

モーダルシフトに見る自動運転トラックの展望と課題

～物流の2024年問題とモード間接続の重要性～

目 次

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| I. はじめに | IV. 自動運転トラックの展望と課題 |
| II. トラック運送と物流の2024年問題 | V. 自動運転トラックの活用とモード間接続 |
| III. モーダルシフトとその限界 | VI. おわりに |

主任研究員 水上 義宣

TEL : 050-5363-4384

要 約

I. はじめに

日本の貨物輸送の現状と課題をトラック（第II章）、鉄道貨物及び内航船舶（第III章）、自動運転トラック（第IV章）について概説し、課題の解決策としてモード間接続の重要性を第V章で論じる。

II. トラック運送と物流の2024年問題

日本の貨物輸送は約9割をトラックが担っているが、低賃金、長時間労働から人手不足となっている。2024年度から残業時間などの規制が強化されることから、輸送力が約14%不足すると予想されている。

III. モーダルシフトとその限界

鉄道はダイヤの制約、輸送の安定性に課題がある。また、内航船舶も速度が遅い、船員が不足しているという課題を抱えている。

IV. 自動運転トラックの展望と課題

自動運転トラックは2030年度以降に実用化されると期待されているが、外部支援インフラや運行管理体制を要するという課題がある。

V. 自動運転トラックの活用とモード間接続

持続可能な物流の実現には、自動運転トラック、人の運転するトラック、鉄道、内航船舶をシームレスに接続することが重要である。

VI. おわりに

モード間接続の実現には、スワップボディーやセミトレーラー、コンテナの活用が重要である。これらの手段は短期的な荷役分離や中継輸送、中期的なモーダルシフト、長期的には自動運転トラックのいずれにも有効で、今後の拡大が期待される。

I. はじめに

日本の貨物輸送は約 9 割をトラックが担っているが、トラック運転手は低賃金、長時間労働であり、慢性的な人手不足となっている。長時間労働の改善のために 2024 年 4 月 1 日から残業時間の上限等に関する規制が厳しくなるが、結果としてトラック輸送力は約 14%不足すると見込まれている。

トラックに代わる手段としては、鉄道および内航船舶があるが、鉄道はダイヤの制約と輸送の安定性、内航船舶は速度と船員不足に課題がある。

将来的には自動運転トラックの登場も見込まれるが、外部支援インフラと運行管理体制の構築が必要で当面は関東～関西間の高速道路での活用に限られると考えられる。

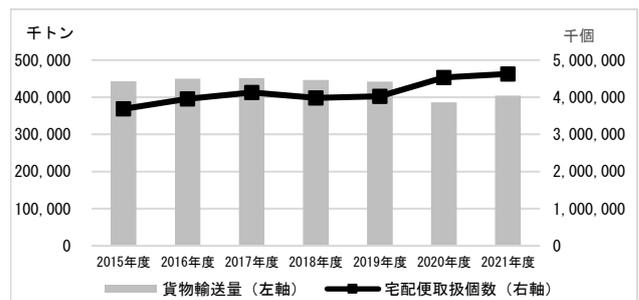
以上より、持続可能な物流を実現するためには、トラック、鉄道貨物、内航船舶と自動運転トラックをシームレスに接続する必要がある。モード間の接続方法としてはトラックの中継輸送や鉄道、内航船舶で利用されてきたスワップボディ、トレーラーやコンテナがあり、自動運転トラックの実現にあたってはこれらの活用が重要となる。

II. トラック運送と物流の 2024 年問題

1. トラック運送を取り巻く環境

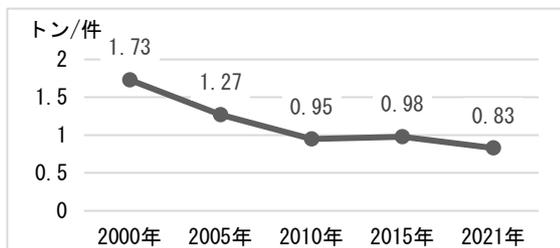
日本の貨物輸送量は《図表 1》のとおり微減傾向にあるが、EC 市場の伸びを背景に宅配便取扱個数は増加傾向にある。宅配便などの小口貨物が増えていることから、《図表 2》のとおり輸送 1 件当たりの重量は低下傾向にあり輸送の多頻度小口化が進んでいる。こうした状況から《図表 3》のとおりトラックの積載率は低下傾向であり、概ね 40%弱で推移している。多頻度小口輸送でいつでも荷物が配送される利便性の裏側で、多数のトラックが必要となっている。

《図表 1》 貨物輸送量の推移



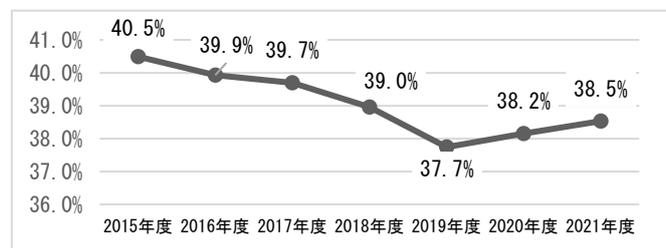
(出典) 自動車輸送統計調査、鉄道輸送統計調査、内航船舶輸送統計調査、航空輸送統計調査及び国土交通月例経済より当社作成

《図表 2》 平均流動ロットの推移



(出典) 全国貨物純流動調査より当社作成

《図表 3》 営業用貨物自動車積載率の推移



(注) 積載率=輸送トンキロ/能力トンキロ

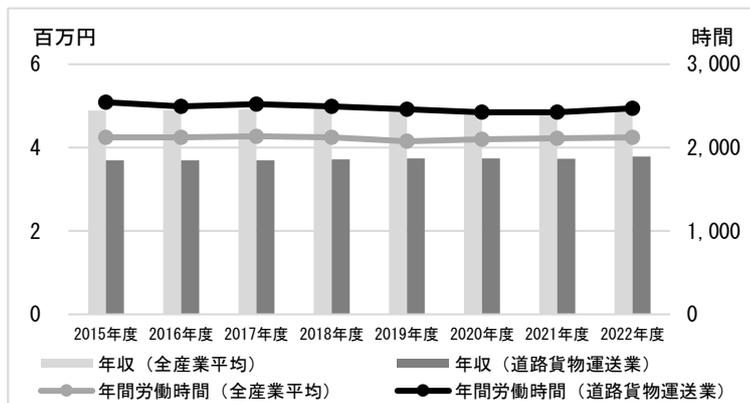
(出典) 自動車輸送統計調査より当社作成

一方、このトラック輸送を担う運転手は 2022 年度で《図表 4》のとおり年収は全産業平均と比べて約 24%低く、逆に労働時間は全産業平均と比べて約 16%長くなっており、所定内賃金を時給換算した

¹ 佐川急便株式会社、日本郵便株式会社及びヤマト運輸株式会社の荷物取扱個数

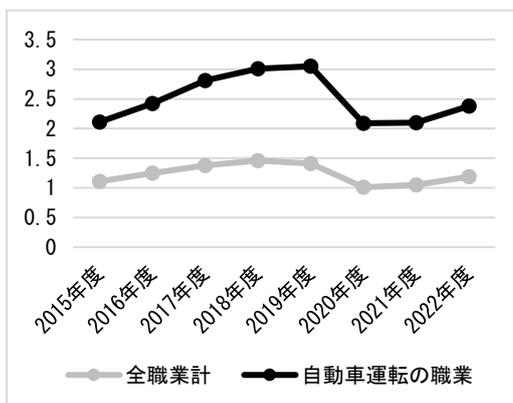
金額²は全産業平均 1,890 円に対して道路貨物運送業 1,576 円で約 17%低い水準となっている。また、2015 年度以降この傾向に大きな変化はない。自動車運転の職業の有効求人倍率は、新型コロナの影響があった 2020 年度に低下しているものの、全産業平均と比べて高い状況で推移している。以上のように、トラック運転手は低賃金、長時間労働となっており、その結果慢性的に人手不足となっている。

《図表 4》 年収・年間労働時間の推移



(注) 年収=きまって支給する現金給与額×12+年間賞与その他特別給与額、年間労働時間=(所定内実労働時間数+超過実労働時間数)×12
 (出典) 賃金構造基本統計調査より当社作成

《図表 5》 有効求人倍率の推移



(出典) 職業安定業務統計より当社作成

2. 物流の 2024 年問題

トラック運転手を含む労働者の長時間労働を是正することなどを目的とした働き方改革関連法が 2018 年 6 月に成立し、2019 年 4 月 1 日から順次施行されている。自動車運転業務は業務の特性や取引慣行に課題があるとして時間外労働時間の上限規制の適用が猶予されてきたが、2024 年 4 月 1 日に他の産業より緩和された年間 960 時間ではあるものの、上限規制の適用が開始される。

また、自動車運転者は労働者であるか否かにかかわらず⁴、厚生労働大臣が告示する「自動車運転者の労働時間等の改善のための基準」(以下「改善基準告示」)を遵守する必要もあり、同じく 2024 年 4 月 1 日に改正適用され、業務ができる時間等が短くなる (《図表 6》)。

《図表 6》 改善基準告示改正の概要

	現行	2024年4月1日～
1年の拘束時間	3,516時間	原則：3,300時間※ 最大：3,400時間※ ※うち労働者の時間外労働は原則360時間まで、特別条項付き36協定を締結している場合でも960時間まで
1か月の拘束時間	原則：293時間 最大：320時間	原則：284時間 最大：310時間※ ※年間の拘束時間が3,400時間を超えない範囲で年6回まで ※284時間を超える月が3か月を超えて連続しないこと ※月の時間外・休日労働時間が100時間未満となるよう努める
1日の拘束時間	原則：13時間 最大：16時間※ ※15時間超は週2回まで	原則：13時間 最大：15時間※ ※14時間超は週2回までを目安として減らすよう努める ※長距離・泊付き運行の場合週2回まで16時間とする例外あり
1日の休息期間	継続8時間	継続11時間を基本とし9時間下 ※長距離・泊付き運行の場合、運行を早く切り上げ住所地でまとまった休息をとれる ※分割付与に関する例外あり

(出典) 厚生労働省³より当社作成

² 賃金構造基本統計調査より、所定内給与額/所定内実労働時間数

³ 厚生労働省「自動車運転者の長時間労働改善に向けたポータルサイト>トラック運転者>トラック運転者の改善基準告示」<<https://driver-roudou-jikan.mhlw.go.jp/truck/notice#about>> (最終閲覧日：2023 年 6 月 16 日)、厚生労働省「自動車運転者の労働時間等の改善のための基準 (2022 年 12 月 23 日改正 厚生労働省告示第 367 号)」

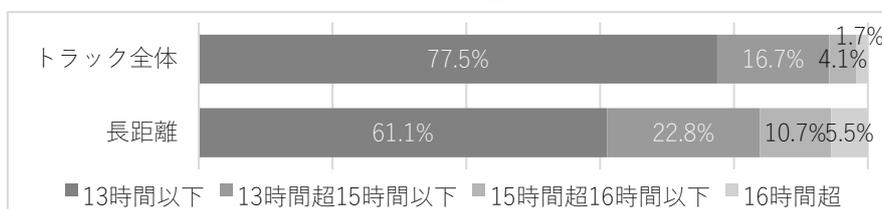
⁴ 国土交通省 (2023 年 5 月 31 日改正) 「貨物自動車運送事業輸送安全規則の解釈及び運用について」 第 3 条 3(1)

株式会社 NX 総合研究所が年間拘束時間 3,300 時間を超える分をトラック輸送力の不足と定義して行った試算⁵では、2024 年度にトラックの輸送力が約 14%不足する。この問題を「物流の 2024 年問題」という。

3. 物流の 2024 年問題と長距離輸送

拘束時間の上限が厳しくなることにより特に問題となるのが長距離輸送である。《図表 7》のとおりトラック全体では 77.5%の運転手が 1 日 13 時間以下の拘束時間となっているが、長距離⁶運転手では拘束時間 13 時間以内は 61.1%にとどまる。また、現在でも違法となる 16 時間超の拘束時間で運行している運転手も 5.5%いる。長距離では運転時間が長くなるため、比例して拘束時間も長くなっていると考えられる。

《図表 7》 2021 年度平常期トラック運転手の 1 日⁷の拘束時間別割合



(出典) 有限監査法人トーマツ⁸より当社作成

平均的なトラックの運行は、《図表 8》のとおりで、拘束時間 11 時間 5 分のうち点検・点呼等 23 分、荷待ち 25 分、荷役 1 時間 29 分、附帯作業等 14 分、休憩時間 1 時間 43 分となっている。従って、1 運行のうち運転以外に使われる時間が 4 時間程度あり、拘束時間の長短に応じた残りの時間が運転できる時間と考えられる。

大型トラックの高速道路での法定速度は 80km/h であるので、渋滞などを考慮すれば 70km/h 程度が平均速度と考えられ、1 日の拘束時間の原則である 13 時間でトラック運転手 1 人が運送できる距離は (13 時間－4 時間) × 70km/h = 630km 程度となる。

《図表 8》 トラック 1 運行の平均的な内訳 (拘束時間 11 時間 5 分)



(出典) 国土交通省⁹より当社作成

⁵ 国土交通省・農林水産省・経済産業省 第 3 回 持続可能な物流の実現に向けた検討会 (2022 年 11 月 11 日) 資料 1 株式会社 NX 総合研究所「「物流の 2024 年問題」の影響について (2)」 p.1

⁶ この調査においては「営業所を出発し戻るまでが 3 営業日以上またはおおむね 1,600km を超える走行距離の運行」。

⁷ この調査においては「出発から 24 時間」。

⁸ 有限責任監査法人トーマツ(2022.1)「トラック運転手の労働時間等に係る実態調査事業報告書」 p.16

⁹ 国土交通省「令和 2 年度トラック輸送状況の実態調査結果(全体版)」 p.72

東京及び大阪を起点としたときの各都府県庁までの距離は《図表 9》のとおりで、東京から中四国以西及び北東北は 630km 以上となり、拘束時間 13 時間を超える可能性が高く 1 人の運転手が 1 日で運送することが難しくなる。例えば、ヤマト運輸株式会社は首都圏～中四国、岩手県～関西などの区間で翌日 14 時以降配達としていた荷物を 2023 年 6 月 1 日発送分から翌々日の配達とすることを発表¹⁰した。また、地域別のトラック運転手不足の予測としては株式会社 NX 総合研究所¹¹によるものや株式会社野村総合研究所¹²によるものがあるが、総じて東北、中国、四国地方での運転手不足を予測している。

以上のとおり、トラックに頼った輸送には長距離を中心に限界があると考えられる。

《図表 9》都府県庁間の距離

	東京起点	大阪起点		東京起点	大阪起点		東京起点	大阪起点
青森	713	1,205	石川	472	299	島根	761	290
岩手	540	1,032	福井	511	225	岡山	652	180
宮城	366	857	山梨	124	419	広島	807	334
秋田	609	868	長野	226	440	山口	939	461
山形	378	870	岐阜	384	169	徳島	642	148
福島	287	779	静岡	176	325	香川	687	194
茨城	121	609	愛知	346	170	愛媛	819	325
栃木	129	620	三重	408	140	高知	786	293
群馬	110	583	滋賀	443	61	福岡	1,086	614
埼玉	27	517	京都	454	53	佐賀	1,138	665
千葉	52	537	大阪	492	-	長崎	1,228	755
東京	-	492	兵庫	521	38	熊本	1,188	715
神奈川	37	482	奈良	458	31	大分	1,137	664
新潟	316	600	和歌山	562	80	宮崎	1,370	897
富山	419	362	鳥取	663	192	鹿児島	1,364	886

(出典) google map による経路検索から当社作成。なお経路は都府県庁間を新東名、新名神及び東北道の利用を基本として検索したもので、最短経路ではない。

Ⅲ. モーダルシフトとその限界

1. モーダルシフトの現状

物流の 2024 年問題への対応としてはトラック以外の輸送手段への転換も考えられる。つまり、鉄道及び内航船舶の利用である。このように、トラックを利用している貨物を鉄道や内航船舶などの他の輸送手段に転換することをモーダルシフトといい、政府の「物流革新に向けた政策パッケージ」では 0.1 億トンの貨物をモーダルシフトすることでトラック輸送力 0.5%ポイントを生み出すとしている。

また、トンキロ当たりの温室効果ガス排出量も営業用トラックに比べ、鉄道約 1/10、内航船舶約 1/5¹³で、モーダルシフトは地球環境にも優しい。

このためモーダルシフトは、2001 年の総合物流政策大綱で 2010 年のモーダルシフト率を 50%にす

¹⁰ ヤマト運輸株式会社プレスリリース (2023 年 6 月 1 日)「一部区間における宅急便などの「お届け日数」と「指定時間帯」の変更について (2023 年 4 月 17 日 更新)」

¹¹ 国土交通省・農林水産省・経済産業省 第 3 回 持続可能な物流の実現に向けた検討会 (2022 年 11 月 11 日) 資料 1 株式会社 NX 総合研究所「物流の 2024 年問題」の影響について (2)」p.1

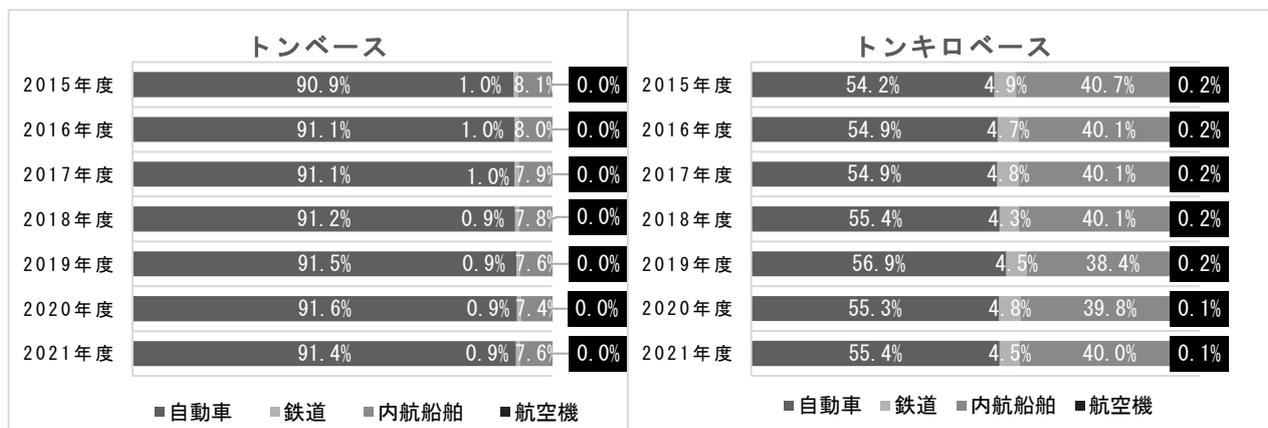
¹² 野村総合研究所「トラックドライバー不足の地域別将来推計と地域でまとめる輸配送～地域別ドライバー不足数の将来推計と共同輸配送の効用～」(2023 年 1 月 19 日、2023 年 2 月 24 日追記)

¹³ 日本内航海運組合総連合会「環境にやさしい内航海運」<<https://www.naiko-kaiun.or.jp/about/about04/>> (最終閲覧日: 2023 年 8 月 15 日)

るなどの政策目標が立てられ、物流効率化法による補助対象になるなど政策的にも支援されてきた。

しかし、2015年度以降の各輸送モードの輸送分担率を確認してみると、《図表 10》のとおりで鉄道および内航船舶のシェアにはほとんど変化がない。

《図表 10》 年度別輸送分担率

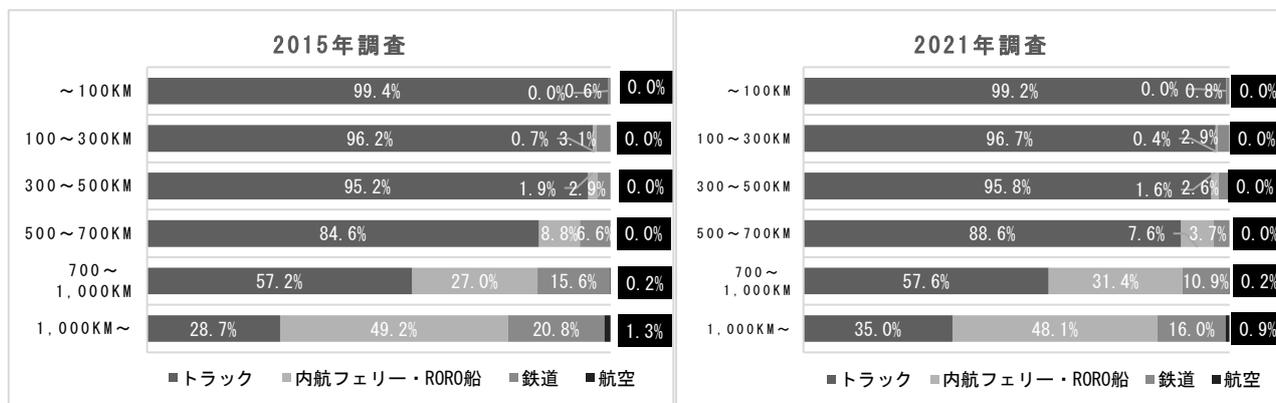


(出典) 自動車輸送統計調査、鉄道輸送統計調査、内航船舶輸送統計調査及び航空輸送統計調査より当社作成

各モードの距離帯別輸送分担率をみると《図表 11》のとおりで、長距離ほどトラックのシェアが少なくなっている。鉄道及び内航船舶はドアツードアの輸送が困難なためトラックと組み合わせて利用する必要があるという輸送モードの特性による課題があり、一般的に長距離の利用に向いている。

ただし、2015年調査と2021年調査を比較すると100km未満を除きトラックのシェアが伸びており、長距離においてもモーダルシフトが推進されている傾向は観察できない。なお、全国貨物純流動調査の距離帯別輸送分担率は調査対象となる3日間に発送された貨物によるものであり、その年の発送状況により調査結果が変動するため、《図表 11》では特に変動が大きくなるその他船舶とその他の輸送機関を除いた分担率とした。

《図表 11》 距離帯別輸送分担率（トンベース）



(出典) 全国貨物純流動調査より当社作成

以上より、長距離になるほど鉄道および内航船舶のシェアが高くなる傾向、特に 1,000km 以上では内航船舶の活用が多いことは認められるが、トラック運転手不足や環境対策によるモーダルシフトは進んでいないことが確認できる。以下、鉄道、内航船舶それぞれの課題を見ていく。

2. 鉄道貨物の課題

鉄道貨物の利用が進まないことについて、国土交通省では「今後の鉄道物流の在り方に関する検討会」を設置し検討をすすめている。その中間とりまとめでは、鉄道貨物の課題は「トラックと異なり、ドアツードアの輸送ができず、必ず発地・着地と鉄道駅間の輸送に他の輸送モードが介在せざるを得ず、場合によっては途中駅での積み替えが生じてしまうこと、また、ダイヤの制約があり、柔軟に荷主のニーズに応えづらいこと、自然災害による途絶時に迂回輸送や代行輸送が容易ではないこと、といった特徴がある」こととしている。つまり、鉄道貨物は輸送モードの特性による課題のほかに、ダイヤの制約と輸送の安定性に課題がある。

(1) ダイヤの制約

ダイヤの制約による課題は JR 貨物が旅客鉄道会社から線路を借りて貨物列車を運行しているため、旅客列車との調整が必要であることに起因している。

また、JR 貨物は線路の維持費のうち、貨物列車の走行に伴う追加の物件費のみを負担する「アボイダブルコストルール」¹⁴によって線路使用料の支払いを行っている。このルールは、JR 貨物の運賃を抑えてトラックに対する競争力を維持することに役立つ一方、旅客鉄道会社にとっては減価償却費や人件費を負担しない貨物列車を積極的に通行させるインセンティブがなく、ダイヤ調整や設備投資において貨物列車の優先度が下がる原因にもなっていると考えられる。

さらに、線路を維持している旅客鉄道会社では人員の確保が難しくなっているため、夜間の線路保守時間を確保する必要が生じており、夜間の貨物列車の運行時間帯を減らしたいという意向がある。例えば、貨物の需要が高い東京～大阪間の東海道本線のうち、熱海～米原間を保有する東海旅客鉄道株式会社（JR 東海）は貨物列車の増便は困難としている¹⁵。

列車の増発が困難な状況を踏まえ、運輸省（現「国土交通省」）と JR 貨物は東京～福岡間において鉄道整備基金（現「鉄道・運輸機構」）を活用して列車の長編成化を主軸とした輸送力増強事業を 1993 年から行い 2011 年に東京貨物ターミナル～福岡貨物ターミナル間で 26 両編成列車の運行が可能となった。しかし、この事業については 26 両編成列車の増加が評価される一方、完成まで 18 年を要したこと、約 250 億円を投じながら 24 両編成から 26 両編成に 2 両増結しただけであること、経済状況の変化などから事業化直前の 1992 年度と比べ完成後の輸送量が減少していることなど課題も指摘されている¹⁶。

以上のとおり、JR 貨物の輸送力増強は困難かつ長期間にわたる設備の改修が必要であり、特に需要が高い東京～大阪間での貨物列車の急激な増強は望めない状況にある。

¹⁴ アボイダブルコストルールについては、大嶋 満 (2020.10)「貨物調整金制度の見直しに向けて」『立法と調査』No.428、pp.132-146 に詳しい

¹⁵ 国土交通省 第 2 回今後の鉄道物流のあり方に関する検討会 (2022 年 4 月 28 日) 東海旅客鉄道資料

¹⁶ 福田 晴仁 (2019)『鉄道貨物輸送とモーダルシフト』白桃書房、pp.169-170

なお、JR 貨物の石井氏¹⁷からは「物量の多い区間ほどのモードも投資することができる。貨物鉄道は全国ネットワークを有した装置産業でもあるので、他モードが資本投入に二の足を踏むような区間でもニーズに対応できる可能性がある。」との発言があった。例えば、東京～大阪間よりはダイヤに余裕があると推定される大阪以西などの区間では、JR 貨物の輸送力を活かせる可能性があると考えられるが、その場合も大阪までの輸送方法をどうするかが課題と考えられる。

（２）輸送の安定性

鉄道貨物は線路の上を走行するため回が困難であり自然災害等による運行障害が起きやすい。特に、近年は気候変動による自然災害の激甚化などにより運行障害が増えており、《図表 12》のとおりこの 10年で自然災害による運休本数は 63%の増加となっている。

また、列車が途中で運行できなくなった場合、貨物駅に引き込むまで荷物を降ろすこともできず非常時の対応が難しい。

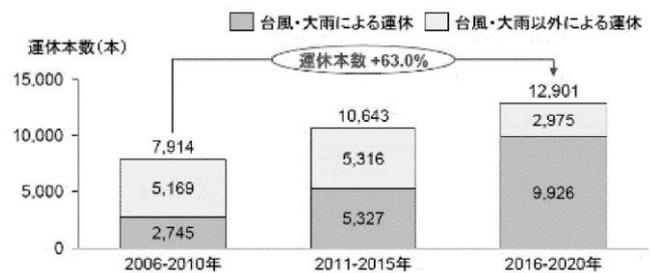
さらに、JR 貨物は路線網を輸送量が多い主要な幹線に絞る¹⁹ことによって経営の改善を図ってきたが、こうした施策がう回経路を確保して貨物列車の運転を継続することを困難にしている²⁰という指摘もある。例えば、関西～九州間において、JR 貨物の営業路線は山陽本線のみとなっており、う回経路が存在しない。2018年に西日本豪雨で山陽本線が不通となった際には、最終的に山陰本線へのう回列車が設定されたが、山陰本線が営業路線ではなかったため列車の運行開始まで各種手続きなどで 2 か月弱を要したほか、輸送力はう回前の 1%程度にとどまった²¹。

こうした状況を踏まえ、JR 貨物ではトラック²²や内航船舶²³などの代行輸送手段の確保や、主に東海道本線についてう回運行ができるよう機関車の改造や運転手の乗務区間の拡大など²⁴を行っているが、いずれの方法も輸送量や区間は平常時の一部にとどまっており、有力な代替手段とまでは言えない。

3. 内航船舶の課題

鉄道と並ぶモーダルシフト先に内航船舶がある。内航船舶は、コンテナ船、トラックを輸送できるフ

《図表 12》自然災害による運休本数の推移



(出典) 国土交通省¹⁸

¹⁷ 当社で JR 貨物に独自に取材を行った。

¹⁸ 国土交通省 今後の鉄道物流の在り方に関する検討会（2022年7月）「変化し続ける社会の要請に応える貨物鉄道輸送の実現に向けて～検討会中間とりまとめ～」 p.14

¹⁹ JR 貨物の営業キロは 2012年度末 8,337.5km に対し 2023年度頭 7,829.1km（鉄道統計年報及び日本貨物鉄道会社案内）。

²⁰ 福田 晴仁（2019）『鉄道貨物輸送とモーダルシフト』白桃書房、p.39

²¹ 山田 裕太（2019）「鉄道貨物輸送の長期運休が地域経済に与える影響の分析手法の提案-長野県と石油輸送列車を例に-」

²² 多治見通運株式会社、日本貨物鉄道株式会社東海支社プレスリリース「災害時の鉄道コンテナ輸送に関するバックアップ体制の構築について」（2023年5月10日）トラックの JR12ft コンテナ積載個数は一般に 2 個。

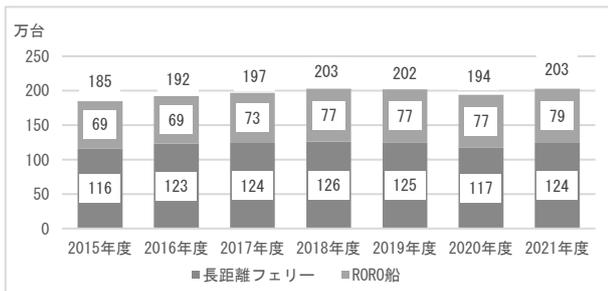
²³ センコーホールディングス株式会社、日本貨物鉄道株式会社プレスリリース「災害時の代行輸送力強化に向けた内航船の共同発注について」（2023年4月12日）同船は JR12ft コンテナ 80 個を積載可能としているが、山陽本線 26 両編成貨物列車 1 本の積載量は 12ft コンテナ 130 個。

²⁴ 日本貨物鉄道株式会社「2023年度経営計画」 p.9

フェリー及び RORO 船²⁵、石炭や鉄鋼などを運ぶその他船舶の 3 種類に分類されるが、トラックをそのまま輸送できるフェリー及び RORO 船が主なモーダルシフト先となる。

2015 年以降のフェリー及び RORO 船の輸送量は《図表 13》のとおり微増傾向となっている。また、フェリー及び RORO 船の積載能力も《図表 14》のとおり上昇しており、各船社は将来の需要増加を見越した輸送力増強を図っている。

《図表 13》長距離フェリー・RORO 船の
トラック・トレーラー輸送台数の推移



(出典) 国土交通省²⁶より当社作成

《図表 14》長距離フェリー・RORO 船の
船型全国平均の推移

	1990年	2000年	2010年	2020年	
フェリー	総トン数	7,900トン	10,000トン	10,000トン	11,000トン
	積載トン数	3,400トン	4,400トン	4,400トン	5,200トン
	船長	150m	160m	170m	170m
	満載喫水	5.6m	6.0m	6.2m	6.3m
	船幅	22.8m	24.1m	24.6m	24.6m
	シャーシ積載台数	95台	119台	115台	131台
RORO船	総トン数	4,300トン	5,400トン	8,100トン	11,000トン
	積載トン数	3,900トン	4,500トン	5,200トン	6,100トン
	船長	120m	130m	150m	160m
	満載喫水	5.8m	6.2m	6.6m	6.8m
	船幅	19.0m	20.5m	26.4m	28.2m
	シャーシ積載台数	50台	59台	100台	133台

(注) フェリーは離島航路と 100km 未満の航路を除く

(出典) 国土交通省²⁷より当社作成

このように順調に伸びているように見えるフェリー及び RORO 船であるが、速度が遅いという課題と、内航船員もトラック運転手同様に不足しているという課題がある。

(1) 内航船舶の速度

フェリー及び RORO 船の速力は船によりばらつきがあるが時速 16~30 ノット (約 30km/h~約 56km/h) 程度²⁸となっており、高速道路の法定速度 80km/h のトラック、最高速度 110km/h 程度²⁹の鉄道と比べて速力に劣る。また、関東と中四国を結ぶ場合、紀伊半島をう回するため海上を進む方が距離を要する場合は多いほか、海上交通安全法施行規則により瀬戸内海と東京湾の一部で速力が 12 ノット (約 22km/h) に制限されており、速度の向上には限界がある。

内航船舶でも高速航行できる船を導入し、運航区間やダイヤの工夫により比較的速度を求める宅配便の利用なども取り込んだ東京九州フェリー (《BOX 1》) のような事例も存在するが、一般的には内航船舶はトラックや鉄道と比べて速度に劣り、高速性を求める貨物の輸送には向かないと言える。

²⁵ フェリーは海上運送法により自動車航送を行う旅客船でトラック運転手が車両ごと乗り込むことを原則とするのに対し、RORO 船は内航海運法による貨物船で運転手が港に置いて行った車両を港湾事業者が乗下船させて車両を無人で航送することを原則とし旅客定員が 12 人未満に制限されている。ただし、近年ではフェリーでの無人航送、RORO 船への客室の設置も行われており、利用者にとっての違いは小さくなっている。

²⁶ 国土交通省 (2023.6) 「次世代高規格ユニットロードターミナル検討会 ~ 「物流の 2024 年問題」等に対応した内航フェリー・RORO 船ターミナルの機能強化~ 中間とりまとめ」p.6、長距離フェリーは長距離フェリー協会会員 9 社の輸送台数。

²⁷ 国土交通省 (2023.6) 「次世代高規格ユニットロードターミナル検討会 ~ 「物流の 2024 年問題」等に対応した内航フェリー・RORO 船ターミナルの機能強化~ 中間とりまとめ」p.10

²⁸ 土井義夫 (2018.10) 「国内におけるフェリー・RORO 船の活用策と課題」『日本航海学会 NAVIGATION』No.206、p.43、内航ジャーナル株式会社<<http://www.naikouj.com/iroiro.htm>> (最終閲覧日: 2023 年 8 月 30 日)

²⁹ 公益財団法人鉄道貨物協会 (2023) 『貨物時刻表 2023 年 3 月ダイヤ改正』pp.38-46

《BOX 1》 モーダルシフトを意識した東京九州フェリー

関東と北九州を結ぶ航路には従来からオーシャン東九フェリーが就航しているが、2021年7月1日から新たに就航したのが東京九州フェリーである。

オーシャン東九フェリーが航海速力 22.4 ノット (約 40km/h) の船で、東京～徳島～新門司と徳島に寄港するのに対し、東京九州フェリーは航海速力 28.3 ノット (約 52km/h) の船で横須賀～新門司直行としスピードを意識した運航となっている。また、発着地として横須賀が選ばれた理由の一つとして航行速度が制限される東京湾内の距離が短いこと³⁰も挙げられている。なお、どちらのフェリーも瀬戸内海は航行しないルートの基本としている。

実際の関東→北九州間の比較は《図表①》のとおりで、トラックや JR 貨物よりは遅いものの、他のフェリーや RORO 船より速く、関東から九州一円に翌々日の配達ができるダイヤとなっている。

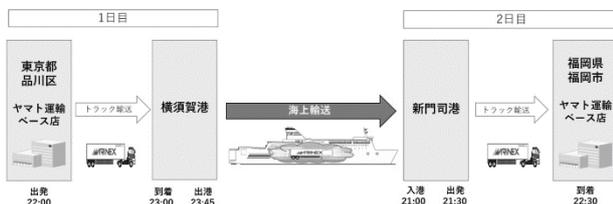
《図表①》 関東→北九州間の各モードの時刻

	発地	発時刻	着地	着時刻	備考
東京九州フェリー	横須賀	23:45	新門司	翌日 21:00	2023年8月現在のダイヤ、月～土運航
オーシャン東九フェリー	東京	19:30	新門司	翌々日 5:35	2023年8月現在の月～土ダイヤ
商船三井 RORO船	東京	21:00	苅田	翌日 22:30	2023年8月現在のダイヤ、月～木・土運航
大型トラック	東京IC	22:00	門司IC	翌日 10:37	NEXCO西日本の経路検索結果、大型車通常所要10時間37分に休憩2時間を加算
JR貨物 63列車	東京貨物ターミナル	22:06	北九州貨物ターミナル	翌日 14:54	2023年3月18日改正ダイヤ 発着は荷役線出線及び荷物引渡開始時刻

(出典) 各社時刻表及び NEXCO 西日本高速道路料金・経路検索より当社作成

東京九州フェリーは使い勝手の良いダイヤから、佐川急便、日本郵便、ヤマト運輸の宅配大手に利用されており (《図表②》・《図表③》)、特に佐川急便と日本郵便は 1 台のトレーラーを 2 社で共同利用している。(《図表③》)

《図表②》 ヤマト運輸による利用



(出典) ヤマト運輸・SHK ライングループ³¹

《図表③》 佐川急便・日本郵便による利用



(出典) 佐川急便³²

³⁰ 乗りものニュース (2019年1月6日) 「首都圏～北九州の新フェリー、なぜ「横須賀発」? 市と船社に聞くその「強み」

³¹ ヤマト運輸株式会社・SHK ライングループ (2022年9月27日) 「関東～九州間でフェリーによる海上輸送を活用したモーダルシフトを促進— 環境負荷低減と輸送効率向上を実現 —」

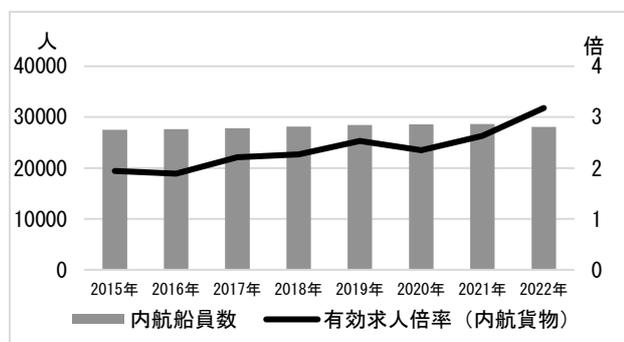
³² 佐川急便株式会社 (2022年9月8日) 「【佐川急便】日本郵便と佐川急便が東京九州フェリーを活用した幹線共同輸送を開始」

（２）内航船員の不足

近年の内航船員数は《図表 15》のとおり 28,000 人前後で安定しているが、内航貨物の有効求人倍率は年々増加している。また、内航船員の年齢構成は《図表 16》のとおりで、道路貨物運送業よりは年齢の偏りは小さいものの 50 歳以上が半数弱を占めており、特に 60 歳以上は 22.8% で道路貨物運送業より多い。船舶は、大きさ、機関の出力、航行する海域等に応じた乗り組み基準（配乗）が定められており、対応する級数の海技士等有資格者を乗船させる必要がある。このため、乗船後も計画的に海技士資格を取得するキャリア形成を促す必要があり、トラック運転手よりも人員確保に時間がかかる。

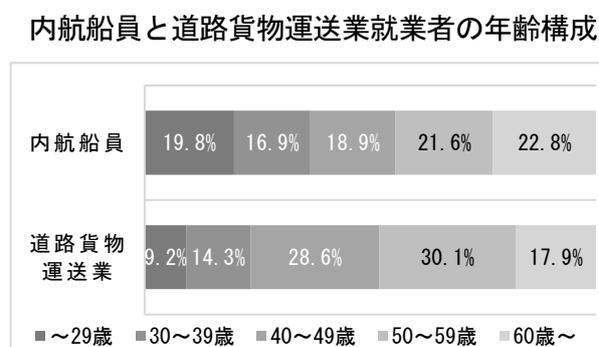
なお、船舶の大型化によりある程度運航効率を向上させることは可能であるが、海上交通安全法施行規則により長さ 160m 以上及び 200m 以上で瀬戸内海などにおける航行規制がそれぞれ厳しくなる。フェリー及び RORO 船の平均船長は《図表 14》のとおり 160～170m に達しており、航行規制を受ける海域を通過する航路での大型化は限界に近い。

《図表 15》内航船員数と有効求人倍率の推移



(出典) 国土交通省³³より当社作成

《図表 16》2022 年 10 月時点の内航船員と道路貨物運送業就業者の年齢構成



(出典) 国土交通省³⁴及び労働力調査より当社作成

4. モーダルシフトの限界

鉄道貨物及び内航船舶へのモーダルシフトはトラック運転手不足や脱炭素への取組みとして期待されるころではあるが、鉄道貨物においてはダイヤ制約や輸送の安定性、内航船舶においては速度の遅さや船員不足という課題を抱えており、今後急激に取扱量を伸ばすことは難しい。

特に、物流の 2024 年問題で輸送力が不足する地域の一つである中国地方については、鉄道貨物は東海道本線のダイヤ制約により増強が難しく、フェリー及び RORO 船は瀬戸内海での制限などにより速度の向上も大型化も難しい。

³³ 国土交通省海事局（2023）「数字で見る海事」 p.50

³⁴ 国土交通省海事局（2023）「数字で見る海事」 p.50

IV. 自動運転トラックの展望と課題

前章のとおり鉄道貨物及び内航船舶へのモーダルシフトには課題と限界がある。そこで、期待されるのがトラックの自動運転である。

1. 自動運転トラックのロードマップ

トラックの自動運転については、2023年4月に株式会社T2（以下「T2」）が東関東自動車道でのト

《図表 17》自動走行ロードマップ

区分		実証実験 (2024年度～2025年度)	黎明期 (2026年度以降)	普及期 (2030年度以降)	成熟期 (2035年度以降)	備考
車両	自動運転レベル ※実証実験は黎明期に実現を目指す、レベル4自動運転(ODD外、突然の障害物、MRMからMRCI以後の緊急時は有人で対応)を前提	2024年度実証： レベル4相当の確認 2025年度実証： レベル4走行の実現	レベル4 (サイバセキリティ対応、EDR装着、冗長性確保、ノーマルブレーキ対応 等)			各種法令への対応 (道交法、道路運送車両法、貨物自動車運送事業法)
	運転者の有無	2024年度実証：有り 2025年度実証：無し (25年度は車内に保安要員あり)	無し (車内に保安要員あり)	無し（車内に保安要員なし※） ※ただし、事業者の判断によっては保安要員の乗車もあり得る		保安要員の勤務時間に関する取扱 等
	自動運転開始・終了	実証区間内にあるSA/PA又は本線上にてON/OFF	走行区間内にあるSA/PA又は本線上にてON/OFF	高速道路直結の中継エリア/物流施設		本線上での自動運転ONにおけるODDとの関係性 等
	通信機能	先読み情報の受発信(V2I) 車両の状態監視(各OEMサーバ)	ITS-Connect 760MHz / 5.8GHz		ITS-Connect 760MHz / 5.8GHz / 5.9GHz	
事業性	走行区間	実証区間のみ (案：新東名高速道路の実運用区間)	関東～関西間の全区間または特定区間	関東～関西全区間	関東～関西全区間+以西 (延伸区間は物流コース等による)	各項目の方向性についてはテーマ3内のWGにおいても議論する予定
	走行台数	各OEM1～2台の試験車両	大手物流事業者中心に10～50台	上り車線下り車線各300台以内	上り車線下り車線各300台超	
	走行時間帯	昼夜・全季節での実証 (天候は不確定要素であるため要検討)	夜間走行中心・全季節 (天候への対応は徐々に拡大)		昼夜・全季節・全天候	天候について、「高速道路が閉鎖される天候」の場合は、走行を行わない
	事業体制	国プロジェクト (各OEM+運送事業者参加)	大手物流事業者	共同運行母体 (車両の保有、中継エリア運用、運行管理 等)		
区分		実証実験 (2024年度～2025年度)	黎明期 (2026年度以降)	普及期 (2030年度以降)	成熟期 (2035年度以降)	備考
外部支援	中継エリア/物流施設の有無	無し (テストコースにおける模擬エリアで発着の実証)	無し (整備されるまでは、本線上で自動運転ON/OFF)	有 (中継エリア)	有 (中継エリア/物流施設)	ティベロップにおける建設計画等を反映させる必要あり。
	合流支援	合流支援策の検討効果検証	主に他車合流支援策の導入 (自車合流時は手動)	他車・自車の合流支援策の導入		黎明期以降の具体的な支援策の内容については、実証実験を踏まえたものを想定。工工会移動通信分科会での議論も必要
	先読み情報	項目 車両プローブ、路側CCTV、情報板等と車両との連携検証 システム 具体的システム構成は、コストや拡張性を踏まえて今後道路会社・システム会社と協議連携	法令順守に係る事項 (例：速度制限情報)	安全走行の確保に係る事項/事業性の確保に係る事項 (例：事故・障害物・道路異常情報、天候情報、渋滞情報、車線規制情報 等)		NEXCO日本の「高速道路の自動運転時代に向けた路車協調実証実験」等との連携 等
	緊急時の対応	-	保安要員にて対応 (手動運転に切り替え)	「駆けつけ」による手動運転への切り替え、または自動運転の再開。レッカー対応。		
運行管理	運行管理システムの構築	運行管理システムの検証 ※具体的な内容は検討中 (物流MaaS事業との連携)	自動運転開始/解除システムおよび受注/予約システムの試行的実施	自動運転開始/解除システムおよび受注/予約システムの本格運用		
	運行管理システムの運用体制	運行管理センターの体制・役割検討 (通常時および緊急時)	運行管理センターの試行的運用および課題対応	運行管理センターの本格運用 (例：「駆けつけ」による手動運転への切り替え、または自動運転の再開、レッカー対応体制の構築・運用等)		体制は要検討
	運行監視	通常時 実証通信機を活用した監視 緊急時 操作機能の検証	OEMの車載器等を活用した監視機能の導入		車載器等を活用した操作機能の導入	

(出典) 経済産業省・国土交通省³⁵

³⁵ 経済産業省・国土交通省 自動走行ビジネス検討会事務局（2022年4月28日）「自動走行の実現及び普及に向けた取組報告と方針 version7.0 参考資料」 pp.83-84

トラック自律走行に成功した³⁶⁾ほか、株式会社 TuSimple JAPAN（以下「TuSimple」）も 2023 年 1 月から東名高速道路で自動運転の実験をしたと発表³⁷⁾している。

こうした技術の進展も踏まえ、経済産業省と国土交通省は「自動走行ビジネス検討会」を設置しており、2023 年 4 月 28 日に「自動走行の実現及び普及に向けた取組報告と方針 version7.0」（以下、参考資料を含め「自動走行取組方針」）を発表し、その中に「レベル 4 自動運転³⁸⁾トラックの社会実装のステップ策定」と「ロードマップ案（以下「自動走行ロードマップ」）」も盛り込まれた（《図表 17》）。自動走行ロードマップでは、大手物流会社が 10～50 台程度の自動運転トラックに保安要員を乗車させた状態で運行する黎明期を 2026 年度以降とし、車内の保安要員も不要となる普及期は 2030 年度以降としている。また、普及期であっても、当初は「関東～関西間」「上下線各 300 台以内」「夜間走行中心」で実施することが想定されている。台数や区間を拡大する成熟期は 2035 年度以降としている。

2. 自動運転トラックの課題

自動走行取組方針では、自動運転トラックの社会実装に向けた課題として「課題①：5つの事業モデルの導入 STEP と各々の事業モデルの事業者にとって有用なモデル化の更なる分析とモデル化への反映」「課題②：レベル 4 自動運転トラック評価車・実車による、公道でのリスク回避の限界と対応策の探索」「課題③：追加されたリスクに対する現実的な追加回避策の検討」「課題④：レベル 4 自動化におけるインフラ等の外部支援・制度整備に向け、関係するステークホルダーの参加」「課題⑤：社会受容性の醸成に向けた活動ツールの制作と機会を捉えた広報活動の開始」の 5 つを挙げている。つまり、技術の検証として課題②・③があり、車両側での解決が難しいかまたは高コストとなる項目について課題④のとおり外部支援インフラの整備と運行管理体制の構築が考えられている。そのうえで、課題①事業性のあるビジネスモデルの構築と課題、⑤社会受容性が求められる。ここでは、外部支援インフラ、運行管理体制について見ていく。

（1）外部支援インフラ

自動走行取組方針では、トラックは大きさ、運動特性、仕様の多様さから車両技術による車線変更への対応は極めて困難であり、自動運転トラックと運転手の運転する車両との混在の極小化や、車線変更支援及び前方障害物や車線規制などの先読み情報の提供が必要としている。また、当社では自動運転トラックを開発している T2 の下村氏及び TuSimple の Wu 氏に取材を行ったが（以下断りなく「自動運転開発会社 2 社」と書いた場合、この両社を示す。）、TuSimple の Wu 氏からは「車両技術による解決は可能だが、費用を考えると路車協調を社会インフラとして整備することが望ましい。」と発言があったほか、T2 下村氏からも「第一通行帯を優先レーンとする形で、技術的実証を重ねていきたい。」と発言

³⁶⁾ 株式会社 T2 プレスリリース（2023 年 4 月 14 日）「自動運転大型トラックにて高速道路上での自律走行に成功」

³⁷⁾ 株式会社 TuSimple JAPAN プレスリリース（2023 年 6 月 6 日）「日本における自動運転トラック運用試験を本格開始 東名高速道路における自動運転トラックのテスト映像公開」<<https://kyodonewsprwire.jp/release/202306056145>>

³⁸⁾ 自動運転レベル 4 は「システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を限定領域において実行」するものと定義され、運行設計領域（ODD）の範囲内での自動運転及び自動運転が継続困難になった場合の対処までをシステムが行うため、ODD 内での運行を想定した運用では運転手が必要ない。自動運転レベルの定義は SAE International の J3016（2016 年 9 月）及びその日本語参考訳である JASO TP18004（2018 年 2 月）が使用されている。

があった。

自動走行取組方針では具体的な外部支援インフラとして《図表 18》をイメージしており、車両検知センサー、車載センサー、監視カメラや気象観測装置、ドライバーからの通報情報や事前の工事情報などをもとに、合流支援情報、車線規制情報や障害物情報、トンネル出口などの気象情報などを路側通信機により提供⁴⁰することが考えられている。

以上の外部支援インフラについて、自動走行取組方針では 2023 年度に新東名新秦野 IC～新御殿場 IC 間の未供用区間の一部で実証実験を行うとしている

ほか、デジタルライフライン全国総合整備計画⁴¹では新東名駿河湾沼津 SA～浜松 SA 間の深夜時間帯で自動運転専用レーンを整備するとし、さらに 2023 年 8 月 3 日のデジタル田園都市国家構想実現会議では 2025 年度以降東北道等でも自動運転専用レーンを展開するとしている。ただし、自動走行ロードマップでは 2026 年度以降に関東～関西間での運行としているほか、自動運転開発会社 2 社からも「まずは東名阪でのビジネス化に注力したい。」旨の発言があった。

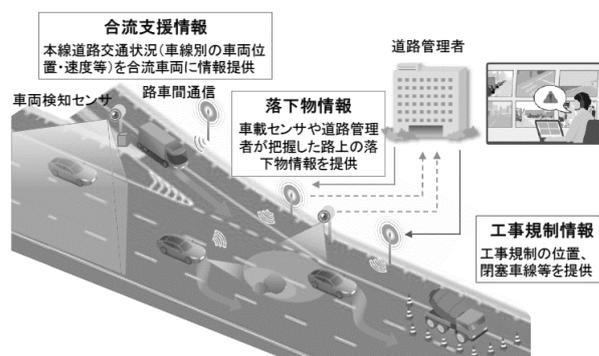
外部支援インフラについては、政府でも前倒しでの整備が検討されているものの、2024 年度に実証が始まることと、実際のセンサーや通信装置などの投資やその負担の在り方を検討する必要がある点を考えると、新東名、新名神高速道路での整備が先行すると考えられる。

(2) 運行管理体制

自動運転トラックが障害物や緊急退避により本線上または路肩に停車した場合、自動走行取組方針では「車線移動を伴う大型車の再発進は、車両単独では極めて困難」であり「運行監視に基づく緊急停止とレスキュー体制が必要」としている。自動走行ロードマップでは、車両を緊急停止させるなどの作業を行う保安要員が乗車した自動運転トラックの走行を 2026 年度から実施するのに合わせて、運行管理センターの試験的運用を行い、2030 年度以降の普及期において、運行管理センターを本格運用するとともに、駆け付けやレッカー対応などのレスキュー体制を構築するとしている。

運転席に運転手が居ないレベル 4 の自動運転について、日本では 2023 年 4 月 1 日に改正道路交通法が施行され、「運転」とは異なる「特定自動運行」と整理されている。「特定自動運行」を行おうとする事業者は「サービスを実施したい都道府県の公安委員会に運行計画や体制、ODD、緊急時の対応フロー等、実施するサービスの全体像について審査を受ける」⁴²と定められている。あわせて貨物自動車運送事業法施行規則に「特定自動運行貨物運送」が定義され、運転者同等のものとして「特定自動運行保安

《図表 18》道路インフラによる支援



(出典) 経済産業省・国土交通省³⁹

³⁹ 経済産業省・国土交通省 自動走行ビジネス検討会事務局 (2022 年 4 月 28 日)「自動走行の実現及び普及に向けた取組報告と方針 version7.0 参考資料」 p.92

⁴⁰ 自動走行ロードマップでは路側通信 (V2I) として ITS-Connect 760MHz、5.8GHz 及び 5.9GHz の使用が想定されている。

⁴¹ デジタル田園都市国家構想実現会議 (2023 年 3 月 31 日)

⁴² 新添 麻衣 (2023)「迫る自動運転レベル 4 時代の民事責任～EU の AI 規制案に見る日本の残課題への対処法 Ver.2～」『SOMPO Institute Plus Report』 Vol.82、p.27

員」が定められた。貨物自動車運送事業者は貨物自動車運送事業法施行規則及び貨物自動車運送事業輸送安全規則により、特定自動運行保安員についても、過労運転等の防止、点呼、業務を遵守させる措置など、ほぼ運転者と同等の措置を講じなければならない。また、「貨物自動車運送事業輸送安全規則の解釈及び運用について」において、一人の特定自動運行保安員による複数の自動車の監視が認められている一方、「特定自動運行事業用自動車の運行中において、偏荷重又は貨物の落下等、貨物の運送に支障が生ずる事態が発生した場合に対応できるよう、当該貨物の積み直しを行うことができる体制を整える必要がある。」とされており、貨物の運送という面からも異常があった場合の駆け付け体制を構築するように求められている。

3. 自動運転トラックの展望

以上のとおり、自動運転トラックの実現のためには、道路側のセンサーや通信設備を含む外部支援インフラの構築、また異常時の駆け付け体制などの運行管理体制の構築が必要とされている。従って、自動運転トラックを活用できる区間はこうした整備ができた区間に限られ、当面は新東名、新名神高速道路に限られると予想される。

なお、道路環境の整備などを条件に段階的に走行区間が拡大された例としてはダブル連結トラックがある。ダブル連結トラックの場合、2017年に実験走行が行われ、2019年に新東名高速道路で許可、その後順次許可区間が拡大し2022年に高速自動車国道の約56%で許可されるようになった⁴³。自動運転トラックも同様の過程をたどることが予想される。新東名、新名神高速道路ともに2027年度全線開通と報道⁴⁴されており、2027年度以降、海老名南JCT～神戸JCT間での自動運転環境が整うことが期待される。

V. 自動運転トラックの活用とモード間接続

自動運転トラックの運行区間が新東名、新名神高速道路を中心とした区間にとどまるとすれば、鉄道貨物や内航船舶と同様、自動運転区間とそれ以外を接続する必要が生じる。また、モーダルシフトに特に課題がある中国地方などへの輸送力を確保するためには、関東～関西間にとどまらず、関西から中四国方面への接続の実現が望ましい。つまり、自動運転トラックと人が運転するトラック（以下「有人トラック」）、鉄道、内航船舶の各モード間をシームレスに接続する方法の開発が重要となる。

各モード間の接続については、鉄道、内航船舶ではドアツードアの輸送を実現する方法として既に有人トラックとの接続が重視されているほか、有人トラック同士においても物流の2024年問題の解決策として荷役分離や中継輸送などが行われている。本章では有人トラック、鉄道貨物、内航船舶におけるモード間接続を概説し、自動運転トラックへの適用を論じる。

⁴³ 詳しくは、当社 Insight Plus 水上 義宣（2022年11月15日）「ダブル連結トラックの課題と普及に向けて」

⁴⁴ 乗りものニュース（2022年12月16日）「新東名「2027年開通予定」に 難工事でさらに4年遅れ 新秦野～新御殿場」、乗りものニュース（2023年3月21日）「新名神「高槻～神戸」開通5年 全通はいつ？ “宝塚渋滞”に終止符も名神などでは渋滞悪化」

1. 有人トラック同士の接続

第Ⅱ章で述べた通りトラック運転手の拘束時間が短くなることから、有人トラックでは長距離を運行するために運転手又は車両を交替して輸送する中継輸送が行われている。中継輸送には《図表 19》のとおり「トレーラー・トラクター方式」「貨物積替え方式」「ドライバー交替方式」の3つの方式がある。

(1) トレーラー・トラクター方式

トレーラー・トラクター方式は、運転席のあるトラクターを付け替えることで運転手を交替する方式で、荷物を積んだまま交替できる点がメリットである。

トレーラー・トラクター方式を行う車両には2種類あり、一つは運転席のあるトラクターを外すことができるトレーラー（《図表 20》）で、もう一つは大型トラックで荷台のあるボディを外すことができるスワップボディ（《図表 21》）である。

《図表 20》セミトレーラー



(注) トラクターをヘッド、トレーラーをシャーシともいう

(出典) 全日本トラック協会⁴⁶

《図表 21》スワップボディ



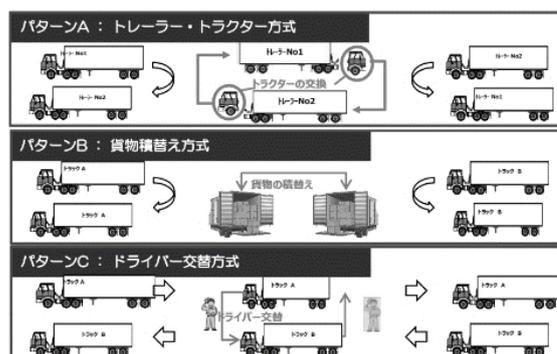
(出典) 佐川急便⁴⁷

トレーラーにはトラクターのみを取り外すため取り外しをする場所に長さが必要なく、トレーラーを長くできるというメリットがあるが、運転にはけん引免許が必要であり、車検等もトラクター、トレーラーのそれぞれに必要というデメリットがある。

一方、スワップボディは後部まで引き出す必要があるため取り外しをする場所に長さが必要となるデメリットがあるが、運転は大型免許により可能で、車検等も一台分ですむというメリットがある。

また、どちらの車両も運転席のみを取り外して荷物を置いておく運用が可能のため、トラック同士を交替させるだけでなく、荷役作業を運転から分離する荷役分離も可能となる⁴⁸。例えば、佐川急便株式会社ではスワップボディを導入して運転手と配達先での荷役スタッフを分離し、運転手2名を要して

《図表 19》中継輸送の方式



(出典) 国土交通省⁴⁵

⁴⁵ 国土交通省（2017年3月）「中継輸送の実施に当たって（実施の手引き）」p.2

⁴⁶ 社団法人全日本トラック協会（2004）「トラックドライバーのためのトレーラの安全運行のポイント」p.2

⁴⁷ 佐川急便株式会社「SDGsの取組み」<<https://www.sagawa-exp.co.jp/sustainability/SDGs/>>（最終閲覧日：2023年8月15日）

⁴⁸ 荷待ち・荷役時間短縮の重要性については、当社 Insight Plus（2023年6月30日）水上 義宣「物流の2024年問題と荷待ち・荷役時間」

いた2か所への配達が行えるようになった⁴⁹。

(2) 貨物積替え方式

荷台を開けて荷物を積み替える方式で、特殊な車両や手続きが不要な点がメリットであるが、積み替えの手間がデメリットとなる。

(3) ドライバー交替方式

運転手が交替する方式で貨物積替え方式同様、特殊な車両が要らない点がメリットであるが、営業所や会社を跨いで交替する場合には車両の使用などについて手続きが必要⁵⁰となるのがデメリットである。

2. 鉄道貨物におけるモード間接続

鉄道貨物は「トラック→鉄道→トラック」という輸送方式になるため、JR貨物ではコンテナの使用を基本としている。コンテナの大きさは一般に長さのフィート(ft)数で表すが、鉄道では主に12ftコンテナ(《図表22》)が使われている。12ftコンテナは中型トラックで運送することができ、貨車1両に5個が積載できるため普及してきた一方、大型トラック相当の荷物を運送しようとする場合、12ftコンテナは2~3個を要し、積み降ろしが不便になるなどの課題がある。

そこでJR貨物では、大型トラックの荷台と同じ大きさの31ftコンテナ(《図表23》)の導入を進めており、大型トラックと鉄道をシームレスに接続するものと期待される。ただし、31ftコンテナは12ftコンテナより大きくて重いので12ft用フォークリフトでの荷役が困難で、積み下ろしにはトプリフターなどの専用機材を必要とするため、対応している駅がコンテナ取扱134駅のうち60駅⁵¹に留まるという課題がある。

《図表22》12ftコンテナの大型トラック積載



(出典) 日本フレートライナー⁵²

《図表23》31ftコンテナの大型トラック積載



(出典) 日本フレートライナー⁵³

⁴⁹ 国土交通省(2019.3)「スワップボディコンテナ車両活用促進に向けたガイドライン 参考資料:事例集」p.2

⁵⁰ 詳しくは、国土交通省(2017年3月)「中継輸送の実施に当たって(実施の手引き)」

⁵¹ 公益財団法人鉄道貨物協会(2023)『貨物時刻表2023年3月ダイヤ改正』p.206。コンテナ取扱134駅には線路の無い、オフレールステーション、新営業所及びコンテナ営業所、計36駅を含む。

⁵² 日本フレートライナー株式会社「輸送サービス」<<https://www.f-l.co.jp/tracktransport.html>>(最終閲覧日:2023年8月16日)

⁵³ 日本フレートライナー株式会社「輸送サービス」<<https://www.f-l.co.jp/tracktransport.html>>(最終閲覧日:2023年8月16日)

3. 内航船舶におけるモード間接続

(1) フェリー及び RORO 船

内航船舶の中でもフェリー及び RORO 船はトラックをそのまま積載する船で、特に RORO 船では運転手が港に置いて行った車両を港湾事業者が乗下船させて輸送する「無人航送」(《図表 24》)が主流となっており、運転席のあるトラクターを外せるトレーラーの活用が前提となっている。また、フェリーでも物流の 2024 年問題などがあり、無人航送が拡大⁵⁵している。

船舶の大型化や無人航送の増加により、港湾ではシャシーの置き場(ヤード)が不足したり、分散して非効率になったりしている⁵⁶と指摘されている。さらに、ヤード内のシャシーの場所が情報化されていないため、トラクター運転手が目視で探索して引き取る必要があり、混雑している際はトラクターがヤード内に進入できず徒歩で移動する必要がある場合もあって引き取りまで時間を要している⁵⁷という。こうした情報化の遅れは、内航船舶の予約やトレーサビリティにおいても不便だという指摘⁵⁸もある。

以上の課題を踏まえ、国土交通省では次世代高規格ユニットロードターミナル検討会を設置し、港湾の整備及び情報化を図る目的でとりまとめを行っているが、2023 年 6 月に中間とりまとめを行ったところであり、今後の具体的な事業化が期待される段階である。

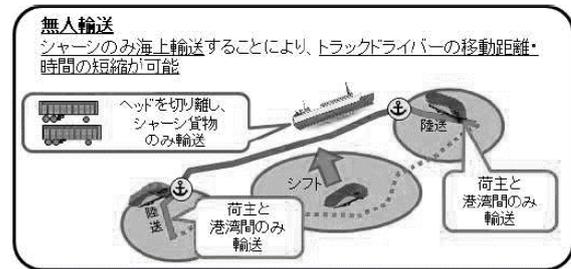
(2) 海上コンテナ

コンテナ船及び RORO 船ではコンテナも活用されている。船舶で使われる主なコンテナに国際標準規格(ISO)の 20ft、40ft コンテナがある。また、国内向けでは 10ft や JR 貨物も使用している 12ft、外航船舶では 45ft もある。さらに、40ft、45ft には高さが 1ft 高い背高規格もある。

内航船舶におけるコンテナ規格の内訳は《図表 25》のとおりで、純粋な国内輸送である内貿コンテナ貨物では 20ft 及び 12ft が主流となっているが、輸出入貨物の国内輸送にあたる内航フィーダー貨物では ISO コンテナが使われており、特に 40ft が 73.5%で主流となっている。

トラックとの接続においては、40ft コンテナは長さが長いいためトレーラーで運送する必要がある(《図表 26》)、海上コンテナとトラックの接続ではトレーラーの利用が一般的になっている。なお、20ft コンテナは大型トラックの 2/3 程度の大きさであり、トラックへの積載効率は悪い。

《図表 24》 無人航送のイメージ



(出典) 国土交通省⁵⁴

⁵⁴ 国土交通省 (2023.6) 「次世代高規格ユニットロードターミナル検討会 ～「物流の 2024 年問題」等に対応した内航フェリー・RORO 船ターミナルの機能強化～ 中間とりまとめ」 p.11

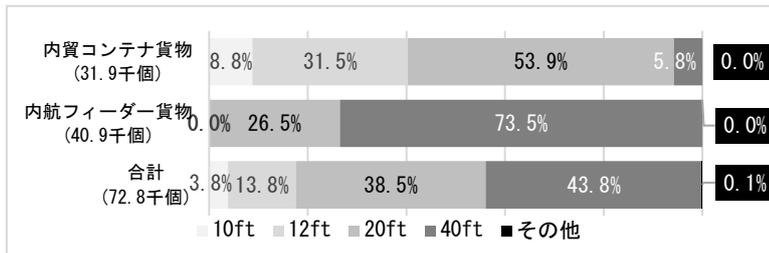
⁵⁵ 国土交通省「令和 4 年度ユニットロード貨物流動調査 調査概要」 p.27 によると、輸送距離 300km 以上のフェリーにおける無人航送率は 2017 年度 38.9%に対し 2022 年度 48.4%

⁵⁶ 国土交通省 (2023.6) 「次世代高規格ユニットロードターミナル検討会 ～「物流の 2024 年問題」等に対応した内航フェリー・RORO 船ターミナルの機能強化～ 中間とりまとめ」 p.16

⁵⁷ 国土交通省 (2023.6) 「次世代高規格ユニットロードターミナル検討会 ～「物流の 2024 年問題」等に対応した内航フェリー・RORO 船ターミナルの機能強化～ 中間とりまとめ」 p.17、最大 60 分ほどを要しているという。

⁵⁸ 渡邊 壽大、松田 琢磨 (2019) 「内航 RORO/フェリーモーダルシフトの可能性と課題」『海事交通研究』第 68 巻、pp.111-120

《図表 25》2022 年度内航船舶における
コンテナ規格別実個数割合



(出典) 国土交通省⁵⁹より当社作成

《図表 26》40ft コンテナの
トレーラー積載



(出典) 鈴与自動車運送株式会社⁶⁰

一方鉄道との接続については、JR 貨物の貨車は 1 両 60ft 強の長さがあるので 20ft コンテナなら 3 個積むことができ JR 貨物でも使用されているのに対し、40ft コンテナは貨車 1 両に 1 個しか積むことができず効率が悪い。また、大型の 40ft コンテナを取り扱える駅は 9 駅⁶¹しかなく、40ft の中でも背が高い規格 (40ft 背高) のコンテナについては原則として東京～盛岡間⁶²の利用に限られている。

3. 自動運転トラックにおけるモード間接続

以上の既存のモード間において活用されている接続方式を自動運転トラックに適用することを考えると「ドライバー交替方式」「荷物積替え方式」「コンテナ」及び「トラクター・トレーラー方式」が考えられる。この項ではそれぞれを自動運転トラックに適用した場合を論じる。

(1) ドライバー交替方式

有人運転が必要な区間で自動運転トラックに運転手が乗り込む方法となる。特に自動運転区間でも保安要員を乗り込ませる場合には、ドライバー交替方式となると考えられる。ただし、自動運転開発会社 2 社への取材などをもとにすると当面の自動運転トラックの車両価格は現行のトラックより高いと予想され、自動運転トラックを有人運転にも使うことは費用の面ではデメリットとなる。また、無人であれば点検等の時間を除けば車両を稼働させ続けることが可能であるが、有人区間が入ってしまうと運転手を確保しない限り車両を動かすことができず、車両の稼働率も下がることになる。

従って、ドライバー交替方式は、保安要員が必要となる初期や、自動運転できる高速道路を降りてから付近の物流センターまでの一般道を有人運転する場合などには有効と考えられるが、関西まで来た荷物をさらに中国地方まで輸送するというような長距離の輸送や、海老名まで来た荷物を東京都内の複数の拠点まで輸送するというような時間のかかる輸送には向かないと考えられる。また、鉄道貨物や内航

⁵⁹ 国土交通省「令和 4 年度ユニットロード貨物流動調査 調査概要」p.12

⁶⁰ 鈴与自動車運送株式会社<<https://www.suzuyojidousha.co.jp/service/container>> (最終閲覧日：2023 年 8 月 31 日)

⁶¹ 公益財団法人鉄道貨物協会 (2023)『貨物時刻表 2023 年 3 月ダイヤ改正』p.206。40ft コンテナの取扱駅は盛岡貨物ターミナル、仙台港、宇都宮貨物ターミナル、東京貨物ターミナル、横浜本牧、名古屋貨物ターミナル、大阪貨物ターミナル、北九州貨物ターミナル、福岡貨物ターミナルの 9 駅。なお 20ft コンテナは JR 貨物が保有する鉄道専用のものもあり、取り扱える駅数は 61。

⁶² 40ft 背高コンテナを東京～盛岡間以外でも輸送できるようにする専用貨車コキ 73 の開発も行われているが、2023 年 7 月現在製造数 4 両で、運用は実証実験にとどまっている。(読売新聞 (2023 年 7 月 16 日)「海上コンテナを鉄道輸送、低床貨車で実証へ…「物流 2024 年問題」対応」)

船舶への接続には他の方式を併用する必要がある。

(2) 荷物積替え方式

荷台を開けて他のモードから自動運転トラックへ荷物を積み替える方式となるが、単純な荷物の積み替えは取扱いの手間がデメリットとなるので、荷物の仕分けや積み合わせを行う物流センターの整備が望ましいと考えられる。

2022年2月に三菱地所株式会社が自動運転トラックを見据えて新名神高速道路に直結する物流拠点を京都府城陽市に整備することを発表⁶³し、2023年6月30日には同社とT2が資本提携を発表⁶⁴している。今後、関東などにも同様の施設が整備されていくことが期待される。

(3) コンテナ

コンテナは荷物積替え方式の一種であるが、荷台を開ける必要がなく自動運転車から他のモードへコンテナを載せ替えるだけであるので有望な方法と考えられる。コンテナには複数の規格があるが、大型トラックの大きさに合わせた31ftコンテナと、海上コンテナのトレーラー輸送で一般的に使われている40ftコンテナが特に有望と考えられる。

(4) トレーラー・トラクター方式

自動運転トラックにおいても運転席を交換できるトレーラー・トラクター方式は有望と考えられる。また、トレーラーはフェリー及びRORO船でも一般的に使用されている方法であり、内航船舶との接続も容易である。

前述したとおりトレーラー・トラクター方式にはスワップボディーとトレーラーの2種類があり、それぞれ運転特性が異なる。このため、大型トラックを基本に運用する場合はスワップボディーでの、トレーラーを基本に運用する場合はトレーラーでの自動運転をそれぞれ開発することになると考えられる。

(5) モード間接続方法と自動運転トラックの現状

以上より、自動運転トラックと他のモードの接続を考慮した場合、有望な方法としては、大型トラックをベースとするのであればスワップボディーと31ftコンテナ、トレーラーをベースとするのであればトレーラーと40ftコンテナが考えられる。なお、自動走行取組方針によれば、自動走行に必要なセンサー類はトラックメーカーが製造しているキャブ+シャーシの範囲に収めるとされており、スワップボディー、トレーラー、コンテナのいずれであっても技術的には実現可能と考えられる。

自動走行開発会社2社への取材では、「日本の物流を支える」をパーパスとするT2(《図表27》)の下村氏は「スワップボディーを本命と考えている。」とした。一方、アメリカ合衆国、スウェーデン王国や中華人民共和国でトレーラーやコンテナでの自動運転実績があるTuSimple(《図表28》)のWu氏は「日

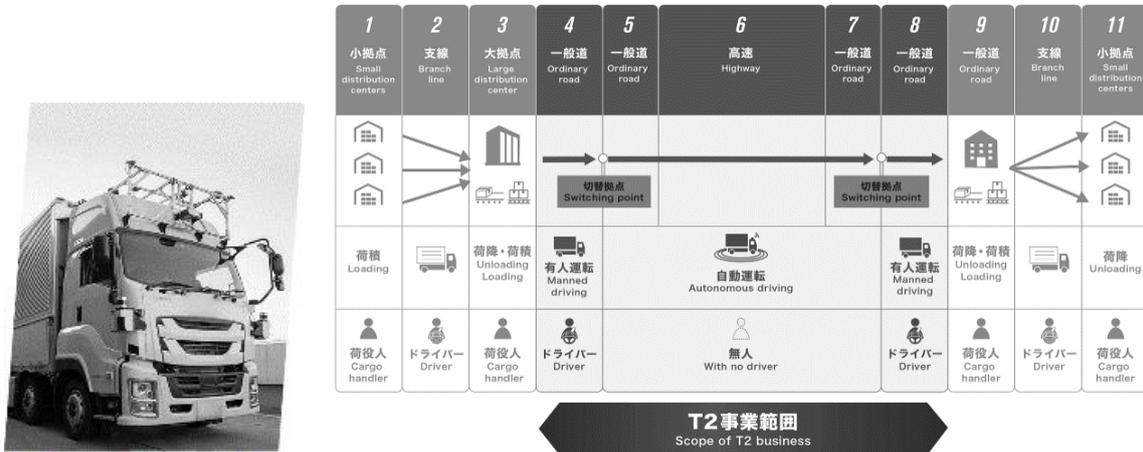
⁶³ 三菱地所株式会社(2022年2月3日)「~完全自動運転トラックなど次世代モビリティ受け入れを視野に入れた中核物流拠点~ 日本初、高速道路IC直結「次世代基幹物流施設」開発計画始動」

⁶⁴ 株式会社T2、三菱地所株式会社(2023年6月30日)「自動運転トラックの物流ネットワーク構築へ T2と三菱地所が資本業務提携、幹線輸送と次世代型基幹物流施設を融合」

本だけが大型トラックで開発するよりも、(日本以外での開発と合わせられる) セミトレーラーでの開発を進めることも考えている。」とした。

各国での開発状況と日本での環境を勘案しながら、各社工夫を凝らしていくと考えられる。

《図表 27》 T2 の車両とオペレーション想定



(出典) T2⁶⁵

《図表 28》 TuSimple の車両

日本	アメリカ合衆国	スウェーデン王国	中華人民共和国

(出典) 左から TuSimple (2023 年 6 月 5 日) “*TuSimple's autonomous trucks commence testing on expressway in Japan*”, TuSimple 公式 HP <<https://www.tusimple.com/media/>> (最終閲覧日: 2023 年 8 月 16 日)、TuSimple 提供資料、TuSimple 公式 YouTube チャンネル <<https://www.youtube.com/watch?v=EEQquhUo4OE>> (最終閲覧日: 2023 年 8 月 16 日)

VI. おわりに

輸送の多頻度小口化や運転手の低賃金、長時間労働を背景にトラック運転手は不足しており、トラック運送を取り巻く環境は厳しさを増している。特に 2024 年 4 月 1 日からトラック運転手の業務出来る時間に関する規制が厳しくなることから、輸送力不足が深刻になると予想され、中でも拘束時間が長い 630km 以上の距離を走る区間では今まで通りの輸送が難しくなると考えられる。

足下で可能な対策としては、運転手またはトラックを交替して輸送する中継輸送があり、その方法の一つとしてトレーラーやスワップボディの導入が行われているが、中継輸送に前向きな運送会社は

⁶⁵ 株式会社 T2 プレスリリース (2023 年 4 月 14 日) 「自動運転大型トラックにて高速道路上での自律走行に成功」及び <<https://t2.auto/solution/>> (最終閲覧日: 2023 年 8 月 16 日)

57%ある一方、実施中の会社は16%⁶⁶にとどまっており、拡大はこれからである。また、トレーラーやスワップボディーは荷台の分離が可能であり、荷役時間を運転から分離し運転手の拘束時間を短縮する荷役分離にも活用されている。

中期的には、環境対策を含めてトラックから鉄道貨物や内航船舶へのモーダルシフトも期待されるが、モーダルシフトには、鉄道貨物ではダイヤの制約と輸送の安定性、内航船舶では速度の遅さと船員の不足に課題があり、急激な取扱量の増加は望めない。一方で、ドアツードアの輸送を実現するためにはトラックとのスムーズな接続が必要であるという輸送モードの特性から、鉄道貨物においてはコンテナ、内航船舶においてはトレーラーやコンテナが活用されており、輸送モードの接続に関する経験を有している。

長期的には、自動運転トラックの実現も期待される場所であるが、外部支援インフラや運行管理体制の整備を必要とすることから、当面は関東～関西間、具体的には新東名及び新名神高速道路での活用に限られると考えられる。ドアツードアではなく特定の拠点間を運行する必要があるという点では鉄道貨物や内航船舶と同様であり、モーダルシフトでの課題を踏まえると有人運転トラックなどの他のモードと自動運転トラックをスムーズに接続する方法の開発が重要と考えられる。また、トラック同士の接続という点では中継輸送も参考になると考えられる。従って、自動運転トラックの活用にあたってはスワップボディーや31ftコンテナ、トレーラーの活用が有望と考えられ、あわせてシャーシヤードなどの接続場所の確保と情報化が必要と考えられる。

以上より、短期の中継輸送と荷待ち・荷役時間の短縮、中期のモーダルシフト、長期の自動運転のいずれを見据えた場合でも、荷台を分離できるトレーラー、スワップボディー、31ftコンテナ及び40ftコンテナへの投資が持続可能な物流の実現にあたっては重要になると考えられる。また、自動運転トラックの開発にあたっては既存のスワップボディー、トレーラーなどの車両や鉄道貨物、内航船舶などで使用されているコンテナなどの機材と互換性を保つことが重要と考えられる。

本資料は、情報提供を目的に作成しています。正確な情報を掲載するよう努めていますが、情報の正確性について保証するものではありません。本資料の情報に起因して生じたいかなるトラブル、損失、損害についても、当社および情報提供者は一切の責任を負いません。

⁶⁶ 国土交通省（2022.4）「中継輸送実現に向けたポイント（リーフレット）」