

マイクロシミュレーションによる交通需要予測の精度改善に関する研究

山梨大学 工学部土木環境工学科 学生会員 ○川辺 拓哉
山梨大学 大学院医学工学総合研究部 正会員 佐々木 邦明

1. はじめに

1) 研究背景

近年では IT 技術が発展し、直接的または副産物的に大量のデータが収集できるようになってきた。交通分野に関しては、GPS を用いた移動軌跡データや、ETC の利用履歴データなどがその例である、この様な、いわゆるビックデータを得ることが出来るようになった現在では、これらのデータを利用し様々な研究、分析がなされ、多くの成果が報告されている。この様な観測技術の発達から、有益なデータを得ることが可能であるため、交通工学の分野においてもこれらのデータの活用が求められている。

従来の交通需要予測では、パーソントリップ調査などのアンケート調査の利用が基本であった。これらの調査は 10~30 年に一度しか調査されない時間間隔の空いたデータであり、これを用いて OD 推計を行うと、パーソントリップ調査時と分析時では、都市構造や生活スタイルの変動などによって、都市交通に変化が生まれてしまい、精度が下がってしまう。そこで、パーソントリップ調査の OD と実測データを融合することにより、より精度を向上させることができると考えられる。

これらのデータを融合する手法として、両者を統合する「データ同化」が注目されている。データ同化は実測データを用いてシミュレーションを改善することや、シミュレーションモデルによって欠損や観測不能な状態を推測することを可能にする。

2) 研究目的

先行研究¹⁾では、甲府都市圏内居住者の 5 歳以上を対象に、17,391 世帯、42,118 人が回答した、甲府都市圏パーソントリップ調査データを元に、性別、年齢、世帯人数、勤労者であるかどうかなどの個人

キーワード：シミュレーション、データ同化

山梨大学土木環境工学科交通工学講座

(〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 Tell/Fax 055-220-8671)

E-mail : t12ce019@yamanashi.ac.jp

属性や、各交通手段の所要時間や費用などのサービスレベルなどを変数としたツアーベースの行動モデルが作成された。ツアーベースモデルとは、自宅→職場→自宅などといった、起点から起点に戻るトリップを扱うことで、1 日の行動を把握することができるモデルである。

本研究では、先行研究で作成されたツアーベースの行動モデルを元に、マイクロシミュレーションを行ない、交通状態を再現する。また、ETC2.0 や混雑統計などで提供されている観測 OD データの比較を行い、交通需要予測の精度の改善を図る。

2. 使用するデータ

1) 平成 17 年度甲府都市圏パーソントリップ調査
パーソントリップ調査とは、一定の調査対象地域内において「人の動き」(パーソントリップ)を調べるもので、交通に関する実態調査としては最も基本的な調査の一つとなっている。パーソントリップ調査を行うことによって、交通行動の起点(出発地: Origin)、終点(目的地: Destination)、目的、利用手段、行動時間帯など 1 日の詳細な交通データ(トリップデータ)を得ることができる。²⁾

2) 観測 OD データ

今回使用するツアーベースモデルは、甲府都市圏における個人 1 日の行動を把握することができる。これを用いてシミュレーションを行なうことで、1 日の行動を再現することが可能となり、OD を推計することも可能となる。このシミュレーションによる OD 推計の結果を観測 OD データと同化するためには、観測 OD データは自動車中心という甲府都市圏の特徴を表している必要があると考えられる。そこで、自動車 OD を再現する ETC2.0 データが、データ同化をする際に、望ましいと考えられる。

ETC2.0 について、以下で説明する。

表-1 ETC2.0 プローブデータの内容³⁾

項目	内容
走行履歴	時刻、位置情報(緯度経度)、道路種別
挙動履歴	時刻、位置情報(緯度経度)、道路種別、進行方向、速度、ヨー角速度、前後・左右加速度
基本情報	車載器の情報など固定情報

ETC2.0 プローブデータでは、車種情報、DRM リンク情報、リンク進入時刻、旅行時間、平均旅行速度を出力する。走行履歴情報を DRM リンクにマップマッチングさせ、その結果を用いて DRM リンク単位の旅行時間を算出できる。このプローブデータにより、車種情報や起点、終点、リンク間所要時間等が算出できるので、OD を求めることができる。

3. 先行研究

先行研究で構築された、甲府都市圏のツアーベースモデルをもとに、シミュレーションを行なう。

1) 移動意思決定プロセス

個人の移動意思決定は次のように表される。

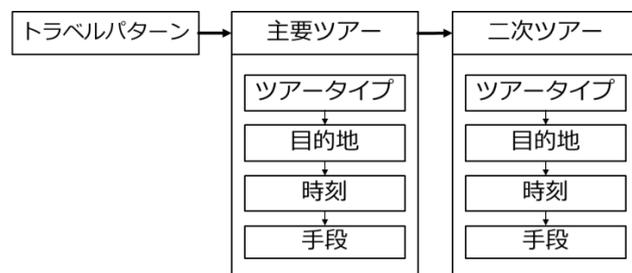


図-1 移動意思決定プロセス

2) 主要ツアーと 2 次ツアー

主要ツアーと 2 次ツアーは、意思決定者の優先順位に基づいて決定されるが、活動目的が仕事を最優先とする。活動目的が同じツアーであった場合は、活動時間の長い方を主要ツアーとする。

3) 移動意思決定プロセス各段階の選択肢

移動意思決定プロセスにおける各段階の選択肢は次のように表される。

トラベルパターン：ツアーの数に基づく。

- ① シングルツアー
- ② マルチツアー
- ③ ツアーとサブツアー
- ④ ツアーなし

ツアータイプ：主な活動目的に基づく。

主要ツアーの場合

- ① 主な活動目的が仕事で中間滞在があり
- ② 主な活動目的が仕事で中間滞在がなし
- ③ 主な活動がその他(買い物・送迎などの生活を維持するために必要な活動、スポーツ・娯楽など)で中間滞在があり
- ④ 主な活動がその他(買い物・送迎などの生活を維持するために必要な活動、スポーツ・娯楽など)で中間滞在がなし

2 次ツアーの場合

- ① 主な活動が仕事
- ② 主な活動がその他

目的地：

甲府都市圏の 66 ゾーン

時刻：ツアー開始時刻と終了時刻の組み合わせ

- ① ピーク(午前 6:30-午前 9:29,午後 4:00-午後 6:59)
- ② オフピーク(午前 9:30-午後 3:59,午後 7:00-午前 6:29)
- ③ オンオフピーク(ピークとオフピークの組み合わせ)

手段：

主要ツアーの場合

- ① 相乗り(自動車)
- ② 一人乗り(自動車)
- ③ 電車
- ④ バス

2 次ツアーの場合

- ① 相乗り(自動車)
- ② 一人乗り(自動車)
- ③ 公共交通(電車・バス)

4. 研究内容

先行研究で構築されたツアーベースモデルを元に、効用を求めていく。

1) 効用関数

効用関数は、確定項 V と誤差項 ε で表される。

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \cdots (1)$$

V_i ：選択肢 i の効用の確定項

ε_i ：選択肢 i の効用の誤差項

2) 誤差項

ネスティッドロジットロジットモデルは、誤差項がガンベル分布に従うと仮定されている。ガンベル分布は、二重指数型の極値分布であり、
<累積分布関数>

$$F(\epsilon) = \exp[-\exp\{-\mu(\epsilon - \eta)\}] \dots(2)$$

<確率密度関数>

$$f(\epsilon) = \mu \exp\{-\mu(\epsilon - \eta)\} \exp[-\exp\{-\mu(\epsilon - \eta)\}] \dots(3)$$

の分布形をしている。ここで、 μ は分布のばらつきを表すスケールパラメータ、 η は分布の位置を表すロケーションパラメータである。また、ガンベル分布は最頻値 η 、平均値 $\eta + \frac{\gamma}{\mu}$ 、分散 $\frac{\pi^2 \mu^2}{6}$ の性質を持っている(γ はオイラー定数 $\cong 0.577$)。

3) シミュレーション

移動意思決定プロセスと各段階の選択肢に従って、ツリー図を表すと図-2のように表せる(シングルツアーを選んだ場合)。

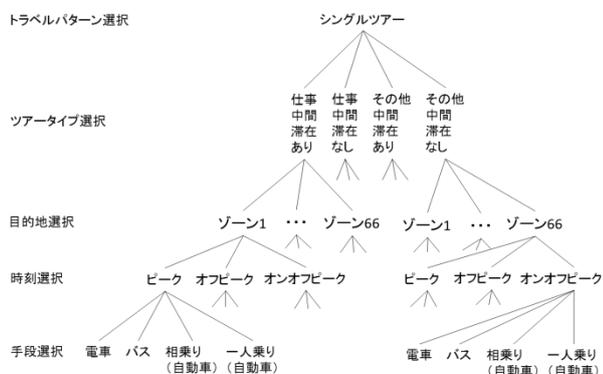


図-2 ツリー図 (シングルツアーの場合)

個人は、効用が最大の選択肢を選択すると仮定して、移動意思決定プロセスにしたがって、それぞれの段階の効用値を求めていく。しかし、ツリー下位レベルの合成効用が必要となることから、ツリーの下位から上位に向かって効用を計算していく。また、各段階における効用関数の誤差項に、ロケーションパラメータ η 、スケールパラメータ μ のガンベル分布に従う乱数を発生させる。

効用値が最大の選択肢を選ぶと仮定していることから、それに従って、個人の行動パターンを再現する。例えば、トラベルパターンでシングルツアーを選択した場合、次の段階であるツアータイプ選択での効用の最大値を求める。その後、目的地選択、時刻選択、手段選択の順に行ない、個人の行動パターンを表す。

また、ツアータイプ(主要ツアー)選択の選択結果および目的地選択の選択結果から、OD表を作成し、交通需要を再現する。また、時刻選択の選択結果から、ピーク時・オフピーク時の交通需要を再現

する。

4) トラベルパターンとツアータイプ(主要ツアー)のシミュレーション結果

10回のシミュレーションを行なった結果、トラベルパターンとそれぞれのトラベルパターン毎のツアータイプ(主要ツアー)は表-2、表-3、表-4、表-5のようになった。

表-2 トラベルパターン選択

トラベルパターン	選択者数(人)	標準偏差(人)
シングルツアー	123879	596.7
マルチツアー	96457	585.5
ツアーとサブツアー	219910	276.5
ツアーなし	5377	172.5
総計	445623	

表-2を見ると、トラベルパターンでは、ツアーとサブツアーを選択する人が多く、ツアーなしの人は少ないことがわかった。

表-3 シングルツアーを選んだ場合のツアータイプ(主要ツアー)選択

シングルツアーでツアータイプ(主要ツアー)	選択者数(人)	標準偏差(人)
仕事中間滞在あり	40725	736.8
仕事中間滞在なし	31687	460.9
その他中間滞在あり	26309	400.1
その他中間滞在なし	25158	469.1
総計	123879	

表-4 マルチツアーを選んだ場合のツアータイプ(主要ツアー)選択

マルチツアーでツアータイプ(主要ツアー)	選択者数(人)	標準偏差(人)
仕事中間滞在あり	31961	331.7
仕事中間滞在なし	24368	475.6
その他中間滞在あり	20652	306.6
その他中間滞在なし	19475	586.5
総計	96456	

表-5 ツアーとサブツアーを選んだ場合のツアータイプ（主要ツアー）選択

ツアーとサブツアーで ツアータイプ（主要ツアー）	選択者数 (人)	標準偏差 (人)
仕事中間滞在あり	90836	726.7
仕事中間滞在なし	67765	823.2
その他中間滞在あり	31407	728.8
その他中間滞在なし	29902	384.9
総計	219910	

表-3、表-4、表-5を見ると、トラベルパターンの選択肢ごとではあまり変化がなく、どれも仕事中間滞在ありの割合がどれも高くなっていることがわかった。

5.まとめと今後の課題

トラベルパターン選択ではツアーとサブツアー、ツアータイプ（主要ツアー）選択では、仕事中間滞在ありの割合が高いことがわかった。

ツアータイプ（主要ツアー）以降も先行研究で構築されたモデルを元に、移動意思決定プロセス各段階で効用を計算し、誤差項にロケーションパラメータ η 、スケールパラメータ μ のガンベル分布に従う乱数を発生させ、効用の最大値を求める。効用値が最大のものを個人は選択すると仮定し、個人の行動パターンを再現する。

今後の課題としては、複数回のシミュレーションを行ない、1日の行動パターンを再現し、目的地選択の選択結果からOD表を作成する。ここで、複数回のシミュレーションにより推計されたODとETC2.0などを用いて作成された観測ODを同化する。

観測ODの例として、現在国土交通省によってデータの収集が進められている、ETC2.0データが適用可能ではないかと考えている。ETC2.0データは、ETC2.0プローブデータにより起点、終点、所要時間がわかることから、自動車のODが推計できる。自動車中心の甲府都市圏では、自動車ODが最大の交通量を持つため、ETC2.0よりODが推計できれば、交通シミュレーションの同化対象として適切な

データであると考えている。

その同化アルゴリズムについては、ETC2.0データなどの観測ODが甲府都市圏のODを表していると仮定し、推計されたODと観測ODを同化していく。同化の手法としては、パーティクルフィルタの枠組みで行うことが可能と考える。具体的には、観測ODから求められる各ODマトリックスを重み付けし、その重みに従ってシミュレートした個人を再サンプリングし、それを繰り返すことにより、シミュレーションと観測データ双方から推計される望ましいOD表が推計できる。その値に基づいたシミュレーションモデルのパラメータを逆推定することで、パラメータ更新が行えると考えられるが、具体的なアルゴリズムと結果については、発表時には説明する。

参考文献

- 1) Mohamed Omer, Kuniaki SASAKI, Kazuo NISHII: Tour-based Travel Demand Modeling using Person Trip Data and its Application for Advanced Policies, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 17,2009
- 2) 国土交通省：都市交通調査・都市計画調査 <http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/pt.html>
- 3) 内田 佳希：都心部における道路プローブの適用に関する課題と解決法に関する一考察
- 4) 国土交通省：ETC2.0 , <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/etc2/index.html>
- 5) 行動モデル夏の学校資料：Nested Logit モデル(NL)の説明 <http://bin.t.u-tokyo.ac.jp/kaken/pdf/nl.pdf>
- 6) 佐々木邦明・藤井聡・山本俊行 著：交通行動の分析とモデリング
- 7) 交通工学研究会 編：やさしい非集計分析
- 8) 薩摩順吉 著：確率・統計