

生体内の光輸送計算における反射効果に対する中性子輸送計算法の適用性

Applicability of a neutron transport method to treatment of light reflection in biological tissue

*伊藤 雅人¹, 天野 虎之介¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

生体内の光輸送計算において、屈折率の異なる境界面での光の反射効果を適切に取り扱う必要がある。反射効果を考慮した光子束の角度分布を表現する角度分点セットとして、中性子輸送計算において従来用いられてきた角度分点セットが有効かどうか、MOC(Method Of Characteristics)を用いて検討した。

キーワード：輻射輸送方程式、MOC、角度分点セット、反射

1. 緒言 屈折率の異なる媒質間において光の屈折・反射といった現象がみられる。この際、境界面の光の透過率、反射率は角度の依存性をもつため、光の角度分布に影響を与える。このため、輻射輸送方程式に基づく生体内の光輸送計算の際、従来の中性子輸送計算で用いられてきた角度分点セットによる計算では、計算精度が悪化する可能性が考えられる。そこで、光の反射効果を取り入れた均質な一次元無限平板体系において、従来の中性子輸送計算で用いられてきた角度分点セットの精度について検討を実施した。

2. 計算条件 長さ 2 cm の一群一次元無限平板体系を 20 分割し、左端領域に 0.1 cm 厚さの外部光源を設置した体系を計算体系とした。散乱断面積 $90 [\text{cm}^{-1}]$ 、吸収断面積 $0.15 [\text{cm}^{-1}]$ 、外部光源強度 $1 [\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}]$ 、生体内の屈折率 1.4、空気屈折率は 1 とした。外部境界条件を屈折率の違いによる反射境界条件(領域内は生体と外部は空気を想定した条件)とした。角度分点数を 2~100 まで変化させて①GL(Gauss Legendre)分点、②DGL(二重 Gauss Legendre)分点を用いて MOC 計算を行った。DGL 分点を用いて角度分点を 256 分点として得られた解を参照解とした。二乗平均平方根誤差(RMSE)を求めて、各角度分点セットについて角度分点数に対する誤差の変化を調べた。

3. 結果・考察 角度分点数に対する RMSE の変化を調べた(図 1)。図 1 より、GL 分点、DGL 分点を用いた計算結果の RMSE は、角度分点数 100 まで増やしても約 1% のオーダーの精度にとどまった。そこで、 $x = 1.95 \text{ cm}$ の角度光子束の飛行方向($\cos \theta$)依存性を調べた(図 2)。本検討では、生体-空気境界面における光の反射効果を扱っており、生体の屈折率のほうが空気よりも大きいため、空気への透過率が 0 となる臨界角が存在し、外部境界において臨界角で反射率($= 1 - \text{透過率}$)が滑らかでない。従って、図 2 のように境界面付近で $\cos \theta$ に対する角度光子束変化が滑らかではなく、ガウス求積の計算精度が悪化したと考察した。この計算精度を改善するには、角度光子束が滑らかでない $\cos \theta = 0$ と臨界角を境として $-1 \leq \cos \theta \leq 1$ の範囲を 4 つに分け、それぞれの $\cos \theta$ 範囲に対して GL 分点によりガウス求積を行えばよいと考えられる。

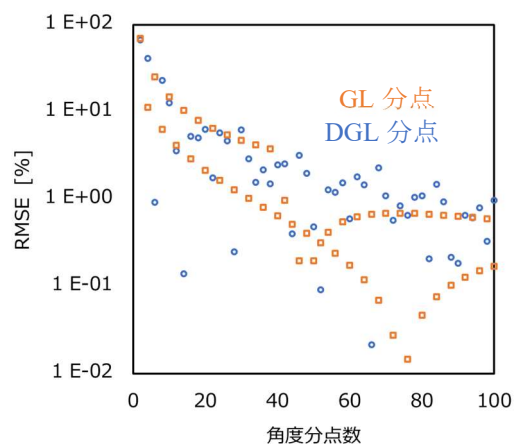


図 1 角度分点数に対する RMSE の変化

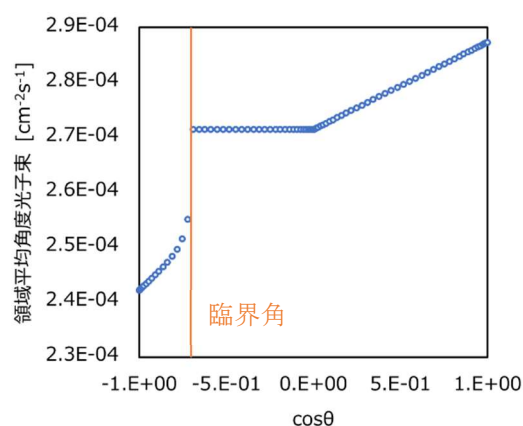


図 2 領域平均角度光子束($x = 1.95$)

*Masato Ito¹, Toranosuke Amano¹, Tomohiro Endo¹ and Akio Yamamoto¹

¹Nagoya University