

円偏光散乱によるがん深達度評価のための生体ファントム実験 In-vitro experiments with biological phantoms for depth estimation of cancer invasion using circularly polarized light scattering

北里大理 °Maskey Maikuraja, 福野光音, 齊藤 茜, 江角朝登, 西沢 望

Kitasato Univ. °Mike Raj Maskey, Mitsuo Fukuno, Akane Saito, Asato Esumi, Nozomi Nishizawa

E-mail: masuki.maikuraja@st.kitasato-u.ac.jp

微小粒子が拡散した混濁物質に円偏光を照射すると粒子によって散乱され偏光が徐々に解消される。この散乱光の偏光解消の強度を調べることでより拡散粒子の大きさ、密度、形状などを評価することができる[1]。生体組織においては細胞核を拡散した微小粒子とみなすことができ、組織のがん化に伴う細胞核異型により散乱光の円偏光状態が変化すると考えられ、実験的にがん組織の検出、およびがんの深達度計測が実証されている[2,3]。この円偏光状態の変化はいずれもシミュレーション結果との比較によって細胞核の粒径の差によるものと推測されている[4]。しかしながら、生体組織を用いた実験結果とシミュレーションの結果では乖離がみられた。本研究では、がん/健常組織の2層構造をした生体模型を作製し、その円偏光応答を比較したので報告する。

粒径 $12\ \mu\text{m}$ と $5\ \mu\text{m}$ のポリスチレン(PS)マイクロビーズを拡散させた紫外線硬化樹脂生体模型のがん層と健常層をそれぞれ紫外線照射により硬化し、それぞれの層を紫外線硬化樹脂で接着することで二層の生体模型を作製した。用意した5つの生体模型のがん層の厚さ(t)は $t = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 3.0\ \text{mm}$ とした。樹脂と PS は屈折率比が細胞質(m_c)および細胞核(m_n)の屈折率比($m = m_n/m_c$) 1.04と同程度の1.02となるよう選定した。がん化による屈折率と平均自由行程の変化は小さいと仮定した。この生体模型に波長 $850\ \text{nm}$ と $617\ \text{nm}$ の右回り円偏光を照射し、散乱光の円偏光度(DOCP)を偏光カメラ(Polarsens; Sony Semiconductor Solutions Corp.)を用いて撮像した。照射角と検出角(θ, φ)は(θ, φ) = ($30^\circ, 0^\circ$), ($0^\circ, 30^\circ$)で測定した(Fig.1 (a))。Fig.1(b)-(f)に撮像した模型のDOCP像($\lambda = 850\ \text{nm}$)を、Fig. 2 にDOCP値の波長間の差分のがん層厚依存性を示す。がん層が $0.0\ \text{mm}$ から $1.0\ \text{mm}$ までは下層の健常組織での寄与が大きく比較的高いDOCP差が得られているのに対して、 $t = 1.5\ \text{mm}$ 以上の試料ではがん層内部での散乱の寄与が大きくDOCP値の低下が入射、検出角によらず見られた。表面の加工や模型の接着の過程に課題はあるが、これらの結果は生体組織を用いた実験で得られた結果[3]と一致した。

[1] N. Nishizawa, A. Esumi, Y. Ganko, J. Biomed. Opt. **29**, 075001 (2024). [2] N. Nishizawa *et al.*, J. Biophotonics **14**, 202000380 (2020); **15**(10), 202200062 (2022). [3] 西沢他, 第71回応用物理学学会春季学術講演会, 24a-P03-4 (2024). [4] N. Nishizawa *et al.*, JJAP.**59**, SEEG03 (2020).

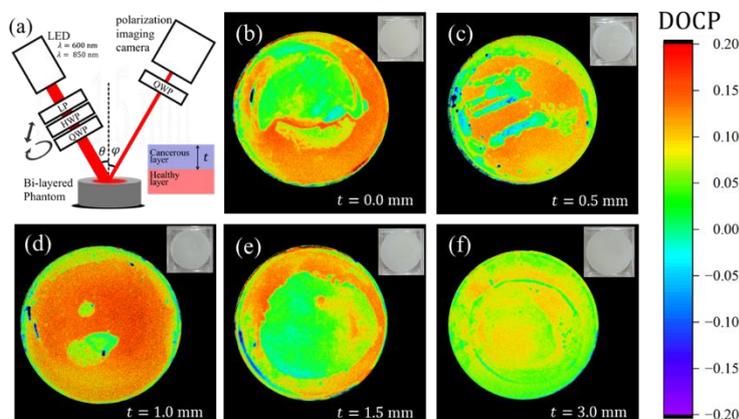


Fig.1 : (a) The optical system in this study. (b)-(f) The DOCP images of the layered phantoms taken by Polarsens, (θ, φ) = ($30^\circ, 0^\circ$). The thickness of the cancerous layer t is ranged from $t = 0.0$ to $3.0\ \text{mm}$.

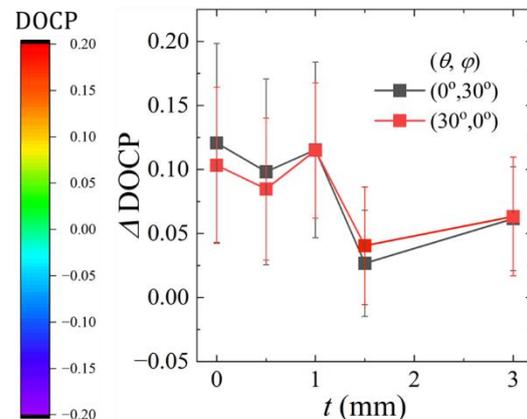


Fig.2 : The difference of DOCP values of the layered phantoms obtained by Polarsens as a function of t .