

## 高位置分解能ガンマカメラの実用化開発

鳥居建男, 志風義明, 眞田幸尚, 西澤幸康, 吉田真美 : 福島環境安全センター



### 概要

上空から放射性セシウムを可視化する散乱エネルギー認識型ガンマカメラの開発に成功  
-無人ヘリに搭載して上空から放射性セシウムの分布を可視化-

#### 「発表のポイント」

- 無人ヘリコプターにより上空から詳細なセシウム分布を測定  
高度10mの飛行により位置分解能約10mで迅速測定  
(60m x 60m範囲(測線間隔5m)を20分間で測定が完了)  
山林や建物の屋根など人の立ち入りが容易でない場所で活用
- 周囲からの放射線の影響を除き、汚染状況の高精度なマッピングが可能  
散乱体検出器のエネルギー選択により、周囲からの放射線の寄与を除いて、  
3D地図情報と合わせて地表面の汚染状況を正確に視覚化
- 広範囲の除染箇所の特特定や除染効果の確認作業の効率化に向けて大きく前進  
局所的な沈着を測定、ホットスポット探査等、除染現場でも活用可能

### 目的

原子力機構は、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故により環境中に放出された放射性セシウムの分布状況の広範囲にわたる迅速な把握、及び、除染の効率化のため、放射線検出器を無人ヘリに搭載して上空から測定する技術の研究開発を行ってきました。事故後に行われている放射線モニタリングでは、人間や車が立ち入ることの困難な場所については計測が難しいため、無人ヘリや有人ヘリによる上空からの放射線量測定が行われていますが、位置分解能が数十～数百mと大きく、より高位置分解能かつ高精度の線量マップ作成に関して強い要望がありました。

以上の背景に対し、散乱エネルギー認識型ガンマカメラを開発することにより、感度が高く、地表面上でより高い2次元位置分解能を持ち、かつ無人ヘリに搭載可能な10kg以下の装置を開発し、上空からの高位置分解能な放射線分布の測定を目指してきました。本研究では、新開発の国産のシンチレータであるCe:GAGGとSiPM(シリコン・フォトマルチプライヤー)アレイ[散乱体]及びAPD(アバランシェ・フォトダイオード)アレイ[吸収体]とを組み合わせた放射線検出器を構成します。エネルギー補正を導入したコンプトンカメラの方式により、ガンマ線の飛来方向を高感度に分析する検出器システムを開発し、ヘリコプターによる詳細かつ広範囲なマップの迅速な作成の可能なシステムの開発を目指します。

### 検出器・測定方法

#### データロガーの概略図

#### データロガー外観

#### 検出器・データ収集システム

#### 無人ヘリによる放射線モニタリングシステム

#### エネルギーと散乱角の関係

#### 飛行方法

A. ホバリングによる分布測定

B. 移動測定による高位置分解能測定

### 実施状況

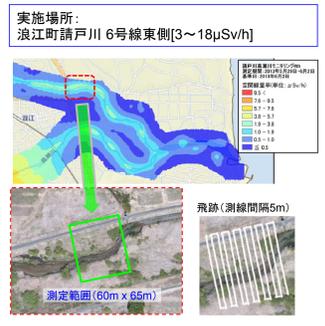
#### ・撮影試験

##### 1) ホバリングフライト

高度 : 10m, 20m  
測定時間 : 30分間, 50分間

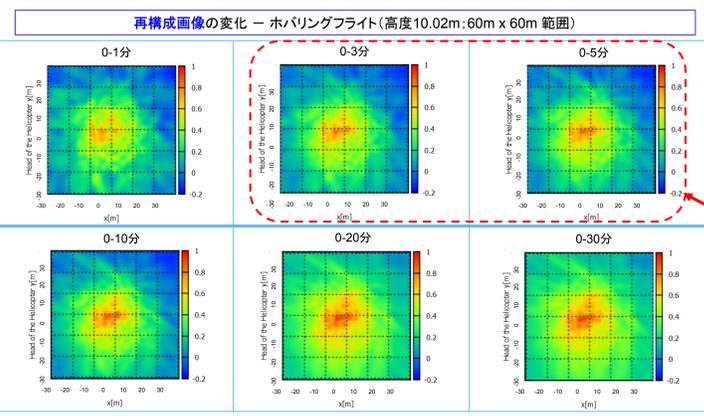
##### 2) プログラミングフライト

範囲 : 60m x 65m  
速度 : 1m/s  
高度 : 10m, 20m, 30m  
測線間隔 : 5m (13測線), 10m (7測線)  
測定モード : コインシデンス, シングル (前段のみ収集: 比較用)  
測定時間 : 20分間 (5m間隔), 10分間 (10m間隔)



#### ・解析結果

##### 1) ホバリングフライト



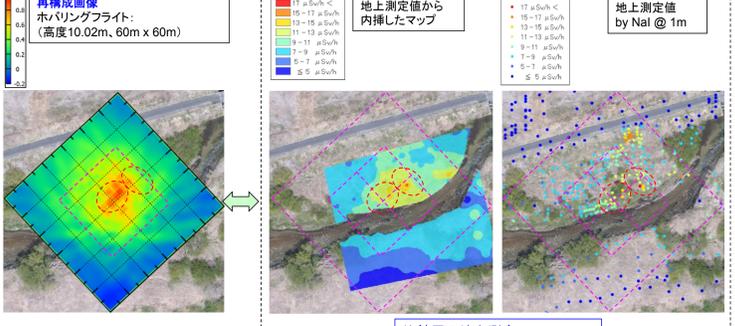
ルジャンドル級数を用いた Filtered Back Projection法によりガンマ線画像を再構成

使用イベントの条件:  
(散乱体シンチレータのエネルギー)  
Es = 50-450 keV  
⇒ 散乱角 θ = 20° ~ 130°

3~5分間で測定可能

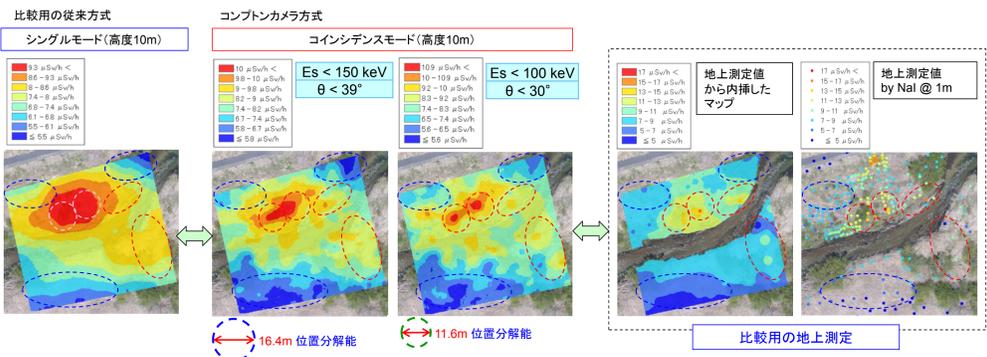
高度10mの60m四方では5分間で約18000イベント

5分間以降は大きく変化せず



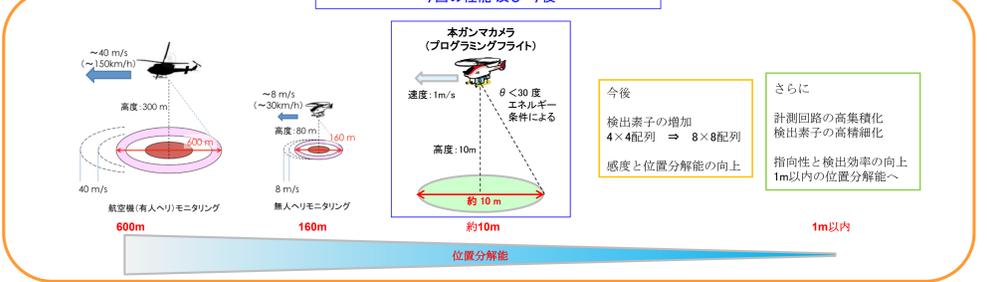
解析結果から  
1) ホバリングフライト  
・方法・時間: 20m四方(高度10m) ⇒ 5分間(5~17μSv/h程度の場合)  
・検出率の入射角度依存性 ⇒ 実測に基づく補正が必要。  
・角度分解能20° (シンチのサイズと2層の距離より) ⇒ 検出素子の増加&距離の拡張により改善の予定  
・再構成画像中の不自然な帯(artifact)は今後の課題

##### 2) プログラミングフライト



解析結果から  
2) プログラミングフライト  
・方法・時間: 60m四方(測線間隔5m&高度10m) ⇒ 20分間  
・Es<100keV@高度10mで高分解能で測定が可能  
・位置のズレが散見されるが、原因は今後検討  
・視野範囲・統計精度: 散乱角θ<48° [R<10m]の時 ⇒ 20%以内[5μSv/h以上]

#### ヘリコプターを用いた放射線モニタリングの位置分解能 - 今回の性能及び今後 -



### 結果や期待される効果

○ 広範囲の除染箇所の特特定や除染効果の確認作業の効率化に向けて大きく前進  
局所的な沈着を測定、ホットスポット探査等、除染現場でも活用可能

#### 「今後の予定」

- 検出素子数の増加(4x4配列 → 8x8配列)により、感度と位置分解能の向上
- 計測回路の高集積化・検出素子の高精細化により、  
1m以内の位置分解能の放射線量分布測定法の実用化
- 3次元地図情報と合わせて、3次元セシウム沈着量分布マップの作成

本研究開発は、平成24年度より、独立行政法人科学技術振興機構(以下、JST)先端計測分析技術・機器開発プログラム(放射線計測領域)「無人ヘリ搭載用散乱エネルギー認識型高位置分解能ガンマカメラの実用化開発」の開発課題(期間:H24~H26年度)として、古河機械金属株式会社、国立大学法人東京大学、国立大学法人東北大学と共同で行っております。

- 成果
- [1] 学会発表(口頭発表)
- ・吉野哲生他、「無人ヘリ搭載散乱エネルギー認識型ガンマカメラの開発」;
  - (1) Ce:GAGG(Gd<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub>)単結晶の量産化技術開発、日本原子力学会2014年秋の大会、京都大学
  - ・J.Jiang 他、「無人ヘリ搭載散乱エネルギー認識型ガンマカメラの開発」;
  - (2) Development of Compton Camera System for Unmanned Helicopter、日本原子力学会2014年秋の大会、京都大学
  - ・志風義明他、「無人ヘリ搭載散乱エネルギー認識型ガンマカメラの開発」;
  - (3) 福島第一原発の周辺におけるフィールド試験、日本原子力学会2014年秋の大会、京都大学
- [2] プレス発表: 「上空から放射性セシウムを可視化する散乱エネルギー認識型ガンマカメラの開発に成功 - 無人ヘリに搭載して上空から放射性セシウムの分布を可視化 -」(2014年9月5日)