

# 利用者別最適経路を選択可能なナビゲーションシステムの開発

林 武文 富田英典 倉田純一 仲川勇二 (関西大学)

Development of a pedestrian navigation system that presents the optimum route information for mobility constraint people.

Takefumi Hayashi, Hidenori Tomita, Junichi Kurata, Yuji Nakagawa (Kansai University)

We developed a pedestrian navigation system that presents the optimum route information according to the degree of disablement for handicapped or aged people. The system displays information for town walking with optimum route on the Google Map or by the direction indication on the AR camera window. Based on the system, we developed a mobile application system, named the 'SAKAI old town map', for sightseeing and walking around the historical area in Sakai-shi, Osaka. As an evaluation experiment, subjects with wheelchairs moved around the area using the system and we analyzed their behavior and introspection. The results showed that our pedestrian navigation system would be effective to support the daily life of move constraint people.

キーワード：歩行者ナビゲーション，移動制約者，車いす，福祉マップ，携帯アプリ  
(Pedestrian navigation, Move constraint people, Wheelchair, Welfare map, Mobile application)

## 1. はじめに

高齢化・高福祉社会への関心の高まりに対応して、年齢や障がいの有無にかかわらず、あらゆる人々が快適で心豊かな生活を過ごせる社会環境の構築と支援技術の開発が求められている。この中で、高齢や身体の障がい等により歩行が困難な移動制約者の数は年々増加の傾向にあり、交通機関や施設のバリアフリー化が進められるものの、これらの人々が自律的に行動できる環境の実現には至っていない。この原因として、移動制約者が単独で安心して外出するための情報提供が質・量ともに不足していることが挙げられる。すなわち、移動におけるバリアや支援施設に関する情報提示が不十分な上に、バリア情報を含めた最適経路の探索とリアルタイム表示についても実用化事例が少なく、自律行動に対する支援がなされていないためと考えられる。

移動制約者に対する情報提示は、国や地方自治体による施策として進められてきた。福祉施設や移動障害の情報を地図上に記した福祉マップが中心であったものが、国土交通省のバリアフリー施策の一環として行われた、「歩行空間ネットワークデータ整備」<sup>(1)</sup>により、移動におけるバリア情報を含めた地理情報構築のための枠組みが利用可能となった。またこれに続く、「ICT を利用したデータの活用事例の公開」<sup>(2)</sup>によって、障がい者向けのナビゲーションサイトや携帯端末向けアプリが研究開発されるに至っている。

しかし、これらのアプリケーションや Web コンテンツは必ずしも十分には活用されていない。この理由として、1) 歩行空間ネットワークデータの構築には、経路毎に幅員、スロープ、路面の状態等の計測が不可欠であり、データの構築と公開が進んでいない、2) これを利用した Web サイトの例は挙げられているものの、実際の運用に耐えうるシステムが開発されていない、3) 移動制約者の自律的な行動特性とそれに必要不可欠な情報の種類が必ずしも明らかにされていないことが挙げられる。

我々は、大学のキャンパス所在地の一つである大阪府堺市において、歴史地区の観光ナビゲーションアプリ「堺いにしえナビ」の開発を継続している<sup>(3-5)</sup>。このアプリケーションは、Google Map に併用する形で歩行空間ネットワークデータを用いることにより、利用者の移動制約に応じた目的地への最適経路の検索と移動途中におけるリアルタイムの情報提示を可能としている。本報告では、「堺いにしえナビ」のシステム開発の状況とテスト地域における車いすを用いた評価実験の結果について述べ、本アプリによる移動制約者支援の可能性について考察する。

## 2. モバイルコンテンツ「堺いにしえナビ」の開発

〈2-1〉システムのコンセプト 健康者および移動制約者（障がい者、高齢者、ベビーカー利用者等）に対して、スマートフォンやタブレット端末を活用したきめの細かい「ま

ち歩きサービス」を提供する。まず、利用者属性や、旅の目的、散策時間など一人ひとりの観光ニーズにあった「まち歩きルート」の推奨を行う。移動制約者の場合、通行注意箇所を避けた推奨ルートを複数提示する。ルートを選択すると、次に地図画面・ARカメラ画面・音声で「まち歩きガイド」を行う。画面上のアイコンやエアタグをタップすると施設詳細画面が表れ「周辺観光情報の表示」を行う。一方で、目的の施設が決まっている場合、「施設検索及びルート誘導」機能を使って、選んだ施設まで誘導する。この際、移動制約者が移動条件を入力することにより推奨するルートを選択するという機能を設けている。

〈2・2〉対象エリア 「堺にしえナビ」のサービス対象エリアは、図1に示す大阪府堺市堺区旧市街地を中心とした地域である。南海本線七道駅から大浜公園をつなぐ線と阪神高速にはさまれた地域、及び仁徳天皇陵へ続く道路である。この地域は、方違神社、清学院、鉄砲鍛冶屋敷などの古い町並み、堺の伝統産業線香・打刃物の老舗、江戸時代の堺の町家暮らしを見学できる山口家住宅、与謝野晶子ゆか



図1 「堺にしえナビ」のサービス対象エリア  
Fig. 1. Service area of the 'SAKAI old town map' application.



図2 地図上でのリンクとノードの表示  
Fig. 2. Link and Node superimposed on the area map.

表1 歩行空間ネットワークデータ仕様の概略<sup>(1)</sup>

Table 1. Overview of the pedestrian space network data.

仕様が規定されている項目	仕様の内容	備考
ネットワークデータ	ネットワークの構成状況に関する情報、および歩行経路の状況を実現するためのネットワークデータに付与する属性データの基本的な仕様を定めたものである	リンク: 49種類の属性情報を規定 ノード: 6種類の属性情報を規定
施設データ	公共施設、病院・公共トイレ・指定避難所等に関するデータの項目に付与する属性データの基本的な仕様を定めたものである	公共施設: 12種類の属性を規定 病院: 11種類の属性を規定 公共トイレ: 12種類の属性を規定 指定避難所: 12種類の属性を規定
出入り口情報	公共施設等の出入口に関するデータの基本的な仕様を定めたものである	7種類の属性情報を規定
路面地図	「リンク」、「ノード」、施設データの位置関係や属性情報を利用目的に応じてわかりやすく表示するため、基礎地図データ上に歩行空間ネットワークデータ、施設データを重ねて表示させた地図の作成方法を定めたものである	路面地図(ネットワークデータ、施設データを地図上に重ね)の整備仕様を記述。
基礎地図データ	歩行空間ネットワークデータを用いて経路案内等のサービスを提供するために当たって、その基礎となる地図の作成方法を定めたものである	基礎地図データの整備仕様を記述。

りの覚応寺、堺最大の木造建築である本願寺堺別院、大ソテツで有名な妙國寺、堺伝統産業会館、さかい利晶の杜、千利休屋敷跡、南宗寺、仁徳天皇陵古墳があり、地域のちょうど中央を走る旧紀州街道は路面電車(阪堺電車)が走る。車も適度に走り、道路の幅も様々である。

〈2・3〉歩行空間ネットワークデータの構築 歩行空間ネットワークデータは、バリア情報を含んだ歩行経路の空間配置と経路の状態を表すデータであり、歩行経路を表す「リンク」及びリンクの結節点を表す「ノード」で構成される。また、リンクの属性として、道路の段差や幅員、スロープなどの情報を有している<sup>(1)</sup>。その仕様の概略を表1に示す。

ノードデータは、ノード番号(ノードID)、緯度、経度、高度および接続リンクID(接続しているすべてのリンクの番号)から成る。データ作成には、Google社の地図作成ツールGoogle My Mapsを用いて、対象エリアの地図上で道路の交差点・分岐点、施設の出入口、道路のスロープや属性の変更点すべてにノードを設定し、ノードIDを付与した。

リンクデータは、リンクID、起点ノードID、終点ノードIDですべてのリンクを定義した後、各リンクについて経路の種類(歩道、園路、歩車共有道路、横断歩道など)、方向性、通行制限、有効幅員、縦断勾配、横断勾配、路面状況、段差等の属性情報を現地調査により収集した。現地調査の際には、実際の道路の状況によってノードやリンクを追加/削除してデータを調整した。

図2に「堺にしえナビ」の対象エリアにおけるリンクとノードの状態を示す。最終的には、ノード数は1509点、リンク数は1917点となった。

〈2・4〉観光・施設データの収集とコンテンツの構築

観光データや各種の施設として、写真と文章コンテンツを作成した。文章コンテンツは、施設名称、キャッチコピー、概要説明、住所、営業時間等の情報である。各コンテンツ情報は、番号(コンテンツID)を付与した後、所在地(緯度、経度、高度)とともに登録した。施設の種類の、目的に応じて、「見る」「買う」「食べる」「休む」「トイレ」「駐車場」等の18種に分類されている。

登録情報は、堺市の福祉地図、観光地図、Google Map、

および関連の Web サイトよりリストアップした後、現地調査により掲載の最終決定を行った。総数は現時点で 240 件であるが、必要に応じて追加していく。

### 3. システムの実装と動作

〈3・1〉システムの開発・運用環境 株式会社 WHERE が提供する空間情報統合システム「おもてナビ」エンジン<sup>(6)</sup>をプラットフォームに用い、これを「堺いにしえナビ」向けにカスタマイズした。このシステムは、Google MAP をベースとして、その上に歩行空間ネットワークデータの階層と情報コンテンツの階層を重ねることにより、利用者別に最適経路と移動中の情報提示を可能とする。

携帯端末は、Android OS と iOS に対応しており、GPS 機能による測位を主とするが、ネットワーク測位機能でこれを補完して、利用者の現在位置を特定することが出来る。

〈3・2〉システムの機能 以下に示す機能を実装した。

#### [施設・ルート検索]

観光地や各種施設の検索、街歩きルートの検索、歩行空間ネットワークデータから最適ルートの検索

#### [観光ルート表示]

地図画面および AR カメラ画面上に検索ルートを表示

#### [観光ルートナビゲーション]

現在地、ルート順、施設名、次の施設までの距離・方向、残り距離などを地図画面および AR カメラ画面で表示

#### [施設詳細情報表示]

施設名、キャッチコピー、概要、詳細情報を表示

#### [多言語対応]

日本語、中国語、英語に対応可能（今回は日本語のみ）

#### [音声ガイド]

対象施設まで約 15m に近づくと自動的に音声再生

〈3・3〉操作の流れとシステムの動作 「堺いにしえナビ」

の具体的な操作手順とアプリの動作を以下に示す。

#### a. アプリをダウンロードする

ダウンロードサイト（本格的な運用時には、「App-Store」あるいは「Google-play」を利用）において、「堺いにしえナビ」を検索し、スマートフォンにダウンロードする。ナビのアイコンをタップして起動した後、最初の「トップ画面」（図 3 左）から、様々な操作を行う。

#### b. 利用者条件の選択

利用条件選択画面（図 3 右）で「車いす」「ベビーカー」「健常者」のいずれかを選択する。この画面でさらに通行不可能なバリアの値を細く設定することが出来る。設定後は、図 4 に示すように利用者の条件に応じた最適な経路が表示される。

#### c. 目的の場所まで移動する

場所名・施設名やカテゴリーのリストから目的地を選択し経路の検索を行う。歩行条件を入力すると目的施設までの最適なルートを表示する（図 5 左）。「案内ボタン」を押すと案内を開始する。



図 3 トップ画面と移動制約条件の入力画面  
Fig. 3. Top screen and setting change display for barrier level.



図 4 健常者と車いす利用者向けのルート提示  
Fig. 4. Route display for normal and wheelchair movement.



図 5 マップ表示と散歩条件設定画面  
Fig. 5. Map display and selection page for travel conditions.



図 6 AR カメラウィンドウと観光コンテンツの表示  
Fig.6. AR window and display of sightseeing content.

#### d. お勧めルートを歩く

トップ画面の「お勧めルートボタン」を押すと、旅の目的や所要時間に合わせて複数の推奨ルートがリストで表示される。移動制約者に適した専用ルートも複数用意している。その中から一つのルートを選び「案内ボタン」を押すと案内が開始される。図5右の画面は、お勧めルートの条件設定画面であるが、表示されるルートの種類に反映される。

#### e. 歩きながら情報検索

案内開始後は「地図画面」(図5左)と「ARカメラ画面」(図6左)を切り替えながら移動する。地図画面では利用者の現在地と周辺の施設をアイコンで表示、ARカメラ画面では周辺施設をエアタグで、また曲がる方向が矢印で表示される。アイコンやエアタグをタップすると「施設詳細画面」(図6右)が表示される。

### 4. 評価実験<sup>(5)</sup>

**(4.1) 実験の目的** 車いす利用者が「堺いにしえナビ」を用いて観光を行った場合のシステムの動作とユーザが得る情報および行動の特徴について調査を行った。被験者として、健常者が車いすに乗り、実際にテスト地域を自由に観光散策した。また、アプリケーションの効果を検証するために、従来の紙媒体の観光ガイド「堺観光ガイドブック」(堺市制作)との比較を行った。

**(4.2) 評価実験の内容** 実験の詳細に関しては、富田の論文<sup>(5)</sup>で報告されているが、ここではその中で得られた知見のいくつかを紹介する。

[実験期間] 2016年1月13日～3月22日

[被験者] 関西大学社会学部学部生41名(車いすに乗った被験者数)が実験に参加した。

[実験場所] 「堺いにしえナビ」対象エリア内の堺市堺区旧市街地を中心とした地域で、南海本線七道駅から大浜公園をつなぐ線と阪神高速にはさまれた地域、及び仁徳天皇両へ続く道路を散策対象地域とした。

[実験方法] 被験者2人1組で、1人が車いすに乗り1人が車いすを押し、「堺いにしえナビ」と「堺観光ガイドブ

ック」のいずれかを利用して観光散策を行った。移動経路の状況は、車いすに360度ムービーカメラを設置し実験中の車いすを中心とした全周囲映像を記録した(実験開始から約60分間)。車いすに乗った被験者は頭部にウェアラブルカメラを装着し、視界に入った映像を記録した(実験開始から終了まで)。車いすを押す被験者は、スマートフォンの移動ルート記録アプリを使用して移動ルートを記録した。スタート地点は、図1の熊野小学校正門前とし、エリア内を自由に散策した。訪れた場所は写真で撮影した。実験時間は4時間であった。実験終了後、アンケート調査を実施した。

[実験器具等] 車いす、360度カメラ(RICOH THETA S)、ウェアラブルカメラ(Panasonic HX-A500)、スマートフォン(Android携帯、被験者がAndroid携帯を所持している場合はそれを使用)、WiMAXルータ、移動ルート記録アプリ(MyTracks)、「堺いにしえナビ」。

**(4.3) アンケート調査の結果と考察** 実験後に実施したアンケート調査では、①「堺いにしえナビ」の機能についての満足度、②目的地までの行きやすさ、③「堺いにしえナビ」の利用により堺のイメージがどのように変化したかについて調べた。

アンケート①では、「目的地に向かい途中の曲がり角における進行方向の矢印案内は役立ったか」「操作の難易度について」「画面のデザインについて」「ナビ機能について」「スポット検索機能について」の5項目について被験者は5段階で回答した。その結果、すべての項目について「役に立たなかった」の回答はなく、全体としては好評価であった。特に、画面のデザインは「見やすかった」との評価が高かった。

アンケート②では、目的地までの行きやすさについて「段差」「道幅」「勾配」「交通量」「路面状態」の点について調査した。その結果、「段差」について「多かった」と回答した被験者が多く、車いす移動のバリアとして特に注意を払う必要があることが明らかになった。また、「目的地まで迷うことなく行くことが出来たか」という質問を「堺いにしえナビ」と「堺観光ガイドブック」を用いた両方の被験者に行ったが、ほぼ全員が「迷わず全部行けた」もしくは「少し迷ったが全部行けた」と答えており、両者とも目的地に到着出来ない被験者は皆無であった。また両者の回答割合の間には有意な差は無かった。実験のエリアが平坦で地図と照合し易い環境であった可能性もあるが、これらの結果は、少なくとも「堺いにしえナビ」のナビゲーション機能が有効に動作することを示している。

アンケート③では、「本アプリケーションを利用して観光が楽しかったか」という質問に対し、多くの被験者が「楽しい」「面白い」と回答し、満足度も高かった。これは、永井らによって行われた探索支援型のナビゲーションシステムと既存のシステム(Googleマップ)の比較研究<sup>(7,8)</sup>でも指摘されているが、このタイプのアプリケーションを利用することにより、観光の楽しさと満足度が増す効果があることを示している。



図7 実験風景

Fig. 7. Scene of the experiment

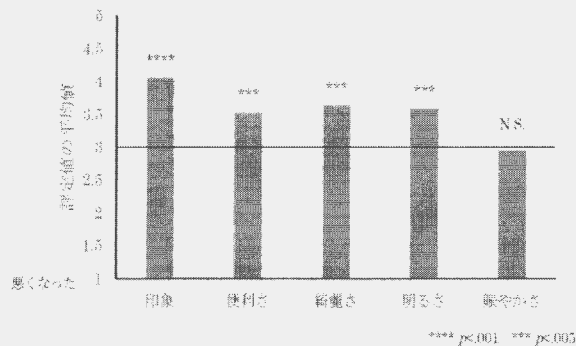


図8 街の印象の変化（「堺いにしえナビ」利用者）<sup>(5)</sup>

Fig.8. Variation of city images.

アンケート③では更に、「堺いにしえナビ」を利用して観光散策した結果、堺のイメージがどのように変化したかを「印象」「便利さ」「綺麗さ」「明るさ」「賑やかさ」の5項目について調べた。その結果、図8に示すように「賑やかさ」以外については全般的に良くなっていることが分かった。一方で「堺観光ガイドブック」を用いた被験者群では、このような印象の改善は見られなかった。この原因の詳細については更なる分析が必要であるが、アプリケーションの利用による観光の楽しさと満足度の向上が地域に対する印象とも密接な関係をもつことを示唆している。

④.4) 移動ルートの比較 図9と図10に「堺観光ガイドブック」利用者の観光ルートと「堺いにしえナビ」利用者の観光ルートをそれぞれ示す。両者を比較すると以下のような傾向が認められる。

①「堺観光ガイドブック」利用では、表通りを利用して移動する傾向がある。それに対して、「堺いにしえナビ」利用では、住宅街などの裏道を利用することが多い。

②「堺観光ガイドブック」利用では直線移動が多く、「堺いにしえナビ」利用ではジグザグに移動する傾向がある。

③「堺観光ガイドブック」利用では広範囲に観光しているが、「堺いにしえナビ」利用では比較的狭い範囲を移動している。

④図の最も左の円の部分は、「堺いにしえナビ」利用者が誰も歩いていない。

このような差異の背景には、「堺いにしえナビ」利用では、車いす用の最短の安全ルートとして大通りよりも路地が選択されることになり、ジグザグに移動する傾向が出る。それに対して、「堺観光ガイドブック」利用では、紙の地図であるために、自分の位置が分からなくなると、道に迷ってしまう。そのために、分かりやすい表通りの直線道路を利用することになる。また、「堺いにしえナビ」の移動範囲が「堺観光ガイドブック」より狭い点については、正確な自分の位置から目的までの移動時間が正確に予想されるため、出発地点に戻るための時間を考えて、長距離の移動を控える傾向があったことも分かった。

④で指摘した「堺いにしえナビ」利用者が誰も歩いていない地域に関しては、この区画に情報が入力されていないわ

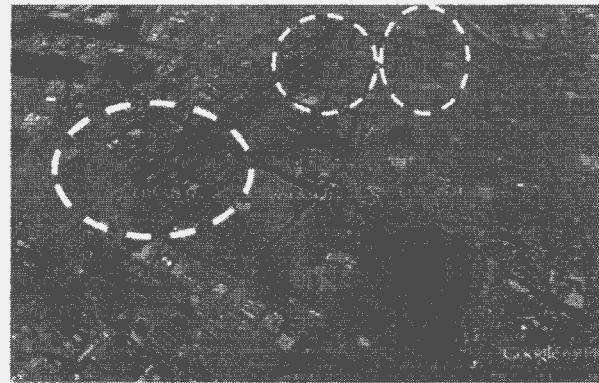


図9 「堺観光ガイドブック」利用の観光ルート<sup>(5)</sup>

Fig.9. Trajectory of movement using the guidebook.

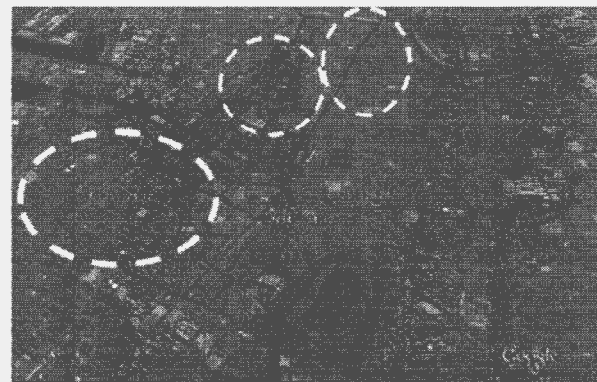


図10 「堺いにしえナビ」利用の観光ルート<sup>(5)</sup>

Fig.10. Trajectory of movement using the application.

けではない。この場所へ向かう経路におけるバリアのレベルが高い、あるいは観光に関する情報が不十分であった可能性もある。一方、「堺観光ガイドブック」利用者が、この地域を観光している理由は、ガイドブックにこの地域の寺院が大きく紹介されているためと考えられる。

#### ④.5) 閲覧回数と閲覧時間について

被験者のウェアラブルカメラの映像から「堺いにしえナビ」と「堺観光ガイドブック」の閲覧回数と1回あたりの閲覧時間を調べたところ、前者は、186.7回・16.7秒、後者は31.3回・29.5秒であった。「堺いにしえナビ」の被験者は、移動途中において情報を頻繁に確認しているのに対し、「堺観光ガイドブック」の被験者は、一度目的地を決めて移動し始めると地図を見る回数は少ない。ガイドブックは、知識としてある程度記憶された情報に基づいて観光散策を行っており、比較的広い範囲の空間情報が利用されると考えられる。これに対し、ナビゲーションアプリを用いた観光散策は、局所的な空間情報に基づいていることになり、この違いは図9、図10に示した観光ルートの違いに反映されている。

バリアによるルート選択の制約がある場合には、その点も踏まえたモデルコースの提示と全体空間を意識した情報提示の方法を検討する必要がある。

## 5. おわりに

本研究では、健常者と移動制約者向けに最適経路を提示可能な観光ナビゲーションアプリ「堺いにしえナビ」を開発し、テスト地域における評価実験を通してその可能性について検討した。

評価実験の結果から、「堺いにしえナビ」は、車いす利用者に対して最適な経路をリアルタイムで提示可能であることを確認出来た。アンケート調査における被験者の評価も概ね満足が得られる結果であった。さらに、アプリの利用により観光が楽しく充実感が増すこと、地域に対する印象が向上することなど、従来の紙媒体の観光ガイドには無い効果をもたらす可能性も示された。

同じ地図情報でも自分の位置が地図内に表示され移動とともにその位置が移動するデジタルマップでは閲覧回数と閲覧時間が紙媒体の地図とは異なり、観光のルートも異なったものになることが明らかになった。ただし、この点が観光という本来の目的に与える影響に関しては今後の検討が必要である。

移動制約者が利用するルートは、道路の段差もなく安全に通行できるうえ、車いすの低速移動で時間をかけて観光するため観光施設や土産物屋を配置するのに適している。本アプリケーションの利用が促進されることにより、移動制約者の自律的な行動が支援され、地域の活性化にも貢献するものと考えられる。

今後の方向としては、「堺いにしえナビ」を本格的に運用するために、観光情報の充実と対象エリアの拡大、社会福祉団体との連携による移動制約者を対象とした実証実験を進めることが不可欠となる。また、「堺いにしえナビ」の一般公開に加えて、歩行空間ネットワークデータもオープンデータとして公開し利用の促進を図っていく必要があると考えている。

## 謝辞

本研究は、平成26年度関西大学研究拠点形成支援経費において、研究課題「利用者別最適経路を選択可能なナビゲーションシステムの研究開発と実装地域における社会的変化の研究」として研究費を受け、その成果を公表するものである。ナビゲーションシステム「堺いにしえナビ」の開発において技術面でのご支援を賜った株式会社 WHERE の丸田一氏に感謝の意を表する。

## 文 献

- (1) 国土交通省：歩行空間ネットワークデータ整備仕様案 (2010)  
<<http://www.mlit.go.jp/common/000124059.pdf>> (2017.01.31 アクセス).
- (2) 国土交通省：総合政策「ICTを活用した歩行者移動支援システムの水平展開に向けた事例とノウハウについて ～ユニバーサル社会に対応した歩行者移動支援の推進～」(2012)  
<<http://www.mlit.go.jp/common/000144606.pdf>> (2017.01.31 アクセス).
- (3) 富田英典・林武文・倉田純一・仲川勇二・丸田一：移動弱者向け観

光アプリの現状と『堺いにしえナビ』開発の試み、情報通信学会第32回大会、ポスターセッション(2015).

- (4) 富田英典・林武文・倉田純一・丸田一：移動弱者向け観光アプリの現状と『堺いにしえナビ』開発と実装実験、情報通信学会第34回大会、ポスターセッション(2016).
- (5) 富田英典：位置情報サービスとバリアフリー情報に関する研究 ―車いす向けアプリケーションの開発と実装実験―、関西大学社会学部紀要(2017) 印刷中.
- (6) 株式会社 WHERE：「おもてナビ」(2011)  
<<http://omotenavi.jp/>> (2017.01.31 アクセス).
- (7) 永井由佳里・山本敏之：車椅子での探索を豊かにする動物園内ナビゲーションシステム、BULLETIN OF JSSD、日本デザイン学会 デザイン学研究, pp1-2 (2014).
- (8) 山本敏之・永井由佳里・森田純哉・木原宏典：ユーザ状態の多様性に応じた動物園散策ナビゲーションシステムの研究、知識共創、第4号, pp.III1-1-7 (2014).

## 利用者別最適経路を選択可能なナビゲーションシステムの開発

林 武文 富田 英典 倉田 純一 仲川 勇二 (関西大学)

2017年2月23日

一般社団法人 電 気 学 会  
The Institute of Electrical Engineers of Japan  
東京都千代田区五番町6-2