

位置情報に基づく自然言語を用いた館内ナビゲーション

松尾 豊[†]橋田 浩一[‡]

産業技術総合研究所 サイバーアシスト研究センター

1 はじめに

各種のセンサがネットワークでつながれたユビキタス環境 [12] では、プライバシーの問題に考慮すれば、ユーザのさまざまな情報を利用することが可能になる [11, 7, 9]。特に、ユーザがどこを経由して今どこにいるかという位置情報を用いれば、老人や身体障害者、その場所に不案内な人に対する案内や必要な情報の提示を、面倒な端末操作なしに実現できる可能性がある。

本研究では、研究所や博物館、駅といった建物内で、ユーザの位置が取得できるセンサが配置されている環境を想定し、ユーザのナビゲーションを実現する方法について検討する。ここでは、位置の同定と情報の送信に CoBIT [8] を利用することを想定している¹。CoBIT は、反射シートと赤外線カメラによりユーザの位置を同定でき、赤外光により音声情報をユーザに送ることができるシンプルで安価なデバイスである。

GPS を利用したカーナビの技術は広く広まっており、歩行者ナビゲーションの研究も最近盛んになってきている。本研究で対象とする館内ナビゲーションでは、目的の場所に到達するにあたって、エレベータに乗る、人を探し、セキュリティカードが必要であるなど、複雑な行動を必要とし、プランニングの手法を用いてプランを生成する。また、混雑を避けたい、一度通ったところを通りたくないといった、個人の嗜好を考慮した経路を生成する。さらに、この経路情報を自然言語の案内に変換し、分かりやすいインタラクティブなナビゲーションを行う。

2 関連研究

ITS の一環として、歩行者の移動の快適性と安全性の向上を目的とした歩行者支援の研究が近年、盛んに行われている。NTT を始め、各企業ではすでに位置情報を利用したサービスも数多く盛んに行われている。

歩行者に対するナビゲーションシステムは、さまざまなものが提案されている。例えば、[6] では、利用者

の方位を使った詳細地図により分かりやすいナビゲーションを PHS を使って実現している。また、出力デバイスの精度や、ユーザの位置や向きがどの程度まで分かるかによって、出力する地図の形式を変える屋内のナビゲーションシステム [1] も提案されている。歩行者は、「食事がしたい」など曖昧な要求を持っていることも多いため、ユーザの嗜好や距離などを考慮した具体的目的地の候補を提示すること [10] も重要である。[2] では、屋外でのナビゲーションの際の案内文を認知的な観点から分析し、「～ビルの角を左斜め前へまっすぐに少し進みます。」といった目標物に対する相対的な位置関係を表す表現を含む案内文を生成している。

さらに、学会や博物館などの会場においてユーザの興味を考慮した展示の案内を行うシステムや、天城湯ヶ島町でのモバイルエージェントを用いた観光地案内システム、携帯端末向けの案内地図作成システムなどが提案されている。

これらの研究では、経路の探索は、簡単に地図上での最短経路を探索する問題として記述されることが多い。また、端末に地図を表示することで案内を行うことを想定している。本研究では、館内のより複雑な行動が必要となるドメインを対象としており、また、ユーザへの情報提供は音声を想定している。

3 ナビゲーションプランの生成

3.1 プランニング

現在位置と目的地の位置が分かれば、ナビゲーションはグラフの最短路問題、推論問題、プランニング問題として捉えることができる。それぞれのメリット、デメリットを考えてみると以下ようになる。

グラフの最短路問題 ダイクストラ法などで効率的に経路を求めることができる。しかし、例えば、カードがないと入れない、アポを取ってからでないといけないといった条件を表現することができない。

推論問題 現在位置を真である命題、目的地に到達した状態をゴールとし、ゴールに到達するような経路や行動を求める仮説推論 [4] の問題として表現す

*Indoor Audio Navigation based on User's Location

[†]Yutaka Matsuo: Cyber Assist Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

[‡]Kôiti Hasida

¹ なお、本研究の枠組みは、CoBIT を利用した場合に限られているものではない。

することもできる。例えば、

$$nd2 \leftarrow move(nd1, nd2) \wedge nd1 \wedge have(card).$$

のように、「カードを持っているときに限り移動することができる」などの条件を表現することも可能である。しかし、 nd_i という命題によりノード i にいることを表すとすると、同じ経路を2回通ることが表現できない。例えば、1Fに降りて自販機でジュースを買って4Fに戻るといった経路が表現できない。このため、時間(時系列)の要素を加えて、述語 $nd(i, t)$ (時間 t にノード i にいる) を利用しなければならないが、各具体値に対して生成される命題の数が膨大となってしまう²。

プランニング 基本的にプランの要素であるアクションは前提条件 (precondition) と効果 (effect) を持つので、条件付きの移動なども表現することができる。また、時間方向に対して拡張しながら展開していくので、同じ経路を2回通るといったプランも生成可能である。

したがって、ここではプランニングの枠組みを用いて経路探索を行うことにする。

プランニングの手法として、現在、2つの大きな方法が主流である。ひとつは、Blum と Furst によって95年に提案された GRAPHPLAN とその種々の後継アルゴリズムであり、もうひとつは、Cook や Kautz らによる、プランニングの問題を SAT 問題に置き換え、高速な SAT ソルバを使って解くものである。詳細は [13] に譲るが、本研究では、最も基本的なソルバである GRAPHPLAN を利用することにした。GRAPHPLAN は STRIPS 形式の入力を受けつける。例えば、移動を、

```
(operator MOVE
  (preconds (at <nd1>) (con <nd1> <nd2>))
  (effects (at <nd2>) (del at <nd1>)))
```

のように記述する³。

3.2 プランニング問題としての記述

本研究では、著者らの研究所をドメインに選び、見学者や訪問者に対するナビゲーションを目的とする。そして、次のようなオペレータを定義することにした。

MOVE ノード間の移動

EMOVE エレベータによる移動

² 歴史的には、定理証明によるプランニングから、プランニングに適した STRIPS という表現形式とそのソルバへと発展してきたという経緯がある。

³ “at <nd1>” は、<nd1>にいることを表す命題、“con <nd1> <nd2>” は、<nd1>と<nd2>がつながれていることを表す命題である。

SMOVE 認証カードが必要な扉の移動

REGISTER 受付でカードをもらう、返す

FIND その場所にいる人を見つける

例えば、現在位置が1Fの玄関ホールで、「篠田君と会う」というゴールが与えられた場合には、次のようなプランが生成される。

```
precondition: at_1F 玄関ホール
goal:         found_篠田君
```

```
*** 1721 nodes created.
[0] REGISTER_1F 玄関ホール
[1] MOVE_1F 玄関ホール_1F エレベータ前
[2] EMOVE_1F エレベータ前_エレベータ
[3] EMOVE_エレベータ_4F エレベータ前
[4] MOVE_4F エレベータ前_4F トイレ前
[5] MOVE_4F トイレ前_会議室前廊下
[6] SMOVE_会議室前廊下_応接室前廊下
[7] MOVE_応接室前廊下_サイバー受け付け
[8] MOVE_サイバー受け付け_デモスペース
[9] MOVE_デモスペース_マルチエージェント部屋
[10] FIND_マルチエージェント部屋_篠田くん
```

背景知識として、各ノード(地点)間の接続関係(移動できるか、エレベータで移動できるか、認証カードを持っていれば移動できるか)、どの部屋に誰がいるか⁴などの情報をあらかじめ記述しておく必要がある。

3.3 ユーザの嗜好に応じたプランニング

一般的なプランナーは、最もアクション数の少ないプランを生成する⁵。これは、あらかじめ解となるプランの長さが分からないため、探索するプランの長さを1つつ増やしていく反覆深化的な方法を採用しているからである。ここでは、便宜的に WAIT というアクションを考え、ノード間の移動にコストを付与することにする。

```
(operator WAIT (preconds (at <nd1> <cost>))
  (effects (at <nd1> <cost>-1)))
```

例えば、MOVE は次のように定義しなおす。

```
(operator MOVE
  (preconds (at <nd1> 0) (con <nd1> <nd2> <cost>))
  (effects (at <nd2> <cost>) (del at <nd1> 0)))
```

これにより、接続された地点間を結びエッジに与えられたコストの大きさだけ、プランは WAIT というア

⁴ 現在は、人の位置は所与のものとして与えているが、将来的には研究員が位置の把握できるカードを持つことで動的に更新できるだろう。

⁵ ILP-PLAN[5] では、コスト付きのプランを生成することができる。

クシオンを含まなければならなくなるので、その枝の探索は後回しにされる。また、“at <nd1> x”という命題は、x が 0 以外のときには WAIT しか取り得るアクションがないので、探索空間の増大にはつながらない。このコストを用いれば、次のような 3 つの探索モードを切り替えて用いることができる。

- 最短路モード：コストをノード間の必要な距離（または時間）とすれば、最短の経路が探索される。
- 慣れた道モード：ユーザが一度通った経路のコストを下げることで、選ばれやすくする。これにより、なるべくユーザが慣れた経路を通るプランが選ばれやすくなる。
- 案内モード：ユーザが一度通った経路のコストを上げ、また見学に来た人が見れば面白い場所のコストを下げることで、通ったことのない経路で面白い場所を通る経路が選択されやすくなる。

これらのモードを使いわけのために、ユーザの位置履歴を管理し、コストの再設定を行う。

4 自然言語による案内の生成

プランを生成した後、音声による案内を行うが、その際、プラン生成時に行う現在位置からゴールまでの全体の説明と、ユーザが経路を進んで行く途中で提示する逐次的な短い説明の 2 種類を考える。

まず、プランを自然言語の文に置き換えるには、現在のところ次のような簡単な簡単な書き換え規則を用いる⁶。

MOVE a b 「b に移動します。」

EMOVE a b 「エレベータを使って、(a>b ならば)a 階に上ります。(a<b ならば)b 階に降ります。」

SMOVE a b 「カードを使って扉を開け、a から b に移動します。」

さらに、ユーザの位置をモニタしながら必要であれば、逐次「次は受付でカードをもらって下さい。」のような案内を出す。プランニングによって得られた移動すべき地点のシーケンスを、実際の絶対座標のシーケンスに直し⁷、必要であれば、次に向かうべき座標とユーザの進行方向から方向に関する案内を出す（図 1）。また、ユーザの位置と進むべき経路がある程度以上離れてしまった場合には、再プランニングを行い、新しい経路を提示する。

⁶ ただし、説明が長くなる場合には、重要なアクション（最初のアクション、EMOVE、SMOVE など）を優先的に提示し、他のアクションは省略もしくはひとつにまとめる。将来的には、ランドマークやゴールとの相対的な関係を考慮した案内を生成する必要があるだろう。

⁷ このために、プランニングには必要だが案内には不必要なノードを除去、プランニングには不必要だが案内には必要なノード（例えば、一本道の曲がり角など）の導入処理が必要である。

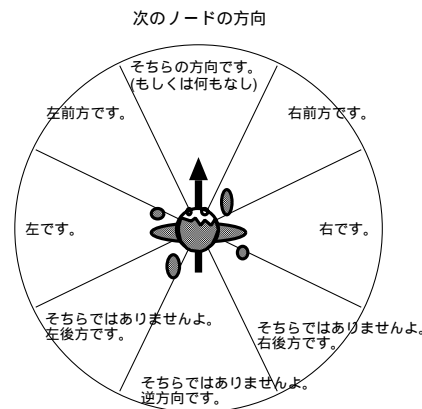


図 1: 進むべき方向の違いによる誘導.

5 デモシステムの構築

著者らの研究所では、現在のところ、ユーザの位置を得るセンサが十分に設置されていない。そこで、模擬的に建物内のいくつかのエリアにセンサが埋めこまれ、そのエリアではユーザの位置がある程度の精度（50cm 程度）で分かるという仮定のもとで、ナビゲーションを行うデモシステムを構築した。図 2 は、建物の 1F と 4F のマップであり、格子状になったエリアでは、ユーザの位置を取得することができる。ユーザが移動していく様子を、ユーザのポインタを動かすことで模擬している。ユーザは、「～に行きたい」「～に会いたい」などの要求を出すことができ、その際に、最短路モードや案内モードなどを選ぶことができる。そして、生成されたプランの説明を音声（テキスト）で得ることができ、移動の際に「次は右方向です」「行きすぎました」といった逐次的な案内を受けられる。

6 おわりに

博物館や買い物などでは、ユーザは明確な目的地を持っていない場合も多い。このような状況では、位置情報からユーザの興味を把握して、ユーザに適切な情報の提示、推薦を行うといった支援が必要であるだろう。[10] は同じような視点からの研究だが、このような支援も今後の課題として取り組んでいきたいと考えている。

また、本システムはマルチエージェントのアーキテクチャ[3]として設計・実装を進めていく予定であり、ユーザが多数になった場合のリアルタイムプランニング、空間のデータの記述と管理など、さまざまな課題がある。今後は本システムを拡張しながら、実際にセンサの埋めこまれた環境で使用し、利用者に使ってもらいながら評価を行いたいと考えている。

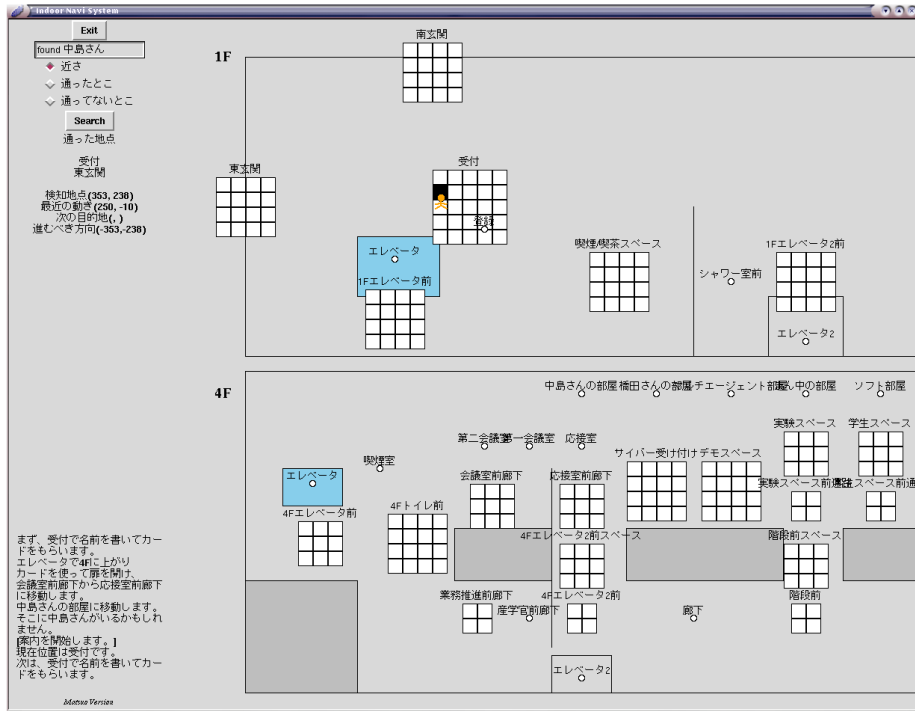


図 2: デモシステム.

参考文献

- [1] A. Butz, J. Baus, A. Krüger, and M. Lohse. A hybrid indoor navigation system. In *Proc. 2001 International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 25–33, 2001.
- [2] 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 (D-II)*, Vol. J82-D-II, No. 11, pp. 2026–2034, 1999.
- [3] 平塚誠良, 車谷浩一, 幸島明男, 和泉憲明. コビキタス環境における情報支援のための時空間推論とエージェントとしての実装. 第4回知的都市基盤合同研究会, 2002.
- [4] 石塚満. 知識の表現と高速推論. 丸善, 1996.
- [5] Henry Kautz and Joachim Walser. State-space planning by integer optimization. *Proc. AAAI-99*, pp. 526–533, 1999.
- [6] 久保田浩司, 前田典彦, 菊地保文. 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. pp. 1858–1865, 2001.
- [7] 森川博之, 南正輝, 青山友紀. コビキタスネットワークキングへの道. *情報処理*, Vol. 43, No. 6, pp. 631–638, 2002.
- [8] 中村嘉志, 伊藤日出男, 西村拓一, 山本吉伸, 中島秀之. 無電源小型通信端末 cobit による近距離情報支援の実現. *情報処理学会知的都市基盤研究グループ研究報告*, No. 2002-ICII-3, pp. 1–7, 2002.
- [9] 中島秀行, 橋本政朋. 日常生活のための知的都市情報基盤. *情報処理*, Vol. 43, No. 04, pp. 573–578, 2002.
- [10] 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*, Vol. 43, No. 12, pp. 3809–3817, 2002.
- [11] 徳田英幸, 中澤仁, 岩井将之, 由良淳一, 村瀬正名. コビキタス空間を融合するネットワーク技術への課題. *情報処理*, Vol. 43, No. 6, pp. 623–630, 2002.
- [12] M. Weiser. The computer for the twenty-first century. *Scientific American*, Vol. 268, No. 3, pp. 94–104, 1991.
- [13] Daniel S. Weld. Recent advances in AI planning. *AI Magazine*, Vol. 20, No. 2, pp. 93–123, 1999.