

ディープラーニングを用いた視覚障害者向け 仮想点字ブロックシューズの基礎検討

新里 察得 鷲澤 稜河 新里 佑介 平良 俊樹

相島 和貴 星 草汰 中平 勝也（沖縄工業高等専門学校）

Basic Study of Virtual Braille Block Shoes for the Visually Impaired Using Deep Learning
Satto Shinzato, Rixyouga Wasizawa, Yusuke Shinzato, Tosiki Taira, Kazuki Aisima, Sota Hosi, Katuya Nakahira
(National Institute of Technology, Okinawa College)

Visually impaired individuals feel uneasy in places without tactile paving. This paper proposes walking support shoes using image detection technology to simulate tactile paving where it doesn't exist and evaluates their basic performance.

キーワード：障害者共生 視覚障害者 点字ブロック 歩行支援シューズ
(Symbiosis with the disabled, Visually impaired person, Braille block, Walking support shoes)

1. はじめに

身体に障害を持った方々とも分け隔てなく生活を共にする場面が多くなっているが、完全なバリアフリー道路は全国の道路に対して 0.1%のみであり、道路や建物の社会インフラが障害者にとって過ごしやすいものになっているとは言い難い。また、国土交通省の調査によると、「都市部の道路は様々な制約、課題が多く、バリアフリーの観点から見ると、基準どおりに整備するだけでは、身障者の利便性向上には繋がらない。現地状況の把握や身障者の皆様方の声に耳を傾け、地域毎に創意工夫が必要であることを強く感じた」^[1]とされており、安易に点字ブロックの設置が行えないのが現状である。そこで本稿では、画像検出技術を利用して、点字ブロックがない場所でも、あたかも点字ブロックがあるように再現できる歩行支援シューズ（名称：どこ点シューズ）を提案し、基本的な性能評価を行った。

2. 点字ブロックの問題点とシューズのメリット

田中直人氏らが行った視覚障害者が点字ブロックの敷設を必要としている場所の調査によると、『全盲は「駅のホーム」(12.1%)、「横断歩道」(12.1%)が高く、弱視は「駅のホーム」(26.1%)、「階段」(20.0%)、「横断歩道」(17.4%)の点字ブロックを必要とする割合が高かった。』^[2]という結果が得られた。これらの危険な場所における点字ブロックの設置は必ずしも十分ではない。さらに、点字ブロックの敷設には高齢者や足腰の弱い人がつまずいてしまった

り、車椅子利用者の障害になったり、雨天時や氷結時に滑りやすくなるや、近年の景観意識の高まりに伴って、点字ブロックは周囲の環境と調和する色合いを「デザイン優先」で採用するため、歩道に溶け込むような同系の色や材質の点字ブロックが増えたことにより、弱視や色弱者の方たちは識別が困難であるといった問題も指摘されている。

また、高木啓伸氏の開発した視覚障害者のための音声ナビゲーションシステムには各ポイントに BLE ビーコンの設置が必要となり、「BLE ビーコンなどを国道の下に設置する場合には他の業者との公平性など さまざまな問題を解決する必要がある、長期にわたる交渉 が必要になる。また一部の鉄道業者はビーコンの設置を認めていない。このように社会実装を目指した国内の環境は 非常に厳しい。」^[3]と発言している。これに対して、我々の開発するどこ点シューズは、他の業者との問題も生じることなく、点字ブロックの機構を備え、点字ブロックを踏まなくても感じられる。これにより、点字ブロックの敷設と関連費用を削減し、雨や氷の日でも滑りや踏み外しの心配がない安全な歩行が可能になる。

3. どこ点シューズの全体構造

どこ点シューズの全体的な構造を図1に示す。

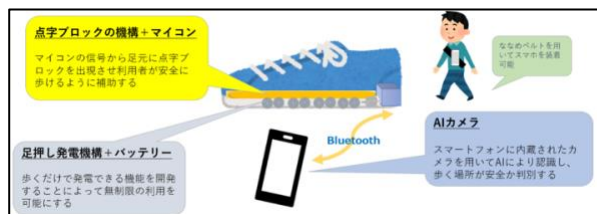


図1 どこ点シューズの全体構造

Fig1. Overall structure of where point shoes

視覚障害者は、どこ点シューズを普通の靴のように履くことができる。どこ点シューズのインソール部分には、あたかも点字ブロックの上を歩いているかのように、足裏に凹凸を伝えるメカニカルな機構が備わっている。このメカニカル機構は、かかと部分に装着したモバイルバッテリーが電源となって動作するため、どこ点シューズは、モバイルバッテリーが利用でき、約6時間の連続利用が可能である。どこ点シューズは、スマートフォンにインストールした「どこ点アプリ」と合わせて用いることを想定している。以下にどこ点シューズとどこ点アプリの連携動作について、順を追って詳しく述べる。

(1) 視覚障害者がどこ点アプリに目的地を入力すると、どこ点アプリは、現在地から目的地までの最適ルートを決断する。

(2) 視覚障害者がスマートフォンを前方にかざすことで、スマートフォンのカメラから取得した前方の画像からディープラーニングで歩道の形を認識し、歩道の中央付近に仮想の点字ブロックを設定する。

(3) 視覚障害者が仮想点字ブロックの上を正しく歩くと、スマートフォンとどこ点シューズが Bluetooth で通信を行い、どこ点シューズの凹凸機構を働かせる。したがって、視覚障害者は、あたかも点字ブロックの上を歩いているかのように足裏に凹凸感覚を感じられる。また、仮想点字ブロックを外れるとインソール部分が振動することで、視覚障害者はルートを外れたことが即座に分かるようになっていく。

以上の手順により視覚障害者は目的地までスムーズに移動することができる。また、点字ブロックの形としては、歩けることを示す直線状の点字ブロックの他に、横断歩道や階段の手前で一時停止を促すドット状の点字ブロック（警告ブロック）が敷設されている。そこで、横断歩道や階段の手前では、警告ブロックの形になるように、どこ点シューズの凹凸機構を働かせることで、横断歩道や階段の手前で一時停止も行えるようになる。さらには、どこ点アプリのカメラ画像とディープラーニングを用いて、視覚障害者に向かって歩行者、車、壁などを画像から検出した時に、どこ点シューズの凹凸機構を働かせ警告ブロックの形にすることで、危険を事前に知らせることができる。

4. 画像検出 AI による前方状況の判断

どこ点シューズの機構において、警告ブロックと誘導ブロックのどちらに出力すべきか判断する方法として画像検出 AI を用いた。AI による画像検出の結果を図2に示す。

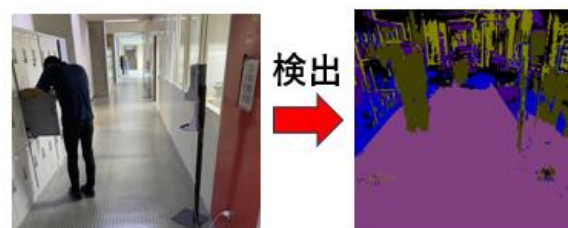


図2 AIによる画像検出

Fig2. Image Detection by AI

AI に用いるモデルとして Deeplabv3+ のセマンティックセグメンテーション用モデルを利用した。セマンティックセグメンテーションでは図2のように検出した物体を色で分けることが可能である。現在は屋内の様々な場所における歩道、車道、歩行者を含めた写真を400枚撮影し、元画像とアノテーションした画像をテストデータとして用い、学習を行った。

検出した結果から足を踏み出す領域を設定し、その領域内が安全であるとき誘導ブロックを出力し、危険の時は警告ブロックを出力するようにする。領域の判定は確率的に行われるため、例えば、図3のような領域内に紫（歩道）の割合が85%以上であるとき誘導ブロックの信号を出力し、それ以外では警告ブロックを出力するように制御することが可能となる。

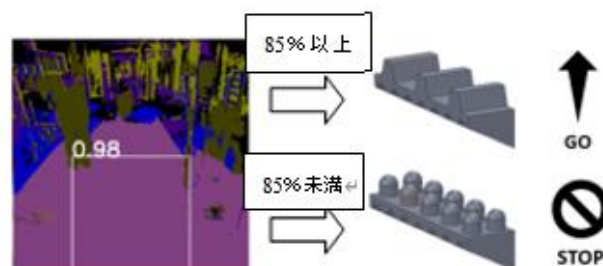


図3 AIによる出力する機構の判断

Fig3. Determination of mechanism to output by AI

現時点の問題点として、実際の点字ブロックと違い、歩く向きが不明確であるという点があげられる。つまり、利用者が蛇行して歩いても目の前の領域から安全だと判断し、誘導ブロックを出力してしまう。前述の問題点の解決法として、AIを用いた仮想点字ブロックの敷設を行う。既存の点字ブロックの敷設位置をAIに学習させ、リアルタイムで認識した歩道から仮想の点字ブロックを敷設する。領域内が安全であることと、仮想点字ブロック上に踏み込んだときのみ誘導ブロックを出力することで利用者が安全

にまっすぐに進行方向に歩けるようにすること検討している。

5. どこ点シューズの内部機構

視覚障害者が点字ブロックを識別する方法について三谷誠二氏らの実験によると、「識別実験の結果から、白杖での識別率が足底での識別率に比べてどのパターンも低いことから、足底では線と点を識別できるが、白杖では識別しにくい、これは、白杖では白杖先端の点による識別であるのに対し、足底は 2 次元平面での識別であるため、白杖に比べ識別性が非常に良いものと考えられる。」^[4]という結果が得られている。この実験結果に基づき、どこ点シューズのインソール部分を、あたかも点字ブロックの上を歩いているかのように、足裏に凹凸を伝える機構として設計した。前方に歩くことができる GO サインを右足のシューズで伝え、前方に障害物があることは STOP サインを左足のシューズで伝える。シューズの靴底には、図 4 のような機構があり、この機構は①と②の部品で構成されている。結果を受信すると、サーボモータで②の部品を水平運動させる。②が動くと①の部品が上下運動し、足の裏へブロックを押し付ける動作となっている。

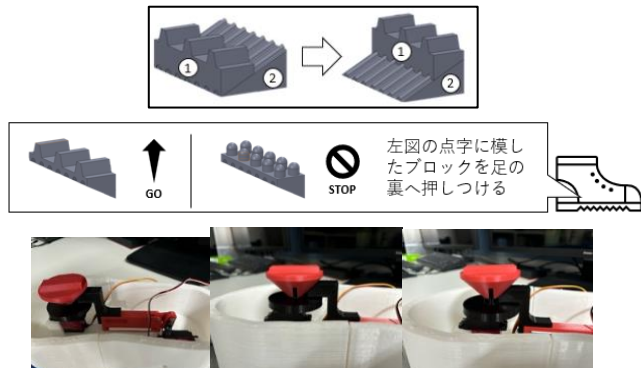


図 4 足裏へ点字ブロックを伝える機構

Fig4. Mechanism for transmitting Braille blocks to the foot

表 1 は、部品を金属、プラスチックで製作した時の比較である。プラスチックは耐久性が劣るが、耐久性以外の項目では、金属に比べ良い結果が得られたため、プラスチックを用いて部品の製作を進めている。

表 1 素材対比表

Table1. Material Comparison Chart

	金属製		プラスチック製	
	予想	実際	予想	実際
耐久性	◎	◎	×	△
重量	△	×	◎	◎
小型化	×	×	◎	◎
図				

6. どこ点シューズのバッテリー及び発電機構

図 5 のように、どこ点シューズでは、増速歯車装置と発電用モーターを靴の側面に実装し自家発電を行う。手押し発電機に用いられる増速歯車装置と発電用モーターを利用し、手押し部分を足で押す機構へと変更することで、より効率的に発電する。モバイルバッテリーに給電し、バッテリー交換によって継続使用を可能にする蓄電した電気を給電する方法として、ふくらはぎにマジックテープで巻きつけたモバイルバッテリーに USB ケーブルを使って、発電機から直接、給電を行う。

発電用モーターの 1 回転あたりの平均発電量は約 3.8mW である。成人男性は 1 分に約 95 歩とする。増速歯車の装置を利用し、1:2 の歯車を 2 つ繋げ 1:4 の 4 倍の回転数にすることで、両足では 2.8Wm の発電ができる。1 時間に 84.000mWh の発電が可能であるため、10,000mAh のモバイルバッテリーを約 36 分で満充電とすることができる。

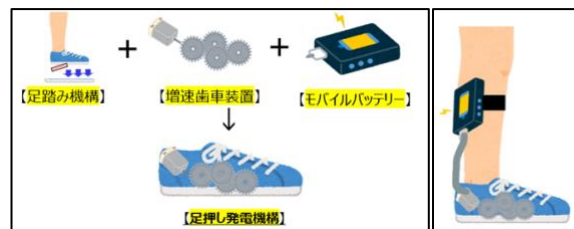


図 5 発電構造と給電方法

Fig5. Power Generation Structure and Feeding Method

7. 実験による性能評価

本稿は、第 6 章で紹介した「どこ点シューズのバッテリー及び発電機構」について性能評価を行った。まず、靴に設置するものと仮定し、靴に設置できる大きさのソーラーパネル[1 V250mA]と二ケスの発電用モーター[1000 回転/分/約 7V]の物を使用し実験を行う。



図6 使用したソーラーパネルとモーター

Fig6. Solar panels and motors used.

ソーラーパネルの特性として、図7のグラフのように、電圧が0.31V、電流が340 μ Aの時に発電量が最大値の0.1054mWとなった。

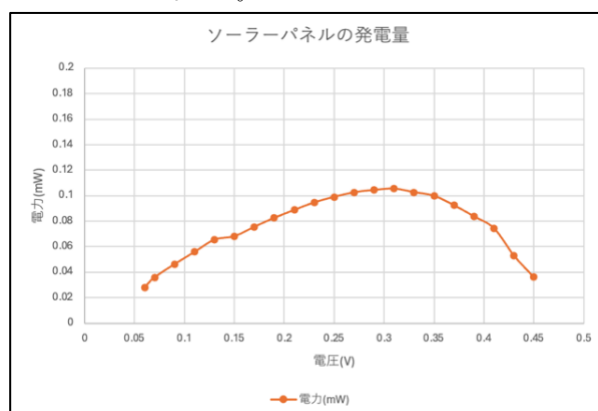


図7 ソーラーパネルの特性グラフ

Fig7. Solar panel characteristics graph

発電用モーターを使った、発電量の計測では、感圧センサーを使用して、足で押した際の圧力を測定し、同じ圧力になるよう、モーターを回して計測を行なった。一回転あたり約3.15mWの発電に成功した。6章での実験結果の予想よりも低い発電量になったが、1時間で68.880mWhの発電が可能である。10,000mAhのモバイルバッテリーを約43分で満充電とすることができるため、持続使用が可能である。

また、図8のグラフのように、ソーラーパネルを使用した際、少しの影で発電効率が下がってしまい、安定した給電を行うことができないといった問題点が挙げられる。近藤 道雄氏も太陽光発電システムの今後の課題として、「このシステムの問題点は晴天下の直達光でしか発電しないという点と、太陽を追尾する必要があるという点である。これらはコストや長期の信頼性と同時に設置場所を選ぶという課題がある。」^[5]と指摘している。

どこ点シューズの発電機構は、特に屋内や天候に左右される環境下での持続性が高い点が評価される。

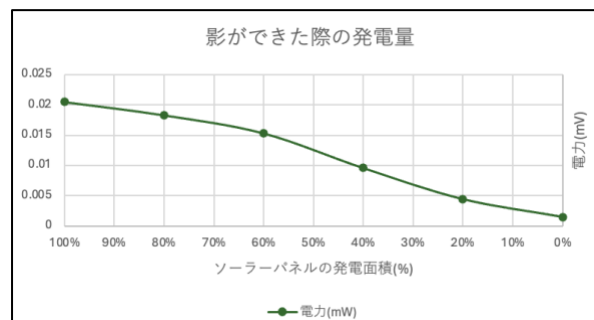


図8 発電面積の減少に伴う発電量グラフ

Fig8. Graph of power generation with decrease in generating area

8. 今後の展望

8.1 ディープラーニングモデルの改善

今後の課題として、ディープラーニングモデルの精度向上が挙げられる。特に、低コントラストや複雑な歩行環境での認識精度を高めるために、より多様なトレーニングデータの収集と、モデルの改良が必要。また、リアルタイムでの処理速度を向上させるためのハードウェアの最適化も重要。

8.2 デザインとユーザビリティ向上

どこ点シューズのデザインについても改良が求められる。特に、シューズの軽量化やバッテリーのコンパクト化は、ユーザーの快適さに直結するため、これらの改良が必要。また、今後は、シューズの耐久性や防水性能の向上も検討する。

8.3 統合システムの開発

将来的には、どこ点シューズを他の支援技術（例：ナビゲーションシステム、視覚障害者向けアプリ）と統合することで、より包括的な支援システムを構築することが可能。これにより、視覚障害者の移動の自由度をさらに高めることができると考えられる。

文 献

- [1] 碓谷 望：「視覚障害者誘導ブロックについて」、国土交通省、<https://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h23giken/program/kadai/pdf/ippan/ippan2-02.pdf>, (2011,10月17日) (検索日 2024年8月21日)
- [2] 田中 直人, 岩田 三千子：「視覚障害者誘導ブロックに関する敷設者と利用者の意識からみた現状と課題：福祉のまちづくりにおける高齢者および障害者を考慮したサインデザインに関する研究」、日本

建築学会計画系論文集, 62 巻, 502 号 pp. 179-186 (1997 年 12 月 30 日)

- [3] 高木 啓伸:「視覚障害者のための音声ナビゲーションシステム」, 映像情報メディア学会誌, 73 巻, 6 号 pp. 1035-1039 (2019 年)
- [4] 三谷 誠二, 藤澤 正一郎, 山田 直広, 田内 雅規, 加藤 俊和, 末田 統:「視覚障害者誘導用ブロックの白杖・足底による検知・識別実験」, 計測自動制御学会論文集, 43 巻, 3 号 pp. 172-179 (2007 年 3 月 31 日)
- [5] 近藤 道雄:「太陽光発電の現状と今後の課題」, 電気学会雑, 129 巻, 12 号 pp. 812-816 (2009 年 12 月 1 日)