OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	スパイラルCTによる中枢気管支の3次元再構成画像-気管気管支病変の描出能に関する基礎的および臨床的検討-
Author(s)	三村, 文利; 楠本, 昌彦; 河野, 通雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1996, 56(9), p. 649-656
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15318
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

スパイラルCTによる中枢気管支の3次元再構成画像
－気管気管支病変の描出能に関する基礎的および臨床的検討－

三村　文利　　楠本　昌彦　　河野　通雄

神戸大学放射線医学教室(主任　河野通雄 教授)

Three-dimensional Reconstruction Images of Central Airway Using Spiral CT : Experimental and clinical studies in the demonstrability of tracheobronchial lesions

Fumitoshi Mimura,
Masahiko Kusumoto and Michio Kono

The purpose of this study was to evaluate the role of three-dimensional reconstruction image using spiral CT (3D image) for demonstrating the tracheobronchial lesions.

In the experimental study using originally developed phantom, 3D images of simulated endobronchial protrusions were evaluated at combinations of detector collimation (1, 3 and 5mm), table speed (1, 2, 3 and 5 mm/sec), and reconstruction pitch (1 and 3 mm). 3D images with 1mm collimation, 1mm/sec table speed, and 1mm reconstruciton pitch (1/1/1) could provide the best demonstrability of simulated endobronchial protrusions. But the condition (1/2/1) is not so inferior to 1/1/1. The stair- step artifacts were caused by the effects of rotation and aliasing, which could be reduced with slow table speed and fine reconstruciton pitch.

In clinical study, 3D images (1/2/1) were applied in 34 patients with hilar lung cancer and these images were compared with bronchoscopic findings. 3D images demonstrated irregular obstructions or stenoses in 15 of 16 cases with mucosal lesions, 5 of 7 cases with submucosal lesions with mucosal invasion. On the other hand, in 4 cases with submucosal lesions without mucosal invasion and 6 of 7 cases with intramural or extramural lesions, smooth stenoses were demonstrated on 3D images. In 30 of 34 cases (88.2%), 3D images corresponded to bronchoscopic findings.

In conclusion, 3D images proved useful in demonstrating not only the obstructions or stenoses of central airway, but also mucosal irregularity. 3D-CT could be helpful for determining indication for transbronchial biopsy of hilar lung cancer.

Research Code No. : 506.1

Key words : *Lung cancer, CT, Spiral CT, Three-dimensional image, Bronchoscopy*

Received Jan. 11, 1996 ; revision accepted Mar. 31, 1996

Department of Radiology, Kobe University School of Medicine

はじめに

Spiral CTはスリップリングによる連続回転を応用し，テーブルを移動させながら螺旋状に投影データを収集するもので，短時間に広範囲のスキャンが可能である[1),2)]．また連続したボリュームデータが得られることから，3次元再構成画像(以下，3次元画像)にも応用され，その有用性が報告されている[3)-5)]．

中枢気管支の3次元画像は気道粘膜と内腔の空気との境界部を内側あるいは外側から観察した画像であるが[6),7)]，病変の立体的把握に優れ，通常のCTに付加する情報を提供するとされている[8),9)]．しかし3次元画像による気管支内腔面の性状を評価した報告は少ない[10)]．今回われわれはCTの撮像条件や再構成条件が小病変の検出能やアーチファクトの出現に与える影響を実験し，それらの至適条件を決定するため，ファントムや剖検肺を用いた検討を行った．また臨床例において至適な条件での3次元画像による腫瘍や粘膜面の表面性状の描出能を気管支鏡所見と対比検討し，臨床的有用性について評価した．

ファントムならびに剖検肺による基礎的検討

対象および方法

アクリル製の箱にφ2cmの中空の円柱を設置し，筒の周りには水を満たしたファントムを作製した．円柱の中にはφ7mm，5mm，3mm，2mm，1mmのアクリル製の半球を留置した(Fig. 1)．用いたCT装置はGE社製 Hi Speed Advantage RP(scan time 1sec/1rotation)でファントムを体軸方向に対し30度傾けて置き，管電圧 120kVp，管電流 150mAにてビーム幅 5mm，テーブル移動速度 5mm/sec，再構成ピッチ 1mm(以下，5/5/1)，3/5/1，3/3/3，3/3/1，1/1/1，1/2/1で撮像ならびに再構成を行った．補間法は180度対向ビーム補間で，3次元画像は上限値−200HU，下限値−600HUに設定したshaded surface displays(SSDs)にて作成し，アーチファクト，およびアクリル半球の描出能について検討した．

剖検肺は左上葉枝原発の肺癌で20%ホルマリンで伸展固定し，気管下部から左上葉枝分岐部までの範囲を肺，縦隔

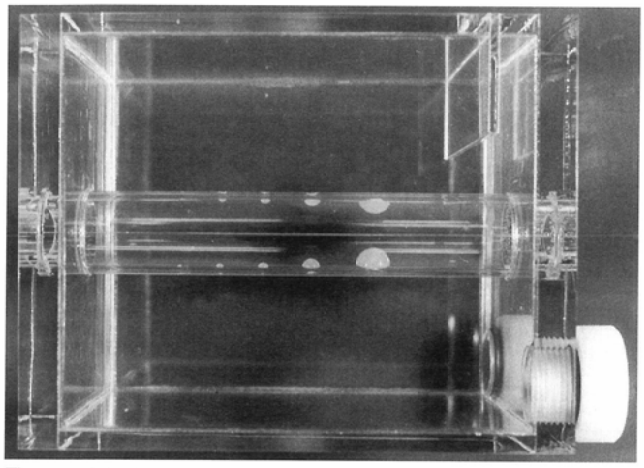


Fig.1 originally developed phantom for evaluation of endobronchial protrusion

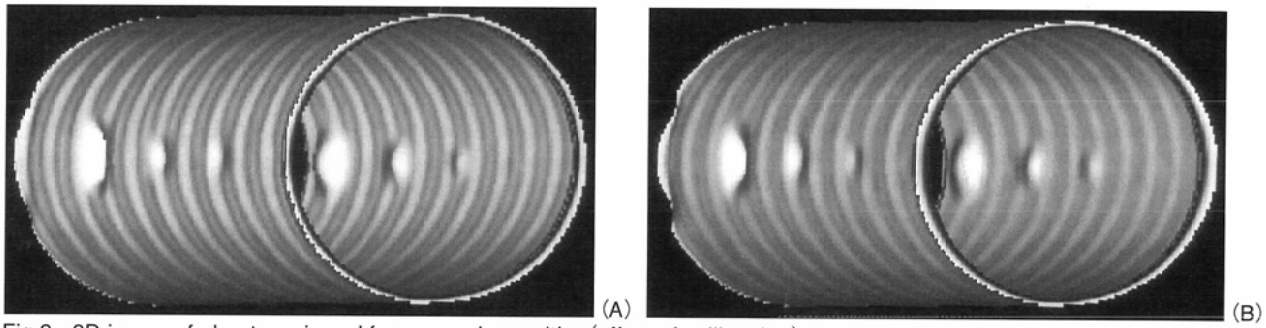
を一塊として横断したもので，臨床例と同様の条件(管電圧120kVp，管電流250mA)で撮像し，3次元画像を作成した．剖検肺を用いた実験の目的は気管支病変が臨床例とほぼ同じ組織環境下にあり，心拍動や呼吸によるアーチファクトを受けない状態での病変部の描出能を評価することである．

結　果

1．ファントムを用いた実験

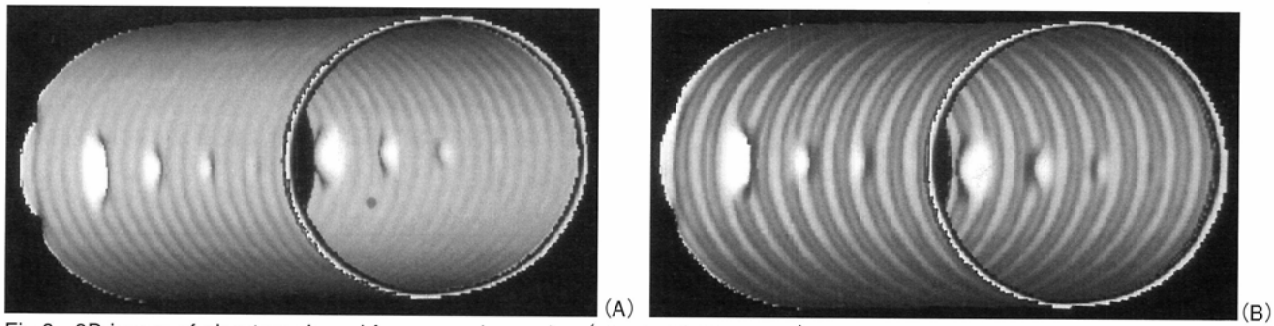
1)ビーム幅の与える影響(Fig.2)

ビーム幅を3mmあるいは5mmとし，テーブル移動速度5mm/sec，再構成ピッチ1mmと一定にした場合では頭側からの観察で5mm間隔の全周性の縞状のアーチファクトが見



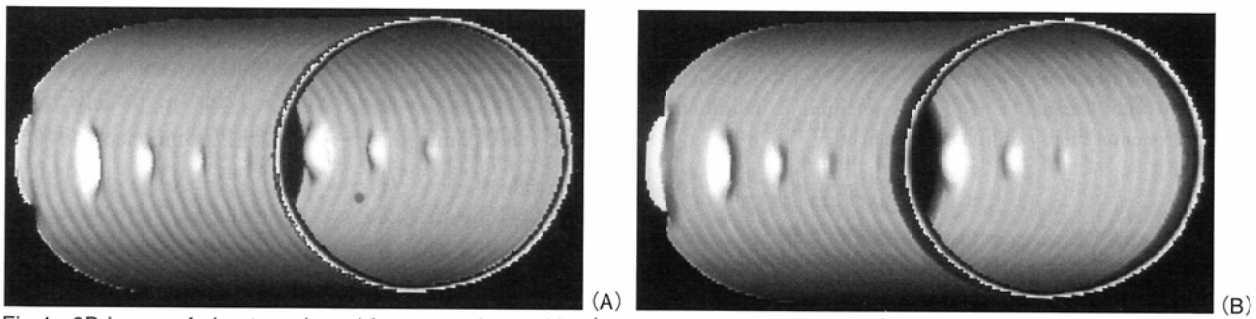
(A) (B)

Fig.2 3D image of phantom viewed from superior position (effect of collimation)
5mm/sec table speed, 1mm reconstruction pitch
A : 3mm collimation (3/5/1)
B : 5mm collimation (5/5/1)



(A) (B)

Fig.3 3D image of phantom viewed from superior positon (effect of table speed)
3mm collimation, 1mm reconstruction pitch
A : 3mm/sec table speed (3/3/1)
B : 5mm/sec table speed (3/5/1)



(A) (B)

Fig.4 3D image of phantom viewed from superior position (effect of reconstruction pitch)
3mm collimation, 3mm table speed
A : 1mm reconstruction pitch (3/3/1)
B : 3mm reconstruction pitch (3/3/3)

られた．アクリル半球は3mmのビーム幅の方が5mm幅に比して明瞭に描出され，ビーム幅をテーブル移動速度より小さくしたことによるノイズも見られなかった．しかし共にφ2mmまでの描出に留まり，φ1mmのアクリル半球は描出されなかった．

2)テーブル移動速度の与える影響(Fig. 3)

ビーム幅3mmと一定にし，テーブル移動速度3mm/secあるいは5mm/secとし，再構成ピッチ1mmとした場合では，頭側からの観察で縞状のアーチファクトはテーブル移動速度5mm/sec(3/5/1)では5mm間隔であったのに対し，3/3/1では3mm間隔で見られた．半球の描出能については3/3/1の条件下ではφ1mmの半球もわずかに描出され，半球の描出能はテーブル移動速度を遅くした方が良好であった．

3)再構成ピッチの与える影響(Fig. 4, 5)

ビーム幅3mm，テーブル移動速度3mm/secと一定にして撮像し，再構成ピッチ1mmと3mmでは，ともに3mm間隔の縞状のアーチファクトが見られた．正面からの観察では再構成ピッチ1mm(3/3/1)では螺旋状のアーチファクトが見られたのに対し，3/3/3では螺旋状のアーチファクトはごく軽度であり，階段状のアーチファクトが出現した．半球の描出能については3/3/3ではφ1mmは描出されず，半球の描出能は再構成ピッチを小さくした方が良好であった．

4)1/2/1と1/1/1の比較(Fig.6)

ビーム幅1mm，テーブル移動速度1mm/sec，再構成ピッチ1mm(1/1/1)では，頭側からの観察で螺旋状あるいは縞状のアーチファクトは認めず，半球はφ1mmまで良好に描出された．同じ1mmのビーム幅でテーブル移動速度を2mm/secとし，再構成ピッチ1mm(1/2/1)では，2mm間隔の縞状のアーチファクトがわずかに見られたが，半球はφ1mmの半球まで比較的明瞭に描出され，テーブル移動速度よりビーム幅を薄くしたことによるノイズも見られなかった．

2．剖検肺を用いた実験

Fig. 7に示す肺癌の剖検肺では左主気管支に表面不整の腫瘍が露頭しているのが観察される．3次元画像の頭側からの観察では3/3/3では腫瘍表面は平滑な像として描出される．3/3/1では腫瘍表面にやや凹凸が見られ，1/2/1，1/1/1の順に腫瘍表面が不整像を呈し，気管支鏡所見に近づくが，微細な顆粒状の変化は描出されなかった(Fig. 8)．左前方向からの観察では，左主気管支の狭小化が見られるが，頭側からの観察と同様に，3/3/3，3/3/1，1/2/1，1/1/1の順に狭窄部の凹凸不整が明瞭となるが，微細な顆粒状変化は描出されていない．ファントム実験と同様に3/3/3では階段状のアーチファクトが見られ，3/3/1，1/2/1では螺旋状のアーチファクトがわずかに見られる．

1/2/1は頭側，左前側，いずれの観察においても1/1/1と比較し，わずかに描出能は劣るものの，腫瘍表面の結節状不整が描出され，臨床例は1/2/1の条件で，撮像並びに再構成を行った．

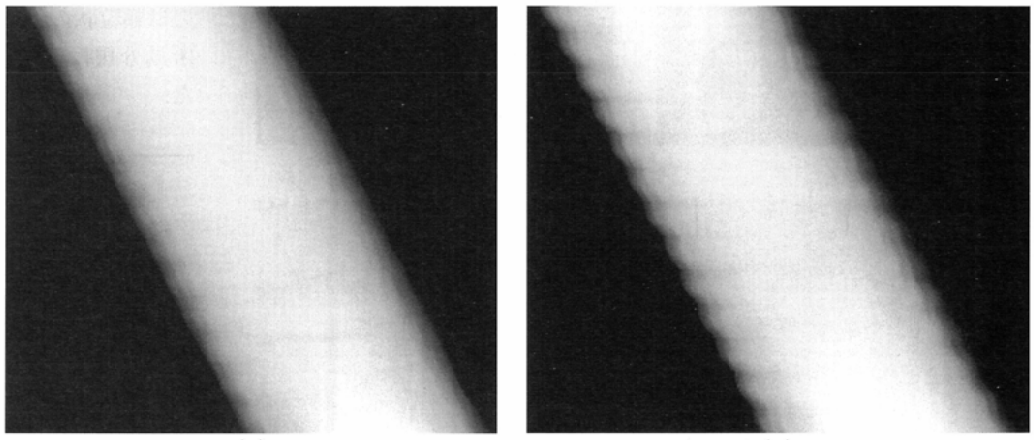


Fig.5　3D image of phantom viewed from anterior position (influence of reconstruction pitch)
3mm collimation, 3mm table speed
A : 1mm reconstruction pitch(3/3/1)
B : 3mm reconstruction pitch(3/3/3)

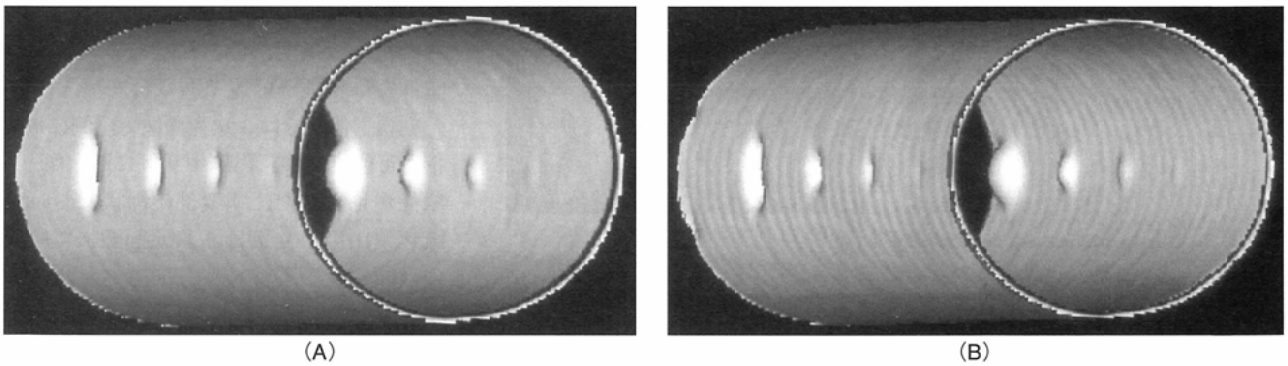
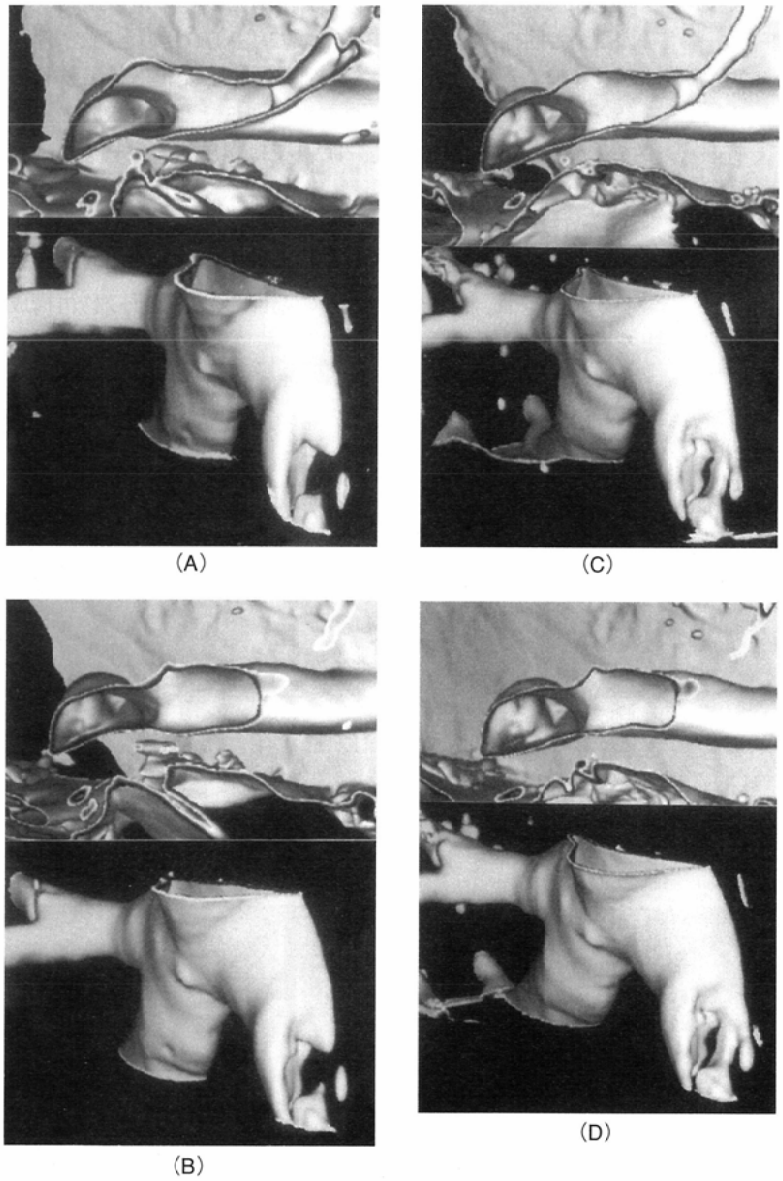


Fig.6　3D image of phantom viewed from superior position
A : 1/1/1
B : 1/2/1

Fig.7 Bronchoscopy
An endobronchial tumor with irregular surface is visualized in the left main bronchus.



(A) (C) (B) (D)

Fig.8 3D image of postmortem specimen of lung cancer (upper row : superior view, lower row : anterior left view)
A : 3/3/3
B : 3/3/1
C : 1/2/1
D : 1/1/1

臨床的検討

対象および方法

対象は気管からII次気管支内あるいは周囲に病変を有する原発性肺癌34例で,男性30例，女性4例，年齢は43～76歳で平均63.7歳である．肺癌取扱規約の気管支鏡所見分類[11]による内訳は粘膜主体型16例，粘膜下主体型18例で，粘膜主体型は結節隆起型10例，ポリープ型4例，表層浸潤型2例で，粘膜下主体型は上皮下型11例(粘膜面平滑4例，粘膜面不整7例)，壁内あるいは壁外型7例である．使用したCT装置はファントム実験と同じGE社製Hi Speed Advantage RPで，管電圧150 kVp，管電流250mAでX線ビーム幅1mm，テーブル移動速度2mm/secにて約30秒間の息止めスキャンを行い，再構成はFOV 9.6cm，matrix 512 × 512で1mmピッチとした．3次元画像は縦隔組織や肺野末梢の血管がカットされるように上限値−200HU，下限値−600HUに設定し，SSDsで行った．CTの撮像は生検による影響がないように気管支鏡施行日より2週前から前日までに行った．得られた3次元画像は池田の気管支造影所見分類[12]を改訂した分類を用い，放射線科医2名が合議のもとに不整形閉塞，閉塞中断，尖形閉塞，不整形狭窄，全周性狭窄，偏在性狭窄に分類し(Fig.9)，気管支鏡所見と比較検討した．不整形閉塞あるいは不整形狭窄は病変部が結節状あるいは顆粒状の不整像を呈するものとしその他の所見分類は病変部が平滑像を呈するものとした．

結　果

結果をテーブルに示す(Table 1)．

臨床例の3次元画像ではファントムあるいは剖検肺による基礎的実験と異なり，輪状軟骨と異なる体軸方向に垂直な凹凸状のアーチファクトが出現した．アーチファクトはほぼ等間隔に見られ，下葉枝に向かうほど顕著であった．また被検者によりその間隔や顕著さが異なっていた．しかしこのアーチファクトは規則的に見られたため，病変部の結節状あるいは顆粒状の不整像とは鑑別が可能であった．

粘膜主体型では3次元画像で全例に病変部の指摘が可能であり，16例中9例に閉塞像，7例に狭窄像が見られた．病変部の性状においては結節隆起型10例中9例は3次元画像にて結節状あるいは顆粒状の不整像として描出され，ほぼ気管支鏡所見と不整の有無が一致した(Fig. 10)．他の1例は気管支鏡所見では表面不整な腫瘍が露頭していたが，血痰の付着のため，3次元画像では表面が平滑な偏在性狭窄を示した．ポリープ型

では腫瘍表面が3例が不整像として，1例が表面平滑像として描出されたが，いずれもほぼ気管支鏡所見と相関した．気管支鏡所見にて粘膜の顆粒状変化が見られた表層浸潤型の2例は3次元画像でも病変部の不整像が描出可能であった(Fig.11)．

粘膜下主体型では18例中17例に3次元画像で病変部の指摘が可能であり，3例が閉塞像として他の14例は狭窄像として描出された．微細な粘膜不整像のみを所見とした上皮下型の1例は3次元画像で病変部の指摘が困難であった．病変部の性状においては上皮下型で気管支鏡所見にて粘膜の顆粒状不整を呈した7例中5例は3次元画像にて病変部の不整像が描出できたが(Fig.12)，他の2例は微細な不整像が描出し得なかった．気管支鏡所見にて病変部が発赤あるいは浮腫状を呈するのみで，粘膜の不整が見られなかった4例はいずれも3次元CTで表面が平滑像として描出され，1例が尖形閉塞，2例が全周性狭窄，1例が偏在性狭窄であった．壁内あるいは壁外型7例中6例は3次元画像では病変部が平滑な圧排像を示し，いずれも偏在性狭窄として描出された(Fig.13)．1例は呼吸停止が不十分なため，病変部が不整像として描出された．

3次元画像にて病変部の指摘が可能であった症例は34例中33例(97.1%)，病変部の性状が気管支鏡所見とほぼ相関した症例は粘膜主体型では16例中15例(Table 2)，粘膜下主体型では18例中15例(Table 3)で計34例中30例(88.2%)であった．

考　　案

spiral CTによる中枢気管支の3次元画像において輪状軟骨とは異なる波状のアーチファクトが出現するが，これには心拍動によるものだけではなく，spiral CT特有のものがある．Z軸に対して斜めの位置に設置されたファントムで起こる周期的な凹凸のアーチファクトはstair-stepアーチファクトとしてWangらが述べている[13]．stair-stepアーチファクトの原因にはaliasing effectとrotation effectがある．aliasing effectは3次元画像の分解能に比べて再構成画像のsample数が不足していることを起因としたものである．またrotation effectは本来対称物を通過しないデータを補間再構成する際，対称物を通過したデータから重み付けをするためにスライス・プロファイルが変化することが要因である[14),15)]．

われわれのファントム実験においてはrotation effectは頭側から規則的な縞状の凹凸として描出され，テーブル移動速度に一致した間隔で見られた．したがって，テーブル移動速度を小さく設定することにより改善された．また同じ条件での撮像であれば，再構成ピッチが小さいほどrotation effectが顕著となったが，これはスライス・プロファイルの変化の度合をさらに細かく描出されたためと考えられる．

aliasing effectは体軸に対し，正面からでは階段状の凹凸として描出され，再構成ピッチに一致した間隔で見られた．従って再構成ピッチを小さくすることにより改善された．

以上から，aliasing effectとrotation effectによるアーチファクトの改善にはテーブル移動速度と再構成ピッチを小さく設定することが必要であると考えられた．

半球ファントムの描出能，すなわち体軸方向の分解能に関してはテーブル移動速度が小さいほど半球ファントムの描出能が向上した．また同じテーブル移動速度であれば，

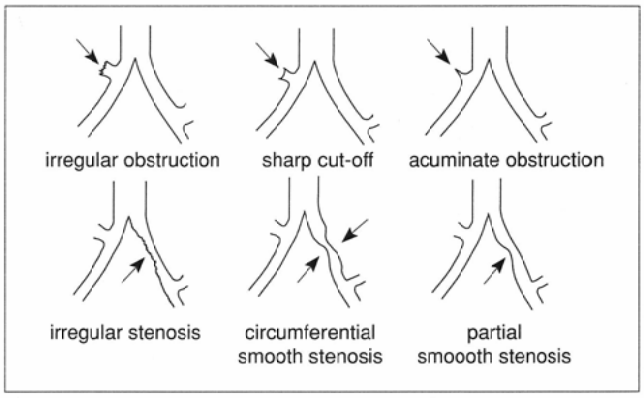
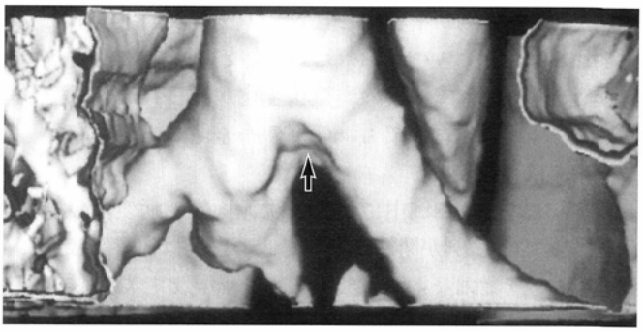


Fig.9　Classification of 3D image findings (revised Ikeda's classification of bronchographic findings)

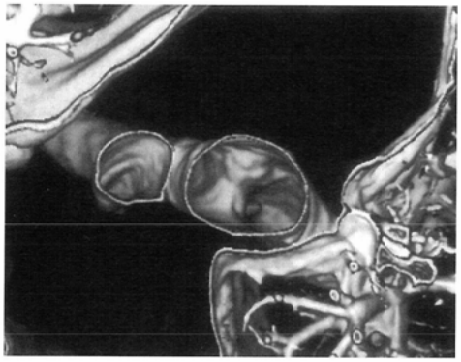
Table 1　Correlative study between findings of bronchoscopy and 3D image

Bronchoscopic findings		3D image findings						
		obstruction			stenosis			
		irregular	sharp cut-off	acuminate	irregular	circumferential smooth	partial smooth	not demonstrated
Mucosal lesion	16							
nodular	10	5			4		1	
polypoid	4	3	1					
superficial infiltrative	2				2			
Submucosal lesion	18							
subepithelial (with irregular surface)	7	2			3		1	1
(with smooth surface)	4			1		2	1	
intramural or extramural	7				1		6	

(A)

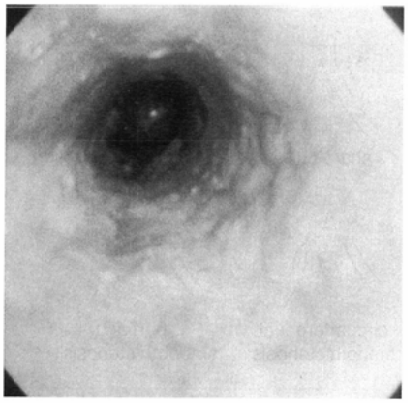


(C)

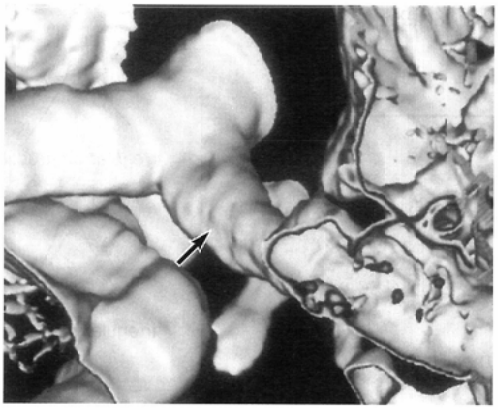


(B)

Fig. 10 Mucosal lesion (nodular type)
A : Bronchoscopy
A Tumor with irregular surface is exposed in the anterior aspect of the carina.
B : 3D image (superior view)
Endobronchial tumor is clearly visualized, which findings is correspond to bronchoscopic findings.
C : 3D image (anterior view)
Irregular stenosis in the carina is shown (arrow).



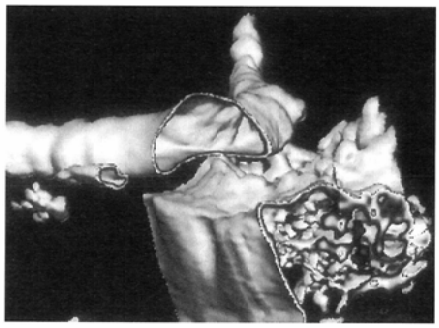
(A)



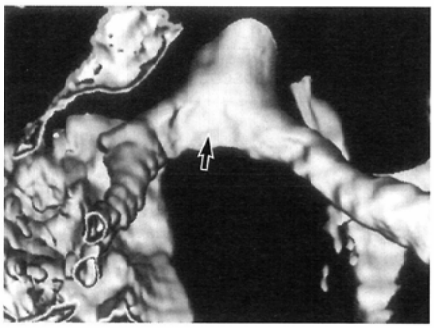
(B)

Fig.11 Mucosal lesion (superficial infiltrative type)
A : Bronchoscopy
Superficial infiltration has spread to the left main bronchus.
B : 3D image (inferior view)
Granular surface of the lesion can be well demonstrated (arrow).

(A)

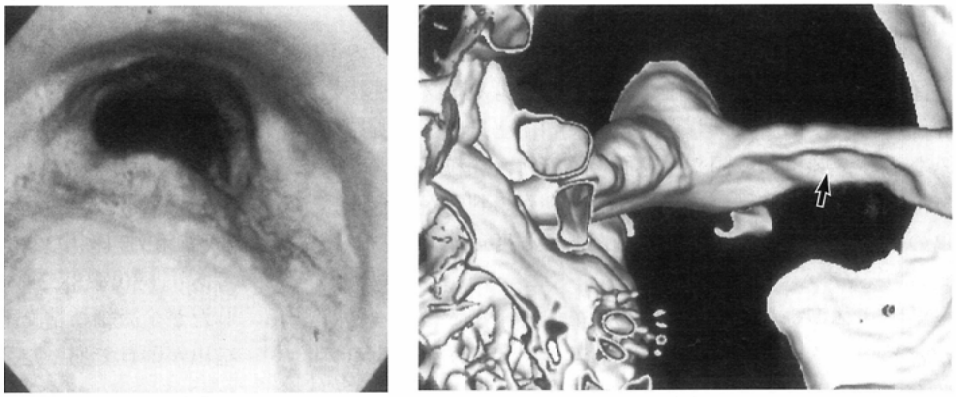


(B)



(C)

Fig.12 Submucosal lesion (subepithelial type with irregular surface)
A : Bronchoscopy
Submucosal proliferation with mucosal irregularity is seen in the carina.
B : 3D image (superior view)
A protrusion with irregular surface is demonstrated.
C : 3D image (inferior view)
Irregular stenosis in the carina is demonstrated, suspecting mucosal invasion (arrow).



(A)　(B)

Fig.13　Submucosal lesion (extramural type)
A : Bronchoscopy
Extramural compression is seen in the posterior wall of the left main bronchus.
B : 3D image (inferior view)
Partial smooth stenosis in the left main bronchus is demonstrated (arrow).

Table 2　Correlation between findings of bronchoscopy and 3D image in the cases of mucosal lesion

Bronchoscopic findings	3D image findings	
	irregular surface	smooth surface
irregular surface	14	1
smooth surface	0	1

Table 3　Correlation between findings of bronchoscopy and 3D image in the cases of submucosal lesion

Bronchoscopic findings	3D image findings		
	irregular surface	smooth surface	not demonstrated
irregular surface	5	1	1
smooth surface	1	10	0

ビーム幅が小さい方が幾分描出能が向上し，安野らの報告と一致した[16]．スライス厚が薄くなる分，ノイズが多くなるとされるが，今回の検討では視覚的には画質の劣化はなかった．また同じ撮像条件であれば，再構成ピッチが小さい方が明らかに描出能が向上した．したがって体軸方向の空間分解能をよくするにはビーム幅，テーブル移動速度を小さく設定するのみでなく，再構成ピッチも小さくとるとすることが望ましいと考えられた．

以上の基礎的検討から，気管支病変への臨床応用する際の条件としてはビーム幅1mm，テーブル移動速度1mm/sec，再構成ピッチ1mmの条件が最も理想的と考えられた．しかしこの場合，30秒の息止めスキャンを行っても体軸方向に3cmの範囲の3次元画像しか行えず，気管支病変を立体的に評価するには不十分である．テーブル移動速度を2mm/secで行うと，6 cmの範囲での3次元画像が可能で，しかもファントムでの比較では目だったノイズはなく，rotation effectによるアーチファクトがわずかに見られるものの，半球の描出に与える影響は少なく，φ1mmの半球まで良好に描出された．

剖検肺を用いた実験の目的は気管支病変が臨床例とほぼ同じ組織環境下にあり，心拍動や呼吸によるアーチファクトを受けない状態での病変部の描出能を評価することにあったが，各撮像，再構成条件での病変部の描出能はファントム実験と同様であった．しかし1mm以下の極めて微細な顆粒状変化は1/1/1でも描出が困難であった．また剖検肺による実験でも1/2/1は1/1/1に比べ，描出能，アーチファクトに目だった差はなく，臨床例においては全例に1/2/1の条件で撮像および再構成を行った．

臨床例の検討では剖検肺の実験と同様に1/2/1の条件ではstair-step artifactは目立たなかったが，体軸方向に垂直な凹凸状のアーチファクトが見られた．このアーチファクトは①十分な呼吸停止下でも生じること．②等間隔であること．③被検者により異なること．④下葉枝に顕著であることから心拍動によるアーチファクトと考えられた．しかしアーチファクトと病変部の結節状あるいは顆粒状の不整像との鑑別は可能であり，臨床例34例中33例(97.1%)において病変部の指摘が可能で，病変部の性状，すなわち粘膜面あるいは腫瘍表面の不整の有無は34例中30例(88.2%)において気管支鏡所見と相関した．粘膜の顆粒状の変化を示した表層浸潤型の2例，粘膜下主体型7例中5例も3次元画像にて描出された．しかしながら，上皮下型の粘膜不整を伴った7例中2例は3次元画像では不整像が描出されなかった．この理由としては不整像が極めて微細であったことが挙げられるが，心拍動によるアーチファクトの影響も考えられる．

粘膜面に浸潤のない上皮下型では4例中3例に尖形閉塞や全周性狭窄が見られた．上皮下型では粘膜下に広範囲に病変が及んでいることが多いためと考えられる．3次元画像は上皮下型で見られる浮腫状変化を狭窄像として描出することは可能であったが，発赤など色調の変化はもちろん捉えられず，正確な粘膜下の腫瘍進展範囲は把握が困難であった．しかしながら狭窄像は3例中2例に全周性狭窄として見られ，7例中6例に偏在性狭窄を示した壁内あるいは壁外型とはある程度鑑別が可能であると思われた．

壁内あるいは壁外型では気管支の狭窄像は明瞭に描出されたが，縦走ヒダの肥厚や消失の変化は3次元画像では描

出されず，壁内型か壁外型かの鑑別は困難であった．

中枢気管支病変の3次元画像は極めて微細な粘膜面の不整像の描出，粘膜下の正確な浸潤範囲，縦走ヒダの性状の評価は困難であった．しかし気管支の閉塞，狭窄の所見のみならず，腫瘍の露頭や粘膜面の結節状，顆粒状不整の有無，あるいは狭窄像が全周性か偏在性かの判別ができ，腫瘍の気管支への進展形式の評価がある程度可能であると考えられる．

粘膜主体型や粘膜下主体型の中の上皮下型では生検診断が容易であるが，壁内型では同じ部位を何度か生検する必要があり，壁外型では生検診断は困難で，経気管支針吸引生検か，経皮生検が必要となる[17]．したがって，3次元画像は経気管支鏡下生検による診断が容易か否かの指標にもなると考えられた．

結　語

1．3次元画像における中枢気管支病変の粘膜面や腫瘍表面の描出能を評価する目的で，ファントムおよび剖検肺を用いた基礎的検討と中枢気管支内あるいは周囲に病変を有する臨床例の検討を行った．

2．基礎的検討ではstair step artifactを改善し，良好な描出能を得るためにはビーム幅，テーブル移動速度，再構成ピッチをいずれも小さくする必要があると考えられた．

3．ビーム幅1mm，テーブル移動速度1mm/sec，再構成ピッチ1mm(1/1/1)の3次元画像が優れていたが，1/2/1でも概ね良好な3次元画像が得られ，この条件での臨床応用が可能と思われた．

4．臨床例34例中33例(97.1%)において病変部の指摘が可能であり，30例(88.2%)で病変部の性状が気管支鏡所見と相関したが，微細な粘膜不整の見られた2例は3次元画像では描出が困難であった．

5．3次元画像は気管支の閉塞，狭窄所見のみならず，腫瘍の露頭や粘膜面の不整の有無，あるいは狭窄が全周性か偏在性かの判別ができ，腫瘍の気管支への進展形式がある程度評価が可能であった．

6．3次元画像は経気管支鏡下生検による診断が容易か否かの指標にもなると考えられた．

稿を終えるに臨み，終始御協力いただいた糸氏英一郎講師，ならびに教室員各位に心から謝意を表します．また，撮影および実験に御協力いただいた中央放射線部技師各位に深謝いたします．

本論文の要旨は第54回(1995年)，第55回(1996年)日本医学放射線学会総会，第36回(1995年)日本肺癌学会総会において発表した．

文　献

1) Kalendar WA, Seissler W, Klotz E, et al : Spiral volumetric CT with single-breathhold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. Radiology 176: 181-183, 1990
2) 東木祐介：ヘリカルスキャンの原理．木村和衛，古賀佑彦編：ヘリカルスキャンの基礎と臨床．p.110-120，1993，医療科学社，東京
3) Rubin GD, Dake MD, Napel SA, et al : Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen : initial clinical experience. Radilogy 186 : 147-152, 1993
4) Kuriyama K, Tateishi R, Kumatani T, et al : Pleural invasion by peripheral bronchogenic carcinoma : assessment with three dimensional helical CT. Radiology 191 : 365-369，1994
5) 三村文利，楠本昌彦，河野通雄，他：末梢部肺癌の胸膜嵌入および胸膜浸潤の3次元CTによる評価．日本医放会誌　55：340-343，1995
6) 足立秀治，竹村俊哉，河野通雄，他：肺癌におけるヘリカルCTを用いた3D再構成画像による内視画像および気管支像(3DCT-bronchoscopy およびbronchography)による評価．臨床放射線 39：41-48，1994
7) 足立秀治，河野通雄，三村文利，他：中枢気道病変におけるヘリカルCTを用いた3D再構成画像の応用．画像診断　14：689-686，1994
8) Newmark GM, Conces DJ, Kopecky KK : Spiral CT evaluation of the trachea and bronchi. JCAT 18 : 552-554, 1994
9) 山口竜司，多田卓仁，山口道広，他：中枢気道病変のスパイラルCT 3次元表示；気管・気管支狭窄ならびに気管・気管支食道瘻．臨床放射線　40：39-46，1995
10) 小倉康晴，清水雅史，上杉康夫，他：ヘリカルCTによる気管・気管支の三次元立体表示．肺癌　34：1029-1035，1994
11) 日本肺癌学会編：気管支鏡所見分類．臨床・病理肺癌取扱い規約，p.63-68，1995，金原出版，東京
12) 小野良祐：気管支造影所見の分類．肺癌と末梢気管支造影法，p.19-31，1992，てらぺいあ，東京
13) Wang G, Vannier MW : Stair-step artifacts in three-dimensional helical CT : an experimental study. Radiology 191 : 79-83, 1994
14) 山口道広，谷口義則，樋口勝巳：スパイラルCTを用いた三次元管腔表示の形状再現性に影響する諸因子について．日本放技学誌 51：819-826，1995
15) 郷野　誠，堀内哲也，馬場　節：螺旋状スキャンの現状と問題点．日獨医報　38：122-128，1993
16) 安野泰史，片田和廣，辻岡勝美，他：ヘリカルスキャンCTの基礎的研究－体軸方向の空間分解能の評価－．日本医放会誌 52：1540-1544，1992
17) 於保健吉，雨宮隆太：気管支鏡所見の分類と解析．気管支ファイバースコピー；その手技と所見の解析，気管支ビデオスコピーとその解説，第6版，p.95-128，1994，医学書院，東京