

# 交通流シミュレーションによる障害時予測所要時間の検証と課題

大藤武彦<sup>\*1</sup>・萩原武司<sup>\*2</sup>・倉内文孝<sup>\*1</sup>・宇野伸宏<sup>\*2</sup>

\*1 株式会社交通システム研究所 (E-mail: daito@tss-lab.com)

\*2 阪神高速道路株式会社保全交通部 (E-mail: takeshi-hagihara@hanshin-exp.co.jp)

\*3 岐阜大学工学部社会基盤工学科 (E-mail: kurauchi@gifu-u.ac.jp)

\*4 京都大学経営管理大学院 (E-mail: uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

阪神高速道路では、予測情報提供、入路制御、そして動的な交通マネジメントを支援することを目的として、交通流シミュレータ: HEROINE を開発して交通管制システムに導入した。本稿では、所要時間予測精度を向上させるためのいくつかの方策を HEROINE に反映して所要時間を予測し、現行車両検知器速度に基づく同時刻和所要時間と比較して、少なくとも現在提供している所要時間よりも誤差の小さい予測所要時間を提供できることを確認した。また、今後の予測所要時間提供を見通して、さらなる精度向上に向けた課題への対応を提案した。

## A Travel time Forecast in case of Incident Congestion using Traffic Simulator ~ A Validation and additional Challenge ~

Takehiko DAITO<sup>\*1</sup>・Takeshi HAGIHARA<sup>\*2</sup>・Fumitaka KURAUCHI<sup>\*3</sup>・Nobuhiro UNO<sup>\*4</sup>

\*1 Transportation System Studies Laboratory Co., Ltd. (E-mail: daito@tss-lab.com)

\*2 Hanshin Expressway Company Ltd. (E-mail: takeshi-hagihara@hanshin-exp.co.jp)

\*3 Gifu university, Faculty Engineering and Graduate School of Engineering (E-mail: kurauchi@gifu-u.ac.jp)

\*4 Kyoto university, Graduate school of Management (E-mail: uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

It is still very difficult to reliably predict travel time, particularly under situations such as during congestions caused by traffic accidents on the road network, and, the travel information system is prone to large deviation of forecasted travel time from the actual travel time. We have been receiving a considerable number of users' voices expressing their desire to be able to receive more accurate traffic information. To address the need for a more accurate travel information, we are continuing our effort to improve our traffic simulation program to be able to provide reliable travel information even under unusual circumstances such as accidents.

**Keyword:** travel time forecast, online traffic simulator, incident management, urban expressway

### 1. はじめに

#### 1-1 研究の背景と経緯

阪神高速道路では、円滑な都市内交通を確保して道路網全体の機能低下を防止するために交通管制システムが導入され、道路交通情報の提供や交通制御が実施されてきた。なかでも、所要時間情報の提供は、道路情報板や情報ターミナル、そしてモバイルへの提供など、多様な媒体で提供されて、経路選択

や出発時刻選択に非常に有用であると評価されている<sup>1)</sup>。

阪神高速道路における現在の提供所要時間は、約 500m 毎に設置した車両検知器速度に基づいて当該検知器が含まれる区間の所要時間を算出し、出発地点から目的地間の区間所要時間を単純に累積して使用している。これは、現在の各区間の交通状態が継続すると仮定しており、交通状態が急速に変化する

障害渋滞時には、誤差が極端に大きくなるという問題点が指摘されてきた。

このため、利用者からも、精度向上を求める強い声が多く寄せられるとともに、運用上も、極端な場合には、所要時間情報提供を中止する場合もあった。

このような背景に基づき、本研究では、急激に交通状態が変化する障害渋滞時において、より高精度な予測所要時間情報を提供することを目的とし、阪神高速交通流シミュレーション：HEROINE(Hanshin Expressway Real-time Observation-based & INtegrated Evaluator)での障害渋滞時所要時間予測方法を改良して、予測所要時間の精度検証を行い、今後の課題への対応と予測所要時間情報提供への見通しを提案する。

## 1-2 研究の構成

本稿では、はじめに HEROINE の概要と反映した障害渋滞時所要時間予測精度向上方策を示し、所要時間情報を提供する主要区間の所要時間予測値と実績値を抽出整備して、所要時間予測値の精度を検証する。また、今後の予測所要時間情報提供に向けた対応を検討して提案する(図-1)。

## 2. 交通流シミュレーションの概要

### 2-1 交通流シミュレーション：HEROINE の概要

HEROINE は、阪神高速道路網を対象としたネットワーク交通流シミュレータである<sup>2)</sup>。

対象道路網は、阪神高速道路網全線と競合・補完する一般道路を対象とし、高速道路上は「ブロック密度法」、一般道路上は「I/O 法」に基づいて車両を進行させる。フローでは車群で扱うが、1台1台の車両は独立して属性を持つメソスコピックな交通流シミュレータである。ここで、対象とする交通需要は阪神高速道路利用交通であるが、一般道路網は、迂回経路選択

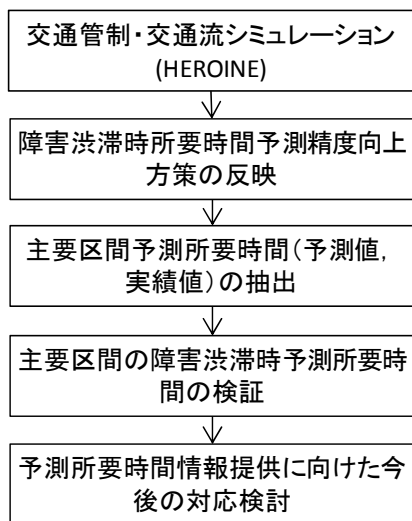


図-1 本研究の全体構成

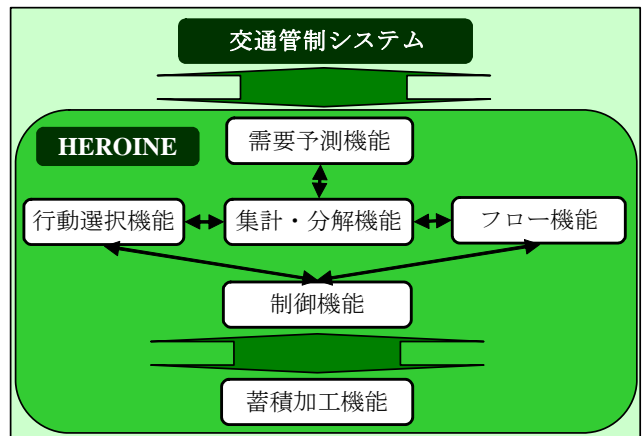


図-2 HEROINE の全体構成

などのために整備している。

また、経路選択は内包され、道路交通情報による経路選択、料金施策に伴う経路選択などのいくつかの経路選択モデル、入路制御や流出制御などの制御モデルを適用可能としている。

入力データは、時間帯別ランプ間 OD 交通量と 5 分間入口交通量、出力は区間交通量と速度、占有率および渋滞等の交通状態や所要時間などを用意している。

なお、HEROINE は、交通管制システムにも導入され、5分毎に計測されて更新される車両検知器データ及び都度入力される障害情報等に基づいて、オンライン・リアルタイムで稼働している(図-2)。本研究は、この交通管制システムに導入されてオンライン・リアルタイムで稼働する HEROINE による所要時間予測が対象である。

### 2-2 障害渋滞時所要時間予測方法

阪神高速道路では、HEROINE の構築以来、障害渋滞時所要時間精度の向上に向けた多くの努力を行ってきた。KV モデル式パラメータの調整、渋滞時合流比率の自動アップデート、時間帯別ランプ間遷移確率の改定<sup>3)</sup>、そして障害時処理能力及び障害継続時間設定方法改良等である。なかでも、全体的なフローの再現については ETC 統計データに基づく時間帯別ランプ間 OD 表推定方法の構築の効果が大きかったことが知られているが<sup>4)</sup>、ここでは、直接的に障害時の予測に影響する「障害時処理能力設定方法」と「障害継続時間設定方法」について述べる。

まず、「障害時処理能力設定方法」は、交通管制システムの「障害日報」データを分析した結果、次のように設定している(図-3)。

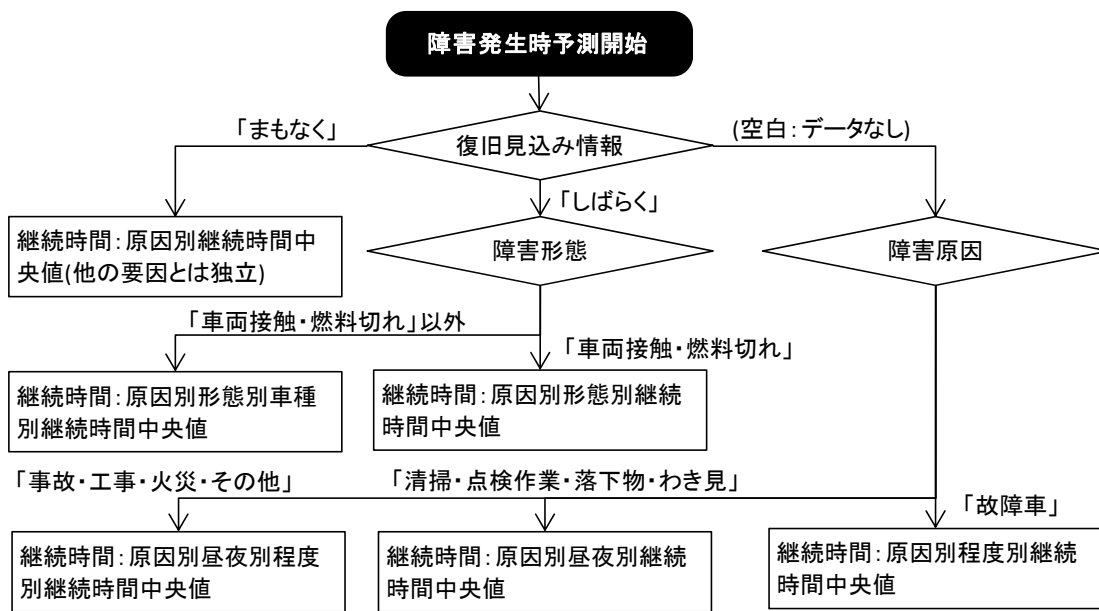


図-4 障害継続時間設定方法の概要

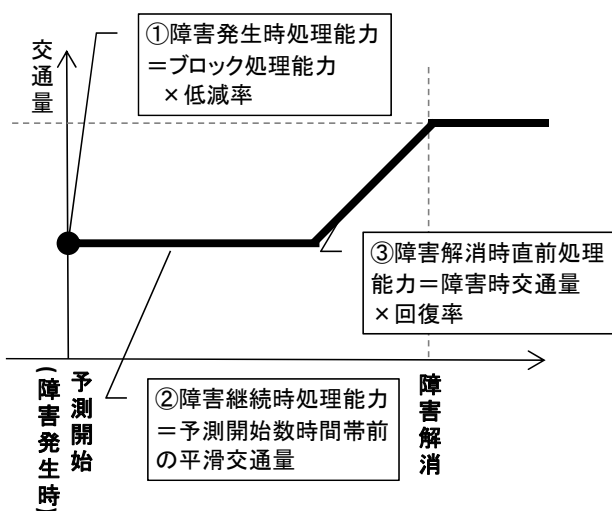


図-3 障害時処理能力設定方法の概要

①「障害発生時」は、まだリアルタイムでの検知器データが得られていないため、過去の実績値から、平常時処理能力に路線別原因別程度別低減率を乗じて設定する。②「障害渋滞継続時」は、直前に観測された通過交通量を使用し、2次平滑化した交通量を処理能力として設定する。③「障害渋滞解消直前」は、交通量の回復が明らかに認められたため、障害が解消する3時間帯前(15分前)からの交通量の回復率を線形式でモデル化して設定する。

次に、「障害継続時間設定方法」は、蓄積された障害日報における障害データを元に、以下のような特徴を反映して、図-4に示すような障害継続時間設定を行うこととしている。

- ・ 障害継続時間に影響を与える要因は、障害原因、程度、形態、復旧見込み情報、障害形態、昼/夜等であること。
- ・ 特に、障害原因が「事故・故障車」の場合は、詳細情報を考慮することでより正確に障害継続時間が説明できそうであること。
- ・ 復旧見込み情報が「間もなく」の場合は、他の要因に関係なく障害継続時間を設定できそうであること。
- ・ 障害継続時間データはばらつきが大きいことに留意する必要があること。

### 3. 交通流シミュレーションによる障害渋滞時予測所要時間の精度検証方法

#### 3-1 検証の枠組み

HEROINEの短期予測における障害時所要時間予測値の精度の検証を、次のような枠組みで実施した。

- 対象：事故渋滞
- 検証期間：平成23年4月26日(火)～5月9日(月)
- 検証対象区間：路線単位の所要時間(所要時間情報提供の主要区間)
- 検証データ：期間中の事故渋滞のうち、比較的影響の大きいものを対象(最大渋滞長2Km以上、渋滞継続時間30分以上)

#### 3-2 検証方法

検証対象とする所要時間は以下の通りとし、所要

時間実績値(真値)を車両検知器平均速度に基づく検知器対応区間所要時間の「追跡時刻和所要時間」として、現行の提供所要時間である「同時刻和所要時間」の精度と HEROINE による「シミュレーション予測所要時間」の精度を比較することとする。

- ・「同時刻和所要時間」：車両検知器平均速度に基づく検知器区間所要時間の同時刻累加所要時間（現行の所要時間情報提供に使用）
- ・「シミュレーション(Sim)予測所要時間」：HEROINE 短期予測に基づく現在時刻出発時の予測所要時間

ここで、検証方法として、次の2つの視点を設定することとする。

視点 1：誤差の目標値達成割合として、所要時間予測精度として確保したい水準を設定する。提供する主要区間は路線単位区間：約 10Km であること、利用者の許容誤差を考慮することを勘案し、確保したい誤差の目標水準として±5 分以内、これ以上大きい誤差で提供することは避けたい水準として±10 分という水準を設定して、この達成割合を評価することとした。

また、視点 2 として統計的誤差の大きさを評価することとし、「予測誤差の平均値」、「絶対誤差の平均値」、「絶対誤差率」といった統計的誤差の大きさと、実績値との関係性を評価する「相関係数」と「RMS 誤差」を評価することとする。

#### 4. 障害渋滞時予測所要時間精度の検証

##### 4-1 障害渋滞時予測所要時間の時系列比較

障害渋滞時の所要時間を、実績値(追跡時刻和)、

現行情報提供に使用 (同時刻和)、そして HEROINE による予測値を並べて比較する。

代表的な事故渋滞として平成 23 年 4 月 28 日(木)、9:50-10:47 に環状線 4.5Kp で発生し、守口線上りと池田線上に延伸した渋滞を対象として、守口線上りから環状線までの所要時間を比較して図-5 に示す。

事故発生時は、実績値の所要時間が急激に増加しているが、同時刻和とシミュレーション所要時間は遅れて増加するところとなっており、予測における遅れが指摘される。また、実際には、事故発生時刻として記録されている 9:50 よりも少し前に事故が発生したのかもしれない。

所要時間が急激に増加して最大の所要時間になった後の時間帯では、同時刻和所要時間があきらかに過大となっている。これは、同時刻和所要時間の大きな問題点として指摘される。

さらに、事故処理が終了して事故渋滞が減少している時間帯でも、同時刻和所要時間はいくぶん過大となっている。

このように、同時刻和所要時間は、図-5 の例をはじめとして、いずれの事故渋滞時においても、事故発生直後の急激な所要時間の増加に追従できず、所要時間がピークとなった後の時間帯でも極端に大きな所要時間となり、事故渋滞が減少する時間帯でもいくぶん課題になるという傾向がみられる。

これに対して、HEROINE による予測値は、渋滞発生時の遅れは見受けられるものの、その後の所要時間予測値は、追跡時刻和所要時間によく追従していると言ってよく、少なくとも同時刻和所要時間よりもずいぶん実績値に近いと言えそうである。

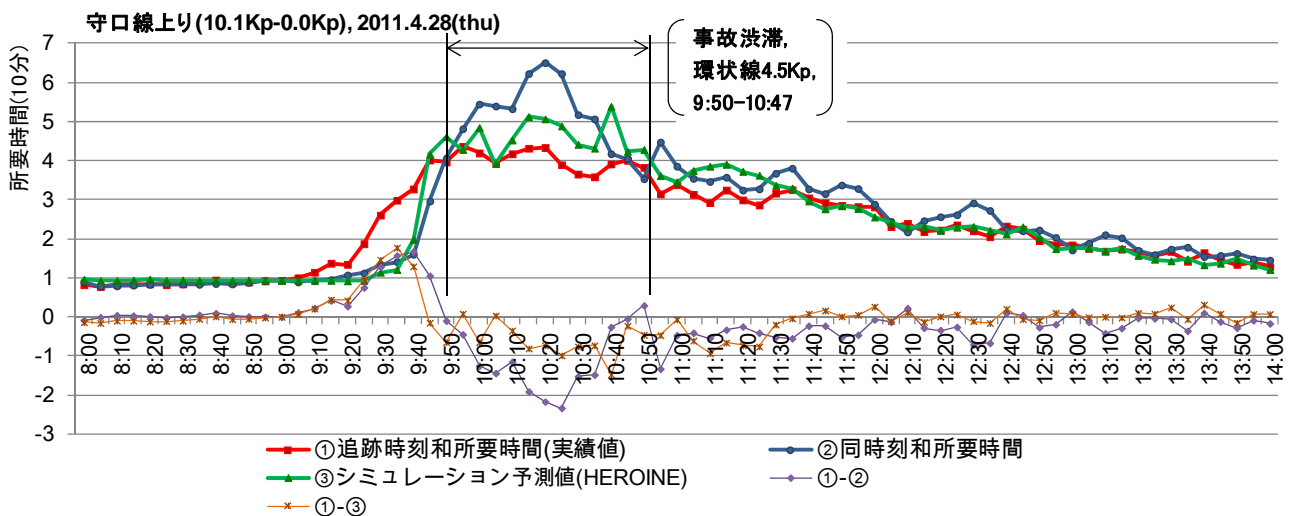


図-4 障害渋滞発生時の所要時間の時系列比較の例

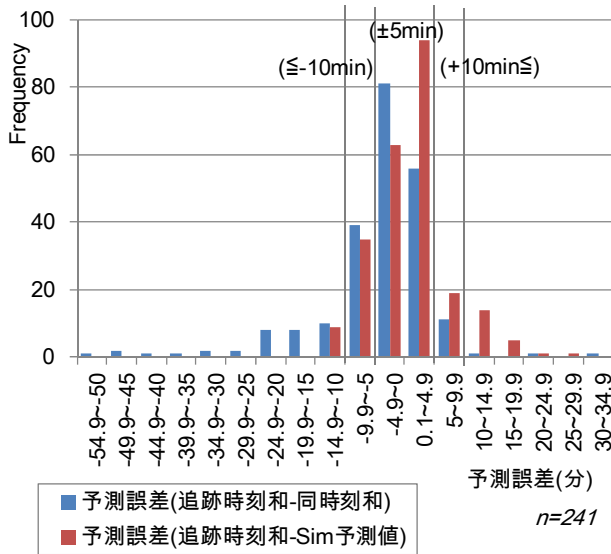


図-6 予測誤差の頻度分布

指標		同時刻和所要時間	Sim予測所要時間
誤差目標水準達成割合	水準1 (±5分)	58%	66%
	水準2 (±10分)	78%	88%
統計的誤差	予測誤差平均値(分)	-5.62	0.61
	絶対誤差平均値(分)	7.55	4.74
	(絶対)誤差率	34%	21%
	相関係数	0.832	0.855
	RMS	12.4	6.5

#### 4-2 障害渋滞時予測所要時間精度の検証結果

「追跡時刻和所要時間」に対する「同時刻和所要時間」と「シミュレーション予測所要時間」の誤差を、前記 3.2 に示す考え方によって検証する。

まず、誤差の目標水準に対して達成割合を検討する。このために、5分単位の誤差の頻度分布を図-6 に示す。

図-6からは、誤差が±5分以内で予測された割合、±10分以内で予測された割合ともに、シミュレーション予測値の方が明らかに高くなっており、同時刻和所要時間よりもシミュレーション予測値の方が精度が良いことがわかる。この結果、確保したい目標水準：±5分の達成割合は、シミュレーション予測値が66%、同時刻和所要時間が58%とシミュレーション予測値の方が8ポイント高く、これ以上大きい誤差で提供することは避けたい水準：±10分以内の達成割合は、シミュレーション予測値が88%、同時刻和所要時間が78%とシミュレーション予測値の方が10ポイント高くなった(表-1)。

また、実績値と同時刻和所要時間、及び実績値とシミュレーション予測値の関係を見ると、あきらか

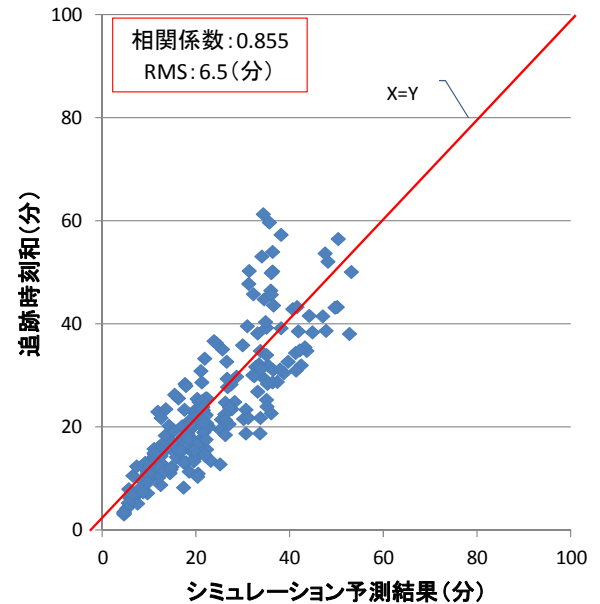
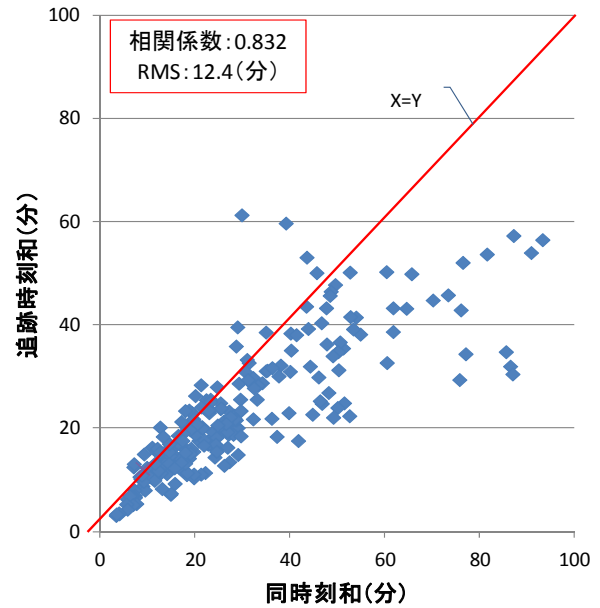


図-7 実績値(追跡時刻和所要時間)との相関関係の比較

にシミュレーション予測値の方が実績値との相関が良いと言える(図-7)。確かに、相関係数、RMS誤差ともにシミュレーション予測値の方が同時刻和所要時間よりも比較的高精度に予測されている。

なかでも、表-1に示すように、絶対誤差の平均値が同時刻和所要時間が7.6分であるのに対して、シミュレーション予測値が4.7分と目標として確保したい誤差水準である5分を下回っている。

以上のように、確保したい誤差水準：±5分以内で予測される割合が約7割、これ以上の誤差で提供したくない水準以内で予測される割合が約9割に達するなど、少なくともシミュレーション予測値の誤

差は、同時刻所要時間と比べると明らかに誤差が小さく望ましいと言ってよい。

## 5. まとめと今後の課題への対応

### 5-1 まとめ

所要時間予測値の精度を検証した結果、少なくとも障害渋滞時のシミュレーション予測値は同時刻和所要時間よりも誤差が小さく、比較的精度は良いと言ってよいと思われる。したがって、今回検証の対象とした障害渋滞時には、現在提供している同時刻和所要時間からシミュレーション予測値に切り替えて提供してよいと思われる。

しかしながら、目標とする誤差の範囲で予測された割合を勘案すると、さらにより精度を高める努力をしていくことが望ましいため、現在の所要時間予測値誤差の傾向から指摘できる次のような課題への対応を検討する必要がある。

- ① 事故渋滞時処理能力と継続時間の予測精度向上
  - ・ 事故渋滞時処理能力と継続時間の予測は、事故渋滞時の所要時間予測精度に大きく影響するため、次のような視点での事故渋滞時処理能力と継続時間予測精度を高めるためのさらなる検討が望まれる。
    1. 事故継続時に極端に通過交通量が低下した場合の処理能力設定方法(現在は、直前に通過した交通量の二次平滑によって設定)
    2. 障害経過時間や詳細情報の活用による障害継続時間予測方法
- ② 自然渋滞時の渋滞予測精度の向上
  - ・ 自然渋滞時において比較的誤差が大きい路線については、更に詳細なKV式パラメータ調整の努力をすることが望まれる。

### 5-2 今後の見通し

今回の改修に基づくシミュレーション予測精度の検証により、事故渋滞時におけるシミュレーション予測値は、課題はあるものの少なくとも検知器速度に基づく同時刻和所要時間よりも望ましいことがわかった。

今後は、今回の改修で確認した課題への対応を行ったうえで、試験的に予測所要時間の提供を開始して利用者の意見を収集し、将来の本格的な予測所要時間の提供を目指すことが望まれる。

実際的には、当面、阪神高速道路(株)内部への提供を開始して問い合わせ対応などの参考にして、利用者評価等の検証結果を蓄積し、関係機関協議を踏まえて、HEROINEによる事故渋滞時予測所要時間情報提供システムを構築し、提供を開始していきたい。

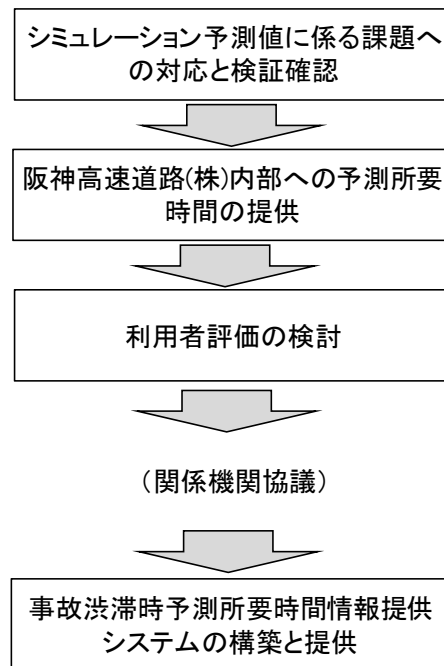


図-8 障害時予測所要時間提供の見通し

### 参考文献

- 1) 阪神高速道路ホームページ: 交通管制システム/情報提供, <http://www.hanshin-exp.co.jp/company/technology/>, 2011.6 現在
- 2) Y.ISHII Yasuhiro, T. DAITO et.all; Online Traffic Simulator (HEROINE) Introduced at the Hanshin Expressway Traffic Control Center, 11th ITS World Congress (Nagoya), 2004.
- 3) 金進英, 宇野伸宏 et.all; ETC 統計データによる時間帯別ランプ間 OD 交通量推定, 第 28 回交通工学研究発表会, 2008.10
- 4) 中山栄作, 宇野伸宏, 倉内文孝, 大藤武彦; 交通流シミュレーションにおける ETC データに基づく OD 交通量適用結果の評価, 土木計画学研究発表会, 2009.6