

平成 21 年 3 月 17 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700181
 研究課題名（和文）
 円弧マーカを利用した仮想 3 次元環境の実現
 研究課題名（英文） Developing of mixed reality systems using a circular marker.

研究代表者
 菅谷 保之（SUGAYA YASUYUKI）
 豊橋技術科学大学・工学部・講師
 研究者番号：00335580

研究成果の概要：本研究テーマでは、円弧マーカを利用したカメラ校正の必要ない仮想 3 次元環境の構築を目指して、1、ビデオカメラから撮影したビデオ映像から物体の全周 3 次元形状を復元するための、特徴点の追跡技術の開発、2、画像からの安定した楕円検出技術の開発、3、円弧マーカを利用したカメラ校正技術と仮想物体合成技術の開発を行った

交付額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2006年度 | 900,000 | 0 | 900,000 |
| 2007年度 | 1,600,000 | 0 | 1,600,000 |
| 2008年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,400,000 | 270,000 | 3,670,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボット

キーワード：コンピュータビジョン

1. 研究開始当初の背景

現実の空間に仮想の 3 次元物体を表示して、現実空間と仮想空間の融合を実現する仮想 3 次元環境を実現するために、カメラ校正や仮想物体を配置するための手がかりとして、従来から様々なマーカが用いられてきた。画像中に写った円弧は、それ一つからでも十分に 3 次元マーカとしての情報を持ち、遮蔽によって完全な円弧が得られない場合でも円弧の当てはめが可能であり、仮想 3 次元環境を実現するためのマーカとしての期待が高い。しかし、円弧をマーカとして利用してい

る研究はなく、本研究により、円弧マーカを利用した仮想 3 次元環境の実現の可能性を探る。

2. 研究の目的

（1）安定した円弧の検出

従来、画像からの円弧検出にはハフ変換が主に用いられてきた。しかし、ハフ変換による方法は、膨大なメモリ量と計算コストがかかるという問題がある。また、検出される円弧の精度がサンプリング間隔依存してしまう

欠点もある．仮想3次元環境を実現するために円弧を使用する場合，円弧の検出を高速にかつ，高精度に行う必要がある．本研究では，画像上の点列に楕円の方程式を直接当てはめる方法を基礎として，下記の通りの手法について明らかにする．

- 1．円弧を当てはめるための点列の安定した検出手法
- 2．高精度かつ高速に円弧を検出する発展的な手法

(2) 円弧マーカを利用した3次元物体の表示
検出した円弧をもとに，円弧の3次元位置を算出して仮想物体を表示するシステムの実現を目指す．具体的には下記の通り，発展的に円弧マーカを利用した仮想3次元環境の実現を目指す．

- 1．円弧マーカ上への仮想物体の表示
- 2．円弧マーカの複数利用によるユーザの視点に応じた仮想物体の表示

3．研究の方法

【平成18年度】

初年度は，画像からの安定した精度の高い円弧検出手法を明らかにし，仮想3次元環境実現のための基礎技術を蓄積する．

- (1) 円弧検出のための実験環境の構築
比較的安価に入手でき高精細な画像を取得可能なデジタルカメラとワークステーションにより実験環境を構築する．
- (2) 遮蔽を含む不完全円弧からの安定した円弧検出手法検出手法の確立
様々な遮蔽具合に応じた円弧の撮影を行い，安定した円弧点列の検出，円弧の当てはめを行う手法を確立する．更に，遮蔽の程度に関わらず高精度に円弧を検出可能な手法を確立する．同時に高速な検出手法に関する考察も行う．

【平成19年度以降】

2年目以降は，本研究の主題となる円弧マーカを利用した仮想3次元環境の実現を中心にシステム構築を目指す．

- (1) 仮想3次元環境のプロトタイプシステムの構築
小型のデジタルカメラとヘッドマウントディスプレイ，可搬型のコンピュータにより仮想3次元環境を実現するプロトタイプシステムを構築する．構築したシステムと前年

までに開発した手法を用いて円弧マーカを利用した仮想3次元環境の検証，問題点の洗い出しを行う．

(2) 高速かつ安定した円弧検出手法の確立
仮想3次元環境を実現するために必要な高速かつ安定した円弧検出手法を確立する．具体的には30 msec の速度での円弧検出を目指す．

4．研究成果

(1) アフィン空間当てはめによる特徴点追跡の誤り検出
ビデオ画像上の特徴点の軌跡から追跡を誤ったフレームを検出する手法を開発した．これは，アフィンカメラのもとでは特徴点の軌跡を現すベクトルがあるアフィン空間に含まれるという拘束条件を用いて，インライアの軌跡にアフィン空間を当てはめ，誤差の統計モデルに基づいて部分軌跡の信頼性を判定することで，追跡を誤ったフレームを検出するものである．



図1：入力動画の一部

図1は入力動画の一部に正しい追跡点に印，誤った追跡点に×印を描画したものである．この誤った特徴点追跡データに対して提案手法で追跡の誤ったフレームを検出した結果が図2である．

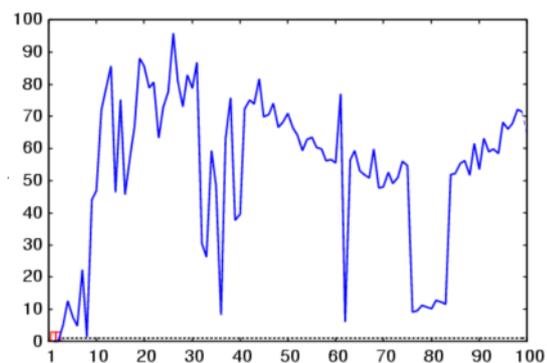


図2：誤りフレームの検出結果

図2は横軸が動画のフレーム番号，縦軸が各フレームでのアフィン空間への当てはめ誤差であり，この値が大きい程，追跡誤りの可能性が高いことを表している．赤い はそのフレームでは正しい追跡が行われたと判定されたことを表しており，この結果では，最初の2フレームでしか正しい追跡が行われなかったことを表している．

また、提案手法を用いて追跡誤りを検出して、既存の方法でその誤り部分を修正することで図3のような結果を得ることができる。

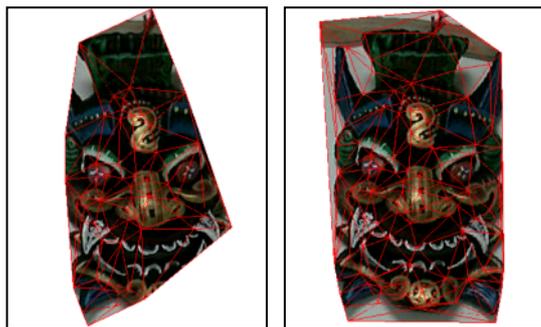


図3：因子分解法による3次元復元結果

図3の左図は提案手法を適用しない場合の復元結果で、右図は提案手法を適用した場合の復元結果である。この結果からわかるように、提案手法を適用した方が物体を広い範囲で復元できている。

(2) エッジ点列の分割とモデル選択を用いた統合による楕円検出

この研究では、点列への楕円当てはめに基づく楕円検出手法を開発した。これは、楕円当てはめと同時にエッジ点の分割と統合を2段階で行うものである。まず、画像から抽出した連結したエッジ点に対してRANSACを用いた楕円検出を行い、エッジ点を楕円に属する点とそうでない点に分割する。次に楕円に属するそれぞれの点をモデル選択により統合しながら楕円を再当てはめする。これにより、楕円の一部が隠れた場合でも安定して正しい楕円を検出することが可能である。

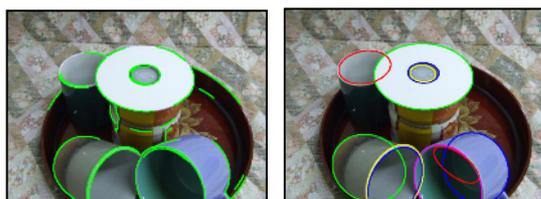


図4：楕円の検出結果

図4の左図は入力画像からエッジ点を抽出した結果である。抽出したエッジ点を緑色で示している。抽出したエッジ点を入力として提案手法で楕円を検出した結果が図4の右図である。画像中の楕円形状が検出できていることがわかる。

(3) 円弧マーカを用いた複合現実感システムの構築

この研究では図5に示すような同一平面上に中心と半径の異なる円を配置したものをマーカとして設計し、これを先の楕円検出手法で検出して、そのマーカを撮影したカメラ

の位置と姿勢を推定し、マーカ上に仮想物体を表示するシステムを構築した。

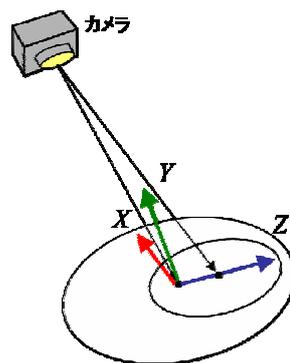


図5：円弧マーカ

また、図6は構築した複合現実感システムを動作させている様子である。ヘッドマウントディスプレイ上に小型カメラを装着し、このカメラから現実シーンを撮影する。撮影したシーン中からマーカを検出して、カメラの位置と姿勢を計算し、それに合わせて仮想物体を合成した画像をヘッドマウントディスプレイ上に表示する。これにより、ヘッドマウントディスプレイを装着したユーザはマーカ上に仮想物体があるかのように見える。

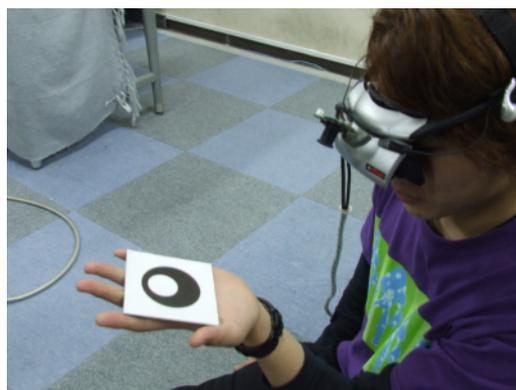


図6：構築した複合現実感システム

構築したシステムでは図7左図のようにマーカがユーザの指によって隠された場合でも、正しく楕円を検出して、図7右図のようにマーカ上に仮想物体を合成することが可能である。

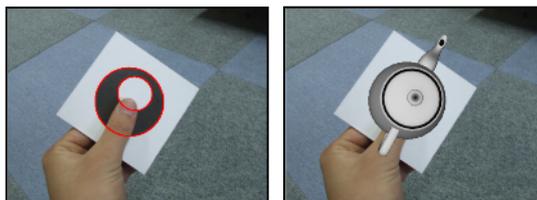


図7：隠れのある状態でのマーカ検出結果

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

C. Takada and Y. Sugaya, Incorrect Feature Tracking Detection by Affine Space Fitting, IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, to appear, 2009, 査読有り

[学会発表](計 5 件)

高田知佳, 菅谷保之, アフィン空間当てはめによる特徴点追跡の誤り検出, 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア, 2008年3月10日, 北陸先端科学技術大学院大学(石川県)

菅谷保之, 福山治樹, エッジセグメントの分割と統合による楕円検出, 第14回画像センシングシンポジウム, 2008年6月12日, パシフィコ横浜(神奈川県)

C. Takada and Y. Sugaya, Incorrect Feature Tracking Detection by Affine Space Fitting, 画像の認識・理解シンポジウム, 2008年7月30日, 軽井沢プリンスホテル(長野県)

C. Takada and Y. Sugaya, Incorrect Feature Tracking Detection by Affine Space Fitting, IEEE Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology, 2009年1月15日, 国立情報学研究所(東京)

有馬利洋, 菅谷保之, エッジ点列の分割とモデル選択を用いた統合による楕円検出, 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア, 2009年3月13日, 東北工業大学(宮城県)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1)研究代表者

菅谷 保之(SUGAYA YASUYUKI)
豊橋技術科学大学・情報工学系・講師
研究者番号: 00335580

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし