

平成29年度福島研究開発部門 成果報告会

廃止措置に向けた画像群からの 作業環境の立体復元

平成30年2月14日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発拠点 福島研究開発部門
櫛葉遠隔技術開発センター 遠隔基盤整備室

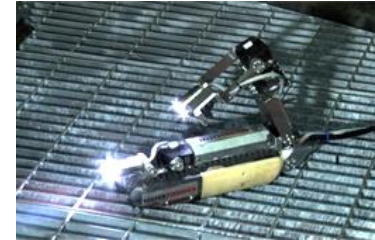
羽成 敏秀

東京電力ホールディングス:“ロボット技術の活用”,

<http://www.tepco.co.jp/decommission/principles/technology/robot/index-j.html>

福島第一原子力発電所の廃炉に関わる作業

- 高放射線量率環境
- 調査・作業のためにロボット等の遠隔操作機器・技術が必須
- **作業環境** (障害物の有無, 狭隘部のサイズなど) の把握が重要



原子炉建屋内の調査に用いられたロボット

作業環境の把握 ➡ 建造物の立体的な情報の獲得

- 操作者の**空間認識精度の向上**や**V作業計画の直観的な立案への活用**
 - 廃炉作業のための遠隔機器: 操作用カメラを搭載
- ➡ 画像から**建造物の立体復元**と**カメラの軌道推定**が可能となれば、
情報収集に**有効**

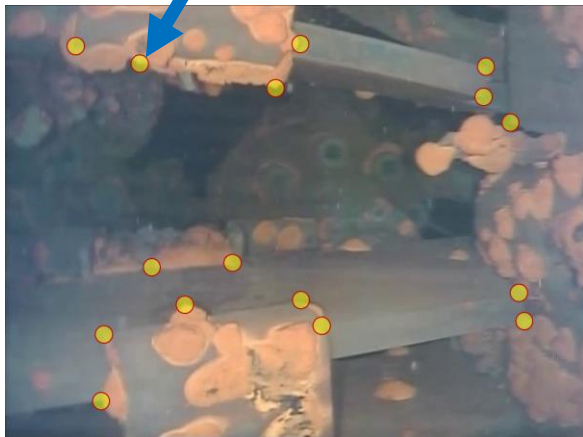
- **開発課題のねらい**：廃炉作業のための遠隔操作機器から得られる画像に基づいた立体復元手法の開発
- **本報告**：廃炉のための作業環境の情報収集に向けた立体復元手法 (Structure from Motion) の適用可能性の検討

Structure from Motion (SfM)^{*1} : 画像情報から構造物を立体復元する技術

1. 画像内の**特徴点の抽出**
2. 画像間の**特徴点のマッチング**
3. 特徴点からの**疎な点群データの復元とカメラの軌道(位置の変位)推定**
4. **密な点群データの復元**^{*2}

1. 特徴点の抽出

特徴点の一例



2. 特徴点のマッチング

特徴点の対応付け例



*東京電力ホールディングス:“動画・写真ライブラリー: 3号機PCV内部調査進捗 ～21日調査速報～ (2017/7/21)”,
<http://photo.tepco.co.jp/date/2017/201707-j/170721-01j.html>

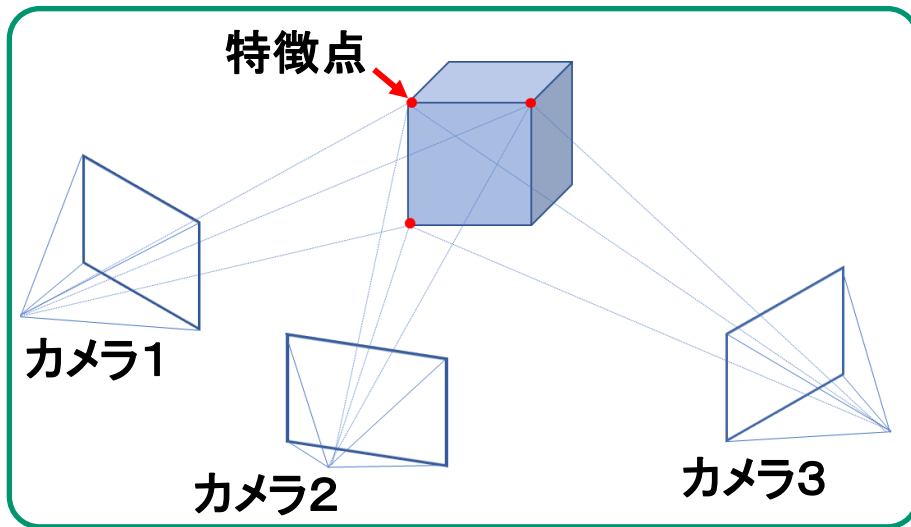
*1 Wu: “VisualSfM: A Visual Structure from Motion System”, <http://ccwu.me/vsfm/>, 2011

*2 Furukawa & Ponce: “Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis”, IEEE Trans. PAMI 32 (2010)

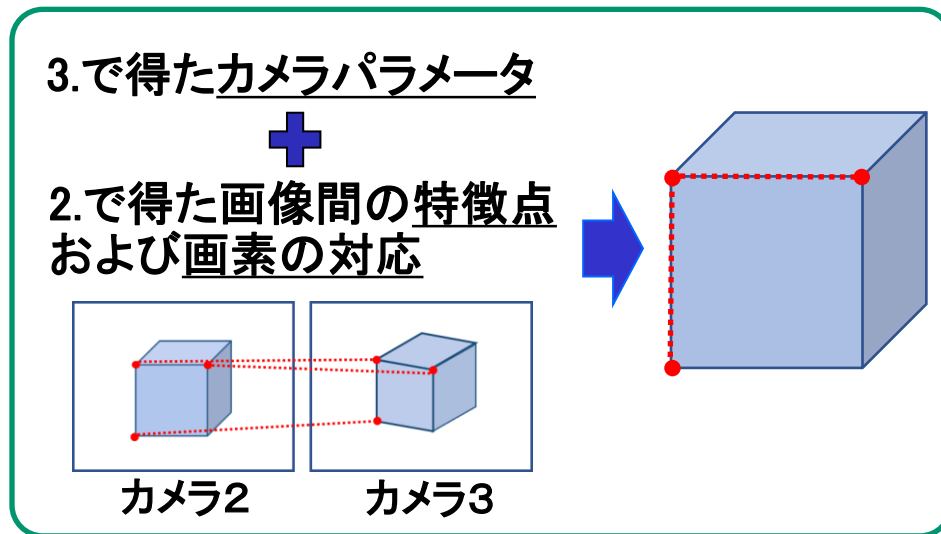
Structure from Motion (SfM)^{*1} : 画像情報から構造物を立体復元する技術

1. 画像内の特徴点の抽出
2. 画像間の特徴点のマッチング
3. 特徴点からの疎な点群データの復元とカメラの軌道(位置の変位)推定
4. 密な点群データの復元^{*2}

3. 点群データの立体復元とカメラ位置の推定^{*2}



4. 密な点群データの復元

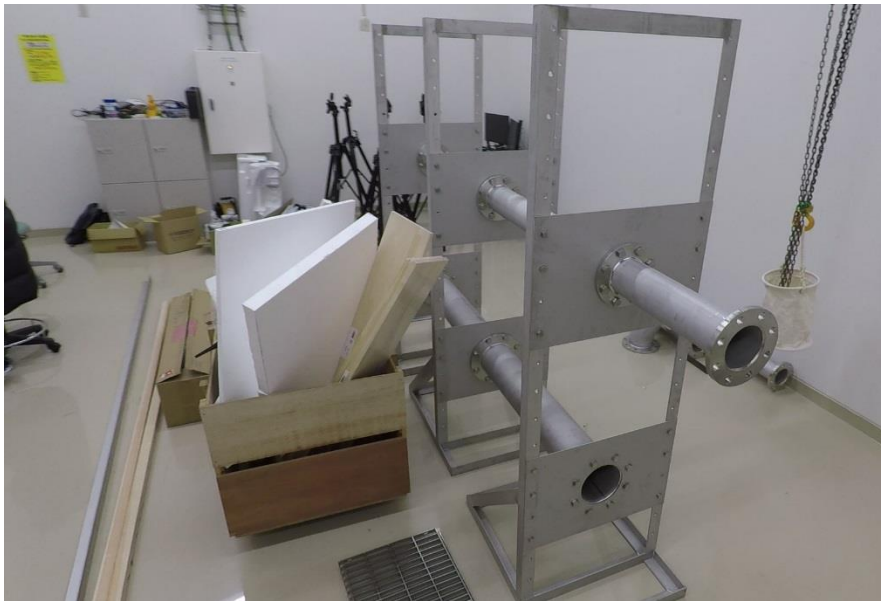


*1 Wu: "VisualSfM: A Visual Structure from Motion System", <http://ccwu.me/vsfm/>, 2011

*2 Furukawa & Ponce: "Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis", IEEE Trans. PAMI 32 (2010)

作業環境の立体復元への適用性の検討

- JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター
試験棟研究室: 格納容器アクセス
ルートを模擬した試験体



- 福島第一原子力発電所3号機PCV内部
調査(2017/7/21)*時の水中ロボットの
撮影動画(出典: 東京電力ホールディングス)



試験体を中心にその周辺物品の
復元とカメラの軌道推定の検証

*東京電力ホールディングス: “動画・写真ライブラリー: 3号機PCV内部調査進捗
～21日調査速報～ (2017/7/21)”, <http://photo.tepco.co.jp/date/2017/201707-j/170721-01j.html>

撮影条件等が不明な遠隔機器で
撮影された画像群への適用可能性
の検証

上記2条件の適用結果について報告

○JAEA櫛葉遠隔技術開発センター試験棟研究室 試験体の復元

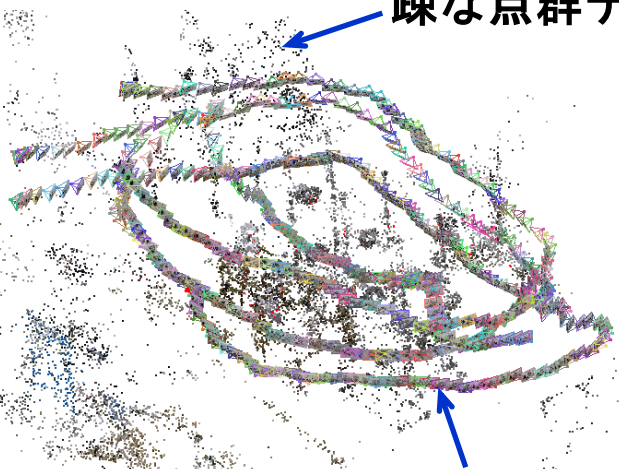


毎秒3枚ずつ画像を抽出し、立体復元を実施

○JAEA櫛葉遠隔技術開発センター試験棟研究室 試験体の復元



疎な点群データの復元



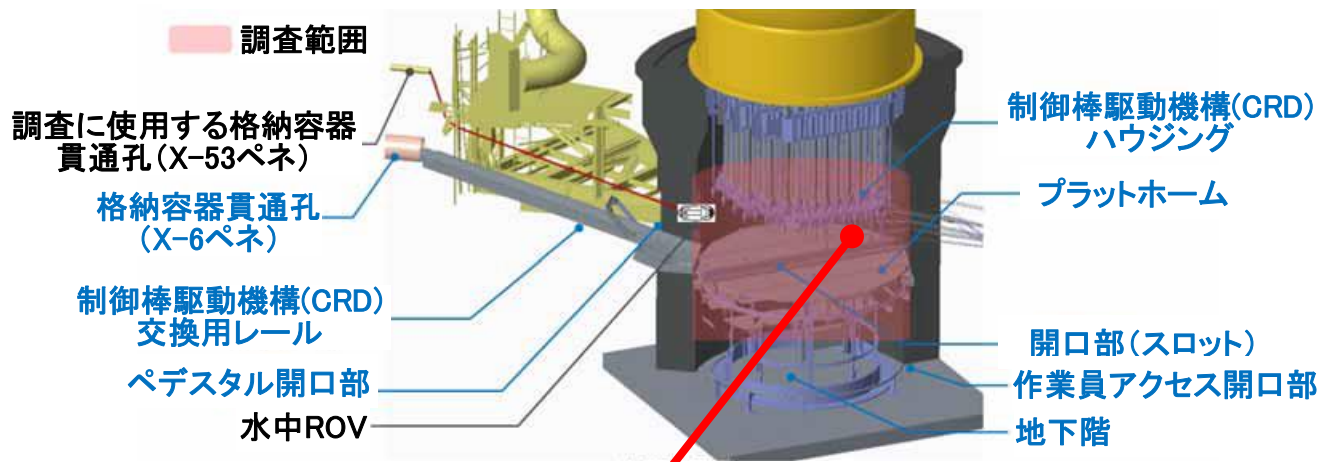
カメラの推定位置



密な点群データの復元

○福島第一原子力発電所3号機PCV内部調査(2017/7/21)* 水中ロボットが取得した映像からの構造物の復元

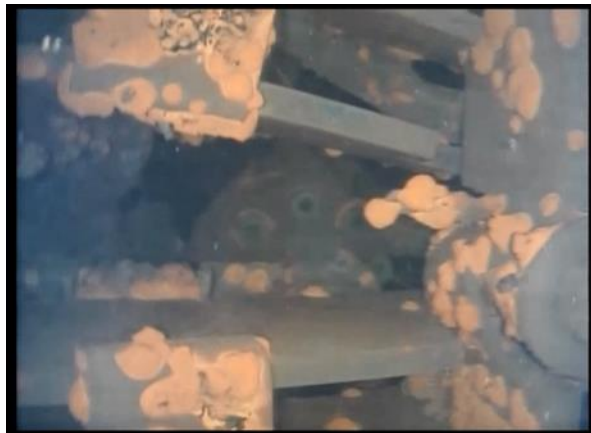
調査概要図（出典：東京電力ホールディングス）



毎秒15枚ずつ画像を抽出し、
 立体復元を実施

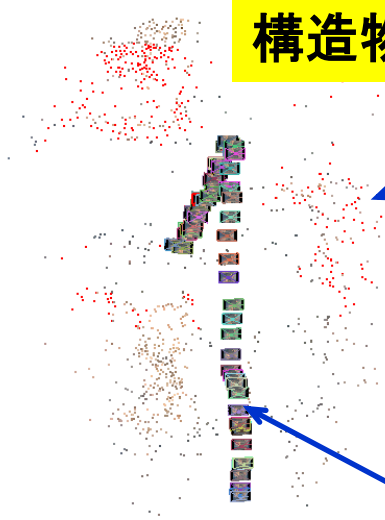
*東京電力ホールディングス:“動画・写真ライブラリー: 3号機PCV内部調査進捗 ~21日調査速報~ (2017/7/21)”, <http://photo.tepco.co.jp/date/2017/201707-j/170721-01j.html>

○福島第一原子力発電所3号機PCV内部調査（2017/7/21） 水中ロボットが取得した映像からの構造物の復元



CRDハウジング下部

構造物の部分的な立体復元、カメラ位置の推定が可能



疎な点群データの復元

カメラの推定位置



密な点群データの復元

● 本報告：廃炉のための作業環境の情報収集に向けた立体復元手法 (Structure from Motion) の適用可能性の検討

- 楢葉センター試験棟：試験体
- 3号機PCV内部のCRDハウジングおよび支持金具



建造物の部分的な立体復元、カメラ位置の推定が可能
 原子炉建屋内のような照明や移動に空間的な制約がある
 中での建造物の復元が課題

今後の展望

- 廃炉作業への適用に向けた建造物の復元精度の向上
- 廃炉作業に投入される遠隔機器に適した復元アルゴリズムの開発