

時空間画像を用いた自車両走行レーン位置認識

本多 充知[†] 加藤 博一^{††} 西田 正吾[†]

[†] 大阪大学大学院 基礎工学研究科 〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3

^{††} 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

E-mail: [†]honda@nishilab.sys.es.osaka-u.ac.jp, ^{††}kato@is.naist.jp, [†]nishida@sys.es.osaka-u.ac.jp

あらまし 実写画像を用いたカーナビゲーションシステムにおいて、車載カメラから得られた画像上にさまざまな案内情報を違和感無く重畳表示するためには、現在の自車位置を高い精度で計測する必要がある。特に車線数の多い道路においては、自車が走行しているレーンの位置を把握することが重要となってくる。そこで本研究では、車載カメラから得られた画像をもとに、自車両走行レーン位置を推定する手法を提案する。計算コストの削減のため、走行レーン位置の推定に時空間画像を利用することを考えた。

キーワード カーナビゲーション, 拡張現実感, レーン認識, 時空間画像

Lane Recognition with the Spatio-Temporal Image

Mitsushi HONDA[†], Hirokazu KATO^{††}, and Shogo NISHIDA[†]

[†] Graduate School of Engineering Science, Osaka University Machikaneyama-cho 1-3, Toyonaka, Osaka, 560-8531 Japan

^{††} Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology Takayama-cho 8916-5, Ikoma, Nara, 630-0192 Japan

E-mail: [†]honda@nishilab.sys.es.osaka-u.ac.jp, ^{††}kato@is.naist.jp, [†]nishida@sys.es.osaka-u.ac.jp

Abstract A car navigation system based on an augmented reality technique requires accurate positioning data. In this paper we propose a compensation method of positioning for the car navigation systems. In this method, we utilize signs on the road, such as a crosswalk. In addition, We use the "spatio-temporal image" for reduction of complexity.

Key words car navigation, Augmented Reality, lane recognition, spatio-temporal image

1. はじめに

カーナビゲーションシステム（以下、カーナビ）において重要なことは、ユーザが交差点案内や観光案内などといった案内情報を瞬時に、かつ容易に認識できるかどうかにあると考えられる。近年のカーナビでは、案内情報をユーザにわかりやすく提示するため、通常の2次元地図を用いた表示方式に加え、俯瞰図やドライバーズビューといった3次元CGによる表示方式が取り入れられている（図1）。しかし、CGによる案内表示のみでは、場所によっては現実環境との対応付けが困難になる場合がある。この問題の解決方法として、車載カメラにより取り込まれた実写画像上に、CGで描かれた案内情報を重畳表示させるという、拡張現実感技術を用いた表示方式が考えられる。図2は交差点案内の例を示しており、次に

曲がるべき交差点の位置や曲がる方向を、CGを用いてユーザに示している。実写画像を用いることで、現実環境と案内情報との対応付けが容易になると考えられるが、実写画像と案内情報との間に幾何学的整合性がとれていなければ、かえってユーザに混乱を生じさせる要因になる。したがって実写画像を用いたカーナビを実現するためには、現在の自車位置を精度よく計測し、実世界と自車との位置関係を正確に把握することが重要となってくる。従来の位置計測技術として、GPSや推測航法・マップマッチングが挙げられるが[1]~[4]、以下のような問題点がある。

- 高層ビルが建ち並ぶ市街地など、電波の受信環境が悪い箇所では直線道路を長距離にわたって走行していると、進行方向に対するズレが蓄積されていく。

- レーン数の多い道路において、自車がどのレーン

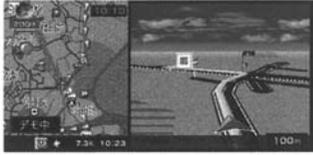


図1 カーナビの情報表示例 (三菱電機(株)CU-H9700)
Fig.1 A car navigation display image.



図2 拡張現実感技術を用いた画像表示例
Fig.2 A car navigation display image with AR.

を走行していても、自車が常に道路の中央を走行しているように計測される。

そこで筆者らは、より正確な自車位置を把握するため、横断歩道やレーンを構成する白線などといった道路標示の利用を検討している。進行方向の位置のズレに対しては、横断歩道をランドマークに従来技術によって得られた位置データを補正するという手法を提案しており、良好な位置補正結果を得ることに成功している [5]。

本論文では、横方向に対する自車位置のより正確な把握を目的とし、自車が走行しているレーンの位置を認識する手法を提案する。自車が走行しているレーンの位置を特定できれば、図2の交差点案内表示に加え、レーンの誘導案内などより多様な案内情報の表示が可能になると考えられる。走行レーン位置の認識は、車載カメラにより撮影された動画像から、レーンを構成する白線の本数やその位置、および線種(実線・破線)を判定することにより行う。道路画像からの白線抽出に関しては、従来より様々な研究が行われており、伊東らは走行環境認識の基本的な手法として、ハフ変換、ラベリング、テキストチャヤ色による領域分割、テンプレートマッチングなどを挙げている [6]。また、動的輪郭モデル(Snake)を用いた手法もいくつか提案されている [7]~[9]。これらの研究は基本的に、自動運転システムや走行環境認識を主な目的としたものであり、自車の前方にある白線の位置や形状を把握することが重要となってくるため、車載カメラから得られた画像をそのまま処理している。車載カメラから得られた画像からそのまま白線抽出を行う場合、消失点による白線の傾きや、遠近による白線幅の変化、および他の車の影響などを考慮に入れる必要があるため、計算コストの増加が懸念される。本論文ではこれらの影響をできるだけ除去するため、時空間画像を利用した白線抽出手法を提案する。

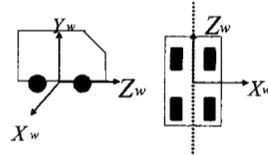


図3 車両座標系
Fig.3 Vehicle coordinate



図4 スキャンライン
Fig.4 Scanline

2. 時空間画像

2.1 座標系の設定

車両座標系を図3のように定義する。車両座標系の原点は車両の中心部分に位置し、 Z_w 軸は車両の中央線に重なるように設定されている。また、実際にカメラで撮影された画像面を観測スクリーン座標系と定義し、その座標値を (x_d, y_d) で表す。車両座標系の点 (X_w, Y_w, Z_w) と観測スクリーン座標系の点 (x_d, y_d) は、カメラパラメータや歪み関数によって関係付けられる [10] [11]。本論文では、これらのパラメータはすべて既知であるとする。

2.2 時空間画像の定義

車両座標系において常に $Y_w = 0, Z_w = D[m]$ とするような、 X_w 軸に平行な直線を設置する。以降、本論文ではこの直線をスキャンライン (scanline) と称する。観測スクリーン座標系におけるスキャンラインの位置を求めるため、車両座標系の点集合 $(i\alpha, 0, D)(i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ に対応するような観測スクリーン座標系の点集合 $(x_{id}, y_{id})(i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ を求める。図4に $\alpha = 3.0[cm]$ 、 $D = 10.0[m]$ としたときのスキャンラインの位置を、図5にスキャンライン上の情報のみを時系列的に並べて表示した画像を示す。本論文では図5のような画像を時空間画像と定義する。時空間画像では、白線は時間軸に対しほぼ平行な直線となるので、画像中に存在する白線の本数やその大まかな位置の把握が容易になる効果が期待できる。

2.3 時空間画像の更新方法

時空間画像の更新方法として、毎フレームに1ラインずつ更新する方法が考えられるが、その場合以下の問題が考えられる。

- 自車の速度が遅い場合、数メートル前の地点の画像データがすぐに流れてしまう。
- 徐行時には先行車両との車間距離が狭くなり、ス

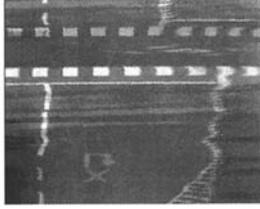


図 5 時空間画像
Fig.5 Spatio-temporal image

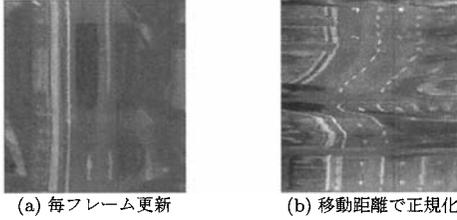


図 6 時空間画像の更新方法
Fig.6 Renewal of the Spatio-temporal image

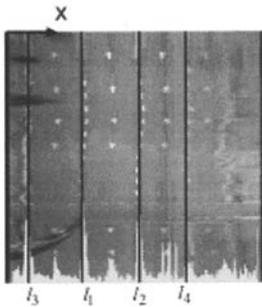


図 7 白線位置などの定義
Fig.7 Definition of Lane

キャンラインと先行車両の重複が発生しやすくなる。その結果、白線抽出や線種判定の際、先行車両の影響を受けやすくなる。

そこで本研究では、白線抽出や線種判定に、自車の移動距離に基づいて正規化した時空間画像を使用する。図 6(a) に毎フレームに 1 ラインずつ更新した時空間画像を、図 6(b) に移動距離で正規化した時空間画像を記載する。

3. 自車両走行レーン位置認識

3.1 基本的な考え方

図 7 のように、時空間画像における自車両走行レーンの左右の白線を l_1, l_2 、隣接レーンの白線を l_3, l_4 と定義する。また $l_1 \sim l_4$ の x 座標をそれぞれ $x_1 \sim x_4$ と定義する。また、各水平ラインの白線抽出結果を垂直方向に投影したヒストグラムを $f(x)$ とする。図 7 から、白線が存在すれば $x_1 \sim x_4$ の近傍において $f(x)$ にピークが生じていることがわかる。

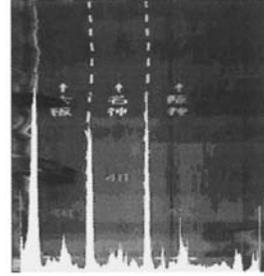


図 8 道路端に白線が存在しない場合
Fig.8 No line in the edge of road

本研究では、 $l_1 \sim l_4$ において白線の有無およびその線種を判定することにより、自車両走行レーンの位置を把握する。白線の有無の判定結果のみでも、自車両走行レーンの位置をある程度把握することは可能であるが、道路端に輝度値の差がほとんど表れないような箇所においては、レーン位置を厳密に特定することは難しくなる。例えば図 8 のような道路においては、 l_4 の位置にピークが存在しないため、自車が右端のレーンを走行していると誤認識を起こす恐れがある。ここで l_2 が破線であることを認識できれば、その白線を車線境界線と見なすことができ、右隣にレーンが存在するはずであると判断することができる。

自車両走行レーン位置認識の流れは以下ようになる。

- (1) 各水平ラインにおいて白線抽出処理を実行し、 $f(x)$ を作成する。
- (2) $f(x)$ の値をもとに、 $x_1 \sim x_4$ を求める。
- (3) 白線の有無や、線種（実線・破線）を判定する。
- (4) $l_1 \sim l_4$ の線種判定結果をもとに走行レーン位置を特定する。

以下、各項目の詳細について述べる。

3.2 白線抽出

白線の抽出には、岡田らによって提案された図 9 のフィルタを使用する [12]。注目画素は、パラメータが 0 になっている部分であり、 w は時空間画像における白線幅を表す。このフィルタは、注目画素が白線部分の左端にあるとき出力値が最大となり、注目画素が白線部分の右端にあるとき出力値が最小となる（図 10）。フィルタの適用後、以下の処理を実行することで白線部分を抽出する。

- (1) フィルタの出力値が T 以上となる領域のうち、出力値が最大である x を白線の左エッジ部分候補 x_{left} とする。また、フィルタの出力値が $-T$ 以下となる領域のうち、出力値が最小である x を白線の右エッジ部分候補 x_{right} とする。
- (2) 以下の条件を満たすすべての x を白線領域として抽出する。
 - x_{left} を左端に、 x_{right} を右端にもつ領域に含まれている
 - $0.5w \leq (x_{right} - x_{left}) \leq 3w$ が成立する

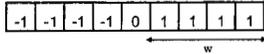


図9 白線強調フィルタ
Fig.9 Line Emphasis Filter

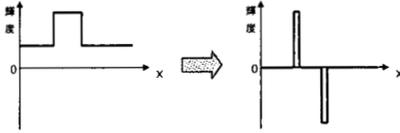


図10 フィルタの適用例
Fig.10 Application of the filter

3.3 白線位置の検出

3.3.1 l_1, l_2 の探索範囲

前回の白線検出位置を x'_1, x'_2 とする。時空間画像における白線の位置が短時間の間に大きく変動することは無いので、 x'_1, x'_2 を中心とした左右 s [m] を l_1, l_2 の探索範囲として設定する。 s の値に関しては、 x'_1, x'_2 に白線が存在すると判定された場合は小さい値を、存在しないと判定された場合は大きい値をとるように設定する。また、高速道路や自動車専用道路の道路幅は最大 3.75m と定められていることから、左側の白線が存在する範囲を $-3.75 \leq X_w \leq 0$ 、右側の白線が存在する範囲を $0 \leq X_w \leq 3.75$ に限定することができる [13]。

3.3.2 $x_1 \sim x_4$ の導出

3.3.1 で定めた探索範囲内において、次式が最大となるような位置を x_1, x_2 として算出する。

$$E = f(x_1) + f(x_2) - a|L_w - (x_2 - x_1)| \quad (1)$$

ここで、 L_w は時空間画像におけるレーン幅、 a は重み係数である。 x_1, x_2 の値から、 L_w は次式のように求められる。

$$L_w = x_2 - x_1 \quad (2)$$

自車両走行レーンと隣接レーンのレーン幅は等しいと仮定することにより、隣接レーンの白線位置を次式のように予測することができる。

$$\begin{aligned} x'_3 &= x_1 - L_w \\ x'_4 &= x_2 + L_w \end{aligned} \quad (3)$$

x'_3, x'_4 の近傍において、 $f(x)$ が最大となるような x 座標を x_3, x_4 として決定する。

3.4 白線の有無の判定

$x_i (i = 1, 2, 3, 4)$ を求めた後、各 x_i において白線が存在するかどうかの判定を行う。ヒストグラム $f(x)$ は白線が存在する箇所においてピークが表れるので、白線の有無の判定には x_i の近傍における $f(x)$ の標準偏差 σ_i の値を利用する。 σ_i の値がある一定値以上であった場合、座標 x_i に白線が存在すると判定する。

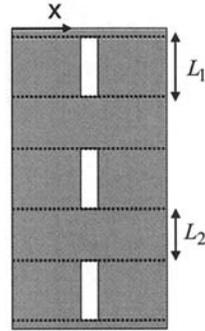


図11 白線のモデル
Fig.11 Example of the white line

3.5 白線の線種判定

3.4 で白線が存在すると判定された場合は、その白線の線種判定を行う。線種の判定は、 $x_i (i = 1, 2, 3, 4)$ の近傍において各水平ラインを走査することによって行う。各水平ラインにおいて白線が存在するかどうかを調べ、白線の両端部分に相当する箇所 (図11の破線部分) を検出する。白線そのものの長さ (図11の L_1)、および白線間の長さ (図11の L_2) を計算し、 L_1, L_2 の値からその白線が実線であるか破線であるかどうかを判定する。

3.5.1 線種を破線と判定する条件

車線境界線が破線である場合、白線そのものの長さは 3~10m、間隔は白線部分の 1~2 倍の長さであると規定されている [14]。よって、白線の線種が破線である場合、 L_1, L_2 は式4を満たす。

$$\begin{cases} 3.0 \leq L_1 \leq 10.0 \\ 3.0 \leq L_2 \leq 20.0 \end{cases} \quad (4)$$

式4が成立する度に、そのときの L_1, L_2 の値を配列 $L_1[i], L_2[j]$ に記録していく。式4が成立しなかったときには、 i, j の値を1にリセットする。 i, j が共に3となったとき、 $L_1[i]$ の分散 $\sigma_{L1}, L_2[j]$ の分散 σ_{L2} を計算する。白線が破線である場合、 L_1, L_2 は同じ値が連続して表れるものと予想されるので、 σ_{L1}, σ_{L2} が共に閾値以下となったとき、その白線に破線が含まれていると判定することができる。

3.5.2 線種を実線と判定する条件

L_1 の最大値が 40[m] 以上であり、かつ L_1 の合計値が全体の 8 割以上であった場合、その白線は実線であると判定する。ただし、3.5.1 で述べた条件が成立する場合は、そちらを優先させる。

3.5.3 実線・破線の判断ができない場合

3.5.1, 3.5.2 で述べた条件が共に成り立たない場合は、線種を特定せず、白線が存在するだけ判定する。

3.6 走行レーン位置の特定

3.6.1 認識アルゴリズム

$l_1 \sim l_4$ の線種の判定結果から、自車が走行しているレー

表 1 レーン位置認識アルゴリズム
Table 1 Recognition of the lane with car

	l_1 :実線	l_1 :破線	l_1 :線種不明	l_1 :白線無し
l_2 :実線	A, B 参照	$N_{right} = 0$ A 参照	A, B 参照	B 参照
l_2 :破線	$N_{left} = 0$ B 参照	A, B 参照	A, B 参照	B 参照
l_2 :線種不明	A, B 参照	A, B 参照	A, B 参照	B 参照
l_2 :白線無し	A 参照	A 参照	A 参照	$N_{left} \geq 0$ $N_{right} \geq 0$

A	l_1 :実線	l_1 :破線	l_1 :線種不明
l_3 :実線	$N_{left} \geq 1$	$N_{left} = 1$	$N_{left} \geq 1$
l_3 :破線	$N_{left} \geq 1$	$N_{left} \geq 2$	$N_{left} \geq 1$
l_3 :線種不明	$N_{left} \geq 1$	$N_{left} \geq 1$	$N_{left} \geq 1$
l_3 :白線無し	$N_{left} \geq 0$	$N_{left} \geq 1$	$N_{left} \geq 0$
B	l_2 :実線	l_2 :破線	l_2 :線種不明
l_4 :実線	$N_{right} \geq 1$	$N_{right} = 1$	$N_{right} \geq 1$
l_4 :破線	$N_{right} \geq 1$	$N_{right} \geq 2$	$N_{right} \geq 1$
l_4 :線種不明	$N_{right} \geq 1$	$N_{right} \geq 1$	$N_{right} \geq 1$
l_4 :白線無し	$N_{right} \geq 0$	$N_{right} \geq 1$	$N_{right} \geq 0$

ンの位置を特定するアルゴリズムを以下の表 1 にまとめる。ここで、 N_{left} , N_{right} はそれぞれ、自車の左側、右側に存在するレーン数を表す。 N_{left} , N_{right} の値を求めることで、走行レーン位置を特定、あるいは推定することができる。例えば $N_{left} = 0$ という結果が得られた場合、自車は一番左端のレーンを走行していると判断でき、 $N_{left} \geq 1$ という結果が得られた場合は、自車は少なくとも左端のレーンは走行していないと判断することができる。

3.6.2 白線抽出結果の消去

車線変更をした後など、走行レーン位置が変化しと思われる状況が発生した場合は、それ以前の白線抽出結果を走行レーン位置の特定に利用することは適切ではない。走行レーン位置が変化しうる可能性のある状況としては、車線変更時と、交差点通過時が挙げられる。車線変更、および交差点を通過したことを検出するため、 $f(x)$ とは別に、過去 3 秒間に相当する時空間画像において、2 値化結果を垂直方向に投影したヒストグラム $f'(x)$ を作成しておく。交差点内には白線が存在しないこと、および図 12 より、車線変更時、交差点通過時には $x_1 \sim x_4$ の近傍において $f'(x)$ のピークが見られなくなることが予想される。したがって、 $x_1 \sim x_4$ の近傍における $f'(x)$ の標準偏差を求めることで車線変更、交差点通過を検出することが可能になる。求めた標準偏差が全て閾値以下であった場合は、車線変更が行われた、もしくは交差点を通過したものと見なし、その地点より以前の白線抽出結果を全て消去するようにする。

4. 実験と考察

本論文で提案した手法を用いて、自車両走行レーン位置の認識成功率を調べる。画像サイズは 640×480 であり、

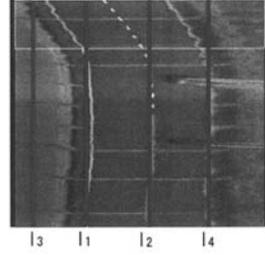


図 12 車線変更時

Fig. 12 Lane change

表 2 実線部分の線種判定結果

Table 2 Recognizing result of a solid line

	線種正答率	白線判定率	誤認識数
道路 1	611/728	716/728	0
道路 2	19/90	66/90	0

表 3 破線部分の線種判定結果

Table 3 Recognizing result of a broken line

	線種正答率	白線判定率	誤認識数
道路 1	389/629	607/629	4
道路 2	79/422	331/422	0
道路 3	51/542	289/542	0

実験環境は CPU が Intel Pentium4 プロセッサ 3.4GHz, OS は WindowsXP である。実験には以下の 3 箇所の道路を走行したときの動画を用いる。

道路 1 片側 2 車線の高速道路

道路 2 片側 4 車線の一般道

道路 3 交通量の多い片側 5 車線の一般道

$l_1 \sim l_4$ の位置の算出や線種判定には、現在位置から 100[m] 前の地点までの画像データを使用し、走行レーン位置の特定は自車が 10[m] 移動するたびに行った。スキャンラインは車両座標系において $Z_w = 7.0$ [m] となる位置に設置し、時空間画像における白線幅 w は車両座標系において 20[cm] に相当する値に設定した。

4.1 l_1 , l_2 の判定正答率

l_1 , l_2 の線種判定結果と、時空間画像における実際の線種を比較することにより、実線部分、破線部分における線種の判定正答率を求める。得られた結果を表 2, 3 に示す。ただし、道路 3 では自車の両側の区画線が常に破線であったため、破線部分での判定結果のみ示している。表 2, 表 3 において、白線判定率は白線が存在することを認識できた回数の割合を表している。

高速道路である道路 1 に対して、一般道路である道路 2, 道路 3 においては線種正答率および白線判定率の減少が見られた。その要因として、道路 2, 道路 3 には交差点が多数存在することや、道路 1 に比べて白線の塗装の状態が良くないことが挙げられる。また道路 1 において、図 13 のような箇所破線を実線と誤認識した例が見られた。これは、車線境界線の側にペイントされている白線



図 13 線種の誤認識が発生した道路
Fig. 13 Error of line kind recognition

表 4 走行レーン位置認識結果

Table 4 Recognizing result of the lane with car

	ランク A	ランク B	ランク C	ランク D
道路 1	344	299	23	1
道路 2	24	163	69	0
道路 3	0	114	157	0

表 5 レーン数認識結果

Table 5 Recognizing result of lane number

	ランク A	ランク B	ランク C	ランク D
道路 1	208	435	23	1
道路 2	0	187	69	0
道路 3	0	114	157	0

を抽出してしまっているために起こる。図 13 のような道路で、車線境界線のみを抽出することが今後の課題として挙げられる。

4.2 レーン位置、レーン数の認識結果

3.6 で述べたアルゴリズムを用いて、走行レーン位置、およびレーン数の認識実験を行った。認識結果を以下のようにランク付けする。

- ランク A 厳密に特定できた場合
- ランク B ある程度推定できる場合
- ランク C 特定が不可能な場合
- ランク D 誤判定が発生した場合

得られた結果を表 4, 5 に示す。4.1 と同様、道路 2, 道路 3 では交差点の存在や白線の塗装状態により、道路 1 と比較して良好な結果は得られなかった。特に道路 3 においては、駐車車両や隣接レーンを走行する車両の影響で隣接レーンの白線の線種が特定できず、走行レーン位置を厳密に特定できないという例が多く見られた(図 14)。また道路 1 において、対向車線の白線を検出したことにより、レーン位置およびレーン数の誤認識が発生している箇所が見られた。中央分離帯が存在しない道路では、このような現象が頻繁に発生することが予想されるので、そのような道路では N_{left} の認識結果のみを用いることが妥当であると考えられる。

5. おわりに

本論文では、レーンを構成する白線の位置およびその線種から、自動車走行レーン位置を認識する手法を提案した。白線抽出処理や線種判定処理を簡便にするため、

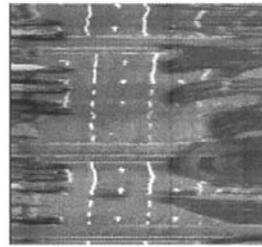


図 14 交通量が多い道路
Fig. 14 A road with a lot of traffic

本手法では時空間画像を用いることを考えた。

今後は、白線抽出法や線種判定法の改良、および道路リンクデータなど画像以外から得られる情報を活用することにより、走行レーン位置の認識成功率の更なる向上を図っていく予定である。

文 献

- [1] 三藤邦彦, 天目健二, 土居陽一, 清水修: “自動車の自立型航法装置の開発”, 住友電気工業株式会社
- [2] 自動車経路誘導システム調査専門委員会: “自動車経路誘導システム”, 電気学会技術報告 第 511 号
- [3] 小林祥延: “カーナビゲーションの技術動向”, 電子情報通信学会誌, Vol. 78, No. 12, pp. 1276-1279(1995-12)
- [4] 脇森宏, 石田功, 会田肇, 正木豊: “カーナビの達人 2002”, 二玄社, pp. 140-142(2002)
- [5] 本多充知, 加藤博一, 西田正吾: “時空間画像を用いたカーナビのための車位置補正”, 信学技報, MVE2006-44(2006-9)
- [6] 伊東敏夫, 山田憲一: “走行環境認識のための画像処理手法の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 97, No. 41, pp. 1-8(1997-5)
- [7] 大池達也: “モデルベースの認識手法による道路白線認識”, デンソーテクニカルレビュー, Vol. 6, No. 1(2001)
- [8] 八木康史, マイケルブラディ, 川崎剛照, 谷内田正彦: “道路追跡と 3 次元道路形状復元のための動的輪郭道路モデル”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J84-D-II, No. 8, pp. 1597-1607(2001-8)
- [9] 澤野弘明, 岡田稔: “拡張現実感技術を用いた次世代カーナビのための道路端抽出法の検討”, 2004-CG-117, Vol. 2004, No. 121, pp. 103-108 (2004-11)
- [10] デジタル画像処理編集委員会: “デジタル画像処理”, CG-ARTS 協会
- [11] 加藤博一, 汐崎徳男, 橋啓八郎: “テクスチャー画像からオンライン生成されたテンプレートのマッチングに基づく拡張現実感のための位置合わせ手法”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 7, No. 2(2002)
- [12] 田岡武司, 真鍋真, 上林学, 大西陽介, 福井正博: “自動車用白線認識アルゴリズムの一実現”, 情処研報, 2006-SLDM-126, pp. 63-68 (2006-10)
- [13] 道路構造令, 昭和 45 年 10 月 29 日政令第 320 号, 改正平成 15 年 7 月 24 日政令第 321 号
- [14] 道路標識、区画線及び道路標示に関する命令, 昭和 35 年 12 月 17 日総理府・建設省令第 3 号