

線路脇カメラと鉄道車載カメラによる障害物検出の検討

A Study on Obstacle Detection by Trackside and Train Mounted Camera

加藤 君丸
Kimimaru Kato

渡辺 裕
Hiroshi Watanabe

早稲田大学大学院 基幹理工学研究科
Graduate School of FSE, Waseda Univ

Abstract: 鉄道における人身事故・接触事故の抑制等を目的として、線路周辺の障害物検出手法を提案する。本稿では、線路脇に設置したステレオカメラによる障害物の検知と、障害物座標の車両への無線による送信、座標を元にした車載カメラによる警告表示を行うシステムを提案する。実験により、提案手法における遅延を計測し、実用性を検討する。

1 はじめに

近年、列車や線路に様々なセンサを取り付け、安全確保へ利用することが期待されている。また、センサ情報の利用により、将来、鉄道の自動運転の可能性が考えられる。

列車の制動距離は、日本国内において最長 600m が基準となっている。しかし、車載カメラのみにより 600m 先の障害物を検出することは困難である。そこで、線路に設置したセンサにより、あらかじめ障害物を発見し、走行中の列車に通知することを考える。

既存の研究として、中村によるミリ波レーダを使用した障害物検知システムが提案されている[1]。本研究では、コストや他の用途への応用性から、設置するセンサとしてステレオカメラの使用を検討し、線路内の障害物検出と列車車載カメラ映像へのオーバーラップ表示による通知を行うカメラ間協調システムを提案する。

2 ステレオカメラ

ステレオカメラで対象を撮影することにより、視差から距離情報を得る。撮影された画像における対象の座標と距離情報から、カメラと対象の位置関係を計算できるため、カメラの絶対座標と向きが既知であるならば、対象の絶対座標も導出可能である。

イメージセンサの横幅 w 、焦点距離 f 、基線長 b のステレオカメラによって撮影された横幅 x 画素の画像において、視差が k 画素の場合、対象とカメラの距離 l は、以下の式により計算できる。

$$l = \frac{bfx}{kw} \quad (1)$$

視差 k を得る手法については様々な提案がなされているが、高速で簡単な手法では、1 画素未満の視差情報は得られない場合が多い。これにより、距離 l には誤差が含まれ、特に対象が遠方であるほど誤差は大きくなる。これに対し、基線長 b を長くするか、より高画質で撮影することで、誤差は小さくなる。

3 ステレオ差分

ステレオカメラによる撮影画像から視差 k を求める手法として、梅田らはステレオ差分を提案している[2]。左右それぞれのカメラによる撮影画像について、背景差分などの前景抽出手法を適用し、その後ブロックマッチングなどの手法により視差 k を求める。

この手法は、撮影画像にそのままブロックマッチングを適用する場合より探索範囲が限られるため、高速であり、精度も高い。ただし、前景抽出手法による制約が生じる。

4 カメラ間協調システム

提案手法では、計算処理能力を持つステレオカメラ A、カメラ B が存在し、それぞれの絶対座標と向きが与えられているとする。また、カメラ A、B はネットワークを介して通信が可能であるとする。実システムにおいては、ステレオカメラ A を線路監視用カメラ、カメラ B を車載カメラとすることを想定している。図 1 にシステム構成を示す。

以下の手順によりステレオカメラ A から移

動物体を検出し、同物体をカメラ B で撮影された映像上にマークする。

まず、ステレオカメラ A の映像に背景差分法とブロックマッチングによる差分ステレオを用い、前景領域に対する視差マップを得る。同時に、得られた背景差分画像に対しラベリングを行い、ラベル付けされた n 個の領域 $a_1 \sim a_n$ を物体 $o_1 \sim o_n$ が写る領域とみなす。

次に、各領域に対して視差の平均値を求め、それをもとに対応する各物体のステレオカメラ A からの距離 $l_1 \sim l_n$ を式(1)によって計算する。

その後、ステレオカメラ A の絶対座標と向き、画像における領域 $a_1 \sim a_n$ の重心座標、距離 $l_1 \sim l_n$ から、物体 $o_1 \sim o_n$ の絶対座標 $r_1 \sim r_n$ を求める。

ステレオカメラ A は、座標 $r_1 \sim r_n$ をネットワークを通じてカメラ B に送信する。

カメラ B におけるプロセッサは、受け取った座標 $r_1 \sim r_n$ 、カメラ B の絶対座標と向きから、物体 $o_1 \sim o_n$ の撮影画像における座標を計算し、警告通知や物体・人物認識などの処理を行う。

5 実験

提案手法の処理時間を計測した。実験環境を表 1 に示す。実験により、ステレオカメラ A の撮影画像を 500 フレーム処理し、障害物座標を求められていることを確認し、1 フレームあたりの平均処理時間を計測した。同様に、通信遅延の平均を計測した。結果を表 2 に示す。合計遅延は 0.4 秒以下となった。

また、屋内、背景が静的な屋外、背景が動的な屋外の三つの状況において、カメラ A からの距離が 5m と 10m の物体について距離測定精度を調べた。結果を表 3 に示す。動的な背景においては誤差が大きくなった。

6 おわりに

本稿では、線路脇のカメラと車載カメラを使用した障害物検出・通知システムを提案し、遅延について有効性を検討した。

システムの高速度と、動的背景による精度低下の解決が最重要課題である。

謝辞

本研究成果は、独立行政法人情報通信研究機構

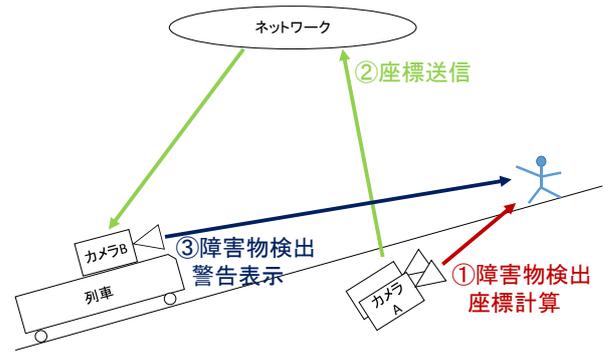


図 1: システムの概要図

表 1: 実験環境

ステレオカメラ A	基線長	0.280m
	撮影画像サイズ	1280*960 画素
カメラ B	撮影画像サイズ	1280*960 画素
ネットワーク	LTE を通じたインターネット接続	

表 2: 1 フレームあたりの平均遅延

カメラ A での処理時間	187.682msec
通信遅延	184.504msec
合計遅延	372.186msec

表 3: 距離測定精度

状況	物体距離(m)	平均誤差(m)
屋内	5	0.446
	10	1.526
屋外 (背景静的)	5	0.448
	10	1.062
屋外 (背景動的)	5	2.404
	10	1.833

(NICT)の委託研究「ソーシャル・ビッグデータ活用・基盤技術の研究開発」による支援を受けている。

参考文献

- [1] 中村一城, 川崎邦弘, 岩澤永照, 山口大介: “新たな周波数帯のミリ波で線路内の障害物を検出する”, RRR - Railway Research Review -, Vol.73, No.2, pp.24-27, Feb. 2016
- [2] 梅田和昇, 寺林賢司, 橋本優希, 中西達也, 入江耕太: “差分ステレオ運動領域に注目したステレオ視の提案”, 精密工学会誌, Vol.76, No.1, pp.123-128, Jan. 2010

早稲田大学基幹理工学研究科渡辺研究室
〒169-0072 新宿区大久保 3-14-9 早大シルマン
ホール 401
Phone: 03-5286-2509
E-mail: katokimi-waseda@asagi.waseda.jp