

大規模施設におけるスケジューリングを伴う個人行動支援システムの提案

岡本直樹[†] 柴田史久[†] 馬場口登^{††}

本報告では、大規模施設を対象とした歩行者ナビゲーションシステムにおける個人行動支援のための行動スケジューリング手法を提案する。ショッピングモールなどの大規模施設には、ユーザは複数の目的を保有し来訪する。しかし、対象となる施設の情報を全て把握している人は稀で、迷いながら目的を遂行することが多々ある。そこで、このような状況を解決すべく、対象施設における目的達成の指針となる行動スケジュールの提示により、ユーザの行動を支援することを目指す。このスケジュールは施設内の各店舗情報、混雑状況、位置情報といった実環境情報とユーザの趣味・嗜好、行動傾向といった個人情報を考慮して作成する。大阪・梅田の地下街を対象としたシミュレーション実験において、本手法の有効性を確認した。

Personalized Action Assisting System in Large Facilities

NAOKI OKAMOTO,[†] FUMIHISA SHIBATA[†] and NOBORU BABAGUCHI^{††}

We are working towards pedestrian navigation system in large facilities. In this report, we propose a method for making a schedule to assist user's action. Users visit a large facility, such as shopping malls, to achieve various kinds of their purposes. However, users have difficulty to achieve their purposes efficiently, because they have only a little information about the facility. In such a case, users need guidance for achieving their purposes. Our personalized action assisting system makes a schedule considering circumstances in the large facility, such as information about shops, interests of users and the trend of user's action. From simulation results we verified the effectiveness of the proposed method.

1. はじめに

近年の移動通信網の発展、計算機の小型化に伴い我々の実生活を支援するシステムへの期待が高まりつつある。こうした背景から、携帯情報端末を利用したユーザの行動支援を目的としたシステムの研究が盛んである¹⁾。具体例としては、ユーザの周辺環境の情報提示をすることにより行動支援するシステムである、パーソナライズ機能を持ち個人の情報と位置情報からユーザの趣味に合った付近の情報を自発的に提示するサービス²⁾、GPSなどを利用しユーザの位置を認識、付近のタウン情報などを提示するサービス^{3),4)}などが挙げられる。このように、実世界の行動において情報を入手することは非常にニーズが高い。中でも特に、移動支援を主にした行動支援システムの研究に注目が集まりつつある。このようなシステムの1つとしては、ITS(高度道路交通システム)の一環である歩行者ナビゲーションが挙げられる。歩行者ナビゲーションに関しては、目的地までの案内を地図で提供するシス

テム⁵⁾、風景画像と指示案内文により案内を提供するシステム⁶⁾などの研究が具体例として挙げられる。

このような背景から我々の研究グループでは大規模施設を対象とした歩行者ナビゲーションシステム^{7),8)}について検討している。現状の歩行者ナビゲーションシステムでは目的地を提示し、目的地までの経路を案内するものが一般的である。しかし、ナビゲーション対象の環境において、ユーザは常に目的地がすぐ決まるような行動をしているわけではなく、目的地を決めること自体に迷いが生じる状況が発生する。以下ではこのような状況においてユーザが持つ要求を目的地の定まらない曖昧な要求と定義する。ユーザの曖昧な要求は多様で、複数の行動目的を保有することがあり、目的地を1つ提示するだけでは複数目的を達成できる可能性は低い。さらに、行動目的が複数になれば訪問する店舗も多様化し、全体の行動において無駄な行動が発生し、時間浪費に繋がる。このような状況において、複数の要求に対する対象環境における全体の行動スケジュールを作成し、提示すれば、ユーザは場当たりの行動を阻止でき、時間が限られている場合でも効率的な行動ができるのではないかと考える。そこで、ユーザの各要求の目的地を推論提示するだけでなく、複数要求に対する全体の行動スケジュールを施設の環境情報と個人の趣味・嗜好、行動傾向をもとに作

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

^{††} 大阪大学 大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Osaka University

成し、提示することが有用であるとする。

このような前提のもとに、目的地までの経路案内という部分的な行動支援だけでなく、対象施設における行動全体を支援するという考えから、行動の指針を示すためのスケジュールを提示するサービスについて検討する。すなわち、ユーザの対象施設における全ての行動の指針を立て、目的達成に向けたユーザの行動全般の支援を実現することを目指す。本報告では、このスケジュールを作成する枠組みについて検討する。本枠組みでは行動支援のために対象施設内の各店舗情報、時間変化する混雑状況、および位置情報などの実環境情報と、ユーザの趣味・嗜好、行動傾向などの個人情報情報を考慮した上で、ユーザの提示する要求に合致したスケジュールを作成する。システムは、ユーザから要求を与えられた場合、実環境情報と個人情報をもとにして目的を達成できる店舗を推論し、これらを廻る効率的な順路を提示する。ユーザはこれを参考することによって、施設内での行動支援を受ける。

以下、2章では関連研究について言及し、3章において提案システムの概要を述べる。その後、4章においてユーザ、対象施設の状況を考慮した上でスケジュールを作成する手法を提案する。5章では、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、6章においてまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

ユーザの行動支援のためにスケジュールを利用するシステムとして、交通機関の経路スケジュールを作成、提示するものがある。鉄道環境において個人属性を考慮し乗り換えなどの経路を作成するもの⁹⁾、ユーザの行動スケジュールをもとに鉄道の運行情報・経路情報を提供するもの¹⁰⁾が挙げられる。また、車での移動を前提とした旅行における道路環境の情報を重視した移動プラン作成システム¹¹⁾などが挙げられる。このような研究では、要求として「移動」という行動を重視し、移動手段の効率化を図ったスケジュールを作成しており、目的地での行動は評価に入れていない。一方、本研究では移動という行動だけではなく、目的地での行動を考慮するためにユーザの要求、ユーザの趣味・嗜好の情報から適した目的地を探索しスケジュールを作成している。

目的地での行動を重視するものとしては観光関連のサービスが挙げられる。個人の旅行に対する嗜好から観光ルートを作成するシステム^{12),13)}がある。このような研究では、観光に関連するユーザの趣味・嗜好を示した情報を予め作成しておく必要があり、利用できる場面が限られてしまう。一方、本研究では、ユーザの趣味・嗜好、行動傾向に対する情報は対象環境における行動履歴を観察することにより作成し¹⁴⁾、これらの情報は他の同種の施設においても利用できる枠組みとなっている。

3. 歩行者ナビゲーションシステムにおけるスケジュールリング

本システムは各大規模施設に設置されるサーバ、ユーザが所有するクライアントにより構成され、サーバ、クライアント間における情報交換によって、ナビゲーションとともに行動支援を実現する。本システムの枠組みを図1に示す。

ユーザは各自が保有するクライアント端末においてスケジュール要求を入力する。この要求とともに個人情報情報がクライアントからサーバに送信され、サーバはこの要求を解析し、個人情報に含まれるユーザの趣味・嗜好に合致する候補目的地を挙げ、サーバ毎に保有する施設の実環境情報を考慮した上でスケジュールを作成する。このスケジュール情報には要求に合致した目的地、目的を遂行する実行時間、及び目的地への経路などを示したナビゲーション情報が含まれる。このスケジュール情報をクライアントに対して送信し、ユーザとのインタラクションによってスケジュールを決定する。

スケジュール決定後のナビゲーションサービスではユーザはスケジュールを参考にしながら施設内での行動を実行する。サーバはユーザの位置情報をもとに行動を観察することでスケジュールに沿った行動の実現を促す。同時にユーザの行動履歴から個人情報を収集し、サービス終了後にクライアントが保有している個人情報データベースの内容を更新する。本報告では図1中のスケジュール生成モジュールにおけるスケジュール作成手法について述べる。

4. 行動支援のためのスケジュールの作成手法

4.1 店舗情報におけるクラス概念

システムはスケジュール作成において、要求に対する目的地を探索するために施設内に属する各店舗の情報を利用する。この店舗情報にはどのような行動が

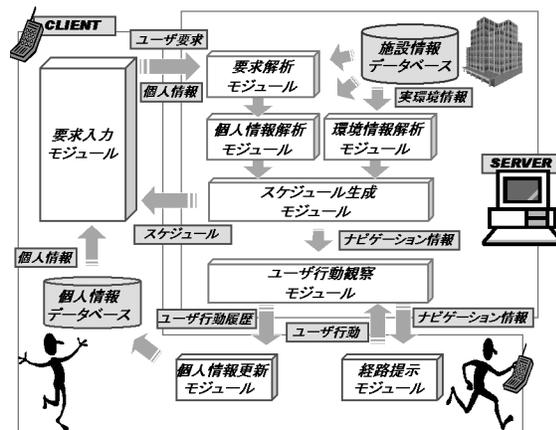


図1 システムの枠組み

できる店舗であるかという情報を分類して記述する必要がある。本研究ではこの分類を図2のような DAG (Directed Acyclic Graph) によるクラス関係図によって表現する。クラス関係図 \vec{G} は以下のように定義されたノード V 、有向リンク \vec{E} 、およびインスタンス I から構成されるグラフとする。

- ノード V : クラス概念を表し、葉に該当するノードは 0 個以上のインスタンスを保持する。
- 有向リンク \vec{E} : ノードを始点、終点とし、クラス概念の継承関係を表す。
- インスタンス I : 施設内の各店舗を表し、葉ノードに属する。

ただし、クラス関係図の上位ノードには、より抽象的なクラス概念を表すノードが配置されるものとし、最上位のノードは、ユーザの行動を表すクラス概念が配置される。以下では、これを行動クラスと呼ぶ。

クラス関係図はユーザの各行動毎に存在し、施設内の店舗は複数のクラス関係図に同時に属することが可能である。図2は「食べる」という行動クラスを例にしたクラス関係図である。商業施設を対象とした場合、この他に「買う」「飲む」「遊ぶ」「休む」という行動クラスを最上位のノードとしたクラス関係図が存在する。

4.2 曖昧要求の解析

システムはユーザのスケジュール要求に対して、行動目的に対する要求と目的を実行する時間に対する要求の2つの要求に対応しなければならない。以下では、これらを行動目的要求、時間要求と呼ぶ。ここでは、行動目的要求に対する解析手法について述べる。

システムは、使い勝手の良い伝達手段である自然言語を用いた入力により、ユーザの曖昧な要求を受理する。この自然言語は「AをBする」ということが最低限記されており、ユーザの要求を強く反映し、実現を目指す行動「Bする」とその対象となる目的「A」が自立語として含まれると考える。そこで、ユーザの自然言語を形態素解析することでこれらの自立語を抽出する。以下では、抽出された自立語を検索語と呼ぶ。これらの要求に含まれる検索語の抽出はユーザによるクラス関係図 \vec{G} におけるクラスの指定であると考え

られる。すなわち、行動を表現する検索語「Bする」がクラス関係図の行動クラスに対応し、対象となる目的を表現する検索語「A」がその下位に存在するクラスに対応付けられる。このとき、個人による自然言語表現の相違による対応付けの不一致を解消するために、ノードが表す概念の類義語を同一概念として扱うため、辞書を用意する。このようにして、ユーザの自然言語による要求から検索語を抽出することにより、要求としてのクラスの指定を実現する。上位クラスの検索語であれば、下位に属する全クラスの指定ということになる。ただし、行動クラスが検索語として抽出され、その他に検索語が抽出されている場合は、その行動クラスの下位クラスのみを検索語の対象とした上で、行動クラスを検索語から削除する。例えば「食べたい」という要求であれば「食べる」という行動クラスの下位に属する全クラスの指定であり、これらのインスタンスである店舗が検索対象となる。また「そばを食べたい」という要求であればクラス「そば」のインスタンスである店舗が検索対象となる。各店舗に対して要求にどれだけ一致しているか、つまり抽出した検索語に対応するクラスの下位クラスのインスタンスであるかを評価する要求適応度 $req(P_i)$ を以下のように定義する。

$$req(P_i) = 1 - \sqrt[p]{\sum_{k=1}^n \frac{(1 - W(C_k))^p}{n}} \quad (1)$$

この評価関数は、ある店舗 P_i の要求に対する適応度を評価したものである。ここで、 $W(C_k)$ は、店舗 P_i が検索語 C_k に対応するクラスの下位クラスの何れかのインスタンスであれば、 C_k に対する重みを 1、保有していなければ 0 とする。また、 n は要求から抽出される検索語の個数である。

$req(P_i)$ は抽出された複数の検索語に対して店舗がどの程度適応するかを評価したものである。これは、ユーザの要求を満たす店舗を検索するために、要求を満たす可能性が高い店舗により高い評価を与える必要があるという考えからである。このような評価を実現するために、拡張ブーリアンモデルの一つである P-norm モデルを利用する¹⁵⁾。 p は P-norm モデルのパラメータを表す。

4.3 個人の趣味・嗜好への対応

本システムにおいては「ユーザの訪れる頻度が高い場所がユーザの興味がある場所である」という仮定をおく。その上で個人情報として、表1に示す、4.1節で述べたクラス関係図 \vec{G} におけるノードに対する重みとインスタンス、すなわち対象施設内の店舗に対する重みを計算することでユーザの趣味・嗜好を表したユーザプロフィールを作成する¹⁴⁾。システムは対象施設における行動履歴を参考にして重みを算出する。

本システムではユーザの要求を満たす店舗について、

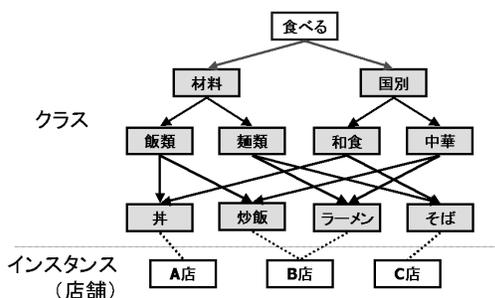


図2 クラス関係図

この2つの情報をもとに個人の趣味・嗜好にどれだけ合致しているかを評価する適応度 $pref(P_i)$ を以下の式によって算出する。この評価関数は各店舗に対して、店舗が属するクラスをもとにした評価とその店舗自体の評価を考慮したものである。

$$pref(P_i) = \alpha \times pref_c(P_i) + (1 - \alpha) \times pref_s(P_i) \quad (2)$$

店舗が属するクラスに対する評価 $pref_c(P_i)$ は店舗 P_i が属するクラスの重み w_{c_j} の平均を取ることで算出する。その上で、要求を満たす全店舗のクラスに対する評価値の和が1になるように操作する。一方、店舗自体の評価 $pref_s(P_i)$ では店舗の重み w_{s_l} を取る。また、要求を満たす全店舗の店舗自体に対する評価値の和が1になるように操作する。

スケジュール作成においてはユーザの行動目的要求に対する時間の設定が重要となる。そこでユーザプロフィールには行動傾向を探るために表2のような情報を保有する。これらの情報はスケジューリングアルゴリズムにおける時間配分決定に利用する。

4.4 対象施設環境への対応

ユーザを取りまく状況は行動支援する上で非常に重要なウェイトを占める。すなわち、ユーザが移動する距離がより小さければ、また各店舗が混雑していなければ、快適な行動につながると考える。そこで、これらのユーザを取りまく状況を考慮することを考える。

4.4.1 距離に対する評価

ユーザが移動する距離に対する評価をするために関数 $dist(P, P_i)$ を以下のように定義する。

$$dist(P, P_i) = 2 - \frac{2}{1 + \exp(-d(P, P_i)/\epsilon)} \quad (3)$$

これは、ある地点 P からある店舗 P_i への移動経路長をもとに環境の状況の評価した関数である。この評価値は $(0,1]$ の実数となり、移動経路長が長くなるほど低い数値を取る。 $d(P, P_i)$ はある地点 P からある店舗 P_i までの移動経路長を表す。 ϵ は移動経路長に対する感度を表すパラメータであり、正の実数をとる。施設の規模に応じて設定し、規模が増せば大きな値となる。

表1 本手法で用いるユーザプロフィールの要素(1)

w_{c_j}	クラス j にどれだけ訪れているか表す重み
w_{s_l}	店舗 l をどれだけ訪れているか表す重み

表2 本手法で用いるユーザプロフィールの要素(2)

c_j	クラス j に訪れたことのある日数
t_j	クラス j に滞在した総時間
s_j	クラス j を親ノードに持つ店舗に訪れた店舗数

4.4.2 混雑状況に対する評価

各店舗の混雑状況に対する評価をするために関数 $situ(P_i, t)$ を以下のように定義する。

$$situ(P_i, t) = 1 - \frac{1}{\gamma + \exp\left(\frac{-C(P_i, t) + \delta}{\beta}\right)} \quad (4)$$

これは、ある店舗 P_i の時刻 t における混雑状況の評価した関数である。この評価値は $(0,1]$ の実数となり、混雑さが増せば低い数値を取るようになる。 $C(P_i, t)$ は店舗 P_i の時刻 t における混雑指数で、 $(0,100)$ の実数で表し、予め店舗に関する情報として施設情報データベースに登録されている。この情報は日々の混み具合を統計的に算出し、日々更新することを前提とする。また、3つのパラメータについては、 β は混雑指数の変化に対する感度の大きさを表し、正の実数をとる。 γ は混雑状況に対して不快である感度の大きさを表し、正の実数をとる。 β, γ とともに値が増せば、その感度は大きくなることを意味する。 δ は混雑指数に対してどの範囲を越えたら不快感を感じるかを表し、 $C(P_i, t)$ と同様 $(0,100)$ の実数をとる。これらは各ユーザの混雑状況に関する感覚によって変化させることが可能である。

4.5 スケジューリングアルゴリズム

上記の評価関数をもとにスケジュールを作成する。以下では、スケジュール作成手順を述べる。スケジュール作成の流れは図3のようになる。

本システムでは、スケジュール要求とは複数の行動目的要求の組み合わせと考える。この複数の行動目的要求に対する時間軸を考え、多様な行動順序の可能性を考慮することでより良いスケジュールを作成することを目指す。ユーザがスケジュール要求を入力すれば、システムはこの要求を解析し(要求解析)、要求に含まれる複数の行動目的要求の遂行順序を変換することが可能なパターンを探る(遂行順序確認)。そして、各行動目的要求に対する時間配分をユーザプロフィールをもとに決定する(時間配分決定)。これらを踏まえた上で、各行動目的要求の目的地の組み合わせを、対象環境状況とユーザの個人情報を考慮しながら、評価の高いものから探索していき、基本となるスケジュールを作成する(基本スケジュール作成)。そして、時間的に余裕があれば、評価の良い候補目的地を付加し(寄り道付加)、ユーザに提示するスケジュールを完成させる。以下では、各段階について説明する。

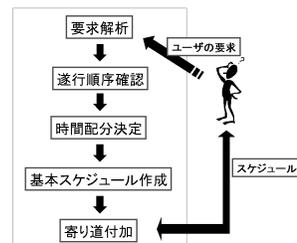


図3 スケジュール作成の流れ

A. 要求解析

システムはユーザのスケジュール要求に対して、行動目的要求と時間要求に対応しなければならない。行動目的要求はユーザが対象施設において何をしたいのか及び何処に行きたいのかの意思表示であり、必ずシステムに入力する必要がある。一方、時間要求は行動目的要求に対する順序指定、開始時間、終了時間など時間に関する意思表示である。しかし、ユーザは必ずしも時間に関する詳細な要求があるわけではないため、この場合は入力する必要は無い。これらを考慮した上で要求入力形式は、行動目的要求は自然言語により必ず入力し、時間要求は、スケジュールを立てる開始時刻の要求を最低限とし、それ以外の時間要求は任意であると想定する。

B. 遂行順序確認

この入力をもとに各行動目的要求の遂行順序の可能性を探る。例えば、「スケジュール要求として「8時から12時まで」と「ををする」のように一定期間に複数の行動目的要求がある入力であれば、複数の行動目的要求を任意の順序で実現したいという意思表示であると捕らえる。この場合、システムはスケジュールとしての行動目的要求の遂行順序のあらゆるケースを考え作成する必要がある。また一方で各行動目的要求に対して時間が詳細に入力されていれば、指示通りにスケジュールを作成しなければならない。このように、時間に自由度がある部分と時間通り順番に遂行する部分に分けて、順序変換可能なパターンを記憶しておく。以下では、この自由度がある部分を行動目的要求における順序変換可能部分と呼ぶ。

C. 時間配分決定

各行動目的要求に対する時間の割り当てを決定する。各行動目的要求に対する時間要求が入力されていれば、その時間を行動目的要求に割り当てればよい。しかし、時間要求が入力されていなければ、システムが推論して妥当な時間を割り当てる必要がある。つまり、順序変換可能部分においては各行動目的要求に対する時間を推論して割り当てなければならない。そこで、この推論において表2に示すユーザプロファイルの情報を利用する。

1つの行動目的要求から抽出される検索語により指定されるクラスは複数あると考えるが、これらクラス C_j が保有する情報から、クラス C_j に対して1日に費やす平均時間 t_j/c_j が求まる。これらクラスのうち訪れたことのある日数 c_j が最も大きいものをこの行動目的要求での要求割り当て時間とする。これは訪問する日数、すなわち要求頻度が最多であるクラスが個人の嗜好に適應したクラスとしてスケジュールの候補になりやすいという考えからである。また、その行動目的要求において目的を達成するための店舗に対しどの程度の時間を費やすかを1店舗に費やす平均時間 t_j/s_j として算出し、これを目的地で費やす時間とする。例えば服を買う場合、ユーザの好みに合った服を買うという要求を必ずしも1店舗のみで満たすことは少ない。そこで行動目的要求を満たす時間とは別に、店舗に費やす時間を算出しておく。

D. 基本スケジュール作成

ここでは、基本となるスケジュールを作成する。スケジュールとしては複数要求に対して少なくとも1つの目的地を提示しなければならない。そこで、各要求に対して1つずつの目的地を組み合わせたスケジュールを基本スケジュールとして作成する。以下にはこの基本スケジュールの作成手順について述べる。

① ユーザの複数の行動目的要求に対してそれぞれの候補目的地 P_i を、サービス提供時には静的な値となる関数 $req(P_i)$ 、関数 $pref(P_i)$ をもとに表3のように順位付けする。ここで Q_i は各行動目的要求、 $P_{i(j)}$ は Q_i に対する候補目的地、 j は候補目的地としての順位を表す。候補目的地としての評価値を $score(P_i)$ とする。

$$score(P_i) = req(P_i) \times pref(P_i) \quad (5)$$

② m 個の行動目的要求に対して評価が一番高い候補目的地の組み合わせ $(P_{1(1)}, \dots, P_{m(1)})$ をリスト L_c に入れる。 L_c とは、全ての組み合わせの中で $\sum score(P_{i(j)})$ の評価が最も高くなる可能性を有する候補目的地の組み合わせを格納するリストである。

③ L_c が空であれば終了し、探索は失敗となる。

④ L_c に格納された組み合わせのうち、 $\sum score(P_{i(j)})$ が最大であるものを取り除き、この組み合わせについて⑤の操作をする。

このとき、次に評価が高くなる可能性を有する候補目的地の組み合わせの候補を L_c に入れる。これは、全ての組み合わせに対する $\sum score(P_{i(j)})$ を計算する手間を省くために、その候補を絞るためである。この操作では、取り除いた組み合わせの各行動目的の候補地の順位を1つだけ下げたものを L_c に入れる。例えば、行動目的要求が Q_1, Q_2 の2つの場合、 $(P_{1(1)}, P_{2(1)})$ を L_c から取り除けば、次の組み合わせの候補として $(P_{1(1)}, P_{2(2)}), (P_{1(2)}, P_{2(1)})$ が L_c に入る。この下線部が順位を下げた候補目的地である。次に、 L_c から $(P_{1(1)}, P_{2(2)})$ が取り除かれた場合、 $(P_{1(1)}, P_{2(3)}), (P_{1(2)}, P_{2(2)})$ が L_c に入ることになる。しかしながらこの場合、 $(P_{1(2)}, P_{2(2)})$ より高い値をとる $(P_{1(2)}, P_{2(1)})$ が L_c に含まれているため、このような候補は L_c に入れることを保留する。このように L_c に格納される組み合わせが多くなりすぎないように注意しながら、組み合わせの候補を L_c に格納していく。

表3 各要求の順位付け

要求	Q_1	Q_2	Q_3	...
候補地	$P_{1(1)}$	$P_{2(1)}$	$P_{3(1)}$...
	$P_{1(2)}$	$P_{2(2)}$	$P_{3(2)}$...
	$P_{1(3)}$	$P_{2(3)}$	$P_{3(3)}$...
	⋮	⋮	⋮	⋮

() 内は順位

- ⑤ ④で選択した組み合わせについて、時間軸を評価したスケジュールを作成する。先で求めた行動目的的要求における順序変換パターンに対して最も評価が高いものをこの組み合わせでのスケジュールとし、その評価値をスケジュールのスコア S_{score} とする。評価は以下のような式 (6) で求める。ここに示した計算式は、行動目的的要求が Q_1, Q_2, Q_3 の3つの場合であり、行動目的的要求における順序変換パターンの1例である。

$$S_{score}(Q_1, Q_2, Q_3) = score(P_{1(i)}) \times dist(S, P_{1(i)}) \times situ(P_{1(i)}, t_1) + score(P_{2(j)}) \times dist(P_{1(i)}, P_{2(j)}) \times situ(P_{2(j)}, t_2) + score(P_{3(k)}) \times dist(P_{2(j)}, P_{3(k)}) \times situ(P_{3(k)}, t_3) \quad (6)$$

この Q_i の順序は行動目的的要求における順序変換パターンによって変化する。 S はスタート地点を表す。ここで、時間 t_i は行動目的的要求順序によって変化し、前行動目的的要求の実行時間に影響される。このようにして求められたスケジュールを基本スケジュールの候補を格納するリスト L_s に入れて、 S_{score} で昇順ソートする。

- ⑥ リスト L_c が空であれば、または L_s の先頭であるスケジュールのスコア S_{score} と L_c の組み合わせの中で $\sum score(P_{i(j)})$ が最大であるものを比較し $S_{score} > \sum score(P_{i(j)})$ であれば探索終了となる。なぜなら、関数 $dist(P, P_i)$ 、関数 $situ(P_i, t)$ が $(0,1]$ であることから、これ以上 S_{score} を上回る組み合わせが L_c に存在しないためである。

$S_{score} < \sum score(P_{i(j)})$ であれば、リスト L_c から基本スケジュールになる可能性がない $S_{score} > \sum score(P_{i(j)})$ となる組み合わせを取り除き、④の操作へ移る。

探索が終了すれば L_s の先頭を基本スケジュールとして扱う。このように基本スケジュールは各行動目的的要求の目的地の組み合わせ、順序、移動距離を重視した、このアルゴリズムによって図4のように作成されたスケジュールである。

E. 寄り道付加

各行動目的的要求の時間配分を参考に各行動目的的要求の割り当て時間に十分な余裕がある場合、基本スケジュールに含まれていない他の候補目的地の中から $score(P_i) \times dist(P_i) \times situ(P_i, t)$ の評価値が高いものを図5のように基本スケジュールに付加していく。

このようにして完成したスケジュールをユーザに提示し、対象施設における全ての行動の指針を示すことで、目的地へ向けた行動全般の支援を実現する。



図4 基本スケジュール

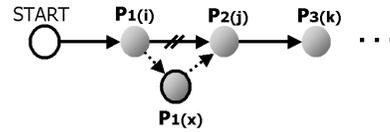


図5 寄り道付加の流れ

5. 評価実験

5.1 実験概要

提案手法をシミュレーション実験によって検証する。シミュレーションでは対象となる施設の地図を表示し、ユーザ位置を指定した上で、ユーザのスケジュール要求から対象環境の情報、ユーザの情報を考慮して作成したスケジュールの提示までの過程について実験する。

対象とする施設は大阪・梅田の地下街（阪急三番街）の南半分とした。この対象施設は飲食店と服飾店を中心に、221店舗からなるショッピングモールである。実験で用いるユーザプロファイルはユーザプロファイル作成のためのシミュレーションシステムによって予め取得しておく¹⁴⁾。このシステムでは対象となる環境の地図に現在地を指定し、マウスクリックにより環境内を移動する。画面には現在地に隣接する店舗の写真と店舗の種類が表示され、店舗に入るとより詳しい情報が表示される。このシミュレーションシステムにおいて被験者に10回分行動してもらい、この行動履歴をもとにユーザプロファイルを作成する。要求解析のための形態素解析ソフトとしては、茶釜¹⁶⁾を利用した。シミュレーション実験ではユーザ位置をポインタデバイスを利用して現在位置を設定した上で、スケジュール要求を入力すると、対象環境状況とユーザの個人情報を考慮して作成したスケジュールを提示する。

本システムの効果として期待されるのは、システムが作成するスケジュールが、ユーザの趣味・嗜好を考慮した適切なものであるかどうかである。そこで、人間が自ら作成したスケジュールとシステムが作成したスケジュールを比較することで、これらのスケジュールの差異から提案手法を考察する。被験者には、システムに送信するスケジュール要求に対して人手でスケジュールを作成してもらおう。参考資料はWEB上で公開されている店舗を紹介したページ、施設の地図情報である。さらに、提示するスケジュール自体が有用であるかアンケートにより考察する。被験者は大学院生及び大学学部生男性5人である。

実験に際して、式(1)のパラメータ p は Salton らの実験¹⁷⁾ 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プーリアンモデルよりに設定した $p = 4$ を実験に利用した。距離の評価に用いる式(3)のパラメータは $\epsilon = 3000$ とした。 ϵ の値は、500mの移動で評価値が、最大評価1の半分になるように設定した。また、混雑状況の評価に用いる式(4)のパラメータ β は5、 γ は3、 δ は80とした。これは混雑指数80付近で急激に評価値を下がるように設定した。

5.2 結果と考察

予め準備したスケジュール要求に対して人手で作成したスケジュールが、システム中では何位に相当するかを調べ、この順位によってシステムのスケジュール作成手法を考察する。さらに、システムが提示するスケジュールに対するアンケート評価について考察する。

予め準備した要求は以下の4つである。

- Req1. 「食事をする, 買う」
- Req2. 「肉料理を食べる, カジュアルなメンズを買う」
- Req3. 「コーヒーを飲む, 服を買う, 菓子を買う」
- Req4. 「靴を買う, レディースを買う, ケーキ屋で休憩」

各要求に対して開始時間を10, 14, 18時と設定し、スケジュールを作成する。スケジュール例として10時開始のReq2における被験者3人の例を表4に示す。要求1は「肉料理を食べる」、要求2は「カジュアルなメンズを買う」を表す。この各行動目的要求に対する時間配分と目的地を示したものがスケジュールとなる。これより、同じ要求に関しても被験者の趣味・嗜好を考慮した上でスケジュールが作成できていることがわかる。

各要求に対する順位の比較結果を図6に示す。ここに示す順位の相対値は、4.5節で述べた基本スケジュールになる可能性がある組み合わせ全候補に対する、人手で作成したスケジュールの順位の平均が、相対的にどの程度かを正規化したものである。相対値が低くなると、人手で作成したスケジュールが上位に位置することを意味する。

アンケートでは、システムが提示したスケジュールに対し、要求に合致し、ユーザに合った目的地であるか、行動の順序、移動する距離が適切であるかなどの観点から、5.「文句なし」4.「まあまあ良い」3.「どちらともいえない」2.「改良すべき」1.「利用できない」の5段階評価を付けてもらった。

実験結果から得られた知見をもとに提案手法について考察を加える。図6より、全4要求においてReq1, 2, 3ではユーザが人手で作成するスケジュールが概ね上位に位置付けられている。これは提案手法が、個人に適応したシステムであり、要求に合致した目的地

表4 Req.4のスケジュール例

被験者	要求	開始	終了	目的地
A	要求2	10:03	10:17	TORAYA(C,M)
	要求2	10:18	10:34	パイル(C,M)
	要求1	10:48	11:39	オリーブハウス(H,I)
B	要求2	10:01	11:00	ポートランド(C,M,L)
	要求1	11:03	11:57	オリーブハウス(H,I)
C	要求1	10:02	10:53	グリルRON(H,S)
	要求2	10:56	11:15	パイル(C,M)
	要求2	11:17	11:37	VINCI(C,M)
	要求2	11:39	11:59	エフワン(C,M)
	要求2	12:00	12:21	TORAYA(C,M)

C:カジュアル, M:メンズ, L:レディース, H:ハンバーグ, I:イタリア料理, S:ステーキ

を推論探索した結果であると考えられる。Req1, 2, 3に含まれる行動目的要求には「食事をする」「服を買う」のように抽象性が高いものが含まれる。このような抽象性が高い要求から指定されるクラスは多様となり、クラスに対するユーザの趣味・嗜好が目的地の選考に強く影響する。また「カジュアルなメンズを買う」には、検索語から指定されるクラスがユーザプロフィールにおいて詳細な情報を保有する行動目的要求が含まれる。このような要求では、各店舗に対するユーザの趣味・嗜好が強く影響するため、良い結果が得られたと考える。

一方でReq4では全体的に数値が悪くなっている。これは被験者の興味が無い「レディースを買う」という行動目的要求を含むため、ユーザプロフィールにおいて影響するほどの情報が存在せず、良い結果が得られなかったと考える。

システムが提示したスケジュールについてのアンケートでは、各行動目的要求に対する目的地、及び廻る目的地の個数については、概ね4以上の評価、Req4では稀に2の評価がある。このように、数値的に結果が悪いReq.4でも提示したスケジュールの評価ではある程度良い結果を得た。これは興味が無い行動目的要求に対しては、ユーザの趣味・嗜好に関係なく、要求を解析するだけで十分なる目的地が提示される結果であると考えられる。しかし、目的地の個数に対してはユーザの行動傾向に対する情報が不十分であるため、良い結果は得られなかった。全体の移動距離、各目的地間の距離については全要求でほぼ5の評価を得た。

次に時間帯別で見ると、良い結果が得られたReq1, 2, 3でも数値に差異が見られる。まず、10時、18時開始要求では「食べる」という行動が時間帯に強く影響しており、ユーザが作成したスケジュールと差異が生じている。これは、システムは、人は食事をする時刻が昼夜であるという固定概念を無視し、混雑状況、移動コストのみで行動目的要求に対する時刻を割り当てたが、人はこの固定概念を用いてスケジュールを作成するためである。一方で、先の固定概念を利用できない時間帯である14時開始要求においては一定した数値が示されている。したがって、このような

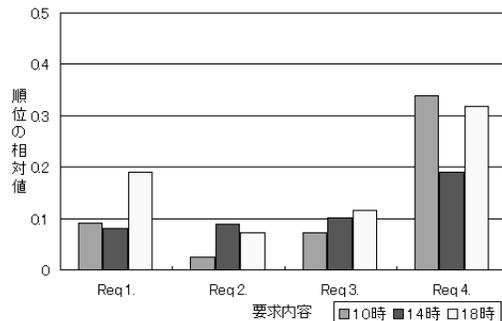


図6 比較結果

人の固定概念を処理するためには、ユーザが時間に対する要求を詳しく入力するか、システムが、ユーザプロフィールとして行動を起こす開始時間の傾向を取り、スケジュール作成における時間設定に利用する必要があると考える。

実験について得られた知見をまとめる。

本報告で提案したスケジュール作成手法はユーザが興味のある行動目的要求に対しては詳細なユーザプロフィールを利用することができるため、ユーザに合ったスケジュールの作成が可能である。しかし、ユーザの興味が無い行動目的要求の場合はユーザプロフィールに差が無いためユーザに合うスケジュールは作成できなくなる。しかしこのような場合は、ユーザにとってスケジュールは行動の指針とするというサービス目的に対して、必ずしも時間を順守した行動を取る必要は無い。要求からの推論のみで目的地を訪問するスケジュールは作成できており、スケジュールによるある程度の行動支援は可能であると考えられる。また、この要求に対するユーザの行動を観察することによって、ユーザプロフィールが更新され、今後の来訪の際に生かされると考える。また、ユーザの行動傾向の情報が不十分な時は満足できるスケジュールができないという問題点が挙げられる。これに関しては行動傾向の獲得手法を今後検討する必要がある。

6. ま と め

本報告では、大規模施設を対象とした歩行者ナビゲーションサービスにおいて、行動支援としてのスケジュールの有効性とそのスケジュール生成手法について提案した。

ナビゲーション対象の環境において、ユーザは常にすぐ決まるような行動をするわけではなく、目的地を決めること自体に迷いが生じる状況が発生する。ユーザはこのような行動目的要求を複数保有し、これが複数になれば廻る店舗数も増え、全体的に無駄な行動が増えることとなる。そこで本研究では、このような状況に対応するために対象施設の各店舗を種々のクラスに分類し、そのうえでユーザの要求、ユーザの趣味・嗜好・行動傾向、対象環境の状況などの情報に基づいてスケジュールを作成し、ユーザに提示することで、行動を支援する手法を提案した。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スケジュールを作成できることを確認した。

今後の課題としては、ユーザプロフィール作成手法の改良が挙げられる。ユーザの行動傾向を獲得するための手法では、店舗に対する訪問履歴のみの参照に留まっている。しかし、店舗に訪問するだけではユーザの行動は把握できず綿密な行動傾向を獲得できない。結果としてスケジュールの時間配分決定においても影響を及ぼした。また、日々変化する施設の状況に対応する施設情報の作成の枠組み、スケジュールに沿ったユーザ行動の観察の枠組みについては更なる検討が必要である。

謝 辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金・若手研究(B)(代表：柴田)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) 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）
- 3) Katsumi Takahashi, Nobuyuki Miura, Seiji Yokoji, Ken-ichi Shima：“Mobile Info Search: Information Integration for Location-Aware Computing”，IPSJ Journal，Vol.41，No.4，pp.1192-1201（2000）
- 4) 駅前探検倶楽部：<http://ekimae.toshiba.co.jp/>
- 5) 藤井 憲作，杉山 和弘：“携帯端末向け案内地図システムの開発”，情報処理学会論文誌，Vol.41，No.9，pp.2394-2403（2000）
- 6) 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）
- 7) 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）
- 8) 柴田 史久，上甲 貴広，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）
- 9) 篠江 雄一，土屋 隆司：“個人化された経路探索システムの提案”，情報処理学会研究報告 2001-MBL-18，pp.23-30（2001）
- 10) 中野 貴彦，原 英樹，菅原 研次：“歩行者 ITS における列車運行情報の知的情報伝達サービス”，情報処理学会研究報告 2001-MBL-18，pp.83-90（2001）
- 11) 桂川 景子，丹羽 教泰，柳 拓良，渡部 眞幸，伊藤 敏彦，小西 達裕，伊東 幸宏：“自然言語インタフェースを持つドライブプランニングシステムの構築”，情報処理学会研究報告 2001-MBL-18，pp.229-236（2001）
- 12) 倉田 陽平，貞広 幸雄，奥貫 圭一：“個人嗜好に応じた観光コース自動作成システムの開発”，地理情報システム学会講演論文集，Vol.9，pp.199-202（2000）
- 13) 藤川 英士，窪園 竜二，保坂 憲一：“利用者の嗜好を考慮した観光プランニングシステムの構築”，電子情報通信学会総合大会 D-8-10，p.184（1997）
- 14) 中里 祐介，柴田 史久，馬場口 登：“歩行者ナビゲーションにおけるユーザの行動履歴からのプロフィール生成手法”，情報処理学会第 65 回全国大会講演論文集（掲載予定）
- 15) 徳永 健伸：“情報検索と言語処理”，東京大学出版会（1999）
- 16) 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）
- 17) Salton G.，Fox E.A.，and Wu H.：“Ex Boolean Information Retrieval”，Comm.ACM，Vol.26，No.11，pp.1022-1036（1983）