

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 4月23日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22611014

研究課題名（和文） 放射線検査における診断の正確さと医療被ばくの関係の最適化に関する研究

研究課題名（英文） Study for optimizing the relationship between diagnostic accuracy and patient dose in radiological examination

研究代表者

白石 順二（SHIRAIISHI JUNJI）

熊本大学・大学院生命科学研究部・教授

研究者番号：30551311

研究成果の概要（和文）：本研究では、放射線検査における医療被ばくの低減を目的として、検査における放射線量を減らした場合に問題となるノイズの増加とそれに伴う診断能の低下との関係を調査した。調査にあたり、実際に患者に与える放射線量を変化させて検査を行うことはできないので、まず、既存の放射線画像データから、放射線量を少なくして撮影した画像と同等の画像を再構成する手法を開発し、そのROC解析による評価法を確立した。

研究成果の概要（英文）：In this study, for the reduction of patient dose in radiologic examinations, we investigated a relationship between degradation of diagnostic accuracy due to the increase of image noise and the reduction of exposure dose for the examination. Because the use of real X-ray images obtained from the patient by changing exposure dose were prohibited, we developed a new method to simulate low-dose X-ray images by use of the original X-ray images and established the method for evaluating clinical utility of simulated low-dose images by use of receiver operating characteristic (ROC) analysis.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：医学，保健学

科研費の分科・細目：医学物理学・放射線技術学

キーワード：医療被ばく，ROC解析

1. 研究開始当初の背景

(1) 医用画像が医療の発展に寄与する効果の判定は、6つのレベル（1.画像の技術的な品質，2.診断の正確さ，3.診療方針における効果，4.治療における効果，5.QOLにおける効果，6.社会的効果）で行う必要がある。ここで、レベル1の画像の技術的な品質は、物理特性の測定結果によって評価されるが、その評価結果はレベル2の診断の正確さと直接

的には関係しない。そのため、放射線検査によって得られる診断の正確さは、検査から得られた画像を読影する医師の判断においてのみ評価される。さらに、診断の正確さを評価する場合には、放射線検査による医療被ばくが最適化されていることが必要である。

(2) 一般にX線検出器に到達する放射線の量が増加すると、放射線画像に含まれるノイズの量が減少し、画質が向上する。画像の画質

が向上すると、画像の見えやすさが向上し、診断の正確さも向上するが、ある程度以上の放射線量の増加（同等な被検者で考えた場合の被ばく線量の増加）は、単に医療被ばくを増加させるだけで、診断の正確さの向上には寄与しない。近年、こういった不要な医療被ばくの増加を制限し、被検者の被ばくを最適化することを目的として、診断参考レベルがICRPから勧告されている。しかし、診断参考レベルは助言的なもので、最適化のための方法についての検討は提案されていない。

(3) 診断の正確さを評価する指標としては、感度と特異度が一般的に用いられている。感度とは異常のある症例を正しく異常と判断する確率で、特異度は正常な症例を正しく正常と判断する確率を示す。この感度と特異度という指標は、単独のシステムを評価する場合には有効であるが、同じシステムで被ばく線量を変化させて評価を行い、結果として、片方は感度において優位であるが、もう一方は特異度において優位という場合、そのどちらが診断の正確さにおいて優れているのか、判断が困難となる。

(4) 観察者受動特性 (Receiver Operating Characteristic:以下, ROC) 解析は、医用画像システム、撮像手法、および診断技術などの診断能を評価する目的で、放射線医学研究の幅広い分野で用いられている評価法で、感度と特異度だけでは判断が困難と考えられる診断の正確さの優劣判定に効果を発揮する。そこで、本研究では、ROC解析を用いて、診断の正確さと被ばく線量の関係を推定し、診断能を損なわずに、医療被ばくを最適化する方法を提案した。

2. 研究の目的

(1) 近年、放射線検査は疾患の早期発見・診断、および治療効果の判定において不可欠であるが、放射線検査によって得られる診断の正確さと、その検査によって被検者の受ける医療被ばくの関係は、診断に必要とされる情報に応じて最適化されなければいけない。放射線画像システムにおけるデジタル検出器の普及は、放射線に対するシステムの感度を自在にコントロールすることを可能にしたが、従来のアナログシステムと比較して、医療被ばくの低減が実現されたとは言えない。本研究では、デジタル画像システムの利点を生かし、診断に必要とされる情報に応じて、放射線検査における診断の正確さと医療被ばくの間関係を最適化する方法に関して検討を行い、医療の質を低下させずに、被ばくの低減を実現するための手法を提案することを目的とする。

(2) 平成23年3月に発生した東北大地震に伴う福島原子力発電所事故は、国民の放射線に対する危機意識を新たにさせた感がある。こ

れまで、医療のためということ以轻視されてきた放射線検査による医療被ばくについても、放射能による環境汚染の比較対象として政府やマスコミの表現に用いられたことから、これまで以上に国民の関心が高まってきた。医療被ばくの最適化が本研究の主たる目的であるが、侵襲的な放射線検査においては、患者を研究対象として被ばく線量の最適化を行うことが不可能である。そのため、本研究では病院に保管されている膨大なCT画像データからデジタル人体ファントムを形成し、そのデジタルファントムからシミュレーション画像を得る手法の開発も目的に含める。また、放射線画像の質は、最終的には医師の読影によって病変部が見落されるかどうか依存するので、その最適化のためには、撮影時に照射する放射線量を低減し、その結果として、医師の病変の見落としの可能性が無視できるレベルを確定することである。そして、その評価を行う手法としては、現時点ではROC解析がもっとも適していると考えられている。しかし、統計的な理論や統計処理ソフトウェアは存在するものの、ROC実験に必要な知識をまとめた教科書的な文献もソフトウェアも存在しないのが現状であった。そこで、本研究のもう一つの目的として、ROC解析に必要なソフトウェアの開発を主に行い、それと同時に医療被ばく低減の効果判定におけるROC実験法の確立を含める。

3. 研究の方法

(1) 被ばく線量の最適化の研究のために、もっとも単純で有効と考えられる方法は、同一の患者に線量の違うレベルで放射線検査を実施し、その診断能の違いをROC解析等で評価することである。しかし、こういった実験方法は倫理的に不相当で、現在の医療社会において行うことは不可能である。そのため、本研究では、病院等に保管されている過去に行われた無数のCT画像データから、デジタル人体ファントムを形成し、シミュレーションにより放射線検査を実施し、同一のデジタル人体データから、放射線量のレベルの設定の異なるX線画像を模擬的に作成する手法を開発する。そして、開発した新しい手法により作成されたX線画像の臨床的有効性を評価し、それらの画像を用いて、放射線検査における医療被ばくの最適化のためのROC解析によるROC実験を実施する。また、その実験計画と並行して、ROC実験に必要なと考えられるROC実験用のソフトウェアの開発を行う。

(2) 従来の線量で撮影された画像から低線量画像を作成する手法を開発する。本研究で重要な位置を占めるコンピュータ処理の処理パラメータを決定するために、実際に低線量で撮影した画像とコンピュータ処理で作

成された低線量画像の両方を用いて同一の ROC 観察者実験を行い、それらの診断の正確さにおける評価結果が一致する線量低減処理のパラメータを決定する。

(3) 臨床において検出が困難と診断された病変を含む画像を選択し、それらの画像から線量低減処理により低線量撮影画像を数種類作成する。そして、それらの低線量画像を用いて JAFROC 観察者実験を実施し、得られたデータを解析し、線量の低減と診断の正確さの関係を推定し、診断能を損なわずに線量を低減させる（場合によっては増加させる）レベルについて検討する。

4. 研究成果

(1) Multi-row detector CT (MDCT)における撮影線量と低コントラスト分解能における診断の正確さとの関連性に関して、これまでの研究から撮影線量が少なくなると診断の正確さが統計的有意差を持って低下することがわかっている。図1はCT装置のQA/QCに用いられる低コントラスト分解能評価用ファントムを管電圧は一定で、管電流×撮影時間を300mAs, 200mAs, 100mAsと低減させた場合のCT画像とそのCT画像を用いて行ったROC観察者実験から得られたROC曲線である(図2)。CT画像上では、線量の変化による検出能の変化は判定しにくい、ROC解析を行うことで、線量の低下により、統計的に有意に検出能が低下することが証明されている。

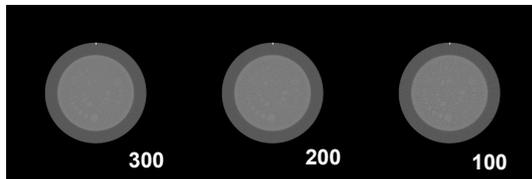


図1 撮影線量を変化させて撮影したCT像

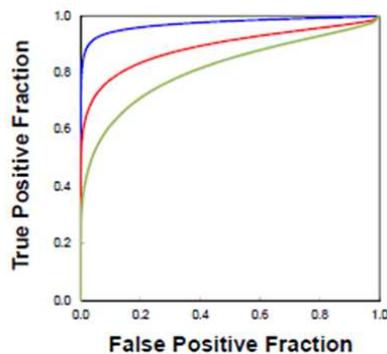


図2 撮影線量が300mAs(青), 200mAs(赤), 100mAs(緑)の場合のROC曲線

(2) 本研究の第一段階として、図2に示したROC観察者実験と同じ実験を、実際に線量を下げて撮像した画像ではなく、コンピュータ処理により作成した線量低減処理画像を用

いて実施するために作成した線量低減処理画像の例を図3に示す。

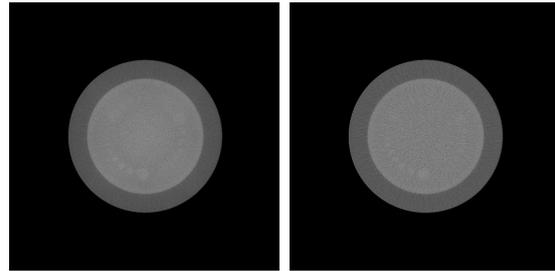


図3 実際に100mAsの線量で撮影した画像(右)と300mAsで撮像した画像からコンピュータ処理で作成した低線量画像(100mAs相当)

(3) 図4に本研究の中で開発したROC観察者実験用ソフトウェアでROC実験を行う際のウィンドウの一例を示す。ここに示すのはROC実験の例であるが、このソフトウェアはJAFROC解析にも対応している。

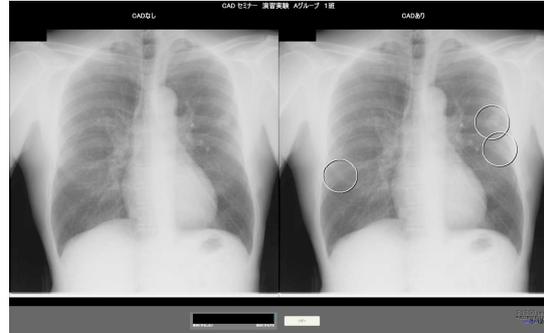


図4 ROC観察者実験用ツールROC Viewer

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4件)

- ① Shiraishi J, Fukuoka D, Hara T, Abe H. Basic concepts and development of an all-purpose computer interface for ROC/FROC observer study. Radiol Phys Technol. 2013 Jan;6(1):35-41. (査読有)
- ② Shiraishi J, Li Q, Appelbaum D, Doi K: Computer-Aided Diagnosis and Artificial Intelligence in Clinical Imaging. SEMINARS IN NUCLEAR MEDICINE 41(6): 449-462, 2011. (査読有)
- ③ 田中利恵, 白石順二, 高森美保, 渡千寛: ROC解析による患者体動に起因する不鋭の検出能の評価—ファントム画像による診断用LCDと画像プレビュー用LCDの比較—, 日本放射線技術学会誌, 67(9): 772-778, 2010. (査読有)

- ④ 竹田 智, 後藤 淳, 丸野達也, 持留浩輔, 白石順二: Receiver operating characteristics(ROC)解析における信号の選択に関する検討, 日本放射線技術学会誌, 66(11):1467-1473, 2010. (査読有)

[学会発表] (計4件)

①橋詰優子, 白石順二, 他, デジタル乳腺撮影装置における照射線量と低コントラスト分解能の関係ー乳腺撮影用ファントムによるROC解析ー, 日本放射線技術学会 第69回総会学術大会, 2013年4月11日-14日, パシフィコ横浜, 横浜市, 神奈川県.

②後藤 淳, 白石順二, 他, X線CT装置における照射線量と低コントラスト分解能の関係ーX線CT性能評価用ファントムを用いたROC解析ー, 日本放射線技術学会 第69回総会学術大会, 2013年4月11日-14日, パシフィコ横浜, 横浜市, 神奈川県.

③竹永智美, 白石順二, 他, CT検査における低線量画像のシミュレーションーファントムによる基礎評価ー, 日本放射線技術学会 第69回総会学術大会, 2013年4月11日-14日, パシフィコ横浜, 横浜市, 神奈川県

④ Shiraishi J, CAD for differential diagnosis of hepatocellular carcinoma (HCC) in contrast-enhanced ultrasonography. 13th International Workshop on Computer-Aided Diagnosis, 2011 June 23, Berlin, Germany.

⑤竹田 智, 白石順二, 一般X線撮影法の評価のためのデジタル人体ファントム, 日本放射線技術学会 第38回秋季学術大会, 2010, 10月14日, 仙台国際センター, 仙台, 宮城.

[その他]

ホームページ等

(研究成果紹介)

<http://www.img.hs.kumamoto-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白石 順二 (SHIRAISHI JUNJI)

熊本大学・大学院生命科学研究部・教授

研究者番号: 30551311

(2) 研究協力者

竹田 智 (TAKEDA SATOSHI)

熊本大学・大学院保健学教育部・大学院生

研究者番号: なし

竹永 智美 (TAKENAGA TOMOMI)

熊本大学・大学院保健学教育部・大学院生

研究者番号: なし

橋詰 優子 (HASHIZUME YUKO)

熊本大学・医学部附属病院・診療放射線技師

研究者番号: なし

後藤 淳 (GOTOU MAKOTO)

熊本大学・医学部附属病院・診療放射線技師

研究者番号: なし