

### 3. 電子牽引による後続無人隊列走行システム

#### 3.1 活動の背景

物流量の飛躍的な増大が予測される中、物流サービスの運転者不足は、我が国経済にとって深刻な課題となりつつある。しかし自動運転車の実現により、運転者の負担を軽減したり、必要な運転者の数を減らしたりすることなどで、運転者不足の課題を解決することが期待できる。

大型トラックの領域では、複数の車両が隊列を形成して走行する「隊列走行」について検討が行われてきている。

全ての車両に運転者が乗車することを前提とした有人隊列走行では運転者の負担の軽減が期待できる。一方、先頭を走行する牽引車のみ運転者が乗車し、後続の被牽引車を無人にする「後続無人隊列走行」では必要な運転者の数を減らすことにより運転者不足の課題を解決することが期待できる。

日本政府の取り組みとして、平成 29 年 2 月 16 日 経済産業省の自動走行プロジェクト実現に向けた組みの中で、隊列走行についてのマイルストーンが示され、「官民 ITS 構想・ロードマップ」（平成 29 年 5 月 30 日）（以下、「ロードマップ」という。）の中でトラック隊列走行の実現について示された（図 3-1）。

また、第 5 回未来投資会議（平成 29 年 2 月 16 日）において、隊列走行の実現に向けた工程表として 2018 年 10 月までに国交省・警察庁において「隊列で走行する車両に係る電子牽引の要件の検討（車両基準、運転に必要な免許、走行車線等）」を行うことが示された（図 3-2 の赤線部）。

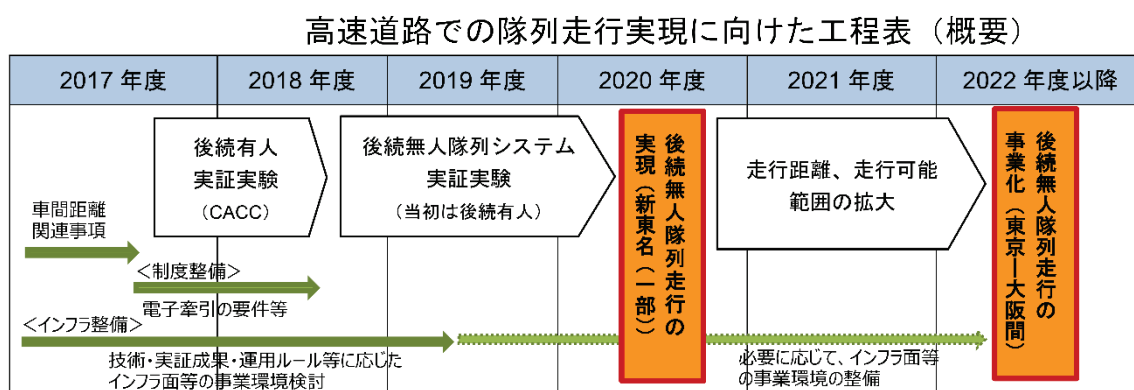
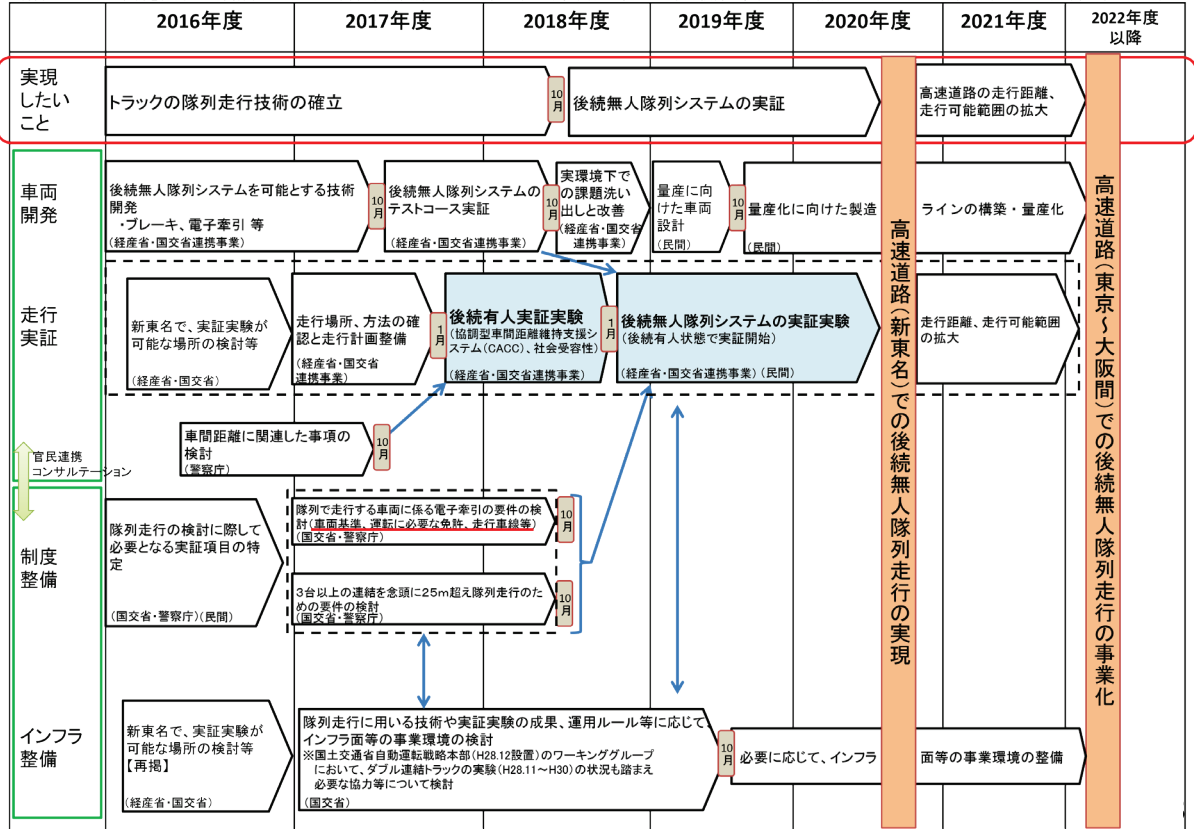


図 3-1 官民 ITS 構想・ロードマップ 2017 より

隊列走行実現に向けた主なスケジュールと課題対応

内閣官房IT総合戦略室・内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)  
内閣府地方創生推進事務局・警察庁・経済産業省・国土交通省

関係省庁は、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(事業計画含む)に応じて、以下の工程表に沿って施策を推進する。その際は、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。また、関係省庁は、2017年度の実証実現のために必要であって、事業者から提示が必要な技術や事業モデルの論点については、2017年1月中旬に整理し、民間に対して伝達。



平成 29 年 2 月 16 日未来投資会議資料より

図 3-2 隊列走行実現に向けた主なスケジュールと課題対応

3.2 検討項目と活動計画

これを受け、国土交通省では、電子連結を用いた隊列走行について技術的要件を定めた基本設計書作成の検討を開始し、平成 30 年 10 月開催予定の A S V 推進検討会で承認を得ることを目標にした。

第 6 期 A S V 自動認識技術等検討WGでの後続無人隊列走行の基本設計書の検討は、平成 29 年 4 月から実施され、平成 30 年 10 月 10 日開催の第 4 回 A S V 推進検討会で 1 次案が承認された。

この 1 次案の基本設計書に基づき、後続無人隊列の実証実験が公道で実施された。その結果をもとに、基本設計書の一部を見直した。改訂箇所は割り込み発生時の処置の項である。

この修正案が令和元年 11 月 20 日の第 6 回 A S V 推進検討会にかけられ改訂承認された(以下、承認された基本設計書を「基本設計書」という。)

なお、基本設計書は、政府のロードマップに記載されている、後続無人隊列実証試験の公道走行する際の試験車両の基本設計書となっている。

### 3.3 基本設計書の作成の流れ

対象車両が大型車でありかつ牽引車両という特殊性があるため、基本設計書作成にあたり、図 3-3 に示すとおり、日本自動車工業会（以下、「自工会」という。）大型車特別委員会の大型車技術企画検討会の下部組織である隊列走行標準化WGのサポートを得ながら推進した。

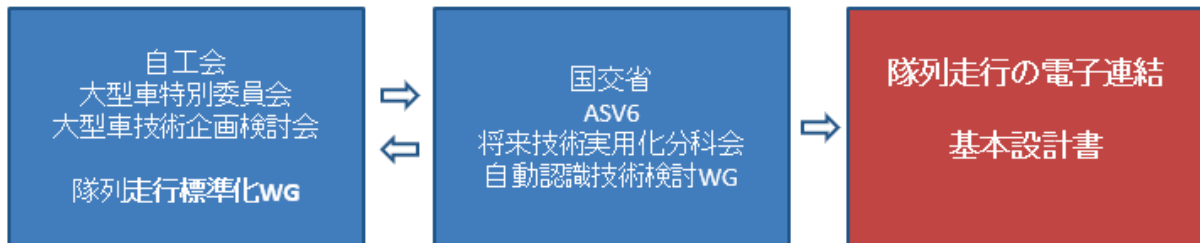


図 3-3 後続無人隊列基本設計書作成の流れ

まず、自工会隊列走行標準化WGで電子連結技術の要件について検討を行なった。後戻りリスク回避のため、自工会と国土交通省自動車局で月 1 回程度の定例打合せを開催し認識を合わせた。

次に、上記検討結果を自動認識技術等検討WGで適宜報告し審議した。

最後に基本設計書案が完成後、自動認識技術等検討WGで最終確認を行い、ASV 推進検討会へ審議を諮った。

### 3.4 後続無人隊列システム

後続無人隊列システムは、牽引車の概念を適用している。先頭車両が牽引車、後続車両を被牽引車と捉え、牽引の要件を満たせば、現行法令下でも後続無人が可能であると解釈している。

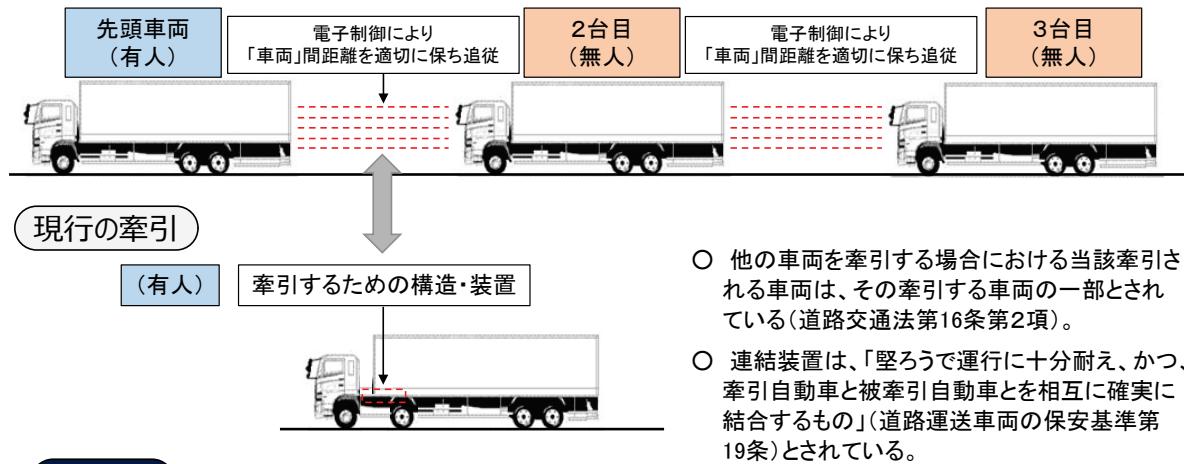
現行の牽引車両は、牽引車と被牽引は物理的に連結されているが、後続無人隊列車両は電子連結で実現され、電子牽引システムと呼ばれるものである。

牽引車と被牽引車の電子連結（車車通信）は堅牢である必要がある。

図 3-4 に現行の牽引と電子牽引システムの実現イメージを示す。

## 現行の牽引と電子牽引システムの実現イメージ

### 実現イメージ



### 前提

- ・ 隊列を形成する「車両」間の連結(通信)は、堅ろうである。
- ・ 先頭車両と後続車両を一群と捉える(先頭車両の運転者が後続車両を含む全体の運転者となる)。
- ・ 隊列は高速自動車国道上で走行する。

図 3-4 現行の牽引と電子牽引システムの実現イメージ

以下に後続無隊列走行システムの要となる、隊列の維持・走行、割り込み車の対応及び牽引車両の運転者の支援、システムの限界、故障、異常の処置について概要を解説する。

### 3.5 電子牽引による後続無人隊列走行システム基本設計書

#### 3.5.1 適用範囲

##### (1) 車両

GVW12 トン超の貨物車に適用する。

##### (2) 道路

高速自動車国道に適用する。

当面外乱の少ない高速道路内(いわゆる高規格の高速道路。都市高速は除く)での運用を想定した。技術が進化し、適用範囲が一般道に拡張される事を制限するものではない。

#### 3.5.2 用語の定義

用語の定義は以下のとおりとした。

(1) 電子連結

物理的な連結の代わりとして、電子制御により車両間を一定の距離に保つ技術。例えば牽引車の車速や加減速度、位置情報を無線通信で送受信し、被牽引車が電子制御によって牽引車へ追従する技術。

(2) 電子牽引

電子連結のうち、隊列車群の後続車両が、自律走行を行わずに牽引車に追従して走行する技術。

(3) 牽引車

隊列車群の先頭を走行する車両で、運転者により運転される車両。高度運転支援機能が適用される場合がある。

(4) 被牽引車

牽引車の後方を走行する車両。被牽引車は自動運転車ではない。

(5) 後続無人隊列

有人の牽引車と、電子牽引される1台または複数台の無人の被牽引車から構成される隊列車群。

(6) 隊列車群

電子連結により結合された牽引車と1台または複数台の被牽引車から構成される隊列。

(7) 隊列車群形成

高速道路のサービスエリアやパーキングエリアまたは専用の隊列車群形成エリア等の隊列車群形成場所において、停止状態の複数車両が電子連結により隊列車群を形成する。

(8) 本線合流

隊列車群が隊列形成場所から発進し、共用または専用のランプ（進入路）を経て高速本線に進入すること。

(9) 本線走行

高速本線に進入した隊列車群が本線を走行すること。同一車線内の走行に加え、道路仕様や交通状況、障害物や危険回避のための車線変更を含む。

(10) 割り込み

本線走行する隊列車群の車両間に隊列車群を構成する以外の車両が進入すること。

(11) MRM (Minimal Risk Maneuver)

隊列維持が困難な場合に、自動で隊列車群を停止させ、最小リスク状態を達成するための機能。MRM が一旦作動した場合には、再び縮退運転や通常運転に移行しない。

(12) 縮退運転

MRM を即座に作動させることが円滑な交通流の確保または安全の確保の観点から望ましくない場合、一部機能や速度等を制限しながら隊列走行を維持すること。縮退運転から通常運転への復帰は可能。縮退運転のイメージ図を図 3-5 に示す。

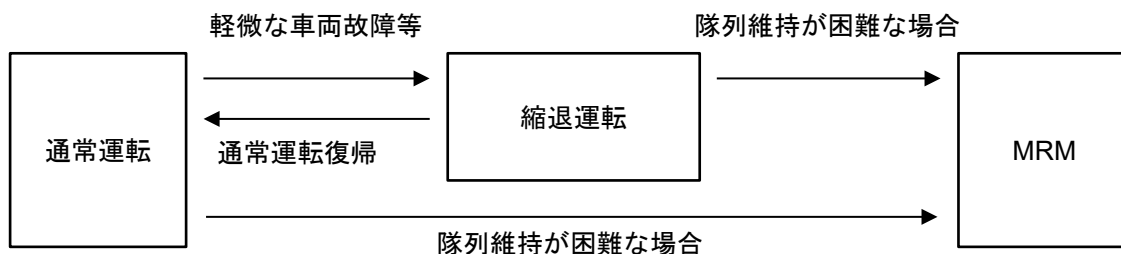


図 3-5 縮退運転

(13) 本線退出

本線走行している隊列車群が、サービスエリアやパーキングエリアまたは隊列解除エリアに向けて本線と接続された共用または専用のランプ (退出路) に退出すること。

(14) 隊列車群解除

高速道路のサービスエリアやパーキングエリアまたは隊列解除エリア等の隊列解除場所において、停止した隊列車群を構成する車両が電子連結を解除し、個々の車両として走行できる状態になること。

(15) システム作動限界

システムは正常に作動しているが、環境等の影響で十分な性能が発揮できない状況のこと。

(16) システム故障

システムが機能しない状況のこと。

### 3.5.3 基本設計書における電子牽引による後続無人隊列走行システム的前提

基本設計書に記載した電子牽引による後続無人隊列走行システム的前提について

以下に示す。

- (1) 電子牽引による後続無人隊列走行システム（以下、「本システム」という。）では、有人の牽引車の後方に1台または複数台の無人の被牽引車を電子的に連結して走行する。電子的な連結とは車両間を通信等により接続するもので、物理的な連結は存在しない。
- (2) 本システムは高速道路上での運用を想定する。すなわち、複数の車両が通常の運転により、高速道路と進入路・退出路と接続されたサービスエリアやパーキングエリアまたは専用の隊列形成エリア等まで走行し、隊列を形成するために用意される隊列形成エリアで車両間は牽引車の運転者の操作により電子的に結合され隊列車群を形成する。
- (3) 一旦隊列車群が形成されると、隊列車群が解除されるまで、被牽引車は牽引車と適切な車間距離、横方向位置を保ちながら走行する。
- (4) 本システムを構成する被牽引車は自動運転車ではない。
- (5) 隊列車群の安全運行は基本的に牽引車の運転者の責任による。
- (6) 隊列車群は流入路を走行して高速道路本線に流入する。（隊列走行の専用車線は想定していない）
- (7) 本線の車線数に変動する場合や、登坂車線、分岐等、障害物が存在する場合等においては牽引車の運転者の安全確認により車線変更を行う場合がある。
- (8) 電子牽引であるため、隊列車群の車両間に他の車両が侵入することは基本的に想定しない。
- (9) 目的地に到達したらサービスエリアやパーキングエリアまたは専用の隊列解除エリア等に退出路を経由して退出し、隊列を解除するために用意される隊列解除エリアに停止する。この状態で車両間は牽引車の運転者の操作により電子的な連結が解除され隊列車群を解除する。隊列車群を解除した車両は通常の車両として運転者により運転される。

#### 3.5.4 基本設計書の位置づけ

基本設計書は、電子牽引による後続無人隊列走行システムの設計を行う際に必要な技術的要件や配慮すべき事項等をまとめたものである。

#### 3.5.5 電子牽引による後続無人隊列走行システムの機能

隊列走行とは、車両を電子連結技術により一体に制御し、複数台のトラックが隊列車群を構成して走行するものをいう。このうち電子牽引による後続無人隊列走行システムは、運転者が乗車する牽引車の後方に1台または複数台の無人の車両が、あたかも牽引されているように追従し、隊列として走行する。牽引車の発進、停止や車線変更等の操作時も分離することなく隊列として走行する。被牽引車は隊列車群を構成中は個々の自律運転機能を有さない。

### 3.5.6 基本設計書の構成と概要

後続無人隊列走行システム基本設計書の記載概要を図 3-6 に示す。

図 3-6 中の括弧内の数字は、資料編の資料 5 - 2 に添付した電子牽引による後続無人隊列走行システム基本設計書の章節項の番号を示している。

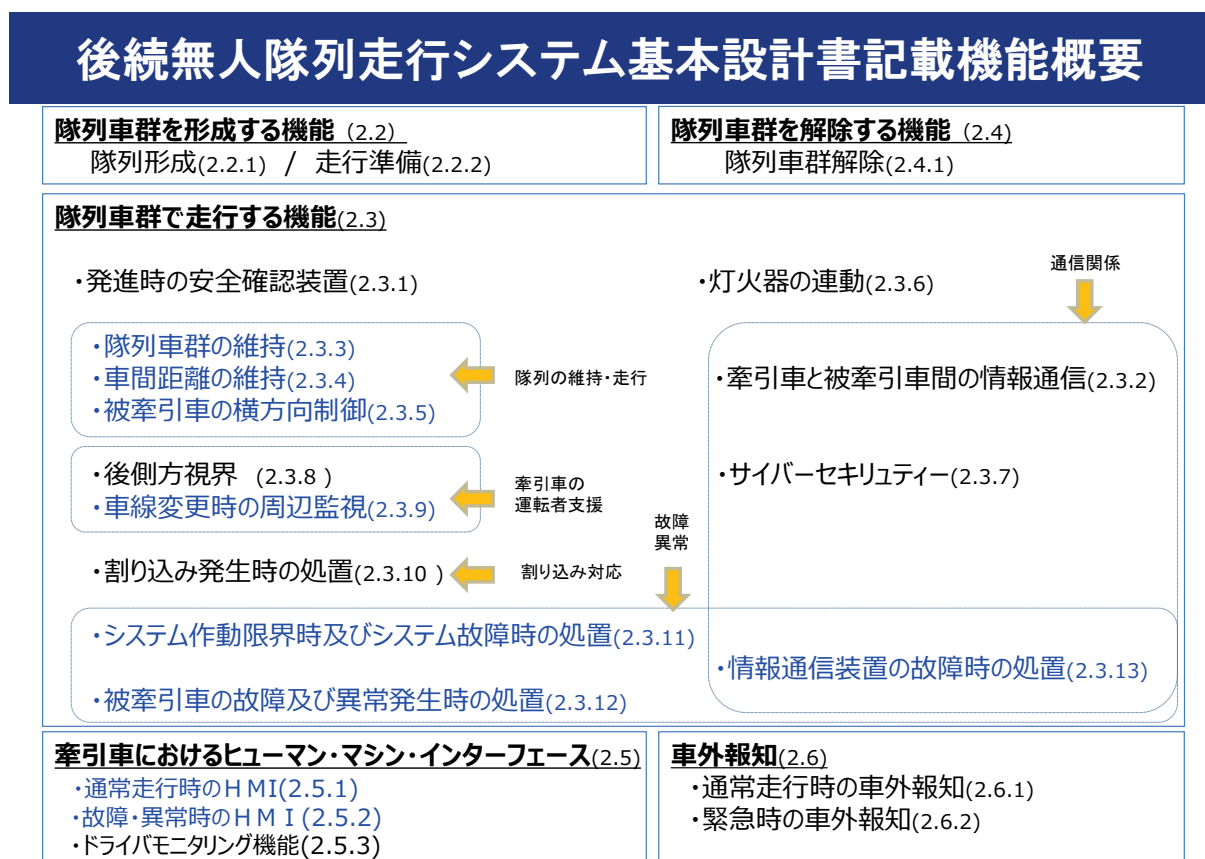


図 3-6 基本設計書に記載している機能概要

以下に後続無隊列走行システムの中核となる、隊列の維持・走行、割り込み車の対応及び牽引車両の運転者の支援、システムの限界、故障、異常の処置について解説する。

#### 3.5.6.1 隊列の維持・走行

隊列車群の維持（基本設計書の 2.3.3 節）に関しては、隊列車群維持すなわち電子牽引の要となる車車間通信の要件として、天候、車両の走行条件にかかわらず堅牢で運行に十分耐えるものであること、他との混信しない配慮を要件とした。

堅牢で運行に十分耐えうる通信システムとは、通信途絶を回避するため、例えば、多重通信系を有した通信システムのことである。

##### (1) 車間距離の維持

車間距離の維持（基本設計書の 2.3.4 節）については、後続無人隊列は電子牽引で



走行であるので、周辺車両に割り込まれないこと、かつ牽引車が急制動をかけた場合又は牽引車の衝突被害軽減ブレーキが作動した場合でも安全に停止できる車間距離である事を前提にしている。要件として、車間距離を保つ機能を有し、車間距離の上限を 10m とし、車間変動は最小であること、渋滞時、低速時に割り込まれない下限距離も設定した。図 3-7 に速度と車間距離の関係のグラフを示す。

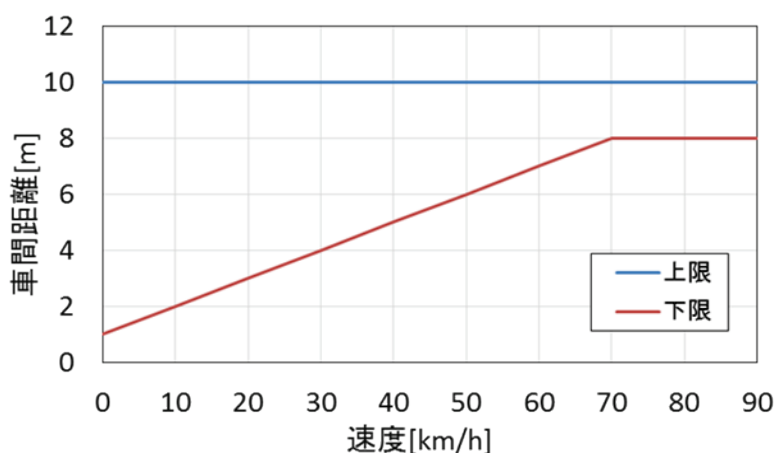


図 3-7 速度と車間距離の関係

## (2) 隊列車群の横方向制御

隊列車群の横方向制御については、被牽引車両の横方向制御（基本設計書の 2.3.5 節）で要件を記述した。

隊列車群の被牽引車は牽引車の横方向の動きを追従する機能及びそれを認知できる機能を有し、牽引車の軌跡に対する被牽引車の横方向の誤差は±50cm 以内でなければならない（本線合流時及び本線退出時における右左折を除く）ことを要件とした。

これは、高速道路の車線幅が 3.5m～3.75m 程度であること、大型トラックの全幅が 2.5m 程度であることから、牽引車が車線中心を走行した場合に、被牽引車が車線をはみださないため、横方向の誤差としては±50cm が一つの基準になると考えた。

### 3.5.6.2 割り込み車の対応

電子牽引システムの懸念事項である被牽引車前方の割り込みに対しては、割り込み発生時の処置（基本設計書の 2.3.10 節）で、割り込みの車両の検知機能、割り込み情報の牽引車への情報通信機能、牽引車は警報などにより運転者へ縮退運転を促す機能※、割り込み車両の安全な離脱を促す機能、割り込み車両離脱後に通常運転に復帰させることを要件とした。

※改訂部位（令和元年 11 月 20 日）

縮退運転は自動的に一定の速度に制限する機能を有するとしていたが、自動的に速度を落とすことの弊害も考えられるので、警報などにより運転者に縮退運

転を促すための機能を有していることとし要件を変更した。

また、周辺車両に隊列車群で走行している事を認識させ、割り込みを防止する手段としての車外報知（周辺車両への HMI）（基本設計書の 2.6 節）を記述した。通常走行時の車外報知（基本設計書の 2.6.1 節）では、隊列車群であること、車群の最大全長、隊列車間への割り込み禁止を表示すること要件とした。また、緊急時の車外報知（基本設計書の 2.6.2 節）では、MRM やドライバー異常時対応システムの作動時に、周辺車両に報知する機能を有すること及び割り込み車に対し、離脱を促す報知機能を有することを要件とした。

### 3.5.6.3 牽引車両の運転者の支援

牽引車のドライバー支援として、後側方視界（基本設計書の 2.3.8 節）、車線変更時の周辺監視（基本設計書の 2.3.9 節）及び、牽引車におけるヒューマン・マシン・インターフェースとして、通常走行時の MHI（基本設計書の 2.5.1 節）、故障・異常発生時の HMI（基本設計書の 2.5.2 節）及びドライバーモニタリング機能（基本設計書の 2.5.3 節）を要件として記述した。

#### （1）後側方視界

後側方視界（基本設計書の 2.3.8 節）に関しては、隊列車群を一車両と見なし後側方の視界を確保しなければならないことを前提に、被牽引車の後側方の状況をカメラ等で撮影した映像を情報通信機能で送信し、牽引車のモニターにわかりやすく表示する事を要件とした。

検知範囲は、道路運送車両の保安基準第 44 条と「間接視界に関する協定期則（第 46 号）」に定める視界の範囲の規定を満たすものとした。

#### （2）車線変更時の周辺監視

車線変更時の周辺監視（基本設計書の 2.3.9 節）に関しては、車線変更時において各センサーで周辺車両、障害物等を検知する範囲は、協定期則第 79 号（同規則第 3 次改訂版の規則 5.及び 6.に限る。）のうち自動車線変更機能に係る技術的要件に規定された範囲を検知できる機能を有することを要件とした。

被牽引車から、情報通信機能により周辺監視情報を牽引車へ送信し、牽引車の運転席に設置した、モニターで隊列車群の周辺車両情報を認識できること及び検知情報や自車速度などから、安全に車線変更できるかどうかを判断する機能を有することとした。

また、「安全に車線変更できると判断できない場合」にも牽引車の運転者へ警報することも含めている。

#### 3.5.6.4 システムの限界、故障、異常時の処置

システムの限界、異常、故障については、システム作動限界時及びシステム故障時の処置（情報通信装置を除く）（基本設計書の 2.3.11 節）、被牽引車の故障及び異常発生時の処置（基本設計書の 2.3.12 節）、情報通信装置の故障時の処置（基本設計書の 2.3.13 節）で記述した。

##### （1）システム作動限界時及びシステム故障時の処置（情報通信装置を除く）（基本設計書の 2.3.11 節）

本システムは、当該システムの作動状況を監視する機能を有し、システムの作動限界の検知及び故障検知を行い、また、該当事象が発生した場合でも、車両として本来の機能（まがる、とまる、はしる）に影響を及ぼさないように配慮することとした。

さらに、牽引車は、該当事象が発生した場合、自動的に車速を一定の速度以下に制限するなどの縮退運転を行う機能を有していることが望ましいとし、さらに、被牽引車は、該当事象が発生し隊列維持が困難である場合に作動する **MRM** を有することを要件とした。

なお、システム作動限界時及び故障時には、牽引車の運転者の操作により隊列の安全を確保することが基本であり、運転者が本システムの状態を正確に把握できることが前提であるとした。

縮退運転は、牽引車の運転者が車速を落とすことでも同様の対応が可能であるが、安全確保の観点から、牽引車に当該機能を有することが望ましいとした。

##### （2）被牽引車の故障及び異常発生時の処置（基本設計書の 2.3.12 節）

被牽引車が、本システム以外の車両としての機能（まがる、とまる）が故障した場合や異常（タイヤのパンク、車両火災等）を検出した場合の処置について規定し、被牽引車は、隊列維持が困難になるような故障及び異常が発生した場合に作動する **MRM** を有していることを要件とした。

なお、該当事象が発生した場合、運転者の操作により隊列の安全を確保することが基本であり、可能な限り隊列を維持できるようなシステム構成とする必要がある。

##### （3）情報通信装置の故障時の処置（基本設計書の 2.3.13 節）

牽引車と被牽引車との通信について規定した。

本システムは、システムの通信状況を監視する機能を有し、当該機能により通信装置の故障を検知できること、また、一部の通信手段のみに故障が発生した場合には、故障がない通信手段を用いて、当該システムの機能を継続させること、さらに、被牽引車は、全通信手段の遮断等、隊列維持が困難になるような故障が発生した場合に作動する **MRM** を有していることを要件とした。

### 3.6 電子牽引による後続無人隊列走行システム基本設計書の目次

最後に資料編の資料5-2に添付している電子牽引による後続無人隊列走行システム基本設計書の目次を示す。

#### 目次

1. はじめに
  - 1.1 電子牽引による後続無人隊列走行システム
  - 1.2 基本設計書の位置づけ
  - 1.3 電子牽引による後続無人隊列走行システムの機能
  - 1.4 適用範囲
  - 1.5 用語の定義
2. 機能の概要
  - 2.1 本システムの機能
    - 2.1.1 システムの信頼性
  - 2.2 隊列車群を形成する機能
    - 2.2.1 隊列車群形成
    - 2.2.2 走行準備
  - 2.3 隊列車群で走行する機能
    - 2.3.1 発進時の安全確認装置
    - 2.3.2 牽引車と被牽引車間の情報通信
    - 2.3.3 隊列車群の維持
    - 2.3.4 車間距離の維持
    - 2.3.5 被牽引車の横方向制御
    - 2.3.6 灯火器の連動
    - 2.3.7 サイバーセキュリティ
    - 2.3.8 後側方視界
    - 2.3.9 車線変更時の周辺監視（合流時を含む）
    - 2.3.10 割り込み発生時の処置
    - 2.3.11 システム作動限界時及びシステム故障時の処置（情報通信装置を除く）
    - 2.3.12 被牽引車の故障及び異常発生時の処置
    - 2.3.13 情報通信装置の故障時の処置
  - 2.4 隊列車群を解除する機能
    - 2.4.1 隊列車群解除
  - 2.5 牽引車におけるヒューマン・マシン・インターフェース（HMI）
    - 2.5.1 通常走行時の HMI
    - 2.5.2 故障・異常発生時の HMI
    - 2.5.3 ドライバーモニタリング機能
  - 2.6 車外報知（周辺車両への HMI）

2.6.1 通常走行時の車外報知

2.6.2 緊急時の車外報知

3. 特記事項

3.1 インフラ側での対応

3.2 隊列走行の運転者への周知

3.3 割り込み防止の措置

3.4 社会的周知（キャンペーン等）

3.5 その他

3.5.1 事故時要因解析のための装置

3.5.2 運行管理