

車両計測システムによる CCTV 画像データの活用

都市交通研究室 野村 大輔
指導教員 松本 昌二
佐野 可寸志
土屋 哲

1. 本研究の背景と目的

交通量、旅行速度等の交通データは、将来の道路計画や都市計画を策定する上で必要不可欠な資料として利用されている。これらのデータの取得は、調査員を配した人手観測が基本となっているため、調査コストがかかる。近年公共投資の縮減からこの調査コストを圧縮することが求められている。また、自動車専用道路では調査員の安全を確保する必要がある。

近年は、トラフィックカウンタが設置されている自動車専用道路における交通量調査において、調査コストの縮減のために、トラフィックカウンタを利用するケースが増えている。しかし、現状では設置されていない道路も存在し、道路にトラフィックカウンタを設置するには、2車線の道路で1箇所通常のトラフィックカウンタで約1,000万円、簡易トラフィックカウンタで約500万円のコストがかかってしまう。また、埋没式のトラフィックカウンタでは工事による車線の通行止め等により交通状況に影響を与えてしまう等問題もある。

一方、新潟国道事務所が管理する直轄道路（管理延長約300km）には道路管理を目的にCCTVカメラが設置率約70%と広く整備されている。特に、新潟市を東西に横断する新潟東西道路においては、CCTVカメラが各インターチェンジに1台以上と高密度に設置されている。

このことから、このCCTVカメラを利用して画像解析による交通量調査が可能となれば調査コストの縮減につながる。また、管理目的以外に使用されていないCCTVカメラの利活用方法にもなる。その他にも、新たにインフラを整備せずに、全I.C間の交通量、旅行速度の取得が可能であり、リアルタイムでの観測や、曜日変動・季節変動の分析、旅行速度の5分、10分単位での集計が可能となるなど様々なメリットがあるといえる。

そこで本研究では、新潟東西道路に設置されているCCTVカメラを活用し、本研究室で開発が行われてきた車両計測システム TrackerM を使用し

て、交通量、旅行速度の交通データの自動取得を行う。そして、CCTV画像解析による交通量、旅行速度の交通データの計測精度を検証し、車両計測システム TrackerM の問題点を把握し整理する。

2. TrackerM における測定方法

本研究で使用した車両計測システム TrackerM は、8×8ピクセルを1ブロックとして画像を分割しブロック単位に車両の認識を行い、交通量や車両の走行軌跡などの交通データを取得するシステムである。次に、交通量、旅行速度の測定方法を説明する。

2-1. 交通量の計測方法

交通量は、車両がディテクタに流入することにより発生する車両オブジェクトを追跡することにより求める。次に、ディテクタと車両オブジェクトの詳細を説明する。

■ ディテクタ

交通画像中（図-1）の車線毎にディテクタ（画像処理による車両検出センサー）を設定する。ディテクタは、道路に車両が存在しない場合と存在する場合の画像の明度差をとり、その差が閾値以上になった場合に車両の流入を認識する。車両は通過する車両の動きベクトルが角度、大きさの条件を満たした場合に車種を決定し、車両オブジェクトを発生させる。ディテクタ通過中の車両について動きベクトルを累積（動きベクトルの累積値が車長に相関性があるため）し、閾値処理により小型車・大型車の車種判定を行う。

■ 車両オブジェクト

車両オブジェクトはブロック単位に車両領域の情報を管理し画面中の車両を追跡し、車種や車両の走行軌跡データ等を管理する。車両が画面中から消える際には車両オブジェクトも消滅し、消滅時に車両の走行情報をファイルに出力する。

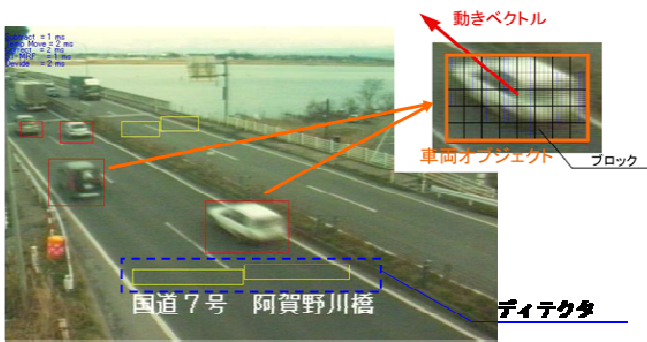


図-1 車種別交通量の測定法



図-2 旅行速度の測定法

2-2. 旅行速度の計測方法

交通画像中(図-2)に任意の区間(約15~20m)を設定する。車両オブジェクトの保持する走行軌跡データ(車両の重心位置を追跡)を用いて、計測区間の流入ラインと流出ラインの通過時間差と区間距離(中央ラインの白線が5m間隔であることから推測)を算出し、車両の速度を計測する。車両の速度は式(1)、時間帯別旅行速度は式(2)により計測する。

$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{(FrameB - FrameA)}{30} \\ V &= 3.6 \cdot \frac{L}{T} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

ここで、Tは走行時間[Sec]、FrameAは流入ラインA通過フレーム、FrameBは流出ラインB通過フレーム、Vは走行速度[Km/h]、Lは計測区間長[m]である。また、式(1)中の30は映像1秒中のフレーム数で、フレームを秒に換算する係数であり、式(1)中の3.6はm/sをKm/hに換算する

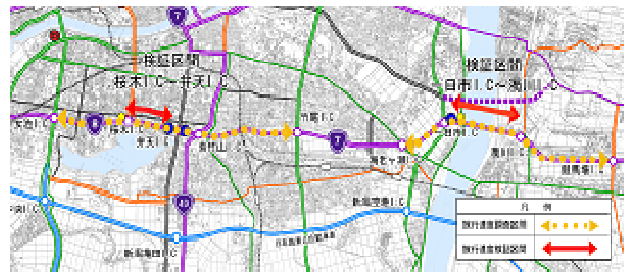


図-3 調査対象箇所

係数である。

$$V_{Ave} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \dots (2)$$

ここで、Viは対象時間帯の各車両の速度、nは対象時間帯の車両台数である。車両の重心が正確に計測でき、計測区間L=20mあることを仮定すると、この手法の速度誤差は時速50Km/hで走行する車両の場合、4.6Km/h程度である。

3. 調査の概要

画像解析は、交通データ取得システムTrackerMを使用して行う。検証する項目は交通量、旅行速度であり、調査する項目は交通データ取得システムTrackerMによるCCTV画像解析、トラフィックカウンタ、人手観測・GPS旅行速度調査である(表-1)。

調査対象箇所は、新潟東西道路の桜木I.C、一日市I.Cであり、GPS調査による旅行速度の計測区間は、桜木I.C~弁天I.C間、一日市I.C~濁川I.C間を走行区間として設定した(図-3)。

調査日は、晴天、雨天、降雪の天候条件で計測できる2007年1月16日、2月2日、2月15日の3日間を選定し、朝ピーク時間(7:00~9:00)、オフピーク時間(13:00~15:00)、夕ピーク時間(17:00~19:00)の各2時間を設定した(表-2)。

表-2 天候条件

時間帯	桜木I.C			阿賀野川橋			強風のため管理目的に使用
	1/16	2/2	2/15	1/16	2/2	2/15	
朝ピーク							
オフピーク							
夕ピーク							

: 晴天 : 雨天 : 降雪

表-1 検証項目と調査項目

調査項目	TrackreM (CCTV)	トラカン	人手観測 (CCTV画像目視) GPS調査
交通量	桜木I.Cカメラ	神道寺 (上り, 下り)	桜木I.Cカメラ
	阿賀野川橋カメラ	一日市	阿賀野川橋カメラ
旅行速度	桜木I.Cカメラ	神道寺 (上り, 下り)	桜木I.C~弁天I.C間
	阿賀野川橋カメラ	一日市	一日市I.C~濁川I.C間

4. ベンチマークデータの作成

TrackerMの台数精度を比較する上で、真値とするベンチマークデータを作成した。ベンチマークデータは、人手観測による桜木I.C及び阿賀野川橋の交通量、速度検証のためのプローブカーによる区間旅行速度データを整理し分析に用いた。次に、ベンチマークデータの作成方法を説明する。

■ 車種別交通量

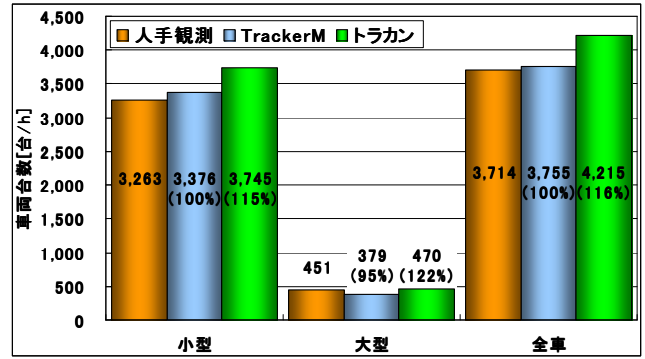
交通量は、CCTV画像を目視による人手観測により方向別・車種別に区分して計測し、交通量の数値が2度一致するまで繰り返し行った。

交通量の車種区分は道路交通センサスに基づく8車種区分で車線毎に10分間隔で計測し、ベンチマークデータは、トラフィックカウンタの集計単位である1時間で集計した。また、TrackerMの車種別交通量の出力が小型・大型の2車種区分であるので、2車種分類で再度集計した。

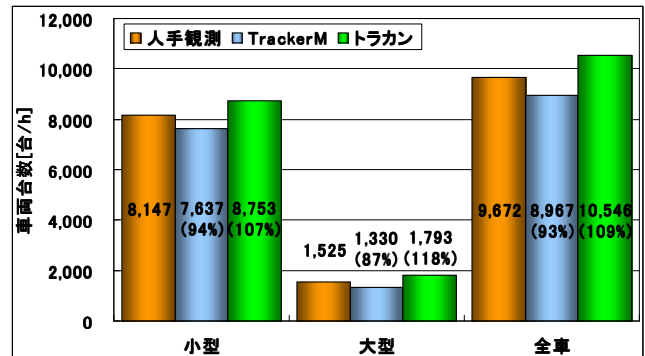
■ 区間旅行速度

旅行速度は、検証する対象区間を桜木I.C~弁天I.C間、一日市I.C~濁川I.C間とし、プローブカーによるGPS旅行速度調査を行った。実際の走行区間は、調査対象区間をカバーするように、女池I.C~竹尾I.C間、海老ヶ瀬I.C~競馬場I.C間を設定した。

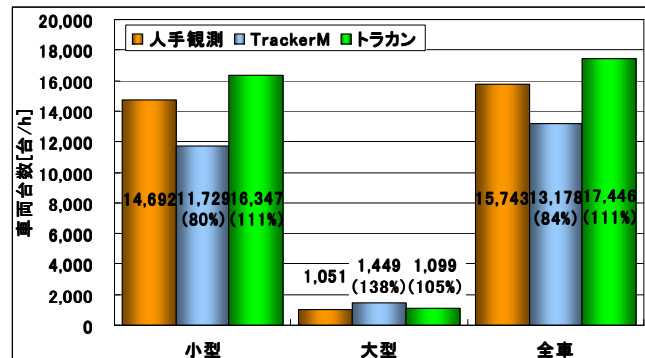
調査は各調査区間で1時間に5回走行を行い、平均値を対象時間帯の旅行速度とし、区間長は、基点・終点I.CのI.C橋の中心点間の距離とした。



(a) 朝ピーク時間帯



(b) オフピーク時間帯



(c) 夕ピーク時間帯

図-4 晴天時の交通量計測精度

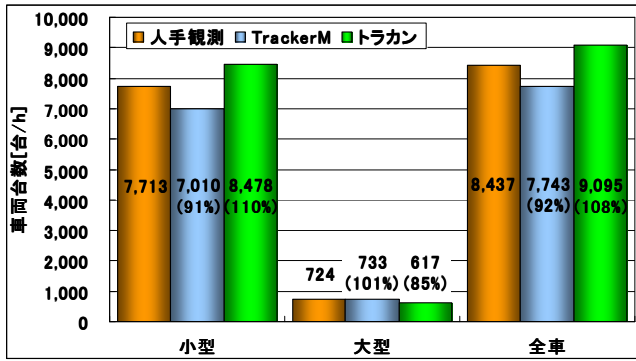
5. 画像解析の結果及び考察

交通量は、地点・方向・天候・車種別に集計し比較を行った。ここでは、桜木I.Cの上り方向について説明する。括弧内のパーセンテージはベンチマークデータと比較した際の車両台数の的中率である。

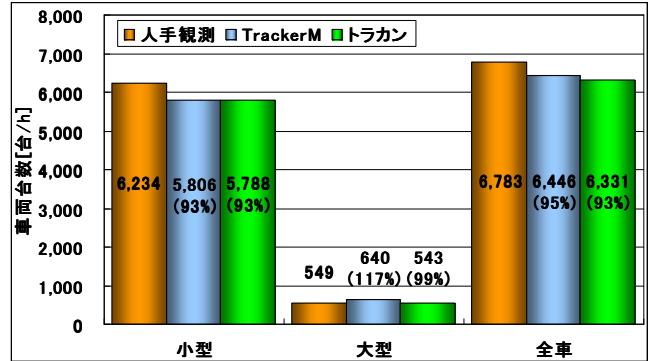
5-1. 車種別交通量の分析

■ 晴天時の桜木I.C上り方向の車種別交通量

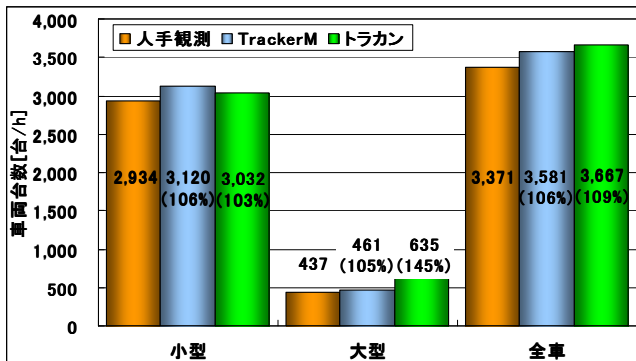
朝ピーク時間帯は真値とTrackerMの全車台数の誤差が0% (41台) とほぼ一致し、オフピーク時間帯は誤差が7% (705台) であった。特に、



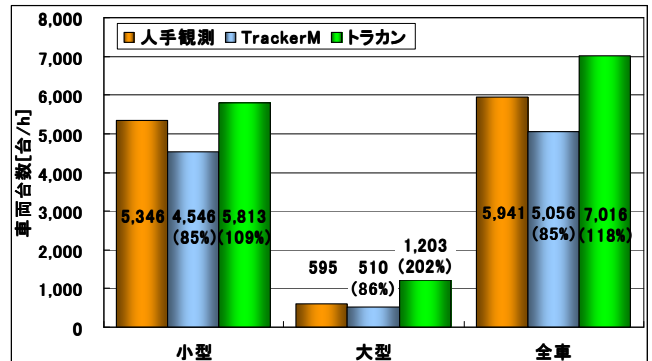
(a) 朝ピーク時間帯



(a) 朝ピーク時間帯



(b) オフピーク時間帯



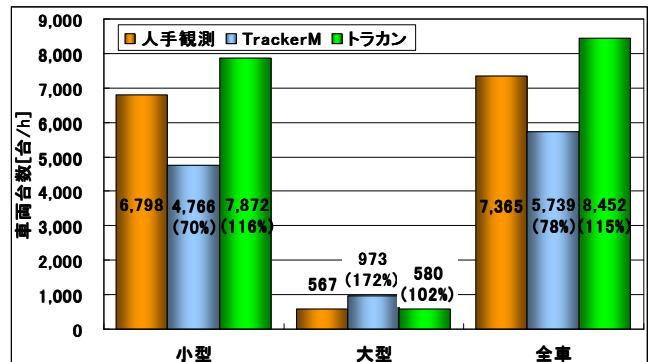
(b) オフピーク時間帯

図-5 雨天時の交通量計測精度

朝ピーク時間帯の小型車の誤差が 0% (113 台) とベンチマークデータとほぼ一致し、大型車の誤差も 5% (72 台) 以内に収まっている。しかし、オフピーク時間帯の大型車の誤差が 13% (195 台) と良くなかった。また、夕ピーク時間帯は全車台数の誤差が 16% (2,565 台) と 8 割程度しか車両を認識していないことがわかった。トラフィックカウンタのデータは、TrackerM の全車台数の車両台数的中率と比較して、どの時間帯においても 10%~15%多く台数を計測していた。(図-4)

■ 雨天時の桜木 I.C 上り方向の車種別交通量

朝ピーク時間帯は、真値と TrackerM の全車台数の誤差が 8% (694 台)、オフピーク時間帯は、誤差が 6% (210 台) であった。特に、朝ピーク時間帯の大型車の誤差が 1% (9 台) に収まっている。また、トラフィックカウンタのデータは、TrackerM の全車台数の車両台数的中率と比較して、オフピーク時間帯において誤差 3% (86 台) とほぼ一致している。(図-5)



(c) 夕ピーク時間帯

図-6 降雪時の交通量計測精度

■ 降雪時の桜木 I.C 上り方向の車種別交通量

朝ピーク時間帯は、TrackerM の全車台数の誤差が 5% (337 台) であった。また、トラフィックカウンタのデータは、TrackerM の全車台数と比較して、朝ピーク時間帯において誤差 2% (115 台) とほぼ一致している。しかし、オフピーク時間帯の全車台数の誤差が 15% (885 台)、夕ピーク時間帯の全車台数の誤差が 22% (1,526 台) と良くなかった。特に、夕ピーク時間帯の大型車の誤差が 72% (405 台) とほとんど一致していないことがわかった。(図-6)



図-7 交通量が少なく計測されるケース 1



図-10 交通量が多く計測されるケース 1



図-8 交通量が少なく計測されるケース 2



図-11 交通量が多く計測されるケース 2



図-9 交通量が少なく計測されるケース 3

5-2. 車種別交通量の考察

交通量の計測精度の低下には、交通量が少なく計測されるケースと多く計測されるケースがある。次に、各々の事例について説明する。

■ 交通量が少なく計測されるケース

交通量が少なく計測されるケースの代表的な例として、図-7、図-8、図-9がある。

図-7では、車両が2台走行しているが1台しか計測していない。これは画像の奥側の解像度が手前側よりも低いためであることとカメラが正面から車両を捉えることができていないため起こっている。

図-8では、車両が2台走行しているが1台しか計測できていない。これは大型車と小型車が同時にディテクタに流入してきたため、大型車の車両オブジェクトと小型車の車両オブジェクトを分離できず、2台の車両を1台として認識してしまうためである。

また、図-7、図-8のようなケースが発生することによって車種判定に影響がある。特に、降雪時のタピーク時間帯に大型車の誤差が72%である等、小型車よりも大型車の計測精度に大きな影響を与えてしまっている。

図-9では、大型車の背後に小型車が隠れてしまい、2台走行しているのに1台しか計測できていない。これはカメラが正面から車両を捉えることができていないため起こっている。

この他の問題点は、カメラに付着した水滴によ

り車両の検出ができないことや日差しによる車両の影によって2台の車両を1台と認識することや小型車を大型車と認識すること、夜間時に暗色の車両を認識しないことがあった。

■ 交通量が多く計測されるケース

交通量が多く計測されるケースの代表的な例として、図-10、図-11がある。

図-10では、車両が1台であるのに2台計測している。これはライトが点灯することによって誤認識が生じ、1台の車両が2台に分離してしまっている。特に、夜間は路面が反射し、車両領域を大きく判定してしまうため、大型車の計測精度に影響が出てしまった。

図-11では、大型車が過分割されてしまっている。これは大型車の色合いが場所によって異なっているためである。

5-3. 旅行速度の分析

TrackerM及びトラフィックカウンタによる地点旅行速度、GPSプローブ調査による区間旅行速度の比較分析を行った。図-12は、2007年1月16日の桜木I.Cの旅行速度比較分析の結果である。

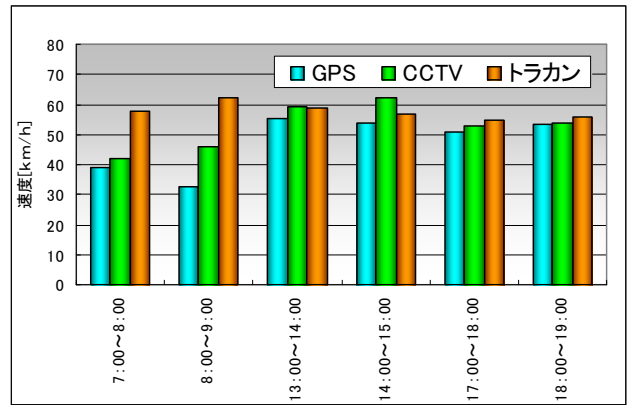
5-4. 旅行速度の考察

TrackerMの旅行速度は、朝ピーク時間帯においてGPS旅行速度調査の区間旅行速度に近い値を示している。また、オフ・タピーク時間帯はどのデータの速度の数値も近い値となった。よって、交通量の計測精度が低下する夜間等においても、CCTV画像解析によって速度は安定して計測できると考える。

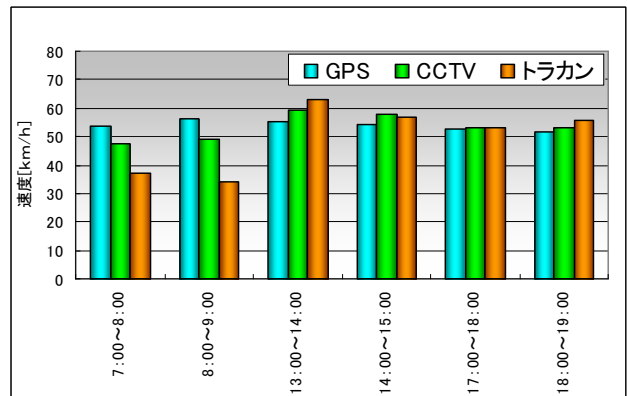
4. まとめ

本研究では、新潟東西道路に設置されているCCTVカメラを活用し、本研究室で開発が行われてきた画像解析システムTrackerMを使用して、交通量、旅行速度の交通データの自動取得し、CCTV画像解析による交通量、旅行速度の交通データの精度検証を行った。そして、その検証結果より、画像解析システムTrackerMの問題点を把握し整理した。

交通量は降雪時のオフピーク時間帯を除いて、朝・オフピーク時間帯は90%以上の車両計測精度が得られることがわかった。特に、晴天時のオフピーク時間帯は100%の計測精度が得られた。しかし、降雪時及び夜間は、85%程度の計測精度し



(a) 2007年1月16日 上り方向



(b) 2007年1月16日 下り方向

図-12 桜木I.Cの旅行速度比較分析

か得られなかった。

交通量の計測精度の低下する要因には、車両オブジェクトを分離できずに交通量が少なくなるケースと過分割してしまい交通量が多くなるケースがあることがわかった。

また、旅行速度はどの調査の値も近い値を示し、交通量の計測精度が低下する夜間等においてもCCTV画像解析によって速度は安定して計測できた。

今後実用化を検討するにあたって、交通量の車種判別精度の向上、及び悪天候、夜間の車両計測精度の向上が必要であると考えます。

参考文献:

- 1) 松田真宜, 松本昌二, 野村大輔: 新潟東西道路におけるCCTVを活用した交通調査手法の構築, 交通工学研究発表会論文報告集 No. 27, 2007
- 2) 松田真宜, 松本昌二, 佐野可寸志, 大平豊: 画像処理による車両挙動の抽出と交差点安全対策への応用, 土木学会新潟会研究調査発表論文集 No. 24, 2006.