

「原発事故で放出された放射性セシウム(Cs-137)を目で見るガンマ線カメラの最近の進歩」

Recent advance of the gamma camera to visualize radioactive cesium (Cs-137) caused by the Fukushima nuclear power plant accident

豊田 亘博

Nobuhiro Toyota

大阪大学工学研究科

Graduate School of Engineering, Osaka University

1、はじめに

5年前に起きた東京電力福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性物質は福島県を中心に東日本の各地に飛散した。現在は半減期が30年のCs-137が残存しており、福島県内の居住地域や農地、森林からどのように科学的に除染するかが課題となっている。Cs-137が崩壊したBa-137mの発するガンマ線を可視化する目的で最初に単眼カメラ、次いでコンプトンカメラ、最近では複眼カメラが開発されている。それぞれのガンマ線カメラがもつ特徴と性能をレビューし除染以外の用途に期待されているガンマ線可視化の新しい応用についても述べる。

2、ガンマ線を目でみるカメラの開発

「ガンマカメラ」は1970年代に病気の診断を目的に、核医学の分野で開発され病院でのアイソトープ検査として普及した。その技術がピンホール型のガンマカメラとして応用され、2011年3月の原発事故で放出されたCs-134およびCs-137から出てくるガンマ線を画像化する製品として登場した。(文献1)

原発事故のあとで除染の現場に持ち込まれたこの装置は針孔写真機の原理にもとづくので、遮へい用の鉛によって重量が30kgを超えている。また福島県内でCs-137の鮮明な映像を得るためには、30分もの長い撮像時間を要することが難点であった。

一方、宇宙線天文学の分野においてはコンプトン散乱を利用して天体を画像化し観測することがすでに行われていた。3年前にこの技術を応用したコンプトンカメラが開発され福島県に持ち込まれたが、Cs-137のホットスポットを見つけるのに十分な性能を有してはいない。その原因は原発事故で地上に降り注いだCs-137のバックグラウンド(ノイズ)とホットスポット(シグナル)との放射能の強度比がせいぜい3倍~10倍しかなく、画像化するのに時間がかかるためである。(文献2)

そこで考えられたのがCoded Aperture（符号化多孔マスク）を利用した複眼のガンマカメラである。Coded Apertureの技術もX線天文学で宇宙のかなたから飛来する弱い光を画像化するために使われていた。また可視光の領域においては光学レンズの代わるカメラでも利用が考えられている技術である。（文献3、4）

2013年に英国Innovative Physics Ltd社の協力を得てCoded Apertureマスクによる「セシウムカメラ500」が開発された。福島県内においてCs-137が集まっているホットスポットの発見に活躍し、除染の現場では作業の前後を比較することにより除染の効果を確認し記録に残すことが可能となった。（文献5）

「セシウムカメラ500」は撮像時間が数分で済む利点を有しているが、光電子倍增管としてPSPMTを用いているために遮へいを含めた寸法が大きくなり重量も20kgで一人では持ち運べない欠点がある。

そこでCoded Apertureに代わり、多数のピンホールを鉛遮へい材に穿ったコリメータが日本で考案された。それぞれのピンホールとCsI結晶の検出器を対に組み合わせたマルチピンホールタイプのガンマカメラで、半導体のMPPCを用いることにより軽量化も実現している。

3、ガンマカメラの応用と今後の展開

ガンマカメラは地上でCs-137のホットスポットを見つけるために開発されてきたが、軽量化によりドローン（無人ヘリコプター）などの飛行体に搭載することが可能となった。ドローンの性能も向上しそのペイロード（搭載可能重量）がガンマカメラを凌いだので、空から撮影して地上のCs-137の汚染状況を調査することやマッピングする試みが始まっている。

これまでCs-137の分布図はサーベイメータで測定した点と点を結ぶ方法や、土の分析で得られたデータをつなぎ合わせて作成されていたが、上空からガンマカメラで撮像した画像により容易に得られることが期待されている。その結果、Cs-137が雨や風によって移動するマクロな生態変化や時間と共に減衰する様子をはっきりととらえられることとなる。

除染の分野以外においても、ガンマカメラは事故を起こした福島第一原子力発電所の敷地内の放射性物質による汚染状況を把握することが出来る。さらに、今後再稼働に向けて動いている既存の原発周辺に設置されたオフサイトセンターや自治体では住民の避難計画を立てる際にも役立つ。

また、まったく新しい用途として放射性物質（RI）を用いている事業所の事故やRIテロが起きた際の対策として、ガンマカメラを装備することが防衛省や警察、消防方面で検討されている。

文献

- 1、日立製作所:日立評論、94(09)、678(2012)
- 2、浜松ホトニクス:<http://www.jst.go.jp/pr/announce/2>, 日本経済新聞、2013年9月10日号
- 3、日浦慎作、松山隆司:構造化瞳をもつ多重フォーカス距離画像センサ、電子情報通信学会論文誌、(11)、1912-1920(1999)
- 4、日浦慎作、松山隆司:日本特許第2963990号、距離計測装置及び方法並びに画像復元装置及び方法(1999)
- 5、豊田亘博:日本特許第5700319号、放射線源可視化装置及び放射線源可視化方法(2015)

**Recent advance of the gamma camera to visualize radioactive cesium (Cs-137)
caused by the Fukushima nuclear power plant accident**

Nobuhiro TOYOTA

Graduate School of Engineering, Osaka University

Three types of gamma cameras have been developed to visualize the radioactive cesium (Cs-137) spread over the land in Fukushima district. The first one was single pin hole type and the second one was the Compton scattering type but neither of them satisfied the needs when applied to the decontamination work. The third one were the devices that Coded aperture mask or multi-pinholes collimator were adopted in order to obtain the clear images of hot spots in success with the back ground noise of Cs-137 scattered on the ground. Mapping Cs-137 distribution was tried from the sky recently loading the gamma camera on unmanned helicopter, drone. The development of the third type gamma camera opened the door to explore the new horizon of applications besides the decontamination, such as home land security, oil and gas natural resources industry.