

画像情報の抽出・処理による交通流計測

Measurement of Traffic Flow with Sampling and Processing of Video Signal

高羽 禎 雄*・谷 口 忠 勝*・兼 子 隆*

Sadao TAKABA, Tadakatsu TANIGUCHI and Takashi KANEKO

1. まえがき

道路における交通流計測の手段としては、写真撮影やビデオテープレコーディング等の画像を利用する方法が極めて有力であり、従来からメモーションカメラやITV等がひろく利用されている。しかし、これらの機器では、通常収録した画像から所望の情報を得るために多くの人手による長時間の作業を必要とする。このような解析作業の自動化を目的として、ディスプレイ装置と光学的検出器を組合せた情報処理システム¹⁾等が提案されている。ここではより直接的で高精度の解析を行ない得る方法として、ITVによって得られる映像信号から電氣的に情報を抽出、変換し小形計算機でデータ処理を行なうシステムを開発し²⁾、通過車両台数の計測等の実験例によってオンラインリアルタイム処理が充分可能であることを確かめたので報告する。

2. 計測システム

計測システムの構成の概要を図1に示す。ここでは

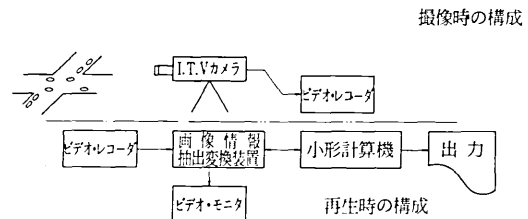


図1 計測システムの構成の概要

ビデオカメラからビデオレコーダに収録された映像信号を再生、処理する場合を示しているが、ビデオレコーダを介さずに直接処理することも原理的には可能であ

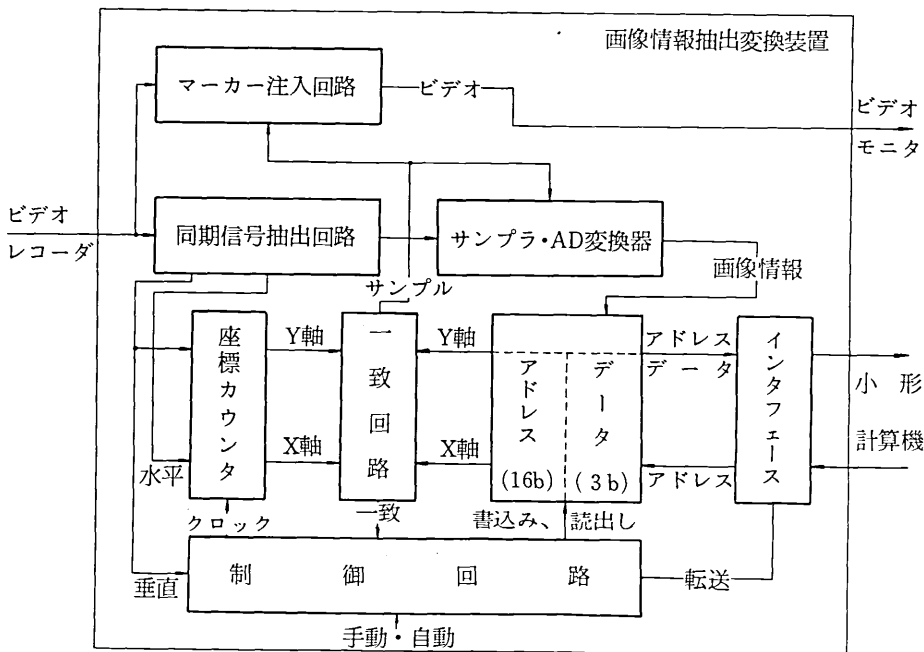


図2 画像情報抽出変換装置

* 東京大学生産部技術研究所 第3部

研究速報

る。このシステムにおいて、画像情報抽出変換装置は映像信号から垂直及び水平同期信号を取出すと共に、これらを時間基準として指定された複数個の点で信号を1フレーム(1/30sec)又はその整数倍の周期でサンプルし、A-D変換する。このデータは一時記憶された後小形計算機に転送される。1フレームの前半(奇数フィールド)がサンプリング及びA-D変換に、後半(偶数フィールド)が転送に当てられる。ビデオモニタは通常の受像機で、画像をモニタ表示すると共に、画面上でのサンプル点の位置を白点を用いたマーカーによって示す。

画像情報抽出変換装置はこの目的のために開発・試作されたもので、図2はその構成を示す。

画面上のX座標及びY座標は座標カウンタによって表示される。X軸及びY軸カウンタはそれぞれ水平及び垂直同期信号によってリセットされ、前者は内蔵のクロックパルス発生器出力をカウントし、後者は前者の桁上げ出力をカウントする。サンプル点のアドレスはメモリ中に若い番号順に記憶されるものとし、メモリから読出されたアドレスと座標カウンタの内容が一致した時点でサンプルパルスが発生し、同時にビデオモニタへの映像信号にマーカーが注入され、次のアドレスが読出される。

入力映像信号は日本のテレビジョン標準方式のものとはほぼ同一(但し飛越し走査は行っていない)の合成映像信号で、白レベル+0.3V、黒のペDESTALレベル-0.3V、帰線消去信号レベル-0.6V程度の振幅をもつ。本装置ではペDESTALレベルで直流再生を行ない、サンプルホールド回路及び並列比較形のA-D変換器で輝度に対応するデジタル値(輝度値)に変換する。輝度値の最小及び最大のものに対応する画面の濃淡(輝度レベル)は、A-D変換器の比較基準電圧を可変にすることにより調節可能であり、これによって計測に好都合なような対応づけを選ぶことができる。

電子計算機へのデータ転送は偶数フィールドの始まりに相当する垂直同期信号によって割込みを発生し、プログラムチャンネルを介して語単位の並列転送で行なわれる。アドレスの書換えが必要な際には、これに引続いて計算機から本装置へのアドレス転送が行なわれる。

表1は本装置の仕様の概要を示す。

図3は計算機におけるデータ処理の手順を示したものである。計測の開始、終了、サンプリング間隔等はフルキーによってマニュアルに指定される。計測中のリアルタイム処理は前述の割込みによって起動され、割込み処理、データ転送及びデータ1次処理を含む。本システム(計算機としてFACOM U-200を使用)

表1 画像情報抽出変換装置の仕様の概要

垂直同期信号周波数	60Hz
水平同期信号周波数	15.720KHz
クロックパルス周波数	4.024MHz
メモリ語数	16語
メモリビット数	
X軸アドレス	8
Y軸アドレス	8
データ	3
サンプリング時間	500nsec
A-D変換時間	1μsec
A-D変換レベル数	8
1語の転送時間	110μsec

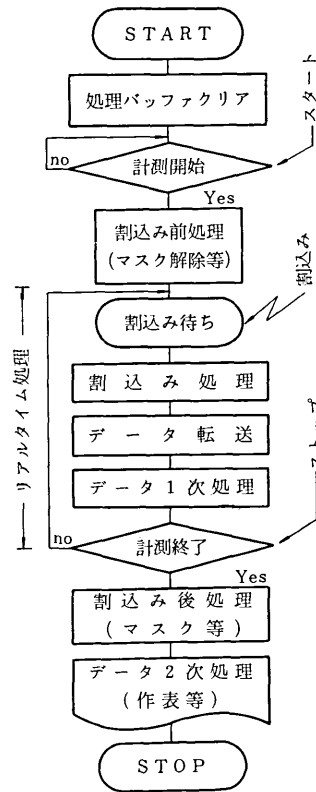


図3 データ処理の手順

の動作例では転送語数16語の場合前二者の所要時間は合計2.2msecであるので、フレーム毎にサンプリングを行なっても約30msecがデータ1次処理に利用できる。作表等のデータ2次処理は計測終了後にオフライン処理として行なうことができる。

3. 計測手法の一例

このシステムを用いて通過車両台数の計測を試みたので以下に述べる。

計測の対象とした画像は、10階建てのビル屋上にビデオカメラを固定し、1交差点のほぼ全体を視野に納めて撮像したものである。画面中のサンプル点は交差点流入部の車両動線上に、進行方向と垂直に3点を取った。

図4はその中の1点から得られるデータの輝度分布を車両が通過していない期間と通過している期間に分けて示したものである。なお前述の画面の濃淡と輝度値との対応は、道路部分が輝度値3に、また車両の白色部分が輝度値7になるように調節されている。

図5は車両が通過した場合に観測される輝度値の時

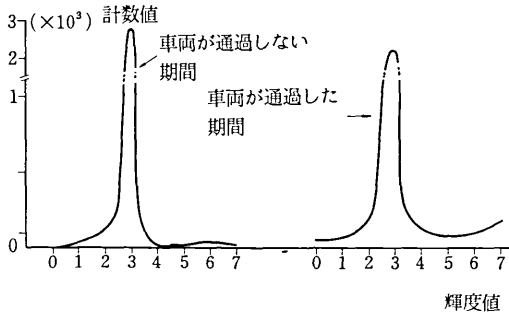
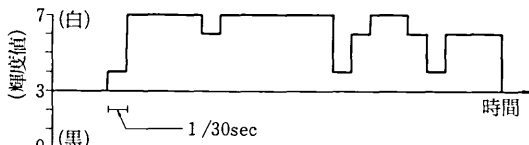
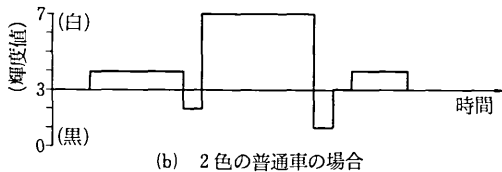


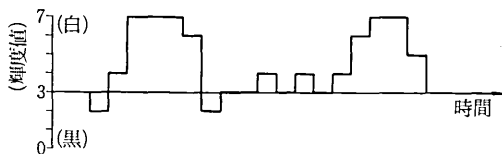
図4 輝度分布



(a) 白色の普通車の場合



(b) 2色の普通車の場合



(c) (a)の車両についてサンプル点を車両の端近くにとった場合

図5 車両の輝度パターン例

系列パターンを示したものである。同図a及びbはサンプル点が車両動線の中央にある場合、同図cはサンプル点がこれと約0.5m強隔たり車両の端に近い部分が通過する場合と同図aと同一の車両に対するものを示している。

図4及び図5からあきらかなように、車両の輝度値が道路部分のそれと異なることを利用して通過車両の検出が可能であることは予想されるが、そのためにはサンプル点を適当な位置に設定する必要があると同時に、光学的なあるいは電気的な雑音や同一の車両内における濃淡の変化による車両台数の計数誤りを除去するくふうが必要である。ここではそのために次のような手法を用いた。

まず、各サンプル点で時刻 $t=iT$ ($T=1/30\text{sec}$, i は整数) 毎に得られる輝度値 $H_i(X, Y)$ を、車両の存否を表わす指標 P_i に変換する。すなわち

$$P_i = 1 \quad H_i > L_u \text{ または } H_i < L_l \quad \text{の時}$$

$$= 0 \quad L_u \geq H_i \geq L_l \quad \text{の時}$$

但し L_l, L_u は道路部分の輝度値の上下限を示す。

次にこの P_i の系列に基づいて車両部分であるか否かの判定を行なう。判定のアルゴリズムとしては次の4つのもを試みた。いずれのアルゴリズムにおいても車両部分であるという状態 $P=1$ 及びそうでないという状態 $P=0$ の2状態を設定し、通過車両台数は P の0から1または1から0の変化の回数を計数することによって知ることができる。

アルゴリズム I

i) $P=0$ の時、 $P_i=1$ を生じた後 $P_{i+1}=1$ を生ずる迄に $P_k=1$ ($i \leq k \leq j$)となるものの数が $P_k=0$ となるものの数よりも Δ だけ多い場合に、 $t=jT$ において $P=1$ に変化させる。

ii) $P=1$ の時、 $P_i=0$ を生じた後 $P_{i+1}=0$ を生ずる迄に $P_k=0$ ($i \leq k \leq j$)となるものの数が $P_k=1$ となるものの数よりも Δ だけ多い場合に、 $t=jT$ において $P=0$ に変化させる。

すなわち、図6に示すように $0 \sim 2\Delta$ の範囲で動作し、 $P_i=1$ または0で加算または減算を行なう可逆カウンタを用意し、その計数值 N_i を、 $P=0$ で $N_i=\Delta$ なら $P=1$ 、 $N_i=2\Delta$ に、 $P=1$ で $N_i=\Delta$ なら $P=0$ 、 $N_i=0$ に変化させる。

アルゴリズム II

i) $P=0$ の時、 P_i が Δ 回連続して1となった時点で $P=1$ に変化させる。

ii) $P=1$ の時、 P_i が Δ 回連続して0となった時点で $P=0$ に変化させる。

すなわち、図7に示すようにIの場合と同じ可逆カウンタで $P=0$ の場合 $P_i=0$ によって、また $P=1$ の場

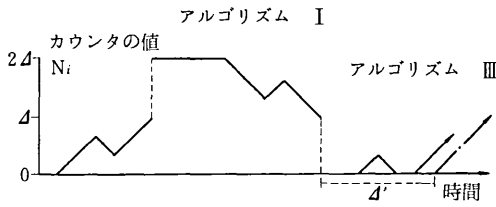


図6 アルゴリズム I, III

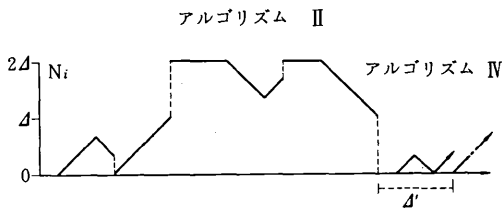


図7 アルゴリズム II, IV

合 $P_i=1$ によってリセットする方法である。

アルゴリズム III, IV

アルゴリズム I, II に対してそれぞれ最低車両間隔 Δ' を設定して $t=kT$ で $P=1$ から $P=0$ に変化したならば, $t=(k+\Delta')T$ 迄は $P=0$, $N_i=0$ とすることをつけ加えた方法である。

以上4つのアルゴリズムによる通過車両台数の計測結果を図8 a~dに示す。計測に当たっての設定条件は

- サンプル点の数 3
- 1回の計測時間 約 33sec
- サンプル点走行実車両台数 11台
- 道路部分の輝度値 $L_u=L_L=3$
- Δ 2~8
- Δ 20

同図では, 3つのサンプル点のうち車両の動線の中央に設定したものの結果を示す。この計測では, Δ が小さな時は, 実車両数より多く, 大きな時は, 逆に少なくなりその間の Δ に対しては, 広い範囲で, 実車両数を示すことが, 望まれる。4つのケースの中では, アルゴリズム I は実車両数より多く計測し, かつ同じ Δ に対して再現性がない。これは, 各種の雑音や車両輝度パターンによる車両存在信号の生成, 割れがまだ取り除かれていないことを示す。アルゴリズム II は, I より改善され, $\Delta=5$ では, 実車両数を示すが, Δ の範囲

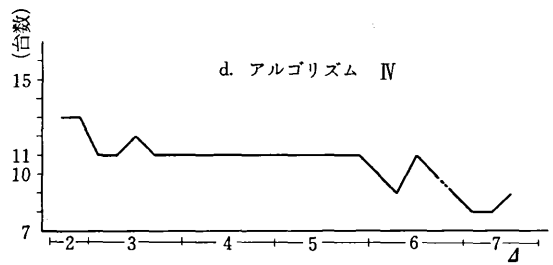
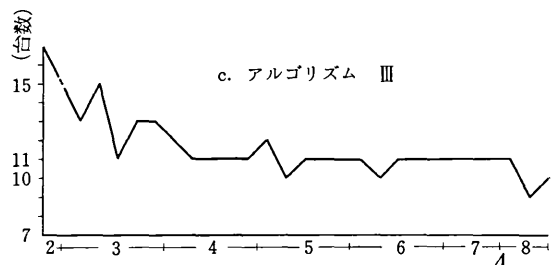
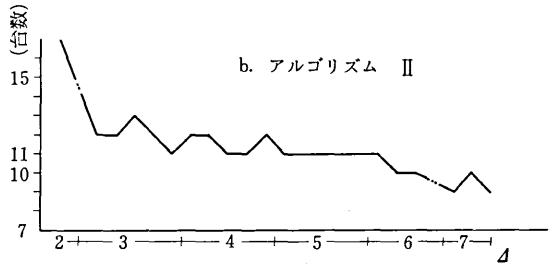
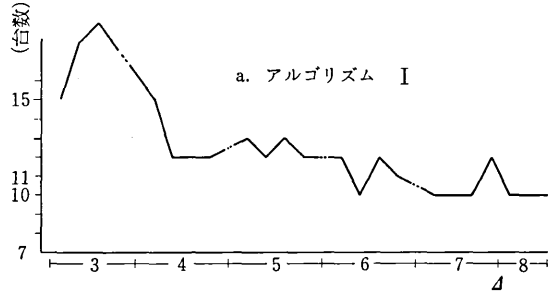


図8 通過車両台数の計測結果

がせまい。アルゴリズム III は, I, II より, さらに改善されより広い Δ の値域に対して, 実車両数を示している。アルゴリズム IV では, Δ が 3~5 (延べ走行車両台数165) に対して, 1回1台多く計測しているにすぎない。この4つのケースでの比較では, 最低車両間隔を考慮することにより, 精度の高い計測結果が得られることがわかった。

以上のデータ処理は結果の出力を除いて, 全て図3に示すデータの1次処理として行なわれ, 3サンプル点についての1フレーム毎の所要時間は約5 msecであった。

4. あとがき

ITVの映像信号から画像情報の抽出・処理を行なうシステムを開発し、交差点における通過車両台数の計測に応用して、計測誤差1%程度の測定が可能であるという見通しを得た。道路部分の輝度変化や走行車両の動線の移動に対処し得るような方式の開発が望ましいが、これらは輝度値の処理方法のくふうや複数のサンプル点のデータの関連性に着目した処理方法を採用することにより、充分可能であると考えられる。

この計測方法における重要な問題として車両の影による計測誤差があり、その解決方法については検討中である。

このシステムは、現在交通流のリアルタイム計測システムとして実用されているループ感知器または超音波感知器を用いるシステムと比較して、交差点内の車両の複雑な挙動を計測するのに適しており、またこれらの既存の種類の感知器の適当な設置位置を定める道具としても有用であろうと考えられる。

(1975年8月18日 受理)

参考文献

- 1) 苅屋公明, 中西恒彦, 南原英生: 波高分析器による交通情報の測定, 昭和49年電気学会全国大会, 1108(1974.3)
- 2) 高羽禎雄, 谷口忠勝, 田代文之助: 画像情報の抽出に基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)

東京大学生産技術研究所報告 刊行

第24巻7号(英文)

武田 光夫・小瀬 輝次著

STATISTICAL-ERROR ANALYSIS OF OPTICAL TRANSFER
FUNCTIONS OBTAINED BY THE DIGITAL FOURIER-TRANSFORM METHOD

(デジタルフーリエ変換法によるレスポンス関数の統計的誤差の解析)

レスポンス関数は光学系の点像あるいは線像のフーリエ変換で定義されるので、この測定法はフーリエ変換を光学的あるいは電気的に行なうアナログ方式と、クーリー、ターキーが開発した高速フーリエ変換のアルゴリズムを用いて計算機で行なうデジタル方式とにわけられる。現在はなおアナログ方式が測定の主流をしめているが、最近ではレンズの性能向上にともない高空間周波数領域の測定が不可欠となりつつあり近い将来デジタル方式に移行するものと思われる。この論文はデジタル方式によるレスポンス関数の測定誤差、とくに受光系の光電変換の際に加わるノイズによる統計的な誤差を理論的に解析したものである。

内容は 1) デジタル方式によるレスポンス関数測定の過程を行列方程式で記述し、任意の走査法による統計的な誤差の期待値を誤差行列を用いて一般的に表わし、単スリット走査法、エッジ走査法、また著者らの提案した多重スリット走査法等の具体的な例についてこれらを求め、これらの走査法の相互比較を誤差の観点から行ない、どの走査法がよいかという従来の多くの議論に対する最終的な解答を与えている。2) 通常の測定ではレスポンス関数の絶対値がよく用いられるので、これの統計的誤差の期待値を議論している。3) 多重スリット走査法はアダマール分光の方式をレスポンス関数の測定に応用したものであるが、試作した装置を用い前記の理論結果を実証するとともにこの方式の有用性を議論している。

(1975年9月発行)