

超高分解能リアルタイム放射線イメージング装置の開発

山本 誠一

筆者は、これまでシンチレータと光検出器を組み合わせ、高分解能放射線イメージング装置の開発を進めてきました¹⁻⁶。最近、25ミクロンという世界最高の空間分解能を有する放射線イメージング装置の開発に成功しましたので概要を紹介したいと思います。開発した超高分解能放射線イメージング装置を用いることにより、一部の放射線がシンチレータの中を動く様子をリアルタイムでイメージングすることが可能となりました⁷。

放射線イメージング装置は、放射線医学、分子イメージング¹⁻³、放射性物質の汚染検査⁴⁻⁶、あるいは高エネルギー物理実験などの分野で広く利用されています。しかしこれまで、高い空間分解能を有し、実時間でイメージング可能な装置の開発は困難でした。シンチレータと光センサを組み合わせる方法は有望ですが、得られる空間分解能に限界がありました。これまで、薄いシンチレータ板を位置有感型光センサと組み合わせて、空間分解能を高める努力が行われてきました。しかし、シンチレータから出る光がシンチレータ内部で広がる上に、シンチレータからの発光を効率良く光検出器に導くことが困難なことから、得られる空間分解能は、200ミクロン程度が限界でした。この程度の空間分解能では、例えば核医学内用療法の研究などで求められている、組織や細胞中の放射性物質の分布を高い精度で得ることができないため、さらなる高分解能なイメージング装置が切望されていました。

最近、東北大学の研究グループが1ミクロンという細い光ファイバー状のシンチレータを開発し、その放射線検出器への応用を考えてしていました。筆者は、開発された光ファイバー状のシンチレータを用いることで、これまで問題となっていた点を解決でき、超高分解能イメージング装置が実現できるとの着想に至り、開発に着手しました。

開発した超高分解能イメージング装置は、図1に示すように、放射線によるシンチレータの微弱な発光を有効に利用するために高感度 CCD カメラを近接して配置し、高分解能化と高感度化を実現しました。また、シンチレータの発光を、テーパ型光ファイバーを用いて拡大することで、さらなる高分解能



図1 開発した超高分解能リアルタイム放射線イメージング装置の写真

を実現しました。

代表的な放射線にはアルファ線、ベータ線、ガンマ線などありますが、これらの放射線は物質中での動きが異なります。アルファ線は飛程が短く、ベータ線は比較的長く、ガンマ線は電子に変換された後に物質中を少し動きます。今回、開発した装置は、これらの放射線の種類による、シンチレータ中での動きの違いを実時間で観察可能にしました。アルファ線は飛程が短いため、点状に撮像されました(図2 (A))。エネルギーの高いベータ線はシンチレータ中を、比較的長い距離走行するため、所々に高い発光を有する線状にイメージングされたものが多く観察されました(図2 (B))。ガンマ線は電子に変換され比較的短い距離走行するため、点の周りに少し広がった形にイメージングされるものが多くありました(図2 (C))。またコンプトン散乱によると思われる2点が撮像された画像も散見されました⁷。

超高分解能放射線イメージング装置の開発により、放射線の種類によるシンチレータ中での動きの違いを実時間で観察可能になりました。今後、空間分解能をさらに向上させ、組織中や細胞中の放射性核種分布の実時間イメージングを進めていく予定です。空間分解能を数倍に向上させて、アルファ線の飛跡を線状に画像化することが次の目標です。最終的には、細胞内小器官から放出されるアルファ線の飛跡画像をリアルタイムで撮像したいと考えています。

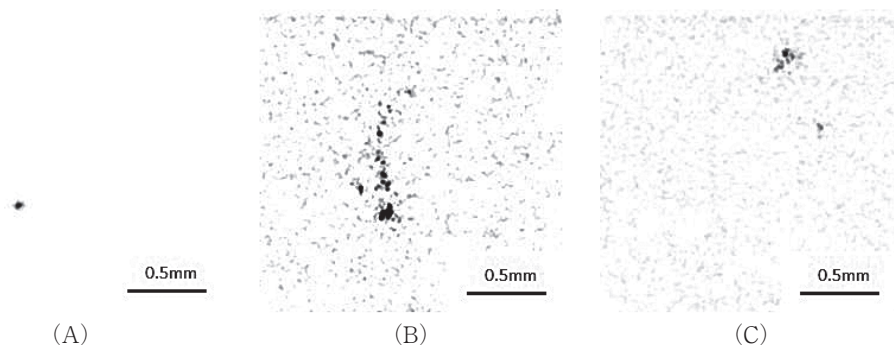


図2 開発した放射線イメージング装置による、アルファ線の画像 (A)、ベータ線の画像 (B)、ガンマ線の画像 (C)

謝辞

ファイバーシンチレータを供給して頂いた、東北大学金属材料研究所の吉川教授と鎌田准教授に深く感謝致します。

参考文献

1. S. Yamamoto, Watabe H, Kanai Y, Shimosegawa E, J. Hatazawa, Development of a pixelated GSO gamma camera system with tungsten parallel hole collimator for single photon imaging. *Medical Physics*, 39, 2, pp. 581-588, 2012
2. S. Yamamoto, H. Watabe, Y. Kanai, K. Kato, J. Hatazawa, Development of a high-resolution YSO gamma camera system that employs 0.8-mm pixels. *Annals of Nuclear Medicine*, 28(3) : 232-40, 2014
3. S. Yamamoto, J. Kataoka, T. Oshima, Y. Ogata, T. Watabe, H. Ikeda, Y. Kanai, J. Hatazawa, Development of a high resolution gamma camera system using finely grooved GAGG scintillator, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A* 821(11), 28-33, 2016
4. S. Yamamoto and W. Kawaguchi, Development of ultrahigh resolution alpha particle imaging detector using 1 mm channel size Si-PM array, *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A*, 894, 33-38, 2018
5. S. Yamamoto, H. Nitta, Development of an event-by-event based radiation imaging detector using GGAG : A ceramic scintillator for X-ray CT, *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A* 900, 25-31, 2018
6. S. Yamamoto, H. Tomita, Development of a high-resolution alpha-particle imaging system for detection of plutonium particles from the Fukushima

Daiichi nuclear power plant, Radiation Measurements, 115, 13-19, 2018

7. S. Yamamoto, K. Kamada, A. Yoshikawa, Ultrahigh resolution radiation imaging system using an optical fiber structure scintillator plate, Scientific Reports, ; 8(1) : 3194, 2018

(名古屋大学大学院医学系研究科医療技術学専攻)