

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

柴田 史久[†] 上 甲 貴 広[†]
馬 場 口 登[†] 北 橋 忠 宏[†]

本論文では、屋内環境を対象とした歩行者ナビゲーションシステムにおいて、曖昧な要求から具体的目的地を推論する手法について提案する。デパートなどの商業施設では、「食事がしたい」などの目的は決まっているがそのためにどこに行けばよいのかが判断つかない曖昧な要求が頻繁に発生する。本手法ではこのような場面において、ナビゲーションの対象となる屋内環境に関する情報、およびユーザのおかれた状況などに基づいて、具体的目的地の候補を求める。そのうえで、ユーザ・システム間のインタラクションによって目的地を決定する。大阪・梅田の地下街を対象としたシミュレーション実験を実施した結果、複数の被験者による実験から本手法の有効性を確認した。

A Method for Inferring Destinations Based on User's Situation for Indoor Pedestrian Navigation System

FUMIHISA SHIBATA,[†] TAKAHIRO JOKO,[†] NOBORU BABAGUCHI[†]
and TADAHIRO KITAHASHI[†]

We are working towards pedestrian navigation system for indoor environments. In this paper, we propose a method for inferring destinations from user's request in which no destination gets settled. In commercial facilities, such as department stores, sometimes we cannot decide where we should go in order to attain the purpose. In such a case, the system infers suitable candidates of the destination considering both circumstances around the user and interests of the user. The destination is determined through the interaction between the system and the user. In simulations we verified the effectiveness of the proposed method. Using the system, we can get a suitable destination easily.

1. はじめに

移動通信網の発展や計算機の小型化・高性能化にとともに、携帯電話に代表される携帯情報端末が急速に普及しつつある。こうした趨勢を受け、携帯情報端末によるユーザの行動支援を目的としたシステムの研究に注目が集まりつつある¹⁾。ITS(高度道路交通システム)の一環として検討されている歩行者ナビゲーションシステムは、この種のシステムに該当し、大きな期待を受けている。歩行者ナビゲーションシステムとは、カーナビゲーションシステムの枠組みを歩行者に適用したもので、歩行者が目的地まで移動する行為を支援するシステムである。

具体例としては、屋外環境を対象とした携帯端末向けの案内地図生成システム²⁾、データの差分提供が可

能な携帯電話向け歩行者ナビゲーションシステム³⁾、拡張現実感を利用したキャンパス案内⁴⁾などがあげられ、すでに商品化されつつあるものも存在する。一方、構造が複雑で方向感覚を喪失しやすいビルや地下街などの屋内環境を対象としたシステムとしては、VRMLを利用した案内システム⁵⁾、出力メディアの特徴を考慮した屋内ナビゲーションシステム⁶⁾などが提案されているが、依然として研究段階にある。このような状況に鑑み、我々は屋内環境を対象とした携帯情報端末による個人向けナビゲーションシステムを提案し、その有効性について検討している^{7)~9)}。

現状のナビゲーションシステムは一般に、特定の目的地が存在する場合に、そこに至るための経路を位置情報を利用しつつ案内するシステムである。しかし、歩行者を対象としたナビゲーションを考えた場合、実現したい目的は存在するものの、それを実現できる具体的な目的地が定まっていないという状況が発生する。以下では、このような状況においてユーザが持つ要求

[†] 大阪大学産業科学研究所
I.S.I.R., Osaka University

を目的地の定まらない曖昧な要求と定義する。特に歩行者ナビゲーションの実現に対する要請が高い商業施設などは、多種多様な店舗・テナントが集中しており、前述のような状況が様々な形で頻繁に発生する。目的地が定まらない以上、このような状況ではシステムは歩行者を誘導するという本来の役目が果たせない。そのため、曖昧な要求から具体的目的地を推論する手法が求められている。

携帯情報端末を利用したシステムは、ユーザ個人がサービスを楽しむ形態が一般的と考えられる。したがって、この種のサービスは不特定多数のユーザを対象とするのではなく、各ユーザに特化した有益なサービスを提供することが望ましい。しかしながら、多くのシステムではユーザ間の差異を考慮せず、振舞いが画一的になるという問題を有している。

そこで本論文では、筆者らが提案する屋内向けナビゲーションシステムにおいて、曖昧な要求から具体的目的地を推論する枠組みについて検討する。システムは、曖昧な要求が与えられた場合に、ナビゲーションの対象となる屋内環境に関する情報、およびユーザのおかれた状況などに基づいて、要求に合致する目的地を推論し、ユーザ・システム間のインタラクションを通じて目的地を決定する。たとえば、ユーザから「昼時なので食事をしたい」などの曖昧な要求が与えられた場合に『このユーザは和食が好きだから、この建物ではそば処 と 寿司がお勧めだ』といった推論をし、それらを提示したうえで、ユーザが選択した目的地まで案内するシステムの実現を目指す。

以下、関連研究を概観し、提案手法との差異を示す。

ユーザの状況を考慮したうえで、そのユーザにとって重要な情報を簡単かつ効率的に提供する技術は、個人適応と呼ばれ、様々な方面から注目が集まりつつある¹⁰⁾。インターネットを対象とした研究はその数も多く、ソーシャル情報フィルタリングと内容ベースフィルタリングを組み合わせた個人適応サーチエンジン¹¹⁾、ユーザの興味を反映した情報収集を実現する Personal Web Map システム¹²⁾、内容ベースフィルタリングによる個人適応テレビ¹³⁾、Web の使用状況に基づく Web サイト評価手法¹⁴⁾などが提案されている。これらは趣味・嗜好などのユーザの内部状況を反映した個人適応を実現する。一方、本研究は、歩行者用ナビゲーションシステムであるという側面と同時に、実環境を対象とする個人適応を志向したシステムという側面を持つ。すなわち、個人適応においてユーザの内部状況と同時に、ユーザを取り巻く実環境の状況を考慮したうえで情報を提供するという特徴を有する。

実環境を対象としたユーザ支援に関するシステムで、個人適応の機能を備えたものとしては、パーソナライズ機能を持った知的モバイルエージェントによる観光地案内システム¹⁵⁾、ユーザ個別の概念空間を利用してユーザの興味に適応した情報を提供する展示ガイドシステム¹⁶⁾などがある。これらの研究は、ユーザの現在位置の情報に基づいて、その地点の周辺に存在するコンテンツの中で、特にユーザに関連深いものを自発的に提供することを主な目的とする。一方、本論文で提案する手法は、ユーザから発生する要求に対して、ユーザに関する情報を積極的に利用することで適切な目的地を推論することを目標としており、前述のものとは、その個人適応技術の用途が異なる。

本論文では、以下、2章において、ユーザの状況を考慮したうえで目的地を推論する手法を提案する。3章において、被験者によるシミュレーションを用いた評価実験を通じて、手法の有効性について考察する。最後に、4章においてまとめと今後の課題について述べる。

2. 曖昧な要求への対応

デパートやショッピングモールなどの様々な場所で、「食事がしたい」などの目的は決まっているがどこに行けばいいのかが分からないという曖昧な要求がしばしば発生する。曖昧な要求が生じた際に、通常我々は、フロアガイドなどを参照し、ガイド中に記されたキーワードと自己の目的とを照らし合わせ、最も適合すると推測される地点を決定する。そのうえで、その地点まで移動し、そこにおいて目的が達成可能でかつ自己の嗜好に適合していれば行動を終えるが、そうでない場合は、再度同じ過程を目的が達成されるまで繰り返すこととなる。すなわち、このような過程は、目的に合致する実環境の探索、および探索結果に対する評価から成り立つ。したがって、この過程をシステムによって補助するためには、(1) 目的と実環境との対応付けをどのように表現するか、(2) 目的に合致する実環境をどのように探索するか、(3) 実環境の状況およびユーザの嗜好を考慮した探索結果の評価をいかにして実現するか、という点について検討する必要がある。

2.1 システム構成

ここではまず、前述の課題を検討するうえでの前提事項としてシステムの枠組みについて議論する。一般に、ナビゲーションが対象とする環境の情報を収集・蓄積するコストは、対象範囲が広がるほど指数的の増大するため、対象範囲の大きさと情報の更新頻度はトレードオフの関係にある。したがって、実環境に関す

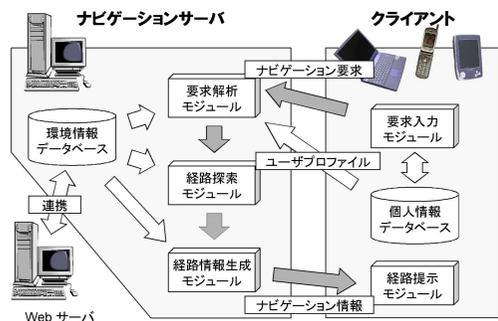


図 1 システムの枠組み
Fig.1 System framework.

る詳細な情報をつねに最新の状態に保つためには、ナビゲーションの対象をある程度小さな範囲へと限定する必要がある。一方、近年では、大規模な商業施設・娯楽施設の多くにおいて Web サイトが開設されている。これらのサイトには、施設内に含まれる店舗・テナントの情報など様々なコンテンツが準備されており、曖昧な要求に対応するうえで有用な情報も多数含まれている。このような現状をふまえ、本研究ではナビゲーションの対象範囲をデパートなどの施設に限定し、各施設ごとにナビゲーションのためのサーバを設置することを仮定する。ユーザは各自の所有する携帯端末を利用してサーバと通信を行いナビゲーションサービスを楽しむ。ナビゲーションサーバの情報更新は、各施設の Web サイトの更新と連携して実現する。

システムの枠組みを図 1 に示す。左側にナビゲーションサーバが、右側にユーザの所持するクライアント端末が位置している。ナビゲーションの流れは次のようになる。ユーザは、各自の端末において自己の目的を要求として入力する(要求入力モジュール)。ここで与えられる要求は前述の曖昧な要求にあたり、この要求はクライアントからサーバへと伝送される。サーバは与えられた要求を解析して具体的目的地を推論する(要求解析モジュール)。そのうえで現在地から目的地までの経路を探索し(経路探索モジュール)、目的地へ誘導するためのナビゲーション情報をクライアントへ送り返す(経路情報生成モジュール)。クライアントは、このナビゲーション情報を利用してユーザを適切な目的地まで誘導する(経路提示モジュール)。

本論文は、上で述べたナビゲーションシステムの枠組みにおいて、要求解析モジュールの実現に焦点をあてる。すなわち、ユーザの曖昧な要求を受け付け、その内容を解析し、目的地を設定する段階までの処理について述べる。以下の節では、目的と実環境との対応付け、目的に合致する実環境の探索、探索結果の評価

表 1 抽出する自立語
Table 1 Words to extract.

自立語の品詞	例
普通名詞	レストラン, 洋服, など
固有名詞	ABC スポーツ, 山田書店, など
サ変名詞	食事(する), 休憩(する), など
動詞	買う, 食べる, など

手法について順を追って説明する。

2.2 目的と実環境の対応付け

曖昧な要求を満足する目的地を推論するためには、環境内の各地点がどのような地点であるかという情報を記述する必要がある。つまり、曖昧な要求に含まれる目的と実環境中の各地点を対応付ける必要がある。そのためにも、ユーザから与えられる曖昧な要求の表現方法について検討する。一般に、携帯端末を用いたシステムでは、利用者にとって使い勝手の良い情報表示・操作方式が重要になる¹⁷⁾。自然言語を用いたインタフェースは、最も使い勝手の良い操作手段の 1 つであると考えられることから¹⁸⁾、本システムでは、ユーザは自然言語を用いて要求を入力することとする。

要求に含まれる目的とはすなわち、ユーザが実現を目指す行動とその対象の組合せととらえることができる。たとえば「服を買いたい」という要求は、「服」という対象と「買う」という行動から成り立つ。これらの対象および行動は、要求中では名詞および動詞として表現される。そこでシステムは、要求を形態素解析し、解析された語の中からユーザの目的を強く反映すると考えられる表 1 に示す自立語を抽出する。ユーザの用いる自然言語表現は、個人によってその表現が微妙に異なる。そこでユーザ間における自然言語表現のゆらぎを吸収するため、対象とする施設の種別ごとに用意したシソーラスを利用して同一概念を表す語の統一を図る。たとえば「日本料理」「日本食」などは、シソーラスによってすべて「和食」に変換する。一方固有名詞に関しては、あらかじめ対象とする各環境ごとに店舗名・施設名などを登録した辞書を用意する。この処理により得られた自立語の集合によってユーザの要求を記述する。以下では、抽出された自立語を検索語と呼ぶ。

ユーザの要求を前述のように記述したとき、目的と実環境との対応付けは、表 1 に示す自立語と実環境との対応付けに帰着される。そこで本研究では、検索語に対応する言葉をクラスと規定し、環境内の各地点をその役割によってクラスに分類することにより、目的と実環境の対応付けを実現する。これらのクラスは、関連するクラスどうしの上位・下位概念を体系的に記

表 2 実環境の情報の分類
Table 2 The classification of information of the environment.

	時間による変化	主な内容
静的	少ない	営業日, 営業時間, など
動的	刻々と変化	移動経路長, 込み具合, など

な情報と動的な情報に大別できる．それぞれの特徴を表 2 に示す．

本論文では、候補地までの移動経路長という動的な情報と、店舗の営業時間という静的な情報に関して、それらを評価するための枠組みを示す．評価式は以下のようなになる．

$$env(P_i) = dist(P_i) \cdot situ(P_i) \quad (3)$$

$$dist(P_i) = 2 - \frac{2}{1 + exp(-d_{P_i}/\alpha)} \quad (4)$$

$$situ(P_i) = \begin{cases} 1 & (P_i \text{ の営業時間内}) \\ 0 & (P_i \text{ の営業時間外}) \end{cases} \quad (5)$$

ここで $env(P_i)$ は地点 P_i の実環境の状況に基づく評価値で、 $[0, 1]$ の実数となる． $dist(P_i)$ は、移動経路長に基づく評価値で長くなるほど評価が下がる $(0, 1]$ の実数である． d_{P_i} は現在位置から地点 P_i までの移動経路長、 α は移動経路長に対する感度を表すパラメータであり建物の規模に応じて設定する． $situ(P_i)$ は、営業時間による地点 P_i の評価値で、店舗・施設の営業時間内なら 1、時間外なら 0 とする．

その他の動的な情報に関しては、インフラの整備などによって、店舗の込み具合などを獲得する機構が実現すれば評価に反映できる．すなわち、店舗の込み具合などに基づいて実環境の状況を評価するための $situ(P_i)$ を新たに定義することで容易に対応可能である．

2.5 ユーザの嗜好の考慮

曖昧な要求を満たす適切な目的地とは、個人の趣味や嗜好によって大きく変化すると考えられる．そこで、ユーザに関する情報を考慮することで、その個人に応じた適切な支援を目指す．ユーザに関する情報は、変化することがほとんどない静的な情報と、日々の生活の中で変化する動的な情報に大別される．それぞれの特徴を表 3 に示す．以下では、これらのユーザに関する情報をユーザプロファイルと呼ぶ．

本研究では、静的な情報として性別・年齢を考え、ユーザによってプロファイルに事前登録するものとする．一方、動的な情報であるユーザの趣味や嗜好などは、クラスツリーにおけるクラスに対する重みという形で表現する．同一のクラスツリーにおいては、同じ

表 3 ユーザの情報の分類
Table 3 The classification of information of the user.

	時間による変化	主な内容
静的	ほとんどない	性別, 年齢, など
動的	緩やかに推移	趣味, 嗜好, など

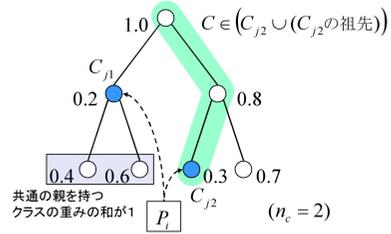


図 3 $pref(P_i)$ の例
Fig. 3 Sample of $pref(P_i)$.

深さで、共通の親を持つクラス各々の重みの和をとると 1 になるように重みを設定する (図 3 参照)．

このとき、ユーザプロファイルに基づいて、目的地候補がユーザの趣味・嗜好にどれだけ近いかを以下の評価式によって評価する．

$$usr(P_i) = pref(P_i) \cdot tgt(P_i) \quad (6)$$

$$pref(P_i) = (P_i \text{ の趣味や嗜好との類似度}) \quad (7)$$

$$tgt(P_i) = \begin{cases} 1 & (P_i \text{ の対象とする客}) \\ 0 & (P_i \text{ の対象としない客}) \end{cases} \quad (8)$$

$usr(P_i)$ は地点 P_i がユーザプロファイルにどれだけ類似しているかを表す評価値で、 $[0, 1]$ の実数になる． $pref(P_i)$ は動的な情報に基づく $[0, 1]$ の実数による評価値で、ユーザプロファイルによる動的な情報と P_i の属するクラスによって値を計算する．

一方、 $tgt(P_i)$ は静的な情報に基づく評価値で、ユーザプロファイルの静的な情報と P_i の属するクラスによって値を計算する．たとえば女性を対象とした店は、ユーザが男性の場合、評価値が 0 となる．

$pref(P_i)$ は次の定義に従う． P_i があるクラスツリー T_j のクラス C_{jk} に属するとする．このとき、 $pref(P_i)$ は以下の式で表す値である．

$$pref(P_i) = \prod_{j=1}^{n_t} W_{tree}(T_j) \quad (9)$$

ここで n_t は、全クラスツリーの数であり、 $W_{tree}(T_j)$ は、 T_j における P_i の属するクラス C_{jk} の重みの和である． $W_{tree}(T_j)$ は以下の式で求まる．

$$W_{tree}(T_j) = \sum_{k=1}^{n_c} W_{class}(C_{jk}) \quad (10)$$

ここで n_c は P_i が T_j において属するクラスの数, $W_{class}(C_{jk})$ は, ユーザプロフィールから以下の式により求まる C_{jk} の T_j における重みである.

$$W_{class}(C_{jk}) = \prod_{C \in (C_{jk} \cup (C_{jk} \text{ の祖先}))} profile(C) \quad (11)$$

$profile(C_{jk})$ は, ユーザプロフィールに登録されたクラス C_{jk} の重みである.

$W_{tree}(T_j)$ の計算例を示す. 図 3 に示すクラスツリーの場合, $W_{tree}(T_j)$ は次式で求まる.

$$\begin{aligned} W_{tree}(T_j) &= W_{class}(C_{j1}) + W_{class}(C_{j2}) \\ &= 0.2 \cdot 1.0 + 0.3 \cdot 0.8 \cdot 1.0 = 0.44 \end{aligned}$$

2.6 インタラクションによる目的地の決定

以上により, 各候補地は, ユーザの要求(式(1)), 実環境の状況(式(3)), およびユーザプロフィール(式(6))による評価値が与えられる. 最終的にはこれらを統合して各候補地を評価する. 上述の各評価基準は, パラメータによって重みを与えられ, どれを重視するかを調整する. 評価式を以下に示す.

$$\begin{aligned} result(P_i) &= (req(P_i))^{w_r} \cdot (env(P_i))^{w_e} \cdot (usr(P_i))^{w_u} \\ & \quad (12) \end{aligned}$$

ここで, $result(P_i)$ は, 地点 P_i の総合的な評価値で $[0, 1]$ の実数になる. w_r, w_e, w_u は, $[0, \infty)$ の実数で各評価値の総合評価におけるバランスを調整する. 各候補地は評価値の良い順に並べ替えられ, 上位から順にユーザに提示される. ユーザは, 提示された候補地の集合から自分の希望に最も合致する地点をシステムに通知することで目的地を決定する.

3. シミュレーションによる評価実験

3.1 実験の概要

提案手法をシミュレーション実験を通じて検証する. シミュレーションでは, 対象となる環境の地図を表示し, そこにおけるユーザの現在位置を指定したうえで, 曖昧な要求からユーザの状況を考慮して具体的目的地を推論し, 提示するまでの過程について実験する.

シミュレーションの対象は大阪・梅田の地下街(阪急三番街)とした. 対象となる屋内環境は, 飲食店や服飾店を中心に, 約 300 店舗からなるショッピングモールである. Web サイトの情報に基づいて, 各店舗を手でクラスに分類した. 実験ではユーザプロフィールにおける動的な情報を AHP (Analytic Hierarchy Process) と呼ばれる意思決定法の一つを用いて定量化する. AHP は, 複数の項目が準備されているときに, 項目間の一対比較を繰り返すことで各項目の相対

的な重みを算出する手法である²¹⁾. AHP に基づくアンケートにより, 被験者の食事に関する好みを, ユーザプロフィールとして収集した. 要求解析のための形態素解析ソフトとして, 茶筌²²⁾ を利用した. シミュレーションシステムは, ポインタデバイスを利用して現在位置を設定したうえで「食事がしたい」などの要求を入力すると, ユーザに応じた目的地の候補を優先度の高いものから順番に提示する. 提示する内容は, 店舗の名称や特徴, 予測移動時間などの情報である.

以上のようなシミュレーションシステムを実装したうえで, システムの効果を評価するために複数の被験者による実験を行った. 被験者は 20 歳代を中心とする大学学部生および大学院生である. 被験者総数は 30 名, うち男性は 23 名, 女性は 7 名である.

本システムの効果として最も期待されるものは, 曖昧な要求に対してユーザの状況を考慮した個人適応を行うことで, より良い目的地の推定が実現できるということである. そこで, その効果を確認するため, 被験者を個人適応して目的地を推論するグループ A と適応しないグループ B に分け, 両者にどれだけ差異が生じるかを観察した. 各グループは同数の 15 名ずつとした. このとき, 被験者には個人適応するかどうかの情報はいっさい与えていない. さらに, ユーザの観点からシステムおよび提案手法について検証するため, 被験者に任意のナビゲーション要求を入力してもらい, その結果に対するアンケートを通じて考察を加える.

実験に際して, 各評価値のバランスを調整する式(12)のパラメータは, 個人適応をする場合は, $w_r = 1, w_e = 1, w_u = 1$ とし, 個人適応しない場合は, $w_r = 1, w_e = 1, w_u = 0$ とした. 各地点の要求内容への適合度を評価する式(1)のパラメータ q は, Salton らの実験²⁰⁾ で性能が高くなるとされた 2~5 の範囲において, 若干論理式を厳密に評価することを意図してわずかにブーリアンモデルよりに設定した $q = 4$ を実験に利用した. また, その式で用いる評価式(2)のパラメータは $r = 1/2$ に設定した. これは検索語の表すクラスと直接の親子関係にあるクラスに属する店舗に対する要求内容への適合度の評価が, ちょうど半分になる設定である. 距離の評価に用いる式(4)のパラメータは $\alpha = 3000$ とした. α の値は, 500 m の移動で評価値が, 最大評価値 1 の半分になるように設定した.

3.2 結果と考察

個人適応による効果を検証するため, グループ A, グループ B の被験者にあらかじめ準備した表 4 に示

表 4 要求とグループごとの順位の平均

Table 4 The requests and the average of the order for each group.

	要求	グループ A	グループ B
Req.1	服が欲しい	14.3	44.0
Req.2	食事がしたい	11.5	40.4
Req.3	お菓子が買いたい	8.7	12.4
Req.4	お茶がしたい	12.9	13.9
Req.5	肉料理が食べたい	14.1	14.8
Req.6	飲みに行きたい	2.4	2.1

す 6 つの要求を入力してもらう。被験者には、要求入力の結果として提示される目的地候補から、最も自己の要求に合致した候補を選択してもらい、その順位について考察する。各要求は、それぞれ次のような意図から決定した。Req.1 は、要求の対象が「服」であり、年齢や性別などユーザの静的な情報と関連するため、これらの情報の影響を確認するために選んだ。Req.2 ~ Req.5 はすべて食事に関係した要求であり、ユーザの趣味・嗜好が及ぼす影響を確認するために選んだ。これらの要求は、この順に要求内容が具体的となる。Req.6 は Req.2 と同じく曖昧性の高い要求であるが、そもそも対象とする環境に要求を満たす店舗がほとんど存在しないため、要求に該当する地点が少ない場合の個人適応の効果を調べるために選んだ。

個人適応が効果的に働くならば、被験者は提示されたリストの上位を選択することが予想される。このことを確認するため、被験者が選択した目的地の順位について調べた。以下では順位の平均と分布に基づいて考察を加える。

各要求におけるグループごとの順位の平均を表 4 中の右 2 カラムに示す。平均は値が小さいほど個人適応の効果は高いことがいえる。

顕著に個人適応の効果が出た例としては、Req.1 と Req.2 があげられる。図 4、図 5 に示す順位分布を参照されたい。分布図は、横軸が順位を表し、縦軸がある順位の範囲を選択した人数を表す。グラフの左側の値が大きいくほど個人適応の効果が高いことを示す。Req.1「洋服が買いたい」という要求においては、メンズ・レディースなど店舗の対象とするユーザ層が明らかである。また、Req.2「食事がしたい」という要求は、要求内容の抽象性が高く、被験者の好みが強くと反映されやすい。それゆえ、個人適応の効果が著しく表れる結果になったと考える。このことから、性別・年齢などの静的な情報や趣味・嗜好などの動的な情報が強く影響する要求に対して、本手法は特に有効であることが分かった。

一方、個人適応の効果があまり見られなかった例と

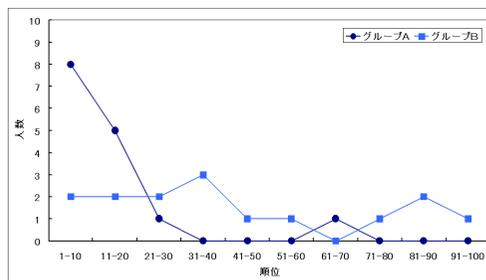


図 4 Req.1 の順位の分布

Fig. 4 The distribution of the order of the Req.1.

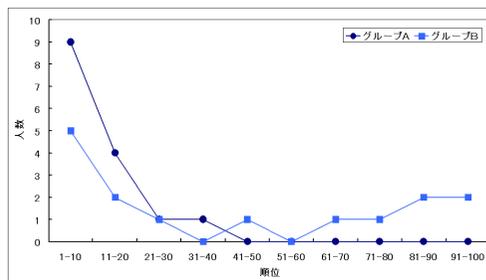


図 5 Req.2 の順位の分布

Fig. 5 The distribution of the order of the Req.2.

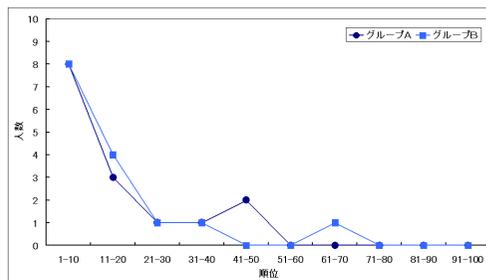


図 6 Req.5 の順位の分布

Fig. 6 The distribution of the order of the Req.5.

して、Req.5 と Req.6 があげられる。Req.6 に関しては、「飲みに行きたい」という要求を満たす店舗が、対象となる屋内環境に 4 店舗しか存在せず、数が極端に少ないことに原因がある。一方、Req.5 の順位分布図は図 6 のようにグループ間の差異がほとんどない。これは、Req.5「肉料理を食べたい」という要求が、具体化された要求であり被験者の好みの入る余地がほとんどないためにこのような結果となる。つまり、ある程度まで具体的な要求や、要求を満たす候補地の数が少ない場合には本手法の効果は薄いと考えられる。しかし、こうした要求においては、ユーザは自分自身で目的地を選択して明示できる可能性が高い。よって、何らかの形で目的地を提示できたこと自体が成果であると考えられる。

その他、Req.3「お菓子が買いたい」、Req.4「お茶

がしたい」においても、ユーザに関する情報を考慮することで、Req.2ほど顕著ではないが、曖昧な要求に対してより良い目的地を推薦できている。

次に、被験者による任意のナビゲーション要求への対応と、それに対するコメントをもとにした考察について述べる。知的ナビゲーションの実現を目指して本手法を提案したが、ユーザの要求は予想以上に多様であり、対応できない要求もみられた。本手法ではクラスという概念を単位として目的地を推論するため、クラスツリーとして準備したクラス群よりも詳細なレベルでの要求、たとえば「 というブランド品が欲しい」などの要求には対応できない。

実験を通して得られた知見をまとめる。

本論文で提案した実環境の状況とユーザの趣味・嗜好に基づく曖昧な要求からの目的地推論手法は、要求内容の抽象性が高く、かつその要求に合致する店舗が多数の場合に非常に有効に働く。しかしながら、要求の具体性が増すにつれて個人適応の効果が薄れることが分かった。これは、具体的な要求ではユーザの趣味・嗜好を反映する余地がなくなるためである。加えて、要求内容が抽象的であっても、対象とする環境に要求を満たす地点が少ない場合は、本手法の効果は薄い。しかしそのような場合は、そもそも環境からの制約により目的地の候補が限定されるため、個人適応の必要性がないといえる。これらのことから、本論文で提案した個人適応を志向した目的地推定の枠組みは、良好であるといえる。

4. ま と め

本論文では、我々が検討を進めているビルや地下街などの屋内環境を対象としたナビゲーションシステムにおいて、曖昧な要求からユーザの状況に応じて目的地を推論する手法について提案した。

歩行者を対象としたナビゲーションシステムでは、ユーザはおおまかな目的は決めているが、それを実現するための目的地はどこか分からないという状況が頻繁に起こりうる。そこで本研究では、そのような状況に対応するために、ナビゲーションの対象となる屋内環境の各地点を種々のクラスに分類する。そのうえで、ユーザの要求内容、屋内環境の状況、およびユーザの趣味・嗜好などの情報に基づいて候補となる地点を推論し、インタラクションによって目的地を決定するという手法を提案した。さらに、シミュレーション実験によって手法を評価し、ユーザの状況を考慮した個人適応によって適切な目的地を推論できることを確認した。

今後の課題としては、ユーザの趣味・嗜好の動的な変化に追従するために、ユーザの動的な情報を収集する手法を検討することがあげられる。また、本手法ではクラスという概念を単位として目的地となる地点を推論したが、ユーザはよりきめ細かい要求への対応を望んでいることがアンケートより得られた。屋内環境に関するより詳細な情報を蓄積・利用するための枠組みについてはさらなる検討の余地が残されている。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金・奨励(A)(代表:柴田, No.12780281)および文部科学省学術創成研究費の補助による。

参 考 文 献

- 1) 暦本純一: 次世代のヒューマンインタフェース, 電子情報通信学会誌, Vol.82, No.8, pp.832-835 (1999).
- 2) 藤井憲作, 杉山和弘: 携帯端末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).
- 3) 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, 情報処理学会研究報告 2001-MBL-18, pp.61-67 (2001).
- 4) Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T. and Webster, A.: A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment, *Proc. 1st Int. Symp. on Wearable Computing '97*, pp.74-81 (1997).
- 5) 飯村伊智郎, 吉田和幸, 吉里五月, 加藤誠巳: VRMLを用いた屋外から屋内までの連続的な3次元建物案内システム, 情報処理学会第58回全国大会講演論文集, Vol.4, pp.253-254 (1999).
- 6) Butz, A., Baus, J., Krüger, A. and Lohse, M.: A Hybrid Indoor Navigation System, *Proc. 2001 Int. Conf. on Intelligent User Interfaces*, pp.25-33 (2001).
- 7) 上甲貴広, 吉田武史, 柴田史久, 馬場口登, 北橋忠宏: 三次元構造物内におけるパーソン・ナビゲーションシステムの試作, 情報処理学会第60回全国大会講演論文集, Vol.3, pp.523-524 (2000).
- 8) 吉田武史, 上甲貴広, 柴田史久, 馬場口登, 北橋忠宏: 複数種類の携帯情報端末に対応した三次元構造物内ナビゲーションシステム, 情報処理学会研究報告 2001-HI-92, pp.87-94 (2001).
- 9) 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, pp.189-196 (2002).
- 10) 神場知成, 古閑義幸: ひとりひとりにオーダーメイドの情報を—パーソナライゼーション技術,

電子情報通信学会誌, Vol.82, No.4, pp.354-359 (1999).

- 11) 有吉勇介, 福島俊一: 目的および個人に特化したサーチエンジンの開発, 人工知能学会誌, Vol.16, No.4, pp.520-524 (2001).
- 12) 柳野憲克, 山田誠二: マルチ Web ロボットによるユーザの興味を反映した情報収集, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol.J83-D-I, No.7, pp.780-788 (2000).
- 13) Smyth, B. and Cotter, P.: A Personalized Television Listings Service, *Comm. ACM*, Vol.43, No.8, pp.107-111 (2000).
- 14) Spiliopoulou, M.: Web Usage Mining for Web Site Evaluation, *Comm. ACM*, Vol.43, No.8, pp.127-134 (2000).
- 15) 加瀬直樹, 池谷直紀, 大須賀昭彦, 柴田康弘: ゆがしまん (1)—ヒューマンナビゲーションをエージェントで実現できるか, 情報処理学会第 61 回全国大会講演論文集, Vol.3, pp.379-380 (2000).
- 16) 角 康之, 江谷為之, 小林 薫, シドニー・フェルズ, ニコラ・シモネ, 間瀬健二: ユーザの文脈を考慮した展示ガイドシステム, 1998 年度人工知能学会全国大会論文集, pp.234-237 (1998).
- 17) 増井信彦, 宮本 勝, 小澤英昭: 携帯端末に適した情報表示・操作方式の検討, 情報処理学会研究報告 2000-HI-91, pp.25-30 (2000).
- 18) 西野 豊, 相川清明, 中嶋信弥: しゃべって入力・音声で応答, 電子情報通信学会誌, Vol.82, No.4, pp.324-331 (1999).
- 19) 徳永健伸: 情報検索と言語処理, 東京大学出版会 (1999).
- 20) Salton, G., Fox, E.A. and Wu, H.: Extended Boolean Information Retrieval, *Comm. ACM*, Vol.26, No.11, pp.1022-1036 (1983).
- 21) 木下栄蔵: わかりやすい意思決定論入門, 近代科学社 (1996).
- 22) 松本裕治, 北内 啓, 山下達雄, 平野善隆, 松田寛, 高岡一馬, 浅原正幸: 日本語形態素解析システム『茶釜』version 2.2.1 使用説明書 (2000).

(平成 14 年 3 月 25 日受付)

(平成 14 年 10 月 7 日採録)



柴田 史久 (正会員)

1972 年生. 1996 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了. 1999 年同研究科博士後期課程修了. 同年より大阪大学産業科学研究所助手. 在学中, 移動ロボットに関する研究に従事. 現在は, ナビゲーションに関する研究に従事. 博士 (工学). IEEE, 日本ロボット学会各会員.



上甲 貴広

1977 年生. 2000 年大阪大学基礎工学部情報科学科卒業. 2002 年同大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了. 同年日本 IBM (株) に入社. 在学中, 屋内環境における歩行者ナビゲーションに関する研究に従事.



馬場口 登 (正会員)

1957 年生. 1979 年大阪大学工学部通信工学科卒業. 1981 年同大学大学院博士前期課程修了. 1982 年愛媛大学工学部助手. 大阪大学工学部助手, 講師を経て, 1993 年大阪大学産業科学研究所助教授. 工学博士. 1996 年~1997 年 UCSD・文部省在外研究員. メディア処理・人工知能の研究に従事. IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 人工知能学会各会員.



北橋 忠宏 (正会員)

1939 年生. 1962 年大阪大学工学部通信工学科卒業. 1968 年同大学大学院博士課程修了. 同年大阪大学基礎工学部助手. 同助教授, 豊橋技術科学大学助教授, 教授を経て, 1986 年大阪大学産業科学研究所教授. 2002 年大阪大学名誉教授. 同年より関西学院大学理工学部教授. 工学博士. 3次元物体認識, 自然言語処理, メディア処理に関する研究に従事. 電子情報通信学会, ロボット学会, IEEE, 日本認知科学学会各会員.