

画像データを用いたマクロ交通指標の自動観測に関する検討*

Automatic Observation of Macroscopic Traffic Measures Using Image Data*

倉内文孝[†]・飛ヶ谷明人[‡]・イザベラケイロス[§]・飯田恭敬^{**}

By Fumitaka KURAUCHI[†], Akito HIGATANI[‡], Isabela QUEIROZ[§] and Yasunori IIDA^{**}

1. はじめに

都市活動の重要な一側面を担う都市高速道路において信頼性の高いサービスを提供するためには、リアルタイムで交通状況を把握し、渋滞や所要時間を予測しつつ適切に交通を管理する必要がある。筆者ら¹⁾は、阪神高速道路に設置された交通量検知器データを用いて、LWR モデル²⁾によって表現されるボトルネック周辺の交通挙動と観測データを比較した結果、代表される交通流理論では説明しきれない状況があることを確認している。また、交通量検知器を用いた断面観測では渋滞現象をうまくとらえることが困難であり、面的に交通流を観測することの必要性を明らかにしている。一方、ビデオカメラを用いて交通量を観測することは、カメラの低価格化に伴い広く普及しており、車両事故など突発事象の検知などにも活用されている。面的に交通現象を捉えることが可能であり、さらに後日状況を追認することが可能であることがビデオ画像を用いることの利点である。一方、最大の問題となるのが車両識別の精度であり、車両挙動データからのマクロ交通指標の算定方法である。本研究においては、ビデオ画像からの自動車両認識システムから得られた軌跡データからのマクロ交通指標算定方法と車両識別誤差に起因する指標値の算定誤差について検討する。自動観測システムと目視により車両観測を行ったケースとの認識誤差を検証するとともに、目視観測デー

* Keywords: 車両認識, 交通指標, 交通流解析

[†] 正員, 博(工), 京都大学工学研究科都市社会工学専攻(〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel 075-753-5126, FAX 075-753-5907, Email: kurauchi@urbanfac.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

[‡] 学生員, 京都大学工学研究科都市社会工学専攻

[§] 学生員, 京都大学工学研究科土木工学専攻

^{**} フェロー会員, 工博, 京都大学工学研究科都市社会工学専攻

タを用いた検知エリアと交通指標値の関係の考察、自動観測データの補正方法に関する試案を示す。

2. 車両挙動観測システムの概要

(1) 自動観測システム

本研究で用いた車両の自動認識システムは、住友電気工業株式会社によって開発されたものであり、そのシステムの認識精度改良について議論するのは本稿の目的ではなく、ある程度誤差を伴って得られた車両挙動から、以下に簡単かつ許容されるレベルの正確さでマクロ交通指標が取得できるか、ということが主たる検討内容となる。なお、自動観測システムでは個々の車両を 0.2 秒間隔で認識する。また、車両の移動速度を考慮して時点間の車両位置を検証し、同一車両と認識されたものについては同一の車両 ID が付与される。車両認識の際には後部バンパー中央値を参照点とし、車両認識結果によって得られたビデオ画面上の車両の位置は、レーンマークなどを用いてあらかじめ作成されている参照テーブルを用いて車両横断方向を X 座標、進行方向を Y 座標とする現地座標に変換される。出力データは、現在時刻、X、Y 座標値および車両 ID である。

(2) 目視観測システム

(1)で観測したデータの精度を確認するためには、車両の正確な位置データが必要であるが、全ての車両についてそれを計測することは困難である。また、本研究は車両認識精度自身を検証することが目的ではなく、その加工物であるマクロ交通指標の推定精度を検証することが目的であるため、個々の車両挙動に多少の誤差があっても大きな問題にはならないと考え、目視によって観測されたデータを真値とみなし、自動観測データと比較することとした。自動観測データと比較するために、ほぼ同様のデータが収集できるシステムを開発し各車両の軌跡を求めた(図 1)。なお、車両の不自然な挙動を避けるため、同じ車両 ID の座標を前 1 秒間で移動平均したもの

を用いた。本研究では阪神高速道路公団及び住友電気工業株式会社に協力を依頼し、試験的にデータを収集できた阪神高速道路3号神戸線の京橋オンランプ合流地点およそ80m、日時は2003/3/23午後3時40分～4時10分の画像データを対象としている。

(3) 両データの比較

自動観測データと目視観測データの車両挙動追跡結果を比較してみる。表1は15:52:30～15:53:00の30秒間の認識結果から計算できる車両位置のプロット数と車両ID数である。プロット数の比較より多くの車両認識ミスが発生していることと車両ID数の比較より同一車両を車両認識ミスによって見失うため、認識車両数が増加していることがわかる。

3. 車両挙動データからのマクロ交通指標計算方法

本研究で使った方法は Edie³⁾が定義した時空間データから交通量、交通密度、時空間速度を計算する方法である。図2に計算の概念を示す。区間長 Δl 、計測時間 Δt で定義される範囲を計測エリア（面積 $A = \Delta l \cdot \Delta t$ ）と呼ぶことにすると、交通量 q 、密度 k 、速度 u は、この区間内を走行した車両 i の走行距離 x_i と、計測エリア内の存在時間 t_i を用いて、以下のように計算することができる。

$$q = \sum x_i / A, \dots \dots \dots (1)$$

$$k = \sum t_i / A, \dots \dots \dots (2)$$

$$u = \sum x_i / \sum t_i = q/k \dots \dots \dots (3)$$

なお、これらの指標の意味するところを、図2を用いて考察しておきたい。元来 q はある断面を単位時間 Δt に通過する車両数であるが、ここでは、通過交通量の区間長 Δl での平均値と見なすことができる。同様に、 k は t から $t + \Delta t$ の間の空間密度の平均値となる。 u については、空間平均速度と定義することが一般的であるが、(3)は各時間断面での車両走行速度の調和平均値ではなく、計測エリア A のなかでの車両の移動の時空間平均速度となっている。Edieの定義の利点は、各車両の全ての時点におけるプロットが必要でないことであり、検知ミスが存在していても柔軟に計算可能な点である。

4. 計測エリアと交通指標の関係

車両軌跡から q, k, u を算定することの利点とし



図1 車両軌跡記録システム

表1 車両プロット数とID数

| プロット数 | | ID数 | |
|-------|------|-----|----|
| 自動 | 目視 | 自動 | 目視 |
| 746 | 1313 | 45 | 33 |

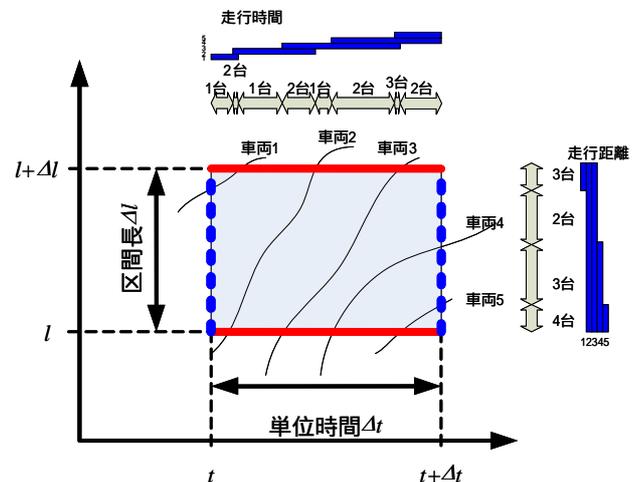


図2 Edieによるマクロ交通指標の計算方法

て、任意の時間帯および区間で交通指標を算定することが可能であることがあげられる。ここでは、目視観測データを元に算定されたマクロ交通流指標を用いて計測エリアと交通流指標の関係を考察する。以下では、(1)計測時間を一定(60s)とし区間長を2.5m, 5m, 10mと変化させたケース、(2)区間長を一定(5m)とし計測時間を30s, 60s, 120sと変化させたケースの2種類を実施した。得られた $k-q$ プロット図を図3, 4に示す。まず図3のケース(1)の結果を比較すると、計測区間長を長くした方が、計測エリアの総数が少なくなるため、プロット数が少なくなるが、プロットのちらばり具合は(a)～(c)で大きく変化しておらず、計測区間長に対して $k-q$ の値は比較的安定しているといえる。もちろんこの結果は、分析対象とした区間が短く、道路容量に差が

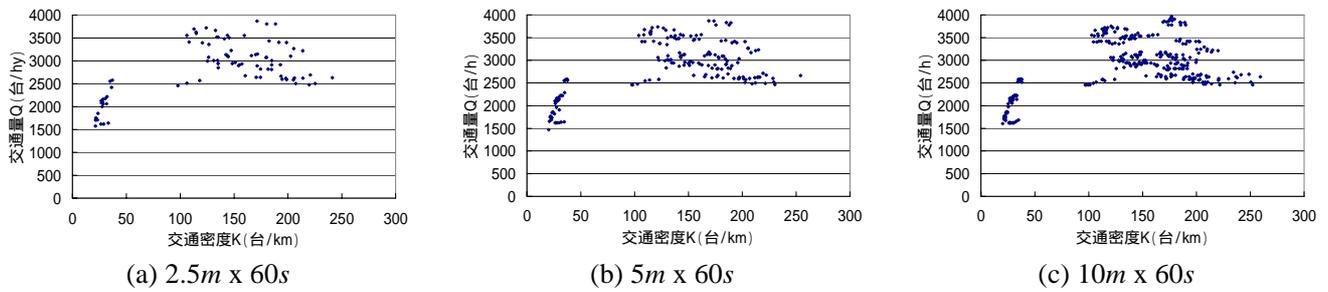


図3 観測区間長ごとの k - q プロット図

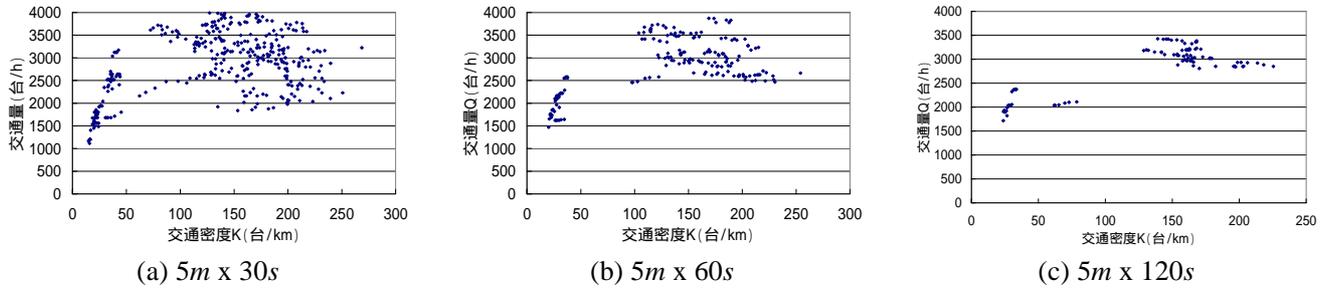


図4 観測時間間隔ごとの k - q プロット図

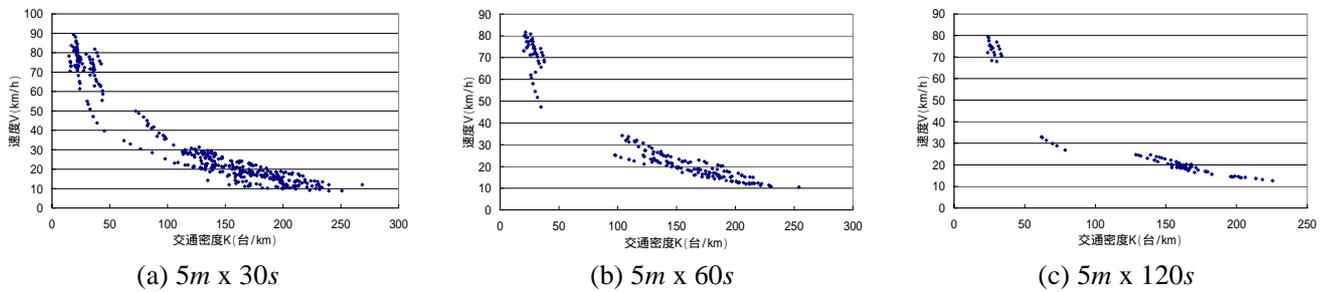


図5 観測時間間隔ごとの k - u プロット図

なかったためともいえる。次に、ケース(2)の結果を図4で比較すると、計測時間間隔が短い図4(a)では、4,000(台/時)の交通量が観測されているが、図4(c)を見るとおよそ3,500(台/時)となっている。瞬間的な交通流率としては4,000(台/時)となることもあるが、そのような状況は過渡的なものであり長時間継続することはないといえる。また、計測時間を長くすれば左側の非渋滞領域と右側の渋滞領域の中間の過渡状態のプロットが減少する。計測する時空間エリアの時間幅によって最大交通流率が異なること、過渡状態の遷移は短い時間幅でなければ観測できないことより、計測時間幅は目的に応じて変化させていく必要があるといえる。

次に交通密度 k と速度 u について考察する。図4に対応する k - u プロット図を図5に示す。 k - q プロット図と同様に、観測時間幅を大きくすれば同じ k の値に対する u のプロットのちらばりが小さくなっている。また、興味深いのは、 k - u 曲線が2重になっていることである。これは速度低下時・回復時の遷移過程の違いであり、下側を経由しているのが速度回復

時の k - u 曲線であった。このことより、非渋滞時・速度低下時、および渋滞時・速度回復時について異なる k - u 関係を設定することが重要といえる。異なる k - u 関係によって、渋滞発生後の所要時間予測の精度向上に役立つのではないと思われる。

5. 自動観測データの補正手法の検討

3.で示したように、自動観測においては車両の検知ミスが多く存在する。一方、Edieの提案したマクロ交通指標の計算方法では必ずしも完全な軌跡が必要なわけではなく、計測エリア内の車両の起終点がわかればよい。さらに、本研究で対象としているのは都市高速道路であり、計測エリア途中で車両が横道にそれるなどして消滅することもない。以上より、車両の軌跡が不完全な場合、図6に示すように車両軌跡を拡張し、マクロ交通指標を計算することとした。図7は、計測区間5m、計測時間間隔を60sとしたときの70~75m地点における交通量、密度、速度の遷移を示したものである。

図7より、時空間平均速度については、高精度で観測されていることがわかる。一方、車両検出ミ

スによって交通量および空間密度が過小評価される傾向にある。ただし、16:03以降の交通量が少ない時間帯においては計算結果が目視観測による結果に近い。車両の重なりも少なくなるため、結果的に交通指標算定精度も上昇するといえる。自動観測と補正後の拡張自動観測を比較すると、交通量、空間密度について、目視観測の値に近づいていることがわかる。RMS値(Root Mean Square)の変化を表2に示すが、これより時空間平均速度については若干悪化するものの、それ以外では15%程度の精度改善がみられる。ただし、特に交通量についてはRMS値が依然大きく、さらなる改良が必要といえる。

6. おわりに

本研究では、自動計測によるマクロ交通指標の取得に関して検討を加えた。自動観測データと目視観測データを比較するとともに、目視データを用いて計測エリアの区間長及び計測時間とマクロ交通指標の関係について考察を加えた後に、自動観測データの補正方法について検討を加えた。その結果、計測エリアの設定は目的に応じて変化させる方が望ましく、ビデオ画像データを用いればそれは容易に可能であること、平均速度については高精度で観測可能であるものの、特に交通量観測については改善の余地があることなどが明らかとなった。今後さらなる精度向上について検討を加えていく必要がある。

謝辞

本研究で用いたデータは、阪神高速道路公団のご協力の下、住友電気工業株式会社と共同で試験的に観測したものである。関係者の方々、特に車両認識に関してご尽力頂いた住友電気工業株式会社、西山和人氏、川崎紀一氏に深謝致します。

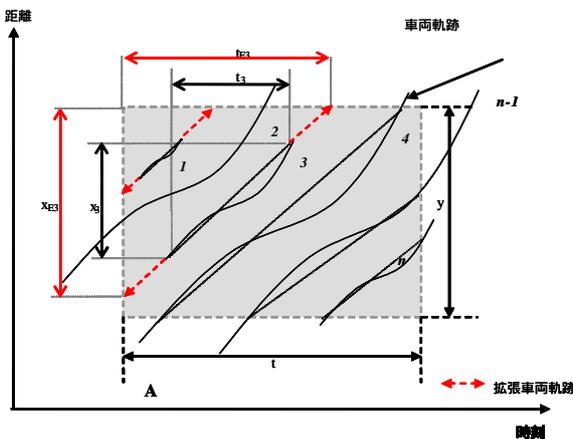
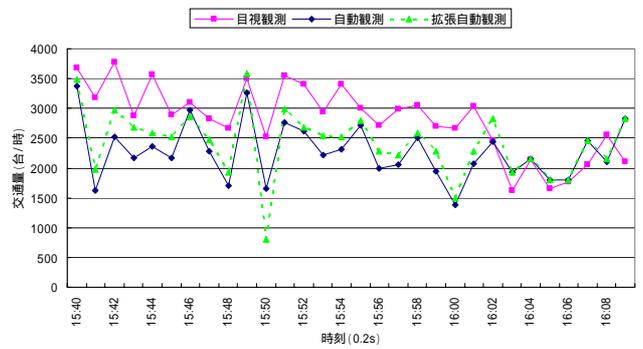
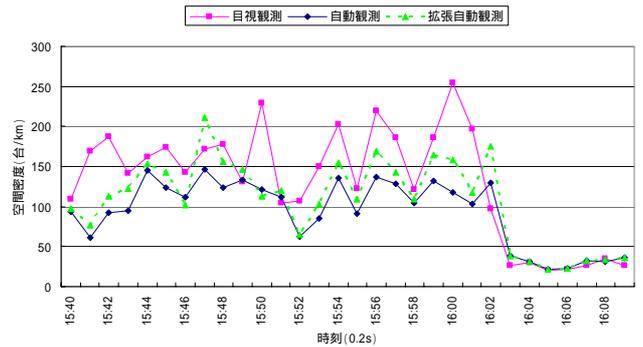


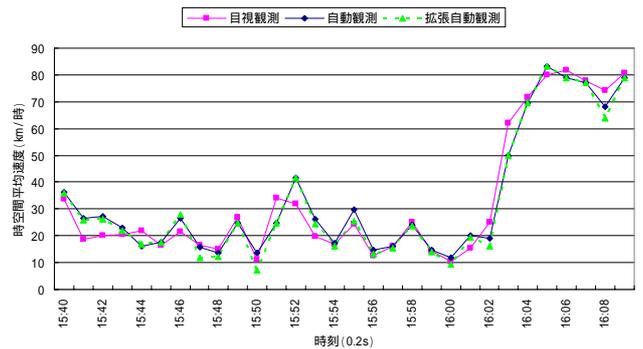
図6 補正計算の方法



(a) 交通量



(b) 空間密度



(c) 時空間平均速度

図7 車両軌跡の拡張による補正の効果 (70~75m)

表2 補正の効果

| | 自動観測 | | | 拡張自動観測 | | |
|-----|--------|-------|------|--------|-------|-------|
| | 交通量 | 密度 | 速度 | 交通量 | 密度 | 速度 |
| RMS | 765.02 | 56.70 | 4.95 | 658.52 | 47.19 | 5.18 |
| 減少率 | | | | 13.9% | 16.8% | -4.7% |

参考文献

- 1) 倉内, 飯田, 嶋田, ケイロス: "交通量感知器データを用いたマクロ交通流特性についての一考察", 土木計画学研究・講演集, CDROM, 2002.
- 2) Lighthill and Whitham: "On Kinematic Waves II: A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Roads", Proc. Royal Soc. London, A229(1178), 317-345, 1955.
- 3) Edie: "Car-Following and Steady-State Theory for Non-congested Traffic" Opns. Res. 9, 1, 1961.