

Title	Thin section/high pitchヘリカルCTの肺小腫瘍性病変に対する臨床応用に関する検討
Author(s)	堀口, 純; 福田, 浩; 木曾, 哲司 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1999, 59(3), p. 53-59
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17793">https://hdl.handle.net/11094/17793</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# Thin section/high pitchヘリカルCTの肺小腫瘍性病変に対する臨床応用に関する検討

堀口 純<sup>1)</sup> 福田 浩<sup>1)</sup> 木曾 哲司<sup>1)</sup> 栗井 和夫<sup>2)</sup>

1)尾道総合病院放射線科

2)広島大学放射線医学教室

## Utility of Thin-section/High-pitch Helical CT for the Assessment of Small Lung Nodules

Jun Horiguchi<sup>1)</sup>, Hiroshi Fukuda<sup>1)</sup>,  
Tetsushi Kiso<sup>1)</sup> and Kazuo Awai<sup>2)</sup>

To determine the utility of thin-section/high-pitch CT for the assessment of small lung nodules, a lung phantom was scanned on 1mm width collimation at variable pitches of 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0. Images obtained at pitch 3.0 were degraded visually. Secondly a bead phantom was scanned on 1 mm width collimation at pitches of 1.0, 1.5, 2.0 and 3.0. Focus size was determined with a variable setting of small and large. We obtained maximum and full width at half maximum (FWHM) scans and performed a clinical study of small lung nodules on 1 mm width at pitch 2.0 on small focus. Thirdly, we estimated the image quality of 1 mm/2 mm helical scans in comparison with 1 mm/1 mm helical scans. Comparison was made using axial, MPR and 3D-CT (MIP) images. The axial and MIP images were almost equal qualitatively, whereas MPR images were degraded, especially in the near region of the heart and great vessels, due to motion artifacts. We emphasize the utility of 1 mm/2 mm helical CT in scanning a much larger volume with the same breath holding.

Research Code No. : 506.1

Key words : Thin section/high pitch, MPR CT, 3D (MIP) CT, Pulmonary nodule

Received Sep. 10, 1998; revision accepted Dec. 16, 1998

1) Department of Radiology, Onomichi General Hospital

2) Department of Radiology, Medical School of Hiroshima University

## はじめに

肺野腫瘍性病変に対して、thin-section CT, 3D-CTを応用して、その性状を解析する報告が最近多くみられる<sup>1)-5)</sup>。スライス厚を薄層とし、高分解能条件で再構成したthin-section CTはすぐれた濃度および空間分解能を有し肺の微細構造の描出に有利であるが、ヘリカルスキャンを応用した際は、1回の息止めでの撮像範囲が小さく限定され多断層再構成像や3次元画像の作製には不利である。テーブル移動速度がスライス厚より大きい、いわゆるhigh pitchヘリカルCTは大きいvolume dataが得られるが、体軸方向の分解能などの可否等については実際には妥当性の根拠なく施行されているのが実状である。そこで我々はファントムおよび臨床症例を対象としてthin section/high pitchヘリカルCTの有用性の検証をpitchの選択や横断像・MPR像・MIP像に及ぼす影響に着目して行った。

## ファントムによる基礎的検討対象と方法

使用した装置はGE社製High Speed Advantage SGおよびワークステーション(Advantage Windows)である。まず、肺ファントム(京都科学標本PBU-S-2)を使用しthickness 1mm, 140kV, 160 mA, FOV 19cm, matrix 512, bone algorithmでhelical pitch 1.0・1.5・2.0・2.5・3.0でヘリカルスキャンを行った。これらを1mm間隔で横断像および冠状断を再構成し、pitchの違いによる画質の差異を検討した。pitch 1.0の画像を基準とし、pitch 1.5・2.0・2.5・3.0の画像で肺血管影の描出に劣下が生じるか否かに着目した。

次に微小球体(0.5mm径鉄球)を用いたスライス感度プロファイル(SSPz)(スライス厚内の感度の変化曲線)の測定を行った。スライス厚は1mmで、焦点は小焦点(0.7×0.9mm)および大焦点(1.2×1.2mm)の二通りで撮影を行った。pitchは1.0・1.5・2.0・2.5・3.0としてスライス感度プロファイルを取得し、これをフーリエ変換することによりfull width half max (FWHM)(スライス感度プロファイルの高さの1/2の幅)を求め、これを実効スライス厚と見做した。

## 結 果

肺ファントムの横断像ではpitch3まで殆ど画質劣化を生じ

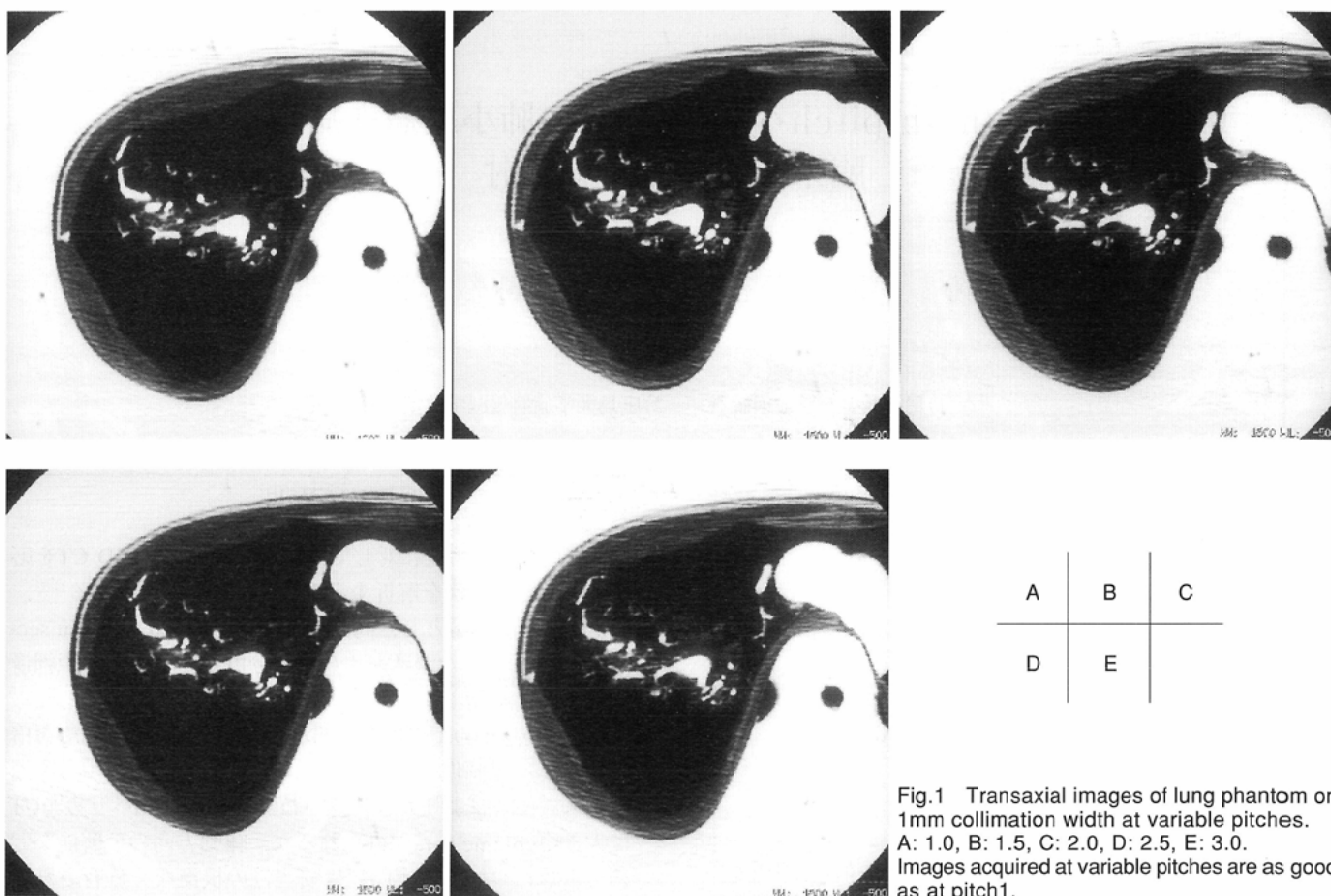


Fig.1 Transaxial images of lung phantom on 1mm collimation width at variable pitches. A: 1.0, B: 1.5, C: 2.0, D: 2.5, E: 3.0. Images acquired at variable pitches are as good as at pitch1.

なかった(Fig.1 A~E). 冠状断像ではpitch3で血管の不整が目立ってきた(Fig.2 A~E). 焦点サイズ別・pitch別の実効スライス厚をしめす(Table 1). 臨床的検討に用いるpitchの選択に苦慮したが, 空間分解能を重視して小焦点で実効スライス厚が1.65mmとなるpitch2を用いて臨床的検討を行うことにした.

#### 臨床的検討対象および方法

対象は1997年9月~1998年4月に当院放射線科でCTを施行し, 最大径3cm以下の肺野小腫瘍を認めた75症例である. 性別は男性38名, 女性37名で年齢は32歳から82歳に分布し, 平均62歳であった.

全肺ヘリカルCT(7mm厚, 10.5mm移動pitch1.5)で検出された小腫瘍部を中心とし, pitch1および2で140kV, 200mA(小焦点), 20秒の息止めでthin-section helical CTを撮像した. 横断像はFOV 19cm, matrix 512, bone algorithmを使用した. 再構成間隔はいずれも0.5mmでpitch1, pitch2でそれぞれ40枚, 80枚の横断像を取得した. これは高精細3Dを目指す場合, aliasing artifactの発生を最小限に抑えるには, 横断像の再構成間隔はtable移動の半分が経験および理論上(ヘリカル補間の特性), 良いとされる<sup>6)</sup>ことに基づいた. windowレベルは-500HU, window幅は1500HU(肺野条件)と統一した. 石灰化や内部含気などの腫瘍内部性状の解析に際し, standard algorithmの縦隔条件を適宜追加した.

MPR(multi-planar reformat)像は腫瘍部および肺野全体の

矢状断像, 冠状断像を10枚ずつ作製した. MPRスライス厚はpitch1, pitch2でそれぞれ1.3mm, 1.7mm厚とした. これは両者で同等のS/N比を得るためであり, このスライス厚は横断像で検討したスライス厚と対応しているからである. また両者とも2mm以下でthin-section CTと呼称するにふさわしく, 0.4mmの差はFOV19cm matrix 512で1voxel分であり, 人体をスキャンするにおいて重大なpartial volume effectや空間分解能の差を生ずるとは思わなかったからである. MPR像の再構成間隔は腫瘍部は1~3mmで, 肺野は10mm間隔とした. 胸膜近傍の腫瘍では胸膜にはほぼ垂直な断面像を必要に応じて再構成した. 3D-CT像はAdvantage Windowに組み込まれているlung用ソフトを使用し, rendering modeはsurface shaded display(SSD)に比べ血管や気管支の連続性がよく, 高次末梢まで肺血管が描出される<sup>7)</sup>MIPを採択した. 3D-CT像は腫瘍が関与するvasculatureを軸として, 頭尾方向の投影像から30°ずつ回転し, 体軸(Z軸)を含有するまでの4投影像を作製した(Fig.3). これはテーブル移動速度の違いによる体軸方向の分解能の低下が冠状~斜冠状方向の投影像に近づくにつれ強く生じてくるであろうと考えたためである. この際, 腫瘍が存在しない領域の血管の重なりを回避する為に, 腫瘍を含む楔形の領域をコンピューター上で用手的に抽出した. またpitch1, pitch2で吸気の深度が微妙に異なるので, 横断像を比較読影しpitch2の80枚の画像の中から, pitch1の40枚の位置情報に相当すると思われる40枚を選択し, 画像処理を行った. なお, MPR像および3D-CT(MIP)像は75例中47例で作製した. 横断像およびMPR像に

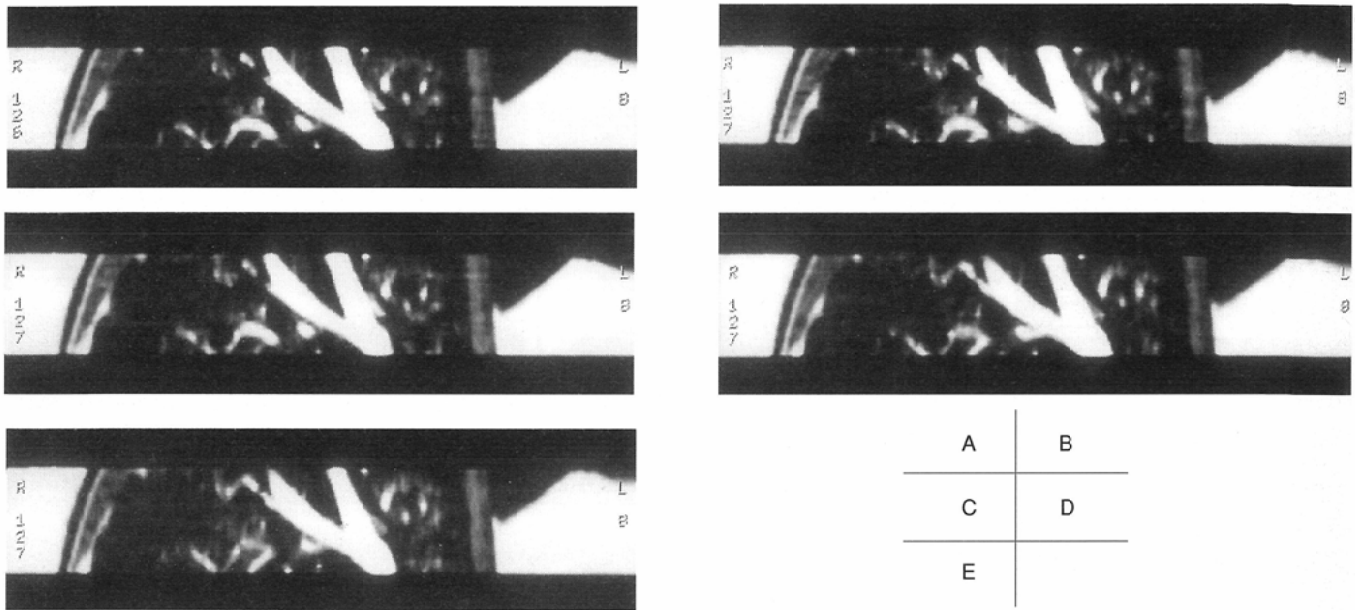


Fig.2 Coronal reformatted images of lung phantom on 1mm collimation width at variable pitches.

A: 1.0, B: 1.5, C: 2.0, D: 2.5, E: 3.0.

Pulmonary vessels at pitch3 are irregular.

おける検討項目は以下の通りである。

(1) 腫瘍部性状

辺縁性状, 棘状突起

石灰化

内部含気(空洞・気管支透亮像)

スリガラス濃度

胸膜陥入像

(2) 既存の肺野構造示現能

(a) bronchovascular bundle

(b) 葉間胸膜

(3) 胸壁および縦隔構造

3D-CT (MIP) 像に関しては上述のような詳細な評価は無理であるので主として体軸方向の分解能を検討する目的で腫瘍や血管に生じてくるrotation effectによるstair-step artifact<sup>8)</sup>の発現に着目した。検討は

(1) 腫瘍部形状

(2) vasculature

とした。以上の検討項目に関して、pitch1の画像をstandardとしpitch2の画像がほぼ同等(good), 軽度劣化(fair), 劣化(poor)とgradingし評価した。判定は3名の放射線科専門医が個々に読影し一致した場合はそのまま所見とし、一致しなかった場合は三名が協議し合意した段階で所見とした。

Table 1 Phantom study

ST/pitch	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1mm S	1.27	1.40	1.65	1.67	1.90
1mm L	1.64	1.68	1.76	1.98	2.14

ST = section thickness

S = small focus

L = large focus

本検討では心大血管拍動によるmotion artifactが問題となるのを予測しthin-sectionヘリカルCTがスキャンされた範囲が下記のいずれに属するかで分類した。

group I: 左心室が含まれる左中～下肺野

group II: 心大血管が含まれる左右の肺野でgroup I以外の領域

group III: 大動脈弓より上の左右上肺野および心室より下の左右下肺野

更にこれらを縦隔側寄り(inner zone), 胸壁側寄り(outer zone)と2分画した(Fig.4)。

## 結果

横断像の検討ではpitch2の腫瘍部性状はpitch1を基準としてgroup I～IIIの全てでgoodと評価された。性状項目別の検討では石灰化は7例, 内部含気(空洞・気管支透亮像)は13例, スリガラス濃度は4例, 胸膜陥入像は27例存在したが全例pitch2で描出された(Table 2)。既存の肺野構造も概ねgoodと評価された(Table 3・4・5)。尚, 葉間胸膜でinnerとouterの症例数が異なるのはvariationの為である。

MPR像の検討では腫瘍部性状は36例/47例でgoodであった。group間の症例数に偏りがあるもののgroup Iやinner zoneでは描出がやや劣る傾向がみられた(Table 6)。石灰化は2例, 内部含気は1例, スリガラス濃度は1例で全例描出された。胸膜陥入像は12例中11例で描出された。描出されなかった1例は腫瘍がgroup Iに存在し, 心臓側(縦隔側)に胸膜陥入が存在した症例であった。既存の肺野構造はbronchovascular bundle 48例/94例(Table 7), 葉間胸膜79例/102例(Table 8), 胸壁および縦隔構造33例/94例(Table 9)でgoodと評価された。group別ではIII > II > I, zone別ではouter > innerで良好な描出が得られた。

3D (MIP) 像の検討では腫瘍部性状は44例/47例(Table 10),

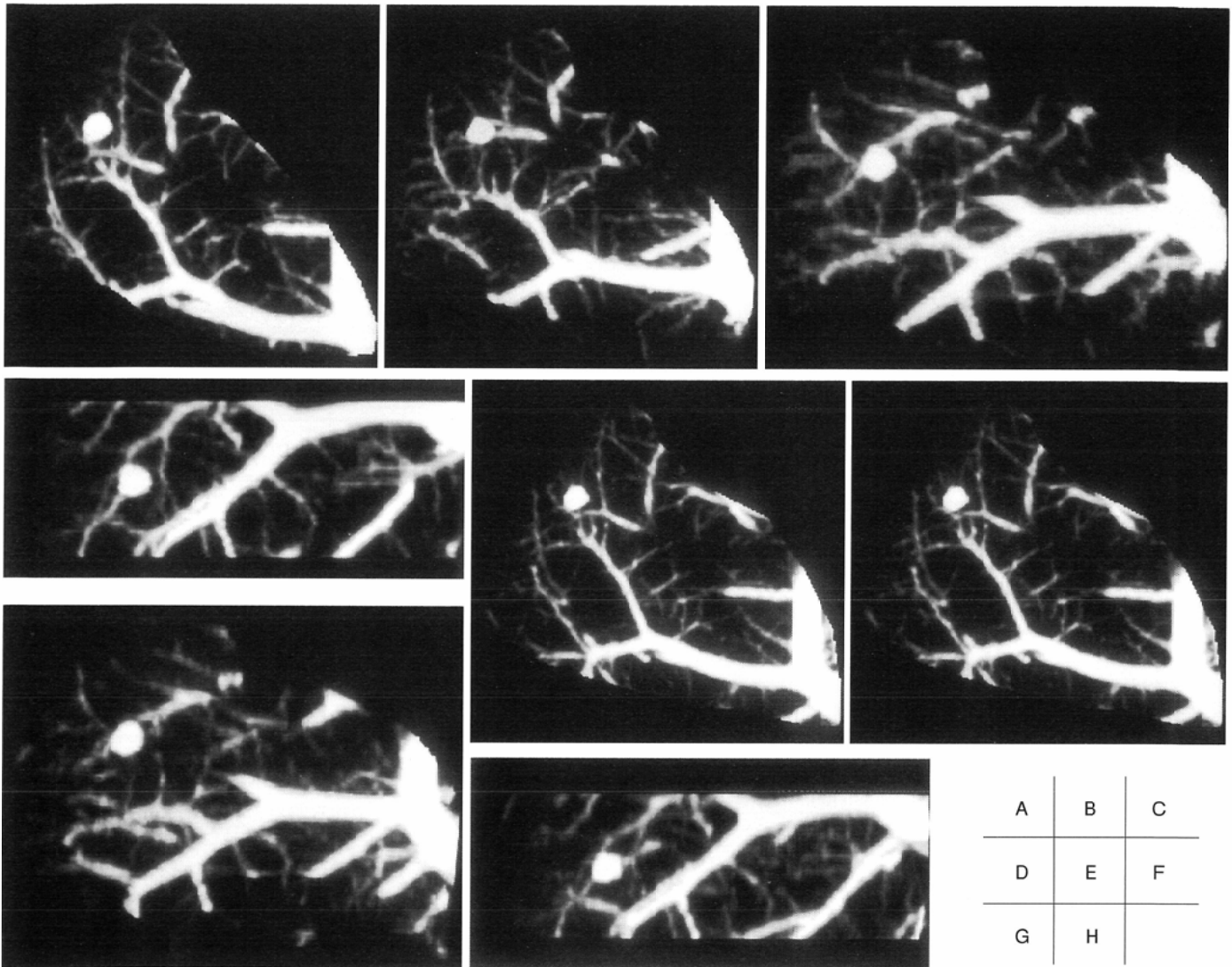


Fig.3 65-year-old woman with inflammatory nodule in rt. S<sup>4</sup>.  
 A~D: 1mm/1mm scan. A: inferior, B: 30°, C: 60°, D: semi-coronal.  
 E~H: 1mm/2mm scan. E: inferior, F: 30°, G: 60°, H: semi-coronal.  
 1mm/1mm scan and 1mm/2mm scan images are almost equal qualitatively.

vasculatureは80例/94例(Table11)でgoodと評価された。

考 察

肺腫瘍thin section CT像と、病理標本との対比は1990年前

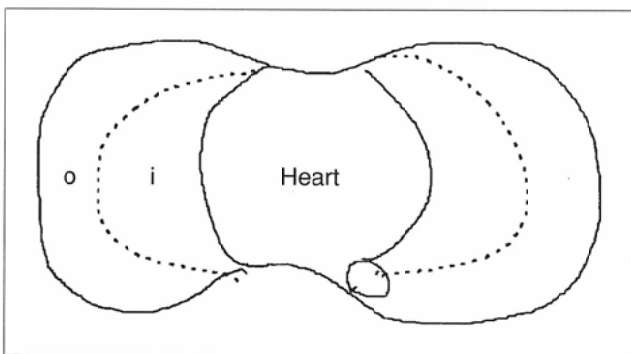


Fig.4 Compartment of inner and outer zones.  
 i = inner, o = outer.

後に精力的に行われ<sup>1),2)</sup>, ヘリカルCTが普及した最近では3D-CTによる解析も多くみられるようになった<sup>3),4)</sup>. ヘリカルCTの肺腫瘍への応用といってもスライス厚は1mm<sup>3)</sup>, 2mm<sup>5)</sup>, 5mm<sup>4),5)</sup>, 8mm<sup>9)</sup>, 10mm<sup>5)</sup>などとまちまちでテーブル移動速度も一定ではない。

Huらのファントム実験によればスライス厚を固定すればpitchが小さい程、Z軸方向の分解能が良好であり、スキャンボリューム(すなわちテーブル移動速度)が一定であればスライス厚大、pitch小よりスライス厚小、pitch大の方がZ軸方向の分解能は優れているという<sup>10)</sup>. Paranjpeらはファントム・摘出肺・生体肺3例を対象とし、スライス厚(1, 3, 5, 8mm), pitch(1, 2), 線形補間法(180°, 360°)を可変パラメータとして検討した結果、画質にはテーブル移動速度や補間法よりスライス厚(が小さいこと)と高分解能表示の影響が大であったと述べている<sup>11)</sup>. そこで我々は1mm厚、2mmテーブル移動でスキャンを行い、通常の1mm移動スキャンと比較し、その妥当性を検証した。結果に示されるように横断像での検証ではpitch2はpitch1と比較して遜色無か

Table 2 Nature of small nodules on axial images

	group I		group II		group III	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	3	5	10	54	2	1
good	3	5	10	54	2	1
fair						
poor						

Table 4 Interlobar pleura on axial images

	rt. major		rt. minor		lt. major	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	43	43	9	9	21	23
good	41	42	8	9	21	23
fair	2	1	1			
poor						

Table 6 Nature of small nodules on MPR images

	group I		group II		group III	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	3	3	5	35	1	
good		2	3	30	1	
fair	3	1	1	5		
poor			1			

Table 8 Interlobar pleura on MPR images

	rt. major		rt. minor		lt. major	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	25	27	9	8	16	17
good	16	25	8	8	6	16
fair	9	2	1		10	1
poor						

Table 10 Nature of nodules on 3D (MIP) images

	group I		group II		group III	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	3	3	5	35	1	
good	1	2	5	35	1	
fair	2	1				
poor						

Table 3 Bronchovascular bundles on axial images

	group I		group II		group III	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	8	8	64	64	3	3
good	8	8	63	64	3	3
fair			1			
poor						

Table 5 Chest walls and mediastinal structures on axial images

	group I		group II		group III	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	8	8	64	64	3	3
good	8	8	64	64	3	3
fair						
poor						

Table 7 Bronchovascular bundles on MPR images

	group I		group II		group III	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	6	6	40	40	1	1
good		3	8	35	1	1
fair	3	3	26	5		
poor	3		6			

Table 9 Chest walls and mediastinal structures on MPR images

	group I		group II		group III	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	6	6	40	40	1	1
good		3	4	24	1	1
fair	2	3	32	16		
poor	4		4			

Table 11 Vasculature on 3D (MIP) images

	group I		group II		group III	
	inner	outer	inner	outer	inner	outer
No. of cases	6	6	40	40	1	1
good	3	5	34	36	1	1
fair	3	1	5	4		
poor			1			

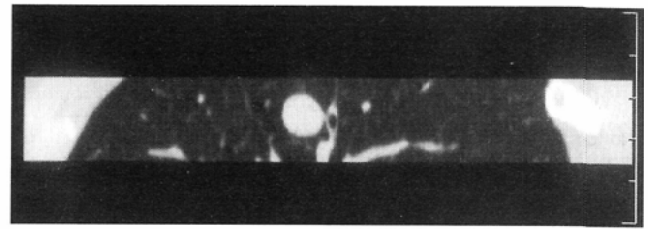
った。

ヘリカルCTのconventional CTに対する優位性としてはCT-angiography, 3D-CTが作製できる点が大きく、このためには体軸方向の分解能が重要である。したがって我々はpitch2におけるMPR像, MIP像の評価も重視した。ParanjpeらによるとZ軸方向の分解能はスライス厚の増加に伴って低下し、この効果はconventional CTよりヘリカルCTに強くあらわれるという<sup>11)</sup>。Kasalesらは2mm厚でpitch1.0と1.5の

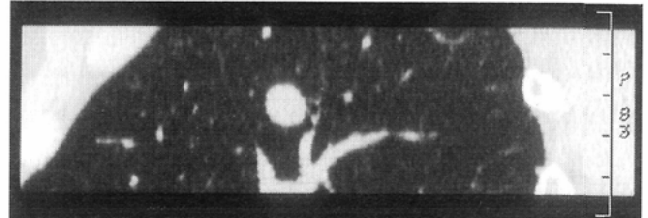
ヘリカルCTとconventional CTを施行した結果、ヘリカルCTのZ軸方向の分解能はoverlapなしのconventional CTより良好で50%overlapしたconventional CTと同等であったとしている。興味深いことに、理由は定かではないとしながらもpitch1では再構成間隔を2.0mm, 1mm, 0.5mmと小さくする程、分解能は向上するも、pitch1.5では再構成間隔を3.0mm, 1.5mm, 0.75mmと変化させてもZ軸方向の分解能は変わらなかったとしている<sup>11)</sup>。郷野らもテーブル移動速度



(A)

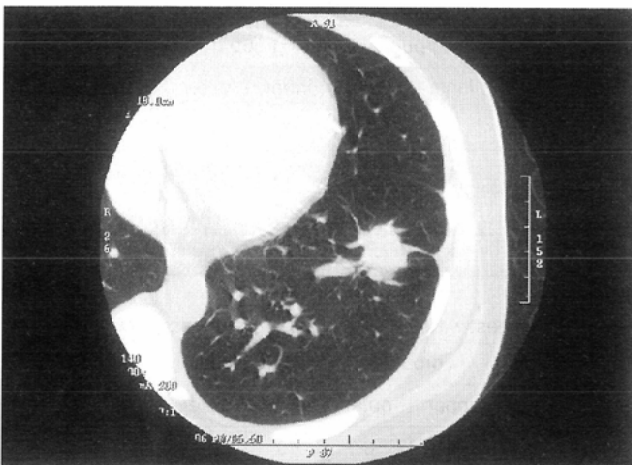


(B)

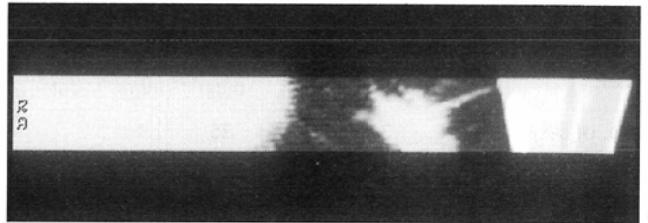


(C)

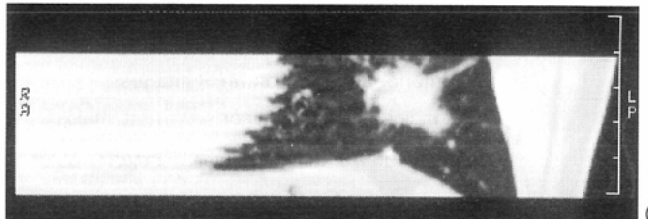
Fig.5 A 34-year-old woman with pulmonary hamartoma.  
 A: Clearly demarcated mass is seen in rt. S<sup>1</sup>.  
 B: Sagittally reformatted image of 1mm/1mm (pitch1) scan.  
 C: Sagittally reformatted image of 1mm/2mm (pitch2) scan.  
 The contour of the mass and proximal vessels on 1mm/2mm scan are irregular.



(A)



(B)



(C)

Fig.6 A 43-year-old woman with lung cancer in rt. S<sup>8</sup>.  
 A: Irregular mass with pleural indentation is seen in rt. S<sup>8</sup>.  
 B: Semi-coronally reformatted image of 1mm/1mm (pitch1) scan.  
 C: Semi-coronally reformatted image of 1mm/2mm (pitch2) scan.  
 Irregularity of LV wall is accentuated on 1mm/2mm scan, although the lateral chest wall and diaphragm are smooth.

をスライス厚以上にしたhigh pitchヘリカルでは実効スライス厚を考慮した再構成間隔が望ましく、テーブル移動速度を上げて半値幅が殆ど変化しないことを考えれば、通常はスライス厚を再構成間隔として問題ないという<sup>8)</sup>。今回の検討ではMPR像、3D-CT(MIP)像の作製の便宜上、横断像の再構成間隔をいずれも0.5mmとしたが、今後は1mm厚pitch2ヘリカルでの再構成間隔は1mmで十分であろうと思われる。

MPR像の検証では腫瘍性状がgoodと評価されたのは47例中36例であった(Table 6)。MPR像は病変の広がりを把握するのに有用であるが腫瘍性状の正確な評価には適さず、特に傍心臓領域で注意を要すると思われた(Fig.5)。bronchovascular bundleはouter zoneでは不整と認識される程の、大きな或いは連続した構造物が存在しないこともあってか劣化は目立たなかったが、inner zoneでは拍動する肺動脈、特に体軸となす角が大となる部分に画像劣化がみられた。胸壁の大部分は良好な描出を示したが、体軸となす

角度が大きい部では軽度の劣化が生じた。縦隔では特に左室の辺縁が矩形状となり不整であった(Fig.6)。pitch2を用いた画像の読影においては、心大血管や体軸となす角が大である構造物と腫瘍が近接している症例では、その相互関係の理解に注意が必要であると思われる。

3D-CT(MIP)像の検証では、心臓や横走血管にartifactが生じたものの<sup>13)</sup>、その程度はMPR像より軽度であった。3D-CT(MIP)像は投影方向の大きなvolume dataであるという性質上、体軸方向の分解能低下に起因するartifactがMPR像より生じ難いのではないと思われる。

Diederichsらは血管ファントムを用いて血管径、スライス厚、pitchを可変とした検討で、血管径がスライス厚より小さいときに歪みが生じやすくスライス厚は関心とする対象血管径より小さくするべきであるという<sup>14)</sup>。このことは本法(1mm厚pitch2)では1mm以上の血管を評価の対象とし得ることを意味する。本法は肺小腫瘍と1mmまでの小血管の関係を大きなボリュームで解析し得るという点で2mm厚pitch1

スキャン, 1mm厚pitch2スキャンに対する有用性をもつものと考えられる。

今回我々はファントム実験の結果に基づき, thin section-high pitchヘリカルCTとして1mm厚2mm移動の検証を行った。当院では施行できないが, 2mm厚ヘリカルCTは肺小腫瘍に対し広く用いられている。2mm厚でのhigh pitchの応用はどうか, 他施設における検討を待ちたい。

また, 現在当院では全肺野のスクリーニングとして7mm厚, 10.5mm (pitch1.5)移動を施行している。Paranjpeらは全肺スキャンのスライス厚として5mm, 8mmを推奨している。伊藤らは低被曝を主眼に置いた肺癌検診で10mm厚, 20mmテーブル移動速度が可能としている<sup>15)</sup>。スクリーニングが目的であれば体軸方向の分解能は本研究のような小腫瘍に対するスキャン程, 重要ではないであろう。全肺スキャンにおける至適スライス厚, pitchの問題も今後の課題である。さらに肝腫瘍などのような低コントラスト臓器が対象で高密度分解能が望まれる状況でのスライス厚, pitchについても検証が必要である。その他, 管電流・電圧, 線形補間法, 再構成アルゴリズムなどを含めて, 基礎的な臨床実験の重要性を感じており一石を投じた。

## 結 語

1. thin section high pitch (1mm厚)ヘリカルCTをファントムおよび肺小腫瘍性病変に施行し, 1mm厚1mm移動ヘリカルCTと比較し有用性を検証した。
2. 肺ファントムを用いて1mm厚ヘリカルスキャンを

pitch1.0・1.5・2.0・2.5・3.0で撮像した。横断像では, ほとんど画質劣化を生じなかった。冠状断像ではpitch3で血管の不整が生じた。

3. 微小球体を用いて1mm厚ヘリカルスキャンをpitch1.0・1.5・2.0・2.5・3.0で撮像した結果, 実効スライス厚(半幅幅)は小焦点では1.27mm・1.40mm・1.65mm・1.67mm・1.90mmであり, 大焦点では1.64mm・1.68mm・1.76mm・1.98mm・2.14mmであった。

4. 1mm厚, 小焦点, pitch2を用いて臨床的検討を行ったところ横断像ではpitch1とはほぼ同等な画像が得られた。

5. MPR像は病変の拡がりの把握には有用であったが腫瘍性状の正確な解析には不適切かと思われた。また心大血管, 中枢側の肺動静脈や体軸となす角度が大である構造物などの画像劣化が認められ, これらと肺小腫瘍との関係の検討には注意が必要と考えられた。

6. 3D-CT(MIP)像は, 心拍動による影響や横走する血管のartifactを認めるものの軽度であり, 概ね画質は良好であった。

7. thin section high pitch (1mm厚2mm移動)肺ヘリカルCTは, 横断像で殆ど画像劣下がなく, 限られた呼吸停止下で大きな情報の得られる有効なスキャン方法と考えられた。

## 謝辞

ファントムの計測に御協力いただいたGE-YMS工藤正章氏, またCT撮影に御協力をいただいた尾道総合病院放射線科 村上博英氏, 高原照恵氏をはじめとする技師の皆様へ深謝いたします。

## 文 献

- 1) Zwirewich CV, Vedal S, Miller RR, et al: Solitary pulmonary nodule: High resolution CT and radiologic-pathologic correlation, *Radiology* 179: 469-476, 1991
- 2) Kuriyama K, Tateisi R, Doi O et al: CT-pathologic correlation in small lung cancers. *AJR* 149: 1139-1143, 1987
- 3) 三村文利, 楠本昌彦, 大野良治, 他: 末梢部肺癌の胸膜陥入および胸膜浸潤の3次元CTによる評価. *日本医放会誌* 55: 340-342, 1995
- 4) 清水雅史, 榎林 勇, 上杉康夫, 他: 肺野末梢腫瘍性病変のヘリカルCTによる三次元立体表示. *日本医放会誌* 54: 583-591, 1994
- 5) Vock P, Soucek M, Daepf Martin et al: Lung: Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique. *Radiology* 176: 864-867, 1990
- 6) 郷野 誠, 貫井正健: Technical Spot. Helical seanについて. *Satz 2*: 14-18, 1997
- 7) 三原直樹, 栗山啓子, 木戸尚治, 他: 小型肺野型肺癌の診断におけるフラクタル解析の有用性(肺血管集束のフラクタル解析-肺野型肺癌と過誤腫の定量的評価-). *日本医放会誌* 58: 148-151, 1998
- 8) Wang G, Vannier MW: Stair-step artifacts in three-dimensional helical CT: an experimental study. *Med Phys* 191: 79-83, 1994
- 9) Costello P, Anderson W, Blume D: Pulmonary nodule: Evaluation with spiral volumetric CT. *Radiology* 179: 875-876, 1991
- 10) Hu H, Fox SH: The effect of helical pitch and beam collimation on the lesion contrast and slice profile in helical CT imaging. *Med Phys* 23: 1943-1954, 1996
- 11) Paranjpe DV, Bergin CJ: Spiral CT of the lungs: Optimal technique and resolution compared with conventional CT. *AJR* 162: 561-567, 1994
- 12) Kasales CJ, Hopper KD, Ariola DN, et al: Reconstructed helical scans: improvement in z-axis resolution compared with overlapped and non overlapped conventional CT scans. *AJR* 164: 1281-1284, 1995
- 13) Dillon EH, VanLeeuwen MS, Fernandez MA, et al: Spiral CT angiography. *AJR* 160: 1273-1278, 1993
- 14) Diedrichs CG, Keating DP, Glatting G, et al: Blurring of vessels in spiral CT angiography: Effects of collimation width, pitch, viewing plane, and windowing in maximum intensity projection. *JCAT* 20: 965-974, 1996
- 15) 伊藤茂樹, 池田 充, 太田豊裕, 他: 高速螺旋CTにおける肺癌検診のための検討-第五報 正常ボランティアによる低線量撮影の画質評価-. *日本医放会誌* 57: 923-928, 1997