

## 総説

### 第34回 日本小児放射線学会シンポジウム 「小児領域でのらせんCT」より

## 頭頸部

酒井 修  
自治医科大学 放射線科

### Helical CT in Pediatric Patients — Head and Neck Region —

Osamu Sakai

Department of Radiology, Jichi Medical School and Hospital

**Abstract** In the era of the clinical introduction of helical CT, it had been recognized as a special technique. Recently, helical CT is widely available and used routinely for head and neck imaging in children and recognized as a standard technique. Unlike conventional CT, various parameter-setting and post-processing are available for users in helical CT, and the CT examination becomes much more user-selectable and user-dependent. It is important to understand its basic principles and available applications to obtain maximal clinical information in the CT study. In this article, recommended helical CT protocols for specific regions of the head and neck in children are described. Image changes by various parameter-setting and post-processing, pit-falls in diagnosis and recently available new applications are also discussed.

**Key words** *Helical CT, Pediatric, Head and neck, Image processing*

#### はじめに

ヘリカルCTは当初は“特殊な”検査法として認識されてきた感があるが、最近では頭頸部領域でも“スタンダードな”検査となってきた。一方、従来のCTと比べ、検査時のパラメータ設定および後処理の幅が広がっており、より低侵襲で、より多くの情報を得るには、検査目的に合ったデータ収集および後処理が必須で、ヘリカルCTの利点と欠点、使用可能なアプリケーションについての理解が必要である。ヘリカルCT=3Dというイメージが強いかもしれな

いがヘリカルCTの利点は3D画像だけではなく、日常検査の多くで最も診断的価値の高い画像はこれまでと同様、横断像と思われる。ここでは小児頭頸部におけるルーチン検査でのヘリカルCTの利用法、パラメータの変更に伴う画像の変化、診断における留意点、そして最近可能となってきた新しい画像再構成法につき述べる。

#### 検査目的と撮像条件

ヘリカルCTの有用性で大きなものは短時間

で検査が終了できることと、連続データが得られることである<sup>1-3)</sup>。短時間でスキャンが終了できることにより、体動や呼吸によるズレの少ない画像が得られる。検査時間の短縮は小児の検査においては特に有用である。一方、連続データが得られることから、スライス厚よりも細か

い画像再構成が可能で、従来に比し、高画質の様々な画像再構成が可能となった (Fig.1)。

従来、我々が変更可能な撮影条件は管電圧、管電流、スライス厚およびスライス間隔だったが、ヘリカルCTではスライス間隔はテーブル移動速度あるいはhelical pitch (管球が360度



a	b
c	

**Fig.1 Fibrous dysplasia**

a : Shaded surface display of the entire facial bone shows thickening and irregularity of the right frontomaxillar region. The patient had previous surgeries and is re-examined for re-shaping surgery.

b, c : Sagittal (b) and coronal (c) reconstructed images clearly show thickening and ground-glass appearance of the right frontal, zygomatic and parietal bones. Also, the coronal image demonstrates subtle changes in the right mandible and left frontal bone.

回転する間のテーブル移動距離をスライス厚で除した値)となり、任意の速度が選択でき、また任意の間隔で再構成画像が得られるようになった<sup>1-3)</sup>。テーブル移動速度を上げる(helical pitchを大きくする)ことによって、短時間で広範な撮像が可能となり、また、被曝線量の低下が得られる。この場合、実効スライス幅の増加、縦軸分解能の低下がその犠牲となるが<sup>3)</sup>、何を優先するかは検査担当医の判断による。

## 小児頭頸部におけるヘリカルCTの実際

### 1) 小児頭頸部ルーチン検査

小児頭頸部画像診断では、成人以上に単純写真、超音波検査の役割が大きい。検査にあたっては従来のCTと同様、その目的、適応の有無を十分に検討することが必要である。腫瘍性病変の診断には造影することを基本としている。造影の主目的は脈管を病変および他の正常構造物から区別する、脈管とリンパ節を区別することであり、全ての動静脈が十分に濃染された相での撮像が必要である<sup>4)</sup>。ルーチン検査では年少児では3 mm厚、3 mm/s、年長児では5 mm厚、5 mm/sのヘリカルスキャンを基本としている。造影剤は240mgI/mlを2 ml/kg、年長児では自動注入器を用い、1.2~1.5ml/sで注入。注入開始から40秒後からスキャンを開始している。年少児では手押し注入(hand injection)を基本とし、全量の60~80%注入時にスキャンを開始している。従来は造影剤は300mgI/ml製剤を用いていたが、成人での検討で240mgI/ml製剤で十分な脈管の増強効果が得られたため、細いアクセスルートでも容易に注入できる、浸透圧がほぼ1であり、患者の負担が少なく、血管外漏出時の副作用が少ない、コストが軽減される、などの点から、造影の主目的が脈管の増強効果である頭頸部領域では240mgI/ml製剤が推奨される。小児での頻度は高くないが、造影早期には正常でも内頸静脈が左右非対称、不均一に濃染されることがあり、読影時には血栓あるいは病変による圧迫/閉塞と間違わないことが重要である<sup>5)</sup>。ヘリカルCTの問題点として、

縦軸方向分解能の低下、S/Nの低下が挙げられるが<sup>6,7)</sup>、3~5 mm厚、helical pitch: 1のスキャンでは腫瘍性病変の診断上大きな問題とはならない。

### 2) 小児頭頸部領域でのCT angiography (CTA)

頭頸部でのCTAではこれまで成人での頸動脈分岐部の動脈硬化性病変の評価を中心に有用性が報告されてきている<sup>8,9)</sup>。CTAは従来の血管造影に比し、非侵襲的であり、多方向からの観察が可能な点で優れており、また、内腔表示や内視鏡表示といったCTAでしかできない観察方法もある。小児でのCTAの適応は必ずしも多くはないが、動静脈奇形では病変の全体像の把握、経過観察にも有用である(Fig.2)。頭頸部では、対象となる脈管の径が小さい、動静脈が隣接して走行する、椎体および頭蓋骨と近い、造影剤注入と撮影のタイミングによる動静脈の分離描出が難しい、などから、CTAには他の部位に比べ、困難を要する<sup>12,13)</sup>。主なCTAの方法には、surface rendering法とmaximum-intensity projection(MIP)法がある。Surface rendering法は1枚の画像で立体的把握が容易であり、後処理時間が短く、簡便な方法である。しかし、表面のみの表示であり、内部の情報は得られず、画像作成において多くの情報が失われる。また、造影剤注入量および率、あるいは撮像のタイミングといったスキャンコンディション、さらに設定された閾値の違いによる画像の変化が大きい。一方、MIP法はsurface rendering法に比べ、明瞭な脈管表示が可能で、二次元画像であるが、回転表示により立体的把握が容易となる。スキャンコンディションによる画質のばらつきも少ない。しかし、隣接する骨からの高信号により、観察困難なことが多く、十分な骨削除が必要で、後処理に時間がかかる<sup>9-11)</sup>。読影には横断像との対比が必要である。これを怠ると腫瘍と血管との関係を誤ることがある。またCTAは撮像時点でのCT値を元に作成され、血管造影でい

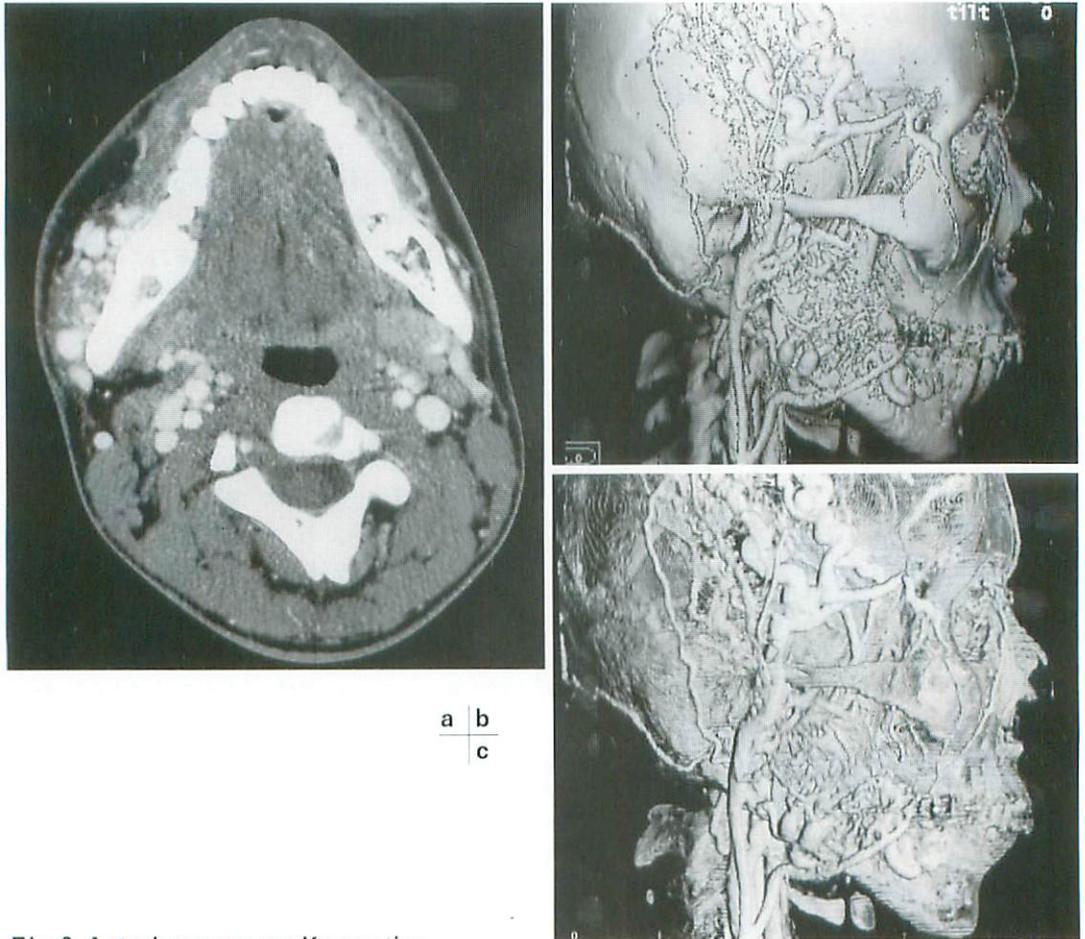
う動脈相と静脈相の合成像となる。血流方向、流速は反映されていないことを忘れてはならない。

CTAでは通常、右肘部静脈より300mgI/mlの非イオン性ヨード性造影剤 2 ml/kgを毎秒2.0~2.5ml/sで注入開始後、20~25秒後より、尾側から頭側へ、2~3mm厚、3mm/sでスキャン、これを1~1.5mm間隔で再構成し、surface rendering法、MIP法およびvolume rendering法で脈管表示画像を作成している。腫瘍性病変では連続して再度のヘリカルスキャン

を行い、造影後期相での観察も行っている。成人では造影剤を左側上肢から静注した場合、内頸静脈あるいは頸部静脈叢への逆流が起こることが少なくなく<sup>9)</sup>、造影剤の静注は右上肢から行うことが望ましいが、小児ではあまり問題とはならない。

### 3) 副鼻腔

副鼻腔のCTは横断像と冠状断像の撮像、また繰り返し検査が施行されることが多く、撮像



**Fig.2 Arteriovenous malformation**

- a : Axial contrast-enhanced CT shows significantly dilated and tortuous anomalous vessels in and around the right masseter muscle. Abnormal high density is also noted in the bone marrow of the right mandibular angle, which reflect involvement of abnormal vessels.
- b, c : Surface(b)and volume rendering(c)CT angiography images show both feeding arteries and draining veins clearly. Extent of the anomalous vessels are well understood.

範囲に水晶体が含まれていることから、できるだけ被曝線量が低いことが望ましい。その際、管電流を下げることに加え、前述したように helical pitch を大きくすることによって、被曝線量の低下が得られる<sup>3)</sup>。例えば、3 mm厚、3 mm/s のスキャンに比べ、3 mm厚、5 mm/s で行うことにより、被曝線量は約60%と軽減される。実効スライス幅の増加、S/N比の低下が起こるが、高縦軸分解能が要求されるこの領域で何を優先するかは検査担当医の判断による。スキャン時間の変更も可能な装置では、同一の管電圧、管電流で通常1秒スキャンで行っていたものを0.75秒スキャンで行えば、被曝線量は約75%になる。直接冠状断の撮像の際に歯の充填物による金属アーチファクトが問題となるとき、あるいは患児が直接冠状断の体位をとることができない場合には、1~2 mm厚、helical pitch : 1~2 でのスキャンからMPR (multiplaner reformation)法で冠状断あるいは矢状断像を作成することにより、比較的十分な情報が得られる。腫瘍性病変が疑われる場合には造影を施行している。

#### 4) 側頭骨

側頭骨でのヘリカルCTの有用性については、耳小骨の評価を中心に最近報告されている。耳小骨奇形あるいは外傷による耳小骨離断の際には横断像とともに、MPR法あるいはsurface rendering法での三次元表示は有用である。特に、矢状断像は通常は直接は得られず、再構成画像の有用性は大きい。Surface rendering法での再構成においては閾値の設定により画像が大きく変化し、後処理および読影には注意を要する。通常のスキャンと比較し、S/Nの低下、また実効スライス厚の増加を生じるが、S/Nの改善にはoverlapped scan (helical pitch < 1) が有用である<sup>12)</sup>。

#### 5) 顔面外傷

診断の基本は横断像だが、三次元再構成画像では全体像の把握が容易であり、手術計画、術

後の経過観察に有用である。多くの場合、2~3 mm厚、helical pitch : 1~1.5でスキャンを行っている。冠状断あるいは矢状断再構成画像により、横走する構造物の評価が容易となる。眼窩吹き抜け骨折などでは視神経に沿った斜矢状断の再構成像は下直筋と骨折部の評価に有用である。診断には、軟部条件と骨条件の横断像が必須である。微細な骨折、損傷が疑われ、患者の体位変換が可能な場合には直接冠状断も行っている。術後、plate-and-screwで固定された場合、surface rendering法では金属と骨との関係がややわかりにくい、MIP法では両者を明瞭に区別できる。

#### 6) 頭蓋骨早期癒合症

頭蓋骨早期癒合症では術前評価、手術計画および術後の評価に三次元表示が有用である。2~3 mm厚、helical pitch : 1~1.5のデータをもとにsurface rendering法で三次元画像を作成している。骨表示に加え、軟部組織の表面表示により全体像の把握が容易となる (Fig.3)。

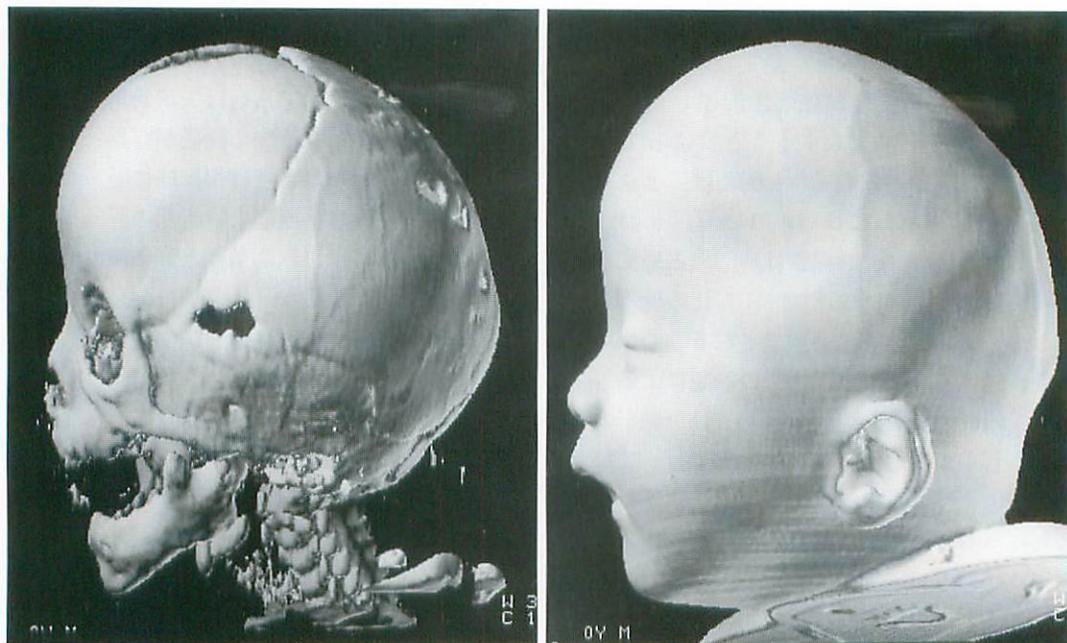
### 新しい話題

#### 1) 後処理による縦軸方向分解能の改善

高い縦軸方向分解能を得るには、薄いスライス厚と遅いテーブル移動速度が必要であり、撮像範囲が制限される。通常、再構成間隔を小さくしても、縦軸方向の分解能は変わらないが、deblurring (“ボケ取り”)処理により、縦軸方向分解能を改善し、実際のスライス厚よりも薄いスライスが再構成でき、これはMPR法、surface rendering法やCTAに応用可能である<sup>13~16)</sup>。再構成画像では辺縁の明瞭さ、横走する構造物の描出能が増し、CTAでは末梢血管の描出能の改善が得られる<sup>15,16)</sup>。

#### 2) 新しいアルゴリズムによるhelical artifactの改善

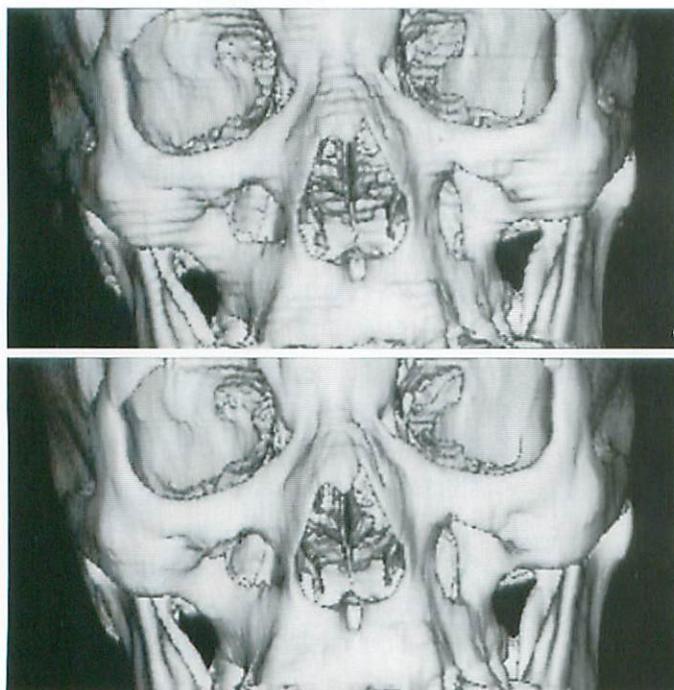
ヘリカルCTでの再構成画像では特有の階段状のアーチファクト<sup>17)</sup>を生じ、画質の低下につ



a | b

**Fig.3 Craniosynostosis**

- a : Shaded surface display for the bone shows the entire craniofacial bone. Scaphocephalic change is well demonstrated. Three-dimensional image is useful for the preoperative evaluation for plastic surgery.
- b : Shaded surface display for the soft tissue shows the surface anatomy. Soft tissue deformity is assessed as well as bony change.



a  
b

**Fig.4**  
Reduction of helical artifact using a new algorithm, SmartHelical Algorithm, surface rendering 3D image of the facial bone.

- a : Coronal reformation from the original data shows significant stair-step artifact.
- b : Coronal reformation from the data obtained by Smart-Helical Algorithm shows significantly decreased stair-step artifact. Image quality of the reconstructed image is improved.



**Fig.5 Display of the airway using surface rendering.**

The relationship between the airway and tracheostomy tube is well assessed.

ながら、これは従来ヘリカルCTでは避けられないものであったが、適切な補間アルゴリズムの使用により、わずかな縦軸分解能の低下の犠牲のもとに著明に減少できる<sup>18-20)</sup> (Fig.4)。また、S/N比の向上、管電流の軽減が得られ、画質改善、患者の被曝軽減、撮像時間の延長、撮像範囲の拡大、管球負荷の軽減が可能となり、臨床的意義は大きい<sup>18-20)</sup>。

### 3) 頭頸部領域での内視鏡モード

頭頸部領域でも副鼻腔あるいは咽頭、喉頭で気道表示 (Fig.5)、内視鏡様画像、いわゆる virtual endoscopy (VE) が応用されてきている。内視鏡的鼻内手術が主流である最近では解剖の理解の一助とともに、手術のシュミレーション/ナビゲーションへ応用されてきている。VEでは実際の内視鏡では到達できない部位、あるいは方向からの観察が可能である。この領域でのVEでは一般的には空気と粘膜面の境界を表示することになり、粘液貯留例では正確な診断が困難となる。

## おわりに

装置の普及に伴いヘリカルCTはより一般的な検査となってきた。その一方、従来のCTと比べ、検査時に我々が変更可能なパラメーターの幅が広がり、また後処理においても様々な方法が可能となり、複雑化している。これはCT検査がより user-selectable, user dependent となってきたことを示しており、検査担当医の重要性は増している。CT検査で、より低侵襲で、より多くの情報を得るには、ヘリカルCTの利点と欠点、そして現在可能なアプリケーションについての十分な理解が必要と考える。

## ●文献

- 1) Kalender WA, Polacin A : Physical performance characteristics of spiral CT scanning. *Med Phys* 1991 ; 18 : 910-915.
- 2) Kalender WA, Seissler W, Klotz E, et al : Spiral volumetric CT with single-breath hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. *Radiology* 1990 ; 176 : 181-183.
- 3) Brink JA, Heiken JP, Wan G, et al : Helical CT : principles and technical considerations. *RadioGraphics* 1994 ; 14 : 887-893.
- 4) 酒井 修 : ルーチンとしてのヘリカルCTと最近の話題。頭頸部。臨床画像 1997 ; 13 : 1278-1288.
- 5) Sakai O, Nakashima N, Shibayama C, et al : Asymmetrical or heterogeneous enhancement of the internal jugular veins in contrast enhanced CT of the head and neck. *Neuroradiol* 1997 ; 39 : 292-295.
- 6) Brink JA, Heiken JP, Balfe DM, et al : Spiral CT : decreased spatial resolution in vivo due to broadening of section sensitivity profile. *Radiology* 185 : 469-474, 1992.
- 7) Polacin A, Kalender WA, Marchal G : Evaluation of section sensitivity profiles and image noise in spiral CT. *Radiology* 1992 ; 185 : 29-35.
- 8) Schwartz RB, Jones KM, Chernoff DM, et al : Common carotid artery bifurcation : evaluation with spiral CT. *Radiology* 1992 ; 185 : 513-519.

- 9) Napel S, Marks MP, Rubin GD, et al : CT angiography with spiral CT and maximum intensity projection. *Radiology* 1992 ; 185 : 607-610.
- 10) Sakai O, Shen Y, Nakashima N, et al : Use of maximum-intensity-projection CT angiography for evaluating head and neck tumors. *Radiology* 193(P):155, 1994.
- 11) 酒井 修, 沈 雲, 中嶋紀子, 他 : 頭頸部腫瘍におけるmaximum-intensity-projection CT angiography - 螺旋CTの使用および自動骨削除法の有用性について - . *日本医放会誌* 1994 ; 54 : 1421-1423.
- 12) Kasales CJ, Hopper KD, Ariola DN, et al : Reconstructed helical CT scans : improvement in z-axis resolution compared with overlapped conventional CT scans. *AJR* 1995 ; 164 : 1281-1284.
- 13) Schlueter FJ, Wan G, Hsieh PS, et al : Longitudinal image deblurring in spiral CT. *Radiology* 1994 ; 193 : 413-418.
- 14) Sakai O, Shen Y, Shibayama C, et al : Application of improved longitudinal resolution in helical CT for the head and neck region. *Radiology* 1995 ; 197(P): 486.
- 15) 酒井 修, 沈 雲, 木村文子, 他 : 頭頸部領域におけるヘリカルCTでのdeblurring法による縦軸方向分解能の改善. *日本医放会誌* 1997 ; 57 : 211-214.
- 16) Sakai O, Shen Y, Takata Y, et al : The use of deblurring technique for improving the longitudinal resolution in helical CT of the head and neck region. *Comput Med Imag Graph* 1997 ; 21 : 153-164.
- 17) Wang G, Vannier MW. Stair-step artifacts in three-dimensional helical CT : An experimental study. *Radiology* 1994 ; 191 : 79-83.
- 18) Hu H, Shen Y : Helical reconstruction algorithm with user-selectable section profiles. *Med Phys* 1998 ; 25 : 2130-2138.
- 19) Sakai O, Shen Y, Hu H, et al : Reduction of helical artifacts by longitudinal filtering algorithm in the head and neck; combined with digital deconvolution and various helical pitch scans. *Radiology* 1997 ; 205(P) : 599.
- 20) 酒井 修, 沈 雲, Hui Hu, 他 : Smart-Helicalアルゴリズムによるhelical artifactの軽減. *日本医放会誌* 58 : 527-530, 1998.