

三次元モデルARを用いた 保守点検作業支援技術

相川勇之* 塚原 整*
川浦健央*
岡登洋平**

Maintenance and Inspection Support Technologies Using 3D - model Augmented Reality

Takeyuki Aikawa, Takeo Kawaura, Youhei Okato, Osamu Tsukahara

要 旨

保守点検の現場では作業員の高齢化が進み、人手不足や技能伝承などが問題となっている。そこで、点検手順等をタブレットパソコンやスマートグラス上に拡張現実(Augmented Reality: AR)表示する作業支援システムの実用化が進んでいる。しかし、従来システムには、AR表示の精度向上、点検結果の記録作業の効率化、点検手順データベース構築の簡易化などの課題があった。

これらの課題に対し、三菱電機では次のような特長を持つ保守点検作業支援技術を開発した。

(1) 三次元モデルAR

点検対象機器の三次元モデルを用いてAR表示の位置を計算する三次元モデルARによって、写真データを用いる

従来方式と異なり、点検対象との距離や角度にかかわらず正確な位置にAR表示できる。

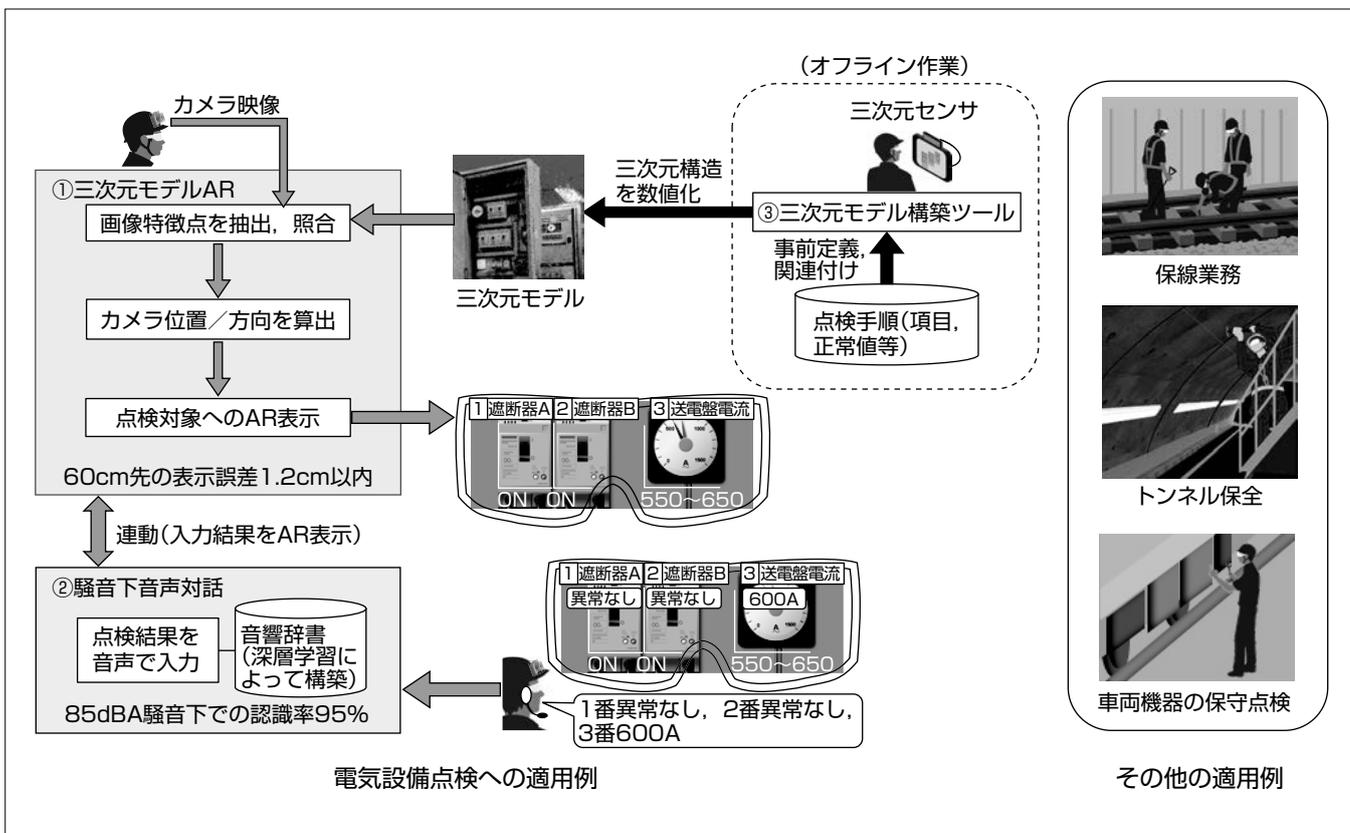
(2) 騒音下音声対話

非正常騒音下であっても音声区間を正しく検出し、多様な騒音を考慮した深層学習に基づいて構築した音響辞書を用いる騒音下音声対話によって、現場の高騒音下でもAR表示と連動した音声対話で点検結果を正確に入力できる。

(3) 三次元モデル構築ツール

三次元モデル構築ツールによって、点検対象の撮影、点検手順との関連付けなどの事前準備が容易になる。

今後はこれらの技術の実用化を進め、地上設備や車両機器などの保守点検作業への適用を目指す。



三次元モデルARを用いた保守点検作業支援技術の適用例

三次元モデルAR(図中の①)では、事前に構築した点検対象機器の三次元モデルとの照合によって点検対象との距離や角度にかかわらず正確な位置にAR表示できる。また、騒音下音声対話(図中の②)では、深層学習に基づき構築した音響辞書を用いることで、現場の高騒音下でもAR表示と連動した音声対話で点検結果を正確に入力できる。さらに、三次元モデル構築ツール(図中の③)によって、点検対象の撮影、点検手順との関連付けなどの事前準備が容易になる。

1. ま え が き

保守点検の現場では作業員の高齢化が進み、人手不足や技能伝承などが問題となっている。そこで、点検手順等をタブレットパソコンやスマートグラス上にAR表示する作業支援システムの実用化が進んでいる。しかし、従来のシステムは写真データなどの二次元画像をもとにAR表示する方式であるため、大規模な施設の点検に対しては大量の写真データが必要という問題があった。また、両手が自由な状態で点検結果を記録できる音声入力も期待されているが、入力結果を確認する手順の効率化や現場の騒音下での認識精度向上などに課題があった。

そこで当社は今回、作業員と点検対象の相対的な位置関係によらず正確な位置にAR表示できる三次元モデルARと、現場の騒音下でもAR表示と連動した音声対話によって点検結果を漏れなく正確に入力できる騒音下音声対話技術に基づく“三次元モデルARを用いた保守点検作業支援技術”を開発した。

本稿では、開発した三次元モデルAR、騒音下音声対話技術、及び三次元モデル構築ツールについて述べる。

2. 三次元モデルAR

2.1 従来のAR表示方式

AR表示とは、作業員が必要とするアノテーション情報(以下“アノテーション”という。)を現実の物体に重ね合わせて表示することによって、対象物の内容や位置などを分かりやすく表示する技術である。ARは、技術的な特性から、大きくロケーションベースARとビジョンベースARの二つに、またビジョンベースARはマーカ型とマーカレス型の二つに分類される(表1)⁽¹⁾。当社では、屋外や商業施設内などのマーカ設置困難な場所へも適用可能とするため、マーカレス型ARを開発している。作業員が装着したスマートグラスのカメラ(以下“カメラ”という。)の位置及び姿勢(以下“自己位置”という。)を推定し、対象物との相対的な位置関係を求める必要があることは全てのAR表示方式に共通している。

2.2 提案方式

従来のビジョンベースARは、マーカ又は写真データ等の二次元画像をユーザーが装着したカメラで認識し、自己位置と対象物の相対的な位置関係を推定してAR表示しているため、機器が前後に並んでいた場合等に、後ろの機器との相対的な位置関係を推定できない。

当社は、この課題を解決するため、対象物の三次元モデルとカメラで撮影した二次元画像の照合によって自己位置

表1. AR表示方式の分類

方式	特徴	課題	
ロケーションベースAR	GPS(Global Positioning System)、ジャイロ、コンパス等を組み合わせ、カメラの自己位置を推定	位置推定の精度向上が困難	
ビジョンベースAR	マーカ型	特定の図形(マーカ)を認識することで、カメラの自己位置を推定	点検対象へのマーカ設置が必要
	マーカレス型	マーカの代わりに写真データなどと照合することによって、カメラの自己位置を推定	光の当たり方など、環境によっては精度が劣化

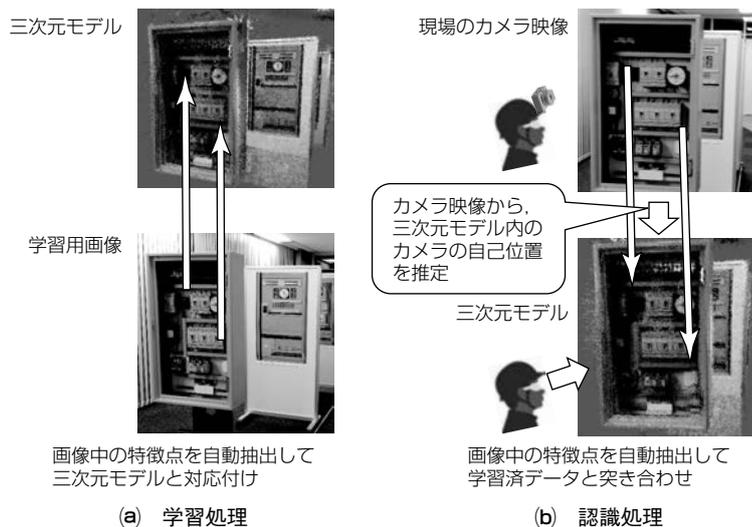


図1. 三次元モデルARの原理

を推定する方式を提案した⁽²⁾。

この方式では、事前の学習処理によって点検対象の三次元モデルを構築する。その際、学習用画像から特徴点を自動抽出し、構築した三次元モデルと対応付けて格納する(図1(a))。学習用処理で使用する三次元モデル構築ツールについては4章で述べる。

実際の点検作業時には、カメラで撮影した二次元画像から特徴点を抽出し、事前に学習した三次元モデル上の特徴点と照合して自己位置を推定する(図1(b))。

さらに、自己位置と対象物の三次元モデル上に配置したアノテーションの相対的な位置関係を推定してスマートグラス上に投影変換を行ってアノテーションをAR表示する。

二次元画像の代わりに三次元モデルを用いて自己位置を推定するので、点検対象との機器が前後に並んでいた場合でも正確にAR表示できる。点検対象との距離が60cmの場合の表示誤差を従来方式と比較すると、相対的な位置関係に依存せずAR表示の誤差を4.0cmから1.2cmに低減できる。

3. 騒音下音声対話技術

3.1 高騒音下音声認識

保守点検の作業現場は、周囲の機械が発生する騒音や、点検対象そのものが発する騒音など、騒音が大きい環境で

メンテナンスソリューション

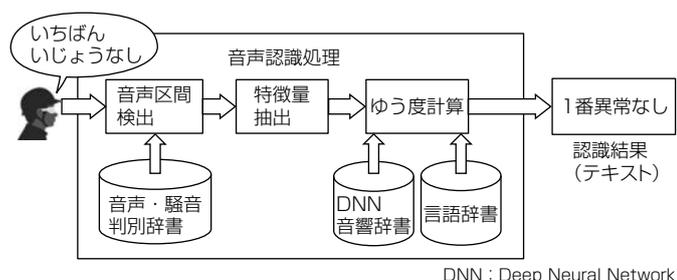


図2. 高騒音下音声認識処理

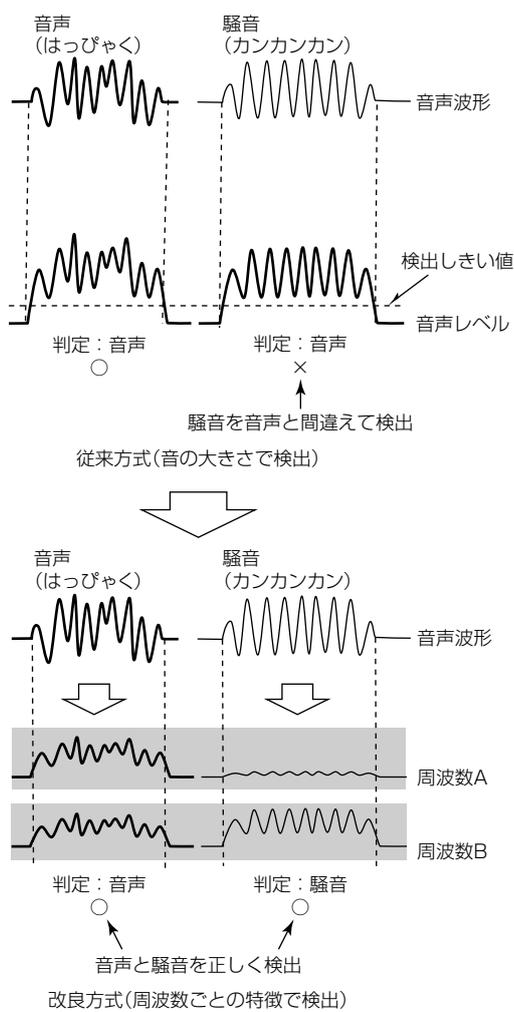


図3. 騒音らしさを考慮した音声区間検出処理

あることが多い。そこで、現場の騒音下での使用に耐える高い認識精度を実現するための高騒音下音声認識技術を開発した(図2)。

まず、騒音と音声の特徴を周波数ごとに捉えて音声区間を検出することによって、従来は誤って音声として検出していた部分を正しく騒音と判定できるようにした(図3)⁽³⁾。これによって、非定常騒音下であっても音声区間を正しく検出できる。さらに、多様な騒音を考慮した深層学習に基づく音響辞書を構築し、基本的な認識性能を向上させた。これらの改良によって、85dBaの騒音下で数字の認識率95%以上という実用的な性能が得られた。

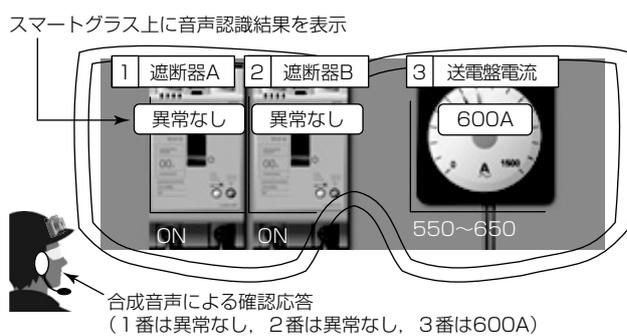
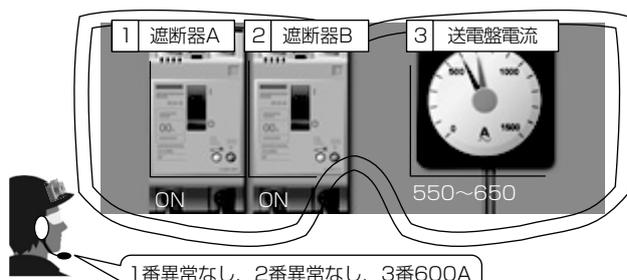


図4. 音声認識とAR表示との連動処理

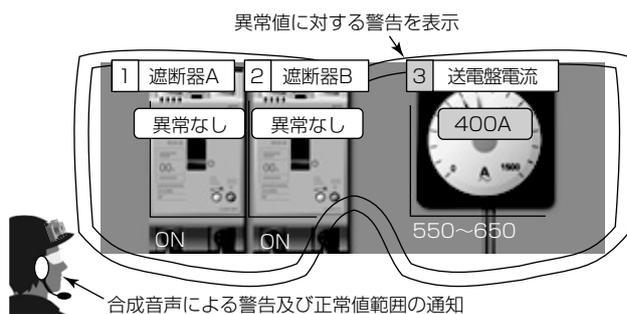


図5. 異常値入力時の応答

3.2 AR表示との連動

3.1節では音声認識精度の向上について述べたが、認識率は100%ではないため、発声どおり正しく入力できたかどうかの確認が必要である。当社では、入力結果を合成音声によって作業者に音で伝えるとともに、スマートグラス上にもAR表示することで、より確実な入力を可能にしている(図4)。

また、異常値が入力された場合には、図5のように警告を表示し、作業員に再入力を促す。これらの対話手順は、4章で述べる三次元モデル構築時に点検手順データベースから自動生成する。

4. 三次元モデル構築ツール

点検対象の撮影、点検手順との関連付けなどの事前準備を容易にするために三次元モデル構築ツールを開発した(図6)。

このツールによって、タブレットパソコンに接続した三次元センサで撮影するだけで、点検対象の三次元座標を数

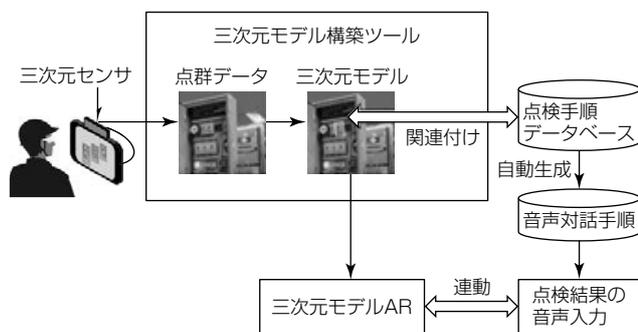


図6. 三次元モデル構築処理の流れ

点検対象項目名	表示ページ	詳細項目名	項目番号	入力値種類	単位	入力値域	正常値
第1電源盤	ページ1	遮断器A	1	選択肢		ON/OFF	ON
		遮断器B	2	選択肢		ON/OFF	ON
		送電盤電源	3	数値	V	0/800	15/25

↓ データ取り込み

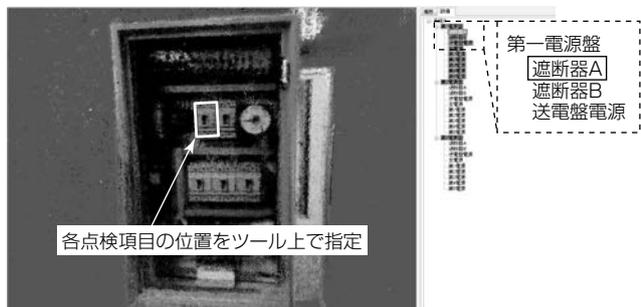


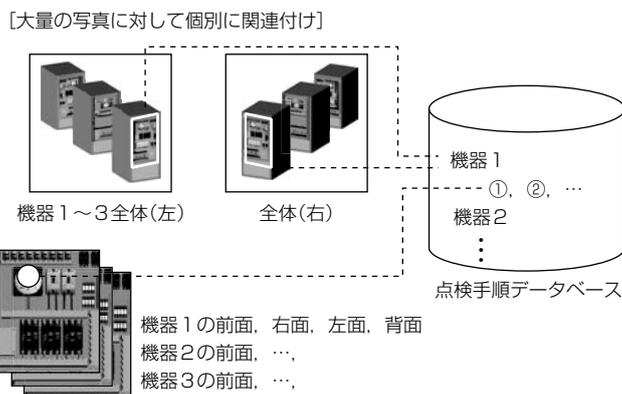
図7. モデル構築ツールの画面例

値化した点群データを簡単に構築できる⁽⁴⁾。また、同ツール上で点検対象の点群データと点検手順との関連付けを指定する(図7)。

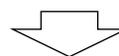
マーカ又は写真データ等の二次元画像をもとにAR表示する従来方式では、多数の点検対象がある大規模な設備では、各点検対象に対してAR表示すべき点検手順を関連付けた大量の二次元画像を準備する必要があった。しかし、提案方式ではこのツールによって、点検対象の点群データと点検手順との関連付けを一括で構築できるという利点がある(図8)。

5. む す び

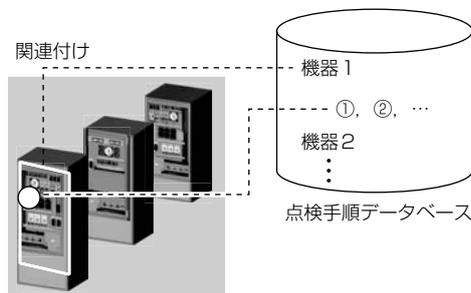
点検対象との距離や角度にかかわらず正確な位置にAR表示できる三次元モデルARと、現場の騒音下でもAR表示と連動した音声対話によって点検結果を漏れなく正確に入力できる騒音下音声対話技術に基づく三次元モデルAR



従来：二次元画像を用いたAR



【三次元モデルに対し一括で関連付け】



今回：三次元モデルAR

図8. 三次元モデル構築ツールの利点

を用いた保守点検作業支援技術について述べた。

今後はこれらの技術の実用化を進め、地上設備や車両機器などの保守点検作業への適用を目指す。

参 考 文 献

- (1) 蔵田武志, ほか: 「実世界と仮想世界」を繋ぎ「人と人」を結ぶ拡張現実インタラクション, ウエアラブルコンピューティング研究会研究報告, 1, No.2, 34~39 (2005)
- (2) 三次元モデルを用いた拡張現実技術, 三菱電機技報, 90, No.1, 4 (2016)
- (3) 花沢利行, ほか: ボトルネック特徴量を用いた尤度補正によるニューラルネット音声区間検出の頑健性改善, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-14-7 (2018)
- (4) Taguchi, Y., et al.: Point-Plane SLAM for Hand-Held 3D Sensors, ICRA (2013)

メンテナンスソリューション