

## 複数車両から得られた道路情景画像と 位置情報の統合による道路地図作成

### 1 はじめに

カーナビゲーションシステムが急速に普及している。しかしながら、システムの要である地図情報は日々変化する道路網を反映できていない現状がある。なぜならば、地図データの作成は、実際に現地調査を行うなど多くの手間と時間を要するものであり、道路網の変化に追従することが難しいからである。

この問題に対して、様々な動的地図作成法が提案されている。藤原らは、位置情報と車載カメラ画像から得た道路幅情報を時系列に並べる手法を提案している [1]。しかしながらこの手法は、個々のフレームにおける幅情報を取得するのみであるため、路面上のゴミ、路面標示や破線車線などの要因により、走行車線の道路幅でない誤った道路幅を取得してしまうといった問題を抱えている。また位置情報は GPS の精度に依存しているため、実際の道路とは異なった位置に地図が作成される。

そこで本論文では、複数のフレームを統計的に処理することで道路幅情報の補正を行う手法を提案する。また複数車両から得られた地図データを統合することで、単独測位式 GPS や DGPS といった低精度の GPS 受信機の位置情報に含まれる誤差を低減する手法も合わせて提案する。

### 2 走行車線の道路幅取得法

藤原らにより提案されている道路幅の取得手法は、車載カメラを用いて車両前方を撮影した各フレーム画像から 1) ノイズ除去、2) 路面領域の抽出、3) 路面端の検出を行うものである。

#### 2.1 ノイズ除去

画像中には様々な要因でインパルスノイズが混入しており、これらが路面端の誤検出の要因となる。そこで路面端のエッジ情報を損なわないように、メディアンフィルタを用いてノイズ除去を行う。

#### 2.2 路面領域の検出

フレーム画像中の自車両の直前領域を路面に相当する領域と考えサンプリングし、その画素値の統計処理によって画像中の路面領域を抽出する。統計処理には、光や影の影響を受けにくい彩度値を用いる。サンプリング領域内の彩度値の分布は正規分布と仮定できる。したがって、 $3\sigma$  の信頼区間内に含まれる彩度値を抽出することで路面領域の抽出が可能となる。ただし、彩度値では白色・灰色・黒色を区別できないため、さらに明度値を用いてそれらの区別を行う。

#### 2.3 路面端の検出

サンプリング領域から画像の中を左右方向に伸ばした領域を探索領域とする。その中心から左右に走査を行い、2.2 で検出した路面領域とそうでない領域の境を路面端として検出する。このとき、左右両路面端間の距離が道路幅となる。

### 3 提案手法

藤原らの手法で取得した幅情報は走査によって検出していることから、路面上のゴミや路面標示、破線車

線のために誤差や誤った幅情報が含まれる。また位置情報が GPS の精度に依存しているため、実際の道路とは異なった位置に地図が作成される。そこで、幅情報に含まれる誤差に対し、前後のフレームを用いた統計的な処理を用いて除去する方法を提案する。また複数の車両から得られた地図データを統合することで、GPS 位置情報に含まれる誤差を低減する方法を提案する。

#### 3.1 統計的幅誤差補正法

まず、藤原らの手法で得られた幅情報に含まれる誤差を除去する。これは対象フレームの前後のフレームにおいて検出された幅情報の統計処理により行う。

##### 3.1.1 路面幅情報の取得

2 では、画像上の路面端座標を取得したにすぎない。そこであらかじめキャリブレーションにより座標値と車両との距離の実測値との対応を求めておき、路面端距離への変換を行う。ここで  $i$  フレーム目の画像から得られた左右の路面幅距離をそれぞれ  $l_i, r_i$  とする。

##### 3.1.2 路面端情報の誤差補正

一時的な誤差への補正

路面上のゴミや画像中に含まれるノイズの影響により発生した幅情報の誤差は単独のフレームにおいて発生していることが多く、その前後のフレームにおける距離情報は正常な値であると想定できる。そこで  $l_i, r_i$  それぞれについて、その前後  $m$  フレームのメディアン値  $l'_i, r'_i$  に置き換えることでノイズ除去を行う。

路面標示・破線車線への対応

路面標示のある区間では、その路面標示を路面端として検出してしまう場合がある。しかし、このような誤検出において、その道路幅  $w_i = l'_i + r'_i$  は極端に小さくなる。したがって、車両の通行可能な幅を下回る道路幅となる区間を検出・除去する。

また破線車線において、破線の切れている区間では隣接する車線の路面端が検出され得る。ここで右側が破線車線である場合、 $r'_i$  の前後数十フレームにおける頻度グラフは二峰性を示すこととなる。つまり、距離の長いほうの分布が隣接車線の道路端を示し、距離の短いほう分布が走行車線の道路端を示すことになる (図 1 参照)。そこでこの性質を用いて以下の方法により、道路幅の補正を行う。

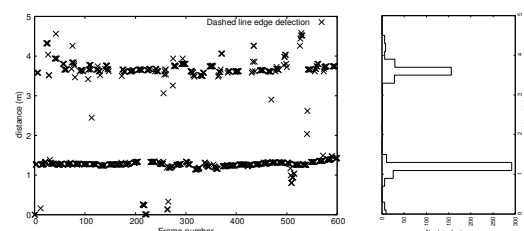


図 1: 破線車線における路面幅距離の二峰性。

1. 得られる頻度グラフのモード (最頻値) を求め、その周辺  $\pm r$  を 1 つめの分布として取得
2. 1 つめの分布以外の区間に対し、モードを求めその周辺  $\pm r$  を 2 つめの分布として取得

- 距離の短いほうの分布と長いほうの分布それぞれの度数を比較し、一定以上であれば短いほうの分布を、そうでなければ長いほうの分布を走行車線の道路幅分布とする
- 決定した分布の平均値を検出路面端位置として置き換える

置き換えられた路面幅距離を  $l''_i, r''_i$  とする。

### 3.2 地図データの作成

得られた路面端距離から、地図データの作成を行う。  $i$  番目のフレームが撮影されたときの GPS 位置情報を  $P_i = (P_{i,x}, P_{i,y})$  とし、車両前方中央に対応する位置を  $P'_i = (P'_{i,x}, P'_{i,y})$  とすると、左右端の座標  $L_i = (L_{i,x}, L_{i,y})$ ,  $R_i = (R_{i,x}, R_{i,y})$  および車線の中央値  $C_i$  は車両進行方向角  $\rho_i$  を用いて次のように表される (図 2 参照)。

$$L_i = (-l''_i \sin \rho_i, l''_i \cos \rho_i) + P'_i \quad (1)$$

$$R_i = (r''_i \sin \rho_i, -r''_i \cos \rho_i) + P'_i \quad (2)$$

$$C_i = \frac{L_i + R_i}{2} \quad (3)$$

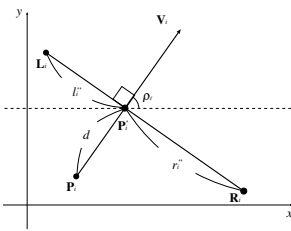


図 2: 車両位置と進行方向。

ここで、 $\rho_i$  は車両の走行軌跡の微分から求めることができる。車両軌跡は得られた GPS 位置情報を時系列に補間することで推定する。走行軌跡が  $(x(t), y(t))$  で表されるとき、 $\rho_i$  は、 $\tan^{-1}(dx(t)/dy(t))$  で得られる。

### 3.3 複数データの統合処理

3.2 により得られる地図データを複数車両から作成すると、GPS の精度誤差によってそれぞれ異なった位置に地図情報が作成され得る。ところで、GPS 位置情報は時間ランダムに観測されたデータの平均を用いることで、次第に真値に近づくことが知られている [2]。したがって、得られた複数データにおける同一地点の位置情報を統計処理することで GPS 誤差の軽減が可能となる。ここで、同一道路の走行によって得られた地図データの形状はほぼ同じであることから、形状マッチングにより同一地点の推定が可能である。なお、基準データに対し、新たに得られた地図データを順次付加するとする。

#### 3.3.1 同一地点の推定

点群同士のマッチング手法として、処理時間の高速な ICP アルゴリズムが知られている [3]。ICP アルゴリズムは以下の手順で行われる。

- 最も距離の短い点同士の誤差の和を求める
- 点群をある間隔で平行移動し、誤差最小となる位置を求める
2. の平行移動する間隔を狭めていき、回帰的に誤差最小位置を求める

以上の処理により、形状の最も一致する平行移動値  $M_i$  が求まる。ただし、ここで求めた  $M_i$  は点群全体の移動両であることから、さらに個々の  $C_i$  の対応

を推定する。付加データ中より基準データ  $C_i$  と距離の近い上位 2 点を選択し、それら間の線分と  $C_i$  の垂線の交点を対応点と推定する。これら対応点の平均位置を統合データの位置情報とする。以上の方法により、基準となるデータと付加されたデータの統合を行い、基準データを更新していく。

## 4 検証実験

提案手法の有効性を確認するために、検証実験を行った。カメラと GPS 受信機を車載し、同一の道路を複数回走行し、データを取得した。

幅情報の補正結果の例を図 3 に示す。右側の破線車線部分における二峰性の検出により、路面端距離を正しく検出できていることがわかる。

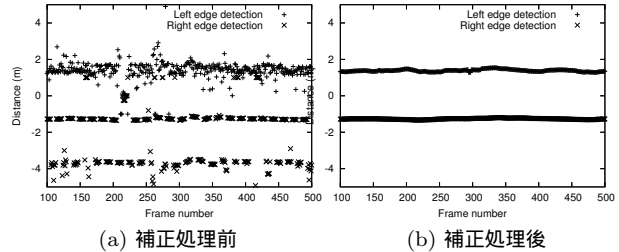


図 3: 補間と進行方向角の取得例。

次に複数データの統合結果の例を図 4 に示す。(a) ~ (c) の単独データでは隣接する対向車線が不自然な位置関係となっているが、(d) の統合結果では正常な位置関係が保たれていることがわかる。

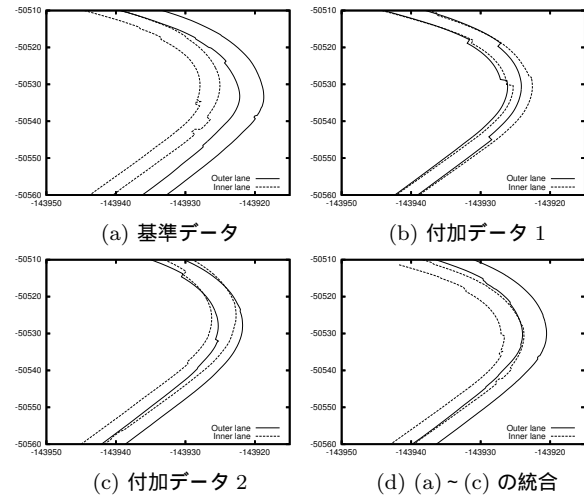


図 4: 複数データ統合結果例。

## 5 まとめ

個々のフレーム画像から得られた道路幅情報の誤差を統計的手法によって補正するとともに、得られた地図データを複数用いて GPS 位置情報の誤差低減を行う手法を提案した。また検証実験の結果、本手法の有効性を確認した。

#### 参考文献

- [1] 藤原良子, 山内 仁, 高橋浩光, “路面色抽出による動的道路地図作成の提案,” 信学技法, Vol. 104, No. 649, IE2004-202, pp. 19-24, Feb. 2005.
- [2] 佐藤准嗣, 高橋友和, 井出一郎, 村瀬 洋, “GPS データと経時的全方位画像からの町並み変化の検出,” 信学技法, PRMU2005-291, Mar. 2006.
- [3] P. J. Besl, and N. D. McKay, “A Method for Registration of 3-D Shapes,” IEEE Trans. on PAMI, Vol. 14, No. 2, pp.239-256, 1992.