

健常歩行者センサデータからのバリア検出における 入出力方法の考察

宮田 章裕

日本大学 文理学部 情報科学科

A Study of an Input and Output Method for Barrier Detection Using Sensor Data from Unimpaired Pedestrians
Akihiro Miyata
Department of Information Science, College of Humanities and Sciences, Nihon University

1. はじめに

屋内外には段差・階段などのバリアが多数存在し、障害者や高齢者の円滑な移動を妨げている。既存手法が抱えるバリア情報の精度と網羅性のトレードオフの問題を解決するため、我々は、健常者の歩行時に生じる加速度データを Deep Learning で分析することで、広範囲のバリアの存在・種別を判定する方法を提案してきた[1-3]。しかし、この方法は入出力に問題を抱えている。入力においては、加速度データ提供に対するユーザのモチベーションを高める仕組みが無いと、多くのデータが収集できない可能性がある。出力においては、我々の方法ではバリア種別・位置の確からしさが確率的に表現されるため、確実な情報を前提とした従来のバリアフリーマップでは適切な表現が行えない可能性がある。本稿では、これらの問題を整理し、解決のための方針を示す。

2. 関連研究

本稿は、屋内外のバリア情報をユーザに提供するシステムにおいて、バリア情報のシステムへの入力方法と、システムからの出力方法を論点としている。本章ではこれらの入出力方法に関する研究事例を紹介する。

2.1. バリア情報入力に関する事例

バリア情報のシステムへの入力方法として比較的事例が多いのが、人がバリア情報を集めて手作業で入力するタイプである。行政機関や施設が公式に提供するバリア情報は、基本的に人が業務としてバリア情報を収集し、システムに入力したものである。一方、[4][5]は、一般人がボランティアで現地に赴いてバリアの様子を確認し、スマートフォンなどを用いて位置情報付きのバリア情報を投稿できる Web サービスである。[6]も同様のシステムを想定しているが、バリア情報の信頼性を高めるために、情報収集する人を評価する仕組みを導入している。

人に手作業の負担をかけない方法としては、車両に装着したセンサで計測したデータがシステムに自動入力され、このデータに基づいてシステムがバリア情報を生成するものが挙げられる。具体的には、自動車[7][8]、自転車[9]、車椅子[10-12]に装着したセンサで計測したデータに基づき、システムが路面状態などを推定する方法が提案されている。近年では、歩行者が装着・携行するセンサから得られるデータに基づいて路面状態を推定する事例も現れ始めており[13][14]、我々の取り組み[1-3]もここに分類される。

2.2. バリア情報入力に関する事例

バリア情報の出力方法は、地図ベースのものが大半である。これは一般的にバリアフリーマップと呼ばれるも

のであり、街や施設の地図にバリア情報を重畳表示して紙媒体、あるいは電子媒体で提供する方法である。たとえば、2.1 節で紹介した[4]は、ボランティアが投稿したバリア情報を電子地図上に重畳表示したバリアフリーマップを提供している。また、内閣府の Web ページ[15]では、各都道府県が作成した紙媒体・電子媒体のバリアフリーマップを紹介している。

3. 研究課題

障害者や高齢者などの移動弱者が初めての場所に行こうとするシーンでは、広域・高精度のバリア情報を提供するバリアフリーマップが重要な役割を果たす。しかし、人が手作業でバリア情報を入力する方法[4-6]は作業コストが高く、広範囲のバリア情報を網羅したバリアフリーマップの実現は難しい。車両に装着したセンサを用いれば人の手作業を軽減できると思われるが、自動車・自転車を用いる方法[7-9]では歩道のデータは収集できないし、車椅子利用者の数は健常歩行者と比べると少ないため、車椅子を用いる方法[10-12]でも収集範囲に限界がある。

この問題に鑑み、我々は、多くの健常歩行者が日常的に携行するスマートフォンで計測した加速度データを分析して路上のバリアの有無を推定するシステムを開発してきた[1-3]。このシステムの構成を図 1 に示す。入力部は、スマートフォンで計測した位置情報付き加速度データを受け取る。分析部は、Deep Learning (Denoising Autoencoder) を用いて加速度データから特徴量を抽出し、SVM を用いてバリア種別のクラス分類 (例：上り階段、下り坂) を行い、分類結果を位置情報と関連付けてバリア情報を生成する。出力部は、バリア情報を地図に重畳表示する。しかし、このシステムの開発過程で、(1)入力部と(2)出力部に問題があることが分かった。

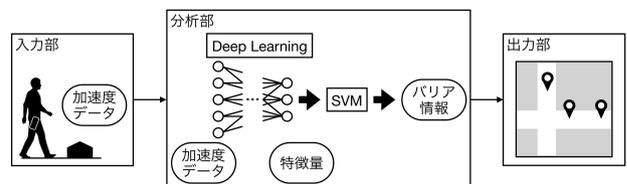


図 1. 現状の我々のシステム構成

(1)入力部については、スマートフォンはほぼすべてのユーザが日常的に携行しているものの、加速度データの提供はユーザの自由意志に依存しているため、必ずしも広範囲のデータが収集できるわけではないという問題がある。実際、我々が検証実験を行う際も、協力者に定期的に依頼しなければ十分なデータが得られない状況であ

った。これは本システムのみならず、2.1 節で紹介したボランティアベースのアプローチに共通する問題である。

(2)出力部については、バリア情報（バリア種別・位置）が完全に正確ではないため、従来のバリアフリーマップのようにバリア情報を地図上の点として表示すると問題が生じる。バリア種別については、Deep Learning の導入により既存手法よりは精度が向上したものの、適合率・再現率とも 0.7~0.8 程度である。推定アルゴリズム改善により精度向上の余地はあるが、バリア種別を推定するアプローチをとっている以上、バリア種別が確率的な表現になることは原理上避けられない。この確率的な情報を点の有無という二者択一の表示をしようとすると、表示するか否かの適切な閾値決定が難しい。位置については、スマートフォンの GPS 機能を用いて計測したものであり、近年では誤差は小さくなっているが、高層ビルが立ち並ぶエリアや屋内では数メートル以上の誤差が生じることがある。この位置を地図上の一点として表現してしまうと、誤情報になってしまう可能性がある。2.2 節で紹介した既存手法は、人が手作業で作成したバリア情報を出力しており、これらの情報は正確であることを前提としたものであり、この問題は生じない。

上記の入出力に関する問題の解決を本研究の課題とする。すなわち、(1)ボランティアユーザの加速度データ提供のモチベーションを向上させることと、(2)不確実性を含むバリア情報に適したバリアフリーマップ表現方法を確立することを研究課題として設定する。

4. 研究方針

4.1. ゲームフィケーションを用いた入力

ボランティアユーザのモチベーションを向上させる手段として、ゲームフィケーションの導入が考えられる。ゲームフィケーションとは、ゲーム以外のコンテキストにおいてゲーム要素を導入すること[16]であり、ユーザに行動の動機付けなどを行う際に用いられることが多い。現在我々は、多くのボランティアユーザが自発的に参加してもらえるよう、加速度データを収集してシステムに入力することが重要なプレイ要素となるゲームの開発に取り組んでいる[17]。ゲーム内容は、屋内外を実際に歩くことが重要なプレイ要素となっているゲーム（例：Ingress, Pokémon GO, テクテクテクテク）を参考にして、位置情報を利用した陣取りゲームとしている。

4.2. ヒートマップ表現を用いた出力

不確実性を含むバリア情報を表現する手段として、ヒートマップの導入が考えられる。ヒートマップは、連続量を 2 次元平面上に表現する際によく用いられる表現方法であり、各地域の人口密度や地価などを表現するために地図と組み合わせて利用されることも多い。現在我々は、各地域のバリア情報を表現する際、バリア種別と位置の確からしさをヒートマップの色に反映させるバリアフリーマップデザインに取り組んでいる。

5. おわりに

我々は、広範囲を網羅したバリアフリーマップを実現するために、健常歩行者の加速度データからバリア情報を推定するシステムを構築してきた。本稿では、このシステムの入出力の問題を解決する方針として、(1)ゲーミ

フィケーションを用いて加速度データ提供のモチベーションを高める方法と、(2)ヒートマップを用いて確率的なバリア情報を表現するバリアフリーマップデザインについて紹介した。今後は、両手法について具体的な開発・検証実験を行う予定である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP17K12730 の助成で行われた。

参考文献

- [1] 宮田 他: 健常歩行者センサデータからのバリア検出のための屋内外別機械学習方式. 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.9, pp.1774-1782 (2018).
- [2] Miyata et al: Barrier Detection using Sensor Data from Unimpaired Pedestrians. Lecture Notes in Computer Science (HCI'18), Vol.10908, pp.308-319 (2018).
- [3] 宮田 他: 健常歩行者センサデータを用いたバリア検出の基礎検討. 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.1, pp.22-32 (2018).
- [4] Wheelmap, <http://wheelmap.org>, last accessed 2019/1/1.
- [5] Miura et al.: Barrier-free Walk: A Social Sharing Platform of Barrier-free Information for Sensory/physically-impaired and Aged People. Proc. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), pp.2927-2932 (2012).
- [6] Prandi et al.: Trustworthiness Assessment in Mapping Urban Accessibility via Sensing and Crowdsourcing. Proc. The 1st International Conference on IoT in Urban Space, pp.108-110 (2014).
- [7] Eriksson et al.: The Pothole Patrol: Using a Mobile Sensor Network for Road Surface Monitoring. Proc. The Sixth Annual International conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys'08), pp.29-39 (2008).
- [8] Mohan et al.: Nericell: Rich Monitoring of Road and Traffic Conditions using Mobile Smartphones. Proc. The 6th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems (SenSys'08), pp.323-336 (2008).
- [9] Takahashi et al.: Clustering for Road Damage Locations Obtained by Smartphone Accelerometers. Proc. The 2nd International Conference on IoT in Urban Space (Urb-IoT'16), pp.89-91 (2016).
- [10] Kuwahara et al.: A Study on a Ubiquitous System for Collecting Barrier-free Information of Evacuation Centers for Wheelchair Users. Proc. The 4th ACM International Workshop on Context-Awareness for Self-Managing Systems (CASEMANS'10), pp.36-39 (2010).
- [11] Iwasawa et al.: Toward an Automatic Road Accessibility Information Collecting and Sharing Based on Human Behavior Sensing Technologies of Wheelchair Users. Procedia Computer Science, Vol.63, pp.74-81 (2015).
- [12] Isezaki et al.: Wheelchair Users' Psychological Barrier Estimation Based on Inertial and Vital Data. LNCS 9738, Universal Access in Human-Computer Interaction: Interaction Techniques and Environments (Part II), pp.403-413 (2016).
- [13] Uyanik et al.: Using Accelerometer Data to Estimate Surface Incline and Its Walking App Potential. Proc. The 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'15), pp.1397-1402 (2015).
- [14] Jain et al.: LookUp: Enabling Pedestrian Safety Services via Shoe Sensing. Proc. The 13th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys'15), pp.257-271 (2015).
- [15] <https://www8.cao.go.jp/souki/barrier-free/link/bfmapken.html>, last accessed 2019/1/1.
- [16] Deterding et al.: From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". Proc. the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrek'11), pp.9-15 (2011).
- [17] 大和 他: ゲームフィケーションを用いたバリア情報収集システムの実装. 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO'18), Vol.2018, pp.721-724 (2018).