

信州大学工学部 正 員

興 谷 巖

信州大学工学部 学生員

。 木田川 誠司

1. はじめに 信号機、標識等により交通制御を効果的に行なうにはその都市の道路網全体の交通状態量を把握する必要があるにも拘らず、その情報を主に与える車両感知器をすべてのリンクあるいは車線に設置する事は財政上等の問題により困難な場合が多い。本研究の最終目標は感知器の設置でいていないリンクあるいは車線も含むネットワークの効果的信号パラメータのモデル作成にあるが、その前段階として、交通状態量の日変動を確率過程としてとらえ、感知器の設置でいていないリンクあるいは車線の交通状態量から、感知器の設置でいていないリンクあるいは車線の交通状態量の推定を Kalman Filter (以下 K.F. と記す), Information Square Root Filter (以下 I.S.R.F. と記す), 重回帰モデルにより試み、その適用性について若干考察したものである。

2. 推定手法

図1は対象となる系の交通状態量の概念について簡単に図示したもので x_2 が推定可能なリンク交通状態量となっている。KFモデル, ISRFモデルにおける交通状態量ベクトル, 観測状態量ベクトルは各々 $x = (x_1, x_2, x_3)^T$, $y = (y_1, y_2)^T = (x_1, x_2)^T$ $= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x = \theta x$ と表わし、系の遷移方程式, 観測方程式は各々次のように与えられる。

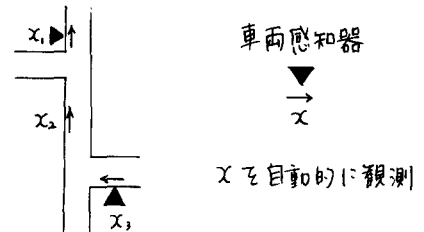


図-1 簡単な推定モデル

$$x(t+1) = \phi(t)x(t) + u(t) \quad \text{---- (1)} \quad y(t+1) = \theta x(t+1) + v(t+1) \quad \text{---- (2)}$$

ここで ϕ は遷移行列, u , v は誤差ベクトルである。

【a】KFモデル x の推定値を $\hat{x}$ とすると $P(1)$, $\hat{x}(1)$, $R_u(t)$, $R_v(t)$, $\phi(t)$, θ を与える事により以下のアルゴリズムで計算される。 $K(t+1) = P(t+1)\theta^T[\theta P(t+1)\theta^T + R_v(t)]^{-1}$ ---- (3), $\hat{x}(t+1) = \phi(t)\hat{x}(t) + K(t+1)[y(t+1) - \phi(t)\hat{x}(t)]$ ---- (4), $S(t+1) = P(t+1) - K(t+1)\theta P(t+1)$ ---- (5), $P(t+2) = \phi(t+1)S(t+1)\phi^T(t+1) + R_u(t+1)$ ---- (6), 式(3)へ戻る。ここで $P(t)$, $S(t)$ は各々時刻 $t-1$, t までの観測量を用いて $x(t)$ を推定した時の推定誤差の分散共分散行列, R_u , R_v は各々 u , v の分散共分散行列である。

【b】ISRFモデル (a) における $P(1)$, $\hat{x}(1)$ の代わりに $W^{-1}(1)$, $\hat{x}_*(1)$ を与える事により以下のアルゴリズムで計算される。

$$\hat{b}(t) = W^{-1}(t)\hat{x}_*(t) \quad \text{---- (7)}, T_1 \begin{bmatrix} W^{-1}(t) \\ V^{-1}(t)\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^{-1}(t) \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{---- (8)}, T_1 \begin{bmatrix} b(t) \\ V^{-1}(t)y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{b}(t) \\ e(t) \end{bmatrix} \quad \text{---- (9)},$$

$$\hat{x}(t) = Y(t)\hat{b}(t) \quad \text{---- (10)}, T_2 \begin{bmatrix} U^{-1}(t) & 0 \\ -Y^{-1}(t)\phi^T(t) & Y^{-1}(t)\phi^T(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F(t+1) & G(t+1) \\ 0 & W^{-1}(t+1) \end{bmatrix} \quad \text{---- (11)},$$

$$T_2 \begin{bmatrix} 0 \\ \hat{b}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a(t+1) \\ b(t+1) \end{bmatrix} \cdots (12), \text{ 式(8)へ戻る.}$$

ここで、 $U(t)$, $V(t)$, $W(t)$, $Y(t)$ は各々 $R_u(t)$, $R_v(t)$, $P(t)$, $S(t)$ のコレスキー分解行列、 T_1 , T_2 はハウスホルダー法によって構成された直交正規行列である。

(C) 重回帰モデル 図1の記号を用いれば具体的には次のように表現される。 $x_2 = ax_1 + bx_3 + c \cdots (13)$ 最小自乗法により定数 a , b , c の最確値を求め、以後の推定計算に用いる。

なお、(a)(b) の中 (t) を決める (系を同定する) 時に K 下モデル, I SRF モデルが使える。

推定パターン 観測 感知器	単純 推定 交通量	単純 誤差率	加重平均 誤差率
9	93+94	0.130 0.276	0.197 0.528
10	"	0.402 1.571	1.744 8.594
90	"	0.127 0.370	0.166 0.604
93	"	0.105 0.219	0.157 0.300
94	"	0.092 0.193	0.134 0.332
105	"	0.243 2.131	0.819 9.783

3. 適用例 図2に示す長野市県庁通り道路網の各感知器から得られた5分間交通量のデータを用いて断面交通量を推定した結果の一部を記す。



表1, 2において変数1は当日の交通状態量の一次平滑値と前日のそれとの差を改めて当日の交通状態量とした事、変数2は当日の交通状態量の一次平滑値を当日の交通状態量とした事に対応している。又、上段の誤差率は午法あるいはパターンの全体的な適用精度を、下段のそれは午法の柔軟性を明らかにすると思われる。まず表1は、断面交通量を推定するにはその断面のオー車線に感知器を設置するのが最も有効な事を示唆している。この推定パターンを用い、各推定午法の適用性を探った結果が表2に示されている。これを見ると、計算時間を考慮せず1つの感知器からの情報だけでという条件ならば、KFモデル, ISRFモデルの制御理論が良好な結果を与えている事が分かる。又、全体的な精度の良さは変数1にあるが、柔軟性は変数2にあると思われる。

表1 感知器が1つの場合の各パターンの誤差率法へKF, 変数1
上段~平日8日間の誤差の平均値
下段~パターンが変化(1)日の誤差

推定午法 モデル	単純 推定 交通量	単純 誤差率	加重平均 誤差率
KF モデル	1	0.058 0.119	0.076 0.171
		0.082 0.092	0.132 0.130
	2	0.098 0.105	0.155 0.145
ISRF モデル	1	0.058 0.114	0.079 0.159
		0.098 0.105	0.155 0.145
	2	0.098 0.105	0.155 0.145
重回帰 モデル	1	0.088 0.193	0.096 0.207
		0.495 0.470	0.498 0.475
	2	0.495 0.470	0.498 0.475

表2 各午法の推定誤差

4. おわりに 車線の多い場合、観測感知器を増やした場合、(94)→(93+94)交通状態量として時間オキパンスーを用いた場合の結果とそれらの総合的な考察については当日発表する予定である。交通状態量は様々な交通制御パラメータに影響されると思われるが、モデルがそのような交通制御パラメータを含んでいなくともある程度の精度と柔軟性が得られればあて取込必要はないと考える。

(参考文献) 奥谷, 木田「感知器によって計測されていない交通状態量の推定」

第23回自動制御学会講演会前刷