交通流計測における適用環境の拡大と二輪車の判別

非会員 山 田 大 樹 (慶應義塾大学)

非会員 須 藤 智 (慶應義塾大学)

正 員 小 沢 慎 治 (慶應義塾大学)

Expansion of Applicable Environment and Distinction of Bikes in Traffic Measurement

Hiroki YAMADA, Non-member, Satoshi SUDO, Non-member, Shinji OZAWA, Member (Keio University)

This paper describes a new system for both expansion of applicable environment and distinction of bikes in traffic measurement by image processing in order to obtain traffic state exactly. We treat image sequence as input, and decide weather and time slots based on both environment parameter and information of background image. And we get area of moving object by subtracting background image from input image under decision environment. Moreover, this system detect relevant vehicle area by dealing with grouped labels with feature in one frame and continuous frame. Experimental results with this system show efficiency on traffic measurement.

キーワード：動画画像処理, 交通流計測, システムの自動化, 車種判別, 二輪車
image sequence analysis, traffic measurement, making automatic system, classification the type of vehicles, bike

1. ま え が き

現在我が国における道路交通は物質の輸送や人の移動に欠かすことのできない最も基本的な社会資本であり、ドライバが安全で円滑、快適に運転ができるように既存の道路資源を有効に利用していく必要がある。そこで、交通渋滞を緩和して道路を効率よく利用するために、最近では最新の交通状況をドライバがリアルタイムで知ることができるVICS(Vehicle Information and Communication System)が実用化されつつある。更に、事故防止の対策としてドライバの運転支援や自律走行車両など ITS(Intelligent Transport System) 分野で、自動車を知能化するための研究が盛んに行われている⁽¹⁾⁽²⁾。道路交通の安全性、輸送効率、快適性の向上を実現するためには現状の道路交通や道路を含む交通の実態を正確に把握しておかねばならない。

こうした背景から近年交通流の計測は様々な分野で必要とされている。交通流に関する情報を得る手段に人手で計測する方法が挙げられるが、労働コストや計測時間など問題は多い。そこで現在ではゴムホース式・ループ式・超音波式・ドップラー式・画像式などのセンサを使用して交通流計測が行われている。中でも画像センサは、他のセンサに比べて収集できる情報が多く比較的容易にかつ安価に設置でき、柔軟性のあるシステムとして注目されている⁽³⁾。

車両を対象とした画像センサの研究では、画像技術の AVI

(Automatic Vehicle Identification) への応用としてナンバープレートからの文字認識により車両同定する研究⁽⁴⁾や、認識した車両より違法駐車抑止や交通渋滞の軽減を目指す研究⁽⁵⁾⁽⁶⁾など多数報告されている。

中でも車種判別・車両計測に関する研究は、様々な方法で取り組まれている。画像処理を扱う研究だけでも、明度情報を利用した物体長の車両計測⁽⁷⁾、スリット画像を用いた交通計測⁽⁸⁾⁽⁹⁾、夜間やトンネル内など定められた環境で車両を認識する研究⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾など数多く提案されている。

しかし、交通の安全性を考えると左折時による二輪車の巻き込み事故や、二輪車が大型自動車に隠れたために生じた右直事故など二輪車による交通事故も忘れてはならない。さらに、渋滞の原因となる料金所などの混雑を解消するために、効率的に支払うことができるように料金所の自動化が必然的に求められ、その際にも二輪車と自動車を分類できるシステムの確立が望まれる。しかし、従来のセンサでは主として自動車を検出することが目的であり、二輪車を計測するのが困難であったために二輪車を対象として扱っていなかった。

そこで本研究では、交通状況を正確に把握するために、画像処理を用いて車両計測の適用範囲を拡大した高精度な車種判別を行う新しいシステムを提案する。本稿における適用範囲の拡大とは天候や時間帯に依存しない様々な環境で適用できることであり、高精度な車両計測は自動車を大型

車・普通車・二輪車と判別対象を増やすことである。

本稿では様々な環境において交通流計測を行い、その結果について報告する。

2. 撮影状況

本研究は大きく分けて二つの目的がある。

まず目的の一つに、交通流計測における適用範囲を拡大することがある。それには、昼間・夕方・夜間の時間帯や晴れ・曇り・雨などの天候に関わらず交通流を計測することが望ましい。また、特定した撮影場所のみではなく、様々な場所で計測できるロバストなシステムで交通流計測に対する多様化を図る。

もう一方の目的は、交通流を高精度に計測することである。ここでいう交通流計測の高精度化とは、ただ車両の認識率を上げることではなく、車種判別する認識対象を増やすことである。撮影場所にて画像中を通過する車両領域の対象は、主に大型車・普通車・二輪車・歩行者であるが、本研究では従来判別対象になかった二輪車を含め、大型車・普通車・二輪車に対し車種判別を行う。

本実験では図1のようにカメラ俯角を大きくし、歩道橋の上から車両が手前に向かってくる片車線を見下ろした画像を入力画像として扱う。

3. 本システムの構成

はじめに、本システムの処理の概要を図2に示す。

本システムでは、どのような環境においても精度良く交通流計測を行えるように天候や時間帯を判定する環境パラメータを予め設定し、撮影した画像から状況を自動的に判断する。ここで環境パラメータとは、背景画像の平均明度値・最頻明度値各々における閾値を示す。判定された環境より入力画像と背景画像を差分して移動領域を抽出する。得られた移動領域に対してグルーピング処理で適切な車両領

図1 撮影環境
Fig. 1. Filming environment

図2 処理の概要
Fig. 2. Process outline

図3 背景画像の作成及び更新
Fig. 3. Making and renewal of Background image

域を求め、既知であるカメラパラメータを基に車種判別及び車両計測を行う。

〈3・1〉背景画像の更新・作成 実際に長時間交通流計測を行う場合、入力画像中には時間が経つにつれてノイズや画面全体の明度も変化していくため、背景差分により移動物体を抽出するには背景画像を更新する必要がある⁽¹³⁾。

本手法では各画素ごとに明度値の頻度の累積を算出して最頻明度値を求め、それをその画素の明度値とするという背景推定法を用いて(1)式を用いて背景画像を作成し、安定した判定を行う(図3)。ここで $H_t(I, x, y)$ は、ある画素 (x, y) の時刻 t における明度値 I の累積値を示す。

実験では α の値を20秒に、 χ, χ' の値をそれぞれ1とした。

$$H_t(I, x, y) = \chi H_{t-\alpha}(I, x, y) + \chi' H_{t-2\alpha}(I, x, y) \quad (1)$$

(α : 一定時間 χ, χ' : 任意係数)

〈3・2〉システムの自動化

〈3・2・1〉天候・時間帯の判定 本手法では作成した背景画像から平均明度値・最頻明度値を算出し、その値を環境パラメータと比較することで天候・時間帯の判定を行う(図4)。環境が曇りの場合は車両に伴う車両の影は薄いので特

に影響はないが、晴れや雨の環境下においてはその影領域が道路面にくっきりと映し出されるため、正しい移動領域を抽出できないといった問題がある。そこで、晴れ・雨の環境下では車両の影領域を除去するべく、同一のカテゴリに分類する。

〈3・2・2〉システムの処理 本手法では天候・時間帯により車種判別法が異なるため、得られた画像から精度良くかつ安定して環境を認識する必要がある。そこで、作成した背景画像から平均明度値及び最頻明度値を算出し、各々に対し設定している閾値と比較して、撮影した環境(天候・時間帯)をシステムが判定する。判定した天候・時間帯をシステムに毎フレーム投票し、投票時間 t を満たした時に最も投票数が多い投票数(V_{max})を求め、その環境の下で処理を行う(図5)。実際には処理の遅延を削減するため、初期投票時間 T は t よりも短くしている。

〈3・3〉昼間及び夕方の車種判別法 システムが撮影している時間帯を昼間及び夕方と判定した時の車種判別の流れを図6に示す。

昼間及び夕方の車両抽出手順

〈3・3・1〉仮の移動領域の抽出

●エッジ抽出

図4 天候・時間帯の判定

Fig. 4. Decision of weather and time slots

図5 システムの処理

Fig. 5. The system processing

システムが昼間と判定した場合は n フレーム目の入力画像 I_n 、背景画像 B_n それぞれに対しSobelオペレータを施して、エッジ抽出を行う。一方、夕方は入力画像全体の平均明度値が低くなるため、それにつれて車両のエッジが出づらくなり、車両が縦に分割する場合がある。そこで、縦エッジを強調するためにSobelオペレータを縦方向斜め方向の1.25倍横方向に比重を高めたマスクをかけてより正確に移動領域を求める。エッジ抽出により得られた入力画像を I_{en} 、背景画像を B_{en} とする。

影と道路では明度変化が少なく、逆に車両と道路では明度変化が大きいためこの処理により影の影響を軽減した移動領域を抽出することができる。

なお、このエッジ抽出以降の昼間と夕方における車両計測法は同様に行われる。

●移動領域抽出及びノイズ除去

I_{en} と B_{en} を差分した画像を S_{en} とし、(2)式から移動領域を求める。

$$S_{en} = |I_{en} - B_{en}| \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 S_{en} は I_{en} と B_{en} の差分の絶対値を取り、移動領域を抽出する。さらにノイズを除去するために、周囲8近傍で収縮・拡張処理を行い、得られた画像を仮の移動領域画像として定義する。また、撮影条件でカメラ固定と述べているが、実際の撮影時にはブレが生じる。そこで本手法では式(3)を用いて画像のブレによる認識率低下を防ぎ、カメラのブレ補正を行う。

$$d_l(t) = \sum |I_{n_t}(x, y) - I_{n_t}(t - dt)(x - dx, y - dy)| \quad (3)$$

ここで $d_l(t)$ は評価値、 I_n は明度値を示し、この $d_l(t)$ の値が最小になるように dx, dy を決定する。

〈3・3・2〉影領域の除去 仮の移動領域画像中には、天候により車両だけでなくそれに伴う影領域が抽出される場合がある(図7)。車両に伴う影領域(以後本論文で述べる影

図6 昼間及び夕方における車種判別の流れ

Fig. 6. Flow classified with the type of vehicles in day or evening

領域は車両によって生じる影のことを示す)は、前方の車両と後方の車両を接続したり、車両の大きさを誤認識したり車両計測に弊害を生じさせるため、影領域を除去する必要がある。

そこで、システムが天候を晴れもしくは雨と判断した場合は仮の移動領域画像に対して影領域の除去を行い、移動領域画像を作成する。また、システムが天候を曇りと判定した場合は、得られた画像をそのまま移動領域画像としての処理を行う。

影領域の除去手順

仮の移動領域画像から x 軸・ y 軸方向それぞれ累積ヒストグラムを検出し、車両領域及び影領域の推定を行う。得られた影領域と入力画像の対応をとり、明度値が閾値以下の領域を影領域として除去する。

- (1) 仮の移動領域画像に対し x 軸方向・ y 軸方向それぞれ累積ヒストグラムを作成し (図 8), その情報を基に車両の大きさと位置を推定する。その際既知である車両情報からノイズを除去する。
- (2) 入力画像に車両が複数存在する場合は、前フレームと現フレームの対応関係から位置の推定を行う。
- (3) 車両領域を推定したとき、車両が二台以上存在する可能性のある場合、水平エッジと入力画像の明度値から影領域を除去する (図 9)。

〈3・3・3〉 グルーピング 前章の処理で得られた移動領域画像に対してラベリングを行い、各々のラベルの特徴量を求める。

●移動領域の特徴量

本文で述べる移動領域とその特徴量を図 10に示す。移動領域内で得られた特徴量を基にグルーピングを施

し、適切な車両領域を求める。

●グルーピング

本手法では車両領域を外接長方形で囲うことをグルーピングとして定義する。グルーピングの処理の流れを図 11に示す。

本手法ではフレーム内とフレーム間の二段階でグルーピングを行う。

- フレーム内...一枚の画像からラベリングをすることでラベルの特徴量を求め、グルーピングを行う。
- フレーム間...連続する二枚の画像からラベルの対応付けを行い、グルーピングを行う。

一枚のフレーム情報だけでグルーピングを行うと、突発的に出るノイズや同一車両の分離など様々な障害が生じてしまう。また、ラベルの移動量が分からないために二輪車と歩行者の判別をつけることができない。そこで前フレームとのラベルの対応関係を用いることにより、適切な車両領域を抽出する。グルーピングでは、ラベル間の位置・面積・移動量から同一の車両であると推測できるものに同じラベルを振り分けていく。

〈3・3・4〉 車種判別 また、グルーピングの判断基準に判別ラインを設ける (表 1)。判別ラインを通過する際における車両領域のスケールを表 2、表 3 の大型車・普通車・二輪車の全長及び幅と判定基準に当てはめて車種判別を行う。得られた車両領域画像から、車両領域が明らかに小さい場合や分離したと判断できる場合、それらはノイズであると判断し除去及び統合する。

なおグルーピングの処理後で車両領域として不適切と判断したものはノイズとして除去する。

$$XSIZE = X_{max} - X_{min} \dots\dots\dots (4)$$

図 7 仮の移動領域の抽出
Fig. 7. Detection of temporary moving area

図 8 移動領域の推定
Fig. 8. Presumption of moving area

図 9 影領域の除去
Fig. 9. Removal of shadow area

図 10 移動領域
Fig. 10. Moving area

図 11 グループング
Fig. 11. Grouping

表 1 昼間・夕方の判別ライン (画素)
Table 1. Decision line in day or evening(pixel)

	Large car-Car	Bike
Y-coordinate	220	180

$YSIZE = Y_{max} - Y_{min} \dots\dots\dots (5)$

〈3・4〉 夜間の車種判別法 システムが撮影している時間帯を夜間と判定した時における車種判別の流れを図 12 に示す。

表 2 車種判別 (画素):撮影場所 A

Table 2. Classify with the type of vehicles(pixel):picture point A

	Large car	Car	Bike
XSIZE	Over 65	Over 65	Over 20 under 65
YSIZE	Over 228	Over 100 under 210	Over 55 under 150

表 3 車種判別 (画素):撮影場所 B

Table 3. Classify with the type of vehicles(pixel):picture point B

	Large car	Car	Bike
XSIZE	Over 105	Over 30 under 105	Over 30 under 105
YSIZE	Over 228	Over 150 under 228	Over 55 under 150

夜間の車種判別手順

画像処理において、屋外における夜間の交通流計測では車両の輪郭を的確に認識することが困難である。そこで、夜間走行する車両はライトをつけるということを利用して、車両のライト領域を抽出・追跡し、車種判別及び車両計測を行う。

〈3・4・1〉 ライト領域の推定 まず、入力画像 (図 13 の (a)) と背景画像 (図 13 の (b)) を用いて車両のライト領域を抽出する。入力画像中に通過する車両のライトは、以下のような特徴がある。

- 入力画像中で明度値が高い… ライトは強い光を放つため、それに伴い入力画像におけるライトの明度値は高くなる。
- 背景差分した画像でライト領域が適切な面積である (40 画素以上)… ライトの大きさは車種によらず一定範囲内に推測することができる。車両のライトが道路面で反射する時などに生じるノイズを除去する。

図 12 夜間における車種判別の流れ
Fig. 12. Flow classified with the type of vehicles in night

これらの特徴により抽出したライト領域画像を図 13の (c) に示す。

〈3・4・2〉ライト領域の決定 突発的に生じるノイズを除去するため、推定されたライト領域の追跡を行う (図 13の (d))。

ライト領域の決定には、推定されたライト領域のうちで一定フレーム以上追跡できた領域を対象とする。また、 y 座標の位置と移動量が類似しているライト領域をグルーピング (夜間において使用するグルーピングは同一の車両と推定できるライト領域の統合) する (図 13の (e))。

この処理の後に行われる車種判別はこのグルーピング結果を利用して計測する。

〈3・4・3〉車種判別 車両のライトの大きさは、車両より明らかに小さい。そのため、車種判別の際に昼間と同じ位置に判別ラインを設けると、車種を判別する前にライト領域が通過してしまう可能性がある。そこで、車種判別ラインは大型車・普通車・二輪車ともに表 4 を使い、判別ラインを通過した際に前の処理でグルーピングしたライト領域のスケールを基に表 5 に従い車種判別を行う。

自動車と二輪車は、グルーピングしたライト領域の数で車種を判別する (二輪車は一つで、自動車は二つ以上)。大型車と普通車はグルーピングしたライト領域の幅で決定する。

実際に車種を判別している画像を図 13の (f) に示す。

〈3・5〉車両計測数 昼間・夕方・夜間様々な環境においてフレーム毎に車種判別を行い、その車種判別結果を蓄積することで、大型車・普通車・二輪車それぞれの車両計測数を求める。これら一連の流れにより長時間交通流計測を行うことができる。

4. 実 験

〈4・1〉車種判別及び車両計測 第 2 章で述べた撮影状況の下で表 6 に示す様々な環境で撮影を行い、本手法を適用した。

入力画像は、Hi8 から取り込んだ、 256×240 画素の 256 階調の濃淡画像とし、フレーム間隔を $2/30\text{sec}$ として処理した。それぞれの状況における入力画像を図 14 に示す。

5. 結果及び検討

〈5・1〉車種判別及び車両計測結果

表 4 夜間の判別ライン (画素)

Table 4. Decision line in night(pixel)

	Large car・Car・Bike
Y-coordinate	180

表 5 車種判別 (画素):夜間

Table 5. Classify with the type of vehicles(pixel):Night

	Large car	Car	Bike
X SIZE	Over 85	Over 40 under 85	Only one light area

図 13 夜間の車両計測

Fig. 13. Traffic measurement in night

表 6 実験環境

Table 6. Environment in experiment

	Place	Time slots	Weather	Measured time
Scene1	A	Day	Cloud	20minutes
Scene2	A	Day	Rain	12minutes
Scene3	A	Evening	Cloud	10minutes
Scene4	A	Night	Fine	10minutes
Scene5	A	Evening	Fine	30minutes
Scene6	B	Day	Cloud	10minutes

〈5・1・1〉車種判別結果 表 6 に示す環境下において、入力画像を目視により車種判別した結果と本システムにより車種判別及び車両計測した結果を比較し、表 7・8・9・10・11・12 にまとめた。表内における抽出洩れの数は、入力画像中に車両が通過した際にシステムが該当する車種を認識できなかった台数である。括弧内の数値はシステムがその車種を過検出した台数であることを示す。

また、各々の車種が入力画像中を通過した際における実験結果画像例を図 15 に示す。

〈5・1・2〉認識率の算出 車両計測時間を t 分、目視した車両計測数を $S(t)$ 台、誤認識した台数を $H(t)$ 台、抽出できなかった台数を $T(t)$ 台として (6) 式より認識率 $Y(t)\%$

図 14 入力画像例
Fig. 14. Examples of input image

表 7 車種判別結果

Table 7. Result of the classification with the tipe of vehicles(Scene1)

		Correct		
		Large car	Car	Bike
Result	Large car	32	3	0
	Car	2	199	0
	Bike	0	1	51
Leak		0	1	1
Y(t)(%)		94.1	97.6	98.1

を算出する.

$$Y(t) = (1 - \frac{H(t) + T(t)}{S(t)}) \times 100 \quad (\%) \dots\dots (6)$$

各々の環境において実験結果から得られた認識率を表 13 にまとめた.

〈5・1・3〉 環境の判定 Scene1・2・3・4・5・6 それぞれの環境において背景画像の明度値の推移を図 16・17・18・19・20・21 に, そのデータを基にシステムが判定した環境結果をそれぞれ表 14・15・16・17・18・19 に示す. 投票時間は 20 秒で, 20 秒毎に環境の更新を行っている.

〈5・2〉 検 討

〈5・2・1〉 撮影状況に対する検討 撮影状況では撮影場所・環境・対象の三点について検討する.

表 8 車種判別結果

Table 8. Result of the classification with the tipe of vehicles(Scene2)

		Correct		
		Large car	Car	Bike
Result	Large car	13(1)	2	0
	Car	1	119	0
	Bike	0	0	4
Leak		0	2	0
Y(t)(%)		84.6	96.7	100

表 9 車種判別結果

Table 9. Result of the classification with the tipe of vehicles(Scene3)

		Correct		
		Large car	Car	Bike
Result	Large car	3	3	0
	Car	1	102(2)	0
	Bike	0	2	11
Leak		0	3	3
Y(t)(%)		75.0	90.7	78.6

表 10 車種判別結果

Table 10. Result of the classification with the tipe of vehicles(Scene4)

		Correct		
		Large car	Car	Bike
Result	Large car	4	0	0
	Car	0	71	0
	Bike	0	1	3
Leak		0	2	0
Y(t)(%)		100	95.9	100

表 11 車種判別結果

Table 11. Result of the classification with the tipe of vehicles(Scene5)

		Correct		
		Large car	Car	Bike
Result	Large car	9(2)	2	0
	Car	4	289(9)	0
	Bike	0	3	31
Leak		0	11	9
Y(t)(%)		45.5	91.4	77.5

表 12 車種判別結果

Table 12. Result of the classification with the tipe of vehicles(Scene6)

		Correct		
		Large car	Car	Bike
Result	Large car	7	0	0
	Car	0	65	0
	Bike	0	0	3
Leak		0	1	0
Y(t)(%)		100	98.5	100

● 撮影場所

画像処理における交通流計測は, 一般に上から見下ろすように撮影を行う. 本研究では特にカメラ俯角を

表 13 認識率
Table 13. Recognition rates

	t	$S(t)$	$H(t) + T(t)$	$Y(t)$
Large car		73	11	84.9
Car	92	871	48	94.5
Bike		116	13	88.8
Total	92	1060	72	93.2

図 15 実験結果画像例

Fig. 15. Examples of result image

表 14 環境の判定 (Scene1)
Table 14. Decision of environment

Measured time	Decision environment
16:00:00~16:00:20	Day-Fine or Rain
16:00:20~16:07:00	Day-Cloud
16:07:00~16:07:20	Day-Fine or Rain
16:07:20~16:07:40	Day-Cloud
16:07:40~16:08:00	Day-Fine or Rain
16:08:00~16:08:20	Day-Cloud
16:08:20~16:10:00	Day-Fine or Rain

表 15 環境の判定 (Scene2)
Table 15. Decision of environment

Measured time	Decision environment
16:40:00~16:42:40	Day-Cloud
16:42:40~16:43:00	Evening-Cloud
16:43:00~16:45:00	Day-Cloud
16:45:00~16:47:20	Evening-Cloud
16:47:20~16:50:00	Night

大きくして撮影を行うことにより、車両と車両が重なるオクルージョンを削減することができた。

●撮影環境

本研究の目的の一つ、交通流計測における適用範囲の拡大は撮影環境に依らず車両計測を行うことにある。それには時間帯や天候に関わらず交通流計測を行えることが重要になる。実験では表6に示すように様々な

図 16 背景画像における明度値の推移 (Scene1)
Fig.16. Transition of intensity value in background image(Scene1)

図 17 背景画像における明度値の推移 (Scene2)
Fig.17. Transition of intensity value in background image (Scene2)

環境で撮影を行い、実際に本システムに適用して交通流計測を行った。

実験の結果、昼・夜ともに良好な認識率を得ることが

(a) Average of intensity value

(b) The most frequency of intensity value

図 18 背景画像における明度値の推移 (Scene3)
Fig. 18. Transition of the intensity value in back-ground image(Scene3)

表 16 環境の判定 (Scene3)
Table 16. Decision of environment

Measured time	Decision environment
17:20:00~17:20:20	Day-Fine
17:20:20~17:30:00	Night

表 17 環境の判定 (Scene4)
Table 17. Decision of environment

Measured time	Decision environment
16:40:00~16:42:40	Day-Cloud
16:42:40~16:43:00	Evening-Cloud
16:43:00~16:45:00	Day-Cloud
16:45:00~16:47:20	Evening-Cloud
16:47:20~16:50:00	Night

できたが、夕方時は昼間のアルゴリズムから夜間のアルゴリズムに切り替わる際に認識率の低下が見られ、精度的にはまだまだ向上する余地がある。しかし、全体的に見ると車種判別及び車両計測の認識率はまずまずであると思われる。

従って、本手法により長時間交通流を計測することが可能となり、交通流計測における適用範囲を拡大することができたと言える。

●撮影対象

本研究では車種判別対象に大型車・普通車・二輪車として実際に実験を行い、交通流を計測した。

- (1) 全体的に大型車の認識率が低いですが、その原因として長時間停車することによる過検出や普通

(a) Average of intensity value

(b) The most frequency of intensity value

図 19 背景画像における明度値の推移 (Scene4)
Fig. 19. Transition of intensity value in back-ground image (Scene4)

(a) Average of intensity value

図 20 背景画像における明度値の推移 (Scene5)
Fig. 20. Transition of intensity value in back-ground image (Scene5)

車との誤認識が主で、検出洩れによる認識率の低下はなかった。

- (2) どの環境においても二輪車を他の車種と誤認

表 18 環境の判定 (Scene5)
Table 18. Decision of environment

Measured time	Decision environment
16:40:00～16:42:40	Day-Cloud
16:42:40～16:43:00	Evening-Cloud
16:43:00～16:45:00	Day-Cloud
16:45:00～16:47:20	Evening-Cloud
16:47:20～16:50:00	Night

(a) Average of intensity value

(b) The most frequency of intensity value

図 21 背景画像における明度値の推移 (Scene6)
Fig.21. Transition of intensity value in back-ground image (Scene6)

表 19 環境の判定 (Scene6)
Table 19. Decision of environment

Measured time	Decision environment
16:40:00～16:42:40	Day-Cloud
16:42:40～16:43:00	Evening-Cloud
16:43:00～16:45:00	Day-Cloud
16:45:00～16:47:20	Evening-Cloud
16:47:20～16:50:00	Night

識することはなかった。

- (3) 車体の色が相違することにより認識率に影響を及ぼした。本手法ではエッジ抽出により移動領域を抽出しているが、特に夕方時における黒色系の車体は背景の道路の明度値と類似することにより認識率が低下した。

様々な環境で交通流計測を行ったが、大型車・普通車・二輪車における全体的な認識率は良好であり、より高精度な交通流計測システムを図ることができたと思われる。

6. ま と め

本稿では、時間帯・天候・場所に関わらず、また二輪車を含めた車両に対して車種判別及び車両計測を行う手法を提案した。提案した手法では、逐次的に更新する背景画像の情報を利用して天候・時間帯を判定し、得られた状況に応じて処理をするため、環境に依存せずに交通流を計測することができる。

自動車の登録台数は年々増加しており、一般道路においてもドライバのニーズに応えられるように『安全で円滑、快適』な道路環境を設備し、より早く正確に交通状況を把握する必要がある。本研究は交通流計測における適用範囲の拡大と高精度化を目的とし、実験を行うことでその有用性を示した。これにより画像センサで交通流計測を行う手法を示した。

(平成 13 年 1 月 30 日受付、同 13 年 10 月 2 日再受付)

文 献

- (1) CONCEPCION V,WECHSLER H: "Detection and localization of objects in time-varying imagery using attention,representation and memory pyramids". Pattern Recognition Vol.29,NO.9, pp1543-1557(1996)
- (2) CAMPBELL N W,THOMAS B T,TROSCIANKO T,MACKEOW W P J: "Interpreting image databases by region classification". Pattern Recognition Vol.30,NO.4, pp555-563(1997)
- (3) 電気学会: "知的交通計測". 電気学会技術報告, NO.512, pp118(1994)
- (4) 金山憲司, 来海雅俊: "より快適で安全な自動車のための画像技術 5. 交通管制システムにおける画像技術 5-2 画像技術の車両同定への応用". 映像情報メディア学会誌, Vol.51, NO.66, pp769-772(1994)
- (5) 布施川秀紀, 伊藤忠彦, 小山徹: "交差点におけるバス停留所位置と右折車線変更の影響". 道路交通研究会 RTA-94-6
- (6) 中村高宏, 谷口博康, 古澤春紀: "違法駐車抑止画像処理方式の開発". 道路交通研究会 RTA-94-7
- (7) 近藤広隆, 中西恒彦: "画像処理による物体長の自動計測". 立命館大学理工学研究紀要,NO.54, pp81-92(1996)
- (8) 根本智昭, 青木正喜: "スリット画像を用いた交通計測と車両の同定". 道路交通研究会 RTA-95-17, pp29-37
- (9) 小川智美, 青木正喜: "2重スリット画像を用いた交通流計測". 道路交通研究会 RTA-94-5,pp41-50
- (10) 久保山英生, 小沢慎治: "夜間における走行環境認識". 電子情報通信学会総合大会 D-12-218(1997-3)
- (11) 久保山英生, 小沢慎治: "連続画像からのトンネル内における重交通流計測". 電子情報通信学会 PRMU 研究会 PRMU98-100(1998-10)
- (12) 松崎吉紀, 小沢慎治: "トンネル内画像を用いたカメラ間における車両マッチング". 道路交通研究会 RTA-97-5(1997-3)
- (13) 島井 博行, 三島 健稔, 栗田 多喜夫, 梅山 伸二: "移動物体検出のためのロバスト統計を用いた適応的な背景推定法". 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2000)

山 田 大 樹 (非会員) 1999 年 3 月慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。1999 年 4 月同大学大学院理工学研究科修士課程入学。現在同課程在学中。

須藤 智（非会員） 1998年3月慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。2000年3月同大学大学院理工学研究科修士課程卒業。2000年4月同大学大学院理工学研究科博士課程入学。現在同課程在学中。

小沢 慎治（正員） 1967年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。1972年同大学大学院理博士課程卒業。1970年同大学工学部電気工学科助手。同大学専任講師、助教授を経て現在同大情報工学科教授。その間、昭59年メリーランド大訪問助教授。デジタル通信及び画像、音声のデジタル信号の研究に従事。著書「デジタル信号処理」、「基礎通信工学」（実教出版）。工博。電子情報通信学会、情報処理学会、IEEE各会員。