

令和元年6月26日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K15344

研究課題名（和文）新型光検出器を用いたSPECT用高分解能線源位置検出器の開発

研究課題名（英文）Development of high-resolution gamma-ray position detection detector for SPECT

研究代表者

遊佐 洋右 (Yusa, Yosuke)

新潟大学・自然科学系・助教

研究者番号：80612704

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：既存の診断医療装置の光検出器部分に素粒子実験において新たに開発された縦横12チャンネルの有感領域が配列された光検出器を組み込んで性能評価のための試作セットアップを作成した。光検出器の各チャンネルで閾値以上の波高を持つパルス信号を計数し、線源の有無で有意に信号数の変化を観測した。検出面の二次元信号数分布から縦横各軸上への投影分布を作成し、その中でカウント数が一番集中している点を解析で評価した。その点と線源位置を比較すると3 mm程度の精度で一致しており、線源の発生位置特定性能が確認された。将来の試作機製作に向けて線源の入射位置を制限してシンチレータで発生する光の広がりを評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

診断医学装置で今まで使用されなかったことのない新型光検出器を組み込んで運用し、データ取得ができたことは新たな応用の可能性を窺った、という学術的意義がある。そして一箇所に集中して分布する線源については良い精度でその位置を特定できることが分かりさらなる可能性を示した。実際の診断医においては広がりをもって分布する線源の画像を再構成する際の分解能が重要であるが、その前段階の点状分布で十分な性能を示したことは今後の展開への見通しを開いたという意義を持つ。

研究成果の概要（英文）：New photon detector in which 12 times 12 effective area array is fabricated is installed into existing diagnosis instrument for prototype setup for evaluation of performance of this concept. Using the it, we count the number of the electric pulse whose height is higher than threshold and confirm that the numbers are significantly change after setting radiation isotope. From a two-dimensional distribution of the detector surface, projection to each axes are made and we analytically evaluate a point on which the counts are most concentrated. By comparing that point and position of the radio isotope, they are consistent within 3 mm so that we have confirmed performance of identification of a emission point of the gamma-ray. For the future prototype construction, we estimate spread of the scintillation light in a crystal by limiting the direction of the incident gamma ray.

研究分野：素粒子実験

キーワード：単一光子断層診断（SPECT） ハイブリッド型光検出器

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 脳の活動部位や腫瘍などで消費される物質に放射性同位元素を付加して体内に投与し、放射線検出器を用いてその位置を測定、イメージングを行う診断医療手法は広く利用されている。その中で γ 線を捉える単一光子放射線断層撮影（Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT）は線源の入手が比較的容易であり、診断拠点が多く広く普及した診断手法である。

(2) SPECT では 1950 年代に考案された装置構造と画像描画手法などの基本的コンセプトは現在でも使用されている。 γ 線に反応して光を発生するシンチレータとしては板状のヨウ化ナトリウム結晶が用いられる。その光を捉えて電気信号に変える検出器として光電子増倍管が並べられてそれらが測定した電気パルス波高の重心を γ 線の反応点として放射線源の分布を描画する。

(3) 研究代表者の主要研究分野である最先端の素粒子実験では粒子の生成、崩壊事象を精密に測定するために高性能の検出器開発が日進月歩で行われている。その中で代表者は微弱な光を高い位置精度で捉えることができる $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ の有効領域が 144 チャンネル配列された Hybrid Avalanche Photo Detector (HAPD, 図 1)の開発とそれを用いた粒子識別装置の構築に携わってきた。そのため、HAPD とそれを使用するために必要な物品が利用可能である。

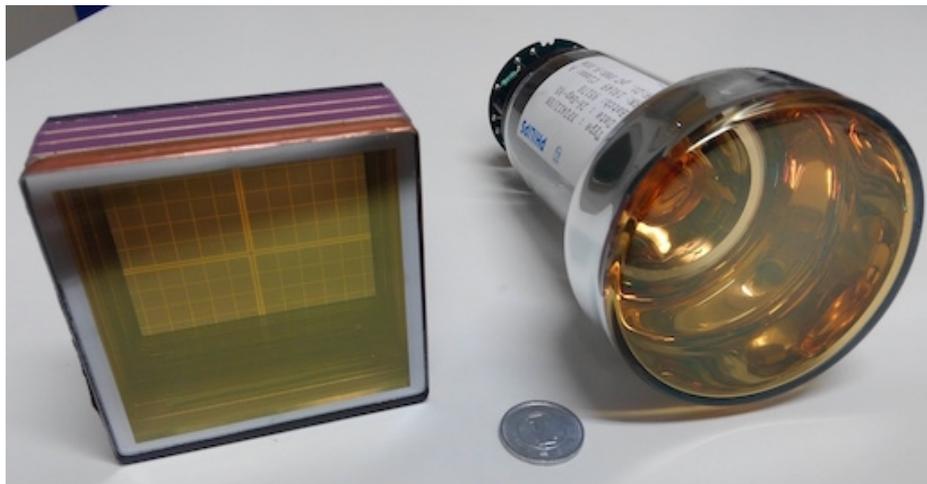


図 1 HAPD（左）と従来の SPECT 装置で用いられる光電子増倍管（右）

開口径はほぼ同じ数センチであるが、HAPD 内部には格子状に独立した光子検出領域が 144 チャンネル配置されている。光電子増倍管はガラス面全てで 1 チャンネルの検出領域であるため、その中での光子の到達点情報は得ることができない。

2. 研究の目的

(1) 背景 (1) を踏まえて、SPECT 装置の構成が確立した時代にはなかった新型の光検出器を用いることで装置の位置分解能、測定時間の短縮、機器の小型化など性能向上の可能性を探索する。

(2) 検出器で測定された光信号の分布情報を研究代表者の主要研究分野で用いられる最尤法や機械学習などの手法で解析することで線源の位置決定に新たなコンセプトを導入して精度の向上を目指す。

3. 研究の方法

(1) 研究協力者より SPECT 装置の γ 線測定部分を譲り受け、光電子増倍管に替えて新型光検出器を取り付けて試作機を構築する。光検出器を動作させるための高電圧やデータ取得のための素粒子実験で開発された信号読み出し回路を接続し、試作機を運用する。

(2) 基礎実験で開発された電気信号読み出し回路を使用し、信号の増幅、整形後に波高弁別器によってあるしきい値を超えた信号のヒット位置情報が読み出し PC に送られる。それをチャンネル毎に計数することで γ 線のヒット分布を作成する。また、 γ 線源の位置による光検出器信号の変化を観測するための可動ステージを準備する。試作システムを用いて実験用 γ 線源からの信号データを取得する。

(3) 取得した実験データを解析し、光検出器で観測された光信号強度分布から線源位置を決定するソフトウェアを開発する。線源位置を変えた場合に位置測定情報と実際の位置を比較することで再現精度を評価する。

4. 研究成果

- (1) 新潟大学医学部保険学科において実習で使用されていた SPECT 装置の γ 線検出部分を新潟大学理学部に移設, HAPD をシンチレータ発光部分に向けて設置するフレームを作成し組み込んだ。高電圧印加, データ読み出し回路と接続してデータ取得システムを構築した。
- (2) 試作機を用いてランダムなタイミングでデータを取得し, 光検出器上の γ 線ヒット位置二次元分布を作成した。 γ 線源の有無によって有意にヒット数の変化が見られ, γ 線の信号が取得できていることが確認できた。
- (3) 検出器ヒット位置二次元情報から各軸の投影分布ヒストグラムを作成, その中央位置を線源設置位置として決定するためにガウス分布で形状を近似し, 最尤法でその中央値, 広がりなどのパラメータを決定した (図 2)。

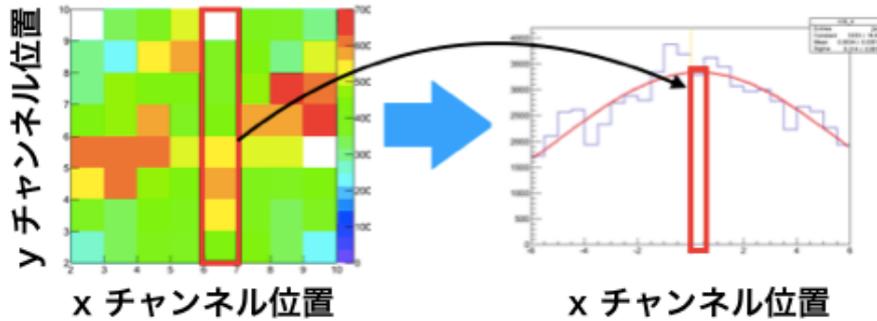


図 2 二次元ヒット分布とそれを用いた投影ヒストグラム

検出器上の二次元カウント分布 (左) の縦方向に投影をした図 (右) に対してガウス分布で確率密度関数を定義して中央値と広がり幅を決定した。

- (4) 可動ステージによって線源を移動して 1cm おきでデータを取得した。その情報を元に (3) と同様の方法で投影ヒストグラムの中央値を決定し, 実際の線源位置と比較した (図 3)。その結果, HAPD1 本を用いたセットアップでは 3mm 程度の精度で位置決定ができると評価された。

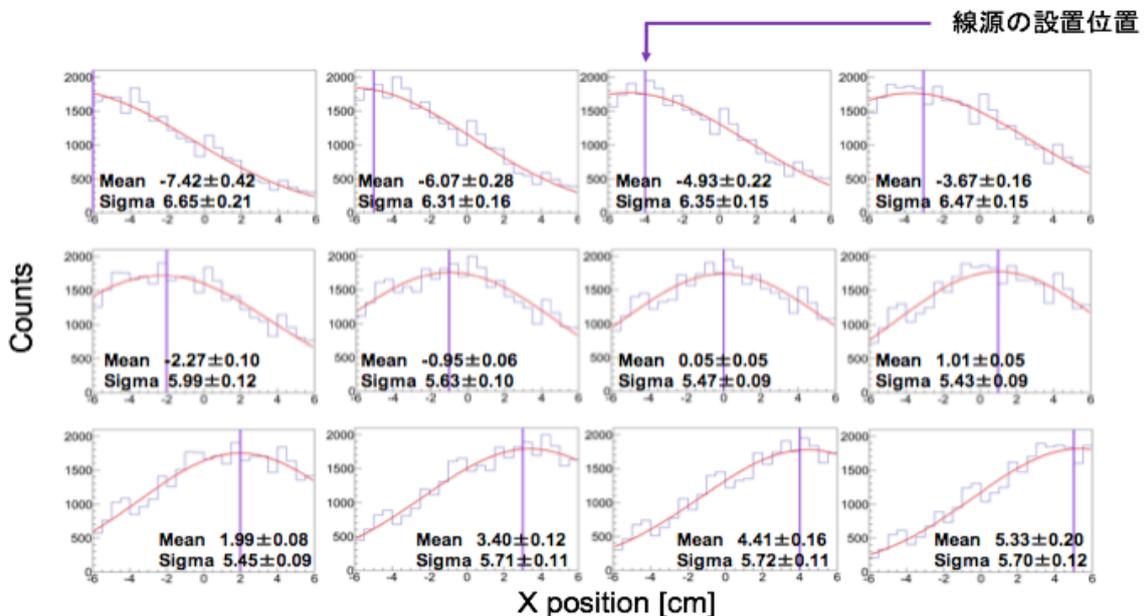


図 3 線源位置の変化に伴う投影図の変化とガウス分布による形状再現結果

図中縦線で示される位置に線源が設置された際の投影図がヒストグラムで示されている。それに対するガウス分布が曲線であり, 中央値 (Mean) は線源位置をよく再現している。

- (5) 投影分布の広がりを評価するために対消滅 γ 線を放出する線源を用いた測定を行なった。対消滅 γ 線は 180° 反対方向に同時に 2 本発生するため, 片側を装置に入射し, もう一方を検出器のデータ取得タイミング決定に使用することでランダムなタイミングでデータ

を取得した際に生じる線源から放出される γ 線の方向のばらつきを抑制することができる。その結果、 γ 線の方向不定性を排除した試作装置セットアップに起因する分布の広がり4cm程度であると評価された。この情報に基づき、今後装置セットアップについて検討を行う。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 2 件)

1. 遊佐洋右 「新型光検出器を用いた SPECT 用 γ 線検出器の開発研究」 日本物理学会 73 回年次大会 (2018 年)
2. 遊佐洋右 「新型光検出器を用いた SPECT 装置の開発研究」 日本物理学会 2016 年秋季大会 (2016 年)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

新潟大学医学物理シンポジウム 2019

<http://www.hep.sc.niigata-u.ac.jp/mpsympo2019/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：和田 眞一

ローマ字氏名：(WADA, shin-ichi)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。