

車椅子利用者を笑顔にするバリアフリーストリートビューシステムの提案

三浦千里^{†1} 中島良太^{†1} 荒井研一^{†1} 小林透^{†1}

概要： 近年、高齢化に伴い肢体不自由者が増加しており、それに伴い車椅子利用者の増加が考えられる。車椅子利用者にとって屋外における段差や坂道、階段などは危険を伴う。近年バリアフリー化が普及してきているが、そういった車椅子にとっての障害を事前に避けることは難しい。我々は、車椅子に装着したセンサから段差情報を収集し、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バリアフリーストリートビューシステムを開発している。本研究では、開発したシステムに車椅子で走行するだけで自動で勾配情報を収集し、マップ上にわかりやすく表示させるシステムを目指し、勾配情報算出方法の検討を行った。

キーワード： 車椅子, バリアフリー, ストリートビュー, IoT

Proposal of Barrier-Free Street View System to Make Wheelchair Users Smile

CHISATO MIURA^{†1} RYOTA NAKASHIMA^{†1}
KENICHI ARAI^{†1} TORU KOBAYASHI^{†1}

Abstract: In recent years, the number of physically handicapped people has increased with the aging of the population, and along with this, the number of wheelchair users can be increased. For wheelchair users, steps, slopes, steps, etc. in the outdoors are accompanied by danger. In recent years barrier-free-design has become widespread, but it is difficult to avoid obstacles for such wheelchairs in advance. We have developed a barrier free street view system that gathers step information from sensors attached to a wheelchair, constructs barrier free street view, and feeds back to wheelchair users. In this research, we aimed at a system which collects gradient information automatically by merely running on a wheelchair in the developed system and displays it on a map in an easy-to-understand manner, and examined the gradient information calculation method.

Keywords: wheelchair, barrier-free, street view, IoT

1. はじめに

近年高齢化により肢体不自由者が増加しており、今後さらなる増加が見込まれる [1] [2].

それに伴い車椅子利用者の増加も考えられる。車椅子は肢体不自由者にとってはなくてはならないものだが、屋外には車椅子で走行する際の障害も数多く存在する。段差や坂道、階段や自転車止めのポールなど多くのものが車椅子の走行の障害となってしまう。このような健常者にとっては問題のないものでも車椅子にとっては大きな障害となり、これらの存在によって車椅子利用者は慣れた道以外の走行を不安に思い、外出時のルート選択の幅が狭まっているのではないかと考えられる。

この問題を解決するために先行研究として本研究室でバリアフリーストリートビューシステムが開発された [3][4]. このシステムは、車椅子に歩道情報を収集することができるアプリを搭載したスマートフォンとパノラマ写真が撮影できる全天球カメラを装着し、走行するだけで車椅子利用者にとって障害となる段差情報や走行した歩道の位置情報

やその地点の 360 度のパノラマ画像等の情報を、さまざまな車椅子利用者によって自動で収集することができる。そして収集した情報をサーバに転送するだけで、サーバがマップとストリートビューに自動で変換し、車椅子利用者にフィードバックするというシステムである (図 1)。このシステムによって、健常者に頼らずに車椅子利用者自身が情報を他の車椅子利用者に共有することが可能になる。また、共有された歩道情報を見ることで安全な道を見つけた車椅子利用者の行動範囲が広がることや、まだ共有されていない場所の歩道情報を集めるためにモチベーションの高い車椅子利用者の外出の意欲が高まることに繋がると想定される。

しかし、このバリアフリーストリートビューシステムは、開発当初の予定では車椅子の障害となる情報として段差情報を取得することを目的として開発していたが、実際に車椅子利用者にヒアリングしたところ、傾斜情報も載せてほしいとの要望があり、開発が進んでいた段差情報取得システムに傾斜情報取得システムを後から急遽追加した。その

^{†1} 長崎大学大学院工学研究科
Nagasaki University

ため、先行研究におけるバリアフリーストリートビューシステムでは、マップに表示されている傾斜情報の場所に本当に傾斜が存在するのか分からないといった問題が発生している。

そこで本研究では、傾斜情報取得方法と表示方法の検討を行い、車椅子利用者の外出時の不安解消のさらなる手助けとなり、利用者を笑顔にするシステムを目指す。

本稿の構成は全6章で構成されている。第2章では既存研究について述べ、本研究と比較する。第3章ではバリアフリーストリートビューシステムの概要とシステム要件について述べる。第4章では傾斜角の算出方法について述べ、予備実験を行い、結果から提案システムについて述べる。第5章では提案システムの有用性を検証する。第6章ではまとめで本論文を締めることとする。

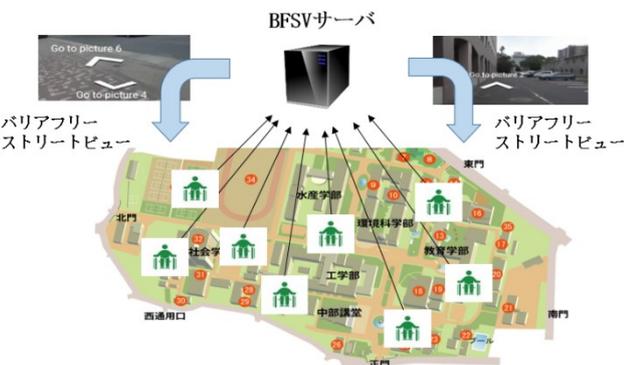


図1 バリアフリーストリートビューシステム概要図。

2. 既存研究

これまでにも、センサを用いたバリアフリー情報取得に関する取り組みがあった[5][6]。

1つ目は市販の3輪自転車にハンドルのふれ角を計測する回転式のポテンショメータ、段差や路面凹凸を通過したときに生じる振動加速度を計測する2軸の加速度センサ、走行スピードを計測する磁気センサ、歩道の縦断勾配と横断勾配を計測する2軸の加速度センサ、角速度を計測する2個のジャイロセンサ、調査ルート上の緯度経度情報を取得するGPSを装着し、段差計測・幅員計測・勾配計測を行うことで、歩道や自転車歩行者道の調査を行う研究である。この研究では、段差や傾斜などの歩道情報を収集することができるが、調査ルート上のGPSをメモリ媒体に記録し、その後オンラインでの角センサとの同期をとり、各センサの出力を長さ60秒、精度12ビット、周波数500Hzでサンプリングし、ノートブック型コンピュータに取り込むといった作業がある。これは複雑な作業が必要となり、歩道情報収集者が限られてしまう。また、多数のセンサなどを装着しなければならないため、車椅子に装着することは難し

いと考えられる。本システムでは、スマートフォンを装着し、スマートフォン内にデータを保存し、保存したデータをサーバに転送することでサーバが自動でストリートビューの形に変換され、車椅子利用者はスマートフォンアプリで収集し、転送するだけで視覚的にバリアフリー情報を見ることができる。

2つ目はiPhoneの加速度センサとジャイロセンサを用いて段差と傾斜角を取得し、Webブラウザに登録、公開するシステムに関する研究がある。このシステムでは不特定多数の車椅子利用者から歩道情報を集めることが可能となり、車椅子利用者へのフィードバックもできている。しかし、マップ上に表示するだけでは視覚的に分かりづらく、車椅子利用者がこのシステムで手にいれた情報からの予想と実際の道路の状態との間にギャップが生まれてしまうことが考えられる。また、傾斜情報に関してはジャイロセンサのみの取得となっており、移動しながらの記録では車椅子の微振動や細かい凹凸を乗り越えたときの衝撃による車椅子の微振動等から実際の傾斜角とは大きく異なる値を記録したということが記述されており、車椅子利用者が安心できる傾斜情報ではないと考えられる。本システムでは、ストリートビューの形で実際の状況を確認でき、また、実際の勾配に近い傾斜情報を取得し、フィードバックすることができる。

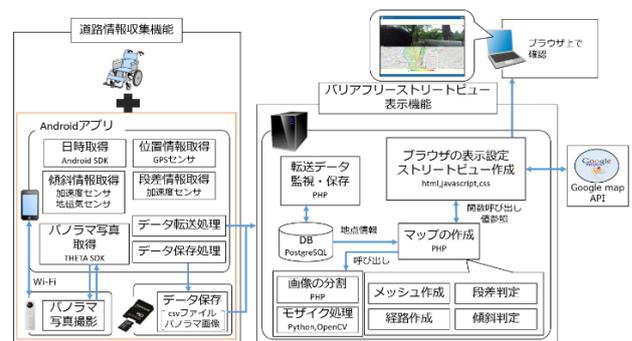


図2 バリアフリーストリートビューシステムのシステム構成図。



図3 ブラウザでの表示配置。

3. バリアフリーストリートビューシステム

3.1 概要

先行研究として開発されたバリアフリーストリートビューシステムは、図 2 のように「道路(歩道)情報収集機能」と「バリアフリーストリートビュー表示機能」の大きく 2 つの機能に分けられる。

道路(歩道)情報収集機能は車椅子にスマートフォンとパノラマ画像の撮影ができる全天球カメラを装着し、日時、GPS、段差や傾斜情報を取得する機能である。

バリアフリーストリートビュー表示機能は、収集したデータがサーバに転送され、サーバに集められたデータをストリートビューの形に変換し、図 3 のようにブラウザで確認できるようにする機能である。

3.2 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 : 段差情報の取得

各種センサを用いて段差情報を取得でき、段差情報をスマートフォン上に保存する。

要件 2 : 収集した情報の送受信

Wi-Fi 接続時に、スマートフォン上の収集した情報を本体サーバへ転送できる。

要件 3 : バリアフリー情報の更新

本体サーバのバリアフリー情報を常に新しい情報に更新できる。

要件 4 : バリアフリー情報の提供

Web アプリケーションを通じてバリアフリー情報を提供できる。

以上 4 つの要件に関しては、本研究の先行研究で達成されている。

本研究で達成すべき要件を以下に示す。

要件 5 : 傾斜情報の取得

スマートフォンを用いた傾斜取得方法の検討を行う。スマートフォンにはセンサが搭載されており、各種センサ値を用いて傾斜の算出を行う。標準型や簡易型の電動車椅子の走行速度は 4.5m/h 仕様や最高速度 6.0km/h であるため、毎秒 0.2~1.6m 進むと推測できる。そこで、0.05 秒間隔でセンサ値を取得し、1 秒間隔で平均をとることで短距離間隔で傾斜値の取得を行う。

算出方法については、センサ値を利用した傾き算出では以下の 3 つの算出方法が挙げられる。3 つの方法を比較検討し、適したものを選ぶ。

- 加速度センサ・地磁気センサ値を用いた算出 (先行研究)
- 重力センサを用いた算出

- ジャイロセンサ・加速度センサを用いた算出

要件 6 : 傾斜情報の表示

収集した傾斜情報を Google Map API を用いて 0.5m 四方のマスを区切ったマップ上に反映し、設けた閾値によってマスを異なる色で描画することで傾斜情報を提供する。閾値に関しては、既存研究を調査し、考案する。

4. 傾斜情報システムの検討

4.1 従来のシステムの問題点

先行研究の算出方法は加速度センサを用いた算出方法と大差ない。加速度センサによる算出方法は、デバイスが受ける重力加速度の方向で傾斜角を推定する。つまり、静止状態における推定では重力加速度のみの値を取得できるため、正確なデバイスの姿勢を求められるが、デバイスが加速してしまうと重力加速度にデバイスの運動による加速度の影響がかかるため正確な姿勢推定が不可能となる。そのため、実際は傾斜でない場所を傾斜と判断してしまっているという問題が発生していると考えられる。そこで本研究では算出方法を比較し、有用な算出方法を適用する。

4.2 傾斜算出方法の検討

算出方法については、以下のセンサ値を利用した方法を比較検討し、適したものを選出するために、以下の算出方法の加速状態における傾き算出の比較検討を行う。

- 加速度・地磁気センサ値を用いた算出 (先行研究)
- 重力センサを用いた算出
式(1)より傾斜角を算出する。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{GravityY}{\sqrt{GravityX^2 + GravityZ^2}} * \frac{180}{3.14} \quad (1)$$

- ジャイロセンサ・加速度センサを用いた算出
式(2)より傾斜角を算出する。
相補フィルタを用いて算出を行う。

$$\begin{aligned} & \theta(n+1) \\ &= \left(1 - 0.1 * \frac{1}{1 + (c - c * a)^2}\right) * (\theta(n) + \Delta\theta_g) \\ & \quad + 0.1 * \frac{1}{1 + (c - c * a)^2} * \theta_a \end{aligned} \quad (2)$$

θ_g : ジャイロから求めた角度, θ_a : 加速度から求めた角度
c: 係数, a: 各軸の加速度ベクトル和

実験方法として傾きを測定する装置を台車の上に設置し、長崎大学工学部 1 号館 4 階研究室横の廊下を 0 度、10 度の角度で一直線に走行した場合と角を曲がった場合のデータを収集し、比較する。

0 度で一直線に加速した場合、曲がった場合、10 度で曲

がった場合、一直線に加速した場合の順番に収集する。

傾きを測定する装置としては傾きを 0~30 度に自由に変わることができる Costway 社製の台を使用する。傾き調整においては、シンワ測定社製 BLUE LEVEL300mm のアナログ水平器と Bigman 社製 Level Box のデジタル水平器を用いて調整を行う。計測を行うスマートフォンは、先行研究で使用したスマートフォンと同じ富士通 SIM フリースマートフォン arrowsM03 (Android ver6.0.1) を使用する。

実験結果を図 4, 図 5, 図 6, 図 7 に示す。図 4 は加速度センサと地磁気センサを用いて算出する方法の実験結果である。図 5 は重力センサを用いて算出する方法の実験結果である。図 6, 図 7 はジャイロセンサと加速度センサを用いて算出する方法の実験結果である。

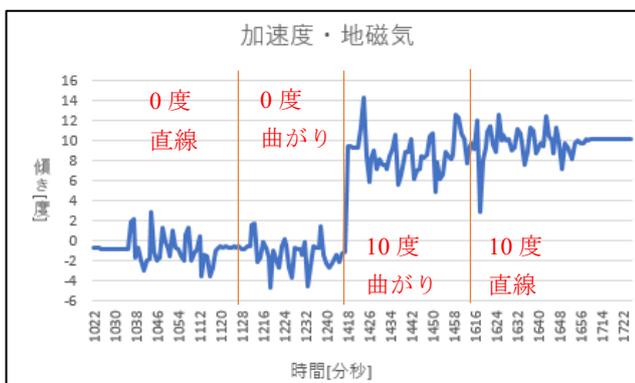


図 4 加速度・地磁気センサの実験結果。

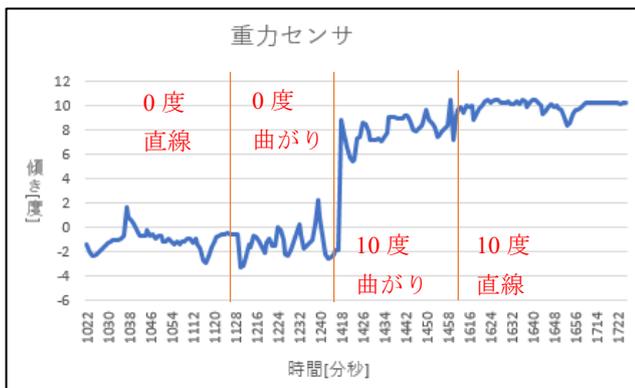


図 5 重力センサの実験結果。

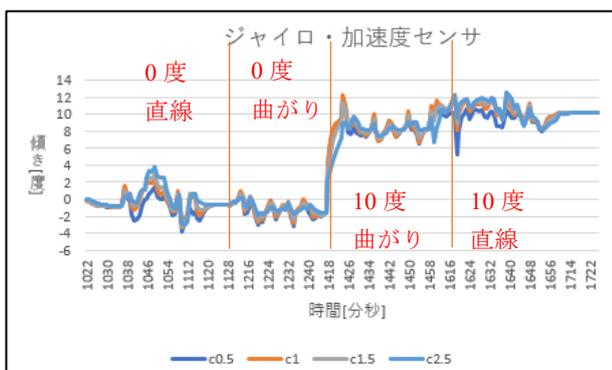


図 6 ジャイロ・加速度センサにおける実験結果 (c=0.5, 1, 1.5, 2, 2.5)。



図 7 ジャイロ・加速度センサにおける実験結果 (c=3, 3.5, 4, 4.5, 5)。

図 4, 図 5, 図 6, 図 7 から、加速度・地磁気センサによる傾斜算出方法では大きいところでおよそ 8 度の範囲でずれが生じているが、重力センサによる算出方法、ジャイロ・加速度センサに相補フィルタを適用した算出方法ではおよそ 5 度以内の範囲でのずれが生じることが分かった。また、重力センサによる算出方法、ジャイロ・加速度センサに相補フィルタを適用した算出方法では 1 秒毎のずれが加速度・地磁気センサによる算出方法よりも小さいことが分かる。

また、設定角度からのずれの平均をとると図 8 のようになり、図 4, 図 5, 図 6, 図 7 と図 8 の結果から重力センサによる算出方法が有用だと考えられ、本研究では重力センサによる算出方法を適用する。

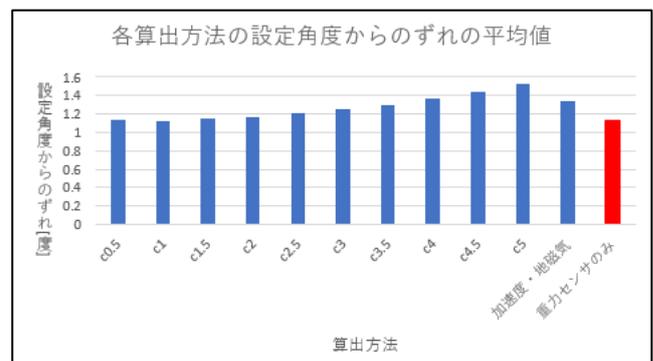


図 8 各算出方法の設定角度からのずれの平均値。

4.3 傾斜の閾値・指標

傾斜描画基準については、車椅子の種類や介助する人の体力などによって上れる限界が変わってくるのが考えられる。例えば、車椅子の種類だけでも自走式車椅子、介助式車椅子、軽量車椅子、モジュール型車椅子、リクライニング型・ティルト型車椅子、電動車椅子、電動アシスト車椅子などがあり、自走式は坂道での使用は推奨出来ないが、電動アシスト車椅子だとある程度の坂道でも通行可能だと

考えられる。このように、車椅子の種類で全く条件が変わってくる。その他にも、車椅子使用者の走行能力・身体能力の差による影響も考えられる。そこで、ブラウザにおける表示指標を緩い・急などの表記ではなく、何度の角度を測定できたのかを指標とし、既存研究や文献等から電動車椅子または手動車椅子（自走式・介助式）においてそれぞれの困難だと思われる角度を検討し、角度指標における補足を考案するといった手法を考える。

電動車椅子または手動車椅子（自走式・介助式）においてそれぞれの困難だと思われる角度をそれぞれ検討する。

まず、前述したように法律によりスロープの勾配が屋内では1/12、屋外では1/15と定められている。既存研究としては1つ目に、「縦断勾配が車いす走行に与える影響に関する研究」で自走式の車椅子での登坂、降坂の実験で車椅子利用者が容易に走行可能な勾配の上限値を5%(1/20)と明らかにしている [7].

2つ目に、「車いすによるスロープ走行時の身体的負担の定量化とその応用」では両上肢の機能が良好な下肢対麻痺者によるトレッドミル装置での走行実験では、身体的負担の観点から4%(1/25)以下の勾配を推奨している [8].

3つ目に、「車いすの下り勾配における身体負担に関する実験研究」では、自走用標準型車椅子による両手駆動および片手駆動における下り走行の実験で勾配1/12はやや負担のかかる基準であると述べられており、1/9~1/7においては官能評価、動作筋電図、速度評価から相当きついものであると述べられている [9].

4つ目に、「介助者が車いすを押して昇る場合のスロープ勾配に関する検討」では健康女性に総重量76.6kgの車椅子を押して登坂するという実験で大きな負担にならず上れる最適勾配は6~8度、上れる限界勾配は16度付近であると述べられている [10].

5つ目に、「乗車者および介助者を考慮したスロープ勾配と車いす昇降介助操作方法に関する検討」では若年者と高齢者に乗車者と介助者の体重差が±10kg以内で登坂・降坂の実験を行い、若年者群においてはすべての勾配(4%~16.7%)における操作が可能であったが、高齢者群においては登坂・降坂ともに勾配1/8(12.5%)、1/6(16.7%)での操作が容易でないことが述べられている [11].

6つ目に、「車椅子登坂にたいする勾配の影響について」では国立身体障害センターの入所者による勾配0~15%の登坂実験から勾配7%から登坂が容易ではないことがうかがえ、10%以上の勾配はさけるべきであると述べている [12].

7つ目に、「車椅子用斜路勾配の再検討」では13~20歳の女性、11歳の小学生男子を被験者とし、勾配1/12、1/16、1/20の登坂・降坂の実験から筋力の弱い女性や子供にとって勾配1/12は負担がかかると述べている [13].

8つ目に、「直立及び車椅子使用による傾斜面角度の知覚

と車椅子によるスロープ昇降の難易度評価」では、健康な大学生による1度から10度の範囲で1度ずつ変更可能な実験室環境の床面上での登坂・降坂・方向転換実験において登坂においては4~5度付近が難易度中位で6~7度でかなり困難となり、降坂においては4度前後で難易度中位、5度でかなり困難といったことが述べられている [14].

9つ目に、「坂道における高齢者・障害者の移動負担の計測」では健康者（高齢者含む）と普段自力で外出している車椅子利用者、介助付きで外出している車椅子利用者を被験者とした2.2%、5.0%、5.5%、7.9%の勾配の登坂・降坂実験から登坂において5.0%の勾配から距離とともに速度が低下し、途中で休憩をはさむ必要があったと述べられている。7.9%の勾配になると初速度も大きく低下し、移動できる距離も短くなったと述べられている。降坂においては5.0%よりも7.9%の勾配の方の平均速度が遅いことから7.9%の降坂は困難であることが述べられている。また、被験者にヒアリングを行った結果、登坂においては5.0%から苦痛を感じ、7.9%では非常に困難なことがうかがえる。降坂においては、7.9%においてやや苦痛との結果が得られている [15].

10つ目に、「歩道単路部の切り下げにおける車いす歩行の負担に関する実験的検討」では手動車椅子使用者、電動車椅子使用者、車椅子介助者それぞれ9人ずつによる勾配角度0%、5%、8.3%、12.5%、16.7%の登坂・降坂実験から手動車椅子使用者においては、上半身が健康である者はおおむね8.3%以下の勾配であれば負担は小さいと述べ、上半身や体幹に麻痺のある者は5%に勾配から負担が認められ、降坂においては麻痺により下り傾斜による加速を十分に抑えることが出来ないため、苦手としていると述べている。次に、電動車椅子使用者において登坂では8.3%以下の勾配ならば負担が比較的小さく、降坂では被験者が上半身や体幹に麻痺のある者が多く、苦手としていると述べている。介助者においては、3つの中で最も負担の少ない車椅子属性であると述べている [16].

11つ目に、国土技術政策総合研究所の付録の4.3節「歩行補助器具及び自転車等の登坂能力を考慮した勾配の限界」では車椅子使用者25名による縦断勾配2、4、5、6、8%の登坂実験から自走式車椅子における限界勾配は8%だが、6%から8%にかけて身体的負担が大きく悪化していると述べている。電動車椅子においては電動車椅子安全普及協会の会員企業が販売している電動式車椅子の実用登坂角度についてまとめられており、その値は機種によって異なり、10.5%~14.1%が中心となっていると述べられている。シニアカーにおいても電動車椅子安全普及協会の会員企業が販売しているいずれ御製品も17.6%が限界であると述べられている [17].

以上から車椅子使用者と介助者観点における目安が全く

違うことが分かる。また、車椅子使用者の筋力、走行方法、健康状態や車椅子が手動か電動かによっても多少異なることが分かる。そこで、ブラウザ上で見やすく表示することを考え表 1 の描画基準とする。

表 1 考案した傾斜の指標。

| 描画基準 | %-角度 | 色 | 補足 |
|------|--------|---|---------------------------------|
| ~4% | ~2.29度 | 無 | 自走式でも通行容易 |
| ~6% | ~3.43度 | ■ | 屋外でのスロープ基準値 |
| ~8% | ~4.57度 | ■ | 自力での通行は困難となり、介助者の協力を推奨する |
| ~10% | ~5.71度 | ■ | 電動車椅子での走行可能 ※電動車椅子は種類により前後する |
| ~12% | ~6.84度 | ■ | 介助者の協力があっても通行は負担となってくると考えられる |
| ~17% | ~9.65度 | ■ | シニアカーでの通行可能 |
| ~ | ~ | ■ | 通行困難 |

5. 実験と評価

本システムの有用性を評価するために、3.2 節で示した要件を満たしているか評価実験を行った。

実験方法としては、先行研究のバリアフリーストリートビューシステムと本研究で行った手法で道路情報を収集し、収集した結果と収集したデータをアップロードした結果を比較する。以下にそれぞれの手法についてまとめる。

- 先行研究のバリアフリーストリートビューシステム
 - 加速度・地磁気センサを用いた 10.0m 進行または段差を検知した場合での傾斜取得システム
 - 5.0m 四方のマスを区切ったメッシュ構造における描画方法
- 本研究で行った手法
 - 重力センサを用いた 50ms 間隔で算出した傾斜値を 1 秒間隔で平均値を取る傾斜取得方法
 - 0.5m 間隔における描画方法

比較方法としては、図 9 に示す先行研究の取得方法でアップロードを行った結果から得られたあるマーカーからマーカーへの傾斜描画範囲をもとに 3 ヶ所(比較箇所(a), (b), (c)) 選抜し、そのマーカーのおよその位置の勾配をデジタル水平器を用いて測定し、取得したデータとアップロードした結果から比較検証する。

図 9 における比較箇所での先行研究による手法、本研究で行った手法によるアップロード結果をそれぞれピックアップした結果、図 10、図 11、図 12 となった。先行研究でのアップロード結果を左図に、本研究で行った手法でのアップロード結果を右図に示す。

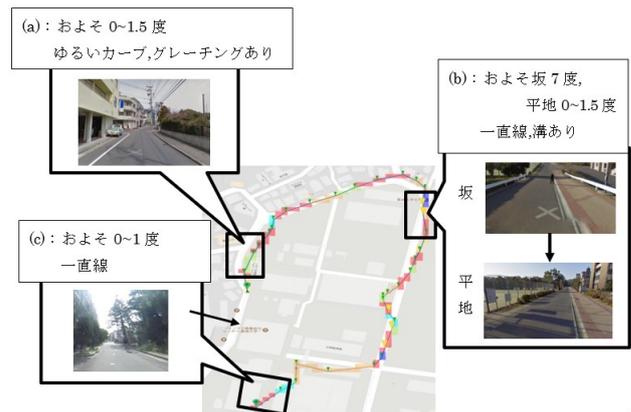


図 9 比較する 3 ヶ所。

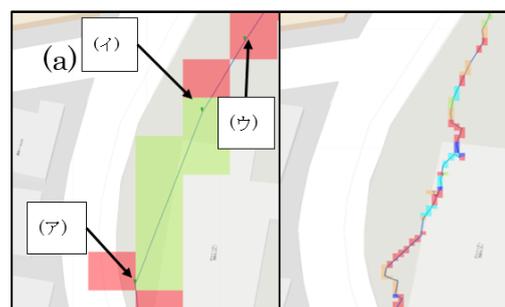


図 10 比較箇所(a)における先行研究による手法(左図)、本研究で行った手法(右図)によるアップロード結果。

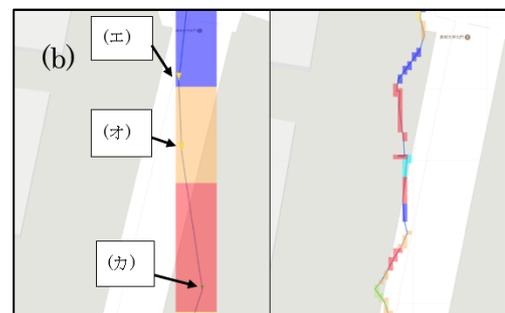


図 11 比較箇所(b)における先行研究による手法(左図)、本研究で行った手法(右図)によるアップロード結果。

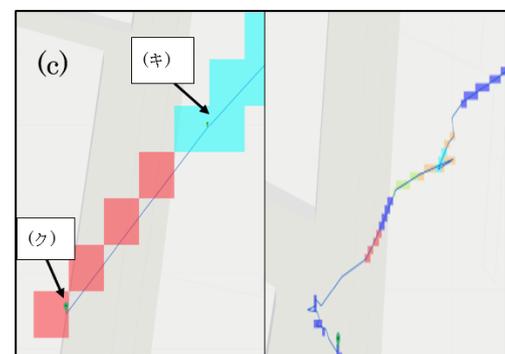


図 12 比較箇所(c)における先行研究による手法(左図)、本研究で行った手法(右図)によるアップロード結果。

図 10, 図 11, 図 12 から得られた結果から, 2つの手法による収集データの位置情報にずれがあるが本研究の手法により, 短い間隔で取得することが可能となり, より詳細に傾斜の値が取得できていることが分かる. また, 線で示された経路付近での描画が出来る.

取得データと比較してみると, (ア)~(ク)で示された先行研究の傾斜取得位置の取得時刻を参考に, それぞれの比較箇所における重力センサからの取得傾斜値と先行研究からの取得傾斜値を図 13, 図 14, 図 15 から本研究の傾斜取得手法を適用することで実際の勾配に近い値を短い間隔で取得できるようになることが分かる.

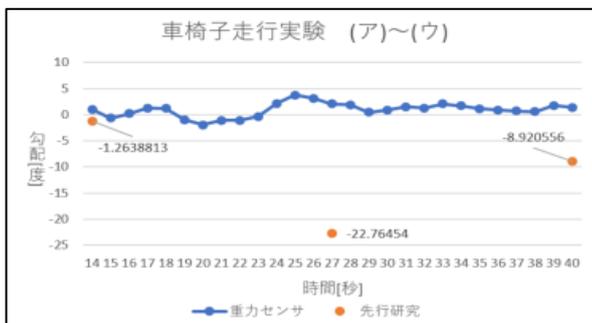


図 13 (ア)~(ウ)における重力センサによる取得データと先行研究による取得データ.

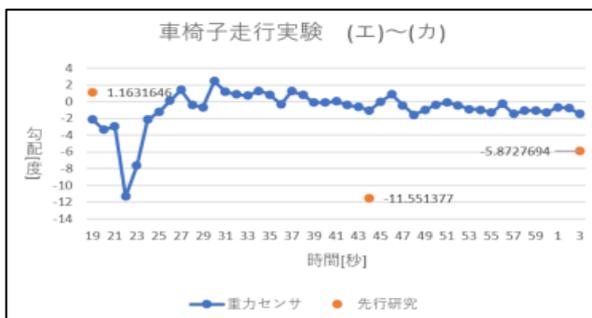


図 14 (エ)~(カ)における重力センサによる取得データと先行研究による取得データ.

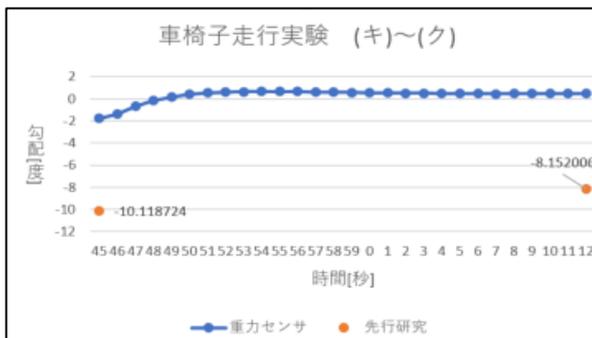


図 15 (キ)~(ク)における重力センサによる取得データと先行研究による取得データ.

以上より, 本研究による手法を適用したバリアフリーストリートビューシステムでは加速状態において以前よりも値のずれが少ない算出方法で短距離間隔での勾配の取得が可能となった. しかし, 今回取得したデータではグレーチングや溝を通過した際等における振動では車体が多少傾くことも考えられる. こういった勾配とは異なる場所において傾きと判断される影響を, 大きな振動時に取得した傾斜の値は傾斜値とは別のデータとして取得するなどの対策をすることで改善されるのではないかと考える.

6. おわりに

本研究では, 先行研究として開発された, さまざまな車椅子利用者自身が歩道情報を収集することができるアプリを搭載したスマートフォンとパノラマ写真が撮影できる全天球カメラを車椅子に装着し, 走行するだけで車椅子利用者にとって障害となる情報と走行した道の位置情報や 360 度のパノラマ画像などといった歩道情報を収集することができ, 収集したデータをサーバに転送するだけでサーバが収集されたデータをマップとストリートビューに自動で変換し, 車椅子利用者にフィードバックする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取得方法と表示方法の検討を行った.

傾斜取得ではスマートフォンのセンサを用いて 0.05 秒間隔でセンサ値を取得し, 1 秒間隔で平均をとることで短距離間隔で傾斜値の取得を行い, 収集した傾斜情報を Google Map API を用いて 0.5m 四方のマスを区切ったマップ上に反映し, 既存研究から調査し, 設けた閾値によってマスを異なる色で描画することで傾斜情報を提供することが可能となった. しかし, 実験により発覚した傾斜算出方法のおよそ ± 5 度の誤差, ブラウザ上で傾斜を描画した際の反映の仕方, 実際の歩道を走行する際のグレーチングや溝, 段差や道路の状況等から車体が傾くことによる一時的な影響などの課題を改善していく必要がある. また, 値を取得することは可能となったが, 車椅子利用者がブラウザで閲覧する際に傾斜を判断する材料となるのは本研究で考案した指標の色分けであり, 実際に傾斜がどうなっているのか視覚的にブラウザ上で見ることはできないということが挙げられ, 今後は記述した問題点の改善を行っていく.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP18K11267 の助成を受けたものです.

参考文献

- [1]内閣府. (日付不明). 年齢階層別の障害者数 | 平成 27 年版障害者白書 (全体版) 内閣府.
http://www8.cao.go.jp/shougai/whitepaper/h27hakusho/zenbun/h1_03_03_02.html
- [2]NICT 情報通信研究機構. (2002 年 4 月 1 日). 身体障害者数. <http://barrierfree.nict.go.jp/relate/statistics/population1.html>
- [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, 2017, vol.116, no.488, p.31-38.
- [4]Kenichi Arai, Takuya Tateishi, Toru Kobayashi, Noboru Sonehara. On-demand Barrier-free Street View System Using Sensor Information from General-Purpose Wheelchair Users. Proc. the 5th IEEE International COMPSAC Workshop on Consumer Devices and Systems(CDS2017), 2017, p.348-353.
- [5]齋藤 健治, 清田 勝. プローブ自転車による自転車歩行者道のバリア調査法. 土木計画学研究・論文集, 2005-10, vol.22, no.1, p.177-182.
- [6]井上 道哉, 橘 俊宏, 足立 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, 2017-03, vol.22, no.1, p.177-182.
- [7]横山 哲, 清水 浩志郎, 木村 一裕. 縦断勾配が車いす走行に与える影響に関する研究. 土木学会論文集, 1999-01, vol.1999, no.611, p.21-32.
- [8]村木 里志, 三星 昭宏, 松井 祐介, 野村 貴史. 車いすによるスロープ走行時の身体的負担の定量化とその応用. 土木学会論文集, 2006-07, vol.62, no.3, p.401-416.
- [9]徳田 良英. 車いすの下り勾配における身体負担に関する実験研究. 福祉のまちづくり研究, 2009, vol.11, no.1, p.40-47.
- [10]吉原 裕美子. 介助者が車いすを押して上る場合のスロープ勾配に関する検討. 茨城県立医療大学紀要, 1997, vol.2, no.2, p. 53-59.
- [11]能登 裕子, 村木 里志. 乗車者および介助者を考慮したスロープ勾配と車いす昇降介助操作方法に関する検討—車いす走行動態と介助負担および主観的乗り心地について—. 日本看護技術学会誌, 2010, vol.9, no.2, p.55-66.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsnas/9/2/9_55/_pdf
- [12]佐渡山亜兵, 佐野 吉雅, 谷井 克則, 荒居 宏, 荒井 徹夫, 齋藤 一朗. 車椅子登坂にたいする勾配の影響について. 人間工学, 1974-09, vol.10, no.4, p. 131-137.
- [13]白石 光昭, 佐川 明日香. 車椅子用斜路勾配の再検討. 小山工業高等専門学校研究紀要, 2006, vol.38, p.147-151.
- [14]竹澤 智美, 對梨 成一, 土田 宣明, 松田 隆夫. 直立及び車椅子使用による傾斜面角度の知覚と車椅子によるスロープ昇降の難易度評価. 立命館人間科学研究, 2002-03, vol.3, p.37-46.
- [15]新田 保次, 小山 健一, 猪井 博登, 中平 明憲. 坂道における高齢者・障害者の移動負担の計測. 土木計画学研究・講演集, 2004-06, vol.29, p.VI(102).
- [16]田平 博嗣, 上野 義雪. 歩道単路部の切り下げにおける車いす歩行の負担に関する実験的検討. 土木計画学研究・論文集, 1999-09, vol.16, p.609-616.
- [17]国土技術政策総合研究所. (日付不明). 付録 (国土技術政策総合研究所). p.64-69.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0667pdf/ks066708.pdf>