

# 修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/09/2020

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	栗原 拓也	指導員 Advisor	片岡 淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線応用物理学 研究	学籍番号 Student ID number	5318A020-8 CD		
研究題目 Title	ドローンを用いた放射性核種三次元可視化技術の開拓				

## 【研究背景】

2011年3月11日、東日本大震災に付随した津波の影響によって福島第一原子力発電所事故が発生し、多量の放射性物質が環境中に放出された。事故から約9年が経過した現在、福島県内に発令された避難指示区域は解除されており、復興に向けた除染活動が進められているが、主に森林の大部分が未だ帰還困難区域に指定されている。里山や田畑等の継続的な環境調査や除染計画の立案のためには詳細かつ継続的なガンマ線源分布の測定が必要であり、森林等の立体構造を持った地形のイメージングも課題となっている。

広域モニタリングを効率的に行うシステムとしてヘリコプター等を用いた上空からの測定が挙げられるが、一度のフライトにかかるコストが大きく定期的な測定には向きでない。これに対し、ドローンは近年では市販されているものも増え、購入してしまえば特定の資格等も必要ないため継続的にフライトを行うことが可能である。

本研究室で福島県の環境調査のために開発した non-DOI コンプトンカメラは、軽量のガンマ線イメージング装置であり<sup>137</sup>Csをイメージング対象としている。<sup>137</sup>Csは、原発事故により放出された放射性核種の中でも半減期が約30年と長く、汚染が長期化する主な原因となっている。

そこで本研究ではドローンに non-DOI コンプトンカメラを搭載して、上空からローカルな範囲の<sup>137</sup>Csの分布状況の可視化を行った。また、特に除染の妨げとなっている森林地帯のイメージング効率化への第一歩として三次元再構成の実証にも挑戦した。

測定を行なった場所は、福島県双葉郡浪江町に位置する浪江高等学校分校のグラウンドであり、福島第一原子力発電所から約30kmの距離に位置している。



図1.実験サイト

## 【二次元イメージング】

測定を行なったのは、図1中の青星で示されているポイントである。まずガンマ線スペクトロメータを用いてグラウンドの20×20m<sup>2</sup>のローカルな範囲で線量の測定を行い二次元マップを作成した。測定は11×11点で行い、測定点の間隔は2mである。連続的な放射性物質の分布図を得るために、121点の測定データを用いてスプライン補間を行い任意の点の空間線量率を求めている。コンプトンカメラを搭載したドローンによる上空測定は高さ10mの地点で行った。

図2の結果より、どちらも領域の右側に収束が見られ一致していることが分かる。収束のズレの主な原因としては上空での風によるドローンの揺らぎが考えられる。各点でスペクトロメータを用いて1分間測定を行っており、地上測定全体で要した時間は4時間以上であったのに対し、ドローン測定1回の時間は15分であった。

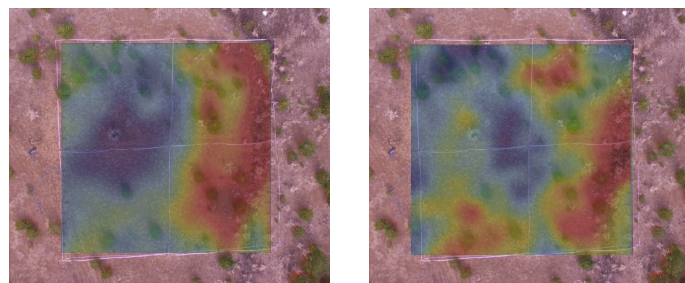


図2.地上測定(左)と上空測定(右)の比較

以上より、スペクトロメータを用いて作成した画像と上空からドローンに搭載したコンプトンカメラで測定した二次元画像を比較することで、上空からのドローン測定の妥当性を確認した。

## 【三次元イメージング】

二次元イメージングによって妥当性の確認が取れたため、三次元イメージングの実証に挑戦した。二次元イメージングの時と同様、まずスペクトロメータを用いて10×10×5m<sup>3</sup>の領域の測定を行い三次元画像を取得し、コンプトンカメラの測定画像を比較した。コンプトンカメラによる三次元再構成はステレオカメラの要領で対象領域を地上8方向から測定することで行った。結果から同様の位置に収束が見られ、三次元再構成に成功したと言える。

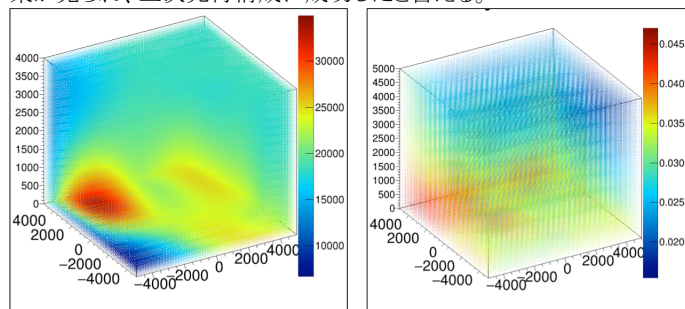


図3. スペクトロメータ画像(左)とコンプトン画像(右)の比較

## 【まとめと今後の展望】

本研究ではドローンを用いてローカルな範囲を対象にした詳細な三次元ガンマ線イメージングの実証を行った。これにより人の手で直接測定を行うことなく放射性物質の分布画像を取得することができる。今後は、ドローンの位置情報を取得しながら移動測定を行うことでより精度の高い画像の取得を目指して行く。

## 【研究業績リスト】

- (1) [国際会議(Oral)] T. Kurihara et al., "Demonstration of 3D-imaging of <sup>137</sup>Cs using Compton camera aboard drone in Fukushima", IEEE NSS/MIC 2019, Manchester, UK
- (2) [国際会議(Oral)] T. Kurihara et al., "First precision spectroscopy cesium-137 from the ground to 150m above in Fukushima", IEEE NSS/MIC 2019, Manchester, UK
- (3) [国際会議(Oral)] T. Kurihara et al., "First precision spectroscopy cesium-137 from the ground to 150m above in Fukushima", PD18, Tokyo, Japan
- (4) [講演] 栗原拓也 他、「福島県浪江におけるガンマ線スペクトルの高度依存測定」、第66回応用物理学会春季学術講演会 2019、東京、日本