

X線透視時のリアルタイム同時多数点測定を目的とした人工ルビー線量計の基礎特性

国際医療福祉大学 放射線・情報科学科 ○岸田 颯介(Kishida sosuke)

枝広 誠 阪井 智哉 横山 ゆいか 遠藤 匠 座間 佳男 松本 健希 細貝 良行

【はじめに】

我々はシンチレータとして人工ルビーを使用したIVR時のリアルタイム照射線量測定システムの開発を行っている^{1,2)}。人工ルビーはX線吸収が少なく、照射野内に設置した状態で局所吸収線量のリアルタイム測定が可能である。人工ルビー線量計は、ルビーから発せられた光を光ファイバーで導光し、光電子増倍管で電気信号に変換・増幅後、光子計数ユニットからAD変換器を通じてPCへデータの転送を行うことで、光子数をリアルタイムに測定することが可能である。

これまでの研究において光電子増倍管を使用し、リアルタイム測定が可能である事が把握出来たが、多数点測定のためにはセンサーを複数点設置する必要がある、光電子増倍管を複数設置するにはコスト的にも困難である事が解っている。近年、半導体型光電子増倍管(MPPC)が発売され、これを使用し同時多数点測定の可能性を探るために、基礎特性を把握する目的として実験を行ったため報告する。

【使用機器】

- 人工ルビー(Φ1 mm)を設置した光ファイバー(長さ:10m):3本
- 人工ルビーなし光ファイバー(長さ:10m):1本
- MPPC: Type C13369-3050ED-04(浜松ホトニクス)
- X線線量計: RaysafeX2 (Fluke Biomedical)
- X線装置: DRX-3724H(東芝メディカル社製)
- アクリル水槽: W35.9×D22×H26.2 cm
- 自作アクリルファントム
- 線量計固定用発泡スチロール

【方法】

1.MPPC各チャンネルの応答特性

MPPCの各チャンネルの感度を測定するために、1本のルビー線量計をMPPCのA~Dの各チャンネルに接続して、RaysafeX2での吸収線量と人工ルビー線量計の測定値の関係を調べた。照射条件は管電圧を60 kV、80 kV、100 kVと変化させ、mAs値を10、20、40、100、200 mAsと変化させて測定した。

2.MPPC各チャンネルの校正

方法1の結果からMPPC各チャンネルの感度が異なっており、さらに各人工ルビー線量計の感度も異なるため、これらの校正を目的として、3本の人工ルビー線量計とRaysafeX2を同一照射野内に設置し、A~Dの各チャンネルの校正定数を算出した。照射条件は管電圧を100 kV固定とし、mAs値を20、40、100、200 mAsと変化させて行った。ただし、人工ルビーの設置をしていない光ファイバーをチャンネルCに設置し、散乱線の測定も同時に行った。

3.水中での同時多数点測定

方法2での結果を踏まえて、自作アクリルファントムを水槽内に設置し、水中でのX線減弱を測定して同時多数点測定を行い、得られた結果を理論値と比較した。照射条件は管電圧:80 kV、管電流:100 mA、照射時間:1.0 sec、SSD:100 cmとした。自作アクリルファントムは、1.5×1.5×25 cmのアクリル棒に、Fig.1に示すように1 cm刻みで深さ1 cm、穴径2 mmの穴を開け、人工ルビー線量計を設置し、水深24 cmまで測定を行った。

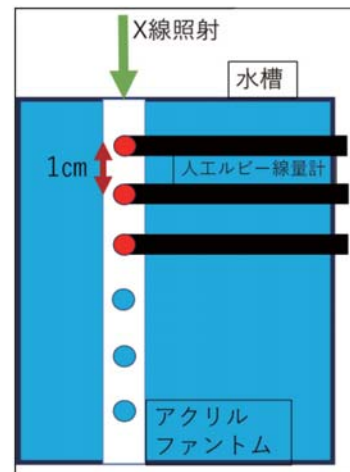


Fig.1

【結果】

1.MPPC各チャンネルの応答特性

Fig.2、Fig.3に管電圧80 kVならびに100 kVで測定したときのA~Dの4箇所各チャンネルの吸収線量と得られたカウントとの関係を示した。両グラフとも縦軸をカウント、横軸をRaysafeで測定した吸収線量(mGy)とした。

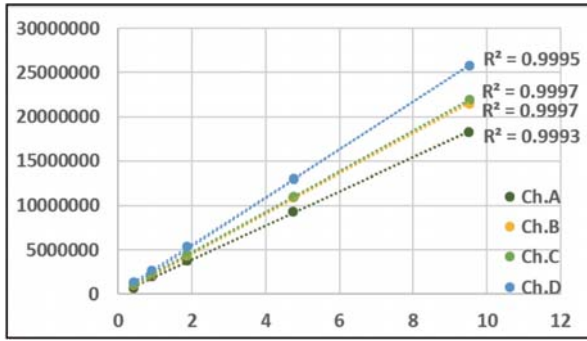


Fig.2

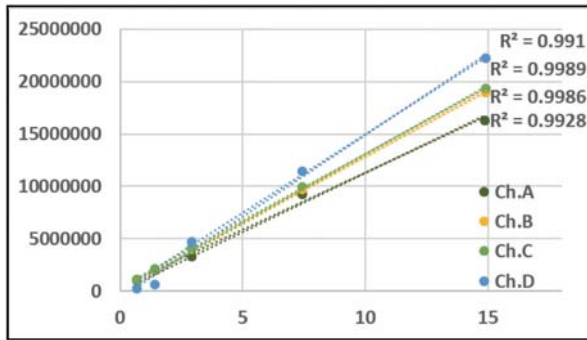


Fig.3

それぞれの照射線量と得られたカウントの間には決定係数0.99以上の優位な相関が得られたが、同じ線量計を接続しても、チャンネルごとに得られた結果が異なっており、校正が必要であることが把握できた。

2.MPPC各チャンネルの校正

Fig.4ならびにFig.5にチャンネルAとDの校正結

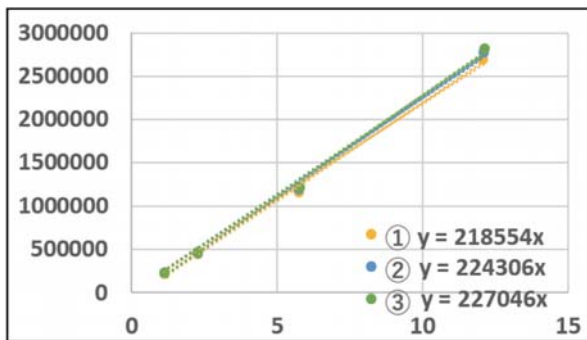


Fig.4

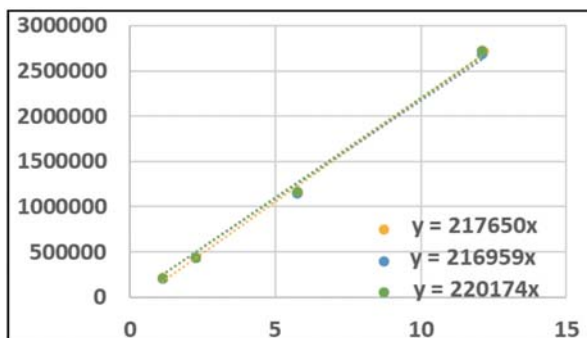


Fig.5

果を示した。両グラフとも縦軸をカウント、横軸をRaysafeで測定した吸収線量 (mGy) とした。各チャンネルに対し校正定数を導くことで、校正が可能であった。

3.水中での同時多数点測定

測定の結果、各深さにおける実測値と理論値の相違が確認された。測定値はチャンネルDの測定点でバラツキが見られ、全体として深部においては、実測値が理論値よりも全体的に低い値を示した。

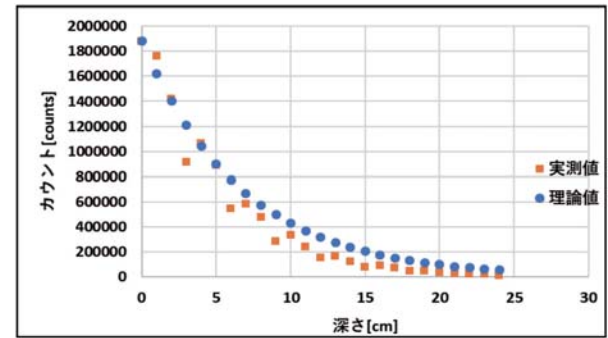


Fig.6

【考察】

MPPCを使用する上で、各チャンネルにおける感度の相違が測定値の相違に繋がっているが、チャンネルごとに校正定数を設けることで対応可能であることが確認できた。同時多数点測定の結果から、理論値と実測値の相違が確認された。これは、散乱線の影響アクリルファントムの穴が正確に1cm間隔となっていない可能性などが考えられるため、今後はより精度の高いファントムの製作が必要であると考えられる。さらにチャンネルDにおいては、ばらつく結果が得られたが、光ファイバーとMPPC受光面とのオフセットが校正定数を求めた時と同時多数点測定を行った時とで異なってしまった可能性が考えられ、今後は測定時に注意が必要であると考えられる。これらを踏まえて、より精度の高い測定を行うための測定系を考慮した上で測定を行い、詳細な報告をする予定である。

【参考文献】

- 1) Y. Hosokai, et al. DEVELOPMENT OF REAL-TIME RADIATION EXPOSURE DOSIMETRY SYSTEM USING SYNTHETIC RUBY FOR INTERVENTIONAL RADIOLOGY. RPD, 2017
- 2) K. Matsumoto, et al. Characteristics of a realtime radiation exposure dosimetry system using a synthetic ruby for radiotherapy. RPTE, 2023