

画像処理による畝間検出手法の開発 -クラスタリング手法を用いた検出-

Developing new method for detecting furrows by image processing

Key words: Image Segmentation, Clustering, Fuzzy c-means

フィールドロボティクス分野 石井 舜悠

1. 緒言

日本農業の課題として、様々な原因が相まって将来の労働力不足が懸念されているが、その一つの解決手段としては農作業のロボット化、自動化が考えられている。自動化実現のための技術の一つには自律走行技術があり、それは大きく分けて経路決定と経路追従制御からなる。本研究は画像処理による経路決定の分野に属し、対象画像は畝画像である。

先行研究として、高垣¹⁾では太陽光の強さ次第で畝に影が生じたり生じなかったりする事に着目して、その影の有無により経路決定のアルゴリズムを変えた。畝の影が薄い場合は、畝の底が滑らかな場合に対象を限定して畝の底を検出した。本研究では畝の影が薄く、かつ畝の底が滑らかでない場合にも小型ビークルロボットが走行可能になるような画像処理アルゴリズムを開発したい。

そこで、本研究の目的は、(ロボットのコントロールを前提に)圃場内で撮影した畝画像を画像処理することで、畝領域と畝間領域にセグメンテーションすることである。実際に経路の決定を行って自律走行を行うためには、本研究で得られた結果をもとにさらに処理を加えて、走行経路を決定する必要がある事に注意されたい。畝と畝間領域の曖昧性やその境界の曖昧性といった特徴をもつ画像をうまく取り扱う必要があるから、Fuzzy c-means 法を用いたクラスタリングを考え、曖昧性を陽に扱う事とする。また、畝が大域的な構造を持つという特徴が利用できるように、画像のサイズを小さく変更したり、平滑化を行った。

今回の開発環境として、学生向けの無償版 Windows Visual Studio Professional 2013 もしくは Windows Visual Studio Express 2010 を利用した。また使用言語は C++ で、ライブラリとして OpenCV2.49 および C++ の STL を使用している。

2. 画像処理によるセグメンテーション方法

セグメンテーション手法として、ここでは特徴空間でのクラスタリングによる分割を考える。クラス

タリング手法は Fuzzy c-means 法及びその派生手法を試す。また、特徴空間としては輝度空間及びテクスチャ向き空間を考える。最後に、農業用小型ビークルロボットが畝間にいる状態を仮定し、畝間は目の前にあるという知識を使用して、畝間領域を検出する。

2.1 特徴空間の種類

(1) 輝度空間

輝度空間とは、輝度画像(L*チャンネル画像)の画素値そのものを特徴量とみなした特徴空間である。

(2) テクスチャの向き空間

テクスチャの向き空間とは、各画素のテクスチャの向きを抽出し、それを特徴量とみなした特徴空間である。テクスチャ向きの決定は一般化ラプラシアンオブガウシアン(gLoG)フィルタを画像に畳み込む事による²⁾。

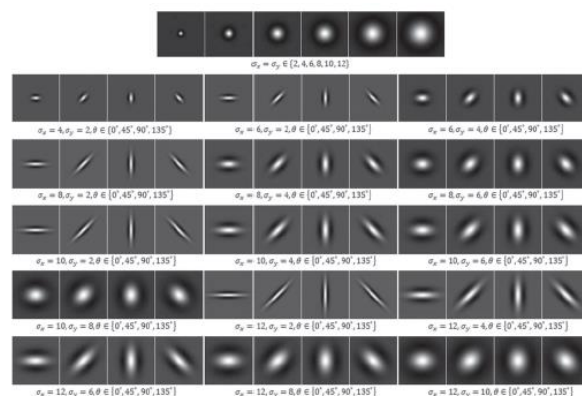


図1 gLoG フィルタ⁽²⁾より引用

2.2 クラスタリング手法の種類

(1) K-means 法

$$\min: J_0(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ki} (x_k - v_i)^2$$

$$s. t. : \sum_{i=1}^c u_{ki} = 1, u_{ki} \in \{0, 1\}$$

$v_i \in \mathbb{R}$: クラスタ中心の値

$x_k \in \mathbb{R}$: クラスタリングするデータの値

u_{ki} : データ x_k が クラスタ i に 帰属する 度合い・帰属度 (fuzzy membership)

$i = 1, 2, \dots, c$: クラスタ番号

$k = 1, 2, \dots, N$: データ番号

$U \in \mathbb{R}^{c \times N}$: u_{ki} をまとめたベクトル

$V \in \mathbb{R}^c$: v_i をまとめたベクトル

(2) Fuzzy c-means 法

$$\min: J(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ki}^m (x_k - v_i)^2$$

$$\text{s. t.} : \sum_{i=1}^c u_{ki} = 1, 0 \leq u_{ki} \leq 1$$

ただし $m > 1$

3. 画像処理によるセグメンテーション結果と考察

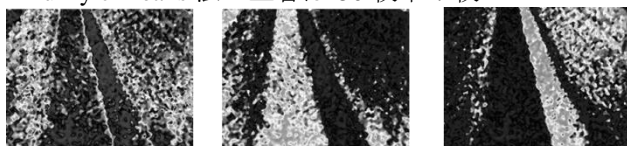
目視による評価を行った。

3.1 結果

(1) 輝度空間

K-means 法 : 正答は 50 枚中 8 枚

Fuzzy c-means 法 : 正答は 50 枚中 7 枚



クラスター1 クラスター2 クラスター3
白ければ白いほど、そのクラスターに属する帰属度が高い

図2 Fuzzy c-means 法によるクラスタリング結果の例

(2) テクスチャの向き空間

K-means 法 : 正答は 50 枚中 1 枚

Fuzzy c-means 法 : 正答は 50 枚中 5 枚

3.2 考察

多くの画像で (目的としていた) 畝間検出を失敗している。特徴量に輝度を使う場合、本質的には減色処理を行っているにすぎない事が再認識させられた。特徴量にテクスチャ向きを使う場合、今回の前処理のもとでは畝間と畝の違いを抽出できなかった。今後本研究を進めるにあたり、畝と畝間の違いを抽出する適切な特徴量を構成する必要もあることが分かる。本研究での畝間検出失敗の根本的な原因は適切な特徴量の発見ができなかった事であり、それゆえ K-means 法・Fuzzy c-means 法間の比較ができるほどの結果さえも得られなかった。得られた検出領域の手法間の定量的な差の考察や、手法間の計算時間の差の考察などを積み残しており、十分な考察ができたとはいえない。

4. 画像処理による消失点検出の方法

今後の一つの展開として畝画像の消失点の検出をする事を考えた。この補足的な実験の目的は、消失点の検出を行う事である。

前処理、特徴抽出 (テクスチャ向き) 後、ある規則に則って消失点の候補点が消失点であるかどうかを決める「投票」を行う。

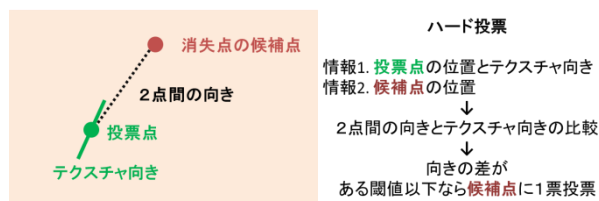


図3 投票の方法

なお、このアルゴリズムは Hui Kong ら²⁾によって提案されたものを一部改良したのみである。

5. 画像処理による消失点検出の結果と考察

実際の消失点付近 (目視での消失点) と赤の十字 (検出した消失点) の差が 3mm 程度なら、正答とした。

5.1 結果

正答は 50 枚中 9 枚



5.2 考察

参考文献²⁾での対象画像と本研究の対象画像の違いは、消失点がある画像内にあるか否かである。どの点が投票点に選ばれるかを考慮すれば、その構図の違いゆえ、本研究では消失点付近の情報を使用できず、参考文献²⁾での対象画像と比較して検出が難しくなったことが考えられる。

6. 結言

本研究のように、特徴空間に輝度やテクスチャ向き空間を考えて、K-means 法・Fuzzy c-means 法でクラスタリングした場合、畝と畝間のセグメンテーションができなかった。さらなる特徴量の工夫が必要であると考えられる。

また、消失点の検出では、50 例中 9 例で正しく検出できた。画像の構図の工夫をする事で、より容易に検出できよう。

本研究のクラスタリング手法を用いて、障害物 (畝) や障害物がない場所 (畝間) を検出し、消失点を考慮しながらビークルを制御できるようになればよいだろう。

主な参考文献

- 1) 高垣 茜, "農用車両ナビゲーションのための画像処理による畝間検出手法の開発" 京都大学農学研究科修士論文, 2014.
- 2) Hui Kong, Sanjay E. Sarma, and Feng Tang, "Generalizing Laplacian of Gaussian Filters for Vanishing-Point Detection," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 14, no. 1, 2013.