

距離画像センサを用いた新たな交通流計測手法の提案

一見 健太¹・佐田 達典²・石坂 哲宏³・千葉 史隆⁴

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:ichimi.kenta@trpt.cst.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学教授 理工学部社会交通工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail:sada.tatsunori@trpt.cst.nihon-u.ac.jp

³正会員 日本大学助教 理工学部社会交通工学科

⁴学生会員 日本大学大学院 理工研究科社会交通工学専攻

国土交通省が実施する道路交通センサスでは、近年安価で新しいICT技術を積極的に採用する動きが多く見られる。しかし、調査に用いるトラフィックカウンターは、様々な機器が開発されているが、設置・撤去に交通規制が必要であることや、複数車線の計測ができないなどの制限が未だ存在する。そこで本研究は、距離画像センサに注目し、交通量カウント、地点速度計測、車種判別の同時処理が可能なプログラムを構築し、実用化への検討を行った。その結果、距離画像センサを用いることで2車線分の交通量を同時にカウントすることが可能となった。加えて、地点速度計測は実測値との速度差 $\pm 10\text{km/h}$ 以内の結果が全体の80%強を占め、車種判別は77%の確率で正常に判別することができた。

Key Words : Range Image Sensor, Traffic Counter, Traffic Volume, Vehicle Speed, Vehicle Model

1. はじめに

国土交通省が実施する道路交通センサスでは、安価で新しいICT技術を積極的に採用する動きが見られる¹⁾。交通流を計測するトラフィックカウンターは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、道路交通センサスの調査地点のうち約3分の1が2車線以上の道路であり、より一層の効率化を図るには新たなシステムの導入が必要と考えられる。

そこで、本研究では距離画像センサに注目した。先行研究²⁾では1車線分の交通量計測であったが、本研究では2車線分の交通量を自動的にカウントする手法を構築する。さらに、1車線分の地点速度・車種判別を自動的に処理するプログラムを構築し、実用化への検討を行うことを目的とする。

2. 距離画像センサ

距離画像センサとは、対象物までの距離を面的に計測することで、距離情報を持った画像を出力できる装置である(図-1)。測定原理は図-2に示すように

TOF(Time of Flight)方式であり、1秒間に12枚の画像を取得することが可能(12fps)である。本研究ではパナソニック株式会社製距離画像センサ(D-Imager:ELK3103)を使用する。本センサは、距離情報により走行車線の判別ができる可能性を秘めているため、設置位置によっては既存の可搬型トラフィックカウンターでは不可能であった2車線道路の通過交通を同時に計測処理することも可能であると考えられる。

3. 2車線同時交通量カウント手法の構築

(1) 乗算処理

距離画像センサの計測により、取得したデータには、**図-3**左上の距離画像のように、測定環境によって大きなノイズが含まれることがある。本研究のように対象物



図-1 距離画像センサ

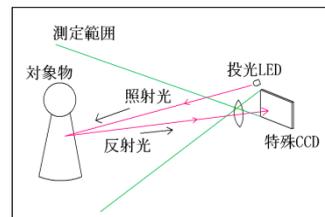


図-2 測定原理

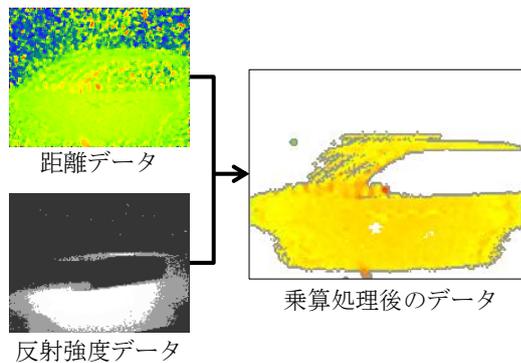


図-3 乗算処理前 (左) と乗算処理後 (右)

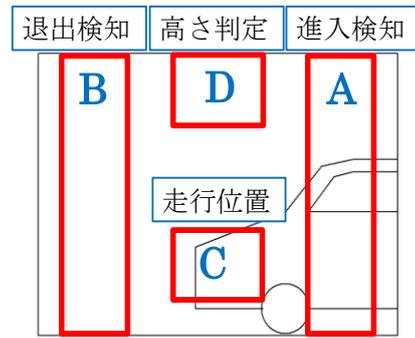


図-5 画像内の分割イメージ

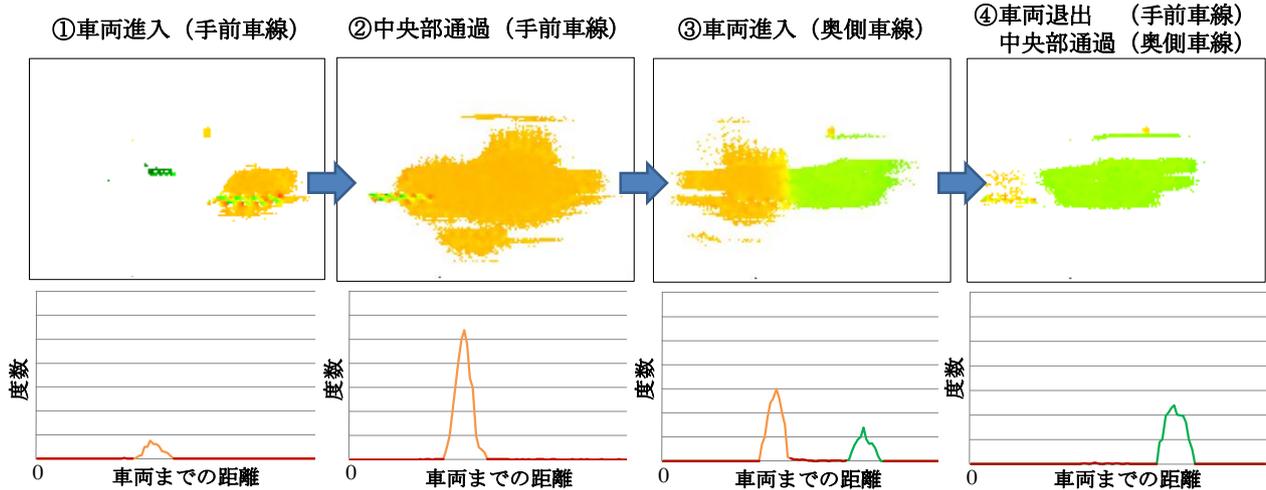


図-4 通過車両の進入から退出までの距離画像と距離帯別度数分布イメージ

のみを抽出する処理が必要な場合、このノイズが大きく影響を与えかねない。そこで、ノイズを消去するために、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を乗算する方法を使用する。反射強度データは、LED光が反射しない部分は値が0であるため、距離データと乗算することで、値の入っていない背景部分を消去することが可能となる。図-3 に乗算処理前と乗算処理後のデータを示す。

(2) 交通量カウント手法の構築

本研究では各フレームのピクセル毎の距離データを集計し、距離帯別 (10cm 間隔) の度数分布で表したものを距離帯別度数分布 (以下、度数分布) と設定し、2車線の同時交通量カウント処理を行う。本手法では、大きな度数分布が出現した瞬間の位置から走行位置を判断し、その度数分布が消えた瞬間に車両が通過したとしてカウントが終了する。この手法は画像内に車両の進入する方向は問わないため、片側1車線道路における対面交通下で計測した場合、両方向の同時カウント処理を行える可能性がある。本研究ではこの距離情報を有効に使用するため、走行レーンに対応した距離帯別に分割する処理を行う。センサの設置位置より、1車線目に相当する距離帯と2車線目に相当する距離帯を設定し、それぞれの距離帯毎に大きな度数分布の出現を検出する。

図-4 に通過車両の進入から退出までの距離画像と距離帯別度数分布イメージを示す。これは、手前車線と奥側車線を走行する車両が、途切れることなく画像内を通過する例である。手前車線を走行する車両が黄色、奥側車線を走行する車両を緑色で表し、車両の色と度数分布の色がそれぞれ対応している。走行車両の位置に応じて大きな度数分布が出現する距離帯が異なり、走行レーン毎に車両の進入を判別できる。

4. 地点速度計測・車種判別手法の構築

(1) レンジ設定

本研究は地点速度計測・車種判別に関して、1車線分を対象としている。そこで、手前車線の車両のみを抽出するために、レンジ設定という処理を行う。対象車線のデータのみを抽出することで、他車線を走行する車両の誤検出を防ぐことができる。また、設定次第では2車線目のみに対象を絞った計測も可能となる。

(2) 検出ゾーンの決定

地点速度算出や車種判別は、交通量カウントと異なり、1画像の中で様々な処理を完結させる必要がある。そこで、画像内をそれぞれ検出ゾーンで区分する手法を取ることとし、本研究では A・B・C・D の4つに分割した。

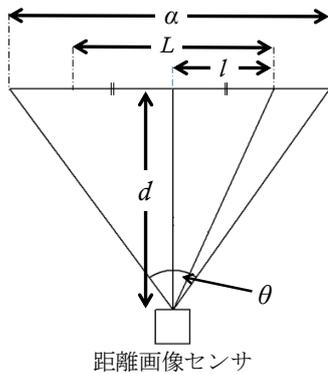


図-6 移動幅の算出イメージ

なお、各ゾーンの大きさや位置は、車両までの距離、寸法、通過速度、フレームレートを考慮し、設計を行った。図-5に分割イメージを示す。

(3) 地点速度算出手法の構築

地点速度算出では度数分布をそれぞれゾーン毎に集計する。また算出には、車両が画像内の通過に有した時間と、車両の走行する位置に対する実際の移動幅が必要となる。以下、a) ~d) の手順で行う。

a) 進入・退出の時刻

本処理は図-5のゾーン A, B を使用する。ゾーン A, B 内にそれぞれ車両が進入した時間差より、通過に有した時間を算出する。

b) センサから車両までの距離 d

本処理は図-5のゾーン C を使用する。C を走行位置判定とし、平均距離の変化から車両の位置を特定する。車両の進入が無い場合、値は 0 である。車両が進入した場合、車両面積の最も大きいドア部分でゾーンを全て占有する。ゾーンが車両で占有されたとき、平均距離が最も大きくなるため、その値が車両の走行位置を示す。

c) 車両先端部の移動距離 L

最後に取得した時間内に移動した距離 L を取得する。車両 1 台毎に進入や退出のタイミングが異なるため、ここで算出する L が時間内に移動した実際の幅となる。算出には以下 (1) 式を用い、その算出イメージを図-6 に示す。

$$L = 2 \left\{ d \tan \left(\frac{\theta}{2} \times \frac{l}{\alpha/2} \right) \right\} \quad (1)$$

L : 実際の移動幅(m), d : 車両までの距離(m), θ : 画角(°), α : 水平画素 (画素), l : 有効画素 (画素)

d) 通過速度算出

取得した計測範囲を、通過に有した時間で除することで通過速度が算出される。

(4) 車種判別手法の構築

車種判別に必要な要素を以下 a), b) に示す。この 2 点条件から小型車・大型車の 2 車種分類を行う。

表-1 交通量カウント結果

全区間合計	習志野台		小室	
	手前車線	反対車線	1車線目	2車線目
実車両 (台)	267	329	395	476
処理結果 (台)	230	249	345	396
未検出車 (台)	昼	16	29	12
	夜	21	51	38
検出率	86%	76%	87%	83%
参考：黒色車両 (台) (昼の台数のみ)	17	18	13	18

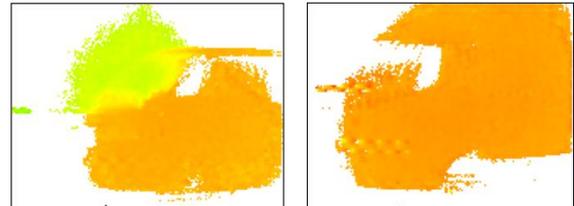


図-7 検出が可能な例 (左), 不可能な例 (右)

a) 車両の長さ情報

本処理はゾーン C を使用する。ゾーン内に車両の先端が進入してから、車両の後端が抜けるまでの所要時間に算出した地点速度を乗じることで車長が算出される。

小型車・大型車の判別閾値を 5.5m に設定し、5.5m 以下であれば小型車、5.5m 以上は大型車と判別を行う。

b) 車両の高さ情報

本処理はゾーン D を使用する。ゾーン C 同様、平均距離を読み続け、ゾーン C と値がほぼ同じになった場合のみ、大型車としての判断を行う。ゾーン D は小型車の平均全高 1.5m より上部に設置しているため、大型車でないかぎり、ゾーン D を占有することはない。

以上 2 つの条件どちらかを満たす車両のみ (もしくは両方)、大型車として分類される。

5. 一般道における検証実験

(1) 実験方法

本研究で構築した交通流自動処理プログラムの実証性を検証するために、一般の道路環境において、計測実験を行った。歩道に距離画像センサを通過車両から約 3m 離して設置し、車両側面に正対になるように設置高 1m で計測する。センサより取得したデータと実際の交通データの照合を行うために、数取機で車種別の交通量カウントを行い、スピードガンで速度計測を平行して実施し、この値を真値として検証を行う。計測は各地点で昼と夜の計 2 回ずつ行う。なお距離帯の設定は、センサより 5m 以前を 1 車線目、5m 以降を 2 車線目とする。

(2) 計測地点

計測は、片側 1 車線の船橋市習志野台 6 丁目中央通りと、片側 2 車線の国道 16 号線小室交差点である。

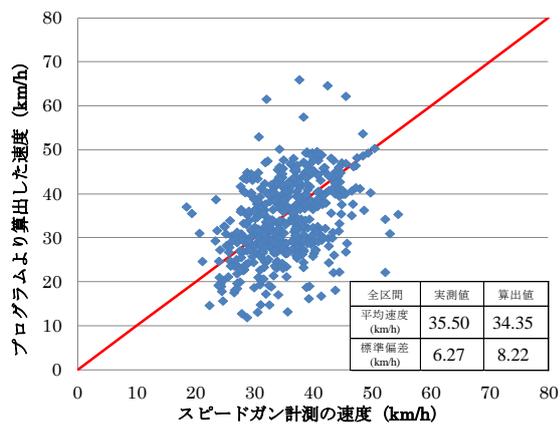


図-8 全区間の地点速度算出結果の分布

(3) 検証結果

a) 交通量カウント

交通量カウントに関する全区間の処理結果を表-1 に示す。それぞれ手前1車線目は、86%、87%の割合で検出を行うことができ、奥側2車線目は、76%、83%の割合で検出を行うことができた。なお黒色車両の台数は、夜の計測時に車両の色が判断できなかったため、昼計測のみの台数である。

手前1車線目で検出ができなかった車両の大部分は黒色車両であったと考えられる。表-1 に示す未検出車両（昼計測）の台数と黒色車両の台数とほぼ同じことから、黒色車両以外は全てカウントしたと推察できる。2車線目に関しては、黒色車両の他、手前車線の車両と完全に重なり未検出となる車両が存在した。しかし、トラックなどの全高の高い車両が手前を遮らない限り、並走していても検出を行うことは可能であった。図-7 に同時検出が可能な例、不可能な例を示す。全高の高い車両でない限り、奥側の車両の存在が確認できるため、完全に重ならないければ検出は可能となる。

検証結果より、対面交通の車両も検出でき、既存の計測センサでは不可能な計測が可能であることが証明できた。また、画像式のセンサでありながら、夜間計測でも計測を行うことができた。これは距離画像センサを用いる利点の一つである。

b) 地点速度算出

図-8 に速度算出の分布図、図-9 に実測値との速度差別頻度を示す。地点速度算出精度は標準偏差が 8.22 であり、既存のセンサの計測精度（ 2σ 誤差 $\pm 5\text{km/h}$ 程度）と比べると及ばなかった。また、図-9 に示す実測値との速度差が 10km/h 以内の結果が全体の 80%強を占めた。

この結果は、本研究で用いている距離画像センサのフレームレートに大きく依存すると考えられる。通過速度を算出するには、進入～退出まで画像内に車両が長く存在する方が精度良く通過速度を求められる。しかし、本センサは 12fps であるため、高速度の車両は対応が難しいのが現状である。本手法を用いる場合、機器自体の性

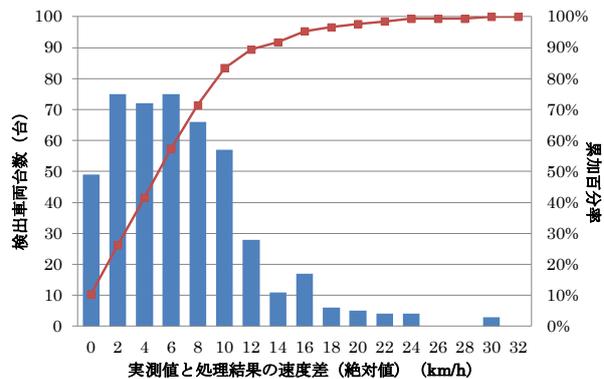


図-9 実測値と処理結果の速度差別頻度

表-2 全区間の車種判別結果

全区間合計	マニュアル カウント	処理結果			
		正常検出	誤検出	判別不可	合計
大型 (台)	115	91	3	21	575
小型 (台)	460	351	27	82	
割合		77%	5%	18%	100%

能向上が必須と考えられる。

c) 車種判別

判別結果は表-2 に示す。車種判別が全区間を通して 77%の確率で正常に検出された。誤検出は 5%と少数であったが、判別ができない車両が全体の 18%存在した。判別ができない車両とは、交通量カウントを行うことができたが、地点速度が算出できなかった車両を示す。

本研究の車種判別方法は、速度算出の値に、車両が退出するまでの時間を乗ずることで車長を算出し、判断している。そのため、車種判別も速度算出に依存した部分が多い。誤検出なく計測を行うには、速度を正確に算出する必要があり、そのためには機器の性能向上が必須と考えられる。

6. まとめ

本研究は距離画像センサを用い、交通量カウント・地点速度計測・車種判別を同時に処理するプログラムを構築し、実測により検証した。その結果、今後の機器性能の向上を見込めば、十分実用化できる可能性を有していることがわかった。

今後の課題として、黒色車両の検出がある。検出には本研究で用いた乗算処理を行わず、計測データを別に処理することで検出できる可能性があるため、黒色車両の検出方法について検討を行う。

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) 林佑樹ら：距離画像センサを用いた交通流検知に関する基礎的実験，土木情報利用講演集，Vol.34, pp.69-72, 2009年10月