

北大工学部 正員 中 辻 隆
同上 正員 加 来 照 俊

1. まえがき

高速道路や一般街路の設計・管理において交通流シミュレーションの重要性は論を待たない。巨視的なシミュレーションモデルにおいては、流入リンクや流入ランプにおける流入交通量のみを入力し、そのモデル構造に基づいて所要の目的変量を求めている場合が多い。その際、対象としている道路網において、中間リンクや流出リンクにおいて車両感知器が設置され、交通量だけでなく平均速度の計測データが得られていることがある。しかし、それらのデータは入力データとしてではなく、モデルの妥当性をチェックするためだけに利用されている場合が多い。

交通流はその非線形・非定常な特性のために再現性が極めて難しい現象であることを考慮するならば、利用できる情報は出来る限りモデルに取り込むことが肝要である。また逆に、所要の推定精度を得るためには、どれ程の計測データが必要とされるのかが問題となってくる。

ここでは、最も単純な単路区間を対象として、始端部における流入交通量以外の計測データの付与によって交通状態の推定精度がどの程度改善されるのか、あるいはモデル中のパラメータが精度の改善に与える影響などについて検討を行った。

2. 交通状態の推定法

2.1 交通流モデル

本解析においては、初め Payneによって提案され、後に Cremer¹⁾によって

修正された巨視的モデルを採用している。すなわち、リンクをいくつかのセグメントに分割し、時刻 k における各セグメント i の交通状態(密度 $c_i(k)$ 、空間平均速度 $v_i(k)$ 、および地点交通量 $q_i(k)$)に関し次式が成立する。

$$c_i(k+1) = c_i(k) + \frac{\Delta t}{\Delta L_i} [q_{i-1} - q_i + r_i - s_i]_{(k)} \quad (1)$$

$$v_i(k+1) = v_i(k) + \frac{\Delta t}{\tau} [U(c_i) - v_i]_{(k)} + \frac{\Delta t}{\Delta L_i} [v_i(v_{i-1} - v_i)]_{(k)} + \frac{\mu}{\tau} \frac{\Delta t}{\Delta L_i} \left[\frac{c_i - c_{i+1}}{c_i + \kappa} \right]_{(k)} \quad (2)$$

$$q_i(k) = \alpha c_i(k) v_i(k) + (1 - \alpha) c_{i+1}(k) v_{i+1}(k) \quad (3)$$

ここで、 $V[c_i(k)]$ は密度 $c_i(k)$ における平均速度、すなわち密度-速度特性曲線を表している。また、 α 、 μ 、 τ 、および κ は、道路・交通特性から決められるモデルパラメータである。

2.2 カルマンフィルター

各セグメントの密度と平均速度を状態変量 $x(k)$ 、リンク両端の交通量と平均速度を計測変量 $y(k)$ としてカルマンフィルターを作成する。

$$x(k) = [c_1, v_1, c_2, v_2, \dots, c_N, v_N]_{(k)}^T \quad (4)$$

$$y(k) = [q_0, w_0, q_N, w_N]_{(k)}^T \quad (5)$$

$$x(k+1) = f[x(k)] + \Gamma \phi(k) \quad (6)$$

$$y(k) = g[x(k)] + \psi(k) \quad (7)$$

関数 f は、モデル方程式(1)(2)から与えられ、 g は方程式(3)と空間平均速度と時間平均速度の関係から決められる。 $\phi(k)$ と $\psi(k)$ は誤差項である。

新しい計測値 $y(k)$ が得られた時、その時の状態変量の推定値 $\hat{x}(k)$ は、

$$\hat{x}(k) = \tilde{x}(k) + K(k) [y(k) - \tilde{y}(k)] \quad (8)$$

と与えられる。ここで $\tilde{x}(k)$ は $y(k-1)$ までのデータしか得られていない時の推定値、 $\tilde{y}(k) = g[\tilde{x}(k)]$ である。 $K(k)$ はカルマンゲインである。

3. 数値解析例

高速道路の単路区間（長さ2650m）を解析例とした。その両端と中間点（始端より1000m地点）で交通量と平均速度の計測データ（交通量は10秒ごと、速度は1分ごと）が得られている。中間の計測点の前後をそれぞれ2および3つのセグメントに分割した。両端の計測データを用いた場合と、始端の交通量のみを用いた場合について各セグメントの状態変量を求めた。それらの状態量に基づいて中間点の交通量と平均速度を求め実際の計測値と比較した。

計測時間は60分で、この間に毎分

数十台の自由走行状態、毎分300-400台のピーク状態、そして時速数km/hという渋滞状態が出現している。

図-1は、モデル中のパラメータ α と μ の値が中間点の交通量 q_J と平均速度 w_J の推定精度に与える影響を実測値とのRMS誤差によって表したものである。細線が始端の交通量のみ、太線がそれに加えて始端の速度と終端の2変量を入力した場合を表している。

入力データの付加によっても q_J や w_J の推定値に未だ大きな誤差があること、パラメータ値の適切に選択によって、入力データの付加効果が期待されること、その効果は交通量において大きいことがわかる。他のパラメータ τ や κ においても同様の傾向が見られている。

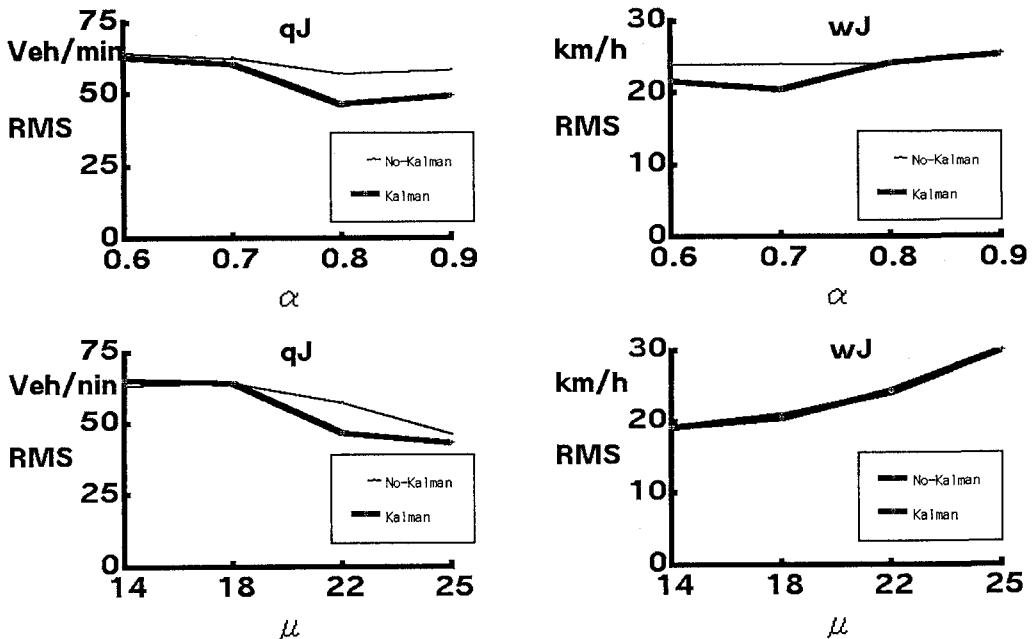


図-1 中間地点の交通量 q_J と平均速度 w_J の推定におけるモデルパラメータの影響

参考文献

M. Cremer: Der Verkehrsfluss auf Schnellstrassen, Springer-Verlag