

# ⑱ 画像解析を利用したチェアリフト搬器セーフティバー モニタリング装置（第2報）

交通システム研究領域 ※竹内 俊裕 千島 美智男 森 裕貴

## 1. はじめに

索道における運転事故は、図1に示すように、2004年度～2013年度の過去10年間の調査では281件発生しており<sup>1)</sup>、このうち人身障害事故は全体の約87%を占めている。

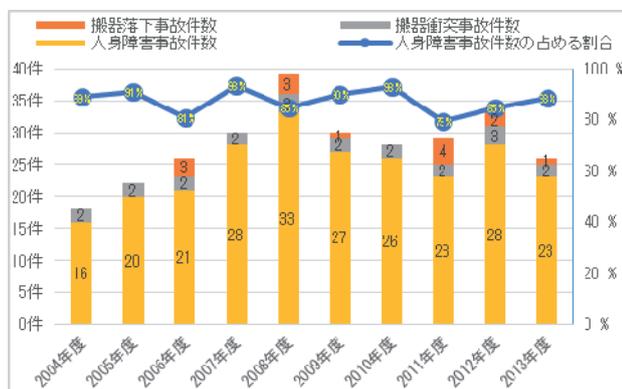


図1 索道運転事故と人身障害事故の占める割合 (2004年度～2013年度)

人身障害事故の内訳としては、線路中に搬器から落下する事故、乗車時および降車時における乗客の転倒や転落する事故等が多く、約90%がチェアリフトで発生していることから、事故防止への取組が必要とされている。特に線路中の高所から落下した場合は、重大な事故につながることから、転落防止のための対策の一つとして、セーフティバーが備え付けられている。

しかしながら、セーフティバーが正しく使用されなかったことに起因する事故も発生しているため、事故防止のためにはセーフティバーの確実な使用を利用者に注意喚起することも重要と考えられる。

このような背景から、セーフティバーの正しい使用を促進し、線路中における搬器からの落下事故を防止することを目的として、セーフティバー未使用の乗客に対し注意喚起を行うチェアリフト搬器セーフティバーモニタリング装置（以下、本装置という）を試作した<sup>2)</sup>。

本装置は、セーフティバーの状態と搬器上の乗客の有無を画像解析により判別し、乗車中の搬器に対してセーフティバーが未使用の場合のみ注意喚起を行うという機能を有する。本稿では、その装置の画像解析機能を中心に、検証実験の結果について報告する。

## 2. 試作装置構成

本装置は、チェアリフトを撮影するためのカメラ、注意喚起を行うためのスピーカー、各処理を行う処理装置本体、各状況を確認するためのモニターとといったハードウェア、カメラからの入力画像の解析、解析結果に基づく判定、スピーカーへの出力の各機能を有する専用ソフトウェアで構成される（図2）。



図2 装置構成

## 3. 画像解析機能とその検証

本装置の画像解析機能の検証を行うため、索道事業者の協力のもと、スキー場に設置されているセーフティバー付クワッドリフト（全長約1700m）の停留場にカメラを設置し、搬器映像を撮影、その映像を用いて検証を行った（図3）。

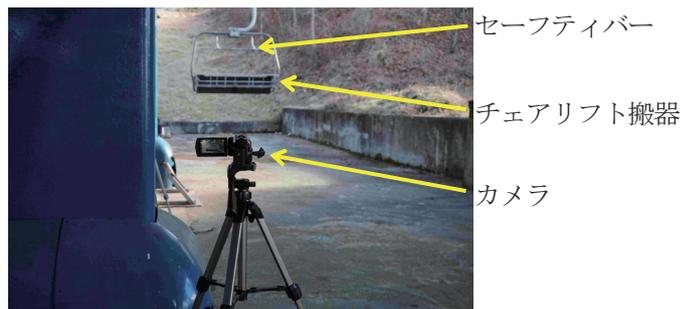


図3 搬器撮影の様子

画像解析方法について、図4にフローチャートを示す。

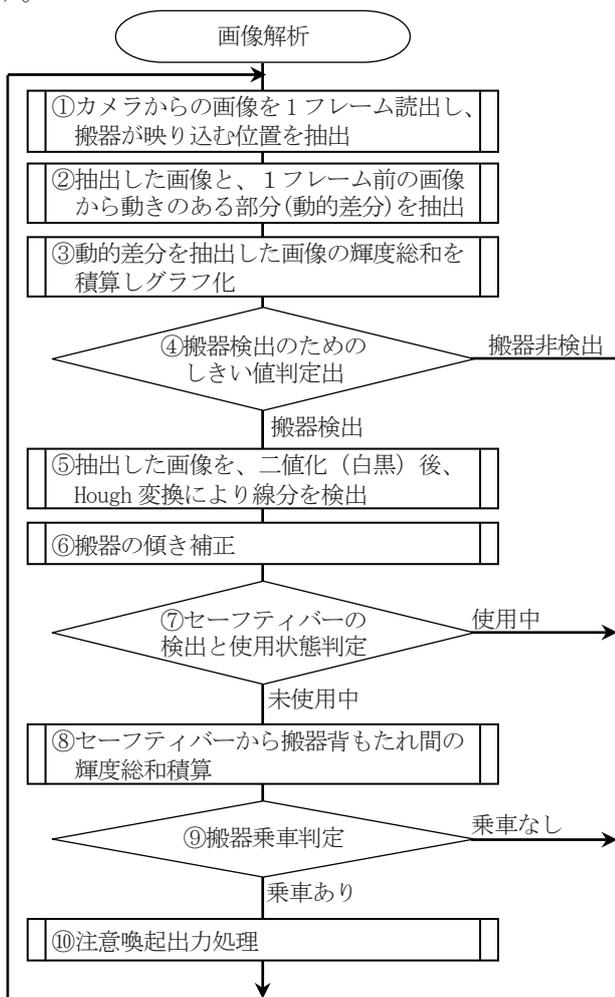


図4 画像解析フローチャート

### 3. 1. 画像解析機能

このフローチャートに従って画像解析機能の概要を以下に示す。

- ①設置されたカメラより毎秒15フレーム程度で入力される各フレーム画像に対し、搬器が映り込む位置(座標値)をあらかじめ設定しておき、その範囲を抽出する。
- ②抽出した画像と1フレーム前に抽出し保持していた画像から、動きのある部分(動的差分)を抽出する。
- ③動的差分を抽出した画像に対し、X座標(横ピクセル)ごとにY座標(縦ピクセル)の輝度の総和を積算しグラフ化する。
- ④グラフの立ち上がりが搬器左側のしきい値を上回り、かつグラフの立ち下がりが搬器右側のしきい値を下回った場合に、搬器が映っていると認識する。

- ⑤搬器を認識した場合は、①で抽出した画像を白黒で二値化し、Hough変換により線分を検出する。
- ⑥Hough変換による線分検出後、セーフティバーの検出を実行する前に、搬器の傾きを補正する。この補正は、搬器の片側に乗車している場合に、搬器が傾いた状態となり、正確な線分検出に影響が出ることを防止するため、その対策として実施した。この補正は、検出された線分に傾きが確認された場合に、線分が水平になるまで画像全体を回転させる方法を採用した。
- ⑦傾き補正終了後に実行するセーフティバーの使用状態の検出は、セーフティバー未使用時の位置に線分が検出されるか否かで判定する。
- ⑧セーフティバーが未使用中と判定された場合のみ、搬器への乗客の乗車状況の検出を行う。搬器に乗客が乗車している場合、搬器背もたれの上部に乗客の上半身が映ることが想定されるため、その範囲を乗車判定対象範囲として抽出し、③で実行した輝度の総和を積算しグラフ化する。
- ⑨輝度総和積算グラフが乗車判定用しきい値を上回った場合に乗車と判定する。
- ⑩以上の処理を実行した結果、セーフティバーが未使用かつ搬器への乗車がある場合に、注意喚起出力処理を行うこととした。

### 3. 2. 画像解析機能の検証

前節で示した各機能の検証結果を以下に示す。

カメラより入力された画像から、あらかじめ設定された搬器が映り込む位置(図5)を矩形抽出し、抽出した画像と1フレーム前に抽出して保持していた画像から、動的差分を抽出(図6)、輝度の総和を積算してグラフ化し、しきい値より判定を行い、搬器検出と判定されることを確認した(図7)。



図5 矩形抽出



図6 動的差分抽出画像

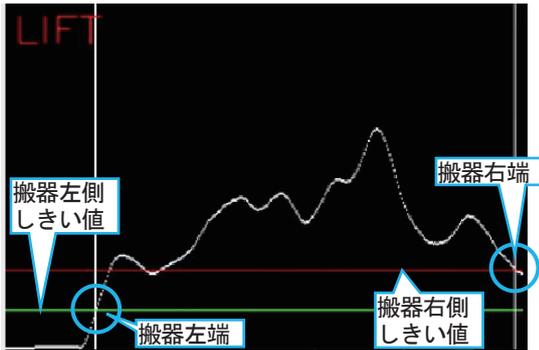


図7 輝度の総和積算グラフと搬器検出結果



図10 二値化画像

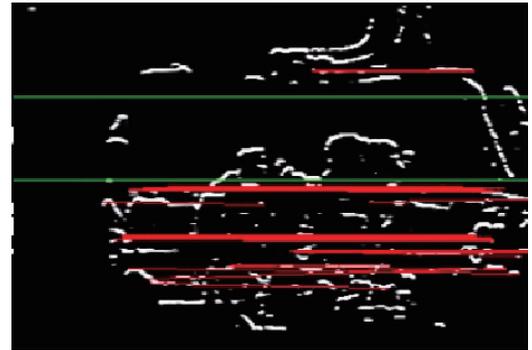


図11 Hough変換による線分検出

このとき、図8のように搬器全体が映っていない場合は、図9のような輝度総和積算グラフとなり、搬器非検出として判定されることを確認した。



図8 搬器と認識しない場合の入力画像

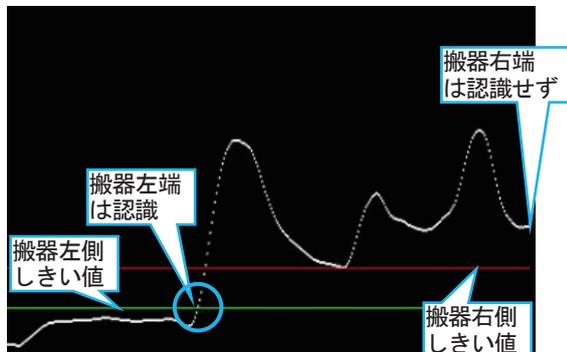


図9 搬器と認識しない場合の輝度積算グラフ

線分検出後、図12のように傾いている搬器については、図13のようにその傾きが補正されることを確認した。



図12 片側乗車により傾いた搬器

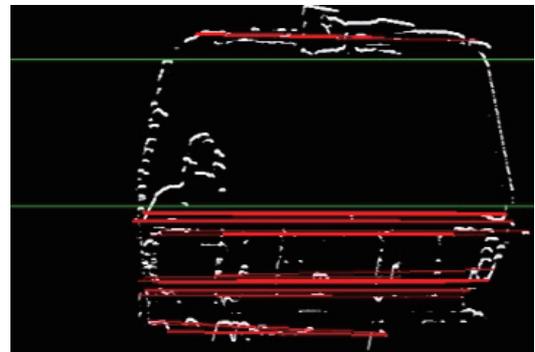


図13 傾き補正後の画像

搬器検出後、白黒で二値化（図10）し、Hough変換により線分が検出（図11）されることを確認した。

傾き補正後、セーフティバー未使用時に出現する線分の判定を行い、図14のように該当する線分がない

場合はセーフティバー使用中、図15のように該当する線分がある場合はセーフティバー未使用中と判定されることを確認した。

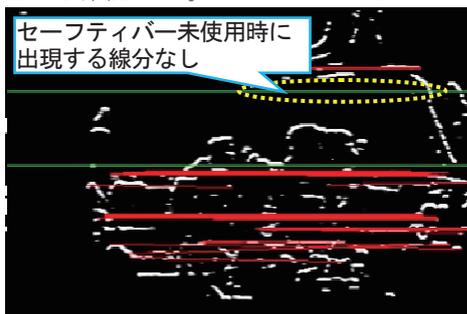


図14 セーフティバー使用中と判定した画像

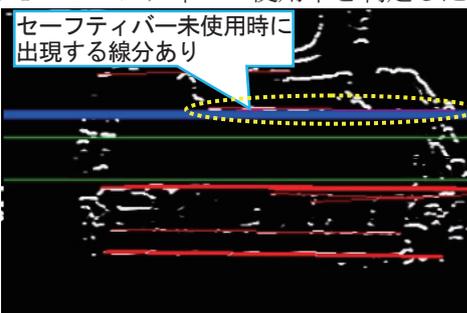


図15 セーフティバー未使用中と判定した画像

セーフティバーが未使用状態の場合、乗客の上半身が映ることが想定される範囲(図16)について、搬器検出と同じ方法で判定を行い、しきい値を上回った場合(図17)に乗車あり、そうでない場合(図18)に乗車なしと判定されることを確認した。

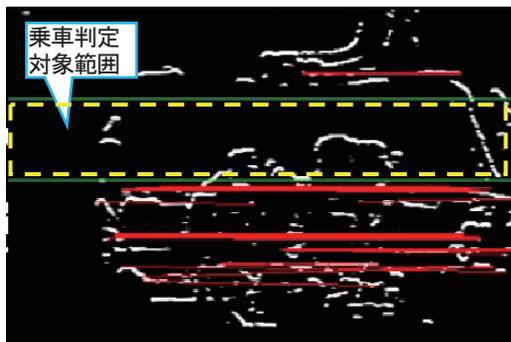


図16 乗車中と判定された画像

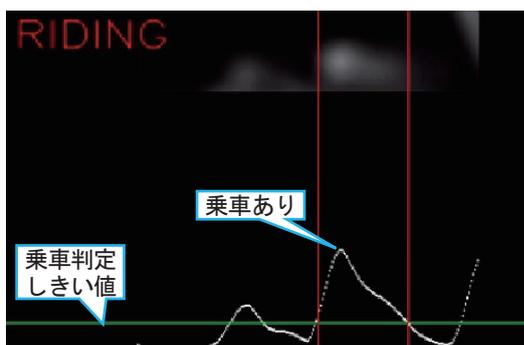


図17 乗車ありと判定された画像

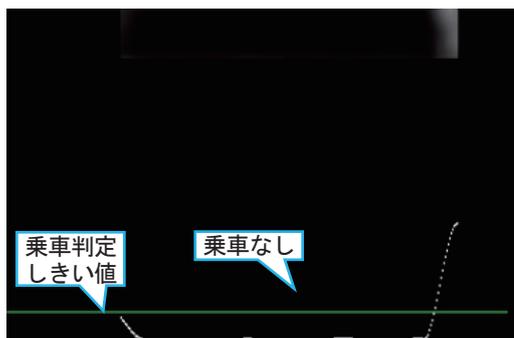


図18 乗車なしと判定された画像

#### 4. システム実用化の可能性

以上のように、撮影した画像から、搬器の有無、セーフティバーの使用状態、乗車の有無について、検出できることが確認された。その結果、これらの解析結果を組み合わせることにより、搬器乗車中でセーフティバー未使用の場合に、注意喚起が出力可能となる見通しを得た。

#### 5. まとめ

索道搬器からの落下事故を防止することを目的として、試作したチェアリフト搬器セーフティバーモニタリング装置の実際の搬器映像による画像解析機能の検証結果について述べた。その結果、セーフティバー未使用の搬器に対する注意喚起出力の可能性が示された。

今後は、試作した装置を用いて、様々なタイプのチェアリフトでの試験を実施し、画像解析の弱点といわれる悪天候時や夜間も含め解析精度の検証を行い、チェアリフトセーフティバーモニタリング装置としての評価を行っていく予定である。

【謝辞】本装置の試作に際し、搬器画像の提供や搬器映像等の撮影に御協力いただいた、日本ケーブル株式会社ならびに株式会社ハンターマウンテン塩原に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 索道技術管理者研修会テキスト(平成16年度～平成25年度)財団法人日本鋼索交通協会
- 2) 竹内他、“画像解析を利用したチェアリフト搬器セーフティバーモニタリング装置”、交通安全環境研究所フォーラム2014、pp.107-108