
ARと画像認識を搭載したナビゲーションシステムの開発

Development of Navigation System with AR & Image Recognition

廣瀬 智博, 山崎 理, 伊藤 宏平, 高橋 克彦, 市原 直彦
Chihiro Hirose Osamu Yamazaki Kohei Ito Katsuhiko Takahashi Naohiko Ichihara

要旨 2011年5月下旬に「ARスカウターモード」を搭載した「サイバーナビ」を発売した。「ARスカウターモード」は、前方を向いた一台のカメラの映像を、独自のソフトウェアによる画像認識技術でリアルタイムに解析し、ナビゲーションの情報と連携して表示する機能である。現実の風景に必要な情報を重ねて表示することで、わかりやすい表示を実現している。ここでは、搭載した画像認識技術の「前方車両発進検知」「赤信号検知」「レーン移動検知表示」「車間距離インジケータ表示」と、AR技術を用いた「誘導」「3Dランドマーク表示」について解説する。

Summary We released "Cyber Navigation" equipped with "AR Scouter Mode" in the end of May, 2011. "AR Scouter Mode" is the function to analyze images of a front camera in a vehicle with the original image recognition technologies in real time and to display these outputs in cooperation with the information of the navigation. By overlaying them on real video, the driver can easily understand true scenery and necessary information for driving. We comment on "front vehicle departure detection", "signal change detection", "lane change detection and indication" and "front car distance indication" using the image recognition technologies, and "guidance" and "3D landmark indication" using the AR technology.

キーワード：ナビゲーション, AR, 画像認識, 信号, 白線, 車間距離, 発進, ランドマーク

1. はじめに

1.1 車載カメラの動向

カメラを車に搭載する目的として二つ考えられている。一つはビューカメラとして、つまり映像を確認するために搭載される。この映像を確認する目的はさらに二つに分類される。

一つはリアルタイムに映像を確認する場合である。これはバックカメラが代表的な製品で、バックミラーやサイドミラーを用いてもドライバーが見ることができない死角をモニターに表示することができる。また、ノーズに付けるフロントカメラは前方の左右の死角を確認するために使われる。車両の周囲に取り付けた複数のカメラを連動することで、自車両を上から見たように表示するシステムも実用化されている。

もう一つの目的はドライブレコーダーとしてのカメラである。言うまでもなく映像を録画し、後で録画映像を確認するシステムである。

そしてビューカメラ以外のもう一つの目的は、センサとしてのカメラの利用である。夜間に赤外線を使用して人を認識する技術がよく知られている。

1.2 経緯

パイオニアではCEATEC JAPAN2007にて「リアルビューナビ」と「アラウンドモニターナビ」という2つの試作品を発表した。

「リアルビューナビ」では実写映像から信号機や白

線などを捉えて枠や線を重畳表示する。また、誘導情報も重畳して表示するものであった。

「アラウンドモニターナビ」では前方車との車間距離の算出や、ふらつきを検知する機能を備えていた。どちらも、カーナビの持つ地図情報と実写映像を処理した情報を連携させている。そしてさらに1年前のCEATEC JAPAN2006では「車載ロボット」の展示も行っていたが、後述する「前方車両発進検知」と「赤信号検知」もここでデモンストレーションを行っていた。これらが今回発売された「サイバーナビ」の原型になっている。

1.3 製品紹介

2011年5月下旬に「ARスカウターモード」を搭載した「サイバーナビ」を発売した。「ARスカウターモード」は新開発の「クルーズスカウターユニット（カメラモジュールと映像処理ユニットを含む）」が撮影したフロントガラス越しの映像を、独自のソフトウェアによる映像処理技術でリアルタイムに解析し、ナビゲーションの情報と連携して分かりやすく表示する機能である。また、映像をSDカードに保存する機能（ドライブメモリ機能）も搭載されている。

前述の「ビューカメラとしてリアルタイムな映像確認」「映像を録画して、後で確認する」「センサとしてのカメラ利用」の三つの目的を満たしたシステムと言える。

1.4 システム構成

システムを構成しているのは「カーナビ本体」、「カメラモジュール」、「映像処理ユニット」(図1)である。カメラはバックミラー裏のフロントガラスに取り付けられ、前方の映像を取得する。カメラからの映像信号はアナログコンポーネント信号に変換され、映像処理ユニットに入力される。



図1 ハードウェア主要構成

映像処理ユニットではカメラからの映像をリアルタイムに解析し、実写映像に結果を重畳してカーナビに送る。カーナビでは、映像処理ユニットから送られてきた実映像に、さらに誘導情報などをのせて表示している。

映像処理ユニットとカーナビ間では双方向に通信を行っており、カーナビの持つ情報と、映像処理ユニットが持つ情報をやり取りしている。

周知のとおり一般的なカメラでは画角が狭いと遠方が大きく写り、広いと小さく写る。

本システムのアプリケーションにおいて求められるカメラのスペックは、画角が広い方が望ましいものとしてドライブメモリ、ARスカウターモード、狭い方が望ましいものとして前方車両認識がある。さらに信号認識では信号の位置が特定できないため広い画角が望ましいが、その場合信号機が小さく写り認識が困難になるという相反する要求がある。

本システムのカメラのスペックは

- 1) 解像度：640x480(VGA)
- 2) 水平画角：約59度
- 3) 射影方式：立体射影
- 4) 480pプログレッシブ方式

と、各機能に対しバランスを保った仕様としている。

1.5 機能

1.5.1 映像処理

「前方車両発進検知」

交差点などで停止したとき、前方車が発進したことを検知しドライバーに知らせる機能である。前方車の発進に気がつかずに、後方の車両から発進を促されることがなくなる。

「赤信号検知」

停止中に赤信号から青信号への変化を読み取り、カーナビの画面上にアイコンで表示する機能である。

「レーン移動検知表示」

高速道路走行中に、走行レーンの白線を認識し、実映像上に重畳する。レーン境界に近づくと、白線に重畳された表示カラーを変化させる。レーンをまたいだときも同様に表示される。

「車間距離インジケータ表示」

渋滞学の権威である東京大学西成教授の研究結果によると、高速道路ドライブ時、時速70kmで車間距離を40m以上空ければ渋滞は大幅に緩和される。この統計結果に基づいて、車間距離インジケータ表示では推奨車間距離を表示して注意喚起も促す。ARスカウターモードは安全走行の支援はもちろん、渋滞の緩和までもサポートする。

1.5.2 誘導情報

2Dの地図上に表示されるルート表示が、上空に浮いたようにデザインされ、直感的に把握できるようになっている。また、交差点までの距離や曲がるべき方向の矢印も実映像上に表示される。

・AR表示

ガソリンスタンドやカフェなどの施設を3Dランドマークやポップアップで表示を行うので、実映像上で場所を確認することができる。



図2 AVIC-VH09CS

2. 停車時の機能

2.1 機能説明

信号待ちの停車時にオーディオなどを操作していて、前方確認をしていないために後続車両にクラクションを鳴らされた経験は誰しもあるだろう。渋滞を減らすためには、このような待ち時間を短くすることが重要になる。

本機能は下記2つの前方確認機能により、停車車両の発進タイミングを早くするため開発した技術である。

- (1) 前方車両発進検知機能で、前の車が発進した時にドライバにその旨を通知する。
- (2) 赤信号検知機能で、前方の信号機が赤から青に変化したらその旨をドライバに通知する。



図3 発進時画面

2.2 前方車両発進検知

前方車両発進検知は従来より一般的な技術であり、広く製品も発表されている。

ステレオカメラや赤外センサで前方車両との距離を測るものが多い中、今回は単眼カメラでの機能の実現を目指した。

本システムでは前方の車両が動作したことを検知する手法をとっており、前方車両の動作を画像間の差分エッジの時系列の動きから検出している。差分情報を用いることで、西日の逆光等、前方車両が暗く写ってしまうような状態においても安定的に認識を行える。

2.3 赤信号検知

従来より信号機認識技術への要求は高く、カメラ映像を用いた画像から信号機の認識を行う技術は多く発表されている。

しかしながら実際にコンシューマ向け製品として実装されたことは無く課題の多い技術である。

2.4 赤信号検知アルゴリズム

次の手順で動作する。

- (1) 自車両が停車すると認識を開始し、赤信号候補を補足する。
- (2) 赤信号候補が消灯した場合に特定の領域内で青信号を探す。
- (3) 青信号が点灯した後に、自車両の発進が一定時間認められなかった場合に、ユーザがその旨を把握していないとしてユーザーに青信号に変化したことのお知らせする。

一般にカメラのシステムによって得られる画像データの色再現性は異なる。また、信号機にはLED式や電球式等複数の種類があり、中には古くなり色が暗いものもある。

つまり理論的な信号灯火の色情報で最適な認識結果が得られるとは限らずパラメータの最適化が必要になる。同時に認識アルゴリズム内で使用するパラメータは多次元にわたり、総当りで認識率を最適化するには限界がある。

今回は認識率最適化の実験時間を短縮するため、品質工学に基づいた手法によってパラメータの組み合わせを削減して実験を行った。それにより実際の信号灯火の色に合わせるのではなく、システム最適なパラメータの選択をすることができ認識率を向上させることができた。

本システムでは画像上に写る信号機が非常に小さく、認識のために使用できる情報量が少ない。検出範囲としては画角が広いほうが有利であるが、さらに信号機情報が少なくなってしまう。そのため、他の機能とのバランスをとりカメラの画角を決めている。ドライバーから実際に見える信号機に対して画像上の信号機は1/2~1/3程度小さく写る感覚になる。



図4 カメラを通して見た信号機

信号灯火部の画素サイズが1辺2~3ピクセルになることも頻繁に発生する。そのためプレートマッチングなど信号機の形状情報を用いた認識を実行することはできない。このような少ない情報量から認識を行うため、看板や赤色がかったビルの壁等も赤信号として誤認識してしまうことがある。

しかし、今回は「赤信号から青信号に変化することを知らせる」機能そのものに主眼を置き、青信号に変化する前の赤信号候補の捕捉閾値はあえて緩めて設定することとした。その結果、赤信号候補の誤検出は多くなってしまったが、目的とする機能の認識率を向上させることに成功した。

3. レーン移動検知機能

3.1 他社動向

レーン認識に関しては、古くから自動運転へ向けた研究がなされており、路面の白線を認識してドライバーの運転を補助するシステムなどが実用化され、高級車を中心に標準もしくはオプション装備されている。トヨタ自動車株式会社の「レーンキーピングアシスト」本田技研工業の「レーンキープアシストシステム」などが挙げられる。

これらは、カメラを用いて白線を認識し、レーン逸脱時の警報やレーンを保持するようステアリングに弱いトルクをかけるなどして、運転を補助するものである。

3.2 機能説明

高速道路において、自車両の走行レーンの白線を認識し、カメラの実写画像へ認識した白線を重ねて描画する。また、自車両がレーンの中央から外れて走行している場合には、白線を強調表示し、ドライバーへ注意を喚起する。

また、レーン変更を検知した場合、移動前のレーンにおける前方車両の捕捉を中断し、移動後のレーンの前方車両の探索を行う動作へ切り替える。

自車両が接近中の白線を色を変えて強調表示



左側の白線へ接近中

図5 レーン移動検知表示

3.3 アルゴリズム

次の手順で動作する。

- (1) 白線の幅にほぼ等しい幅で、消失点へ向かう白線エッジを検出する。
- (2) それらのエッジから直線を見つけ出し、白線の候補とする。
- (3) レーン幅のとりうる範囲から白線のペアを絞り込む。
- (4) 隣のレーンへ接近している場合は、隣のレーンの白線を探し始める。
- (5) 自車が隣のレーンへ侵入した際は、レーン追跡の対象を隣のレーンとして、処理を継続する。

最初に検出した白線エッジの中には白線以外の路面ペイント（方面・制限速度など）を構成する直線も含まれている。これらのペイントを対象から外すために、カメラの設置高、傾き、レーン幅を元にレーンを構成する白線を絞り込む。そして過去フレームで認識された白線の位置を考慮し、最終的に現在のレーンを構成する左右の2本の白線を決定する。

隣のレーンに接近している場合は、白線が等間隔に平行に引かれていることを利用して隣のレーンの白線を探す。

車載カメラで撮影された路面は、周囲の光の状態により、白線やアスファルトの輝度が変化する。具体的には、

- ・認識の対象となっている路面が影に入る
- ・逆光となる
- ・夜間、周囲が暗く、自車両のヘッドライトのみが光源となる
- ・トンネルへの出入りで、照度が急激に変化するなどが挙げられる。

そのため、白線エッジの検出処理では、輝度勾配に基づいた周囲の光の影響を受けにくい方法を採用し、カメラの自動露出制御などを含めて、最適なパラメータとなるよう調整を行った。この結果、検出率の向上を実現できた。

4. 前方車両距離計測機能

4.1 カメラによる距離計測

近年前方車が通過した地点を自車が通過するまでに2秒間以上かかる車間距離を保つことで安全な運転ができるという「0102運動」が提唱されている。また前述の西成教授が提唱されている「渋滞学」においても、前方車との車間距離をあけることがサグ部（＝下り坂から上り坂にさしかかる場所）での速度の低下から起きる渋滞の防止につながるとして、車間距離を測定することの重要性が増している。

映像解析を使って前方車両を認識するシステムとして富士重工業（株）の「EyeSight」やスマートフォンのアプリケーションとして「Augmented Driving」などがリリースされている。前者では認識をステレオカメラで行っており、後者はスマートフォンに備えられた単眼カメラによって行っている。

周知のとおり、ステレオカメラでは左右に備えられたカメラで撮影された映像での視差を利用して物体の三次元位置をつかむ事ができるため、単眼カメラを使用した場合より高精度に立体物の認識を行うことが期待できる。しかし一般的に単眼カメラに比してステレオカメラはある程度の左右のレンズの間隔（基線長）を必要とするためカメラが大型化し、またコストも高くなる傾向がある。本製品はユーザが所有する車に後から装着する製品であり、特に取り付けのしやすさは重要な要素となるため、前方車両認識を単眼カメラで行うことにした。

4.2 機能説明

前述の「0102運動」において高速の最高制限速度100km/hでの安全車間距離は約55.5mとなる。また渋滞学の知見では速度:車間の比を一定にし、かつ70km/hで40mの車間をとることが推奨されているので、100km/hでは約57mとなる。そこで本システムの認識範囲の目標は60mとした。その場合画面中心に幅1.5mの前方車両が撮影された場合、画角は1.3度、約15ピクセルとなる。

4.3 アルゴリズム

次の手順で動作する。

- (1) 道路候補領域を検出する。
- (2) 道路候補領域の垂直エッジペア（車らしいものの）を検出する。
- (3) 上記検出物を追跡して車か判定。
- (4) 車と判定した場合、距離を計算する。

道路候補領域検出では、例えば緑石や側溝などレーンマーカの描かれていない道路にも対応するため、レーンマーカに拠らずに道路候補の検出を行っている。次に道路候補領域にある垂直なエッジを検出するが、道路標示や影などの静止物なども垂直エッジとして検出されてしまうため、その後の動きをトラッキングして車か否かを判定している。トラッキングは前方車が歩道橋やビルなどの構造物や対向車の影に全体または一部が入ったり、日照角や露光時間の変化などによってフレーム間での明度差が大きくなる場合を考慮して行っている。

4.4 表示方法

車と判定された場合にターゲットスコープは前方車の動きに追従する。自車進行方向より左に前方車が検出された場合は左に、右の場合は右にターゲットスコープが傾いて表示される。

距離は25m～65mの範囲でインジケータに表示される。前方車との距離が近づくほど自車マークが上に表示され、適正な車間距離よりも近づく、インジケータに注意が喚起される。



図6 前方車両距離表示

5. 映像解析の課題

車載カメラ映像を用いた映像解析においては、カメラのダイナミックレンジが非常に重要になる。特に朝夕・夕方などコントラスト比が高い時間帯の認識が難しい。

赤信号検知の場合画面全体としては暗いが空が明るいという状態では、空も信号灯も白飛びしてしまい、信号灯と空領域が混ざりこんでしまった。



図7 信号灯が白飛びしている状態

信号灯火の輝度値にカメラの露光を合わせる等の対策は検討したが、同時にビューカメラとしての機能がスポイルされてしまうことから信号認識に特化したカメラ設定などを行うことは出来なかった。

また、走行中ではトンネルの出口付近の状態が映像解析には非常に厳しい。これら問題については、ハードウェア性能の向上に期待するところが大きい。

6. ARスカウターモード機能

6.1 AR概略

AR(Augmented Reality：拡張現実)には現在大きく分けて2種類の実現方法がある。

1つはARToolKit などのマーカー型に代表される方法で、見えている画像自体を認識して、画像内にある物体を特定し情報を付与する方法である。(以降画像認識法と記す)

もうひとつはセカイカメラ に代表されるGPSや加速度センサや電子コンパスなどのセンサを使って現在見えているであろう風景を推定し、情報を付与する方法である。(以降位置認識法と記す)

画像認識法の利点は、付与する情報の位置が正確に合わせられること、その時の実際の現実と合わせた動作ができることなどがある。欠点としては、認識すること自体の難易度が高いこと、特徴の無いものを特定

することが難しいこと(例えば一般的なビルは同じような外観のため、ビルの画像だけでどのビルか特定することは難しい)などがあげられる。

一方、位置認識法の利点は、実際に見えていないものの情報を付与できること、画像認識で特定するのが難しいものも特定できること(上の例では、この方法なら○×△ビルという名称まで付与できる)などがある。欠点としては、位置や向きを正しく把握しなければ使用することができない、予めそこにあるとわかっている物にしか情報を付与できないことなどがあげられる。

サイバーナビでは、画像認識法と位置認識法の両方を同時に用い、それぞれの方法の利点を生かしてARスカウターモードを実現させている。

○画像認識法で実現している機能

- ・ターゲットスコープ表示
- ・車間距離検知
- ・レーン移動検知表示
- ・赤信号検知表示
- ・前方車両発進検知表示

○位置認識法で実現している機能

- ・ルート表示
- ・案内地点立体アロー表示
- ・3Dランドマーク表示
- ・案内地点距離表示

6.2 位置認識法の詳細

位置認識法の欠点として、位置や向きを正しく把握できなければ使用できないと記した。実際にこの欠点は大きく、例えばGPSは衛星からの電波によって位置を特定するので、室内や地下などでは電波が届かず位置が特定できなかったり、10m以上位置がずれたりしてしまう。向きを正確に特定するのは更に難しく、特に携帯端末は自由な方向に傾けて使用されるため様々なセンサーを併用しても、誤差なく向きが特定できるのは条件がそろった時のみである。そのため、位置認識法で表現されるARは、正確な位置に現実と情報を重ねるといっても、おおよその方向にはこのようなものがあるというような使われ方が現状は多い。

しかし、カーナビの様に「自動車の中だけで使用する」と条件をつけたとき、位置精度は携帯端末での精度に比べてかなり高くすることができる。

6.3 車の位置・向きを高精度に推定できる理由

6.3.1 車は一定の動きしか行えない

車が360度回転するのは左右方向だけである。バックする車は存在しないのである。また左右方向へ回転するときにも前後へ進まないし回転できないなど、構造に起因する多くの制約の中で運動している。カーナビゲーションは車に固定されているため、自動車と同じ制約を受ける。条件が固定されているので、位置を推定する上で条件外の動きは排除することができる。

6.3.2 車は多くの場合、道路を走行する

車は道路を走行していることが多いため、道路の形状に合わせて運動しているとみなせることがある。例えば推定位置付近に、地図データ上で右に30度カーブしている道があるとき、センサから30度右にカーブして走行した出力値が得られたら、仮にGPSが使用できない状況でも、カーブを走り終わった位置にいると推定することができる。

6.3.3 車はエンジンオンの時しか動かない

車はエンジンオン（またはEVなどではスイッチオン）の状態でなければ動かないため、車が移動するときカーナビは車と連動して常に起動することができる。つまり常に位置を追跡することができる。例えば携帯端末では、電源がオフであったり、アプリケーションが動作していない時に移動することもあるため、位置情報の連続性が失われ方位の推定が難しい。

上記はあくまで一例であるが、自動車の特性とそれに対する解析技術によって自動車の位置・向きの精度は、現在のナビゲーションにおいてはかなり正確に求められるようになっており、位置認識法でも大きくずれることがなく情報を重ねることができる。

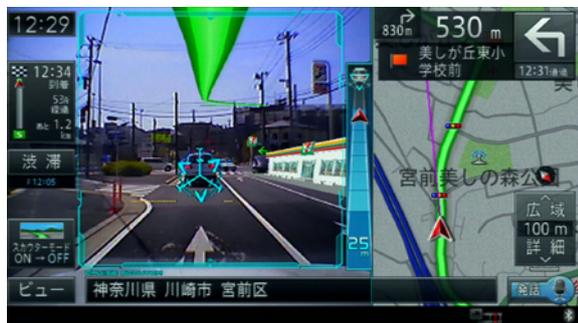


図8 道路の右側に配置されたコンビニエンスストアのポリゴンCG描画

実際に、自動車の位置と向きからどのように実写映像と合成しているCGを作成しているかを、ルートの表示を例にして説明する。

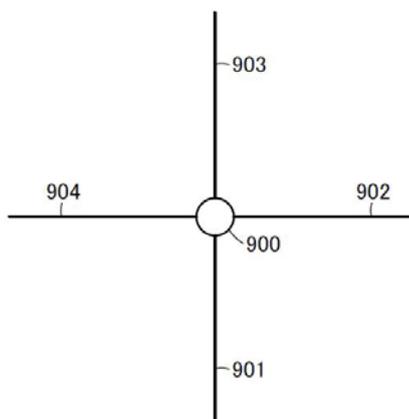


図9 ノードとリンクの例

ナビで使用している道路データは、ノードとリンクによって構成されたネットワークデータである。ノードは交差点、リンクは道路を表している。図9ではノードを○、リンクを線で表現した。日本全国の道路がこのような形で格納されている。

ノードには緯度、経度の位置情報や接続しているリンクの本数などの情報が付与され、リンクには道路の種類（例えば国道や県道）・長さ・幅員などの属性が付与されている。

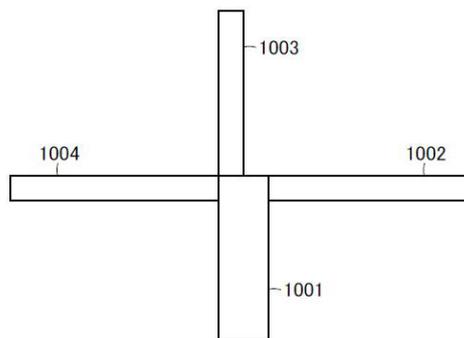


図10 道路の幅の分だけ太さを持たせたポリゴン

ARでルートを表示する際には、道路データを元に3次元空間にルートの形のオブジェクトを配置する。X,Yを経度、緯度としてリンクの形状にあわせて、道路の幅の分だけ太さを持たせたポリゴンを置くと図10のようになる。

このままだと交差点に接続するすべての道路がポリゴンになってしまっているのですが、ルートに該当するリンクだけを残す。ここでは1001と1002だけがルートに該当するとすると図11のようになる。

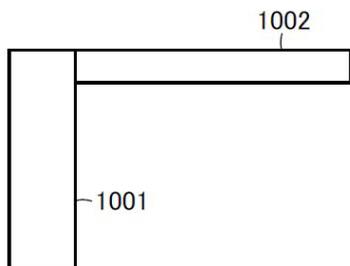


図11 ルートに該当するリンク

ルートは空に描いているので、少し上空に動かす。例えばZ軸に20m上空に動かしたものを、横から見ると図12のようになる。

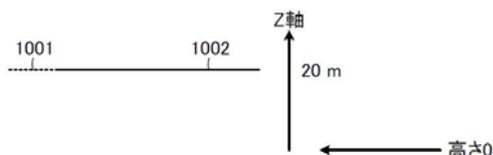


図12 Z軸に20m上空に動かしたもの

ルートに該当するすべてのリンクをポリゴンにして配置が終わったら、レンダリング用カメラを置いてレンダリングする。この時レンダリング用のカメラは、位置認識処理によって認識した自車の経路、緯度、向きに向けて配置するのが最大のポイントである。カメラの高さはドライバーの目線の高さ程度にする。

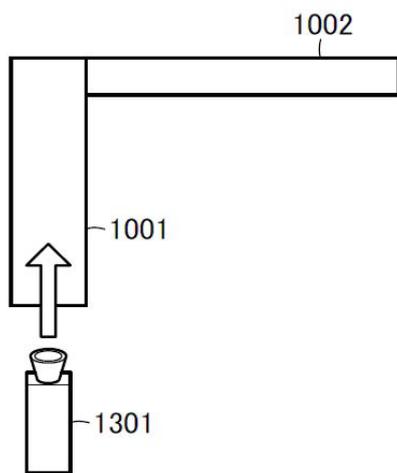


図13 レンダリング用カメラを置く

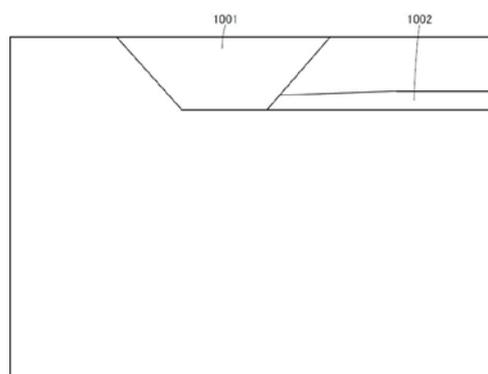


図14 レンダリングした状態

図13の状態でもレンダリングすると図14のようなCGを得ることができる。

位置の認識が正しければ、このCGは車の進行方向に向けた（本物の）カメラの映像と重なるはずである。車が前に進行すれば、レンダリング用のカメラも前に進むことになり、連続的にレンダリングすれば交差点が近づいてくるようなアニメーションになる。

最後に、リアルタイムに前方を写したカメラ映像と生成したCGを合成してモニタに出力すると図15のようになる。

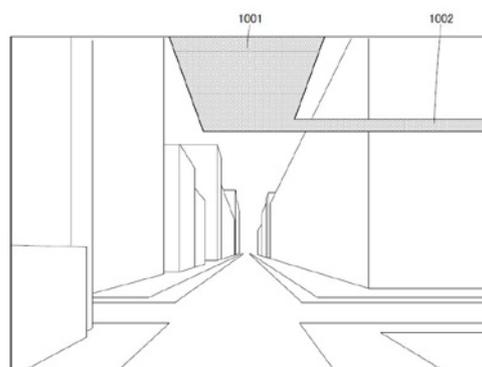


図15 カメラ映像と生成したCGを合成する

ルートの例で説明を行ったが、同じように案内の旗や道路の周辺にある施設などを3D空間に経度、緯度の位置にポリゴンとして配置して、自車の位置にカメラを置いてレンダリングすれば様々なものをARとして表現することができる。

6.4 なぜ空にルートを描画したか？

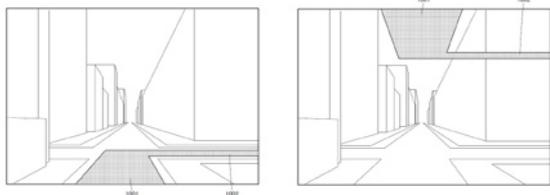


図16 自車位置の推定位置が狂いがまったくない時

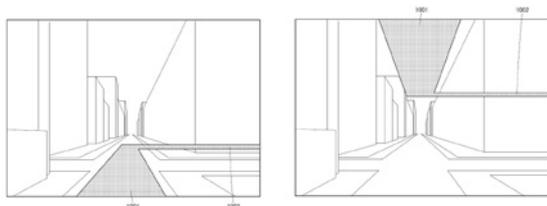


図17 自車位置の推定位置が実際より10m手前の位置になってしまっていた時

位置認識法の欠点が、位置認識精度が悪いと現実と重ならない点をあげ、自動車に限定することで精度を向上できることを述べたが、それでも前後の方向に10m程度の誤差は出てしまうことがある。そうした誤差が出たときに、ルートを下に描画するとはっきりとずれていると知覚してしまう。

しかし、試しにルートを上を描画してみたところ、多少の前後のズレがあっても違和感がないことがわかった。多くの方は図17の左図では、ズレているように感じ、同じ図の右図ではこの交差点で右で曲がるのだろうと認知できるはずである。詳しい要因はわからないが、もともと空に帯のような物体があることはありえないので、映像を見たときに脳内で「こうなっているのだろう」と補正するような錯覚によるものと思われる。

他にも、上にルートを描くことで、「前走車とルートが被らない」「情報の少ない空に有効な情報を入れる」「地面の起伏に形状を合わせなくても良い」など多くの利点があり、サイバーナビではルートを上空に描画するARの方法を採用した。

7. おわりに

2011年5月に発売したカーナビゲーションに搭載した、独自の映像処理技術とAR技術について紹介した。今後はこの技術を進化させたカーナビゲーションの開発に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 車載カメラ応用技術
—画像認識カーナビゲーションと車載ロボット
市原直彦 井上博人 藤田隆二郎 伊藤宏平
安土光男 (パイオニア株式会社)
月刊ディスプレイ 2008年4月号 pp30-35
- (2) 車載ロボットの試作
伊藤宏平 藤田隆二郎 市原直彦 柴崎裕昭
(パイオニア株式会社)
佐藤伸之 安達友洋
(東北パイオニア株式会社)
パイオニアR&D 2007 Vol.17 pp23-27
<http://pioneer.jp/crdl/rd/17-1.html#4>
- (3) クルマの渋滞 アリの行列
西成活裕著
技術評論社 ISBN978-4-7741-3124-5
- (4) 車両停止時における交通信号機の赤信号から青信号
への変化事象の検出手法に関する検討
加藤 誠己 渡辺 勲 (上智大学理工学部)
情報処理学会第48回(平成6年前期)全国大会
pp335-336
- (5) 安全運転支援のための多様な撮影環境における信号
認識
木村 文香 高橋 友和 井手 一郎 村瀬 洋
(名古屋大学大学院情報科学研究科)
目加田 慶人(中京大学生命システム工学部)
画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2006)
2006年7月 pp618-623
- (6) トヨタ自動車株式会社の「レーンキーピングアシス
ト」
[http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/
technology/technology_file/active/lka.html](http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/technology/technology_file/active/lka.html)
- (7) 本田技研工業株式会社の「レーンキープアシストシ
ステム」
[http://www.honda.co.jp/tech/auto/acc-lkas/lkas-
top/](http://www.honda.co.jp/tech/auto/acc-lkas/lkas-top/)
- (8) ARToolKit
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- (9) セカイカメラ
<http://sekaicamera.com/>

筆 者 紹 介

廣瀬 智博(ひろせ ちひろ)

カー技術部 第1ソフト開発部 所属。
カーナビゲーションのソフトウェアエンジニア。渋滞予
測, ルートイコライザー, エコ優先ルートなどルート探
索の機能開発を経て, 現在は新規事業先行開発に従事。

山崎 理(やまざき おさむ)

カー技術部 第1ソフト開発部 所属。
携帯電話, カーナビゲーションのエージェント技術の開
発などを経て, 2004年より車載カメラ応用技術の開発
に従事。

伊藤 宏平(いとう こうへい)

カー技術部 第1ソフト開発部 所属。
車載ロボット, 車載画像処理のアプリケーション開発を
担当。現在は, 車載カメラ応用技術の開発に従事。

高橋 克彦(たかはし かつひこ)

カー技術部 第1ソフト開発部 所属。
車載カメラ応用技術の開発に従事。

市原 直彦(いちはら なおひこ)

カー技術部 第1ソフト開発部 所属。
デジタル映像信号処理技術, RF回路技術開発を経
て, エージェント応用技術開発, 車載ロボット開発, 車
載カメラ応用技術の開発に従事。