

車載カメラによる実時間画像処理とその AR 技術に基づく
表示方式によるカーナビへの応用
Real-time Video Processing by a Car-mounted Camera and
Its Application to Car Navigation Systems by an Augmented
Reality-based Display Method

澤野弘明[†], 岡田 稔^{††}
Hiroaki SAWANO[†] and Minoru OKADA^{††}

^{†, ††} 早稲田大学大学院情報生産システム研究科

^{†, ††} Graduate School of Information, Production and Systems, Waseda University

[†] burai@okada-lab.org, ^{††} mokada@waseda.jp

アブストラクト: 本論文では, 拡張現実感 (AR) 技術を用いた表示方式 (以下, 本表示方式) のカーナビゲーションシステム (以下, 本システム) を提案する. 本システムでは, (I) 走行中の車載カメラから実写動画の取得, (II) コンピュータビジョン技術による道路幾何情報の抽出, (III) CG 技術による 3D-CG シーンのリアルタイム生成, (IV) 元の動画とオーバーレイ表示, という戦略をとる. 本システムの利点は, 道路幾何情報のリアルタイム収集・解析による詳細な 3D-CG モデリングデータ作成コストの削減, AR 技術によるカーナビゲーション表示における瞬時の視認性の向上, である. 本表示方式の有効性についてシミュレーションを用いて被験者 100 人に対してアンケートした結果, 85%以上の被験者から従来の 3D-CG による表示方式に比べ, 本表示方式の方が瞬時の視認性が高いという回答が得られた. また, 実写動画を入力情報として, 簡易な AR 表示のみを行う試作システムによる実験を行った. さらに, 本表示方式を実装するためにシステム実装時に考慮すべき点とアルゴリズム上の問題点をまとめ, 今後の課題を示す.

Abstract: We propose a car navigation system using an Augmented Reality (AR) technique that consists in (I) taking a real-time video using an equipped camera on front of the vehicle, (II) extracting road geometry information from the video by a Computer Vision technique, (III) modeling three-dimensional Computer Graphics (3D-CG) by a CG technique, and (IV) overlaying the 3D-CG into the real-time video. There are two advantages in our system. One is the reduction in cost to model detailed 3D-CG data by collecting and analyzing road geometry information in real-time. The other is to improve high instantaneous visibility in car navigation display by an AR technique. The result of the investigation of comparing an ordinary display method with our display method for availability for car navigation is that 85% of 100 examinees have preferred our display method instead of the ordinary 3D-CG display method. The challenges and future works of the proposed method simple AR system are described by the experimental result of an implementation in prototype phase and a simulation of our method.

キーワード: カーナビゲーションシステム, 拡張現実感技術, 表示方式, コンピュータビジョン技術, コンピュータグラフィクス技術

Keywords: Car Navigation System, Augmented Reality Technique, Display Method, Computer Vision Technique, Computer Graphics Technique

1 はじめに

カーナビゲーションシステム(以下,カーナビ)は1981年に本田技研がジャイロ式カーナビを発売[1]して以来,自車位置推定精度の向上による正確な案内表示や様々な表示方式の開発など,急激な成長を遂げており,この分野では日本は世界をリードしている.一方で,カーナビの機能・操作の複雑化に伴い,1999年11月に道路交通法の改訂により運転時のカーナビ画面の注視が禁止になった.もともと運転者(ユーザ)がカーナビ画面を見続けることは難しく,ユーザにとって瞬時の視認性¹が高いカーナビ表示が必要である[2, 3].運転中に連続してカーナビ操作をする場合,視線が前方からカーナビ画面に移動し始めてから再び前方へ戻るまでの時間は1秒程度という結果[3]が麻生らによって報告されている.また,ここ数年,高度交通システム(ITS: Intelligent Transportation Systems)の開発分野の“ナビゲーションの高度化”に関する研究も盛んに行われている[4, 5].瞬時の視認性の向上のために,日本では,上面図の二次元表示,鳥瞰図やドライバーズビューなどの三次元CG(3D-CG: Three-dimensional Computer Graphics)表示が一般化している.本研究では,ユーザが見る視界風景に最も近いドライバーズビュー表示方式に着目する.

都心部の表示では,利用者が多いため,詳細な3D-CGモデリングデータを利用して周辺の案内情報を提示している.一方で,郊外においては二次記憶媒体に含まれるモデリング情報が少ないため,特徴のある建物のみを3Dランドマーク等を利用して提示している.そのため,実際の風景(図1(b))とカーナビ表示(図1(a))を対応付ける,すなわち,同一のシーンであると認識することが困難な場合が少なからずあり,瞬時の視認性が極めて低いと考えられる.詳細なモデリングデータの情報収集・作成のために,ヘリコプタを用いて

¹本研究ではユーザの瞬時の目視による案内情報の認識・理解のしやすさを瞬時の視認性と呼び,重要視している.

建物を複数方向から撮影し,その実写画像に基づいて3D-CGモデリングデータを作成する手法[6]がZhangらによって提案されている.このように詳細なデータを作成するためには,膨大なデータ量の記憶媒体とそのための情報収集コストが必要であり,日本中のあらゆる風景に対応することは現実的ではない.

本論文では,以下の特徴を持つカーナビ(以下,本システム)[7, 8, 9, 10, 11, 12]の表示方式とそのための構成方式を提案する.すなわち,(I)車載カメラを利用した走行中での実写動画の取得,(II)コンピュータビジョン(CV: Computer Vision)技術による道路幾何情報の抽出,(III)リアルタイムの3D-CG生成,(IV)実写動画とオーバレイ表示,という戦略による拡張現実感(AR: Augmented Reality)技術を利用した表示方式(以下,本表示方式)(図1(c))である.本システムにより,道路幾何情報のリアルタイム収集・解析による詳細な3D-CGモデリングデータコストの削減,AR技術による瞬時の視認性の向上,が期待される.本論文では,アンケートを用いて本表示方式の有効性を検証し,試作システムによる実験結果を示す.ここで試作システムは道路端抽出結果に基づいた簡易なAR表示を行うものであり,案内機能は実装されていない.さらに本システムにおけるシステム実装時に考慮すべき点とアルゴリズム上の問題点を考察し,本システムを実装するための指針を示す.

2 関連技術

2.1 現在のカーナビ表示

現在のカーナビ表示では,二次記憶媒体からの地図情報,GPS(Global Positioning System)からの自車位置情報(緯度,経度),ジャイロからの姿勢情報,自車速度情報などの入力情報に基づいて2D-CG,もしくは3D-CGによる案内表示を提示している.高速道路のインターチェンジなどの3D-CGによる案内

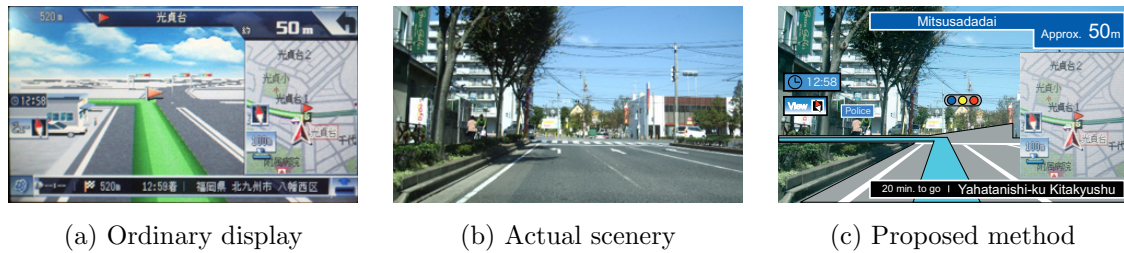


図 1: 実際の風景と対応したカーナビ表示

Fig. 1: An actual window scenery in a suburb and car navigation display images

表現が難しい場所における表示では、デザインによるイラストを利用して誘導している。しかし、郊外においては、利用頻度が低いため、詳細な道路幾何情報を収集・解析していない。そのため、単純な案内表示を提示する場合が多い。郊外のカーナビ表示とそれに対応する実際の風景の例を図 1(a), (b) に示す。図 1(b) の実際の風景では、左前方にマンションが存在するにも関わらず、図 1(a) のカーナビ表示では、交番を示すランドマークしか表示されていない。この場合、実際の風景から交番の建物の存在を知ることは難しく、同一の場所として知覚するための瞬時の視認性が極めて低くなる典型例と考えられる。この問題は、現在の日本のカーナビメーカー約 20 社の製品においてもほぼ同様の状況である。

2.2 AR 技術を利用した案内表示

AR とは、実写画像の対応位置に仮想物体を配置し、ユーザに周辺環境を知覚させるための情報を提供する技術である [13]。AR 技術を利用した誘導・案内として、カメラを付属した携帯情報端末 (PDA: Personal Digital Assistant) やヘッドマウントディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) を利用したシステムが提案されている [14, 15]。設備の設計図面や点検履歴などの様々な情報を扱うプラント管理では、IC タグやマーカを使用し、AR 技術により実写画像の対応した位置に、設備の詳細な情報を付加して現場の保全員に提供している [13]。これにより使用設備のマニュアル

の管理コストの削減が期待される。また、天目らや寺田らは屋外の案内として、地図情報と位置情報を用いてカメラからの実写動画像の対応位置に建物の情報を付加して案内する手法 [14, 15] を提案している。AR 技術を利用した案内表示は、フル CG を利用した案内表示よりも実際の風景との対応付けがしやすいため、瞬時の視認性が向上すると考えられる。

2.3 死角領域を考慮した表示法

カーナビ表示では、建物等の遮蔽物による死角領域の案内情報の提示も重要課題のひとつである。従来のカーナビでは、3D-CG による建物を半透明表示することにより、死角領域の案内情報を提示する方式も採用されている。津田らは複合現実感 (MR: Mixed Reality) 技術における死角領域の案内表示では、遮蔽物をワイヤーフレームで提示することが有用であることを報告している [16]。津田らの手法では、あらかじめ撮影された死角領域の映像のテクスチャを用いており、膨大な量の映像データが必要となるため、本システムに適用することは難しい。そこで本システムでは、死角領域の案内情報を提示するために実写動画像上で遮蔽物に対して CG 道路画像を被せて案内表示する方法 [11] を検討している。

2.4 AR 技術を利用したカーナビ

AR 技術を利用したカーナビの関連研究として、実写動画像に対応する位置に案内情報



(a) On the reserve sides of the room mirror



(b) On a door mirror

図 2: カメラ位置の例

Fig. 2: Examples of position of the camera

を提示するシステム [17] が提案されている。また、Hu らは実写動画像から道路幾何情報を抽出し、抽出結果と地図情報からの道路形状モデルのマッチングによりカメラの姿勢情報を求め、対応する位置に案内情報を提示するというカーナビ方式 [5] を提案している。これは案内システムという点で本研究とゴールは同じである。しかし、実写動画像には案内として必要ではない情報が多いため、実写動画像に対して進行方向を示す矢印のみを表示した場合においても、曲がるべき交差点などが確認しがたいという問題が生じることが考えられる。それに対して筆者らが提案するシステムでは、CG 画像を用いることにより不必要な情報を隠蔽し、案内に寄与する情報のみを提示することが特徴である。ここで 4.2 節で後述するように、CG 画像はユーザが選択的に表示・非表示を決定できることを想定している。さらにこれらの関連システムの方式では地図情報が最新でない場合に不整合が生じると考えられる。一方、筆者らが提案するシステムでは、地図やその他の情報を参照入力として CV 技術により道路幾何情報を抽出することを前提としており、地図情報が未



図 3: 車輻に設置した試作システム

Fig. 3: Prototype system installed in a vehicle

更新の場合においても、その時点での尤もらしい表示を提示できる。本表示方式は、従来方式のフル CG 表示とともにカーナビの複数の表示方式のひとつとして位置付けし、ユーザが任意に選択できることを前提とする。

3 本カーナビ表示方式

3.1 概要

本研究では、AR 技術をカーナビ表示に応用する (図 1(c))。現在のいくつかの車種では、見通しの悪い交差点の左右確認、車輻横の溝の確認、後進時の後方視界確保を目的としたカメラが搭載されている (図 2)。このように車輻にカメラを搭載することは、技術的、コスト的に問題がないため、本システムでは車輻前部に設置したカメラからの実写動画像の利用を前提とする。本システムは、AR 技術を利用してカーナビ表示と実際の風景の対応付けを容易にし、瞬時の視認性を向上させる。また、本システムは、従来のカーナビに使用される多種の入力情報と CV 技術を併用することで、自車位置精度の向上や効率的な道路幾何情報の収集などといった交通環境認識とその応用の分野での大きな貢献が期待される。図 3 に車輻ダッシュボードに設置した試作システムを示す。

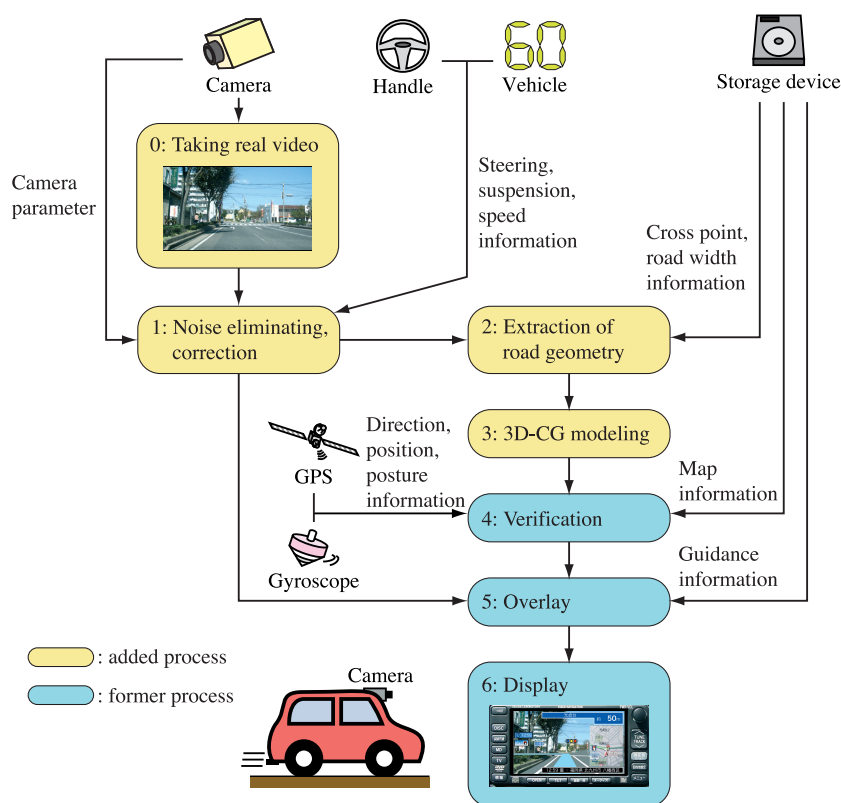


図 4: 本システムの概要

Fig. 4: The outline of the AR-based car navigation system

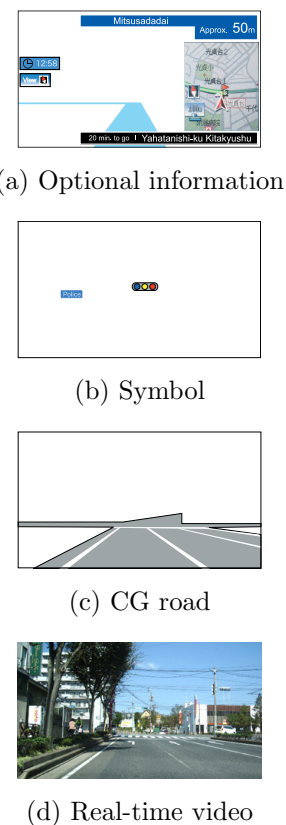


図 5: 4層のレイヤー

Fig. 5: Four layers

3.2 処理手順

本システムの構成及び処理の概要を以下に示す(図4)。

0. 車前部のカメラから実写動画の取得
1. ノイズ除去, 幾何補正
2. CV 技術による道路幾何情報の抽出
3. CG 技術による道路幾何情報抽出結果に基づいた 3D-CG のレンダリング
4. 従来のカーナビに使用されている案内情報と道路幾何情報を照合
5. 3D-CG 画像を実写動画にオーバーレイ
6. 表示

ここで, 処理手順の番号と図4中の番号は対応している。

3.3 レイヤー構造

本表示方式におけるフレームバッファでは, 従来のカーナビ表示と同様に図5, 6に示すような4層からなるレイヤー構造を用いる。使用するレイヤーは, 上層から, (a) ユーザの好みによって変更される選択可能な付加情報, (b) 信号機や建物の名前を示すシンボル, (c) 道路幾何情報抽出結果に基づいたCG道路, (d) 車載カメラからの実写動画, である。本システムのようなAR表示において, レイヤー構造を用いることで, 各レイヤー毎の表示・非表示の切り替えなどの操作・管理が容易になる。



図 7: アンケートに使用した実際の風景と対応したカーナビ表示 (郊外)

Fig. 7: An actual window scenery and car navigation display images for questionnaire (suburbs)

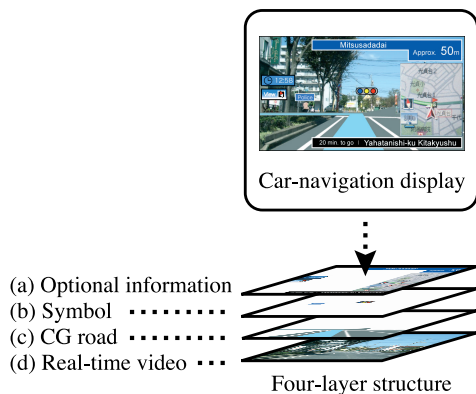


図 6: レイヤー構造

Fig. 6: Layer structure

4 実験と考察

4.1 視認性の評価実験

本表示方式の瞬時の視認性についての有効性を検証するため、2種類の対照システムを用いた主観評価実験 [20] による街頭アンケートを実施した [12]。被験者はカーナビを知っている 18 歳以上の男女、有効サンプル数は 100 である。対照カーナビは (株) ケンウッド製 DVZ-2081M (2000 年モデル)、本システムはアンケート当時では未実装のため、Macromedia Flash MX でシミュレーションした。実風景の場所は都心部と郊外 (図 7) の 2 種類を使用した。車載していないノート PC で表示してアンケートを行った。事前に見やすさとわかりやすさを次のように定義し、被験者に意識

させた上で実験を行った。

見やすさ カーナビ表示として見るのに具合が良いこと。

わかりやすさ ナビゲーションとして理解することが容易であること。

アンケート方法は以下の通りである。

1. 実風景とそれに対応した従来の 3D-CG カーナビ表示を並べて提示。
2. 実風景とそれに対応した本カーナビ表示におけるシミュレーションを並べて提示。
3. 2つのカーナビ表示を並べ、両者の見やすさ、わかりやすさを聞き取り調査。

なお、本表示方式におけるシミュレーションの実験条件として、3D-CG 道路は背景に対して 20%透過表示 (透過率 $\alpha = 0.2$, 4.2 参照) し、音声による案内指示は行わない。対照カーナビの表示に近付けるためメニューボタン、方位情報、標識、時計、走行ルート案内、国道標識のウィンドウ・アイコンを付加した。また、画面更新を約 2[fps] としている。

カーナビ表示の比較のアンケート結果を表 1 に示す。カーナビ表示の比較の結果、見やすさについては 85%、わかりやすさについては 90%の被験者が従来の 3D-CG のカーナビ表示に比べて本表示方式の方が良いと回答した。また、性別に関わらず、本表示方式の有効性が示唆された。従来の 3D-CG のカーナビ表示を支持した被験者から、見やすさについて

表 1: カーナビ比較アンケート結果
Tab. 1: Enquete results of car navigation comparison

(a) Acceptability (head-count)

Option	Male	Female	Total
3D-CG	4	4	8
Even	4	3	7
Our method	39	46	85
Total	47	53	100

(b) Understandability (head-count)

Option	Male	Female	Total
3D-CG	4	1	5
Even	1	4	5
Our method	42	48	90
Total	47	53	100

は建物が単純化された表示の方が良いという回答が得られ、わかりやすさについては都心部では駐車車両などの必要でない情報が增加するためである、という回答が得られた。

また、アンケートの自由回答において、

- CG 道路によって走行車や路上駐車車両、歩行者などが表示されない方が良い
- CG 道路を合成せず案内情報や建物の情報のみの合成の方が良い

という相反する意見が得られた。この結果は CG 道路の透過率 α を可変とすること (4.2) の有効性を示している。

今回のアンケートでは、ノイズ等が少ない良好な道路シーンのシミュレーションにおける本表示方式の有効性を示した。しかし実際の道路シーンでは複雑な道路形状、天候や夜間などといった照明の変化、周辺車両などの有無が考えられる。様々なシーンにおける本表示方式の有効性を検証するために、これらを考慮したアンケート調査とともに、提案システムを実装し、実体験に基づく調査が必要である。

表 2: 道路の透過率の変化によるユーザの支持
Tab. 2: Enquete result of user acceptances with changing road permeability α

Permeability α	0.0	0.5	1.0	Total
Supported persons	2	4	4	10

4.2 道路表示における透過率

CG 道路を透過表示するために、 α ブレンドすることを検討する。背景画像を B 、CG 道路画像を R としたとき、カーナビ表示画像 D は次式のように R と B の透過率 $0 \leq \alpha \leq 1$ による凸結合として決定される。

$$D = (1 - \alpha)R + \alpha B \quad (1)$$

CG 道路の透過率に対する個人差を調査するために、CG 道路の透過率が異なる画像を被験者 10 名 (男性 9 名、女性 1 名、平均 24.4 歳) に対してアンケートを行った。本実験で使用した画像は図 8 に示すように $\alpha \in \{0.0, 0.5, 1.0\}$ に対応する 3 種類である。アンケート結果を表 2 に示す。アンケート結果により、カーナビ表示に対する瞬時の視認性において、少数サンプルではあるが個人差が生じることが確認された。すなわち CG 道路の透過率を固定値にするのではなく、つまみなどにより、ユーザが自在に変更できるようにして対応することが望ましい。

本表示方式には本節のような直接目視可能な物体の隠蔽表示と 2.3 で述べたような死角領域に対する案内表示の相反する問題が存在する。ユーザによってカーナビ表示に対する感覚的な受容性が異なるため、選択的に表示・非表示を決定できることが望ましい。

4.3 試作システムによる本カーナビ表示

車両の助手席に設置したカメラ (図 9) からあらかじめ撮影した実写動画像を用いて、試作システムによる実験を行う。ここで図 3 の試作システムとは異なり、車載していない計

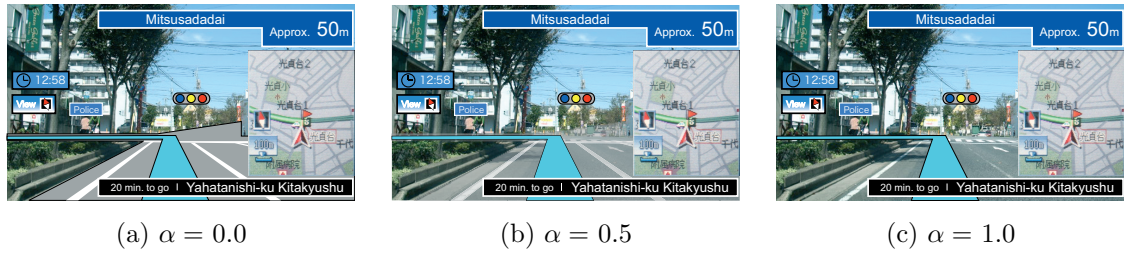


図 8: CG 道路の透過率の変化の例

Fig. 8: Examples of change of CG road permeability α

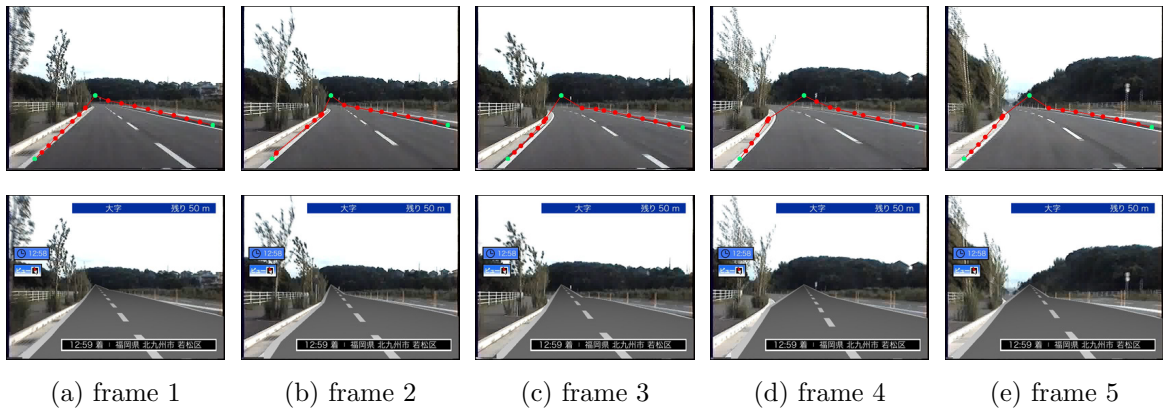


図 10: CV 技術による道路端抽出結果 (上段) を利用した本カーナビ表示 (下段)

Fig. 10: Car navigation display (lower row) with road extraction results (upper row) by a CV technique



図 9: 車内に設置されたカメラ

Fig. 9: Camera mounted on a vehicle

算機を使用する。CVによる道路幾何情報抽出には、Sawanoらによる道路端抽出法 [18, 19] を使用し、入力情報は実写動画のみとする。画像サイズは 640×480 [pixel] とし、実験は RedHat Linux 9 +gcc, Athlon MP 2200+

dual 環境で行う。図 10 に道路端抽出結果 (上段) と道路などの CG 画像をオーバーレイ表示した動画の一部 (下段) を示す。ここで道路端が明瞭で他の車輛が走行していない直線道路の実写動画を使用した。また、CG 道路には Phong の拡散面モデルによるシェーディングを用い、都市名や時刻などを示すウィンドウにはあらかじめ用意した画像を使用した。

図 10 の実験結果より、遠方のカーブの形状及び消失点が正確に抽出できておらず、道路端抽出の精度として充分ではない。また今回の実験では周辺車輛や木の影等のノイズを含んでいないという良好な条件である。実際に提案システムを利用するために、これらのノイズ等を考慮したロバストな道路幾何情報の抽出が望まれる。

さて、現在のカーナビ表示の描画速度として

2~5[fps] が要求されているが、試作システムによる処理時間は1フレーム当たり2,380[ms] (0.42[fps]) 費やし、処理速度は充分ではない。その内訳は道路幾何情報抽出2,196[ms]、レンダリング156[ms]、オーバレイ処理28[ms]である。処理時間によっては、カーナビ表示に使用する風景と実際の風景にタイムラグが生じることが考えられる。これは目的の交差点の数 m 前から実写動画像における対応する位置に、矢印等の案内指示を提示することで対応できると考えられる。さらに上面図や従来のカーナビに使用される音声による案内を併用して対応する予定である。また、最近ではカーナビに衛星写真を用いるシステムも存在するため、それらの利用も検討する。

アルゴリズムの効率化により処理速度を向上する予定であるが、本研究ではハードウェアで実装することにより30[fps]以上の処理を目指している。高速な描画の更新(画面のリフレッシュ)が瞬時の視認性が高い表示とは限らないため、提案システムでは、画面更新と内部での動画像処理のフレームレートは別管理として同期させない方が良く考えられる。ここでハードウェアで実装するとは道路幾何情報抽出専用 LSI 化することを想定しており、LSI 化することにより数十から100倍以上の処理速度向上が期待される。さらに現在ではFPGA(Field Programmable Gate Array)といったプログラミング可能なLSIが提供されているため、プログラムをLSI化することは容易である。

試作システムでは、実写動画像からの道路端抽出及び抽出結果に基づいた簡易なAR表示しかしておらず、現在案内システムとしては実装されていない。地図情報を利用した案内機能の実装が今後の課題である。

4.4 問題点とその対策

本表示方式を現実の車載システムとして実装するためには、様々な問題点が予想される。予想される問題点を以下の2つに分類、整理

し、今後の指針とする。

- システム実装時に考慮すべき点
- アルゴリズム上の問題点

問題点とその対策を以下に示す。

4.4.1 システム実装時に考慮すべき点

- a) 低解像度のカメラの使用
車載システムではコストの制約を考慮しなければならないため、携帯電話等に使用されるような安価なCCDカメラユニットの使用を前提とする必要がある。最近の携帯電話に使用されるカメラの有効画素数は320万程度である。ここで携帯電話に使用されている有効画素数は物理的な総画素数であり、論理的な画素数は通常、RGBの各画素を1組とし、有効総画素数の1/3である。また同携帯カメラによる動画像の場合、QVGAサイズ(240×320[pixel])、15[fps]で撮影される。このことから低解像度のカメラで道路幾何情報を抽出するとともに、瞬時の視認性の高い表示をしなければならない。
- b) レンズによって生じる影響
レンズに傷が生じた場合、動画像の特性を利用して対応する。また、カメラの設置状況によってレンズが汚れる場合は、専用ワイパーの使用も検討する。事故などでカメラの視線方向がずれた場合は、幾何補正による対応やカメラに異常が生じているという情報を提示することも検討する。
- c) センサの誤差による影響
センサの誤差により、対応した場所とは異なる案内表示をし得ると考えられる。案内表示に対する信頼度を定めておき、信頼度以下ならば、案内表示が間違っているという可能性を提示することも検討する。また、使用する入力情報に対する優先順序により情報集約することも検討する[11]。
- d) カメラの搭載箇所
設置されるカメラの位置としては、図2の

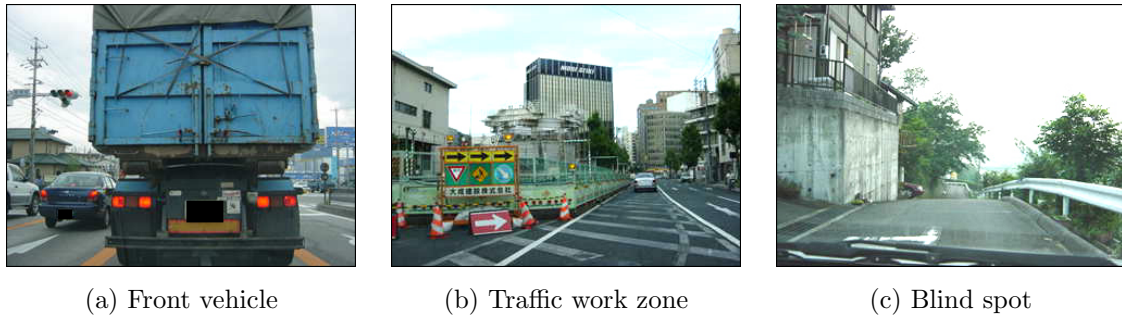


図 11: 状況変化による道路隠蔽

Fig. 11: Occlusion of road by change of a situation and environment

例以外に前方のバンパー，フロントグリルなども考えられる．ドライバースビューに対応するために，運転者の視界に対応するように実写動画を幾何補正する．

4.4.2 アルゴリズム上の問題点

a) 必要な道路幾何情報の整理

4.3 では，道路幾何情報を道路端としたが，案内表示として必要な道路幾何情報は道路端だけではないと考えられる．案内標識，看板などを実写動画から認識できれば，カーナビ表示内の対応する場所に，標識等を強調してユーザに提示することができる．そのため瞬時の視認性を向上させるために必要な道路幾何情報を検討する．

b) 道路幾何情報の遮蔽

図 11(a) のように道路端の遮蔽により CV 技術で道路幾何情報が抽出できない．地図情報と動画像の特性を利用して，前方の状況を予測し，表示時においては遮蔽物を CG 道路で塗りつぶして前方の状況を提示することも検討する．

c) 新設道路による道路状況の変化

図 11(b) のように道路状況が変化した場合，あらかじめ用意された地図情報よりも実写動画から抽出された道路幾何情報の方が，視界風景に対して正確である．信頼度に応じた情報集約により，ロバスト性を向上させる．

d) カメラの死角の考慮

図 11(c) のように，上り坂や下り坂，カーブにおけるカメラの死角では，実写動画からの道路幾何情報の抽出は主観的輪郭抽出のような考え方を使用しない限り不可能であるため，実写動画以外の入力情報に依存する．案内表示では姿勢情報を用いて CG 道路等を幾何補正して提示する．

e) 撮影環境の考慮

悪天候，夜間などの環境下の場合，赤外線カメラの使用も考慮している．悪条件の道路シーンには，正確に道路幾何情報を抽出できない，もしくは瞬時の視認性が高い案内表示を提示できないという二つの可能性が考えられるため，センサの問題と同様に，抽出精度，案内表示に対する信頼度を定め，信頼度以下ならば従来の 3D-CG のみのカーナビ表示に自動的に切り替えることも必要である．

f) 実写動画と CG 道路の同期表示

臨場感のある表示をするためには，実写動画と CG 道路の同期表示が必要である．速度情報は，車体の車速度センサと CV 技術からの取得方法が考えられる．CV 技術からの速度情報は，車体からの速度情報よりもフレーム間に対応できるため，確からしいと考えられる．CG 道路にはテクスチャを使用することも検討しており，道路のテクスチャを車速同期して移動させることにより臨場感の向上が期待される．

5 おわりに

本論文では，AR 技術を利用した表示方式を持つカーナビの構成形式を提案した．また，本表示方式の瞬時の視認性を確認するためにアンケート調査を行った．アンケート結果では，85%以上の被験者が従来のカーナビ表示に比べ，本表示方式の方が良いと回答し，本表示方式の有効性が示唆された．さらに，CG 道路の透過率の変化など，ユーザによって個人差が生じることが確認された．また，試作システムによる実験の結果，道路端抽出精度，処理時間といった問題点が得られた．システム実装時に考慮すべき点とアルゴリズム上の問題点を整理することで，本研究を進めて行く上での指針が得られた．

本表示方式は実際の風景を利用するため，フロントガラスを利用した案内表示方式 (HUD: Head-Up Display)[21, 22] への応用が考えられる．しかし，現在の日本の道路交通法において，フロントガラスで案内表示することは禁止されている．本表示方式を HUD に応用することでユーザの視線移動が軽減されることが期待されるため，本表示方式の有効性と安全性の基礎検討を行う必要がある．

今後の課題として，4.4 節で考察した事項に加えて，従来のカーナビに使用される入力情報を利用した道路幾何情報の抽出精度向上，ユーザの好みに合わせた効果的な案内表示の調査・検討などが挙げられる．

参考文献

- [1] 本田技研工業株式会社: “Honda 社史・50 年史”，pp. 170-173 (1988)
- [2] M. Moldenhauer and D. S. McCrickard. “Effect of Information Modality on Geographic Cognition in Car Navigation Systems”, *Short Paper in Proc. of INTERACT '03: the IFIP TC.13 Conf. on Human-Computer Interaction*, pp. 837-840 (2003-9)
- [3] 麻生勤, 宇野宏, 野口昌弘, 川崎由美子: “運転中のカーナビ視認時間の許容限界の検討”，日本自動車研究所, 自動車研究, Vol. 24, No. 3, pp. 29-32 (2002-3)
- [4] 国土交通省道路局 ITS ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/> (2005)
- [5] F. Hu and K. Uchimura: “Solution of Camera Registration Problem via 3D-2D Parameterized Model Matching for On-road Navigation”, *Int'l J. of Image and Graphics*, Vol. 4, No. 1, pp. 3-20 (2004)
- [6] Z. Zhang, J. Wu, Y. Zhang, Y. Zhang and J. Zhang: “Multi-view 3D City Model Generation with Image Sequences”, *Proc. of the ISPRS Workshop on Vision Techniques for Digital Architectural and Archaeological Archives*, Vol. XXXIV-5/W12, pp. 351-356 (2003-7)
- [7] H. Sawano and M. Okada: “A Car-navigation System Based on Augmented Reality”, *Sketches of ACM SIGGRAPH 2005: 32nd Int'l Conf. on Computer Graphics and Interactive Techniques* (Los Angeles, USA), 1 page (2005-8)
- [8] 片山理, 上杉浩, 岡田稔: “案内画像生成装置, 案内画像表示装置, ナビゲーション装置, 及びプログラム”, 公開特許公報, 特開 2003-121167 (2003-4)
- [9] 片山理, 上杉浩, 鎌田忠, 伊藤隆文, 岡田稔: “道路位置検出方法, 道路位置検出装置, プログラム”, 公開特許公報, 特開 2005-056128 (2003-8)
- [10] O. Katayama, H. Uesugi, T. Kamada, T. Ito and M. Okada: “Road Position Detection”, *US Patent Application* [Appl. Ser. #10/895, 964], (2004-6)
- [11] 澤野弘明, 馬場吉史, 中村長生, 岡田稔: “実写画像を利用したカーナビゲーションシステムの基礎検討”, 情報処理学会研究報告, 2002-CG-108-8, pp. 43-48 (2002-8)
- [12] 澤野弘明, 馬場吉史, 岡田稔: “実写画像とCGの合成によるカーナビ表示方式の有効性の検討”, FIT2003 情報科学技術フォーラム, pp. 357-359 (2003-9)
- [13] R. T. Azuma: “A Survey of Augmented Reality”, *Presence of Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385 (1997-8)

- [14] 天目隆平, 神原誠之, 横矢直和: “ウェアラブル拡張現実感のための現実環境の三次元モデルを利用した情報提示”, 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU2004-257, pp. 151-156 (2005-3)
- [15] 寺田智広, 神原誠之, 横屋直和: “拡張現実感を用いた車載型アノテーションシステムの構築”, 電子情報通信学会技術研究報告, CQ2001-103, pp. 55-60 (2002-2)
- [16] 津田崇博, 山本治由, 亀田能成, 大田友一: “死角を透視表示する屋外型複合現実感システムにおける提示手法の比較検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, MVE2005-34, pp. 41-47 (2005-9)
- [17] 吉田忠雄, 矢野肇, 岡部政信: “ナビゲーション方法, ナビゲーション装置及び自動車”, 公開特許公報, 特開平 10-132598 (1998-5)
- [18] H. Sawano and M. Okada: “Road Extraction by Snake with Inertia and Differential Features”, *Proc. of ICPR2004 - 17th Int'l Conf. on Pattern Recognition* (Cambridge, UK), Vol. 4, pp. 380-383 (2004-8)
- [19] H. Sawano and M. Okada: “A Road Extraction Method by an Active Contour Model with Inertia and Differential Features”, *IE-ICE Trans. Inf. Syst.*, Vol. E89-D, No. 7 (to appear, Jul. 2006)
- [20] 辻新六, 有馬昌宏: “アンケート調査の方法-実践ノウハウとパソコン支援-”, 朝倉書店 (1987-11)
- [21] 中村耕治, 安藤浩, 川原伸章: “ウインドシールドディスプレイによる安全で快適な画像情報提示”, 社団法人自動車技術会, 自動車技術, Vol. 6, pp. 49-54 (2005-6)
- [22] A.M. Steinfeld and P. Green: “Driver Responses to Navigation Information on Fullwindshield, Head-up Displays”, *Int'l J. of Vehicle Design*, Vol. 19, No. 2, pp. 135-149 (1998)



澤野弘明

平成 16 年電気学会優秀論文発表賞, 平成 17 年電子情報通信学会九州支部講演奨励賞各受賞.



岡田 稔

昭和 59 年名古屋工業大学工学部電気工学科卒業, 平成元年名古屋大学大学院工学研究科博士課程後期課程情報工学専攻修了. 工学博士. 昭和 63・平成元年度日本学術振興会特別研究員, 平成 2 年名古屋大学情報処理教育センター助手, 平成 5 年同助教授, 平成 10 年同大学院工学研究科情報工学専攻助教授, 平成 11 年中部大学工学部教授を経て, 平成 15 年 4 月早稲田大学大学院情報生産システム研究科教授, 現在に至る. 平成 7 年より 1 年間, 米国ミシガン大学客員准教授. 画像とパターンの認識・理解, 計算幾何学, 画像合成, 知能メディア情報処理の基礎理論と応用に関する研究に従事. 電子情報通信学会, 情報処理学会, 画像電子学会, ACM SIGGRAPH, IEEE Computer Society (Senior), Eurographics 各会員. 平成 4 年度情報処理学会研究賞, 平成 6 年度市村賞学術貢献賞, 平成 12 年情報処理学会優秀教育賞各受賞. 著書「C によるプログラミング演習」(近代科学社), 「情報科学基礎論」(朝倉書店), 「インターネット時代のコンピュータ活用法」(コロナ社)等.