

ウェアラブル拡張現実感のための 対象の位置情報を用いた色推定による移動物体の存在領域の検出

牧田 孝嗣[†] 神原 誠之[†] 横矢 直和[†]

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 〒630-0101 奈良県生駒市高山町 8916-5

E-mail: †{koji-ma, kanbara, yokoya}@is.naist.jp

あらまし ウェアラブル拡張現実感 (AR: Augmented Reality) を利用してユーザのしているシーンに仮想物体を提示する場合、現実物体の存在領域を得ることで、オクルージョン表現をできる。また、ウェアラブル拡張現実感を利用して注釈提示を行う場合、現実物体の存在領域を推定することで、注釈の配置方法の工夫 (ビューマネジメント) が適用できるため、注釈の理解のしやすさが向上する。しかし、対象が移動物体や非剛体である場合、その存在領域を正確に得ることは困難である。そこで本研究では、対象の 3 次元位置情報を用いて対象の色推定を行い、移動物体の存在領域を推定する手法を提案する。提案手法では、自己位置計測の可能なシステムを持つ移動物体を対象とし、ウェアラブル AR システムがネットワークを介して周辺に存在する移動物体の 3 次元位置情報を獲得する。次に、移動物体の 3 次元位置情報を用いて、物体の近似形状のレンダリングにより、ユーザ視界中における大まかな移動物体の存在領域を推定する。最後に、大まかな移動物体の存在領域を利用して移動物体の色推定を行い、推定結果を用いて移動物体の存在領域を検出する。

キーワード ウェアラブルコンピュータ, 拡張現実感, 移動物体検出

Moving Object Detection for Wearable Augmented Reality by Color Estimation with Position Data of Target

Koji MAKITA[†], Masayuki KANBARA[†], and Naokazu YOKOYA[†]

[†] Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

8916-5 Takayama, Ikoma, Nara, 630-0101 Japan

E-mail: †{koji-ma, kanbara, yokoya}@is.naist.jp

Abstract This paper proposes a method for detection of existing area of moving objects for wearable augmented reality (AR). AR system constructed with wearable computer can overlay virtual objects in the real world. One of important issue of wearable AR is moving object detection, because an existing region of moving object can be used to solve occlusion problem and annotation view management in dynamic scene. This paper describes a method which can detect moving object by using a network-based framework for sharing position data of wearable computer users. The proposed method includes color estimation by rendering approximated 3D shapes of moving object with its position data.

Key words Wearable computer, Augmented reality, Moving object detection

1. はじめに

装着して使用可能なウェアラブルコンピュータと、拡張現実感技術を組み合わせたウェアラブル拡張現実感 (AR: Augmented Reality) を利用すれば、ユーザは現実環境中の任意の位置において仮想物体や注釈などのコンテンツを閲覧可能である [1]。

AR において移動物体の検出は、オクルージョン問題の解決 [2] や、注釈のビューマネジメント [3] などに有用であり、重要な課題である。従来より、ビデオスルー

方式の AR を想定して、カメラで撮影した画像を入力とした移動物体の検出手法が提案されている。例えば、Lu らは、現実環境を撮影するカメラを固定することで、移動物体の検出を実現している [4]。しかし、[4] に代表されるような、背景差分の手法を基本とした移動物体の検出手法は、自由度の高いカメラの動きが想定されるウェアラブル AR への適用は困難である場合が多い。

一方、対象の位置情報や形状情報をリアルタイム計測することで、AR システムのユーザ視界における移動物体の存在領域を推定する手法も存在する。村瀬らは、赤

外線カメラと赤外線照明を利用した視体積交差法によって現実物体の3次元位置と形状を取得する手法[5]を提案している。また、Fuhrmannらは、人物の複数個所に位置検出が可能な磁気トラッカを取り付け、磁気トラッカの位置情報を利用して人物の存在領域を推定する手法[6]を提案している。これらの手法では、使用する機器の台数に比例して推定精度が向上するが、多数のカメラやセンサを必要とするため、広域環境における移動を前提としたウェアラブルARには適していない。

そこで本研究では、ウェアラブルARのための、推定した対象の3次元位置情報に基づいた対象の色推定により移動物体の存在領域を検出する手法を提案する。提案手法では、自己位置計測の可能なシステムを持つ移動物体を対象とし、ウェアラブルARシステムがネットワークを介して周辺に存在する対象の3次元位置情報を獲得する。次に、対象の3次元位置情報を基に、移動物体の近似形状のレンダリングにより大まかな移動物体の存在領域を推定する。最後に、大まかな移動物体の存在領域を利用して移動物体の色情報の推定を行い、推定結果を用いて移動物体の存在領域を検出する。本稿では、自己位置計測の可能なシステムを持つ移動物体として、中里らの手法[8]により赤外線カメラを利用して頭頂部の位置・姿勢の計測が可能なウェアラブルコンピュータのユーザを対象とする。

2. 移動物体の存在領域の検出

2.1 提案手法の概要

本研究では、自己位置姿勢の推定が可能であるビデオスループ型のウェアラブル拡張現実感システムを想定し、カメラに写る移動物体の存在領域を検出する。提案手法では、対象の3次元位置情報に基づいた対象の色推定を行い、推定結果を利用して2次元画像上における移動物体の存在領域を検出する。図1に、提案手法における移動物体の存在領域の検出処理の流れを示す。提案手法は、(A) 移動物体の3次元位置情報の獲得、(B) 位置情報を用いた移動物体の存在領域の大まかな推定、(C) 移動物体の色情報の推定、(D) 色情報を用いた移動物体の検出、の4つの手順からなる。以下に、ウェアラブルARシステムのユーザを“ユーザA”、検出対象であるウェアラブルコンピュータのユーザを“ユーザB”として、それぞれの処理について述べる。

2.2 3次元位置情報の獲得

はじめに、処理(A)において移動物体の3次元位置情報の獲得を行う。ユーザAが、ユーザBの3次元位置情報を獲得するために、これまでに我々が提案しているネットワーク共有データベースとハイブリッドP2Pを利用した情報共有のフレームワーク[9]を利用する。本フレームワークを利用することで、ユーザAはユーザBの最新の位置姿勢情報を低遅延かつ秒間10回以上の頻

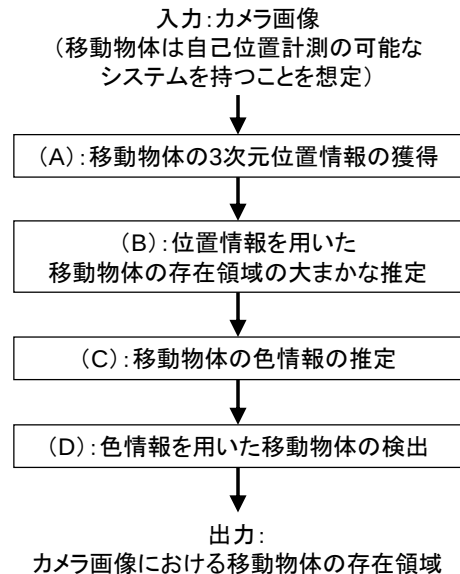


図1 移動物体の検出処理の流れ

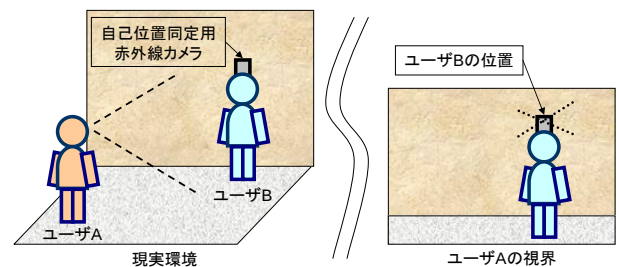


図2 現実環境とユーザAの視界の関係

度で獲得できる。ユーザAの視界中にユーザBが存在する場合における、現実環境とユーザAの視界の関係を図2に示す。

2.3 移動物体の存在領域の大まかな推定

次に、処理(B)において、カメラ画像中における移動物体の存在領域の大まかな推定を行う。ユーザAの視界を撮影するカメラの位置姿勢は既知であり、またユーザBの位置は処理(A)によって獲得されているため、以下の手順で推定を行う。

まず、現実空間中におけるユーザBの形状を楕円体、ボクセルの集合、などの形状で表現する。次に、ユーザAのカメラ位置姿勢とユーザBの位置を利用して形状をレンダリングし、カメラ画像中におけるユーザBの存在領域を大まかに推定する。本稿では、ユーザBは頭頂部の位置を計測している。そこで、人物は床面におおよそ鉛直に立っていることを想定し、対象と環境に3次元モデルを用いた人物追跡手法[7]に用いられている人物モデル表現を適用して、ユーザBの形状を床に鉛直な楕円体で設定する。時刻 t におけるユーザBの状態は、4次元ベクトル $M_t = (x_t, y_t, z_t, r_t)$ で表す。図3に、ユーザBの3次元モデルを示す。3次元モデルを用いた人物モデル表現の適用には以下の2つの利点がある。

(1): ユーザ位置の高さの変化を表現できる

ユーザ位置の高さに応じて形状の変化するモデルを用いることで、各々のユーザの身長差や、ユーザの移動時の高さの変化を表現できる。

(2): オクルージョンを考慮した推定ができる

実物体によってカメラ画像に写る移動物体の一部または全部が隠蔽され、オクルージョンが発生する場合がある。この場合に、実物体の形状とユーザ B の形状の双方をレンダリングすることで、オクルージョンを考慮したユーザ B の存在領域の推定ができる。

2.4 移動物体の色の推定

次に、処理 (C) において移動物体の色の推定を行う。移動物体は時刻に応じて写り方が異なる。そのため、処理 (B) において設定した形状をレンダリングした結果と、実際にカメラ画像に写った移動物体の形状の類似度も、時刻に応じて異なる。そこで、ウェアラブル AR システムにおいて、以下の手順で移動物体の色の推定を行う。

STEP1: 大まかに推定された移動物体の存在領域を含む、少し大きめの領域 (下、包括領域) に着目し、幾つかの色条件を用いて包括領域の中から移動物体の領域を検出し、結果を個別に保存する。

STEP2: STEP1 において保存された結果において、移動物体の領域として検出された領域が、大まかに推定された移動物体の存在領域と最も類似する色条件を採用し、処理 (D) に利用する。

2.5 色情報を用いた移動物体の検出

最後に、処理 (D) において移動物体の存在領域の検出を行う。まず、カメラ画像から移動物体の包括領域を検出する。次に、処理 (C) によって決定された色条件を利用して、移動物体の存在領域を検出する。

3. 実験

本実験ではまず、中里らの手法 [8] により赤外線カメラで位置・姿勢が計測可能であり、ハイブリッド P2P による通信で位置情報がネットワーク共有できる環境 [9] を準備した。次に、ビデオシースルー型のウェアラブル AR システムのユーザ (ユーザ A)、赤外線カメラを身に付けたモバイルコンピュータのユーザ (ユーザ B) 各 1 名によって実験を行った。ユーザ A の位置誤差平均は約 9mm、姿勢誤差平均は約 0.35 度であり、ユーザ B の位置誤差平均は約 11mm である。また、ユーザ A の持つシステムで得られるカメラ画像は RGB256 階調である。本実験では、ユーザ B の大まかな形状を床に対して鉛直方向の軸と水平方向の軸の長さが 4:1 の楕円体として、以下の式で設定した。

$$M_t = (x_t, y_t, z_t, z_t/4) \quad (1)$$

また、処理 (C) における STEP1 の処理のために、明

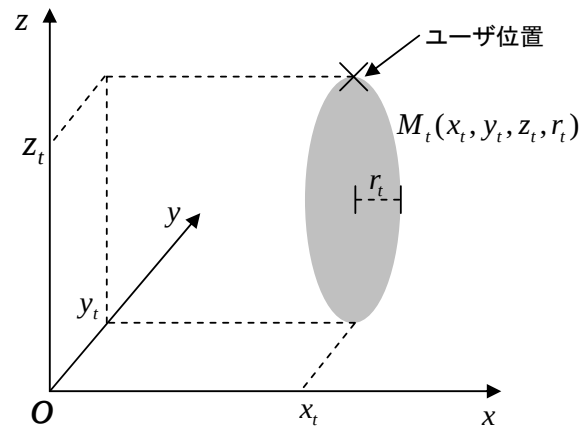


図3 ユーザ B の 3 次元モデル

度がある閾値以下の画素の集合を移動物体の存在領域として検出するものとして、以下の 10 個の閾値を用意した。{20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200}。また、処理 (C) における STEP2 の処理のために、STEP1 において検出された領域と、大まかに推定された領域の類似度として、包括領域における移動物体の存在領域の割合の近さをを用いた。また、包括領域として、レンダリングされた楕円体全体を含む矩形領域を用いた。

図 4 に、本実験における色情報を用いた移動物体の検出結果の例を示す。本例では、処理 (C) において STEP1 により 10 通りの結果が作成され、STEP2 により動物体の存在割合が最も近くなる値として $T = 100$ が選ばれた。図 4 から、 $T = 100$ を用いて処理された結果は他の閾値による結果と比較しておおよそ結果が良好であることが確認できる。

また、図 5 に、ユーザ付近に別の人物が存在するフレームにおける移動物体の検出結果の例を示す。本例では、図 4 の例と同様の処理により $T = 40$ が選択されたため、例えば、本入力画像を用いて色の推定が行われた後に図 4 に示すような画像が処理された場合には、ユーザ B の検出に用いられる色条件の閾値は最適な値から大きく外れてしまう。これは、提案手法の処理 (C) における色の推定において、暗に検出対象の付近に別の移動物体や、色の酷似した物体が存在しないことを前提としているためであり、今後は、色の推定に用いる画像の取舍選択が必要である。

4. まとめ

本研究では、ウェアラブル AR のための移動物体の存在領域の検出手法を提案した。また、ウェアラブルコンピュータのユーザを検出対象とした実験を行い、提案手法の有効性を示した。今後の課題として、適切な色条件の自動生成による色の学習の自動化が挙げられる。

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) 「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」プログラムの支援による。

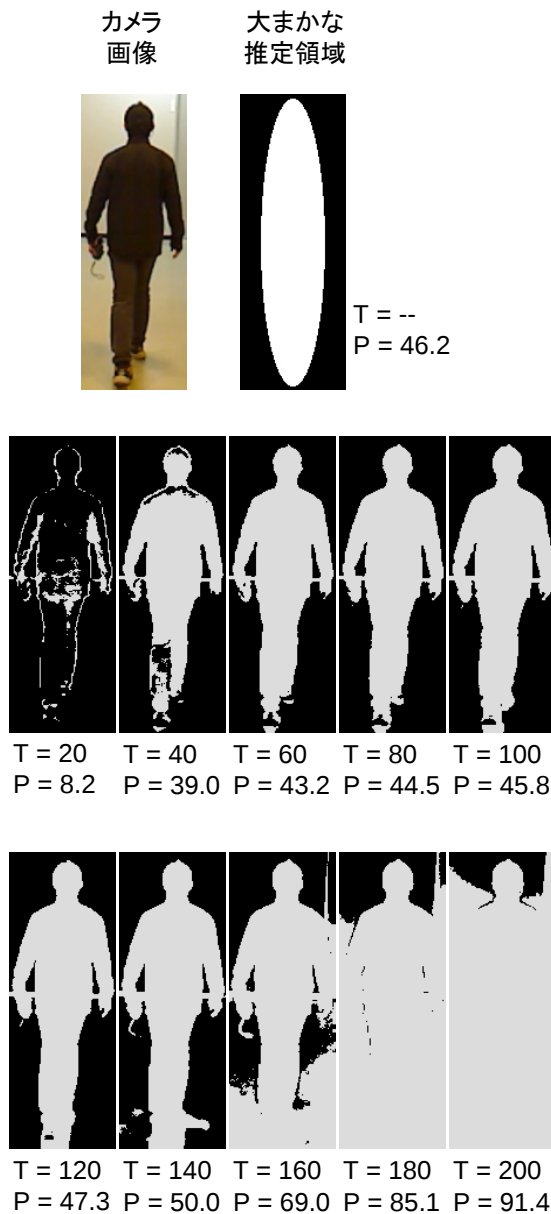


図 4 入力画像と移動物体の検出結果 (T:検出に用いた閾値, P: 動物体の存在割合)

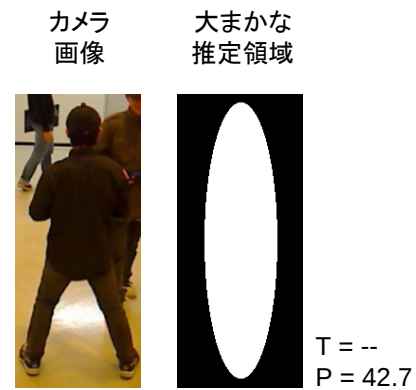


図 5 背景に別の移動物体を含む入力画像と移動物体の検出結果 (T:検出に用いた閾値, P: 動物体の存在割合)

文 献

- [1] Hyung Min Park, Seok Han Lee, Jong Soo Choi: "Wearable Augmented Reality System using Gaze Interaction," 7th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2008, pp. 175-176, 2008.
- [2] 田中 康宏, 北原 格, 大田友一: "複合現実感における手と仮想物体の隠れ境界に生じる違和感の軽減手法," 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 109, no. 215, MVE2009-42, pp. 47-52, 2009.
- [3] F. Shibata, H. Nakamoto, R. Sasaki, A. Kimura and H. Tamura: "A View Management Method for Mobile Mixed Reality Systems", Proc. 14th Eurographics Symp. on Virtual Environments, pp. 17-24, 2008.
- [4] Lu Boun Vinh, 角田 哲也, 川上 玲, 大石 岳史, 池内 克史: "全方位カメラを用いた屋外複合現実感におけるオクルージョンを考慮した移動物体の検出と影の除去," 情報処理学会研究報告, CVIM, 2008(36), pp. 295-300, 2008.
- [5] 村瀬 香緒里, 小木 哲郎, 齋藤 康太, 小山 尚英: "没入型拡張現実感ディスプレイにおける動的オクルージョン制御," 日本バーチャルリアリティ学会第13回論文集, pp. 254-257, 2008.
- [6] Anton L. Fuhrmann, Gerd Hesina, Francois Faure, and Michael Gervautz: "Occlusion in collaborative augmented environments," Computers & Graphics, 23(6), pp. 809-819, 1999.
- [7] 大澤 達哉, ウ 小軍, 数藤 恭子, 若林 佳織, 新井 啓之, 小池 秀樹: "MCMC 法に基づく対象と環境に三次元モデルを用いた人物追跡," 電子情報通信学会論文誌, D, Vol. J91-D, No. 8, pp. 2137-2147, 2008.
- [8] 中里 祐介, 神原 誠之, 横矢 直和: "ウェアラブル拡張現実感のための不可視マーカと赤外線カメラを用いた位置・姿勢推定," 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 10, No. 3, pp. 295-304, 2005.
- [9] 牧田 孝嗣, 神原 誠之, 横矢 直和: "ネットワーク共有データベースとハイブリッド P2P を利用したウェアラブルシステムユーザへの注釈付け," 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 13, No. 2, pp. 171-181, 2008.