

ソーシャルバリアフリーストリートビューシステム

荒井 研一^{1,a)} 中島 良太¹ 小林 透¹

受付日 2018年6月6日, 採録日 2018年12月4日

概要: 著者らは、これまでに、車椅子利用者が自身で道路情報を収集し、その情報を共有することにより、事前に道路情報を確認することができる車椅子利用者向けのストリートビューシステムを提案した。具体的には、一般的な車椅子に装着した各種センサからの情報をソーシャルバリアフリー情報として収集し、オンデマンドでバリアフリーストリートビューを構成して車椅子利用者にフィードバックするシステム、すなわち、ソーシャルバリアフリーストリートビューシステムを開発した。本システムの公開にあたっては、プライバシー保護の観点からパノラマ写真に対してモザイク処理を施す必要がある。しかしながら、開発したプロトタイプシステムにおけるモザイク処理は十分な精度を得られていなかった。本論文では、パノラマ写真のモザイク処理方法の提案およびその評価結果を示す。

キーワード: 車椅子, バリアフリー, ストリートビュー, センサ情報, ソーシャルバリアフリー情報, IoT

Social Barrier-free Street View System

KENICHI ARAI^{1,a)} RYOTA NAKASHIMA¹ TORU KOBAYASHI¹

Received: June 6, 2018, Accepted: December 4, 2018

Abstract: We proposed a street view system for wheelchair users in which wheelchair users gather road information themselves, and by sharing such information, road information can be confirmed before going out. Specifically, information from various sensors on wheelchairs is gathered as social barrier-free information, and barrier-free street view is created on demand and sent back to wheelchair users. In other words, we developed a social barrier-free street view system. In order to publicize this system, it is necessary to apply pixilation processing to panoramic photos from the viewpoint of privacy protection. However, the accuracy of pixilation processing in this prototype system was insufficient. In this paper, we propose a pixilation processing method of panoramic photos and show the evaluation results.

Keywords: wheelchair, barrier-free, street view, sensor information, social barrier-free information, IoT

1. はじめに

近年、日本では65歳以上の高齢者人口が全人口の21%を超える超高齢化社会に突入している。総務省統計局によると、総人口に占める高齢者人口の割合は27.7%（平成29年9月19日現在推計）であり、この割合は今後も上昇すると見込まれている[1]。また、厚生労働省が実施した平成23年生活のしにくさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）結果によると、年齢階級別にみた身体障害

者手帳所持者数の推移において65歳以上の増加が顕著であり、平成18年から平成23年の間で20.1%も増加している[2]。よって、今後はこれらの人々の移動をサポートする車椅子の利用増加が見込まれる。

一方、車椅子利用者にとっての多くの障害が屋外に存在している。段差、坂道、階段、自転車止めのポールといった多くのものが車椅子走行での障害となっている。このような健常者にとっては問題とならないものであっても車椅子利用者にとっては大きな障害となる。これらの障害の存在により、車椅子利用者はふだん慣れ親しんだ経路以外での走行に不安を感じ、このことが外出意欲の低下を招いている。

¹ 長崎大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagasaki University,
Nagasaki 852-8521, Japan

^{a)} k.arai@cis.nagasaki-u.ac.jp

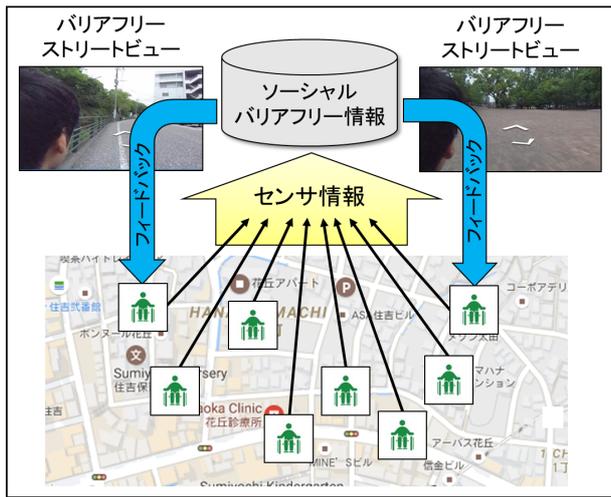


図 1 ソーシャルバリアフリーストリートビューシステムのコンセプト

Fig. 1 Concept of social barrier-free street view system.

この問題を解決するために、著者らは車椅子利用者が自身でバリアフリー情報を収集し、その情報を共有することにより、事前に道路状況を確認することができる車椅子利用者向けのストリートビューシステムを提案した (図 1)。具体的には、一般的な車椅子に装着した各種センサからの情報をソーシャルバリアフリー情報として収集し、オンデマンドでバリアフリーストリートビューを構成して車椅子利用者にフィードバックするシステム、すなわち、ソーシャルバリアフリーストリートビューシステムを開発した [3], [4]。

本システムでは、不特定多数の車椅子利用者が情報提供者となる。本システムは一般的な車椅子に全天球カメラと呼ばれるパノラマ写真を撮影可能なカメラおよび一般的なスマートフォンを装着し、複数の車椅子利用者からバリアフリー情報を収集することで、車椅子利用者により最新の道路状況を視覚的にフィードバックすることができる。本システムの実現により、車椅子利用者はストリートビューを用いて安全な経路を確認できるため、車椅子利用者の行動範囲を拡大することができる。さらに、共有された道路情報は車椅子利用者によって収集された情報である。よって、実際に車椅子で走行可能であることの証明にもなるため、車椅子利用者の外出における安心感を提供することができる。なお、本システムの最終目標は車椅子利用者に対してストリートビューを用いた個人状況 (車椅子の性能、自走式・電動式、障がいの程度など) に対応可能な経路案内を提供することである。

一方、道路状況を確認できるシステムとして、Google ストリートビュー [5] がある。本システムはストリートビューを共有するという点では、Google ストリートビューと同じである。しかしながら、Google ストリートビューでは、プライバシー保護の観点から Google が収集・提供する画像

については自動でモザイク (ぼかし) 処理を施しているが、第三者が収集・提供する画像については Google の所有物ではないため、自動でモザイク処理は施されない。すなわち、Google ストリートビューにおいては、モザイク処理が施されていない状態でストリートビューが公開されてしまう可能性がある。なお、モザイク処理については、画像を提供・収集する第三者が各自でモザイク処理を施すことで対応可能であるが、画像 1 つ 1 つにモザイク処理を施すには手間がかかる。そこで、本システムではサーバで自動でモザイク処理を施している。自動でモザイク処理を施すことで、プライバシーを考慮したストリートビューを公開することができる。

これまでに、著者らは、本システムのプロトタイプシステムを開発した。しかしながら、プロトタイプシステムにおけるモザイク処理は十分な精度が得られていなかった。そのため、モザイク処理については手動での作業を必要としていた。そこで、本論文では、自動化を想定したモザイク処理方法を提案し、その評価結果を示す。

本論文の構成は以下のとおりである。2 章では既存研究と本研究との違いを示す。3 章では本システムの詳細を示す。4 章ではプロトタイプシステムにおけるパノラマ写真のモザイク処理方法およびその評価結果について示す。5 章では本論文で提案するパノラマ写真のモザイク処理方法およびその評価結果について示す。6 章ではまとめを述べる。

2. 既存研究

これまでも、各種センサ情報を利用して車椅子利用者のためのバリアフリーマップを作成する取り組みがあった。たとえば、車椅子に加速度センサを装着して路面の凹凸を検知しその情報を地図上に可視化する研究 [6]、高解像度の衛星写真を用いてバリアフリー情報を可視化する研究 [7]、スマートフォンを利用してバリアフリー情報を可視化・公開する研究 [8] などがある。しかしながら、これらの既存研究はセンサから取得した情報をマップ上に可視化するだけであり、視覚的に分かりにくく、これらのシステムから入手した情報と実際の道路状況との間にギャップが生じる可能性がある。本システムでは、ストリートビューによって道路状況を視覚的に把握できるため、実際の道路状況とのギャップを減らすことができる。

次に、本システムと Google ストリートビューとの比較について以下に述べる。

Google ストリートビューは、ストリートビューカーと呼ばれる自動車だけでなく、ストリートビューカーが入れないような場所においてはストリートビュートライクと呼ばれる三輪自転車を利用して撮影を行っている。さらに、ストリートビュートライクが入れないような場所においては、トレッカと呼ばれる撮影機材を背負い徒歩で撮影を

行っている。そのため、Google ストリートビューには様々な場所のストリートビューが公開されている。

しかしながら、ストリートビューカーから得られる情報は、車道周辺の情報となっている。車椅子利用者が外出する際に確認したい情報は日常的に走行する歩道周辺の状況であるため、ストリートビューカーから得られる情報は歩道周辺の状況を確認するのは困難である。一方、ストリートビューバイクまたはトレッカから得られる情報は歩道周辺の情報も含まれるが、それらを用いて撮影を行うのは健常者である。そのため、ストリートビューバイクまたはトレッカから得られる情報では、実際に車椅子で走行可能であるかの情報を得ることは困難である。さらに、車椅子利用者目線の情報ではないため、実際の車椅子での走行イメージとのギャップが生じる可能性がある。

本システムでは、車椅子利用者が情報を収集することで、実際に車椅子で走行可能であることを容易に確認できる。さらに、車椅子利用者視点の情報であるため、実際の車椅子での走行イメージとのギャップを解消することができる。すなわち、車椅子利用者が情報を収集することで、車椅子利用者には分からない車椅子利用者にとって有益な情報を得ることができる。

3. ソーシャルバリアフリーストリートビュー (BFSV) システム

ソーシャルバリアフリーストリートビューシステム (以降、BFSV システム) の概要を図 2 に示す。本システムでは、車椅子走行中に全天球カメラおよびスマートフォンに内蔵された各種センサからバリアフリー情報を取得し、取得したバリアフリー情報をスマートフォン上に保存する。スマートフォン上に保存されたバリアフリー情報は、自宅などの Wi-Fi 接続時に BFSV サーバへ転送する。バリア

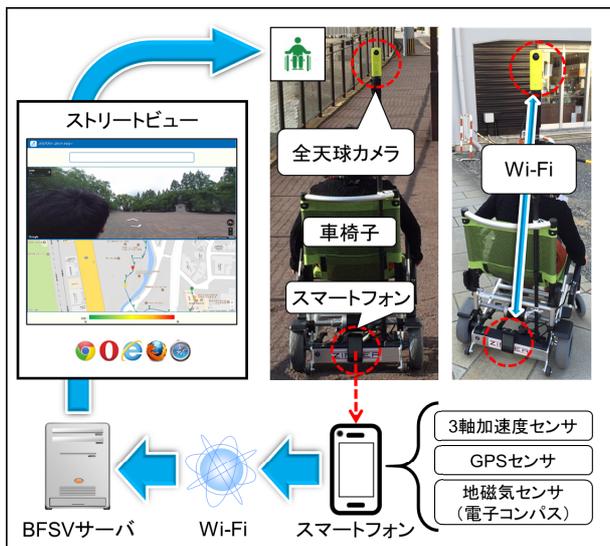


図 2 BFSV システムの概要
Fig. 2 Overview of BFSV system.

フリー情報を受信した BFSV サーバは、バリアフリー情報をストリートビューに変換し、バリアフリーストリートビューとして提供する。本システムの利用者は、一般的な Web ブラウザを通じて、最新の道路 (歩道) 状況をストリートビューにより確認することができる。

3.1 システム要件

本システムを実現するための要件を以下に示す。

要件 1: バリアフリー情報の取得

スマートフォンおよび全天球カメラを用いてバリアフリー情報を取得でき、バリアフリー情報をスマートフォン上に保存できる。

要件 2: バリアフリー情報の転送

自宅などの Wi-Fi 接続時に、スマートフォン上のバリアフリー情報を BFSV サーバへ転送できる。

要件 3: バリアフリー情報の変換・提供

BFSV サーバ上でバリアフリー情報をストリートビューに変換できる。さらに、バリアフリーストリートビューとしてバリアフリー情報を提供できる。

これまでに、著者らは、要件 1~3 を満たすプロトタイプシステムを開発した (図 3, 図 4)。

3.2 バリアフリー情報の取得

本システムでは、スマートフォンおよび全天球カメラを用いてバリアフリー情報を取得する。プロトタイプシステムにおいては、スマートフォンとして富士通 arrows M03 (Android 6.0.1) [9] を使用し、全天球カメラとして RICHOTHETA m15 [10] を使用した。なお、この全天球カメラから得られるパノラマ写真の平均的な画像容量は約 2.3 MB である。また、公式 HP [10] の情報より全天球カメラの電池寿命は約 200 枚となっている。よって、200 枚撮影した場合の合計サイズは 460 MB 程度であるため、一般的なスマートフォンであれば十分に保存可能であると考えられる。

全天球カメラとスマートフォンは、Wi-Fi で接続され、スマートフォンに内蔵された GPS センサを用いて、10m ごとにパノラマ写真を撮影する。パノラマ写真を 10m ごとに撮影する理由としては、全天球カメラでパノラマ写真を撮影した際に、再びパノラマ写真を撮影するためには約 10 秒のインターバルを必要とするためである。また、パノラマ写真を撮影したタイミングでスマートフォンに内蔵された各種センサから「3 軸加速度、位置 (緯度・経度)、傾斜、方角」の情報を取得する。ここで、3 軸加速度情報は 3 軸加速度センサより取得し、位置情報は GPS センサより取得し、方角情報は地磁気センサ (電子コンパス) より取得する。なお、傾斜情報については 3 軸加速度と地磁気センサの情報を用いて算出している。

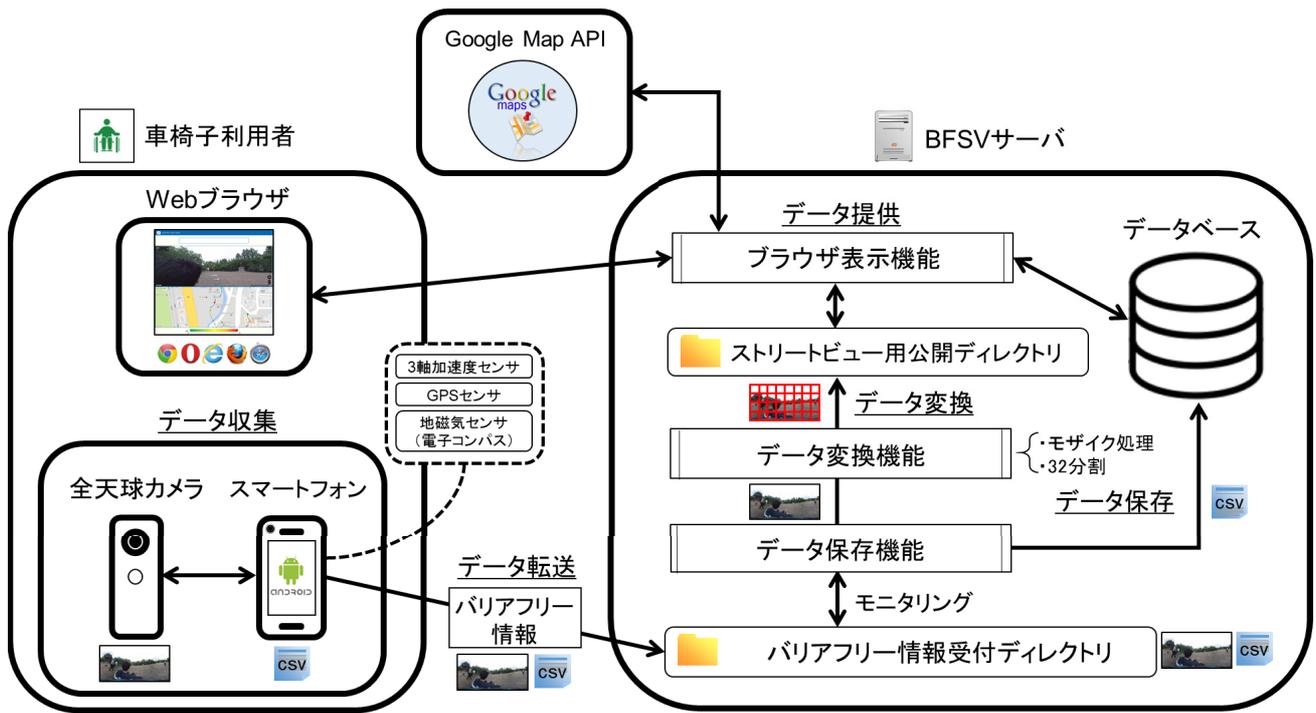


図 3 BFSV プロトタイプシステム
Fig. 3 BFSV prototype system.

	BFSVサーバ
ソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> CentOS 7.3.1611 Apache 2.4.6 PHP 7.0.15 PostgreSQL 9.3.15 Symfony 2.8.7 OpenCV 2.4.5 Python 2.7.5 NumPy 1.7.1

図 4 BFSV サーバのソフトウェアスペック
Fig. 4 Software specification of BFSV server.

一方、パノラマ写真を最初に撮影したタイミングでスマートフォン上に CSV ファイルを作成する。CSV ファイルにはパノラマ写真撮影時の「日付時刻, 3 軸加速度, 位置, 傾斜, 方角, パノラマ写真のファイル名」の情報を 1 地点の情報として保存する。CSV ファイルを作成後、パノラマ写真を撮影するごとに、1 行 1 地点として CSV ファイルに保存・蓄積する。最終的に、パノラマ写真と CSV ファイルがバリアフリー情報としてスマートフォン上に保存される。

なお、バリアフリー情報の取得・転送については、Android スマートフォン用のバリアフリー情報取得・転送アプリケーションを作成し、その Android アプリケーションを用いてバリアフリー情報の取得・転送を行っている。

3.3 バリアフリー情報の転送

本システムでは、スマートフォン上に保存されたバリアフリー情報を BFSV サーバへ転送する必要がある。よって、本システムでは、帰宅した際に全天球カメラとスマートフォンとの Wi-Fi 接続を切り、自宅の Wi-Fi など BFSV サーバへ接続可能なネットワークにスマートフォンが接続された際に、バリアフリー情報取得・転送アプリケーションを用いて、バリアフリー情報を BFSV サーバへ転送する。スマートフォン上のバリアフリー情報は、BFSV サーバへ転送された後に削除される。なお、スマートフォンから BFSV サーバへのデータ転送には、セキュリティを考慮して SCP (Secure Copy) を用いている。

3.4 バリアフリー情報の変換・提供

バリアフリー情報の変換・提供は、BFSV サーバ上で行われる。BFSV サーバは、バリアフリー情報を保存する“データ保存機能”, パノラマ写真をストリートビューに変換する“データ変換機能”, バリアフリーストリートビューとしてバリアフリー情報を提供する“ブラウザ表示機能”の 3 つの機能から構成される。3 つの機能についての詳細を以下に示す。

● データ保存機能

スマートフォンから BFSV サーバに転送されたバリアフリー情報をバリアフリー情報受付ディレクトリに保存する。バリアフリー情報受付ディレクトリは cron により 5 分ごとに監視されており、新しいバリアフリー情報 (パノラマ写真 + CSV ファイル) がアップロードされた場合に

は、CSV ファイルを 1 行ずつ読み込み 1 行 1 地点のデータとしてデータベースへ保存する。ここで、1 つの CSV ファイルが 1 つの経路となり、経路ごとに経路番号が割り当てられる。さらに、1 行 1 地点のデータを読み込んだ順番に地点番号が割り当てられる。なお、経路番号と地点番号を連結 (-) したものを位置情報 ID (“経路番号-地点番号”) とする。

CSV ファイルを 1 行ずつ読み込む際に、データベースを参照し、読み込んだデータと同じ位置にデータがすでに存在しているか否かを確認する。同じ位置かの確認は、北緯 50.389629 度、東経 116.518321 度を起点として日本を囲う形で東側と南側 3,400 km の範囲を 5m 四方の矩形空間で区切り仮想のメッシュを用意して行う。仮想メッシュを用意する理由としては、GPS センサの誤差を考慮した位置情報の確認を実現するためである。一方、仮想メッシュを 5m 四方にした理由としては、プロトタイプシステムで使用したスマートフォン arrows M03 に内蔵される GPS センサの誤差を調査する予備実験 (5 分間の位置情報収集) を行ったところ、平均誤差が約 1.5m であったため、誤差を考慮して仮想メッシュの範囲を 5m 四方に設定した。なお、誤差の発生にはデータの収集場所やセンサの性能が大きく関与している。さらに、偶発的に大きな誤差が発生することも考えられるため、5m 四方の仮想メッシュでは不十分な場合も考えられる。よって、適切な仮想メッシュの範囲についての検討は偶発的に発生する大きな誤差への対処も含めて今後の課題としたい。

読み込んだデータの位置情報に対応するメッシュを確認し、データが存在しない場合は新しいバリアフリー情報として保存する。データが存在する場合は、上書き用データとして保存し、既存のデータと組み合わせて利用する。これにより、隣接する複数の経路を接続することができ、移動用リンクで隣接する複数の経路に移動することができる。

● データ変換機能

データベースへのバリアフリー情報の保存が完了後、対応するパノラマ写真にモザイク処理を施す。具体的には、OpenCV [11] によるモザイク処理用スクリプトを用いて、人物の顔にモザイク処理を施している。モザイク処理の詳細については、4 章を参照されたい。モザイク処理完了後、パノラマ写真をストリートビュー用に横 8 × 縦 4 の区切りで 32 分割し、ストリートビュー用公開ディレクトリに配置する (図 5)。具体的には、経路番号を名前としたディレクトリをストリートビュー用公開ディレクトリに作成し、その中に地点番号を名前としたディレクトリを作成する。さらに、その中に横 8 × 縦 4 の区切りで 32 分割したパノラマ写真を “[分割画像番号 (横)]-[分割画像番号 (縦)].jpg” として配置する。

● ブラウザ表示機能

図 6 は、ストリートビューを Web ブラウザ上で表示す

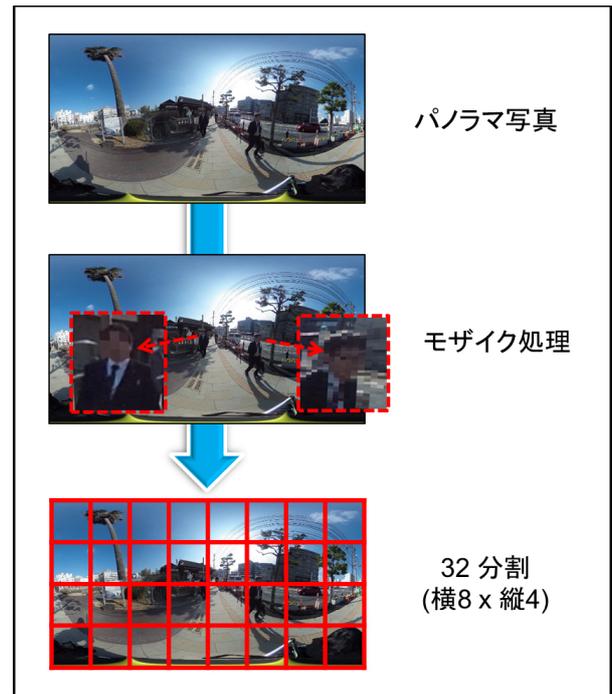


図 5 パノラマ写真のモザイク処理および分割
Fig. 5 Pixilation and partition of a panoramic photo.

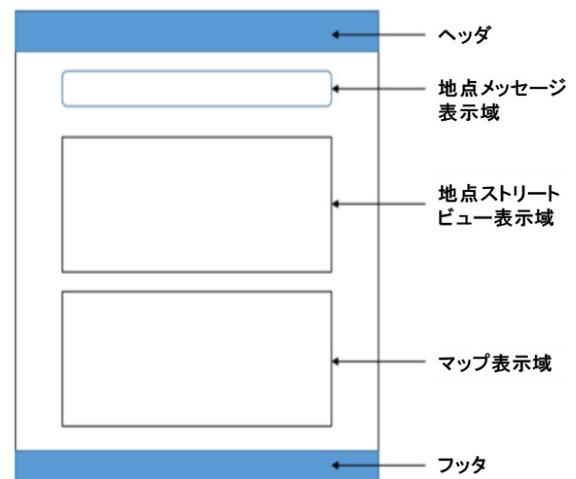


図 6 ブラウザ表示レイアウト
Fig. 6 The Layout of a browser display.

る際のレイアウトを示している。地点ストリートビュー表示域には、Google Maps API [12] を利用してストリートビューを表示する。なお、地点ストリートビュー表示域には、本システムで撮影・収集した画像のみが表示される。マップ表示域には Google Maps API を利用して Google が公開している Google マップを表示する。さらに、マップ表示域には位置情報をもとに、Google マップ上にマーカーを配置する。その際、マーカーには位置情報 ID を割り当てる。マーカーをクリックするとその地点のストリートビュー (移動用リンク含む) が地点ストリートビュー表示域に表示される (図 7)。ここで、マーカーがクリックされた際の処理手順を以下に示す。



図 7 マーカ選択時の表示
Fig. 7 Marker selection display.

1. マーカが持つ位置情報 ID をストリートビューに設定する。
2. ストリートビューにあらかじめ指定しておいたコールバックメソッドが Google Maps API により自動で呼び出され、引き数に位置情報 ID が渡される。
3. コールバックメソッド内で、位置情報 ID を利用してサーバから位置情報を取得する。
4. パノラマデータを作成する。この際、ストリートビューが要求する URL を返すための画像 URL 取得用メソッドを指定し、作成したパノラマデータをコールバックメソッドの戻り値として終了する。
5. 画像 URL 取得用メソッドが Google Maps API により自動で呼び出され、引き数に位置情報 ID、分割画像番号 (横)、分割画像番号 (縦) が渡される。
6. ストリートビュー用公開ディレクトリに配置している画像への URL 文字列を作成し、画像 URL 取得用メソッドの戻り値とする。URL の構成は、`https://[ホスト名など]/[ストリートビュー用公開フォルダ]/[経路番号]/[地点番号]/[分割画像番号 (横)]-[分割画像番号 (縦)].jpg` となる。
7. 地点ストリートビュー表示域にはストリートビューと移動用リンクが表示され、マップ表示域にはマーカの上に現在地マーカが表示される。

移動用リンクをクリックすることで、移動用リンクの方向へ移動できる。移動経路については、経路ごとに各地点をつなぐ線を描画することで移動経路を示している。

また、ある地点における 3 軸加速度のいずれかの値が一定値以上の場合には加速度の大きさに応じて色を変更したマーカを配置している。車椅子利用者はマーカの色を確認することにより、車椅子利用者にとっての障害 (段差など) が存在することを Google マップ上から確認することがで



図 8 段差注意地点および傾斜情報の表示
Fig. 8 Step warning and information on slope being displayed.

きる (図 7)。なお、本研究においては、ストリートビューを用いた道路状況の確認を主眼としているため、色分けしたマーカは道路状況確認の補助的要素となっている。よって、色分けしたマーカが存在する地点は、実際には走行可能であるが、車椅子に何らかの衝撃を与える段差などが存在することを意味する。

さらに、マップ表示域には傾斜情報をもとに、色分けしたメッシュを Google マップ上に表示する (slope on/off ボタン)。その色分けを確認することにより、車椅子利用者は傾斜の存在を確認することができる (図 8)。なお、マーカの色分け同様、傾斜情報の色分けについても道路状況確認の補助的要素となっている。

なお、段差や傾斜の程度の基準は車椅子利用者の個人状況 (車椅子の性能、自走式・電動式、障がいの程度など) に大きく影響されるため、主観的な面が強い。そのため、段差や傾斜情報については、道路状況確認の補助的要素としている。本システムは、ストリートビューを用いて道路状況を確認することに加えて、補助的要素である段差や傾斜情報を加味することで、個別状況の異なる車椅子利用者が自身に適した経路を把握できるため、外出における安心感を提供することができる。

4. プロトタイプシステムにおけるモザイク処理方法およびその評価結果

本システムの公開にあたっては、プライバシー保護の観点からパノラマ写真に対してモザイク処理を施す必要がある。しかしながら、プロトタイプシステムにおけるモザイク処理は十分な精度が得られていなかった。本章では、プロトタイプシステムにおけるモザイク処理方法およびその評価結果について示す。

4.1 プロトタイプシステムにおけるモザイク処理

プロトタイプシステムでは、OpenCV によるモザイク処理用スクリプトを用いて、人物の顔に対してモザイク処理を施している。具体的には、OpenCV の Haar-like 特徴分類器 [13] を利用して顔検出を行い、検出された顔部分に対してモザイク処理を施している。Haar-like 特徴分類器 (図 9) とは、Haar-like と呼ばれる明暗で構成される矩形パターンを検出に用いる手法であり、顔検出においては目、鼻、口などの特徴的な部分の明暗差で特徴をとらえることで顔を検出している。

OpenCV にはいくつかの Haar-like 特徴分類器が用意されているが、プロトタイプシステムにおいては、予備実験において最も高い精度を得られた正面顔を検出する分類器 (haarcascade_frontalface_alt2.xml) を用いて顔検出を行っている。正面顔を検出する分類器についての詳細は、文献 [13] を参照されたい。

4.2 プロトタイプシステムにおけるモザイク処理の評価結果

パノラマ写真におけるモザイク処理は、パノラマ写真に対する顔検出が重要となる。顔検出さえできればモザイクを施す処理自体は容易であるため、モザイク処理の評価としては顔検出精度の評価となる。

プロトタイプシステムにおけるモザイク処理の評価として、OpenCV の Haar-like 特徴分類器を用いた顔検出の精度評価を行った。評価にあたっては、実際の車椅子利用者協力のもと長崎県長崎市の観光地 (平和公園周辺、グラバー園周辺、出島周辺、軍艦島観光コース) でデータ収集を行った際に得られたパノラマ写真を用いて評価を行っている。具体的には、パノラマ写真 144 枚において、それらのパノラマ写真に写る顔 218 に対して顔検出ができるかの評価を行った。

評価結果を表 1 に示す。結果として、精度が 0.448、再

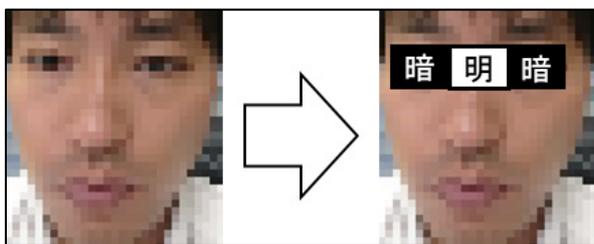


図 9 Haar-like 特徴分類器
Fig. 9 Haar-like feature classifier.

表 1 評価結果 [OpenCV]
Table 1 Evaluation results [OpenCV].

OpenCV	精度	再現率	F 値
	0.448	0.477	0.462

現率が 0.477、F 値が 0.462 となり、OpenCV の Haar-like 特徴分類器を用いた顔検出では、十分な顔検出精度を得られていなかった。

5. モザイク処理方法の提案およびその評価結果

OpenCV の Haar-like 特徴分類器を用いた顔検出では、十分な顔検出精度を得られていなかったため、パノラマ写真のモザイク処理方法の検討を行った。具体的には以下の検討を行った。

検討 1: パノラマ写真の連結

検討 2: 顔検出から人物検出への変更

検討 1 および検討 2 についての詳細を以下に示す。

5.1 パノラマ写真の連結

図 10 のようなパノラマ写真において、画面端の人物が見切れており、このような見切れの発生により、顔検出に失敗する可能性がある。このようなパノラマ写真に対して顔検出を可能とする方法を以下に提案する。

提案手法を図 11 に示す。まず、パノラマ写真を中央で分割する。その後、分割したパノラマ写真を左右入れ替えて結合する。これにより、画面端の見切れにより顔検出ができなかった人物においても顔検出が可能となる。

OpenCV の Haar-like 特徴分類器を用いた顔検出に対して提案手法を適用した場合の評価結果を表 2 に示す。なお、評価においては 4.2 節と同様のパノラマ写真を利用して評価を行った。結果として、F 値の上昇が確認できたため、パノラマ写真の連結は有効であると考えられる。

5.2 顔検出から人物検出への変更

近年、自動運転技術がさかんに研究開発されている。それにとともに、物体検出技術が向上しており、物体検出技術は人物検出においても成果をあげている。本研究においては、プライバシー保護の観点から顔にモザイク処理を施すことを目的としているが、顔検出のアプローチ以外にも人物検出のアプローチも有効である。なぜなら、人物を検出可能であれば、検出された人物全体にモザイク処理を施す



図 10 顔検出に失敗したパノラマ写真
Fig. 10 Panoramic photo that failed in face detection.

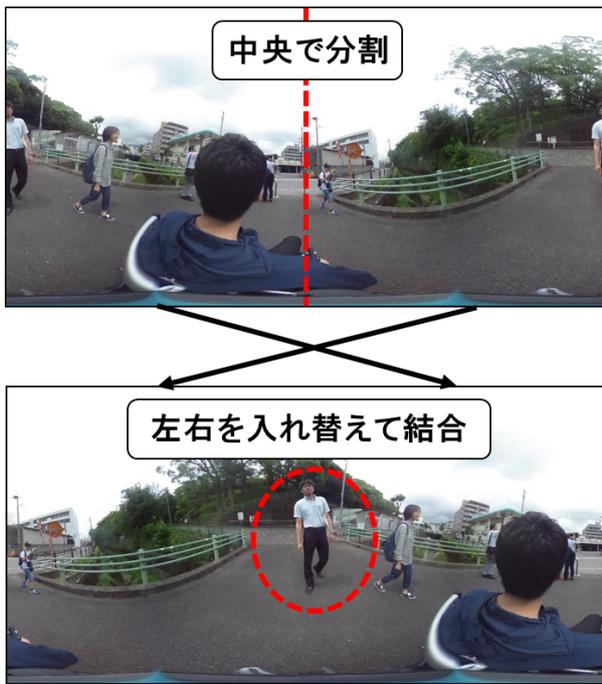


図 11 顔検出に失敗したパノラマ写真への対策

Fig. 11 Measures against panoramic photo that failed in face detection.

表 2 評価結果「OpenCV + パノラマ写真の連結」

Table 2 Evaluation results [OpenCV + Concatenation of panoramic photo].

OpenCV	精度	再現率	F 値
(結合)	0.442	0.509	0.473

ことによりプライバシー保護が実現できるためである。また、特徴のある服装から本人が容易に特定できる場合（特に、特定の場所と紐づいた場合）も考えられるため、プライバシー保護の観点から安全側に倒す意味でも人物検知が有効であると考えられる。しかしながら、観光地など人の多い場所の画像においてはモザイクの占める割合が大きくなることも考えられる。この関係は、プライバシー保護と使いやすさとのトレードオフ関係にあるため、本システムにおいては公開という点を考慮しプライバシー保護を重視することとした。このトレードオフ関係についての検討は今後の課題としたい。一方で、天候条件（雨や日差し）によっては、顔検出は困難になる場合が考えられる。なぜなら、天候条件によりパノラマ写真に写る顔が不明瞭になる場合があるためである。顔と人物を比較した場合に、不明瞭になりやすいのは顔であるため、人物検出の方が天候条件に対して有効であると考えられる。

本研究では人物検出の有効性を検証するために、リアルタイム物体検出 YOLO (You Only Look Once) [14] を用いた人物検出の精度評価を行った。YOLO は CNN (畳み込みニューラルネットワーク) を用いた物体検出アルゴリ

表 3 評価結果「YOLO」

Table 3 Evaluation results [YOLO].

YOLO	精度	再現率	F 値
	0.986	0.991	0.989

表 4 評価結果「YOLO + パノラマ写真の連結」

Table 4 Evaluation results [YOLO + Concatenation of panoramic photo].

YOLO	精度	再現率	F 値
(結合)	0.986	1.0	0.993

ズムであり、高速および高精度での物体検出が可能である。なお、精度評価においては、YOLO の公式 HP [14] で公開されている学習済みモデル（重み）を利用して評価を行った。この学習済みモデルは、PASCAL VOC データセット（PASCAL VOC2007 と PASCAL VOC2012）[15] を用いて学習されている。YOLO についての詳細は、文献 [14] を参照されたい。

評価結果を表 3、表 4 に示す。表 3 はパノラマ写真を連結しない場合の評価結果であり、表 4 はパノラマ写真を結合した場合の評価結果である。なお、評価においては 4.2 節と同様のパノラマ写真を利用して評価を行った。結果として、非常に高い人物検出精度を得ることができた。また、パノラマ写真の連結を行った場合においても、連結しない場合と比較して F 値の上昇が確認できた。よって、パノラマ写真の連結および人体検出のアプローチは、本システムにおける自動化を想定したモザイク処理を実現するうえで有効であると考えられる。

6. おわりに

本論文では、著者らがこれまでに提案・開発した、一般的な車椅子に装着した各種センサからの情報をソーシャルバリアフリー情報として収集し、オンデマンドでバリアフリーストリートビューを構成して車椅子利用者にフィードバックするシステム、すなわち、ソーシャルバリアフリーストリートビューシステムを紹介した。

一方、本システムの公開にあたっては、プライバシー保護の観点からパノラマ写真に対してモザイク処理を施す必要がある。しかしながら、プロトタイプシステムにおけるモザイク処理は十分な精度が得られていなかったため、自動化を想定したモザイク処理方法を提案し、その評価を行った。結果として、本提案方法は本システムにおける自動化を想定したモザイク処理を実現するうえで有効であることを示すことができた。

今後の課題として、傾斜の取得方法の検討があげられる。プロトタイプシステムにおいては、パノラマ写真が撮影さ

れたタイミングでのみ傾斜の情報を取得しているため、パノラマ写真を撮影した場所以外の傾斜が正しく取得できていない。よって、データの取得タイミングを短くするなど、パノラマ写真を撮影した場所以外の傾斜情報の取得方法について検討する。また、プロトタイプシステムでは、傾斜は3軸加速度と地磁気センサの値を用いて算出しているが、この算出方法では加速状態での誤差が大きく正しい傾斜を取得できていない。重力センサによる算出、ジャイロセンサ・加速度センサに相補フィルタを用いた算出などを考慮し、加速状態でも少ない誤差で傾斜を取得できる方法を検討する。さらに、車椅子利用者の個人状況（車椅子の性能、自走式・電動式、障がいの程度など）に影響される段差や傾斜の程度の基準に関連する評価、すなわち加速度情報が適切に取得できているか、段差や傾斜情報が分かりやすいか、どの程度の加速度変化を段差と判断するか、どの程度の段差が車椅子利用者にとって危険あるいは移動の障害になるかの評価についても、様々な個人状況を考慮したうえで評価を行っていく予定である。

謝辞 本研究はJSPS科研費JP18K11267の助成を受けたものです。また、データ収集にご協力いただいた特定非営利活動法人長崎バリアフリー推進協議会の関係者各位に、謹んで感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 統計トピックス No.103: 統計からみた我が国の高齢者(65歳以上)—「敬老の日」にちなんで、入手先 (<http://www.stat.go.jp/data/topics/topi1030.html>) (参照 2018-10-07).
- [2] 平成23年生活のしづらさなどに関する調査(全国在宅障害児・者等実態調査), 入手先 (http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/seikatsu_chousa.html) (参照 2018-10-07).
- [3] 荒井研一, 立石拓也, 小林透, 曾根原登: 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ストリートビューシステム, 信学技報, Vol.116, No.488, pp.1–6 (2017).
- [4] Arai, K., Tateishi, T., Kobayashi, T. and Sonehara, N.: On-demand Barrier-free Street View System Using Sensor Information from General-Purpose Wheelchair Users, *Proc. 5th IEEE International COMPSAC Workshop on Consumer Devices and Systems (CDS2017)*, pp.348–353 (2017).
- [5] Google ストリートビュー, 入手先 (<https://www.google.co.jp/intl/ja/streetview/>) (参照 2018-10-07).
- [6] 矢入郁子: 快適な車いす利用に向けた乗心地指標化のためのパーソナルセンシング・動的測量技術, 公益財団法人立石科学技術振興財団助成研究成果集(第22号)(2013).
- [7] Shikada, M., Okuno, A., Tokunaga, M. and Matsuda, N.: The utility of renewal system for barrier-free map by using remote sensing and RTK-GPS, *Proc. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'04)*, Vol.7, pp.4833–4835 (2004).
- [8] 井上道哉, 橋 俊宏, 安達雅春, 長沢可也: スマートフォンを利用したバリア情報記録・公開システム「バリアマップ」の試作, 信学技報, Vol.116, No.488, pp.7–11 (2017).
- [9] 富士通 arrows M03, 入手先 (<http://www.fmworld.net/product/phone/m03/#/p1>) (参照 2018-10-07).

- [10] RICOH THETA m15, available from (<https://theta360.com/ja/about/theta/m15.html>) (accessed 2018-10-07).
- [11] OpenCV, available from (<http://opencv.jp/>) (accessed 2018-10-07).
- [12] Google Maps API, available from (<https://cloud.google.com/maps-platform/>) (accessed 2018-10-07).
- [13] Viola, P. and Jones, M.: Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, *Proc. 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001)*, Vol.1, pp.511–518 (2001).
- [14] YOLO: Real-Time Object Detection, available from (<http://pjreddie.com/darknet/yolov2/>) (accessed 2018-10-07).
- [15] The PASCAL Visual Object Classes Homepage, available from (<http://host.robots.ox.ac.uk/pascal/VOC/>) (accessed 2018-10-07).



荒井 研一 (正会員)

2004年信州大学工学部情報工学科卒業。2006年同大学大学院工学系研究科博士前期課程修了。2010年同大学院総合工学系研究科博士課程修了。博士(工学)。以来、情報セキュリティに関する研究に従事。2011年東京理科大学理工学部嘱託助教。2015年より長崎大学大学院工学研究科助教。電子情報通信学会、日本応用数理学会各会員。



中島 良太

2017年長崎大学工学部工学科情報工学コース卒業。現在、同大学大学院工学研究科博士前期課程総合工学専攻在学中。



小林 透 (正会員)

1985年東北大学工学部精密機械工学科卒業。1987年同大学大学院工学研究科修士課程修了。同年NTT入社。以来、ソフトウェア生産技術、情報セキュリティ、データマイニング、Web技術等の研究開発に従事。2013年から長崎大学大学院工学研究科教授。IEEE、電子情報通信学会各シニア会員、博士(工学)。本会シニア会員。