

マイクロシミュレーションを用いた仙台都市圏の交通重要予測手法の開発

東北工業大学 学生会員 ○大竹 司真
 東北工業大学 学生会員 高津 拓実
 東北工業大学 正会員 菊池 輝

1. はじめに

交通需要予測に一般的に用いられている四段階推計法には、多くの問題があると繰り返し指摘されている¹⁾。このことから、四段階推計法に変わる交通需要予測手法が提案されてきた。その一つが、アクティビティーベースの生活行動シミュレーションモデルPCATSと交通流シミュレータを用いた手法²⁾である。このシミュレーションシステムにより様々な交通施策が評価可能であることが示されている一方で、PCATSの内部モデルである非集計モデルが抱える集計化の問題は、このシステムにも内包されている。

一方近年、個人の移動軌跡を蓄積した空間統計データが利用可能となったことから、データ同化手法を用いてPCATSの予測精度を向上させる試みがなされ³⁾、都心三区への適用計算では、その手法有効性が確認されている。そこで本研究では、PCATSと交通流シミュレータの統合シミュレーションシステムにフィルタリング手法を適用し、配分計算の精度改善を検証することを目的とする。

2. 統合シミュレーションシステムとその概要

本研究で用いる統合シミュレーションシステムは、既存研究にて提案されたもの²⁾を用いる（図1）。なお交通流シミュレーションモデルには国内の適用実績が豊富なSOUND⁴⁾を採用した。このシステムは四段階推計法の述語を用いれば、PCATSが発生集中・分布・分担を担っており、SOUNDが配分に相当する。以下、システムおよびフィルタリング手法の概要を示す。

(1) 生活行動シミュレータ PCATS

PCATSは個人についての情報と、対象地域内の全ゾーンの属性と全ゾーン間の移動抵抗データに基づいて、勤務と就学、その他のカテゴリーから全時間帯での個人の行動パターンを再現する。PCATSは、入力データとして扱われる仕事や学業等の固定活動スケジュールに基づき、逐次的、段階的な活動決定過程を仮定した上で活動内容選択モデル、交通機関目的地同時選択モデル、活動時間の連続選択モデルの3つを組み合わせ一日の生活パターンを生成し、任意の時刻における全個人の活動場所・活動内容・移動手段等を出力する。PCATSの特徴

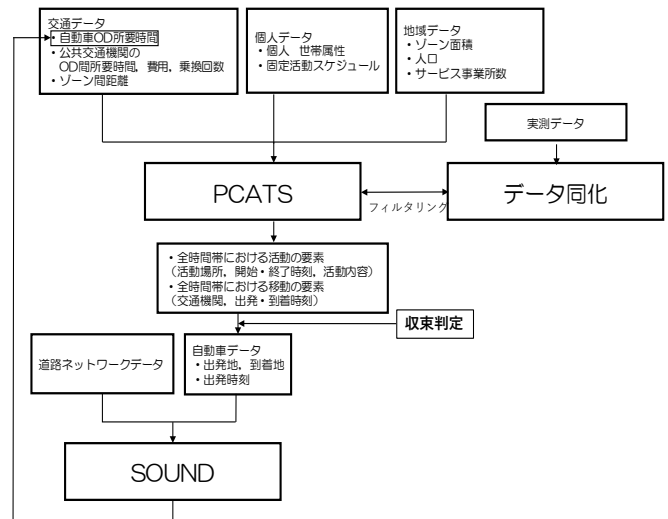


図1 統合シミュレーションシステムの概要

の一つは、交通機関や目的地の選択枝集合に時空間ブリズム制約を導入している点である。

(2) 交通流シミュレータ SOUND

広域道路網交通流シミュレーションシステムSOUNDには、PCATSの出力情報より集計した時間帯別OD表を入力データとして与える。SOUNDの出力データのうち、各時間帯のリンク別旅行時間を別途抽出し、OD間所要時間を更新する。

(3) データ同化

データ同化は、「実測データを用いて数値シミュレーションモデルの精度・性能を改善し、観測の不足を補い、観測誤差を修正する」枠組みである。今回使用するフィルタリング手法は、1日の任意の時間帯において観測値を利用し、逐次フィルタリングによる個人位置の更新を行うことで、自由活動個人の位置を更新するものである³⁾。また実測データとしては、後述のパーソントリップ調査データより集計したゾーン別の滞在人口を用いる。以下にアルゴリズムの概要を記載する。

1. PCATSによる予測：時刻 $t-1$ におけるある個人の滞在場所やスケジュールが分かっているとき、これを入力データに加えることで、PCATSにより時刻 t におけるあるゾーン i の滞在人数 x_t^i が推計される。これを式 (1) で表す。

$$x_t^i \sim p(x_t^i | x_{t-1}^i) \quad (1)$$

keyword：生活行動シミュレータ，交通流シミュレータ，データ同化

連絡先：〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1 東北工業大学工学部都市マネジメント学科菊池研究室 (022-305-517)

2. パーティクルの生成：各個人に対して、フィルタ分布 $p(x_t^i|x_{t-1}^i)$ に従って時刻 t における各ゾーンの滞在人数を表すパーティクル $x_{p,t}^i$ を P 個生成する（本研究の適用計算では $P=100$ とした）。
3. 一期先予測：パーティクル $x_{p,t}^i$ を生成した後、PCATS により、時刻 $t+1$ における予測分布を表す予測パーティクル群 $x_{p,t+1|t}^i$ を得る。
4. 尤度の算出：各パーティクルに対して、実測データであるゾーン別滞在人数 y_t から、各パーティクルの尤度 β_{t+1}^i を、 y_t と $x_{p,t+1|t}^i$ の重み付きユークリッド距離の逆数として、式 (2) により算出する。

$$\beta_{t+1}^i = \frac{w_t^i}{(\sum_{j=1}^N w_{t+1}^j)}, w_t^i = p(y_{t+1}|x_{p,t+1|t}^i) \quad (2)$$

なお、重みは各ゾーンの滞在人数の二乗の逆数とする。

5. フィルタリング：各予測パーティクル $x_{p,t+1|t}^i$ を、尤度 β_{t+1}^i に比例する割合で、 N 個復元抽出し、その最頻値をフィルタリングの推定値 $\hat{x}_{t+1}^i$ とする（本研究の適用計算では $N=100$ とした）。
6. 活動場所の再配置：推定値 $\hat{x}_{t+1}^i$ をもとに、時空間プリズム制約のもとで、各個人の位置を再配置する。なお、再配置を行うのは当該時間に自由活動実行中の個人のみであり、固定活動や移動をしている個人は再配置をしない。
7. 繰り返し：上のフロー 3～6 をシミュレーションの最後の時刻まで繰り返し行う。なお、本研究では、1 日を 5 つの時間帯に分割した上で適用する。

(4) シミュレーションの繰り返し計算

SOUND の実行に伴う自動車 OD 間所要時間の更新は、PCATS の入力データの更新を意味する。すなわち PCATS と SOUND は相互依存構造となっているため、収束条件（総自動車発生台数の更新率が $\pm 1\%$ 以内）を満たすまで、2 つのシミュレーションを繰り返し実行する。

3. 仙台都市圏への適用計算

本研究計算適用範囲は、原田の研究事例³⁾よりも広範な地域への適用を想定し、仙台都市圏である「仙台市・塩竈市・名取市・富谷市・多賀城市・利府町」の 6 市町、計 249 ゾーンを設定した。PCATS の入力データの一つである固定活動スケジュール（図 1 中の個人データ）は、平成 14 年に行われた第 4 回仙台都市圏パーソントリップデータ（仙台 PT データ）より作成した（69,345 個人、拡大後 1,145,875 個人）となった。交通データは公共交通機関の路線・ダイヤからゾーン間の平均移動時間等を別途算出し、地域データは H14 年商業統計より作成した。PCATS の内部モデルの各パラメータは、仙台 PT データ

を用いて、パラメータを再推定する方法も考えられるが、既往研究²⁾と同じものを用いた。これは調査年次から 10 年以上経過しておりそもそも実測データと乖離する可能性があること、フィルタリング手法が他地域へのパラメータ移転性に対応可能か否かの考察を行うことによる。また SOUND の道路ネットワークデータはデジタル道路地図データより作成した。

以上のデータを用い、統合シミュレーションシステムを実行した（午前 3 時から翌午前 3 時の 24 時間）。PCATS と SOUND の繰り返し計算は 3 回で収束し、計算時間は約 15 時間であった。本稿では配分結果に着目し、最終回におけるリンク交通量を、H22 年道路交通センサスデータと比較した結果を表 1 に示す。なお比較対象とした路線は、仙台西道路、東二番町通等、計算適用範囲内に存在する道路交通センサスの観測地点 15 箇所を選定している。

表 1 フィルタリングによる配分結果への効果

	RMSE	相関
フィルタリングなし	19881.970	0.898
フィルタリング適用	20148.416	0.923

結果、フィルタリング後で相関係数が高くなり、現況に近い配分結果になっていることが確認できた。しかし RMSE（平均平方二乗誤差）の値は小さいとは言えない。これは、PCATS では物流交通や通過交通が含まれていないためと考えられる。

4. まとめ

仙台都市圏への適用計算結果から、1) 広範な都市圏レベルにおいてもフィルタリングは有効であること、2) PCATS の内部パラメータが特定地域への依存性が高くなければ、他地域への移転可能性もあること、3) 配分の精度も向上されること、が確認できた。今後の課題としては、モバイル空間統計データ等のビッグデータの活用や、ソフトウェアのパッケージ化が上げられる。

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，pp17-30，1996。
- 2) 菊池輝，藤井聡，白水靖郎，北村隆一：交通流シミュレータ DEBNetS の現況再現性向上とマイクロシミュレーションによる交通政策の評価に関する事例研究，土木計画学研究・論文集，18，No. 4，pp.611-616，2001。
- 3) 原田遼：詳細な交通行動推定のためのアクティビティシミュレーションと観測データの統合に関する研究，東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻修士論文，2017。
- 4) SOUND of ITL：www.i-transportlab.jp/products/sound/（2018 年 1 月 23 日閲覧）。