【基盤研究（S）】

２光子ガンマ線の多次元空間の相関を用いた亜同時計数による高次イメージング法の研究

研究代表者	東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授 高橋　浩之（たかはし　ひろゆき）　研究者番号:70216753
研究課題情報	課題番号：22H04961　研究期間：2022年度～2025年度 キーワード：生体イメージング、MRI、ガンマ線、がん診断、脳疾患診断

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

生体深部の情報を外部から観察する際に放射線を利用するのは、原子レベルの高い感度をもつために有効であるが、これまでは、主に１本の放射線に注目して放射線の有無を調べるだけであった（1次の測定）。これに対して我々は、ほぼ同時に2本以上の放射線を放出するような原子を用いて、それらの間の関係を用いれば（高次の測定）、より多くの情報を引き出すことができると考えた。つまり、原子をセンサに見立てて、1個1個の原子から得られる信号を放射線を介して読み取る、という方式で究極のセンシングが実現できると考え、MRIなどのように磁場を用いるイメージングとの融合を図り、磁場を用いて放射線の放出を制御したり、放射線により磁場を検出したりすることで、もっと広い応用分野が拓けるものと考えた。

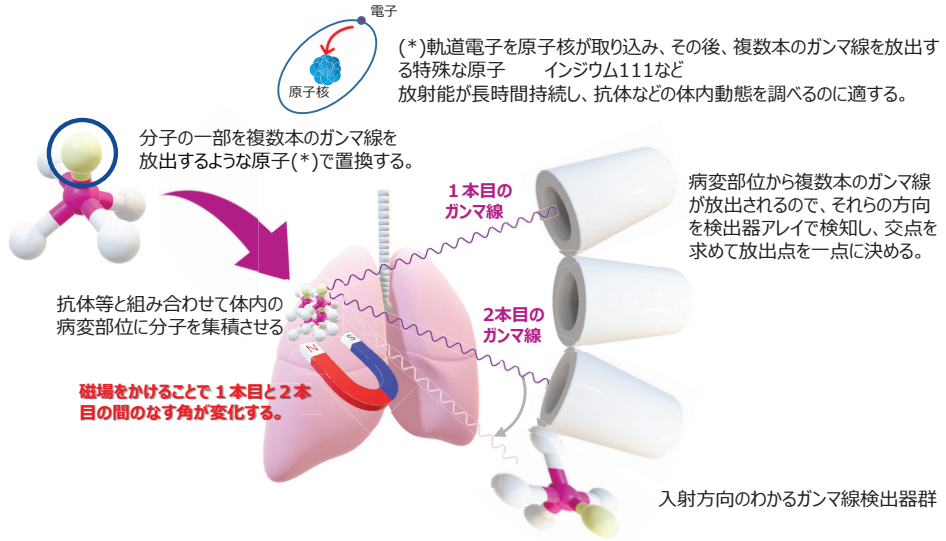

図1　研究全体のイメージ図

●高次イメージング法

複数のガンマ線を放出する原子を用いることで、1個の原子を究極の小型センサとして用い、そのおかれた環境を知るために用いることができる（図2）。

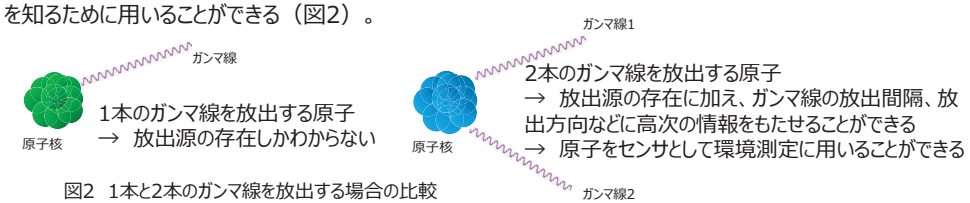

図2　1本と2本のガンマ線を放出する場合の比較

●平面コリメータを用いたガンマ線イメージング法の開発

これまでのガンマ線イメージングでは検出器に垂直に入射したガンマ線だけを選択するコリメータが用いられていたが、本研究では、任意の角度で入射したガンマ線を取り出す平面コリメータを効果的に用いることを計画している（図3）。平面とそれに平行でない直線は空間上の1点で交わるので、2本のガンマ線を用いることで放出位置を空間上の1点に決めることができ、2本のガンマ線を用いて放出源の局所的な情報を取り出すことができる。実際にこの手法を用いて、インジウム111と腫瘍に集積するペプチドを用いて神経内分泌腫瘍のイメージングを行った例を図4に示す。

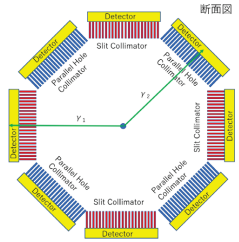

図3　スリットコリメータの利用

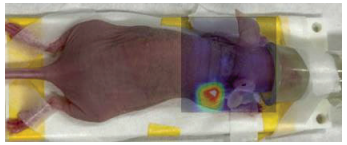

図4　マウスを用いた神経内分泌腫瘍のイメージングの結果

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●磁場ガンマ線イメージングの新領域の開拓

この研究では、磁場と放射線の原理を真に融合させた初めてのイメージング装置を製作し、その有用性を示すことを狙っている。現在、ガンマ線によるイメージングと磁場によるイメージングを融合させた装置としては、PET(Positron Emission Tomography)とMRI (Magnetic Resonance Imaging)を組み合わせた装置があるが、これらはガンマ線イメージング装置と磁場を用いたMRI装置を一つのパッケージに収めただけで、ガンマ線検出の原理とMRIの原理を融合させたものではない。そこで、本研究では、図1に示したように2本のガンマ線を用いて、それらの間に情報を載せることで、対象原子のおかれた位置における局所的な磁場や電場の情報をガンマ線をシグナルとして読み出すことを狙っている。図5は予備実験としてガンマ線イメージング装置を強磁場の中に設置した例である。従来のMRIでは、信号は高周波の吸収により得られていたため、個々の原子の信号を同定することは不可能で、生体中に多数存在する水素の信号を読みだしていたが、2本のガンマ線を放出する原子を用いて、ガンマ線をシグナルとして磁場の情報を読み出すことで、原子レベルでのセンシングが可能になりその原子のおかれた局所的な環境を知ることができると考えられる。

そこで、2本のガンマ線を放出する原子を見出し、加速器を用いて製造することから始め、局所磁場をガンマ線で読み出す際の方式の開発、また、コリメータの開発と最適な配置、磁場に不感なガンマ線の測定系の開発などを通じて、ガンマ線検出の原理とMRIの原理を融合させた世界で初めての診断装置を実現することを狙っている。これにより、がんや脳疾患などの診断の精度を高めることができ、健康長寿社会の実現に資することができると考えられる。図6はペプチド等と組み合わせて、特定の細胞内部の局所的な情報をとらえるようなイメージであるが、例えば細胞内部のpHや温度情報などが本装置の開発により将来的に得られ、精密な診断に役立つようになることを期待している。

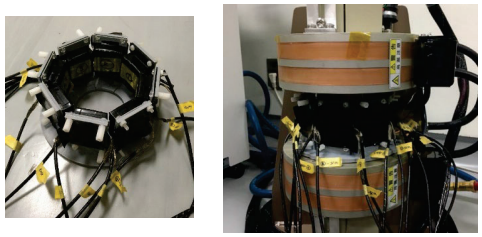

図5　ガンマ線イメージング装置（左）と磁場中に設置して計測を行った例（右）

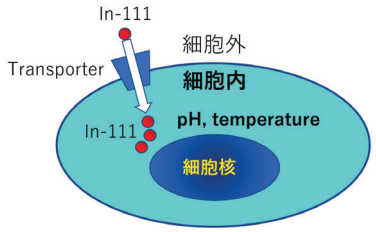

図6　ペプチド等と組み合わせた将来的な診断のイメージ

ホームページ等	https://spiny.t.u-tokyo.ac.jp/22H04961j.html