

複数物体の相対的な位置姿勢を考慮した AR 作業支援

伊佐 元希[†] 遠藤 聡志[‡] 赤嶺 有平[‡] 當間 愛晃[‡] 山田 孝治[‡]

琉球大学大学院理工学研究科[†] 琉球大学情報工学科[‡]

1. はじめに

物作りの作業行程は複雑化している。しかし、その作業行程を示す方法は昔と変わらず紙媒体が主流であり、行程を理解することが難しくなっている。一方、Augmented Reality:AR の技術開発は進んでおり実用的な使われ方が成されてきた。また、任意のタイミングで情報を切り替えることができることや操作対象に直接表示できるため、作業支援と AR は相性が良い。本研究では、作業を操作対象間の相対的な位置関係を変化させる行為と捉えた。そこで、複数の操作対象の位置関係をそれぞれエッジベース位置合わせ手法を用いて推定することで作業の進捗状況の把握を行い、表示を行う支援情報を切り替える方法を提案する。

2. AR とは

AR(拡張現実感)とは、カメラに写る画像に状況に適した情報を重畳表示し付加する技術のことで、それにより情報を直感的に理解することができる。情報を正しい向きや位置に表示するには、カメラ画像上に写る目印となるものと、カメラとの相対位置姿勢を推定する必要がある。位置姿勢推定方法には、カメラの視界上に2次元マーカを設置し利用するマーカ型位置合わせと、センサや画像から抽出することができる特徴点やエッジを利用するマーカレス型位置合わせがある。本研究では、作業支援を目的としているため作業対象自体を位置合わせに利用することが好ましいと考え、マーカレス型位置合わせを用いる。また、その中でも比較的容易に抽出できるエッジ情報と追跡対象の3Dモデルを利用するエッジベース位置合わせを用いる。

3. エッジベース位置合わせ

今回、位置合わせを行うために、C Harris らの論文[1]で提案されている手法を実装した。以下に、その詳細を説明する。

3.1 初期位置合わせ

エッジベース位置合わせは、前フレーム時の追跡対象物の位置姿勢と現フレームの入力画像を用いて現フレームの追跡対象物の位置姿勢を推定する。よって、初フレーム時や追跡対象物を見失った場合は、別途で追跡対象物の位置姿勢を求める必要がある。初期位置合わせには、徳盛らの提案手法[2]を採用する。

3.2.1 投影

前フレーム時の位置姿勢が推定できている場合、その位置姿勢パラメータを用いて追跡対象物の投影を行う。この時、追跡対象物のエッジの可視判定を行い、カメラ位置から写ることのないエッジは次ステップからの処理を行わない。

3.2.2 誤差の測定

前フレームのエッジを分割する点 m_i からエッジに対して垂線を引くことで探索を行い、入力画像上にある実際のエッジ交点との距離 l_i を測定する。(図1)

3.2.3 位置姿勢の推定

前フレーム時の位置姿勢から平行移動 δT , 回転ベクトル δR , の微小変化を加えたものが現フレームの位置姿勢だと仮定すると、現フレームの追跡対象物の頂点 m_i' は、 $m_i' \cong m_i + W_i P$ で近似することができる。ここで、 P は δT と δR をまとめたベクトルであり、 W_i は前フレーム時のカメラ座標系、画像座標系における追跡対象物の頂点座標によって構成されている行列である。よって投影された追跡対象物の頂点 m_i と m_i' との垂直成分の距離は、 $n_i W_i P$ であらわす事ができる。よって、すべての点の $n_i W_i P$ と実測値である l_i との誤差の和を最小にするような P を最小二乗法で求めることで、現フレームの位置姿勢を求め

Computer for aided operation instraction using AR

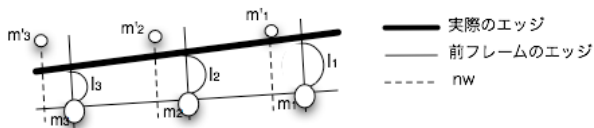
[†]Motoki Isa.

Graduate School of Engineering University of Ryukyus.

[‡]Satoshi Endo, Yuhei Akamine, Naruaki Toma, Kouji Yamada.

Department of Information Engineering University of Ryukyus.

ることができる。



(図 1) 誤差の測定

4. 物体同士の相対位置姿勢の算出

ひとつの作業ステップが終了し、次のステップに関する作業情報をシームレスに切り替えるタイミングを把握するためには、ひとつのオブジェクトの位置姿勢の観察だけでは不十分である。よって、前章で紹介したエッジベース位置合わせを用いて、複数物体の位置姿勢を推定し、その相対的位置姿勢を観察しすることで提示情報の切り替えタイミングを把握する。具体的には、操作される物体のオブジェクト座標軸が指定された座標軸に概ね一致したときに現作業が終了したと判定する。座標軸が一致しているかどうかの判定は、下の二つの指標を用いる。

4.1.1 位置ベクトル指標

物体 A, B の位置ベクトルをそれぞれベクトル T_a, T_b とする。ここで、物体 B から T_o にある点と物体 A との距離 d は、 $d = |(T_b + T_o) - T_a|$ で表すことができる(図 2)。 d を近似的に 0 に近づける。

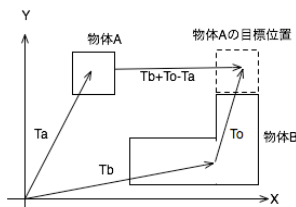


図 2: 位置ベクトル指標

4.1.2 回転ベクトル指標

物体 A, B の回転を表す行列を、回転行列 R_a, R_b とすると、物体 A を物体 B の姿勢に一致させるための回転行列 R_{ab} は、 $R_{ab} = R_b * R_a^{-1}$ で表すことができる。この回転行列 R_{ab} を、回転ベクトル r_{vec} に変換する。回転ベクトルとは、回転軸と回転量を表したベクトルである。よって、それぞれのオブジェクト座標系の類似度は回転ベクトル r_{vec} の回転量 a で比較できる。

5. 実装と実行結果

エッジベース位置合わせと物体同士の相対的位置姿勢算出の方法を実装し作業支援アプリケーションを試作した。また、シミュレーション上で物体を操作し、作業工程に従った位置姿勢

をとった場合にプログラムが作業行程の終了を判定できるかどうかの実験を行った。実験では便宜上、初期位置姿勢の代わりに正解データを渡す。図 3 にフローチャートと実行結果を示す。

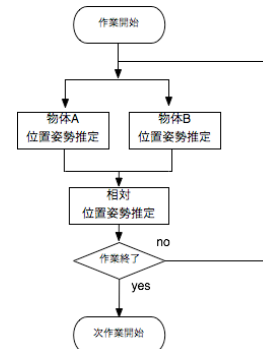
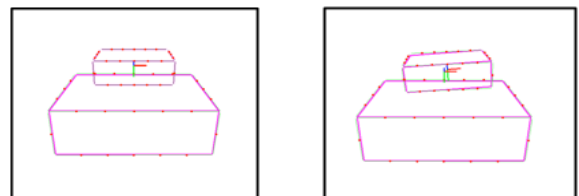
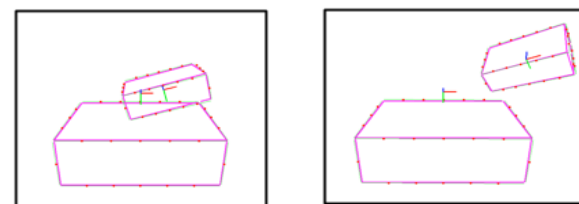


図 3: 試作システムのフローチャート



二物体の目標相対位置 ステップ 1 ($d=22, a=0.07$)



ステップ 2 ($d=38, a=0.27$) ステップ 3 ($d=137, a=0.71$)

図 4: 指標の評価実験

図 4 は目標相対位置から操作物体を回転を加えながら右斜めに持ち上げたときの 3 フレームを抜き出したものである。ステップ 1, 2, 3 の順に位置ベクトルの距離と回転ベクトルの回転量が少なくなっている。よって、正しく作業状況を把握していることがわかる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、複数物体の位置姿勢を推定することで作業状況を把握した。しかし、現在の実装では操作対象の移動例を重畳表示する場合、現在位置と目的地を直線で結んだ移動例しか示せない。その移動例に従った場合、目的地に設定されている物体に衝突することがある。よって、今後の課題として衝突を回避している物体移動例を示すことができるように改良する。

7. 参考文献

[1] C. Harris, *Tracking with Rigid Objects*. MIT Press, 1992.
 [2] 徳盛ら, エッジベース追跡を用いた 折り紙作業支援 AR システムの構築 FIT2011