

# 卒業論文概要書

CD

2016年 1月提出

学籍番号 1Y12B105-9

所属学科	応用物理学科	氏名	森田 隼人	指導員	片岡 淳 印
研究題目	MPPC を用いた低被爆かつ多色 X 線 CT の提案と実証				

## [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量は無視できない。また、技術面では臨床で用いられる 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。CdZnTe などを用いた photon counting CT はビームハードニング(BH)の補正や物質同定など様々な恩恵が期待されるが、 $10^{8-9}$ cts/s/mm<sup>2</sup>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、特に臨床応用において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」撮影が可能な、革新的 X 線 CT システムを提案する。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。本研究では最初の実証試験として、1mm 角の PD, APD, MPPC を用いた CT 撮影により画像 S/N の定量比較を行った。従来 CT の模擬として、シンチレータは臨床で用いられる Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S (GOS)を採用し、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。図 1 に詳細な実験セットアップを示す。

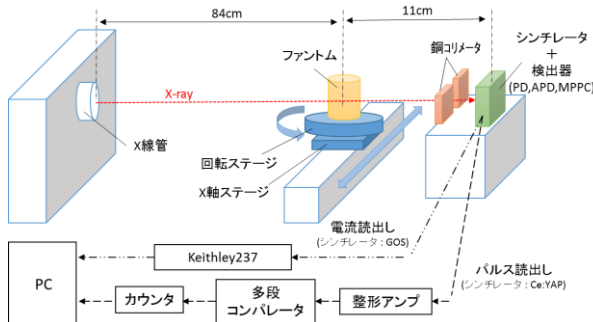


図 1. CT スキャン実験のセットアップ

## [PD, APD, MPPC の CT 画像比較]

図 2 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 120kV、管電流を (a)0.5mA, (b)3.0mA 時の比較を示している。PD は低線量下では、ノイズの影響で画像 S/N が著しく低下し、鮮明な画像を取得するには、十分な照射線量が不可欠であることが分かる。

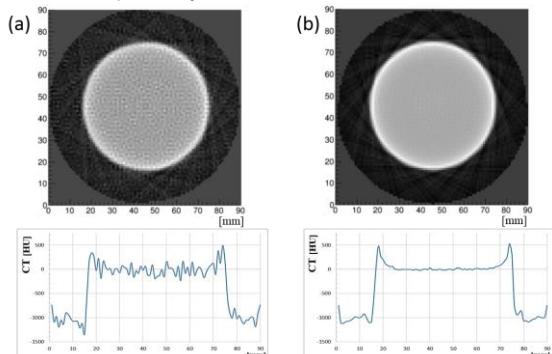


図 2. PD での水ファントムの CT 画像:120kV (a)0.5mA (b)3.0mA

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 が突出して優れている。

図 3 では各検出器におけるアルコールと水の CT 画像を比較した。照射 X 線の管電圧は 120kV、管電流値は 0.5mA である。この低線量下でも MPPC では画像 S/N に優れ、2 つの物質を明確に弁別できている。これは素子の内部増幅により暗電流 (ノイズ) の影響が著しく削減されるためである。

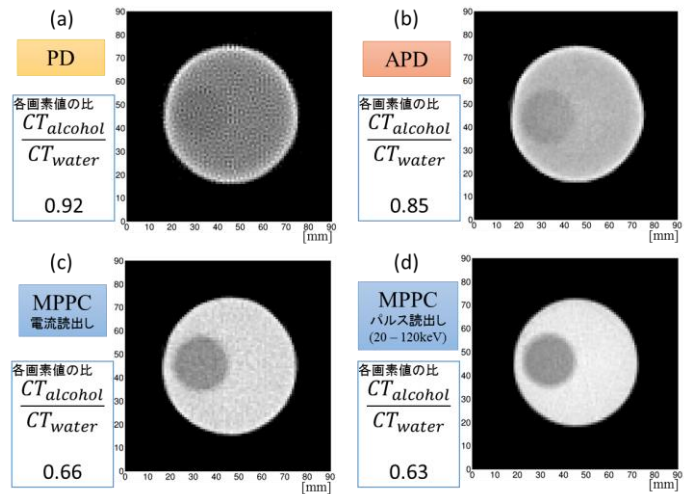


図 3. 各検出器における水とアルコールの CT 画像比較 (a)PD, (b)APD, (c)MPPC 電流読み出し, (d)MPPC パルス読み出し

## [エネルギー情報を用いた多色イメージング]

MPPC からの信号をパルスで読み出すことで、一度の X 線照射で異なるエネルギーレベルをもつ 4 色の画像を取得することに成功した。これによりエネルギー情報を用いた様々なイメージングが可能となる。その具体例として、低エネルギー情報を用いた画像コントラストの強調に挑戦した。図 4 は 20-40keV の低エネルギー情報のみを用いて再構成した水とアルコールの CT 画像である。

アルコールと水の減弱係数は低エネルギーほど差が広がるため、図 3.(d) の 20-120keV すべてのエネルギー域を用いて再構成した CT 画像と比較しても、低エネルギーのみを用いることで、よりその 2 つの物質を明確に弁別できることが確認できた。

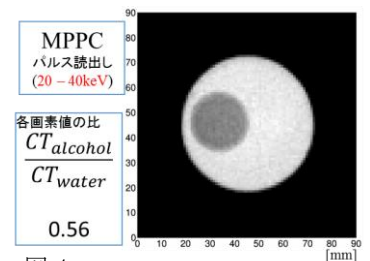


図 4. 20-40keV のエネルギー域から再構成した CT 画像

## [まとめと今後の展望]

本研究では、従来型 PD, APD, MPPC を用いて、様々なファントムの CT 画像を取得し、照射する X 線のレートを変えた際の画像を定量評価した。これより 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。