

# 光学 CMR 法によるフィルム型色素線量計の高感度測定法の開発

シーズ発掘試験 平成18年度採択課題  
「汎用イメージスキャナによるラジオクロミックフィルムの  
高感度読み取り法の開発と応用」

東北大学 大学院薬学研究科 助教  
大内 浩子



独自に開発した光学的共通モード雑音排除法（光学 CMR 法、Optical common-mode rejection）を汎用イメージスキャナに組み合わせ、フィルム型色素線量計（ラジオクロミックフィルム）の高感度測定法の開発と応用を行った。本試験では、スキャナで読み込んだ画像を CCD カラーフィルタにより RGB に分光し、赤色と緑色成分に光学 CMR 法を適用することで、透過、反射両方の読み取りにおいて検出下限値を飛躍的に改善することに成功した。ラジオクロミックフィルムの読み取りに従来用いられているデンシトメータや He-Ne レーザースキャナにとってかわる、高感度測定が可能なイメージ解析スキャニングシステムとしての実用化に大きく近づいた。

## ■ 研究内容、研究成果

フィルム型色素線量計の中で最も汎用されているラジオクロミックフィルムは組織等価性を有するため、様々なエネルギーの散乱線が混在する医療の場での二次元線量評価に利用されている。しかし、フィルムの厚さ揺らぎからくる不均一性などのため、低感度という大きな欠点をもつ。シグナルを増やすことのみ注目していた従来法に対し、ばらつきを低減することにより S/N 比を改善し、高感度を達成する方法—光学的共通モード雑音排除法（光学 CMR 法）を独自に開発した。本法は、フィルムの透過スペクトルを赤色、緑色成分に分解し、両者を演算することで厚さ揺らぎからくる不均一性を相殺し、感度を向上させる。本試験研究では、反射型ラジオクロミックフィルムを反射モードスキャナにより読み取り、スキャナの CCD カラーフィルタにより分光された測定値に光学 CMR 法を適用する測定法の開発と応用を行なった。

反射型ラジオクロミックフィルム（GafChromic XR type R film）の透過スペクトルを図 1 に示す。緑色成分は赤色成分より放射線に対し感度が低く、しかし、照射以外のフィルム自体の履歴は共通に有することを利用し、両成分の比をとること（光学 CMR 法）でフィルムの厚さゆらぎなどによる不均一性から生じるばらつきを軽減することができる。反射モードで読みこむと、出力は反射光量  $R_f$  ( $R_f$ , Reflectance) で得られるが、放射線感応層自体は透明なので反射光量は吸収光量と同じ意味をもつ数値として扱える。図 2 に赤色成分 ( $R_d$ ) のみを用いる従来法による演算結果 ( $net\ OD\_R_d$ ) と、光学 CMR 法による演算結果 ( $netROD\_R_d\_Gr$ ) での X 線に対する線量応答性を示す。両者とも線量に対し良好な直線関係を持つ。0.1Gy までの低線量域を図 3 に拡大する。図 3(a) は、従来法による  $net\ OD\_R_d$  値による結果であるが、サンプル間のバラツキが大きく 81mGy より下の線量では回帰式と整合しない。すなわち、従来法では 0.1Gy あたりまでしか測定できない。一方、図 3(b) に示す光学 CMR 法を適用した  $netROD\_R_d\_Gr$  値では、低線量域においてもサンプル間のばらつきが小さく、回帰式とは測定値の 1S.D. 内で一致していた。データの再現性も良く、本法により、3.7mGy まで読み取ることが可能であることが示された。この結果は、検出下限値が約 30 倍まで改善されたことを意味する。さらに、本法は、透過、反射に関わらず同様なスペクトルを有する市販の様々なフィルムに適用可能であることを確認した。

## ■ 今後の展開、将来の展望

本法については、汎用型 RGB カラー画像スキャナと組み合わせ、色素線量計フィルムの高感度測定を可能にする 2 次元線量計測システムとして製品化をめざしている。本システムは、1 回のフィルム

測定データの中で波長間の演算のみを必要とする、簡便でありながら従来の方法よりはるかに低い検出下限を提供できる極めて革新的なものとなる。また、このようなシステムは全世界でこれまで開発例が見当たらない。特に、診断・治療等の医療領域では IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy; 強度変調放射線治療) での QA (Quality Assurance) を始めとしてフィルムの高感度線量測定がいまや必須であり、上記システムへのニーズはすでに顕在化している。

システムの製品化には光学 CMR 法を取り入れたソフトウェアの作成、スキャナへの搭載により高速かつ高精度で演算結果を表示できるスキャニングシステムの構築が必要である。現在、そのためのマッチングファンド提携先と資金獲得を目指し、色素線量計メーカー及び医療機器メーカー等数社とコンタクトを行なっている。

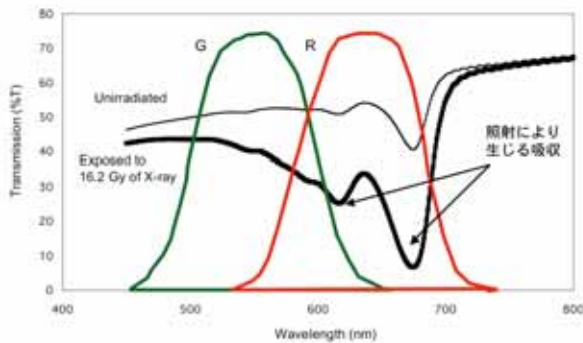


図1 フィルム型色素線量計 GafChromic XR type R film の透過スペクトルと CCD カラーフィルタ-により分光された赤・緑成分

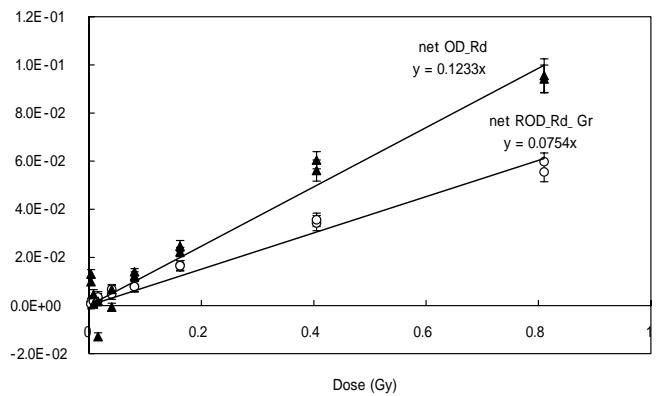
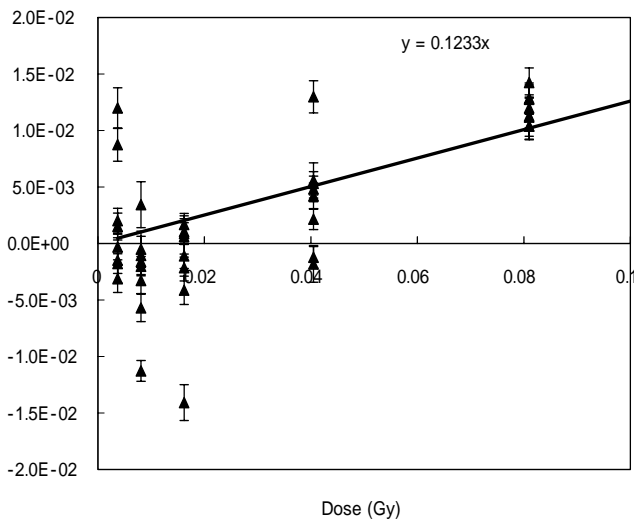
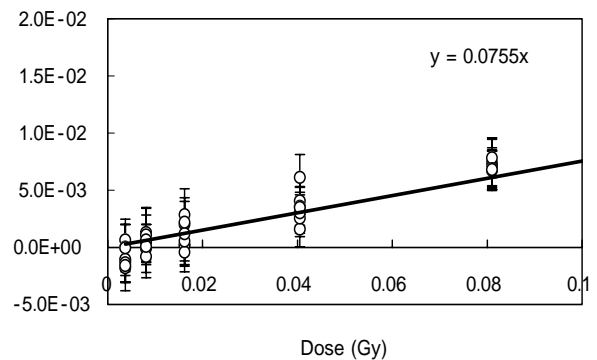


図2 net OD\_Rd ( ) と net ROD\_Rd\_Gr ( ) の X線に対する ~0.81Gy での線量応答性



(a)



(b)

図3. 図2の低線量域 (~0.1Gy) の拡大図

(a) Rd のデータだけを使用した net OD\_Rd ( ) では、サンプル間のばらつきが大きく 81mGy より下の線量では回帰式と整合しない。一方、(b) 光学 CMR 法によりデータ処理した net ROD\_Rd\_Gr ( ) では、サンプル間のバラツキも小さく回帰式とは測定値の 1S.D. 内で一致していた。