

平成 30 年 5 月 25 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01083

研究課題名(和文) マルチスライス形ヘリカルX線CT装置の教育用模擬システムの開発と学生実験への導入

研究課題名(英文) Development of educational simulation system of multi-slice type helical X-ray CT system and introduction to student experiment

研究代表者

小倉 泉(ogura, izumi)

首都大学東京・人間健康科学研究科・教授

研究者番号：50204160

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的はX線CT装置をレーザー光で模擬した簡便な教育用実験装置と画像再構成システムを構築することである。現在、主流になっている円錐状のビーム(コーンビーム)のX線を用いたマルチスライス形ヘリカルCT装置をレーザー光による模擬CT実験システムを構築し、教育現場の学生実験に導入することである。構築した模擬CT実験システムは光を用いているため、視覚的にわかりやすく、X線CT装置の動作原理の理解を深める一助として、高い教育効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Since the X-ray CT apparatus can visualize the fault of the body, it is an indispensable apparatus in the medical field. However, in order to understand the electrical processing and image processing of the X-ray CT apparatus at the educational site, there are few educational experiment systems that avoid the risk of exposure. Therefore, an experimental device for education that is safe and simple is required. The purpose of this research is to construct a simple educational experiment device and image reconstruction system simulating an X-ray CT device with laser light. Currently, it is to construct a multi-slice helical CT system using conical beam (cone beam) X-ray which is mainstream, to construct a simulated CT experiment system by laser light and to introduce it to student experiment in the educational site.

研究分野：X線診断機器学

キーワード：教材情報システム 教育用模擬CT装置 模擬CT装置 模擬CT画像 教育支援システム 教育機器

### 1. 研究開始当初の背景

(1) X線CT (computed tomography) 装置は身体の断層の可視化が行えるため、医療現場においては欠かせない装置となっている。しかしながら、教育現場では被曝の危険性を回避したX線CT装置の電気的処理ならびに画像処理を理解するための教育実験システムがほとんど見受けられない状況にある。そのため、安全かつ簡便な教育用の実験装置が求められている。

(2) 扇状のビーム (ファンビーム) をらせん状に走査するシングルスライス形ヘリカルX線CT装置は円周状に1列の検出器を配置し、X線投影データを取得している。近年、X線CT装置は高速走査かつ高度な処理がなされ、その開発スピードが急速に増しており、円周状に多列 (2次元状) に検出器を配置したマルチスライス形ヘリカルX線CT装置が主流となってきた。そこで、第3世代マルチスライス形ヘリカルX線CT装置を模擬するシステムの構築を検討した。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は光を用いた教育用の模擬CT実験システムを開発し、教育現場の学生実験にシステムを導入することである。模擬CT実験システムはX線被曝の危険性がなく、実際に取得した投影データを用いて画像再構成することにより、模擬CT画像を取得できること、さらに、光を用いることにより視覚的にわかりやすく、実験装置の動作を目視ができることなどの特徴がある。

(2) 第3世代のX線CT装置を模擬する新たな教育用装置システムを開発し、学生実験に導入できる模擬CT実験システムの構築を行う。近年、X線CT装置は円周状に多列に検出器を配置したマルチスライス形ヘリカルX線CT装置が主流となってきている。そこで、円錐状のビーム (コーンビーム) のレーザー光を用いたマルチスライス形模擬CT装置システムを構築し、さらに、らせん状に走査するヘリカル模擬CT実験システムを構築することである。模擬CT実験システムは光を用いているため、X線の取扱いの有資格者がいない状況でも実験が可能である。模擬CT実験システムはCT装置の基本的な構成・原理の理解を助ける教育支援システムとして、高い教育効果が期待でき、CT装置への理解に対する学生の自主性を高める効果が期待できる。

### 3. 研究の方法

(1) 教育用の模擬CT実験システムはX線の円錐状のビーム (コーンビーム) をレーザー光の扇状ビーム (ファンビーム) を回転させることで模擬した。多列 (2次元状) の検出器はライン状の検出器を走査することで模擬した。CT装置の寝台移動は直動ステ

ジで模擬した。被写体をスキャンする方式は被写体を輪切り状にスキャンするコンベンショナルスキャンと、らせん状に走査するヘリカルスキャンが行えるようし、2種類のスキャン方式の比較実験等が行えるようにした。

(2) 逐次近似を用いた画像再構成法も利用されるようになってきた。そこで、実験で得られた1断面の投影データを用いて、逐次近似法のSIRT (simultaneous reconstruction technique) 法を用いて画像再構成の検討を行った。

(3) 模擬CT実験システムを用いて、コンベンショナルスキャンとヘリカルスキャンの2種類について実験を行い、再構成画像の比較を行う。また、ヘリカルスキャンのヘリカルピッチを変化させ、再構成画像のアーチファクト (偽造) の影響の実験を行うとともに、実験装置の設定によるアーチファクトの影響を検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) 構築した模擬CT実験システム

図1は構築した模擬CT実験システムの構成である。模擬CT実験システムはレーザー光源、測定試料 (ファントム)、フォトダイオードアレイから構成されている。レーザー光源は扇状 (ファンビーム) のライン型の赤色半導体レーザーを用いた。レーザーの出力光の分布は扇状に広がり、その断面がライン型になっている。レーザー光源は回転ステージ1に取り付け、 $x-z$ 面を角度  $\theta$  で走査することで円錐状のビーム (コーンビーム) を模擬している。光出力のパワーは内蔵したAPC (Auto Power Control) 回路により、一定に制御している。光源からの光はフォトダイオードアレイを用いて検出する。検出器であるフォトダイオードアレイは128素子のフォトダイオードとした。検出器は $z$ 軸方向に走査できるようにし、直動ステージ1に取り付け、多列 (2次元状) の検出器を模擬している。また、フォトダイオードアレイ数の拡

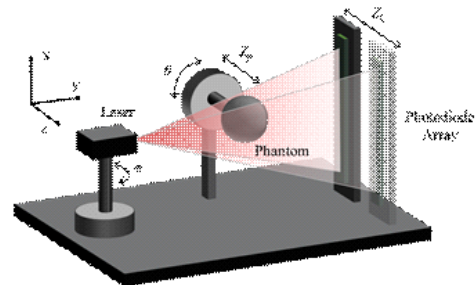


図1 構築した模擬実験システムの構成

張が容易に行える。検出器は検出器の出力は128チャンネルのAD変換器を用いてコンピュータ(PC)に取り込む。

ファントムの走査はファントムの長さ方向であるz軸方向に走査する直動ステージ2と 方向に回転する回転ステージ2を用いてヘリカルスキャンを模擬できる。

実験はPCを用いて自動計測できるようにシステムを構築した。

### (2) 逐次近似法による再構成結果

直径が異なる3本の円柱棒を用いて構成したファントム1を用いて実験を行った。実験は1断面の投影データを用いて、逐次近似法による画像再構成を行った。

図2(a)~(d)は逐次近似法の繰り返し計算回数Nを各々10、20、100、200としたときの再構成画像の結果である。図2(a)、(b)のように繰り返し回数が少ないときは再構成画像にボケが生じている。繰り返し回数Nが100以上になると、再構成画像はほぼ収束していることがわかる。

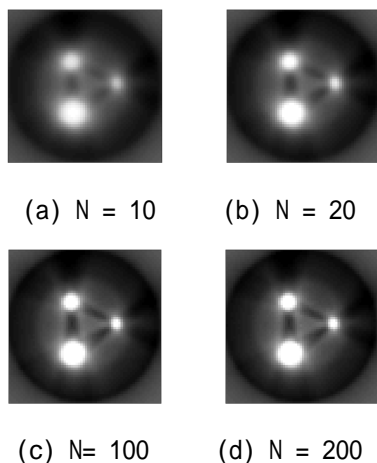


図2 逐次近似法による再構成画像の結果

### (3) 模擬CT実験システムによる結果

球状の測定試料であるファントム2を用いて、実験を行った。実験はレーザー光源をx-z平面において角度θで走査し、同時に検出器はz軸方向に走査した。

図3、4は各々コンベンショナルスキャン、ヘリカルスキャンにおける再構成画像の結果である。図(a)~(c)はレーザービームをファントム2の中心部に設定したときであり、角度θが各々-4°、0°、4°における結果である。図3のコンベンショナルスキャンの結果はアーチファクトが生じることなく、画像再構成されている。一方、ヘリカルスキャンの結果は図4(b)のθ=0°のとき、アーチファクトを生じていないが、図4(a)、(c)のθ=-4°、4°において、アーチファクトが生じていることがわかる。再構成画像のアー

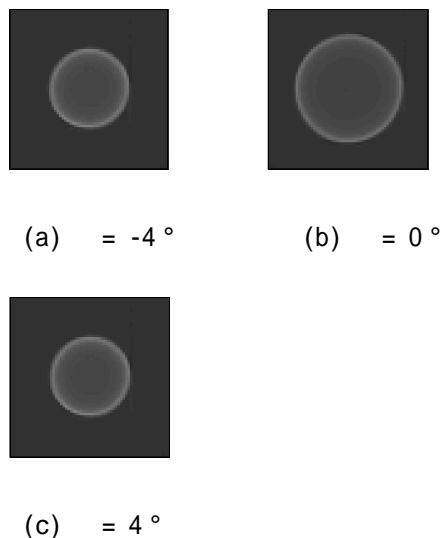


図3 コンベンショナルスキャンによる再構成画像の結果

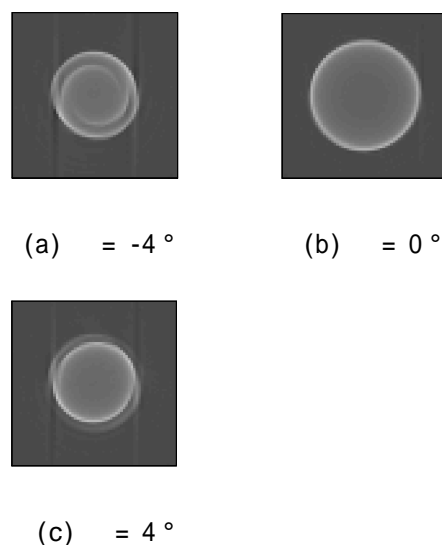


図4 ヘリカルスキャンによる再構成画像の結果

チファクトの影響の実験を行うことができる。このことから、模擬CT実験システムを用いて、ヘリカルスキャンにおけるアーチファクトの影響を検証できることをわかる。

### (4) 教育現場の学生実験への導入

教育現場の学生実験に導入するため、模擬CT実験システムを構築し、実験項目および実験方法、測定試料(ファントム)の検討を行い、教育用資料を作成した。今後、教育用模擬CTシステムを学生実験に導入できるように更なる改良を進めていく。

### (5) 結言と展望

診療放射線技師を養成する教育現場において、X線CT装置を模擬した実験システムを開発し、学生実験へ導入できるレーザー光を用いた模擬CT実験システムを構築した。

模擬CT実験システムはX線の円錐状のビーム（コーンビーム）をレーザー光の扇状ビーム（ファンビーム）を回転させることで模擬した。多列（2次元状）の検出器はライン状の検出器を走査することで模擬した。さらに、CT装置の寝台移動は直動ステージで模擬した。被写体をスキャンする方式は被写体を輪切り状にスキャンするコンベンショナルスキャンと、らせん状に走査するヘリカルスキャンが行えるようし、2種類のスキャン方式の比較実験等が行えるようにした。

模擬CT実験システムを用いることでコンベンショナルスキャンとヘリカルスキャンを模擬した再構成画像が得られる。また、ヘリカルスキャンにおける再構成画像のアーチファクトの影響の実験を行うことができることを示した。このことから、模擬CT実験システムを用いて、ヘリカルスキャンにおけるアーチファクトの影響を検証できることをわかる。

診療放射線技師を養成する教育現場の学生実験に導入できる模擬CT実験システムを構築し、教育用資料を作成した。今後、模擬CT実験システムは研究代表者の教育現場の正規授業の学生実験に導入できるように更なる改良を進めていく。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

山口達也、小倉泉、乳井嘉之、安部真治、根岸徹、篠田之孝、レーザー光を用いた教育用模擬ヘリカルCT装置の逐次近似法による画像再構成の検討、電気学会光応用・視覚研究会、LAV-16-20、2016年9月21日、大阪産業大学

岡島慶弥、山口達也、小倉泉、乳井嘉之、安部真治、根岸徹、篠田之孝、レーザー光を用いた教育用模擬CTの逐次近似法による画像再構成の検討、電気学会基礎・材料・共通部門大会、5-P-67、2016年9月5日、九州工業大学

山口達也、小倉泉、乳井嘉之、安部真治、根岸徹、篠田之孝、レーザー光を用いた教育用模擬CT装置のアーチファクトの検討、電気学会基礎・材料・共通部門大会、18-F-a2-5、2015年9月18日、金沢大学

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

小倉 泉 (OGURA, Izumi)

首都大学東京・人間健康科学研究科・教授  
研究者番号：50204160

### (2)研究分担者

乳井 嘉之 (NYUI, Yoshiyuki)  
首都大学東京・人間健康科学研究科・准教授  
研究者番号：20279780

安部 真治 (ABE, Shinji)  
首都大学東京・人間健康科学研究科・教授  
研究者番号：80192996  
(平成27年度まで研究分担者)

篠田 之孝 (SHINODA, Yukitaka)  
日本大学・理工学部・教授  
研究者番号：80215988