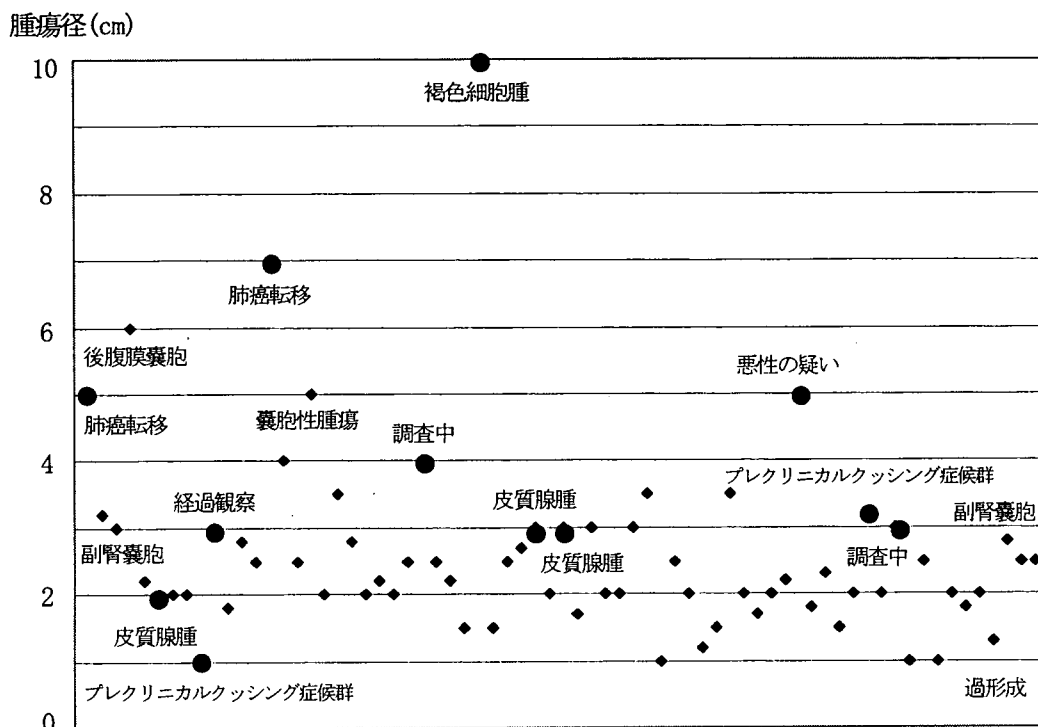


表 2 発見された副腎偶発腫瘍径と臨床的意義



\* 病的意義が認められた腫瘍を●で示した。

\*\*表記のない腫瘍のほとんどが非機能性腺腫であるが、紹介されなかった腫瘍や確定診断のついていない例も含んでいる。

2) より小さな副腎腫瘍の発見

今回の報告にあたって 2mm 再構成画像を詳細に観察したところ、1cm 以下の腫瘍や石灰化が高率に認められた。NIH および班研究においては 1cm 以下の腫瘍はとりあげないことになっているが、より小さな腫瘍は今まで見つけられなかっただけである可能性もあり、このような腫瘍がどのように大きくなるものか、当施設で経過観察をおこなっていくこととした。ダブリングタイムを計り長期間の観察をしてみたい。

3) 腫瘍の大きさとフローチャートより

表 2, 図 2 をみると大きさでは何も言えないことと、内分泌的な検査法が決定権を持っていることがよく理解できる。内分泌専門医への紹介が何よりも大切なことである。

4) フローチャートにも示されているように、骨髓脂肪腫と嚢胞性腫瘍は除外すべきとある。この 2 つの疾患の診断には CT 値での判断よりも、超音波検査のほうが適しているといわれている。われわれの経験でも、骨髓脂肪腫は超音波で極めて高いハイエコーな腫瘍として認められ診断も容易である。しかし嚢胞と低エコーな腫瘍の判定はかなり苦慮する。CT 値での判定も正確とはいえない面があり、やはり内分泌的な検査に任せなければならない場合が多いと思われる。

5) 文献などから

内外の文献を読んだが prospective な研究は the Swedish prospective study があるだけである。ただこの論文では登録症例数が 381 例から 4 年後 (2006 年) 229 例と減少し結論がどう出るか疑問もある [11, 12]。

NIHも厚生省の班研究もシングルスライスによる例が多いようで、現在のMDCTの発見率はわれわれの例でも向上している。日本CT検診学会などで副腎偶発腫瘍の積極的なprospective studyが出来たら、より正確なデータになるのではないかと思うがどうか。この論文の学会発表に際して、フロアーに縦隔診断の実施について質問したところ、ほぼ全施設が実施しており、可能性はありそうだが、内分泌専門医との連携が問題であろう。

また悪性腫瘍のcut-off値が6cm、4cmという説<sup>[13,14]</sup>もまかり通っているが、これは古い装置の話であり、現代のCTでは3mm、4mmの転移でも発見可能と思われる。まだまだ副腎偶発腫瘍は未知の分野を持っている腫瘍である。

## 5. 結語

1995年6月の肺癌CT検診開始以来、縦隔条件のCT所見も診断しており、肺癌以外の疾患も多数発見している。今回その第一弾として副腎偶発腫瘍をとりあげた。

incidentalomaといわれているが、われわれの症例では13.8%が手術や嚴重な経過観察をされており、この病変の発見・診断には重要な意義があると考え。今後もMDCTで積極的に発見し、従来どおりNIHと厚生労働省の研究班の対処法に従って、1cm以上の副腎腫瘍は最寄りの内分泌専門医へ紹介していきたいと思っている。

また「CT検診で発見された肺癌以外の疾患について」もさらに発表していきたい。

## 文 献

[1]新妻伸二、永野優子、帆莉隆、他：16列MDCTの胸部CT検診への使用経験。胸部CT検診2006;13:185-188  
[2]柴田洋考：副腎偶発腫瘍。別冊日本臨床 新領域別症候群シリーズ2006;1:714-716  
[3]宮森勇：副腎偶発症の臨床。日本臨床、2004;62:925-928。

[4]笹野公伸：副腎偶発腫瘍の病理。日本臨床、2004;62:921-924。  
[5]National Institutes of health State-of-the-Science conference Statement Feb. 4-6, 2002. Management of the Clinical Inapparent Adrenal Mass (Incidentaloma) NIH Consensus Development Program : 2006/12/07 1-16。  
[6]Grumbach M, Biller M, Braunstein D, et al ;Management of the inapparent adrenal mass ("incidentaloma"). Ann Intern Med. 2003; 138: 424-9。  
[7]Mawar R, et al ;Adrenal incidentaloma- a continuing management dilemma. Endocr Relat Cancer. 2005; 12: 585-98。  
[8]Mansmann G, et al ;The clinically inapparent adrenal mass: Update in diagnosis and management. Endocr Rev. 2004; 25: 309-40。  
[9]宮路幸隆(班長)：厚生労働科学研究副腎ホルモン産生異常に関する研究班 平成15年度報告書、2003, p241。  
[10]柴田洋考：副腎偶発腫瘍。別冊日本臨床 新領域別症候群シリーズ2006;1:714-716  
[11]Bulow B, Jansson S, Juhlin C. et al ;Adrenal incidentaloma - follow-up results from a Swedish prospective study. Eur J Endocrinol. 2006 ;154: 419-23。  
[12]Bulow B, Ahren B;Adrenal incidentaloma - experience of a standardized diagnostic programme in the Swedish prospective study. Intern Med. 2002; 252:239-46。  
[13]一城貴政：副腎偶発腫瘍の疫学。ホルモンと臨床 2004;52:43-53  
[14]谷本伸弘：腹部のCT メディカル・サイエンス・インターナショナル、東京2001, p124。

Report for the detected many other diseases which were excluded from lung cancer on our lung cancer CT screening.

- The first report. Adrenal gland incidentaloma. -

Satoko Ito, Yuko Nagano, Takashi Hokari, Miwako Iwaki, Reiko Kaneko, Yuri Kazama, Miyoko Ogasarawa, Mariko Makita, Shinji Niizuma, Naoya Koizumi

Purpose : In our clinic, 3 or 4 lung cancer CT screening systems had been operating. Lung cancer CT screening in total health care of Japanese system (so-called human dry dock system), and such as "silicosis screening", "asbestosis screening" and so on. In these systems, CT images were diagnosed on lung field and mediastinal conditions. Then many other diseases excluded from lung cancer were detected. We will present "Adrenal incidentaloma" as first report.

Method: From 1995. 6. to 2005. 5. 10 years, we operated single slice CT machine. And from 2005. 6. 16-row MDCT worked in our clinic.

Results: 1. The detected tumor rate had been tripled in 16-row MDCT. 2. 69 incidentalomas were detected in this study. 3. 18.8% of adrenal incidentalomas were treated or operated out of our 69 cases. This indicate us to point out adrenal tumor hereafter.

Conclusion: To find out adrenal incidentaloma in CT screening must be important medical procedure.

Key words: adrenal incidentaloma, CT screening, adrenal tumor, lung cancer screening

J Thorac CT Screen 2007;14:176-182

---

---

教育研修と認定

—読影医の立場から—

---

---

中川 徹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>日立健康管理センタ

*Japanese Journal of Lung Cancer*

**肺 癌** 第47巻 第6号 2007年10月

## 教育研修と認定

### —読影医の立場から—

中川 徹<sup>1</sup>

**要旨** — 低線量肺癌 CT 検診の今後の受診者数の増加とそのニーズに対応して、費用や人材の効果的な投入が可能であるかは、検診の実行性において大きな課題である。医師、診療放射線技師を中心に、看護職や事務職で構成された検診チームが、それぞれの専門性を十分発揮できる仕掛けが検診の成功には欠かせない。第 22 回肺癌集検セミナーシンポジウムの「低線量 CT 検診における体制整備」において、教育と認定について、読影医の立場から提言をさせていただいた。読影医の認定に関して、肺癌 CT 検診というジャンルで単独に資格認定の枠組みを立ち上げ、維持することは困難が多いのではないかと、そこで、各種医学会において、種々の認定医・専門医試験が実施されているが、CT 検診にふさわしい資格について、日本肺癌学会において議論していただくことを提案した。また、教育研修については、時間や費用の制約より、パソコンやコンピュータネットワークなどを利用して教育を行う e-ラーニングの活用が有用ではないか。遠隔地にも教育を提供できる、時間的制約がない、読影トレーニングの教材も利用できるなど実施が容易である。課題はあるにしても、習熟度確認や質疑応答なども可能で、期間や人数を制限し、有料で運営することで実現性がさらに高まる。(肺癌, 2007;47:783-784)

**索引用語** — 肺癌, 低線量肺癌 CT 検診, CAD, e-ラーニング

## The Education Training and Authorization

### —A Viewpoint of Radiologist—

Toru Nakagawa<sup>1</sup>

**ABSTRACT** — Many problems hinder CT screening from being accepted throughout the world. These are efficacy and how much resource can be involved in CT screening. We proposed about the education and recognition in this symposium. We would like to examine it in detail at the committee of the combination about specialist's qualifications. We think that we should use e-learning for training to educate in remote places. We can easily evaluate the education results.(*JLCA*, 2007;47:783-784)

**KEY WORDS** — Lung cancer, Low-dose CT screening, Computer-aided diagnosis, E-learning

#### 1. 低線量 CT 検診普及のボトルネック

早晚、わが国においては、肺癌死亡 10 万人時代に突入する。早期肺癌の検出と治療の要請が高まることを予測するが、現実的に対応が可能であろうか。日本 CT 検診学会で検討されてきた低線量 CT を用いた肺癌検診の解決

すべき課題は、以下の 3 つに集約される。

- ①死亡減少効果の証明 (有効性)
- ②費用、人材の効果的投入が可能かどうか (実行性)
- ③何歳からだれを対象に、どれくらいの間隔で実施するのか (妥当性)

死亡率減少効果は、わが国や米国でも研究が進行中で、

<sup>1</sup>日立健康管理センター。

別刷請求先：中川 徹，日立健康管理センター，〒317-0076 茨城県日立市会瀬町 4-3-16 (e-mail: tohru.nakagawa.rh@hitachi.com)。

<sup>1</sup>Hitachi, Ltd., Hitachi Health Care Center, Japan.

Reprints: Toru Nakagawa, Hitachi, Ltd., Hitachi Health Care Center, 4-3-16 Ose-cho, Hitachi-shi, Ibaraki 317-0076, Japan (e-mail: tohru.nakagawa.rh@hitachi.com).

© 2007 The Japan Lung Cancer Society

その結果が待たれるが、有効との評価が出たとしても、現在の胸部単純 X 線検査による肺癌検診をすべて低線量 CT に置き換えることは、モノ・ヒト・カネのみならず、被曝の影響などで到底困難であることに異論はないと思われる。

## 2. ヒトか、CAD (computer-aided diagnosis) か、それとも両方か

大量の 3 次元断層画像を診断するための労力および精度管理の重責さは想像に難くない。診療放射線技師および医師の一致協力したシステム作りが求められよう。一方、コンピュータ支援診断 (CAD) ソフトによる早期肺癌検出が実用化に向かうが、検診の質の担保ができるのであれば、CAD を積極的に活用すべきである。

ヒトの課題として、特に読影医には、CT 検診の被曝管理といった医用物理学の基礎から、呼吸器生理、肺癌病理、早期肺癌画像の特徴、検出病変の取り扱い、肺癌治療にいたる広範な知識や判断が要求される。また、実際の肺癌 CT 検診画像の読影といった実地訓練も事前が必要である。

## 3. どのような教育研修および資格認定を行うのか

早期発見、早期治療のための肺癌 CT 検診というジャンルで単独に資格認定の枠組みを立ち上げ、維持することは困難を伴う。そこで、各種医学会において、種々の認定医・専門医試験が実施されているが、CT 検診にふさわしい資格について、日本肺癌学会において議論していただくことを提案したい。

教育研修については、時間や費用の制約より、パソコンやコンピュータネットワークなどを利用して教育を行う e-ラーニングの活用が有用ではないか。遠隔地にも教育を提供できる、時間的制約がない、読影トレーニングの教材も利用できるなど実施が容易である。課題はあるにしても、習熟度確認や質疑応答なども可能で、期間や人数を制限し、有料で運営することで実現性がさらに高まる。

## 4. インターネットを活用した学習方法：e-ラーニング

e-ラーニングとは、「パソコンとインターネットを中心とする情報通信技術を活用した教育システム」の総称で、インターネットを主な通信手段として教材を配信し、LMS (learning management system) と呼ばれる学習管理システムを用いるものを指す。

e-ラーニング導入のメリットとして、第一に集合教育と比べて時間と場所の制約を受けないことである。また、遠隔地に居ながらにして“One to One”の教育が実現する。

- ・職場や教室を離れずにすむので、トレーニングのコストを低くおさえ、間接コストを大幅に減らす。
- ・実際のデータはサーバー側に保管されているので、最新の内容を早く安価に配信できる。
- ・受講者の学習の進捗度を一括して管理し、学習履歴を管理システムとして蓄積できる。
- ・学習の場所や時間を選ばないため、個人のスケジュールに合わせて自宅で学習できる。
- ・演習問題などを即座に分析し、正しく受講者へフィードバックすることができ、効果的に学べる。
- ・設定により何度でも受講することができるため、復習や参考書としても活用することができる。
- ・受講者に、同一の教材を一律に提供することができる。
- ・受講者それぞれのペースで学習することが可能なため、効率化を図ることができる。

## 5. e-ラーニング構築へ向けての課題

- ①ネットワーク環境：高速インターネット回線
- ②教材コンテンツ：教育効果が高い教材の確保
- ③LMS 環境：学習者にコンテンツを提供し、学習者一人ひとりの学習課題や進捗状況、理解度、成績などを一元的に管理するためのもの
- ④e-ラーニングにかかる費用：LMS などのシステム開発費・コンテンツの製作費・導入後の運営費
- ⑤導入してからのシステム運用
- ⑥学習支援のための体制作り

平成 19 年 4 月

レスピレーション リサーチ ファウンデーション

---

## 講座 画像診断

# CT 画像の CAD システム

## ① CT 検診に用いるコンピュータ支援診断システム

中川 徹

**要 旨** わが国において、肺がん死亡者数年間 10 万人突破が迫っている。長期的対策として禁煙を中心とした一次予防が最も重要であるが、短期的には早期肺がんを発見し、適切な治療がなされる他ない。現状では、早期発見の切り札として、低線量 CT 検診が注目されている。しかし、従来の胸部単純 X 線検査による肺がん検診と比べ、CT 検診の読影の負担は非常に重く、そのことが CT 検診普及のボトルネックになりかねない。そこで人の負担を減じてくれるコンピュータ支援診断システムの投入が待望されている。本稿では、日立健康管理センターと日立メディコ技術研究所が共同開発した CT 検診に用いるコンピュータ支援診断システムを報告する。CT 検診では、肺がん検出だけでなく、肺の気腫性変化を的確に捉えるため、気腫性変化の割合を計測するソフトウェアも研究中である。その他、CT 検診の一環として、臍部の 1 スライスを撮影することで、内臓脂肪面積を自動計測するソフトも、視覚的効果の点から非常に有用である。

中川 徹：CT 画像の CAD システム① CT 検診に用いるコンピュータ支援診断システム，呼吸 26(4)：357-362，2007

キーワード：コンピュータ支援診断 CT 検診 肺がん 禁煙支援 内臓脂肪型肥満

### I. コンピュータ支援診断：2つのD

いわゆるコンピュータ支援診断(computer-aided diagnosis; CAD)システムには、支援診断と自動診断の2つの意味合いがある。この2つの考え方の共通点は、デジタル画像をコンピュータによって定量的に分析することで、相違点は、支援診断の場合、コンピュータの解析結果を参考にしながら医師が医用画像をすべて読影し、最終診断とするが、自動診断ではコンピュータが選び出した医用画像のみを評価する。

つまり detection(検出)と diagnosis(診断)の2つのDをはっきりさせましょう、ということである。そこで、

Computer-aided diagnosis system for CT screening  
日立健康管理センター  
Toru Nakagawa  
Hitachi Health Care Center, HITACHI, Ltd., Ibaraki 317-0076,  
Japan

コンピュータ支援検出システム(CADe)、コンピュータ支援診断システム(CADx)と区別して呼ぶこともある。

CT 検診に求められる読影支援は現状のところ CADe であり、読影医が読影した後、または読影中に用いるのが原則である。CADe に対しコンピュータの特性は読影医の特性を補足することが求められるが、読影医と同等である必要はない。また、医用画像から特徴量を定量的に解析することにより読影医の定性的な判断(見た目、経験則など)を客観的に評価することが可能となり、診断補助にはかなり有用である。

### II. 負担の多い CT 検診読影の心配事

がん検診の画像診断全般にいえるが、圧倒的に異常所見のない画像のなかから的確にがん候補を選び出すことは非常に骨の折れる作業である。現行では読影医がすべての画



像情報を観察して最終診断する形態をとっており、しかも比較読影および二重読影が推奨される。つまり、読影医に高い集中力とモチベーションが求められるのである。特に、CT 検診の読影は大量の画像情報に伴う負担増大が著しいので、疲労による病巣誤認識、判定等誤入力など、およそ人が携わる読影行為全般において、様々なミスの発生が危惧される。

### III. CT 検診読影支援プログラム

胸部 CT 検診を読影する際にどのようなコンピュータ支援があれば助かるであろうか。列挙してみると、孤立性肺野結節検出支援、肺がん候補検出支援、肺気腫性変化定量化、冠動脈石灰化定量化、胸椎骨量定量化などがある。

低線量らせん CT を用いた CT 検診は、画像を犠牲にして、最低限の所見が得られるだけの被曝量で検査しており、読影での所見検出が難しいことがある(ただし、基礎的検討や臨床での経験上、直径 3 mm 程度の充実性結節の描出に問題はない)。特に臨床での問題は、肺野型肺がんの代表である高分化腺がんの検出であり、検診画像で限局性の淡い濃度上昇域を認識しなければならない。野口分類 A 型に代表されるような精密 CT 検査で、すりガラス濃度のみで描出される所見を人が単独で検診画像から確実に検出することは困難な場合がある。限局性すりガラス濃度を呈する病変には、非浸潤がんや前がん病変の異型腺腫様過形成、線維化巣、急性・亜急性炎症などがあり、過剰診断の観点から、このような病変の検出は不要ではないかとの意見もある。しかし、非浸潤がんを検出することががん検診の目的であり、限局性すりガラス濃度病変が認識できないことには問題がある。現場の経験上、読影医の指摘が困難な限局性の淡い濃度上昇域を判断するための情報提供は大変助かる。

また、5 mm 未満の結節の場合良・悪性の鑑別は困難なため、どうしても経時変化を厳重に観察するより他ない。複数回の検診データを比較読影でき、簡単に結節の変化を判断できるシステムも非常に助かる。

### IV. 肺がん候補検出支援

筆者らが開発した CAD システムでの肺がん陰影の技術的分類を図 1 に示した。すりガラス状陰影や血管に連結している陰影等を検出するため、コンピュータプログラムに独自の特徴量を用いた判別処理を組み込んで検出している<sup>1)</sup>。

図 2 に異常陰影の抽出処理のフローを示す。例えば

“充実陰影の検出” 処理では、最初に異常陰影の検出処理の対象となる画像に対して肺野 CT 値を規格化する処理を行う。次に規格化画像に対してしきい値を設定し、二値画像を作成する。二値化後の画像は一般的に血管と異常陰影が連結しているが、陰影解析の都合上連結部分を切断して陰影の孤立化を行う。その後、異常陰影の他に炎症による陰影や血管の陰影などが混在しているため、血管などの正常陰影を取り除く。そして残った陰影を肺がん陰影候補として読影医に提示している。実際に当施設において 1998 年 4 月から 2001 年 3 月の間に撮影され肺がんと確定診断のついた 78 症例(80 病変)に対し、本 CAD システムを用いてがん陰影検出処理を行った。対象となった陰影は 7~30 mm の大きさであり、検出率は 98.7%、FP (false positive: 偽陽性) 数は 8.95 個/1 症例であった<sup>2)</sup>。

### V. 肺気腫性変化定量化

CT 検診では、肺野の気腫性変化(以下、CT 肺気腫)が頻りに観察される。特に CT の低吸収領域(low attenuation area: LAA)や LAA 面積の肺野面積に対する百分率(%LAA)が病理的な肺気腫の進行をよく反映することが報告されている<sup>3)~5)</sup>。マウスで手動トレースする代わりに、コンピュータにより肺野、および LAA 領域を自動抽出するソフトウェアを開発した<sup>6)</sup>。

図 3 に %LAA を自動的に算出する処理手順を示す。まず肺野領域を抽出し、次に、しきい値処理により抽出した肺野領域内の LAA 領域抽出処理をして %LAA を算出する。

図 4 に CT 肺気腫領域(灰色部分)の経年変化を示す。図 4 a は 1999 年 8 月 10 日に 25 mA で撮影した画像により計測したもので、%LAA は 24.2%であるが、2005 年 6 月 10 日に同じく 25 mA で撮影した画像を用いて計測した図 4 b では、%LAA が 46.7%と増加している。

### VI. 内臓脂肪面積自動計測

当施設では、動脈硬化性疾患のリスクを適切に評価すること、早期にリスクを認知させ、行動変容を促すことを目的に、内臓脂肪 CT 検査を総合健康診断に導入している。胸部検査に引き続き、臍部を 1 スライス追加するだけで内臓脂肪検査が完了する。CT 画像を即座に自動解析し、内臓脂肪面積、皮下脂肪面積、背臥位腹囲を表示するソフトウェアを開発した。ワンクリックで結果報告書まで印刷できるため、大人数の総合健康診断に対応できるようになっている<sup>7)</sup>。図 5 に体脂肪を自動的に計測する処理フ

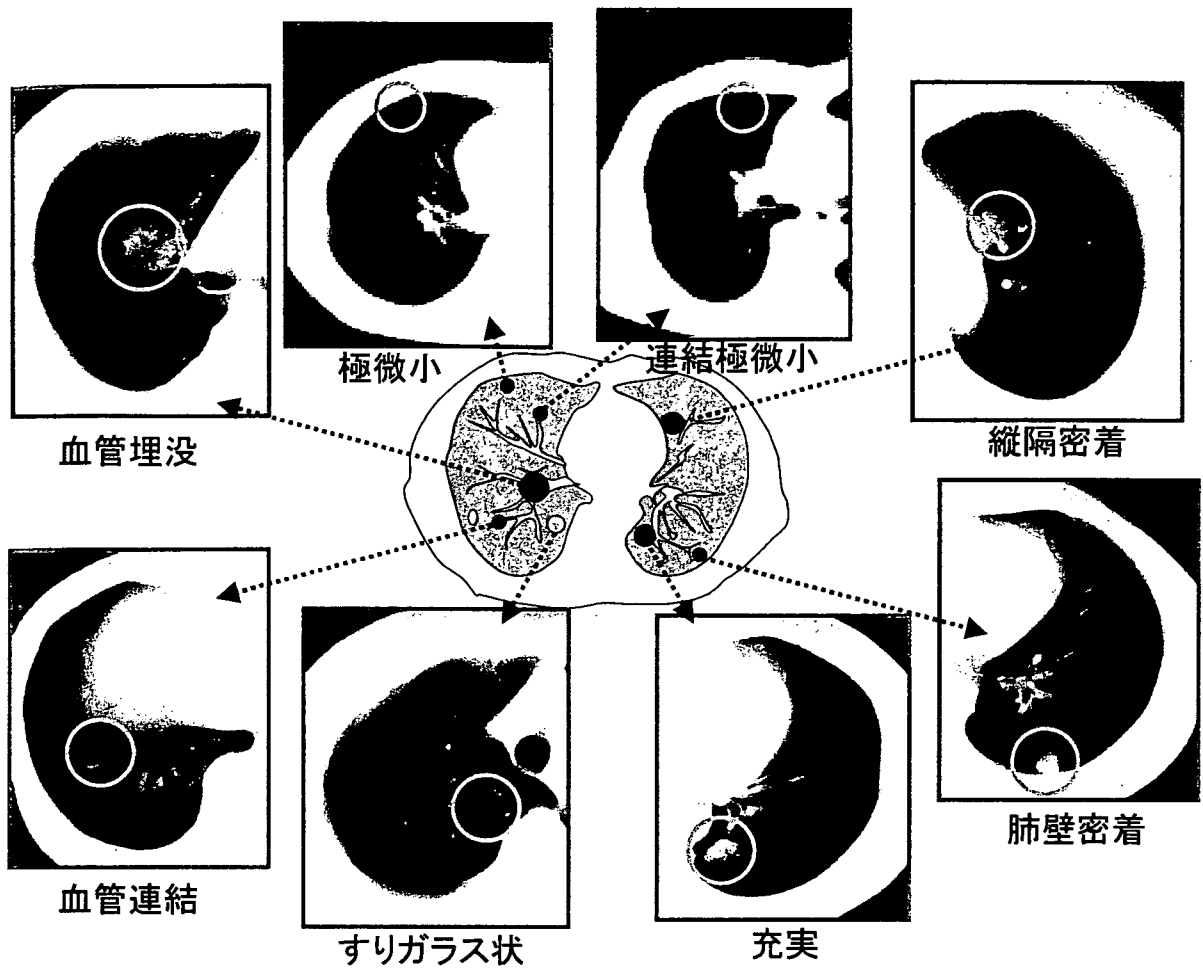


図1 肺がん候補陰影の技術的分類

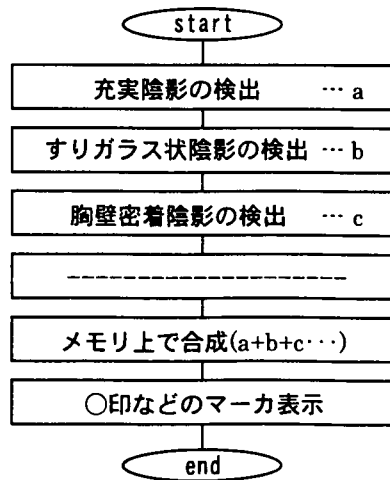


図2 検出処理手順

ローを示す。骨と筋肉の領域を求め、内臓脂肪領域は、この筋肉領域の内側の領域として算出する。また、筋肉の外側から皮膚の内側までを皮下脂肪領域として算出する。図6

に、腹囲は同じ 86 cm であるが脂肪組織の分布が異なる症例を提示した。内臓脂肪面積 50 cm<sup>2</sup>の皮下脂肪型肥満は検診データに異常を認めないが、内臓脂肪面積 195

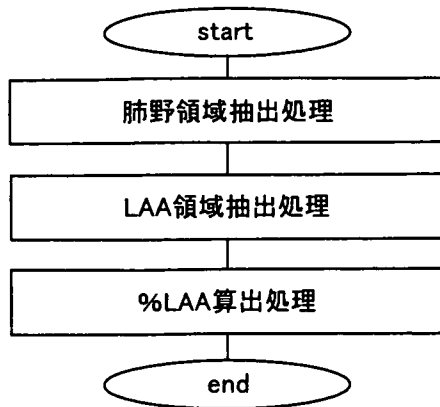
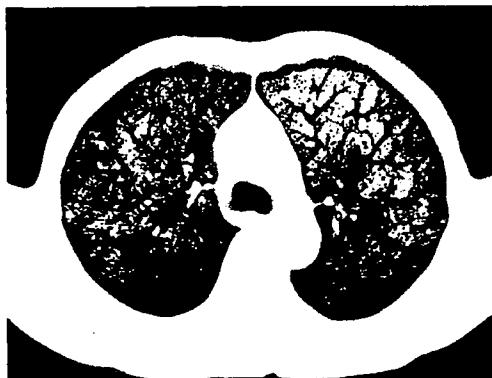
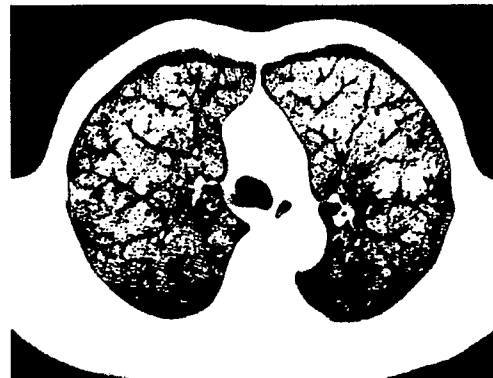


図3 %LAAを自動的に算出する処理手順



a



b

図4 CT肺気腫の経年変化

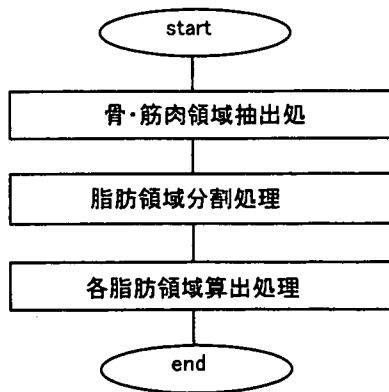


図5 体脂肪自動計測処理の手順

cm<sup>2</sup>の内臓脂肪型肥満では代謝異常を呈している。

### VII. CT 検診の現場で一次予防を推進すること

CT 検診の現場で、最も重要なヘルスサポートは、禁煙支援と内臓脂肪減量支援である。

図7は低線量CTにより撮影された胸部画像であるが、左画面では、たばこにより破壊されて蜂の巣のように空洞化した気腫性変化部位を強調している。このシステムは自

動的に肺全体の体積に占めるCT肺気腫の割合を表示し、視覚的評価から定量化もできる。

たばこが原因で肺が破壊された状態の受診者には本人のCT画像を供覧して、たばこが原因であること、このままたばこを吸い続けるとさらに悪化することを説明している。当施設の成績では、このCT画像をもとに説明を聞くだけで直ちに約3割の方が禁煙を実行され、数年以内に5割が禁煙に成功している(もちろん、施設内や事業所診療所にて禁煙外来を開設し、ニコチン置換療法を希望される

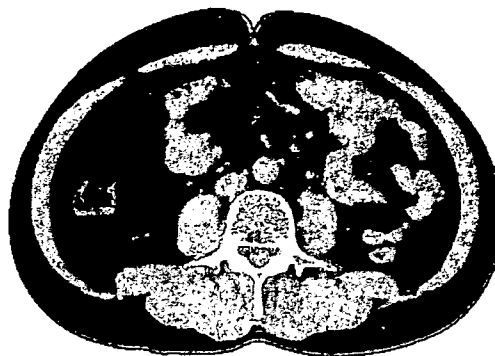
皮下脂肪型肥満



内臓脂肪 50 cm<sup>2</sup>  
皮下脂肪 149 cm<sup>2</sup>

健康診断データ異常なし

内臓脂肪型肥満



内臓脂肪 195 cm<sup>2</sup>  
皮下脂肪 119 cm<sup>2</sup>

糖尿病・高尿酸血症治療中

図6 脂肪組織の分布の異なる2症例

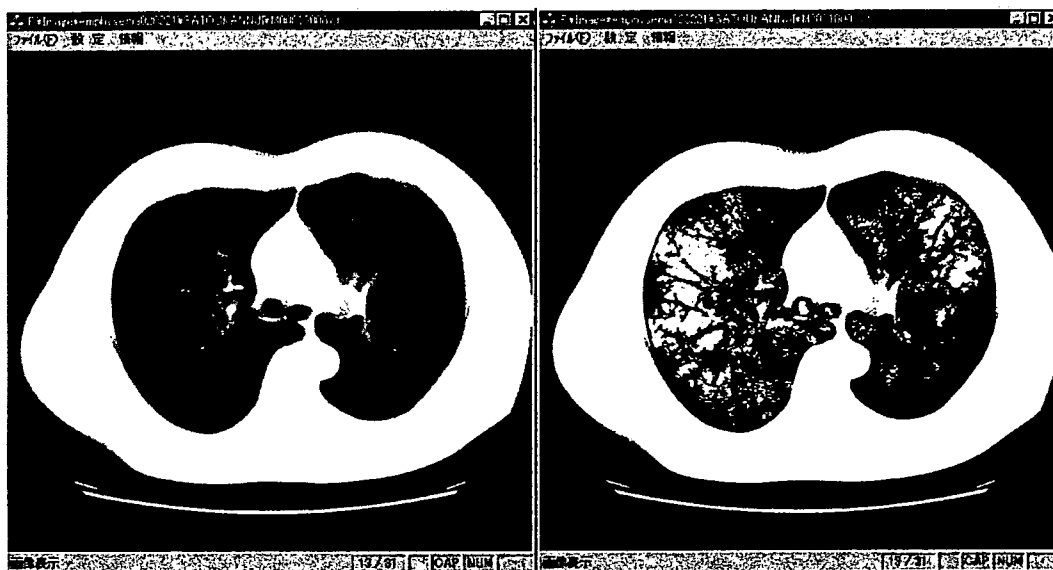


図7 低線量 CT 画像と CT 肺気腫提示用処理画面

喫煙者の便宜を図っている)。

内臓脂肪や CT 肺気腫にしても、CT で割ってみるということは、“分りやすい”の一言に尽きる。技術革新に伴って得られた利益は医療従事者が診断のみに利用するのではなく、積極的に受診者に還元すべきであり、その点で CT 画像は非常に分りやすく、専門家以外でも理解ができ興味のもてるものなので、積極的に活用すべきである。

2008 年より、特定健診・特定保健指導が健康保険組合が主体になり実施されることになっている。簡便な腹囲測定で内臓脂肪型肥満を分類し、脂質・血糖・血圧のうち 2 つ以上が異常値に該当する場合にメタボリックシンドロ

ム(内臓脂肪症候群)と診断される。特定保健指導では、メタボリックシンドロームの方に対し内臓脂肪減量プログラムを提供し、減量に取り組んでいただくわけである。もし低線量 CT を活用して画像を示し、直接体脂肪の分布を計測データをもとに判定すれば、受診者にかかなりのインパクトを与えると考えている。

### VIII. ま と め

いかに効率的に早期肺がんを検出できるかということ、これが CT 検診現場からの切実な願いである。コン

コンピュータを用いた特徴量の定量化という客観的な指標で正確に診断ができるのであれば、是非とも導入していきたい。特に、早期発見のためには repeat screening が重要であり、楽に比較読影ができる支援システムの構築については CT 検診導入時からの準備が必要である。将来は人工知能を登載したコンピュータと会話しながら、自分の読影時の弱点を相棒(コンピュータ)に補い、相棒には正確な知識(精密検査結果)を提供し、自己学習によってお互いに進化を遂げていくといった夢のようなシステムはできないものであろうか。現場の読影の立場から、コンピュータ支援診断システムのさらなる発展を切に願うところである。

### 文 献

- 1) 後藤良洋. CAD による診断支援技術の開発への取り組み. *CADM News Letter* 44: 9-11, 2005
- 2) Nakagawa T, Nawa T, Yamamoto Y, *et al.* Computer-Aided, Diagnosis System for Screening of Lung Cancer. *Lung Cancer* 29(suppl 1): 248-249, 2000
- 3) 人見滋樹 三嶋理晃 千原幸司. 肺気腫—病態生理と臨床—, (株)金芳堂 東京: 1998
- 4) 日本呼吸器学会 COPD ガイドライン作成委員会. COPD(慢性閉塞性肺疾患)診断と治療のためのガイドライン, メディカルレビュー社: 1999
- 5) 名和健 中川徹 草野涼 山本修一郎 細田秀一郎 中島邦佳 後藤良洋. 「CT 肺気腫」定量評価ソフトウェアの開発. 胸部 CT 検診 11(2): 104-107, 2004
- 6) 中島邦佳 後藤良洋 名和健ほか. 胸部 CT 検診画像における肺気腫計測アルゴリズムの開発. 日本放射線技術学会誌 58(9): 1160, 2002
- 7) 山本修一郎 中川徹 草野涼 高村雅札 服部敬 色川正貴. CT による内臓脂肪面積自動診断開発と初期使用経験. *MEDIX* 41: 15-20, 2004

# CTを用いた内臓脂肪型肥満検査の 最適撮影条件の検討

川崎 善幸<sup>\*1</sup>, 高田光一郎<sup>\*1</sup>, 松本久美子<sup>\*1</sup>, 小林 俊光<sup>\*1</sup>, 佐藤 和彦<sup>\*1</sup>,  
助川 和也<sup>\*1</sup>, 井村 等<sup>\*1</sup>, 山本修一郎<sup>\*1</sup>, 草野 涼<sup>\*1</sup>, 中川 徹<sup>\*1</sup>,  
中島 邦佳<sup>\*2</sup>, 角村 卓是<sup>\*2</sup>, 後藤 良洋<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>日立製作所 日立健康管理センタ  
(〒317-0076 茨城県日立市会瀬町 4-3-16)  
e-mail:zenkou@d3.dion.ne.jp

<sup>\*2</sup>日立メディコ 技術研究所

## 技術

## CT を用いた内臓脂肪型肥満検査の最適撮影条件の検討

川崎 善幸<sup>\*1</sup>, 高田光一郎<sup>\*1</sup>, 松本久美子<sup>\*1</sup>, 小林 俊光<sup>\*1</sup>, 佐藤 和彦<sup>\*1</sup>,  
 助川 和也<sup>\*1</sup>, 井村 等<sup>\*1</sup>, 山本修一郎<sup>\*1</sup>, 草野 涼<sup>\*1</sup>, 中川 徹<sup>\*1</sup>,  
 中島 邦佳<sup>\*2</sup>, 角村 卓是<sup>\*2</sup>, 後藤 良洋<sup>\*2</sup>

## 【要旨】

近年、「内臓脂肪型肥満」の話題がマスコミなどで取り上げられることが多くなり「内臓脂肪」が国民的関心事になりつつある。また、メタボリックシンドロームの診断基準が公開されたことから、X線CT装置（以下、CT）を用いて内臓脂肪型肥満検査を施行する施設が増加傾向にある。しかし、撮影条件などは統一されておらず、医療被ばくガイドライン値以上の線量を照射している施設が認められるため、最適な撮影条件を決定することは重要である。我々は、CTによる内臓脂肪面積測定において、脂肪の検出限界面積、最適な撮影条件について検討した。結果として、健診などのスクリーニング検査においては120 kV, 50 mAs, スライス厚5 mmが、病院などにおける精密検査においては120 kV, 200 mAs以下, スライス厚5 mmでの撮影が妥当な条件であると判断した。

キーワード： 撮影条件, 内臓脂肪, CT, コンピューター支援画像診断

J Thorac CT Screen 2007;14:198-207

## 【はじめに】

近年、「内臓脂肪型肥満」の話題がマスコミなどで取り上げられることが多くなり、ダイエットやウォーキングなどの運動・高濃度茶カテキンなどの健康食ブームともあいまって「内臓脂肪」が国民的関心事になりつつある。この背景としては、内臓脂肪の蓄積が健康に障害を与える因子であると報告されていることがあげられる [1-5]。そのため、CTを用いて内臓脂肪型肥満検査を施行する施設が増加している [6-10]。また、日本人は軽度の肥満でも糖尿病などの生活習慣病を合併しやすいと言われており [11]、日本肥満学会の判

定基準でもBMI 25以上が日本人の肥満の基準とされている [12]。しかし、BMI 25以下でも生活習慣病を合併している人は多いと言われており、近年ではBMIよりむしろ体脂肪分布のパターンの違い、特に内臓脂肪型肥満の有無が耐糖能異常などの生活習慣病と関連が強いことがはっきりしてきている。そこで、BMIや腹囲に関わらず内臓脂肪面積が100 cm<sup>2</sup>を超える人は内臓脂肪型肥満と判定し注意を促す必要性があると考えられてきている [7, 8]。また、近年ではメタボリックシンドロームの診断基準 [13] が公開され、腹囲を計測する施設が増加傾向にある [10]。しかし、腹囲（男性85 cm, 女性90 cm）のカットオフ値が適正かどうかの議論がなされており、精度を求める施設や視覚的にインパクトを与え肥満の改善を試みている施設ではCTを用いた内臓脂肪肥満検査を施行している [7-10]。現在、内臓脂肪型肥満検査を施行しているほとんどが健診関連施設であるが、病院などで

<sup>\*1</sup> 日立製作所 日立健康管理センタ  
 (〒317-0076 茨城県日立市会瀬町 4-3-16)  
 e-mail:zenkou@d3.dion.ne.jp

<sup>\*2</sup> 日立メディコ 技術研究所

も施行されており小児の肥満の判定にも用いられている。一方で、撮影条件の統一などはされておらず、CTにおける内臓脂肪型肥満検査ガイドラインの策定は必要不可欠である。近年ではランセットの論文や小児 CT ガイドラインの公開など CT に関する被ばくが問題視されており、最適な撮影条件にて検査を施行することが求められているが [14-18], 医療被ばくガイドライン値 (低減目標値) [19] 以上の線量を照射している施設も認められるため、最適撮影条件の決定は重要である [9, 10, 20]. そこで、内臓脂肪面積測定ソフトの精度を把握し、最適撮影条件を決定すべく実験を行ったので報告する。

なお、今回の検討にあたり被ばく低減目標値は国際原子力機関のガイダンスレベルである腹部 25 mGy (CTDI<sub>w</sub>: waited computed tomography dose index) を採用していない。

その理由としては、「国際原子力機関のガイダンスレベルは、通常よりも高い被ばく線量を与えている施設の検出を目的とし、許容限度的レベルを提示することとまっている。」との報告があることから [19], 積極的な医療被ばくの低減を目的とした日本放射線技師会によるコンベンショナルスキャン CT 検査の被ばく低減目標値である腹部 11 mGy (CTDI<sub>100,c</sub>: center waited computed tomography dose index) を採用した。この 11 mGy は 30 cm 径のファントムで測定したものであるため、今回用いた 32 cm 径のファントムの値を補正しなければならず、補正係数には 1.2 を用いた [21]. なお、CTDI<sub>w</sub> はファントム中心部ならば上下左右の表面下 10 mm を含んだ線量であり、CTDI<sub>100,c</sub> はファントム中心部のみの線量である。

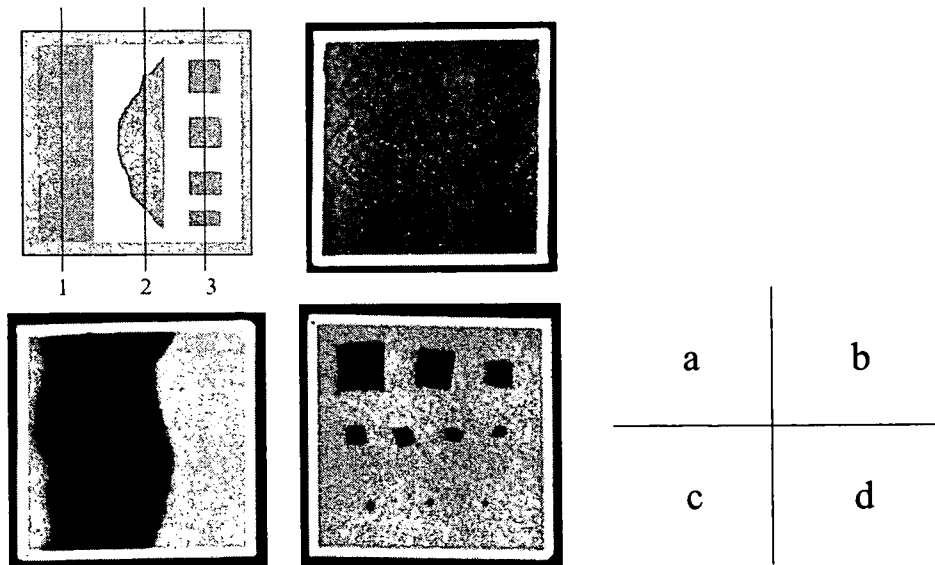


Fig.1 Constitution of phantom

a : Constitution

■ : Fat

□ : Gelatine

b : Line No.1 - Fat area (Fat area : 100 cm<sup>2</sup>)

c : Line No.2 - Fat area (Slope)

d : Line No.3 - Detection limit



【方法】

ソフトウェアの精度を把握するために、アクリル板、牛脂、ゼラチンなどを用い、検出限界と脂肪面積を測定するためのファントムを作成した (Fig.1)。ファントムは 100 mm × 100 mm × 100 mm の立方体とし、脂肪の検出限界脂肪面積 (Fig.1-d)、脂肪のノイズ (SD) や脂肪面積 100 cm<sup>2</sup> の検出精度 (Fig.1-b)、スライス厚によるパーシャルボリューム効果 (Fig.1-c) など把握するために 3 種類の領域を作成した (Fig.1-a)。なお、牛脂とゼラチンの CT 値の差は約 100 HU である。このファントムを水槽内に固定し、当施設で現在用

いている撮影条件である 120 kV, 150 mAs, スライス厚 2 mm, 1 sec/rotation, FOV 350 mm, コンベンショナルスキャン, 画像再構成関数として腹部用フィルターを基準撮影条件とし、比較撮影条件として管電流を 25, 50, 100, 150, 200, 300 mA, スライス厚を 5, 10 mm と撮影条件を変化させ測定を行った。測定の際には体型を考慮し、水槽内の断面積の縦横比がほぼ 1 : 1.5 で断面積が約 300, 500, 700 cm<sup>2</sup> となるように作成し (140 mm × 215 mm, 180 mm × 280 mm, 220 mm × 320 mm), 測定を行った。なお、ファントムは水中の常に中心となるように固定し、ファントムの中

Table 1 Relations of scan parameter and detection limit

ファントムと 水の断面積 (cm <sup>2</sup> )	撮影条件 (mAs値、スライス厚)											
	300mAs		200mAs		150mAs		100mAs		50mAs		25mAs	
	5mm	5mm	2mm	5mm	5mm	10mm	5mm	10mm	5mm	10mm		
100	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
300	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	
500	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	
700	5	5	6	5	5	5	6	5	6	6	6	

正方形の1辺の長さ(mm)

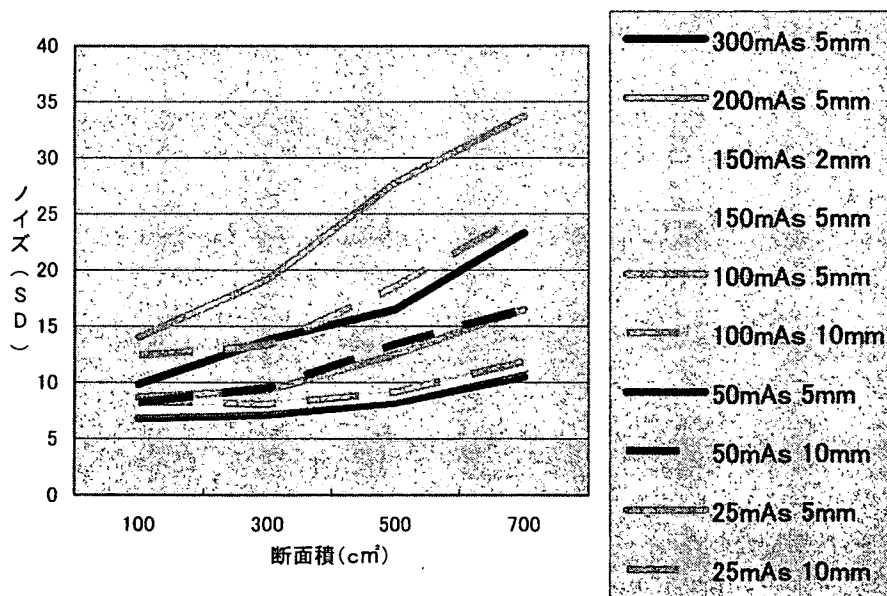


Fig.2 Relations of scan parameter and noise of fat

心部をアイソセンターとして撮影を行った。

この設定条件は、臍部のCT画像100例(男性50例, 女性50例)を用い断面像の縦横比を計測したところ平均で1:1.5となり、画像の断面積は標準体型(BMI 18.5以上25未満)で486.5 cm<sup>2</sup>, 痩せ型(BMI 18.5未満)で318.8 cm<sup>2</sup>, 肥満型(BMI 25以上30未満)で701.4 cm<sup>2</sup>であったことから採用した。実験は撮影条件を変化させ以下の項目について行った。なお、今回の実験には日立メディコ社製シングルスライスCT(Radix turbo)と内臓脂肪検出ソフト(fat Pointer)を用いた。

#### 1, ソフトウェアの検出限界能

脂肪の1辺(縦・横)の長さが1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20 mmで対軸方向の長さが20 mmの立方体を作成しFig. 1-dのように配置し、検出限界面積を測定した。

#### 2, 脂肪のノイズ(SD)の測定

脂肪のノイズ(SD)を測定し、撮影条件の及ぼす影響について検討した。測定点はFig. 1-bのファントムを3×3に9分割し、各ブロックの中心部にてROIの測定を行った。なお、ROIの面積は1 cm<sup>2</sup>に設定し測定を行った。

#### 3, 脂肪面積(100 cm<sup>2</sup>)の測定

100 cm<sup>2</sup>の脂肪ファントムを作成し(100 mm×100 mm×20 mm: Fig. 1-b), 撮影条件による脂肪面積の測定誤差について検討した。

#### 4, 脂肪面積(スロープ)の測定

脂肪ファントムにスロープ(傾斜: Fig. 1-c)をつけ、撮影条件による測定誤差について検討した。この形状は、切り出した牛脂を封入したもので理論上の脂肪面積は58 cm<sup>2</sup>で、パーシャルボリュームやノイズが測定精度にどの程度影響をもたらすのか検討した。

#### 5, CTDI<sub>w</sub>の測定

各撮影条件による被ばく線量(CTDI<sub>w</sub>)の測定を行った。CTDI<sub>w</sub>の測定方法は32 cm径のPMMAファントムの中心部をCT装置の回転中心に配置し、その中央ならびに上下左右の表面下10 mmに線量計を挿入して測定した。なお、線量計にはRadical Corporation社のModel9015を用いた。詳細な測定方法は実験書などが出版されているので省略する[22,

23]。

#### 6, 撮影条件による脂肪面積測定誤差

現在使用している基準撮影条件と今回検討した最適撮影条件の脂肪面積の測定誤差がどの程度あるか検討するために、当施設の職員10名を対象に測定を行った。なお、撮影は臍部、吸気にて行った。

吸気位相で撮影している背景としては、当施設でボランティア135名(男性77名, 女性58名)を対象に測定を行った結果、立位呼気時のウエスト周囲径は男性平均85.1±7.7 cm, 女性平均78.4±8.7 cmに対し、臥位呼気時では男性平均80.4±7.7 cm, 女性平均74.0±7.9 cm, 臥位吸気時では男性平均84.6±8.0 cm, 女性平均77.1±8.1 cmとなり、立位呼気時とほぼ一致したのは臥位吸気時であったからである。また、相関係数を算出した結果、臥位呼気時では男性0.97, 女性0.97, 臥位吸気時では男性0.98, 女性0.98と臥位吸気時の相関が若干高かったことから採用した。

#### 7, 呼吸による脂肪面積測定誤差

毎回同じように支持を出しても呼吸の加減は変わることから、呼吸による脂肪面積の測定誤差がどの程度あるのか把握するかは重要である。そこで、当施設の職員10名を対象に5回繰り返し撮影を行った。撮影方法は撮影条件による誤差と同様である。

### 【結果】

#### 1, ソフトウェアの検出限界能

撮影条件と脂肪の検出限界面積との関係をTable 1に示す。測定結果よりソフトウェアの検出限界面積が4×4 mm<sup>2</sup>であることがわかった。基準撮影条件と同等かそれ以上の検出精度であったのは50, 100 mAsで、精度が低下したものは管電流が25 mAsのものであった。また、どの条件にも共通であるが、ファントムと水の断面積が広がるほど検出限界面積は低下していた。200, 300 mAsについても同様に測定したが、検出限界面積は4×4 mm<sup>2</sup>と検出限界面積に差は認められなかった。

#### 2, 脂肪のノイズ(SD)の測定

撮影条件と脂肪のノイズとの関係をFig. 2に示す。管電流が低く、スライス厚が薄く、

撮影する断面積が広くなるほどノイズは増加した。150 mAs 以上の撮影条件ではノイズに差が認められなかった。

### 3, 脂肪面積 (100 cm<sup>2</sup>) の測定

撮影条件と脂肪面積 (100 cm<sup>2</sup>) の検出精度との関係を Table 2 に示す。25 mAs, スライス厚 5 mm 以外の条件では基準撮影条件と同等またはそれ以上の検出精度であった。また, 150 mAs 以上の撮影条件では計測結果に差が認められなかった。

### 4, 脂肪面積 (スロープ) の測定

撮影条件と脂肪面積 (スロープ) の検出精度との関係を Table 3 に示す。基準撮影条件と同等の検出精度であったのはスライス厚 5 mm で, 精度が低くなったのはスライス厚 10 mm のものであった。

### 5, CTDI<sub>w</sub> の測定

腹部用の CTDI 測定ファントムと電離箱線量計を使用し, 各条件の CTDI を測定した結果を Table 4 に示す。基準撮影条件は 9.19 mGy で, 管電流が低くなるほど CTDI<sub>w</sub> の測定値は低くなった。基準撮影条件と比較し 25, 50, 100 mAs では, それぞれ約 1/6, 1/3, 2/3 に被ばくをおさえることが可能であった。また, CDDI<sub>100,c</sub> の値が 11 mGy 以下となるのは 200 mAs 以下となった。

### 6, 撮影条件による脂肪面積測定誤差

隠れ肥満の可能性がある標準体型では内臓脂肪方肥満のカットオフ値である 100 cm<sup>2</sup> 前後の精度が高くなければならないことから [7, 8], 正確な脂肪面積を把握するためには, 標準体型の検出限界面積は 5×5 mm<sup>2</sup> であることが望ましい。しかし, 肥満型では内臓脂肪面積が 100 cm<sup>2</sup> を大きく超えていることから

Table 2 Relations of scan parameter and fat area (Fat area : 100 cm<sup>2</sup>)

ファントムと 水の断面積 (cm <sup>2</sup> )	撮影条件 (mAs値、スライス厚)											
	300mAs		200mAs		150mAs		100mAs		50mAs		25mAs	
	5mm	5mm	2mm	5mm	5mm	10mm	5mm	10mm	5mm	10mm		
100	99.6	99.6	99.5	99.6	99.6	99.7	99.5	99.6	99.0	99.5		
300	99.4	99.4	99.3	99.4	99.2	99.6	99.1	99.3	98.4	98.9		
500	99.1	99.0	98.7	98.9	98.7	99.4	98.4	98.9	97.6	98.1		
700	99.3	99.3	98.1	99.3	98.2	99.2	97.8	98.5	96.3	97.5		

脂肪計測面積(cm<sup>2</sup>)

Table 3 Relations of scan parameter and fat area (Slope)

ファントムと 水の断面積 (cm <sup>2</sup> )	撮影条件 (mAs値、スライス厚)											
	300mAs		200mAs		150mAs		100mAs		50mAs		25mAs	
	5mm	5mm	2mm	5mm	5mm	10mm	5mm	10mm	5mm	10mm		
100	57.4	57.4	57.5	57.4	57.4	55.5	57.3	55.0	57.1	54.4		
300	57.0	56.9	57.1	57.0	57.0	55.0	56.9	54.6	56.4	55.7		
500	56.4	56.4	56.5	56.4	56.4	54.3	56.2	53.8	55.7	53.1		
700	55.7	55.7	55.9	55.7	55.7	53.7	55.5	52.9	54.9	52.0		

脂肪計測面積(cm<sup>2</sup>)

Table 4 Result of CTDI<sub>w</sub> measurement

管電圧(kV)	管電流(mA)	スライス厚(mm)	CTDI <sub>w</sub> (mGy)
120	300	5	18.52 ( 11.53 )
		200	12.83 ( 7.52 )
	150	2	9.19 ( 5.49 )
		5	9.56 ( 5.70 )
	100	5	6.26 ( 3.73 )
		10	6.40 ( 3.76 )
	50	5	2.93 ( 1.74 )
		10	2.98 ( 1.77 )
	25	5	1.46 ( 0.86 )
		10	1.49 ( 0.88 )

\*Radical Corporation社 Model9015

腹部用CTDIファントム腹部用 φ320mm を用いて測定

\*括弧内の値はCTDI<sub>100,c</sub>

[7, 8], 内臓脂肪型肥満の判定をする上で必ずしも検出限界面積の精度が必要とされない。そこで結果 2-5 のノイズや脂肪面積、被ばく線量の結果を考慮すると、120 kV, 50 mAs, スライス厚 5 mm が最適であると判断した。

(Table 5). 現在使用している基準撮影条件と、今回検討した最適撮影条件の違いによる誤差は最大で 4.0 %認められるものの、おおむね 2.0 %以内におさまっていた。

#### 7. 呼吸による脂肪面積測定誤差

呼吸による誤差について検討した結果を Table 6 に示す。最大で 5.3 cm<sup>2</sup> (誤差率 2.5 %) の誤差があるものの、おおむね 2.0 cm<sup>2</sup> 以内の誤差であることがわかった。

#### 【考察ならびに今後の課題】

内臓脂肪を検出するソフトウェアの検出限界面積が 4×4 mm<sup>2</sup> であることから、脂肪面

積が 4×4 mm<sup>2</sup> の領域を抽出でき、検出精度が高い撮影条件が最適な撮影条件といえる。

当施設の使用機器では、脂肪のノイズ (SD) と脂肪面積 (100 cm<sup>2</sup>) の結果から 50 mAs 以上が、計測ソフトの検出限界と脂肪面積 (スロープ) の結果からスライス厚は 5 mm 以下で撮影することが望ましく、被ばく線量のガイドライン値から 200 mAs 以下が望ましいことがわかった。また、200, 300 mAs の検出結果は 100 mAs とほぼ同等の検出精度であったことから 100 mAs 以下の撮影条件が望ましいと判断した。

従来用いている基準撮影条件と同等の精度が得られたのは、120 kV, 50 mAs, スライス厚 5 mm と 120 kV, 100 mAs, スライス厚 5 mm であったが、CTDI<sub>w</sub> の測定結果より被ばく線量が少ない前者を採用した。この条件を採用することによって被ばく線量は従来用いていた