

視覚障害者行動支援のための画像輝度勾配ヒストグラムに基づく点字ブロック分類

山内 隆正¹ 森本 正志¹

概要：日本における視覚障害者は平成 28 年度調べで約 33 万人にのぼり、障害者における生活の質 (QoL) 向上に向けた各種取り組みの重要性が増している。視覚障害者の行動範囲を晴眼者と同様に広げるためには、安心・安全に路上を歩行し公共交通機関を利用するための行動支援が必要である。我々は視覚障害者の行動全般を支援するため、視覚障害者の周囲映像情報を用いた状況判断技術に関する研究を進めており、本稿ではその最も基本的な手がかりとなる点字ブロック種類の分類に関する提案を行う。提案手法は異なる 2 種類の点字ブロックである誘導/警告ブロックの形状特徴に着目し、エッジ画像から輝度勾配ヒストグラムを作成し、SVM を用いた機械学習により点字ブロック分類を行う。誘導/警告ブロック画像データセットに対する交差検定および分類正答率評価を行い、提案手法の有効性及び課題を明らかにした。

Classification of Textured Paving Blocks by Image Gradient Histogram for Visually Impaired People Assistance

TAKAMASA YAMAUCHI¹ MASASHI MORIMOTO¹

1. はじめに

日本における視覚障害者は、厚生労働省が記した厚生統計要覧に掲載されている身体障害者手帳交付台帳登載数によると、平成 28 年度で約 33 万人にのぼる [1]。平成 25 年 12 月の「障害者の権利に関する条約」国会批准を受け、障害者における生活の質 (QoL) 向上に向けた各種取り組みの重要性が増している、QoL 向上の一つとして、視覚障害者の行動範囲を晴眼者と同様に広げるためには、安心・安全に路上を歩行し公共交通機関を利用できる必要がある。しかし、例えば歩行の手がかりとなる視覚障害者用誘導用ブロック (いわゆる点字ブロック) の上に障害物が置かれているような状況は、街中や屋内でもよく見かける光景である (図 1)。また、階段や駅のホームからの転落などといった重大な事故も時折発生しており [2]、解決すべき課題は多岐にわたると考えられる。本研究はこのような課題を解決し、視覚障害者の安心・安全な行動を支援するためのデバイスおよび手法の開発を目指すものである。



図 1 誘導ブロック上に障害物がある様子

視覚障害者行動支援のための研究としては、動作そのもののサポートから状況判断やそのためのセンシングなど、さまざまな研究がある。我々は視覚情報を補うことのできる映像情報を用い、映像センシングおよび映像認識を用いた状況判断技術に関する研究を行っている。映像センシングに関しては、近年の転落事故などを受け、多くの公共施設で監視カメラなどによる安全確認が行われるようになってきている。しかしそれらは限定された場所であることから、

¹ 愛知工業大学大学院 経営情報科学研究科
Aichi Institute of Technology

視覚障害者（以下対象者）の行動全般において利用できるわけではない。そこで我々は、限定された場所だけでなく対象者の行動全般を支援するため、半球カメラを用いた映像認識・情報提供システムの検討を行い、対象者が検知すべき点字ブロック・人物・障害物・階段などの対象物認識手法開発を進めてきた [3][4]。対象者は、留意すべき障害物や危険箇所が存在する方向に自律的にカメラを向けることは困難であると考えられる。そこでこれらの研究では、映像センシング手段として視野角の広い半球カメラを用いることで、対象者が自律的にカメラを向ける必要なく周囲の情報を取得可能とすることを狙っている。

今後、検知された個々の対象物配置に基づき、対象者が置かれている状況を分析し、適切な情報提供につなげるための状況判断手法を開発する必要がある。このための最も基本的な手がかりは、点字ブロックの種類である。Lab 色空間変換および閾値処理による点字ブロック領域抽出が有効であることが判明しているが [3]、抽出された点字ブロックが平行した線が突起状で移動の方向を示す線状誘導ブロック（図 2）であるのか、格子状の点が突起状で注意喚起・警告を促す点状警告ブロック（図 3）であるのか、その種類までは分類していない。そこで本研究では、点字ブロック分類手法の検討を行う。これにより、点字ブロック位置と種類に応じた状況分析・判断（例えば歩行誘導／危険警告）を可能とすることを目指す。

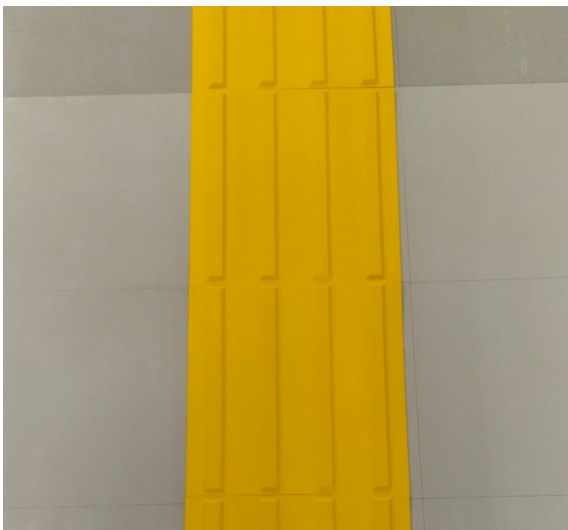


図 2 線状誘導ブロック

2. 関連研究

視覚障害者の行動支援に関する研究として、古くは坂本らのデジタルスチルカメラと携帯電話を用いた視覚障害者支援システムの検討 [5] が挙げられる。この研究では、カメラから得た静止画像を遠隔地にいる支援者に転送し、携

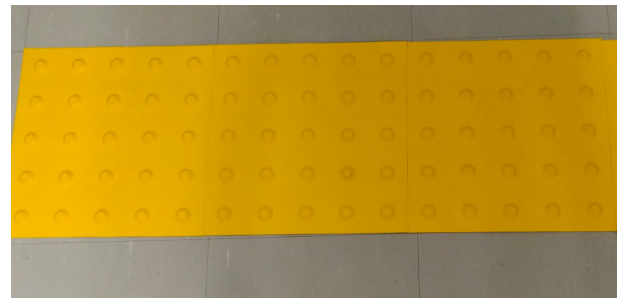


図 3 点状警告ブロック

帯電話による会話によって支援をうけるというシステムを提案している。これに対して本研究では、デバイスによって周囲に存在する障害物等の情報を認識し、状況の判断を行うことによって、自動的に対象者の行動支援を行うことを目指す。

また、蔵田らの視覚障害者歩行支援システム [6] 研究では、ユーザの前方路面の凹凸の計測と、点字ディスプレイを触覚ディスプレイとして用いた凹凸の提示を組み合わせた障害物検知機能を使用デバイスに実装している。前方路面の計測には、外径凹凸検出器である LRF を用いており、障害物によって遮断される影の大きさの変化を検出する。この研究では前方方向のみの計測を行っているが、本研究では、半球カメラなどを活用した映像センシングにより、対象者周囲も含めた映像認識・情報提供システムの完成を目指す。

また、藤林らのモバイル PC と Arduino を用いた視覚障害者歩行支援システム [7] では、深度カメラから得た画像を 5×5 の区画に分離して区画ごとに障害物との距離を評価し、最も安全とする列の方向を音で知らせる手法をとっている。Arduino と 9 軸センサモジュールを用いており利用者が動いているときだけ音を鳴らすことで不要な報知音を減らし使いやすくなるよう工夫されている。この研究では、深度カメラの死角を赤外センサで補っているが、本研究では前述の通り半球カメラなどを活用することで死角に対処する。また、アラート提示手法に関しては今後の研究課題である。

岩村らの全方位カメラと認識技術を用いた視覚障害者支援システム [8] では、全天球カメラを頭部に設置することでユーザの周囲 360 度の撮影を可能としており、360 度 45 度ずつ 8 回に分けて物体検出を行っている。物体検出にはディープラーニングを用いた手法である Mobile-Net-SSD を用いている。本研究は、現時点では物体種別の検出には重きを置かず、対象者の安全・安心な歩行を阻害する障害物・危険箇所という観点から検出すべき対象物を決め、その有無に応じた状況分析・判断を行うことを目標としている。

行動支援研究とは異なるが、イスラエルのベンチャー企業 OrCam Technologies（オーカムテクノロジーズ）が開

発した、視覚障害者向けに画像認識技術を活用した新しいデバイス「OrCam My eye」[9]がある。これは手持ちのメガネの柄の部分にデバイスを装着し、読みたいテキストを指でさし示すと、デバイスがその画像を瞬時に読み取り、音声で読み上げるというものである。このように視覚障害者の生活を豊かにするためのデバイスが実際の商品として世に出始めている。

3. 提案手法

本章では提案手法の概要を説明する。本手法は、点字ブロックの分類を行うための手がかりとして、誘導／警告ブロックの形状特徴に着目した。各点字ブロックの形状特徴として、誘導ブロックは図2のように線状の、警告ブロックは図3のように点状の突起物で構成されている。抽出された点字ブロック領域の輝度画像に対してエッジ抽出を行った場合、原画像が半球カメラなどで撮影されることにより幾何的な歪みを含んでいるとしても、大局的にみればエッジ方向のヒストグラムにはそれぞれ異なる特徴が出ると考えられる。そこで、点字ブロック領域のエッジ画像から得られる輝度勾配ヒストグラムを特徴ベクトルとし、その特徴ベクトルを用いて機械学習により誘導／警告ブロックを2分類する手法を提案する。

分類フェーズにおける処理の流れを図4に示す。以下、各処理について説明する。

3.1 点字ブロック領域抽出

まず入力 RGB 画像に対して Lab 色空間変換を行い、a チャンネルに対して閾値処理により点字ブロック領域の抽出を行う [3]。次に抽出された a チャンネル輝度画像に対し、抽出された極小領域や領域内の穴などのノイズ除去するため膨張収縮処理を行い、マスク画像とする。このマスク画像を用いて、入力 RGB 画像から点字ブロック領域の RGB 画像を抽出する。次に輝度ヒストグラム平坦化を行い、画像のコントラストを高めて特徴を取り出しやすくする。図6は図5に対して、点字ブロック領域の抽出を行った結果画像である。

3.2 エッジ抽出およびエッジ方向算出

点字ブロック領域におけるエッジ検出は Canny 法を用いて行い (図7)、その後それぞれのエッジ点におけるエッジ方向 (輝度勾配方向) を求める。各エッジ点におけるエッジ方向は、Sobel オペレータを用いて x 方向と y 方向の輝度一次微分値を求める。それらをベクトルとみなし、直交・極座標変換を行うことで各エッジ点の輝度勾配方向を求める。

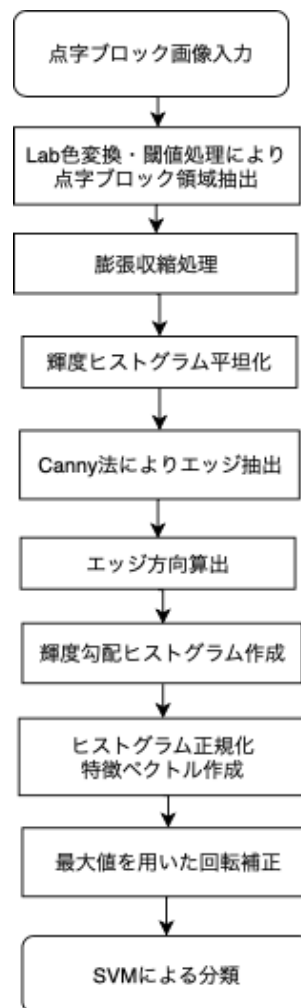


図4 処理の流れ



図5 入力画像例 (誘導ブロック)

3.3 輝度勾配ヒストグラムによる特徴ベクトル作成

各エッジ点の輝度勾配方向を用いて輝度勾配ヒストグラムを作成する。図5の誘導ブロックに対する輝度勾配ヒス

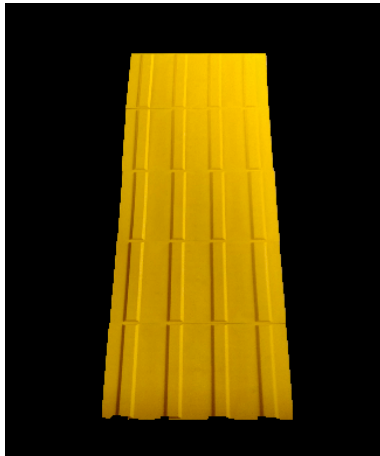


図 6 ブロック領域抽出結果

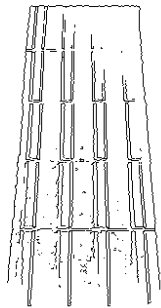


図 7 エッジ抽出結果

トグラム算出結果を図 8 に、図 9 の警告ブロックに対する算出結果を図 10 に示す。総エッジ点数を用いてこのヒストグラムを正規化し、そのビン数をベクトル長とする特徴ベクトルとみなす。この特徴ベクトルは、誘導ブロックであれば線状突起物の直交方向（およびその反対方向）で大きな要素値を持ち、警告ブロックではそのようなことがないと推測される。

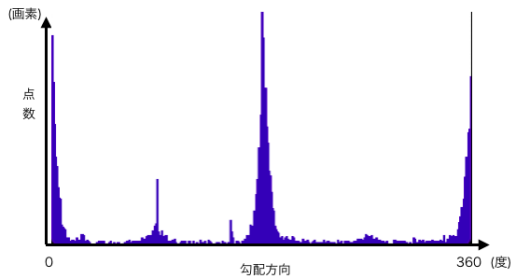


図 8 図 5 に対する輝度勾配ヒストグラムの例

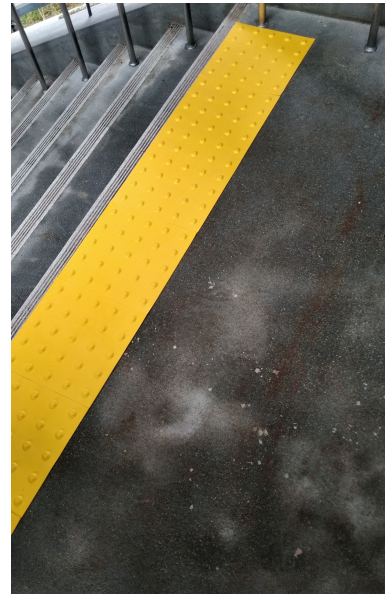


図 9 異なる入力画像例（警告ブロック）

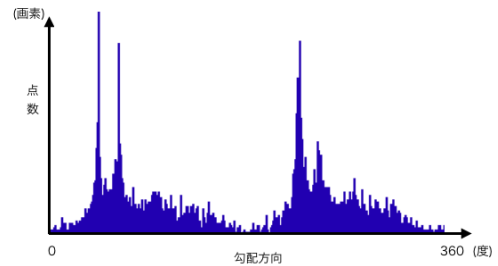


図 10 図 9 に対する輝度勾配ヒストグラムの例

3.4 回転補正

作成された特徴ベクトルでは、誘導ブロックの配置される向きにより大きな値を持つベクトル要素が変化すると考えられる。例えば、正面から撮影し誘導ブロックが水平垂直方向を向いているものと、そうでないものに関しては算出されるベクトル要素に違いが出てくる。そこで、特徴ベクトルに対する回転補正処理を追加する。具体的には、図 11 のように、輝度勾配ヒストグラムの中で投票数が最大となる勾配方向（特徴ベクトルにおける最大値要素）を基準として、その位置を先頭ベクトル要素とする回転シフト演算を行う。実際に図 11 で表されている特徴ベクトルに回転補正処理を行った後のヒストグラムが図 12 である。

3.5 機械学習による分類

次に、この特徴ベクトルを用いて機械学習により点字ブロック分類を行う。具体的には、SVM (support vector machine) を用いる。

SVM は、パターン分類や回帰問題に対して用いられる機械学習手法の一つである。SVM ではマージン最大化を用いることで分離境界を求める。例えば、ある特徴量空間にあるデータ群を分離する境界があるとき、その境界と各

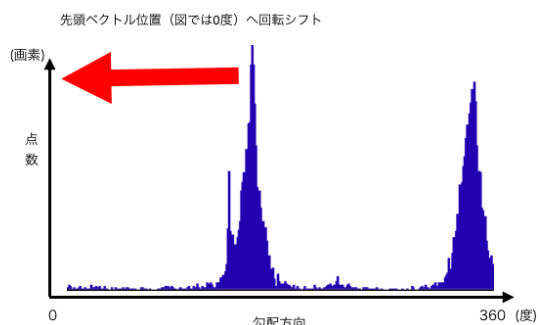


図 11 回転補正処理のイメージ

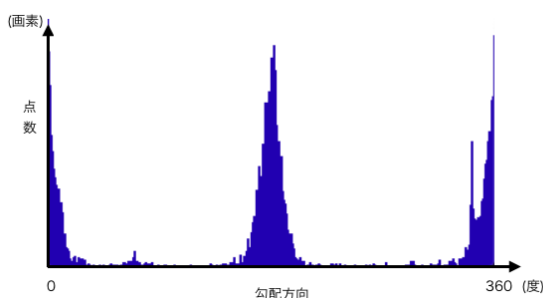


図 12 回転補正処理後のヒストグラム

データとの距離がマージンである。このとき、境界との距離が近いデータがサポートベクトルであり、そのマージンが最大となる境界を求めることで、高精度な分類を行う。3.3 もしくは 3.4 で得られた分類クラス既知の特徴ベクトルを教師データとして学習を行い、分類器を作成する。そして分類クラス未知の特徴ベクトルを入力として、点字ブロック分類を行う。

4. 評価実験

本章では、提案手法を用いた点字ブロック分類の評価実験に関して述べる。

評価実験で用いる画像は、スマートフォン (ZenFone 5Q) および半球カメラ (Kodak 社 PIXPRO SP360) を用いて撮影した。対象となる点字ブロックは、実際の駅に設置されているものや、大学構内に点字ブロックを敷設して作成した擬似環境などである。

評価実験は、撮影した画像群から選択した教師用データセットを用いた交差検定、および教師用データセットを用いて学習した分類器を異なる評価用データセットに対して適用した実験の 2 種類である。ヒストグラムビン数 (特徴ベクトル長) は 360、SVM カーネルは HIK を用いた。

4.1 交差検定

誘導／警告ブロック各 490 枚計 980 枚からなる教師用データセットを用いた 5 分割交差検定を行った。結果を表 1 に記す。検定結果は、回転補正処理なしで平均エラー率

4.87%、回転補正処理ありで 4.16%であった。概ね良い結果が得られていると考えられる。また、交差検定では回転補正処理の有効性は確認できなかった。

表 1 交差検定結果 (エラー率 (%))

	1	2	3	4	5	平均
回転補正なし	1.02	3.56	10.15	4.57	5.08	4.87
回転補正あり	1.02	3.04	3.55	6.60	6.60	4.16

4.2 評価用データセット実験

評価用データセット実験では、交差検定で用いた教師用データセット全てで学習を行い、分類器を作成した。その分類器を用いて、教師用データセットとは異なる誘導／警告ブロック各 25 枚計 50 枚の評価用データセットに対する性能評価を行った。正答率は、回転補正処理なしで 84.0%、回転補正処理ありで 94.0%となった。図 13 および図 14 は分類に成功した点字ブロックの例であり、図 15 および図 16 はそのエッジ画像、図 17 および図 18 は輝度勾配ヒストグラムである。図 17 および 18 を見ると、ヒストグラムに違いが出ていると言える。



図 13 成功例：入力画像 (誘導ブロック)



図 14 成功例：入力画像 (警告ブロック)

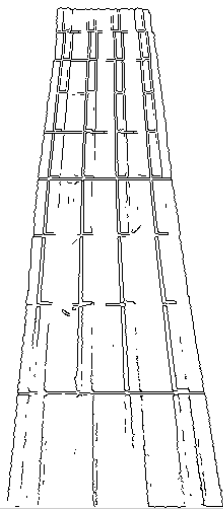


図 15 成功例：エッジ画像 (誘導ブロック)



図 16 成功例：エッジ画像 (警告ブロック)

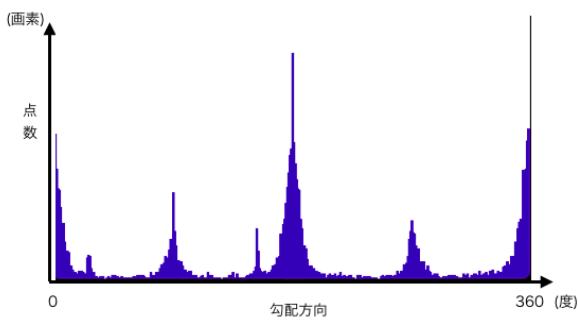


図 17 成功例：輝度勾配ヒストグラム (誘導ブロック)

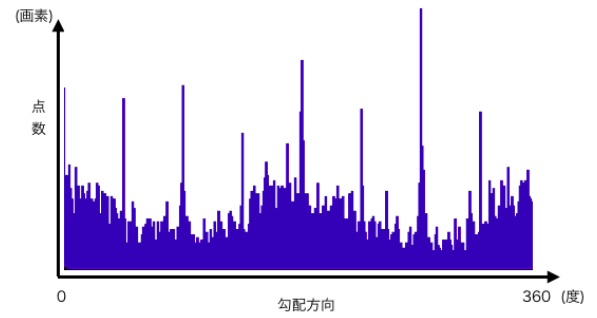


図 18 成功例：輝度勾配ヒストグラム (警告ブロック)

回転補正処理の有効性を示した画像例を図 19 に示す。図 19 の誘導ブロックは水平垂直方向を向いておらず、回転補正処理を入れない場合には警告ブロックと誤分類された。一方、回転補正処理を入れることで、正しく誘導ブロックと修正された。他にもこのような例が見受けられることから、回転補正処理の有効性も確認することができたと考えられる。



図 19 回転補正処理によって推定に成功した入力画像の例

一方、環境光の影響や撮影状況により点字ブロック領域抽出に失敗する場合や、点字ブロック内の突起物に対するエッジ抽出がうまくいっていない場合などでは分類に失敗している(図 20, 21).



図 20 失敗例：入力画像

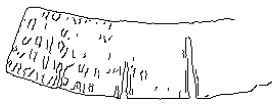


図 21 失敗例：エッジ画像

5. まとめ

本研究では、視覚障害者の行動支援を可能とするデバイス研究における、ウェアラブルカメラからの点字ブロック分類手法を提案し、評価実験によりその有効性を示した。今後の課題として、誤分類や点字ブロック以外への対処手法の検討、他対象物認識結果を含めた状況分析・判断手法の開発、情報提供手段や装着デバイスの検討などが挙げられる。

参考文献

- [1] 厚生労働省, 厚生統計要覧, 第3編, 第3章障害者福祉, 第3-26表 身体障害者手帳交付台帳登載数, 障害の種類×年度別, https://www.mhlw.go.jp/toukei/youran/indexyk_3_3.html (2019-5-3 時点)
- [2] 阪急京都線:視覚障害者の転落事故 各地で後絶たず- 毎日新聞, <https://mainichi.jp/articles/20171218/k00/00e/040/194000c> (2018-1-27 時点)
- [3] 山内 隆正, 鈴木杏奈, 森本正志: 半球カメラを用いた視覚障害者歩行支援システムの検討, 第21回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2018), PS3-42(2018).
- [4] 川口颯斗, 上久保翔太, 森本正志: 色および深度情報を用いた視覚障がい者歩行支援手法の検討, 電子情報通信学会

東海支部 平成30年度卒業研究発表会, Po-26(2019).

- [5] 坂本夏樹, 合志和洋, 田所嘉昭, デジタルスチルカメラと携帯電話を用いた視覚障害者支援システムの検討, 映像情報メディア学会誌, Vol.51, No.11, pp.116-124 (1997)
- [6] 蔵田武志, 興梠正克, 石川智也, 亀田能成, 青木恭太, 石川准. 視覚障害者歩行支援システム 測位と障害物検知に関する予備評価, 信学技報, MVE2010-64, vol.110, no. 238, pp.67-72 (2010)
- [7] 藤林博貴, 越智徹, 中西通雄. モバイルPCとArduinoを用いた視覚障害者歩行支援システム, 信学技報, vol. 117, no. 337, WIT2017-62, pp. 127-131, (2017).
- [8] 岩村 雅一, 南谷 和範, 井上慶彦, 程征, 内海 ゆづ子, 黄瀬 浩一, 全方位カメラと認識技術を用いた視覚障害者支援システム, 情報アクセシビリティをめぐる諸問題に関する研究集会 (2018).
- [9] オークマイアイ 2 目の不自由な人や視覚障害のある人が対象, <https://www.orcam.com/ja/myeye2/> (2019-5-3 時点)