

福島県内の除去土壌等の中間貯蔵施設への輸送 における高速道路暫定二車線区間の渋滞対策

山村 剛¹・竹之内 篤²・半田 悟³・垣本 博哉⁴・寺沢 直樹⁵・矢野 康明⁶

¹ 非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 デジタルサービス事業本部 DX 事業推進部
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)
E-mail: gou.yamamura@ss.pacific.co.jp

² 正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 デジタルサービス事業本部 DX 事業推進部
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)
E-mail: atsushi.takenouchi@tk.pacific.co.jp

³ 正会員 一般財団法人道路新産業開発機構 ITS・新道路創生本部 (〒112-0014 東京都文京区関口 1-23-6)
E-mail: satoru.handa@hido.or.jp

⁴ 非会員 太陽誘電株式会社 新事業推進室 (〒370-8522 群馬県高崎市栄町 8-1)
E-mail: kakimoto-h@jty.yuden.co.jp

⁵ 正会員 環境省 環境再生・資源循環局 (〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2)
E-mail: NAOKI_TERASAWA@env.go.jp

⁶ 非会員 環境省 環境再生・資源循環局 (〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2)
E-mail: KOMEL_YANO@env.go.jp

環境省では、福島県内各地に仮置されている大量の除去土壌等を中間貯蔵施設に搬入しており、輸送最大時には、1日当たり1,700台程度(延べ3,200往復程度)の大型ダンプトラックが稼働するため、道路混雑・渋滞発生等による一般車両への影響が懸念された。また、これらの車両が常磐自動車道(暫定2車線区間)の本線へ合流する際に、事故や渋滞の発生原因になることが懸念された。その未然防止策としてビデオカメラおよびAIを活用した画像分析により車間距離および速度を迅速に計測し、本線合流における安全性の評価・分析した結果を報告する。

Key Words : *Transport vehicle, congestion control, traffic accidents control, ETC2.0 probe data, AI Video Analysis*

1. はじめに

環境省では、福島県内各地に仮置されている大量の除去土壌等を中間貯蔵施設に輸送している。多くの大型車両で輸送するため、交通事故増加、道路混雑・渋滞発生等が懸念されたことから、輸送車両のETC2.0特定プローブデータによって速度低下箇所を抽出するとともに、AIカメラによって車間距離や車群形成状況を把握し、交通事故、渋滞抑止のために活用している。

仮置場等から中間貯蔵施設までの輸送ルートについては、走行距離や所要時間が多少長くても沿線人口など地域の状況等を踏まえ、高速道路を積極的に利用するルートを基本とし設定している。

本論文では、主に高速道路の中でも常磐自動車道に対

象とした事故・渋滞対策におけるETC2.0特定プローブデータやAIカメラ等の活用事例および整理結果について報告する。

2. ETC2.0特定プローブによるカ⁰部の速度低下特性の把握

(1) 輸送車両の走行状況把握におけるETC2.0プローブデータ活用について

2019~2020年度における除去土壌等の中間貯蔵施設への輸送は、最大3,200往復/日程度として設定しており、数多くの輸送事業者の輸送車両でその輸送を担ってきた。

保有車両にデジタルタコグラフや通信型の運行管理システムを導入している輸送事業者もいるが、中小など、

このようなシステムが未導入の輸送事業者もいる。各輸送車両の走行状況を横断的に把握するためには、各社の導入済みシステムのデータを統合する必要があるが、技術面や運用面の課題がある。また、未導入の車両にはシステムの導入が必要となるが、機器費、設置費や通信費などのコスト負担が課題となる。

国土交通省が提供しているETC2.0特定プローブデータプローブ配信サービスは、ETC2.0車載器を装着するだけで、全ての車両から統一されたデータフォーマットで走行経路や走行速度などが比較的安価に収集できる。そこで、輸送車両約2,000台のうちETC2.0車載器装着済みの車両約400台を対象にETC2.0特定プローブデータ配信サービスに登録し、データを取得することとした。

ETC2.0特定プローブデータ配信サービスの特徴を以下に示す。

- ・特定プローブデータは車両への紐付けが可能
- ・車載装置はETC2.0車載器のみでよい

なお、ETC2.0車載器には一般用と業務支援用の2種類があり、一般用によるプローブデータは起終点付近が削除されるのに対し、業務支援用では起終点も含むプローブデータを取得可能であるため、業務支援用ETC2.0車載器を推奨している。

・収集可能な情報は、概ね200m毎に記録した走行経路（位置、時刻、走行速度など）と、急減速の情報（位置、時刻、走行速度、減速度など）

(2) 常磐自動車道における速度変化箇所の把握

常磐道において輸送車両には規制速度70km/hを遵守させていることから、暫定2車線区間では、特に輸送車両台数の多い時間帯に、輸送車両を先頭とした車群が形成される状況が多く確認された。長大な車群の形成は、交通事故・渋滞発生リスクとなるため、まずは輸送車両が車線減少区間やサグ部等で著しい速度変化を起こさず、規制速度に近い速度を維持することが重要となる。

本業務においてはETC2.0特定プローブデータを活用し、速度変化箇所の抽出を行った。その結果、常磐道のいわき中央IC～広野IC間が2021年6月に全線4車線化事業が完成し、広野IC周辺における4車線区間から暫定2車線区間での車線数減少に伴う輸送車両の速度が変化するケースが確認された。また、ならばPA（下り）付近においては、PA上流側にサグ部が存在し、このサグ部とPAからの本線合流部において輸送車両の速度が変化するケースが確認された（図-1）。

特定プローブデータ 速度プロファイル図 常磐道下りならばPA付近 2019/1/1～6/30

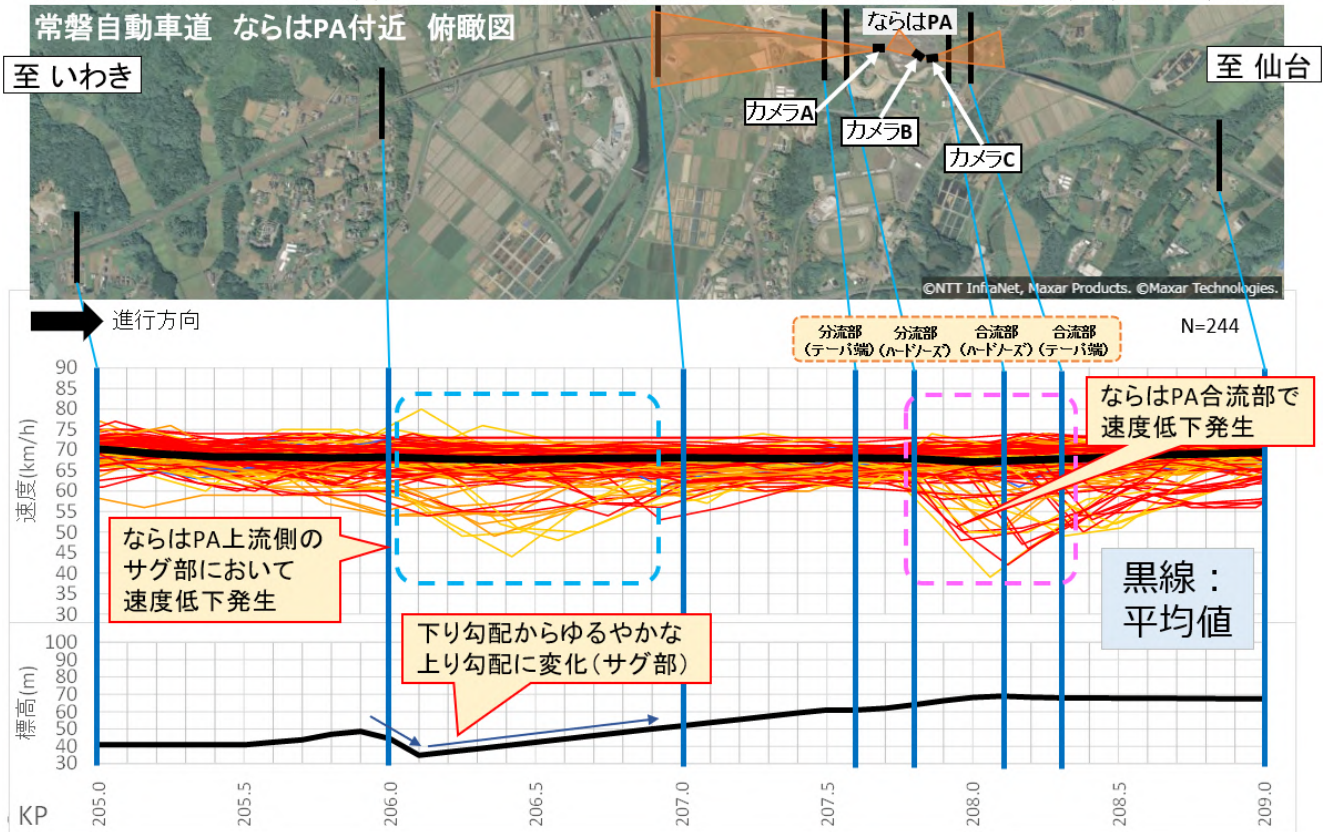


図-1 常磐道における速度変化箇所における速度および道路標高

3. AIカメラによる走行状況評価(高速道路/車間距離・車群)

(1) AIカメラ設置による定常モニタリング

速度低下箇所では車間距離も狭まりやすいことから、輸送車両が安全上必要な車間距離を確保しているかモニタリングするため、ならばPA(下り)付近の走行状況を撮影するカメラを常設した。さらに、AI画像解析技術を用いて、専用ゼッケンを装着した輸送車両を判別した上で、速度及び車間距離を計測した(図-2)。



図-2 AI画像解析による車間計測例

(2) 計測結果の活用

AIカメラの計測結果を基に、一定車間距離(例えば70m)を確保できていない輸送車両の割合を評価指標として整理し、特に狭い車間距離(50m以下)の輸送車両の動画を、輸送車両ドライバーへの注意喚起を要する事例場面として抽出した。また、長大な車群の出現状況についても図示化した(図-3)。

そして環境省では、長大な車群形成を抑制するため、輸送車両のドライバーに対する指導として a) 速度低下箇所差し掛かる前に十分な車間距離(100m程度)を確保しておくこと、b) 規制速度(70km/h)に近い速度を維持し、著しい速度低下を起さないことの2点について、前述の資料を用いて周知・徹底させた(図-4)。

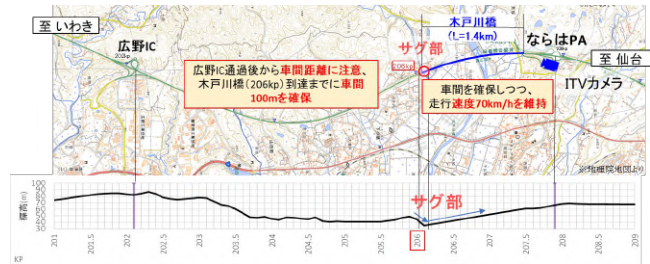


図-4 輸送車両ドライバーへの指示内容

(3) モニタリング・指導による改善状況

計測結果が輸送車両ドライバーへの指導に繰り返して用いられたことで、モニタリング当初と比べ、サグ部等における速度や適切な車間距離について改善傾向にあることが確認されている(図-5,6)。

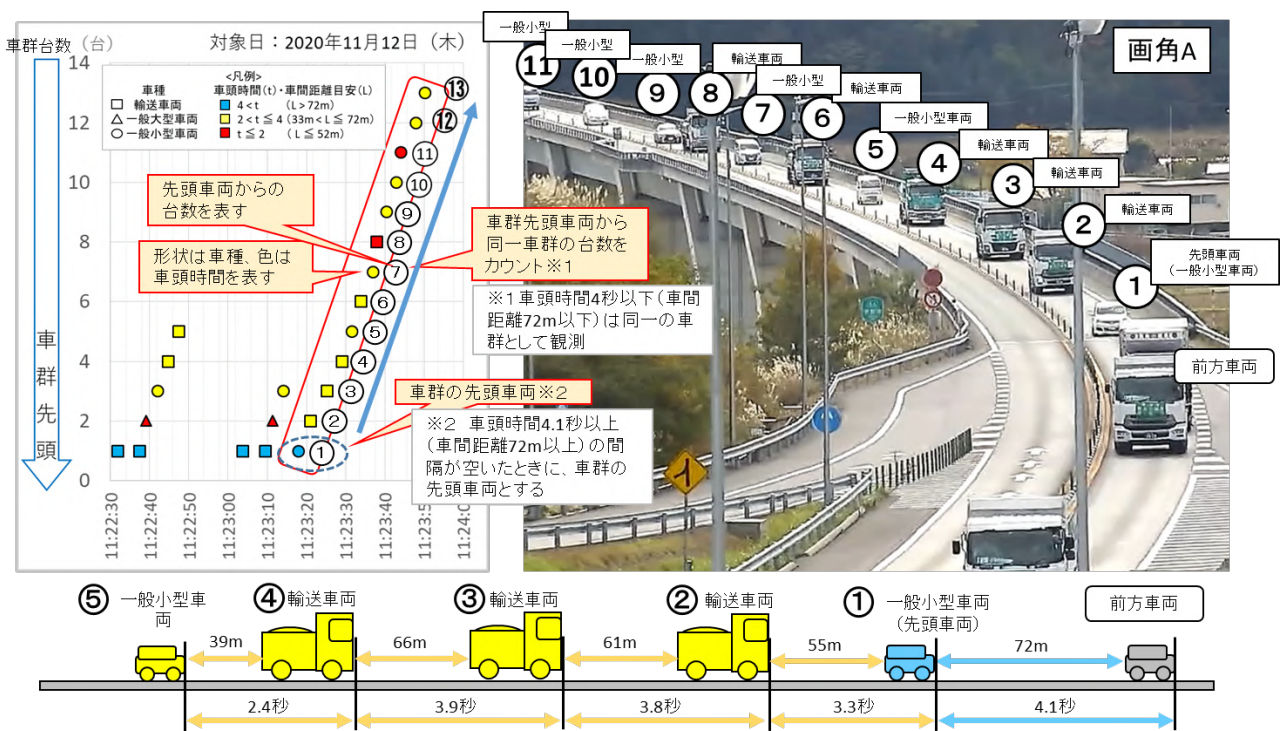


図-3 車群形成状況の評価例(カメラA分流前)

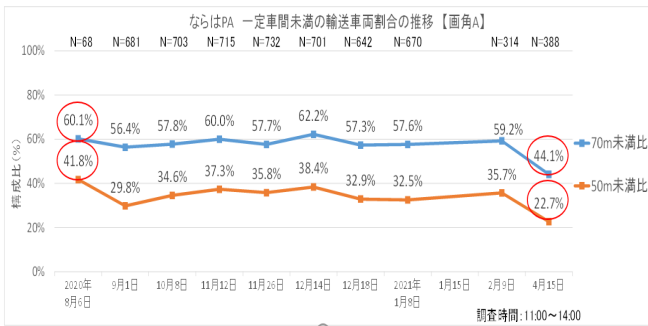


図-5 輸送車両の車間距離確保状況の推移(カメラ A 分流前)

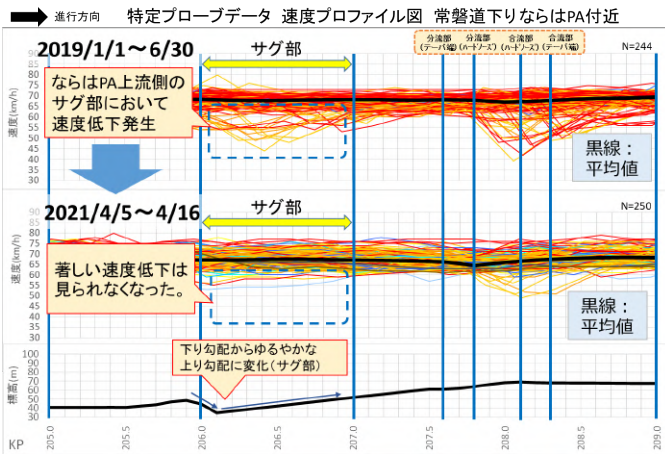


図-6 輸送車両の走行速度プロファイルの推移 (ならばPA(下り)付近)

なお、常磐自動車道においては、輸送車両の点検やドライバーの休憩を行うための場所として、ならばPA、三春PA、差塩PAが存在する。ここで、ならばPA(下り)に着目する理由としては、常磐自動車道3か所の休憩施設の中で、唯一、暫定1車線区間上にあり、本線合流に関して安全上の課題を有するためである。

ここで、ならばPA(下り)における輸送車両の本線合流に関する課題を以下に示す(図-7)。

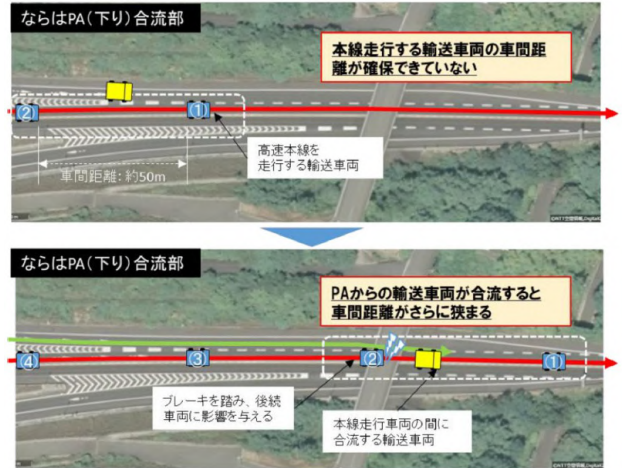


図-7 ならばPAから本線へ合流する際の留意点

a) 高速本線走行車の車間距離確保

高速本線を走行する車両の車間距離が狭いと、ならばPAから発進した輸送車両が合流した場合、車間に新たな車両が加わることで、車間距離がさらに狭まる。この時、車間距離が狭いと、合流した輸送車両の後続車が急ブレーキを踏む等の事象が生じる恐れがあり、道路交通安全上のリスクが高まることとなる。よって、上記リスクを低減するためには、本線走行する車両の車間距離を十分に確保することが有効と考えられる。

4. 合流部における事故・渋滞防止に向けた指導

(1) ならばPA(下り)の本線合流に関する課題

常磐自動車道ならばPAにおける輸送車両の専用休憩施設から本線(暫定二車線)に合流する際の走行安全性の向上および著しい速度低下の抑制のため、AI等を活用した画像解析等の方法を通じて、輸送車両に対する走行安全性の向上策を実施した事例を紹介する。



図-8 ならばPAから本線への合流例(画角BC)

b) 高速本線への輸送車両の単独進入

輸送車両が複数台連続で本線に合流しようとする、さらに広い車間距離が必要となる。ついては、本線走行する輸送車両の車間距離確保と併せて、対策効果を発現するためには、ならば PA から合流する輸送車両は高速本線に単独進入することが必要となる。

なお、PA 発進部において、先行車両との車間距離を確保できないまま、後続車両を発進させるケースがある。上記の場合、合流時に先行車両との車間距離が狭くなることが多い。

(2) 事故・渋滞防止に向けた指導とモニタリング

本線合流に関する課題のうち、高速本線走行車の車間距離については、前章で説明した通り、本線走行する輸送車両が十分な車間距離を確保するようモニタリング及び指導を行った。また、もう一つの課題として、輸送車両が高速本線に合流する地点において、合流する輸送車両同士の車間距離が十分に確保されるように、発進間隔を空けることが求められた。

当該状況を改善するため、PA 内の輸送車両の誘導業務の統括者と環境省の監督官に、問題を有する発進状況の映像データや、合流部で十分に車間距離を確保するために後続車を発進させる際に目安となる先行車両の通過位置等の基礎情報を提供した。関係者協議の結果、輸送車両を PA から発進させる際の運用ルールが策定された。これについては、2020 年 9 月 14 日に環境省から輸送事業者に合流時の車間距離確保に関する指導文書が発出され、関係者間に周知されることとなった。

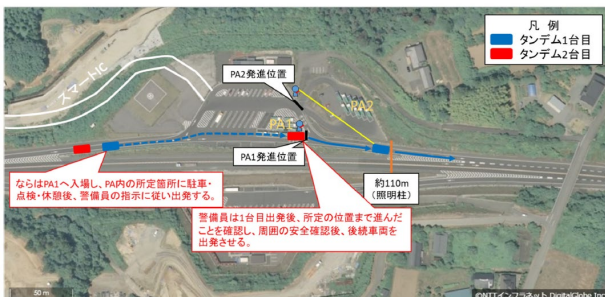


図-9 輸送車両をPAから発進させる際の運用ルール

その後、PDCA サイクルの一環として、合流時の輸送車両間の車間距離及び PA での発進状況については、現地に常設している AI カメラ (画角 B, C) によりモニタリングを行い、車間距離が短くなった要因の分析結果を毎月報告した。

なお、観測を開始した 2020 年 8 月時点において車間距離が 80m 未満である輸送車両の割合は約 35%であった。但し、2020 年 10 月以降は車間距離が 80m 未満である輸送車両の割合は大きく低下しており、これは指導による改善効果によるものと推測される (図-11)。

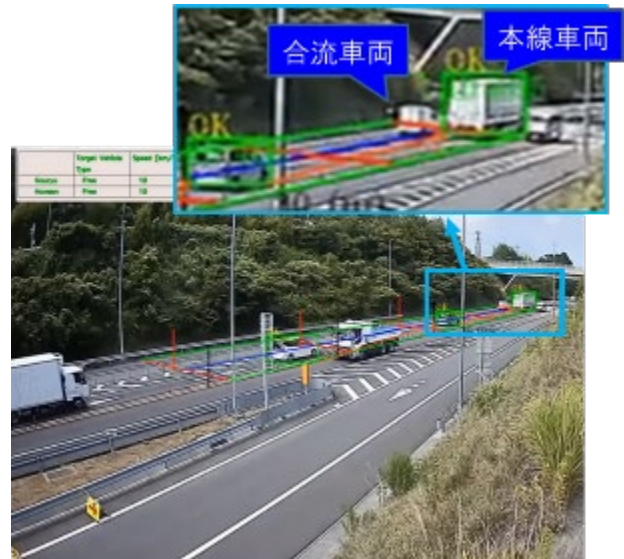


図-10 合流部における車間距離計測 (画角 C 合流部)

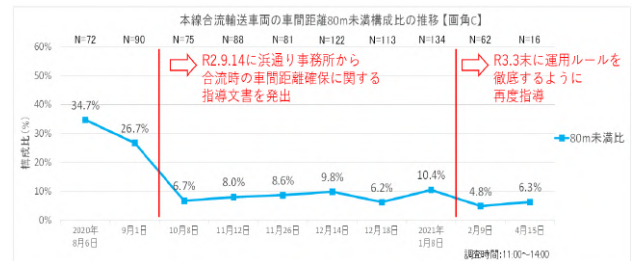


図-11 本線合流する輸送車両同士の車間距離推移

また、AI カメラから取得した PA からの合流車両と本線車両の計測データをアルゴリズム解析し、合流車両毎に安全性リスクを評価した。

なお、安全性リスクの分類例を表-1 に、解析イメージを図-12 に示す。これは、計測データから合流区間で合流車両と本線車両が交錯するリスクを評価するもので、リスクを誘引する可能性がある要因も集計することできる (図-13)。

今後、AI カメラによる解析をさらに高度化させることで、合流に際しての注意情報の提供や、安全合流ができるまでの待ち時間等を通知するなどの安全支援システムや、自動運転制御との連携する技術への応用が期待される。

表-1 合流部における安全性リスク分類例

リスク評価分類	本線車両の有無	概要
リスク3	あり	合流区間内で他車両と交錯すると予測される場合
リスク2	あり	車速や車間距離が閾値未満
リスク1	あり	車速や車間距離が閾値以上
リスク0	なし	他車両がなく、単独での合流

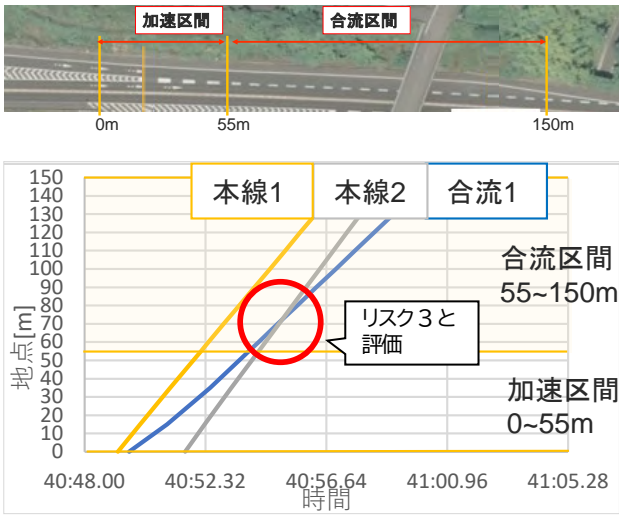


図-12 リスク評価 アルゴリズムイメージ

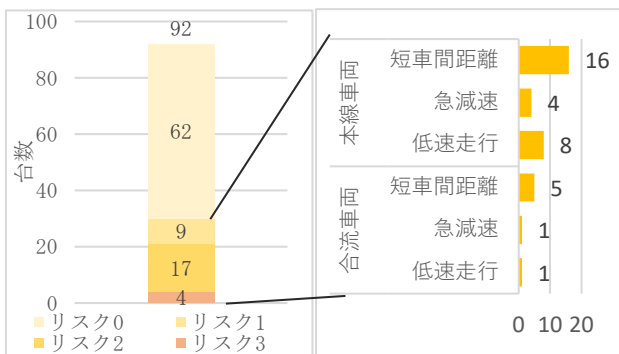


図-13 リスク評価 要因分析イメージ

5. 広野 IC～ならば PA にかけての車群の形成状況の変化

速度変化箇所では車間距離も狭まりやすいことから、渋滞や追突事故等の発生が懸念される。そこで、速度変化が確認される箇所における輸送車両等の走行状況をモニタリングするため、広野IC～ならばPA（下り）付近の走行状況をカメラを用いて撮影した（図-14）。

さらに、一部のカメラ映像ではAI画像解析技術を用いて、専用ゼッケンを装着した輸送車両を判別した上で、速度及び車間距離を計測した。

(1) 車線減少区間（羽黒山橋付近）における走行状況

常磐道を走行する輸送車両を含む車両は、いわき中央ICから広野IC付近まで約15kmにわたって4車線区間を走行してきている中で、羽黒山橋を起点に暫定2車線区間に切り替わるため追越車線から走行車線への合流が多発する区間となっている。

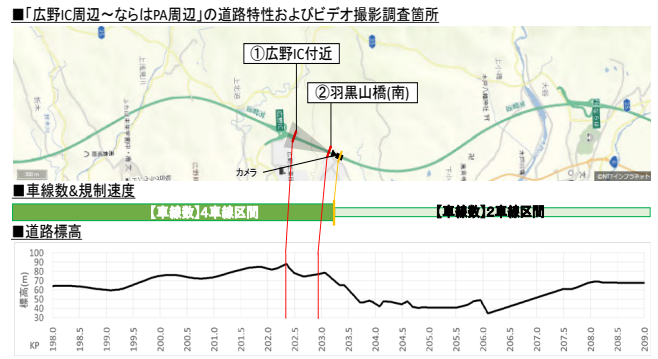


図-14 車線減少区間における調査箇所

そのため、車線減少区間で追い越しようとする車両や、逆に割り込まれることにより速度低下する車両などにより速度変化が発生しやすい箇所となっている。

今回、カメラにより走行状況を調査する中で、追越車線から走行車線への危険な合流も散見された（図-15）。

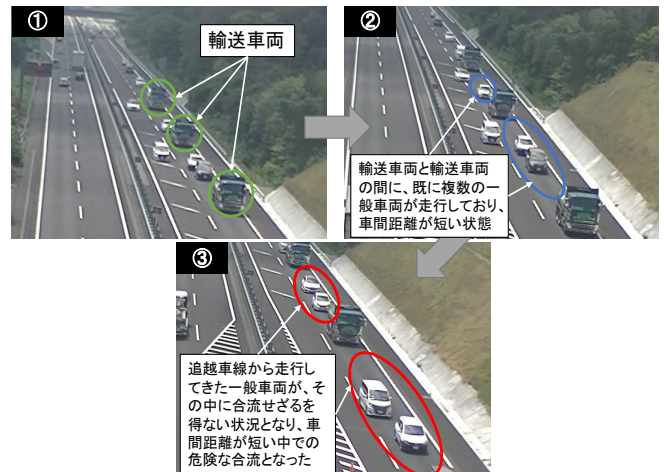


図-15 車線減少区間における合流状況

なお、輸送車両は原則、走行車線を規制速度で走行することがルールとして定められているため、走行車線を走行している輸送車両と輸送車両の間に一般車両が合流することで、広野IC付近の4車線区間では車頭時間4秒以下（走行速度70km/h、車長一律6mとして車頭時間を車間距離に変換した場合：約72m）の割合が44%であったのに対し、羽黒山橋付近の車線減少区間においては49%に増加しており、車間距離が急激に狭くなっている状況が確認された（図-16）。

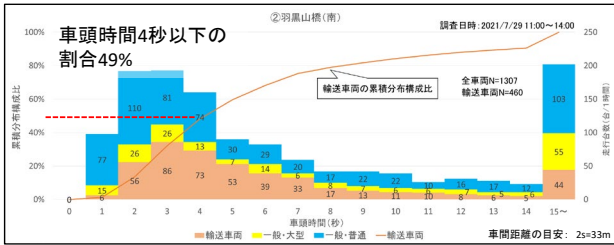
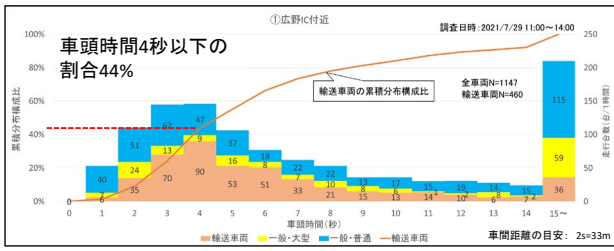


図-16 車線減少区間における車頭時間の変化状況

(2) サグ部（宮前橋～木戸川橋）における走行状況

羽黒山橋通過後、暫定2車線区間となるものの下り勾配により狭くなった車間距離が広がることで、速度変化も少なく一定の走行速度で走行している傾向が確認された（図-1参照）。

宮前橋周辺におけるサグ部を起点に、速度変化が発生しやすい傾向が確認されたため、サグ部前後にカメラを設置し、走行状況を調査した（図-17）。

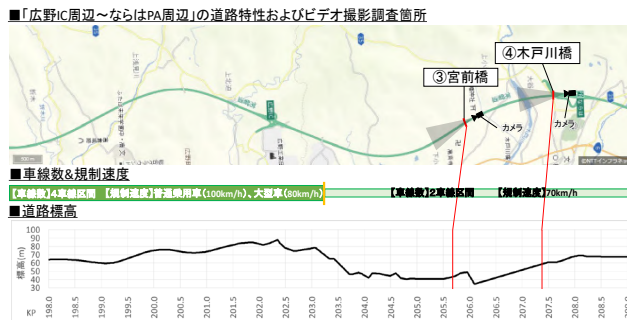


図-17 サグ部前後における調査箇所

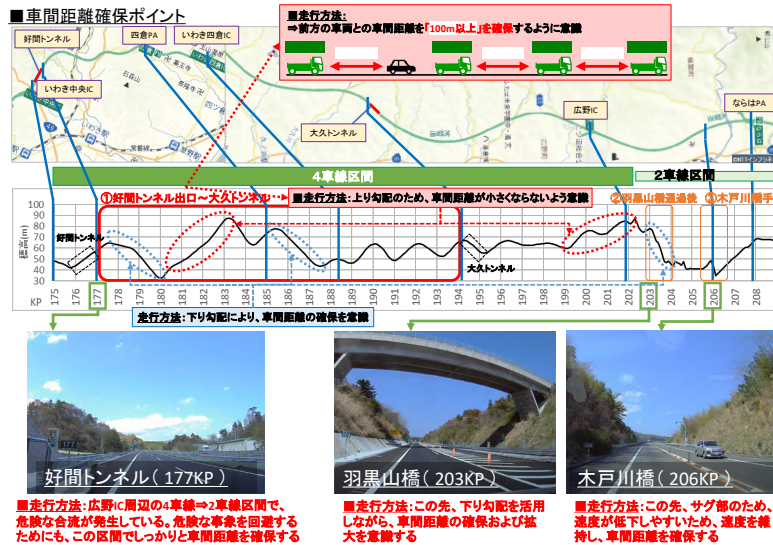


図-19 常磐道（下り方向）における走行ポイントの確認

サグ部手前の宮前橋からサグ部通過後の木戸川橋にかけて車頭時間の変化状況について分析した結果、宮前橋では車頭時間4秒以下の割合が43%であったのに対し、木戸川橋では47%と車間距離が狭い車両の割合が増加している状況となり、サグ部による影響が確認された（図-18）

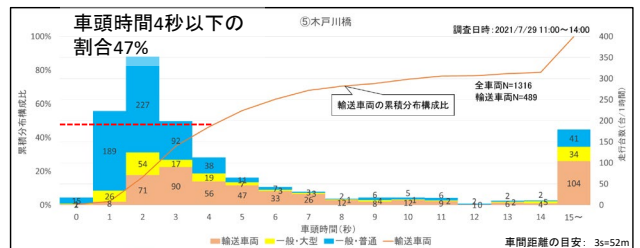
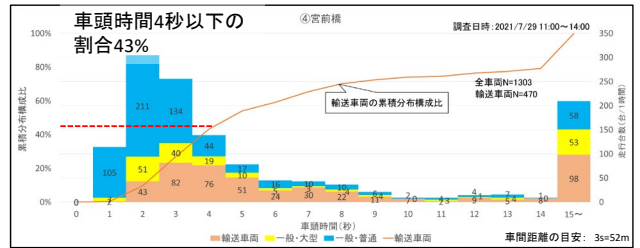


図-18 サグ部前後における車頭時間の変化状況

(3) 輸送車両に対する車間距離確保ポイントの周知

上記(1) (2)で示す車間距離が狭くなるポイントについて、走行状況に関する映像とともに走行方法や走行中に気を付けるべきポイントを輸送車両ドライバーに対して周知を行った（図-19）。

多くの一般車両も走行している中で、輸送車両の走行方法やドライバーの意識を変えることで車間距離の確保状況がどのように変化するか、各断面で車群の形成状況を解析した。

今回は、上記(2)で示したサグ部前後の宮前橋と木戸川橋の断面について解析した結果、サグ部手前で長大な車群が形成していたのに対して、サグ部通過後には輸送車両がペースカーの役割を担うことで長大な車群が分散され、十分な車間距離が確保されている状況が確認された。(図-20, 21)

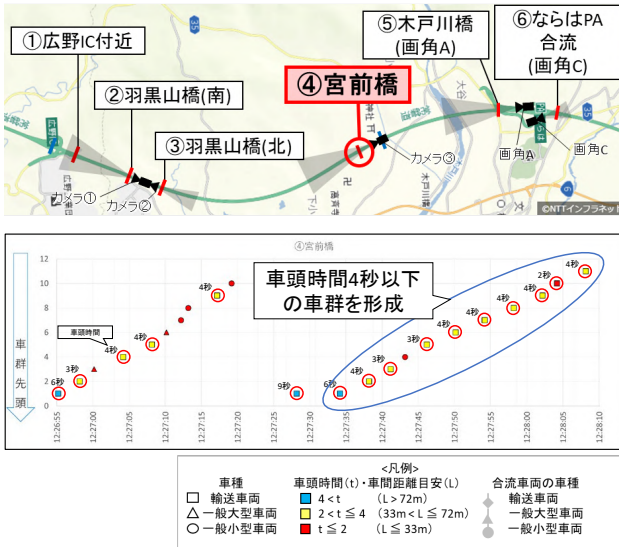


図-20 サグ部手前における車群の形成状況

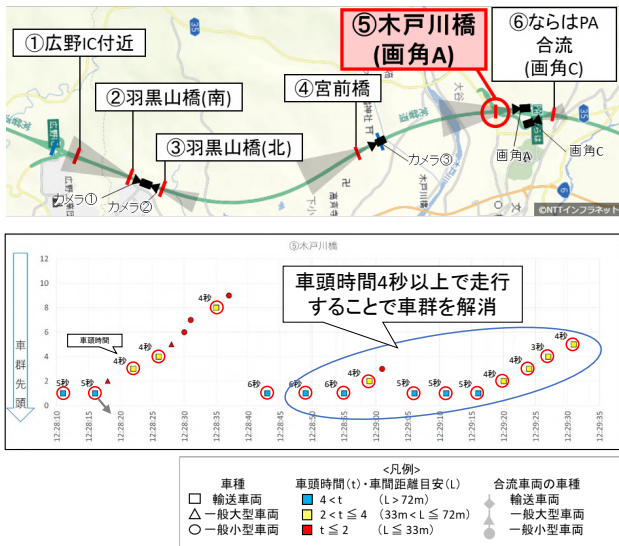


図-21 サグ部通過後における車群の形成状況

6. おわりに

ビデオカメラおよび AI を活用した動画分析において、学習データならびに分析アルゴリズムの工夫により、車両の識別ならびに車間距離や車速を計測するシステムの高精度化を進めることができた。また、当該分析を用いたパーキングエリア周辺のモニタリングを実施し、定期的な走行実態の把握と環境省による安全走行遵守のための指導に展開することで、輸送車両による車間距離の確保や長大な車群の分散において一定の効果を達成することができた。

また、現在は合流部における危険度の高い合流発生の検知やその要因分析による安全性評価に展開するとともに、安全な合流に必要な本線上のスペースを検証するべく、データの蓄積を進めている。

将来的には、当該本線上のスペースの評価から、パーキングエリア/サービスエリアやインターチェンジ等から合流しようとする車両に対して、合流に際しての注意情報や OKNG 指示、安全合流ができるまでの待ち時間等を通知することで、安全支援システムへ展開するとともに、自動運転制御に繋がる技術として高度化を進めたい。

謝辞

カメラ等の機材設置を含めて、今回のパーキングエリアにおけるモニタリングは NEXCO 東日本の協力により実現したものであり、ここに深く感謝を表したい。

参考文献

- 1) 山田康右, 半田悟, 矢野康明. 中間貯蔵事業の輸送における ETC2.0 特定プローブデータ・AI カメラの活用. 日本道路学会論文, 2021
- 2) 垣本博哉, 阿部英志, 竹之内篤, 寺沢直樹, 矢野康明. AI 動画解析を用いた車間距離および車速の計測による合流時の安全性評価. ITS シンポジウム論文, 2021

(2022. 3. 6 受付)