

## AR を応用した現場作業支援システムのプラント運転作業への応用 Field Work Support System Using AR For Plant Operation

瀧 隼人† 坪倉 徹哉† 浦野 雄大†  
Hayato Taki Tetsuya Tsubokura Takehiro Urano

### 1. まえがき

近年、社会・産業インフラの設備維持管理業務では、設備の老朽化、および高齢化に伴う熟練作業員の減少と未習熟な若手作業員の増加によるヒューマンエラーが懸念されている。ヒューマンエラーの要因に関し、例えば小松原は、作業実施の前後もしくは作業実施の瞬間に必要な情報の不足に起因する事などを挙げている<sup>[1]</sup>。そこで、作業に必要な情報を適宜補足し、適切な場所と適切なタイミングで情報提供することにより、様々な気づきとして人間の思考に働きかけ、ヒューマンエラーの発生要因の一部を排除できる可能性があるとして、AR(AR: Augmented Reality)の利用が提案されている<sup>[2]</sup>。筆者らは 2012 年に、プラント設備の運転保守維持管理業務でのヒューマンエラー低減と作業の合理化を目的に、AR を応用したシステムを開発した<sup>[3]</sup>。しかし、試作段階のため実現場での実績が無く、操作性などの実証が必要であった。

そこで本報告では、現場作業支援システムの実用化を目的に、現場適用による機能性向上とシステム評価について述べる。

### 2. AR を応用した現場作業支援システムの概要

#### 2.1 現場作業支援システムの特徴

本システムは、設備の運転や点検を行う作業位置から撮影した画像をテンプレートとして使用する。各テンプレート画像上に写したバルブやメータなどの操作対象の位置と大きさをシステム上に登録する。登録したテンプレート画像と情報の呼び出しには AR マーカを用いる。タブレット端末のカメラを用いてテンプレート画像を呼び出す際、テンプレート画像とカメラ画像との撮像範囲のズレを判別する。そして、AR マーカとの相対位置に基づき、テンプレート画像上に登録した操作対象とカメラ画像上の操作対象とを重ね合わせトラッキングする。以上により、カメラ画像上の操作対象に登録情報を表示する。トラッキングには、画像の位置から操作対象を個別に追従する手法として LK (Lucas-Kanade) 法と特徴点を抽出する Good Features to Track を利用した<sup>[3]</sup>。図 1 にカメラの角度による見え方の違いを示す。テンプレート画像とカメラ画像において点線で囲まれた箇所を比較すると、テンプレート画像では、バルブと弁が両方見えるのに対し、カメラ画像では両方重なって見える。本手法により、テンプレート画像上に設定した操作対象の位置に対し、特徴点が含まれる部分の画像を切り出し、トラッキング用のテンプレート画像とする。これにより、多少の 3 次元の奥行きのある対象物に対しても操作対象のトラッキングを可能となる。

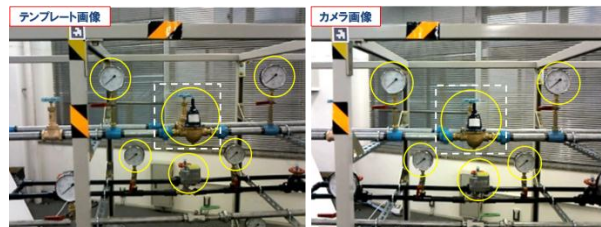


図1 カメラの角度による見え方の違い

#### 2.2 現場作業支援システムの利用手順

図 2 に現場作業支援システムの利用手順を示す。最初に、作業者がシステムを操作して、対象設備付近に設置した AR マーカを認識する事で、システムは事前に設定した機器の位置、機器名、指示を登録した作業コンテンツを呼び出し、適切な操作対象に関連情報を重畳表示する。次に作業者は、画面上に表示された対象位置を選択する事で、システムが作業指示や意味などをリアルタイムに表示する。これにより、作業者の操作対象間違いを防止できる。運転作業実施後に作業者は、システムが提示する OK/NG や数値の作業結果入力ナビゲーションに従う事で、次の操作対象に移行する。システムが全ての作業に対し詳細な手順を指示する事で、作業者による操作ミスの抑止を支援する。また、登録した作業を全て実施する事で作業の内容、手順、結果、時刻、機器写真を紐付けて自動で帳票として出力できる。これにより操作順序や入力ミスの確認が可能である。



図2 現場作業支援システムの利用手順

### 3. プラント設備への適用と課題

プラント設備に関する応用例として石井<sup>[4]</sup>らは、保守作業への適用を検討し、その可能性を示している。本報告では、システムの適用範囲としてプラントの運転作業を対象とし、特に中央制御室では制御できない機械の操作や点検業務とした。具体的にはメータの読み取りやバルブの開閉、スイッチのON/OFFなどである。本システムの実験は、プラント操業時の重要機器の切替業務である、水処理設備のポンプ切替業務とした。重要機器は、設備の故障時などに対応できるように、複数台設置する事が多く、多くのプラントで実施されている。また切替業務は、週単位や月単位、

† (株) 日立製作所 インフラシステム社

もしくは緊急時に実施される作業であり、重要な作業でありながら作業回数が少ないため習熟に時間を要し、作業手順の忘れや操作ミスが発生しやすい。図3にポンプ設備と操作盤の写真を示す。対象の水処理設備には、図に示すように同系統のポンプが2台ある。上述した課題によるヒューマンエラーや設備停止および機器故障などのトラブルに対し、本システムの有効性を評価する事とした。



図3 ポンプ設備と操作盤の写真

### 3. 実務適用によるシステム改良

実務者の操作による問題点や要望の抽出を行った。

最初に、AR マーカ認識後の操作性に対する課題が挙げられた。これは、一度 AR 認識による位置合わせを実施しても、バルブ操作などの実操作を行う際にタブレットを離して操作するため、次作業の確認の度に AR マーカを再認識する必要があるためである。さらに、カメラ画像が手振れによってズレてしまい再認識が必要になる場合もあり、実務で利用するには時間超過となる問題があった。

そこで、テンプレート画像を認識し、操作対象のトラッキングが完了した時点でカメラ画像を静止画としてキャプチャし、各ステップの作業情報を順番に重畳表示する事とした。これにより、不要な位置合わせをキャンセルしシステム利用時の操作性向上を図った。次に、文字だけでは意味が伝わりにくい作業内容に関して、より視覚的に表現するため、画像や動画およびタイマーの表示機能を導入した。図4に画像や動画およびタイマーを重畳表示した例を示す。操作方法をよりビジュアル化する事で、ポンプ切替業務の「バルブの全開」、「札の切替」2つの作業指示をコンパクト化した形でより明確にした。また、作業項目において一定時間運転する手順があり、指定された時間をカウントする動画を入れる事で時間管理をする指示も可能とした。

さらに、作業手順で明確に示されていなかった作業経過時間に関し、作業毎ごとに経過時間の把握と作業手順の結果や経過時間が自動で出力される事から、D/B化した作業実績データとして構築する事を可能とした。これにより、D/Bから作業時間を分析する事で、システムの習熟度や作業の躓き、そして熟練作業者との比較などにより、作業改善への応用ができる見通しを得た。

以上により、本システムは一連の作業を実施する際、操作手順の誤りや誤入力などの確認および操作手法における動的な表現を可能とした事で、ヒューマンエラーの低減やトラブル対策などへ活用できる事を確認した。



図4 画像や動画およびタイマーを重畳表示した例

### 4. システムの適用評価

本システムによる業務での適用効果を検証するため、アンケート調査を実施した。評価項目として、「ヒューマンエラー低減」、「習熟支援」、「作業改善」、「品質向上」、「効率向上支援」の5項目を設定した。各項目は、最高5点から最低1点の5段階で評価を行い、平均点が中間評価の3点以上であれば、その評価項目は有効とした。評価対象の実務者は、年齢30代~60代、現場経験年数は1.5年から40年である。図5にアンケート調査の結果を示す。5項目の内4項目は平均3以上の評価点数が得られ、特に「ヒューマンエラー低減」は平均点が4以上と最も高く、開発した本システムがヒューマンエラーの低減策として有効であることを確認した。平均2.6で有効とならなかった「効率向上支援」についてはヒアリングの結果、従来作業には無いARマーカの位置合わせ作業があるため、従来よりも時間が超過する事が原因として挙げられた。しかし、ポンプ切替業務のように作業ミスが重大な事故や損失に繋がるような作業には、多少時間が掛かっても確実性が増すという点で本システムは有効であるとの意見も得た。

以上の実務者による実証と評価および導入効果の検証結果から、本システムにより、作業を正確に実施できるため、ヒューマンエラーの低減策として効果がある事を確認した。さらに、作業の習熟支援、作業改善および品質向上への有効性も確認できた。

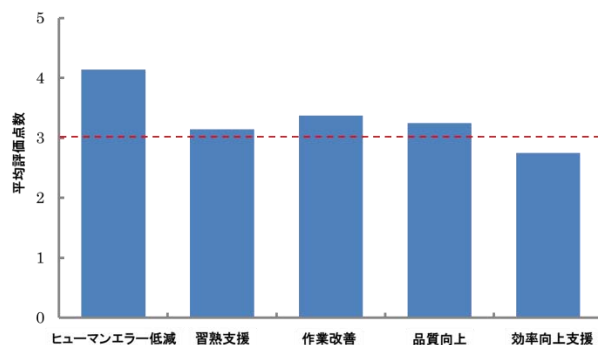


図5 アンケート調査の結果

### 5. まとめ

ヒューマンエラー低減を目的に、ARを応用した現場作業支援システムの効果を確認するため、重要機器切替作業に導入した。その結果、システムの利便性を向上させるため、ARマーカ認識直後にカメラ画像を静止画として取り込むことにより、現場で時間を要す画像の追従機能をキャンセルし、カメラ位置合わせなどシステムの利便性を向上させた。さらに、「バルブの全開」、「札の切替」、動画機能によるタイマー表示など、作業手順のビジュアル化を行い、実務者からヒューマンエラー低減に有効となる事を確認した。

#### 参考文献

- [1] 小松原明哲：ヒューマンエラー、丸善株式会社、2003。
- [2] 神原誠之：特集 拡張現実感(AR) 基礎 1:拡張現実感(Augmented Reality:AR)概論、情報処理、Vol.51, No4, pp.367-372, 2010。
- [3] 佐川浩彦、他2名：2次元トラッキングに基づく簡易ARによる作業支援システムの開発：ヒューマンインターフェースシンポジウム 2013 論文集、pp.843-848, 2013。
- [4] 石井裕剛：特集 拡張現実感(AR)応用 2:プラント保守作業支援、情報処理、Vol.51, No4, pp.392-397, 2010。