

画像によるドア異物検知システムの開発



科野 良蔵*

お客様の列車乗降時の更なる安全性向上を図ることを目的として、乗降用ドア上方に設置したカメラでドア部分を撮影し、駅停車直後（ドアが開く前）の画像と、乗降後（ドアが閉じた後）の画像を比較することで、ドアに挟まれた衣服や荷物を検知するシステムを開発している。このシステムにより、従来の機械的検知方式では難しかった薄い物や細いひも等まで検知可能となる。本文では、AC Trainをフィールドとした、画像処理を用いた検知方式の基礎評価試験および様々な環境における試験の状況について報告する。

●キーワード：画像処理、ドア異物検知、カメラ

1 はじめに

鉄道車両における乗降用ドアの安全を確保するシステムは、ドアに人や物が挟まって閉まりきっていないことを機械的に検知する仕組みとなっている。しかしこの方式では、挟まっている物が15mm程度の厚みを持たなければ検知しないため、細いひもや薄い布等の場合は検知できない。列車乗降時の更なる安全性向上を図るためには、これらの物についても検知可能にすることが必要である。

そこで、乗降用ドアの上方に設置したカメラからの映像を画像処理することにより、人や物の挟まりの有無を自動判定するシステムの開発を行っている。これまでに、AC Trainによる現車試験で、検知システムの基本的な機能確認及び検知精度向上のための画像処理の改善を行い、周囲の明るさの違い、光の反射の有無、雨等の様々な環境下におけるシステムの信頼性評価を行った。

2 システムの概要

2.1 画像処理による異物検知の仕組み

画像処理による異物検知の仕組みは、乗降用ドアの上方に設置したカメラからの映像で、図1のように開扉前と閉扉後の画像を比較することにより、人や物の挟まりの有無を判定するというものである。

まず、列車が駅停車後、ドアが開く直前に、カメラで基準画像を撮影する。次に、お客様の乗降後、ドアが閉まった状態で判

定画像を撮影する。そして、基準画像と判定画像に濃淡差を強調する等の画像処理を行った上で両方の画像を比較して、人や物の挟まりの有無を判定する。

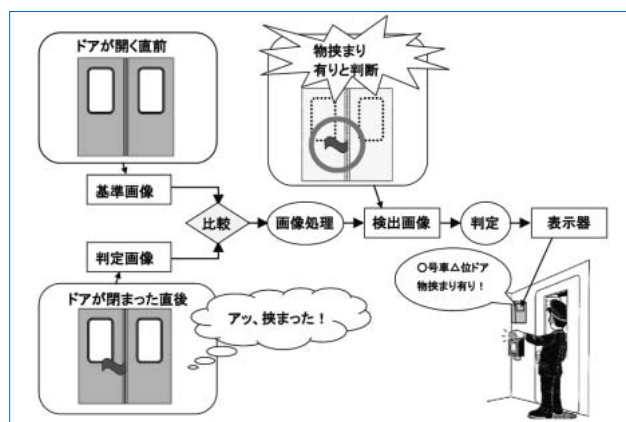


図1：画像処理による異物検知の仕組み

2.2 検知システムの構成

ドアに挟まれた人や物の検知を行うためのシステムは、カメラ、画像処理装置、表示器、中央装置・端末装置で構成されている。システムブロック図を図2に示す。

(1) カメラ

乗降用ドアの上方に設置し、画像の撮影を行う。

(2) 画像処理装置

カメラの制御、画像を基にドアに挟まれた物の検知を行うとともに、カメラからの映像をデジタル画像データに変換し乗務員室の表示器へ伝送する。

(3) 表示器

乗務員室に設置し、物が挟まれているドアの号車や部位の通知、および、撮影されたドア画像を表示する。

(4) 中央装置、端末装置

車両制御情報システムの主要機器であり、各種信号の中継、異物検知情報、ドア画像の表示制御を行う。

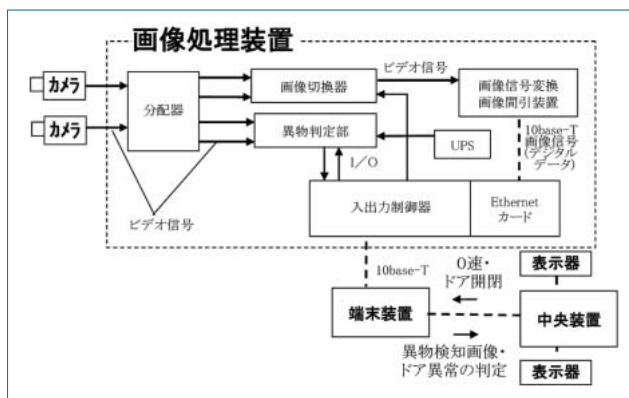


図2：ドア異物検知システムブロック図

2.3 AC Trainへの搭載

検知システムの機能・性能等の基礎評価試験、及び降雨・写り込み・夜間等の様々な環境における試験を実施するため、ドア異物検知システムを試作してAC Trainに搭載した。AC Trainにおけるドア異物検知システムの搭載位置を図3に、試作したドア異物検知システム（カメラ、表示器）を図4、図5に示す。

AC Trainでは、2・4号車にカメラおよび画像処理装置、1・5号車の乗務員室に表示器を搭載した。光の当たり具合、ホームの状況等の違いを考慮し、カメラは左右乗降用ドアの上方に1台ずつ取り付けけた。AC Trainでは、開発段階における調整等を考慮して、カメラを納めるボックスを出入口上部に外付けしたが、実用化時にはカモイ部に内蔵することとなる。当初採用したカメラは、本体と制御器が別置きタイプであったが、その後、制御器一体型の小型カメラが開発されたことから、現在はこの小型カメラで試験を行っている。この小型カメラは、本システムの実用化時には車両へのぎ装を容易にするメリットがある。

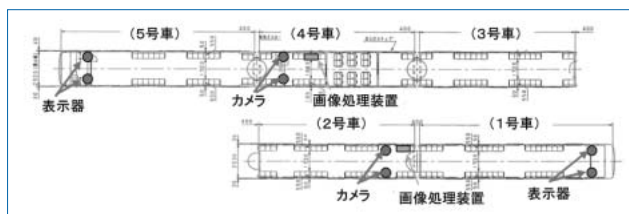


図3：ドア異物検知システムの搭載位置(AC Train)

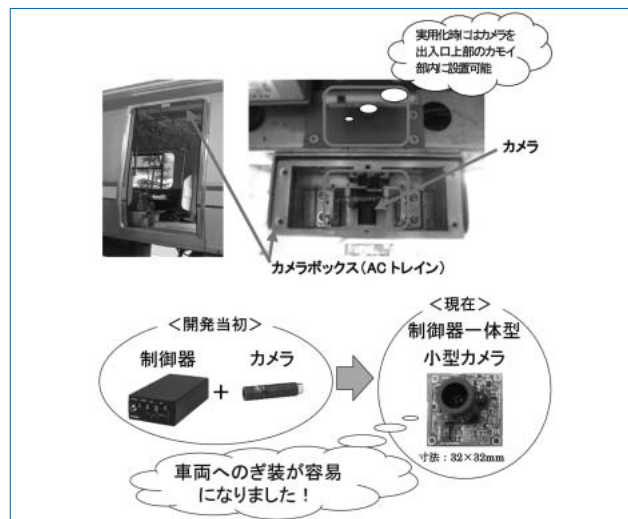


図4：カメラ

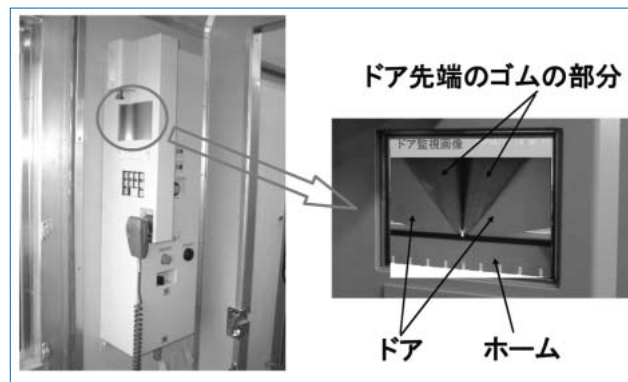


図5：表示器（ドアの上から見た映像）

3 AC Trainによる現車試験

3.1 基礎評価試験

AC Trainをフィールドとした検知システムの機能・性能などの基礎評価試験を実施した。表1にAC Trainにおける試験実施内容を示す。

表1：AC Trainにおける試験実施内容

日程	路線	試験駅	実施内容
2003/9/12	東北線	小山、古河	挟まれ試験、降雨模擬、写り込み
2003/9/17			
2003/10/9	常磐線（夜間）	松戸、我孫子	挟まれ試験、降雨模擬、夜間試験、写り込み
2003/11/25	東北線（降雨）	大宮、古河、宇都宮、黒磯	挟まれ試験、降雨、写り込み、動画記録
2003/12/8	東北線		挟まれ試験、降雨模擬、写り込み、低照度試験、動画記録

3.1.1 挟まれている物を変えた試験

図6のように、ドアに挟まれやすい物等のサンプルをドアに挟んだ場合の検知性能試験を行った。ドアに挟まれた物の色とドアまたはホームの色との違いがはっきりしている場合は、検出画

像で差が出るため、検知することができた。しかし、ドアに挟まれた物の色とドアまたはホームの色がよく似た色の場合は、検出画像に差が出にくいいため、検知できない場合があった。

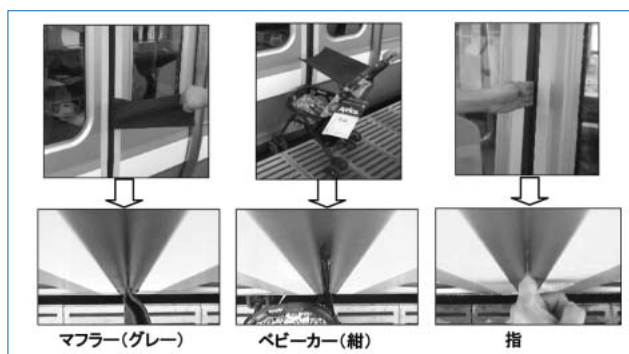


図 6：挟まれている物を変えた場合の試験

また、降雨時にドア表面の水滴が、図7のように写り込むことによって、挟まれた物が無いにもかかわらず、検知誤りを引き起こす場合があった。

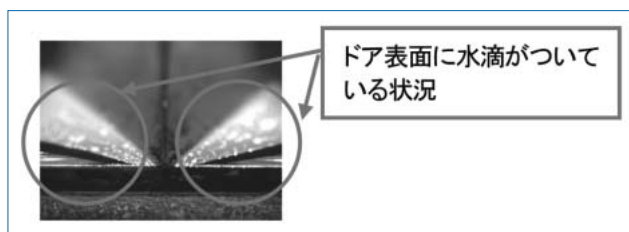


図 7：ドア表面の水滴の写り込み

3.1.2 挟まれている高さを変えた試験

図8のように足元、腰、頭を想定して物の挟まれている高さを変えた場合の検知性能試験を行った。腰や頭の高さで挟まれた物については、大きく撮影されるため検知できたが、低い位置に挟まれた物については、小さく撮影されるため検知できない場合があった。

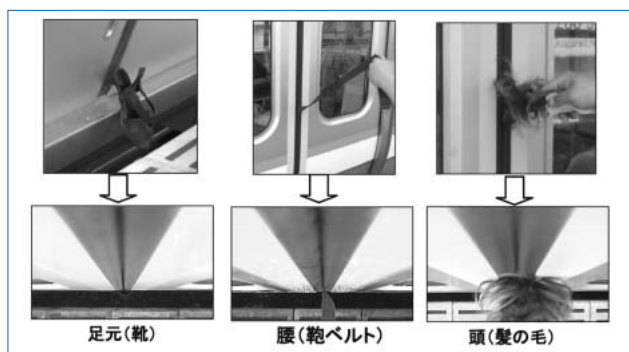


図 8：挟まれている高さを変えた場合の試験

3.1.3 明るさを変えた場合の試験

明るさが検知に及ぼす影響を調べるため、減光フィルタをカ

メラレンズ部に取り付け、明るさを変えた場合の検知性能を確認した。図9のように、20ルクス程度まで照度が下がると、検出画像にノイズの影響が出るが、検知可能であり、検知に問題が無いことがわかった。夜間においても、照明の有るホームは300～500ルクスあるため、検知可能といえる。

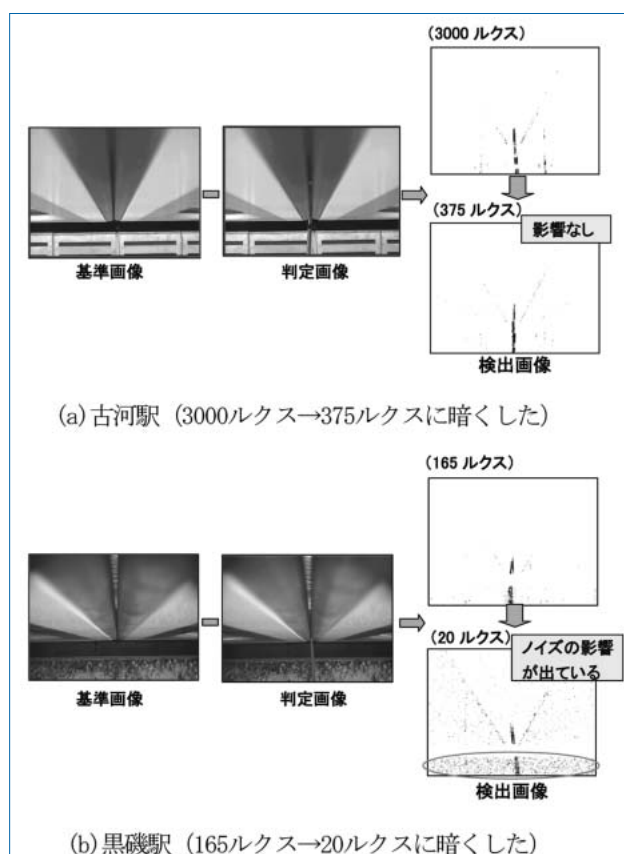


図 9：明るさを変えた場合の試験結果

3.2 検知性能向上のための画像処理の改善点

基礎評価試験で明らかになった問題点は次の通りである。

- (1) ドアに挟まれた物の色とドアまたはホームの色がよく似た色の場合、検知できないことがある。
- (2) 降雨時にドア表面の水滴が、検出画像へ写り込むことによって検知誤りを引き起こすことがある。
- (3) 低い位置に挟まれた物については、小さく撮影されるため、検知できないことがある。

そこで、(1)～(3)の問題点を解決し、検知精度向上のために、画像処理の改善を行った。改善点は次の通りである。

(1) 濃淡差を強調した画像処理

ドアに挟まれた物の色が黒色で、ホームの色が黒っぽい灰色の場合、ドアに挟まれた物＝ホームと判断してしまい、検知できない場合がある。そのため、ドアに挟まれた物の色とドアまたは

ホームの色がよく似た色の場合にも検知を可能とするため、濃淡差を強調した画像処理を行うことにした。

(2) 戸先に限定した画像処理

ドア表面の雨滴が流れ、ドア表面の状況が時々刻々変化することにより、基準画像と判定画像に差が生じてしまい、挟まれた物が無いにもかかわらず、検知誤りを引き起こす場合がある。そのため、雨滴等の写り込みを挟まれた物と誤って判断しないように、検出エリアをドア先端のゴムの部分に制限した画像処理を行うことにした。

(3) 低い位置に挟まれた物を強調した画像処理

ドアの高い位置に挟まれた物は大きく、低い位置に挟まれた物は小さく撮影されるため、低い位置の物が検知できない場合がある。そのため、ドアの低い位置に挟まれた物を強調した画像処理を行うことにした。

基準画像と判定画像に(1)～(3)の改善をした画像処理を行うことで、図10のように、挟まれた物の輪郭部をしっかりと捉えることができ、検知性能の向上を図ることができた。

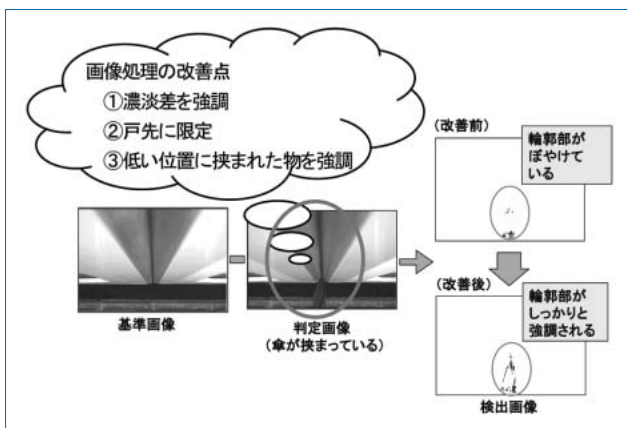


図10：画像処理の改善効果

3.3 改善効果の確認

表2に、検知性能試験結果を示す。改善前の画像処理で検知できなかった黒色の服の裾やイヤホンが、改善後の画像処理で検出可能となり、安全上問題が生じるとされる物は検出可能となった。このことから、改善前は検知の難しかった物が、改善後は検知可能になり、検知性能が向上したといえる。

図11に、降雨時にドア表面の水滴が検知画像に写り込むことによる検知精度への影響について示す。改善前の画像処理では、挟まれた物だけでなく水滴も検知画像に写り込んでしまい、検知誤りを引き起こしていた。改善後は、挟まれた物の輪郭部のみを捉えることができ、水滴の写り込みの影響を低減さ

せ、検知誤りを防ぐことができた。

表2：検知性能試験結果

		検知されやすい異物		検知されにくい異物	
		厚さ大	厚さ小	厚さ大	厚さ小
改善前	濃淡差大	袋、傘、服の裾、ハイヒール(白)ゆび爪、マフラー(赤)、ネクタイ(白黒)、ハンダナ(緑)、杖(アイボリー)	髪(ライトブラウン)、携帯ストラップ(ベージュ)	無し	イヤホン(白)
	濃淡差小	ネクタイ(黒シルバー)、ベビーカー(黒、紺、紺)、サンダル	髪(ブラウン、黒)	マフラー(グレー)、靴ベルト(グレー)、傘(黒)、服の裾(黒)、サンダル(黒)、ハイヒール(黒)	イヤホン(黒)、携帯ストラップ(グレー)
改善後	濃淡差大	(上記)	(上記) イヤホン(白)	無し	
	濃淡差小	(上記) マフラー(グレー)、傘(黒)、1服の裾(黒)、2サンダル(黒)、2ハイヒール(黒)	(上記) 携帯ストラップ(グレー)、1イヤホン(黒)	改善前、検知されにくかった異物が、改善後には検知されやすくなった	

- 1：降雨時ホームが黒く濡れて、異物との濃度差小さくなった際に、検知されない場合があった。
- 2：降雨時ホームが黒く濡れて、ドアの曲線に異物がほとんど隠れるという状況において、検知されない場合もあった。

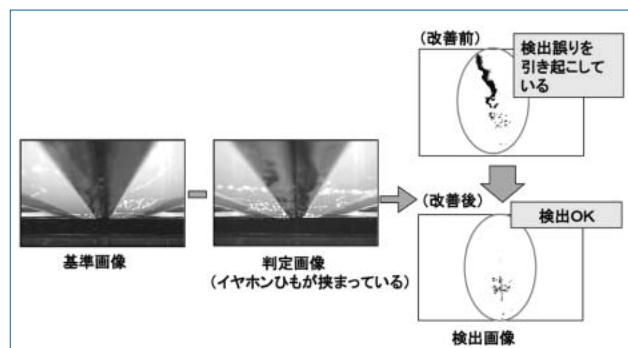


図11：ドア表面に水滴がついている状況での試験結果

4 まとめ

画像処理を用いたドア異物検知システムを試作し、AC Trainによる現車試験で、検知システムの基本的な機能確認及び検知性能向上のための画像処理の改善を行った。その結果、従来の機械的検知方式では全く検知できなかった物に対して、画像処理の改善後は98%まで検知できるようになり、本システムの信頼性を確認することができた。

5 今後の取り組み

これまでの開発では、ドアに挟まれやすい物等のサンプルを用いて、システムの信頼性の確認を行ってきた。今後、本システムの実用化に向けて、営業車両に搭載した状態で、検知状況や物が挟まった時の画像を収集し、輸送の安定性も考慮に入れた検知システムとしての完成度向上を目指していく。