

マイクロフォーカスX線CT装置について

機械電子研究所 機械システム課 副主幹研究員 鍋澤 浩文

1. はじめに

X線CTは医療分野で普及してきましたが、焦点サイズが $50\mu\text{m}$ 以下のマイクロフォーカスX線源が1980年代に発表されて以降、電子部品や実装部品の非破壊検査、電池やセラミックスの欠陥検査など、産業分野でも多く利用されるようになってきました。従来は、CT撮影といえば2次元の断層撮影を意味していました。しかし、三角錐（コーン）状に広がるX線と2次元の検出器を用い、試料1回転のスキャンで3次元断層画像を構築するコーンビームCTの概念が発表されてから、この手法が広く利用されています。医療用CTと比較して、高空間分解能で撮影でき、高拡大撮影が可能であるという特長があります。

2. マイクロフォーカスX線CT装置の原理

図1に、CT装置の概要を示します。点光源から放射されたコーンビームのX線を試料に照射すると、X線はエネルギーを吸収されながら試料を透過し、2次元のX線検出器に到達します。検出器では、試料の厚みや密度、材質の違いを反映した2次元の濃淡分布が画像化されます（透過画像）。試料を回転させ、全方向からの透過画像を用いて断層画像（CT画像）を計算しますが、この行程のことを再構成といいます。ある断層画像について、X線の透過してきた方向ごとに、その濃淡に応じた輝度で各画素を塗りつぶしていく（逆投影）と、物質が存在する画素は全ての投影方向で塗りつぶしていくことになり、結果として輝度が高くなります。一方、物質が存在しない画素は輝度が低くなります。このように各画素の輝度値（CT値）が決定され、断層画像が得られます。コーンビームCTでは、1回のスキャンで数百枚程度の断層画像が取得され、3次元断層画像が構築されます。

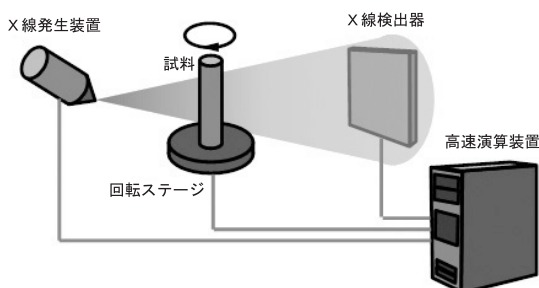


図1 マイクロフォーカスX線CT装置の概要

3. CT装置の構成要素

CT装置の性能を決める構成要素は数多くありますが、特に重要な要素について説明します。

(1) X線発生装置

CT装置で使用するX線は、レンズやミラーに相当する光学系が利用できないため、得られる透過画像は、点光源から試料を透過したX線の単純な投影画像になります。そのため、X線の発生ポイント、すなわち焦点サイズが小さいほど投影画像のぼけが小さくなります。現在市販されているCT装置の焦点サイズは、 $4\sim 5\mu\text{m}$ のものが主流となっています。また、物質の透過力を決めるX線の管電圧は、 225 kV 程度のもが多く、アルミニウムで 100 mm 、鉄で 5 mm 程度が最大の透過距離です。

(2) X線検出器

従来は、イメージインテンシファイヤ（I.I.）と呼ばれる入射X線を可視光像に変換する電子管を応用していましたが、この検出器は、X線から電子、電子から可視光という多段の変換プロセスがあり、効率や分解能に劣る欠点がありました。そこで、最近では、X線を直接電荷に変換・蓄積できるフラットパネルディスプレイ（FPD）が用いられるようになってきました。FPDは、I.I.に比較してダイナミックレンジが広く、空間分解能に優れているという特長があります。

(3) 高速演算装置

CTの再構成演算は、CPUの性能向上が鈍化しはじめてからは、GPUを用いた高速並列演算が用いられるようになってきました。従来は、全ての撮影データを取得してから演算を開始していましたが、現在は、データを収集しながら演算が開始できるようになっており、データ収集後、約10秒で結果を表示することが可能になっています（ 1200 ビュー 、 512×512 画素マトリックス、 480 スライスの場合）。

4. おわりに

平成28年度の公益財団法人JKAからの補助金により、当センターのマイクロフォーカスX線CT装置は、更新される予定です。当装置による試料観察につきましては、具体的な試料調整や測定条件など、お気軽にご相談ください。