

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 Performance evaluation of real-time dosimeter for Interventional radiology

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

Taro Tsukuba^{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, 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こと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、受光素子で検出を行う。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。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。

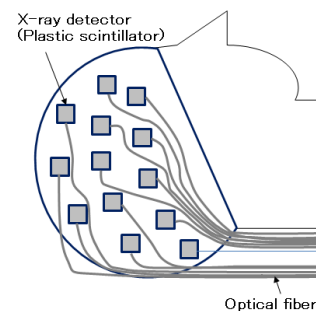


図 1 IVR 用リアルタイム線量計測システム

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 4.5mm × 1.0mm × 1mm のシンチレータ (BC400) 2 枚で 1mm 角の波長変換ファイバ (Y-11, Kuraray) を挟んだ構造となっており、波長変換ファイバからの光は 1mm 径のプラスチック製光ファイバを通し受光素子に送られる (図 2)。実際のシステムではフォトダイオードを用いるが、本実験ではフォトダイオードに到達するシンチレーション光の数の見積りを行うため、フォトン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。

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。検出器の感度の位置分布の測定の際には、プラスチックシンチレータを 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。

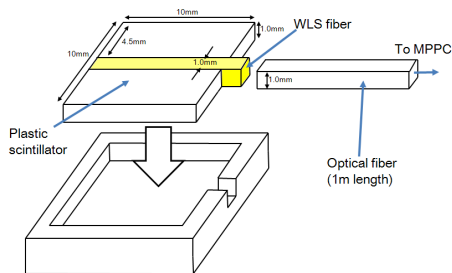


図 2 試作した X 線検出器

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)とビームオフ時のバックグラウンド(赤破線)のスペクトルを示す。100ch 付近のピークはノイズ成分であり、200ch にシングルフォトンのピークが観察できる。MPPC は熱雑音によるダークカウントが非常に多いため、ビームオフ時にも多数のイベントがスペクトルに現れている。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。また、図から分かる通りに X 線を照射した場合には、明らかにカウントが増えており、各 X 線入射イベントに対して最大で 10pe 程度まで得られている。波長変換ファイバの捕獲効率は 5% であり、MPPC の検出効率は 20-30% 程度であるため、ほぼ想定通りの集光が出来ていると考えられる。

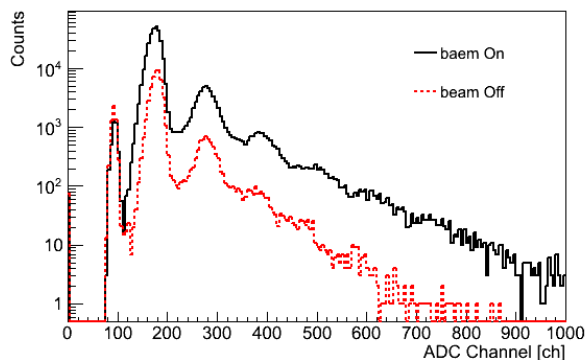


図 3 : 60keV の X 線に対して得られたスペクトルと、ビームオフ時のスペクトル

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大きいことを示している。上下の 2 つの感度を持つ部分がプラスチックシンチレータの部分であり、その間の不感領域が波長変換ファイバの部分である。上下のプラスチックシンチレータで感度差が見られるが、これは下段のプラスチックシンチレータと波長変換ファイバの光学接合が上

段と比較してうまくいっていないことが理由である。また、光ファイバー部分も感度を持っておらず、X 線撮像装置に写り込んだり、バックグラウンドのノイズ源になることは無いと考えられる。

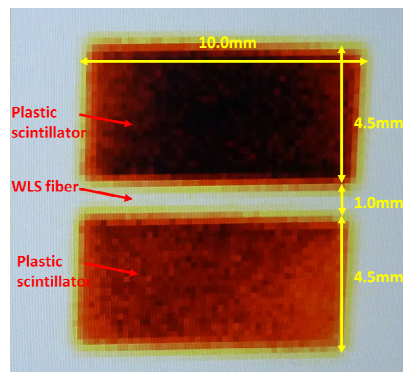


図 4 : 試作 X 線検出器の感度分布

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。現在はこの結果を参考に、検出器の改良を進めているところである。

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. Toritake *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

成果

国際学会

- 1 Fumihiko Nishikido, Takashi Moritake, Shunji Kishimoto and Taiga Yamaya, "O X-Ray Detector Made of Plastic Scintillators and WLS Fiber for Real-Time Dose Distribution Monitoring in Interventional Radiology", in IEEE NSS MIC CR, Anaheim, CA, USA, 2012

国内学会

- 2 錦戸文彦、盛武敬、岸本俊二、伊藤浩、山谷泰賀、「IVR 用リアルタイム線量計測システムのための X 線検出器の特性評価」、研究会「放射線検出器とその応用」KEK、2013
- 3 錦戸文彦、盛武敬、岸本俊二、伊藤浩、山谷泰賀、「プラスチックシンチレータと光ファイバを用いた IVR 用リアルタイム線量計の開発」、

* funis@nirs.go.jp