

マルチモーダル対応の貨客混載における荷役生産性の向上に関する調査研究

【2024年度 KR-109】

日本大学 生産工学部
マネジメント工学科 教授

鈴木 邦成

埼玉工業大学 人間社会学部
情報社会学科 教授

村山 要司

1. 調査研究の背景

貨客混載輸送とは、旅客輸送を主目的とする鉄道やバス、タクシーなどの公共交通機関を活用し、同時に貨物を輸送する手法である。近年、物流業界ではトラックドライバー不足、輸送コストの上昇、環境負荷低減の必要性といった課題が深刻化しており、それらの解決策の一つとして貨客混載輸送の重要性が高まっている。旅客列車の空きスペースを活用し、貨物輸送を組み込むことで、鉄道事業の新たな収益源を確保し、公共交通の維持につなげることが期待されている¹⁾。鉄道ローカル線の多くは地方に広がっており、過疎地域の住民にとって重要な移動手段である。

例えば、北海道では鉄道を利用した生鮮食品の輸送が試みられており、都市部への迅速な輸送手段として注目されている²⁾。新幹線を活用した貨客混載の実証実験も行われており、高速鉄道によるEC商品の即日配送の可能性が検討されている³⁾。これらの取り組みは、鉄道の経済的持続性を高めるだけでなく、地方産業の活性化にも貢献するものである。

我が国では2024年にトラックドライバーの時間外労働規制が強化される、いわゆる「2024年問題」の影響で、今後も長距離輸送における労働力不足が深刻化することが予想されている⁴⁾。従来のトラック輸送に依存した物流システムでは、ドライバーの負担が大きく、特に長距離輸送においては人手不足の影響を大きく受ける。この問題に対する解決策として、鉄道やバスを活用した貨客混載が有効である。たとえば、フランスでは高速鉄道TGVを利用した貨客混載が行われており、高速輸送を活かしたEC物流の即日配送モデルが実現されている⁵⁾。同様の仕組みを日本国内で導入することにより、物流の効率化とトラックドライバー不足の緩和が期待できる。

以上のように、貨客混載輸送は、鉄道ローカル線の収益確保、トラック輸送の負担軽減、環境負荷の低減という三つの大きな課題を同時に解決できる可能性を持つ。国内外の事例を参考にしながら、日本に適した貨客混載モデルを構築し、技術革新や制度の見直しを進めることで、より持続可能な輸送システムの実現が期待される。

2. 研究調査の概要

(1) 前提条件

貨客混載の可能性を考察すると、都市部においては貨客混載で「EC物流」向け小口貨物輸送が有力と考えられる。これは都市部では貨物輸送量が多く、宅配需要が高いため、旅客列車の空きスペースを活用して小口貨物を運べる可能性が高いからである。都市間の新幹線・特急列車などを活用し、EC商品の即日配送を行うスキームを築き上げるのである。宅配便と連携し、ターミナル駅で荷物の受け渡しを行うのみ有力なビジネスモデルと考えられる。

そこで貨客混載を導入するには、旅客の影響を受けにくい時間帯を特定することが重要である。物流センサス、並びに大都市交通センサスのデータから、ピーク時（朝7時～9時、夕方17時～19時）の輸送量が高く、それ以外の時間帯では輸送量が大きく減少することが確認された。すなわち、昼間時間帯（10時～16時）は乗車率が低く、貨物スペース確保が可能となる。また深夜帯（22時以降）についても旅客の影響が最も少なく、貨物積載に適していると考えられる。したがって、EC物流の即日配送用に昼間時間帯の貨客混載を活用し、地方路線では深夜帯の貨客混載を実施し、地域物流を強化するという方針が、実効性が高いといえよう。

また、貨客混載を行うには、旅客の乗降が集中し

ていない駅で貨物を積み込む必要がある。そこで駅ごとの旅客数データを分析し、表1のように貨物積載が可能な駅を特定した。すなわち拠点駅（例：立川）でEC荷物を積載し、都市部に輸送し、空きスペースを活用し、地域特産品の輸送を実施するというスキームが考えられるのである。

そこで表1を念頭に路線ごとの輸送量データを分析したところ、首都圏では湘南新宿ライン・中央線（東京～高尾）が昼間の混雑が少なく、小口貨物輸送が可能と考えられる。

(2) 貨客混載モデルのシミュレーション

検討の結果、「中央線（東京～高尾）が昼間の混雑が少なく、小口貨物輸送が可能である」という仮説を立て、シミュレーションを行った。貨客混載モデルのスキームとしては、表2のように定めた

シミュレーションの結果は表3のようになった。

シミュレーションの結果から、昼間時間帯の輸送量を活用すれば、EC物流向け貨物の輸送が可能であることがわかった。現在の旅客列車のダイヤを維持しながら、貨物輸送を並行して実施でき、1日あたり2.1トンの輸送能力を確保できるため、地域物流の支援に活用が可能になる。

したがって、「中央線（東京～高尾）」の昼間時間帯に貨客混載実証実験を実施したうえで、専用貨物

コンテナ（AMR対応）を導入し、荷役作業の効率化を図ることを提案する。EC物流・生鮮食品輸送との連携を強化し、貨客混載のメリットを最大化することができる。

さらにモンテカルロ法により、各列車の旅客数 L_p^{off} と貨物積載量 L_c をランダムに生成し、繰り返し計算を行った。

手順としては次のようになる。

1. 旅客数 L_p^{off} を正規分布から生成
2. 1列車あたりの貨物個数 $N_c = L_c / W_c$ を計算
3. 1日あたりの貨物輸送量 L_{day} を計算
4. この計算を1,000回以上繰り返し、平均値・分布を分析

モンテカルロシミュレーションの結果は、

1列車あたりの貨物輸送量（平均）：700kg（約70個）

1日あたりの貨物輸送量（平均）：約16.8トン（約1,680個）

となり、非ピーク時の旅客数に影響を与えず、貨客混載が可能であることが確認できた。

さらに駅別貨物積載量及び時間帯別積載量の最適化についてシミュレーションを行ったところ、表4の結果が得られた。12-14時の積載量が最大（合

表1 貨客積載が可能な駅

エリア	貨物積載が可能な駅	理由
首都圏	立川・大宮・川崎	主要ターミナル駅に比べ旅客の流れが分散
中京圏	刈谷・岐阜・尾張一宮	名古屋駅に比べて乗降客が少なく貨物積載が可能
近畿圏	高槻・茨木・尼崎	大阪駅・梅田駅より混雑が少ない

表2 シミュレーションの前提条件

対象路線	中央線（東京～高尾）
対象時間	日中（10時～16時）
利用車両	通常の旅客列車：グリーン車、あるいは特定車両を貨物用に転用
輸送対象	EC物流向け小口貨物

表3 当該モデルのシミュレーションの結果

項目	数値
非ピーク時の旅客数（平均）	約300人
貨物積載量（平均）	約700kg
1列車あたりの貨物個数	約70個（10kg/個）
昼間時間帯（10～16時）の総貨物輸送量	約2.1トン（70個×30本）

表4 ヒートマップ（駅×時間帯）で最適化された貨物積載量

駅\時間帯	10-12時	12-14時	14-16時
立川	450 kg	500 kg	480 kg
八王子	370 kg	420 kg	400 kg
高尾	270 kg	310 kg	290 kg
大月	180 kg	220 kg	200 kg
甲府	100 kg	140 kg	130 kg

計 1,590 kg) でこの時間帯が貨物輸送に最適となる。また、立川・八王子で最も多くの貨物を積載（500 kg、420 kg）できるので主要拠点としての活用が可能である。

立川・八王子・高尾・大月・甲府での貨物積載量が多いことから、これらの駅を中心に地域特産品やEC商品の輸送を強化することで、地域経済の活性化につながる可能性もある。また、鉄道を活用することでCO₂排出量の削減が期待できるため、環境負荷低減の観点からも有効と考えられる。

3. 考察

本研究のシミュレーション結果を踏まえ、貨客混載の実証実験を段階的に進めるための基本スキームを考察する。実証実験では、貨物積載の最適な時間帯や駅の選定、荷役作業の効率化、運行データの収集・評価を行い、貨客混載の有効性を実証する必要がある。貨客混載の実証実験を行うことで、実運用における課題を明確にすることができる。特に、旅客輸送と貨物輸送のバランス調整や、荷役作業の迅速化が鍵となる。鉄道会社や物流事業者と協力し、貨客混載の拡大に向けた制度設計や設備投資を進めることが求められる。

貨客混載の実証実験の段取りを整理する。貨客混載の実証実験を段階的に進めるための具体的な計画を策定する。

(1) 試験区間の選定と関係機関との調整

シミュレーションでは、立川・八王子・高尾・大月・甲府が貨物積載量の多い主要駅として特定された。これらの駅を拠点とし、貨客混載の実証実験を行う。

(2) 輸送計画の確定

シミュレーションの結果、12時～14時が貨物

積載のピーク時間として適していることが示された。この時間帯を中心に貨客混載を実施し、通勤ピーク時（8時～10時、17時～19時）には旅客の利便性を優先して貨物輸送を抑制する計画とする。昼間の閑散時間帯を活用することで、貨客混載による旅客輸送への影響を最小限に抑える。

(3) 貨物の種類の選定

実証実験では、EC商品の即日配送・地域特産品（果物・野菜）・医薬品など、旅客輸送と親和性の高い貨物を対象とする。

(4) 貨物積載・荷役のオペレーション確立

シミュレーション結果をもとに、各駅での貨物積載・荷役作業の手順を確立する。作業負担を軽減するため、AMR（自律搬送ロボット）を活用し、作業時間の短縮を図る。

(5) フィードバックと改善策の検討

実証実験の結果を基に、旅客・貨物のスペース最適化（貨物専用車両の導入、座席改良）、荷役作業の効率化（AMR・自動積載システムの活用）、情報共有システムの導入（リアルタイムでの貨物追跡・管理）について改善策の検討を行う。

4. まとめ

本調査では、貨客混載輸送の実現可能性を探るため、複数のシナリオに基づいたモデル化を行い、労働力不足をAMR（自律搬送ロボット）で補う試算を実施した。その上で、貨客混載の導入提案とシミュレーションを行い、実際の実証実験の可能性を検討した。

貨客混載の具体的な導入提案とシミュレーションを行い、旅客流動データを基に、貨客混載の実施に適した時間帯や路線を選定した。例えば、中央線（東

京～高尾)の昼間時間帯(10時～16時)を活用したモデルでは、1列車あたり約700kgの貨物を輸送可能であり、1日合計約2.1トンの輸送能力を確保できることが示された。GISデータやAIによる需要予測を活用することで、貨物積載量の最適化や輸送コスト削減の可能性が確認された。

それを受けて、貨客混載の実証実験の提案を行った。具体的には、中央線の立川・八王子・高尾を拠点に、12時～14時の貨物積載ピーク時間帯を活用し、EC物流や地域特産品の輸送を実施する。AMRを導入して荷役作業の効率化を図り、実際の運用データを収集・分析することで、貨客混載の有効性を検証する。また、過疎地域における貨客混載の実施可能性を評価するため、バスやタクシーを活用した小口貨物輸送の実証実験も視野に入れる。

以上から貨客混載輸送は物流効率の向上、環境負荷の低減、労働力不足の補完に貢献する可能性があることが示された。□

謝辞

本研究は一般社団法人研友社から「鉄道技術等に関する調査研究の助成事業」である「2024年度調査研究課題」として助成を受けたものである。

参考文献・引用文献

- 1) 国土交通省：貨客混載を通じた自動車運送業の生産性向上について、
https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk4_000032.html (参照日：2025年3月20日)
- 2) 北海道運輸局：貨客混載，https://www.tb.mlit.go.jp/hokkaido/bunyabetsu/buturyuu/butsuryuu/00001_00179.html，(参照日：2025年3月20日)
- 3) 佐川急便：JR九州と九州新幹線を活用した貨客混載実証実験実施，
https://www.sg-hldgs.co.jp/newsrelease/2021/0226_1670.html (参照日：2025年3月20日)
- 4) 国土交通省：物流の2024年問題について，
URL：<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001620626.pdf> (参照日：2025年3月20日)
- 5) Rodrigo J. Tapia, Ioanna Kourouniotti, Sebastian Thoen, Michiel de Bok, Lori Tavasszy : A disaggregate model of passenger-freight matching in crowdshipping services, *Transportation Research Part A* 169, pp.1-17, 2023