

# トモシンセシスの整形外科及び呼吸器内科への応用

株式会社島津製作所 医用マーケティング部  
葛西 章 先生

## 【はじめに】

トモシンセシスは当初イメージ管を用いて実現された時期から数えると20年以上の歴史を持つが、フラットパネル検出器(以下FPD)を応用した装置では2004年から実用化され、未だ10年に満たない歴史である。現在はマンモグラフィーや肺野内結節診断、整形外科領域での応用が進んでいる。今回のセミナーでは島津が進めるトモシンセシスの概要、整形外科および呼吸器内科での臨床応用の具体例について講演した。本抄録では整形外科症例を中心にその概略を紹介する。

## 【トモシンセシスの概要】

Fig.1にトモシンセシスに使用されるX線透視撮影システムSONIALVISION safireの外観と画像を示す。従来の直線断層撮影では基本的に一回の機械的動作で1枚の断層像が得られたが、トモシンセシスでは同様の1回の機械的動作で、例えば30枚～40枚の断層像が得られる。小視野(9-12インチ)におけるトモシンセシスは2.5秒で撮影が可能であり、大視野(15-17インチ)の撮影時間は5秒である。従って、従来の断層に比べると撮影の手間は大幅に簡略化され、被ばく線量も少ない。

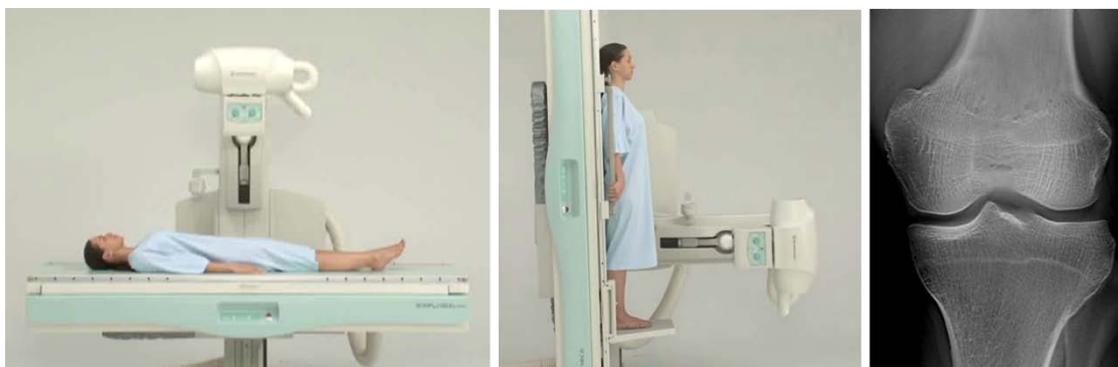


Fig.1 トモシンセシスを撮影するX線透視撮影装置(SONIALVISION safireと画像)

## 【トモシンセシスの原理】

トモシンセシスの原理をFig.2に示す。島津のトモシンセシスはフィルター補正逆投影法(以下FBP法)を用いており、最大断層角度は40度である。限られた断層角度の投影像から断層像を再構成するため、通常のFBP法では多くのアーチファクトが出現する。そのため各種のフィルター技術により、アーチファクトの低減を図っている。また、トモシンセシスの撮影中にFPDとX線管球を独立して機械的制御を行い、検査部位に応じて断層中心高さを任意に設定することができる。

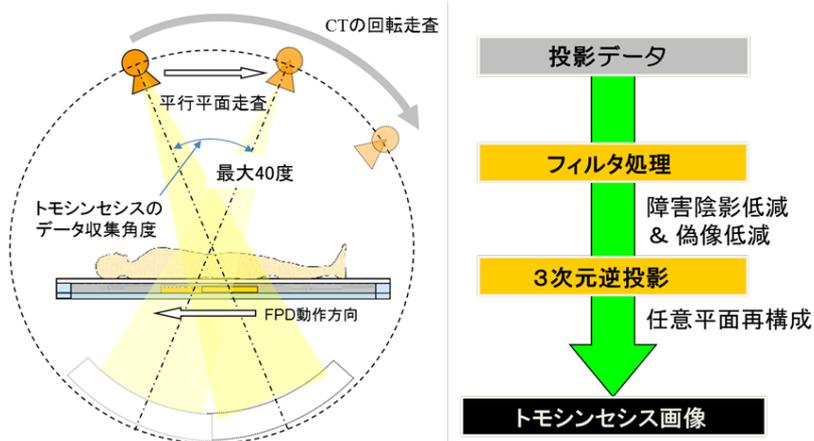


Fig.2 トモシンセシスの原理

【トモシンセシスの被ばく線量】

トモシンセシスの入射表面線量と日本放射線技師会が発表している「X線単純撮影における医療被ばくガイドライン2006」の低減目標値とを比較すると、多くの整形外科領域の撮影部位でトモシンセシスの被ばく線量はガイドラインの1~2倍程度である。Table 1に被ばく線量の比較を示す。

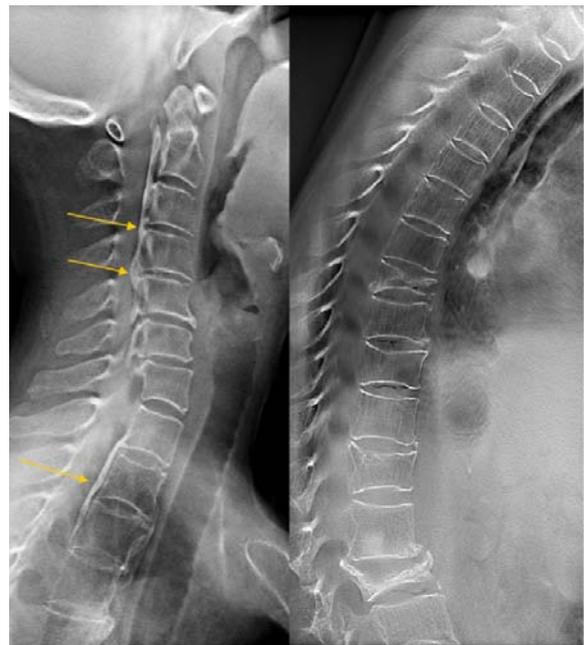
Table 1 「X線単純撮影における医療被ばくガイドライン2006」とトモシンセシスの入射表面線量

	X線単純撮影の 低減目標値 (A)	トモシンセシスの 入射表面線量 (B)	B/A	トモシンセシスの 撮影条件例
頭部(正面)	3mGy	3.2mGy	1.1	85kV, 1.25mAs
頸椎(側面)	0.9mGy	2.0mGy	2.2	75kV, 1.25mAs
手指部	0.1mGy	0.2mGy	2.0	47kV, 1.25mAs
膝関節	0.4mGy	0.8mGy	2.0	65kV, 1.25mAs
股関節(正面)	4mGy	4.5mGy	1.1	80kV, 2.5mAs

【トモシンセシスの臨床応用例】

トモシンセシスでは荷重関節である頸椎・胸椎・腰椎において広い領域で、立位あるいは座位の正面・側面像を簡単に撮影することができる。Fig.4の左側は頸椎と胸椎の後縦靭帯骨化症(OPLL)の症例である。また、同図右側は胸椎の圧迫骨折の症例である。この症例は高齢者であり椎体の横方向の骨梁が消失し、縦方向の骨梁が高い先鋭度で描出されている。

Fig.5に人工膝関節置換術(TKA)の症例を示す。膝関節は体重の負荷も大きく人体の関節の中で最も大きな関節である。従って通常、TKAの大腿骨コンポーネントには非常に硬い金属であるコバルト・クロム合金が使われる。このためTKAの大腿骨コンポーネントはX線を透過しにくい。従ってTKA症例ではMRIのみならず、CTでも金属性アーチファクトが診断の障害となることがある。この症例はTKA後、痛みが発生しCT、単純X線、トモシンセシスを撮影した症例である。トモシンセシスにて骨折線と思わ



九段坂病院様ご提供 苑田会人工関節センター病院様ご提供

Fig.4 トモシンセシスによる頸椎、胸椎臨床例

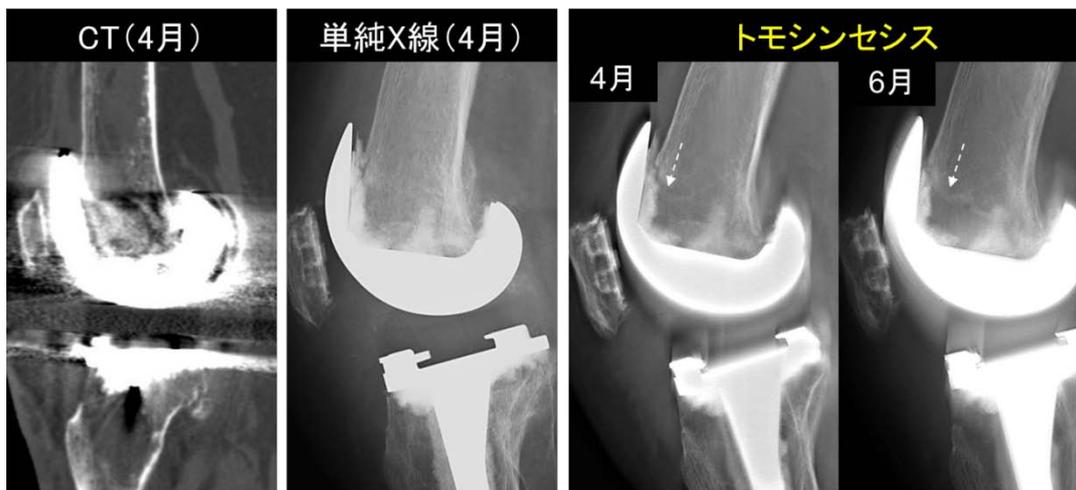


Fig.5 TKAにおけるCT、単純X線、トモシンセシス画像 はちや整形外科病院様ご提供

れる所見が得られ、経過観察をトモシンセシスのみで実施したとのことである。発症2か月後のトモシンセシスでは骨硬化像と考えられる所見が得られている。トモシンセシスではTKAの大腿骨コンポーネントのような大きく硬い金属がある場合でも比較的金属性アーチファクトが少なく、金属に近い骨の状態を断層像で明瞭に観察できることがわかる。また、TKA後の正しい側面像を得るためにはX線透視機能が有用である。さらにTKA後に正しい側面でトモシンセシスを撮影することにより金属性アーチファクトを最小限に抑制することができる。

また、単顆片側型人工関節置換術(UKA)の「弛み」の症例をFig.6に示す。この症例では単純X線側面像に比べ、トモシンセシスにて大腿骨コンポーネント周辺のOsteolysis(骨融解)の様子をより明瞭に把握でき「弛み」と診断できる。トモシンセシスでは金属近傍のアーチファクトが少なく、金属に接する大腿骨遠位部の骨切り面が明瞭である。

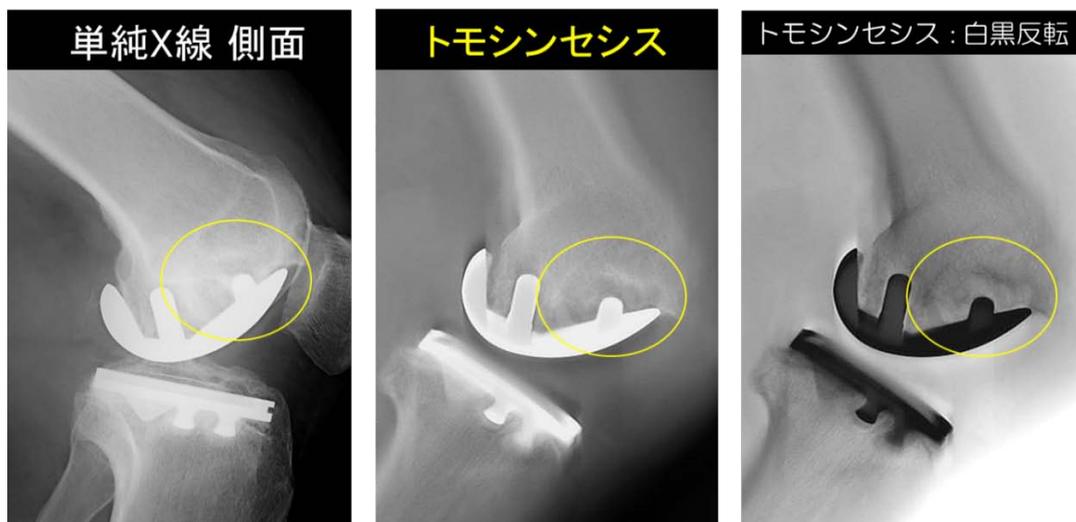


Fig.6 UKAの弛み診断 単純X線とトモシンセシス画像 苑田会人工関節センター病院様ご提供

人工股関節置換術(THA)の症例をFig.7に示す。この症例はセメントレスのTHA症例であり、テーパー状になった部分のステムの表面はポーラス面(多孔質面)となっている。この部分に周囲の海綿骨が入り込むような骨梁構造がみられ、これをポーラス面へのbone ingrowthと呼ぶ。この様子は従来、単純X線で観察されていたがトモシンセシスを使用することにより、より早期に観察できる可能性が示唆されている。

新しい試みとして、造影トモシンセシスの2症例をFig.8に示す。a)、b)はそれぞれL5神経根穿刺造影と同症例の造影トモシンセシスである。穿刺造影にX線透視装置は必須であるが、造影後、同一装置でトモシンセシス撮影を追加することにより、5秒の撮影で高画質の神経根画像を得ることができる。軟部組織の描出を得意とするMRIに対して、骨などの硬い組織の描出を得意とするX線を利用したトモシンセシスは相補する画像ということもできる。c)、d)はそれぞれ造影股関節像と同症例の造影トモシンセシスである。前症例と同様にX線透視装置を使用して穿刺造影を行い、肢位を変えて8種類のアルトログラフィーを撮影した後、短時間でトモシンセシスを撮影している。トモシンセシスでは造影剤の重なりを避け、大腿骨頭全周の関節軟骨や、関節唇、大腿骨頭靭帯、大腿骨頭の骨梁構造が明瞭に描出されている。

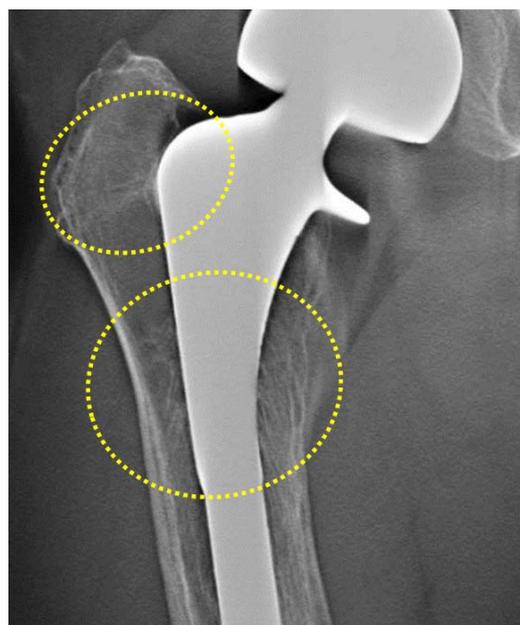
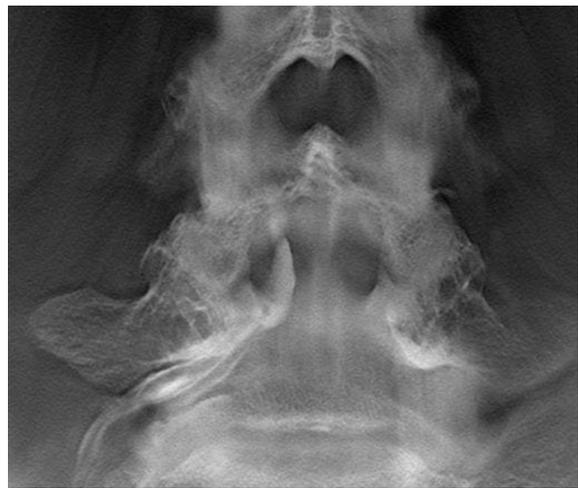


Fig.7 THAとbone ingrowth(骨進入)

金沢大学様ご提供



a) L5神経根穿刺造影像



b) 神経根造影トモシンセシス



c) 造影股関節像



d) 造影股関節トモシンセシス

Fig.8 造影トモシンセシス

住友病院様ご提供

#### 【結語と謝辞】

トモシンセシスの整形外科領域における種々の臨床例を他のモダリティーとの比較を含めて紹介した。トモシンセシスが低被ばくで高分解能の断層を短時間で得られる実用的な手法として発展することを願っている。一方、アキシャル像が得られないこと、3D再構成ができないなど他のモダリティーとの違いをご理解いただき、使い分けていただきたい。紙面の最後をお借りし、このような名誉ある発表の場を与えていただきました本大会の大会長・武蔵安徳先生に深く感謝申し上げます。また貴重な臨床例をご提供いただきました。

苑田会人工関節センター病院様、金沢大学病院様、はちや整形外科病院様、九段坂病院様、住友病院様に心から感謝申し上げます。