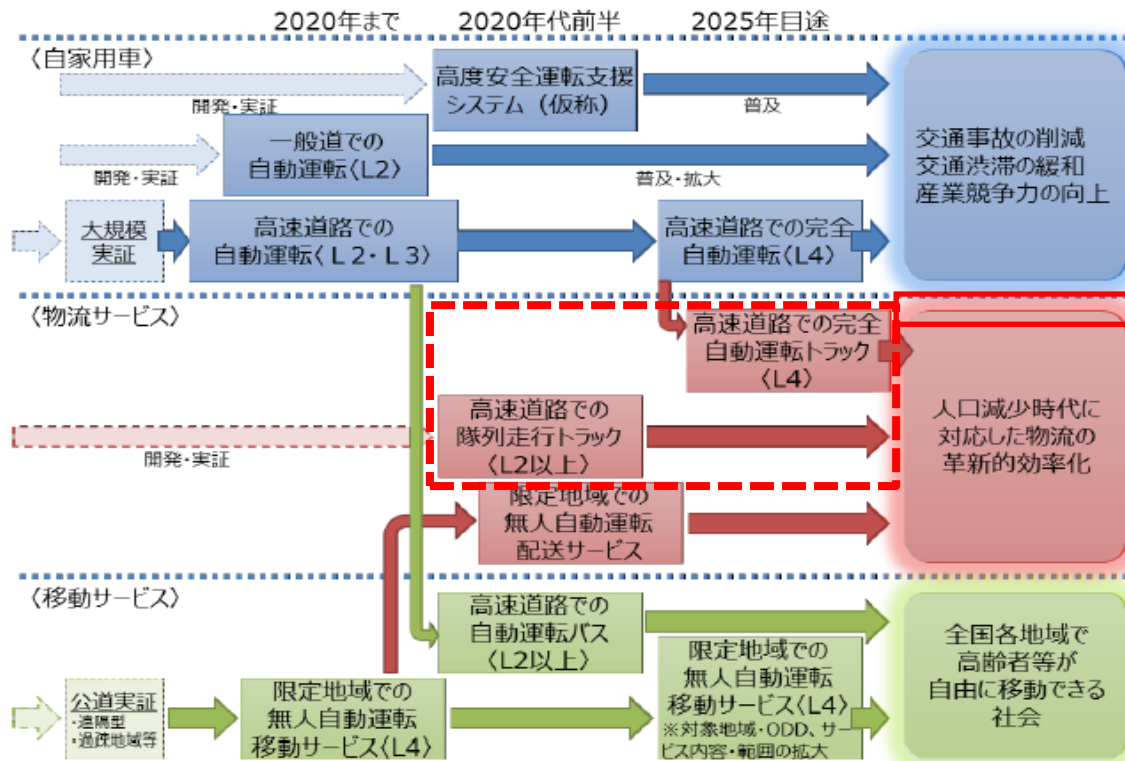
2). 隊列走行の最終形イメージ

高速道路等において電子連結により、2台目以降の車両は無人として隊列を組み走行

官民ITS構想 ロードマップ 2018

- ITS・自動運転に係る社会、産業目標と全体戦略

2025年完全自動運転を見据えた 市場化・サービス実現のシナリオ



自動運転システムの 市場化・サービス実現期待時期※1

	レベル	実現が見込まれる技術 (例)	市場化等期待時期
自動運転技術の高度化			
自家用	レベル2	「準自動パイロット」	2020年まで
	レベル3	「自動パイロット」	2020年目途※3
	レベル4	高速道路での完全自動運転	2025年目途※3
物流サービス	レベル2以上	高速道路でのトラックの後続車有人隊列走行	2021年目途※3
		高速道路でのトラックの後続車無人隊列走行	2022年以降
	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※3
移動サービス	レベル4※2	限定地域での無人自動運転移動サービス	2020年まで
	レベル2以上	高速道路でのバスの自動運転	2022年以降
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

(※1) 遠隔型自動運転システム及びレベル3以上の技術については、その市場化等期待時期において、道路交通に関する条約との整合性等が前提となる。また、市場化等期待時期については、今後、海外等における自動運転システムの開発動向を含む国内外の産業・技術動向を踏まえて、見直しをするものとする。

(※2) 無人自動運転移動サービスはその定義上 SAE レベル 0~5 が存在するものの、レベル4の無人自動運転移動サービスが2020年までに実現されることを期待するとの意。

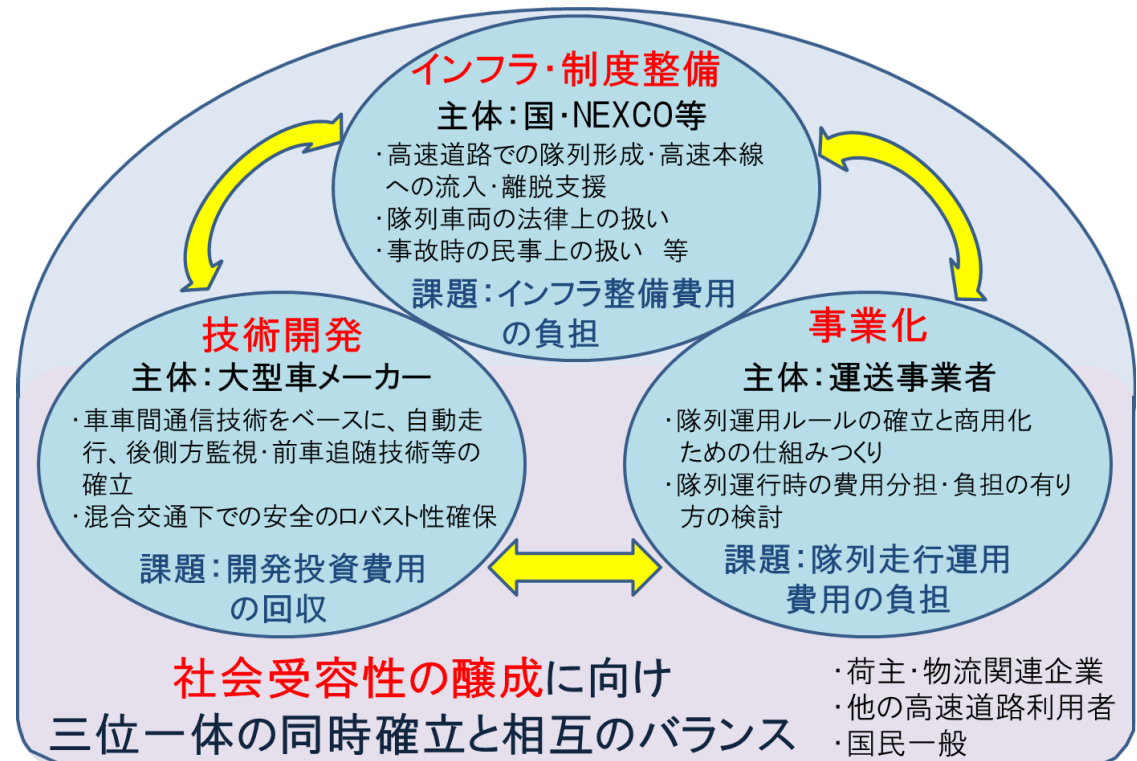
(※3) 民間企業による市場化が可能となるよう、政府が目指すべき努力目標の時期として設定。

(注) 関係省庁は、上記スケジュールを踏まえつつ、民間と連携して、民間の具体的な開発状況、ビジネスモデル(事業計画を含む)に応じて必要な施策を推進する。その際、官民で情報共有を進め、必要に応じて、関係省庁はアドバイスや制度・インフラ面の検討を行う。

無人隊列走行の商業化を可能とするための課題と対応

日本自動車工業会の認識

- 隊列走行実現に向けた技術開発には2030年頃を目途とされる高度な自動運転技術が不可欠とされる中、2020年代の実現には、
 1. 先頭車が有人下での「隊列走行」自動運転上の位置付けの明確化
 2. あらゆる条件下での高度な信頼性の確保
 3. 混合交通下での安全のロバスト性を確保するために、技術を補うインフラ側の支援とそれを現実化するための法整備
- なお、インフラ側の支援を検討する際には、具体的な事業モデル・走行方法をもとに、隊列走行事業の実現・継続の重要性を捉え技術を補完しうるインフラ整備とその投資に基づく運用コストを最小化し、将来の技術の進展に依る車両の自律走行(完全自動運転等)下でも無駄と成らない現実的な案を考える必要がある。



事業ルート及びモデル例

隊列走行実証事業 2016年度事業環境課題検討WG議論より



1. ルート

- ・東名 厚木IC付近から名神瀬田東IC付近(約388km) 最大勾配 2%、最少R 3,000m(分合流レーン通過時除く)
- ・構造物比率 : 橋梁 32.4%、トンネル 29.4% (橋梁、トンネル、平地が各々1/3づつ)

2. 隊列形成

- ・夜間10時から早朝6時までを運用時間帯とし、上下3台×100隊列を「専用隊列形成エリア」から、3時間で(2分間隔、10m車間で隊列間は約2km間隔)本線流入させる。(1隊列目から最後隊列長さ200km)
- ・途中、専用休憩エリア(50隊列分)を1~2か所と「緊急時退避エリア」を最長50km毎に設置。
- ・「専任事業会社」を設置すると共に、中小事業者用に「隊列専用車」を用意し、「待機兼用荷積替エリア」にて一般車からの積替えも検討。中央には隊列の形成を制御する「隊列運用管制センター」を設置する。
- ・「専用隊列形成エリア」へは一般道からも進入・退出可能とし「ETCスマートゲート」にて課金を行う。

トラック隊列走行実証事業で開発中の 後続無人隊列走行技術による実施例

国土交通省国土技術政策総合研究所(茨城県つくば市) 2018年7月



隊列走行を実現させる技術開発の特徴

各メーカーの個車単独走行に対し、後続車無人を含む複数のメーカーの車両にて隊列走行を実現させるには各メーカーによる自動操舵（周辺監視）、全車速加減速制御や先行車追従走行等の高度安全運転支援技術の開発に加え、下記の様な協調技術開発（共通化・標準化）領域がある。

- ・ 自車位置情報（RTK、準天頂GPSによる自車位置精密測位等）
- ・ 車車間通信（加減速情報の相互通信による協調走行）
- ・ 後続車後方映像転送及側方安全確認通知（5G技術による大容量画像転送）

さらに下記の領域の技術の規格化を要する。

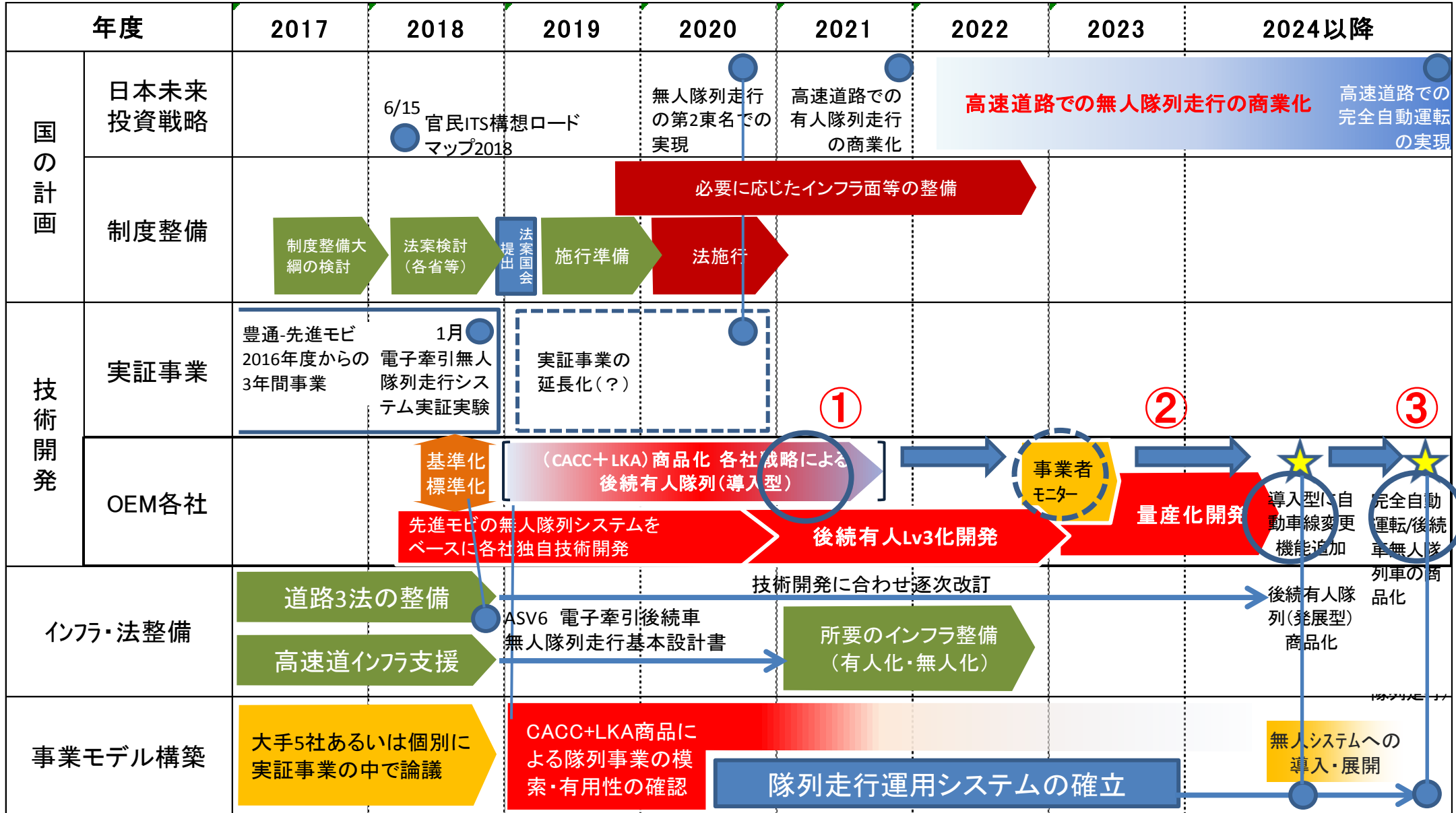
- ・ 電子ブレーキや制御ECUの2重化
- ・ 保安ブレーキ（無人隊列用）
- ・ サイバーセキュリティ
- ・ 周辺走行車への注意喚起表示 等

また、上記に加え隊列走行での大型商用車の実運用に当たっては、各メーカー車の動力・ブレーキ性能差に加え、車系違い（6×2、8×4車）、運行時の積載量差（空車～全積載）等による車両毎の性能差があり、また天候の急変・事故による渋滞の発生や故障車の路肩停止等があり、道路・情報インフラや運行管理にて安全を確保する必要がある。

隊列走行の実現には各メーカーの単独技術開発に加え、これまで経験をしていない協調して開発を進めなければならない領域が存在する

自工会 トラック隊列走行ロードマップ

隊列走行実証事業における開発技術(先進モビリティ株)を継承し業界規格化・標準化を行い、事業者との協業・合意を経て、1. 安全 2. 輸送効率向上 3. ドライバー負荷軽減に資する隊列走行の早期の商業化につなげる。



隊列走行技術の進展

(自工会(大型車技術企画検討会)より)

現
行
法
許
容
範
囲

Level 1	ACC、LKA(LDWS)、EDSS等の 安全支援装置の単独支援
Level 2 (先頭は有人)	CACC+高度安全運転支援装置(LKA、EDSS等)によるシステム 支援・追隨走行 (後続車有人隊列(導入型)) <ul style="list-style-type: none">・ 同一車線上走行時は先頭車追隨走行可(手放し不可)・ 車間距離はCACC、ACC切り換えにより自動調整・ 周辺監視・車線変更は各車ドライバー 導入型に対し自動車線変更機能追加 (後続車有人隊列(発展型)) <ul style="list-style-type: none">・ 周辺監視・車線変更もシステムが対応(先頭車運転者の指示・監視により後続車システムがサブタスクを担当(可能であれば手放し一法改正要))・ 車間距離はCACC及びACCにより自動調整・ 緊急時は各車ドライバーにテイクオーバーされる
① 後続車有人 (導入型)	
② 後続車有人 (発展型)	
後続車無人 (電子牽引)	後続車は電子的に牽引され、隊列は一群とみなされる(隊列走行実証事業での開発システム) (電子牽引による後続車無人隊列) <ul style="list-style-type: none">・ 周辺監視・車線変更もシステムであるが後続車は自動運転車ではない・ 車間距離は一定とし自動調整はされない・ 電子牽引欠落時及び緊急時は保安ブレーキ作動本線停止又は路肩退避
③ Level 3 Level 4	準自動又は自動運転による単独自律走行車が追隨走行(完全自動運転/無人隊列走行) <ul style="list-style-type: none">・ 隊列走行は燃費・道路利用率の向上走行主体

隊列走行技術毎の走行イメージ

○トラック隊列走行は、実走行環境下における検証が必要な事項についてユースケースを設定し、ドライブシミュレータによる検証又はテストコース検証を行い、課題の洗い出しと対策を行い高速道路における実証実験を実施し確認する。

○技術開発により、隊列走行に用いる技術を高度化。技術開発の状況に伴い、段階を踏んで無人化を推進。

①後続車 有人隊列 (導入型)

運転



車間約30～35m

運転支援



車間約30～35m



特徴

- ・高度安全運転支援技術(CACC+LKA)を使い、電子的に車両を連結
- ・現行制度下での走行が可能

②後続車 有人隊列 (発展型)

運転



車間約22m

運転支援



車間約22m



特徴

- ・導入型に対し、先頭車運転者の指示・監視による後続車自動車線変更が可能
- ・車間距離約22m(80km/hで車間時間1.0秒)までは現行制度下での走行が可能
- ・全車両に人が乗車し、通信不調時における緊急待避等が可能

③後続車 無人隊列/ 自動運転 (Level 3超)

運転



車間10m以下

自動追従



車間10m以下

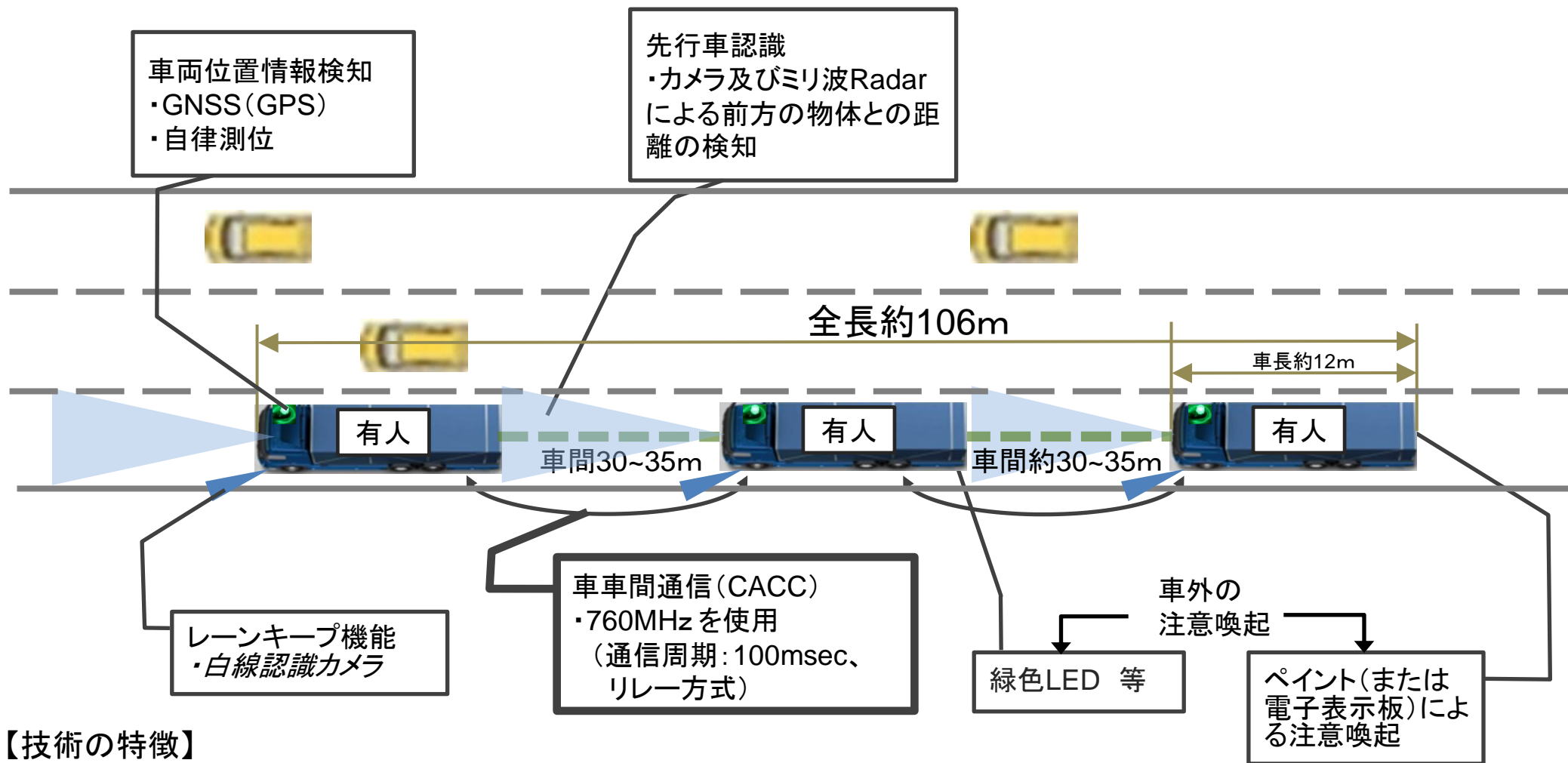


特徴

- ・後続車無人隊列では、後続車両には乗員が存在しないため、心理的な圧迫に伴う短車間距離の制約が無い。そのため、車間距離は割り込み防止と全制動時の安全停止の両面からの判断と成る。
- ・電子牽引では一部の認知を除き、後続車には運転機能は無い。一方、非電子牽引＝自動運転では、後続車が高速道路(ODD＝限定領域)においてレベル3以上のシステム運転機能を有する。

①後続車有人隊列(導入型)

2018年11月~12月公道実証実験システム



【技術の特徴】

- 全ての車両で、各車両それぞれのドライバーが運転
- CACC接続中は、アクセル・ブレーキ制御を先行車の操縦に合わせてシステムが行う
- 同一レーン走行中のハンドル操作は、各車両のシステムが操縦を行う
- 車線変更・障害物回避時はドライバーが手動で操縦

車両機能

- ✓ 自動加減速制御
- ✓ 車線維持支援機能(LKA)
- ✓ 衝突被害軽減ブレーキ(AEBS)

後続車有人隊列（導入型）事業者同乗・運転評価結果

■日時:2018年10月17日(水)~19日(金)

■実施場所:日本自動車研究所 城里テストコース 高速周回路

■事業者様内訳

- ・事業者様4社9名のご参加

運転者5名(インストラクター3名、ドライバー2名(指導者級))ー 運転評価

企画・管理部門4名ー 助手席同乗

■主なコメント

- ・ CACC1.6秒(35m@80km/h)でも車間が短いとのコメントあり。(インストラクター2名)
- ・ CACC1.6秒は割り込みが懸念される。車間1.3秒程度が適切か。(運転者3名)
- ・ CACC1.0秒(22m@80km/h)短車間は恐怖感を感じる声が多いが、ブレーキが確実に作動するのであれば問題無い。(運転者3名)
- ・ CACC+LKAはドライバーには極めて高評価。長距離走行後の早朝等の緊張感を維持し続けた後の疲労時等に、多少リラックスできる。(運転者全員)
- ・ まずは1事業者1隊列からも検討したい。そのためには普及のために、標準装備化して欲しい。(事業者3社)
- ・ 外向けHMIは工夫が必要。(昼間のLED視認性不足、4台隊列中であることや、全長表示が小さくてわかりにくい)

隊列走行事業者評価時画像



①試験車外観

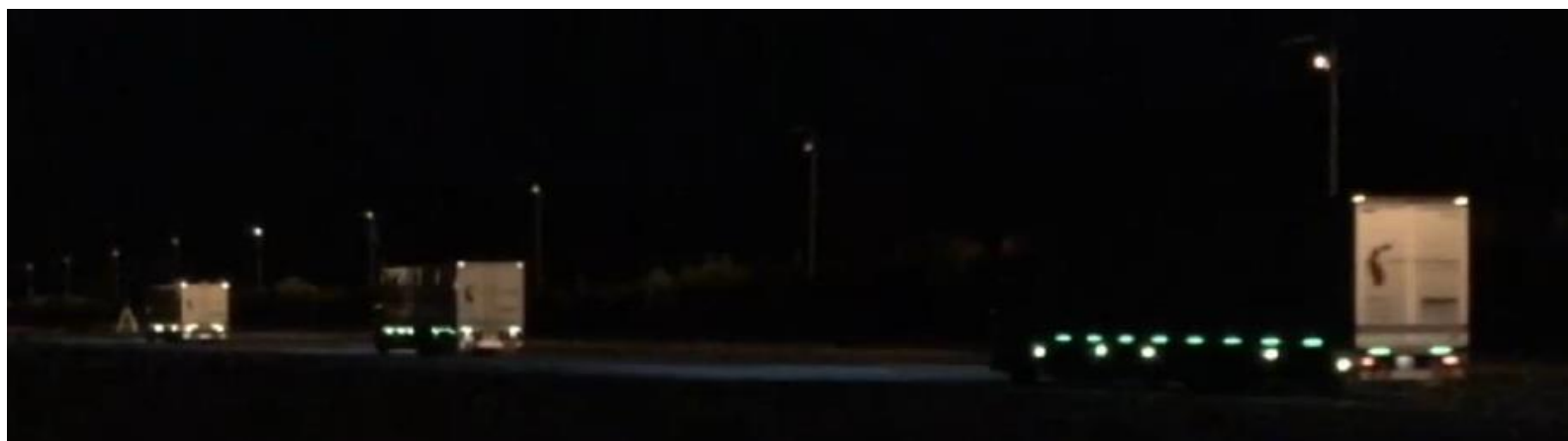
②昼間、車間1.0秒(22m)
CACC、LED点灯



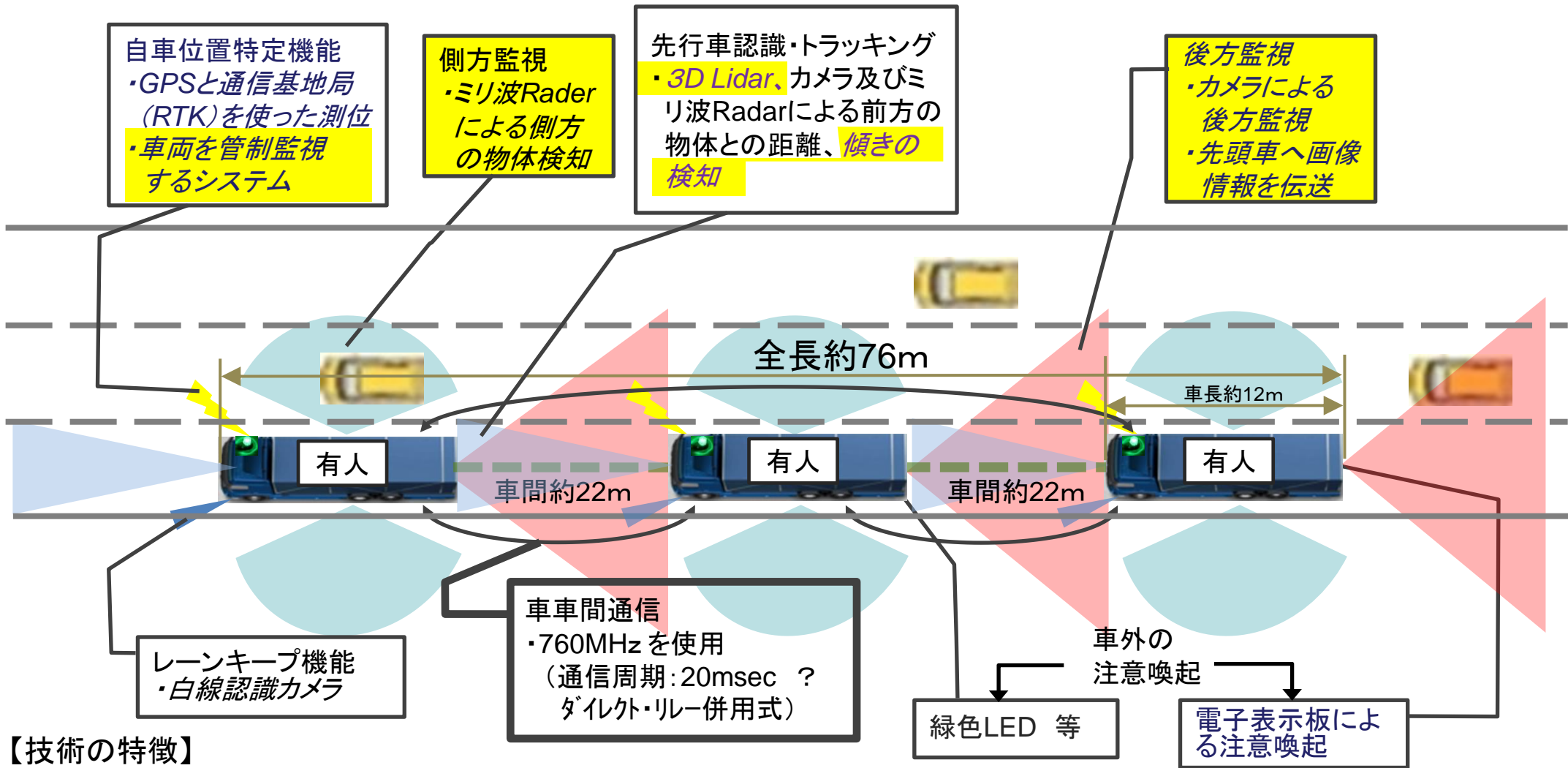
④後部 外観



③夜間、車間1.6秒
(35m)、LED点灯
CACC+LKA



②後続車有人隊列(発展型)



【技術の特徴】

- ・全ての車両で、各車両それぞれのドライバーが運転
- ・CACC接続中はアクセル・ブレーキ制御を先頭車及び先行車の操縦に合わせてシステムが行う。
- ・また、走行中のハンドル操作を、先頭車の操縦に合わせてシステムが操縦を行う
- ・緊急時はシステムからのテークオーバーにより運転者が対応

車両機能

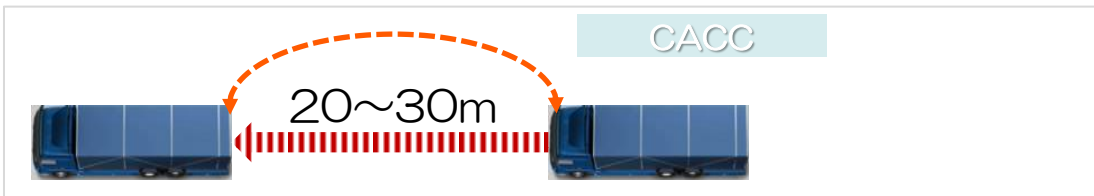
- ✓ 自動加減速制御
- ✓ 先頭車トラッキング機能
- ✓ 車線変更時後側方監視機能
- ✓ 衝突被害軽減ブレーキ
- ✓ ドライバーモニター

割り込み車のシステム対応

隊列走行の状態

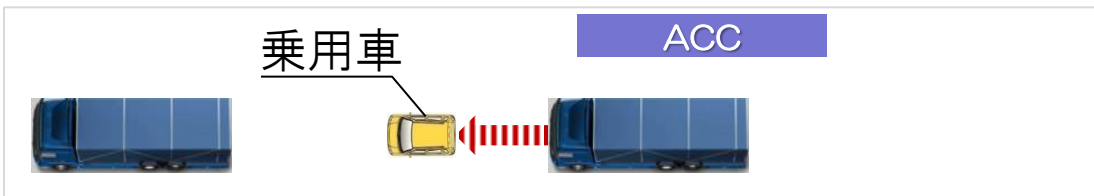
車両システムの対応方法

①通常走行

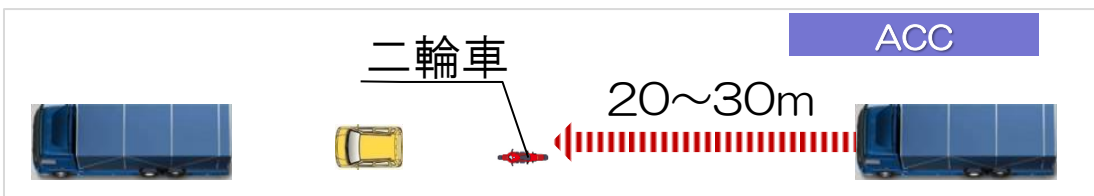


- 通常は、CACC設定車間距離(約20~30m)で走行。

②割り込み発生

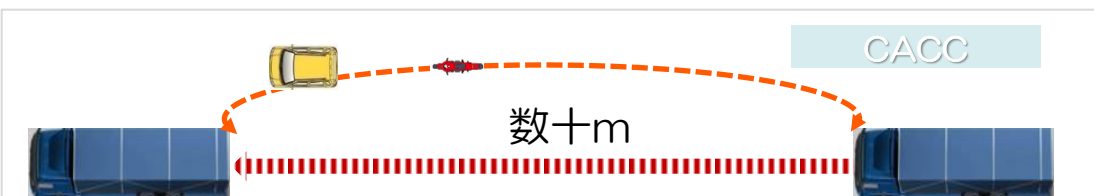


- 車両の割り込みが発生した直後に、後続車のCACCが解除されてACCに移行。



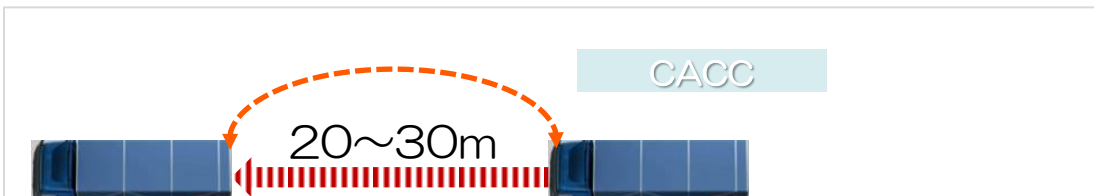
- 割り込み車両と後続車の間隔が、ACC設定車間距離(約20~30m)まで拡大。

③割り込み解消



- 車両の割り込みが解消した場合、後続車はACCから先行車とのCACCに復帰。

※先行車以外の車両が継続して認識された場合はACCを維持



- CACC走行中に、設定車間距離(約20~30m)まで後続車との間隔が縮まる。

- CACCは、通信で先行車の制御情報を受信し、操舵や加減速を自動で行い、車間距離を一定に保つ機能を有する
- ACCは、先行車と自車の車間距離を自車の機器のみで計測・算出して、自動で車間距離を一定に保つ機能を有する
- SA/PA及びIC通過時は、他の走行車の本線へのスムーズな合流・離脱を促すために、予め車間を広げておくことも可能

後続車有人隊列(導入型及び発展型)のメリット

1. 連結走行による長距離運行時の後続追
随運転者の疲労軽減により、集中力低下
による追突事故回避等の**安全性向上**
2. 後続運転手の緊張緩和による**運転負荷
軽減(導入型<発展型)**
3. 安定走行による**輸送品質の向上**
4. 協調連結走行による登降坂時等の**ザグ渋滞の緩和**
5. 安定した連結走行に伴う後続車の**燃費改善**
(車間20~30m時で2~3%程度 「エネルギーITS推進事
業」結果より)。
6. 連結及び解除が、**高速道路本線上で随時可能**
7. 基本的に**連結台数に制限が無い**
8. 特別な運転者**技能の習得が不要**
9. 現行制度及び高速道路環境下での運用が可能

ドライバーの高
齢化対策→雇用
の延長

トラック隊列走行実証事業公道実証実験

後続車有人隊列(導入型) 新東名高速2018年12月

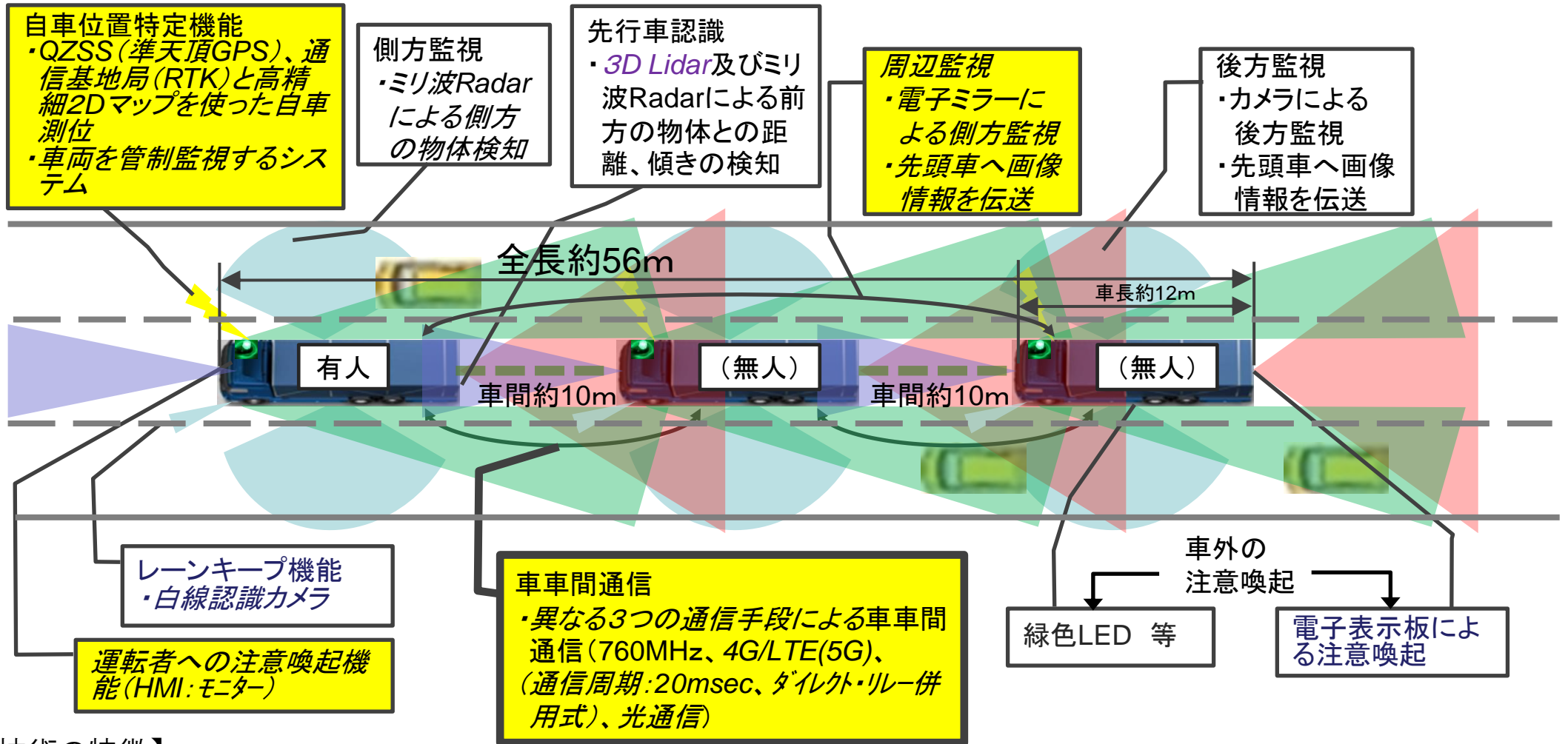


トラック隊列走行実証事業(後続車有人隊列(導入型)) 公道実証実験で得られた課題

- 本年1月の実証に比べ交通量が多く、隊列形成に時間がかかった、IC、SA/PA及び車線減少時に流入車が隊列車間に留まる頻度が高かった。
- 本年1月同様、特に2車線区間では他道路利用者の減速の起点になるケースが見られた。
- 夜間評価を実施した際に、浜松SA、遠州森町PA共にトラック駐車場は夕方から満車状態で駐車枠を確保できず。
- 自動車線維持機能(LKA)での走行時に、白線が薄くまた白線が連続していないため認識できない区間が見られた。



③後続車無人隊列走行／自動運転車(Level3超)



【技術の特徴】

- ・先頭ドライバーの安全確認により車線変更を実施。後続車両は先頭車両を追従して自動で車線変更。但し、側方監視で併走車等を感知し車線変更困難な場合は、システムが警告を出してドライバへ注意喚起
- ・車車間通信の欠落時は自動的に徐々に路肩へ退避
- ・緊急時はシステムが制御して本線上に緊急停止

- 車両機能 <CACC制御機能を含む先行車追従機能>
- ✓ 自動加減速制御、車線維持機能、衝突被害軽減ブレーキ、
 - ✓ 通信やシステムの故障時、ドライバ異常時に安全に停止する機能
 - ✓ 制御機能の多重化
 - ✓ サイバーセキュリティ対策
 - ✓ ドライバーモニター

後続車無人隊列走行／自動運転車(Level3超)のメリットと課題

メリット

1. 後続車無人連結走行によるドライバー不足対応
2. 安定走行による**輸送品質の向上**
3. 協調連結走行による登降坂時等の**ザグ渋滞の緩和**
4. 安定した連結走行に伴う後続車の**燃費改善**（車間10m時で10%程度「エネルギーITS推進事業」結果より）。

課題

1. 連結、解除及び休憩、退避のための**専用エリアが必要**
2. 混在交通下での安全性確保のための**走行車線の有り方と専用・優先レーンの設置可否検討**
3. **連結台数**は先頭車ドライバーの視認性に依存(3台が限界)
4. **先頭車運転者技能習得の有り方**
5. **関係制度整備及び安全確保支援のための分合流時等のインフラ整備の必要性**
6. **無人隊列走行運行管理システムの確立と供用**
7. **先頭車運転者の責任範囲と運行供用者責任の明確化**

後続車無人隊列走行方法(案)(実証事業 事業環境課題検討WG論議より)

・隊列走行実証事業 事業環境課題検討WGでの右側合流最右側車線走行案に加え、

ユースケース1 左側合分流最左側(又は中央)車線走行

ユースケース2 左側合分流最右側車線走行

ユースケース3 右側合分流最右側車線走行(事業環境課題検討WG案)

を検討。(各ケース案は次ページ以降)

・なお、ユースケース1及び2については、合流・休憩・分流を既存のSA/PAの活用を検討する。

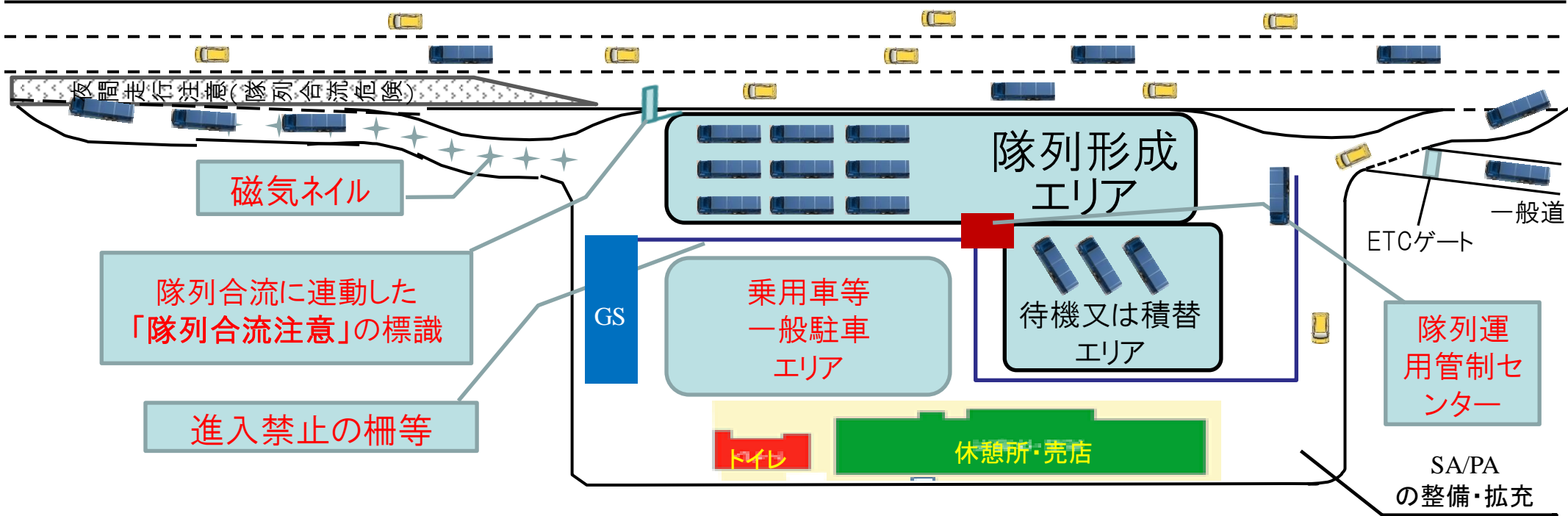
・これまでの各高速道路公道での実証実験結果により、混在交通下での安全性を確保するために、インフラ(道路)側での対応を並行して検討する必要がある。

検討のポイントは安全を確保しつつ、如何にインフラ整備関連費用を抑えるか。

- ① 既存のSA/PA活用による隊列形成解除エリア並びに休憩エリアからの本線合流及び本線からの分流
- ② 隊列のSA/PA及びICの合流レーン通過時
- ③ 本線上でのレーン変更時(3車線⇔2車線のレーン増減時含む)
- ④ 既存のSA/PA活用による隊列形成解除エリア並びに休憩エリア内での一般車両との混在・交差時

左側合分流最左側車線走行案(ユースケース1)

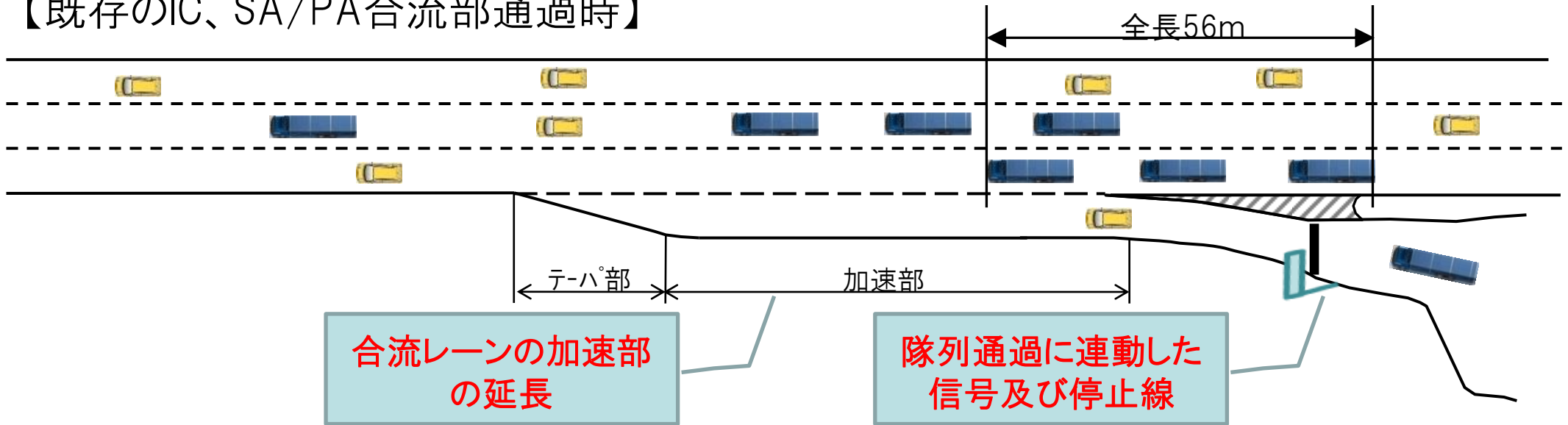
【隊列形成エリア及び本線合流部】



1. 既存のIC、SA/PA活用の場合、本線合分流時、Rのきつい場所での「磁気ネイル」設置(3D Lidar及びGPS(GNSS)による先行車追従技術の進捗によっては不要)
2. 本線合流部でのゼブラゾーンによる「夜間走行注意(隊列合流危険)」等の表記
3. 緊急時退避エリアにおいて、本線に対する合分流も含め加速合流に要する相当程度の長さ要

左側合分流最左側車線走行案(ユースケース1)

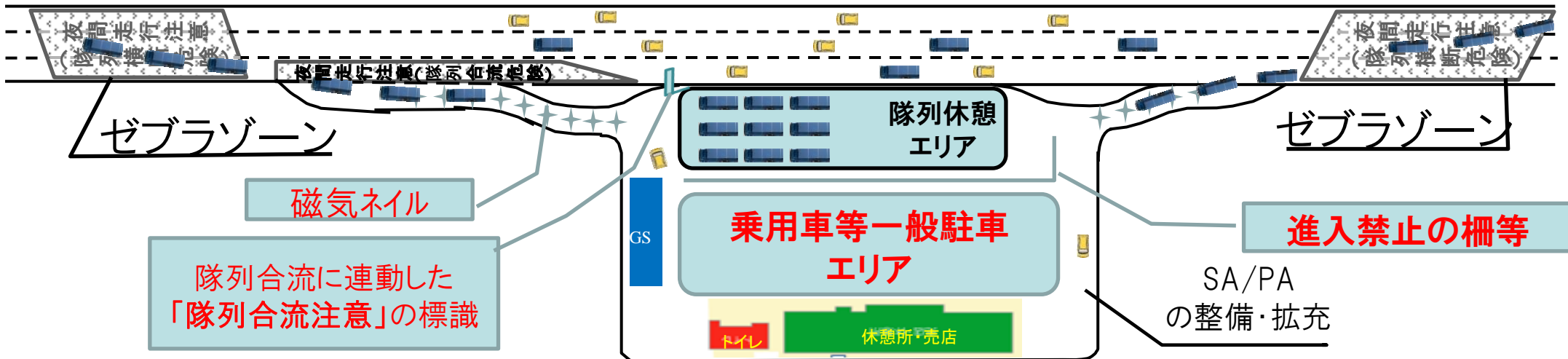
【既存のIC、SA/PA合流部通過時】



1. 既存のIC、SA/PAを最左側レーンで通過する際に、本線合流レーンに次の両方またはいずれかの処置要(中央レーン走行時は不要)
 - i. **合流レーンの加速部の延長**(全長約60m(3台隊列の場合)の隊列が70~80km/hで走行時に、合流車が加速(80km/h以上)または待機車速(50~70km/h)で本線に合流可能な長さ)
 - ii. 隊列通過を感知し、合流レーン入口部に信号灯及び停止線を設置(北米の「ランプメーターリング」のイメージ)
2. 隊列の車々間は10m程度とし、車々間への割り込みは禁止。なお、各車両には隊列であることの灯火(緑色回転灯等)によるマーカを装備する。さらに最後尾車には「全長60m追い越し注意/車両間割り込み禁止」等の警告表示。

左側合分流最右側車線走行案(ユースケース2)

【隊列形成エリア及び休憩エリアからの本線合分流部】



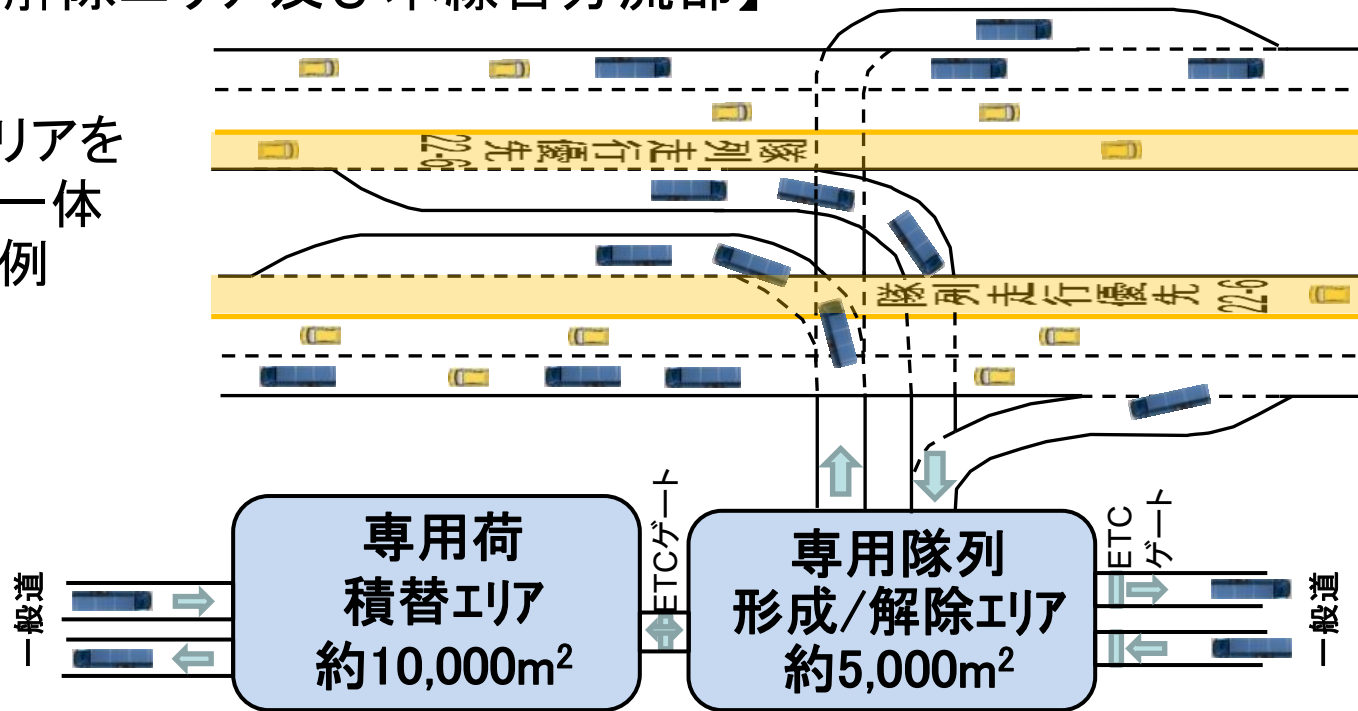
1. 既存のIC、SA/PA活用の場合、本線合分流時、Rのきつい場所での「磁気ネイル」設置 (3D Lidar及びGPS(GNSS)による先行車追従技術の進捗によっては不要)
2. 本線合流部でのゼブラゾーンによる「夜間走行注意(隊列合流危険)」等の表記
3. 合流の先あるいは分流の手前の適切な本線上の位置にて、最右側あるいは最左側へ移動するためのエリアを指定し、ゼブラゾーンによる「夜間走行注意(隊列横断危険)」等の表記
4. 緊急時退避エリアにおいて、本線に対する合分流も含め加速合流に要する相当程度の長さ要
5. 隊列の車々間間は10m程度とし、車々間への割り込みは禁止。なお、各車両には隊列であることの灯火(緑色回転灯等)によるマーカを装備する。さらに最後尾車には「全長60m追い越し注意/車両間割り込み禁止」等の警告表示。

右側合分流最右側車線走行案(ユースケース3)

隊列走行実証事業 事業環境課題検討WG議論より

【隊列形成／解除エリア及び本線合分流部】

専用エリアを
上下線一体
運用の例



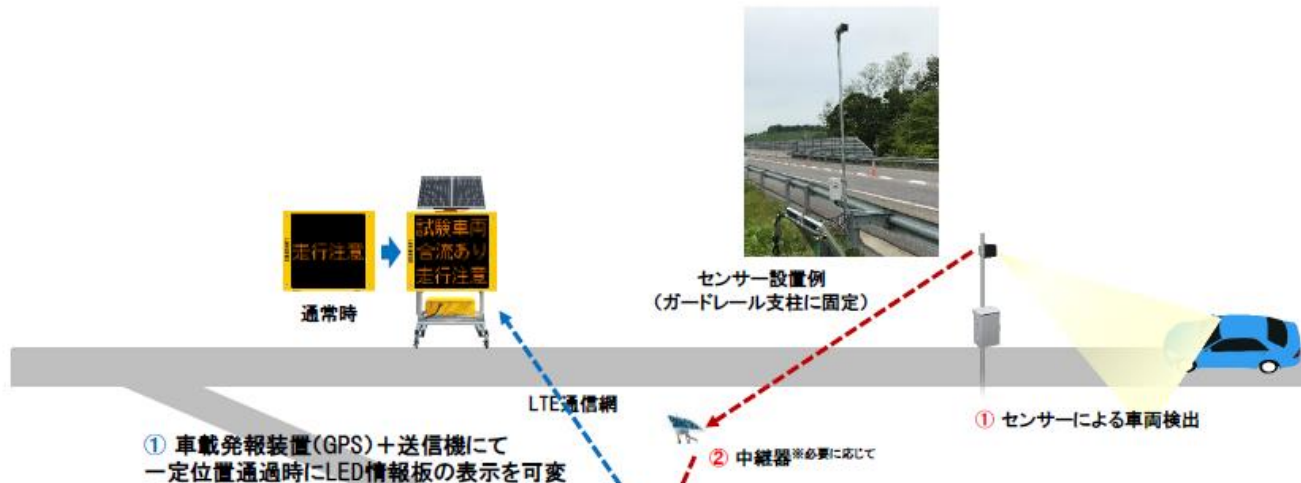
注)専用エリア所
要面積は「事業
環境課題検討
WG」による

1. 専用又は優先レーンとして最右側車線を夜間(例えば22時から翌朝6時等)の時間限定で使用。
2. 隊列形成エリアから、最右側レーンに対し、合分流の専用引き込みレーンを新設
3. 既存のSA/PA又は専用の休憩エリアを設置。同様に最右側レーンに対し、専用合分流レーンを新設。
4. 緊急時退避エリアを最長50km毎に右側に設置。
5. 隊列の車々間は10m程度とし、車々間への割り込みは禁止。

電子牽引後続車無人隊列走行時のインフラ支援の例「合流区間本線走行システム」

SA/PA及びICからの本線合流時

合流区間において、本線およびランプを走行する一般車の接近を**隊列先頭ドライバーに注意喚起**するとともに、**隊列走行車の接近を一般ドライバーに注意喚起**する。(2019年1月の公道実証で検証)



SA/PA及びIC本線通過時



インフラ側への要求機能

- **一般車検出**：本線およびランプ走行の一般車（速度）
- **一般車への注意喚起**：表示板による注意喚起表示
- **専用通信**：車両検出センサと隊列走行先頭車との通信

SAからの合流時のトラブル例

2018年12月 上信越道千曲川さかきPA



高速道路上の様々な条件

霧



雨



雪(夜間)



渋滞



車線規制

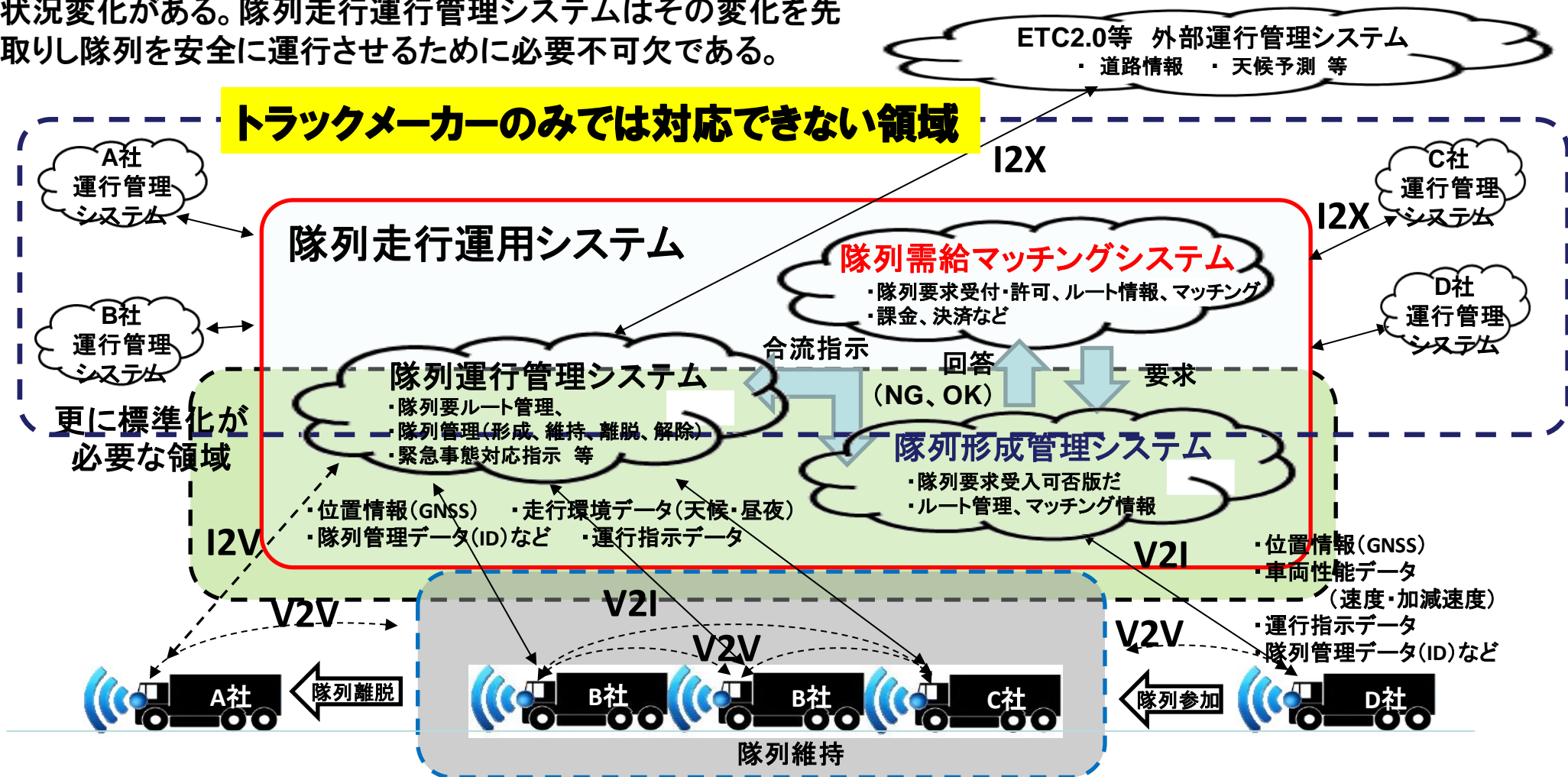


路肩車



隊列運行管理システムの構成と標準化

隊列走行の運用に当たっては、技術のみでは完結しない様々な状況変化がある。隊列走行運行管理システムはその変化を先取りし隊列を安全に運行させるために必要不可欠である。



標準化状況

- V2V :冗長 (Wi-Fi、DSRC、光) ITS Connect車車間通信メッセージ仕様
- I2V : DSRC (案) 欧州FMS 準拠
- I2X : インターネット回線 メッセージ仕様未

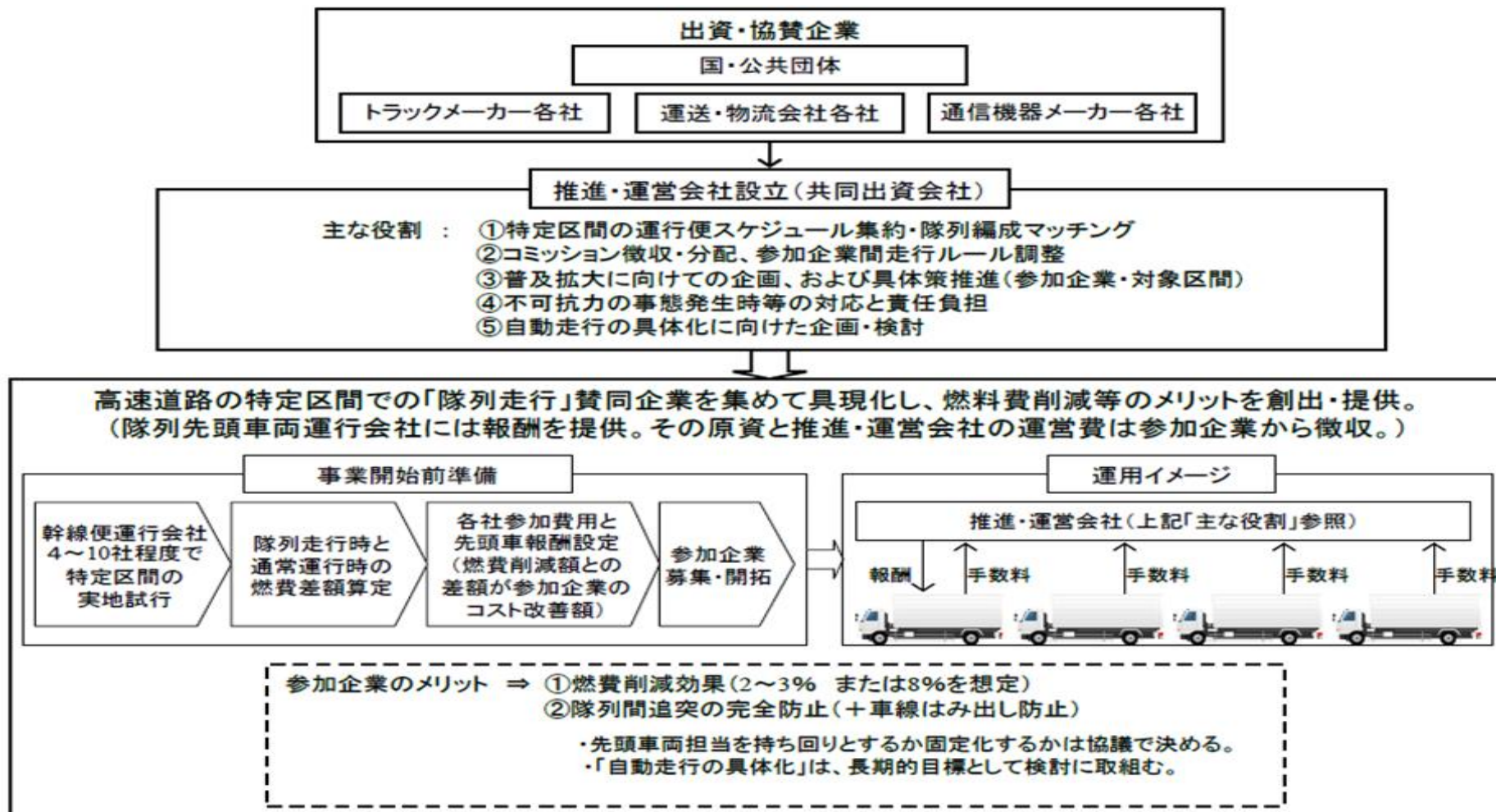
} メッセージ仕様国際標準化要
(欧州Ensemble Projectとの連携)

隊列運行管理サービスのビジネスモデル検討案

このモデルでは隊列走行により省エネ化と安全性が向上するため、単独運行より輸送コストが低減でき、この低減されたコストにより隊列走行会社の運営を行う。この結果、トータルの輸送コストは同じであるが安全性とグリーン化が図られ、社会的ニーズにも答えることができるものと期待される。

<出典>

エネルギーITS推進事業「協調走行(自動運転)に向けた研究開発 成果報告書」(平成25年3月)及び 同「事業原簿」(平成25年12月20日)： 独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 及び 一財)日本自動車研究所(JARI)



欧州での隊列走行の取り組み

EU

欧州ではオランダ政府主導による「European Truck Platooning Challenge」が2016年4月に終了し、法規対応のためのキックオフとしてEU加盟国運輸閣僚会議によるアムステルダム宣言を採択。これを受け、2017年2月に「ENSEMBLE consortium」が立ち上がった。

- ENSEMBLEプロジェクトの主な目的は2018年6月からの3年間で異なるブランドのトラックを使用する際に安全な隊列を形成し、インフラ、交通安全、交通流の影響評価を実施すること。2021年には公道でのマルチブランド隊列走行の実証実験を目指す。
- 本プロジェクトはオランダのTNO(オランダ応用科学研究機構)が主導し、欧州トラックメーカー6社 欧州部品工業会(CLEPA)、ITS Europe(ERTICO)による技術開発に加え、IDIADA(スペインの認証サービス分野の専門会社:検証と法的課題)、IFSTTAR(フランス運輸・整備・ネットワーク科学技術研究所:インフラへの影響評価、交通流、道路安全とユーザと物流の認知)、KTH(スウェーデン王立工科大学:隊列走行運行サービス研究)、VU Brussel(ブリュッセル自由大学:隊列走行の事業モデル研究)による周辺環境整備を実施。
- 最終的には2022年以降に、CACC(5.9GHzの5Gと2.4・5.0GHzのWi-Fiによる2重系)による車間18~22mの有人隊列走行のマッチング運行管理による商用化を目指している。



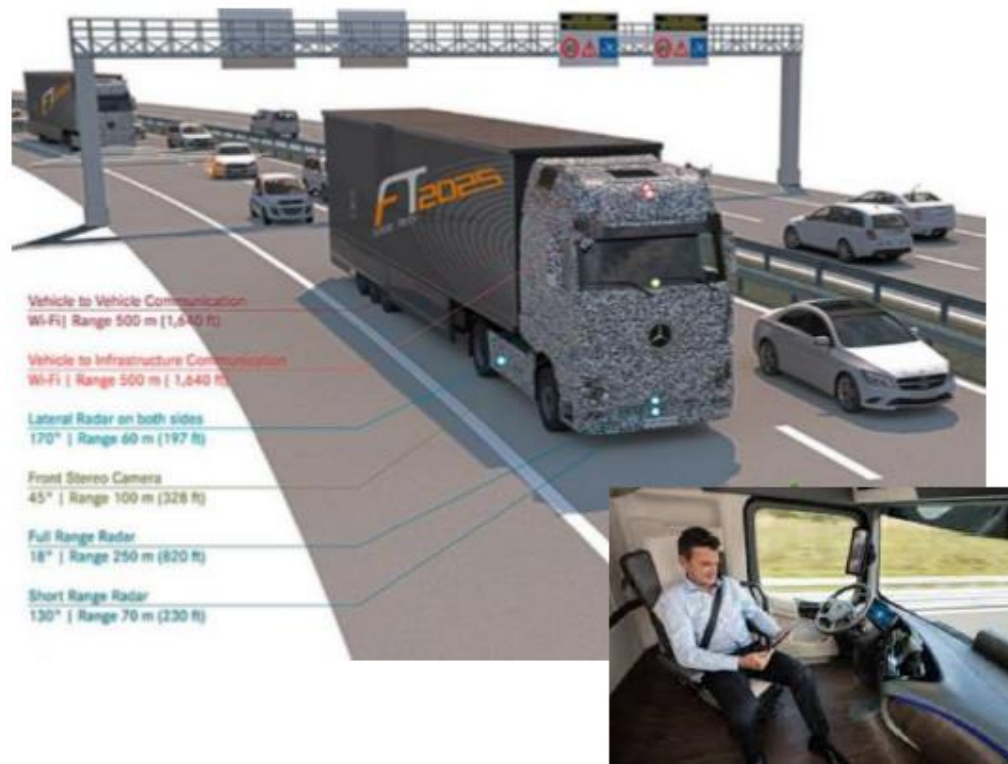
欧州での隊列走行の取り組み

民間

- Daimlerは、「Mercedes-Benz Future Truck 2025」構想の中で、後続車をレベル3とした隊列走行を実現し主にInter-State Highwayで開始する。さらに「Highway Pilot」と称するレベル4運転自動化システムを、大型トラックに搭載し、2025年の量産化を目指す。“先端を行くOEMとして、実現していく領域。”と公言。
- Volvoは、2018-19年より、レベル1に対応する商品を小規模展開し、2020年以降本格的な商業化を見込む。

さらに、2025年頃にレベル3化により交通量の少ない限定された道路にて隊列走行を展開。スウェーデンではScaniaとSweden4platooninngとして協調。

- VW Truck&Busとしては、Daimler・Volvoの動向に注力し、レベル1から3への展開を狙う。欧州ENSEMBLEプロジェクトも見据え、自社開発中心。インフラ整備など、自社開発に必要と成る分野の企業と提携(Ericson等)



米国での隊列走行の取り組み

米国政府

米国では連邦高速道路管理局(FHA)が主導し、Caltrans/PATH/Volvo/Peloton/Cambridge Systematics/Auburn University/Peterbiltの研究開発プロジェクトが進められている。2020年までのCACC+ミリ波レーダーにより、定期運行中の運送会社による慣用データを収集するための公道運用試験が行われる。

民間

- Peloton Technology社は2017年7月からOmnitracs社の運行マッチングサービスと共にCACC+ミリ波レーダーによる2台の隊列走行サービスを提供。2023年にレベル3の隊列走行商業化を目指す。
- Daimler Trucks NAは、2017年9月、オレゴン州とネバダ州の高速道路で隊列走行テストを実施した。ドライバーをサポートし、疲労軽減を図ることで、より安全な運転を後押しするのが狙い。システムは殆どPeloton Technology社と同じで全て有人が前提。
- Volvo Trucks NAはFedEx、North Carolina Turnpike Authorityと共に、CACCを用いた隊列走行の実証実験を2018年6月に実施。約100km/hで車間40mにて3台隊列を有人で実施。



中国での隊列走行の取り組み

民間

- 中国第一汽車は、2017年4月に隊列走行の初の実証実験をテストコースにて開始。その後10月に、Changchun-Shenzhen間の高速道路でトラクター3台による有人隊列の公道実証を実施。2018年4月には、山東省青島にて自動運転トラックの生産を開始。同時に2017年4月に聴衆の研究開発拠点内でレベル4の自動運転機能を持つAIシステム「UNI」のでも映像を公開し、無人隊列走行に成功したと発表。
 - － 「UNI」は走行・停車・方向転換を可能とし、さらに障害物回避、減速、緊急ブレーキ等を行う機能を備え隊列走行を可能とする。
- 福田汽車と百度は、2017年11月、上海新国際博覧センターで“スーパートラック”を発表した。このトラックはコネクテッドカーや無人商用車に関する百度と福田汽車のビッグデータ解析により開発されたレベル4自動運転機能を採用している。
- 北京図森未来（トラックの無人運転を実現する目的で2015年9月に設立）は、2017年6月に、米国カリフォルニア州での無人運転許可を取得し、7月からはカリフォルニア州で試験運転を開始。11月5日は、上海市の公道上で、3台のトラックがコンボイ走行する無人運転試験を行った。



まとめ

- 「隊列走行」の事業化は**車両技術と事業運用の両方で成立するもの**。隊列運用の仕組が無ければ、**車両は単なる高度安全支援車(Lv2)に過ぎない**。
- 実際の公道運用を想定した場合、商用車特に大型車は**自動運転の機能限界に加え、個々の車両としての性能限界が大きくかわる**。
- 現ジュネーブ協定下での無人隊列走行の前提は、所謂「電子牽引」により隊列を一車群とみなすものであるが、**これは技術論ではなく運用論に近い解釈である**。
- 「電子牽引」か否か、「後続車有人」か「後続車無人」かの組み合わせで解釈が異なる一方で、**実現するための技術には差は無い**。
- 「**電子牽引**」の車間距離は、走行速度に応じて最適な値を用いることを想定するが、「高速自動車国道」への入退出、同一車線平坦路・登降坂路走行中、車線変更時に拘らず**車間距離は変動しない**。一方、「非電子牽引」では車間距離を道路・交通環境によって調整する。
- 「**後続車無人隊列**」を想定した場合、「電子牽引」か否かに拘らず、**隊列形成・解除・休憩の用地等のインフラ整備が必須となる**。
- 米国・欧州においても政府・民間レベルの隊列走行の開発が進められているが、マルチブランドを目標に自動運転であっても有人であり、運行管理・運行マッチングシステムの導入を前提としている。