

MPPC を用いた低被ばくかつ多色 X 線 CT の提案と実証

A novel photon counting CT operating at low dose using Multi-pixel photon counter

○森田 隼人¹、大島 翼¹、片岡 淳¹ (1. 早大理工)

○Hayato Morita¹, Tsubasa Oshima¹, Jun Kataoka¹, (1.Waseda Univ.)

E-mail: hayato-morita@akane.waseda.jp

1. 背景・目的

現在、X線CTは医療画像診断の根幹をなす重要技術であるが、その一方で複数回撮影による被ばく量は無視できない。

また臨床で用いられているX線CTの多くは、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線エネルギー情報を得ることが出来ない。CdZnTeなどを用いたphoton counting CT(spectral CT)は、ビームハードニング(BH)の補正・物質同定など様々な恩恵をもたらすことが期待されるが、 $10^{8-9}/\text{cts/s/mm}^2$ といった高計数で膨大なチャンネルを処理することは容易ではなく、臨床応用の点で多くの課題を残している。

本研究では、Multi-Pixel Photon Counter (MPPC)を用いた全く新しい「低被ばく」かつ「多色」X線CTシステムを提案する。MPPCは 10^6 という大きな内部増幅機能をもつ半導体光素子で、微弱信号への感度が極めて高い。この大きな内部増幅により、従来CTより遥かに低い線量で同等以上の高いS/Nを実現し、一方ではエネルギー弁別によるphoton countingも可能になると期待される。本研究では最初の実証試験を行った。

2. 方法

MPPCの内部増幅がもたらす画像S/Nの改善を調べるため、1mm角の単素子光センサーとシンチレータを用いたCTスキャン実験を行った。

従来用いられてきたPD、アバランシェ・フォトダイオード(APD)、MPPCを同条件で比較するため、シンチレータは臨床で用いられる $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ (GOS)を採用した。CT撮影は被写体の直進スキャンと回転を繰り返し、検出器からの電流値を一定間隔で読み出すことで投影データを取得した。MPPCでは電流・パルスの2つの読み出しを行い、パルス読み出しでは時定数の短いCe:YAPシンチレータを採用し、整形アンプ、多段コンパレータ、カウンタを介したエネルギー弁別からphoton countingにも挑戦した。それぞれの場合について、様々なファントムに対し、照射するX線のレートを変えた際の画像コントラストを定量評価した。

3. 結果・考察

Fig.1は従来型PDを用いた水ファントムのCT画像例であり、管電圧を120kV、管電流を(a)0.5、(b)3.0mAの比較を示している。PDは高レートX線照射でのみ、鮮明な画像が得られたが低レートではノイズの影響で画像S/Nが著しく低下した。これは従来型CTでは、光センサーの暗電流が画像のS/Nを決定するためであり、鮮明な画像を得るには十分な照射線量が不可避であることが分かる。一方APD、MPPCは低レートX線照射時でも鮮明な画像が得られ、特にMPPCのS/Nが突出していた。

Fig.2は各検出器におけるアルコールと水のCT画像

比較であり、照射X線の管電流値は0.5mAとした。この低線量下でも、MPPCでは2つの物質を明確に弁別できており、PD/APDに対しその画像S/Nは突出して優れている。これは素子の内部増幅により暗電流の影響が著しく軽減されるためである。また画像(d)は、photon countingにより低エネルギー情報のみから再構成したCT画像であり、その2つのコントラスト差はより拡大し、多色によるメリットが確認できた。またBHの除去にも成功した。

4. 結論

本研究より、MPPCを用いた「低被ばく」かつ「多色」X線CTの新たな可能性が得られた。今後はより複雑なファントムを用いた必要照射線量の具体的な見積もり、またより現実的なCTプロトタイプに向けた専用アナログLSIの開発を予定している。

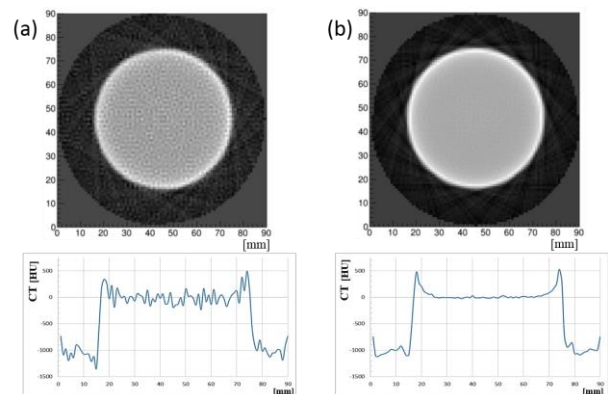


Fig.1 CT images of water with PD and the 1D profile. X-ray tube current is (a)0.5mA (b)3.0mA.

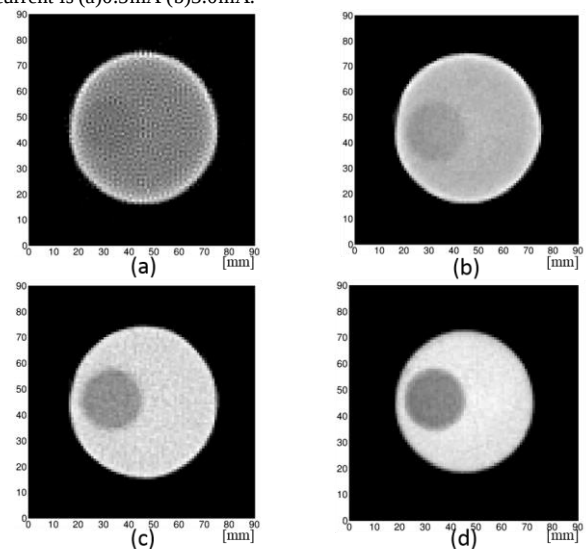


Fig.2 CT images of alcohol and water : (a)PD, (b)APD, (c)MPPC by current readout, (d)MPPC by photon counting. X-ray tube current is 0.5mA.