

ビデオ画像による 車両挙動計測システムの開発について

A Study on the Precise Extraction and Measurement of
Two-Dimensional Movement of Individual Passing Vehicle

山本 平・桑原雅夫・赤羽弘和・越 正毅

by Taira YAMAMOTO, Masao KUWAHARA, Hirokazu AKAHANE, Masaki KOSHI

It is required to analyze the microscopic behavior of vehicles at the uninterrupted or weaving sections in traffic engineering. Therefore, it is useful to develop the measuring system which can track the individual vehicle automatically. At the first stage, this paper describes a study on the precise extraction and measurement of two-dimensional movement of individual vehicle from the image recorded by the fixed video camera. Such an experimental system has been developed to measure the vehicles' movement such as lane changing. However, some problems remain to be solved for the practical applications in general conditions.

1. はじめに

交差点、織り込み区間、あるいは高速道路のトンネルやサグは、道路網において交通容量上のボトルネックとなっている。これらの区間における交通流の挙動を詳細に把握することにより、交通容量をより正確に評価し得る。そのためには、右左折や車線変更のような車両の準二次元的運動を、場合によっては数100mにもわたり連続的に追跡する必要がある。

現在までに画像処理手法を用いた交通流計測システムに関する研究では、道路のある一断面における

交通量、速度、密度などの巨視的な諸量を計測するシステムが開発されるに至っている。しかしながらこうした研究は交通制御、すなわちオンライン・リアルタイムの実現に主眼が置かれ、実用的な処理速度を実現するためにミクロな諸量を計測することは困難であった。

道路交通工学の分野においては、巨視的諸量の観測だけでなく、車線変更、追従挙動のようにある程度長い区間における微視的挙動を観測したいという需要が高い。従来から車両挙動の記録には、ビデオ装置が用いられていたが、その画像解析には多くの人手と時間を必要とし、一方、これら多量の情報を有する動画の自動処理のためには、大規模な記憶装置と高速の演算装置を含む高価な情報処理システムを必要とするため、交通現象解析の自動化の実現は困難視されていた。しかし、最近のビデオ機器やコンピュータの発達・普及と相俟って、画像処理手法を用いた交通現象解析は現実的なものとなりつつある¹⁾。

- * 学生会員 東京大学大学院工学系研究科
** 正会員 Ph.D 東京大学生産技術研 助教授
(〒106 港区六本木7-22-1)
*** 正会員 工博 千葉工業大学工学部 助教授
(〒275 習志野市津田沼2-17-1)
****正会員 工博 東京大学工学部 教授
(〒113 文京区本郷7-3-1)

本研究では、複雑な交通現象解析の一翼を担うべくビデオ画像から個々の車両の挙動をオフライン処理により自動計測するシステムの開発を行うことを目的としている。本稿ではまずその第1段階として基礎的な知見を得るために、市販のビデオカメラを用い、ビル上層階にカメラを固定し、交差点をほぼ真上から道路が画面の左端から右端へ約120mほぼ直線的に撮影した画像を用い、個々の車両を正確に抽出し追跡するような実験システムの開発を試みた。

2. 処理装置の概要

図1に画像処理装置の接続状況を示す。簡易なシステムとするためにCPUにはパソコンを用いている。まず撮影された映像をビデオテープから光磁気ディスクに記録し直す。ここで光磁気ディスクを用いているのは、フレームごとにアドレスを持ったアナログデータとして記録されているため、検索やコマ送りなどの1フレーム単位での処理が容易なことから、パソコンからの信号により簡単に制御できるからである。アナログデータは、A/D変換器を通じて512*512画素、RGB各256階調(1byte)のデジタルデータに変換されフレームメモリに記憶される。フレームメモリに記憶されたデータの処理は本体のCPUで処理される。処理画像は再びD/A変換されてモニターに表示される。

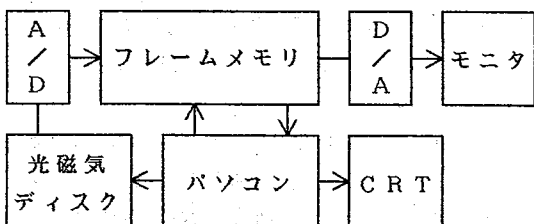


図1 処理装置の接続状況

3. 処理アルゴリズム

処理のフローを図2に示す。撮影された画像から移動物体を抽出する方法としては、処理対象画像と背景画像との輝度差を利用する方法が一般的であるため、本論文でも背景画像を用いる。ここで背景画像とは車両が存在しないときの画像のことである。

また、鉛直撮影された画像であるので、車両の重なりについては考慮していない。

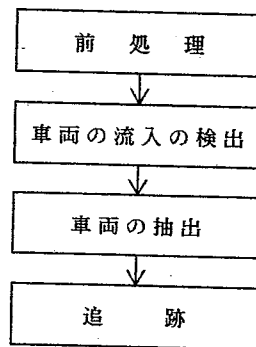


図2 処理のフロー

(1) 前処理

前処理では、処理範囲の設定、流入車両検出点の設定、背景画像の取得を行っている。

本研究では比較的長い範囲にわたって計測可能なシステムを目指している。そのとき、撮影された画像中の道路部分は横断方向長さに比べ縦断方向長さの割合が高い。そのため1フレームのすべてを処理範囲とすることは非効率であり、車両が通行可能である部分を網羅するようにマニュアルで処理範囲の枠を設定する。

処理枠は同時に車両の流出入が行われる部分である。そこで、流出入の検出点をその枠上で車線中央に位置するよう、同じくマニュアルで設定した。

背景画像は次のようにして取得する。処理範囲内の各画素について輝度の時間変化をとると図3に示すように、車両の通過時には輝度レベルが大きく変化する。背景画像の輝度レベルを得るためには通過車両がないときの輝度レベルをとればよい。そこで、1画素ごとに輝度レベルの時間変化に対する頻度分布をとると、その最頻値を与える輝度が背景輝度と考えられる。

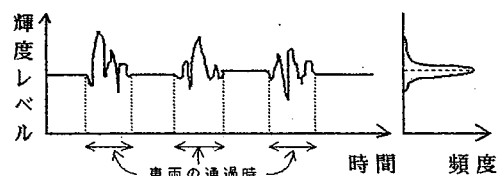


図3 輝度レベルの時間変化と頻度分布

しかし実際には、ビデオカメラの特性のムラや時間的不安定によるノイズが含まれるため、輝度を256階調で表現した場合は車両が通過しない部分であっても輝度が時間的に一定値をとるとは限らない。そこで階級数を50階級程度にした頻度分布から最頻値を求め、背景輝度を求めている。

(2) 車両の流入の検出

前処理で設定した検出点での輝度変化を見る。車両が検出点を通るとき、検出点の輝度は大きく変化する。そこで、検出点輝度が背景輝度に比べて大きく変化してから再び背景輝度に安定したときに車両の流入が完了したとみなしている。

(3) 車両の抽出

a) 車両の存在領域の抽出

先にも述べたように本論文では背景画像を利用した抽出処理をおこなう。まず、処理画像と背景画像の差画像を求め、差画像上では背景より明るいものは正の輝度を持ち、暗いものは負の輝度を持つ。そこで、差画像上で輝度の絶対値がある閾値以上の所には何か物体が存在すると判断する。

車両の存在領域の抽出は以下のようにして行う。差画像上で輝度の絶対値がある一定値を越える画素について、縦断方向に対して横断方向の頻度分布をとる(図4・a)。車両が存在すればその頻度は高くなっているので、ある閾値を越える領域には車両が存在する可能性があるとして判断する事により、縦断方向について車両の存在・非存在領域を区分することができる。次にその車両の存在領域について、上記と同様の処理を今度は横断方向に対して施すことにより、存在領域をさらに狭めることができる(図4・b)。その狭められた存在領域について再び縦断方向に同様の処理を施す(図4・c)。このような処理を繰り返すことにより個々の車両の存在領域が抽出される。

b) 影の処理

ここで抽出された領域には影も含まれているため、そのまま車両として認識することはできない。影は一般には背景画像よりも輝度が低いため、差画像では負の値をとる。しかしながら、差画像の輝度が負になる部分が影であるとは一概にはいえない。なぜならば輝度の低い車両やフロントガラスなどの部分あるいはレーンマーキング等の背景輝度の高い部分

も相対的に低い輝度であるため、差画像が負の値をとるからである。逆に言えば、差画像が大きな正の値をとる部分については車両が存在するといえる。また、抽出された領域について輝度を見ると、車両の周縁部に特に強く影が現れる傾向にある。これらに着目し、影の除去を行う。

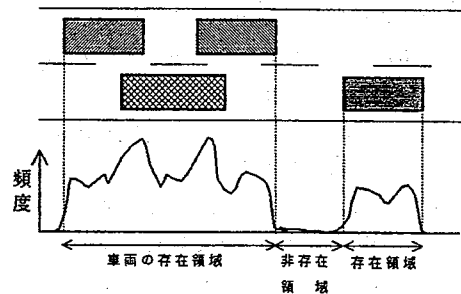


図4・a

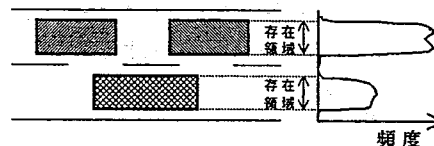


図4・b

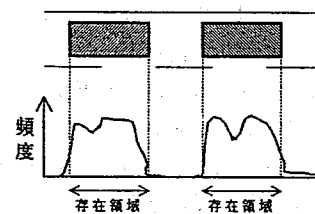


図4・c

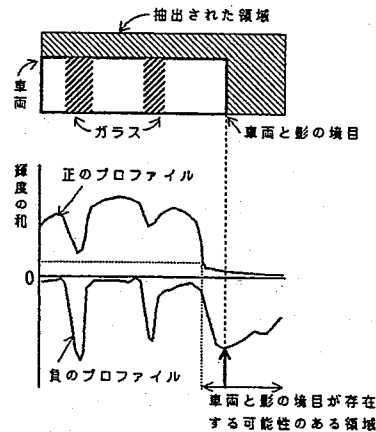


図5 影の処理

例えば、縦断方向の影を除去することを考えた場合、まず、差画像の値が正のもの、負のもの別々に縦断方向に対して横断方向の和を取り、そのプロファイルを描くと図5に示すようになる。ここで、正のプロファイルに着目し、左右端から連続する大きい値よりも小さい値の領域を決める。これによりまずは車両と影の境目が存在する可能性のある領域に絞っている。次に、絞られた領域内で影がもっとも強くでているところが車両と影の境目であるとし、その領域内で負のプロファイルが最小値を与えるところを影と車の境目と判断する。このようにして縦断方向について車両と影を区分する。横断方向についても同様の処理を行うことで影を除去する。

このようにして車両のみを抽出することができ、この抽出された車両について固有のデータとして車両の幅、長さ、各画素の輝度、現在位置、方向ベクトルを与える。次の画面からはこれらのデータを用いて追跡を行う。

(4) 追跡

追跡は前画面上の車両が次の画面のどの車両に対応しているかという対応付けにより行う。(3) a)で述べた抽出処理を行った後、前画面での位置から進行方向にもっとも近い車両の存在する領域に対して、幅、長さが大幅に小さくないかどうか適合度を判定し、適当であれば領域内部で車両の輝度データと比較を行い、差の絶対値の和が最小となることを車両の位置と判断する。不適当と判定された場合には次に近い領域に対して判定を行う。こうした判定を上流側に位置する車両から順次行うことにより、誤対応を防ぐ。

4. 実験結果

先の画像に対してサンプリング間隔0.2秒で約2分間、本システムを適用した。その結果、抽出処理においては横断歩道上など背景輝度の高い部分の割合が多いところでは、確実に抽出することができないものもあった。そこで、流入検出と車両抽出の位置をレーンマーキング等が比較的少ない部分に限定した場合には、輝度の高い車両、低い車両共に正しく抽出された。もちろんこのように抽出が正しく行われるのは、背景画像に誤りがない場合であるが、交差点の上流部では、背景画像を取得する際車両の低

速走行や停止による影響で、正しい背景画像を得られないこともあった。

抽出が正しく行われた場合には、追跡時の誤対応は全くなかった。これはサンプリング時間が短かったため、車両の急激な挙動変化がなかったからである。

5. まとめ

実験結果より車線変更のような横方向の動きも含めて個々の車両の挙動を把握する可能性を確認した。しかし、交通現象解析のシステムとするには以下に示すような課題についての検討を要する。

- ・交差点上流部や渋滞時は背景画像に車両の影響が現れることがある。
- ・本システムによる処理結果は閾値に影響され易い。今回の実験では試行実験により求めた値を用いたが、様々な条件下での最適閾値に対する検討が必要である。
- ・道路の線形が大きく湾曲している場合や右左折車両など車両が回転する場合に関して検討を要する。
- ・更に広範囲を捉えた画像に対して適用した場合、車両一台の占める割合が小さくなりノイズの影響を受けやすい。撮影範囲に対しても検討を要する。
- ・off-line処理を許容しているため処理時間の検討は行なわず、また標定を行っていないため精度についても触れなかったが、今後実用に耐え得るシステムとするためには、検討せねばならない重要な事柄である。
- ・現実問題として、解析対象地点の近辺に高いビルなどがあるとは限らない。ヘリコプター等から撮影した(カメラが固定されていない)場合も考慮する必要がある。

これらの課題のうち一部については既に検討を加えており、今後のシステムに加えるつもりである。また、今回は十分な適用結果を示すことができなかったが、今後さらに適用実験を重ねる予定である。その結果については講演時に触れたい。

参考文献

- 1) 橋本俊昭、村井：ビデオ画像による交通流計測
日本写真測量学会平成1年秋季学術講演会論文集