

福島第一原子力発電所（1F）廃止措置の課題解決に係る
ニーズ・シーズマッチングワークショップ
議事録

1. 開催日時：2022年2月17日（木） 13:30～15:30

2. 開催場所：WEB開催

3. 議題

(1) 開会あいさつ

(2) 発表者自己紹介

(3) ワークショップの狙い

(4) ニーズ紹介

(5) シーズ紹介

- 東京大学 柴崎 亮介 教授
- 岐阜大学 松下 光次郎 教授
- 福島高専 川妻 伸二 教授
- 富士通 笈田 佳彰 氏
- ソニー 太田 義則 氏

(6) 総合討論（質疑応答含む）

(7) 今後の予定・閉会

4. 資料

- 開催要領
- 発表資料

5. 議事（敬称略）

(1) 開会あいさつ

(2) 発表者自己紹介

(3) ワークショップの狙い

- CLADS 田川より資料に基づき説明があった。
- JAEA 檜葉遠隔技術開発センターより補足説明があった。

(4) ニーズ紹介

- IRID（東芝 ESS）栗原より資料に基づき説明があった。

(5) シーズ紹介（予定）

- 福島高専 川妻より資料に基づき説明があった。
- ソニー 太田による動画の上映があった。
- 東京大学 柴崎より資料に基づき説明があった。
- 岐阜大学 松下より資料に基づき説明があった。
- 富士通 笈田より資料に基づき説明があった。

(6) 総合討論（質疑応答含む）

- 東電岸本様へお聞きしたい。挙げられたテーマについて、現場での使い方のイメージはないか。また、構内への 5G の設置予定や建屋内の Wi-Fi 環境、電源の設置等の現場の実態を紹介いただきたい。(CLADS 田川)
 - UWB がおもしろいと感じた。作業員に GPS を持たせ、人数や場所の把握を行っているが、建屋内では使用できない。装備交換場の出入り数など、ローカルな方法で把握している。今後リアクタービル内や建屋内の作業が増えていくに当たり、作業員の位置把握が可能になれば負荷が軽減される。5G に相当する高速通信技術を導入し、パトロール時の映像取得や状況確認を行えないか議論を始めたところである。電源については、設備のための電源を用意している状況であり、通信用の電源は整備できていない。(東電 岸本)
- 初めて 1F や原子力に関わる方は、耐放射線性試験に高いハードルを感じるだろう。福島高専の鈴木先生は、同様の経験があったかもしれない。ある程度の線量であれば、一般のものを使用できるといった知見や、耐放射線性の確認方法などアドバイスはないか。(CLADS 田川)
 - 耐放射線性について、柏の施設を使い毎年最大 72 時間のコバルト 60 の照射試験を行っている。我々の研究グループでは、AC/DC コンバータやメモリ、Raspberry Pi、CPU など様々なものを対象としたデータを蓄積している。川妻先生のスライドでもあったように、特性変化についてのデータを蓄積することで、照射量と特性変化の関係から補間回路等を作り、寿命を延ばすことができると思う。(福島高専 鈴木)
- 東電 岸本様より、UWB が現場で使えそうだとの話があった。UWB の実用化はどれほど進んでいるのか。(CLADS 田川)
 - Apple の AirTag に UWB が使われている。タグをつけることで、場所を追跡できる製品である。パルス通信であるため原理としてはわかりやすい。見通しが確保できない場合の精度の低下などについて実験を行い、データを蓄積する必要がある。マルチパスで最初に来た電波を掴む。Line of Sight が取れない場合は誤差が生じるため、多重に計測し異常なものは除去するなど、格納容器内のような金属やコンクリートに囲まれた特殊環境では反射について検討が必要である。(東大 柴崎)
 - 原子力発電所は構造が複雑である。非常に厚いコンクリートにより、電波が回り込まない可能性がある。どのくらいの距離まで使えるのか。(CLADS 田川)
 - デバイスにより異なるため一概には言えない。我々が使用した際は、40m ほどまで計測ができた。20m 以内では、より安定した計測が可能であった。アンテナ等も関わるため、試さなければわからない。作業員の動きや機器の位置をリアルタイムで計測するには、位置の基準となるアンカーポイントの配置と個数の検討が必要である。デバイス側のデータ処理を工夫し、ロバストにすればよいのではないか。非常に小さなデバイスのため、ヘルメットに着

けたりポケットに入れたりすることが可能である。(東大 柴崎)

- 松下先生に紹介いただいた内容の中には、JAEA でも取り組んでいる部分がある。近い内容に取り組んでいる CLADS 川端さんからコメントはないか。(CLADS 田川)
 - 位置の推定には、研究で Visual SLAM と 3D-LiDAR SLAM を使用している。檜葉センターで行っているプロジェクトの中で、3D-LiDAR の SLAM を使った線量センサ (ドジメータ) の位置の推定に取り組んでいる。Visual SLAM は基礎研究の検討で使用している。松下先生が取り組まれている研究と近いだろう。柴崎先生から点群の重ね合わせについての話があったが、点群データは恐らく FARO で収集されるような密度の高いものだと思う。東京電力や関連会社が FARO を使用し集めたデータを元に、点群の再構成をしたり、学習によって物体や属性、構造物の識別を行ったり、識別結果から材質の二段推定を行ったりしている。様々な方法で位置推定を行い、状況に応じた使い分けや組み合わせができるとよい。UWB に関する話は以前もされており、Visual SLAM や 3D-LiDAR SLAM 等とビーコンをうまく補完、併用できるとよいのではないかと考えられる。点群データを使った SLAM など、どのような精度レベルで位置推定を行うと実用的なのか知りたい。(CLADS 川端)
- 点群を三次元化する速度を上げたいと考えているが難しい。事故により 1F の内部は雑然としており、原形がわからないものがある。元は何であったのか、推定する方法はないか。(CLADS 田川)
 - 精密なデータを取るには時間がかかるうえに難しい。目的に応じてどれほど抽象化するか、定義づけする必要がある。現場に応じた対応のシナリオを作らなければならない。(岐阜大 松下)
- 今日の議論を通じ、今後押さえた方がよい点があればご示唆いただきたい。(CLADS 田川)
 - 位置情報のデータ取得時には向きに気をつける必要があること、複数のデータを組み合わせる場合に同期を取る方法など、細かな点は様々ある。まずは目標を決めたうえで必要な要素を洗い出すことが重要である。(富士通 笈田)
 - 空間的なスケール感や複雑度がわかると、より具体的に検討できる。例えば、ロボットが複雑な面を移動する場合の移動機構系の研究は進んでいると思われるため、その上に何かマウントすればよいなど、具体的な情報をいただきたい。(東大 柴崎)
 - 檜葉センターでは、1F の現場で取得した VR データと点群データを廃止措置の研究者に貸し出している。1F は災害地であるためガレキはあるが、レスキューロボット等の現場に比べると平面で走行できる場所が多い。ただし、施設の運営上荷重をかけてはならない配管等があると聞いている。個人的な印象だが、皆さんのイメージよりは普通のロボットでも走行できる場所がありそうだ。(CLADS 川端)

- 点群データや VR データを活用した訓練の展望はあるか。(岐阜大 松下)
- ガレキの撤去について、どこを掘ったらどのようなリアクションが発生するのか予想できる訓練等ができればと思っている。高線量の場所の 3D データの取得は、遠隔で自走する車両等を使用している。装置の重量さえ問題なければ、1F 現場での適用も考えられる。(東電 岸本)
- 当社では、電波、音波、光を使用したセンシング技術と、それを使った装置のハードウェア、ソフトウェアを開発している。UWB や 3D-LiDAR SLAM は、30 年前に自動車の衝突防止装置に関する研究で扱っていた。位置情報については、JAXA のロケットにも使用している 3 軸の小型光ファイバージャイロの技術がある。先般、消防服を作っている会社へ、消防士が現場に入った際の位置特定方法を提案した。必要であればデータ等を提供する。通信については、マルチパスの場合、最初に来る電波の取得が最良とは限らない。ある到来方向電波のみを捉え、中身を見る技術がある。位置計測もできるのではないか。(参加者)
 - 光ファイバージャイロは通信で行っているのか。(CLADS 田川)
 - 光ファイバーをボビン状に巻き、光を入れて移動することで加速度を計測している。移動すると光の経路が変化するため、周波数の差を見ている。3 軸の計測により、立体的に位置がわかる。(参加者)

(7) 今後の予定・閉会

- 次年度の英知事業の公募を近日開始する。このワークショップを始まりとして、英知事業の提案をいただき、採択されたら研究が進んでいく。問い合わせ事項があれば、当方まで連絡いただきたい。作業員の位置計測など使えるような技術があった。引き続き相談させていただきたい。その他、東電の中で議論しているニーズはあるか。(CLADS 田川)
 - 作業員や社員がカメラ等の機器を持ち現場へ出た際に、超多接続の問題がある。通信について、提案があればと考えている。(東電 岸本)
 - 先ほどは、ソニーの Spresense をつけて大量のデータを取得し取り扱うことについて説明した。無線通信の帯域によりデータ送信の上限があると思うが、専門外である。(岐阜大 松下)
 - 1 つの方法に限らず、複数の方法を組み合わせ位置情報の取得や遠隔監視、通信インフラに関する提案をいただきたい。(CLADS 田川)
 - カメラのデータを一括できないかとの話があったが、周波数成分が同じであったとしてもスペクトラム拡散させることで、相当量のデータをひとつにまとめられると思う。(参加者)
 - そのようなご提案もお待ちしている。(CLADS 田川)

以上