

電動車椅子搭載カメラを用いた バリアフリーマップ用歩道情報自動収集

Automatic Collection of Sidewalk Attributes for Barrier/Barrier-free Map
using Camera mounted on Electric Wheelchair

香山 健太郎*1
Kentaro KAYAMA

矢入 (江口) 郁子*2
Ikuko Eguchi YAIRI

*1 独立行政法人 情報通信研究機構
National Institute of Information and Communications Technology

*2 上智大学
Sophia University

We describe an algorithm for abstracting sidewalk region and recognizing constituent of sidewalk border, width and road surface condition from images obtained by stereo vision camera mounted on an intelligent electric wheelchair.

First, we construct elevation map from stereo image obtained at each moment. Next, probability that each point belongs to sidewalk borderline is calculated and smooth closed curve which pass high probability points is selected. This curve is a candidate of the borderline of sidewalk. Then, the closed curve is split into short curve and each curve is checked whether it is appropriate to borderline and what type of borderline it is.

These curves extracted from a series of obtained stereo images are integrated based on trajectory of the wheelchair and some attributes of the sidewalk are calculated from it.

1. はじめに

我々は、高齢者・障害者の移動を包括的に支援する枠組みとして、ロボティック通信端末 (Robotic Communication Terminals, RCT) の研究開発を行ってきた [矢入 07, Yairi 06]。その一環として、屋外の各歩道の様々な属性を保持し、個々人の身体状況や好みに応じたルート検索が可能な歩行者支援のための地理情報システム (GIS) を作成している。

この歩行者支援 GIS(我々は「バリアフリーマップ」と呼んでいる) は、屋外の各歩道の分岐点から分岐点までを1つのラインとし、各ラインについて、道路状況・交通量・形状・路面状態・道幅など125種類の属性が設定されている(表1)。ルート検索の際には、これらの属性と設定された身体状況などから、各ラインを通るのに必要なコストが計算され、それが全体として最小となるようなラインが選ばれる。

しかし、これらの属性情報の収集・更新にはかなりのコストが必要となる。そこで、本研究では、同じくRCTの一環として開発された知能化電動車椅子 [香山 04] に搭載されているステレオカメラから得られる画像から歩道情報を自動的に抽出することによって、情報収集のコストを低減させることを目指す。

2. 処理の流れ

歩道情報を求めるためには、まずセンサデータから歩道領域を抽出する必要がある。そこで、歩道を、滑らかな直線あるいは曲線からなる「歩道境界」で取り囲まれる領域であり、歩道境界は段差あるいは特定の幅を持った白線で構成されると定義する。

また、電動車椅子は数十 [cm] の誤差で各画像間の移動量が取れるものとし、さらに、GPS で数 [m] 程度の誤差で現在位置が取れるものとする。

そして、どの地点からどの地点までが一つのラインとみなせるかなどの歩道ネットワーク情報は既に得られているものとする(既存の地図から作成可能であり、市販もされている)。

これをもとに、以下のような手順で処理を行う。

- 単一画像処理: 入力されたある瞬間のステレオ画像から、その画像上にある歩道境界候補線を求め、それぞれの境界を構成する物体を推定する [香山 08]
 - 連続画像処理: 単一画像処理で求めた情報を、推定された電動車椅子の移動量をもとに統合し、一つのラインにおける歩道領域の性質を求める
- 以下でそれぞれの処理について述べる。

3. 単一画像処理

本節では、知能化電動車椅子の前面に取り付けたステレオカメラで撮影したステレオ画像から、歩道境界候補線、およびそれがあらず構成物を求める方法について述べる。

まず、入力されたステレオ画像から、地面の凹凸による微妙な傾きやノイズを除去した上で、それを高さ地図に変換する。そして、高さ地図から、各地点 (X, Y) が歩道境界に属する確率 $P(X, Y)$ を求める。

歩道境界は次のような性質を持つ。

- 主路面の周辺に位置するため、歩道境界の高さは主路面とほぼ同じである
- ある程度の大きさの段差があれば(縁石は15cm程度の高さであることが多い) それは歩道境界である可能性が高い

表 1: Contents of pedestrian supporting GIS

交通量	車	0:なし、1:少ない、2:多い
"	自転車	0:少ない、1:多い
"	人	0:少ない、1:多い
道路形状	カーブ	0:なし、1:カーブあり、2:曲がり角
"	曲がり方	0:見通し良い、1:見通し悪い
"	方向	0:なし、1:右、2:左、3:複合
路面状態	材質	0:舗装、1:埋込歩道、2:舗装なし
"	路肩状態	0:なし、1:非舗装、2:側溝(ふた有)、3:側溝(ふた無)、4:側溝(埋込、傾斜)
車道との境界		0:なし、1:ガードレール、2:白線、3:段差
歩道幅		0:~80cm、1:80~160cm、2:160cm~

連絡先: kayama@nict.go.jp

- 輝度値のエッジが出る部分は歩道境界である可能性があるが、必ずしもそうであるとは限らない
- 歩道境界はある程度の長さで連続した滑らかな直線・曲線となる

そこで、これを満たすように $P(X, Y)$ の計算式を設定した。そして、 $P(X, Y)$ に外周を表す値を加えたうえで、 $P(X, Y)$ の大きな点をつなぐ閉曲線を求め、それを入力画像における歩道境界候補線とする。ここでは、 $P(X, Y)$ をエネルギー関数とした動的輪郭モデルを用いている。

最後に、このように求めた境界線を、長さ 20[cm] ごとに分割し、それぞれが縁石・壁・ガードレール・溝・白線・非境界のどれに属するかを求める。ここでは、境界線の左右 5~30[cm] の地点での高さ値の平均を求め、その差を比較することによって判別を行っている。

4. 連続画像処理

そして、次の 3 種類の情報を統合して、各ラインの属性情報を得る。

- 前節で求めた単一画像処理結果
- 電動車椅子の内部センサや画像列から求めた移動軌跡
- 歩道ネットワークデータ (各ラインの属性は含まない)

まず、前節のような単一画像処理によって求めた境界線を、電動車椅子の内部センサや画像列から求めた移動軌跡をもとに統合する。このとき、GPS 情報と、歩道ネットワークデータとを参照して、同一のラインに属すると考えられる部分のデータのみを統合の対象とする。

そして、その統合画像に対して動的輪郭モデルを適用して長い距離にわたっての歩道領域を求める。

このようにして求めた歩道領域について、道幅を求める。また、境界線に囲まれる領域の高さ値の分散を求め、歩道の凹凸具合を判定する。

5. 実環境での実験

本研究では、市販の高齢者向け低速移動ビークルであるスズキ社のセニアカーを改造した知能化電動車椅子 (Fig.1) に、ステレオカメラとして PointGrey 社の Bumblebee を搭載して実験用の画像を取得した。セニアカーは、最高速度が 6[km/h] であり、歩道を走行することが法的に可能である。

そして、独立行政法人情報通信研究機構小金井本所内の歩道・車道が一体化した道路を走行してデータを取得し、上述の処理を行った。

その環境、および単一画像処理の結果を Fig.2 に示す。

最上段が入力画像、二段目が歩道境界に属する確率 $P(X, Y)$ (白黒の濃淡で示す) に動的輪郭モデルを適用して求められた歩道境界候補の閉曲線、三段目が歩道境界候補線の種別を判別した結果である。赤・橙は壁タイプ、黄色は壁タイプまたは縁石タイプ、青・水色は縁石タイプの可能性が高いことを示す。

また、二段目・三段目の黄色の格子の一边は 1[m] を示す。

6. おわりに

本論文では、知能化電動車椅子に搭載したステレオカメラにより得られた屋外道路の画像から、歩道領域を抽出し、歩道境界構成物・道幅・路面状態を求めるアルゴリズムについて述べた。



図 1: Low-speed outdoor mobile vehicle with stereo vision camera

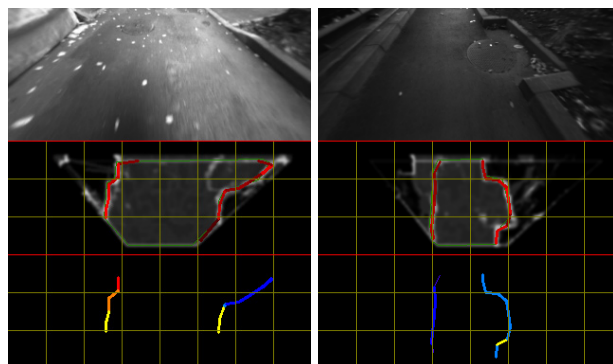


図 2: Result of borderline detection

今後の課題として、処理速度をさらに上げること、より非構造的な環境において実験を行い、そのような環境での属性抽出性能を上げることなどがある。

参考文献

- [矢入 07] 矢入 (江口) 郁子, 猪木誠二: 高齢者・障害者の移動を支援するユビキタスシステム研究と成果の技術移転, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.770-779 (2007).
- [Yairi 06] I. E. Yairi and S. Igi: Mobility Support GIS with Universal-designed Data of Barrier/Barrier-free Terrains and Facilities for All Pedestrians Including the Elderly and the Disabled, *IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics*, pp.2909-2914 (2006).
- [香山 04] 香山健太郎, 矢入 (江口) 郁子, 猪木誠二: 周囲の環境を認識・提示するユーザ搭乗型屋外移動ビークル, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 6, No. 1, pp. 91-96 (2004).
- [香山 08] 香山健太郎, 矢入 (江口) 郁子: 低速移動ビークル搭載カメラによる歩道境界の自動抽出, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'08, (to appear).