

## (46) 距離画像センサを用いた走行車両台数計測に関する研究

### Study on Detection of Moving Vehicles using the Range Image Sensor

一見健太<sup>1</sup>・林佑樹<sup>2</sup>・佐田達典<sup>3</sup>・石坂哲宏<sup>4</sup>

Ichimi Kenta, Hayashi Yuki, Sada Tatsunori and Ishizaka Tetsuhiro

**抄録：**本研究では、既存のトラフィックカウンターの課題を補う可能性のある機器として距離画像センサに注目し、交通流計測における通過車両の台数カウントを行うプログラムを開発、一般の道路環境において走行車両台数計測が可能であるかを検討することを目的とする。本研究では、まず距離画像に反射強度のデータを乗算し、ノイズの除去を行うことで、走行車両を鮮明化する処理を行った。その上で、距離別の画素数分布の変化の有無から車両の検出を行う手法を構築した。4カ所の計測地点における検証実験の結果、反射強度の低い黒色車両と対象外の二輪車を除けば、走行車両全ての検出を行うことができた。

**キーワード：** 距離画像センサ、交通流計測、道路交通センサ、プログラム

**Keywords :** Range Image Sensor, Traffic Flow Investigation, Road Traffic Census, Program

## 1. はじめに

近年、ITSの普及により新しい交通計測が実用化し、高精度で大量のデータが蓄積可能となった<sup>1)</sup>。その動きに伴い、国土交通省が実施する道路交通センサにおいても、主流であった人手観測の代わりに、安価で新しいICT技術を積極的に採用する動きが多く見られるようになった<sup>2)</sup>。交通量を計測するトラフィックカウンターにおいて、可搬式の様々な機器が開発され、以前より低コストで計測が行えるようになってきた。しかし、既存の機器は1車線を対象としており、速度計測に2台の機器が必要となる点や、設置撤去に交通規制が必要となることが課題として挙げられる。

そこで、本研究ではこれらの課題を解消できる可能性を持ったセンサとして「距離画像センサ」に注目し、走行車両を検出する手法を開発、一般の道路環境において交通量(車両台数)のカウントに適用できるかを検討することを目的とする。

## 2. 距離画像センサ

距離画像センサとは、リアルタイムに形状と奥行き(距離)を計測して動画としてデータを画素毎に出力できる装置である(図-1)。測定原理を図-2に示すように、LED光を照射し、物体に反射して帰ってくる時間を画素毎に計測するものである。本研究ではパ



図-1 距離画像センサ

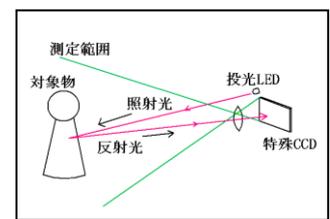


図-2 測定原理

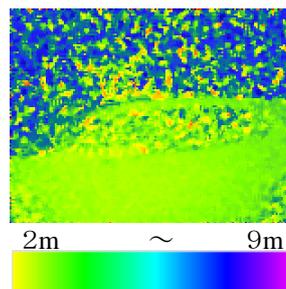


図-3 距離画像

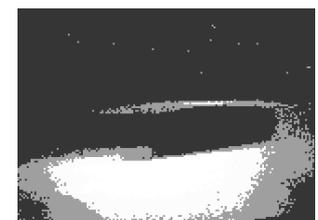


図-4 反射強度画像

表-1 機器使用

測距画素数	水平:160画素×垂直:120画素
画角	水平:50° 垂直:36°
検出距離範囲	1.2m~9.0m
応答速度	12フレーム/秒
出力形式	距離データ:11bit
	濃淡データ:8bit
使用周囲照度	太陽光:10万lx以下
使用温度範囲	0°C~40°C
外形寸法	150mm×60mm×100mm
質量	880g

1 : 学生会員 日本大学大学院 理工学研究科 社会交通工学専攻  
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1, Tel :047-469-8147, E-mail : ichimi.kenta@trpt.cst.nihon-u.ac.jp)

2 : 正会員 東鉄工業株式会社

3 : 正会員 博士(工) 日本大学 教授 理工学部 社会交通工学科

4 : 正会員 博士(工) 日本大学 助教 理工学部 社会交通工学科

表-2 距離と速度の関係

センサから車両 までの距離(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
車両の速度 (km/h)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200

ナソニック 電気株式会社製距離画像センサ (D-Imager : ELK3103) を使用する。計測したデータはレンジ (範囲) 毎に色で視覚的に表現 (図-3) され、明るい色ほどセンサに近い物体となる。また、同時に反射強度のデータ (図-4) も取得できる。主な機器仕様を表-1 に示す。

本センサはピクセル毎に距離情報を得ることができ、対象物までの距離や形を容易に取得できることが大きな特徴である。従来の画像センサのように複雑な処理過程を不要であり、今まで2台のセンサがなければ行えなかった速度計測や車種判別が1台で行える可能性を有している。

### 3. 距離画像センサの設置条件

#### (1) センサの設置位置選定

本研究は、可搬式トラフィックカウンターの代替として位置付け、調査の容易性 (設置撤去のし易さ)、安全性の配慮、以上の点から距離画像センサを通過車両の真横 (路側もしくは歩道) から計測するように設置する。

#### (2) センサの設置位置

本研究で構築する計測手法は、車両が進入した時と車両が退出する時の最低2枚の距離データが必要となる。本センサは1秒間に12フレームの距離データを取得するが、車両の速度が高速になるとセンサが車両を捉えられず、距離データに車両が納まらない可能性がある。そこで、センサから対象物までの距離と、車両の速度の関係を明らかにした。この関係より、センサが車両を2枚連続で捉える条件となる。算出式に以下の(1)式を用いる。

$$v = 3.6fd \tan(a/2) \quad (1)$$

$v$ : 限界速度 (km/h),  $f$ : フレームレート (フレーム/秒),  $d$ : センサから対象物までの距離 (m),  $a$ : センサの水平画角 (°)

表-2 に(1)式で算出した距離と速度の関係を示す。この条件により、センサの設置位置が決定される。

本研究では一般道路における計測を想定しているため、最大で60km/h~80km/hが取得できれば十分と考えられる。表-2よりセンサと車両を3m程度離して設置することを想定した。

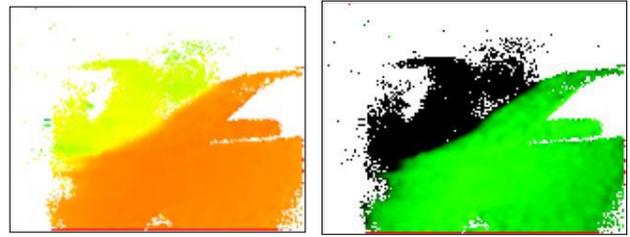


図-5 乗算処理後 (左) とレンジ設定後 (右)

#### (3) センサの設置高

続いてセンサの設置高の設定を行う。センサを設置する高さによって計測範囲が変化する。計測範囲の計算には(2)式を用いる。

$$L = 2d \tan(a/2) \quad (2)$$

$L$ : 計測範囲 (m),  $d$ : センサから対象物までの距離 (m),  $a$ : センサの水平画角 (°)

ここで、本センサの垂直画角は36°のため、設定距離3mの場合、(2)式を用いると、計算上垂直の計測範囲は1.94mとなる。このことからセンサの設置高を1mに設定することで、平均全高1.5mである乗用車は、車両全高が画像内に全て収まる (一部の車種を除く)。

### 4. 走行車両検出手法の構築

本研究で構築する車両検出手法は、車両以外の部分のノイズを除去する画像処理と車両の判別処理の2つの処理からなる。以下に処理の手順を示す。

#### (1) 画像処理

##### (a) 距離データと反射強度データの乗算処理

取得したデータには、測定環境によって大きなノイズが含まれることがある。このノイズは主に太陽光が影響しており、計測時に距離データと同時に取得している反射強度データ (図-4) を乗算することで消去できる。反射強度データは、LED光が反射しない部分は値が0、わずかにでも反射した部分は値に1以上の値が入る。本研究では、値が1以上のデータは全て1と変換することで、乗算後に背景部分のみ消去することが可能となり、車両のみを抽出することができる。

図-5 (左) に乗算処理後を示す。

##### (b) レンジ設定

乗算処理済みのデータから、計測対象の車線における車両のみを抽出するために、距離の範囲 (レンジ) の設定を行う。計測対象の車線のデータのみを抽出し、計測対象以外の車線を走行する車両は計測の範囲外となり、画像上では黒色で表現される。これにより、計測対象以外の車線の車両を誤検出することを防ぐことができる。図-5 (右) にレンジ設定後を示す。

表-3 検証結果

地点名	習志野台	習志野台	小室	小室
時間帯	昼	夜	昼	夜
検出条件(度)	200	200	200	200
レンジ設定(m)	0~4.0	0~4.0	0~4.0	0~4.0
検出値(台)	59	115	167	169
実測値(台)	60	105	177	178
差(台)	-1	10	-10	-9
検出率	98%	110%	94%	95%

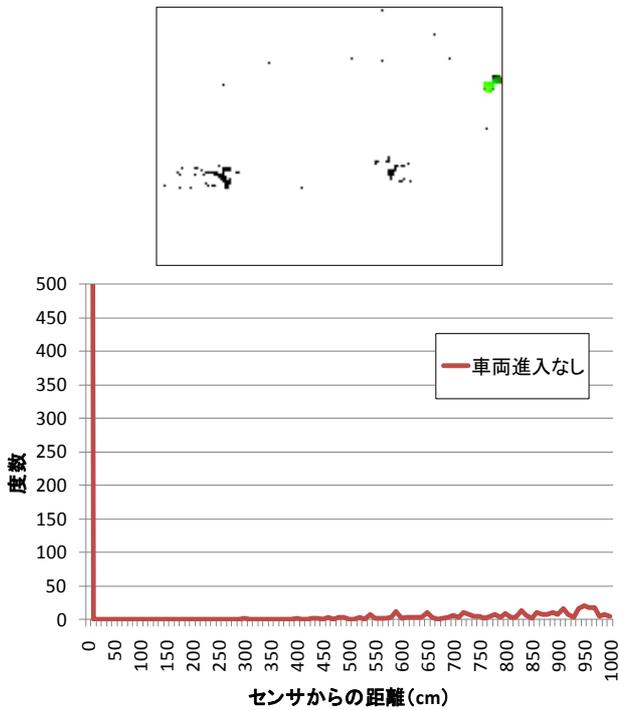


図-6 車両進入なしの距離画像(上)と度数分布(下)

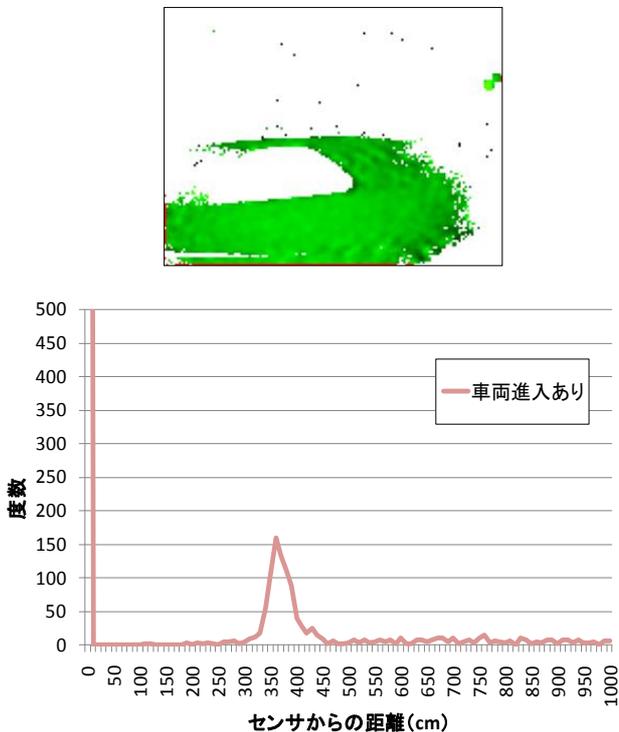


図-7 車両進入ありの距離画像(上)と度数分布(下)

(2) 走行車両判別方法

通常の画像処理では使用できない“距離別の画素数(度数)の変化から物体の有無を判定する”方法を採用した。距離画像はピクセル毎に距離情報を持っているため、度数を使用することで、どの位置に、どれくらいの大きさの物体があるかを容易に判断でき、効率的に処理ができる。図-6及び図-7に物体の進入の有無による度数の変化を示す。物体の進入がない場合、

図-6のように度数は平坦だが、物体の進入がある場合、図-7のように度数は物体が存在する位置に最も大きく現れる。この違いを判断の軸にプログラムの作成を行った。なお、検出条件については、乗用車の側面積をもとに決定した。

6. 走行車両計測手法の検証

(1) 検証方法

本研究で開発した走行車両検出手法の適用可能性を検証するために、異なる条件下の一般道路で計測実験を行い、その精度を検証した。取得したデータは走行車両プログラムにより車両台数のカウントを行い、数取機による計測と比較し、検知精度の検証を行う。

(2) 実験概要

規制速度の異なる2つの地点を選定し、センサを車両側面と正対に設置し、計測を行う。そのときに同時に数取機による車両台数のカウントを行う。計測は昼間と日没後の2回行う。

本計測は、平成22年11月18日に以下の2地点で行った。

- ・船橋市習志野台6丁目 中央通り(1車線道路)  
実施時間帯: 14:45~15:00(昼), 18:30~18:45(夜)
- ・船橋市小室町 国道16号線小室交差点(2車線道路)  
実施時間帯: 16:00~16:15(昼), 17:00~17:15(夜)

(3) 検証結果

本手法による車両検出の結果を表-3に示す。検出結果は、計測地点・時間帯によって差があるものの、概ね10%以内の誤差で検出できた。

誤差が生じた主な要因として、対象外の二輪車の検出したことと、反射強度が低い黒色車両を検出できなかったことが挙げられる。

表-4に計測地点別の誤検出要因の内訳を示す。習志野台(夜間)の計測を除く、3つの地点で黒色の車両の検出抜けがあり、検出率が低下した。また、習志野台(夜間)の計測については、二輪車の誤検出が多く、検出率が100%を上回った。しかし、誤検出の要因であるこの黒色車両と二輪車を除けば、全ての地点

表-4 計測地点別の誤検出要因内訳

	習志野台:昼	習志野台:夜	小室:昼	小室:夜
黒色車両	-1	0	-11	-10
二輪車	0	10	1	1
計	-1	10	-10	-9

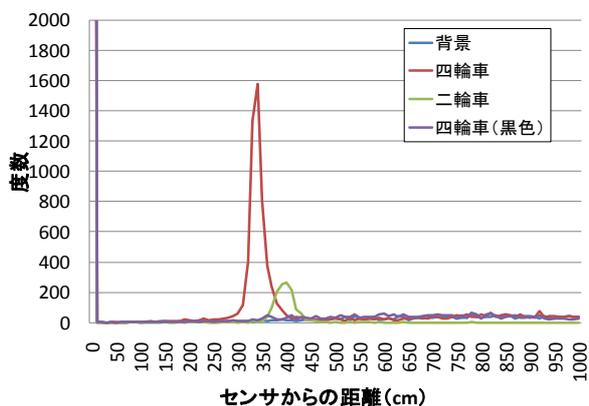


図-8 車種による度数の違い

において 100%の検出を行うことができた。二輪車を誤検出してしまった原因として、車両の側面積の条件が低かったことが挙げられる。しかし、検出条件を下げすぎるとノイズを車両として検出してしまい、高すぎると軽自動車など側面積の小さい車両が検出できない可能性がある。図-8に示すように、二輪車は自動車に比べ側面積が小さいため、度数も小さく表示される。このように自動車と二輪車では分布の仕方に明確な違いが生じるため、違いをはっきり定式化できれば、二輪車検出の改善を改善できると考えられる。また、黒色車両は図-8に示すように、度数が背景と同じくほぼ現れない。黒色車両が写っている画素のデータは、距離画像では距離情報が入っている場合があるが、反射強度データでは値が0の場合が多い。そのため、現状の反射強度を乗算する方法では車両までのデータが欠落し、検出できないことがあった。

そこで、黒色車両の検出抜けに対して、ノイズを多く含んでしまっているため処理の困難さはあるが、反射強度を乗算する前の画像を用いた判定手法を、本研究で提案した手法に追加することが挙げられる。

一方、反射強度の値の微細化を図るなど距離画像センサの性能向上が有効な一つの手段であると言える。検出率が大幅に向上すれば、既存のセンサとの差別化を図ることが期待できる。

## 7. 結論

### (1) 成果と課題

本研究では、距離画像センサを用いた走行車両検知手法を開発し、一般の道路環境において交通量のカウ

ントが可能であるか検討を行った。検証結果から、反射強度の低い黒色車両と側面積が小さい二輪車を除けば、全ての車両の検出を行うことができた。既存の赤外線式センサでも、反射率の低い黒色車両を検出できない問題を含んでいると言われている。しかし、誤検出の要因が特定されているため、その誤検出の割合も十分に推定できる場合は、実務上トラフィックカウンターとして許容されている場合も多い。先述のとおり、今後の技術改良により黒色車両の検出抜け問題も十分に解決できる可能性はあるので、実務上の性能要件を満たせば、距離画像センサを用いた交通量計測も可能であると考えられる。今後これらの課題について検討を行っていく。

### (2) 今後の展望

現在、トラフィックカウンターとして適用できる可能性を上げるために、速度計測、車種判別プログラムの構築を行っている。本研究で構築した車両検出プログラムに現在構築中の速度算出、車種判別プログラムを加え、2車線同時に計測を行うことを目標として、作業を進めていく。引き続き、こちらのプログラムの完成を目指すと共に、車両検出プログラムについても改良を行っていく。

### 参考文献

- 1) 国土交通省中国地方整備局 社会資本整備審議会道路分委会第1回中国地方小委員会資料,  
[http://www.cgr.mlit.go.jp/bunkakai/h22\\_1.html](http://www.cgr.mlit.go.jp/bunkakai/h22_1.html) (2011年4月入手)
- 2) 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
- 3) 一見 健太, 佐田達典, 石坂哲宏, 林佑樹：「距離画像センサを用いた交通流調査のための基礎的研究」, 土木情報利用技術論文集, Vol.19, pp.11-20, 2010年10月
- 4) 林 佑樹, 一見 健太, 佐田 達典, 石坂 哲宏：「距離画像センサを用いた交通流検知に関する基礎的研究」, 土木情報利用技術講演集, Vol.34, pp.69-72, 2009年10月