

交通管制システムの改修に伴う大規模災害への対策強化と 新機能実装

阪神高速道路(株)管理本部神戸管理・保全部施設工事課	高田 拳汰
阪神高速道路(株)保全交通部交通技術課	向井 梨紗
阪神高速道路(株)技術部デジタル技術戦略室	高松 大樹
阪神高速道路(株)管理本部管理企画部システム保全課	樋口 義高
阪神高速道路(株)保全交通部	北澤 俊彦

要 旨

阪神高速道路では、交通状況や道路の状態を迅速かつ正確に把握し、交通障害に素早く対応することで常に円滑な交通流を維持し、道路機能を最大限に発揮するため、1969年に初代交通管制システムを整備して以来、交通状況の変化や技術の進歩に伴って逐次改修を行いながら、24時間365日交通管制を行ってきた。2021年4月から運用を開始した新交通管制システムでは、交通管制システムの設備更新に併せ、南海トラフ地震等の大規模災害に備えて災害対策の強化を実施した。また、交通管制業務の効率化やお客さまの更なる利便性の向上を実現するための新たな機能も追加した。本稿では、大規模災害への対策強化と各種新機能を実装して生まれ変わった新交通管制システムの概要について報告する。

キーワード: 交通管制システム, 相互バックアップ機能, 道路情報板, 事故リスク

はじめに

都市の発達、人や物の流動の増大により、都市における生活と経済を支える大動脈として、高速道路の役割は益々重要になっている。阪神高速道路（以下、阪神高速）においても、円滑な交通流を維持することで関西圏の経済を支えるため、交通管制センターに整備している交通管制システムおよび交通管制員によって24時間365日交通管制を行っている。

阪神高速のBCP（事業継続計画）には、「大阪府、兵庫県が公表する津波浸水想定に基づいて、津波浸水想定域外において本社等のバックアップとな

る防災拠点の整備や地下受電所をはじめとする道路管理施設の浸水対策を実施」と明示されている。交通管制システムにおいても、災害発生後も交通管制業務を継続することでお客さま影響、運用影響を最小限に留めることが求められる。新交通管制システムでは、設備更新に併せ、災害対策を強化した。

また、交通管制員の運用ニーズやお客さまニーズを踏まえ、交通管制業務を効率化するための取り組みや、お客さまの更なる利便性の向上を実現するための新たな機能の実装も行った。

1. 交通管制システムの概要

1-1 交通管制の役割

阪神高速では、交通状況や道路の状態を迅速かつ正確に把握し、交通障害に素早く対応することで常に円滑な交通流を維持し、道路の機能を最大限に発揮させるとともに、安全で快適な走行を確保することを目的として、交通管制を行っている。

1-2 交通管制システムの構成

交通管制システムは、高速道路を円滑に運用するため、情報収集、情報処理、情報提供に区分して処理できるよう構成されている(図-1)。各種情報は、大阪地区では朝潮橋交通管制センター(以下、朝潮橋センター)、兵庫地区では京橋交通管制センター(以下、京橋センター)に集約することで、効率的な交通管制業務を実現している。

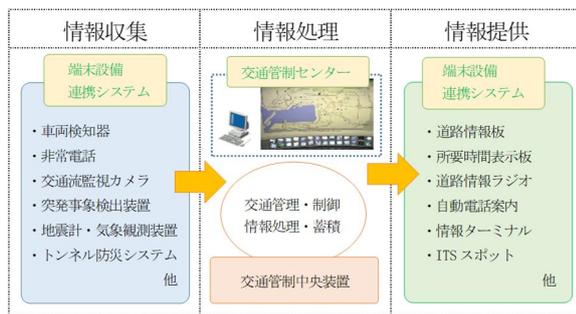


図-1 交通管制システムの構成

(1) 情報収集装置

高速道路上の交通状況を迅速かつ正確に把握するため、超音波の反射を利用した車両検知器、本線上の9割以上の範囲を視覚的に把握できる交通流監視カメラ、お客さまが事故・故障等で管制室へ連絡するための非常電話及び管制室とパトロールカーを結ぶ無線通信設備等を整備し、道路交通情報の収集を行っている。

(2) 情報処理装置

様々な情報収集装置で収集した膨大なデータをもとに、分析・整理・予測し、交通情報を各情報提供先へと渡す役割を担っている。

(3) 情報提供装置

情報処理装置で処理された交通情報を多様な提供手段で分かりやすく適切にお客さまへ伝えるために、道路情報板及び所要時間表示板等の設備を整備している。

1-3 交通管制システムの歴史

阪神高速では1969年に大阪地区・兵庫地区それぞれに交通量のオンライン収集を可能とする初代交通管制システムを整備し、交通管制を行ってきた。それ以降、交通状況の変化や技術進歩に伴い、入路制御や道路情報板の自動制御、図形情報板や所要時間情報提供・自動電話案内などの情報提供の高度化・拡充、渋滞判定処理や所要時間算出機能の向上、交通データの蓄積・解析機能の実装等を行ってきた。

新交通管制システムでは、大阪地区・兵庫地区の地区間で交通管制システムの相互バックアップが可能となり、近年高まる大規模災害へのリスクに耐えうる強靱なシステムへと生まれ変わるとともに、各種新機能も実装した。

2. 旧交通管制システムにおける課題

本章では、新交通管制システムを構築した背景として、従前システムの課題について述べる。

2-1 交通管制センターの被災時における交通管制業務継続性への懸念

災害が発生した際、阪神高速を利用するお客さまの安全を確保するとともに、緊急輸送道路としての道路機能を確保し、人命救助・早期復興に貢献するためにはいかなる場合においても高速道路の状況を常に把握できる必要がある。これまでのシステム系統では、災害等により一方の交通管制センターが機能不全に陥った場合、その交通管制センターが所掌する地区は完全に交通管制が不可能となり、道路状況の把握や、お客さまへの情報提供が出来ず、二次災害に繋がる恐れがあった。

2-2 IP ネットワークにおける課題

1995年に発生した兵庫南部地震による阪神・淡路大震災の教訓を生かし、橋脚の耐震補強や橋桁の落橋対策等、地震への備えに注力してきたが、地盤や断層のズレなどが生じた場合、高速道路にもズレが生じる恐れがある。高速道路下には光ファイバーが張り巡らされており、それらが断絶した場合、通信が困難となる。現在、阪神高速のネットワークは、統括拠点である本社・大和田、集約拠点である朝潮橋・京橋の4拠点間をリング型に結ぶ統括拠点間ループ、それぞれの集約点と各通信塔をリング型に結ぶIP路線ループから構成されており、障害発生時には迂回路が確保できる構成となっている。しかし、統括拠点間ループが複数箇所断絶した場合、集約拠点や統括拠点がネットワークから孤立する可能性があった。

2-3 サーバ台数の増加

ITVカメラや道路情報板など、端末装置の種類ごとに物理サーバを設けることが一般的である。交通管制システムは、様々な機能から構成されており、それらの機能別にサーバを整備していたため、複数台存在する。新交通管制システムへの更新にあたり、情報処理や情報提供の機能向上等で端末装置の種類が増えると物理サーバの台数も増える。サーバ台数が多い場合、設置する機械室のスペース確保や、機械室の空調設備、電気代や点検等の維持管理面においては、大きな課題となる。

2-4 交通管制業務に関する課題

交通管制員が交通事故等の突発事象をITVや管理車両からの通報等を記憶する手段として、受理票がある。本受理票は紙による管理が行われ、事象発生都度、刻々と変化する情報を時系列にて管理している。この受理票を基に複数の管制員が現場への指示や関係機関への連絡、通行止め等、種々の対応をとることになるが、紙での管理のため、管制室内や、巡回員への情報共有に課題があった。また、従前の交通管制室では、様々なシステムを一元管理することができず、各端末において業務

を行う必要があり、効率的な業務遂行のために改善が必要であった。

2-5 情報提供に関する課題

道路情報板等で提供する交通情報の正確性の確保については、常にお客さまニーズとして挙げられている。情報提供更新頻度の改善や、事案の車線別情報、事故等の処理状況の提供等、お客さまからの要望が尽きることはない。お客さまに阪神高速をより、安全・安心・快適に走行いただくための情報提供の高度化が必要であった。

3. 新交通管制システムの概要

本章では、前述した課題を解決すべく、導入した新交通管制システムについて述べる。

表-1に新機能の概要をまとめた。

表-1 新機能の概要一覧

項目	新機能	目的
大規模災害等対策強化	相互バックアップ機能の実装	被災した交通管制業務の業務を他地区で継続可能
	DR-NW網の構築	有事の際、他機関の光ファイバを活用し通信を継続
	仮置サーバの導入	日常点検及び障害発生後の復旧作業を効率化
交通管制業務の効率化	交通管制室の環境改善	管制員の労働負担を軽減し、業務効率化を図る
	グラフィックパネルの更新	各システムの情報を柔軟に表示させることで効率化を図る
	受理票のシステム化	管制室内・外で効率的に情報共有を図る
お客さまの更なる利便性向上	情報提供周回の短縮	お客さまの快適な走行をサポート
	車線別情報の提供	
	渋滞通過時間の提供	ピンポイント注意喚起を行い安全運転をサポート
	リアルタイム事故リスク情報提供	
渋滞予兆検知機能の導入	渋滞の早期認知・迅速な対応で渋滞発生・延伸を予防	

3-1 相互バックアップ機能の実装

新交通管制システムでは、大阪地区もしくは兵庫地区の交通管制センターの何れかが被災し、交通管制業務の継続が不可能となった場合、もう一方の交通管制センターにて被災地区の交通管制業務を継続できる相互バックアップ機能を実装した。

通常運用時(地区連携モード)は従前と同様に、朝潮橋センターでは大阪地区、京橋センターでは兵庫地区の交通管制業務を所轄している(図-2)。

一方、災害が発生し、他地区の交通管制センターが被災により交通管制業務の継続が困難に陥ると交通管制システムはバックアップモードに切り

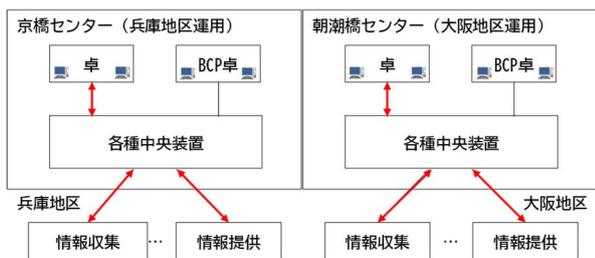


図-2 システム系統（地区連携モード）

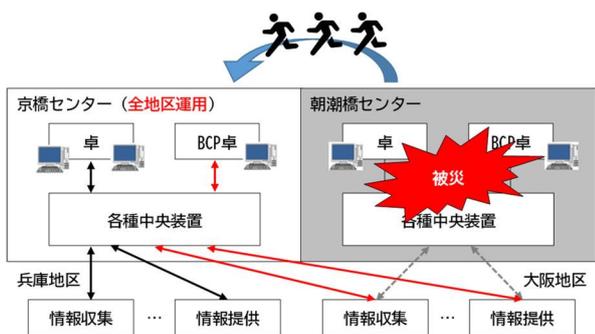


図-3 システム系統（バックアップモード）
（大阪地区被災想定）

替わる(図-3)。

バックアップモード(大阪地区被災想定)では大阪地区の各種情報収集端末や情報提供端末の接続先が兵庫地区の各種中央装置に切り替わることにより、大阪地区の交通管制業務を京橋センターで継続して行うことが可能となる。また、移動が可能であれば、大阪地区の交通管制員は、京橋センターのBCP卓から、大阪地区のカメラ映像確認や道路情報板制御など、交通管制業務を行う。京橋センターが被災した場合も同様で、朝潮橋センターで両地区の交通管制を行うことになる。

3-2 ネットワークの強化

相互バックアップ機能の実装に合わせて、ディザスタリカバリネットワーク（以下 DR-NW）の構築によりネットワークの強化を図った。

DR-NW とは、災害によって被害を受けたシステムを復旧するためのネットワークのことを指す。

阪神高速では、路線ループ及び統括拠点間ループのリング型に加えて、蓮宮一朝潮橋間、四ツ橋一京橋間、朝潮橋一京橋間は他機関の光ファイバケーブルも活用し、各統括拠点と各集約拠点をメッシュ型に接続する DR-NW を構築した。

伝送速度は統括拠点間ループと同じ 10Gbps であり、被災時に路線ループ及び拠点間ループをバックアップするネットワークとして機能させ、津波の影響を受けない拠点として大阪地区は四ツ橋管理所、兵庫地区は蓮宮受電所を選定し、各地区の全路線ループを収容する集約拠点としている。さらに、統括拠点として津波の影響を受けず、72 時間連続稼働可能な自家発電設備を備えている布施畑受電所を新たに選定し、統括拠点間ループ及び DR-NW に接続した(図-4)。

3-3 仮想化サーバの導入

サーバ台数が非常に多くなる課題に対しては、物理的な制限にとらわれず、ソフトウェアを用いて、1つの物理サーバ上に複数のサーバ機能を構築することが可能な仮想化技術を導入することで、機能を減らすことなくサーバの物理台数

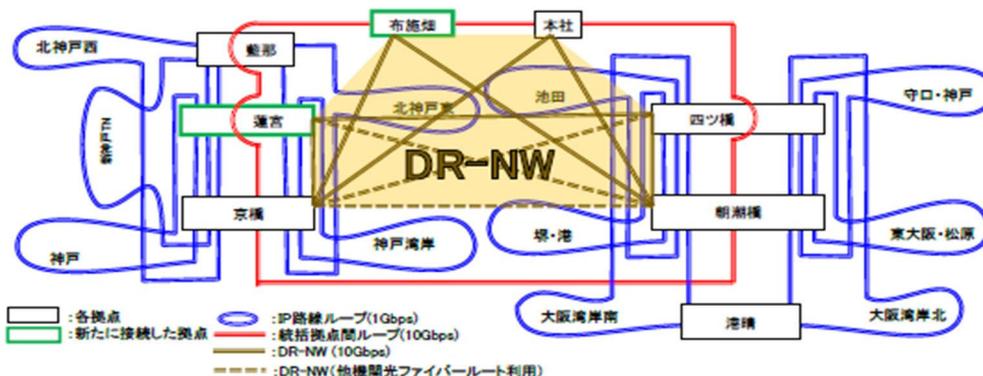


図-4 阪神高速のDR-NW網

減らすことができ、設置スペースや消費電力の削減、点検箇所への減少による維持管理性の向上等を達成した。また、仮想化サーバはソフトウェアとして扱えるため、一般的なファイルと同様に管理を行うことが可能となった。これにより、サーバのバックアップや複製といった作業も容易になったため、障害発生後の復旧に関する作業も効率化された。

3-4 交通管制業務の効率化

(1) 管制員の動線を意識したレイアウト設計視覚環境の改善

効率的な交通管制業務遂行のため、交通管制センター内での管制員の動線については、より運用効率化が図れるグラフィックパネル（以下、GP）を中心としたレイアウト構成、機能統合による合理化を図った。なお、機能統合については、事案発生時（事故や故障車、災害運用等）の交通管制員の対応状況を調査し、事案に応じた各種操作卓の利用状況（ITV 制御や道路情報板制御等の利用状況の他、管理用車両との無線連絡等の運用状況）について把握を行った上で検討した。また、全体的に空間を明るくし、24 時間、常に緊張感をもって業務を実施するため、緊張感を和らげるための空間、雰囲気を作ることができるよう木目調のデザインを採用し、眼精・身体疲労の軽減、心理学的に落ち着いた空間の構築、コミュニケーションの活性化を意識するものとした（写真-1）。

(2) グラフィックパネル(GP)の更新

多彩な情報表示に対応したフリーパネル式に更新した。各システムの情報を柔軟に表示させることが可能となり、相互バックアップモード時に、自動で画面構成を変更し、迅速な対応が可能となった。図-5 に通常運用時朝潮橋センターに整備した GP の表示情報配置図を示す。図-6 に全地区対応時の配置図を示す。全地区対応時（バックアップモード時）は、朝潮橋センターからでも GP 上で兵庫地区の映像を確認することができる。



GP を中心に操作卓を機能的に配置し、階段上のレイアウトとすることで後方からの視認性を確保、各階の後方部分にも操作卓を配置し、運用動線を意識した。

写真-1 交通管制センターの配置図 (GP 等)



図-5 通常運用時の GP 表示情報配置図
（朝潮橋センター）

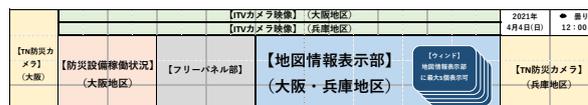


図-6 全地区対応時 GP 表示情報配置図
（朝潮橋センター）

(3) 受理票のシステム化

受理票については、前述した運用面での課題に加え、新交通管制システムでの相互バックアップ方式の採用により、災害時に他地区に速やかに情報を引き継ぎ、交通管制業務を継続する必要があることから、通常時及び災害時の効率的な運用が可能となるよう、デジタル受理票として「カルテ管理」を行うようシステム構築を実施した（図-7）。

受理票をカルテ管理することで、現地での処理状況の把握、事故等の処理完了までの時間の共有を迅速に行うことが可能となった。本カルテは、各管制員の扱う操作卓や GP に全ての情報を表示でき、交通管制室内での情報共有も容易に行える仕様のため、通常の勤務交替時の業務引継ぎや、災害時の相互バックアップ機能に

よる全地区運用において、地区毎の引き継ぎも容易となり、運用の効率化と大幅な負担軽減を図ることができた。なお、本カルテは、交通管制室内での共有のみでなく、管理車両に配置するタブレットにカルテ情報と合わせた ITV 動画を転送することで、現地到着までに詳細状況の把握(事故状況や車線の閉塞状況等)を可能とし、従来業務用無線による音声のみでの運用に視覚的情報や進捗情報を加えることで、交通管制室と連携した効率化を実現した。その他、本情報を災害対策室やお客さまセンター、設備監視室の他、道路構造物の復旧を行う管理部門等の種々の関係者も自席の PC 等で閲覧できるものとし、早期対応や状況に応じた運用支援、お客さまからのお問合せ対応も容易になるよう情報共有の徹底を図った(図-8)。

3-5 情報提供の高度化

刻々と変化する交通状況を的確にお客さまにお伝えするため、情報提供周期の短縮(2.5分→1分)や車線別情報提供(図-9)、従来の渋滞長の提供と併せた渋滞通過時間の提供(図-10)、リアルタイムの交通事故リスクに基づいた情報提供等、より詳細な情報の提供を実現し、お客さまの二次被害の防止や安全運転支援、利便性向上を図った。また、交通管制員の渋滞の早期検知や入口閉鎖等の判断に役立てることを目的とし、渋滞予兆検知機能も導入した。

(1) リアルタイム事故リスク情報提供¹⁾

事故リスクとは、過去のデータに基づいて判断した、その時・その場所における事故の起こりやすさを意味する。新交通管制システムでは、道路線形等の静的な情報に加え気象情報や渋滞状況等の動的な情報からリアルタイムで交通事故リスク情報を推定し、一定以上のリスクがあると判定した場合に、走行中のお客さまに対し道路情報板でピンポイントでの注意喚起を行う仕組みを導入した(写真-2、図-11 図-12)。



図-7 カルテの表示イメージ

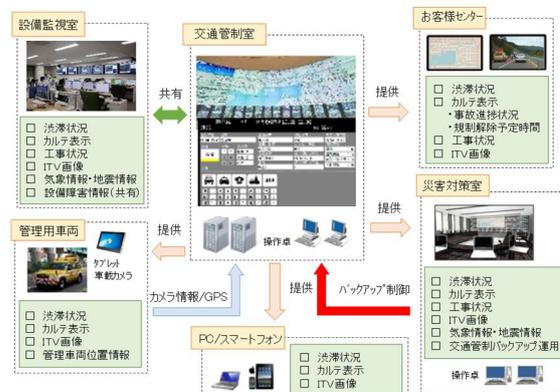


図-8 新交通管制システムイメージ



図-9 車線別情報提供

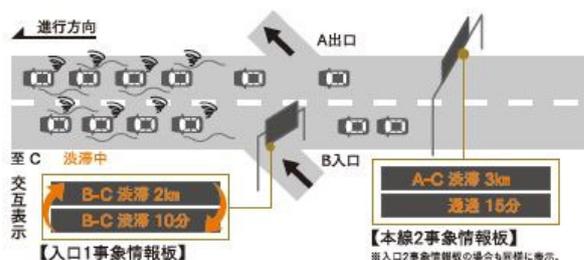


図-10 渋滞通過時間の提供

交通事故リスクの推定にあたっては、「ポアソン回帰モデル」を用いて、事故の起こりやすさを定量的に算出する「交通事故リスク算定モデル」を構築した(図-13)。構築したモデルで推定した事故リスク値(交通事故発生件数期待値)が、ある一定の水準を超えた場合のみ、直近の注意喚起として本線情報板で情報提供する。提供する水準は3段階とし、注意が必要な水準2, 最大限注意が必要な水準3で情報提供を行うこととした。情報板での表示内容は、注意情報と事故形態別のアドバイス情報を組み合わせた内容とし、当該区間において今後起こりうる可能性が高い事故種別に適した文言で提供を行う。これらの注意喚起情報を視認したお客さまが「車間距離をとる」「速度を落とす」等事故に対する備えを行動に移すことにより、事故に遭遇するリスクを回避し、総合的に交通事故とその損失の削減を図ることを目的としている。また、算出した事故リスクは、交通管制員による事故の早期発見やパトロールカーの重点的な巡回計画に役立てることを目的とし交通管制室のGP上に表示させる機能も有している。

(2) 渋滞予兆検知機能の導入

阪神高速では、渋滞発生によるサービスレベルの低下を防ぐため、情報板での渋滞情報の提供や、ボトルネック上流側の入口閉鎖を実施する等、渋滞発生に合わせた様々な施策を行っている。これらの施策を実施するには、各基地で待機している交通管理隊の出動が不可欠である。その初動が早ければ早いほど渋滞への迅速な対応が可能となり、お客さまへの影響を小さくできる²⁾。新交通管制システムでは、渋滞の早期把



写真-2 高速道路上の情報提供状況

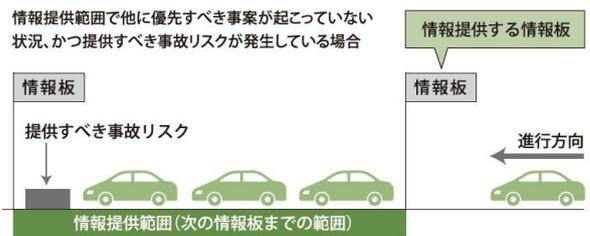


図-11 事故リスクの情報提供範囲

	水準①: 回避なし	水準②: 注意が必要	水準③: 最大限注意が必要
渋滞		事故多発区間 前方注意	事故多発区間 前方注意
車間接触		事故多発区間 車間保て	事故多発区間 車間保て
施設接触		事故多発区間 速度落せ	事故多発区間 速度落せ

図-12 事故リスクの情報提供

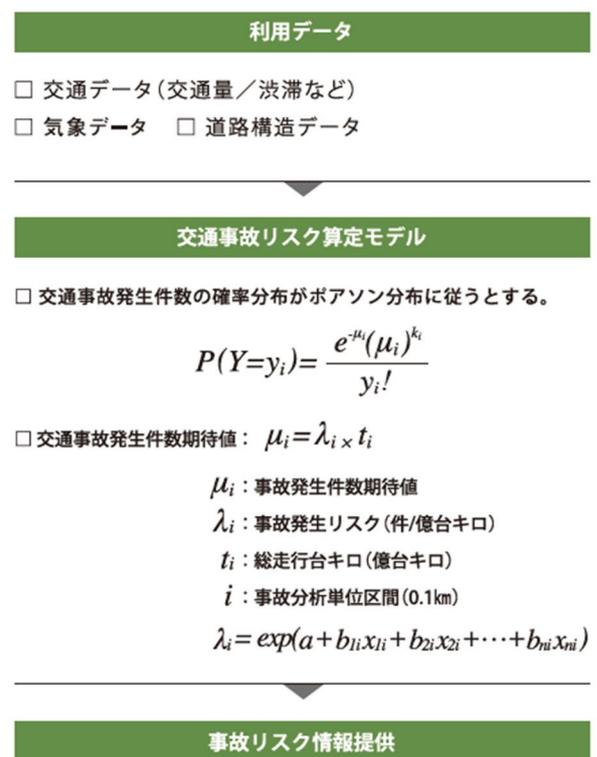


図-13 事故リスク情報の生成と提供の流れ

握の手段として、車両検知器によって収集された情報を活用した渋滞予兆検知機能を導入した。検知した予兆をGP上で情報共有することで、交通管制員の渋滞の早期認知、迅速な入口閉鎖等の判断に役立て、渋滞の発生・延伸の予防が期待できる。

4. まとめ

本稿では、新交通管制システムについて、大規模災害時等の対策強化や交通管制業務の効率化、お客さまの更なる利便性の向上を図るため、新たに導入された機能を中心に報告した。

今後も、更なる高度化を常に意識し、運用ニーズやお客さまニーズの把握とともに、ETC2.0による情報提供やビッグデータの活用、AIや自動運転に対応した新技術の検討、導入を引き続き進めていく予定である。

災害対策・お客さまサービスの向上に限界はないということを常に念頭に置き、更なる機能の高度化・運用の効率化を実現していきたい。

謝辞：本稿作成にあたりまして、ご指導、ご協力いただいた関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 西海能史ほか:リアルタイム交通事故リスク情報提供の実現～阪神高速道路交通管制システムへの実装を通して～, 第62回土木計画学研究発表会・秋大会(企画提案型).
- 2) 向井梨紗, 櫻木伸也, 玉川大, 山本昌孝, 幡山五郎, 平野竜洋, 加瀬駿介, 鈴木健太郎, 小島悠紀子, 寺前智文:機械学習(CNN)を用いた阪神高速道路における交通混雑予測手法に関する研究, 第17回ITSシンポジウム, 2019
- 3) 高田拳汰, 高松大樹, 樋口義高:新交通管制システムにおける相互バックアップ機能の実装について, 第53回技術研究発表会論文, 2021
- 4) 松浦一裕, 才藤浩司, 玉川大, 井上雅生:阪神高速道路(株)における新交通管制システムの概要, 高速道路と自動車, 第64巻, 第8号, pp.15-18, 2022

STRENGTHENING OF MEASURES AGAINST LARGE-SCALE DISASTERS AND IMPLEMENTATION OF NEW FUNCTIONS DURING RENOVATION OF THE TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM OF THE HANSHIN EXPRESSWAY

Kenta TAKADA, Risa MUKAI, Hiroki TAKAMATSU,
Yoshitaka HIGUCHI and Toshihiko KITAZAWA

A traffic management system has been working on the Hanshin Expressway in order to maintain a smooth traffic flow and the maximum road performance. On the other hand, there has been a concern that the traffic management system could be damaged during a large-scale disaster, becoming impossible to operate the expressway safely. This paper reports an overview of the renovated traffic management system, including strengthened measures against large-scale disasters, improved efficiency of traffic management operations, and further improvements made for the convenience of customers.

高田 拳汰



阪神高速道路株式会社
管理本部
神戸管理・保全部
施設工事課
Kenta TAKADA

向井 梨紗



阪神高速道路株式会社
保全交通部
交通技術課
Risa MUKAI

高松 大樹



阪神高速道路株式会社
技術部
デジタル技術戦略室
Hiroki TAKAMATSU

樋口 義高



阪神高速道路株式会社
管理本部
管理企画部
システム保全課
Yoshitaka HIGUCHI

北澤 俊彦



阪神高速道路株式会社
保全交通部
Toshihiko KITAZAWA