

# 光透視のための生体内光散乱特性の解析

○藤原 功 高 義礼 加藤 祐次 清水 孝一

北海道大学大学院工学研究科システム情報工学専攻

Analysis of scattering property in biological tissue for transillumination imaging

Isao FUJIWARA, Yoshinori TAKA, Yuji KATO and Koichi SHIMIZU

Graduate School of Engineering, Hokkaido University

## 1. はじめに

近年、光透視による体内機能イメージングの可能性が指摘されている。近赤外光による透視では、生体組織における光散乱が透視像劣化の主因となっている。これまで生体内の光伝搬については、多くの研究が行われてきた。しかし、生体透視像の劣化を理論的に示す解析解に至る研究は見あたらない。

我々は、生体透視イメージングにおける透視像劣化の現象を明らかにするため、その理論的解析を試みている。ここでは、輸送方程式に微小角近似を適用した解析解に注目し、生体の光透視に対する応用可能性について検討した。

## 2. 理論・方法

解析対象とした系を Fig. 1 に示す。簡単化のため、入射光伝搬方向を軸とする円柱型対称系を考え、実空間座標  $x$ 、空間周波数  $f$  の一次元系として取り扱う。したがって、modulation transfer function (MTF) は  $M(f)$ 、画像劣化を示す point spread function (PSF) は、その逆フーリエ変換  $PSF(x)$  と表される。

散乱吸収媒質が強い前方散乱性を有する場合、MTF は輸送方程式に微小角近似を適用し、次式で与えられることが報告されている<sup>[1]</sup>。

$$M(f) = \exp(-H) \quad (1)$$

$$H = \int_0^A \mu_a ds + \int_0^A \left[ \mu_s \frac{1}{2} \int_0^{\pi} p(s) (1 - J_0(A)) s ds \right] ds \quad (2)$$

ただし  $A = \frac{2\pi f d_1}{L}$ ,  $L = \frac{d_1}{n_1} + \frac{d_2}{n_2}$ ,  $s = 2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$ 。

また、 $\mu_a$ 、 $\mu_s$  はそれぞれ媒質の吸収、散乱係数、 $p(s)$  は散乱パターン、 $J_0(A)$  は 0 次ベッセル関数である。

## 3. 結果

生体組織の代表的光学パラメータ ( $\mu_a = 0.01/\text{mm}$ ,  $\mu_s = 1.0/\text{mm}$ ) を用いて MTF を得、PSF に変換した。結果を Fig. 2 に示す。

散乱媒質が厚くなるにつれて、PSF が広がっていく。また、各 PSF の半値全幅は、散乱媒質の厚み

とほぼ同程度になることもわかる。

この結果は、入射面における点光源あるいは点像が、出射面に示す光量の空間分布を表している。出射面の光量分布は、入射面の分布と PSF の convolution で表されることから、この結果は、空間分解能の劣化を示すものでもある。Fig. 2 の結果は、「生体組織における空間分解能の劣化は、その深さとほぼ同じ程度となる」という実験報告<sup>[2]</sup>に、よく一致している。

## 4. まとめ

生体の光透視における画像劣化の現象を解析するため、MTF を求める理論式を得た。MTF より得られた PSF は、これまで報告された経験則とよく一致するものであった。

本理論式の妥当性は、現在までのところ、限られた条件でしか確認していない。今後、生体の光透視において想定される種々の条件に対し妥当性を調べ、その適用限界等を明らかにしていく必要がある。

本研究の一部は、文部省科学研究費により行われた。

- 参考文献  
 [1] Y. Kuga et al., Appl. Opt. 25, pp. 4382-4385, 1986  
 [2] Y. Taka et al., Med. Imag. Tech. 17, pp. 545-554, 1999

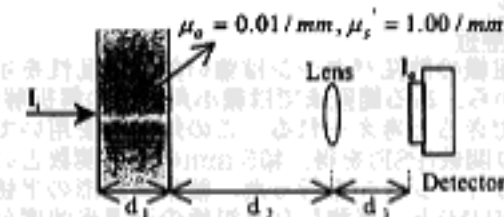


Fig. 1 Analyzed model.

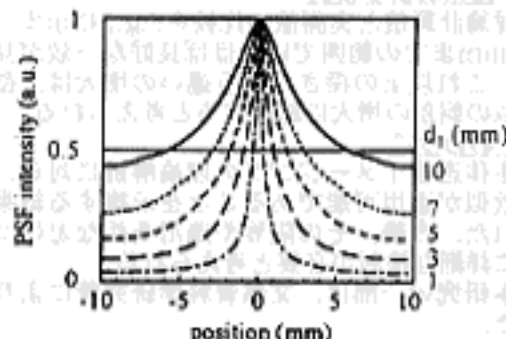


Fig. 2 Calculated PSF for different thickness.