

72 超高感度X線検出で実現する低被ばく高先鋭なX線CT	有元 誠
------------------------------	------

【目的】 X線コンピュータ断層撮影 (X線 CT) は、人体にメスをいれることなく、人体内部の3次元構造を可視化できる現代医療の根幹を支える技術である。その多大なメリットの一方で、1回あたりのCT撮影による患者の被ばく線量は~10 mSv (年間の自然放射線量の5倍以上) におよび、患者への負担が大きい。その高線量の理由として、X線CTの基礎となるX線センサーに半導体検出器であるフォトダイオードが用いられていることが挙げられる。フォトダイオードは、センサー固有のノイズが高いことに加え、信号の増幅機能を持っていないため、X線信号を有意に検出するために大量のX線照射が必要となる。加えてX線信号を積算して取得しているため、個々のX線エネルギー情報が失われ、CT画像が不鮮明になる問題があった。そこで上記の課題を解決するために本研究では従来CT装置で用いられていたフォトダイオードに代わり、高い信号増幅率 (~ 10^6) を持つ次世代半導体素子マルチピクセルフォトンカウンター (MPPC) を採用する。これにより、非常に高い感度で個々のX線を検出し、劇的な低被ばく化と画像の先鋭化を両立した次世代X線CTの基礎となる科学計測技術を構築することを目的とする。特に本研究では、独自に開発したX線CTアレーを用いて、低被ばく化の効果を定量化および画像先鋭化による物質弁別を検証する。さらに小動物イメージングを目指した、大面積をカバーする新たなX線CTシステムの構築を行う。

【方法】 MPPCアレーと高速シンチレータアレー (YGAG) を組み合わせ、これをX線CTアレーとした。またこのアレーには、X線発生装置から非常に高いカウントレートでX線光子 ($>10 \text{ MHz/mm}^2$) が入射するため、高速での信号処理が必須となる。そこで、このX線信号の高速処理を実現する大規模集積回路を新たに開発した。これらを組み合わせて本研究で提唱する光子計数型CT装置を実現し、様々なターゲットのCTイメージを取得した。

【結果】 低被ばく化の実現性という観点で、軟部組織を模した水とアルコールをターゲットとして、従来CT装置を模擬した電流積分型イメージと、光子計数モードでのイメージを取得した (図)。そのイメージを定量的に比較したところ、~100倍の低被ばく化を達成できることを見出した。さらにこの高感度化したシステムを用いて、人体に投与される薬剤としてよく用いられる造影剤 (ヨードやガドリニウム) のイメージングを実施し、従来CTシステムでは不可能だった濃度推定を実現する結果を得た。また我々の初期の試作装置では、取得できるエネルギー情報に誤差が生じるなど様々な課題があった。そこで、この課題を克服した機能を有し、かつ小動物実験でも応用可能な大面積のイメージ領域をカバーできるCT装置の開発を行い、さらに高い精度での造影剤の濃度推定を行うことに成功した。

軟部組織を模した水とアルコールのターゲット (左)、
従来型CT (中) と本研究方式 (右) で得られたCT画像の比較

