

股関節軸位撮影におけるアーチファクトの原因の検討

○佐藤隆文、小島明彦、小田遥香、神野仁寿、長岡三樹矢、辻葵、辻孝純、大元謙二
愛媛大学医学部附属病院

【背景】

近年フラットパネルの普及により、愛媛大学医学部附属病院でもフラットパネルを使用するようになった。しかし股関節軸位撮影などの撮影においてCRで撮影したときには無かった図1aの矢印に示すようなアーチファクトが写った。当院では股関節軸位撮影はカセットホルダー(図2a)にフラットパネルを固定し、図2bに示すポジショニングで管電圧80kV、32mAs(従来の条件)で撮影を行う。そのため他の撮影と違い、フラットパネルの後方にはカセットホルダーの支柱があり、さらにその後ろには撮影室の壁がある。そして管電圧やmAs値は他の検査より高くなって設定されている。またフラットパネルはCRより感度が良い。これらのことを考慮すると、陰影像の原因は支柱や壁からの後方散乱だと考えられる。

【目的】

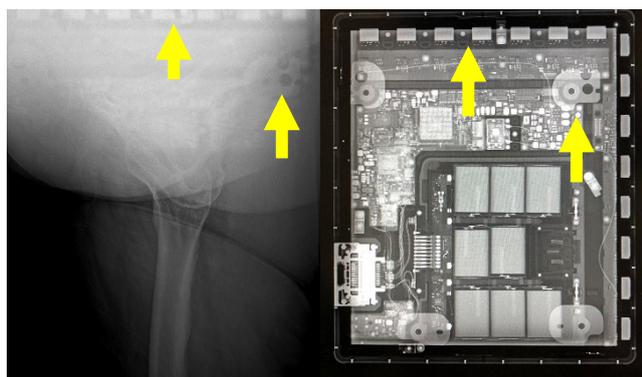
本研究ではモンテカルロ計算コードPHITSを用いて支柱と壁からの後方散乱の影響を計算し、さらにそれに対する散乱線除去の方法を検討しました。そして実際に撮影を行い、フラットパネルの陰影像を除去するのに有効な方法の検討を行った。

【使用機器】

シミュレーションソフトはPHITSとBirch7を使い、X線管は島津製作所の「UD150B-40」、フラットパネルは富士フィルムの「CALNEO Smart C12」を使用した。そしてグリッドは三田屋製作所の「MS-Xレイグリッド」と富士フィルムの「Virtual Grid」、有限会社タカテックのカセットホルダーを使用した。

【PHITSとBirch7】

Birch7は撮影条件を入力することで、X線スペクトルを作成し、それをBMP画像やcsvファイルとして保存することができる。粒子重イオン輸送計算コードPHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System)はモンテカルロ計算コードであり、任意の体系中における様々な放射線の挙動を核反応モデル、核データを用いて模擬するモンテカルロ計算コードである。使用例としては放射線治療や防護研究などに利用されている。



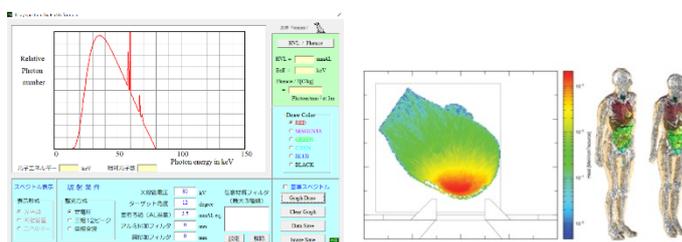
(a) 撮影時の陰影像 (b) FPD 自体の像

図 1. 撮影時に写り込んだ FPD の陰影像



(a) カセットホルダー (b) ポジショニング方法

図 2. 当院の股関節軸位撮影の方法



(a) Birch7

(b) PHITS

図 3. シミュレーションソフトの一例

【方法】

① まずPHITSを用いて、後方散乱の原因を物理評価した。図2(b)に示した実際の撮影条件、ポジショニングをもとに図4のようなシミュレーション体系を作成した。線源はBirch7でシミュレーションした管

電圧80kVとした時のエネルギーをもつ連続X線とし、図2(b)ではフラットパネルがある位置に空気で満たされた検出器の空間を設定した。そして患者を模擬した2つの直方体のアクリル樹脂からなるファントム、カセットホルダーの支柱を模擬したステンレス(SUS304)製の1辺2mmの厚みを持つ筒状の角柱、鉛製の壁を設定した。

そして検出器が吸収したエネルギーのX線スペクトルを計算し、検出器後方にあるカセットホルダーの支柱と壁からの散乱線スペクトルを求め、比較をした。次に検出器が吸収した線量を計算し、カセットホルダーの支柱や壁が無いときの吸収線量も計算することで、支柱と壁からの後方散乱係数を求めた。

- ② 次にシミュレーション結果をもとに実際に撮影を行い、陰影像の除去を試みた。まず後方散乱はエネルギー、照射野により発生率を変化させることから管電圧、mAs値を下げ、さらに照射野を絞った。次に後方散乱線を遮蔽するために、フラットパネルの後方に鉛遮蔽体やグリッドを設置した。

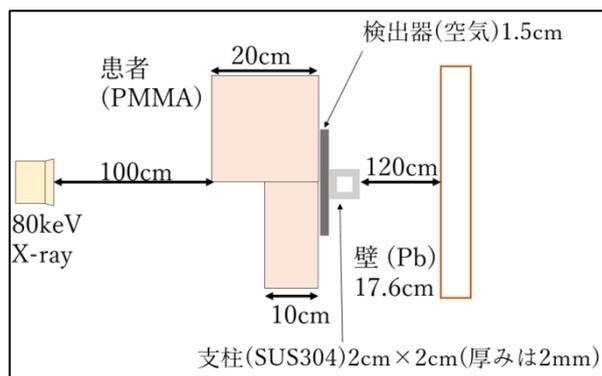
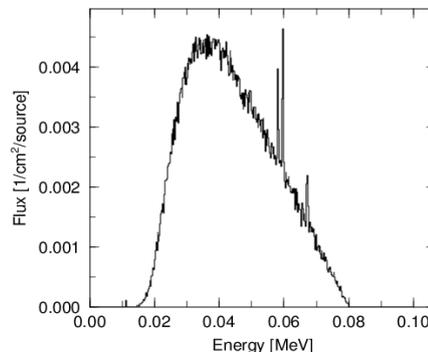


図 4. 上から見たシミュレーション体系

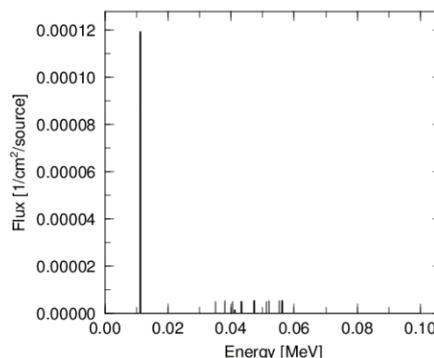
【結果及び考察】

- ① PHITSにより得た検出器のX線スペクトル及び後方散乱係数を図5と表1に示す。図5より壁からの散乱線は検出器内にほとんど飛んできていないことが示された。一方でカセットホルダーの支柱からは散乱線が検出器に飛んできていることが示された。また表1で検出器の後方がカセットホルダーの支柱のみのときと支柱と壁、両方ある通常の後方散乱係数がかなり近い値を示したことから、後方散乱線の原因がカセットホルダーの支柱であると考えられた。後方散乱線の原因がカセットホルダーの支柱であると考えられることから、さらに後方散乱線を抑えるために次のシミュレーションを行った。散乱線は遮蔽体を置く、散乱体から距離を取ることで、減弱することから、鉛の遮蔽体を検出器後方への設置、カセットホルダーの支

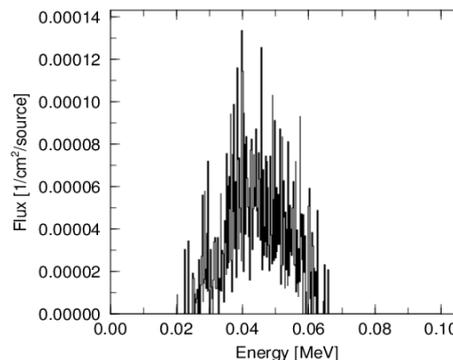
柱を実際の条件の0.5cmから1, 5, 10, 20cmと距離を変更してシミュレーションした。図6に結果を示す。鉛シートにより大きく散乱線が減弱した一方で、距離を変更したときは鉛シートと同レベルまで減弱するのに20cmとかなりの距離が必要となった。



(a) 全エネルギースペクトル



(b) 壁の散乱線スペクトル

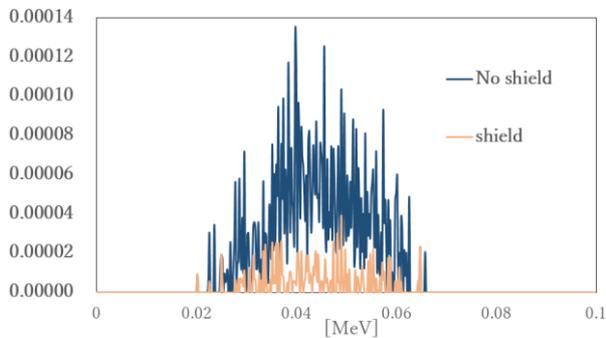


(c) 支柱の散乱線スペクトル

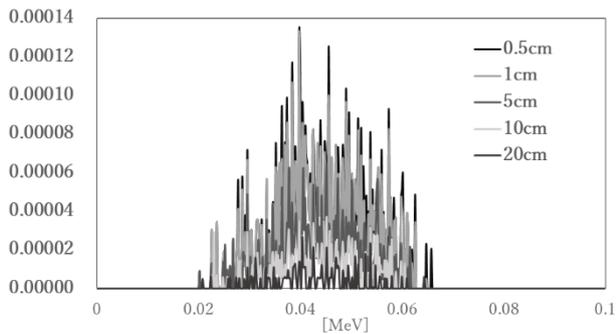
図 5. 検出器が吸収したエネルギースペクトル

表 1: 吸収線量と後方散乱係数

	線量[J/kg]	err	BSF
通常	3.303E-16	0.0387	1.0089
壁のみ	3.279E-16	0.0389	1.0016
支柱のみ	3.298E-16	0.0388	1.0073
支柱、壁無し (空気カーマ)	3.274E-16	0.039	



(a) 鉛シートによる散乱線スペクトルの減少



(b) 距離による散乱線スペクトルの減少

図 6. 遮へいと距離による散乱線スペクトルの減少

- ② 次に実際に撮影では、まず照射野をフラットパネルの範囲ギリギリまで絞り、管電圧を80kVから76kVに、mAs値を32mAsから25mAsに下げた。しかしこれだけでは陰影像を除去することはできなかった。そこで撮影条件は下げた状態で次は遮蔽体のフラットパネル後方への設置を行った。まずはカセットホルダーのフラットパネルを固定する部分は遮蔽体を挟むすき間はなかったため、図7のように支柱の後ろに設置した。しかしシミュレーションでも示した通り、後方散乱線の原因となるカセットホルダーの支柱を遮蔽できないため、陰影像は除去できなかった。そこで図8のようにフラットパネル前方にあったグリッドを後方に持ってきて、前方の散乱線は散乱線除去処理(VG処理)で画像処理したところ、陰影像の除去には成功した。しかし画像処理をしたことで、従来の画質と比べ、やや劣る結果になってしまった。次に前方にグリッドを残したままでもカセットホルダーの固定部分に挟める薄い鉛シートの作成を試みた。シミュレーションでは0.3mmの鉛シートで後方散乱の低減に有効であることが示された。そこで市販の鉛シートを使い、0.3mm厚の鉛シートを作成し、フラットパネルの後方に挟んだ。これにより陰影像の除去に成功した。このことより鉛シートをフラットパネルとカセットホルダーの支柱とのすき間に挟むことが陰影像の除去に有効であると考えられた。



図 7. 支柱後方への遮蔽体の設置



図 8. FPD 後方へのグリッドの設置



(a) 作成した鉛シート



(b) 鉛シートの設置

図 9. FPD 後方への遮蔽体の設置

【結語】

シミュレーション結果より後方散乱線の原因がカセットホルダーの支柱であることが示された。

そして実際に撮影を行うことで、陰影像の除去に鉛シートが有効であると示された。

【参考文献】

1. 橋本慎太郎、仁井田浩二、松田規宏、岩元洋介、岩瀬広、佐藤達彦、野田秀作、小川達彦、中島宏、深堀智生、古田琢哉、千葉敏、粒子・重イオン輸送計算コードPHITSの特徴と医学物理分野への応用、Jpn. J. Med. Phys. Vol. 33 No. 2: 88-95 2013
2. 野口正安、富永洋、放射線応用計測 基礎から応用まで、日刊工業新聞社、2004. 12. 20
3. 加藤秀起、阪井啓太、内山瑞樹、鈴木健太郎、被照射体の材質および対象とする線量の違いによる診断X線の後方散乱係数の違い、日本放射線技術学会雑誌 Vol. 72 No. 10 : 1007-1014 2016