

AR（拡張現実）を用いた屋内設備点検の支援技術

2次元マーカレスAR技術の評価

A Study on Maintenance Assistance System for In-door Facilities using Augmented Reality

Evaluation of 2D Marker-less AR Technology

(エネルギー応用研究所 お客さまネットワークG 情報通信T)

近年、携帯デバイスの普及により拡張現実 (Augmented Reality : AR) の産業応用が注目を集めており、電力分野でも設備保守等への活用が期待されている。本稿では、将来的な設備保守等への適用に向け、教育研修をケーススタディとしたマーカレスAR技術の検討と評価結果を報告する。

(Information and Communication Team, Customer Supply Network Group, Energy Applications Research and Development Center)

Recently, industrial applications using AR (Augmented Reality) have attracted attention. Also their practical uses, e.g. facility maintenance, are desired in electric power companies. Therefore, we have evaluated the effectiveness of the proposed marker-less AR method in indoor-facility maintenance training.

1 研究の背景と目的

拡張現実 (Augmented Reality : AR) とは、対象物にカメラを向けると、コンピュータで生成した様々な情報を実世界に正確に重ね合わせ表示できる「情報可視化技術」である。ARにより人間の視覚機能を拡張 (見えないものを知覚) できれば、より多面的な情報把握が可能となり、高度な状況判断が可能になる。ARの主なメリットは、①情報重畳表示 (実世界に「付加価値情報」をピンポイントに重ね合わせ表示)、②情報フィードバック (対象物、周辺環境など「実世界の状態」をタイムリーにフィードバック表示) であると考えられる。電力分野においても、ARは設備の建設・運転・保守、営業提案など様々な業務への適用可能性があり、業務の効率化や品質向上などに寄与する技術と期待されている。本研究では上記を踏まえ、工務研修所通信Gの協力の下「通信設備の教育研修」における屋内機器点検 (多重無線装置) をケーススタディとして、ARの要素技術の有効性評価と課題抽出を行った。

2 ARの実現方式と基本技術

ARの実現方式にはマーカ型とマーカレス型がある。さらにマーカレス型には画像認識を用いた方式 (物体認識を用いたビジョンベース方式) と、センサ情報による方式 (ロケーションベース方式) がある。大規模な電力設備の保守という観点からすると、マーカの貼付と管理は運用面での課題が多く、情報管理が不要で汎用性が高い「マーカレス型」の適用が望ましい。また、対象設備にピンポイント的に情報の重畳を行うという要件から、画像認識によるトラッキングに基づいて情報提示を行うビジョンベースのAR方式が適していると考えられる。

AR情報の表示に関わる重要な基本技術としては「初期位置合わせ」と「トラッキング」がある。

- (1) 初期位置合わせ：対象物に最初にカメラを向けた時や、対象物が撮像領域から外れた時にAR情報を重畳するターゲットの同定と、AR情報の位置合わせを行う。
- (2) トラッキング：初期位置合わせしたターゲットに対し、カメラ移動に追従してAR情報の位置合わせを行う。

3 2次元マーカレスAR技術の検討

今回の対象設備は平坦なパネルで構成されており、作業位置をある程度固定した場合、対象設備は2次元平面として近似できる。このため、AR技術は2次元画像に限定した「2DマーカレスAR」を用いることとした。ここでは、実現方式として当該分野で代表的な初期位置合わせ手法 (RANSAC法による特徴点マッチング)、およびトラッキング手法 (Lucas-Kanade (LK) 法) を用いた。具体的には、予め撮影した対象設備のテンプレート画像とカメラ画像の各特徴点間の初期の対応関係をRANSAC法により求める。そして、トラッキングにおいてはLK法で推定される射影変換行列を用いてテンプレート画像中の作業対象の座標を変換することにより、カメラ画像上にAR情報を重畳表示する。

4 検証システム

前述の検討に基づき、WindowsタブレットPCを用いた検証システムを実装した (第1図)。この例では、測定器のコネクタにケーブルを接続する過程で、カメラファインダ領域に接続位置をAR情報で示すと共に、ケーブルに装着する補器類について補完情報表示領域 (画面右側) で補足している。



第1図 検証システム動作例(測定器準備)

5 2次元マーカレスAR技術の改良

当該システムを用いた予備実験の結果、2次元マーカレスARには下記の課題があることが判明し、それぞれについて改良を検討した。

(1) マルチテンプレートによる初期位置合わせ

【課題】 対象物との距離に応じてカメラ画像の解像度は大きく異なる。このような場合、テンプレート画像との解像度の差異が大きいと初期位置合わせが不安定になる。

【対策】 距離変動に応じて使用するテンプレート画像を切り替えることにより、解像度の変化に対応する方式を提案した。具体的には、解像度の異なる複数のテンプレート画像を各対象物に対して登録し、初期化時には全てのテンプレート画像との位置合わせを試み、最も良い射影変換行列が得られる位置合わせ結果を用いてトラッキングを開始する。

(2) エッジ特徴量を用いたトラッキング

【課題】 メッキパネル等への写り込みによりテクスチャが変動する場合、トラッキングが不安定になる。

【対策】 トラッキングの精度向上のため、照明条件の変動によらず安定した検出が可能な画像のエッジ特徴量を用いる方式を提案した。エッジ抽出にはCanny法を採用した。テンプレート画像およびカメラ画像、双方からエッジ特徴量を抽出し、これらを用いてトラッキングを行う。

(3) カメラワーク推定によるトラッキング

【課題】 カメラの前後左右の動きに対しトラッキングが不安定になる。

【対策】 カメラ移動に対する追従性を高める方策として、現フレームと直前フレームの間におけるカメラ位置姿勢の変化を推定し、その結果に基づいて現フレームでのカメラ位置姿勢を予測することによりトラッキング精度を向上する方式を提案し

た。具体的には、直前フレームと現フレームにおける画像の間でLK法による疎なオプティカルフローを求め、その結果に基づいて算出した射影変換行列をカメラ位置姿勢の変化分として求める。そして、変化分の射影変換行列を補正值として、直前フレームにおけるカメラ位置姿勢を表す射影変換行列に乘じ、その結果を初期値としてトラッキングを実行する。

6 評価と考察

評価においては実際の使用状況に準じ、様々な条件(距離、撮影角度、照度等)を設定し「人間系操作」で収集したサンプルデータ(静止画・動画)を用い、前記改良手法を定量的に評価した。本研究では、序論で述べたARのメリットを享受するための評価指標としてAR情報の「位置合わせ精度」を用いた。ここで、位置合わせ精度とは、テストパターン(サンプルと条件の組合せ)において位置ずれが所定の閾値以下に収まった割合である。なお、対象物との距離が20cmの場合、画面上の位置ずれ20pixelは6mmに相当し、30pixelは9mmに相当する。

(1) マルチテンプレートによる初期位置合わせ

マルチテンプレートとシングルテンプレートの比較実験により、提案手法の有効性を確認した。今回の対象設備に対してはテンプレートサイズが320pixelと640pixelの組み合わせが最適であった。しかし、位置ずれ精度の平均は閾値20pixelで約22%、閾値30pixelで約38%であり、更なる精度向上の検討が必要である。

(2) エッジ特徴量を用いたトラッキング

実験結果より提案手法の効果を確認した。しかし、位置ずれ精度の平均は閾値20pixelで約7%、閾値30pixelで約12%であり、更なる精度向上の検討が必要である。

(3) カメラワーク推定によるトラッキング

実験結果より、カメラワーク変動に対する提案手法の効果を確認した。しかし、位置ずれ精度の平均は閾値20pixelで約28%、閾値30pixelで約50%であり、更なる精度向上の検討が必要である。

7 まとめと今後の展開

本研究では、ARの電力分野への適用性を見極めるため、ARの要素技術としての可能性を検討した。位置合わせ精度については、実用化に向けた課題が多く、アルゴリズムの原理的な部分について新たな枠組みに基づく手法の検討が必要である。また、将来のARの発展型として、3次元構造を扱える方式について検討していく予定である。(本研究は(株)日立製作所との共同研究で実施した。)



執筆者/瀬川 修