

ラインスキャナー型データを活用した

二輪車混合交通流の解析

Motorcycle mixed traffic flow analysis based
on line scanning data

令和3年1月

高知工科大学大学院
工学研究科基盤工学専攻
社会システム工学コース
都市・交通計画研究室
学籍番号 1235001

井川詩月

指導教員 西内裕晶
副指導教員 高木方隆
論文副審査 赤塚 慎

研究要旨

東南アジアは交通需要が増大し、交通渋滞が深刻な問題となっている。また、車線概念が無く各車両は道路上を自由に走行しており、二輪車と四輪車が相互に影響を与えるような交通流状態(以下、混合交通流)となっている。そのため、混合交通流に適した渋滞対策を行う必要がある。本研究では、ベトナム国ホーチミン市における混合交通流を研究の対象とする。現地では、ビデオやプローブデータを用いて都市全体の交通状態を観測が試みられているが、観測される交通状態の精度等には課題が残るものと考えられる。また、わが国をはじめとするさまざまな国で用いられる車両感知器は、車線が事実上適切に利用されていない混合交通流状態において交通流観測に用いることが困難である。そのため、道路ネットワークの交通状況をより正確に把握するためには、混合交通流においても交通状態を分析できる車両感知器に代わる手法を検討する必要がある。そこで、本研究では、ホーチミン市における混合交通流を対象とし、ラインスキャナー型データを活用することにより混合交通流における交通現象を解析する手法を提案する。

Abstract

In Southeast Asia, many cities are facing with more serious congestion due to an increase of travel demand and motorization. Motorcycles are a primary mode and has continuously risen in these countries. Chaos in traffic flow result from the interaction between free motorcycle maneuver and other four-wheelers. This situation requires to carry out the suitable measures to deal with traffic congestion. In Ho Chi Minh City, Vietnam, where this study focuses on, traffic observation is being carried out using video and probe data. However, these observation methods reveal some problem such as accuracy and processing time. Generally, vehicle detectors are often used to grasp traffic conditions but they cannot be applied in mixed traffic flows. Therefore, there is a need for an alternative solution for observing mixed traffic flows. In this study, the use of line scanner is advocated to bring about more accurate data of traffic situation in In Ho Chi Minh City, Vietnam.

目次

第1章 序論	9
1-1 研究背景	9
1-2 既往の交通データの取得方法	11
1-2-1 車両感知器による交通データの取得方法	11
1-2-2 ビデオカメラによる交通データ取得方法	12
1-3 ラインスキャナーによる交通データ取得方法	13
1-4 研究目的	14
1-5 本論文の構成	15
第2章 既往研究の整理と本研究の位置づけ	16
2-1 既往研究の整理	16
2-1-1 混合交通流の解析	17
2-1-2 ラインスキャナー型データを活用した移動体の観測	23
2-1-3 混合交通流における渋滞対策	26
2-1-4 交通指標	28
2-2 本研究の位置づけ	30
第3章 研究の進め方	31
第4章 ビデオ調査概要	33
第5章 対象区間の交通状況	35
5-1 交通流率と交通密度の取得方法	35
5-2 交通流率	37
5-3 交通密度	42
5-4 交通流率-交通密度の関係(Q K関係)	46
第6章 ラインスキャナー型データとビデオデータの分析	49
6-1 本研究で使用するデータ	49
6-2 車両間スペースの簡略化	50
6-3 ビデオデータ取得方法	51
6-4 ラインスキャナー型データ取得方法	52
6-4-1 ラインスキャナー型データ作成方法	52
6-4-2 車両間スペースの取得方法	55
6-5 ラインスキャナー型データを用いた平均速度取得方法	58
6-6 ラインスキャナー型データとビデオデータの車両間スペースの関係	59
6-7 ラインスキャナー型データとビデオデータの平均速度の関係	60
6-8 ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の関係	61
6-9 まとめ	62

7 章 ラインスキャナー型データの車両間スペースと時間占有率の関係	63
7-1 時間占有率の定義.....	63
7-2 時間占有率の取得方法	65
7-3 車両間スペースと時間占有率の関係	68
7-4 まとめ.....	69
8 章 時間占有率と交通流率の関係.....	70
8-1 本章で使用するデータ	70
8-2 時間占有率と交通量の取得方法.....	73
8-3 交通量の誤差調整.....	76
8-4 交通流率	78
8-5 交通流率と時間占有率の関係	79
8-6 まとめ.....	80
9 章 ラインスキャナー型データを用いた渋滞流の分析.....	81
9-1 本章で使用するデータ	81
9-2 時間占有率と交通流率の取得方法	84
9-3 時間占有率と交通流率の関係	86
9-4 時間占有率と交通流率と二輪車混入率の関係.....	87
9-5 道路の幅員が異なる場所で長時間の渋滞観測.....	90
9-5-1 本研究で使用するデータの概要.....	90
9-5-2 時間占有率と交通流率と二輪車混入率の取得方法.....	94
9-5-3 時間占有率と交通流率と二輪車混入率の関係	96
9-6 まとめ.....	98
10 章 まとめ	99
10-1 本研究の成果	99
10-2 本研究の課題	99
10-3 今後の展望.....	99
参考文献	100

図表目次

第1章

- 図 1.1.1 世界の二輪車保有台数 10
- 図 1.2.1 車両感知器を使用した交通観測イメージ 10
- 図 1.2.1 観測時間 T における車両感知器より取得可能な交通データ 11
(車両が4台通過した場合)
- 図 1.3.1 混合交通流においてラインスキャナーによる交通観測イメージ 13
- 図 1.3.2 ラインスキャナーより取得可能なデータ 13

第2章

- 図 2.1.1 車両間スペースの簡略化に使用したドロネー図⁵⁾ 22
- 図 2.1.2 車両間スペースと平均速度の関係 22
- 表 2.1.1 混合交通流の解析に関する研究一覧 18, 19, 20, 21
- 表 2.1.2 ラインスキャナー型データを活用した移動体の観測に関する研究一覧 24, 25
- 表 2.1.3 混合交通流における二輪車の走行対策一覧 27
- 表 2.1.4 交通指標に関する研究一覧 29

第3章

- 図 3.1 分析フロー 32

第4章

- 図 4.1 調査地点(Vo Van Ngan 通り) 33
- 図 4.2 調査地点(Le Van Viet 通り) 33
- 図 4.3 Vo Van Ngan 通りにおけるビデオ調査観測区間 34
- 図 4.4 Le Van Viet 通りにおけるビデオ調査観測区間 34

第5章

- 図 5.1.1 Vo Van Ngan 通りにおける交通流率,交通密度計測のための動画設定例 36
- 図 5.1.2 Le Van Viet 通りにおける交通流率, 交通密度計測のための動画設定例 36
- 図 5.2.1 Vo Van Ngan 通り(上り方向)の朝における交通流率と二輪車混入率の推移 37
- 図 5.2.2 Vo Van Ngan 通り(上り方向)の夕方における交通流率と二輪車混入率の推移 38
- 図 5.2.3 Vo Van Ngan 通り(下り方向)の朝における交通流率と二輪車混入率の推移 38
- 図 5.2.4 Vo Van Ngan 通り(下り方向)の夕方における交通流率と二輪車混入率の推移 39
- 図 5.2.5 Le Van Viet 通りの朝における交通流率と二輪車混入率の推移 39

図 5.2.6	Le Van Viet 通りの夕方における交通流率と二輪車混入率の推移	40
図 5.3.1	Vo Van Ngan 通り(上り方向)の朝における交通密度と二輪車混入率の推移	42
図 5.3.2	Vo Van Ngan 通り(上り方向)の夕方における交通密度と二輪車混入率の推移	43
図 5.3.3	Vo Van Ngan 通り(下り方向)の朝における交通密度と二輪車混入率の推移	43
図 5.3.4	Vo Van Ngan 通り(下り方向)の夕方における交通密度と二輪車混入率の推移	44
図 5.3.5	Le Van Viet 通りの朝における交通密度と二輪車混入率の推移	44
図 5.3.6	Le Van Viet 通りの夕方における交通密度と二輪車混入率の推移	45
図 5.4.1	道路区間における交通流率と交通密度の関係	46
図 5.4.2	Vo Van Ngan (通り上り方向)における交通流率と交通密度の関係	47
図 5.4.3	Vo Van Ngan (通り下り方向)における交通流率と交通密度の関係	47
図 5.4.4	Le Van Viet 通りにおける交通流率と交通密度の関係	48

表 5.2.1	観測地点別朝の交通流率の基本統計量	40
表 5.2.2	観測地点別夕方の交通流率の基本統計量	40
表 5.2.3	観測地点別朝の二輪車混入率の基本統計量	40
表 5.2.4	観測地点別夕方の二輪車混入率の基本統計量	41
表 5.3.1	観測地点別朝の交通密度の基本統計量	45
表 5.3.2	観測地点別夕方の交通密度の基本統計量	45

第 6 章

図 6.2.1	ドロネー図作図手順	50
図 6.2.2	四輪車 1 台二輪車 4 台の場合のドロネー図	50
図 6.3.1	計測開始ラインと計測終了ライン	51
図 6.4.1	ラインスキャナー型データ取得箇所	52
図 6.4.2	ラインスキャナー型データ取得方法	52
図 6.4.3	ラインスキャナー型データ	53, 54
図 6.4.4	ラインスキャナーデータより作成したドロネー図	56, 57
図 6.6.1	ビデオデータとラインスキャナー型データの車両間スペースの相関	59
図 6.7.1	ビデオデータとラインスキャナー型データの平均速度の関係	60
図 6.8.1	ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の関係	61

表 6.1.1	二輪車と四輪車の混在条件	50
表 6.2.1	定義した車両の大きさ	51
表 6.3.1	ビデオデータより取得した車両間スペース(m)	51
表 6.3.2	ビデオデータより取得した平均速度(km/h)	51
表 6.4.1	ラインスキャナー型データより取得した車両間スペース(pix)	55

表 6.5.1	ラインスキャナー型データ 1 箇所より取得した平均速度(km/h)	58
表 6.5.2	ラインスキャナー型データ 2 箇所より取得した平均速度(km/h)	58

第 7 章

図 7.1.1	ラインスキャナー型データ	64
図 7.2.1	二値化画像の作成手順	65
図 7.2.2	二値化したラインスキャナー型データ	66, 67
図 7.3.1	ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと時間占有率の関係	68
表 7.2.1	ラインスキャナー型データより取得した時間占有率	65

第 8 章

図 8.1.1	ラインスキャナー型データ取得箇所	71
図 8.1.2	5 秒毎に取得したラインスキャナー型データ	72
図 8.2.1	時間占有率と交通量の取得方法	75
図 8.3.1	誤差調整方法	76
図 8.5.1	交通流率と時間占有率の関係	79
表 8.2.1	1 分間 5 秒毎に取得した時間占有率	74
表 8.2.2	ラインスキャナーデータより取得した交通量と真値の比較	74
表 8.3.1	誤差調整後の交通量	77
表 8.4.1	交通流率	78

第 9 章

図 9.1.1	ラインスキャナー型データ取得箇所	81
図 9.1.2	5 秒毎に取得したラインスキャナー型データ	82, 83
図 9.3.1	時間占有率と交通流率の関係	86
図 9.4.1	ラインスキャナー型データを用いた車種の特定方法	88
図 9.4.2	交通流率,時間占有率,二輪車混入率の関係	89
図 9.5.1	調査地点	91
図 9.5.2	Cau Giay 通りにおけるビデオ調査観測区間	91
図 9.5.3	1 分毎に取得したラインスキャナー型データ	92, 93
図 9.5.4	時間占有率と交通流率と二輪車混入率の関係	97
表 9.2.1	時間占有率	84
表 9.2.2	車種別交通量	85
表 9.2.3	交通流率	85

表 9.4.1	二輪車混入率	88
表 9.5.1	時間占有率	94
表 9.5.2	車種別交通量	95
表 9.5.3	交通流率	95
表 9.5.4	二輪車混入率	96

第1章 序論

1-1 研究背景

東南アジアでは、二輪車と四輪車とが相互に影響を与えながら走行している混合交通流が知られている。その中でも、本研究の対象地であるベトナムでは、図 1.1.1 に示す通り、二輪車利用率が高いため、二輪車の横移動や無理な追い越しによる交通事故や交通渋滞が問題となっている。そのため、安全で円滑な交通状態の実現に向けては、二輪車の走行挙動も踏まえた道路運用を行う必要がある。しかしながら、近年も交通渋滞が社会問題となっているため、混合交通流の交通状況を把握する手法が十分に確立されているとは言えない。そのため、混合交通流において交通状況を正確に把握するための手法の確立が必要である。

現在、一般的に用いられている交通状況を把握するための交通指標として、交通流率、交通密度、平均速度が用いられている。一般的にそれらは車両感知器等で観測され、データとして交通管制に蓄積される。一般的には、交通流率、交通密度、平均速度を用いて道路ネットワーク全体の交通状況をリアルタイムに把握し、交通を制御している。車両感知器は超音波の反射距離により車両の通過の有無を判定している。具体的には、車両が通過していない場合には、道路に対して超音波が反射するが、車両が通過している場合には、車両の存在により超音波が反射する距離が変化し、車両が通過したと処理される。そのため、図 1.1.2 に示す様に、超音波の反射距離の違いにより車両の通過の有無が判定されている。しかしながら、車両感知器は車両を 1 台ずつ観測しているため、1 つの走行車線を 1 列で走行する交通状況において適用がなされている。そのため、ベトナムなどでみられる混合交通流のような 1 つの車線を 2 台以上の車両が並走する道路では、ビデオによる交通流の観測が一般的である。しかしながら、ビデオカメラ設置位置の制約により、画角の関係から観測できない車両が存在することや、ビデオ機材の維持管理にコストがかかると一般的に言われているため、多地点への設置が困難なことや、撮影、保存される情報が二次元の空間情報ため、車両感知器のように交通データを取得するためには、画像処理等多くの段階を踏む必要がある。そのため、混合交通流において道路ネットワーク全体を管制・制御するためには、車線による交通規制がなされていない状態に適した新たな交通観測手法を用いる必要があると考えられる。

そこで本研究では、車線による交通黄瀬がなされていない状態でも交通流を観測するための方法として、ラインスキャナー等による道路の断面を投影するような手法を提案する。

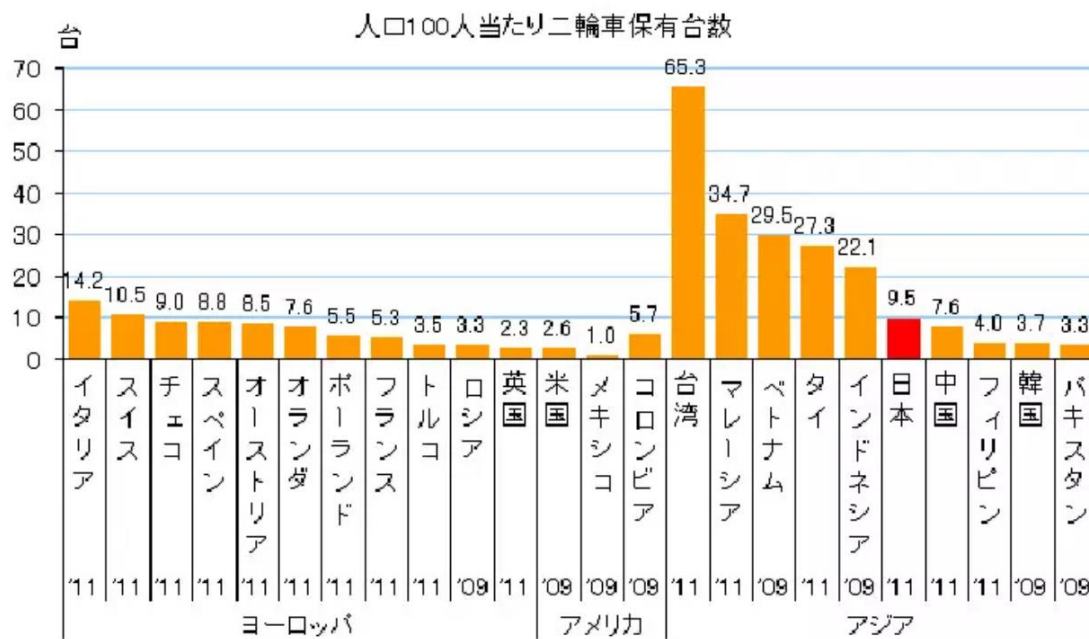


図 1.1.1 世界の二輪車保有台数¹⁾

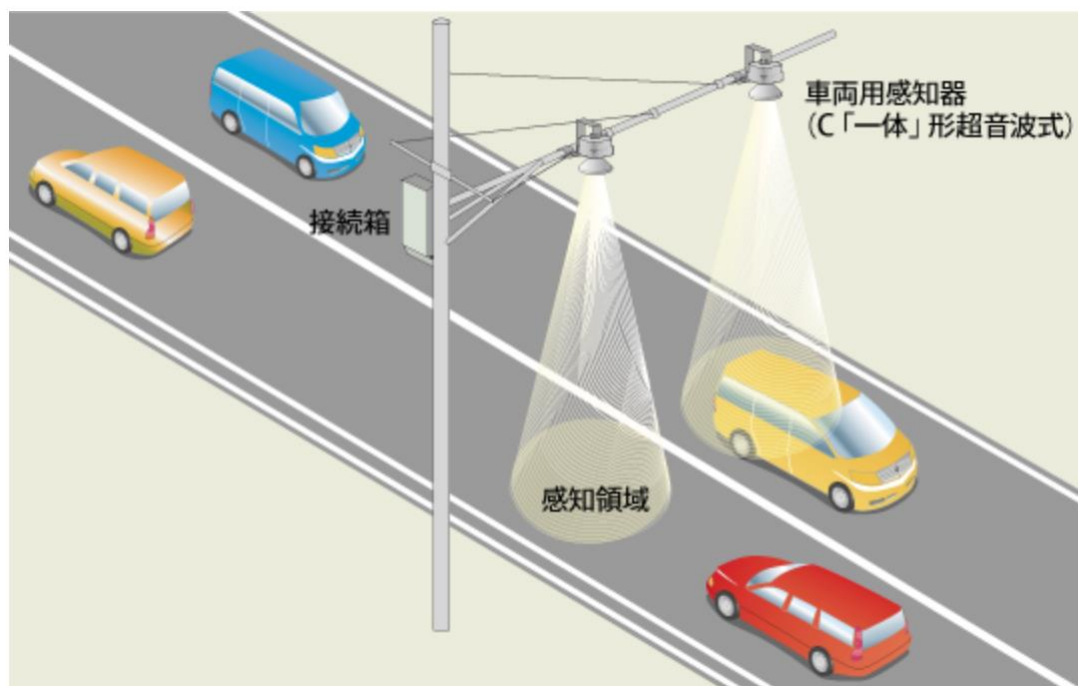


図 1.2.1 車両感知器を使用した交通観測イメージ²⁾

1-2 既往の交通データの取得方法

ここでは、交通流を解析するための一般的なデータ取得方法を整理する．具体的には、前節にて説明した車両感知器とビデオカメラを用いた交通データの取得方法について説明する．

1-2-1 車両感知器による交通データの取得方法

前節にて述べたように、車両感知器は超音波の反射距離により車両の通過の有無を判定している．取得できるデータのイメージを図 1.2.1 に示す．取得できるデータは、観測時刻と車両の有無のみのため、図 1.2.1 のような 1 本の線状データとなる．超音波の反射距離を取得し、一定時間 T ごとに交通量 N^{vd} 、時間占有率 O^{vd} を求める．図 1.2.1 より、車両感知器の下を車両が通過するとその車両が連続して観測されるため、車両の存在を判定したデータが連続で取得される．車両感知器の下を車両が通過し終わると道路を観測したデータが取得できる．その結果、車両が観測された時間が連続している時間(図 1.2.1 の黒い部分)を、1 台通過した状況とみなすことができ、交通量 N^{vd} を求めることができる．そのため、交通量 N^{vd} は車両が連続で観測される箇所数 c と等しい値となる．交通量 N^{vd} は式(1)に示す通りデータ化できる．ここで、車両感知器より観測されたデータが図 1.2.1 となる場合、車両を連続で観測した箇所(図 1.2.1 の黒い部分)が 4 箇所あるので観測時間 T の交通量は 4 台である．時間占有率 O^{vt} とは、車両の通過時間 t の総和を観測時間 T で除した値であることが知られている．車両感知器より取得されたデータが図 1.2.1 となる場合、4 台の車両の通過時間の合計値を観測時間で除した値を時間占有率として集計する．

$$N^{vd} = c \quad (1)$$

$$O^{vd} = \frac{\sum_{i=1}^n t}{T} \quad (2)$$

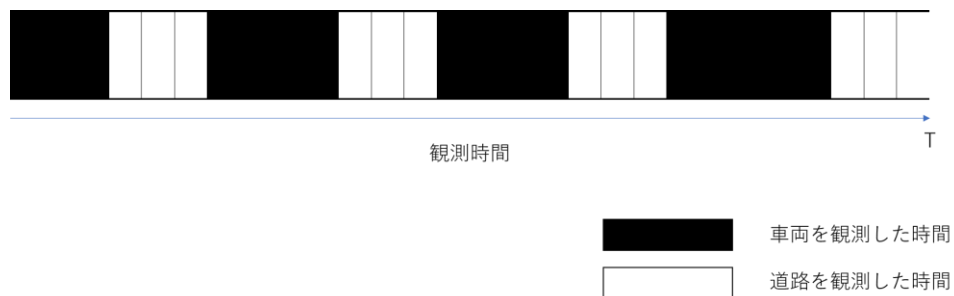


図 1.2.1 観測時間 T における車両感知器より取得可能な交通データ
(車両が 4 台通過した場合)

1-2-2 ビデオカメラによる交通データ取得方法

ここでは、ビデオカメラで観測される交通データについて説明する。ビデオカメラからは、車両感知器と同様の観測時間と交通量に加え、空間情報が取得可能であることから、車両間の間隔や、車両の通過位置、車両の速度などのデータを得ることが可能である。そのため、ビデオカメラを設置した地点の交通状を具体的に把握することができる。しかし、取得できるデータが空間情報であり、車両感知器で運用されるように多くのデータをすばやく蓄積するためには、様々なデータ集計処理を施した上で必要なデータを取得する必要がある。これらの理由により、空間情報である二次元情報を処理するためには、車両感知器で取得できる情報よりも、交通量、交通密度データを抽出するために時系列データへの変換手順が必要となり、そのデータ処理に時間がかかることが知られている。

1-3 ラインスキャナーによる交通データ取得方法

ここでは、前節で述べた通り、本研究で着目する車線による交通規制がなされていない状態でも交通流を観測するための方法を説明する。具体的には、図 1.3.1 に示すようなラインスキャナーを混合交通流に適することによる交通流データを取得する方法である。ラインスキャナーとは対象物の断面を観測する機材である。ラインスキャナーを交通流の方向に対して直角となるように道路上に設置することにより、車両の通過の有無を座標データで一定時間ごとに取得可能となる。これにより、座標データのある時間間隔に取得できるデータは車両感知器より得られる車両の有無の情報を、連続した座標データとして取得できるため、1本の帯状の画像データとなるため、すべての車両を観測できる上に、車両感知器で観測される時間占有率と同様に、渋滞等でラインスキャナーの真下に一定時間停止した場合には、同じデータが時系列的に保存される。ラインスキャナーにより取得できるデータのイメージを図 1.3.2 に示す。ラインスキャナーより取得できるデータより、一定時間ごとに、車両を観測した箇所(図 1.3.2 の黒い部分)の割合を求めることにより、交通密度に代わる指標(以下時間占有率)取得可能であり、ラインスキャナー型データの車両を観測した箇所(図 1.3.2 の黒い部分)の輪郭を定義し、車幅を計測することにより車種別交通量が取得可能だと考えた。



図 1.3.1 混合交通流においてラインスキャナーによる交通観測イメージ



図 1.3.2 ラインスキャナーより取得可能なデータ

1-4 研究目的

前節までの研究の背景を踏まえて本研究では、車線による交通規制がなされていない状態でも交通流を観測するための手法を提案した。また、将来的に、混合交通流状態の道路状態の道路ネットワーク全体を交通制御することを見据え、従来の車両感知器でなされていた交通管制に用いられる交通指標(交通流率、交通密度、平均速度)のうち、交通流率-交通密度の関係(QK 関係)に着目し、それがラインスキャナーで観測可能であるかどうか、また、交通現象の解析への利用可能性について検証した。具体的には、先に説明した通り、車両感知器は車両の通過台数を観測するため、取得できる交通データとしては、ある観測時間帯における車両の台数ならびに占有時間であるため、交通現象の解析のためのデータ収集とその処理が容易であるが、1つの車線を2台以上の車両が並走する混合交通流での適用が困難である。しかしながら、ビデオカメラのように取得できる情報が空間情報の場合は、交通データとして使用するまでに集計処理にいくつかの手順が必要なため、データ処理のコストを想定する必要がある。そのため、混合交通流のように、2台以上の車両が並走する交通流を観測可能かつ、ビデオカメラよりもデータ処理の手間のかからない観測手法が必要となると考えられる。そのため、本研究では、混合交通流の新たな観測手法としてラインスキャナー型の交通データの取得を提案するものである。ラインスキャナー型データの活用を検討した理由は、取得できるデータがスキャニングされる道路幅員全体における車両の存在の有無であるが、1つの車線を2台以上の車両が通過する場合でもデータの取得が可能である。ここで得られるデータを用いて本研究では、交通流率とラインスキャナーで車両が観測された時間で算出される占有率のデータを分析する。具体的には、一般的な交通流率-交通密度の関係(QK 関係)に着目し、混合交通流状況下において、ラインスキャナー型データを取得した場合に、QK 関係を把握ならびに解析可能性を検証する。その結果に基づき、混合交通流状態下におけるラインスキャナー型データを用いた交通現象解析の有効性を検証する。

1 - 5 本論文の構成

本論文は 10 章から構成され、各章の内容は次の通りである。

第 1 章「序論」では、本研究の背景、既往の交通データ取得方法、本研究の目的について説明する。第 2 章「既往研究の整理と本研究の位置づけ」では、既往研究より手法、社会的要望を把握し本研究の位置づけを明確にする。第 3 章「研究の進め方」では、本研究の目的である、ラインスキャナー型データを交通観測手法として提案するための分析手順について説明する。第 4 章「調査概要」では調査方法、調査場所、調査時間について説明する。第 5 章「対象区間の交通状況」では、データの取得方法と交通流率、交通密度の算出方法、QK 図による交通状況について説明する。第 6 章「ビデオデータとラインスキャナー型データの分析」では、車両間スペースと平均速度を用いた分析を行い、ラインスキャナー型データよりビデオと等価なデータを得られるか検証した結果について説明する。第 7 章「車両間スペースと時間占有率の分析」では、第 6 章でビデオデータとの比較に用いた車両間スペースとラインスキャナー型データで取得した時間占有率の分析を行い、車両間スペースと時間占有率の関係について分析し結果について説明する。第 8 章「時間占有率と交通流率の分析」では、ラインスキャナー型データより取得した時間占有率と交通流率の分析を行い車両感知器で得られる情報と等価なデータが得られるか検証し結果を説明する。第 9 章「渋滞データを用いたボトルネックの特定」では、渋滞判定を行いボトルネックの特定が可能かを検証し、渋滞長の伝搬速度の予測方法について説明する。第 10 章「結論」では、本研究の成果まとめ、今後の課題と展望について明記する。

第2章 既往研究の整理と本研究の位置づけ

ここでは、既往研究より手法、社会的要望を把握し、本研究の位置づけを明確にする。

2-1 既往研究の整理

ここでは、4つの分野に参考にした論文を整理する。1つ目は、本研究で取り扱う混合交通流に関する論文を整理し、混合交通流の特性を理解し、混合交通流に対する社会的要望を把握した。2つ目は、本研究でラインスキャナー型データを用いた交通観測を提案するために、ラインスキャナーを活用した移動体の観測に関する論文を整理し、ラインスキャナー型データで観測可能な移動体のデータ取得方法を把握し、本研究の研究対象である混合交通流へ適用可能か検討した。3つ目は、混合交通流の交通事故や交通渋滞対策の施策や効果推定に関する論文を整理し、混合交通流を交通整備した場合の交通整備効果を把握した。4つ目は、交通指標に関する論文を整理し、交通状態を評価するために現在一般的に使用されている交通解析指標のデータ取得方法と分析方法について把握した。

2-1-1 混合交通流の解析

ここでは、混合交通流の解析に関する研究について整理する。花守らの研究³⁾では、走行の妨げになる障害物を避けるための減速や進行方向の変更などの二輪車特有の走行挙動を考慮せず、二輪車の走行挙動を四輪車の走行挙動と同様と仮定されている従来の走行挙動を推定するモデルでは、二輪車の走行挙動を正確に推定することが困難であることを指摘した。そのため、いくつかの交通状況を定義し、定義した交通状況下において、二輪車の走行挙動の分析を行い、二輪車の移動先を推定するモデルを構築した。その結果、二輪車が次の瞬間移動する位置の推定が可能となった。花守らの研究⁴⁾では、既存の安全評価手法では二輪車の走行挙動が考えられていないため、二輪車の安全評価を十分に行えないと考えられていた。そのため、二輪車特有の走行挙動を考慮した安全評価指標を提案し、その指標に基づいて、混合交通流における衝突危険度を分析した。その結果、二輪車と四輪車が混在していない道路よりも、混合交通流では二輪車の衝突危険度が高くなることを明確にしていた。Nair らの研究⁵⁾では、混合交通流でみられる各車両のスペースに着目し、今後交通流の交通状況をマクロ的に評価するモデルを提案した。新たな指標として提案した車両間スペースの交通指標としての有効性を検証するために、車両間スペースと区間平均速度と二輪車混入率の分析を行った。その結果、車両間スペースと二輪車混入率より、区間の平均速度が把握できる可能性を示している。松橋らの研究⁶⁾では、将来ベトナムで、四輪車の普及率が増加することを想定し、四輪車の割合が増加した際の交通状況のシミュレーションを行った。その結果、二輪車が四輪車や大型車に与える影響によって、平均速度が低下することや、交通事故が起こりやすい交通状況となる可能性を示している。福田らの研究⁷⁾では、今後、経済成長が進む中で、四輪車の普及率が増加することを考慮し、二輪車が都市交通系の中でどのように位置づけされていくかを想定し、今後の交通状況の課題を整理している。Nishiuchi らの研究⁸⁾では、混合交通流における交通事故、交通渋滞、交通公害などの交通問題を解消するために、観測したビデオから得られた車両の走行位置、速度、密度を用いた分析をし、混合交通流において交通速度が低下する原因との関係性を把握した。分析結果より、道路運用、道路施策の提案した。Ikawa らの研究⁹⁾では、Nair らが提案した車両間スペースに着目し、ベトナム国ホーチミン市で観測したビデオデータを用いて車両間スペースと区間の平均速度の分析がされている。その結果、二輪車混入率に関係なく、車両間スペース区間のみで平均速度ができる可能性を示している。Trinh らの研究¹⁰⁾では、ラウンドアバウト内を走行する二輪車の走行挙動を、実データを用いて分析した。その結果、回転角度によって速度が変化することや、走行軌跡の形状が変化することを明らかにされている。

表 2.1.1 混合交通流の解析に関する研究一覧

タイトル	研究者	出典・出版年月	概要
混合交通流における 離散選択型二輪車挙 動モデルの構築 ³⁾	花守 輝明	京都大学大学院 修士論文, 2012	本研究は、二輪車が速度や 周囲の状況によって選択す る移動先を予測するモデル を構築し、1台1台の挙動 を踏まえた分析が可能にし た。移動先を予測するモデ ルを用いることにより、施 設導入及び設計変更時の道 路状況の予測が可能となっ た。
画像データを用いた 二輪車・四輪車混合 交通流の安全性評価 指標の構築 ⁴⁾	花丸 輝明 塩見 康博 宇野 伸宏	土木学会関西支部年次 学術講演会, 2010	本研究では、二輪車が次の 瞬間に移動する可能性がな いエリアを算出する近似式 を定義し、安全指標を確立 した。安全指標に基づいて 観測したビデオデータを用 いて、衝突危険度の分析を 行った。その結果、衝突危 険度を的確に反映可能であ ることが明確になった。ま た、様々なケースに対して 安全指標を適用することで 混合交通流の特性を把握す ることができる可能性を示 した。

A porous flow approach to modeling heterogeneous traffic in disordered systems ⁵⁾	Rahul Nair HaniS.Mahmassanib Elise Miller-Hooksa	Transportation Research Part B Vol.45, pp1331-1345, 2011	本研究は、混雑時に各車両の間にできる車両間スペースに着目し、車両間スペースと二輪車走行挙動の関係、ならびに区間のマクロ交通流指標の関係を分析した。具体的には、各車両の間にできる車両間スペースを簡略化するため車両の先端を結び三角形を定義する図 2.1.1 に示すドロネー図を作成し車両間スペースを取得し、車両間スペースと二輪車混入率より速度を予測するモデルを開発した。その結果、二輪車と四輪車の混在状況に応じた交通状況の評価がより高精度に実施できる可能性を示した。
バイク主体の混合交通における挙動分析とシミュレーションについて ⁶⁾	松橋 信幸 高橋 洋二	流通情報工学課程卒業論文, 2003	本研究では、研究対象のビデオ映像より画像を抽出し交通分担率を変化させたシミュレーションと交通状況を比較し解析した。これにより四輪車の増加時に起こりうる問題の予測が可能となった。
東南アジアの大都市におけるオートバイの現状と課題 ⁷⁾	福田 敦 中村 文彦 竹内 健蔵	国際交通安全学会誌 vol.29, no.3, pp.6-14, 2004	本研究では、バンコクを対象に、保有・利用の動向について統計データやアンケート調査の結果に基づいてわが国との比較も交えながらマクロ、ミクロの両面から分析を行い取り組まなければならない課題を整理した。

REVISITING FUNDAMENTAL CHARACTERISTICS OF MIXED TRAFFIC FLOW; FOCUSING ON INTERACTIONS BETWEEN P ASSENGER CARS AND MOTORCYCLES ⁸⁾	Hiroaki NISHIUCHI Yasuhiro SHIOMI Kazushi SANO Tomoki WATANABE	Internet Journal for Society for Social Management Systems vol.1, pp.79-85, 2016	ベトナム国ハノイ市で取得したビデオデータより、車両速度、位置座標、車両密度を取得し混合交通の混在状況が異なる場合において同じ車両密度であっても速度差が生じることを、ボロノイ図を用いた手法により明確にし、混合交通流状態における交通流モデルを構築した。構築した交通流モデルの感度分析を行い、道路運用、交通施設を提案した。
A study on the relationship between inter-vehicle space and two-wheeled vehicle behavior in mixed traffic conditions ⁹⁾	Shizuki Ikawa Hiroaki Nishiuchi	Internet Journal of Society for Social Management Systems vol.12, pp.24-34, 2020	ベトナム国ホーチミン市で取得したビデオデータより、Nair らと同様に、ドローネー図を作成し、車両間スペースを数値化し、車両間スペース、二輪車混入率、平均速度の分析を行った。図 2.1.2 に示す車両間スペースと平均速度の分析結果より、二輪車混入率に関係なく車両間スペースのみで平均速度の予測が可能となる可能性を示した。

Analysis of motorcycle microscopic characteristics at roundabouts under mixed traffic condition-a case study of Vietnam ¹⁰⁾	Linh Thanh Trinh Kazushi Sano Kiichiro Hatoyama Chathura Kovida De Silva	Journal of Traffic and Transportation Engineering, pp.1-15, 2020	本研究は、ベトナムのラウンドアバウトを対象とし、観測したビデオデータより、ラウンドアバウト通過時の加速、減速、回転角度、臨海ギャップ、走行軌跡の分析を行った。その結果、二輪車が走行中に速度と方向を変更することが明らかとなった。また、速度によって回転角度が変わることを定式化し、マクロシミュレーションへ直接適用することが可能となった。
--	---	--	--

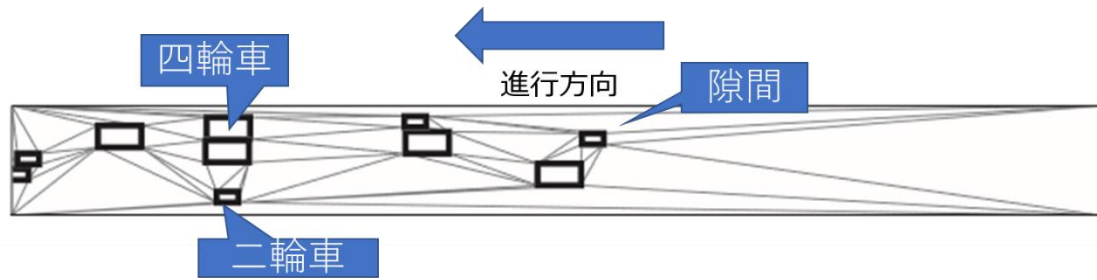


図 2.1.1 車両間スペースの簡略化に使用したドロネー図⁵⁾

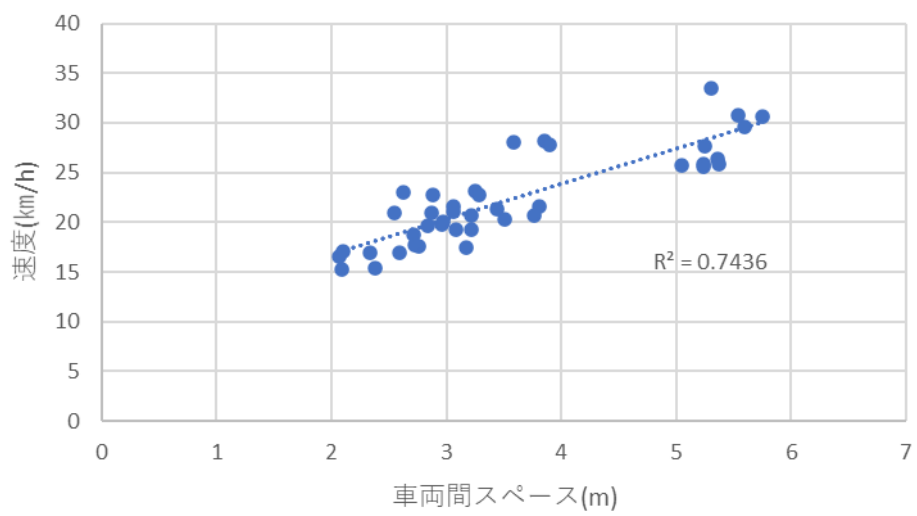


図 2.1.2 車両間スペースと平均速度の関係⁷⁾

2-1-2 ラインスキャナー型データを活用した移動体の観測

ここでは、ラインスキャナー型データを活用した移動体の観測に関する研究について整理する。大宅らの研究¹¹⁾では、ラインスキャナーセンサを用いたステレオ視による魚の計測方法が提案された。従来は、目視やビデオカメラで魚の計測をされているため、長期的で定量的な観測ができないことや、カメラ画像では得られる情報が多いため、サンプリング周期が長くなり、サンプル作成に時間がかかることが課題となっている。そのため、ラインスキャナーを観測に用いることにより、取得できる情報が連続的な1本の帯状の画像となることからデータ処理の手順が省略されるため、リアルタイム計測ができることや、長期的で定量的な観測ができる可能性を示した。中村らの研究¹²⁾では、広範囲計測が可能な、ラインスキャナーを用いて、通行人数の自動計測を行う手法を提案した。既存の観測手法では、混雑時に目視によるカウントには限界があることや、プライバシー保護のためにカメラ設置ができないことが問題となっている。本研究で提案したラインスキャナーによる交通観測を適用することにより、プライバシーの保護が可能となることや、混雑時にも適切に人数をカウントができる可能性を示している。趙らの研究¹³⁾では、水平にスキャンするラインスキャナーを用いた、交差点における移動体の同時識別とトラッキング手法を開発した。既往研究の多くは、ビデオカメラによる観測が主流だったため、画角の影響により観測できない車両が存在することや、計算量が膨大なことから、リアルタイムでのトラッキングや識別が困難である。本研究で提案するレーザスキャナを交通観測に適用することにより、瞬時に正確に移動体の識別とトラッキングができる可能性を示した。中村らの研究¹⁴⁾では、複数のレーザスキャナを用いて、広域における群集中の歩行者追跡と挙動認識ができる可能性を示している。岡田らの研究¹⁵⁾では、人の位置や数を計測するために移動するレーザスキャナを用いた観測を提案した。既存の固定された観測方法では、広域を観測しようとした場合多くの機材を必要とするが、観測機材を移動させることによって、少ない機材で未計測の領域を削減できる可能性を示した。上記の通り、ラインスキャナー型データを活用した移動体の研究がされているが、ラインスキャナーを用いて1つの車線を2台以上の車両が並走する混合交通流を観測し、交通状態を解析した例は、筆者が調べた限り存在しないことを把握した。

表 2.1.2 ラインスキャナー型データを活用した移動体の観測に関する研究一覧

タイトル	研究者	出典・出版年月	概要
ラインイメージセンサを用いたステレオ視による魚の計測手法 ¹¹⁾	大宅 雄一郎 川末 紀功仁	Eco-Engineering vol.22, no.1, pp.5-11, 2010	本研究では、魚道内を通過する生体を連続的に定量評価するために、ラインイメージセンサを用いた実動計測システムを試作し、精度評価と可能性評価がされていた。その結果、通過位置の計測や通過する移動体の形状を観測できる可能性が示された。
マルチレーザスキャナを用いた通行人数の自動計測 ¹²⁾	中村 克行 趙 卉菁 柴崎 亮介 坂本 圭司 大鋸 朋生 鈴川 尚毅	情報科学技術フォーラム一般講演論文集 3, pp.195-196, 2004	本研究では、実際の駅構内でレーザスキャナを用いて、通行人数を正確に観測できるか検証した。その結果、イベント会場のような広範囲、高密度の場所での計測に有効であることを明らかにした。
レーザスキャナを用いた交差点における移動体の識別とトラッキング ¹³⁾	趙 卉菁 邵 肖偉 帽子 京市郎 中村 克行 柴崎 亮介	社団法人 情報処理学会 研究報告, pp.93-100, 2006	本研究は、簡易な設置方法により瞬時に正確に交通状況を把握可能とするためにレーザスキャナを用いた移動体の識別とトラッキング手法を開発し、観測したビデオ画像と比較することにより検知精度と効率を検証した。その結果、95%の検知率とビデオデータでの処理の半分以下の時間で処理が可能となったため、簡易な設置方法で、高い検知率とリアルタイム性を証明した。

レーザスキャナを用いた歩容解析に基づく非定常歩行の認識 ¹⁴⁾	中村 克行 邵 肖偉 趙 卉菁 柴崎 亮介	電気学会論文誌 C vol.22, no.1, pp.537-545, 2010	本研究では,レーザスキャナを用いた歩容解析に基づく非定常歩行の認識手法を提案し,CCDカメラを用いた場合よりも広域に計測することが可能なことや高い認識率を実現した.
移動型レーザスキャナを用いた歩行者と立ち止まっている人物の抽出に関する研究 ¹⁵⁾	岡田 尚樹 趙 卉菁 柴崎 亮介	写真測量とリモートセンシング vol.49, no.1, pp.4-9, 2010	本研究では,人の多い実環境においてレーザスキャナを移動させながら観測を行った.その結果,対象物を見失うことなく追跡することに成功した.また,立ち止まっている人の抽出も可能なことを明らかにした.

2-1-3 混合交通流における渋滞対策

ここでは、合交通流における二輪車の走行対策に関する研究について整理する。シュエの研究¹⁶⁾では、混合交通流において、二輪車が減速、追い越しが他の車両へ及ぼす影響を分析した。その結果、交通渋滞や交通事故が発生する可能性があがることが考えられるため、二輪車と四輪車の交通分離を交通整備案として提案した。これにより、混合交通流における新たな道路レイアウトが完成し道路が改善される可能性を示している。中西の研究¹⁷⁾では、HONDA が行っている二輪車を対象とした先進国の安全普及活動について述べられており、発展途上国における交通安全活動の現状と課題を明らかにしている。Meng らの研究¹⁸⁾では、二輪車と四輪車の混合交通流の交通状況に応じた、二輪車の横移動を予測するモデルを提案し、二輪車の横移動によって、最大交通量が変動することを示した。その結果、二輪車と四輪車を交通状況に応じて分離することが有効的である可能性を示した。上記より交通渋滞・交通事故に対する交通整備評価がなされているが、道路ネットワーク全体を管制・制御するために、道路区間のマクロ的な交通流状態指標(交通流率、交通密度、平均速度)の関係について、混合交通流状態を分析した例は少ない。

表 2.1.3 混合交通流における二輪車の走行対策一覧

タイトル	研究者	出典・出版年月	概要
オートバイ交通に関する分離の考え方 ¹⁶⁾	ティエンベン・シュー	国際交通安全学会誌 vol.29, no.3, pp.32-42, 2004	本研究では、台北における二輪車走行の現状や事故状況を把握し、二段階左折規制、二輪車向け優先ゾーン、二輪車専用レーンにより、他の車両と二輪車の通行を分離させた状況をそうでない場合と比較し事故の減少や飽和交通流率の増加を明確に示した。
アジア地域を対象とする HONDA の二輪車安全運転普及活動の実態と成果 ¹⁷⁾	中 西 盟	国際交通安全学会誌 vol.29, no.3, pp.56-62, 2004	海外で HONDA の二輪車の普及率が急上昇し、タイやシンガポールで二輪車安全普及活動を行った。今後普及率が伸びる可能性がある、ベトナムやインドネシアなどの発展途上国を対象に交通安全活動を普及させる妨げになる、無免許ドライバーの多さなどの課題について述べられている。
Cellular automaton model for mixed traffic flow with motorcycles ¹⁸⁾	Jian-ping Meng Shi-qiang Dai Li-yun Dong Jie-fang Zhang	Physica A: Statistical Mechanics and its Applications vol.380, pp.470-480, 2007	本研究では、交通密度と二輪車混入率を設定し、車線を定義し、交通状況に応じて二輪車の車線移動を推定するモデルを構築した。その結果、交通密度が高い場合と低い場合は、二輪車混入率に関係なく車線移動率が低くなることが明らかとなった。交通密度が低すぎず、高すぎない場合に車線移動率が高くなることを把握した。その結果、二輪車と四輪車の走行挙動が異なることが車線移動の原因と考えられるため、二輪車混入率と交通密度によって分離が必要なことを示した。

2-1-4 交通指標

ここでは、交通指標に関する論文を整理する。瀬尾らの研究¹⁷⁾では、定点センサがない区間の交通流率と交通密度を把握可能とするため、GPS 搭載プローブカーを使用した移動体観測によって収集したデータを用いた分析を行った。分析結果より、推定した交通流率と交通密度が実現象に近いことを明らかにした。阿部らの研究¹⁸⁾では、交通流シミュレーションによる動的解析を行い、信号制御や渋滞状況等の予測する指標を用いて、交差点改良等を検討した。信号制御や交通渋滞等の予測する指標を用いることにより、交差点を改良した際に得られる、整備効果を予測することを可能とした。松井らの研究¹⁹⁾では、ドライバーの渋滞意識アンケートを行い、その結果に基づいて渋滞定義を提案し、車両感知器により観測された実データを用いて渋滞判定を行い、妥当性を検証した。これらの交通指標にも基づいて、一般的に交通状況を把握している。しかしながら、車線が機能していない混合交通流では、既存の交通手法のみでは十分に交通状況を把握できないと言えない。そのため、本研究では、混合交通流の交通状況を評価するための新たな指標の提案をする。

表 2.1.4 交通指標に関する研究一覧

タイトル	研究者	出典・出版年月	概要
車両軌跡に基づく 流率密度関係の推 定法—基本的な枠 組みと数値実験 ¹⁹⁾	瀬尾 亨 日下部 貴彦 朝倉 康夫	交通工学論文集 vol.2, no.2, pp.A_1-A_10, 2016	本研究では、GPS 搭載プローブカーを 使用した移動体観測によって収集したデ ータを用いてサンプリングした走行軌跡 より交通流率、交通密度を推定できるモ デルを提案した。その結果、その地点の 自由流速度や臨界密度を求められる可能 性を示唆した。
交通流シミュレー ションプログラム を用いた交差点改 良の評価について ²⁰⁾	阿部 幸康 田原 庸弘	平成 10 年度技術 研究発表会 pp.145-150, 1999	本研究では、交差点改良における、整備 効果図のための指標として、信号待ち回 数、旅行時間、渋滞長を提案した。その結 果、信号待ちの損失時間などから直接効 果を把握できるため、専門的な知識が必要 ないため、多くの道路利用者に整備効 果を分かりやすくアピールできるようにな った..
信号交差点を含む 一般道の交通渋滞 評価に関する研究 ²¹⁾	松井 寛 藤田 素弘 清水 和仁	土木計画学研究・ 論文集 No.15, pp.755-763, 1998	本研究では、渋滞意識アンケートに基づ き、最高速度とその走行時間の関係から 渋滞定義を導いた。また、本研究での渋 滞定義を適用することにより、時間占有 率のみを用いた方法よりもデータの中抜 けを減らすことが可能となった。

2-2 本研究の位置づけ

前節にて、混合交通流に現在適用されているビデオデータを活用した解析手法では取得可能なデータが空間データのため、交通解析をする際、空間データを時系列データへ変換する処理が必要である。そのため、処理工程が多いことにより、リアルタイムで交通状況が把握できないことが課題となっている。しかしながら、混合交通流に関する研究にはビデオデータを使用しているため、ビデオを活用した交通観測が前提となっているが、車両感知器のようにリアルタイムで交通状況を把握できる解析手法が必要である。そのため、混合交通流のデータ解析工程を削減可能でかつ、1列で走行しない交通を観測できる観測手法を提案する必要がある。前節にて、列を作らない移動体の観測にラインスキャナーが活用されていることが分かる。また、取得できるデータが移動体の通行箇所と通行の有無のため1列の行列データであるため、一定時間ごとにデータ取得することにより1本の時系列データを作成できる。そのため、本研究では、様々な移動体の観測に適用されているラインスキャナー型データを活用した交通解析を提案する。

第3章 研究の進め方

ここでは、混合交通流の交通解析手順を削減するために、ラインスキャナー型データを活用した交通解析手法を提案するための研究の進め方を記載する。ラインスキャナー型データを活用するためには、ラインスキャナー型データにて取得した交通流データより、ビデオと等価なデータが得られ、交通流理論と同じ傾向が把握可能であることを明らかにする必要がある。ラインスキャナー型データを活用した交通解析が可能か判定するための分析フローを図 3.1 へ示す。

初めに、ベトナム国ホーチミン市にてビデオ調査を行い、観測した混合交通流の交通状況を交通流率-交通密度の関係より把握した。次に、ビデオと等価なデータを得られるか検証するための Ikawa ら⁷⁾と同様の車両を観測したラインスキャナー型データと、交通流理論との整合を図るための連続したシーンより 5 秒毎に作成したラインスキャナー型データを作成した。作成したラインスキャナー型データより、車両間スペース、交通流率、時間占有率、二輪車混入率の取得方法を考案し、考案した手法を用いて車両間スペース、交通流率、交通密度に代わるデータ、二輪車混入率が取得可能か検証した。検証結果より、交通流データ取得方法を決定し、車両間スペース、交通流率、時間占有率、二輪車混入率を取得した。

交通流データ取得後、ラインスキャナー型データとビデオデータの整合を図った。ビデオデータとの整合を図るために、Ikawa ら⁷⁾がビデオデータより取得した車両間スペースとラインスキャナー型データより取得した車両間スペースの関係を分析し、ラインスキャナー型データよりビデオと等価なデータを得られか検証した。しかしながら、車両間スペースの定義には、ドロネー図の作成が必要なため、蓄積された時系列データより直接取得可能な時間占有率と車両間スペースの整合を図り、ラインスキャナー型データより取得した、時間占有率が交通密度に代わる指標として提案可能か判定した。

次に、ラインスキャナー型データより取得した交通流データの交通流理論との整合を図った。ビデオデータより取得した、5 秒毎に作成したラインスキャナー型データから取得した交通量、時間占有率、二輪車混入率の関係を分析した。分析結果より、一般的に交通解析に用いられる交通流率-交通密度の関係と同様の傾向がみられるか確認し、ラインスキャナー型データより得られる交通流データより交通解析が可能か検証した。しかしながら、混合交通流は、我が国等でみられる四輪車主体では考慮する必要のない二輪車混入率による影響を考慮する必要がある。Charles ら²⁰⁾がビデオデータより取得した交通流データを用いた研究結果より、二輪車混入率が低下すると交通流率が低下することが明らかとなっていた。そのため、ラインスキャナー型データより取得した交通流データより、Charles ら²⁰⁾と同様の二輪車混入率による影響が把握可能か検証し、ラインスキャナー型データより取得した、交通流データを用いた、混合交通流の交通解析が可能か判定した。

以上の分析結果よりラインスキャナー型データを活用することによって、混合交通流の交通解析手順が削減可能であることを明らかにした。

その後、異なる条件の道路データを用いた交通流率、時間占有率、二輪車混入率の分析を行い、道路ネットワーク全体に適用可能か検証した。

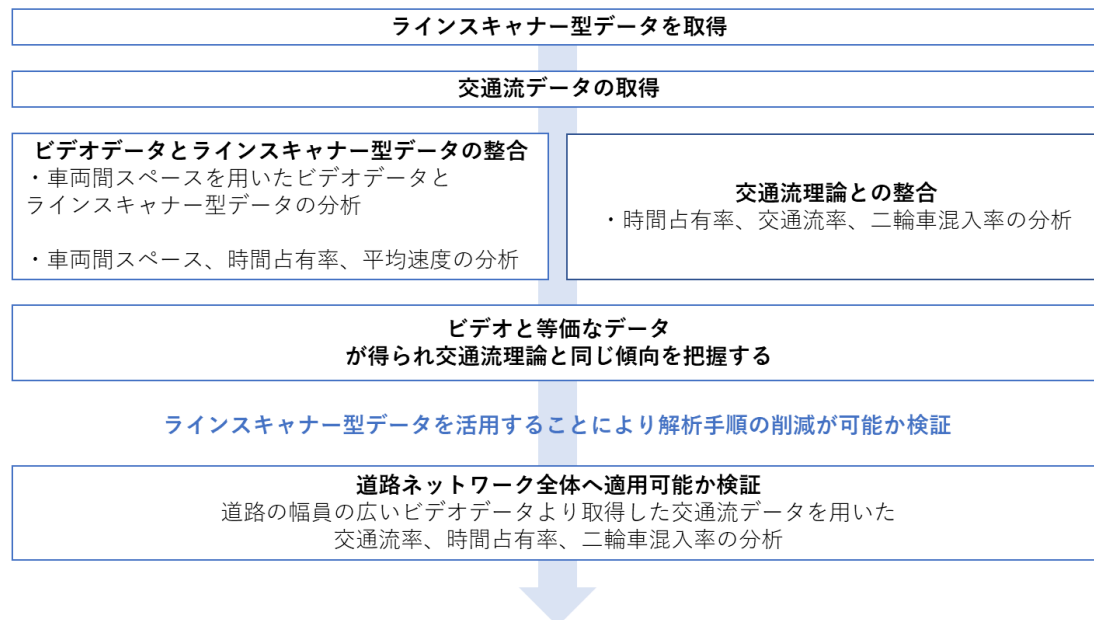


図 3.1 分析フロー

第4章 ビデオ調査概要

ここでは、本研究で使用するデータの調査概要について説明する。混合交通流データの取得は、2017年12月18日(月)にベトナム国ホーチミン市の郊外部にある Ho Chi Minh City University of Technology 周辺の二地点にて実施した。1地点目は、Vo Van Ngan 通りにあるビルから、2地点目は、Le Van Viet 通りにあるビルから撮影している。いずれの調査地点も片側1車線が2方向ある2車線区間である。両地点においても、建物の4階部分からビデオカメラにて付近の道路区間における二輪車と四輪車が混在する混合交通流を観測した。なお、ビデオカメラを設置したビルは、図4.1と図4.2中の赤いマーカーで示している。それぞれの地点からのビデオの角度を図4.3と図4.4に示す。調査は2つの調査地点で同時に実施し、観測時間帯は午前7時40分から午前10時まで、午後4時50分～午後6時までの、通勤通学により交通量が多い朝と、帰宅により交通量が多い夕方に実施した。

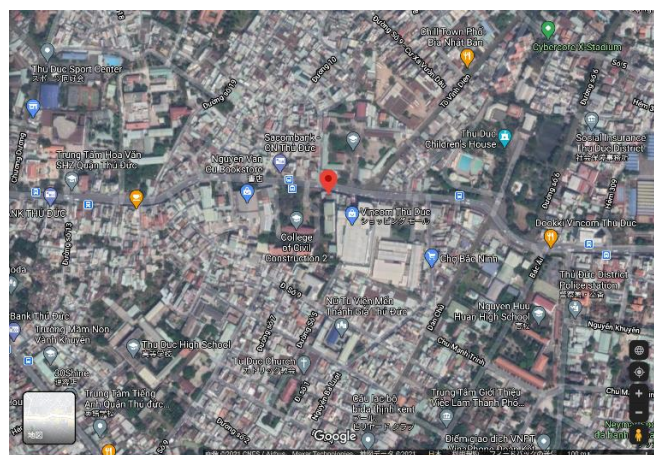


図4.1 調査地点(Vo Van Ngan 通り)²²⁾



図4.2 調査地点(Le Van Viet 通り)²³⁾



図 4.3 Vo Van Ngan 通りにおけるビデオ調査観測区間

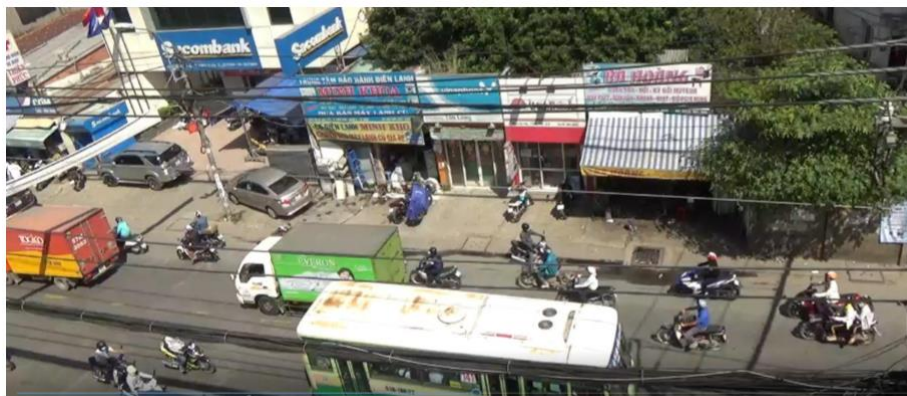


図 4.4 Le Van Viet 通りにおけるビデオ調査観測区間

第5章 対象区間の交通状況

本章では、使用するデータの交通状況を、交通流率と交通密度の関係を分析し、観測地点の交通状況を把握する。

5-1 交通流率と交通密度の取得方法

前節にて説明した調査にて、2 地点からそれぞれ朝の通勤・通学時間帯と夕方の帰宅時間帯の道路交通流の様子をビデオカメラにて撮影し、マクロ交通現象を分析するためにデータを集計した。本研究では、取得したデータの基本的な交通状態を把握するため、マクロ交通流指標の中でも、単位時間当たりの通過交通量である交通流率と、単位面積当たりの車両の台数である交通密度を分析の指標とした。図 5.1.1, 図 5.1.2 には、データを集計する際の動画画面を示している。図 5.1.1, 図 5.1.2 に示す通り、動画内に四角形のエリアをソフトウェア「アクリル板」を用いて定義し、これを活用して上述した交通流率と交通密度を計測した。なお、「アクリル板」で定義した観測エリアは図 5.1.1 と図 5.1.2 中の黒い線で示している。交通流率については 10 秒間でエリアを通過した二輪車と四輪車の台数をカウントし、交通密度については 10 秒おきに動画を停止し、その時にエリア内にいた二輪車と四輪車の台数をそれぞれカウントした。ここで各車両の台数の集計について、観測地点では様々な車種の車両が観測された。したがって、ここでは乗用車換算係数により、二輪車と大型車がそれぞれ普通車の何台分に相当するかを考慮した形での車両の台数の単位(Passenger car unit、以下 PCU)を用いて集計する。具体的には、二輪車の乗用車換算係数を 0.5 とし、普通車を 1.0 とし、大型車については 2.0 を用いることとした。ここで、Vo Van Ngan 通りについては、2 方向(図 5.1.1 の右から左方向を上り(上段のレーン)、左から右方向を下り(下段のレーン)と定義)の交通流を対象にマクロ交通流を計測するが、Le Van Viet 通りについては、動画のアングルから精緻に交通流を計測することが困難であったため、1 車線分(図 5.1.2 中上段(右から左方向))のみ集計対象とした。



図 5.1.1 Vo Van Ngan 通りにおける交通流率,交通密度計測のための動画設定例



図 5.1.2 Le Van Viet 通りにおける交通流率, 交通密度計測のための動画設定例

5-2 交通流率

ここでは、取得したデータから、観測時間帯における交通流率(単位時間当たりの車両の通過台数)の変化を把握する。Vo Van Ngan 通りにおける交通流率と同時時間帯の二輪車混入率の関係について、図 5.2.1 には上り方向の朝の観測結果を、図 5.2.2 には上り方向の夕方の観測結果を、図 5.2.3 には下り方向の朝の観測結果を、図 5.2.4 には下り方向の夕方の観測結果を示している。同様に Le Van Viet 通りにおける交通流率と二輪車混入率の関係について、図 5.2.5 には朝の観測結果を、図 5.2.6 には夕方の観測結果を示している。また、表 5.2.1 には交通流率の朝の基本統計量を、表 5.2.2 には交通流率の夕方の基本統計量を、表 5.2.3 には二輪車混入率の朝の基本統計量を、表 5.2.4 には二輪車混入率の夕方の基本統計量を示している。それぞれの結果より、いずれの区間においても、二輪車混入率は概ね 70% 以上の混入率で推移しており、観測した区間には多くの二輪車が通行していることが分かる。また、交通流率の推移は概ね 3000[pcu/hour]で推移しており、時間の経過とともに混雑が開始し渋滞して交通流率が減少するような傾向を見ることができなかった。図 5.2.4 より Le Van Viet 通りの朝では、観測時間の後半に大型車混入率が若干減少傾向となり、交通流率も観測開始直後の水準よりも低い傾向にあることから、観測時間中に交通状況が若干変化している可能性がある。図 5.2.6 より Le Van Viet 通りでは、他に比べ二輪車が混入していない状況が多く観測されており二輪車の走行台数が朝より減少している可能性がある。また、交通流率の基本統計量を観測地点別に比較しても、地点ごとに大きな水準の差はみられなかったが、二輪車混入率では Le Van Viet 通りの夕方で若干水準の差がみられた。

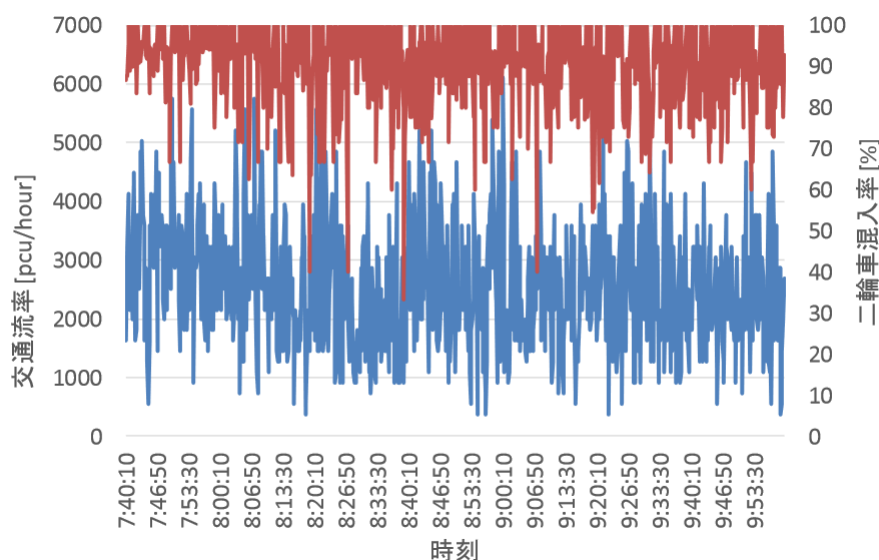


図 5.2.1 Vo Van Ngan 通り(上り方向)の朝における交通流率と二輪車混入率の推移

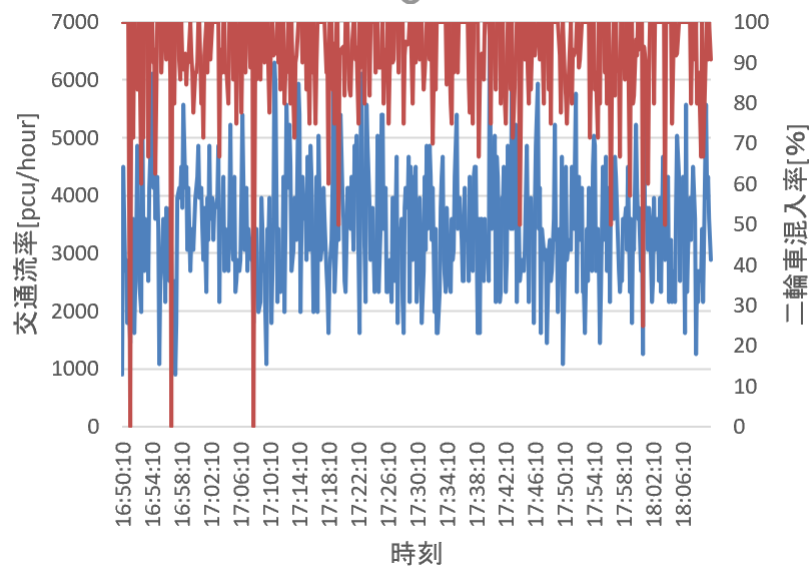


図 5.2.2 Vo Van Ngan 通り(上り方向)の夕方における交通流率と二輪車混入率の推移

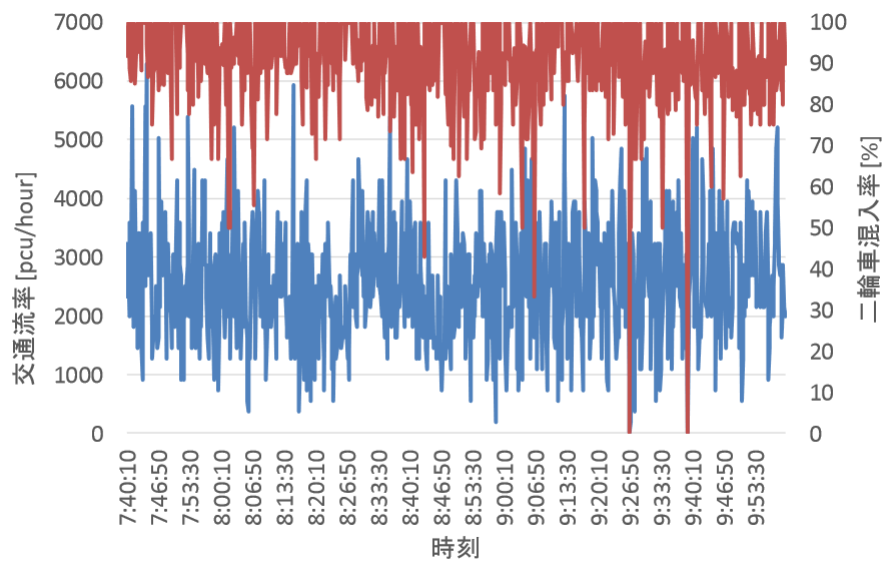


図 5.2.3 Vo Van Ngan 通り(下り方向)の朝における交通流率と二輪車混入率の推移

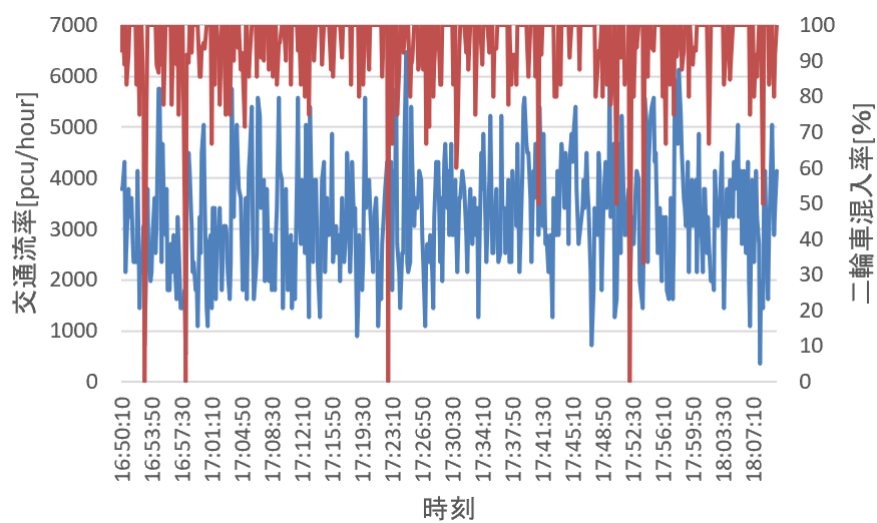


図 5.2.4 Vo Van Ngan 通り(下り方向)の夕方における交通流率と二輪車混入率の推移

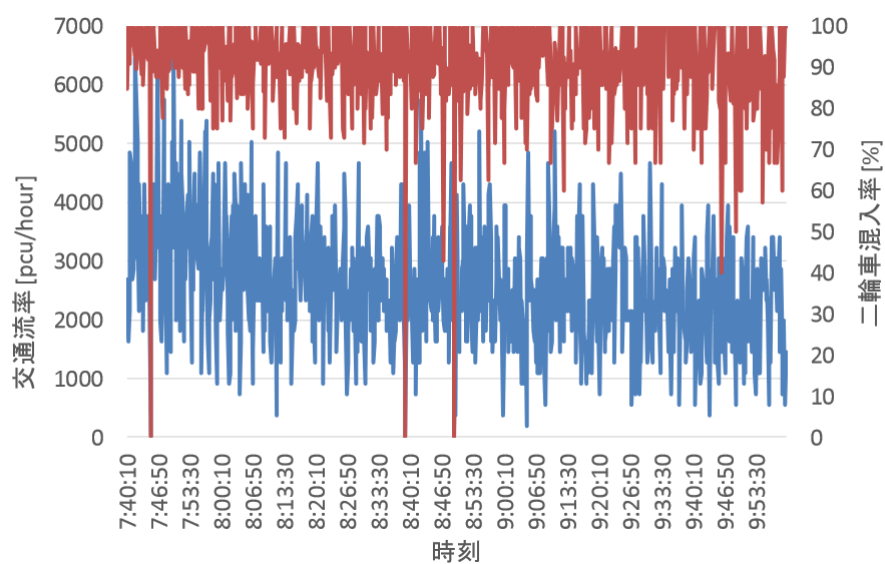


図 5.2.5 Le Van Viet 通りの朝における交通流率と二輪車混入率の推移

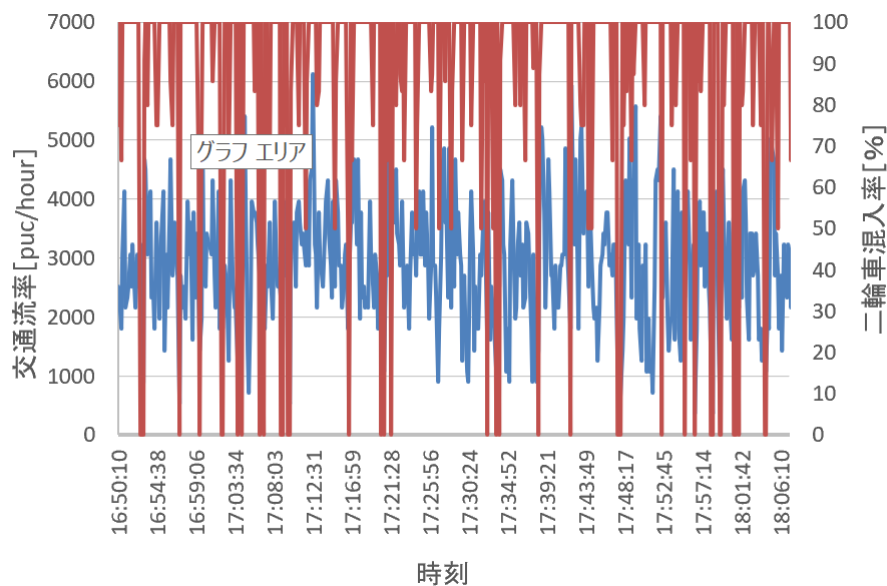


図 5.2.6 Le Van Viet 通りの夕方における交通流率と二輪車混入率の推移

表 5.2.1 観測地点別朝の交通流率の基本統計量

観測地点	Vo Van Ngan通り(上り)	Vo Van Ngan通り(下り)	Le Van Viet 通り
平均交通流率[pcu/hour]	2558.4	2554.7	2578.7
最大交通流率[pcu/hour]	6120	6300	6660
最小交通流率[pcu/hour]	360	0	0
交通率の標準偏差[pcu/hour]	1078.4	1003.2	1033

表 5.2.2 観測地点別夕方の交通流率の基本統計量

観測地点	Vo Van Ngan通り(上り)	Vo Van Ngan通り(下り)	Le Van Viet 通り
平均交通流率[pcu/hour]	3435.8	3222	2883
最大交通流率[pcu/hour]	7200	6480	6120
最小交通流率[pcu/hour]	900	360	360
交通率の標準偏差[pcu/hour]	1040	1108.2	1034

表 5.2.3 観測地点別朝の二輪車混入率の基本統計量

観測地点	Vo Van Ngan通り(上り)	Vo Van Ngan通り(下り)	Le Van Viet 通り
平均二輪車混入率[%]	90.8	90.8	90.8
最大二輪車混入率[%]	100	100	100
最小二輪車混入率[%]	33.3	0	0
二輪車混入率の標準偏差[%]	10.3	10.8	10.6

表 5.2.4 観測地点別夕方の二輪車混入率の基本統計量

観測地点	Vo Van Ngan通り(上り)	Vo Van Ngan通り(下り)	Le Van Viet 通り
平均二輪車混入率[%]	92.1	94.1	90.9
最大二輪車混入率[%]	100	100	100
最小二輪車混入率[%]	0	0	0
二輪車混入率の標準偏差[%]	12	12	20.6

5-3 交通密度

ここでは、ある瞬間における交通密度(単位面積あたりに車両が何台存在しているか)を10秒ごとに観測することで道路上の混雑状況の変化を把握する。前節と同様に、Vo Van Ngan 通りにおける交通密度と同時時間帯の二輪車混入率の関係について、図 5.3.1 には上り方向の朝の観測結果を、図 5.3.2 には上り方向の夕方の観測結果を、図 5.3.3 には下り方向の朝の観測結果を、図 5.3.3 には下り方向の夕方の観測結果を示している。同様に、Le Van Viet 通りにおける交通密度と二輪車混入率の関係について、図 5.3.5 に朝の観測結果を、図 5.3.6 に夕方の観測結果を示している。また、表 5.3.1 には交通密度の基本統計量を、表 5.3.2 には二輪車混入率の基本統計量を示している。それぞれの図より、各地点の交通密度は、瞬間の変動が多くみられるものの、概ね $20[\text{pcu}/1000\text{m}^2]$ 程度で推移していることが分かる。しかしながら、表 5.3.1、表 5.3.2 の平均交通密度より、Le Van Viet 通りの交通密度が Vo Van Ngan 通りの交通密度よりも平均と標準偏差が高い傾向にあることが分かる。また、表 5.3.1、表 5.3.2 よりどの通りにおいても朝より夕方の方が混雑していることが把握できる。したがって、本研究で参考としている Nair らが着目している車両間のスペースの変化に基づき、二輪車が走行位置を決定しているかどうかを検証する必要がある。そのため、交通状況が様々な状況进行分析可能であるかどうかの観点において、次節では本調査で取得したデータの性質を把握するため、マクロ交通流指標の基本的な関係で知られる交通流率と交通密度の関係を分析する。

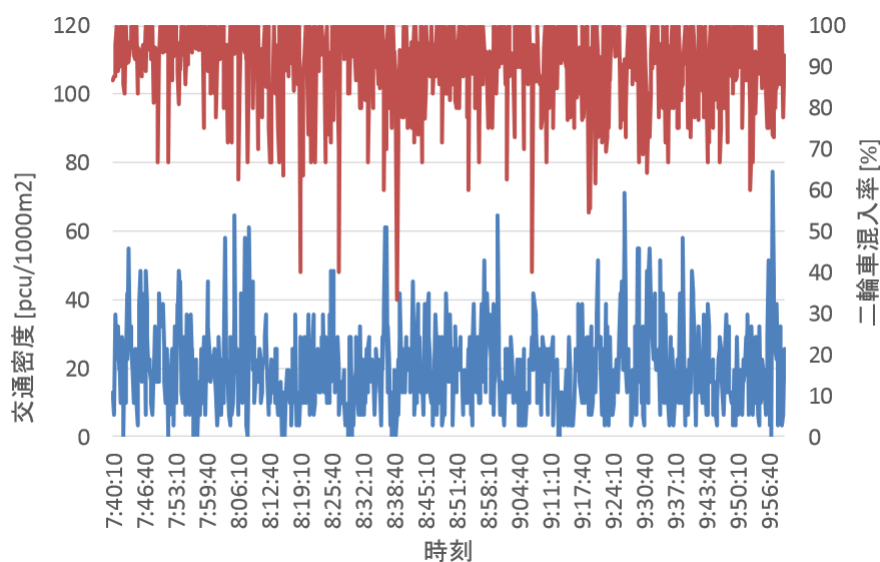


図 5.3.1 Vo Van Ngan 通り(上り方向)の朝における交通密度と二輪車混入率の推移

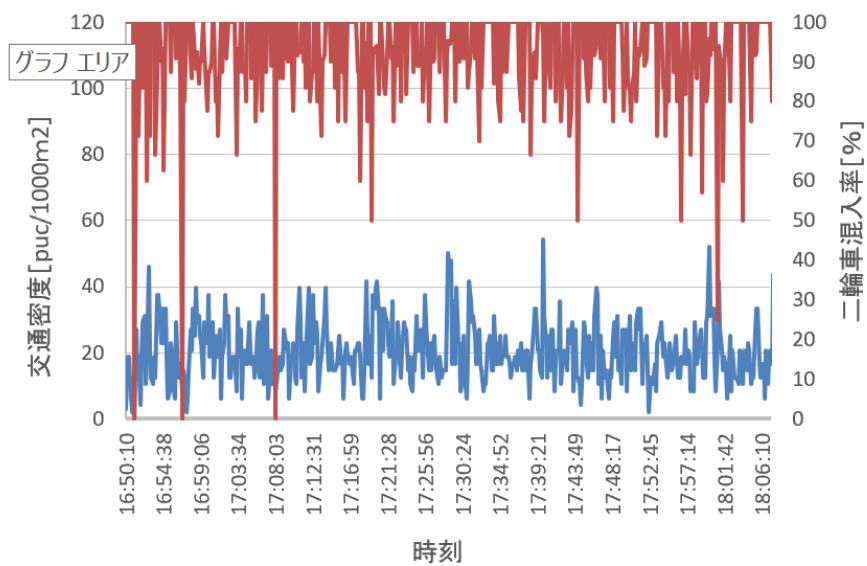


図 5.3.2 Vo Van Ngan 通り(上り方向)の夕方における交通密度と二輪車混入率の推移

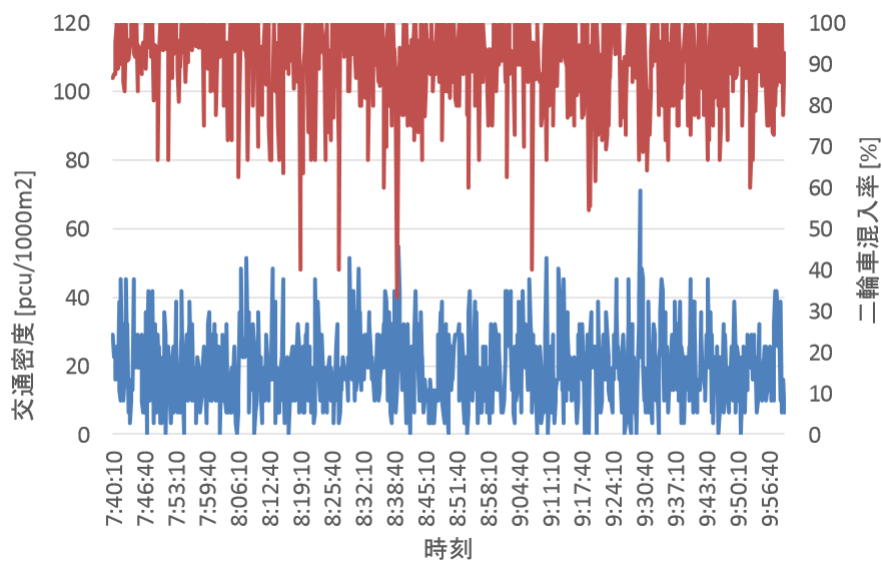


図 5.3.3 Vo Van Ngan 通り(下り方向)の朝における交通密度と二輪車混入率の推移

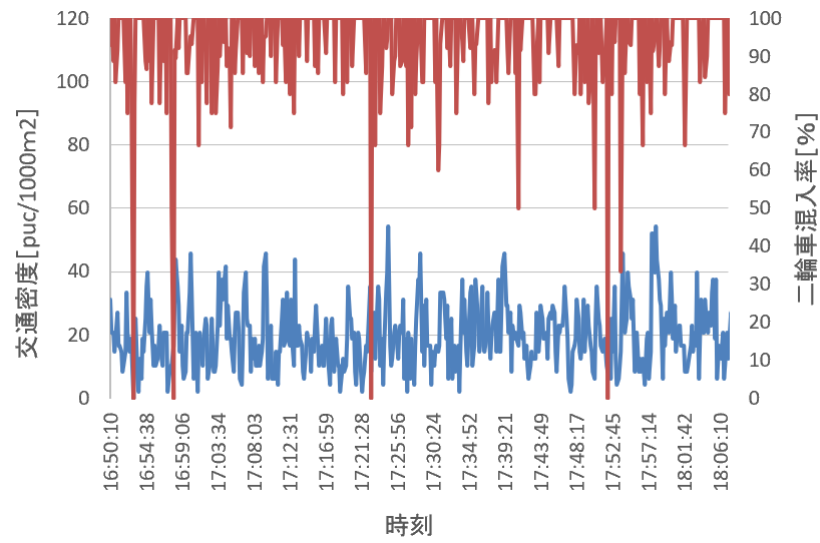


図 5.3.4 Vo Van Ngan 通り(下り方向)の夕方における交通密度と二輪車混入率の推移

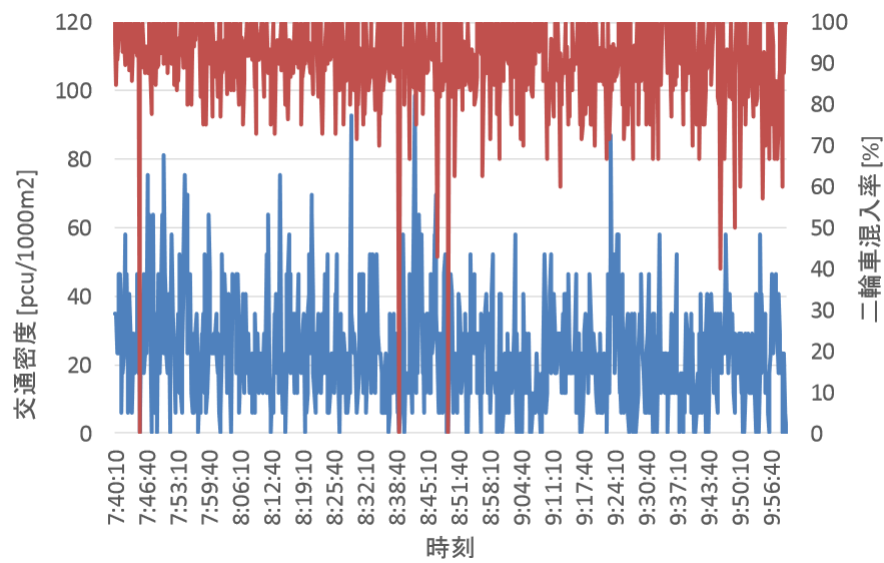


図 5.3.5 Le Van Viet 通りの朝における交通密度と二輪車混入率の推移

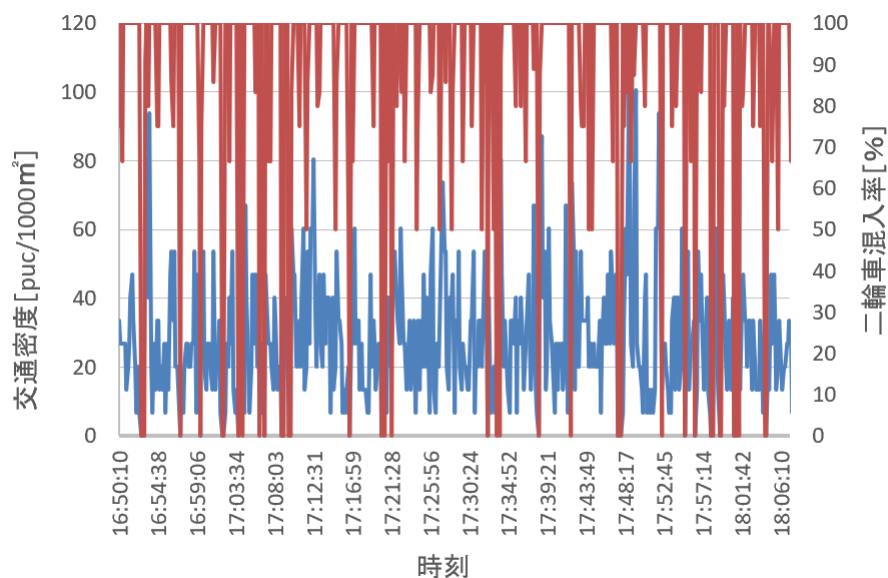


図 5.3.6 Le Van Viet 通りの夕方における交通密度と二輪車混入率の推移

表 5.3.1 観測地点別朝の交通密度の基本統計量

観測地点	Vo Van Ngan通り(上り)	Vo Van Ngan通り(下り)	Le Van Viet 通り
平均交通密度[pcu/1000m ²]	19.8	19.4	23.9
最大交通密度[pcu/1000m ²]	77.5	71	98.4
最小交通密度[pcu/1000m ²]	0	0	0
交通密度の標準偏差[pcu/1000m ²]	12	11.1	15.7

表 5.3.2 観測地点別夕方の交通密度の基本統計量

観測地点	Vo Van Ngan通り(上り)	Vo Van Ngan通り(下り)	Le Van Viet 通り
平均交通密度[pcu/1000m ²]	20.5	19.7	27.6
最大交通密度[pcu/1000m ²]	54.2	54.2	100.9
最小交通密度[pcu/1000m ²]	0	0	0
交通密度の標準偏差[pcu/1000m ²]	9	10.1	18.1

5-4 交通流率-交通密度の関係(Q K 関係)

本章では、前節までで示した交通流率と交通密度の関係を示す。交通流-交通密度の関係は QK 関係として道路交通工学で渋滞を解析する際に最も基本的で重要な特性の一つである。図 5.4.1 にはその代表的な関係図を示している。図内青線は交通密度が相対的に低い中で交通流率はその道路区間が持つ交通容量に近づき、交通密度が臨界密度以上になった場合に図内赤線で示すように交通流率が再び 0 に向かって進んでいる様子である。すなわち、図内青線は各車両が希望する速度で走行が可能であり、図内赤線は交通密度が高く周辺の車両により通行が困難になる状況あるいは交通渋滞で各車が走行できない状況を示している。この関係を本調査区間でも分析する。図 5.4.2 には Vo Van Ngan 通り上り線を、図 5.4.3 では同下り線における QK 関係を示す。図 5.4.4 には Le Van Viet 通りにおける QK 関係を示している。各図より、図 5.4.1 に見られるような交通流率の頂点と渋滞領域の様子は観測されておらず、調査時間帯において交通渋滞が観測されていないことが分かる。しかしながら、調査地点間の違いを比較すると Le Van Viet 通りの調査結果は Vo Van Ngan 通りに比べると比較的高い交通密度が観測されており、その際の交通流率にもばらつきが生じている。各図より、どの区間でも朝よりも夕方が交通流率、交通密度どちらとも高いことから夕方が混雑していることが把握できる。

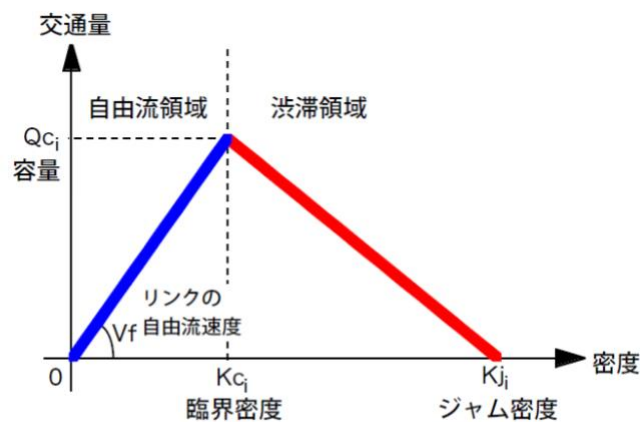


図 5.4.1 道路区間における交通流率と交通密度の関係 ²⁴⁾

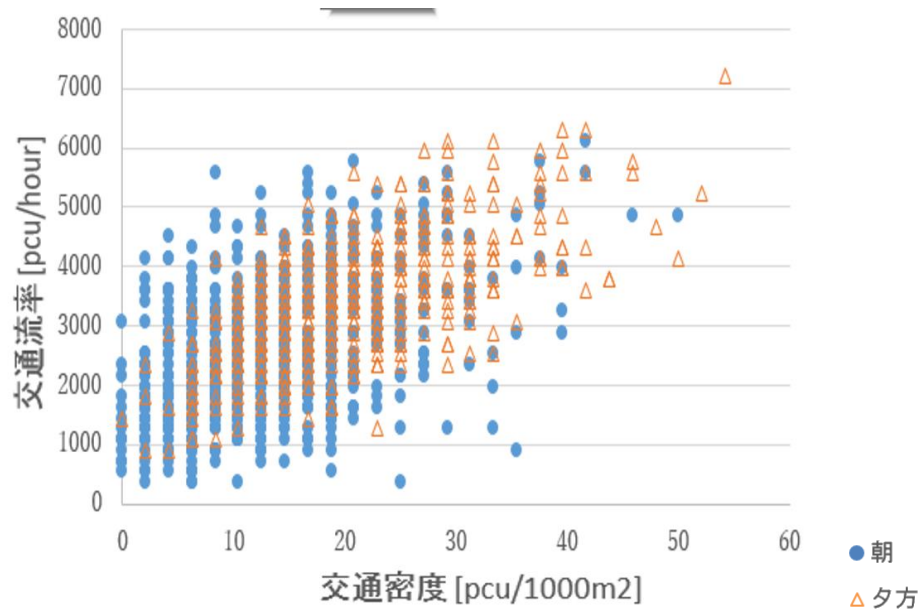


図 5.4.2 Vo Van Ngan (通り上り方向)における交通流率と交通密度の関係

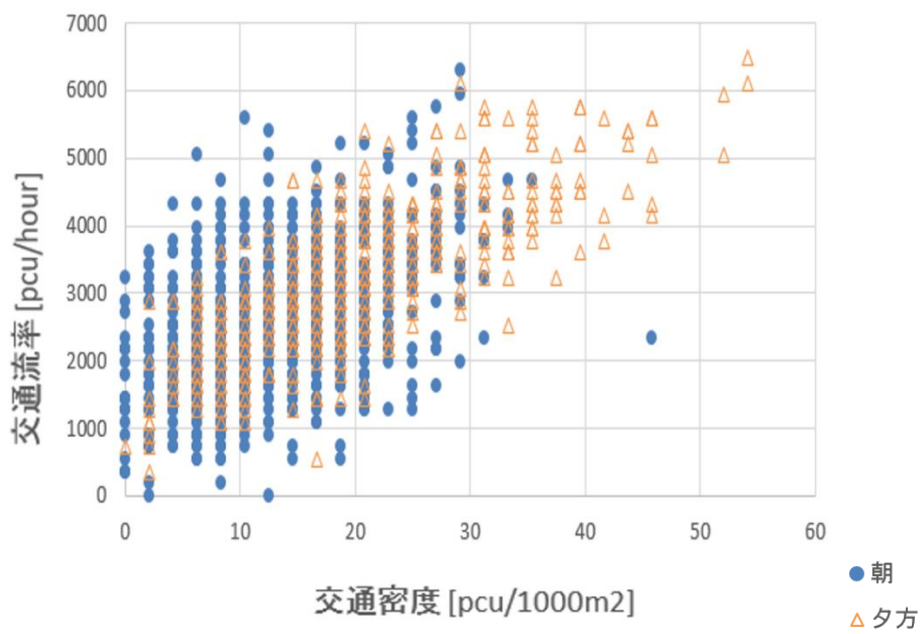


図 5.4.3 Vo Van Ngan (通り下り方向)における交通流率と交通密度の関係

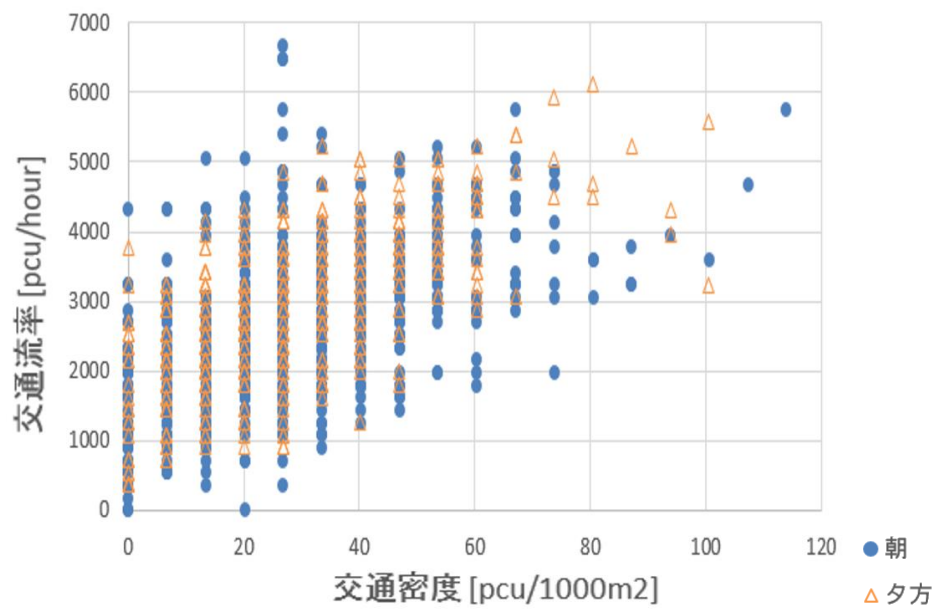


図 5.4.4 Le Van Viet 通りにおける交通流率と交通密度の関係

第6章 ラインスキャナー型データとビデオデータの分析

ここでは、ビデオデータとラインスキャナー型データの整合を図るための分析について説明する。ラインスキャナー型データより取得する情報とビデオデータより取得した情報を用いて、両者の関係を把握した。Nair らの研究⁵⁾や、Ikawa らの研究⁹⁾で、混合交通流の交通密度に代わる指標として車両間スペースを用いることが有効である可能性が示されていたため、本研究では、Ikawa ら⁹⁾と同様に、車両間スペースと平均速度の関係を分析した。具体的には、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースとビデオデータより取得した車両間スペースの関係と、ラインスキャナー型データより取得した平均速度とビデオデータより取得した平均速度の関係を分析した。2つの分析結果より、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度と、ビデオデータより取得した車両間スペースと平均速度で同じ傾向がみられるか確認し、ラインスキャナー型データより得られる車両間スペースと平均速度の分析を行い、ラインスキャナー型データよりビデオと等価なデータが得られる可能性を把握した。

6-1 本研究で使用するデータ

ここでは、分析に使用するビデオデータについて説明する。Ikawa らの研究⁹⁾では、表 6.1.1 に示す 9 つの二輪車と四輪車の混在条件が設定されていた。そのため、本研究は Ikawa⁹⁾らと同様のビデオデータを使用し、ラインスキャナー型データを作成した。作成したラインスキャナー型データより車両間スペースと対象車両の平均速度を取得し、Ikawa⁹⁾らがビデオより取得した車両間スペースと平均速度との関係を分析した。

表 6.1.1 二輪車と四輪車の混在条件

条件	二輪車2	四輪車1二輪車1	二輪車4	四輪車1二輪車4	二輪車6	四輪車1二輪車5	四輪車1二輪車6	二輪車8	二輪車10~12
----	------	----------	------	----------	------	----------	----------	------	----------

6-2 車両間スペースの簡略化方法

ここでは, Ikawa ら⁹⁾が車両間スペースの簡略化に用いたドロネー図の作成方法について説明する. ドロネー図の作成手順を図 6.2.1 に示す. 初めに, ビデオデータより対象区間を設定し, 車両の大きさを二輪車と四輪車の平均値をもちいて定義する. 定義した車両の大きさを表 6.2.1 に示す. 次に, 定義した対象区間に条件に応じた車両が存在することを確認し, 対象区間に存在する車両の左下の座標を取得する. 取得した座標を基準とし, 二輪車と四輪車を配置する. 車両を配置後, 区間頂点と車両の頂点を結び三角形を定義する. 定義した三角形の1辺の長さを1つの車両間スペース(m)と定義するため, 車両間スペースの数値化が可能である. 四輪車が1台, 二輪車が4台対象区間に存在する場合のドロネー図を図 6.2.2 に例として示す.

表 6.2.1 定義した車両の大きさ

車種	車幅(cm)	車長(cm)
小型自動二輪	72	189
普通自動車	170	470



図 6.2.1 ドロネー図作図手順

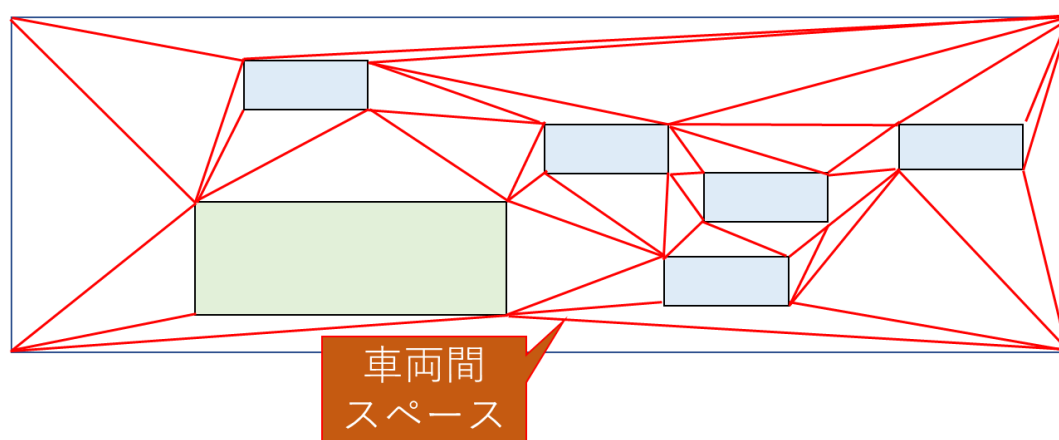


図 6.2.2 四輪車1台二輪車4台の場合のドロネー図

6-3 ビデオデータ取得方法

ここでは、車両間スペースと平均速度をビデオデータより取得する方法について説明する。車両間スペースは、前節にて説明したドロネー図より取得する。

条件	二輪車2	四輪車1 二輪車1	二輪車4	四輪車1 二輪車4	二輪車6	四輪車1 二輪車5	四輪車1 二輪車6	二輪車8	二輪車10~12
1	5.36	5.24	3.76	3.44	3.06	3.22	2.84	2.63	2.06
2	5.37	5.24	3.85	3.50	2.96	3.09	2.87	2.55	2.09
3	5.59	5.30	3.58	3.06	2.97	3.22	2.75	2.59	2.34
4	5.54	5.25	3.90		3.17	3.25		2.72	2.10
5	5.75	5.04	3.81		2.89	3.29		2.72	2.38

表 6.3.2 ビデオデータより取得した平均速度(km/h)

条件	二輪車2	四輪車1 二輪車1	二輪車4	四輪車1 二輪車4	二輪車6	四輪車1 二輪車5	四輪車1 二輪車6	二輪車8	二輪車10~12
1	26.35	25.90	20.66	21.32	21.05	20.65	19.66	23.05	16.52
2	25.85	25.62	28.17	20.37	19.80	19.31	21.00	20.92	15.25
3	29.60	33.43	28.00	21.58	20.10	19.29	17.61	16.91	16.89
4	30.78	27.64	27.79		17.42	23.11		18.78	17.13
5	30.64	25.71	21.53		22.81	22.71		17.71	15.35



図 6.3.1 計測開始ラインと計測終了ライン

6-4 ラインスキャナー型データ取得方法

ここでは、ラインスキャナー型データの作成方法と、車両間スペースと平均速度をラインスキャナー型データより取得する方法について説明する。

6-4-1 ラインスキャナー型データ作成方法

ここでは、ラインスキャナー型データの作成方法について説明する。初めに、ラインスキャナー型データの取得箇所を設定する。設定したラインスキャナー型データの取得箇所を図 6.4.1 に黄色の線で示す。先頭の対象車両がラインスキャナー型データ取得箇所に到達した瞬間から全車両が通過する瞬間までの画像データを 0.033 秒ごとに取得し射影変換による誤差調整を行う。その後、図 6.4.2 に示す手順でラインスキャナー型データを作成する。初めに、ラインスキャナー型データ取得箇所のピクセルデータを取得し、取得したピクセルデータを時系列で列挙しラインスキャナー型データを作成する。作成したラインスキャナー型データを図 6.4.3 に示す。図 6.4.3 の小型自動二輪 10~12 のデータより、大型車両の通過により観測できない車両が存在する。

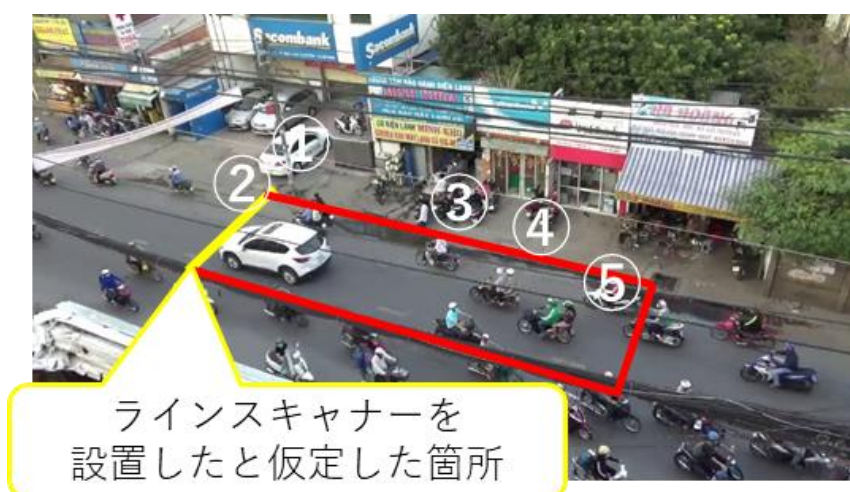


図 6.4.1 ラインスキャナー型データ取得箇所

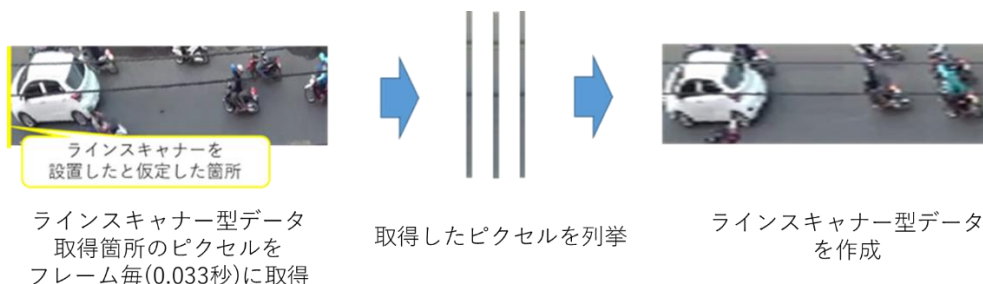


図 6.4.2 ラインスキャナー型データ取得方法

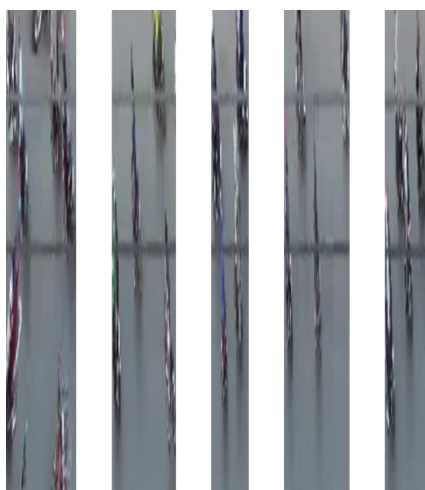


小型自動二輪 2 台



普通自動車1

小型自動二輪 2 台

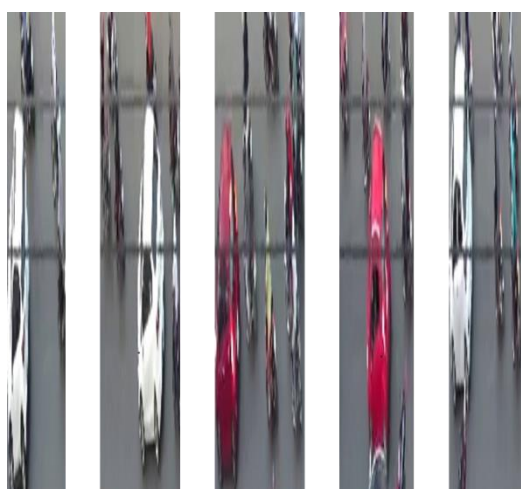


小型自動二輪 4 台



普通自動車1

小型自動二輪 4 台

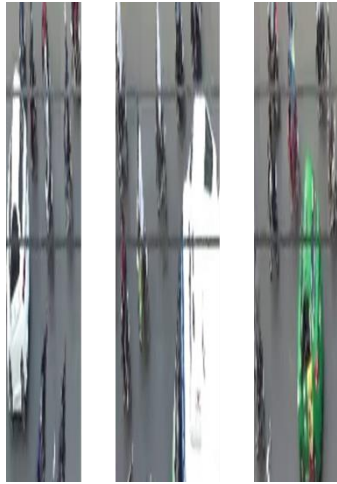


普通自動車1

小型自動二輪 5 台

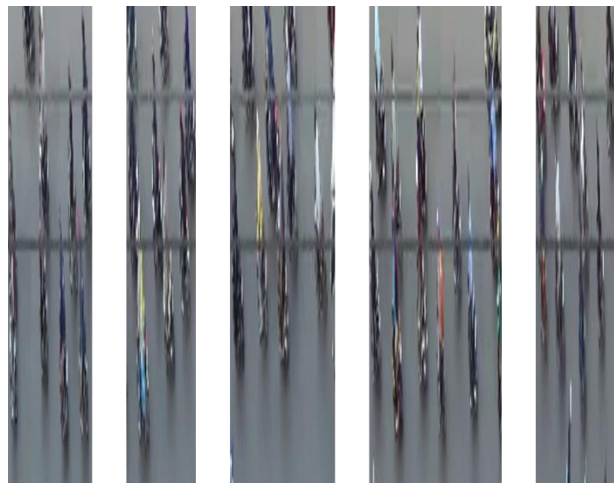


小型自動二輪 6 台

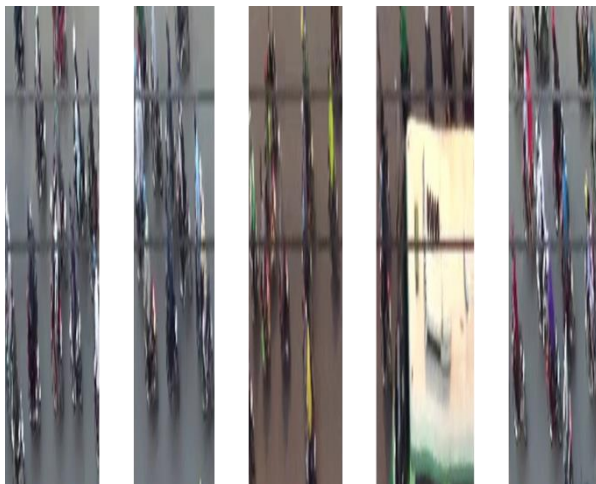


普通自動車1

小型自動二輪 6 台



小型自動二輪 8 台



小型自動二輪 10～12 台

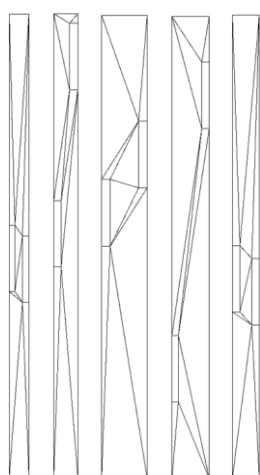
図 6.4.3 ラインスキャナー型データ

6-4-2 車両間スペースの取得方法

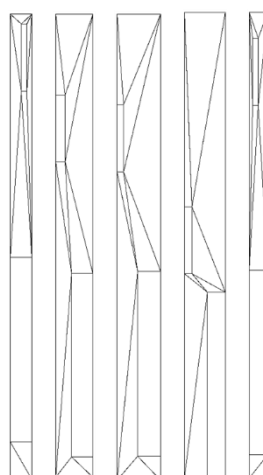
ここでは、前節にて作成したラインスキャナー型データから車両間スペースを取得する方法について説明する。Ikawa ら⁹⁾と同様に車両間スペースは、ドロネー図を用いて定義する。初めに、ラインスキャナー型データを用いたドロネー図の作成手順を説明する。ラインスキャナー型データは、1 回に取得できるデータが幅員に対するピクセル数となるため、ビデオのように空間的な対象区間を定義できない。そのため、1 回に取得できるピクセル数と、観測時間を用いて対象区間を定義した。対象区間の幅員を 1 回に取得できるピクセル数、対象区間の横軸を観測時間とした。次に、車両の大きさ定義方法について説明する。車両の大きさも、対象区間と同様の理由により、ビデオで用いた定義を使用できない。ラインスキャナー型データで車両間スペースを取得する際の車両の大きさの定義に、縦軸は、ビデオと同様に車両の車幅を用い、車長の代わりに通過時間を用いて車長を取得した。次に、対象区間に車両を配置するために、車両の左下の座標を取得した。ラインスキャナー型データより、車両の左端の座標を取得した。その後、取得した座標に基づいて、対象区間に車両を配置し、ドロネー図を作成した。作成したドロネー図を図 6.4.4 に示す。Ikawa ら⁹⁾と同様に 41 個のドロネー図を作成する予定だったが、前節にて取得した、小型自動二輪 10~12 のデータの 1 つが大型車両により観測できない車両が存在する、ためドロネー図の作成が困難である。そのため、40 個のドロネーズを作成した。作成したドロネー図より、車両間スペースを計測し、平均値を取得した。ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースを表 6.4.1 に示す。

表 6.4.1 ラインスキャナー型データより取得した車両間スペース(pix)

条件	二輪車2	四輪車1 二輪車1	二輪車4	四輪車1 二輪車4	二輪車6	四輪車1 二輪車5	四輪車1 二輪車6	二輪車8	二輪車10~12
1	118.213	79.59	91.11	78.93	64.23	65.08	69.62	68.61	47.45
2	112.551	99.18	95.93	74.90	56.92	63.64	73.52	66.27	51.48
3	106.545	100.56	72.28	62.53	72.10	62.88	67.19	63.65	60.28
4	124.649	86.82	92.78		64.65	73.33		63.31	
5	122.153	85.70	79.55		60.87	59.95		61.48	50.77

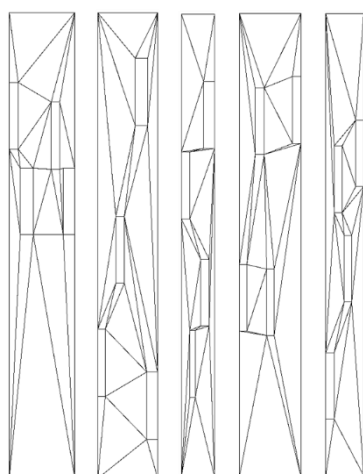


小型自動二輪2台

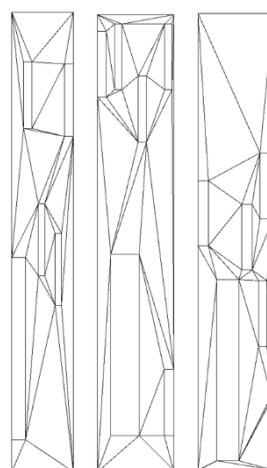


普通自動車1台

小型自動二輪1台

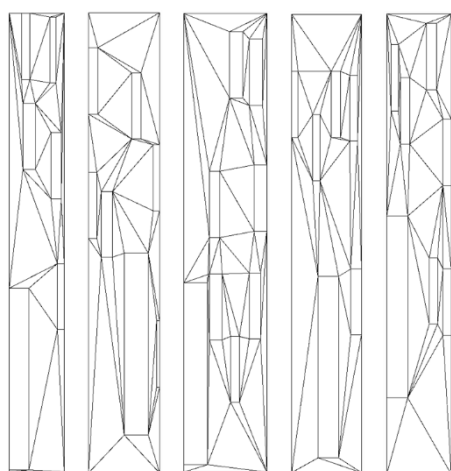


小型自動二輪4台



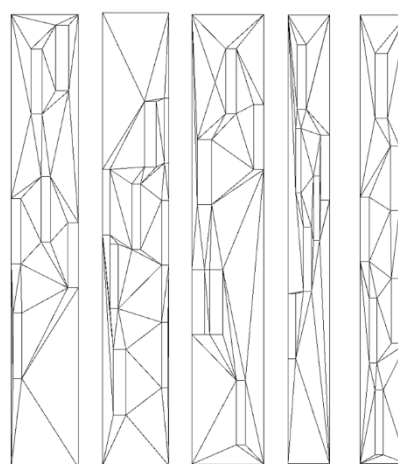
普通自動車1台

小型自動二輪4台

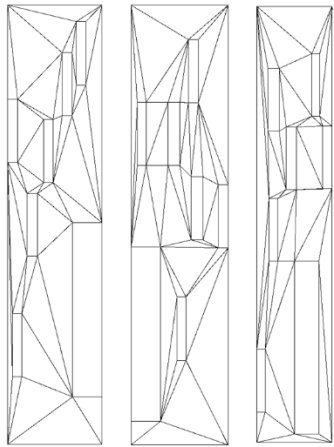


普通自動車1台

小型自動二輪5台

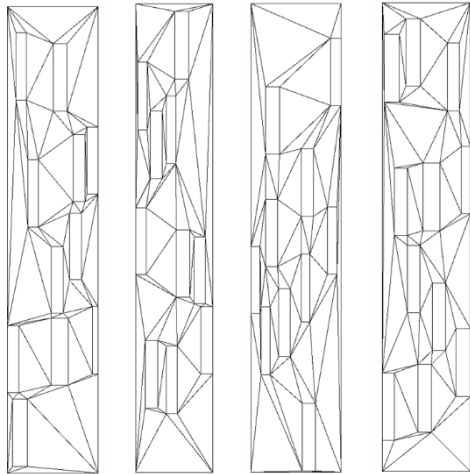


小型自動二輪6台

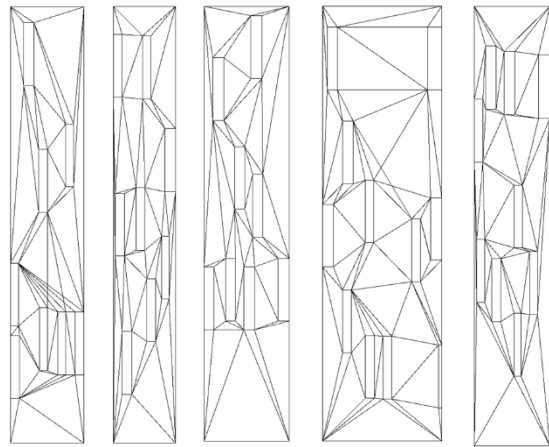


普通自動車 1 台

小型自動二輪 6 台



小型自動二輪 10～12 台



小型自動二輪 8 台

図 6.4.4 ラインスキャナーデータより作成したドロネー図

6-5 ラインスキャナー型データを用いた平均速度取得方法

ここでは、ラインスキャナー型データを1箇所から取得し、平均速度を取得した方法と、ラインスキャナー型データを2箇所から取得し、平均速度を取得した方法について説明する。

はじめに、ラインスキャナー型データより1箇所から速度取得を行う方法について説明する。前節にて取得した車両の通過時間と車長を用いて速度を取得した。取得した平均速度を表6.5.1に示す。車長の定義には、Ikawaら⁹⁾と同様に、小型自動二輪と普通自動車の平均値を用いた。算出した対象車両の速度の平均値を平均速度とした。

次に、ラインスキャナー型データより2箇所から速度取得を行う方法について説明する。Ikawaら⁹⁾が速度計測開始ラインと速度計測終了ラインを定義した箇所をラインスキャナー型データ取得箇所に定義した。対象車両の車頭がラインスキャナー型データ取得箇所1(図6.3.1に明記した、速度計測開始ライン)へ到達した時間と対象車両の車頭がラインスキャナー型データ取得箇所2(図6.3.1に明記した、速度計測終了ライン)へ到達した時間を計測した。計測した時間差とラインスキャナー型データを取得する2地点の距離を用いて速度を算出した。速度計測開始ラインと速度計測終了ラインを定義し車両の速度を計測した箇所が同じ箇所であり、対象区間の道路長とラインスキャナー型データ取得箇所の2地点の距離が等しいことから、Ikawaら⁹⁾がビデオより取得した速度データと同様の値となるため、ビデオデータで取得した速度の値を、ラインスキャナー型データを2地点で取得した速度データとした。ラインスキャナー型データを2箇所から取得した速度を表6.5.2に示す。

表 6.5.1 ラインスキャナー型データ 1 箇所より取得した平均速度(km/h)

条件	二輪車2	四輪車 1 二輪車 1	二輪車4	四輪車 1 二輪車4	二輪車6	四輪車 1 二輪車5	四輪車 1 二輪車6	二輪車8	二輪車10~12
1	33.80	30.85	19.98	29.46	19.02	26.04	19.30	22.60	16.49
2	25.78	23.57	21.64	22.41	22.18	23.29	19.06	20.99	17.93
3	24.27	27.24	25.78	20.57	21.61	18.31	20.51	18.09	19.16
4	29.25	28.97	25.18		27.50	24.69		20.23	
5	27.30	32.75	25.03		20.11	23.81		22.22	14.92

表 6.5.2 ラインスキャナー型データ 2 箇所より取得した平均速度(km/h)

条件	二輪車2	四輪車 1 二輪車 1	二輪車4	四輪車 1 二輪車4	二輪車6	四輪車 1 二輪車5	四輪車 1 二輪車6	二輪車8	二輪車10~12
1	26.35	25.90	20.66	21.32	21.05	20.65	19.66	23.05	16.52
2	25.85	25.62	28.17	20.37	19.80	19.31	21.00	20.92	15.25
3	29.60	33.43	28.00	21.58	20.10	19.29	17.61	16.91	16.89
4	30.78	27.64	27.79		17.42	23.11		18.78	
5	30.64	25.71	21.53		22.81	22.71		17.71	15.35

6-6 ラインスキャナー型データとビデオデータの車両間スペースの関係

ここでは、ビデオデータとラインスキャナー型データより取得した車両間スペースの分析方法と分析結果について説明する。前節にて説明した、大型車両の影響によりラインスキャナー型データを作成が困難であった1サンプルを除いた40サンプルを用いて、Ikawaら⁹⁾がビデオデータより取得した車両間スペースと、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースの関係を分析し、ラインスキャナー型データより、ビデオと等価な車両間スペースのデータ取得が可能か検証した。回帰分析の結果を図6.6.1に示す。図6.6.1より、ラインスキャナー型データの車両間スペースが大きくなるとビデオデータの車両間スペースも大きくなる傾向がみられた。また、 R^2 が0.8005なことから、両者の相関が強いことを把握した。従って、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースが交通密度に代わる指標として有効である可能性があるといえる。

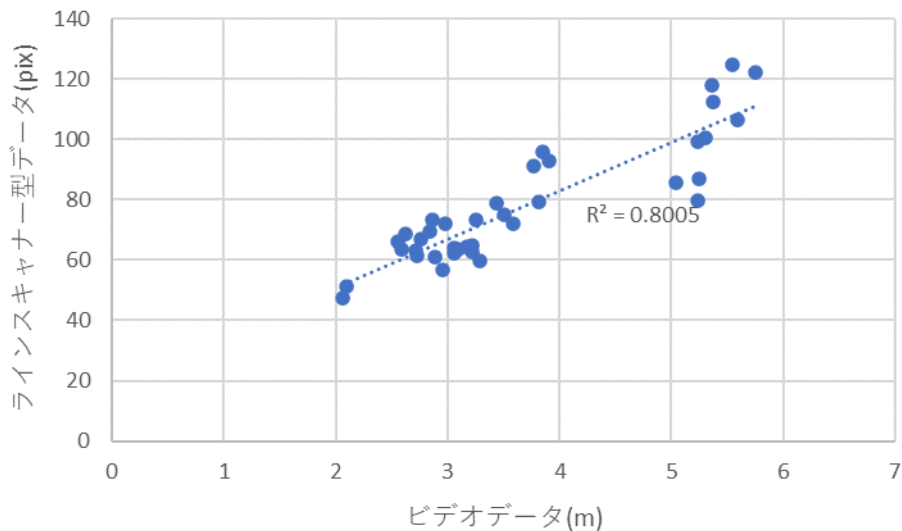


図 6.6.1 ビデオデータとラインスキャナー型データの車両間スペースの相関

6-7 ラインスキャナー型データとビデオデータの平均速度の関係

ここでは、ビデオデータとラインスキャナーデータより取得した平均速度の分析方法と分析結果について説明する。前節にて説明した Ikawa ら⁹⁾がビデオデータより取得した平均速度とラインスキャナー型データより取得した平均速度の関係を分析し、ラインスキャナー型データより、ビデオと同等な平均速度のデータ取得が可能か検証した。回帰分析結果を図6.7.1に示す。図6.7.1より、ラインスキャナーを1箇所を設置した場合は、値にばらつきはあるものの、ビデオデータより取得した平均速度が高くなると、ラインスキャナー型データより取得した平均速度が高くなる傾向を把握した。値がばらつく要因として、車長を定義したことによる誤差や、観測時間の違いによって、ビデオデータと同様の結果が得られなかったと考えられる。ラインスキャナーを2箇所を設置するとビデオと同様の方法での速度の観測が可能のため、ビデオと同様の結果が得られた。従って、ラインスキャナー型データを2地点に設置することにより、ビデオと同様の平均速度の取得が可能であることを明らかにした。

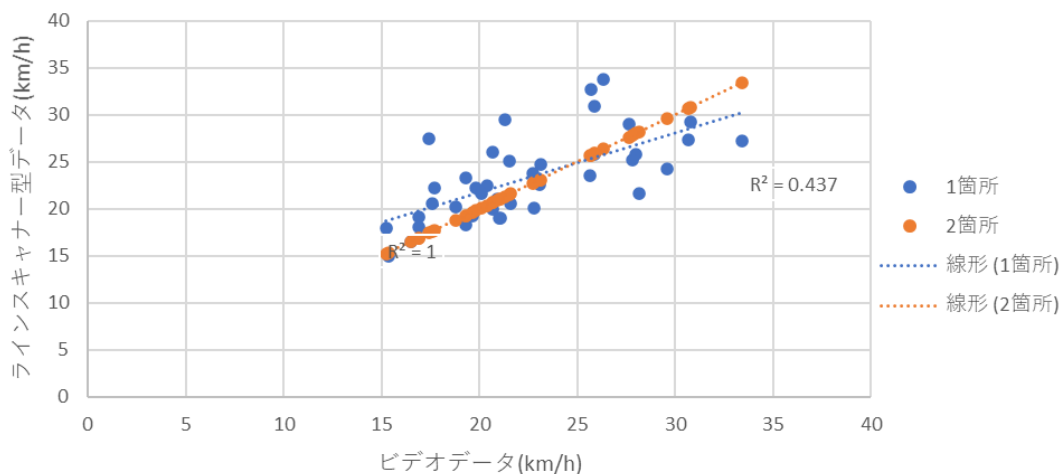


図 6.7.1 ビデオデータとラインスキャナー型データの平均速度の関係

6-8 ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の関係

ここでは、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の分析方法と分析結果について説明する。前節の分析結果より、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度とビデオデータより取得した車両間スペースと平均速度で同じ傾向が見られたため、ラインスキャナーを活用した交通観測ができる可能性を示唆したが、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の関係を分析し、Ikawa ら⁹⁾のビデオデータより取得した、車両間スペースと平均速度の関係と同様の傾向が見られるかを把握する必要がある。そのため、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の関係を分析した。分析には、観測時間の整合を行うために、1箇所で取得したラインスキャナー型データより取得した、車両間スペースと平均速度の値を使用した。回帰分析の結果を図 6.8.1 に示す。分析結果より、車両間スペースが小さくなれば速度が低下し車両間スペースが大きくなれば速度が上昇する傾向がみられた。そのため、ラインスキャナー型データより、ビデオと同様の傾向が観測できる可能性を把握した。

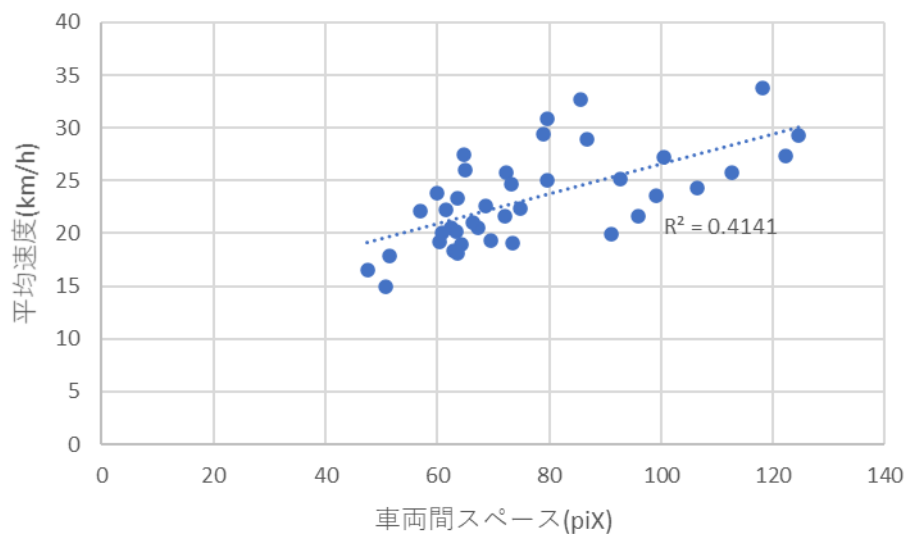


図 6.8.1 ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の関係

6-9 まとめ

ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の分析結果とビデオデータより取得した車両間スペースと平均速度の分析結果から、同様の傾向を把握できたため、ラインスキャナー型データよりビデオデータと等価な車両間スペースのデータが得られる可能性を把握した。また、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと平均速度の分析結果より、車両間スペースが小さくと速度が低下し、車両間スペースが大きいと速度が上昇することを把握できたため、ビデオデータより取得した車両間スペースと平均速度の関係と同様の傾向が把握可能であるといえる。したがって、ラインスキャナー型データよりビデオデータと等価なデータが取得できる可能性があると判定した。

7 章 ラインスキャナー型データの車両間スペースと時間占有率の関係

ここでは、ラインスキャナー型データより得られる時系列データを新たな指標として提案するために、交通密度に代わる指標としての有効性を検証する。前節にて、ラインスキャナー型データより、ビデオデータと同様の傾向を把握できたことから、ラインスキャナーを活用した交通観測ができる可能性を示唆した。しかしながら、ラインスキャナー型データより車両間スペースを取得するには、ドロネー図を作成し、車両間スペースの平均値を取得する工程が必要であるため、車両感知器のように容易に交通解析ができないためラインスキャナー型データより交通密度に代わる指標の取得手順を削減する必要がある。したがって、交通密度に代わる指標の取得手順を削減するために、ラインスキャナー型データを活用した交通解析に適した指標を提案する必要がある。ラインスキャナー型データは、車両の通過の有無と通過箇所の座標データより図 1.3.2 のような 1 本の帯状の画像として蓄積可能なため、車両が通過した時間の座標データ数を観測した座標データ数で除すことにより、一定時間に車両が占有した幅員を取得することができる。したがって、ラインスキャナー型データを活用することにより、車両感知器のような時間占有率のような時系列データを取得可能だと考えた。本論文では、ラインスキャナー型データより取得した時系列データを時間占有率とする。時間占有率は、車両間スペースの取得手順より取得工程が少ないため、車両間スペースと同じ傾向が把握できれば、交通解析指標として提案できる可能性があると考えた。そのため、ラインスキャナー型データより取得できる時間占有率と車両間スペースの分析を行い、時間占有率を新たな交通指標として提案できるか検証した。

7-1 時間占有率の定義

ここでは、車両感知器と同様の時間占有率の定義を使用できない理由と、本研究での時間占有率の定義について説明する。車両感知器は 1 回に取得できるデータが 1 つしかないため一定時間ごとに取得可能なデータは車両の有無のみである。そのため、蓄積するデータは車両の有無情報を持つ連続した点データのため、1 本の線状のデータとなる。しかしながら、ラインスキャナー型データは道路の幅員に対して 1 列に並んだ r 個の車両の有無データが 1 回に取得できる。そのため、蓄積するデータは車両の通過箇所を示す 1 本の線状のデータのため、1 本の帯状のデータとなる。これにより、車両感知器と同様の時間占有率 O^{line} を求める式(3)を用いると、2 台の車両が並走して通過した場合、車両 1 の通過時間を t_1 、車両の通過時間を t_2 とし、 t_1 と t_2 が観測時間 T と等しい時、時間占有率が 200% となり 100% を超えるため、ラインスキャナー型データに適した時間占有率 O^{line} の定義した。ラインスキャナー型データより取得できるデータは、1 列に並んだ r 個のデータと観測時間であるため、データ取得回数に r 個のデータを掛けた数のデータを取得できる。したがって、図 7.1.1 のような車両が通過した位置と通過時間を観測することができるため、車両の通過を観測したデータの個数を y とし、図 7.1.1 の黒の面積を求め、図 7.1.1 の黒の面積の全体の

面積に対する割合をラインスキャナー型データの時間占有率 O^{line} とした. 時間占有率 O^{line} を求める式を式(3)に示す.

$$O^{line} = \frac{y}{rx} \quad (3)$$

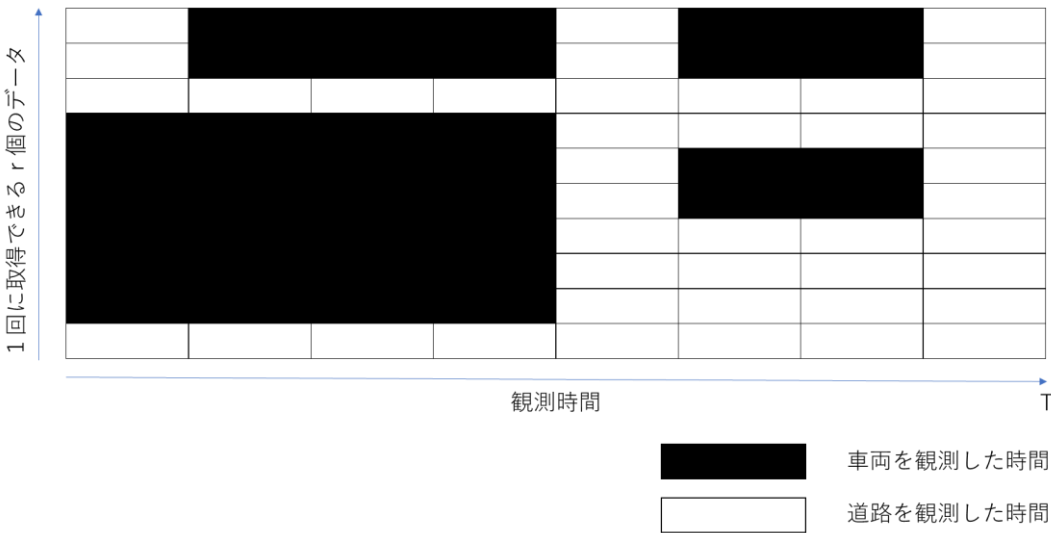


図 7.1.1 ラインスキャナー型データ

7-2 時間占有率の取得方法

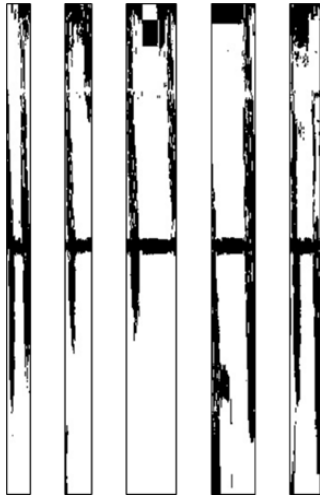
ここでは、ラインスキャナー型データより、時間占有率を取得する方法について説明する。前節にて取得した車両間スペースと時間占有率の関係を把握するために、車両間スペースを作成した際に用いた 40 個のラインスキャナー型データを用いて 40 個の時間占有率を取得した。時間占有率を取得するために、道路と車両を判別する必要があるため、二値化処理が必要である。ラインスキャナー型データの二値化処理の手順を図 7.2.1 に示す。初めに、ラインスキャナー型データより道路の RGB 値の平均値取得し、道路の閾値を設定する必要がある。道路の閾値は、取得した RGB 値の平均値の ± 20 に設定した。設定した道路の RGB 値の閾値を用いて道路以外を黒色にする処理を行った。その後、道路を白 1 色にするために、二値化処理を行い道路と車両を二色に分類した。しかしながら、日が落ちた後のデータでは道路と車両の分類を RGB 値より出来なかったため、日が落ちた後のデータを除いた 36 個のラインスキャナー型データの二値化処理を行った。二値化処理したラインスキャナー型データを図 7.2.2 に示す。図 7.2.2 より交通密度が高くなると黒の面積が多くなり交通密度が低くなると白の面積が多くなることが把握可能である。また、対象区間内の黒の面積の割合を用いることにより、車両が並走した場合も時間占有率が 100%を超えないことを確認できた。作成した二値化データより式(3)を用いて、時間占有率 O_{line} を算出する。取得した時間占有率を表 7.2.1 に示す。表 7.2.1 より密度が低い場合は時間占有率が低く、密度が高い場合は時間占有率が高くなることを把握できる。

表 7.2.1 ラインスキャナー型データより取得した時間占有率

条件	二輪車2	四輪車1 二輪車1	二輪車4	四輪車1 二輪車4	二輪車6	四輪車1 二輪車5	四輪車1 二輪車6	二輪車8	二輪車10~12
1	32.97	77.34	41.38	59.04	52.62	32.87	56.52	44.46	63.66
2	24.81	53.60	30.73	55.87	58.54	47.30	63.79	52.33	63.32
3	20.37	45.67	50.42		63.91	38.90	56.07	46.06	63.63
4	31.81	46.92	21.35		63.57	44.98		45.71	
5	33.61		46.62		51.66			44.54	



図 7.2.1 二値化画像の作成手順



小型自動二輪2台



普通自動車1台

小型自動二輪1台



小型自動二輪4台



普通自動車1台



普通自動車1台

小型自動二輪5台



小型自動二輪5台

小型自動二輪6台



普通自動車1台

小型自動二輪6台



小型自動二輪8台



小型自動二輪10台

図 7.2.2 二値化したラインスキャナー型データ

7-3 車両間スペースと時間占有率の関係

ここでは、ラインスキャナー型データより取得した、車両間スペースと時間占有率の関係を分析する方法と分析結果について説明する。ラインスキャナー型データより取得可能な、車両間スペースと時間占有率の関係を把握し、時間占有率で車両間スペースと同じ傾向が把握可能か検証した。回帰分析の結果を図 7.3.1 に示す。図 7.3.1 より車両間スペースが小さくなると時間占有率が高くなり、車両間スペースが大きくなると時間占有率が低くなる傾向を把握できた。したがって、ラインスキャナー型データより取得した時間占有率が交通密度に代わる指標として提案できる可能性があるといえる。

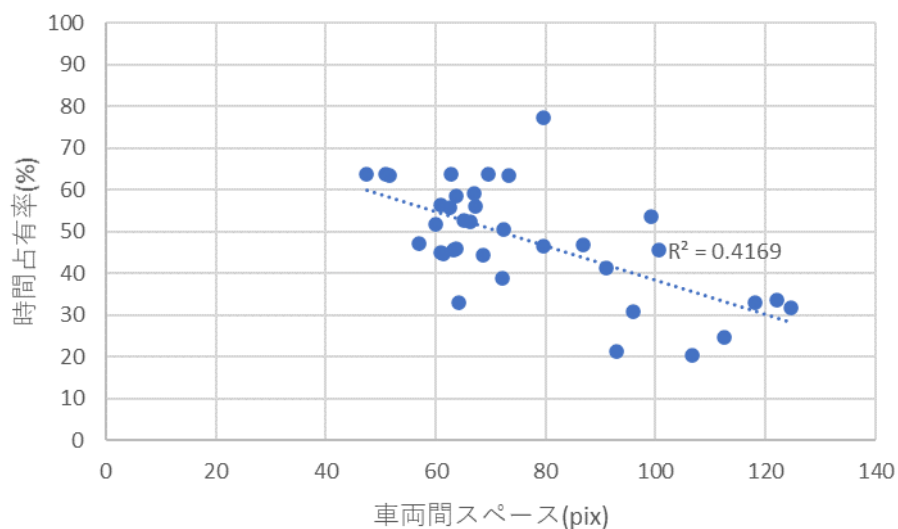


図 7.3.1 ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと時間占有率の関係

7-4 まとめ

本章では、分析結果より車両間スペースと時間占有率で同じ傾向を把握できたため、データ処理の工程の少ない時間占有率を混合交通流の観測に適用できる可能性を示唆した。したがって、ラインスキャナー型データで取得した車両間スペースを用いた場合よりデータ解析手順の少ない時間占有率を新たな交通指標として提案できる可能性があると判定した。

8 章 時間占有率と交通流率の関係

ここでは、連続する瞬間のラインスキャナー型データより交通流率と時間占有率を取得する方法について説明する。また、取得した時間占有率と交通流率の関係を分析し、交通流理論との整合を図る。

8-1 本章で使用するデータ

ここでは、本章で使用するデータについて説明する。ラインスキャナー型データを正確に取得するために、電線や、建築物を観測しない車両と道路のみを観測できる箇所をラインスキャナー型データ取得箇所に設定したかったため、前節にて説明したベトナムホーチミン市、Vo Van Ngan 通り(下り方向)のデータを使用した。また、日が暮れると二値化が困難なことが前節にて発覚したため、二値化が可能な朝のデータを使用した。次に、ラインスキャナー型データ取得箇所を設定した。設定したラインスキャナー型データ取得箇所を図8.1.1に示す。ラインスキャナー型データ取得箇所に設定した地点で取得できるデータは、車両と道路のみのため車両の通過がない時間は道路の RGB 値を取得し、車両の通過がある場合は道路と通過中は車両と道路の RGB 値を取得できる。ラインスキャナー型データ取得箇所より、1 分間分抽出し、5 秒毎のラインスキャナー型データを作成する。0.03 秒毎に取得したラインスキャナー型データを取得した 5 秒間のデータを図 8.1.2 に示す。図 8.1.2 の 5 秒経過時のラインスキャナー型データは車両が重ならず、1 台ずつ観測されていることが確認できるが、他の多くの画像からはビデオの画角の関係上、車両が重なって観測されている。そのため、車両の重なりを考慮した分析をする必要がある。



図 8.11 ラインスキャナー型データ取得箇所

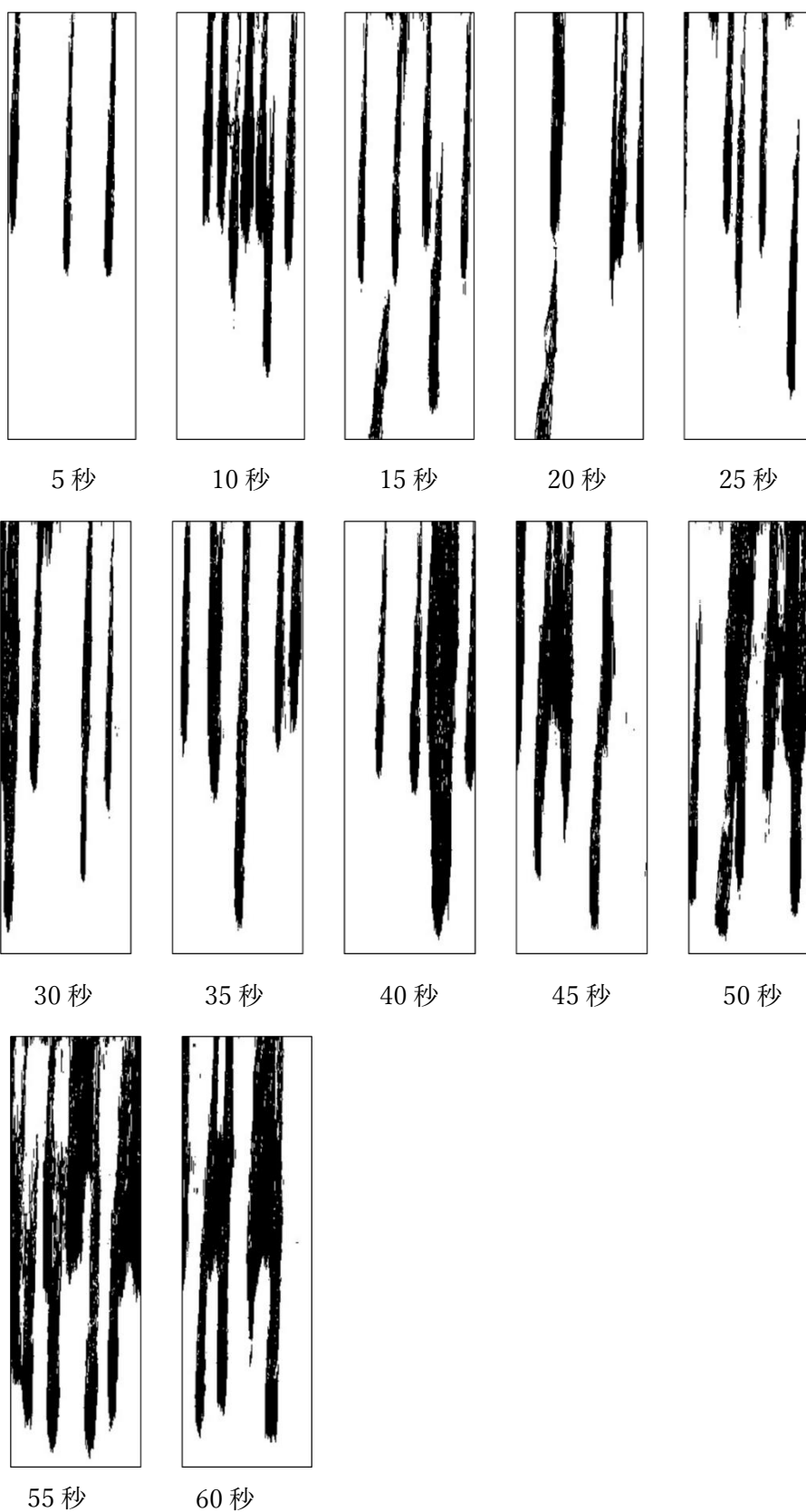


図 8.1.2 5 秒毎に取得したラインスキャナー型データ

8-2 時間占有率と交通量の取得方法

ここでは、ラインスキャナー型データより時間占有率と交通量を取得する方法について説明する。時間占有率と交通量の取得方法を図 8.2.1 に示す。取得したラインスキャナー型データより、7 章と同様に時間占有率を取得した。取得した時間占有率を表 8.2.1 に示す。交通量は、取得できるデータが、縦軸が取得できるピクセル数、横軸が観測時間のため、車両感知器とは異なり、1 つの車線を複数の車両が並走する可能性があるため、車両感知器と同様に車両と道路のみの区別で交通量を観測することができない。そのため、ラインスキャナー型データを用いて交通量を取得する方法を提案した。図 8.2.1 に示す通りラインスキャナー型データを二値化したデータは車両が黒いピクセルの集合体として観測される。黒いピクセルの集合体を 1 台の車両として定義するために、黒いピクセルの集合体の輪郭抽出を行い、輪郭数を数えることにより交通量を求める。輪郭数を c とし交通量 N^{line} を求める算出式を式(4)に示す。取得した交通量と目視により取得した真値、真値との誤差、誤差が生じた要因を表 8.2.2 に示す。表 8.2.2 より、ビデオの画角上、使用するデータは車両が重なって観測され、黒いピクセルの集合体の輪郭取得の際、車両の重なりが観測されない経過時間 5 秒のデータのみ真値との誤差が生じないことが把握できる。しかしながら、逆走車や道路と同じ色の RGB 値の服を着用した人が観測されることや、車両の重なりにより、2 台以上の車両が 1 つの黒いピクセルとなるため、輪郭を定義する際、1 つの輪郭になる。したがって、2 台以上の車両が 1 台と数えられ、真値との誤差が生じると考えられる。黒い集合体の輪郭を 1 台の車両とするためには、車両が重なって観測されないよう、交通観測を交通流に対して、垂直方向から行う必要がある。そのため、車両の重なりを考慮した誤差調整を行う必要がある。

$$N^{line} = c \quad (4)$$

表 8.2.1 1 分間 5 秒毎に取得した時間占有率

観測時間	時間占有率(%)
5	8.23
10	23.60
15	17.15
20	14.17
25	12.82
30	20.29
35	20.84
40	25.83
45	24.01
50	41.65
55	47.15
60	33.52

表 8.2.2 ラインスキャナーデータより取得した交通量と真値の比較

経過時間(秒)	ラインスキャナー(台)	真値(台)	誤差(台)	要因
5	3	3	0	
10	6	7	-1	車両の重なり
15	7	6	1	逆走車を観測
20	5	6	-1	車両の重なり
25	10	6	4	対向車の影、グレーの服着用
30	6	7	-1	車両の重なり
35	5	8	-3	車両の重なり
40	5	11	-6	車両の重なり
45	3	9	-6	車両の重なり
50	3	12	-9	車両の重なり
55	8	13	-5	車両の重なり
60	3	11	-8	車両の重なり

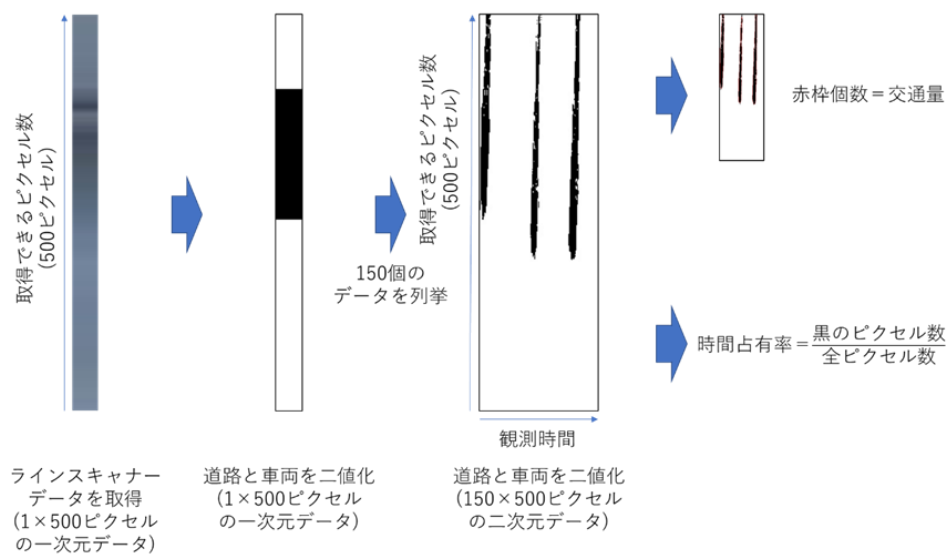


図 8.21 時間占有率と交通量の取得方法

8-3 交通量の誤差調整

ここでは、ラインスキャナー型データより取得した交通量の誤差調整方法と誤差調整後の結果について説明する。前節にてラインスキャナー型データより取得した交通量から、本研究で取得できた交通量のデータは真値との誤差によって交通量が正確に観測できないことが判明したため、交通量の誤差調整を行った。影や服の色の影響により交通量が真値より多い場合は、RGB 値で判定ができないため、二値化した画像と色分けする前の画像を比較し目視によって車両を判定した。車両の重なりが原因場合は、ライン上を複数の車両が同時に通過している観測時間のピクセル数より車両台数を特定した。そのため、2 台以上の車両が並走しているかを特定するための1台の車両の車幅(1回に取得できるラインスキャナー型データのピクセル数)の閾値を設定し並走する車両の有無を判定した。閾値の設定には、1台の車両が1回のデータ取得時に(0.03秒ごとに取得されるライン上の車両の有無)1台しか通過していない場合のピクセル数の+10 の値を用いた。ピクセル数を用いた誤差調整方法を図 8.3.1 に示す。1台分のピクセル数の定義には、1台しか通過していない場合の最大観測値が 290 のため、観測されるピクセル数が 300 ピクセル以下の場合に設定した。観測値が 300 ピクセルを超える場合は車両が重なって走行していると判定し、300 ピクセルを超えた観測時間から 300 ピクセルを下回るまでを2台の車両が同時に通過したと判定した。以上の定義を用いて、サンプルごとに 300 を超えるピクセルの観測値が連続する箇所が何か所あるか特定し、通過台数の調整値を決定した。通過台数の誤差調整を行った結果を表 8.3.1 に示す。通過台数の真値が 7 台以下の場合には、誤差をなくすことができたが 8 台以上の場合には、誤差をなくすことができなかった。誤差をなくせない原因として、3 台以上の車両が同時に通過することや、2 台以上の車両が重なり続けることが要因として考えられる。

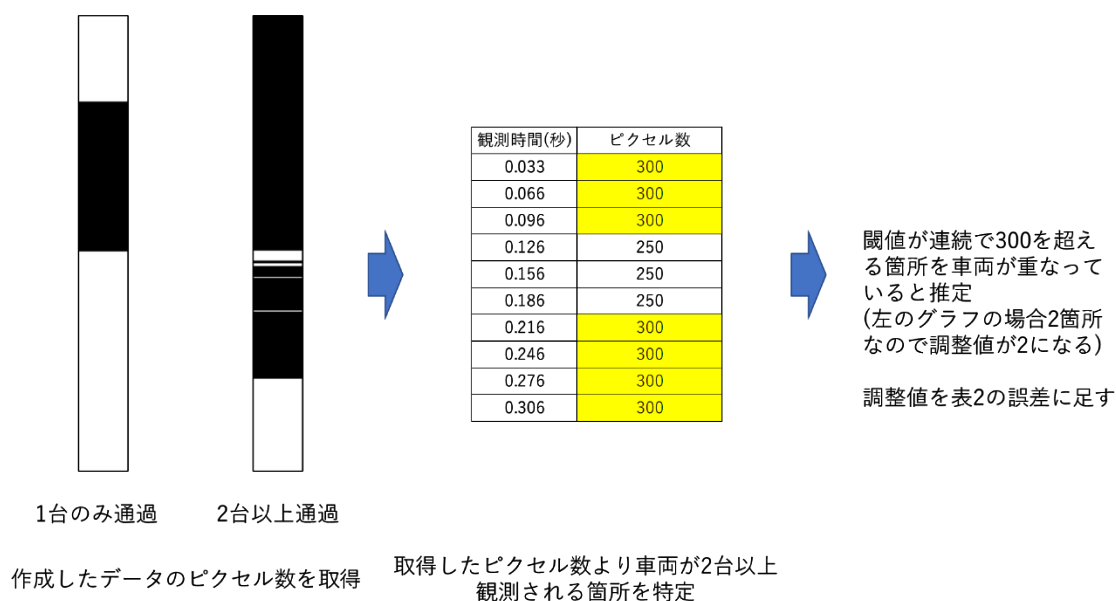


図 8.3.1 誤差調整方法

表 8.3.1 誤差調整後の交通量

経過時間(秒)	ラインスキャナー	真値	誤差	要因
5	3	3	0	
10	7	7	0	車両の重なり
15	6	6	0	逆走車を観測
20	6	6	0	車両の重なり
25	6	6	0	対向車の影、グレーの服着用
30	7	7	0	車両の重なり
35	8	8	0	車両の重なり
40	5	11	-6	車両の重なり
45	3	9	-6	車両の重なり
50	3	12	-9	車両の重なり
55	8	13	-5	車両の重なり
60	3	11	-8	車両の重なり

8-4 交通流率

ここでは、交通流率の取得方法について説明する。前節にて、ビデオの画角により車両が重なることによる交通量の誤差を完全に調整することが出来なかったため今回の分析には、動画より目視で観測した真値の値を交通量 N^{line} 、観測時間を T (秒)とし、交通流率 Q^{line} を求めた。交通流率を Q^{line} を求める式を式(5)に示す。式(5)より求めた1分間のデータを5秒毎に算出した交通流率を表 8.4.1 に示す。表 8.4.1 より、観測開始 5 秒目は交通流率が低く、観測開始55秒目の交通流率が高いことを把握した。また、交通量が時間経過ごとに増加していないことから、データの交通状況は自由流と推定した。

$$Q^{line} = \frac{N^{line}}{T} \times 3600 \quad (5)$$

表 8.4.1 交通流率

経過時間(秒)	交通流率(台/時)
5	2160
10	5040
15	4320
20	4320
25	3600
30	5040
35	5760
40	7920
45	6480
50	8640
55	9360
60	7920

8-5 交通流率と時間占有率の関係

ここでは、ラインスキャナー型データより取得した交通流率と時間占有率の分析方法と分析結果について説明する。前節にて取得した、時間占有率と交通流率の関係を把握するために回帰分析を行った。分析結果を図8.5.1に示す。図8.5.1より、時間占有率が上がると交通流率も増加する傾向を把握できたため、自由流と同じ傾向を把握できた。また、相関係数が0.94なことから強い相関があるといえる。したがって、ラインスキャナー型データより取得した交通流率と時間占有率により交通状況を把握できる可能性がある。

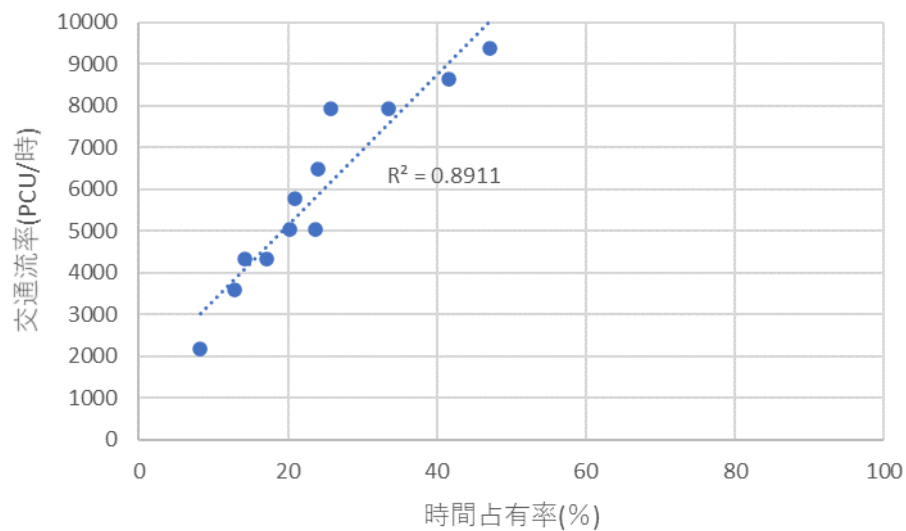


図 8.5.1 交通流率と時間占有率の関係

8-6 まとめ

ラインスキャナー型データより，時間占有率と交通量を取得することが可能なことを明らかにした．また，分析結果から時間占有率が高くなると交通流率も高くなる傾向を把握できたため，自由流と同じ傾向を把握できた．そのため，ラインスキャナー型データより交通状況の把握ができる可能性を示唆した．

9 章 ラインスキャナー型データを用いた渋滞流の分析

ここでは、ラインスキャナー型データより渋滞流を観測可能か検証するための検証方法について説明する。また、実用性を考慮するためにラインスキャナー型データを異なる形状の道路でも適用可能か検証した。そのため、比較的混雑しているデータを用いて交通流率と時間占有率を分析した。

9-1 本章で使用するデータ

ここでは、本章で使用するデータについて説明する。渋滞観測が可能か検証したいため、左折車とバスの影響を受け、車両の停車が観測された1分20秒のデータを使用した。前節にて説明したベトナム国ホーチミン市, Vo Van Ngan 通り(上り方向)の朝のビデオデータよりラインスキャナー型データを取得した。ラインスキャナー型データ取得箇所を図 9.1.1 に示す。図 9.1.1 の建築物から道路に侵入する左折車がボトルネック箇所になると考えたため、左折車が出現する箇所の直前をラインスキャナー型データ取得箇所に設定した。作成するラインスキャナー型データは8章と同様に、5秒毎に作成した。作成したラインスキャナー型データを図 9.1.2 に示す。図 9.1.2 より、25秒から70秒データが車両が通過したデータを多く観測していることが把握できるため、25秒から70秒の間に車両が密集していることが推測できる。



図 9.1.1 ラインスキャナー型データ取得箇所



5 秒



10 秒



15 秒



20 秒



25 秒



30 秒



35 秒



40 秒



45 秒



50 秒



55 秒



60 秒



65 秒



70 秒



75 秒



80 秒

図 9.1.2 5 秒毎に取得したラインスキャナー型データ

9-2 時間占有率と交通流率の取得方法

ここでは、ラインスキャナー型データより時間占有率と交通流率を取得する方法を説明する。時間占有率は、7章、8章と同様の方法を用いて取得し、交通流率は、二輪車と四輪車、大型車が混在しているため PCU 換算を用いて交通量を取得し、交通流率を取得した。PCU 換算係数は、大型車両 2、四輪車 1、二輪車 0.5 に設定する。取得した時間占有率と車種別交通量と交通流率を表 9.2.1, 表 9.2.2, 表 9.2.3 に示す。表 9.2.1 より、経過時間 5 秒時は、時間占有率が最も低く、経過時間 45 秒時に、時間占有率が最も高いことが把握できる。表 9.2.2 より、経過時間 5 秒時は二輪車のみの観測で車両の交通量がさほど多くないことが把握でき、経過時間 45 秒時と 50 秒時で大型車が観測されていることが把握できる。表 9.2.3 より、経過時間 45 秒時に交通流率が大きく落ちていることが把握できる。これらの情報より、経過時間 5 秒時は、交通流率、時間占有率が低いことから自由流であることが推定でき、経過時間 45 秒時は、時間占有率が最も高く、交通流率が最も低いことから渋滞流であることが推定できる。また、経過時間 45 秒時、大型車が観測されていることから、大型車もボトルネックになる可能性があると考えられる。

表 9.2.1 時間占有率

経過時間(秒)	占有率
5	30.67
10	54.14
15	63.77
20	39.66
25	68.69
30	74.24
35	67.53
40	71.62
45	84.95
50	78.23
55	78.69
60	82.24
65	80.98
70	73.59
75	49.91
80	40.27

表 9.2.2 車種別交通量

經過時間(秒)	大型車	四輪車	二輪車
5			9
10		2	6
15		1	12
20			12
25			16
30			14
35			14
40		1	9
45	1		1
50	1		9
55			11
60		1	9
65		2	11
70			14
75			10
80			11

表 9.2.3 交通流率

經過時間(秒)	交通流率
5	1944
10	1298
15	2593
20	2592
25	3456
30	3024
35	3024
40	1945
45	218
50	1946
55	2376
60	1945
65	2378
70	3024
75	2160
80	2376

9-3 時間占有率と交通流率の関係

ここでは、渋滞時においてラインスキャナー型データより取得した、時間占有率と交通流率の分析方法と分析結果について説明する。前節にて取得した、時間占有率と交通流率を用いて回帰分析を行った。分析結果を図 9.3.1 に示す。分析結果より、時間占有率が 40% までは交通流率が高くなると時間占有率も高くなっているため、自由流と同じ傾向を把握できた。また、時間占有率が 70%を超えると交通流率が低下するため渋滞流と同じ傾向を把握できた。しかしながら、交通流率の最大値が時間占有率 70%付近で観測されていたが、時間占有率 55%付近で交通流率が落ちていることが把握できるため、時間占有率が 40% から 70%の間は交通状況によって、同じ時間占有率でも交通流率が異なる可能性が考えられる。

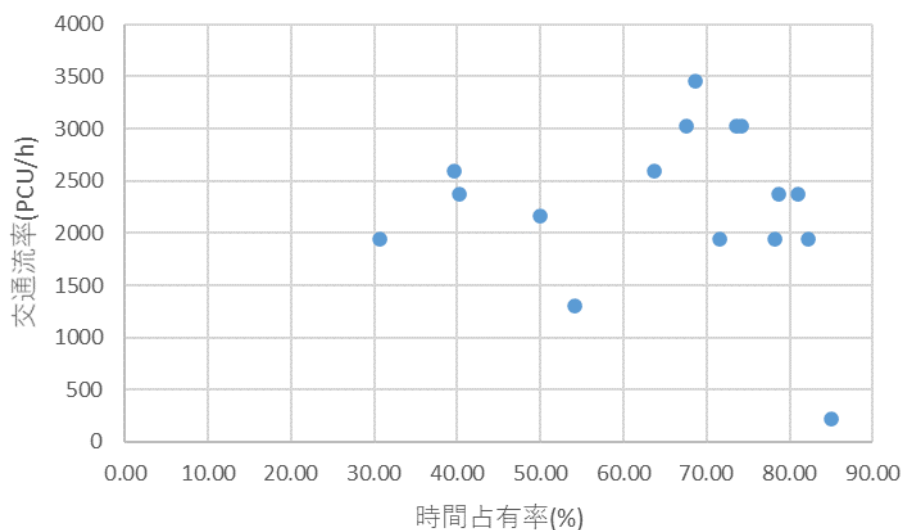


図 9.3.1 時間占有率と交通流率の関係

9-4 時間占有率と交通流率と二輪車混入率の関係

ここでは、ラインスキャナー型データより取得した車両間スペースと交通流率と二輪車混入率の分析方法と分析結果について説明する。前節にて近い時間占有率の値でも、交通流率が異なることのあることがあった。一般的に混合交通流では、二輪車混入率が高いと交通容量も高くなる傾向にあることが知られている。そのため、二輪車混入率の影響により交通流率が変動する可能性があると考え二輪車混入率を分析対象に加えた。ラインスキャナー型データを用いた、車両の分類方法のイメージを図 9.4.1 に示す。ラインスキャナー型データを道路の真上に設置したと仮定し、一定時間ごとに縦に並んだ車両の有無を判定するデータを取得できる。そのため、図 9.4.1 のように車両の車幅より車種の特定制が可能だと考えた。本研究では、取得したデータの画角の関係上、車幅を正確に観測できないことから前節にて説明した目視で取得した車種別交通量の値を使用し二輪車混入率を算出した。二輪車混入率 R は、通過した車両台数 N^{line} 、通過した二輪車台数 m を用いて算出した。算出式を式(5)に示す。算出した二輪車混入率を、表 9.4.1 に示す。取得した時間占有率、交通流率、二輪車混入率を用いて回帰分析を行った。交通流率と時間占有率は前節で使ったデータを用い、二輪車混入率は、100%、85~99%、75~84%、~7%4 の4つに分類した。分析結果を図 9.4.1 に示す。分析結果より、100%の二輪車混入率で時間占有率が約 70%の場合に交通流率の最大値を観測している。また、四輪車が混在している場合、二輪車混入率が 100%の場合と比較すると同じ時間占有率でも交通容量が低いことが把握できた。さらに、二輪車混入率が低い場合は、より交通流率が低下することが把握できた。これらにより、時間占有率だけでなく、二輪車混入率が交通容量に影響する可能性が考えられる。

$$R = \frac{m}{N} \quad (5)$$

表 9.4.1 二輪車混入率

経過時間(秒)	二輪車混入率(%)
5	100
10	75
15	92
20	100
25	100
30	100
35	100
40	90
45	50
50	90
55	100
60	90
65	85
70	100
75	100
80	100

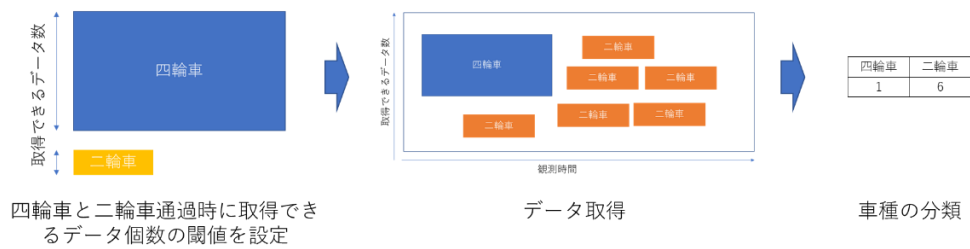


図 9.4.1 ラインスキャナー型データを用いた車種の特特定方法

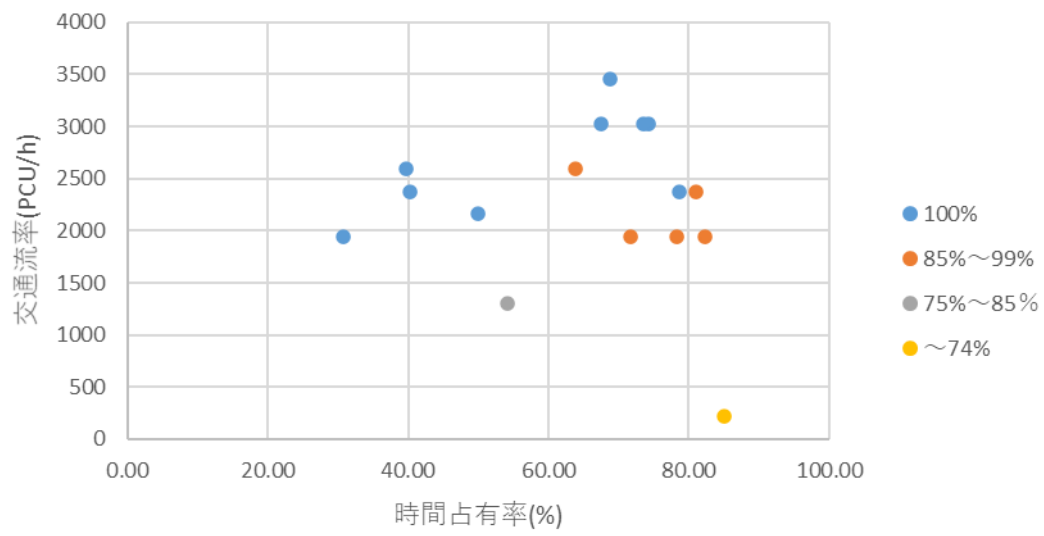


図 9.4.2 交通流率,時間占有率,二輪車混入率の関係

9-5 道路の幅員が異なる場所で長時間の渋滞観測

ここでは、道路の幅員が異なる場所で車両感知器を適用可能か検証するための検証方法について説明する。本研究で使用したデータは、ベトナムホーチミン市の道路は幅員が約 5 m の場所のみである。また、長時間の渋滞が観測されていないため、実用性を考慮するために、車両感知器やビデオカメラのように多種多様な道路や交通状況にも適用できなければならないと考えた。そのため、他の規模の道路でラインスキャナー型データを適用可能なことを把握する必要がある。そのため、本章では、幅員約 10 m の場所で観測したビデオデータを用いて、ラインスキャナー型データを用いた長時間の渋滞観測が可能か検証する。

9-5-1 本研究で使用するデータの概要

ここでは、本章で使用するデータの概要について説明する。本研究では、混合交通流のビデオ調査を 1 回しか行えなかったため、幅員が大きな道路のデータを頂いた。頂いた混合交通流データの取得は、2020 年 5 月 20 日(水)にベトナム国ハノイ市の Cau Giay 通りにて実施された。調査地点は、片側 1 車線が 2 方向ある 2 車線区間である中央が分離された道路である。なお、ビデオカメラを設置したビルを、図 9.5.1 中の緑のマーカーで示す。地点からのビデオの角度を図 9.5.2 に示す。使用したデータは、混雑前と混雑後が観測された午前 7 時 8 分から午前 7 時 28 分の 20 分間のデータを使用する。ビデオデータより、1 分毎にラインスキャナー型データを前節と同様の方法で取得した。取得したラインスキャナー型データを図 9.5.3 に示す。図 9.5.3 より、観測開始 1 分から 6 分の間は比較的混雑しておらず、7 分後半から徐々に混雑し、10 分後半から車両が密集している状態が観測されていることが把握できる。

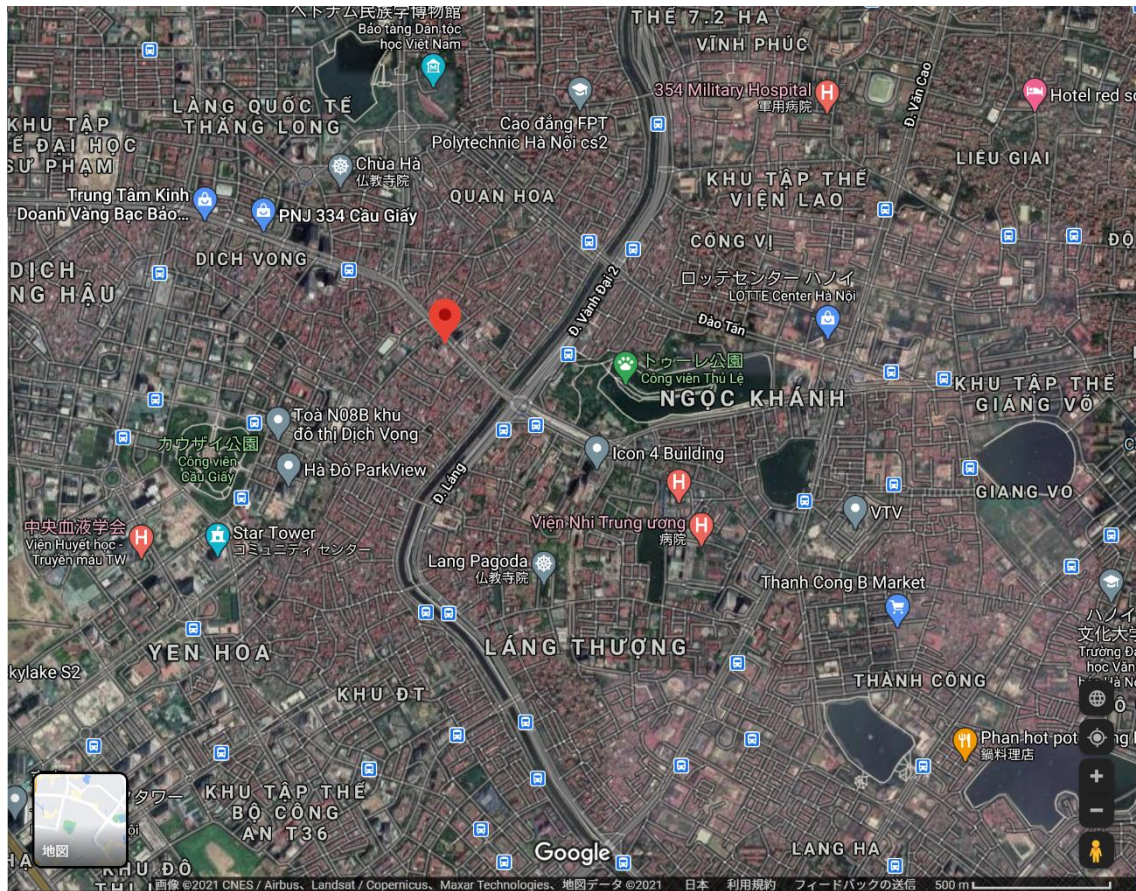
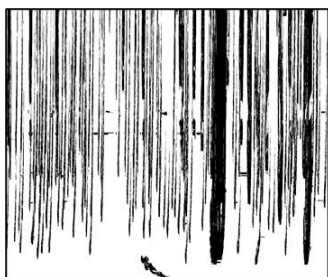


図 9.5.1 調査地点(Can Giay 通り)²⁵⁾



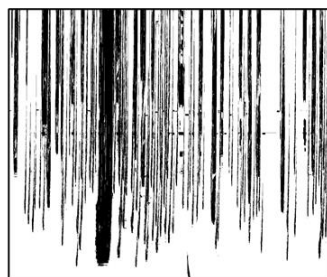
図 9.5.2 Cau Giay 通りにおけるビデオ調査観測区間



1 分



2 分



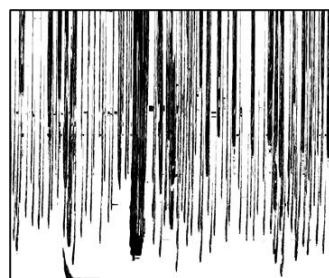
3 分



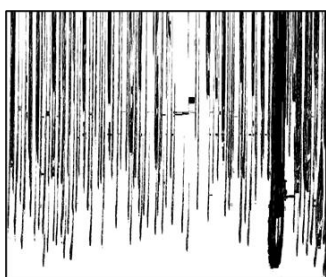
4 分



5 分



6 分



7 分



8 分



9 分



10 分



11 分



12 分



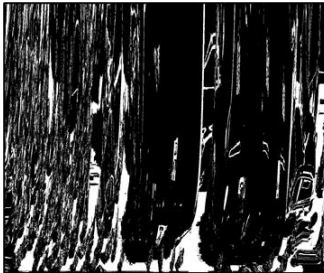
13 分



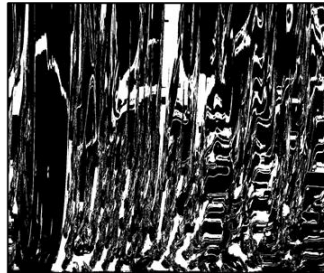
14 分



15 分



16 分



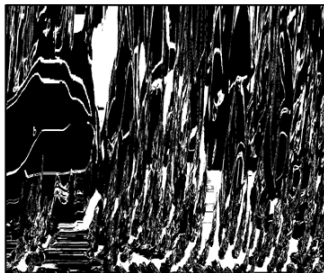
17 分



18 分



19 分



20 分

図 9.5.3 1 分毎に取得したラインスキャナー型データ

9-5-2 時間占有率と交通流率と二輪車混入率の取得方法

ここでは、ラインスキャナー型データより、時間占有率、交通流率、二輪車混入率を取得する方法について説明する。時間占有率、交通流率、二輪車混入率の取得方法を前節同様に取得する。取得した時間占有率を表9.5.1に、車種別交通量を表9.5.2に、交通流率を表9.5.3に、二輪車混入率を表9.5.4に示す。表9.5.1より、7分までは時間占有率が30%未満と低く、8分から50%にまで上昇し、11分からは70%を超えたことが把握できる。表9.5.2より前半は大型車も多くみられるが後半は多くても3台しか通過していないことが把握できる。表4.5.3からは、前半は20000台以上の交通流率が観測されており、後半は交通流率が低下傾向にあるが、観測時間18分のデータで20000台弱の交通流率が観測されたことを把握できるため短時間で交通状況が変化する可能性が考えられる。表9.5.4より二輪車混入率は80%台が多いことが把握できる。これらにより、時間占有率が上がると大型車の交通量が大幅に下がることや、全体的な交通状況を把握した。

表 9.5.1 時間占有率

観測時間(分)	時間占有率
1	27.57
2	27.57
3	26.59
4	28.18
5	29.02
6	28.44
7	27.68
8	50.81
9	55.72
10	54.07
11	78.39
12	80.64
13	76.28
14	79.36
15	83.59
16	82.19
17	76.55
18	73.40
19	85.54
20	76.84

表 9.5.2 車種別交通量

観測時間(分)	二輪車	四輪車	大型車
1	109	22	1
2	131.5	43	13
3	62.5	115	22
4	58.7	119	17
5	60.8	106	25
6	63.7	129	23
7	62.3	131	21
8	51.2	114	17
9	56.2	114	20
10	69.4	168	19
11	62	22	2
12	58	13	1
13	67	12	1
14	110	10	1
15	66	7	1
16	49	14	3
17	92	6	0
18	120	18	0
19	40	9	1
20	101	11	0

表 9.5.3 交通流率

観測時間(分)	交通流率
1	20412
2	23472
3	22500
4	21132
5	21888
6	22932
7	22428
8	18432
9	20232
10	24984
11	16056
12	11664
13	12276
14	16200
15	10368
16	12492
17	12096
18	19440
19	8280
20	8280

表 9.5.4 二輪車混入率

観測時間(分)	二輪車混入率
1	83
2	87
3	82
4	86
5	80
6	84
7	86
8	87
9	84
10	90
11	72
12	81
13	84
14	91
15	89
16	74
17	94
18	87
19	80
20	90

9-5-3 時間占有率と交通流率と二輪車混入率の関係

ここでは、ラインスキャナー型データより取得した、時間占有率、交通流率、二輪車混入率の分析方法と分析結果について説明する。前節にて取得した、時間占有率、交通流率、二輪車混入率を用いた分析をする。二輪車混入率は、85%~100%、75%~84%、75%未満に分類する。分析結果を図 9.5.4 に示す。分析結果より、交通流率が 70%を超えると交通流率が低下することが把握できた。また、時間占有率が 40%未満の場合は二輪車混入率による交通流率への影響は見られないが、70%を超えると二輪車混入率が 85%以上の状態に比べ、84%以下の二輪車混入率の影響をうけ、交通容量が低下する傾向を把握した。

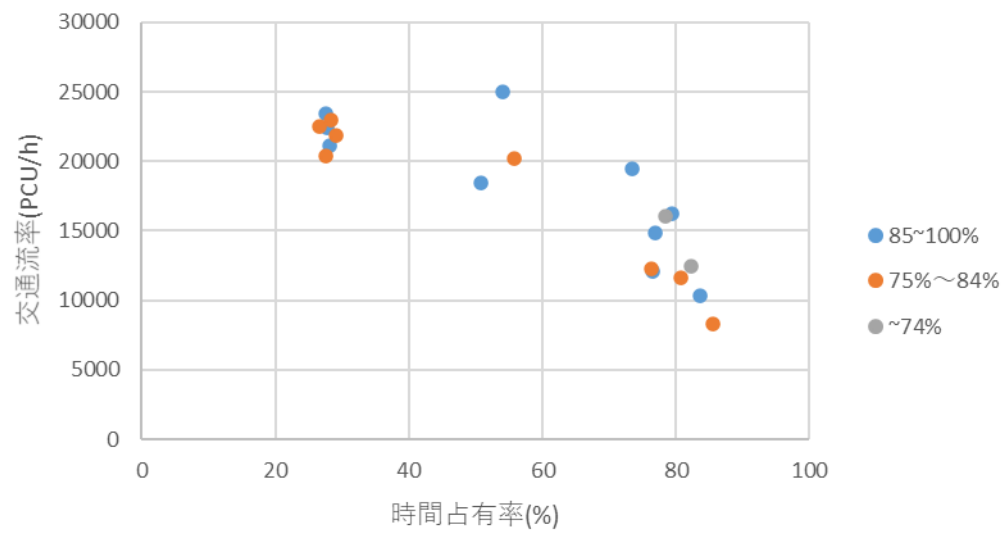


図 9.5.4 時間占有率と交通流率と二輪車混入率の関係

9-6 まとめ

本章では、ラインスキャナー型データより渋滞流の観測が可能なことを明らかにした。また、道路の幅員に関係なくラインスキャナー型データを交通観測に適用できることを明らかにした。幅員が狭い道路でも幅員が広い道路でも、渋滞流では時間占有率の割合により二輪車混入率が交通流率に影響する傾向が見られたため、二輪車混入率によって交通容量が変動する可能性を示唆した。

10章 まとめ

ここでは、本研究の成果と課題、今後の展望について記載する。

10-1 本研究の成果

本研究では、ラインスキャナー型データより、ビデオデータと等価なデータが得られる可能性を示唆した。また、車両間スペースと時間占有率の分析結果より、両者で同じ傾向を把握可能なため、データ解析手順の少ない時間占有率を交通密度に代わる指標として提案できる可能性を示唆した。ラインスキャナー型データで交通量の取得方法を提案し、交通量を取得できることを明らかにした。交通量より、交通流率が求められるため、時間占有率と交通流率の関係を把握することにより、自由流と渋滞流と同じ傾向を把握することができたため、観測地点の交通状況が把握できる可能性を示唆した。また、時間占有率の割合によって、二輪車混入率が交通流率に影響する可能性を把握できたため、ラインスキャナー型データを交通解析に用いることによりビデオを用いた場合より少ない解析手順で交通解析ができる可能性を示唆した。

10-2 本研究の課題

本研究で使用したデータは、ビデオデータのため、画角の影響により車両が重なって観測されている。そのため、ラインスキャナー型データを道路に対して垂直方向で取得した実データを用いた検証を行い、画角の影響を受けないデータを用いた検証が必要である。また、実用性を考慮するために、単路だけでなく、交差点やT字路などの複雑な道路での検証や、長距離区間での検証を行う必要がある。また、レーザー式のラインスキャナーを用いた、高さによって、車種や車両の有無を判定できる手法での観測も検討する必要がある。本研究で用いた PCU 換算係数は、現在一般的に使用されている数値のため、混合交通流を評価する上での妥当性が明確ではない、今後の課題として、混合交通流に適した PCU 換算係数の検討をする必要がある。

10-3 今後の展望

本研究で提案したラインスキャナー型データのネットワークでの利用を拡大し、ボトルネック箇所を特定するための、混合交通流に適した交通管制対策を検討することが望まれる。

参考文献

- 1) 日本自動車工業会：世界自動車統計年報 2014, 2014
- 2) 京三製造所：KYOSAN,
<https://www.kyosan.co.jp/product/traffic04.html>, 2021 取得
- 3) 花守 輝明：混合交通流における離散選択型二輪車挙動モデルの構築, 京都大学大学院
修士論文, 2012
- 4) 花丸 輝明, 塩見 康博, 宇野 伸宏：画像データを用いた二輪車・四輪車混合交通流の安
全性評価指標の構築, 土木学会関西支部年次学術講演会, 2010
- 5) Rahul Nair, Hani S. Mahmassani, Elise Miller-Hooks : A porous flow approach to
modeling heterogeneous traffic in disordered systems、Transportation Research Part
B, vol.45, pp1331-1345, 2011
- 6) 松橋 信幸, 高橋 洋二：バイク主体の混合交通における挙動分析とシミュレーションに
ついて, 流通情報工学課程卒業論文, 2003
- 7) 福田 敦, 中村 文彦, 竹内 健蔵：東南アジアの大都市におけるオートバイの現状と課
題, 国際交通安全学会誌, vol.29,no3, pp.6-14, 2004
- 8) NISHIUCHI Hiroaki, Yasuhiro SHIOMI, Kazushi SANO, Tomoki WATANABE :
REVISITING FUNDAMENTAL CHARACTERISTICS OF MIXED TRAFFIC FLOW;
FOCUSING ON INTERACTIONS BETWEEN PASSENGER CARS AND
MOTORCYCLES, Internet Journal for Society for Social Management Systems vol.1,
pp.79-85, 2016
- 9) Shizuki Ikawa, Hiroaki Nishiuchi : A study on the relationship between inter-vehicle space
and two-wheeled vehicle behavior in mixed traffic conditions, Internet Journal of Society
for Social Management Systems vol.12, pp.24-34, 2020
- 10) Linh Thanh Trinh, Kazushi Sano, Kiichiro Hatoyama, Chathura Kovida De Silva : Analysis
of motorcycle microscopic characteristics at roundabouts under mixed traffic condition-a
case study of Vietnam, Journal of Traffic and Transportation Engineering, pp.1-15, 2020
- 11) 大宅 雄一郎, 川末 紀功仁：ラインイメージセンサを用いたステレオ視による魚の計測
手法, Eco-Engineering vol.22, no.1, 2010
- 12) 中村 克行, 趙 卉菁, 柴崎 亮介, 坂本 圭司, 大鋸 朋生, 鈴川 尚毅：マルチレーザスキ
ャナを用いた通行人数の自動計測, 情報科学技術フォーラム一般講演論文集 3, pp.195-
196, 2004
- 13) 趙 卉菁, 邵 肖偉, 帽子 京市郎, 中村 克行, 柴崎 亮介：レーザスキャナを用いた交差
点における移動体の識別とトラッキング, 社団法人 情報処理学会 研究報告, pp93-100,
2006

- 14) 中村 克行, 邵 肖偉, 趙 卉菁, 柴崎 亮介：レーザスキャナを用いた歩容解析に基づく非定常歩行の認識, 電気学会論文誌 C, vol.22, no.1, pp.537-545, 2010
- 15) 岡田 尚樹, 趙 卉菁, 柴崎 亮介：移動型レーザスキャナを用いた歩行者と立ち止まっている人物の抽出に関する研究, 写真測量とリモートセンシング, vol.49, no.1, pp.4-9, 2010
- 16) ティエンペン・シュー：オートバイ交通に関する分離の考え方, 国際交通安全学会誌, vol.29, no.3, pp.32-42, 2004
- 17) 中西 盟：アジア地域を対象とする HONDA の二輪車安全運転普及活動の実態と成果, vol.29, no.3, pp.56-62, 2004
- 18) Jian-ping Meng, Shi-qiang Dai, Li-yun Dong, Jie-fang Zhang : Cellular automaton model for mixed traffic flow with motorcycles, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, vol.380, pp.470-480, 2007
- 19) 瀬尾 亨, 日下部 貴彦, 朝倉 康夫：車両軌跡に基づく流率密度関係の推定法—基本的な枠組みと数値実験, 交通工学論文集, vol.2, no.2, pp.A_1-A_10, 2016
- 20) 阿部 幸康, 田原 庸弘：交通流シミュレーションプログラムを用いた交差点改良の評価について, 平成 10 年度技術研究発表会, pp.145-150, 1999
- 21) 松井 寛, 藤田 素弘, 清水 和仁：信号交差点を含む一般道の交通渋滞評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集, no.15, pp.755-763, 1998
- 22) Google : Google マップ,
<https://www.google.co.jp/maps/?hl=ja>, 2021 取得
- 23) Google : Google マップ,
<https://www.google.co.jp/maps/?hl=ja>, 2021 取得
- 24) 桑原雅夫, 吉井稔雄, 堀口良太：ブロック密度法を用いた交通流の表現方法について, 交通工学, Vol. 32, No.4, pp.39-43, 1997
- 25) Google : Google マップ,
<https://www.google.co.jp/maps/?hl=ja>, 2021 取得