

# 車いすユーザの生体情報を利用した ハートビート・マップの開発

向 直 人

## 概要

令和元年に障害者雇用促進法が改正され、官民間問わず障害者が働きやすい環境を作ることが社会全体の使命となっている。これまでのバリアフリー・マップの多くは、段差や勾配などの基本情報や、エレベータやトイレの位置に関する情報が記載されているが、車いすユーザが実際に体感する主観的な情報を表現できていない。そこで、本研究では、車いすユーザの歩行に伴うストレスを可視化することを目的とする。ストレスの指標として生体情報である心拍数を採用し、車いすユーザの視点からのカメラ映像と共にデジタル地図に重ねて表示する「ハートビート・マップ」を開発する。これにより、車いすユーザの移動を支援し、社会で一層の活躍を促す。

## 1 はじめに

障害者の雇用安定を目的に定められている「障害者雇用促進法」が令和元年4月1日に改正された。障害者雇用率に応じた人数の障害者の雇用が義務化され、官民間問わず障害者が働きやすい環境を整備することが、社会全体に求められている。障害者の働きやすさを向上させるには、段差や勾配など移動に伴う物理的なバリアを取り除くことが必要である。この問題の解決方法の一つが「バリアフリー・マップ」である。平成30年には「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（バリアフリー新法）」が改正され、市町村によるバリアフリーな街づくりが促進されることになった。

国土交通省はICTを活用した歩行者移動支援を目的として「歩行空間ネットワーク」を整備し、

データセットとして提供を開始している<sup>1)</sup>。この方向空間ネットワークには、道路の段差・幅員・勾配などの基本的な情報に加え、歩行者信号の種別（音響設備の有無など）、視覚障害者誘導用ブロックの有無など、移動に伴うバリアに関する情報が含まれている。また、2017年には歩行空間ネットワークを活用した「バリアフリー・ナビプロジェクト」が発表され、バリアフリーに対応した経路や施設の情報を提供する仕組みが構築されつつある<sup>2)</sup>。また、地方自治体においても、独自にバリアフリー・マップの整備が進められている。名古屋市では、「車いすお出かけマップ」と称して、栄・久屋大通エリアのバリア情報を記載した地図を提供している<sup>3)</sup>。この地図では、車いすユーザが地下改札を出た際に、エレベータやトイレなどにスムーズにアクセスできるよう工夫されている。これまでに述べたバリアフリー・マップは、移動に伴うバリアを客観的に示したものである。しかし、車いすユーザなどの障害者が現場で感じ

るストレスを、十分に表現できていないのではないかと考えた。ユーザの疲労の度合いなど、主観的なストレスを可視化することで、他のユーザが現場を訪れる際の具体的なイメージが可能になると思われる。そこで、本研究では、ストレスの指標として生体情報である心拍数を採用し、車いすユーザの視点映像と心拍数を合わせて表示する「ハートビート・マップ」を開発することを目的とする。ハートビート・マップを提供することで、車いすユーザの移動にかかるストレスを可視化し、社会での一層の活躍を促すことを狙う。

本稿の構成は以下である。2章では、バリアフリー・マップに関連する既存研究について述べ、本研究との差異を明らかにする。3章では、ハートビート・マップの開発方法について示し、ユーザインタフェースなどの仕様について述べる。4章では、ハートビート・マップの紹介動画を利用したアンケートの結果について述べる。最後に、5章で、本稿をまとめ、今後の課題に言及する。

## 2 関連研究

本章では、バリアフリー・マップに関連する既存研究について述べる。

車いすにカメラなどのセンサーを取り付け、取得した映像に画像処理を適用することで、移動に伴うバリアに関する情報を提供する試みがなされている。香山らは、車いすに取り付けられたステレオカメラから得られた画像から歩道の境界をリアルタイムに認識する手法を提案した [1]。高橋らは、深度カメラを利用して周辺環境の点群データを取得し、道路（床）にあるバリアを拡張現実（AR）として表示する仕組みを提案した [2]。谷口らは、多視点画像から3次元形状を復元するSfM（Structure from Motion）技術を利用して、バリアを3次元化して提供する手法を提案した [5]。これらの手法は、車いすに取り付けられた

カメラから得た画像を解析することで、より詳細なバリアに関する客観的な情報を提供している。前述の歩行空間ネットワークを補完する技術と考えることもできる。

また、オンライン地図をバリア情報の共有のためのプラットフォームとして用いることが検討されている。矢野らは、オンライン地図の共同作業プロジェクトであるオープンストリートマップ（OpenStreetMap: OSM）<sup>4)</sup> を活用したバリアフリー・マップの提供を検討した [6]。位置情報付きの画像を撮影するMapillary<sup>5)</sup> を同時に利用することで、大学構内を画像付きで紹介すると共に、教室へのアクセスに関する情報が提供される。森本らも、オープンストリートマップを活用し、大学構内のバリア情報の提供に加え、ダイクストラ法による最短経路機能を加えたバリアフリー・マップを提案している [4]。オープンストリートマップは、誰もが編集可能であるという特徴があるため、情報の更新が必要なバリアフリー・マップのプラットフォームとして、今後も活用されると思われる。

バリアフリー・マップを提供するサービスの一つである「WheelLog!」<sup>6)</sup> をアクセシビリティの評価に用いる検討もなされている。織田らは、新宿駅に着目し、改札間のアクセシビリティを、一般利用者の動線と、車いすユーザの動線の比較から求めた [3]。車いすユーザの負荷を評価するという点で本研究の狙いに近い。

本研究においても、車いすにカメラを取り付け、車いすユーザの視点からの映像を記録する。これに加え、車いすユーザの主観的なストレスを表す心拍情報を合わせて取得し、可視化することが大きな特徴である。また、地図情報には、情報共有が可能なオープンストリートマップを採用する。

表1 運動強度の心拍数の目安

(出典：健康長寿ネット)

強度	60歳代	50歳代	40歳代	30歳代	20歳代
きつい	135	145	150	165	170
ややきつい	125	135	140	145	150
楽	120	125	130	135	135



図1 Fitbit Inspire HR

### 3 ハートビート・マップの開発

本章では、車いすユーザの心拍情報を可視化する「ハートビート・マップ」の開発工程に関して述べる。ハートビート・マップに必要なデータの収集には本学学生の協力を得た。

#### 3.1 生体情報の計測

車いすユーザの主観的なストレスを表す指標として心拍数を採用する。心拍数とは、一定の時間内に心臓が拍動する回数のことである。一般に、1分間の拍動回数をカウントし、単位はBPM (Beats Per Minute) が用いられる。心拍を基に運動強度の推定が可能であり、健康長寿ネット<sup>7)</sup>によると、表1に示す値が目安とされている。このことから、心拍数は車いすユーザの移動に伴うストレスの指標になりえると言える。

本研究では、心拍数の計測にFitbit Inspire HR<sup>8)</sup>を用いた。このデバイスは図1に示すような腕時計型の形状であり、心拍数を含む運動や睡眠などの装着者のデータを計測することができる。

計測された心拍数データの例を表2に示す。各レコードは、Lap (ラップ数)、Time (時刻)、Distance (距離)、Heart Rate (心拍数)、Longitude (経度)、Latitude (緯度)、Altitude (高度) で構成されている。これらの情報から、車いすユーザの動線を得ると同時に、そのときの心拍情報を得る。

#### 3.2 車いすユーザの視点映像の撮影}

上述した心拍数の計測と同時に、アクションカメラのGoPro<sup>9)</sup>を利用して、車いすユーザの視点から撮影を行った。図2は撮影の様子であり、車いすユーザがGoProを手を持ちながら撮影している。また、図3はGoProで撮影した画像の例である。歩行者よりも低い視点から撮影されていることがわかる。GoProで撮影されたデータはMP4

表2 心拍数データ

Lap	Time	Distance	Heart Rate	Longitude	Latitude	Altitude
1	18:42:15	145.33	120	136.988	35.15979	88
1	18:42:16	146.69	119	136.988	35.15979	87.9
1	18:42:17	148.05	121	136.988	35.1598	88
1	18:42:18	149.4	121	136.988	35.1598	88
1	18:42:19	150.74	121	136.9879	35.15981	88



図2 GoProでの撮影の様子



図3 GoProで撮影した画像



図4 モザイク処理を施した画像

形式の動画として保存されるが、オンラインでの公開を想定し、1秒毎のJPEG形式の静止画に分割して用いることにした。

撮影した画像には、一般の歩行者が映り込むことがある。ハートビート・マップをオンラインで提供することを想定する場合、写り込んだ歩行者のプライバシーに配慮が必要となる。そこで、本研究では、オープンソースの画像処理ライブラリ

であるOpenCV<sup>10)</sup>を利用して、JPEG形式の画像から歩行者の顔領域を検出し、モザイク処理を施すことにした。図4がモザイク処理を施した画像である。画像内の2人の歩行者の顔領域にモザイクが施され、個人が特定できないように配慮されていることがわかる。



図5 ハートビートマップ

### 3.3 ハートビート・マップのプロトタイプ

本学周辺を対象にハートビート・マップのプロトタイプを開発した。学生の協力を得て、本学から星ヶ丘駅までの経路を車いすで往復し、心拍や画像のデータを収集した。本学周辺の経路には勾配が大きい坂道が存在しており、本研究の対象として望ましい。ハートビート・マップは、情報共有が可能なオープンストリートマップをベースとして、ウェブページとして実装した。図5がハートビート・マップのスクリーン・ショットである。画面左にオープンストリートマップ、画面右に計測した緯度・経度や心拍の数値情報が表示される。オープンストリートマップには、車いすユーザの動線が、その心拍数に応じて色分けして表示される。心拍数が135以上（きつい）のときは赤、125以上（ややきつい）のときは黄、それ以外（楽）は青である。勾配の大きい区間は、心拍数が上昇するため、赤、または、黄となっていた。また、

車いすユーザの動線の上にマウスを重ねると、対応する地点の情報が表示される。さらに、スタートボタンをクリックすると、車いすユーザの動線に沿って撮影された映像が、アニメーションで表示される。これにより、現場の映像に合わせ、車いすユーザの主観的なストレスが把握可能である。

## 4 アンケート評価

本章では、ハートビート・マップのアンケート評価の結果を考察する。学生とその保護者で構成される11人をアンケートの対象者とした。3人が被介助者、また、5人が介助者として車いすの利用を経験していた。ハートビート・マップの使用方法を説明し、ハートビート・マップの機能がわかるデモンストレーション用の動画を視聴した後で、アンケートに回答する。最初に車いすの利用



表3 アンケート結果

設問	4点	3点	2点	1点
有用性	5人	5人	1人	0人
視認性	5人	4人	2人	0人

時に困ることを挙げてもらった。

- ・被介助者の重さに困る。声掛けをするようにしている。
- ・被介助者の表情が見えないため、適切に操作できているのか不安。
- ・緩い下り坂でも、乗っている人の安全のため、車椅子を回転させて自分が下になって車いすを引くようにしている。

介助者は、被介助者に対して、心理的な不安を感じながら操作していることがわかる。特に被介助者の体重が大きく影響する坂道では、介助者が下になり車いすを引くなど、身体面での負担も大きい。次に、ハートビート・マップの有用性（車いすの移動に有用か）と視認性（心拍などの情報はわかりやすいか）に関して、4段階のスコアで採点してもらった。表3がその結果である。有用性・視認性のいずれにおいても高いスコアを得たことがわかる。被験者の感想を下記に列挙する。

- ・客観的な指標に基づいて負担の大きい道を把握することができる。
- ・その場の写真を見ることで、事前に対処法を考えることができる。
- ・どの道を通れば身体的負担を軽減できるかを考えて、移動ルートを決めることができる。

車いすでの外出の前に、ハートビート・マップで現地の情報を得ることで、ユーザの負担が大きい道を回避できることが、ハートビート・マップの大きな利点であることがわかる。心拍数に応じて色分けして表示することで、ユーザが感じるス

トレスを直感的に理解できることも、高評価の一因だと思われる。

## 5 まとめ

本研究では、車椅子ユーザの移動に伴うストレスを可視化することを目的とし、生体情報である心拍数をストレスの指標として、オンライン地図に重ねて表示するハートビート・マップを開発した。アンケートの結果、開発したハートビートマップが車いすユーザの移動支援に有用であることが示された。心拍数が直感的で想像しやすい指標であることに加え、現地の状況を画像で把握することで、事前に移動ルートを検討できることが高く評価された。一方で、掲載する情報の不足など、改善点が存在する。本稿では、本学から星ヶ丘駅までの地域を対象としたが、今後はバリアフリー対応が必要とされる病院周辺などで調査を実施し、より広範囲のデータの蓄積が必要である。

## 謝辞

本研究は前川ヒトづくり財団の2019年度研究助成（代表者名：向直人）の成果である。同財団の研究支援に心から感謝する。また、本研究の遂行に際し、貴重なアドバイスを頂いた株式会社仙拓の佐藤仙務氏に謝意を表する。

## 注

- 1) <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/0401>
- 2) [https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku\\_soukou\\_mn\\_000002.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_mn_000002.html)
- 3) <http://www.city.nagoya.jp/naka/page/0000091671.html>
- 4) <https://www.openstreetmap.org/>
- 5) <https://www.mapillary.com/>
- 6) <https://www.wheelog.com/hp/>
- 7) <https://www.tyojyu.or.jp/net/index.html>
- 8) <https://www.fitbit.com/jp/inspire>
- 9) <https://gopro.com/ja/jp/>
- 10) <https://opencv.org/>

## 参考文献

- [1] 香山健太郎、矢入（江口）郁子。電動車椅子搭載カメラを用いたバリアフリーマップ用歩道情報自動収集。人工知能学会全国大会論文集、Vol. 8、pp. 335-335、2008。
- [2] 高橋里緒、檀寛成、安室喜弘。車椅子におけるバリア検証のためのデブスカメラによるar表示。第81回全国大会講演論文集、Vol. 2019、No. 1、pp. 439-440、feb 2019。
- [3] 織田友理子、織田洋一、佐藤耕介、金井節子、宗土淳、大内宏友。車いすブロープ情報「wheelog!」を用いた新宿駅のアクセシビリティに関する評価手法の提案。日本建築学会技術報告集、No. 60、pp. 995-999、jun 2019。
- [4] 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、No. 2018、pp. 189-192、jun 2018。
- [5] 谷口皐貴、窪田諭、安室喜弘。Sfmを用いた3dモデル生成に基づく歩道路面のバリア表示手法。第82回全国大会講演論文集、Vol. 2020、No. 1、pp. 449-450、feb 2020。
- [6] 矢野夏希、森本萌心、松崎良美、吉村麻奈美、松岡淳子、村山優子。Openstreetmapを用いた障がい者支援のためのアクセシビリティマップの開発。マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム2017論文集、No. 2017、pp. 1560-1563、jun 2017。

むかい・なおと / 文化情報学部准教授  
E-mail : nmukai@sugiyama-u.ac.jp