

肺野欠損・体動画像検出機能の開発

Automatic Detection of DR Images in which the Lungs are Partially Indistinguishable
and of DR Images that are Motion Blurred

松本 洋日*
Hiroaki MATSUMOTO

笹 琢磨**
Takuma SASA

上村 裕之*
Hiroyuki UEMURA

梶 大介**
Daisuke KAJI

要旨

X線撮影室まで移動できない患者に対して行われる回診撮影において、DR (Digital Radiography) 撮影の普及が近年進んでいる。コニカミノルタでも回診業務の効率化を実現するAeroDRポータブルソリューションを商品化した。DR撮影では画像取得の即時性に優れており、患者撮影を行う病室内で画像確認ができる。撮影直後の画像が、診断上適切でない場合にその場で再度撮影を行えるため、画像確認の重要性が増している。

しかし、回診撮影で頻繁に撮影される胸部正面画像では、患者の撮影ポジション維持やX線照射領域に対するカセット位置の確認が難しいため、体動による不鮮鋭化や肺野が欠損した画像が撮影される場合がある。これらの画像は適正画像と相違点に気づきにくいいため、多忙な回診撮影では十分な画像確認ができずに見逃してしまう可能性がある。

我々は診断不適切な画像の見逃すリスクを低減することを目的とした胸部正面画像における肺野欠損・体動画像の自動検出機能を開発し、画像確認に用いるコンソールであるCS-7に搭載した。本稿では検出機能とそこで使われている技術について説明する。

Abstract

Among hospital radiologic technologists who must make the rounds of patients unable to go to the x-ray room, x-ray photography using DR (digital radiography) has become popular. Konica Minolta's portable AeroDR solution realizes work flow efficiency because the AeroDR provides immediate image access: images can be viewed in the same room where the images of the patient are taken. Thus, if an image taken proves inappropriate for diagnosis, another image can be taken immediately.

However, this potential depends upon the ability of the radiologic technologist to properly judge the quality of images taken. In front chest images, which are frequently taken at the patient's bedside, it can be difficult to keep the patient motionless during image capture or to confirm proper cassette positioning for an x-ray exposure area. Therefore, there are cases of DR images in which the lungs are partially indistinguishable as well as DR images that are motion blurred. Since it is difficult to differentiate such images from appropriate ones, the radiologic technologist may fail to retake an x-ray when needed.

With the goal of reducing the risk of overlooking diagnostically inappropriate chest images, we developed functions to automatically detect images in which the lungs are partially indistinguishable and images that are motion blurred. We implemented these functions in the portable CS-7 console, which functions alongside the AeroDR. Identifying images in which the lungs are partially indistinguishable is accomplished by extracting effective features that differentiate appropriate images from inappropriate images, and then by judging images taken with a classifier that employs a vast degree of knowledge derived from a huge database. With motion blurred images, detection is based on features of both motion blurred and static images, which are extracted after analyzing signal components of lung fields between the ribs. Presented here are these detection functions and the technologies used therein.

*ヘルスケアカンパニー 開発統括部 MS開発部

**ヘルスケアカンパニー 医療IT・サービス事業部 開発部

1 はじめに

コニカミノルタはDRの即時性、自在性を活かした回診撮影システムとして、AeroDR ポータブルソリューションを商品化した。

このシステムでは、回診撮影におけるオーダー取得から画像転送までを含めた、回診撮影業務の効率化を実現する機能を搭載している。

回診撮影では、X線撮影室まで移動できない患者に対し、ポータブル撮影装置とAeroDRカセット、CS-7, AeroDR回診車UFユニットを、病室まで運搬して撮影が行われる。このような回診撮影では、撮影する患者の撮影ポジションの維持が難しい場合や、撮影部位やX線照射領域に対するカセット位置の確認が難しい場合がある。このため、撮影された画像に体動や撮影部位の欠損など、診断上不適切な現象が発生しやすく、再度の撮影が必要となることもある。

DR撮影では、撮影画像の診断上の適切性を撮影直後にコンソール画面上で判断し、必要があればその場で再撮影を行うことが可能となっている。しかし、画像確認時に診断不適切な画像を見逃した場合には、再度の撮影機材準備や患者のポジションが必要となり、技師、患者双方に多大な負荷が必要となる。

このような課題に対し、診断に不適切な画像を画像解析により自動的に検出し画像確認を促す機能として、撮影頻度の高い胸部正面画像における肺野欠損検出機能と体動画像検出機能を開発した。これらの機能をコンソールであるCS-7に搭載することで、撮影直後の画像確認時に、診断不適切な画像の見逃しを防ぎ更なる業務効率を向上させることを可能にした。

2 検出対象の画像

本機能が検出する肺野欠損画像と体動画像について説明する。

2.1 肺野欠損画像

胸部正面画像において、照射領域に胸郭全体が納まらず、肺野が欠けた状態になった画像を肺野欠損画像と呼ぶことにする (Fig. 1)。

肺野欠損画像は、写っていない肺野領域に存在する腫瘍等の病変の見逃しに直結することや、少しのポジショニングのずれによって起きるため、再撮影の理由として最も多い。

2.2 体動画像

呼吸や体全体の動きにより肺野内の構造物がぼけることで、診断時に血管の微細な陰影の確認が難しい画像を、体動画像と呼ぶことにする (Fig. 2)。コンソール画面の解像度では全体表示での体動の確認はできないため、撮影時に気付かない場合が多い。

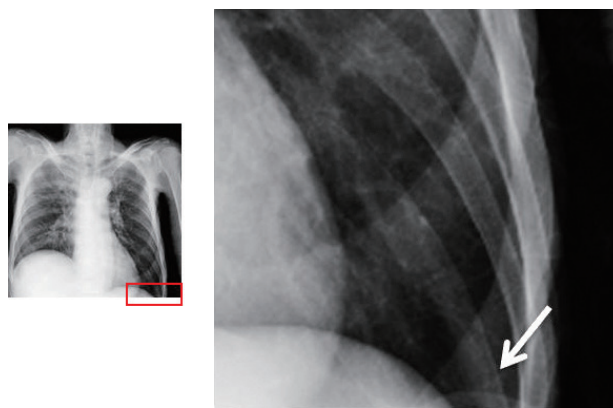


Fig. 1 Example of a DR image in which the lungs are partially indistinguishable. The majority of times when x-rays must be retaken are instances when images in which the lungs are partially indistinguishable due to a slight shift of patient position during image capture. In this example, if there is an existent tumor mass, failure to distinguish the lungs results in failure to observe that tumor mass (see arrow).

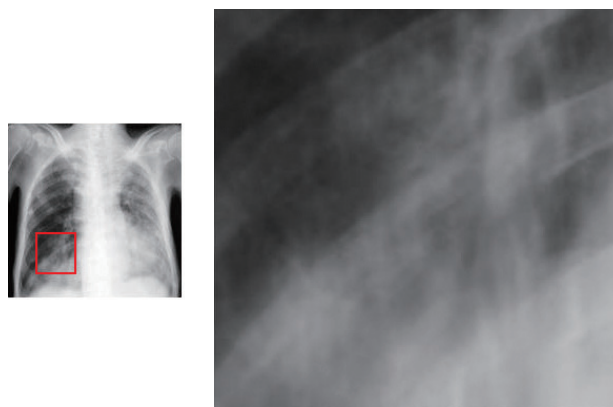


Fig. 2 Example of a motion blurred DR image. The blurred portion (right image) is often missed in a whole lung image (left image) because of the low resolution of the CS-7 console's screen.

3 肺野欠損・体動画像の検出機能

肺野欠損・体動画像検出機能の検出フローを以下に説明する。

1. 胸部正面画像を撮影する。
2. プレビュー画像が表示される。この際、肺野欠損画像検出処理が実行される。検出された場合には肺野欠損検出枠が表示される。
3. 最終画像が表示される。この際、体動画像検出処理が実行される。検出された場合には、体動検出枠が表示される。

肺野欠損画像と体動画像が検出された場合の画面を Fig. 3 に示す。肺野欠損画像、体動画像のどちらが検出された場合でも警告音とともに検出位置に応じた検出枠が表示されるため、画像確認が必要な画像とその領域がわかる。

肺野欠損検出枠の表示位置は①胸郭の上端、②胸郭の両左右端、③胸郭下端の両左右の計5か所である。体動検出枠は、画像中で最も体動している可能性が高い領域に表示される。

また、体動検出枠にはピクセル等倍表示に遷移するボタンが表示される。このボタンの操作時には、検出位置を中心にピクセル等倍表示が行われるため、体動の有無や程度の確認が容易に行える。

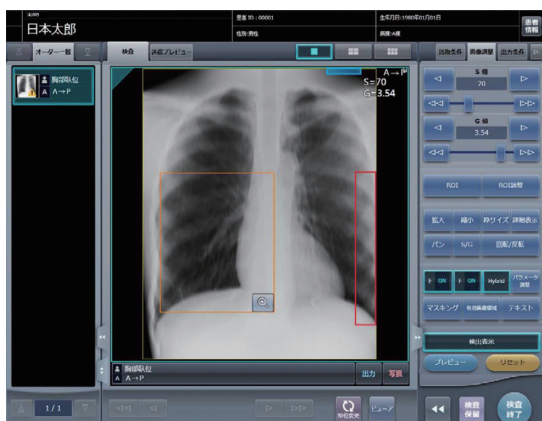


Fig. 3 Example of a CS-7 console screen image in which partially indistinguishable lungs (red rectangle) and motion blurring (orange square) are automatically detected.

4 自動検出技術

本章では、肺野欠損・体動画像検出機能を実現するための、自動検出技術について解説する。

4.1 肺野欠損画像の自動検出

胸部正面画像では、肺野領域がすべて画像内に収まっていることが求められる。一方、回診撮影では立位撮影と比較して胸部の撮影状態が安定しない場合が多く、肺野欠損画像の検出には多様な画像パターンに対応する必要がある。

肺野欠損画像の検出には、機械学習の手法を用いた。機械学習の手法では大量の肺野欠損画像と正常画像から判別に最適な条件を自動的に学習させることができる。そのため、多様な画像パターンが存在する回診撮影の画像でも肺野欠損画像を精度よく判定することが可能になった。

開発した処理の流れを Fig. 4 に示す。画像内のさまざまな領域から肺野欠損画像と正常画像を判別するのに有効な特徴量を抽出し、予め大量のデータベースで学習した識別器により、肺野欠損画像か否かの判定を行う。

4.1.1 画像境界領域の特徴量抽出

肺野欠損画像と正常画像の分類に有効な特徴量の抽出を行う。肺野欠損画像では画像端に必ず肺野と肋骨・横隔膜が存在するため、画像端付近での信号値やエッジパターンを特徴量としている。さらに腕の写りこみや胃胞

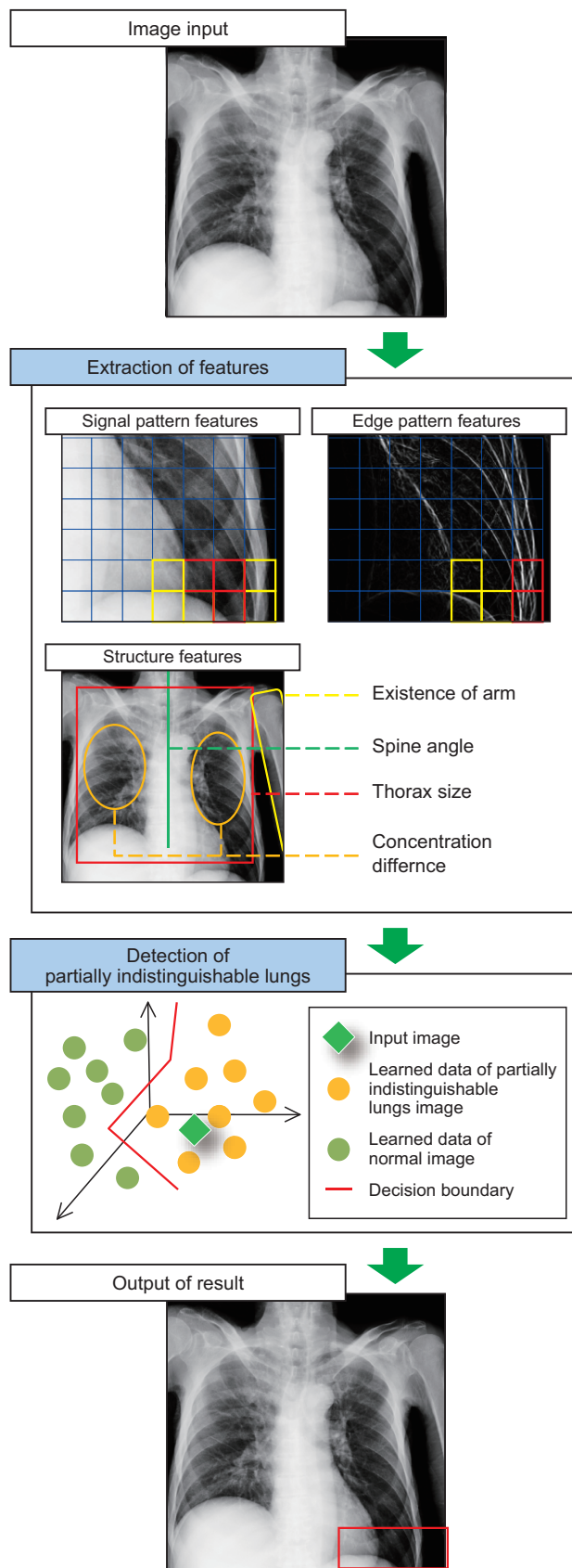


Fig. 4 Flow chart of an image detection algorithm for the detection of partially indistinguishable lungs. Effective features are extracted from various areas of an image to differentiate an image in which the lungs are partially indistinguishable from a normal image. Whether or not the lungs are partially indistinguishable is determined by a classifier that employs a vast degree of knowledge derived from a huge database.

の有無等、画像端のみの特徴では肺野欠損画像のパターンと区別がつかない正常画像が存在するため、画像端以外の領域での人体構造を反映した特徴量も合わせて導入している。これにより回診撮影における多様な画像パターンを表現することが可能になった。

4.1.2 肺野欠損画像の判定

肺野欠損画像の判定条件の構築に用いた機械学習の手法では、さまざまな肺野欠損画像と正常画像のパターンを学習することが必要である。本処理では正常画像を肺野端で欠損するよう切り出した画像を大量に作成し学習データとして用いることで、ロバストな判定条件の構築に必要な学習データを確保している。

4.2 体動画像の自動検出

体動により画像がぶれると、人体構造の鮮鋭性が体動の方向に対して低下し、ぼけた画像になる。また、鮮鋭性の低下は周波数成分を解析することで評価できる。一方、胸部正面画像の体動の場合、肋骨領域に以下の画像特徴がある。

- 1.呼吸時の肺の動きによる体動動きのある肺野領域では鮮鋭性が低下するが、肋骨領域では動きが小さく鮮鋭性が低下しない画像となる。
- 2.肋骨領域のエッジ構造は強い高周波成分を持ち、周波数成分において支配的である。

本処理では周波数成分の解析を肺野の小領域に限定することで、肋骨の影響を受けない高精度な検出を可能にした。

開発した処理の流れをFig. 5に示す。肋骨間の肺野部分に小領域を複数設定し、各小領域の信号成分を解析して体動・静止特徴量をそれぞれ抽出する。これら特徴量をもとに検出の判定と検出個所の決定を行う。

4.2.1 肋骨間の小領域の設定

胸部正面画像では、肺野領域内では肋骨部分は白く肺野部分は黒くなる特徴を利用し、肋骨間領域に小領域を設定している。さらに、画像から自動認識した胸椎や胸郭の位置関係を基準にすることで、肺野内のみ小領域が設定される。

4.2.2 体動画像/静止画像特徴量の抽出

体動によってぶれた画像では、体動方向の高周波成分が減弱される特徴がある。また体動が起こる方向は呼吸の場合には横隔膜の動作方向となる上下方向となるが、患者ポジショニングのカセット方向との傾きや体全体の動きの場合には斜めや横方向になる。体動検出処理では、肋骨間の小領域からの周波数成分の抽出を複数の方向と周波数帯域に分類して行うことにより、様々な体動のパターンに対応している。

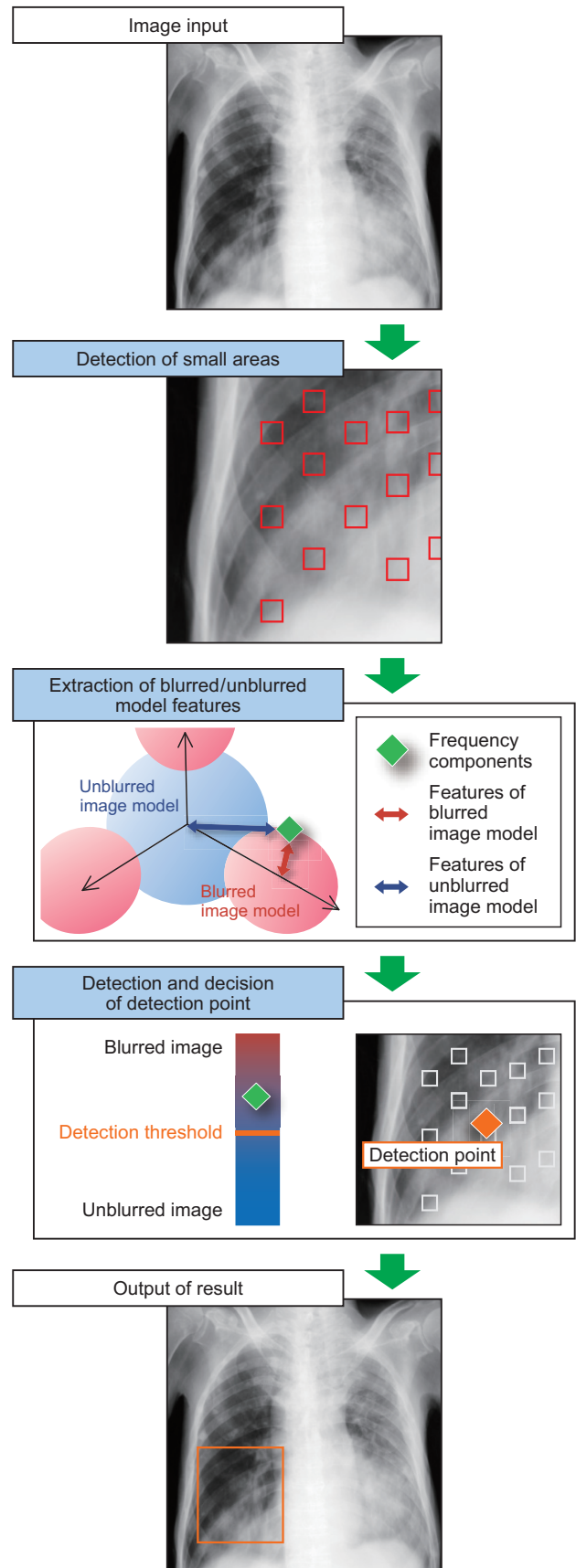


Fig. 5 Flow chart of an image detection algorithm for the detection of motion blurred images. A plurality of small areas are set in a lung field between the ribs, and features of both a motion blurred image and a static image are extracted by analyzing signal components of each small area. The detection of motion blurred images is achieved based on these extracted features.

抽出された周波数成分は体動画像の特徴と静止画像の特徴に数値化される。数値化は体動の各方向のパターン、静止画像における血管、肋骨辺縁等の分類を行い、それぞれの領域について構築された統計モデルにより行う。抽出された各小領域の周波数成分を分類ごとの各統計モデルへあてはめることで、体動画像の特徴と静止画像の特徴に数値化する。

4.2.3 体動画像の判定と検出位置の決定

体動画像か否かの判定は、数値化された各特徴の結果を組み合わせた判定条件により行う。判定条件は、体動画像と静止画像を最適に分離する条件を統計的に求める判別分析を採用した。数値化された各特徴を組み合わせることで、片肺でのみ体動した画像での検出性や網状影等の病変のある静止画像の誤検出を抑制することが可能となり、より精度の高い体動画像の判定が可能となる。

検出位置は拡大表示時に体動個所を確実に表示するようにするため、各小領域の体動特徴量が高い数値となる領域が中心になるように決定した。

5 まとめ

回診撮影における画像確認をサポートする肺野欠損・体動画像検出機能を開発した。本機能を用いることで、胸部撮影における診断不適切な画像を撮影直後に気付くことにより、時間経過後の再撮影時に発生する技師や患者の多大な負荷の低減に貢献できると考える。

コニカミノルタが提供するAeroDRポータブルソリューションの魅力を感じていただければ幸いである。

●参考文献

- 1) 米山 努, 竹村幸治, 儀同智紀, 出口 俊: AeroDRポータブルソリューションの開発, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol.10, 71-75 (2013)