

総説

胸部CT診断の最近の進歩

村田 喜代史・森田 陸司

滋賀医科大学 放射線部

はじめに

現在の胸部画像診断のすすめ方は、単純写真で病変を検出し、CTで病変の形態を詳細に解析するというのが基本になり、CTで情報が得られないか、不足しているところをMRIや核医学検査等で補うという形が一般的である。この意味でCTは肺野病変においても縦隔病変においても重要な役割を果たしているが、さらに、最近の新しいCT技術の登場によって、従来のCT画像では捉えられなかった情報を得ることが可能になり、CT診断の考え方も大きく変わりつつある。そこで、本稿では、そのような最近の胸部CT診断の進歩について、臨床例を呈示しながら述べる。

最近のCT技術の進歩

CT技術の進歩として、まず第一にあげられるのは高分解能CT (High-resolution CT, HRCT) の普及である。HRCTは特殊な技術が必要な撮像法ではなく、薄いスライス厚を用いることによって重なりを少なくし、小さな画像再構成領域を設定することによってピクセルのサイズを小さくし、画像再構成に高分解能アルゴリズムを用いることによって、空間分解

能の高いCT画像を得る方法である¹⁾。HRCTも開発当初は画像再構成にかなりの時間を要したために日常臨床で用いるのには問題があったが、最近では、ほとんどのCT装置で簡単にHRCT画像が得られるので、びまん性肺炎患や肺野結節の精密検査法として広く用いられている。第二にあげられる進歩はスパイラル (ヘリカル) CTの臨床への導入である²⁾。スパイラルCTはテーブルを連続移動させることによって、呼吸停止下に多数の連続画像を得ることを可能にし、従来型CTでみられた、画像の不連続という大きな問題点を解決する画期的な手法である。さらに、もう一つのCT技術の革命として超高速CTの登場をあげることができる³⁾。超高速CTではスキャン時間が従来型CTより一桁小さいので、呼吸や心拍動といった、CT検査の障害となっていた要因を無視することができ、CT検査の考え方そのものを変えつつある。

胸部CT診断の進歩

前項で述べた新しいCT技術は、胸部とくに肺の画像診断において、大きな力を発揮する。もちろん、臨床的有用性については今後検討しなければならないが、現在、CT検査の新たな展開として以下の点をあげることができる。

1. CT検査の適応拡大 (呼吸停止なしのCT) … 超高速CT
2. 微細構造の解析…高分解能CT、超高速CT
3. 病変の三次元評価…スパイラルCT、超高速CT
4. 動態解析…超高速CT

以下、これらの項目について解説する。

CT検査の適応拡大

従来型CTでは、呼吸停止が困難である患者を検査した場合、動きに起因するアーチファクトによって診断に値する画像を得られないことが多く、CT診断をなかばあきらめていた感がある。これに対して、超高速CTを用いると、スキャン時間が0.1-0.2秒と小さいので呼吸運動の影響を無視できるばかりでなく、心拍動の影響もほとんど受けない。したがって、呼吸停止が困難な重症患者 (図1) や検査に協力できな

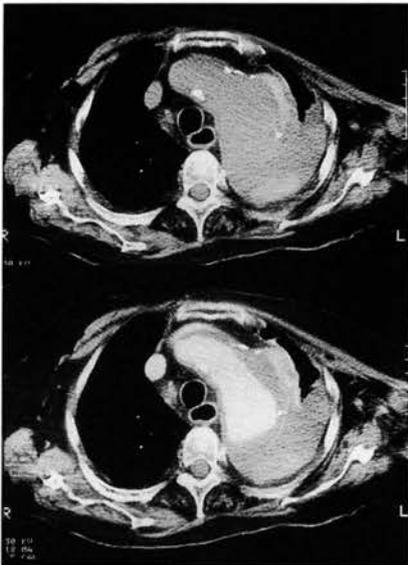


図1 呼吸停止なしの超高速CT像 大動脈瘤破裂 (上段:単純像、下段:造影像) 縦隔内、胸腔内の血腫が明瞭に描出されている。



図2 呼吸停止なしの超高速CT像 3歳男児の心不全背側肺に強い肺野濃度上昇や小葉間隔壁の肥厚(↑)が明瞭である。

い小児患者(図2)においても、呼吸停止なしで明瞭なCT画像が得られる⁴⁾。つまり、詳細な形態診断が最も必要であるにもかかわらず、従来はCT検査をあきらめていた重症患者や小児にまでCT検査の適応が広がるわけで、この超高速CTの利点は臨床的には非常に大きな意味をもっている。たとえば、従来よくわからなかった急性呼吸不全患者における肺内の形態変化やその経過について、明瞭な客観的な情報が得られるので、早期診断や病態の把握が容易になることが期待される。

微細構造の解析

新しいCT技術によって、従来のCTでは評価が困難であった微細な形態診断が可能になったが、ここでは代表例である、びまん性肺疾患と肺門部病変について述べる。画像を用いてどこまで微細な形態診断ができるかは、その画像がどのレベルの正常構造まで描出できるかに依存している。また、その正常構造との関連で病変を局在化することが形態診断を論理的にすすめる基本になる。

1. びまん性肺疾患

多くのびまん性肺疾患の微細な病変分布を特徴づけるには、区域や亜区域といった大きな単位は役立たず、肺二次小葉レベルでの解析が必要になる。実際、病理学的に種々の病変が二次小葉構造との関連で特徴的な病変分布を示すことが報告されている^{5,7)}。一方、HRCTを用いると正常肺においても、肺二次小葉の中心部を走行する気管支肺動脈束、小葉辺縁を構成する小葉間隔壁や肺静脈が描出可能であるので⁸⁾(図3Aおよび3B)、これらの構造と病変の関係を

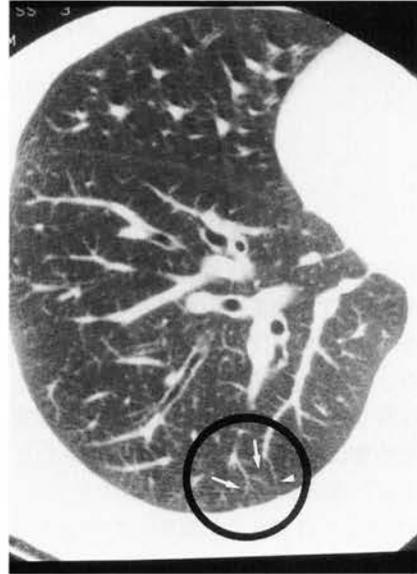


図3A 正常肺のHRCT

- (↑) : 終末細気管支の伴走肺動脈
(▲) : 小葉間隔壁

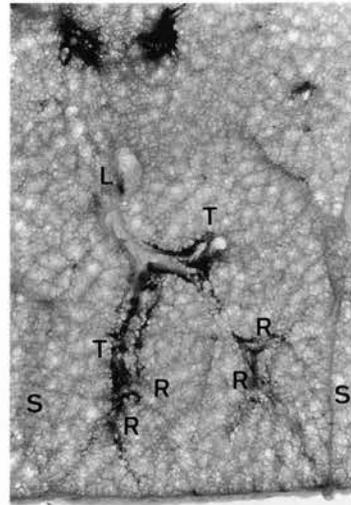


図3B 図3Aの丸印に相当する肺標本写真

- (L) : 小葉細気管支と伴走肺動脈
(T) : 終末細気管支と伴走肺動脈
(R) : 呼吸細気管支と伴走肺動脈
(S) : 小葉間隔壁

解析することから、種々の病変の二次小葉レベルでの分布を評価することができる⁹⁾(図4)。たとえば、びまん性汎細気管支炎(DPB)では(図5)、小葉中心部に形成される結節がHRCTで明瞭に描出され、癌性リンパ管症では(図6Aおよび6B)、気管支肺動

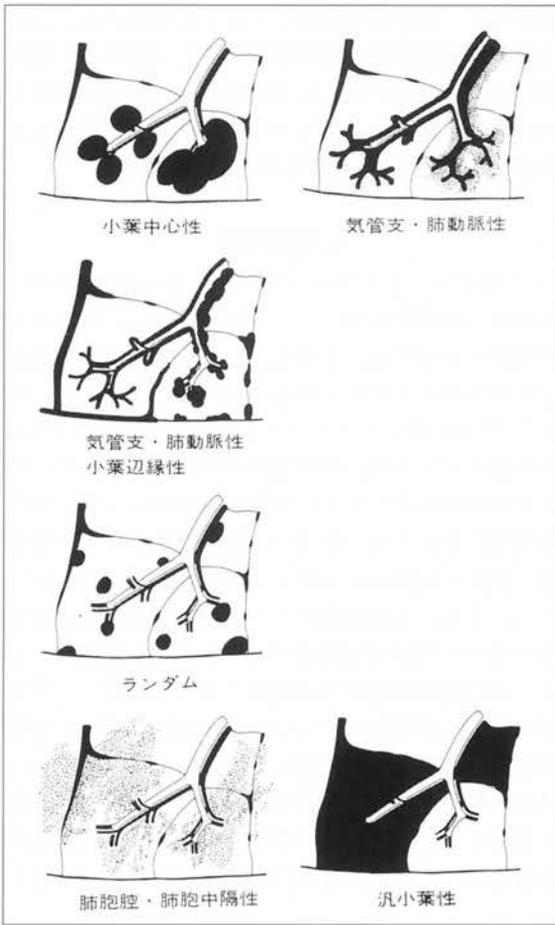


図4 二次小葉レベルの病変分布

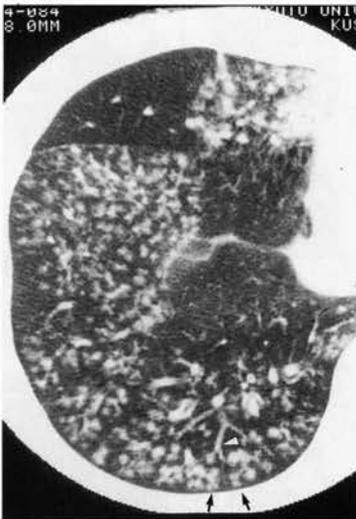


図5 びまん性汎小葉管支炎 (DPB) のHRCT像
 (↑) : 小葉中心性結節
 (▲) : 肺静脈



図6A 癌性リンパ管症のHRCT像
 (↑) : 気管支肺動脈束の腫大
 (▲) : 小葉間隔壁の腫大

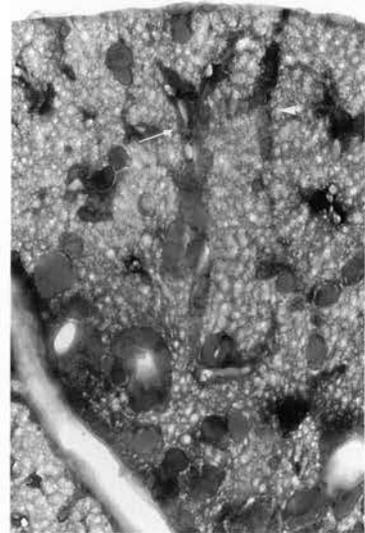


図6B 癌性リンパ管症の標本写真
 (↑) : 気管支肺動脈束の腫大
 (▲) : 小葉間隔壁の腫大

脈束や小葉間隔壁の腫瘍による腫大が認識できる。

2. 肺門部病変

肺門部は従来型CTでは心拍動によるアーチファクトが避け難く診断が難しい領域の一つである。しかし、超高速CTを用いて心拍動の影響を除外し、さらに、薄いスライス厚と造影剤の急速注入を組み合わせたインクリメンタル・ダイナミックCT (IDCT)

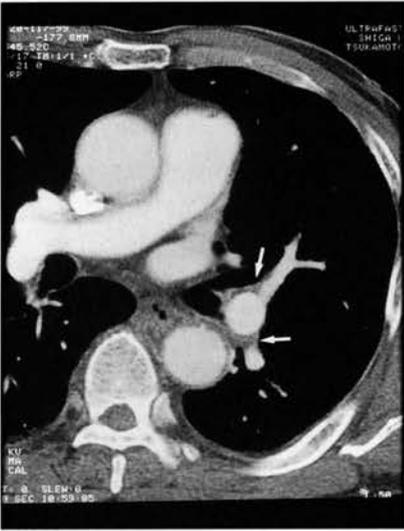


図7 正常肺門のIDCT像

縦隔ばかりでなく肺門部においても気管支、血管の辺縁は明瞭で、さらに、これらの構造をつなぐ結合織である気管支血管周囲間質（↑）も描出されている。陥凹した辺縁が正常である。

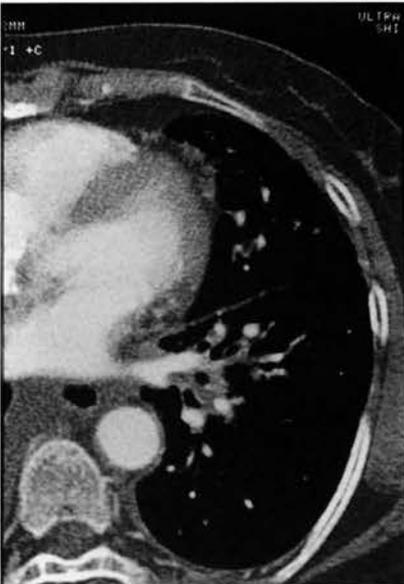


図8 癌性リンパ管症のIDCT像

気管支、血管周囲の軟部組織が増加し、さらに、気管支、血管に沿って長軸方向に進展するのが認識できる。

を施行すると従来のCTとは比較にならないほど詳細な肺門構造の描出が可能である¹⁰⁾。この方法を用いると、縦隔ばかりでなく肺門部において気管支や肺血管の辺縁が明瞭に描出され、さらに、正常肺門に

においても、気管支や血管をつなぐ結合織である気管支血管周囲間質まで描出可能である（図7）。この間質が正常で描出できるようになると、間質を長軸方向に進展していく癌性リンパ管症といった病態もin vivoの画像で認識することができる（図8）。

三次元評価

CT画像は一定の厚みをもった二次元画像であり、病変の一断面を表現しているに過ぎない。どのような病変であっても、その拡がり三次元的であるので特徴を捉えるには全体を評価する必要がある。従来型CTとは異なり、スパイラルCTや超高速CTでは呼吸停止下で多数の連続画像が撮像できるので、肺野の結節性病変やびまん性肺疾患においても、肺門部病変においても、病変の三次元的な拡がりや気管支、血管との関係を正確に診断することができる¹¹⁾。また、多数の連続画像のデータから三次元画像や任意の方向の再構成画像を作成することも可能で、現在、その臨床的有用性が検討されている¹²⁾。三次元評価が特に重要と考えられる肺末梢腺癌（図9）と肺門部肺癌（図10）の症例を呈示する。

肺末梢腺癌の特徴として、辺縁の不整や胸膜の陥入像とともに、腫瘍内への複数の肺静脈、肺動脈の巻き込みがよく知られている¹²⁾。図9からわかるよう

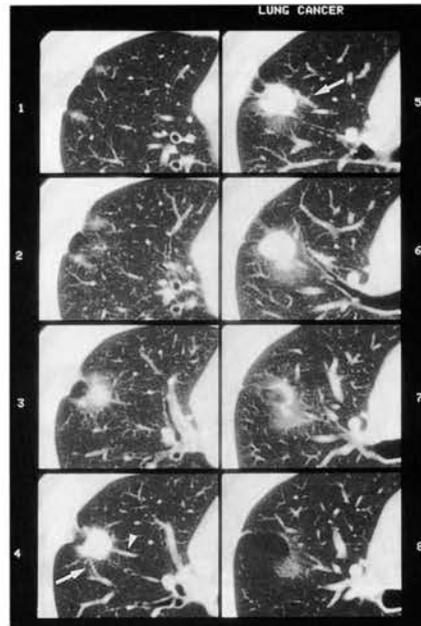


図9 肺野型腺癌の連続HRCT像

複数の気管支、肺動脈（↑）が腫瘍に収束するばかりでなく、肺静脈（▲）も腫瘍に巻き込まれる。

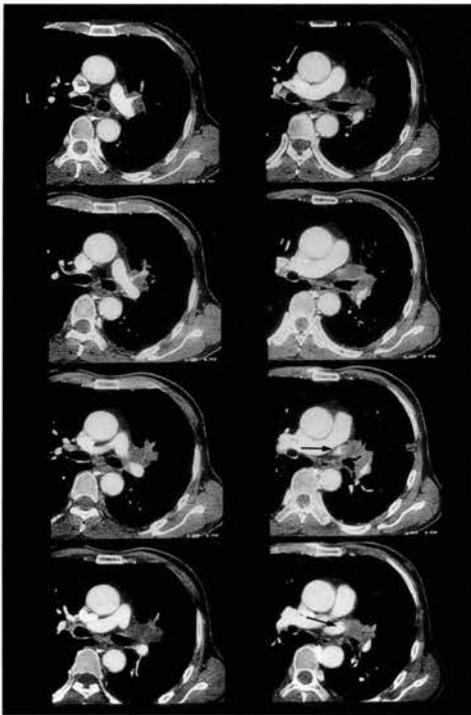


図10 左肺門部肺癌のIDCT像（連続8スライス）
腫瘍の拡がり、および腫瘍と肺血管との関係が明瞭に
診断できる。（↑）：腫瘍の上肺静脈への浸潤

に、血管と腫瘍の関係は1枚のCT画像では判断できないことは明らかで、ギャップのない連続画像があって初めて、動静脈の同定や血管の巻き込みが判断できる。肺門部肺癌では、腫瘍が気管支や肺動静脈をどこまで浸潤しているかを正しく診断することは、手術適応の有無や手術術式を決定するうえで重要な情報となる。肺門部は多数の気管支や血管が複雑に入り組んだ構造で、この中に生じた肺癌を解析するには、薄い連続画像を造影剤急速注入時に撮像するIDCTのような方法が必要になる。従来型CTでは肺門部肺癌の診断におけるCTの限界が報告されているが^{13,14}、IDCTでは従来型CTとは比較にならないほど診断能が向上しており、今後CT診断の考え方が変わる可能性がある¹⁰。

動態解析

従来型CTでは呼吸運動や心拍動は画質を劣化させる障害物であったが、短時間に多数のスキャンが可能な超高速CTを用いると、逆に、呼吸運動を動態画像を使って機能として評価することも可能になる^{11,15}。肺は呼吸という周期的な運動を繰り返す臓器で

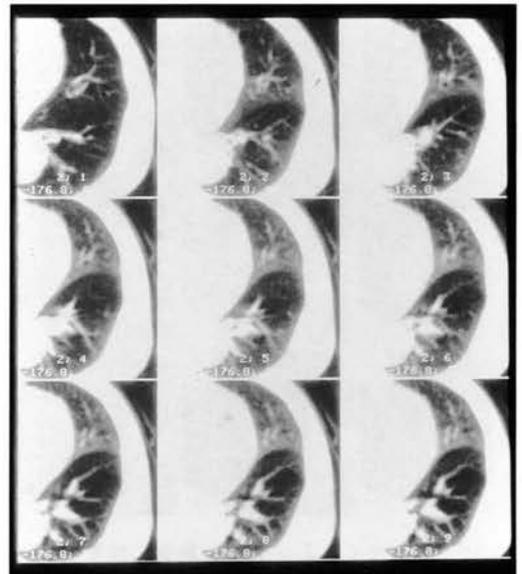


図11 呼吸ダイナミックCT 肺気腫
（深吸気位から1回呼吸を行なう間に1秒ごとに撮像した連続画像）
深吸気像（左上）では左上葉と下葉の肺野濃度は変わらないが、呼気像（右下）では下葉が低濃度となり、“air trapping”があることがわかる。

あるので、呼吸の位相によって、その形や含気量は変化し、病変によっては、吸気相よりも呼気相の方がわかりやすいといった病態が存在する。このような病態では、吸気相で撮像された1枚のCT像でわかりにくい病変が、呼気運動中に撮像された呼気ダイナミックCTや呼気像で捉えられる可能性がある^{16,17}。このような現象は閉塞性肺疾患でよくみられ、図11はその一例を示している。呼気ダイナミックCTは肺癌が胸壁に浸潤しているかどうかを判定する場合にも応用可能で、静止CT像では浸潤の有無は判定できない時でも呼吸運動によって腫瘍が胸壁に沿って移動すれば浸潤がないと判断できる¹⁸（図12）。さらに、造影剤の肺内における動態を解析することによって、局所肺血流の定量的解析を行なうこともできる¹¹。もちろん、これらの動態解析が臨床にどのように役立つか、今後検討する必要があるが、最も詳細な形態診断が可能で、局所肺の機能を評価できる点は画期的であり、今後の発展が期待される。

おわりに

高分解能CT、スパイラルCT、超高速CTの導入によって、肺野病変、肺門縦隔病変の詳細な形態診断が可能になったばかりでなく、病変の三次元評価や

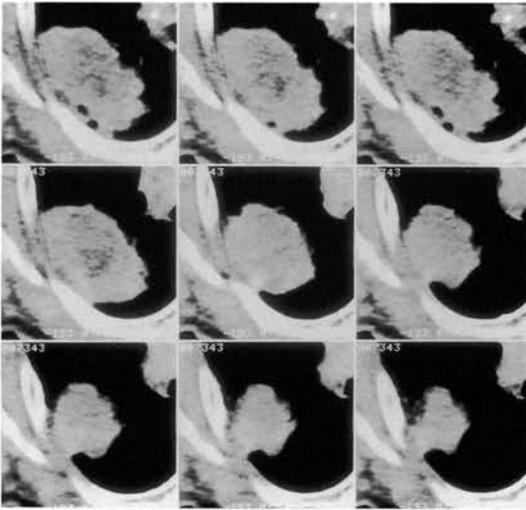


図12 呼気ダイナミックCT 胸壁に接する肺癌呼吸運動に伴って腫瘍の形や胸膜との関係が変化することから、腫瘍が胸膜に沿って移動可能で、浸潤がないと判断できる。

局所肺の血流や換気といった機能評価も可能になりつつある。今後、これらの新しい情報を組み入れることによって、胸部病変におけるCT診断能が飛躍的に向上することが期待される。

参考文献

- 1) Mayo JR : High resolution computed tomography. Technical aspects. Radiol Clin North Am 29 ; 1043-1049, 1991.
- 2) Costello P, Anderson W, Blume D : Pulmonary nodule ; Evaluation with spiral volumetric CT. Radiology 179 ; 875-876, 1991.
- 3) Boyd DP, Haugland CL : Ultrafast CT. Innervation 5 ; 2-9, 1990.
- 4) 高橋 雅士, 村田 喜代史, 森 正幸, 他 : 呼吸停止不能な患者の胸部病変に対する超高速CTの応用, 臨放 38 ; 1-8, 1993.
- 5) 伊藤 春海 : 肺の高分解能CT(HRCT), 呼吸 10 ; 122-137, 1991.
- 6) 西村 浩一, 北市 正則, 泉 孝英, 他 : 肺末梢病変のHRCTと進展固定肺標本との比較, 臨放 36 ; 1417-1431, 1991.
- 7) Webb WR : High resolution lung computed tomography. Normal anatomic and pathologic findings. Radiol Clin North Am 29 ; 1051-1063, 1991.
- 8) Murata K, Itoh H, Todo G, et al: Centrilobular lesions of the lung ; Demonstration by high-resolution CT and pathologic correlation. Radiology 161 ; 641-645, 1986.
- 9) 村田 喜代史, 高橋 雅士, 森 正幸, 他 : High resolution CTによるびまん性肺炎患の診断, 臨床画像 9 ; 17-25, 1993.
- 10) 村田 喜代史, 高橋 雅士, 森 正幸, 他 : 肺門部病変における超高速CTの有用性の検討, 臨放 38 ; 15-24, 1993.
- 11) 村田 喜代史, 高橋 雅士, 森 正幸, 他 : 超高速CTの肺疾患への応用, 画像診断 14 ; 655-669, 1994.
- 12) 山田 耕三, 吉岡 照晃, 野村 郁男, 他 : 三次元CT画像を用いた肺野末梢部の肺癌と非癌性病変の鑑別の試み, 肺癌 33 ; 1017-1024, 1993.
- 13) Scott IR, Muller NL, Miller RR, et al: Resectable stage III lung cancer ; CT, surgical, and pathological correlation. Radiology 166 ; 75-79, 1988.
- 14) Quint LE, Glazer LE, Orringer MB : Central lung mass ; Prediction with CT of need for pneumonectomy versus lobectomy. Radiology 165 ; 735-738, 1987.
- 15) Webb WR, Stern EJ, Kanth N, et al: Dynamic pulmonary CT ; Findings in healthy adult men. Radiology 186 ; 117-124, 1993.
- 16) Stern EJ, Webb WR : Dynamic imaging of lung morphology with ultrafast high resolution computed tomography. J Thorac Imaging 8 ; 273-282, 1993.
- 17) 村田 喜代史, 森田 陸司 : CTを用いた局所肺伸縮能の定量的評価, 病態生理 13 ; 875-880, 1994.
- 18) Murata K, Takahashi M, Mori M, et al: Chest wall and mediastinal invasion by lung cancer ; Evaluation with multisection expiratory dynamic CT. Radiology 191 ; 251-255, 1994.

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター((社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です)。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX : 03-3475-5619 E-mail : info@jaacc.jp

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619