

リアルタイム予測交通流シミュレーションシステムの開発*

A Development of Traffic Prediction System Based on Real-time Simulation*

白石智良**・桑原雅夫***・堀口良太****

By Tomoyoshi SHIRAISHI**・Masao KUWAHARA***・Ryota HORIGUCHI****

1. 本研究の背景および目的

本研究は、時々刻々と変化する状況を常に監視し、適切な運用を行うために、車両感知器、VICS等のリアルタイムな交通情報と、既存の交通流シミュレーションを用いて短期的な将来予測を行うシステムを開発するものである。

近年、都市高速道路においては慢性的に渋滞が頻発し大きな社会問題となっている。都市高速道路を代表する首都高速においても一日の交通量は約百十万台となり、これらの交通を安全かつ円滑に制御するために、これまで以上に素早く適切な対応を行うことが重要と考えられる。

本研究で開発するシステムは、現在の交通状況から短期的な将来の交通状況を予測し、施策の検討・評価を即座に行うなどの場面で活用が期待できるものとする。

2. リアルタイム予測シミュレーション

本研究が目的としているリアルタイム予測シミュレーションとは、オンラインで接続された車両感知器等から逐次最新の情報を取得し、即座に道路ネットワーク上の状態を推定して、現在の交通状況を

*キーワード：交通管理、交通制御、交通情報

**正員、工修、東京大学国際・産学共同研究センター

(東京都目黒区駒場4-6-1、
TEL03-5452-6565、FAX03-5452-6800)

***正員、Ph.D、東京大学生産技術研究所

(東京都目黒区駒場4-6-1、
TEL03-5452-6418、FAX03-5452-6420)

****正員、工博、(株)アイ・トランスポート・ラボ

(東京都新宿区揚場町2-12セントラル・ホーランド404号室、
TEL03-5261-3077、FAX03-5261-3077)

シミュレーション上に再構築し、その時点からの短期的な将来予測を行うものを指す。

こうしたリアルタイムでの予測シミュレーションモデルは、国内においても阪神高速道路のHEROINE^{1),2),3)}等の先行事例が報告されている。

本研究で開発するリアルタイム予測交通流シミュレーションの特徴は、次の2点である。

予測開始時点にリンク上に存在する車両のOD構成比率をそのときまでの当日のリンク旅行時間変動に従って車両を移動させる「リアルタイムシミュレーション」を利用して推定し、予測開始時にあらかじめ交通量を「予測シミュレーション」にロードしておく「ホットスタート」機能を備える。

予測開始時点から予測したい将来時点までの、ネットワークに流入するOD交通量を当日の交通量変動を加味して時系列予測する「OD交通量予測」機能を備える。

システムの核となるシミュレーションモデルには、SOUND(Simulation On Urban road Network with Dynamic route guidance)^{4),5)}を用いることとする。SOUNDには、路側観測交通量と観測リンク旅行時間に基づいて時間帯別のOD交通量を推計する機能があるが、オフラインの利用が前提となっている。この方式は、シミュレーションを行う前の段階で、全時間帯の路側観測データ(路線観測交通量やリンク旅行速度)が取得されている必要があり、リアルタイム予測シミュレーションにそのまま適用することはできない。

そこで、リアルタイムで得られる路側観測データから、時間帯毎のOD交通量を逐次計算しシミュレーションに入力できるようにモデルの枠組みを変更

する必要がある。

3. リアルタイム予測シミュレーションのフレームワーク

リアルタイム予測シミュレーションのシステム構成は、ホットスタート時においてネットワーク上に交通状況の初期状態を与えるための「リアルタイムシミュレーション」と、その初期状態と、交通量予測モデルで得られる将来の発生交通量を入力とする「予測シミュレーション」の2つの機構を軸として構築する。これらには、同じSOUNDのシミュレーションエンジンを使用し、経路選択も同じモデルを使用することで、論理的に矛盾しない初期状態推定が可能となる。図1にリアルタイム予測シミュレーションのフレームワークを示す。

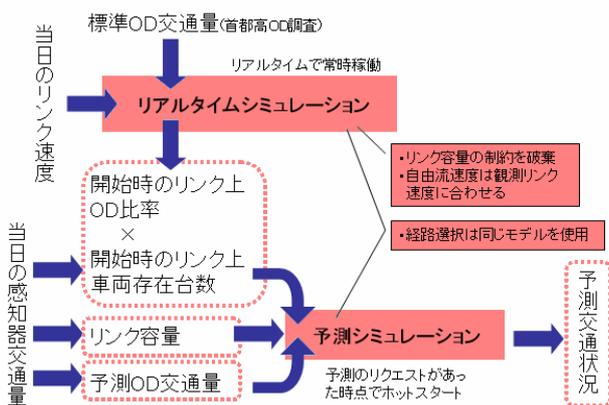


図1 フレームワーク

まず、一般的な過去のOD調査から作成した標準OD交通量のデータと当日の観測リンク速度をリアルタイムシミュレーションに読み込み、予測開始時点でのリンク上OD比率を推定する。推定されたリンク上のOD比率と当日の観測交通量から、予測開始時点の交通状況を推定し、予測シミュレーションにロードする（ホットスタート）。予測開始時点から予測したい将来時点までの間、予測シミュレーションを実行し、その結果として予測交通状況が出力される。

以下、リアルタイムシミュレーションと予測シミュレーションについての詳細を説明する。

(1) リアルタイムシミュレーション

OD交通量を入力とするシミュレーションでは、ホットスタートを行う場合、各リンク上の車両密度分布だけでなく、個別車両の目的地情報が必要となる。前者は、車両感知器などから得られる交通量からリンク上の存在台数を推定することができるが、後者は、現在利用できるセンサー情報では得ることができず、何らかの仮定をおいて推計する必要がある。リアルタイムシミュレーションでは、この個別車両の目的地情報を推定する。

リアルタイムシミュレーションの入力データとしては、過去のOD調査（交通センサスや首都高速道路起終点調査など）のデータを用い、時間帯別（15分単位）・車種別に集計したOD表を作成し、これを標準OD交通量として用意する。車両感知器等からは、観測リンク速度を取得する。

図2に、リアルタイムシミュレーションの処理の流れを示す。

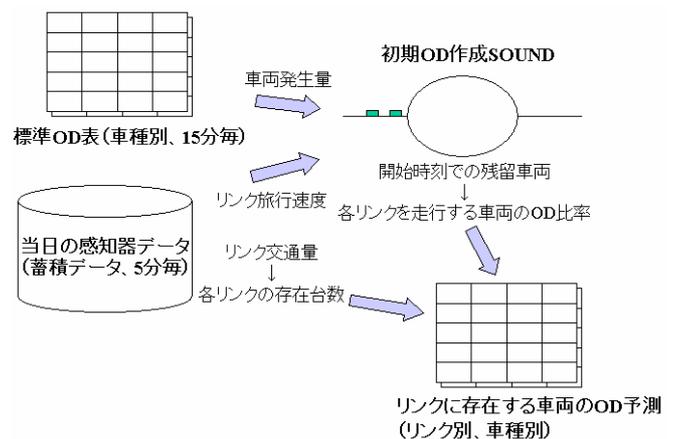


図2 リアルタイムシミュレーション

リアルタイムシミュレーションでは、標準OD交通量（車種別、時間帯別）に沿ってネットワークの発生点から車両を発生させて、蓄積した今日の感知器情報の観測リンク速度を用いて車両を移動させる。この時、車両は観測リンク速度で移動させる。

リアルタイムシミュレーションでは、予測開始時点での各リンクに存在する車両のOD比率が出力される。

(2) 予測シミュレーション

予測シミュレーションは、予測開始時点の交通状況から予測したい将来時点までの交通状況を予測す

る機構で、任意のタイミングで複数のシミュレーションを起動できる仕様とする。これは、同じ時点から違う将来時点の交通状況を予測したり、一定間隔で連続的に将来予測を行ったりする場合を考慮したものである。

予測シミュレーションは、「ホットスタート」、
「OD交通量予測」と平行して複数の予測シミュレーションを時間管理する「タイムライン管理機能」で構成される。

a) ホットスタート

ホットスタートは、予測開始時点の交通状況を予測シミュレーションにロードする機能である。

具体的には、リアルタイムシミュレーションから出力される各リンク上のOD構成比率を車両感知器等から得られる交通量に合うように拡張し、各リンクに存在する個々の車両に目的地情報を割り当てる。

このホットスタートを備えることによって、各リンクのOD構成比率をテンプレートなどの固定値で与えた場合と比べると、その時の交通状況によるOD構成比率の変化を考慮することができ、より現実に近い状況を再現できるものと考えられる。

b) OD交通量予測

OD交通量予測は、予測開始時点から予測したい将来時点までの、ネットワークに流入するOD交通量を時系列予測する機能である。これは、車両発生点からの発生量を現在と過去のデータから予測するもので、道路ネットワーク上の存在台数の変化を模擬する上で重要なモジュールである。

時系列解析における予測モデルは、色々なモデルが使われているが、ここでは、各発生点での過去の平均パターンを標準値として作成し、観測交通量と標準値との差分に対して自己回帰モデル（ARモデル）によって時系列予測する。平均パターンをどのように選択するかが重要な問題となるが、これまでの累積交通量の変動パターン分析から、当面は日曜祝日、土曜日、平日、特異日（年末年始、お盆、ゴールデンウィーク）に分類して処理を行う。

ARモデルは、時系列データの変動を直前の値から説明するモデルで、時点 t における確率過程の値 X_t が過去の値 $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-p}$ の1次関数とランダムな観測誤差 Z_t の和

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + Z_t$$

$$t = 0, \pm 1, \dots$$

で表される。(6),(7)

ただし $\phi_1 \sim \phi_p$ は、パラメータで、 Z_t はホワイト・ノイズである。また、 p はモデルの次数で、赤池の情報量基準(AIC)により最適な近似を与える次数が決定される。現在から n 時点将来の値を予測する場合は、この式の t をずらしながら、 n 回繰り返してやると良い。この平均パターンとARモデルを利用して交通量を予測した例を図3に示す。

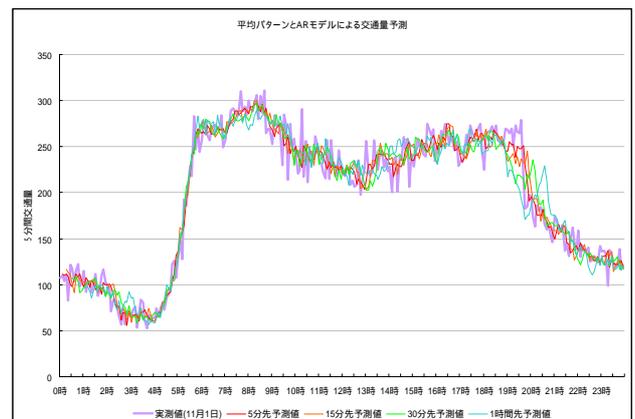


図 3 平均パターン+AR モデルでの交通量予測例

予測する将来は、5分先、15分先、30分先、1時間先の4時点で行っているが、全ての時点において良好な結果を得られることが確認されている。

c) タイムライン管理機能

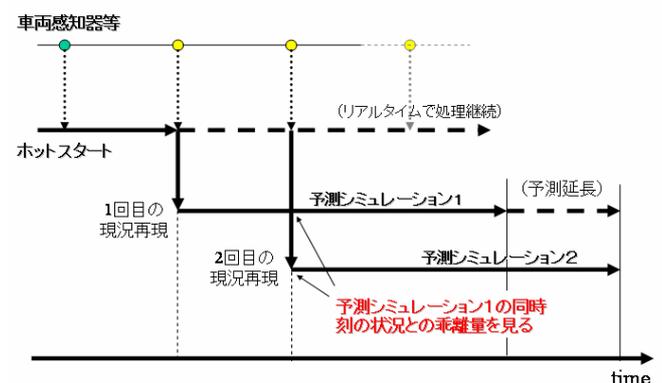


図 4 タイムライン管理

タイムライン管理機能は、複数の予測シミュレーションを同時に起動した場合には、図4のように、ある予測開始時点において、既に実行されている予測シミュレーションにより予測された交通状況と、

ホットスタートによって得られた交通状況との乖離量（比較は交通量，交通密度等で行うことを検討）を計算し，ある一定の閾値以内であれば，既に処理を行っている予測シミュレーション1の終了時刻を延長して予測を行う．

もし乖離量が閾値を越えたならば，新たに予測シミュレーション2を行う．

これにより予測精度が良い場合の処理を減らすことができ，突発事象などが起こり，交通状況が著しく変化した場合などにも柔軟に対応できる．

4．今後の課題

本稿のシステムにおいては，今後，システム検証を予定している．検証は首都高速道路3号線（図5，用賀 - 谷町Jct）を対象区間として行う．

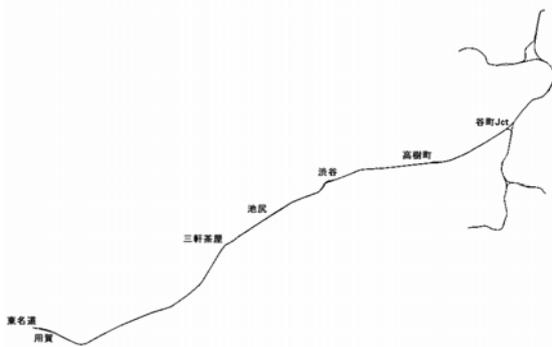


図5 検証区間

起終点の数は，用賀(on/off)，三軒茶屋 (on/off)，池尻 (on/off)，渋谷 (on/off)，高樹町(on/off)のランプと端部(東名道，谷町Jct)の本線断面の7点で行う．検証は，本稿のシステムで行ったシミュレーションと実際の車両感知器の断面交通量，リンク旅行速度，渋滞区間などを比較することにより行うものとする．

5．最後に

本稿のシステムにおいては，交通管制，運用以外にも，交通計画分野においても利用価値が期待できると考える．今後は，様々な利用法の開発も行っていきたい．

参考文献

- 1) Takehiro YUKIMOTO, Masashi OKUSHIMA, Nobuhiro UNO, Takehiro DAITO: Evaluation of On Ramp Metering On Hanshin Expressway Using Traffic Simulator(HEROINE), 9th ITS World Congress, 2002
- 2) SAITA Koichi, KURAUCHI Fumitaka, OKUSHIMA Masashi, DAITO Takahiro: ESTABLISHMENT OF HEROINE Hanshin Expressway Real-time Observation-based & Integrated Network Evaluation, 9th ITS World Congress, 2002
- 3) 大藤武彦, 西林素彦, 奥島正嗣, 井上矩之: 都市高速道路における渋滞水準を考慮したLP制御モデルの検討, 第23回交通工学研究発表会論文報告集, 2003
- 4) 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田綽之: 都市内高速道路における過飽和ネットワークシミュレーションモデルの開発, 交通工学, Vol.30, No.1,1995
- 5) SOUND製品情報: <http://www.i-transportlab.jp/products/sound>
- 6) P.J.ブロックウェル, R.A.デービス「時系列解析と予測」, シーエーピー出版, 2004
- 7) 尾崎統, 北川源四郎編「時系列解析の方法」, 朝倉書店, 1998