

# 明日への トビラ

Vol. 22

## 福島の大域除染に 小型・軽量カメラを

医療と天文学への応用期待

東京電力福島第一原子力発電所の事故から4年。飛散した放射性物質を特定し、除染するのは時間も人手もかかる。効率良く除去するには、目に見えない放射線を可視化し、画像にできれば、一目瞭然だ。浜松ホトニクス株式会社(静岡県浜松市)と早稲田大学理工学術院総合研究所の片岡淳教授の研究室はこれまでの技術を駆使して「ガンマ線撮影用コンプトンカメラ」を共同開発した。軽量・コンパクトで迅速かつ正確に画像化できると、注目されている。



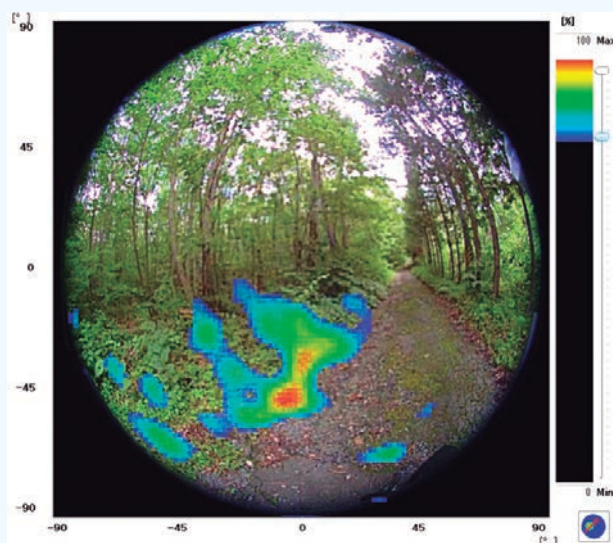
開発したコンプトンカメラ。現場で使いやすい小型・軽量化を実現している。



### 「低感度、大型、高額」を解決する

「これまでのガンマ線カメラは、重さが10～30キログラムもあり、とても携帯できるものではありません。それを大きさ、重さ(2キログラム)共に小型・軽量化に成功しました。持ちやすくして高感度なので、現地の方々に期待されています」。浜松ホトニクス中央研究所の大須賀慎二第1研究室室長はこう力を入れた。

放射線には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線の3種類がある。中でもガンマ線は、セシウム134、セシウム137などから放出される高エネルギーの電磁波で物質の内部を通り抜けやすい。原発事故後、複数の企業や研究機関がガンマ線を画像化するカメラを開発してきた。しかしその多くは、「装置が大型で重く、携帯に不向き」「感度が低く、撮影に時間がかかる」「非常に高額で、普及が難しい」などの難点があった。



福島県浪江町の林道沿いを3分間かけて撮影した。カメラを設置した位置での自然放射線量率(バックグラウンド)は約5マイクロシーベルト。赤い部分は、約10マイクロシーベルト。林道と林の境目あたりに、放射性物質がスポット状に集積していることがわかる。

「福島原発事故が起きたとき、弊社の光技術を使って何か役に立ってないか考えましたし、会社から被災地貢献の指示もありました。これまで培ってきたガンマ線検出技術を除染のために応用できそうだと気づいたのがきっかけです」。大須賀さんは片岡さんとJST先端計測分析技術・機器開発プログラムの一環として、除染現場で簡単に使えるコンプトンカメラの共同開発に着手した。



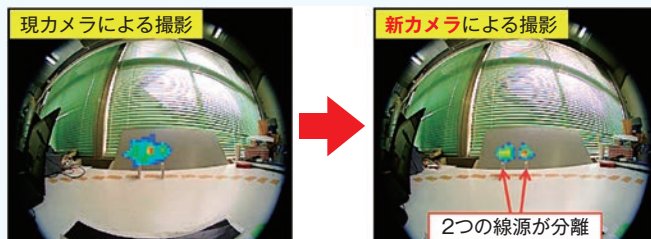
### 小型・軽量化のポイントは 独自の光検出器

コンプトンカメラとは、物理現象の「コンプトン散乱」を応用したものだ。ガンマ線が電子と衝突したときにガンマ線の方向とエネルギーが変化するのを利用して、ガンマ線が飛んでくる「方向」と「エネルギー」を同時に計測する。カメラは、ガンマ線のコンプトン散乱が起こる「散乱体」と、散乱されたガンマ線が吸収される「吸収体」の2つで構成される。この原理は、これまでも宇宙でのガンマ線観測に応用され、また医療への応用に向けた開発がされてきた。

「高性能な『シンチレーター』と、弊社が独自に開発した高感度光半導体素子『MPPC』の2つを組み合わせるのがポイントです」と大須賀さんは振り返る。

シンチレーターとは、ガンマ線など放射線のエネルギーを光に変換する物質だ。コンプトンカメラは、ガンマ線を受けてシンチレーターが発した光を光検出器MPPCで電気信号に変換し、その信号に基づいてガンマ線の飛来方向を画像として表示する。大幅な小型・

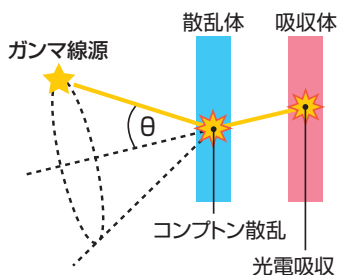
### 現・新カメラ取得画像の比較



同じ条件で取得したガンマ線画像。新しいカメラでは、10度離して置いた2つの放射線源を別のものとしてとらえられ、分解能が高い。

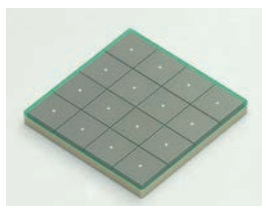


### カメラに利用されているコンプトン散乱



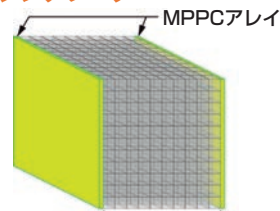
コンプトン散乱はガンマ線の光子が物質中の電子と衝突し、はじき飛ばされる現象のこと。コンプトン散乱現象を散乱体、吸収体のガンマ線検出器により計測することで、ガンマ線のエネルギーと、飛来した方向を計算する仕組みだ。

### MPPC (光半導体素子)



カメラに搭載されている「MPPC」。複数の素子を並べて大面積化している。

### 3次元シンチレーター



3次元シンチレーターアレイ  
ガンマ線の散乱・吸収位置を2次元平面だけでなく、奥行き(厚み)方向にも識別できる。

軽量化に成功した最大の要因は、このMPPCにあると胸を張った。

「これまで、シンチレーターと組み合わせる光検出器には『光電子増倍管』が使われていました。真空管の中で光を電気に変換する装置で、微弱な光であっても高精度で変換できるのが特徴です。しかし、小型・軽量化という点では限界があります。MPPCは光電子増倍管に匹敵する高精度のうえ、半導体素子なので非常に薄く小さくできます」。

浜松ホトニクスでは、MPPCを使ったPET（陽電子断層撮影法）用検出器の開発が行われていた。また、片岡さんは、「X線・ガンマ線をプローブとした先端放射線計測」をテーマに、ガンマ線天文学から先端医療まで、幅広い研究を続けてきた。



### 決め手は見えないガンマ線の画像化

浜松と東京を行き来しながら、両者はお互いの得意技術を生かして製品イメージを形にしていっていった。大須賀さんのアイデアであるシンチレーターとMPPCを組み合わせることで、コンプトンカメラが実現できるかどうかは当初見通しがなかった。やってみるしかない。

「一番苦労したのが、検出したガンマ線情報の画像化です」。こう振り返るのは、浜松ホトニクスの足立俊介さんだ。ガンマ線を画像化する技術と経験がなかった。福島大学の協力を得て除染区域に赴き、放射線測定器で計測した放射線量と、コンプトンカメラで可視化した画像を比べてみた。想定通りにはいかず、放射線量の強弱がなかなか一致しないこともあった。

「現地試験から持ち帰ったデータを使って、問題点を1つ1つ潰し

ていきました」。

2013年9月に1.9キログラムに軽量化したガンマ線撮影用コンプトンカメラを発表した。



### 3次元化で解像度は2倍に

現場で役に立つカメラを早期に製品化できたため、開発は高解像度化の段階に進んだ。ガンマ線に対する感度を上げるには、なるべく分厚いシンチレーターを使い、なおかつ散乱体と吸収体を近接して配置する必要がある。一方で、通常のコンプトンカメラは、ガンマ線の散乱と吸収の位置情報を2次元平面でのみ計測するため、シンチレーターの厚み方向の測定ができない。計測精度が下がり、カメラの解像度も下がってしまう。

大須賀さんたちは、片岡さんに期待をかけた。ガンマ線の散乱、吸収位置を3次元で計測できる「3次元シンチレーター方式」を搭載することで、解像度を大幅に向上できるとみていた。コンプトンカメラにこの方式を組み合わせると、重さは2.5キログラムと多少増えたものの、解像度は従来の2倍に、感度は70%も改善した。放射性物質の複雑な集積状況がより正確に判断でき、計測時間もさらに短縮された。

「三脚にカメラを設置し、測定したい場所に向けて固定します。3メートル先であれば、3分程度で画像化できます。実際に浪江町で計測したところ、砂利の林道と森林の境付近に、放射性物質がスポット状に集積していることなどが手にとるようにわかりました」。

このコンプトンカメラを除染作業にもっと使いやすくするほか、医療や天文学分野にも還元し、幅広く活用していくことにしている。



浜松ホトニクス株式会社の開発メンバー。若手からベテランまでそろった技術者の集団だ。

- 内山 徹也 うちやま・てつや
- 平柳 通人 ひらやなぎ・みちと
- 足立 俊介 あだち・しゅんすけ
- 大須賀 慎二 おおすか・しんじ  
中央研究所第1研究室室長
- 中本 勝大 なかもと・かつひろ
- 鈴木 裕樹 すずき・ひろき  
〈写真左から〉