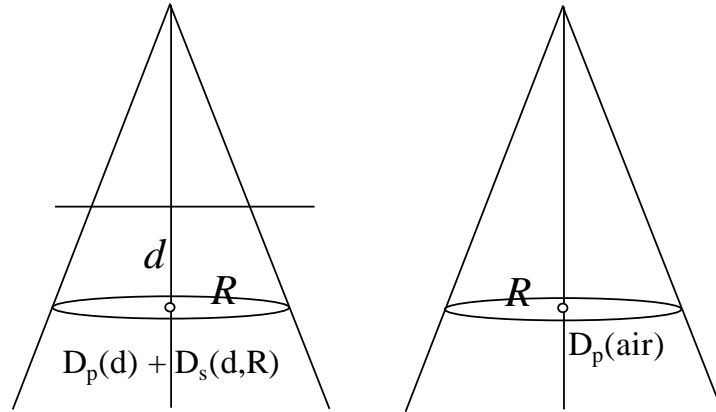


クラークソン積分法で用いられる Scatter-Maximum ratio (SMR) に関する私見

医用放射線技術学研究室 加藤 秀起

不整形照射野の線量計算には、Scatter-Air ratio (SAR) を用いたクラークソン積分法が用いられてきた。SAR は (1)式で定義されている。

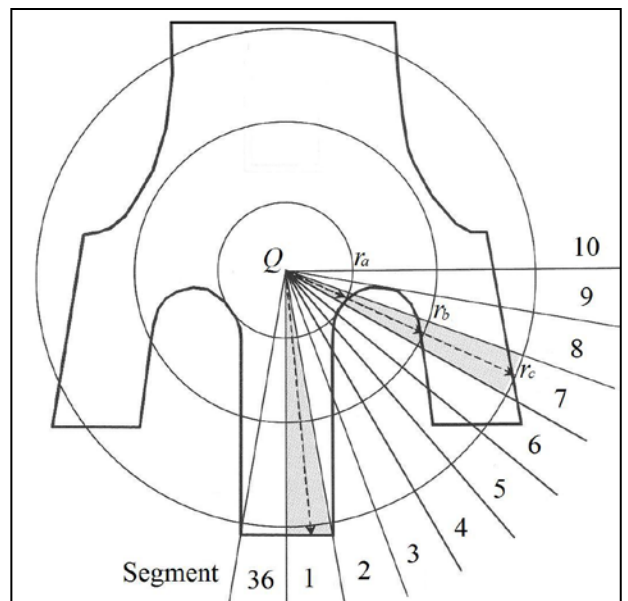


この模式図で  $D_p(\text{air})$  : 空中組織吸収線量 (ビルドアップキャップ装着、一次線線量のみ)  
 $D_p(d)$  : 深さ  $d$  の組織中での一次線線量 (照射野サイズに依存しない)  
 $D_s(d,R)$  : 深さ  $d$ 、円形照射野 (半径  $R$ ) の組織中での散乱線線量を表している。(注 : SAR は円形照射野で定義されている)

$$\begin{aligned}
 SAR(d,R) &= TAR(d,R) - TAR(d,R=0) \quad \text{----- (1)} \\
 &= \frac{D_p(d) + D_s(d,R)}{D_p(\text{air})} - \frac{D_p(d) + D_s(d,R=0)}{D_p(\text{air})} \\
 &= \frac{D_s(d,R)}{D_p(\text{air})}
 \end{aligned}$$

不整形照射野の場合、右図のように照射野を角度セグメントに分割し、次式で実効  $TAR(d,R)$  を算出することができる。

$$\begin{aligned}
 TAR(d,R) &= \frac{D_p(d) + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{D_s(d,r_i)}{D_p(\text{air})}}{D_p(\text{air})} \\
 &= \frac{D_p(d)}{D_p(\text{air})} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{D_s(d,r_i)}{D_p(\text{air})} \\
 &= TAR(d,R=0) + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SAR(d,r_i) \quad \text{----- (2)}
 \end{aligned}$$



この計算法に理論的な齟齬は見当たらない。

X線エネルギーの高エネルギー化に伴って空中線量  $D_p(\text{air})$  の実測が困難になり、SAR に代わって Scatter-Maximum ratio (SMR) が用いられるようになった。教科書等には SMR は SAR と同じ形の (3)式で定義されている。

$$SMR(d, R) = TMR(d, R) - TMR(d, R = 0) \quad \text{----- (3)}$$

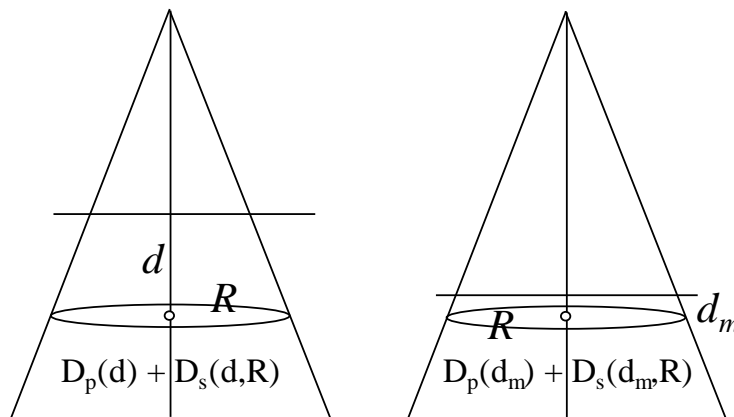
これを用いて、不整形照射野に対するクラークソン法による  $TMR(d, R)$  は、(2)式と同様に

$$TMR(d, R) = TMR(d, R = 0) + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SMR(d, r_i) \quad \text{----- (4)}$$

で算出できるとされている。

一方、本来 SMR は下記のように定義されている。

SMR is defined as the ratio of the scattered dose at a designated point in a phantom to the effective primary dose at the same point at the reference depth of maximum dose.



この図で  $d_m$  : 最大深

$D_p(d_m)$  : 最大深における一次線線量

$D_p(d)$  : 深さ  $d$  の組織中での (実効) 一次線線量 (照射野サイズに依存しない)

$D_s(d_m, R)$  : 最大深、円形照射野 (半径  $R$ ) における組織中での散乱線線量

$D_s(d, R)$  : 深さ  $d$ 、円形照射野 (半径  $R$ ) の組織中での散乱線線量

を表している。(実効一次線線量は横方向の2次電子平衡が成立していることを想定)

この上記の本来の定義に従えば SMR は

$$SMR(d, R) = \frac{D_s(d, R)}{D_p(d_m)} \quad \text{で表される。これを変形・整理すると}$$

$$SMR(d, R) = \frac{D_p(d) + D_s(d, R)}{D_p(d_m) + D_s(d_m, R)} \times \frac{D_p(d_m) + D_s(d_m, R)}{D_p(d_m)} - \frac{D_p(d) + D_s(d, R = 0)}{D_p(d_m) + D_s(d_m, R = 0)}$$

$$= TMR(d, R) \times SF(d_m, R) - TMR(d, R = 0)$$

(ここで  $SF(d_m, R)$  : 最大深における散乱係数, 以前の Back scatter factor である)

となり、(3)式と較べると右辺第1項に  $SF(d_m, R)$  を乗じた形となる。

従って、不整形照射野に対するクラークソン積分法による実効 TMR(d,R) は、(2)式とは異なる次式を用いて算出する必要がある。

$$TMR(d, R) = TMR(d, R = 0) + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{SMR(d, r_i)}{SF(d_m, r_i)}$$

以上より、教科書等に記載されている(3), (4)式は理論的に間違いであり、不整形照射野に対する実効 TMR を正確に算出できない。