

# ヒートマップを利用したバリア情報表現手法の基礎検討

奥川 和希<sup>1</sup> 大和 佑輝<sup>2</sup> 呉 健朗<sup>2</sup> 大河原 巧<sup>1</sup> 村山 優子<sup>3</sup> 宮田 章裕<sup>1,a)</sup>

**概要:** 我々の生活空間には、車椅子利用者やベビーカー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人間の動きから、バリア情報を推定する研究等が多く行われている。我々も、健常者の歩行データからバリア情報を推定する研究を行ってきた。歩行データはユーザが歩くだけで収集することができるため、収集されるデータは大量になる。しかし、既存のバリアフリーマップは、バリア情報を点として地図上に表示しているため、大量のバリア情報を表示すると、地図が点で埋め尽くされ、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、本稿で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。

## 1. はじめに

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。例えば、上るのが困難な急な坂道や階段を上がらないと入ることができない施設等が存在する。このような施設に行く際、多くの移動弱者は移動計画を立てることが多い。移動弱者が移動計画を立てやすくなるためには、事前にバリア情報を把握することが必要である。移動弱者が事前にバリア情報を入手する手段の一つに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であるが、人が自ら収集するとコストが高くなるという問題がある。この問題を解決するために、我々は健常歩行者の歩行データ（加速度・角速度等）を Deep Learning で分析することによってバリア情報を推定する研究を行っている [2], [3], [4]。先行研究によって収集されるバリア情報は大量であるため、地図上に表示するとユーザがバリア情報を直感的に把握することが難しいと考えられる。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、我々はヒートマップを用いたバリア情報表現手法を提案する。

## 2. 関連研究

2.1 節ではバリア情報の収集に関する研究事例を説明し、

2.2 節ではバリア情報の可視化に関する研究事例を説明する。

### 2.1 バリア情報の収集に関する研究事例

バリア情報の収集に関する研究事例は、人がバリアの種類を判断するアプローチと機械がバリアの種類を判断するアプローチに大別できる。

#### 2.1.1 人がバリアの種類を判断するアプローチ

行政や公共機関が提供するバリアフリーマップは、一般的に知識のある専門家が現地まで赴きバリア情報を収集するというアプローチがとられる。[1] は、施設を訪れた人が、車椅子利用者がその施設にアクセスできるかどうかを車椅子利用者向けの地図に自由に投稿できるサービスである。

#### 2.1.2 機械がバリアの種類を判断するアプローチ

[2] は、健常者のポケットに入れたスマートフォンで加速度の計測を行い、得られたデータを機械学習で分析することによってバリアの種類を推定する事例である。[3] は、屋内と屋外とで手法を変えることにより、高精度でバリアの種類を推定する事例である。[4] は、バリア歩行時の加速度測定における最適サンプル長を考察している事例である。[5], [6] は、車椅子に取り付けたデバイスによって車椅子移動時の加速度データを計測することで、バリアの種類を推定する事例である。[7] は、車椅子に加えて上腕部にも装着した加速度センサで計測したデータを利用して、荒い路面や急な傾斜・緩い傾斜を推定する事例である。[8] は、ズボンの前ポケットに入れたスマートフォンで計測した加速度データから抽出した平均値、標準偏差、ピーク間距離など

<sup>1</sup> 日本大学 文理学部

<sup>2</sup> 日本大学 大学院総合基礎科学研究科

<sup>3</sup> 津田塾大学 数学・計算機科学研究所

a) miyata.akihiro@acm.org

の TD 特徴量を，ロジスティック回帰などの機械学習手法で分析して，歩く，走る，階段を上る，階段を下りる，座る，直立するという 6 つの行動の識別を行う事例である。

## 2.2 バリア情報の可視化に関する研究事例

[5], [6] では，GooleMap 上でバリアが存在する位置にピンを打つことでユーザにバリア情報を提供している。[10] は，バリアフリー情報を 3 次元地図として提供している事例である。[11] は，OpenStreetMap を用いて大学内のバリアフリー状況を可視化した事例である。

## 3. 研究課題

我々の生活空間には，階段，段差，急坂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，外出する際に円滑な移動を行うために移動計画を立てることが多い。移動計画を考える際には，事前に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存在する。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である。バリア情報の収集を支援する研究が数多く行われているが，問題が存在する。[1] のような人が現地に赴いてバリア情報の収集を行うアプローチはコストが高く，広範囲のバリア情報を集めることは困難である。バリア情報収集時のコストを低減させるために，歩行者の加速度データからバリアの種類を推定する研究が行われている [5], [6], [7], [8]。我々も健常歩行者の加速度データから，バリア情報の種類を推定する手法を提案してきた [2], [3], [4]。歩行者の加速度データは人が歩くだけで収集できるので，先行研究で収集されるバリア情報は大量となる。バリアフリーマップを作成するには，収集したバリア情報を地図上に表示する必要がある。歩行データからバリア情報を収集し，バリア情報を地図上に表示する研究が行われているが，問題が存在する。[5], [6] の方法で大量のバリア情報を可視化する場合，大量のピンが地図を埋め尽くしてしまい，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ことが考えられる。[10] は，3D モデルの作成にコストがかかるため，大量のバリア情報を表示することは難しい。

以上を踏まえ，我々は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地図に表示することを研究課題とする。

## 4. 提案手法

大量の位置関連情報を表示する手法として，ヒートマップが存在する。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可視化をすることによって，大量の情報を表示しても，ユーザは色の分布を俯瞰することで大量の情報を直感的に把握することができる。以上から，大量のバリア情報をヒート

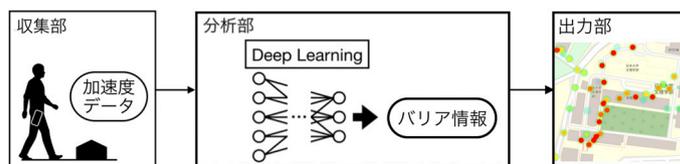


図 1 システムの全体像

マップを用いて可視化する手法を提案する。これはバリアの座標（緯度経度）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可視化するものである。ヒートマップを用いて大量の情報を可視化するアプローチは，色の分布を俯瞰することでユーザが大量の情報を直感的に把握できることから，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。

## 5. 実装

システムの全体像を図 1 に示す。

本システムは，歩行データを収集する収集部と，バリアの種類を推定する推定部と，バリア情報を地図上に表示する可視化部に分かれる。収集部では，スマートフォンを用いてバリアを歩行する際の緯度，経度，3 軸加速度および 3 軸角速度データを収集する。推定部では，収集部で収集した歩行データを Deep Learning を用いて分析し，バリアの種類を推定する。今回の実装では平地と，段差（上り），段差（下り），階段（上り），階段（下り），急坂（上り），急坂（下り）の 6 種類のバリアを推定する。推定されたバリアの種類を歩行データの位置情報に関連づけ，バリア情報を生成する。可視化部では，推定部から得られるバリア情報を地図上に表示する。地図上に情報を表示する際に，OpenStreetMap を用いている研究がある [11]。OpenStreetMap は自由に編集，公開することができる地図であるため，今回の実装では OpenStreetMap にバリア情報を表示する。

以降，推定部で推定されたバリア情報を OpenStreetMap に表示するための手順を説明する。

第一に，収集したバリア情報の緯度，経度に対して，凝集型階層的クラスタリングを行い，クラスタ間距離が一定の閾値 0.001 未満で隣接しているクラスタを結合する。クラスタ間距離の算出には ward 法を用いる。この閾値は仮に決めているものであるため，今後検討していく予定である。

第二に，クラスタごとの重心座標を算出する。求めたクラスタ  $n$  の重心座標を  $c_n$  とする。

第三に，クラスタごと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算出する。求めたクラスタ  $n$  の割合を  $p_n$  とする。

第四に， $p_n$  をもとに，クラスタごとに地図に表示する際の色を決定する。決定された色を  $q_n$  とする。具体的には， $p_n$  の値が高いほど赤く，低いほど青くなるように決定



図 2 本手法によって作成されたバリアフリーマップ

する。

最後に、地図上の  $c_n$  の位置に、 $q_n$  の色を表示させる。本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。図 2 中で赤く表示されている場所はバリアが存在する確率が高いことを表しており、青く表示されている場所はバリアの存在する確率が低いことを表している。

## 6. 検討事項

現在の実装ではバリアの種類に関わらず、1 種類のバリア情報しか表示できていない。ユーザによって移動の障害となるバリアの種類は異なるので、バリアの種類ごとに表示できる方法を検討する。また、バリア情報をクラスタリングする際に用いている閾値は、仮に決めているものである。今後検証を行い、ユーザが見やすく、誤ったバリア情報が表示されていないような適切な閾値を決定する必要がある。今回の実装では平地と、段差（上り下り）、階段（上り下り）、急な坂（上り下り）の 6 種類のバリアを推定している。この 6 種類のバリアは我々が車椅子での移動を妨げるバリアとして考えたものであるため、移動弱者にとって必要なバリア情報を全てカバーできているかが分からない。今後、移動弱者の方々にはアヒリングを行うなどして、表示されているバリア情報が妥当であるかどうか確認する必要がある。

## 7. おわりに

我々は健常歩行者の加速度データから、バリア情報を推定する手法を提案してきた。本稿では、収集した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地図に表示するために、ヒートマップを用いてバリア情報を可視化した。今後は、提案手法の改良を行うとともに検証実験を行い、本システムの有効性について検証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] Wheelog!, 入手先 (<https://www.wheelog.com/hp/>) (参照 2019/12/1)
- [2] 宮田章裕：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，情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集，Vol.2019，No.1，pp.425-426 (2019)。
- [3] 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)。
- [4] 篠崎涼太，呉健朗，樋口恭佑，宇野広伸，宮田章裕：健常者歩行時加速度データからのバリア検出における最適サンプル長の基礎検討，マルチメディア，分散協調とモバイルシンポジウム 2018 論文集，Vol.2018，pp.627-632 (2018)。
- [5] 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，Vol.2012，No.1，pp.93-94 (2012)。
- [6] 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)。
- [7] Kuwahara, T. Nishiura, M. Shiomi, Y. Morimoto, K. Iwawaki, Y. and Nishida, N. : A study on a ubiquitous system for collecting barrier-free information of evacuation centers for wheelchair users. Proc. CASEMANS '10, pp.36-39, 2010.
- [8] Kwapisz, J.R. Weiss, G.M. and Moore, S.A. : Activity recognition using cell phone accelerometers. In ACM SIGKDD Explorations Newsletter, Vol. 12, pp.74-82, 2010.
- [9] 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 (CDS)，Vol.9，No.1，pp.11-21 (2019)。
- [10] 和泉 信生，古谷 洋一郎，石村 俊幸，吉田 隆一：施設におけるバリアフリー情報の三次元地図としての視覚化，情報処理学会研究報告グラフィックスと CAD (CG)，Vol.2014，No.121 (2004-CG-117) pp.97-102, (2004)。
- [11] 森本萌心，野口茉莉子，土田瞳，松崎良美，松岡淳子，滝澤友里，吉村麻奈美，村山優子：バリアフリー化の情報支援のための OpenStreetMap の活用，マルチメディア，分散協調とモバイルシンポジウム 2018 論文集，Vol.2018，pp.189-192 (2018)。