

# スマホ LIDAR 技術と深層学習を使った視覚障害者向け転落防止アプリ

リー ギャグソンワイキ<sup>†</sup> 奥田 亮輔<sup>†</sup>

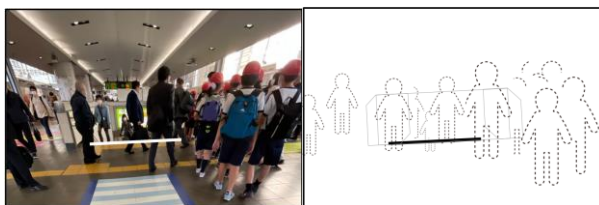
神戸情報大学院大学<sup>†</sup>

## 1. はじめに

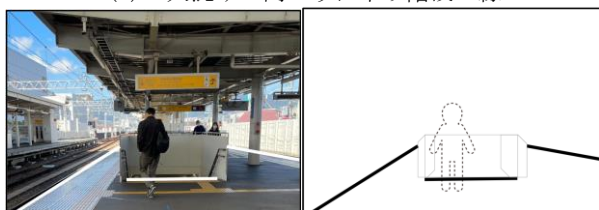
駅ホームから視覚障害者が転落する事故への対策は十分ではない。国土交通省の調査によれば視覚障害者の転落事故件数は毎年数十件にのぼる。ホームドア設置が転落事故を防ぐ最善の対策だが、設置には多大な投資が必要である。また、下り階段への転落はホームドアでは防ぐことができない。本稿では DNN と LIDAR センサを用いた転落事故防止スマートフォンアプリを提案する。

## 2. 従来手法の問題点と本手法での改善

携帯型のデバイスを用いた視覚障害者向け障害物検知の既存の研究には距離認識型[1]と画像認識型[2]がある。距離認識型では距離画像センサのみを用いて路上の凹凸を含む障害物を検知できる。しかし、図 1 (a) のように混雑した駅ホームでは人物が障害物となり、転落の危険がある箇所（ホームや下り階段の縁）を認識することが困難と推測される。一方、DNN を用いた画像認識型では多少の障害物があっても転落の危険がある箇所を検知することができる。しかし、利用者からの距離がわからないため、図 1 (b) のように複数の危険箇所がある場合、何処が最も危険な箇所かを判定できないという問題がある。



(a) 人混みの向こうに下り階段の縁



(b) 下り階段とホーム両側の縁

図 1 駅ホームでの転落危険箇所

そこで、本論文では他の研究で用いられた機器に比べて入手性と持ち運び性に優れた（LIDAR 搭載型の）iPhone をプラットフォームとして、DNN による物体検出と LIDAR に

よる距離計測を組合せた転落防止アプリを提案する。本アプリは、混雑した駅ホームやショッピングモールにおいて、利用者の立ち位置から一定距離以内にある転落の危険がある箇所を特定し、距離が近い程優先して利用者に警告する。一定距離より遠方にある危険箇所は警告対象にならないため、利用者は真に危険な箇所の回避に集中することができる。

## 3. iPhone 12 Pro の LIDAR の測定精度評価

本章では iPhone 12 Pro 搭載の LIDAR センサが本アプリに適用可能かどうかを評価する。提案するアプリでは利用者の立ち位置から 3m 以内にある危険箇所を警告の対象とすることにしている。カメラ位置の高さ（1.5m 程度）を考慮し、カメラから距離 4m 以内にある危険箇所を、距離が近い順序で列挙できれば十分である。ただし僅差の遠近による順序の入れ替わりは許容できるため、ここでは 0.2m 以下の遠近差による順序の入れ替わりは無視できるものとする。

### (1) 転落防止アプリに求められる LIDAR の測定精度

①解像度：単純な距離センサは前方の 1 点までの距離しか測れないものが多い。本アプリでは実寸 1m 程度以上の全ての危険箇所について、個別にかつ同時に距離を測定できる必要がある。

②距離精度：距離 4m 以内の物体については誤差  $\pm 0.1$  m 以下の精度で距離を測定できる必要がある。それ以上の物体は距離が 4m 以内と誤認されなければよいので、距離の測定値が 4m を下回らないことが必要である。

### (2) 評価方法と結果

iPhone 12 Pro 上で、カメラからの RGB 静止画像と LIDAR の測定距離を同時に記録するアプリ [3] を使用した。

①解像度の評価：1920×1440px の RGB 画像に対し、LIDAR の測定箇所は 256×192 点である。図 1 (b) の中央の下り階段を例にとると、LIDAR の測定箇所は横方向に約 80 点もあり、解像度としては十分であることが判る。

②距離精度の評価：カメラと被写体との距離を正確に設定するため、壁に正対して 1m 刻みで 15m まで離れた地点で画像を各々 2 回撮影した。壁までの距離の測定結果を各画像から 5 点拾ってグラフにしたものを図 2 に示す。グラフの横軸はカメラから壁まで実際の距離、縦軸は LIDAR による測定結果である。実際の距離が 4m までの測定点では誤差の絶対値の最大値は 0.05m だった。また、実際の距離が 4m 以上の測定点では測定値が 4m を下回っていないことがグラフから判る。よって距離測定精度も十分であることが判った。

Using LIDAR sensor and deep learning in smartphone application to prevent falling for the visually impaired

<sup>†</sup> Gagson Waikit LEE <sup>†</sup> Ryosuke OKUDA

<sup>†</sup> Okuda Lab, Graduate School of Information Technology, Kobe Institute of Computing

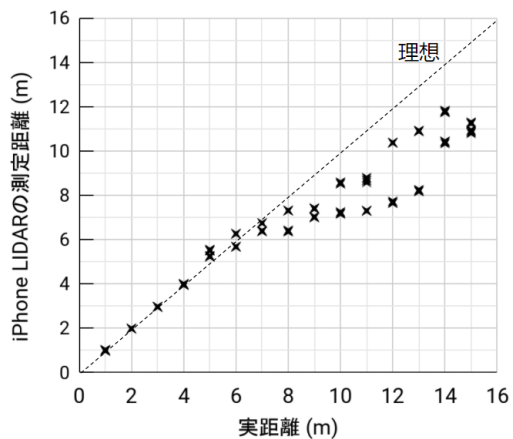


図2 LIDAR 測定距離と実距離の比較

#### 4. DNN と LIDAR を使った転落防止アプリの提案

##### (1) 使い方と機能

利用者はアプリを立ち上げた後、カメラがおおよそ体の前面になるよう衣服や鞆に固定する。警告は音声で伝えられるため、周囲の音を遮断しない骨伝導イヤホンを使用することを想定している。

##### (2) 処理フロー

本アプリは起動直後からカメラと LIDAR による危険箇所の検知を毎秒 3 回のレートで繰り返す。1 回の検知処理の流れを図 3 に示す。

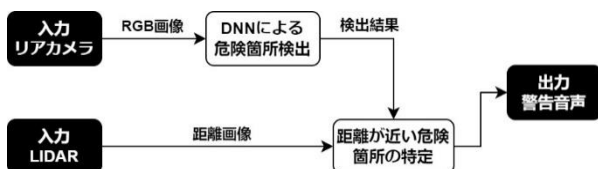
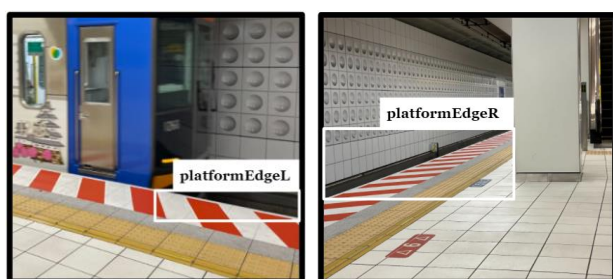


図3 処理フローチャート



(a) 左上がりのホーム縁 (b) 右上がりのホーム縁



(c) 水平のホーム縁

図4 DNN に学習させるラベルと矩形

##### ・DNN による危険箇所検出。

本研究では RGB 画像から物体を認識する DNN として YOLOv3-tiny[4]を使用する。この DNN は物体の種類(ラベル)と位置(矩形)を出力する。ところが、転落の危険がある箇所(ホームや下り階段の縁)は RGB 画像上では線分として映るため、そのままでは矩形では検出できない。そこで、画像上での「線分」の向きが、(a)左上がり、(b)右上がり、(c)(おおよそ)水平、の3通りに区別して異なるラベルを付け、(a)と(b)については、検出したい「線分」が対角線になるような矩形を与える[5]。図4(a)~(c)はホームの縁に対応するラベルと矩形を示したもので、各々、“platformEdgeL”、“platformEdgeR”、“platformEdgeC”というラベルを使用する。下り階段の縁にも同様に3種類のラベルを使用する。

##### ・距離が近い危険箇所の特定。

DNN が一つの物体として検出したホームや下り階段の縁は、それ自体が長いために同一物体の中の間所でも利用者からの距離には遠近がある。そこで LIDAR による距離測定結果を使って検出された各々の危険箇所の中で利用者に最も近い場所を検索する。左上がり/右上がりの線分に対応する矩形では対角線に沿って、水平の線分に対応する矩形では領域内を、線分の長さ方向に一樣に 20 点サンプリングする。そして距離が 4m 以内の危険箇所を距離が近い順に特定する。特定された危険箇所の情報は音声による警告を適宜利用者に発する。

#### 5. 終わりに

本稿では、距離認識型と画像認識型の視覚障害者向け障害物検知手法を改善し、iPhone の LIDAR と DNN を組み合わせて用いた転落防止アプリを提案した。今後、iPhone 12 Pro を用いたアプリの実装および評価実験を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] 田中成典, 安彦智史, 塚田義典, 平松祐樹: 距離画像センサを用いた視覚障がい者の歩行支援システムに関する研究開発, 映像情報メディア学会誌 (2014).
- [2] 山下晃弘, 松林勝志: 点字ブロック及び障害物の画像認識による視覚障がい者向けナビゲーションシステム, 立石科学技術振興財団 助成研究成果集(第26号), (2017).
- [3] 奥田亮輔. AR Sample. <<https://github.com/ryokuda/ARSample>>.
- [4] Gong et al. Object Detection Based on Improved YOLOv3-tiny [online] : Available at: 2021-12-31. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8996750>.
- [5] 奥田亮輔. 歩行者信号識別装置. 特許第 6737968 号. 2020-02-07.