

# TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

欧州におけるトラック隊列走行に関する取り組みの  
現状

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-08-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 渡部, 大輔 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/2189">https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/2189</a>

JOURNAL OF LOGISTICS AND SHIPPING ECONOMICS No.54

海運経済研究第54号抜刷

[統一論題]

## 欧州におけるトラック隊列走行に関する 取り組みの現状

渡部大輔  
(東京海洋大学)

Japan Society of Logistics and Shipping Economics

日本海運経済学会

2020

[統一論題]

# 欧州におけるトラック隊列走行に関する 取り組みの現状

渡部 大輔  
(東京海洋大学)

*Summary: In recent years, many efforts for the development of truck platooning have been made for the improvement of road freight transport in Europe including the trials with manned trucks to follow. In this study, we conducted interview surveys on truck platooning with policymakers, research institutes, truck manufacturers, and logistics companies in Europe and summarized the trend of research and development, and feasibility of the trials of truck platooning. We also summarized some suggestions for policymakers related to the implementations of truck platooning in Japan.*

## I はじめに

近年欧州では、増加し続ける貨物輸送需要とドライバー不足が深刻化する中、自動運転の技術開発が積極的に進められてきた。自動運転の一種であるトラックの隊列走行については、1990年代より主要トラックメーカーにより後続車有人を前提とした技術開発が行われてきた。そして、欧州主要トラックメーカー6社による大規模な越境輸送での実証実験やメーカー間の標準仕様の策定に関する研究開発が実施されるとともに、ドイツやイギリスなどでは物流企業を巻き込んだ大規模な公道実証実験が実施されている。こうしたなか、我が国においても、2017年から高速道路での後続車有人の実証実験が続けられる一方、後続車無人の実現に向けたインフラ整備や法規制などの検討が行われている<sup>1)</sup>。

本研究では、我が国における隊列走行の導入を念頭において、欧州における先行事例について、現在の検討状況、本格実施に向けた課題などについて調査を行い、日欧比較を通じて今後の我が国における物流施策に対する示唆をとりまとめた。これまでに日米欧を中心とした世界的な実用化の動向<sup>2), 3)</sup>が紹介されてきたが、本研究は欧州を対象として政策担当者及び研究機関、トラックメーカー、物流企業へのヒアリングをもとにした現状把握と政策提言に新規性があると考えられる。

## II 欧州におけるトラック隊列走行の現況

### 1 隊列走行の概要

トラック隊列走行とは、電子牽引による複数台トラックの隊列の形成を表しており、隊列中の後続車両は、運転手のいる先頭車両の制動、加速、操舵等の挙動を自動的に再現することが可能

- 
- 1) 豊田通商株式会社『平成29年度高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業（トラックの隊列走行の社会実装に向けた実証）報告書』, 2018。
  - 2) 青木啓二：自動運転車の開発動向と技術課題：2020年の自動化実現を目指して、情報管理, 60(4), pp.229-239, 2017。
  - 3) 鈴木尋善：トラック隊列走行の最新動向, *JARI Research Journal*, JRJ20191202解説, pp.1-5, 2019。

となる<sup>4)</sup>。その際、協調型車間距離制御システム(CACC: Cooperative Adaptive Cruise Control)を用いることで、車間時間を0.3秒程度まで短くすることが可能となる。これは、人間(通常時):1.5秒、人間(渋滞時):1秒、自動運転:2~3秒と比べてもかなり短いことが分かる。隊列走行の主なメリットは、表1のようにまとめることができる。

これまで欧州において、表2のように様々な実証実験が行われてきた。特に、2016年に実施されたEuropean Truck Platooning Challenge (ETPC)は、オランダ政府(社会基盤・環境省、運輸局)と欧州道路管理者会議(CEDR)が主導し、スウェーデン、デンマーク、ドイツからオランダ・ロッテルダム港に向けて、各国の高速道路を2~3台のトラックの隊列走行を行った大規模な公道での実証実験である。関係各国では、高速道路における大型トラックの自動走行の規制緩和が実施され、車間時間などの規制値が設定された。更に特筆すべき点として、欧州における主要トラックメーカー6社(DAF Trucks, DAIMLER, IVECO, MAN, Scania, VOLVO Trucks)が参加し、共同で成果をアピールしたことが挙げられる。隊列走行の商業化実現に関するロードマップでは、2022年には異なるメーカーのトラック(マルチブランド)による隊列走行(後続運転手は待機状態、SAEレベル2まで)をEUの高速道路上で実現することを想定している<sup>5)</sup>。

表1 隊列走行のメリット<sup>4)</sup>

項目	内容
燃料消費量	先頭車両8%, 後続車両13%削減(車間時間0.3秒の場合)
労働費	ドライバーの効率性最適化(運転/休憩時間)
資産活用最適化	トラック待機時間の削減, 効率性向上
道路容量最適化	混雑減少 交通流の効率性増大
交通安全	交通事故の90%が人的ミス
環境保護	ディーゼル車の走行距離削減による改善(CO <sub>2</sub> 排出量 2.6kg/L)

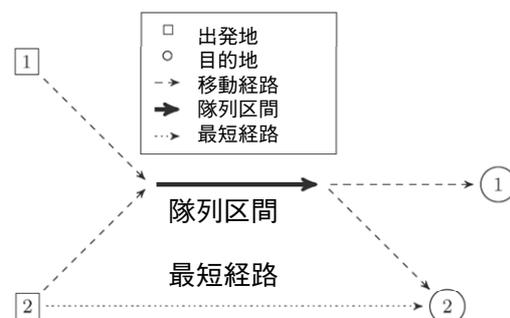
表2 欧州における主な実証実験と対象

年	地域	名称	台数	車間距離
1996-04	EU	CHAUFFEUR	2, 3	6-12m
2005-09	EU	KONVOI	4	10-15m
2009-12	EU	SARTRE	2	6m
2013-16	EU	COMPANION	2, 3	10m
2015-16	EU	European Truck Platooning Challenge (ETPC)	2, 3	10-30m
2017-19	ドイツ	MAN, DB Schenker	2	12-15m
2018-19	スウェーデン	Sweden4Platooning	2	20m
2018-21	EU	ENSEMBLE	2	6-18m
2018-	フィンランド	Scania, Ahola	3	
2018-20	イギリス	Helm-UK (TRL, DAF, DHL)	3	

## 2. 隊列走行の運用システム

模式的な2台による隊列走行は図1のように表現することができる。お互いに出発地も目的地も違うトラックが隊列走行を行うために、隊列形成地点への遠回りや待ち合わせをした上で、ようやく隊列解除地点まで隊列走行を行うことが可能となる。このように、隊列を行うトラックのマッチングやスケジュールの調整など様々な調整を行う必要がある。

そのために、隊列形成のための物流会社や荷主各社間の仲介者として「隊列サービスプロバ

図1 2台隊列の模式図<sup>6)</sup>

4) Janssen, R., Zwijnenberg, J., Blankers, I. and De Kruijff, J., "Truck Platooning-Driving the Future of Transportation", TNO 2014 R11893, 2015.

5) European Automobile Manufacturers' Association (ACEA), "EU Roadmap for Truck Platooning", 2017.

イダ」(Platooning Service Provider : PSP) の存在が必要となる<sup>4)</sup>。PSPは、物流会社各社から詳細な運行予定やスケジュール、ダイヤグラムを入手し、隊列形成のマッチングを行った上で、隊列形成による利益の公平配分（燃料・労務費などの削減の効果）を行う。求貨求車システムと類似した機能を有していることから、共有情報と秘匿情報（貨物種類や荷主など）の区別が重要となり、参加企業間の信頼関係を築き、管理業務を担当することが重要である。

トラックの移動情報を元に隊列走行計画を作成する際、まず移動計画（出発地、到着地、最も早い出発時間、最も遅い到着時間、トラックの特性を考慮）を立てたうえで、隊列走行計画（隊列走行するトラックの組合せ、隊列走行をする場所と時間、隊列走行の経路、隊列内のトラックの順番）を立てることとなる。隊列の形成方法としては、表3のような3種類が挙げられている。初期段階では事前隊列計画から始まり、普及に伴いマッチングが容易となることから、リアルタイム隊列形成、機会的隊列形成へとバリエーションが増えていくものと期待されている。

表3 隊列形成方法<sup>6)</sup>

名称	内容
事前隊列計画	全てトラック移動情報は出発前に発表され、全ての隊列計画は事前に作成される。
リアルタイム隊列形成	出発直前や運行中のトラック移動情報が発表され、その段階で隊列が形成される。
機会的隊列形成	互いに近くに走行しているトラックが、計画を立てることなく道路上で動的に隊列を形成される。

### III 欧州におけるトラック隊列走行に関するヒアリング調査

#### 1. 調査の概要

欧州におけるトラック隊列走行の取組や技術開発の動向に関する最新の情報を得るため、政府機関、研究機関が公表する文献の調査や、研究機関、トラックメーカー、物流企業を対象としたヒアリング調査を実施した。情報収集を行った相手先、調査概要は表4に示すとおりである。以下に調査で得られた情報の概要を紹介する。

表4 欧州における現地ヒアリング調査

国	団体・機関名	業種	時期	調査内容
スウェーデン	スカニア	トラックメーカー	2018年4月	自動運転に関する技術開発の現在の状況、企業としての今後の技術開発の方向性
	スウェーデン王立工科大学 (KTH)	研究機関 (大学)	2018年4月	隊列走行に関する研究内容や隊列走行の実現における課題
オランダ	オランダ応用科学研究機構 (TNO)	研究機関	2018年9月	隊列走行プロジェクト (EcoTwin, ENSEMBLE) の実施内容
	European Truck Platooning Challenge (ETPC) 事務局	政府機関	2018年9月	隊列走行プロジェクト (ETPC) の実施内容
ドイツ	ドイツ鉄道 (DB)・DBシェンカー	物流事業者	2018年9月	隊列走行プロジェクト (EDDI) の実施内容

#### 2. 隊列走行に関する車両制御技術の開発（トラックメーカー：スカニア）

スウェーデンでは隊列走行に関する実験開発が官民を挙げて実施されている。スカニアが主導したプロジェクトである Companion (2013～2016年) には、欧州域内の6研究機関が参画し、車両の制御、隊列のマッチングなどのシステム開発が行われた。スウェーデン政府が現在実施中のプロジェクト (Sweden4Platooning) では、車車間通信、路車間通信、ヒューマンインターフェースの融合を通じた前後方向の制御 (SAEレベル1～2) 技術の開発を行っている。また、今後、ボルボ (トラックメーカー)、DBシェンカー (物流企業) と連携して、半自動運転 (先頭車両のみ運転作業をする運転手、クラウドによる情報交換) の公道実験を行う予定である。

スカニアは、鉱山用ダンプの自動化 (2018年) に始まり、高速道路上の隊列走行 (2019年)、

6) Bhoopalam, A.K., Agatz, N. and Zuidwijk, R., "Planning of truck platoons: A literature review and directions for future research" *Transportation Research Part B*, Vol.107, pp.212-228, 2018.

公共交通・都市内物流への自動運転の導入（2022年）という順番で、段階的に自動運転技術の開発を進めている。隊列走行は、鉱山用ダンプとは異なり、車両の運用形態が複雑であり、関係企業が多岐にわたる。そのため、スカニアは、メーカーとして車両の運行管理やメンテナンスなどに特化し、隊列走行の実施時に必要な物流企業同士のマッチング、荷物と車両のマッチングなどのシステム開発は物流企業が行うべきと考えている。研究開発においては、他の企業や大学との共同プロジェクトも多く、スウェーデン王立工科大学（KTH）との隊列形成・運用システムの研究、エリクソンとの通信規格（5G）の研究、ヒア（ドイツ）と高精度地図の研究などがある。

### 3. 隊列形成・運用システムの研究開発（大学：スウェーデン王立工科大学（KTH））

KTHではこれまでにCompanion, iQFleet, 現在はSweden4Platooning, ENSEMBLEなど複数のプロジェクトに参加し、主に隊列形成時のトラックのマッチング、運行ルートやスケジュールの調整に関する研究を行ってきた。最近の研究の一例として、隊列形成時のトラックの待ち時間とマッチング確率の関係を分析した研究が挙げられる。スカニアのトラックプローブデータ（サンプル数は8,000台）を用いたシミュレーションから、待ち時間が30分程度の場合に40～50%の確率で隊列を組むことができ、待ち時間が長くなるほどその確率が上がるとの結果が得られている。

今後、小型自動車は自動運転、トラックは隊列走行が主流になると予想している中、トラック隊列走行の導入・普及に向けてはシステム面、インフラ面、車両面で下記のような課題が挙げられる。システム面では、マルチブランド化や国際標準化として、物流データ・運行データなどの企業間での情報秘匿、企業間でのデータの利用・分析方法の違い、メーカー間での車両規格の相違、国同士での規制・制度の違いが存在する中で、標準化をいかに進めるかが重要である。インフラ面では、隊列走行時とそれ以外の走行時を含め、トラックが適切な運行ルートを選択できるような仕組の構築が重要である。車両面では、隊列走行に適したトラックの形状の研究、隊列走行時の車両の加減速の頻度とエンジンへの負荷に関する研究が重要である。

### 4. 隊列走行時の車両制御技術の開発（研究機関：オランダ応用科学研究機構（TNO））

オランダ応用科学研究機構（TNO）はオランダの公的研究機関である。TNOは同国の主要トラックメーカーであるダフとともに、EcoTwin（2013～2016年）と呼ばれる隊列走行の実験プロジェクトを主導してきた。

EcoTwinの主な成果は、車車間通信を介して相互接続された3台以上のトラック隊列が車間時間0.3秒で安全に走行することを実証したことである。実証においては、衝突等の事故が発生した場合を想定し、走行環境（交通流、気象、時間帯等）、隊列の台数、非常ブレーキや操縦信頼性などの条件が異なる200ものケースごとにシミュレーションを行い、トラックの走行性を検証している。また、タイヤや舗装の状況の結果への影響を確かめるため、実車による実験も併せて行い、その結果をシミュレーションにフィードバックしている。

隊列走行の導入・普及に向けた課題としては、隊列走行システムの頑健性や社会受容性のほか、複数企業間のマッチング、保険、情報提供、インフラ整備の必要性などを挙げている。最近の欧州では、環境規制の強化を背景として、自動化による生産性向上よりも環境改善のメリットが重視されている。トラックは車体が箱型で空気抵抗を受けやすく、長距離の輸送が多いため、隊列走行によるエネルギー削減効果も期待されている。

### 5. 複数トラックメーカーのシステム標準化（研究機関：オランダ応用科学研究機構（TNO））

TNOは、公道でのマルチブランドによるトラック隊列走行の実現を目指して、ENSEMBLE (Enabling Safe Multi-Brand platooning for Europe) プロジェクト（2018～2021年）を主導している<sup>7)</sup>。ENSEMBLEは、EUの研究開発プログラムART2017とH2020の一環として行われて

7) Willemsen, D., Schmeitz, A., Fusco, M., Jan van Ark, E., van Kempen, E., Soderman, M., Atanassow, B., Sjoberg, K., Nordin, H. and Dhurjati, P., "Requirements Review from EU projects", D2.1 of H2020 project ENSEMBLE, 2018.

おり、欧州のトラックメーカー6社、公的機関（ITS）等が参加している。同プロジェクトでは、メーカー各社の隊列走行システムに加えて、共通の通信システムを構築することで、全メーカーが対応可能な White Brand Truck を実現することを目指している。

ENSEMBLEでは、隊列走行における技術開発を表5に示す4つのレイヤー（サービス、戦略、戦術、運用）に分類している。また、隊列走行の技術レベルとしてA/B/Cの3段階を設定し、現状は車間時間0.8秒、前後方向のみの制御を前提としたレベルAの検討が行われている。

隊列走行の実現に向けて、6つのワーキンググループ（1：隊列走行実現までの計画、2：隊列走行技術の標準化、3：安全性の要件の検討、4：インフラや交通状況への影響の分析、5：実証実験、6：ステークホルダーとのやり取り）を立ち上げ、段階的に検討を進めていくこととしている。現在は2と3の検討に注力している。

表5 ENSEMBLEにおけるレイヤー<sup>7)</sup>

分類	名称	担当
サービス	情報共有	物流業務と新たな取り組みが機能するプラットフォーム
戦略	経路・スケジュール管理	協調型ITSクラウドを採用した高レベル意思決定 (車両の互換性と隊列レベル、燃料消費量、旅行時間、目的地、高速道路の交通流とインフラへの影響に関する最適化に基づく隊列スケジュール作成)
戦術	隊列形成管理	実際の隊列形成と解散の調整（最後尾からと隊列中への合流の両方）
運用	車両走行制御	車両アクチュエータ制御（加速・制動・操舵など）、その操縦の実行、隊列維持の自動的な実行のための個々の車両制御

隊列走行の普及のためには、早期導入とその後の段階的発展が重要であるとしており、ドライバーの労働環境改善を第一に考え、急速な完全自動化は追及しないという戦略をとっている。また、隊列走行の実現のためには、ITインフラの運営・管理、トラック運行データの管理、マッチング・利益折半の仕組の運営・管理を行う「隊列サービスプロバイダ」と呼ばれる事業者の必要性を挙げている。

#### 6. 物流企業による隊列走行の実証実験（政府機関：European Truck Platooning Challenge）

オランダ政府（社会基盤・環境省）は、2015年に、高速道路における大型トラックの自動走行の規制緩和を行った。その後、2016年には、先述の European Truck Platooning Challenge (ETPC) を主導するとともに、隊列走行の普及に向けた長期戦略“Vision of Truck Platooning 2025”を公表した。

ETPCの後続として実施された Experience Week Connected Transport プロジェクトでは、2018年10月の一週間、複数の物流企業の実輸送を対象に、安全運転支援システムである ACC（車間距離32m）を用いた隊列実証実験を行った<sup>8)</sup>。実験では、隊列マッチングのシステム化や、高度交通信号制御（i-TLC: Intelligent-Traffic Light Control）を利用した隊列優先走行が行われた。

実験ではロッテルダム港やベルギー・ドイツとの越境輸送を含めた主要ルートを対象に、小売、コンテナ、花卉、建設資材など実貨物を用いて、複数事業者で2～3台の隊列走行を行った。実験期間中、隊列54組（トラック台数は119台）が合計12,000kmを走行した。隊列走行により、燃料消費の削減（6～14%）、スループットの向上（10～17%）といった効果が確認された一方で、交差する交通流では1～3%程度の遅れも見られた。

#### 7. 物流企業による隊列走行の実証実験（物流企業：DB シェンカー）

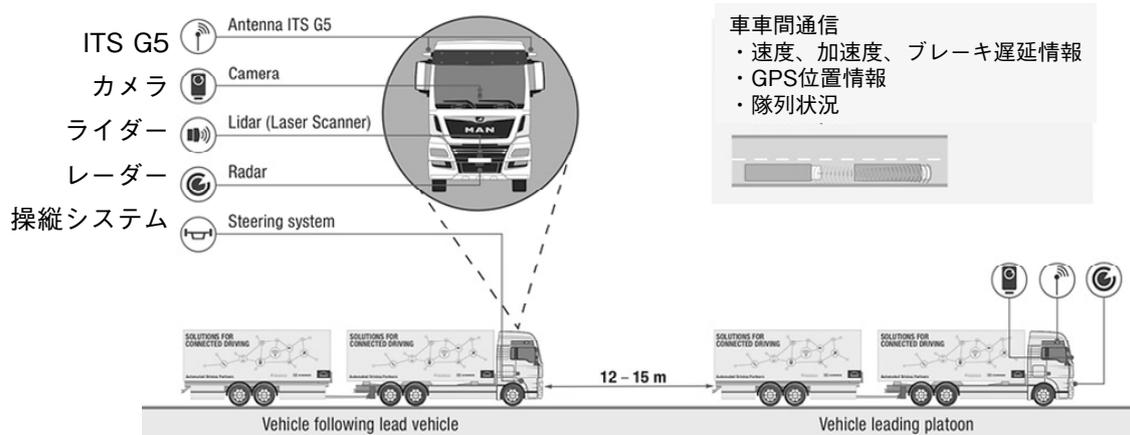
ドイツには、ダイムラーとマンという世界的なトラックメーカーが存在しており、民間企業の主導による隊列走行の実験開発が行われてきた。電子牽引・デジタルイノベーション（EDDI: Electronic Drawbar-Digital Innovation）と呼ばれる世界初の物流企業（DB シェンカー）によ

8) Jak, M. and Bruijn, D., Results Experience Week & Next Steps, European Truck Platooning Challenge Network Meeting (2018年11月), 2018.

る実証実験が2017～2019年に行われた。実験区間はドイツ連邦交通・デジタルインフラ省 (BMVI) がアウトバーン9号線の中に設置したデジタル化試験区間 (ミュンヘン・ニュルンベルク間, 約145km) であり, 実験実施にあたってはバイエルン州政府による隊列走行に関する特例措置が適用された。

実験の概要は図2に示すとおりである。後続車有人, 隊列台数2台, 最高速度80km/h, 車間距離12～15mの隊列走行が実施された。車車間通信には無線LAN (ITS G5) が使用され, 後続車の前後・左右方向の制御が行われた。後続車無人の隊列走行は, 後続車有人の安全性を十分に検証した後に段階的に進めていく必要があることや, 荷物や輸送に対する責任の所在をどのように考えるかが難しい問題であることから, 現時点のドイツでは, 議論されていない。

図2 ドイツEDDIでの隊列走行の概要<sup>9)</sup>



実験は2019年1月に終了し, 総走行距離35,000km, 98%でシステムが利用可能であり, システムの頑健性が示された<sup>9)</sup>。また, 燃料消費は後続車3～4%, 先頭車1.3%の節約がみられ, 一定程度のエネルギー削減効果が観察された。実験では, 隊列走行時のドライバーの心理的負荷を調査するため, 脳波 (EEG) や視線などのデータの収集・分析も行われた。脳波の分析結果からは, 通常走行時と隊列走行時とでドライバーの心理的負担に大きな違いは見られず, 先頭車両と後続車両の間でも大きな違いは確認されなかった。ただし, ドライバーへのアンケート調査からは, 実験参加後に, 多くのドライバーが隊列走行に対して肯定的な意見を持つようになり, 車間距離15m (80km/hの速度で車間時間0.675秒) は許容できるとの回答も多くあった。

以上の実験結果は, 隊列走行が物流企業の効率性と収益性の向上, トラックドライバーの労働環境の改善につながる可能性を示していると考えられる。

#### IV 欧州との比較を通じた日本における普及に向けた対応策の提案

##### 1. 日本における実証実験の概要

トラック隊列走行のために必要な要素技術の開発として, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) により, エネルギー ITS推進事業が2008～12年度に実施されてきた。技術開発の成果を踏まえて, 高速道路を中心とした公道実証実験が, 2017～2020年度にかけて経済産業省・国土交通省により実施されている<sup>3)</sup>。国内の大手トラックメーカー4社 (日野自動車, いすゞ自動車, 三菱ふそうトラック・バス, UDトラック) が参加し, 共通の隊列システムを用いて実験を行っていることが大きな特徴である。トラック隊列走行に関するロードマップにおいて, 高速道路でのトラック後続有人隊列走行を2021年まで, 同後続無人隊列走行を2022年度以降の実用化が目標として定められ, 特に後続無人の場合には本線外での隊列形成・解除が行われること

9) Hochschule Fresenius, DB Schenker and MAN Truck & Bus SE, "EDDI: Electronic Drawbar-Digital Innovation", Project report-presentation of the result, 2019.

が明示された<sup>10)</sup>。一方、隊列走行の本格的導入に向けた主な課題は、無人で自動走行する後続車両の法的要件の整理、電子牽引のルール整備、車車間通信のルール整備、隊列走行用の特別交通ルールの設定、隊列形成／分離拠点等のインフラ面の検討体制の確立が挙げられている<sup>1)</sup>。

事業環境については、トラック隊列走行の商業化実現に係る官民検討会において、隊列商業化に対する車両メーカー・運送事業者の意見を取りまとめている<sup>11)</sup>。隊列形態の分類は表6のように、有人隊列を二段階に分けるなどして段階的な導入が検討されている。導入型については、後続車両運転者の負担軽減、省燃費効果などで一定の導入効果があり、社会実装可能な技術レベルにあり、現行法令上で公道走行が可能、価格面で大きな上昇はなく個社導入しやすいという特徴がある。

表6 トラック隊列走行の商業化に関する段階（日本）<sup>11)</sup>

大分類	小分類	システム	機能
有人隊列走行	I 導入型	協調型車線距離維持支援システム (CACC)	先行車両と一定の安全な距離を保ちつつ追従
		車線維持支援システム (LKA)	走行車線に沿って走行
	II 発展型	自動車線変更機能	自動的に先行車両を追従
無人隊列走行		無人追従走行	

隊列走行運用システムについて、表7のような3つのシステムで構成することを検討している<sup>12)</sup>。同システムを中心とし、各物流企業の運行管理システム (TMS) とともに、道路情報、気象情報など様々なシステムとの連携が必要とされている。また、車車間 (V2V)、路車間 (V2I) などの通信規格においては国際標準化が重要となることから、3.5で紹介した欧州のENSAMBLEなどとの連携が見込まれている。

表7 隊列走行運用システムの機能構成（日本）<sup>12)</sup>

名称	機能
隊列需給マッチング	・隊列要求受付・許可、ルート情報、マッチング ・課金、決済など
隊列形成管理	・隊列要求受入可否判断 ・ルート管理、マッチング情報
隊列運行管理	・隊列ルート管理 ・隊列管理（形成、維持、離脱、解除） ・緊急事態対応指示

## 2. 欧州と日本の隊列走行に関する比較

前章で確認したように、欧州において後続無人化の具体的な検討はまだ行われておらず、日本が実証実験実施の面で先行していると言える。また、日本では国内メーカーで共通のシステムを用いており、国内メーカー間ではマルチブランドの隊列走行が可能となっている。一方、欧州においては、多国籍トラックメーカー間での国際標準化の取り組み、大手物流企業の実証実験への参加、既存の運転支援システムを用いた実験による物流企業のメリット把握、運転手のストレス等の影響の分析などの点で進んでいる。以下、隊列走行における日欧比較として、欧州の事例として3.5で紹介したENSAMBLEを対象として比較を行う。

隊列走行における自動化レベルの対応関係については、表8の通りとなっており、レベル間の機能は欧州・日本ではほぼ一致していることが分かる。相違点としては、車間距離、フォールバック、フェールセーフ、隊列台数などの項目において、日本のほうが安全を見た厳しめの基準が採用されている。また、初期段階である前後・左右（同一車線内）の隊列走行に対する商業化の年次も同じ2022年となっている。そして、初期段階における隊列走行ルールの比較については表9の通りとなっており、台数と車間距離に若干違いが見られるものの、ほぼ一致していることが分かる。

10) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議『官民 ITS 構想・ロードマップ 2020』, 2020。

11) トラック隊列走行の商業化実現に係る官民検討会：中間取りまとめ, 2019。

12) 日本自動車工業会：新しい物流システムに対応した高速道路インフラの活用に関する検討会第2回資料, 2018。

表8 隊列走行の自動化レベルの比較（欧州と日本）

自動化	欧州：ENSAMBLE（2019年） <sup>7)</sup>	日本：トラック隊列走行の商業化実現に係る官民検討会（2019年） <sup>11)</sup>
前後・左右（同一車線内）	レベルA（2022年商業化予定）	I 導入型（2022年商業化予定）
前後・左右（車線変更）	レベルB	II 発展型
完全自動	レベルC	無人隊列走行

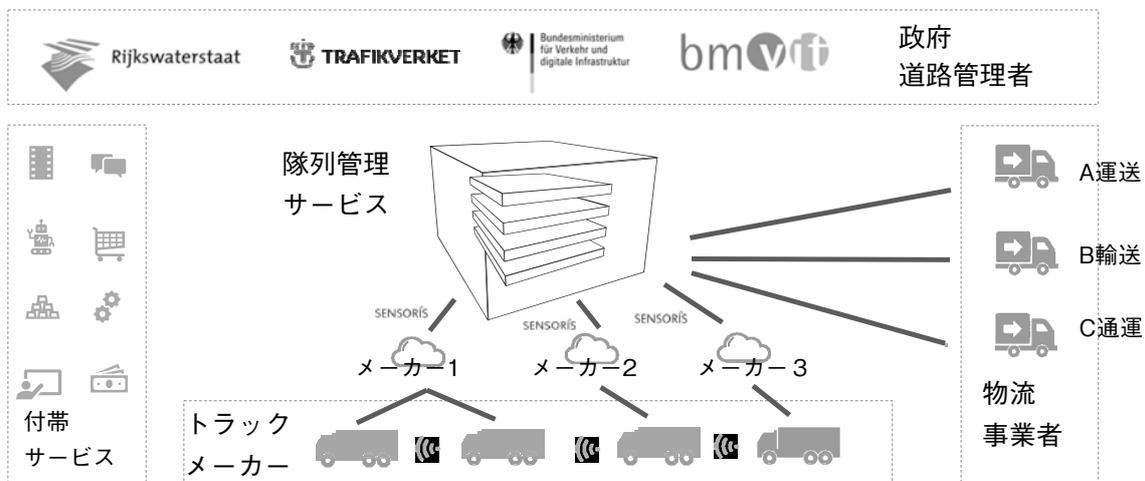
表9 初期段階における隊列走行ルールの比較（欧州と日本）

	欧州：ENSAMBLEレベルA <sup>7)</sup>	日本：I 導入型 <sup>11)</sup>
隊列台数	最大7台（検証用）	最大3台に制限
運転速度	—	最高速度80km/h
車間距離	約18m（0.8s, 80km/h）以下	約10m（0.4s, 80km/h）以上
自動化	後続車有人（SAEレベル2）	後続車有人（SAEレベル2）

システム構成の対応関係は表10のようになり、欧州と日本でレイヤの関係はほぼ一致しているが、日本においてサービスレイヤに相当する機能が存在しない。これは、日本では各メーカーが共通の隊列走行運用システムを利用しており、サービスの提供が単一組織で行われていることが想定されていることが理由である。一方、欧州では、複数トラックメーカーによる隊列走行運用システムが開発されており、サービスレイヤとして、メーカーと物流事業者との接点となる隊列管理システムが必要となる。サービスレイヤの提供者として、ヒア（地図ベンダー）やカプシュ（車載端末メーカー）など複数社の参入が見込まれている。ヒアによる隊列管理システムでは、図3のようにトラックメーカーと物流事業者とのインターフェースとして、各種Webサービスを提供するとともに、オープン位置情報プラットフォームを用いてトラックからのトリップデータを取得する。更に、地図、気象、交通状況などの地理情報を活用することで、隊列走行システムに必要な情報を提供することが可能となる<sup>12)</sup>。

表10 隊列走行運用システムの構成の比較（欧州と日本）

欧州：ENSAMBLE（2019年） <sup>7)</sup>	日本自動車工業会（2018年） <sup>12)</sup>
サービスレイヤ	—
ストラテジック（戦略）レイヤ	隊列需給マッチング
タクティカル（戦術）レイヤ	隊列形成管理
オペレーショナル（作戦）レイヤ	隊列運行管理

図3 隊列管理サービスの概要（欧州・ヒア）<sup>13)</sup>

13) Atanasiu, R.: Platooning Management Services, European Truck Platooning Challenge Network Meeting (2018年11月), 2018。

### 3. 日本における普及にむけた対応策

これまで紹介してきた欧州における先進的な取組の現状を考慮した上で、日本における普及に向けた対応策をまとめたものが、表11である。中でも重要なポイントは下記の通りである。

第一に、実輸送での実証実験の実施については、3.7のドイツの事例のように、大手物流企業も実証実験に参加し、隊列走行がドライバーのストレスに及ぼす影響についての研究が進められている。運転手の習熟度に応じた安全性と快適性を確保しながら、周辺交通流への影響を最小限に抑え、さらに、隊列走行による燃費削減のメリットも享受するためには、最適な車間距離/時間を設定することが必要である。また、3.6のオランダの事例のように、まずは既存の運転支援システムを用いた実験を行うことで、物流企業が隊列走行のメリットを実感することも有用である。またロッテルダム港を起終点とした実験が行われており、コンテナ輸送を中心とした港湾物流<sup>14)</sup>を含めた多様な輸送需要に対応することが重要である。

表11 日本におけるトラック隊列走行の普及に向けた対応策

	項目	具体的例
技術層	多様な条件での実証実験	・夜間や気象条件（特に冬季）、積荷条件を考慮
	国際標準化の推進	・外国製トラック（マルチブランド）との隊列走行の実現
	車車間通信の高速化	・5G等の新たな通信技術の導入による高速化・大容量化
	隊列ロードトレインの開発	・隊列走行専用車の開発（先頭車：流線形、後続車：キャビンレス）
法律層	自動運転に関する法制化	・SAEレベル4（高度自動運転）に関する法制化 ・電子牽引の定義の明確化（後続有人：後続車両の運転者の義務、後続無人：道路交通条約との整合性など） ・貨物運送責任の明確化
	隊列走行に関する規制	・車両基準、隊列台数制約、車間距離の規定、走行車線、走行区間など
人的要因層	運転免許制度	・隊列走行のための運転免許（電子牽引免許）の新設
	先頭運転手の負荷軽減	・先頭運転手のストレス計測、負荷軽減に関する対策
	後続運転手の取扱い	・労働条件の明確化（特に休憩時間のとらえ方） ・運転免許保有の必要性（緊急時対応のため） ・後続運転手のストレス計測（特に短い車間の影響）
経済層	多様な実輸送での実証実験	・ビジネスモデルの確立に向け、トラックメーカーと物流企業、荷主、道路管理者など多様な利害関係者を対象とした実証実験
	共同輸送に向けた隊列サービスプロバイダの設立	・複数物流企業間の情報共有のための運営組織の設立・運営（大手物流企業、公的機関など） ・隊列マッチング、運行スケジュール調整、利益配分などの制度設計
社会層	インフラ整備	・隊列形成施設、隊列走行専用レーンの設置 ・緊急時の支援体制（緊急停止、制御不能、乗っ取り対策など）
	社会的受容性の向上	・分・合流支援のための設備の設置 ・認知向上、安全性に関する啓蒙

第二に、複数の物流企業による共同輸送を行うことで、隊列走行時のトラック同士のマッチングのチャンスを増やすことが可能となる。そのために、複数物流企業間の運行ルートやスケジュールを調整する隊列サービスプロバイダ（大手物流企業、公的機関など第三者などが候補）を設立し、隊列マッチング、運行スケジュール調整、利益配分などの制度設計を行う必要がある。

第三に、後続無人化については、昨今の自動運転の急速の進展を踏まえつつ、隊列形成施設の配置計画<sup>15)</sup>を整備するとともに、労働条件や運送責任、積荷の影響などトラック輸送の特性を考慮した法規制の検討が重要である。

更に、近年我が国でも導入が進められているダブル連結トラックとの補完関係として、北海道

14) 静岡県交通基盤部港湾局：清水港長期構想（最終案），2019。

15) Watanabe, D., Kenmochi, T. and Sasa, K.: An Analytical Approach for Facility Location for Truck Platooning-A Case Study of Unmanned Following Truck Platooning System in Japan-, 8th International Conference on Transportation and Logistics (T-LOG 2020), pp.1-13, 2020.

や東北、北陸地方など冬季の降雪が多い地域では、走行時の安全面からダブル連結トラックよりも隊列走行による輸送効率化に大きな期待がかかる可能性がある。

## V おわりに

本研究では、欧州におけるトラック隊列走行に関する先行事例について、現在の検討状況、本格実施に向けた課題などについてヒアリング調査を行い、日欧比較を通じて今後の我が国における物流施策に対する示唆をとりまとめた。欧州では運転手の負荷軽減や環境対策が主目的となっており、後続無人化の具体的な検討はまだ行われておらず、日本が実証実験の実施という面で先行していると言える。また、日本では国内メーカーで共通のシステムを用いており、国内メーカー間ではマルチブランドの隊列走行が可能となっている。隊列走行における自動化について、自動化レベルの対応関係については欧州と日本でほぼ一致しているものの、車間距離、フォールバック、フェールセーフ、隊列台数などの項目において、日本の方が厳しめの基準が採用されている。一方、多国籍トラックメーカー間での国際標準化の取り組み、大手物流企業の実証実験への参加、既存の運転支援システムを用いた実験による物流企業のメリット把握、運転手のストレス等の影響の分析などの点で進んでいる。

今後は、後続有人による隊列走行の商業化に向けた取り組みとして、複数物流企業による共同輸送のための隊列サービスプロバイダの設立、マルチブランドによる隊列走行のための国際標準化の推進などの環境整備が必要である。更に後続無人化の早期実現に向けて、昨今の自動運転の急速の進展を踏まえ、長距離輸送や港湾物流など多様な輸送への対応を含めた隊列形成インフラの整備とともに、労働条件や運送責任、積荷の影響などトラック輸送の特性を考慮した法規制の検討が重要である。

謝辞：本研究の実施にあたり、一般財団法人計量計画研究所（IBS）によるIBSフェロウシップ並びにJSPS科研費19H02255の助成を受けました。ヒアリングのご協力を頂きました各国の関係機関並びに現地調査や文献調査で多大なるご協力を頂きましたIBS剣持健様、笹圭樹様に深く感謝いたします。