法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-07-17

輪郭を用いた物体の追跡

新妻, 秀央 / NIITSUMA, Hideo

(出版者 / Publisher)
法政大学大学院理工学・工学研究科
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編
(巻 / Volume)
55
(開始ページ / Start Page)
1
(終了ページ / End Page)
4
(発行年 / Year)
2014-03-24
(URL)
https://doi.org/10.15002/00010491

輪郭を用いた物体の追跡

OBJECT TRACKING USING CONTOUR

新妻秀央
Hideo NIITSUMA
指導教員　宮本健司

法政大学大学院工学研究科情報電子工学専攻修士課程

This article describes the tracking method that is strong even if featureless object. The object tracking uses method that estimate object's move by position of feature point. However,　this approach is hard for feature less object or long and narrow object. This article proposes the estimate method that is strong in a change and movement by using contour. Result of use proposed method to markerless AR using a contour and CG object shows accurate display even if a contour position changed. This proposed method contributes to the improvement of the object tracking technology.

Key Words *: contour tracking , edge , Markerless object*

1.　はじめに

本稿では，特徴点の少ない物体や形状変化に対応した物体追跡の方法について述べる．

オブジェクトのトラッキングを行うにあたって物体の表面の情報を２次元の画像から推定することがもとめられる．現状の物体追跡は特徴点を用いて追跡をするものが主流であるPoint Matching as a Classification Problem for Fast and Robust Object Pose Estimation[1]はSIFT特徴量[2]を用いて物体の特徴点をトラッキングすることにより追跡を行う方法である．特徴点マッチングの計算量を軽減することにより追跡の高速化を可能にした．異なる画像から同一の特徴点探索をした画面を図１～２に示す．

しかし特徴点を用いた物体の追跡において長い物体や特徴点が少なく，マッチングの精度が下がる形状において追跡はできていない．

本稿ではカメラ映像からエッジ抽出した結果をさらに輪郭抽出することにより物体の輪郭を抽出し輪郭の形状が近いものを追跡する．

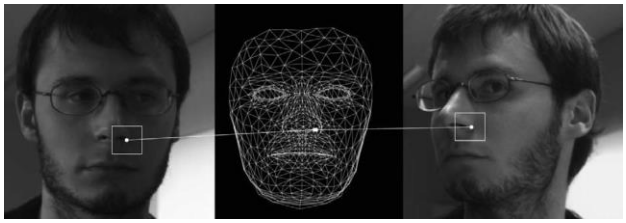

図１　SIFT 特徴量を用いた特徴点追跡

図２　SIFT 特徴量を用いた特徴点追跡

本手法を，輪郭を利用したマーカーレス AR に適用した結果，追跡する対象物体を回した場合や平行移動させた場合，カメラを移動させた場合において追跡を行うことを可能にし，本手法が有効であるという結果が得られた．

本手法は輪郭の形状を用いた追跡することで，現状困難であったなめらかな輪郭を持つ物体においてもトラッキングを行うことを可能とし物体追跡技術の向上に寄与する．

2.　ELM 法

ELM 法は物体の輪郭形状から物体推定を行い追跡する．カメラ映像の中からエッジ検出を行い，物体のエッジを抽出する．次にエッジ検出された映像に対して輪郭抽出を行い取得した輪郭をラベリングする．この処理をフレーム毎に行う．その後，前のフレームと現在のフレーム間のラベリング処理された輪郭の形状のマッチングを行うことにより同一物体に由来する輪郭が存在するかを調査する

3.　輪郭を用いたマーカーレス AR

本手法を用い，追跡している輪郭がある場合に仮想オブジェクトを表示した．以下に実施例と結果を示す．

(1)実施例

本手法を適用するにあたり，以下の手順を用いて輪郭追跡を行う．

1)　二値化処理

カメラから取得した画像を二値化処理する

2)　膨張縮小処理

輪郭を取得する際エッジ検出を行う．しかし，エッジ検出後に輪郭抽出を行うだけでは本来輪郭ではない細かいエッジなどが輪郭として抽出されてしまうことが起こる．そこでモルフォロジー・オープニングを用いる．モルフォロジー演算には OpenCV を利用した．

3)　エッジ抽出

上記の処理を行った画像に対しエッジ抽出を行うことにより物体のエッジを抽出する．エッジ検出には OpenCV を利用した．

4)　輪郭情報付与

輪郭情報を付与について説明する．上記の処理を施した画像に対し輪郭情報付与を行うことでエッジである画素には隣り合うエッジに繋がる情報を得る．図３の条件に基づいて輪郭のつながりを付与する

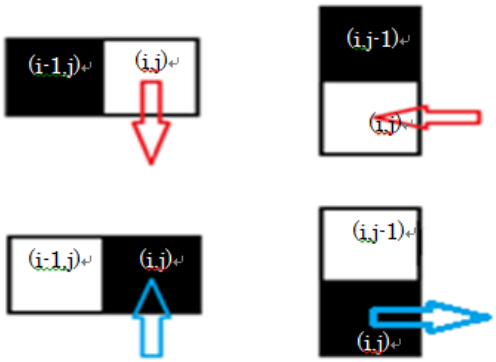

図３　輪郭付与規則

5)　輪郭抽出

輪郭の抽出について説明する．輪郭情報を付与した画像に対し黒の画素からできた輪郭のつながりを持つ画素を見つけた検出する．その後，隣接するエッジ同士を繋いだものが輪郭である．輪郭の座標はエッジを繋いだ順番に従ってリスト内に格納されている．このリストの要素数がすなわち輪郭の長さとなる．図４に抽出した輪郭を示す．図中の輪郭は抽出された順番ごとに赤，緑，青，黄，紫に色分けされている．

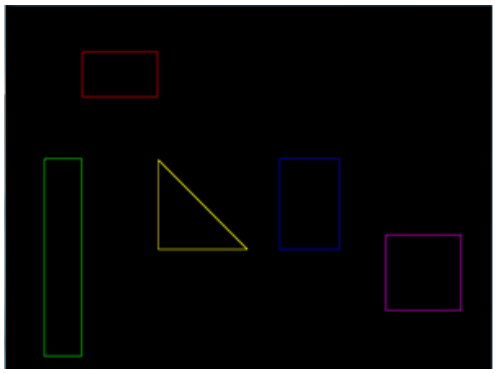

図４　抽出された輪郭

6)　マッチングと輪郭追跡

フレーム間における輪郭の追跡を行う．　郭抽出はフレームごとの抽出となるため各フレーム間の対応付けはされていない．そこで，前後のフレームから取得される輪郭を用いた形状マッチングを行うことにより誤差を求め，一定値以下の誤差であった場合同一の輪郭であるとみなし追跡を行う．

マッチングを行うために追跡物体と対象物体は追跡対象との形状から誤差を求める．誤差の求め方は以下の流れで行う．

①　追跡対象の輪郭から重心 G と重心からの距離が最大となるベクトル α とベクトルが最大となる点 P を求める．

②　同様の処理を比較対象の輪郭においても行う．

③　図５のように α と重心と P の次の点からできるベクトル β からなる θ を超える角度 θ’ を求める

④　この処理をすべての角度において実行し周に沿ったベクトル値関数を L1 ノルムにより求める．

⑤　その合計を誤差として出力する．

追跡物体と対象物体との誤差が最も小さくかつ基準値よりも小さいものをマッチしたものとして追跡を行う．

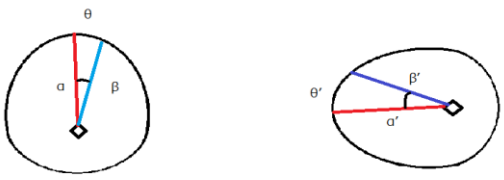

図５　誤差の求め方

7)　仮想オブジェクトの表示

仮想オブジェクトの表示について説明する．輪郭追跡により追跡が行われた物体に対し重心を求め，重心からの距離が最大となる点 Q を求める．点 Q に仮想オブジェクトを常に表示し，追跡が続く限り Q+i の点に仮想オブジェクトを表示する．i の範囲は 0～輪郭のサイズまでである．

(2)結果

特徴点の少ない形状の物体において，物体を移動させた場合，カメラを移動させた場合の２パターンで物体追跡を行った結果と，特徴点を取得しやすい形状の物体において物体を移動させた場合，カメラを移動させた場合の２パターンで物体追跡を行った結果を以下に示す．また，追跡が失敗してしまう場合について示す．結果として示す図は時間経過による追跡の結果である．図の左側は追跡物体上に仮想オブジェクトを表示した映像を，右側は追跡している輪郭を表している．今回はマッチング率９割以上のものを同一物体として追跡している．

1)　特徴点の少ない形状の物体を移動させた場合

図５に対象物体を移動回転させた結果を示す．図６は対象物体を逆時計回りに回転させた結果である．時間経過によって対象物体の向きが変化しているが，従来追跡の失敗していた向きが変化している場合においても追跡を続けていることから，従来追跡が困難であった形状に対して本手法の有効性を示すことができていることがわかる．

2)　特徴点の少ない形状に対しカメラを移動させた場合

形状を用いたマッチングを行う本手法は追跡対象の輪郭が大きくなった場合や小さくなった場合への対応が容易である．図７にカメラを移動させた場合の結果を示す．時間が経過するに連れて輪郭の大きさが変化している場合においても追跡を続けることができていることから．本手法が有効であるということがわかる．

3)　特徴点の取得しやすい形状を移動させた場合

図８に対象物体を移動回転させた結果を示す．特徴点を安定して取得することができる形状に対して本手法を適用し追跡行った場合においても向きや移動に対応した追跡が行えていることから本手法は従来技術同様有効であることがわかる．

4)　特徴点の取得しやすい形状に対しカメラを移動させた場合

図９にカメラを移動させた場合の結果を示す．時間が経過するに連れて輪郭の大きさが変化している場合においても追跡を続けることができていることから本手法は従来技術同様有効であることがわかる．

5)　追跡が失敗する場合

図１０に追跡が失敗する場合を示す．輪郭を用いて追跡を行う本手法はカメラのブレや露光の影響を大きく受けやすく，その際に輪郭形状が崩壊してしまい追跡が失敗する．

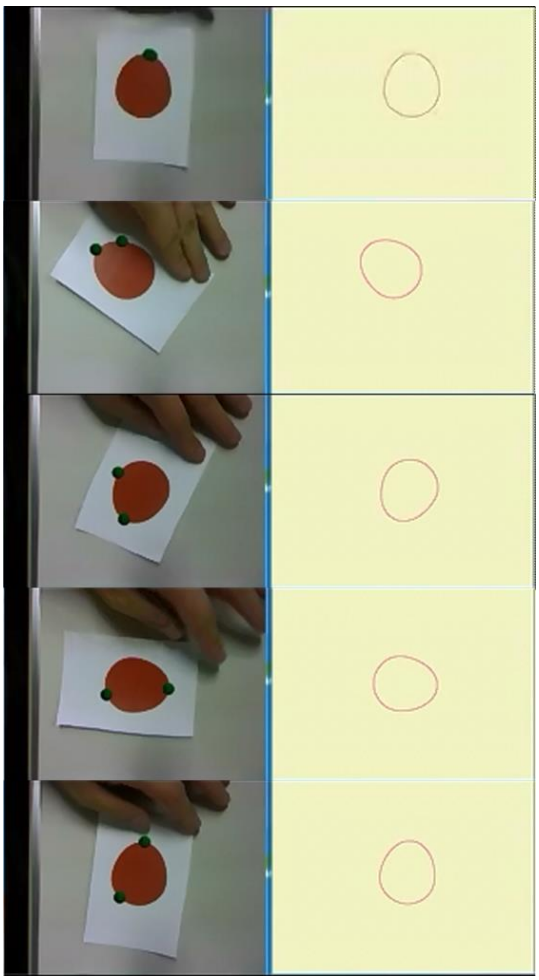

図６　円形の物体を移動させた場合

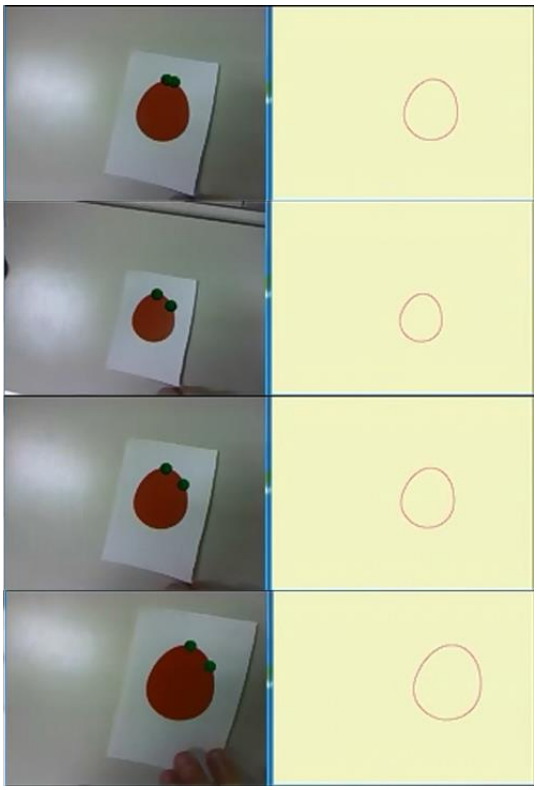

図７　カメラを移動させた場合

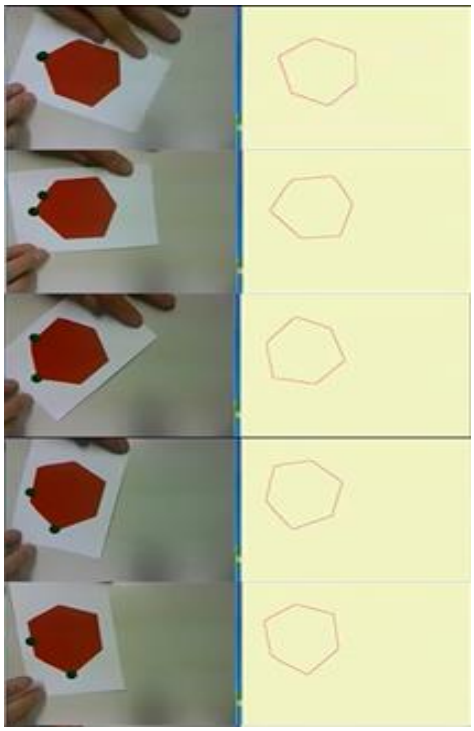

図８　六角形の物体を移動させた場合

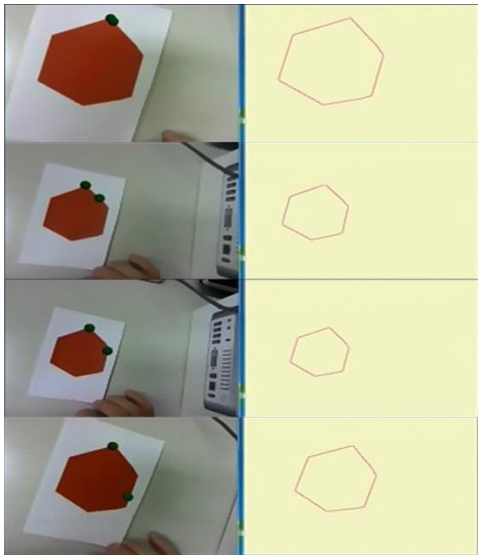

図９　カメラを移動させた場合

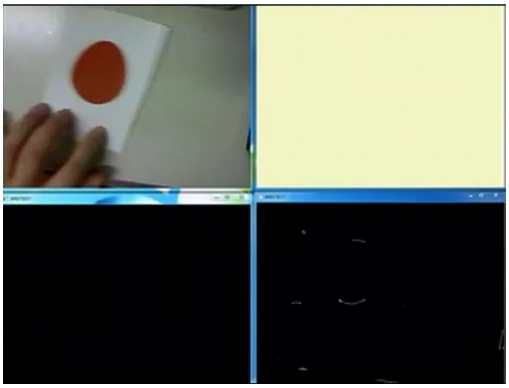

図１０　追跡が失敗する場合

4.　議論

特徴点の少ない物体や形状変化に対応した物体追跡の方法について述べた．

本手法を，輪郭を用いたマーカーレス AR に適用した結果，従来追跡精度が下がってしまう円形に近い形状の物体においても追跡が可能であるという結果が得られ，本手法が有効であることを示した．本手法は対象物体と追跡物体との輪郭を用いマッチングにより追跡を行うため，物体追跡の柔軟性はマッチングの定義次第である．

本手法では輪郭をもとに追跡を行うため，追跡物体の輪郭が途切れてしまった場合やほかの物体が追跡物体と重なってしまった場合は対象物体の輪郭が大幅に変化してしまうためマッチングが失敗してしまい追跡は不可能となる．

関連研究

High-precision Maneuvering Target Contour Tracking Method based on Kalman Filtering Algorithm[3]はカルマンフィルタを用いることにより輪郭の移動予測と修正を行うことにより対象物体の精度を高めるものである．時刻が進むにつれて予測値の値が高い精度になるため長時間にわたる物体追跡において有効的である．

謝辞

本研究を進めるに当たり，多大なご指導，ご助言を頂きました宮本健司准教授，研究室の後輩，同輩の皆様に心から厚くお礼申し上げます．

参考文献

1) Lepetit，　V：Computer Vision and Pattern Recognition Vol:2，　pp244 -250，　2004

2) OpenCV http://opencv.jp

3) Jixiang Li：Control and Decision Conference (CCDC), 2013 25th Chinese，pp2041 – 2045,　2013