

距離画像センサを用いた交通流計測手法の 複数車線・黒色車両への適応

安藤 匠平¹・佐田 達典²・石坂 哲宏³

¹学生会員 日本大学大学院 理工研究科社会交通工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail:cssy13001@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail:sada.tatsunori@nihon-u.ac.jp

³正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail:ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp

国土交通省が実施する道路交通センサ調査では、人手による観測に代えて、機械による自動観測を積極的に導入している。このうち、調査に用いる計測機器は、近年様々な機器が開発されているが、設置・撤去時に交通規制が必要であることや、複数車線・黒色車両の計測が行えないなどの課題が存在する。本研究では、複数車線・黒色車両への適用の可能性を有している距離画像センサに着目し、車両を検知する手法の構築を行った。検証実験の結果、距離画像センサを用いることで、黒色以外の車両については、手前車両は89%の検知率、反対車両は59%の検知率となり、黒色車両については、手前車両は82%、反対車両は42%の検知率で検知できた。

Key Words : Range Image Sensor, Traffic Flow Measurement, Black Color Vehicle

1. はじめに

国土交通省が実施する道路交通センサの一般交通量調査では、人手観測から機械による自動観測手法を採用する動きがみられる¹⁾。このうち、既存の可搬型計測機器では、赤外線式によるトラフィックカウンターが使用されている。しかし、複数車線の計測が行えないことや、黒色車両が検知されにくいことを課題としており、より一層の効率化には新たなシステムの導入が必要と考えられる。

そこで、1台で複数車線・黒色車両の計測の可能性を有している距離画像センサに着目した。一見ら²⁾は、センサから出力される距離データより、交通流を2車線同時に検知する手法を構築した。佐藤ら³⁾は、センサから出力される反射強度データより、黒色を含めた車両を検知する手法を構築した。

本研究では、これまでに構築された既存の車両検知手法と、その手法に用いたデータを組み合わせることで、更に検知率の向上が期待されると考えた。そこで、距離画像センサから出力される距離・反射強度データを用いて、複数車線計測・黒色車両を検知する手法の構築を目的とする。

2. 距離画像センサ

距離画像センサとは、TOF (Time of Flight)方式を用いて、画像のピクセル毎に、対象物までの距離データと、照射光の反射強さの反射強度データを出力することができる装置である。本研究では、パナソニック社製距離画像センサ(D-Imager:ELK3103)を使用する。データは、1秒間に30枚のデータ(30fps)を、水平160×垂直120のピクセル毎に出力される。図-1に機器の写真、図-2に測定原理を示す。



図-1 距離画像センサ

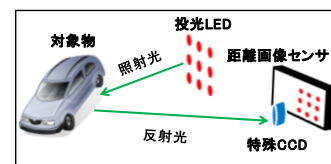


図-2 測定原理

3. 車両検知手法の構築

(1) 構築した車両検知手法

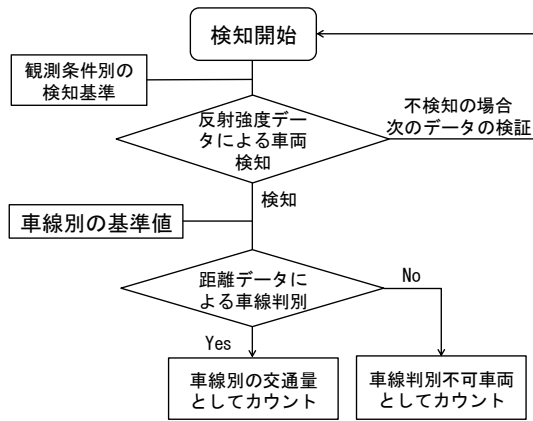


図-3 車両検知手法全体のプロセス

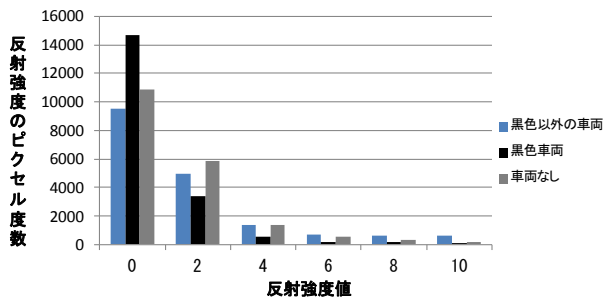


図-4 昼における反射強度値の度数分布の例

構築した車両検知手法は、はじめに反射強度データから黒色を含めた全車両の検知を行い、次に、距離データによる車線判別手法から、車線別の交通量としてカウントする。また、距離データから検知されず、反射強度データからのみ検知された車両は「車線判別不可車両」としてカウントする。図-3 に車両検知手法のプロセスを示す。なお、反射強度データによる車両検知手法は、太陽光の影響によって異なる。

(2) 反射強度データによる車両検知手法

図-4 に、太陽光の影響を受ける昼において、センサ内の撮影範囲内に車両が通過した際の反射強度値のピクセル度数分布の例を示す。反射強度値は 0~255 で出力され、センサからの照射光が反射しない部分は 0 となる。図-4 より、黒色以外の車両に関しては、車両なしに比べ、反射強度 0 の度数が減少し、黒色車両は増加していることが分かる。黒色車両については、車体のボディ部分がセンサからの照射光を反射しないためである。

ここで、反射強度 0 のピクセル度数に着目し、車両がセンサ内を通過するまでの時系列変化を追った。図-5 にその結果を示す。車両通過時において、黒色以外の車両は、車両なしに比べ、ピクセル度数が 2,000 程度減少し、黒色車両は 4,000 程度増加していることがわかる。以上より、反射強度 0 のピクセル度数の時系列変化から、黒色を含めた車両を検知することは可能であると考えら

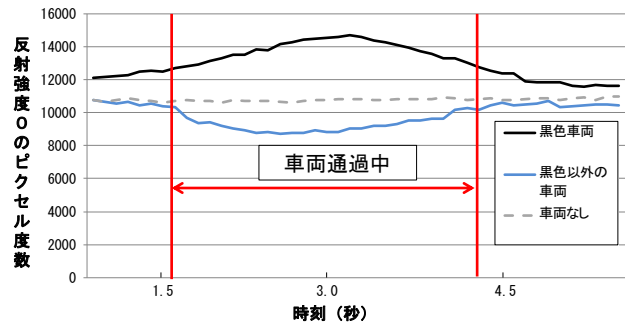


図-5 昼における反射強度 0 の時系列変化

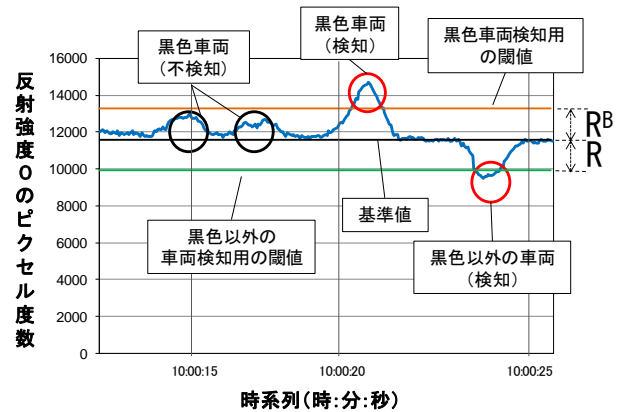


図-6 昼における車両検知の設定値の例

れる。

(3) 反射強度データによる車両の検知手法の設定

図-6 に、太陽光の影響を受ける昼の車両検知の設定値の例を示す。まず、車両が存在しない状態の 10 回分のデータを抜き出し、反射強度 0 のピクセル数の平均値を算出し、基準値として用いる。ここで、設定した基準値を下回るピクセル度数が示された場合を黒色以外の車両、上回るピクセル度数の場合を黒色車両である可能性があるとする。車両として検知するには、黒色以外の車両が存在する場合のピクセル度数の変化を検知する閾値を R 、黒色車両が存在する場合のピクセル度数の変化を検知する閾値を R^B として設定する。

(4) 距離データによる車線判別手法

距離データによる検知手法²⁾は、センサから取得された距離情報をピクセル毎に集計し、距離帯別(10cm 間隔)の度数分布で表した距離帯別度数分布から検知する。この手法では、車両の進入と同時に大きな度数分布が出現し、車両の退出と同時にその度数分布が消え、1 台を判別する。図-7 に、手前・反対車線に車両が連続して進入した際の距離データと距離帯別度数分布を示す。判別には、手前車線に相当する距離帯と反対車線に相当する距離帯別の基準値を設定し、それぞれに出現する度数分布変化から判別する。なお基準値の設定は、5m 以前の

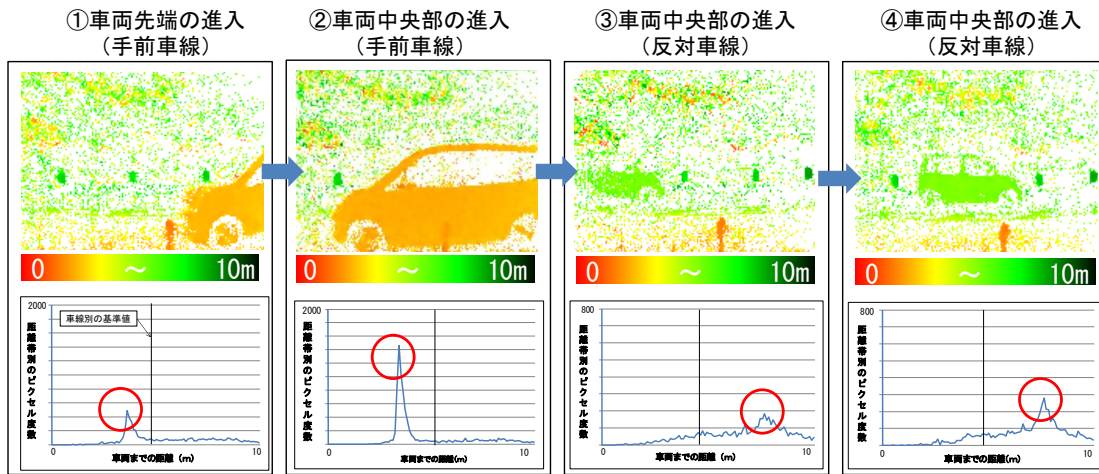


図-7 車両通過時におけるの進入から退出までの距離データと距離帯別度数分布

表-1 黒色以外の車両の検証結果 (田中町南)

	実測値 (台)	検知台数 (台)								
		R=150	R=175	R=200	R=225	R=250	R=275	R=300	R=350	
手前車線	車線判別可能	340	308	304	304	301	298	297	293	283
反対車線	車線判別可能	296	179	176	173	164	156	152	144	128
検知車両	(車線判別不可)	-	83	83	79	84	91	95	101	120
総台数		636	570	563	556	549	545	544	538	531
検知率		-	90%	89%	87%	86%	86%	86%	85%	83%
誤検知回数		-	89	31	6	5	5	1	1	0

表-2 黒色以外の車両の検証結果 (東町)

	実測値 (台)	検知台数 (台)								
		R=300	R=340	R=380	R=420	R=460	R=500	R=600	R=700	
手前車線	車線判別可能	498	387	377	370	366	360	345	318	282
反対車線	車線判別可能	460	108	96	82	70	63	60	42	35
検知車両	(車線判別不可)	-	170	175	186	175	172	165	161	169
総台数		958	665	648	638	611	595	570	521	486
検知率		-	69%	68%	67%	64%	62%	59%	54%	51%
誤検知回数		-	46	33	14	11	10	9	3	0

度数分布に変化が現れた場合を手前車線, 5m 以降を反対車線とする。

4. 一般道における検証実験

(1) 実験概要

本研究で構築した車両検知手法の実証性を検証するため, 一般道路を走行する車両を距離画像センサで計測し, 検知率の検証を行った。

実験方法は, 歩道に距離画像センサを通過車両に対し約 3m 離して設置し, 車両側面と正対になるように設置高さを 1.25m で計測を行った。計測は, 富士宮市県道 414 号線東町信号交差点(片側 1 車線の対面通行道路), 富士宮市田中町南信号交差点(片側 1 車線の対面通行道路)で, 各 60 分間行った。また, 計測時の天候は晴れて, 太陽光の影響を受ける条件である。

次に, 検証方法として, センサから取得したデータと実交通量との照合を行うため, 同時にビデオカメラによる撮影を行った。また, 反射強度データによる車両検知用の閾値を複数設定し, 車両の検知台数と誤検知の回数を考慮して最適な閾値を求める。

(2) 検証結果

a) 黒色以外の車両

黒色以外の車両の検証について, 表-1 に田中町南信号交差点の検証結果, 表-2 に東町信号交差点の検証結果

を示す。対象は 60 分間交通の手前・反対車線の車両台数である。また, 反射強度データによる検証は, 車両検知用の閾値 R を変化させて行い, 表中の検知率は車線判別不可台数を含めた値である。

検証の結果, 田中町南信号交差点では R =220 のとき, 検知率は 87%という結果となり, 東町信号交差点では R =380 のとき, 検知率は 67%なった。ここで, 田中町南信号交差点では R =220, 東町信号交差点では R =380 より低く設定した場合, 検知率は向上するが, 太陽光などのノイズを車両として誤検知する回数が著しく多くなる結果となった。よって, 本検証における黒色以外の車両の検知のための最適な閾値は, 田中町南信号交差点では R =220, 東町信号交差点では R =380 とした。

次に, 東町信号交差点と田中町南信号交差点における検証結果を比較すると, 東町信号交差点における検知率が大きく低下していることがわかる。特に, 反対車線における車線判別可能台数に大きな差がみられる。この原因として, 反対車両が通過した際, 手前車線を走行する車両と重なることで, 車両データが十分に得られず, 検知されなかったためだと考えられる。今後は距離画像センサの計測位置を車両側面ではなく, 上方などの高所に設置し, 他の車両の影響を受けない計測方法を検討する必要があると考えられる。

b) 黒色車両

黒色車両の検証について, 表-3 に田中町南信号交差点の 0~40 分における検証結果, 表-4 に田中町南信号交差点の 40~60 分における検証結果, 表-5 に東町信号

表-3 0~40分における黒色車両の検証結果（田中町南）

	実測値 (台)	検知台数 (台)							
		R ^B =300	R ^B =350	R ^B =400	R ^B =450	R ^B =500	R ^B =550	R ^B =600	
手前車線	黒色車両	43	42	41	36	31	29	26	25
	黒色以外の車両	-	0	0	0	0	0	0	0
	検知率	-	98%	95%	84%	72%	67%	60%	58%
反対車線	黒色車両	41	32	22	17	11	5	5	4
	黒色以外の車両	-	5	4	3	3	2	2	1
	検知率	-	78%	54%	41%	27%	12%	12%	10%
誤検知回数		-	77	30	6	4	2	1	0

表-4 40~60分における黒色車両の検証結果（田中町南）

	実測値 (台)	検知台数 (台)							
		R ^B =250	R ^B =275	R ^B =300	R ^B =325	R ^B =350	R ^B =375	R ^B =400	
手前車線	黒色車両	30	28	26	25	24	21	17	17
	黒色以外の車両	-	1	0	0	0	0	0	0
	検知率	-	93%	87%	83%	80%	70%	57%	57%
反対車線	黒色車両	25	18	18	18	11	8	6	4
	黒色以外の車両	-	1	1	0	0	0	0	0
	検知率	-	72%	72%	72%	44%	32%	24%	16%
誤検知回数		-	17	5	3	1	0	0	0

表-5 黒色車両の検証結果（東町）

	実測値 (台)	検知台数 (台)					
		R ^B =500	R ^B =600	R ^B =700	R ^B =800	R ^B =900	R ^B =1000
手前車線	黒色車両	95	93	93	92	92	92
	黒色以外の車両	-	29	26	24	21	18
	検知率	-	98%	98%	97%	97%	97%
反対車線	黒色車両	93	37	31	26	22	17
	黒色以外の車両	-	6	4	2	2	1
	検知率	-	40%	33%	28%	24%	18%
誤検知回数		-	46	13	8	1	0

交差点の検証結果を示す。検証は、反射強度データによる車両検知用の閾値 R^B を変化させておこなった。

検証の結果、東町信号交差点では、R^B =600 のとき 33% の検知率となり、田中町南信号交差点では、計測時間が 0~40 分では、R^B =400 のとき 41% の検知率となり、40~60 分では、R^B =325 のとき 44% の検知率となった。また、田中町南信号交差点で設定した閾値は、計測時間に伴う太陽光の影響の変化を考慮した。

ここで、田中町南信号交差点における 0~40 分では R^B =400、40~60 分では R^B =325、東町信号交差点では R^B =600 より低く設定した場合、検知率は向上するが、太陽光などのノイズを車両として誤検知する回数が著しく多くなる結果となった。よって、本検証における黒色車両の検知のための最適な閾値は、田中町南信号交差点では 0~40 分のとき R^B =400、40~60 分では R^B =325、東町信号交差点では R^B =600 とした。

また、反対車両の検知率が低下した理由として、反対車両が手前車線を走行する車両と重なることで、検知に必要な車両データが得られなかったためだと考えられる。

c) 実交通量と構築した車両検知手法による結果の比較

表-6 に、田中町南信号交差点における実交通量と車両検知手法の検証結果との比較を示し、表-7 に、東町信号交差点における実交通量と車検知手法の検証結果との比較を示す。対象は 60 分間交通量である。ここで、反射強度データによる設定した閾値は、本検証における車両検知のための最適な閾値を示している。

表-6 より、黒色以外の車両について、手前車両は 89%、反対車両は 59% の検知率となり、黒色車両につ

表-6 実交通量と車両検知手法の結果との比較（田中町南）

	実交通量 (台)	車両検知手法による処理結果(台)		検知率
		R=220	R ^B =400, R ^B =325	
手前車線	黒色以外の車両 (車線判別可能)	340	304	89%
	黒色車両	73	-	82%
反対車線	黒色以外の車両 (車線判別可能)	296	173	59%
	黒色車両	66	-	42%
車線判別不可車両		-	79	
合計		775	647	

※車両検知のために設定した閾値は、計測時間によって変更した。

表-7 実交通量と車両検知手法の結果との比較（東町）

	実交通量 (台)	車両検知手法による処理結果(台)		検知率
		R=380	R ^B =600	
手前車線	黒色以外の車両 (車線判別可能)	498	370	80%
	黒色車両	95	-	98%
反対車線	黒色以外の車両 (車線判別可能)	460	82	19%
	黒色車両	94	-	33%
車線判別不可車両		-	186	
合計		1147	792	

いて、手前車両は 82%、反対車両は 42% の検知率となり、手前・反対車両の合計台数 775 台のうち、647 台を検知できた。

表-7 より、黒色以外の車両について、手前車両は 80%、反対車両は 19% の検知率となり、黒色車両について、手前車両は 98%、反対車両は 33% の検知率となり、手前・反対車両の合計台数 1137 台のうち、792 台を検知することができた。

これらの結果より、手前車両に関しては、他の車両の影響を受けなければ、80% 以上の検知率で検知できた。反対車両に関しては、手前車両との重なりにより、検知率が大きく左右される結果となった。

5. まとめ

本研究は、複数車線計測・黒色車両の検知への適用として、距離画像センサから出力される距離・反射強度データから、車両を検知する手法の構築を行った。結論として、反射強度データから適切な閾値を設定することで、距離データから判別されない車両を検知可能であることを明らかとした。

今後の課題として、反対車両に該当する一部画像領域を使用した検知手法の構築や、手前車両台数の占有時間による補正方法などを検討する。

参考文献

- 1) 東俊孝ら：道路交通センサのための次世代情報収集システムの開発，土木情報利用技術論文集，Vol.15，pp.103-110，2006年10月
- 2) 一見健太ら：距離画像センサを用いた新たな交通流計測手法の提案，土木計画学研究・講演集，Vol.45，2012年6月
- 3) 佐藤信也ら：反射強度データを用いた距離画像センサによる走行車両検知手法に関する研究，土木学会関東支部第39回技術研究発表会，2012年3月