

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04441

研究課題名（和文）円偏光発光ダイオードを用いた無染色・非侵襲がん検出技術の確立

研究課題名（英文）Establishment of un-staining and non-invasive diagnosis technique of cancerous tissues using circularly polarized light emitting diodes

研究代表者

西沢 望（Nozomi, Nishizawa）

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号：80511261

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：円偏光の散乱による偏光解消を用いたがん診断技術の開発を目指して、偏光解消メカニズムの解明、本技術の適用範囲の解明、がん検出素子の開発を進めた。生体試料を用いた実証実験では、がん転移部と健全部において散乱光の偏光度に一定の差が生じていることが示され、計算によりその差ががん化による細胞核の肥大化に起因することを明らかにした。また、光学配置の変調により深さ分解能を有する可能性が示された。以上のことから、早期がんの深達度測定やスキルス胃がんの検出などに対して本技術が有効である可能性が示唆された。前者に関しては、計算上表面から2mm程度までの深達度計測が可能であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在のがん診断技術の主流はいずれも蛍光剤の投与および組織の切除を伴うものである。それらを要さない光のみの診断技術としては狭帯域光観察などがあるが、これは平面分解能が高い反面、深さ方向には情報を得にくい。そのため、別の現象を基にした非侵襲な光学的手法の開発として本研究の技術は有用であると考えられる。また本研究で有用性が示された早期がんの深達度計測は切除を伴わず患者負担を軽減する上、診断の迅速化を促進するものと考えられる。一方で、光の偏光特性は積極的に応用されてこなかったが、散乱現象を介した測定技術としての活路を開き、未開拓の偏光応用という分野を切り開くことは学術的にも産業的にも意義深いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Aiming at development of cancer diagnosis technique using depolarization of circular polarized light scattering, we have studied the depolarization mechanism in biological tissues, applicable diseases and organs, and device developments. Experiments using a biological tissue show that the scattered light from cancerous and healthy parts shows a certain difference between them. Calculations revealed that the differences in circular polarization are due to the enlargement of cell nuclei. Moreover, this technique has depth resolution by modulating the optical configurations. These results suggest that this technique can be used for depth estimations of tumor invasion in early cancer and detections of scirrhous gastric cancer. Simulation analyses show that depth estimations of thin cancerous layer to 2 mm are possible with this technique.

研究分野：生体医工学

キーワード：生体光学 がん診断 円偏光 光散乱 スピントロニクス 光学生検

1. 研究開始当初の背景

生体組織に偏光を照射した際の散乱光の偏光状態には、多くの情報が含まれており、近接組織の構造の差異や経時変化を観察するのに有効な手段であること、特に前癌病変の検出に有能であることが報告されている[W. S. Bickel et al., PNAS 73, 486 (1976)]。このように生医学的検出において偏光の利用は有用であるが、一般的に用いられる直線偏光は、生体内での多体散乱によってすぐに偏光状態が失われてしまい、表皮や組織表面などに使用が限られてしまう。それに対し、円偏光は直線偏光に比べ深部まで偏光状態を維持することがわかっている[D. Bicout et al., PRE 49 (1994) 1767]。近年、切除した腫瘍の組織片に円偏光を照射し、その後方散乱光の偏光状態に健常組織とがん組織で大きな差が生じたという実験的報告[B. Kunnen et al., J. Biophotonics 8, 317-323 (2015)]がなされ、円偏光の実用性が示された。しかしながら、通常、円偏光はレーザーと偏光板の組み合わせで得られ、また湾曲した光ファイバなどを介すると偏光状態を維持するのが困難であるため、切除した組織に対して生体外で診断せざるを得ない。非侵襲的である光医療応用の特性を活かすためには内視鏡やカテーテルなどを用いて生体内で使用することが望ましく、それらの先端に搭載可能な単一で円偏光発光及び検出するデバイス、さらにはそれらを組み合わせた光集積デバイスが求められている。

一方、申請者はこれまで、磁性体と半導体を組み合わせた半導体スピントロニクス分野の中で円偏光発光ダイオードの開発に携わり、近年、以下の特徴を備えた素子の開発に成功した[Micromachines 12, 644 (2021), PNAS 114, 1783-1788 (2017)他]。室温で動作、無磁場で動作、

円偏光度(Pc)100%、電氣的に偏光極性を切替可能、小型化・集積化が可能 同一構造で円偏光検出素子としても使用可能。この円偏光発光ダイオードを内視鏡やカテーテル先端に搭載すれば、上記の円偏光がん検出技術の難点を克服し、体内でのその場観察を可能にすると考えられる。すなわち、内視鏡に搭載された円偏光発光ダイオードから生体組織表面に円偏光を照射し、その散乱光の偏光状態を検出素子としてのダイオード素子で検出することでがんの存在や状態をリアルタイムに計測できると考えられる。Fig. 1 にこの概念イラストを示す。

我々の研究の長期的目標は、現状の組織患部の切除もしくは蛍光剤の投与を伴わない、**円偏光散乱による偏光解消を用いた新規がん検出技術を開発、確立すること**である。そのために、本研究課題では、そもそも健常組織とがん組織において散乱光の偏光状態に差を生じさせる物理的要因は何なのか、本技術は本当に実用可能なのか、可能であるならばその利点・難点は何かという“問い”の解明に挑んだ。

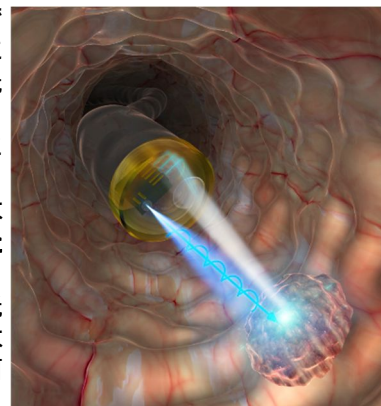


Fig.1 生体内円偏光がん診断の概念イラスト

2. 研究の目的

本研究の目的は、円偏光の散乱光を用いたがん検出技術に申請者が開発した円偏光発光ダイオードを適用することにより、無染色・非侵襲でかつ生体内その場観察が可能な新規がん検出技術の確立することである。このために、段階に応じて以下の3つの目標を掲げた。すなわち、生体組織に対する円偏光の散乱光の偏光状態の変化プロセスの物理的解明、本技術が適用可能な範囲の明確化、および 内視鏡先端に搭載可能な複合がん検出素子の作製とその機能実証である。

3. 研究の方法

円偏光の物理的散乱機構の解明

散乱による偏光解消の物理的メカニズムを明らかにするという“問い”に対して、(a)生体模型、(b)生体試料、(c)シミュレーションを通して解明に取り組んだ。(a)生体模型は半導体リソグラフィの技術を用いてガラス基板上に Al ドットを細胞核に見立てて形成し、核間物質として樹脂で埋めることにより層状構造を作製し、生体組織の系統的な再現に取り組んだ。(b)生体試料は研究分担者口丸ががんモデルマウスから作製した。これらの試料に対して円偏光を照射し、その散乱光の偏光状態を検出した。(c)シミュレーションでは、多重散乱の過程に Mie 散乱による偏光解消の要素を取り込んだプログラムを組み、円偏光散乱に対して支配的に寄与する散乱体パラメータ(粒子径、形状、分布、密度)の導出を行った。

本技術の適用範囲の検討

の結果を基に散乱による偏光解消の主因から本技術の適用可能な部位や病変を検討し、これらの病変に適したモデルを構築してシミュレーションを行う。同時にその部位や病変を模した生体模型を作製し実験的に検証をするとともに、その部位の生体試料の準備をするために広く共同研究者を模索した。

内視鏡先端に搭載可能な複合がん検出素子の作製とその機能を実証

複数の円偏光発光ダイオードと放物線鏡、プリアンプからなる複合検出素子を開発し、機能実

証を行う。本課題では 10 倍の大きさのポリカーボネイト製基板の上に、円偏光発光ダイオードではなく市販の LED と偏光板を組み合わせてがん検出用デバイスの構築を試みた。

4. 研究成果

円偏光の物理的散乱機構の解明

- (a) 生体模型を用いて健常組織、がん組織の特徴を反映させた生体模型を作製した。しかしながら、この手法で作製した生体模型は偏光散乱に対して明確な系統的応答を示さなかった。主な原因として生体模型内の散乱体は円盤状であり、球体および楕円球体である細胞核とは励起される双極子の分布に大きな違いがあることが考えられる。また、疑似細胞核および細胞質の材料として AI と水ガラスを用いたが、それらの屈折率の比が実際の生体組織と大きく乖離していたことも原因と考えられた。そのため、改善案として生体組織の屈折率比に近い材料の組み合わせを検討した。結果ポリビニルピロリドン(PVP)中にポリスチレン粒子を分散させることで再現が可能であることを明らかとした。現状、光学実験に適用可能な厚さ数 mm 以上の模型の作製が容易な手法も検討を行っているが適切な生体模型の作製にはさらなる検討が必要である。
- (b) 生体組織を用いた実証を行った。生体組織試料として、ヒト膵臓がん細胞 SUIT2 を膵臓から移植して、47 日に摘出したマウス肝臓がん転移検体を厚さ 40 μ m にスライスした試料を用意した (Fig. 2(a))。この生体試料では、健常組織内にがん転移部が点在しており、その各部位に円偏光を照射し、その散乱光の偏光状態の検出を行った。この際に様々な照射角と検出角の組み合わせで行うことで光学配置の最適化を行った。結果として、表面での全反射の起こらない角度範囲においてがん転移部と健常組織部には 0.2 程度の明確な円偏光度差が得られた。また、Fig. 2(b)に示すように健常組織内にがん転移部が点在する領域をラインスキャンした結果、照射領域の組織状態に応じた明確な偏光度変化が得られた。

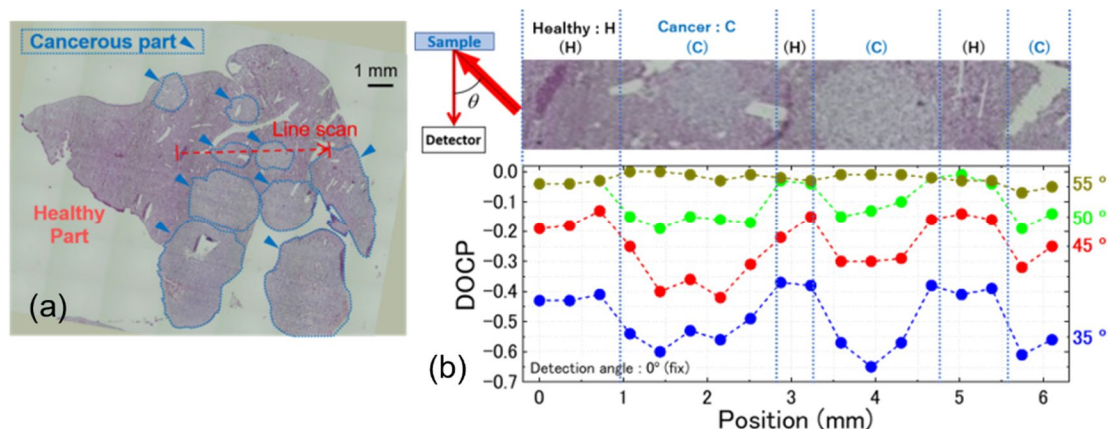


Fig.2 (a) 生体試料の顕微鏡像。青い点線で囲まれた部分ががん転移部。赤点線矢印上でラインスキャンを実施した。(b) ラインスキャンの入射角依存性の結果。上段に示した組織分布(健常部(H)、がん転移部(C))に対応して散乱光の円偏光度 (Degree of Circular polarization: DOCP) が変化している。

- (c) 上記の実験結果を再現するべくシミュレーションによる検討を行った。最初に、積分球を用いた吸収・散乱測定により生体試料の健常部とがん転移部の光学定数を取得した。得られた光学定数と理論式から生体組織の散乱係数、吸収係数の波長依存性を導出し計算に導入した。散乱における偏光解消を組み込んだモンテカルロシミュレーションを構築し、波長や入射角、散乱角に対する散乱光の強度変化、偏光状態変化、深達度変化を検証した。また、上記の生体試料ではがん化により散乱体である細胞核の大きさが平均 6 μ m から 11 μ m へと肥大化している様子が見られたため、この細胞核径の差を組織差としてその応答の違いを比較検討した。波長依存性に関しては、600 nm と 950 nm 付近において大きな偏光度差が逆符号で得られた (Fig. 3(a))。すなわち、これらの波長ではがん組織と健常組織に対する応答が逆となっており、これら 2 つの波長による測定によりノイズを除去した高精度な検出が可能であることを示唆している。また、実験と同様の光学配置での計算では、実験と同じく 0.2 程度の円偏光度差が得られた (Fig. 3(b))。形状変化や屈折率変化などの他の組織変化では実験を再現できなかったことから、実験で見られた円偏光度差は細胞核の肥大化に起因すると結論付けられた。この結果は、がんのみならず細胞核の肥大化を伴う病変や組織変化に対して本技術が有効であることを示している。さらに、入射角を一定にして散乱角 (検出角) を変調すると組織内の光の散乱深さが線形に変化することが明らかとなった。このことは、検出角による偏光変化を検証することで厚さ方向のがん分布を推測可能であることを示している。

本技術の適用範囲の検討

での実験及びシミュレーションの結果から、本技術では 2 波長測定により高精度に細胞核の肥大化を検出できること、検出角依存性を計測することで深さ分解能を有する可能性がある

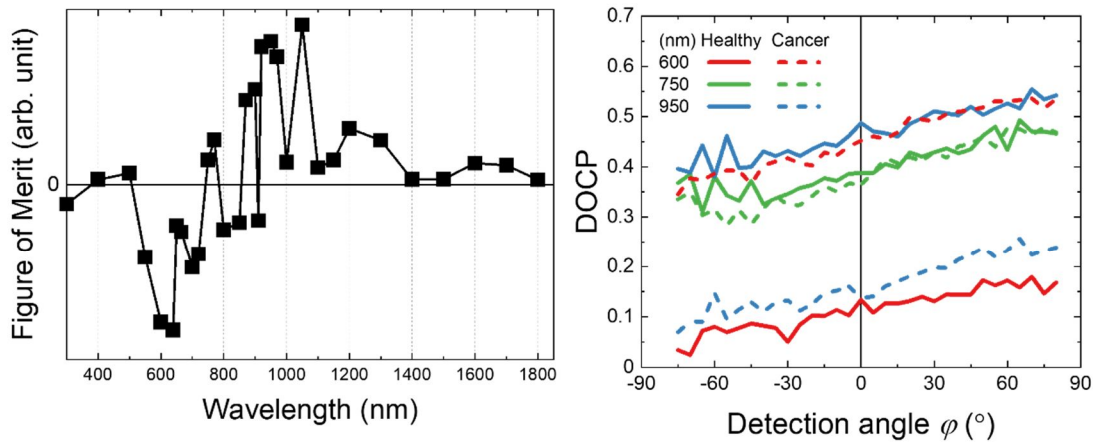


Fig.3 (a) がん組織と健康組織に対する散乱光の円偏光度の差と散乱光強度から求めた性能指数の波長依存性。(b) 600, 750, 950 nm における散乱光の円偏光度の検出角依存性。健康組織（直線）とがん組織（点線）に対する大小関係が 600 nm と 950 nm では逆転しており、750 nm では差が非常に小さい。

ことが明らかとなった。これらの本技術の特長を基に現場の医師の方々へニーズ調査などを通して3つの適用先が挙げた。

第一の適用先は深さ分解能を有する利点を活かしたがんの深達度計測である。胃がんなどの消化器がんでは一般に癌が表面から深層へと進行するが、表面から 1 mm 程度の粘膜層にとどまる場合には内視鏡による処置が可能であるが、粘膜下層以深に進行すると外科的処置が必要な場合が多い。そのため、その場観察によるがんの深達度計測は非常に有用である。そこで、我々は表面層から厚さ t ががん層で下層は健康組織であるモデルに対してシミュレーションを行った。結果として散乱光の偏光度はがん層の厚さ t に対して 2 mm 程度まで厚さを定量できることが明らかとなった (Fig. 4)。また、逆にがん層が健康組織下に埋没しているモデルに対しても同程度まで定量できることを示した。現在は疑似的に定量可能な深達度の生体試料を準備し、実験的実証に取り組もうとしている段階である。また、前述のように生体模型の作製プロセスを確立し深達度を系統的に変化させた模型による実証にも取り組む予定である。

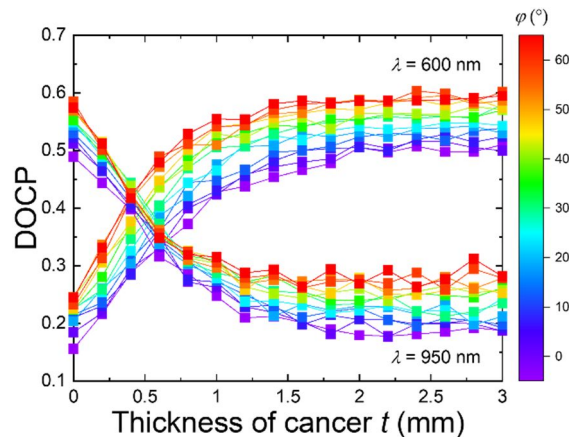


Fig.4 表面からのがん層の厚さ(t)に対する散乱光の変更度の変化。カラーは散乱各依存性。

第二の適用先はスキルス胃がんなどの瀰漫性疾患の検出である。本技術は面内 1~2 mm 程度の領域を拡散し検出されるため他のイメージング技術と比較して空間分解能が低い。逆に言えば、一定領域の領域中の細胞核の変化をマクロに検出できることから、肥大化した細胞核を有するがん細胞が離散的に分布している瀰漫性のがん疾患、特にスキルス胃がんの検出に有用なのではないかと考えられる。そこで健康組織中に一定確率でがん細胞が存在する非常に簡易的なモデルを構築し、がん細胞の存在確率に対する散乱光の偏光度変化をシミュレーションした。その結果、がん細胞の存在確率に対してほぼ線形の変化が表れ、およそ 20%の差を検出できるという結果が得られた。しかしながら、このシミュレーションでは、単純に細胞核の大きさのみを変えており、組織学上では低分化腺癌の細胞核を導入したことに相当するが、スキルス胃がんでは細胞内の粘液が細胞内に貯留した印環細胞型の腫瘍細胞を含むことがあり、この印環細胞は細胞粘着性に乏しく浸潤して広がるため、この細胞型の寄与を含める必要がある。印環細胞が光学的特性などは詳しくわかっていない。この点を補うとともにスキルス胃癌検出の実験的実証を進めるために、スキルス性がんの研究者を共同研究者に迎え入れ、次期研究を開始する(基盤研究(B)22H03921)。

第三の適用先はがん以外の細胞核の肥大化を伴う病変として潰瘍性大腸炎などの炎症系腸疾患やアルコール性肝硬変の検出や経過観察である。これらの疾患では一般に表面化している症状などから組織の変化を類推して診断することが多く組織学的な評価は多くなされない。また、経時変化が大きいいためその場での観察が求められる。現在はこれらの疾患に対する本技術を適用する研究は進めていないが、遠からず開始したい。

内視鏡先端に搭載可能な複合がん検出素子の作製とその機能を実証

上記の成果から深さ分解能を得るために散乱光の検出角依存性を同時に測定できるデバイスデザインを構築した。この構造では、円偏光光源からほぼ垂直に円偏光を生体組織に照射する。

その照射点から 2 mm 程度離れた点を焦点とする放物面鏡により散乱光はその散乱角に応じて別々の検出器に向かって反射され検出される。検出器と生体表面の距離や角度が変わった場合であっても別の方法で計測した距離と角度を用いて補完することにより同様に検出角依存性を取得することが可能である。このようなデバイスデザインを基に 3D プリンターをもちいて 10 倍模型を作製した (Fig.5)。この模型に光源、検出器、放物面鏡を配置するが、ここでは光源および検出器には円偏光発光ダイオードではなく市販の LED と偏光板を組み合わせた簡易素子を用いた。本研究では簡易素子の構築を進めた段階で LED からの発光が偏光板により一部拡散され照射点で光が収束するようにマイクロレンズが必要であるが、偏光度の低下を伴わず収束が可能な配置を実現するのに多くの課題が生じた。また本研究では素子機能の実証のために光を散乱させる生体組織として生体模型を用いる予定であったが、生体模型構築が達成できなかったため機能実証も次課題への継続案件とする。

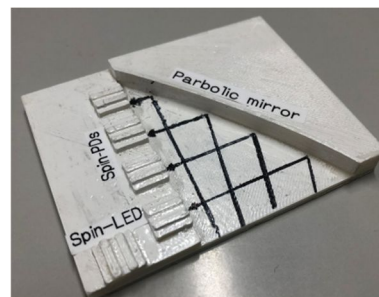


Fig.5 検出素子の 10 倍模型

以上のように、生体模型および検出素子の作製においては幾つかの課題が残されたものの、生体組織に対する円偏光照射実験によるがん検出の実証、シミュレーションによる散乱現象の理解に関しては大きな成果が得られた。さらにはがん深達度計測、スキルス胃癌検出、炎症性腸疾患の評価の 3 点を本技術の適用範囲として絞ることができ、今後の研究の方向性を明確にすることができた。これらの対象病変、継続課題の一部は次課題 (基盤研究(B)22H03921) において進める予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nishizawa Nozomi, Al Qadi Bassam, Kuchimaru Takahiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Angular optimization for cancer identification with circularly polarized light	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biophotonics	6. 最初と最後の頁 202000380_1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jbio.202000380	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Nishizawa N., Kawashima S., Al-Qadi B., Kuchimaru T., Munekata H.	4. 巻 11521
2. 論文標題 Spatial discrimination of cancer using circular polarization of light scattered by biological tissues	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 1152114_1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2573280	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Nishizawa Nozomi, Hamada Atsushi, Takahashi Kazumasa, Kuchimaru Takahiro, Munekata Hiro	4. 巻 59
2. 論文標題 Monte Carlo simulation of scattered circularly polarized light in biological tissues for detection technique of abnormal tissues using spin-polarized light emitting diodes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SEEG03_1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ab69db	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nishizawa Nozomi	4. 巻 140
2. 論文標題 Recent Progress of Spin-photonic Devices and its Applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 113-118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejfms.140.113	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nozomi Nishizawa, Hiro Muneata	4. 巻 12
2. 論文標題 Lateral-Type Spin-Photonics Devices: Development and Applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 644_1-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi12060644	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計24件(うち招待講演 3件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Nozomi Nishizawa, Shinya Kawashima, Bassam Al Qadi, Takahiro Kuchimaru, Hiro Muneata
2. 発表標題 Spatial discrimination of cancer using circular polarization of light scattered by biological tissues
3. 学会等名 OPTICS & PHOTONICS International Congress (OPIC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西沢 望, 河島 真弥, 口丸高弘, 宗片比呂夫
2. 発表標題 円偏光散乱を用いたがん検出における深さ分解能
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西沢 望, B. Al-Qadi, 口丸高弘, 宗片比呂夫
2. 発表標題 円偏光を用いたがん組織の走査測定
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西沢 望, B. Al-Qadi, 口丸高弘, 宗片比呂夫
2. 発表標題 円偏光散乱を用いたがん検出の空間分解能
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西沢 望, 口丸 高弘
2. 発表標題 円偏光散乱を用いた上皮内がん検出のモンテカルロシミュレーション
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西沢望, 宗片比呂夫, B. Al-Qadi, 口丸高弘, 原 和彦
2. 発表標題 円偏光散乱によるがん識別の検証
3. 学会等名 生体医歯工学共同研究拠点 令和2年度成果報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西沢 望, 宗片 比呂夫
2. 発表標題 円偏光発光ダイオードとがん検出応用
3. 学会等名 令和3年 東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究会 「固体中のスピン・軌道ダイナミクスとその制御」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西沢 望
2. 発表標題 円偏光発光ダイオードとがん細胞検出
3. 学会等名 極低温研究支援センター研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西沢望, 河島真弥, 宗片比呂夫, Bassam Al-Qadi, 口丸 高弘, 原 和彦
2. 発表標題 円偏光散乱を用いたがん検出の実証
3. 学会等名 令和元年度生体医歯工学共同研究拠点 成果報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西沢 望, Bassam Al-Qadi, 口丸 高弘, 宗片 比呂夫
2. 発表標題 円偏光散乱を用いたがん検出
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Nishizawa, B. Al-Qadi, T. Kuchimaru, K. Takahashi, K. Hara, H. Munekata
2. 発表標題 Cancer Detection using circular polarization of light scattered by biological tissues
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Biomedical Engineering (ISBE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nozomi Nishizawa, Hiro Muneata
2. 発表標題 Recent progress in spin-LED: realization of pure circular polarization EL at room temperature with current density of 10 A/cm ²
3. 学会等名 SPIE Optics+Photonics 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nozomi Nishizawa, Kazumasa Takahashi, Atsushi Hamada, Takahiro Kuchimaru, Hiro Muneata
2. 発表標題 Non-invasive, unstaining, and in vivo diagnosis technique of tumor tissues using circularly polarized light
3. 学会等名 SPIE Optics+Photonics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryohei Ito, Nozomi Nishizawa, Hiro Muneata
2. 発表標題 Electroluminescence characteristics and spin dynamics of spin-light-emitting diodes (spin-LEDs) consisting of oxidized Al /AlAs tunneling barriers
3. 学会等名 The 21st International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures (EDISON21) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西沢 望
2. 発表標題 実用円偏光源としてのSpin-LED素子
3. 学会等名 電気学会 光・熱・磁気の相互作用を利用した新規スピndeバイス・ストレージ技術調査専門委員会 第11回委員会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Nishizawa, H. MuneKata
2. 発表標題 Electrical Circular Polarization Switching at Room Temperature with Spin-Polarized Light Emitting Diodes
3. 学会等名 Magnetics and Optics Research International Symposium (MORIS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Hamada, H. MuneKata, N. Nishizawa
2. 発表標題 An Application of Spin-LED: Unstraining and Non-Invasive Cancer Detection Using Circularly Polarized Light
3. 学会等名 Magnetics and Optics Research International Symposium (MORIS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Nishizawa, T. Kuchimaru, K. Hara, H. MuneKata
2. 発表標題 Monte Carlo Simulation for depth identification of cancer invasion using scattering of circularly polarized light
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Biomedical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西沢 望, 口丸高弘
2. 発表標題 2波長の円偏光散乱を用いたがん深達度計測のモンテカルロシミュレーション
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西沢 望, 口丸高弘
2. 発表標題 円偏光散乱を用いた早期がんの深達度計測技術
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西沢 望
2. 発表標題 円偏光散乱によるがん評価技術
3. 学会等名 第17回 偏光計測研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西沢 望, 宗片比呂夫, 口丸高弘, 原 和彦
2. 発表標題 生体計測応用に向けた円偏光発光ダイオードのニーズ探索 -円偏光散乱を用いた早期胃がん計測へ-
3. 学会等名 和3年度 生体医歯工学共同研究拠点成果報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西沢 望
2. 発表標題 円偏光散乱を用いたがん評価技術の開発
3. 学会等名 2021年度 基礎研究機構 成果報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西沢 望, 口丸高弘
2. 発表標題 円偏光散乱を用いたスキルス胃がん検出のモンテカルロシミュレーションによる検討
3. 学会等名 第69回応用物理学会春期学術講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	口丸 高弘 (Kuchimaru Takahiro) (10570591)	自治医科大学・医学部・講師 (32202)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	バッサム アルカディ (Bassam Al-Qadi)	パレスチナ工科大学・College of Engineering & Technology・Assistant Professor	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
パレスチナ(PLO)	Palestine Technical University		