

S7-1-1 画像処理技術を利用した踏切障害物検知装置の開発

[土] ○藤崎 修 (西日本旅客鉄道株式会社) [土] 井手 寅三郎 (西日本旅客鉄道株式会社) 太田 勝 (鉄道総合技術研究所)

Development of obstacle detection devices using image processing technology

Osamu Fujisaki, Member (West Japan Railway Company) Torasaburo Ide, Member (West Japan Railway Company) Masaru Ohta (Railway Technical Research Institute)

Present obstacle detecting devices are installed to prevent collisions between trains and cars. However, these devices cannot detect pedestrians. Nowadays, the accidents involving pedestrians at level crossing become a social problem. Therefore, we have developed obstacle detection devices using image processing technology which can detect not only cars but also pedestrians.

キーワード：画像処理、踏切、障害物検知装置

Keywords: Image processing technology, Railroad crossing, Obstacle detection device

1. はじめに

現在設置されている主な踏切障害物検知装置(以下、踏切障検)は、赤外線式、レーザ式、そして積雪対策として雪国で設置が多いループコイル式などであり、踏切内で立ち往生する車両と列車との衝突を防止している。JR西日本においても踏切障検の設置に伴って、車両と列車との衝突事故については減少してきた。しかし、いずれも自動車のみを検知対象としたものであり、無謀に進入した自転車のほか、脱輪や転倒によって身動きの取れない車椅子利用者、歩行者などをめれなく検知することはできないため、人身事故については後を絶たない状況となっている。

そこで、歩行者や二輪車の人身事故を減少させるために、画像処理技術を利用して自動車だけでなく二輪車や車椅子、歩行者も検知でき、設置工事等が比較的簡単で低コストの新しい踏切障検の開発に取り組んでいる。

2. 装置概要

屋外環境下で人や車などの物体を認識する場合、日照変化や背景物体の変動などへの対応が課題となる。これら環境変動のバリエーションは非常に多く、高精度な認識性能が要求される踏切障検にとって、従来の単眼カメラに対する2次元画像処理のみでは対応が難しいと考えられる。

そこで、物体形状をおおよそ特定できる手法として、検知エリアを複数のカメラにより多視点でとらえ、共通視野内に存在する物体を3次元的に認識できる「視体積交差法」をベースとした物体検知アルゴリズムを検討した。

また、鉄道総研で開発中の「ステレオ法」と呼ばれる画像処理手法を活用した検知システムの検証も同時に行なっている。

2.1 視体積交差法の原理

図1に、視体積交差法概念図を示す。この手法は、「任意の視点で抽出された対象の2次元シルエットを実際の3

次元空間に投影したとき、対象はその錐体(この錐体のことを視体積とよぶ)の中に含まれる。」という考えに基づいている。従って、多視点に拡張すれば、多視点に対する視体積の共通部分に対象が存在することになる。また、視点数が多ければ、共通部分の形状によって対象の形状をより正確に復元することができる特徴を有している。

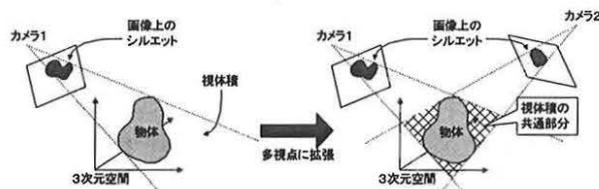
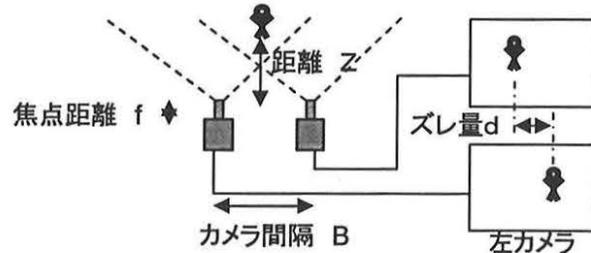


図1 視体積交差法概念図

2.2 ステレオ法の原理

図2に示すように、左右2台のカメラで物体を撮影すると左右の画像でズレが生じる。このズレは視差と呼ばれ、この視差に三角測量の原理を適用することで、カメラから物体までの距離が算出される。この距離算出を画面全体で行なうことで、図3のような画面全体の距離分布画像が生成され、この距離分布画像とあらかじめ登録しておいた踏切路面までの背景距離分布画像を比較し、背景より距離が近い部分を物体として検出する。



$$\text{距離 } Z = \frac{\text{カメラ間隔 } B \times \text{焦点距離 } f}{\text{視差 } d}$$

図2 ステレオ法による距離算出

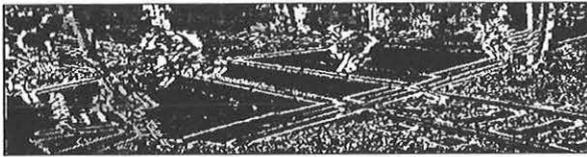


図3 距離分布画像

3. 物体検出精度の確認試験

今回、関西本線郡山構内稗田踏切に視体積交差法のカメラを4台とステレオカメラ2台を同一の電柱(2本)に設置し、様々な物体について昼夜を問わず屋外環境下での物体検出精度の確認試験を実施した。(合計49時間分)

上記試験場所で行なった確認試験で得られた物体検出精度および過剰検出の発生割合を表1および表2に示す。なお、物体検出にあたっては、時系列判定することとした。時系列判定とは各時刻における物体の有無判定をその前後の出力結果とあわせて多数決判定を行なって出力するものである。天候については晴れ、曇り、小雨であった。

表1-1 物体検出精度(%) (視体積)

対象物	昼(晴)	昼(曇り)	昼(小雨)	朝夕(晴)	夜(晴)
自動車	100	100	100	100	100
二輪車	98.2	98.5	99.6	97.3	70.2
歩行者	95.8	96.7	92.8	93.1	69.5

表1-2 物体検出精度(%) (ステレオ)

対象物	昼(晴)	昼(曇り)	昼(小雨)	朝夕(晴)	夜(晴)
自動車	100	100	100	100	100
二輪車	100	100	100	100	100
歩行者	100	100	100	100	100

表2-1 過剰検出発生割合(%) (視体積)

原因	昼(晴)	昼(曇り)	昼(小雨)	朝夕(晴)	夜(晴)
路面反射	-	-	-	-	0.78

表2-2 過剰検出発生割合(%) (ステレオ)

原因	昼(晴)	昼(曇り)	昼(小雨)	朝夕(晴)	夜(晴)
反射	-	-	-	-	0.2

3.1 視体積交差法の物体検出精度

まず視体積交差法の物体検出については、自動車は100%検知したが、二輪車や歩行者については表1-1に示すとおり夜間において照度不足のために背景との輝度差不足となりシルエット抽出が不十分なために未検知となる場合があったが(図4)照明により照度を高めることで解消できると思われる。全体として概ね90%以上検知できている。

過剰検出については図5のように夜間ヘッドライト光の路面反射をシルエット抽出し、あたかも物体が存在するような状態となり、過剰に検知した。この現象は過去に行なった試験でも発生しており、偏光フィルターを設置することにより今回、大幅に発生回数は減少したものの完全排除

するまでには至らなかった。発生率は表2-1に示す。

3.2 ステレオ法の物体検出精度

一方ステレオ法による物体検出については、表1-2に示すとおり今回試験において自動車、二輪車、歩行者すべてについて100%検知することができ、未検知は発生しなかった。

過剰検出については、図6のように夜間に踏切道周辺の雑草をヘッドライトが照らし出し、それを物体と誤って検知し過剰検知となったが、これは検知範囲内に物体を置かない等のルールを徹底する等で解決可能であると考えている。発生率は表2-2に示す。



図4 照度不足による未検知(視体積)



図5 路面反射光を過剰検知(視体積)



図6 踏切道付近の雑草を過剰検知(ステレオ)

4. まとめ

今回の稗田踏切における検出精度確認試験ではおおむね良好な結果が得られた。今後は今回試験できなかった荒天時における検出精度の確認等、実用化に向けた検証および改修をすすめ、既存の踏切障検の代替としての導入を目指していきたい。