

発表 番号	6	平成 1 2 年度 海洋電子機械工学専攻学位論文要旨					平成 13 年 2 月 15 日
論文題目		カラー・エッジ情報に基づく移動ロボットの走行領域検出と走行法					
学籍番号	CK003011	氏名	中井 武志		研究室名	電気工学	

1. はじめに

ロボットの研究では、人間の五感や五体の代替機能に関する研究がされているが、その中でも視覚からは多くの情報が得られるため、多数の研究が行われている。ロボットの視覚において重要なのは、まず第 1 に、自ら移動できる領域を認識することである。すなわち、壁や他の移動の障害となる物体を瞬時に検出し、その距離を計測しなければならない。視覚による距離計測では、ステレオ視を用いるのが一般的である。しかし、ステレオ視覚には特徴の対応付けに多大なる計算を必要とし、処理時間がかかる。また、カメラを 2 台以上積むので、小型化しようとすれば限界があり、コストも高くなっていく。

そこで本研究では、まず、ロボットのコストやプログラムの手軽さなどを考え CCD カメラを 1 台使用することを前提とし、得られる画像のカラーおよびエッジ情報から走行可能領域を検出する手法を提案し、それを応用した走行実験を行う。本提案手法では、カラーとエッジという基本的な情報を上手く組み合わせることで、高速かつ高い信頼性を持って走行可能領域を検出できる利点がある。

2. 安全走行領域検出方法

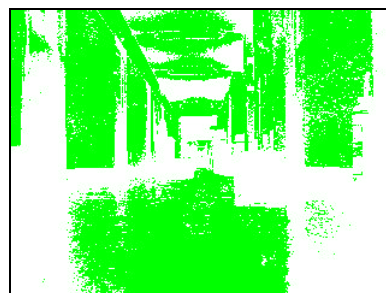
図 1 を例に安全走行領域を検出する手法を説明する。最初に移動ロボットから見てすぐ手前の部分は走行できる床である(はじめから危険な場所に移動ロボットを置かないものとする)と仮定し、撮像する CCD 画像中央最下部を情報収集領域(以後、ウィンドウと呼ぶ)と設定する(図 1 (a)参照)。そのウィンドウ内の色は安全に走行できる領域(以後、安全走行領域とする)であると仮定して、その全画素のカラー(RGB 値)を記録する。そして全画面中から記録したものと同一 RGB 値をもつ領域を抽出する。結果を図 1 (b)に示す。

図 1 (b)を見てわかるように、確かに床面中央部は安全走行領域と検出されているが、壁や天井、その他なども検出されており、床面の両端部分が検出されていない。これは、ウィンドウ内の床のカラーよりも両側の床のカラーが暗いためである。カラー情報だけでは床面や天井・壁の区別やその他の障害物との正確な境界の検出は難しいと考えられる。そこで、画像中の明るさや色の大きく変化するエッジの検出を行った(図 1 (c))。この結果からわかるように、エッジ検出の問題点は、照明の反射光の周囲がエッジとして検出されてしまうなど、障害物ではない所にもエッジが存在する可能性があることである。

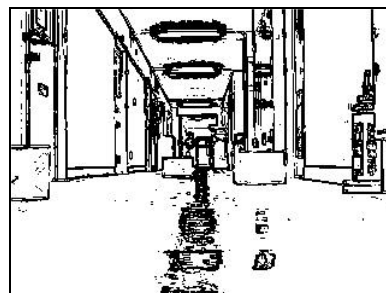
以上のように、カラー情報もエッジ情報も単独で用いたのでは、欠点があり正しく安全走行領域の境界が検出できない。そこで、両方を統合した処理を考える。すなわち、図 1 (d)に示すように、カラー情報検出結果の内部に含まれるエッジは無視してもよいことがわかる。また、移動ロボットから見て最も手前の安全走行領域の境界が重要であるから、画像下部のエッジにさえ着目すればよい。以上のことを考慮して最終的な処理を行った結果を図 1 (e)に示す。壁や障害物との境界が正確に検出されていることがわかる。



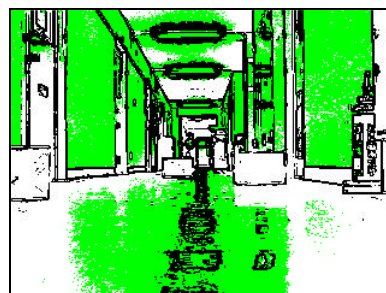
(a)



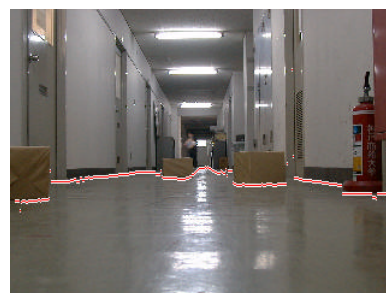
(b)



(c)



(d)



(e)

図 1 安全走行領域の検出過程

3. カメラのキャリブレーションと障害物マップの作成

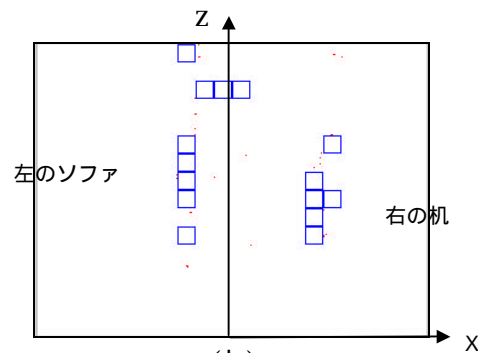
安全走行領域検出を行った画像だけでは移動ロボットと障害物等までの距離がわからないため、画面上の座標と実際の3次元空間上の座標との対応関係を求める必要がある。そのために、カメラのキャリブレーションを行った。通常、カメラのモデルはピンホールカメラモデルがよく用いられるが、今回使用したレンズは広角系であるため、 $r = f \cdot q$ で表されるレンズ特性のモデルを用いた。このモデルは画像の投影面が半径 f の球面になった場合に相当する。このモデルを用いてキャリブレーションを行い、未知のパラメータ f と、画像中心 (x_0, y_0) を決定した。得られたパラメータを用いて次式 (1) により、画像上の座標 (x, y) から床面の座標 (X, Y, Z) を求めることができる。ただし、 Y_0 は床からカメラまでの高さである。

$$X = \frac{x - x_0}{y - y_0} Y_0, \quad Y = Y_0, \quad Z = \frac{\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}}{y - y_0} Y_0 \cdot \cot \left(\frac{\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}}{f} \right) \quad (1)$$

(1) 式を用いて画像上の安全走行領域の境界の床面での座標を求め、さらに、床面を 15 cm 間隔のブロックで区切り、そのブロック内の障害物の有無を調べた。図 2 (b) は、図 2 (a) から求めた障害物マップであり、左側にソファ、右側に机、正面に壁を障害物として正確に認識している事がわかる。



(a)



(b)

図2 障害物マップ

4. 走行方法と実験結果

障害物回避のとき、第一に考えなければならないのは移動ロボットの安全である。そのため、回避行動に余裕を持たせることを考えた走行条件と走行経路を考える必要がある。安全に走行させるための条件として、移動ロボットの進行方向に 60 cm (4 ブロック) 以上の空間がなければ、移動ロボットは進めない、進行方向が障害物等で進路が 2 つに区切られた時、ロボットは回避距離の少ない方へ回避する、回避するときに障害物との距離は移動体の中心から 30 cm 離れていること (移動ロボットの幅は 30 cm)、移動速度は制御しやすいように 10 cm/s とし、障害物の検出距離は最大 150 cm とする (移動ロボットの 5 倍) を定めた。また、移動ロボットに搭載のカメラ位置が低いため撮像する画像の下から 30 % ぐらいまでは移動ロボット前方直近の床が写る。このため、ウインドウの幅は画像面いっぱいにとり、高さは画面全高の 30 %、20 %、10 % の 3 種類に変えて実験を行った。

この実験から、壁に近く移動ロボットの進行方向の正面にある障害物や進行方向にかかっている障害物などは回避できることがわかった。障害物と移動ロボットが通路の中央に寄るにつれて、回避に失敗するようになったが、この主な原因は、今回は障害物の手前側の境界しか認識させていないので、壁の裏側にはいはずの道を認識するため、走行アルゴリズムの改善で比較的に簡単に対処できると考えられる。

5. まとめ

今回は、カラーとエッジという基礎的な画像処理を統合して安全走行領域を検出し、さらに、床面の障害物マップを作成して走行実験を行った。その結果、壁沿いに障害物と移動ロボットがともに壁に近いとき、上手く走行しており、障害物の認識が正しく行われている事がわかった。今後の課題としては、ウインドウの大きさの設定、統合処理をする際のエッジ周辺のカラーの割合、障害物マップのブロックの大きさ、走行アルゴリズムの改良について検討していく必要がある。