

## 交通流画像の計測手法

Measuring Techniques of Traffic Flow with Image Processing

高羽 禎 雄\*・兼 子 隆\*

Sadao TAKABA and Takashi KANEKO

## 1. ま え が き

道路における交通現象の把握には、写真撮影やVTR等の画像を利用する方法が極めて有力である。しかし、これらの方法では通常、画像の収録に要する人手と時間に比べて、結果の処理と解析にはるかに多くの人手と時間を要する。我々はこのような処理の省力化と迅速化をはかる目的で、映像信号の電氣的な抽出・処理を行うオンラインリアルタイムシステムを開発し、通過車両台数の計測等が可能であることを示した。<sup>1)~3)</sup>

ここでは、さらにその計測手法の妥当性の実験的検証を行うとともに、長時間計測を可能にするための基準輝度の自動調整等の手法の改良をすすめ、その有効性を確めた<sup>4)~5)</sup>ので報告する。

## 2. 計測手法とその改良

図1は本システムの構成の概要を、写真1は計測の対象とする画像の例を示す。このシステムでは画面の全画素を処理する代りに、写真1に示すような複数個のサンプル点で輝度(濃淡)の信号を抽出し、デジタル化したのち、小形計算機で実時間処理を行っている。

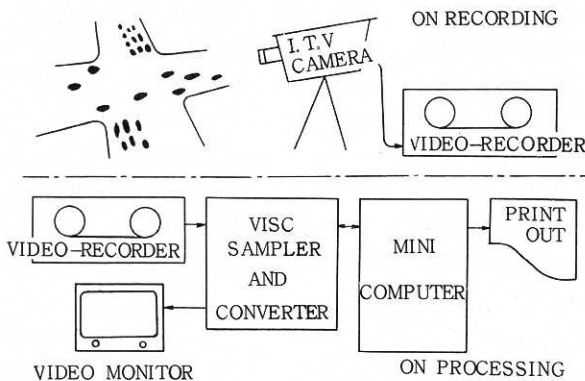


図1 計測システムの構成

## 2.1 計測手法

写真1に示すような交差点流入部における通過車両台数の計測手法としては、数種の計測手法の比較検討の結果、次のような方法がもっとも良い結果を示すことが判った。<sup>2), 3)</sup>



写真1 計測対象とした交差点の全景

レーン毎の車両動線(走行軌跡)が比較的安定していることから、サンプル点としては各レーン当り1点とし、映像信号の各フレーム(1/30秒)毎に得られる輝度値  $I(n, t)$  ( $0 \sim 7$ の8レベル)を道路部分の濃淡を示す基準輝度値  $L_U, L_L$ と比較して、輝度値が道路部分のそれと異なる時に車両が存在すると判定し、その指標  $p(n, t)$ に変換する。すなわち

$$i) I(n, t) > L_U \text{ または } < L_L \text{ の時}$$

$$p(n, t) = 1$$

$$ii) L_U \geq I(n, t) \geq L_L \text{ の時}$$

$$p(n, t) = 0$$

ただし、 $n$ はサンプル点番号、 $t$ は1/30秒を単位とする時刻である。

次にこの  $p$  の系列に基づき、車両部分であるか否かの判定を行う。まず、車両部分である状態  $P(n, t) = 1$  およびそうでない状態  $P(n, t) = 0$  の二つの状態を設定する。すなわち

$$i) P(n, t) = 0 \text{ の時}$$

$p$  が  $\Delta$  回連続して1の場合、 $P = 1$ に変化させる。

$$ii) P(n, t) = 1 \text{ の時}$$

$p$  が  $\Delta'$  回連続して0の場合、 $P = 0$ に変化させ、以降  $\Delta'$ の間  $P = 0$ に固定する。

すなわち、 $\Delta$ 回連続して  $p$ が1か0かの判定によって光学的、電氣的雑音を除去し、 $\Delta'$ の間  $P = 0$ に固定するのは、一般に車両の後尾に雑音(残像)が現れやすいが、一定時間以下の間隔では後続の車両が存在しないという交通流の性質を利用して雑音の除去および1車両内での輝度変化により1台を2台以上に数える誤計測を防ぐ効

\*東京大学生産技術研究所 第3部

果がある。なお、通過車両台数は、このPの1から0、または0から1の変化の回数から求められる。

2.2 基準輝度の自動調整

以上に示した手法では、道路部分の輝度値に相当する基準輝度値を計測の最初に設定し、以降固定して計測を行っている。この場合には、天候や朝、昼、夕等の時間帯の差によって画面全体の明暗が変化した場合、以降の計測が困難になる。

ここでは、表1に示すような天候等の変化に伴う道路部分の輝度値の変化と車両の通過に伴う輝度値の変化の相違点を利用し、条件付き指数平均によって基準輝度の自動調整を行った。

表1 天候等の変化に伴う道路部分の輝度変化と車両の通過による輝度変化の相違点

両者の相違項目	道路部分の輝度変化	車両の通過による輝度変化
輝度値の時間的变化	ゆるやか	急激
輝度値の変化幅	小	大

条件付き指数平均の定義式を示すと

もし  $|\hat{I}(n, t-1) - I(n, t)| \leq \alpha$  ならば

$$\hat{I}(n, t) = \hat{I}(n, t-1) \cdot (1 - \epsilon) + I(n, t) \cdot \epsilon \quad (2-1式)$$

もし  $|\hat{I}(n, t-1) - I(n, t)| > \alpha$  ならば

$$\hat{I}(n, t) = \hat{I}(n, t-1) \quad (2-2式)$$

ただし、 $\hat{I}$ ……指数平均に基づく基準輝度値  
 $\alpha$ ……推定基準輝度値の変化幅  
 $\epsilon$ ……指数平均の係数

すなわち、(2-1式)では、時刻  $t-1$  での基準輝度値  $\hat{I}(n, t-1)$  と時刻  $t$  の輝度値  $I(n, t)$  の差が  $\alpha$  以内の場合は、天候等の変化に伴う道路部分の輝度変化と考えられるので、指数平均式によって基準輝度値を算出する。(2-2式)では、両者の差が  $\alpha$  を越える場合には、 $I(n, t)$  が車両の通過に伴う輝度変化と考えられるので、基準輝度値を変化させないでいく。

上記の  $\hat{I}$  は、最終的に道路部輝度値の上下限としての  $L_u, L_L$  に変換し、前記の車両判定の手法によって計測を行う。パラメータ  $\alpha, \epsilon$  の適当な範囲は、理論的に推定されるが、後に示すように実験によって求めた。

3. 計測結果

ここでは、通過車両台数に関して上記の車両判定の手法による実験結果と手法の改良による実験結果を示す。

3.1 通過車両台数の計測の精度

上記の車両判定の手法では、パラメータとして  $d, d'$  を実験によって定める必要があるが、予備的な実験では  $d = 3 \sim 5, d' = 20$  のもとで計測誤差が充分小さいことが示された。この結果に基づいて  $d = 4, d' = 20$  を選び、写真1に示す画像を対象として交通信号周期13周期3レーン分にわたる通過車両台数の計測を行った。この時の道路部輝度値として  $L_u, L_L$  は、ともに輝度値0~7のうち3の値に設定した。

図2に3レーン中の1レーンについて、各交通信号周期ごとの目測値と計測値との比較を示す。

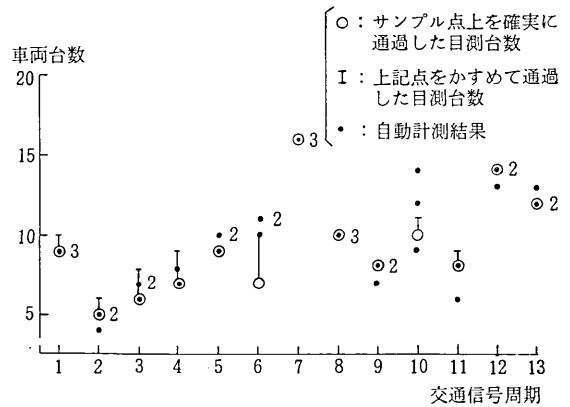


図2 各信号毎の目測と計測値との比較

図中の○印およびたて棒は、目測値でそれぞれ確実にサンプル点上を通過した車両台数とサンプル点をかすめて通過した車両台数とを示し、●印は、計測値で、かたわらの数値は同じ計測値が重複して得られた回数を示す。交通信号周期  $C_{10}, C_{11}$  以外は、目測値とほぼ同じ値を示し、異なる場合でもたかだか1台程度である。交通信号周期  $C_{10}, C_{11}$  が目測値と計測値とが大きく異なっているのは、この間で天候がかわったことによって道路部の輝度値が変化したためである。ここでは、この2周期を比較の対象から除いてその結果を検討する。

表2に、3レーン総通過車両台数の計測結果を示す。

表2 交通信号10周期間の目測と計測値との比較

目測値	A	A'	B	C	S
	292	31	15	9	317台

計測結果

試行回数	1	2	3	4	5
計測結果	319	310	301	306	312台
計測誤差	2.6	0.3	3.3	1.7	0.3%

表2では、目測値を次の五つに分けて示した。

- A……サンプル点上を確実に通過した車両の総台数  
 A'……" をかすめて通過した "  
 B……二つのサンプル点間を通り抜けた車両の総台数  
 C……二つのサンプル点をまたいで通過した車両の総台数 (大形車 etc)  
 S……3レーンの通過車両の総台数

目測値から交通信号周期11周期間にサンプル点上を通過した車両の総延べ台数は、 $A + A' = 323$  (台)、うち確実なもの  $A = 292$  (台) であるので、上記の試行5回の計測結果は全て  $A$  と  $A + A'$  の間の範囲に入っている。また、 $B$ 、 $C$  を考慮すると、各サンプル点上を通過した車両の総台数の目測値  $S - B$  に対して、計測値から大形車両等のように二つのサンプル点をまたいで通過し、二重に計測されているもの台数  $C$  を差し引いたものとを比較し、計測誤差を求めると、表2に示すように2~3%の結果を得た。

また、単に  $S$  との比較でも2~3% (ただし試行3回目を除く) を得たのは、 $B$  と  $C$  との差が全体の通過車両台数に対して約2%と、影響が少なかったためである。

以上の結果から、多くの種類の車両輝度パターンに対して、この車両判定の手法がかなり精度の高い計測を可能にしていることが判る。なお、以上のデータ処理に要した時間は、結果の出力を除けば1フレームにつき5msecである。

### 3.2 自動調整による精度

長時間計測を可能とするために、天候等の輝度変化に対して上記の車両判定の手法を正常に動作させる方法を2.2で述べた。この手法で用いるパラメータである推定基準輝度値の変化幅  $\alpha$ 、指数平均の係数  $\epsilon$  の適当な範囲は、理論的には  $\alpha$  として1.25~1.75、 $\epsilon$  として数%と予想される。ここでは、 $\alpha$  として1.50、 $\epsilon$  として1~4%に変化させて実験を行った。

まず、天候の変化に伴い道路部分の輝度値が変化している状態について調べる。図2の交通信号周期の10、11周期目がこれに対応し、改良以前の手法では計測値と目測値とが大きく違っている。これに対し、2.2の基準輝度の自動調整の手法を適用すると、 $\epsilon = 1 \sim 4\%$  でほぼ目測値を示す良い結果を得た。

一方、この基準輝度の自動調整の手法が色々な車両輝度パターンに対し、道路部分の輝度値が変化しない場合にも正常に動作するか否かの実験を行った。

図3に、上記と同じ交通信号周期13周期にわたる計測を行った結果を示す。計測結果から、 $\epsilon = 1, 2\%$  の時には、比較的目測値に近い値を示し、道路部分の輝度値が変化しない場合でも車両輝度パターンによって基準輝度値が変動せずに動作しているが、 $\epsilon = 3, 4\%$  と指数平均の係数を大きくするにしたがって車両輝度パターン

によって基準輝度値が変動し、結果として目測値からずれてくることが判った。したがって、 $\epsilon = 1, 2\%$ 、 $\alpha = 1.50$  に設定しておけば、天候等による道路部分の輝度値の変化に対して自動的に追従し得るという見通しを得た。なお、この基準輝度値の自動調整の機能を付加したプログラム実行所要時間は、3サンプル点、1フレームごとで約10msecであった。

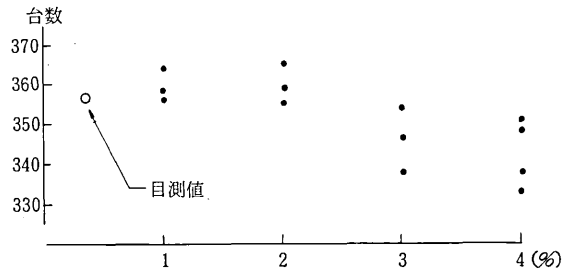


図3 3レーン信号13周期における指数平均係数  $\epsilon$  に対する総通過台数の計測結果の変化

## 4. あとがき

ITVの映像信号から複数個のサンプル点で画像情報を抽出し、処理するオンラインリアルタイム処理システムを開発し、交差点流入部における通過車両台数に対し、約30分間にわたる3レーン総通過車両台数の計測で、計測誤差2~3%という結果を得た。また長時間計測に必要な天候や朝、昼、夕等の時間帯の差による画像の輝度変化に対しても条件付き指数平均の導入によって変化に追従し得ることを確認した。また、長時間計測に必要な車両動線の抽出、車両の影の処理については現在検討中である。

本システムは、交通管制システム等において交通流のリアルタイム計測に実用化されているループ式感知器や超音波式感知器を用いるシステムと比較し、計測精度が劣らず、柔軟性に富んでいる点で、交通工学上の調査・観測や交通管制システムの計測端末として広い範囲の利用が可能であると考えられる。(1977年8月25日受理)

## 参考文献

- 1) 高羽, 谷口, 田代「画像情報の抽出にもとづく交通流の計測システム」昭和49年度電子通信学会全国大会, 2396 (1974.7)
- 2) 高羽, 谷口, 兼子「画像情報の抽出・処理による交通流計測」生産研究 27, 10 (1975.10)
- 3) 兼子, 高羽「画像情報の抽出に基づく交通流計測の一手法」昭和52年度電子通信学会全国大会, 1003 (1977.3)
- 4) 高羽, 兼子「画像情報の抽出・処理に基づく交通流計測」電子通信学会技術研究報告 IE76-84, (1977.2)
- 5) 高羽, 兼子「交通流画像計測手法の改良について」昭和52年電気学会全国大会, 1639 (1977.7)