

極限環境探査を
目指した
ロボット技術研究
2025

会津大学 コンピュータ理工学部

山田 竜平

研究の背景

災害地域や事故現場、宇宙環境といった人間が直接行くのに危険や困難を伴う「**極限環境**」で作業や探査を行えるロボット技術の研究・開発を進めている。

➡ 災害・事故対応、科学・資源探査へのロボット利用



災害現場



事故現場



宇宙環境（月惑星）

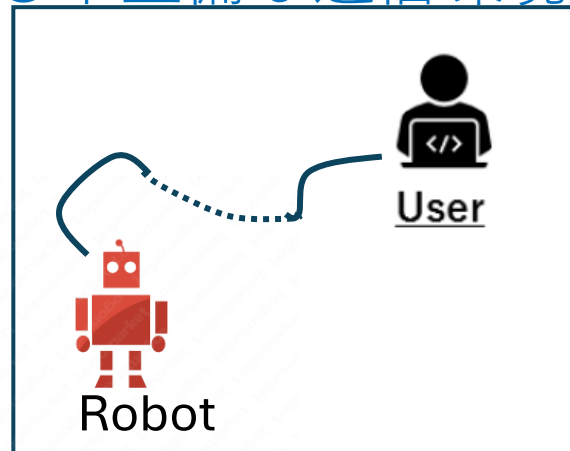
極限環境における問題点

○走行困難、危険を伴う不整地



活火山領域

○不整備な通信環境



○認識できる特徴点の少なさ



月表面

○滞在困難な環境

(極高低温、真空、高圧、放射能等)



福島第一原発建屋内

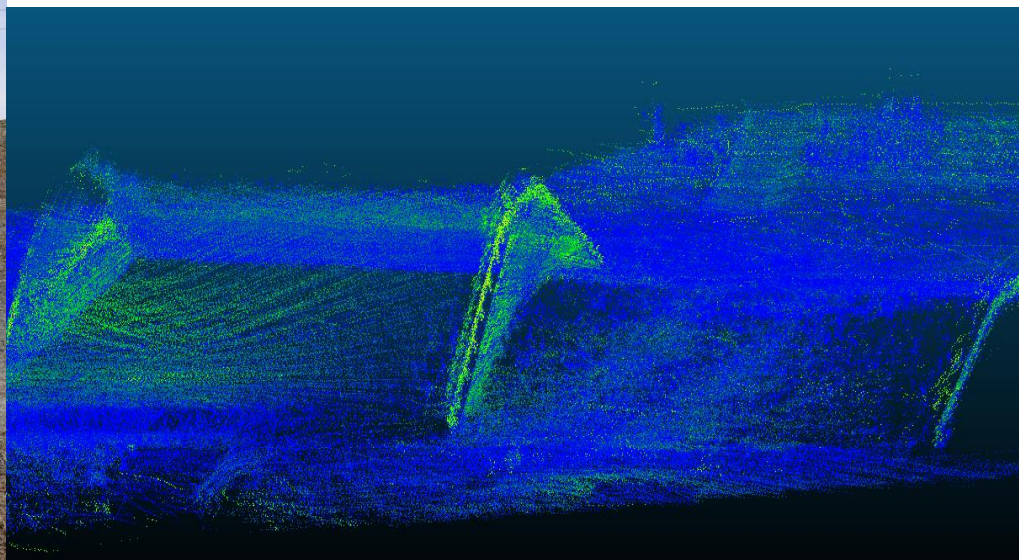
極限環境はロボットの活動に対しても困難な環境であり、適用環境を想定した技術研究が必要！

研究対象とするロボット技術

地図生成と自律移動



福島RTF土砂傾斜エリア



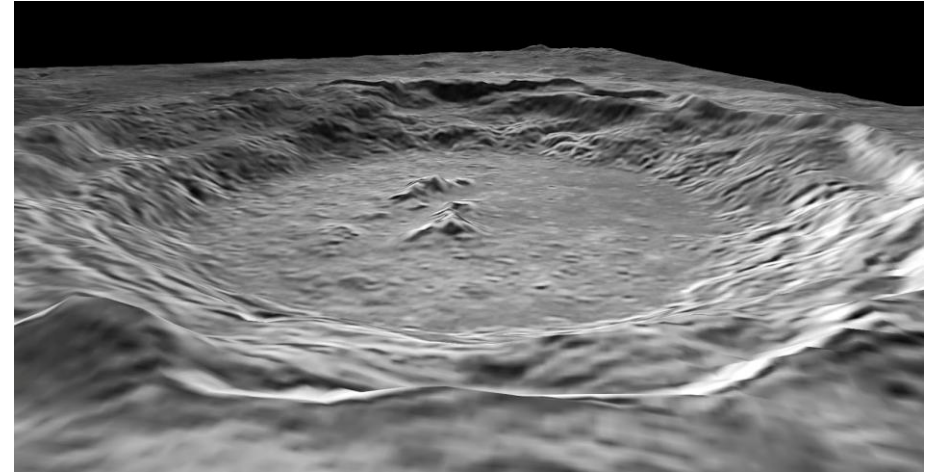
土砂傾斜エリア3次元点群地図

- 不整地面（走行困難域）での正確な地図生成技術
- 特徴点の少ない環境にも適用可能な情報量に富んだ地図生成技術（データフュージョン地図生成）
- 3次元的な起伏を有する不整地環境での最適な経路計画、自律移動技術
- 通信困難域での遠隔自律移動技術

ターゲット環境



災害地域



月惑星表面



福島第一原発
原子炉周辺
建屋内部

極限環境では、凹凸路面やがれき面、砂地などの不整地面が予測され、**不整地での地図生成、自律移動技術の確立**が極限環境でのロボットオペレーションに重要

ターゲット環境を想定したロボット研究



災害地域



月惑星表面



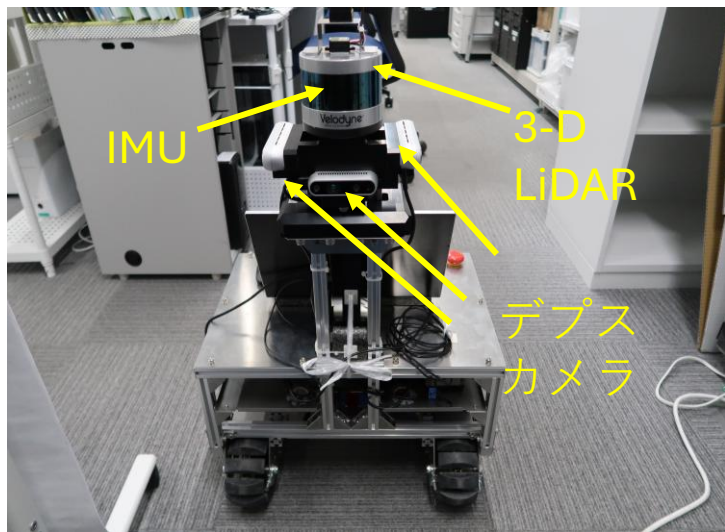
福島第一原発
原子炉周辺
建屋内部

想定される環境での課題抽出と技術検証・改修・確立が必要

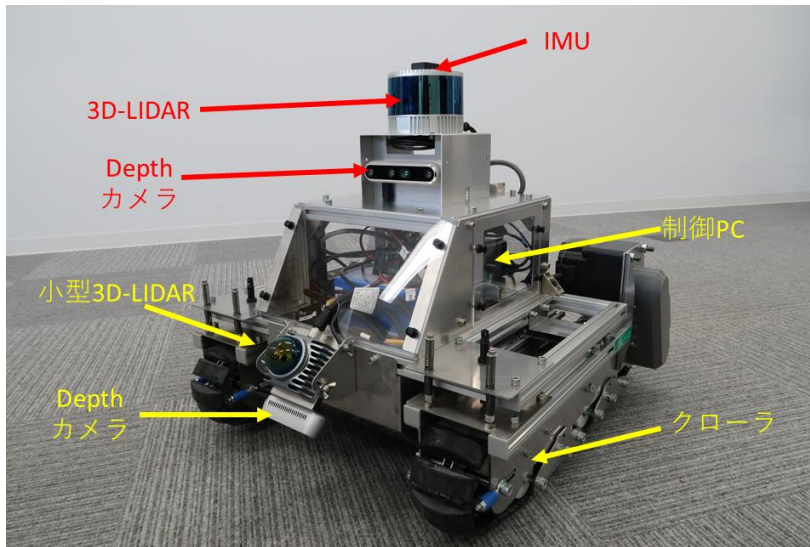
➡ 福島ロボットテストフィールド(RTF)の模擬環境試験設備を使用した**地図生成・自律移動の研究・実験**を実施している。

研究用ロボット

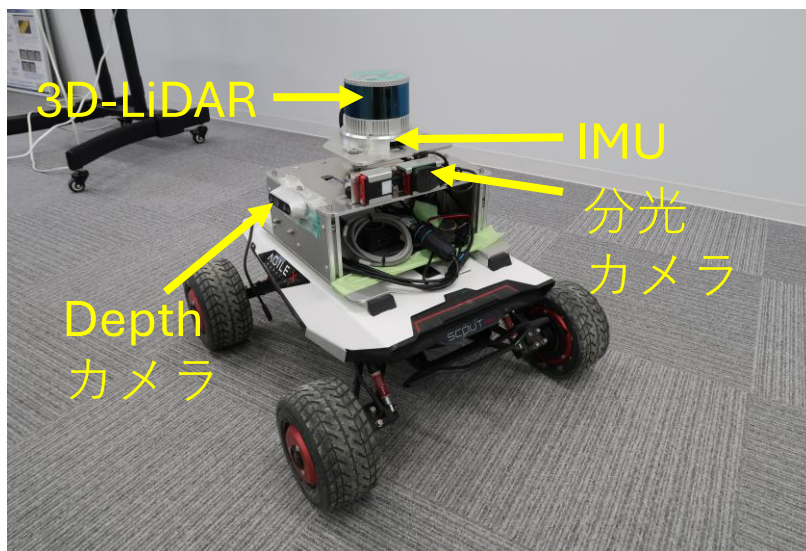
3次元LiDAR・IMU・カメラデータをベースに3次元地図生成、自己位置推定、自律移動研究に適用している。



クローラロボット(台車3号機)



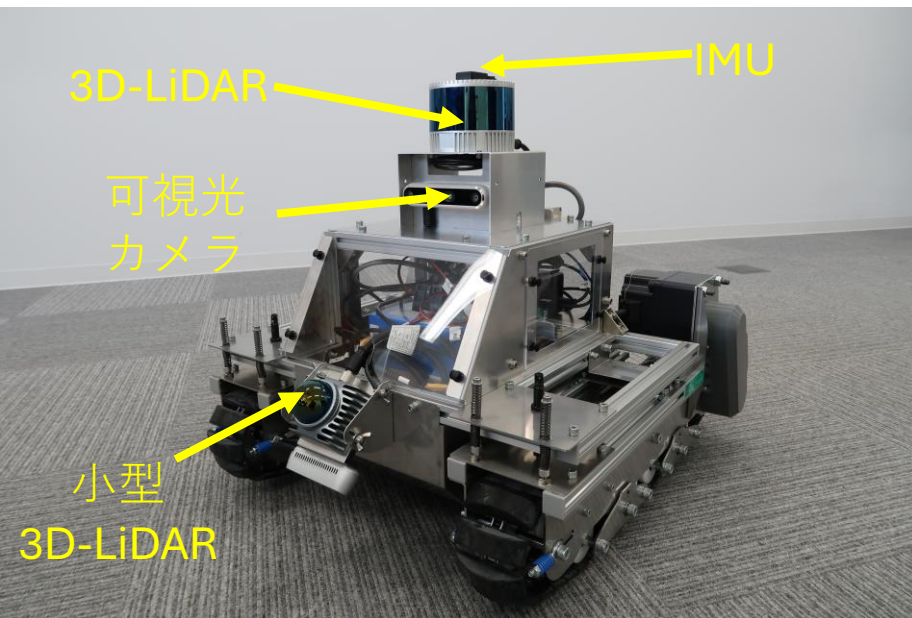
クローラロボット(台車4号機)



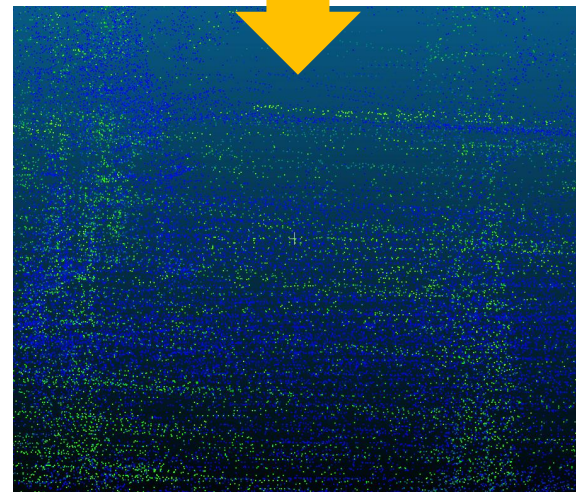
四輪駆動ロボット
(箱庭ローバー)

データフュージョン地図生成(1)

周辺環境・物体認識率の向上やナビゲーションにおけるターゲットや障害物の識別率向上のため複数のセンサーデータを融合した地図（データフュージョン地図）生成技術を研究開発



クローラロボット(台車4号機)



福島RTF 模擬プラント内カメラ画像とLiDAR3次元点群

データフュージョン地図生成(2)

複数センサーデータのフュージョンによる高精度・高解像度の
3D-informative Mapの構築法を研究中。

事故原発周辺環境においては画像内環境分類情報や放射線量
データの付与も検討



セマンティックセグメンテーションによる
分類画像



ロボットアーム
搭載放射線量計

福島RTF模擬プラント LiDAR3次元点群
+カメラ画像 +小型LiDARカラー点群
+カメラRGB-D点群

模擬月面クレータでの実験

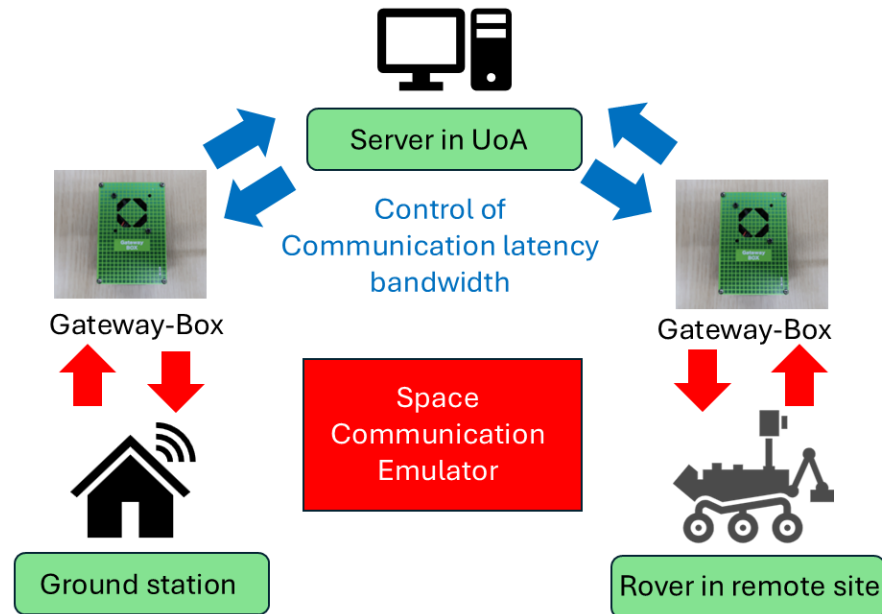
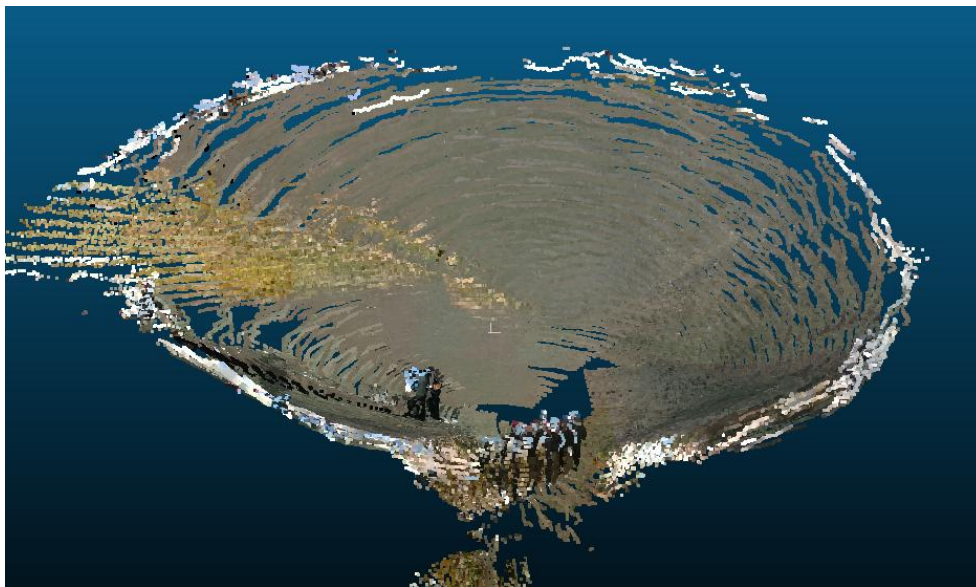
将来の月惑星ローバー（移動ロボット）探査を想定して、周辺環境復元のための地図生成技術や遠隔通信技術、ローバーのオペレーション技術の研究開発を学内の研究チームで推進中
福島RTFの模擬月面クレータ施設を活用



模擬月面クレータでの実験の様子(2026年1月)

クレータ内部に月レゴリスと力学的特性が類似した砂を敷設し、月面での走行状態と地形を模擬した試験が可能

模擬月面クレータでの地図生成と遠隔通信



模擬月面クレーターの3次元色付き点群

宇宙通信エミュレータ模式図

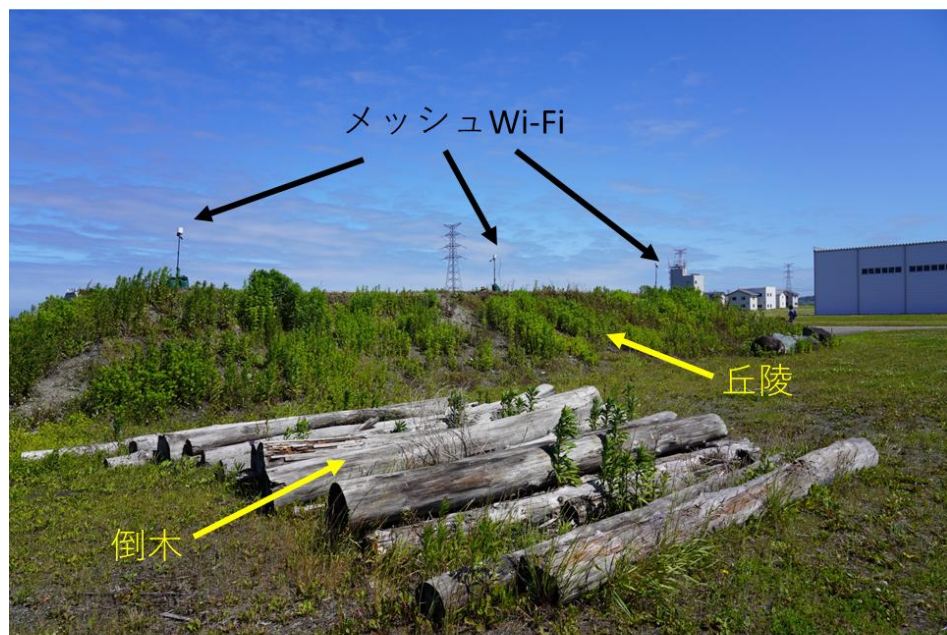
○月面模擬砂上では特に斜面走行時に砂によるスタックやスリップが生じ正確な地図生成における課題(LiDARのみの自己位置追従は困難なのでデータフュージョンが鍵)

○福島県宇宙事業（りもはこプロジェクト）との連携で宇宙通信時の遅延やデータ容量制限を模擬可能な通信エミュレータを開発。2月に福島-鳥取間の遠隔操縦（マニュアル）を実現。

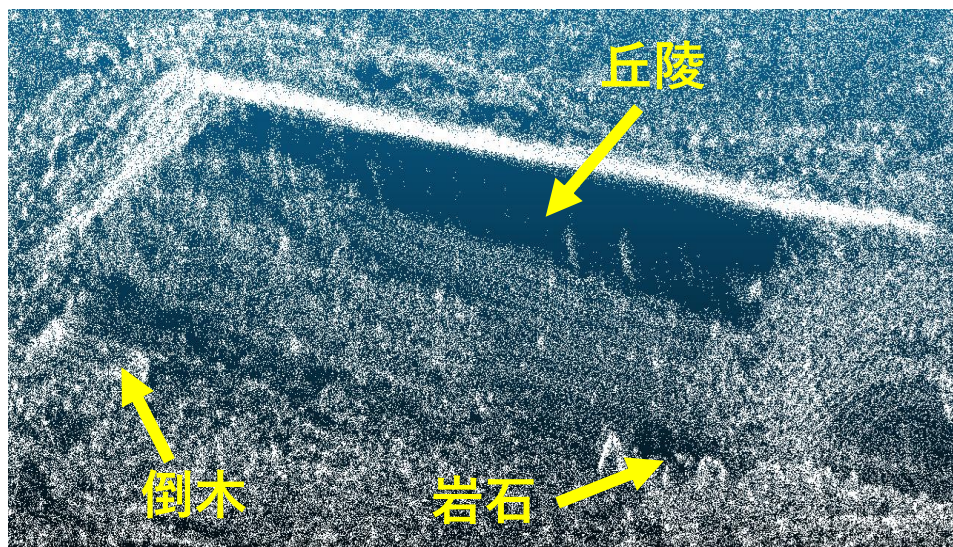
屋外不整地での遠隔自律移動実験 (1)

福島RTFの「**土砂倒木エリア**」において、地図生成と遠隔自律移動の実験を実施。

インターネットでロボットの制御PCとオペレータのコントロールPCをサーバーを経由して接続し、遠隔地からの制御による自律移動を可能にした。



RTF土砂倒木エリア



RTF土砂倒木エリアの
3次元点群地図

屋外不整地での遠隔自律移動実験 (2)

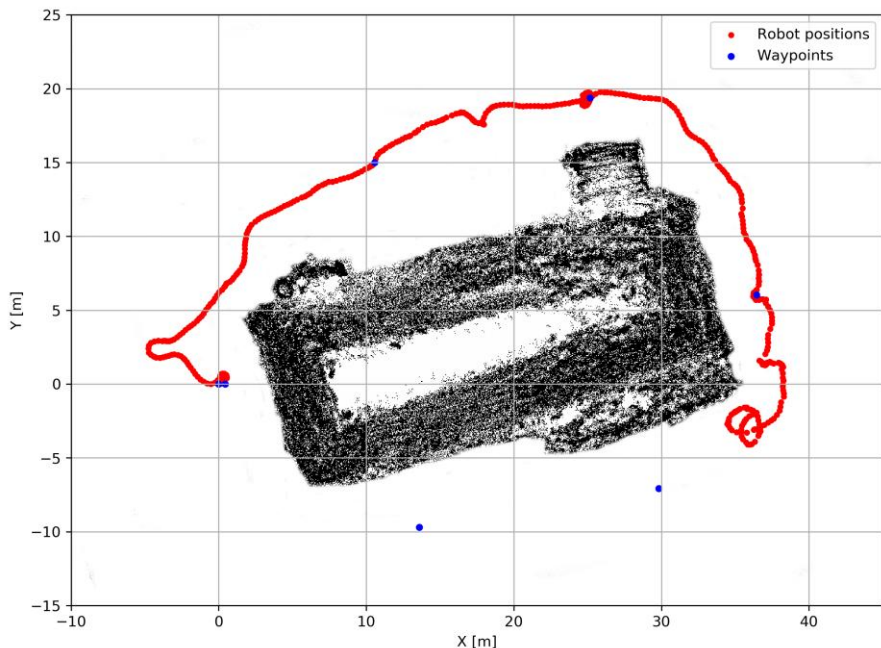
オペレーター

RTFプレハブ

20~30m

ロボット

土砂倒木エリア



福島RTF土砂倒木エリア遠隔自律移動
(10倍速)(2025年5月)

福島RTF土砂倒木エリアグリッド地図

- Waypointsを經由しての遠隔自律移動は可能だが、自己位置推定は現状不安定。
- 使用する地図の高情報化やより高精度な自己位置推定法 (RTK-GNSSやカメラ画像との合成等) の適用が重要
- 遠隔通信に使用する最適なIoTプロトコルについても研究中

まとめ

本ロボット事業含めて、関連ロボットプロジェクトと合わせて
極限環境に適用可能なロボットの地図生成及び自律移動技術の
研究開発を推進中



**福島RTFでの想定環境実験・研究を通して課題抽出と解決を行い、
実環境での実用化を目指す。**