

# LiDAR と物体検出を用いた 駅ホームにおける視覚障害者向け危険回避誘導スマホアプリの開発

## Development of a Hazard Avoidance Smartphone App for Visually Impaired at Train Platform using LiDAR and Object Detection

○白井 達也<sup>1</sup>, 島川 学<sup>1</sup>, 大隈 千春<sup>1</sup>, 清田 公保<sup>1</sup>, 新見 道治<sup>2</sup>

○Tatsuya Shirai<sup>1</sup>, Manabu Shimakawa<sup>1</sup>, Chiharu Okuma<sup>1</sup>,  
Kimiya Kiyota<sup>1</sup>, Michiharu Niimi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>熊本高専 <sup>2</sup>九州工業大学

<sup>1</sup>National Institute of Technology, Kumamoto College <sup>2</sup>Kyushu Institute of Technology

**Abstract:** Since there have been accidents repeatedly involving the visually impaired persons falling from station platforms, this study tried to develop a smartphone app specifically for use at railway stations. By acquiring distance information with a LiDAR implemented in a smartphone, it will be easier to detect the height difference between station platforms and rail tracks, and the detection accuracy is expected to be improved. This paper shows experimental results using a PC instead of a smartphone to evaluate only the effectiveness of the proposed method algorithm.

### 1. 序論

視覚障害者が駅ホームから転落する事故が繰り返している。視覚障害者の転落事故は 2012 年度から 2021 年度の 10 年間で 677 件発生しており、これは全体の転落事故の約 2.3%に該当する[1]。また、視覚障害者へのアンケート調査<sup>[2,3]</sup>によると転落経験があると回答した視覚障害者は 36%であった。このことから、多くの視覚障害者が駅ホームで危険な状況に遭遇していることが分かる。また、転落の原因としては「人にぶつかって方向を見失った」や「乗車しようとする電車が到着したと勘違いした」といった理由が挙げられている。転落事故を防止するためには、視覚障害者自身が周辺の状況を正確に把握できることが必要であり、それを手助けする手段が求められている。

著者らはこれまでに、視覚障害者が歩行する際の支援として、RGB 画像と深度画像から段差を検出する手法の提案<sup>[4]</sup>や、機械学習による物体検出を応用して RGB 画像から障害物を検知して利用者に警告するスマートフォンアプリの開発を行ってきた[5]。現在、駅ホーム内での使用を想定して、視覚障害者の安全な歩行や電車への乗車を支援することを目的としたスマートフォンアプリの開発を行っている。本研究ではこれまでの物体検出手法に加え、LiDAR<sup>1</sup>からの距離情報を活用する。スマートフォンのカメラから取得される RGB 画像を利用した場合、線路や点字ブロックなどを検出することによって利用者の位置情報を予測することができる。しかし、環境光の影響などによって安定した予測をすることは困難であった。それに対して、LiDAR から得られる距離情報は、環境光の影響を受けないため、より安定した高精度な距離情報を取得できる。また、距離情報を使うことで、危険な状況までの距離をより正確に伝えることが可能になる。

本論文では、LiDAR から取得できる距離情報を用いて危険な状況を検知する手法について説明し、LiDAR を搭載している Apple 社の iPhone 14 Pro

で動作するアプリとして提案手法を実装し、動作検証することを目的とする。ただし、本稿執筆時点においては、提案手法のアルゴリズムの検証を優先させるため、スマートフォンのカメラおよび LiDAR で取得したデータを PC で処理している。

### 2. 駅ホームでの危険な状況

視覚障害者が駅ホームで遭遇する危険な状況として下記を想定する。

#### (1) 駅ホームからの転落

転落後に電車に接触すると死に至るリスクが高いため、ホーム端を正しく認識する必要がある。

#### (2) 電車の位置の勘違いによる転落

自分のいるホームとは異なるホームに電車が到着したとき、自分が乗車する予定の電車が到着したと勘違いして線路に転落する事例がある。

#### (3) 人や障害物との接触

人や障害物に接触したときに自分が進むべき方向を見失ってしまう場合があり、線路に転落する要因にもなっている。

#### (4) 階段などによる転倒

ホームからの転落に限らず、階段での転倒事故も起こり得る。特に下り階段での転倒は大きなケガにもつながる。

### 3. 障害物検出に関して

視覚障害者の歩行を妨げる障害物の検出には CoreML を使用する。CoreML とは Apple 社が提供している Apple 社製デバイス向けの機械学習フレームワークである。物体検出のアルゴリズムとしては、高速で処理ができ、複数の物体を同時に検出することができる YOLO を採用する。執筆時における最

<sup>1</sup> Laser Imaging Detection and Ranging

新版は YOLOv8 である。YOLOv8 には多数の物体を検出することができる学習済みの識別モデルが提供されているが、その識別モデルに含まれない障害物については学習用の画像データを収集して追加学習することで対応できる。

## 4. LiDAR による段差検出

駅ホームからの転落事故を防ぐためにはホームの端を正しく検出する必要がある。ホーム面と線路面には大きな段差があるので、その段差を画像処理によって求める。LiDAR から取得される深度画像を用いることによって、段差検出が容易となる。

### 4.1 深度画像

LiDAR によって得られるのは距離の情報である。この距離情報を 0 から 255 の値に変換することによりグレースケールの画像として表現したものが深度画像である。図 1(a)がカメラから取得される RGB 画像で、同図(b)が LiDAR から取得された深度画像である。距離が近い部分を黒色、遠い部分を白色で表現する。画像処理にはオープンソースの OpenCV を用いる。

また任意値の最大有効距離を決めており、距離情報がこの値以上なら深度画像では 255 にする。そのため、最大有効距離以降の段差は検出されない。これを導入することで、遠距離の余計な段差などを省いたり、近距離での段差を顕著に表したりすることができる。図 2(a)は通常の RGB 画像、同図(b)は LiDAR の最大有効計測距離の範囲外を緑色で表示している。



(a) RGB 画像 (b) 深度画像  
図 1. 距離データから深度画像への変換



(a) 通常の RGB 画像 (b) 最大有効距離のみ  
図 2. 最大有効距離

### 4.2 エッジ検出

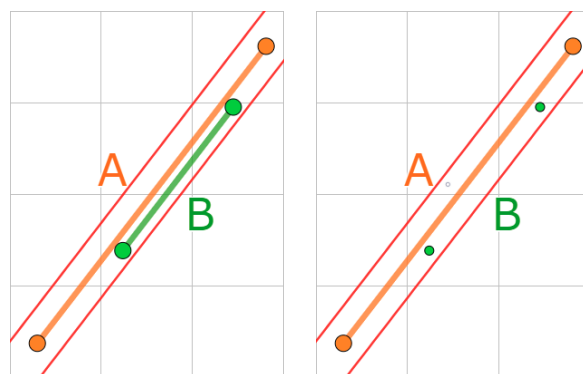
本研究において危険とする段差は、駅ホーム端の段差や階段など直線の段差である。アプリ利用者のすぐ近くに段差があるときに危険であることを通知したい。

段差部分には距離の差があるので、深度画像に対してエッジ検出処理を施すことで発見することができる。OpenCV が提供する複数のエッジ検出関数の中で Canny 関数を用いる。Canny 関数によって得られるエッジ画像は、エッジ部分が細く連続した画素で表現される特徴があり、フィルター処理による他の関数と比較して物体の輪郭を綺麗に表現できる。

### 4.3 線分検出

Hough 変換を用いてエッジ画像から線分を検出する。OpenCV の HoughLinesP 関数は、直線的に伸びているエッジ部分のみを線分(始点の座標と終点の座標)として取得できるので、人の輪郭のような曲線的なエッジは排除することができる。

見た目では 1 本の長い線分で表すことの出来そうな線分が複数の短い線分に分かれて検出される場合がある。例えば図 3(a)に示すように、線分 A と線分 B がほぼ重なっている場合、長い方の線分(この例の場合は線分 A)を基準として、ある幅を持つ 2 つの平行線に内包される線分は除去の対象とする。このように不要な線分を取り除くことでホーム端や階段の段差を示す線分のみを残す。



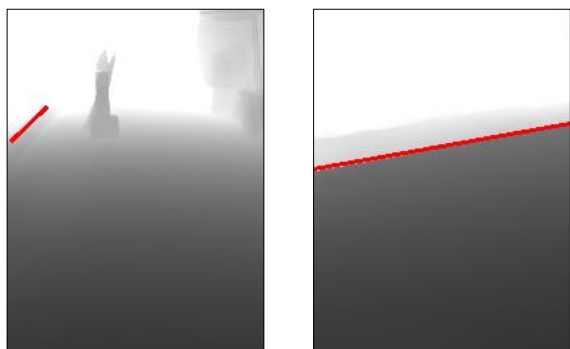
(a) 重なりのある線分 (b) 除去処理後  
図 3. 不要な線分の除去

## 5. 危険判定アルゴリズム

物体検出の結果データと LiDAR からの距離データと段差データを使って危険かどうかを判断し、アプリ利用者に伝える。

### 5.1 段差を発見した場合

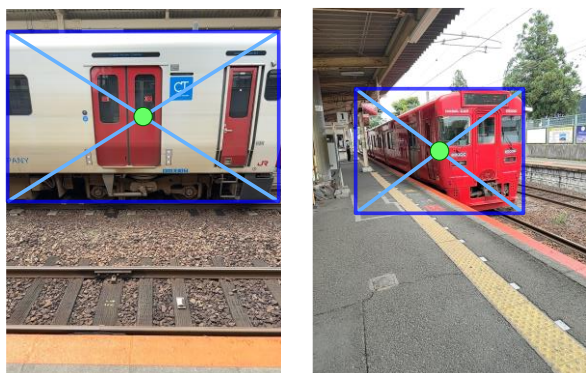
段差の線分は 2 点から作られる。そのため線分リストから一番近い点を探し、その点、もしくは、その点の周辺の距離情報を取得し、その値が危険な距離だと設定した値より近かった場合、危険であると判断する。例として、図 4(a)は段差までの距離が約 4.0m あるので安全、同図(b)は段差までの距離が約 2.1m しかないのでやや危険、と判断する。



(a) 安全なライン (b) 危険なライン  
図 4. 危険な段差の判断

## 5.2 電車を検知した場合

物体検出アルゴリズム YOLO を用いて電車車両を検出した場合、検出領域(図 5 の青い枠)が取得できる。この検出領域の中心部分(図 5 の緑の点)には検出物が映っている可能性が高い。そのため図 5(a)のように電車に対して正面に向いている場合は、検出領域の中心から距離情報を取得することで、判断が容易になると考えられる。しかし、同図(b)のように電車に対して斜めに向いている場合や電車のドアが開いた状態ではより遠くの距離だと判断されてしまい、誤った情報を伝えてしまう。この問題に関しては更に状況を分析し、アルゴリズムを変えていく必要がある。



(a) 真横 (b) 斜め  
図 5. 電車に対する利用者の向き

## 5.3 その他の危険物が近くにある場合

検出可能な物体から歩行時に危険な物体を選択しておき、その物体が検出された場合、検出領域の最下部の距離情報を取得し、近くにある場合は、危険であると判断する。また物体によって危険であると判断する基準距離は変更する。また壁なども距離情報から接近していることを検知し、危険と判断する。

## 6. 危険の通知

LiDAR からの距離情報はかなり正確であるが、稀に誤った情報などが入ってくる場合がある。そういった時、1 フレームでも危険と判断したら、通知を行うようにしてしまうと、むしろ利用者に不安を与えてしまう。

そこで、今回の研究では、上限と下限を設定した

累計スコアを導入する。図 6 に示すように、危険な状態である場合は累計スコアを+1 し、危険な状態でない場合には累計スコアを-1 する。ある閾値まで達している状態の時のみ、危険の通知を行う。これによって、誤った情報が入ってきたときの影響を少なくすることができる。

また、1 フレームごとに通知を行うと、うるさくなるため、一定間隔で通知を行ったり、距離や危険の状態によって間隔を変えたりすることで対応を行う。

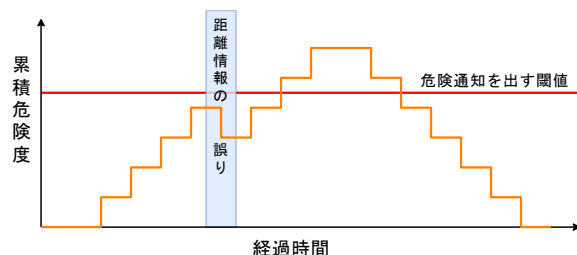


図 6. 累積危険度の例

## 7. 検証実験

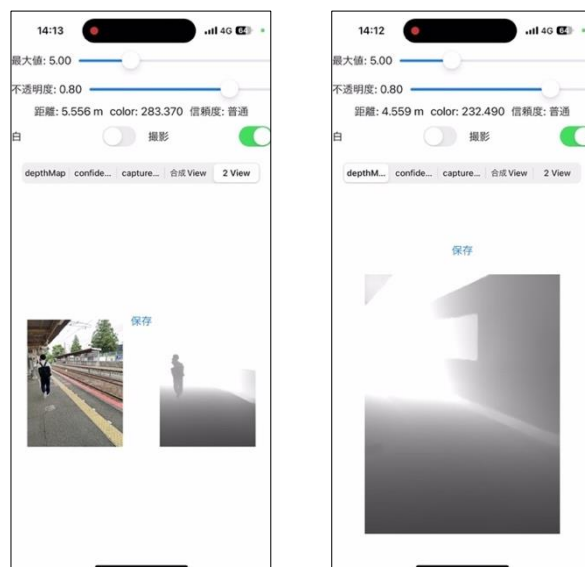
### 7.1 iPhone アプリ

現在のところ、開発している iPhone アプリは、図 7 に示すように、LiDAR から得られる距離データを元に深度画像を取得して、画面上に出力させる段階まで実装できている。Swift は OpenCV を使うことができるが、結果の出力が扱いにくいいため、処理の検証は Python を用いて行った。

今後の実装すべき機能は、Python で実装した線分検出の処理をアプリに実装すること、CoreML による物体検出を実装すること、そして線分データと物体検出のデータから危険を判断し通知を行う機能を実装することである。

### 7.2 PC 上での検証

執筆時点では、深度画像を段差データに変換し、



(a) RGB 画像と深度画像 (b) 深度画像のみ

図 7. スマホアプリの画面

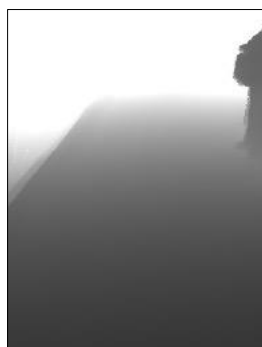


線分検出, 更に1つの線分に対して複数検出された線分を除去する, といった処理まで完了している. 図8は4章の処理を実行した結果の出力である.

作成したスマホアプリで取得される深度画像を一定間隔で約8000枚保存し, その画像を処理して連続で表示するようにしている. またランダムに抽出した写真の中から駅ホームの端の段差が写っている写真を1500枚確認して, ホームの段差検出の有無とその距離について検証し, 表1にまとめた.



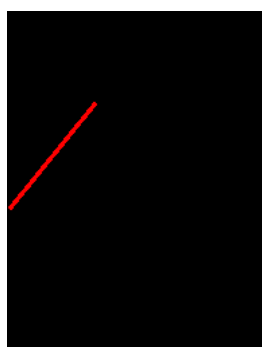
(a) RGB 画像



(b) 深度画像



(c) 段差データ



(d) 抽出した線分

図8. ホーム端の検出

表1 線分までの距離と検出率の検証

| 線分までの距離 | 検出   | 未検出  | 検出率    |
|---------|------|------|--------|
| 0m~1m   | 17回  | 0回   | 100.0% |
| 1m~2m   | 423回 | 3回   | 99.3%  |
| 2m~3m   | 686回 | 157回 | 81.4%  |
| 3m~4m   | 113回 | 69回  | 62.1%  |
| 4m~5m   | 4回   | 28回  | 12.5%  |

### 7.3 考察

表1より, 確認したデータの約82.9%がホーム端の段差を検出できていることがわかる. しかし, 距離が遠くなるにつれて検出率が悪くなるのがわかる. これは, 近くの距離の段差は, 画素値の差が顕著に現れるのに対して, LiDARからの距離情報が最大有効距離以上の場合は, 深度画像では最大値の5mとなる. そのため, 遠くの段差の差が正しく反映されていないことが原因であると考えられる. 更に, iPhoneに搭載されるLiDARからの距離情報は端に行くと情報の信頼度が下がる傾向にある. 離れた段差は画面端に映りやすく, 距離情報の誤りから, 未検出になりやすいと考えられる. また, 実際のホーム端の長さは同じでも, 遠くに行くほど, 取得され

る画像では短くなる. 従って検出する線分が短くなり, 線分として検出されていないことが多くあった. 距離が3m以下であれば80%以上の検出率があるため, 実用上は問題ない.

また, ホーム端以外の不要な線分検出が多くあった. これはベンチや自動販売機, 柱などによる線分がほとんどである. これらを除去するアルゴリズムは今後検討する必要があるが, ベンチは閾値を調整する, 自動販売機や柱は線分上の点の左右を見たときに, 短い距離情報を持った点が片側に偏り, 尚且つ最大値と最小値の差が短いことから特定できると考える.

## 8. 結論

LiDARから取得できる深度画像を用いて駅ホーム端の段差を検出する手法を提案した. これまでに開発してきたスマホアプリは視覚障害者が歩行する際に妨げとなる障害物をカメラから取得されるRGB画像を用いて物体検出を行う手法であったが, 深度画像を用いる提案手法と合わせて駅ホームの危険な状況をより正確に検出し, 利用者に注意を促すことが可能となる. 今回, PC上での検証ではあったが, 提案手法のアルゴリズムの有効性を検証することができた.

今後はスマートフォンアプリとして実装し, 実環境下で検証する. 視覚障害者が駅ホームから転落する要因はさまざまであるので, 多くの状況に対応できるようにアルゴリズムを改善する予定である.

## 謝辞

本研究はJSPS科研費JP22K12941の助成を受けたものである.

## 参考文献

- [1] 国土交通省鉄道局: “鉄軌道輸送の安全に関わる情報 (令和3年度)”, 2022.  
<https://www.mlit.go.jp/common/001519719.pdf>
- [2] 毎日新聞・日本盲人会連合: “視覚障害者の鉄道駅に関するアンケート調査 調査結果” 毎日新聞東京本社社会部, 日本盲人会連合, 2017.
- [3] 日本視覚障害者団体連合: “転落事故に関するアンケート調査結果”, 2014.  
<http://nichimou.org/legal-system-documentation/>
- [4] Soichiro Murakami, Manabu Shimakawa, Kimiyasu Kiyota, Takashi Kato: “Study on Stairs Detection using RGB-Depth Images”, SCI&ISIS2014, pp1186-1191, 2014.
- [5] 田口一精, 渡邊賢太郎, 島川学, 清田公保: “機械学習を用いた視覚障害者のための障害物検出スマートフォンアプリ”, 第19回日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会, A104, pp.15-18, 2017.

## 連絡先

島川 学

E-mail: shimakawa@kumamoto-nct.ac.jp