

# 視覚障害者向け革新的デバイス どこ点シューズの開発

沖縄工業高等専門学校

新里佑介 平良俊樹 新里察得 伊波天

## 1. 背景と経緯

近年、身体に障害を持った方々の活躍が目覚ましい。しかし、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。視覚障害者は、点字ブロックの敷設されていない場所を歩くと不安に感じると言われている。そこで我々は、点字ブロックのない場所でも、点字ブロックを感じられるシューズがあれば、視覚障害者は、あらゆる場所を自由に歩いたり、走ったりできるのではないかと思いついた。テクノ愛コンテストでは、視覚障害者が自由に歩き回り、走ることもできる「どこでも点字ブロックの上を歩けることができるシューズ」（名称：どこ点シューズ）を開発した。

## 2. 点字ブロックの問題点とどこ点シューズのメリット

国土交通省の調査によると、全国の鉄道駅でさえ点字ブロックの敷設率は 76.9%に留まっている。一方で点字ブロックによって、高齢者や足腰の弱い人がつまずき怪我をしてしまう。また、車椅子利用者の障害物になる。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、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。

これに対して、我々の開発するどこ点シューズは、点字ブロックをシューズ自らに備え、実際に道路上の点字ブロックを踏まなくても、足裏から点字ブロックを感じられる。これより、点字ブロックの敷設に伴う問題を一才無くすことができる。以上より、どこ点シューズは、視覚障害者、及び社会にとって革新的なウェアラブルデバイスである。

## 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。

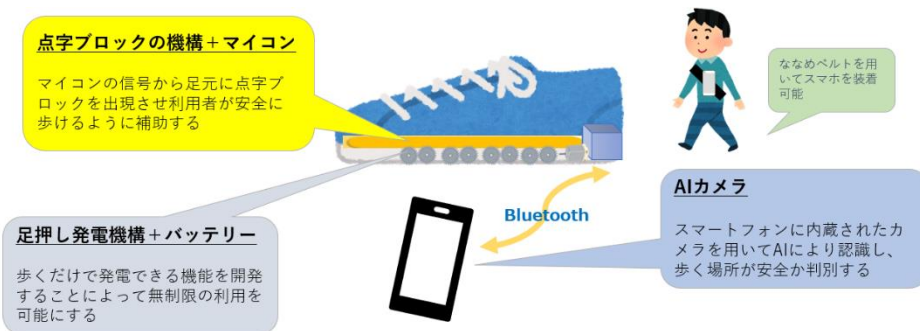


図1 どこ点シューズの全体構造

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

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る約 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を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定する。
- (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る。

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や、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くる歩行者、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 の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を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。

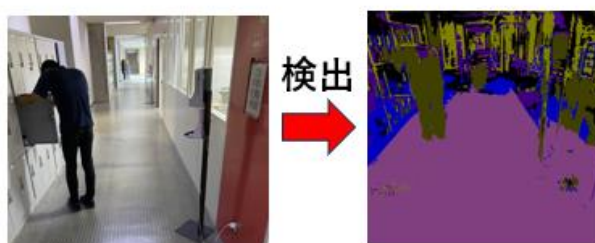


図 2 AI による画像検出

AI に用いるニューラルネットワークモデルとしてセマンティックセグメンテーション Deeplabv3+を利用した。セマンティックセグメンテーションは、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。このため、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、約数時間の機械学習を行った。

検出した結果から足を踏み出すことができる領域を設定し、その領域内が安全であるとき誘導ブロックを出力し、危険の際は警告ブロックを出力する。領域の判定は確率的に行われる。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。

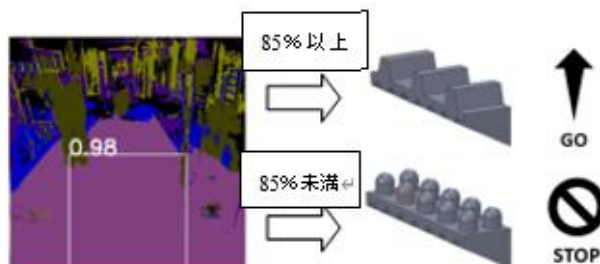


図3 AIによる出力する機構の判断

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安全だと判断し、誘導ブロックを出力してしまう。この問題点の解決として、今後は、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。仮想点字ブロック上に足を踏み出した時のみ誘導ブロックを出力することで視覚障害者は安全な方向のみに歩けるようにする。

#### 4. どこ点シューズ内部機構

この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。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 STOP サインを左足のシューズで伝える。

図4に内部機構の詳細を示す。機構は①と②の部品で構成されている。電動アクチュエーターで②の部品を水平運動させる。②が動くとき①の部品が上下運動し、足裏へ点字ブロックを押し付ける動作となっている。図5に試作した点字ブロック機構を示す。前方が安全領域（GOサイン）の場合は、マイコン(Arduino)により電動アクチュエーターを動作させ②を水平運動させることができる。図6は点字ブロック機構をスニーカーに埋め込んだイメージ画像である。今後、スニーカーのインソール部分を削る加工してブロック機構を固定する。

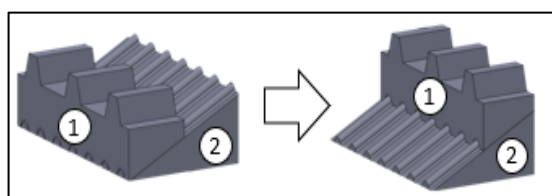


図4 足裏へ点字ブロックを伝える機構

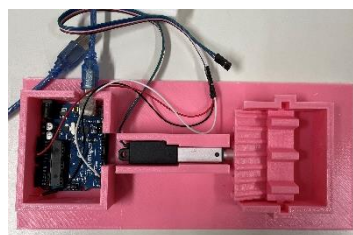


図5 点字ブロック機構プロトタイプ



図 6 靴に点字ブロック機構を装着した様子

図 6 のイメージ画像からも容易に想像できるように、インソールに埋め込む点字ブロック機構は小型・軽量・耐久性が求められる。そこで、点字ブロックを構成する部品の材質に関して検討を行った。表 1 は、部品の材質を金属、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た点字ブロック機構の製作を進めている。

表 1 素材対比表

	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				

## 5. バッテリー及び発電機構

図 7 に示すように、どこ点シューズは、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。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給電を行い、6 時間以上の連続可能時間の長期化を行う。以下に長期化の検討結果を示す。

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 分で約 95 歩歩くとする。増速歯車装置を利用し、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 2.8W/m の発電となる。1 時間に 84.000mWh の発電が可能であることから、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。

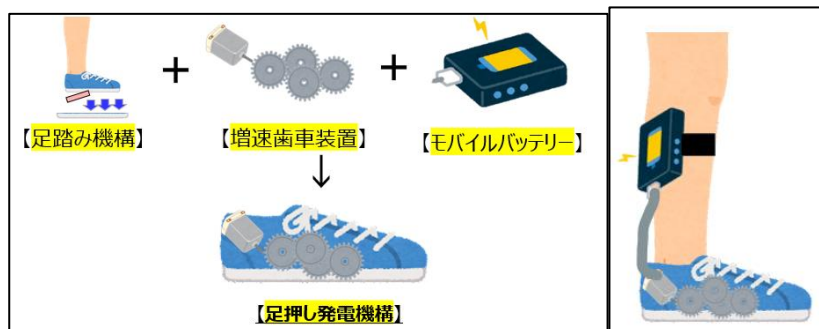


図 7 発電構造と給電方法