平成24年度　　京都大学化学研究所　スーパーコンピュータシステム　利用報告書

X 線管からのスペクトル解析

X-ray spectrum analysis from X-ray tube

化学研究所　先端ビームナノ化学センター　構造分子生物科学　正岡聖

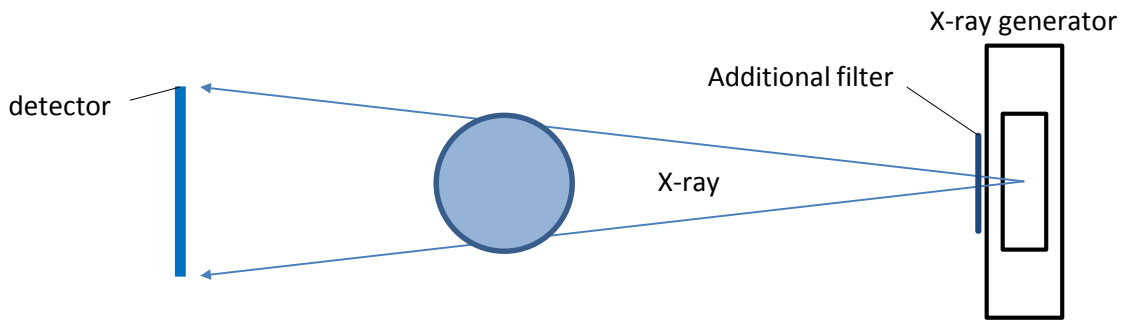
背景と目的

CT の画質を悪くする原因として、X 線が被写体に照射されると、被写体を透過する際に低エネルギーの X 線はより多く吸収されるため、X 線の実効エネルギーが高くなるビームハードニングという現象がある。ビームハードニングが起こると、X 線の線質が変化するため物質の質量減弱係数に線形性が失われ、アーチファクトの原因となる。このビームハードニング現象を抑えるため、まず、X 線管から放出される X 線のエネルギー分布を計算し、これが被写体を透過した場合の実効エネルギーの変化を調べる。そして、この変化が最小になるような条件を探り、最適化を行う。

検討内容

X 線管内部で加速された電子がターゲットに衝突する際に制動放射（特性 X 線含む）により X 線が発生する。ビームハードニングを抑えるためには、究極的には X 線を単色化できればよいのであるが、それは非常に難しく、仮にできたとしても撮影に非常に時間がかかってしまうため、非合理的である。そこで、付加フィルターを使用することで、スペクトルを少しでも単色に近づけるということが一般に行われている。

まず、ターゲットで発生した X 線が、X 線管の容器を透過して放出された後の X 線のエネルギー、照射方向をモンテカルロ法で1粒子ずつ計算してスペクトルを算出する。これらの X 線は、放出される角度によりターゲットにおける自己吸収の影響で陽極側の線量が異なる（ヒール効果）ため、通常はこれを補正している。そこで、X 線管の焦点からは、上記スペクトルの X 線が一様に放出されているとみなす。そして、この X 線を、フィルターに透過させた後のスペクトルを算出する。この場合、フィルターは薄いので、X 線の減弱係数を使用した計算で十分である。これにより、被写体に入射する前の X 線スペクトルを調節することができる。この X 線を被写体に照射した後の X 線のスペクトルを、被写体の厚さを変えた場合について計算し、その変化を調べることにより、そのビームハードニングの様子が分かる（下図参照）。これを各種フィルターで行うことで、最適なフィルター条件が分かる。



結果

各種 X 線管についてモンテカルロ法で計算することにより、X 線スペクトルを算出し、それぞれについて上図のようにフィルター透過後の X 線束を被写体に照射させたジオメトリーで被写体透過後の X 線スペクトルを計算した。全体として原子番号の大きい物質をフィルターとして使用した場合にビームハードニングが抑えられる傾向があるが、目的に応じて最適なスペクトルが得られるようフィルターを選択するための検討を、実データと照らし合わせて行っているところである。