

連続的・大量のバリア情報の 直感的可視化の検討

令和2年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

奥川 和希

概要

我々の生活空間には階段や段差といった、移動弱者の円滑な移動を妨げるバリアが多数存在している。これらのバリアの存在を把握するためにバリアフリーマップが作成されている。現状のバリアフリーマップはバリアフリー施設の場所を表示しているものが多く、ユーザは移動経路上のバリア情報を把握できない。このため、移動経路上のバリア情報含めて表示している広範囲のバリアフリーマップを作成する必要がある。しかし、移動経路上のバリア情報を含めた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なため、高い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、先行研究では、健常歩行者の歩行データからバリア情報を抽出し、地図上に可視化する取り組みを行なっている。先行研究では大量のバリア情報をヒートマップを用いて可視化する手法が提案されているが、提案手法は可視化対象のデータの特徴を考慮しておらず、可視化手法が適しているか十分な分析がされていなかった。本稿では、可視化対象のデータの特徴を分析した結果に基づき、可視化手法を検討した。その結果、カーネル密度推定を用いた可視化手法が適していると予想された。検討結果の手法を用いてバリア情報を可視化し、先行研究で提案された手法で可視化したバリアフリーマップと比較した。その結果、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という観点では先行研究で提案された手法が優れていたが、先行研究の手法はバリアの位置情報を正確に可視化できないことが判明した。

目次

第1章	序論	1
1.1	研究の背景	2
1.2	研究の目的	2
1.3	本論文の構成	2
第2章	バリア情報の可視化に関する研究事例・位置情報の可視化に関する研究事例	3
第3章	研究課題	5
3.1	問題の定義	6
3.2	研究課題の設定	6
第4章	可視化手法の検討	7
4.1	可視化対象データの収集方法	8
4.2	先行研究の問題点	9
4.2.1	可視化手法の説明	9
4.2.2	先行研究の問題点	9
4.3	可視化手法の検討	10
第5章	可視化システムの実装	12
5.1	カーネル密度推定	13
5.2	地図上への可視化方法	13
第6章	評価実験	15
6.1	実験の目的	16
6.2	実験の概要	16
6.3	実験の手順	17
6.4	実験結果・考察	18
第7章	結論	21
	謝辞	23
	参考文献	25

目 次

4.1 システムの概要	8
4.2 先行研究で提案されている手法によってバリア情報が可視化された地図 . .	10
5.1 カーネル密度推定を用いてバリアが存在する確率を可視化した地図	14
6.1 地図上に点やピンを打つことでバリア情報を可視化したバリアフリーマップ	16
6.2 先行研究の手法によって作成されたバリアフリーマップ	17
6.3 カーネル密度推定を用いてバリア情報を可視化したバリアフリーマップ . .	18
6.4 バリア情報を直感的に把握できたかについてのアンケート結果 (N = 7) . .	19
6.5 実験参加者ごとの NASA-TLX スコア (N = 7)	20

第1章 序論

1.1 研究の背景

我々の生活空間には、階段や段差、急な坂といった移動弱者の円滑な移動を妨げるバリアが多数存在している。移動弱者は屋外を移動中にこうしたバリアに遭遇した場合、進むことができずに立ち往生してしまう。こういった事態にならないよう、移動弱者は事前にこれらのバリアの存在する位置を把握し、移動計画を立てることが多い。バリアに関する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は地方自治体や公共施設が発行していることが多い。これらのバリアフリーマップには施設のバリアフリー状況やバリアフリー対応施設の場所といった情報は載っているが、目的地に移動するまでの経路上に存在するバリアの情報も含めた広範囲のバリアフリーマップは少ない。これはバリア情報の収集に高いコストがかかるためである。この問題を解決するべく、車椅子の加速度データやクラウドソーシングなどによってバリア情報を収集し、可視化する取り組みが盛んに行われている。我々は、より広範囲のバリア情報を網羅的に収集するために、健常歩行者の加速度、角速度、および位置情報（以降、歩行データ）からバリア情報を推定する取り組みを行なっている。健常歩行者の歩行データは容易に収集できるため、収集されるバリア情報も大量となる。一般的なバリアフリーマップは、地図上でバリアの存在する位置に点やアイコンを表示している。我々も同様に収集したバリア情報を地図上に表示させたところ、大量のバリア情報で地図が埋め尽くされ、ユーザがバリア情報を直感的に把握できないという問題が発生した。

1.2 研究の目的

1.1節で述べたことを踏まえ、本研究では健常歩行者の歩行データから収集される大量のバリア情報が持つ特徴を分析し、ユーザが直感的に把握できるように可視化することを目指す。これにより、広範囲のバリア情報を可視化し、移動弱者の方々が円滑な移動を行えるような世界を実現できると考えられる。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。

2章では、バリア情報の可視化に関する研究事例について述べる。

3章では、先行研究を踏まえ、本研究における研究課題について述べる。

4章では、可視化大量のデータの特徴の分析し、可視化手法を検討する。

5章では、4章で検討された可視化手法を実装する。

6章では、評価実験を行い、4章で検討した手法が、ユーザが大量のバリア情報を直感的に把握できるような可視化手法であるか検証する。

最後に7章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 バリア情報の可視化に関する研究 事例・位置情報の可視化に関する 研究事例

バリア情報を収集し、地図上に可視化する研究事例は数多く存在する。Wheelmap[1]は、ユーザがバリアフリー状況やバリアの場所などを投稿できる地図プラットフォームである。WheeLog![2]は、ユーザが車椅子で移動した経路や、利用した施設がどのくらいバリアフリーに対応しているのかを投稿できるアプリケーションである。また、自分の行きたい場所のバリアフリー状況がどうなっているのかを他のユーザに尋ねられる機能も備わっている。荒井等[3]は、センサを用いて車椅子移動時の加速度や位置情報などを収集し、段差通過時の衝撃を検出して段差の場所を地図上に可視化している。バリア情報の可視化に関しては、Google Map上にピンを表示させ、バリアの写真も確認できるようにしている。Cardonha等[4]も同様に、地図上にピンを表示することでバリア情報を可視化している。岩澤等[5]は、iPod touchによって取得した車椅子移動データを解析し、車椅子にとっての路面のアクセシビリティ可視化手法を提案している。この事例では、静止行動、縁石、点字ブロック、段差、坂の5つ状態を5つの色で表現した点を地図上にプロットすることで可視化を行っている。三浦等[6]は、車椅子に装着されたスマートフォンで移動データを計測し、坂道の傾斜を地図上に可視化している。具体的には坂道の傾斜は角度が小さいものほど青く、角度が大きいものほど赤くなるように色が塗られた四角形を地図上表示することで可視化している。和泉等[7]は、施設のバリアフリー状況を3次元の地図として提供するシステムを提案している。この事例では、建物の概形を3Dモデルで表示し、バリア情報はテキストやアイコンを用いて可視化している。

第3章 研究課題

3.1 問題の定義

我々の生活空間には段差や階段といった、移動弱者の円滑な移動を妨げるバリアが多数存在している。移動弱者は移動中にこのようなバリアに直面し、立ち往生しないように事前に移動計画を立てることが多い。移動計画を立てる際には、どこにバリアが存在するかを把握するために、バリアフリーマップが用いられる。バリアフリーマップを作成するのに必要なバリア情報は、知識を持った調査員が現地に赴くことで収集されるため、高いコストがかかる。既存のバリアフリーマップは施設内や駅周辺などの狭い範囲のバリアフリー状況を表示しているものが多く、目的地に辿り着くまでの経路上に存在するバリアを含めた、広範囲のものは少ない。移動弱者が既存の狭い範囲のバリアフリーマップを利用して移動計画を考えた場合、移動中に思わぬバリアに遭遇し、立ち往生するケースが発生する恐れがある。この問題を解決するためには、移動経路上に存在するバリア情報も表示している広範囲のバリアフリーマップを作成する必要がある。広範囲のバリアフリーマップを作成するためには、バリア情報を収集する際のコストを減らす必要がある。バリア情報を収集するコストを低減させるために、ユーザ間で車椅子で移動できるルートや車椅子に対応した設備を備えている施設などの情報を共有し、バリアフリーマップを作成するアプローチが存在する [1, 2]。これらのアプローチではバリア情報を提供するのが車椅子利用者やバリアフリーに関心のある人のみであるため、収集されるバリア情報の網羅性が低いという問題がある。この問題を解決するために、車椅子利用者やバリアフリーに関心のある人以外にもバリア情報を収集してもらうアプローチが研究されている。具体的には、車椅子や台車などが移動する際の加速度を分析することで、バリア情報を抽出するアプローチが存在する [3, 4, 5, 6]。これらのアプローチは利用者の少ない車椅子や台車からバリア情報が提供される形となり、網羅性が低くなってしまう。我々は、より人数の多い、健常歩行者の歩行データからバリア情報を抽出し、広範囲のバリア情報を収集する取り組みを行なっている [8]。健常歩行者の歩行データは入手することが容易なため、大量に入手できる。このため、そこから抽出されるバリア情報も大量になる。先行研究のシステムで収集される大量のバリア情報を、既存事例と同じように点やピンを打つことによって可視化すると、地図が点やピンで埋め尽くされ、本来表示されるべき道や施設の情報をユーザが把握できなくなってしまう恐れがある。以上より、問題点を次のように定義する。先行研究のシステムで収集される大量のバリア情報を地図上に点やピンを打って可視化すると、ユーザが大量のバリア情報を直感的に把握できず、移動経路考案作業が負担となる可能性がある

3.2 研究課題の設定

4.2節で定義した問題を踏まえ、本研究では、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ことで、ユーザが我々のバリアフリーマップを使って移動計画を考案する際の負担を軽減させることを研究課題とする。

第4章 可視化手法の検討

本章では、3.2 節で設定した研究課題を達成するために、健常歩行者によって収集されるバリア情報を分析し、可視化手法を検討する。最初に、4.1 節では、先行研究で提案されている可視化手法によって我々が可視化しようとしているバリア情報の収集手法を説明する。次に、4.2 節では、先行研究で提案されている可視化手法について説明し、問題点を指摘する。最後に、4.3 節では、可視化手法を検討する。

4.1 可視化対象データの収集方法

本節では、可視化対象となる大量のバリア情報の収集方法について説明する。可視化対象となるバリア情報は先行研究 [8] で提案されているシステムによって健常歩行者から収集される。システムの概要を図 4.1 に示す。

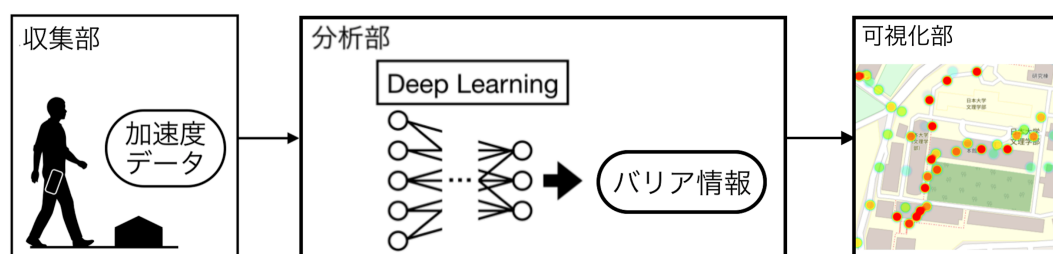


図 4.1: システムの概要

可視化部は収集されたバリア情報を可視化する部分であるため、バリア情報の収集には関係していない。バリア情報の収集に関係しているのは収集部と分析部であるため、この2つを説明する。収集部ではスマートフォンに搭載された加速度・角速度センサを用いて健常歩行者の歩行時の3軸加速度・角速度データ、位置情報（緯度・経度）を計測する。計測の際には、ユーザはスマートフォンを指定された向きで、ズボンの左ポケットに入れる。分析部では Deep Learning を用いて歩行データからバリアの種類を推定する。具体的には収集部から得られた歩行データを3秒ごとに分割し、それぞれの歩行データに対してバリア情報を推定している。このシステムでは、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計7種類のクラス分類問題を解決することによってバリアの種別を推定している。クラス分類問題を解決しているため、推定結果は歩行データが6種類のバリアと平地のうち、どれに当てはまるかが確率として計算される。3秒間の歩行データの緯度、経度それぞれの平均値と、当てはまる確率が一番高いバリアの種別を組み合わせることでバリア情報を生成する。

4.2 先行研究の問題点

4.2.1 可視化手法の説明

最初に、先行研究で提案されている可視化手法について説明する．先行研究で提案されている可視化手法は次の5ステップからなる．

- Step1: クラスタリング
- Step2: 重心の計算
- Step3: 割合の計算
- Step4: 色の決定
- Step5: 地図上に可視化

各ステップについて説明する．

Step1 ではバリア情報の緯度，経度に対して，凝集型クラスタリングを行い，クラスタ間距離が一定の閾値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 方を用いる．閾値に関しては，小さい程クラスタリング後に存在するクラスタの数が多く，画面上に多くのバリア情報が表示されることになり，大きい程，広範囲の情報をまとめてしまうため，適切な値を設定する必要がある．今回の実装では画面上の表示を見ながら調節し，0.02 とした．

Step2 ではクラスタごとに所属しているバリア情報の重心座標を算出する．クラスタ n の重心座標を c_n とする．

Step3 では各クラスタにおいて，所属しているデータのうち，バリアと判定されているデータの割合を算出する．クラスタ 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．

Step4 では p_n を元に地図に表示する際の色を決定する．具体的には p_n の値が大きいほど赤く， p_n の値が小さいほど青い色にする．クラスタ n を地図に表示する際の色を q_n とする．

Step5 では地図上の c_n の位置に， q_n の色を表示させる．先行研究で提案されている手法によってバリア情報が可視化された地図を図 6.2 に示す．

4.2.2 先行研究の問題点

先行研究の手法には2つの問題が存在する．

1つ目は，クラスタリングの閾値を決定するのが困難であることである．先行研究の手法は凝集型クラスタリングを行っているが，閾値に関しては手動で設定している．閾値の値によって，可視化されるバリア情報の量が変化するため，最適な値を設定する必要がある．

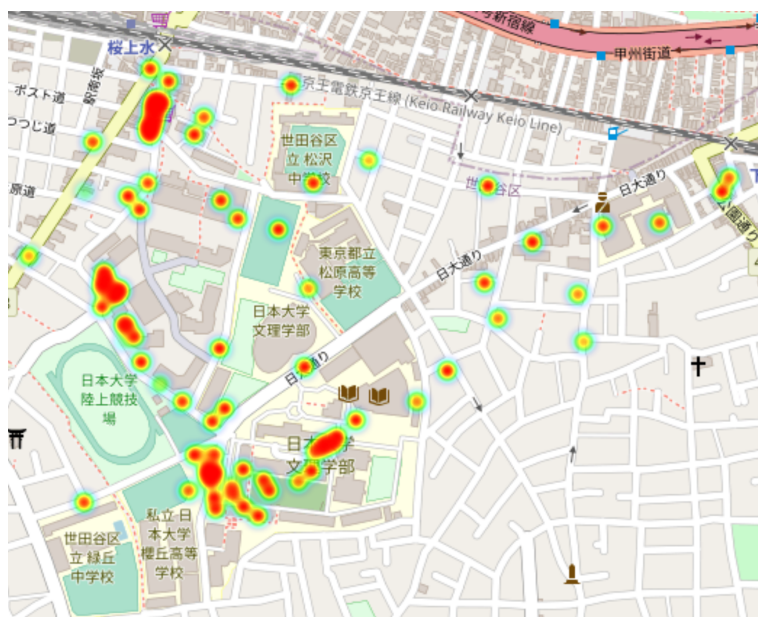


図 4.2: 先行研究で提案されている手法によってバリア情報が可視化された地図

る。しかし、可視化対象のデータは人が歩行データを収集する度に変わることや地図上に表示するバリア情報の量の最適値は人によって異なることなどを考慮すると、閾値の決定は困難であると考えられる。

2つ目は、可視化対象のバリア情報に確率が含まれている点が考慮されていないことである。4.1 節で説明したように、我々が可視化しようとしているバリア情報は、ある地点にバリアが存在するかもしれないを示しているのではなく、歩行データがシステム上のどのクラスに分類されるかの確率である。このため、バリアであると判定されたデータの中にも判定された確率の大小という違いが存在する。先行研究の手法では Step3 において、バリアで判定されたデータとそうでないデータの2つに分類している。このようなデータをバリアが存在するかもしれないの2つに分類するには、閾値を設けて閾値以上の確率でバリアであると判定された場合、バリアであるとし、そうでない場合はバリアでないと判定されたデータとみなす必要がある。しかし、確率が高くても誤情報であるデータや確率が低くても正しい情報であるデータが存在する可能性もあるため、最適な閾値を決定することは困難である。

これらの問題点が存在するため、別の可視化手法を考える必要がある。

4.3 可視化手法の検討

我々が可視化しようとしているバリア情報には誤情報が含まれる。このため、バリア情報の量が多いほど、その地点にバリアが存在する確率が高いと言い切ることができる。例えば、ある地点にバリアと判定されたデータが1つしかない場合、誤情報であ

る可能性があるため、その地点にバリアが存在する可能性が高いとは言い切れない。しかし、同じ地点にバリアと判定されたデータが10個存在する場合、たとえ1, 2個が誤情報であったとしても、他にバリアと判定されたデータが多数存在するため、バリアが存在する可能性が高いと考えられる。このため、バリア情報が存在する分布を可視化することで、バリアが存在する確率を可視化できると考える。バリア情報の分布を可視化するにあたり、カーネル密度推定という手法に着目した。これは点データから全体の分布を推定する手法である。バリア情報には位置情報が含まれているため、地理空間上の点データとみなすことができる。よって、カーネル密度推定を用いればバリア情報の分布を可視化できるため、バリアが存在する確率を可視化できると考える。

第5章 可視化システムの実装

5.1 カーネル密度推定

カーネル密度推定とは、標本点から全体の分布を推定する手法の一つである。標本点ごとにカーネル関数を置き、全てのカーネル関数の和として確率密度を定義する。カーネル密度推定量は次の式で定義される。

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$$

式中の K はカーネル関数を示す。今回の実装では標準的に用いられるガウス関数を使用した。また、 h はバンド幅を示す。バンド幅はカーネル関数が影響を与える範囲を設定するものである。今回可視化するのはバリアの存在する位置であるため、バンド幅が大きいと離れた位置に存在する別のバリア情報に影響を与えてしまう可能性がある。しかし、小さすぎると地図上に表示したときに見えなくなってしまうため、今回の実装では可視化結果を見ながら調節し、2 に設定した。

5.2 地図上への可視化方法

カーネル密度推定の計算には JavaScript のライブラリである d3[12] を用いた。カーネル密度推定を用いて作成したヒートマップレイヤーを地図に重畳表示することで、バリア情報を可視化した。カーネル密度推定を用いてバリアが存在する確率を可視化した地図を図 5.1 に示す。

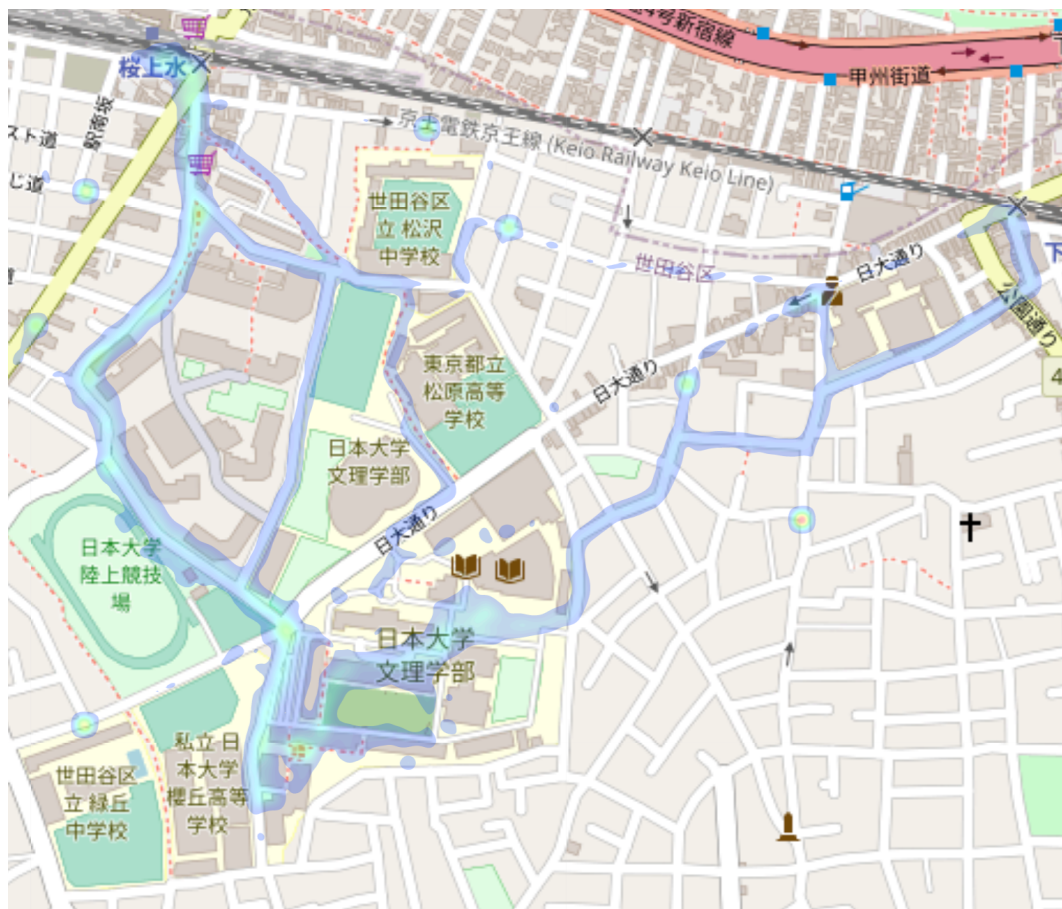


図 5.1: カーネル密度推定を用いてバリアが存在する確率を可視化した地図

第6章 評価実験

6.1 実験の目的

今回の実験では、4章で検討したカーネル密度推定を用いてバリア情報を可視化したバリアフリーマップをユーザに使用してもらい、ユーザが大量のバリア情報を直感的に把握できたのか、ユーザがバリアフリーマップを用いて移動経路考案する作業を行なった時の負担が軽減されたのかの2点を調査する。本実験において、ユーザはバリアフリーマップを用いて移動経路作成タスクを行い、バリア情報を直感的に把握できたかを5段階のリッカート尺度で評価し、主観的作業負担の評価尺度である NASA-TLX[13]を用いて、作業を行なった際の負担が軽減されたのかについて評価する。また、自由記述形式のアンケートと実験後のインタビューにより、主観的な意見を収集する。

6.2 実験の概要

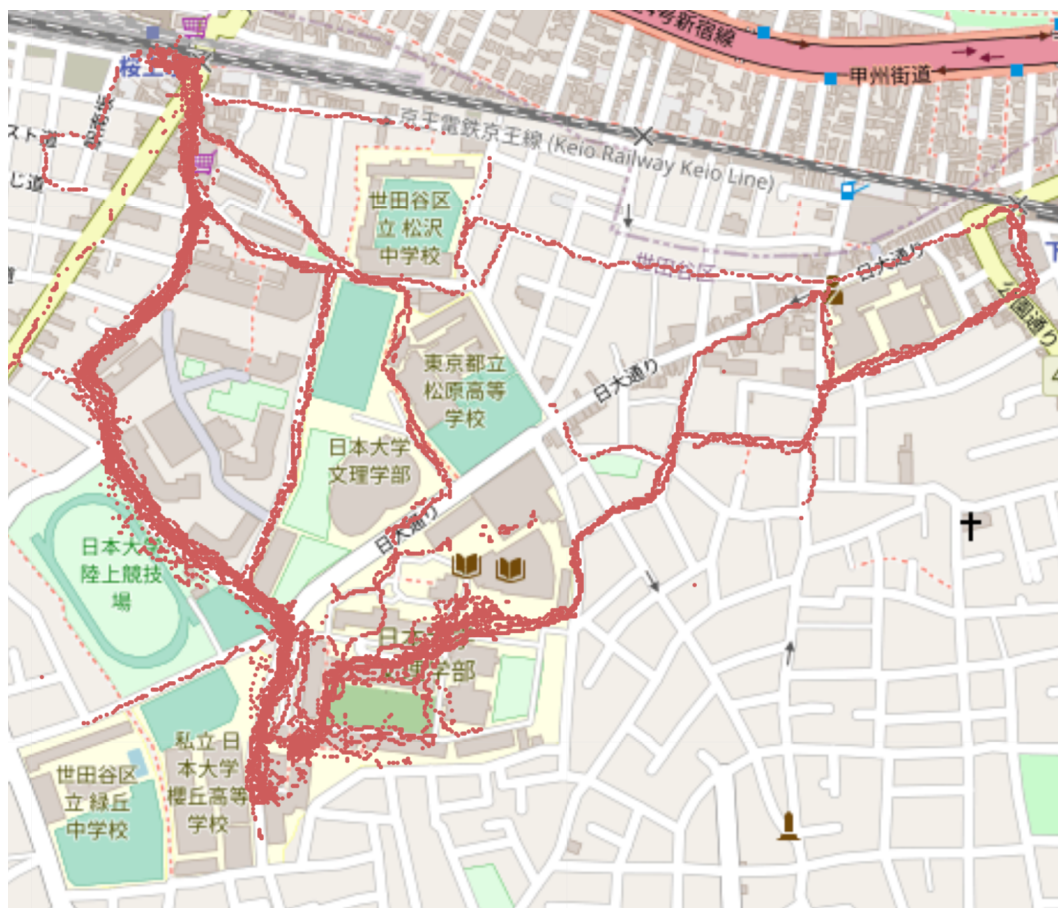


図 6.1: 地図上に点やピンを打つことでバリア情報を可視化したバリアフリーマップ

実験参加者は20代の健常歩行者7名である。実験では地図上に点やピンを打つことでバリア情報を可視化したバリアフリーマップ（手法1）と先行研究[9, 10]で提案されてい

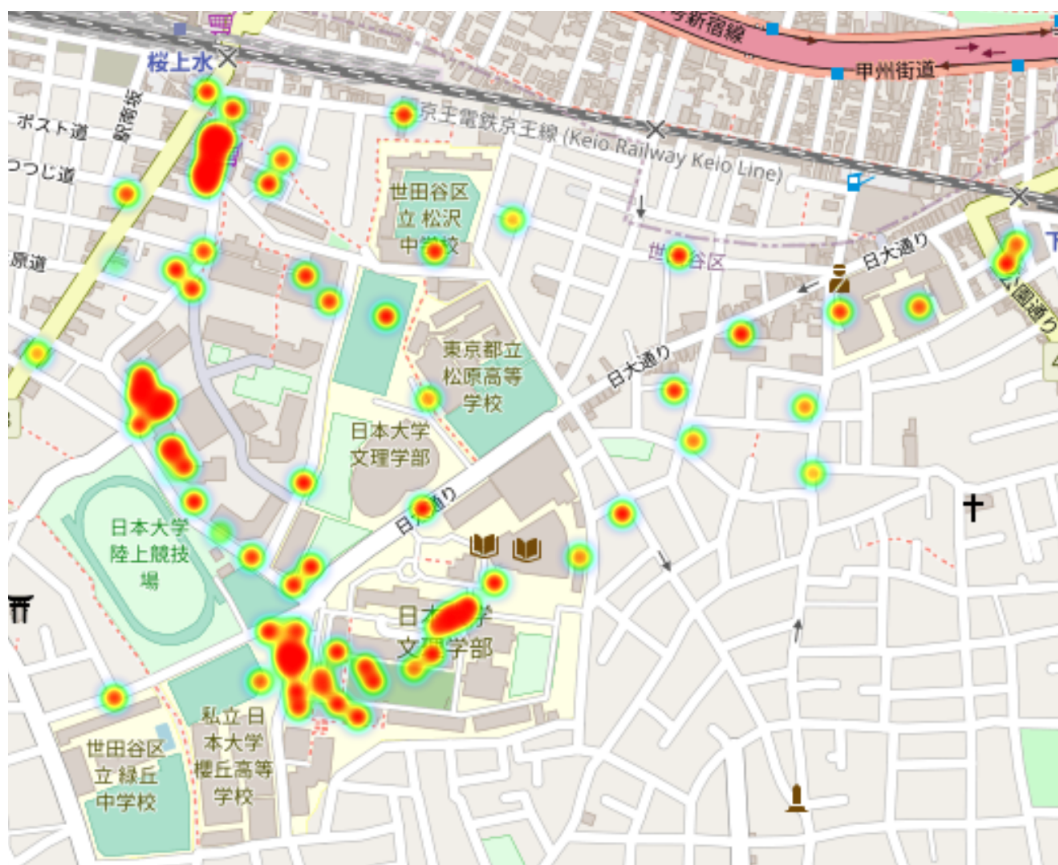


図 6.2: 先行研究で提案されている手法でバリア情報を可視化したバリアフリーマップ

る手法でバリア情報を可視化したバリアフリーマップ（手法2），4章で検討されたカーネル密度推定を用いてバリア情報を可視化したバリアフリーマップ（手法3）の3つを用いて実験参加者に移動経路作成作業を行なってもらう。手法1，手法2，手法3のバリアフリーマップをそれぞれ図6.1，図6.2，図6.3に示す。実験参加者には、「普段から車椅子を利用している友人のために移動経路を考える」というシーンを想定して移動経路の作成を行なってもらう。この際，順序効果を相殺するために，3つのバリアフリーマップの使用順はランダムで決定する。また，移動経路を作成する際の出発地点と目的地点の組み合わせは，同じものを複数回採用すると最初に考えた移動経路を流用する可能性があるため，3種類用意し，使用順はランダムに決定する。

6.3 実験の手順

Step1: 実験者は手法1，手法2，手法3の使用する順番と移動経路を作成する際の出発地点と目的地点の組み合わせをランダムに決定する。

Step2: 実験者は実験参加者に，普段から車椅子を利用している友人のために移動経路

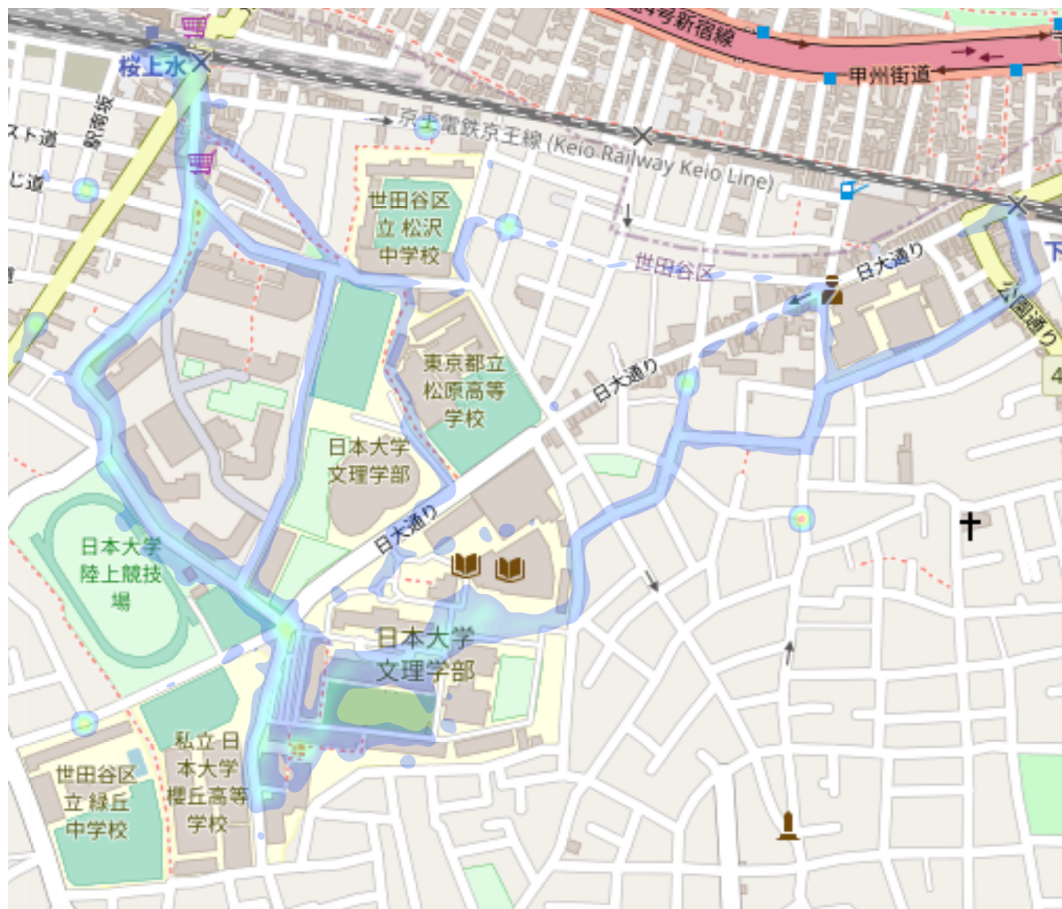


図 6.3: カーネル密度推定を用いてバリア情報を可視化したバリアフリーマップ

を考えるとというシーン設定を伝える。

Step3: 実験者は Step1 で決定した順番に基づき、実験参加者にバリアフリーマップを提示し、使い方を説明する。

Step4: 実験者は Step1 で決定した順番に基づき、移動経路を作成する際の出発地点と目的地点を実験参加者に提示する。

Step5: 実験参加者は Step3 で提示されたバリアフリーマップを用いて Step4 で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。

Step6: 実験参加者は移動経路の考案が終わったらアンケートに回答する。

Step7: 3 種類のバリアフリーマップすべてにおいて Step3 ～ Step6 を行う。

6.4 実験結果・考察

各実験参加者ごとのバリア情報を直感的に把握できたかのアンケート結果と NASA-TLX スコアをそれぞれ図 6.4, 図 6.5 に示す。

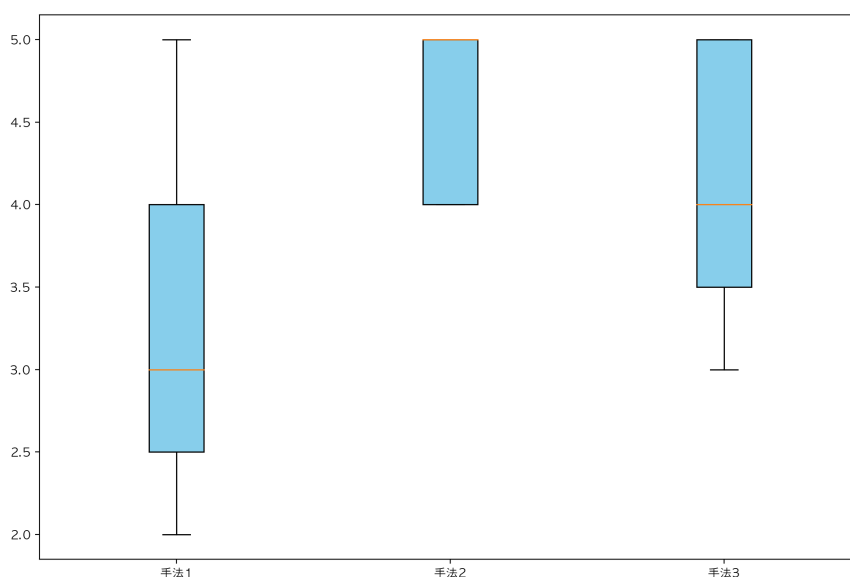


図 6.4: バリア情報を直感的に把握できたかについてのアンケート結果 (N = 7)

バリア情報を直感的に把握できたかのアンケート結果に関しては、実験参加者 1, 2, 4 は手法 2 がもっとも高く、実験参加者 5 は手法 2, 3 がともに高く、実験参加者 3 は手法 1 がもっとも高いという結果になった。実験終了後のインタビューおよび自由記述のアンケートから、手法 2 はバリアの存在する可能性のある位置のみが可視化されており、場所の把握が容易であったという意見が得られた。NASA-TLX の結果からも、バリアの存在する位置の認識のしやすさが作業負荷の軽減に繋がっていると考えられる。また、手法 3 は手法 2 と比べて広範囲の色が変化しており、バリアの大まかな分布は分かりやすいが、細かい場所が分かりにくかったため、移動経路を考えるとときに迷ったという意見が多く寄せられた。バリア情報を直感的に把握するという観点では手法 2 が有効であると考えられる。しかし、自由記述によるアンケートから手法 2 による可視化結果には道の端の色が変化している部分が存在し、実験参加者が道に存在するバリアではなく、建物の入り口にある階段だと思ったというケースがあったことが判明した。このことから、手法 2 は 3 手法の中でもっともバリア情報を直感的に把握できる可視化手法であったが、バリア位置情報を正確に可視化できていないと考えられる。手法 3 はバリア情報の量によってバリア情報の信用度を保証しているため、手法 3 で可視化する場合、さらに多くのバリア情報を用意することで改善される可能性がある。

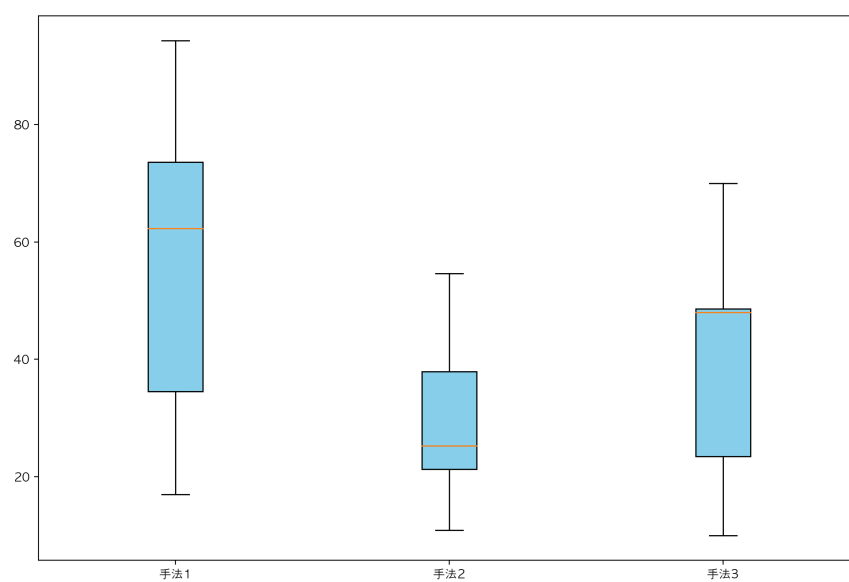


図 6.5: 実験参加者ごとの NASA-TLX スコア (N = 7)

第7章 結論

本研究では、より広範囲のバリア情報を収集することを目的とした先行研究のシステムで収集される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方法を検討した。具体的には、先行研究から収集される大量のバリア情報が持つ特徴を分析し、最適な可視化手法を検討した。検討の結果、カーネル密度推定を用いたヒートマップ形式による可視化が適していると予想された。検討結果であるカーネル密度推定を用いてバリア情報を地図上に可視化し、先行研究で提案された可視化手法と比較した。比較した結果、カーネル密度推定を用いた可視化手法は先行研究で提案された可視化手法と比較してバリアの位置情報を正確に可視化できるものの、バリア情報を直感的に把握できる可視化手法ではないことが判明した。同時に、先行研究で提案された可視化手法には対象データの位置情報を正確に可視化することができない側面があることが判明した。今後は位置情報を正確に可視化しつつ、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取り組みを行うとともに、バリアの種類や危険度といったより詳細な情報をユーザが把握できるようにしていきたい。

謝辭

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] Amin Mobasheri, Jonas Deister, and Holger Dieterich. Wheelmap: the wheelchair accessibility crowdsourcing platform. In *Open Geospatial Data, Software and Standards*, Vol. 2, pp. 1–7, 2017.
- [2] <https://www.wheelog.com/hp/> (last visited: 2020/11/10).
- [3] 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. 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 (DICOMO2016), 第 2016 巻, pp. 73–78, 2016.
- [4] Carlos Cardonha, Diego Gallo, Priscilla Avegliano, Ricardo Herrmann, Fernando Koch, and Sergio Borger. A crowdsourcing platform for the construction of accessibility maps. In *Proceedings of the 10th international cross-disciplinary conference on web accessibility*, pp. 1–4, 2013.
- [5] 岩澤有祐, 矢入郁子. 多次元時系列データ解析によるアクセシビリティ可視化システムの開発. 第 28 回人工知能学会全国大会論文集, No. 4G13, pp. 1–4, 2014.
- [6] 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.
- [7] 和泉信生, 古谷洋一郎, 石村俊之, 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クスと CAD (CG), 第 2004 巻, pp. 97–102, 2004.
- [8] Miyata Akihiro, Okugawa Kazuki, Yamato Yuki, Aibara Megumi, Furuichi Masaki, and Murayama Yuko. Bscanner: A crowdsourcing platform for constructing accessibility maps to support multiple participation types. Proc. 32nd Australian Conference on Human-computer-interaction (OzCHI '20), 2020.
- [9] 奥川和希, 大和佑輝, 呉健朗, 大河原巧, 村山優子, 宮田章裕. ヒートマップを利用し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ョン 2020 論文集, pp. 504–506, 2020.

-
- [10] 奥川和希, 大和佑輝, 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可視化手法の実装. 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 (DICO2020), 第 2020 巻, pp. 683–687, 2020.
- [11] Akihiro Miyata, Kazuki Okugawa, Yuki Yamato, Tadashi Maeda, Yusaku Murayama, Megumi Aibara, Masakazu Furuichi, and Yuko Murayama. Extended abstracts of the 2021 chi conference on human factors in computing systems (chi ea '21). 2021.
- [12] <https://d3js.org>.
- [13] S. G. Hart and L. E. Staveland. Development of nasa-tlx (task load index): Results of empirical and theoretical research. In *Human Mental Workload*, pp. 139–183, 1988.

研究業績

査読付き論文誌

- (1) Akihiro Miyata and Kazuki Okugawa: A Comparative Study of Neural Network Structures for Detection of Accessibility Problems, Transactions of the Virtual Reality Society of Japan, Vol.25, No.3 (2020).
 - (2) 大和佑輝, 奥川和希, 呉健朗, 栗飯原萌, 古市昌一, 宮田章裕: ゲーミフィケーションを用いたバリア検出のための歩行データ収集システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol25, No.1, pp.12-20 (2020 年 3 月).
-

査読付き国際会議

- (1) Akihiro Miyata and Kazuki Okugawa and Yuki Yamato and Tadashi Maeda and Yusaku Murayama and Megumi Aibara and Masakazu Furuichi and Yuko Murayama: A Crowdsourcing Platform for Constructing Accessibility Maps Supporting Multiple Participation Modes, Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '21) (2021).
-

研究会・シンポジウム

- (1) 奥川和希, 大和佑輝, 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可視化システムの実装, 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 2020), Vol.2020, pp.683-687 (2020 年 6 月).
- (2) 大河原巧, 本岡宏將, 大和佑輝, 奥川和希, 宮田章裕: Vection 誘発映像を用いて傾きを提示する車椅子シミュレータの考察, 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 2020), Vol.2020, pp.904-908 (2020 年 6 月).
- (3) 奥川和希, 大和佑輝, 呉健朗, 大河原巧, 村山優子, 宮田章裕: ヒートマップを利用し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ョン 2020 論文集, pp.276-278 (2020 年 3 月).
- (4) 大河原巧, 本岡宏將, 呉健朗, 大和佑輝, 奥川和希, 宮田章裕: バリアシミュレータのための傾きフィードバックの基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2020 論文集, pp.192-194 (2020 年 3 月).

-
- (5) 大和佑輝, 奥川和希, 呉健朗, 宮田章裕: ゲーミフィケーションを用いたバリア情報収集システムの機能追加, 日本バーチャルリアリティ学会 VR 学研報, Vol.24, No.CS-2, pp.45-50 (2019 年 6 月).
-