

## 画像処理による距離計測 Measurement distance by image processing

藤原 明裕  
Akihiro Fujiwara

### 1. はじめに

ロボットが移動する際、ロボットに予め地図情報を与えて走行させることや、人間が遠隔操作を行うなどが現状で、自律した移動にまでは至っていない。正確な位置情報が与えられていても、ロボットの進行方向に地図情報がない障害物を置かれると、予期せぬ状態のため対処できない。そのため、常に変化する屋外など未知の環境では、人間の指示なしにロボットを走行させることは困難である。自律した移動ロボットを実現するために、ロボット周囲の環境の認識が不可欠となってくる。

そこで、ロボットとロボット周辺の障害物の3次元位置情報を取得させることで、ロボットの自立移動を実現させる。本研究では、2台のカメラを使って、得られた左右の画像をマッチングさせることにより、カメラで撮影された対象物までの距離を求めることを目的とする。そのため、どのようにして左右の画像上の現れた対応点を正確に見つけられるかが重要となる。本論文では、対応点の探索をする際に用いた手法について主に述べる。

### 2. 対応点の探索処理

#### 2.1 ステレオマッチング

カメラの高さは同じとすると、対応する点同士は画像上で同じ高さに位置する。また、カメラの光軸を平行にすると、右の画像上のある点と対応する左画像上の点は、必ず右画像の横方向の座標よりも右側の位置に存在する。

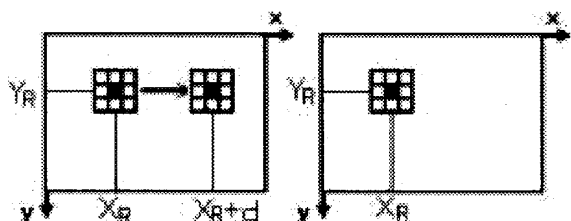


図1. ステレオマッチング

#### 2.2 色情報による探索範囲の限定

左右の画素の対応付けをする際に、互いの画素の色が近い場合のみに探索範囲を限定する。左右の画像 RGB 値が以下の条件を満たさなければ、対応しないものとする。

$$|R_{left}[X_R + d][Y_R] - R_{right}[X_R][Y_R]| < 30$$

$$|G_{left}[X_R + d][Y_R] - G_{right}[X_R][Y_R]| < 30$$

$$|B_{left}[X_R + d][Y_R] - B_{right}[X_R][Y_R]| < 30$$

#### 2.3 局所領域内の色の配置パターン

図2は、左右の8近傍画素の互いに対応する位置における色が類似していたら○印を、類似していなければ×印をつけている。

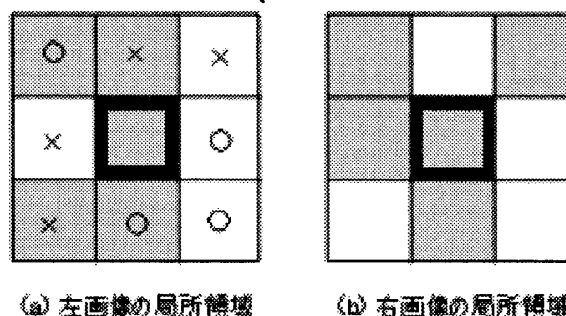


図2. 局所領域内の色の配置パターン

ここで、周辺の8つの画素のうち、○印の数が一定の値よりも大きければ対応する可能性があると思なし、そうでなければ対応しないものとし、探索する範囲を絞る。

#### 2.4 相関法

色情報により探索範囲を決定したら、次に左右の画素の相関をとり、相関係数の大小により確率的な対応付けを行う。局所領域内の画素値を用いて、相関係数は以下の式で表される。

$$\text{相関係数} = \frac{\text{共分散}}{\text{左画素の標準偏差} * \text{右画素の標準偏差}}$$

このとき、共分散 C、標準偏差 S の値は、

$$C = \frac{1}{m * n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\text{left}[i+d][j] - \mu_{left})(\text{right}[i][j] - \mu_{right})$$

$$S_{left} = \sqrt{\frac{1}{m * n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\text{left}[i+d][j] - \mu_{left})^2}$$

$$S_{right} = \sqrt{\frac{1}{m * n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\text{right}[i][j] - \mu_{right})^2}$$

となる。3×3の局所領域の場合、m、nの値は3で、μは局所領域内の画素値の平均である。dは視差である。

本研究では、相関係数が0.7以上で、かつ最大のものを対応点とした。

### 3. 実験

#### 3.1 マッチングの実験

様々な状況で撮影を行い、特徴がある箇所や特徴のない箇所などで、対応を調べた。

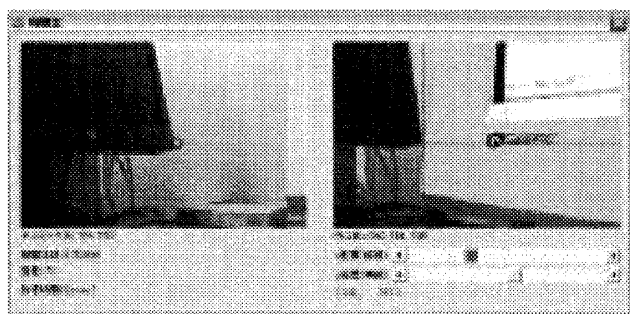


図3. 作成したアプリケーション

特徴のある所は、色の変化が大きく、相関係数が高くなり、うまく対応がとれたが、特徴がはっきり現れていない、色が一樣な所は対応がとれなかった。また、類似した特徴が複数存在すると、相関係数の高い所が複数存在してしまう。そのため、同じ形状・同じ色の物体が複数並んだ状態であると、正しく対応がとれない。

#### 3.2 距離計測の実験

対象物を 25 cm 間隔で、左右のカメラのレンズの中心位置から 50cm~200cm の範囲で移動させた状態を撮影し、それぞれの場合でマッチングを行い、距離を計測する。真値と画像処理による距離との差を誤差として、横軸に真値、縦軸に誤差を表したグラフを図4に示す。

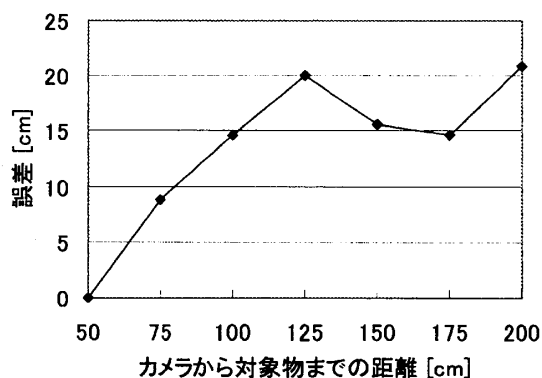


図4. 誤差グラフ

距離が変わると、1画素の情報量が変わるので、一般に障害物が遠くなると誤差が大きくなり、近いほど距離精度はよくなる。実験では、最大で2m程度の誤差が生じた。ロボットが障害物を回避する際に、直前で回避行動を行わず、障害物までの距離に余裕をもっていれば衝突せずに済む。また、障害物が遠くで誤差が大きくても、ロボットが近づいていくと、誤差は小さくなっている可能性が高い。

### 4. 課題

最後に、今後改善すべき点を以下に示す。

- 複数の類似した点の中から、正確に対応する点を見つけるように、プログラムを改良する。
- 狭い空間内をロボットが移動することを想定して、画像処理により測定した距離の精度を向上する。
- 移動ロボットに搭載するため、よりリアルタイム性を実現させるために、分散処理システムを構築するなどして、処理速度を高める。