G-23

距離画像センサを用いた車両感知器への適応に関する検討

Study on adaptation to the vehicle detector using the distance image sensor

○松崎 浩明[1]，田久保 伸一[2]，高橋 友彰[2]，泉　隆[2]，桐生 典男[3]
*Hiroaki Matsuzaki[1]，Shinichi Takubo[2]，Tomoaki Takahashi[2]，Takashi Izumi[2]，Norio Kiryu[3]

Abstract: The Laser Ranging Image Sensor using a near infrared laser can get the three-dimensional images including distance without being affected by the external environment. We consider the vehicle detector using this sensor that must use under various environments. We think that vehicle detector using this sensor is a possibility of improve the accuracy of vehicle detection by distance information.

1. はじめに

道路交通の安全, 円滑, 快適性を確保するため, 交通管制システムが果たすべき役割は大きい[1]. なかでも道路利用者に直結する情報提供は, 安全運転や利便性向上の面からも, 重要である.

交通管制システムから提供される情報は, 情報収集系設備と呼ばれる各種センサの情報を基に作成される. 特に交通量や速度等を計測する車両感知器は, 道路利用者の円滑, 快適性につながる渋滞情報等を作成するのに重要な設備である. 現在, 車両感知器には, 超音波式やループ式, 画像式などがあるが, 超音波式は温度や風による精度低下, ループ式は地中にループコイルを埋設するため保守性の問題, 画像式は天候等による精度低下などの課題がある.

そこで, 本研究では温度や風, 気象の影響が少なく, 太陽光やヘッドライトなどの外乱光の影響を受けず, リアルタイムに物体との距離情報を含む画像を得ることができるレーザ光方式の 3D 距離画像センサを用いた車両感知器を検討する. 本稿では, 使用する 3D 距離画像センサについての基礎的な検討について報告する.

2. 3D 距離画像センサ[2]

本研究では, 3D 距離画像センサ（以下, 3D センサ）として日本信号株式会社製の「アンフィニソレイユ FX8」を用いる. 本センサでは, 近赤外パルスレーザ光を物体に照射し, 反射したレーザ光がセンサに戻ってくるまでの時間から距離を計測する光パルス飛行時間計測法を用いている.

本センサの仕様を Table 1 に示す.

Table 1. Infini Soleil FX8 specifications

Detecting range		0m～15m	
scanning area	Horisontally	60°	
	Vertically	50°	
Frame rate		16fps	4fps
Resolution *1		About 53×33	About 100×60
Angular resolution		20×27mrad	11×15mrad
Ranging resolution		Min. 4mm	
Ranging accuracy		±20～±100[mm]	
Ambient light resistance *2		200,000 lx or more(performance guarantee)	
External interface		TCP/IP	

*1　Two types of frame rate are selectable from among four types.
*2　Direct solar light is 130,000lx in summer season.

3. 車両感知器

車両感知器は, 道路管理・交通管理を行う上でもっとも基本的な情報である交通量や時間オキュパンシ, 車両速度などを計測する設備である.

ループ式, 超音波式では 1 個の車両感知器を設置した場合は, 通過交通量, 車両が感知エリアに存在している時間を計測することができる. また, 2 個の車両感知器を直列に設置した場合は, さらに 2 個の車両感知器間を通過する時間を計測することができる. これらから, 交通量や時間オキュパンシ（時間占有率）のほか車両速度を算出できる.

本研究で用いる 3D センサは, 一定時間ごとに距離を含んだ画像を取得することができるため, 1 個のセンサで交通量や時間オキュパンシのほか, 車両速度を算出することができると考えられる. また, 車両感知器の感知エリア通過中に車線変更した車両についても計測できる可能性がある. 設置場所としては, 道路に対して横斜め方向や上斜め方向からの照射の場合, レーザ光の反射光が帰ってこないため路肩に車の真横が映るように設置する. 本研究では保守も容易な位置として, 3D センサを路側に設置した場合について検討する.

4. 3D センサの車両感知器への適応

車両感知器として 3D センサを路側に設置した場合について, 3D センサの仕様から, 感知エリア及び計測可能速度を計算し, 車両感知器としての実用可能性を検討する. Table 1 より, 本研究で用いる 3D センサの水平方向の画角は 60 度であることから, 3D センサから被写体までの距離に対する検知可能エリアを算出すると Fig.1 のようになる.

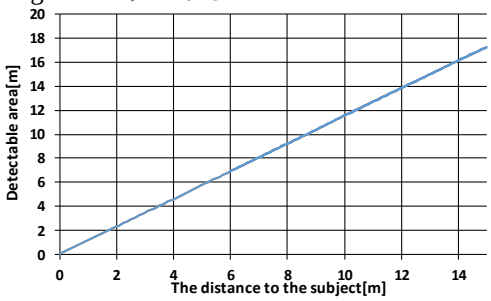

Fig.1. Detectable area with respect to the distance

Fig.1 をもとに距離ごとに測定可能な車両速度を算出する. 車両感知器として用いることを想定しているため, 交通量のほか, 時間平均速度時間オキュパンシを計測できる必要がある. 交通量及び時間オキュパンシは, 感知エリア内に 1 フレーム以上車両が撮影されれば算出できるが, 時間平均速度は 2 フレーム以上車

1:日大理工・院(前)・情報　2:日大理工・教員・情報　3:日本信号株式会社

両が撮影されなければ算出できない. 一般道路及び高速道路で時間平均速度を計測するため必要な 3D センサから車両までの距離を算出する.

(1)一般道路

一般道路における車両速度は, 地域(市街地, 非市街地)や車線数, 中央分離帯の有無, 歩行者交通量によって異なる. そこで, 文献[3]において実測した速度の 85 パーセンタイル値が最も大きい「非市街地・4 車線・中央分離帯有・歩行者交通量少」の 69.6[km/h]をもとに, 一般道路で車両を計測するため必要な 3D センサから車両までの距離を算出する.

(2)高速道路

高速道路における車両速度は, その道路の設計速度によって異なる. そこで, 文献[4]において設計速度 100[km/h]の高速自動車国道等の 85 パーセンタイル値である 113.5[km/h]をもとに, 高速道路で車両を計測するため必要な 3D センサから車両までの距離を算出する.

車両までの距離ごとに計測可能な車両速度を, 時間平均速度が算出できる 2 フレーム同一車両が撮影できると定義し, 3D センサの応答速度(4[fps], 16[fps])ごとに算出すると Fig.2 のようになる.

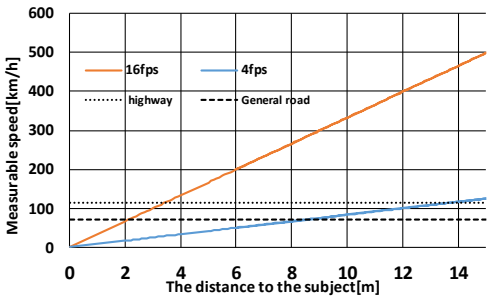

Fig.2. Measurable speed with respect to the distance to the subject

以上から, 一般道路及び高速道路において, 同一車両を 2 フレーム撮影するために必要な 3D センサから車両までの距離を Fig.2 から読み取ると Table 2 のようになる.

Table 2. Minimum required measurement distance

	4[fps]	16[fps]
regular road	8.4[m]	2.1[m]
highway	13.7[m]	3.5[m]

Table 2 より, 応答速度 4[fps]の場合, 一般道路で 8.4[m]以上, 高速道路で 13.7[m]以上の位置に設置する必要があり, 道路の構造上, 設置は難しく現実的でないが, 16[fps]では高速道路でも 3.5[m]以上であり, 実用可能であることがわかる.

5. 実車両による実験

5.1 概要

4. より, 車両感知器として 3D センサ 1 つを用いて車両速度算出のための確認実験を行う. Fig.3 に示すように車両走行レーンから 2[m]の位置に 3D センサを設置して実験を行った. 実験では, 応答速度を 16[fps]に固定し, 車両速度は 10[km/h], 20[km/h]の 2 パターンで, レーン 1 及びレーン 2 の中央に車両を走行させた. 撮影した動画像から, 車両の基準となる後部端(または先頭端)が撮影されたフレーム数より車両速度を算出する.

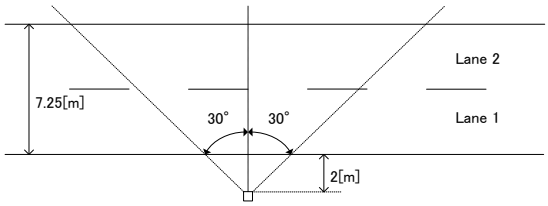

Fig.3. Laser Ranging Image Sensor of scanning area

5.2 結果

車両の後部端が撮影されたフレーム数より, 車両速度を算出した結果を Table 3 に示す.

Table 3. Calculated vehicle speed

	Vehicle speed 10[km/h]		Vehicle speed 20[km/h]	
	Lane 1	Lane 2	Lane 1	Lane 2
Calculated vehicle speed [km/h]	9.89	8.98	20.04	21.29

Table 3 より, レーン 1 では概ね一致しているが, レーン 2 では差が出ている. これは, 本研究で用いた 3D センサとの角度が大きくかつセンサからの距離が大きいと, 車両のように光を反射しやすい物体ではレーザ光がセンサ方向ではない向きに反射してセンサにレーザ光が戻らなくなり, 物体の計測ができなかったことが原因と考えられる. また, 車両の速度や走行位置も運転者がハンドルとアクセルで調整を行ったことによる誤差も考えられる.

6. まとめ

3D 距離画像センサを用いた車両感知器への適応の基礎的な検討を行った. 車両感知器として交通量や時間オキュパンシのほか, センサ 1 つを用いて時間平均速度を算出するためには 3D センサの 4[fps]では条件を満たすことが難しく, 一般道路では応答速度 16[fps]で道路から 2.1[m]以上, 高速道路では 3.5[m]以上の距離に 3D センサを設置すれば, 車両速度を算出することができ, 車両感知器として実用可能であると思われる. しかし, トラックのような大きい車両がレーン 1 を走った場合, 3D センサの測定範囲ではレーン 2 を見ることができない. また, 車両のように光を反射しやすい物体では 3D センサとの角度が大きくかつセンサとの距離が長いと計測し難くなるため, 対策が必要であると考えられる.

今後は, 3D センサ画像から車両を抽出する手法の検討及び精度の検証などを行う.

7. 参考文献

[1]高羽禎雄, 泉隆, 甲賀一宏ほか, “高速道路交通管制技術ハンドブック”, 電気書院 (2005).

[2]日本信号, “3D 距離画像センサ「アンフィニソレイユ」”, http://www.signal.co.jp/vbc/mems/sensor/ (2016).

[3]“平成 20 年度規制速度決定の在り方に関する調査研究　報告書”, 警察庁 規制速度決定の在り方に関する調査研究委員会(2009-03)

[4]“平成 19 年度規制速度決定の在り方に関する調査研究　報告書”, 警察庁 規制速度決定の在り方に関する調査研究委員会(2008-03).