

高齢者や障害者向けのモビリティ技術開発

本田雄一郎 中村俊哉 奥田一郎

1 はじめに

現在、移動するにあたって公共交通機関の乗り継ぎや経路情報が簡易に得られる情報提供サービスが普及している。しかし、多くは「歩行者」「公共交通利用者」「車」等の代表的な移動形態による経路探索である。様々な身体レベルで運動機能に衰えのある高齢者や車椅子の利用者などに対しては、坂道の勾配など移動能力の影響も考慮した情報提供が適切と考えられる。当研究所では、これまでの研究成果として、車椅子のブレーキ力と坂路の角度の関係について明らかにした。

本研究では、この成果を基に、介助用ならびに自走用車椅子の利用者に対して、それぞれの利用者の身体能力を加味した安全な移動経路情報を提示するシステム開発を行う。そのために、身体能力に応じて発揮できるブレーキ力と身体状況を関連付けたブレーキ力モデルの構築、移動環境における現場でのバリア情報のマッピングを行う手法の研究開発が必要となる。身体能力に応じて発揮できるブレーキ力についての研究は、他の機関で実施されておらず、この情報収集そのものが他にない当研究の特徴となっている。

この研究開発成果は、生活圏内はもとより、旅行での移動のほか、住み替えが必要になった際の現地情報の検討と同時に災害時の避難経路確認など、暮らしに根差した基本的な情報源として活用できると考えられる。

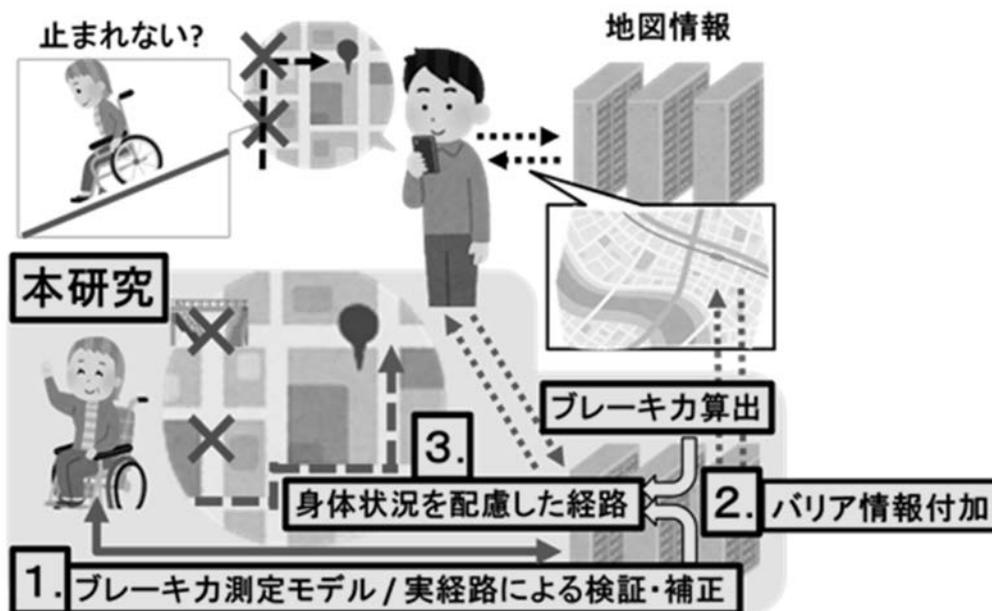


図1 車椅子利用者の安全移動経路提示に関する研究開発のコンセプト

2 ブレーキ力推定モデル

車椅子利用者が発揮できるブレーキ力は未知であるが、車椅子ユーザの発揮できるブレーキ力のデータがあれば、これまでの成果である車椅子での降坂に対し危険と思われる角度や移動速度をパラメータとした数理モデルにより得られるブレーキ力を比較できるようになる。実測結果と車椅子ユーザの移動経路をもとに数理モデルを使って算出したブレーキ力を比較することで、身体能力に応じて発揮できるブレーキ力と身体状況を関連付けたブレーキ力モデルの構築が可能となる。このモデルデータを元に、移動経路マップ上に表示内容を調整することが可能となる。

2.1 車椅子ブレーキ測定器の概要と手順

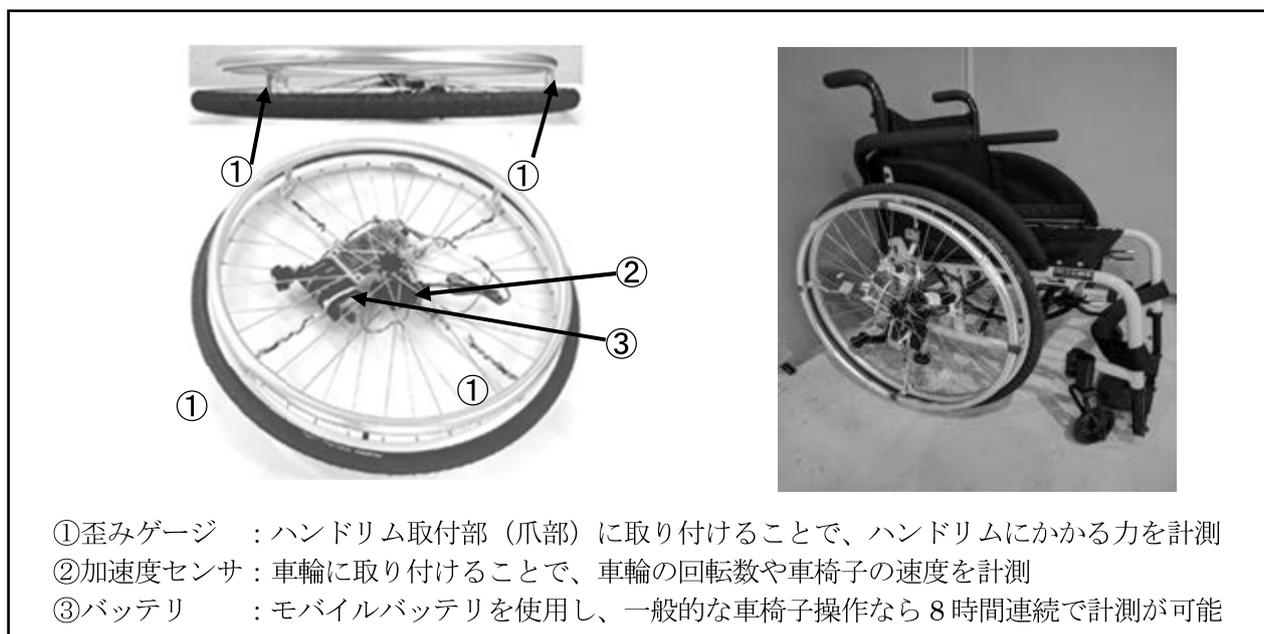
昨年の研究で、車椅子の利用者が乗った車椅子を駆動輪を地面からわずかに浮かせ、ブレーキ力測定器から伸びるワイヤを車椅子の車輪に取り付けることで計測器を作製、計測用車椅子で得られたデータと比較しほぼ一致していることを確認した。そこで、健常者3名（成人男性）についてプレ実験を行った。手順を以下に示す。

1. 計測者がガイドレール上で徐々に力を加えながらブレーキ力測定器を引き、ワイヤを介して車輪に回転力を与える
2. 車輪を回転させようとする力に対し、被験者がブレーキをかけて回転を止める（その時ハンドリムは強く握らない）
3. 車輪の回転力が車椅子利用者によるブレーキ力を上回った際に、力の釣り合いが崩れ、車輪が回転し始める。その直前の最大ブレーキ力が測定される

このデータより、搭乗者がかけることができる最大のブレーキ力を推定できる。これによりブレーキの数理モデルを使って一般的に降坂可能な坂路の角度を知ることができる。



図2 ブレーキ力測定時の様子



- ①歪みゲージ : ハンドリム取付部（爪部）に取り付けることで、ハンドリムにかかる力を計測
②加速度センサ : 車輪に取り付けることで、車輪の回転数や車椅子の速度を計測
③バッテリー : モバイルバッテリーを使用し、一般的な車椅子操作なら8時間連続で計測が可能

図3 計測用車椅子の計測装置を内蔵したホイール（左）とそのホイールを取り付けた車椅子（右）

2.2 地図上の傾斜とブレーキトルクの推定

国土地理院のウェブサイトでは、標高データがわかる地理院地図¹⁾が提供されている。地理院地図では都市部の大部分は5m四方に0.3~2mの精度で標高データを公開しており、任意の地点間の距離と共にその地点ごとの標高データを調べることができる。このデータを用いれば標高と距離から傾斜角がわかる。さらにはブレーキの数理モデルから、経路上の降坂傾斜に対する必要なブレーキトルクがわかる。また、逆に言えば必要なブレーキトルクを発揮できない場合は、ブレーキ力が不足し暴走する恐れがあるといえる。同様に登坂時も坂を登るのに必要な力より発揮できる力が大きければ登坂が可能である。なお登坂時につ

いては、先行文献²⁾により坂路の角度とトルクの関係が明らかになっている。

複数のアプリケーションに作業がまたがるため、当初は手入力で行っていたが Power Automate による半自動化し危険度を表示する事を試みた。地理院地図上で始点と終点の二点(および複数の中間点)を選ぶことで、自動で Microsoft Excel を起動し、傾斜のグラフを表示すると共に 3 段階の危険度を表示するものである (図 4)。

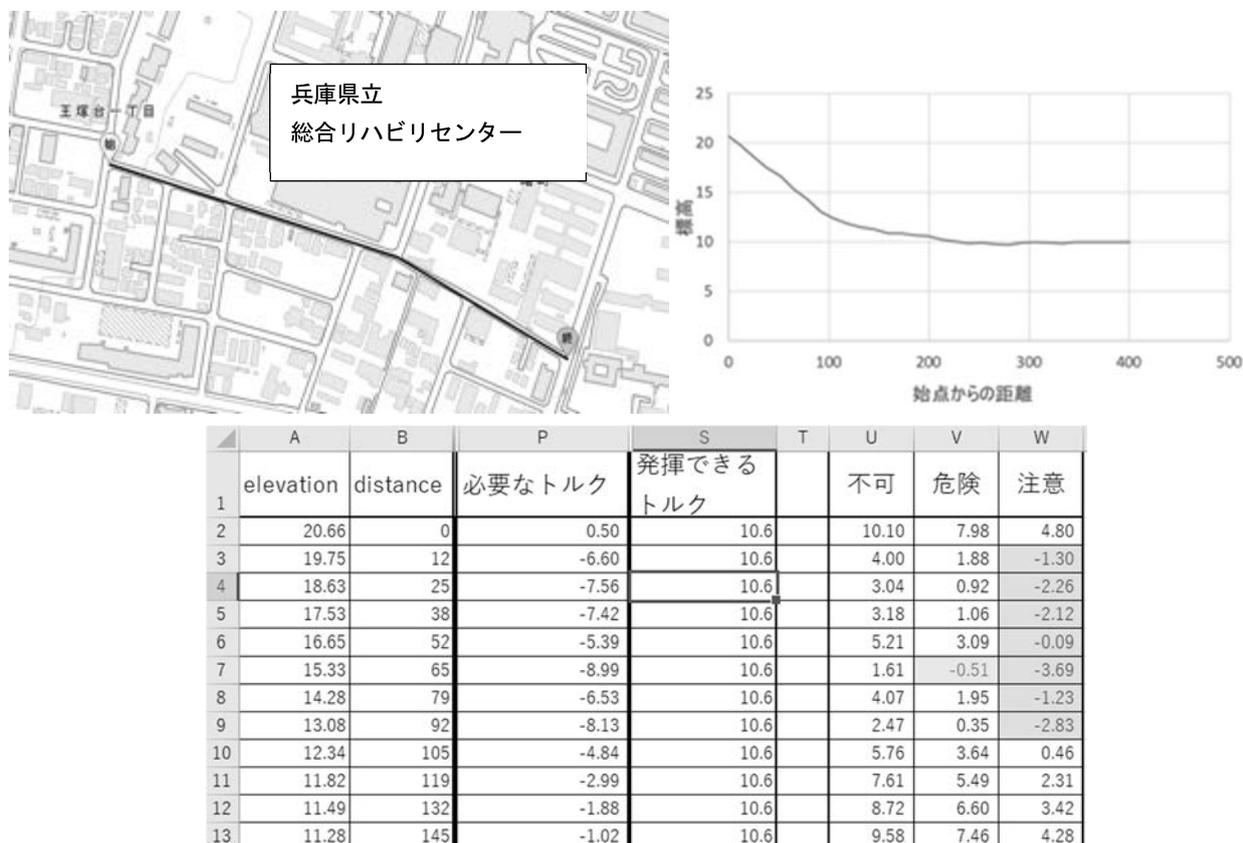


図 4 地理院地図における経路 (右上)、標高データから導き出した傾斜 (左上) および、Microsoft Excel による危険度表示

3 バリア情報の地図への付加

自動車用の自動運転技術に活用される利用可能な地図情報の整備が進んでいる。しかし歩道環境など、人や車椅子利用者のためのものは、まだまだ発展途上にある。ウェブ上の地図に車椅子が通れるかどうかを提示する研究開発は、国土交通省などでも「バリアフリー・ナビプロジェクト」や「通れたマップ実証実験」が進められてきている (図 5)。しかしこれらのプロジェクトでは、ある特定の車椅子ユーザが通れた経験・事実を元に情報を蓄積・参照する仕組みとなっている。人によって能力は異なるため、データを登録した人とは異なる移動能力の車椅子ユーザがその経路を通れるかについては未知である。歩道の段差や障害物の有無などの情報を地図上に簡便に反映させる手法ができれば、このような情報のマッピングが効率よく行えるようになる。この情報は、車椅子ユーザの移動経路を算出するための基礎データとなる。なお本システムには、地図に対して車椅子特有のバリア情報を付加できる仕組みの搭載が必要となる。このことから、ユーザーレベルで編集可能な電子地図システム、OpenStreetMap³⁾(以下、OSM と略す)の地図データベースを活用して開発を進めることとした。



バリアフリー・ナビプロジェクト(ICT を活用した歩行者移動支援の推進)⁴⁾

図5 車椅子利用者などにルート提示するプロジェクトの例

3.1 地図・経路などの測定

歩道におけるバリアの情報は自動車の走行を妨げるバリアに比べて、精緻な位置情報が必要となる。従来の全地球的測位システム (GPS) では数メートルの誤差があることから、1メートル前後の誤差で計測できると言われている全球測位衛星システム (GNSS) の受信機を車椅子に搭載し、バリアの写真に位置情報を紐付けて記録を試みた。なお、モデル地域としてしあわせの村 (神戸市北区) で検証を行った。



(a) GNSS 受信機を搭載した測位実験



(b) GNSS 受信機を搭載した車椅子の軌跡

図6 GNSS 受信機を搭載した車椅子による測位実験

また、バリアのタグは OSM にも準備されている。また OSM を使うバリアフリーマッププロジェクトの OpenSidewalks⁵⁾等も歩道上のバリア情報のタグを準備している。これらのタグに足りないものがないかや、情報として足りない点はないかしあわせの村で検証を行った結果、1メートル前後の誤差でバリアの情報を OSM の地図上に掲載する事が可能となった。しかし、場合により「歩道がふさがっているのか」「避ければ通れるのか」の判定等、1メートル前後の誤差では不十分な事が想定されたため、より精緻な測位を行う、リアルタイムキネマティック (RTK) 方式の測位を行った。GNSS は GPS に対して、日本の日本の準天頂衛星等を用いることで1メートル前後の誤差にとどめることができる。それに対し、RTK 測位は地上の位置情報が既知の基地局のデータを得る事で数十センチ程度の誤差で測定ができるシステムである。今年度は、リハビリテーションセンターの中での測位実験にとどまったが、今後はバリアフリーの情報の蓄積だけでなく、地理院地図から導き出した、位置と傾斜情報の検証も行って行きたい。

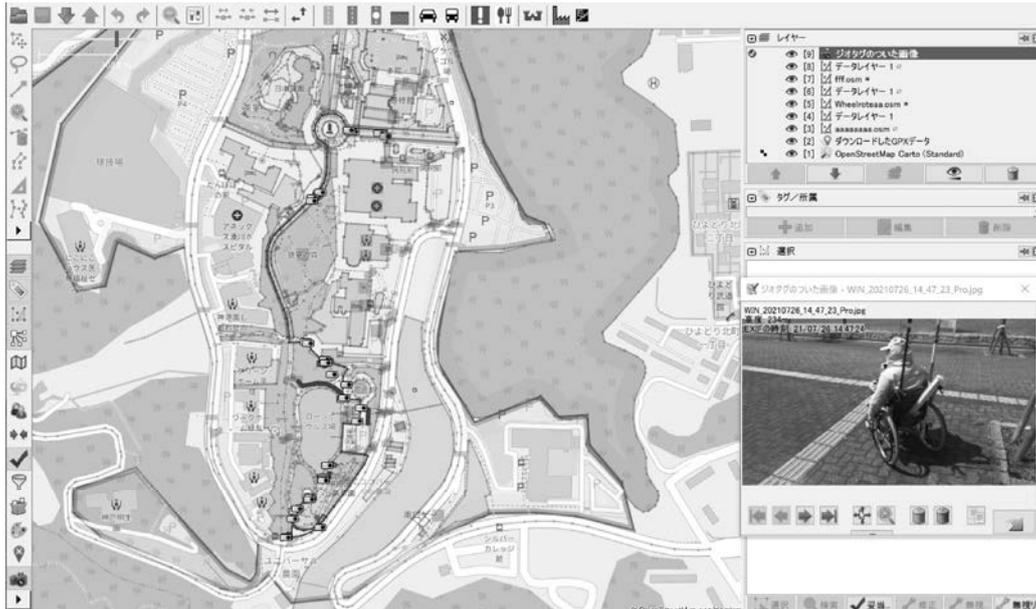
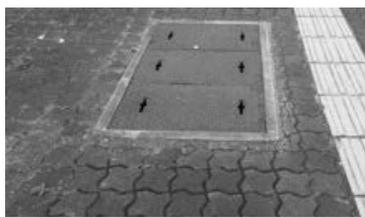


図7 車椅子のバリアとその位置を表示したオープンストリートマップ (OSM) のPC画面



(a) 樹木植え込み



(b) 浄化槽蓋



(c) マンホール



(d) 道路縁

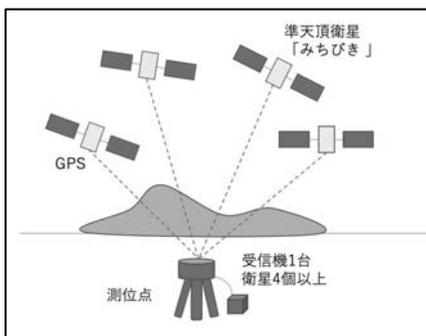


(e) 排水用グレーチング

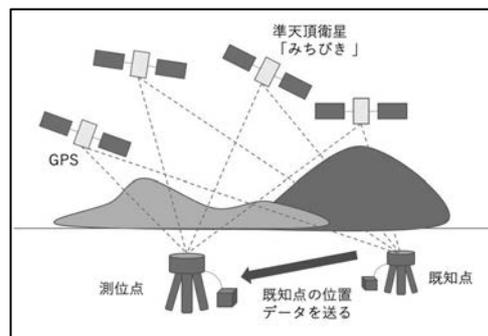


(f) 車止めブロック (ボラード)

図8 しあわせの村の代表的なバリアの例



(a) 全球測位衛星システム (GNSS)



(b) リアルタイムキネマティック (RTK)

図9 全球測位衛星システム (a) とリアルタイムキネマティック (b) の概念図

4 おわりに

本年度は、これまでに獲得した技術をもとに、車椅子利用者向けのバリアフリー地図情報を扱うための情報の整理などを行った。これまで、福祉のまちづくり研究所では、車椅子に関する独自発想の研究を実施してきた。これらをどのようにソフトウェアとして社会実装していくかが次年度に向けた課題である。

これらの成果は研究所の強みとして活用でき、本研究開発の取り組みと相まって、実用的なシステムへと成長していくと考えている。

謝辞

バリアの計測並びに GNSS の位置情報の計測については、公益財団法人こうべ市民福祉振興協会の協力のもと実施いたしました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>)
- 2) 動作に着目した住宅空間設計のガイドラインに関する研究
(<https://www.assistech.hwc.or.jp/kenkyu/pdf/research/2003/arh2003-31.pdf>)
- 3) オープンストリートマップ プロジェクト (<https://www.openstreetmap.org/>)
- 4) バリアフリー・ナビプロジェクト (ICT を活用した歩行者移動支援の推進), 国土交通省
(https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_mn_000002.html)
- 5) OpenSidewalks (<https://tcat.cs.washington.edu/opensidewalks-2/>)