

Particle Filterを用いたMicro simulationの動的パラメータ推定の実ネットワークへの適応

藤井 涼¹・大園 渉²・奥野 潤³・中辻 隆⁴

¹正会員 日本工営株式会社 福岡支店 技術第一部 (〒812-0007福岡県福岡市博多区東比恵1-2-12)

E-mail:fujii-ro@n-koei.jp

²正会員 日本工営株式会社 大阪支店 技術第一部 (〒530-0047大阪府大阪市北区西天満1-2-5)

E-mail:ohzono-wt@n-koei.jp

³正会員 日本工営株式会社 海外事業本部開発事業部 (〒102-8539東京都千代田区麹町5-4)

E-mail:okuno-jn@n-koei.jp

⁴正会員 北海道大学大学院教授 工学研究科 (〒060-8628北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: naka@eng.hokudai.ac.jp

本研究は、Particle Filterによるマイクロシミュレーションのパラメータ推定の実ネットワークへの適応可能性を把握することを目的とし、マイクロシミュレーションのパラメータ設定を技術者がチューニングを実施した場合と、Particle Filterによりパラメータ推定を行った場合の現況再現性を比較分析した。

分析の結果、中・大規模程度の交差点を有する道路ネットワークにおいてマイクロシミュレーションを実施する場合についてはパラメータを試行錯誤して設定するよりも、Particle Filterを用いてパラメータを推定し設定するほうが現況再現性が高い結果となり、Particle Filterを用いたマイクロシミュレーションの実ネットワークへ適応可能性を示した。

Key Words : *Micro-simulator, Particle Filter, Dynamic parameter estimation*

1. はじめに

交通計画を策定または各道路等の交通施設を評価するに際しては1950年頃に開発された手法である古典的な四段階推定が用いられてきた。この手法はパーソントリップ調査をベースとし、一日の平均的な交通状態の現況再現および将来の予測をするというものであり、静的な交通状況の評価に用いることが適切であるため、交通マスタープランや道路整備計画などに適用されてきた。

一方で、交通渋滞などの減少は動的な確率現象であることから、古いものは1970年頃からFHWAでNETSIMという動的マイクロシミュレータの開発がおこなわれてきた。国内研究では1990年頃、実務においては2000年頃から動的交通解析を行う流れが発生した。国内においてはインフラ整備が成熟し、より現況に等しいソリューション提供といった社会の要請も一端にあると考えられる。

マイクロシミュレーションはセントロイドから発生する個々の車両にリアルタイムに動的経路選択を行わせ、道路交通状況を表現するモデルである。現況再現を行うに当たっては必要となるデータは1.道路ネットワーク

条件、2.信号条件、3.OD条件および4.車両挙動をつかさどるパラメータ設定が重要となる。この4.のパラメータ設定はマイクロシミュレータを使った道路交通シミュレーションを行う際に重要となる要素の一つである一方で、シミュレーターを使用する技術者の裁量に任せられるところでもあり、設定方法が不明瞭な要素の一つであり、パラメータの推定については様々な研究がなされているところである。

2. 本研究で用いるパラメータ推定方法について

本研究で用いる推定方法については、藤井ら²⁾の手法であるParticle Filterによる推定手法を用いたパラメータ推定を行う。以下に概要を示す。

(1) ベイズ推定法によるリアルタイム推定

Particle Filterはベイズ推定法の原理を基にしている。ベイズ推定法とは、結果に対する原因の確率を推定する手法である。

この手法を用いて、ある状態のリアルタイム推計を

行う場合、対象となる状態に依存した新たな観測値 $y(k)$ を得ると、式(1)に従って確率分布の事後分布が更新される。

$$p[x(k)|Y(k)] = \frac{p[y(k)|x(k)]p[x(k)|Y(k-1)]}{p[y(k)|Y(k-1)]} \quad (1)$$

$Y(k)$: 観測値 = $[y(1), y(2) \dots y(k)]$

$x(k)$: パラメータ

(2) Particle Filterの特徴

ベイズ推定法によるパラメータの推計手法としてよく用いられるカルマンフィルタでは正規分布現象しか扱うことができないが、Particle Filter は様々な確率分布を扱うことが可能である。

現実には発生する現象は正規分布に従わないことも多いため Particle Filter を用いれば、推定精度の向上が期待できる。

藤井ら²⁾の研究では、上記の手法を用い分析を行っているが、仮想ネットワークにおける実証にとどまっている。本研究では実ネットワークへの適応を目的としているため、同研究の考え方をベースに実ネットワークへの適応を図った。

3. 本研究の目的

本研究の目的は実ネットワークにおいてマイクロシミュレーションを実施し、技術者がパラメータのチューニングを実施して現況再現したケースと、Particle Filter によりマイクロシミュレーションのパラメータ推定を動的に行い現況再現をしたケースの比較分析を行うことで、Particle Filterの動的推定結果の実ネットワークにおける適応可能性を把握することを目的とする。

4. 研究の流れ、対象モデルおよび対象データセットについて

(1) 研究の流れ

本研究の流れを以下に示す。本研究ではまず、①通常のマイクロシミュレーションの実施方式で現況再現、②並行してParticle Filterによる推定の実施、さらに③①を実施した②による推定の実施といった3ケースでの比較検討を行った。それぞれのケースにおいて断面交通量再現結果を比較分析し、実ネットワークへの適応性の考察を行った。

(2) 対象モデル

マイクロシミュレーションモデルはスペインのTSS社が開発したAIMSUNを用いる。AIMSUNは独自APIを持ってお

り、拡張性に優れたマイクロシミュレーションツールであり、今回の動的パラメータ推定を行うに適切なツールであることから採用に至った。

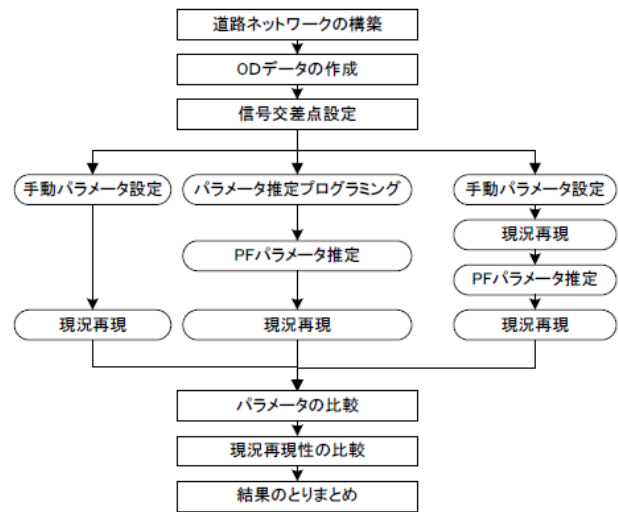


図-1 本研究のフロー

(3) 対象データセット

本研究を行うに当たっては、下記に示すデータを用い、分析を行った。

a) 対象道路ネットワーク

本研究では、下図に示す道路ネットワークを対象に分析を行った。



図-2 対象道路ネットワーク

b) 使用したOD

H17道路交通センサスODを基に、朝7時台、8時台（ピーク時）における時間帯配分を行い、算出したデータを本研究で使用するODとした。

なお、時間帯配分結果をH17道路交通センサス時間帯交通量より現況再現を行った結果、相関は0.935であり、ピーク時間帯の交通を再現できている。

c) 信号現示

信号現示は、現状の交通挙動を的確に表すために必要なデータとなる。本研究では、対象範囲における各交差点の信号現示時間を調査した結果を用いた。

d) その他必要なもの

上記以外に、マイクロシミュレーションを行うに当たっては、現状の交通状況をリアルに再現するため、以下のデータが必要となる。本研究ではこれらのデータを加え分析を行った。

・路線バス運行状況

路線バス時刻表を基に、分析対象時間帯における運行本数、運行時間帯から、路線バス運行状況を再現した。

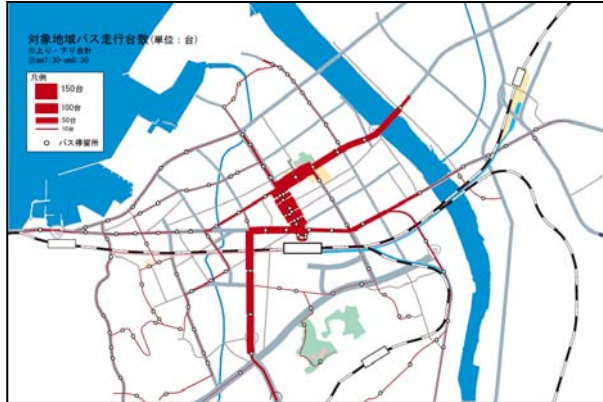


図-3 対象道路ネットワークにおけるバス運行状況

・踏切遮断時間

踏切遮断時間における車の滞留等を反映するため、踏切遮断時間の計測結果を用い、本研究の分析に活用した。

・現況交通量

マイクロシミュレーションの現況再現の際には、現況の交通状況を適切に表せているかを判断するのに必要になる。本研究では、常時観測機器（トラフィックカウンター）データを用いシミュレーションの現況再現に用いた。

・その他、道路構造、標高、規制速度等
関連するデータを現況に即して入力した。

5. 分析結果の考察

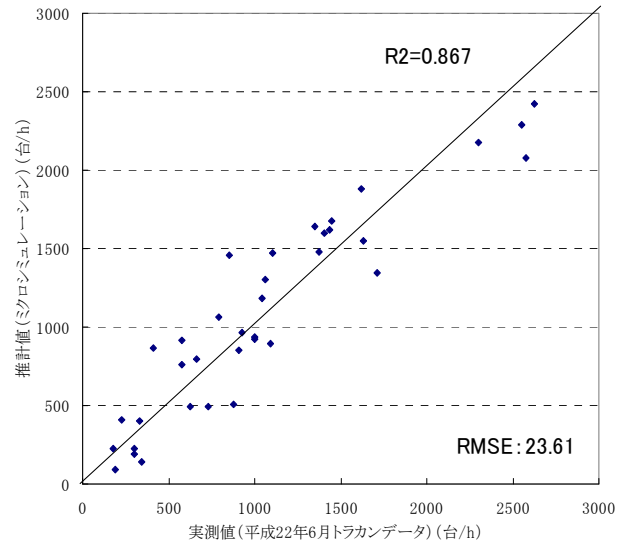
推定結果を図-4および表-1に整理した。分析結果は、手動でパラメータを設定し現況再現したケース 1、および手動で設定後 Particle Filter による推定をかけたケース 3 が、デフォルト値から推定したケース 2 と比較して精度が劣る結果となった。

Particle Filter を用いた推定を行うことで、実測交通量との差が大きくなった箇所がいくつか見受けられるが、ケース 1 と比較し、ケース 2、ケース 3 とともに全体的なバラつきは小さくなった。特に、手動の設定を行わないケース 2 では、より相違が小さくなる結果を得た。

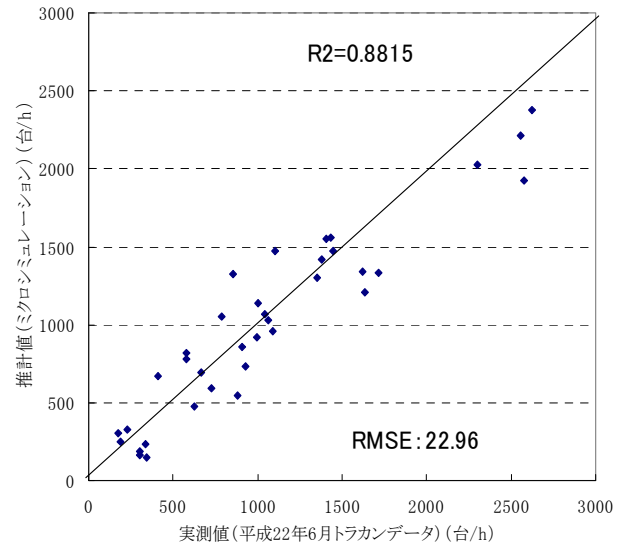
このことから、中・大規模程度の交差点を有する道路ネットワークにおいてマイクロシミュレーションを実施する場合については、技術者がパラメータを試行錯誤

して設定し現況再現を行うよりも、デフォルト値から Particle Filter を用いてパラメータを推定し設定するほうが現況再現性が高いと言える結果となった。

ケース1 手動パラメータ設定



ケース2 デフォルト値からのPF推定



ケース3 手動パラメータ設定後PFで推定

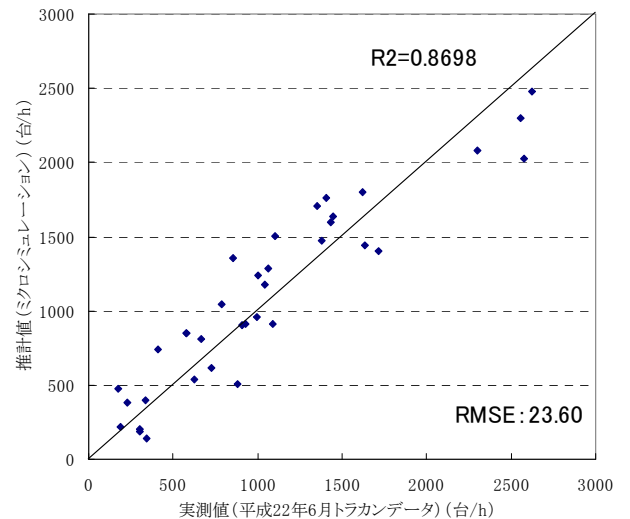


図-4 実測交通量と散布図(3ケース)

表-1 現況再現ケース結果比較

実施ケース	重相関係数	RMSE
ケース 1	0.8670	23.61
ケース 2	0.8815	22.96
ケース 3	0.8698	23.60



図-4 実測断面交通量計測箇所

表-2 断面交通量推定結果比較

箇所 No.	実測交通量	ケース 1	ケース 2	ケース 3
1	5,178	-460	-588	-407
2	2,788	470	78	516
3	2,997	359	-243	275
4	1,923	-40	-265	-54
5	1,970	182	-80	219
6	3,161	-141	-358	-123
7	1,203	206	97	182
8	1,730	-296	-2	124
9	2,489	518	44	301
10	2,506	565	516	760
11	3,091	146	-18	35
12	3,621	-357	-628	-420
13	1,457	-184	-137	-103
14	890	313	134	302
15	366	-47	188	331
16	679	-138	-296	-137
17	1,501	259	129	148
18	606	-189	-254	-218

※各ケースの交通量は実測交通量との差分 単位：台/h

なお、実測交通量は図-5 に示す 18 地点で上下別の交通量から比較を行っている。また表-2 に実測交通量及び各ケースの推定交通量を示す。

6. 今後の展望

道路交通管理者は交通管制で道路交通の把握・管理・制御をリアルタイムに行う役割を有している。近年では現在発生している交通情報をリアルタイムに収集し、道路交通状況の把握を行った後、発生事象に対してどう対処すべきかの判断を事前に評価するツールが求められている。つまり、最適な道路交通制御を行うための事前のリアルタイムなシミュレーションが必要とされている。

今後は、リアルタイムシミュレーションに必要な動的 OD 推定も念頭に置きつつ、実際の交通管制に有益な意思決定支援ツール構築を目指し検討を進めたい。

参考文献

- 1) Aimsun users manual
- 2) 藤井涼、中辻隆：モデルパラメータのオンライン推計のための交通流シミュレーターAPIとパーティクルフィルタの統合環境について、土木計画学研究・講演集、2011
- 3) John Hourdakisl, Panos G. Michalopoulos, Jiji Kottommannil A PRACTICAL PROCEDURE FOR CALIBRATING MICROSCOPIC TRAFFIC SIMULATION MODELS TRB 2003 Annual Meeting

(2011.7.29受付)

DYNAMIC PARAMETER ESTIMATION FOR MICRO SIMULATOR IN ACTUAL ROAD NETWORK

Ryo FUJII, Wataru OZONO, Jun OKUNO and Takashi NAKATSUJI

Micro simulator is a powerful tool to evaluate and describe dynamic traffic situation. On the other hand, micro simulator as its own features, micro simulator's users are forced to tune so many parameters to obtain higher validation result of current traffic conditions and it's required time. Furthermore, if the bigger road network is target the more hours of tuning is needed.

The purpose of this study is to understand potential of particle filter based dynamic parameter estimation to micro simulator's parameters tuning.

Three cases validation comparison results indicate that micro simulation's parameters for validation should be set through the particle filter dynamic estimation system, should not be input random setting by user. This paper also shows that high compatibility of particle filter dynamic estimation based micro simulation system to an actual road network.