

# マルチモーダル情報集約に基づく次世代経路案内の一手法

澤野弘明<sup>†,††</sup> 岡田 稔<sup>†</sup>

<sup>†</sup>早稲田大学大学院情報生産システム研究科      <sup>††</sup>日本学術振興会特別研究員

**あらまし:** 本論文ではマルチモーダル情報集約に基づく次世代経路案内の一手法を提案する。本研究ではマルチモーダル情報を集約し、道路環境情報をリアルタイムに収集することで、ユーザ周辺の道路環境を考慮した経路案内を提示する戦略をとる。ここでマルチモーダル情報として、カメラ、GPS やジャイロセンサなどの検出装置や二次記憶媒体から得られる実写動画、位置、姿勢、地図情報を想定している。また道路環境情報とは道路、道路標識、歩行者などの障害物、といった交通に関する情報である。本手法の利点は道路環境情報の収集・解析による、詳細な地図情報の収集作業の削減や障害物回避などの注意喚起が可能な点である。システム実装時の課題を列挙し、ユーザの好みを考慮した経路案内について考察する。

## A Method of Next-generational Route Guidance Based on Multimodal Information Integration

Hiroaki SAWANO<sup>†,††</sup> and Minoru OKADA<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Information, Production and Systems, Waseda University  
<sup>††</sup>JSPS Research Fellow

**Abstract:** In this paper we propose a method for route guidance based on multimodal information integration. In our research we take a strategy including integrating multimodal information, collecting the road environment information, and providing route guidance considering the environment information around the user. Multimodal information consists of the actual video, the position, the posture, and the map information respectively obtained from sensing devices such as a camera, a GPS, and a gyroscope, and secondary storage. The environment information is about road traffic such as a road, a road sign, and an obstacle as a pedestrian. Because of collection and analysis of the environment information, the advantages of the proposed method are a cost reduction of collection of detail map information, and that route guidance systems with the proposed method can give a reminder of obstacle avoidance. Issues for implementation of the proposed method are listed up, and route guidance considering user's preferences is discussed.

### 1 はじめに

近年、カーナビゲーションシステム(以下、カーナビ)やPDA(Personal Digital Assistance)などの経路案内システムの需要が高まっており、特にこの分野では日本は世界をリードしている。経路案内表示に三次元CG(3D-CG: Three-dimensional Computer Graphics)技術が用いられているが、さらに瞬時の視認性を向上させるために、拡張現実感(AR: Augmented Reality)技術[1]を利用した案内システム[2, 3, 4, 5, 6]が提案されている。Pasman

らはカメラ付きPDAで取り込んだ実写静止画像をサーバに送信し、サーバ側で表示画像を生成して、PDA上に表示するシステム[2]を提案している。このシステムは持ち運び可能という点で便利だが、PDAでサーバにアクセスできない場合に表示画像を生成することができない。またMakitaらはHMD(Head Mounted Display)を、TodorokiらはHUD(Head Up Display)を利用した経路案内システム[3, 4]を提案している。HMDやHUDを用いた場合、実風景と表示画像間の視線移動が少なくな

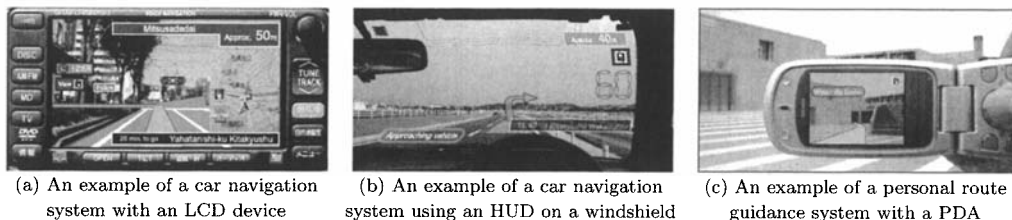


図 1: 次世代経路案内システムの例

Fig. 1: Examples of next-generational route guidance systems

るため、表示画像の注視による前方不注意事故の可能性が軽減されると考えられる。しかし経路案内表示があらかじめ用意された地図情報に依存しているため、日々変化する道路風景に対応して、道路、建物、標識、障害物といった交通に関する環境情報（道路環境情報）を利用することはできない。また高度道路交通システム（ITS: Intelligent Transportation System）[7]の研究領域では、車車間通信を利用した道路環境情報の取得の概念が提案されている。その応用として国土交通省 [7] では 2010 年頃を目標に車輪自動運転サービスの開始を目指しているが、車輪に通信可能な媒体が常に存在しなければ、全国を網羅して対応することは極めて難しい。一方 Yoon が提案している盲導犬ロボット [8] のような、表示装置を用いないシステムの場合、周辺の歩行者や車輪などの障害物をユーザが無理なく回避できる経路案内が求められる。このように正確かつ円滑な経路案内を提示するシステムを構築するためには、道路環境情報の収集という重要な課題がある。そこで澤野らは走行中に実写動画から道路環境情報を収集し、経路案内として最も確からしい画像を提示する次世代カーナビの一手法 [5] を提案している。

本論文では道路環境情報をリアルタイムに収集するために、多種多様な検出装置から得られる異種情報（マルチモーダル情報）の集約に基づく次世代経路案内 [6] の一手法を提案する。本研究の戦略は 1. カメラからの実写動画取得、2. 実写動画の幾何補正、ノイズ除去、3. 従来の案内システムに利用されているマップマッチング、4. マッチング結果を利用したコンピュータビジョン（CV）技術による道路環境情報の認識、5. 円滑な経路案内のためにマルチモーダル情報の集約、で構成される。またマルチモーダル情報集約を障害物などの注意喚起に応用することも想定している。

## 2 マルチモーダル情報集約

### 2.1 目的

従来の案内システムでは、ユーザの位置・姿勢情報と二次記憶媒体にある地図情報に基づいて、経路案内する方法が一般的であった。しかし瞬時の視認性の高い案内表示をするためには、地図情報内に建物などの膨大な量の形状データやその情報収集作業が必要であり、従来の手法では多大なコストが掛かるため現実的ではない [9]。さらにユーザ周辺の道路風景において、車輪や歩行者などの障害物が存在する場合、あらかじめ用意された地図情報のみで障害物を回避することはできない。そこでリアルタイムに周辺の道路、建物、標識、歩行者などの障害物、といった道路環境情報を収集し、道路環境を考慮した経路案内情報を提示することが本研究の目的である。近年、経路案内の精度向上のための様々な検出装置が開発されている。本研究ではそれらの検出装置から得られる情報、二次記憶媒体に格納されている地図情報、及びカメラからの実写動画を加えたマルチモーダル情報を集約することで道路環境を認識する。いくつかの車輪や PDA などには、後進時の後方視界確保やエンタテインメントなどを目的としてカメラが搭載されており、経路案内システム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、本研究ではカメラの利用を前提とする。

本研究で想定している次世代経路案内システムの例を図 1 に示す。経路案内システムに表示装置が用いられている場合、瞬時の視認性の向上のために、得られた道路環境情報に基づいて 3D-CG 画像を生成し、実写動画と重ね合わせた AR 表示画像を提示する。一方、表示装置がない場合、ユーザへの負担をできる限り少ない障害物回避等を目指す。また道路環境情報に基づいた注意喚起も想定している。

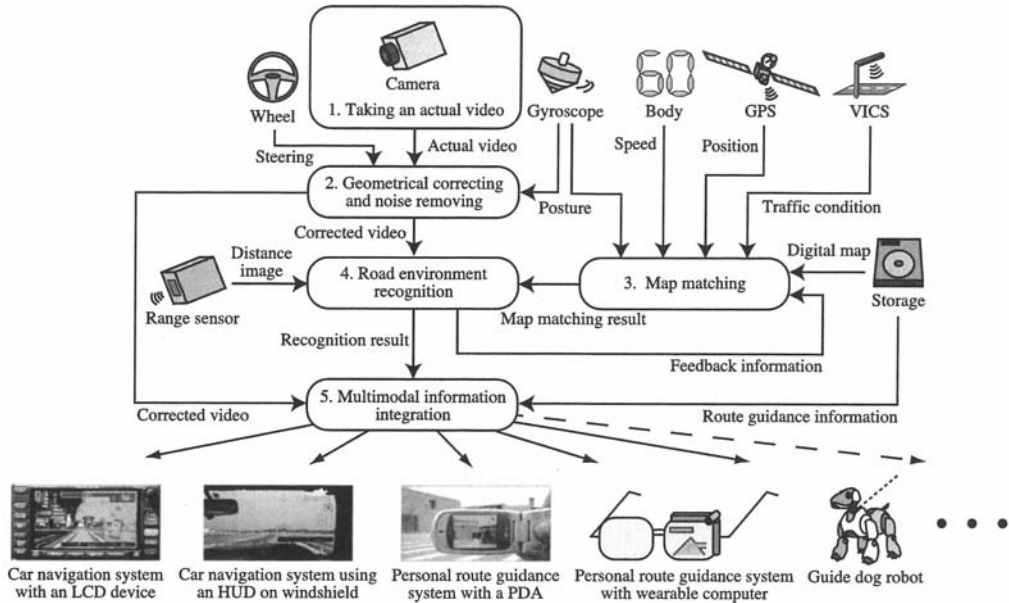


図 2: 本研究の戦略と次世代経路案内システム

Fig. 2: Our strategy and next-generational route guidance systems

## 2.2 戦略

本研究では周辺の道路環境情報を収集するために、カメラ、距離センサ、GPS (Global Positioning System)、ジャイロスコープ、ステアリング、車速センサ、VICS (Vehicle Information and Communication System)[10]といった多種多様な検出装置から得られる、実写動画像、距離画像、位置、姿勢、自車速度・他車速度、渋滞情報、それに加え地図情報といったマルチモーダル情報を利用する。そしてユーザが必要とする情報のみを選択するためにマルチモーダル情報を集約する。本研究の戦略を以下に示す(図2)。

1. カメラからの実写動画像取得
2. 実写動画像の幾何補正、ノイズ除去
3. 検出装置からの情報に基づくマップマッチング
4. CV 技術を利用した道路環境の認識
5. マルチモーダル情報集約

ここで処理手順の番号と図中の番号は対応している。

## 2.3 認識対象とその利用

ヒトは移動動作(歩行, 走行, 車輛の運転を含む)に伴って、道路環境の認識、必要な情報(進行方向, 障害物の認識・予測移動位置)の選択、周辺状況に応じた安全な行動、という情報処理を瞬時に行って

いる。本研究では必要な情報の選択がマルチモーダル情報集約に対応する。さて実写動画像の道路環境情報には様々な認識対象が存在する。車輛運転時におけるユーザ周辺の道路環境情報の例を図3に示す。以下に認識対象としての道路環境を列挙し、その利用法を述べる。

**道路** 一般に、現在市販されているカーナビにおける地図情報には道路形状が格納されているが、高速道路の出入り口では案内の表現が難しいため、イラストを利用して誘導している[5]。また一般道路と高速道路では高低差が大きいいため、位置・姿勢情報だけではマップマッチング精度が低下することなどが考えられる。これらの問題を解決するために実写動画像中の道路の認識結果を案内表示、マップマッチングの精度向上に利用する。また新設道路の設置などにより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像から得られた道路環境情報の方が、視界風景に対して正確である可能性が高いため、リアルタイムに進行可能な道路を認識することは有用である。

**建物** 道路と同様に建物の情報はランドマークとして地図情報に格納されているため、建物の認

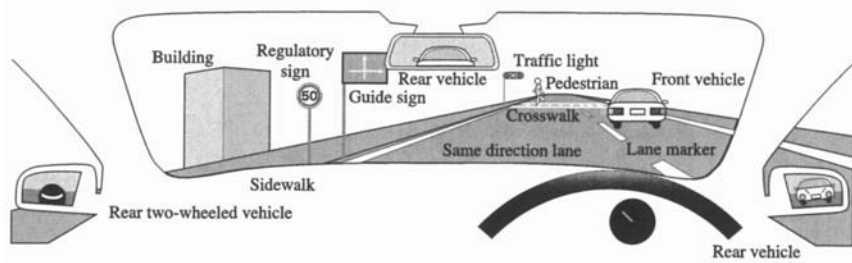


図 3: 車輛運転時におけるユーザ周辺の道路環境情報の例

Fig. 3: An example of road environment information around a user while driving a vehicle



図 4: 日本における道路標識 (案内標識) の例

Fig. 4: An example of a road sign (guide sign) in Japan

識結果をマップマッチングの精度向上だけでなく、建物による死角に存在する経路の提示や目的の建物のハイライト表示などに利用する。

**道路標識** 道路標識はユーザに必要な交通情報を提供している。例として案内標識 (図 4) には目的地までの方角・距離や前方道路のトポロジ形状が示されている。また警戒標識では落石注意などの注意喚起を提示している。道路標識認識結果を地図情報の補正や注意喚起に利用する。

**看板** 看板は店舗や会社の広告や宣伝、工事現場などの注意喚起、非常口などの避難経路の案内などに用いられている。経路案内システムがリアルタイムに看板から情報収集することで、移動時にユーザが見落とした情報を提示することができると考えられる。夜間時にも目立つように看板には電灯が組み込まれていることが多いため、認識対象として看板は有用である。

**交通信号機** 視覚障害者にとって誘導音や盲導犬に頼らずに、進行・停止などの指示を交通信号機から判断することは難しい。そこで視覚障害者を快適に誘導するために、信号機の指示の認識

は重要である。

**障害物** 周辺車輛や歩行者等の障害物の認識はユーザの危険回避に利用される。ここで障害物が移動可能な場合、移動方向の予測が必要である。ユーザと障害物の予測された移動方向に基づいた円滑な経路案内を提示する。

### 3 考察

#### 3.1 システム実装時の課題

提案手法を現実の経路案内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。以下に問題点とその対策について述べる。

##### (a) 低解像度のカメラの使用

経路案内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 (Charge-coupled Device) カメラユニットの使用を前提とする必要がある。すなわち低解像度のカメラで道路環境情報を認識するとともに、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

システムに利用しているレンズは常に良好な状態ではない。レンズに傷が生じた場合、実写動画にノイズとして現れる。このノイズは動画画像処理技術を利用することで除去される。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光軸がずれた場合は、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) マルチモーダル情報の誤検出

地図情報の未更新やセンサの誤差などにより情報が食い違う場合がある。車速情報、位置情報、姿勢情報などを利用して、システムの異常を検



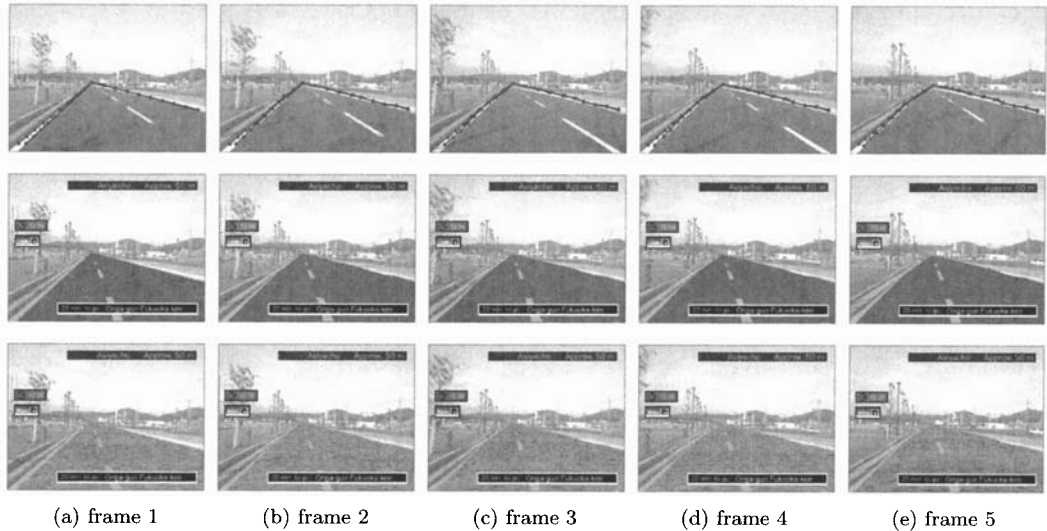


図 5: CV 技術 [12] による道路エッジ追跡結果を用いた AR 技術に基づく表示画像 [5]  
 (上段: 道路エッジ追跡結果, 中段: 平坦な 3D-CG 道路, 下段: テクスチャを車速同期した 3D-CG 道路)  
 Fig. 5: AR-based rendered images[5] with the road edge tracking result with the CV technique[11, 12]  
 (upper row: road edge tracking result, middle row: flat 3D-CG road,  
 lower row: texture 3D-CG road synchronizing car velocity)

出し、情報の信頼度に応じた情報集約を行う。また集約結果に対する信頼度が低い場合は、経路案内が間違っているという可能性をユーザに提示することも検討する。

### 3.2 ユーザの好みを考慮した情報提示法

認識した全ての道路環境情報を提示することは瞬時の視認性の低下やユーザの混乱を招く可能性が考えられる。すなわちユーザの必要とする情報のみを提示することが望まれるが、ユーザの好みによって求められる情報が異なると考えられる。そこでユーザの好みを考慮した情報提示法について考察するために、車輦の助手席に設置したカメラからあらかじめ撮影した実写動画を用いて、次世代カーナビの試作システムによる実験を行う。明瞭な道路環境情報として道路白線に着目し、CV 技術による道路環境情報の抽出には澤野らによる道路両端白線の両エッジ追跡法 [11, 12] を使用する。情報提示法として、(a) 表面が平坦な 3D-CG 道路、(b) 車速と同期してテクスチャが移動する 3D-CG 道路、を用いた二種類の AR 表示画像 [6] を用いる。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。ここで試作システムはエッジ追跡結果に基づく簡易な AR 表示画像の生成しかしておらず、経路案内機能は実装されていない。

画像サイズは  $640 \times 480$ [pixel] とし、PowerPC G5 2.5[GHz] dual, メモリ 2.5[GB] の環境で行う。図 5 に道路エッジ追跡結果 (上段) と AR 表示画像 (中段, 下段) を示す。それぞれの AR 表示画像を生成するための 1 フレーム当たりの処理時間は、0.379[s] (2.63[fps]), 0.346[s] (2.89[fps]) であった。ここで道路エッジ追跡に 0.239[s] (全体の約 66%) 費やしているため、道路エッジ追跡の高速化が望まれる。

二種類の AR 表示画像に対する著者らの主観評価の結果、平坦な 3D-CG 道路を用いた場合は、シンプルでわかりやすいがリアリティが低く、一方テクスチャを車速同期させた場合は、平坦な 3D-CG 道路よりもリアリティが高くなるが、テクスチャがノイズとして知覚される可能性がみだされた。そこで本研究では情報提示法をパラメータによってユーザが自由に変更できる機構を想定する (図 6)。すなわち AR 表示画像におけるリアリティに対応したパラメータ  $\alpha$  の値を 1 に近づける程フォトリアルになり、0 に近づける程シンプルになる。 $\alpha$  の概念を導入することで、膨大な種類の AR 表示画像生成法をあらかじめ用意しなくてよく、またユーザ毎に瞬時の視認性が高い表示画像を提供できると考えられる。3D-CG 道路に適用可能なパラメータの例を以下に示す。

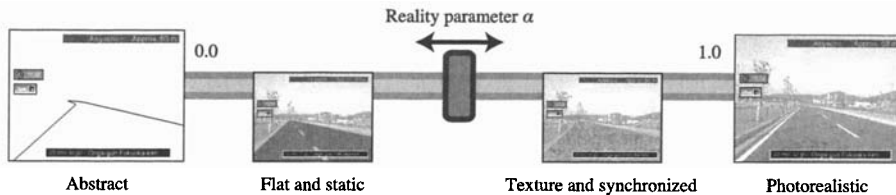


図 6: AR 表示における直感的経路案内のリアリティパラメータの例

Fig. 6: An example of reality parameter corresponding to intuitive route guidance in an AR-based rendered image

- 道路の透過度の調整 [5]
- 障害物の隠蔽の有無
- 道路の色
- 死角における道路表示

ユーザに提示する情報に対応した多くのパラメータを利用することで円滑な経路案内をすることができると考えられる。そこでパラメータ間の相互作用の調査や、ユーザに提示するパラメータの選択方法の検討は今後の課題である。

#### 4 おわりに

本論文ではマルチモーダル情報集約に基づいた次世代経路案内の一手法を提案した。提案手法ではマルチモーダル情報集約によりリアルタイムに道路環境情報を収集・解析することで、周辺の道路環境に柔軟に対応することが可能である。3.1 節で述べたように、マルチモーダル情報は常に正確であるとは限らないため、情報の食い違いが考えられる。情報の信頼度に応じたマッチングにより、最も確からしい経路案内を提示することが本研究の中心課題のひとつになるだろう。さらにユーザの好みによって異なる情報提示法について議論した。道路白線のエッジ追跡結果を用いた二種類の 3D-CG 道路(平坦, テクスチャの車速同期)を用いた AR 表示のシミュレーション実験を行い、ユーザの好みによって提示する情報を自由に変更できるパラメータの必要性について述べた。今後、できる限り多くのユーザに対応するために、効果的な情報提示に必要なパラメータの調査が必要である。試作システムへの経路案内機能の実装も今後の課題である。

#### 参考文献

[1] R. T. Azuma: "A Survey of Augmented Reality", *Presence of Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385 (Aug. 1997)

[2] W. Pasman and C. Woodward: "Implementation of an Augmented Reality System on a PDA", *Proc. of ISMAR'03: the 2nd IEEE and ACM Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality*, pp. 276-277 (2003)

[3] K. Makita, M. Kanbara and N. Yokoya: "Shared Annotation Database for Networked Wearable Augmented Reality System", *Proc. of PCM2004: 5th IEEE Pacific-Rim Conf. on Multimedia*, Vol. 3, pp. 499-507 (Dec. 2004)

[4] T. Todoriki, J. Fukano, S. Okabayashi, M. Sakata and H. Tsuda: "Application of Head-up Displays for In-vehicle Navigation/Route Guidance", *Proc. of Vehicle Navigation and Information Systems Conf.*, pp. 276-277 (2003)

[5] 澤野弘明, 岡田稔: "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", *芸術科学会論文誌*, Vol. 5, No. 2, pp. 57-68 (2006-6)

[6] H. Sawano and M. Okada: "Next-generational Route Guidance Method by Using Multimodal Information Integration", *Proc. of ISICE 2007: the 1st Int'l Symp. on Information and Computer Elements*, pp. 273-278, (Sept. 2007)

[7] 国土交通省道路局 ITS ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/> (2007)

[8] J. Yoon: "An Interactive Robotic Cane", *Int'l J. of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 5, No. 1, pp. 5-12 (Jan. 2004)

[9] Z. Zhang, J. Wu, Y. Zhang, Y. Zhang and Jianqing Zhang: "Multi-view 3D City Model Generation with Image Sequences", *Proc. of the IS-PRS Workshop on Vision Techniques for Digital Architectural and Archaeological Archives*, Vol. XXIV-5/W12, pp. 351-356 (2003)

[10] VICS Web Site: <http://www.vics.or.jp/> (2007)

[11] H. Sawano and M. Okada: "A Road Extraction Method by an Active Contour Model with Inertia and Differential Features", *IEICE Trans. Inf. & Syst.*, Vol. E89-D, No. 7, pp. 2257-2267 (Jul. 2006)

[12] 澤野弘明, 岡田稔: "4 本 Snake による道路両端白線の両エッジ追跡の検討", *情報論*, Vol. 48, No. 8, pp. 2868-2873 (2007-8)