

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/11/2018

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	森田 隼人	指導 教員 Advisor	片岡 淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線応用物理学 研究	学籍番号 Student ID number	5316A089 - 3 CD		
研究題目 Title	MPPC を用いた低被曝かつ三次元カラーX線 CT システムの開発				

【研究背景・目的】

X線CTは現代医療の画像診断で根幹をなす重要技術であるが、その一方で複数回撮影時の被ばく線量は無視できない。また、技術面では従来型X線CTの多くがシンチレータとフォトダイオード(PD)を用いたエネルギー積分型であり、個々のX線のエネルギー情報が失われる。そこで近年、エネルギー情報の取得を可能とする photon counting CT (PCCT) に注目が集まっている。半導体素子 CdZnTe を用いた直接変換型は高いエネルギー分解能から、物質同定など様々な恩恵が期待されるが、 10^{8-9} cts/s/mm² に及ぶ高計数と膨大なチャンネルの処理は容易ではなく、とくに臨床応用において多くの課題を残している。

そこで本研究では、Multi-Pixel Photon Counter (MPPC)と高速シンチレータを用いて、「低被ばく」かつ「多色」撮影が可能な X線CTシステムを提案し、装置の開発を行った。MPPCは約100万倍の内部増幅をもつ半導体光素子で、微弱信号への感度が極めて高い。従来型CTより遥かに低い線量でも同等以上の高いS/Nを実現できる。一方では高速応答により個々のパルスを分解し、エネルギー情報を用いた多色イメージングも可能である。

【MPPC 単素子を用いた実証実験】

最初の実証実験として1mm角のMPPC単素子を用いてCT撮影を行い、PD、APD(Avalanche PD)で得られた画像と比較した。MPPCでは従来型CTと同じ読み出し方法である電流モードと信号をパルスとして読み出すパルスモードの二つを行った。シンチレータにはそれぞれGd₂O₂SとCe:YAPを用いた。照射X線の管電圧を120kV、管電流値を0.2mAとした時の各CT画像を図1に示す。APD、MPPCではPDに比べ高いCNRを有する画像の取得に成功した。これは信号の内部増幅により暗電流(ノイズ)の影響が著しく低減されるためである。

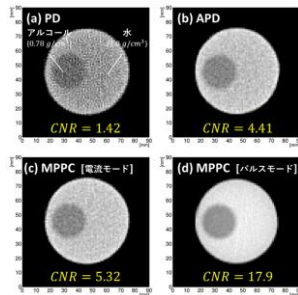


図1. 各検出器でのCT画像比較

またMPPCのパルスモードでは、一度のX線照射で異なるエネルギー域をもつ4色の画像が取得でき、多色イメージングを可能にする。各エネルギー画像で算出したCT値を理論曲線と比較することで、アルコールの物質同定に成功した(図2)。

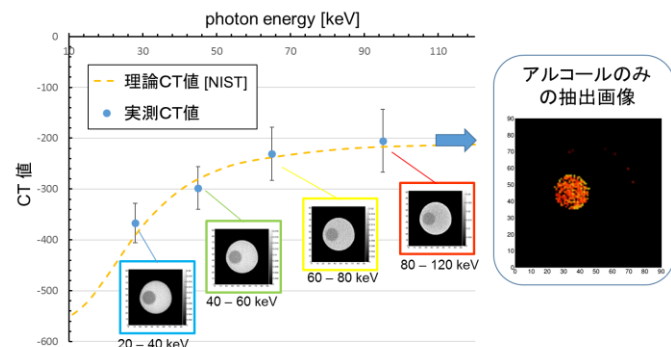


図2. アルコールの物質同定(理論CT値と実験CT値の比較)

【マルチチャンネルCTシステムの開発】

単素子で得られた知見をもとに、より実践的なPCCTを実現させる。ここでは16系統を有するアレイ型CTシステムの開発を行った。まず16chのMPPCアレイとYGAGシンチレータアレイを組み合わせた一次元検出器を1Dスキャナーとして使用し、被写体(ライター)のレントゲン撮影を試みた(図3)。複数のエネルギー域を組み合わせ、プラスチック部・軽金属部・重金属部をそれぞれ赤・緑・青と色分けすることで、物質を明確に識別することに成功した。

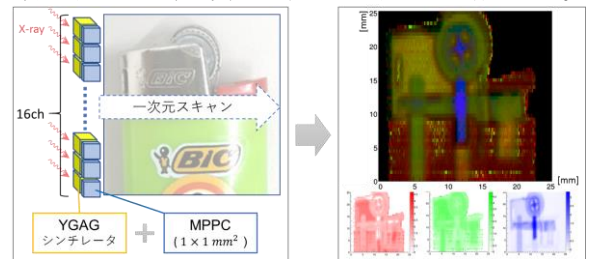


図3. 16ch-MPPCアレイを用いた一次元ラインスキャン

更に複数のCTスライスを組み合わせることで、三次元画像の取得も可能となる(図4)。この三次元再構成により、XZ、YZ平面など様々な角度のスライス画像を取得することが出来る。また上記のレントゲン写真同様、色分けすることで物質の識別を明確にし、被写体から特定の物質のみを立体的に抽出することにも成功した。

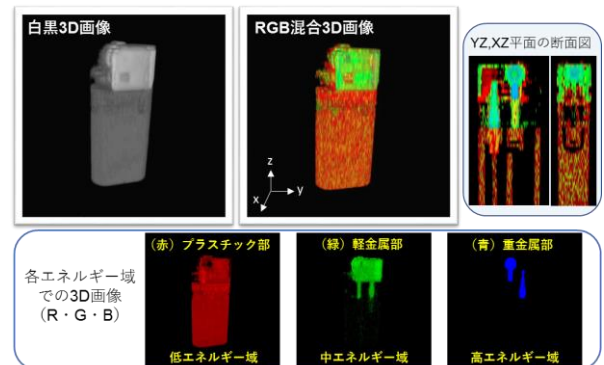


図4. 三次元CT画像 + カラーイメージング

【まとめと今後の展望】

本研究ではMPPCと高速シンチレータを組み合わせて、低被ばくかつ多色撮影が可能なX線CTシステムを提案し、多チャンネル撮影が可能な装置開発を行った。16ch-MPPCアレイを用いて、被写体の三次元カラーイメージングを試みた結果、マルチスライスPCCTの有用性についても検証することが出来た。今後は臨床応用を見据えて、更なる検出器の面積化を行った上で、医療用小動物ファントムを被写体としたCT撮影を行う予定である。

【研究業績リスト】

- (1) [国際会議(Oral)] H. Morita et al., "Novel photon-counting low dose computed tomography using a multi-pixel photon counter", NDIP (2017), Tours, France
- (2) [国際会議(Oral)] H. Morita et al., "Novel photon-counting low dose computed tomography using a multi-pixel photon counter", IEEE MIC (2017), Atlanta, USA
- (3) [論文] H. Morita et al., NIM-A 857 (2017) 58-65.
- (4) [講演] 森田隼人 他、応用物理学学会第63回年次大会、医学物理学学会第111回/113回年次大会