

渋滞予兆検知システムの導入 ～新交通管制システムの実装を通じて～

山口 樹¹・河本 一郎²・向井 梨紗³

¹正会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部交通技術課 (〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島 3-2-4)
E-mail: yamaguchi-itsuki@hanshin-exp.co.jp

²非会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部交通技術課 (〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島 3-2-4)
E-mail: ichiro-komoto@hanshin-exp.co.jp

³非会員 阪神高速道路株式会社 保全交通部交通技術課 (〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島 3-2-4)
E-mail: risa-mukai@hanshin-exp.co.jp

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月にはこれまでの交通管制システムが刷新され、リアルタイム事故リスク情報や渋滞通過時間の提供等、お客さまへの情報提供が充実化されたとともに、情報提供の即時性も向上された。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ている。本稿では実装された新たな機能概要及び、早期の渋滞緩和施策として実装された渋滞予兆検知機能について詳述する。

Key Words: *Traffic Control System, Traffic Information, Predictive Traffic Jam Detection System*

1. 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（写真-1）。

今回の交通管制システムの刷新では、お客さまニーズを踏まえた情報提供の充実化に加えて、情報提供の即時性向上、交通管制業務を効率化するための取り組み等、新たな機能の実装を行った。

2. 交通管制システムの概要

(1) 交通管制システムの目的

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。交通管制では、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、現場対応に区分して処理できるよう構成されている。これらの情報をもとに、お客様に安全・安心・快適に走行していただくための情報提供や、渋滞を早期に解消させるための入路制御を行っている。また、事故や故障車などの交通障害にも迅速に対応して、速やかに正常な交通流に回復させるための交通管理の支援も行っている。図-1に交通管制の流れを示している。



写真-1 交通管制室



図-1 交通管制の流れ

(2) 新交通管制システムの概要

本節では、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。

a) リアルタイム事故リスク情報の提供

事故リスクとは、ある時点・場所における事故の起こりやすさのことを意味する。事故の起こりやすさは、カーブや勾配等の道路線形、渋滞等の交通状況、さらには天候により変化することは容易に想像できる。従来、これら事故発生要因は経験的かつ定性的には認識されていたところであるが、それらが事故の起こりやすさに与える定量的な影響度合いに関する知見は得られていなかった。そこで、当社では、過年度より、過去の事故案件と、その発生場所、発生時の交通状況および天候等データとの相関を分析し、事故の起こりやすさを定量的に算出する事故リスク算定モデルを構築したり。

説明変数は、静的要因として、道路線形パターン、分合流パターン（分合流部）、トンネルダミー等を、動的要因として、交通状態（自由流/渋滞）、時間帯（昼間/夜間）、曜日（平日/週末/休日）等を設定した。以上の条件の下、事故形態（追突事故、車両接触事故、施設接触事故）別にモデルを構築した。

この構築したモデルを新交通管制システムに組み込み、事故発生件数の期待値がリアルタイムで算出されるようにした。そして、ある区間・時間帯において、算出された期待値が一定の水準を超えた場合に、事故リスクが高まっていると判断し、交通管制室のグラフィックパネル上に対象区間が示されるとともに、当該区間の直近の本線情報板で注意喚起情報が提供される仕組みを構築した。これは、高速道路会社では初の取り組みである。

本線情報板で提供される注意喚起情報は「注意情報」＋「アドバイス情報」の組み合わせとし、アドバイス情

報は事故形態に応じて「前方注意」（追突事故）、「車間保て」（車両接触事故）、「速度落とせ」（施設接触事故）と使い分けることとし、マルチカラー対応の情報板では黄色文字で表示されるようにした。注意情報は事故形態に関わらず「事故多発区間」という文言で統一した。このように、アドバイス情報を提供することにより、お客さまに事故リスクに対する備えをしていただき、結果として、事故の回避に繋がることが期待される。本線情報板での情報提供のイメージを図-2に、実際に情報提供されている様子を写真-2に示す。

	水準①： 問題なし	水準②： 注意が必要	水準③： 最大限注意が必要
追突事故		事故多発区間 前方注意	事故多発区間 前方注意
車両接触事故		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		事故多発区間 速度落せ	事故多発区間 速度落せ



図-2 事故リスク情報の提供イメージ



写真-2 本線上での事故リスク情報の提供

b) 渋滞通過時間の提供

交通集中渋滞を対象に、従前より提供している渋滞区間+渋滞長の表示に加えて、当該渋滞区間を通過するのに要する渋滞通過時間の情報提供を新たに開始した。提供対象を交通集中渋滞に限定したのは、事故渋滞等交通障害に伴う渋滞の場合、渋滞の延伸や解消が急激であり、現在の所要時間算出手法である同時刻和法では急激な渋滞の延伸・解消に追従して正確に所要時間を算出することが困難であることによる。なお、渋滞通過時間はあくまでも補助情報であるため、提供情報としての優先度は他の事象と比較して低く設定されており、他に優先して情報提供すべき事象が発生している場合には提供されない。この渋滞通過時間の表示は渋滞長の表示とセットとなるため、2 事象分の情報が表示可能な情報板でのみ提供可能となる。したがって、対象情報板は 2 事象情報板と、交互表示が可能な入口部 1 事象情報板に限定され、本線上の 1 事象情報板では提供されない。渋滞通過時間情報をセットで提供することにより、入口手前では高速道路利用の判断を、本線上では途中退出すべきかどうかの判断をより適切にさせていただけるようになり、お客さまの運転プランにあった経路選択に活用いただけるものと考えている。渋滞通過時間の提供イメージを図-3に、実際に情報提供されている様子を写真-3に示す。

c) 車線別情報の提供

事故や故障車等の交通障害が発生した場合、従来は障害発生区間のみをお知らせしていたが、今回の情報提供の充実化に伴い、区間と併せて障害が発生している車線の情報も表示できるようになった。これにより、より適切に障害回避に備えていただくことが可能になると考えられる。なお、この車線別情報は障害が発生しているが渋滞発生には至っていない場合のみを対象とする。また、対象事象も車線の特定が可能な事故、工事、故障車等に限定される。車線別情報の提供イメージを図-4に示す。

d) 情報提供の即時性向上

渋滞情報等の道路交通情報は、直近 5 分間の計測データを基に 2.5 分間隔で生成・更新されてきた。しかし、例えば突発事象の発生により急激に渋滞が延伸する場合等では、提供情報内容と実態との間に乖離が生じ、お客さまより情報の精度向上を求める声が多数寄せられていた。そこで、新交通管制システムでは、情報更新間隔を 2.5 分から 1 分に短縮し、より即時性の高い情報提供を可能とした(図-5)。これにより、お客さまに、より適切な経路選択等の判断をしていただけるようになった。

e) 渋滞予兆検知機能の実装

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、ボトルネック上流側の入口閉鎖する等、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。新交通管制システムでは、渋滞の早期把握の手段として、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。検知した予兆を管制室内のグラフィックパネル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。

本項については次章で詳述する。

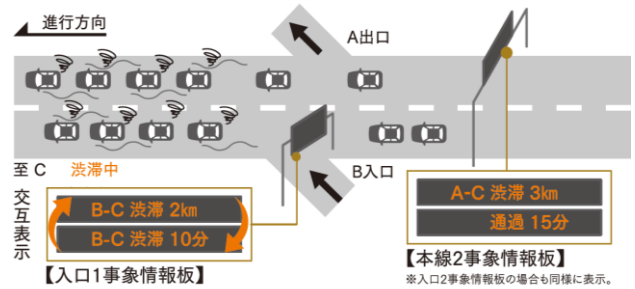


図-3 渋滞通過時間の提供



写真-3 入口情報板における渋滞通過時間の提供

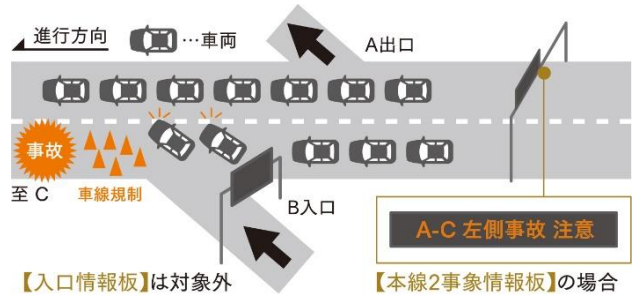


図-4 車線別情報の提供

時刻	旧システム ・2.5分情報更新	新システム ・1分情報更新
15:06:00		
15:07:00		柳原 事故 注意
15:08:00	柳原 事故 注意	
15:09:00	情報提供の即時性向上	柳原 事故 渋滞 1km
15:10:00	柳原 事故 渋滞 1km	柳原 事故 渋滞 2km
15:11:00		柳原 事故 渋滞 3km
15:12:00	柳原 事故 渋滞 2km	
15:13:00		柳原 事故 渋滞 4km
15:14:00	柳原 事故 渋滞 4km	
15:15:00		

図-5 情報提供の即時性向上

3. 渋滞予兆検知機能

(1) 導入目的

阪神高速では、先述したとおり、渋滞発生によるサービスレベルの低下を防ぐため、様々な施策を行っている。更なる渋滞によるお客さまへの影響削減のためには、渋滞を早期把握し、渋滞発生・延伸前での対策を実施する必要がある。そのため、新交通管制システムでは、渋滞発生の予兆を検知し、その情報を交通管制員へ提供することで、渋滞発生に備え先手を打った交通管制業務を行うことを目的として導入を行った。運用イメージを図-6に示す。

(2) 渋滞予兆の検知手法

a) 渋滞予兆の目標値

今回導入する渋滞予兆は、渋滞発生の 10 分程度前に検知することを目標とした。これは、交通管理隊が待機している基地局から現場に駆け付けるまでの時間が約 10 分程度であるためである。

b) 使用データ

阪神高速では、車両検知器で収集した 5 分間交通データから、下記条件で渋滞判定を行っている。渋滞判定のイメージを図-7に示す。

- ・時間占有率 \geq 閾値 (20%)
- ・交通量/時間占有率 \leq 渋滞判定基準

2 つの条件を満たす場合、渋滞と判定する。渋滞予兆検知についても、同様に車両検知器の交通データを用いて行うこととした。

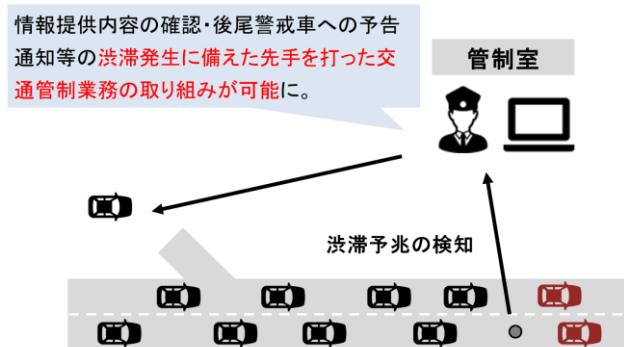


図-6 運用のイメージ

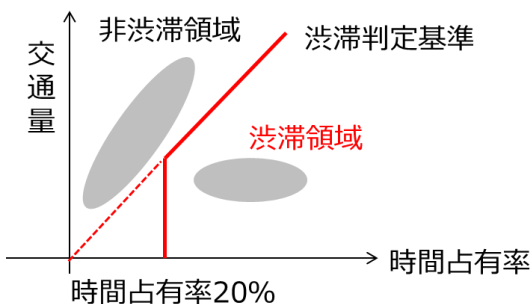


図-7 渋滞判定のイメージ

なお、車両検知器では、5 分間交通データだけでなく、30 秒間交通データの取得も可能である。より細かい交通状況の変化を掴む上では、30 秒間交通データを利用する必要があり、神戸線の交通状況に対して、30 秒間交通データと 5 分間交通データを用いて渋滞判定を行った結果を図-8に示す。グラフの横軸は時刻 (0:00~23:59)、縦軸はkpとした。渋滞発生時刻より前に集計値が渋滞域に入る状況が見られ、5 分間交通データを用いた渋滞判定より早く渋滞検知する可能性が示唆された。このため、今回導入する渋滞予兆検知では、5 分間交通データに加え、30 秒間交通データも用いて判定を行うこととした。

(3) 判定方法

渋滞予兆の判定フローを図-9に示す。30 秒間交通データを用いた判定と 5 分間交通データを用いた判定の 2 段階で行うこととした。

- ① 渋滞予兆判定値 = 30 秒間交通量 / 30 秒間占有率として、渋滞予兆判定値 \leq 渋滞判定基準値かを判定
- ② 5 分間交通量もしくは 5 分間交通量 \times 時間占有率が閾値以上であれば、「渋滞予兆あり」として通知
- ③ 「渋滞予兆あり」と通知された場合、渋滞が発生していなければ、「渋滞予兆あり」として継続

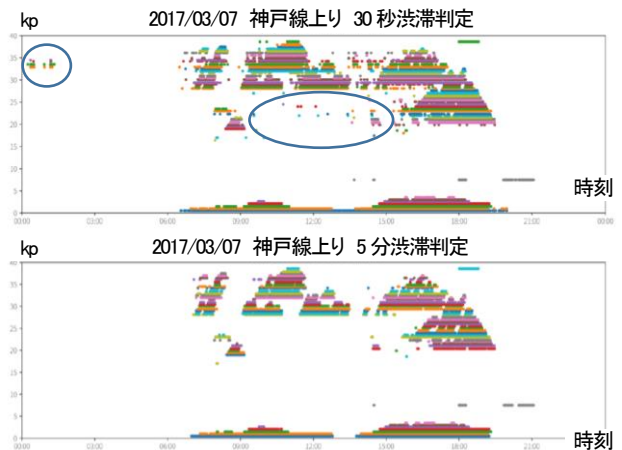


図-8 30秒間交通量と5分間交通量による渋滞判定

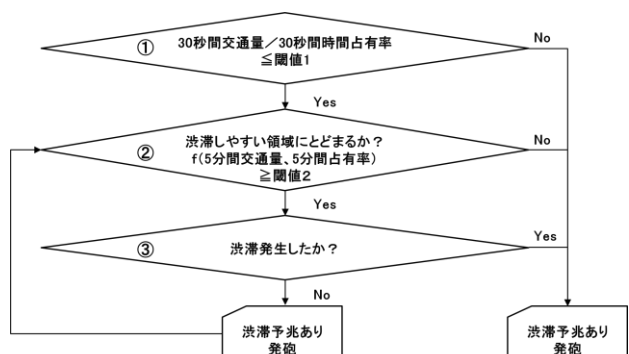


図-9 渋滞予兆判定フロー

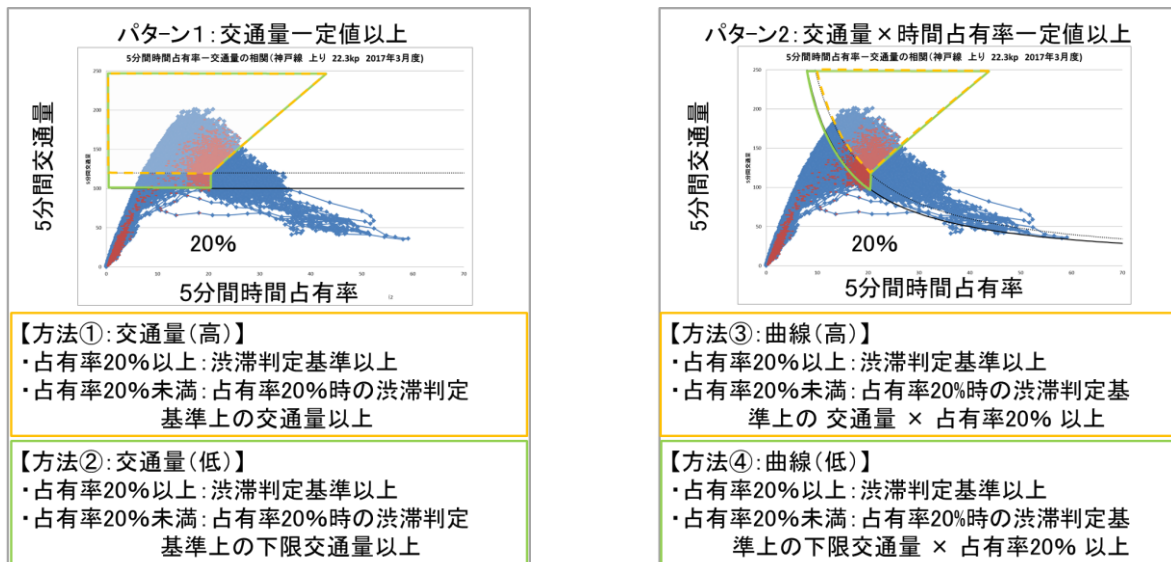


図-10 渋滞予兆判定方法

判定方法は、図-9の①「30秒間交通データによる渋滞検知」と②「臨界状態から渋滞へ遷移しやすい交通状態の判定・監視」で構成される。②の閾値については、交通量のみの判定を行った場合、渋滞と非渋滞の閾値を往来する要な不安定なデータに起因する誤報が多かったため、占有率も用いた判定を行うこととした。判定方法については図-10 に示す 4 案で検証を行い、その結果から決定することとした。

パターン1は5分間交通量が一定値以上の時の判定方法、パターン2は5分間交通量と5分間時間占有率が一定値以上の時の判定方法である。

a) パターン1, 方法①

5分間交通量を基準として、占有率が20%以上の際は渋滞判定基準値以上、占有率が20%未満の場合は、上限交通量として、占有率20%時の渋滞判定基準値上の交通量を設定し、その交通量以上をそれぞれ渋滞予兆とした。

b) パターン1, 方法②

5分間交通量を基準として、占有率が20%以上の際は方法②と同様に、渋滞判定基準値以上、占有率が20%未満の場合は、下限交通量として、90台~100台の交通量を設定し、その交通量以上をそれぞれ渋滞予兆とした。

c) パターン2, 方法③

5分間交通量と5分間時間占有率の積を基準として、占有率が20%以上の際は、渋滞判定基準値以上、占有率が20%未満の場合は、上限閾値として、占有率20%時の渋滞判定基準値上の交通量に時間占有率20%をかけた値を設定し、その閾値以上をそれぞれ渋滞予兆とした。

d) パターン2, 方法④

5分間交通量と5分間時間占有率の積を基準として、占有率が20%以上の際は、方法③と同様に渋滞判定基準値以上、占有率が20%未満の場合は、下限閾値として、

90台~100台の交通量に時間占有率20%をかけた値を設定し、その閾値以上をそれぞれ渋滞予兆とした。

(4) 効果検証

a) 検証概要

阪神高速において、渋滞ボトルネックとなっている11号池田線上り4.1上kp追い越し車線において、3章3節で説明した判定方法で検知精度について、比較検証を行った(表-1)。

検証指標としては、判定方法毎の正解率、第1種の過誤(渋滞予兆ありと判定したが、実際には渋滞が発生しなかった)、第2種の過誤(渋滞予兆なしと判定したが、実際には渋滞が発生した)の発生件数を求めた。また、渋滞予兆判定から渋滞発生までの経過時間も同様に求めた(表-2)。

b) 検証結果

池田線については、6か月に356回渋滞が発生した。判定方法別の予兆検知結果を表-3に示す。方法③に着目すると、正解数は最も少ないが、“第1種過誤(空振り)”は最も少なかった。1日あたりの発報数でみると、た4つの方法ともほぼ差はなく、“第1種過誤”の差が見られた(表-4)。また、検知から渋滞発生までの事前

表-1 データ検証箇所

データ分析地点	期間
池田線上り4.1kp追い越し車線	2018/12/1~2019/5/31(6か月)

表-2 検証項目

検証項目	
✓ 正解率	✓ 第2種の過誤
✓ 第1種の過誤	✓ 予兆判定から渋滞までの時間

表-3 判定方法別結果（池田線）

池田線上り 4.1kp 判定方法	予兆検知 総数	予兆あり、 渋滞あり (正解)	予兆あり、 渋滞なし (第1種過誤)	予兆なし、 渋滞あり (第2種過誤)	正解率
方法①	465回	277回	188回	79回	約79%
方法②	408回	281回	127回	75回	約79%
方法③	338回	266回	72回	90回	約75%
方法④	457回	289回	168回	67回	約82%

表-4 日当たり判定方法別発報状況（池田線）

池田線上り4.1kp 判定方法	予兆検知 総数	予兆あり、 渋滞あり (正解)	予兆あり、 渋滞なし (第1種過誤)	予兆なし、 渋滞あり (第2種過誤)
方法①	2.6回/日	1.5回/日	1.0回/日	0.4回/日
方法②	2.2回/日	1.5回/日	0.7回/日	0.4回/日
方法③	1.9回/日	1.5回/日	0.4回/日	0.5回/日
方法④	2.5回/日	1.6回/日	0.9回/日	0.4回/日

表-5 渋滞発生までの余裕時間

渋滞までの 時間	件数	平均値	最小値	最大値	中央値
方法①	277件	4分56秒	0秒	38分30秒	3分
方法②	281件	13分55秒	0秒	1時間43分30秒	4分
方法③	266件	2分30秒	0秒	21分	2分
方法④	289件	3分36秒	0秒	37分30秒	2分30秒

時間については、おおよそ5分以内で渋滞が生じていた（表-5）。現状で目標値とする10分前からのアラート表示は達しなかったため、更なる事前検知について検討を行っていく。

以上を踏まえて、新交通管制システムでは、方法③を採用した。

c) まとめ

- 予兆検知して発報する4つの方法について、池田線の渋滞ボトルネック区間を対象に検証した。
- 方法③では、正解率が約75%、一日当たりの正解数は1.5回/日であった。
- 予兆あり/渋滞なしの“第1種過誤”は最も少ない0.4回/日であった。
- 検知から渋滞発生までの余裕時間については、5分以内であったため、10分前からのアラート表示を目指して、データの蓄積及び分析を通して、改善を図る。
- 1日当たり発報回数は、ほぼ同じであったが、いわゆる“空振り”の最も少ない方法3を実装時の判断基準

として採用した。

- 新管制交通システム実装に伴い、運用開始後の実際の結果についても今後検証していく。

4. 最後に

本稿は、2021年4月4日（日）に本格稼働を開始した阪神高速の新交通管制システムについて、特にお客さまサービス向上の観点から情報提供の充実化を中心に、その内容をとりまとめるとともに、早期の渋滞緩和施策として実装された渋滞予兆検知機能について詳述した。

約18年ぶりとなる交通管制システムの刷新を通じて、更なるお客さま目線に立った先進の道路サービスに一步でも近づけるよう、今後も尽力していく所存である。

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

IMPLEMENTING A PREDICTIVE TRAFFIC CONGESTION DETECTION
SYSTEM
~THROUGH THE IMPLEMENTATION OF A NEW TRAFFIC CONTROL
SYSTEM~

Itsuki YAMAGUCHI, Ichiro KOMOTO and Risa MUKAI

The Hanshin Expressway has maintained smooth traffic flow and maximized road functions by quickly and accurately monitoring traffic conditions and road conditions and quickly responding to traffic obstructions. In April 2021, the existing traffic control system was revamped to provide enhanced information to customers, including real-time accident risk information and traffic jam passing times, and to improve the immediacy of information provision. New functions have also been added to improve the efficiency of traffic control operations and further enhance customer convenience.

This paper provides an overview of the new functions implemented and details the traffic jam prediction detection function that was implemented as an early traffic jam mitigation measure.