

# マルチモード交通シミュレータを用いた フィードバック計算による交通需要予測の 精度向上の検討

廣瀬 健<sup>1</sup>・田中 伸治<sup>2</sup>・中村 文彦<sup>3</sup>・有吉 亮<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府  
(〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)  
E-mail:hirose-takeshi-xk@ynu.jp

<sup>2</sup>正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 准教授  
E-mail:stanaka@ynu.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 横浜国立大学 理事・副学長 (〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-1)  
E-mail:f-naka@ynu.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 産学連携研究員  
E-mail: ariyoshi-ryo-np@ynu.jp

現在普及している四段階推定法において、現状では三段階目の手段分担率を計算する際に用いる旅行時間の推定値と四段階目の経路配分後に得られる旅行時間は必ずしも一致しない。そこで、本研究では手段分担計算と経路配分計算を繰り返すことによってこの乖離を埋めることによる一貫性の向上を試みるが、その計算に動的な配分計算を可能とするマルチモード交通シミュレータを用いることの妥当性を検証する。

シミュレータを用いることにより、利用者均衡配分に代表される静的な配分における空間的・時間的な再現性における欠点を克服し、より実現象の再現性の高い手法を提案することが可能だと考えた。数的モデルよりも視覚的な情報を備えたシミュレータは、より理解が容易なものと考え実用性の面でも本手法を提案する。

**Key Words :** traffic-demand analysis, multi-mode, simulator, trip assignment, modal share

## 1. はじめに

### (1) 研究背景

都市計画を実施する際、交通需要予測を実施するようになって数十年が経過している。そのプロセスで、まだ計算機が未発達だったころに開発された手法が四段階推定法だ。本手法は開発された当初は非常に画期的とされ、その使用性・理解の容易さから現代においても多くの都市計画の場で実用されている。一方、本手法は現代の都市計画には適さないことも数十年前から指摘され続けている。これは北村<sup>1)</sup>の指摘に代表されるが、本研究で扱うのは、段階推定における推定値と最終値の乖離である。

これまで、先人の計画者らにより四段階推定法の問題点を克服するべく、非集計アプローチを導入した手法が数多く提案されてきた。しかし、現状として実務にお

いては未だ四段階推定法の利用が主流である。その理由としては非集計による統合的な推定法は一般には難解であり、その構造が正しいか理解されづらいことが考えられ、その結果、現況再現を経た将来の需要推計に対する受け取り手の信頼感が弱いことが考えられる。

### (2) 研究目的

本研究では四段階推定法の中の三段階目にあたる手段分担率の計算と四段階目の経路配分計算の算出結果を相互にフィードバックさせ、繰り返し計算を実行し、四段階推定法の構造的な問題点を克服することを目標とするが、その際、経路配分計算にシミュレータを適用する。これにより、時々刻々と変化する交通状況を自動車だけでなく公共交通利用者に関しても動的に再現し、その結果を用いる妥当性を検証することを目的とする。

**(3) 四段階推定法の問題点**

手法の提案をする前に、四段階推定法の問題点について述べる。四段階推定法の構造的な問題として、北村は次のように記述している。

「交通分布と機関分担を段階推定するに当たって、トリップ・エンド・モデルでは目的ゾーンが未定のまま機関分担が決定され、トリップ・インターチェンジ・モデルでは交通機関が未定のまま、従って旅行時間が未定のまま、目的ゾーンが決定される、という問題；交通分布と機関分担に用いられたゾーン間自動車旅行時間が配分後の旅行時間と合致せず、厳密な解を求めるためには、収束に至るまで繰り返し実行しなければならない」

このように、従来の四段階推定法の中では段階間で一貫性が担保されていないことを問題視している。

**(4) 非集計による統合的手法**

2節で述べたように、現行の四段階推定法では信頼性の高い厳密な解を得られない。そこで提案されてきたのが、ロジットモデルに代表される非集計選択モデルである。非集計の計算手法はモデルにパラメータを加えることによって、容易に新たな要因を説明変数として考慮できるとされており汎用性が高い。それにより、従来の四段階推定法では困難であった複数の説明変数の同時考慮を可能とした。

また、ロジットモデルなどでは、個人の趣向や個人差を誤差という形で考慮することを可能としたことも革新的な点であり、恣意的な要素が入る余地が少ないのも大きな利点である。

これを利用した既存研究として、長尾ら<sup>2)</sup>は道路交通と軌道系公共交通との分担及び配分を同時に行うネットワーク均衡モデルを提案し、実際に金沢都市圏への適用を行い軌道系公共交通の導入効果を予測した。

しかし、1節で述べたように信頼感が弱い理由としては、非集計の推定法は計算の簡略や選択原理の観測の困難さから多くの項目を仮定して予測を行っているということ、時間を考慮した動的な配分が難解で静的な配分結果となってしまう、現状を過大あるいは過小評価してしまうことに起因すると考えられる。本研究では後者の改善を試みる。なお、前者は本研究の範疇の外である。

**(5) シミュレータを用いる理由**

シミュレータを用いる理由は数的なモデルの弱点に起因する。先述したが、数的なモデルでは、道路の空間的限界を考慮せず、一度に全ての需要を配分してしまう。また、実際の選択行動では移動者は出発時に混雑状況を勘案し、様々な判断を行うため、需要が一日の間に変動するにも関わらず、この状況を十分に考慮できない。一方でシミュレータは刻々と変化する状況を受け、経路の

選択を実行でき、より状況に応じた選択行動を反映できると考えられる。以上のように空間的・時間的な観点からシミュレータを用いて、経路配分計算を実行する。

既存研究で藤井ら<sup>3)</sup>が、シミュレータを組み合わせた動的な需要予測手法を利用して、その有用性を示しているが、施策の評価に利用できるかに着目しており、手法間の整合性は課題としている。交通流について動的な配分を実施しているのは自動車に関してのみであった。

本研究では公共交通利用についても動的な配分を実施し、その経過を見る。

**2. 研究方法**

ここでは、本研究で用いるシミュレータの紹介と計算の進め方について述べる。

**(1) シミュレータ (SOUND) の仕様**

本研究では東京大学生産技術研究所で開発された、SOUND (Simulation on Urban road Network with Dynamic route choice) というシミュレータを用いる。表-1にシミュレーションに必要な入力情報を示す。

SOUNDの特徴としては、以下の点が挙げられる。

- ・渋滞現象を考慮しており、過飽和の交通状況を再現可能。
- ・動的な経路選択モデルを内包しており、ITS (高度道路交通システム) における情報提供や動的経路誘導などの運用策の評価が可能。
- ・車種などの各種の属性を付与した個別の車両を扱うので、対象車両を限定した交通運用施策の評価が可能。

表-1 シミュレータ入力情報

シミュレーション設定	シミュレーション対象時間
	単位スキャン時間, 車両発生間隔
	経路選択行動のための情報更新間隔
ネットワーク情報	ノード位置
	リンク形状・区間長
	ノード・リンク接続情報
	車線構成
	通行規制
リンク交通特性パラメータ	本線容量
	自由流走行速度
セントロイド情報	
OD交通量	
経路選択層	一般化コスト式
	ロジットパラメータ
信号制御パラメータ	
交通規制パラメータ	

表-2 シミュレータ出力情報

車種別・進行方向別リンク通過交通量
進行方向別リンク平均旅行時間
リンク上の滞留台数
セントロイド上の滞留台数
OD間トリップ情報
個人の移動履歴

- ・リンク毎に与えた交通量—密度特性を用いて車両移動の計算をするマクロなモデルであり、計算負荷が小さいため、大規模なネットワークに適用可能。  
また、本研究にて利用するにあたり、以下の点にも着目した。
- ・自動車の他、鉄道、バスの経路選択行動のシミュレーションが可能で、公共交通機関を利用する個人に関しては、アクセス - イグレス時間の考慮が可能。
- ・公共交通機関には乗客数に定員を設けることが可能であり、定員を超過する場合には駅で次発の電車の待ち時間を考慮可能。
- ・出力結果として、個人の移動時間を取得可能。  
なお、出力情報については、表-2を参照。

SOUNDでは、経路選択アルゴリズムとして、最短経路探索と確率的利用者均衡のどちらかを選択可能であるが、本研究では、より再現性が高いとされる確率的利用者均衡を用いる。

(2) 計算方法

本研究の計算の進め方を図-1に示す。図に示されるように手順はごく単純なものである。

手段分担の計算ではシミュレータで出力される各経路における個人の移動時間を変数として手段選択率の計算を行う。経路配分計算にはシミュレータを適用し、手段分担率を入力し、個人の移動時間を取得する。このようにして、手段分担と経路配分による出力結果を互いの計算にフィードバックし交互に実行する。そして、それぞれの出力結果が変化しなくなるまで計算を繰り返すという手順で計算を進める。

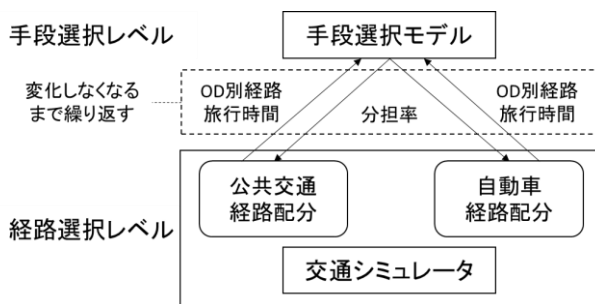


図-1 計算方法の概要図

手段選択計算にはロジットモデルを適用し、変数としては、各経路ごとの手段別一般化コストを用いる。一般化コストの算出は式(1)、手段分担率の算出は式(2)により行われる。

$$C_{ijm} = \sum \theta_{\text{データ種類}} \times c_{ijmk} \quad (1)$$

$$P_{ijm} = \exp(C_{ijm}) / \sum \exp(C_{ijm}) \quad (2)$$

ここに、

$\theta_{\text{データ種類}}$  : データ種類ごとのロジットパラメータ

$c_{ijmk}$  : ゾーン*i* → *j*に交通機関*m*で移動するときの経路*k*のコスト

$C_{ijm}$  : ゾーン*i* → *j*に交通機関*m*で移動するときの一般化コスト

$P_{ijm}$  : ゾーン*i* → *j*に交通機関*m*で移動する確率

3. 計算例

ここでは、シミュレータを利用した計算結果の例を示し、通常の均衡配分とシミュレータの配分結果の特徴を示す。

(1) 仮想ネットワークの概要

今回は簡単のため、OD1つ、信号なし、交差点なしで経路2本のごく単純なネットワークを用いて、それぞれの手法で配分計算を実施した。OD交通量は1000である。ネットワークの概要は表-3に示す。

(2) 出力結果

各計算の出力結果を表-4、表-5に示す。

表-3 仮想ネットワーク概要

	リンク長 (km)	自由流速 度(km/h)	自由旅行 時間(min)	リンク容量 (pcu/h/レーン)
経路1	5	30	10	300
経路2	5	30	10	300

表-4 各経路の通過車両数

	経路1(台)	経路2(台)	未終了(台)
均衡配分	500	500	
シミュレータ	128	136	736

表-5 各経路平均旅行時間

	経路1(分)	経路2(分)
均衡配分	30.3	30.3
シミュレータ	10.0	10.0

シミュレータの特徴として、トリップ未終了の車両が存在する。これは、リンク容量の関係上目的地に到達できず渋滞している車両を表している。

実際の道路で、このような状態に陥った場合には、新たな交通の流入は物理的に考えられず、トリップ主は他の交通手段を利用すると考えられる。つまり、未終了のトリップの一部は次の手段分担の計算で移動手段として公共交通を選択すると考えられ、手段分担率が変化することが推測される。

リンクに配分された車両に関しては、交差点や信号がないため、自由旅行時間が平均旅行時間となっているのも数的な配分との違いである。

#### 4. 終わりに

現段階では、まだ公共交通機関を含めたシミュレーションをするに至っていないが、既存研究や3章より動的な経路配分が手段分担に影響を与えることが推測される。その結果、経路の物理的状況により自動車を利用不可能なトリップ主は軌道の利用を選択するという状況を反映でき、手段分担率はより現実を反映したものとなれば、再現性の高い手段分担率の計算が可能となるだろう。再現性の高い手段分担と経路配分の計算を繰り返すことは、交通需要予測の精度向上に結びつくと考えられ、本手法の妥当性は証明できると考えられる。

課題として、手段選択問題における公共交通機関の選択要因とその影響度の検討、数的手法と提案手法の結果の比較方法の厳密な検討などが考えられる。

今後は公共交通機関を含めた仮想ネットワークでシミュレーションを重ね、数的手法と提案手法の結果にどの程度再現性における差がみられるかを評価していく予定である。

**謝辞：**本研究のために、株式会社アイ・トランスポート・ラボにはシミュレータを提供していただき、本研究の意図に沿うよう改良の協力をしていただいた。また、研究の遂行にあたり三菱重工業株式会社にも協力をいただいた。ここにその謝意を表明させていただく。

#### 参考文献

- 1) 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
- 2) 長尾一輝, 中山晶一朗, 高山純一, 円山琢也：旅行時間の不確実性を考慮した分担・配分統合交通ネットワーク均衡モデルに関する研究：金沢都市圏への軌道系公共交通導入時の道路交通への影響分析を例に、土木学会論文集 D, Vol.65, No.01, pp.12-25, 2009
- 3) 藤井聡, 菊地輝, 北村隆一：マイクロシミュレーションによる CO2 排出量削減に向けた交通施策の検討-京都市の事例, 交通工学, Vol.35, No.4, pp.11-18, 2000

(2015.7.29 受付)

## IMPROVING ACCURACY OF TRAFFIC-DEMAND ANALYSIS BY APPLYING A MUTI-MODE TRAFFIC SIMULATOR

Takeshi HIROSE, Shinji TANAKA, Fumihiko NAKAMURA and Ryo ARIYOSHI

This study focuses on improvig the accuarcy of traffic demand analysis. The general 4 step traffic-demand modeling system, which is used frequently in real planning situations, has a problem in accuracy from structual reasons, that is there may be an error found between the assumed travel time to calculate modal split and the travel time as a result of the trip assignment calculation. We try to solve this problem by revolving the calculated data of the third step, modal split, and the forth step, trip assignment, to each calculation. Further, we assumed that introducing a simulator to this calculation will make better accuracy.