

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：45309

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22591360

研究課題名（和文）

側方散乱を用い被写体体型に依存せずに高診断能の低価格乳房正面撮影装置開発

研究課題名（英文）

Development of the low-cost mammography equipment of high diagnostic performance independent of the breast type using the scatter ray.

研究代表者

原内 一 (HARAUCHI HAJIME)

川崎医療短期大学・放射線技術科・准教授

研究者番号：20243256

研究成果の概要（和文）： 散乱線を用いた乳房撮影のために、画像の解像度の向上、Ca 像の検出感度の向上、被ばく低減に対する新技術の開発を行った。(1) 人工知能を用いた光学式特性読み取り技術、(2) 情報抽出空間フィルタ、(3) 二段階エネルギーサブトラクション法、(4) 散乱角度サブトラクション法、(5) 空間周波数領域サブトラクション法の5つである。しかし、各技術においてそれぞれ新たに生じた問題点を克服できず、実用化には至っていない。

研究成果の概要（英文）： For mammography using the scattered radiation, I went the development of new technology to improve of image resolution, to improve of detection sensitivity of Ca image, to reduce exposure. (1) Optical properties reading technique, by using artificial intelligence. (2) Information extraction spatial filter. (3) Two-step energy subtraction process. (4) Scattering angle subtraction method. (5) Spatial frequency domain subtraction. However, these are not possible to overcome the problem occurring in each of the new technology, these have not been put to practical use.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000円	330,000円	1,430,000円
2011年度	1,200,000円	360,000円	1,560,000円
2012年度	1,000,000円	300,000円	1,300,000円
年度			
年度			
総計	3,300,000円	990,000円	4,290,000円

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：散乱線、乳房撮影、画像処理

1. 研究開始当初の背景

従来の直接X線を用いた乳房撮影は、診療放射線技師が乳房に直接接触、圧迫して乳房の側面像を撮影する方法が採用されてきた。しかし、この撮影法では女性の乳房の圧迫に伴う痛みや技師の前で乳房を露出しなければならないという羞恥心が問題となる。このことによ

り、現在女性の診療放射線技師が乳房撮影を行うことが多くなっている。これらの問題点を解決するために、乳房に直接接触せず（精神的苦痛の低減）、圧迫せず（肉体的苦痛の低減）に乳房正面撮影を行える方法を開発することが本研究の最終目標である。この技術は、患者にとってメリットがあるだけでなく、診療放

射線技師にとっても女性の乳房サイズに左右されないことや、技師の性別を問われることもなく撮影が行うことができるという利点が生まれる。さらには、将来的に乳房検診の受診率の向上も期待できる。

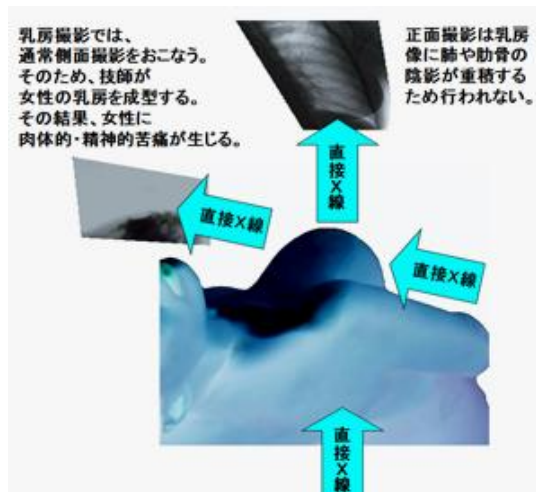


図1 乳房を散乱線で正面撮影するメリット

2. 研究の目的

側方散乱X線を用いて乳房正面を撮影（石灰化像を描出）する方法を開発し、撮影時における女性患者の肉体的・精神的苦痛を低減でき、直接X線で正面像を撮影するときに生じる障害陰影を除去し診断能を向上させ、診療放射線技師の地位向上、乳房検診率の向上に貢献する。

3. 研究の方法

(1) 人工知能を用いた光学式特性読み取り技術の開発：散乱線画像は著しく解像力が悪く、診断に適していない。どこで画像内の文字を識別する技術であるOCR (Optical Characteristic Reader) 理論を応用し、散乱線で形成さ

れた不鮮明な画像から元の被写体構造を類推し、画像再構成する技術を開発し、その効果を検証する。

(2) 情報抽出空間フィルタの開発：散乱線で画像を形成すると、被写体内部の任意の情報が、形成された画像内に拡散する。そのため、画像が不明瞭となっている。そこで、拡散された情報を空間フィルタにより、抽出し統合し、それを視覚化する方法を開発し、散乱線画像の鮮鋭化を試みる。

(3) 2段階エネルギーサブトラクション法：乳房正面像を直接線で撮影するときに生じる障害陰影を、直接線を用いた撮影方法で除去できる効果を検証する。

(4) 散乱角度サブトラクション法の開発：物質の側方散乱が、散乱角度や散乱物質によって発生する効率が異なることを利用して、物質の特定や散乱線撮影により視覚化する。

(5) 空間周波数領域サブトラクション法 (デコンボリューション法) の開発：散乱線画像をフーリエ変換し、そのパワースペクトルから関心領域以外の散乱体から発生した周波数成分を減算する。これにより得られた関心領域の周波数成分を逆フーリエ変換し、関心領域だけの画像を再構成する方法を開発する。

4. 研究成果

(1) 人工知能を用いた光学式特性読み取り技術の開発：前処理はバックプロパゲーションによる教育、画像サイズ5×5、学習回数1000回、パターン数11、画像数44で確認した。10回の平均で、11画像中認識失敗は1、認識率は97.73%という結果を得た。

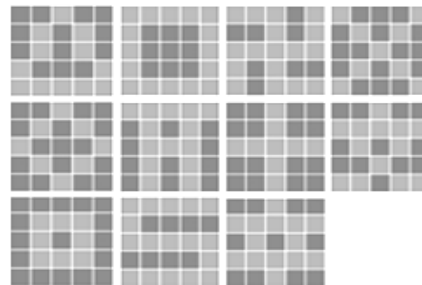


図2 実験にもちいた11パターン
認識率が高いが、想定された11パターンに酷似した形状の濃度分布も、この11パターンに誤認識してしまう可能性が高い。本法の精度が高ければ高いほど、その傾向は強くな

る。そのため光学特性読み取り技術を実用化することを断念した。

(2) 情報抽出空間フィルタの開発：

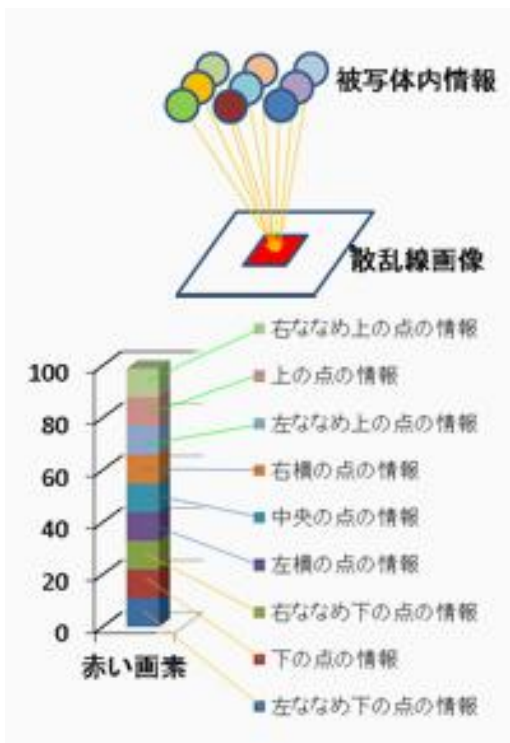


図3 散乱線画像内に存在する被写体内情報の割合

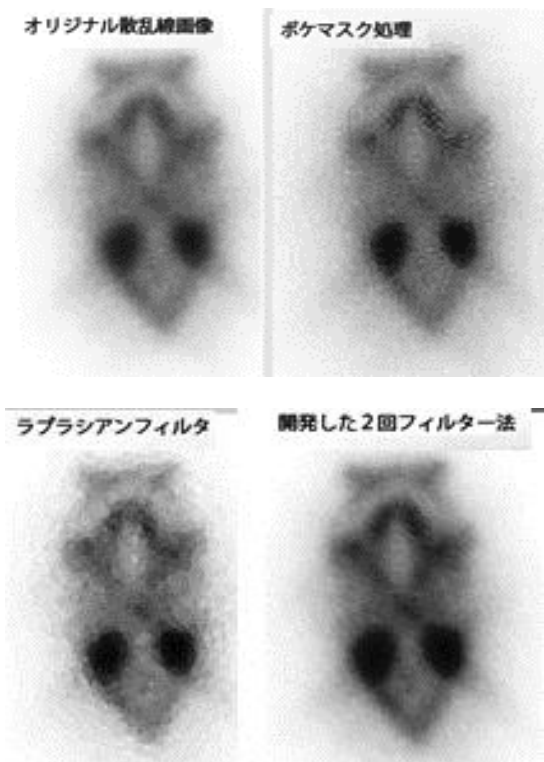


図4 開発空間フィルタの効果

1画素内に存在する被写体内の9点の情報は均一の割合である。そこで、この9点の情報

の内、中央部の1点だけの情報の割合を抽出するフィルタをシミュレーションで求めた。9の10乗種類のフィルタを試行したが、たった1つの空間フィルタでは情報抽出を実現できなかった。我々が開発したのは、1ピクセルを右下にシフトする空間フィルタと、1ピクセルを左上にシフトする空間フィルタを組み合わせ、中央部の情報量の割合を増加させる空間フィルタである。

図4左上のセミを撮影した散乱線画像を、開発したフィルタ(右下)で処理を行った。従来から行われてきた鮮鋭化処理(ボケマスク処理、ラプラシアンフィルタ)より、鮮鋭化の効果は顕著であった。また、従来の鮮鋭化処理にあらわれたモアレ(縞状紋)も本法には出現しなかった。しかし、情報量に着目すると、中央部の情報が11.1%であったものを44.4%にしたに過ぎない。医療画像として利用するためには、情報量が不十分であるという結論に至った。

(3) 2段階エネルギーサブトラクション法：まず、従来のエネルギーサブトラクションで胸部写真から骨陰影を消去する。

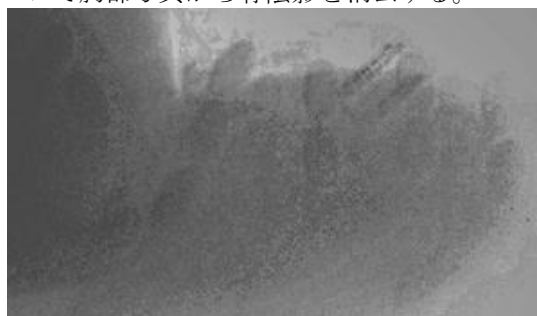


図5 2段階エネルギーサブトラクションで抽出したCaタブレット像

このとき、利用する線質を100kVと80kVの組み合わせと、100kVと60kVの組み合わせの2種類用意する。そして、骨陰影を除去し、軟部組織と石灰化像だけになった2種類の画像の石灰化像の強度差を利用して、2段階目のエネルギーサブトラクションを行った。その結果、直接線を利用するため、明瞭な石灰化像を描出することができた。しかし、乳房だけでなく肺野も軟部組織であるために、1段階目のエネルギーサブトラクションで肺野像が残り、2段階目のエネルギーサブトラクション実行時にミスレジストレーションが発生する可能性が高く、新たな障害陰影となった。

(4) 散乱角度サブトラクション法の開発：乳房に入射する直接X線の入射角度を変化させて、2枚の乳房の側方散乱線画像を作成した。その画像間でサブトラクションを行い、石灰化像の描出能を向上させた。

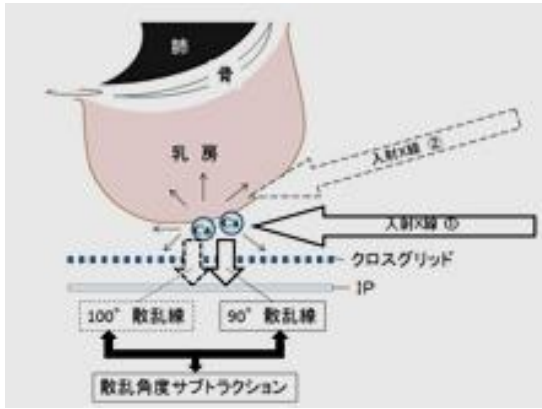


図6 散乱角度サブトラクション理論

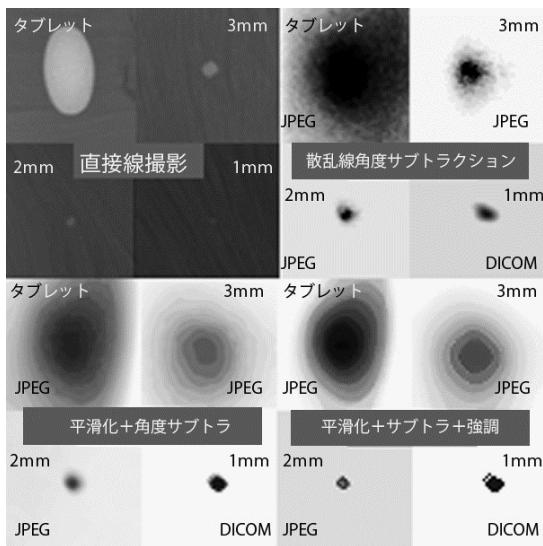


図7 散乱角度サブトラクションの描出能

左上が通常の直接X線による石灰化像の撮影で、右上が同じ被写体を用いて散乱角度サブトラクション、左下が散乱画像を平滑化処理したのちに散乱角度サブトラクションを行った結果、右下が平滑化と散乱角度サブトラクションに加えて強調処理を加えた結果である。結論として、空間分解能において直接線撮影には及ばないものの、1mm径の石灰化像においても散乱角度サブトラクションは濃度分解能は高く、有効であることが判った。しかし、平滑化処理を前処理として行わないと雑音が多く、強調処理においては偽像を生じる可能性があった。しかし、本法は乳房に対して2つの入射角度を設定しなくてはならないため、有効視野が狭くなり、撮影範囲が局限され、実用化が困難であることが問題となった。

(5) 空間周波数領域サブトラクション法(デコンボリューション法)の開発: 目的領域の描出能を向上させる方法である、実空間領域で背景を除去するサブトラクション法

と、空間周波数領域で背景を除去するデコンボリューション法を比較した結果が図8である。図9はシミュレーション結果である。

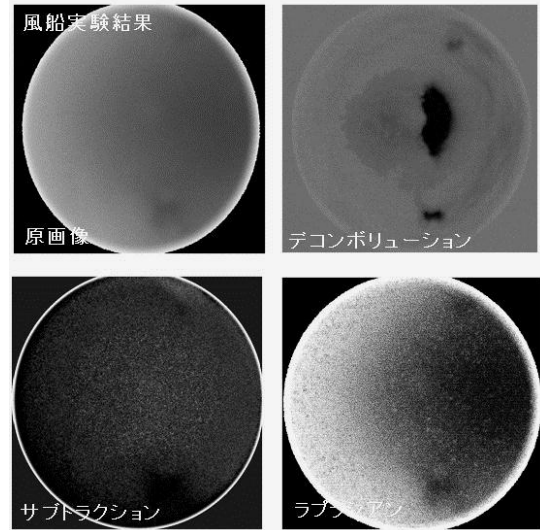


図8 デコンボリューション法の描出能

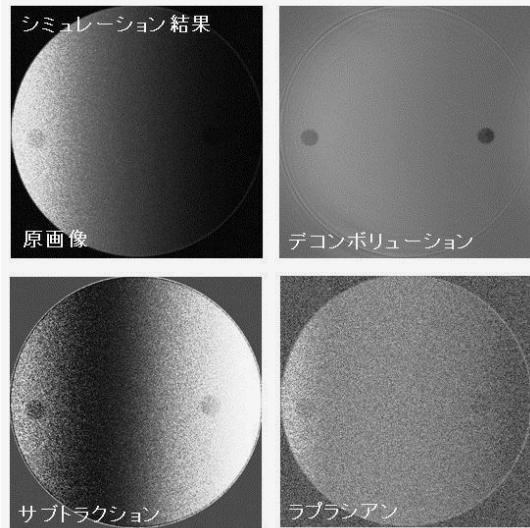


図9 デコンボリューション法の描出能(シミュレーション)

図8において、風船の中に水を充填し、Ca片を2つ挿入し散乱線画像を作成したものが左上、デコンボリューション法が右上、通常のサブトラクションが左下、一般的な画像強調であるラプラシアン処理が右下である。デコンボリューション法が解像度・描出能が最も良い結果を得た。しかし、画像中央部に偽像が出現している。そこで、PC上で疑似乳房風船モデルを作成し、シミュレーションで比較した。しかし、シミュレーションでは偽像の出現はなかった。以上のことから、この偽像の出現理由は、背景に利用する散乱体と乳房の形状のずれであると考えられる。通常のサブトラクションでは影響が出ないが、空間周波数領域では、わずかなミスレジストレーション、形状の差が大きく影響してしま

う。以上により、乳房ごとに適切で精度の良い散乱体を選定しなければならず、実用化が困難であると判断した。

(6) 結論：側方散乱線を利用して撮影を行い、肺野の障害陰影を除去でき、石灰化像を描出、検出できる段階には至った。しかし、画像処理を駆使することで偽像が出現し、有効視野が限局されるため、開発された5つの新技術は実用化に至っていない。

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0件)

[学会発表] (計1件)

- ① 天野貴司, 大倉保彦, 原内 一, 荒尾信一, 村中明, デジタルマンモグラフィにおける最適撮影管電圧の解析 -CNR における、医用画像情報学会、九州工業大学工学部、2013.02.02

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原内 一 (HARAUCHI HAJIME)

川崎医療短期大学・放射線技術科・准教授
研究者番号：20243256

(2) 研究分担者

荒尾 信一 (ARAO SHINICHI)

川崎医療短期大学・放射線技術科・准教授
研究者番号：40212609

天野 貴司 (AMANO TAKASHI)

川崎医療短期大学・放射線技術科・准教授
研究者番号：90249558

成廣 直正 (NARIHIRO NAOMASA)

川崎医療短期大学・放射線技術科・講師
研究者番号：20508965

柳元 真一 (YANAGIMOTO SHINICHI)

川崎医療短期大学・放射線技術科・講師
研究者番号：40508967

松田 英治 (MATSUDA EIJI)

川崎医療短期大学・放射線技術科・講師
研究者番号：30508966

渡部 茂 (WATANABE SHIGERU)

川崎医科大学・医学部・講師

研究者番号：20368640

今城 吉成 (IMAJO YOSHINARI)

川崎医療短期大学・その他・学長

研究者番号：00090225