

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19790860  
 研究課題名（和文） 動画対応 FPD による肺血流イメージングの開発  
 研究課題名（英文） Development of pulmonary blood flow evaluation with a dynamic flat-panel detector (FOD)  
 研究代表者  
 田中 利恵（TANAKA RIE）  
 金沢大学・保健学系・助教  
 研究者番号：40361985

研究成果の概要（和文）：FPD を用いて息を止めた状態で撮影した胸部 X 線動画像を対象に、肺や心臓の血液循環に伴う X 線透過性（＝画素値）の変化を計測し、血流動態および分布を評価する新しい画像診断システムの開発に取り組んだ。その結果、開発手法は、肋間サイズ程度の血流障害領域を検出できることを明らかにした。聴診器のような感覚で簡便かつ迅速に心肺機能情報を評価する、災害時緊急および救急医療のための新しい X 線撮影システムとして期待できる。

研究成果の概要（英文）：

Dynamic chest radiography system was developed for measuring changes in X-ray translucency resulting from cardiac pumping. The newly developed system could provide information relevant to perfusion and distribution of the blood flow. In our clinical study, it was addressed that the system could detect an intercostal-sized abnormality. The present method is expected to be a new X-ray imaging system for a disaster and emergency medication to evaluate pulmonary and cardiac function quickly and easily used as a stethoscope.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,000,000	0	1,000,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	570,000	3,470,000

研究分野：放射線技術科学

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：画像診断学，放射線，胸部 X 線検査，肺血流， FPD

1. 研究開始当初の背景

画像診断装置を用いて機能情報の取得を

試みる研究動向の中で、本研究は医用画像検査で圧倒的多数を占める胸部 X 線検査において肺血流情報の取得を可能にするシステム

開発および臨床評価研究と位置づけられる。類似した手法に I. I. -X 線 TV による方法があり、1970 年～1990 年にかけて数多く報告されている。しかし、撮像視野の制限や低い画質のため臨床実用には至っていない。近年開発された動画対応フラットパネル X 線ディテクタ (FPD) はこれらの問題点を克服することができる。さらに、画像はデジタル値としてほぼリアルタイム出力されるため、画像解析が容易な点が特徴である。これらの優位性から、FPD は I. I. -X 線 TV に急速に置き換わりつつあるが、得られた X 線動画画像から機能情報を取得しようとする試みは未だされていない。

これまでの研究で、呼吸過程を撮影した胸部 X 線動画画像の X 線透過性 (=画素値) の変化から局所肺換気の評価を試み、その有用性と実現可能性を示した [雑誌論文 2, 7・10, 13—15]。その研究過程で、呼吸に起因する X 線透過性 (=画素値) の大きな変化の中に、規則的に小刻みに変動する成分が含まれていることを発見した。心電図と比較した結果、肺血流が微小な X 線透過性 (=画素値) の変化として胸部 X 線動画画像上に表れることが明らかとなった。さらに、心室収縮期から拍出される肺血流動態をとらえることに成功した [雑誌論文 11, 12]。

しかしながら、本研究課題は本邦・世界で初めての試みであるため臨床的価値のエビデンスがなく、異常症例を対象とした画像解析プログラムの最適化および臨床評価という重要なテーマが未解決であった。

## 2. 研究の目的

FPD を用いて息を止めた状態で撮影した胸部 X 線動画画像を対象に、肺や心臓の血液循環に伴う X 線透過性 (=画素値) の変化を計測し、血流動態および分布を評価する新しい画像診断システムを開発、および開発手法の臨床的有用性および実現可能性を検証することである。

## 3. 研究の方法

### ①臨床データの収集

撮影は本学附属病院にて、動画対応 FPD 搭載 X 線透視システム (SONIAL VISION Safire2; Shimadzu, Kyoto, Japan) にて行った (110 kV, 80 mA, 6.3 ms, SID 1.5 m, 7.5 fps)。立位正面背腹方向にて安静呼吸気位の状態を 4 秒間で 30 枚撮影した。このときの総被曝線量は、従来の胸部単純 X 線撮影 (正面) とほぼ同等である。肺血流に異常をきたす疾患を中心に、計 23 症例 (異常 15 例, ノーマルコントロール 8 例) の臨床データを蓄積した。ゴールドスタンダードとして利用するために、CT や核

医学検査の結果を同時に収集した。なお本研究は、金沢大学医学部の倫理委員会の承認を得て行なわれ、被検者には撮影に関する十分な説明を行い、同意を得た。

### ②画像処理法の開発

画像解析は、パーソナルコンピュータ (operating system, Windows XP, Microsoft, Redmond, WA, USA; CPU, Pentium 4, 2.6 GHz; Memory, 2 GB) にて、自作ソフトウェアにより行った (開発環境, Borland C++Builder Professional 6.0, Borland 社)。図 1 に開発した画像解析の概要を示す。肺血流の影響を大きく受ける肺門部および左室辺縁を計測対象外とするため、肺野認識は手動で行った。ノイズ除去などの前処理を行った後、画像を 32×32 の格子状の領域に分割し、その領域ごとに平均画素値を算出した。なお、分割した領域の一辺は、肋間サイズのほぼ半分に対応する。次に、計測した平均画素値のフレーム間差分をとり、その絶対値を領域ごとに時間軸方向に加算した (図 2)。加算値の大きさに応じたグレースケールでオリジナル画像上に重ね合わせて表示し、血流による画素値の変化を可視化した。また、左右対称な分布からの逸脱を根拠に病変部を自動的に検出する、コンピュータアルゴリズム開発を行った。さらに、臨床データの解析を通して撮影条件や各種解析パラメータの最適化を行った。

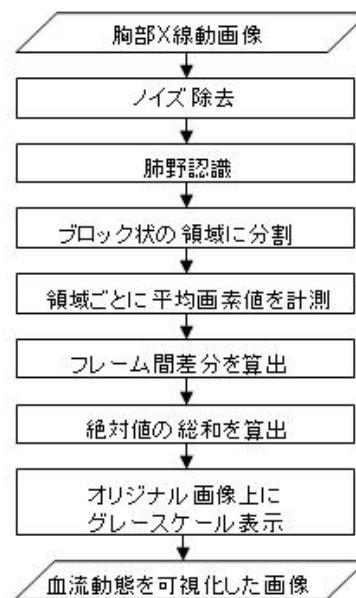


図 1 画像解析の概要

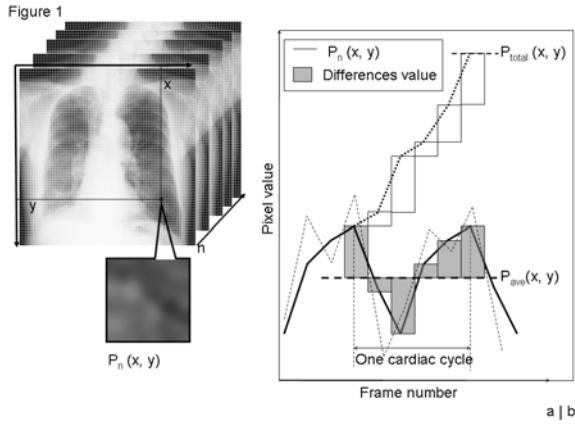


図2 フレーム差分処理による血流分布の可視化

### ③臨床評価

収集した臨床画像を対象に開発した画像処理法を適用し、他の臨床データ（CT、肺機能検査、核医学検査）と比較することで、開発手法の臨床的有用性を検証した。特に、肺血流シンチグラフィが示す血流分布との相関分析を行い、開発手法の異常検出能を明らかにした。

## 4. 研究成果

①画素値の血流性変化量の分布について、正常と異常の傾向を明らかにした。正常症例では肺門部から肺末梢にかけて減少し、左右対称である正常な肺血流分布と矛盾しない分布を示した（図3、図4）。

②異常症例では、血流障害領域を画素値の変化量の減少としてとらえることができた。肺血流シンチグラフィをゴールドスタンダードとした臨床評価において、多くの症例で、画素値の変化量の分布と RI カウントの分布には相関がみられた（ $0.7 < r$ , 3 cases;  $0.4 < r < 0.7$ , 7 cases;  $0.2 < r < 0.4$ , 4 cases）。（図5）【雑誌論文4, 5】

③肋間サイズ程度の血流障害領域を検出できること、および、肺シンチグラフィと同等の診断能を有することを明らかにした【雑誌論文3, 12】。

④左右対称な分布からの逸脱を根拠に、異常を検出できる見通しがたった（図6, 7）。

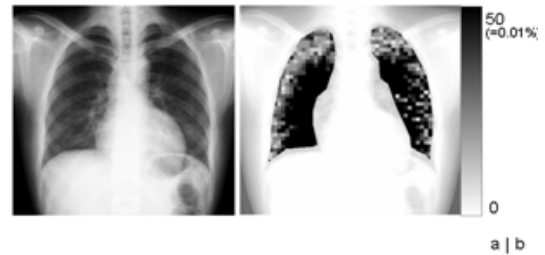


図3 正常症例 (a)胸部 X-P (b) 肺血流動態を可視化した画像

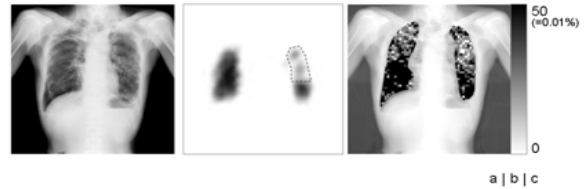


図4 異常症例 (a)胸部 X-P (b) 血流シンチ(c) 肺血流動態を可視化した画像

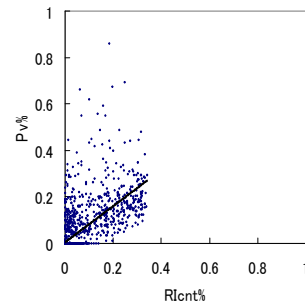


図5 画素値の血流性変化と RI カウントの回帰直線（図4と同一症例、 $r=0.63$ ）

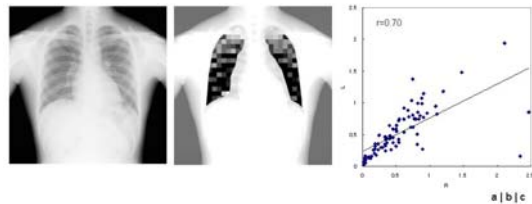


図6 正常症例 (a)肺血流動態を可視化した画像 (b) 血流シンチ(c)画素値の血流性変化の左右肺の回帰直線

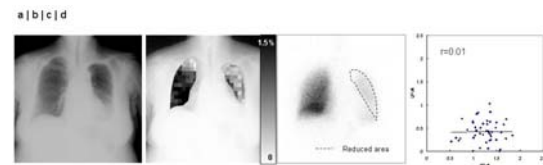


図7 異常症例 (a)肺血流動態を可視化した画像 (b) 血流シンチ(c) 画素値の血流性変化の左右肺の回帰直線

昨年、X線動画像の撮影が可能なポータブルFPDシステムが開発された（薬事承認済み）。開発手法をポータブル撮影装置に組み込むことで、聴診器のような感覚で簡便かつ迅速にバイタルサインや心肺機能情報を取得できるようになる。提案する手法は、撮影時間が3～4心拍含まれる長さに延長されることを除いて従来の胸部単純X線検査（正面）とほぼ同じである。従って、精密検査（CT・MRI・血管造影・核医学検査）とは差別化が図れる。対象疾患は肺塞栓症・肺高血圧・一般的な心疾患である。災害時緊急および救急医療のためのポータブル心肺機能イメージングとしての運用が期待できる（図8）。今後は、ポータブル簡易型肺機能イメージング装置を開発し、その診断能の限界とその適用範囲を明らかにしたい。

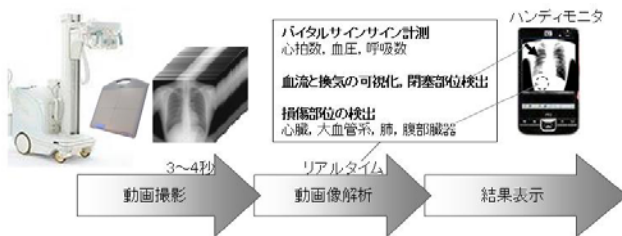


図8 ポータブル簡易型肺機能イメージング装置

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計16件)

1. Hiroki Kawashima, Rie Tanaka, Kousuke Matsubara, et al. Temporal-spatial characteristic evaluation in a dynamic flat-panel detector system. The International Society for Optical Engineering (SPIE) Medical imaging 2010, Proceedings 査読無
2. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al. Pulmonary functional diagnostic imaging with a dynamic flat-panel detector (FPD): Correlation analysis between count of radioactive isotope and respiratory changes in pixel value. Radiological physics and technology, 3(1), 40-45, 2010 査読有
3. 田中利恵. 局所肺血流のコンピュータ定量解析が可能な新しい胸部動態X線撮影法の開発. 財団法人 中島記念国際交流財団 日本人若手研究者研究助成金 研究成果報告書, 44-47, 2010 査読無
4. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al. Pulmonary blood flow evaluation using a dynamic flat-panel detector: Feasibility study with pulmonary diseases. IJCARS, 4; 449-454, 2009 査読有
5. 田中利恵, 藤村政樹, 安井正英, 他. 胸部X線動態撮影法による換気-血流 mismatch 症例を対象とした V/Q study. 医用画像情報学会雑誌. 26(3); 68-72, 2009 査読有
6. 川嶋広貴, 田中利恵, 真田茂. 胸部X線動態撮影の再現性の検証-ピクセル値の呼吸性変化-. 日本放射線技術学会雑誌. 65(6); 738-744, 2009 査読有
7. 田中利恵, 真田茂, 藤村政樹, 他. 動画対応フラットパネルディテクタによる肺機能X線撮像法の開発. 日本放射線技術学会雑誌. 65(6); 728-737, 2009 査読有
8. 田中利恵, 真田茂, 藤村政樹, 他. 胸部X線動画像におけるピクセル値変化量計測の有用性: 放射性同位元素 (RI) 計数値の比較. 医用画像情報学会雑誌. 26(1); 13-16, 2009 査読有
9. 田中利恵: ここまで来たここまで来た FPD 一世代前からの進化 最新のFPDテクノロジーとは何か-FPDの進歩は何をもたらし、今後何を可能にするか. 新医療 407(11), 92-95, 2009 査読無
10. 田中利恵, 真田茂: 動画対応 FPD による新しい画像検査法の展望, 日本放射線技術学会雑誌. 65(6); 861-868, 2009 査読無
11. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al. Development of functional chest imaging with a dynamic flat-panel detector (FPD). Radiological physics and technology. 1(2), 137-143, 2008 査読有
12. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Katsumi Tsujioka, et al. Development of a cardiac evaluation method using a dynamic flat-panel detector (FPD) system: a feasibility study using a cardiac motion phantom. Radiological physics and technology. 1(1), 27-32, 2008 査読有
13. 真田茂, 田中利恵, 小林健: フラットパネルX線ディテクタを用いたスクリーニング動態診断支援システム. Medical Imaging Technology 26(3), pp175-180, 2008 査読無
14. 田中利恵, 真田茂: 動態画像の CAD. 画像分科会 画像通信 31(1), 45-47, 2008 査読無
15. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Nobuo Okazaki, et al. Detectability of Regional Lung Ventilation with Flat-panel Detector-based Dynamic Radiography. J. Digit. Imag. 21(1),

109-120, 2008. Online version:  
<http://www.springerlink.com/content/8m2t27511g832681/> Springer Link Data,  
Mar. 14, 2007. 査読有

[学会発表] (計 18 件)

1. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al. Quantitative pulmonary functional imaging using a dynamic flat-panel detector (FPD). ECR 2010, 2010/3/4-8, Vienna, Austria.
2. Rie Tanaka, Katsuhiko Ichikawa, Shinichiro Mori, et al. Effect of image lag on real-time target tracking in radiotherapy. The International Society for Optical Engineering (SPIE) Medical imaging 2010. (2010/2/13-18, Town and country resort and convention center, San Diego, Ca. USA)
3. Hiroki Kawashima, Rie Tanaka, Kousuke Matsubara, et al. Temporal-spatial characteristic evaluation in a dynamic flat-panel detector system. The International Society for Optical Engineering (SPIE) Medical imaging 2010. (2010/2/13-18, Town and country resort and convention center, San Diego, Ca. USA)
4. 田中利恵, 真田茂, 藤村政樹, 他「Flat panel detector を用いたCOPDの評価」. 第2回呼吸機能イメージング研究会学術集会, コアセッション, 2010年1月30日 (コンベンションセンター, 沖縄)
5. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al. Extraction and visualization of pulmonary physiologically relevant parameters from breathing chest radiographs: imaging procedures, data analyses, and display methods. RSNA th95 Scientific Assembly and Annual Meeting. 2009/11/29-12/4, Chicago, USA.
6. 田中利恵, 真田茂, 藤村政樹, 他「フラットパネルディテクターを用いた呼吸運動・血流動態解析」. 第1回呼吸機能イメージング研究会学術集会, コアセッション, 2009年1月30日 (京都市リサーチパーク, 京都)
7. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al. Development of a pulmonary functional imaging using a dynamic flat-panel detector (FPD): Primary results of clinical evaluation in pulmonary diseases. Computer Assisted Radiology and Surgery 22<sup>th</sup> International Congress and Exhibition, Barcelona, Spain, June 25-30, 2008
8. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Katsumi

- Tsujioka, et al. Development of a cardiac evaluation method using a dynamic flat-panel detector (FPD) system: a feasibility study in a cardiac motion phantom and clinical cases. RSNA th93 Scientific Assembly and Annual Meeting. 2007/11/25-11/30, Chicago, USA.
9. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al. Computer-aided perception of circulatory dynamics on chest cine X-ray using inter-frame subtraction technique. RSNA th93 Scientific Assembly and Annual Meeting. 2007/11/25-11/30, Chicago, USA.
  10. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Masaki Fujimura, et al. Functional chest imaging using a dynamic flat-panel detector (FPD). RSNA th93 Scientific Assembly and Annual Meeting. 2007/11/25-11/30, Chicago, USA.
  11. Rie Tanaka, Shigeru Sanada, Katsumi Tsujioka, et al.: Development of a cardiac evaluation method using a dynamic Flat-Panel Detector (FPD) system: a feasibility study using a cardiac motion phantom. Computer Assisted Radiology and Surgery 21<sup>th</sup> International Congress and Exhibition, Berlin, June 27-30, 2007

[図書] (計 1 件)

1. 監修 石田隆行 他. オーム社, 医用画像ハンドブック. 著者 田中利恵 他. 第6章コンピュータ支援診断 6-4 胸部動画像のCAD (in press)

[その他]

ホームページ  
<http://sanadalab.w3.kanazawa-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 利恵 (TANAKA RIE)  
金沢大学・保健学系・助教  
研究者番号: 40361985

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

真田 茂 (SANADA SHIGERU)  
金沢大学・保健学系・教授  
研究者番号: 50020029

藤村 政樹 (FUJIMURA MASAKI)  
金沢大学・医学系・准教授  
研究者番号：90190066