

IVR 用リアルタイム線量測定システム用 X 線検出器の開発 Development of X-ray detectors for real-time dose monitor in IVR procedure

錦戸文彦^{1,*}, 盛武敬², 岸本俊二³, 山谷泰賀¹

¹放射線医学総合研究所, 〒63-8555 千葉市稲毛区穴川 4-9-1

²筑波大学, 〒305-8576 つくば市天久保 2 丁目 1 番地 1

²高エネルギー加速器研究機構, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Fumihiko Nishikido^{1,*}, Takeshi Moritake², Shunji Kishimoto³ and Taiga Yamaya¹

¹National Institute of Radiological Sciences, 4-9-1 Anagawa, Inage-ku, Chiba 263-8555, Japan

²Tsukuba University, 2-1-1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-8576 Japan

³ Photon Factory, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

1 はじめに

インターベンショナルラジオロジー (IVR) は患者への侵襲が少ない事から様々な疾患の治療に広く利用されているが、X 線撮像による放射線被曝による人体への影響が指摘されており、その被曝線量の測定を行うことが求められている。現在でも様々な線量計が存在するが、術中にリアルタイムに患者体表の被曝線量の位置分布の計測を行うことができ、より簡便に精度の良く記録を行えるという要素を十分に満たしているとはいえない。本研究は上記の要求を満たす IVR 用のリアルタイム被曝線量計測装置の実現を目的としている。

被曝線量の位置分布を知るためには多数の検出器を患者体表に取り付ける必要があるため、検出器が X 線撮像装置に写り込んでしまうと治療の邪魔になってしまう。盛武らは伸縮性のキャップにガラス線量計を多数並べることで[1]、詳細な被ばく線量位置分布を測定する事に成功したが、この手法では術後にしか線量分布を知ることが出来ない。そこで、本研究ではガラス線量計の部分をプラスチックシンチレータで置き換えることにより、リアルタイム線量測定の実現を目指している。

現在開発中の被ばく線量位置分布測定システムでは図 1 に示す通りに X 線に対して感度の低い板状のプラスチックシンチレータを多数患者体表に配置し、光ファイバで X 線装置の視野外にシンチレーション光を引き出した後、光センサで検出を行う。シンチレータと光ファイバは共に 1mm 程度の厚みのため、X 線透視装置に写ることなく、X 線の測定が可能となる。現在は X 線検出器部分の開発を行っており、試作・評価を進めている。

現在までに小動物用 X 線撮像装置を用いて、出力の線形性やリアルタイム性の評価を進めてきた [2][3]。しかしながら X 線装置はエネルギーが幅広い分布を持っていることや、照射位置を絞ることが困難であるため、検出器自身の詳細な応答を得るた

めには不向きである。そこで本実験課題では放射光による単色のエネルギーを持つ X 線ビームを用いて、試作 X 線検出器の評価を行っている。

昨年度までの実験ではプラスチックシンチレータ波長変換ファイバを組み合わせた検出器についての評価を行ってきたが、本年度は構造の簡素化を目的として、シンチレータに直接光ファイバを取り付けた構造を持つ検出器の開発を行い、昨年と同様の評価を行った。

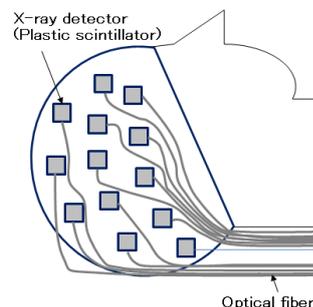


図 1 : IVR 用リアルタイム線量計測システム

2 実験

図 2 に製作した IVR 用リアルタイム線量計測システムのための X 線検出器を示す。X 線検出部にはサイズが 10.0mm × 10.0mm × 1.0mm のシンチレータ (BC400) を使い、長さ 1.5m、1mm 径のプラスチック製光ファイバを通しシンチレーション光の読み出しを行う (図 2)。有感領域の外寸は昨年度使用した検出器と同じとなっている。光ファイバとプラスチックシンチレータの接合部以外の面は反射材で覆っており、これらは遮光のためポリカーボネートのケースに封入されている。

実験は Photon Factory BL-14A で行った。X 線のエネルギーは実際の透視装置の実効エネルギーに近い 60keV を使用し、スリットで 0.8mm 角に絞り、プラスチックシンチレータへの入射を行った。

はじめに、X線がプラスチックシンチレータないで相互作用を起こした際に、光センサに到達するシンチレーション光子数の見積もりを行った。実際のシステムでは光センサとしてフォトダイオードを用いるが、本実験では光子カウンティングに適している Multi-pixel photon counter (MPPC, 浜松ホトニクス)を用いた。MPPCからの信号はアンプ(VT120, ORTEC)で増幅を行った後、電荷有感型ADCで記録を行った。

検出器の感度の位置分布の測定には、プラスチックシンチレータを1mmステップで動かしつつ、X-Yステージで動かしながら、各位置での単位時間当たりに検出されたX線の数から評価を行った。

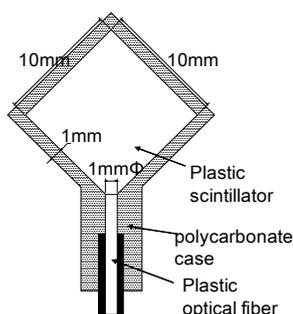


図2：試作したX線検出器

3 結果および考察

図3に60keVのガンマ線に対して得られたスペクトル(黒実線)とMPPCのバックグラウンド(赤破線)のスペクトルを示す。100ch付近のピークは回路の雑音成分であり、200chにシングルフォトンのピークが観察できる。バックグラウンドスペクトルでも非常に多数のイベントを検出しているが、MPPCは熱雑音によるダークカウントが非常に多いことが理由である。これらはシンチレータからの光ではないため、実際のフォトダイオードを用いるシステムでは問題とならない。およそ5-6程度までの光子数を検出できているが、昨年度に評価を行った波長変換ファイバを用いるタイプの検出器と比較すると半分程度しか検出できていない。

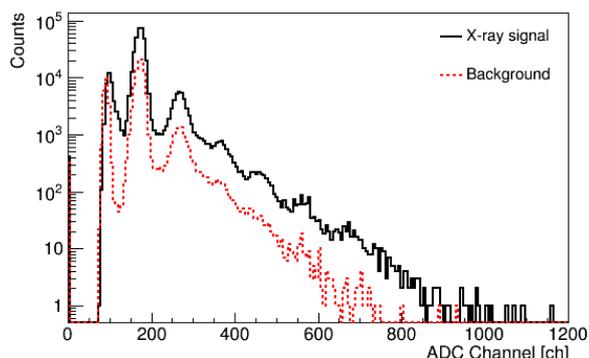


図3：60keVのX線に対して得られたスペクトルと、MPPCのバックグラウンドスペクトル

図4に検出器の感度分布の測定結果を示す。色が濃い部分ほど感度が大きいことを示している。光ファイバは図の左側に取り付けられている。光ファイバの直近の部分の感度は高いが2mm以上接合部から離れると感度が大きく低下していることが解る。プラスチックシンチレータ中央部と感度の最も高いファイバ接合部とでは1.45倍の感度差があった。これはファイバ接合部から離れた場所でX線が相互作用を起こしシンチレーション光を発生しても、うまく光ファイバに導けていないことを示している。

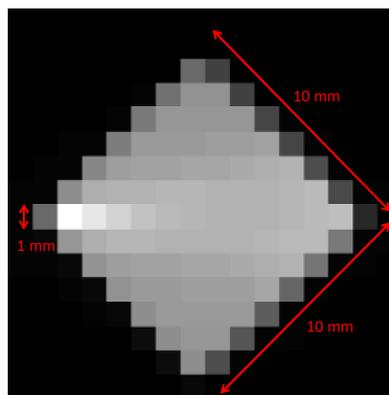


図4：試作X線検出器の感度分布

4 まとめ

IVR用リアルタイムに被ばく線量分布モニタ用検出器の評価を単色X線を用いて評価を行った。波長変換ファイバを用いた検出器と比較して、加工の容易さは向上したものの、シンチレーション光の収集効率は低下しているという結果が得られた。今後はこの結果を参考に、検出器の改良を進めていく予定である。

謝辞

本研究はJSPS科研費24601020の助成を受けて行われたものである。

参考文献

- [1] T. Moritake *et al.*, AJNR 29, (2008).
- [2] F. Nishikido, *et al.*, "X-Ray Detector Made of Plastic Scintillators and WLS Fiber for Real-Time Dose Distribution Monitoring in Interventional Radiology", IEEE NSS&MIC, USA, 2012
- [3] F. Nishikido, *et al.*, "Prototype real-time dose distribution monitoring system using plastic scintillators connected to optical fiber for interventional radiology", IEEE NSS&MIC, Korea, 2013

* funis@nirs.go.jp