

令和元年6月10日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K10322

研究課題名(和文) 乳児放射線検査における線量と画質の最適化手法の確立

研究課題名(英文) Establishment of optimization method of dose and image quality in infant radiography

研究代表者

藤淵 俊王 (Fujibuchi, Toshioh)

九州大学・医学研究院・准教授

研究者番号：20375843

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：医療施設においてX線を用いた検査は必要不可欠なものとなっている。特に胸部単純一般撮影は頻繁に実施される検査であり、それに伴い患者の被ばくが生じる。小児は放射線感受性が成人と比較して高く、検査の際には撮影条件を適切に設定するとともに被ばく線量を評価する必要がある。本研究では体系の変化しやすい小児に対して、CTボリュームデータから3Dプリンタ出力可能なポリゴンファントムを開発し、モンテカルロシミュレーションによる臓器吸収線量の評価手法、実物に近い3Dプリントアウトしたファントムの印刷条件を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医療施設においてX線を用いた検査は有用であるものの、被ばくすることから検査の正当性と線量の最適化が求められている。特に小児では放射線感受性が高いことから被ばくについて配慮する必要があるが、医療機関で線量や画質を検証することはファントムや線量計等高額であることからほとんどの施設では実施が困難である。そこで3Dプリンタを用いて安価で容易に画質を評価する手法を開発した。本手法はどの医療機関においても実施可能であり、質の高い放射線診療の提供につなげることができる。

研究成果の概要(英文)：X-ray examinations have become essential in medical facilities. In particular, chest radiography is a frequently performed examination, which causes patient exposure. Children have higher radiation sensitivity than adults, and it is necessary to set appropriate imaging conditions and to evaluate exposure dose at the time of examination. In this study, we developed a polygon phantom that can be output by 3D printer for children with variable system from CT volume data, and evaluated the method of evaluating organ absorbed dose by Monte Carlo simulation, and clarified the printing condition of phantom that is 3D printed out close to the real body.

研究分野：放射線防護

キーワード：モンテカルロ テトラファントム 乳児 3Dプリンタ 臓器線量

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

放射線診療はその有用性から診療の基本として幅広く用いられている一方、放射線による被ばくへの影響を防ぐため厳重な管理が求められる。放射線量が低すぎると、病気が診断しにくかったり、治療効果の低下を招いたりする可能性がある。また、線量が高すぎると、適切な診断や治療が損なわれるだけでなく、不必要な被ばくを与えることになる。国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection: ICRP) では、放射線診断の正当化と最適化の実施を勧告している。さらに放射線診断における防護の最適化を推進するため、患者に対する線量の目安となる診断参考レベル(diagnostic reference levels: DRLs)の使用を推奨している。DRLとは標準体型での放射線検査の被ばく線量のあるレベルを示したもので、自施設の撮影条件が標準的であるかの目安となる。日本でも2015年6月に国内初のDRLsが設定された。

医療被ばくへの取り組みが行われつつある中、小児の中でも特に幼い新生児・乳児は成人と比較して放射線感受性が高く、また平均余命が長いことから、発がんのリスクは必然的に高くなり、放射線被ばくには成人以上に配慮が求められる。医療被ばくに関するデータは、文献にてさまざまな測定値・推定値・指標が公表されているが、新生児・乳児に関する一般撮影や透視検査、CT検査のデータが十分であるとは言い難い。その理由として、新生児・乳児の放射線検査の最適化を検討する上で、人体ファントム国内外で販売されているが、撮影練習用ファントム内には線量計を挿入するなど臓器線量を測定することができず、線量測定用ファントムは内臓臓器の再現が不十分であり詳細な評価が行えないという問題がある。

2. 研究の目的

本研究では、乳児のX線CT画像を基に、画像評価用ファントムやコンピュータファントムを開発し、乳児X線検査の画質と線量の最適条件の検討手法の確立を目的とする。具体的には、研究期間内に下記の内容を明らかにする。

ファントム作成のための乳児の標準体型CT画像データの取得

画像評価ファントム作成のための適切な材質の検討

画質及び線量評価のためのファントムの開発

ファントムを利用した画質及び線量評価による放射線検査の最適化手法の確立

3. 研究の方法

1. 乳児体格CT画像データの取得

本研究では、新生児胸部のCTボリュームデータを取得し、2歳女児のCT画像ボリュームデータを用いて胸部領域の臓器(肺、心臓、肋骨、脊柱および体輪郭)をセグメンテーションし、3次元で表示した後ポリゴンデータとして臓器形状や表面を処理した。ポリゴンデータはフリーのソフトを用いて連続四面体に変換した。また、このソフトを用いて四面体の数を変化させ、それぞれモンテカルロコードに取り込んだ(Fig.1)。四面体の数の違いに対して相対吸収線量とシミュレーションの計算時間及び線量プロファイル、データ量の違いを比較した。

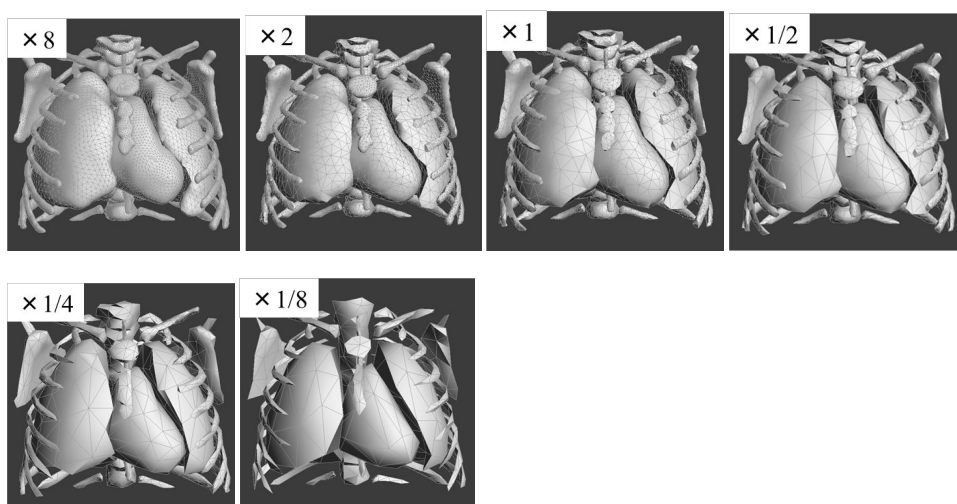


Fig 1. ポリゴン数を調整した胸部ファントム

さらに新生児のX線検査における線量の最適化を目的に3Dプリンタを用いた安価で精密な新生児用胸部ファントムの作成方法について検討した。0歳男児胸部のCTボリュームデータを3次元画像解析ソフトを用いて骨と肺を除いたセグメントを構築し、ファントムを作成した(Fig.1)。骨等価物質として石膏、肺等価物質として発泡ウレタンを使用した。印刷密度については複数の密度で印刷を行い、その検討を行った。



Fig.2 作成した胸部全体のファントム

4. 研究成果

小児ポリゴンデータのモンテカルロ計算について、データ量が減少すると計算時間は直線的に減少したが、吸収線量に大きな差は見られなかった。線量プロファイルについてはポリゴン数の増減により端部で差は生じるものの、全体としてはいずれも強い相関を示した。ファントム間で線量プロファイルに大きな差が生じたのは、この位置がファントムと空気の境界面付近に相当し、各ファントムで微妙に臓器の形状が変化して、ファントムにより組成や密度が異なり、同じ座標での吸収線量が変わってしまったことが原因と考えられる。一方でポリゴン数が8倍や1/8倍に増減しても強い相関を示したことから、計算時間や臓器線量を考慮すると1/8倍ポリゴンを利用することは有効と考えられる。今回の検討ではポリゴン数を変化させることで臓器のポリボリュームが変化してしまったことから、課題としてポリボリューム及び形状を極力変化させずにポリゴン数のみ変化させて比較することが挙げられる。

作成したファントムの一般 X 線撮影・CT 撮影を行った結果、印刷密度が低いほど軟部組織部分の CT 値が低くなることがわかった(Fig.3)。また、肺は空気の CT 値とほぼ変わらず、骨は印刷密度により CT 値幅が出た。視覚的評価においても肺や心臓の形などが再現できることがわかった(Fig.4)。以上の結果より、3D プリンタを用いた安価で精密な新生児用胸部ファントムの作成は有用性があるが、等価物質の変更や注入法の再検討が必要であると考えられる。

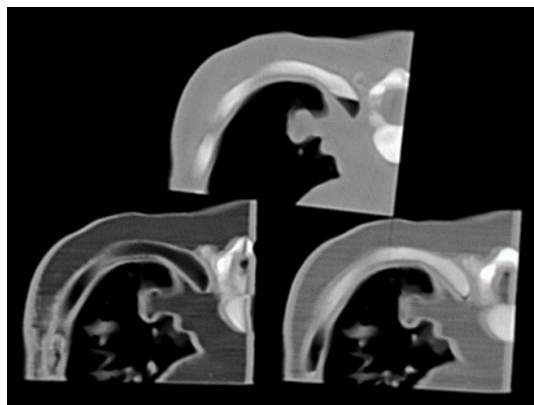


Fig.3 骨等価物質を注入したファントムの CT 画像 (上 100%、左下 50%、右下 80%)

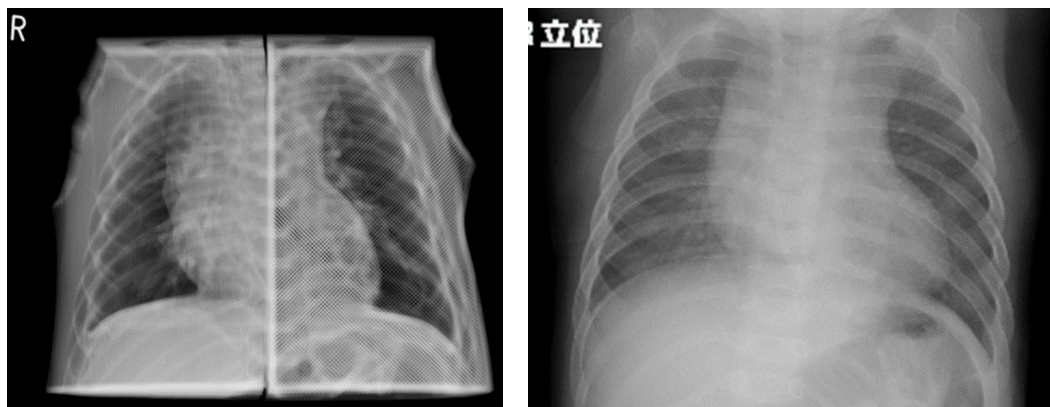


Fig.4 胸部全体のファントムの X 線画像の比較 (左 ファントム、右 元画像)

5. 主な発表論文等 なし

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

1. 佐藤 直紀、藤淵 俊王、藪内 英剛, 小児胸部撮影における臓器吸収線量評価のための連続四面体ファントムの開発, 日本保健物理学会第 50 回研究発表会, 2017
2. N. sato, T. Fujibuchi, H. Yabuuchi, Thoracic Phantom and Estimation of the Organ Absorbed Dose in the Chest Radiography, AAPM 2017
3. T. Fujibuchi, Current status of medical exposure in CT examination and patient dose management, PIT-FMB, 2019

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：杜下 淳次

ローマ字氏名：Junji Morishita

所属研究機関名：九州大学

部局名：医学研究院

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：40271473

研究分担者氏名：藪内 英剛

ローマ字氏名：Hidetake Yabuuchi

所属研究機関名：九州大学

部局名：医学研究院

職名：教授

研究者番号 (8 桁): 70380623

研究分担者氏名 : 松浦 俊司

ローマ字氏名 : Toshiharu Matsuura

所属研究機関名 : 九州大学

部局名 : 大学病院

職名 : 准教授

研究者番号 (8 桁): 10532856

研究分担者氏名 : 木下 義晶

ローマ字氏名 : Yoshiaki Kinoshita

所属研究機関名 : 新潟大学

部局名 : 医歯学系

職名 : 准教授

研究者番号 (8 桁): 80345529

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、研究者個人に帰属されます。