

状況情報の形式的記述の可能な位置モデルに基づく ヒューマンナビゲーションのための経路生成手法

別所 正博[†] 小林 真輔^{†‡} 越塚 登^{†‡} 坂村 健^{†‡}

[†] 東京大学大学院情報学環学際情報学府 [‡] YRP コピキタスネットワーキング研究所

状況に応じてヒトを目的地まで適切に誘導するシステムの実現のためには、状況情報間の依存関係を反映した経路生成が重要である。本論文では、状況情報間の依存関係を形式的に扱うことが可能な位置モデルを導入し、それに基づく経路生成手法を提案する。提案手法では、モデルの表現する空間構造から動線抽出を行なった上で、モデルに含まれる状況記述から移動制約と目的地情報を導出することで、経路候補グラフを予め計算する。このことにより、環境の幾何構造と状況情報を共に反映した経路が、現実的な時間で計算可能となる。本論文ではさらに、提案手法に基づくテストアプリケーションを実装し 3 つの実在する環境に対して適用することで提案手法を評価し、ヒューマンナビゲーションの観点からの本位置モデルおよび提案手法の妥当性を示した。

A Route Calculation Method for Human Navigation based on a Location Model with a Formal Context Description

Masahiro Bessho[†] Shinsuke Kobayashi^{†‡} Noboru Koshizuka^{†‡} Ken Sakamura^{†‡}

[†] Interfaculty Initiative in Information Studies, Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo

[‡] YRP Ubiquitous Networking Laboratory

To achieve the goal of creating a context-aware human navigation system, it is necessary to reflect dependencies among contexts in the process of the route calculation. In this paper, we propose a route calculation method based on a location model that can handle such dependencies formally. The proposed method calculates a route candidate graph from the model preliminarily, by extracting a circulation from its spatial structure and deriving access constraints and search hints from its context description. Using this approach, the route calculation can be reduced to a minimum-cost route search problem on the graph, which is expected to be performed in a realistic time. The proposed method was evaluated by implementing a test application based on the method and applying it to three existing environments, to show the feasibility of the model and the proposed method for context-aware human navigation.

1 はじめに

近年、ユニバーサル社会の実現へ向け、あらゆる人々が自律的に移動することが可能な環境の構築が求められている。特に、日常の移動に大きな物理的制約を被る肢体障害者や高齢者、あるいは周囲の状況を十分に把握することのできない知覚障害者にとっては、この要求は非常に大きい。このような環境の実現のためには、環境中の障壁の物理的な除去だけでなく、ユーザや環境の状況に応じた適切な移動支援情報を提示することが有効であり、そのようなヒューマンナビゲーションシステムの実現が強く求められている [9, 6]。

ナビゲーションの過程でヒトや環境の状況を反映するためには、位置やヒト、モノに付随する状況情報 (context) 間に存在する依存関係を考慮することが不可欠である。例えば段差のあるドアは、ドアの施錠状態やユーザの身体特性によっては通過することができない場合がある。これは、ドアの通過条件が他の状況情報に依存してい

ることを意味する。これまでも多数のヒューマンナビゲーションシステムが提案されてきた [1, 4, 6, 3] が、従来のシステムは状況の反映を十分に行なうことはできなかった。これは、第 1 にこれまで実世界の状況情報を認識する手段がなかったこと、第 2 にこのような環境に内在する状況情報間の依存関係を形式的に表現する方法がなかったことに起因する。このうち実世界の状況認識については、近年のコピキタスコンピューティング分野での各種要素技術の成熟に伴い、センサ機能や通信機能を備えた小型チップを環境中に多数埋め込むことによる解決が可能になりつつある。そこで我々はこれまでに、第 2 の問題の解決に向けて、状況情報間の依存関係を形式的に表現することのできる位置モデルとその記述言語 PLAMODEL を設計した。このことは、環境を構成する実体の固有識別子 ucode [8, 10, 7] による識別と、状況記述言語 DECOLA の導入により達成された。このモデルの概要は本論中に示す。

一方でナビゲーションシステムの実現のためには、さらにこのようなモデルに基づく環境記述を用いて状況を反映した経路を生成する手法の確立が不可欠である。従来のナビゲーションシステムで典型的に用いられるグラフモデル [2, 5] では、経路生成はグラフ上の最短経路探索問題に帰着することができる。他方、本モデルは、特に障害者を対象としたより細かい粒度でのナビゲーションを可能にするために、経路は明示的に表現するのではなく地面の幾何的な構造から抽出することを想定している。しかし、このような幾何構造からの経路抽出を、状況記述を反映しつつ、なおかつ現実的な時間で行なうための方法論はこれまでに十分確立されているとは言い難い。

本研究の目的は、このような経路生成手法を確立し、我々の提案してきた位置モデルに基づくヒューマンナビゲーションの実現可能性を検証することである。本論文で提案する手法では、まず PLAMODEL に基づく環境の幾何構造記述から、経路候補となりうる全ての動線を抽出し、経路候補グラフを予め生成する。さらに、環境記述中の状況情報記述を基に、各動線についての移動制約情報と、各地点の目的地情報を導出し、グラフに付加する。ナビゲーションの際には、この経路候補グラフ上で現在地から適切な目的地への最小コスト経路を探索する。このことで、幾何構造と状況情報を共に反映した経路が、現実的な時間で生成可能となる。本論文ではさらに、以上の手法に基づくテストアプリケーションを実装し、実在する 3 環境の記述に対して適用し、提案手法の妥当性を評価した。

本論文ではまず第 2 章で、我々の位置モデルについて概観する。次に第 3 章で、本モデルに基づく経路生成手法を提案する。そして第 4 章で、提案手法の妥当性についての評価と考察を行ない、最後に第 5 章で本論文をまとめる。

2 位置モデル

本モデルでは、まず実世界をヒト、モノ、場所という 3 種類からなる実体の集合と考える。さらにそれらの識別を可能にするために各実体には固有識別子である ucode を一意に割り当てる。場所をそれが占める地面の形状によりさらに分類する。実体間にはこれらの分類を基本としたクラスを導入する。

各実体に関する情報は全てその実体のプロパティとして表現する。これらは、基本プロパティ、幾何プロパティ、関係プロパティ、コンテキストプロパティの 4 種に分類される。このうち幾何プロパティと関係プロパティは、それぞれ場所の幾何的な性質および場所間の関係を表現し、環境の空間構造を表現するために用いられる。幾何的な性質としては、場所の座標系情報、形状および代表点を表現する。なお代表点は、ナビゲーションの目的地候補を明示的に指定するために用いられる。またコンテ

```
<rdf:RDF ~~~ >
<indoor:restroom rdf:about="ucode:UCODE_OF_THIS_RESTROOM"
  utad:utadVersion="0.0.0" place:abstract="true">
  <utad:label xml:lang="en">A Restroom</utad:label>
  <place:explicit>true</place:explicit>
  <place:areatype>UNIT</place:areatype>
  <place:geometry rdf:parseType="Literal">
    <pgs:column xmlns:pgs="&pgs;">
      <pgs:polygon>0,0,0,10,0,10,10,0,0</pgs:polygon>
      <pgs:height>3</pgs:height>
    </pgs:column>
  </place:geometry>
  <place:groundGeometry rdf:parseType="Literal">
    <pgs:polygon xmlns:pgs="&pgs;">
      0,0,0,10,0,10,0,10,0,10,0
    </pgs:polygon>
  </place:groundGeometry>
  <place:links>
    <rdf:Seq>
      <rdf:li resource="ucode:UCODE_OF_RESTROOM_DOOR"/>
    </rdf:Seq>
  </place:links>
  <indoor:sex>"man"</indoor:sex>
  <indoor:universal>true</indoor:universal>
  <indoor:usable>
    ((#this.sex == "all") or ($user.sex == #this.sex))
    and (#this.universal or (not "wheelchair" in $user.disabilities))
  </indoor:usable>
  <place:condition>
    (#this.sex == "all") or ($user.sex == #this.sex)
  </place:condition>
</indoor:restroom>
</rdf:RDF>
```

図 1 トイレの PLAMODEL による記述例。

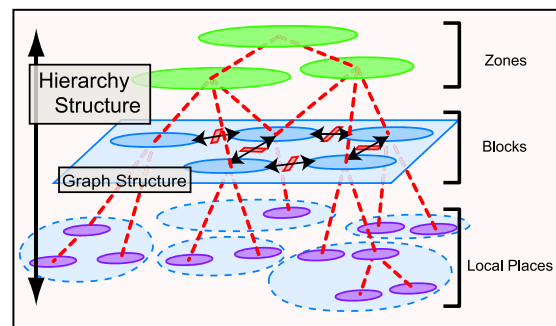


図 2 区画分割を中心とした構造化。

クストプロパティは、コンテキスト記述言語 DECOLA を用いて、場所の移動制約などを含む、依存関係を持つ様々な状況情報を形式的に表現することができる。

PLAMODEL (PLAce representing MOdel DEscription Language) は、実体をリソース、ucode をその URI だと考えすることで、以上のモデルを RDF/XML および RDF Schema に基づき記述するための言語である。なお、幾何プロパティおよびコンテキストプロパティは、それぞれ XML を用いた独自フォーマット及び DECOLA 記述を直接埋めこむ。図 1 は PLAMODEL によるトイレの記述例である。

以下では、本モデルの空間構造及び状況情報について概説する。

2.1 空間構造モデル

本モデルでは、識別可能な場所を単位とした環境の構造化と、環境の幾何的な性質を反映したナビゲーションを同時に実現するために、図 2 に示す、区画 (block) という場所を単位に環境を構造化する。

まず、環境を物理的および意味的な連続性を基準に複数の区画に分割し、区画及びその境界である区画境界 (block boundary) の間には、接続関係を関係プロ

パティとして明示的に表現する。この結果、区画間には接続関係によるグラフ構造が形成される。建物を例にとれば、部屋や廊下が区画に相当する。一方で、区画を中心とした構造化のために、複数の区画の和集合となる大領域 (zone) と、いずれかの区画に包含される局所場所 (local place) をさらに導入する。建物の例では、前者にはフロアや建物全体が、後者には部屋内にあるブースや段差などが相当する。全ての場所間には親子関係を関係プロパティとして明示的に表現する。この結果全ての場所間には、大領域から区画を経て、局所場所に到る階層構造が構成される。なおヒトやモノは区画あるいは局所場所に所属するものと見なし、この所属関係を明示的に表現する。

以上の構造の導入により、移動を区画内の移動と区画間の移動に分けて扱うことができる。すなわち、区画毎にその幾何プロパティを反映したナビゲーションを行なう一方で区画間の移動を接続関係により扱うことが可能になる。

2.2 状況情報モデル

本モデルで扱う状況情報は以下の3種である。1つ目は、通過条件と通過コストからなる、場所の移動制約情報である。2つ目は、目的地の決定に用いられる様々なサービスの利用条件である。3つ目は、以上の2つに影響を与える実体の様々な属性情報である。これらの情報は、全ていずれかの実体のコンテキストプロパティとして表現される。

本モデルでは、状況情報間の依存関係を形式的に扱うために、各コンテキストプロパティを、他のコンテキストプロパティを変数とした関数として記述することとし、そのために状況記述言語 DECOLA (DEPENDENT CONTEXT DESCRIPTION LANGUAGE) を提案し、導入した。DECOLA では、四則演算、論理演算、関係演算、条件分岐に加え、他のコンテキストプロパティの参照を記述することができる。このコンテキスト参照では、その実体自身やユーザのコンテキストプロパティに加え、ucode により一意に指定することのできる他の実体のコンテキストプロパティを参照することができる。この変数参照においては、それを静的に行なうか動的に行なうかが明示的に指定される。静的参照は、DECOLA インタプリタがそれを読み込んだ時点で解決されるが、動的参照はアプリケーションが実際にそのコンテキストを必要とした時点で解決を行なう。

DECOLA により、トイレの利用条件は以下のように記述される。なお、'\$' は動的参照を、'#' は静的参照をそれぞれ表現する。

```
((#this.sex == "all") or
 ($user.sex == #this.sex)
 and (#this.universal or
 (not "wheelchair" in $user.disabilities))
```

これは、トイレが男女とも利用可能であるか対応性別がユーザの性別と一致しており、またトイレがユニバーサ

ル対応しているかユーザが車椅子に乗っていないならば、利用できるということを表わしている。

3 経路生成

ヒューマンナビゲーションでは、状況情報の利用により目的地の絞り込みと経路の選択が可能になる。この実現のためには、任意の地点から状況に応じた適切な目的地への、通行可能な最小コストの経路を生成しなければならない。例えば最寄りのトイレを探す場合には、まず利用可能なトイレを絞り込み、さらに環境中の移動制約を考慮した上で最短の通行可能な経路を生成する必要がある。以下、前章で述べた位置モデルに基づき、このような状況情報を反映した経路を生成する手法を提案する。

3.1 アプローチ

経路生成は、次の3つの要求を満たさなければならない。まず第1に、移動制約とサービスの利用条件という場所に関連した状況情報の反映である。第2に、環境の幾何的な配置の考慮である。特に荷物が置かれ狭くなっている通路など、環境が構造上非明示的に含む移動制約を、プロパティとして明示的に記述された移動制約と併せて考慮する必要がある。そして最後に、このような経路生成を現実的な時間内で行なわなければならない。

以上の要求を満たすために、提案手法は経路候補グラフを介して経路生成を2段階で行なうアプローチを採用した。提案手法では、前章で述べた位置モデルに基づく環境記述を保持するナビゲーションサーバ上で経路を生成する。ナビゲーションサーバは、まずあらゆる経路候補を包含するグラフを PLAMODEL 記述中の静的な情報から予め生成する。ユーザは携帯端末を保持し、ナビゲーションサーバに対し現在地とユーザ情報および目的地の情報を受渡し、経路生成を要求する。ナビゲーションサーバは DECOLA インタプリタを用いてグラフに含まれる状況情報を動的に評価しながら経路探索を行ない、生成経路を返す。

以下、経路候補グラフおよびその生成と経路探索の手順についてそれぞれさらに説明する。

3.2 経路候補グラフ

経路候補グラフは、環境中の地点と、地点間の移動可能な直線状のパスをそれぞれ頂点および辺とするグラフである。このグラフの辺は、環境中の目的地となりうる地点に到達するために通過する可能性のある全ての経路を覆うものとする。また、経路生成の過程で状況情報を反映するために、以下の状況情報を保持する。

- 各頂点と対応する目的地の情報。これは目的地となる場所の ucode、型およびサービスの利用条件から構成される。
- 各辺の通過条件と通過コストからなる移動制約。

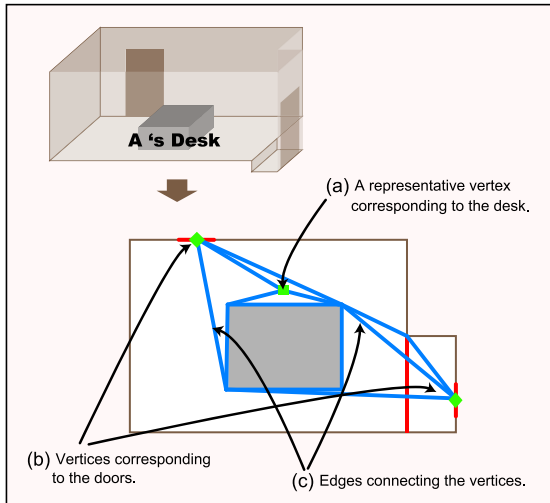


図 3 机と段差のある部屋における動線抽出。

経路生成の過程では、前者は目的地の決定に、後者も適切な経路の選択にそれぞれ利用される。これらの状況情報のうち、サービスの利用条件と移動制約は、いずれも DECOLA スクリプトとして保持する。

3.3 経路候補グラフ生成

我々の位置モデルでは、幾何構造を反映した経路生成を行なう単位となる区画という場所を導入した。提案手法では、まずこの区画毎の経路候補グラフを次の 2 段階で生成する。まず、環境の幾何的な配置を基に動線抽出を行なう(図 3)。動線抽出の過程では、目的地となりうる局所場所やモノの代表点および、他の区画との境界線の代表点をグラフの頂点に含めた上で、それらをつなぐ区別する必要のある全てのパスをグラフに付加する。パスの抽出にはいくつかの戦略が考えられるが、提案手法では最も安直であるが確実な方式として、環境構造の平面図から最短経路に含まれる全ての線分を抽出する方式を採用した。すなわち、障害物の頂点を結ぶ全ての線分から、障害物を回り込む線分を全て抽出する。図の例では、机の代表点 (a) と境界線であるドアに対応する頂点 (b) 間をつなぐ、机の角および部屋の凸部を回り込む線分 (c) を抽出している。

次に、以上のように抽出した動線グラフに対し前節で述べた 2 種の状況情報を付加する(図 4)。まずグラフの頂点については、対応する目的地の ucode、型およびサービスの利用条件記述を付加する。図の例では、机の代表点となる頂点に対し、机の ucode および型、さらに机の所有者に依存した利用条件記述を付加する (a)。一方グラフの辺については、以下の手順で移動制約を付加する。まず、辺が通過する全ての場所の通過条件プロパティの論理積を導出する。また、幅に関する通過条件を、辺を挟む 2 障害物の通過条件と障害物間の距離を基に導出する。図の例では、前者には段差による移動制約 (b) が、後者には机と壁の幅による移動制約 (c) が、それぞ

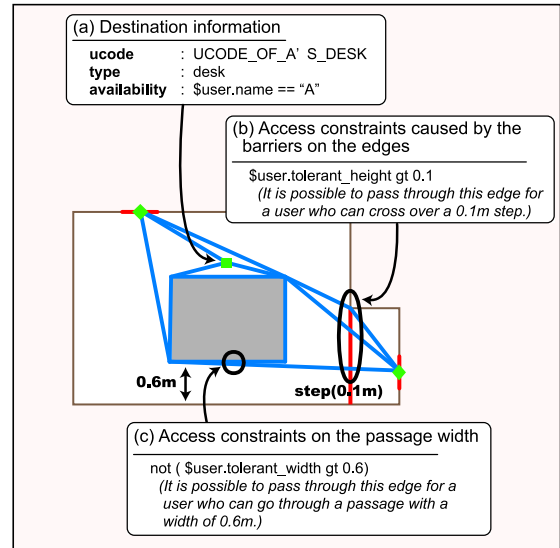


図 4 動線グラフへの状況情報の付加。

れ相当する。各辺の通過条件は、これら二者の論理積となる。一方で、辺に沿って通過コストを積分したものをその辺の通過コストとする。これは、各地点の通過コストをその地点を包含する全ての場所の通過コストプロパティの積とし、辺と場所の交差長で重み付けて足し合わせることで導出される。

以上の手順で区画ごとに生成された経路候補グラフを、最後に区画境界により連結する。図の例では、各部屋に対応するグラフをドアにより連結することに相当する。この過程ではまず隣接するグラフ間に辺を付加する。この辺に対しては、区画境界自体の移動制約と、区画およびそれを包含する大領域の移動制約から、方向を考慮した移動制約を計算し、付加する。また、区画間の接点となる頂点に対しては、区画およびそれを包含する大領域に関する目的地情報を付加する。

なお、以上の説明では省略したが、実世界には点字ブロックやエスカレータのように、それに沿って移動することを前提とした線形の場所が存在する。これらを抑うためには、動線抽出の過程でこれらの場所に相当する辺をさらに追加すればよい。

3.4 経路探索

提案手法では、伝統的な Dijkstra のアルゴリズムを拡張することで、生成した経路候補グラフ上での経路を探索する。まず、各辺の走査を試みる時点で、現在の状況下でのその辺の通過条件を DECOLA インタプリタにより評価し、通過不可能であった場合はその辺の走査を行わない。また、通過可能な辺に対しては通過コストを同様に評価し、評価値をその辺のコストとする。さらに走査が各頂点へ到達した時点で、ユーザの与えた目的地条件とのマッチングを行ない、それが成立した時点で探索を終了する。

なお提案手法では目的地情報として、ucode による特

定の場所の指定に加え、型と DECOLA で記述される条件式を指定することができる。この場合、マッチングの過程では型の比較と条件式評価を行ない、ともに成立した場合に探索成功とする。このようにすることで、例えば最寄りの利用可能なトイレといった、目的地の絞りこみを伴った経路探索が可能になる。

4 評価

本研究では、提案した経路生成手法に基づくテストアプリケーションを実装し、実在する3つの環境の PLAMODEL 記述に適用することで、提案手法の妥当性の評価を行なった。

4.1 実装

テストアプリケーションは、まず PLAMODEL 記述を読みこみ経路候補グラフを生成する。そして、コマンドラインから与えられる現在地、ユーザの ucode および目的地情報からグラフ上で適切な目的地への経路探索を行ない、結果を出力する。なお、テストアプリケーション自体は実環境の状況情報を動的に収集する機能を持たない。ここでは、実システムではその機能は別途実装されることを前提とし、生成経路と、経路生成に要する時間の妥当性の面から評価を行なった。

この実装および以下の評価は、Intel Pentium4 2.4GHz のプロセッサおよび 1280MB のメモリを登載し、OS として Fedora Core 2 を用いた PC 上で行なった。また実装言語としては C++ を用いた。

4.2 評価モデル

本研究では、まずユーザの属性として性別、身体特性および物品の所持、社会的な型書きを扱うこととした。身体特性に関しては、肢体障害、高齢という物理的な歩行障害と、誘導設備の考慮が不可欠な視覚障害を扱うこととした。

また、ヒューマンナビゲーションが求められる環境として、構造の密度、公共性、経時的変化の基準から、以下の実在する3つの環境を対象とした。

オフィスビルのフロア 公共性は低い非常に密である。

図書館 経時的変化が小さいが公共性が高く密である。

駅 構造は疎だが、公共性が高く経時的変化が大きい。

各環境の PLAMODEL による記述サイズは、それぞれ 63.9KB、365KB、369KB である。

4.3 結果

まずテストアプリケーションを用いて、3つの対象環境からの経路候補グラフ生成を行なった。その結果、表1に示すサイズのグラフが付記した時間で生成された。

表 1 経路候補グラフのサイズと生成時間

	頂点数	辺数	時間(秒)
オフィスビル	138	462	2.84
図書館	2690	33035	147.5
駅	1008	11928	2.71

次にテストアプリケーションに対して、いくつかのシナリオを想定した経路生成タスクを課した。その結果、以下を含む経路を実際に生成することができた。

- オフィスビルにおいて最寄りの利用可能なトイレを探す。ここでは、性別及び障害に応じたトイレの絞りこみと、ドアの施錠状態及びユーザの身体特性による候補選択を伴った経路が生成できた。
- 図書館でユーザの目的にあった閲覧室を探す。ここでは、ユーザの型書きや PC あるいは LAN の利用の有無により目的地を絞りこむことができた。さらに、ユーザの身体特性に応じた経路選択、具体的には車椅子に乗ったユーザに対して、階段を回避しエレベータを利用する経路を生成することができた。
- 駅において適切な乗換経路を探す。ここでは目的地駅を指定することで、その駅へ到る路線のホーム上の現在の車両構成に応じた適切な乗車地点への経路を生成することができた。さらに経路生成の過程では以下を含む経路を選択できた。
 - － 方向に依存する各エスカレータの利用の可否の反映。ここでは、朝夕で稼働方向の異なるエスカレータも考慮する。
 - － 車椅子のユーザに対する、肢体障害への対応がなされていない階段やエスカレータの回避と、エレベータの積極的利用。
 - － 視覚障害者に対する、点字ブロックに可能な限り沿った経路の選択。

以上の経路生成は、全て 0.2 秒以下で行なうことができた。

4.4 考察

上の結果から、第1の要求であった状況情報の反映が、提案手法を用いることで達成されていることが分かる。PLAMODEL 記述に含まれる各場所の通過条件及び通過コストのコンテキストプロパティをグラフ生成の過程で重ね合わせ、経路探索の際にそれらを反映した経路が選択されている。このことは、ユーザや時間などの与えられた条件により通過不能な場所が生成経路に含まれていないこと、さらに例えば障害者優先のエレベータや点字ブロックなどにおいて利用の優先傾向が反映されていることから確認できる。

さらに第2の要求である幾何的配置の考慮も、同様に達成されていることが確認できる。まず密なオフィスビ

ル環境について、車椅子のユーザに対して通過可能な幅を考慮した上で、適宜障害物を回避する経路を生成することができている。特に部屋内に大きな荷物がある場合にもそれらを回避する経路が生成できた。また、点字ブロックを備えた駅については、健常者に対しては特に考慮を行わないが、視覚障害者に対しては点字ブロックの配置を考慮し、それに沿った経路が生成できている。

経路生成時間に関しては、グラフ生成に比較的長時間を要する一方で、経路探索は短時間で行なうことができた。各段階での計算量は以下のように評価される。まずグラフ生成について考える。ある区画の地面の幾何形状の頂点数と、その形状を構成する辺数は同等のオーダーと考えられる。提案手法では任意の2頂点の組み合わせに対し辺の生成を試み、さらに幅による移動制約導出のために地面の幾何形状の任意の頂点と辺の間の最短線分と各辺候補の交差を計算する。すなわち、 n 個の頂点からなる区画については、辺の候補数が $O(n^2)$ となり、各候補毎に $O(n^2)$ の線分との交差を判定することになる。したがって、状況情報記述に対する操作の時間が定数時間で抑えられると仮定すると、 a 個の区画からなり各区画の頂点数が全て $O(n)$ である環境におけるグラフ生成の最大計算量は $O(an^4)$ となる。一方経路探索については、経路候補グラフの頂点数を n 、辺数を e とすると、移動制約記述評価および目的地条件とのマッチングの回数はそれぞれ最大で e 、 n となる。移動制約記述評価および目的地条件マッチングの時間が定数時間で抑えられると仮定すると、これらに要する計算量はDijkstraのアルゴリズムの計算量 $O(e \log n)$ より小さい。したがって経路探索の最大計算量は $O(e \log n)$ となる。

提案手法では、経路候補グラフは静的な情報を基に予め生成することを想定しているため、経路要求に対するレスポンスを決定するのは主に経路探索に要する時間である。したがって上の評価実験の結果から、少なくとも現時点で想定している環境については、状況情報と環境の幾何的配置を共に反映した妥当な経路が、提案手法により十分現実的な時間で生成可能であると結論できる。

一方でより密な環境やより大規模な環境への適用を考えると、経路生成時間のさらなる向上が求められる。まず上の計算量の議論から明らかなように、区画あたりの構造が複雑な環境においてはグラフ生成の計算量が飛躍的に大きくなる。このことは、複雑な地面の形状を持つ図書館については他の環境と比較してグラフ生成に非常に長い時間を要していることから確認できる。さらに提案手法はあらゆる頂点間の可能性のあるパスを抽出するため、頂点に対して辺の数が多し密な動線グラフを生成する。上の議論から、このことは経路探索に要する時間を大幅に上昇させていると考えられる。これらの課題は、動線抽出の過程でより洗練された戦略を導入することで解決されると期待される。すなわち、ヒトが区別する必要のあるパスのみから構成される、より簡潔な動線グラフを生成することができれば、各段階の計算時間は

大幅に削減されるはずである。

5 おわりに

本論文では、状況に応じたヒューマンナビゲーションの実現のために、状況情報間の依存関係を反映した経路生成手法を提案した。提案手法ではナビゲーションサーバにおいて、我々がこれまでに提案してきた位置モデルに基づく空間構造と状況情報を含む環境記述から、経路候補グラフを予め生成する。実際の経路は、このグラフ上で適宜状況記述を動的に評価しながら最小コスト経路を探索する生成することができる。本論文ではまた、提案手法に基づくテストアプリケーションを実装し、ナビゲーションが必要と考えられる3つの実在する環境に対し適用した。その結果、状況情報と環境の幾何的配置を共に反映した妥当な経路が、十分現実的な時間で生成可能であることが示され、我々の位置モデルに基づくヒューマンナビゲーションの実現可能性が確認された。

謝辞

本研究の一部には、21世紀COEプログラム「次世代ユビキタス情報社会基盤の形成」の成果、および文部科学省科学研究費補助金(特別研究員奨励費 17・54081)の成果が含まれています。

参考文献

- [1] Baus, J., Krüger, A. and Wahlster, W.: A Resource-Adaptive Mobile Navigation System, *Proceedings of the 7th international conference on Intelligent user interfaces*, pp. 15–22 (2002).
- [2] Becker, C. and Dürr, F.: On location models for ubiquitous computing, *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 9, No. 1, pp. 20–31 (2005).
- [3] KDDI: EZ ナビウォーク, <http://www.au.kddi.com/ezweb/service/ez-naviwalk/>.
- [4] Malaka, R. and Zipf, A.: Deep Map - challenging IT research in the framework of a tourist information system, *Information and communication technologies in tourism 2000*, pp. 15–27 (2000).
- [5] O’Connell, T., Jensen, P., Dey, A. and Abowd, G.: Location in the Aware Home, *Workshop on Location Modeling for Ubiquitous Computing, UBICOMP 2001*, pp. 41–44 (2001).
- [6] Ran, L., Helal, S. and Moore, S.: Drishti: An Integrated Indoor/Outdoor Blind Navigation System and Service, *Proceedings of the Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom’04)*, p. 23 (2004).
- [7] Sakamura, K.: Ucode Architecture and RFID, *2004 RFID International Symposium(Korea)*, pp. 3–24 (2004).
- [8] ubiquitous ID Center: ucode, <http://www.uid-center.org/japanese/uid.html>.
- [9] 国土交通省: 自律移動支援プロジェクト推進委員会, <http://www.jiritsu-project.jp/>.
- [10] 越塚登, 坂村健: ユビキタス ID 技術とその応用, *電子情報通信学会誌*, Vol. 87, No. 5, pp. 374–378 (2004).