

推薦論文

地図と画像の融合によるレーン形状推定手法の提案

小島 祥子[†] 山田 啓一[†] 二宮 芳樹[†]

衝突警報システムなどの将来の自動車走行支援システムでは、前方で検出した障害物と自車両との衝突危険性を判定するため、前方車両位置のほかに、自車両が走行する前方のレーン形状情報を取得する必要がある。しかし、車載カメラ画像に基づいてレーン形状推定を行った場合、カーブや道路勾配、解像度の限界によって、遠方で十分なレーン形状推定精度が得られないという問題がある。我々は画像、道路地図、および DGPS の測位結果を融合して、前方の三次元レーン形状を推定する手法を提案する。提案手法は、画像の解像度限界による遠方のレーン形状推定誤差を地図情報で補償し、勾配による遠方のレーン形状推定誤差を三次元レーン形状推定で削減するものである。模擬データと実環境下のデータを用いた評価実験により、遠方のレーン形状推定誤差を削減できることを確認し、本手法の有効性を検証した。

Three-D Lane Shape Estimation Method by Fusion of a Digital Road Map and an Image

YOSHIKO KOJIMA,[†] KEIICHI YAMADA[†] and YOSHIKI NINOMIYA[†]

In the future driver assistance systems, to estimate the lane shape is important in order to judge whether detected objects are dangerous or not. There are some methods to estimate the lane shape by an image from a camera, however the results are not sufficient due to the curvature, the slope, and the image resolution. In this paper, we propose new method to estimate the 3-D lane shape by fusion of a 2-D digital road map, DGPS, and an image from a camera. Our method can compensate for the lack of the distant lane estimation accuracy. And in this paper, the effect of our method is confirmed by using artificial data and actual data.

1. はじめに

近年、道路交通の安全性、快適性、移動・輸送効率の向上を目指した ITS (Intelligent Transport Systems) において、様々な走行支援システムが提案されている。走行支援システムは車載したカメラやレーダなどのセンサから得られる車両周辺情報に基づいて走行危険性を判定し、警報や車速制御などを行うシステムである。走行支援システムの 1 つとして、高速道路で先行車両に対して自動的に車間距離制御を行う ACC (Adaptive Cruise Control) などがすでに実用化されている。将来は一般道路環境で利用可能な ACC や衝突防止システムなどの実現が望まれている。衝突防止システムは、検出した障害物と自車両が衝突の危険性がある場合に、運転者に警報を与えたり、ブレーキ制

御を行ったりするシステムである。これらのシステムでは、前方障害物を検出し、検出された前方障害物が、自車両が将来走行する走行コース上に存在するか否かという、走行コースと前方障害物の相対的な位置関係を判定する必要がある。遠方の走行コースは走行レーンと一致すると考えられるため、これらのシステムの実現には遠方のレーン形状を高精度に推定する技術が必要である。本文で詳しく述べるように、一般道路環境での衝突防止システムには 50 m 先で 0.3 m の精度でレーン形状を推定する必要があるとした。

レーン形状を推定する方法として、道路地図と GPS (Global Positioning System) を用いる方法がある。正確な道路地図と地図上のレーンに対する自車両の正確な位置と姿勢を取得できれば、レーン形状推定を行うことができる。しかし現在利用できる 1/2500 の道

[†] 株式会社豊田中央研究所センシングシステム研究室
Sensing System Lab., Toyota Central R&D Labs., Inc.

本論文の内容は 2001 年 3 月の高度交通システム研究会にて報告され、ITS 研究会主催により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

路地図の形状精度は 0.5 m 程度, DGPS (Differential-GPS) の測位位置精度は 1 m 程度であり精度が不足する。

また, 画像中のレーン形状から水平面上のレーン形状を推定する方法もある。最も単純な方法は, 前方の道路面は水平であると仮定し, 画像中のレーン形状を水平面に投影して推定する方法である。しかし, この手法は水平面仮定が成立しない場合に誤差が大きくなるため, 一般道路環境に適用することは困難である。一般道路環境で推定精度を確保するためには, 勾配変化を考慮したレーン形状推定が必要になる。

DeMenthon はレーン幅が一定でありバンクがないという拘束条件から三次元レーン形状を推定するゼロバンクアルゴリズムを提案した¹⁾。しかしこの方法は遠方に行くほど逐次推定誤差が累積する問題がある。金谷らは局所平面近似によって三次元レーン形状推定を行い, ゼロバンクアルゴリズムの誤差の累積を防ぐ手法を提案した²⁾。しかし一般的な解像度のカメラ (解像度 640×480 画素) を用いる限り, 解像度の限界のため遠方の推定精度を確保できない。ステレオ視を用いてレーンの三次元形状を推定する方法もあるが, 同様にカメラの解像度による限界がある。

上記のように, 道路地図と DGPS のみを用いた手法や画像のみを用いた手法は, 一般道路環境で目標推定精度の達成は困難であると考えられる。そこで, 画像に加え地図を用いる方法が検討されている。Langer は画像と地図と GPS を用いる方法として, 車載カメラ画像を利用して車両のレーンに対するヨー角を推定し, GPS の精度を補うレーン形状推定方法を提案している³⁾。しかし, 一般道路を想定した場合, 高速道路と比較して道路の勾配やカーブ曲率が大きいいため, 勾配変化を考慮しないヨー角推定は誤差が大きい。また, 進行方向の測位誤差の補正もなされていないため, 遠方でのレーン形状推定精度が不足する。

我々は, 現実的に利用可能なカメラ画像 (解像度 640×480 画素) と DGPS (精度 1 m) と道路地図 ($1/2500$) の情報を融合することにより, 勾配変化を考慮した三次元レーン形状推定を行い, 衝突防止システムに必要な精度でレーン形状を推定する手法を提案する。提案手法は, 画像を用いた場合に問題となる解像度限界と勾配変化による遠方のレーン形状推定誤差を, 地図を利用することで補償するものである。さらに, 地図と DGPS を用いた場合に問題となる自車両の位置姿勢誤差による遠方のレーン形状推定誤差を, 画像を利用することで補償する。

本論文では 2 章で我々が提案した地図と画像情報を



図 1 画像上での位置関係判定困難例

Fig. 1 Situation that the relative position between the obstacles and the lane is not acquired from an image.

融合したレーン形状推定手法について示し, 3 章で提案手法の有効性を模擬データと実環境下でのデータを用いて明らかにする。

2. 画像・地図融合型レーン形状推定

2.1 衝突警報システムに必要な推定精度

一般道路では, 図 1 のような前方車両とレーンとの位置関係が明確でない状況が生じる頻度が高くなる。このような状況において衝突の危険性を判定するためには, 遠方のレーン形状を推定する必要がある。本論文では, 一般道路 (制限時速 60 km, 道路幅 3.0 m) での衝突防止システムを想定し, システムに必要なレーン形状推定の目標精度を次のように仮定する。

時速 60 km で走行中に前方に検出した障害物の後方で安全に停止するためには 50 m の距離が必要である。また, 検出した障害物の自車両走行レーン内への干渉が 0.3 m 程度以下であれば, 自車両はレーン内をそのまま走行することができる。そこで本論文では衝突防止システムには, 50 m 先で 0.3 m の精度でレーン形状が推定される必要があるとした。

2.2 カメラと座標系

本論文で用いる座標系を図 2 に示す。実三次元空間 $O - (X, Y, Z)$ に対し $Z = 0$ の平面を地図座標系 $O_m - (X_m, Y_m)$, Y 軸に対して ϕ [rad] のヨー角と, Z 軸に対して θ [rad] のピッチ角を持ち, 原点位置を $(X, Y, Z) = (X_0, Y_0, Z_0)$, 光軸を Y_c とするカメラ座標系 $O_c - (X_c, Y_c, Z_c)$, そして画像座標系 $O_i - (X_i, Y_i)$ であり, お互いの座標系の関係は以下の式 (1), (2), (3) で示される。なお, カメラの焦点距離を f , 撮像面を $w \times h$, 解像度を $M \times N$ とする。

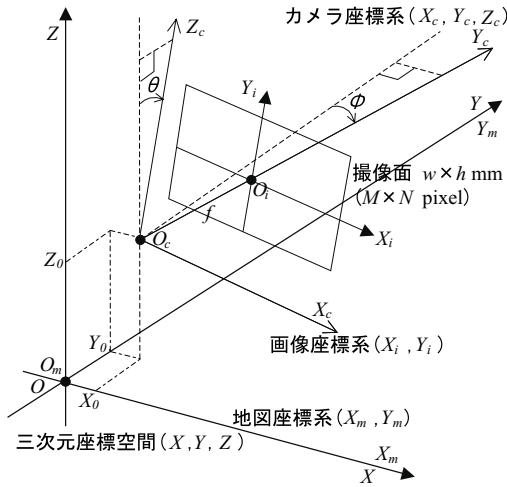


図2 座標系
Fig. 2 Coordinate system.

$$\begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = A \cdot \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$A = \begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi \cos \theta & \sin \phi \sin \theta \\ -\sin \phi & \cos \phi \cos \theta & \cos \phi \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_c \cdot f / Y_c \\ Z_c \cdot f / Y_c \end{bmatrix}$$

2.3 提案手法

図3に提案手法の概要を示す。地図上のレーン形状を点列 $P_i = (X_{mi}, Y_{mi}); i = 1, 2, \dots, n$ で表し、画像上のレーン形状を点列 $Q_j = (X_{ij}, Y_{ij}); j = 1, 2, \dots, m$ で表す。地図上の自車両の位置と姿勢の初期値を決定するために、自車両の初期位置は DGPS によって測位されるとし、レーンに対する初期姿勢は画像によって推定する。

地図上のレーン形状 P_i を三次元空間内に垂直投影すると図3に示すような三次元レーン形状候補領域が得られる。また、位置と姿勢の初期値に基づいて画像上のレーン形状 Q_j をカメラ中心から三次元空間内に投影すると、同様に三次元レーン形状候補領域が得られる。双方の候補領域を重ねあわせ、双方の照合度が高くなるように自車両の位置と姿勢を補正するとともに、照合度が高い三次元レーン形状 $F(X, Y, Z)$ を抽出することで、三次元レーン形状を推定する。

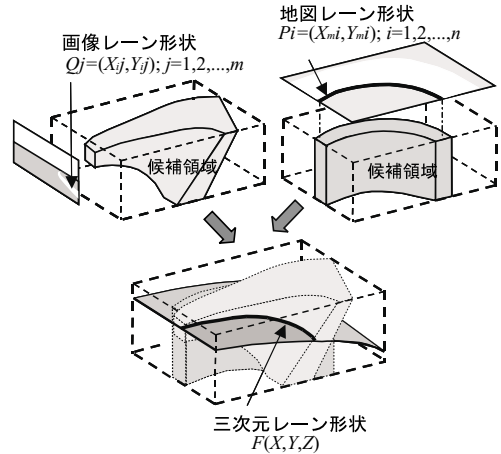


図3 三次元レーン形状推定
Fig. 3 Three-D lane shape estimation by fusion of a digital road map and an image.

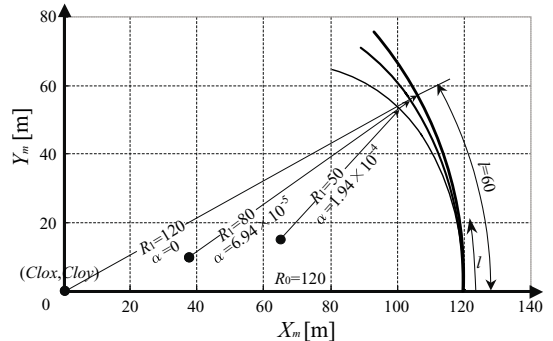


図4 クロソイド曲線の例
Fig. 4 Examples of clothoidal curve.

画像を用いることで、地図と DGPS のみを用いた場合に誤差が大き、自車両の位置と姿勢が補正される。また地図を用いることで、単眼画像のみを用いた場合に誤差が大き、勾配変化のある状況での遠方のレーン位置が補正される。さらに、レーン形状の照合から進行方向位置も補正されるため、遠方のレーン形状推定精度の向上が期待できる。

2.4 推定方法

2.4.1 照合度の評価

三次元レーン形状推定の具体的な手順を示す。推定する三次元レーン形状の、水平断面形状をクロソイド曲線、垂直断面形状を二次曲線であると仮定する。クロソイド曲線とは、道路構造令⁴⁾で定められた道路の基本的な形状の1つであり、曲率が距離に応じて変化する曲線である。図4にクロソイド曲線の例を示す。図4に示す3本のクロソイド曲線は初期半径を120 m とする曲線であり、接線方向60 m 先での半径が120 m, 80 m, 50 m となる曲線である。それぞれ

の曲率変化率は図中の α のように表され、 α が大きくなるほど、曲率が大きく変化していることが分かる。
 l をクロソイド曲線の接線方向とすると、三次元上の点は、式 (4) により示される。クロソイド初期中心を $(Clox, Cloy)$ 、初期半径を R_0 、曲率変化率を α 、初期位相角を ϕ_0 とする。また、二次曲線の係数を a, b, c とする。

$$\begin{cases} X(l) = Clox + \int \frac{\alpha \cdot R_0^2}{(\alpha \cdot R_0 \cdot l + 1)^2} \cdot \cos\left(\frac{\alpha \cdot l^2}{2} + \frac{l}{R_0} + \phi_0\right) dl \\ \quad + \frac{R_0}{\alpha \cdot R_0 \cdot l + 1} \cdot \cos\left(\frac{\alpha \cdot l^2}{2} + \frac{l}{R_0} + \phi_0\right) \\ Y(l) = Cloy + \int \frac{\alpha \cdot R_0^2}{(\alpha \cdot R_0 \cdot l + 1)^2} \cdot \sin\left(\frac{\alpha \cdot l^2}{2} + \frac{l}{R_0} + \phi_0\right) dl \\ \quad + \frac{R_0}{\alpha \cdot R_0 \cdot l + 1} \cdot \sin\left(\frac{\alpha \cdot l^2}{2} + \frac{l}{R_0} + \phi_0\right) \\ Z(l) = a \cdot l^2 + b \cdot l + c \end{cases} \quad (4)$$

三次元空間において、地図から求めたレーン形状と推定レーン形状の誤差の2乗平均を $Emap$ 、画像から求めたレーン形状と推定レーン形状の誤差の2乗平均を $Eimage$ とする。

$$\begin{cases} Emap = \frac{1}{n} \cdot \sum_i^n (r_{map}^i)^2 \\ Eimage = \frac{1}{m} \cdot \sum_j^m (r_{image}^j)^2 \end{cases} \quad (5)$$

ここで、 r_{map}^i は地図上のレーン形状 P_i 上の点 (X_{mi}, Y_{mi}) を三次元空間へ垂直投影したベクトル \vec{e}_{mi} と推定三次元レーン形状を示すベクトル \vec{s} との距離が最小になる値とする。2つのベクトル間の距離を $f_{map}(\vec{e}_{mi}, \vec{s})$ とし、 r_{map}^i を式 (6) のように $f_{map}(\vec{e}_{mi}, \vec{s})$ が最小となるとき値として計算する。同様に r_{image}^j を、画像上のレーン形状 Q_j 上の点 (X_{ij}, Y_{ij}) をカメラ中心から三次元空間へ透視投影したベクトル \vec{e}_{ij} とベクトル \vec{s} との距離が最小になる値とする。

$$\begin{cases} r_{map}^i = \lim_{f_{map} \rightarrow \min} f_{map}(\vec{e}_{mi}, \vec{s}) \\ r_{image}^j = \lim_{f_{image} \rightarrow \min} f_{image}(\vec{e}_{ij}, \vec{s}) \end{cases} \quad (6)$$

なお、自車両のクロソイド接線方向位置を l_0 とし、クロソイド接線方向に対するカメラのヨー角を ϕ_{yaw} 、オフセット位置を d 、道路曲面に対するカメラのピッチ角を θ_{pitch} とする。図2に示した ϕ は ϕ_{yaw} とクロソイド曲線の接線と Y_m 軸とのなす角の和であり、

θ は θ_{pitch} と二次曲線の $X_m - Y_m$ 座標面に対する傾斜角との和である。式 (7) に示す評価関数の和を最小にするような12個のパラメータ ($R_0, Clox, Cloy, \alpha, \phi_0, a, b, c, l_0, d, \phi, \theta$) を求めることで、三次元レーン形状を推定することができる。

$$w \cdot Emap + (1 - w) \cdot Eimage \quad (7)$$

重み係数 $0 < w < 1$

2.4.2 推定手順

ここでは推定手順について簡単に記述する。最初にそれぞれのパラメータの初期値を設定する。まず、地図上のレーン形状 P_i から、水平面レーン形状を示すクロソイド曲線の5パラメータ ($R_0, Clox, Cloy, \alpha, \phi_0$) の初期値を決定し、垂直面レーン形状を示す二次曲線の3パラメータ (a, b, c) の初期値をすべて0とする。DGPS 測位位置から進行方向 l の自車両位置の初期値 l_0 を求める。また画像上のレーン形状 Q_j から、自車両の道路面に対するピッチ角 θ_{pitch} と、クロソイド接線方向に対するヨー角 ϕ_{yaw} 、オフセット位置 d の初期値を推定する。

得られた初期値に基づいて、 $Emap$ と $Eimage$ を算出する。 $Emap$ と $Eimage$ の和が最小になるような12個のパラメータの値を探索することで、三次元レーン形状と、レーンに対する自車両の位置・姿勢を求めることができる。パラメータ探索法に今回は簡便な粗密探索を用いている。最初に比較的粗い更新幅で極小候補となるパラメータセットを複数組求め、求められた複数のパラメータセットをそれぞれ初期値として、勾配法を用いて極小値となる複数のパラメータセットを求める。求められた中から、最も評価関数が小さくなるパラメータセットを推定値とした。

3. 提案手法の評価

3.1 模擬データによる検証

提案手法の効果を確認するため、模擬データを用いて三次元レーン形状推定精度の検証を行う。

3.1.1 模擬データ

典型的な例として、道路構造令⁴⁾から決められる制限時速 60 km 以下の道路形状を想定し、提案手法の推定精度を検証する。三次元レーン形状を上方からみた $X_m - Y_m$ 平面形状を図5(a)に、垂直面 $l - Z$ 面形状を図5(b)示す。なお、自車両の実際の位置とレーンに対する姿勢は図5に示すとおりとする。自車両の初期位置は DGPS によって測位され、測位位置を $O_m - (X_m, Y_m)$ 座標系の原点であるとした。ただし、DGPS の精度は 1m 程度として誤差を与えた。道路地図として 1/2500 の航空写真に基づいて作成された

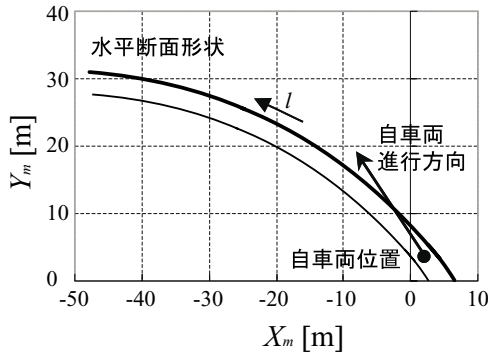


図 5 (a) 水平断面模擬レーン形状

Fig. 5 (a) The artificial lane shape on the horizontal plane.

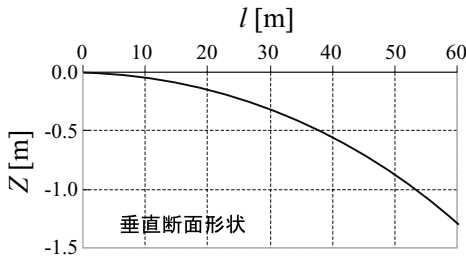


図 5 (b) 垂直断面模擬レーン形状

Fig. 5 (b) The artificial lane shape on the vertical plane.

数値地図を利用するとし、地図上のレーン形状 P_i は実際の形状の水平面座標値を中心に最大 ± 0.5 m の誤差をランダムに与えて作成した。画像上のレーン形状 Q_j は焦点距離 9 mm, 撮像面 4.92×3.69 mm, 解像度 640×480 画素のカメラから画像面に透視投影して作成した。設定した各パラメータを表 1 に「真値」として示す。なお、推定対象のレーン形状は図 5 (a) 中の右側レーンとし、レーン幅を 3.0 m, カメラ中心の道路面からの高さを 1.21 m とした。なお、 E_{map} と E_{image} の信頼度は同じであるとし、 w を 0.5 とした。

3.1.2 推定結果

提案手法に基づいて、式 (7) を最小とするような三次元レーン形状と自車両のレーンに対する位置・姿勢を推定した結果を「推定値」として表 1 に示す。

提案手法に基づいて推定された 12 個のパラメータから算出した水平面レーン形状を図 6 に示す。原点を自車両位置とし、横軸を自車両の進行方向とする。実形状を細実線で示し、提案手法により推定された結果を太実線で示す。また、従来手法との比較のため、単眼画像による水平面仮定時の推定結果を点線で示し、画像によってレーンに対する姿勢を補正し、道路地図

表 1 推定パラメータ一覧

Table 1 Parameters for Three-D road shape estimation.

	真値	画像による姿勢初期値	推定値
C_{lox} [m]	-38.0	—	-38.8
C_{loy} [m]	-40.0	—	-42.2
R_o [m]	60.0	—	62.5
α	-4.17×10^{-5}	—	-3.73×10^{-5}
Φ_o [deg]	41.8	—	42.7
a	-3.56×10^4	—	-4.00×10^4
b	8.00×10^4	—	8.00×10^4
c	0.00	—	0.00
l_o [m]	6.00	—	4.63
d [m]	1.50	0.96	1.58
Φ_{yaw} [deg]	3.00	-4.80	3.54
θ_{pitch} [deg]	2.00	0.93	2.07

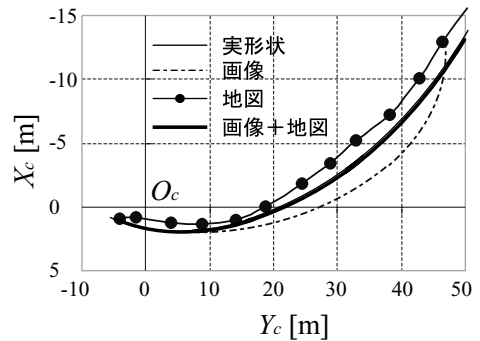


図 6 水平面レーン形状推定結果

Fig. 6 The estimated result of horizontal lane shape.

と DGPS から推定した結果を点で示す。図 7 にレーン形状推定誤差を示し、横軸を自車両からの距離、縦軸を推定誤差とする。また、図 8 に垂直面のレーン形状推定結果と実形状を示す。

図 6 より、画像や地図単独で推定したレーン形状推定結果は遠方で誤差が増大することに対し、提案手法による推定結果は実形状とよく一致していることが分かる。また図 7 より、画像や地図による推定結果は目標に満たないことに対し、提案手法による推定誤差は 50 m 先で 0.3 m 以下であり、目標精度を達成できていることが分かる。また図 8 より、垂直面についても推定結果は実形状によく一致し、三次元レーン形状推定が可能であることが分かる。レーン形状や自車両の位置や姿勢が異なる場合においても同様な検討を行い、良好な推定結果を得ることができた。以上のように

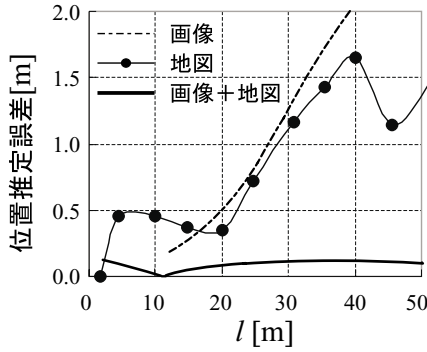


図7 水平面レーン形状推定誤差

Fig. 7 The errors of the estimated horizontal lane shape.

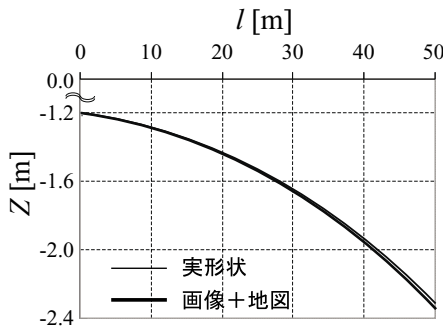


図8 垂直面レーン形状推定結果

Fig. 8 The estimated vertical lane shape.

に、提案手法は 50 m 先で横位置 0.3 m のレーン形状推定精度を達成できる可能性があることを、模擬データを用いて確認できた。現在の簡便な粗密探索による推定手法を用いた場合、12 パラメータ ($R_0, C_{lox}, C_{loy}, \alpha, \phi_0, a, b, c, l_0, d, \phi, \theta$) の推定時間は PentiumIII (700 MHz) マシン上でトータル 10 sec 程度である。しかし、パラメータの時間変化の制約条件などを考慮した探索範囲の限定や推定手法の改良により、100 msec オーダへの改善が可能である。

3.2 実環境での検証

実際の道路で本手法を適用した結果を示す。勾配変化のある実際の道路で三次元レーン位置の真値を得ることは容易でないため、本論文ではほぼ平坦な道路(図1)について提案手法を適用した。道路地図として、1/2500 の航空写真に基づいて作成された数値地図⁵⁾を利用し、その形状は図9に示すとおりである。推定結果は 50 m 先のレーン位置で評価した。実測より、50 m 先のレーン位置の真値は進行方向に対し左側に 0.32 m の位置であり、自車両の進行方向を Y_c 軸とし、進行方向に垂直な方向を X_c 軸とすると $X_c = -0.32$ m である。

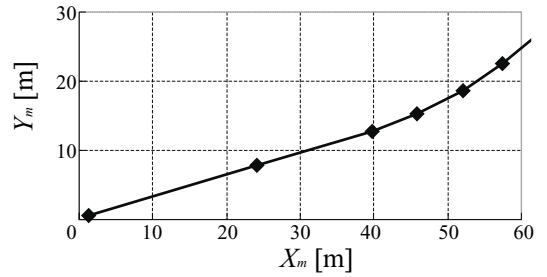


図9 地図上のレーン形状

Fig. 9 Lane shape on the digital road map.

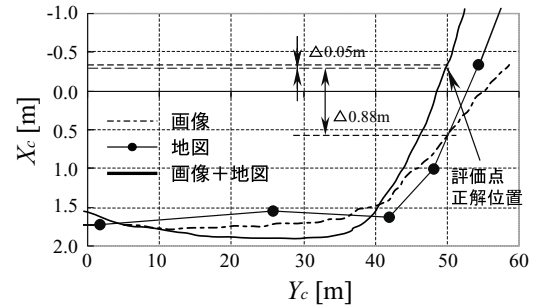


図10 実環境下水平面レーン形状推定結果

Fig. 10 The estimated horizontal lane shape under the actual environment.

図10に水平面でのレーン形状推定結果を示す。自車両位置を原点として、横軸を自車両の進行方向とする。評価点とした 50 m 先の横位置を図中に示す。図10より、平坦な道路であっても、画像のみに基づく推定結果は解像度の限界により遠方では誤差が大きくなっている。また、道路地図と DGPS に基づく推定結果は、自車両の進行方向位置誤差のため、遠方で誤差が生じている。画像を用いた場合も道路地図と DGPS を用いた場合も、50 m 先の推定結果は $X_c = 0.56$ m であり、0.88 m の誤差が生じていることが分かる。しかし、提案手法による推定結果は 50 m 先において $X_c = -0.37$ m であり、誤差は 0.05 m である。以上のように目標とする精度で 50 m 先のレーン位置を推定でき、提案手法の効果を実際の道路環境下においても確認できた。

4. まとめ

本論文では、画像と道路地図と DGPS を融合し三次元レーン形状を推定する手法を提案した。提案手法は遠方のレーン形状推定精度を向上でき、50 m 先のレーン形状を 0.3 m 精度で推定できる可能性があることを模擬データと実環境下のデータを用いて示した。提案手法は画像上のレーン形状と地図上のレーン形状

の照合度が高くなるように、三次元レーン形状とレーンに対する自車両の位置と姿勢を推定することでレーン形状推定精度を向上させることに成功している。

衝突防止システムなどの将来の走行支援システムには、前方障害物を検出し、検出された前方障害物が自車両の将来走行する走行コース上に存在するか否かという、走行コースと前方障害物の相対的な位置関係を判定する必要がある。これらのシステムの実現には遠方のレーン形状を高精度に推定する技術が必要であり、提案手法は将来の走行支援システムで有用な技術である。

今後は粗い地図を用いた場合のレーン形状推定や推定コストの削減など、より実用的なシステムの実現を目指していく予定である。

謝辞 本研究を行う機会をいただいた(株)豊田中央研究所システム2部西川訓利部長および本研究を進めるにあたりご討議いただいたセンシングシステム研究室浅野孔一室長、加藤武男研究員、ならびに同研究室の諸氏に深謝します。

参 考 文 献

- 1) DeMenthon, D.: A zero-bank algorithm for inverse perspective of a road from a single image, *Proc. IEEE International Conference Robotics and Automation*, pp.1444-1449 (1987).
- 2) 金谷健一, 渡辺一成: 局所平面近似による道路形状復元, 日本ロボット学会誌, Vol.8, No.4, pp.407-412 (1990).
- 3) Langer, D.: An Integrated MMW Radar System for Outdoor Navigation, CMU-RI-TR, 97-03 (1997).
- 4) 道路構造, 政令 320 号 (1970).
- 5) 数値地図 2500 空間データ基盤 愛知 7, 国土地理院 (1998).

(平成 13 年 7 月 23 日受付)

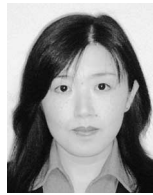
(平成 13 年 10 月 16 日採録)

推 薦 文

本論文は、地図情報と画像処理技術を組み合わせ、車両が走行する道路上のレーンの三次元的形状を推定

する手法を提案している。筆者らは、得られる情報の精度を考慮し、効果的に組み合わせることで有効性が高まることを理論的に示し、さらに模擬データと実環境で検証することで、実用性を示している。本論文で提案されている手法は新規性が高く、かつ有効性も高い。本論文で得られた知見は今後の走行支援システムの制御に関する研究活動に大きな指針を与えるものである。よって、本論文を高度交通システム研究会推薦論文として推薦いたします。

(ITS 研究会主査 松下 温)



小島 祥子

平成 5 年名古屋大学工学部電気工学科卒業。平成 7 年同大学大学院修士課程修了。同年(株)豊田中央研究所入社。以来、主に画像処理に関する研究開発に従事。現在同所システム2部センシングシステム研究室所属。電子情報通信学会会員。



山田 啓一

昭和 59 年名古屋大学工学部電気工学科卒業。昭和 61 年同大学大学院修士課程修了。同年(株)東芝入社。平成 3 年(株)豊田中央研究所入社。以来、画像センシング技術に関する研究開発に従事。現在、同所システム2部センシングシステム研究室所属。工学博士。映像情報メディア学会、電気学会、電子情報通信学会各会員。



二宮 芳樹

昭和 56 年名古屋大学工学部電子工学科卒業。昭和 58 年同大学大学院修士課程修了。同年(株)豊田中央研究所入社。以来、画像処理技術に関する研究開発に従事。現在同所システム2部センシングシステム研究室所属。日本ロボット学会、電子情報通信学会各会員。