

## II-18 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

## Fundamental Experiment on the Applicability of Range Image Sensor to Traffic Flow Investigation

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

Hayashi Yuki, Ichimi Kenta, Sada Tatsunori and Ishizaka Tetsuhiro

**抄録:** 約5年に1回行なわれている道路交通センサスの交通流計測は、未だに手作業が中心である。自動計測が可能な各種のセンサが提案されているが、交通規制を必要とする、高価であるといった問題がある。本研究ではこれらの課題を解決する可能性のあるセンサとして近年開発された「距離画像センサ」に注目し、交通流調査への適用可能性を検証することを目的として実験を実施した。自動車、自転車、歩行者という移動体を距離画像センサで距離、速度を変えて計測する実験を行い、対象物が認識できる限界距離を検討した。その結果、距離画像センサと対象物との距離が4mまでは速度や対象物によらず認識可能であり、自動車の場合は7mまで認識可能であることが確認できた。

**キーワード:** 距離画像センサ, 道路交通センサス, 交通流調査

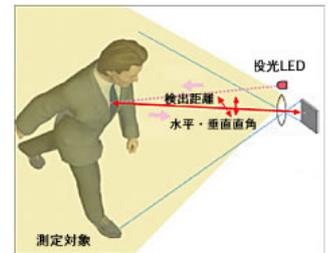
**Keywords:** Range Image Sensor, Road Traffic Census, Traffic Flow Investigation

## 1. はじめに

国土交通省ではおおむね5年に1回、全国道路街路交通情勢調査(以下道路交通センサスとする)を行い、将来交通推計、道路計画、道路管理等に必要なデータを収集している。道路交通センサスでは全国3万箇所の交通量、旅行速度、道路状況について調査を行なっているが、手作業が未だにその中心となっている。

現在、無人の計測機器としては簡易型トラフィックカウンターと呼ばれる機器が用いられている。しかしながら、この装置は路面に設置するため、設置と撤去の際に交通規制が必要となり、人件費がかかるというデメリットがある。また、超音波等を利用した常設型のトラフィックカウンターもあるが、非常に高価であり、すべての調査地点に設置することは現実的ではない。機器の導入、運用に関わる費用が安価で、かつ設置、撤去が容易なシステムの導入が求められている。<sup>1)</sup>

そこで本研究ではこれらの要求に応える可能性のあるセンサとして、近年開発された「距離画像センサ」に注目し、交通流調査への適用可能性を検証することを目的として実験を実施した。具体的には、自動車などの移動体を距離画像センサで撮影し、得られたデータから認識できる限界距離を求めることにより、距離画像センサの交通流調査への適用可能性を検討した。

写真-1 距離画像センサ<sup>2)</sup>図-1 測定原理<sup>3)</sup>

## 2. 距離画像センサとは

距離画像センサは、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出力できる装置である。測定原理はセンサから照射した光が、反射して返ってくる到達時間を画素ごとに計測し、画像情報を重ねることで、対象の画像と対象までの距離を画素ごとに出力するというものである(図-1)。

今回検証に使用した機器は、パナソニック電気株式会社製距離画像センサの試作機である。本機器は太陽光の下でも検出可能であることが特徴であり、照度0~10万lxで使用できる。標準モードと長距離モードの2種類があり、検出距離は前者が1.0~5.0m、後者が2.0~10mである。

なお、今回使用した機器は、標準モード、長距離モードともに開発途中の仕様である。写真-1に機器の写真を示す。

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 : hayashi.yuki@trpt.cst.nihon-u.ac.jp)

2: 非会員 日本大学 理工学部社会交通工学科

3: 正会員 日本大学 教授 理工学部社会交通工学科

4: 正会員 日本大学 助教 理工学部社会交通工学科



写真-2 実験状況

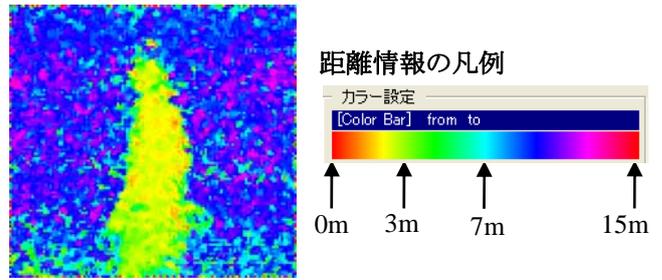


図-4 ノイズ除去前の画像  
(測定距離 3 m, 長距離モード)

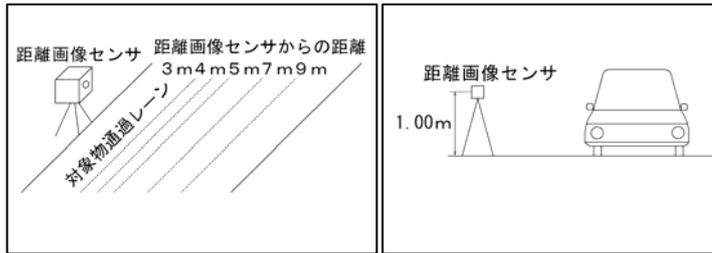


図-2 実験模式図

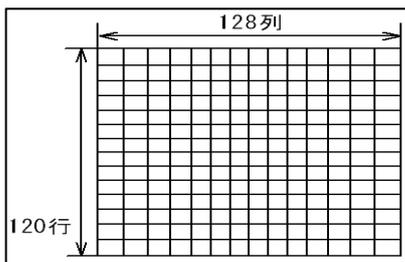


図-3 距離データの構造

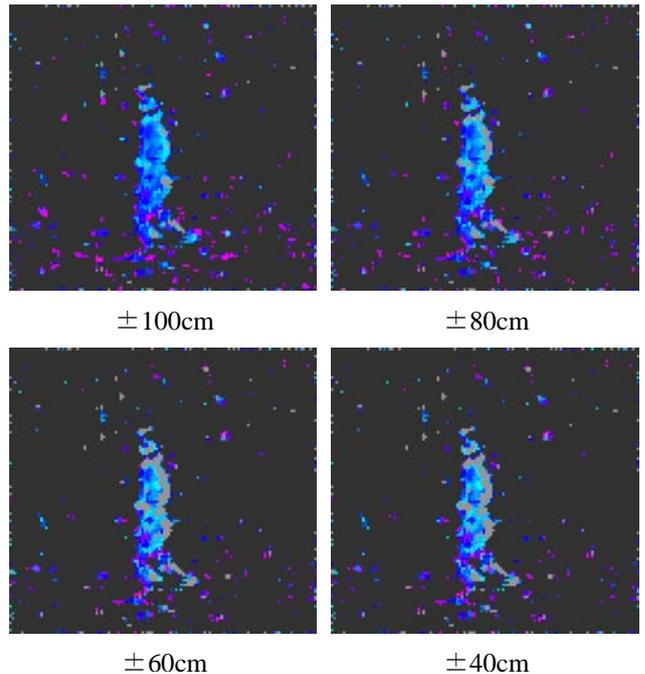


図-5 レンジ幅の比較(測定距離 3 m, 標準モード)

### 3. 基礎実験

交通流における移動物体を認識できる限界距離を検討することを目的に実験を行なった。

実験方法は、まず距離画像センサからの距離を 3 m, 4 m, 5 m, 7 m, 9 m に設定し、この線上を移動速度の異なる 3 種類の移動体 (歩行者, 自転車, 自動車) を通過させた (図-2)。そして、このとき標準モードと長距離モードの距離画像センサでそれぞれの移動体を計測, 記録した (写真-2)。距離画像センサは対象物と正対に設置し (設置高 1.0m), 計測を行った。また自動車については、速度 20km/h, 40km/h, 60km/h の 3 種類で走行した。

実験は 2008 年 9 月 15 日, 28 日に、日本大学工学部船橋校舎交通総合試験路で実施した。

### 4. レンジ幅による距離データの画像表現

#### (1) 距離データの構造

計測によって取得できる距離データは、標準モード, 長距離モードともに 1 秒間に 12 フレームである。距離データは 128 列×120 行のピクセルに対応して計測され (図-3), CSV データ形式で記録される。

#### (2) 分析方法

距離画像センサで取得した距離データを図-4 に示す。背景の距離データは一定でなく、場所によりムラが生じており、凡例からわかるように多くは 8 m 程度の値をとっている。なお、対象物の距離データは 3 m 弱の値を示している。

そこで対象物をわかりやすく認識するため、距離画像センサから対象物までの距離において、対象物を中心にレンジ幅を前後±100cm, ±80cm, ±60cm, ±40cm の 4 種類に分けて取得した距離データにそれぞれ着色を行なった (図-5)。

表-1 主な空間フィルタ<sup>5)</sup>

フィルタ	3×3ウィンドー演算子	効果
ローパス(Lowpass)	$A = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ or $\frac{1}{5} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$	平滑化されノイズは少なくなるが鮮明でなくなる
ソーベル(Sobel)	$A_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ $A_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$	濃淡急変部および線状物体が強調される
ラプラシアン(Laplacian)	$A = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$ or $\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$	微分画像および線状物体が強調される
メディアン(Median)	3×3ウィンドー内の中央値に置き換える	鮮明度を残して平滑化される
ハイパス(Highpass)	$A = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$ or $\frac{1}{9} \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$	輪郭が強調される
鮮鋭化(Sharpening)	$A = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & -8 & 1 \\ -8 & 37 & 8 \\ 1 & -8 & 1 \end{pmatrix}$	鮮明な画像が得られる

### (3) 分析結果

図-5 よりレンジ幅が広いと対象物もはっきり確認できるが、周りにノイズが増えてしまっている。逆にレンジ幅が狭いとノイズが少ないがレンジ幅より手前に認識されデータとして取れていない箇所(灰色)が出ていることがわかった。また歩行者は移動速度が遅く、どのレンジでもはっきりと確認できる。しかし自動車では移動速度が速くなるためノイズが増加し、対象物を確認することが容易でない。以上のことを考慮して今回は±80cm で設定することとした。

## 5. 空間フィルタリングによる距離画像処理

### (1) 空間フィルタリング

画像がノイズを有している時や鮮明でない画像から線状構造やエッジを抽出する時、空間フィルタを用いるとノイズ除去、画像の鮮明化、エッジの強調などを行なうことができる。目的に応じていくつかの異なる空間フィルタが用いられる。ほとんどの空間フィルタは3×3のウィンドー演算子(オペレーターともいう)が用いられる<sup>4)</sup>。なお代表的なフィルタを表-1に示す。

### (2) フィルタリング処理

本稿では「歩行者(3m)」「自転車(3m)」「自動車20km/h(3m)」「自動車40km/h(3m)」「自動車60km/h(5m)」の距離画像を対象としてフィルタリング処理を施した。

表-1に示す6種類のフィルタを適用した結果、ローパスフィルタと鮮鋭化フィルタがその他のフィルタに比べて有効であることがわかった。そこで「ローパスフィルタ」と「鮮鋭化フィルタ」の結果を次に示す。

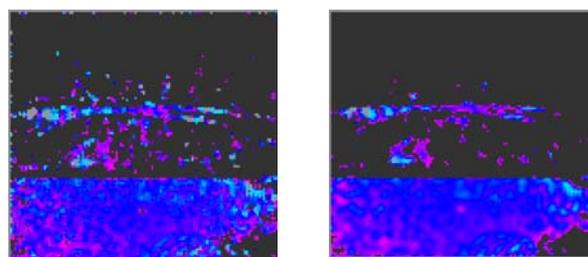


図-6 ローパスフィルタ処理結果

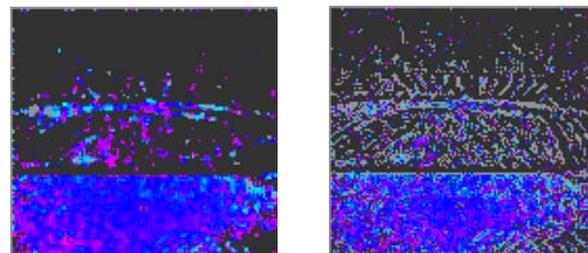


図-7 鮮鋭化フィルタ処理結果

### (3) 処理結果

本稿では一例として屋外の「自動車20km/h(3m)」の結果を示す。まずローパスフィルタについてだが(図-6)、周りのノイズが除去され、自動車の形状を抽出できており、自動車に乗車している人までも認識できることがわかる。鮮明では無くなるものの、周りにあったノイズが消え、滑らかな画像を抽出することができた。

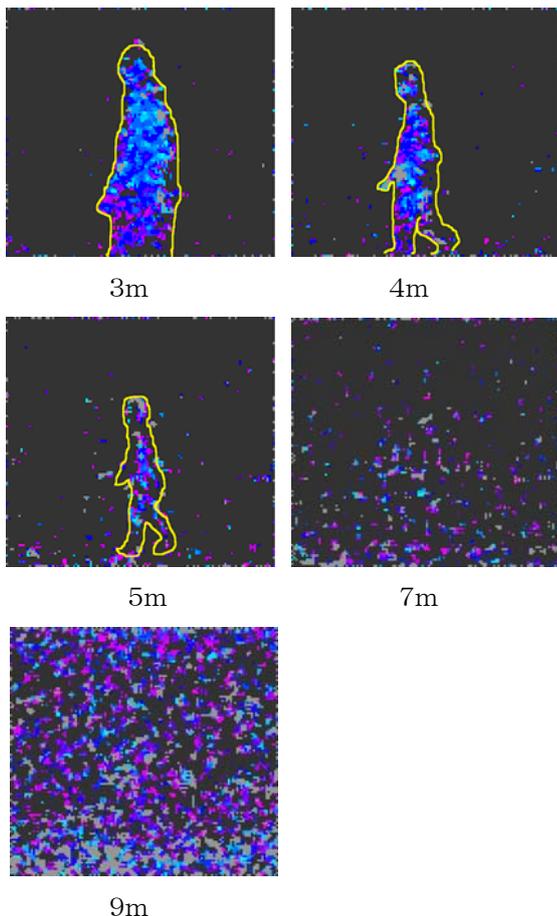
次に鮮鋭化フィルタについてだが(図-7)、ノイズは増加してしまったものの、ローパスフィルタより自動車のウィンドーが明瞭に表現されており、縁がはっきりと表現されている。

### (4) 処理結果の考察

本来、このフィルタリング処理は通常、距離データでない一般的な写真や画像に用いられている。しかし今回は距離データで構成されていたため、適用できるフィルタに限られたと考えられる。

まずローパスフィルタについての考察であるが、ノイズが大幅に消え、自動車の形状のみを得ることができるため、今回の目的には適しているといえる。ただし、細かい情報を失ってしまうため輪郭や画像上の細い線などは消えてしまうといった欠点がある。

次に鮮鋭化フィルタについてだが、処理前の画像よりノイズが増加してしまったが、その分、輪郭やローパスフィルタによる処理の際に消えてしまった線形の情報は処理前の画像よりはっきりと確認できた。ただし、ノイズが多すぎるため今回の用途には適さないと判断した。そのため本研究ではローパスフィルタを使用し、検出可能距離の検証を行った。



図－8 各距離別画像

## 6. 検出可能距離

### (1) 判断の指標

距離画像データと実際の写真を比較し、対象物の輪郭が作成できるかどうかで判断した。

### (2) 分析方法

まず先述のローパスフィルターで処理した CSV データに対象物周辺 (±80cm) の距離データに着色するという作業を行なった。そして5種類の測定距離でどこまで対象物の判別が行なえるか検証した。なおすべての距離において「標準モード」「長距離モード」の2種類の判別を行なった。

### (3) 検証

本稿は一例として、歩行者 (長距離モード) の結果を示す (図－8)。距離3m、4mでは歩行者が通過している輪郭が明瞭に確認できた。距離5mでは微かに何かの物体が通過しているのを確認できるが、確実に歩行者であると判断はできないため本稿では「△」と判断した。長距離モードの歩行者の場合、この5mが判別可否の境目とした。

表－2 識別可否一覧 (標準モード)

	3m	4m	5m	7m	9m
歩行者	○	○	△	×	×
自転車	○	○	△	×	×
自動車 20km/h	○	○	△	×	×
自動車 40km/h	○	○	△	×	×
自動車 60km/h	-	-	×	-	-

表－3 識別可否一覧 (長距離モード)

	3m	4m	5m	7m	9m
歩行者	○	○	△	×	×
自転車	○	○	△	×	×
自動車 20km/h	○	○	○	△	×
自動車 40km/h	○	○	○	△	×
自動車 60km/h	-	-	○	△	×

## (4) 評価

各種結果を表－2、表－3に示す。4mではすべての項目で認識することができた。距離が離れていくと認識しにくくなり、歩行者 (長距離モード) では移動スピードが遅いため、ノイズが少なく判断がしやすかったが、自転車や自動車より表面積が小さいため認識した面積も少なく、認識可能な距離は短かった。

長距離モードでは表示範囲が狭まるものの、標準モードより対象物をはっきりと確認することができた。しかし自動車のような表面積の大きい物はセンサに近くなると画面上にすべて納まらなかった。

## 7. おわりに

本研究より、距離画像センサと対象物との距離が4mまでは認識可能であり、自動車の場合は7mまで認識可能であることが確認できた。今後の展開として、得られた画像から車長、速度の算出する方法を検討していく予定である。

**謝辞：**本研究を行うにあたり、パナソニック電工株式会社情報機器R&Dセンター古川聡様、中元栄次様には機器のご貸し出しをいただくなどご配慮をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

### 参考文献：

- 1) 東 俊孝, 高田知典, 井坪慎二, 内田 淳: 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) パナソニック電工株式会社: プレスリリース <http://panasonic-denko.co.jp/corp/news/0810/0810-11.htm> (2008年11月入手)
- 4) 5) 村井俊治: 改訂版 空間情報工学, 日本測量協会, p.96, 2002年