

リアルタイムデータを用いたシミュレーションの精度改善方法に関する研究

山梨大学 工学部土木環境工学科 学生会員 ○本山 拓樹
 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

近年、交通シミュレーションの導入実績が日本でも多くなってきた。シミュレーションの再現性を高めるためには同的にパラメータを変更することが望ましいが、その適切な方法が確立されていないという課題が存在する。そこで、広瀬・佐々木らが行った研究¹⁾では、オンランプ交通量から求められるOD交通量を用いてシミュレーションを行い、その結果から得られる平均所要時間とその分散を所要時間分布の事前分布とし、実際に観測された到着時刻分布を尤度としてリサンプリングを行うパーティクルフィルタを用いて、現実の到着時刻分布を反映した事後分布を作成し、事後分布のパラメータを次のシミュレーションのパラメータとして用いるというアルゴリズムを導入して、高速道路における所要時間の変動を走行パラメータを固定した時のものと比べて精度よく再現していた。研究ではシミュレーション結果から得られる平均所要時間とその分散から予測サンプルを作成していた。そこで本研究では、シミュレーション内の車両1台1台の所要時間を取得し、先行研究での予測サンプルに置き換え、パーティクルフィルタのアルゴリズムを用いて、パラメータの逐次更新を行い、現状再現性が先行研究の手法と比較してどのように変化するか検証する。

2. モデル

本研究では、シミュレーションの走行パラメータを、実走行データを用いたパーティクルフィルタによって更新し、より精度の高い予測を行う。本研究の進め方について図1に示す。

2.1 パーティクルフィルタ²⁾

パーティクルフィルタは、現状で起こると考え

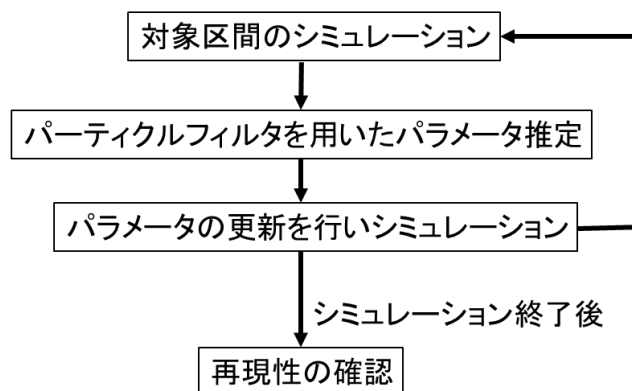


図1

られる、多数の次期の状態を、多数のパーティクル（粒子）と見立てて、全パーティクルそれぞれの尤度に基づいた重み付きの平均を次期の状態として予測し、追跡を行うアルゴリズムである。以下、パーティクルフィルタを用いたパラメータ更新のアルゴリズムである。

- ① 初期分布を設定：シミュレーションから、各車両の所要時間 $x_{t|t-1}^{(i)}$ ($i=1, \dots, N$) を取得。 $x_{t|t-1}^{(i)}$ から平均と分散を計算し、対数正規分布に従う分布を作成。こちらを事前分布とする。
- ② 重み付け：観測所要時間 y_t を得ることで、式(1)より現状態での各パーティクルの尤度 $\pi_t^{(i)}$ を求める。

$$\pi_t^{(i)} = \frac{p[y_t | x_{t-1}^{(i)}]}{\sum_{i=1}^N p[y_t | x_{t-1}^{(i)}]} \quad (1)$$

- ③ 事後分布 $p(x_t | y_t)$ を求める：重み $\pi_t^{(i)}$ に比例する割合で事前分布を復元抽出。事後分布 $p(x_t | y_t)$ となる。
- ④ 算出された事後分布 $p(x_t | y_t)$ を次期の事前分布とし、②から④を繰り返す。

キーワード シミュレーション 所要時間予測 データ同化

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科

TEL:055-220-8671 E-mail :sasaki@yamanashi.ac.jp

2.2 交通シミュレーションソフト(Aimsun)⁵⁾⁶⁾

Aimsun はスペインで開発された離散型の汎用マイクロシミュレータである。世界数カ国で利用され、日本の交通事情にも対応しており、多数の導入実績を持つ。精度・速度ともに優れ、交通流シミュレータの中でも代表格といえるソフトである。シミュレーションを行うにあたって道路ネットワークの作成、走行パラメータの設定、OD 交通量の設定を行い、シミュレーションを作動させる。Aimsun の走行パラメータには Desired Speed, Acceleration, Deceleration などがあり、それぞれに対し Mean, Deviation, Min, Max を設定することが可能である。

本研究ではパーティクルフィルタのアルゴリズム①部分の初期分布を作成する際の所要時間をシミュレーションより取り出す。シミュレーションから得られるデータを用いて、より現状再現が可能であるパラメータ更新方法の検討していく。シミュレーションでは走行パラメータの更新、所要時間の集計を15分毎の短い周期で行うことで、細かい交通量の変動を予測していく。

2.3 本研究アルゴリズム

本研究ではパーティクルフィルタのアルゴリズムとシミュレーションによる現状再現性の確認、この2つを繋ぎあわせ、所要時間を予測し、平均速度の走行パラメータを逐次更新していく。パーティクルフィルタのアルゴリズム①において、シミュレーション結果から各車両の所要時間を得て、逐次計算を行っていく。以下が本研究のアルゴリズムである。

- ① 既存研究から、OD 交通量のデータを得て、シミュレーションへ入力、シミュレーションを作動。所要時間の細かな変動を追うため、15分毎にシミュレーション結果の集計、予測を行う。
- ② シミュレーション結果から車両1台1台の所要時間を取り出し、所要時間分布を作成、予測値 $x_{t|t-1}^{(i)}$ とする。
- ③ 実際の観測データから、所要時間分布を得て重み $\pi_t^{(i)}$ を算出。予測値 $x_{t|t-1}^{(i)}$ を重みに比例する割合で復元抽出する。こちらが事後分布 $p(x_t|y_t)$ となる。

- ④ 事後分布から平均速度を算出する。こちらの平均速度が次期のシミュレーションの平均速度となり、パラメータを更新しシミュレーションを行い再現性の確認を行う。
- ⑤ ②から④を繰り返し行う。

3. 対象データ

本研究で用いるデータは、名取らによる研究 4) から得た、平成18年5月に全国のICから高速道路に入り、中央道上り方面で八王子本線料金所を通過した交通量データ及び所要時間データである。八王子本線料金所手前には小仏トンネルがあり、このトンネルを先頭に渋滞が頻発している。ゴールデンウィ



図2 対象データ地図

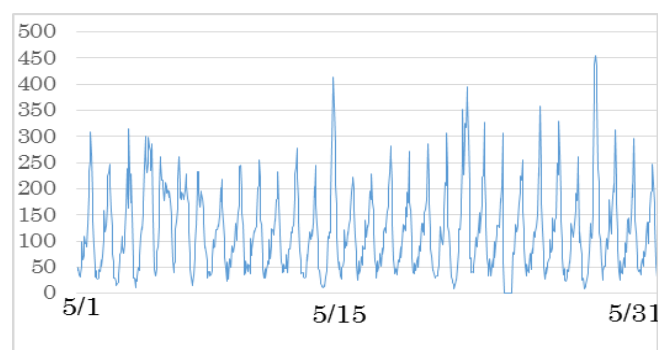


図3 八王子断面交通量

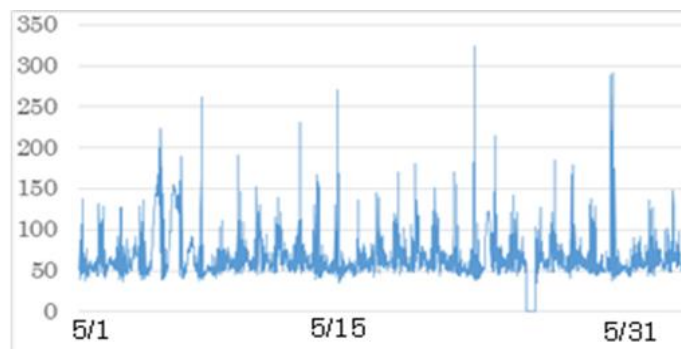


図4 河口湖-八王子間平均所要時間

ーク期間中を分析の対象とすることで、渋滞発生時と渋滞解消時のシミュレーションのパラメータ更新を行い、更新手法の精度が測れると考える。

4. シミュレーション結果

平成 18 年 5 月 1 日から 5 月 31 日までの期間の観測値と初期走行パラメータで固定しシミュレーション結果、またその誤差を図 5 図 6 に示す。

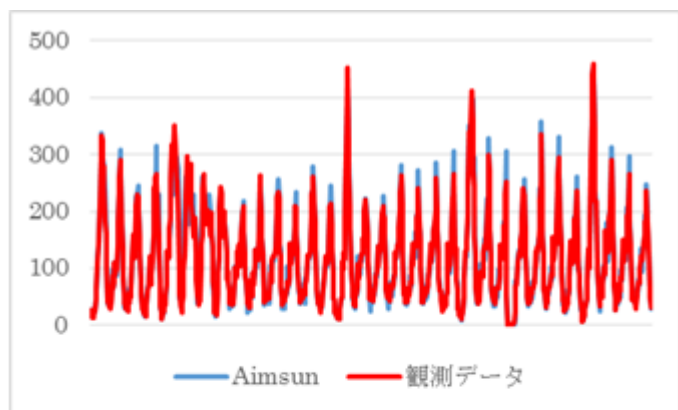


図 5 八王子断面交通量



図 6 誤差比較

図 6 の誤差を抽出したグラフから、特にゴールデンウィークの期間である 5 月 4 日から 7 日までの期間で誤差が大きく出ていることがわかる。渋滞が長時間に続いた事により誤差が大きく出てしまったと考えられる。今回 5 月 5 日に着目して、パーティクルフィルタを用いて、パラメータの更新による再現性を確認する。

4.1 パラメータ更新

パーティクルフィルタによるパラメータ更新を行ったシミュレーションによる 15 分間の平均所要時間の推定を行った結果を用いて 5 日の 15 分毎に収集し

た所要時間の平均の変動を推定した結果を図 7 に示す。グラフから交通量の比較的小さい深夜、早朝の時間帯では所要時間の変動幅が大きく、渋滞が発生している時間帯では大きな変化幅はなく、徐々に所要時間が増加している動きが伺える。

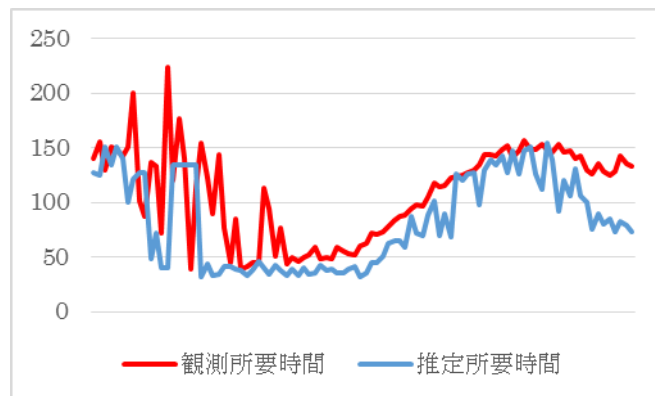


図 7 5 日所要時間推定結果

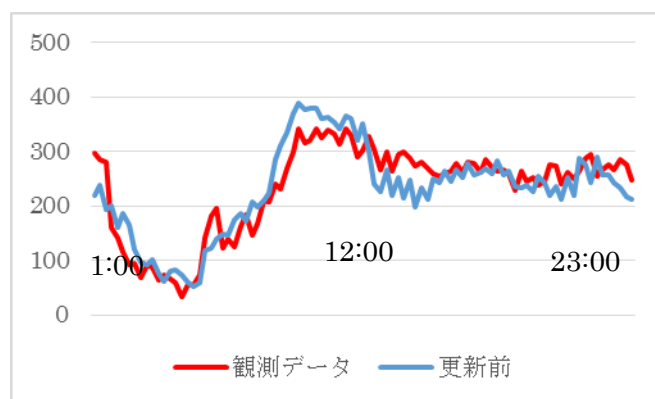


図 8 パラメータ更新前交通量比較

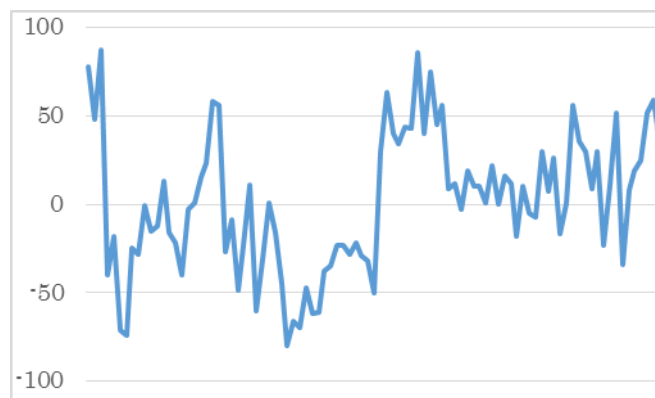


図 9 パラメータ更新前誤差

図 8、図 9 はパラメータの更新を行う前の八王子断面交通量の比較とその誤差である。渋滞が発生している 9 時から 14 時ごろまでの誤差が大きくなっている。

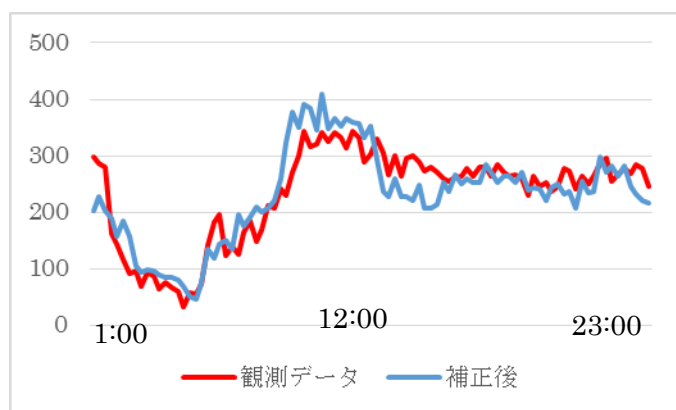


図 10 パラメータ更新後交通量比較

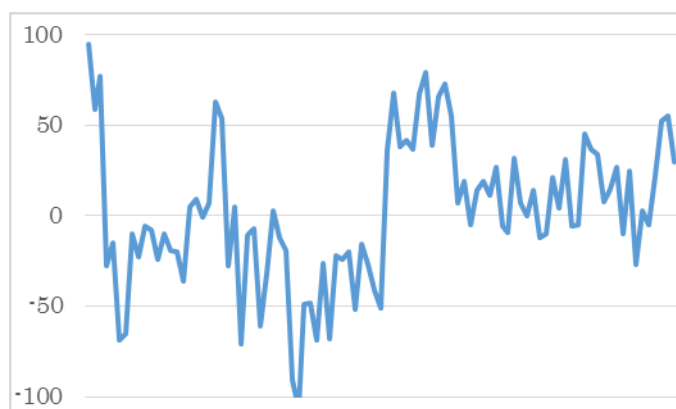


図 11 パラメータ更新後誤差

図 10、図 11 はパラメータ更新後の八王子断面交通量の比較とその誤差である。図 8 と図 10、図 9 と図 11 ではほぼ変化がないように見えるが、図 9 と図 11 を比較すると 23 時頃の誤差が図 9 に比べ、図 11 で誤差の軽減が見られる。

5. まとめ

渋滞等の原因で、交通シミュレーションと観測データとの誤差が生まれてしまう。5 月 5 日の交通量に焦点を当て、観測交通量を用いてパーティクルフィルタによるパラメータ更新を行った。その結果は、パラメータ固定と比較してそれほど大きな変化がなかった。その理由としては、そもそもパラメータ固定で十分精度の高い状態になっていること、事前分布が個別の分布になっておらず、集計型で用いていることがある。また、現在行っている方法ではパラメータの更新等、主にデータ入力での時間が多くなり、長期的な予測を行う際には、膨大な時間と労力が必要になる。Aimsun は API(Application Programming Interface)の機能も有

しているため、完成した手法と融合させることでより迅速な現状再現作業が行えるだろう。

参考文献・注釈

- 1) 広瀬尚樹, 佐々木邦明: 状態空間モデルにおけるシミュレーションに関する研究, 2014
- 2) 藤井涼: パーティクルフィルタを用いた交通流シミュレーションモデルのオンラインパラメータ推計について
- 3) 福田大輔: データ同化アプローチによる交通状態の推定に関する研究動向, 交通工学, Vol.47, No.2, pp33-38, 2012
- 4) 名取優太, 佐々木邦明, 山本隆, 井口均: 状態空間モデルを用いた高速道路の交通特性の時空間的な変動分析, 土木計画学研究講演集, Vol47, 2013.
- 5) udec ユーデック株式会社 HP
- 6) Aimsun Manual v7