

(3) 高齢者・障害者の坂道移動に関する評価手法の開発

中村俊哉 小坂菜生 陳隆明

1 はじめに

現在、公共交通機関の乗り継ぎや経路情報が簡易に得られるようになるなど、移動するにあたっての様々な情報提供サービスが普及している。しかし、車椅子使用者等の移動が困難な方の身体能力を考慮したバリアフリー情報の提供は十分とは言えない。当研究所では、車椅子使用者を対象とした移動支援に関する研究を行ってきた。令和元年度まで実施してきた研究開発では、車椅子のブレーキ力と坂道の角度の関係について明らかにした。そして、令和5年度には個々の車椅子のこぐ力を基に、経路上にある坂道の難易度を示す地図アプリ「なび坂®」を開発した（図1）。本研究では、「なび坂®」を開発した手法を基に、電動車椅子使用者を対象とした「電動車椅子版 なび坂®」の試作を行った。また、車椅子使用者だけでなく身体機能の衰えのある高齢者にとっても坂道の難易度の表示が必要であると考えた。このことから、高齢者の移動に際して、経路上の坂道の難易度を表示させる情報支援システムの研究開発に向け、高齢者の歩行と坂道の勾配の関係性を明らかにすることを試みた。

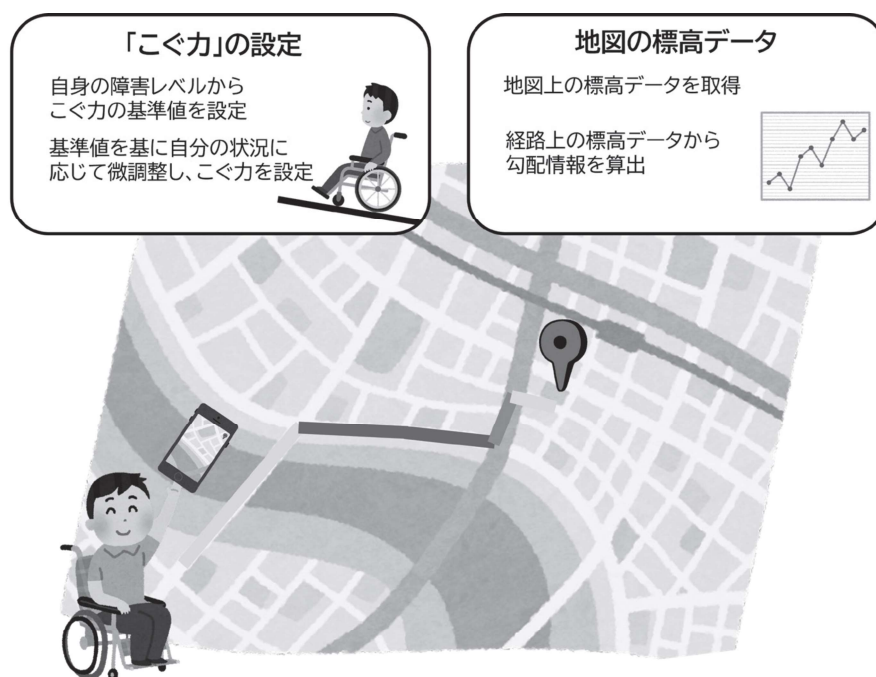


図1 車椅子使用者の安全移動経路提示に関する研究開発のコンセプト

2 電動車椅子使用者向けアプリケーションの開発

2.1 「電動車椅子版 なび坂®」の概要

外出時、車椅子でアクセス可能かを知ることが、車椅子使用者にとって重要である。既存のバリアフリーマップの多くは、目的地となる施設等の多機能トイレやエレベータの有無といった情報がほとんどであり、出発地から目的地までの経路上に関するバリアフリー情報は少ない。本研究では、出発地から目的地までの坂道に着目し、令和5年度に自走式車椅子使用者の発揮できる力を設定することで、経路上の坂道の難易度を表示させる地図アプリ「なび坂®」を作成した^{1) 2)}。

電動車椅子使用者においても、自分自身の力でこがないものの、電動車椅子の種類等によって

登坂能力が違うことから、通行可能な坂道を事前に把握できることが望まれていた。このことから、電動車椅子使用者を対象とした「電動車椅子版 なび坂[®]」の試作を行った。

2.2 「電動車椅子版 なび坂[®]」の試作

「電動車椅子版 なび坂[®]」は、昨年に開発を終えた「なび坂[®]」を基に開発している。このことから、アプリの基本的な構成は変更していない。主な変更点は、レベル設定画面と地図画面の経路上に表示する色である。レベル設定画面は、「簡易型」「標準型（国産）」「標準型（海外製）」「ハンドル型」の3種類に絞った。簡易型は上限登坂角度6°、標準型（国産）は8°、標準型（海外製）ハンドル型は10°と設定した^{3) 4) 5)}。（図3）

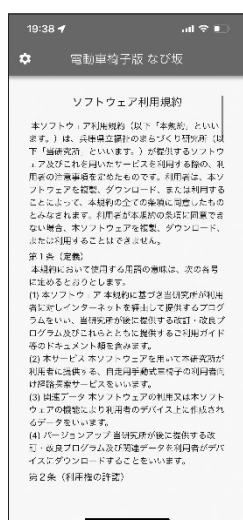


図2 同意画面



図3 レベル設定画面



図4 経路検索画面



図5 地図画面

自走式車椅子使用者を対象とした「なび坂[®]」では、経路上の坂道を「通行が可能」の場合は青色、「困難だけど通行可能」の場合は黄色、「通行不可」の場合は赤色と3色で難易度を表示した。これに対し、電動車椅子の場合は製品の仕様により最大登坂角度が決まっているため、経路上の坂道を「通行が可能」の場合は青色、「通行不可」の場合は赤色と通行の可否を2色で表示した（図5）。なお、経路上の赤色の表示部分を拡大すると、進行方向に対する上り坂/下り坂と勾配を数値で表示されるようになっている。

ユーザインタフェースは、電動車椅子使用者の中にはスマートフォンを使用する際にマウスティックを用いて操作を行う人もいるため、「なび坂[®]」同様に、地図移動には上下左右に移動ボタン、拡大・縮小操作も大きめのボタンを設置し、ボタンのみで地図の操作ができるよう設計した（図5）。

2.3 モニタ評価実験のモニタ協力者と実験方法

「電動車椅子版 なび坂[®]」の試作が完成したことから、本アプリの有効性と改良点を確認するためにモニタ評価実験を行った。モニタ評価実験にあたり、兵庫頸髄損傷者連絡会と全国頸髄損傷者連絡会の協力の基にモニタ協力者の募集を行った。住居地を制限せずに各々の生活圏内でア

プリを試用することを前提に、全国から8名の協力を得た。本実験は、倫理委員会の承認^{★1}を得て、モニタ協力者が特定されないよう配慮した。

モニタ協力者8名のうち、アプリの操作のトラブルが原因でアプリをほとんど試せていない1名を除く7名により、アンケートの回答を得た。表1にアンケート回答者の属性を示す。

はじめにオンライン会議システムを使用し、説明会を実施した後に、試作したアプリを配信した。その後モニタ協力者は試作アプリをインストールし、約1カ月の試用を行った。試用後にGoogle Formsを用いてアンケートを行った。アンケート内容は、年齢、性別、車椅子の使用歴等の基本情報、坂道等の困りごとに関する質問及び試作したアプリに関する質問を行った。「電動車椅子版 なび坂[®]」に対し「思うように活用できたか」「坂道の困りごとを解決する一助になったか」「一般公開された場合使用したいと思うか」等の質問を、4件法と理由（記述）を併せて回答を得た。

表1 モニタ協力者の属性

	年齢	性別	電動車椅子の機種	車椅子歴	外出頻度
A	50代	男	NOAA Mobile-X	半年	週1日程度以下
B	30代	男	Invacare TDX-SP2	18年	週2～3日
C	50代	男	Invacare TDX-SP2	12年	週1日程度以下
D	40代	男	Permobil F3 コルプス	10年	ほとんど毎日
E	40代	男	Permobil F3	30年くらい	ほとんど毎日
F	30代	男	今仙 EMC-760 の前の車種	14年	週2～3日
G	30代	女	簡易電動車椅子	19年	ほとんど毎日

2.4 モニタ評価実験の結果と考察

表1の通り、7名中6名が電動車椅子の使用歴が10年以上であり、7名中5名が週に2～3日以上外出を行なっている。また図6の通り、電動車椅子操作について、ハンドル型電動車椅子を除く6名のうち、手による操作が3名、ミニジョイコンを用いた親指による操作が1名、顎による操作が2名であった。

既存の地図アプリで良く使用されているGoogle Mapsを7名とも使用しているが、車椅子対応の設定を使用している人は一人もいなかった。またGoogle Mapsのパノラマ画像で道路や周りの風景を見ることができるストリートビュー機能を使用しているのは4名であった。

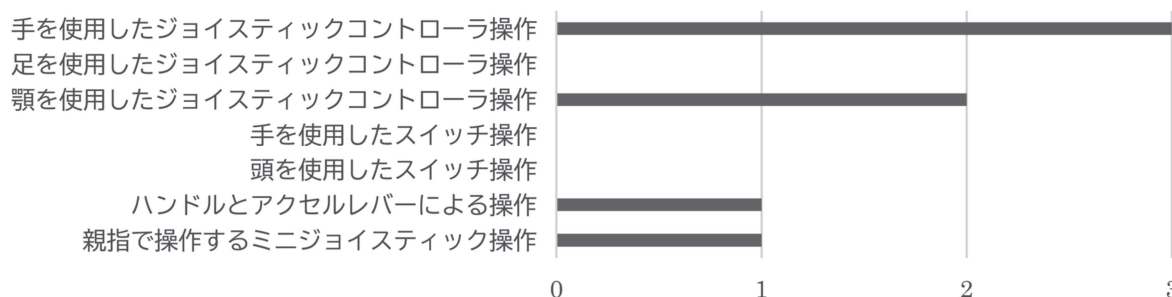


図6 電動車椅子の操作方法 (n=7)

普段の坂道の困りごと（図7）では、7名中5名が坂道で困った経験があるとし、「下り坂が原因で怖い思いをしたことがある」が最も多く3名の回答があった。また複数回答であったことから、2名が複数の項目を選択、1名が5つの項目を、もう1名が4つの項目を選択していた。こ

これらの回答から、電動車椅子使用者にとって坂道、特に下り坂に不安を感じる人が一定数いることが伺える。

「アプリを思うように活用できたか」という質問では、「全く思わない」が3名、「思わない」が3名、「思う」が1名であった。また自由記述の部分に、出発地と目的地の設定がしづらく地図表示の部分もルートが見つらいこと、精度にも問題があること、作動しなかったことがある等、開発した試作版のアプリのバグや精度の低さ等のアプリの操作性に対する課題が挙げられた。「坂道に関する困りごとを解決できたか」という問いに対しても、「全く思わない」「思わない」が5名という回答であり、「通行可能」と表記されている中に階段があったと記述があった。これらの結果は、試作段階でのバグの多さと、現段階での不備に関する説明を十分に伝えることができなかった点も大きく影響したのではないかと考える。

アプリの操作性に関する課題はあるものの、「アプリが一般公開された場合使いたいと思うか」という問いに対しては、「全く思わない」「思わない」が3名、「思う」「とてもそう思う」が4名と若干使いたいと思うという意見が上回った（図8）。アプリを使用したいと回答したその理由に「事前に一定程度の情報を得られるため」「車椅子の移動は場所により坂道も多いため、活用出来ればいろんな場所の情報を得られると思う」と意見があった。「思わない」とする理由の中にも、「位置情報が改善されたら使ってみたい」との記述があり、事前に情報が得られることや、いろいろな場所で活用できることへの期待が伺えた。その他感想や要望においても、目的地・出発地の設定は場所の名称や住所からのみであるが、地図上から選べると利便性があがること、勾配表記だけでなく距離表記もあればバッテリー残量の判断もしやすいという意見もあり、アプリの設計や表示の仕方の検討が必要であることが分かった。

これらの結果から、坂道の可視化において需要はあるが、アプリとしては、地図アプリ本来の精度と機能に付加される形での実現が必要であることが示唆された。

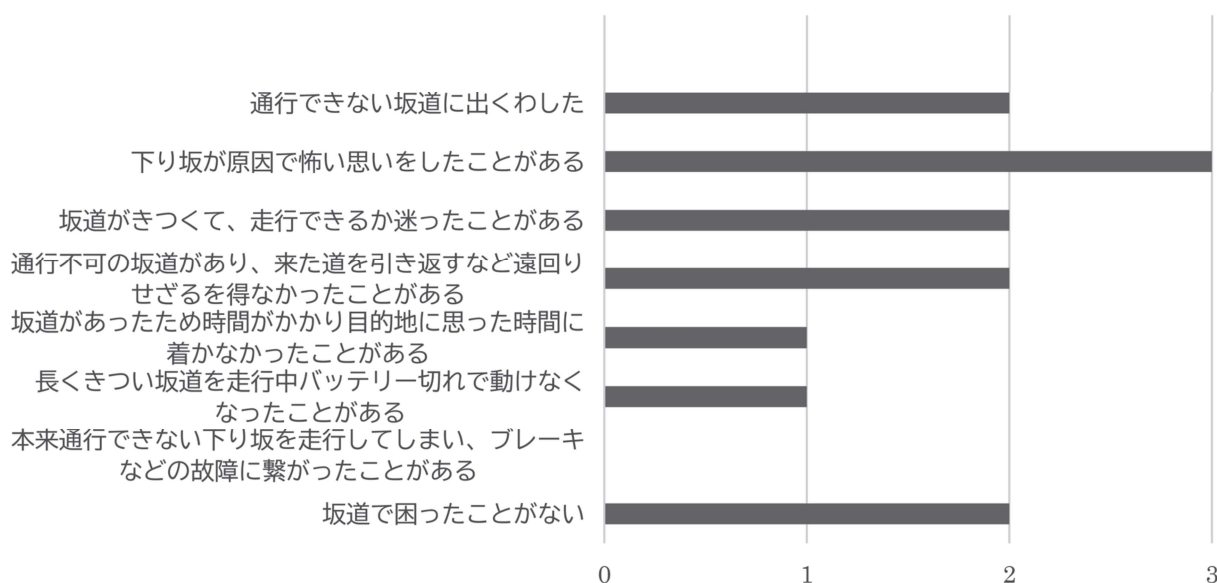


図7 坂道において経験のある困りごと（n=7: 複数回答）

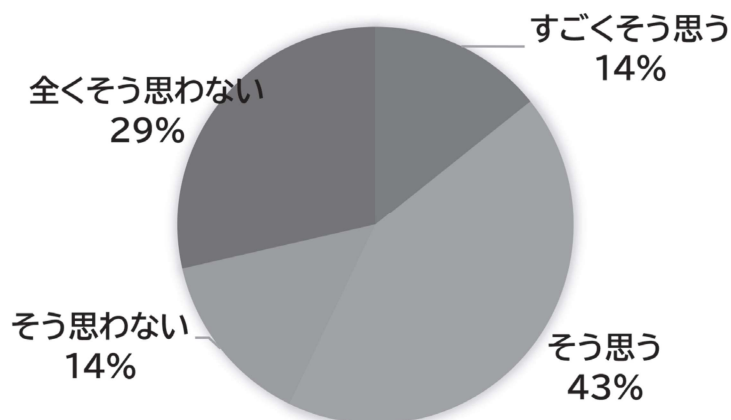


図8 Q: このアプリが一般公開された場合使用したいと思いますか？ (n=7)

3 高齢者を対象とした坂道歩行実験

3.1 実験の概要

高齢であることや障害の有無に関わらず安心安全に旅行を楽しめる環境づくりを目指すユニバーサルツーリズムを地域で取り組むことが求められてきている。身体機能に衰えが生じる高齢者の歩行において、事前に道の状態を知ること、安全性を考慮することや、安心して外出を行う手立てとなりえる。しかし、高齢者の歩行に関する文献はいくつもあるが、坂道に関する負担度を示した文献は少なく、高齢者と坂道の関係性は明らかになっていない。当研究所はかねてより、車椅子をこぐ力と坂道の勾配の関係性についての研究として、車椅子使用者が発揮できる力を基に経路上の坂道の難易度を表示させるシステムの開発を行ってきた^{1) 2)}。これまでの研究を基に、高齢者の坂道の負担度を計測し、高齢者と坂道の関係性を明らかにすることで、将来的には高齢者にとって観光地等での散策に役立つ情報提示を行えるシステムの構築を目指す。

3.2 実験の方法

屋内に、実験用の坂道を設置し、坂道の歩行実験を行った。道路を用いた屋外の実験の場合、天候の影響や、安全性の確保、実験場所への移動の際の歩行の影響等が懸念されることから、屋内での実験環境を整えた。設置したのは強化発泡スチロールにベニア板を張り付けて作製した、5%・8%・10%・12%勾配の10mの坂道である。実験協力者には、平地と4つの異なる勾配のある10mの坂を上り下りするといった負担に関する説明と、歩行時に転倒等の危険が予測されること、リスクへの対策として歩行時に後ろに補助員を付けることの説明を行った。また、実験の間に十分な休憩を設け、適時脈拍と酸素飽和度をパルスオキシメータで測り、実験協力者の安全に配慮した。本実験は、倫理委員会の承認^{★2}を得て実施した。

実験は、兵庫県立障害者スポーツ交流館のスポーツジムの利用者を中心に実験協力者を募り、65歳以上で自力歩行により外出可能な高齢者17名の協力を得て実施した。表2に実験協力者の特性を示す。実験協力者の内訳は男性4名、女性13名と女性の参加者が多かった。また、65歳以上の高齢者を対象としたが、70歳～74歳が7名、75歳以上が10名と、全員70歳以上であった。なお、1名を除き運動習慣のある高齢者であった。

外出頻度は、運動習慣のない実験協力者1名は週1日程度以下であったが、運動習慣のある高齢者の中で、未記入であった1名を除く15名は、「ほとんど毎日」が5名、「週4～5日」が10名

と週に1・2回のスポーツジム以外にも、習い事や仕事等外出をしていた。

実験手順は、歩行前の酸素飽和度と脈拍の測定、目視の評価、歩行時間の測定、歩行後の酸素飽和度と脈拍の測定、歩行の評価を1セットとした、平地・5%勾配上り・5%勾配下り・8%勾配上り・8%勾配下り・10%勾配上り・10%勾配下り・12%勾配上り・12%勾配下りの9セット行った。それぞれのセットの間には3分間のインターバルを設けた。

表2 実験協力者の基本情報

n=17		男性(n=4)		女性(n=13)	
		70～74歳(1)	75歳以上(3)	70～74歳(6)	75歳以上(7)
握力	平均	35.30	33.70	30.68	21.46
	標準偏差	-	6.56	14.80	4.73
外出頻度	ほとんど毎日	0	2	2	1
	週4～5日	0	1	4	5
	週1日程度以下	1	0	0	0
歩行速度	平均	1.1933	1.1931	1.3370	1.1851
	標準偏差	-	0.1366	0.0685	0.2007

3.3 実験結果と考察

平地歩行では、女性は70～74歳の6名、75歳以上の7名全員が、男性75歳以上の3名のうち2名が、日本のそれぞれの年代の平均歩行速度を上回る結果となった。参加者の中で唯一の運動習慣がない70～74歳の1名と75歳以上の1名は平均歩行速度をわずかに下回った。この2名は握力も平均を下回る結果となった。

主観的運動強度の指標となる修正ボルグスケールを使用し、それぞれの勾配の上りと下りの歩行に対するきつさの記録を行った。また、きつい坂道の場合、実験協力者自身が「この坂道は通行できない」と判断を示せるよう、歩行前にも坂道の前に立ち、修正ボルグスケールの指標を使い、目視での坂道に対するきつさの聞き取りを行った。分析にあたり、修正ボルグスケールを「全く何も感じない」(0～1)「楽である」(2～3)「ややきつい」(4～6)「かなりきつい」(7～10)の4段階に分けた。上りも下りも8%～12%かけて徐々に「ややきつい」と答える人は増加している(図9)。

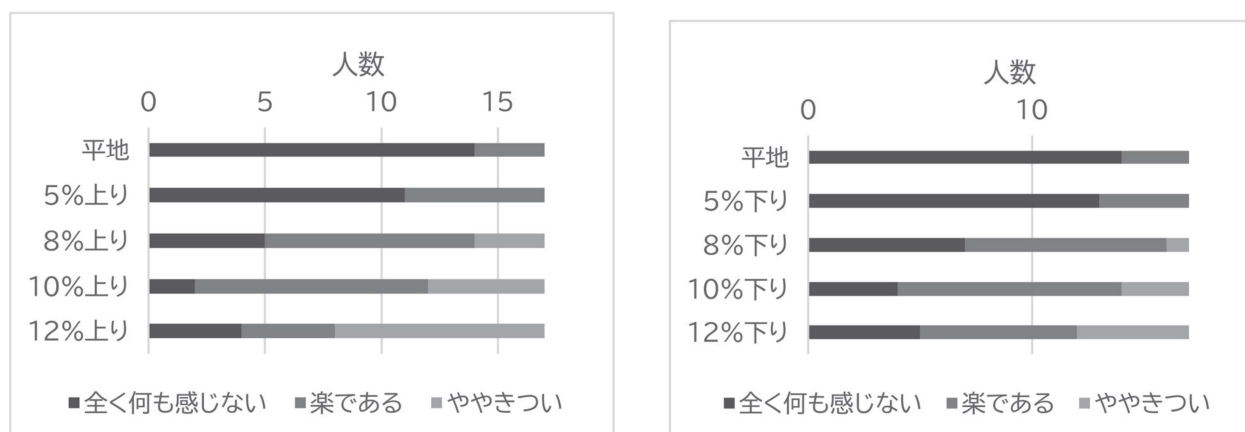


図9 坂道の各勾配における難易度の主観評価(左:上り、右:下り)

上り下りとも12%の勾配であっても「きつい」と感じるには至らず、また上りにおいても10%

の勾配までは「ややきつい」よりも「楽である」と感じる人が上回る結果となった。しかし、実験参加者の中には「この坂が長く続いたらきついと感じる」と数名から発言があった。今回の実験では、実験室の広さの制約から実験路の長さを10mとし、それ以上の長さを確保することができなかった。屋外の坂道を想定した場合、10mという比較的短い坂道であることがきつさを十分に感じるほどではないという答えに繋がった可能性がある。

4 おわりに

令和6年度は、これまでに獲得した「なび坂[®]」の技術を基に、電動車椅子使用者を対象とした、使用している電動車椅子の種類に応じて目的地までの経路上にある勾配の通行の可否を示すアプリ「電動車椅子版 なび坂[®]」の試作を行った。その後、「電動車椅子版 なび坂[®]」のモニタ評価実験を行った。

「なび坂[®]」については、広く開発したシステムを周知し、事業化につなげるべく商標登録を取得し、展示会への出展を行うなど、積極的に情報発信をした。現在、イツモスマイル株式会社と「なび坂[®]」の開発における包括連携を締結、令和7年春にはアプリを公開し一般の方が利用できるように、事業化に向けた開発を行っているところである。

また、身体機能の衰えのある高齢者にとって、車椅子や電動車椅子の使用者と同様に坂道の難易度の表示が必要であると考えられることから、高齢者を対象とした坂道の歩行実験を行った。

その坂道歩行実験のデータから、高齢者の坂道の歩行と坂道の関係を用いた経路生成システムの特許を現在出願向け準備中である。

今後もこの技術を応用した新たな開発を進めていきたいと考えている。



図 10 第 51 回国際福祉機器展（H.C.R.2024）での展示

展示会出展

バリアフリー 2024

国際フロンティア産業メッセ2024

ひょうご福祉用具・介護ロボットフェスティバル2024

第51回国際福祉機器展（H.C.R.2024）

取材等

作業療法ジャーナル 58巻 4号「作業のタネ～未来を創ろう～」

国土交通省「人・ロボットの移動円滑化のための歩行空間DX 研究会」⁶⁾

J:COMチャンネル「こちらJ:COM安心安全課」⁷⁾

大阪府ITステーション情報メールマガジン⁸⁾

倫理審査と利益相反

本研究は兵庫県立福祉のまちづくり研究所人を対象とする研究等倫理委員会より承認を得ている。下記に本研究報告における2点の倫理審査について記す。

★1「電動車椅子使用者が安全に通れる経路案内地図アプリの実証研究」(承認番号:R2305)

★2「高齢者の坂道歩行の負担に関する研究」(承認番号:R2306)

なお、本報告書に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

謝 辞

「電動車椅子版 なび坂[®]」のモニタ評価実験の協力者募集にあたり、兵庫頸髄損傷者連絡会並びに全国頸髄損傷者連絡会の協力を得て実施しました。高齢者を対象とした坂道歩行実験の協力者募集にあたり、兵庫県立障害者スポーツ交流館の協力を得て実施しました。また、「なび坂[®]」「電動車椅子版 なび坂[®]」の出版に際し、イツモスマイル株式会社協力を得て実施しました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 中村俊哉,小坂菜生,安藤悠,陳隆明. (2023) .車椅子使用者が安全に通れる経路案内地図アプリの開発～頸髄損傷者を対象としたプロトタイプアプリの実証実験～.第37回リハ工学カンファレンス,92-93.
- 2) 小坂菜生 & 中村俊哉. (2023) .車椅子使用者の坂道の困難度を表示した経路案内地図システムの開発-頸髄損傷者を対象としたプロトタイプアプリの実証実験-.日本福祉のまちづくり学会.第26回全国大会概要集,159-162.
- 3) 「YAMAHA 電動車椅子」ラインナップ- 電動車椅子_ヤマハ発動機. (<https://www.yamaha-motor.co.jp/wheelchair/lineup/#joystick> 2025年03月03日参照)
- 4) 「IMASEN」電動車いす_製品紹介_株式会社今仙技術研究所. (<https://www.imasengiken.co.jp/product/emc/> 2025年03月03日参照)
- 5) 日本規格協会.JIS T9208.ハンドル型電動車椅子.2022
- 6) 国土交通省：人・ロボットの移動円滑化のための歩行空間DX 研究会「完全なユニバーサルマップを目指して一坂道判定アプリ「なび坂」」(<https://www.walkingspacedx.go.jp/post-890/> 2025年03月18日参照)
- 7) J:COMチャンネル：こちらJ:COM安心安全課「坂道を通るって普通じゃない！」(<https://www.youtube.com/watch?v=1VIXumtOhWs> 2025年03月18日参照)
- 8) 大阪府ITステーション情報メールマガジン「幸田麻由の職場レポート」(<http://www.itsapoot.jp/mailmaga/menu.html> 2025年03月31日掲載予定)