

携帯電話における歩行者ナビゲーション情報の表示方法に関する提案と評価

福井 良太郎^{†,††} 白川 洋[†] 歌川 由香[†]
重野 寛[†] 岡田 謙一[†] 松下 温^{†††}

近年移動体通信技術の発展により、携帯電話を用いて歩行者を目的地まで誘導する、歩行者ナビゲーションシステムが注目されている。歩行者ナビゲーションシステムでは地図画像を歩行者に提供するものが多いが、地図画像では歩行者を確実に目的地まで誘導することは難しいと考える。そこで本論文では、歩行者の視点に立った指示案内文と風景画像をナビゲーション情報とした歩行者ナビゲーションシステムを提案し、プロトタイプシステムを実装した。さらに実装したプロトタイプシステムと地図画像を比較実験した。地図画像においては41%の被験者が「不安を感じた」のに対して、提案したナビゲーション情報においてはこの数字を18%にまで削減することができた。比較実験の結果より、提案したナビゲーション情報が地図画像情報に比べ、歩行者ナビゲーションにおいて有効に働いたことを示した。

A Proposal and Evaluation Related to Display Method of Pedestrian Navigation Information Using Cellular Phone

RYOUTAROU FUKUI,^{†,††} HIROSHI SHIRAKAWA,[†] YUKA UTAGAWA,[†]
HIROSHI SHIGENO,[†] KEN-ICHI OKADA[†] and YUTAKA MATSUSHITA^{†††}

Using internet with mobile phone is very popular today, and many people pay attention to pedestrian navigation system with mobile phone. The system which provides a pedestrian with a map picture is popular today. But we think that to navigate a pedestrian reliably with a map picture is difficult. Then we propose a pedestrian navigation system which provides a pedestrian with guidance message and landscape image from user's viewpoint, and mount a prototype system with them. Furthermore, we conduct a comparison experiment of a prototype system and a map picture. 41% of the test subjects felt uneasy using ordinary map pictures, but in the experiment using our proposed pedestrian system, only 18% of the test subjects felt uneasy. Then we show that proposed navigation information is superior to map picture.

1. はじめに

近年、外出中に携帯電話から利用されるサービスとして、ある場所から目的地まで歩行者を道案内する、歩行者ナビゲーションが期待されており、NTTDoCoMo社のiエリア¹⁾や、KDDI社のeznavigation²⁾等の形ですでに実用化されている。また歩行者ナビゲーションに関する研究として、情報検索、最適経路探索、ヒューマンインタフェース等の様々な分野を対象とした研究

が行われている。

一例として、歩行者の曖昧な要求をもとにして具体的な目的地を推論する、情報検索を対象とした研究^{3),4)}、遺伝的アルゴリズムを利用して動的な情報検索を短時間で可能とした、最適経路探索を対象とした研究^{5),6)}、地図画像データベースから個々の目的や意図に応じた略地図を生成する、ヒューマンインタフェースを対象とした研究^{7)~10)}がある。

ヒューマンインタフェースを対象とした研究について見てみるうえでまず第1に前提とすべき事柄は、歩行者ナビゲーションではPDAや携帯電話等の小型携帯端末上で、歩行者はナビゲーションを受けることがあげられる。そのために歩行者ナビゲーションではカーナビゲーションと違い、歩行者の周辺に存在するランドマークとなる建物等をすべて詳細に記述するこ

[†] 慶應義塾大学理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University

^{††} 沖電気工業株式会社
Oki Electric Industry Co., Ltd

^{†††} 東京工科大学
Tokyo University of Technology

とは困難である。そこで藤井らは、携帯端末向けの略地図を詳細な地図情報から動的に生成する手法¹²⁾を提案し、その有効性を実証実験で検証している。またその実証実験の結果を、藤井らが以前に提案した場所案内文生成手法を提案し実証実験を行った結果¹³⁾と比較することにより、略地図が案内文よりもナビゲーションにおいて有効であると結論付けている。また久保田ら¹¹⁾は、歩行者の向きを方向センサで取得し、その取得した方向にあわせた地図を提供するシステムを提案し、歩行者の向きを考慮しない地図と比較対象することにより、提案したシステムの有効性を実証実験で検証している。

しかし、地図をベースとしたナビゲーション情報は、歩行者自身に現在位置を地図上にマッピングする能力が求められる。そのために未知の場所でナビゲーションを受ける歩行者にとっては、地図画像と現実世界とのマッピングができずに、地図画像が分かりやすい情報とならない可能性が高い¹⁹⁾。

また歩行者が道を歩くうえで目印となるものとして、実際にその土地ならではのランドマーク、上り坂や緩やかな坂といった道路の形状、屋根の形状等の建物の特徴があげられる²⁰⁾。このような情報を地図上で表現するのではなく、歩行者の視点に立った情報として歩行者に提供することが、ナビゲーションをするうえで有効であると我々は考える。これまでに我々は、地図画像を用いずに、歩行者の視点に立った指示案内文と風景画像を歩行者の携帯電話画面に提供することにより、歩行者が現実世界における位置情報を認識することが可能な歩行者ナビゲーションシステムを提案・実装してきた^{14)~18)}。

そこで本論文では、我々が提案してきたシステムを用いて、東京都代官山駅周辺の80店舗を対象にしたプロトタイプシステムを試作する。また比較対象を市販の地図として、提案した歩行者ナビゲーションシステムの有効性を評価する。

以下、本論文では2章でナビゲーションをするうえで歩行者がどのように空間を認知するかについて述べる。3章で提案した歩行者ナビゲーションシステムについて述べる。4章で実装したプロトタイプシステムについて述べる。5章で実装したプロトタイプシステムを利用してナビゲーション情報の有効性を評価した評価結果を述べる。6章で評価結果に対する考察を述べ、7章で結論を述べる。

2. ナビゲーションにおける歩行者の空間認知
都市工学者である Lynch が著書「都市のイメー

ジ」²¹⁾の中で、歩行者が都市空間を移動する際に各々の頭の中で思い描く認知地図を構成する要素として、path・node・district・landmark・edgeの5つの構成要素を分類して以来、空間認知に関する研究は心理学の範疇を越えて活発に行われ、認知地図は我々が普段地図として認識している鳥瞰的な地図と構造的・機能的に類似していると考えられてきた。しかし近年、従来の認定地図概念を見直す動きが進展しており、加藤は認知地図が鳥瞰的な地図と類似しているのは「機能的」な側面でのみ類似しており、「構造的」な側面においては類似していないと論じている²²⁾。また街の中で我々が見る地図が分かりにくいものであると結論付けている Levineらの研究もあり²⁹⁾、村越は地図情報を提供するには、歩行者が経路選択・現在の把握・ルートの維持をするためには各々の行動に応じて地図読みをする必要があり、地図はこれらの行動を支援できるように作成するべきであると示唆している³⁰⁾。

このような趨勢を受け、近年歩行者がどのような状況で、具体的にどのような情報を必要としているのかを分析する研究が行われている。野島ら^{26)~28)}は携帯電話を使って被験者が道順を問合せ可能な実証実験を行い、歩行者は外界から得られるその場限りの情報を利用していること、歩行者がたどった道順が正しいかどうかを確認させるための情報が重要であることを明らかにしている²⁷⁾。また本多ら^{24),25)}は、歩行者を道案内する際において、どのようなルート説明が分かりやすいのかを分析し、歩行者の周囲に存在するランドマークを数多く使用するよりも、視覚的に顕著な特性を持つ対象物を使用することの有効性を示し、また「すぐ近くの」、「少し」等の「曖昧な判断距離」をルート説明に有効であると判断している²⁵⁾。さらに野島・本多ともに、曲り角等のポイントとなる場所でのように移動すればよいのかを指示することが、ナビゲーションにおいて非常に有効であることを示唆している^{25),27)}。

さらに歩行者が空間を認知する能力の個人差を分析した研究として、新垣らはビデオを使用した経路の学習実験を行っている。その結果として成績の悪い被験者の特徴として、ナビゲーションにあまり関係のない情報に着目するのに対し、成績の良い被験者はランドマークや道の形状といった、移動に関係する情報に注目していたという知見を得ている²⁶⁾。また西應らは格子状の街路を得意とする被験者と、不規則に曲がった経路を得意とする被験者では、空間構造を理解する際に手がかりとするものが違うという知見を得ている²³⁾。

以上のように歩行者の空間認知について考察した文献は多数存在し、活発に研究が行われている。これらの文献で得られた知見をまとめると、歩行者ナビゲーションでは、以下の点を考慮したシステムが望ましいといえる。

- 曲り角等の歩行者が迷いやすいポイントとなる場所で、適切な指示を与えること
- 歩行者がたどった道順が正しいことを確認させる情報を提供すること
- 歩行者にとって視覚的に顕著な特徴を持つ対象物をルート説明に使用すること

しかし具体的にどのようなナビゲーション情報が歩行者にとって最も分かりやすいのかについては結論が出ておらず、さらに上記の認知科学の研究成果をふまえた歩行者ナビゲーションシステムは、現在のところでは皆無である。

そこで上記の歩行者ナビゲーションで望まれているとされている知見をふまえたナビゲーションシステムを、次章で提案する。

3. 歩行者ナビゲーションシステムの提案

前章において歩行者の空間認知に関する研究成果で得られた、歩行者ナビゲーションにおいて重要なことをふまえた歩行者ナビゲーションシステムを本章で提案する。

まず第1に、「曲り角等の歩行者が迷いやすいポイントとなる場所で、適切な指示を与える」ために、交差点や店舗等の目印となる場所（以下ポイントと略す）ごとに歩行者に情報提供する。

第2に、「歩行者がたどった道順が正しいことを確認させる情報を提供する」ために、ポイントごとに歩行者の視点に立った風景画像を表示することで、歩行者がたどった経路を確認することを可能とする。

第3に、「歩行者にとって視覚的に顕著な特徴を持つ対象物をルート説明に使用する」ために、指示案内文の中で「緩やかに右に曲がる坂道を下ってください」といった、視覚的に顕著な特徴を持つ対象物に対する記述を付加した。

次節でナビゲーションデータの詳細について述べる。

3.1 ナビゲーションデータ

出発地から目的地までの歩行者ナビゲーションに必要なデータをナビゲーションデータと呼ぶ。ナビゲーションデータには、歩行者が次のポイントに進むために必要な指示案内文と風景画像のポイントごとに記述する。このポイントごとに記述した、歩行者に提供する情報をポイントデータと呼ぶ。図1に

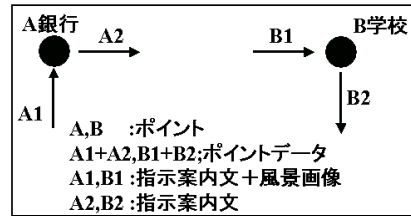


図1 ポイントデータの例

Fig. 1 Example of pointdata.

ポイントデータの例を示す。図1にはA銀行およびB学校における2つのポイントにおけるポイントデータを記述している。A銀行というポイントにおけるポイントデータは、A銀行へ正しくたどり着くための指示案内文と風景画像(=A1)と、A銀行から次のポイントであるB学校へ向かうための指示案内文(=A2)の2組の情報から構成される。

ここで、歩行者の携帯電話にナビゲーション情報として表示する指示案内文と風景画像について説明する。

● 指示案内文

指示案内文とは、歩行者が次のポイントへ到着するためにとるべき行動が記述されている文章である。指示案内文は1つのポイントに対して2つの文章から成り、そのポイントへ行くまでの行動と、次のポイントに行くための行動を記述する。図1を例にして説明する。1つのポイントにつき1つの指示案内文で「右手に見えるA銀行の角を右に曲がってください」と説明した場合、歩行者の現在位置とポイントとの位置関係が理解しにくいという問題点がある。そこで1つのポイントに関する指示案内文として、そのポイントへ行くための情報とそこから次のポイントへ行くための情報の2つの指示案内文に分割する。つまり1つのポイントに関して「右手に見えるA銀行まで行ってください」(=A1)、「A銀行の角を右に曲がって直進してください」(=A2)というように、2つの指示案内文を用意した。このように1つのポイントに関する情報を歩行者に詳しく提供し、かつ指定されたポイントに到着したことを確認してから、歩行者は次の指示を受け取るので、歩行者の不安感を和らげることができる。

● 風景画像

風景画像とは、歩行者がポイントへたどり着いたことを確認させるために、歩行者がポイントへたどり着く直前の風景を歩行者の視点から撮影した画像である。風景画像は1つのポイントに対して風景画像は1つ用意した。図1を例にして説明

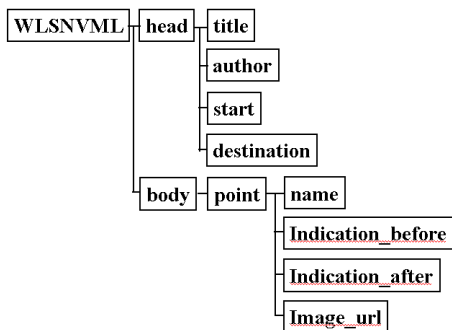


図2 ナビゲーションデータテーブル
Fig. 2 Navigation-data table.

する．本論文では目的地関係者は，出発地点を最寄りの駅等と設定して経路を固定している．このため，A 銀行というポイントに向かってすべての歩行者はつねに特定の方向 (=A1) から進んでくる．その理由は目的地関係者は，A 銀行と B 学校を图中的の矢印に従って歩行者を誘導するためのナビゲーションデータのみを作成しているからである．そのため，A 銀行を通り過ぎるときにはつねに歩行者は A1 の方向からくることとなる．そのため A 銀行のポイントにたどり着いたことを歩行者に確認させるために，A 銀行というポイントに対応する風景画像として，A1 の方向から A 銀行へたどり着く直前の歩行者の視点から撮影した風景画像を 1 つ用意すればよい．

次にナビゲーションデータの構造について説明する．ナビゲーションデータの構造を図 2 に示す．

ナビゲーションデータは，大きく「head」と「body」で構成する．「head」には管理情報を記述し，「body」には実際のナビゲーション情報を記述する．「head」の要素としては，目的地関係者 (author)，更新日 (date)，出発点の情報 (start)，目的地の情報 (destination) の情報がある．「body」の要素としては，ポイントの情報 (point)，ポイントの名称 (name)，ポイントにたどり着くための指示案内文 (Indication_before)，次のポイントへ行くための指示案内文 (Indication_after)，ポイントにたどり着く直前における風景画像 (Image_url) がある．なお 1 つのナビゲーションデータにつき，(point) は複数存在するものとする．

本論文ではポイントごとにナビゲーション情報を提供するために，ポイントごとで指示案内文と風景画像を管理する．例として「駅前の通りを右に曲がり，直進して交差点を左に曲がってください」のように，複数のポイントに関する情報を 1 つの指示案内文中に記述することも考えられる．このようにナビゲーション

```
<?xml version="1.0"?>
<nvdata>
<head>
<title>fromA駅toC大学</title>
<author>XXX </author>
<start>(出発地に関する情報を記述)</start>
<destination>(目的地に関する情報を記述)</destination>
</head>
<body>
(前略)
<point id="1" next="2">
<name>横断歩道</name>
<Indication_before>横断歩道まで進んでください</Indication_before>
<Indication_after>右の横断歩道を渡ってください</Indication_after>
<Image_url>http://www.xx.ac.jp/oudan.gif</Image_url>
</point>
(後略)
</body>
</nvdata>
```

図3 データ記述例
Fig. 3 Example of navigation-data.

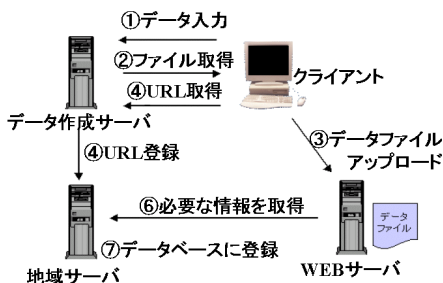


図4 ナビゲーションデータ作成の流れ
Fig. 4 The flow of navigation-data making.

情報を一連の指示案内文で記述すると，ポイントごとにデータ定義していないために，ナビゲーション情報をポイントごとに管理することは困難になる．図 2 のようなデータ構造をとることで，他者が部分的にあるポイント間の情報を流用するナビゲーション情報の差分利用を可能とした．

XML 文書の例を図 3 に示す．

本論文ではナビゲーションデータは店舗や企業等の組織や個人 (以下，目的地関係者) が作成する．図 4 にナビゲーションデータを作成する流れを示す．クライアント (=目的地関係者) は Web ブラウザを通じてデータ作成サーバにアクセスし，ポイントごとにナビゲーション情報を入力する．するとデータ作成サーバが，クライアントが入力した情報を XML ファイルに変換する．クライアントはこの変換した XML ファイルをデータ作成サーバから受信し，Web サーバ上にアップロードする．そしてこの際にクライアントがアップロードした XML ファイルの URL を，データ作成サーバに登録する．データ作成サーバは，クライアントが作成したナビゲーションデータの目的地に該

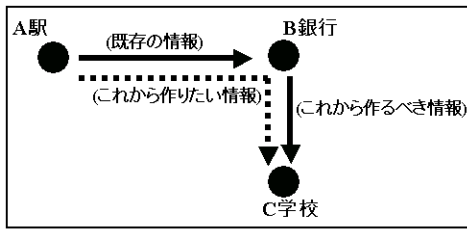


図5 ナビゲーションデータの差分利用
Fig. 5 Difference use of navigation-data.

当する地域サーバに対して、新規データの登録を依頼する。この地域サーバは登録したナビゲーションデータの名称、電話番号、カテゴリ、URL といった管理するために必要な情報を取得する。そしてこの取得した管理するために必要な情報を、ナビゲーション管理データベースに登録する。なおカテゴリとは、目的地の種類（学校・病院、etc.）を記号化したものとする。

3.2 ナビゲーションデータの差分利用方法

ナビゲーションデータの差分利用とは、すでに作成されたナビゲーションデータを他者が一部流用し、新たなナビゲーションデータを作成可能にすることである。本提案において、ナビゲーションデータはポイントごとに定義されているため、他者が作成した XML 形式のナビゲーションデータから、任意のあるポイント間のナビゲーション情報を容易に取り出すことを可能とした。これにより、新しい目的地の登録の際における、ナビゲーションデータの作成を簡便にすることができる。図5にナビゲーションデータの差分利用の具体例を示す。たとえば、A 駅から C 学校までの B 銀行を経由したナビゲーションデータを作成する場合を考える。この場合、A 駅から B 銀行までのナビゲーションデータを B 銀行に対する目的地関係者がすでに作成されていたとすると、C 学校の目的地関係者は、B 銀行から C 学校までのナビゲーションデータのみを作成すればよい。

3.3 ナビゲーションデータの作成

目的地関係者のためのナビゲーションデータ作成画面について説明する。目的地関係者は Web ブラウザを用いてデータ作成サーバにアクセスする。まず作成するナビゲーションデータの目的地に対応する地域を選択する。そして、作成するナビゲーションデータの一部がすでに登録されているかどうかを確認する。

図6は、あるポイントに対して、指示案内文と風景画像を作成する画面である。「ランドマーク」にはポイントの名称を、「指示1」には入力したポイントへたどり着くための指示案内文を、「指示2」には入力したポ



図6 データ作成時の実装画面
Fig. 6 Navigation-data creation screen.

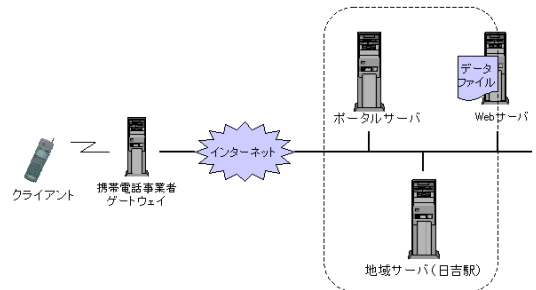


図7 システム構成
Fig. 7 System configuration.

イントから次のポイントへ行くための指示案内文を、「イメージ URL」には入力したポイントにおける風景画像の URL を入力する。全ナビゲーションデータを入力後、「登録」ボタンを押すと、入力したナビゲーションデータを下にリストとなって表示する。また、ナビゲーションデータの編集と削除も可能である。

4. プロトタイプシステムの実装

図7に実装したプロトタイプシステムの構成を示す。本システムは3つの主要サーバから構成される。Webサーバは目的地関係者が作成した XML 形式のナビゲーションデータを保存する役割を果たす。地域サーバは、各地域に登録された目的地の URL を管理し、Webサーバが保存しているナビゲーションデータを HTML 形式に変換し、歩行者の携帯電話画面上にナビゲーション情報を表示する役割を果たす。ポータルサーバは各目的地の URL をどの地域サーバの管轄下にあるかを管理し、歩行者に出発地・目的地を選択させるナビゲーションの窓口の役割を果たす。

歩行者はまず携帯電話を用いてインターネットを通して、ポータルサーバにアクセスし、現在位置と希望目的地を入力する。目的地を選択する際は、名称、電話番号、カテゴリから検索することが可能である。以上の入力が終わったら、歩行者は携帯電話画面に表示された指示に従えばよい。

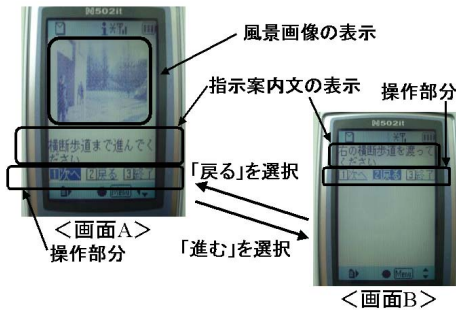


図8 ナビゲーション画面の例

Fig. 8 Example of navigation screen.

図8に実際のナビゲーションの画面例を示す。この画面は、図3に示された「横断歩道」に対応するポイントデータ例を記述している。図8の画面Aには、「横断歩道」というポイントにたどり着くまでの指示案内文と、歩行者の視点から見た風景画像が表示されている。これらは図3の〈Indication_before〉タグ内の情報と、〈Image_url〉タグ内の情報に対応している。一方図8の画面Bには、「横断歩道」というポイントから次のポイントへ向かうための指示案内文を表示しており、図3の〈Indication_after〉タグ内の情報に対応してある。このように1つのポイントデータは、そのポイントにたどり着くまでと、着いた後に次に向かう方向を示すための情報を表示する。

図8の画面Aを表示させている歩行者が、「横断歩道」にたどり着き、次の指示を受けたければ「進む」のボタンを押せばよい。「進む」のボタンを押せば、画面Bが表示され、「横断歩道」から次のポイントへ向かうためのナビゲーション情報が表示される。一方画面Bを表示させている歩行者が、1つ前の指示をもう一度確認したければ、「戻る」のボタンを押せばよい。「戻る」のボタンを押せば、再び画面Aが表示され、「横断歩道」にたどり着いたときのナビゲーション情報が確認できる。画面Bの「進む」のボタンを押すことで、次のポイントに関するナビゲーション情報が表示される。これを繰り返して歩行者を目的地まで案内する。なお目的地はポイントとして定義しているが、〈Indication_after〉に対応する情報は表示されずに、「目的地に到着しました」という文章が表示される。「終了」のボタンを押せば、ナビゲーションサービスを終了させることができる。

表1 目的地にたどり着くまでに迷わなかったか

Table 1 Did you arrive to the destination point without getting lost.

	はい	いいえ
地図	68%	32%
システム	82%	18%

5. 提案した歩行者ナビゲーションシステムのナビゲーション情報の評価

5.1 前提条件

提案した歩行者ナビゲーションシステムのプロトタイプシステムを開発し、それを利用して提案した歩行者ナビゲーションシステムのナビゲーション情報の評価実験を、東急東横線代官山駅周辺で、10代・20代の男女、158人を対象として行った。出発地は代官山駅として固定した。目的地として、出発地から平均で徒歩8.08分(最短1分, 最長20分)の80店舗を選択した。出発地から目的地までの平均ポイント数は7.53個(最小3個, 最大12個)であった。121人の被験者は、携帯電話からインターネットを通してプロトタイプシステム(本章では以下システムと略す)にアクセスし、システムから得られるナビゲーション情報を利用して目的地を目指した。システムの比較対象として、37人の被験者は、市販の地図(縮尺5000分の1)のコピー(本章では以下地図と略す)をナビゲーション情報として利用し、目的地を目指した。

風景画像を歩行者の携帯電話画面上に表示することが有効であることを検証するために、被験者の携帯電話画面上には指示案内文だけをまず表示させ、必要であれば風景画像を表示するために、指示案内文の下に風景画像を表示させるためのボタンを用意した。

「迷う」という人間の心理作用を分析することは、歩行者ナビゲーションの分野における重要なテーマの1つであると考え、歩行者はどのような場所で迷うのか、どのようなきっかけで迷っていることに気付くのか等、「迷う」という歩行者の心理作用に関する質問項目も多数用意した。

被験者に対しては、目的地に着いてから、あるいは目的地に着くことを断念した直後に複数のアンケートに答えてもらった。アンケート結果およびアンケート結果に対する考察を以下に示す。

5.2 評価結果

表1に「目的地にたどり着くまでに迷わなかったか」という質問に対する結果を示す。表1の結果より、地図よりもシステムのほうが、迷わなかった被験者が少なかったことが分かった。よってシステムは歩行者

表 2 迷っているのではないかと不安になったか
Table 2 Was there anywhere you became worried?

	はい	いいえ
地図	41%	59%
システム	18%	82%

表 3 迷った被験者がその土地に詳しくなかったか
Table 3 Was lost user know how to get around in Daikanyama?

	はい	いいえ
地図	44%	56%
システム	78%	22%

ナビゲーションにおいて有効であったといえる。以下で地図とシステムの相違点、システムの有効性について、より細かい分析を行う。

表 2 に「迷っているのではないかと不安になったか」という質問に対する結果を示す。表 2 の結果より、地図では約 4 割の被験者が不安を感じたことが分かった。この原因は、村越が文献 30) で述べているように、被験者の現在位置が地図上のどこであるのかについて、地図では確認ができないこと、そして地図に記述されている目印が現実世界のどこを指しているのかが分からないことが原因であると考えられる。システムで不安を感じる人が少なかった理由として、本多ら・野島らが文献 25), 27) で述べているように、ポイントごとに指示を出したことで、被験者が風景画像を見ることによって、現在位置の正誤確認が可能であったことが考えられる。

本実験において地図およびシステムの被験者が、空間認知能力および実験場所に対する事前の知識の優劣において差異がでないように、すべての被験者において目的地を複数設定し、地図を利用したデータとシステムを利用したデータを 1:3~1:4 の割合で採取した。空間認知能力をどのような尺度で評価すればよいのかは、新垣らの著書²⁸⁾に記してあるように明確に解明できていないため、今回は実験を行った代官山について詳しい被験者とそうでない被験者によって、途中で迷った割合について分析した。表 3 に「迷った被験者がその土地に詳しくなかったか」という質問に対する結果を示す。

表 3 の結果より、地図では土地に詳しい被験者と詳しくない被験者の割合は同程度であったのに対し、システムでは土地に詳しくない被験者が道に迷った割合が地図に比べ極端に低くなった。この結果より、システムは土地に詳しくない被験者に対して分かりやすい情報を提供することに、地図に比べて有効に働いたと考えられる。

表 4 迷った目的地までの距離
Table 4 Distance from start to destination (get lost).

	500 m 以内	500 m 以上
地図	82%	18%
システム	57%	43%

表 5 迷った場所
Table 5 Where did you get lost?

	交差点	大通り	細い道	横断歩道	その他
地図	49%	13%	25%	0%	13%
システム	24%	14%	29%	5%	28%

目的地までの経路距離と迷いやすさの関係を分析するため、表 1 で迷った被験者が目指した目的地までの、出発点までの経路の長さが 500 m 以上であるか否かを集計した結果を表 4 に示す。表 4 の結果より、地図はシステムに比べて 500 m 以内の近くの目的地へ被験者を誘導することが困難であると考えられる。この原因は、地図は歩行者の視点に立った詳細な情報を提供することに適していないためであると考えられる。それに対してシステムは、歩行者の視点に立った情報を提供できているために、目的地までの距離にかかわらず、均一な精度で歩行者を的確に誘導できたと考えられる。

表 5 に「迷った場所」はどこであったかという質問に対する結果を示す。表 5 の結果より、地図では交差点で迷った被験者が多いことが分かった。この原因は、新垣らが文献 26) で述べているように、地図では、歩行者にとって分かりやすい必要最小限の建物や交差点等のランドマークは何かということ十分に考慮していないために、歩行者がナビゲーションにおいて必要とされる交差点名をすべて記述していないからであると考えられる。それに対してシステムでは、すべての交差点をポイントとし、交差点ごとに情報提供することができたために、交差点で迷った被験者は少ないことが分かった。一方「細い道」に関しては、地図とシステムで同様の割合で被験者が迷ったという結果が得られた。この原因は、細い道は目印となる対象物が少ないために、適切にポイントを設定することができず、その結果ポイント間の距離が長くなり、歩行者に迷っているのではないかと不安を与えてしまったと考えられる。よって、ナビゲーションにおいては交差点ごとに情報提供することはもちろん、細い道等の目印となる対象物が少ない道が数百 m 近く続くような場合にも、途中でポイントを設置し、歩行者に経路が正しいことを確認させる情報提供が必要であると考えられる。

システムでは、「横断歩道」で迷った被験者が割合と

表 6 迷った原因(地図)
Table 6 Why did you get lost (map)?

地図上に目印となる ものがなかった	地図が読み取 れなかった	その他
67%	22%	11%

表 7 迷った原因(システム)
Table 7 Why did you get lost (system)?

指示案内文が 不適切だった	風景画像が不 適切だった	道が複雑だった	その他
45%	0%	13%	42%

表 8 目印となったものは何か
Table 8 What became the landmark?

	交差点	建物	横断歩道	その他
地図	33%	51%	3%	13%
システム	31%	57%	7%	5%

しては少ないものの存在した。この原因は、たとえば交差点で被験者から見て右手と正面に2つの横断歩道が存在した場合、どちらの横断歩道を渡ればよいのかが分からなかったためであると考えられる。そこで、指示案内文でより細かい記述をすること、また風景画像の中に歩行者が進むべき方向を矢印で書き加えるといった、さらなる工夫が必要であると考えられる。

表6と表7に「迷った原因」は何か、という質問に対する地図とシステムを利用した被験者の結果をそれぞれ示す。表6の結果より、地図を利用した被験者の過半数は「地図上に目印となるものがなかった」ために迷ったことが分かった。この原因は、村越が文献30)で述べているように、被験者が現在位置および進むべき方向を地図上で認識することができなかったことが考えられる。それに対して表7の結果より、システムを利用した被験者の半数近くは「指示案内文が不適切であった」ために迷ったことが分かった。この原因は、目印となるべき建物が存在しない交差点における指示案内文として、交差点の先の道路の形状の特徴といった、歩行者の視点レベルの情報を指示案内文で十分に表現できなかったためだと考えられる。

表8に「目印となったものは何か」という質問に対する結果を示す。表8の結果より、歩行者は「建物」や「交差点」を目印としていることが分かった。この結果より、野島ら・本多らが文献25)、27)で述べているように、本システムにおいて交差点や建物をポイントとし、ポイントごとに歩行者にナビゲーション情報を提供することは有効であると考えられる。

表9にシステムを利用した被験者に対して「経路の理解に主に役立ったもの」は何か、という質問に対する結果を示す。表9の結果より、システムを利用

表 9 経路の理解に主に役立ったもの(システム)
Table 9 What was useful (system)?

指示案内文	風景画像	道が単純だった	その他
52%	2%	45%	1%

表 10 風景画像を利用した回数(システム)
Table 10 How many times did you use the landscape images (system)?

0回	1回	2回	3回	4回
27%	48%	14%	9%	2%

表 11 指示案内文の細かい表現(ex. 緩やかな坂道)の分かりやすさ(システム)

Table 11 Was the detailed guidance message easy to understand (system)?

かなり分かりやすかった	まあまあ分かりやすかった	あまり分からなかった	全然分からなかった
51%	44%	5%	0%

した過半数の被験者は、指示案内文を主に経路の理解に役立てることが分かった。また表10にシステムを利用した被験者に対して、「風景画像を利用した回数」を質問した結果を示す。表10の結果より、システムを利用した被験者の大多数は、風景画像を利用した回数は1回以下であるということが分かった。これらの結果より、システムを利用した被験者は、指示案内文だけでは正しい経路を進んでいるのか不安を感じたときにのみ、風景画像を利用することによって、不安感を解消しようとしたことが考えられる。また別の設問で、システムを利用した被験者に対して、「何の情報によって目的地に到着したことが分かったのか」という質問に対する結果は、「指示案内文」と答えた被験者が81%、「風景画像」と答えた被験者が12%であった。よって野島らが文献27)で述べているように、被験者がたどった道順が正しいかどうか確認させるための情報として、風景画像は指示案内文の補助的な役割として有効に働いたと考えられる。

表11にシステムを利用した被験者に対する、「指示案内文の細かい表現の分かりやすさ」の度合いを質問した結果を示す。表11の結果より、本多らが文献25)で述べているように、システムを利用したほとんどの被験者に対して、「緩やかな坂道」や「すぐ近くの」等の指示案内文における細やかな表現は、大多数の被験者にとって分かりやすいものであるということが分かった。また別の設問で、「指示案内文に具体的な数字が含まれる」ことについて、有効であるという回答は82%得られた。これより多くの歩行者にとって分かりやすい指示案内文を記述するためには、「緩やかな坂」や「大通りを50m直進して～」のように、

ユーザの視点に立った細かい表現や具体的な数値を挿入することが必要であると考えられる。また単純に直進する道であっても途中でポイントを設け、ポイント間の距離を狭くすることにより、歩行者の不安感をさらに解消できると考えられる。

6. 考 察

本論文では、歩行者の視点に立った指示案内文と風景画像から構成されるナビゲーション情報を、交差点等のポイントごとに提供するシステムを提案した。さらに評価実験を市販の地図を比較対象として行った。なお本実験における市販の地図は、始点と終点が1画面内に収まるものであり、略地図を表示させるシステムと比べてナビゲーション情報として劣らないものであると考える。

評価結果は、空間認知に関する研究成果として歩行者ナビゲーションにおいて重要と考えられている以下の3つの事柄、「ポイントごとに適切な指示を与えること」「歩行者がたどった道順が正しいことを確認させる情報を提供すること」「歩行者にとって視覚的に顕著な特徴を持つ対象物をルート説明に使用すること」、を考慮した歩行者ナビゲーション情報が、歩行者を的確に目的地まで誘導することに対して有効に働いたことを示すことができた。

さらに地図情報は、その土地に詳しくない歩行者にとっては分かりにくい情報となる可能性が高いこと、出発点となる駅から近くの目的地に行く際において分かりにくい情報となる可能性が高いことを示した。

一方提案したナビゲーション情報は、歩行者がその土地に詳しいか否か、また目的地と出発点となる駅からの距離にかかわらず、一定の高い精度で歩行者を的確に誘導することに対して有効に働いたことを示した。

また評価結果から、地図画像における被験者は、現在位置を地図上にマッピングすることができず、4割以上の被験者が経路の途中で不安を感じたという結果が得られた。それに対して提案したナビゲーション情報における被験者は、ポイントごとに表示される指示案内文と風景画像によって、正しい経路をたどっていることを確認することができ、経路の途中で不安を感じた被験者の割合を2割以下まで削減することを可能とした。

なお今後の課題として、目印の少ない道が長く続くような場合において、ポイントを適切に設定すること、また風景画像中に矢印を表示させる等をして、より歩行者にとって分かりやすい情報を提供することがあげられる。

7. 結 論

本論文では、歩行者を目的地まで誘導するためのナビゲーション情報として、地図画像を用いずに、指示案内文と風景画像を利用したプロトタイプシステムを実装した。そして地図画像を比較対象として実装したプロトタイプシステムのナビゲーション情報の有効性を評価した。

評価結果より、地図画像を利用した被験者の41%が、現実世界と地図画像をマッピングすることができずに、道を間違えたのではないかと不安を感じたという結果が得られた。一方、プロトタイプシステムを利用した被験者のうち、経路の途中で不安を感じた被験者は18%にすぎなかったという結果が得られた。

よって本論文で提案した指示案内文と風景画像を利用したナビゲーション情報は、地図画像と比較して、歩行者ナビゲーション情報と歩行者の現実世界とのマッピングを容易にし、その結果歩行者の不安感を解消させることに対して有効であるという結果を得た。

謝辞 代官山での実証実験を行うにあたり、道案内システムの開発、アンケート調査にご協力いただいた沖電気工業株式会社様に対して、この場を借りて深くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) <http://www.nttdocomo.co.jp/p-s/imode/iarea/>
- 2) <http://www.kddi.com/business/service/au/ezweb/>
- 3) 上甲貴広, 柴田史久, 馬場口登, 北橋忠宏: 屋内環境向けナビゲーションシステムにおける個人の嗜好に応じた目的地の推論手法, 電子情報通信学会技術研究報告, SST2001-154/MoMuC2001-134.
- 4) 柴田史久, 上甲貴広, 馬場口登, 北橋忠宏: 屋内向け歩行者ナビゲーションシステムにおけるユーザの状況を考慮した目的地推論手法, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3809-3817 (2002).
- 5) 狩野 均: 遺伝的アルゴリズムを用いたカーナビのための経路案内方式, 情報処理学会研究報告 02-ITS-8, pp.51-58 (2002).
- 6) 狩野 均, 小塚英城: CA 法による広域道路交通シミュレータを用いた経路案内方式の評価情報処理学会研究報告 02-ITS-10, pp.37-43 (2002).
- 7) 垣花一成, 贅 良則, 名嘉村盛和, 宮城隼人, 翁長健治: オブジェクト指向技術を用いた位置案内地図のための情報選択手法地理情報システム, 学会第5回オブジェクト指向GISワークショップ, pp.15-20 (2000).
- 8) 木村俊洋, 鈴木祥宏, 淡誠一郎, 馬場口登, 北橋

- 忠宏：地図道路構造のモデル化とそれに基づく略地図と案内文の生成，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.PRMU96-156，pp.113-120 (1997).
- 9) 梶田健史，山守一徳，楊井誠一，長谷川純一：デフォルメ地図自動生成システムの開発，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.PRU95-40，pp.25-32 (1995).
 - 10) 久保田光一：略地図表現と表示について，地図情報システム学会第 5 回オブジェクト指向 GIS ワークショップ，pp.47-51 (2000).
 - 11) 久保田浩司，前田典彦，菊池保文：歩行者ナビゲーションシステムの提案と評価，情報処理学会論文誌，Vol.42，No.7，pp.1858-1865 (2001).
 - 12) 藤井憲作，杉山和弘：携帯電話向け案内地図生成システムの開発，情報処理学会論文誌，Vol.41，No.9，pp.2394-2403 (2000).
 - 13) 藤井憲作，杉山和弘：歩行者ナビゲーション支援のための場所案内文生成手法，電子情報通信学会論文誌，D-2，No.11，pp.169-178 (1999).
 - 14) 歌川由香，茂呂麻衣子，田中健一郎，重野 寛，松下 温：データの差分利用を考慮した携帯電話による歩行者ナビゲーションシステムの提案，情報処理学会第 62 回全国大会，pp.5-33-34 (2001).
 - 15) Moro, M., Tanaka, K., Utagawa, Y., Shigeno, H. and Matsushita, Y.: A Pedestrian Navigation System using XML based Data, *IT-Com 2001 International Symposium on Convergence of IT and Communications*, Denver, CO, U.S.A., pp.25-33 (2001).
 - 16) 茂呂麻衣子，田中健一郎，歌川由香，重野 寛，松下 温：携帯電話向け歩行者ナビゲーションシステムとそのデータ定義，情報処理学会研究会報告，01-MBL-18，pp.61-67 (2001).
 - 17) 白川 洋，茂呂麻衣子，歌川由香，重野 寛，松下 温：分散型歩行者ナビゲーションシステムとそのデータ定義，情報処理学会第 64 回全国大会，pp.547-548 (2002).
 - 18) 白川 洋，歌川由香，福井良太郎，重野 寛，岡田謙一，松下 温：無線情報端末を利用した歩行者ナビゲーションシステムの提案，情報処理学会研究報告，03-GN-46，pp.71-76 (2003).
 - 19) 馬場口登，堀江政彦，上田俊彦，漆誠一郎：経路理解支援のための略地図とその案内文の生成システム，電子情報通信学会論文誌，D-2，No.3，pp.791-800 (1997).
 - 20) 東 正造，藤井憲作，杉山和弘：歩行者のナビゲーション支援手法の検討．<http://www.sccs.chuo-u.ac.jp/ICCS/olp/p3-38/p3-38.htm>
 - 21) Lynch, K.: *The Image of the City*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts (1960).
 - 22) 加藤義信：“認知地図”概念の再検討と新しい研究パラダイムの可能性，平成 11 年度日本人間工学会関西支部大会発表論文集，23-24.
 - 23) 西應浩司，材野博司，松原斎樹，藏澄美仁：街路パターンを認識する能力の個人差—街路空間の連続的認識における個人差 その 1，日本建築学会計画系論文集，No.540，pp.205-212 (2001).
 - 24) 本多明生，仁平義明：分かりやすいルート説明の要素と説明者の特性—ルート説明に影響を与える内的特性，電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会，HIP2003-9.
 - 25) 本多明生，仁平義明：どのようなルート説明が分かりやすいのか？，電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会，HIP2002-5.
 - 26) 新垣紀子，野島久雄：空間移動における人の情報処理過程と GIS，電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会，HIP2002-7，35-40.
 - 27) 野島久雄，新垣紀子：携帯電話を使った情報伝達：ルートをどう伝えるか，情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告，Vol.98，No.75，pp.19-24 (1998).
 - 28) 新垣紀子，野島久雄：方向オンチの科学，講談社 (2001).
 - 29) Levine, M., Marchon, I., and Hanley, G.: The placement and misplacement of you-are-here maps, *Environment and Behavior*, Vol.16, No.2, pp.139-157.
 - 30) 村越 真：ナビゲーションのための地図読み，電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会，HIP2003-11.

(平成 15 年 3 月 31 日受付)

(平成 15 年 9 月 5 日採録)



福井良太郎 (正会員)

昭和 42 年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。同年沖電気工業 (株) 入社。現在，同大学大学院理工学研究科後期博士課程在学中。無線通信システム，情報通信システム等の開発を経て，現在高度道路交通システム (ITS) の開発に従事。電子情報通信学会員。



白川 洋

平成 14 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在，同大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻情報通信メディア工学専修修士課程在学中。

歌川 由香 平成 15 年慶應義塾大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻情報通信メディア工学専修修士課程卒業。同年、キヤノン株式会社入社。



重野 寛 (正会員)

平成 2 年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。平成 9 年同大学大学院理工学研究科博士課程修了。平成 10 年同大学理工学部情報工学科助手 (有期)。現在、同大学理工学部情報工学科助教授。博士 (工学) 計算機ネットワーク・プロトコル、モバイル・コンピューティング、マルチメディア・アプリケーション等の研究に従事。情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会幹事。著書『ネットワーク・ユーザのための無線 LAN 技術講座』(ソフト・リサーチ・センター)、『コンピュータネットワーク』(オーム社)等。電子情報通信学会、IEEE、ACM 各会員。



岡田 謙一 (正会員)

慶應義塾大学理工学部情報工学科助教授、工学博士。専門は、グループウェア、コンピュータ・ヒューマン・インタラクション。『コラボレーションとコミュニケーション』(共立出版)をはじめ著書多数。GN 研究会運営委員、MBL 研究会運営委員、日本 VR 学会仮想都市研究会幹事。情報処理学会論文誌編集主査、電子情報通信学会論文誌編集委員。ECSCW2001 プログラム委員、INTERACT2001 財務委員長。IEEE、ACM、電子情報通信学会、人工知能学会各会員。1995 年度情報処理学会論文賞、情報処理学会 40 周年記念論文賞、2000 年度情報処理学会論文賞受賞。



松下 温 (正会員)

昭和 38 年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。昭和 43 年イリノイ大学大学院コンピュータサイエンス専攻修了。平成元年 4 月より 14 年 3 月まで慶應義塾大学理工学部教授。

平成 14 年 4 月より東京工科大学教授および慶應義塾大学理工学部客員教授。工学博士。マルチメディア通信、コンピュータネットワーク、グループウェア等の研究に従事。情報処理学会理事、同学会副会長、マルチメディア通信と分散処理研究会委員長、グループウェア研究会委員長、MIS 研究会委員長、バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会委員長等を歴任。現在、情報処理学会 ITS 研究会主査。郵政省、通産省、建設省、農水省、都市基盤整備公団、行政情報システム研究所等の委員長、座長、委員を多数歴任。『やさしい LAN の知識』(オーム社)、『201x 年の世界』(共立出版)等著書多数。平成 5 年情報処理学会ベストオーサ賞、平成 7 年および平成 12 年情報処理学会論文賞、平成 12 年 10 月情報処理学会 40 周年記念 90 年代学会誌論文賞、平成 12 年 10 月電子情報通信学会フェロー、平成 12 年 10 月 VR 学会サイバースペース研究会、平成 13 年 5 月情報処理学会功績賞。情報処理学会フェロー、電子情報通信学会、人工知能学会、ファジィ学会、IEEE、ACM 各会員。