

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04116

研究課題名(和文) 分子機能と形態を同時撮像する管球X線を用いた実用的超高分解度3次元蛍光CTの開発

研究課題名(英文) Development of ultra-high-resolution 3D fluorescent CT using x-ray tube for imaging molecular function and morphology simultaneously

研究代表者

銭谷 勉 (Zeniya, Tsutomu)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：50443487

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、シミュレーションで管球X線を用いた蛍光CTで放射光と同程度の画質を得るには散乱線補正が本質的であることが示された。また、EM-TVを応用した画像再構成アルゴリズムが画質改善に有効であった。蛍光X線CT画像と透過X線CT画像の重ね合わせ機能を有する画像解析ソフトウェアを開発できた。蛍光X線CTで生体の3次元画像が得られることが示された。管球X線を用いた蛍光X線CTを試作することができ、3次元画像を得ることができた。ただし、管球X線の場合、散乱線が非常に多く、微量な標識物質の描出には散乱線の抑制や補正が必須であることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で、管球X線を用いた蛍光X線CTを試作することができ、3次元画像を得ることができた。一方で、微量な標識物質を画像化するための課題も明らかとなった。本研究を通して、解決策も見えてきた。今後の研究で、課題を解決し、システムが実用化されれば、RI施設も放射光施設も必要としないので、簡便に生体機能画像を得ることができる。しかも、形態画像も同時に得られる。画期的なシステムであり、創薬、新規治療法の開発、病態解明などを大きく加速させることになる。

研究成果の概要(英文)：In this study, the simulation showed that scatter correction is essential for obtaining image quality comparable to that of synchrotron radiation fluorescence CT in fluorescence CT using tube X-rays. In addition, an image reconstruction algorithm applying EM-TV was effective in improving image quality. We developed image analysis software that has a function of superimposing an X-ray fluorescence CT image and a transmitted X-ray CT image. It was shown that a three-dimensional image of a biological sample can be obtained by X-ray fluorescence CT. A fluorescence X-ray CT using tube X-rays could be prototyped, and a three-dimensional image could be obtained. However, in the case of tube X-rays, there are a large number of scattered radiation, and it was found that suppression and correction of scattered radiation are essential for the depiction of trace amounts of labelling substances.

研究分野：医用画像工学

キーワード：CT 蛍光 管球X線 分子機能 3次元画像 高分解度 ピンホールコリメータ 画像再構成

1. 研究開始当初の背景

PET(Positron Emission Tomography)や SPECT(Single Photon Emission Computed Tomography)といった放射性同位元素(RI)を用いた核医学診断装置は、血流、代謝、神経活動などの生体機能画像を提供するため、現在の医療において不可欠である。創薬、再生医療、病態解明のための動物を用いた前臨床研究においても重要な役割を果たしている。しかし、RIを用いるため装置は放射線管理区域内で使用する必要があり、簡単に利用できない。我々はこれまで、X線で励起した特定物質からの蛍光を利用した蛍光分析技術とCT(Computed Tomography)を組み合わせた蛍光X線CTを開発してきた。蛍光を発する物質を標識薬剤として利用することでPETやSPECTと同様の機能画像を得ることができる。最近、我々は2次元検出器とピンホールコリメータを利用した検出系とポリウムビーム照射によって3次元画像に必要な投影データの一括収集を可能とし、その結果、検出限界や撮像時間が大幅に改善され、前臨床研究での実用の可能性が示唆された。また、X線励起蛍光CTは被写体を透過したX線を蛍光X線と同時に検出できるため、蛍光X線CTによる機能画像と透過X線CTによる形態画像を同時に得ることができる。ただし、X線源として蛍光X線検出に有利な放射光を利用しており、放射光施設が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、X線源として放射光に代えて簡便に利用できる管球X線を用いた実用的な蛍光X線CTを開発し、生体機能と形態の超高解像度3次元画像を同時に得ることを目的とする。

3. 研究の方法

図1に蛍光X線CTの幾何学を示す。被写体中の標識薬剤にポリウムX線が照射されると、光電効果による励起によって蛍光が発生する。標識物質の存在する画素から発生した蛍光は、入射X線に垂直な方向に配置された複数のピンホールコリメータ(マルチピンホールコリメータ)を通り2次元検出器で検出され、投影画像データを得る。被写体の回転とデータ収集を繰り返し、複数方向からの投影画像データを得る。投影画像データは、逐次近似画像再構成法の1つであるOSEM(Ordered Subsets Expectation Maximization)法を用いて再構成され、標識物質の3次元分布画像を得る。

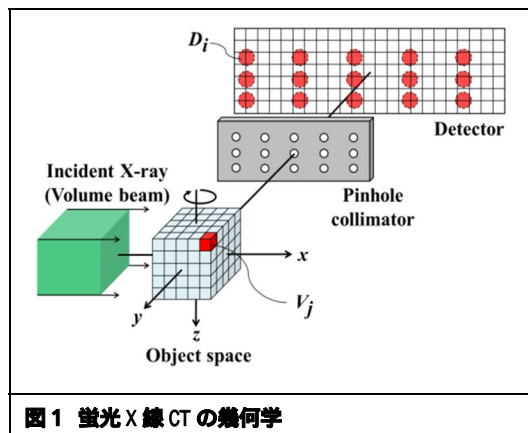


図1 蛍光X線CTの幾何学

まず、開発の第一段階として、管球X線を利用した場合、放射光に比べ画質の低下が予想されるが、どの程度画質が低下するかをシミュレーションによって推定し、低下した画質を改善させるための改善手法を提案し、画質改善効果を評価する。また、トータルバリエーション(TV: Total Variation)と呼ばれる圧縮センシング技術の1つを画像再構成に応用したEM-TVアルゴリズムを蛍光X線CT画像再構成に適用し、放射光蛍光CTシステムで得られた実データを用いて画質改善効果を評価する。画像を解析するために画像解析ソフトウェアを開発する。生体撮像の予備実験を放射光蛍光CTシステムで実施する。管球X線を用いた蛍光X線CTを試作する。

	放射光	管球X線
エネルギー特性	単一エネルギー ⇒ 蛍光発生効率高い ⇒ 高信号	連続エネルギー ⇒ 蛍光発生効率低い ⇒ 低信号
偏光特性	直線偏光 ⇒ 散乱線少ない ⇒ 低ノイズ	非偏光 ⇒ 散乱線多い ⇒ 高ノイズ

図2 放射光と管球X線の特性比較

(1) 蛍光X線CTシミュレーション

放射線計測用モンテカルロシミュレーションソフトウェアGeant4を用いて蛍光X線CTシミュレーションを行い、放射光と管球X線を用いた場合の蛍光X線CT画像の画質の違いを評価した。図2に示す放射光と管球X線で異なるエネルギー特性と偏光特性に関して設定を変え、4種類の条件(単一エネルギー・偏光有、単一エネルギー・偏光無、連続エネルギー・偏光有、連続エネルギー・偏光無)で行った。偏光の有無はGeant4の設定で切り替え、連続エネルギーのX線は、管球X線シミュレーションソフトウェアSpecCalcを使用して作成したX線スペクトルを5 keV毎に分割し、複数の単一エネルギーのシミュレーションの結果を足し合わせた(図3)。単一エネルギーと連続エネルギーでのシミュレーション

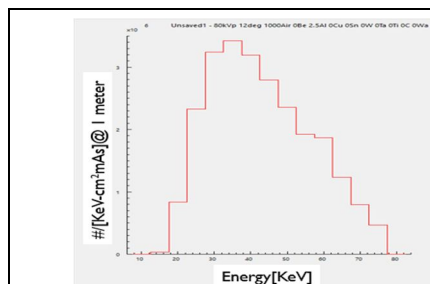


図3 シミュレーションでの管球X線スペクトル

ヨウ素の総入射光子数は同じにした。

被写体として標識薬剤（ヨウ素溶液）封入ファントム（直径 10 mm のアクリル円柱の中央の直径 2 mm の穴に 50 mg/ml のヨウ素）を設定し、シミュレーションを行い、投影画像と再構成画像で画質を評価した。特に再構成画像では、ヨウ素領域の画素値  $m_s$ 、バックグラウンド領域の画素値  $m_N$ 、標準偏差  $\sigma_N$  を用いた指標  $CNR(Contrast\ Noise\ Ratio) = (m_s - m_N) / \sigma_N$  で評価した。

管球 X 線では散乱線が増加し、ノイズ成分が増加する。そこで、モンテカルロシミュレーションを用いた散乱線補正法を提案する（図 4）。

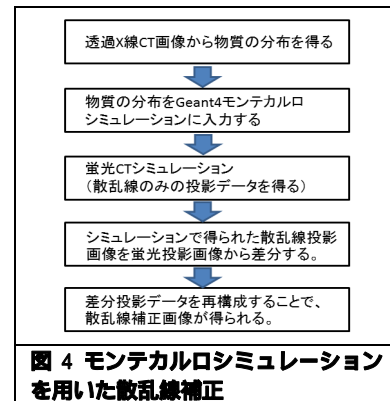


図 4 モンテカルロシミュレーションを用いた散乱線補正

### (2) 画像再構成アルゴリズム改良による画質改善

EM-TV アルゴリズムは画像のエッジを保持しつつ、ノイズを抑制する効果が期待できる。本研究では、EM-TV アルゴリズムを蛍光 X 線 CT 画像再構成に応用し、画質改善効果を放射光蛍光 X 線 CT システムで得られた実データを用いて評価する。

蛍光 X 線 CT システムは高エネルギー加速器研究機構 PF-AR のビームライン AR-NE7A に構築された。図 5 に示す物理ファントムを撮像し、取得した投影データを EM-TV 法と従来法である OSEM 法で画像再構成した。再構成画像から CNR と検出限界 (LOD: Limit of Detection) を算出し、画質を評価した。

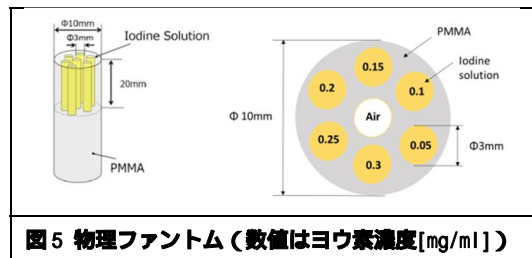


図 5 物理ファントム（数値はヨウ素濃度 [mg/ml]）

### (3) 画像解析ソフトウェアの開発

蛍光 X 線 CT システムで得られた画像を解析するための画像解析ソフトウェアを開発する。蛍光 X 線 CT 画像と透過 X 線 CT 画像を読み込んで重ね合わせ表示する。

ソフトウェアの動作を確認するために放射光 X 線 CT システムでラットの頭蓋骨に加工した 2 か所の空洞に金ナノ粒子造影剤を注入した物理ファントムを撮像した。蛍光 X 線と透過 X 線を 2 つの検出器で同時に検出し、それぞれの投影データを収集した。蛍光 X 線 CT 画像は OSEM 法で、透過 X 線 CT 画像は FBP (Filtered Back-Projection) 法で再構成することによって得られた。

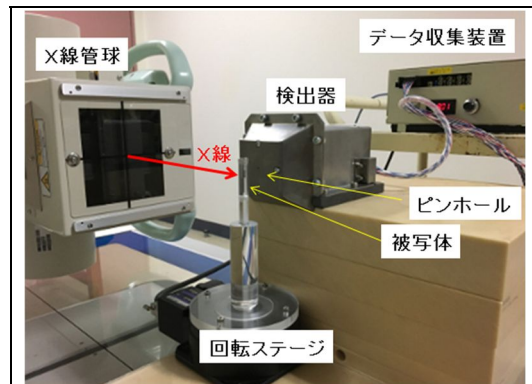


図 6 管球 X 線を用いた蛍光 X 線 CT システム

### (4) 生体撮像の予備実験

3次元蛍光 CT システムで生体撮像が可能か放射光を用いて予備実験を行う。非放射性  $^{127}\text{I}$ -iofetamine 投与後に摘出したマウス脳を撮像した。

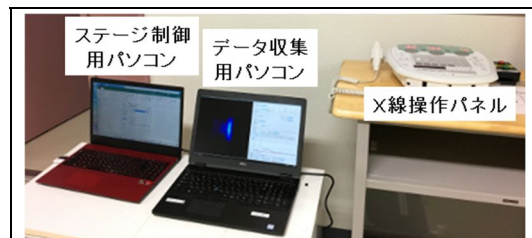


図 7 システム制御パソコンと X 線操作パネル

### (5) 管球 X 線を用いた蛍光 X 線 CT の試作

図 6 は試作した管球 X 線を用いた蛍光 X 線 CT システムで、図 7 はそれを制御するためのパソコンや X 線操作パネルである。蛍光 X 線用 2次元検出器は、ピクセル型の NaI シンチレータ (1.3 mm × 1.3 mm × 5 mm の素子がギャップ 0.2 mm で 28 × 28 で配列、視野は約 50 mm × 50 mm) と位置感応型光電子増倍管 (PSPMT: Position Sensitive Photomultiplier Tube, 浜松ホトニクス製 H8500) が光学結合されたものである。PSPMT の発光量分布を重心演算することで、蛍光 X 線の入射位置を推定し、座標とエネルギーの情報を出力する。エネルギーウィンドウを設定し、ヨウ素の蛍光 K-X 線の 28 keV のエネルギーの信号のみで投影画像を作成する。被写体全体からの蛍光 X 線の投影画像を得るために検出器前面にタングステン製のピンホールコリメータを装着する。ピンホール径は 1 mm、ピンホールと検出器前面までの距離は 38 mm、開口角は 60° である。X 線は、島津製作所製 X 線管装置 (0.6/1.2P38DE-85) からの X 線を利用した。CT 用複数投影データを収集

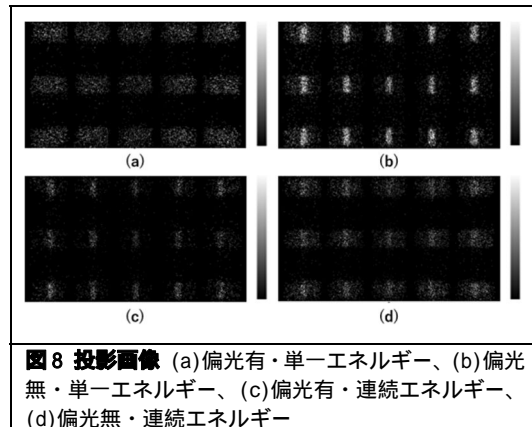


図 8 投影画像 (a) 偏光有・単一エネルギー、(b) 偏光無・単一エネルギー、(c) 偏光有・連続エネルギー、(d) 偏光無・連続エネルギー



するために、被写体を回転させる回転ステージ(シグマ光機製 SGSP-120YAW- z)を用意し、制御コントローラ(シグマ光機製 GIP-101B)を介してパソコンから制御できるようにした。収集した投影画像データはOSEM法で3次元画像再構成した。

3次元画像が得られることを確認するために、図5に示す7つ穴の物理ファントムの対向した2か所の穴に370 mg/mlのヨウ素溶液を封入し撮像した。ピンホールと回転中心の距離は20 mm、拡大率は38 mm/20 mm=1.9倍である。X線源と回転中心との距離は500 mmとした。X線の照射条件は80 kV, 125 mA、照射時間は1 s、被写体の照射野は15 mm×15 mm、被写体を12°毎に回転させ、30の投影画像データを収集した。

また、微量濃度検出の可能性を調査するために、直径10 mmのアクリルファントムの中央に3 mm径の穴にヨウ素を封入、濃度を変化させてデータを収集し、エネルギープロファイル上に蛍光X線のピークが確認できるか調べた。

#### 4. 研究成果

##### (1) 蛍光X線CTシミュレーション

図8に投影画像を示す。単一エネルギーの(a),(b)に比べて、連続エネルギーの(c),(d)は蛍光部分のカウントが少なかった。また、偏光有りの(a),(c)に比べて、偏光無しの(b),(d)はヨウ素周辺の散乱線のカウントが多かった。放射光の場合の(a)と管球X線の場合の(d)の蛍光と散乱線の影響を定量的に評価するために検出器上のカウントを表1に示す。蛍光は放射光(a)が管球X線(d)より約1.9倍多く、散乱線は管球X線(d)が放射光(a)より3.3倍多かった。図9に再構成画像を示す。管球X線の(d)ではヨウ素周辺のカウントも高く、散乱線の影響が大きいことがわかる。CNRによる画質の比較の結果を図10に示す。放射光の特性である単一エネルギー・偏光有り場合が最も高く、管球X線の特性である連続エネルギー・偏光無しの場合が最も低い結果となった。この放射光と管球X線で生じた7.8倍の差を改善が望まれる。

図11の投影画像は(a)ヨウ素の含むファントムの投影画像、(b)ヨウ素を含まないファントムの投影画像、(c)差分画像(a)-(b)である。(a)は蛍光成分と散乱線成分による画像で、(b)散乱線成分のみの画像であるため、(c)では散乱線成分が除去されて蛍光成分のみの画像が得られている。図12に再構成画像を示す。散乱線補正によってバックグラウンドカウントが十分に除去できている。図13に再構成画像のCNRを示す。管球X線でも放射光と同程度のCNRであった。散乱線補正によって管球X線でも放射光と同程度の画質の画像が得られる可能性がシミュレーションによって示唆された。

##### (2) 画像再構成アルゴリズム改良による画質改善

図14に従来法のOSEMと改良法のEM-TVでの再構成画像を示す。OSEM法に比べEM-TV法による再構成画像はノイズが抑制され、ヨウ素領域が鮮明に描出されている。最小濃度の0.05 mg/mlのヨウ素領域はバックグラウンドノイズに埋もれてしまい、境界が不明瞭であるが、EM-TV法による再構成画像では境界がはっきりしている。図15に各ヨウ素濃度におけるCNRを示す。すべてのヨウ素濃度において、OSEM法よりもEM-TV法による再構成画像のCNRが高くなっている。特に、最小濃度で

表1 投影画像上での検出カウント

		トータル	蛍光	散乱線
単一エネルギー	偏光有り	12929	9594	3335
単一エネルギー	偏光無し	16194	9353	6841
連続エネルギー	偏光有り	7433	4102	3331
連続エネルギー	偏光無し	16277	5133	11144

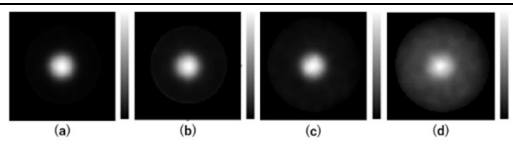


図9 再構成画像 (a)偏光有・単一エネルギー、(b)偏光無・単一エネルギー、(c)偏光有・連続エネルギー、(d)偏光無・連続エネルギー

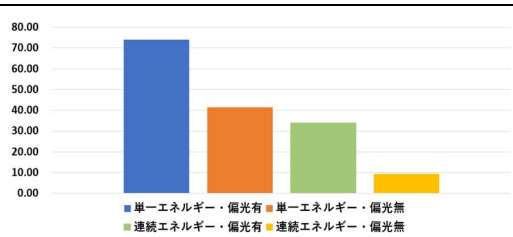


図10 CNRによる画質比較

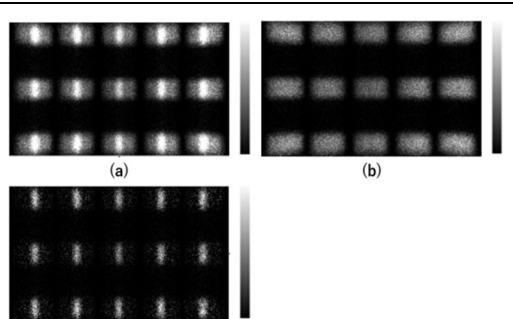


図11 投影画像 (a)ヨウ素有り、(b)ヨウ素無し、(c)差分画像(a)-(b)

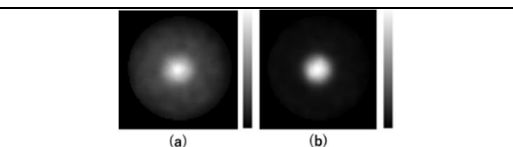


図12 再構成画像(a)散乱線補正無、(b)散乱線補正有

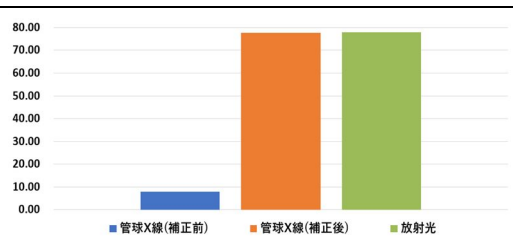


図13 CNRによる画質比較(散乱線補正の効果)

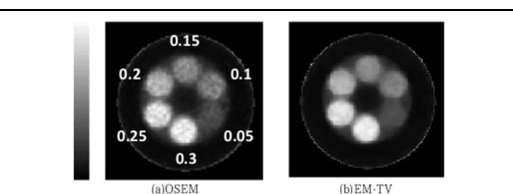


図14 EM-TVアルゴリズムによる画質改善

ある 0.05 mg/ml の CNR は OSEM 法に比べ、M-TV 法が 1.3 倍向上している。

また、検出限界 LOD は、OSEM 法では 0.049 mg/ml であるのに対して、EM-TV 法では 0.036 mg/ml に改善された。本研究で、EM-TV 法を蛍光 X 線 CT に応用した画像再構成アルゴリズムが蛍光 X 線 CT の画質を改善する効果があることが示唆された。

### (3) 画像解析ソフトウェアの開発

蛍光 X 線 CT 画像と透過 X 線 CT 画像のような機能画像と形態画像の重ね合わせ、画像解析することを目的とした画像解析ソフトウェアを開発することができた。「基準画像に対する対象画像の重ね合わせ」「3次元画像の体軸断面・矢状断面・冠状断面を同時表示」「基準画像のオーバーレイする対象画像の透過率の変更」「表示する時間フレームの切替」「対象画像を GUI 上で平行移動・回転し基準画像に対する位置調整」「異なるモダリティの画像における重ね合わせ指標（相互情報量）を重ね合わせパラメータ変更時に自動計算・履歴表示」「重ね合わせパラメータの微調整を支援する、対象画像の一部透過表示」などの機能を提供する。

図 16 は開発したソフトウェアで透過 X 線 CT 画像に蛍光 X 線 CT 画像を重ね合わせ表示した画面である。薬剤の分布の把握しやすくしている。重ね合わせの微調整を支援する一部透過表示機能も備えている。

### (4) 生体撮像の予備実験

放射光を用いた 3次元蛍光 CT システムで、生体撮像の予備実験を行い、マウス脳灌流 3次元画像を得ることができた（図 17）。

### (5) 管球 X 線を用いた蛍光 X 線 CT の試作

図 18 は試作した蛍光 X 線 CT で得られた 3次元画像である。2か所のヨウ素領域を描出されており、試作システムでヨウ素の 3次元分布画像ができることが確認できた。

図 19 はファントムに注入したヨウ素濃度を 100, 10, 1, 0.1 mg/ml（上から）と変化させたときのエネルギープロファイルである。100 mg/ml では蛍光 X 線のピークがはっきりしている。1 mg/ml では蛍光 X 線のピークはわずかにみられる。しかし、0.1 mg/ml ではピークはみられない。管球 X 線は放射光と異なり散乱線の量がかかなり多い。微量は蛍光 X 線を検出するには、散乱線の抑制、補正は必須であると考えられる。

以上、本研究では、シミュレーションで管球 X 線を用いた蛍光 CT で放射光と同程度の画質を得るには散乱線補正が本質的であることが示された。また、EM-TV を応用した画像再構成アルゴリズムが画質改善に有効であることが示された。蛍光 X 線 CT 画像と透過 X 線 CT 画像の重ね合わせ機能を有する画像解析ソフトウェアを開発できた。蛍光 X 線 CT で生体の 3次元画像が得られることが示された。管球 X 線を用いた蛍光 X 線 CT を試作することができ、3次元画像を得ることができた。ただし、管球 X 線の場合、散乱線が非常に多く、微量な濃度の標識物質の描出には散乱線の抑制や補正が必須であることがわかった。

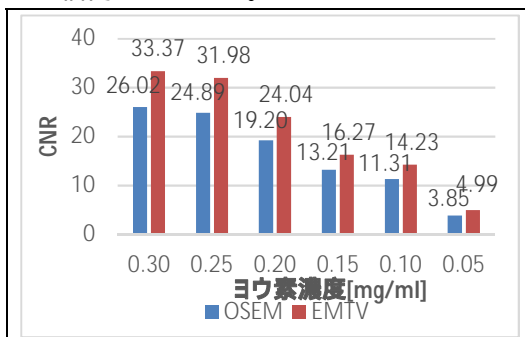


図 15 各再構成画像のヨウ素濃度毎の CNR

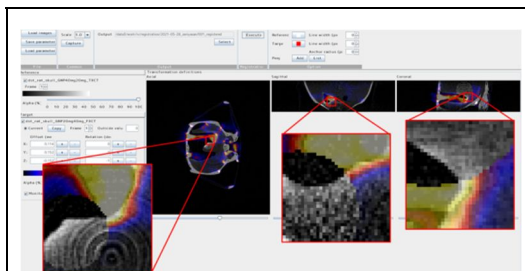


図 16 開発した画像解析ソフトウェアによる重ね合わせ表示。一部透過機能。

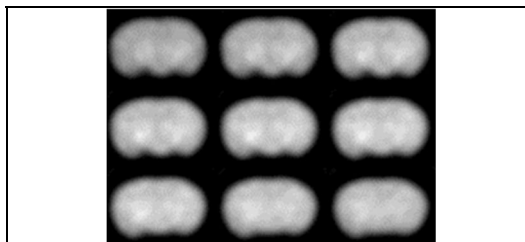


図 17 マウス脳灌流 3次元画像

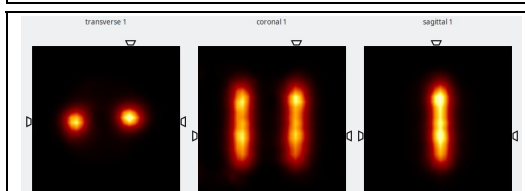


図 18 試作蛍光 CT システムで得られた 3次元画像。2か所のヨウ素領域(3 mm 径)が描出できている。

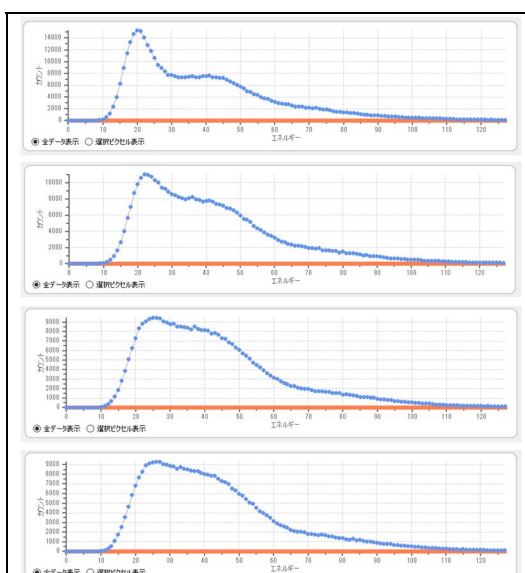


図 19 エネルギープロファイル。ファントムのヨウ素濃度は上から 100, 10, 1, 0.1 mg/ml。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 金澤道和, 保科亮太, 佐々木洸介, 阿部智大, 笹谷典太, 砂口尚輝, 河嶋秀和, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉	4. 巻 -
2. 論文標題 マルチピンホールX線蛍光CT画像再構成におけるEM-TVアルゴリズムの検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第39回日本医用画像工学会予稿集	6. 最初と最後の頁 394-400
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 保科亮太, 金澤道和, 佐々木洸介, 笹谷典太, 砂口尚輝, 河嶋秀和, 兵藤一行, 銭谷 勉, 湯浅哲也	4. 巻 -
2. 論文標題 マウス脳ex vivoイメージングのためのマルチピンホール型蛍光X線CTにおける入射強度補正	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第39回日本医用画像工学会予稿集	6. 最初と最後の頁 510-515
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 金澤道和, 保科亮太, 佐々木洸介, 阿部智大, 笹谷典太, 砂口尚輝, 河嶋秀和, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉	4. 巻 2020-6
2. 論文標題 トータルバリエーションを用いた画像再構成法による蛍光X線CT画像の画質改善	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会資料	6. 最初と最後の頁 -
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 金澤道和, 笹谷典太, 細川翔太, 渡部浩司, 湯浅哲也, 高橋康幸, 銭谷 勉	4. 巻 2020-6
2. 論文標題 トータルバリエーションを用いた画像再構成法による骨SPECT撮像時間短縮の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会資料	6. 最初と最後の頁 -
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 對馬結太, 金澤道和, 佐々木洸介, 阿部智大, 保科亮太, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉	4. 巻 2020-6
2. 論文標題 蛍光X線CT画像再構成におけるDeep Image Priorの検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会資料	6. 最初と最後の頁 -
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 矢部暁登, 金澤道和, 福原健太, 銭谷 勉	4. 巻 2020-6
2. 論文標題 Deep Image Priorを用いたSPECT画像の画質改善	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会資料	6. 最初と最後の頁 -
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 佐々木洸介, 金澤道和, 保科亮太, 阿部智大, 笹谷典太, 砂口尚輝, 河嶋秀和, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉	4. 巻 2020-6
2. 論文標題 マルチピンホール蛍光X線CTにおけるDual Energy散乱線補正	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会資料	6. 最初と最後の頁 -
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 M. Kanazawa, T. Sasaya, S. Hosokawa, H. Watabe, T. Yuasa, Y. Takahashi, T. Zeniya	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of total variation regularization in bone SPECT reconstruction from a small number of projections	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2019 IEEE Nuclear Science Syposimu Conference Record	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/NSS/MIC42101.2019.9059901	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 T. Sasaya, T. Oouchi, T. Yuasa, S. J. Seo, J. G. Jeon, J. K. Kim, N. Sunaguchi, K. Hyodo, T. Zeniya	4. 巻 -
2. 論文標題 Imaging experiment of multi-pinhole based X-ray fluorescence computed tomography using rat head phantoms	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 27th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EUSIPCO.2019.8903048	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 高岡 翼, 笹谷典太, 砂口尚輝, 越野一博, 渡部浩司, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉	4. 巻 2019-6
2. 論文標題 管球X線を用いた蛍光CTのシミュレーションによる基礎検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 令和元年度第6回情報処理学会東北支部研究会資料	6. 最初と最後の頁 1-6
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 金澤道和, 笹谷典太, 細川翔太, 渡部浩司, 湯浅哲也, 高橋康幸, 銭谷 勉	4. 巻 -
2. 論文標題 EM-TVアルゴリズムを用いた少数投影での骨SPECT画像再構成の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第38回日本医用画像工学会予稿集	6. 最初と最後の頁 352-359
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 T. Sasaya, N. Sunaguchi, S. J. Seo, T. Zeniya, K. Hyodo, J. K. Kim, T. Yuasa	4. 巻 -
2. 論文標題 Multi-pinhole based X-ray fluorescence computed tomography: A comparison with single pinhole case	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Image and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 205-212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-94211-7	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 荒木啓史, 加藤晃輝, 大内 剛, 笹谷典太, 砂口尚輝, 銭谷 勉, 兵藤一行, 湯浅哲也	4. 巻 35
2. 論文標題 ピンホール蛍光X線CTによる小動物in vivoイメージングのための基礎実験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 センシングフォーラム資料	6. 最初と最後の頁 137-140
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 1. 大内 剛, Seo Seung-Jun, 笹谷典太, 砂口尚輝, 秦 建偉, 兵藤一行, 銭谷 勉, Kim Jong-Ki, 湯浅哲也	4. 巻 -
2. 論文標題 マルチピンホール蛍光X線CTによるマウス脳in vivoイメージングのための物理ファントムを用いた基礎実験	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 第36回日本医用画像工学会大会予稿集	6. 最初と最後の頁 159-164
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 該当する

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 M. Kanazawa, T. Sasaya, S. Hosokawa, H. Watabe, T. Yuasa, Y. Takahashi, T. Zeniya
2. 発表標題 Comparison of two data acquisition methods reducing the imaging time for bone SPECT image reconstruction using total variation
3. 学会等名 2020年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金澤道和, 保科亮太, 佐々木洸介, 阿部智大, 笹谷典太, 砂口尚輝, 河嶋秀和, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉
2. 発表標題 マルチピンホールX線蛍光CT画像再構成におけるEM-TVアルゴリズムの検討
3. 学会等名 第39回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 保科亮太, 金澤道和, 佐々木洸介, 笹谷典太, 砂口尚輝, 河嶋秀和, 兵藤一行, 銭谷 勉, 湯浅哲也
2. 発表標題 マウス脳ex vivoイメージングのためのマルチピンホール型蛍光X線CTにおける入射強度補正
3. 学会等名 第39回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金澤道和, 保科亮太, 佐々木洸介, 阿部智大, 笹谷典太, 砂口尚輝, 河嶋秀和, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉
2. 発表標題 トータルバリエーションを用いた画像再構成法による蛍光X線CT画像の画質改善
3. 学会等名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金澤道和, 笹谷典太, 細川翔太, 渡部浩司, 湯浅哲也, 高橋康幸, 銭谷 勉
2. 発表標題 トータルバリエーションを用いた画像再構成法による骨SPECT撮像時間短縮の検討
3. 学会等名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 對馬結太, 金澤道和, 佐々木洸介, 阿部智大, 保科亮太, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉
2. 発表標題 蛍光X線CT画像再構成におけるDeep Image Priorの検討
3. 学会等名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢部暁登, 金澤道和, 福原健太, 銭谷 勉
2. 発表標題 Deep Image Priorを用いたSPECT画像の画質改善
3. 学会等名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木洸介, 金澤道和, 保科亮太, 阿部智大, 笹谷典太, 砂口尚輝, 河嶋秀和, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉
2. 発表標題 マルチピンホール蛍光X線CTにおけるDual Energy散乱線補正
3. 学会等名 令和2年度第6回情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Kanazawa, T. Sasaya, S. Hosokawa, H. Watabe, T. Yuasa, Y. Takahashi, T. Zeniya
2. 発表標題 Effect of total variation regularization in bone SPECT reconstruction from a small number of projections
3. 学会等名 2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Sasaya, T. Oouchi, T. Yuasa, S. J. Seo, J. G. Jeon, J. K. Kim, N. Sunaguchi, K. Hyodo, T. Zeniya
2. 発表標題 Imaging experiment of multi-pinhole based X-ray fluorescence computed tomography
3. 学会等名 2019 27th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高岡 翼, 笹谷典太, 砂口尚輝, 越野一博, 渡部浩司, 兵藤一行, 湯浅哲也, 銭谷 勉
2. 発表標題 管球X線を用いた蛍光CTのシミュレーションによる基礎検討
3. 学会等名 令和元年度第6回情報処理学会東北支部研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金澤道和, 笹谷典太, 細川翔太, 渡部浩司, 湯浅哲也, 高橋康幸, 銭谷 勉
2. 発表標題 Total Variationを用いた画像再構成による少数投影骨SPECTの検討
3. 学会等名 第59回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Kanazawa, T. Sasaya, S. Hosokawa, H. Watabe, T. Yuasa, Y. Takahashi, T. Zeniya
2. 発表標題 Image reconstruction using total variation for bone SPECT with a small number of projections
3. 学会等名 2019年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金澤道和, 笹谷典太, 細川翔太, 渡部浩司, 湯浅哲也, 高橋康幸, 銭谷 勉
2. 発表標題 EM-TVアルゴリズムを用いた少数投影での骨SPECT画像再構成の検討
3. 学会等名 第38回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 T. Sasaya, N. Sunaguchi, S. J. Seo, T. Zeniya, K. Hyodo, J. K. Kim, T. Yuasa
2. 発表標題 Multi-pinhole based X-ray fluorescence computed tomography: A comparison with single pinhole case
3. 学会等名 International Conference on Image and Signal Processing 2018 (ICISP 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒木啓史, 加藤晃輝, 大内 剛, 笹谷典太, 砂口尚輝, 銭谷 勉, 兵藤一行, 湯浅哲也
2. 発表標題 マルチピンホール蛍光X線CTにおける画質改善
3. 学会等名 2018年度量子ビームサイエンスフェスタ第10回MLFシンポジウム / 第36回PFシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部浩司, 銭谷 勉
2. 発表標題 小動物用PET/MRI用装置の性能評価
3. 学会等名 第58回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Takaoka, T. Sasaya, N. Sunaguchi, K. Koshino, H. Watabe, K. Hyodo, T. Yuasa, T. Zeniya
2. 発表標題 Simulation study of influence of scattered radiation in fluorescence CT using x-ray tube: A comparison with synchrotron radiation
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 銭谷 勉, 今野棕太
2. 発表標題 ピンホールSPECT画像再構成法におけるデータサイズと処理時間の削減
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒木啓史, 加藤晃輝, 大内 剛, 笹谷典太, 砂口尚輝, 銭谷 勉, 兵藤一行, 湯浅哲也
2. 発表標題 ピンホール蛍光X線CTによる小動物in vivoイメージングのための基礎実験
3. 学会等名 第35回センシングフォーラム 計測部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高岡 翼, 笹谷 典太, 砂口 尚輝, 越野 一博, 渡部 浩司, 湯浅 哲也, 銭谷 勉
2. 発表標題 蛍光CT励起X線としての管球X線と放射光のシミュレーションによる比較
3. 学会等名 平成29年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大内 剛, Seo Seung-Jun, 笹谷典太, 砂口尚輝, 秦 建偉, 兵藤一行, 銭谷 勉, Kim Jong-Ki, 湯浅哲也
2. 発表標題 マルチピンホール蛍光X線CTによるマウス脳in vivoイメージングのための物理ファントムを用いた基礎実験
3. 学会等名 第36回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2017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	樋口 隆弘  (Higuchi Takahiro)  (30739850)	岡山大学・医歯薬学総合研究科・教授   (15301)	
研究 分担者	渡部 浩司  (Watabe Hiroshi)  (40280820)	東北大学・サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター・ 教授   (11301)	
研究 分担者	越野 一博  (Koshino Kazuhiro)  (90393206)	北海道情報大学・経営情報学部・准教授   (30115)	

	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	兵藤 一行  (Hyodo Kazuyuki)		
研究 協力者	高橋 康幸  (Takahashi Yasuyuki)		
研究 協力者	細川 翔太  (Hosokawa Shota)		

6. 研究組織（つづき）

	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
連携研究者	砂口 尚輝  (Sunaguchi Naoki)  (60536481)	名古屋大学・医学系研究科・准教授    (13901)	
連携研究者	湯浅 哲也  (Yuasa Tetsuya)  (30240146)	山形大学・理工学研究科・教授    (11501)	
連携研究者	犬伏 正幸  (Inubushi Masayuki)  (70399830)	川崎医科大学・医学部・准教授    (35303)	
連携研究者	河嶋 秀和  (Kawashima Hidekazu)  (70359438)	京都薬科大学・放射性同位元素研究センター・准教授    (34306)	
連携研究者	天満 敬  (Temma Takashi)  (90378787)	大阪薬科大学・薬学部・教授    (34413)	

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