

# デジタルで甦る トモシンセシスの世界

CTの登場と普及により、過去の技術になりつつあったトモシンセシスが、FPDによるデジタル・トモシンセ시스として甦り、改めて有用な技術として再評価されている。デジタル・トモシンセシスは、複数の投影画像を1回で撮影し、任意の断層面を再構成することが可能であり、大幅な被ばく低減と検査の効率化を実現することができる。さらに、体内金属による影響が少なく、立位撮影などで負荷をかけた状態での検査も行えるため、整形領域をはじめ乳房撮影にも導入され、また、胸部検診としての有用性の検証も進んでいる。小誌では、モダリティ全般にテーマを拡大した“新潮流”シリーズ特集を開始し、その第1回目として、再評価されたトモシンセシスの技術と臨床応用を取り上げることにした。トモシンセ시스という甦った新たな潮流が、今後の画像診断をどのように変えていくのが期待される。

## I トモシンセ시스とは：その原理と有用性

### 〈総論〉甦るトモシンセ시스

#### —トモシンセシスの開発から 臨床応用に至るまでの歩み

平野 浩志 信州大学医学部附属病院放射線部

20歳代、30歳代前半の方にはピンと来ないだろうが、CTが登場する以前から、ある目的とする断面をX線で画像化する方法として断層撮影法(tomography)があり、人体の冠状断面、矢状断面の作成に断層撮影装置が活躍していた(図1)。その目的部位は、肺野、縦隔、トルコ鞍、副鼻腔、顔面骨、骨・関節、脊椎、胆嚢などであった。

1980年代、CTの普及により胆嚢造影検査が激減し、次にヘリカルCTが誕生し、HR-CT (high resolution-CT: 拡大高分解能画像)の開発により、胸部CT検査法が確立された。2000年代には、MDCT

(multidetector-row CT: マルチスライスCT)の開発が進み、分解能の高いMPR (multiplanar reconstruction: 任意断面再構成)が可能となって、多列化による3D表示ができるようになると、断層撮影は骨・関節、脊椎など整形外科領域のニーズも途絶えていった。

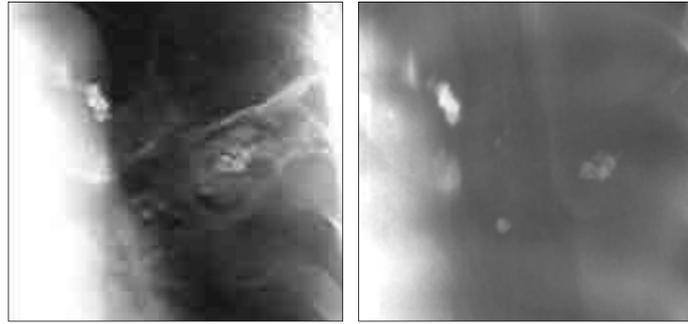
次々と進化を遂げるCTの技術革新に対して、断層撮影装置はアナログのフィルムから、90年代には、CRを利用したデジタル化の道と、まったく別に透視装置と一体化したI.I. (image intensifier: イメージンテンシファイア)を搭載したDR装置(I.I.-DR)としてデジタル断層法

(TV断層)の開発が進んでいたが、I.I.の構造である受光面の曲率と歪みが大きな壁となっていた。このとき開発されたデジタル断層法が、トモシンセ시스(tomosynthesis)である。

2000年代半ばに、島津製作所が開発した直接変換方式FPD (flat panel detector: フラットパネルディテクタ)を搭載した断層撮影装置の登場によって、I.I.が抱えていた問題点を一気に解消することができた。しかし、臨床の画像診断は、CT、MRIを中心とした断層像が主流であった、トモシンセ시스によるコンベンショナルな断層像は、ボケ成分も多く含まれてお



図1 フィルム時代の多層断層装置



a: 左中肺野

b: 石灰化像

図2 dual enegy subtraction tomosynthesis



図3 I.I.管のX線入射面(球面)  
中心と周辺では、3.4cmの差

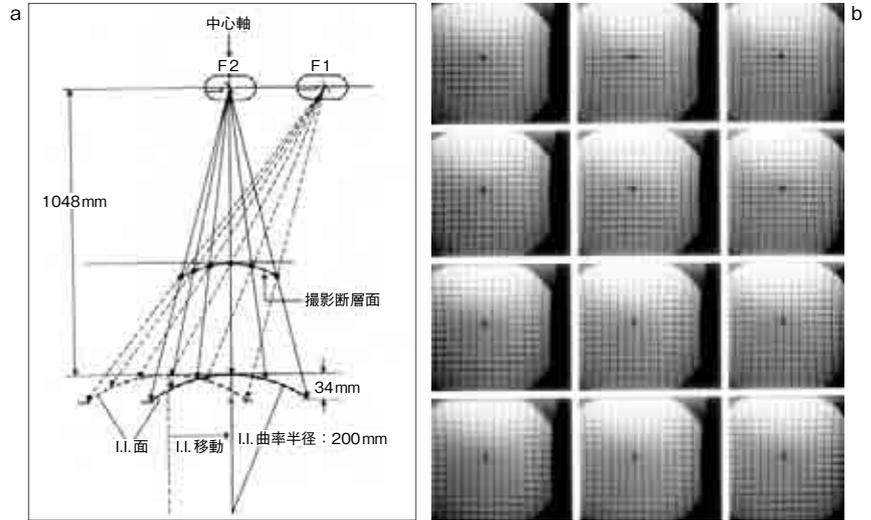


図4 断層面の曲率

a: 断層面は曲面になる。

b: 天板に平行に格子チャートを置いて断層撮影した再構成断層面は、高さを下げていくと真ん中から徐々に周りに広がり、途中からリング型になり同一平面でないことがわかる。画像は、右から左に順に、上から下へ断層面が変化する。

り、当初注目はされていなかった。近年、CTの多列化の影響による患者被ばくが取りざたされるようになり、トモシンセシスは、1回の断層撮影で、任意の深さの断層像を再構成し画像化できることから、大幅な被ばく軽減が可能となり、FPDの高い分解能による高精細な断層像を提供できる検査法として、特に整形外科領域で注目されるようになった。

## トモシンセシスとの かわり

トモシンセシスの原理は、1930年代に Ziedses des Plantes<sup>1)</sup> が発表し、臨床医学へは71年に Miller<sup>2)</sup> らにより報告された。国内では、84年に春日<sup>3)</sup> が報告し、信州大学医学部放射線医学教室が中心となって臨床応用を目的として

86年からデジタルトモシンセシス1号機の開発を始め<sup>4)</sup>、89年に完成した。この装置は、日立メディコ社製で、X線TV装置と断層撮影機能を兼備した「MEDIX-210L」の改良型であり、最大振り角40°、連続X線曝射、9インチI.I.と走査線1024本の高品位TVカメラ(三菱ダイオードサチコン)で受像した投影像を、30fpsの速度、1024×1024マトリックス、8ビットで最大90フレーム収集し、シフト加算による断層像の再構成1.2s/枚を実現した<sup>5)</sup>。

89年から、島津製作所と共同研究で2号機を開発を始めた。この装置(RS-100)は、テトロード制御のパルスX線発生器を使用し、9インチI.I.、走査線1125本のノンインターレース方式のTVカメラで、画像収集は1024×1024マトリックス、10ビット、最大96フレーム収

集、シフト加算であった。パルス曝射を生かして1回の断層動作の中で、120kVpと60kVpの交互の投影像を48フレームづつ収集して、任意の深さの高圧断層像、低圧断層像を作成し dual enegy subtraction tomosynthesis<sup>6)</sup> を実現した(図2)。93年からは、断層機本体を島津製作所製「HLZ-110」に変えて、直線軌道のトモシンセシスによる臨床応用、多軌道断層のトモシンセシスの実験を行い一応の成果を得た。

当時のトモシンセシスの問題点は、I.I.の入力蛍光面が曲面(図3)であることに起因する画像の歪み(distortion)と、それに伴う周辺部の解像力の劣化であった。得られる画像は、断層面が曲率した曲面断層(図4)であったが、I.I.のインチサイズを拡大モードにして、I.I.の頂点近傍の曲率の少ない部分を使って対応した。