

(株)豊田中央研究所 正員 辻 純良

正員 高橋理一

鈴木和彦

1. まえがき

旅行時間は渋滞度を表わすよい指標であって、交通流制御の質的向上をはかるための有力な入力情報である。現在、各種感知器や通信方式を用いたいくつかの旅行時間計測手段が検討されているが、精度や使用上の制約からまだ十分とはいえない。ここでは、車長・車高・車色感知器情報から、2地点を通過する車両を同定することによって、路上施設のみで直接旅行時間を計測する方式の可能性を調べている。車高の一点を用いる同定法でも有効との結果を得ているが、今回はさらに同定精度を上げるため車高の全点を用いた同定法について解析した結果を報告する。検討は実感知器に代えて、VTR画像の読取りデータによった。

2. 車両の同定法

上・下流の2地点を通過する車両が同一であると判定する方法として、車高プロフィールについては統計的パターン認識の一種である相互相関係数を尺度とする方法を用いた。車長については計測誤差を、旅行時間については交通流の分散を考慮した次に述べる一致確率法を用いた。同定処理に先立ち、雑音データと計算のムダを除くため候補データの切出しを行った。全体の処理フローは、候補データの切出し、車両の同定、平均旅行時間の算出よりなる(図1)。

(1) 候補データの切出し: 切出しは、旅行時間、車長、車高および車色について行った。旅行時間については、上流iデータと下流jデータの通過時刻差 t_{ij} が、平均旅行時間を中心とする分散範囲内にあるものとして切出した。車長と車高については、それぞれ計測誤差範囲内にあるものとして切出した。車色については類似色の組合せにより切出した。

(2) 同定法: 旅行時間の一致確率は上下流区間ABの旅行時間が正規分布に従うものとして求めた。いまAB間の旅行時間の期待値 m と分散 σ_x^2 が分かっているとすると、上流の通過時刻 T_i と下流の通過時刻 T_j の時間差 $t_{ij} = T_i - T_j$ の出現確率は

$$\phi_{t_{ij}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left[-\frac{(t_{ij} - m)^2}{2\sigma_x^2}\right] \quad \text{---- (1)}$$

であって、周期内の期待値と分散がさほど変化しないとすれば、 $\phi_{t_{ij}}$ が i, j 車両の旅行時間に関する一致確率を与える。

車長の一致確率はA, B地点の車長の真値が計測値まわりに正規分布するとして求めた。A, B地点の車長の計測値がそれぞれ l_i, l_j であるとするときの真値が l であるとする確率を $P_{l_i}(l), P_{l_j}(l)$ とするとA, B地点の車長が同一車長である確率は、それぞれの分散(計測誤差)を $\sigma_{A,l}^2, \sigma_{B,l}^2$ として

$$\phi_{l_i, j} = \int_0^\infty P_{l_i}(l) \times P_{l_j}(l) dl = \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{A,l}} \exp\left[-\frac{(l-l_i)^2}{2\sigma_{A,l}^2}\right] \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{B,l}} \exp\left[-\frac{(l-l_j)^2}{2\sigma_{B,l}^2}\right] dl = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_{A,l}^2 + \sigma_{B,l}^2)}} \exp\left[-\frac{(l_i-l_j)^2}{\sigma_{A,l}^2 + \sigma_{B,l}^2}\right] \quad \text{--- (2)}$$

により与えられる。

車高プロフィールの一致する確率はA, B地点の車両の n 部位($n=1, 2, \dots, N$)の車高をそれぞれ $h_{i,n}, h_{j,n}$ として相互相関係数を用いて次式により与えられる。

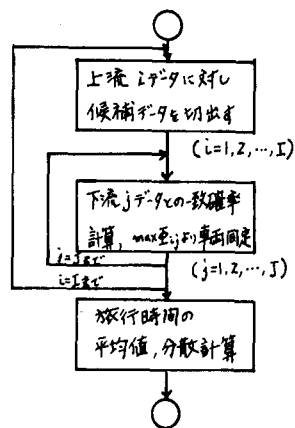


図1 車両同定のフロー

$$\phi_{h,l,j} = \frac{\sum_{i=1}^N (h_{i,j} - \bar{h}_j)(h_{i,j} - \bar{h}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (h_{i,j} - \bar{h}_j)^2 \sum_{i=1}^N (h_{i,j} - \bar{h}_j)^2}} \quad (0 \leq |\phi_{h,l,j}| \leq 1) \quad \text{---(3)}$$

ただし $\bar{h}_i, \bar{h}_j$: i, j 車両の車高の平均値, N : 車高のデータ数

車両の一致する確率は、個々の要素が独立であるとする
もとに、それぞれの一致する確率の積であるから

$$\Phi_{l,j} = \phi_{h,l,j} \times \phi_{l,l,j} \times \phi_{h,l,j} \quad \text{---(4)}$$

として求められる。ここで J を候補データの全体として

$$\hat{j} = \max_j \{ \Phi_{l,j} \mid j=1, 2, \dots, J \} \quad \text{---(5)}$$

とすることにより、上流 i 車両に対し最も一致する確率の
高い $\hat{j}$ 車両が同定される。

(3) 旅行時間の推定： 平均旅行時間および分散は、当
該周期内(5分)で同定されたデータ対の通過時刻差
 $t_{l,j} = T_j - T_i$ (ただし $\hat{j} = 1, 2, \dots, K$, K は同定されたデータ
全数)により求められる。

3. データ収集実験

名古屋市内国道41号南行きの4地点(図2)において、
TVカメラを用いて、ビル屋上より撮影した。同時に車番
照合調査を行った。車両は大型車のみを対象にした。

4. 解析結果

実感知器の計測精度に合わせるため、実測データをベース
にBox & Müller法による正規乱数より模擬データを作成して
解析した。車長、車高の計測誤差は各々5%、10%とした。

(1) 同定精度はリンクの長短に左右されず(図3)、交
通量の大小にもさほど影響を受けない(図4)ので多くの
道路に適用できる。同定正解率 Γ は76.4%、旅行時間誤差
率 e_t は5.9%であって(図3)、交通流制御にとって十分な
精度が得られた。(車高データを補間すると $\Gamma=79.5\%$,
 $e_t=5.1\%$ を得る。単なる一致確率法に比べて Γ は約5%向
上する)。

(2) 車長と車高の2情報による組合せでも $\Gamma=70.9\%$,
 $e_t=7.3\%$ であり十分な精度が得られる(図5)。この場合
はより簡易な計測システムを構成できる。

(3) 交差点渡り情報は、有効であるが必ずしも必要では
ない。したがって分岐率の大きな交差点でも、感知器は出
口のみに配置すればよい(表1)。

上記結果より、当方式の実交通流における有効性が確認
された。

謝辞： 実験に際し御支援頂きました愛知県警瀬田卓夫研究官、トヨタ自動車広瀬登彦氏に感謝の意を表します。

Ref 1) 辻, 他「車両同定による旅行時間計測」第6回交通工学研究発表会 論文集 pp.31~33, 昭和57年11月

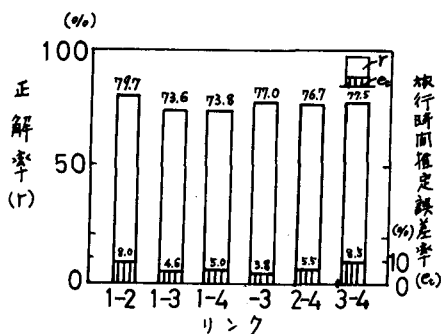
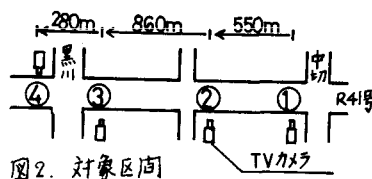


図3. リンク別正解率

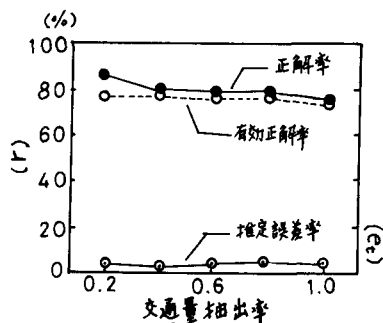


図4. 交通量大小の影響

表1. 交差点渡り情報有無の比較

	表中数字は正解率 (%)		
	リンク		
	1-4	2-4	3-4
渡り情報有	73.8	76.7	77.5
〃 無	73.6	76.4	76.2
差	0.2	0.3	1.3

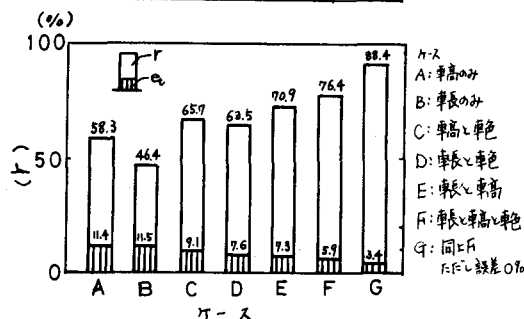


図5. 使用情報の組合せと正解率の関係