

車両感知器データを用いた時間帯OD交通量予測

—マイクロ交通シミュレーションによるアプローチ—

都市交通研究室 三瓶 真幸
指導教員 佐野 可寸志
松本 昌二
土屋 哲

1. 研究の背景と目的

近年、交通施策を評価するために、マイクロ交通シミュレーションを用いた研究が行われている。マイクロ交通シミュレーションを実行するには、短い集計幅・ゾーン毎のOD交通量が必要である。しかし、現在、公的機関で作成されているOD表は12時間・24時間など集計幅が広いデータであるため、これを直接マイクロ交通シミュレーションに適用することは困難である。一方、車両感知器は、約200m~1kmの間隔で設置されており、短い集計幅で交通量などのデータを取得していることから、このデータを用いれば、マイクロ交通シミュレーションに適用可能なOD交通量が作成できると考えた。そこで本研究では、車両感知器により観測された交通量のデータを用いて、マイクロ交通シミュレーションにより10分毎のOD交通量を推計し、その有効性を実際のネットワークに適用して確認することを目的とする。



図1 対象エリア（沖縄サミット）¹⁾

2. 既往研究と本研究の位置づけ

2-1. 既往研究

a) 車両感知器交通量から時間帯OD交通量を推計しているケース

岡村ら¹⁾は、沖縄サミット開催時（2000年）に交通規制を行った際の那覇市内交通影響評価をマイクロ交通シミュレータであるSOUNDを用いて行った。対象エリアは、図1に示す約7km×8kmであり、当時のベースとしては相当の大規模である。

ここでのOD表は、エントロピー最大化法を拡張し、リンク旅行時間の時間変化を考慮して、観測交通量と一致するように、OD交通量を修正する小根山・桑原モデル³⁾を用いて車両感知器データにより作成している。すなわち、現況再現の検証に用いる車両感知器データがある程度の間隔で得られれば、動的交通シミュレーション用のOD表は作成できることを示している。さらに、県庁所在地程度の都市であれば、ある程度の間隔で車両感知器が設置されていることから、動的交通シミュレーションは可能となる。また、現在ならVICSデータを利用して、渋滞状況を加味した形でより精度の高いOD表を得られる状況にある。

b) 複合パターン

白濱ら⁴⁾は、Paramicsを用いて①交通状況をマイクロレベルで表現し、②加速度を考慮した排出量の算定を行い、③統合型広域ネットワークを対象とし、④大気汚染物質の慰留拡散を考慮した面的な分析を行った。対象エリアは図2に示す京東南部・川崎・横浜地域である。

ここでのOD表は、平成11年度道路センサス

データと神奈川県警、警視庁からの常時観測交通量を組み合わせ、さらにはミクロシミュレータ内に Detector を設置しデータ更新を行いながら、現況 OD 交通量を作成している。さらに細街路も考慮しており細かい部分も再現している。すなわち、沖縄サミット手法と東京 23 区ロードプライシングを併せた手法に、さらにネットワークのデータ更新も一連の流れの中で行っており、現在のコンピュータならではの手法である。また、OD 修正をどのように行うべきかのロジックも明らかにしており、白濱らが示すデータを収集すれば、交通実態調査を行わずともシミュレーションが実行可能であることを示している。

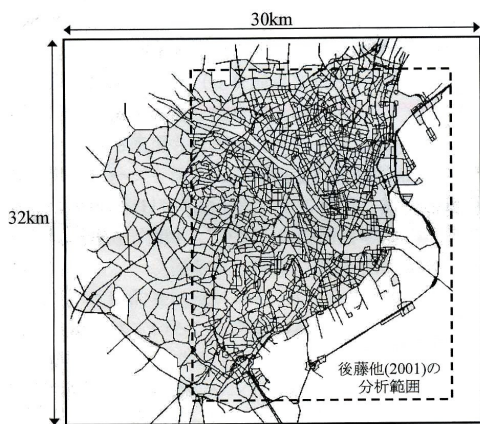


図 2 対象ネットワーク³⁾

2-2. 本研究の位置づけ

本研究では、白濱ら⁴⁾と同様に交通ミクロシミュレータ Paramics を用いてシミュレーションを行う。白濱ら⁴⁾はシミュレータ内に Detector を設置し、それらから得られたデータを使用して、現況 OD 交通量を作成しているが、本研究ではそれらを設置せず、小根山・桑原モデル³⁾や白濱モデル⁴⁾、村上モデル²⁾を参考にして、C 言語によりシミュレーションリンク交通量と観測リンク交通量を用いて誤差を修正し、時間帯 OD 交通量を推計するプログラムを作成する。また、白濱他のモデルでは内々交通量を再現していないので、本研究では内々交通量の再現も行う。

なお、時間帯 OD 交通量を求めるためには、OD 交通量の元の値となる初期 OD 交通量が必要であるが、既存の研究では、ナンバープレート調査や道路センサスの OD 交通量のデータを加工して設定している。しかしナンバープレート調査は細街路部分の OD 交通量は設定することができず、多大な費用・時間、調査員が必要なので不可能で

ある。一方、道路センサスは抽出率が少なく OD 交通量の時間の間隔も 12 時間以上、さらに国道や高速道路などの OD 交通量のみしか分からないので細街路部分の OD 交通量を設定することが不可能であり、内々交通量を再現することができない。よって本研究では、車両感知器データの 1 つである観測リンク交通量と、内々交通量を再現するためにパーソントリップ調査の発生・集中交通量予測モデル式や地区ごとの人口データを用いて、初期 OD 交通量を求める。これにより細街路の設定も可能となり、詳細なシミュレーションができると考えた。

3. 時間帯 OD 交通量の推計

3-1. 手順

時間帯 OD 交通量推計の手順は図 3 のとおりである。

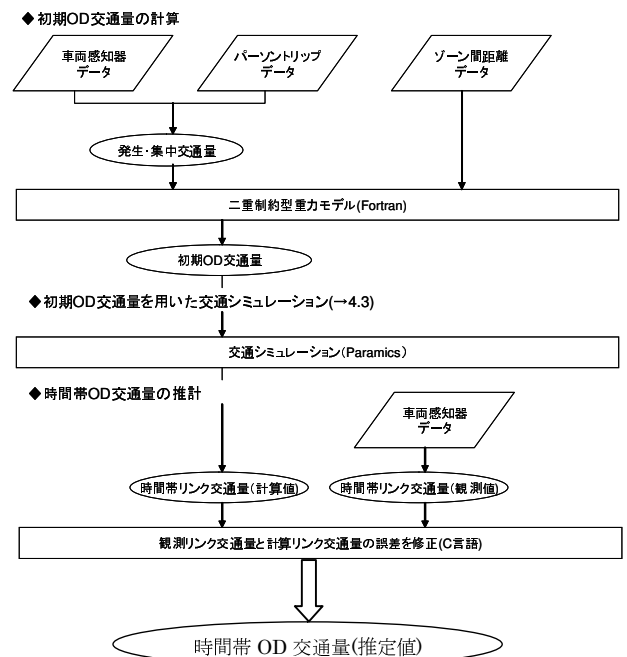


図 3 研究手順

3-2. 初期 OD 交通量の計算

3-2-1. 使用データ

初期 OD 交通量を求めるためには車両感知器データが必要である。車両感知器データは 2007 年 6 月 14 日のデータを新潟県警察本部により提供して頂いた。ここでは、対象地域の外側の地点 A M6:00~8:00 の 2 時間の感知器データ（交通量）を使用する。なお、その他の地点の感知器データは、時間帯 OD 交通量を求める際に観測リンク交通量として使用した。

3-2-2. 発生・集中交通量の設定

発生・集中交通量の設定方法は以下のパターンがある。

ゾーンがネットワークの外側にある場合は、ゾーンの周辺に車両感知器が存在するので、そのデータを利用する。

ゾーンがネットワークの内側にある場合は、平成 12 年新潟都市圏パーソントリップ調査の結果から算出された発生・集中交通量予測モデル式を用いる。

3-2-3. 初期OD交通量の計算

初期OD交通量は二重制約型重力モデルを用いて AM6:00~8:00 の初期OD交通量の設定を行う。以下に二重制約型重力モデルについて説明する。

○二重制約型重力モデル

二重制約型重力モデルは式(1)~(3)で与えられ、交通発生、集中両側のコントロール制約

($\sum_j q_{ij} = O_i$ かつ $\sum_i q_{ij} = D_j$) が保証されている。なお、交通抵抗は、ゾーン間の距離を用いた。

$$q_{ij} = \alpha_i O_i D_j t_{ij}^{-\gamma} \quad (1)$$

$$\alpha_i = 1 / \sum_j \beta_j D_j t_{ij}^{-\gamma} \quad (2)$$

$$\beta_j = 1 / \sum_i \alpha_i O_i t_{ij}^{-\gamma} \quad (3)$$

ここで、式(2)の α_i および式(3)の β_j はト

リップエンド条件を満たすためのそれぞれの発生側および集中側の調整係数 (balancing factor) である。

このモデルは次の手順で運用される。

(1) $m=0$ とおく。

(2) γ を与える。

(3) $\alpha_i^{(m)} = 1$ とし、式(3)より $\beta_j^{(m)}$ を求める。

なお、()内の m は反復計算の回数を表す。

(4) 式(2)より $\alpha_i^{(m+1)}$ を求め、さらに式(3)より

$\beta_j^{(m+1)}$ を求める。

(5) 収束判定。式(4)~(5)を満足すれば反復計算を終了するが、満足しなければ(3)に戻る。その際、 m の数値(反復回数)を1つ増加させる。

なお、式中の ε は微小数値を意味する。

$$1 - \varepsilon < \alpha_i^{(m+1)} / \alpha_i^{(m)} < 1 + \varepsilon \quad (4)$$

$$1 - \varepsilon < \beta_j^{(m+1)} / \beta_j^{(m)} < 1 + \varepsilon \quad (5)$$

なお、二重制約型重力モデルは Fortran を用いてプログラムを作成した。

3-3. 時間帯OD交通量の推計

3-3-1. 概要

二重制約型重力モデルを用いて初期OD交通量を求めると、セントロイド(ゾーン)間の距離が近いほど交通量が多くなってしまうため、実際の観測リンク交通量とはかなり誤差が出てしまう。よって、その誤差をなくすことと、さらに交通状況を正確に再現するために、シミュレーションリンク交通量と実際の観測リンク交通量を用いて2時間の交通量を10分毎の交通量に修正する。

3-3-2. 手順

変数は、リンク l 、出発地を i 、到着地を j 、時間帯 t 、車両の出発時間帯 ts とする。入力データとして、路側観測リンク交通量 $obsQ(l, t)$ と初期OD交通量 $d-ODQ(i, j, ts)$ の2つの値を用いる。

$obsQ(l, t)$: 時間帯における観測リンク交通量

$d-ODQ(i, j, ts)$: 初期値として与える出発時間帯におけるODペア(i, j)の交通量(初期OD交通量)

- ① 初期OD交通量 $d-ODQ(i, j, ts)$ を用いてシミュレーションを実行し、時間帯別シミュレーションリンク交通量 $TSimQ(l, i, j, ts, t)$ 、OD交通量 $ODQ(i, j, ts)$ を出力する。
- ② ODペア(i, j)が出発時間帯 ts である車両がリンク l で時間帯 t において含まれる確率をリンク利用率 $linkP(l, i, j, t, ts)$ とし、時間帯別シミュレーションリンク交通量 $TSimQ(l, i, j, t, ts)$ 、OD交通量 $ODQ(i, j, ts)$ を用いて算出する。

$$linkP(l, i, j, t, ts) = \frac{TSimQ(l, i, j, t, ts)}{ODQ(i, j, ts)} \quad (6)$$

- ③ (1) で求めたリンク利用率 $linkP(l, i, j, t, ts)$ を利用して観測リンク交通量 $obsQ(l, t)$ を補正するための修正リンク利用率 $AlinkP(l, i, j, t, ts)$ を算出する。

$$AlinkP(l, i, j, t, ts) = linkP(l, i, j, t, ts) \cdot \frac{obsQ(l, t)}{\sum_{i,j} TSimQ(l, i, j, t, ts)} \quad (7)$$

- ④ 時間帯別シミュレーションリンク交通量 $TSimQ(l, i, j, t, ts)$ から時間帯 t におけるリンク l のシミュレーションリンク交通量 $SimQ(l, t)$ を算出する。

$$SimQ(l, t) = \sum_{ts} \sum_i \sum_j TSimQ(l, i, j, t, ts) \quad (8)$$

- ⑤ 観測リンク交通量 $obsQ(l, t)$ とシミュレーションリンク交通量 $SimQ(l, t)$ の差から OD 交通量 $ODQ(i, j, ts)$ を修正する。その修正方法は、対象リンクを利用した割合を OD ペア (i, j) ごとに利用率の大きさに比例して、リンク交通量の差分を配分する。

$$Err(l, i, j, t, ts) = \{ObsQ(l, t) - SimQ(l, t)\} \times \frac{AlinkP(l, i, j, t, ts)}{\sum_{ts} \sum_i \sum_j AlinkP(l, i, j, t, ts)} \quad (9)$$

- ⑥ 配分された差分をすべてのリンクと時間帯ごとに足し合わせることによって、OD 交通量の補正值 $Adj(i, j, ts)$ を算出する。

$$Adj(i, j, ts) = \sum_l \sum_t \left\{ Err(l, i, j, t, ts) \times \frac{AlinkP(l, i, j, t, ts)}{\sum_l \sum_t AlinkP(l, i, j, t, ts)} \right\} \quad (10)$$

- ⑦ OD 交通量 $ODQ(i, j, ts)$ の補正を行う。

$$ODQ(i, j, ts) = ODQ(i, j, ts) + Adj(i, j, ts) \quad (11)$$

- ⑧ 収束判定を行い、全体の観測リンク交通量とシミュレーションリンク交通量を比較し、5%以上誤差が出た場合には⑤に戻る。

$$SimQ(l, t) = \sum_i \sum_j \sum_{ts} \{LinkP(l, i, j, t, ts) \times ODQ(i, j, ts)\} \quad (12)$$

- ⑨ 算出した時間帯 OD 交通量を用いてシミュレーションを行い、現況再現性を確認する。

4. 実際の道路ネットワークへの適用

4-1. 対象地域

対象地域は、図4のように新潟駅を中心として太線で囲まれた道路とする。

この地域は車両感知器が多数設置されており、極めて詳細な交通量データを得られることから、動的交通シミュレーション用の OD 表の推計に適している。



図4 シミュレーションの対象地域

4-2. 道路ネットワークの作成手順

Paramics 内におけるネットワークの作成手順を簡単にまとめると、以下のとおりである。

- ① Paramics 内に対象地域の地図を挿入する。
- ② 地図の縮尺と Paramics の縮尺を合わせる。
- ③ 地図の交差点部分、車線数変更部分、道路の円曲部分にノードを設置する。
- ④ ノードとノードを繋ぎ、リンクを作成する。
- ⑤ リンクの幅員、車線数、車両の設計速度、バス優先レーンの有無などを設定する。
- ⑥ 対象地域の詳細を航空写真や地図を用いて確認し、内々交通ゾーンを設定する。
ただし、抜け道に利用される可能性がある箇所や住宅地が密集している箇所のみ、内々交通量用のゾーンを作成した。
- ⑦ ネットワーク全体を確認し、道路の端となっている部分にゾーンを設定する。
- ⑧ 信号を設定する。

なお、リンク属性や信号の設定において詳細なデータが整備されていない場合には、現地調査を行って必要なデータを取得し、補完する。本研究で行った現地調査は以下のとおりである。

○信号現示

新潟県警察本部より入手した信号データにおいてデータが存在しない箇所についてはストップウォッチを使用し、信号現示パターン、青時間、黄色時間、全赤時間、サイクル長を測定した。感応式信号の場合は、最大渋滞長が生じる時間付近の平均的な信号現示を測定した。

○道路形状（車線数など）

道路ネットワークを作成する際、道路形状は Google Earth により確認した。確認ができない箇所に関しては実際に現地にて調査を行った。

○渋滞長

渋滞長は主要交差点でのみ、交通需要を設定する際や、現況再現性の確認において比較的使用されていることから調査を行った。

方法としては、流入部ごと、1 サイクルごとに観測した車列長を、10mの倍数（切り上げ）で記入した。なお、複数の車線が存在する場合は、最も渋滞長が長い車線のみ観測を行った。

○所要時間

所要時間は現況再現性確認の一指標として用いるために調査を行った。方法としては、実際に車両で対象地域を走行し、Paramics で設定されているゾーン間の所要時間を測定した。

5. 再現性の評価

評価指標にはリンク交通量(交通量の大小)、渋滞長、ゾーン間の所要時間が考えられる。ここでは、これらの指標について、観測値とシミュレーション計算値を比較した結果を述べる。

5-1. リンク交通量について

本節では観測リンク交通量と修正 OD 交通量でシミュレーションを実行した際のリンク交通量を比較する。以下に結果の一部を示す。

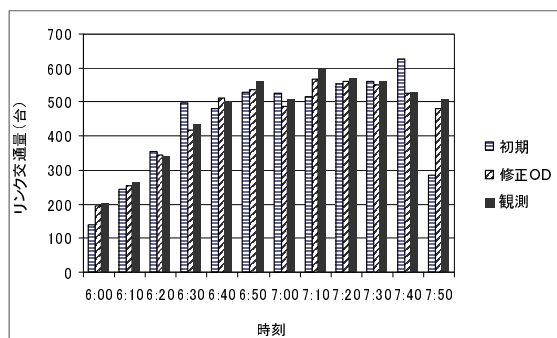


図5 桜木IC～弁天IC間のリンク交通量の比較

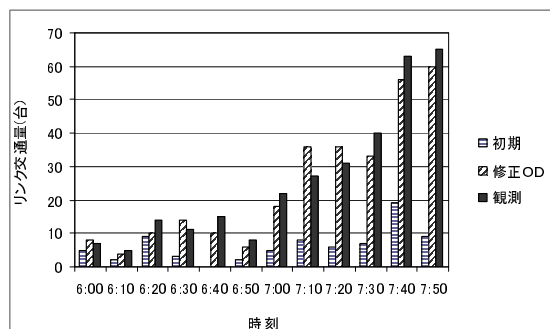


図6 春日町付近のリンク交通量の比較

ここで、初期 OD 交通量を用いてシミュレーションを実行した場合と時間帯 OD 交通量を用いてシミュレーションを実行した場合の平均誤差率と RMS を比較したものを表 1 に、観測リンク交通量と誤差率の関係を図 7 に示す。

表 1 平均誤差率と RMS の比較(144 サンプル)

	平均誤差率(%)	RMS(台)
初期OD	60.6	99.5
修正OD	11.4	10.1

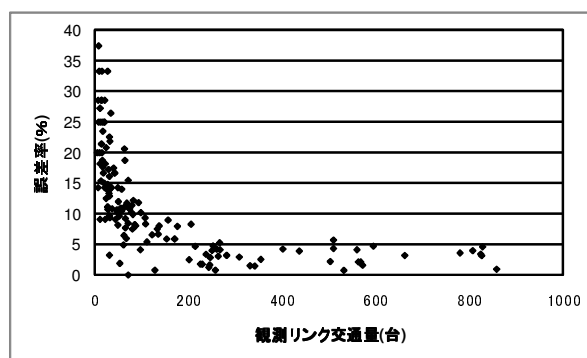


図7 観測リンク交通量と誤差率の関係

図7より誤差率は観測リンク交通量が200台以上の場合、誤差率が概ね5%以下になっていることが分かる。また、観測リンク交通量が50台～100台で誤差率が大幅に変化していることが分かる。

5-2. 渋滞長について

ここでは、現地調査により取得した渋滞長とシミュレーション上の渋滞長を比較する。時間はAM7:00から10サイクル分とした。なお、評価は交通量が多い交差点である栗ノ木橋交差点の4方向の渋滞長で行った。なお、渋滞長の実測値もシミュレーション値も共に最も渋滞長が長い車線を結果として出力した。以下に結果の一部を示す。

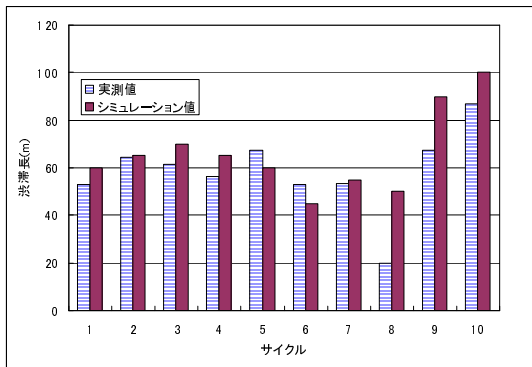


図8 渋滞長の比較(栗ノ木橋交差点)

渋滞長は図8より概ね誤差が少ないことが分かる。生じている誤差の原因はシミュレーション中で大型車と普通車の発生が初期設定の状態になっているので、信号待ちしている台数はほぼ等しくても、車種が異なるために発生したものと考えられる。

5-3. 所要時間について

ここでは、所要時間の評価を行う。現地調査によりゾーン間を実際に車両で走行し、取得した所要時間とシミュレーション上の所要時間を比較する。ただし、現地調査の時刻とシミュレーション上の時刻が合うように比較する。所要時間が10分以上の場合はシミュレーションの結果が10分毎に算出されているため、10分毎のデータを2つ使用し、平均することで対応させた。比較結果を表2に示す。

表2より所要時間に関しては、誤差が概ね1分以内になっていることが分かる。

表2 所要時間の比較

経路	車両台数(台/10分)	シミュレーション値(秒)	実測値(秒)
①	3	185	173
②	2	355	390
③	1	347	290
④	3	324	325
⑤	3	276	336
⑥	1	338	336
⑦	6	593	560
⑧	14	554	548
⑨	6	660	585
⑩	10	803	861
⑪	591	540	570

6. まとめと今後の課題

5より、リンク交通量、渋滞長、所要時間共に、平均誤差率が10%程度であったので、このモデルの有効性が確認できたといえる。また細街路や内々交通量用のゾーンも考慮してシミュレーションを行ったことから、仮にネットワーク上に渋滞が生じて、抜け道を選択するという地元ドライバーの特性を再現できた。しかし、実際1日分の時間帯OD交通量を推計することが望ましいが、2時間の時間帯(10分毎)OD交通量を推計するために4時間もかかるため不可能である。よって、モデルの改良が必要であると考えられる。また、研究をより発展させるために、本研究で作成した時間帯OD交通量推計モデルを用いて将来(数十分後)のOD交通量を予測するモデルの作成が必要であると考えられる。

参考文献

- 岡村寛明, 永田尚人, 福田博司: 沖縄サミット開催時における交通規制の影響評価について, 第55回土木学会年次学術講演会第IV部門論文集, 2000
- 村上康則, 小根山裕之, 桑原雅夫: 東京23区ロードプライシング導入に伴う交通運用政策に関する研究, 第26回土木計画学研究・講演集, 2002.11
- 小根山裕之, 桑原雅夫: 路側観測交通量から時間変化するOD交通量の推定, 交通工学, Vol32, No2, pp5-15, 1997
- 白濱好文, 屋井鉄雄, 神田学, 福田大輔: マイクロシミュレーションを活用した交通と大気環境の広域評価システム, 土木学会論文集 No772/IV-65, pp115-130, 2004.10
- 佐藤光, 堀口良太, 桑原雅夫: 大規模ネットワークにおける動的シミュレーションの適用の現在とこれから, 第29回土木計画学研究・講演集, 2004.6