

福島第一原子力発電所の廃炉作業に向けた時系列画像を用いた作業空間の 構造物立体復元

3D Structural Reconstruction of Working Space Using Image Sequence for Supporting Survey Task of Decommissioning

*羽成 敏秀¹, 川端 邦明¹, 中村 啓太², 成瀬 継太郎²

¹日本原子力研究開発機構, ²会津大学

我々は、福島第一原子力発電所(1F)の廃炉作業の遠隔操作支援を目的として、時系列画像から構造物を立体復元する手法の研究開発を行っている。1F 調査動画に対して開発手法を適用し、構造物の立体復元が効率的に実現できることを確認した。

キーワード：時系列画像からの立体復元, 画像選択手法, 廃炉作業

1. 緒言

現在、1F 廃炉作業のために遠隔機器を用いた作業が行われている。機器の遠隔操作は主に搭載カメラからの映像をもとに行われているが、作業空間の十分な把握が難しい場合がある。このため、我々は遠隔操作支援を目的として、時系列画像から立体復元計算に寄与しない重複画像を除去する画像選択手法を組み合わせた構造物立体復元手法の研究開発を行っている。本稿では、開発手法の適用可能性を検討するために、1F の原子炉格納容器(PCV)内部調査動画に対して立体復元を行った結果について報告する。

2. 実験条件

立体復元手法を用いて構造物の立体復元を行う対象として、東京電力ホールディングス(TEPCO)が公開している 1F3 号機 PCV 内部調査[1]の動画を用いた。この動画の中で比較的長く連続して撮影されており、建屋内の典型的な構造物が映り込んでいる箇所として、制御棒駆動機構(CRD)ハウジング付近で撮影された部分を対象として立体復元を試みた。

立体復元計算には、画像から構造物を立体復元する技術である Structure from Motion(SfM)を用いた。SfM は、入力画像から特徴点を抽出して画像間における対応付けを行うことで画像間の相対的な位置関係を計算し、構造物の形状データ(3次元点群データ)を推定する手法である。我々は、動画から時系列画像を抽出する際に、立体復元計算の負荷低減のために計算に寄与しない重複画像を除去するための画像選択手法を提案した[2]。また、画像への前処理(コントラスト調整、先鋭化)[3]を適用することで、SfM の復元精度が向上することを確認している。さらに、SfM で得られる疎な密度の 3次元点群に多視点ステレオ(MVS)を適用することで、復元対象の視認性が改善されることを示した[3]。これらの手法を前述の復元対象に適用し、立体復元を行った。

3. 実験結果

前述した開発手法を 1F 調査動画に適用した立体復元結果を図 1 に示す。画像選択手法により、復元対象の動画の該当部分約 6.7 秒(画像数 203 枚)から 41 枚の時系列画像(約 20%)が抽出された(図 1(a))。これにより、立体復元計算の負荷低減につながる画像数低減が行われた。得られた抽出画像を用いて立体復元を行った結果から、復元された CRD ハウジングの支持金具とその間にある CRD ハウジングを確認することができる(図 1(b))。立体モデルは上部支持金具の一部が欠損しているが、構造物を確認するために十分な視認性を有していると考えられる。

4. 結論

本稿では、1F 調査動画のうち炉内構造物である CRD ハウジングおよび支持金具を対象として、我々が開発を行ってきた立体復元手法を適用して復元可能であることを示した。今後は、より効率的に立体復元を行ってオペレータの遠隔操作支援に資するために、画像選択手法におけるパラメータの最適化や復元データのオペレータへの提示方法について検討を進めていく。

参考文献

- [1] 東京電力ホールディングス: “動画・写真ライブラリー 写真集 3号機 PCV 内部調査進捗～21日調査速報～ (2017年7月21日)”, <http://photo.tepco.co.jp/date/2017/201707-j/170721-01j.html> (Jan., 2020).
- [2] 羽成 他: “遠隔操作ロボットによる収集画像に基づいた立体復元のための画像選定手法”, 第 20 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, pp.1652-1656, 2019.
- [3] T. Hanari, K. Kawabata: “3D Environment Reconstruction Based on Images Obtained by Reconnaissance Task in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station”, E-Journal of Advanced Maintenance, 11(2), pp.99-105, 2019.

*Toshihide Hanari¹, Kuniaki Kawabata¹, Keita Nakamura² and Keitaro Naruse²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Univ. of Aizu



(a) 抽出された時系列画像



(b) 立体モデル

図 1 立体復元結果