

ウェアラブル拡張現実感システムのための 注目オブジェクトへの直感的な注釈提示手法

天目 隆平*¹ 神原 誠之*¹ 横矢 直和*¹

Intuitively Annotating A User's Gazed Object for Wearable AR Systems

Ryuhei Tenmoku*¹, Masayuki Kanbara*¹, and Naokazu Yokoya*¹

Abstract – By realizing augmented reality on wearable computers, it becomes possible to overlay annotations on the real world based on user's current position and orientation. However, it is difficult for the user to understand links between annotations and real objects intuitively when the scene is complicated or many annotations are overlaid at the same time. This paper describes a view management method which emphasizes user's gazed real objects and their annotations using 3D models of the scene. The proposed method effectively highlights the objects gazed by the user. In addition, when the gazed object is occluded by other real objects, the object is complemented by using an image, which is made from 3D models, on the overlaid image.

Keywords : wearable computer, augmented reality, view management, annotation, 3D model

1. はじめに

近年、計算機の小型化・高性能化に伴い、装着が可能なウェアラブルコンピュータの実現が可能になった [1], [2]。また、実世界に仮想物体をシームレスに重ね合わせる技術である拡張現実感の研究も盛んに行われている [3] ~ [5]。

これらの技術を組み合わせたウェアラブル拡張現実感システムでは、任意の場所において実オブジェクトに対して CG で描画された注釈情報を重畳してユーザに提示したり [6], [7]、街中や観光地等でユーザ位置に応じた情報を直感的に提示することが可能となる [8], [9]。ウェアラブル拡張現実感システムを構築するためには、広範囲でのユーザ位置の計測が課題である。これまでウェアラブル拡張現実感システムは、GPS や環境中に配置した画像マーカ [10] やセンサ [11]、事前に撮影しておいた環境中のランドマーク等 [12] を利用したユーザ位置の計測手法とともに発展してきた。現在では、ネットワークを利用した注釈の共有データベース [13] や動物体への注釈提示手法 [14]、さらには奥行き情報や隠蔽関係を含めた注釈提示手法 [15] の提案等、様々な側面からウェアラブル拡張現実感システムの研究が進められている。しかし、現状のウェアラブル拡張現実感システムでは、複雑なシーンや複数の注釈情報が密集するシーンなどでは、注釈情報がどのオブジェク

トに対応するのかがユーザが認識することは容易でない。そこで本論文では、シーンの三次元モデルを利用して、生成画像においてユーザが注目する注釈情報と対象オブジェクトを強調表示する情報提示手法を提案する。

提案手法は、ウェアラブル拡張現実感システムにおける情報提示手法と位置付けられる。以下に、近年急速に研究が進んでいる本分野における従来研究を概観する。Azuma らは、現実のオブジェクトに対する CG で描画された注釈情報が多数存在するような拡張現実シーンにおいて、注釈情報を重ならないように合成画像上に配置する手法を提案した [16]。Bell らは、仮想現実空間や拡張現実空間において、環境のモデルを利用して注釈情報をオープンスペース等の適切な位置に移動させて表示する手法を提案した [17]。また、Julier らは情報フィルタリングにより合成画像を見やすく生成する手法の提案を行った [18]。しかし、従来研究の多くは環境中に多数の注釈情報が存在するときに、それらをどのように重畳表示画像上で配置してユーザに提示するかに焦点を当てたものである。提案手法では、注釈情報とその対象となる現実のオブジェクトの対応をユーザに明確に提示することを目的とする。提案手法は [16] ~ [18] 等の先行研究と組み合わせることで、より効果的な情報提示の実現が期待される。

具体的に、提案手法では、形状のみの簡易的な環境のモデルを用いて、ユーザが注目する実オブジェクトとそのオブジェクトに対する CG で描かれた注釈情報

*1: 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

*1: Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology



図1 ウェアラブル拡張現実感システムの概要

Fig.1 Outline of wearable augmented reality system.

をハイライト表示した注釈付加画像をユーザに提示する。また、テクスチャ付きの詳細な環境のモデルを利用して、合成画像上での注目オブジェクトの他のオブジェクトによるオクルージョン領域を補完してユーザに提示する。これらより、複雑なシーンや複数の注釈情報が密集するシーンなどにおいて、ユーザによる注釈情報と対象オブジェクトの対応付けの直感的な理解を支援する。オクルージョン領域の補完に関する従来研究として、亀田らによるサーベイランスカメラの映像を利用したウェアラブルユーザへのオクルージョン領域の補完提示 [19] が挙げられる。しかし、提案手法は、目的および手法において従来研究とは異なる研究と位置付ける。

以下、2節ではシーンの三次元モデルを用いた注釈情報の強調表示手法について、3節ではプロトタイプシステムを用いた注釈情報の強調表示実験について、最後に4節ではまとめと今後の展望について述べる。

2. 三次元モデルを用いた注釈情報の強調表示

本節では、ウェアラブル拡張現実感システムにおけるシーンの三次元モデルを利用した注釈情報の強調表示手法について詳述する。以下、2.1節では、提案手法の適用が想定されるウェアラブル拡張現実感システムについて述べ、続いて2.2節以降で提案手法について詳述する。

2.1 想定するウェアラブル拡張現実感システム

提案手法の適用が想定されるウェアラブル拡張現実感システムの概要を図1に示す。想定システムは、センサ等によりユーザの位置・姿勢の実時間計測が可能であるものとする。これらの計測されたユーザ位置および姿勢に基づいて、視点カメラから得られるユーザの眼前の風景に対してCGで描かれた注釈情報を拡張現実感技術を用いて重畳し、小型ディスプレイを介してユーザに提示するビデオスルー方式のウェアラブル拡張現実感システムを想定している。その際、注釈付けの対象となるのは、建物等の静的な現実オブジェクトであるとする。

2.2 提案手法の概要

従来手法および提案手法におけるデータの流れを図2に、提案手法全体のフローチャートを図3(a)にそれぞれ示す。提案手法では、以下の2種類の処理を行う。

- A) 注目オブジェクトのハイライト表示

ユーザが注目している実環境内のオブジェクトとそのオブジェクトに対する注釈情報をハイライト表示してユーザに提示する。これにより、ユーザの眼前の現実オブジェクトに対する注釈情報を直感的にユーザに提示できる。

- B) 注目オブジェクトの隠蔽領域の補完

ハイライト表示に加えて、他のオブジェクトによって隠蔽される注目オブジェクトの画像上の領域を、三次元モデルを用いて補完してユーザに提示する。これにより、部分的あるいは全体的にユーザの死角に存在するオブジェクトに対しても直感的な注釈提示が可能となる。

それぞれの注釈強調表示画像の例を図2中の(a)、(b)に示す。以下、それぞれをハイライト表示画像、オクルージョン補完画像と呼ぶ。それぞれの注釈強調表示画像の生成および表示における処理の流れを図3(b)、(c)に示す。これらのフローチャートはそれぞれ図3(a)中の「STEP4 注釈強調表示画像の生成および表示」の処理に該当する。

ハイライト表示画像およびオクルージョン補完画像の生成には、注釈付けの対象となる現実環境の三次元モデルがそれぞれ必要となる。ハイライト表示画像の生成には、環境中の注釈付けの対象となる各オブジェクトに対して異なる色で色付けしたモデル(以下、オブジェクト別色付けモデル)を用い、オクルージョン補完画像の生成には、注釈付けの対象オブジェクトのテクスチャ付きのモデル(以下、テクスチャ付きモデル)を用いる。オブジェクト別色付けモデルの方はCADデータ等から比較的容易に入手可能であるため、注目オブジェクトのハイライト表示のみならず、多くの環境に容易に適用できると考えられる。

図3(a)に示すように、提案手法ではユーザが注釈対象のオブジェクトを注目しているときのみ、注釈強調表示画像の生成および表示を行う。以下に、STEP4を除く各処理の内容について述べる。

[STEP1,5 注釈付加画像の生成および表示]

従来手法 [7] をもとに、図4(a)に示す視点カメラから得られる映像に注釈情報(図4(b))を重畳表示し、ユーザに提示する。

[STEP2 オブジェクト別色付けモデルの投影]

図2中に示すオブジェクト別色付けモデル、ユーザの位置および姿勢情報を用いて、図4(c)に示す色付けモデル投影画像を生成する。色付けモデル投影

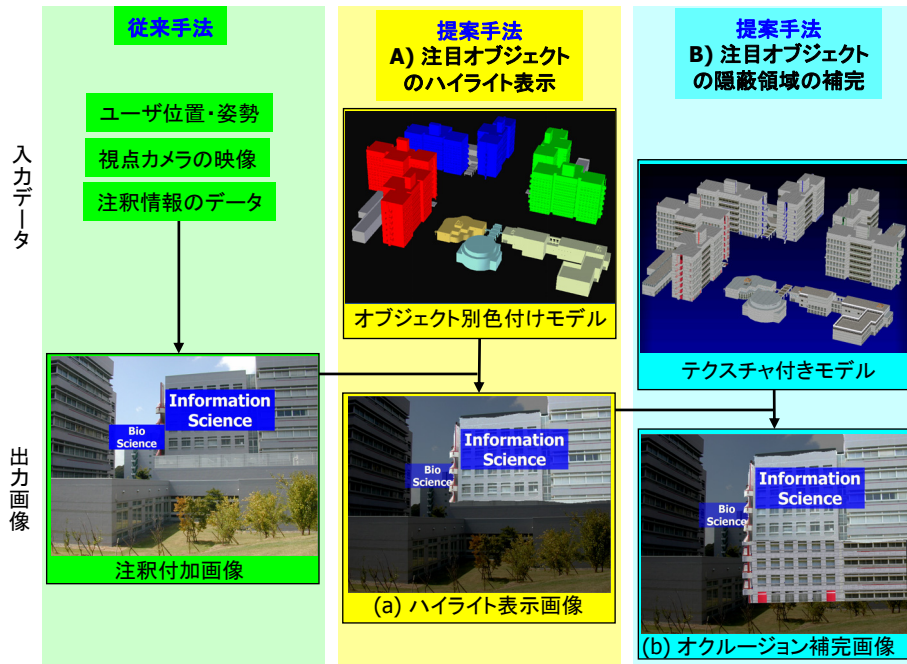


図2 従来手法および提案手法におけるデータの流と出力画像例
Fig. 2 Dataflow of conventional and proposed methods.

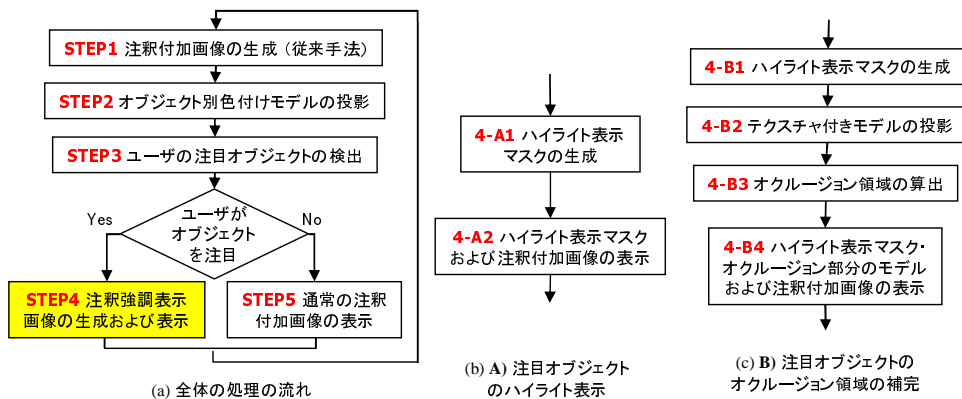


図3 提案手法の処理の流れ
Fig. 3 Flowchart of the proposed method.

画像は、計測されたユーザの位置・姿勢によって決まる仮想カメラに現実環境と位置合わせ済みのオブジェクト別色付けモデルを透視投影することで得られる。

[STEP3 ユーザの注目オブジェクトの特定]

色付けモデル投影画像を用いて、ユーザの注目オブジェクトを特定する。現在のシステムでは、ユーザの姿勢（頭部の向き）を利用して、合成画像上の中央部分で捉えたオブジェクトを注目オブジェクトであると判断する。将来的には、[20]等の手法を組み込むことで、ユーザの注目オブジェクトの特定精度を向上させる予定である。

2.3 注目オブジェクトのハイライト表示

本節では、注目オブジェクトのハイライト表示について述べる。

[4-A1 ハイライト表示マスクの生成]

図4(d)に示すハイライト表示マスクを生成する。現在のシステムでは、ハイライト表示マスクに、画像上のユーザが注目しているオブジェクトの領域以外の透過度を下げた黒色のマスク画像を利用している。

[4-A2 ハイライト表示マスクの表示]

注釈付加画像の上にハイライト表示マスクを重畳して表示することで、図4(g)に示すように注目オブジェクトのハイライト表示を実現する。

2.4 オクルージョン領域の補完表示

本節では、注目オブジェクトのオクルージョン領域の補完表示について述べる。4-B1の処理は前節で述べた4-A1の処理と同じであるので説明は割愛する。

[4-B2 テクスチャ付きモデルの投影]

図2中に示すテクスチャ付きモデル、ユーザの位置



図4 提案手法における生成画像の要素
Fig. 4 Elements of generated images.

視点カメラ
QV-700N (Logitech)

姿勢センサ
INERTIA CUBE² (INTERSENSE)

表示デバイス
Clip On Display SV-6 (Micro Optical)

IrDA受信機
オリジナル (MI Systems)

計算機
InterLink MP-XP7310 (Victor)

デバイスの種類	型番 (製造元)	特徴
視点カメラ	QV-700N (Logitech)	640×480ピクセルのRGB24ビットカラー画像を30fpsでキャプチャ可能
姿勢センサ	INERTIA CUBE ² (INTERSENSE)	3軸周りの回転角を256Hzで計測可能 地磁気センサ・重力センサ内蔵
IrDA受信機	オリジナル (MI Systems)	環境中に設置されるIrDA送信機の信号を識別することでユーザ位置を同定
計算機	InterLink MP-XP7310 (Victor)	CPU: Centrino Pentium M 1.0GHz, メモリ: 768Mbyte
表示デバイス	Clip on Display SV-6 (Micro Optical)	640×480ピクセルのRGB24ビットカラー画像をユーザに提示可能

図5 プロトタイプシステムの機器構成および各機器の仕様

Fig. 5 Hardware configuration of prototype system and specifications of devices

および姿勢情報を用いて、図4(e)に示すテクスチャ付きモデル投影画像を生成する。本画像の生成は、STEP2と同様に、計測されたユーザの位置・姿勢によって決まる仮想カメラに現実環境と位置合わせ済みのテクスチャ付きの注目オブジェクトのみのモデルを透視投影することで得られる。

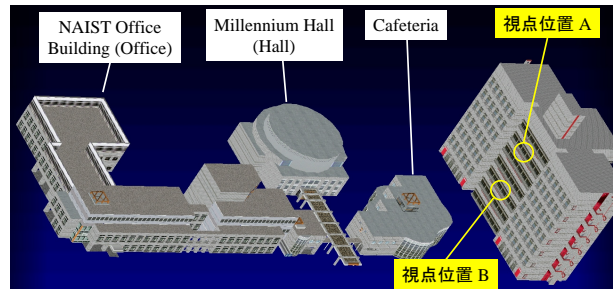


図6 実験環境の様子
Fig. 6 Experimental environment.

[4-B3 オクルージョン領域の算出]
テクスチャ付きモデル投影画像中の注目オブジェクトの領域と色付けモデル投影画像中の注目オブジェクト領域を比較することで注目オブジェクトのオクルージョン領域を得る(図4(f))。

[4-B4 オクルージョン部分のモデルの表示]
オブジェクト投影画像から前項で求めたオクルージョン領域のみを切り出して、注釈付加画像およびハイライトマスクと合成することで、図4(h)に示すオクルージョン補完画像を得る。

3. 注釈情報強調表示実験

提案手法を用いたプロトタイプシステムを構築し、本学構内においてユーザに対して提案手法による注釈強調画像を提示する実験を行った。図5に構築したプロトタイプシステムの機器構成および各機器の仕様を

示す．本システムでは，視点カメラ，姿勢センサおよび IrDA 受信機を利用して，ユーザの眼前の現実環境の映像，ユーザの姿勢及び位置情報を実時間で獲得する [7]．図 6 に本実験の実験環境を示す．本実験では，本学構内の建物（図 6 右端の建物）の 6 階（視点位置 A）および 3 階（視点位置 B）の 2 箇所に IrDA 送信機を設置し，送信される ID を識別することでユーザの位置を特定する．本実験では，この 2 地点から窓外に見える NAIST Office Building（以下 Office），Millennium Hall（以下 Hall），Cafeteria の 3 つの建物に対して注釈情報を重畳表示した．

図 7 および 8 にそれぞれ視点位置 A, B において生成された画像を示す．図 7(a) にオブジェクト非注目時の生成画像を，図 7(b), (d), (f), および図 8(a), (c) にハイライト表示画像を，図 7(c), (e), および図 8(b) にオクルージョン補完画像を示す．これらのうち，ハイライト表示画像より提案手法を用いて画像上の注目オブジェクトのおおよそ正しい領域をハイライト表示し，ユーザの注釈情報とその対象オブジェクトの直感的な対応付けの支援を行えていることがわかる．また，オクルージョン補完画像，特に図 7(c) より，Office のような複雑な形状の建物に対しても，注釈情報の対象となる建物の形状が明確に提示されていることがわかる．さらに，図 8(b) より，他のオブジェクトに遮蔽されて，ユーザ位置からではほとんど見えないようなオブジェクトに対する注釈情報に関しても，対象オブジェクトとの対応付けが行えていることがわかる．本実験より，提案手法によって，注釈情報と対象オブジェクトの直感的な対応付けを支援する注釈情報の強調表示が行えていることを確認した．

従来の注釈付加画像は 25 フレーム毎秒以上で表示されたのに対し，ハイライト表示画像・オクルージョン補完画像はそれぞれ 22~25 フレーム毎秒，15~20 フレーム毎秒でユーザに提示された．これらのフレームレートは，合成画像上の仮想物体（注釈情報やオクルージョン領域のモデル）のポリゴン数およびテクスチャの大きさ等によって変動する．本実験では，IrDA 送受信機を用いてユーザ位置を計測しているため，計測誤差は 1 メートル以内である [7]．これは，本実験のように数十メートル以上離れたオブジェクトに対する注釈付けに及ぼす影響はわずかであると考えられる．また，本実験で使用している姿勢センサは [7] に示すように利用時間とともに増加する蓄積誤差の補正は可能だが，地磁気の乱れの影響を受けるため，環境によっては yaw 角に誤差が生じる．この yaw 角の誤差により，環境によっては，図 4(g),(h) に見られるような現実環境と，ハイライトマスクおよびオクルージョン領域の CG との間に位置ずれが見受けられた．また，本

実験を通して認められた問題点として，図 8(a) のように，注目オブジェクトの画像上の領域が小さいとき，オクルージョン領域を補完する CG を見ようとユーザが視線を移動させた際に，注目オブジェクトが切り替わってしまうという問題があった．改善策としては，注目オブジェクトのオクルージョン補完画像が提示されたら，モデルによる補完部分も含めて注目判定を行うことで改善できると考えられる．

4. まとめと今後の展望

本論文では，ウェアラブル拡張現実感システムにおける新しい情報提示手法として，環境中の三次元モデルを用いた注釈情報の強調表示手法を提案した．提案手法では，ユーザが注目するオブジェクトとそのオブジェクトに対する注釈情報をハイライト表示したハイライト表示画像と，入力画像における注目オブジェクトのオクルージョン領域をモデルを用いて補完したオクルージョン補完画像を生成した．また，プロトタイプシステムを用いた注釈強調表示実験を行い，提案手法の可能性を示した．今後の課題として，実オブジェクトの輪郭を抽出し，ハイライト表示領域の輪郭とのずれを補正することで，位置および姿勢計測の誤差による影響を軽減することが挙げられる．また [16], [17] 等の従来のビューマネージメント手法や [18] 等の情報フィルタリング手法と本手法を組み合わせることで，より効果的な情報提示を行うことを試みる．

謝辞 本研究の一部は，科学技術振興機構 (JST) の戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「高度メディア社会の生活情報技術」プログラムの支援によるものである．

参考文献

- [1] S. Mann: "Wearable Computing: A First Step Toward Personal Imaging," IEEE Computer, Vol. 30, No. 2, pp. 25-32, 2002.
- [2] R. D. Vul, M. Sung, J. Gips, and A. S. Pentland: "MIThril 2003: Applications and Architecture," Proc. 7th Int. Symp. on Wearable Computers, pp. 4-11, 2003.
- [3] S. Feiner, B. MacIntyre, and D. Seligmann: "Knowledge-based Augmented Reality," Communications of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp. 52-62, 1993.
- [4] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Juiler, and B. MacIntyre: "Recent Advances in Augmented Reality," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 21, No. 6, pp. 34-47, 2001.
- [5] M. Kanbara, N. Yokoya, and H. Takemura: "Registration for Stereo Vision-based Augmented Reality Based on Extendible Tracking of Markers and Natural Features," Proc. 16th IAPR Int. Conf. on Pattern Recognition, pp. 1045-1048, 2002.
- [6] T. Kurata, T. Kato, M. Kourogi, J. Keechul, and K. Endo: "A Functionally-Distributed Hand Tracking Method for Wearable Visual Interfaces

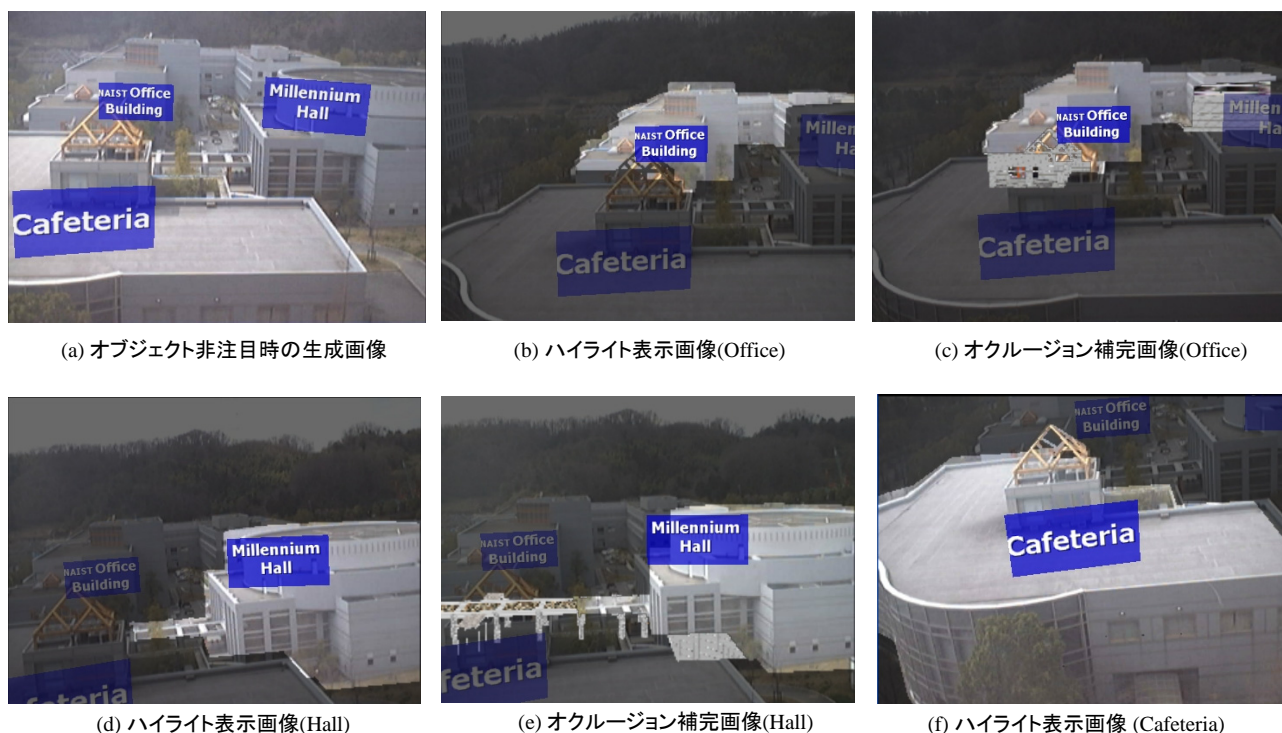


図 7 視点位置 A における生成画像の例

Fig. 7 Generated images from the viewpoint A.



図 8 視点位置 B における生成画像の例

Fig. 8 Generated images from the viewpoint B.

- and Its Applications,” Proc. IAPR Workshop on Machine Vision Applications, pp.84-89, 2002.
- [7] R. Tenmoku, M. Kanbara, and N. Yokoya: “A Wearable Augmented Reality System Using Positioning Infrastructures and a Pedometer,” Proc. 7th Int. Symp. on Wearable Computers, pp. 110-117, 2003
- [8] 廣瀬通孝, 廣戸健一郎: “屋外領域型展示空間における画像と対象物の重ね合わせ”, 日本バーチャルリアリティ学会第5回大会論文集, pp. 385-388, 2000.
- [9] T. Höllerer, S. Feiner, T. Terauchi, G. Rashid, and D. Hallaway: “Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System,” Computers and Graphics, Vol. 23, No. 6, pp. 779-785, 1999.
- [10] L. Naimark, and E. Foxin: “Circular Data Matrix Fiducial System and Robust Image Processing for a Wearable Vision-Inertial Self-Tracker,” Proc. of Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 27-36, 2002.
- [11] A. Ward, A. Jones, and A. Hopper: “A New Location Technique for the Active Office,” IEEE Personal Communications, Vol. 4, No. 5, pp. 42-47, 1997.
- [12] 興侶正克, 蔵田武志: “ウェアラブルカメラと慣性センサ群のデータ統合に基づくパーソナルポジショニング”, 信学技報, PRMU2002-180, 2003.
- [13] K. Makita, M. Kanbara, and N. Yokoya: “Shared annotation database for networked wearable augmented reality system,” Proc. 5th Pacific Rim Conf. on Multimedia, Vol. 3, pp. 499-507, 2004.
- [14] 穴吹篤志, 天目隆平, 神原誠之, 横矢直和: “データベース共有型ウェアラブル拡張現実感を用いたウェアラブルユーザへの注釈付け”, 日本バーチャルリアリティ学会 サイバースペースと仮想都市研究会 研究報告, Vol. 10, No. 1, pp. 27-32, 2005.
- [15] 浦谷謙吾, 町田貴史, 清川清, 竹村治雄: “AR 環境における奥行き曖昧性と視認性を考慮した注釈提示手法とその評価”, 信学技報, ITS2003-57, 2004.
- [16] R. Azuma, and C. Furmanski: “Evaluating Label Placement for Augmented Reality View Management,” Proc. 2nd Int. Symp. on Mixed and Aug-

- mented Reality, pp. 66-75, 2003
- [17] B. Bell, S. Feiner, and T. Höllere: "Information at a Glance," IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 22, no. 4, pp. 6-9, 2002.
 - [18] S. Julier, M. Lanzagorta, S. Sestito, Y. Baillet, T. Höllerer, S. Feiner and L. Rosenblum: "Information Filtering for Mobile Augmented Reality," Proc. Int. Symp. on Augmented Reality (ISAR00), pp. 3-11, 2000.
 - [19] Y. Kameda, T. Takemasa, and Y. Ohta "Outdoor See-Through Vision Utilizing Surveillance Cameras," Proc. 3rd Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 151-160, 2004.
 - [20] 満上育久, 浮田宗伯, 木戸出正継: "視線情報を用いた注視点の3次元位置推定", 信学技報, PRMU2002-169, 2003.

(2005年4月15日受付)

[著者紹介]

天目 隆平 (学生会員)



2003年奈良先端科学技術大学院大学博士前期課程修了。同年同大博士後期課程入学, 現在に至る。ウェアラブル拡張現実感システムに関する研究に従事。修士(工学)。電子情報通信学会, IEEE各学生会員

神原 誠之 (正会員)



2002年奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程修了。同年同大情報科学研究科助手, 現在に至る。コンピュータビジョン, 複合現実感の研究に従事。博士(工学)。1999年電子情報通信学会学術奨励賞受賞。電子情報通信学会, 情報処理学会, IEEE各会員

横矢 直和 (正会員)



1979年大阪大学大学院博士後期課程修了。同年電子技術総合研究所入所。以来, 画像処理ソフトウェア, 画像データベース, コンピュータビジョンの研究に従事。工学博士。1986~87年マツギル大知能機械研究センター客員教授。1992年奈良先端科学技術大学院大学情報科学センター教授。現在, 同大情報科学研究科教授。1990年情報処理学会論文賞受賞, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本認知科学会, 映像情報メディア学会, IEEE各会員。