

## 2. イメージガイド下放射線治療 (IGRT)

Elekta Synergyの機能と  
その臨床応用

高仲 強 金沢大学附属病院放射線治療科

Elekta Synergyの  
概要と機能

「Elekta Synergy」(エレクタ社製)には、1cm マルチリーフコリメータと0.4cm マルチリーフコリメータを有する機種があり、当大学にはその2機が設置されている。Elekta Synergyの外観を図1に示す。Elekta Synergyには、IGRT機能としてX-ray Volume Imaging (XVI) システムが搭載されており、XVIは、治療用ポートと直交するように設置された診断用kV-X管と半導体アモルファス・シリコンからなるフラットパネルディテクタ (FPD) で構成されている。

XVIのIGRT機能には“Planar View”, “Volume View”, “Motion View”の3種

類(表1)があり、Planar Viewは2D単純撮影機能で、治療計画digital reconstructed radiography (DRR) 画像と照射時Linacgraphy (LG) 画像との重ね合わせ比較により、照射時の治療計画との位置誤差の測定が可能である。一方、Volume Viewは、コーンビームCT (CBCT) 機能であり、照射時にCT画像を取得することにより、治療計画CT画像からの位置誤差の測定が可能である。Planar Viewには位置補正機能はないが、Volume Viewには治療計画CTとの位置誤差の自動補正機能があり、骨構造を位置補正の指標とするだけでなく、前立腺など軟部組織構造を指標にすることも可能である。Motion Viewは2D透視機能で、照射中の透視により肺腫瘍および横隔膜など照射の指標となる組織

の照射中の位置確認が可能である。Elekta Synergyでは、このXVIシステムによるIGRT機能が高精度放射線治療を実現している<sup>1)~3)</sup>。

一方、Elekta Synergyには約60°の物理ウェッジがmotorized wedgeとして内蔵されており、その出し入れにより種々のウェッジ角度が形成され、線量の均一化のために複数のウェッジを組み合わせた柔軟な線量分布の作成が可能となる。また照射においては、内蔵motorized wedgeのため複数のウェッジを用いる場合も付け替える必要がなく、複雑な照射でもIGRTとの併用で円滑にできるのも1つの特長となる。

金沢大学における  
Elekta Synergyの  
使用経験

当大学では2007年6月よりElekta Synergyによる放射線治療を開始し、2008年1月までにXVIシステムを用いて放射線治療を行った105例、122部位を対象に、Elekta SynergyのXVIシステムによるIGRT機能の有用性の検討を行った<sup>4)</sup>。

放射線治療は、IGRT機能の使用方

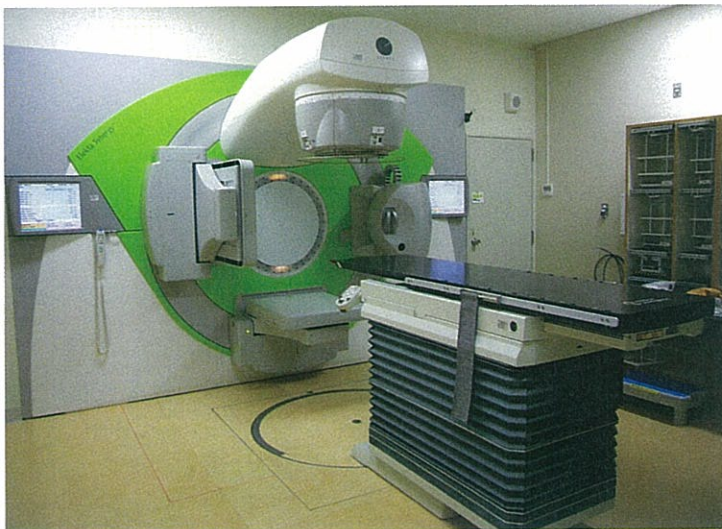


図1 Elekta Synergyの外観  
IGRT機能としてのXVIシステムが治療用ポートと直交するように設置されている。

表1 X-ray Volume Imaging (XVI) の機能

Planar View	2D単純撮影機能
Volume View	CBCT撮影機能
Motion View	2D透視機能

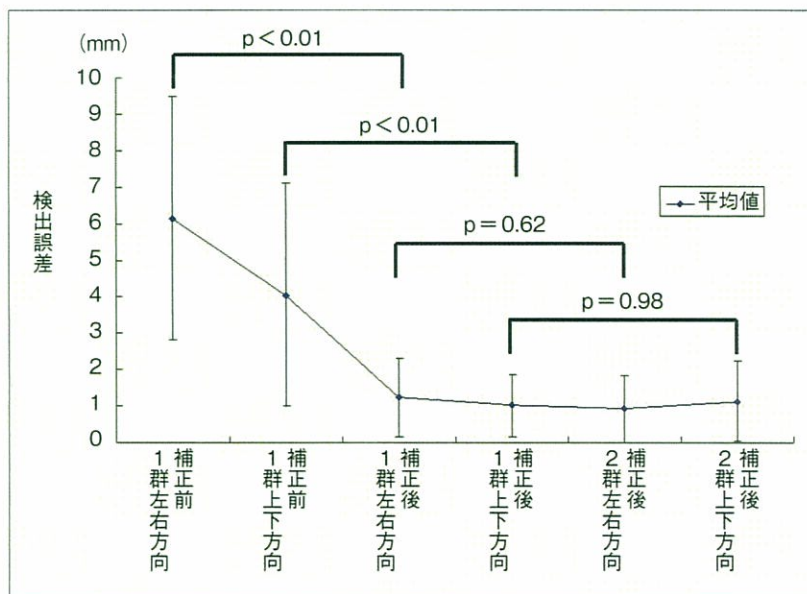


図2 XVIシステムによる位置誤差補正の結果

第1群の5mm以上の誤差は、CBCTにて1mm程度の誤差までに補正された。CBCTを最初から用いてセットアップされた第2群も1mm程度の位置誤差であり、位置誤差は第1群と第2群で差がなく良好に補正された。

法により2群に分類され、第1群は通常の体表マーキングをもとにセットアップし、Planar Viewを用いて治療計画からの位置誤差を測定した後に、Volume ViewによるCBCTを用いて位置補正を行い照射した群であり、第2群は、体表マーキングを用いずに直接Volume ViewによるCBCTを用いてセットアップし、その後照射した群である。第1群は27例、27部位（頭頸部7部位、体幹部20部位）で、主に照射範囲が広い症例が属している。第2群は78例、95部位（頭頸部36部位、体幹部58部位、下肢1部位）で、主に照射範囲が狭く、標的照射部位周囲に危険臓器が隣接している症例が属している。最終的なセットアップ後、両群ともPlanar Viewを用いて照射計画との最終的な位置誤差を測定した。

その測定結果を図2に示す。第1群では、補正対象症例は、Planar Viewでいずれかの方向で5mm以上のセットアップ誤差が見られた症例とし、そのセットアップ誤差は左右方向が平均6.0mm (0.7～16.3mm)、頭尾方向が平均4.2mm (0.5～10.5mm)であった。これらに対するVolume Viewでの三次元方向での補正量は、左右方向が平均2.6mm (0～9.9mm)、頭尾方向が平均3.9mm (0～16.7mm)、背腹方向が平均4.9mm (0.1～16.3mm)で、XVIシステムによる補正後のPlanar

Viewによる治療計画との最終的なセットアップ誤差は、左右方向が平均1.3mm (0～3.5mm)、頭尾方向が平均1.1mm (0～3.0mm)となった。一方第2群では、Volume ViewによるCBCTにて補正した後のPlanar Viewによる最終的なセットアップ誤差は、左右方向が平均1.0mm (0～5.7mm)、頭尾方向が平均1.0mm (0～4.4mm)であった。

第1群の体表マーキングをもとに5mm以上のセットアップ誤差が認められた症例において、XVIシステムのIGRT機能を用いることにより、各方向において有意差 ( $p < 0.01$ ) を持って1mm程度の誤差に補正され、第2群のように直接的な位置補正を行っても1mm程度の誤差に補正された。また、最終的な補正後のセットアップ誤差は、第1群と第2群の間にて差はなく（左右方向で  $p = 0.62$ 、上下方向で  $p = 0.98$ ）、今回の結果は、Elekta SynergyのXVIシステムによるIGRT機能の高精度な位置補正機能を示した。検出ソフトウェアの誤差、位置補正の機械的誤差を考慮すると、今回認めた1mm程度の誤差は補正限界に近い精度と考えられる。

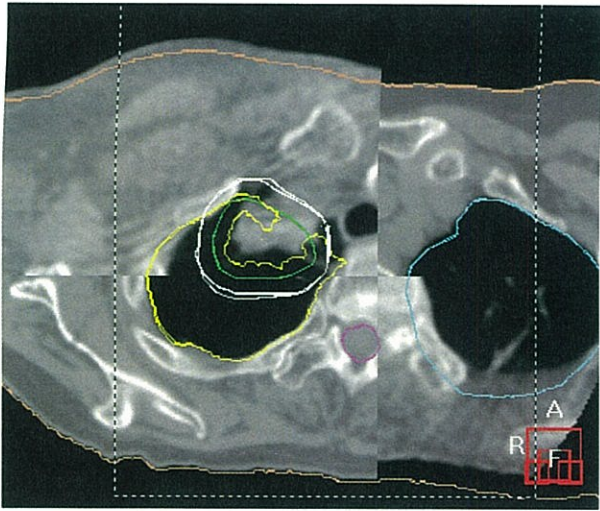
Elekta SynergyのXVIシステムによるIGRT機能を用いて、定位放射線治療 (stereotactic radiotherapy : SRT) を施行した肺尖部肺がんの一例を図3に示す。定位照射では、治療計画との位置誤差のない正確な照射が要求されるが、

CBCTを用いたIGRTにて比較的容易に高精度な照射が可能であり、近接する脊髄も確実に避けて照射できる。また同時に、Elekta SynergyのIGRT機能の1つであるMotion Viewによる照射中の透視機能を用いることによって、照射中の腫瘍移動を目視でき、腫瘍が確実に照射されているかどうかの確認も可能となる。さらにMotion Viewは、上腹部腫瘍などの呼吸性移動の大きい腫瘍を照射する場合、横隔膜の位置を目視可能なため、横隔膜を位置指標とした呼吸停止下照射などに対しても有用である。

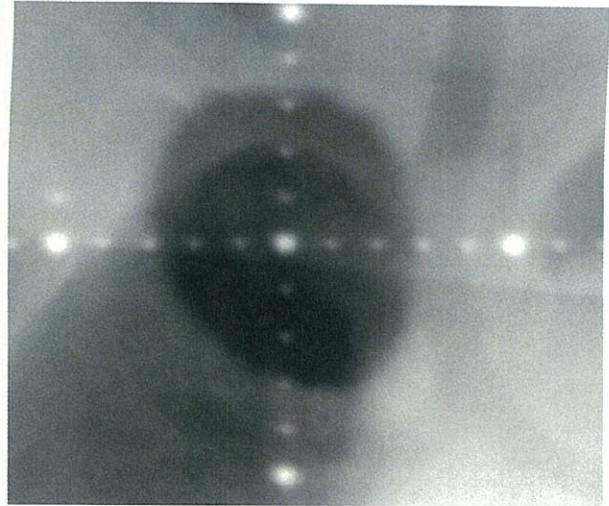
## 内蔵 motorized wedge を用いた治療計画

頭頸部がんの放射線治療は、その形態からウェッジを使用して線量分布の均一化を図ることが多いが、皮膚表面から深部までを均一に治療しようとする、一般的なright-leftあるいはin-outのみのウェッジの使用では不十分なことが多い。そこでわれわれは、ウェッジを複数使用し、また時には使用エネルギーも混在して皮膚表面から深部までを均一に照射する試みを行っている。

図4に、舌がんおよび頸部リンパ節転移の一例を示す。right-leftおよびin-outのウェッジを4門照射として使用し、かつ10MVXと6MVXのエネルギーを混



a : Volume Viewによる位置補正画像



b : LG画像による位置確認

図3 XVIシステムにてSRTを行った肺がんの一例

Volume Viewにて位置補正し(a), LG画像にて位置確認後(b), 定位照射を施行。照射中は, Motion Viewにて腫瘍の位置を目視し, 確実に照射されているかどうかを確認可能である。

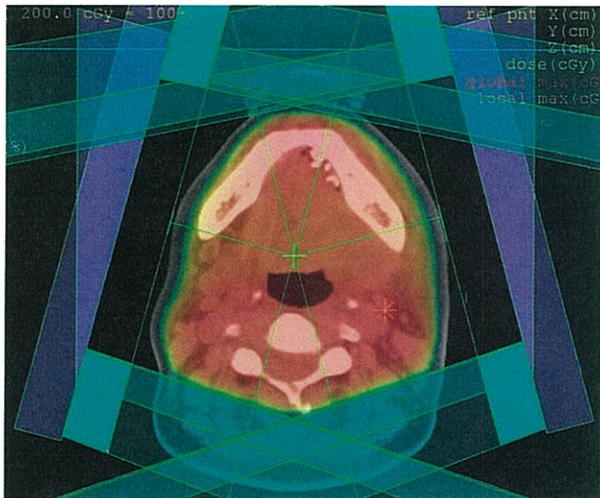


図4 内蔵 motorized wedge を用いた頭頸部がんの治療計画  
舌がんおよび頸部リンパ節転移の一例。頸部表面から舌深部までを均一に照射するため, right-left, in-outのウェッジを使用し, また6MVXと10MVXのエネルギーを用いて照射した。治療計画装置は「XIO」(CMS社製)である。

在させて表面から深部までの線量の均一化を図っている。ただ問題は, このような治療の場合, 外付けウェッジではその付け替えに時間がかかることにある。しかし, Elekta Synergyは内蔵 motorized wedgeを有しているため, ウェッジを付け替える必要はなく, IGRT機能の併用により円滑な照射が可能である。

◎

Elekta Synergyの機能とその臨床応用について当大学の結果をもとに述べた。

Elekta Synergyの位置誤差の自動補正機能を有するCBCTを中心としたXVIシステムは, 非常に簡便なIGRT機能として高精度照射を可能にし, 肺がんの定位照射や内蔵 motorized wedgeを多用した複雑な照射も円滑にできる。また, 照射中の透視機能も備え, 今後放射線治療の施行にIGRTの使用が主体となっていく中で, Elekta Synergyは非常に有用なIGRT機能を有する放射線治療装置と言える。

●参考文献

- 1) Mcbain, C.A., et al. : X-ray volumetric imaging in image-guided radiotherapy ; The new standard in on-treatment imaging. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, **64**, 625~634, 2006.
- 2) Lehmann, J., et al. : Commissioning experience with cone-beam computed tomography for image-guided radiation therapy. *J. Appl. Clin. Med. Phys.*, **8**, 2354, 2007.
- 3) Moran, M.S., et al. : Clinical implementation of prostate image guided radiation therapy ; A prospective study to define the optimal field of interest and image registration technique using automated x-ray volumetric imaging software. *Technol. Cancer Res. Treat.*, **7**, 217~226, 2008.
- 4) 高松繁行, 高仲 強, 熊野智康・他 : Elekta SynergyにおけるIGRTの有用性の検討. *臨床放射線*, **53**・10, 1244~1250, 2008.