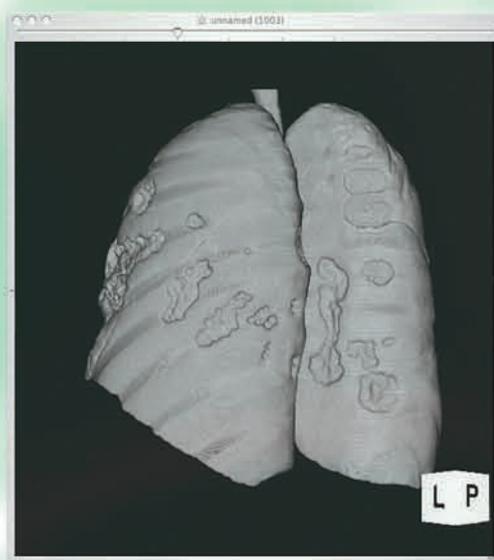
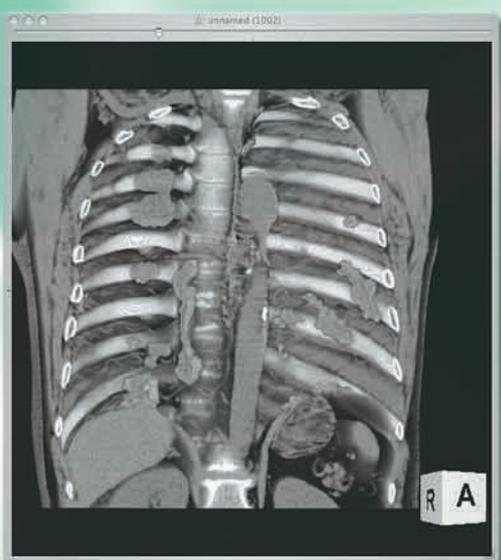


新たな画像診断法 胸膜プラークの胸壁3D表示



平成20年4月1日

独立行政法人 **労働者健康福祉機構**
じん肺に合併した肺がんのモデル診断法の研究班

発刊にあたって

西欧諸外国では石綿による肺がんや悪性胸膜中皮腫の脅威が叫ばれて久しかったが、平成16年夏以来、わが国においてもこれらが一大社会問題となり、一方では全国的な実態調査と予防対策が緊急に進められ、他方では、それらの職業性ばく露、環境ばく露の観点から厚生労働省および環境省による被災者の救済・補償に向けた法が整備され施行された。

胸部CT上で胸膜プラークの存在を示すことは石綿へのばく露の証として法的にも重要な意味を持つが、非石灰化胸膜プラークの診断は必ずしも容易ではなく、ときには肋間静脈との鑑別のために造影剤を用いたCT撮影が必要とも言われてきた。

今回、石綿ばく露を受けた労働者の胸部CT画像をコンピューターにより再処理・再構築することによって、壁側胸膜の非石灰化プラークと肋間静脈とを造影剤を用いることなく確実に鑑別し、加えてそのプラークの形状を3D-CT画像上で面としても描出できる技術開発の成功をみた。

この手法は、通常の胸部CT撮影装置を用いてX線被ばくをそれ程増やすことなく比較的容易に実行することが可能であり、すでに実地応用が始まっている。今回の冊子では本手法の有用性を事例に沿って示し、石綿関連疾患の臨床診断の場で広く実用に供されることを期待するものである。

平成20（2008）年4月

前「じん肺に合併した肺がんのモデル診断法の研究・開発・普及」研究総括責任者
北海道中央労災病院 名誉院長 加地 浩

目 次

発刊にあたって.....	1
研究者一覧.....	3
I. 胸膜プラーク（胸膜肥厚斑）.....	5
II. 胸壁3D表示と胸膜プラーク.....	9
III. 胸膜プラークの進展様式に関する研究.....	41

「粉じん等による呼吸器疾患」研究者一覧

主任研究者：独立行政法人労働者健康福祉機構 北海道中央労災病院 院長 職業性呼吸器疾患研究センター長	木 村 清 延
分担研究者：独立行政法人労働者健康福祉機構 旭労災病院 副院長	宇佐美 郁 治
独立行政法人労働者健康福祉機構 神戸労災病院 副院長	大 西 一 男
独立行政法人労働者健康福祉機構 岡山労災病院 副院長	岸 本 卓 巳
独立行政法人労働者健康福祉機構 北海道中央労災病院 副院長	中 野 郁 夫
独立行政法人労働者健康福祉機構 富山労災病院 アスベスト疾患センター長	水 橋 啓 一
共同研究者：独立行政法人国立病院機構 近畿中央胸部疾患センター 院長	坂 谷 光 則
独立行政法人労働安全衛生総合研究所 健康障害予防研究グループ部長	森 永 謙 二
元独立行政法人労働者健康福祉機構 珪肺労災病院 内科部長	斎 藤 芳 晃
独立行政法人労働者健康福祉機構 岡山労災病院 呼吸器科部長	玄 馬 顕 一
独立行政法人労働者健康福祉機構 旭労災病院 呼吸器科部長	加 藤 高 志
独立行政法人労働者健康福祉機構 関東労災病院 放射線科技師長	高 城 政 久
独立行政法人労働者健康福祉機構 北海道中央労災病院 病理科部長	岡 本 賢 三
北海道中央労災病院 第三内科部長	大 塚 義 紀
北海道中央労災病院 放射線科部長	五十嵐 毅
北海道中央労災病院 診療放射線技師	本 田 広 樹
森川内科クリニック 院長	森 川 清 志
北海道大学大学院医学研究科 病態内科学講座呼吸器内科学分野 教授	西 村 正 治
癌診断治療学講座腫瘍内科学分野 教授	秋 田 弘 俊
病態情報学講座核医学分野 教授	玉 木 長 良
方波見医院 院長	方波見 基 雄
総括研究ディレクター：独立行政法人労働者健康福祉機構	関 原 久 彦
研究アドバイザー：北里大学医学部附属北里臨床研究センター 副センター長	佐 藤 敏 彦

I. 胸膜プラーク（胸膜肥厚斑）

胸膜プラーク（胸膜肥厚斑）

胸膜プラークは、アスベスト被ばくによって生じる最も頻度の高い胸膜・肺の変化であるが、発生する機序は分かっていない。壁側胸膜に生じる平滑ないしは結節状の肥厚で1 cmにも肥厚する場合もみられるが、それよりも薄いものが一般的である。肉眼的に灰白あるいは白黄色調で、組織学的には細胞成分を殆ど含まない硝子化を伴う線維化組織から成っている。線維構造が層状ないしは網目状でバスケット様（basket-weave pattern）と称される（図1、図2）。

胸膜プラークは過去のアスベスト被ばくを示す特異的な所見とされるが、エリオナイトやセピオライトなどのアスベスト以外の鉱物の被ばくによっても生じる^{1,2)}。その生成はアスベスト被ばくの量に比例して増加するが³⁾、少量の被ばくでも生じる。線維の縦横比が高いアスベストほどプラークを生成する頻度が高い⁴⁾。被ばく開始から、おおよそ20年～30年を経て出現し、被ばくが無くなった後にもゆっくり進展する⁵⁾。

横隔膜ドーム部、第7から第10肋骨の後外側部、第6から第9肋骨の胸壁外側部が好発部位とされている⁶⁾が、胸壁下部の傍脊椎領域に生じる例も多い。両側性、対称性に生じるが、非対称性の場合や、一般的ではないが片側性の場合もある。左側胸壁に多く出現するとの報告⁷⁾もみられたが、CTを用いた研究により、出現部位に左右差のないことが確認された⁸⁾。通常プラークは孤立性であるが、しばしば増大・融合して特徴的な形態を呈する。その進展形式に関する報告はわれわれが渉猟した限り今日までなかったが、今回われわれの研究成果⁹⁾から、プラークの発生した部位によって進展形式が異なることが示唆された（本文p41～p48）。

胸膜プラークの胸部X線での検出率は診断基準によっても異なるが、剖検によってその存在が確認された例の8～40%に止まるとの報告がある¹⁰⁾。少なくとも5mm以上で両側性の後外側部の肥厚、または両側性の横隔膜部石灰化肥厚を胸部X線で認めた場合は、アスベストに関連した胸膜プラークの存在を100%確実に診断できるとされている¹¹⁾。しかしこの基準では実際のプラークの12%しか診断できない。しかしこの診断基準をより緩めると、当然誤って胸膜プラークの診断をする例を生ずる結果となる。

一方胸部CTは胸部X線に比して、胸膜プラークの診断にはより有効である^{12,13)}。しかしCTによって診断する場合は肋間静脈との鑑別が困難な例もあり、確定診断をするためには造影CTを要する場合がある。一方HRCTは胸膜プラーク検出においてCTよりも有力であるとの報告が多い^{13,14)}。しかしX線被ばくなどを考慮すると検診で常にHRCTを用いることには問題が残る¹⁵⁾。

今回本誌で報告する3Dによる解析法はこの鑑別に非常に有力であることから、われわれはCTにより胸膜プラークの存在を正しく診断する上で本法は重要な手段であると考えている。

図1 胸膜プラークの肉眼像

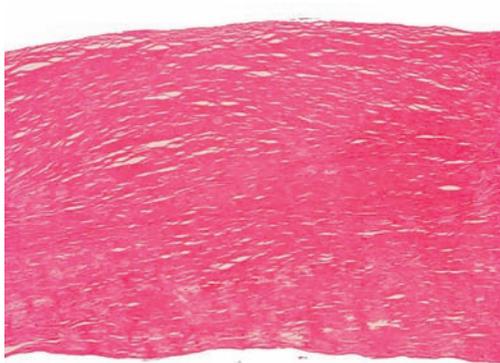
胸壁部の胸膜プラーク



横隔膜部の胸膜プラーク



図2 胸膜プラークの組織像



HEx40



HEx200

文献

- 1) Baris I, Simonato L, Artvinli M, et al : Epidemiological and environmental evidence of the health effects of exposure to erionite fibers : a four-year study in the Cappadocian region of Turkey. *Int J Cancer* 39 : 10–17, 1987
- 2) Stephens M, Gibbs AR, Pooley FD, et al : Asbestos induced diffuse pleural fibrosis : pathology and mineralogy. *Thorax* 42 : 583–588, 1987
- 3) Harries PG, Mackenzie FA, Sheers G, et al : Radiological survey of men exposed to asbestos in naval dockyards. *Br J Ind Med* 29 : 274–279, 1972
- 4) Churg A, Vedal S : Fiber burden and patterns of asbestos-related disease in workers with heavy mixed amosite and chrysotile exposure. *Am J respire Cri Care Med* 150 : 663–669, 1994
- 5) Rudd RM : New developments in asbestos-related pleural disease. *Thorax* 51 : 210–216, 1996
- 6) Fletcher DE, Edge JR : The early radiological changes in pulmonary and pleural asbestosis. *Clin Radiol* 21 : 355–365, 1970
- 7) Hu H, Beckett L, Kelsey K, et al : The left-sided predominance of asbestos-related pleural disease. *Am Rev Resp Dis* 148 : 981–984, 1993
- 8) Gallego JC : Absence of left-sided predominance of asbestos-related pleural plaques : a CT study. *Chest* 113 : 1034–1036, 1998
- 9) 本田広樹、木村清延、阿波加正弘 他 : 石綿胸膜プラークと肋間静脈との鑑別に有用であったCT3次元表示法の検討、第14回石綿・中皮腫研究会、千葉、2007
- 10) Wain SL, Roggli VL, and Foster WL Jr : Parietal pleural plaques, asbestos bodies, and neoplasia. A clinical, pathologic, and roentgenographic correlation of 25 consecutive cases. *Chest* 86 : 707–713, 1984
- 11) Hillerdal G, Lindren A : Pleural plaques : Correlation of autopsy findings to radiographic findings and occupational history. *Eur J Respir Dis* 61 : 315–319, 1980
- 12) Aberle DR, Gamsu G, Ray CS : High-resolution CT of benign asbestos-related diseases : Clinical and pathologic correlation. *Am J Roentgenol* 151 : 883–891, 1988
- 13) Friedman AC, Fiel SB, Fisher MS, et al : Asbestos-related pleural disease and asbestosis : A comparison of CT and chest radiography. *AJR Am J Roentgenol* 150 : 269–275, 1988
- 14) Aberle DR, Gamsu G, Ray CS, Feuerstein IM : Asbestos-related pleural and parenchymal fibrosis : Detection with high-resolution CT. *Radiology* 166 : 729–734, 1988
- 15) American thoracic society documents : Diagnosis and initial management of nonmalignant diseases related to asbestos. *Am J respire Cri Care Med* 170 : 691–715, 2004

Ⅱ. 胸壁3D表示と胸膜プラーク

【目的】

アスベスト関連疾患の労災認定上、最も重要な点は職業性アスベストばく露を確認することであるが、客観的なアスベストばく露所見の1つに胸膜プラークがある。この胸膜プラーク像は胸部CTでは限局的な板状の胸膜肥厚として描出され、その検出率は85%程度とされており、2~3mm程度以上の厚みを持った病変であれば明瞭に描出可能であり、その診断に非常に有用である。

ただし、厚みが1~2mm以下のような薄く石灰化を伴わない胸膜プラーク症例では診断に迷う事も多い。特に傍椎体部~背部では肋間静脈との鑑別が難しく、確定診断には造影CTが必要とされてきた。そこで、今回我々は造影剤を使用しない単純CT画像から作成した胸壁3次元（以下 3D）表示を検討した。その結果、胸壁3D表示と薄いスライス厚のCT画像と共に観察することにより肋間静脈と胸膜プラークとを完全に鑑別することに成功した。また、これらの3D表示法を用いて胸膜プラークの進展方向の調査を行ったのであわせて記載する。

【方法】

石綿疾患用のCT撮影プロトコール（図1）を使用し、その撮影データから3D表示に必要なシンスライス画像を再構成しワークステーションにて3D処理を行った。胸壁3D表示にはボリュームレンダリング法を使用し、検討したオパシティカーブのカラーはCT元画像と同様に白黒とし、カーブ立ち上がりは-200HUとした（図2）。胸壁3D表示用のオパシティカーブをあらかじめセットし作業手順を決め作成者の主観に極力影響されないようにした。

また、同時に胸膜プラークによる肺表面の形状変化を観察するために肺3D表示も作成している。CT撮影体位は重力効果による肺野濃度上昇による初期の石綿肺との鑑別するため腹臥位とした。

使用機器 撮影条件	
CT	
シーメンス社製	SOMATOM VolumeZoom(4列)
撮影条件	140kv 82mAs(eff) 25sec前後 1mmコリメーション 7mm/rot
画像再構成	8mmスライス（フィルム用） 1.25mmスライス inc 0.8mm 約400イメージ（3D作成用）
ワークステーション	
	ZIOSOFT M900 QUADRA
3D表示法	ボリュームレンダリング法
DICOMビューワ	
	OsiriX v2.6（フリーソフト Mac OS X）

図1 CT撮影条件

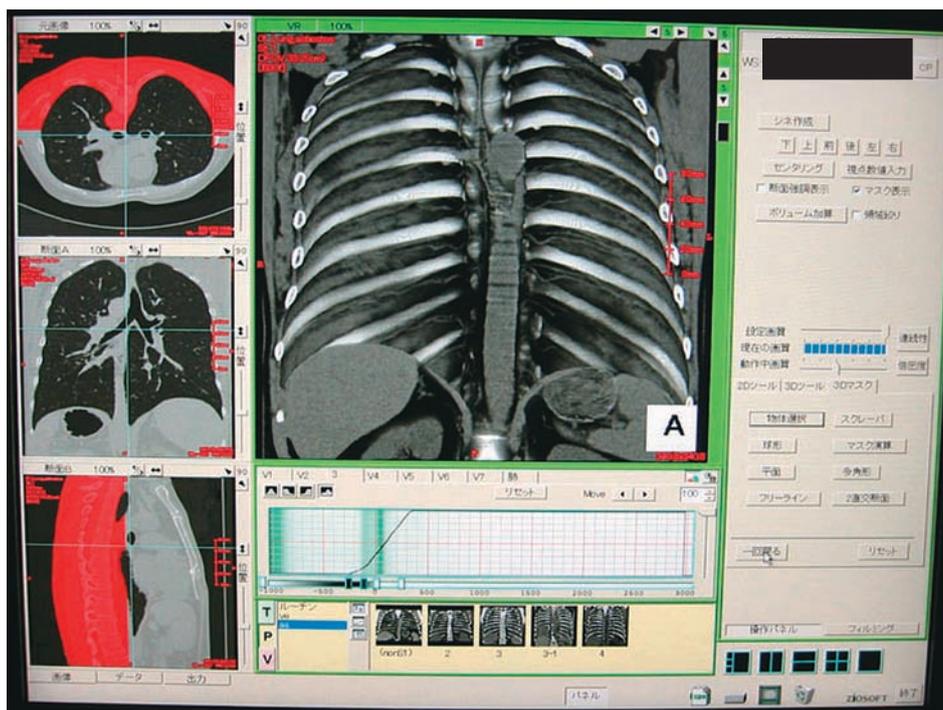


図2 ワークステーションでの作業画面

【作成手順】

- ① 3D作成用CT画像（約400画像）を胸壁3D表示に使用するオパシティカーブを用いて読み込む。（図3）
- ② 当院での観察方向は前面と背面に分けているので、冠状断方向に分割する。（図4）

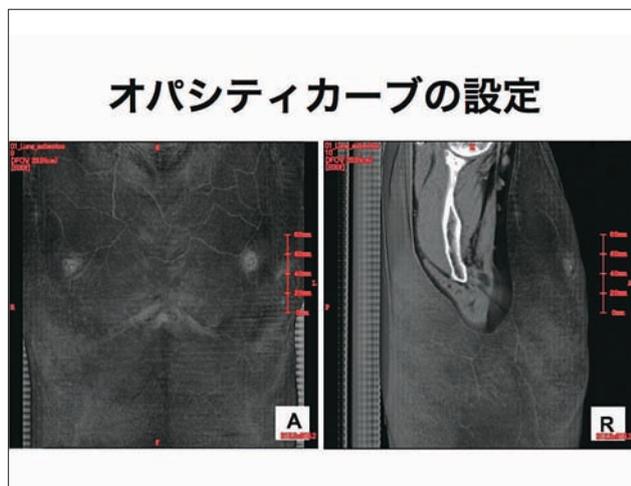


図3



図4

- ③ 胸膜プラーク等による肺表面への形状変化を捕らえるため肺3D表示を作成する。（図5）
- ④ ③とは別に肺3D表示を作成する。これは胸壁3D表示を作成するにあたって細かな肺血管などを一括処理するためのもので、胸壁のデータに影響がないようにボリュームを縮小して作成した。（図6）

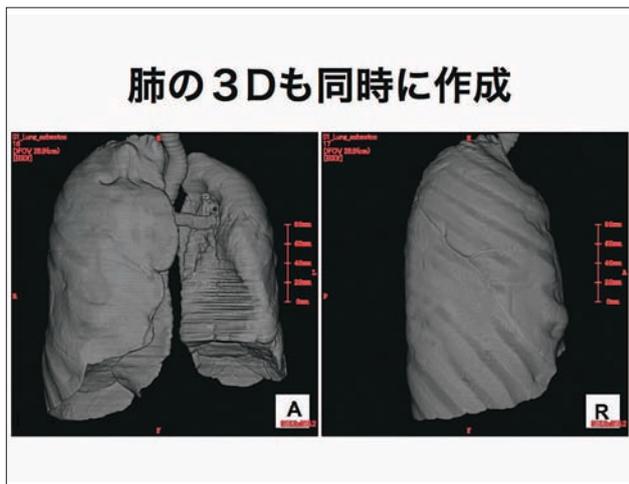


図5

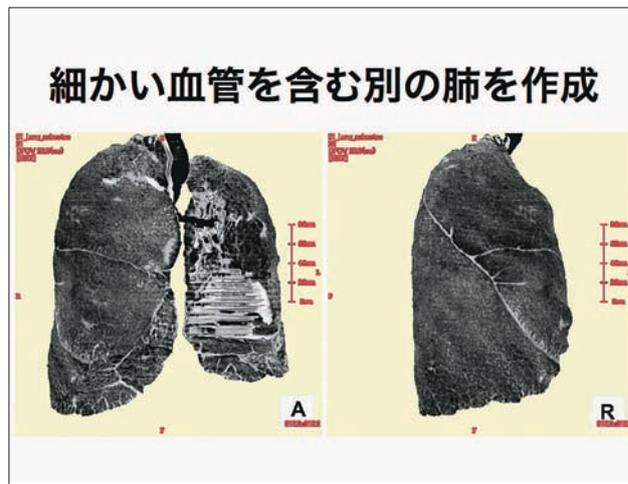


図6

- ⑤ 次に②で作成した胸壁3Dから④で作成した縮小した肺3Dを引き算し胸壁を観察しやすいようにした。また大血管や心臓が観察に障害となるケースはワークステーション上で削除している。その際には胸壁に影響がないよう注意が必要である。(図7)
- ⑥ 最後は観察したい方向に回転させ画像を作成する。当院では水平方向15度ごと回転させた画像をそれぞれ胸壁前面、背面で作成し保存している。

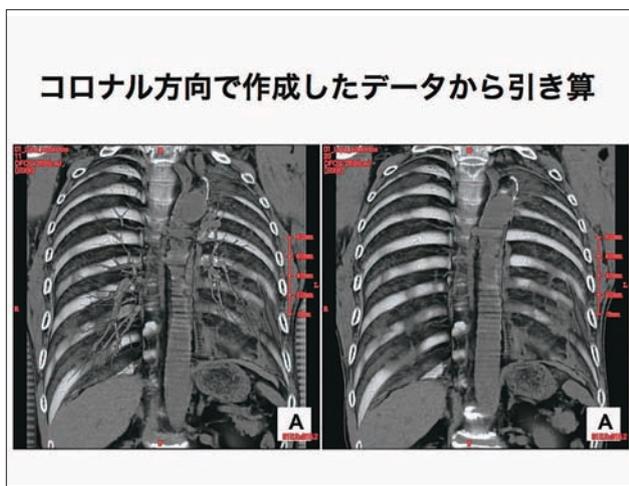


図7

【まとめ】

今回使用した胸壁3D表示用のオパシテイカーブを用いることにより、単純CTから作成した3D画像上で肋間静脈を表示すると同時に、胸膜プラークがある場合は同じ画像上でプラークを描出することができた。その胸壁3D表示と元画像であるシンスライス画像をDICOMビューワーにて位置情報をリンクさせて観察することにより、肋間静脈と胸膜プラークとを鑑別することが可能となった。

また、同時に作成した肺3D表示は肺表面の形状変化の把握を容易にし、今後は胸壁3D表示と併用することにより胸膜プラークの存在診断への有用性も期待できる。

次項から当院での臨床症例を提示し解説する。

症 例 提 示

はじめに、胸膜プラーク鑑別に有用であった3例を提示する。

症例1 肋間静脈

【症例】 55才 男性 【職歴】 重機運転、鉄工業

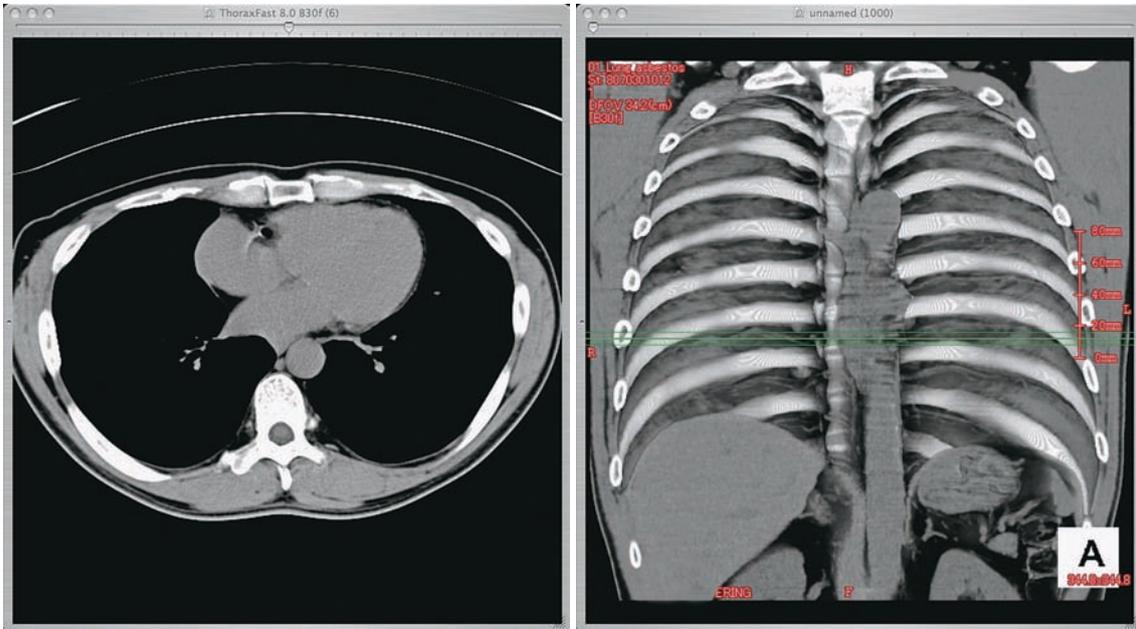


図1 左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示

CT画像は8ミリ厚。傍椎体部にプラーク様の陰影が認められるが、図右の胸壁3Dでは肋間静脈の走行を認め胸膜プラークではないと診断できる。

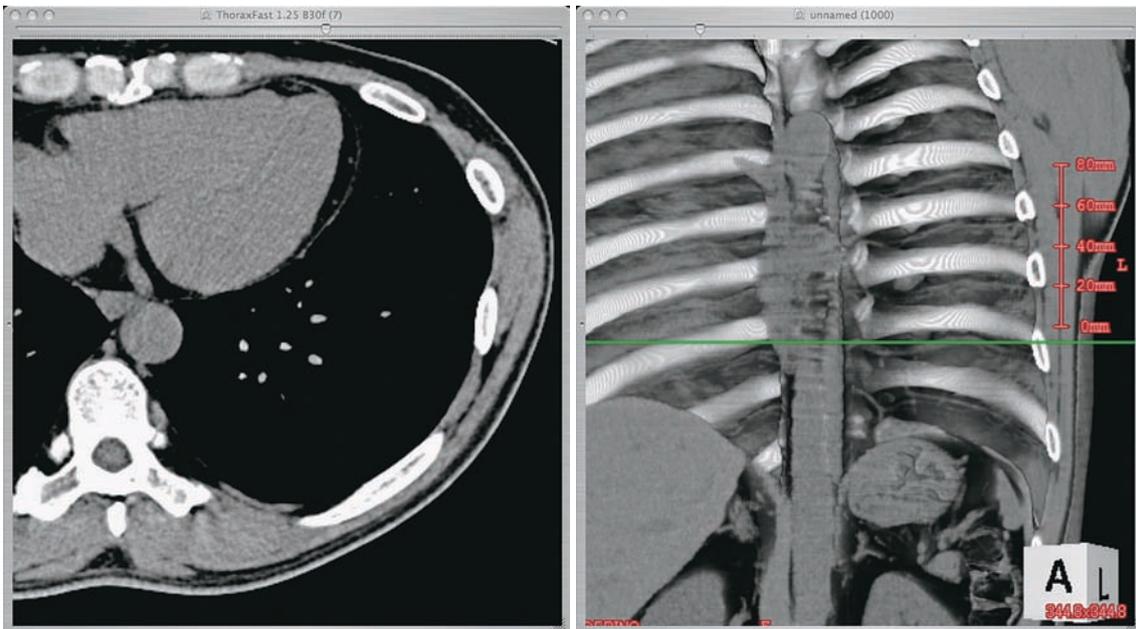


図2 左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示

CT画像は1ミリ厚。スライス厚を薄くして連続した画像を観察することで鑑別は可能だが、胸壁3D表示と共に観察することによって確実に血管と診断できる。

症例2 肋間静脈

【症例】66才 男性 【職歴】機関車運転手

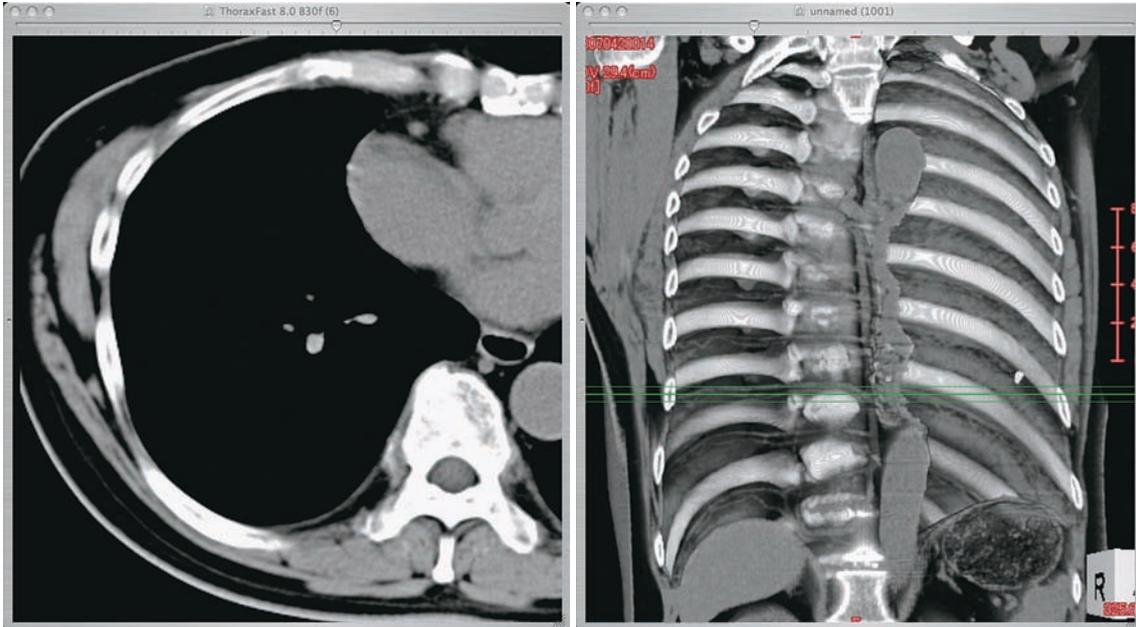


図1 左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示

CT画像は8ミリ厚。この症例も傍椎体部の肋間静脈が胸膜プラーク様に見えるが、胸壁3D表示で確認することにより肋間静脈と診断できる。

症例3 肋間静脈

【症例】52才 男性 【職歴】機械設計製作

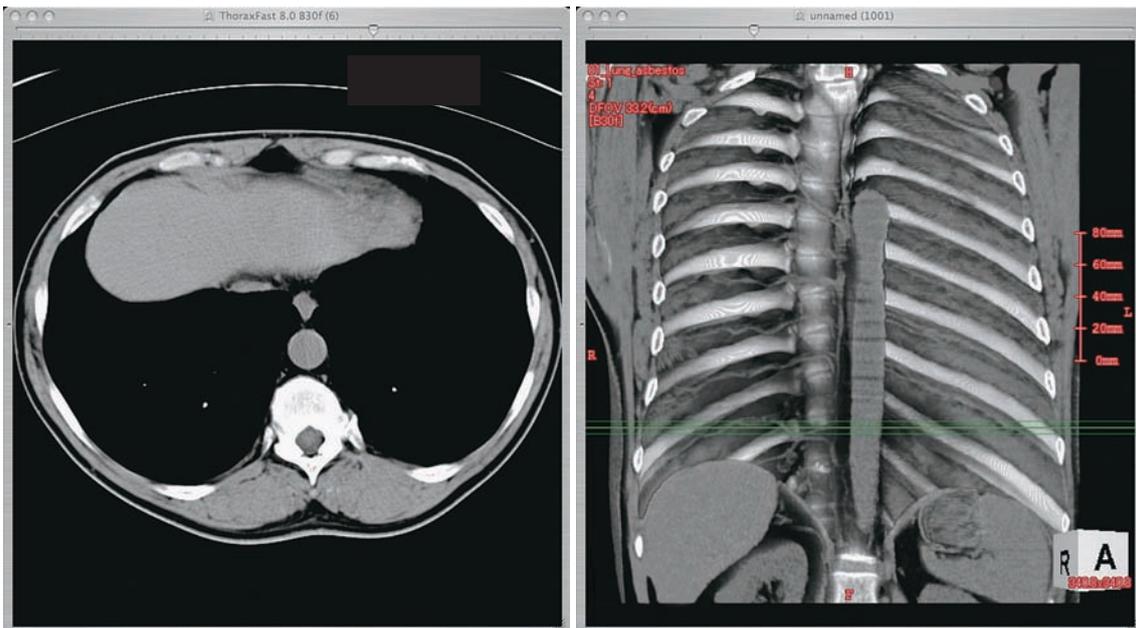


図1 左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示

CT画像は8ミリ厚。この画像のみで胸膜プラークではないと断言は難しいが、胸壁3D表示と組み合わせて観察することによって簡単に鑑別可能である。

症例4 胸膜プラーク（軽度）

【症例】 56歳 男性 【職歴】 配送業で石綿の取扱い歴はないが、作業場に石綿があった。

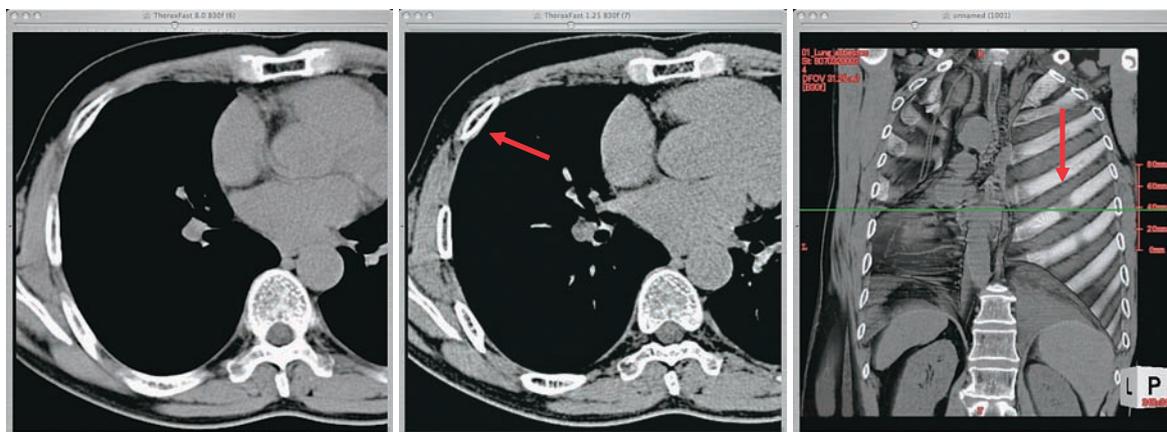


図1 左：CT画像8ミリ厚（縦隔条件） 中：CT画像1ミリ厚（縦隔条件） 右：胸壁3D表示

図1左では特に所見を認めないが、同じ位置でスライス厚を1ミリにした図1中では赤矢印部分に薄い胸膜プラークが疑われた。胸壁3D表示（図1右）では肋骨直下にプラークを確認できる。

CT画像のスライス厚を薄くすることにより分解能は向上するが画像数が著しく増加するため読影者の負担増となる。しかし胸壁3D表示を使用することによりその負担も軽減されるものと期待される。

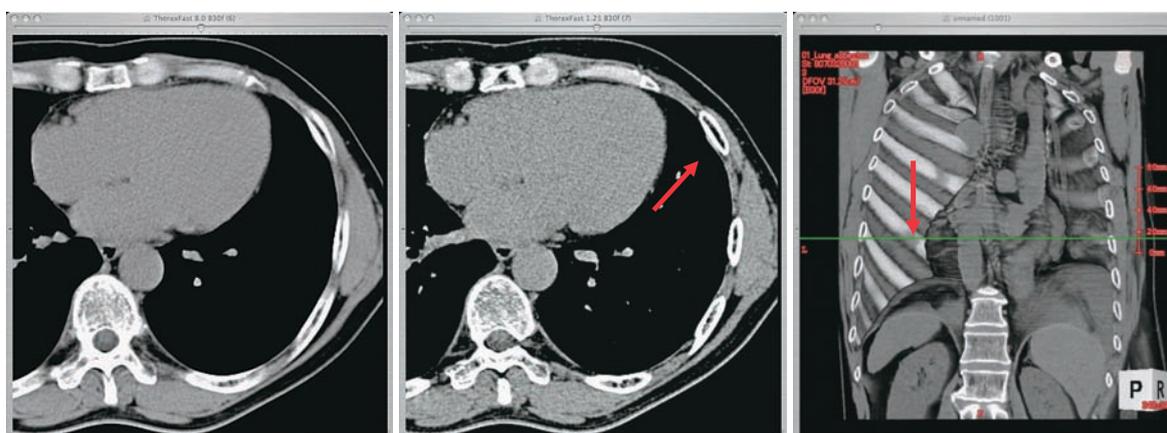


図2 左：CT画像8ミリ厚（縦隔条件） 中：CT画像1ミリ厚（縦隔条件） 右：胸壁3D表示

図1と同様に、図2左ではプラークを確認できないが、図2中のCT画像1ミリ厚では赤矢印に薄いプラークを疑うことができる。同右の胸壁3D表示では肋骨直下にプラークを確認できる。しかし、プラークを全て描出出来るか否かは未検証で、これまでの成績から2ミリ厚前後の胸膜プラークは捕らえることが可能と考えている。しかし、横隔膜については肺3D表示での形状変化を伴うプラークであれば描出可能であるが、薄いクレープ状のものは腹部臓器とのCT値の差が少ないことから描出は難しい。

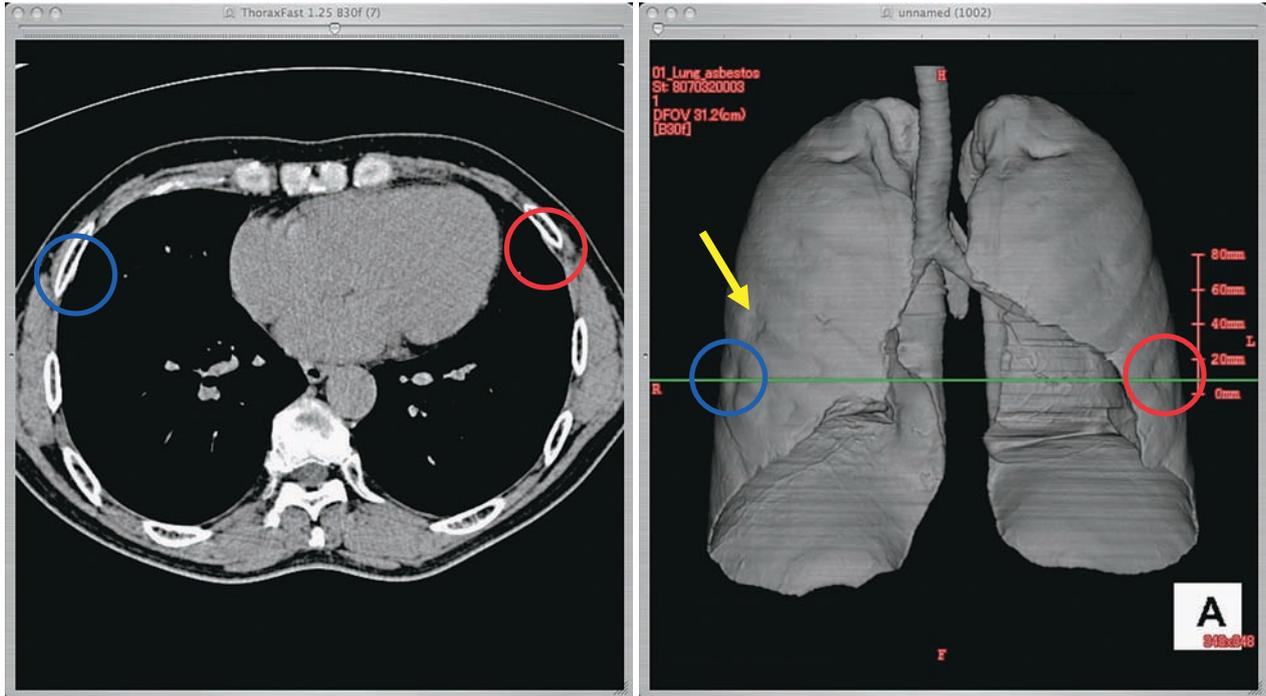


図3 左：CT画像（縦隔条件） 右：肺3D表示

図3左の薄い胸膜プラークでは図3右の肺3D表示で肺表面の凹状の形状変化を捕らえている（赤丸、青丸）。そして図1で示したプラークによる形状変化も同様に認識できる（黄矢印）。

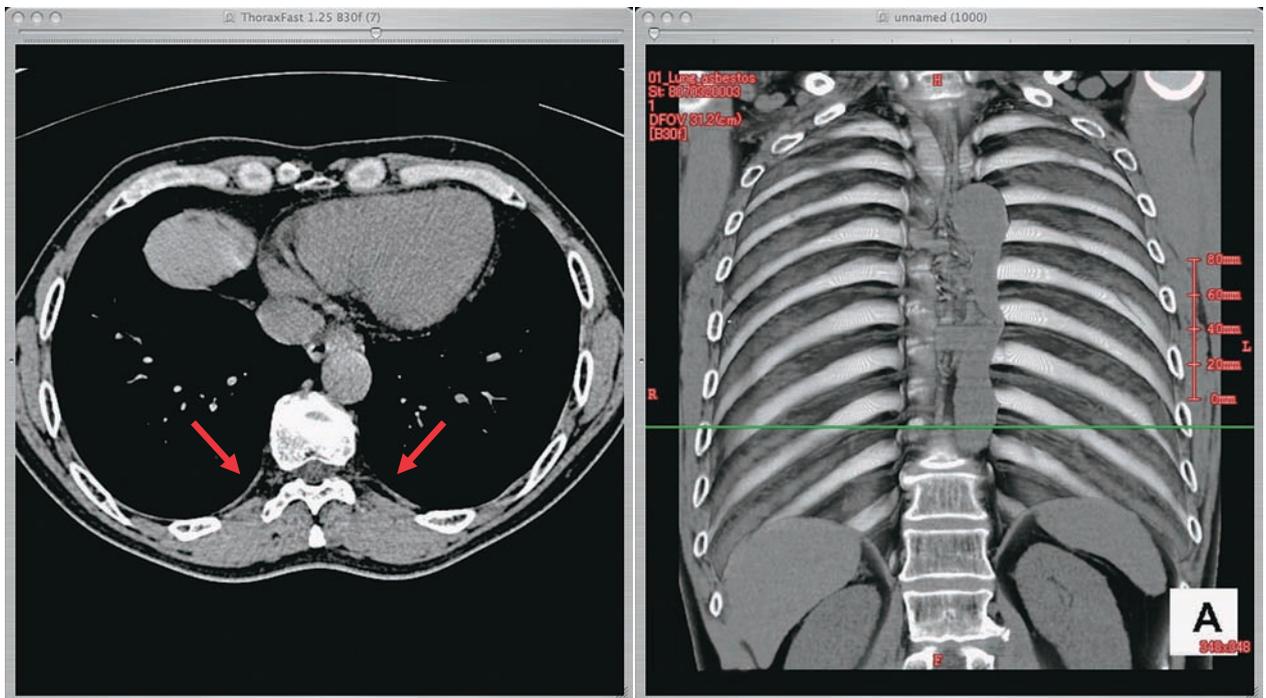


図4 左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示（背面）

図4左では傍脊椎部に肋間静脈なのか胸膜プラークなのか診断に迷うような所見がある（赤矢印）。従来、これを鑑別するには造影CTが必要であった。しかし、図4右の胸壁3D表示とCT画像を同時に観察することにより造影することなく容易に肋間静脈と診断できる。

症例5 胸膜プラーク症例（軽度）

【症例】50歳 男性 【職歴】約7年間発電所建設、その後約6年間電気工事に従事。

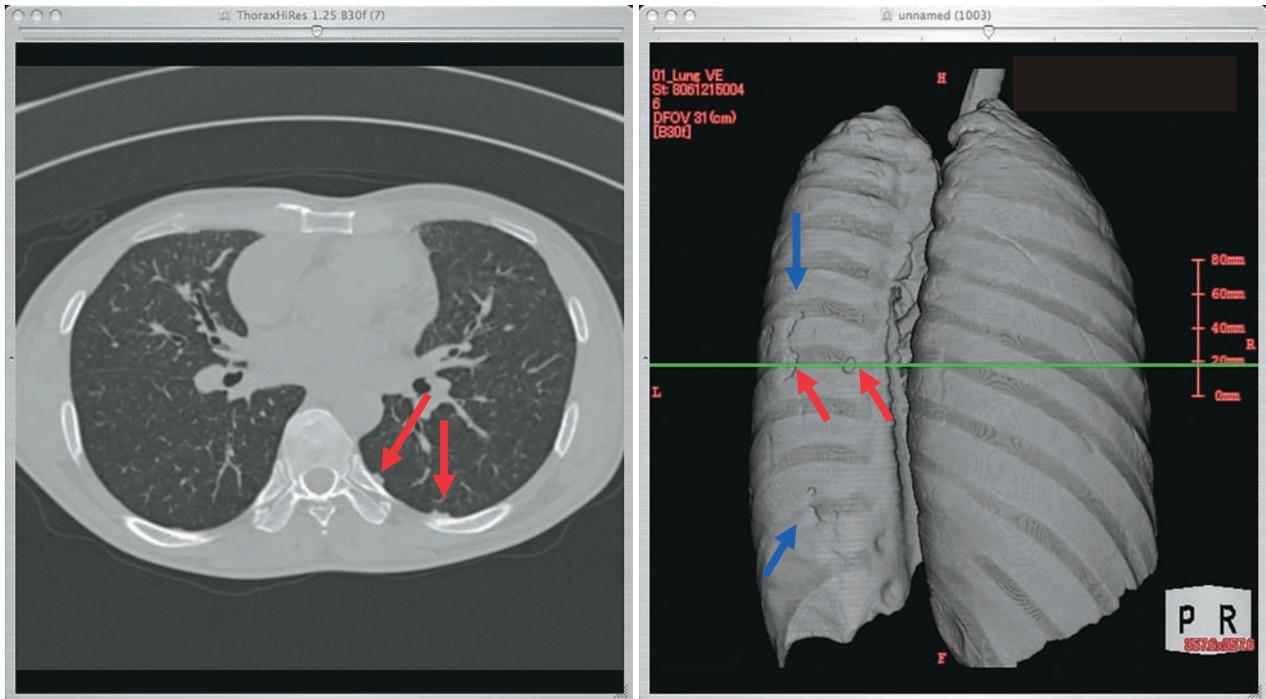


図1 左：CT画像（肺野条件） 右：肺3D表示

図1右の肺3D表示の緑ライン位置が図1左のCT画像である。左背側に小さなプラークを認める（赤矢印）。その他にもプラークの影響と思われる肺表面の変化を認める（青矢印）。

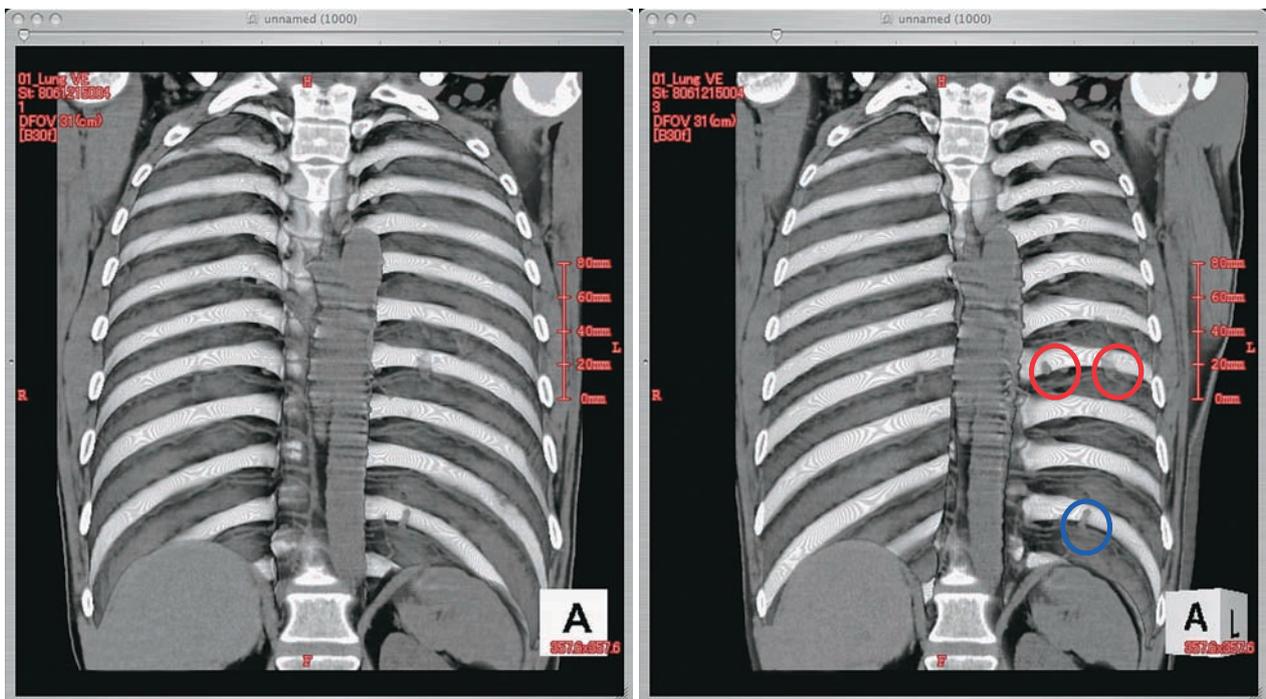


図2 胸壁3D表示（左：正面背側 右：斜位）

図2の胸壁3Dを見ると、図1で指摘した部位に胸膜プラークを指摘することができる。（赤丸、青丸）。

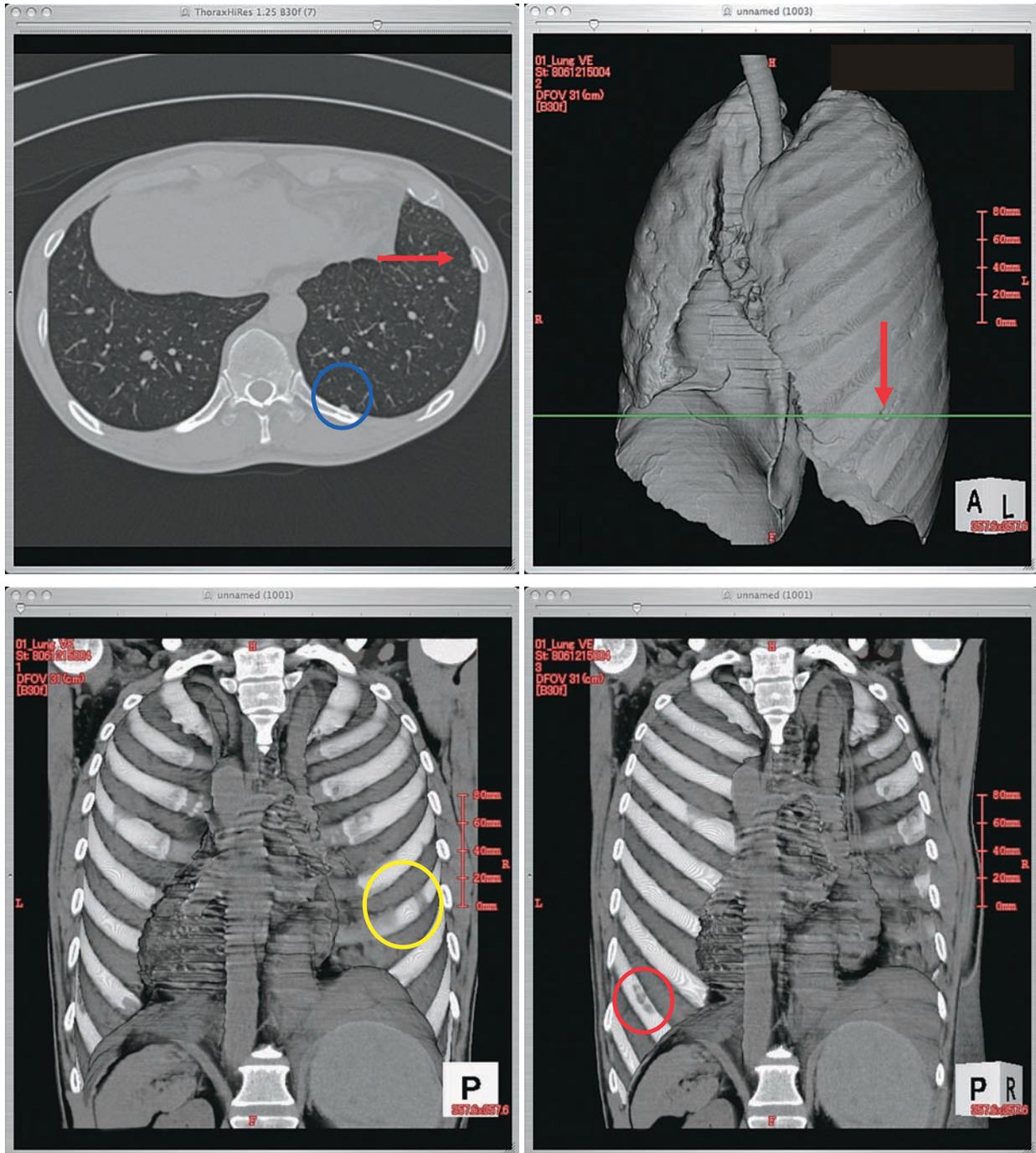


図3 左上：CT画像（肺野条件） 右上：肺3D表示 左下：胸壁3D表示（前面） 右下：胸壁3D表示（斜位）
 このCT画像では左側壁に胸膜プラークを認める（左上段：赤矢印）。また、図2右画像で指摘した青丸の部位が図3左上の青丸である。肺3D表示では胸膜プラークに一致した陥凹を認める（右上段：赤矢印）。右前面にもプラークと思われる所見を認める（黄丸）。右下の胸壁3D表示では肋骨に沿って数珠状の陰影が確認できる（赤丸）。

この症例のように軽度の胸膜プラークと思われる画像所見も、肺3D表示・胸壁3D表示と共にCT画像を確認することによってより簡単に、より正確な診断が可能となった。

症例6 胸膜プラーク（軽度）

【症例】64歳 女性 【職歴】約28年間クラッチ板製造・品質管理

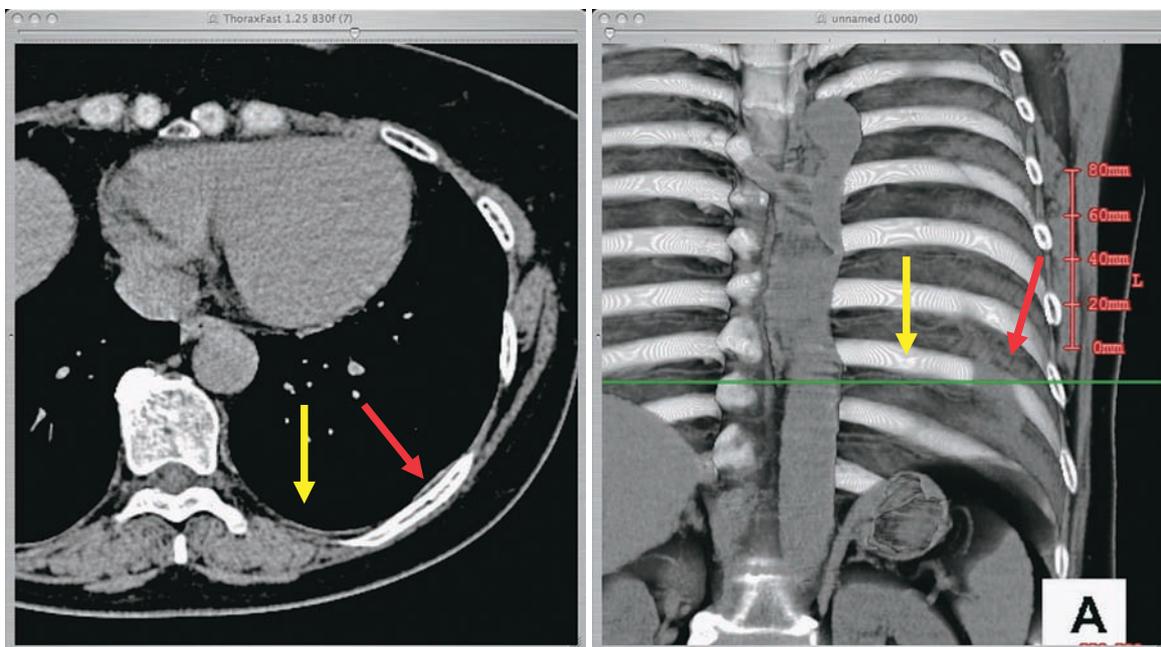


図1左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示

肋骨に沿って胸膜プラークを認めた。(赤矢印) また一見胸膜プラークと思われる部位(黄色矢印)は胸壁3D表示で肋間静脈と鑑別できる(図1右)。

症例7 胸膜プラーク（軽度）

【症例】51歳 男性 【職歴】約34年間板金・建築塗装に従事

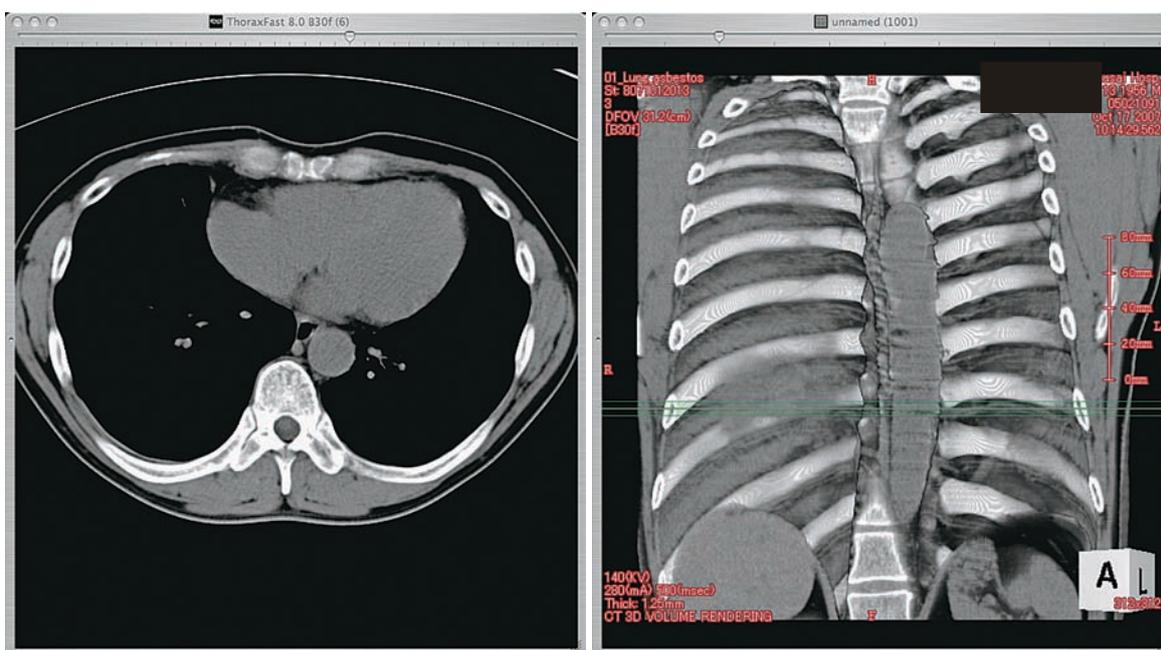


図1左：CT画像（縦隔条件、8ミリ厚） 右：胸壁3D表示（斜位）

CT8ミリ厚でも胸壁3D表示と共に観察することによって胸膜プラークと診断できる。

症例8 胸膜プラーク（軽度）

【症例】45歳 男性 【職歴】建設業、トンネル坑夫

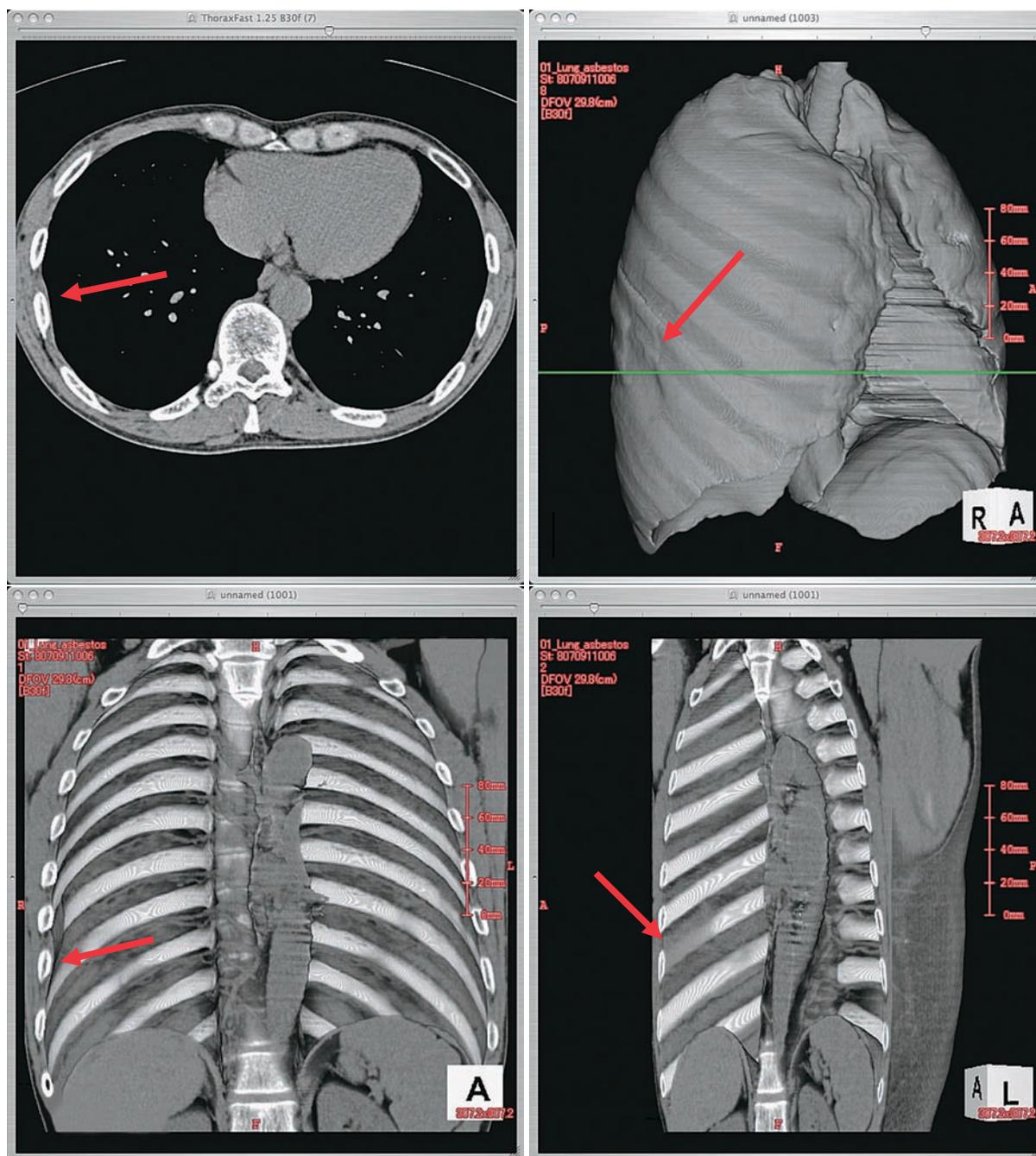


図1 左上：CT画像（縦隔条件） 右上：肺3D表示 左下：胸壁3D表示 右下：胸壁3D表示（斜位）

CT画像では明らかな胸膜肥厚は見られないが、肺3D表示や胸壁3D表示では右肋骨を覆うような胸膜プラーク様所見を認める（赤矢印）。しかし、この症例はこの1カ所だけの所見であるためプラークと確定診断するには至らず、現在経過観察中である。

今回検討した胸壁3D表示や肺3D表示、および薄いスライス厚のCT元画像はプラークの存在診断に有効と思われるが、この症例8のように対象となる変化が極めて薄い場合には確実にプラークと診断できる精度までには達していない現状であり、今後の検討課題と考えている。

症例9 胸膜プラーク典型例

【症例】

62歳 男性

【職歴】

昭和36年から平成18年までに
約43年間電気工事関係に従事。
直接アスベストを取り扱う事はなかったが、
周りにはアスベストがあった。
防塵マスクは使用していなかった。

【胸部X線写真所見】

両肺野に重なって胸膜プラークと思われる
陰影が多数認められる。



図1 胸部X線写真



図2 胸部CT画像（左：肺野条件 右：縦隔条件）

図2では、左右前胸壁に石灰化を伴う胸膜プラークが確認できる。他にも、傍椎体部や左背面にも胸膜プラークを認める。

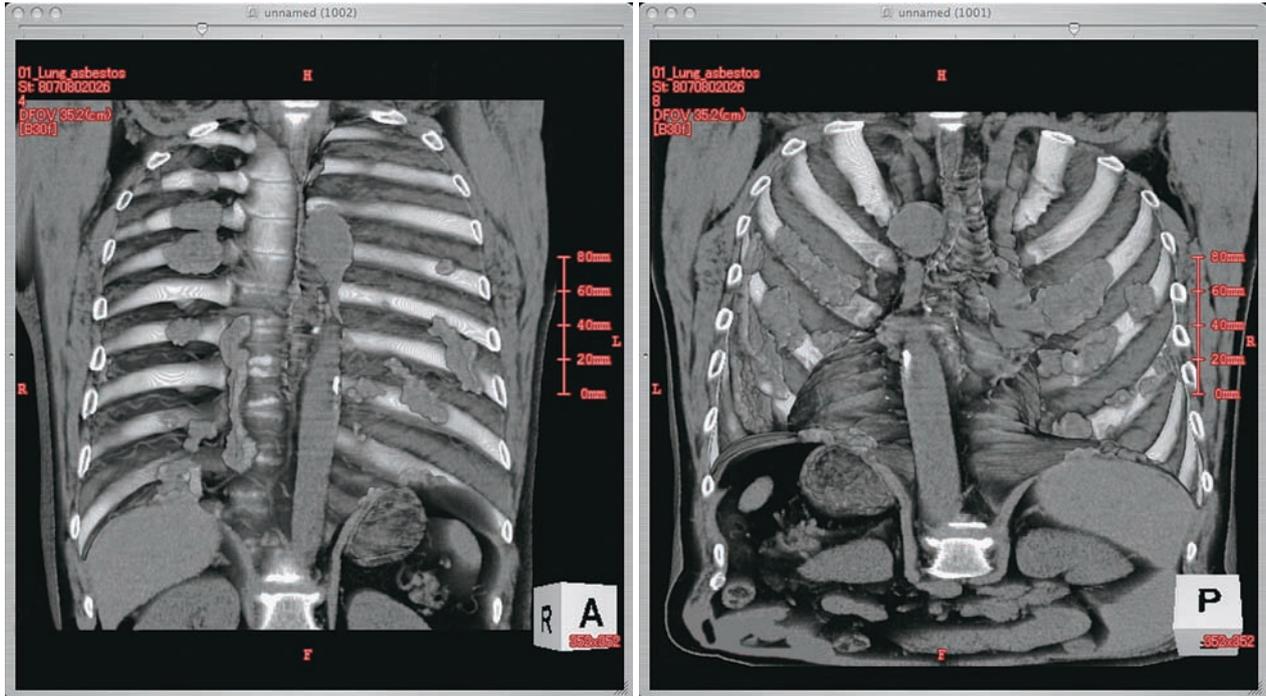


図3 胸壁3D表示 (左：背面 右：前面)

右背面上部 (図3左) や左右前胸壁 (図3右) には肋骨に沿って胸膜プラークを確認できる。また、右傍椎体部 (図3左) には頭足 (上下) 方向に進展した胸膜プラークを認める。

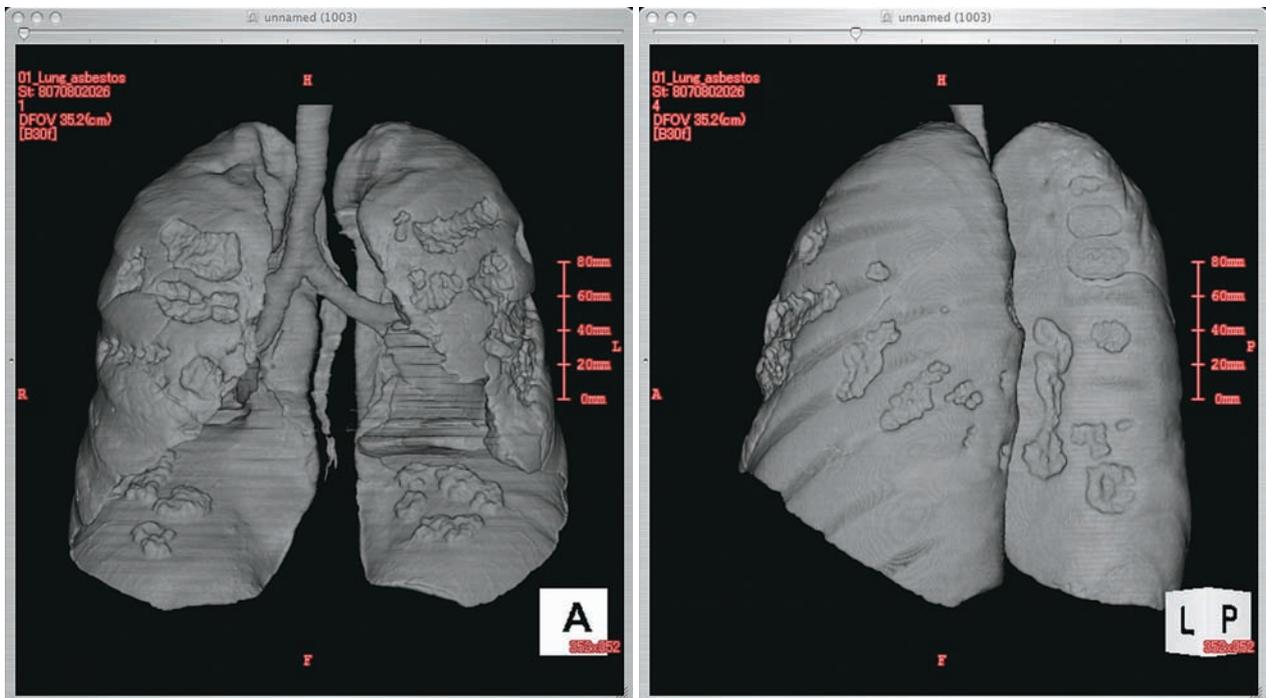


図4 肺3D表示 (左：正面像 右：左後面斜位)

横隔膜や図3に示した胸膜プラークの位置に対応して肺3D表面にクレーター状の所見を明瞭に観察できる。

症例10 胸膜プラーク典型例

【症例】

66歳 男性

【職歴】

昭和34年から4年間、火力発電所建設に従事。保温工事時に耐熱材（石綿）を使用。その後、約41年間、住宅建設業に従事。

【胸部X線写真】

著名な石灰化は認められない。
広範囲に胸膜プラークと思われる所見がある。



図1 胸部X線写真

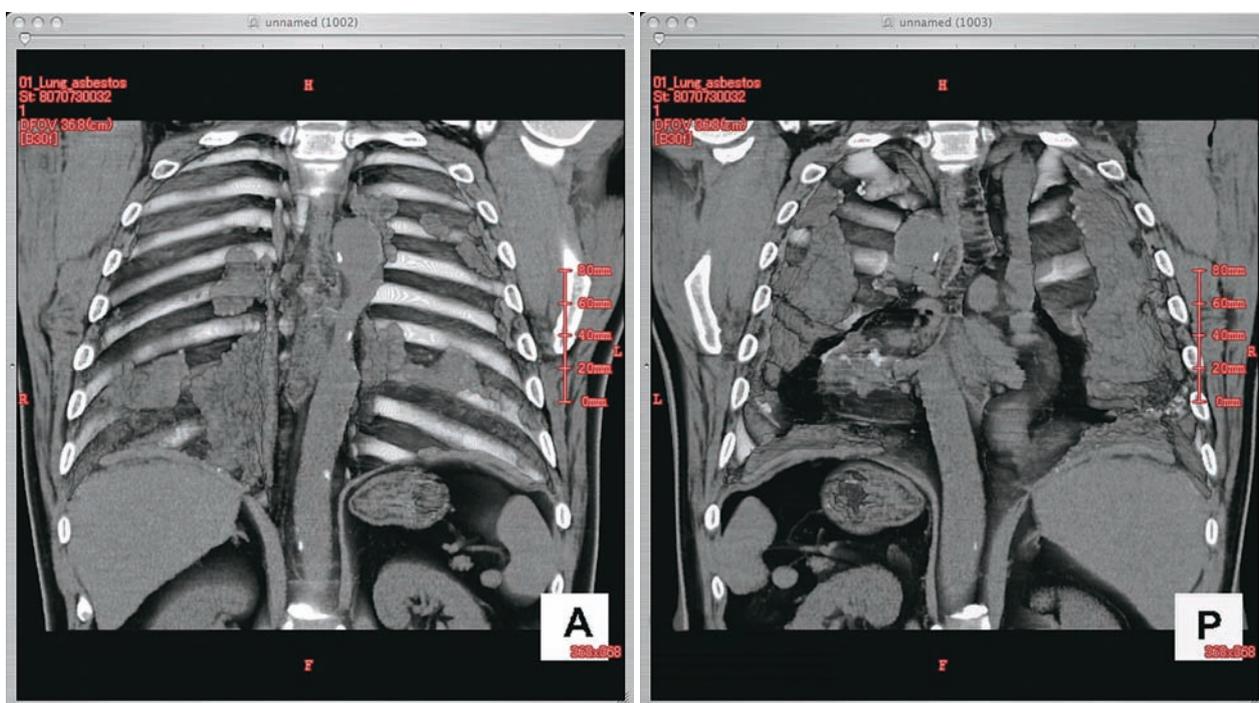


図2 胸壁3D表示（左：背面 右：前面）

図2では、好発部位と言われる前胸壁や傍椎体部に胸膜プラークを確認できる。この症例では前胸壁、傍椎体部のプラークは頭足（上下）方向に進展し、横隔膜にも広範囲に胸膜プラークを認める。

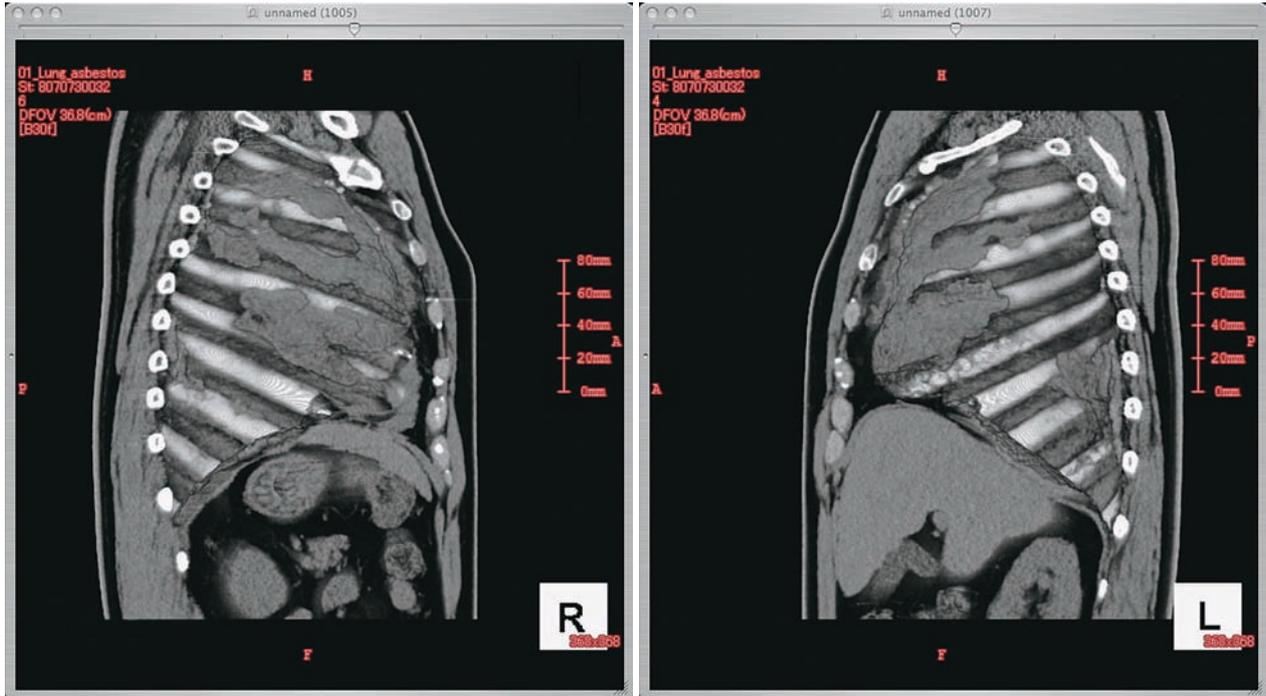


図3 胸壁3D表示 (左：左胸壁 右：右胸壁)

また、この症例の特徴的な所見として、側胸壁の胸膜プラークは肋骨に沿って進展している。そしてその形態を胸壁3D表示はCT元画像に比べ視覚的に認識することができる利点がある。

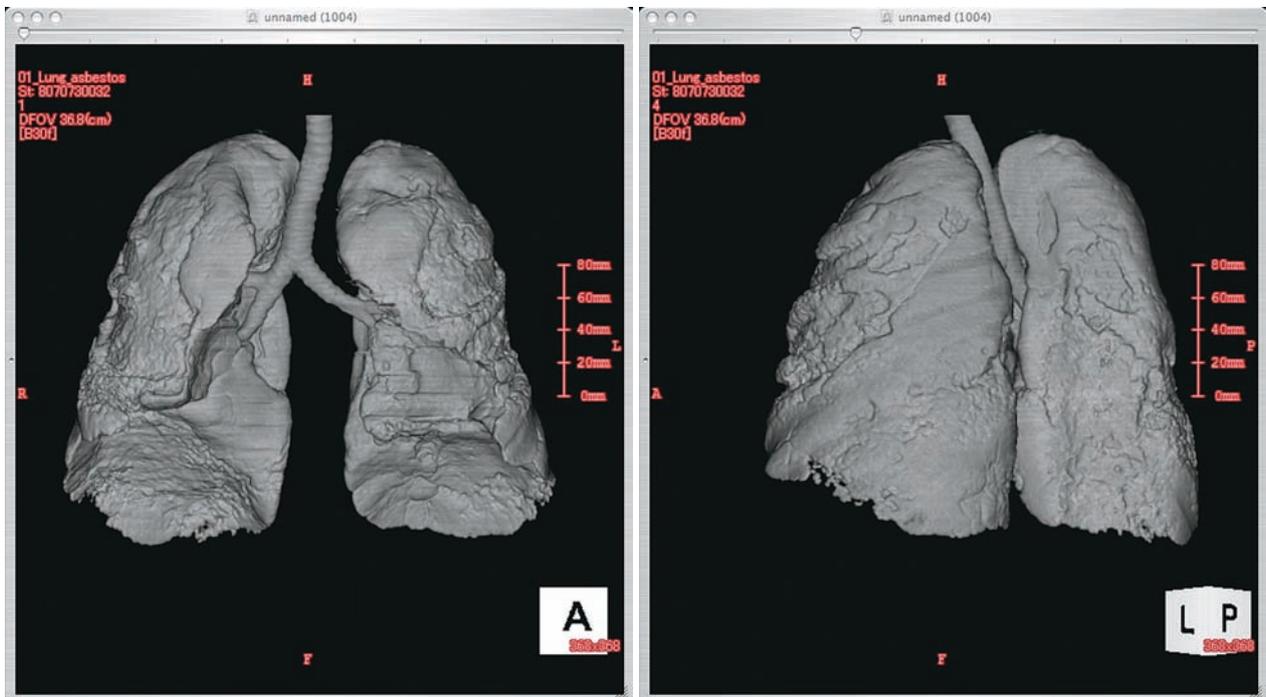


図4 肺3D表示 (左：正面 右：左斜後面)

図4の肺3D表示では、肺表面が胸膜プラークの影響で変化したクレーター状陥凹を明瞭に確認できる。

症例11 石灰化胸膜プラーク

【症例】

85歳 男性

【職歴】

昭和24年から約6年間、金属鉱山にて採鉱夫として従事。その後、マンガン製造業に約25年間従事。作業場に断熱材としてアスベストが使用されていた。

【胸部X線写真所見】

左右横隔膜には石灰化を認める。
左右肺野に辺縁明瞭な陰影を多数認め、特に左肺野には石灰化が著名で、縦隔側にも認める。



図1 胸部X線写真

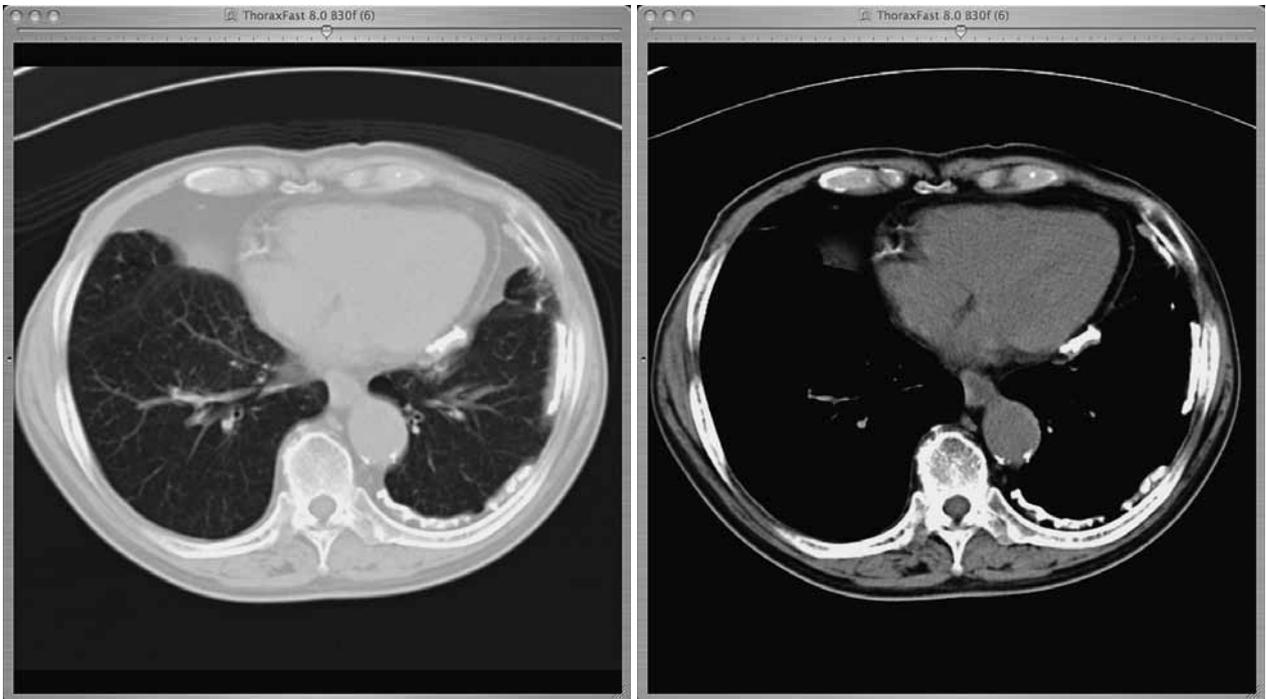


図2 胸部CT画像（左：肺野条件 右：縦隔条件）

図2では、左胸壁に広範囲に石灰化胸膜プラークを認める。また心膜にも石灰化を認める。



図3 胸壁3D表示（左：背面 右：前面）

図3では、両側に石灰化胸膜プラークを認めるが、左胸壁がより広範囲である。横隔膜にも石灰化を伴ったプラークを認める。

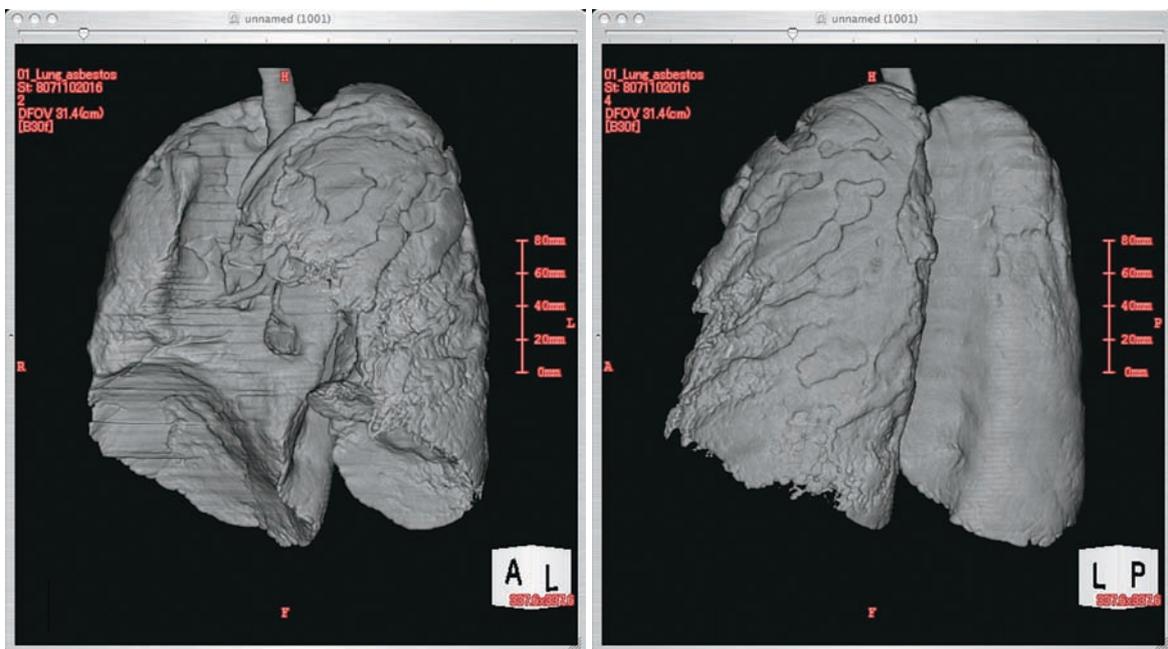


図4 肺3D表示

図4の肺3D表示では、石灰化を伴った胸膜プラーク部位が明瞭なクレーター状に観察できる。炎症性由来の石灰化の場合も厚みをもって肺の形状に変化をもたらすが、石灰化胸膜プラークの場合はプラーク周辺の肺は弾性をもって伸展していることから、プラークの陥凹性変化はより明瞭に描出される。

症例12 石灰化胸膜プラーク

【症例】

55歳 男性

【職歴】

電気工事業に約38年従事

【胸部X線写真所見】

左右横隔膜に石灰化を認める。
また胸膜プラークと思われる画像所見を
多数認める。



図1 胸部X線写真

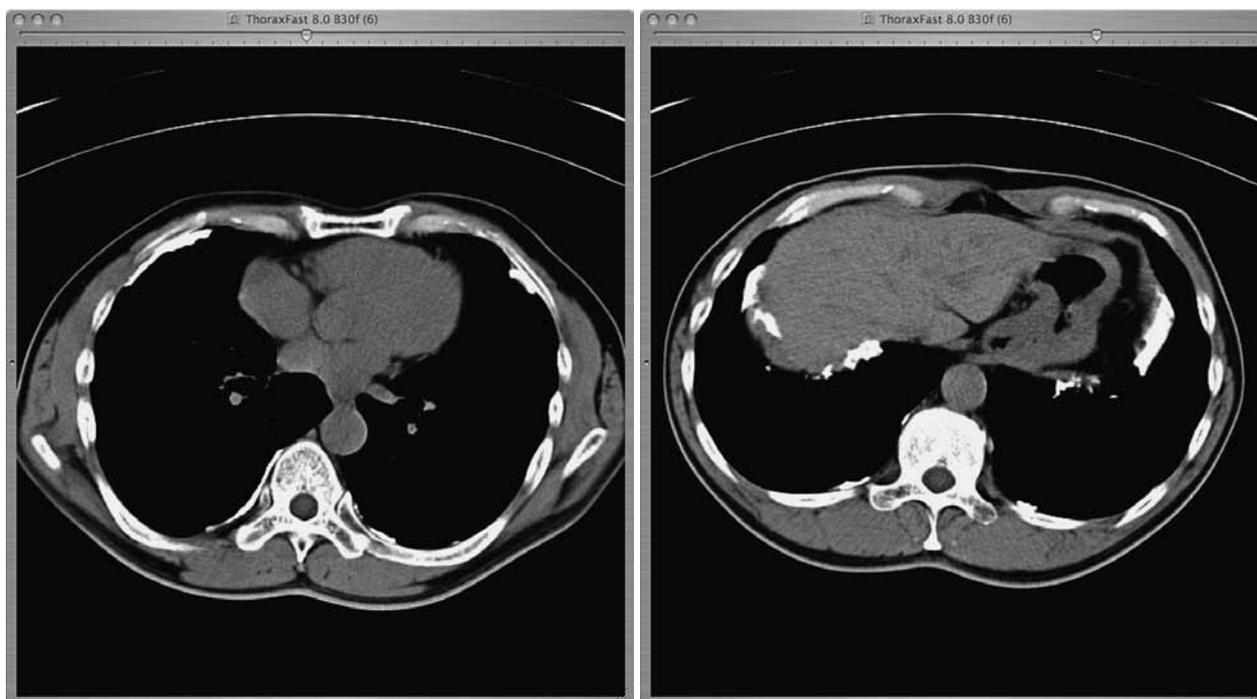


図2 胸部CT画像（縦隔条件）

左右の前胸壁、傍椎体部、横隔膜にそれぞれ石灰化胸膜プラークを認める。

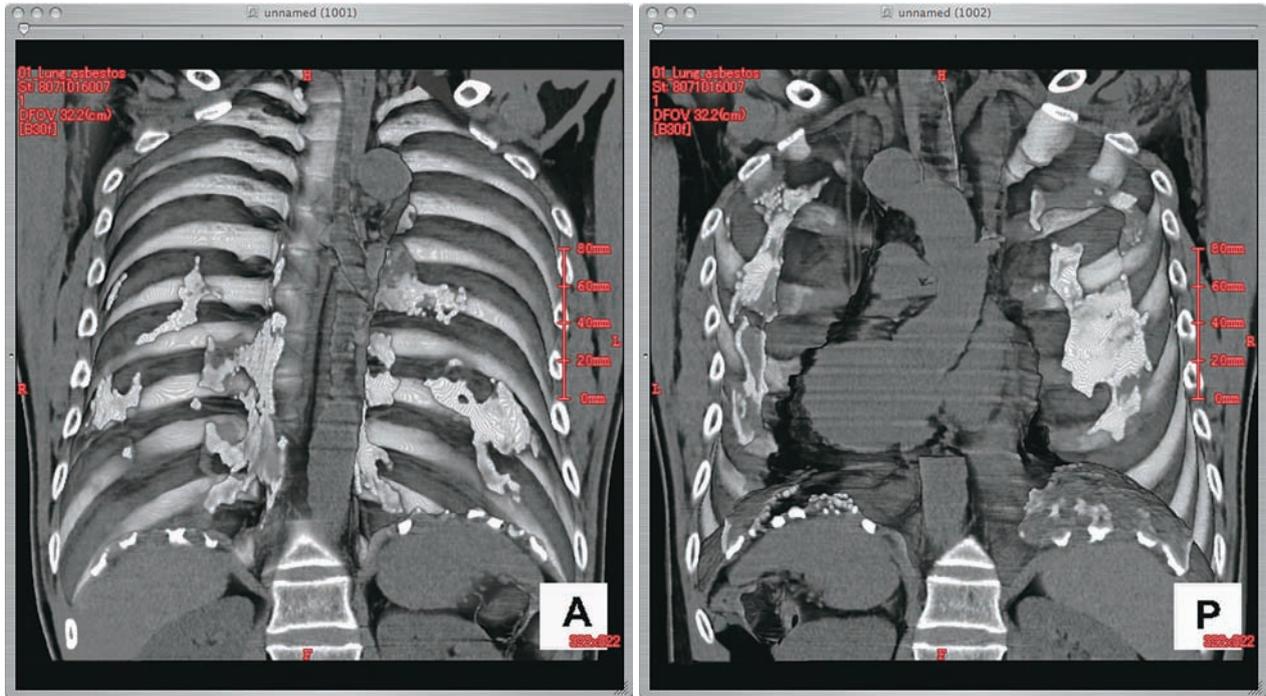


図3 胸壁3D表示（左：背面 右：前面）

背面、前面とも石灰化プラークが多く確認できる。この症例のように非石灰化プラークよりも石灰化プラークの割合が多いケースは経験上少ない。

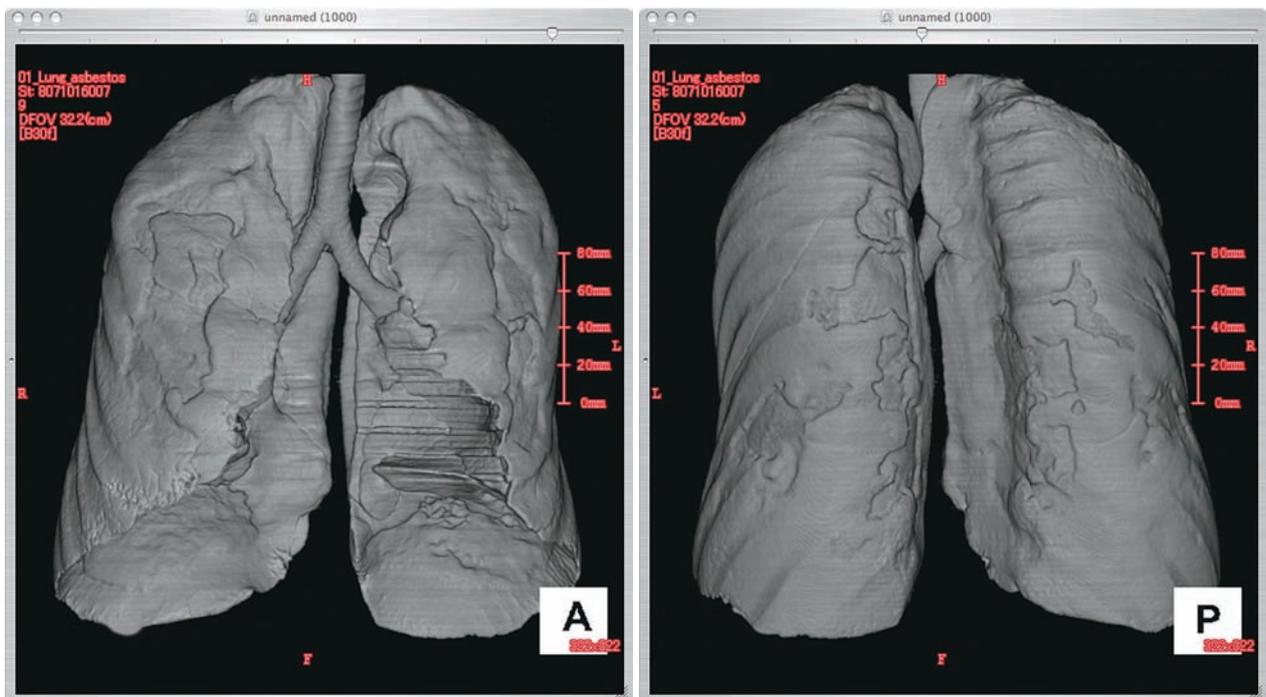


図4 肺3D表示（左：前面 右：背面）

図4では、図3に示す胸膜プラークの位置にクレーター状の所見を明瞭に観察できる。

症例13 石灰化胸膜プラーク

【症例】

68歳 男性

【職歴】

約45年間 農業（稲作）に従事
その間、解体業にも従事経験あり

【胸部X線写真所見】

縦隔に重なって広範囲の石灰化、そして
右横隔膜にも石灰化を認める。
また右肺野にも辺縁明瞭な陰影を認める。



図1 胸部X線写真

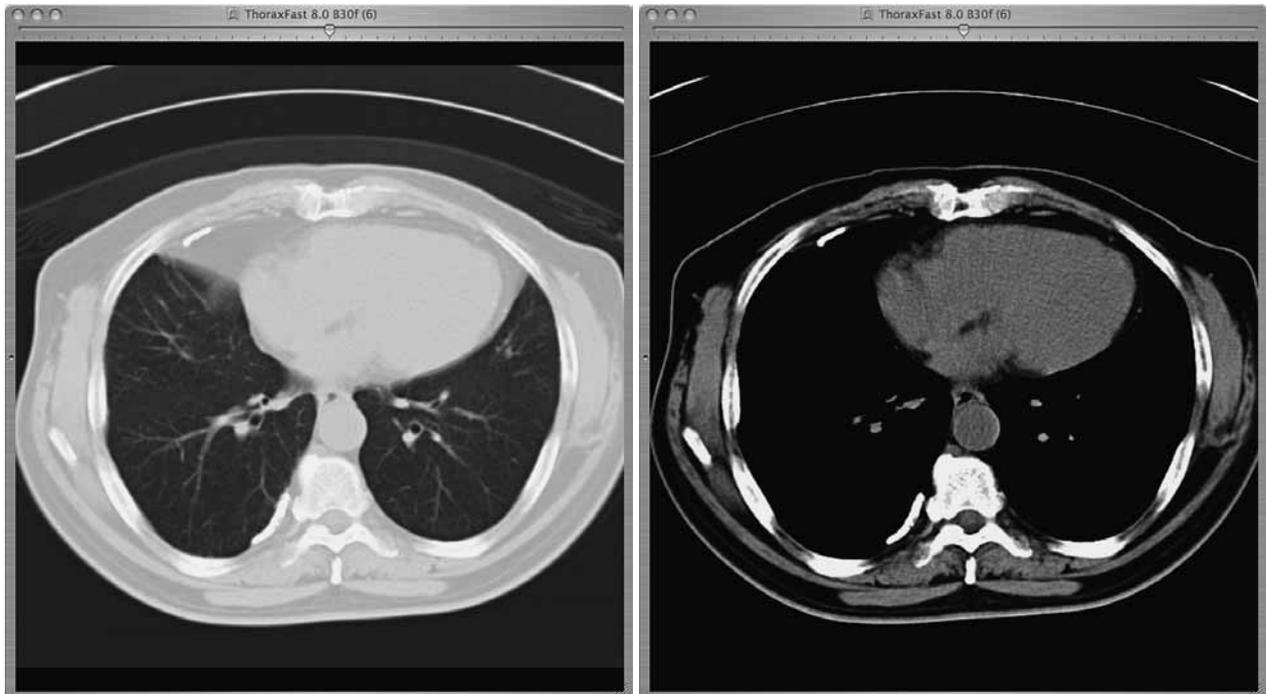


図2 胸部CT画像（左：肺野条件 右：縦隔）

CT画像では、右前胸壁と右傍椎体部に石灰化を認める。傍椎体部の石灰化は厚みはあるが、炎症由来の石灰化のように肺野内への所見はなく石灰化胸膜プラークと診断できる。

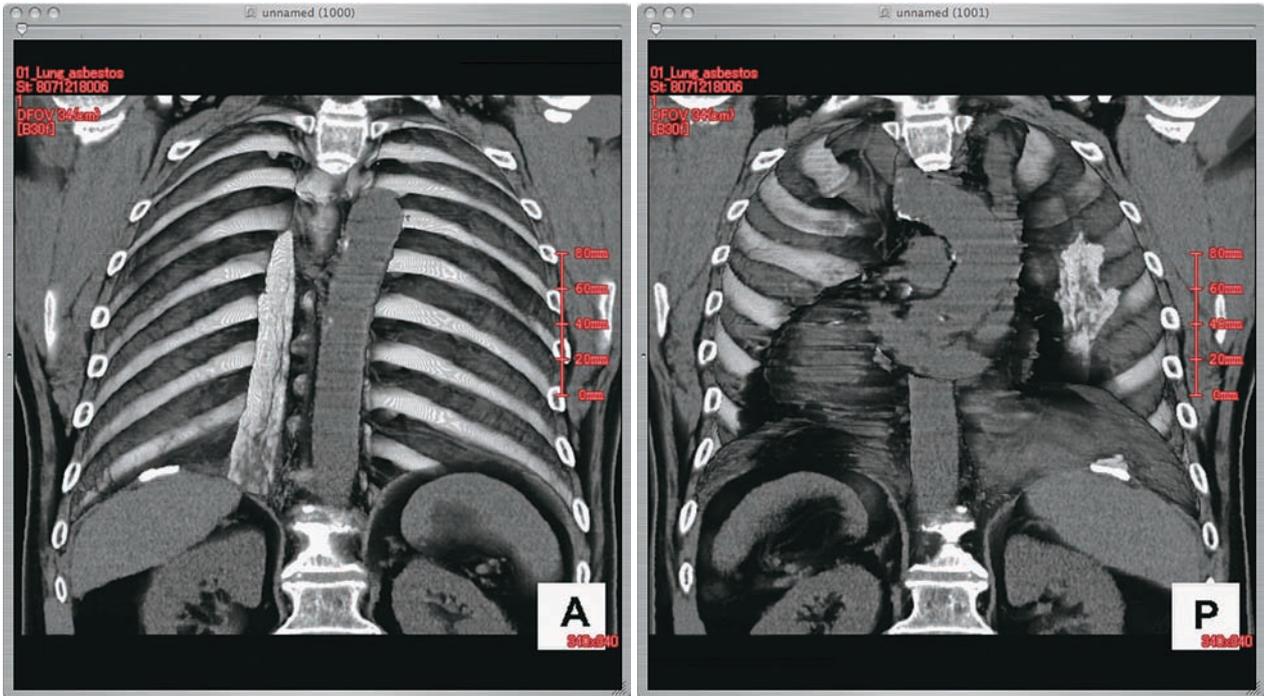


図3 胸壁3D表示（左：背面 右：前面）

図3左の胸壁3D表示では右傍椎体部に広範囲に分布する石灰化胸膜プラークを認める。また、図3右では胸部X線写真の所見が右前胸壁の石灰化胸膜プラークと診断できる。

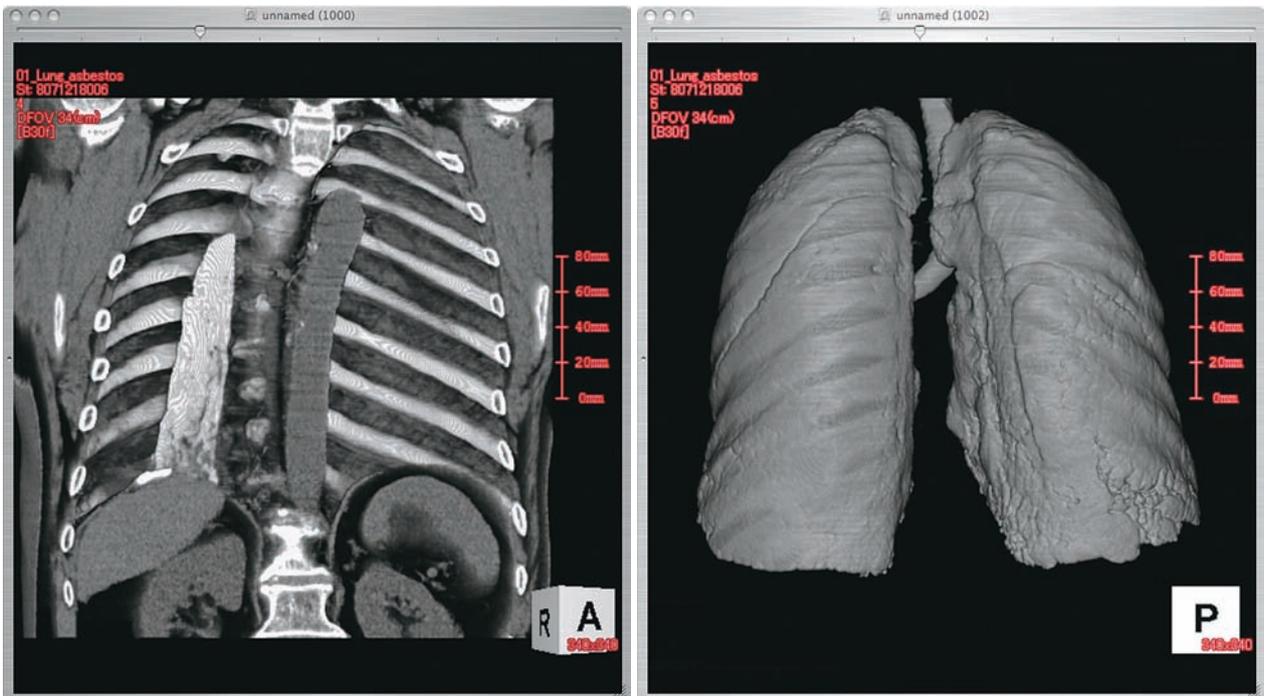


図4 左：胸壁3D表示（斜位） 右：肺3D表示

図4右の肺3D表示では、石灰化胸膜プラークの部位に陥凹した所見が認められる。そしてその辺縁は明確で、表面は滑らかであることから炎症による胸膜石灰化と鑑別できる。

症例14 陳旧性胸膜炎による胸膜石灰化(じん肺)

【症例】

75歳 男性 既往 21歳時 胸膜炎
じん肺分類 PR4B

【職歴】

炭鉱で坑内保安員、採炭夫、掘進夫、坑外水道員等の職務に従事。じん肺にて通院中。

【胸部X線写真所見】

じん肺陰影とは別に左側壁に広範囲の石灰化を認める。



図1 胸部X線写真

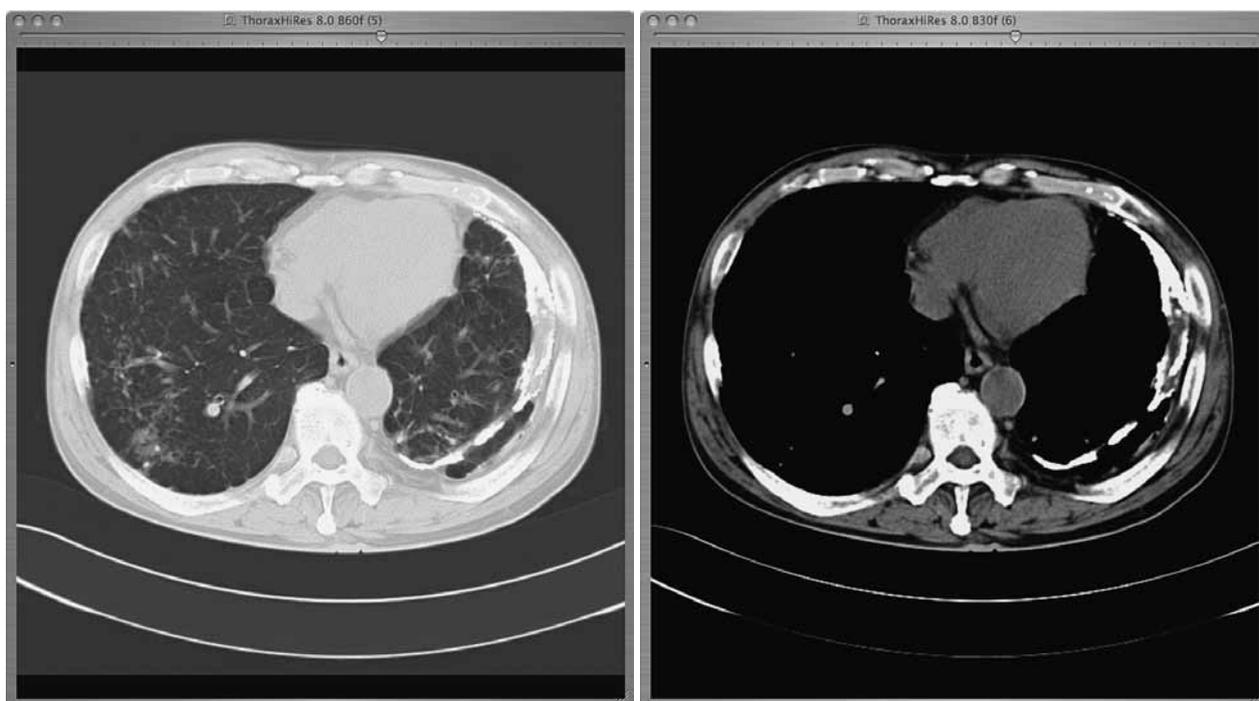


図2 胸部CT画像 (左：肺野条件 右：縦隔条件)

図2では、左胸壁に広範囲に石灰化を伴った胸膜肥厚を確認できる。

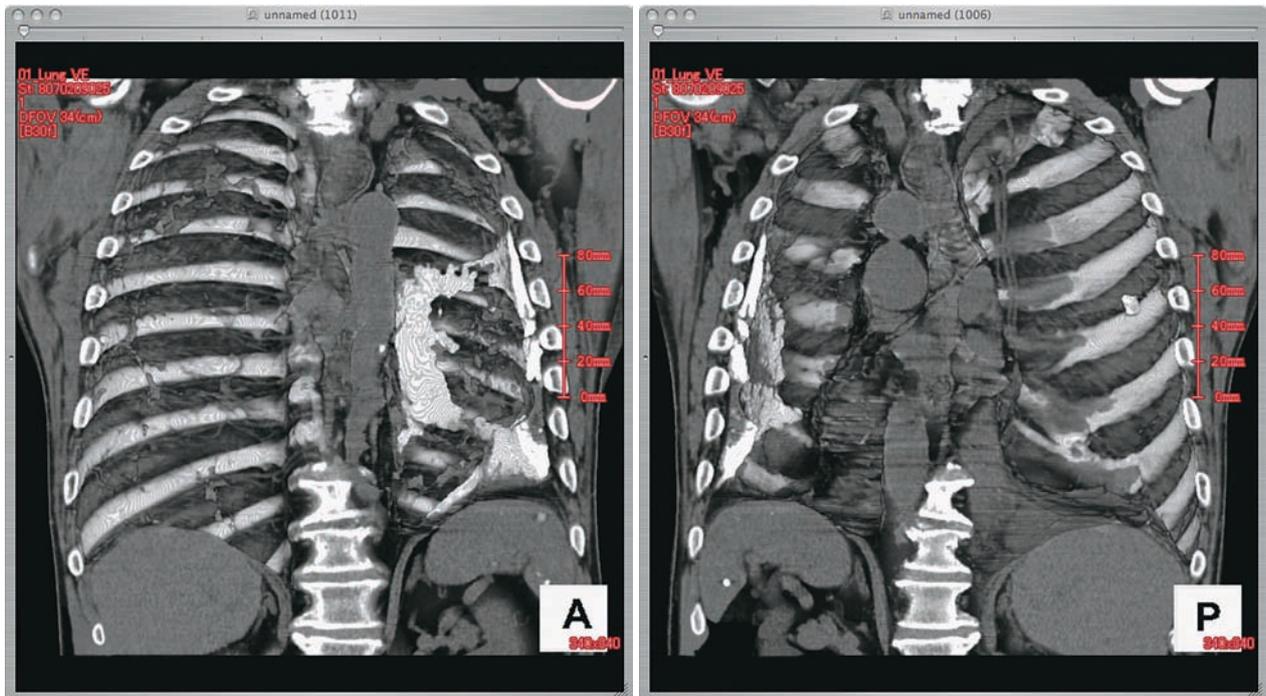


図3 胸壁3D表示 (左：背面 右：前面)

図3では、左胸壁に胸膜炎によると思われる胸膜石灰化が確認でき、その石灰化の厚みは一般的な石灰化胸膜プラークに比べ厚いと思われる。

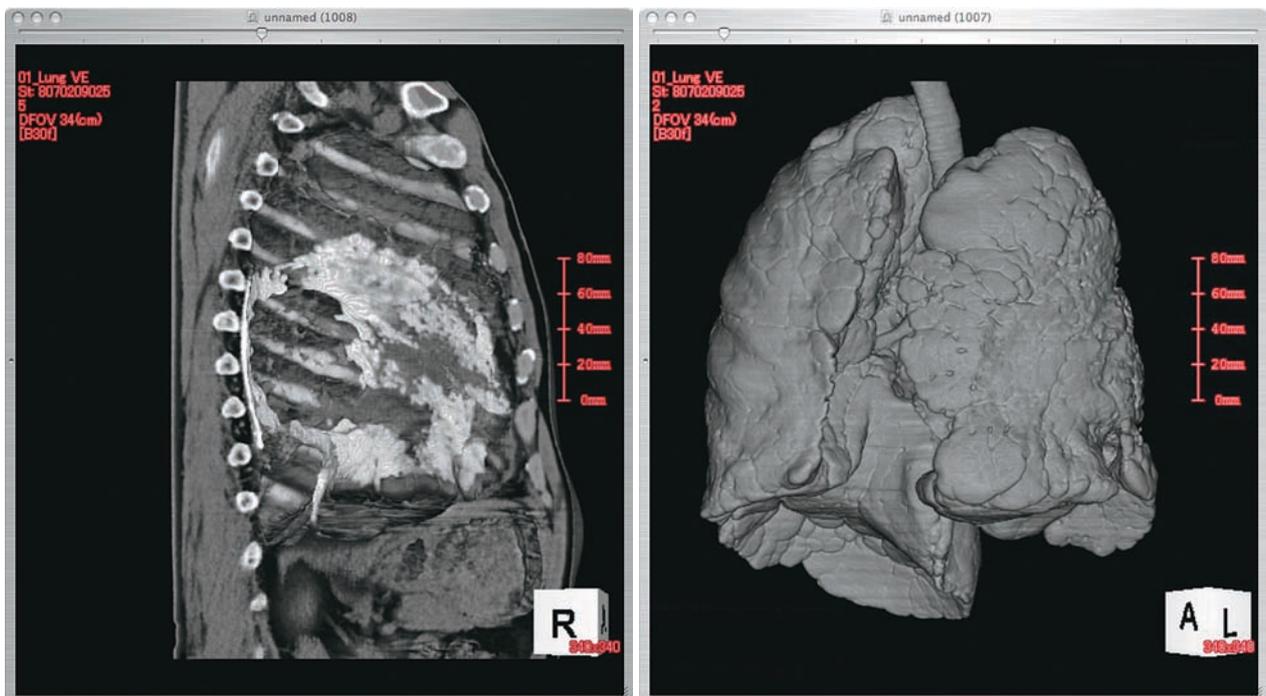


図4 左：胸壁3D表示 (左胸壁) 右：肺3D表示

しかし、肺3Dでみると炎症性の胸膜石灰化による肺表面の形状変化は石灰化胸膜プラークに比べて境界が不明瞭でクレータ状には観察できない。また肺3D表示は左右肺の容積の差を視覚的に観察できる。

症例15 じん肺症結核合併による胸膜石灰化

【症例】 86歳 男性 【職歴等】 炭鉱夫 じん肺分類 PR4C 結核を併発

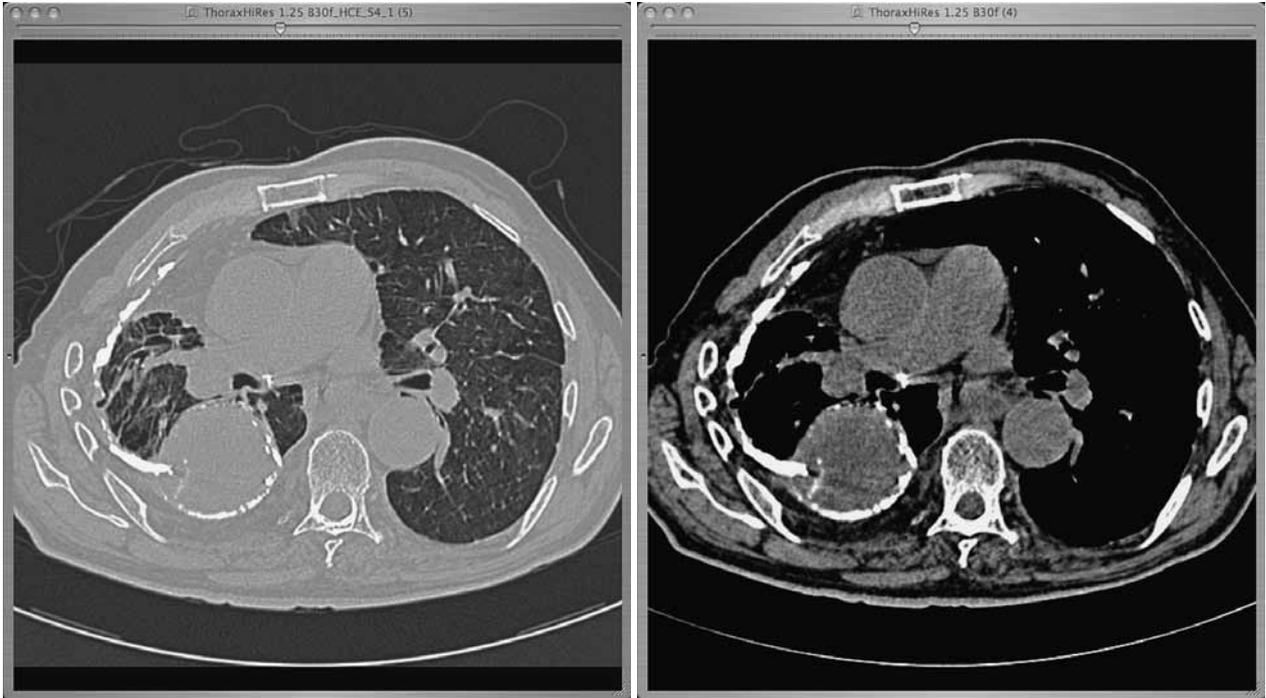


図1 CT画像 (左：肺野条件 右：縦隔条件)

右胸壁には結核によると考えられる全周性の胸膜石灰化と被包化胸水を認める。

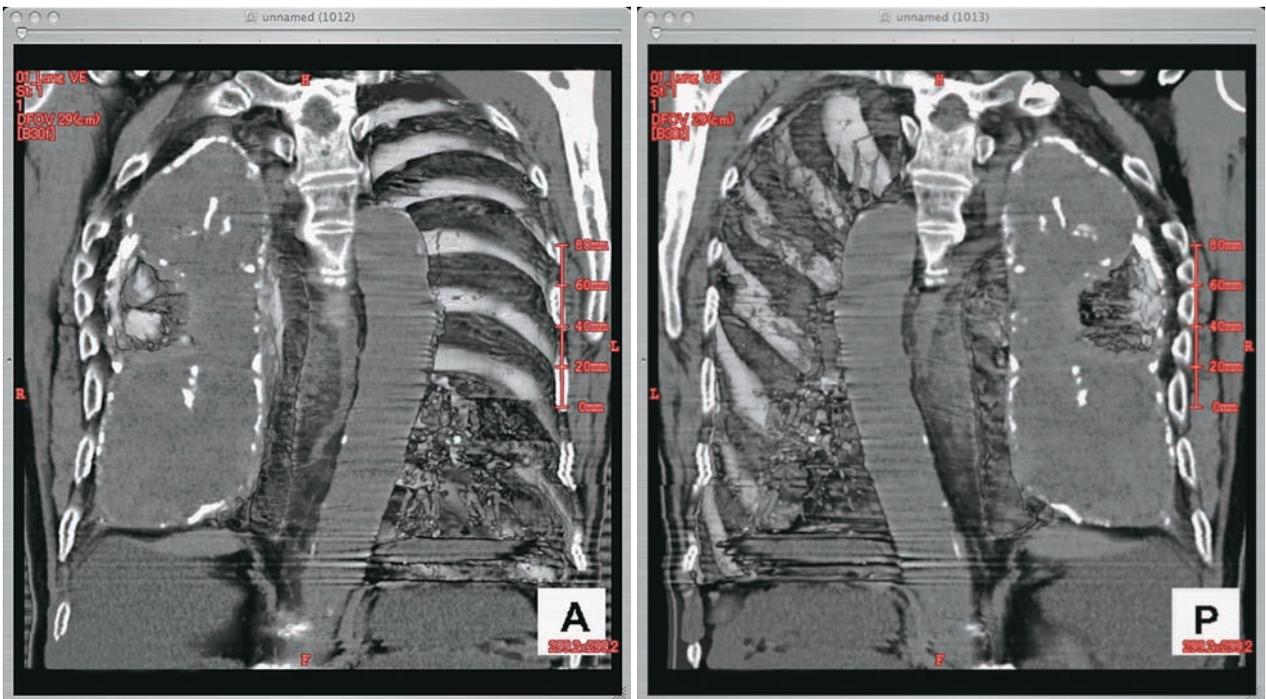


図2 胸壁3D表示 (左：背面 右：前面)

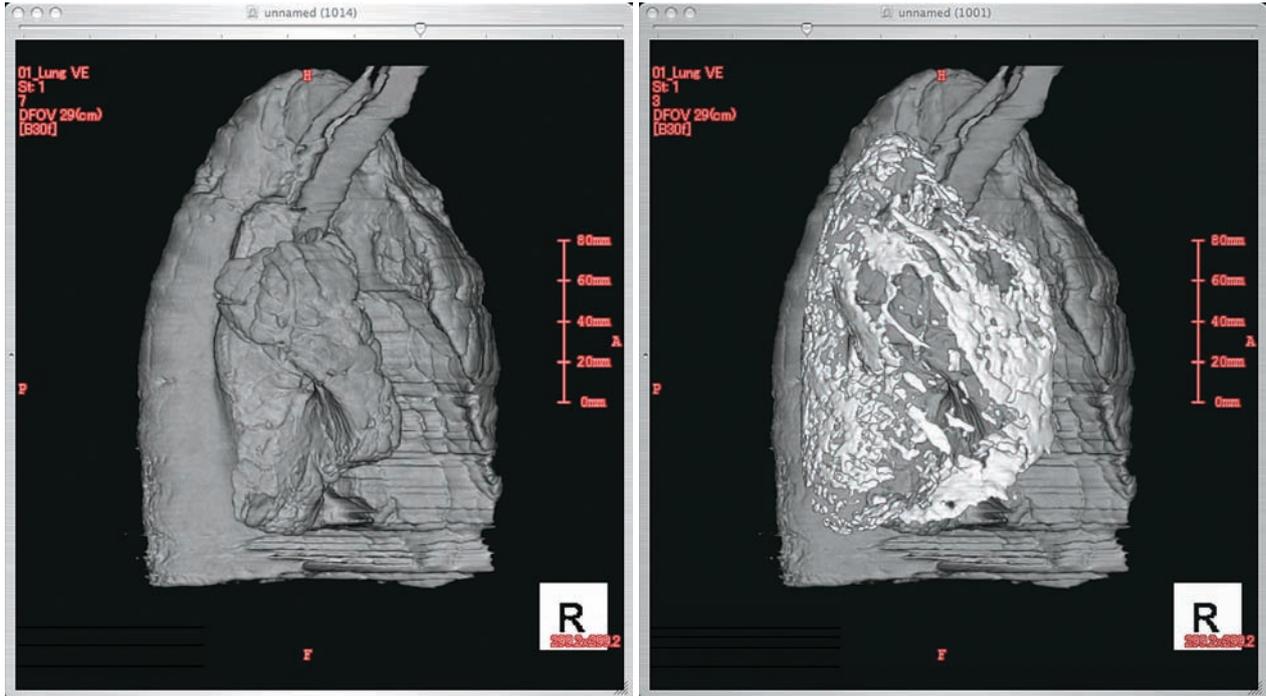


図3 肺3D表示（左：側面 右：石灰化像と合成）

図3では、右胸壁全周に胸膜石灰化が広がり、左右肺の容積の差も明瞭である。

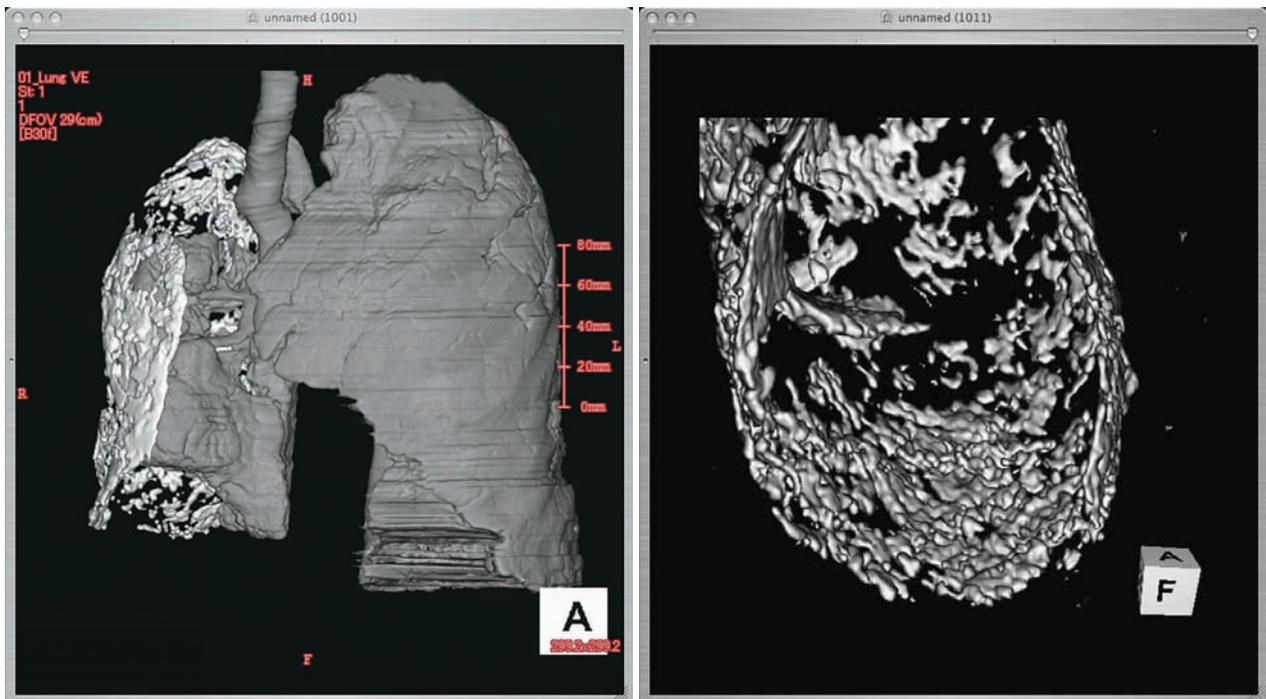


図4 左：肺3D表示（石灰化像合成） 右：石灰化3D表示

この症例では、結核性の胸膜石灰化が右胸壁に広がっている。石灰化の内面を観察するために石灰化を3D表示したものが図4右である。正確な3D画像作成にはCT画像の閾値や処理方法の検討が必要で断言はできないが、結核性の胸膜石灰化の内面は石綿ばく露による胸膜石灰化の内面に比べ凹凸が多く、これは炎症による影響と考えられる。

症例16 じん肺結核性胸膜炎による胸膜石灰化

【症例】76歳男性 【職歴】約37年間採炭夫として従事。じん肺分類 PR4B



図1 左：CT画像（肺野条件） 右：胸壁3D表示

図1左では、肺野内にじん肺結節陰影と結核性胸膜炎による胸膜石灰化が認められる（矢印）。またそれは石綿関連疾患の胸膜プラークと異なり厚く、かつ片側性で胸壁に分布している。

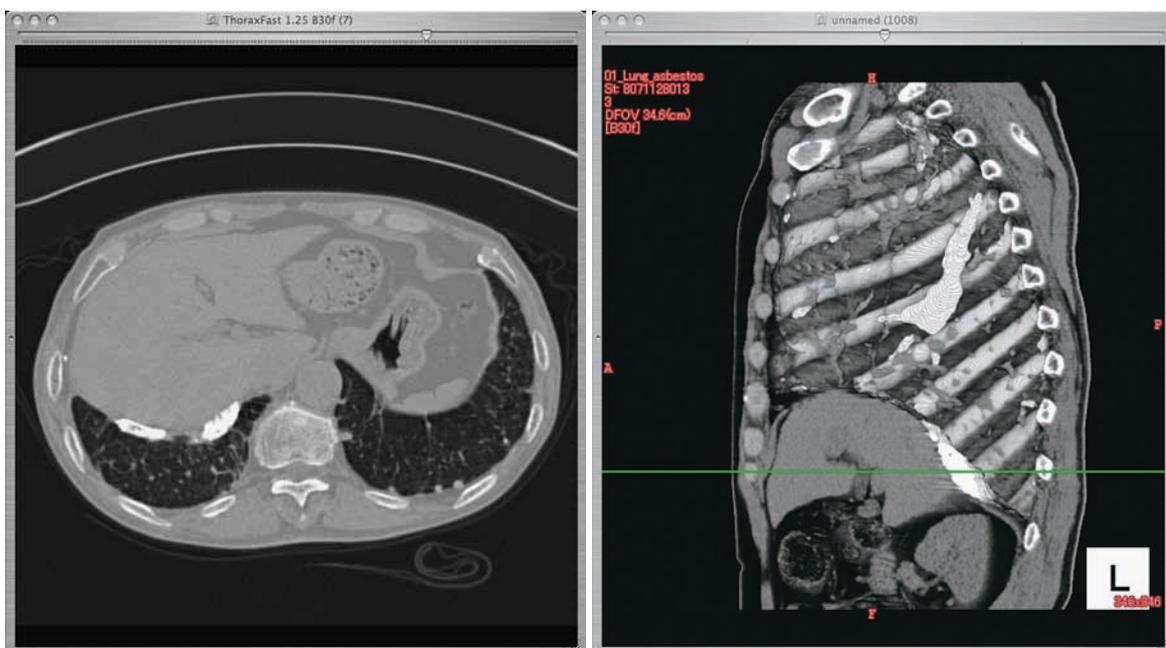


図2 左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示

図2では、横隔膜に非常に厚みのある石灰化を認める。また発生位置はアスベストによる石灰化は横隔膜ドームから広がっている例が多いが、この症例ではドームより低い位置に発生しドーム頂点には所見を認めない。

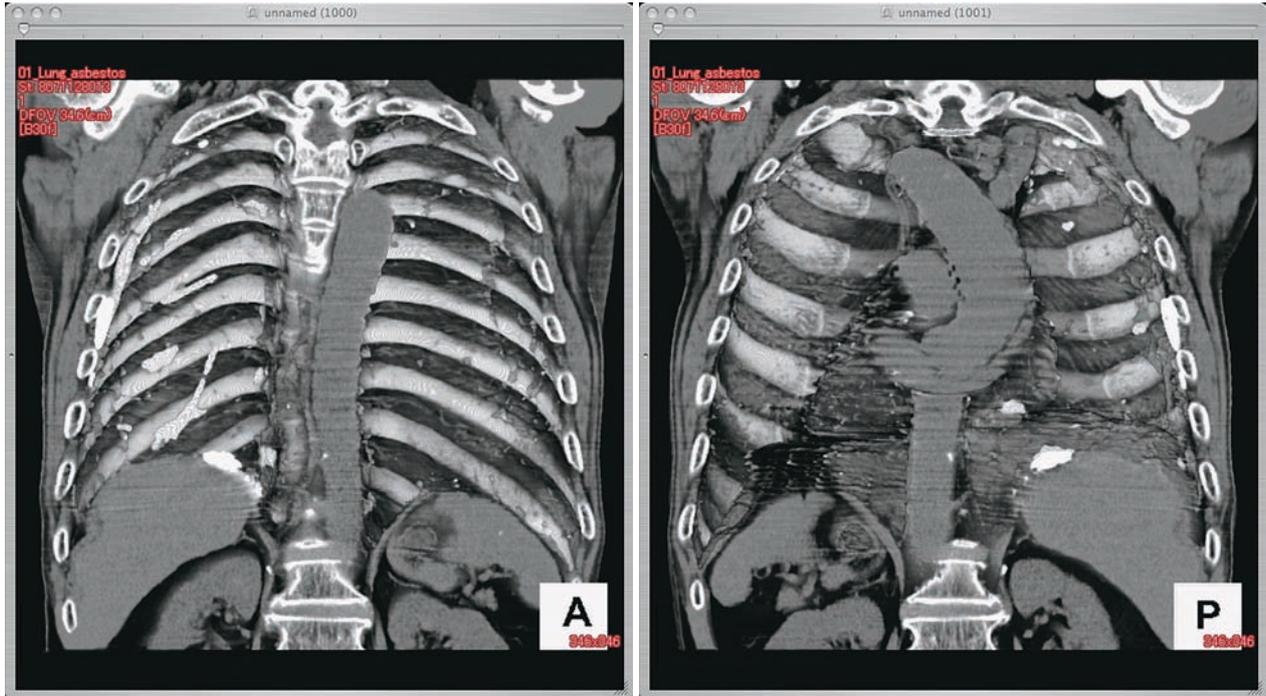


図3 胸壁3D表示 (左：背面 右：前面)

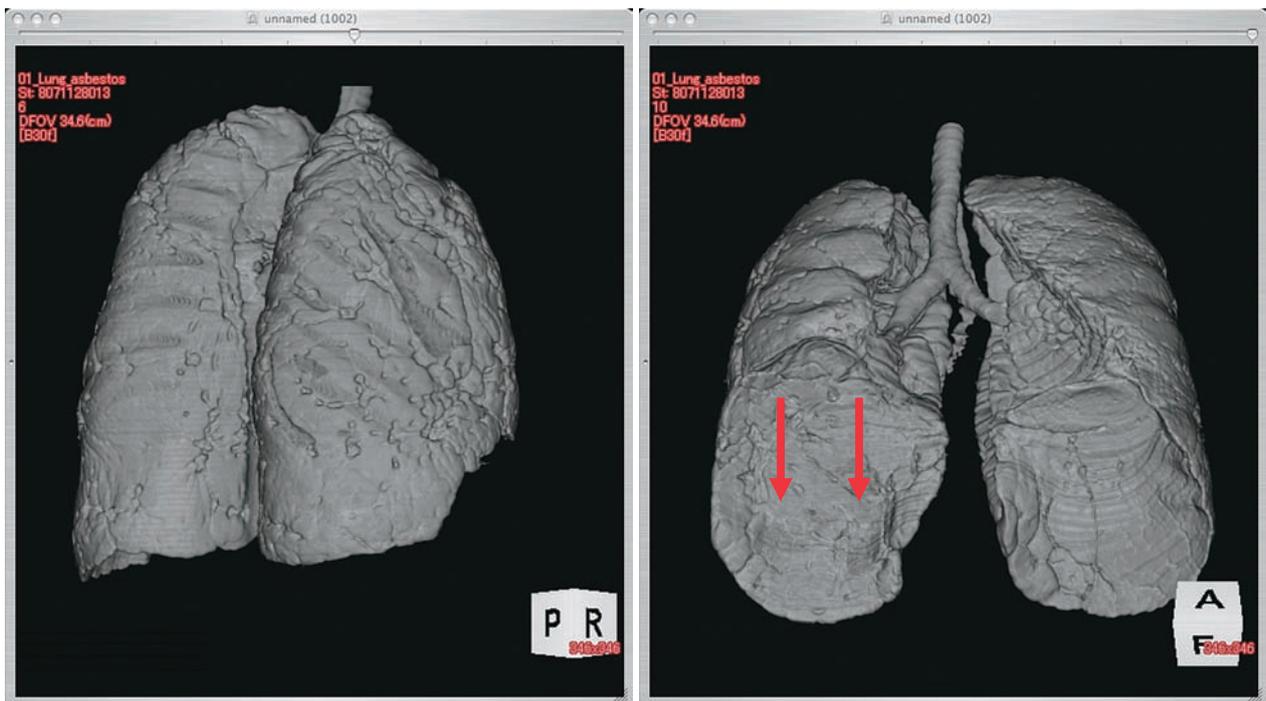


図4 肺3D表示 (左：背面斜位 右：肺底部)

図4右では、横隔膜石灰化部分による形状の変化は石綿疾患の横隔膜石灰化に比べ少なく辺縁が不明瞭である（赤矢印）。また、じん肺症による結節が胸壁に接している場合にも胸膜プラークのようにクレーター状の形状変化が観察される（図4右左）。したがって、じん肺症で石綿取扱い歴のある場合は胸膜プラークと肺内結節の鑑別が難しい。

症例17 胸膜プラーク（石綿肺癌手術例）

【症例】80歳 男性 【職歴】昭和21年より13年間、市電修理ならびに小型SL運転手として従事。その間、石綿取扱い歴有り。胸部検診にて異常影指摘され当院受診。

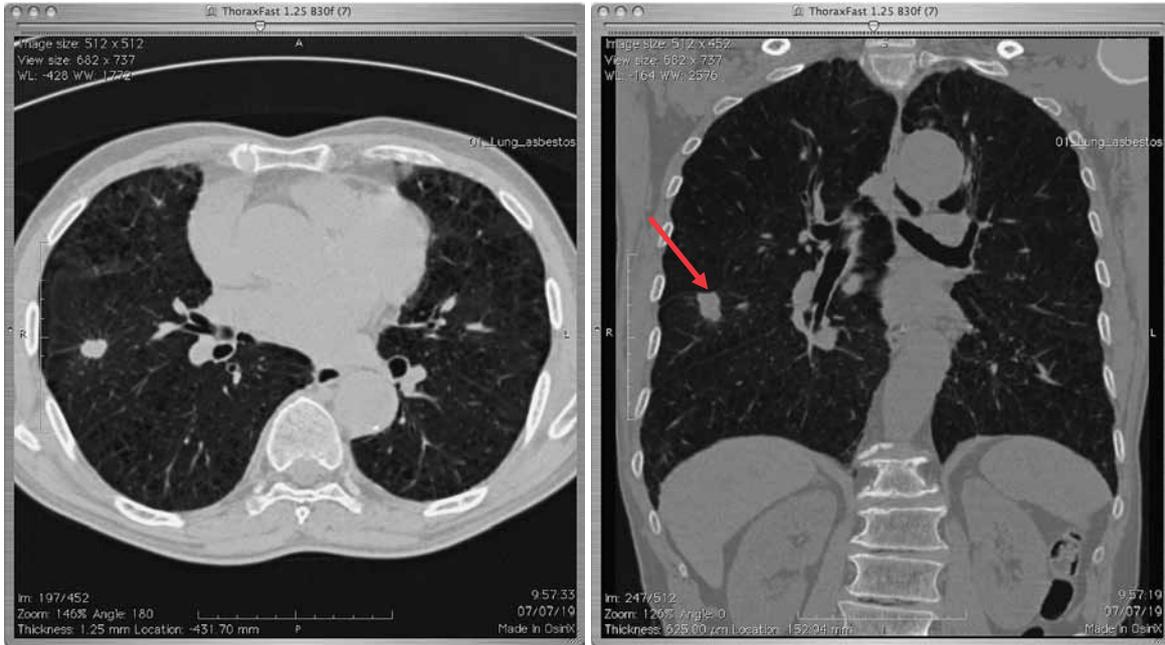


図1 左：CT画像（肺野条件） 右：CT再構成画像（冠状断）

図1左では、中葉に腫瘍陰影を認め、図1右では葉間胸膜の陥入も認められる（赤矢印）。

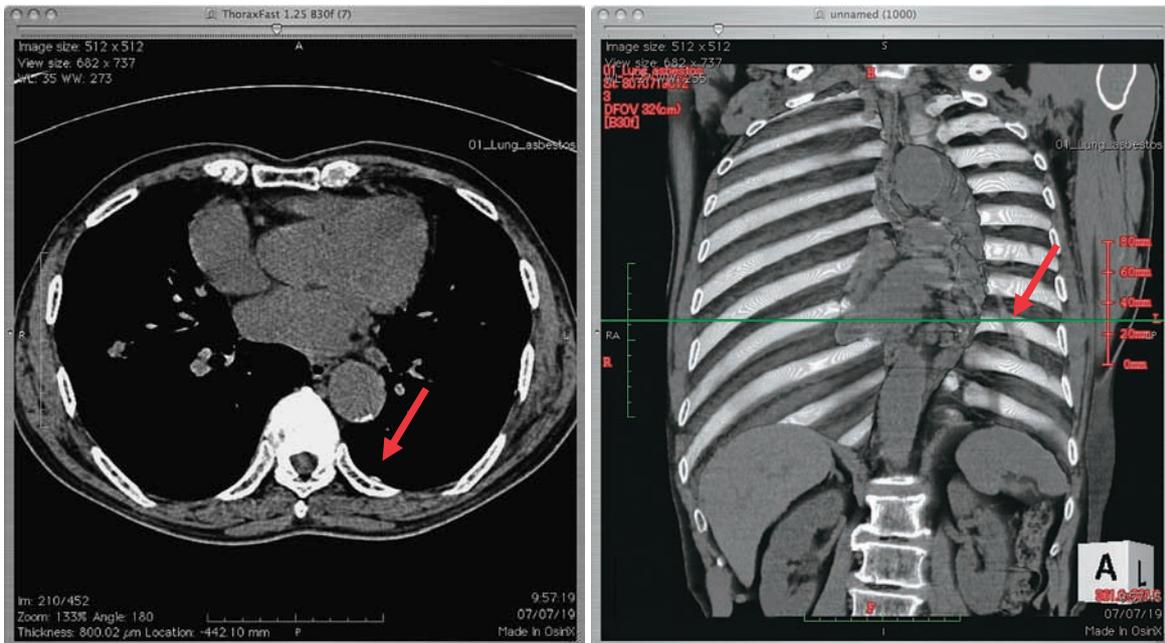


図2 左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示（斜位）

図2左で左傍椎体部に胸膜プラークを認める（赤矢印）。図2右でも確認できる。

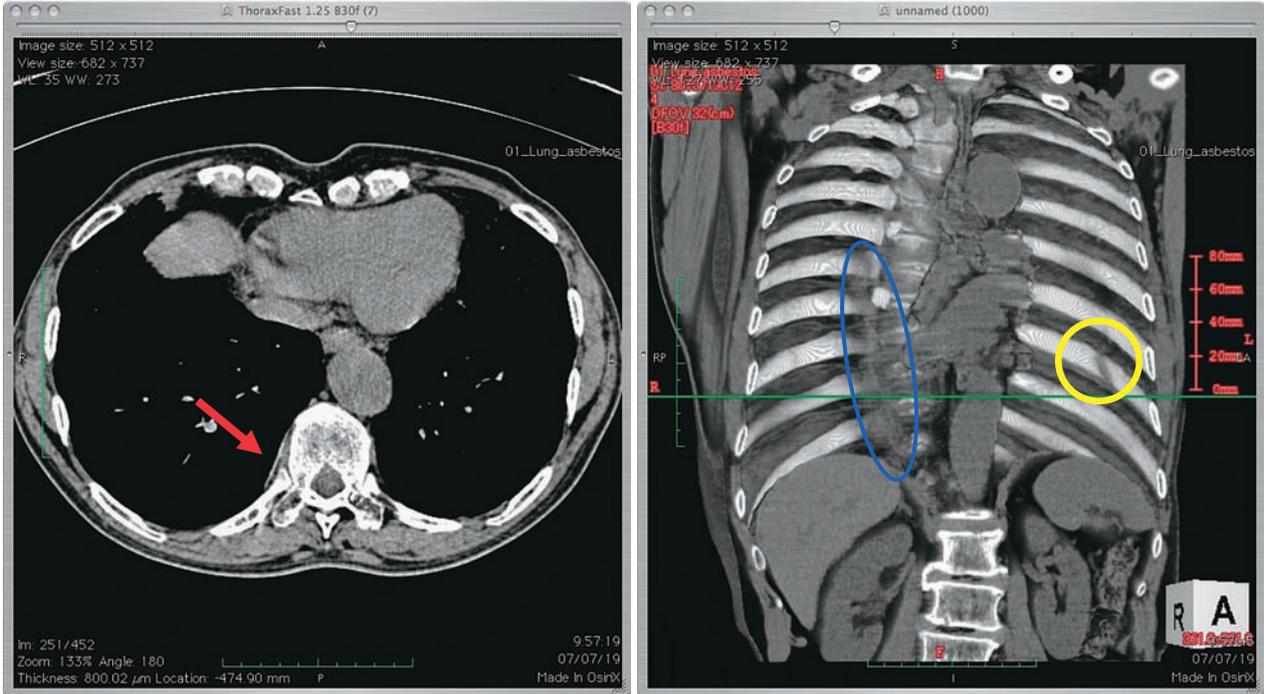


図3 左：CT画像（縦隔条件） 右：胸壁3D表示（背面斜位像）

図3左では、右傍椎体部に胸膜プラークを認め（赤矢印）、図3右の胸壁3D表示ではプラークが傍椎体部に頭足方向に進展しているのが観察できる（青丸）。また左側壁にも別の胸膜プラークを認める（黄丸）。

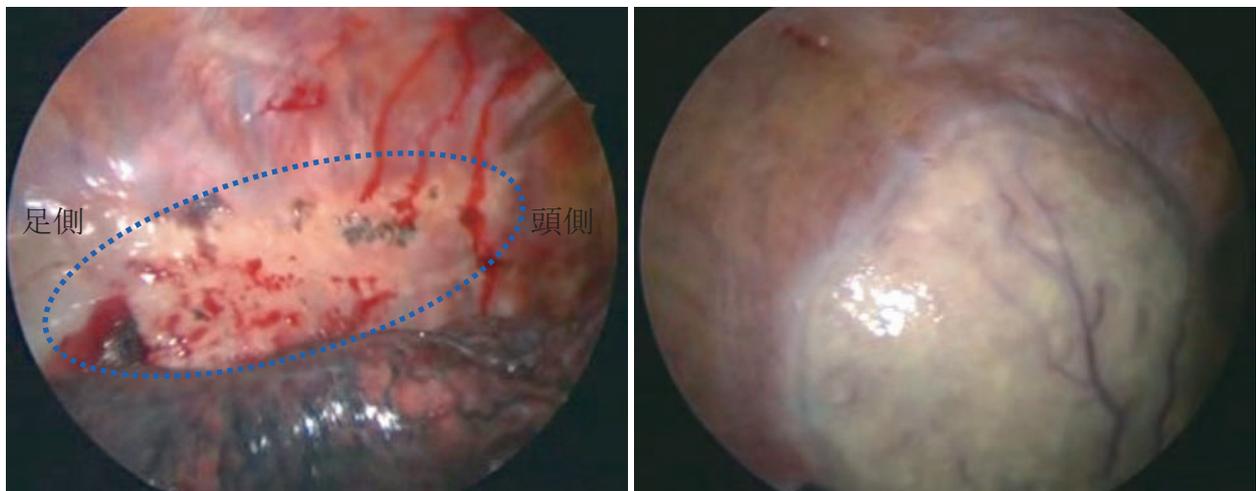


図4 左：術中画像（傍椎体部） 右：右横隔膜部プラーク

図4左に手術時に撮影した画像を示す。向かって左が足側、右が頭側で左下側臥位になり、ちょうど右傍椎体部を観察している。図3左に一致する部位に胸膜プラークを認めた（青丸内の白色部分）。この画像から胸壁3D表示が胸膜プラークを正確に描出していることが確認できる。しかし、図4右にある横隔膜部のプラーク（白色部分）はCT画像や胸壁3D表示や肺3D表示でも認識できなかつた。これは横隔膜とプラークとのCT値の差が少なく、かつプラークが薄い場合は横隔膜の形状の変化が認められないためと考えられる。

Ⅲ. 胸膜プラークの進展様式に関する研究

前述した胸壁3D表示は肋間静脈と胸膜プラークの鑑別に有効であり、胸膜プラークの存在診断にも有用性が期待できる。同時に、胸壁3D表示は胸膜プラークを空間的、視覚的に認識できることから、この手技とCT元画像を用いて胸膜プラークの発生部位や進展様式を調査し検討した。対象はアスベスト取り扱い歴のある方で、平成19年1月から同年6月末日までの期間に検診ならびに病院受診にてCT撮影を行った188名である。内訳は男性178名、女性10名、平均年齢60.1歳であった。胸膜プラーク有所見者は98名、全体の52.1%であった。胸膜プラークの発生頻度調査では、まず胸壁を高さ方向で3分割（上、中、下）に領域を分け（図1）、かつ左右で前壁、側壁、後壁とできるだけ均等になるように分割し（図2）、胸膜プラークの発生頻度を評価した。また同時に横隔膜についても胸膜プラークの有無を調査した。

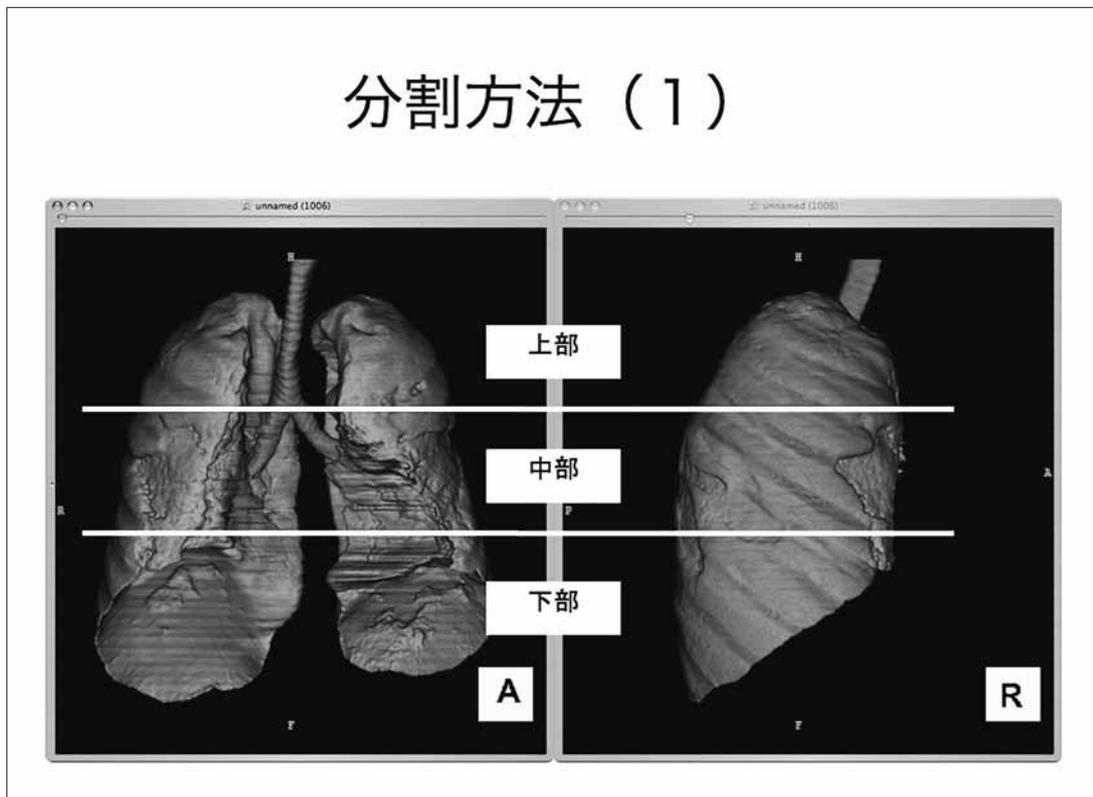


図1 高さ方向の分割

図3は胸膜プラーク有所見者98名における部位別発生頻度の結果である。グラフに示すとおり、下部左後壁、中部左後壁、中部右後壁、下部右後壁の順で発生頻度が高かった。また、横隔膜では右側で72.4%、左側で69.4%に胸膜プラークを認めた。左右胸壁での発生頻度を比較すると、左右には有意差は見られなかった。（図4）

分割方法 (2)

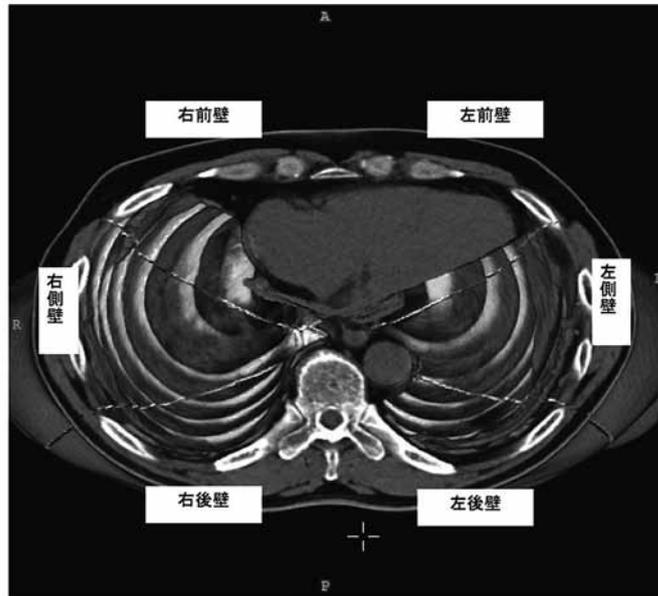


図2 胸壁分割方法

プラーク部位別発生頻度

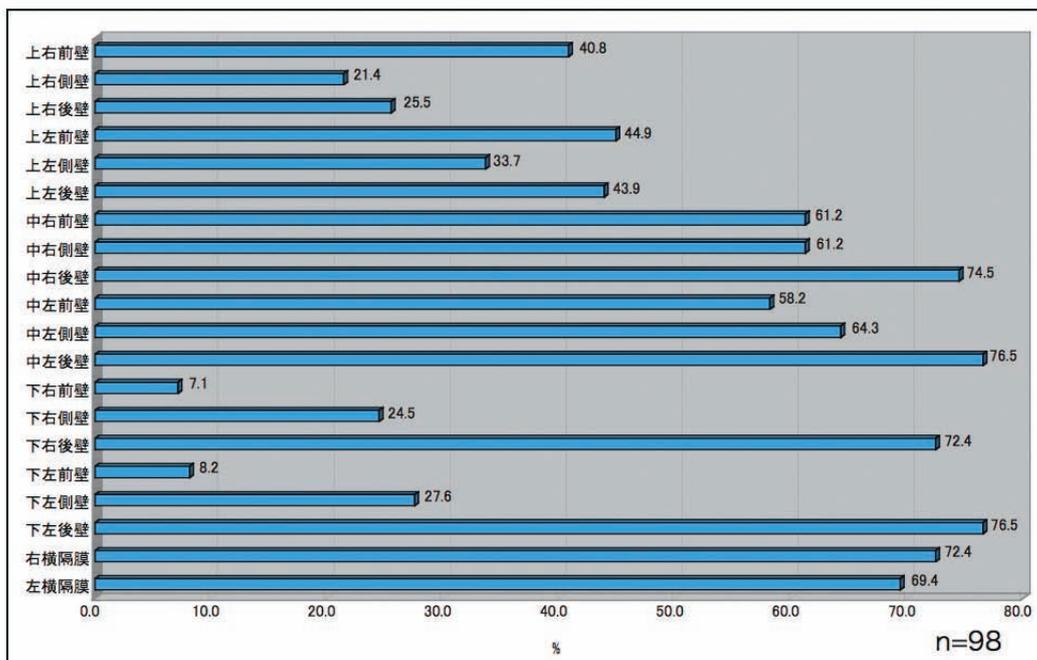


図3 部位別発生頻度

プラーク発生部位 (各壁面が占める割合：左右比較)

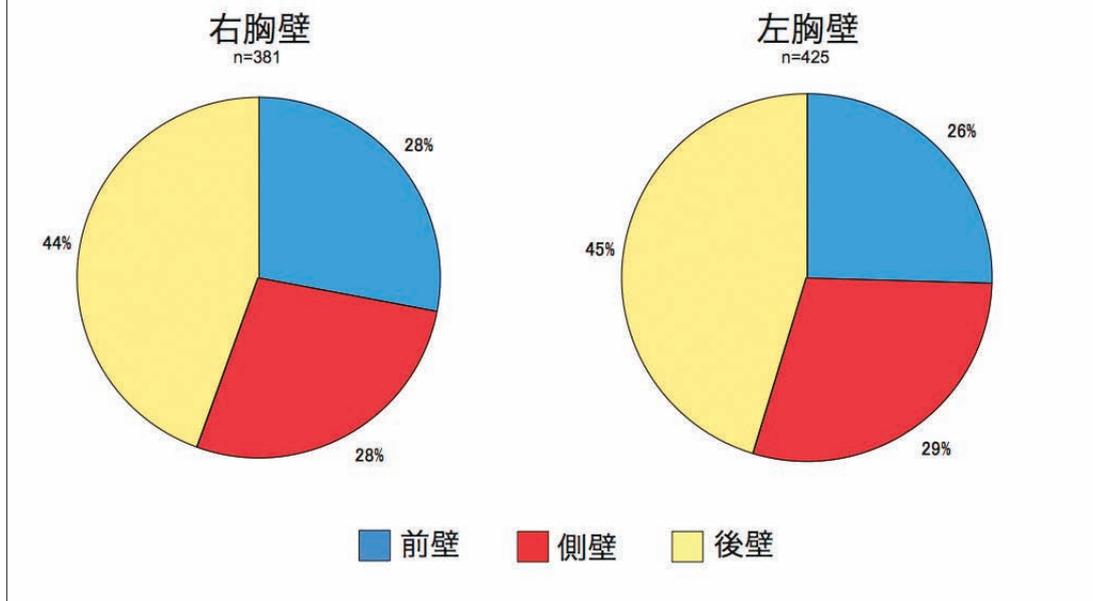


図4 左右比較

各壁面における高さ区域別プラーク発生割合

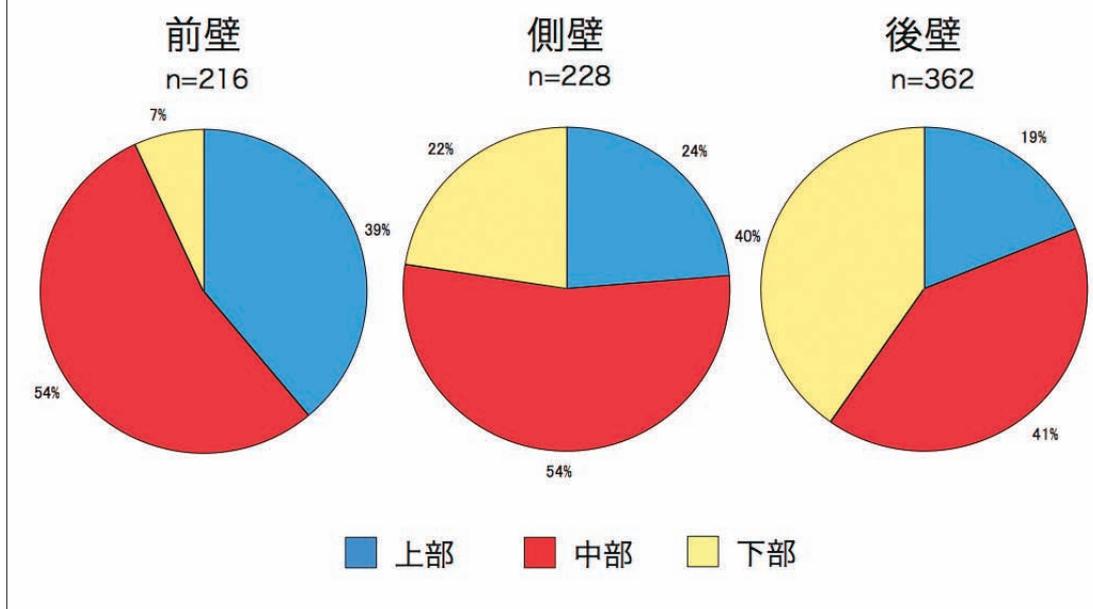


図5 壁面別比較

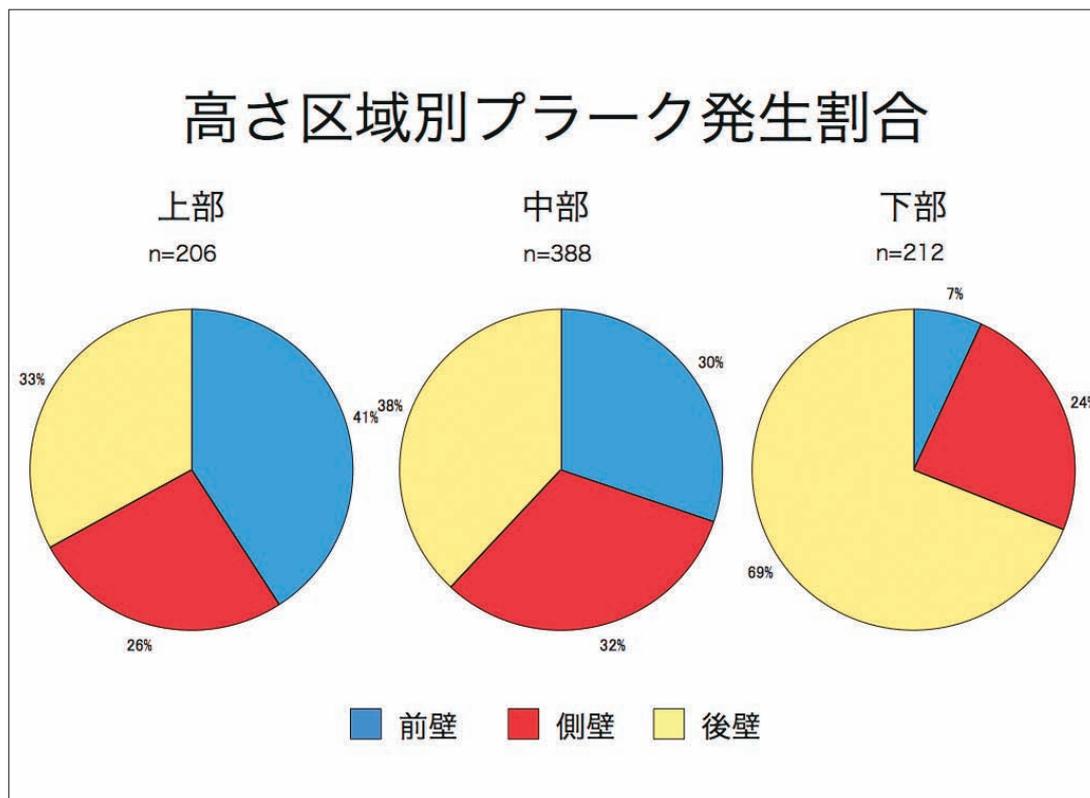


図6 高さ比較

次に前壁、側壁、後壁におけるプラークの上部、中部、下部領域の発生頻度を比較した。前壁では他壁に比べ上部領域、側壁では中部領域のプラーク発生頻度が高く、後壁では中部領域、下部領域が同程度となった。(図5)

高さにおける比較では上部領域、中部領域の内訳はほぼ同程度だったが、下部領域では後壁が約70%の発生割合を占めた。(図6) 上部領域では下部領域に比べ前壁のプラーク発生頻度が有意に高く ($p < 0.0001$)、下部領域では前壁、側壁に比べ後壁の発生頻度が有意に高かった ($p < 0.0001$)。しかし、図3の結果にもあるように高さ方向の分割に際して後壁を基準に分割したため(図1)、特に前壁下部の領域が狭くなり必然的にプラーク発生頻度にも影響したことが考えられる。可能な限り均等に分割した解析を行って今回の成績と比較することも必要と思われた。

次に各壁面での胸膜プラークの進展様式を検討した。胸膜プラークの進展方向の分類を頭足(上下)方向の進展を長軸、肋骨に沿った進展を横軸とし、それぞれのプラークの長さの比を求め2倍以上をそれぞれ長軸進展、横軸進展とし、1.5倍以上2倍未満をそれぞれの優位進展、1.5倍未満を中間型と定義した。実際の測定画像例を以下に示す。図7左は後壁のプラークで、赤矢印は横軸優位進展型、黄矢印は長軸進展型、図7右は側壁のプラークで赤矢印は横軸進展型、黄矢印は中間型である。

進展様式の検討の結果、側壁に発生した胸膜プラークは前壁、後壁に発生したプラーク

に比べ有意に横軸進展し、逆に前壁と後壁に発生した胸膜プラークは側壁に比べ有意に長軸進展していた（図8、図9、図10）。また、優位型も含めた検討でも同様の結果であった。

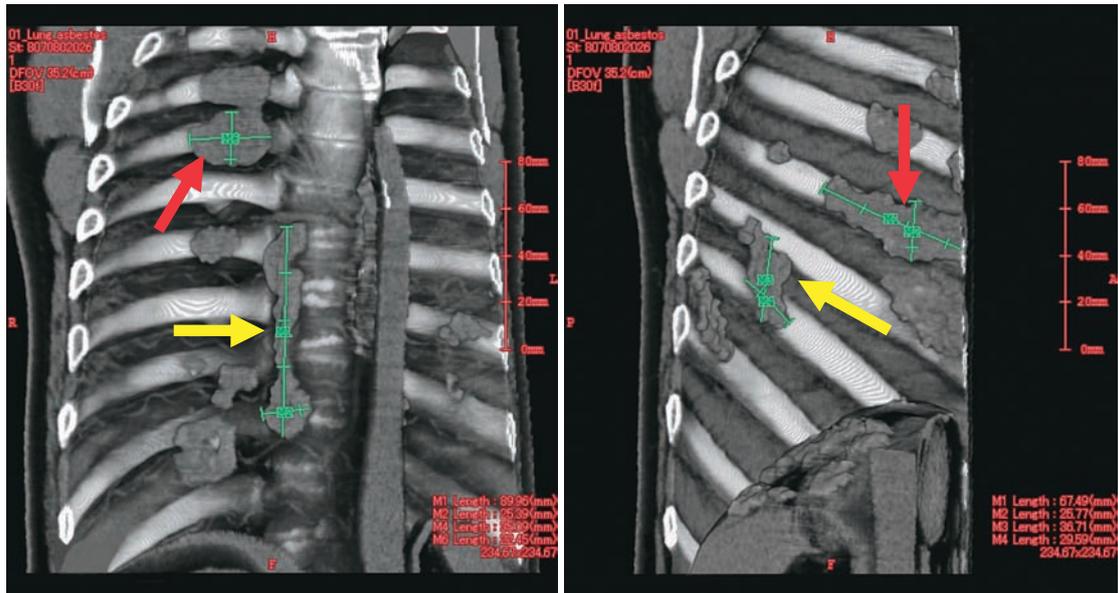


図7 胸膜プラークの測定（左：後壁 右：側壁）

言い換えると、側胸壁に発生した胸膜プラークは肋骨に沿って進展する傾向が非常に強いとすることができる。その理由は未だ明らかにされてはいないが、今回の我々の成績を見る限り肺の呼吸運動と強く関連していることが疑われた。

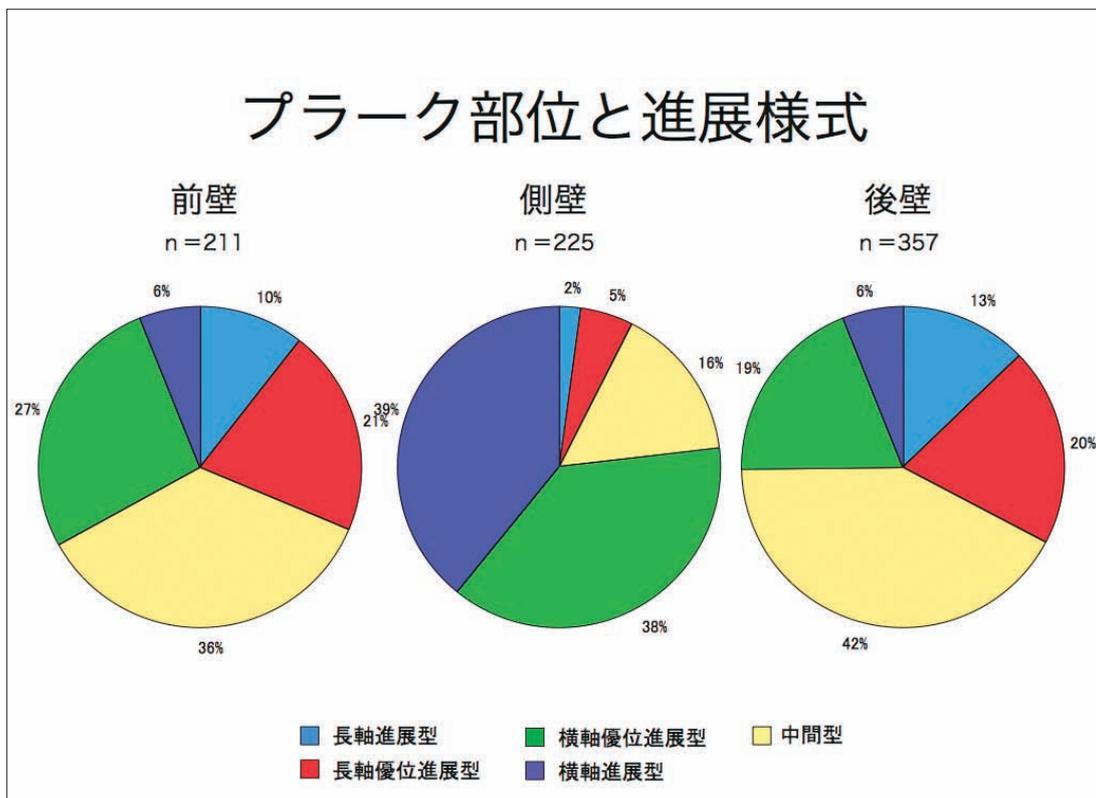


図8 壁面別プラーク進展様式の比較

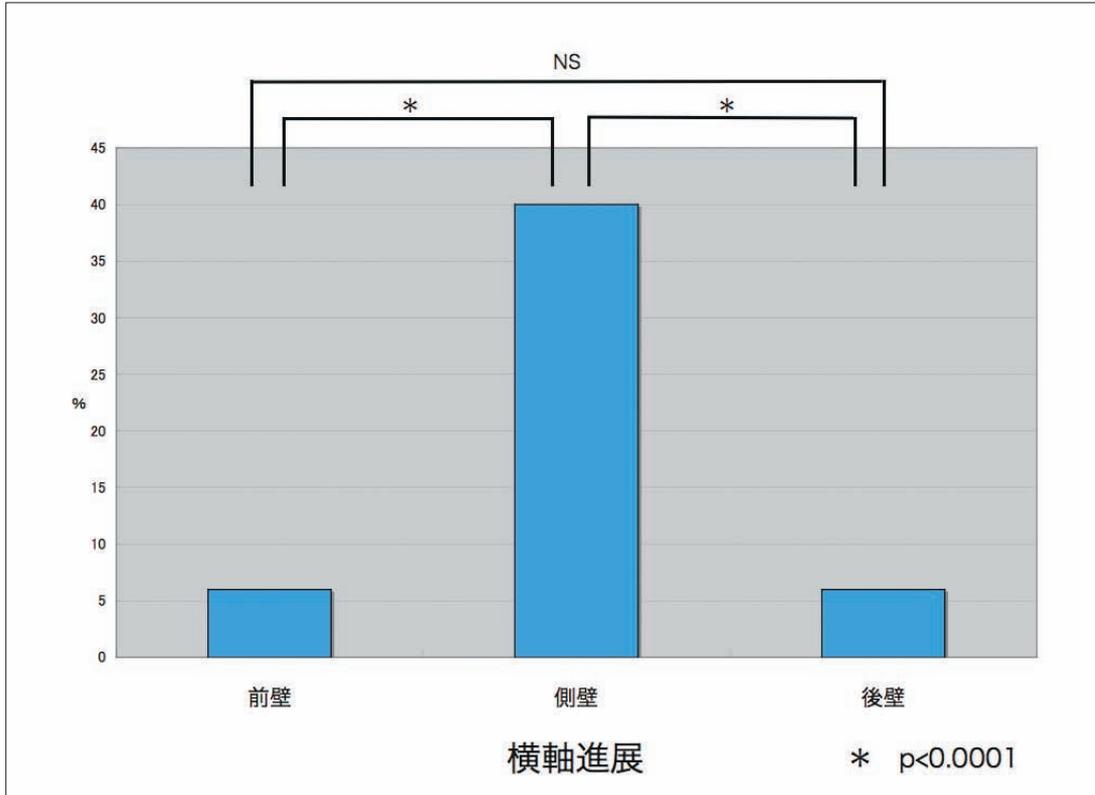


図9 胸膜プラーク横軸進展と各壁面との関係

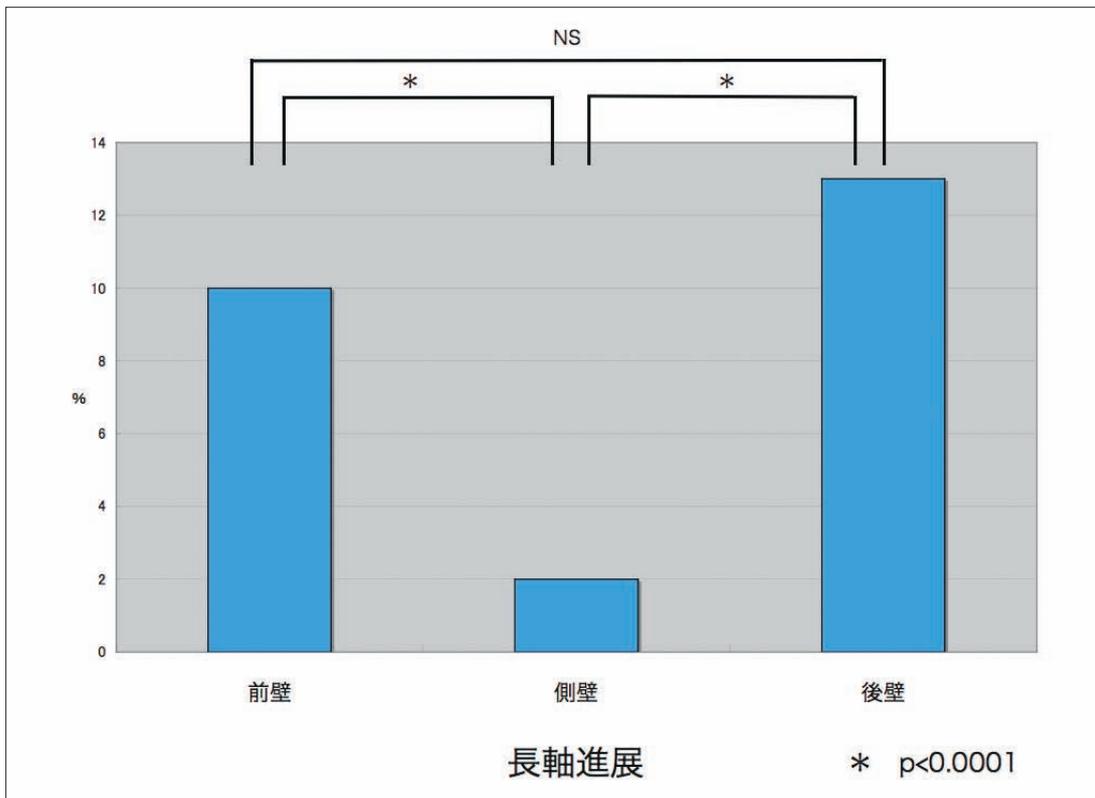


図10 胸膜プラーク長軸進展と各壁面との関係

まとめ

- ① 当初、石綿疾患における胸膜プラークの発生は左側胸壁に多く出現するとの報告¹⁾がなされたが、最近では左右差がないと報告²⁾されている。今回の我々の検討結果も同様であり胸膜プラーク発生における左右胸壁の有意差は認められなかった。
- ② 各胸壁におけるプラーク発生頻度では、左中部後壁、左下部後壁、右中部後壁、右下部後壁の順で高く、いずれも後壁に発生頻度が高かった。また、横隔膜プラークは有所見者全体の約70%に認められた。しかし、他部位に比べ横隔膜プラークの検出は形状変化が起こるような状態になってはじめて認識できるため、初期の薄いプラークの状態ではCT上存在診断に限界がある。これは胸壁に比べ横隔膜周囲では石灰化のない胸膜プラークとのCT値の差が少なく、薄い胸膜プラークと横隔膜との鑑別ができない事に起因する。したがって、今回の検討でも横隔膜部位は胸膜プラーク発生頻度は高いが、実際はこの成績より高頻度に生じている可能性が考えられる。今後はCTだけではなく、違うモダリティーでの検討も考慮しなければならない。
- ③ 胸膜プラーク進展様式に関しては、前壁、後壁に比べ側壁では横軸、すなわち肋骨方向に進展し、その割合は横軸優位進展を含めると約80%を占めた。一方、前壁と後壁に発生した胸膜プラークは側壁に比べ有意に長軸進展した。胸膜プラークの発生部位に関しては、呼吸運動の大きい部位に好発するとの報告³⁾があるが、プラークの進展についても呼吸性運動が大きく関係していることが推定される。

¹⁾ Hu H, Beckett L, Kelsey K, et al : The left-sided predominance of asbestos-related pleural disease. *Am Rev Resp Dis* 148 : 981-984, 1993

²⁾ Gallego JC : Absence of left-sided predominance of asbestos-related pleural plaques : a CT study. *Chest* 113 : 1034-1036, 1998

³⁾ 中野孝司 : アスベスト関連疾患の画像診断、CT検診学会会誌 14巻第2号 : 130-139
2007

本誌執筆者一覧

独立行政法人労働者健康福祉機構

北海道中央労災病院 診療放射線技師 本 田 広 樹

北海道中央労災病院 院長

職業性呼吸器疾患研究センター長 木 村 清 延

独立行政法人労働者健康福祉機構

関東労災病院 放射線科技師長 高 城 政 久

独立行政法人労働者健康福祉機構

北海道中央労災病院 主任放射線技師 阿波加 正 弘

北海道中央労災病院 副院長 中 野 郁 夫

北海道中央労災病院 名誉院長 加 地 浩

本研究は、独立行政法人労働者健康福祉機構「労災疾病等13分野医学研究・開発、普及事業」によるものである。