

ヒートマップを利用したバリア情報可視化システムの実装

奥川 和希¹ 大和 佑輝² 大河原 巧¹ 村山 優子³ 宮田 章裕^{1,a)}

概要: 我々の生活空間には, 車椅子利用者やベビーカー利用者といった移動弱者の移動を妨げるバリアが多数存在している. 移動弱者が円滑な外出を行うために, バリアフリーマップの作成や, バリアを通過する際の動きのデータからバリア情報を推定する研究などが数多く行われている. 我々も, 健常歩行者の歩行データ (歩行時の加速度および角速度データ) からバリア情報を推定する取り組みを行ってきた. 歩行データはユーザが歩くだけで収集できるため, 低いコストで大量のバリア情報を収集できる. 従来のバリアフリーマップはバリアのある位置にアイコンやピンを表示することで可視化を行っているが, この手法で大量のバリア情報を可視化すると, 地図が点で埋め尽くされてしまい, ユーザがバリア情報を直感的に把握することが難しくなるという問題がある. この問題を解決するために, 我々はヒートマップを利用したバリア情報表現手法を提案する. これは, バリアが存在する確率をヒートマップ形式で表示するものである. 検証実験によって, 提案手法はユーザが大量のバリア情報を直感的に把握できるように可視化する点において一定の有効性があると示唆された.

Implementation of a Heatmap-based Visualization System for Accessibility Information

KAZUKI OKUGAWA¹ YUKI YAMATO² TAKUMI OKAWARA¹ YUKO MURAYAMA³
AKIHIRO MIYATA^{1,a)}

1. はじめに

我々の生活空間は, 車椅子利用者やベビーカー利用者といった移動弱者が円滑に移動できるようになっていない. 例えば, 上るのが困難な急な坂や, 階段を登らないと入ることができない施設などが数多く存在する. 移動弱者は屋外で立ち往生する事態にならないよう, これらのバリアの情報を事前に把握し, 移動計画を立てることが多い. このとき, 移動弱者がバリア情報を事前に把握する手段の一つにバリアフリーマップがある. しかし, バリアフリーマップの作成には広範囲のバリア情報が必要となり, 人が現地赶赴いてバリア情報を収集するには大きなコストがかかる

という問題がある.

この問題を解決するために, 我々は収集することが容易な健常歩行者の歩行データ (加速度・角速度など) を Deep Learning で分析し, バリア情報を推定する取り組みを行っている [1][2]. 先行研究 [1][2] ではユーザがスマートフォンをポケットにいれて歩くだけでバリア情報を収集することができるため, 大量のバリア情報が収集される. 先行研究 [1], [2] で収集した大量のバリア情報を従来のバリアフリーマップ [3] のようにバリアのある位置にピンを打つなどして可視化すると, 地図がバリア情報で埋め尽くされてしまい, ユーザがバリア情報を直感的に把握することが難しくなると考えられる. 上記より, 我々はヒートマップを利用したバリア情報表現手法を提案する. ヒートマップとは, 数値を色や濃淡で表現したものであり, 混雑度や気温, 天気などの気候情報を表す際によく用いられる [4][5]. 本稿の貢献は次のとおりである.

- ユーザが大量のバリア情報を直感的に把握できるようにするために, ヒートマップを利用したバリア情報表

¹ 日本大学文理学部

College of Humanities and Sciences, Nihon University

² 日本大学 大学院総合基礎科学研究科

Graduate School of Humanities and Sciences, Nihon University

³ 津田塾大学 数学・計算機科学研究所

Institute for Mathematics and Computer Science, Tsuda University

a) miyata.akihiro@acm.org

現手法の提案を行ったこと。

- 検証実験を行い、バリア情報をヒートマップで表現した場合、ユーザが大量のバリア情報を直感的に把握できるか検証を行ったこと。

2. 関連研究

本研究は、バリア情報の可視化技術に深く関連し、周辺領域として位置関連情報の可視化技術にも関連する。2.1節ではバリア情報の可視化に関する研究事例を説明し、2.2節では位置関連情報の可視化に関する研究事例を説明する。

2.1 バリア情報の可視化に関する研究事例

文献 [6] は車椅子に取り付けられた iPhone の内蔵センサから道路の傾斜や段差を検出し、これらが存在する位置を Google Map 上にピンを打って可視化している。文献 [7] でも同様なことが行われているが、こちらは iPhone ではなく Raspberry Pi に取り付けられたセンサをデータの計測に利用している。文献 [8] では、車椅子に取り付けられたスマートフォンから路面の傾斜や段差を検出し、坂の傾斜を色で表現し、Google Map 上に可視化している。我々も、健常歩行者の歩行データからバリア情報を推定し、ヒートマップ形式で可視化する手法を検討してきた [9]。

2.2 位置関連情報の可視化に関する研究事例

バリア情報には緯度、経度といった位置情報が含まれているため、位置関連情報の可視化手法はバリア情報の可視化に応用できると考える。文献 [10] では、旅行ブログなどの記事からオブジェクトの空間関係を推定し、ヒートマップおよび等値線で可視化している。文献 [11] では、ダイアグラム、グリッド、ヒートマップの3つ表現を用いて、専門家と一般人が協力してリアルタイムに風景画像の地理空間上での位置を特定することができるオンラインシステムを提案している。また、町の混雑度をヒートマップ形式で可視化している事例も存在する [4]。

3. 研究課題

我々の生活空間には階段、段差といった移動弱者の移動を妨げるバリアが多数存在している。移動弱者は、屋外で立ち往生する事態にならないよう移動計画を立てることが多い。移動計画を立てる際には、事前にこれらのバリア情報を把握している必要がある。バリア情報を把握する手段として、バリアフリーマップがある。バリアフリーマップの作成には広範囲のバリア情報が必要となるため、我々は、広範囲のバリア情報を収集できるアプローチをとっている [1][2]。これは、健常歩行者の歩行時の加速度・角速度データを Deep Learning を用いて分析し、バリア情報を推定するアプローチである。このアプローチにより、ユーザが歩くだけでバリア情報を収集できるため、収集されるバ

リア情報は大量になる。文献 [6], [7] では、バリア情報を従来のバリアフリーマップ [3] と同様に地図上に点を打って可視化しているが、このアプローチでは大量のバリア情報が地図を埋め尽くし、ユーザがバリア情報を直感的に把握することが難しくなると考えられる。ユーザがバリア情報を直感的に把握することができない場合、ユーザが移動計画を考える際の負担が増大する可能性がある。上記より、大量のバリア情報をユーザが直感的に把握できるように可視化することを本稿の研究課題とする。

4. 提案手法

位置関連情報を表示する際にヒートマップを用いている事例が存在する [10][11][4]。ヒートマップとは、数値データを色の強弱によって表現する手法である。ヒートマップを用いてバリア情報を可視化することによって、ユーザは色の分布を俯瞰することで、大量のバリア情報を直感的に把握できると考えられる。また、文献 [8] では、バリアの程度を色で表現するアプローチをとっており、「イメージしやすい」、「分かりやすい」という意見が出ている。このことから、バリア情報をヒートマップ形式で表示するアプローチは我々の研究課題においても一定の効果があることが期待される。我々の基礎検討においても、このアプローチによって大量のバリア情報をユーザが直感的に把握できるように可視化することが可能である見込みであることを確認できた [9]。

上記に基づき、我々は、バリア情報をヒートマップ形式で可視化する手法を提案する。これは、バリアの座標とバリアが存在する確率をヒートマップ形式で地図上に表示するものである。

5. 実装

本システムの全体像を図1に示す。本システムはバリア情報を収集する収集部、バリアの種類を推定する推定部、バリアが存在する確率を計算し、地図上に可視化する可視化部の3つから構成される。

収集部では、スマートフォンに内蔵されたセンサを用いて人が歩行する際の緯度、経度、3軸加速度および3軸角速度を計測する。

推定部では、Deep Learning を用いて収集部で収集したデータを分析し、バリアの種類を推定する。今回の実装では、段差（上り）、段差（下り）、階段（上り）、階段（下り）、急な坂（上り）、急な坂（下り）の6種類のバリアと平地の7種を推定する。推定されたバリアの種類と位置情報を関連づけ、バリア情報を生成する。

可視化部では、推定部から得られたバリア情報をもとにバリアが存在する確率を計算し、OpenStreetMap に表示する。OpenStreetMap は自由に公開、編集が可能な地図であるため、本実装で採用した。バリアが存在する確率を

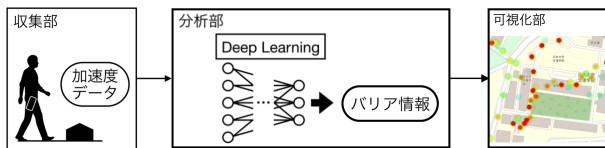


図 1 システムの全体像



図 2 提案手法によって作成されたバリアフリーマップ

OpenStreetMap 上にヒートマップ形式で表示するための手順は次のとおりである。

- Step 1: クラスタリング
バリア情報の緯度、経度に対して、凝集型階層的クラスタリングを行い、クラスター間距離が一定の閾値未満で隣接しているクラスターを結合する。クラスター間距離の算出には ward 法を用いる。
- Step 2: 重心の計算
クラスターごとに重心の座標を算出する。クラスター n の重心座標を c_n とする。
- Step 3: 割合の計算
所属しているデータのうちバリアと判定されたデータの割合をクラスターごとに算出する。クラスター n に所属しているデータのうち、バリアと判定されたデータの割合を p_n とする。
- Step 4: 色の決定
 p_n を元に、地図に表示する色をクラスターごとに決定する。具体的には、 p_n の値が高いほど赤く、 p_n の値が小さいほど青い色にする。クラスター n の地図に表示する色を q_n とする。
- Step 5: 地図上に可視化
地図上の c_n の位置に、 q_n の色を表示させる。

提案手法によって作成されたバリアフリーマップを図 2 に示す。

6. 実験

6.1 実験の目的

本実験では、提案手法によってユーザが大量のバリア情報を直感的に把握できるかどうかを明らかにすることを実験目的とする。ユーザがバリア情報を直感的に把握できた

か測定するために、被験者に表 1 に示すアンケートに回答してもらい、その結果を評価指標とする。

6.2 実験条件

本実験の被験者は 20 代の健康歩行者 5 名である。本実験では、既存手法と提案手法のそれぞれで作成したバリアフリーマップを比較する。

既存手法では、5 章の (3) 割合の計算まで同じ手順で行った後、ある一定の閾値以上の割合が算出されたクラスターの重心座標の地図上の位置にマーカを表示することでバリアフリーマップを作成する。閾値を決定する必要があるが、ユーザによって存在する確率が何%以上のバリアの情報が欲しいかが異なるため、1 つの値に決定するのは困難である。このため、今回の実験では 50%, 60%, 70%, 80%, 90% の 5 つの閾値を使用してバリアフリーマップを 5 つ作成した。被験者は既存手法で作成したバリアフリーマップを使用する場合、この 5 つのバリアフリーマップを自由に使用できる。既存手法で作成したバリアフリーマップを図 3 に示す。

提案手法では、5 章で提案した手法を用いてバリア情報をヒートマップ形式で可視化することでバリアフリーマップを作成する。



図 3 既存手法で作成したバリアフリーマップ

6.3 実験手順

被験者には、健康歩行者がバリアフリーマップを使用するシーンとして、車椅子ユーザの友人に道案内をするというシーンを想定して、移動経路を考案する作業を行ってもらった。この際、順序効果を相殺するために、各手法の使用順はランダムに決定した。また、2 手法間で出発地点と目的地点が同じ場合、被験者が移動経路を流用する恐れがあるため、各手法間で出発地点と目的地点の組み合わせは異なるようにした。実験終了後はユーザがバリア情報を直感的に把握できたかを測定するために被験者に表 1 のアンケートに回答してもらった。実験手順は次のとおりである。

- Step1: 実験者は被験者に車椅子を利用している友人の

表 1 実験後アンケート

質問番号	質問内容
Q1	バリアがどこにあるかを直感的に把握できましたか？
Q2	移動経路を考える際に負担を感じましたか？

ために移動経路を考案してもらうという旨を伝える。

- Step2: 実験者は既存手法と提案手法のどちらの手法で作成されたバリアフリーマップを用いるのかをランダムに決定し、被験者に提示する。
- Step3: 実験者は被験者に出発地点と目的地点を提示する。
- Step4: 被験者は提示された出発地点から目的地点までの移動経路を考案する。
- Step5: 移動経路の考案が終了した後、被験者は表1のアンケートに7段階のリッカート尺度で回答してもらう。
- Step6: 被験者はStep2で選ばれなかった手法で作成されたバリアフリーマップを用いて再度Step3~5を行う。この際、同じルートの流用を防ぐために出発地点を変更する。

6.4 実験結果

「バリアがどこにあるかを直感的に把握できましたか？」のアンケート結果を図4に示す。各手法において、アンケートで4以上の回答をした人の割合は、既存手法が80%、提案手法が100%となった。

「移動経路を考える際に負担を感じましたか？」のアンケート結果を図5に示す。各手法において、アンケートで4以上の回答をした人の割合は、既存手法が60%、提案手法が80%となった。

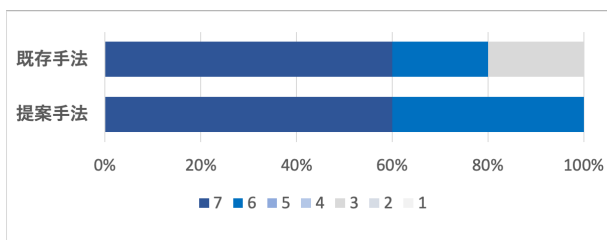


図 4 Q1: バリアがどこにあるかを直感的に把握できたか (N = 5, 1: できなかった ~ 7: できた)

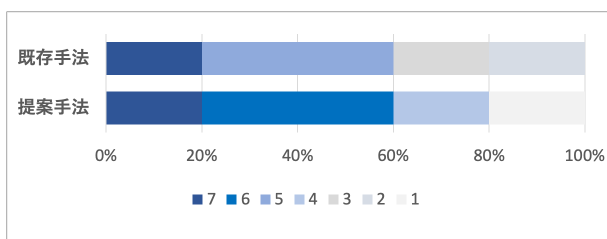


図 5 Q2: 移動経路を考える際に負担を感じたか (N = 5, 1: 感じた ~ 7: 感じなかった)

6.5 考察

アンケートの回答結果において、Q1, Q2 共に提案手法が既存手法を上回った。この理由として、バリア情報がヒートマップ形式で表示されている場合、全体を俯瞰して見ることによって大量のバリア情報を直感的に把握することが容易であったためと考えられる。今回は被験者の数が5人と、少ないため検定は行わなかった。今後、人数を増やして実験を行い、この結果が確かなものであるかどうか、検定により明らかにする必要がある。

7. おわりに

本稿では、大量のバリア情報を直感的に把握できるように可視化するために、ヒートマップを用いたバリア情報表現手法を提案した。検証実験では、本手法に一定の有効性がある可能性が示唆された。今後は、被験者数を増やし、本手法が有効であるか厳密に検証する必要がある。また、提案手法ではバリアの存在する位置しか表示できておらず、バリアの種類を表示できていないため、今後改善していく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H04160 の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] 宮田章裕, 王統順, 荒木伊織, 篠崎涼太: 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] Akihiro Miyata, Iori Araki and Tongshun Wang: Barrier Detection using Sensor Data from Unimpaired Pedestrians, Lecture Notes in Computer Science(HCII2018), Vol.2018, pp.308-319 (2018).
- [3] 港区バリアフリーマップ
入手先 <<http://www.city.minato.tokyo.jp/hofukukanri/kenko/fukushi/shogaisha/hibakusha/bf-townmap.html>>
(参照 2020-05-4).
- [4] いつも navi ラボ: 混雑度マップ
入手先 <<https://lab.its-mo.com/densitymap>>
(参照 2020-05-4).
- [5] 気象庁: 天気分布予報・地域時系列予報
入手先 <<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/wdist/jp>>
(参照 2020-05-18).
- [6] 井上道哉, 古山宗亮, 金房雄一, 長澤可也: iPhone を利用したバリア情報記録・公開システムの構築と運用, 第74回全国大会講演論文集, pp.93-94 (2012).
- [7] 荒井研一, 園田稔, 立石拓也, 一貫坂駿介, 小林透: 一般車椅子利用者からのセンサ情報を活用したオンデマンド型バリアフリー情報提供システム, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, Vol.2016, pp.73-78 (2016).
- [8] 三浦千里, 中島良太, 荒井研一, 小林透: バリアフリーストリートビューシステムにおける傾斜情報提供方式の提案, 情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム, Vol.9, No.1 pp.11-21 (2019).

- [9] 奥川和希, 大和佑輝, 呉健朗, 大河原巧, 村山優子, 宮田章裕: ヒートマップを用いたバリア情報表現手法の基礎検討, 情報処理学会インタラクシオン 2020 論文集, pp.276-278 (2020).
- [10] Skoumas, G. Pfoser, D. Kyrillidis, A.: Location Estimation Using Crowdsourced Spatial Relations, CM Transactions on Spatial Algorithms and Systems, Vol.2, No.2, Article 5(2016).
- [11] Venkatagiri, S. Thebault-Spieker, J. Kohler, R. Purviance, J. Luther, K.: GroundTruth: Augmenting Expert Image Geolocation with Crowdsourcing and Shared Representations, Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, Vol3, NO.CSCW, Article 107 (2019).