



Title	孤立性肺結節のCT診断
Author(s)	渡辺, 秀幸
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1990, 50(11), p. 1321-1334
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17677
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

孤立性肺結節のCT診断

産業医科大学放射線科 (主任：中田 肇教授)

渡 辺 秀 幸

(平成2年2月13日受付)

(平成2年4月2日最終原稿受付)

Computed Tomography of Solitary Pulmonary Nodule

Hideyuki Watanabe

Department of Radiology, University of Occupational and Environmental Health, School of Medicine

Research Code No. : 506.1

Key Words : CT, Pulmonary nodule

The value of computed tomography (CT) using thin-slice technique in the differentiation between benign and malignant pulmonary nodules was evaluated both experimentarily and clinically. Experiments using a standard reference phantom and simulation nodules showed that CT number varies according to the size of the nodule and the difference of CT unit. A standard CT number above which a nodule should be considered as calcified and benign was first calculated for various sizes of nodules and then was applied to clinical cases. Motion artifact which can give falsely high CT numbers was also created and its characteristic appearance was identified.

Clinically 101 cases of solitary pulmonary nodules whose diagnoses were confirmed either histologically or on follow-up were studied. There were 40 benign nodules, 53 primary lung cancers, and 8 metastatic lung tumors. There was no case of malignancy in which calcification was diagnosed to be present on CT. On the other hand, 14 of 40 benign nodules (35.0%) was diagnosed to contain calcium and therefore benign on CT. As for the margin of the nodule described on CT, a moderate to marked irregularity was predominantly seen in primary lung cancers, while most benign nodules and metastatic lung tumors had smooth margins. If CT criteria of benignancy are limited to the nodule both with calcification and smooth margin, 13 of 40 cases (32.5%) would be correctly diagnosed. CT is considered to be useful in distinguishing between benign and malignant solitary pulmonary nodules as far as herein described technique is observed.

I. はじめに

胸部単純X線写真において肺野に孤立性結節影を認めた場合、臨床的に最も問題になるのはその良悪性の鑑別である。従来よりその結節が良性といえる最も信頼できる基準の一つに、結節内部の中心性あるいは全体的な石灰化があげられている¹⁾。この結節内の石灰化の証明に濃度分解能に優れたコンピュータ断層(CT)を使用する方法は1980年に初めてSiegelmanらによって報告され

た²⁾。しかしCT値が撮影機種や条件により可変的な数値であるため^{3)~8)}、石灰化の基準となるCT値を各施設・装置ごとに設定することが必要となる。著者は標準ファントムを使用して基準CT値の設定についての基礎的検討を行い、臨床例ではこの基準CT値を用いて石灰化の有無について検討を加えた。

しかし、少数ながらも原発性肺癌のなかに石灰化を有する症例の報告があり^{9)~12)}、石灰化の存在

する原発性肺癌を良性結節と判定する危険性が存在する。そこで著者は、原発性肺癌では結節辺縁が不整を示すことが多いことに着目し、結節辺縁の状態についても検討を加え、石灰化の有無と辺縁の状態の両者から良悪性の鑑別を試みたので報告する。

II. 対象および方法

結節内の石灰化の有無および結節辺縁の状態をCTにより判定して良悪性の鑑別を行った。石灰化の有無についてはCT値によって判定する方法をとったが、CT値は撮像した機種や条件等により変化することが知られており、まず実験的にどの程度のCT値が病変の石灰化に該当することになるのかを検討した。その後、この値をもとに臨床例について石灰化の有無を判定し、結節辺縁の状態も加味することにより良性結節であるか否かの判定を行った。

1. 使用CT装置

CTはSiemens社製Somatom 2を用いた。撮影条件はスライス幅2mm、撮影時間10秒、管電圧125kVp、管電流460mAsである。なお1986年以前の症例ではスライス幅4mmで撮像された10例を含んでいる。装置の較正は1日に3～4回空気を基準に、また1週間に1度は水を基準に行っている。

異なった機種の使用によるCT値変動の検討に際しては、産業医科大学病院放射線科のTCT-60Aを対照機種とした。撮影条件はスライス幅2mm、撮影時間3秒、管電圧120kVp、管電流300mAsである。TCT-60Aには体部撮影用の通常のアプローチのほかに、肺野撮影用の特殊なアルゴリズムが附属しておりこの撮影法で撮像したCT値とも比較を行った。

2. 石灰化を示すCT値の実験的検討

胸部ファントムおよび疑似結節(Fig. 1)を用い石灰化の限界のCT値について実験的に検討した。

胸部ファントムはCIRS社製Model 3を使用した。このファントムには心・大血管等の縦隔構造や肋骨等の胸壁構造が内蔵されている。疑似結節はZerhouniらにより石灰化の基準となるように

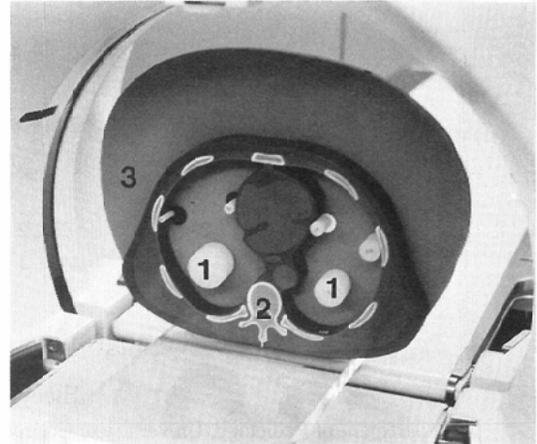


Fig. 1 Experimental reference phantom set in CT unit.

1: simulation nodules, 2: basic anatomic section, 3: Velcro-covered support board

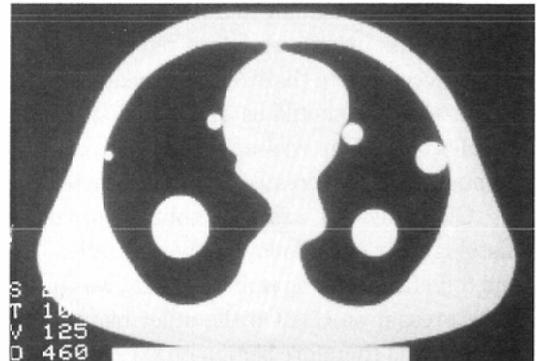


Fig. 2 CT scan of the phantom set with simulation nodules. Simulation nodules of six different size are visible.

調整された結節を用いた。疑似結節の材質は炭酸カルシウム粉末を混入したepoxy樹脂であり、形状は円筒状を呈している。この疑似結節はZerhouniらの使用したPfizer/AS & E 500において、直径10mmの結節の高いCT値から10voxelを選びその平均値が164Hになるように調製されている¹³⁾。結節径は6mm, 10mm, 14mm, 20mm, 30mmおよび40mmのものを用い撮像した(Fig. 2)。

CT値はvoxelごとにプリントアウトして表示し、平均CT値として結節径にあわせて結節中心

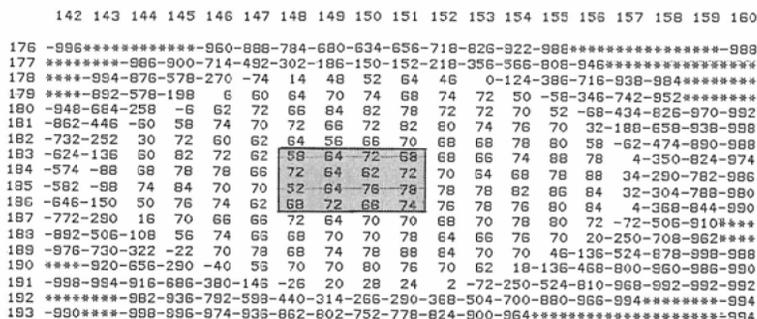


Fig. 3 Computer printout of a 10mm simulation nodule. Mean CT number was calculated by central sixteen voxels.

部付近の4~144voxelの平均値をとった。Fig. 3は10mm径の疑似結節を撮像したものである。また、実際の臨床例において参考にするためにそれぞれの結節径の平均CT値に2SDを加えた値を算出し基準CT値として表現した。

検討項目としては、結節径、占拠部位、撮影日時および撮影機種の違いがどの程度CT値を変動させるかをあげた。

上肺野・中肺野・下肺野の3個のファントムを使用しおのおのの肺野について3カ所ずつ、計9カ所のポイントを設け、1つの結節について各ポイント3回、計27回の撮像を行った。この各々の平均CT値を結節径、撮影部位別に比較した。

撮影日時によるCT値の変動については、同じ撮影条件で異なった日時に計3回撮影し比較した。

また、臨床例において、心・大血管の拍動や呼吸によるmotion artifactが経験され、これが肺結節に部分的に石灰化様の高いdensityをきたすことが疑われた。この疑問に答えるためにファントム内疑似結節近傍で豚肉片を動かすことにより実験的にartifactを作成し、CT値の変動について検討を加えた。疑似結節は20mmのものを用い、結節近傍で1秒間に約1回、計10回程度豚肉片を振動させることによりartifactを作製した。

3. 臨床的検討

臨床例はすべてSiemens社製Somatom 2を使用した。中等度吸気の状態、原則として8mmスライス1cm間隔でほぼ全肺野を含むようにス

Table 1 Clinical cases

	No. of cases	Sex		Age < mean > yr.
		Male	Female	
Benign lesion	40	28	12	14-79 < 60.2 >
Primary lung cancer	53	36	17	43-87 < 66.6 >
Metastatic lung tumor	8	6	2	10-78 < 57.5 >
Total	101	70	31	10-87 < 63.3 >

キャンした後、問題の結節のレベルを中心にスライス幅2mm、一部の症例では4mmで2~3スライスを追加して撮像した。

1) 対象症例

胸部単純X線上孤立性肺結節を認め、産業医科大学病院放射線科においてCTが施行され手術その他の方法で診断を確かめられた101例を対象とした。症例は1987年1月から1989年3月までに検査されたものが91例で大多数であるが、1981年9月から1986年12月までの症例が10例含まれている。その内訳は、良性疾患40例、原発性肺癌53例、転移性肺腫瘍8例である (Table 1)。原発性肺癌は全例組織学的に診断のついた症例を用いたが、3症例では原発性肺癌の生検診断が得られたものの明確な組織診断名までは得られなかった (Table 2)。良性疾患では組織学的に確認のついた症例の他に、2年以上の経過観察で結節径に変化のないもの、抗生物質等の内科的治療に反応し結節径が縮小したものも含まれている (Table 3)。転移性肺腫瘍では組織学的診断の得られた症例のほか、すでに原発巣と考えられる悪性腫瘍が存在し

Table 2 Histologic type of primary lung cancer

	No. of cases
Adeno ca.	27
Squamous cell ca.	11
Small cell ca.	6
Large cell ca.	6
Unclassified	3
Total	53

ca.: carcinoma

Table 3 Confirmation method of benign nodule

	No. of cases
Operation	6
Pulmonary tuberculosis	3
Hamartoma	1
Sclerosing hemangioma	1
Cryptococcus	1
Follow-up	34
Total	40

Table 4 Size of pulmonary nodules

	No. of cases				
	Total	-10mm	11mm-20mm	21mm-30mm	31mm-
Benign lesion	40	5	18	9	8
Primary lung cancer	53	0	13	20	20
Metastatic lung tumor	8	0	5	1	2
Total	101	5	36	30	30

臨床的に肺転移とされたものも含まれている。原発巣は直腸癌3例、胃癌、絨毛癌、骨肉腫、腹壁横紋筋肉腫および腎血管外皮細胞腫各1例である。

疾患別の結節の大きさについてはCT上の最大径について測定した (Table 4)。

なお胸部単純X線写真および通常の断層撮影で結節内に明らかに石灰化が認められ良性病変であると診断されたもの、および結節の最大径が50mmをこえるものは対象から除外してある。

2) CT値による石灰化の有無についての検討

臨床的にも実験的手法と同様に結節のCT値をvoxel毎にプリントアウトし、16~64voxelの平

均CT値を求めた。石灰化の基準CT値としては、実験的検討で得られた疑似結節の平均CT値に2SDを加えた値を使用した。臨床例の結節最大径と最も近い大きさの疑似結節の基準CT値と、臨床例での平均CT値およびvoxel毎のCT値との比較を行い、基準CT値を上回ったものを高CT値の症例とした。このvoxel毎の比較に際しては、Zerhouniらの評価法に従い、結節の10%以上のvoxelが基準CT値よりも高いものを高CT値として取り扱った¹⁴⁾。胸壁近傍の結節では胸壁側の辺縁に、10H程度CT値の上昇があることが実験的検討により判明したのでこのような結節では胸壁側辺縁のCT値から10Hを差し引いて検討した。結局、高CT値を示した結節のうちmotion artifactによる影響を除外できるものだけを石灰化を有する症例と判定した。

また手術施行例については組織学的にも石灰化の有無の確認を行った。

3) 結節辺縁の性状

結節内の石灰化の有無の判定に加え、結節辺縁の性状を検討した。画像表示としては、windowレベル-600H, window幅2,046Hで読影を行った。辺縁の分類はSiegelmanらの報告¹⁵⁾に準じ、結節辺縁がほとんど整なものから全周にわたって不整なものまで4段階に分類した (Fig. 4)。なお読影上いずれの分類にするか迷った場合は、より不整なほうに含めた。

4) 良性結節の判定

結節内に石灰化が存在し、辺縁分類1もしくは2のものを良性結節と判定し、その正診率について検討した。

III. 結 果

1. 実験的検討

疑似結節の径による平均CT値の変動では、6~14mm径のもので50~70H, 20mm以上のものでは100H前後と、径の小さい結節で低いCT値をとる傾向があった。撮像回数27回の標準偏差については6mmの結節で2SD 7.42, 10mmの結節で2SD 7.36と比較的大きな値をとったが、最も値の大きい6mmの結節でも2SDは10以下であり平均値のばらつきは小さいものであった。これに

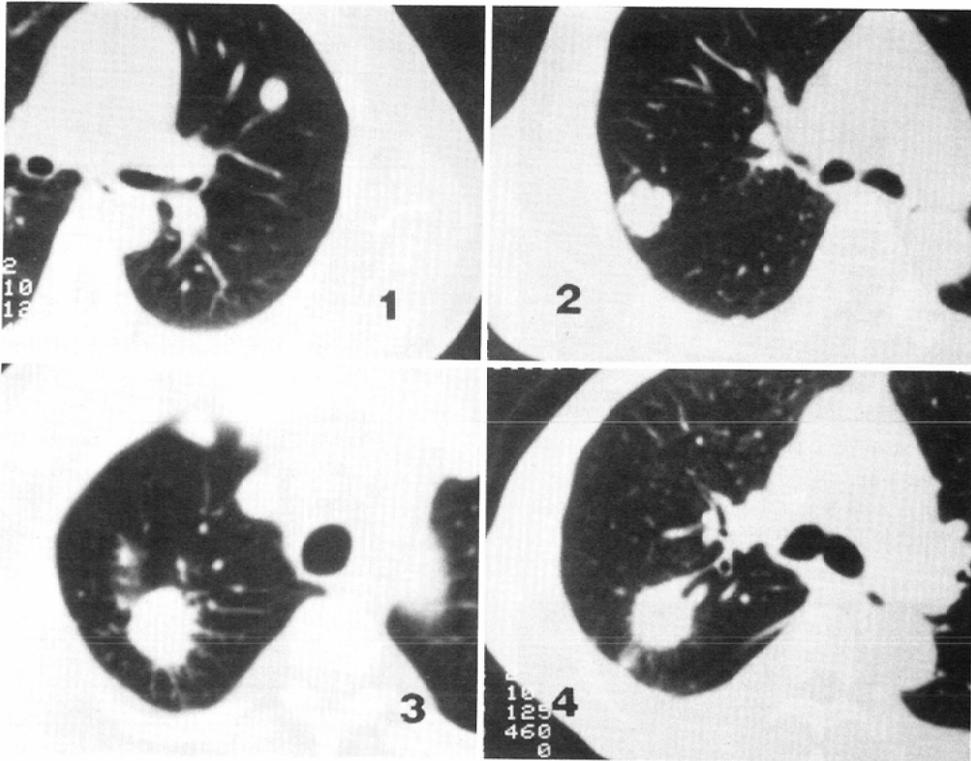


Fig. 4 Typical appearances of edge type. 1: sharp and smooth (benign nodule), 2: moderately smooth (metastatic nodule), 3: some irregular undulations or slight spiculation (pulmonary tuberculosis), 4: grossly irregular with spiculation (adenocarcinoma)

Table 5 Difference of CT number of simulation nodule according to size

Diameter (mm)	Mean CT number (1SD)	2nd time	3rd time	Standard CT number
6	52.3(3.71)	49.5	50.0	60
10	55.7(3.68)	51.5	60.3	64
14	71.2(1.76)	71.8	69.8	75
20	93.9(2.26)	98.8	91.4	99
30	100.9(1.57)	102.6	104.5	105
40	99.5(1.50)	102.5	100.4	103

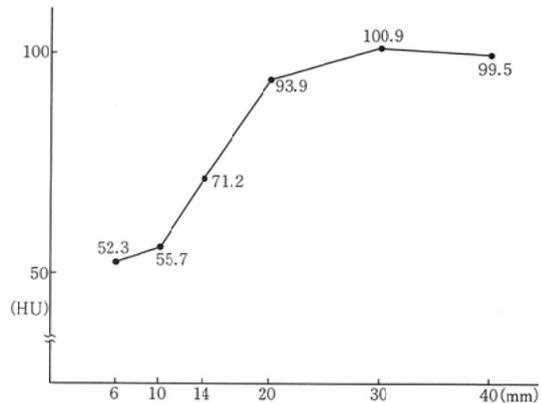


Fig. 5 CT number of simulation nodules according to size.

よって基準 CT 値 (standard CT number) を算出すると、結節径が10mmのもので64H、大きくなるにつれて高くなり30mmで105Hとなっていた (Table 5, Fig. 5)。これらの値は撮像部位を変えて撮った値であり、撮像部位が平均 CT 値に与える影響も小さいと考えられた。しかし胸壁に接した部位の撮像では、結節内の胸壁側の CT 値は平

均 CT 値と比べて10H以上高値をとった (Fig. 6)。縦隔側では平均 CT 値と比べて差異は認めな

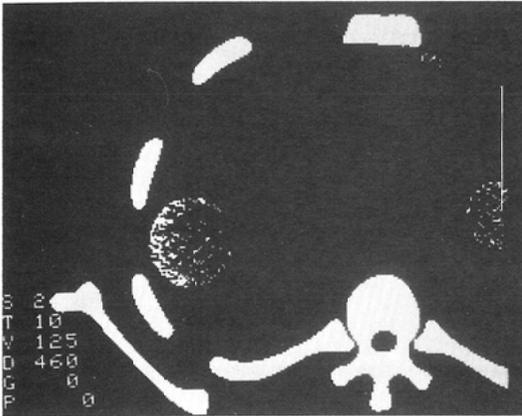


Fig. 6 CT scan of a 30mm simulation nodule set near chest wall.

Note spots with high CT numbers of chest-wall side. Window level: 110H, window width: OH.

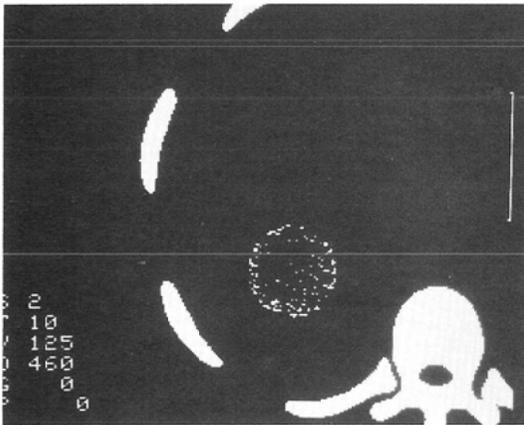


Fig. 7 Edge effect. Note spots with high CT numbers at the edge of simulation nodule.

Window level: 110H, window width: OH.

かった。また結節辺縁部ではCT値が高くなる傾向が認められた (Fig. 7)。

撮影日時によるCT値の変動については、2回目、3回目いずれの撮像においても2SDの範囲に含まれており、適切な装置の較正が行われており撮影条件が同じであればCT値の変動は小さいことが確かめられた。

機種の違いによるCT値の変動については、TCT 60Aの体部撮像条件ではSomatom 2とあまり変化がなかったが、TCT 60Aの肺野条件の

Table 6 Difference of CT number according to instrument

Diameter (mm)	Somatom 2	TCT 60A	
		Body alg.	Lung alg.
6	52.3	82	153
10	55.7	39	119
14	71.2	71	145
20	93.9	115	146
30	100.9	109	141
40	99.5	111	118

alg.: algorithm

Table 7 Difference of CT number due to motion artifact

	CT number
Artifact (-)	111.4
Artifact (+)	
1st time	140.2
2nd time	149.3
3rd time	155.9
Mean	145.4

(-): absent (+): present

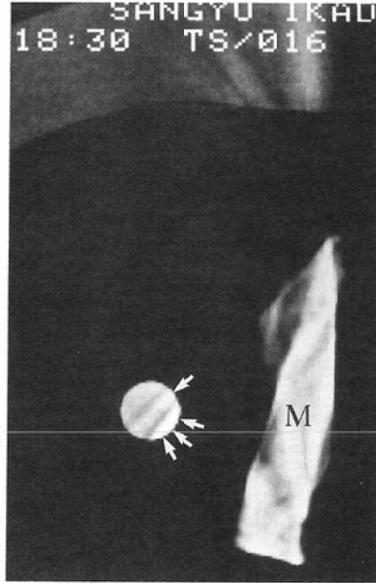
撮像ではすべての結節が100H以上をとり、著しい差異が生じた (Table 6)。またいずれの結節も、疑似結節の製作者があらかじめ設定したCT値である164Hよりも低いCT値をとり、機種によるCT値の変動が示された。

motion artifactについては前述の方法で計3回撮像して検討した。結節内の高いCT値を呈した16voxelを拾いあげたところ30~40H程度の変化が認められた (Table 7)。artifactの形状としては結節内に索状のhigh densityとして現れたが、結節内のみならず周囲の筋・脂肪層にも同様のhigh densityがみられ、このような結節および周囲構造物内の索状構造がmotion artifactによるものであることがわかった (Fig. 8)。

2. 臨床的検討

1) 石灰化の有無について

臨床例の平均CT値がTable 5で設定した基準CT値をこえる値 (高CT値)を示したのは、良性疾患の12例のほか原発性肺癌の1例であった。voxelごとの比較では良性疾患の19例、原発性



a

```

439 *****952-830-704-575-475-447-481-562-680-835-849*****
140 *****980-838-590-334-161-62-10-4-0-41-154-337-587-862*****994****
141 *****956-741-394-125-16-75-82-85-92-94-90-76-18-125-423-760-951-988-989*****
142 *****866-680-282-26-59-78-80-77-87-87-83-85-86-69-39-44-284-669-518-988*****
143 *****985-744-291--10-65-79-73-69-75-73-71-76-72-62-54-60-80-24-257-731-983*****
144 *****859-410-40-64-71-67-62-66-64-63-61-60-52-39-30-41-78-108-122-132-74-165-890-982-987
145 *****879-632-137-46-65-57-61-58-54-52-55-53-39-30-41-78-114-112-98-78-44-451-867-952
146 *****865-379--7-53-55-51-56-53-47-46-40-34-26-31-63-88-114-112-98-78-44-451-867-952
147 *****735-190-42-46-47-46-46-49-46-38-23-17-27-51-77-96-97-95-88-57-34-224-722-911
148 *****594-80-54-54-46-39-37-39-27-22-13-16-42-68-94-88-75-79-56-52-95-73-504-892
149 *****506-28-63-58-43-36-34-26-18-9-15-31-57-85-80-75-72-44-41-85-140-10-537-888
150 *****479-13-66-49-38-35-26-15-8-11-27-52-75-69-56-54-39-25-60-109-176-28-512-861
151 *****502-33-60-52-43-24-11-4-7-24-46-67-62-52-50-19-1-49-108-161-176-4-544-882
152 *****583-88-50-50-38-19-5-5-22-43-67-59-46-48-28-7-15-78-151-177-154-83-807-873
153 *****700-173-30-42-31-18-15-22-38-59-65-51-50-28-0-8-85-118-160-154-129-204-707-884
154 *****842-336-12-32-23-23-33-41-58-56-49-52-34-9-4-50-110-148-152-147-41-405-804-901
155 *****969-575-131-1-20-36-52-61-56-42-46-35-8-5-33-101-143-148-139-111-134-626-884-903
156 *****837-387-55-20-51-74-65-52-47-28-8-3-27-85-139-143-141-129-16-426-825-916-891
157 *****713-265--8-61-66-58-51-33-6-10-8-80-130-143-140-128-11-325-741-912-913-904
158 *****952-644-232-15-36-53-49-23-11-10-46-118-142-133-107-13-328-703-506-934-908-904
159 *****519-675-362-120--9-20-9-4-33-101-129-112-38-135-434-745-914-848-939-917-906
160 *****868-819-595-387-247-157-73-18-7-68-137-388-641-842-937-986-851-933-928-922
161 *****979-904-797-661-517-460-512-614-745-869-943-982-961-964-847-934-934-924
    
```

b

Fig. 8 Motion artifact (Experimental).

- a) A motion artifact of simulation nodule created by vibrating meat slice (M) is shown (arrows).
- b) A computer printout of CT number of this artifact.

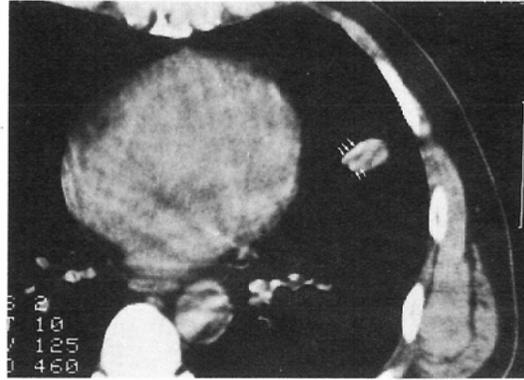
Table 8 Cases with high CT number according to diagnosis

	Mean value	Voxel value
	No. of cases/Total No. of cases	
Benign lesion	12/40(30.0%)	19/40(47.5%)
Primary lung cancer	1/53(1.9%)	3/53(5.7%)
Metastatic lung tumor	0/ 8(0%)	1/ 8(12.5%)

肺癌の3例，転移性肺腫瘍の1例に高CT値がみられた (Table 8)。この高CT値は前述のように

motion artifact によって生じた可能性があり必ずしも石灰化を示すものではないため，高CT値の形状を分析することにより artifact か否かを検討した。疑似結節での実験的検討で motion artifact は索状の形態をとること，および周囲脂肪層等にも索状の高CT値を呈することがわかったため，臨床例でもこのような所見を示した症例は artifact 形成例としこれ以外の症例を石灰化ありと判定した。

良性疾患の5例，原発性肺癌の3例および転移



a

*****-946-924-912-930-934-910-916-878-858-844-844-810-778-786-766-754-740-754-774-806-812-802-778-732-702-718-762-762-756
 *****-996-942-922-914-902-898-856-834-822-804-762-742-728-678-624-572-578-632-670-700-550-612-610-566-588-642-698-730-736
 *****-946-920-504-882-862-800-772-742-672-624-602-536-474-392-284-234-260-316-352-334-314-340-384-430-536-642-716-734
 *****-976-914-876-854-826-786-738-696-618-508-424-382-288-208-124-22 14 15 8 -16 -28 -44 -98-165-246-404-588-736-784
 *****-532-872-822-772-710-664-652-594-466-308-212-134 -78 -28 46 68 84 106 118 106 80 46 10 -30-102-242-484-670-766
 +-376-828-886-773-582-456-402-354-258-164 -59 54 134 154 122 122 84 74 100 110 118 100 74 36 8 -20 -26-106-344-584-688
 +-384-918-886-773-582-456-402-354-258-164 -59 54 134 154 122 122 84 74 100 110 118 100 74 36 8 -20 -26-106-344-584-688
 +-982-888-780-575-410-308-228-180-118 -46 52 138 174 148 122 102 88 88 106 66 60 54 20 20 24 -18 -30-276-484-612
 +-932-810-626-388-246-184-116 -70 -26 54 148 184 172 118 78 76 68 80 80 80 54 22 10 34 40 16 -44-212-456-608
 3-806-672-436-262-196-126 -62 -8 76 156 182 184 144 174 54 68 78 68 52 44 32 26 38 54 59 44 0-158-404-592
 7-654-456-254-168-176 -80 38 98 154 160 144 102 82 46 52 74 86 74 56 36 18 44 58 62 78 74 18-124-352-558
 3-464-244-142-154 -98 32 134 144 130 104 62 24 12 18 58 92 88 70 50 22 28 46 46 76 92 64 14-114-324-518
 4-322-152-148 -88 8 124 156 108 76 48 18 2 16 60 88 84 86 68 38 34 54 74 78 82 84 40 -48-146-314-302
 3-326-200-128 -2 82 116 86 50 42 32 16 24 50 84 78 64 42 20 10 32 74 76 78 68 40 -8-208-374-576
 3-388-232 -62 45 80 74 42 40 66 60 58 72 84 82 60 44 20 10 26 60 78 82 62 24 6 -22-114-288-502-680
 3-456-286-104 12 56 52 22 62 108 114 100 62 86 68 54 30 20 6 32 74 76 52 22 -20 -42 -66-210-346-544-726
 7-330-448-322-184 -80 -22 -22 52 128 134 102 82 70 72 52 36 38 12 44 62 22 -30 -76 -82-122-224-342-434-552-696
 2-580-628-606-488-302-184 -74 50 124 126 84 56 38 54 70 46 34 32 18 -6 -34-100-172-270-324-382-484-556-652-778
 2-640-734-748-650-516-380-230 -52 70 94 48 42 42 44 64 76 42 -2 -40 -50 -64 -84-184-348-466-520-600-718-800-842-854
 8-740-778-732-638-672-752 -698-546-400-252-146 -60 -30 -30 -94-228-324-330-358-440-546-644-746-832-880-916-956-960-922-902
 4-770-772-716-684-748-844-816-666-554-428-320-238-174-186-296-468-612-634-642-704-750-794-848-906-910-920-928-936-882
 2-784-758-714-752-828-858-844-744-660-576-488-430-394-456-582-712-780-820-826-820-832-860-882-878-878-880-920-924-936-912
 2-774-766-752-766-810-796-782-782-760-742-730-728-740-728-708-738-782-826-856-886-900-912-906-866-804-836-886-926-922-894

b

Fig. 9 Motion artifact (Clinical), case of adenocarcinoma.
 a) A motion artifact is shown (arrows). b) A computer printout of CT number of the artifact.

Table 9 Relationship between high CT number and calcification

	No. of cases with high CT number	No. of cases with calcification
Benign lesion	19	14
Primary lung cancer	3	0
Metastatic lung tumor	1	0

性肺腫瘍の1例は、この artifact のため高CT値を呈したものと考えられ、結果的にCT上石灰化形成例と考えられたのは良性疾患の14例のみとなった。Table 9に基準CT値を超え高CT値を呈した症例数と、motion artifact 例を除き実際に石灰化を生じていたと考えられる症例数の関係を示した。Fig. 9は原発性肺腺癌の症例である。高

CT値を多数の voxel に認めるが、その高CT値の形状は索状を示し、大動脈や心臓内にも同様の索状の高CT値を認めることより motion artifact 形成例とした。病理組織学的にも腫瘍内に石灰化は認めていない。Fig. 10は経過観察により良性とされた症例である。通常の断層撮影で結節内石灰化を認めないが、CTでは結節全体に生じた石灰化が明らかである。Fig. 11も経過観察により良性とされた症例であるが、CT上結節の大部分が高CT値を示し石灰化形成例と判定できた。

組織学的には手術例について石灰化の有無を検索した。良性疾患の6例では組織学的に石灰化がみられた症例が1例もなく、CT上も石灰化を認めず高CT値はみられなかった(Table 10)。過誤

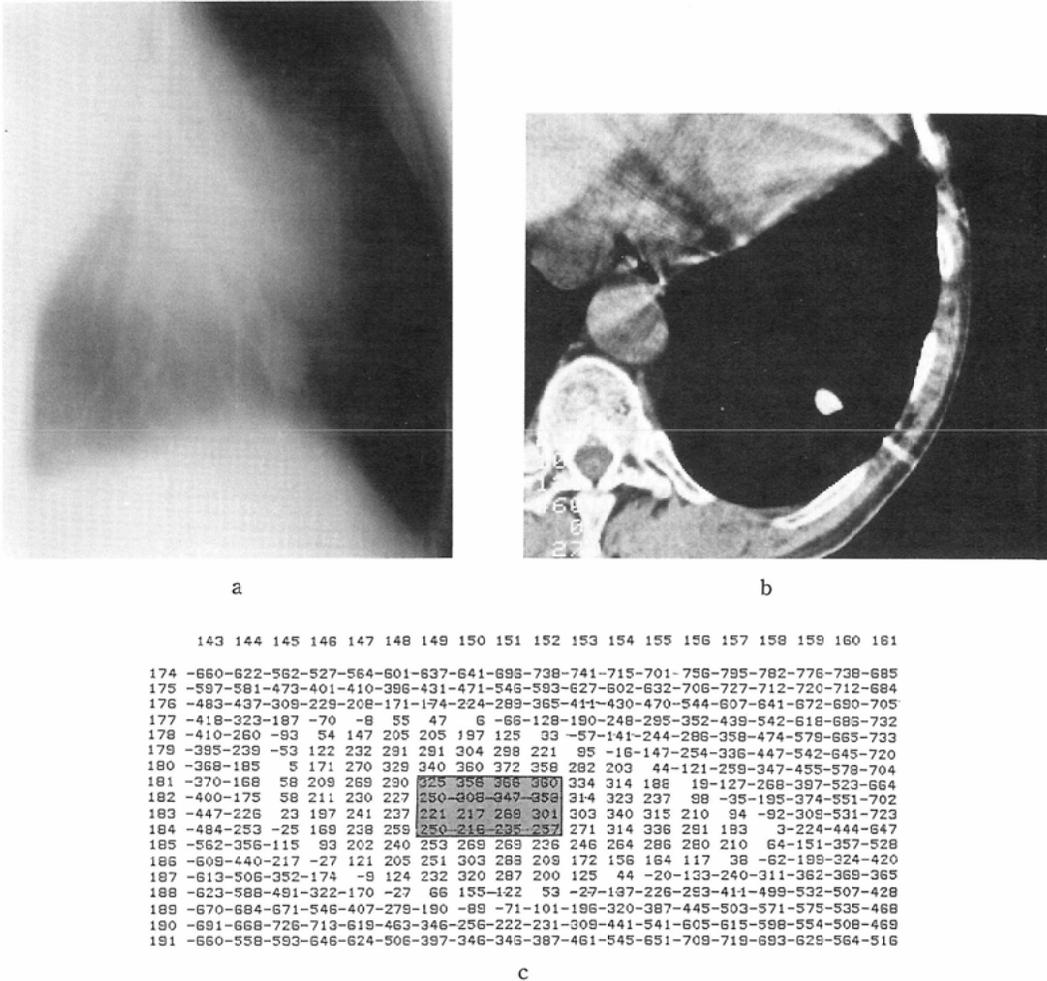


Fig. 10 Case of benign nodule with marked calcification diagnosed by CT.
 a) Conventional tomogram shows no definite calcification. b) CT scan shows marked calcification. c) Mean CT number calculated is 289H.

Table 10 Relationship between CT and histologic finding about calcification in benign nodule

		Histologic finding	
		+	-
CT finding	+	0	0
	-	0	6

+ : present - : absent

腫の1例では組織学的に結節内に微少な脂肪成分をみとめたが、CT上脂肪を示す低吸収域はみら

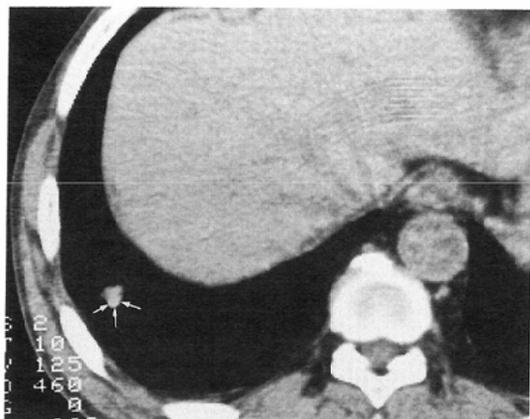
れなかった。

原発性肺癌では手術例のほとんどの症例が石灰化を有しなかったが、腺癌の1例のみに多数の砂粒状の石灰化を認めている。この症例では結節の平均CT値が69.5Hであり、voxel別にみても高CT値は認められていない。

以上、石灰化の有無について組織学的所見と対比できた症例について検討した結果は1例の偽陰性を原発性肺癌に認めたのみであった。

2) 結節辺縁の性状について

良性結節および転移性肺腫瘍では、辺縁分類で



a



b

c

-752-732-725-723-727-728-745-744-724-663-580-574-546-713-735-752-755-780-786
-804-776-727-597-713-725-703-692-652-570-485-463-499-563-616-671-744-783-779
-813-799-747-599-691-624-549-484-423-341-279-228-238-294-365-492-628-752-801
-796-774-732-537-493-368-255-175-132-122 -88 -40 -50 -86-139-264-473-657-780
-779-761-661-461-254-110 -36 -11 1 -8 13 40 43 7 -36-134-318-556-705
-792-701-506-250 -88 -4 34 42 36 52 72 64 62 44 -16 -94-278-526-677
-711-565-329-119 -34 2 43 63 72 74 66 65 76 39 -11-120-342-561-686
-606-421-204 -59 -20 -4 39 43 67 74 67 67 55 16 -19-159-435-624-645
-557-340-108 -16 -2 1 27 55 65 80 75 71 47 24 -12-188-465-565-555
-607-476-288-115 -31 -2 33 46 55 71 76 78 84 57 -20-173-389-516-603
-747-712-566-368-206 -79 20 66 82 86 91 99 92 42 -40-186-408-614-748
-813-810-756-609-435-234 -25 82 101 94 85 93 82 22 -91-265-495-684-802
-834-846-840-785-679-464-127 79 104 93 101 113 75 -24-189-410-582-712-785
-803-811-829-833-784-599-248 0 82 101 97 65 10-124-353-568-701-739-767
-785-791-823-838-804-667-378-135 -2 32 14 -42-156-343-577-720-768-776-765
-783-791-810-818-801-699-531-382-255-162-176-274-422-580-699-750-772-772-758
-799-811-835-827-791-753-698-647-572-538-553-627-705-743-747-762-755-749-727

c

Fig. 11 Case of benign nodule with calcification diagnosed by CT.

a) CT scan shows a slight high density (arrows). b) Edge type of the nodule is class 2. c) Majority of voxel value is over standard CT number on printout.

Table 11 Classification of edge type

	Edge type			
	1	2	3	4
Benign lesion	14	14	6	6
Primary lung cancer	1	9	26	17
Metastatic lung tumor	5	2	1	0

Table 12 Relationship between calcification and edge type in benign lesion

Edge type	Calcification	
	+	-
1	9	5
2	4	10
3	1	5
4	0	6

+ : present - : absent

1, 2 のものが多く平滑な辺縁を呈することが多かったが、不整な辺縁を有する症例も存在した。逆に原発性肺癌では大部分の症例が不整な辺縁を有したが、一部平滑な辺縁の症例もあった。辺縁分類1および2の比較的平滑な辺縁を有する原発性肺癌の組織型では、小細胞癌4例、腺癌3例、扁平上皮癌・大細胞癌各1例、組織型のはっきりしないもの1例であり、小細胞癌の症例数に対す

る割合が高かった (Table 11)。

3) 良性結節の判定

結節内に CT 上石灰化が認められ、辺縁分類1あるいは2のものを良性結節と判定した (Table 12)。CT 上結節内に石灰化が認められ、辺縁が比較的平滑な分類1, 2を示したのは良性病変40例

Table 13 Cases diagnosed as benign nodule on CT according to diagnosis

	No. of cases/Total No. of cases
Benign lesion	13/40(32.5%)
Primary lung cancer	0/53(0%)
Metastatic lung tumor	0/ 8(0%)

中13例であり結局32.5%がCTで良性と正しく診断できたことになる。これは今回検討した全症例101例中12.9%に当る。CT上石灰化を認めた悪性腫瘍はみられず、今回使用した方法で悪性腫瘍を良性病変とする最も問題となる誤診例はみられなかった (Table 13)。

IV. 考 案

孤立性肺結節が良性であるといえる信頼性のある所見の一つに結節内の石灰化がある¹⁾。また従来より、原発性肺癌では腫瘍辺縁が不整を呈することが多く、良性結節では平滑な辺縁を示すことが多いとされている。

この二つの所見を組み合わせることで孤立性肺結節の良悪性の鑑別、とくに良性結節の識別が可能であれば、CT以降の侵襲的な検査や無用な手術を避けることができ、その臨床的意義は大きい。

結節内石灰化については、顕著なものではCT上その描出は容易であるが、肺結節内の微細な石灰化の存在を描出するためには石灰化を示すCT値の閾値を知ることが肝要となる。しかしCT値は可変的な数値であり撮影機種、撮影条件等により変化することが知られており^{3)~8)}、各施設・機種毎に基準CT値を設定しなければならない。

最初にわれわれはZerhouniらが作成した胸部ファントムを用い、石灰化を示す基準CT値の設定を使用する機種 Siemens社製 Somatom 2について行った。

疑似結節の大きさの違いによるCT値の変動では、径の小さなものが低いCT値をとった。これはTarverらのPicker Synerview 600での結果と一致する³⁾。またZerhouniらのPfizer/AS & E 500でのsmooth algorithmで撮像した結果⁴⁾とも一致している。しかし同じZerhouniらのsharp algorithmでの撮影では、疑似結節の直径が小さ

いものほど高いCT値をとっており、撮像に使用するalgorithmの違いにより値が異なることがわかっている。われわれの結果でも、TCT-60Aの体部algorithmではSomatom 2での結果と同様小さな結節ほど低いCT値をとったが、TCT-60Aの肺野algorithmではすべて100Hを越え、径による変化にも一定の傾向はみられなかった。

また、疑似結節のCT値はZerhouniらの使用したPfizer/AS & E 500では164Hに調節されているが¹³⁾、種々の施設における異なった機種によるZerhouniらの検討では、同じ6mm径の結節で-101Hから310Hと著しい相違を示している¹⁴⁾。われわれの検討でもSomatom 2, TCT-60Aともに異なった値をとり、この点においてもCT値の扱いには注意を要することが理解される。

撮影部位によるCT値の変化では、結節中央部の平均CT値においてすべての疑似結節で標準偏差が4H以下を示し、ばらつきは少なく再現性は良好であった。また撮影日時を変えて撮像した結果でもほぼ2SDの範囲に含まれ、同じ機種・撮影条件では良好な再現性を示した。しかし胸壁に近接した結節では結節胸壁よりの辺縁に10H程度のCT値の上昇がみられ、実際の临床上はこの影響を考慮する必要がある。また結節の辺縁部のCT値が上昇する現象が実験例、臨床例いずれも報告されており²⁴⁾今回の検討でも認められたが、その変化は中心付近と比べ4~5Hであり2SDの範囲に収まる値であった。このように撮影機種や撮像algorithmによってCT値は大きく変動するものの、同じ機種・撮影条件で撮像すればCT値の変動はほとんどみられないといえる。

今回使用したファントムの本来の使用法としては臨床例の結節の存在する部位にあわせ、その症例と同様の位置に疑似結節を置き同じ撮影条件で撮影を行い、この両者のCT値をCRT上で比較することがすすめられている¹³⁾。しかし、実際の臨床ではこの操作は比較的繁雑である。実際に使用する機種について石灰化と判定する基準CT値をこのファントムで設定すれば、各々の臨床例では撮影後にその基準CT値と比較することが可能で

ある。

石灰化と誤って判断される因子としては, motion artifact があげられる。今回の実験的検討においては40H程度のCT値の上昇がみられ十分に石灰化と見誤る値であった。このartifactは臨床的には呼吸や心・大血管の拍動により生ずると考えられる。実験的検討による特徴としては, 索状・縞状の形態をとり周囲の胸壁等にも直線状に広がるものがあげられる。臨床的に石灰化を思わせる高CT値を見た場合, 結節内の高CT値が索状・縞状を呈し周囲脂肪層等に索状の高CT値があればこのartifactであり実際には石灰化は存在しないものとして判定しなければならない。

孤立性肺結節の内部の石灰化は, 良性疾患では肺結核, 肺過誤腫等にみられ, 原発性肺癌にみられることはまれであるとされている。石灰化の有無により良悪性の鑑別を行う方法の報告は米国で主としてなされておりわが国では比較的少ない^{21)3)~23)}。その結果については, CTが有用だったとする報告とそれほどではないとしたものがみられる。

Zerhouniらのファントムが作成されるまでのものでは, Siegelmanら²⁾やProto & Thomasの報告¹⁶⁾がCTが良性疾患確認のために有用であったとしているが, Godwin¹⁷⁾や中田ら¹⁸⁾¹⁹⁾はCTはそれほど有用でなかったと報告している。後者の最も大きな原因は当初, Siegelmanらの設定した良性とすべき基準CT値をそのまま使用し, この値が機種の違いで大幅に異なることを考慮しなかったことと, 撮像にいわゆるthin sliceを使用しなかったことにあると思われる。

Zerhouniらのファントムシステムを使用した報告では, Zerhouniら¹³⁾が良性疾患17例中11例(64.7%), Hustonら²⁰⁾は良性疾患85例中32例(37.6%), Jonesら²¹⁾は良性疾患21例中10例(47.6%), 様々な施設での結果をまとめたZerhouniら¹⁴⁾の報告で良性疾患118例中65例(55.1%), 本邦では清水ら²²⁾が良性疾患15例中12例(80.0%)で正しく診断できたとしている(Table 14)。これらの報告のうち, CTで良性結節と診断されたにもかかわらず結果的に悪性であったのは悪性疾患278例

Table 14 Summary of diagnostic accuracy of studies using reference phantom

	Higher than S.N.		Lower than S.N.	
	benign	malig.	benign	malig.
Zerhouni et al. ¹³⁾	11	0	6	24
Zerhouni et al. ¹⁴⁾	65	1*1	53	176
Huston & Muhm ²⁰⁾	32	1*2	53	26
Jones et al. ²¹⁾	10	1*1	11	9
Shimizu et al. ²²⁾	12	0	3	40
This report	14	0	26	61

S.N.: simulation nodule, malig.: malignancy

*1: primary pulmonary adenocarcinoma

*2: metastatic lesion from endometrial cancer

中3例(1.1%)であり, 内訳は原発性肺腺癌2例, 微小石灰化を伴った子宮内膜癌の肺転移1例である。

著者の今回の検討ではCT値のみで良性病変の判断を行えば, 良性疾患40例中19例(47.5%)で高いCT値をとり比較的高い正診率をとったのに対し, 悪性疾患でも61例中4例に高CT値がみられている。この原因としては実験的検討で述べたmotion artifactが考えられる。このartifactの影響も考慮に入れると, 高CT値を呈した良性疾患の5例および悪性疾患の4例すべてがartifactによる高CT値と判定された。また組織学的にも, このmotion artifactとした9例中手術された4例では石灰化を認めていない。これらのartifact例を除くと, 良性疾患における石灰化描出率は40例中14例35.0%となり, もしこれらの症例に手術での侵襲を加えることを避けることになればその臨床的意義は依然として少なくないと考えられる。motion artifactがthin slice CTで発生し易い原因としては, 少々の動きでもその影響が強調されやすいことと, 今回使用したSomatom 2では2mmスライスでスキャンするためには, 10秒の撮影時間が必要であると思われる。高速撮影の可能な最近の装置を用いればこのartifactの減少が期待される。

石灰化についての組織学的検討では, 原発性肺癌の1例で組織学的にみられた石灰化がCT上認められなかった。原因としては, 結節内における全体のカルシウムの量が多くなかったためと考え

られ、むしろ本検査法にとっては好都合であった。

原発性肺癌の石灰化例についてはいくつかの報告があり、頻度的には腺癌に多く見られるとされているが、いずれの組織型でも生じることが報告されている^{9)~12)}。とくに Mahouney ら¹²⁾は、原発性肺癌353例中20例(6%)において石灰化がみられたと報告しているが、この石灰化のあったもの20例中14例はいずれも腫瘍径が5cm以上の大きな腫瘍であった。従って大きな結節影にあっては十分な注意が必要である。また、いずれにしてもCT上結節内に石灰化がみられてもごく少数例にあっては、原発性肺癌の可能性が残る。このため原発性肺癌を良性疾患とする重大な誤診をしないためには、何かもう一つの信頼度の高い所見を加える方が安全であると思われる。原発性肺癌の形態的所見については、不整な辺縁、結節周囲の血管・気管支集束像、胸膜嵌入像など多くのものがあげられる。結節辺縁の状態は結節の増殖態度をよく反映するものと考えられ、高分解能CTを用いれば肺結節辺縁のCT所見は病理像とよく相関するとされている²⁴⁾。またその評価も比較的容易であるため今回の検討項目に加えた。原発性肺癌の結節辺縁は不整なことが多いとされているが、なかでも浸潤収縮型の腺癌の辺縁はその発育形態を反映して、spiculationが生じやすく不整な辺縁を呈することが多い²⁵⁾。今回の検討でも同様な傾向があり原発性肺癌、特に腺癌の多くが不整な辺縁を示している。

今回の検討では石灰化がCT上認められた原発性肺癌はみられず、辺縁の分析は誤診の防止に役立たなかったが、Zerhouniらの報告した石灰化を有する原発性肺腺癌の1例では辺縁にspiculationを有し不整を呈しており¹⁴⁾、このような症例では結節辺縁の分析が有用であると思われる。

転移性肺腫瘍では腫瘍辺縁が平滑であることが多く、甲状腺癌、骨肉腫、粘液産生腺癌などの転移では結節内部に石灰化をきたす場合があることが知られている。また転移性肺腫瘍は平滑な辺縁を有することが多い。このため石灰化を生じた転移性肺腫瘍ではCT上良性疾患との鑑別は不可能であり、原発巣の存在や悪性腫瘍の既往を考慮し

なければならない。

このように motion artifact、石灰化の存在する悪性腫瘍、逆に石灰化の存在しない良性結節などの問題点はあるものの、今回の検討における注意事項を考慮に入れて結節内部の石灰化の有無と結節辺縁の状態を分析すれば、かなりの割合の良性肺結節をCTのみで正しく診断することが可能であり、この方法は十分に実用的で臨床的な意義をもつものといえよう。

V. 結 語

1. 肺野孤立性結節影を呈した101例につき、CTで結節内の石灰化の有無および結節辺縁の状態を分析することによりその良悪性の鑑別を行った。

2. 石灰化の有無については、胸部ファントムを用いた実験的検討をまず行った。疑似結節のCT値は、結節の大きさ・占拠部位・撮影機種および撮影条件の違いにより変化したが、同じ径の結節を同一の機種、条件で撮影すればほぼ一定の値を示した。これにより石灰化存在の閾値となる基準CT値を実験的に設定した。また臨床例において motion artifactにより高CT値を呈したと考えられる症例が存在したため、実験的に motion artifact を作成し高CT値の存在とその特徴を確かめた。

3. 臨床的には、実験的に設定した基準CT値を上回る値を示した症例を石灰化が存在する結節としたが、motion artifactが生じた症例では高いCT値を呈することが経験されたため、このような症例では石灰化がないものとした。CT上悪性結節では結節内石灰化がみられた症例はなく、良性結節では40例中14例(35.0%)に結節内部の石灰化を認めた。

4. 結節辺縁は原発性肺癌、なかでも腺癌で不整な症例が多く、良性疾患および転移性肺腫瘍では平滑な辺縁を有するものが多かった。

5. CT上、結節内部に石灰化があり辺縁が比較的整なものを良性疾患と判定したところ、良性疾患40例中13例(32.5%)が正診された。

6. このようなCTの使用は良性肺結節の診断に有用であり、その簡便性からみて日常の臨床の場で十分応用可能である。

稿を終えるにあたり、御校閲、御助言を頂きました産業

医科大学放射線科中田 肇教授に感謝致します。また、手術所見および臨床所見の御教示を頂きました第2外科吉松博教授、呼吸器科城戸優光教授、組織学的検討に御協力頂いた放射線科学大学院生平方敬子氏、ならびにファントム実験に御協力頂いた放射線部技師安井修己氏にも感謝致します。

文 献

- 1) Fraser RG, Par'e JAP, Par'e PD, et al: Diagnosis of Disease of the Chest. 3rd ed. P1391, 1989, WB Saunders, Philadelphia
- 2) Siegelman SS, Zerhouni EA, Leo FP, et al: CT of the solitary pulmonary nodule. AJR 135: 1-13, 1980
- 3) Tarver RD, Holden RW, Ellis JH: Experimental lung nodule model: CT numbers, nodule size, and actual calcium content. J Comput Assist Tomogr 7: 402-406, 1983
- 4) Zerhouni EA, Spivey JF, Morgan RH, et al: Factor influencing quantitative CT measurements of solitary pulmonary nodules. J Comput Assist Tomogr 6: 1075-1087, 1982
- 5) Levi C, Gray JE, McCullough EC, et al: The unreliability of CT numbers as absolute value. AJR 139: 443-447, 1982
- 6) McCullough EC, Morin RL: CT number variability in thoracic geometry. AJR 141: 135-140, 1983
- 7) de Geer G, Gamsu G, Cann C, et al: Evaluation of a chest phantom for CT nodule densitometry. AJR 147: 21-25, 1986
- 8) Im JG, Gamus G, Gordon D, et al: CT densitometry of pulmonary nodules in a frozen human thorax. AJR 150: 61-66, 1988
- 9) Goldstein MS, Rush M, Johnson P, et al: A calcified adenocarcinoma of the lung with very high CT numbers. Radiology 150: 785-786, 1984
- 10) Stewart JG, MacMahon H, Vyborny CJ, et al: Dystrophic calcification in carcinoma of the lung: Demonstration by CT. AJR 148: 29-30, 1987
- 11) 笹生俊一, 高山和夫, 岩崎琢也, 他: 肺癌内にみられた結晶および砂粒体形成, 癌の臨床, 32: 520-524, 1986
- 12) Mahouney MC, Shipley RT, Corcoran HL, et al: CT demonstration of calcification in carcinoma of the lung. AJR 154: 255-258, 1990
- 13) Zerhouni EA, Boukadoum MB, Siddiky MA, et al: A standard phantom for quantitative CT analysis of pulmonary nodules. Radiology 149: 767-773, 1983
- 14) Zerhouni EA, Stitik FP, Siegelman SS, et al: CT of the pulmonary nodule: A cooperative study. Radiology 160: 319-327, 1986
- 15) Siegelman SS, Khouri NF, Leo FP, et al: Solitary pulmonary nodules: CT assessment. Radiology 160: 307-312, 1986
- 16) Proto AV, Thomas SR: Pulmonary nodules studied by computed tomography. Radiology 156: 149-153, 1985
- 17) Godwin JD, Speckman JM, Fram EK, et al: Distinguishing benign from malignant pulmonary nodules by computed tomography. Radiology 144: 349-351, 1982
- 18) 中田 肇, 本田 浩, 仲山 親, 他: 肺結節性病変のCT診断, 日胸疾会誌, 21: 851-857, 1983
- 19) 中田 肇, 仲山 親, 寺嶋広美, 他: 肺結節性病変におけるCT診断の再評価, 日本医放会誌, 46: 1012-1016, 1986
- 20) Huston JH, Muhm JR: Solitary pulmonary nodules: Evaluation with a CT reference phantom. Radiology 170: 653-656, 1989
- 21) Jones FA, Wiedemann HP, O'Donovan PB, et al: Computerized tomographic densitometry of the solitary pulmonary nodule using a nodule phantom. Chest 96: 779-783, 1989
- 22) 清水雅史, 河野通雄, 渡辺英明, 他: 肺ファントムによる肺野結節性病変のCT診断, 日本医放会誌, 47: 1251-1259, 1987
- 23) 尾上正孝, 今村恵子, 石田有世, 他: 肺結節性病変のCT診断, 臨放, 27: 1403-1409, 1982
- 24) 栗山啓子, 梶田明義, 藤野保定, 他: 肺野部小型肺癌に対するThin-Section CTの有用性, 肺癌, 27: 671-677, 1987
- 25) 下里幸雄: 病理形態学的にみた小型肺癌のX線像, 癌の臨床, 15: 108-111, 1969