

2022/10/06
プレ卒研説明会

円偏光散乱を用いたがん評価技術

Cancer Evaluation technique
using of circularly polarized light scattering

理学部 物理学科
生物物理学講座（固体物理学講座）
講師 西沢 望

自己紹介

西沢 望 (にしざわ のぞみ)

北里大学 理学部 物理学科 生物物理学講座 講師

経歴: 1996年 東京都立町田高校卒業

専門: 2003年 東京理科大学理学部応用物理学科卒業

2008年 筑波大学大学院数理物質科学研究科修了

スピントロニクス (半導体物理、磁性体物理) 結晶成長

博士号(工学)取得

2008年～ 独立行政法人 物質・材料研究機構 ポスドク研究員

(超伝導物理)

微細加工技術

2010年～ 国立大学法人 東京工業大学 研究員

スピンフォトンクス 光デバイス (LED, Laser) 光学測定

2018年～ 国立大学法人 東京工業大学 助教

生体光学 偏光光学、光散乱

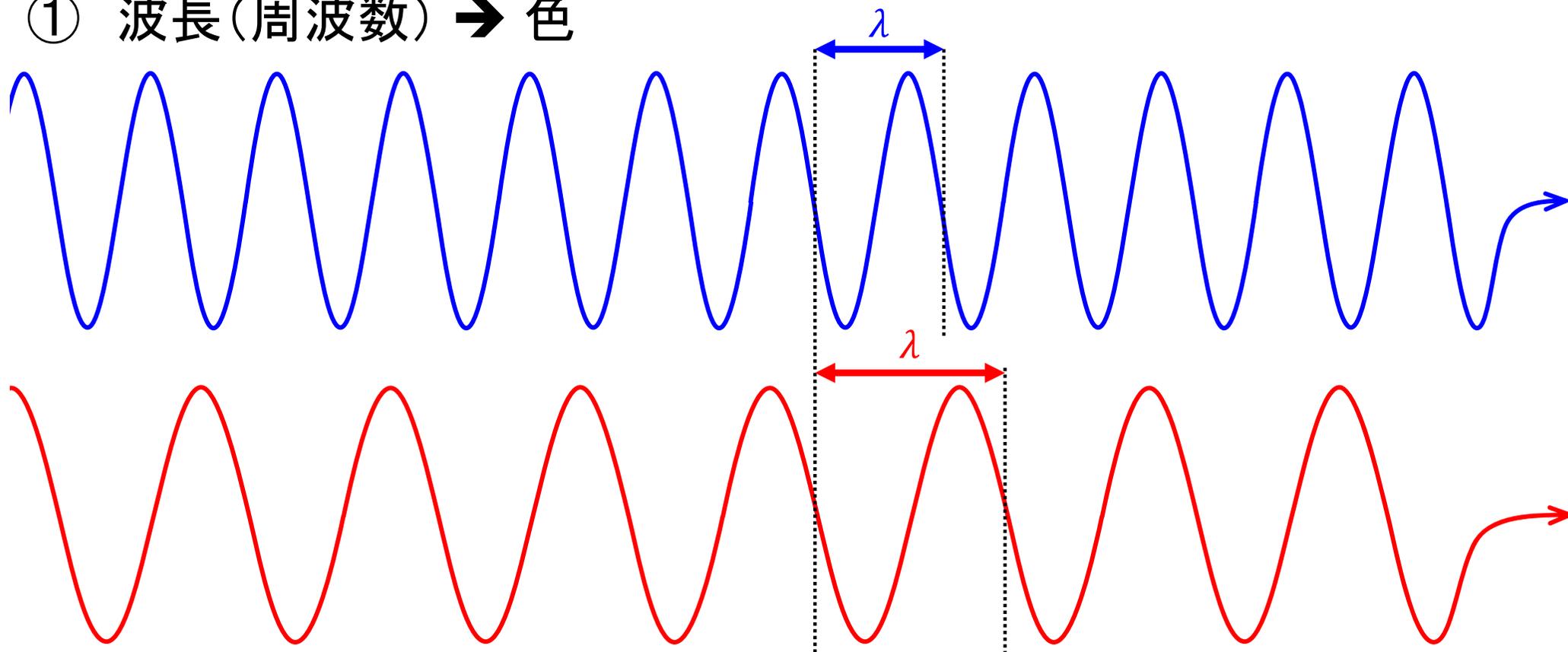
2022年～ 学校法人 北里大学理学部 講師(現職)



研究紹介

1. 偏光散乱を用いた生体評価技術
2. これからの研究
3. プレ卒の内容
4. レポート課題

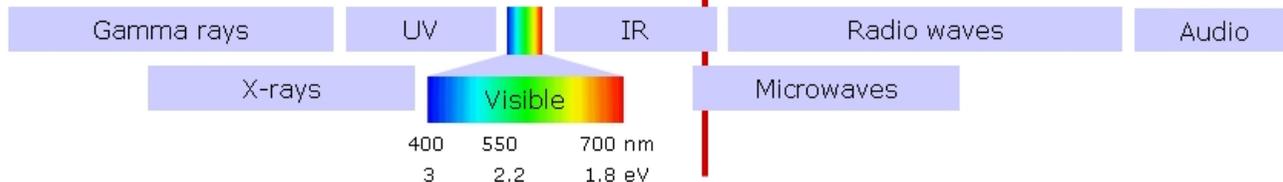
① 波長(周波数) → 色



The Electromagnetic Spectrum

$k_B T_R$ -The thermal energy at room temperature

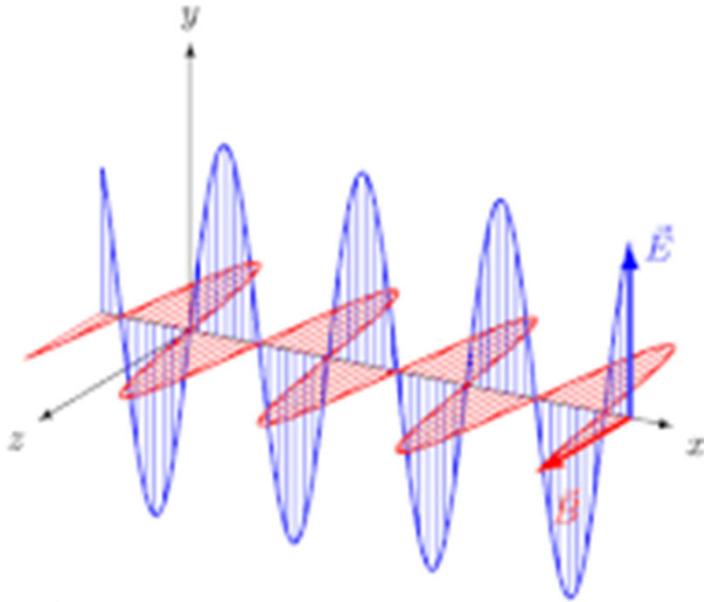
λ/m	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	
	pm		Å	nm		μm		mm		m		km								
E/eV	10^7	10^6	10^5	10^4	10^3	10^2	10^1	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}			



② 振幅 → 強度

③ 偏光

偏光とは何か



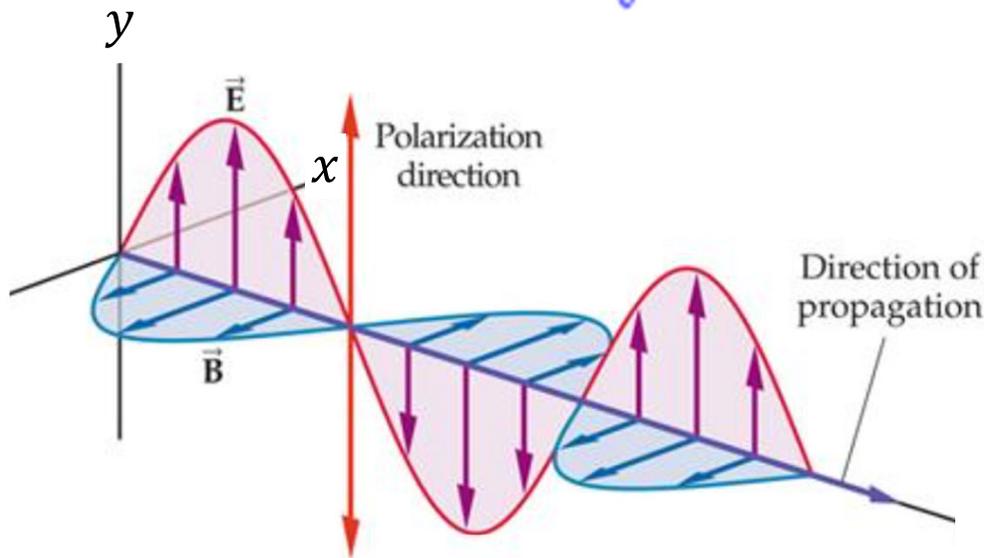
光:

電界と磁界の振動方向は常に互いに垂直でかつ進行方向に垂直な平面内にある。

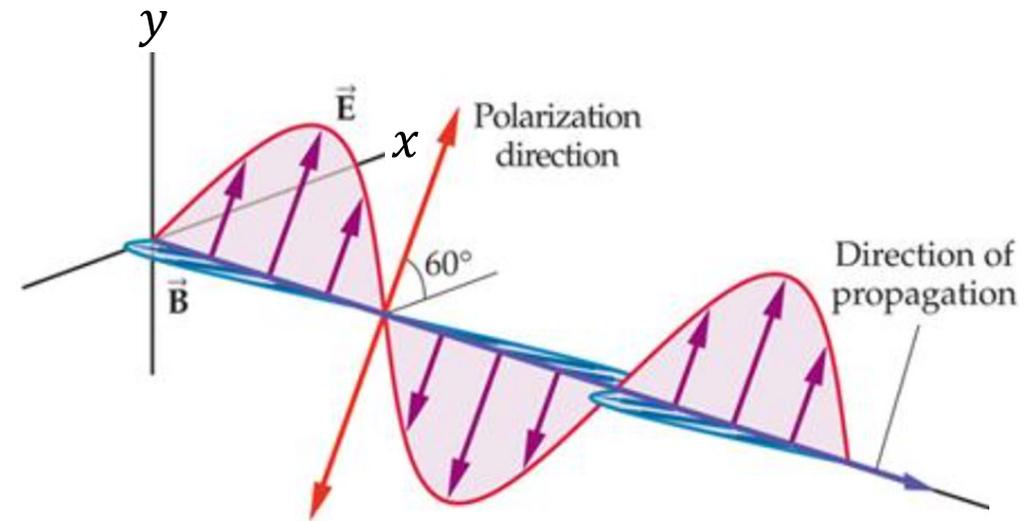
光の進行方向と電界 E がなす面を“振動面”

光の進行方向と磁界 B がなす面を“偏光面”

偏光面の方向が揃っている場合を“偏光”という。
偏光方向は偏光面の法線ベクトルで示すため、電界 E の振動方向に一致する



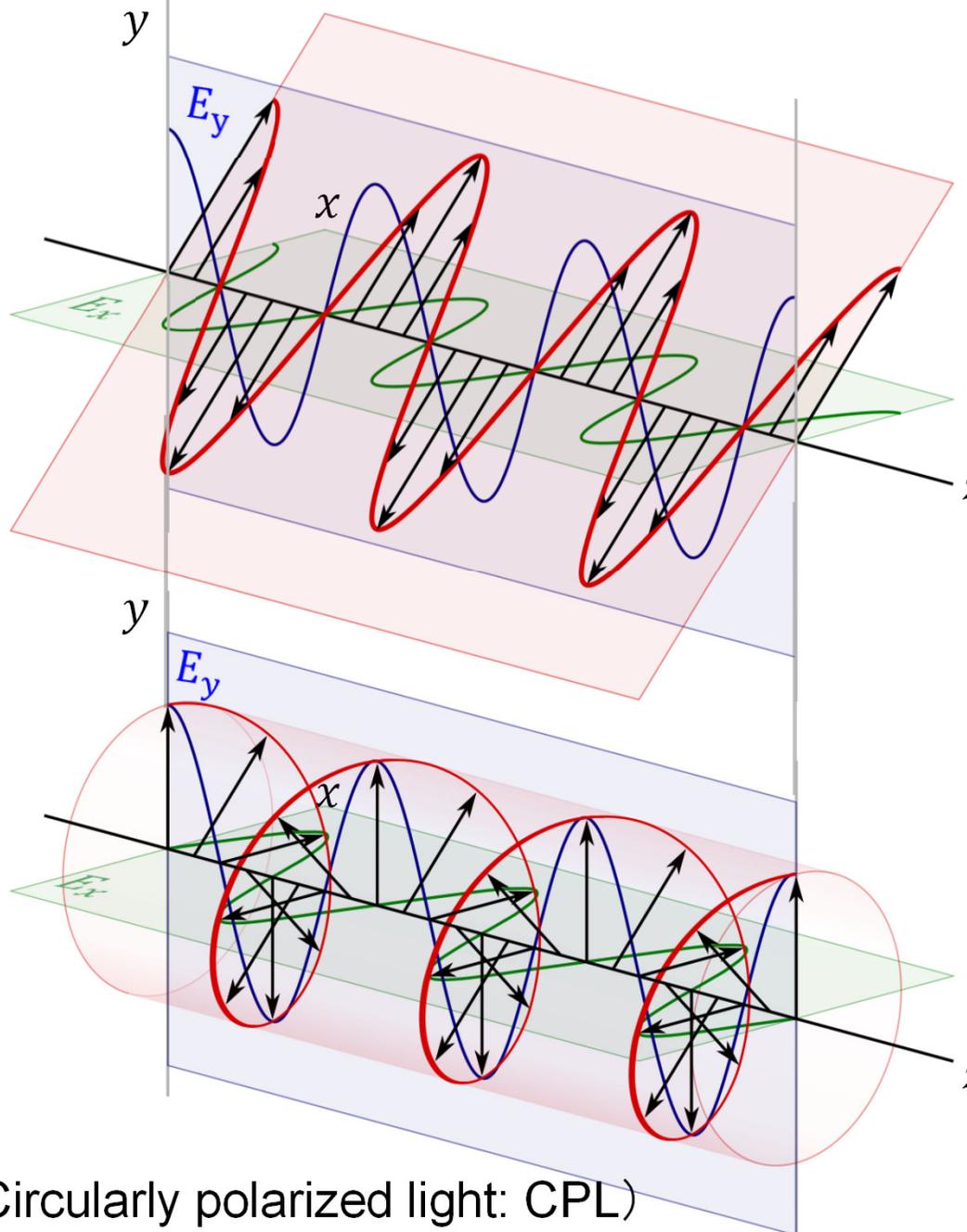
This wave is polarized in y -direction



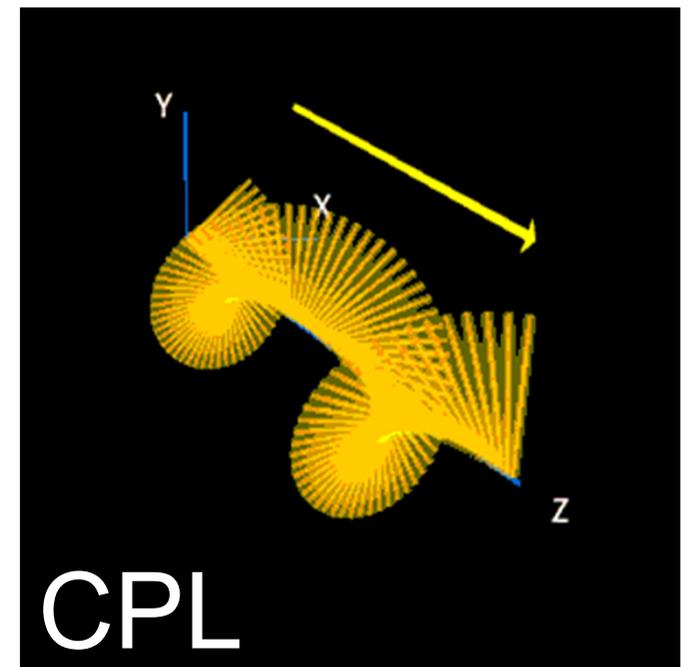
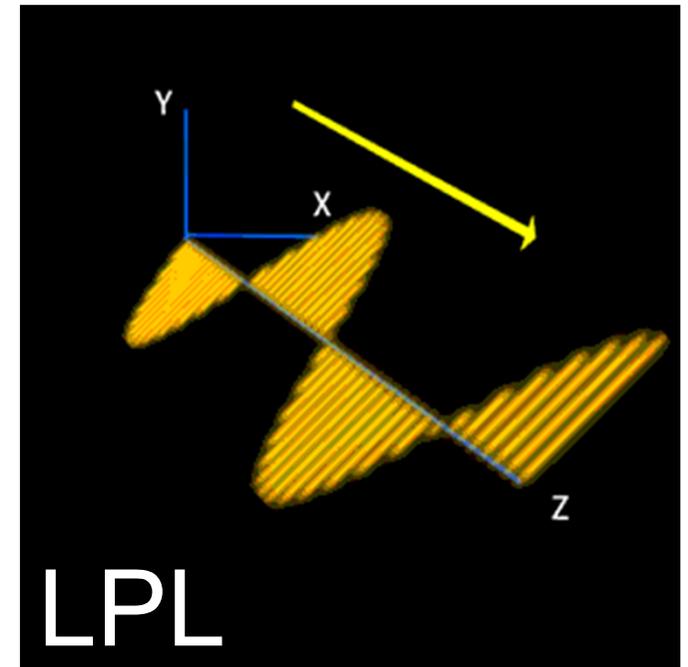
This wave is polarized in a direction at an angle of 60° with x -axis

直線偏光と円偏光

直線偏光 (linearly polarized light: LPL)



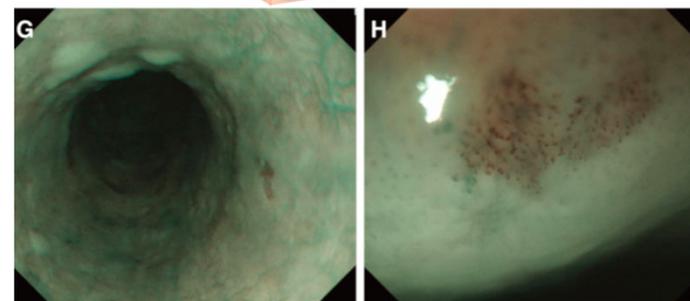
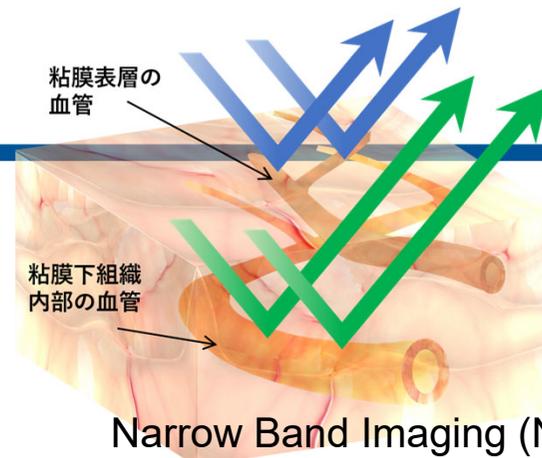
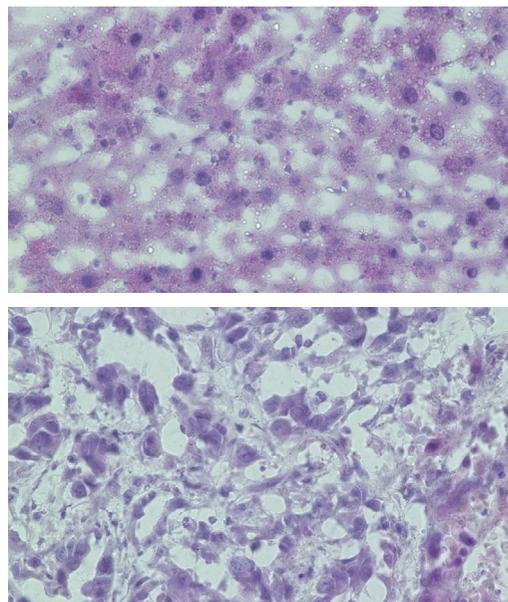
円偏光 (Circularly polarized light: CPL)



生体観察技術と偏光

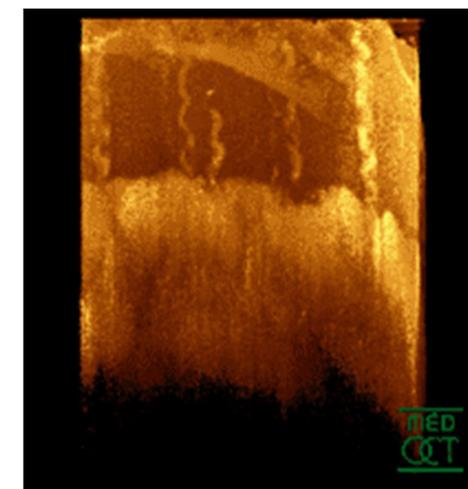
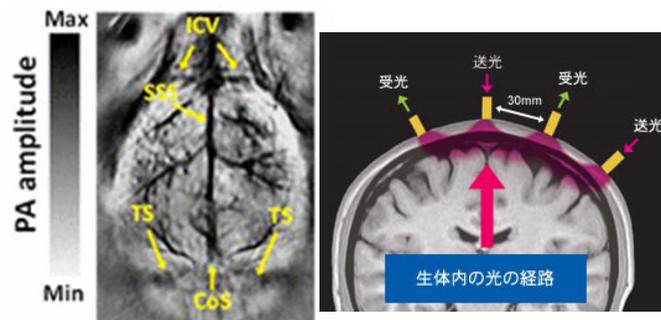
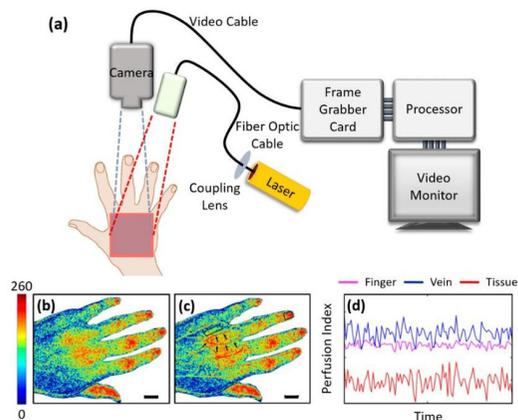
光の特性を用いた生体観察

- 振幅(強度)
- 波長(周波数)
- 偏光(位相)



V. Backman *et al.*, IEEE J. Se. Top. Quantum Electron. **5**, 1019 (1999)
 R. A. Weinberg "the biology of CANCER" 2nd edition.
 M. Muto *et al.*, J. Clin. Oncol. **29**, 1566 (2010)

- Optical Coherence Tomography (OCT) : 光干渉断層法
- Laser Speckle Imaging (LSI) : レーザースペckル像
- Photo-Acoustic Tomography (PAT) : 光音響断層法
- Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) : 近赤外分光法

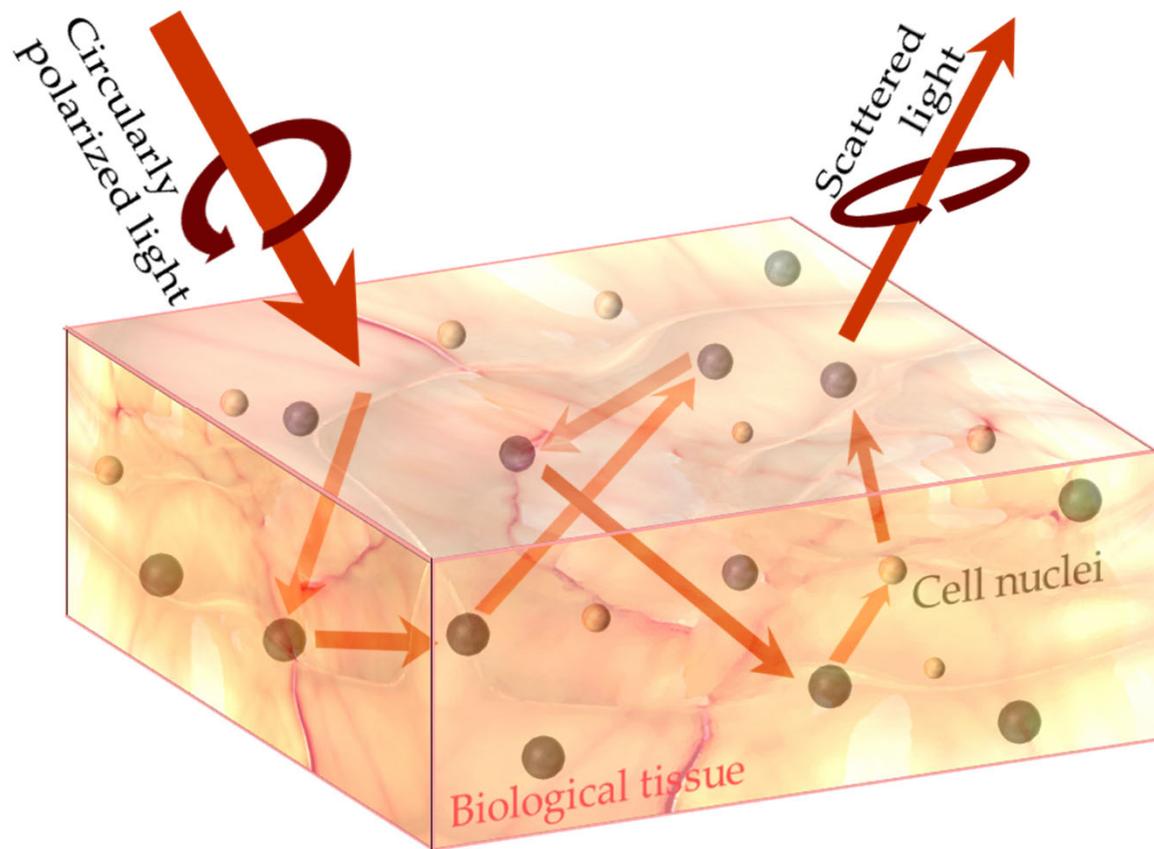
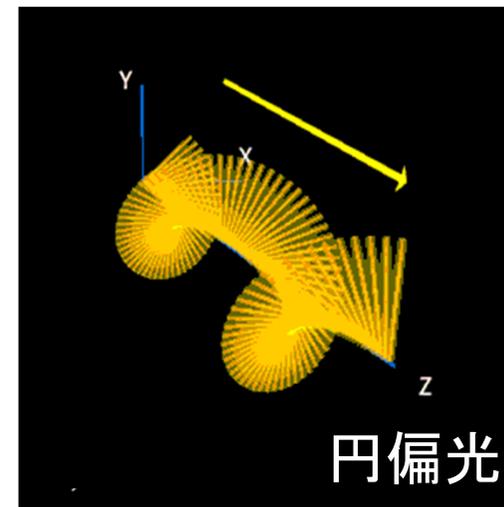
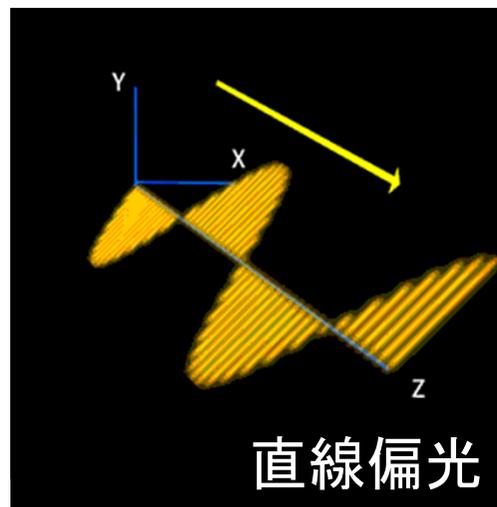


A. J. Deegan, *et al.*, Phys. Med. & Bio. **64** 07TR01 (2019).
 C. Lee *et al.*, "Multifunctional Photoacoustic Tomography" Springer (2017).

生体観察技術と偏光

光の特性を用いた生体観察

- 振幅(強度)
- 波長(周波数)
- **偏光(位相)**
 - 直線偏光
 - 円偏光



散乱光の偏光状態(偏光の崩れ具合)

- 散乱体の大きさ、密度、分布
- 生体組織の構造、近接組織の差異の情報
- **腫瘍の検出や前がん病変の検出に有効**

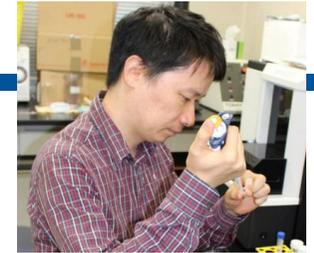
W. S. Bickel *et al.*, PNAS **73**, 486 (1976)

生体(検体)試料

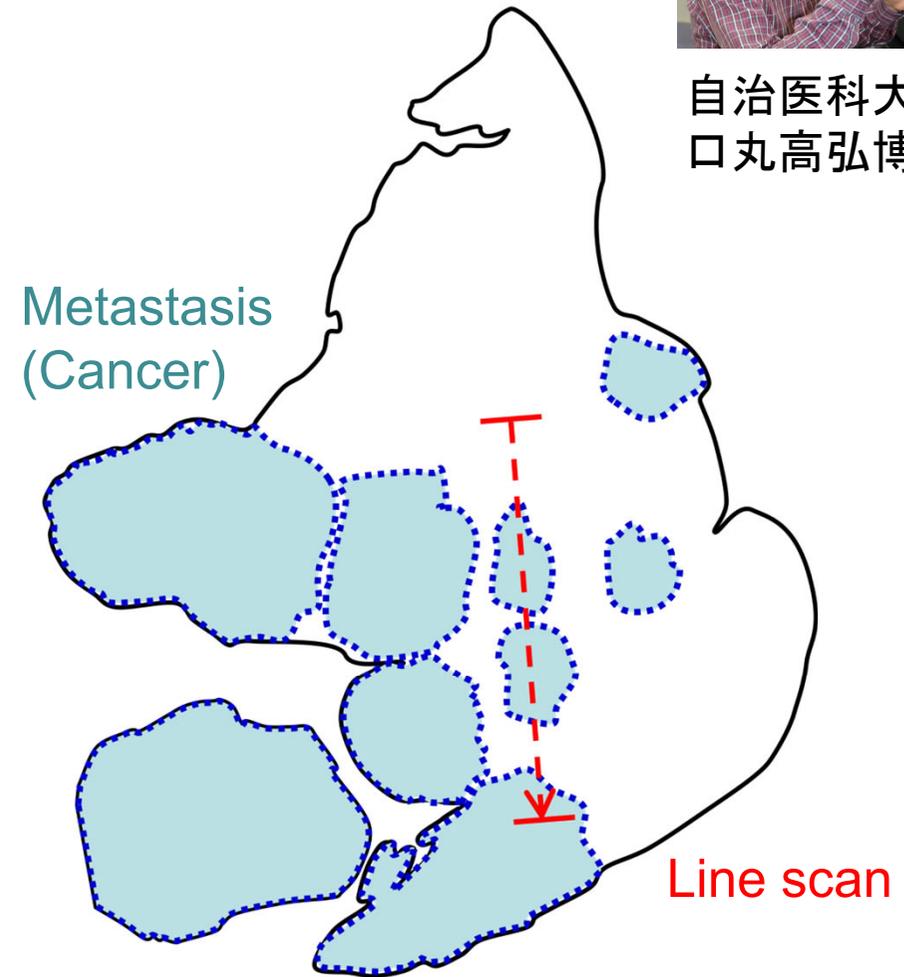
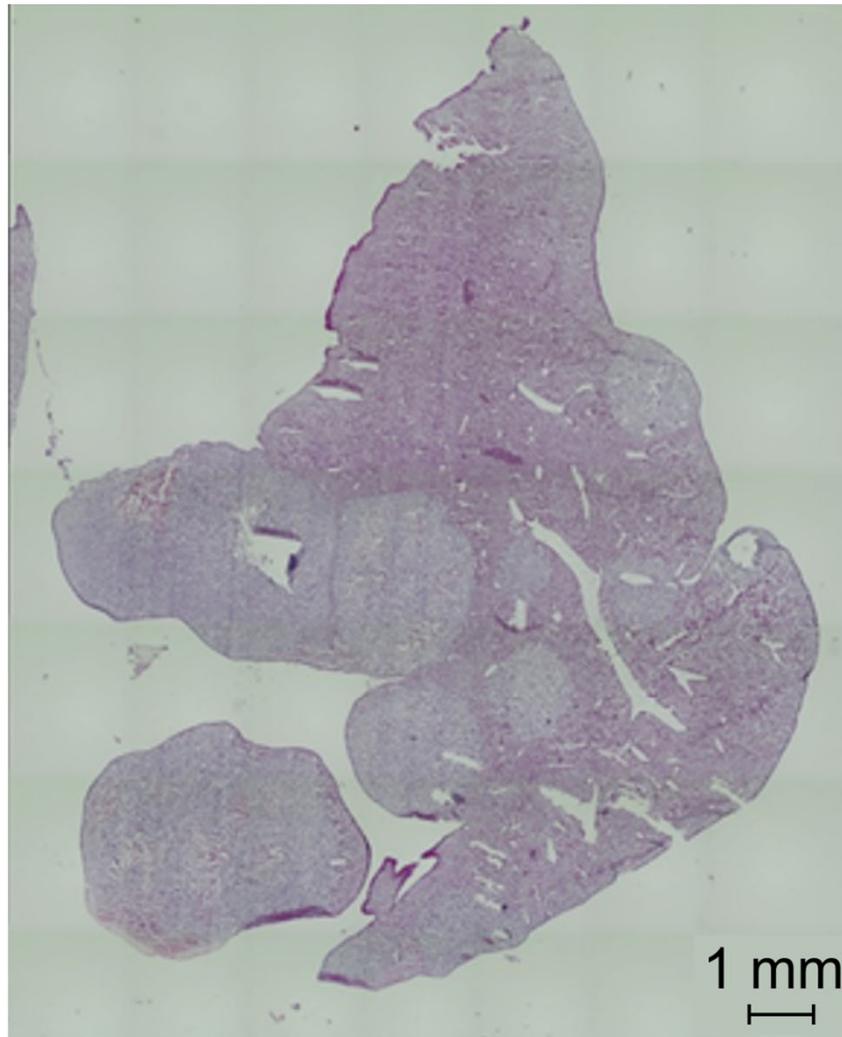
Nishizawa *et al.*,
J. Biophotonics.14 202000380 (2020).

9/21

ヒトすい臓がん細胞SUIT2を脾臓から移植して、47日後に摘出した肝転移検体



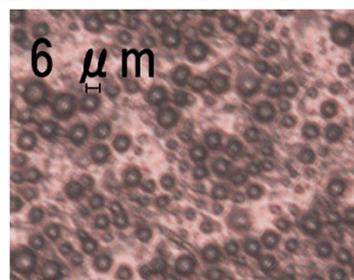
自治医科大学
口丸高弘博士



Healthy

6 μm

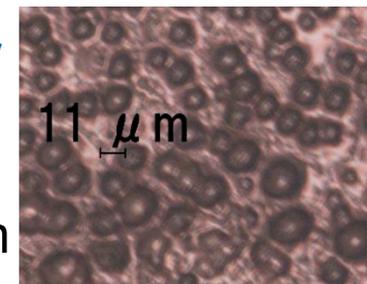
3~7 μm

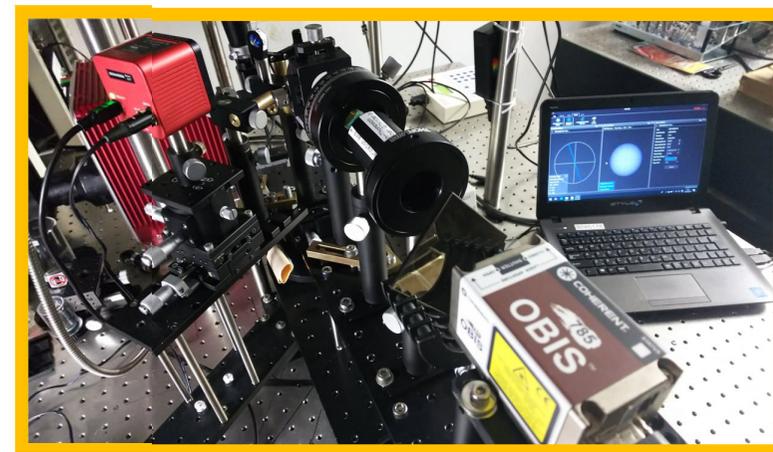
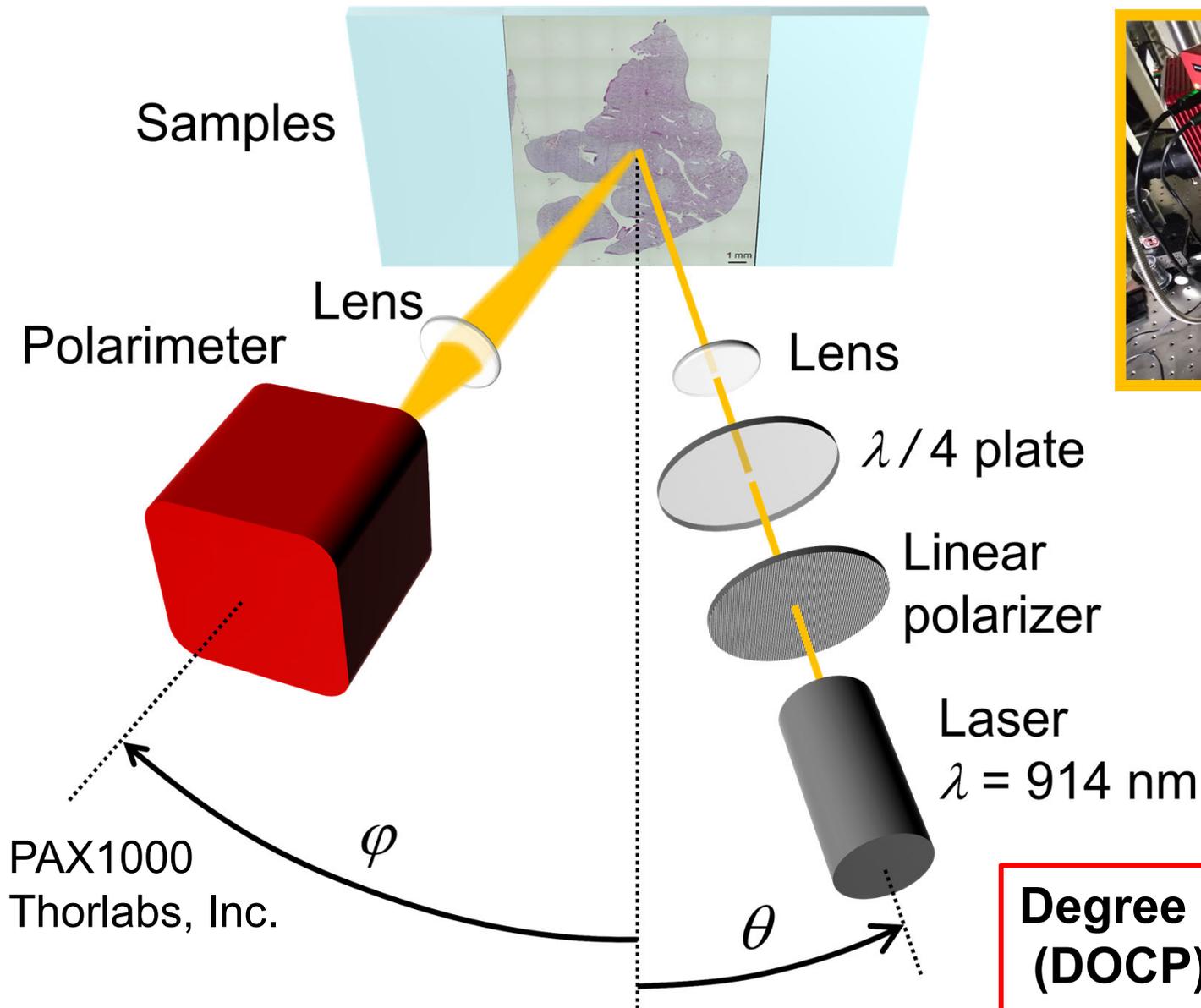


Cancer

11 μm

4~12 μm



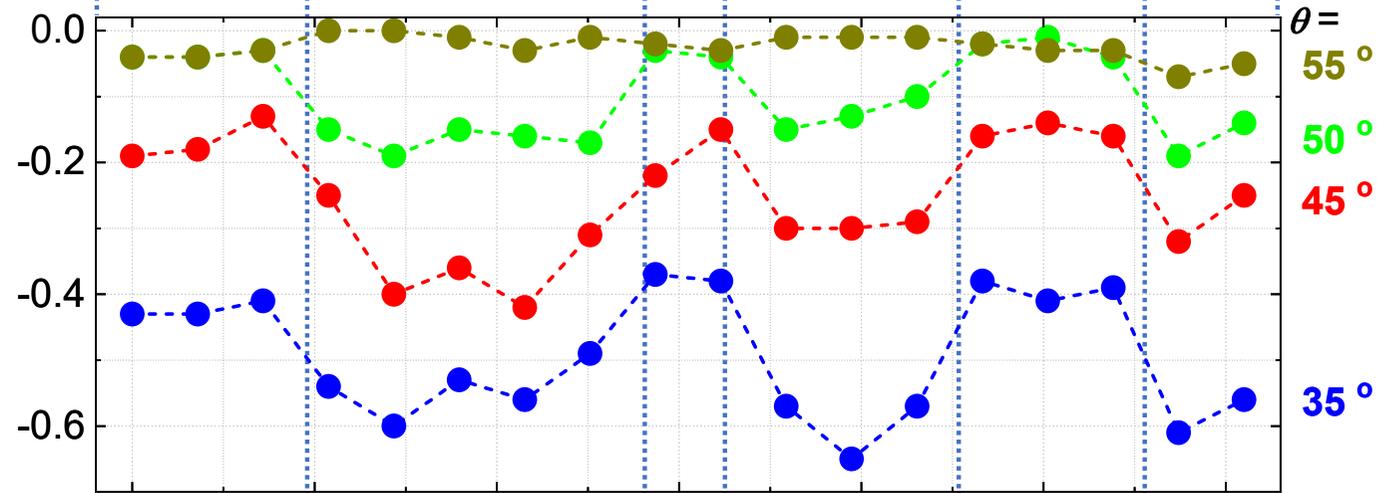
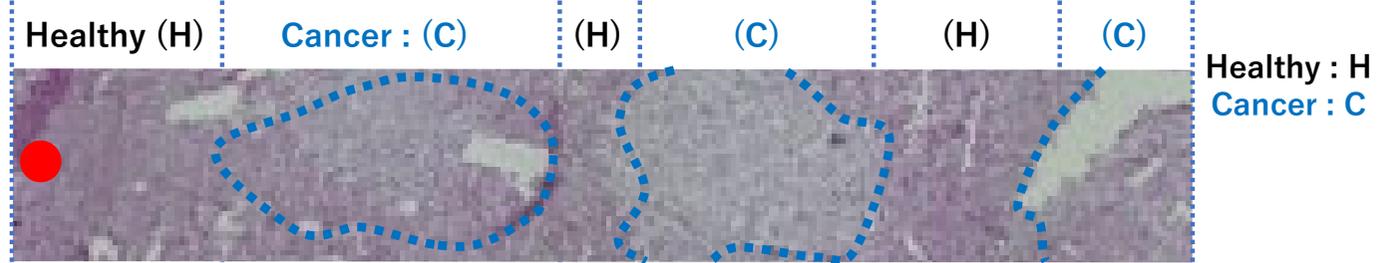
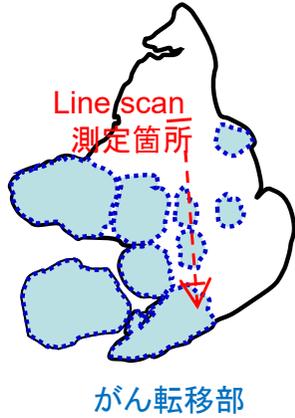
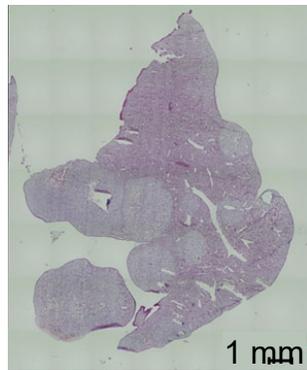


Degree of circular polarization (DOCP)

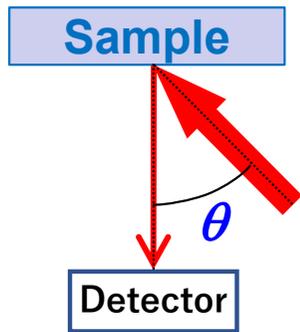
$$DOCP = \frac{S_3}{S_0}$$

$$-1 < (DOCP) < +1$$

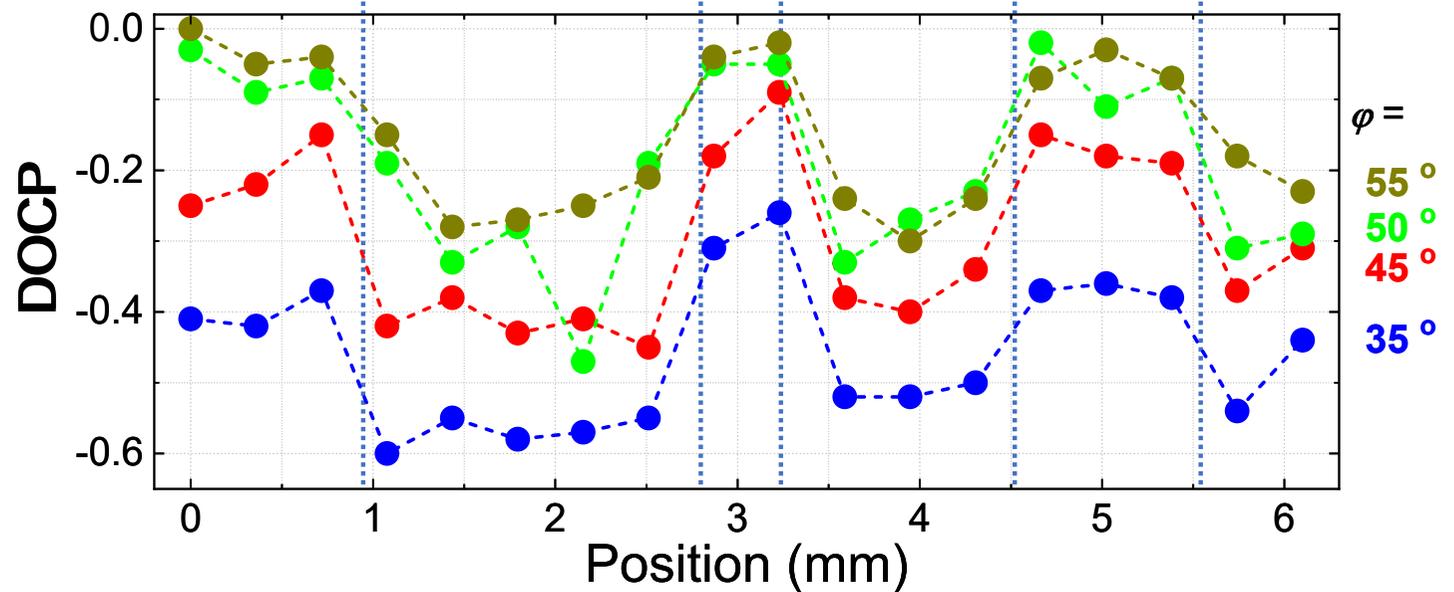
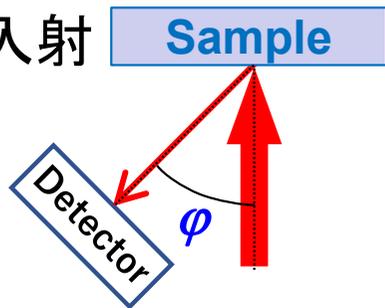
ラインスキャン



斜入射



垂直入射



Healthy : H
Cancer : C

$\theta =$
55°
50°
45°
35°

$\phi =$
55°
50°
45°
35°

Monte Carlo simulations of CPL scattering

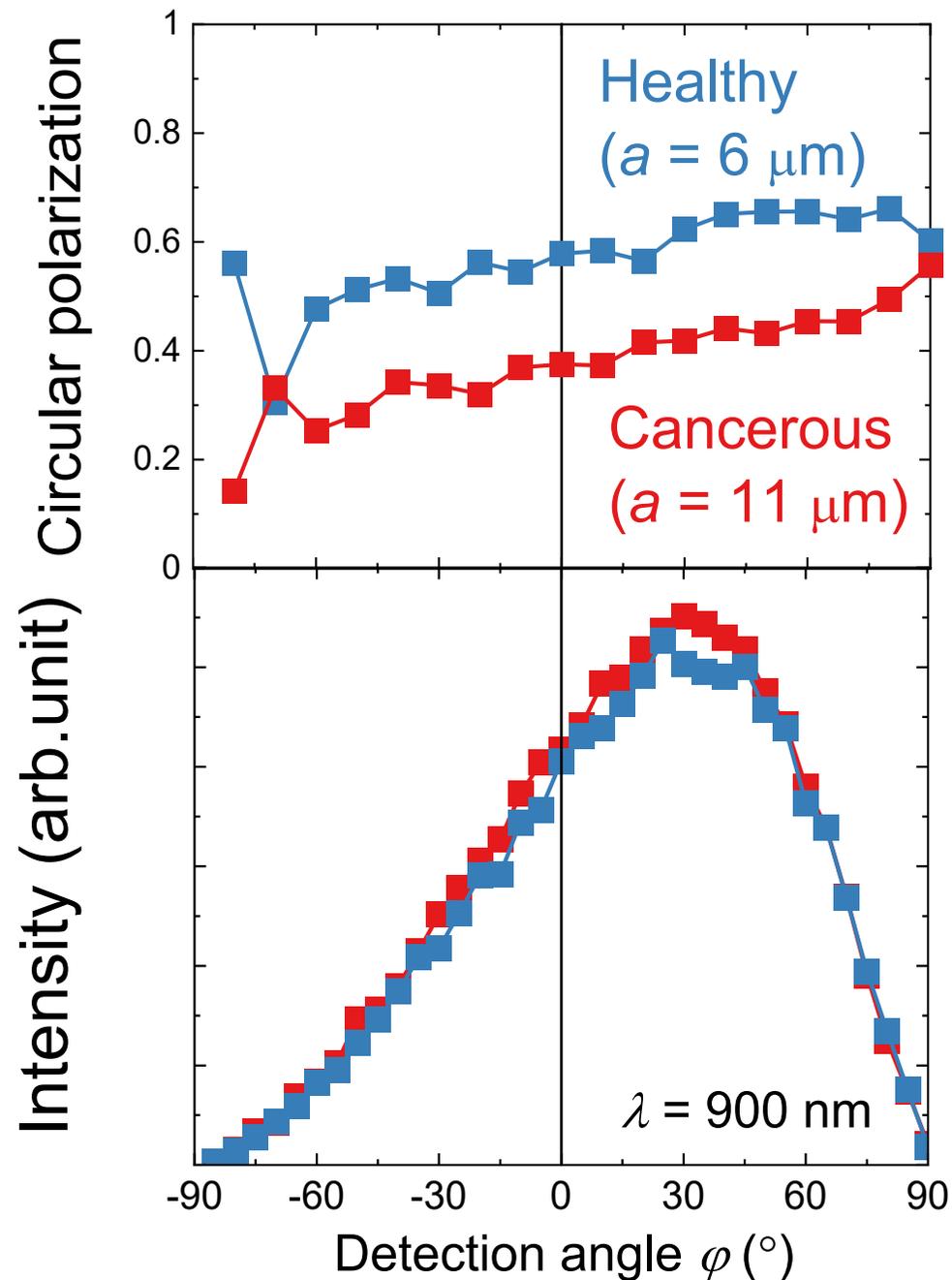
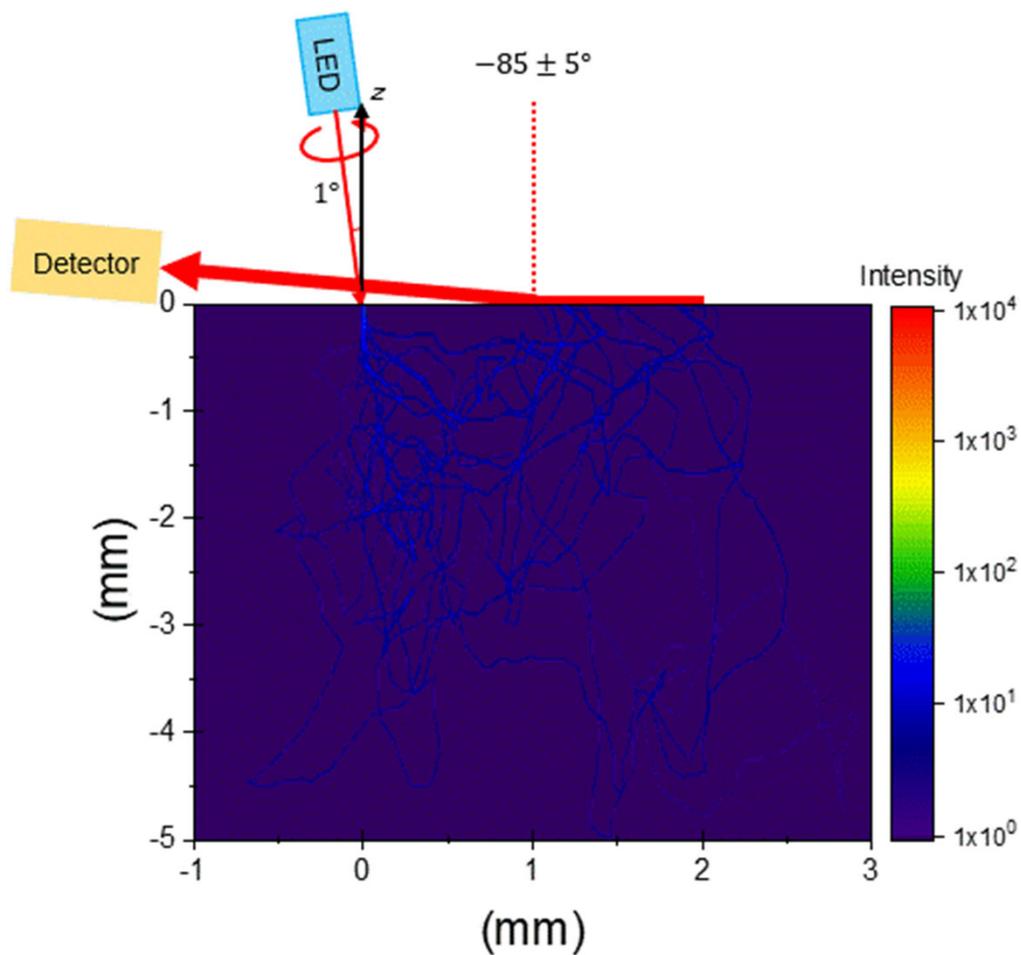
Absorption/scattering coefficient: 0.10 / 6.86 mm⁻¹

Refractive index of particle/matrix: 1.59 / 1.33

Diameter of cell nucleus

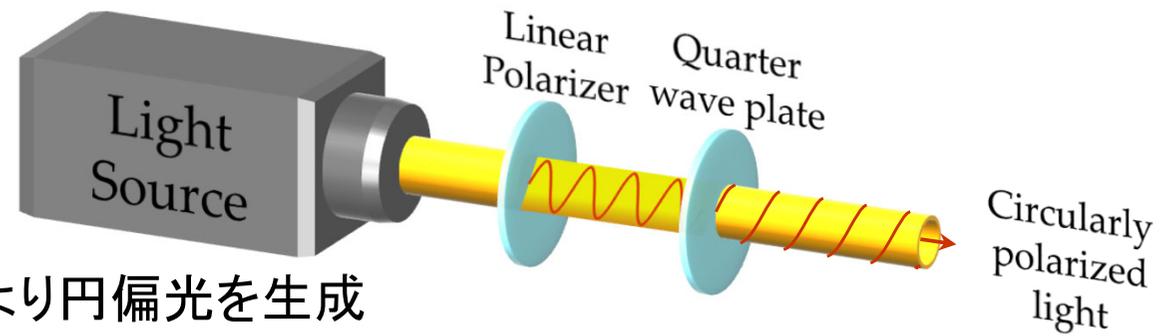
in **healthy tissues**: 6 μm

in **cancerous tissues**: 11 μm



円偏光の応用上の課題

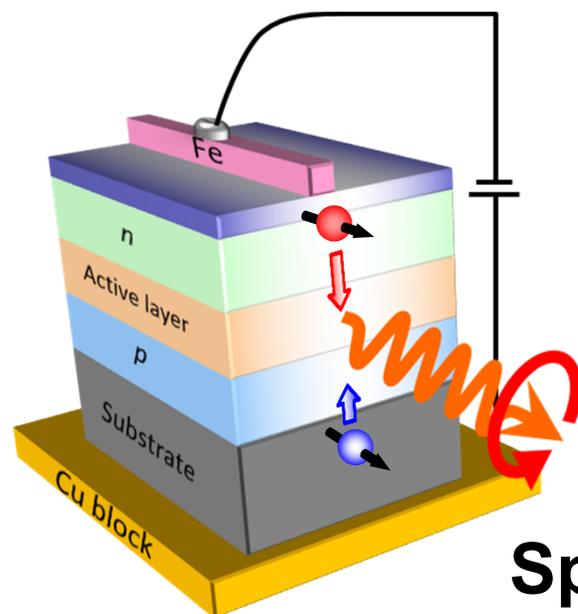
実用的な光源の欠如



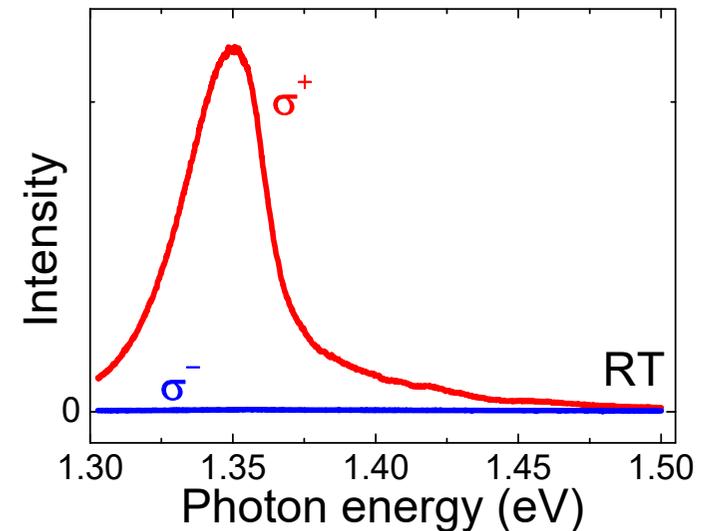
- 光源に加えて複数のフィルターにより円偏光を生成
- また、偏光特性の制御には機械的な回転機構などが必要
- 空間的、エネルギー的にロスが大きい
- 生体観察においては使用環境が体外に制限されてしまう



円偏光発光ダイオード (Spin-LED)

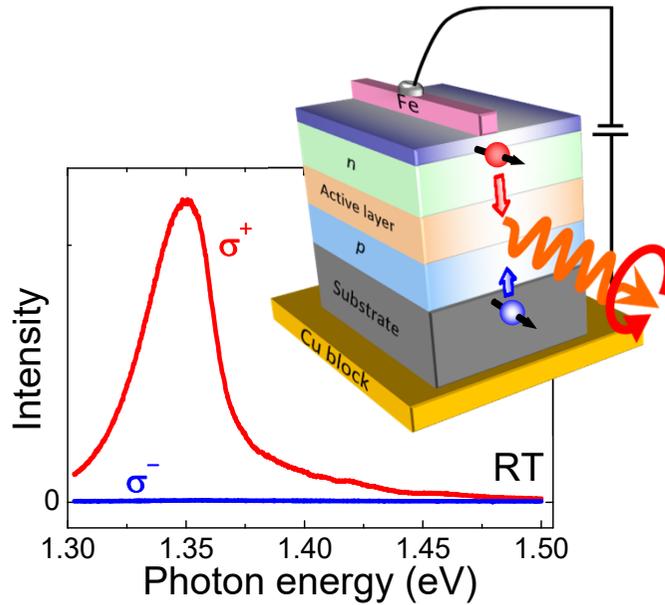


Spin-LEDの室温動作の実証(2017)

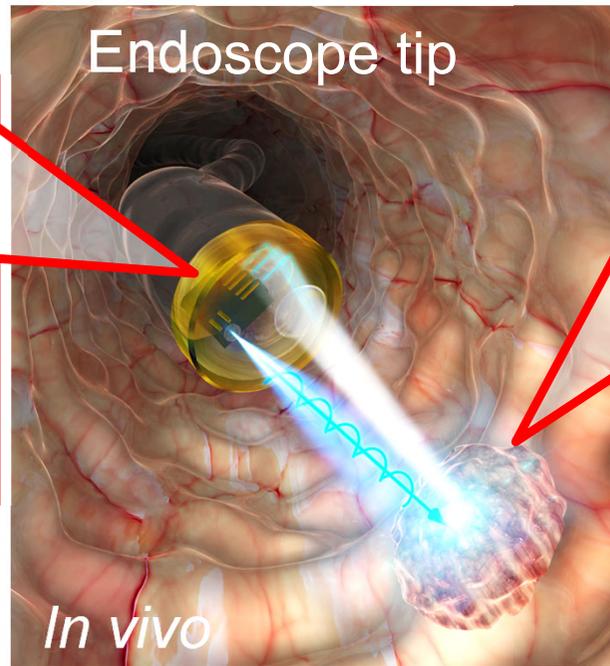


Spin-LEDにより円偏光の生体観察応用に活路

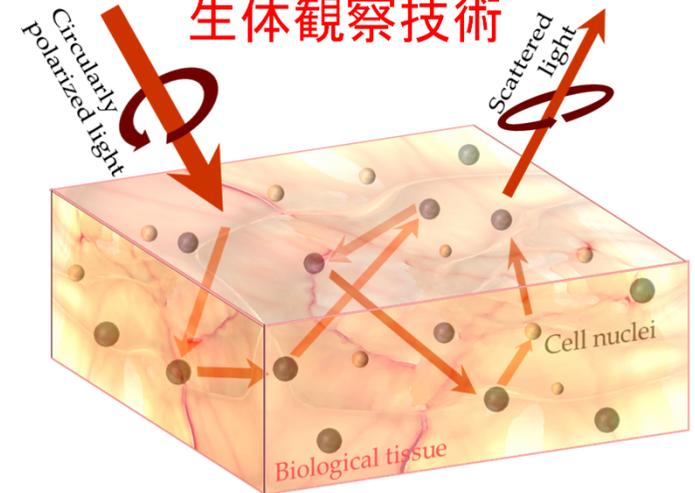
円偏光発光ダイオード



N. Nishizawa *et al.*, PNAS 114, 1783 (2017)



円偏光散乱を用いた 生体観察技術



W. S. Bickel *et al.*, PNAS 73, 486 (1976)
V. Backman *et al.*, IEEE J. Se. Top. Quantum Electron. 5, 1019 (1999)

新しい生体内がん診断技術、生体観察技術の開発

Development of Novel *in vivo* cancer diagnosis technique

(Un-staining, non-invasive, and *in-situ* observation)

Theoretical study

(1) 円偏光散乱の理解

シミュレーションを用いて
様々な病変に対する偏光散乱
現象を検証する。

Experimental study

(2) 円偏光散乱実験

生体模型や生体組織に対して
実験的に腫瘍検出を実証する

Device development

(3) がん検出デバイスの開発

円偏光発光素子の開発とともに
それらを組み合わせたデバイスの
デザインを行う

これからの研究

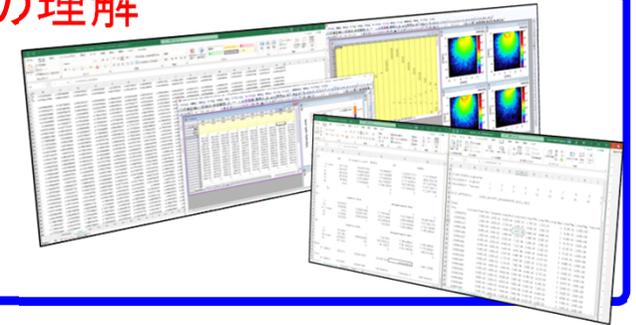
目標



Theoretical study

(1) 円偏光散乱の理解

シミュレーションを用いて
様々な病変に対する偏光散
乱現象を検証する。



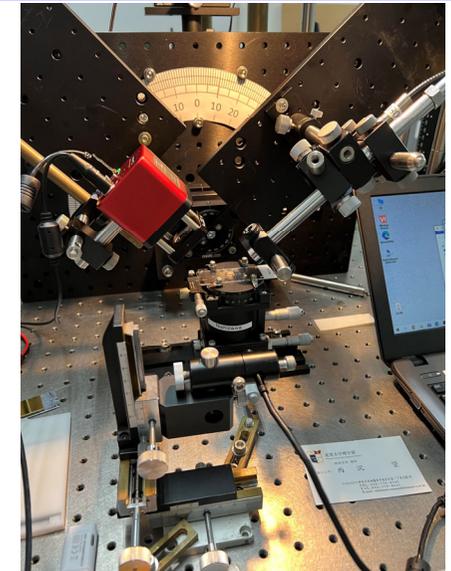
Experimental study

(2) 円偏光散乱実験

生体模型を作製してそれに対して
実験的に実証する。



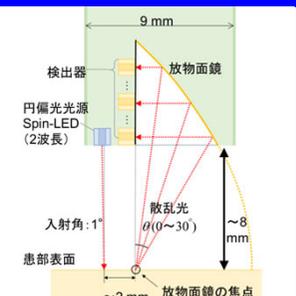
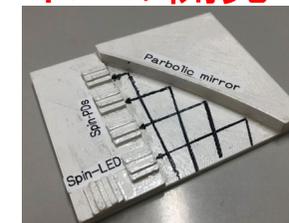
生体組織に対して
実験的に腫瘍検出を実証する。



Device development

(3) がん検出デバイスの開発

円偏光発光素子の開発とともに
それらを組み合わせたデバイスの
デザインを行う

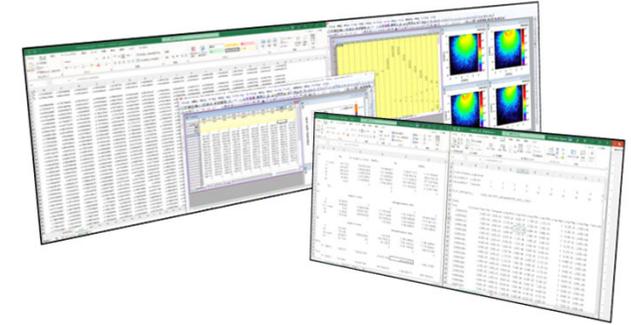


これからの研究

Theoretical study

(1)円偏光散乱の理解

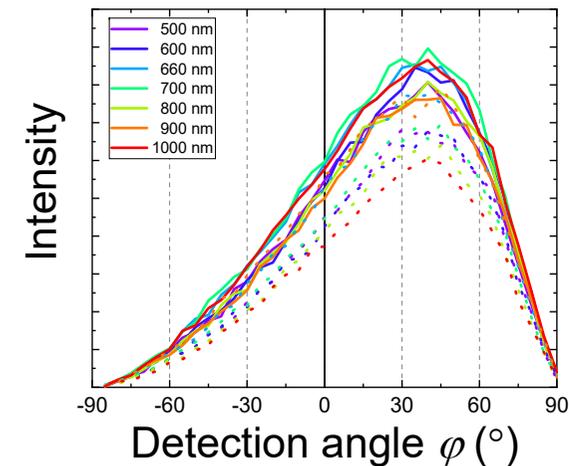
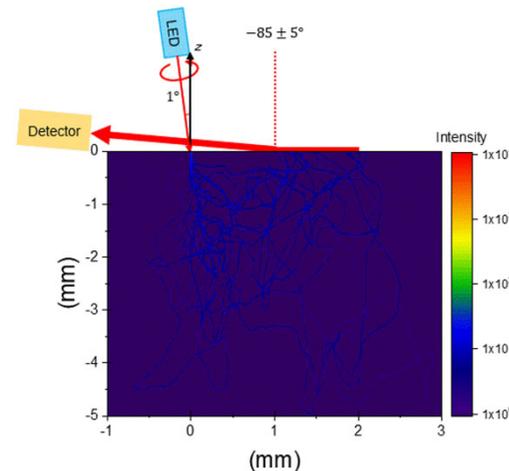
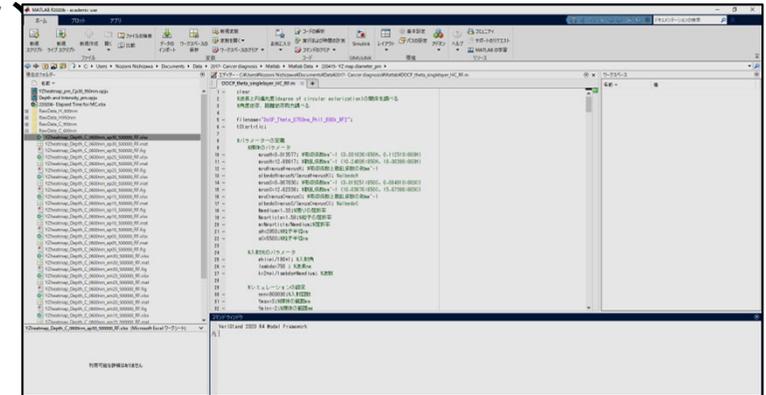
シミュレーションを用いて
様々な病変に対する偏光散
乱現象を検証する。



目標



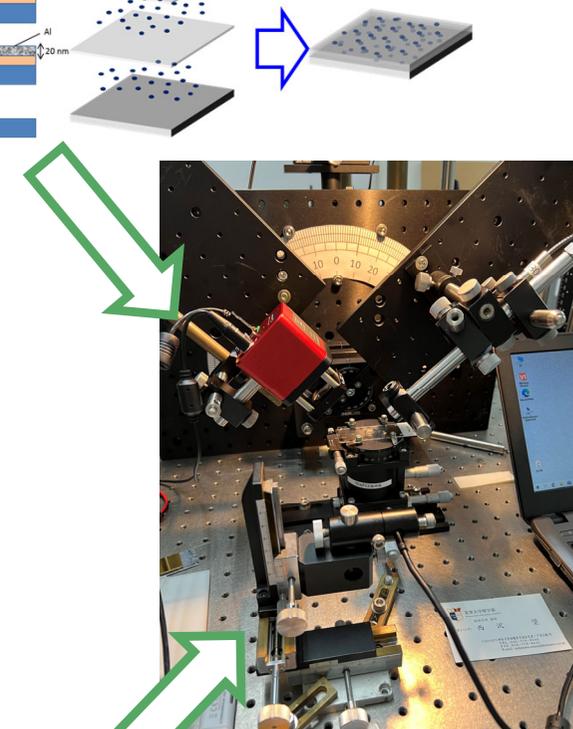
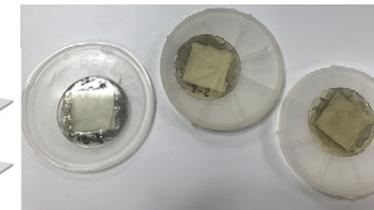
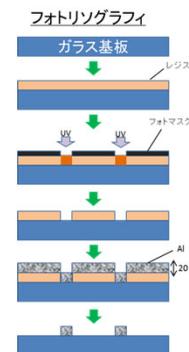
数値計算ソフトMATLABを用いて
円偏光の入射
円偏光の粒子に対する散乱
円偏光の検出
を数式化して数値計算により
散乱光の偏光状態を計算する。



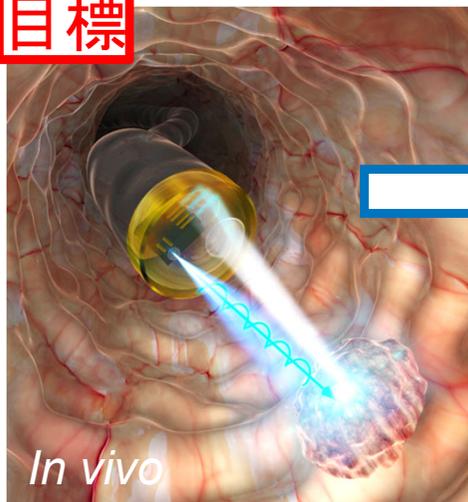
Experimental study (2) 円偏光散乱実験

生体模型 を作製してそれに対して
実験的に実証する。

模型は東工大(すずかけ台キャンパス)
のマイクロプロセス室にて作製



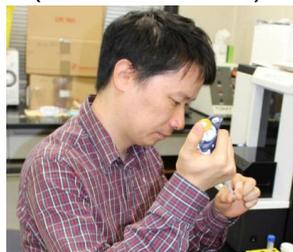
目標



生体組織 に対して
実験的に腫瘍検出を実証する。

口丸高弘博士
(自治医科大学)

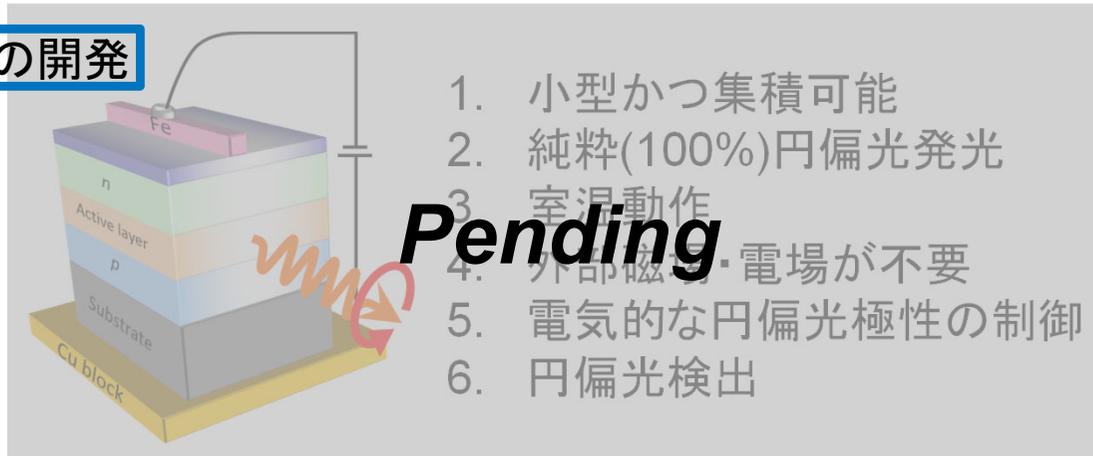
田中真二教授、島田周博士
(東京医科歯科大学)



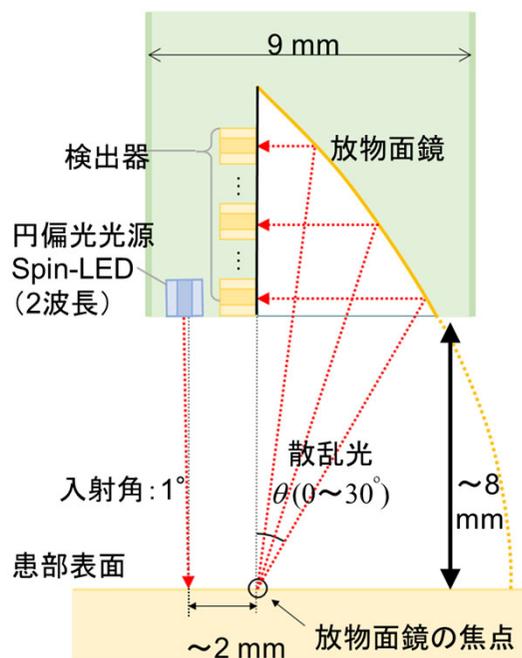


Device development (3) がん検出デバイスの開発

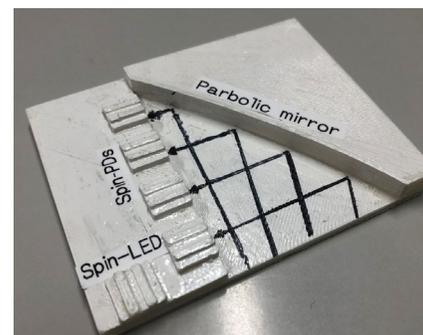
円偏光発光素子の開発



円偏光発光素子を組み合わせた **がん検出デバイスのデザイン** を行う



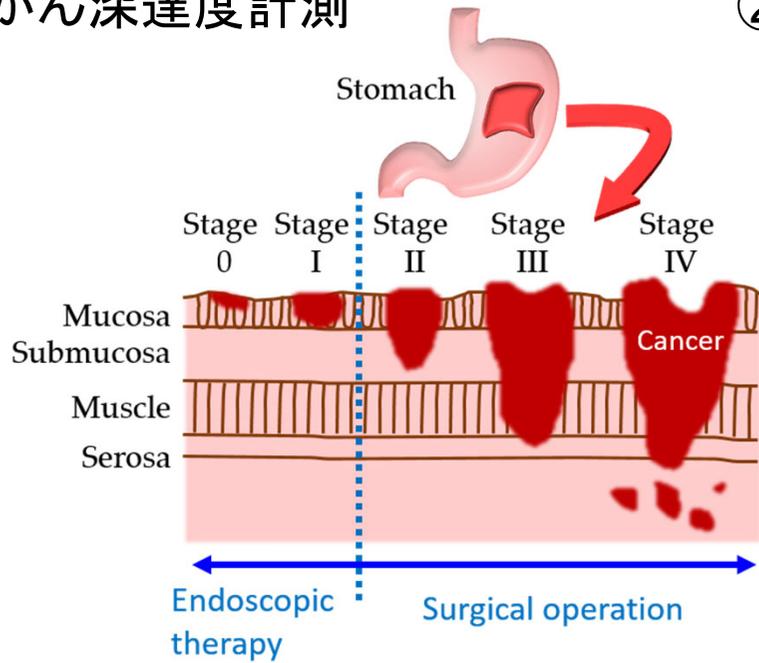
効率的な検出が可能なデバイスのデザインを行う
3Dプリンタを用いて模型を作製し、そこに光学素子を配置して実証する



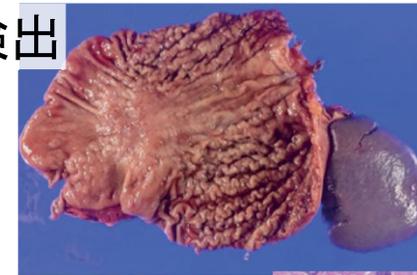
検出角依存性を同時測定可能な胃カメラ搭載型デバイスのデザイン例(左)と10倍模型(上)

これからの研究ターゲット

①がん深達度計測

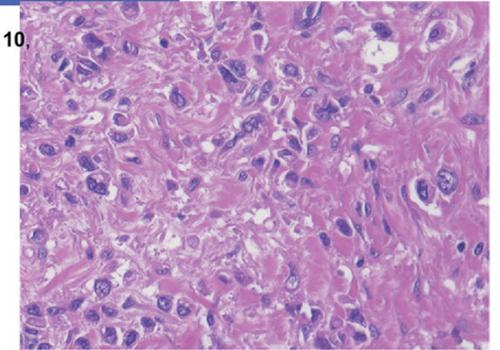


②スキルス胃がん検出



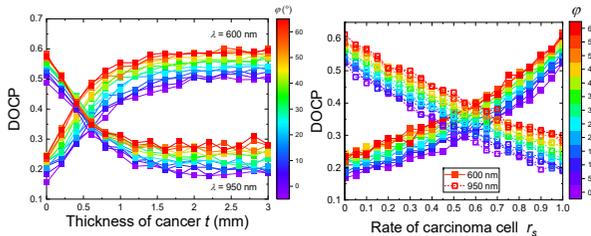
スキルス胃がん

Miki et al., Front. Oncol. 10, 568557 (2020)

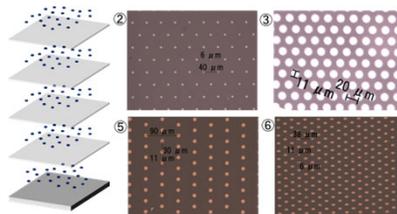


MCシミュレーション

- 二層構造の検証
→ 深達度計測可能性
- 簡易スキルス胃がんの予備検証



生体模型に対する実験

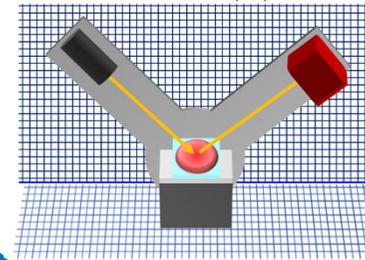
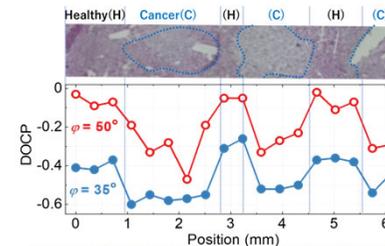


微細加工プロセスを用いた生体模型の作製

↓

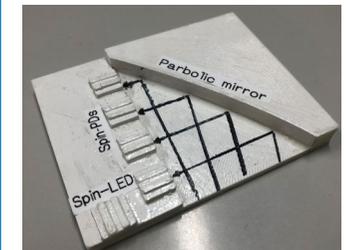
各パラメータの抽出

生体試料に対する実験



デバイス開発

- デザイン構築
- 10倍3Dモデルの作製



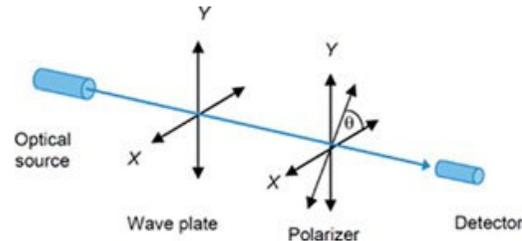
↓

△簡易デバイス用光学系の準備

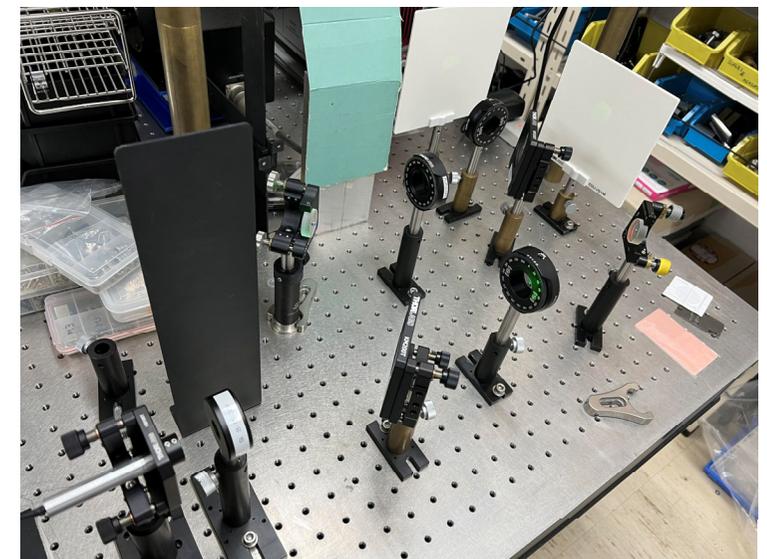
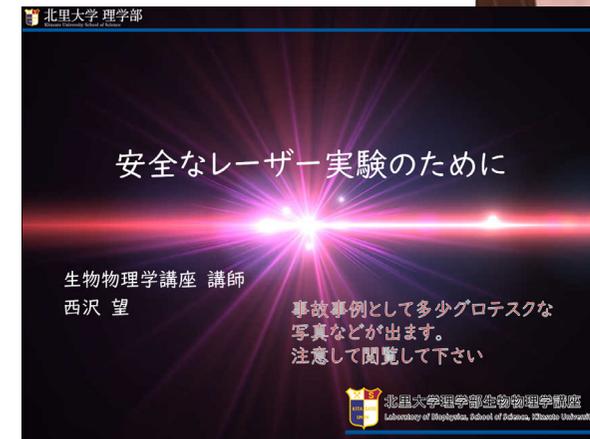
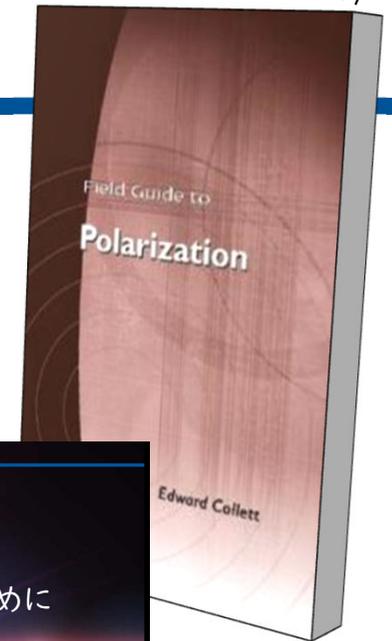
プレ卒の内容

偏光の基本

1. 数学的手法による偏光の作り方、測り方
2. レーザー実験の安全講習
3. 実験的手法による偏光の作り方、測り方



4. (余裕があったら)
偏光を用いた量子実験
(量子消しゴム実験)
の光学系セットアップ、測定



【レポート】名前、学籍番号を書いた上、(直筆で)

- 自己紹介
- 今日の話聞いて興味を持った内容
- (やってみたいと思ったTopicがあったら)
自分が得意なことを交えてアピール

【提出】メールもしくは直接提出(S-305)

【見学と面談】

1回目は見学 実際実験室などを見学

2回目に面談(この時可能ならば上記レポートを持参)

【研究内容、本日の発表資料など】

HPなど参照のこと

(<https://nozomi-nishizawa.com/>)