

令和 6 年 5 月 7 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04077

研究課題名（和文）乳癌の細胞スケールでの観察を可能とする2階微分型位相コントラストCT撮像法の開発

研究課題名（英文）Improvement of the spatial resolution of phase-contrast CT

研究代表者

砂口 尚輝（Sunaguchi, Naoki）

名古屋大学・医学系研究科（保健）・准教授

研究者番号：60536481

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：組織サンプル内の細胞核の分布を3次元的に可視化するために、新しい高空間分解能位相コントラスト撮像法(X線回折波2重撮影法)を提案した。また、本撮像方式に基づくCT撮像システムを開発し、高エネルギー加速器研究機構（KEK）フォトンファクトリー-BL14Bビームラインに構築した。この装置を用いて、物理ファントムや腫瘍を含む生体組織の撮像実験を行い、本撮像法の空間分解能や描出能を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この撮像方式により、病理学分野では3次元で差異がある乳癌の篩状構造と良性の乳管過形成の診断精度を向上できる可能性がある。また、非浸潤癌が浸潤癌に切り替わる様子の可視化にも期待できる。他分野への波及効果では、例えばリチウム固体電池の性能劣化で課題となっていた電解質にリチウムが析出する様子を可視化でき、新しい電池の技術開発に貢献できる可能性を持つ。

研究成果の概要（英文）：A new high spatial resolution phase-contrast imaging method (SWIDeX: Superimposed wavefront imaging of diffraction-enhanced X-rays) was proposed to visualize the distribution of cell nuclei in a tissue sample in three dimensions. CT imaging system based on this imaging method was developed and constructed at the Photon Factory BL14B beamline of the High Energy Accelerator Research Organization (KEK). Using this system, imaging experiments of physical phantoms and biological tissues including tumors were performed to evaluate the spatial resolution and imaging performance.

研究分野：医用画像工学

キーワード：X線CT 屈折コントラスト 生体マイクロアナトミー X線暗視野法

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

病理診断では、ホルマリン固定組織をマイクロトームで薄切し染色した2次元組織像の観察により、正常組織、良性腫瘍、悪性腫瘍の鑑別が行なわれる。一方で、乳腺非浸潤癌における篩状構造や微小乳頭状構造など平面では良性組織と見分けが付きにくい構造も多数あり、近年では3次元的な観察の重要性が指摘されている。しかしながら、現時点において組織レベルの3次元像を再構築するための体系的方法が確立されておらず、また構築に膨大な労力を必要とすることから、3次元組織像を用いた癌の鑑別に関する研究は、従来の2次元組織像の研究と比較すると極端に少ない。

3次元的に組織内の形態学的情報を得る手法として位相コントラスト X 線 CT 法が知られている。この方法は、従来の吸収コントラスト CT 法では描出困難な微細な軟組織構造を高コントラストに可視化できるという特徴を持つ。我々の研究グループは、位相コントラスト撮像法の1つである X 線暗視野法 (XDFI: X-ray Dark Field Imaging)を開発し、世界で初めて乳腺組織の3次元再構築や仮想内視鏡観察を報告した。近年では、ヒト乳頭組織 51 症例の撮画像から乳頭内乳管の3次元配置(図1)を明らかにするとともに、乳癌の発生メカニズムを解明するための手がかりを得た(Sunaguchi N et al (2020) Breast Cancer Res Treat 180:397-405)。XDFIは従来の2次元ベースの病理学研究を3次元へ拡張することができ、今後病理診断に利用できる可能性を持つ。

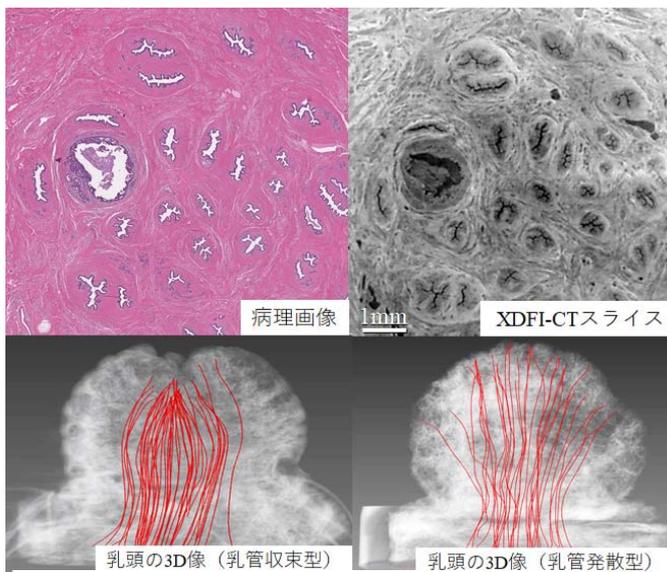


図1 ヒト乳頭組織の XDFI-CT 撮像例

2. 研究の目的

本研究の目的は、組織サンプル内の細胞核の分布を3次元的に可視化するために、LAAと蛍光体を密着させた高空間分解能位相コントラスト撮像法(X線回折波2重撮影法、SWIDeX: Superimposed wavefront imaging of diffraction-enhanced X-rays)を開発することである。本撮像方式に基づく装置を高エネルギー加速器研究機構(KEK)に構築し、物理ファントムや腫瘍組織の撮像実験を通じて有用性を実証する。

3. 研究の方法

本研究では、空間分解能1 μm を達成するLAA蛍光体一体型X線カメラの設計・製作、物理ファントム等による空間分解能およびコントラスト分解能の検証、病理試料を用いた細胞核3次元分布の可視化および解析の順に行い、本撮像方式の病理診断への有用性を明らかにする。具体的には下記の手順で研究を進める。

令和3年度 LAA 蛍光体一体型 X 線カメラの設計および製作

各種数値ファントムを用いて LAA 結晶内の X 線伝搬シミュレーションを行い、LAA の厚みや LAA と蛍光体の距離などのパラメータで投影像がどのように変化するか検証した。また、取得された投影像から CT が再構成できることを確認した。さらに、撮像条件を最適化し理論的な空間分解能やコントラスト分解能を明らかにするために、動力学的回折理論の Takagi-Taupin 方程式に基づくシミュレーションを行った。ここで得られたパラメータを基に LAA 蛍光体一体型 X 線カメラを製作する。

令和4年度 空間分解能およびコントラスト分解能の検証

開発した LAA 蛍光体一体型 X 線カメラを用いて撮像システムを KEK に構築し、初めに単純な円筒ファントムの撮影により CT が再構成できることを確認する。次に、複数の穴が空けられたアクリル円筒に、水、グリセリン、ヨウ化ナトリウム溶液 (0.5%、1%、2%)、カーボンフェルトを挿入したファントムを作成し、その CT 撮画像から、従来の XDFI 法と、空間分解能・コントラスト分解能・必要露光量等の基本性能を比較する。また、本手法で再構成されるラプラシアン像は疎の値を多く持つことから圧縮センシングを取り入れた CT 再構成アルゴリズムを開発する。

図2は実際の撮像システムの写真である。赤矢印はX線が伝搬する方向を表す。蓄積リングの縦型ウィングラから発生した放射光X線は2結晶分光器(Si(111))により19.8 keVに単色化された。単色X線ビームは実験ハッチ内の非対称モノクロメータ・コリメータ(Bragg-case Si(111), 非対称角:5.4度, ブラッグ角:5.73度)で回折され、そのビームの水平方向の幅が非対称回折により約33倍(約24 mm)に拡大された。ビームは、被写体円筒容器と同形状にくり抜かれたアクリル円筒フィルタ、XYスリット、被写体が挿入された円筒容器の順に伝搬し、LAAに入射するとFDとDの方向に回折する。XDFI法では、FDとDの像が重ならない距離までX線カメラを離して、FDの像のみを計測している。一方で、SWIDeX法では、X線を可視光に変換するシンチレータ(LuAG:Ce, 厚さ:100 μm)をLAAの背面に立てかけてFDとDが重なった像を光学カメラによって取得した。レンズ拡大後におけるカメラの計算上の画素サイズは約1.5 μm、画素数は4608×2592である。本システムはまだプロトタイプであり、LAAとシンチレータを精密に位置決めする機構がないため、実験では、既知の被写体に対して投影を計測して得られる波形が2階微分になっているかを目視で確認しながらLAAとシンチレータの距離を手動で調整した。波形の理論値と計測値が最も近い状態で生体サンプルを計測した。したがって、両者の正確な距離Δpは不明であるが、おおまかな値は2節で述べた関係 $\Delta q = \Delta p \tan 2\theta_B$ を用いて見積もることは可能である。Δqは画素間距離のオーダーと同程度のときに差分が微分の良い推定値になると期待される。したがって、本実験の場合、 $\Delta q \cong 1.5 \mu\text{m}$, $\theta_B = 5.73$ 度より $\Delta p \cong 7.4 \mu\text{m}$ と推定できる。

SWIDeX法とXDFI法で異なる撮像条件はLAAとシンチレータの間の距離だけであり、SWIDeXの距離はほとんど0であるのに対して、LAAは380 mmである。被写体中心とLAAまでの距離はSWIDeX法とXDFI法どちらも25 mmであり、被写体とシンチレータの間の距離はSWIDeXで25 mm、XDFIで405 mmである。

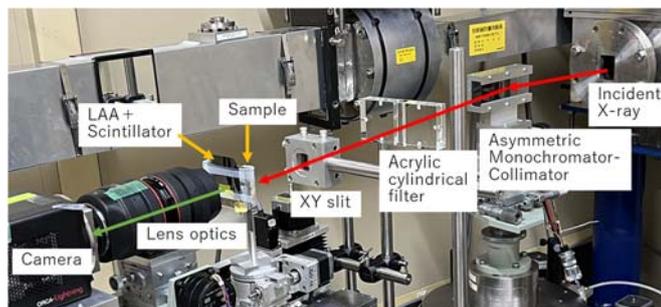


図2 Photograph of SWIDeX CT imaging system

令和5年度 病理試料を用いた細胞核3次元分布の可視化および解析

生体試料の撮像実験では、非浸潤性乳管癌と診断された患者から切除された非浸潤性乳管癌を含む乳房組織が撮影された。形状は8×15×5 mm³の直方体である。組織は撮影の数時間前にエタノール液から蒸留水に移され、撮影の1時間前に、外径12 mm内径10 mmのアクリル製円筒容器内に挿入された。組織の周囲は乾燥や組織表面の不要なX線の屈折を防ぐためにアガロースで満たされた。被写体のCTを得るための投影数は2500枚、回転ステップ角は0.144度、回転角は360度である。投影1枚当たりの露光時間は4秒である。ラプラシアンCT像はFBP法を用いて再構成された。また、屈折率分布はラプラシアンCT像にSOR法を適用することで得られた。本研究は、名古屋大学および名古屋医療センターの倫理審査委員会にて承認されている。

4. 研究成果

図3はX線マイクロチャートの撮画像から作成されたModulation Transfer Function (MTF)である。SWIDeXでは、60 LP/mmまでMTFがほぼ1であり、XDFIよりも高い鮮鋭性を持つことが分かった。また、X線マイクロチャートの撮画像を目視で比較しても、XDFIでは、4 μmの線幅まで確認できるのに対し、SWIDeXでは2 μmの線幅まで確認することができた。この結果から、LAAとシンチレータ間の距離を短縮できるSWIDeX法はXDFI法よりも高い空間分解能を実現できることが示された。

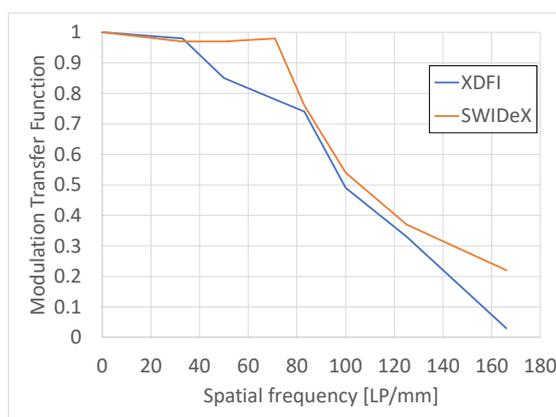


図3 Modulation Transfer Function for XDFI and SWIDeX calculated from microchart images.

図4は非浸潤性乳管癌組織のCT再構成像であり、(a), (b), (c)はそれぞれXDFI法による屈折率分布、SWIDeX法による屈折率分布、SWIDeX法による屈折率分布のラプラシアン像に対応する。すべての画像で拡張した乳管壁に非浸潤性乳管癌が増殖している様子を確認できる。また、白く描出されている乳管と繊維組織の隔てる基底膜、乳管内部に存在する非浸潤性乳管癌の壊死による内容物、非浸潤性乳管癌内部に生じた腔などが描出されている。(c)のラプラシアン像では組織のエッジ成分のみが描出されているが、SOR法を適用することで屈折率分布に従った明暗が(b)のように付加されている。しかし、ラプラシアン像上に生じたリングアーチファクトが、SOR法の計算に悪影響を与えており、コントラストのムラが画像全体に生じている。図5は、

図4の一部領域を拡大した XDFI と SWIDeX の画像の比較である。SWIDeX は XDFI よりも組織構造の輪郭、非浸潤性乳管癌内の腔構造、乳管外の繊維構造などを鮮明に描出できていることが分かる。SWIDeX と XDFI の撮像条件の違いは、LAA とシンチレータ間の距離だけであり、この距離を短縮することで CT 像の空間分解能を向上できる。

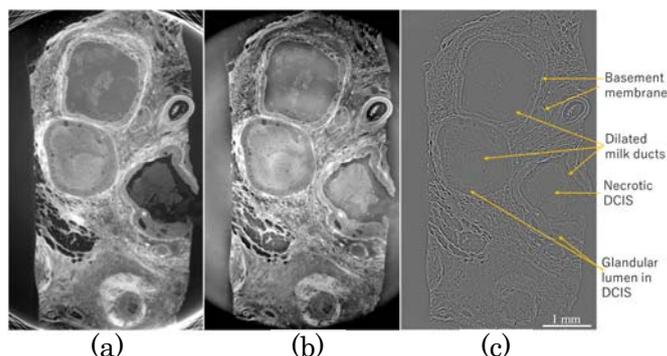


図4 CT images of a ductal carcinoma in situ (DCIS) tissue. (a) XDFI, (b) SWIDeX, (c) $\Delta\delta$ of SWIDeX.

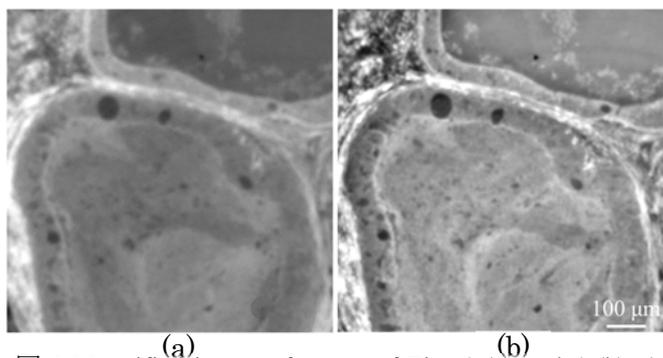


図5 Magnified image of a part of Fig. 4 (a) and 4 (b). (a) XDFI, (b) SWIDeX.

今後の展望

最終年度に SWIDeX に基づく新しい再構成アルゴリズムを開発した。この方式は、吸収コントラストと位相コントラストを同じ画像上で同時に再構成できる特徴を持ち、これまで困難であった頭蓋内の脳の位相コントラスト撮影に利用できる可能性がある。今後、モデルマウス等の頭部を高コントラスト・高空間分解能に撮影することを目標とする。また、本研究で目標としていた細胞核レベルの空間分解能を達成するには、アナライザー以外の CT ステージの回転精度や、X 線シンチレータの厚さを考慮する必要があった。このために、最終年度に新たに $1\ \mu\text{m}$ 以下の回転精度を持つ高精度回転ステージを入手し、シンチレータ内で生じるボケを $1\ \mu\text{m}$ 以下にするための X 線エネルギーを決定した。引き続き、この課題で提案した SWIDeX の開発を進め、 $1\ \mu\text{m}$ の空間分解能を達成したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Naoki Sunaguchi, Tetsuya Yuasa, Daisuke Shimao, Shu Ichihara, Rajiv Gupta, Masami Ando	4. 巻 122
2. 論文標題 Superimposed wavefront imaging of diffraction-enhanced x-rays: A method to achieve higher resolution in crystal analyzer-based x-ray phase-contrast imaging	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 123702
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0139199	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 該当する
1. 著者名 Naoki Sunaguchi, Zhuoran Huang, Daisuke Shimao, Shu Ichihara, Rieko Nishimura, Akari Iwakoshi, Tetsuya Yuasa, Masami Ando	4. 巻 12
2. 論文標題 Crystal optics simulations for delineation of the three-dimensional cellular nuclear distribution using analyzer-based refraction-contrast computed tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19595
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-24249-8	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 -
1. 著者名 Seiichi Yamamoto, Kei Kamada, Masao Yoshino, Akira Yoshikawa, Naoki Sunaguchi, Jun Kataoka	4. 巻 17
2. 論文標題 Development of a capillary plate based fiber-structured ZnS(Ag) scintillator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 T08005
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1748-0221/17/08/T08005	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 島雄大介, 砂口尚輝, 安藤正海	4. 巻 40
2. 論文標題 X-ray Dark-Field Imaging (1) 概要と投影像・断層像	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY	6. 最初と最後の頁 67/72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -

1. 著者名 砂口尚輝, 湯浅哲也	4. 巻 40
2. 論文標題 X-ray Dark-Field Imaging (2) CTの再構成手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY	6. 最初と最後の頁 144/147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Naoki Sunaguchi, Daisuke Shimao, Rieko Nishimura, Akari Iwakoshi, Tetsuya Yuasa, Masami Ando, and Shu Ichihara	4. 巻 16
2. 論文標題 Usefulness of X-ray dark-field imaging in the evaluation of local recurrence after nipple-sparing mastectomy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 1915-1923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11548-021-02472-4	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 Zhuoran Huang, Naoki Sunaguchi, Daisuke Shimao, Atsushi Enomoto, Shu Ichihara, Tetsuya Yuasa, and Masami Ando	4. 巻 16
2. 論文標題 Ring artifact removal for differential phase-contrast X-ray computed tomography using a conditional generative adversarial network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 1889-1900
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11548-021-02500-3	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 該当する

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 小松渚、砂口尚輝、黄卓然、市原周、安藤正海、島雄大介
2. 発表標題 X線暗視野法による前立腺組織の屈折コントラストX線CT像
3. 学会等名 2022年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 對馬結太、松岡将宏、笹谷典太、砂口尚輝、河嶋秀和、兵藤一行、湯浅哲也、錢谷勉
2. 発表標題 Deep Image Priorを用いた蛍光X線CTの画質改善
3. 学会等名 2022年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 砂口尚輝、黄卓然、島雄大介、湯浅哲也、市原周、西村理恵子、岩越朱里、安藤正海
2. 発表標題 X線暗視野法に基づく屈折コントラストCTの高空間分解能化および癌組織内の3次元細胞核分布の描出
3. 学会等名 2022年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 砂口尚輝、島雄大介、黄卓然、湯浅哲也、市原周、西村理恵子、岩越朱里、安藤正海
2. 発表標題 X線暗視野法に基づく高空間分解能屈折コントラストCTのための被写体とカメラ間距離の検討
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nagisa Komatsu, Naoki Sunaguchi, Zhuoran Huang, Shu Ichihara, Masami Ando, Daisuke Shimao
2. 発表標題 Images of the Prostate gland by Using Refraction-Contrast X-ray CT Based on X-ray Dark-Field Imaging
3. 学会等名 The 14th Asian Meeting on Synchrotron Radiation Biomedical Imaging (AMSI2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zhuoran Huang, Naoki Sunaguchi, Daisuke Shimao, Shu Ichihara, Tetsuya Yuasa, Masami Ando
2. 発表標題 Disk-shaped artifact removal method for refraction-contrast computed tomography using a machine learning technique
3. 学会等名 The 14th Asian Meeting on Synchrotron Radiation Biomedical Imaging (AMSI2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小松渚、砂口尚輝、黄卓然、市原周、安藤正海、島雄大介
2. 発表標題 前立腺組織ブロックのX線暗視野法による屈折コントラストX線CT像
3. 学会等名 第124回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天野遥菜、砂口尚輝、西村理恵子、市原周、岩越朱里、末永雅也、島雄大介、湯浅哲也、安藤正海
2. 発表標題 X線暗視野法を用いた膵管内腫瘍の3次元可視化
3. 学会等名 第124回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 砂口尚輝
2. 発表標題 あいちシンクロトン光センターBL8S2ビームラインに構築したX線暗視野法に基づく屈折コントラストCT撮像システム
3. 学会等名 第41回日本医用画像工学会大会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	吉田匠、砂口尚輝、谷口華奈、黄卓然、島雄大介、西村理恵子、岩越朱里、市原周、湯浅哲也、安藤正海
2. 発表標題	X線暗視野法で描出される篩状非浸潤性乳管癌の悪性度に注目した腺腔の解析
3. 学会等名	第41回日本医用画像工学会大会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	對馬結太、松岡将宏、笹谷典太、砂口尚輝、河嶋秀和、兵藤一行、湯浅哲也、錢谷勉
2. 発表標題	Dual Energy散乱線補正と高感度マルチピンホールによる蛍光X線CTの画質改善
3. 学会等名	第41回日本医用画像工学会大会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	砂口尚輝
2. 発表標題	革新的シンクロトン光CT技術による 次世代モノづくり産業創成
3. 学会等名	知の拠点あいち重点研究プロジェクト 期公開セミナーファイナル(招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	砂口尚輝
2. 発表標題	BL8S2に構築したX線暗視野法に基づく屈折コントラストCT撮影システムとソフトマテリアルへの応用
3. 学会等名	第10回名古屋大学シンクロトン光研究センターシンポジウム(招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 砂口尚輝
2. 発表標題 細胞核の描出を目的とするX線暗視野CT光学系のシミュレーション実験
3. 学会等名 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kana Taniguchi, Naoki Sunaguchi, Shu Ichihara, Rieko Nishimura, Akari Iwakoshi, Yoshiko Murakami, Daisuke Shimao, Tetsuya Yuasa, Masami Ando
2. 発表標題 Automatic extraction of glandular lumens in breast tissue visualized by X-ray dark field imaging
3. 学会等名 The 2021 IEEE Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 砂口尚輝
2. 発表標題 X線暗視野法に基づく屈折コントラストX線CTを用いたヒト乳頭の三次元可視化および解析
3. 学会等名 第40回日本医用画像工学会大会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口華奈, 砂口尚輝, 市原周, 西村理恵子, 岩越朱里, 村上善子, 島雄大介, 湯浅哲也, 安藤正海
2. 発表標題 X線暗視野法を用いた乳腺における乳管内腺腔の自動抽出および3次元解析手法の開発
3. 学会等名 第40回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黄卓然, 砂口尚輝, 島雄大介, 市原周, 湯浅哲也, 安藤正海
2. 発表標題 生体軟組織の屈折コントラストCTに適用するための機械学習によるリングアーチファクト除去法の開発
3. 学会等名 第40回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhuoran Huang, Naoki Sunaguchi, Daisuke Shimao, Shu Ichihara, Atsushi Enomoto, Shu Ichihara, Tetsuya Yuasa, Masami Ando
2. 発表標題 Ring artifact removal method for differential phase-contrast computed tomography
3. 学会等名 The 13th Asian Meeting on Synchrotron Radiation Biomedical Imaging (AMSI2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kana Taniguchi, Naoki Sunaguchi, Shu Ichihara, Rieko Nishimura, Akari Iwakoshi, Yoshiko Murakami, Daisuke Shimao, Tetsuya Yuasa, Masami Ando
2. 発表標題 Three-dimensional analysis of glandular lumens in ductal carcinoma in situ observed by X-ray dark field imaging
3. 学会等名 The 13th Asian Meeting on Synchrotron Radiation Biomedical Imaging (AMSI2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kaya Ozawa, Naoki Sunaguchi, Akari Iwakoshi, Ichihara Shu, Daisuke Shimao
2. 発表標題 Observation of tumor nutrient vessels in Uterine myoma by XDFI-CT
3. 学会等名 The 13th Asian Meeting on Synchrotron Radiation Biomedical Imaging (AMSI2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Sunaguchi, Daisuke Shimao, Rieko Nishimura, Akari Iwakoshi, Tetsuya Yuasa, Masami Ando, Kana Taniguchi, Zhuoran Huang, Shu Ichihara
2. 発表標題 Development of refraction-contrast CT based on X-ray dark field imaging method for application to pathology
3. 学会等名 The 13th Asian Meeting on Synchrotron Radiation Biomedical Imaging (AMSI2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shina Kaneko, Naoki Sunaguchi, Akari Iwakoshi, Shu Ichihara, Daisuke Shimao
2. 発表標題 Microstructure of breast tissue depicted by XDFI-CT
3. 学会等名 The 13th Asian Meeting on Synchrotron Radiation Biomedical Imaging (AMSI2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 砂口尚輝, 谷口華奈, 黄卓然, 島雄大介, 岩越朱里, 西村理恵子, 湯浅哲也, 安藤正海, 榎本篤, 市原周
2. 発表標題 3次元病理学のためのX線暗視野法に基づく屈折コントラストCTの開発および乳癌診断への応用
3. 学会等名 第17回日本病理学会カンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 島雄大介, 砂口尚輝, 谷口華奈, 黄卓然, 湯浅哲也, 安藤正海, 岩越朱里, 西村理恵子, 榎本篤, 市原周
2. 発表標題 X線暗視野法による上腹部臓器摘出試料の屈折コントラストCT
3. 学会等名 第17回日本病理学会カンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口華奈, 砂口尚輝, 市原周, 西村理恵子, 岩越朱里, 村上善子, 島雄大介, 湯浅哲也, 安藤正海
2. 発表標題 X線暗視野法を用いた非浸潤性乳管癌における篩状構造の3次元組織観察
3. 学会等名 第110回日本病理学会総会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 X線検出装置およびX線検出方法	発明者 砂口尚輝	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-77082	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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

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