

手書き地図を用いたロボットインターフェースの開発

Development of the Robot Interface Using the Handwriting Map

○中嶋崇夫、大久保重範、及川一美、高橋達也

○Takao Nakajima, Shigenori Okubo, Kazumi Oikawa, Tatuya Takahashi

山形大学

Yamagata University

キーワード：手書き地図 (Handwriting map)、トポロジカルマップ (Topological map)、細線化 (Thinning)、
グラフ構造 (Graph structure)

連絡先：〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16
山形大学 工学部 機械システム工学科 大久保研究室

中嶋崇夫、Tel.: (0238)26-3245、Fax.: (0238)26-3245、E-mail: g03129@dipfr.dip.yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

本研究では簡単な手書き地図をもとに、ロボットを目的地へ移動させるためのロボットインターフェースの開発を目的としている。

普段、人間が荷物を届けたり、お使いに行く時に、目的地への行き方がわからない場合は地図を見るなり、人に道を聞くなりして仕事をこなす。ロボットに同様のことを行わせようと思うと、正確な地図が必要となる。しかし、人間の場合、誰かに簡単な地図を描いてもらい、それをもとに目的地にたどり着く事ができる。

現在、人間と共存するロボットの開発が盛んに行われており、一般の人にとってもロボットが身近なものとなってきている。その中で、誰にでも容易にロボットを扱うことができるようにするため、簡単な手書き地図をもとに、ロボットを目的地へ移動させたいと考えている。

これを実現するためには、次の2つの方法を確立しなければならない。

- ロボットへの簡単な地図教示方法
- 与えられた簡単な地図をもとに、ロボストに目的地へたどり着く方法

ロボットへの簡単な地図教示方法の実現に際し、普段身近に利用している手書き地図に着目することは有効であると考えられる。また、普段利用する手書き地図は距離や角度の情報が曖昧であるため、地図の表現にはトポロジカルなデータ構造が適しているといえる。

これからロボットが便利な道具として普及していくためには、タスクに対して柔軟であり、インターフェースはできるだけ直感的に分かりやすいものが望まれる。

以上のことから、本研究では、手書き地図からロボットが利用できるインターフェースの実現を

目的とする。

2. システム概要

本研究で実現するシステム概要をFig.1に示す。

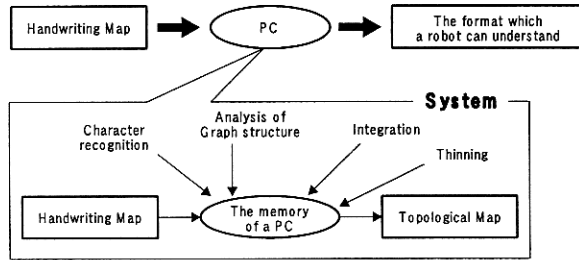


Fig. 1 System outline

手書き地図はそのままでロボットが利用することができない。そのため、PCによる処理によってロボットが理解できるフォーマットで出力する必要がある。

3. 道路ネットワーク抽出の流れ

- 1) 地図画像を道路とそれ以外の部分に分割し、その2つの要素の色を変えることで地図を2値化する。
- 2) 2値化された地図から道路の部分に対して細線化処理を行う。
- 3) 細線化後の画像からグラフ構造を認識する。

以上の行程によって道路ネットワークが抽出できる。

3.1 2値化画像抽出

道路と背景のみを出力した地図を、ピクセルごとに白画素、黒画素として2値化する (Fig.2)。

3.2 細線化処理

2値化された地図の道路部分について細線化処理を施す。細線化とは、線幅を持つ画像から線幅1の画像を得る操作である。細線化に関する研究は

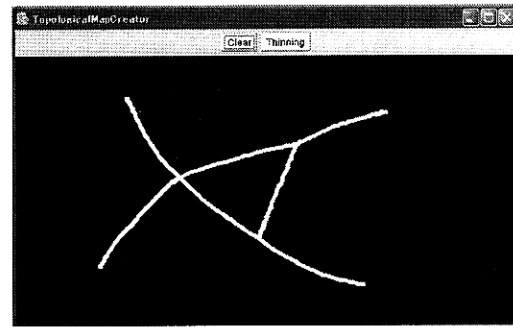


Fig. 2 The map picture divided into the road and the other element

数多くあり、提案されている手法も数多くある。

本研究では、比較研究¹⁾で比較的よいとされるHilditchの細線化法²⁾を採用する。また、対象物の連結数は8連結を採用しているため、Hilditchの細線化法を行った画像は完全8連結となる。

Hilditchの細線化法による細線化処理は、除去可能点を毎ステップ削除していくという繰り返し操作であり、除去可能点がなくなった段階で終了する。この除去可能点は、画像をラスタ走査していき各画素が除去可能条件を満たすか判定することで決定される。注目画素を P_0 として、以下の除去可能条件と照らし合わせる。

- P_0 は白画素である
- P_0 は連結領域の境界に存在する
- P_0 は端点ではない
- P_0 は除去したとしても連結性を変化させない
- P_0 は孤立点ではない
- P_0 は近傍画素と同時に消去しても連結性が保存される

これらの条件を満たす画素を各ステップ除去していくことで細線化が進む。Fig.2について、上記の方法で細線化処理を施した地図がFig.3である。

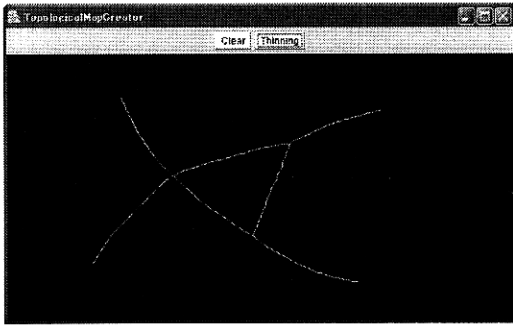


Fig. 3 The map after Thinning

3.3 ノード連結

本研究ではHilditchの細線化法を採用しているため、細線化後の画像は完全8連結となっている。したがって、注目画素の8近傍の連結画素数に注目することで、その画素がノードであるかを判断することができる。8近傍の連結画素数ごとに分類すると次のようになる。

- 連結画素数=1 ⇒ 端点（ノード）
- 連結画素数=2 ⇒ 連結点（アーク）
- 連結画素数 ≥ 3 ⇒ 交差点（ノード）

次に、ノード間の連結関係抽出について、画像中からノードが確認されているので、ノードから連結関係をトレースしていく。到達したノードが連結しているノードであり、2つのノード間にリンクを生成する。この作業を繰り返すことでグラフ構造を認識することができる。

ちなみに、この情報がなければ、ロボットが交差点に差しかけたときに、環境に情報が埋め込まれていない限り、どの道に進めば目的のノードに到達することができるか判断できなくなってしまう。つまり、この情報があれば、自分が今通ってきた道を基準に考えて、どの道に進めば目的のノードに到達することができるかを判断することができる。

しかし、グラフ構造認識において、この操作後細線化の致命的問題点がある。

4. グラフ構造認識における問題点

細線化後のFig.3は一見何の問題も無いように思える。しかしノード部分を拡大してみると、本来ノードが1つ生成されるべき場所に、ノードが2つ生成されている（Fig.4）。

4.1 グラフ構造認識における細線化後の問題点

手書き地図の描き方によっては、グラフ構造認識はノード間の連結関係を表すものであるから、このまま処理を進めてしまうと誤ったトポロジカルマップが得られてしまうことになる。

この原因は線幅にあると考えられる。細線化は、線の境界から毎ステップ1ピクセルずつ線を削っていく。このため、線幅が太い部分が局所的にあると、その部分だけ細線化が完了するまでにステップ数がかかってしまう。このように同時に細線化が終了しないとき、本来1点に収束するべきノードが分かれて不要ノードを生成してしまうということが分かっている。

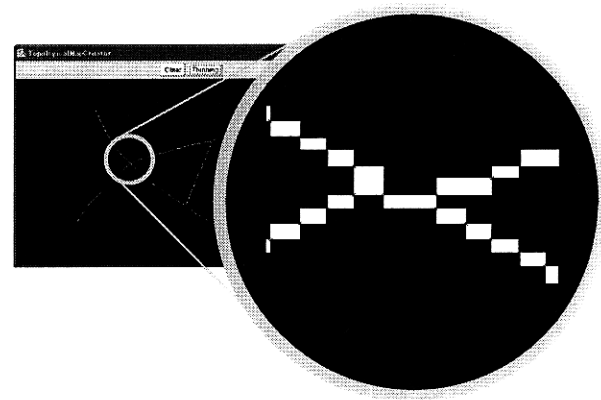


Fig. 4 The enlargement near the node

4.2 細線化の問題における解決方法

正しいノードであれば、ノード間距離は必ず線幅以上になっているはずである。なぜなら、ノ-

ド間距離が線幅未満のノードは線でつぶれて描けないからである。このことを利用して、ノード間距離が線幅以下の2つのノードを統合することで本来存在しない不要ノードを消すことができる³⁾。

5. 今後の課題

今後の課題として次のようなことを考えている。

- 複数の道が集合する交差点での不要ノードへの対応

細線化の問題における解決方法によって解決済みと思われたが、複数の道が集合する交差点では道が重なることが多く、線幅が著しく大きくなってしまふことがある。このような場合、先ほどと同じ理由から不要ノードが生成され、また、不要ノードの距離が平均的な線幅よりも大きくなってしまふことがある。

- 不確かな地図に基づくロバストなナビゲーションの検討

人間が普段利用している手書き地図は、実際の環境と完全な対応関係がとられているとは限らない。例えば、目的地に到達するために必要な最低限の情報は地図に書き込まれるが、通る必要のない小道や交差点は地図に書き込まれない。また、目印にしている建物・ランドマークが新しく異なるものになっている場合などである。

人間は以上のような場合においても目的地に到達できる。前者の場合は、実環境から得られる情報の中から不必要なものを無視することによって行っていると思われる。また、後者に関しては、その場で分からなければ移動してみて、周りの情報と地図との整合性を推測することでうまくこなしていると考えられる。

このようなことを参考にしてロボットのナビゲーション手法を考えることで、不確かな地図が与えられても目的地まで到達できるロボットが実現できるのではないかと思う。

6. おわりに

本研究では、手書き地図を用いたロボットインターフェイスについて考えた。しかし、これまで示してきた課題や問題点など以外にも、これから解決しなければならない問題は山積である。これらの問題をひとつずつ解決し、実環境での実用を可能にしたい。

参考文献

- 1) 田村 秀行: 多面的画像処理とそのソフトウェア・システムに関する研究、電子技術総合研究所研究報告 第835、25/64 (1984)
- 2) C. J. Hilditch: Linear skeletons from square cupboards, in Machine Intelligence IV, University Press, Edinburgh, 403/420 (1969)
- 3) 寺林 賢司: 手書き地図による自律移動ロボットのためのトポロジカルマップ作成インターフェイス、北大卒業論文、40/41 (2001)