

3ZA-1 拡張現実感のためのビジョンセンサとジャイロセンサの組合せによる位置合わせ

藤井 博文† 神原 誠之† 岩佐 英彦† 竹村 治雄† 横矢 直和†

†奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

‡通信・放送機構 奈良リサーチセンター

1 はじめに

近年、現実環境に仮想物体を合成することで、現実環境に情報を付加する拡張現実感が新たな情報提示・操作手法として注目されている [1]。違和感のない拡張現実環境を構築するためには、現実環境と仮想物体を正確に位置合わせする必要がある。

現実環境と仮想環境の位置合わせ手法として超音波センサなどを利用した手法 [2] があるが、現実環境に超音波スピーカを配置する必要があるため計測範囲が制限される。それに対し、ビジョンセンサを用いた手法では、撮影された画像からカメラ位置を推定するため実環境に特別な装置を用意する必要がなく、本質的に計測範囲が限定されない。ビジョンセンサを用いた従来手法 [3][4] の多くは現実環境に配置したマーカを追跡し、求まったマーカの画像上の位置情報を利用して位置合わせを行っているが、カメラで撮影された画像から画像処理によりマーカを追跡するため、マーカの画像上での位置が急激に変化すると追跡に失敗し、他の三次元センサを用いる方法に比べロバスト性に欠けるという問題点がある。また、カメラによりマーカが撮影されている必要があり、現実的には計測範囲が制限される。

これらの問題点を解決する手法として、ビジョンセンサとジャイロセンサを組合せた手法がある [5]。この手法は、ジャイロセンサから得られるカメラの姿勢情報より、次の画像上でのマーカの移動位置を予測し、ビジョンセンサのみでは困難であった速いマーカの移動に対応している。しかし、ジャイロセンサからの姿勢情報のみを予測に用いているため、カメラの平行移動によるマーカの移動位置の予測は行われていない。

そこで本稿では、ステレオカメラから得られるマーカの三次元位置情報とジャイロセンサから得られるカメラの姿勢情報を用いた、カメラの平行移動に対応したマーカの移動位置予測手法を提案する。

2 ビジョンセンサとジャイロセンサの組合せによるマーカの追跡

ビジョンセンサとジャイロセンサを組み合わせた手法 [5] では、ジャイロセンサから得られる情報は、

A Registration Method with Vision and Inertial Sensors for Augmented Reality

Hirofumi Fujii†, Masayuki Kanbara†, Hidehiko Iwasa†, Haruo Takemura†, and Naokazu Yokoya††

†Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

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

††Nara Research Center, Telecommunications Advancement Organization of Japan (TAO)

8916-19 Takayama, Ikoma, Nara 630-0101, Japan.

追跡しているマーカの次フレームでの位置の予測に用いられる。しかし、ジャイロセンサではカメラの姿勢情報しか得られないために、カメラの動きに平行移動成分が含まれる場合に、図 1 に示すように、マーカの予測位置と実際のマーカ位置とにずれが生じてしまう。このため、マーカの追跡を継続するには探索窓のサイズを大きくとる必要があるが、他のマーカの探索窓と重なることにより追跡が失敗する可能性も大きくなる。そこで、本稿ではカメラの平行移動成分を計算により求める。

連続した 2 フレームの画像からカメラの平行移動成分を求めるためには、各フレーム間において対応付けられた 1 個のマーカの三次元位置情報とジャイロセンサの姿勢情報が必要である。本稿では、カメラから遠いマーカほどカメラの平行移動による画像上での動きが小さいことに着目し、前フレームにおいてカメラから最も遠いマーカを選択して、ジャイロセンサの情報だけを用いて探索窓を設定し、マーカの三次元情報を求める。そして、計算された平行移動成分を用いて残りのマーカの移動位置を予測し、マーカ追跡を実現する。

なお、ビジョンセンサによるマーカの探索時に設定する探索窓のサイズは、画像上のマーカのサイズに応じたサイズに設定する。画像上のマーカのサイズは、現実のマーカのサイズとステレオカメラから得られるマーカの三次元位置情報より求めることができる。ビジョンセンサによるマーカ位置推定において、マーカの全体が探索窓内に含まれている必要があるため、求まった画像上のマーカのサイズを定数倍した値を探索窓のサイズに設定する。

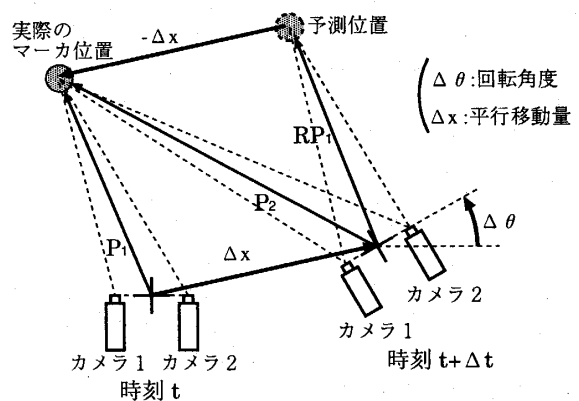


図 1: カメラの平行移動によるマーカの予測誤差

以下にマーカ追跡の詳細を示す。

- (1) 前フレームで最もカメラから遠いマーカの移動位置をカメラの回転成分のみから予測して探索窓を設定し、ビジョンセンサにより追跡を行う。そして、ステレオ法により三次元位置を求め、式(1)を用いて平行移動成分 T を計算する(図1参照)。

$$T = P_2 - RP_1 \quad (1)$$

ここで、 P_1 は時刻 t 、 P_2 は時刻 $t + \Delta t$ におけるカメラ座標系におけるマーカの三次元位置を表す。また、 R はカメラの回転成分による変換行列を、 RP_1 は予測位置を表す。

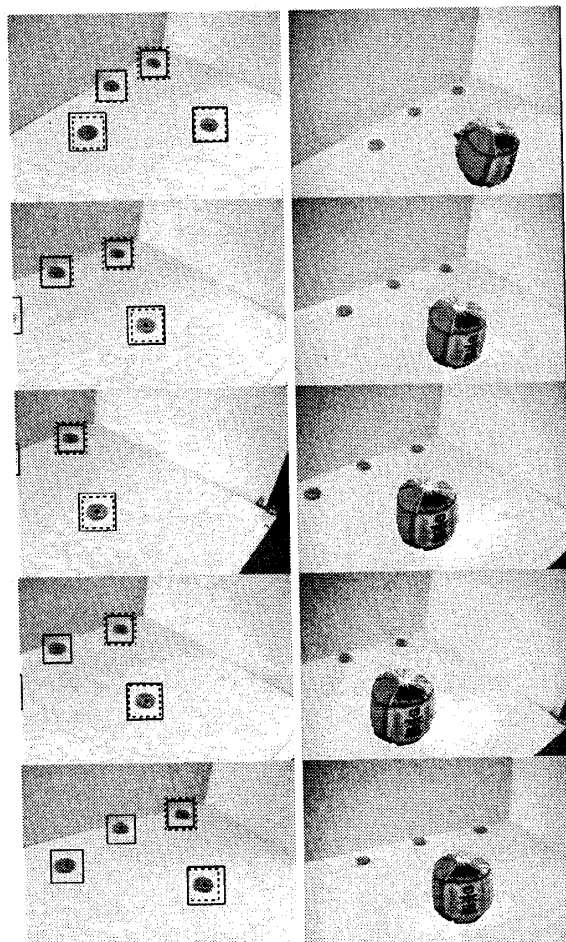
- (2) 求めたカメラの回転成分と平行移動成分より、他のマーカの移動位置を予測する。
- (3) 予測されたマーカ位置がカメラに映る位置であれば、ビジョンセンサによる探索位置として利用し、マーカ位置を推定する。予測されたマーカ位置がカメラに映らない位置であれば、予測位置をマーカの位置とする。

以上の手法により、カメラが平行移動を伴う場合においても、すべてのマーカに対して探索窓を大きく設定することなく、マーカの追跡が可能となる。また、フレーム外のマーカ位置も推定することができるため、フレームアウトにも対応できる。ただし、平行移動成分の予測のためには1個のマーカの三次元位置情報が必要なため、最低1個のマーカが左右のカメラ各々に撮影されている必要がある。ここで、マーカの三次元位置情報は未知であり、自由に配置することができる。

3 実験

提案手法の有効性を確認するため、試作システムを用いてマーカの追跡実験を行った。試作システムは、ビジョンセンサとして CCD カメラ (IK-UM42: 東芝) 2 個を光軸を平行に 6.5cm の間隔で取り付け、両カメラの光軸を含む平面上にジャイロセンサ (GU-3011: Data Tec) を配置した。マーカは 4 個とし、全てを同一平面上に配置した。

実験結果を時系列順に上から並べたものを図 2 に示す。図 2(a) 中の破線の枠がビジョンセンサによる追跡のための探索窓、実線の枠が提案手法の探索窓を示している。ビジョンセンサのみの場合の探索窓のサイズは、経験的な値に固定している。図 2(a) は、2 個のマーカが一度画面外に出て、再び画面内に戻る状況を表しているが、ビジョンセンサとしてステレオカメラを用いた手法 [3] では一度画面外に出たマーカに対する追跡に失敗しているのに対し、提案手法はマーカの追跡の継続に成功していることが確認できる。また、カメラからの距離に応じて探索窓のサイズが変化していることが確認できる。図 2(b) は、実際に追跡されたマーカを用いて、マーカの置かれた平面を計算し、平面上に仮想物体を合成した結果である。カメラの移動に応じた仮想物体が合成されていることが確認できる。



(a) 探索窓の比較 (b) 仮想物体合成結果

図 2: 実験結果

4 まとめ

本稿では、拡張現実感における幾何学的位置合わせ問題に対して、ステレオカメラから得られるマーカの三次元位置情報とジャイロセンサから得られるカメラの姿勢情報を用いた、カメラの平行移動に対応したマーカの移動位置予測手法を提案した。また、試作システムにより提案手法の有効性を確認した。今後の課題として、多数のマーカ配置による計測範囲の拡大、自然特徴点の利用などが挙げられる。

参考文献

- [1] R. T. Azuma: "A Survey of Augmented Reality," Presence, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385, 1997.
- [2] S. Feiner, B. MacIntyre, and D. Seligmann: "Knowledge-based Augmented Reality," Commun. of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp. 52-62, 1993.
- [3] 神原, 大隈, 竹村, 横矢: "ビデオスルー型拡張現実感のためのステレオ画像合成", 信学技報, PRMU98-246, 1999.
- [4] 小林, 井上, Li. Quan, 大田: "3 視点のアフィン画像を用いた線形的手法によるカメラ姿勢の推定", 信学技報, PRMU98-245, 1999.
- [5] S. You, U. Neumann, and R. Azuma: "Hybrid Inertial and Vision Tracking for Augmented Reality Registration," IEEE VR'99, pp. 260-267, 1999.