

氏名（本籍・生年月日）	山崎 真（群馬県・昭和58年10月20日）
学位の種類	博士（理学）
学位記番号	甲 第97号
学位授与の日付	平成25年 9月 30日
学位授与の要件	信州大学学位規程 第5条第1項該当
学位論文題目	次世代 PET 装置のための基本検出器の時間分解能の研究
論文審査委員	主査教授 竹下 徹 准教授 長谷川 庸司 教授 宗像 一起 准教授 加藤 千尋 部長 飯田 秀博 (国立循環器病研究センター研究所・画像診断医学部)

論文内容の要旨

Positron Emission Tomography (PET) 装置はがんの能動的な性質を用いて画像診断を行うためがんのみを画像化できる。今日がんは早期発見、治療を行えば完治する確率が高く、精緻な画像により小さながんを早期発見できる。現状 PET 装置では 5 mm 程度の発見能力しかなく、本研究は 1 mm 程度の発見能力を目指して、新しい基本測定ユニットを提唱し、その基本性能を確かめた。

PET 装置は体内に注入された陽電子放出核ががん細胞に集積し、そこからの陽電子が体内の電子と対消滅を起こし、 180° 反対方向に放出される γ 線[line of response (LOR)]を体外の検出器で検出するものである。LORは様々な方向に放出された γ 線を示し、LORを重ねた交点をがん細胞と定義する。この γ 線を検出する検出器は主たる PET 装置では 511 keV の γ 線に対する阻止能を得るため、無機シンチレータが使用される。また、無機シンチレータからのシンチレーション光を光センサーで検出する。基本検出器は以上 2 つの素子から構成される。

本研究では、微小サイズの光検出器 Multi-Pixel Photon Counter (MPPC)を使用し、個々の検出器サイズを微小化することにより高位置分解能を実現した。シンチレータサイズが位置分解能を決める重要なパラメータである。本研究では $3 \times 3 \times 15 \text{ mm}^3$ の Lutetium Fine Silicate 結晶を用い、FWHM $\sim 2 \text{ mm}$ の位置分解能を達成した。また、鮮明な画像を得るため高時間分解能を実現する検出器が求められている[time of flight (TOF)]。TOF の特徴は対消滅 γ 線が対向する検出器に入射する時間差 Δt を測定し、LOR を線分 ($c \Delta t / 2$) にできる。それにより正常細胞からの γ 線とのがん細胞からの γ 線の LOR の重なりを防止する手段として、鮮明な画像を得るために重要である。そのためには、時間性能の良い検出器が重要である。本研究では信号の立ち上がり時間の速い無機シンチレータ LFS と時間応答の速い MPPC の利点を生かし高時間分解能 FWHM $\sim 100 \text{ ps}$ を得た。これは LOR = 3 cm に相当する。さらに、MPPC はここ数年の間に数種類の製品が製造、販売されている。それぞれ $1 \times 1 \text{ mm}^2$ の受光面積内に 2500、1600、400、100 pixel の独立した APD が集積されている。これらのうちどれが PET 用検出器に最適か、時間分解能とエネルギー分解能の測定から実験検証した。