

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

熊本高等専門学校

白井 達也, 島川 学, 大隈 千春, 清田 公保

九州工業大学

新見 道治

1.1 研究背景

背景 視覚障害者が駅ホームで転落する事故が繰り返し起きている

視覚障害者の駅ホームでの転落事故について

2012～2021年度
視覚障害者の転落事故
677件 [1]

転落事故における
視覚障害者の割合
2.3% [1]

日本の視覚障害者の
人口比
0.246%

転落経験がある
視覚障害者の割合
36% [2,3]

視覚障害を持つ多くの人たちが
駅ホームで危険な状況に遭遇している！

1.2 本研究の目的

転落の原因

- 人や障害物にぶつかって方向を見失った
- 乗車しようとする電車が到着した、と勘違いした
- ホームドアの普及率が11%以下[4]



転落防止のために必要なこと

視覚障害者自身が
周辺の状況を把握し
危険を回避することが重要

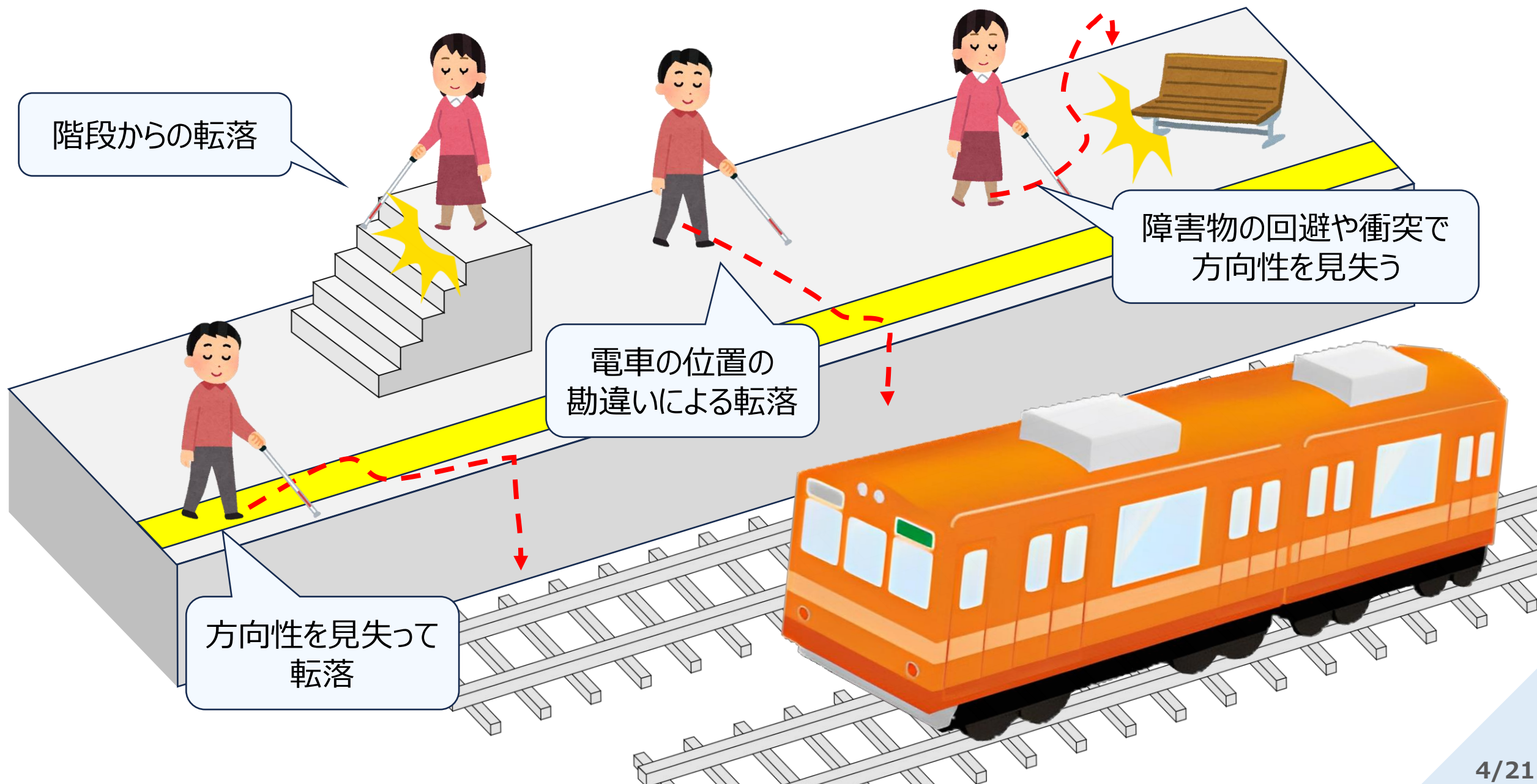
視覚障害者が
周辺の状況を把握することを
手助けする手法が必要



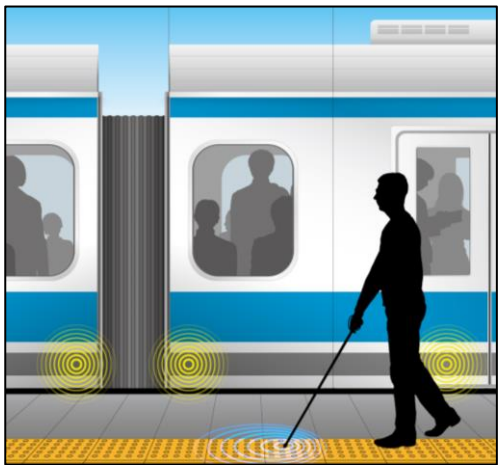
目的

駅ホームにおいて視覚障害者が安全に歩行できるように支援する

駅ホームにおける危険な状況



1.3 既存の研究とその課題



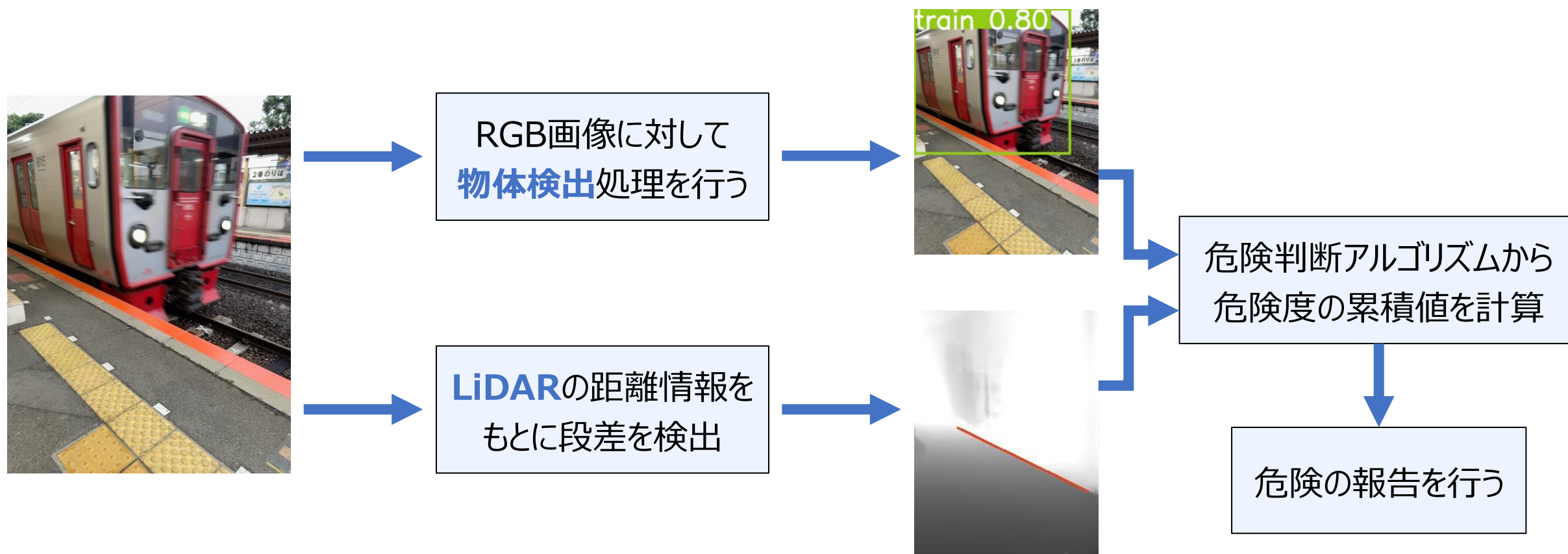
引用元
https://www.kyocera.co.jp/rdopeninnovation/beta-project/poc_va_system.html



引用元: <https://www.mlit.go.jp/common/001519720.pdf>

| | スマート白杖 [5] | 固定カメラでの検知・報告 [4] | QRコード・RFIDによる誘導 [4] |
|---------|------------|------------------|---------------------|
| ホーム端の把握 | ○ | × | ○ |
| 障害物の回避 | △ | × | △ |
| 人との衝突回避 | △ | × | × |
| 設備 | なし | あり | あり |

2.1 本研究での提案手法



利点

- (LiDAR搭載) スマホで完結
- 視覚障害者が自ら危険を認知できる
- LiDARからの距離情報により精度向上



RGB画像に対して
物体検出処理を行う



LiDARの距離情報を
もとに段差を検出



危険判断アル
危険度

危険

2.2 LiDAR

LiDAR

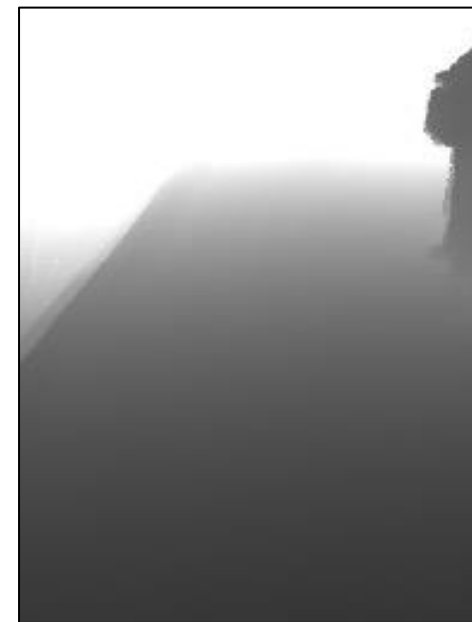
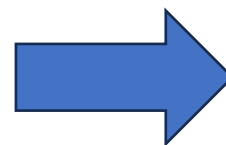
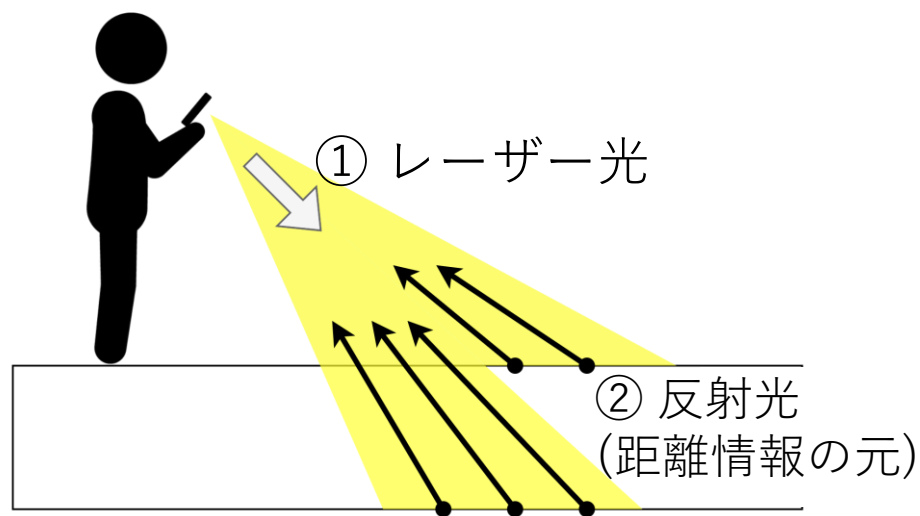


レーザー光によって距離を測定する技術

- ① レーザー光を照射
- ② 反射光を取得
- ③ 照射と反射光の取得時間の差から距離を取得

本研究での役割

- 段差の検出
- 障害物までの距離の取得



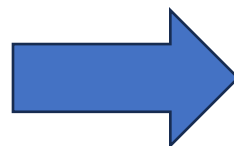
深度画像

2.3 物体検出

物体検出アルゴリズム

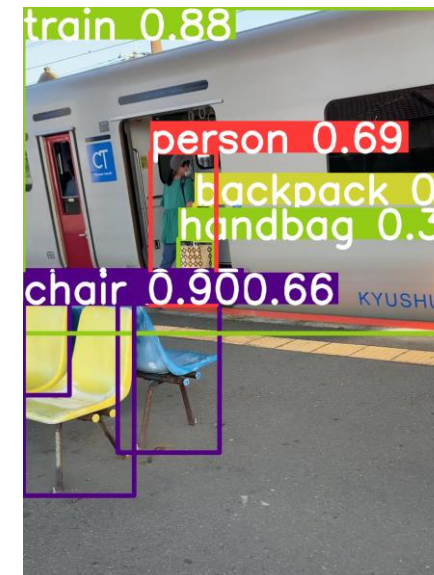
- **YOLO**
- 高速処理
- 複数の物体の同時検出

検出例



本研究での役割

- 障害物の**種類**と**位置**の取得



識別モデル

- YOLOは学習済みモデルを提供している
 - 検出可能な物体が**80種類**
- 線路や点字ブロック、自動販売機などには未対応
 - 追加学習で検出できるように対応させる

検出したい物体

- | | |
|----------|----------|
| • 人 | • ベンチ |
| • 電車 | • スーツケース |
| • 点字ブロック | • その他障害物 |
| • 線路 | |

※青文字は提供モデルで検出可能

4.1 障害物の検出

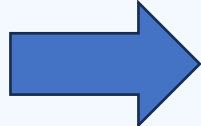
アプローチ

1. RGB画像に対して、物体検出処理を施し、障害物の種類と位置を取得
2. 物体検出による位置情報 と LiDARからの距離情報を組み合わせて障害物までの距離を取得
3. 障害物までの距離と種類から危険の度合いを計算する

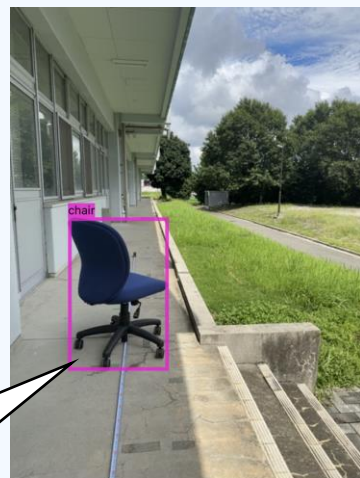


RGB画像

処理



種類
位置

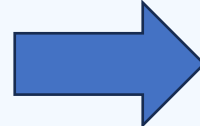


物体検出

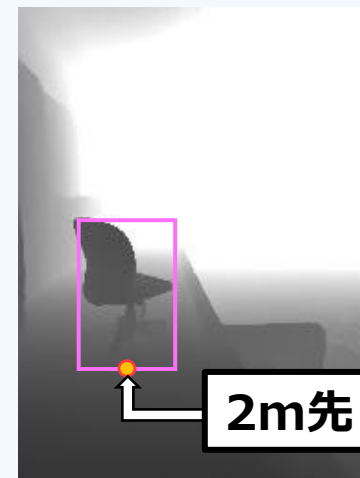


深度画像

危険判断



距離情報
(2m)



4.2 LiDARによる段差検出

アプローチ

1. 段差部分は隣接部分との距離の差が大きい
2. この段差部分は深度画像にするとエッジ処理によって取得することができる
3. ホーム端や階段など直線的に伸びている段差を線分検出によって取得する
4. 段差部分の座標の距離情報から危険の度合いを計算する

段差検出アルゴリズム



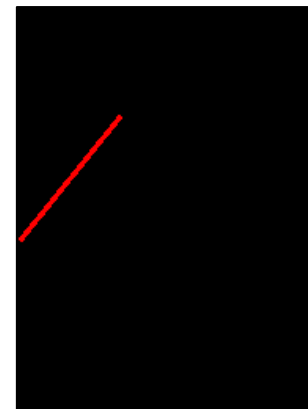
RGB画像



深度画像



エッジ抽出



線分検出



危険判断

5. 危険判断のアルゴリズム

基本

危険物や段差までの距離から判断

問題

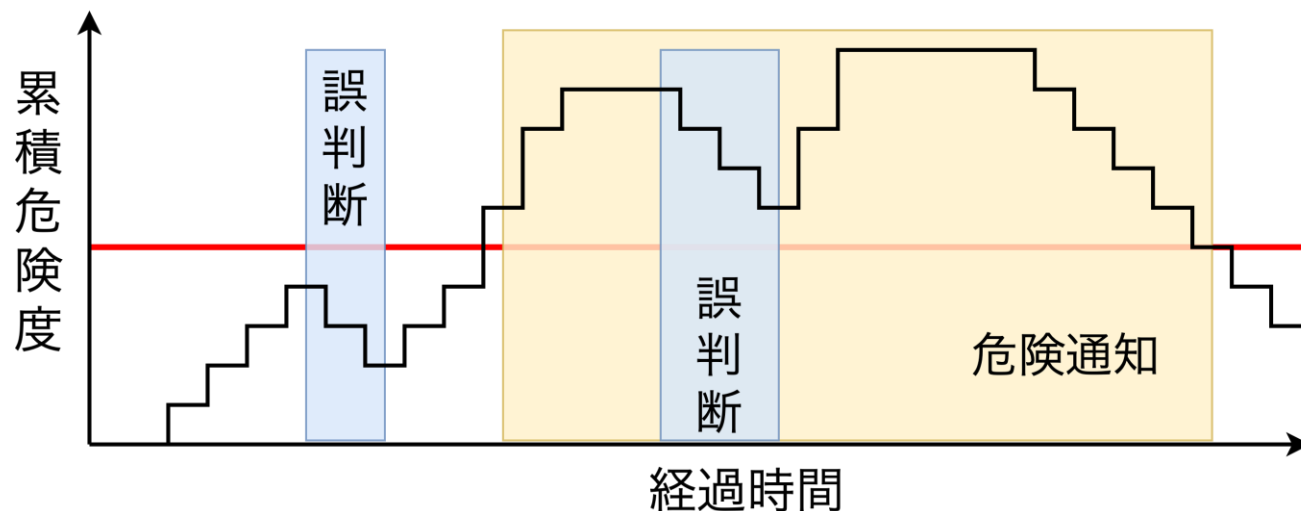
- ・ 歩行者などによる情報の遮蔽
- ・ 誤情報の取得

対策

- ・ 危険度に対して累積値を取り入れる
 - ・ 累積値が一定値を超えると通知を行う
- ⇒ 情報の欠損や誤情報による判断率の低下を防ぐことができる

累積危険度の例

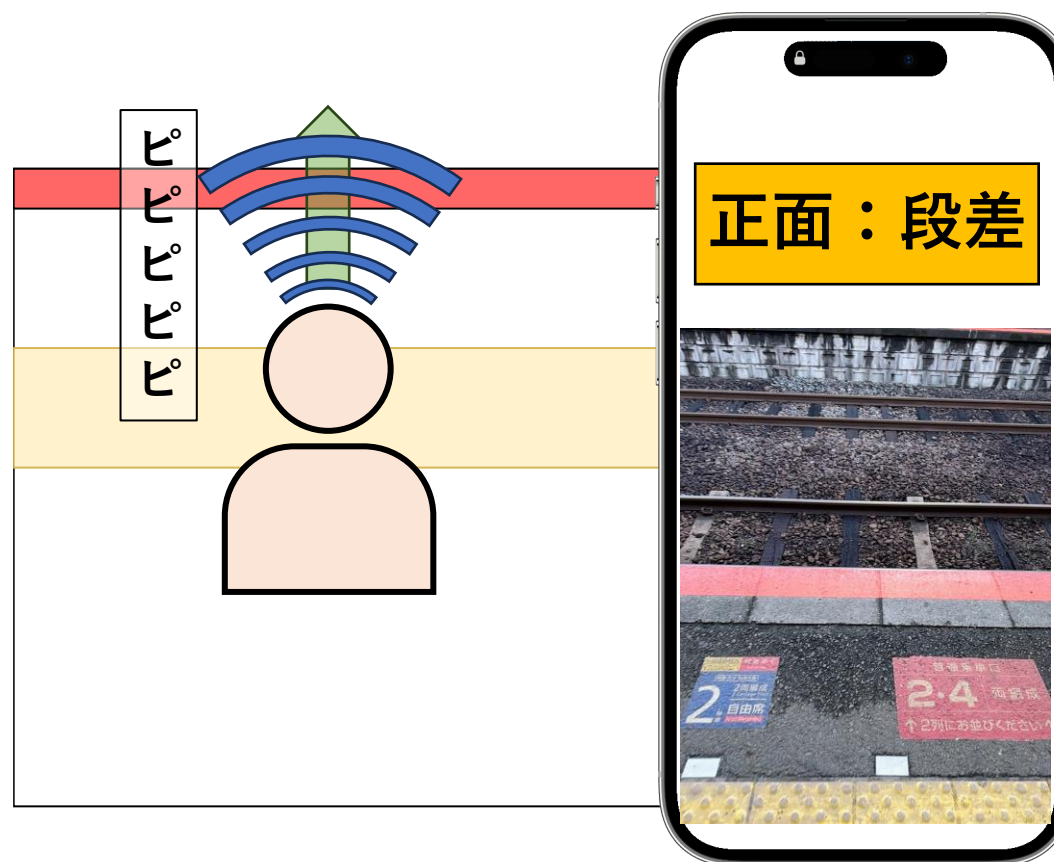
- ・ 危険度が高い場合 ⇒ 累積値 + 2
- ・ 危険度が低い場合 ⇒ 累積値 + 1
- ・ 安全である場合 ⇒ 累積値 - 1



6. 危険の報告方法

要約

- 環境音を聞ける音声出力機器を使う（骨伝導イヤホンなど）
- 危険物の方向： 左右の音の出力によって方向を伝える
- 危険物の距離： 音程や通知の速度で危険度を伝える

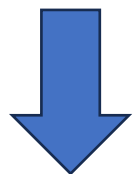


7. iOSアプリ

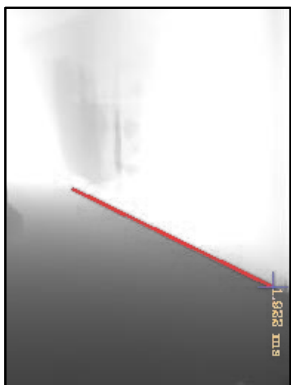
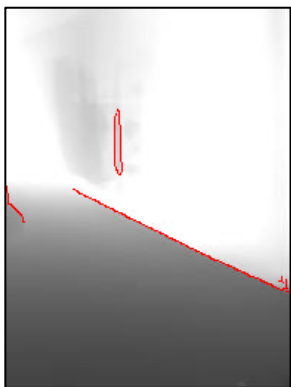
LiDARの距離情報から
深度画像を作成



エッジ検出処理



直線の段差の検出
段差までの最短距離



画像の保存

保存画像の
再処理 & 再表示

処理に関する
値の変更

段差の検出
&
距離取得



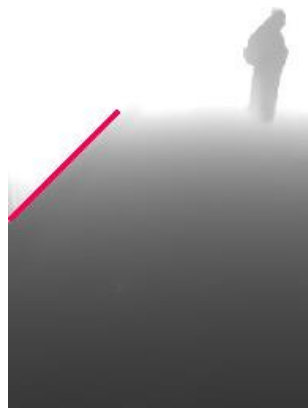
8. 精度検証

OpenCVを使った場合、iOSアプリ(Swift)とPC(Python)で実行結果に違いはなかった
そのため、検証がしやすいPythonで精度検証を行った

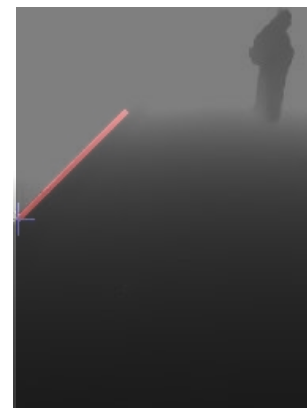
元データ



Pythonでの実行結果

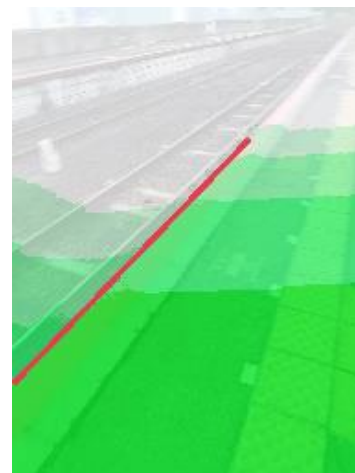


iOSアプリでの実行結果



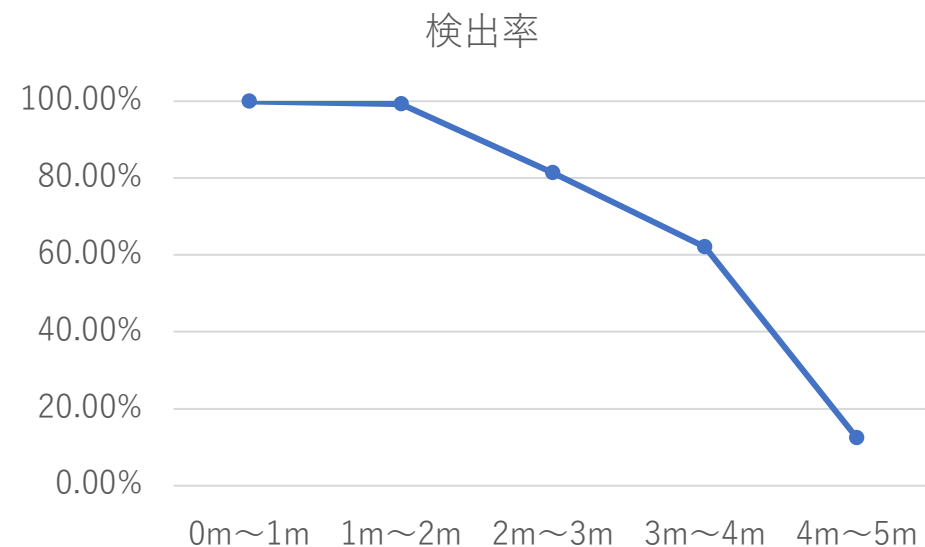
検証手順

- ・ 駅ホームにて利用客が少ない時間帯に10分間(4350枚)撮影
- ・ ホーム端が写った画像をランダムに選び、段差検出処理を実行
- ・ 1m単位の深度画像に検出した段差（直線）を表示
- ・ 段差検出の有無と段差までの最短距離を集計



8. 精度検証

| 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 % |
| 合計 | 1243回 | 257回 | 82.9 % |



結果から分かること

- **全体の検出率が 82.9 %** とかなりの確率で検出ができています
- **距離が離れるほど検出率が悪くなる**
- **3m以下での検出率がすべて 80%を超えている**ため、高確率で危険を事前に伝えられる
- **2m以下では約99%の確率で検出ができています**ため
転落の恐れが高い場合にはほぼ確実に危険を伝えられる

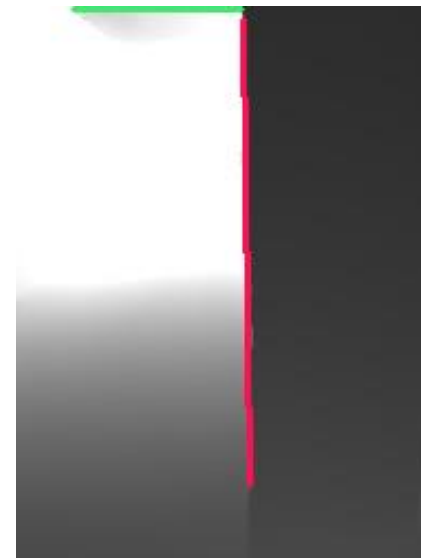
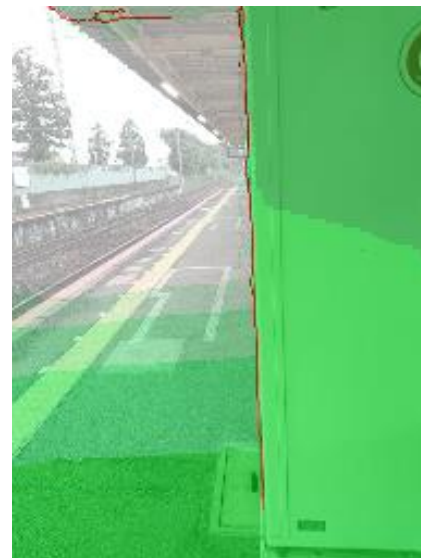
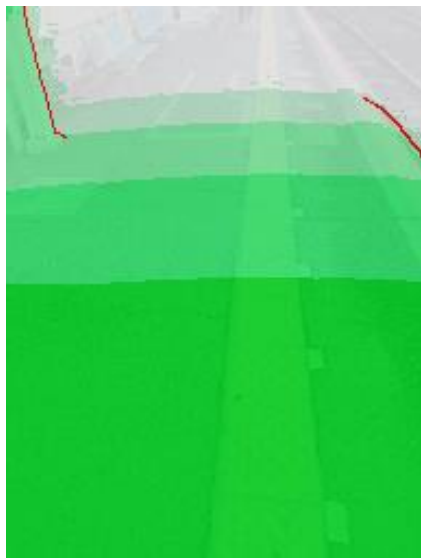
9. 考察

遠距離になると検出率が悪くなる原因

1. 実際の距離は同じでも、遠くに行くほど取得される画像では短くなる
→ 検出する線分が短くなるため、線分として検出されていない
2. 有効距離を超えてしまい、深度画像に段差が写っていない



3m以内であれば80%以上、2m以内であれば99%以上の精度であるため
現在は、この精度悪化は問題ないと判断



10. 問題点と今後の課題

問題点

- 電車がどちらの線路に来ているかを判断するためのアルゴリズムが不確定
 - 勘違いによる転落を防ぐ事ができない
 - 安全性などを考慮
- 障害物による不要な線分が除去できていない
 - 重なった検出線
 - 人の手足
 - 柱や柵
 - 障害物(スーツケースや椅子、自動販売機、ゴミ箱など)

今後の課題

問題点の解決

物体検出

危険判断
アルゴリズム

危険通知

11. まとめ

画像の保存

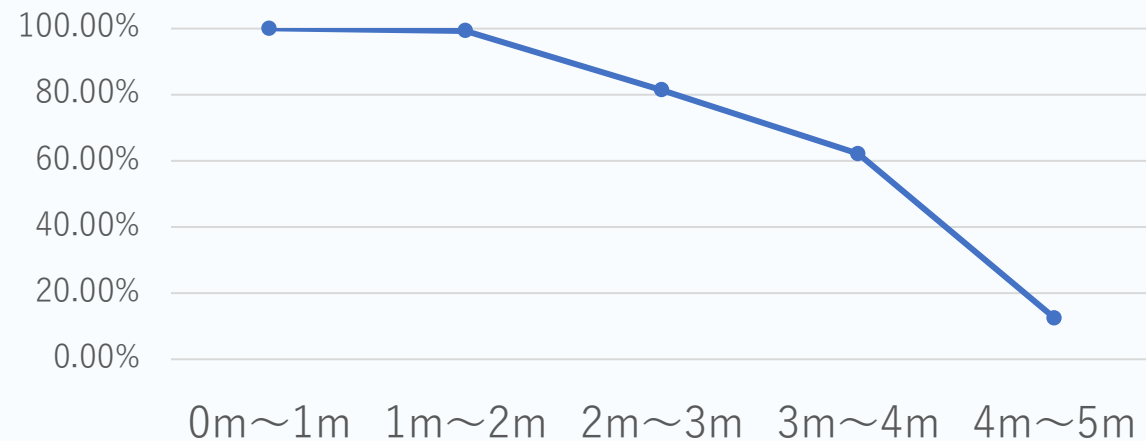
保存画像の
再処理&際表示

処理に関する
値の変更

段差の検出
&
距離取得



検出率



今後の課題

- 物体検出を用いた障害物の検知と距離取得の実装
- 危険判断アルゴリズムと危険通知の実装
- 段差検出の精度向上と誤判断率の低下
- 実際に視覚障害者の方々に使っていただき、改善

12. 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)”
- [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”
- [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”
- [4] 国土交通省鉄道局:
“新技術等を活用した駅ホームにおける視覚障害者の安全対策検討会 第12回検討会”
- [5] 日経クロストrend: “視覚障害者の「白杖」がスマート化 ホーム転落を防ぐ”