

ウェアラブルカメラからの点字ブロックの種別と位置の推定

中村 将太郎[§] 宍戸 英彦[†] 北原 格[†] 亀田 能成[†]

[†] [‡] [§] 筑波大学 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: §ogahara.koki@image.iit.tsukuba.ac.jp, ‡shishido@ccs.tsukuba.ac.jp,

[† {kitahara,kameda}@iit.tsukuba.ac.jp](mailto:†{kitahara,kameda}@iit.tsukuba.ac.jp)

あらまし 視覚障がい者が補助なく訪問経験のない場所を移動することは困難である。主な補助設備として点字ブロックがある。点字ブロックは駅や公共施設での敷設が法律で義務付けられており、多くの視覚障がい者が利用している。しかし、点字ブロックがどこにあるかわからない状況において、点字ブロック上まで移動することは困難である。本研究の目標は画像認識技術をもとにして、点字ブロックがどこにあるかわからない状況においても、視覚障がい者を点字ブロックまで誘導できる方法を確立することである。将来的には自律走行可能なロボットによる検出から点字ブロックを利用したナビゲーションを目指す。その目標のため、本稿では、モバイルデバイスに取り付けたウェアラブルカメラでの点字ブロックの検出と種別、位置の推定をリアルタイムで行う手法を提案する。

キーワード 点字ブロック, ウェアラブルデバイス, Single Shot MultiBox Detector, Mobilenet

1. はじめに

厚生労働省の調査によると日本国内の視覚障がい者は約 31 万人とされている [1]。外出頻度の調査でも、1 週間に 2~3 回以上外出する人は半数以上である [2]。この調査結果から視覚障がい者の外出ニーズは高いことが分かる。

視覚障がい者が補助なく訪問経験のない場所を移動することは困難である。外出時に手助けとなる設備として、公共施設や駅などでは、触地図や手すりなどの点字標示、点字ブロックなどが設置されている。この中でも点字ブロックは法律 [3] により敷設が義務付けられており、視覚障がい者が利用しやすい設備である。点字ブロックがどこにあるかわからない状況において、点字ブロックまで移動することは困難である。この課題を解決するために、視覚障がい者が単独で点字ブロックを見つけ、補助なく点字ブロックまで移動できるような方法の確立が必要である。

本研究の目標は画像認識技術をもとにして、点字ブロックがどこにあるかわからない状況において視覚障がい者を点字ブロックまで誘導できる方法を確立することである。将来的には自律走行可能なロボットによる検出から点字ブロックを利用したナビゲーションを目指す。

本稿では、モバイルデバイスに取り付けたウェアラブルカメラを利用して点字ブロックを検出し、点字ブロックの種別と位置の推定をリアルタイムで行う。モバイルデバイスにはスマートフォンを用いる。人の高さ程度のカメラで点字ブロックを検出することが可能であれば、本研究の目標である、ある程度の高さのあ

る自律走行ロボットにも適用可能である。

2. 関連研究

2.1. 点字ブロックの検出に関する研究

吉田ら [4] の研究では、ロボットに装着した赤外線レーザーとカメラから点字ブロックの凹凸情報を認識し、点字ブロックの種別、位置、点字ブロックの向いている方向を推定している。実験では、屋内の地面に凹凸がなく安定した場所での点字ブロックの検出は可能である。地面に凹凸があり、ロボットの動きが安定していない場合や、屋外の直射日光下では点字ブロックの検出が不可能となる。したがって屋内、屋外での環境の違いに堅牢なナビゲーションシステムとは言えない。

平館ら [5] の研究では、点字ブロックの色の特徴を検出し、点字ブロックが敷設している領域の推定を行っている。点字ブロックは弱視の方向けにも認識しやすいように点字ブロックは明るい黄色である。そのような点字ブロックでの検出は精度良く検出できている。屋外の風化した点字ブロックは色あせており地面の色と似ているような点字ブロックも存在する。そのような場合には検出できない場合があると考えられる。

2.2. 誘導に応用可能な自律走行ロボット

一定の範囲において自律走行可能なロボットが視覚障がい者を先導し、近くの点字ブロック上までナビゲーションをするロボットの開発が最終目標の 1 つである。

そこで地面からの高さがある程度あり、応用可能な

ロボットとして、すでに開発されているロボットが存在する。多機能警備ロボットとしての開発された「警備ロボット SS01」[6]は超音波センサーや3次元レーザーセンサー、カメラなどを搭載している。そのセンサー情報やカメラからのデータを駆使して、自律走行や顔認識が可能である。このロボットは警備だけでなく、大規模なショッピングセンターや工場でも運用されている。

NEC ネットアイ株式会社が開発した自律走行型案内ロボット「SAIL」[7]は業務の効率化と顧客体験の向上を兼ね備えたロボットである。タッチスクリーンや大画面でのコンテンツ再生、指定場所への誘導が可能である。これらの、ある程度高さがある、自律走行可能なロボットを応用することで、点字ブロック上で視覚障がい者を先導して誘導することは実現可能であると考えられる。



(左) 警備ロボット SS01[6] (右) SAIL [7]

3. 研究目的

本稿の目的は、モバイルデバイスに取り付けたウェアラブルカメラを用いて、点字ブロックの検出と種別、位置の推定をリアルタイムで行うことである。ウェアラブルデバイスとしてはスマートフォンを用いる。

本稿では、屋内の比較的黄色の特徴が顕著な点字ブロック、屋外の色あせた点字ブロックであっても頑健な検出ができるように深層学習による点字ブロックの検出を行う。

検出するクラスについては、3種類のクラスでアノテーションを行う。JIS規格により点字ブロックには誘導ブロックと警告ブロックの2種類の点字ブロックが定義されている[8]。この2つの点字ブロックを別々のクラスに分けてアノテーションを行う。図1に誘導ブロックと警告ブロックを示す。アノテーションをする際に、撮影者から遠方に設置されている点字ブロックで、突起の特徴が見えない点字ブロックに関しても、上記2クラスとは分けて不鮮明ブロックとしてアノテーションを行う。

深層学習のアルゴリズムには物体検出モデルの一つであるSSD(Single Shot MultiBox Detector)[9]を用いる。SSDは高速な物体検出が可能である。ウェアラブルデバイス内で物体検出を行うためには軽量のネット

ワークの構成が必要である。そのために、SSDのネットワークとしてMobilenet[10]を組み込み、処理の高速化を図る。



図1.点字ブロックの種別
(左)誘導ブロック(右)警告ブロック

4. 学習と検出結果

4.1. データセットの作成

データセットはGoogle street viewの日本の駅構内の屋内の点字ブロック画像と、独自にスマートフォンで撮影した屋外の点字ブロック画像を用意した。屋内の点字ブロック画像が874枚、屋外の点字ブロック画像が511枚で、総数は1385枚である。このうち20%を検証用に用いる。サンプル数は、誘導ブロックが7831サンプル、警告ブロックが1220サンプル、不鮮明ブロックが1490サンプルである。アノテーションでは、矩形のバウンディングボックスを点字ブロックが並ぶ方向に細かく区切る。各クラスのサンプルとアノテーションの一例を図2に示す。この時黄色の外接矩形が誘導ブロック、緑が警告ブロック、青が不鮮明ブロックである。

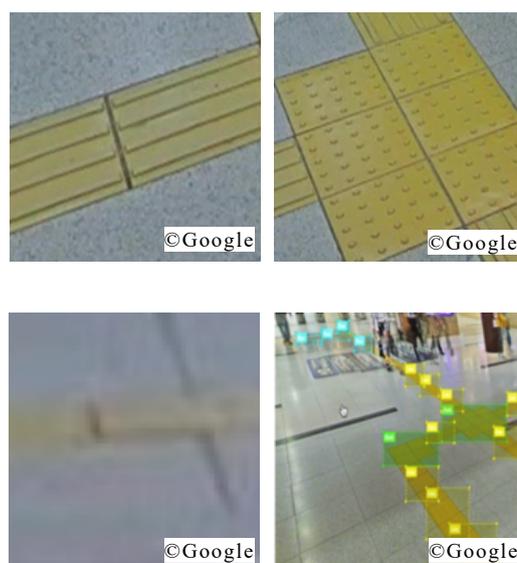


図2. 各クラスのサンプルとアノテーションの例
(左上)誘導ブロック (右上)警告ブロック
(左下)不鮮明ブロック (右下)アノテーションの例

4.2. 学習

SSD-Mobilenet による学習[9][10]について説明する。学習による損失を図3に示す。学習による損失は、14kステップにおいて約 0.39 でほぼ一定となったので学習を停止した。また IOU(Intersection Over Union)の閾値が 0.5 の時の mAP(mean Average Precision)の推移を図4に示す。最終的な mAP は約 0.38 である。

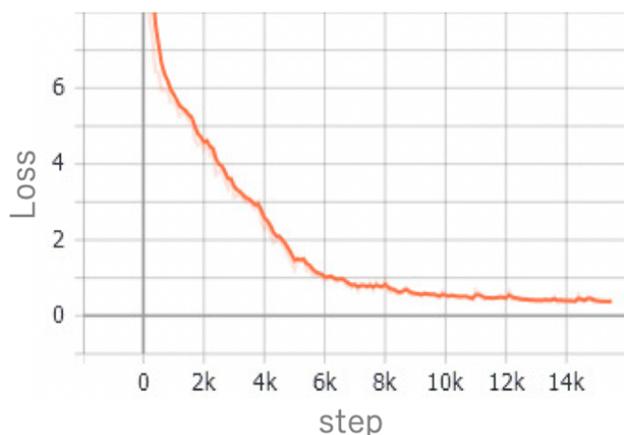


図 3.学習による損失

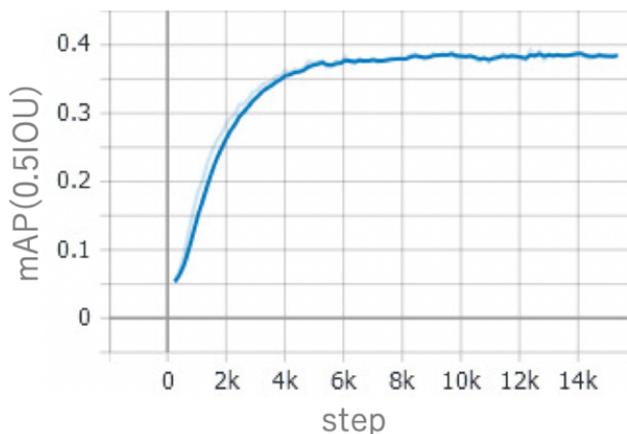


図 4.mAP(0.5IOU)

4.3. 検出結果

学習で作成されたウェイトファイルを Tensorflow iOS 用のウェイトファイルに変換し、点字ブロックの検出アプリを作成する。アプリを iPhone8(iOS:13.1.3, CPU:Apple A11 Bionic)に実装し動作させた。屋内の比較的黄色の特徴が顕著な点字ブロックと屋外の風化により色あせた点字ブロックの検出結果を図5に示す。検出結果より、屋外の色あせた点字ブロックでも検出が成功していることが確認できる。

警告ブロックと不鮮明ブロックは検出率が誘導ブロックに比べ比較的悪い結果となった。原因としてデータセット内のサンプル数として警告ブロック、不鮮明

ブロックが少ないことが挙げられる。不鮮明ブロックはデータ数が用意しづらいため、今後データ数を増やす必要がある。

タイル模様のもや帯状の直線などは誤検出してしまうことが見られた。誤検出の例を図6に示す。タイル模様に対して誤検出してしまう理由としては、矩形でアノテーションを行う際に点字ブロック以外の背景領域が多く含まれるためだと考えられる。

撮影者から点字ブロックの距離による検出結果の違いも検証する。図7に点字ブロックからの距離による検出結果の違いを示す。大学構内付近で撮影者から点字ブロックまでの距離が 3m~9m までの距離を測定し、検出を行った。距離の近い点字ブロックは検出できていることが確認できる。距離が遠くなると検出できない事例が増える。

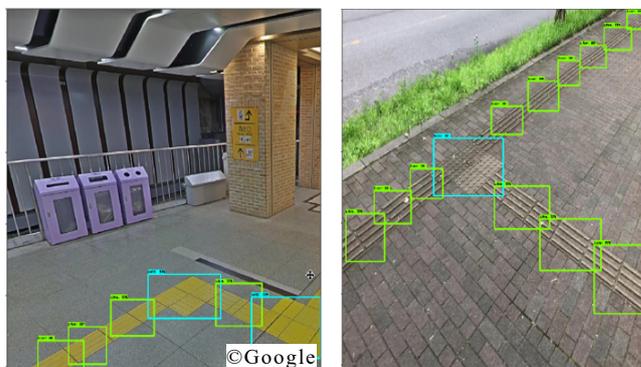


図 5.屋内、屋外での点字ブロック検出結果
(左)屋内 (右)屋外



図 6.誤検出の例

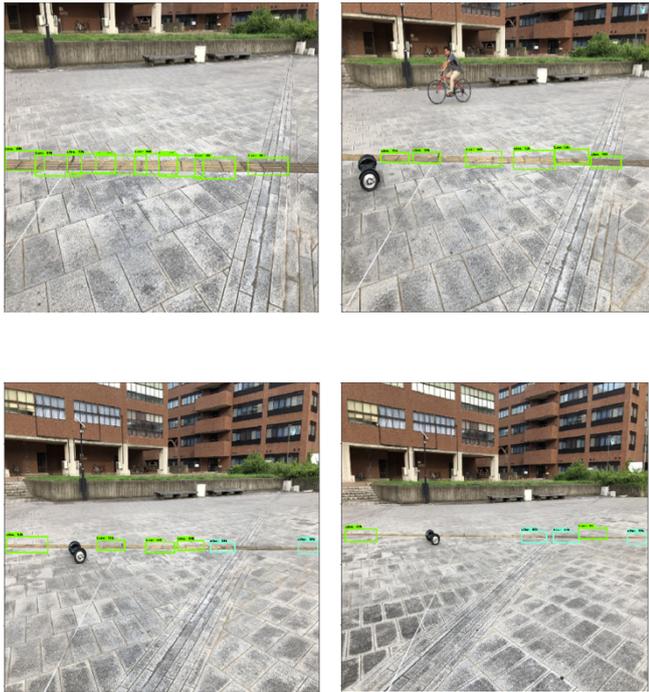


図 7.距離による検出の違い
(左上)3m (右上)5m (左下)7m (右下)9m

4.4. 点字ブロックが並ぶ方向の推定

検出結果から点字ブロックが並ぶ方向を推定する。まず、検出された外接矩形の重心を求める。その重心に対して回帰直線を引くことで、点字ブロックが並ぶ方向を推定する。推定結果を図 8 に示す。この手法では点字ブロックが分岐している場合やカーブしている場合、誤検出が多くなってしまふ場合には直線による推定できない。今後、回帰直線への残差を考慮した直線の検定を考えている。

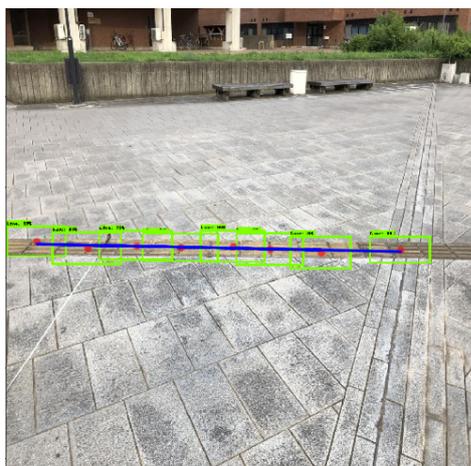


図 8.点字ブロックの方向推定の結果

5. おわりに

本稿では、モバイルデバイスに取り付けたウェアラブルカメラを用いて、点字ブロックの検出と、種別、位置の推定をリアルタイムで行う手法を提案した。

深層学習による点字ブロック検出アプリを作成し、検出結果を検証した。ウェアラブルデバイスで処理の高速化を図るために SSD に Mobilenet を組み込み、軽量化を行なった。検出結果では、屋内の比較的黄色の特徴が顕著な点字ブロック、屋外の色あせた点字ブロックであっても検出できる事が確認できた。

5m 程度の距離までは屋外の色あせてしまっている点字ブロックでも検出可能であった。点字ブロックが並ぶ方向の推定では、点字ブロックが直線に並ぶ場合は方向の推定が可能である。今後はさらにデータセットを増やし、誤検出や未検出をなくす必要がある。

謝 辞

本研究の一部は科研費 (17H01773, 18H03480) の助成を受けて行われた。

文 献

- [1] 厚生労働省, “平成 18 年身体障害児・者実態調査結果”, 2008.
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/index.html>(閲覧日 2019.10.1)
- [2] 社会福祉法人日本盲人連合会, “視覚障害者の外出時の安全を総合的に保障するシステムを確立するための研究事業-報告書-”, 2013.
- [3] “高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律”, 2006.6.21 施行
- [4] 吉田智章, 大矢晃久, 油田信一, “点字ブロックを利用した自律移動ロボットの屋外ナビゲーション”, 日本ロボット学会誌, vol.22, no.4, pp.469-477, 2004.
- [5] 平舘俊樹, 加藤誠巳, “画像処理を用いた点字ブロック検出による視覚障害者用歩行支援システム”, 情報処理学会第 70 回全国大会, pp.263-264, 2008.
- [6] NEC ネットアイ ホームページ
“自律走行型案内ロボット「YUNJI SAIL」活用サービス”
<https://www.nesic.co.jp>(閲覧日 2019.10.1)
- [7] 株式会社 正興電機製作所 ホームページ
<https://www.seiko-denki.co.jp>(閲覧日 2019,10,1)
- [8] JISC 日本産業標準調査会 規格番号: JIST9251 “高齢者・障害者配慮設計指針—視覚障害者誘導用ブロック等の突起の形状・寸法及びその配列”, 2001
- [9] Wei Liu et al., “SSD: Single shot multibox detector”, in Proc. ECCV, Amsterdam, The Netherlands, pp. 21–37, 2016.
- [10] Mark Sandler, Andrew Howard, Menglong Zhu, Andrey Zhmoginov, Liang-Chieh Chen, “MobilenetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks”, arXiv:1801.04381, 2018.