

# 福祉のまちづくりのための整備案検討支援システム —車いす使用者の最適移動経路の再現—

稲田好恵<sup>†1</sup> 和泉信生<sup>†1</sup> 古賀元也<sup>†2</sup> 松原誠仁<sup>†3</sup>

我々は福祉のまちづくりのための整備案検討支援システムを研究している。障がい者が最適に移動できる経路の移動負担を数値化し比較することで、整備箇所の効果的な選定と整備による効果を明らかにできると考えられる。本稿では、車いす使用者が移動時に選択する最適経路をシステムに再現するために、2度のワークショップを開催し、システムプロトタイプを用いて行った最適移動経路探索結果の検討について報告する。

## Development of planning support system for welfare urban design - Optimal route finding for wheelchair users -

YOSHIE INADA<sup>†1</sup> SHINOBU IZUMI<sup>†1</sup>  
MOTOYA KOGA<sup>†2</sup> SHIGEHITO MATSUBARA<sup>†3</sup>

We are developing a planning support system for welfare urban design. If we quantify the optimal route (the route that is the easiest to pass through) for challenged people, we will be able to select the areas that require adjustment in terms of accessibility with greater efficiency. In this paper we report on our development of the prototype system to present an optimal route for wheelchair users, and also, the two workshops we had for evaluating the accuracy of the resulted optimal route.

### 1. はじめに

2006年、「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律」（通称：バリアフリー新法）が制定され、身近な生活環境に関するバリアフリー化は法制度の上で大きく進展した。しかし、自治体によるバリアフリー化に係る取り組みは全国的にばらつきがあり、障がい者の行動範囲は依然として制限されている。

車いす使用者は、まちなかと郊外の大型商業施設を比べると、障がい者用駐車場の受け入れ台数が多い、施設内での段差が少ない、多目的トイレが整備されているなどの理由で郊外施設の利用頻度が高い。一方で、まちなかには魅力的なブランドや専門店がある、職場での懇親会がまちなかであるなど訪問のニーズは存在する[1]。このように、まちなかでの活動に対する要求はあるが、整備の不十分さにより、郊外施設を利用せざるを得ない状況が発生している。

新旧の建造物や商店が存在するまちなかでは、新設の郊外施設ほど自由な整備が行えない。そのため、事前に検討した整備案がもたらす効果を正確に見積もることが必要である。従来はこのような検討において、地図や写真、調査データをもとに議論が行われてきた。しかし、障がい者の積極的な福祉のまちづくり分野への参加は少なく、支援手法のあり方も十分議論されていない。また、整備による効果が視覚化されていないため、憶測や不十分な知識に基づいた整備が行われ、十分な結果が得られていない場合も多い。我々は、

まちなか空間の整備案を数値とシミュレーションによって視覚的に検討できるシステム、及び、検討手法の構築を目指し研究を行っている。

本論文では、車いす使用者を対象として、まちなかでの移動経路選択に影響をあたえる負担や考慮する項目を明らかにし、移動経路選択を再現するために行った研究の報告を行う。移動経路選択を再現することで、例えば、駐車場を新たに整備した場合に百貨店など代表的な施設への移動負担がどの程度軽減するかの定量的な比較が可能となり、整備案の効果を視覚的に評価できると考えられる。

### 2. 先行研究と本研究の関連

障がい者の移動や活動を促進する研究として、矢入らは移動に着目して、負担の少ない経路や安全な経路を提示すること、また、写真などで外出前に情報を得ることを目的としたバリアフリーマップ開発を行った[4][5]。また、和泉らは障がい者の身体的、心理的負担に基づいた最適経路探索手法を提案している[6]。また、最適経路通行時の様子をブラウザ上で閲覧可能な3次元バリアフリーマップを開発した[7]。

これらの研究において、障がい者への最適な移動経路を提示する手法が提案されているが、実際の場所を対象として導き出した経路と、障がい者が日常生活において実際に選択する経路がどの程度一致しているか、また、経路選択の

<sup>†1</sup> 崇城大学 情報学部 情報学科  
Department of Computer and Information Sciences, Faculty of Computer and Information Sciences, Sojo University.

<sup>†2</sup> 崇城大学 工学部 建築学科  
Department of Architecture, Faculty of Engineering, Sojo University.

<sup>†3</sup> 熊本保険科学大学 保険科学部  
Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science, Kumamoto Health Science University

際にどのような要因を考慮しているのかについては明らかにされていない。

本研究の目的は、車いす使用者が経路選択において考慮する要因を明らかにし、感覚に近い最適経路の提示を実現することである。

### 3. 最適経路の評価方法の提案

障がい者に対するバリア・バリアフリーの情報に基づいた最適経路提示では、矢入らが用いた経路をグラフとして表現し、経路通行の負担に基づいて最適経路を求める方法が一般的に使われており、本研究でもこれを用いる。また、和泉らは経路選択に個人の嗜好を加味し、身体的・心理的負担に基づく経路提示の手法を提案している。我々は、和泉らの手法に基づいて、車いす使用者が感じる心理的負担をAHP（階層化意思決定法[8]）により求め、計測値である身体的負担と合わせることで、車いす使用者の経路選択をシステム上で再現することを試みる。

ここで、車いす使用者が経路を選択する際にどのような要因を考慮しているかを明らかにすることが必要である。要因は AHP における評価基準であるので、以下では評価基準と呼ぶ。なお、ここで行う経路選択は、2 地点間に複数の経路候補が存在する場合に、循環を含まない経路の一つを選択することである。

評価基準の決定と経路選択の再現性評価は「身障者支援システムを活用した福祉のまちづくりワークショップ（以下、ワークショップ）」を開催[3]し、以下の手順で行うものとする。

1. 身体的負担に基づいて選択した仮の経路 A を提示する
2. 車いす使用者（意思決定者）が自身の考えに基づいて選択する経路 B の提示を受ける
3. 1 で提示した経路 A に対して車いす使用者の感想を聞き取る
4. 2 で提示した経路 B を選択した理由と選択において考慮した要因を聞き取る
5. 3, 4 の内容に基づいて、評価基準の候補を決定する
6. 評価基準に対しての対比較を車いす使用者に行ってもらい、評価基準の重要度を求める
7. 評価基準の重要度と各経路の計測値から和泉らが提案する通行経路の論理距離を求める式[6]に基づいて求めた経路 C を提示する
8. 2 で選択された経路 B と経路 C を比較して、経路選択の再現性を評価する

#### 3.1 対象地と通行ルートの選定および調査

今回の経路選択を行う対象地は図 1 に示すように熊本市中心市街地のうち熊本市役所、中心的な商業施設である、百

貨店 T, P, 中心的な通り S 通り, G 通りを含む一部エリア（約 13.6ha）とした。対象地における車いす使用者の通行ルートについて、図に示す 72 の通りを選定した。通りについては、障がい者アドバイザーが通りごとの写真を確認し、車いす使用者が一般的に通行すると考えられるルートを設定した。全般的に、歩道がある場合は歩道の中央を、歩道がない（あるが通行が困難）場合は道路の中央を通行するものとし、車いす使用者が通行不可能な通りは除外した。

次に、対象地の 72 の通りについて現地調査を行った。調査項目は、通行ルートの長さ、幅（歩道がない箇所では道路幅、歩道がある箇所では歩道幅の最も幅の狭い箇所）、素材、路面のバリア要因としてマンホール/ハンドホール（以下 MM/HH）、側溝蓋・グレーチング蓋等、整備不良箇所を調査した。また庇の有無、点字ブロックの有無、歩道（歩行者専用道路を含む）の有無を確認し、加えて移動できる路上設置物（花壇、のぼり旗、看板等、ゴミ収納庫等）、移動できない路上設置物（ベンチ、ポラード、ガードコーンといった車止め、灰皿、電話ボックス、郵便ポスト等）、その他として、街路樹、街灯・電柱、無電柱化に伴う地上用変圧器、標識、歩行者数（往路・復路）を調査した。詳しい調査の内容については古賀らの報告[2]を参照いただきたい。加えて、後日、横断勾配（有無、傾斜角度、勾配種類）、道路が登っているか下っているか、路上駐車の有無、通行時の振動の有無について調査を行った。

また、身体負担に基づいた経路探索を行うための指標として、「実際の道路を通行した時の筋活動量」について、対象地のリンクのうち 10 m 以上のリンク（往路、復路、計 224 箇所）の中央部分 5 m を調査員が車いすで走行し筋電計（Noraxon 社製、TeleMyo2400）を用いて測定した[3]。今回の計測では、健常者が車いすで走行し、被験筋は利き腕（右腕）の 6 箇所（上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋前・中・後部線維および腕橈骨筋）とした。「車いすが理想的な道路を通行した時の筋活動量」については、計測被験筋の中で最も少なかった値（筋活動量が最も少なかった図 1 中のリンク 45）とした。被験筋の測定箇所を図 2 に示す。

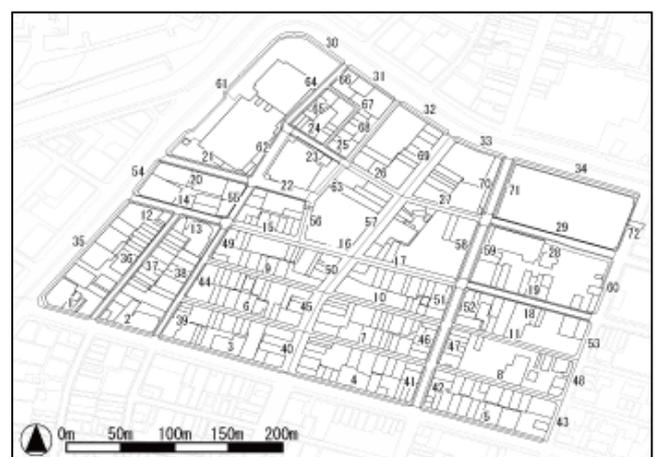


図 1 対象地とルート

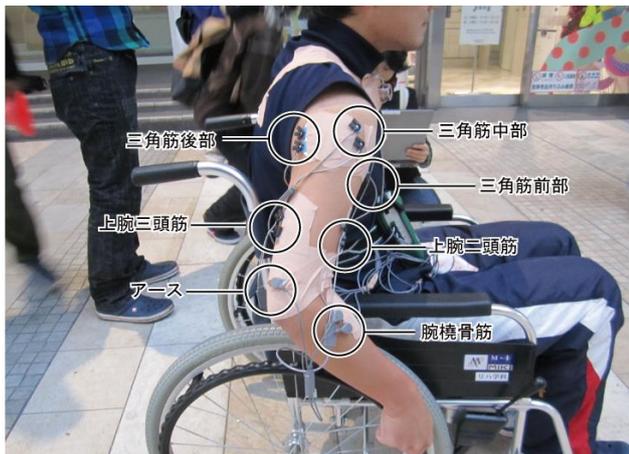


図 2 被験筋の測定箇所

### 3.2 経路情報の提示システムプロトタイプ

最適経路の妥当性をワークショップにおいて評価するために、経路情報の提示を行うシステムのプロトタイプを開発した(図3)。開発環境として3Dインタラクティブコンテンツ開発環境であるUnity[9]を用いた。

このシステムでは、出発地点と目的地点を選択して経路探索を行うことで、各経路の走行負担に基づいた最適な経路、最短の経路を地図上に表示できる。また、議論のための情報として、各経路の写真、調査情報を閲覧できる機能、経路の筋活動量、歩行者数(平日、休日)、障害物の数などを地図上にヒートマップ表示して一覧できる機能を実装した。さらに、選択した経路をシステム内で車いすに乗ったキャラクターがウォークスルーアニメーションする機能も実装した。この際の歩行者は事前に調査した歩行者数に応じて発生、移動するように実装した。このシステムを用いて、車いす使用者がどのような理由に基づいて経路を選択しているか、ワークショップの中での会話を通じて取得する。

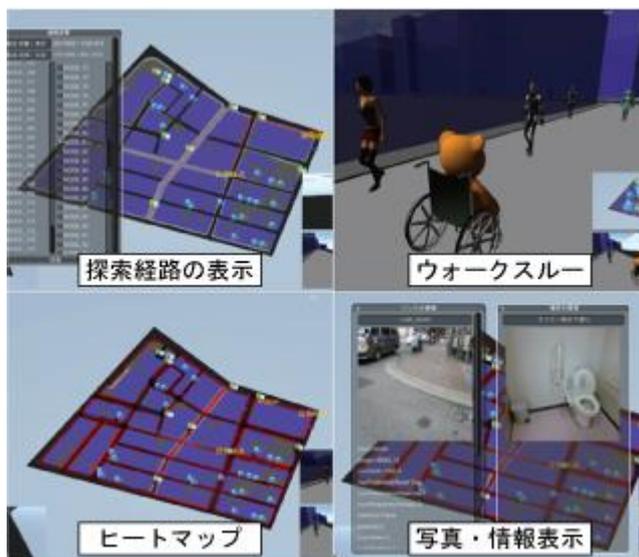


図 3 システムプロトタイプ

## 4. ワークショップ

経路情報の提示システムを含めた、整備案検討支援システムの評価を行うために2度のワークショップを開催した。ここでは経路情報提示に関連ある内容に限って記述する。

### 4.1 第1回ワークショップ

第1回ワークショップは平成26年1月12日に熊本市内のK病院にて開催した。車椅子参加者11名、一般参加者2名、行政参加者1名、スタッフとして大学教員2名、学生6名であった。

ここでは、本システムを利用したまちなか活動における問題点の整理と整備案の検討を行った。まちなか活動をする上で車いす使用者がよく使う駐車場や、訪問先、多目的トイレなどの意見を得た上で、それぞれの地点間の経路を検索し、最適経路、最短経路を示した上で経路の妥当性について意見を求めた。また、各2地点間の経路に対して車いす使用者が選択すると考える経路を提示してもらい、その際の選択理由について説明を得た。

このワークショップにおいて、車いす使用者が筋活動量ではなく、複数の要素を考慮して経路の選択を行っていることが示された。ワークショップでの議論の様子をICレコーダーでグループごとに録音し、テープ起こしをした原稿から最適経路選択に関する意見を抽出した結果、意見として出されていたのは、道幅の広さ、車の有無、路面の滑らかさ、庇の有無(雨天時に雨に濡れないこと)、横断勾配、傾斜、段差、点字ブロック、グレーチング(側溝)、通路上の看板、人通りの量、自転車とのすれ違い、駐輪、路上駐車(タクシーなどの乗り降り)、夜間の明るさであった。ここから、第2回ワークショップで行うAHPのための一対比較の評価基準として、筋力負担が軽い、車が通らない(少ない)、道幅が広い、道路ががたがたしていない、屋根がある、予測できない障害物(看板や路上駐車など)が少ない、横断勾配がきつくない、上り坂ではない、の7つを選択した。

### 4.2 第2回ワークショップ

第2回ワークショップは平成26年1月12日に対象地域近くのホテルNで開催した。車椅子参加者7名、一般参加者1名、行政参加者2名、スタッフとして大学教員3名、学生5名であった。

ここでは、第1回の意見から車いす使用者が考慮するものとして導き出した7つの評価基準について、参加者に一対比較を行ってもらい評価基準の重要度を割り出した。アンケートは6名に依頼し5名の有効回答(1名は裏面の記入忘れがあったため無効とした)を得た。重要度の一覧を表1に示す。

表 1 被験者ごとの評価基準の重要度

	A	B	C	D	E
車が通らない(少ない)	0.0274164	0.0862915	0.15301	0.138716	0.0215391
筋力負担が軽い	0.185741	0.0523549	0.0287935	0.05196	0.410139
道幅が広い	0.0916786	0.0939984	0.0991507	0.115298	0.0465806
道路ががたがたしていない	0.121197	0.228436	0.423129	0.0721625	0.085424
屋根がある	0.115207	0.236676	0.194588	0.432954	0.0495606
予測できない障害物(看板や路上駐車等)が少ない	0.0296246	0.140317	0.0185217	0.0500042	0.0141471
横断勾配がきつくない	0.316405	0.0784735	0.0468998	0.0737918	0.13552
上り坂ではない	0.11273	0.083453	0.0359072	0.0651141	0.23709

また,第1回のワークショップで得られた最短,最適,及び,車いす使用者の意見による経路をそれぞれ,車いす使用者に実際に通行してもらった上で,再度,各経路に対する感想を得た.さらに,評価基準の重要度を用いて算出した最適経路を提示し,経路の妥当性について意見を得た.

## 5. 考察

第1回のワークショップにおいて筋活動量の負担を最小とする経路を参加者に示した所,車いす使用者が選択する経路とは一致しなかった.従来の多くの車いすナビゲーションでは,負担として用いる項目は異なるものの,身体的な負担に着目した最適な経路を提示している.しかし,車いす使用者が実際にどのような要素を考慮して経路を選択しているのかについてはこれまで調査が行われていなかった.

本研究で筋活動量を身体的負担として算出した経路を提示した上で,車いす使用者が選ぶ経路との違いを元にワークショップで意見交換を行った結果,車いす使用者は道幅の広さや車通りなど身体の負担に直結しない要素も評価した上で経路を選択していることが明らかになった.

第2回のワークショップにおいては,経路の評価基準を7つに絞り,AHPの対比較を通して車いす使用者が各評価基準をどの程度考慮するのか(重要度)を求めた.結果として5名について一般的な傾向は見られなかった.また,評価基準の重要度を用いた最適経路も,一部の地点間の経路において,車いす使用者の選択経路の一部と一致するにとどまった.

今回,対比較を依頼した車いす使用者は,年齢,経験,身体的能力や残存機能にもばらつきがあるため,このような結果になったと考えられる.また,被験者の数も統計的な有意を示すには不十分である.しかし,単に自走式の車いす使用者を対象にしたとしても経路選択時に考慮する評価基準の重要度に大きなばらつきがあることから,和泉らが述べている[6]のように,物理的な負担のみではなく心理的な負担も考慮することが重要であることが確認できた.

## 6. まとめ

本研究では,車いす使用者が移動時に選択する経路を再現するために,まちなか空間の通行可能区間について詳細な調査を行い,2回のワークショップを通じて車いす使用者が経路の選択時に考慮する評価基準を明らかにした.また,評価基準を用いて算出した最適経路の算出を行い,筋活動量のみを用いた最適経路と比較すると,車いす使用者が日常選択する経路に近い結果を得ることができた.

今後は,個別の被験者の選択する経路と評価基準を用いた経路の詳細な比較を行い,選択経路の一致度の定量的な比較を行う.また,現在は交差点における歩道と車道の移行に対する負担を考慮してないため,交差点を数多く横切る経路が示される場合が存在した.このような複数の経路をまたぐ負担の扱いについても考慮する.また,将来的には対象を車いす利用者以外の歩行困難者に拡大する.

**謝辞** 対象地の選定や車椅子での通行経路にご指導いただいた熊本機能病院の山本氏に感謝します.まちなか活動における車椅子利用の現状など事前調査にご協力いただいたNPO法人UDくまもと(www.ud-kumamoto.jp)の矢ヶ部氏に感謝します.ワークショップへの参加者募集にご協力いただいた山本氏,矢加部氏,日本車いすテニス協会の塚本氏に感謝します.ワークショップにおいて貴重な意見を多数いただきました,参加者の皆様に感謝します.

## 参考文献

- 1) 梶山大志, 古賀元也, 和泉信生, 松原誠二, 瀬口裕也, 曲金彦: 福祉の街づくりに向けた身障者支援システムの試験的開発(その1)-車椅子使用者のまちなか活動に関する意識調査-,日本建築学会九州支部研究報告第53号(佐賀),2014,3
- 2) 梶山大志, 古賀元也, 和泉信生, 松原誠二, 瀬口裕也, 曲金彦: 福祉の街づくりに向けた身障者支援システムの試験的開発(その2)-身障者の身体負担に着目したまちなか空間の基礎調査-,日本建築学会九州支部研究報告第53号(佐賀),2014,3
- 3) 梶山大志, 古賀元也, 和泉信生, 松原誠二, 瀬口裕也, 曲金彦: 福祉の街づくりに向けた身障者支援システムの試験的開発(その3)-身障者支援システムの試験的開発-,日本建築学会九州支部研究報告第53号(佐賀),2014,3
- 4) 矢入郁子,猪木誠二, 高齢者・障害者の自立的移動を支援する Robotic Communication Terminals(2). 人工知能学会論文誌, Vol.17, No.2, pp.170-176, 2002
- 5) 矢入郁子,猪木誠二, 高齢者・障害者の自立的移動を支援する Robotic Communication Terminals(3). 人工知能学会論文誌, Vol.18, No.1, pp.29-35, 2003
- 6) Shinobu Izumi, Go Kobayashi, Takaichi Yoshida, Route Navigation Method for Disabled Access GIS in Consideration of Abilities and Psychologies, Special Issue of the Journal of Digital Information Management (JDIM), Vol. 6 Issue 4, pp 348-354, 2007
- 7) Shinobu Izumi, Toshihiro Uchibayashi, Takaichi Yoshida, Designing of a System Model for Web 3D Disabled Access GIS on Web 2.0, The 24th Annual ACM Symposium on Applied Computing, Poster Paper, pp.688-689, Mar. 2009
- 8) Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill,1981  
和泉信生, Unity4 マスターブック,CUTT System, 2013