

状況適応型 PNS アルゴリズムの検討

川端将之[†] 日裏博之[‡] 上田真由美[¶] 上島紳一[†]
 関西大学総合情報学部[†] 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社[‡]
 名古屋大学情報連携基盤センター[¶]

1 はじめに

近年、移動体情報端末の高度化やネットワーク技術の発達を背景に、移動体情報端末による歩行者ナビゲーションが注目を集めている[1][2]。既存の歩行者ナビゲーションサービスは、提供コンテンツの豊富さや見せ方に着目し、提供経路は一樣のものが多い。しかし実際の利用場面では、歩行者は車や電車での移動と異なり、状況の変化に敏感に反応し、晴雨によって利用者の求める経路は異なることや、高齢者はなるべく階段の少ない経路を好むといったことが考えられる。そこで本稿では、周囲の状況や利用者個人の目的に応じて歩行者の移動経路を提供する歩行者ナビゲーションシステム(Pedestrian Navigation System, 以下 PNS と記す)を提案する。提案システムは、利用者が移動する地理的な平面をメッシュ状に分割してグラフで表現し、グラフのエッジに得点付けを行うことによって、個人の目的に応じて移動経路を変更できる特徴を持つ。ここでは、利用シナリオに応じたシミュレーションにより、提案手法の有効性を示し、今後の利用可能性について検討する。

2 状況適応型 PNS のアルゴリズム

理想的な歩行者ナビゲーションは単純に最短経路を提供するだけでなく、個人の状態と周囲の状態に応じて、個人ごとに異なる経路を提供することが求められる。本章ではこのようなナビゲーションを実現するための、状況適合型 PNS の実現手法について述べる。

2.1 地理的平面のグラフ表現

利用者が移動する地理的な平面(以下、地理的平面と記す)をメッシュ状に分割し、メッシュをノード、メッシュ間のつながりをエッジとする 4 点近傍のグラフに近似することにより、経路探索のアルゴリズムを簡素化することができる。また、グラフ上での最短経路に置き換えることにより、Dijkstra 法を使うことが可能となる。ただし、メッシュ状に分割した地理的平面をグラフ化するだけではノード間の距離が全て同じとなり、最短経路は一意に決定しにくい自由度のある経路集合となる。これは、地理的平面を同じ大きさのメッシュで区切り、メッシュ 1 マスを移動単位と考えたことに起因する。

2.2 エッジの得点付けと最適経路の導出

前節で述べた問題から、本手法はメッシュ間の長さが一定であるためリンク長のコストを利用した Dijkstra 法を適応させることは困難である。そこで、出発地の位置と目的地の位置の相対的な距離関係を利用しユークリッド距離における最短距離に近いメッシュ間のコストを最

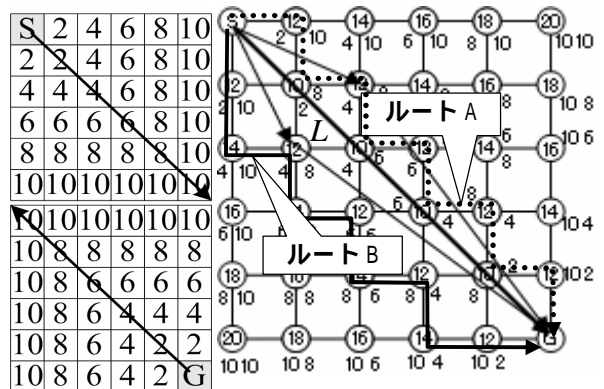


図 1 コストの伝播モデルの例

も低くし、コストは遠ざかる距離に応じて高くなるように全メッシュ間にコストを与える。出発地点の位置(S)に対応するメッシュに当てはめ、その地点のメッシュのコストを $S_{cost} = 0$ とし、始点メッシュと呼ぶ。また、同様にして目的地点(G)を終点メッシュと呼び、その地点のメッシュのコストを $G_{cost} = 0$ とする。始点・終点メッシュそれぞれを起点とする正方形の波紋が広がるように、コストの波を起こす(図 1 左)。コストの波の計算式は $S_{cost} = 2 \times dis$, $G_{cost} = 2 \times dis$ (dis は始点または終点からの距離。 dis 共に $dis = \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$) である。本モデルにより、両点から離れるにつれて、移動コストが増大するようにコストをかけることができる。次に、両点から起こしたコストの波をメッシュごとに加算 ($Node_{cost} = S_{cost} + G_{cost}$) する。これら 2 つのコストを合計したものをそのメッシュの総コストとする。以上の処理を行った結果、最小コスト群が(S)と(G)を結ぶ直線(L)付近に現れ、直線(L)から離れるにつれてコストが増加しているのがわかる(図 1 右)。これは、三角形の二辺の和は他の一辺よりも長いという三角形の公理に沿ったコストの算出法であり、最短経路からどの程度離れているかを示す指標となる。最後に、メッシュ間のつながりをリンク長のコストとして扱うため、メッシュ間の平均コスト ($Path_{cost}(S, G) = (S_{cost} + G_{cost}) / 2$) を各エッジに与える。図 1 右を例に取ると、(S)と(G)を結ぶ経路の総コスト $Path_{cost}(S, G)$ は、ルート A では $Path_{cost}(S, G) = 50$, ルート B では $Path_{cost}(S, G) = 53$ となり、やはり(S)と(G)を結ぶ直線を離れるにつれてコストが増大している。

上記の方法により、最短経路を導くことができた。次に、空間の特徴に着目し、環境等の状況に応じた移動経路の変更方法について述べる。移動経路の変更は、上記の方法で与えたコスト以外のコストをメッシュに加算す

“A Context-Adaptive PNS Algorithm and Its Applications”

[†] Faculty of Informatics, Kansai University

[‡] Hitachi Software Engineering Co., Ltd

[¶] Information Technology Center, Nagoya University

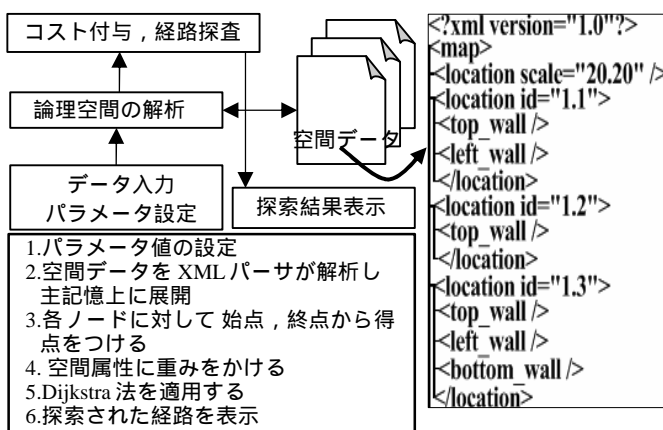


図2 シミュレータの構成

ることで実現できる。ある状況時に必要な属性を持つ空間に対して、その地点に対する重みをつけることで現すことにする。具体的な方法としては、環境の状況に応じて、上述したメッシュ空間の距離に応じたコストに対して、必要な空間属性が存在する地点に様に負の重みをかける。また、それ以外の地点には様に正の重みをかける。これは Dijkstra 法では総コストが一番低く(または高く)なる経路を解とするためである。環境特徴に応じて、動的に重み付けをつけることで、

- 遠回りでも雨に濡れない経路を探したい
- 雨には濡れたくないが、遠回りするくらいなら多少濡れても近い道を探したい
- 暗い夜道より街灯のある明るい道を探したい
- 足が痛いので平坦な道を探したい
- ベビーカーを利用しているので、平坦で人ごみの少ないルートを利用したい。

といった様々な条件に応じた経路の提供が可能になる。

3 プロトタイプシステム

3.1 プロトタイプシステムの構築

2.2 節で述べた手法を用いて利用者の目的に応じた移動経路を提供する状況適応型 PNS のプロトタイプシステムを構築した。プロトタイプシステムは Java(Java 2 SDK JDK1.5.0-beta2)を用いて構築し、論理空間の構築に XML(XML ver.1.0)を利用した。これにより、拡張性や記述しやすさ、階層構造を持たせやすさ、ファイルサイズの小ささといった XML の利点を生かし、空間の特徴を柔軟に記述することが可能となる(図 2 左)。また、XML で記述された空間データを解析するのに XML パーサ(DOM level 1)利用する。図 2 に本システムの処理の流れを示す。シミュレーション条件が各種パラメータ値としてシステムに受け渡される。論理空間解析部は、空間データを XML パーサで主記憶上に展開する。次に、各メッシュ間にコストを付与し、条件に応じて空間属性によるコストを加算(減算)する。最後に、Dijkstra 法による経路探索を行い、探索された経路を表示する。

3.2 プロトタイプシステムの利用

本節では以下の利用シナリオに基づいて、シミュレーションを行った。

シナリオ:あるイベント会場で、ベビーカーを利用している親子連れが、人ごみを避けて通ることのできる経路を検索したい。

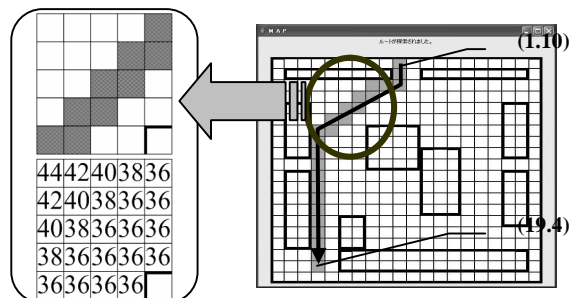


図3 最短移動経路の検索結果

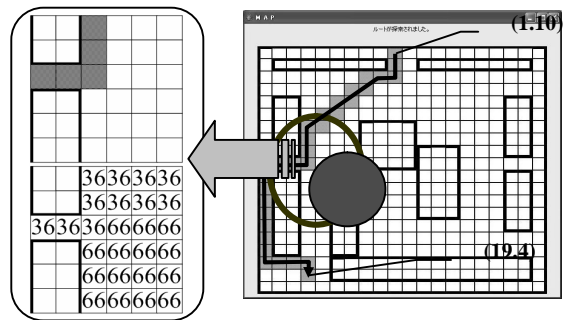


図4 状況による移動経路の検索結果

条件: 出発地点を(1.10)、目的地点を(19.4)

天候は「晴れ」、昼夜設定は「昼」

また、比較対照のため混雑度を無視する場合のシミュレーションも行った。図 3 に「混雑無視」、図 4 に「混雑回避」のシミュレーション結果を示す。灰色部分が提供された移動経路を示す。本稿では見やすさを考慮して矢印を表示している。図 4 の丸印は混雑している。「混雑無視」の場合は、混雑度情報が存在するメッシュの空間属性を考慮せず、2 地点間の最短経路が提供される(図 3)。また、利用者の位置と目的地を結び直線上に障害物がある場合でも、本アルゴリズムは、最短経路を導出することが可能であることがわかった。次に、出発地点、目的地の座標値はそのまま、「混雑回避」を選択した場合の経路を検索した。本システムは、混雑度情報の存在するメッシュへ得点付けを行い、混雑している場所を避けて脇道にそれて目的地を目指す経路を検索した(図 4)。以上のことから、本稿で提案するシステムは歩行者の目的に応じた経路を検索できることがわかった。

4 おわりに

本稿では、地理的平面をメッシュ状に分割しメッシュ間に移動コストを与えることで、個人の状態と周囲の状態に応じて、個人ごとに異なる経路を提供する PNS について述べた。さらに、プロトタイプシステムを構築し、実際の利用場面を想定したシナリオに基づいたシミュレーションにより提案システムの有効性を検証した。

今後の課題として、実環境での評価実験による提案システムの有効性の検証とスケーラビリティの確保があげられる。さらに個人別コスト付けルールの検討などが考えられる。

参考文献

- [1] KDDI au : EZナビウォーク : http://www.au.kddi.com/ezweb/au_dakara/ez_naviwalk/
- [2] M-stage : http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/mstage/
- [3] 日裏 博之ら : 仮想空間を用いた状況適応型歩行者ナビゲーションシステムの提案, 信学会(DEWS2004)2004-3