

労災疾病臨床研究事業費補助金
「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」
令和元年～令和3年度総合研究報告書

（４）じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～ （冊子版）

研究協力者	西本 優子	（奈良県総合医療センター 放射線診断科 医員）
	丸山雄一郎	（浅間南麓こもろ医療センター 放射線科 部長）
	加藤 宗博	（旭労災病院 呼吸器内科 主任部長）
	児島 克英	（岡山大学病院 放射線科 助教）
	筒井 伸	（長崎大学病院 放射線科 助教）
	鎌田 理嗣	（長崎大学病院 がん診療センター 医員）
研究代表者	芦澤 和人	（長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授）
研究分担者	岸本 卓巳	（アスベスト疾患研究・研修センター 所長）
	高橋 雅士	（友仁山崎病院 病院長）
	林 秀行	（諫早総合病院 放射線科 診療部長）

研究要旨

本邦においてじん肺は過去の疾患と考えられがちであるが、粉じん作業労働者数は令和2年度でも58.2万人、じん肺健康診断受診労働者数は27.2万人と少なくない^[1]。また、近年では溶接や歯科技工などにより発症する新たなじん肺が問題となっている。これらのじん肺を見逃さず、正しく診断するためには、じん肺審査に携わる専門医だけでなく、日常診療に従事する多くの医師が、じん肺の胸部単純X線所見を正しく理解する必要があると考えられる。

本研究では、じん肺審査に携わる専門医だけでなく、呼吸器内科医や放射線科医など、じん肺疾患を扱う可能性のある医師に広く活用していただくことを目的としてテキスト作成を行った。じん肺審査に携わる専門医には知識の整理や審査の場での参考資料として、じん肺を専門としない医師にはじん肺および鑑別疾患の画像所見を学習する参考書として、広く活用していただけることを切に願う。

A. 背景

「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～（冊子版）」（以下、診断テキスト）を作成する。

その他のじん肺、珪肺の合併症、粒状影の鑑別疾患、石綿肺、不整形陰影の鑑別疾患とし、粒状影の診断にCTが有用であった症例も含めた。具体的な疾患名を下記に示す。

B. 研究方法

1) 診断テキストの疾患選定

テキストに掲載する疾患は、典型的な珪肺、

①典型的な珪肺：珪肺（1～4型の典型例）、

②その他のじん肺：溶接工肺、い草染土じん肺

③CTが有用であった症例：CTが粒状影の

指摘に有用であった症例、粒状影を疑ったがCTで肺気腫のみであった症例

④珪肺の合併症：原発性肺癌、気胸、肺結核

⑤粒状影の鑑別疾患：画像所見や疾患頻度を鑑みて、血行性肺転移、粟粒結核、非結核性抗酸菌症、サルコイドーシス、肺ランゲルハンス細胞組織球症（LCH）、非線維化性過敏性肺臓炎（HP）、びまん性汎細気管支炎（DPB）の8疾患とした。

⑥石綿肺

⑦不整形陰影の鑑別疾患：気腫合併肺線維症（CPFE）、特発性肺線維症（IPF）、線維化性（慢性）過敏性肺臓炎

2) 診断テキストの症例選定

厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業の平成26～28年度「じん肺の診断基準及び手法に関する調査研究」、および平成29年～令和元年「じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究」において収集した症例のなかから、合議により適切な症例を選出した（画像提供は、岡山労災病院、北海道中央労災病院、旭労災病院、長崎大学、岡山大学、滋賀医科大学、獨協医科大学、天理よろづ相談所病院）。これまで収集していなかった、珪肺の合併症、および不整形陰影の鑑別疾患などの症例については、岡山労災病院、天理よろづ相談所病院、長崎大学、諫早総合病院から提出された複数の症例をウェブ会議で供覧し、合議により適切なものを選出した。

3) 診断テキストの作成

テキスト作成は、研究分担者と研究協力者の全員で分担執筆することとした。図1と図2に見本ページを示す。

4) 診断テキストの構成

じん肺の画像診断に不慣れな医師であっても、通読することでじん肺の画像診断を系統的に学習することができるように、疾患の配列は、珪肺の典型例、その他のじん肺、CTが有用であった症例、珪肺の合併症、粒状影の鑑別疾患、石綿肺、不整形陰影の鑑別疾患とした。冊子版はオーソドックスな並びにすることで、じん肺を専門としない医師にじん肺の画像所見を系統的に学習していただけるよう企図した。電子版テキスト（丸山論文）とあわせて学習することで、より深い理解が得られるものと期待される。

C. 研究結果

全34症例の構成で総頁数109頁にて令和4年1月末に上梓となった。

D. 考察

本邦において、じん肺は過去の疾患と考えられがちであるが、粉じん作業労働者数は令和2年度でも58.2万人、じん肺健康診断受診労働者数は27.2万人と決して少なくない。近年では溶接や歯科技工などにより発症する新たなじん肺も問題となっている。これらのじん肺を見逃さず、正しく診断するためには、じん肺審査に携わる専門医だけでなく、日常診療に従事する多くの医師が、じん肺の胸部単純X線写真所見を正しく理解する必要があると考えられる。

しかし、放射線科医である筆者の個人的な経験ではあるが、多くの若手放射線科医および呼吸器放射線診断を専門としない放射線診断医にとって、じん肺の胸部単純X線写真やCT画像の読影はさほど頻度の高いものではなく、遭遇した際に確実に読影できているとは言いがたいのが実情と思われる。労災病院などじん肺診療の基幹となる病院などで勤務

経験のない医師の多くは、日常診療でまとまった「じん肺」症例を経験することが少なく、見慣れていないことが影響しているのではないかと推測され、基本から学べる冊子が有益と考えられる。

またじん肺診療に携わる専門医においては、じん肺の型分類や他疾患との鑑別などで悩むこともあると思われ、その際に参考資料として活用できるテキストが必要と考えられる。

E. 結論

「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～（冊子版）」の作成を目的とし、疾患と症例の選出を行った。冊子版と電子版のそれぞれの利点を生かして、じん肺疾患のエキスパートにも初学者にも、活用していただけるものと自負している。

またじん肺診療に携わる専門医においては、じん肺の型分類や他疾患との鑑別などで悩むこともあると思われ、その際に参考資料として活用できるテキストが必要と考えられる。

じん肺画像診断テキスト（冊子版）は、全34症例の構成で総頁数109頁にて令和4年1月に上梓となった。

F. 参考文献

- [1] 厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課. 業務上疾病発生状況等調査（令和2年）第6表. 厚生労働省. 2021
<https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000807700.xls>, （参照2022-1-20）

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

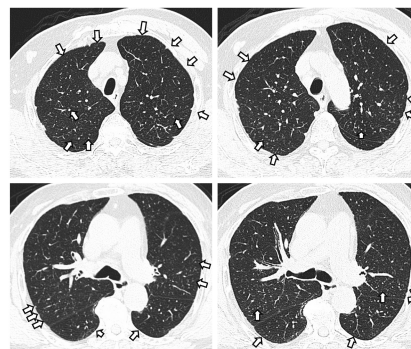
じん肺 粒状影 第1型 (1/0)

● 60歳台 男性 ● 炭坑29年



▲胸部X線

両側肺野に少数の粒状影が認められる。粒状影の密度は第1型 (1/1) より少ない。



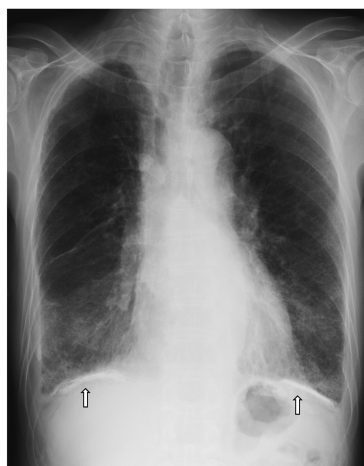
▲胸部CT

肺野条件の薄層CTで、両側肺に少数の粒状影が認められる (矢印)。

図1 見本ページ (珪肺)

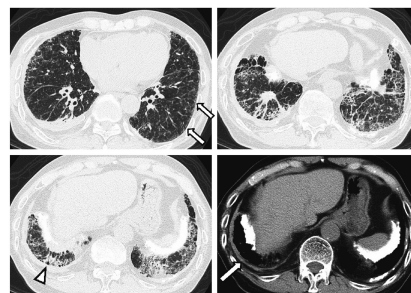
石綿肺

● 80歳台 男性 ● 鑑別：不整形陰影 第2型



▲胸部X線

両側中下肺野低位の不整形影、下肺野の容積減少が認められる。両側の横隔膜に沿って、石灰化胸膜プラーク (矢印) が認められる。



▲胸部CT

肺野条件の薄層CTで、胸膜下に粒状影と胸膜下曲線状影 (矢印) が認められる。肺底部では索状影や小葉間隔壁肥厚 (矢頭) が確認される。縦隔条件で、両側横隔膜面に粗大な石灰化胸膜プラークが認められる。右側にはびまん性胸膜肥厚も認められる (矢印)。

図2 見本ページ (石綿肺)

(5) じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～ (電子版)

研究協力者	丸山雄一郎	(浅間南麓こもろ医療センター 放射線科 部長)
	西本 優子	(奈良県総合医療センター 放射線診断科 医員)
	鎌田 理嗣	(長崎大学病院 がん診療センター 医員)
研究代表者	芦澤 和人	(長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授)

研究要旨

冊子版の「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～」に添付する電子版テキストの役割を検討し、必要な技術的な課題を解決して、電子版テキストを作成した。

印刷書籍版のテキストでは、DICOM画像を適正に表示することは困難であるが、本電子版はDICOMビューアを内蔵したことで、DICOM画像を用いたじん肺画像の学習が可能となった。CT画像のページング表示や画像の拡大・縮小、階調変更などの画像操作、および電子書籍ならではの関連する項目への「ジャンプ表示」機能等を実装した。

DICOMビューア機能を持ったじん肺に関する電子書籍の上梓は、本邦初である。印刷書籍版と電子版の双方を合わせたテキストを出版することで、じん肺の画像診断に有用な情報提供を果たせる可能性があり、大きな意味を持つと考える。

A. 研究目的

「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～(電子版)」(以下「電子版テキスト」という)を作成する。

B. 研究方法

「電子版テキスト」を作成するにあたり、印刷書籍である冊子版のテキストに付加する電子版の役割を検討し、実現のために必要な技術的な問題点を明らかにする。

「電子版テキスト」作成上の課題を解決できる技術を有するソフト開発ベンダーを探し、システムエンジニアと解決策を検討し、電子版テキストを製作する。

C. 研究結果

印刷では適正な表示が困難なDICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine) 画像の胸部単純X線写真(以下「X線写真」とする)や胸部CT画像を、DICOM画像のまま表示可能な機能や、画像の拡大・縮小、階調変更などの画像操作ができることと、電子書籍ならではの「ページめくり」や関連する項目への「ジャンプ表示」などができることなどをソフト開発ベンダーへの要望内容とした。

日本肺癌学会や日本CT検診学会でソフト開発の実績のあるPSP株式会社(本社 東京)からソフト開発の同意を得た。

ベースとなるソフトは、PSP株式会社が販売しているEV Liteを用いた。DICOMビューアを組み込んだ電子版テキストの特性を生かし、冊子版ではできない情報提供を叶える画面展開を考えた。

図1に示すように、目次画面から自分が見たい症例をクリックすると、「症例解説画面」と「DICOMビューア画面」が展開する。症例解説画面内の「前の症例」「次の症例」ボタンを押すと、各症例の最初の画面に移動する。「目次に戻る」ボタンを押すと目次画面に戻る。自分が見たい症例を選ぶこともできる。なお「前のページ」「次のページ」ボタンを押すと、「ページめくり」ができる。どの画面からも前後のページに移動すること、および、前後の症例あるいは目次に移動することができるようにした。またいつでも操作方法を確認できるように、すべての画面から操作マニュアルを参照できるようにした。

図2に示すように、症例の画面には症例の解説文とDICOMビューアが同時に開く。ビューア画面の左側には症例のX線写真、右側には同一症例の胸部CT画像などが表示される。連続薄層CT画像がある症例では、DICOMビューアの分割画面に水平断像とともに冠状断再構成画像を表示させた。X線写真とCT冠状断像を並べて表示することで、X線像の頭尾方向の病変の広がりについて、より理解が深まると考えた。冠状断再構成画像には水平断像のスライス位置を示す参照ラインも表示した。

図3に示すように、一般的なDICOMビューアの基本的な機能は実装しており、マウスあるいはキーボードを用いて、サイズの変更や大きさの計測、CT画像のページングなどが可能である。

図4に示すように、鑑別すべきじん肺標準X線写真や疾患名が入った「比較：○○○」ボ

タンを押すと、そのX線写真を画面右側に表示するようにした。当該症例と鑑別すべきじん肺標準X線写真や疾患のX線写真を並べて表示し、対比することで、より理解が深まると考えた。

画像データ量が約6.5GBであるため、参照時にその都度DVDから読み出す方式では時間がかかりすぎることから、インストーラーを使用して、ローカルドライブから起動する方式を採用した。

また、画像データの無断使用を避けるために、コピーの禁止を明記するとともに、DVD作成時に、DICOM画像ファイルをコピーして持ち出しても、他のDICOM Viewerでは開かない処理を施して画像データの保全を図った。これにより、本DVDからローカルドライブにインストールされたDICOM画像は、本DVDに同梱するDICOM Viewerでしか表示できない。

開発に使用したソフトであるEV Liteの制限により、動作するOSはWindowsに限られた。MacOSでは動作しない。

D. 考察

日本の電子出版を普及・発展させることを目的とし設立された一般社団法人日本電子出版協会（Japan Electronic Publishing Association：JEPA）^[1]によれば、初期の電子出版の主要なコンテンツジャンルは、辞書、百科事典、マルチメディア系のものであったが、最近では、コミックや文芸・読み物ジャンルが増加し、今後は、学習系や実用書系への拡大も期待されているという。医学書にもCD-ROMが添付されていたり、関連するウェブサイトに接続するためのアクセスキー番号が付属していたりするものもある。一方で、最近急速に多くの学術団体で学会雑誌の電子化が進み、印刷書籍としての「学会誌」の発

行が終了している。

電子出版は期待される分野であるが、酒井^[2]は電子書籍の弱点の一つに量的な手加減が希薄なことを挙げている。印刷書籍は全体のどのあたりを読んでいるのかが、本の厚みによって視覚的にも触覚的にも常に把握できるのに対し、電子書籍は、ページ数の表示が唯一の手掛かりであり、感覚として掴みにくいことを指摘している。宮地^[3]は、酒井の指摘を引用しながら「結論的に言えば、読書媒体としての『印刷書籍』の優位性は当面揺るがないだろう」と述べている。交互にページが交代する印刷書籍のリズム感は、理解力や記憶力を高め、手を動かして書き込みやマーキングがより簡単自由に行えることも脳に考えることを促すという。

今回、この研究班で「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～」を作成するに当たり、上述のような利点を持つ冊子版のテキストに、電子版のテキストを付加することによるメリットは何かを考え、それを実現させることを重視した。

いかに質の高い印刷技術を用いても、オリジナルのDICOM画像を必要十分に表示できないことは、画像診断に関する印刷書籍の限界である。一般的な電子書籍の中では、画像データはJPEG（Joint Photographic Experts Group）やBMP（Microsoft Windows Bitmap Image）などの汎用静止画像ファイル形式で保存されたものをPDF（Portable Document Format）化して「ページめくり」をするような方式で表示するものが多いが、これでは、医用画像としてのDICOM画像が適切に表示されているとはいえない。特にじん肺においては、極めて微細な粒状影や不整形陰影について評価する必要があることから、電子書籍内にDICOM画像を表示させるDICOMビューア機能を保有し

ていることが、冊子版のテキストに対して「じん肺電子版テキスト」のメリットとなる。

現在、広く一般の医療現場においては、患者のX線写真やCT画像などの医用画像データがCD-ROMやDVD-ROMなどのメディアに保存され、診療情報として他の医療機関に提供されている。その際に、メディアには簡易DICOMビューアソフトが同封されることが多いが、その機能は提供された画像を単純に表示することに限定されており、「複数の症例ページをめくる」や「リンク先の画面に移る」といった機能で画像を表示させることは想定されていない。

そこで、今回作成する「じん肺電子版テキスト」では、前後の「ページめくり」、関連する項目への「ジャンプ表示」などができるとことや、各ページにおいて表示されるX線写真や胸部CT画像はすべてDICOM画像として保存されており、画面の拡大、病変の大きさの計測、ウインドウ幅やウインドウレベルの変更などのDICOMビューア機能を持ち備えていることが必須であると考えた。

ソフトの開発にあたっては、日本肺癌学会や日本CT検診学会で、肺がん症例のX線写真や胸部CT画像をWEBで配信するシステムの構築実績があるPSP株式会社に依頼し、システムの動作状況を確認しながら、ソフトの開発および製作を完遂することができた。

冊子版に比べ、電子版のデメリットは、見たい時にすぐに見ることができるわけではないことであろう。冊子版のテキストは、見たい時にいつでも本を開けば読むことができるが、電子版はPC端末を立ち上げて、ソフトを開く必要がある。さらに最も適切にDICOM画像を見るためには、医用画像用の高精細モニターに表示して観察する必要がある。医用画像用高精細モニターを備えたPC端末の整備も課題である。

冊子版と電子版の「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～」のメリット・デメリットを理解した上で、臨機応変に双方のテキストを活用していただきたい。

E. 結論

「じん肺画像診断テキスト～じん肺を正しく診断するためのポイント～（電子版）」の企画を立案し、製作した。DICOMビューア機能を持ったじん肺に関する電子書籍の上梓は、本邦初である。冊子版と電子版の双方を合わせたテキストを出版することで、じん肺の画像診断に有用な情報提供を果たせる可能性があり、大きな意味を持つと考える。

F. 参考文献

- [1]一般社団法人日本電子出版協会. 電子出版とは. 日本電子出版協会 <https://www.jepa.or.jp/jepa/denshi/> (参照 2021-1-25)
- [2]酒井邦嘉、『脳を創る読書』Chapter 4 紙の本と電子書籍は何かどう違うか、実業之日本社. 2011；133-160.
- [3]宮地忍、印刷書籍と電子書籍の将来に関する一所見、名古屋文理大学紀要. 2013；13：27-32.

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

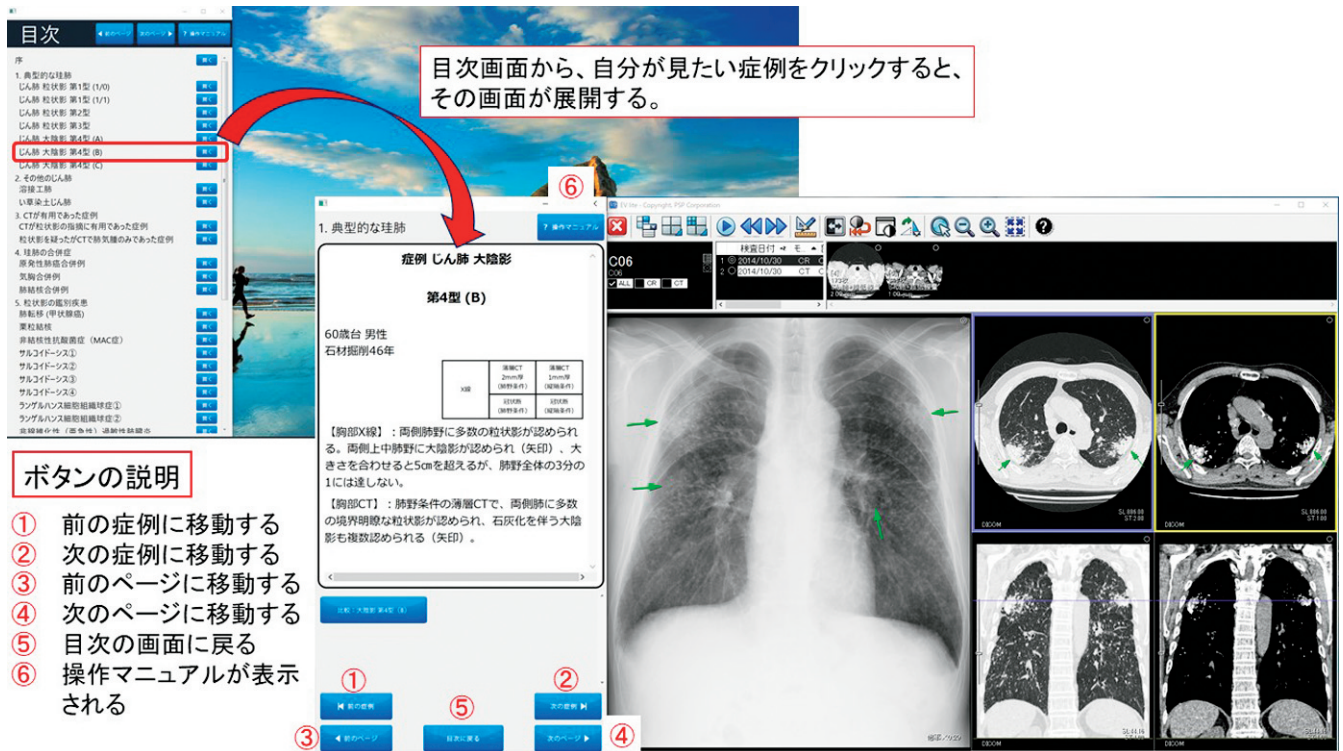


図 1

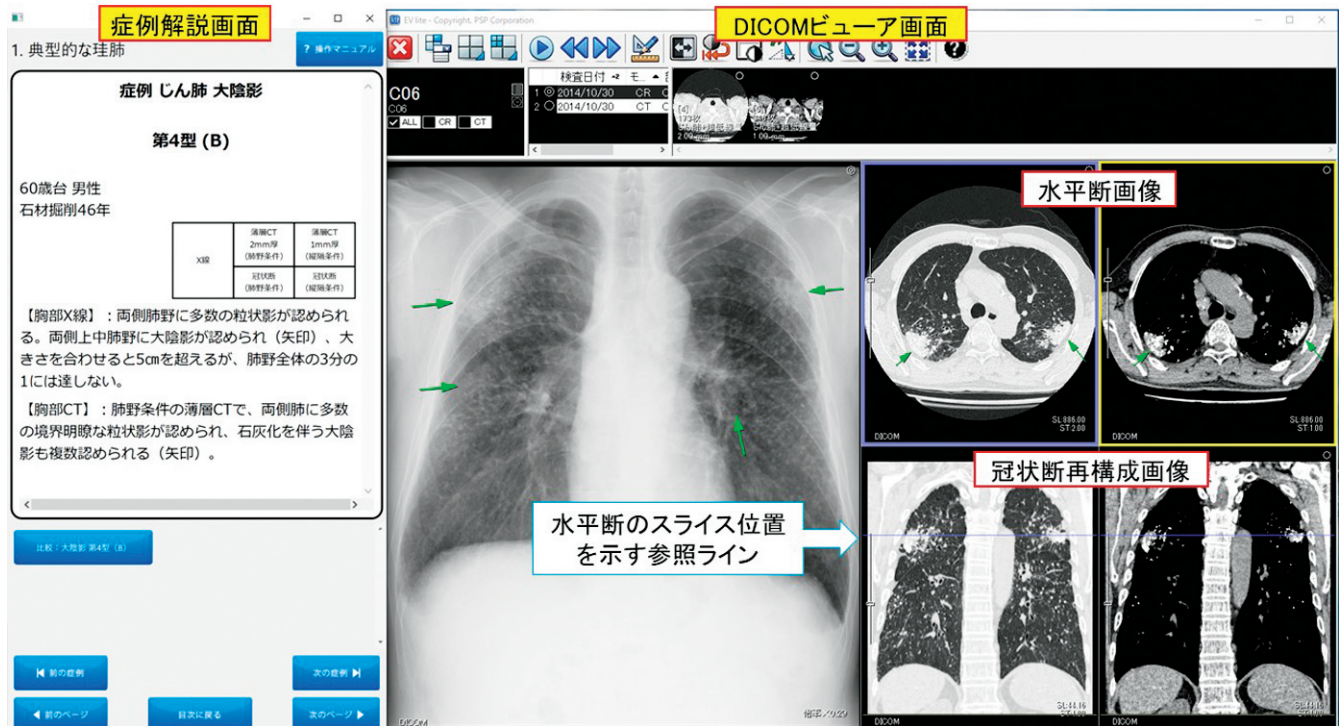


図 2

DICOMビューアの基本的な機能を実装しており、マウス・キーボードを用いて、サイズ変更、大きさの計測、CT画像のページングなどが可能。

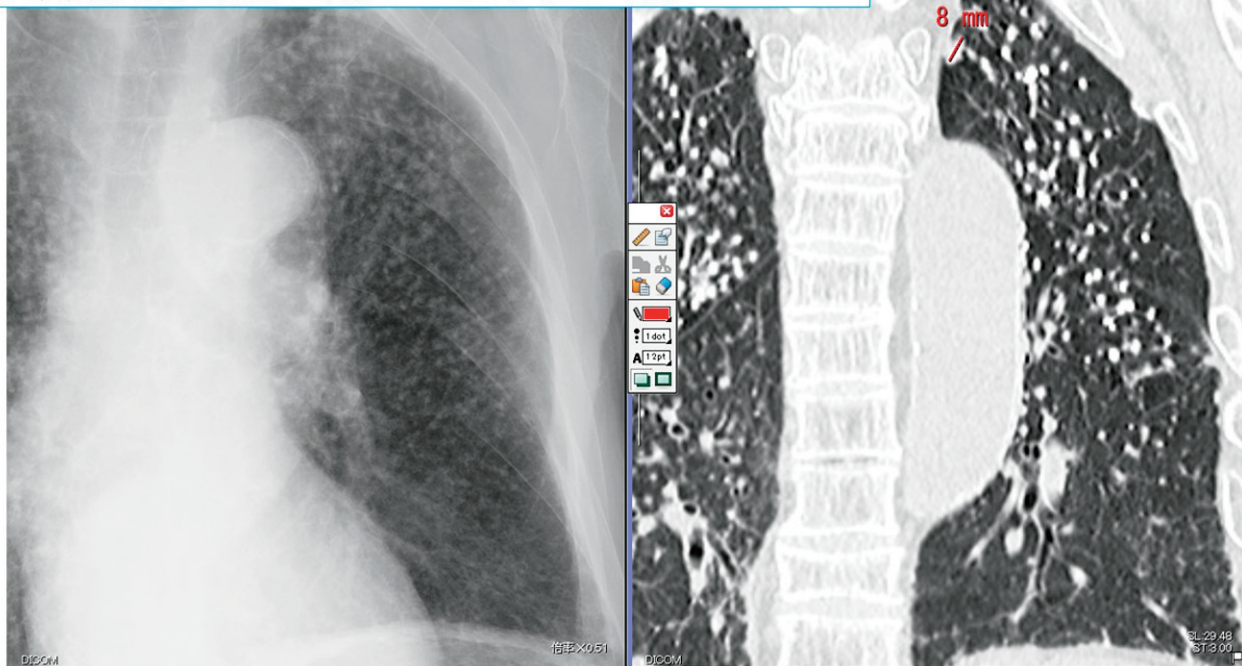


図 3



図 4

（６）モニター導入状況に関する地方じん肺診査医アンケートの実施

研究協力者 児島 克英 （岡山大学病院 放射線科 助教）
研究代表者 芦澤 和人 （長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授）
研究分担者 加藤 勝也 （川崎医科大学 総合放射線医学 教授）
高橋 雅士 （友仁山崎病院 病院長）

研究要旨

労働局におけるじん肺管理区分の決定におけるモニター診断の導入促進や、じん肺に精通した臨床医の減少等に対応するための遠隔画像診断のネットワーク体制構想を検討する上で、地方じん肺審査におけるモニターの導入状況・使用状況や問題点の把握が必要である。平成30年のアンケート調査のフォローアップを含め、地方じん肺診査医にアンケートを行った。

A. 研究目的

じん肺審査に関しては、平成23年1月21日付けの「デジタル撮影によるじん肺標準エックス線画像に関する検討会の報告書」に基づき、同年3月に厚生労働省よりじん肺標準エックス線写真集電子媒体版が出版され、じん肺審査に利用可能となっている。しかし、X線フィルムを用いた審査が行われている現状があり、モニター診断の普及が望まれる。

平成29年度 厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業「じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究」（研究代表者 芦澤 和人）では、平成30年に、地方じん肺診査医を対象に、「デジタル版じん肺画像とモニター導入に関するアンケート調査」を実施した。この時点では、モニター導入が19%にとどまっていた。

じん肺に精通した臨床医の減少・不足が問題となっており、これに対応するための遠隔

画像診断のネットワーク体制構想の検討を行っている。このためには地方じん肺審査におけるモニターの導入状況・使用状況や問題点の把握が必要である。

前回調査のフォローアップとネットワーク体制構想の検討のため、地方じん肺診査医にアンケートを行った。

B. 研究方法

令和2年11月もしくは12月に開催されるじん肺診査医会でアンケートの回答をいただくように、全労働局にアンケートの送付を行った。

アンケート内容は、モニターの導入状況、モニターの審査での使用状況、じん肺審査での問題点、サポートの必要性についてである（資料1）。

（倫理面への配慮）

アンケート内容に侵襲性はない。内容は、個人情報を取り扱うものではない。

C. 研究結果

令和3年5月18日時点で44労働局から回答があった（回収率93.6%）。

回答結果を下記に示す。

1. 半数強（55%）の労働局において診断用モニターが導入されている。
2. モニターが導入されているすべての労働局でDICOM規格準拠のビューアが導入されている。モニターはほとんどの労働局で3メガピクセル（資料2では3Mと記載）の解像度で、2面（あるいは相当）が用意されており、カラーモニターが多数（83%）である。キャリブレーションは3/4の労働局で行われている。導入年は令和2年導入の労働局が多いが、導入から10年程度経過した労働局もある。
3. 導入されているモニターの財源は、ほとんどが労災保険特別会計労災勘定との回答であった。
4. モニターで見ている画像は多く（83%）が胸部単純写真及びCTであり、残りは単純写真のみを見ているとの回答であった
5. 審査においてモニターとフィルムのどちらが審査しやすいかについては、モニターの方が良いが58%で、残りはいずれとは言えないであり、フィルムのほうが審査しやすいという意見はなかった。
6. 申請者の画像がフィルムであった場合、フィルムの標準写真と比べるのが64%で、電子媒体版のモニター表示と比較するのが20%、電子媒体版のフィルム出力したものとの比較が4%、フィルム版と電子媒体版のモニター表示併せての比較が5%との回答であった。申請者の画像をモニターで見える場合には、電子媒体版のモニター表示と比べるのが41%でフィルムの標準写真と比べるのが32%であった。モニターの導入されていない2局から、デジタルデータの提出があった場合には汎用モニターで表示し参照しているとのコメントがあった。
7. 今後のモニターの導入予定は、令和3年導入予定が4労働局あった。現在導入されていない労働局の中で、導入に向けて検討したいか検討中が12局、導入の予定はないが4局であった。
8. モニター導入に関するご意見をいただいた。フィルム出力のできない施設が多くなっているとのこと指摘が4局からあった。またフィルムしか出せない施設への配慮を求めるコメントがあった。フィルムよりはモニターで見たいとのこと意見が2局、モニターへの統一の要望が2局からあった。操作面で、CD/DVDからの取り込みに時間がかかることに関しての指摘が2局からあった。モニターの経年劣化に伴う更新の必要性についての指摘があった。
9. じん肺審査全般に関する問題点についてご意見をいただいた。審査時にCT画像が欲しいという意見が9局からあり、そのうち4局からはCTを必須にしてほしいと意見であった。「0/1」と「1/0」の判断が難しいとの意見が3局からあった。これに関して、「0/1」と「1/0」の標準写真を増やしてほしいという意見があった。1/0に判定された症例が0/1になった場合の対応の困難さへの指摘が2局からあった。
10. じん肺の型分類を含めた判定において、じん肺に精通した医師による遠隔のサポートを必要とするかについては、39%の労働局からは是非必要あるいは可能であればとの回答を得た。その中では、判定の難しい症例でのサポートを希望する意見があった。中央からのサポートが可能であれば、型判

定を中央で行うことで審査の平準化が図れるのではという意見があった。

詳細な結果については資料 2 に示す。

D. 考察

調査時点で半数強の労働局において、モニターが導入されていた。令和 3 年度には更に多くの労働局に導入予定となっている。導入年の回答と併せて近年急速に導入が行われている。

モニターのキャリブレーションが、行われていない労働局が 1/4 あった。導入後 10 年程度経過している局もあり、モニターの精度管理や計画的な更新にも検討、予算措置の必要があると考える。

モニターで単純写真を見るだけでなく、多くの労働局で CT も参照されていることが示された。モニターの方が審査しやすいという声が多く、フィルムのほうが審査しやすいとの意見はなかった。審査において CT を求める声も多く、フィルム出力できない施設への対応を含めて、さらにモニター導入を進めることが望まれる。

標準写真の追加を求める声があり今後の検討課題と考える。

遠隔のサポートを望む声は 4 割程度の労働局からあり、地域による必要性の違いを含めて、ネットワーク体制構築の検討を進める必要がある。

E. 結論

前回調査のフォローアップとネットワーク体制構想の検討のため、地方じん肺診査医にアンケートを行った。令和 3 年 5 月 18 日時点で回答のあった 44 労働局からの回答をまとめた。

F. 参考文献

- [1] 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：厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業：平成 19～21 年度総合研究報告書。2010. 3.
- [2] じん肺健康診断等におけるデジタル画像の標準化ならびにモニター診断および比較読影方法の確立に関する研究：厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業：平成 22 年度総括研究報告書。2011. 3.
- [3] じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究：厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業：平成 29 年～令和元年度総合研究報告書。2020. 3.

モニター導入に関するアンケート

- [illegible]

6. 貴局でのじん肺型判定の方法を教えてください。

・受診者のエックス線写真はフィルムで、じん肺標準エックス線写真は

() フィルム版をシャウカステンで見る。

() 電子媒体版の画像データをモニターで見る。

() 電子媒体版をフィルムに出力したものをシャウカステンで見る。

・受診者のエックス線写真は電子媒体の画像データをモニターで、じん肺標準エックス線写真は

() フィルム版をシャウカステンで見る。

() 電子媒体版の画像データをモニターで見る。

() 電子媒体版をフィルムに出力したものをシャウカステンで見る。

その他 ()

7. 今後のモニター導入の予定 (追加を含む) についてお尋ねします。

a. 導入が決定している。(導入時期: 年 月 頃)

b. 導入の決定は未だであるが、導入に向けて検討したいあるいは検討中である。

c. 導入 (追加を含む) の予定は無い。

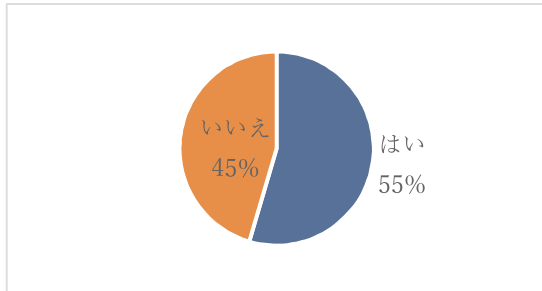
8. その他、モニター導入に関してご意見を記入ください。

9. じん肺の型判定などじん肺診査全般についてお困りのことがありますか。

10. じん肺の型分類を含めた判定において、じん肺に精通した医師による遠隔のサポートが可能となれば、サポートを必要とされますか。

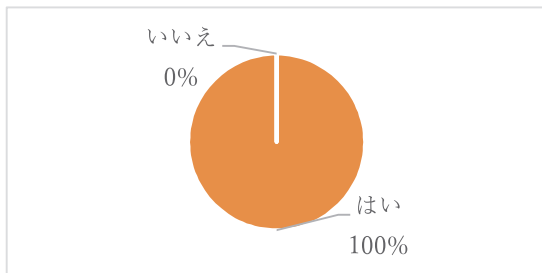
是非必要 可能であれば求めたい 不要

1. 貴局のじん肺診査において診断用モニターをすでに導入されていますか？

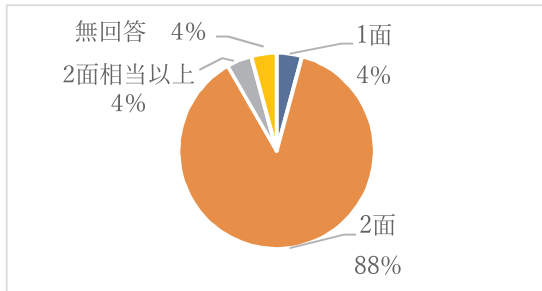


2. ご利用のモニターについてお伺い致します。

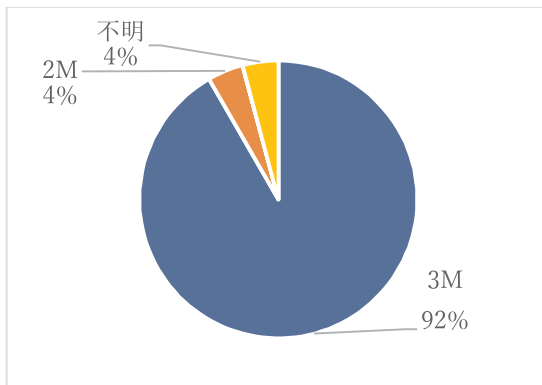
・DICOM 準拠のビューワーを使用していますか。



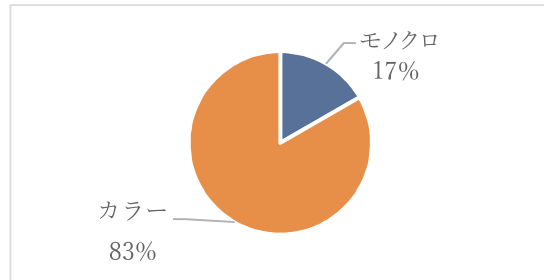
・モニターの個数



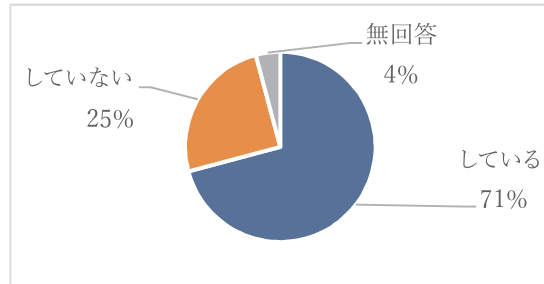
・モニターの解像度（1面当たり）



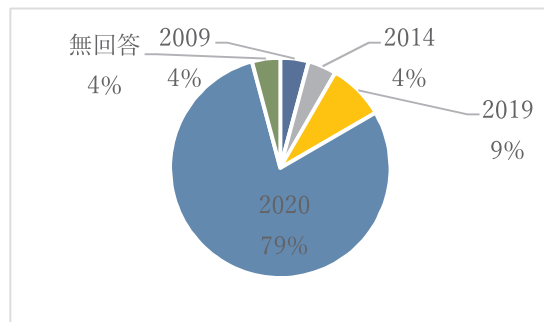
・モニターのカラー



・キャリブレーションの実施

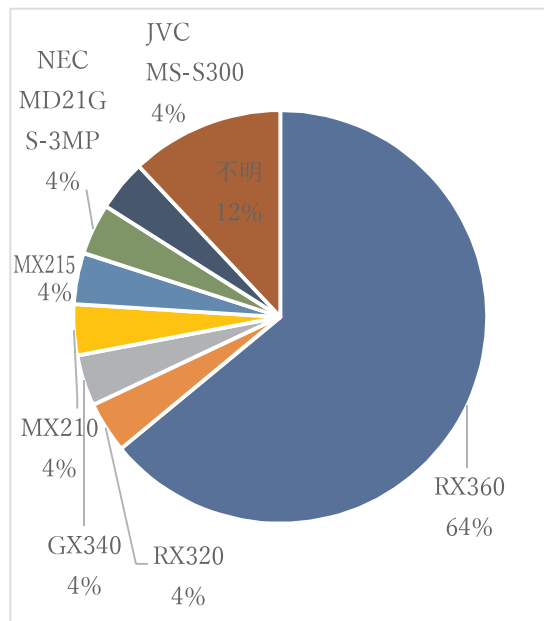


・導入年

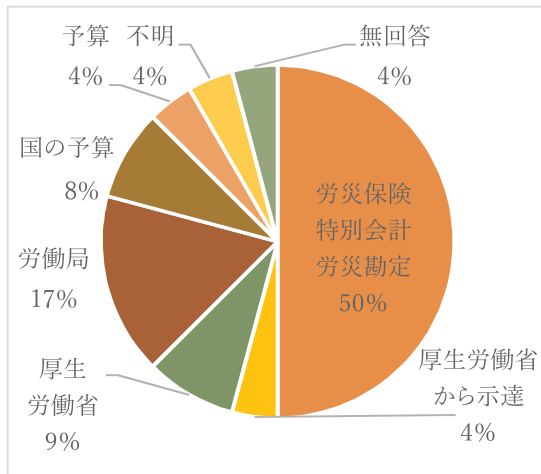


・メーカー、型式

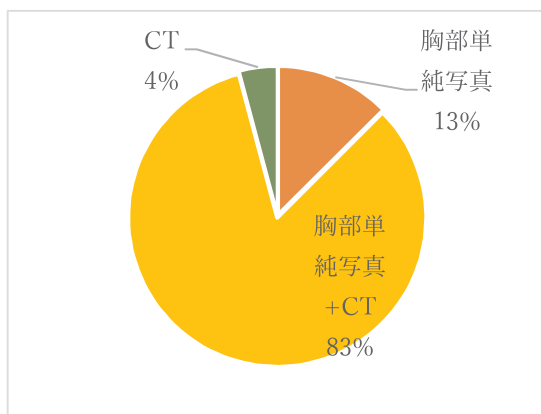
* メーカー表記なきものは EIZO 社



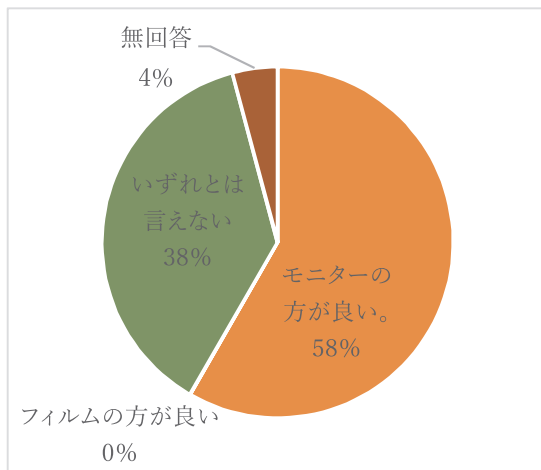
3. 設置されているモニターの財源をお知らせください。



4. モニターで見ている画像を丸で囲んでください。

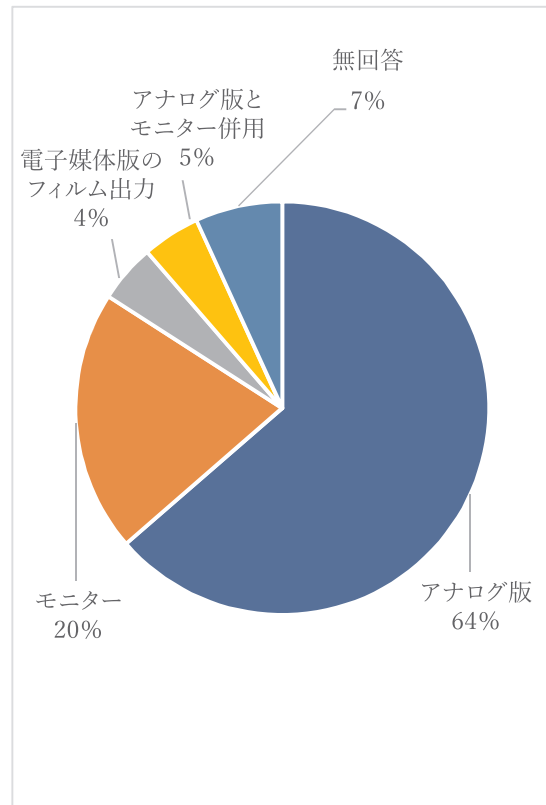


5. 審査においてモニターとフィルムの審査しやすさについて。

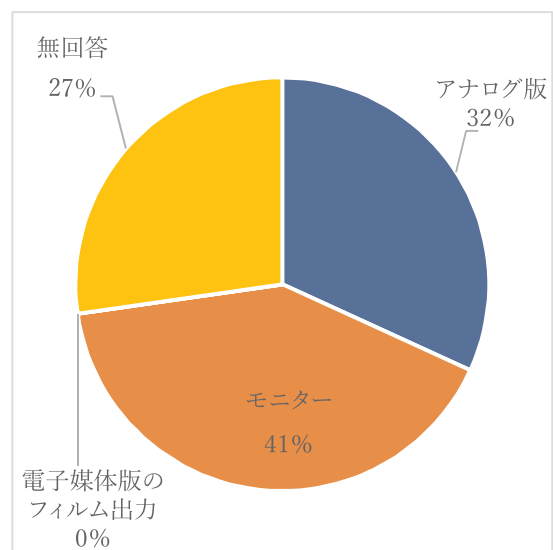


6. 貴局でのじん肺型判定の方法を教えてください。

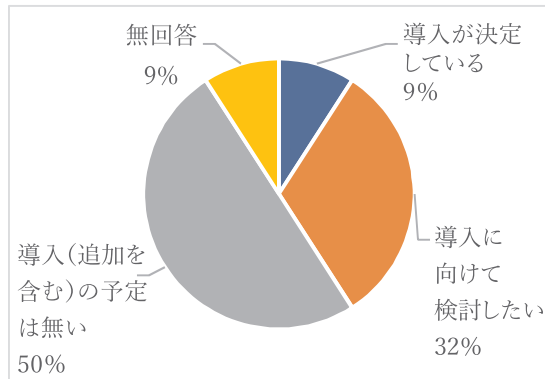
・受診者のエックス線写真はフィルムで、じん肺標準エックス線写真は



・受診者のエックス線写真は電子媒体の画像データをモニターで、じん肺標準エックス線写真は



7. 今後のモニター導入の予定（追加を含む）についてお尋ねします。



8. その他、モニター導入に関してご意見を記入ください。

- ・フィルム出力のできない施設が多くなっているとのこと指摘が4局。
- ・早期導入を希望が3局。
- ・フィルムよりはモニターで見たいとのご意見が2局。
- ・CD/DVD からの取り込みに時間がかかることに関しての指摘が2局。
- ・モニターへの統一の要望が2局。
- ・モニターの精度管理の必要性についてが2局。

その他、各1局から

- ・フィルムしか出せない施設への配慮が必要。
- ・ビューア操作が難しい。
- ・デジタルデータでの提出に関して、画質が悪いものがある。
- ・モニターが3面必要。
- ・モノクロモニターが望ましい。

9. じん肺の型判定などじん肺審査全般についてお困りのことがありますか。

23 労働局から回答をいただいた。

- ・審査時に CT が欲しいという意見が9局うち、必須にしてほしいが4局

- ・「0/1」と「1/0」の判断が難しいが3局。
- ・一度1/0以上になった例が0/1以下になった場合の対応が難しいが2局。

その他、各1局から

- ・CTの所見を用いても良いのではないかな。
- ・他の疾患の影響の有無等をどう評価するか難しいケースがある。
- ・電子媒体版の標準X線写真は、あまり普及していないようです。
- ・標準X線写真を更新して欲しい（特に石綿関係）。

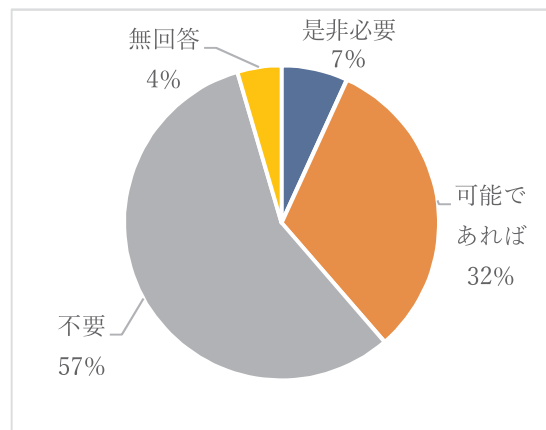
- ・標準X線写真（電子媒体版の標準X線写真）に「0/1」と「1/0」が数パターンあると助かります。

- ・じん肺審査用の撮影条件の改定が必要ではないかな。

- ・じん肺診査医が都合により審査会に出席できない場合があり、それに対するバックアップ体制がない。

- ・審査前にデータ供覧ができるようにしてほしい。匿名化して回覧による読影、審査を可能にしてほしい。出勤不要にしたほうがよい。

10. じん肺の型分類を含めた判定において、じん肺に精通した医師による遠隔のサポートが可能となれば、サポートを必要とされますか。



(7) じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想 1

研究分担者 加藤 勝也 (川崎医科大学 総合放射線医学 教授)
丸山雄一郎 (浅間南麓こもろ医療センター 放射線科 部長)
研究代表者 芦澤 和人 (長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授)

研究要旨

医療画像のデジタル化の進行、今後のじん肺罹患数が減ることによるじん肺に精通した地方じん肺診査医の減少と地方じん肺審査件数減少などを背景とし、遠隔画像診断システムを用いた都道府県同士を結ぶネットワーク体制構築の有用性について検討した。各地方労働局への高精細モニター導入とともに、デジタル画像を用いた地方じん肺審査の通常化が進むと考えられ、さらに各地方のじん肺診査医、さらには中央じん肺診査医を結んだ、じん肺審査に関するコンサルテーションシステムやオンライン研修導入により、じん肺審査の質と効率の向上を図る必要がある。

A. 研究目的

近年、医療画像のデジタル化が進んでいる。国の施策の影響もあり、ある程度の規模の地域基幹病院ではフィルム運用はほぼ無くなっているのが現状である。しかし、地方じん肺審査は多くの地方局でフィルムを用いて行われているため、審査用の胸部単純写真を提出する病院側の負担と提出画像の画質劣化は地方じん肺審査における大きな問題となってきたが、高精細デジタルモニターの地方労働局への設置が進み、ほぼ全都道府県でデジタル画像を用いたじん肺審査も可能となっている。ただ、じん肺患者の減少とともに、じん肺審査を担当する各都道府県の地方じん肺診査医のじん肺疾病に対する経験不足が進み、地方じん肺診査医のレベル担保と人員自体の確保が難しくなっている現状が依然ある。

本研究班では、これらの問題に対応し、迅速かつ適正に地方じん肺審査を行うために、じん肺審査における遠隔画像診断ネットワーク構築案について前年度報告書を作成した。今回は、最新の状況を踏まえた、遠隔画像診断システムの概要を示し、その利用案を提案することが目的である。

B. システムの概要

本研究班で提案する遠隔画像診断ネットワークとは、地方じん肺審査を行う各地方労働局と中央じん肺診査医会が行われる厚生労働省を相互にネットワークで繋いで、じん肺審査、コンサルテーション、オンライン研修などを施行するものである。ベンダーによって多少の違いはあるが、各地方局に高精細読影モニターが設置されたことを踏まえて、クラウド上または各地方局や厚生労働省にじん

肺画像サーバとこれを用いたネットワークを設置し、地方じん肺審査画像を集積し、コンサルテーションやじん肺審査を行う。このサーバと各地方労働局をVPN、暗号化などを使用したセキュアな回線で接続し、各地方労働局が相互に地方じん肺審査用に提出された画像を確認出来るようにするためのネットワークである。その具体的なシステム構築は前年度までの報告書に記載の通りである^[1, 2]。

画像以外の肺機能検査結果、合併症検査結果、過去のじん肺管理区分決定内容等が記載されているじん肺健康診断結果証明書（様式第1号、第2号、第3号）などの現状では紙ベース運用がなされているものについては、可能なものはスキャンや提出書類そのもののデジタル化を図り、難しい場合は文書など主に平面の被写体をビデオカメラで撮影して映像信号に変換する装置である「書画カメラ（実物投映機）」を用いて、Zoom、Web-EX、Teamsなどのウェブ会議システム上で、共有呈示することで、遠隔審査でも、申請者のデジタル画像以外の情報も確認することができるようにし、審査、コンサルトを行うことが可能となる。

C. 本システムの運用について

地方じん肺審査は現在、各地方労働局で独立して行われているが、本システムを用いて、各地方労働局や厚生労働省をネットワークで結び、

- ①各地方労働局での地方じん肺審査に、他地域のじん肺に精通した医師や中央じん肺診査医がオブザーバーとしてウェブを介し同時に審査に加わる。
- ②地方じん肺審査で問題となった症例について、①と同様に他の地方じん肺診査医または中央じん肺診査医にコンサルトを求め、

その意見を元に管理区分を決定する。

- ③新規申請症例、地方じん肺審査会での問題症例など一定の条件を満たす症例について、じん肺症例数が多く、じん肺診療の経験が豊富な医師によるブロックセンターを作り、そこに一旦症例を集積し、じん肺に精通する複数人の医師によるウェブ判定会にて判定意見を決定し、地方局で最終的に管理区分を決定する。

などが遠隔画像診断のネットワークを用いた地方じん肺審査の運用案である。

いずれの案においても、各労働局におけるじん肺管理区分の決定後に中央じん肺診査医会における審査が必要な事案が発生する。本システムでは、全国から申請された全データが一元管理されているので、中央じん肺診査医は、厚生労働省に参集すること無く、遠隔画像システムと書画カメラで紙媒体のアナログ情報を共有し、ウェブ会議システムにて意見交換などの審議を行うことで、中央じん肺診査医会を遠隔会議として開催することも可能となる。

また、遠隔画像診断ネットワークシステムを用いることにより、近年じん肺疾病に精通している医師が減少していることに対する対策としての、オンラインでの地方じん肺診査医研修が各地方局において容易に施行可能となる。

D. 今後の課題

このネットワーク遠隔画像診断システムを用いた地方じん肺審査を都道府県ごとの差異無く実施する障壁となっていた、全都道府県への審査用高精細モニター配置はほぼ完了したため、今後は審査提出画像のデジタルへの一本化が課題となってくる。基幹病院のフィルムレス化はほぼ終了しているが、その他一般病院ではまだまだフィルム運用の施設が

残っており、完全デジタル化は医師の高齢化、導入費用の発生などの問題により難しいことが予想される。

また、じん肺に精通した医師がいる地域の労働局をブロックセンター化する際に、全国をいくつかのブロックに分けるのが難しい。地域でブロック化にするのではなく、じん肺診査医の熟練度やじん肺への精通度に基づいた、高次ブロックセンターでの審査を加えていくことも一案となる。

E. 結論

医療画像のデジタル化の進行、じん肺に精通した地方じん肺診査医の減少に対する対策として、全地方労働局に読影用の高精細デジタルモニター設置がほぼ完了した現状を踏まえ、遠隔画像診断システムを用いた都道府県同士を結ぶネットワーク体制構築を検討する段階に入っている。これにより、各地方じん肺診査医、さらには中央じん肺診査医を結んだ、コンサルテーションシステムやウェブ審査の導入、地方じん肺診査医の診断能向上のためのオンライン研修導入などを検討し、じん肺審査の質と効率を向上させていく必要がある。

F. 参考文献

- [1]加藤勝也. じん肺審査における遠隔画像診断ネットワーク構想1：労災疾病臨床研究事業：令和2年度統括・分担研究報告書. 2021. 3, p7-9
- [2]丸山雄一郎. じん肺審査における遠隔画像診断ネットワーク構想2：労災疾病臨床研究事業：令和2年度統括・分担研究報告書. 2021. 3, p10-19

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

(8) じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想2

研究協力者	丸山雄一郎	(浅間南麓こもろ医療センター 放射線科 部長)
	加藤 勝也	(川崎医科大学 総合放射線医学 教授)
	児島 克英	(岡山大学病院 放射線科 助教)
	筒井 伸	(長崎大学病院 放射線科 助教)
研究代表者	芦澤 和人	(長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授)

研究要旨

胸部X線写真の撮影装置のデジタル化やフィルムレス化に伴い、今後のじん肺審査はデジタル画像が主流になると予測されている。令和3年度までに、全国の都道府県労働局に「じん肺用DICOMビューアシステム端末」が導入された。そこで、情報通信機器を活用して、中央じん肺診査医会における審査及び労働局におけるじん肺管理区分の決定等の業務改善に資する「遠隔じん肺審査ネットワークシステム」の開発を構想し、課題を抽出した。本システムでは、我々が開発した「じん肺用DICOMビューアシステム」をネットワークで接続し、ウェブ会議システムと連動して使用する。

活用案として、以下の3つを提案する。

1. じん肺読影に精通した医師による地方じん肺審査の遠隔サポートである。判定に苦慮するケースに遭遇した際などに、じん肺読影に精通した医師が遠隔サポートする仕組みを構築したい。
2. 地方じん肺診査医の判定の平準化のために、「オンラインじん肺診断技術研修」をウェブで開催する。DICOM画像表示、ウェブ会議システム、eラーニングフォームの利用により、読影実習を含めた現行の「じん肺診断技術研修」の内容を担保するオンライン研修が可能となり、全国の多くの地方じん肺診査医が研修に参加しやすくなることが期待される。
3. 中央じん肺診査医会をオンライン画像参照による遠隔会議として開催する構想を提案する。

A. 研究目的

中央じん肺診査医会における審査及び労働局におけるじん肺管理区分の決定は、中央じん肺診査医もしくは地方じん肺診査医が審査会場に参集して実施されている。一方、移動に関わる時間的・経済的な要素を考慮すると、情報通信機器を活用した遠隔でのじん肺審査も待望されている。

じん肺審査における遠隔画像診断のネット

ワークシステムの開発を構想し、課題を抽出する。

B. 研究方法

情報通信機器を用いて遠隔でじん肺審査を行うネットワークの構築のために、どのような枠組みを構築し、インフラストラクチャーを整備すればよいかを考案する。併せて、遠隔じん肺審査に係る課題や問題点を明らかに

する。

C. 研究結果および考察

じん肺審査においては、従来のX線フィルムによる胸部X線写真読影に加えて、医用高精細モニターによるデジタル画像の読影も可能となっている。胸部X線写真の撮影装置のデジタル化やフィルムレス化に伴い、中央じん肺診査医会における審査及び労働局におけるじん肺管理区分の決定においても、今後のじん肺審査はデジタル画像が主流になると予測されており、すでにフィルム読影からモニター読影に移行しつつある。

医療用モニターを用いて胸部X線写真を読影する場合は、じん肺健康診断に用いる医療機器の必要要件として、「デジタル撮影によるじん肺標準エックス線画像に関する検討会報告書」(平成23年1月)^[1]に、下記の4件が示されている。

- (1) 画像データの保存装置：画像データの保存は、グレースケール10ビット(1024階調)以上、画素サイズ200ミクロン以下のフォーマットで行うこと。
- (2) キャプチャー機器(CR又はDR(FPD)の撮影装置)及びビューア(画像を表示するソフトウェア)；DICOM Part14に準拠したP-Value(グレースケール変換処理後の画素値)に対応した運用が行われていること。
- (3) 医療用モニター(ディスプレイ)：二面モニターを用いることが望ましい。解像度は3メガピクセル(1536×2048ピクセル)以上であることが望ましい。輝度が300cd/m²以上であること。DICOM Part14に準拠したキャリブレーション(表示の補正)がなされていること。
- (4) イメージャー(フィルム出力装置)：DICOM Part14に準拠したP-Valueの画

像データを適切に出力すること。

以上の要件(1)から(4)の全てを満たす場合、じん肺健康診断受診者の胸部X線写真の画像データと、電子媒体版に収録された標準写真の画像データを、医療用モニターを用いて比較読影することが可能となっており、平成29年～令和元年度厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)「じん肺審査におけるモニター読影ソフトの構想に関する研究」(研究代表者 芦澤和人)において、著者らは、3MP医用高精細モニターとじん肺読影に特化した読影ソフトからなる「じん肺用DICOMビューアシステム(PAXiS-じん肺ビューア)」(図1)を考案した^[2]。

今回我々は、このシステムが厚生労働省および全国の地方労働局に配備された後、これらをネットワークで接続して、じん肺審査を広域的に行う仕組みを考案した。研究開始時は、じん肺読影システム端末が導入されている地方局は少なく、短期間に全国47地方局に導入されるとは想像していなかったが、令和3年度までに「じん肺用DICOMビューアシステム端末」が、厚生労働省および地方労働局に配備された。我々の当初の予測とは異なる速度で読影端末が整備されたことで、全国規模で遠隔読影を行うために必要なネットワークインフラストラクチャーの一部が構築されたと考えている。

以下にそのネットワークの活用案を3つ提案する。

1. じん肺読影に精通した医師による地方じん肺審査の遠隔サポート

各労働局におけるじん肺管理区分の決定を行うにあたり、地方じん肺診査医は、判定に苦慮するケースに遭遇した時、より専門的な知識を持つ第三者に相談する機会があると、大変ありがたいと考えている。本システムを

用いて、じん肺読影に精通した医師が地方じん肺審査の遠隔サポートを行う概念図を図2に示す。

厚生労働省および地方局に導入された「じん肺用DICOMビューアシステム」は、地方労働局ホームページの入札情報よりじん肺読影システムの入札状況を参照すると、著者らが開発した「じん肺用DICOMビューアシステム（PAXiS-じん肺ビューア）」をキッセイコムテック株式会社（本社・松本市）が製品化したシステムが、85%超であった。

遠隔じん肺審査ネットワークシステムの構成に必要な地方労働局読影端末の概要を図3に示す。本システムに画像登録処理用ソフト（PAXiS-Importer）を追加することで、地方局の端末からオンラインで画像サーバに画像登録処理を行うことができる。画像サーバは、自前で用意するオンプレミス方式と、外部サーバを借用するクラウド方式があるが、データの安全な保持と運用コスト等を勘案して、適切な方式を選択することが必要である。

じん肺読影に精通した医師による地方じん肺審査の遠隔サポートを受けたい場合、地方局は、申請された労働者の胸部X線のDICOM画像をCD-ROM等のメディアから取り込んで、国内1か所に設置する画像サーバに、VPN（Virtual Private Network）通信で送信する。端末毎に、地域コードを事前に設定しておき、DICOMタグの個人識別情報の先頭に、地域コードを自動付加して画像を送信することで、全国どの端末から送信されても、固有のIDとして一元管理することができる。

画像サーバからは、送信元が予め指定した地域読影拠点端末に、DICOM画像を自動転送するため、専門家の最寄りの地方労働局で当該症例のDICOM画像を参照しながら、地方じん肺診査医に意見を述べることができ

る。なお、読影端末においては、必要に応じて、手動で画像データをダウンロードすることも可能であり、読影端末に保存されたローカル画像も、サーバ画像も両方表示できる。

遠隔じん肺審査ネットワークシステム構成図（案）を図4に示す。ネットワークの中で画像データを扱う上で、課題を整理しておく必要がある。

じん肺法第14条では、都道府県労働局長は、じん肺管理区分決定後、遅滞なく、X線写真その他の物件の返還が必要となっている。従って、画像データは、管理区分決定までの一時保管が原則であるので、画像の手動あるいは自動削除できる機能が必要となる。保存方法にはデータベース（DB）を構築して一括管理する方法と、Network Attached Storage（NAS）方式でフォルダ管理する方法が考えられる。DB化すれば登録後一定期間経過したら削除するなど削除の自動化が可能であるが、構築費用は高価となる。NAS方式の構築費用は安価であるが、フォルダ管理を各労働局担当者が行う必要があり、煩雑である。全国の労働局から画像データが登録されるため、他局で登録した画像を許可なく閲覧できないロック機能は必要である。また、画像データの分散化を防ぐため、地方局の読影端末には画像データ自体はダウンロードできないようにし、閲覧のみに限定することが望ましい。

実際の遠隔サポート時の閲覧方法であるが、通信回線は「インターネットVPN」または「IP-VPN」でセキュリティを確保することが必須である。胸部X線写真1枚の表示時間は、2～6秒程度と想定されるが、各局が使用する通信回線速度のスペックに依存する。一般的にはIP-VPNのほうがインターネットVPNより高速に表示できるが、遠隔会議システムを併用する運用を考えると、イン

ターネットVPNの方がメリットは大きい。システム構築時には、将来的に想定される高速通信環境（5G、6G）で高精細モニターを画面共有する運用を考慮したシステム環境整備が望ましい。

3MP高精細医療用モニター2面を画面共有することは、既存の回線通信速度では現実的でない。複数の労働局の端末から、一括管理されている画像サーバに同時にアクセスして、それぞれの端末で画像を表示して閲覧する方式であれば可能と考える。

キッセイコムテック社以外の「じん肺用DICOMビューアシステム」が導入されている地方局においても、既存のPCにキッセイコムテック社の画像登録処理用ソフト（PAXiS-Importer）および画像参照用ソフト（PAXiS-じん肺ビューア）を追加すれば、ハード機器はそのまま使用できる。

このような、複数の労働局間でのじん肺審査の遠隔サポートを円滑に行うためには、ウェブ会議システムを導入して、遅滞なく相互で情報共有をすることが必要である。中央じん肺診査医会における審査及び労働局におけるじん肺管理区分の決定においては、胸部X線写真だけではなく、肺機能検査結果、合併症検査結果、過去のじん肺管理区分決定内容等が記載されているじん肺健康診断結果証明書（様式第1号、第2号、第3号）を閲覧することが必須である。過去の決定状況や申請者から提出された書類等が審査時に閲覧できないと、円滑な審査が遂行できない。これらの書類は、概ね手書きされたアナログ情報であることが多いが、審査時に診査医が内容を確認できればよいので、必ずしもデジタル化する必要はない。そこで、資料など主に平面の被写体をビデオカメラで撮影して映像信号に変換する装置である「書画カメラ（実物投映機）」を各地方局の画像登録処理端末の

ノートPCに接続し、ウェブ会議システムを通じて地域読影拠点の汎用PCモニターに「じん肺健康診断結果」等を表示させることで、専門家の遠隔サポートを受ける際も、申請者の情報を共有することができる。表示だけでPDF等のファイルは発生していないので、データの散逸、破棄の確認等、データ管理の懸念はない。

遠隔サポートを担当する医師の確保や日程調整等も課題となる。必ずしも地域にこだわる必要はなく全国規模でも遠隔サポートは可能だが、地域性を考慮して地域担当を割り当ててもよい。全国を8か所ほどのブロックに分けて、各地区にじん肺読影に高い見識と経験を持つ医師を配置するのも一つの方策である。各ブロック内の地方局で開催される審査会とじん肺読影に精通した医師が所属する地方局をウェブ会議システムで繋いで、両者がそれぞれに高精細モニター画面でDICOM画像を閲覧すれば、専門家の意見を参考にしながら、地方じん肺審査を行うことができる。地方局でのじん肺審査を遠隔でサポートしてもらえるのは、地方じん肺診査医にとっては、大変心強く、ありがたい仕組みであると考え

2. オンラインじん肺診断技術研修の実施

現在、地方じん肺診査医等研修として、（独）労働者健康安全機構が、年1回、神奈川県川崎市で「じん肺診断技術研修」を開催しているが、平日2日間、全国から川崎市まで出張することが困難である地方じん肺診査医もいるのではないかと推察する。この研修では、講義だけでなく、実際のじん肺症例の胸部X線写真15例を読影・判定し、その結果を講師が解説する実習形式が取り入れられており、全国の地方じん肺診査医の判定を平準化するために、大変有意義な研修である。一般的

ウェブ会議システムの画質では、じん肺画像を評価するに値しないが、地方局に「じん肺用DICOMビューアシステム端末」が配備されたことで、現行の「じん肺診断技術研修」の内容を担保する研修会を、ウェブで開催することが可能となる。地方じん肺診査医は、最寄りの地方局で受講できるため、交通・宿泊等の心配も軽減され、より参加しやすくなると思われる。概念図を図5に示す。

受講者は、オンライン研修受講前に、地方局の「じん肺用DICOMビューアシステム端末」で、画像サーバ内にある「読影実習症例」を閲覧し、テンプレートを利用したE-Learningの回答フォームを利用して、X線写真像の分類を回答しておく。講師は、講義前に受講者の回答分布等を把握し、分析できる。オンライン研修会の講義スライドはウェブ会議システムのソフトを使って汎用PCモニターで視聴し、講師の指示に従って、受講者は「じん肺用DICOMビューアシステム」の高精細モニターで、読影実習症例のDICOM画像と、じん肺標準X線写真DICOM画像を比較しながら、解説を聞くことができる。将来、5Gあるいは6Gが普及し、通信速度がさらに高速になれば、講師が操作している「じん肺用DICOMビューアシステム」の高精細モニターを受講者側の高精細モニターと同期させて、表示画面を共有することが可能になるかもしれない。

3. 中央じん肺診査医会をオンライン画像参照による遠隔会議として開催

各労働局におけるじん肺管理区分の決定後に中央じん肺診査医会における審査が必要な事案が発生する。本システムでは、全国から申請された全データが一元管理されているので、中央じん肺診査医は、必ずしも厚生労働省に出張しなくても、読影端末が配備されて

いる最寄りの地方局に出向いて「じん肺用DICOMビューアシステム端末」でDICOM画像を表示し、書画カメラで紙媒体のアナログ情報を共有し、ウェブ会議システムにて意見交換などの審議を行うことで、中央じん肺診査医会を遠隔会議として開催することが可能となる。概念図を図6に示す。

新型コロナウイルス感染拡大に伴い、対面での会議の開催が難しくなっている。中央じん肺診査医会も遠隔会議としての開催が期待されるが、審査対象のDICOM画像の参照と意見交換を両立させることが課題である。上記の「オンライン画像参照による遠隔会議」が望ましいが、直面する必要性を考慮すると、図7に示すように、全国地方局に配備された「じん肺用DICOMビューアシステム」を活用して、中央じん肺診査医会を「オフライン画像参照による遠隔会議」として開催することも可能と考える。ただし、開催までの事務方の準備作業の煩雑さを考慮すると、ネットワークシステムが構築されるまでの暫定的な運用と考えるべきである。

D. 結論

遠隔会議で実施する遠隔じん肺審査ネットワークシステムを考案した。本システムでは、我々が開発した「じん肺用DICOMビューアシステム」をネットワークで接続し、ウェブ会議システムと連動して使用する。

第1は、じん肺読影に精通した医師による地方じん肺審査の遠隔サポートである。判定に苦慮するケースに遭遇した際などに、じん肺読影に精通した医師が遠隔サポートする仕組みを構築したい。

第2は、オンラインじん肺診断技術研修の実施である。地方じん肺診査医の判定の平準化のために、「じん肺診断技術研修」をウェブで開催する。一般的なウェブ会議システムの

画質ではじん肺画像を評価するに値しないが、地方局に「じん肺用DICOMビューアシシステム端末」が配備されたことで、読影実習を含めた現行の「じん肺診断技術研修」の内容を担保するオンライン研修が可能となり、全国の多くの地方じん肺診査医が研修に参加しやすくなることが期待される。

第3は、中央じん肺診査医会をオンライン画像参照による遠隔会議として開催する構想である。本システムでは、全国から申請された全データが一元管理されているので、中央じん肺診査医は読影端末が配備されている最寄りの地方局に出向いて「じん肺用DICOMビューアシシステム端末」でDICOM画像を表示し、書画カメラで紙媒体のアナログ情報を共有し、ウェブ会議システムにて意見交換などの審議が行える。

令和3年度までに、全国すべての労働局にじん肺読影端末が配備された。この読影システムをネットワークでつなぐことで、中央じん肺診査医及び地方じん肺診査医の業務改善に資する仕組みが構築されることを期待す

る。

E. 参考文献

- [1]厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課、村田喜代史（座長）他、デジタル撮影によるじん肺標準エックス線画像に関する検討会報告書（平成23年1月）、厚生労働省、2011.1.21. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000010tq4.html>（参照2022-1-25）
- [2]丸山雄一郎、芦澤和人、じん肺審査におけるモニター読影ソフトの構想に関する研究：厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）総合研究報告書、2019.8.1, p. 33-37.
- [3]労働衛生のしおり 令和元年度版 表6 じん肺健康管理実施状況（業種別）（平成30年）、中央労働災害防止協会編、2019.8.1, p. 32-33.

F. 知的財産権の出願・登録状況

なし

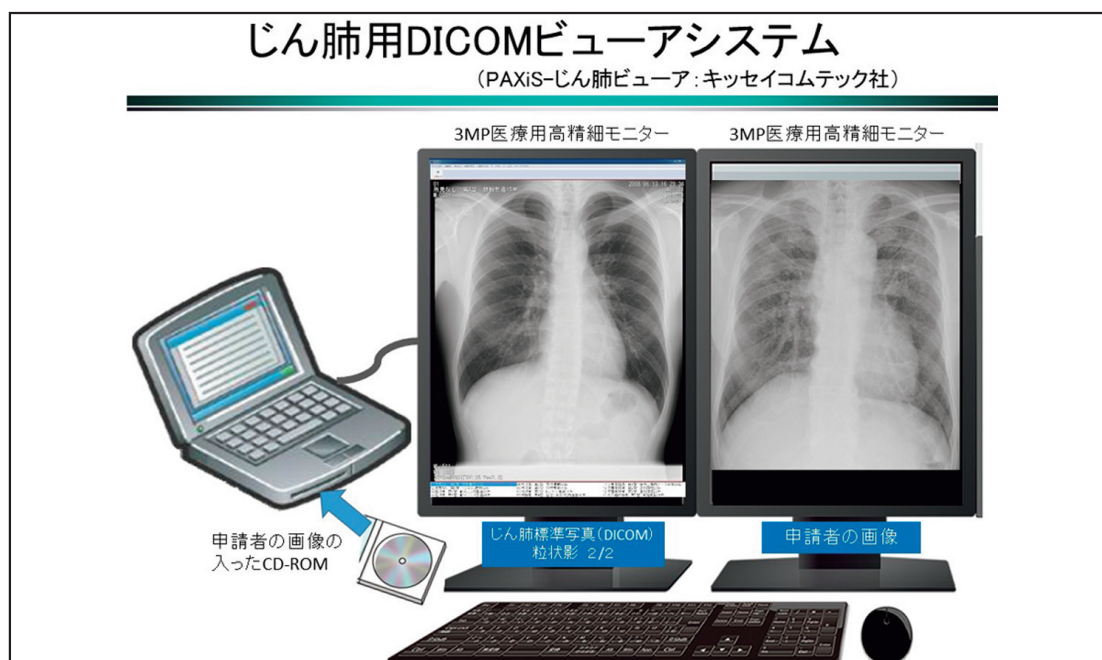


図 1

じん肺読影に精通した医師による遠隔サポート

- ・ じん肺読影に精通した医師とネットワークシステムでつなぎ、判定に苦慮するケースに遭遇した際など、遠隔でサポートする仕組みを構築する
 - ・ 必ずしも地域にこだわる必要はなく全国規模でも遠隔サポートは可能だが、地域性を考慮して地域担当を割り当ててもよい。
 - ・ 遠隔サポートする医師の確保や日程調整等は課題

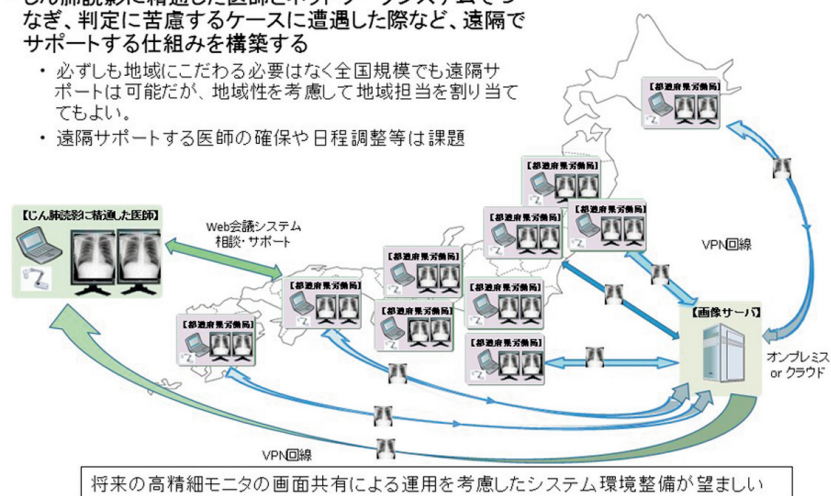
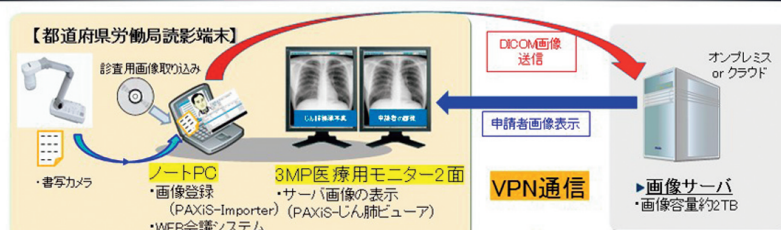


図 2

遠隔じん肺診査ネットワークシステム構成に必要な 地方労働局読影端末の概要



- 画像登録処理 (PAXIS-Importer)
- 画像登録処理を利用し、サーバに画像送信を行う。
- 1) 端末毎に、地域コードを事前設定
 - 2) じん肺審査のDICOM画像を開く
 - 3) 患者IDの先頭に、地域コードを付加して画像送信
- ※ 読影端末にて、画像登録処理を動かすことも可能。

- 画像参照 (PAXIS-じん肺ビューア)
- ・ 地域コード等で検査リストの絞り込みを行い、該当患者の画像を表示、じん肺標準写真を比較して表示
 - ・ ログイン権限に応じて、検査リスト(画像)の手動削除可能
 - ・ 他局で登録した画像を、許可なく閲覧できないロック機能



図 3

遠隔じん肺診査ネットワークシステム構成図(案)

・オンプレミス or クラウド画像サーバの構築

- ・クラウドサーバによる画像の集中管理(データベース構築)
- ・インターネットVPN(≫ IP-VPN)環境
- ・将来的には高速通信環境(5G、6G)で高精細モニタ2面の画面共有も想定
- ・各労働局の読影端末ノートPCから画像サーバにDICOM画像を送信
- ・各労働局の読影端末でサーバ内のDICOM画像表示が可能
- ・閲覧許可を得れば、他労働局が登録したDICOM画像の表示可能
- ・画像データの分散化を防ぐため、地方局の読影端末にはダウンロードしない方式

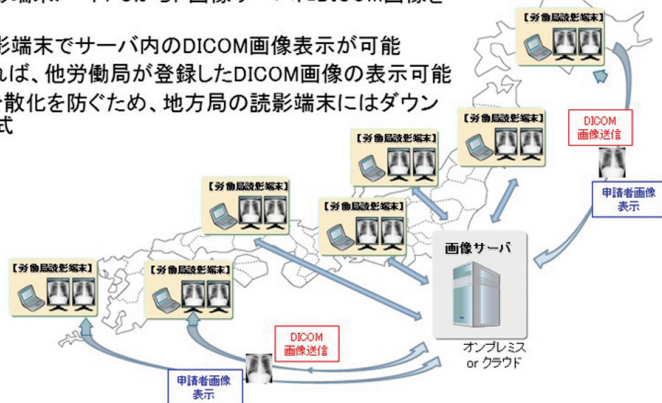


図 4

オンラインじん肺診断技術研修概念図

- ・講師、受講者ともに、最寄りの地方局の読影端末を使用
- ・受講者は、地方局のじん肺ビューアで、事前に画像サーバ内にある「読影実習症例」を閲覧して演習を行い、回答する
- ・講義スライドをWeb会議システムで視聴しながら、講師の指示に従い、読影演習症例のDICOM画像とじん肺標準エックス線写真DICOM画像を高精細モニタで観察し、解説を聞く

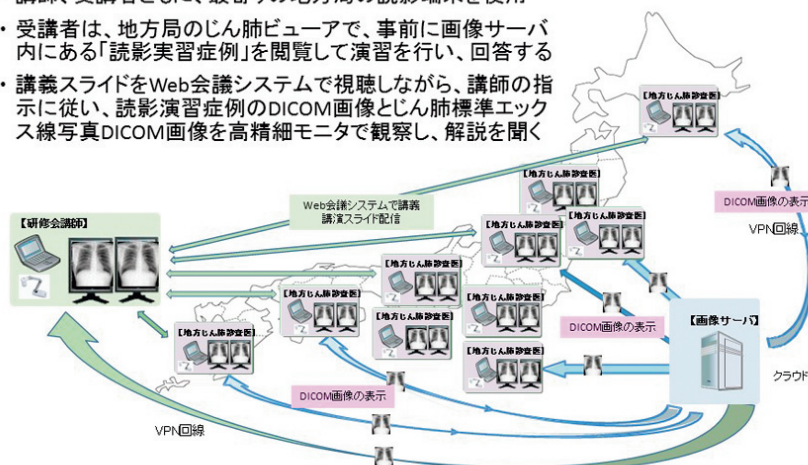


図 5

中央じん肺診査医会をオンライン遠隔会議として開催

- 中央じん肺診査医は読影端末が配備されている最寄りの地方局に出張
- 「PAXIS-じん肺ビューア」で画像サーバ内のDICOM画像を、各地方局で、ダウンロードせずに同時に表示
- 書画カメラで紙媒体のアナログ情報を共有
- Web会議システムにて意見交換などの審議を行う
- じん肺法第39条2に則り、この法律の規定によるじん肺の診断又は審査及びこれらに関する事務を行う

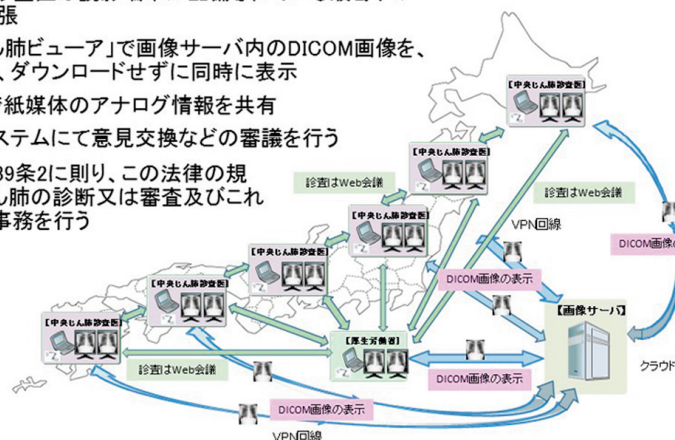
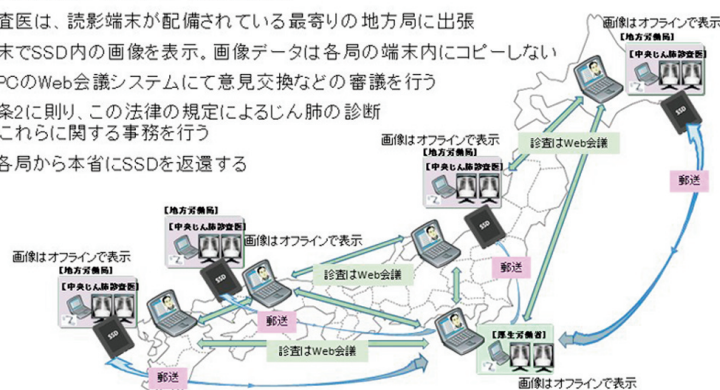


図 6

中央じん肺診査医会をオフライン画像参照による遠隔会議として開催(暫定的運用)

- 開催までの事務方の準備作業の煩雑さを考慮すると、ネットワークシステムが構築されるまでの暫定的な運用
- 本省から遠隔中央じん肺診査医会を開催する地方局に、審査対象のDICOM画像をコピーしたSSD等のストレージメディアを郵送(書留)
- 中央じん肺診査医は、読影端末が配備されている最寄りの地方局に出張
- じん肺読影端末でSSD内の画像を表示。画像データは各局の端末内にコピーしない
- 別途準備したPCのWeb会議システムにて意見交換などの審議を行う
- じん肺法第39条2に則り、この法律の規定によるじん肺の診断又は審査及びこれらに関する事務を行う
- 審査終了後、各局から本省にSSDを返還する



画像データは、郵送(書留)などのオフラインで事前配布し、審査終了後に回収

図 7

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	発表タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Hayashi H, Ashizawa K, Takahashi M, Kato K, Arakawa H, Kishimoto T, Otsuka Y, Noma S, Honda S	The diagnosis of early pneumoconiosis in dust-exposed workers : comparison of chest radiography and computed tomography	Acta Radiol	Advance online publication		2021
Hashimoto Y, Matsuhiro M, Suzuki H, Kawata Y, Ohtsuka Y, Kishimoto T, Ashizawa K, Niki N	Lobe-Specific Micro- Nodule Analysis of Pneumoconiosis Progression Using 3D CT Images	SPIE Medical Imaging			2022, (to appear)

学会発表

発表者氏名	発表タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	発表年
森奈々, 日野公貴, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 河田佳樹, 仁木登, 加藤勝也, 岸本卓巳, 芦澤和人	3次元CT画像を用いた じん肺の重症度診断支 援システム	第38回日本医用画像工 学会大会		p.3-17	2019
森奈々, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 河田佳樹, 仁木登, 加藤勝也, 岸本卓巳, 芦澤和人	3次元CT画像によるじん 肺のコンピュータ診 断支援システム	電子情報通信学会技術 研究報告医用画像	Vol.119, No.399	p.1-3	2020
森奈々, 橋本悠雅, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 河田佳樹, 仁木登, 加藤勝也, 大塚義紀, 岸本卓巳, 芦澤和人	3次元CT画像を用いた じん肺の粒状影の検出 能	電子情報通信学会技術 研究報告医用画像			2021
橋本悠雅, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 河田佳樹, 大塚義紀, 岸本卓巳, 芦澤和人, 仁木 登	3次元CT画像によるじん 肺重症度の肺葉別粒 状影解析	電子情報通信学会技術 研究報告医用画像	Vol.121, No.231	p.28-30	2021
森 奈々, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 河田佳樹, 仁木 登, 加藤勝也, 大塚義紀, 岸本卓巳, 芦澤和人	単純X線写真・CT画像 によるじん肺の評価実 験	第28回日本CT検診学会 学術集会	Vol.28, No.1	p.54	2021
松廣幹雄, 橋本悠雅, 鈴木秀宣, 河田佳樹, 大塚義紀, 岸本卓巳, 芦澤和人, 仁木 登	3次元CT画像による 3D-UNetを用いたじん 肺症例の粒状影抽出	呼吸機能イメージング 研究会学術集会			2022

The diagnosis of early pneumoconiosis in dust-exposed workers: comparison of chest radiography and computed tomography

Acta Radiologica
0(0) 1–5
© The Foundation Acta Radiologica
2021
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/02841851211022501
journals.sagepub.com/home/acr


Hideyuki Hayashi¹, Kazuto Ashizawa² , Masashi Takahashi³,
Katsuya Kato⁴, Hiroaki Arakawa⁵, Takumi Kishimoto⁶,
Yoshinori Otsuka⁷, Satoshi Noma⁸ and Sumihisa Honda⁹

Abstract

Background: Chest radiography (CR) is employed as the evaluation of pneumoconiosis; however, we sometimes encounter cases in which computed tomography (CT) is more effective in detecting subtle pathological changes or cases in which CR yields false-positive results.

Purpose: To compare CR to CT in the diagnosis of early-stage pneumoconiosis.

Material and Methods: CR and CT were performed for 132 workers with an occupational history of mining. We excluded 23 cases of arc-welder's lung. Five readers who were experienced chest radiologists or pulmonologists independently graded the pulmonary small opacities on CR of the remaining 109 cases. We then excluded 37 cases in which the CT data were not sufficient for grading. CT images of the remaining 72 cases were graded by the five readers. We also assessed the degree of pulmonary emphysema in those cases.

Results: The grade of profusion on CR (CR score) of all five readers was identical in only 5 of 109 cases (4.6%). The CR score coincided with that on CT in 40 of 72 cases (56%). The CT score was higher than that on CR in 13 cases (18%). On the other hand, the CT score was lower than that on CR in 19 cases (26%). The incidence of pulmonary emphysema was significantly higher in patients whose CR score was higher than their CT score.

Conclusion: CT is more sensitive than CR in the evaluation of early-stage pneumoconiosis. In cases with emphysema, the CR score tends to be higher in comparison to that on CT.

Keywords

Pneumoconiosis, chest radiography, computed tomography, chest, pulmonary emphysema

Date received: 3 April 2020; accepted: 10 May 2021

Introduction

Pneumoconiosis, an occupational lung disease caused by the inhalation of silica, coal particles, or asbestos, still has a serious effect on occupational health worldwide (1). Silicosis, a pneumoconiosis, is an incurable lung disease caused by the inhalation of dust containing free crystalline silica. Early recognition is important

⁴Department of Radiology, Kawasaki Medical School Hospital, Okayama, Japan

⁵Department of Radiology, Dokkyo Medical University, Tochigi, Japan

⁶Asbestos Research Center, Okayama Rosai Hospital, Okayama, Japan

⁷Department of Internal Medicine, Hokkaido Chuo Rosai Hospital, Hokkaido, Japan

⁸Department of Radiology, Tenri Hospital, Tenri, Japan

⁹Department of Public Health & Nursing, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki, Japan

Corresponding author:

Kazuto Ashizawa, Department of Clinical Oncology, Unit of Translational Medicine, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences, 1-7-1 Sakamoto, Nagasaki 852-8501, Japan.

Email: ashi@nagasaki.u.ac.jp

¹Department of Radiology, Isahaya General Hospital, Nagasaki, Japan

²Department of Clinical Oncology, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki, Japan

³Department of Radiology, Yujin-Yamazaki Hospital, Shiga, Japan

in the management of this disease. Early-stage pneumoconiosis is defined as profusion 0/1 to 1/1 cases on chest radiography (CR) based on the international classification of radiographs of pneumoconiosis published by International Labour Office (ILO) (2,3). Because they do not have pulmonary dysfunction, a radiological examination is essential for the diagnosis of pneumoconiosis for both clinical and epidemiological purposes (1). Although workers with possible exposure to occupational dust are screened using CR, there are some limitations in the assessment of pneumoconiosis on CR.

Computed tomography (CT) is more sensitive than CR in detecting lung parenchymal abnormalities. CR as well as CT findings in patients with silicosis have been documented, and it has been reported that discordance between the two was high, especially for CR-negative and early-stage pneumoconiosis cases (2). In addition, we sometimes encounter cases in which nodules, which are suspected on CR, are not evident on CT, especially in patients with pulmonary emphysema. The aim of the present study was to compare the CR and CT findings in the diagnosis of early-stage pneumoconiosis. Moreover, we also would like to evaluate whether the presence or degree of pulmonary emphysema is associated with the CR and CT scores.

Material and Methods

The present retrospective study was approved by the institutional review board of our hospitals, and the requirement for informed written consent was waived from all participants.

Patients

CR and CT examinations were performed for 132 workers with an occupational history of mining, who were recruited from two laborers' hospitals. Because the imaging findings of arc-welder's pneumoconiosis are different from those of silicosis (4), we excluded 23 cases of arc-welder's lung (Fig. 1). Thus, 109 individuals (109 men; age range = 48–89 years; mean age = 74.8 years) with silicosis or coal workers' pneumoconiosis were included. They included 25 smokers, 72 ex-smokers, and 12 never-smokers. None of the workers in the study had a history of pulmonary disease, such as tuberculosis, pneumonia, or lung cancer.

Interpretation of chest radiography

Posteroanterior CR was taken at full inspiration. CR images were displayed in 3-megapixel LCD medical-grade gray-scale monitor (Radforce GS 320; Eizo, Ishikawa, Japan). Five readers, who were experienced chest radiologists (MT, KK, and SN, with 21–35 years of experience) or pulmonologists (TK and YO, with 27 and 15 years of experience, respectively) independently graded the profusion of lung abnormalities on CR of 109 cases in comparison to a set of standard radiographs provided by Ministry of Health, Labour and Welfare Labour Standards Bureau. In this set, CR findings are classified into one of seven PR (profusion) categories (PR 0, 1, 2, 3, 4A, 4B, and 4C). No radiographic signs of pneumoconiosis are graded as PR0 and those with pneumoconiotic small opacities as PR1–PR3, depending on increasing number

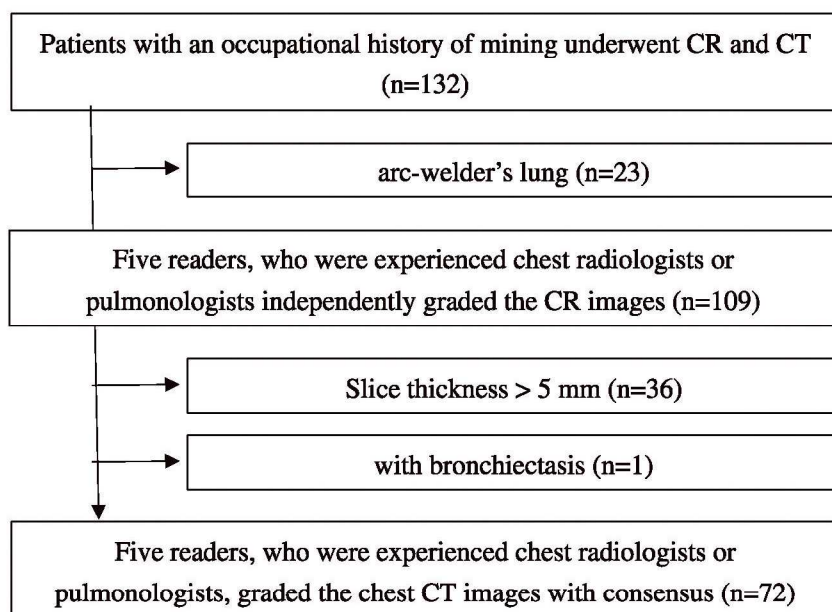


Fig. 1. Study selection process.

Table 1. Observer performance of the experienced chest radiologists or pulmonologists in the interpretation of CR images (n = 109).

CR score	5/5 agreement	4/5 agreement	3/5 agreement
0/1	4	14	11
1/0	1	7	28
1/1	0	3	14
>1/1	0	2	4
Total	5 (4.6%)	26 (24%)	57 (52%)

CR, chest radiography.

(profusion), and large opacities as PR4. Small opacities profusion is recorded on a 12-point scale from 0/– to 3/+, in which 0/– indicates no abnormality and 3/+ signifies the highest concentration of small opacities. We analyzed the observer performance of the five readers in the interpretation of CR. After the analysis of their scores (Table 1), the images from cases for which there was disagreement among the reviewers were reviewed to reach a consensus.

Interpretation of CT

All individuals were scanned in two CT scanners (TSX-302A/1A Aquilion PRIME (Toshiba Medical Systems, Tochigi, Japan) and Light Speed VCT (GE Healthcare, Chicago, IL, USA). Because of the retrospective design of this study, various CT scan protocols were used, and CT images were obtained with slice thicknesses in the range of 3–8 mm and slice intervals in the range of 5–8 mm at full inspiration. We excluded 36 cases with a slice thickness of >5 mm, and one case with marked bronchiectasis in the interpretation of CT images (Fig. 1). CT images were also displayed in 3-megapixel LCD medical-grade gray-scale monitor (Radforce GS 320; Eizo, Ishikawa, Japan). All CT images were viewed on lung window setting (level = –700 HU; width = 1500 HU). Five readers also graded the profusion of lung abnormalities on CT images of 72 cases with consensus.

We compared the scores in both the CR and CT images. Two other experienced chest radiologists (HH and KA, with 22 and 30 years of experience, respectively) evaluated each CT image and classified the degree of emphysema into three levels: none; mild; and severe. These three levels correspond to the classification in the Fleischner Society guidelines as follows: none = none or trace; mild = mild or moderate; and severe = confluent or advanced destructive (5). The relationship between the degree of emphysema and the CR/CT scores was examined.

Table 2. Comparison of both CR and CT scores (n = 72).

CR score	CT score			
	0/1	1/0	1/1	1/<1
0/1 (n = 27)	21	5	0	1
1/0 (n = 27)	13	9	4	1
1/1 (n = 15)	3	2	8	2
1/<1 (n = 3)	0	1	0	2

CR, chest radiography; CT, computed tomography.

Table 3. Correlation between the degree of pulmonary emphysema and CR/CT scores (n = 72).

Pulmonary emphysema	CR > CT	CR = CT	CR < CT
None (n = 43)	5	26	12
Mild (n = 21)	7	13	1
Severe (n = 8)	7	1	0

CR, chest radiography; CT, computed tomography.

Data analysis

The weighted value of kappa was calculated for the comparison of CR and CT scores (Table 2). Spearman's rank correlation coefficient was calculated to assess the correlation between the degree of pulmonary emphysema and the CR/CT scores (Table 3).

Results

The observer performance in the interpretation of CR images is shown in Table 1. The scores of all five observers were identical in only 5 of 109 cases (4.6%). There were 26 cases (24%) in which the scores of four of the five observers matched. There were 57 cases (52%) in which the scores of three of the five observers matched.

A comparison of CR and chest CT according to the categories is shown in Table 2. The weighted value of the kappa coefficient between the CR and CT scores was 0.456 ($P < 0.01$). 21 out of 27 cases with a CR score of 0/1 matched the score of the CT images. Six cases with a CR score of 0/1 were scored as 1/0 (n = 5) or 1/<1 (n = 1) on CT images. Five cases with a CR score of 1/0 were scored as 1/1 (n = 4) or 1/<1 (n = 1) on CT images. Two cases with a CR score of 1/1 were scored as 1/<1 (n = 2) on CT images. Therefore, there were 13 cases in which the CT score was higher than the CR score (Fig. 2). On the other hand, there were 19 cases in which CR score was higher than the CT score (Fig. 3).

The correlation between the degree of pulmonary emphysema and the CR/CT scores is shown in Table 3. The incidence of pulmonary emphysema was significantly higher ($r = 0.503$; $P < 0.001$) in cases in which the CR score was higher than the CT score.

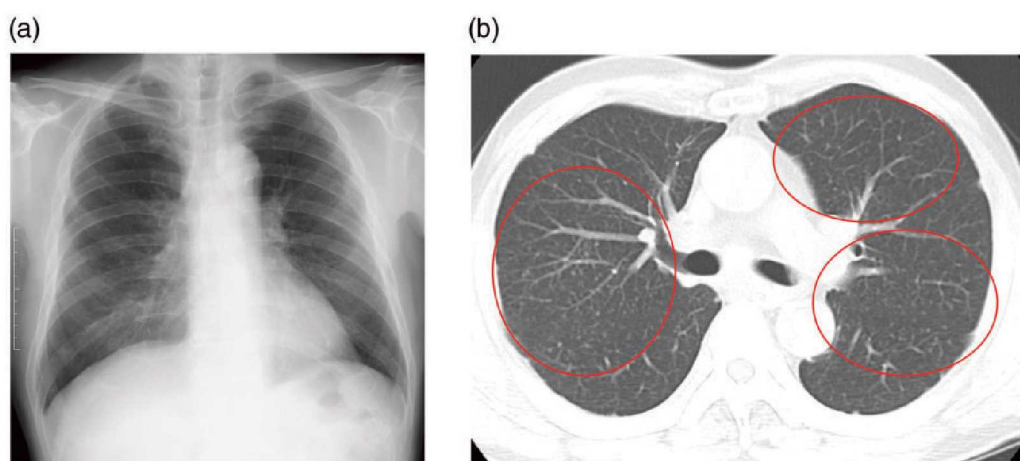


Fig. 2. (a) A 72-year-old man with an exposure duration of 30 years. Chest radiography was judged as profusion 0/1. (b) Computed tomography images revealed many small opacities in the lung parenchyma (circles).

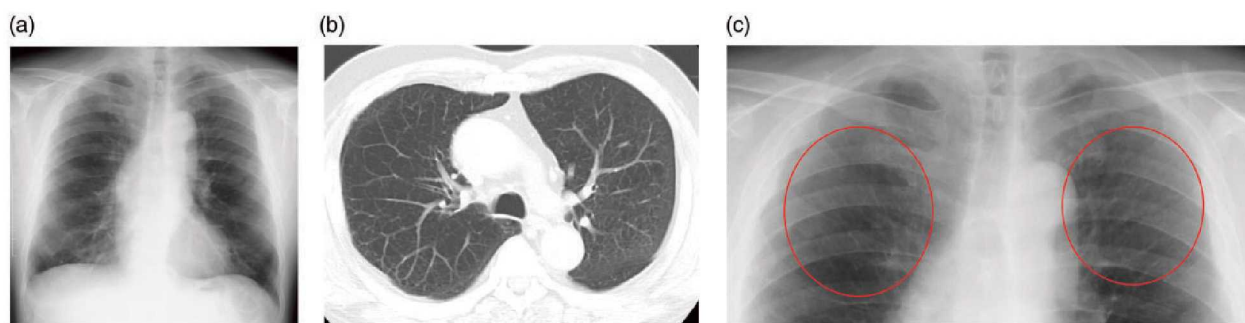


Fig. 3. (a) An 81-year-old man with an exposure duration of 34 years. CR was judged as profusion 1/1. (b) Computed tomography images revealed pulmonary emphysema with a few small opacities in the lung parenchyma. (c) Magnified image of the upper lung fields of CR (a). There appear to be small nodules in the upper lung fields (circles). CR, chest radiography.

Discussion

In the present study, CT is more sensitive than CR in the evaluation of pneumoconiosis. Pneumoconiosis is usually diagnosed based on CR. Currently the diagnosis is based on the international classification of radiographs of pneumoconiosis, published by the ILO in 1980 (3); however, CR is of limited value in cases of low-grade diffuse infiltrative lung disease (6,7). In this study, 18% (13/72) of cases had small nodular lesions that could only be detected on CT, or in which more nodules could be detected by CT. There are some cases in which tiny nodules can only be depicted on CT. Suganuma et al. (8) reported that the CR categorical classification was similar to high-resolution CT (HRCT), with the exception of category 0, in which HRCT was more sensitive.

In patients with pulmonary emphysema, the CR score tended to be higher than the CT score. Although Savranlar et al. (2) also reported that the CR categorical score was higher than the CT score in

15 of 67 patients, the reason was not shown. Patients with silicosis often have pulmonary emphysema. Bergin et al. (9) reported that pulmonary emphysema associated with silicosis was easily detected on CT. To the best of our knowledge, there are no reports on the overestimation of silicotic nodules by correlated with pulmonary emphysema.

It is difficult to diagnose pulmonary emphysema based on CR alone. Thurlbeck and Simon (10) described two different roentgenologic patterns of altered pulmonary vascularity in patients with pulmonary emphysema, namely, “arterial deficiency” and “increased marking”. “Increased marking” refer to prominent vascular markings which tend to be irregular in contour. This pattern is thought to occur in patients with mild or moderate emphysema due to redistribution of blood flow, pulmonary arterial hypertension and lung overinflation. We hypothesize that the presence of “increased marking” is one of the factors associated with overestimation of tiny nodules on CR.

Although image interpretation was performed by experienced radiologists or pulmonologists in this study, there were only 5 cases (4.6%) in which all five scores of pneumoconiosis on CR matched. The diagnosis is based on the international classification of radiographs; however, the criterion is ambiguous due to the number of nodules. Since this ambiguity cannot be completely eliminated, even by CT, we are of the opinion that objective evaluation by a system such as computer-assisted diagnosis will be necessary in the future.

The present study has some limitations. First, this was a retrospective study. Second, the study population was relatively small. Third, the slice thickness of CT was relatively thick, not thin-section CT, because CT scans with thick slice thickness have been performed in the past for screening purposes at many institutions, and they are performed in some institutions in our country, even at the present time. Therefore, this limitation might influence the CT profusion score.

In conclusion, CT is more useful than CR in the evaluation of pneumoconiosis. In addition to depicting tiny nodules, we could reduce overestimation, especially in cases with pulmonary emphysema. We suggest using CT as a standard screening method to distinguish between normal and early-stage pneumoconiosis.

Acknowledgments

The authors thank Yuko Nishimoto and Tetsuhisa Nita for their helpful comments.

Declaration of conflicting interests

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The authors received the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: This study was supported by the Ministry of Health, Labour and Welfare Scientific Research Grant of Japan.

ORCID iD

Kazuto Ashizawa  <https://orcid.org/0000-0001-6726-1297>

References

1. Akira M. High-resolution CT in the evaluation of occupational and environmental disease. High-resolution CT of the lung II. *Radiol Clin North Am* 2002;40:43–59.
2. Savranlar A, Altin R, Mahmutyazicioğlu K, et al. Comparison of chest radiography and high-resolution computed tomography findings in early and low-grade coal worker's pneumoconiosis. *Eur J Radiol* 2004;51:175–180.
3. International Labour Office. Guideline for the use of ILO international classification of radiographs of pneumoconiosis, revised ed. 31. Occupational Safety and Health Series No.2. Geneva: International Labour Office, 1980.
4. Yoshii C, Matsuyama T, Takazawa A, et al. Welder's pneumoconiosis: diagnostic usefulness of high-resolution computed tomography and ferritin determinations in bronchoalveolar lavage fluid. *Intern Med* 2002;12:1111–1117.
5. Lynch DA, Austin JHM, Hogg JC, et al. CT-definable subtypes of chronic obstructive pulmonary disease: a statement of the Fleischner Society. *Radiology* 2015;277:192–205.
6. Gevenois PA, Pichot E, Dargent F, et al. Low-grade coal worker's pneumoconiosis. Comparison of CT and chest radiography. *Acta Radiol* 1994;35:351–356.
7. Epler GR, McLoud TC, Gaensler EA, et al. Normal chest roentgenograms in chronic diffuse infiltrative lung disease. *N Engl J Med* 1978;298:934–939.
8. Suganuma N, Kusaka Y, Hosoda Y, et al. The Japanese Classification of Computed Tomography for pneumoconiosis with the ILO international classification of radiographs for pneumoconiosis. *J Occup Health* 2001;43:24–31.
9. Bergin CJ, Muller NL, Vedral S, et al. CT in silicosis: correlation with Plain Films and Pulmonary Function Tests. *AJR Am J Roentgenol* 1986;146:477–483.
10. Thurlbeck WM, Simon G. Radiographic appearance of the chest in emphysema. *AJR Am J Roentgenol* 1978;130:429–440.

3次元CT画像を用いた じん肺の重症度診断支援システム

森 奈々^{*1} 日野 公貴^{*1} 松廣 幹雄^{*2} 鈴木 秀宣^{*2} 河田 佳樹^{*2}
仁木 登^{*2} 加藤 勝也^{*3} 岸本 卓巳^{*4} 芦澤 和人^{*5}

要旨

じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。我国において毎年24万人前後の粉じん労働者がじん肺健康診断を受診している。じん肺診断では胸部単純X線写真を用いているが近年ではCT画像を用いた定量的な診断法が検討されている。本報告では、じん肺CT画像の第0型0/1, 第1型1/0, 第1型1/1, 第1型1/2, 第2型2/2からマニュアル処理によって粒状影を抽出し、じん肺CT画像データベースを作成する。このデータベースを用いてX線写真の診断結果と粒状影の個数・大きさ・重症度別に解析・比較・評価・診断支援システムの開発を行う。

キーワード: CT, CAD, 医用画像処理

1. はじめに

じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。日本の粉じん作業従事労働者数は昭和60年をピークに減少し、平成12年で35万人であったが、近年は約50万人前後で推移しており増加傾向となっている。じん肺が進行すると肺結核・続発性気胸・肺がんなどの合併症に罹患しやすくなるため、健康診断で適切な診断・治療が必要である。

また、じん肺健康診断として胸部単純X線撮影や肺機能検査が実施されている。胸部単純X線写真によって第0型、第1型、第2型、第3

型、第4型に分類され、第1型以上の患者は労災認定となるが第0型の患者は労災認定の対象とならないため正確に診断しなければならない。ここで、近年では胸部CT検査による定量的な診断法が検討されている。本報告では、じん肺CT画像の第0型0/1, 第1型1/0, 第1型1/1, 第1型1/2, 第2型2/2からマニュアル処理によって粒状影を抽出し、じん肺CT画像データベースを作成する。このデータベースを用いてX線写真の診断結果と粒状影の個数・大きさ・重症度別に解析・比較・評価・診断支援システムの開発を行う。

2. 撮影条件と手法

岡山ろうさい病院で診断されたじん肺25症例(0/1-5例, 1/0-5例, 1/1-5例, 1/2-5例, 2/2-5例)を用いて解析を行った。撮影条件を表1に示す。これらのCT画像に(1)じん肺CT画像データベースの作成, (2)粒状影の定量評価を適用した。

*1 徳島大学大学院先端技術科学教育部
〒770-8502 徳島県徳島市南常三島町2-1
e-mail: c501938019@tokushima-u.ac.jp

*2 徳島大学大学院社会産業理工学研究部

*3 川崎医科大学

*4 岡山ろうさい病院

*5 長崎大学

表 1 撮影条件

装置	Aquilion PRIME
管電圧[kV]	120
管電流[mA]	240
スライス厚[mm]	1.0
画素間隔[mm]	0.625 , 0.781
再構成間隔[mm]	1.0
再構成関数	FC13-H,FC52

(1) じん肺 CT 画像データベースの作成

(1) - (a) 粒状影のマニュアル抽出

WL500, WW1500 で設定し, Axial 面を用いて右肺尖部, 右肺底部, 左肺尖部, 左肺底部の順で抽出する. 抽出は 2 回行い 1 回目と 2 回目の読影間隔は半年以上と 1 週間を置いた. 1 回目と 2 回目の論理和をマニュアル抽出結果とする.

(1) - (b) CAD を用いた結節の自動抽出

本研究室で開発されている CAD の結節自動抽出結果とマニュアル抽出結果を重ね合わせ新たに見直し, 未抽出の粒状影があればじん肺 CT 画像データベースに追加する.

(2) 粒状影の定量評価

じん肺の重症度を粒状影の個数, 大きさと CT 値, 分布型によって評価する. 粒状影の大きさは, 粒状影が球であると仮定して, 体積から求められる直径と定義する. 病型区分の分類に必要な粒状影の大きさと分類数の検討をするために各大きさ別の粒状影数でクラスタリングを行い, クラス数を求める.

3. 結果

第 0 型 0/1 と第 1 型 1/0 の粒状影の抽出結果例を図 1 に示す. 粒状影数を見ると診断結果と一致しない症例があった. 図 2 に粒状影の直径と累積頻度の関係を示す. 重症度に関わらず直径 3mm 以上の粒状影では指数関数的に数が増

加しているが 3mm 以下になると緩やかになる傾向が見られた.

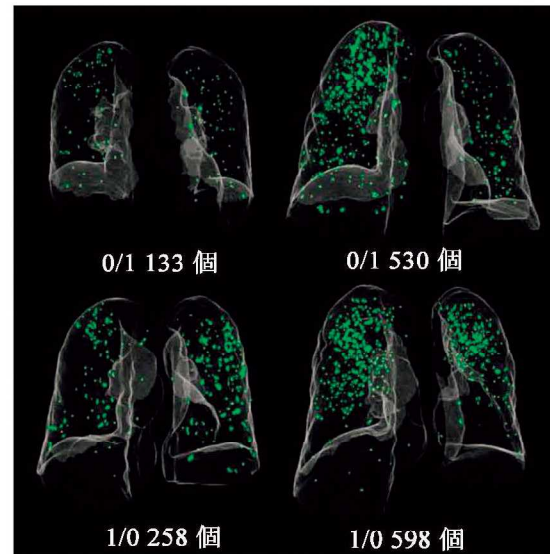


図 1 粒状影の抽出結果

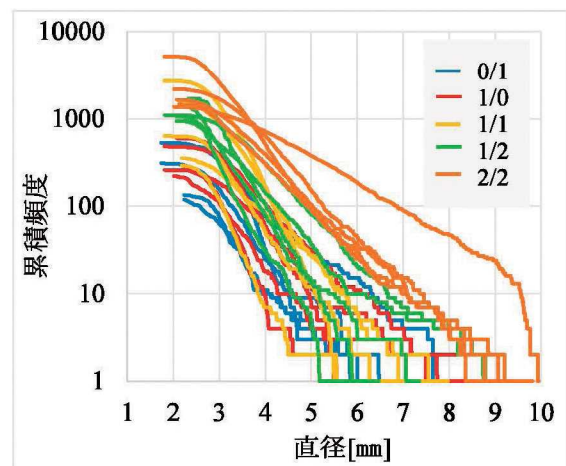


図 2 粒状影の直径と累積頻度

次に, 大きさ別における粒状影数を用いてクラスタリングを行った. 分類結果を X 線写真の重症度分類と比較すると, 3mm 以上では十分に分類できず, 2.5mm 以上の微小な粒状影の検出が必要である. また, CT 分類後の粒状影大きさ別平均 CT 値と, 部位別における粒状影の大きさと個数の関係をそれぞれ図 3, 4 に示す. 2-5mm の粒状影は, 同じ大きさでも分類別に CT 値の差があった. 肺の部位別における粒状影の個数と大きさの関係では 25 症例中 18 症例が上部に粒状影のある割合が高く, 左肺より右肺のほうが多い傾向が見られた.

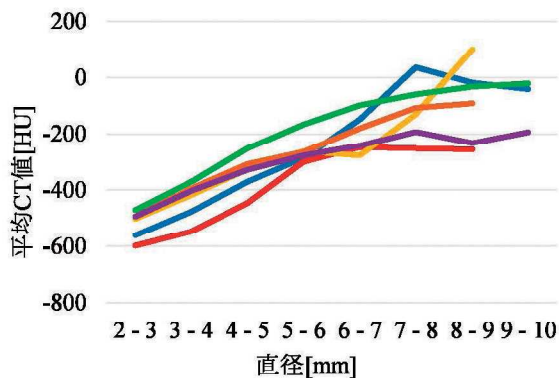


図3 CT分類後における粒状影の大きさと平均CT値の関係

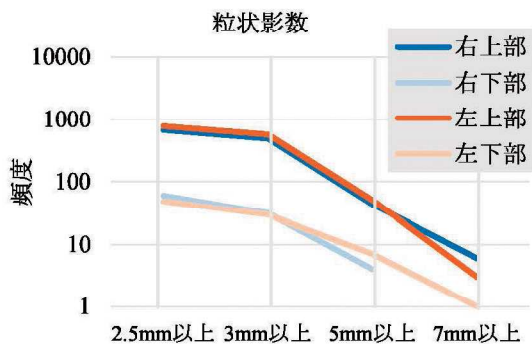


図4 肺の部位別における粒状影の個数と大きさの関係

4. まとめ

じん肺CT画像からデータベースを作成し、粒状影の個数、大きさとCT値、分布型からじん肺の重症度を定量評価し、X線写真の診断結果と比較・評価した。今後の課題として多症例の粒状影を統計解析し、高精度なじん肺診断支援システムの開発を目指す。

利益相反の有無
なし

文 献

- [1] H. Suzuki, Y. Kawata, N. Niki, et al: Computer aided diagnosis for severity assessment of pneumoconiosis using CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, Vol.9785, pp.978531-1-6, 2016.
- [2] K. Kanazawa, Y. Kawata, N. Niki, et al: Computer-aided diagnosis for pulmonary nodules based on helical CT images, Comput. Med. Imag. Graphics, vol. 22, no. 2, pp. 157-167, 1998.
- [3] Y. Kawata, N. Niki, H. Ohmatsu, et al: Quantitative classification based on CT histogram analysis of non-small cell lung cancer: Correlation with histopathological characteristics and recurrence-free survival, Medical Physics, vol.39, no.2, pp.988-1000, 2012.
- [4] 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 河田佳樹, 他: 胸部マルチスライスCT画像における葉間裂抽出法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J.96-D, no.4, pp.834-843, April, 2013.
- [5] 滝島任, 中村雅夫, 千代谷慶三: じん肺患者の呼吸機能検査ハンドブック. 真興交易医書出版部, 1991, P3-10
- [6] 永井厚志編: 呼吸器疾患 第3版. 日本医事新報社, 2015, P241-250
- [7] K. Hino, M. Matsuhiro, H. Suzuki, et al: Quantitative assessment for pneumoconiosis severity diagnosis using 3D CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, Vol.10575, pp.105753J-1-6, 2018.
- [8] 日野公貴, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 他: 胸部3次元CT画像を用いたじん肺の重症度診断基準に関する粒状影の定量的評価, 電子情報通信学会技術研究報告医用画像, Vol.118, No.286, pp.13-15, 2018.11

A Computer Aided Diagnosis system for pneumoconiosis severity using 3D CT images

Nana Mori^{*1}, Koki Hino^{*1}, Mikio Matsuhira^{*2}, Hidenobu Suzuki^{*2}, Yoshiki Kawata^{*2}, Noboru Niki^{*2}
Katsuya Kato^{*3}, Takumi Kishimoto^{*4}, Kazuto Ashizawa^{*5}

^{*1} System Innovation Engineering Graduate School of Advanced Technology and
Science The University of Tokushima

^{*2} Tokushima University

^{*3} Kawasaki Medical School

^{*4} Okayama Rosai Hospital

^{*5} Nagasaki University

Pneumoconiosis is an occupational respiratory illness that occurs by inhaling dust into the lungs. 240,000 participants are screened for diagnosis of pneumoconiosis every year in Japan. Radiograph is used for staging of severity rate in pneumoconiosis worldwide. CT imaging is useful for the differentiation of requirements for industrial accident approval because it can detect small lesions in comparison with radiograph. In this paper, we extracted lung nodules from 3D pneumoconiosis CT images by two manual processes and automatic process, and created a database of pneumoconiosis CT images. We used the database to analyze, compare, and evaluate visual diagnostic results of radiographs and quantitative assessment (number, size and volume) of lung nodules. This method was applied to 25 pneumoconiosis patients. Initial results showed that the proposed method can assess severity rate in pneumoconiosis quantitatively. And we analyzed the CT values and the distribution types of result. This study demonstrates effectiveness on diagnosis and prognosis of pneumoconiosis in CT screening. .

Key words: X-ray image, CT, Medical image processing

3次元CT画像による じん肺のコンピュータ診断支援システム

森 奈々[†] 松廣 幹雄[‡] 鈴木 秀宣[‡] 河田 佳樹[‡] 仁木 登[‡]

加藤 勝也^{†‡} 岸本 卓巳^{‡‡} 芦澤 和人^{†‡‡}

[†]徳島大学大学院 先端技術科学教育部 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島町 2-1

[‡]徳島大学大学院 社会産業理工学研究部

^{†‡}川崎医科大学

^{‡‡}岡山ろうさい病院

^{†‡‡}長崎大学

E-mail: [†]c501938019@tokushima-u.ac.jp

あらまし じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。我国において毎年 24 万人前後の粉じん労働者がじん肺健康診断を受診している。じん肺の診断では単純 X 線写真を用いているが、近年では単純 X 線写真に比べて正確に病変を評価することができる 3 次元 CT 画像を用いた高精度な診断が期待されている。本研究では、3 次元 CT 画像を用いてじん肺の診断支援システムの開発を目指している。このために、CT 画像を用いてじん肺の粒状影を自動抽出し、粒状影の個数、大きさと CT 値、分布型を可視化することで定量的な診断を支援する。

キーワード CT, CAD, 医用画像処理, じん肺

1. 背景・目的

じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。日本の粉じん作業従事労働者数は昭和 60 年をピークに減少し、平成 12 年で 35 万人であったが、近年は約 50 万人前後で推移しており増加傾向となっている。じん肺が進行すると肺結核・続発性気胸・肺がんなどの合併症に罹患しやすくなるため、健康診断で適切な診断・治療が必要である。

また、じん肺健康診断として胸部単純 X 線撮影や肺機能検査が実施されている。胸部単純 X 線写真によって第 0 型、第 1 型、第 2 型、第 3 型、第 4 型に分類され、第 1 型以上の患者は労災認定となるが第 0 型の患者は労災認定の対象とならないため正確に診断しなければならない。ここで、近年では単純 X 線写真に比べて正確に病変を評価することができる 3 次元 CT 画像を用いた高精度な診断が期待されている。そこで本研究では、3 次元 CT 画像を用いてじん肺の診断支援システムの開発を目指している。このために、CT 画像からじん肺の粒状影を自動抽出し、粒状影の個数、大きさと CT 値、分布型を可視化することで定量的な診断を支援する。

2. 撮影条件と手法

岡山ろうさい病院で診断されたじん肺 12 症例 (CT0/1 - 8 例, CT1/0 - 3 例, CT1/1 - 1 例) と、北海道中央労災病院で診断された 44 症例 (CT0/1 - 22 例,

CT1/0 - 15 例, CT1/1 - 7 例) の合計 56 症例を用いた。症例別の病型区分と症例数を表 1 に示し、撮影条件を表 2 に示す。これらの CT 画像から (1) じん肺 CT 画像データベースの作成, (2) 粒状影の定量評価, (3) k-means 法による重症度のクラスタリングを行い、医師の診断結果と比較・評価を行った。

表 1 病型区分と症例数

岡山ろうさい病院		北海道中央労災病院	
病型区分	症例数	病型区分	症例数
CT 0/1	8 症例	CT 0/1	22 症例
CT 1/0	3 症例	CT 1/0	15 症例
CT 1/1	1 症例	CT 1/1	7 症例
合計	12 症例	合計	44 症例

表 2 撮影条件

データ元	岡山ろうさい 病院	北海道中央 労災病院
装置	Aquilion PRIME	LightSpeed VCT
管電圧[kV]	120	120
管電流[mA]	240	167~698
スライス厚 [mm]	1.0	1.25
画素間隔 [mm]	0.625, 0.781	0.527~0.742
再構成間隔 [mm]	1.0	1.25
再構成関数	FC13-H,FC52	STANDARD

(1) じん肺 CT 画像データベースの作成

じん肺の粒状影は半自動処理で抽出する．まず，粒状影をマニュアル処理で抽出する．抽出は 2 回行い，1 回目と 2 回目の論理和を最終結果とする．次に，本研究室で開発されている CAD を用いて抽出を行う．マニュアル処理で未抽出の粒状影があれば追加し，その結果をじん肺 CT 画像データベースとする．

(2) じん肺の定量評価

じん肺の重症度を粒状影の個数，大きさによって評価する．

(2)-1 粒状影の個数と大きさ

粒状影の大きさは，粒状影が球であると仮定して，体積から求められる直径で定義する．

(2)-2 クラスタリングによる重症度分類

直径 2.5mm 以上，4mm 以上，6mm 以上の粒状影の累積頻度を用いて k-means 法によるクラスタリングを行う．ここで，2.5mm 以上，4mm 以上，6mm 以上の累積頻度には大きな差があるため，それぞれの累積頻度の最大値を 1 として正規化した値を用いて，0/1 と 1/0 の境界を明確にするため 2 クラスに分類を行う．

3. 結果

CT1/0 の粒状影の抽出結果例を図 1 に示す．画像の下に示す個数は直径 2.5mm 以上の粒状影数である．これより，同じ 1/0 でも径の大きい粒状影の占める割合が高いが個数の少ない症例と，径の小さい粒状影の占める割合が高い症例があることが確認できる．

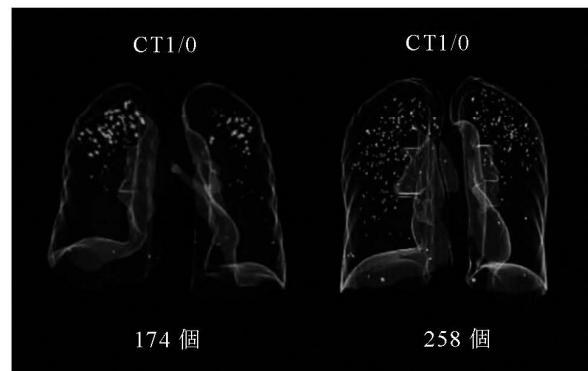


図 1 粒状影の抽出結果

図 2 に粒状影の大きさ別累積頻度を示す．これより，CT0/1 と 1/0 にばらつきがあることが分かる．また，同じ CT1/0 の中に直径が大きい粒状影を多く含む群とそうでない群が存在することが確認できる．

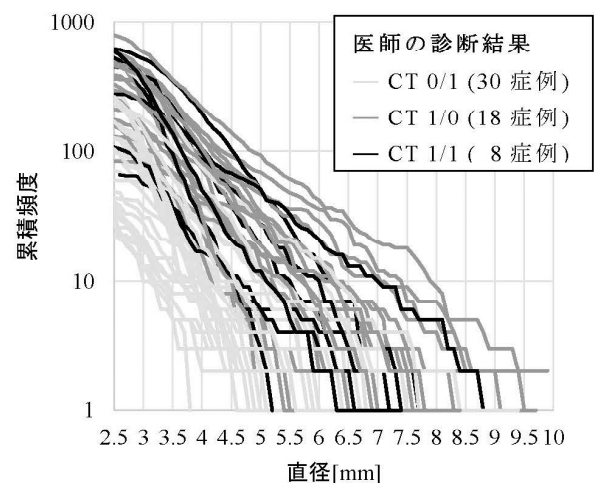
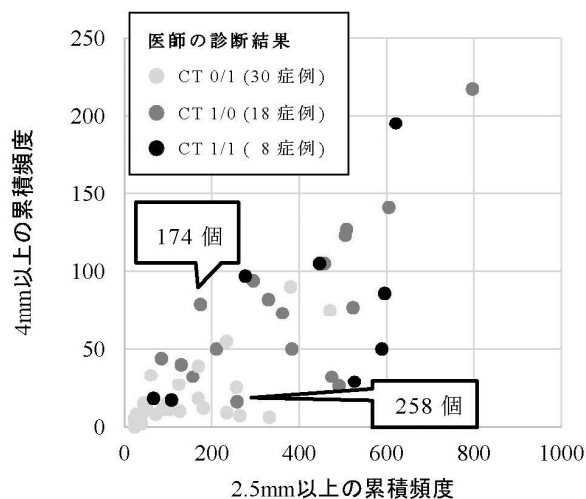
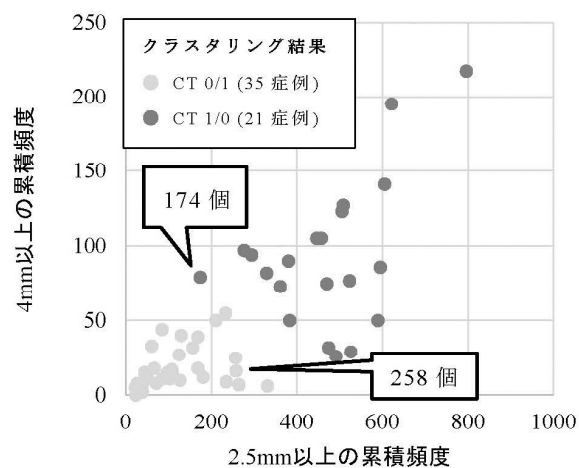


図 2 大きさ別における粒状影数の増加パターン

また，図 3 に直径 2.5mm 以上の粒状影数と，4mm 以上の粒状影数の関係を示す．図 3(a)は医師の診断結果による分布で，こちらを見ると診断結果のばらつきが顕著に見られる．また，図 1 で示した 174 個の症例と 258 個の症例は大きく離れた点に位置することが確認できる．(b)はクラスタリング後の分類結果である．これより，クラスタリングを行うことで直径の大きい粒状影を考慮した重症度分類を提示した．



(a)



(b)

図 3 直径 2.5mm 以上の累積頻度と 4mm 以上の累積頻度の関係 (a) 医師の診断結果 (b) クラスタリングによる分類結果

4. まとめ

じん肺 CT 画像データベースを作成し、粒状影の大きさと個数を定量化し、専門医の診断結果と比較・評価を行い、径の大きい粒状影を考慮した定量的な分類法を提示した。

今後の課題として、専門医と協議の上、定量的病型区分法を確立する。また、高精度な粒状影自動抽出ソフトウェアを開発する。

文 献

- [1] 滝島任, 中村雅夫, 千代谷慶三: じん肺患者の呼吸機能検査ハンドブック. 真興交易医書出版部, 1991, P3-10
- [2] K. Kanazawa, Y. Kawata, N. Niki, et al: Computer-aided diagnosis for pulmonary nodules based on helical CT images, Comput. Med. Imag. Graphics, vol. 22, no. 2, pp. 157-167, 1998.
- [3] Y. Kawata, N. Niki, H. Ohmatsu, et al: Quantitative classification based on CT histogram analysis of non-small cell lung cancer: Correlation with histopathological characteristics and recurrence-free survival, Medical Physics, vol.39, no.2, pp.988-1000, 2012.
- [4] 永井厚志編: 呼吸器疾患 第3版. 日本医事新報社, 2015, P241-250
- [5] H. Suzuki, Y. Kawata, N. Niki, et al: Computer aided diagnosis for severity assessment of pneumoconiosis using CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, Vol.9785, pp.978531-1-6, 2016.
- [6] K. Hino, M. Matsuhiro, H. Suzuki, et al: Quantitative assessment for pneumoconiosis severity diagnosis using 3D CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, Vol.10575, pp.105753J-1-6, 2018.
- [7] 日野公貴, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 他: 胸部3次元CT画像を用いたじん肺の重症度診断基準に関する粒状影の定量的評価, 電子情報通信学会技術研究報告医用画像, Vol.118, No.286, pp.13-15, 2018.11

3次元CT画像を用いた じん肺の粒状影の検出能

森 奈々[†] 橋本 悠雅[†] 松廣 幹雄[‡] 鈴木 秀宣[‡] 河田 佳樹[‡] 仁木 登[‡]

加藤 勝也^{†‡} 大塚 義紀^{‡‡} 岸本 卓巳^{†‡‡} 芦澤 和人^{†‡‡‡}

[†] 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島町 2-1

[‡] 徳島大学大学院 社会産業理工学研究部

^{†‡} 川崎医科大学 北海道中央労災病院

^{‡‡} 岡山ろうさい病院

^{†‡‡} 長崎大学

E-mail: [†] c501938019@tokushima-u.ac.jp

あらまし じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。我国において毎年 24 万人前後の粉じん労働者がじん肺健康診断を受診している。じん肺の診断では単純 X 線写真を用いているが、近年では単純 X 線写真に比べて正確に病変を評価することができる 3 次元 CT 画像を用いた高精度な診断が期待されている。本研究では、3 次元 CT 画像を用いてじん肺の診断支援システムの開発を目指している。このために、再構成関数 LUNG、STANDARD の 3 次元 CT 画像を用いて粒状影を抽出し、個数、大きさと CT 値を比較することで再構成関数の検出能を評価する。また、単純 X 線写真と CT 画像から抽出した粒状影を比較することで単純 X 線写真でのじん肺の診断に役立てる。

キーワード CT, CAD, 医用画像処理, じん肺

1. 背景・目的

じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。日本の粉じん作業従事労働者数は昭和 60 年をピークに減少し、平成 12 年で 35 万人であったが、近年は約 50 万人前後で推移しており増加傾向となっている。じん肺が進行すると肺結核・続発性気胸・肺がんなどの合併症に罹患しやすくなるため、健康診断で適切な診断・治療が必要である。

また、じん肺健康診断として胸部単純 X 線撮影や肺機能検査が実施されている。胸部単純 X 線写真によって第 0 型、第 1 型、第 2 型、第 3 型、第 4 型に分類され、第 1 型以上の患者は労災認定となるが第 0 型の患者は労災認定の対象とならないため正確に診断しなければならない。ここで、近年では単純 X 線写真に比べて正確に病変を評価することができる 3 次元 CT 画像を用いた高精度な診断が期待されている。そこで本研究では、3 次元 CT 画像を用いてじん肺の診断支援システムの開発を目指している。このために、再構成関数 STANDARD と LUNG の CT 画像からじん肺の粒状影を抽出し、粒状影の個数、大きさと CT 値を定量化することで再構成関数による検出能を比較評価する。また、CT 画像から作成した粒状影データを単純 X 線写真上に重ね合わせることで、粒状影の多く存在する部分と存在しない部分の濃淡を定量化し、単純 X 線写真での 0/1 と 1/0 の診断に役立てることを目的とする。

2. 撮影条件と手法

北海道中央労災病院で診断されたじん肺 10 症例 (CT0/1 - 5 例, CT1/0 - 5 例) と対応する単純 X 線写真を用いた。症例別の病型区分と症例数を表 1 に示し、撮影条件を表 2 に示す。これらの CT 画像から (1) じん肺 CT 画像データベースの作成、(2) 再構成関数による粒状影の比較評価を行い、その結果を教師データとして (3) 単純 X 線写真上での粒状影部分の濃淡の比較を行い、0/1 と 1/0 の比較評価を行った。

表 1 撮影条件

	単純 X 線写真	CT 画像
装置	FUJIFILM	LightSpeed VCT
管電圧[kV]	120 125	120
管電流[mA]	200 250	167~698
スライス厚 [mm]	-	1.25
画素間隔[mm]	0.10	0.527~0.742
再構成間隔 [mm]	-	1.25
再構成関数	-	STANDARD LUNG

(1) じん肺 CT 画像データベースの作成

じん肺の粒状影をマニュアル処理で抽出する。肺野条件(WW:1500,WL:-500)で右肺尖部から肺底部、左肺尖部から肺底部の順に粒状影をマニュアルで抽出する。読影者は1名で再構成関数 STANDARD と LUNG についてそれぞれ1回ずつ抽出する。

(2) 再構成関数の粒状影評価法

再構成関数によるじん肺の粒状影について、粒状影の個数、大きさ、CT 値によって評価する。粒状影の大きさは粒状影を球と仮定し、体積から算出した直径と定義する。

(3) 単純 X 線写真・3 次元胸部 CT 画像の粒状影レジストレーション法

3 次元 CT 画像の再構成関数 LUNG で抽出した粒状影を単純 X 線写真に投影し、粒状影部分と粒状影の存在しない部分の濃淡の比較を行う。単純 X 線写真に Texture 解析を行い、50mm×50mm の範囲を肺野内でシフトさせて標準偏差を算出し、ヒストグラムのピーク値を別にプロットすることで濃淡の比較を行う。

3. 結果

粒状影の抽出結果例を図 1 に示す。画像の上を示すのは単純 X 線写真、下段は LUNG の CT 画像による粒状影の抽出結果と、骨の抽出結果の重ね合わせである。個数は左から直径 2.5mm 以上、4mm 以上、6mm 以上の粒状影数である。これより、粒状影差は 300 個以上も存在するが、単純 X 線写真では明確な粒状影は確認できないことが分かる。

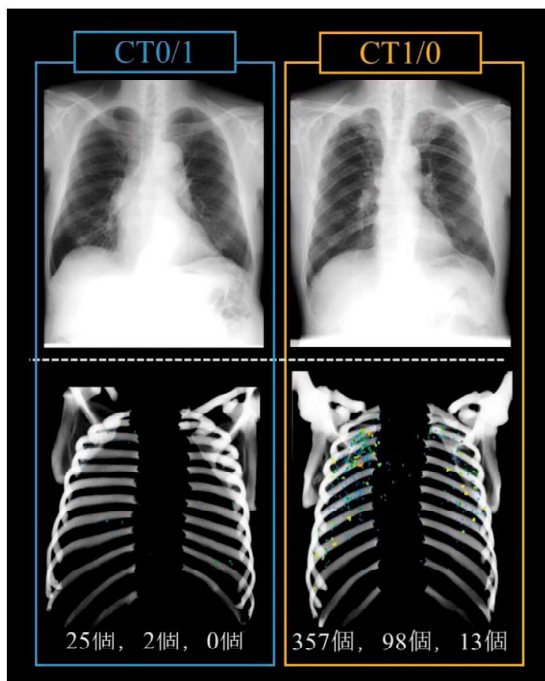


図 1 単純 X 線写真と CT 画像による粒状影抽出結果

図 2 に再構成関数 STANDARD と LUNG の粒状影の大きさ別累積頻度を示す。これより、STANDARD と LUNG では LUNG のほうが粒状影が多く抽出されたことが確認できる。また、粒状影全体の総数の差、2.5mm 以上の粒状影数の STANDARD と LUNG の差を比較すると、粒状影全体の総数のほうが大きい結果となっている。このことから、LUNG では STANDARD と比べ 2.5mm 未満で粒状影の検出能が高いことが分かる。

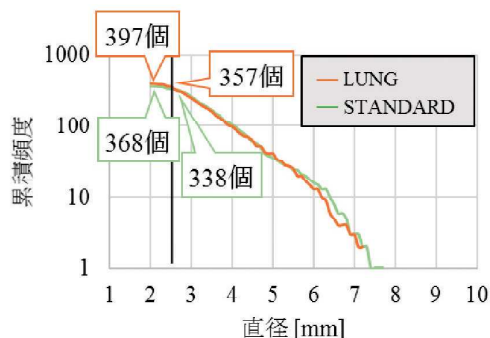


図 2 再構成関数による粒状影の大きさと累積頻度

図 3 に再構成関数 STANDARD と LUNG の粒状影の大きさ別平均 CT 値を示す。STANDARD に比べ、LUNG はどの大きさでも CT 値が 200 HU 近く高いことが確認できる。

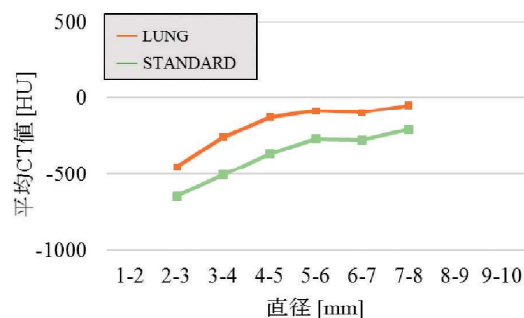


図 3 再構成関数による粒状影の大きさと平均 CT 値

次に、単純 X 線写真と CT 画像による粒状影抽出結果の比較を行う。図 4 に Lambda0.01 の Texture 画像の標準偏差ヒストグラムを示す。CT0/1 と CT1/0 では標準偏差のピーク値が異なることが確認できる。図 5 に Lambda0.01 と Lambda0.005 の標準偏差ヒストグラムのピーク値をプロットした結果を示す。CT0/1 と CT1/0 では分布が異なることが分かる。更に、粒状影が多く存在する上部と中部、あまり存在しない下部の 3 つに分類した。CT0/1 の結果を図 6 に示す。これより、肺野内の位置で標準偏差に差が生じることが確認できる。

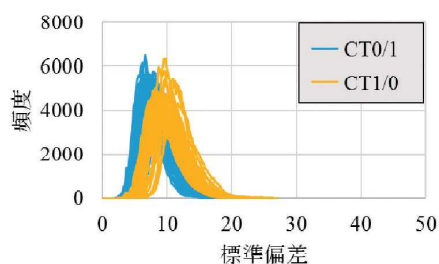


図4 Lambda0.01の標準偏差ヒストグラム

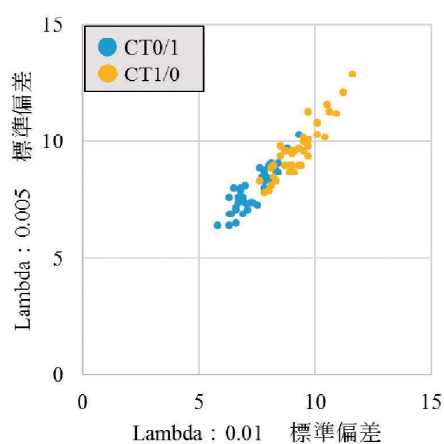


図5 Lamda0.01とLambda0.005の標準偏差ヒストグラムのピーク値の関係

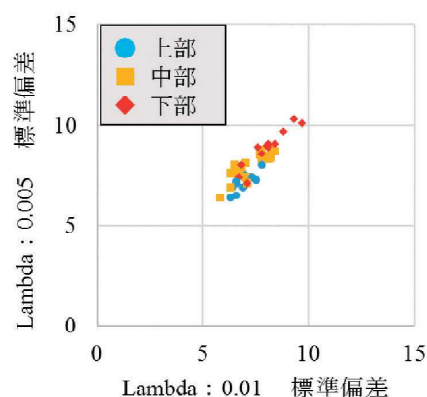


図6 Lamda0.01とLambda0.005の標準偏差ヒストグラムのピーク値の肺野内分布の関係

4. まとめ

じん肺 CT 画像データベースを作成し、再構成関数 STANDARD と LUNG の粒状影の大きさと個数を定量化し、検出能の比較評価を行った。LUNG のほうが 2.5mm 未満の粒状影の検出能が高く、コントラストも高いことが分かった。また、0/1 と 1/0 で単純 X 線写真上の陰影の濃淡を比較した。Texture 画像上で肺の分布別標準偏差を用いると、CT0/1 と CT1/0 の分類に役立つことを提示した。

今後の課題として、CT 画像を用いた高精度な粒状影自動抽出ソフトウェアを開発すること、また単純 X 線写真で多症例の解析を行い、単純 X 線写真を用いたじん肺の診断支援システムの開発を目指す。

文 献

- [1] 滝島任, 中村雅夫, 千代谷慶三: じん肺患者の呼吸機能検査ハンドブック, 真興交易医書出版部, 1991, P3-10
- [2] K. Kanazawa, Y. Kawata, N. Niki, et al: Computer-aided diagnosis for pulmonary nodules based on helical CT images, Comput. Med. Imag. Graphics, vol. 22, no. 2, pp. 157-167, 1998.
- [3] Y. Kawata, N. Niki, H. Ohmatsu, et al: Quantitative classification based on CT histogram analysis of non-small cell lung cancer: Correlation with histopathological characteristics and recurrence-free survival, Medical Physics, vol.39, no.2, pp.988-1000, 2012.
- [4] 永井厚志編: 呼吸器疾患 第3版, 日本医事新報社, 2015, P241-250
- [5] H. Suzuki, Y. Kawata, N. Niki, et al: Computer aided diagnosis for severity assessment of pneumoconiosis using CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, Vol.9785, pp.978531-1-6, 2016.
- [6] K. Hino, M. Matsuihiro, H. Suzuki, et al: Quantitative assessment for pneumoconiosis severity diagnosis using 3D CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, Vol.10575, pp.105753J-1-6, 2018.
- [7] 日野公貴, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 他: 胸部 3 次元 CT 画像を用いたじん肺の重症度診断基準に関する粒状影の定量的評価, 電子情報通信学会技術研究報告医用画像, Vol.118, No.286, pp.13-15, 2018.11

3次元 CT 画像による じん肺重症度の肺葉別粒状影解析

橋本 悠雅[†] 松廣 幹雄[‡] 鈴木 秀宣[‡] 河田 佳樹[‡]

大塚 義紀^{†‡} 岸本 卓巳^{‡‡} 芦澤 和人^{†‡‡} 仁木 登^{‡‡‡}

[†]徳島大学大学院 創成科学研究科 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島町 2-1

[‡]徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 ^{†‡}北海道中央労災病院

^{‡‡}岡山ろうさい病院 ^{†‡‡}長崎大学

^{‡‡‡}株式会社医用科学研究所

E-mail: [†]c612136006@tokushima-u.ac.jp

あらまし じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。我国において毎年 24 万人前後の粉じん労働者がじん肺健康診断を受診している。じん肺の診断では単純 X 線写真を用いているが、近年では単純 X 線写真に比べて正確に病変を評価することができる 3 次元 CT 画像を用いた高精度な診断が期待されている。本研究では、3 次元 CT 画像を用いてじん肺の診断支援システムの開発を目指している。このために、3 次元 CT 画像を用いて粒状影を抽出し、粒状影数、発生位置を比較することで重症度を評価する。

キーワード CT, CAD, 医用画像処理, じん肺

1. 背景・目的

じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。日本の粉じん作業従事労働者数は昭和 60 年をピークに減少し、平成 12 年で 35 万人であったが、近年は約 50 万人前後で推移しており増加傾向となっている。じん肺が進行すると肺結核・続発性気胸・肺がんなどの合併症に罹患しやすくなるため、健康診断で適切な診断・治療が必要である。

また、じん肺健康診断として胸部単純 X 線撮影や肺機能検査が実施されている。胸部単純 X 線写真によって病型が第 0 型、第 1 型、第 2 型、第 3 型、第 4 型に分類され、さらに各型で 3 つに分類される。第 1 型 1/0 以上の患者は労災認定となるが第 0 型 0/1 の患者は労災認定の対象とならないため正確に診断しなければならない。近年では単純 X 線写真に比べて正確に病変を評価することができる 3 次元 CT 画像を用いた高精度な診断が期待されている。そこで本研究では、3 次元 CT 画像を用いてじん肺の診断支援システムの開発を目指している。このために、CT 画像を用いてじん肺の粒状影を葉別に抽出し、粒状影の個数と分布の割合を重症度別に比較することで定量的に重症度を評価した。

CT1/0 - 6 例、CT1/1 - 3 例)とけい肺 11 症例(CT0/1 - 6 例、CT1/0 - 5 例、CT1/1 2 例)を用いた。症例別の病型区分と症例数を表 1 に示し、撮影条件を表 2 に示す。これらの CT 画像から(1)じん肺 CT 画像データベースの作成、(2)肺葉分割ラベルの作成、その結果を用いて(3)じん肺の肺葉別粒状影の評価をし、第 0 型 0/1 と第 1 型 1/0、1/1 の比較評価を行った。

表 1 病型区分と症例数

けい肺		炭坑夫肺	
病型区分	症例数	病型区分	症例数
CT 0/1	6症例	CT 0/1	6症例
CT 1/0	5症例	CT 1/0	6症例
CT 1/1	2症例	CT 1/1	3症例
合計	13症例	合計	15症例

2. 撮影条件と手法

岡山ろうさい病院と北海道中央労災病院で撮影され、CT を用いて診断された炭坑夫肺 15 症例(CT0/1 - 6 例、

表 2 撮影条件

撮影施設	岡山ろうさい	北海道中央労災
装置	Aquilion PRIME	LightSpeed VCT
管電圧[kV]	120	120
管電流[mA]	240	167~698
スライス厚[mm]	1.0	1.25
画素間隔[mm]	0.625, 0.781	0.527~0.742
再構成間隔[mm]	1.0	1.25
再構成関数	FC-13H, FC52	STANDARD LUNG

(1) じん肺 CT 画像データベースの作成

じん肺の粒状影をマニュアル処理で抽出する。肺野条件(WW:1500,WL:-500)で右肺尖部から肺底部，左肺尖部から肺底部の順に粒状影をマニュアルで抽出する。初めに，粒状影を 3 次元 CT 画像からマニュアルで抽出した。読影者は 1 名または 2 名で行い，1 人で抽出した場合，期間を空け，2 度読影をした。2 人で抽出した場合は，1 人ずつ 1 度読影をし，合議によって最終抽出結果を作成した。

(2) 肺葉分割ラベルの作成

肺の分割は 3D U-Net を使用し，右肺を上葉，中葉，下葉に左肺を上葉，下葉の 5 分割にした。学習データは 300 症例用いた。

(3) じん肺の肺葉別粒状影の評価

じん肺の粒状影の位置を重心点と定義して，肺葉分割ラベルから肺葉別に粒状影を分類する。肺葉別粒状影について，重症度ごとの肺葉別粒状影数と分布の割合によって評価する。ボンフェローニ補正 t 検定を用いて，粒状影数，分布の割合に有意差があるか調べ，重症度と肺葉別粒状影数や割合に関係性があるか確認した。

3. 結果

(1) じん肺 CT 画像データベースの作成

図 1 に炭坑夫肺の粒状影の大きさ別 3 次元表示を示す。上から第 0 型 0/1，下左が第 1 型 1/0，右が第 1 型 1/1 となっている。重症度が上がるにつれ，粒状影数が多く，直径も大きくなっていることが分かる。

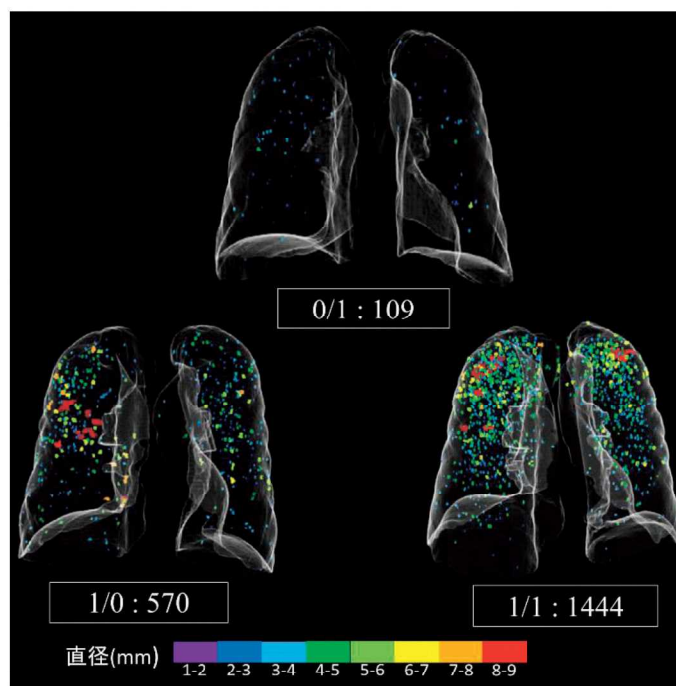


図 1 粒状影の抽出結果

(2) 肺葉分割ラベルの作成

図 2 に炭坑夫肺 0/1 と 1/0 の症例を葉別に 5 分割した 3 次元表示を示す。赤が右上葉，黄緑が右中葉，青が右下葉，紫が左上葉，黄色が左下葉となっている。1/1 以降の症例は肺気腫が多い症例や，中葉が変形している症例，分葉不全の症例があり，正確に分割できていない部分はマニュアルで補正をした。

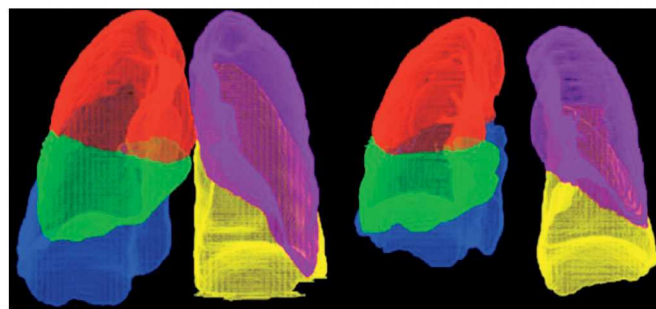


図 2 肺葉分割

(3) じん肺の肺葉別粒状影の評価

図 3 に重症度ごとの肺葉別平均粒状影数を示す。じん肺の粒状影は右上葉に多く存在し，右中葉が一番少ない。全肺葉で重症度が高いほど粒状影数が多く，特に上葉で顕著である。

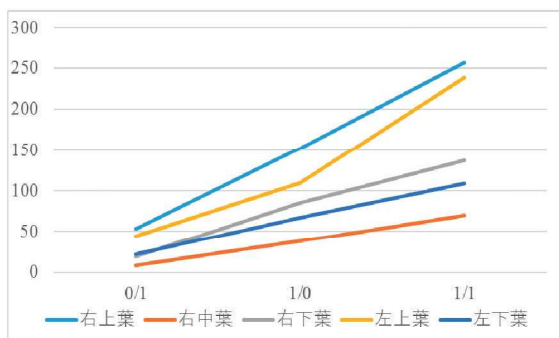


図 3 重症度と肺葉別の粒状影数

図 4 に重症度ごとの肺葉別粒状影の平均分布割合を示す。どの重症度でも右上葉が約 35% 占めていた。一般的な肺葉別体積の割合は右上葉：20%，右中葉：10%，右下葉：25%，左上葉：25%，左下葉：20% である。このことから、右上葉の粒状影が多いことが分かる。重症度間で肺葉別の粒状影の分布割合に差は見られなかった。

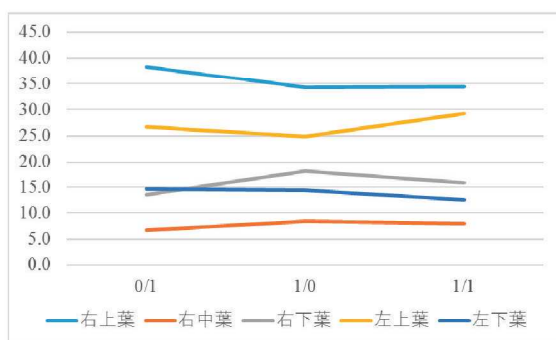


図 4 重症度と肺葉別の粒状影数の割合

表 3 に重症度別の肺葉粒状影数に有意差があるか解析した。全ての重症度間において上葉に有意差がある。

表 3 重症度別の肺葉粒状影数の比較評価

右上葉	0/1	1/0
1/0	0.00043	-
1/1	4.3×10^{-7}	0.0042
右中葉	0/1	1/0
1/0	0.055	-
1/1	0.0013	0.1617
右下葉	0/1	1/0
1/0	0.00542	-
1/1	0.00015	0.13791
左上葉	0/1	1/0
1/0	0.045	-
1/1	2.9×10^{-8}	3.9×10^{-5}
左下葉	0/1	1/0
1/0	0.051	-
1/1	0.0035	0.3046 ($P < 0.05$)

また、重症度間で肺葉別の粒状影数の割合には有意差がなかった。

表 4 に粒状影数の割合が各肺葉間に有意差があるか解析した。右下葉と左下葉間以外に有意差があった。

これらのことからじん肺の重症度の評価には肺葉の粒状影数が重要であることが分かった。

表 4 肺葉粒状影数の割合の比較評価

	左下葉	左上葉	右下葉	右中葉
左上葉	7.3×10^{-8}	-	-	-
右下葉	1.0	2.4×10^{-6}	-	-
右中葉	0.01107	8.5×10^{-16}	0.00081	-
右上葉	2.0×10^{-16}	3.1×10^{-5}	2.0×10^{-16}	2.0×10^{-16} ($P < 0.05$)

4. まとめ

3D U-Net を使用し、肺を葉別に 5 分割した。分割したデータを用いて、重症度別にじん肺の粒状影数と分布の割合について調べた。重症度が高いほど全肺葉で粒状影数が多く、特に上葉で顕著であった。重症度間で各肺葉の粒状影の分布割合に差はなかった。じん肺の重症度の評価には肺葉の粒状影数が重要であることが分かった。

今後の課題として、症例数の増加、重症度の定量的な評価法の構築がある。

文 献

- [1] 滝島任, 中村雅夫, 千代谷慶三: じん肺患者の呼吸機能検査ハンドブック. 真興交易医書出版部, 1991, P3-10
- [2] K. Kanazawa, Y. Kawata, N. Niki, et al: Computer-aided diagnosis for pulmonary nodules based on helical CT images, Comput. Med. Imag. Graphics, vol. 22, no. 2, pp. 157-167, 1998.
- [3] Y. Kawata, N. Niki, H. Ohmatsu, et al: Quantitative classification based on CT histogram analysis of non-small cell lung cancer: Correlation with histopathological characteristics and recurrence-free survival, Medical Physics, vol.39, no.2, pp.988-1000, 2012.
- [4] 永井厚志編: 呼吸器疾患 第 3 版. 日本医事新報社, 2015, P241-250
- [5] H. Suzuki, Y. Kawata, N. Niki, et al: Computer aided diagnosis for severity assessment of pneumoconiosis using CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, Vol.9785, pp.978531-1-6, 2016.
- [6] Çiçek Ö, Abdulkadir A, Lienkamp SS, et al: 3D U-Net: Learning dense volumetric segmentation from sparse annotation. Proc. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention-MICCAI 2016; 424-432.
- [7] 森奈々, 橋本悠雅, 松廣幹雄, 鈴木秀宣, 他: 胸部 3 次元 CT 画像を用いたじん肺の粒状影の検出能, 電子情報通信学会技術研究報告医用画像, Vol.120, No.431, pp.87-89, 2021.

3-2

単純X線写真・CT画像による じん肺の評価実験

森 奈々¹⁾、松廣 幹雄²⁾、鈴木 秀宣²⁾
河田 佳樹²⁾、仁木 登²⁾、加藤 勝也³⁾
大塚 義紀⁴⁾、岸本 卓巳⁵⁾、芦澤 和人⁶⁾

1) 徳島大学大学院 先端技術科学教育部
2) 同 社会産業理工学研究部、3) 川崎医科大学
4) 北海道中央労災病院、5) 岡山ろうさい病院、6) 長崎大学

【目 的】 じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。じん肺の診断では単純X線写真を用いており、第2型以上の患者は労災認定の対象となるが第0型の患者は対象とならないため正確に診断しなければならない。ここで、近年では単純X線写真に比べて正確に病変を評価することができる3次元CT画像を用いた高精度な診断が期待されている。本研究では、3次元CT画像を用いたじん肺の診断支援システムの開発を目指している。そのために、再構成関数の異なるCT画像を用いて粒状影を抽出し、粒状影の個数、大きさとCT値を比較評価することで再構成関数による検出能を定量的に評価する。また、その結果を単純X線写真と比較することで単純X線写真とCT画像の粒状影を定量的に評価する。

【材料および方法(又は症例の概要)】 北海道中央労災病院で診断されたじん肺10症例(0/1-5例、1/0-5例)の通常線量画像を解析、評価対象とする。再構成関数はSTANDARDとLUNGの2種類で、1症例に対しそれぞれの画像が存在する。これらのCT画像から粒状影のマニュアル抽出によりじん肺CT画像データベースを作成する。定量評価では、じん肺の粒状影の個数、大きさとCT値によって再構成関数による検出能を評価する。また、作成した粒状影ラベルを単純X線写真に重ねることで単純X線写真上の粒状影部分の濃淡を定量化し、CT画像上での粒状影の大きさとCT値がどのように対応しているか評価する。

【結果(又は経過)】 CT画像のSTANDARDとLUNGの粒状影の検出能を比較した結果、粒状影の直径別累積頻度ではLUNGの方がSTANDARDに比べて2.5mm以下の粒状影が多く、大きさ別の平均CT値においてもLUNGの方がSTANDARDに比べて150～200HU高かった。

【考察および結論】 CT画像のLUNGとSTANDARDの粒状影の検出能では、LUNGの方がSTANDARDに比べて2.5mm以下の粒状影の検出能が高く、平均CT値もLUNGの方がSTANDARDに比べて150～200HU高いことから、粒状影の検出能はLUNGの方が高いと示すことが出来た。

ポスターセッション3 AI、深層学習

P3-1

3次元CT画像による3D-UNetを用いたじん肺症例の粒状影抽出

- 1) 徳島大学大学院社会産業理工学研究部
- 2) 川崎医科大学 北海道中央労災病院
- 3) 岡山ろうさい病院
- 4) 長崎大学
- 5) 株式会社 医用科学研究所

松廣 幹雄¹⁾、橋本 悠雅¹⁾、鈴木 秀宣¹⁾、河田 佳樹¹⁾、大塚 義紀²⁾、岸本 卓巳³⁾、芦澤 和人⁴⁾、
仁木 登⁵⁾

じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。我国において毎年24万人前後の粉じん労働者がじん肺健康診断を受診している。じん肺の診断はX線写真を用いて行われ病変は軽度なものは粒状影、重度なものは不整形陰影が描出される。じん肺の病系は0型から第4型に分類され、それぞれの型でさらに3つに分類される。労災認定の境界となる第0型の0/1と第1型の1/0の区別が重要となる。3次元CT画像はX線写真に比べて正確に病変を評価することができるため高精度な診断が期待できる。3次元CT画像から3D-UNetによって高精度に粒状影を抽出する手法について述べる。本手法を様々な病型の症例に適用して有効性を示す。