

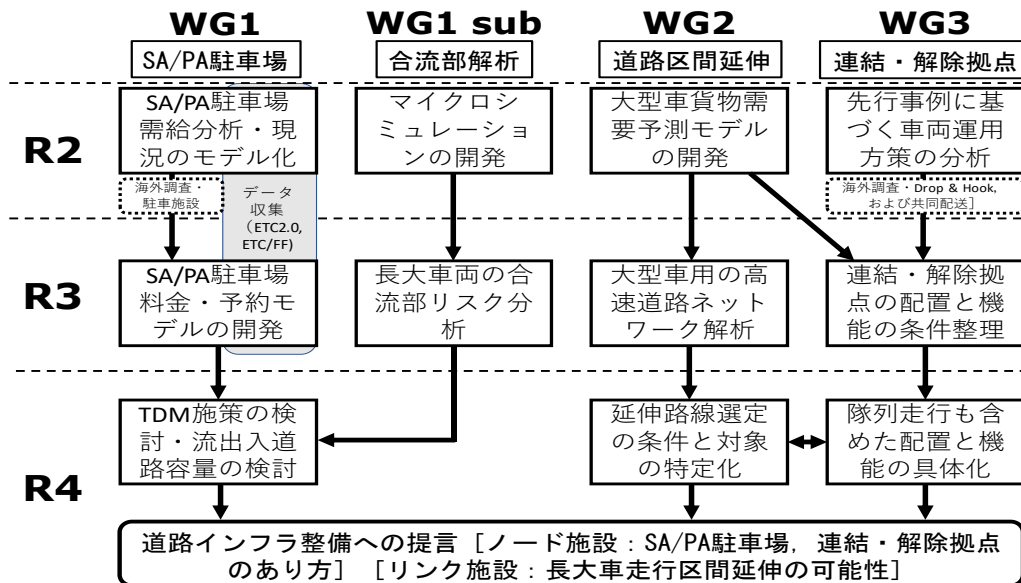
# ダブル連結トラックおよび貨物車隊列走行を考慮した道路インフラに関する技術研究開発

## 研究の背景と目的

- ◆ダブル連結トラックの走行区間の拡充  
→SA/PAにおける駐車場不足
- ◆ダブル連結トラック需要の増大  
→一般道も含めた走行区間の延伸
- ◆将来の隊列走行の商用化  
→隊列走行も含んだ連結解除拠点の規模と配置

### 研究メンバー

兵藤 哲朗・東京海洋大学	後藤 孝夫・中央大学
根本 敏則・敬愛大学	味水 佑毅・流通経済大学
坂井孝典・東京海洋大学	平田 輝満・茨城大学
渡部 大輔・東京海洋大学	森北 一光・中日本高速道路
山本 隆・中日本高速道路	



## WG1: ダブル連結トラックを考慮したSA/PA駐車スペースのTDM施策

### 1) 企業ヒアリングによるダブル連結トラックのニーズ把握

事業者団体1団体、ダブル連結トラックを導入済・導入が見込まれる特積事業者8社にインタビュー調査を実施した。概要は以下のとおり。

- ・2021年中の追加導入事例あり。さらなる導入も計画中も、メーカーの生産が追いついていない状況にある。
- ・荷役方法の改善のためのパレット化は、積載効率の低下(手荷役の7割程度となる)が無視できない。
- ・新規区間(高速道路外)の特車許可申請に対する(実証実験当時と同様の)行政の支援が求められる。
- ・最大積載量の緩和、ダブルストレラー連結車の導入緩和の検討が求められる。
- ・高速道路SA/PAの駐車環境の確保が全社から指摘。浜松いなさIC路外駐車場については「高速道路からの一時退出」の問題が、豊橋PAの有料実験については「精算方法の制約」の問題が存在。
- ・「駐車マスの有料化(案)」については概ね賛成が得られたが、時間帯の限定、確実に駐車可能であること、中小事業者への配慮の必要性などの指摘も得られた。

### 2) ETC2.0データによる浜松いなさIC路外駐車場整備の効果計測

2021年4月に供用開始された、ダブル連結トラック30台分の専用駐車施設、浜松いなさIC路外駐車場のETC2.0データを用いた効果分析を実施。豊橋PA(上り)を用いた迂回型中継輸送に比較して、上り運行の所要時間40分・距離51km短縮の実績を確認した。駐車時間もバラツキが小さくなり、安定した運用実績も確認し得た。

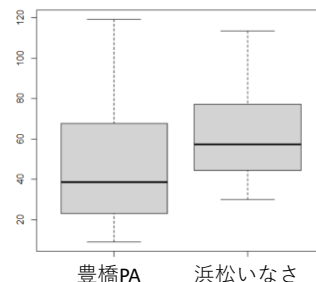


図1-1 豊橋PA利用と浜松いなさ利用の駐車時間比較

### 3)ETC/FFデータによるSA駐車場の利用特性分析

2021年9月からETC/FFデータの取得箇所が48に増加したので、それを利用した、SA/PA駐車場選択モデル(MNL)の推定を行った。対象は、東名・上り・大型ます利用車で、SA/PAの混雑指標や、流入・流出ICとの相対位置など、今後のTDM施策分析にも活用可能な成果を得ることができた。

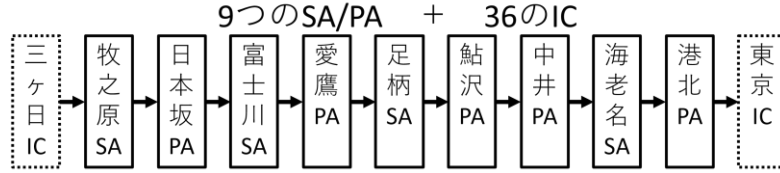


図1-2 駐車場選択モデルの分析範囲

### 4) TDM施策導入を前提とした需給分析と施策のあり方

2022年1月13日・20日に東名・新東名のSA/PA5箇所において、トラックドライバーを対象とするTDM施策導入に関するアンケート調査の実施を予定している。それに先立ち、2021年12月9日に愛鷹PAにおいてプレ調査および足柄SA、鮎沢PA、中井PA、海老名SAにて実地調査を実施した。

プレ調査では42件の調査を実施することができ、PA流入時間帯ごとの滞在時間、出発地と最終目的地、PA利用における深夜割引の影響、変更可能なSA/PAの立地範囲、高速道路外の休憩施設へのニーズ、SA/PAの有料化に対する意向、車両・ドライバー属性などを抽出することができた。また、実地調査からは、通路への駐車や複数の駐車マスにまたがった駐車など、大型車による不適切な駐車の実態とTDM施策の必要性を明らかにできた。

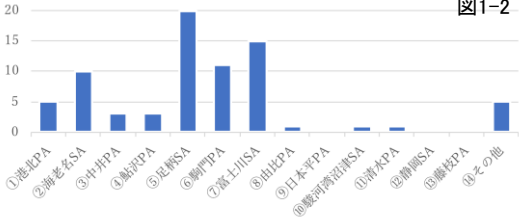


図1-3 変更可能なSA/PAの立地(愛鷹PA)



図1-4 中井PAにおける不適切駐車

表1-1 SA/PA選択モデル結果

変数名	パラメータ	t値	
入ICからの相対位置	0.8581	5.6	
駐車台数 [100台]	-0.1430	-2.0	
60分以上率	-0.7901	-2.1	
駐車時間 [100分]	港北PA	-0.0982	-1.0
駐車時間 [100分]	海老名SA	-0.1518	-2.0
駐車時間 [100分]	中井PA	-0.1601	-1.8
駐車時間 [100分]	鮎沢PA	-0.1052	-1.4
駐車時間 [100分]	足柄SA	-0.0647	-0.9
駐車時間 [100分]	愛鷹PA	-0.2034	-2.5
駐車時間 [100分]	富士川SA	-0.1279	-1.7
駐車時間 [100分]	日本坂PA	-0.2674	-3.5
定数項	港北PA	-1.7258	-5.1
定数項	海老名SA	-0.1943	-0.8
定数項	中井PA	-0.7382	-3.1
定数項	鮎沢PA	-0.4681	-2.2
定数項	足柄SA	-0.0572	-0.3
定数項	愛鷹PA	-0.5417	-2.7
定数項	富士川SA	-0.9159	-5.5
定数項	日本坂PA	-0.3264	-2.4
初期尤度		-5801.3	
最終尤度		-3081.6	
自由度調整済尤度比		0.4655	
サンプル数		2,739	

5)VISSIMを用いたSA/PA駐車場デザインの評価手法の開発  
ドイツPTV社のマイクロシミュレーションソフト、VISSIMを用いて、足柄SA上りを対象としたシミュレーションモデルを開発。駐車ますの運用や、駐車場内の誘導路の設定など、SA/PA内のデザインの違いによる容量や渋滞発生状況の関係を分析できることを確認した。

具体的に、NEXCO中日本が計画中の足柄SA上りにおけるデザイン変更案をVISSIMに反映し、一定の容量増大・渋滞解消の効果があることを示すことができた。今後、SA/PA駐車場デザインの定量的な効果計測ツールとして活用場面の拡大が期待される。

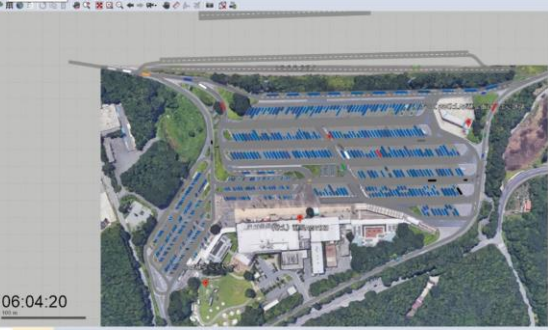


図1-5 VISSIMによる駐車場デザインの評価

## WG1 sub : 長大車両の走行条件の運用方策の検討

### 強化学習を用いた合流部分のシミュレーション解析モデルの改良

昨年度構築した強化学習合流シミュレーションモデルの加速度設定条件などを改良し、より合理的な反応を示すモデルに精度向上を図った。圏央道入間ICにおける合流場面の動画をアフィン変換を用いて2次元平面化し、本モデルとの挙動比較を検討中。

# WG2：ダブル連結トラックの需要量市場分析にもとづく対象道路区間延伸の検討

- ・昨年度の研究において、H27道路交通センサス起終点調査データを用いて分析を行った結果、車両総重量20-25tの車両が大型貨物車の4割程度を占めていることが判明した。
- ・これら車両のトリップが、ダブル連結トラックへの転換可能性・需要の高いトリップであるとみなして、以下の分析を行った。

## 1) 走行需要の高い道路区間・路線の特定

・ダブル連結トラックの走行需要の高い道路区間・路線を明らかにするため、現在の高速自動車国道・自動車専用道路の全ネットワークをダブル連結トラックが走行可能とした場合に、IC/JCT区間毎にどの程度の走行需要があるのか解明を行った。

・昨年度の研究により明らかとなった大型貨物車のトリップが20以上みられた上位約1,400の

OD(IC)区間ペア約55,000トリップについてそれぞれ最短経路解析を行い、OD(IC)区間毎に通過したトリップ数を積算することにより、ダブル連結トラックの走行需要が高いと考えられる区間・路線の解明を試みた。

・九州から関東に至る太平洋ベルト地帯、および関越道・東北道の南部等で走行需要が高いといえる結果となった。

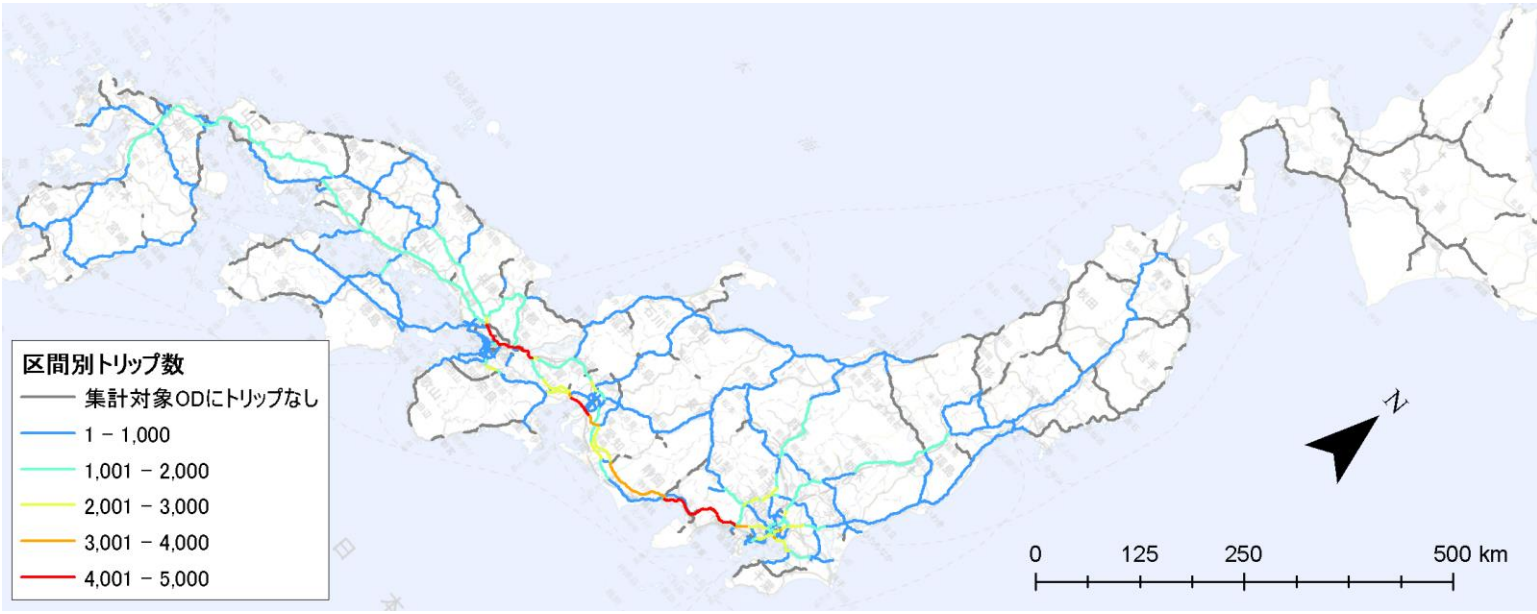


図2-1 ダブル連結トラックの走行需要が高いと考えられる区間(暖色系ほど高い)

## 2) 走行可能区間・路線を延伸した場合の迂回状況や走行距離への影響分析

・ダブル連結トラックが走行可能な道路区間・路線を拡大した際に、迂回状況や走行距離等に与える影響を明らかにするため、その影響に関する分析を行った。

・(1)で用いた上位約1,400のOD(IC)区間ペアのうち「現在ダブル連結トラックが走行可能な道路ネットワーク」…(a)上で高速利用が完結している330のOD(IC)区間ペア約14,000トリップについて最短経路解析を行った。また「現在の全高速道路・有料道路をダブル連結トラックが走行可能と仮定した場合の道路ネットワーク」…(b)でも同様の解析を行い、(a)と(b)の解析結果を比較することにより影響の分析を行った。

・結果としては、迂回状況や走行距離への影響はそれほど大きくはなかった。上位のOD(IC)区間ペアを見ると、短距離の区間であることが多く、また地理的にみて迂回経路を取りにくいエリアに分布している傾向があること等が要因であると考えられる。

表2-1 影響分析結果のサンプル

ODペア	トリップ数	最短距離経路		
		(a)現在の走行可能ネットワークのみ(km)	(b)全ネットワーク区間(km)	最短距離の変化
粟東 - 京都東	182	19.6	19.6	0%
小牧 - 岐阜羽島	174	21.7	21.7	0%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
久喜 - 厚木	48	110.2	97.6	-11%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

# WG3：連結・解除スペースの拠点配置と機能に関する分析

## 1) 連結・解除スペースの最適拠点配置モデルの開発

[整数計画問題による定式化]

・ハブ立地問題に基づくモデル：図3-1

複数割当ハブ立地モデル(HUBLOC, Skorin-Kapov et al., 1997年)：拠点(ハブ)間の幹線輸送(高速道路)におけるトラック隊列走行によるコスト削減を考慮

・定式化とデータ：図3-2

対象地域：45都府県(道路でつながる本州, 四国, 九州)  
 幹線コスト割引係数( $\alpha$ )：表3-1(Watanabe et al., 2021年)  
 輸送需要( $W_{ij}$ )：物流センサス(国土交通省, 2015年)  
 輸送コスト( $C_{ik}$ )：都府県庁間距離(国土地理院)

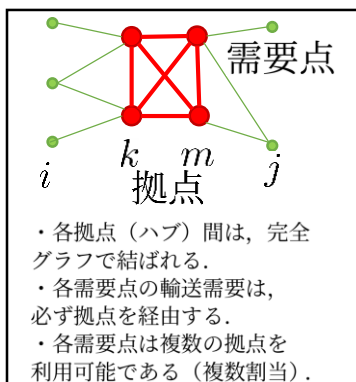


図3-1 最適拠点配置モデルの概要

$$\begin{aligned} \text{Min.} & \sum_i \sum_j \sum_k \sum_m W_{ij}(C_{ik} + \alpha C_{km} + C_{mj}) X_{ijkm} \\ \text{s.t.} & \sum_k Z_k = p \\ & \sum_k \sum_m X_{ijkm} = 1 \quad \forall i, j \\ & \sum_m X_{ijkm} - Z_k \leq 0 \quad \forall i, j, k \\ & \sum_k X_{ijkm} - Z_m \leq 0 \quad \forall i, j, m \end{aligned}$$

$\alpha$ : 幹線コスト割引係数(拠点間)  
 $p$ : 拠点数  
 $W_{ij}$ : 需要点  $i, j$  間流動量  
 $C_{ik}$ : 点  $ik$  間輸送コスト  
 $X_{ijkm}$ : 需要点  $i, j$  間移動の際に拠点  $k, m$  を利用する割合  
 $Z_k = \begin{cases} 1, & \text{候補点 } k \text{ での拠点立地有} \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases}$

図3-2 最適拠点配置モデルの定式化

[モデルの分析結果]

・最適拠点配置(拠点数10, 複数割当)

図3-3: 拠点=赤点, 割当=緑リンク  
 (拠点間接続の図示省略)

・シナリオの変化(自動化の促進):

緑リンクの減少→拠点割当の単純化

・シナリオ共通の結果: 東北, 南関東, 中京, 山陽, 北九州  
 →太平洋岸側は隊列(後続有人)向け拠点でロバストな配置

・シナリオ間で異なる結果(図中の青点線部): 中部  
 →輸送需要の多い地域へ立地がシフト(北陸→北関東)

表3-1 幹線コスト割引係数

シナリオ	時期	$\alpha$	コスト割引要因
(i) 隊列(後続有人)	短期	0.8	車間距離による空気抵抗減少
(ii) 隊列(後続無人・レベル4)	中期	0.5	(i)に加え人件費削減(後続車)
(iii) 自動運転(レベル5)	長期	0.4	(ii)に加え人件費削減(先頭車)

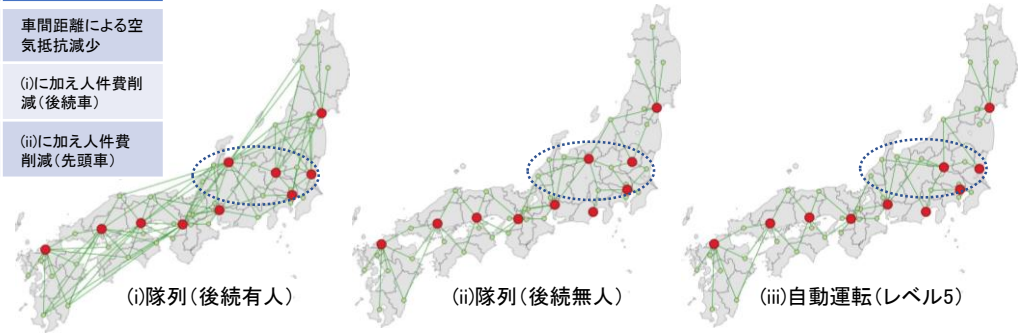


図3-3 最適拠点配置(拠点数10, 複数割当)の結果

## 2) 連結・解除スペースを含めた物流拠点に必要な機能の検討

[国内における先進事例の現地調査]

・ダブル連結トラックの荷役拠点に関する現地調査(図3-4): 貨物混載(前後+上下)による積載効率(重量・容積)の最大化+クロスドック拠点における荷役効率化→自動搬送フォークリフト

(AGF)の実証実験(物流MaaS)の視察

[技術変化に応じた施設整備の検討]

・SA/PAの役割変化の可能性(表3-2): 休憩駐車需要の短期的な増加→自動運転の普及に伴う長期的な減少

・駐車スペースから物流拠点へ転用の可能性

表3-2 高速道路の駐車スペース(SAPA)の施設整備における役割変化の可能性

時期	概要	効果
短期(現在)	夜間早朝の長時間駐車による混雑と容量不足	駐車エリア拡大と予約制
	ダブル連結, 隊列用の限定的な駐車ロットの整備	安定的な駐車実現による普及促進
	共同配送による積載率の向上	必要ドライバー削減
中期	限定条件下のレベル4自動運転	休憩車両による駐車需要の減少
	商流情報の早期共有進展とマッチング進展などによる共同配送進展	トラック台数減少
	車両電動化・FCV導入	充電・水素ステーションへの需要増加
	高速道路での物流拠点(集中拠点)への自動運転輸送+混載	SAPAでの物流拠点の整備
長期	レベル5自動運転の進展	路外を含めた物流拠点の分散化休憩駐車需要の大幅減



図3-4 ダブル連結トラックを用いた自動荷役の実証実験(撮影: 兵藤)