

1. 臨床編：先進技術の臨床応用最前線

1) フォトンカウンティングCTによる 心臓CTの新たな可能性

横山 幸太 東京科学大学放射線科

心疾患は世界中で主要な死亡原因の一つであり、その早期診断と適切な治療は患者の予後を改善するために不可欠である。近年では、CT技術の進歩により、心臓の構造や機能を非侵襲的かつ詳細に評価することが可能になっており、心疾患の診断に占めるCTの重要性が増している。CT技術は、Spiral CT, multi detector-row CT, Dual Source CT, dual energy CTなど、10～20年置きに大きな技術革新を繰り返してきた。そして近年、photon counting detector CT (PCD-CT)の登場により、心臓領域の画像診断は新たなステージを迎えようとしている。PCD-CTは、X線フォトンのエネルギー情報をより詳細に取得できるため、従来のenergy integrating detector CT (EID-CT)と比較して、画質の向上、ノイズ低減、被ばく線量の低減などが示されている¹⁾。さらに、PCD-CTは高精細な形態評価とノイズ低減により、正確な定量的評価の実現が期待されている。本稿では、従来のEID-CTと比較したPCD-CTの心臓領域における進歩、改善点、そして、今後の展望について解説する。

PCD-CTの原理と特徴

PCD-CTは、検出器にテルル化カドミウム (CdTe) やテルル化亜鉛カドミウム (CZT) などの半導体を用いることで、X線フォトン1つ1つを個別に計測し、そのエネルギー情報を得ることができるCTである。一方、従来のEID-CTは、シンチレータを用いてX線を光に変換し、その光量を測定することでX線強度を検出するが、この過程でX線フォトンのエネルギー情報は失われてしまう。PCD-CTは、EID-CTでは得られなかったエネルギー情報を利用することで、心臓領域の画像診断にさまざまな進歩をもたらすと期待されている。

PCD-CTの検出器は、入射したX線フォトンが半導体内で電子-正孔対を生成し、これが電極に収集されることで電気信号を発生させる。この電気信号の大きさは、入射したX線フォトンのエネルギーに比例する。PCD-CTでは、この電気信号をパルスカウント回路で計数し、さらにエネルギー弁別回路を用いてエネルギーごとに弁別することで、X線フォトンの数とエネルギー情報を同時に取得する²⁾。

X線フォトンエネルギーごとに弁別できるため、物質弁別が可能であり、造影剤と石灰化などの識別や、特定の物質の定量的な評価が可能である。冠動脈CTでの石灰化はブルーミングアーチファクトの原因となり、正確な狭窄評価を妨げる要因となるが、PCD-CTではこ

の物質弁別を用いることで、カルシウムブルーミングを減少させ、石灰化の過大評価を抑制し、診断精度を向上させることができる³⁾。シーメンス社の画像解析ソフトウェアである「syngo.via」を用いれば、読影者自身で簡単に仮想単純CT、石灰化除去画像、ヨードマップの作成が可能である (図1, 2)。

さらに、EID-CTに用いられている物理的な隔壁が不要なため、検出器素子をより小さく、高密度に配置することができる。これにより、EID-CTよりも高い空間分解能を実現し、微細な構造をより鮮明に描出することが可能となる。冠動脈の狭窄やステント内再狭窄、微細なプラークの評価において、より精度の高い診断を可能にする (図3)。さらには、石灰化プラークの性状をより定量的に評価できることへの期待もある。石灰化や脂肪分、線維分の定量的な把握は、プラークの破裂リスクを予測する上で重要であり、PCD-CTは心筋梗塞を事前に防ぐための有用なツールとなりうる。例えば、石灰化の密度や体積を定量的に評価することで、破裂リスクの高い不安定プラークを特定できる可能性がある^{4), 5)}、これをPCD-CTでより正確に評価することで、より定量性の高いデータが得られる可能性がある。さらに、エネルギー弁別情報を利用した脂肪成分の定量評価により、不安定プラークの検出精度が向上する可能性も示唆されている。

PCD-CTではX線を直接電流に変換するため、EID-CTで発生するシンチ