

MPPCを用いた革新的スペクトラルCTの開発

-低被ばくかつ多色化の実証-

Novel photon-counting low-dose computed tomography using a multi-pixel photon counter

早大理工¹, 日立金属株式会社²

○大島 翼, 森田 隼人, 片岡 淳, 有元 誠, 新田 英雄²

Waseda Univ.¹, Hitachi Metals, Ltd.²,

○Tsubasa Oshima, Hyato Morita, Jun Kataoka, Makoto Arimoto, Hideo Nitta²

E-mail: t.o-th.k.0325@fuji.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. 技術面では, 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CTであるため, CT 値が同一の物質の弁別が困難, ビームハードニング(BH)アーチファクトが生じるなどの問題が生じる. この問題を解決するためにCdTeなどの半導体を用いたフォトンカウンディングCTが開発されているが, 素子内部での電子・ホール移動速度は遅く, 10^{8-9} cts/s/mm²という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, 多くの課題を残している.

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」撮影が可能で, 全く新しい革新的X線CTシステムを提案する. MPPCは約100万倍もの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, 従来型CTより遥かに低い線量で同等以上のS/Nを実現し, 個々のX線パルスを弁別することで多色イメージングも可能である. 本研究ではその実証実験を行った.

2. 方法

本研究では1mm角のPD, APD, MPPCを用いてCT撮影を行い, 低コントラスト分解能評価と空間分解能評価を行った. またMPPCを用いたK-edgeイメージングやBHアーチファクト低減など, 多色イメージングの効果を実証した. シンチレータは従来型CTで用いられるGd₂O₂S (GOS)を用い, 電流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を用いた.

3. 低被ばく化の実証実験

①低コントラスト分解能評価

各素子において, CT値に近いアルコールと水のコントラストの分解能を評価した. 管電流0.1mAという超低線量下においても, 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.

②空間分解能評価

Φ0.3-Φ2.5まで異なる径の穴が空いた直径8cm

のアクリルフantomを各素子でCT撮影した. PDでは管電流0.1mAという超低線量下においてはどの径の穴も全く弁別することができないが, APD, MPPCでは穴の弁別ができるようになり, MPPCパルスモードではさらに明確にそれぞれの穴を分離することができた(Fig.1).

4. 多色イメージングの実証実験

①BHアーチファクト低減

2本のアルミニウム柱を水中におき, 全エネルギーではなく90-120keVのエネルギー帯の反応イベントのみを用いてCT画像を取得した結果, BHアーチファクトを大幅に低減することに成功した(Fig.2)

②K-edgeイメージング

水中に入れたヨード造影剤(30mg/mL)をK吸収端の前後20keVのエネルギー幅でCT撮影した. 画像サブトラクションを行った結果, ヨードのみを特異的に示すことができた.

5. 結論

本研究では, MPPCを用いたX線CTの「低被ばく」かつ「多色」化の実証を行った. どの評価においてもMPPCでは従来型CTのPDよりも同じ線量でも圧倒的に優れた結果が得られ, 低線量下でもPDと同等以上に高い画像S/Nを実現できることが実証できた. また, 多色化することでK-edgeイメージング, BHアーチファクト低減などを可能にすることを実証した. 今後は現実的なCTプロトタイプに向け, 専用アナログ・デジタルLSIを用いた「多色マルチスライスX線モジュール」の開発を行っていく.

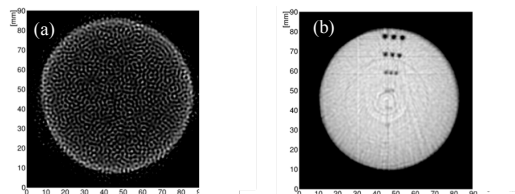


Fig.1 CT images of phantom with different hole sizes (a)PD, (b)MPPC[pulse]

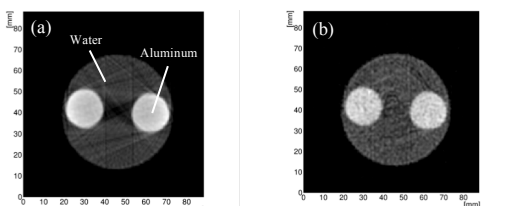


Fig.2 The energy-resolved CT images of the phantom with (a) energy in the 90-120keV and (b) all energies considered