

時系列画像における検出結果の蓄積に基づく白線検出

1 はじめに

近年, ITS の分野において, 様々なシステムの研究や運用が行われている. その中で代表的なシステムにカーナビゲーションシステムがあり, 急速な普及をみせている. しかし, カーナビゲーションに用いる地図データの更新頻度が年に 1, 2 回程度であるため, 常に最新の地図データが使用できないことに対する不満が多い.

この問題に対して, GPS による道路幅情報を用いた動的な地図作成法が複数提案されている [1][2]. しかし, これらの提案手法で用いられている道路幅情報の抽出手法では, 路面標示や破線などへの影響が発生するため, 対象となる道路が限定されていること, 検出した幅情報が安定しないなどの問題がある. 時系列画像において, 破線や路面標示などによるノイズは一時的に出現するものとして考えられる. そこで, 本論文では, 検出した直線データを蓄積し, 統計手法を用いて白線の位置を推定することで, 路面標示などのノイズによる影響を除去, 緩和する手法を提案する. また, 破線で白線が切れている区間では推定した白線の位置を用いることにより, 安定した道路端検出を実現する.

2 道路幅を含む地図データ作成

内村らは DGPS および 3 軸ジャイロセンサから得られた自車両の位置情報と, 道路情景画像から得られた道路中心と自車両の位置関係情報を統合し, 3 次元道路地図作成法について提案している [1]. また, 藤原らは白線ではなく, 走行車線の左右それぞれの道路端までの距離を道路情景画像から取得することにより, 車両の走行軌跡によらない動的な地図作成法を提案している [2].

3 検出結果の蓄積による白線検出

提案手法の処理の流れを図 1 に示す.

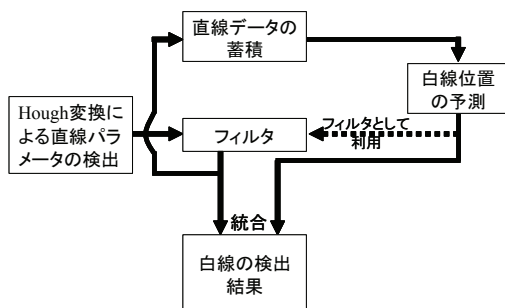


図 1: 提案手法の概要.

3.1 直線パラメータの検出

提案手法における直線検出は, 走行車線の道路幅情報を得ることが目的である. よって, 以下の 2 点から白線検出は図 2 に赤枠で示すような領域で行う.

1. 走行車線の両側の白線の一部を検出できれば道路幅を得ることが出来る.
2. 車両の位置から遠い場所まで白線検出を行うと, 検出精度が悪くなる恐れがある.

ここで, 検出領域は微小空間であるため, 領域内の白線は直線とみなすことができる. よって, 検出領域からの白線検出には頑健な直線検出手法として知られている Hough 変換を用いる.



図 2: 白線検出領域.

3.1.1 Hough 変換

Hough 変換は画像中に存在する直線状に並んだ点群からその直線を検出する手法として知られている. 点 (x, y) を通る直線は式 (1) によって表すことができる.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

ただし, ρ は原点から直線に下ろした垂線の長さ, θ はその垂線と x 軸との角度である. この式 (1) を $\rho - \theta$ パラメータ空間上に描画すると, $\rho - \theta$ パラメータ空間上に 1 本の曲線が得られる. 同様に複数の点に対して変換を行うと複数の曲線が得られる. ここで, パラメータ空間上の各座標を通過した曲線の本数を数えることで投票を行う. 画像中の同一直線上にある複数の点の ρ, θ は等しいことから, 投票数が最大となるパラメータ座標 (ρ, θ) を求めることで画像中から 1 本の直線を検出することができる. また, 投票数を閾値としてほかの $\rho - \theta$ パラメータ座標を調べることで, 複数の直線を検出することができる.

3.1.2 直線データの抽出

Hough 変換を用いて, 白線検出領域内に存在する白線の直線データ $H = (\rho, \theta)$ を検出する. しかし, 路面標示や路上ゴミなどのノイズの影響により, 白線以外の物体の直線データを検出する可能性がある. そこで, 検出した直線データに対して白線の予測値 H_{pre} (3.3.2 参照) を用いたフィルタ (式 (2)) を適用することで, 白線の予測値と誤差が小さい直線データだけを抽出する. H_{margin} は予測値 H_{pre} と直線データとの許容誤差である.

$$|H_{pre} - H| < H_{margin} \quad (2)$$

3.2 直線データの蓄積

白線の位置や角度の予測を行うために, 各フレームで検出した直線データを蓄積する. 蓄積する最大デー

タ数 D は、蓄積する最大フレーム数 M と各フレームにおいて検出された直線データのデータ数 N を用いて式 (3) によって表すことができる。

$$D = M \times N \quad (3)$$

データ数が D に達すると、最も古いフレームの直線データを削除し、最新フレームの直線データを追加する。

また、走行車線の左右の直線データの投票順位が1位のものを1本ずつ抽出した場合、その直線データが必ずしも検出したい白線であるとは限らない。しかし、抽出する直線データの数を増やすことで、検出したい白線の直線データもあわせて得られる可能性が高くなる。そこで、各フレームにおいて、投票順位が n 位までの直線データを抽出する。抽出した直線データは、本来投票順位が上位のデータほど白線に近いと考えられる。よって、上位のデータほど予測値に対する影響力が大きくなるように、抽出した直線データに対して投票順位による重み付け a_k を行う。例えば $n = 3$ の場合では、1位のデータを a_1 個、2位のデータを a_2 個、3位のデータを a_3 個、合計 $N = \sum a_k$ 個のデータをこのフレームで検出した直線データとする。また、上位の直線データほど実際の白線に近いと考えられるので、 $a_1 > a_2 > \dots > a_n$ とする。

3.3 白線の予測

3.3.1 Parzen 推定

蓄積された直線データのうち、フィルタによって除去しきれない直線データも含まれている可能性がある。しかし、それらの直線データは路面標示や路上ゴミによる一時的なものであると考えられるため、白線の直線データと比べてその数は少量であると考えられる。そこで、蓄積された直線データの確率密度関数を推定し、そのピーク値を白線の予測値とする。確率密度関数の推定には、パラメトリックな手法よりも精度よく推定できるノンパラメトリックな手法である Parzen 推定を用いる [3]。

Parzen 推定では過去に得られた D 個のデータ $\{X_1, \dots, X_D\}$ に基づく確率密度関数 $P(X)$ は式 (4) として推定する。ここで、 K は窓関数である。

$$P(X) = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^D K(X - X_i) \quad (4)$$

3.3.2 時間経過による重み付け

蓄積されている直線データは車両の走行状況により、常に変動しているため、古い直線データは新しい直線データと比べて、実際の白線との誤差が大きい可能性がある。もし、すべての直線データを同等に扱って予測を行うと、白線の予測結果と実際の白線との誤差が大きくなる場合が考えられる。そこで、古い直線データによる影響力を抑えるために、時間経過による重み付けを行う。

処理として、時刻 $t-1$ フレームまでに蓄積された直線データを基に推定された確率密度関数に対して、時間経過による重み付け定数 w ($0 < w < 1$) を乗ずる。次に、時刻 t フレームにおいて検出した直線データを加えてから新たに確率密度関数を推定し、確率密度関数のピーク値を求め、白線の予測値 H_{pre} とする。

3.4 各フレームの情報を統合した白線検出

蓄積された直線データの変動が大きいと、3.3.2 で述べた重み付けを行ったとしても、白線の予測値と実際の白線に多少の誤差が生じる可能性がある。また、最新フレームにおいて、3.1.2 で述べたフィルタを用いて抽出した直線データは、除去しきれないノイズを直線データとして抽出する可能性があるため、実際の白線と誤差を生じる可能性がある。そこで、予測値と最新フレームで抽出した直線データを式 (5) によって統合することにより、実際の白線との誤差を緩和し、得られた H_{new} を最新フレームの白線検出結果とする。 H_{pre} は蓄積データからの予測値であり、 H は最新フレームからの抽出結果である。ここで α ($0 < \alpha < 1$) は定数であり、0に近いほど過去のデータを軽視することになる。

$$H_{new} = \alpha H_{pre} + (1 - \alpha)H \quad (5)$$

4 検証実験

提案手法の有効性を確認するために、曲線、直線道路を含む走行シーンと破線や路面標示を含む道路の走行シーンにおいて検証実験を行った。

図3に各フレームでの検出した白線の x 座標を示す。曲線道路と直線道路、破線や路面標示を含む道路において、いずれも安定した白線検出ができていることが確認できる。

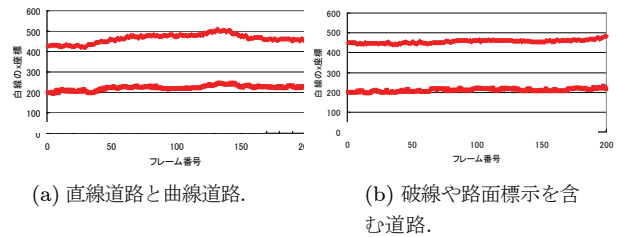


図 3: 各フレームで検出した白線の位置。

5 まとめ

蓄積した直線データに対して、統計手法を用いて白線の予測値を求め、白線の予測値と最新フレームで抽出した直線データを統合することで、安定した道路幅情報の取得手法を提案した。検証実験の結果、提案手法の有効性を確認した。

参考文献

- [1] 内村圭一, 柏木誠哉, 脇坂信治, 有田秀昶, “画像情報と位置情報を統合した 3 次元道路データ作成,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J84-B, No. 12, pp. 2244–2253, Dec. 2001.
- [2] 藤原良子, 山内仁, 高橋浩光, “GPS と車載カメラを用いた道路幅情報を含む地図の動的作成法,” 平成 16 年度岡山県立大学大学院情報系工学研究科電子情報通信工学専攻修士論文, Feb. 2005.
- [3] 田中達也, 島田敬士, 有田大作, 谷口倫一郎, “ノンパラメトリックな動的背景・影モデルに基づいた映像からの物体抽出,” コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, May 2007.