

AR 技術を活用した保全業務支援ツールの開発

Development of a Maintenance Supporting Tool Using Augmented Reality Technology

東芝エネルギーシステムズ(株) 大島 朋美 Tomomi OSHIMA
東芝エネルギーシステムズ(株) 尾崎 健司 Kenji OSAKI Member
東芝エネルギーシステムズ(株) 柏瀬 翔一 Shoichi KASHIWASE
東芝エネルギーシステムズ(株) 西 優弥 Yuya NISHI

Abstract

New inspection system is supposed to be introduced in nuclear power plants in Japan. In the corrective action program (CAP) based on quality management system, sharing of nonconformity information, management of corrective and preventative action are required. For management of the corrective action, relevant data have to be correctly and efficiently recorded and managed. In order to address the new system, we developed a maintenance support tool using augmented reality (AR) technology. This tool helps users identify apparatus or parts to be inspected correctly with self-localization and 3D object recognition technology, and assists users' recognition and judgment of the object conditions. Some of the functions of the tool are presented.

Keywords:

Maintenance supporting tool, Augmented reality technology, VSLAM

1. はじめに

国内の原子力発電所に対する規制制度のうち、米国で運用されている原子炉監視プロセス（ROP：Reactor Oversight Process）を参考とした検査制度の見直しが行われる。ROP は、公衆の健康と安全を確保するために規制機関が事業者に対し検査および監視すべき内容を体系的に構築したものであり、その内容はパフォーマンス評価（PI）と重要度評価（検査結果に基づく SDP）の大きく 2 つに分けられる。このうちプラントの性能を評価する PI は、あらかじめ設けられた閾値に基づき定量評価される。対して基本検査等の重要度評価は個別検査項目に係る検査ガイドによりリスク情報に基づき実施される。また、発電所の品質に影響を及ぼす事象を対象として必要な対応を講じていくほか、安全上の問題を自ら見つけ出し、これを解決することによって重要な問題の再発防止や未然防止を図っていく是正処置プログラムも導入される。上記の検査制度の見直しに対する事業者の対応として、

保守管理活動の結果（作業記録等）を確実に収集・記録すること、また発電所における安全上の問題を、事業者を含めた発電所の関係者全員で自発的に発見・収集していく必要があるが、制度の見直しをうけ、プラントの品質管理上長年の課題である以下の解決も重要となる。

- ・作業員の誤解や手順の見落としによる不適合の発生や、現場での手書きの記録を作成、電子化する時の誤植等ヒューマンエラーの発生が問題となる。
- ・発電所における安全上の問題を発電所の関係者が自発的に発見・収集していくためには、発見へのインセンティブと併せて気づき事項を容易に収集・記録する仕組みが必要。

これらの課題を解決するため、発電所内での点検・記録等の保全活動の効率化（負荷軽減）と機械化によるヒューマンエラーの低減を実現するため、拡張現実(AR)技術や位置推定技術を活用して、現場で簡易に点検対象や部位の特定や、作業内容の確認、是正処置管理、報告ができる保全業務支援ツールを開発した。本発表ではその開発内容について報告する。

連絡先:大島 朋美、〒235-8523 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8、東芝エネルギーシステムズ(株)、
E-mail: tomomi.oshima@toshiba.co.jp

2. 機能検討

機能の具体化検討として、日本機械学会 原子力の安全規制の最適化に関する研究会[1]、原子力規制委員会の検査制度の見直しに関する検討会資料等のうち、検査制度の見直し、放射線環境の把握や検査記録の管理、機器の監視方法等に関連する内容を抽出し、事業者・規制側が抱える課題を以下のように抽出した。

- ①審査対応の効率化
- ②現場の負荷削減・作業効率化
- ③保全業務効率化、保全計画自動更新
- ④記録作業の効率化

このうち②、③、④に関して、保全タスク分類と代表的な試験である系統試験・耐圧試験の手順書の作業項目を例として支援が必要な対象を以下のように抽出した。

- ①対象機器の設置場所
- ②試験・操作手順、指示内容
- ③測定器取り付け位置
- ④実施確認記録
- ⑤写真での点検・作業結果の記録

3. 適用技術

抽出した作業を支援するため、RGB カメラ、魚眼カメラ、赤外線深度センサーを搭載するタブレット端末を利用する支援ツールを開発した。Fig.1 に示すように作業員は端末を携帯し、現場に入り位置情報と点検対象や点検部位について、端末で確認をする。ツールの構成について以下で述べる。

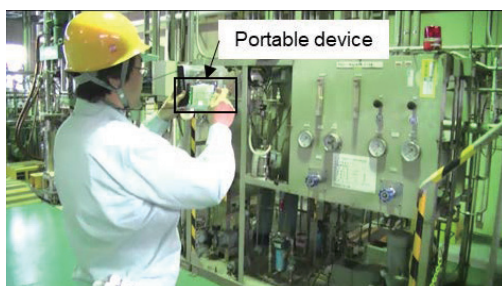


Fig.1 Application image of the tools

(1) 自己位置推定および空間認識

開発した保全業務支援ツールは、RGB カメラ、魚眼カメラ

ラ、赤外線深度センサーを搭載するタブレット端末で構成される。

端末のカメラ・赤外線深度センサーを用いて、周囲の物体の特徴点を抽出し、動画像を解析し物体の特徴点(例えば角など)をリアルタイムに追跡し、位置・姿勢、3D 情報を推定する VSLAM (Visual Simultaneous Localization and Mapping) 技術を採用し、端末の位置の算出や対象機器の認識を可能としている。Fig.2 に、VSLAM 技術の概念図を示す。点検開始箇所に配置する QR コード状のマーカ一位置を起点 (0 点) とした 3 次元空間を構築、各地点で周囲の特徴点との距離を順次算出し、端末の 3 次元座標を算出する。その結果、GPS が利用できない屋内においても端末の位置の推定および周囲にある点検対象の認識が可能となる。

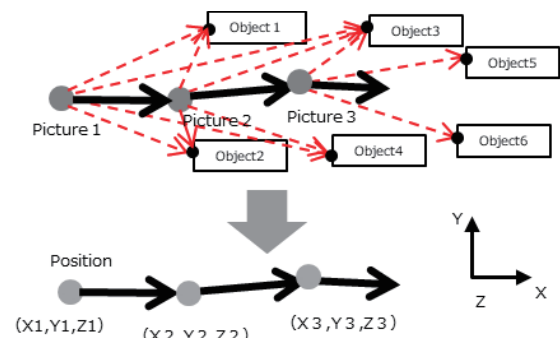


Fig.2 Self-localization method using VSLAM

(2) 点検対象物の認識

点検作業における対象機器等の認識に関しては、あらかじめ撮影した対象機器の画像を認識用のマーカ一として、端末のカメラで取得している映像と、あらかじめ準備した画像との一致により、点検対象を認識する手法や、点検箇所に認識用の QR コードなどを設置して点検対象を認識する手法を採用した。

(3) AR 表示

作業員の判断を支援するため、拡張現実(AR)技術を採用し、端末上に表示された風景に、仮想的に情報を重ね合わせて表示する。ここでは、AR 表示と呼ぶ。前述の自己位置推定および空間認識の技術により、点検等で対象となる部位の 3 次元位置に必要な情報を AR 表示する。

抽出した対象の作業を支援するため、本研究では(2)に示す技術を用いて点検支援ツールの機能を試作した。次節でそれぞれの機能を説明する。

4. 機能試作

4.1 点検箇所・状態表示機能

(1) 点検場所・点検内容の確認、ナビゲーション

点検内容および点検場所の確認を支援する。Fig.3に、本機能のアプリケーション画面を示す。本機能は、端末上に点検内容と写真を確認できるリストと、点検場所を地図上にマークで表示することで、点検開始前に内容と場所を確認することができる。また、自己位置推定技術を用いて、地図上で今いる場所も把握できるため、後戻りなく点検を進めていくことが可能となる。

(2) 計器読み取りサポート

現場アナログ計器等の数値の読み取り作業を支援する。本機能は、点検対象設備の画像を認識用のマーカーとして利用し、端末をかざすと点検対象設備を認識し、確認すべき箇所を示すマークをAR表示する。設備の画像を認識用マーカーとして利用することで、設備に認識用のQRコードなどを設置しなくてもよい利点がある。Fig.4に、本機能のアプリケーション画面を示す。

点検対象計器のAR表示で確認すべき箇所を可視化したものであり、4つの計器に対して枠と番号をAR表示している。計器認識後に記録用リストを表示させ、対応する数値の確認・記録を行う。これにより確実な点検対象の認識と記録が可能となる。

(3) アイソレーションサポート

設備点検作業時に電気的な隔離作業（アイソレーション作業）が必要となる。このときの操作するスイッチの確認を支援する。Fig.5に、本機能のアプリケーション画面を示す。

本機能は、(2)の計器読み取りサポート機能と同様な原理で作業対象設備の認識し、切断するスイッチ部分をAR表示で可視化している。AR表示と対応するリストで、切断ミスの防止と、作業効率化が可能となる。

(4) バルブラインナップサポート

設備点検時や起動操作時にそれぞれのバルブの開閉状態が指定状態になっているか確認するラインナップ作業を支援する。設備情報を登録したマーカーをあらかじめ設置し、端末をかざすとそのマーカーを読み込み、対象設備を認識しマーカーとの位置関係で確認すべき箇所にAR表示を配置する。Fig.6に、本機能のアプリケーション画面を示す。AR表示で、確認する弁の位置と開閉状態を可視化した。リストと対応させ各弁の開閉状態を確認、記録する。これにより、確認ミスの防止と確認作業時間

の短縮が期待できる。

(5) センサー取り付けサポート

ポンプ等、定期的な点検時に振動計測が行われる。このとき、センサー取り付け位置の確認を支援する。Fig.7に、本機能のアプリケーション画面を示す。本機能は、(4)の状態確認サポート機能と同様な原理で、端末をかざすとマーカー読み込み、対象設備を認識しマーカーとの位置関係で振動センサー等の取り付ける位置と番号をAR表示している。適切な取り付け位置の可視化し、計測者や計測時期の違いによる計測のばらつきを防ぐことができる。

(6) 保全対象確認サポート

流量計等、計器は定期的な点検における対象計器の確認を支援する。Fig.8に、本機能のアプリケーション画面を示す。(4)状態確認サポート機能、(5)センサー取り付け位置サポート機能と同様な原理で、端末をかざすとマーカー読み込み対象設備を認識し、マーカーとの位置関係で対象計器に対して、校正時期を番号と色の違いでAR表示している。現場で、計器校正などの保全計画について実物と合わせて直感的に把握することができる。

(7) 仮想付箋機能

点検作業やその他、現場作業において気づきや注意事項の記録、確認作業を支援する。本機能はFig.9に示すように、現場での注意事項などを対象部位に設置、AR表示させる機能である。注意事項とともに位置情報を記録していくため、再度現場に立ち入る際に、地図上でその位置を簡易に把握することができ、確認作業をスムーズに行うことができる。また、Fig.10に示すように設置した注意事項の一覧を端末上に表示させ、端末上で、簡易にかつ確実に是正処置の確認と管理をすることができる。

4.2 報告機能

本ツールは、点検場所、点検内容とともに写真を記録していくことができる。点検が完了したところで、点検記録を呼び出し、自動的に報告書を作成する機能を試作した。現場で記録した点検内容と写真を閲覧することができる。本機能により、事務所での点検記録の再入力、報告書作成の手間を省くことができ、点検作業員の負荷低減が期待できる。

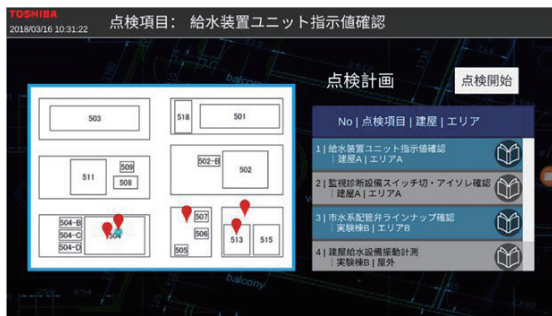


Fig.3 Screen image of inspection menu and map

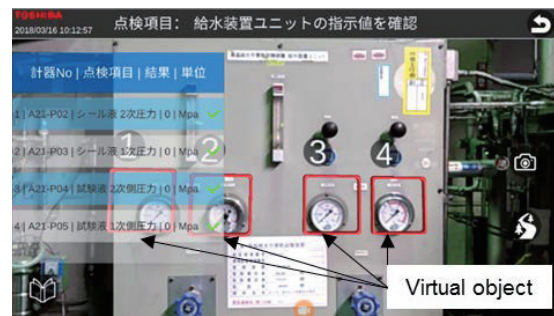


Fig.4 Support of reading instruments

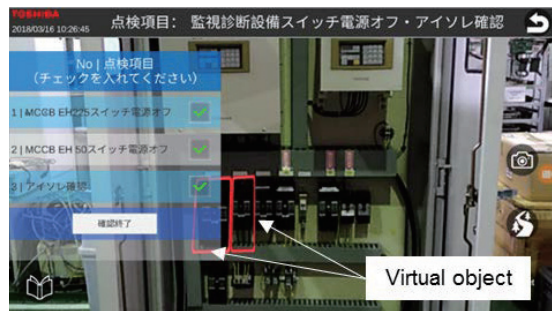


Fig.5 Support of electrical isolation

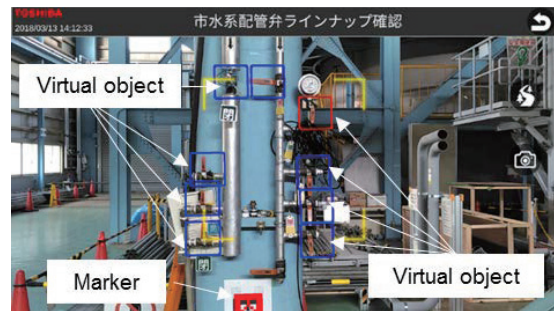


Fig.6 Support of valve lineup



Fig.7 Support of sensor attachment

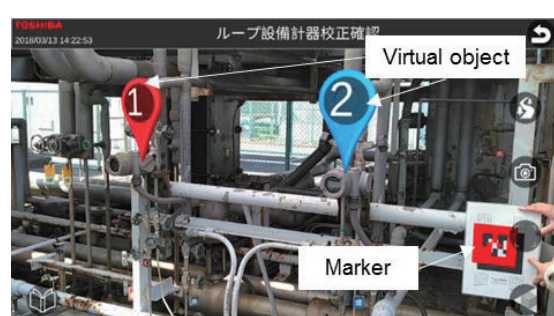


Fig.8 Support of confirmation of maintenance target



Fig.9 Management of information using virtual object

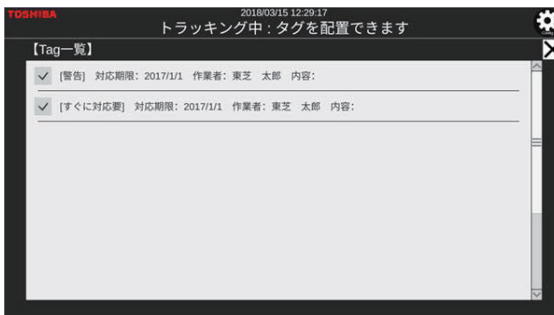


Fig.10 List of virtual object

5. おわりに

今後の原子力プラントで要求される、点検、是正処置対応管理の効率化を目的として、AR技術や位置推定技術を活用した保全業務支援ツールを試作した。効果の検証および改善が必要な機能の追加検討を進めていく。

参考文献

[1]保守規則の課題とその改善対応に関するアンケート、第54回 日本機械学会 原子力の安全規制の最適化に関する研究会、