

1. フォトンカウンティング型検出器で生成可能な種々の定量画像

林 裕晃^{*1}/西上 莉奈^{*2}/小林 大空^{*2}
紀本 夏実^{*3}/浅原 孝^{*4}/山本修一郎^{*5}

^{*1} 金沢大学融合研究域融合科学系 ^{*2} 金沢大学医薬保健学総合研究科

^{*3} 純真学園大学保健医療学部放射線技術科学科 ^{*4} 岡山大学学術研究院保健学域

^{*5} 株式会社ジョブ

近年、エネルギー弁別型のフォトンカウンティング検出器を搭載したX線CT装置が臨床応用され、今後、さらにフォトンカウンティング型の検出器を搭載したさまざまな診断機器が製造されることが期待される。フォトンカウンティング型の検出器では、低線量化や高分解能化の特長を有していることが知られているが、種々の定量画像を生成できる特長を有していることも忘れてはならない。われわれは、一般X線撮影への応用を見据えて独自にフォトンカウンティング型検出器で生成可能な定量画像の解析アルゴリズムを開発してきた。本稿では、近年開発した「高コントラスト画像」を紹介する。

視認性を高めるためのX線撮影の工夫

単純X線写真はX線が作る影絵であり、通常は得られた画像を医師が「見る」ことで診断を行う。この診断行為において重要なことは、組織ごとに異なる画像濃度が表現されていることである。白黒のグレイスケールで画像を表現する場合、X線の透過量が比較的多い軟組織部と、X線の透過量が比較的小さい骨部において、白黒のスケール全体を最大限利用した画像が得られることが望ましい。組織と骨が単純に描出される画像をイメージすると、2つの撮影対象物の画素値の違いが大きくなればなるほど、視認性の高い画像が得られることがわか

る。一般に、画素値の違いは「コントラスト」と呼ばれている。視認性の良い画像を得るためには、どのようにしたら高いコントラストの画像が得られるかという問題に取り組むことになる。

X線写真がX線の減弱量を画像化していることを考えると、組織ごとにX線の透過量に明確な違いを生じさせれば、視認性の高いX線画像が得られる。X線の透過現象は、ランベルト・ベールの法則 $[I = I_0 \text{Exp}(-(\mu/\rho) \times \rho t)]$ 。 I_0 ：入射X線強度、 I ：透過X線強度、 ρ ：密度、 t ：被写体厚みで説明される。ここで、 μ/ρ は質量減弱係数であり、低エネルギーのX線で高い値を取り、高エネルギーのX線で低い値を取る。 μ/ρ は元素の違いも反映しており、原子番号が高くなるにつれ、 μ/ρ も大きくなるという性質がある。このことから、管電圧を低く設定し、低エネルギーのX線を診断に用いれば、高いコントラストを有するX線画像を生成できることが推察される。実際に、軟組織間の微妙なコントラストを強調して描出したいマンモグラフィ検査では、低管電圧撮影がしばしば行われている。一方で、低エネルギーのX線は人体組織で吸収され画像化に寄与しないため、不必要な被ばくを上昇させるという問題もある。被ばくを上昇させず、高いコントラストを有する画像を生成する新しいアプローチとして、近年開発が進んでいるフォトンカウンティング型検出器を用いた方法が

ある。本稿では、近未来の撮影技術の一つの選択肢として、「高コントラスト画像」の生成手法について紹介する。

フォトンカウンティング型検出器

図1は、従来型のエネルギー積分型検出器 (energy integrating detector : EID) (a) と提案手法であるエネルギー分解型フォトンカウンティング検出器 (energy resolving photon counting detector : ERPCD) (b) の画像生成手法の違いの概念図である。EIDでは、検出器の1画素ごとに吸収したすべてのX線光子のエネルギー和を画素値として出力している。検出器を安価に製造できるということや、複雑な読み出し回路を必要としないため、臨床用画像検出器として広く普及してきた。しかし、異なるエネルギーを持つX線に対する減弱量の解析ができないという原理的な制約がある。

ERPCDでは、いくつかのエネルギーウインドウ (エネルギー帯域) を設定し、そのウインドウ内で計測されたX線光子の個数を個別のエネルギー画像に反映させられる。異なるX線エネルギー (例えば、low, middle, highの3つのエネルギーウインドウ) に対して、X線の減弱量を個別に解析できるため、物理学の理論を用いてさらなる信号処理 (物理学的な解析) が可能である。診断に用いられ