

# ウィンドシールドディスプレイを用いた道路鏡像の空中提示

川俣 貴也<sup>†</sup> 北原 格<sup>‡</sup> 亀田 能成<sup>‡</sup> 大田 友一<sup>‡</sup>

† ‡ 筑波大学大学院システム情報工学研究科 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: † kawamata@image.esys.tsukuba.ac.jp, ‡ {kitahara, kameda, ohta}@iit.tsukuba.ac.jp

**あらまし** 本稿ではウィンドシールドディスプレイを用いた複合現実感による新しい視覚情報支援の手法を提案する。本提案手法は運転者の視界上部に道路輪郭を鏡像表示することで、前方の道路の形状を知らせるものである。道路輪郭は、前方の現実の風景中の一定の高さに存在して見えるように表示される。運転者は道路上の物体の認識を妨げられることなく、空中の道路輪郭と各種の指示表示を見ることが可能となる。提案方式に従って作成した道路鏡像付きの運転者視点映像を被験者に見せることで主観評価実験を行った。実験結果から、見通しの悪い状況下においては提案手法が有効であることが認められた。

**キーワード** 高度道路交通システム, ウィンドシールドディスプレイ, 複合現実感, カーナビゲーション

## Floating Mirrored Road-Map on Wind-ShieldDisplay

Takaya KAWAMATA<sup>†</sup> Itaru KITAHARA<sup>‡</sup> Yoshinari KAMEDA<sup>‡</sup> and Yuichi OHTA<sup>‡</sup>

† ‡ Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573 Japan

E-mail: † kawamata@image.esys.tsukuba.ac.jp, ‡ {kitahara, kameda, ohta}@iit.tsukuba.ac.jp

**Abstract** We propose a new method of visual support for a driver which is realized on wind-shield display. Road structure around a driver is shown on upward area of the driver's view so that the driver can recognize the layout of the roads around there.. Road contours are superimposed to the real scenery in front of the driver and they are set at certain height. Drivers see the road contours and associated instructions in the sky, without any visual difficulties on recognizing objects on roads. We have implemented a preliminary system to examine our method. We have prepared the simulation movies for subject evaluation experiment and the result shows that our proposed method can be said to be preferred in particular situations.

**Keyword** ITS, Wind-Shield Display, Mixed Reality, Car Navigation

### 1. はじめに

安全運転の為に視覚情報や、自動化の進んだ運転を想定した運転者への視覚支援は、高度道路交通システムにおける重要な研究課題の一つである。

我々は、運転者が運転中に道路形状と行先指示を視覚的に理解できるシステムの構築を目標としている。この目標に近づくために、従来からカーナビゲーションシステム(カーナビ)や地図が用いられているが、本研究ではウィンドシールドディスプレイ上での複合現実型提示手法を導入する。

我々が用いるウィンドシールドディスプレイ(WSD)は運転者への視覚情報支援を行うための映像提示装置として、フロントガラスの広範囲に映像を提示することが可能である[1][2][3][4]。これはフロントガラス越しに仮想物体のCG映像を現実世界に重畳することで光学シースルー型の複合現実感を提示可能な機構であ

る。

本稿では、WSDを利用して、周辺の道路形状と行先指示を直感的にわかりやすい形で表示しつつ、かつそれらが運転タスク遂行の妨げにはならないように配慮することを目標とする。

提案手法の利点としては、複合現実感による表示なので、表示を現実世界の一部として認識することが可能であり、運転中の視線を維持しながら情報提示が可能であるという点が挙げられる。もう一つの利点は、WSDの提示範囲の広さゆえに、運転風景中の任意の位置に重畳できる点である。

WSDでは現実の景色をスクリーン越しではあるが、直接見ることができるといえる。一方で、WSDは市販のヘッドアップディスプレイ(HUD)に比べて視界の広範囲に情報提示が可能のため、運転タスクそのものに影響がでないように、

情報提示を行う表示位置や形状を十分に考慮しなければならない。他の車や道路標識等の重要な情報は常に見えていなければならないので、それらの存在する地面やその付近への映像の重畳は望ましくない[1][2]。そこで、本研究では道路の形状を、水平方向の位置関係が現実の道路と一致した状態で上空に提示する、道路鏡像の空中提示を提案する。

この手法では、運転タスクを阻害しない表示という条件を満たしつつ、運転中に視線を動かさずとも周辺の道路形状と行先指示の情報を見ることが出来る。また、見通しの悪い道路であっても全体の道路形状を先の方まで含めてよく見ることができる。

以上の観点に基づいて、提案手法の特性や有効性を調べるために、本手法を実現したシステムを実装し評価実験を行った。評価実験は最終的には実車で行うことが望ましいが、本稿ではシミュレーション環境による評価結果を報告する。

## 2. 関連研究

### 2.1. WSD を用いた視覚支援

WSD による情報提示手法の中には、周辺の安全確認を補助することを目的としたものがある。ここで重要となるのは、危険を減らし事故を防ぐのに役立つ映像情報を運転者に判りやすく提示することである。例えば、道路監視カメラの映像を利用して運転者の死角になっている領域の映像を提示する手法が提案されている[3-8]。バーチャルスロープは、交差点右折時に対向右折車の陰になって見えない直進車の映像を道路監視カメラから得て、上り坂のような映像に変換して WSD 上に重畳するものである[5][6]。また、バーチャルミラーは、見通しの悪い交差点内で、左右方向の道路を映している道路監視カメラの映像を基に道路ミラーと同じような表示を生成し、WSD 上に重畳するものであり、行先指示情報と組み合わせて提示することも可能である[7][8]。両者とも、WSD の特性を生かして提示映像が現実の環境と一体のものであるかのように感じられる工夫がなされている。

### 2.2. ナビゲーションシステム

ITS の技術を用いたサービスとしては、カーナビゲーションシステム(カーナビ)が広く普及しており、その高度化の研究が進められている。そして、より分かりやすい映像が求められるにつれ、路面に矢印や標識の指示を書き込む情報提示手法が研究されるようになって来た[9][10]。これらの従来手法では、走行中に撮影している路面映像に三次元的に整合が取れるように指示標識等を重ねて合成し、インパネのモニタ等に表示している。しかし、こうした従来型のモニタでの

提示では、実際に運転者がその指示を見る場合、運転風景からモニタへと視線を移さねばならない。また、路面に矢印や数字を描いているため、前方に車が走っていれば、指示とその車が重ならないように避ける必要がある。我々の道路鏡像表示は、これらの問題を解決できる。

一方、歩行者に対する複合現実感によるナビゲーションの研究もなされている[11][12][13]。しかし、移動速度や動き方が大幅に異なる両者の間では、提示すべき視覚情報の特性も異なるはずであり、これらの手法を適用して運転者への視覚支援とすることは困難が伴う。

### 2.3. VirtualCable

複合現実感による運転者への視覚支援システムは、視界の妨げにならないことが条件であると述べたが、表示内容を簡潔にして目的を絞りこむことでそれを実現したシステムとして VirtualCable システムが提案されている[14]。この手法では目的地までの道路に沿って赤い一本のケーブルが通っているような表示を行っているが、そのケーブルが路面ではなく空中に引かれており、運転タスクの障害にならないように工夫されている点が本研究の提案手法と類似している。しかしながら、VirtualCable は線を 1 本だけ引くことを特徴としているため、提示される情報は行き先指示のみである。故に、周辺の道路形状を知りたいという要求に応えることは出来ない。

## 3. 道路鏡像による視覚情報提示

本研究で提案する道路鏡像とは、WSD を用いて道路の輪郭を上空に鏡像表示する視覚支援手法である。以下に、道路鏡像提示の定義を説明する。地面を XZ 平面( $Y=0$ )として、Y 軸を鉛直方向にとって世界座標を考える(図 1)。道路形状を表す道路輪郭線を実世界に重畳させると、路面上の運転中に見る必要のあるものを隠してしまう恐れがあるので、それらの表示を  $x, z$  座標を固定したまま Y 軸方向に  $Y_m$  まで平行移動させる。Y の値を視点位置  $Y_d$  よりも大きく ( $Y_m > Y_d$ ) することで、描画平面 ( $Y=Y_m$ ) が空中に提示されるようになる。行先指示は道路鏡像に合わせて提示する。このように、道路輪郭線と行先指示とを空中の平面 ( $Y=Y_m$ ) に提示する手法が、道路鏡像の空中提示である。

( $Y=Y_m$ ) 平面上に無限遠まで全ての道路形状を記述すると地平線より上の全ての場所で表示がされてしまい、先行車両等の視認が困難になる。そこで、一定距離内の道路形状のみ描画する。

今、表示される道路輪郭線のうち、視点から最遠の

点を  $R'_{far}$  とし、視点  $D$  と ( $Y=Y_m$ ) 平面上で  $x, z$  座標が  $D$  と等しい点を  $R'_d$  とする。  $R'_{far} D R'_d$  の成す角度を  $\theta$  と定義する。また、運転中に見る必要のある視界内のオブジェクトについて、その中で最も高い位置の点を  $P_o$  とし、  $P_o D R'_d$  の成す角を  $\theta'$  と定義する (図 1)。

道路鏡像とオブジェクトが重複しないための条件は、 ( $\theta < \theta'$ ) であるから、本条件が成立するように  $Y_m$  を決定する。

現実の道路に対する道路鏡像の見え方は、 ( $Y=0$ ) の地面を表す平面が ( $Y=Y_m/2$ ) の平面にある鏡に映って、見掛け上 ( $Y=Y_m$ ) の位置に見える平面と等しい。このため、道路鏡像と現実の道路は鏡像のような関係にある。現実の道路  $R$  に対応する道路形状  $R'$  は鉛直方向の同直線上にあるので、運転者は両者の位置関係を直感的に理解しやすい。さらに、その道路鏡像の中に行先指示等の付帯情報を描き込むことで、現実世界における付帯情報の位置関係も提示することが出来ると考えられる。

本手法は、運転風景として運転中に見る必要のあるものが何も無い空に提示を行うという考えであり、道路形状  $R'$  は実世界中の実在位置  $R$  に対して ( $X_R = X'_{R'}$ )、 ( $Z_R = Z'_{R'}$ ) という強い結びつきがあるため、運転者は、視線を運転風景からそらさないままで道路形状を容易に理解できると考えられる。

道路鏡像の空中提示により、運転中に見る必要のあるものを隠さずに道路形状を常に提示することが出来る。さらに、道路鏡像では、提示情報に色をつける等の工夫も可能になるため、奥行きに応じた色の変化を付加すれば提示映像中の看板等の奥行きを正確に見せることも可能になると考えられる。

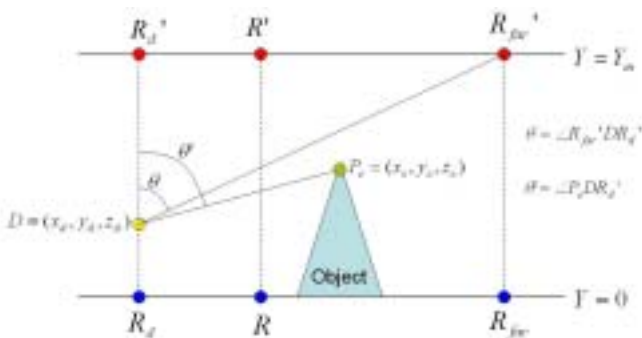


図 1：道路鏡像表示の断面図

#### 4. シミュレーション環境の作成

ITS においては評価実験を行う環境として、最も望ましいのは実車上であるが、同一環境で多数の被験者を対象とした実験を行うため、ここではシミュレ-

ーション実験を用いる。我々は実車上で同一の WSD 機構を持つシミュレータを用意しているため、車内の視線位置ずれに応じて発生する提示映像のずれの作用も検証可能である。

本稿では車内の運転者視点を固定として扱い、評価実験を行うため背景と道路鏡像を合成したシミュレーション映像を用いる。尚、我々は実車上で動くシステムを構築した上で、その一部を利用してイメージ映像の作成を行っている。

#### 4.1. 運転者視点映像と走行軌跡の取得

シミュレータ上で提案手法を実現できるように、また、シミュレーション映像を生成出来るようにするために、実際に車両を走行させるときに 2 種類の情報を記録する。1 つは走行中に見える運転者視点映像であり、もう 1 つは走行軌跡である。これらを同期して記録する。運転者映像については、車内の運転席左後方に 3 脚で固定したカメラを設置し撮影する。同時に GPS に基づく位置情報を記録する。

実際の撮影には本学構内の一般道路上の指定コースを利用した。

#### 4.2. 描画処理

視点位置  $D$  については、地面に相当する  $XZ$  平面上に対し、高さ ( $y_d = 1.2$ ) の平面上を移動するものとする。視線の方向は、位置情報の微分によって得られる進行方位を用いて推定する。

我々が実験環境で利用する WSD 機構では、表示される映像領域は上下にそれぞれ 20[cm]、左右にそれぞれ 30[cm] の虚像のスクリーンが 1m 前方に浮かんでいるように見なすことができる。また、道路輪郭線と行先指示は  $R'_d$  と  $R'_{far}$  の直線距離が 150[m] 以内となる範囲内で描画するように設定した。

実装したシステム内部では、視点の位置はフレーム毎に、視点の方向は 1 秒毎に更新しており、それらの値に基づいて道路鏡像を構成する線分の描画を行う。描画が行われるのは  $XZ$  平面と平行で、 ( $Y_m = 5.0$ ) の位置にある平面である。本稿では、道路の形状を表す線は、他との識別を容易にするため、緑色で距離に関係なく同じ太さで表示した。

#### 5. 実験

本実験では、提案手法である道路鏡像の空中提示が、路面重畳表示手法より優れているのかを調べる。同時に、道路鏡像が提示される事自体に対して運転者が煩わしさをどの程度感じているのかを明らかにする。



図 2：右折指示（左：道路鏡像による提案手法，右：路面重畳表示手法）

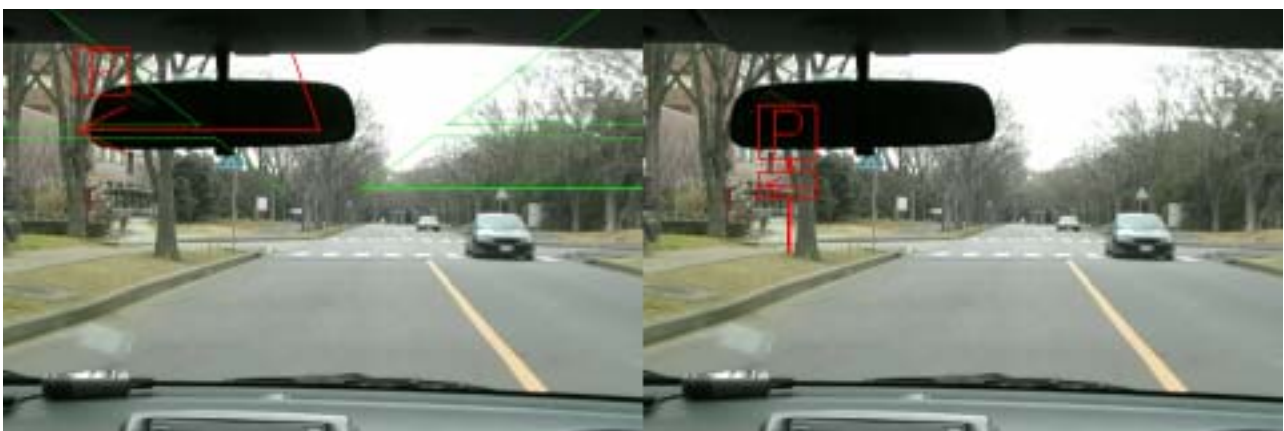


図 3：駐車場案内（左：道路鏡像による提案手法，右：路面重畳表示手法）

### 5.1. 評価用シミュレーション映像の内容

評価用の走行データとして、見通しのよい状況とそうでない状況の2種類を、他車が存在する環境で用意した。これは、見通しの良さ悪さや、道路上の運転中に見る必要のあるものが、道路形状の認識や行先指示表示の理解に及ぼす影響を調べるためである。

シミュレーション映像1に用いたシーンは道路を直進し、交差点で信号により停止した後、また動き出すところまでである。図4の開始地点から終了地点の交差点まで道なりに走行している。交差点では前に車がいるため、道路面への指示の重畳に影響があるが、全体に遠方の道路への見通しは良いシーンである。

このシーンにおいて、「交差点で右折せよ」という指示を図2のように2通りの提示手法で用意した。行先指示の方法としては、我々の提案する道路鏡像の手法では描画している平面上に矢印を描き込むものとし、路面重畳表示手法では道路面に矢印を描き込むものとした。いずれも、遠くからでも見えるように距離に関係なく線の太さは固定になっており、近付くと図形全体は拡大するが線の太さは変化しない。

シミュレーション映像2に用いたシーンでは、左方

向のカーブから直線に入り、停車しているバスを追い越して交差点に進入する。道なりに走行している点と同様である。こちらは、カーブのため、遠方の道路の見通しが悪く、交差点の位置がなかなか視界に入っていないシーンである。

このシーンに対し、「交差点で左折すると駐車場がある」あるいは「交差点で左折して駐車場に入れ」という意味に受け取れる行先指示を図3のように、やはり2通りの提示手法で用意した。道路鏡像の手法では描画平面上に配置した直角に曲がる矢印と同色で描いた「P」のマークの組合せとした。一方、比較対象の路面重畳表示手法では、「P」と「左矢印」の描かれた道路標識のようなポールを交差点の手前に設置する表現とした。

シーン2では遠方の道路の形状を把握できる本提案手法の方が指示内容理解につながり、高い評価を得られると考えた。



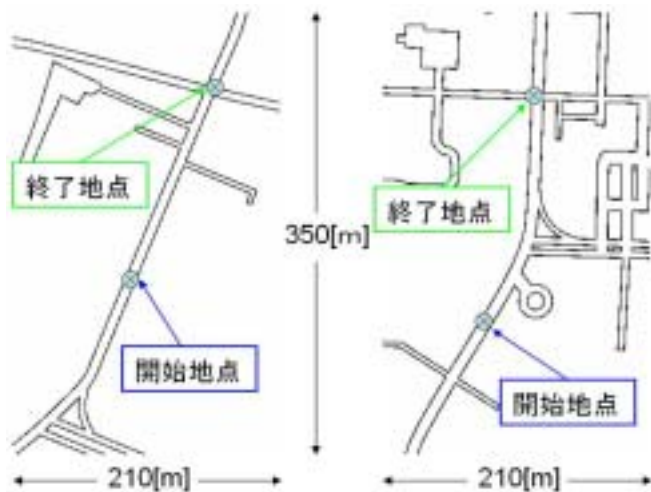


図4：シミュレーション映像の開始点と終了点  
(左：シーン1，右：シーン2)

## 5.2. 実験の手法

評価実験は実車上のシステムではなく、システムの一部を用いて作成したシミュレーション映像を用いて行う。用意した映像は実車上でシステム稼働中に運転者の視点から見られる景色を再現したものである。同じ運転者視点映像に対して、路面重畳表示手法と道路鏡像による提案手法の2通りの方法で評価用のシミュレーション映像を提示している。2つの映像を被験者に見て比較してもらい、アンケートを取ることで提案する手法の有効性について調査した。被験者は20代の学生20名である。本実験ではWSD固有の評価因子は考慮しなくて良いので、質問項目は表示の内容に関してのみ問うものとした。また、表示される指示の具体的な内容については事前に説明せずに実験を行った。

映像はシーン1のAとB、シーン2のAとBの計4つを用意した。アンケートの質問項目は以下の内容で障害物の種類(バスと自動車)以外はシーン1とシーン2で共通である。A、Bを提示する順番は被験者毎に変更した。尚、集計した結果の中では路面重畳表示手法をA、道路鏡像による提案手法をBとした。

以下が質問の内容である。

質問1: AとBのどちらの方が指示の内容を理解しやすいですか?

質問2: AとBのどちらを使いたいと感じましたか?

以上について、「A」、「どちらかと言えばA」、「どちらとも言えない」、「どちらかと言えばB」、「B」の5段階で評価させた。

## 5.3. 結果と考察

図5はシーン1とシーン2について、路面重畳表示

手法と道路鏡像による提案手法を比較した質問1と質問2の結果を人数の比率でまとめたものである。シーン1に関する実験結果では「理解のしやすさ」についても、「使用したい方」についても路面重畳表示手法を高く評価した被験者がやや多い。一方、シーン2に関する結果では両質問とも道路鏡像による提案手法を高く評価する被験者が多くなっており、シーン1と比べると道路鏡像による提示手法の方がやや支持されていることが分かる。しかし、各回答の人数は分散が大きく、どちらの手法を評価するかは被験者毎にかなり異なる傾向があった。

シーン1は直線的な道路を走っており、遠方から交差点の右折矢印を確認することが出来たため、前方の自動車と矢印の表示が重なることによる悪影響が少なかったと考えられる。そのため、直接的な理解がしやすい路面重畳表示手法が支持される傾向にあったと考えられる。しかし、シーン2については、見通しの悪いカーブとバスの位置の影響により、運転者から直接見えない部分の道路形状を表示することの価値が増し、道路鏡像による提示手法の評価が向上したと考えられる。これに対して、路面重畳表示手法では、映像の重畳位置が交差点直前になるまでわかりづらいという問題が発生したようである。

これらの評価結果から、提案手法はシーン2のような見通しの悪いカーブで有用であると言える。しかし、道路鏡像を空中に提示することにより、道路形状を表す輪郭線に目を取られ、運転がしにくくなると答えた被験者もあり、これについてはさらに改善する余地があると考えられる。

また、各質問項目に共通することとして、各評価の回答が分散していることが挙げられる。これは、どの観点で評価するかを細かく指定しなかったことにより、各被験者の答えの傾向が当人の価値基準に委ねられたためと考えられる。

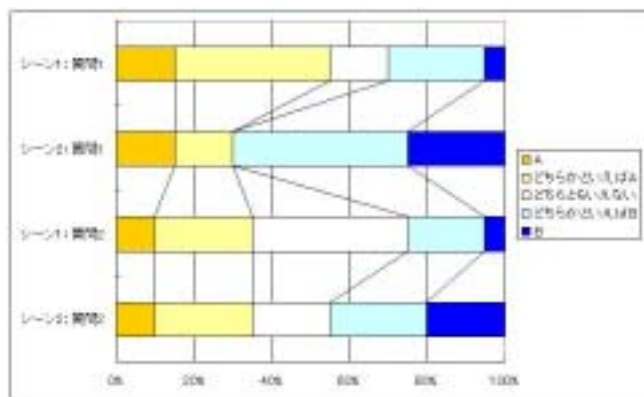


図5：路面重畳表示手法と道路鏡像による提案手法との比較

## 6. おわりに

本稿では、WSDを用いたナビゲーション指示のための映像提示手法として道路鏡像の空中提示を提案した。また、その手法についての評価実験を行うために必要なシステムの実装を行った。作成したシミュレーション映像により、路面重畳表示手法との比較評価実験を行って、有用性を確かめた。

評価実験の結果、全体としては本提示手法は見通しの悪い道路環境において有効であるという結果が得られた。しかし、評価結果にはかなりの個人差が見られたため、提案手法が統計的に優位であるという検証結果は得られなかった。システムには運転者の好みや、道路の環境に応じて、様々な手法の選択を行えるようにするのが望ましいと考えられる。

今後の課題は、実際にWSD機構を用いて提示している映像の評価を行うことである。図6に示すように、WSDに重畳して提示できるシステムを用いて、実際にシミュレータや実車を使った実験を行う予定である。

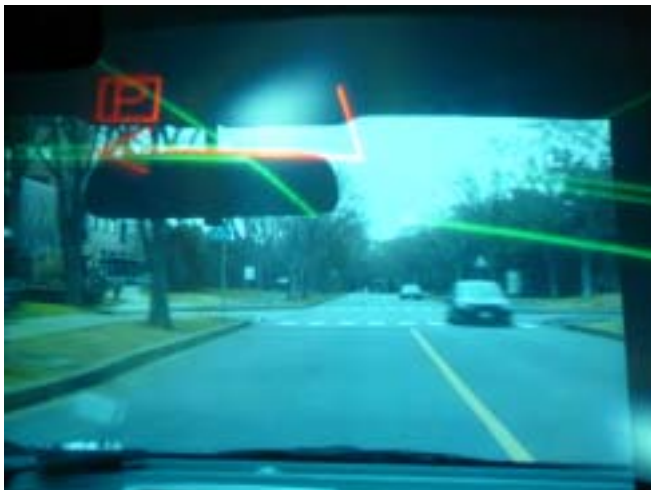


図6：WSDを用いた道路鏡像の空中提示

## 文 献

- [1] Akihiko Sato, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta : “Visual Navigation System on Windshield Head-Up Display” CDROM Proceedings of 13th World Congress on Intelligent Transport Systems, 8 pages, 2006.
- [2] Akihiko Sato, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta : “Adaptive Positioning on Windshield for Information Display”, CDROM Proceedings of 12th World Congress on Intelligent Transport Systems, 12 pages, 2005.
- [3] 宮本 徹, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一 : “Floating Virtual Mirror: 浮動式仮想鏡による車両背後領域の可視化”, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.106, no.234, pp.13-18, 2006.
- [4] 宮本 徹, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一 : “道路監視カメラを用いた運転者の視覚支援 ~バーチャルミラーを用いた死角領域提示~”, 電子情報通信学会 2006年総合大会講演論文集, pp.D-12-53, 2006.
- [5] 田谷 文宏, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一 : “NaviView:動的環境センシングによる運転者への視覚支援の取り組み”, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会予稿集, pp.168-173, 2005.
- [6] Fumihito Taya, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta “Naviview: Virtual Slope Visualization of Blind Area at an Intersection”, CDROM Proceedings of 12th World Congress on Intelligent Transport Systems, 8 pages, 2005.
- [7] Fumihito Taya, Kazuhiro Kojima, Akihiko Sato, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta “Naviview: Virtual Mirrors for Visual Assistance at Blind Intersection”, International Journal of ITS Research, vol.3, no.1, pp.23-38, 2005.
- [8] Kazuhiro Kojima, Akihiko Sato, Fumihito Taya, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta “Naviview: Visual Assistance by Virtual Mirrors at Blind Intersection”, Proceedings of 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.627-632, 2005.
- [9] Zhencheng Hu , Keiichi Uchimura : “Fusion of Vision,GPS and 3D Gyro Data in Solving Camera Registration Problem for Direct Visual Navigation”, International Journal of ITS Research, vol.4, no.1, pp.3-12, 2006.
- [10] Shintaro Ono, Koichi Ogawara, Masataka Kagesawa, Hiroshi Kawasaki, Masaaki Onuki, Ken Honda, Katsushi Ikeuchi : “Driving View Simulation Synthesizing Virtual Geometry and Real Images in an Experimental Mixed-Reality Traffic Space”, IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.214-215, 2005.
- [11] 川原田亮, 濱寄俊光, 上瀧剛, 内村圭一, 胡振程, 三好正純 : “実写画像を用いた歩行者ナビゲーションシステムの構築”, 第5回 ITS シンポジウム 2006, 2006.
- [12] 田中 晴美, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一 : “透過型 HMD を用いた歩行者用経路提示の評価”, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.106, no.91, pp.117-122, 2006.
- [13] Ryuhei Tenmoku, Masayuki Kanbara, and Naokazu Yokoya : “A wearable augmented reality system for navigation using positioning infrastructures and a pedometer”, IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.344-345, 2003.
- [14] Making Virtual Solid(MVS 社), バーチャルケーブル, PCT application, International Publication Number WO 2005/121707 A2. (<http://www.mvs.net>)