



平成29年度福島研究開発部門 成果報告会

福島第一原子力発電所における 放射性物質の3次元可視化技術の開発

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
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
廃炉国際共同研究センター 遠隔技術ディビジョン

佐藤 優樹

福島第一原子力発電所（1F） 建屋内外で廃炉作業が進行中



東京電力HD(株)web pageより

作業環境が放射性物質（主として放射性セシウム）で汚染されている

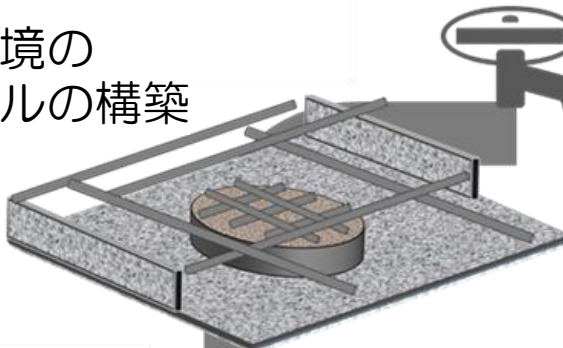
放射性物質の分布を把握したい

- 作業員の被ばく線量低減
- 詳細な除染計画の立案

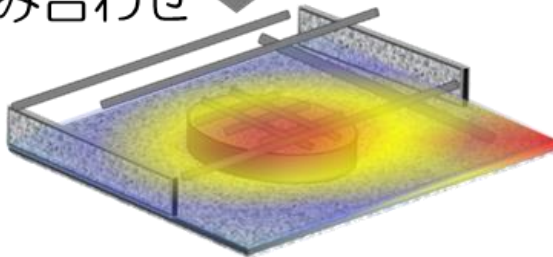
遠隔機器で各種センサーを運ぶ

作業環境の
3次元モデルの構築

レーザースキャン、
光学カメラ、etc...



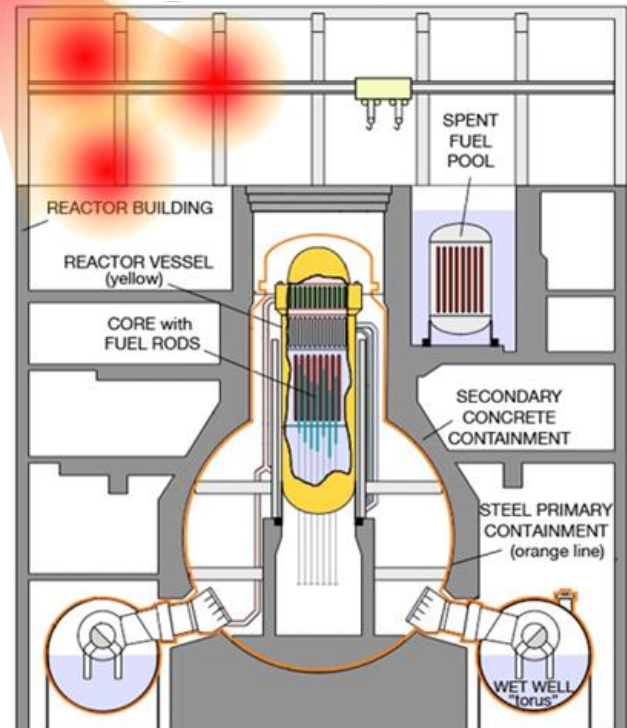
放射線分布図
との組み合わせ



放射性物質を
3次元的に可視化する

←ガンマ線イメージャー

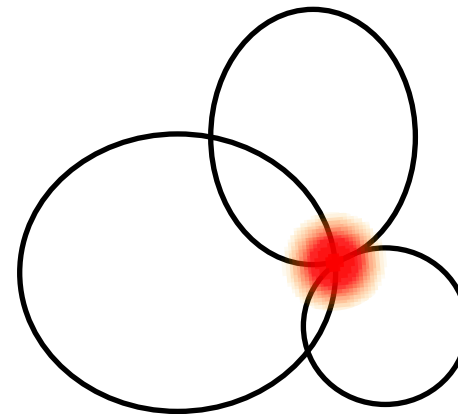
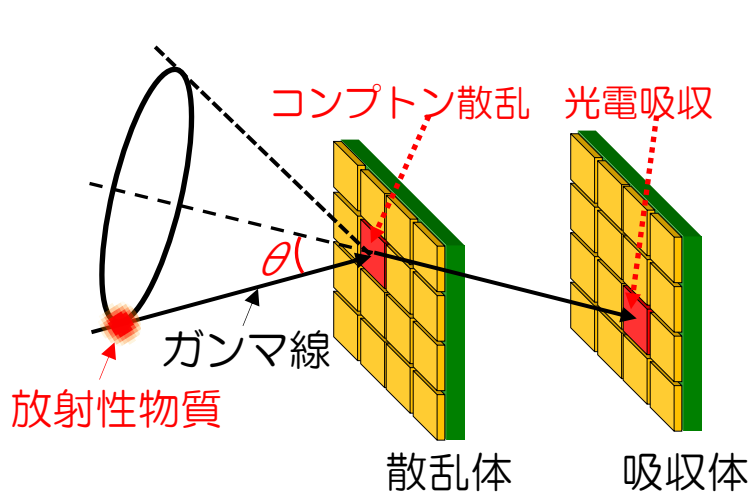
広範囲の作業環境について、
放射性物質を短時間で測定



放射線計測 + 遠隔制御 + 可視化技術
⇒ 1Fサイト内（建屋内外）における遠隔放射線イメージング

コンプトンカメラ (ガンマ線イメージャーの一種)

- ガンマ線が**エネルギーの一部を散乱体に付与**
- 散乱したガンマ線が光電吸収により**吸収体に付与**

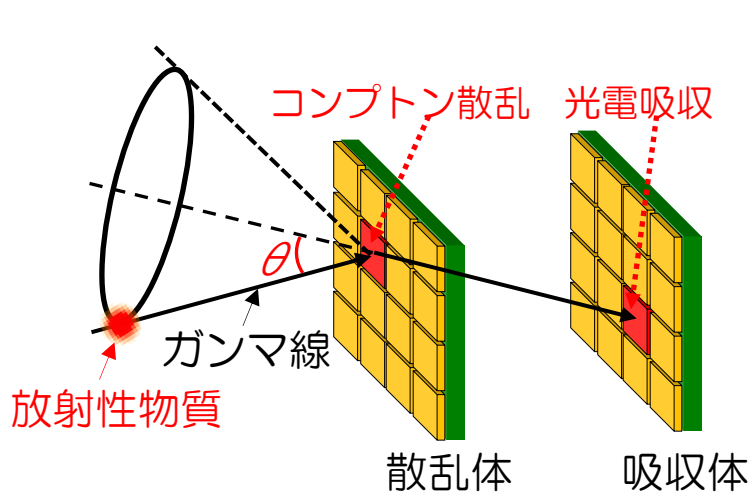


複数のガンマ線を観測することで、視野内の**コンプトンコーンの交点**に放射性物質があると予想できる

散乱体、吸収体で各々、“付与エネルギー”と“位置”を測定
⇒ **散乱角 (コンプトンコーン)** を推定

コンプトンカメラ (ガンマ線イメージャーの一種)

- ガンマ線が**エネルギーの一部を散乱体に付与**
- 散乱したガンマ線が光電吸収により**吸収体に付与**



複数のガンマ線を観測することで、視野内の**コンプトンコーンの交点**に放射性物質があると予想できる



光学画像を重ね合わせて放射性物質を可視化する

散乱体、吸収体で各々、“付与エネルギー”と“位置”を測定
⇒ **散乱角 (コンプトンコーン)** を推定

従来のガンマカメラは重量数十kg



早稲田大学&浜松ホトニクス(株)
ポータブルコンプトンカメラを開発



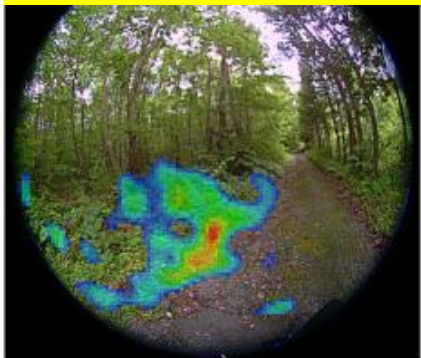
カメラ本体
1.9 kg



改造

作業員が携行可能

撮影結果



小型・軽量コンプトンカメラ (JAEA製作)

信号処理基板

光学カメラ

ガンマ線

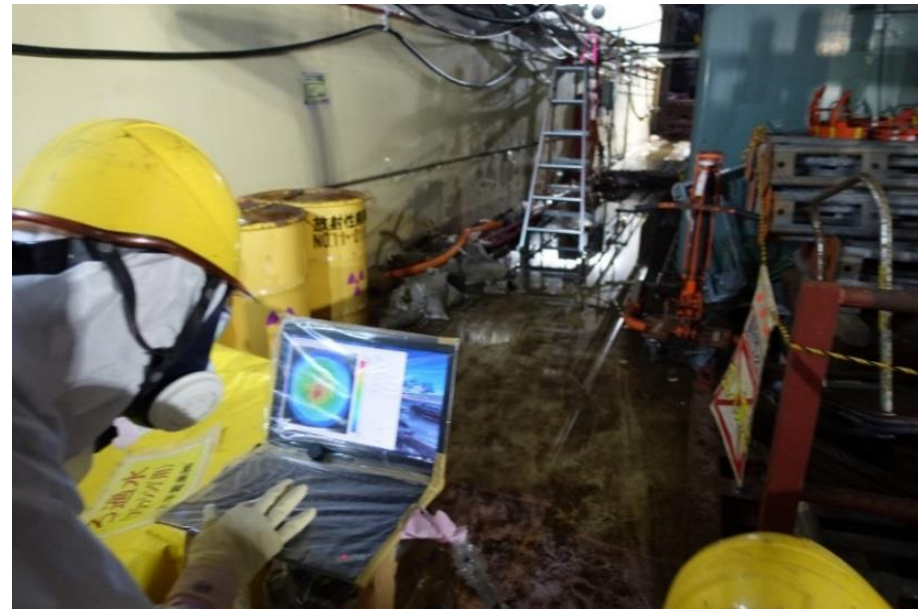
47 mm

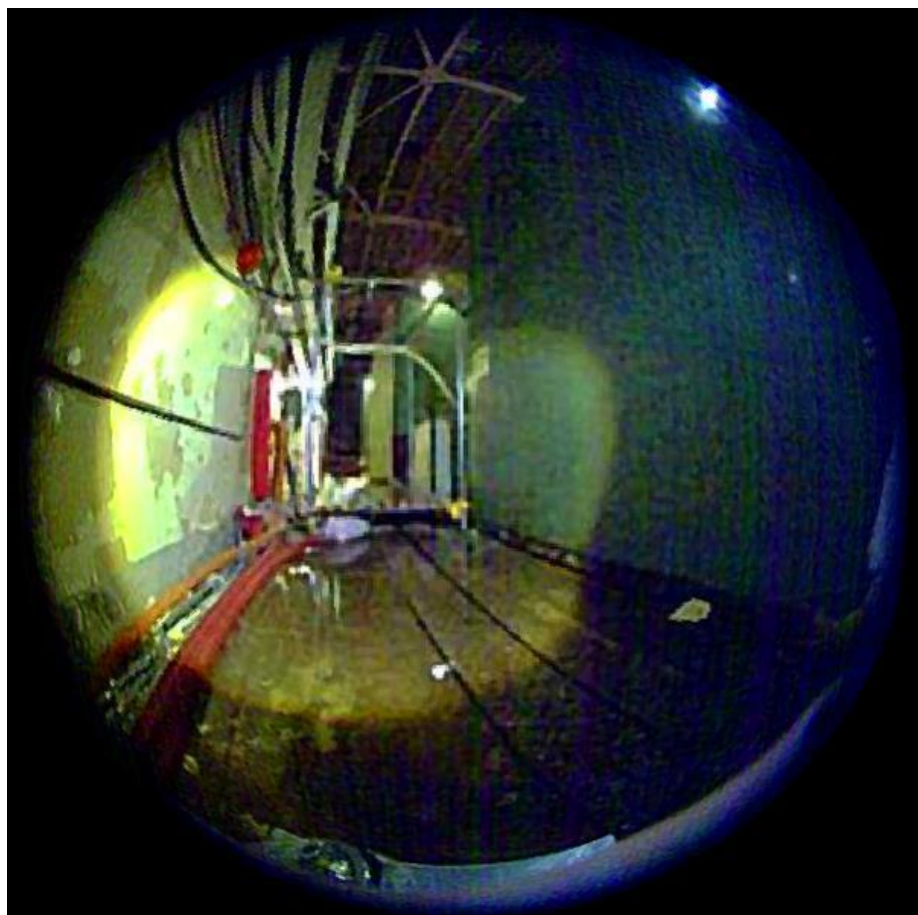
46 mm

ガンマ線センサー

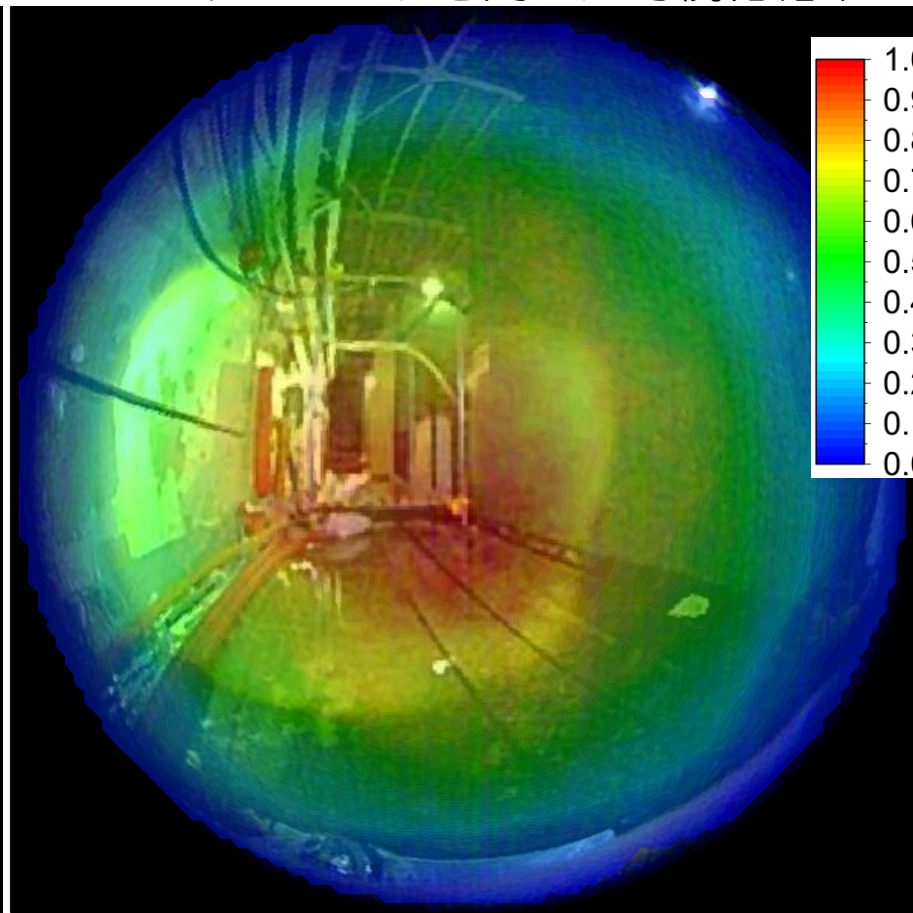
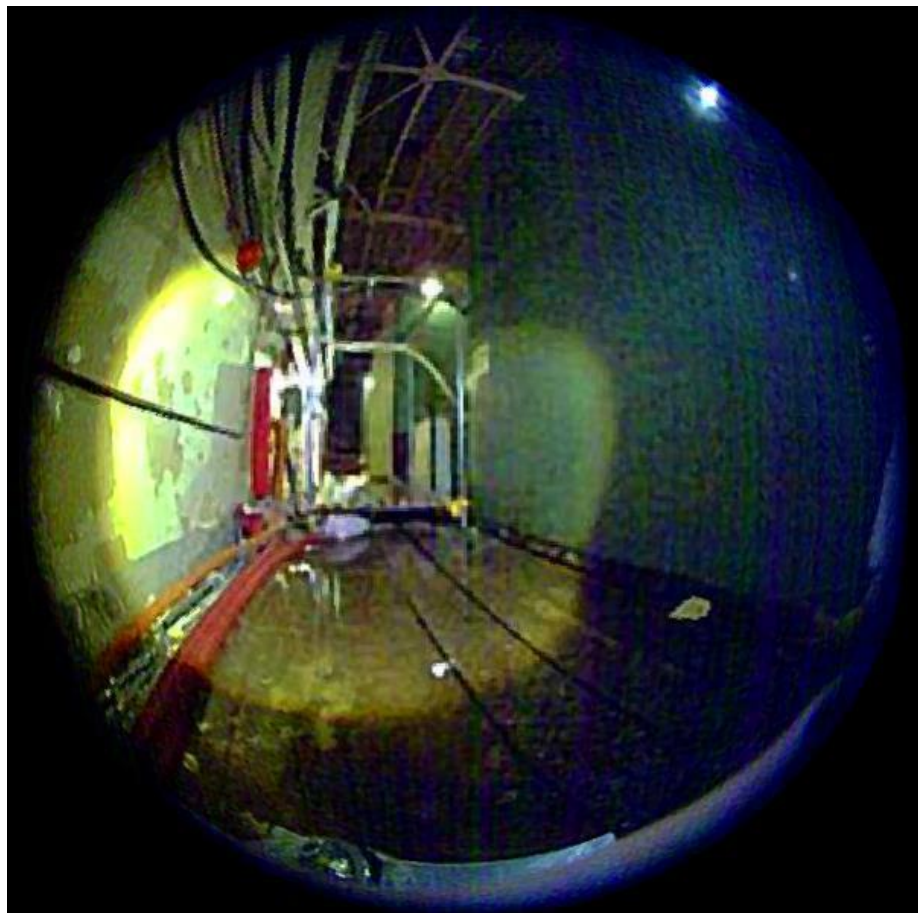
- 総重量：680 g
- 給電：USBバスパワー (5V, 0.5A) で動作
- ノートPC一台あれば現場で動作可能

試験場所：3号機タービン建屋内



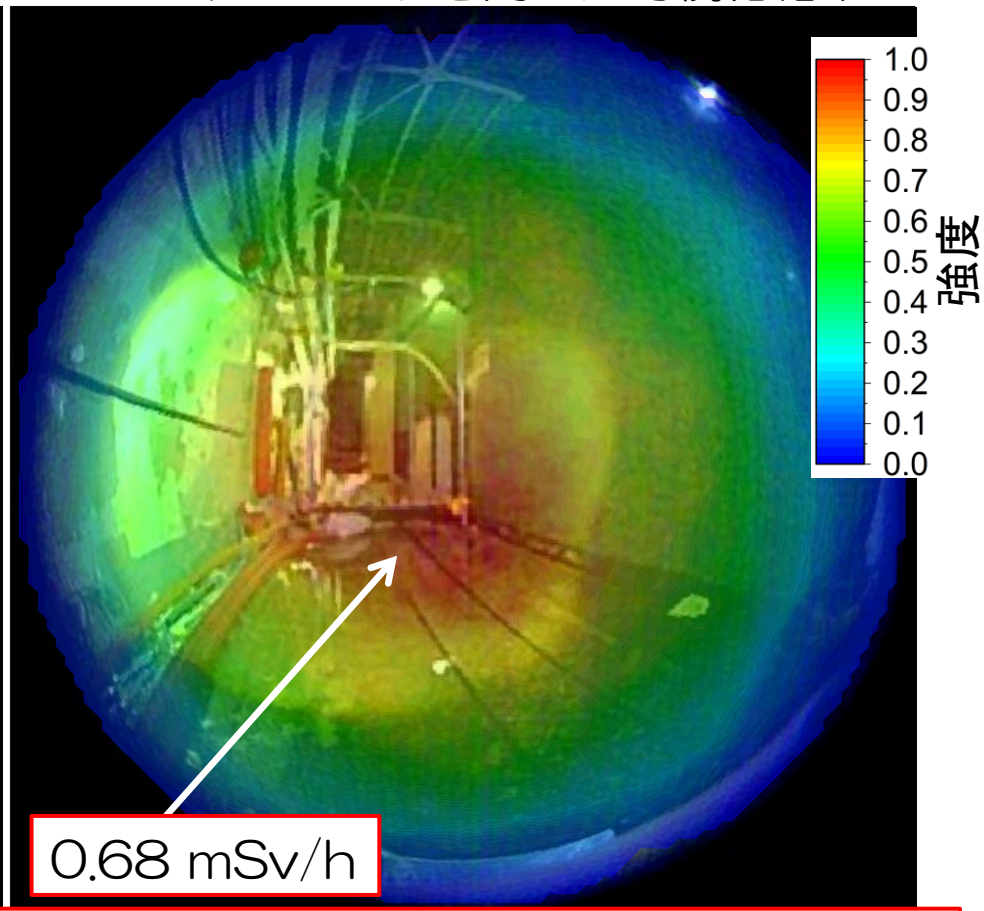
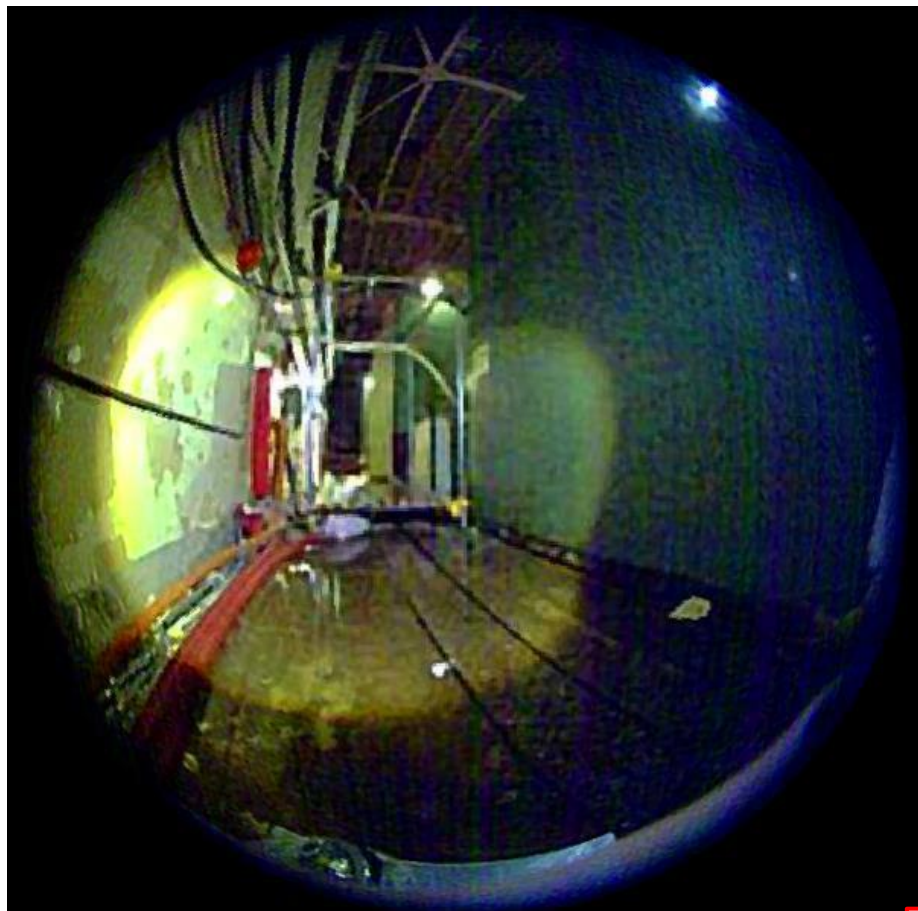


コンプトンカメラを用いた可視化結果



測定時間：39.5 s

コンプトンカメラを用いた可視化結果



※ホットスポット周辺: 0.2~0.3 mSv/h

コンプトンカメラを用いて、
福島第一原発建屋内でホットスポットの可視化に成功

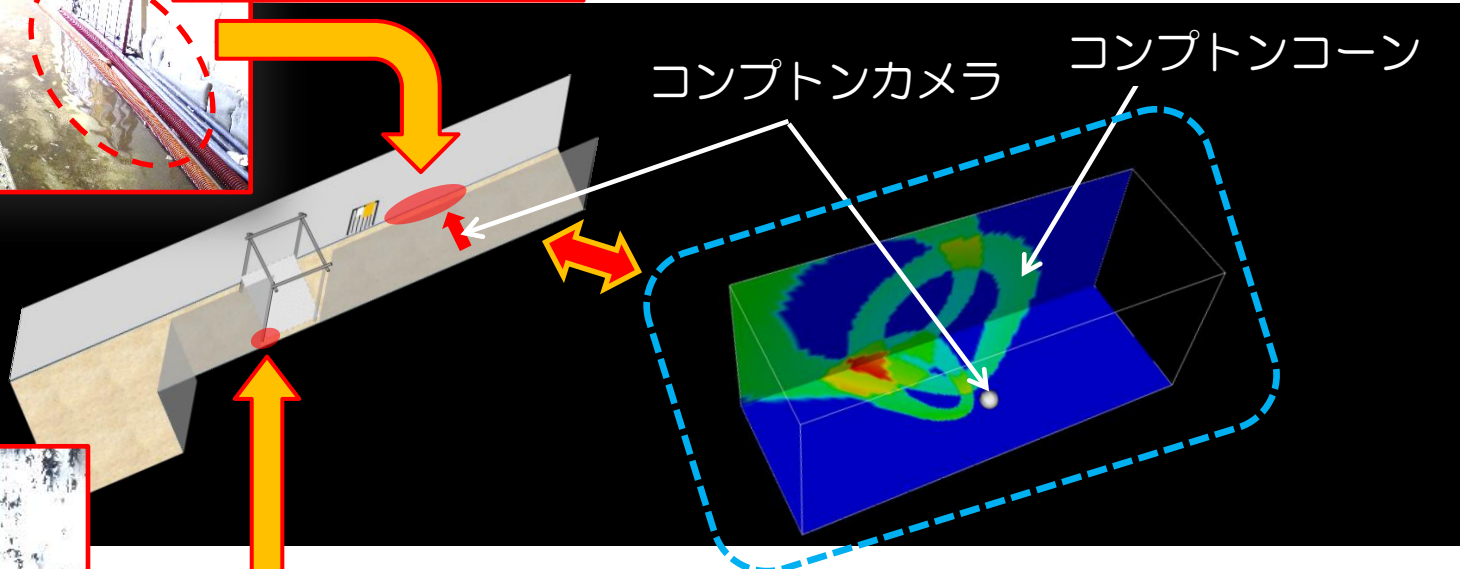


※ホットスポット周辺: 0.4~0.5 mSv/h

最大3.5 mSv/h

A circular heatmap showing the interior of a nuclear reactor. The color scale ranges from blue (low radiation) to red (high radiation). A bright red area in the center indicates a hot spot. A white arrow points from the text "最大3.5 mSv/h" to this hot spot. The surrounding area is green and yellow, indicating lower radiation levels. The background is dark, and the overall image has a grainy, real-time video quality.

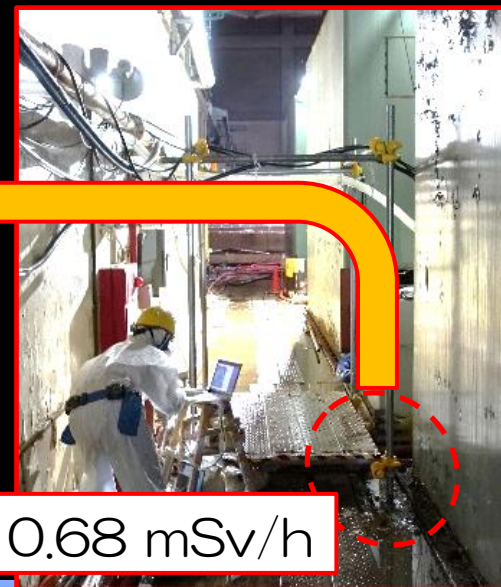
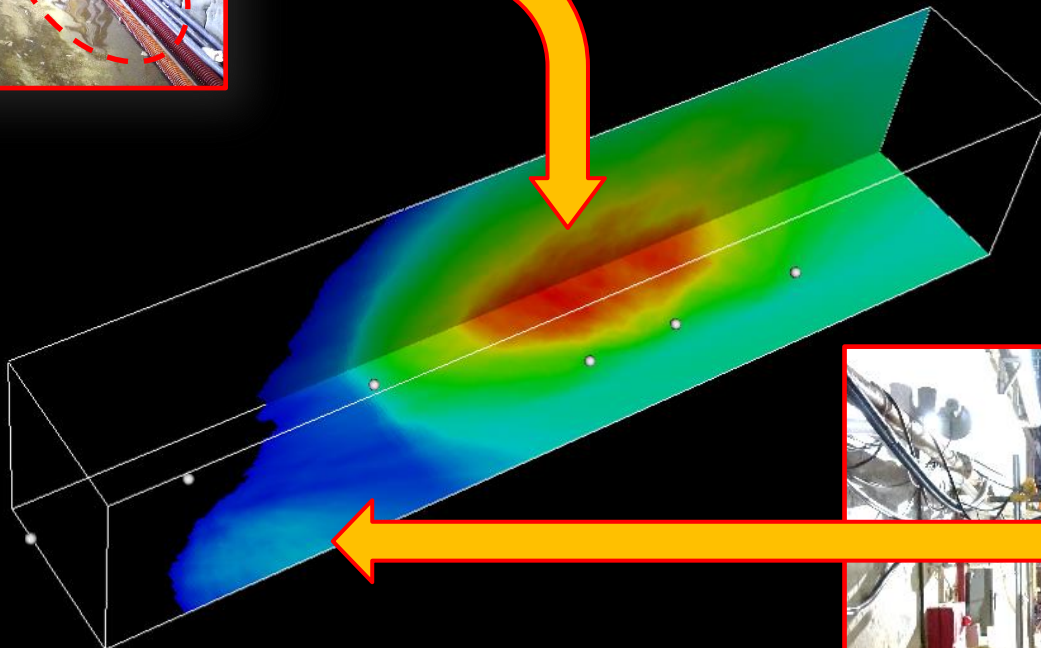
廃炉作業現場にて、
ホットスポットをその場で確認可能



Compton cone projection on wall and floor



最大3.5 mSv/h



0.68 mSv/h

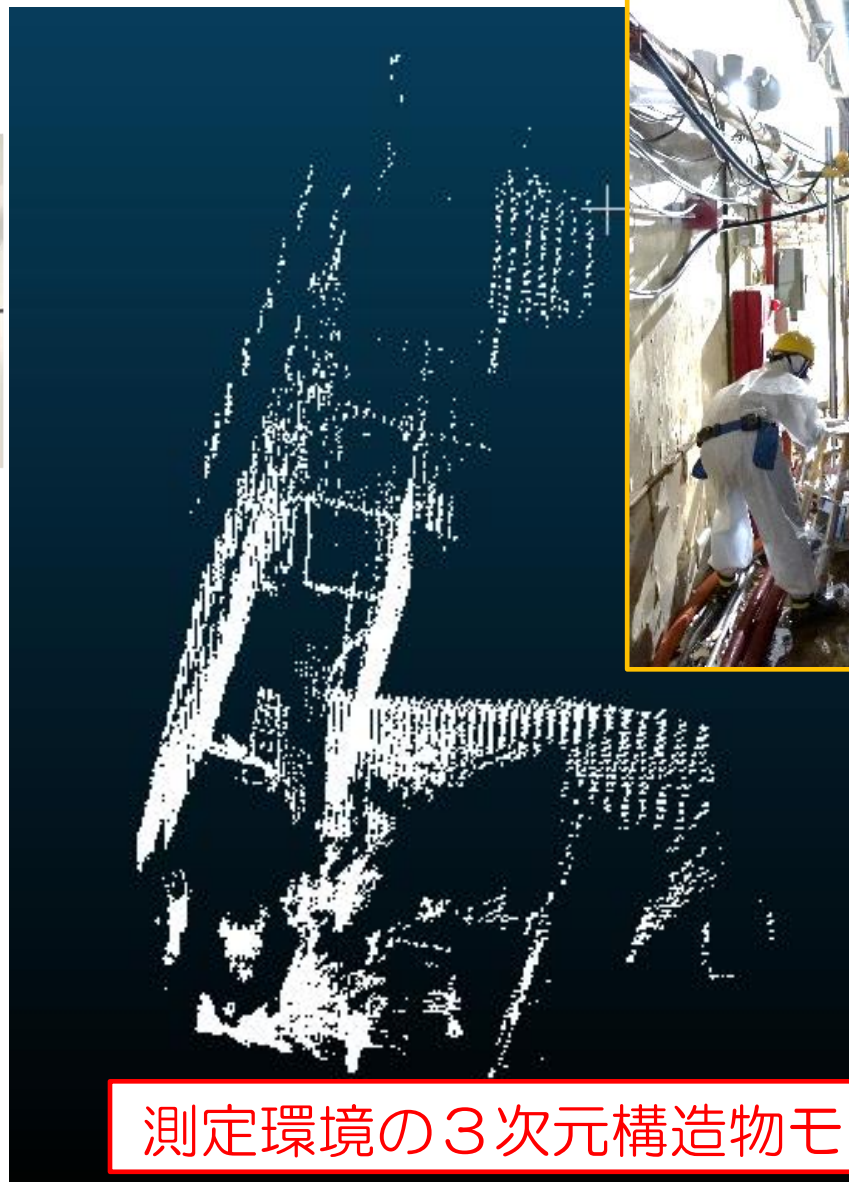
1F建屋内において、
ホットスポットの3次元な可視化に初成功！！

小型測域センサー



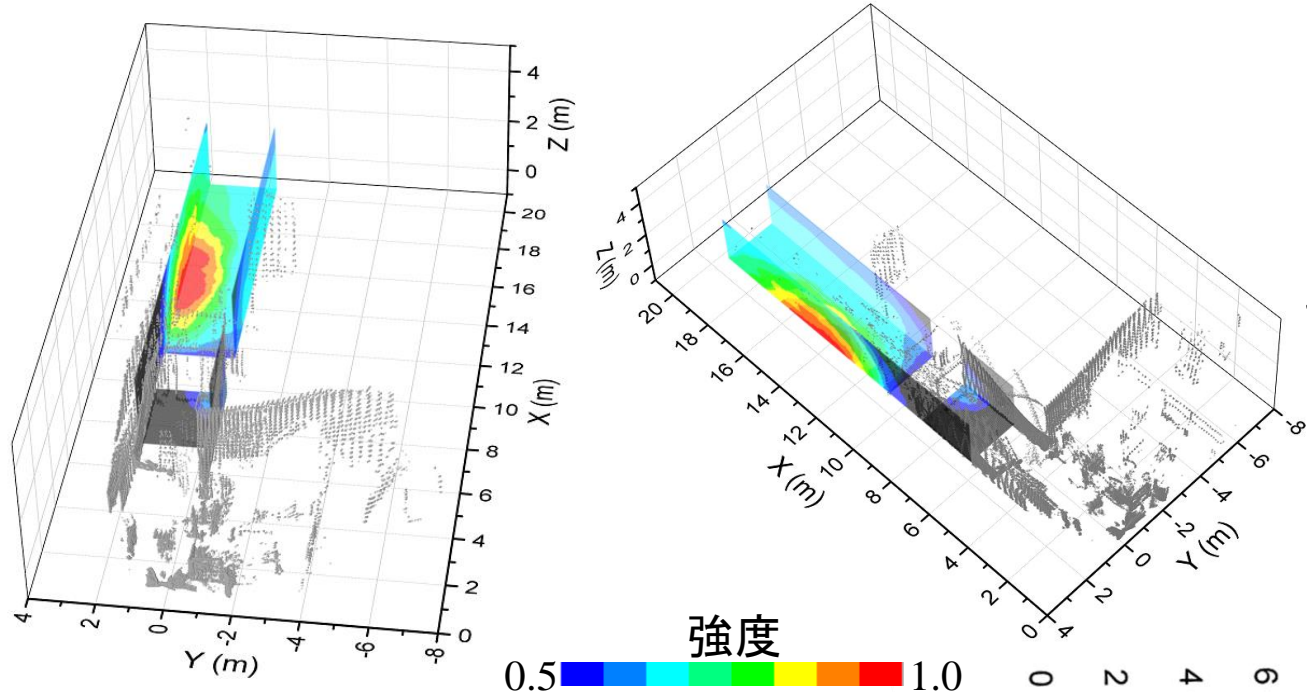
Hokuyo YVT-X002(3D)

レーザー光を走査し、
作業環境の3次元モデル
を構築する



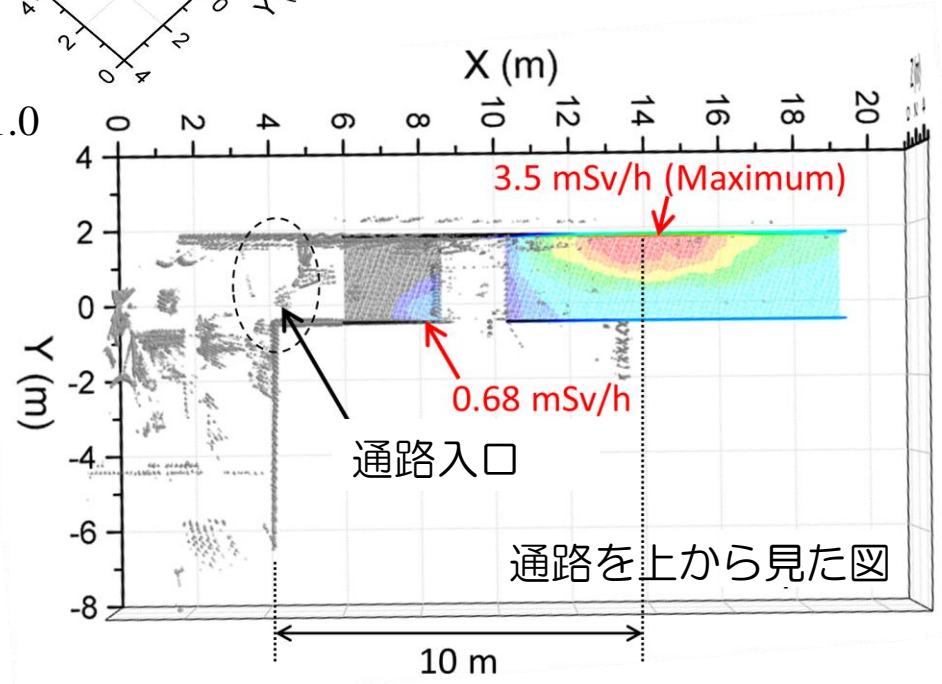
測定環境の3次元構造物モデル





放射線イメージ
+
3次元構造物モデル

- 任意の視点から汚染分布を観察可能
- 建屋構造を考慮した議論が可能となる

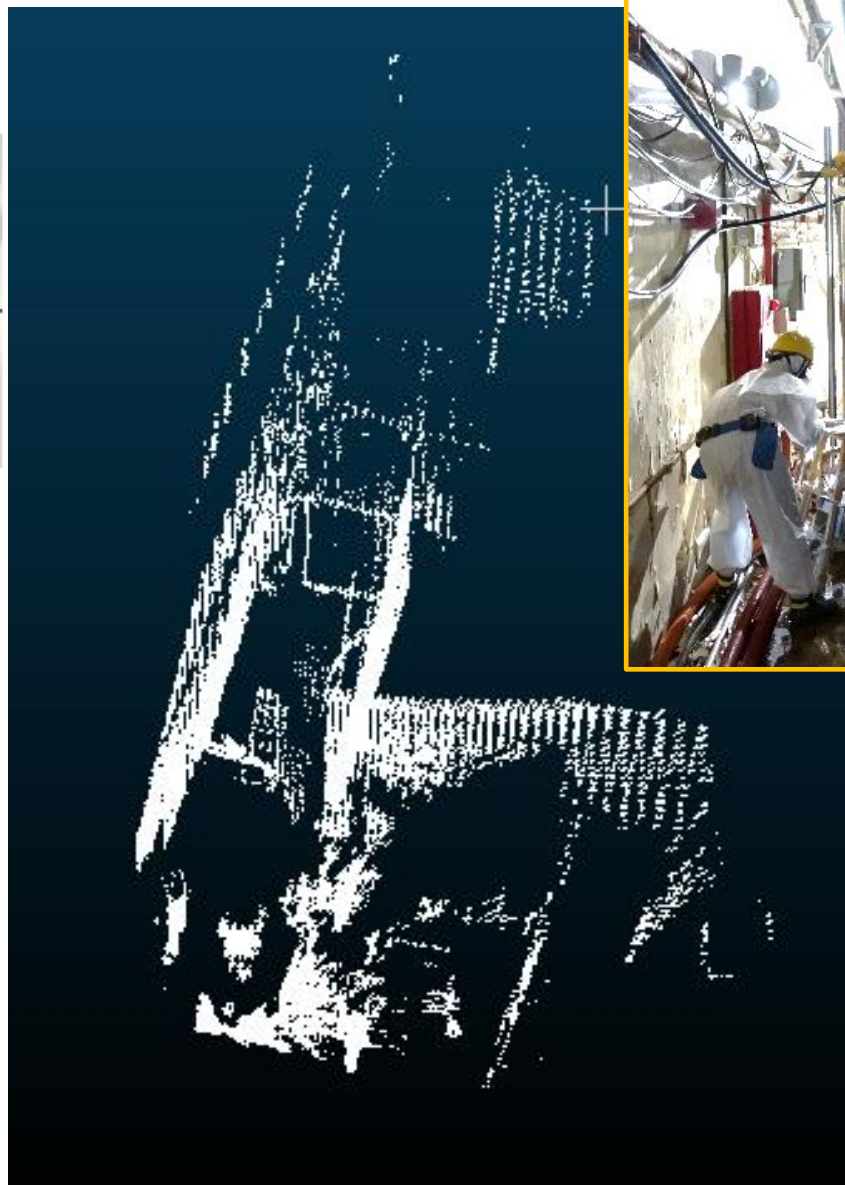


小型測域センサー



Hokuyo YVT-X002(3D)

レーザー光を走査し、
作業環境の3次元モデル
を構築する

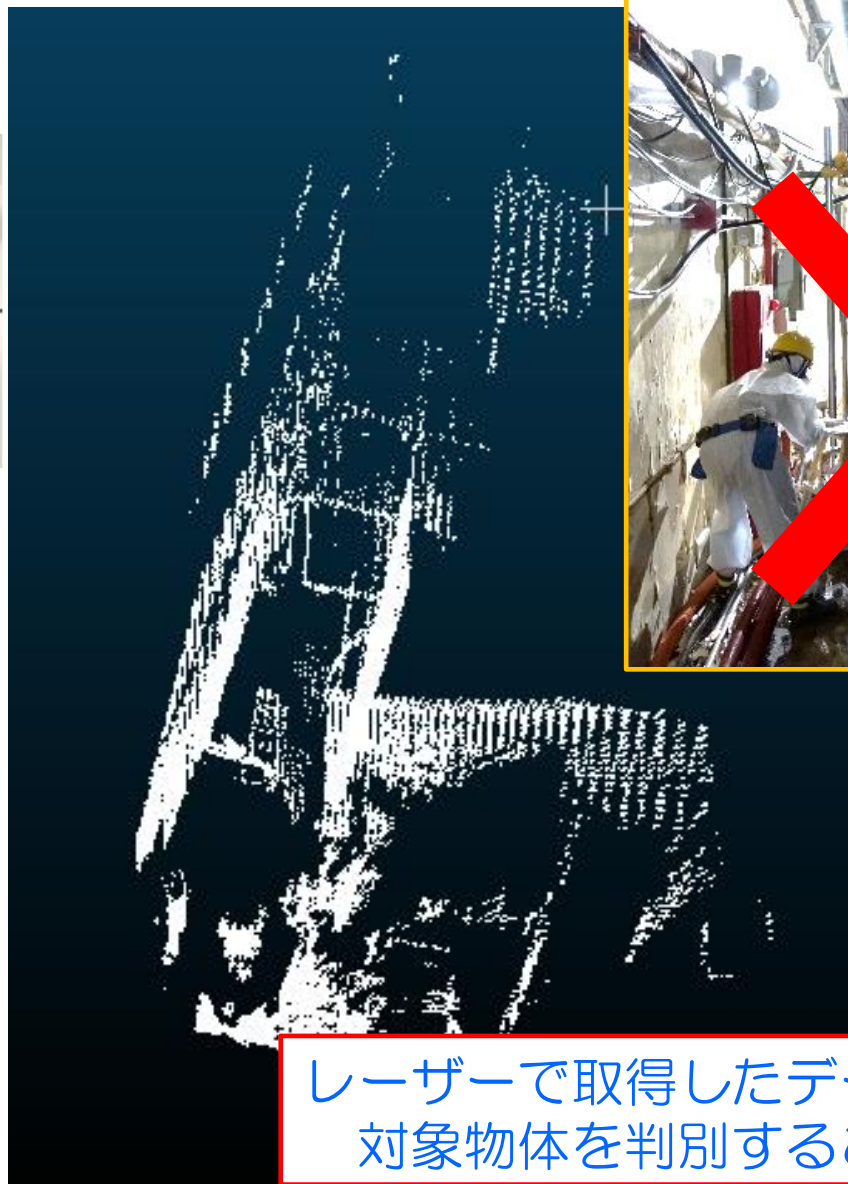


小型測域センサー



Hokuyo YVT-X002(3D)

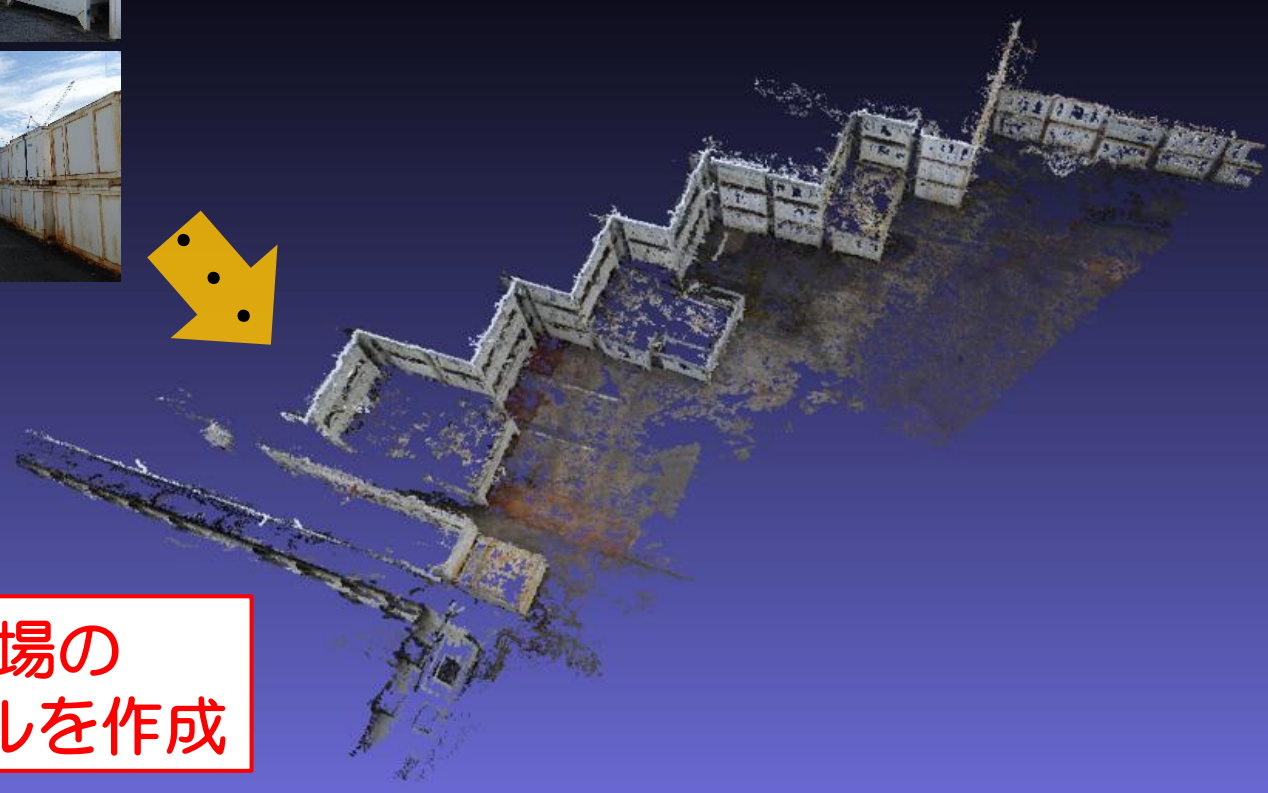
レーザー光を走査し、
作業環境の3次元モデル
を構築する



レーザーで取得したデータのみでは、
対象物体を判別することは難しい

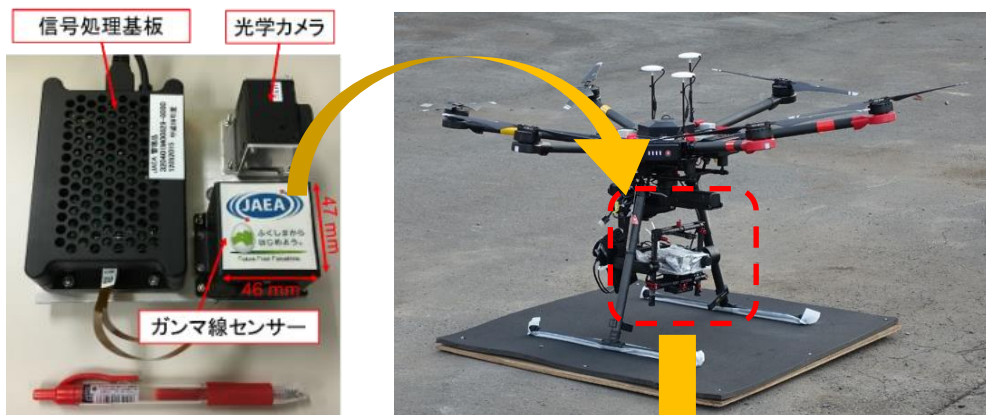
フォトグラメトリ

複数の視点から撮影した2次元光学画像から、対象の3次元形状を復元
福島第一原発サイト内廃棄物置（コンテナ）

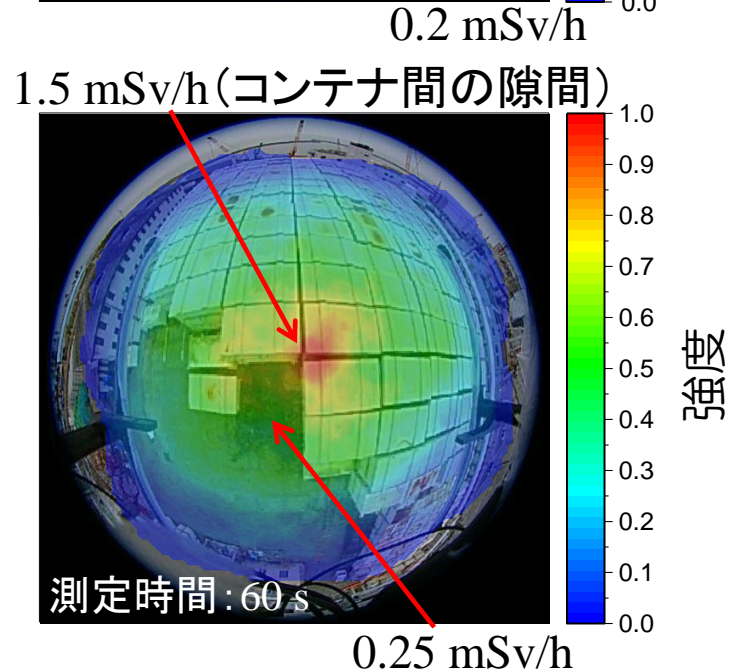
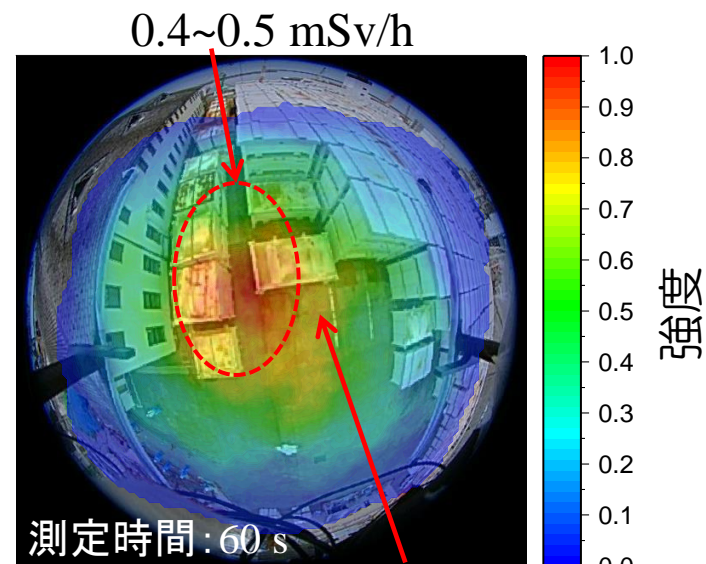


1Fサイト内現場の
3次元構造物モデルを作成

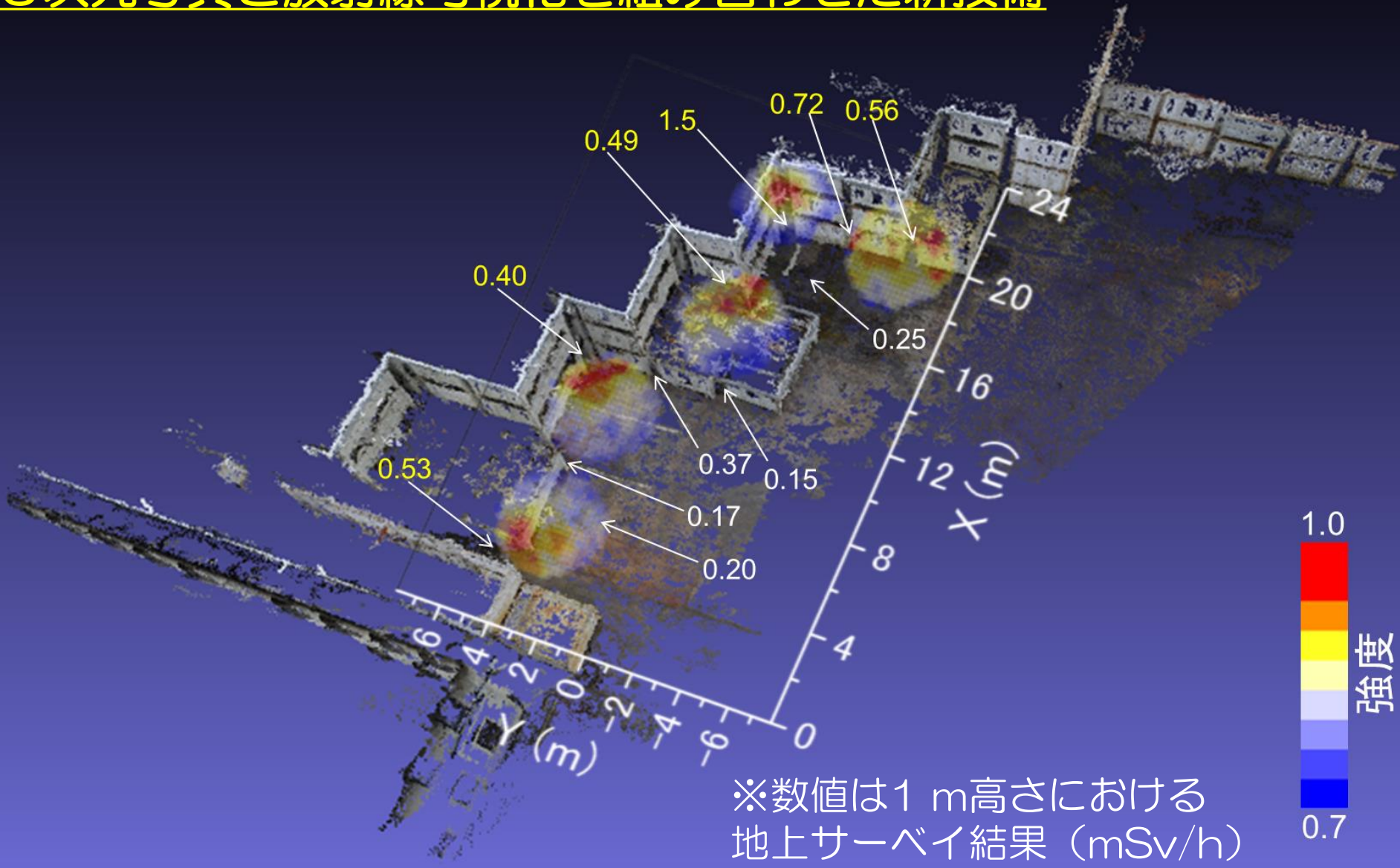
ドローンを利用した上空からの遠隔測定



上空からホットスポットを可視化



3次元写真と放射線可視化を組み合わせた新技術



◆ 小型・軽量コンプトンカメラの開発・性能評価

1Fサイト内において、表面線量率が最大約3.5 mSv/hのホットスポットのイメージングが可能

◆ 汚染分布の3次元可視化技術の開発

コンプトンカメラを用いて複数地点から測定したデータを用いて、汚染分布を3次元的に可視化

◆ 測定環境の3次元モデルと放射線イメージの重ね合わせ

レーザーのデータや写真データから測定環境の3次元モデルを構築し、放射線イメージと統合する

⇒ より視覚的に理解しやすい汚染分布図の提供へ

～今後の研究開発～

- ◆ 遠隔機器へ搭載して、より高線量環境への導入
- ◆ 3次元構造物モデルの精度向上



ふくしまから
はじめよう。

Future From Fukushima.