

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19591414  
 研究課題名（和文） フラットパネルデテクタを用いた胸部座位型超低線量 CT の研究  
 研究課題名（英文） Investigation of ultra-low dose chest CT in sitting position using flat-panel detector

## 研究代表者

高橋 雅士（TAKAHASHI MASASHI）

滋賀医科大学・医学部・准教授

研究者番号：20179526

研究成果の概要（和文）：フラットパネル CT（FPD-CT）は、通常の CT の 1/30 から 1/50 の線量で胸部の撮像が可能であった。仰臥位と座位での CT での比較により、生理学的な血流・換気の評価が可能となった。肺野の結節は、GGO を模した -650HU および -800HU の結節で、それぞれ 5mm、8mm 径まで認識可能であった。結節を有する患者のスキャンでは、FPD-CT は胸部単純 X 線写真の正側撮影の線量と同等の線量で、高い結節の検出能を有することが証明された。

研究成果の概要（英文）：FPD-CT has a potential to obtain chest image with marked reduction of radiation exposure as 1/30 to 1/50. In comparison of CT images at supine and sitting position, the physiological postural change of ventilation and blood flow was observed. It was proven that the size of the smallest GGO nodule was 5mm and 8mm with -650HU and -800 HU respectively in phantom study. In clinical study, FPD-CT was significantly superior to chest x-ray in detecting pulmonary nodule while with identical radiation dose to chest x-ray.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：放射線、CT、フラットパネル、肺

## 1. 研究開始当初の背景

(1) フラットパネルデテクタ（FPD）は、現

在、一般撮影装置、透視装置や血管造影検査装置に使用が開始されつつある。従来の

イメージインテンシファイア (I. I.) が、被写体を透過してきた減弱 X 線を用いてフィルムを感光させていたものに対して、FPD は、被写体を透過してきた X 線を直接デジタル信号に変え、画像を作成することが可能であり、I. I. に比べてコンパクトでかつハレーションの少ない、ダイナミックレンジの広い画像が得られるようになった。一方、X 線 CT は、デテクターの多列化が進み、現在最高 64 列のものが市販されているが、近い将来この FPD を用いた CT 装置が販売されていくことは確実である。

(2) この研究に用いる FPD を使用した座位型胸部 CT 装置は、一般の X 線照射装置を用い、5 秒間に 1 回転する回転テーブルに被検者が座位で固定され、受像系の FPD を介して得られた 0.75mm の等方向ボクセルデータが、43cm x 43cm の胸部をほぼカバーできる範囲で得られる特徴がある。また、本装置の被曝線量は、胸部単純正面、側面撮影のとはほぼ等価であり、従来の CT と比較して大幅な線量の低減が可能となる。

## 2. 研究の目的

(1) FPD 胸部座位超低線量 CT の被曝線量の詳細を明らかにする。

(2) FPD 胸部座位超低線量 CT を用いた肺野結節の検出能を模擬ファントムを用い、従来型 CT と比較検討する。

(3) FPD 胸部座位超低線量 CT を用いて、正常肺野の CT 値およびその分布を臥位 CT と比較し、正常の体位による換気、血流の変化を観察する。

(4) FPD 胸部座位超低線量 CT を用いて、肺腫瘍を有する患者の結節の検出能を胸部単純レントゲン写真と比較検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 線量測定

通常の 16 列 MDCT との比較を行った。撮像条件は以下のとおりである。

- FPD-CT (Cone Beam CT): 120kV、10mA、5.5sec/rotation、SPD250cm、FOV40×40cm
- SOMATOM、Sensation Cardiac-CT: 120kV、100mAs、Feed/rot10mm、ヘイカルピッチ 1.0

### (2) 模擬結節の検出能

胸・腹部用 X 線水ファントム (京都科学製) の外郭に水を入れ、中心部には -900HU 程度の紙おむつを詰め、紙おむつ中に -650HU、と -800HU の 2 種類の模擬結節 (サイズ φ 3、5、8、10、12mm、京都科学製) を配置した。シーメンス MDCT 4 列で認識可能な結節を、キヤノン CBCT でも認識できるか目視で観察した。

撮影条件:

MDCT 4 列 120KV, 150mAs, スライス厚 1.25mm  
FPD-CT: 120KV, 50mAs 実効線量 0.12mSv 相当

### (3) 座位、臥位での血流比較

肺悪性腫瘍 17 症例に対して吸気・呼気で 2 回肺野を撮影した。肺野血流の評価に、肺野濃度と中枢側の動静脈径を用い、肺野濃度は CT 値に近似した値 (以後 CT 近似値) を用いた。大血管や中枢側の気管支を除いた肺野を胸骨後縁と椎弓前縁の中間線で腹側と背側に二分し、右横隔膜頂点と右肺尖の空間を等しく分割する 1mm 厚の 15 水平断面で、腹側域・背側域別に、CT 値ヒストグラムの平均値・半値幅、ROI の面積を解析ソフト Image J で解析し、吸気・呼気で比較を行った。

### (4) 肺野結節検出能の検討

肺野結節の検出能について、昨年引き続きデータの解析を行った。一週間以内に FPD-CT と胸部単純 X 線写真正面像を撮影した 72 症

例 (35 歳-83 歳 : 平均 50.8 歳、 男 : 女 = 60 : 12) において、結節を有していた 31 症例、47 個を検討の対象とした。結節の大きさは、3mm - 42mm で、平均 15.3mm であった。1cm 以下の結節が 25 個、1cm 以上の結節が 22 個存在した。FPD-CT は、撮影領域の中心部より離れるにつれて CT 値が上昇すること、又ノイズが大きい症例が存在することを考慮し、症例ごとに、両側下葉胸膜下域の血管陰影が認識できるように表示条件 (Window レベル、Window 幅) を調整し、5mm 厚・5mm ピッチの画像を 20 分割でフィルム出力した。FPD-CT は、2 名の放射線科医 (経験年数 8 及び 9 年) の読影により合意された 47 結節を golden standard と決定した。16 列 CT 画像を撮影した症例は、結節の決定に conventional CT 画像を参照した。胸部 X 線写真は、FPD-CT で golden standard とされた結節が、正面像・側面像に投影される位置を、椎体の高さや椎体からの距離を参考に決定し、その位置を胸部 X 線写真での golden standard とした。5 名の放射線科医が独立して、72 例のフラットパネルディテクター CT 水平断像、及び胸部単純 X 線写真 (正面像) で結節性病変の有無を評価した。FPD-CT 及び胸部単純 X 線における golden standard と決定された 47 結節の検出感度及び陽性予測値を、各読影者ごと及び 5 人の読影者全員において算出した。FPD-CT 及び胸部単純 X 線における golden standard と決定された 47 結節の検出感度及び陽性予測値を、各読影者ごと及び 5 人の読影者全員において算出した。結節全体及び結節のサイズで分類した 2 群 (径 1cm 未満と径 1cm 以上 : workstation 上で FPD-CT の 5mm 厚画像で測定) において、それぞれ感度を算出した。感度に関しては、T 検定を行い、二つのモダリティー間に統計学的に有意差がないか検討した。ROC 解析を用いて、モダリ

ティーの検出能を比較した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 線量測定

FPD (Flat-panel detector) 前面での線量分布では、FPD 上面 (肺尖部分) で約 6% ~ 11% 線量低減部分はあるものの、FPD 全体での大きな差は認められなかった。

FPD-CT のファントム吸収線量 (CT 用電離箱線量計) では、ファントム内で 0.09~0.25mGy 又、ファントム表面で約 0.22~0.26mGy となった。

FPD-CT (低管電流 10mA 撮影装置) は SOMATOM Sensation Cardiac-CT に比べ、ファントム内で約 1/30~1/50、またファントム表面で、約 1/30 となり患者被ばく線量は大幅に低減できると考えられた。

##### (2) 模擬結節の検出能

-650HU ノジュール :

MDCT は  $\phi$  3mm まで鮮明であった

FPD-CT は  $\phi$  5mm まで鮮明であった

-800HU ノジュール :

MDCT は  $\phi$  3mm も認識可能であった

FPD-CT は  $\phi$  8mm まで認識可能であった

##### (3) 座位、臥位での血流比較

両側上肺野の一部を除き腹側面積は仰臥位 CT が座位 CT より大きく、右中下肺野では、吸呼気ともに座位 CT ではほぼ腹側・背側面積比は一定であった。吸気 CT では座位・仰臥位ともに、CT 値のばらつきは腹側で小さかった。背側域と比較し、腹側域では、仰臥位で平均 CT 値は小さく、座位で大きかった。重力効果が常に背側に及ぼされる仰臥位では、腹側での換気が優位となる。座位ではその影響がなく、背側での換気が優位となるため血流が腹側より相対的に増加するが、腹側域での平均 CT 値が背側域より大きく、腹側域での肺胞虚脱

の影響が強いと推測された。

#### (4) 肺野結節の検出能

FPD-CT と胸部単純 X 線写真の感度、陽性予測値は、それぞれ 68.6%, 0.642, 26.6%, 0.427 で、1cm 以上と未満では、感度は FPD-CT、胸部単純 X 線写真において、それぞれ 88.6%, 51.0%, 45.5%, 11%であった。ROC での AUC は、FPD-CT、胸部単純 X 線写真においてそれぞれ、 $0.9826 \pm 0.006295$  % 信頼区間 0.0141,  $0.7400 \pm 0.0880$ , 95 % 信頼区間 0.1866 であった。胸部単純 X 線写真正面像で検出不良であった 1cm より大きい結節は、縦隔陰影に重なる領域に存在しているものが多かった。また、GGO も胸部単純 X 線写真正面像で検出不良のものが多かった。FPD-CT での 1cm 以下の結節の検出感度は、読影者間で差がみられた。感度の低い読影者は陽性予測値が高い傾向にあり、注意事項を示したものの各読影者で結節の検出基準が異なると考えられた。また、読影時間も関係すると考えられた。各読影者が読影時間を同じようにかければ、感度の差は小さくなると思われる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Nagatani Y, Nitta N, Takahashi M, Tezuka N, Nakano Y, Ikeda M, Kirino Y, Hashimoto K, Otani H, Murakami Y, Murata K. Ultra-low-dose computed tomography system with a flatpanel detector: assessment of radiation dose reduction and spatial and low contrast resolution. Radiation Medicine 26:627-635, 2008. 査読有

[学会発表] (計 8 件)

- ① 大谷秀司、新田哲久、永谷幸裕、北原均、

田中豊彦、村上陽子、高橋雅士、村田喜代史、中野恭幸、手塚則明、池田充 フラットパネルディテクター座位型 CT と胸部単純 X 線写真による肺野第 16 回 CT 検診学会学術集会 2009.02.13-14 横浜市

- ② 永谷幸裕、新田哲久、高橋雅士、大谷秀司、村上陽子、村田喜代史 フラットパネルディテクター座位型 CT 撮影装置を用いた肺悪性腫瘍患者での肺血流の検討 コアセッション第一部: Modality 別に見る呼吸機能イメージング法 第一回呼吸機能イメージング研究会学術集会 2009.1.30-31 京都市

- ③ H. Otani, Y. Nagatani, N. Nitta, M. Ikeda, M. Takahashi, T. Tanaka, H. Kitahara, Y. Murakami, K. Murata Evaluation of Lung Nodule Detectability by Receiver-Operating Characteristic Analysis: Comparison between Ultra-low Dose Cone-Beam Computed Tomography with Flat-Panel Detector (FPD-CT System) and Chest X-ray Annual Meeting of Radiological Society of North America 2008 11.30-12.5 2008 Chicago

- ④ 大谷秀司、新田哲久、永谷幸裕、村上陽子、高櫻竜太郎、高橋雅士、村田喜代史、手塚則明、中野恭幸、池田充 フラットパネルディテクター座位型 CT と胸部単純 X 線写真による肺野結節性病変検出能の比較検討 第 67 回日本医学放射線学会学術集会 2008.4.4-6 横浜市

- ⑤ 永谷幸裕、新田哲久、村上陽子、大谷秀司、高櫻竜太郎、高橋雅士、村田喜代史 フラットパネルディテクター座位型 CT 撮影装置による肺野結節性病変検出能の

検討 第 48 回日本癌学会総会  
2007. 11. 8-9 名古屋市

- ⑥ Nagatani Y, Nitta N, Takazakura R,  
Takahashi M, Murakami Y, Otani H,  
Murata K. Ultra-low dose chest  
computed tomography with flat-panel  
detector (FPD-CT): Evaluation of  
influences of the sitting position  
during CT examination on the  
vasculature in the lung field and  
thoracic dynamism -preliminary result  
The 3rd Joint Meeting of Korean &  
Japanese Society of Thoracic Radiology  
2007. 6. 15-16 Yokohama

- ⑦ 新田哲久、永谷幸裕、高櫻竜太郎、大谷  
秀司、村上陽子、高橋雅士、村田喜代史、  
伊藤まさみ、西尾智尋、長尾大志、羽白  
高、中野恭幸、澤井聡、手塚則明、藤野  
昇三 フラットパネルディテクター座位  
型 CT 撮影装置 (FPD-CT) を用いた肺野血  
流の初期検討 第 47 回日本呼吸器学会  
学術講演会 2007. 5. 10-12 東京都

- ⑧ 永谷幸裕、新田哲久、高櫻竜太郎、田中  
豊彦、山本敦子、石田愛、北原均、北原  
佐和子、高橋雅士、村田喜代史 座位型  
フラットパネルディテクターCT撮影装置  
を用いた肺野血流の初期検討 第 66 回  
日本医学放射線学会学術集会  
2007. 4. 13-15 横浜市

\* [その他]

受賞

- ① 大谷秀司、新田哲久、永谷幸裕、村上陽  
子、高櫻竜太郎、高橋雅士、村田喜代史、  
手塚則明、中野恭幸、池田充  
Cypos 賞 Bronze medal  
フラットパネルディテクター座位型 CT  
と胸部単純 X 線写真による肺野結節性病

変検出能の比較検討第 67 回日本医学放  
射線学会総会 2008. 4. 4-4. 6 横浜市

- ② 永谷幸裕、新田哲久、高橋雅士、大谷秀  
司、村上陽子、村田喜代史  
優秀演題賞  
フラットパネルディテクター座位型 CT  
撮影装置を用いた肺悪性腫瘍患者での肺  
血流の検討 コアセッション第一部：  
Modality 別に見る呼吸機能イメージング  
法第一回呼吸機能イメージング研究会学  
術集会 2009. 1. 30-31 京都市

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高橋 雅士 (TAKAHASHI MASASHI )  
滋賀医科大学・医学部・准教授  
研究者番号：20179526

### (2) 研究分担者

新田 哲久 (NITTA NORIHISA )  
滋賀医科大学・医学部・講師  
研究者番号：40324587

村田 喜代史 (MURATA KIYOSHI)  
滋賀医科大学・医学部・教授  
研究者番号：20127038

高櫻 竜太郎 (TAKAZAKURA RYUTARO)  
滋賀医科大学・医学部・助教  
研究者番号：70335181

永谷 幸裕 (NAGATANI YUKIHIRO)  
滋賀医科大学・医学部・助教  
研究者番号：80402725

### (3) 連携研究者

大谷 秀司 (OTANI HIDEJI)  
滋賀医科大学・医学部・医員  
研究者番号：70510270