

# XR技術を活用した配電設備保全業務の教育支援

不具合事象の原因究明における解体調査の教育支援を目指して

## Educational support for XR-enhanced maintenance work on power distribution equipment

Supporting education for dismantling investigations that probe the causes of malfunctions

(電力技術研究所 電力品質G)

(Power Quality Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

近年、XR技術（MR、VR技術等の総称）は目覚ましく進歩しており、様々な分野への活用が期待されている。本研究では、不具合事象の原因究明における解体調査の教育支援として、XR技術が適用可能か検討し、現実に近い調査環境のもと、原因究明に必要な「コツ」を学びながら、「いつでも、どこでも、何度でも」解体調査のトレーニングを行うことができる教育シミュレータを開発した。

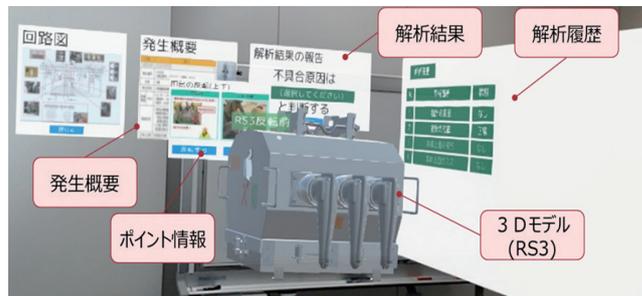
In recent years, XR technology (general term for MR and VR technology) has made remarkable progress, and will hopefully find use in various fields. In this study, we examined whether XR technology can be applied as educational support for dismantling investigations that probe the causes of malfunctions. We have developed an educational simulator that enables training in dismantling investigations "anytime, anywhere, unlimited times" as one learns the "tricks" needed for probing the causes in a semi-realistic research environment.

### 1 背景・目的

配電部門では、設備の不具合事象が発生した場合、第一線事業場にて速やかな原因究明とお客さまへの説明が必要となるため、集合研修やOJT、原因究明ツールの整備等により不具合分析技術力の強化に取り組んでいる。しかし、不具合事象によっては、発生頻度が低く、当該事業場の社員しか解体調査の経験ができないものがあることや、用品によっては、一度解体すると元に戻せないものがあり、繰り返し教育に活用できないといった課題があった。そこで、本研究では、MR技術（Mixed Reality（複合現実）：透過型のヘッドマウントディスプレイ（以下、HMDという）を通して見た現実世界に3Dホログラム等の仮想情報を重ねさせる技術）とVR技術（Virtual Reality（仮想現実）：没入型のHMDを通してバーチャル空間を体験する技術）の2つのXR技術についてそれぞれ比較検証し、より不具合事象の解体調査支援に適しているVR技術を用いたシミュレータを開発した。

とから、本機を検証機として選定した。

MR簡易シミュレータを評価した結果、視野角が狭いため開閉器全体を見ながら解体調査を進めにくい、手の動きにより3Dモデルを選択したり解体する等の操作性が悪い、体験者が見ている視野を外部ディスプレイへ出力できない、重量があり長時間装着すると負担が大きい等の点から、実用化に向けた課題が多い結果となった（第1図）。



第1図 MR簡易シミュレータ画面 (Hololens)

### 2 XR技術の適用可能性の評価

検証は、確認すべきポイントが多く解体手順が複雑な自動開閉器（RS3）を対象とし、MR・VR技術を用いてそれぞれ簡易シミュレータを作成し評価した。なお、シミュレータ評価は、体験者が3Dモデルの開閉器の解体を進めながら各部の状態を確認し、最終的に不具合原因を特定するまでの作業で検証した。

#### (1) MR技術の適用可能性の評価

様々なHMDを評価した結果、M社のHMD（両眼透過型）は、自身の手でホログラムをつまんで動かすなど直感的な操作が可能であること、HMD本体にOSが組み込まれており、PCと接続不要で自由に動き回れるこ

#### (2) VR技術の適用可能性の評価

様々なHMDを評価した結果、F社のHMD（両眼非透過型）は、PCとの接続不要で自由に動き回れること、安価で、かつシミュレータの動作に必要な性能を有していることから、本機を検証機として選定した（第2図）。

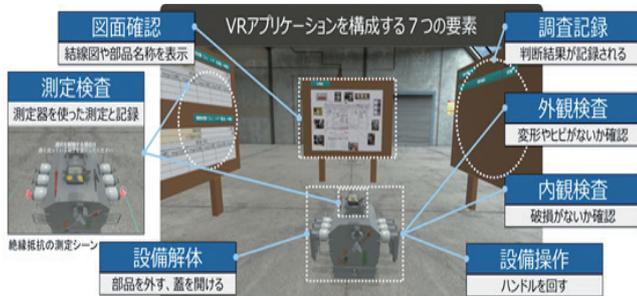
凡例：[◎]=優(3点)、○=良(2点)、△=可(1点)]

	A社	B社	C社	F社
性能	◎	◎	△	○
手軽さ	△	○	◎	◎
価格	△	△	◎	◎
拡張性	○	△	△	○
点数	7点	7点	8点	10点

第2図 各HMDの評価一覧

VR簡易シミュレータを評価した結果、仮想空間内に没入し360°見渡し可能であることから、開閉器全体を視界に収められストレス無く解体調査が進められるとの評価を得た。また、コントローラ操作が容易かつスムーズであり、体験者がVR内で見ている視野を外部ディスプレイへ出力可能、軽量で長時間装着しても負担が少ないなど、MR技術で課題とされた点について解決の見通しを得た。以上のことから、VR技術は、解体調査の教育支援として市販ハードウェアで十分に適用可能であると考えられる(第3図)。

なお、体験者は、仮想空間内に没入して自由に移動することから、周囲の壁や物とぶつかる危険性が懸念されたが、行動可能な範囲を設定し、それを超えそうな場合には画面に警告表示することで、安全性にも問題ないことを確認した。



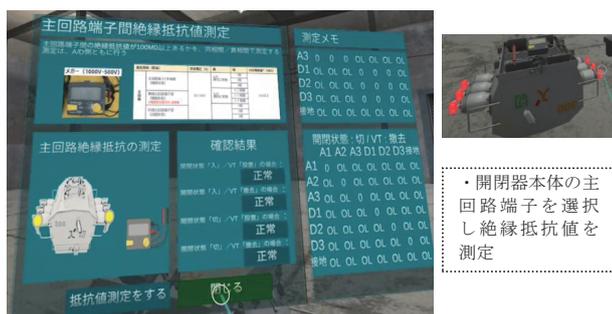
第3図 VR簡易シミュレータ画面 (Oculus Quest)

### 3 実用化に向けた各種機能の改良

前項のとおり、MR・VR技術をそれぞれ評価した結果、VR技術を用いたシミュレータ開発を目指すこととし、実用化に向けて以下の観点でVR簡易シミュレータの機能改良を行った。

#### (1) 教育モード、不具合シナリオ、用品の充実

様々な技術レベルの人に対応できるように、ヒント無しで不具合事象の原因を究明していく「本番モード」と、全ての解体調査項目について、注意点や調査ポイント等の解説付きで学習できる「解説モード」を実装した(第4図)。また、開閉器の様々な不具合事象に対応できるように、3つの不具合シナリオを実装した。また、開閉器に加えて、変圧器、6kV VCTを実装し、多様な用品に対する教育を可能とした。



第4図 解説モード画面例 (主回路絶縁抵抗測定)

#### (2) 測定方法・測定回路表示等の機能改善

VR簡易シミュレータでは、ポインタで測定したい端子を選択して測定する仕様としたが、より実際の解体調査に近づけるため、VR内の自身の手で測定端子をつかんで測定を行うよう改善した。また、測定する電気的経路は、回路図および、3Dモデル上で視覚的に確認できるようにし、体験者の理解促進に繋がる仕様とした(第5図)。



第5図 回路図と3Dモデルでの測定経路確認補助

#### (3) 用品の内部構造理解に向けた機能改善

外観から用品内部の部品・構造に至るまで精緻に3Dモデル化するとともに、入切操作による機構の変化や、動作音も再現した。また、本体外箱を透明化する機能の実装により、俯瞰的にあらゆる角度から配線や内部構造を確認できるようにした。これら機能の改善により、体験者が容易に内部構造を理解できるよう改善した(第6図)。



第6図 外箱透明化 (左:開閉器(RS3)、右:6kV VCT)

#### (4) 解体調査結果の振り返り機能の追加

体験者は、一通りの解体調査を終えて最終的に不具合原因を解答するが、解答後に、自己の調査漏れ項目や調査誤り項目について、調査ポイントの解説を確認し、振り返りが行えるよう支援した。

実用化に向けて各種機能の改良を行ったシミュレータは、配電部門の設備保全業務における解体調査教育支援ツールとして現場展開している。

## 4 まとめ

解体調査の教育支援として、XR技術の適用可能性を評価し、VR技術が教育支援に役立てられることが分かった。今後は、作業安全など、他の配電業務についてもVR技術が適用可能か検討を進めていく。



執筆者/富野友貴