

IV-180

状態空間モデルによる高速道路交通状態推計の一方

社団法人 システム科学研究所 正会員 邵 春福
 社団法人 システム科学研究所 正会員 中川 真治
 社団法人 システム科学研究所 正会員 浅井 加寿彦

1. はじめに

高速道路における交通状態の推計については、これまで観測データを用いた区間累計法などが適用されている^[1]。しかし、交通状態が時々刻々変化していることから、ITSをはじめ走行ルートや旅行時間などの交通情報提供を行う場合、将来時点の交通状態を正確に把握することが必要となる。

そこで、本研究では状態空間モデルを時系列交通状態推計への適用を提案する。これは、時系列に観測されてきた交通状態データに基づいて、状態空間モデルを用いて、将来交通状態の推計を試みるものである。ここでは、まず単一区間の時系列観測交通量を用いて将来時点における交通量推計についてモデルの適用性を検討する。つぎに、モデルを路線またはネットワークへ適用する場合、交通流動の時間おくれと上流区間交通流よりの影響などを考慮し、将来交通状態推計の展開に関する考察を行う。

2. 状態空間モデルとARモデル

y_n を l 変量の時系列とする。このとき、この時系列を表現する次のようなモデルを状態空間モデル(State space model)と呼ばれている^[2]。

$$x_n = F_n x_{n-1} + G_n v_n \quad (\text{システムモデル}) \quad (1)$$

$$y_n = H_n x_n + w_n \quad (\text{観測モデル}) \quad (2)$$

ここで、 x_n は n ステージ (時点) におけるシステム状態 (state) で k 次元のベクトル、 v_n は n ステージにおけるシステムノイズと呼ばれ、平均ベクトル 0、分散共分散行列 Q_n に従う m 次元の正規白色雑音とする。一方、 w_n は n ステージにおける観測ノイズと呼ばれ、平均ベクトル 0、分散共分散行列 R_n に従う l 次元の正規白色雑音とする。また、 F_n, G_n, H_n はそれぞれ $k \times k, k \times m, l \times k$ の係数行列である。

また、ここでは、観測モデルの時系列は以下の自己回帰モデル (AR モデル - auto-regulation model) に従うものとする。

$$y_n = \sum_{i=1}^{\theta} a_i y_{n-i} + w_n \quad (3)$$

ここで、 y_n はある区間における n ステージの観測値、 θ は AR モデルの次数、 a_i は自己回帰係数である。

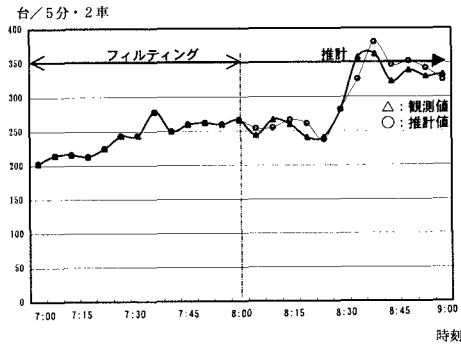
このように、結局、本研究ではこれまでの時系列観測データ $(y_n, y_{n-1}, \dots, y_{n-\theta+1})^T$ を用いて、式 (1) と式 (2) に併せて将来時点における状態 $x_n = (y_n, y_{n-1}, \dots, y_{n-\theta+1})^T$ の推計を行う。

3. 都市高速道路交通量推計への適用

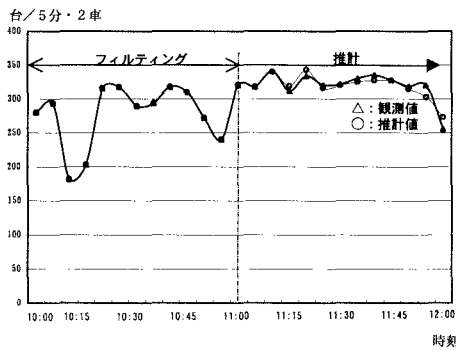
ここでは、式 (1) ~ 式 (3) の状態空間モデルを阪神高速道路池田線に適用し、時系列観測データを用いた将来交通量推計を行う。具体的には、池田線上り加島ランプ～塚本ランプ間における 1997 年 11 月 12 日 (水) の観測データを用いた。また、異なる交通状態に対するモデルの適応性を検討するために、それぞれ①朝ピーク時 (朝 7 時～午前 9 時) と②昼間平常時 (午前 10 時間～正午 12 時) について検討した。いずれも前半の 1 時間の観測交通量 (5 分間隔) を用いて後半の 1 時間の交通量を推計するとした。また、計算方法はカルマンフィルタ法を用いた^{[2][3]}。

図 1 は状態空間モデルによる推計結果、表 1 はその推計誤差 (推計値 - 観測値) をそれぞれ示す。それらを見ると、8 時～9 時は平均誤差 1.3%、最大誤差 (100% × (推計値 - 観測値) / 観測値) 8.9% と推計された。一方、11 時～12 時は平均誤差 0.3%、最大誤差 6.6% と推計された。いずれも推計誤差がかなり小さいことから、このモデルは高精度で推計を行うことができると

言えよう。



(1) 朝ピーク時 (7:00~9:00)



(2) 昼平常時(10:00~12:00)

図1 交通量推計結果（阪神高速道路池田線上り「加島ランプ～塚本ランプ」）

4. まとめと今後の展開

本研究では、状態空間モデルを都市高速道路における将来状態推計への適用を試みた。その結果は以下のようにまとめる。

- ① 状態空間モデルは、都市高速道路の将来交通量推計に適用でき、精度よく推計することができる。
- ② 状態空間モデルは、1期先の交通状態のみならず長期推計（ここでは1時間先としている）を行うこともできる。
- ③ 状態空間モデルは、本研究のような区間将来交通量推計に適用する場合、OD交通量や交通量配分などの手順が不要となり、適応性が高いと言える。

最後に、本研究では単一区間の将来交通量推計について検討したが、通常、高速道路は複数区間または複

数の路線によって構成される。複数区間のある1路線または複数路線のあるネットワークを対象として検討する場合、走行時間のおくれと幾つかの上流区間よりの影響を考慮しなければならない。また、利用者への充実で的確なサービスを行うために、リアルタイムで高精度の旅行時間の推計と情報提供を行う必要がある。これらを本研究のこれからの課題とする。

表1 状態空間モデルによる推計結果

時刻	観測値	推計値	推計誤差(%)
8:00~8:05	244	254	10(4.1)
8:05~8:10	267	255	-12(-4.5)
8:10~8:15	260	266	6(2.3)
8:15~8:20	241	261	20(8.3)
8:20~8:25	241	237	-4(-1.7)
8:25~8:30	282	282	0(0.0)
8:30~8:35	358	326	-32(8.9)
8:35~8:40	363	380	17(4.7)
8:40~8:45	323	347	24(7.4)
8:45~8:50	339	352	13(3.8)
8:50~8:55	330	342	12(3.6)
8:55~9:00	333	325	-8(-2.4)
計	3,581	3,627	46(1.3)
11:00~11:05	318	318	0(0.0)
11:05~11:10	341	340	-1(-0.3)
11:10~11:15	312	319	7(2.2)
11:15~11:20	334	343	9(2.7)
11:20~11:25	321	316	-5(-1.6)
11:25~11:30	322	320	-2(-0.6)
11:30~11:35	330	325	-5(-1.5)
11:35~11:40	335	327	-8(-2.4)
11:40~11:45	328	327	-1(-0.3)
11:45~11:50	319	315	-4(-1.3)
11:50~11:55	321	303	-18(-5.6)
11:55~12:00	256	273	17(6.6)
計	3,837	3,826	-11(-0.3)

参考文献

- [1] 松尾 武：「道路交通情報の提供と収集に関する基礎的研究」、京都大学学位論文、平成5年9月
- [2] 北川 源四郎 著：「時系列解析プログラミング」、岩波書店、1993
- [3] 中野 道雄 監修、西山 清 著、「パソコンで解くカルマンフィルタ」、丸善株式会社、1993