

交通流シミュレータ DEBNetS を利用した OD 推定アルゴリズムの開発と検証

Development and Verification of the Origin-Destination Estimation algorithm using Dynamic Traffic Flow Simulator “DEBNetS”^{*1}

加藤義昭^{*2}、小川祐亮^{*3}、藤井聡^{*4}、菊池輝^{*5}、北村隆一^{*6}

By Yoshiaki KATO, Yusuke OGAWA, Satoshi FUJII, Akira KIKUCHI and Ryuichi KITAMURA

1. はじめに

近年、シミュレーションによる交通需要分析も実用の範疇に入り、時間軸上における交通流の再現を図る研究が盛んに行われ¹⁾、またシミュレーション技術の発展に対し、交通制御や住民参加型都市計画の分野からも大きな期待が持たれている²⁾。交通需要解析におけるシミュレーションの利点は、時間軸を明示的に組み込むことが可能であるほか、施策の二次的影響の分析を可能とする等の点にあり、旧来の手法の限界・課題を克服するものと言える³⁾。

これまでに著者らは交通流シミュレータ DEBNetS¹⁾を用い、京都市、大阪市を対象として大規模ネットワークのシミュレーションを行い、その再現性の検証と適用可能性の分析を行ってきた。これまでのシミュレーションでは、OD データとしてパーソントリップデータ等の統計情報を利用してきたが、現実の交通流は、日種による変動（平日、休日、五十日など）や時間帯による変動が大きく、これらの変動分を既存の統計情報から読み取り、シミュレータの入力データとなる OD データを作成することは容易ではない。その一方で、交通感知器等のセンサーから得られる観測リンク交通量は、曜日や時間による交通量の変動を直接とらえているため、観測リンク交通量を利用して生成した OD データを用いれば、交通流をより正確に再現できるものと期待される。そのため、既往研究^{4)、5)}においても観測リンク交通量から OD 交通量を推計する手法が提案されているが、ネットワークが大規模な場合には、十分に対応できないという問題があった。

このような背景から、筆者らは観測リンク交通量を入力とし、さらに交通流シミュレータも併用する大規模ネットワーク対応の OD 推定方式を新たに開発した。本論文では、本 OD 推定方式のアルゴリズムを紹介し、次に、大規模交通規制実施を対象としたシミュレーション結果について報告する。

2. 交通流シミュレータ DEBNetS の概要

図 1 に本研究において改良を施した DEBNetS の全体処理概要を示す。改良 DEBNetS は、シミュレータエンジン部と OD 推定エンジン部から構成される。OD 推定の入力データには、初期 OD データと観測されたリンクの交通量を用いる。初期 OD には、過去の OD 推定の結果や、交通センサスやパーソントリップデータなどの統計データを用いる^[注1]。OD 推定は、OD 推定エンジン部とシミュレータエンジン部を連動させながら収束判定条件を満たすまで行う。さらに、収束の結果生じた OD データを基に、再度、シミュレーションを行い、リンク交通量を算出する。

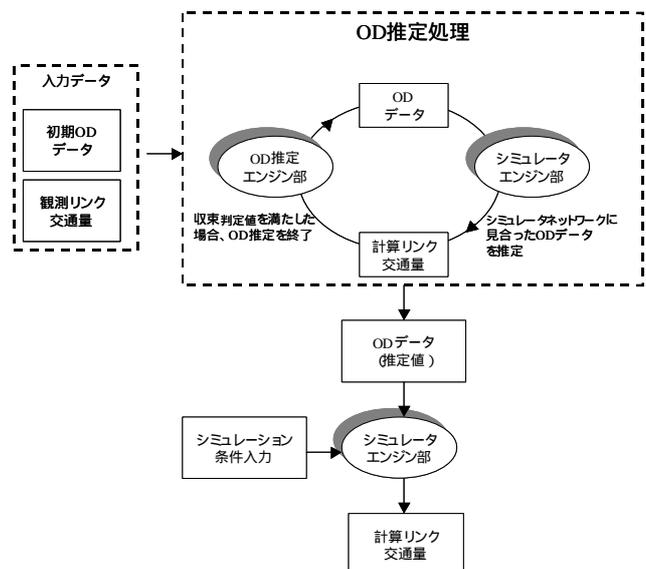


図 1 DEBNetS 全体処理概要図

*1 キーワーズ：ネットワーク交通流、配分交通、大規模交通規制、OD 推定

*2 非会員、オムロン株式会社

(〒525-0035 滋賀県草津市西草津2丁目2-1, TEL:077-565-5527)

*3 非会員、オムロンソフトウェア株式会社

*4 正員、工博、東京工業大学大学院理工学研究科

*5 正員、工博、京都大学工学研究科都市社会工学専攻

*6 正員、Ph.D、京都大学工学研究科都市社会工学専攻

3. OD 推定エンジン部の概要

提案する OD 推定方式の処理手順を図 2 に示す。OD 交通量と OD 交通量の補正值の差の自乗和が、収束判定条件を満たすまで計算を繰り返すことで、OD 交通量を推定する。具体的な処理は次のようになる。

<1>観測リンク交通量、および初期 OD 交通量の入力
入力データとしては以下の値が必要となる。

Obs(l,ts) : 時間帯 ts における、リンク l の交通量の観測値 (観測リンク交通量)

OD(i,j,ts) : 時間帯 ts における、OD ペア (i,j) の交通量 (初期 OD 交通量)

ここで、時間帯 ts は、シミュレーション実行時における最短経路探索の時間間隔よりも大きい値の方が望ましい。当然ながら、より多くのリンクでリンク交通量が観測されていることが再現性向上の点で望ましい。

<2>シミュレーション回数の初期化

シミュレーションの回数(N)を 1 にセットする。

<3>シミュレーションの実行

入力された OD(i,j,ts) により、交通流シミュレーションを実行する。

<4>シミュレーション結果による OD ペアごとの計算リンク交通量の算出

シミュレーション結果に基づき、時間帯 t において、リンク l に流入した、OD ペアが (i,j) で出発時間帯が ts である交通量, TSimQ(l,i,j,t,ts)を、すべての l,i,j,t,ts に関して算出する。

<5>各 OD が、各リンクを利用する確率の算出

以下の 2 つの変数を算出する。

$$\text{Prob0}(l,i,j,t,ts) = \frac{\text{TSimQ}(l,i,j,t,ts)}{\text{OD}(i,j,ts)} \quad (1)$$

$$\text{Prob}(l,i,j,t,ts) = \frac{\text{TSimQ}(l,i,j,t,ts) \times \frac{\text{Obs}(l,t)}{\sum_{ij} \text{TSimQ}(l,i,j,t,ts)}}{\text{OD}(i,j,ts)} \quad (2)$$

ここで、Prob0(l,i,j,t,ts)は、OD ペアが (i,j) で出発時刻が ts である車両が走行する経路 (リンクの集合) の中に、リンク l が時間帯 t において含まれている確率を表しており、Prob(l,i,j,t,ts)は Prob0(l,i,j,t,ts)に観測リンク交通量による補正を施したものである^[注 2]。

<6>シミュレーション結果による計算リンク交通量の算出

シミュレーション結果により、時間帯 t における、リンク l に流入した交通量を以下の式にて算出する。

$$\text{SimQ}(l,t) = \sum_{ts} \sum_i \sum_j \text{TSimQ}(l,i,j,t,ts) \quad (3)$$

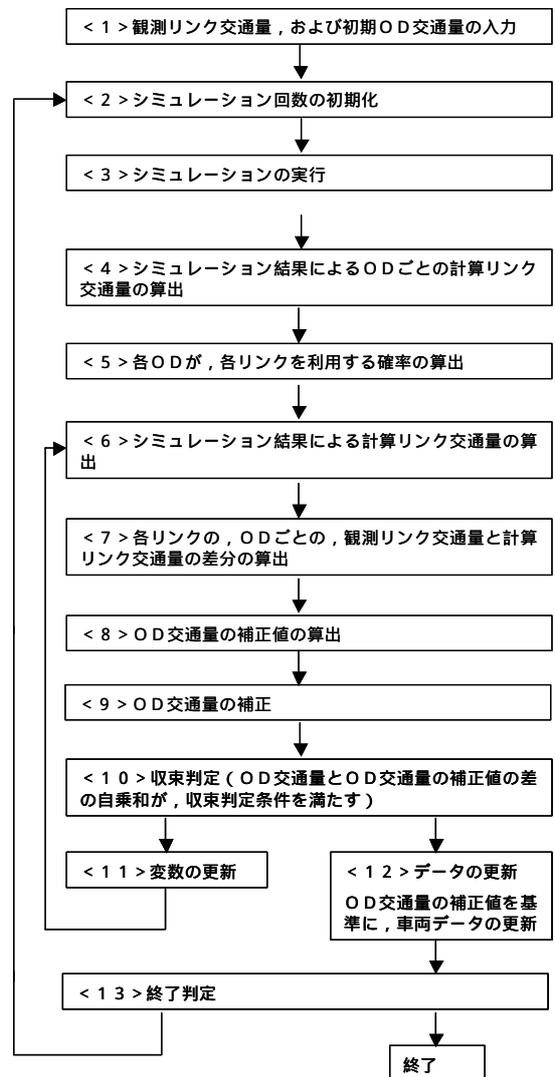


図 2 OD 推定の処理手順

<7>各リンクの、OD ごとの、観測リンク交通量と計算リンク交通量の差分の算出

観測リンク交通量と計算リンク交通量の差分 (ObsQ(l,t) - SimQ(l,t)) を、当該リンクを経路に含む

OD ペアと出発時間帯 t_s に、 $\text{Prob}(l,i,j,t,t_s)$ を基に比例配分し、 $\text{Err}(l,i,j,t,t_s)$ を算出する。

$$\text{Err}(l,i,j,t,t_s) = \{ \text{Obs}Q(l,t) - \text{Sim}Q(l,t) \} \times \frac{\text{Prob}(l,i,j,t,t_s)}{\sum_{t_s} \sum_i \sum_j \text{Prob}(l,i,j,t,t_s)} \quad (4)$$

<8>OD 交通量の補正値の算出

以下の式により、OD が (i,j) 、出発時間帯が t_s である OD 交通量の補正値 $\text{Adj}(i,j,t_s)$ を算出する。

$$\text{Adj}(i,j,t_s) = \sum_l \sum_{t'} \left\{ \text{Err}(l,i,j,t,t_s) \times \frac{\text{Prob}(l,i,j,t,t_s)}{\sum_l \sum_{t'} \text{Prob}(l,i,j,t,t_s)} \right\} \quad (5)$$

<9>OD 交通量の補正

以下の式により、OD 交通量を補正する。

$$\text{OD}'(i,j,t_s) = \text{OD}(i,j,t_s) + \text{Adj}(i,j,t_s)$$

(6)

<10>収束判定

収束判定「前回算出 OD と今回算出 OD の差の自乗和」が条件を満たさないときは、再度 OD 推定を行う。

<11>変数の更新

OD 推定実行回数、OD 値、リンク交通量を更新し、処理手順<6>へ戻る。

<12>データの更新

収束判定を満たしている場合、アルゴリズムで求めた OD を基に、シミュレーションが使用する車両データを更新する。

<13>終了判定

OD 推定に対するシミュレーションの影響が小さくなったとき、即ち、判定条件「シミュレーション回数 (N) が 1 である」が満たされれば、OD 推定を終了する。条件を満たさないときは、処理手順<2>に戻り、再度シミュレーション実行を行う。

4. 実ネットワークを用いた検証

交通流シミュレータの有効な応用例の一つとして

イベント開催に伴う大規模交通規制の事前評価がある。そこで本研究では、大阪御堂筋パレード開催時に実施された大規模交通規制を対象に DEBNetS の再現性を検証した。

大阪御堂筋パレードは、毎年秋に大阪市内で開催される大規模イベントであり、それに伴い、御堂筋とその周辺道路において大規模な交通規制が実施される。本研究では、昨年 2002 年 10 月 13 日(日)に開催されたパレードに伴う交通規制をシミュレーションの対象とした。図 3 にパレード時のシミュレーションの対象としたエリアと交通規制区域(図 3 の区域)の概略図を示す。御堂筋は、大阪市の中心部を貫く主要幹線道路で、さらに御堂筋を中心として、なにわ筋、堺筋、松屋町筋等が南北方向に、国道 1、2 号線が東西方向に伸びている。

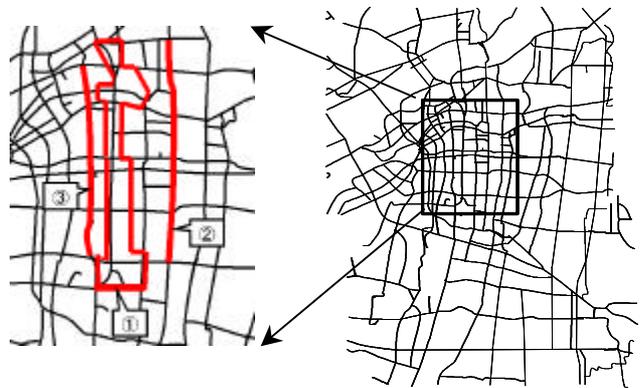


図 3 交通規制区域(左)とシミュレーション対象区域(右)

シミュレーションのネットワーク規模は、リンク数:1600、ノード数:600、セントロイド数:200、交通量観測リンク数:550で行った。OD データは、パレード日と同一の日種(休日)である翌日 10 月 14 日(体育の日)の観測交通量から推定した。

また、OD 推定の初期 OD データには、京阪神パーソントリップデータを用いた。パレード時の規制情報は事前に一般公開された規制区間を入力した。

OD 推定処理の収束に要した時間は PentiumIII 800MHz/2CPU のマシン、SunOS5.8 上で 26 時間、シミュレーション時間は 23 分であった。シミュレーション結果の評価は、パレード当日の(10 月 13 日)の観測交通量を用いた。

観測交通量があたえられている全リンクの 24 時間交通量について観測値とシミュレーション値の比較を図 4 に示した。相関係数は 0.61 であった。シミ

シミュレーションで発生した交通量が観測交通量を上回る傾向にある。

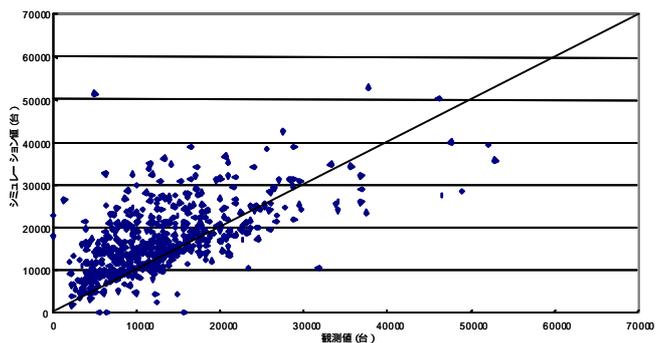


図4 観測値とシミュレーション値の相関関係

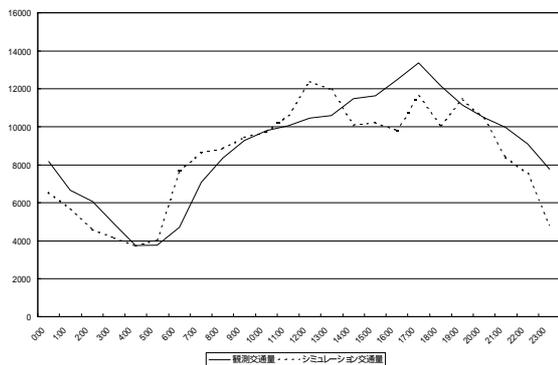


図5 観測値とシミュレーション値の時系列比較
- 四ツ橋筋 -

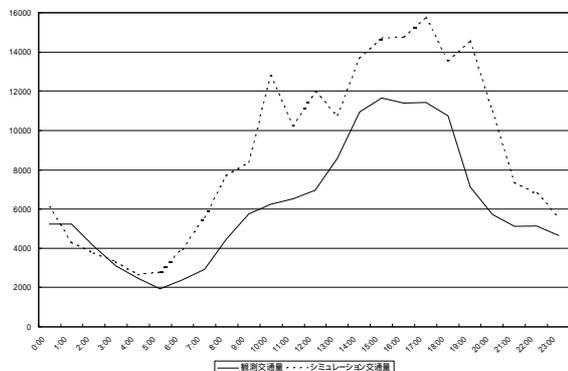


図6 観測値とシミュレーション値の時系列比較
- 松屋町筋 -

図5、6は、パレード時に迂回路の1つとなった四ツ橋筋(図3の)と松屋町筋(図3の)の観測値とシミュレーション値の時系列を示す。松屋町筋については交通規制が開始された12時頃から交通量が増加し、規制解除と伴に、減少する傾向が表れている。これにより、経路選択により迂回路方向に交通量が変移していることが分かる。

5. おわりに

本研究では、交通流シミュレータ DEBNetS の再現性向上を目的として、観測リンク交通量に基づく OD 推定アルゴリズムを考案した。本方式では、時間単位の観測交通量を基に OD を推定するため、より現実的な OD 推定が期待できる。また、同 OD 推定方式を用い、大規模交通規制を対象としたシミュレーションを行い、相関係数 0.61 を得たが、シミュレーションの結果発生した車両数が観測値を上回る傾向にあり、引き続き検討が必要であることが分かった。今後は、OD 推定のパラメータの調整方法の検討を進める。

注：

- [1]OD 推定処理においては、繰り返し計算がなされるので、基本的に初期 OD は現実の値からあまりかけ離れていない範囲での任意の値とする。
- [2]観測値として、TsimQ に相当するものが得られないため、TsimQ を用いている。車両情報の収集装置が高度化することにより、観測値として得ることができる。

参考文献：

- 1)例えば、菊池輝、加藤義昭、馬淵透、藤井聡、北村隆一：大規模道路ネットワークシミュレータ DEBNetS の改良と検証、土木計画学研究・論文集 19、No.1、pp.533-540、2002.
- 2)例えば、飯田祐三他：参加型交通計画へのシミュレーションモデルの適用、第 27 回土木計画学研究発表会
- 3)北村隆一：交通需要予測の課題 - 次世代手法の構築にむけて、土木学会論文集、No. 530/IV-30、pp.17-30、1996.
- 4)楊海・佐佐木綱：ネットワーク均衡に基づく観測リンクフローからのOD交通量推計法に関する検討、土木計画学研究・論文集、No.9、pp.29-36、1991
- 5)楊海、朝倉康夫、飯田恭敬、佐佐木綱：交通混雑を考慮した観測リンク交通量からのOD交通量推計モデル、土木学会論文集 IV、440/IV-16号、pp.117-124、1992