

(3) 高齢者・障害者の坂道を考慮した地図システムの開発

中村俊哉 大森清博 開発学人 陳隆明

1 はじめに

私たちの生活の中で、地図情報は非常に重要であり、経路案内だけでなく、観光情報やお店の情報、施設の情報、また施設のバリアフリー情報といった様々な情報が地図アプリに集約されつつある。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いる。

当研究所では、自走用車椅子と電動車椅子使用者向けに、車椅子をこぐ力や使用している電動車椅子のスペックから、経路上の道の勾配が自分にとって通行可能かどうかを色で可視化する地図システム「なび坂[®]」(図1)の開発に取り組んできた。同様に、介助者が押して移動する車椅子使用者や高齢者の歩行においても、事前に道の勾配情報を知ること、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る。

本研究は、車椅子の介助者や高齢者と坂道の関係を明らかにするとともに、個々の状況に応じた観光地等での散策コースの提示を目標に地図システムを開発することを目的とする。本年度は、坂道で車椅子の移動を介助するときの速度と主観的な負担感の関係性を明らかにするため坂道歩行実験を行った。また、令和6年度実施した高齢者の坂道歩行実験の結果を基に特許化を進めるとともに、スマホアプリ「なび坂[®]」を事業化したので、これらについて報告する。

これらは高齢者の散歩といった外出サポートにも応用でき、高齢者の健康維持を目的とした散策コースの提示システムの開発も目指す。



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 坂道で車椅子の移動を介助するときの負担に関する坂道歩行実験

2.1 実験の概要

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)}。

同様に、歩くことや車椅子を漕ぐことが困難な高齢者や障害者が車椅子を押してもらい移動をする際にも、経路上の坂道の難易度を表示させるシステムは有効であると考えられた。このことから、介助者が操作する車椅子の操作に伴う介助者の主観的評価（心理的不安や身体的負担）との関係性を明らかにすることを目的に実験を行った。

2.2 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、令和6年度同様、屋内での実験環境を使用して実験を実施した。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、8%・10%・12%勾配の10mの坂道に実験休息や旋回するための2mの平坦な踊り場を設けた実験路である（図2）。令和6年度に行ったプレ実験結果に基づき、実験協力者には、平地10mと3つの異なる勾配のある坂を、車椅子乗車者を模した質量60kgのダミー人形を載せた標準型車椅子（質量14kg）を押して上り下りし、その速度の計測と開始位置から9m地点にあらかじめ示した停止線と実際の停止位置のズレの計測を行った。合わせて、平地及び坂の上り下りを歩行するごとに主観評価を5件法により行った。なお、使用した車椅子は後輪が22inch、前輪が6inchのキャスト輪、介助用ハンドルの高さ80cm、ダミー人形を座らせた状態でのダミー人形の高さ125cmであった（図3）。実験に先立ち、これらの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、適時脈拍を測り、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（承認番号：R2502）を得て実施した。



図2 実験用坂道（左：8%勾配、右12%勾配）



図3 実験に使用した車椅子とダミー人形

実験は、40歳以上で自力歩行により外出可能な15人の協力を得て実施した。表1に実験協力者の特性を示す。実験協力者の内訳は男性12人、女性3人と男性の参加者が多かった。また、40歳～59歳9人、60歳以上が5人であった。これまでに車椅子を押して外出をしたこと経験のある者は5人であった。実験手順は、平地10mで車椅子を押して歩行と停止の練習をした後、平地・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7セット行った。それぞれのセットで歩行時間の測定、停止位置のズレの測定、歩行の評価を行うとともに、セット間に2分間のインターバルを設けた。

表1 実験協力者の基本情報

n=15		男性(n=12)		女性 (n=3)	
		40～59 歳(8)	60 歳以上(4)	40～59 歳(1)	60 歳以上(2)
握力	平均	49.50	66.7	41	63.00
	標準偏差	5.21	5.85	—	1.41
介助経験	有り	4	0	1	0

また、実験路に停止線を設けた。実験時には、停止線上に車椅子のフットサポート先端が重なるように一旦停止する（ただし、停止後に停止位置を微調整しない）よう実験協力者に指示した。平地の実験路では終端に停止線を配置した。一方、坂道の実験路では、上り下りともに開始位置から9 m地点に停止線を配置して、坂道の途中で停止するよう設定した。停止位置の誤差の計測方法は、停止線越えをプラス、停止線手前をマイナスとした（図7）。

2.3 介助者の操作戦略と主観的負担の計測環境の構築

本研究では、介助者が操作する車椅子の走行速度と、その操作に伴う介助者の主観的評価（心理的不安や身体的負担）との関係性を明らかにすることを目的としている。このデータを大規模かつ手軽に収集するためには、専用機器ではなく普及率の高いiPhone単体で計測できることが望ましい。しかし、iPhone内蔵の加速度センサを用いた速度算出は積分誤差の影響を受けやすく、介助者の微細な操作変化を正確に捉えられるかが課題となる。

このことから本実験を行うにあたりデータ収集を行うためのiOSアプリケーションを開発した。本アプリは、車椅子の走行データを記録すると同時に、走行終了直後に介助者自身が「操作に対する不安」「身体的な負担」「操作しづらさ」を5段階で入力できる機能を実装した。これにより、速度データと主観的評価の回答を紐付けて効率的に収集可能になった。



図4 計測用アプリ画面

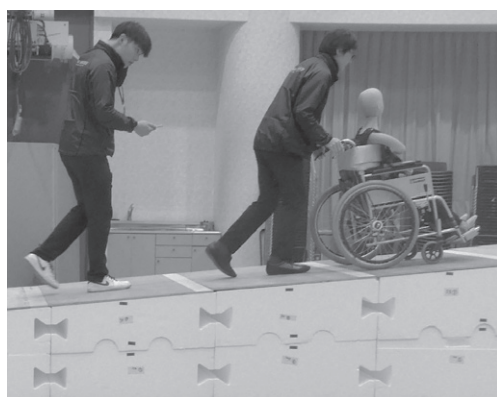


図5 計測風景

2.4 結果1 主観的評価

主観的評価については、実験協力者が各勾配の実験路を通過後に、①「不安」（車椅子を押して坂道を走行するうえでの操作の心理的な負荷）、②「負担」（車椅子を押して坂道を走行するうえでの操作の身体的な負荷）、③「操作しづらさ」（車椅子を押して坂道を走行するうえでの加速や減速、左右のふらつきなどの操作の難しさ）の3つの項目についてそれぞれ「全く感じなかった」「ほとんど感じなかった」「やや感じた」「感じた」「強く感じた」の5段階中から選択してもらった。

いずれの実験協力者も途中で中止することなく、無理なく車椅子を押して歩き切ることができた。このことから、実験協力者の能力の範囲では、上り、下りともに10mの12%の勾配を限界とは言い難い。一方、実際の屋外での環境では、坂道の長さや交通状況など様々な状態が考えられる。また、通行に関して①「不安」②「負担」③「操作しづらさ」のいずれかの評価が「まったく感じなかった」「ほとんど感じなかった」であっても、歩行に影響がある場合により危険であると考えられる。そこで、3項目のうち2項目以上「感じた」または「強く感じた」と回答した試行を「通行できるが困難」とみなした。

各勾配の実験路において3項目のうち2項目以上「感じた」または「強く感じた」と回答した

実験協力者の割合を図6に示す。上り勾配の場合、平地に対し8%、10%、12%と段階的に増加する傾向が見られた。また、上り下りいずれも12%勾配がその他に比べ増加し、8%、10%が各2名に対し12%については8人と増加した。

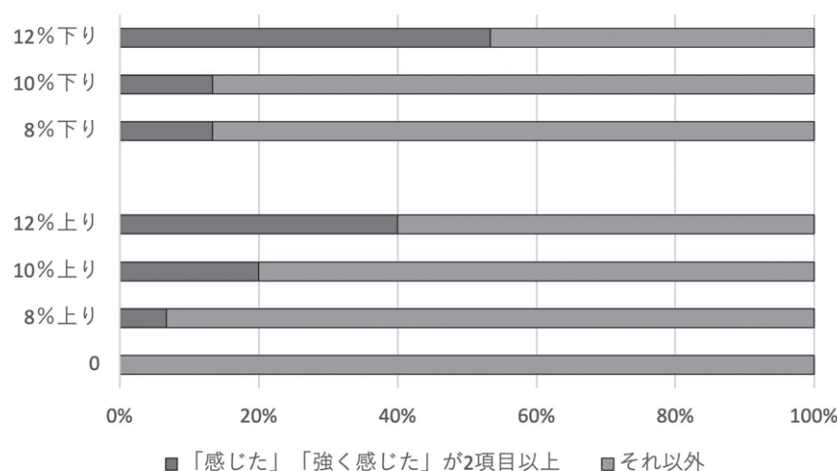


図6 坂道の各勾配における難易度の主観的評価

2.5 結果2 停止位置の誤差

実験時の各勾配における停止線からの絶対誤差を図8に示す。平地の絶対誤差を基準としたとき、10%上りと12%上りで減少傾向が見られたのに対し、8%上り、8%下り、10%下り、12%下りで増加傾向が見られた。これらの要因は、上り勾配では移動速度が低下して狙った位置に停止しやすかった一方、下り勾配では移動速度が増加して狙った位置に停止しにくかったと考えられる。また、上り下りともに8%に比べて10%の絶対誤差が減少する傾向が見られた。



図7 停止位置の誤差の計測方法

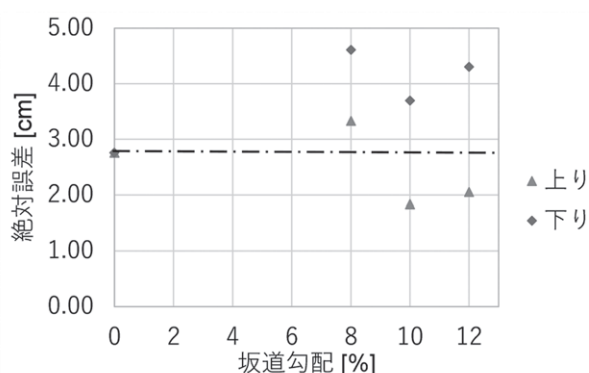


図8 停止線からの絶対誤差

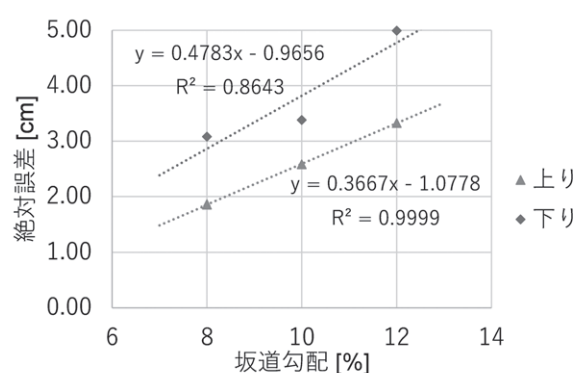


図9 個人内の絶対誤差

次に、停止位置を実験協力者ごとに検証した結果、全7試行を全て停止線越え（誤差プラス）で停止した人が1人、全て停止線手前（誤差マイナス）で停止した人が1人、残り13人は停止線越えと停止線手前が混在した。停止線からの絶対誤差では、停止線越えと停止線手前が混在するときの誤差のばらつきを小さく見積もってしまう。そこで、平地の停止位置を基準点として個人内の絶対誤差を算出した（例えば、平地の誤差が+3cmで8%上りの誤差が-1cmのとき、個

人内の絶対誤差は $|-1\text{ cm} - (+3\text{ cm})| = 4\text{ cm}$ となる)。その結果、上り下りともに勾配が増加すると個人内の絶対誤差が増加し、同じ勾配では下りの方が個人内の絶対誤差が大きい傾向が見られた(図9)。図8と比較すると、上り勾配では個人内の絶対誤差の増加が停止線からの絶対誤差の減少(平地に比べて停止線に近づく方向に停止)に対応し、下り勾配では個人内の絶対誤差の増加が停止線からの絶対誤差の増加(平地に比べて停止線から遠ざかる方向に停止)に対応すると考えられる。

3 高齢者用散策コース生成システム

令和6年度に検証実験を行った高齢者の坂道歩行の検証実験データを基に、権利化を試み、特許7778263「ウォーキング経路案内システム、ウォーキング経路案内方法及びウォーキング経路案内プログラム」として特許を取得した。

4 スマホアプリ「なび坂®」の事業化

これまで自走用車椅子の利用者を対象とした「なび坂®」や、電動車椅子利用者を対象とした、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®」の試作及びモニタ評価を行ってきた。また「なび坂®」については、広く開発したシステムを周知するために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、包括連携協定を締結しているイツモスマイル株式会社(イツモスマイル)と「なび坂®」の事業化に向けた共同で開発を行っているところである。令和7年4月には、「なび坂®」と「電動車椅子版 なび坂®」をモード選択で使うことのできる、イツモスマイル版「なび坂®」(iOS版、Android版)のテスト版アプリを一般公開し、使用回数制限があるものの、スマホユーザなら誰でも使用できるようになった。令和8年1月24日現在で152ダウンロードとなっている。



図10 テスト版として公開した「なび坂®」
(左：TOP画面 中：検索画面 右：地図画面)



図11 「なび坂®」のダウンロードサイト
(2026.4.1 確認)

5 おわりに

これまでに獲得した「なび坂®」・「電動車椅子版 なび坂®」の技術を応用し、新たに車椅子の移動介助対象としたアプリ開発を目指した。令和7年度は、坂道で車椅子の移動を介助するときの負担に関する坂道歩行実験を行った。実験の結果、主観評価や停止位置のズレについては、上り下りともに坂の角度が急になるほど負担が増える傾向が示唆された。今後は速度変化と合わせ

分析を進めていきたい。

高齢者散歩コース生成システムの開発では、令和6年度のデータを基に特許取得に至った。この特許を基にアプリ化に向けこれまでのデータの整理などを行っていきたい。

また、「なび坂®」の事業化については、イツモスマイル株式会社と包括連携を締結、事業化に向けた開発を行っており、令和7年4月にテスト版のスマホアプリ「なび坂®」を公開した。継続して製品版の「なび坂®」の開発を進めるとともに、車椅子の移動介助を想定した機能の実装等も検討したい。

展示会出展

バリアフリー 2025

第62回日本リハビリテーション医学会学術集会

国際フロンティア産業メッセ2025

ひょうご福祉用具・介護ロボットフェスティバル2025

第52回国際福祉機器展（H.C.R.2025）



図 12 バリアフリー 2025 での展示

参考文献

- 1) 中村俊哉,小坂菜生,安藤悠,陳隆明,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,92-93,2023
- 2) 小坂菜生 & 中村俊哉.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,159-162,2023