

Geant4 シミュレーションに基づくチェレンコフ光検出器の時間分解能評価

Time resolution evaluation of Cerenkov photodetector based on Geant4 simulation

新潟大学自¹ °野口 法秀¹, 大坪 隆¹, 武智 麻耶¹, 宮田 恵理¹, 神田 直人¹Niigata Univ.¹, °Norihide Noguchi¹, Takashi Ohtsubo¹, Maya Takechi¹, Eri Miyata¹, Naoto Kanda¹

E-mail: noguchi@np.gs.niigata-u.ac.jp

医学物理分野に核医学診断があるが、診断法の 1 つに陽電子断層撮影診断 (PET: Positron Emission Tomography) がある。一般的な PET では、被験者に陽電子崩壊する薬剤を投与し陽電子と電子の対消滅によって 180° 方向に放出される 2 本の γ 線を、2 台の検出器を用いて同時検出することで密度分布画像を得ている。近年、次世代 PET の 1 つとして、対消滅した γ 線の飛行時間 TOF (Time-Of-Flight) 情報を加えた TOF-PET に注目が集まっている。

従来の PET は、検出器の直線上だけでは位置を決めることができないが、TOF-PET は光子が到達する 2 つの検出器の時間差 $\Delta t = t_2 - t_1$ から位置を決めることができる。定量的な量を表すと、3 mm のがんの位置を特定する場合、時間分解能 20 ps が要求される。TOF-PET は様々な先行研究が行われており、チェレンコフ放射を利用した TOF-PET 用検出器の時間分解能 170 ps の性能が報告されている。

先行研究として、本研究室では大阪大学や埼玉大学、東京都市大学と共同で放射線医学総合研究所の HIMAC において重イオンビームを用いた原子核断面積測定の実験を行なっている。これまでの実験で高時間分解能を期待して高屈折率ガラスを用いた TOF 測定用の検出器を作成し、 ^{132}Xe ビーム 420 AMeV を用いた際に時間分解能が最高で 5 ps を得た。

この高屈折率ガラスを用いて 511 keV の光子について検出効率および時間分解能について調べた。検出効率については NaI に対して、14.5% になることを確認した。またチェレンコフ光検出器の距離や方向による時間分解能の依存性についても調べた。ガラス部分での時間分解能への影響を調べるため、さらに Geant4 シミュレーションを用いて、これまで行なった実験の再現確認と分解能へ寄与する要素について調べた。その結果、光電子増倍管の時間応答性が時間分解能に大きく影響していることを発見した。さらに高時間分解能を有するガラスの形状を模索し、ガラスのみの時間分解能で 48 ps を得られることを確認した。本講演では上記を中心に報告を行う。

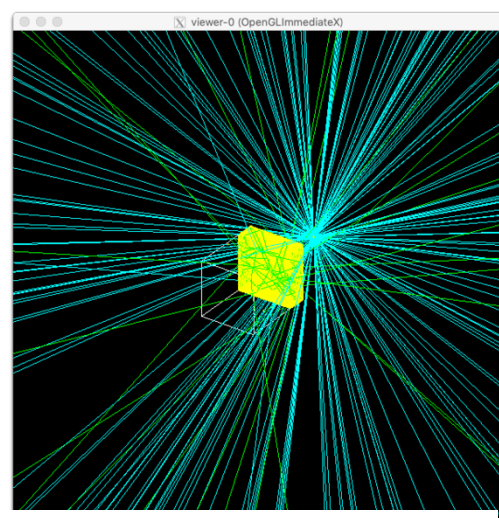


Fig.1 Geant4 simulation, for 511 keV photon detection with glass showing that light blue lines show Cerenkov photons and yellow lines show electrons.