

200938002A

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

じん肺健康診断におけるエックス線デジタル

撮影画像の活用に関する研究

平成21年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 村田喜代史

平成22(2010)年3月

目次

I. 総括研究報告書

| | |
|-----------------------------------|---|
| じん肺健康診断におけるエックス線デジタル撮影画像の活用に関する研究 | 1 |
| 村田喜代史 | |

II. 分担研究報告書

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. デジタル塵肺画像に関する国際的動向に関する調査研究 | 6 |
| 2. じん肺デジタル写真表示条件の再検討 | 15 |
| 3. 高知でのじん肺症例収集と高精細モニター間のじん肺読影検討 | 41 |
| 4. デジタルじん肺標準写真の作成に関する検討 | 53 |

候補症例呈示

じん肺健康診断におけるエックス線デジタル撮影画像の 活用に関する研究

主任研究者：村田喜代史（滋賀医科大学医学部放射線医学）

研究要旨：

じん肺健康診断に用いられる胸部エックス線写真はアナログ画像からCR、DRといったデジタル画像に急速に転換されつつあることから、これらのデジタル画像に対応したじん肺健康診断システムの確立が緊急の課題となっている。特に、じん肺エックス線分類の比較対象は、今なお1980年代のアナログ標準写真であり、現在の胸部エックス線写真とは大きく異なっていることから、デジタル画像での標準写真の確立が必要不可欠と考えられる。これまでの班研究において7施設から集積された1209例のCRおよびDR写真の中から症例の絞り込みを行い、標準写真候補症例として、83例を抽出した。平成22年度に、全国の地方じん肺審査医の読影実験を通じて、最終決定をめざす予定である。一方、モニター診断に移行するには、モニター条件の設定が必要であるが、高知大学において、解像度の異なる5MP、3MP、3MPカラー、2MP高精細モニターにおける画質評価、陰影密度、大陰影、肺気腫などのスコアを比較し、モニター間での差を検出するかを読影実験によってさらに検討した。その結果、モニター間には、読影結果に有意の違いを認めなかった。

また、現在設定されているじん肺デジタル画像の撮影表示条件においては、従来のアナログ画像にできるだけ近い画質を目標としたために、縦隔心臓部分の描出能が不十分で、肺癌検出に問題があることが指摘されている。そこで、この領域の描出能を改善するダイナミックレンジ圧縮処理の使用の可否を判定するために、63例のじん肺症例を用いて、この処理によって、じん肺エックス線病型判定に有意の違いが出るかを検討したところ、この処理の有無によって、読影結果に大きな違いが出ることはないことが明らかになった。

一方、国際的にも、胸部エックス線写真のデジタル化は急速に進んでいるが、じん肺検診におけるデジタル写真の利用やモニター診断の状況は国ごとに大きく異なっていることが、明らかになった。また、ILOでもデジタル写真の標準化に向けた取り組みが進んでいる。

<分担研究者>

相澤好治 北里大学医学部 衛生学公衆衛生学
岸本卓巳 労働者健康福祉機構岡山労災病院
坂谷光則 国立病院機構近畿中央胸部疾患センター
日下幸則 福井大学医学部 環境保健学
志田寿夫 アドバイザー

<研究協力者>

工藤雄一郎 北里大学医学部 衛生学公衆衛生学
加藤勝也 岡山大学医学部 放射線医学
審良正則 国立病院機構近畿中央胸部疾患センター放射線科
田村太朗 福井大学 環境保健学
菅沼成文 高知大学医学部 環境保健学
荒川浩明 獨協医科大学医学部 放射線医学
野間恵之 天理よろづ相談所病院 放射線科
芦澤和人 長崎大学医学部がん診療センター
坂井修二 九州大学医学部 保健学科
松本徹 放射線医学総合研究所
木村清延 岩見沢労災病院
五藤雅博 愛知県健康管理機関協議会
大西一男 神戸労災病院
林邦昭 長崎労災病院
田中利彦 (財) 神奈川県予防医学協会
萩原明 (財) 神奈川県予防医学協会 放射線技術部
高橋雅士 滋賀医科大学 放射線部

新田哲久 滋賀医科大学 放射線医学
松尾 悟 滋賀医科大学 放射線部
野間和夫 滋賀医科大学 放射線部
濱田典彦 高知大学医学部 放射線医学
窪田哲也 高知大学医学部血液・呼吸器内科
森田 賢 近森病院画像診断センター
片渕哲朗 岐阜医療科学大学保健科学部 放射線技術科

<企業研究協力者>

濱窪高洋 日本アグファ・ゲバルト株式会社
西田省三 キヤノンマーケティングジャパン株式会社
岡 知樹 ケアストリームヘルス株式会社
吉村 仁 コニカミノルタエムジー株式会社
高濱公大 株式会社島津製作所
斉藤隆司 シーメンス旭メディテック株式会社
守部芳生 GE 横河メディカルシステムズ株式会社
大久保彰 株式会社日立メディコ
山田真一 株式会社フィリップス エレクトロニクス ジャパン メディカルシステムズ
大島裕二 富士フイルムメディカル株式会社
長谷川幹夫 東京特殊電線株式会社
比良浄敬 株式会社ナナオ
板谷元照 株式会社イメージワン
新井信勝 日本ヒューレットパッカー株式会社

A. 研究目的

じん肺は、今なお代表的な職業性疾病であり、じん肺発症のおそれのある粉じん作業従事労働者やその離職者に対しては、じん肺法をはじめとする様々な制度に基づき、じん肺健康診断等の健康管理、作業管理及び作業環境管理といった労働衛生対策が講じられている。

このうち健康管理対策については、じん肺健康診断やじん肺審査を通して決定されるじん肺管理区分に基づいて行われる。じん肺健康診断において撮影されるエックス線写真は、じん肺法により直接撮影によるエックス線写真と定められ、じん肺エックス線分類の判定は対象のエックス線写真とアナログ標準フィルムとの比較読影により行われる。

ところが、近年、イメージングプレートを用いたComputed Radiography (CR)やフラットパネル検出器を用いたDigital Radiography (DR)といったデジタル画像撮影装置が、急速に医療機関に導入され、じん肺患者の診療にも幅広く使われるようになってきている。近い将来にはアナログ画像はデジタル画像に完全に置換されると予想されている。

したがって、デジタル画像に対応した、じん肺健康診断やじん肺診査システムの構築が緊急の課題となっており、とくに、画像観察法がフィルムからモニターに急速に転換されつつある現状から、モニター診断システムの確立が重要となってきた。本研究は、このような現状に対応するために、種々の課題に対して基礎的な検討を行うおうとするものである。

また、現在のじん肺標準写真は1980年代のアナログ画像で作成されており、現在の標準的な胸部エックス線画像とは大きく異なっているこ

とから、デジタル胸部画像を用いた標準写真の作成が必要であることは明らかであり、その完成に向けた症例収集が重要である。

B. 研究方法

本研究の今年度の具体的方法は以下の通りである。

1. デジタル塵肺画像に関する国際的動向に関する調査研究
2. じん肺デジタル写真表示条件の再検討
3. 高知でのじん肺症例収集と高精細モニタ間のじん肺読影検討
4. デジタルじん肺標準写真の作成に関する検討

C. 研究結果

1. デジタル塵肺画像に関する国際的動向に関する調査研究

じん肺分野においても国際的にデジタル画像の導入が進められているが、アナログ画像を基準としてきた長い歴史があるために、デジタル化の導入にあたっては各国様々な対応がとられている。その中でデジタル画像先進国のドイツの状況と国際的標準化を推進している ILO 標準写真の現状を調査検討した。また海外の専門家たちに行ったデジタル化に関するアンケート調査と国際的なじん肺読影訓練コースとしてのアジアじん肺読影訓練コース、Asian Intensive Reader for Pneumoconiosis (AIR Pneumo)における活動を報告した。

2. じん肺デジタル写真表示条件の再検討

現在、認められているデジタル胸部エックス線画像のじん肺表示条件は、心臓縦隔部の描出能が

十分でなく、肺癌検出における問題点が指摘されている。そこで、肺野の画質を大きく変えることなく、心臓縦隔部といった低濃度部の描出能を改善するダイナミックレンジ圧縮処理をじん肺表示条件に加えることが可能かどうかを検討した。種々の程度の病変を含む、じん肺患者63例において、じん肺表示条件とダイナミックレンジ圧縮処理付加条件の2枚の画像を作成し、計126枚の画像を12人の読影医によってランダムにエックス線病型を判定し、両者の一致度を評価した。じん肺表示条件での病型判定とダイナミックレンジ圧縮処理付加条件での病型判定の一致の程度は、フィルム評価で平均一致率が79.9%、カッパ値の平均が0.7364と良好な一致度を示した。また、同時に施行したモニターでの評価においても、平均一致率が83.1%、カッパ値の平均が0.7544、と同様に良好な一致度を示した。したがって、2つの画像では、ほぼ同等のじん肺判定が可能であることが示され、ダイナミックレンジ圧縮処理をじん肺表示条件に加えることは許容されると考えられた。

3. 高知でのじん肺症例収集と高精細モニター間のじん肺読影検討

高知大学では高知の協力病院においてフォローされている約100名の患者と40名程度のコントロールの胸部画像および呼吸機能検査を収集し、じん肺症例データベースを作成し、胸部画像と呼吸機能検査との関連性を検討している。これらの症例については、吸気及び呼気のMDCTによる画像データも保存している。さらに、これらの症例ではスパイロによる呼吸機能検査結果も含まれており、画像については胸部単純画像とCT、そしてその画像情報と生理機能についての検討

が可能である。この中から、代表的な21例を選びだし、モニター上での診断に高精細モニターの解像度が影響するかを検討するため、解像度の異なる5MP, 3MP, 3MPカラー、2MP高精細モニターでの画質評価、陰影密度、大陰影、肺気腫などのスコアを比較し、モニター間での差を検出するかを検討した。3名の医師(放射線科医、呼吸器内科医、産業医(B reader))により4つのモニターを用いて読影実験を行った。分析には21例分×3名の読影者×4種のモニター=252例を対象とし、読影者内一致度、読影者間一致度を κ を用いて検討した。また、モニター間の差を検討するため、症例差、読影者の差を考慮して、繰り返しのある二元配置分散分析で検討した。その結果、各読影者間の一致はある程度よく、4段階尺度では $\kappa=0.43-0.74$ と良好な一致を示していた。モニター間の差の読影結果(画質評価、陰影密度(PR)、大陰影、融合像、気腫)に対する影響を、読影者の差、症例間の差などを考慮して繰り返しのある二元配置分散分析で行ったところ、画質について読影者間の差が、大陰影についてモニター間の差が検出された以外は有意な差を認めなかった。大陰影についてのモニター間の差は、融合像を考慮して、大陰影あるいは融合像がある場合で比較すると、有意な関係が消滅した。このことは、大陰影の判定にモニターの解像度の差が影響を与えている可能性を示唆しているが、詳細は更なる検討が必要である。読影結果はモニターの差よりも読影者の差が大きかったため、読影結果の標準化のための何らかの研修を定期的に行うことが必要と思われるし、肺機能検査やMDCTなど裏付けのある症例を用いての検討が必要と思われる。これについてのパイロット研究で肺機能と胸部エックス線検査による大陰影の程度と

に相関がみられた。

4. デジタルじん肺標準写真の作成に関する

検討

胸部エックス線写真がデジタル写真に置き換わっていく中で、じん肺標準写真も現在の画質の劣化が著しいアナログ写真からデジタル画像への転換が必要不可欠である。7施設から集積された1209例のCR写真およびDR写真の中から、じん肺健康診断や胸部エックス線診断に修練した多くの医師によって、症例の絞り込みを行い、その結果、0型17例、粒状0/1型2例、粒状1/0型7例、粒状1/1型14例、粒状1/2型2例、粒状2/2型9例、粒状2/3型2例、粒状3/2型1例、粒状3/3型4例、4型11例、不整形1/0型4例、不整形1/1型4例、不整形2/2型3例、不整形2/3型1例、不整形3/3型2例、計83例の標準写真候補を絞り込んだ。今後は、全国の地方じん肺審査医の読影実験を通じて、最終決定する予定である。

平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金（労働衛生総合研究事業）
分担研究報告書

デジタル塵肺画像に関する国際的動向に関する調査研究

分担研究者: 志田寿夫（財団法人全国労働福祉協会）
日下幸則（福井大学医学部 環境保健学）
研究協力者: 田村太朗（福井大学医学部 環境保健学）
菅沼成文（高知大学医学部 環境医学）
審良正則（国立病院機構近畿中央胸部疾患センター）
周華仕（福井大学医学部 環境保健学）

研究要旨：

じん肺分野においても国際的にデジタル画像の導入が進められているが、アナログ画像を基準としてきた歴史上、デジタル化の導入にあたっては各国様々な対応がとられている。その中でデジタル画像先進国のドイツの状況と国際的標準化を推進している ILO 標準写真の現状を報告する。また海外の専門家たちに行ったデジタル化に関するアンケート調査と国際的なじん肺読影訓練コースとしてのアジアじん肺読影訓練コース、Asian Intensive Reader for Pneumoconiosis (AIR Pneumo)における活動を報告した。

A. 研究目的

日本も含めた先進国では Digital and Computed Radiography (DR/CR) の導入が進んでおり、臨床現場ではアナログやフィルムスクリーンシステムからデジタルモニタ診断に置き換わってきている。その中で各国ともじん肺のスクリーニングについてもデジタル画像の使用が求められているが、その状況は各国により異なっている。

デジタル画像先進国ドイツの状況について報告したうえで、ILO による国際じん肺標準写真のデジタル化の動向と各国の専門家に対して行ったデジタル画像に関するアンケートの調査結果を報告する。また国際的なじん肺読影訓練コースであるアジアじん肺読影訓練コース、Asian Intensive Reader for Pneumoconiosis (AIR Pneumo)におけるデジタル画像の取り扱いについ

ても報告する。

B. 研究方法

1. ドイツ B リーダーグループ(日本における中央塵肺審査医に相応する顧問的専門家集団、十数名から構成されている)からの聴取
2. ILO パネル (ILO 本部労働衛生部に対する国際的専門家の諮問的グループ) からの聴取
3. 呼吸器障害科学委員会 Scientific Committee on Respiratory Disorder (SC-RD), 国際労働衛生学会 International Commission on Occupational Health (ICOH) へのアンケート調査
4. AIR Pneumo Committee よりの聴取

C. 研究結果

1. デジタル画像先進国ドイツの状況¹⁾

ドイツにおいては旧東ドイツ地域では 100%のデジタル化が進んでおり、旧西ドイツでもデジタル化は進んでいる。そういった状況下で、ドイツの国家的じん肺専門家集団であるドイツ B リーダーグループが主導で、ドイツ国内におけるデジタルじん肺画像の推進のための活動が行われている。

その中でデジタル画像とアナログ画像の評価として 50 名のウラン鉱員を対象として、じん肺写真読影の専門家 4 名による DR と FSR の比較独立読影が行われている。その結果画像の質についてはデジタル画像の方が良好であり、肺実質所見については同一カテゴリーとしての一致は 72～82%であり、1 カテゴリーの差まで含めると 98%の一致を得ている。また過大評価過小評価は認められないという結果が得られており、じん肺の読影に際して DR は Film Screen Radiography (FSR) に劣るものでないことと実証されている²⁾。

ただし、ドイツにおいても、デジタル画像への移行が進んでいるが、デジタル画像での読影ができないことや、そのために遠隔医療技術を用いたオンライン読影などができないことが問題として挙げられている。また現在のデジタル画像と以前のアナログ画像に互換性があるのかについても疑問が呈されている。

またドイツ B リーダーグループはデジタル画像のプリントサイズは 2/3 以上で印刷すること³⁾、CD-Viewer を同梱した DICOM3.0 フォーマットの未圧縮ないし可逆圧縮の画像を使用すること、モニタのピクセルサイズを 200 μ m 未満とし、幅 0.3mm の線状陰影の分解能があるものを 2 台並べて標準写真と比較しながら読影することなどを提言している。

こういった活動により、ドイツ国内でのデジタル化が進められているが、アスベスト曝露コホー

トにおけるデジタル CXR とアナログ画像を比較した系統的研究がドイツにおいてまだなされておらず、デジタル胸部画像の読影と分類について高い技術的な要件が必要なことから、専門特化した医師の間で脱落者を誘導することも懸念されている。また経年的に一人の塵肺作業員で撮られた胸部 X 線を読影者が再現性を持って信頼できる読影結果を出せるかどうか、依然として課題である。

2. ILO 標準写真のデジタル化の状況

現在の 2000 年度版 ILO 標準写真のデジタイズ画像を使用し、モニタ読影可能なように DICOM ビューアーとセットにして CD にて提供する計画が立てられている。テキストとしてはデジタル画像の使用のためのガイドラインが現ガイドラインの第 6 章として追加される。その中でモニターの基準 (3M 以上)、2 面のモニタを使用する、標準写真に加工は加えないことなどが記載される予定である。ただデータの処理・保存については各国の法規に任せられている。

こういった方針が現在立てられているが、実際の標準画像、ガイドライン文章内容についてはアメリカ国立労働安全衛生研究所がデジタル化を行い、読影実験を行うなど、現在も未だに準備検討中であるが、今年 (平成 22 年) 中には決着する予定である。

3. 国際的なデジタル画像の普及に関するア

ンケート調査の結果⁴⁾

<方法>

国際労働衛生学会呼吸器障害科学委員会の構成員 (アメリカ、中国、インドネシア、ドイツ、日本、イタリア、シンガポール、ブラジル、タイ、デンマークの 10 カ国の専門家) を対象にアンケートを行い、世界各国のデジタル画像の取り扱いについて調査を行った。調査項目の概要は以下の通りである。

- 1) デジタル胸部画像が粉じん曝露労働者のスクリーニング方法として、またその読影結果が法的なレポートとして政府に認められているかどうか。
- 2) デジタル画像を表示する推奨パラメータがあるか。
- 3) 年1回のCTスキュンのコストを政府ないし補償基金がカバーするか。
- 4) 粉じんによる肺疾患の評価のためにHRCTやthin-section CTの使用頻度は高いか。
- 5) 胸部レントゲン上異常が認められないがCTにて線維化を認めた場合に補償対象のじん肺と認められるか。

また各国の専門家にじん肺診断のためにデジタル画像を用いることに関する意見も自由記入式に求めた。

アンケート項目の詳細は添付資料に記載されている。

<結果>

- 1) スクリーニング検査が認められているか
 - ・ 認められていない国（アナログ or フィルムスクリーンシステムのみ）：
アメリカ、中国、インドネシア
 - ・ 認められている国：
ドイツ、日本、イタリア、シンガポール（読影のための画像パラメーターなどの諸条件は存在しない）
 - ・ 政府より指示がない国：ブラジル、タイ
 - ・ 法的なスクリーニングが存在しない国：
デンマーク
- 2) モニタ読影が認められているか
 - ・ 認められている国：
ドイツ（じん肺専門家によるCDが提供）、

イタリア、シンガポール

- ・ 認められていない国：
日本、米国、中国、インドネシア
 - ・ 政府より指示がない国：ブラジル、タイ
 - ・ 法的なスクリーニングが存在しない国：
デンマーク
- 3) および 4) CTの取り扱いについて
 - ・ 評価に使用されている国：
米国、ドイツ、デンマーク、イタリア、
日本、シンガポール
 - ・ 年1回のCTが補助されている国：
日本、タイ（ただし限定的な場合）
 - 5) 胸部画像正常でCT上の線維化病変がじん肺として補償の対象となる国：
イタリア、デンマーク、ブラジル、日本

各国の専門家にじん肺スクリーニングに関するデジタル化について意見を募ったところ、ドイツ、イタリア、シンガポールよりは引き伸ばしでの画像表示処理や保管の容易さについての同等性や優位性などからデジタル化が望まれているという意見が寄せられている。しかし一方ではタイではデジタル技術の質のコントロールが必要であることや、ブラジルではよりよい評価のための新たな技術として導入しようとしているが、経済的技術的要因についても十分に考慮されねばならないといった意見も出ており、同様にインドネシアよりも、もし経済的要因が解決されるならば、胸部X線の撮影と読影の標準化と改善の目的のために必要であるとの意見があった。

4. AIR Pneumoにおけるじん肺デジタル画像について⁵⁾⁶⁾

アジアじん肺読影訓練コースが2008年12月タイにて、2009年8月にブラジルにて行われた。本訓練コースはILO国際じん肺分類に準拠する

じん肺の読影訓練コースとして開発され、試験により読影スキルを評価して、証書の発行も行っている。現在まで2回の試験においてタイ、日本、中国、ブラジル、コンゴ、ベトナム、ブラジルの医師総計47名が合格している。本訓練コースは日下を主導者とした日泰両国産業衛生学会からのプロジェクトチームが中心になって、日本とタイを中心に訓練用フィルム、試験フィルムを収集しているが、その中にはアナログ、デジタルを含めた画像が収録されており、正常例や塵肺症例の双方についてバラエティに富むフィルムを含めることで、デジタル化に対処している。ただ、現在までのところ読影方法としてはフィルムスクリーン方式(FS)をとっており、モニタ読影は行われていない。また2010年12月にタイにおいて次の訓練コースが企画されているが、その次回コースにおいてもフィルムスクリーン方式を使用する予定である。(http://airp.umin.jp/)

D. 考察と結語

じん肺読影のデジタル化について、ドイツの現状を中心に世界各国の国際的動向について概説した。国際的には先進国を中心にデジタル画像・モニタ診断への移行が着実に進んでいるが、未だにフィルムスクリーン式が主体の国々も多数ある。国際的歩調をあわせるためには、フィルムスクリーン式にも対応する必要がある。

そのような状況の中で本邦においても他の先進国と同様にデジタル化が現場で進む中、じん肺法の中でデジタル画像の取り扱いについて議論が進められており、国際的にも検討はされているが、未だになされていないデジタル画像を中心とした標準写真候補の作成という一大事業も本村田班により進められている。今後デジタル画像による標準写真が国際的にも注目されることは必定であり、その意味で本研究の役割と成果は国際的にも重要となってくると考えられる。

謝辞

ドイツBリーダーグループの諸先生
T. Kraus 先生、KG. Herring 先生
ILO パネル、ILO I. Fedotov 先生、
AIR Pneumo 委員会、SC-RD、ICOH、日本産業衛生学会職業性呼吸器疾患研究会
相澤好治先生、小木和孝先生
AIR Pneumo 委員長&SC-RD 委員長
日下幸則先生
SC-RD 世話人 D. Sherson 先生

E. 文献

- 1) T. Kraus, et al, S78-6: Digital Chest X-Ray in The Surveillance of Asbestos-Exposed Workers in Germany, ICOH, Special Session, Cape Town, South Africa, P724, 2009
- 2) Zähringer et al., Comparison of digital selenium radiography with an analog screen-film system in the diagnostic process of pneumoconiosis according to ILO classification, R6Fo 2001: 173; 942-948
- 3) Schaefer CM, Prokop M, Oestmann JW, Wiesmann W, Haubitz B, Meschede A, Reichelt S, Schirg E, Stender HS, Galanski M., Impact of hard-copy size on observer performance in digital chest radiography., Radiology. 1992 Jul;184(1):77-81.
- 4) SC-RD. A study from questionnaire for digital chest radiography and chest CT for medical screening, surveillance and clinical evaluation of dust-exposed workers., Mar., 2009 (manuscript drafted by Yuki. Secretary) http://www.icohweb.org/site_new/ico_scientific_committee_detail.asp?sc=26

5) Zhou HS, et al, T60-7: "AIR Pneumo" Certify the Proficiency of Reading Pneumoconiosis Radiographs According to 5 Criteria, ICOH, Topic Session, Cape Town, South Africa, P466, 2009

6) S. Siriruttanapruk, et al, S78-2: The Capacity Building of Physicians in Reading of Chest X-ray for Pneumoconiosis in Thailand, ICOH Special Session, Cape town, South Africa, P722, 2009

A study from questionnaire for digital chest radiography and chest CT for medical screening, surveillance and clinical evaluation of dust-exposed workers

Drafted by Yuki, Secretary, SC-RD, ICOH. January, 2009

The self-administered questionnaire was developed by Department of Environmental Health, School of Medicine, University of Fukui, and approved by SC-RD, ICOH, in June 2006 in Milan. Questionnaire was distributed to all SC-RD members (list of members attached) and to their colleagues, and collected during from June 2006 to November 2007. Members of SC-RD were from 19 countries including USA, Germany, Japan, China, Finland, Canada, Norway, Saudi Arabia, Singapore, Israel, Tanzania, Portugal, Denmark, Thailand, Sweden, Turkey, United Arab Emirates, Italy, and Korea. Response were obtained from colleagues and members in 10 countries, i.e. USA, Germany, Japan, Indonesia, Thailand, Denmark, China, Singapore, Brazil, Italy. The result from the questionnaire was summarized in the following. It may represent different status o usage of digital chest images for pneumoconioses in clinical evaluation, legal screening and surveillance, and for compensation purposes in various countries. The digital standard images prepared by ILO will contribute to quality control of digital chest imaging and reading in nations. It is also expected that digital chest images for pneumoconioses make exchange of knowledge and experience easier and much deeper.

Summary

1. Governmental acceptance of digital chest radiography (imaging plate type CR or flat panel type DR) for legal screening of currently and past dust-exposed workers
 - (1) No governmental acceptance (only analogue or Film-Screen system approved): USA, China, Indonesia
 - (2) Governmental acceptance: Germany, Japan (with specified post-processing parameters and /or in reduced size); Italy, Singapore (without specifications)
 - (3) No governmental directive existing: Brazil, Thailand
 - (4) No legal screening: Denmark
2. Governmental acceptance of monitor reading of digital chest radiography for legal screening
 - (1) Governmental acceptance of monitor reading: Germany (prepared at the time of the survey and now approved), Italy, Singapore
 - (2) No governmental acceptance: Japan, USA, China, Indonesia
 - (3) No governmental directive existing: Brazil, Thailand

3. Does your government accept digital chest radiography (either imaging plate type CR or flat panel type DR) for medical screening of current and past dust-exposed workers?
 - a. yes (CR, DR, both)
 - b. no
 - c. don't know
4. Does your government accept monitor reading results of digital chest radiography as legal report on pneumoconiosis screening among current and past dust-exposed workers?
 - a. yes
 - b. no
 - c. don't know
5. Is their recommended parameter for visualization of digital chest radiography in your country?
 - a. yes
 - b. no
 - c. don't know
6. Is either type of digital chest radiography used in clinical evaluation of dust-exposed and other patient with chest diseases?
 - a. yes
 - b. no
 - c. don't know
7. Does your government or compensation foundation cover the cost of annual CT scan of current and past dust-exposed workers?
 - a. yes (if with profusion 1/0 or more, with plaque, any dust exposed)
 - b. no
 - c. don't know
8. Is HRCT or thin-section CT used often for evaluation of dust-induced lung diseases in your country?
 - a. yes
 - b. no
 - c. don't know
9. Does your government accept fibrotic findings detected by CT among radiographic normal current and past dust-exposed workers as pneumoconiosis for compensation?
 - a. yes

b. no

c. don't know

10. Please give us your opinion about implementing digital diagnostic measures into pneumoconiosis screening and surveillance.

じん肺デジタル写真表示条件の再検討
— ダイナミックレンジ圧縮付加の影響の検討 —

主任研究者： 村田喜代史（滋賀医科大学医学部放射線医学）

研究協力者： 高橋雅士（滋賀医科大学放射線部）

新田哲久（滋賀医科大学医学部放射線医学）

研究要旨：

現在、認められているデジタル胸部エックス線画像のじん肺表示条件は、心臓縦隔部の描出能が十分でなく、肺癌検出における問題点が指摘されている。そこで、肺野の画質を大きく変えることなく、心臓縦隔部といった低濃度部の描出能を改善するダイナミックレンジ圧縮処理をじん肺表示条件に加えることが可能かどうかを検討した。種々の程度の病変を含む、じん肺患者63例において、じん肺表示条件とダイナミックレンジ圧縮処理付加条件の2枚の画像を作成し、計126枚の画像を12人の読影医によってランダムにエックス線病型を判定し、両者の一致度を評価した。じん肺表示条件での病型判定とダイナミックレンジ圧縮処理付加条件での病型判定の一致の程度は、フィルム評価で平均一致率が79.9%、カッパ値の平均が0.7364と良好な一致度を示した。また、同時に施行したモニターでの評価においても、平均一致率が83.1%、カッパ値の平均が0.7544、と同様に良好な一致度を示した。したがって、2つの画像では、ほぼ同等のじん肺判定が可能であることが示され、ダイナミックレンジ圧縮処理をじん肺表示条件に加えることは許容されると考えられた。

A. 研究目的

職業性呼吸器疾患の健康管理において、胸部エックス線写真は重要な役割をもつが、その撮影法は、増感紙とフィルムを用いたアナログ画像からイメージングプレートを用いたCRやフラットパネル検出器を用いたDRなどのデジタル画像へと大きく変わろうとしている⁽¹⁾⁻⁽⁷⁾。また、その観察法もデジタル情報をフィルムに焼き付けたものからモニターで直接観察する方法が広く普及しつつある。

CR写真については、平成10-11年に、じん肺健康診断へのCRの活用に関する研究班が組織され、その検討によって、CRの使用が認められるとともに、その撮影条件等が定められた⁽⁸⁾。また、DRフィルム法でのじん肺病型分類に関しては、平成18年度⁽⁹⁾ならびに平成19年度⁽¹⁰⁾の厚生労働科学研究において、アナログ画像と良好に一致することが確認され、一定の撮影表示条件を満たすDRの活用が認められた⁽¹¹⁾。

しかし、これらのCRやDRの表示条件の検討で

は、従来の標準写真として使われてきたアナログ画像にできるだけ近い画像となる表示条件を検討したことから、現在、臨床の場で用いられているデジタル胸部エックス線写真の表示条件とはかなり異なったものになっている。とくに、アナログ画像の欠点であった心臓縦隔部の描出能の低さが残る形となって、じん肺の合併症として認められている肺がんの検出に問題があることが指摘されている。

そこで、この問題を解決する方法として、デジタル画像の種々の画像処理の一つであるダイナミックレンジ圧縮処理をじん肺表示条件に追加許容できないかを検討した。ダイナミックレンジ圧縮処理は、肺野の画質を変えずに、心臓縦隔部などの低濃度部のみのコントラストを変えて、この領域の描出能を改善する画像処理である。この画像処理を用いた場合に、じん肺エックス線病型の判定に影響があまり出ないことが必要条件である。

そこで、研究班で収集したじん肺症例を用いて、ダイナミックレンジ圧縮処理のじん肺病型判定への影響を検討した。

B. 研究方法

1. 画像データと表示方法

平成19年-21年に実施した厚生労働科学研究で収集したじん肺症例の中から選択したものを読影実験の対象とした。症例選択は、読影実験に参加しない医師が行い、最終的に読影実験に用いた症例の内訳は、エックス線分類の0型18例（CR12例、DR6例）、粒状1型20例（CR14例、DR6例）、粒状2型15例（CR8例、DR7例）、粒状3型10例（CR5例、DR5例）、計63例（CR39例、DR24例）である。当初は、粒状影と不整形陰影

を含めた読影実験を計画したが、不整形陰影の割合が少ないことを考慮し、今回の検討では粒状影に限定して読影実験を行った。

それぞれの症例において、じん肺表示条件として承認されている条件で表示した画像とこれにダイナミックレンジ圧縮処理を加えた画像を作成し（図1）、126画像を作成した。

DRはキャノン社製DRシステム(CXDI)で撮影されたフラットパネルDR画像データをP値で出力したものを用い、CRは富士フイルム社製FCRで撮影されたデジタルデータをP値で出力されたものを用いた。P値に標準化されたイメージャーで焼き付けられたフィルムと3M白黒モニターで表示されたモニター画像を用いて評価を行った。モニター輝度は使用した2社のデフォルト値とし、Totoku社モニターが410 cd/m²、Nanao社モニターが450 cd/m²であった。DICOMビューワはイメージワン社製POP-Net essentialを用い、ヒューレッド・パカード社製PCを用いて表示した。室内の明るさは約400ルクスとした。

2. 読影実験

読影者は12名の胸部放射線科医、呼吸器内科医、産業医で、胸部エックス線写真の読影経験の豊富な医師である。

(1) フィルム読影

シャウカステン上にじん肺標準写真を掲示し、中央の1枚フィルム分の判定部分を残して、他の部分を遮光した。

126枚の画像を1枚ずつ判定部にランダムに掲示し、読影者がその前面に移動することにより、各読影者が独立して、エックス線分類(0型、1型、2型、3型)を判定した。時間制限は設けなかった。

(2) モニター読影

3M 白黒モニター2台を設置したステーションを2つ設定し、読影者はモニター前に着席し読影した。1つのモニターには、じん肺標準フィルムをデジタル化して作成した画像データの組み合わせ画像を表示し、もう一方のモニターを判定モニターとした(図2)。126枚のCRおよびDR画像をモニター上にランダムな順序で1枚ずつ提示し、各読影者が独立して、エックス線分類(0型、1型、2型、3型)を判定した。時間制限は設けなかった。

3. データ解析

同じ症例のじん肺表示条件とダイナミックレンジ圧縮付加条件の画像間のじん肺病型の一致の程度を(CR)-フィルム群、(DR)-フィルム群、(CR+DR)-フィルム群の各グループで検討し、定量的指標として、一致率と Kappa value を用いた。

また、モニター読影においても、(CR)-モニター群、(DR)-モニター群、(CR+DR)-モニター群で、同様に2種類の画像間のじん肺病型分類の一致の程度を一致率と Kappa value で評価した。

4. 他社における同等画像処理法の検討

キャノン社製 DR および富士フイルム社製 CR におけるダイナミックレンジ圧縮処理とほぼ同等の機能を持つ画像処理について、他社装置での検討を行った。他社装置で撮影した、じん肺症例を収集することは困難であったので、健常者のエックス線写真を用い、ダイナミックレンジ圧縮処理に相当する画像処理を加えた画像を検討した。肺野血管影が大きく変化せずに低濃度部の描出能が向上する範囲を12人の医師の合議で判定

した。

C. 研究結果

(1) フィルムによる評価

まず、焼き付けフィルムでのじん肺表示条件とダイナミックレンジ圧縮付加条件の間の判定結果を比較したが、この両者は良好な一致を示した。表1は12人の読影者におけるDR群、CR群、およびDRとCRを合わせた群での2種類の画像の一致率を表している。一致率の平均はDR群で79.2%、CR群で82.5%、DRとCRを合わせた群で、79.9%であった。表2は、両者の一致度を Kappa value でみたものであるが、DR群で、 0.7138 ± 0.12 、CR群で 0.7467 ± 0.1195 、DRとCRを合わせた群では、 0.7364 ± 0.1074 といずれの群でも良好な一致を示した。

(2) モニター評価

3M 白黒モニターでも同様に、じん肺表示条件とダイナミックレンジ圧縮付加条件の間の判定結果を比較したが、この両者も良好な一致を示した。表3は12人の読影者におけるDR群、CR群、およびDRとCRを合わせた群での2種類の画像の一致率を表している。一致率の平均はDR群で79.9%、CR群で85%、DRとCRを合わせた群で、83.1%であった。表4は、両者の一致度を Kappa value でみたものであるが、DR群で、 0.7173 ± 0.077 、CR群で 0.775 ± 0.1079 、DRとCRを合わせた群では、 0.7544 ± 0.0868 といずれの群でも良好な一致を示した。

(3) 他社における条件の検討

キャノン社のDR(FPD)システムとほぼ同等の画質を提供できるダイナミックレンジ圧縮処理に相当する画像処理条件を他社のDRシステムで

検討した結果のまとめを「資料」として示す。従来、認められている表示条件と追加あるいは差し替え表示条件を、各社ごとに記載している。これらの結果からじん肺健康診断におけるDR画像のチェックリストとしてまとめたものが別表1であり、同様に富士フイルム社CRのダイナミックレンジ圧縮処理に相当するパラメータを他社CRで求め、チェックリストの形で示したのが別表2である。

D. 考察

じん肺健康診断における胸部エックス線写真を用いたじん肺エックス線病型分類は、30年以上前に作成されたアナログ画像による標準写真との比較で行われてきた。判断の基準となる標準写真が変われば、それまでの判定が変わりうる可能性があることから、画質の劣化が著しい標準写真であっても、現在まで変更することなく使用されている。したがって、画像診断技術の進歩によって登場したCRやDRといったデジタル胸部エックス線写真においても、じん肺病型判定の比較対象にはアナログ標準写真を使わざるを得ない。このような制限があることから、CR画像やDR画像をじん肺健康診断に用いることができる条件を決める過程においても、従来のアナログ画像と大きく異なる画質となれば病型判定が変わる可能性が大きいという危惧から、同一じん肺患者におけるアナログ画像にできるだけ近い撮影表示条件を求めるという原則で検討がなされた。

このようにして、決定されたじん肺デジタル画像表示条件は、デジタル画像が本来持つ種々の画像処理能力を押さえ、逆にアナログ画像がもつ欠点をそのまま残してしまっていると言える。とくに心臓縦隔部といった低濃度部は、アナログ画像

では明瞭に描出することが難しい領域で、現在、臨床現場で用いられているデジタル胸部エックス線写真では、コンスタントに心臓縦隔部の描出能が向上しているのに対して、じん肺表示条件では、この領域の描出能が十分でないことが指摘されている。

現在、肺癌の検出においては、このような正常構造に重なった領域に隠れた肺癌は見落としやすい肺癌として注目されており、じん肺患者においても、肺癌のリスクが高まることから、このような肺癌の見落としを避ける意味でも、じん肺表示条件の改善が望まれるところである。

しかし、一方で、肺野の粒状影や不整形陰影は、デジタル画像の画像処理、とくに周波数処理によって様々に変化することから、このような変更は、じん肺エックス線病型判定では避けなければならない。そこで、肺野の画質の変化をできるだけ抑え、心臓縦隔部の描出能を向上させる画像処理が望まれることになる。このような要請から、デジタル画像処理の一つである、ダイナミックレンジ圧縮処理に着目した。ダイナミックレンジ圧縮処理は、とくに低濃度領域のコントラストを変化させて、高濃度部の画質を大きく変えることなく、低濃度部内の肺野の描出能を改善できる画像処理である。

今回、種々の程度の病変を含むじん肺患者において、じん肺表示条件での病型判定とダイナミックレンジ圧縮処理付加条件での病型判定の一致の程度は、フィルム評価で平均一致率が79.9%、カッパ値の平均が0.7364と良好な一致度を示した。また、同時に施行したモニターでの評価においても、平均一致率が83.1%、カッパ値の平均が0.7544、と同様に良好な一致度を示した。種々のじん肺病変を含む63例の12人の読影者に