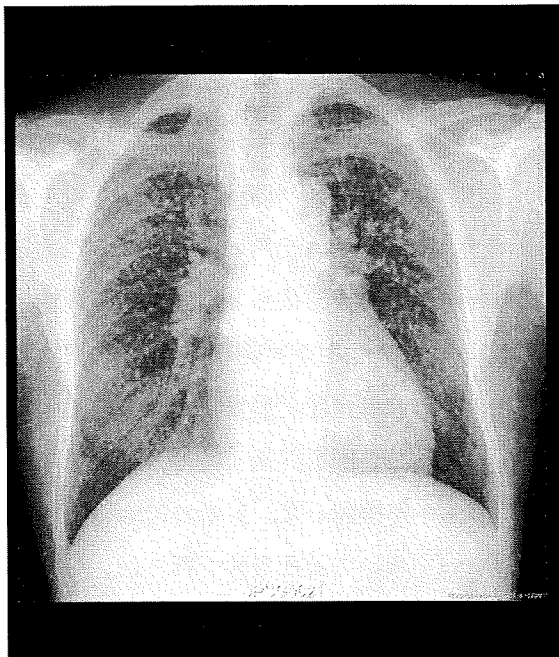
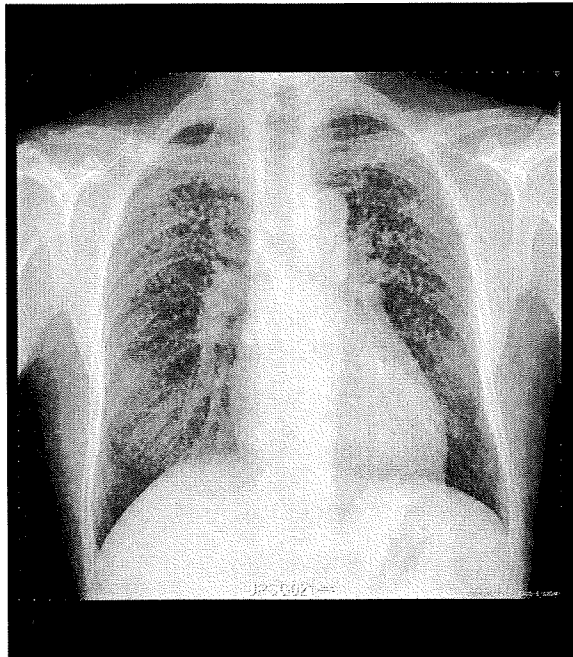


図2 じん肺条件と通常胸部条件の違い

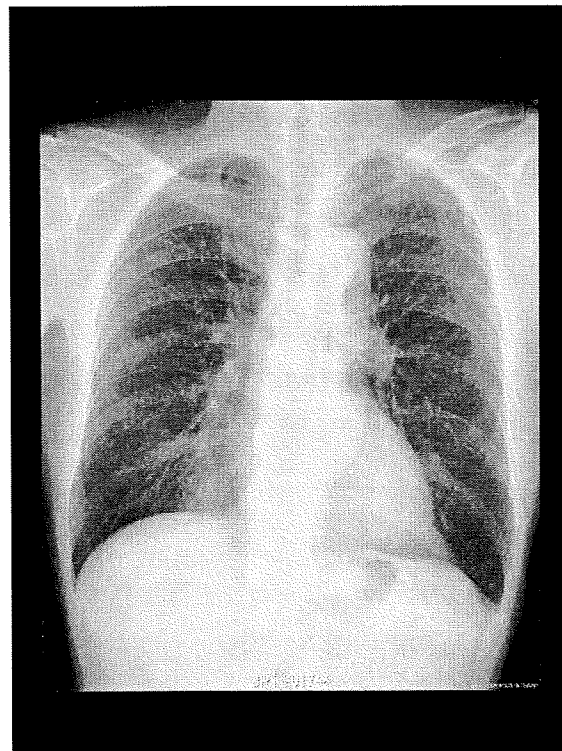
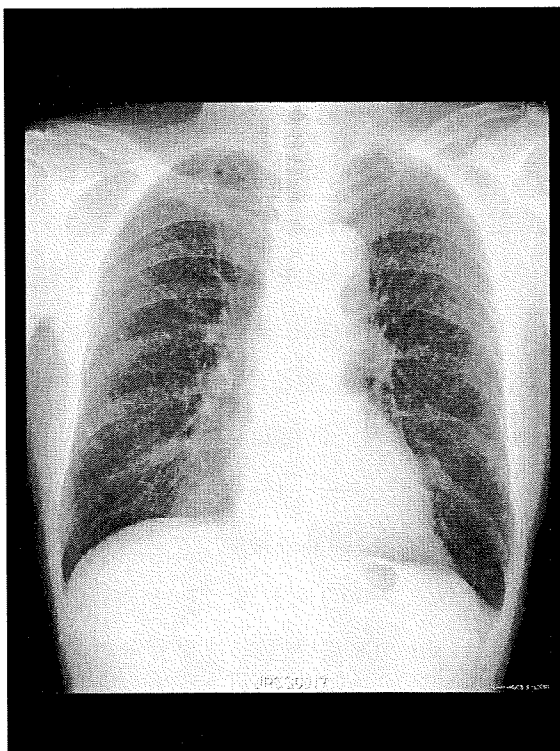
じん肺条件



通常胸部条件



症例 1



症例 2

高精細モニター間のじん肺読影検討

研究要旨

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を0.675mmのコリメーションで撮影し、そのボリュームデータおよび1.25mmにBone algorithmを用いて再構成した画像データを保存している。これらの症例集にはスパイロによる呼吸機能検査結果もっており、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どうかを検討した。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、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た。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。

A. 研究目的

じん肺の医学的スクリーニングは世界中で胸部エックス線写真を用いて、陰影の密度を分類するじん肺エックス線分類が用いられており、わが国でもじん肺健診として胸部単純エックス線直接撮影が用いられてきた。近年のコンピュータ技

術の恩恵により、胸部単純エックス線写真もイメージングプレートを用いたComputed Radiography (CR)や大型のフラットパネル検出器を用いたDigital Radiography (DR)などのコンピュータ技術を用いたデジタルエックス線検査が可能となり、わが国では2000年にCRが、

2007年末にDRがじん肺診断用の推奨パラメータの提示とともに厚生労働省から認められた。ところが、現時点での運用はフィルムイメージャーにより出力することが前提であり、じん肺分類においてはDRの利点であるフィルムレス、モニター上での診断は殆ど利用されていない。

ILO じん肺分類の最大の利用者である米国では、専門施設における胸部エックス線のデジタル化が進み、じん肺分類についてもデジタル撮影の利用許可が求められており、これを管轄する米国産業安全衛生研究所 (NIOSH) において DR のじん肺健診導入のためのワーキングが立ち上げられ、検討が行われている。米国においてはDR等の出力フィルム (hard copy) を使うという発想はあまりなく、少ない検討結果からもモニター上で表示された soft copyの方が hard copyよりも画質がよいとされている (Franzblau 2009)。

これらのデジタルエックス線画像の利点をじん肺分類に応用するため、解像度の異なる高精度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 (実験1)。

これらの約 100 症例の胸部画像について ILO 国際じん肺分類による NIOSH B reader による読影結果と肺機能検査結果について、比較検討を行い胸部単純デジタルエックス線画像と肺機能との関連について検討を行った (実験2)。

また、NIOSH B reader の読影結果のように再現性のある読影技術を一般医師に習得させるために効果的な方法を探るため、医師会の産業医研修会において実地講習として約 2 時間のシャウカステンを用いたじん肺読影講習会において、前後で参加者に胸部単純写真を読影させ、読影能力の向上が図れるかを検討した (実験3)。

実験1の結果については、前回報告書において一部報告してあるが、このように実施した一連の検討結果をまとめて報告する。

B. 研究方法

<実験1>

1. 対象

高知県の勤労クリニックにおいて追跡している100名のじん肺患者について、書面による承諾を得て、近森病院画像センターにおいてデジタル胸部エックス線撮影、64列多検出器 (MD) CT検査をおこなった。デジタル胸部エックス線撮影はフラットパネル型検出器 (CXDI, Canon, Inc.) を用い高圧撮影でおこない、表示条件はDR検討会報告書に示された厚生労働省推奨のじん肺表示条件を用い DICOM3.0 にて保存した。MDCTは、25mAs、120kV、collimation 1.25mmで撮影し、ボリュームデータとして保存し、10mmおきに Bone Algorithm で再構成したものを読影用に準備した。この中から、じん肺分類の重症度を考慮して21例の胸部画像を選択し、実験1の対象とした。

2. 読影者

読影を行なったのは、画像診断を専門とする放射線科専門医、呼吸器内科専門医、産業衛生学会専門医で米国 NIOSH B reader (Wagner 1992) を保持する者の計3名の医師である。3名とも卒後15年以上の臨床経験を有し、わが国のじん肺エックス線分類に精通している。また、MDCTの読影を行なったのは20年以上の経験を持つ放射線科専門医とB readerである。じん肺陰影の有無の判定には職業・環境性呼吸器病のための国際HRCT分類 (ICOERD) を用いた。

3. 方法

5MP, 3MP, 3MP カラー、2MP 高精細モニター（すべてナナオ製）の4つのモニターを用いて読影実験を行った。ワークステーションはHP社製の高性能モデル（HP xw4600 Workstation）を用い、表示ビューアーはイメージワン社製 POP-Net を用いた。すべてのワークステーションで同一性能のモニターを2面ずつならべ、2面間では表示濃度が同一となるよう調整した。

症例は読影に用いた22画像うち一画像は同一症例の繰り返しを行ったため、最終的な分析には21例分×3名の読影者×4種のモニター=252例を対象とした。読影実験は同一日に4種のモニターを検討するため、症例をあらかじめランダムに並べたものをそれぞれのモニターに表示しておき、各読影者がワークステーション間を移動して読影した。ワークステーションに設置されたモニターは筐体がほぼおなじで、品番などの表示がないため、区別がつかない状態で実験をおこなった。

じん肺分類に際しては、わが国の厚生労働省によるじん肺エックス線分類を用いて分類し、じん肺標準エックス線フィルム増補版（1982年）のすべてをデジタイザーを用いて160 μ でスキャンして得た画像を、2面のうちの片面に表示して分類を行った。

また、胸部画像のうち、特に、0/0, 0/1, 1/0と判定された症例については、MDCT結果を日下らが開発したICOERD分類（じん肺HRCT分類）を参考にして、MDCTでの存在診断をおこなった。

4. 統計学的分析

分析は、画像の画質についての4段階尺度での検討、陰影密度の12段階尺度ならびにそれをまと

めて4段階尺度にしたものを用いて、読影者内一致度、読影者間一致度を重み付けのないCohenの κ を用いて検討した。大陰影、融合像についてはそれぞれについての有無、また、大陰影と融合像のどちらかがあれば有とした場合の検討を行った。また、症例差、読影者の差を考慮してのモニター間の差を繰り返しのある二元配置分散分析で検討した。この結果を明瞭に図示するために、読影結果の平均値を使って読影者間、モニター間の結果の違いを表示した。

κ における一致の目安は、0.20未満をPoor=不良、0.20-0.40未満をFair=可、0.40-0.60をModerate=中等度、0.60-0.80をGood=良、0.80-1.00をVery good=優とした（Altman 1991）。有意水準は $P=0.05$ とした。

<実験2>

実験2に用いたものは実験1に用いたものと同様に高知じん肺画像研究として収集された胸部画像および呼吸機能検査を実施してあった症例である。したがって、症例100のうち、一部呼吸機能検査を実施できていない場合は、対象から除外した。

胸部単純画像の読影はNIOSH B reader試験を合格した医師が読影し、ILO分類にそって小陰影の密度、大陰影の広がりをもA, B, Cとして判定した。呼吸機能検査についてはFEV1, FVCを指標として用いた。

<実験3>

実験3については、われわれが日下らを中心に収集蓄積し選び出したJPSG (Japan Pneumoconioses Study Group) の教材フィルムと福井での建設作業者スクリーニングによって選び出したHRCTの

撮影されている12枚のフィルムを試験フィルムとして用いた。2時間の読影講習会前後の読影試験は、じん肺分類への習熟度の影響を無視するため、間質影の有無、胸膜プラークの有無、結節影の有無という3項目を○×で記載する方式を採用した。

産業医講習会出席者の同意を得て、講習会前後で12枚のエックス線フィルムを用いた読影テストを行い、じん肺エックス線読影に関する講習会の前後で、読影結果がどのように変わるかを検討した。正解に用いたのは、CT結果を参考に、胸部エックス線フィルム上で所見を指摘可能かどうかをNIOSH Bリーダー資格を持つ医師が判定したものをを用いた。

C. 研究結果

<実験1>

5MP, 3MP, 3MP カラー、2MP 高精細モニターについて放射線医学専門医、呼吸器内科専門医、産業衛生学会専門医 (NIOSH B reader) による読影実験をおこなった読影結果を表1から5までに、それぞれ画質評価、陰影密度、大陰影、融合像、肺気腫に分けて整理した。各読影者間の一致はある程度よく、重み付けをしない κ が1 2段階尺度で0.38-0.73、4段階尺度で0.57-0.87であった。読影者間一致度は1 2段階では、症例数と尺度の不釣合いが主な原因と思われる一致の低さを示したが、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2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指摘され (図1)、所見について大陰影の有無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 (図3)。

この大陰影についてのモニター間の違いは、大陰影の形成途上段階の所見と考えられている融合像 (coalescence) の有無の読影判定を合わせて検討すると、大陰影あるいは融合像の有無は、モニター間での有意差は消失した (図4)。このことは、大陰影あるいは融合像を呈する所見においてはモニターの解像度が大陰影内の微妙な所見の違いを判定しやすくしている可能性も否定できないものの、大陰影と融合像との今回の実験結果のような関係は、他の研究結果でも指摘されている。

したがって、これらのモニターでは今回用いた症例数、症例のバリエーション、読影者数ではモニター間の差を検出することはできなかった。

<実験2>

症例のFEV₁とFVCの平均値はそれぞれ1.83と2.66 litersであった。胸部エックス線上の大陰影の広がり毎にみるとAについてはFEV₁=2.31でFVC=3.11 L (n=7)、BについてはThe mean values of FEV₁=1.83L、FVC=2.72Lであった (n=30)。また、CについてFEV₁=1.47、FVC=2.36Lであった (n=10)。スコア化した大陰影の広がりとはFEV₁およびFVCとの間に相関が認められ、大陰影のカテゴリーの増大とともにFEV₁およびFVCは減少した (表1)。胸部エックス線上の大陰影のない症例の小陰影の密度とFEV₁およびFVCとの間には相関を認めなかった。

<実験3>

参加者の性比は男性：女性＝3：1であり、約半数が内科(48%)、外科(16.7%)、予防医学(14.6%)、精神科(12.7%)、小児科(8%)であった。参加者の平均臨床経験は19年であり、わずか3.9%が類似のじん肺エックス線読影講習会に参加した経歴があった。

全体としては医師のじん肺胸部エックス線の読影能力は向上傾向にあったが、読影者間の読影結果にはかなりの違いがあった。感度および特異度について70%以上の値を示した者をそれぞれの結果がよい者とした場合、小陰影の密度の判定に関する特異度のよい受講者は講習会の前後のテストでそれぞれ全体の41.2%(42/102)と59.8%(61/102)であった。一方、感度の良い者は講習会の前後でそれぞれ全体の58.8%(60/102)と54.9%(56/102)とやや低下した。

胸膜プラークの判定に関する特異度についてはよい値を示した者が講習会の前後で59.8%(61/102)と66.7%(68/102)であり、よい感度を示した者は、17.6%(18/102)と24.5%(25/102)であった。

全体の読影結果について、胸膜プラークの判定については平均の感度が46%から60%へと有意に向上していた($p < 0.0001$)。一方、特異度については、数値の向上は認められたものの有意な差はなかった(77%と79%; $p = 0.3339$)。

D. 考察

異なる解像度の高精細モニターを用いた検討では、陰影密度の読影結果はモニターによる影響よりも、読影者間の影響の方が大きいことが分かった(図2)。また、肺機能の低下などの重症化の指標は胸部エックス線上の大陰影の有無とは相関があるもの、小陰影の密度では今回の症例集

では差を検出できなかった。このことは特にじん肺検診の場面での個々の重症化の判定は、デジタルエックス線画像のモニターによる診断を用いても呼吸機能検査に示される生理機能に反映するような所見の判定には影響しない可能性を示唆している。その際、陰影密度などの読影結果の判定に読影者の差が影響しており、じん肺の読影に従事する医師に対しては標準的な読影について講習などのトレーニングが必要と考えられる。われわれがパイロット的に医師会産業医講習会を利用して行った短時間の読影研修によって、じん肺関連の所見の読影結果がどう変化するかについて検討したところ、読影結果の改善傾向が認められた。このような講習を体系化し、医師会や関連学会などで提供される医師の生涯教育の一つのテーマとして継続的に講習会を実施し、読影者間のじん肺判定のばらつきを制御していくことが精度の高いじん肺検診を進める上では必須と考える。

高精細モニター4種を用いた実験1での検討は、症例数、読影者数ともに限られており、4つのモニターの性能を比較し尽くしたとはいえないが、少なくとも中等度の陰影密度のある症例群を用いた今回の検討では、モニター間に差を見出すことはできなかった。

読影結果については、それぞれの読影者内一致度がほぼすべてで良であることから、熟練した読影者であることが分かる。一方、読影者間の一致度は、それほどの違いはないが、12段階尺度の結果から κ を計算するとその結果はかなり過小評価される。このため、実情としての一致度は4段階尺度を用いた κ の値が反映していると考えられる。

現在の病院環境では、様々なモダリティが使わ

れており、MRI などによる MR アンジオや CT でも MPR を用いた立体的な画像表示などの際に、カラー表示が好まれることから、カラーのモニターの検討が望まれていた。また、胸部エックス線の臨床診療における重要度が低下し、胸部エックス線検査のみのために、高価な高精細モニターを準備できる施設は少ない。

米国放射線学会 (ACR) では、びまん性肺疾患で見られる幅 3mm の不整形陰影を描出するためにはピクセルサイズが $210\mu\text{m}$ 以下であることが必要であるとのガイドラインを持っており (Flynn 2008)、これに合致する高精細モニターは 3MP 以上となる。3MP のモノクロとカラーとではピクセルサイズに違いはなく、条件がピクセルサイズのみであれば 3MP を不適とする理由はない。今回の読影実験でもこの違いは読影結果に影響を与えなかった。

画像とモニターのピクセルを 1:1 に対応させるならば 5MP のモニターが必要となるが、今回の検討で見る限り、5MP が 3MP に勝ることを検出することは出来なかった。また、ピクセルサイズが僅かに大きい 2MP モニターについても、読影に影響する違いはなかった。この点から、一次スクリーニングとしては 2MP のモニターでもよいのかもしれない。

今回の結果は必ずしも 4 種のモニターが同等の性能を持つことを証明したものではない。しかし、今回用いた症例数、症例のバリエーション、読影者数ではモニター間の差を検出することはできなかった。より鋭敏な研究を計画するとすれば症例を 0/1, 1/0 の境界症例を主とし、サンプルサイズを増やし、読影者数を増やすことが必要である。

また、じん肺エックス線分類の際に必要となる

標準画像については、スケールの連続性を考えると、今回の実験で行なったように現行の標準フィルムをデジタル化したものを標準画像として用いる方法が当面は取られるだろう。しかし、撮影した時代が 30 年以上も前であるため撮影条件が現在とかなり異なり、比較読影を行なうスタンダードとしては望ましい画像ではない。HRCT 等の裏づけのある症例集を大規模に蓄積し、世界をリードする形でのデジタル標準画像の選定を進める必要がある。

なお、Franzblau らの検討については、hard copy の画質を揃えて出力するなどの検討は実施しておらず、soft copy の評価の際には、ウィンドウの調節をして評価してよいという条件で比較をしており、soft copy により有利な検討方法であったともいえる。このため、モニター診断を実施する環境が整っていない施設においては、従来通り、フィルム出力によるじん肺評価は我が国のようにフィルム出力の画質が十分に担保されている状況下では問題なく実施できる。

実験 3 での結果は、胸膜プラークでは感度、特異度の上位者の割合が増加し、全体の平均の感度の値は向上していたが、特異度の値は有意な向上はなかった。講習会の時間や読影テストに用いた症例集の胸膜プラーク症例への偏りなど、一部の検討にしか適さない症例集ではあったが、胸膜プラークについてはある程度、一貫した講習会による読影結果の向上傾向を示している。

E. 結論

今回、2MP-5MP までの検討したモニターでは読影結果に影響を与えなかった。しかし、読影経験などの異なる様々な医師が読影する可能性を考えると、従来から呼吸器放射線科医が推奨する 3MP

以上が望ましい。また、地方あるいは中央じん肺
診査医が診査行う際に用いるものとしては、当然、
十分な物理的性能を持つものを選択すべきで、
3MP 以上を推奨すべきである。なお、3MP につい
てはモノクロ、カラーともピクセルサイズは等し
く、輝度もほぼ同様であることから、どちらも推
奨できる。

また、読影実験からは、読影結果の差にはモニ
ターによる差よりも、読影者間の差が影響を与え
ていることが分かる。肺機能の低下などの重症化
の指標は胸部エックス線上的大陰影の有無とは
相関があるものの、小陰影の密度では今回の症例
集では差を検出できなかった。このことは特にじ
ん肺検診の場面での個々の重症化の判定は、デジ
タルエックス線画像のモニターによる診断を用
いても呼吸機能検査に示される生理機能に反映
するような所見の判定には影響しない可能性を
示唆している。その際、陰影密度などの読影結果
の判定に読影者の差が影響しており、じん肺の読
影に従事する医師に対しては標準的な読影につ
いて講習などのトレーニングが必要と考えられ
る。われわれがパイロット的に実施した、医師会
産業医講習会を利用した短時間の読影実習によ
って、じん肺関連の所見の読影結果がどう変化す
るかについて検討したところ、改善傾向が認めら
れた。このような講習を体系化し、医師会や関連
学会などで提供される医師の生涯教育の一つの
テーマとして継続的に講習会を実施し、読影者間
のじん肺判定のばらつきを制御していくことが
精度の高いじん肺検診を進める上では必須と考
える。

F. 参考文献

Altman DG. Practical Statistics for Medical
Research. Chapman & Hall/CRC, 1991, P404.

Wagner GR, Attfield MD, Kennedy RD, Parker JE.
The NIOSH B reader certification program. An
update report. J Occup Med. 1992
Sep;34(9):879-84.

Flynn 2008, NIOSH Digital Radiography
Symposium.

A. Franzblau, E. Kazerooni, A. Sen, M.
Goodsitt, S. Lee, K. Rosenman, J. Lockey, C.
Meyer, B. Gillespie, E. Petsonk Comparison of
Digital Radiographs with Film Radiographs for
the Classification of Pneumoconiosis.
Academic Radiology, Volume 16, Issue 6, Pages
669-677

International Labour Organisation. ILO 2000
International Classification of Radiographs
of Pneumoconioses. 2002.

労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課編. じん
肺標準エックス線フィルム. 中央労働災害防止協
会. 1982.

Suganuma N, Kusaka Y, Hering KG, et al.
Reliability of the International
Classification of High-Resolution Computed
Tomography for Occupational and
Environmental Respiratory Diseases. *J Occup
Health* 2009; 51(3): (in press).

Ngatu NR, Suzuki S, Kusaka Y, Suganuma N.
Training of chest radiograph reading. 23rd

International Congress of Occupational Health, p 467, Cape Town, 2009, 3.

Suganuma N, Kusaka Y, et al. International Classification of HRCT for Occupational and Environmental Respiratory Diseases (ICOERD): Viewer. 23rd International Congress of Occupational Health, p 467, Cape Town, 2009, 3.

Suganuma N, Kusaka Y, Itoh H, Tamura T, Hirano H, Takashima Y. Validity of International Classification of HRCT for Occupational and Environmental Respiratory Diseases on the basis of ILO 2000 International Classification of Radiograph of Pneumoconioses. 23rd International Congress of Occupational Health, p 526, Cape Town, 2009, 3.

Kusaka Y, Suganuma N, Tamura T, Kumagai S, Akira M, Arakawa H, Itoh H. A Supplement to International Classification of HRCT for

Occupational and Environmental Respiratory Diseases on Malignant Mesothelioma. 23rd International Congress of Occupational Health, p 525, Cape Town, 2009, 3.

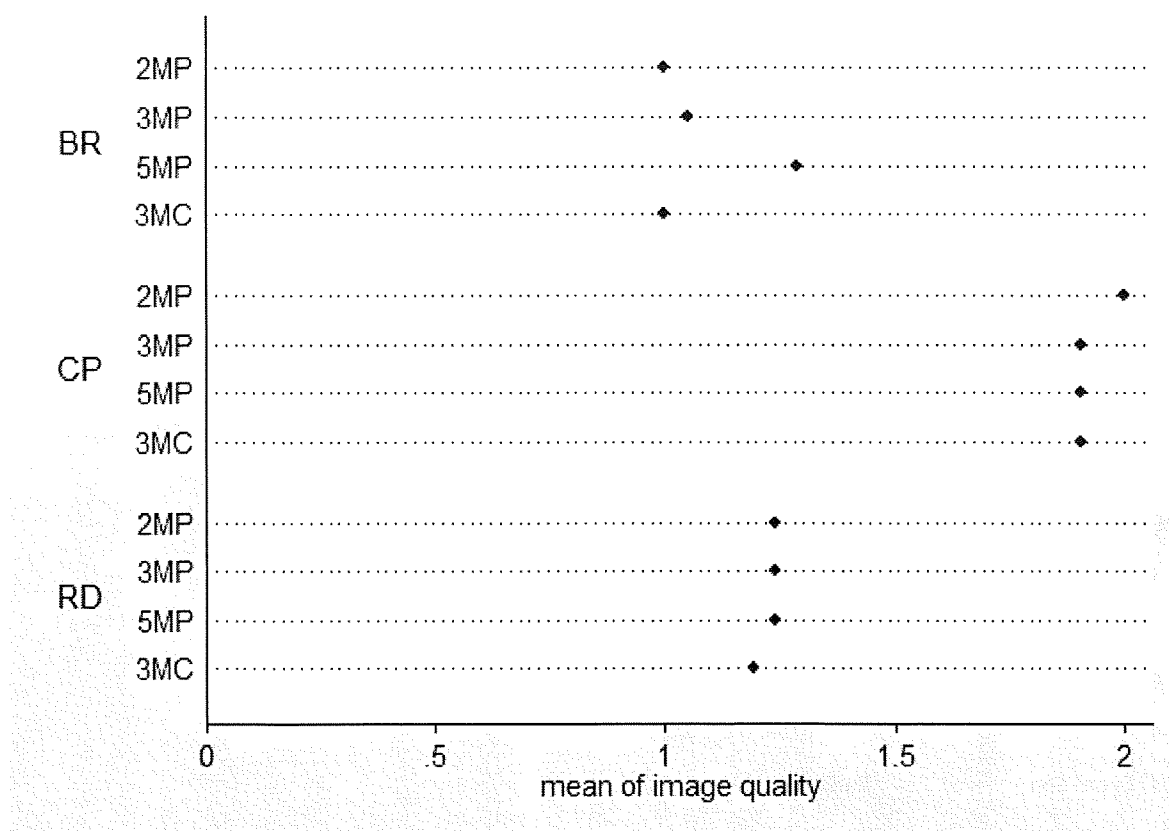


図1 読影者毎およびモニター毎の画質評価についての読影結果. 画質評価 (1=優、2=良、3=可、4=不可の主観的4段階評価を数値にして検討, BR: Bリーダー; CP: 呼吸器内科医; RD: 放射線科医; モニタの種類は 1=2MP, 2=3MP, 3=5MP, 4=3MC). 呼吸器内科医はじん肺表示条件の縦隔部分の椎体が見えない点を厳しく評価した。他の二名はじん肺条件の特徴と考え、肺野のみで評価したとのこと。

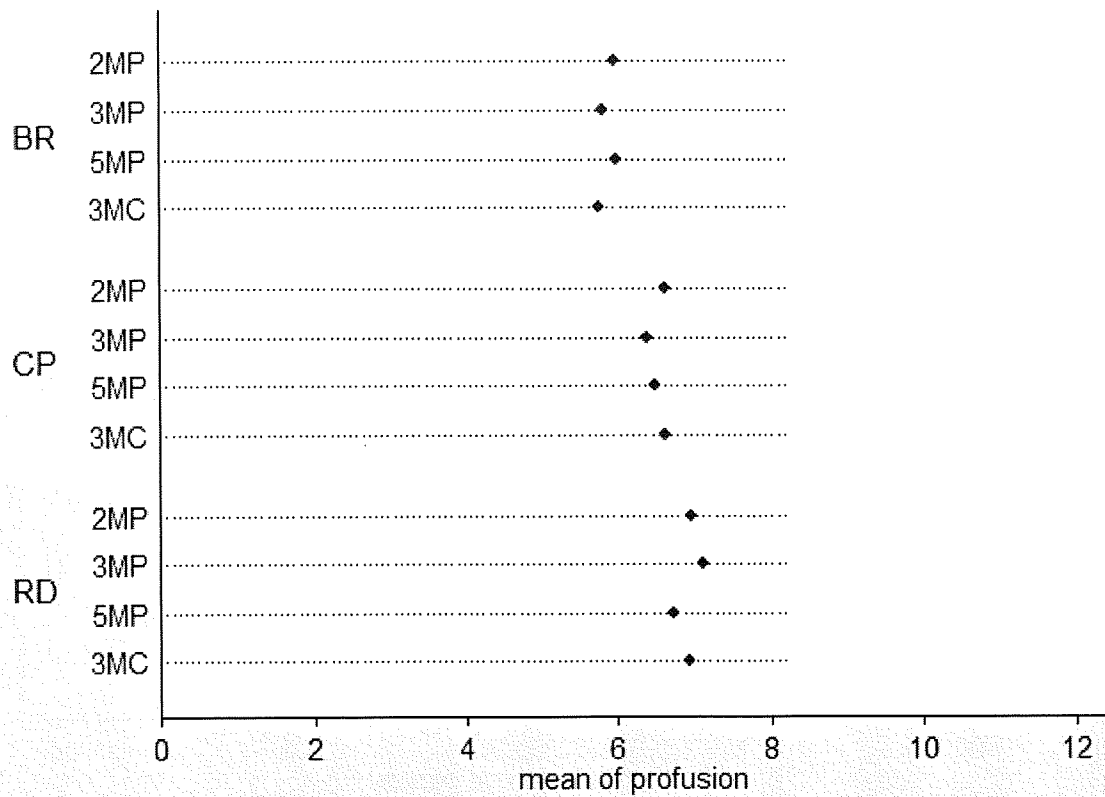


図 2 読影者毎およびモニター毎の小陰影の陰影密度についての読影結果. 陰影密度は1 2段階尺度の0/-, 0/0, 0/1, 1/0…3/3, 3/+を12段階の数値にして検討した。わずかな差ではあるがBリーダーと呼吸器内科医、放射線科医との間には有意差があった。

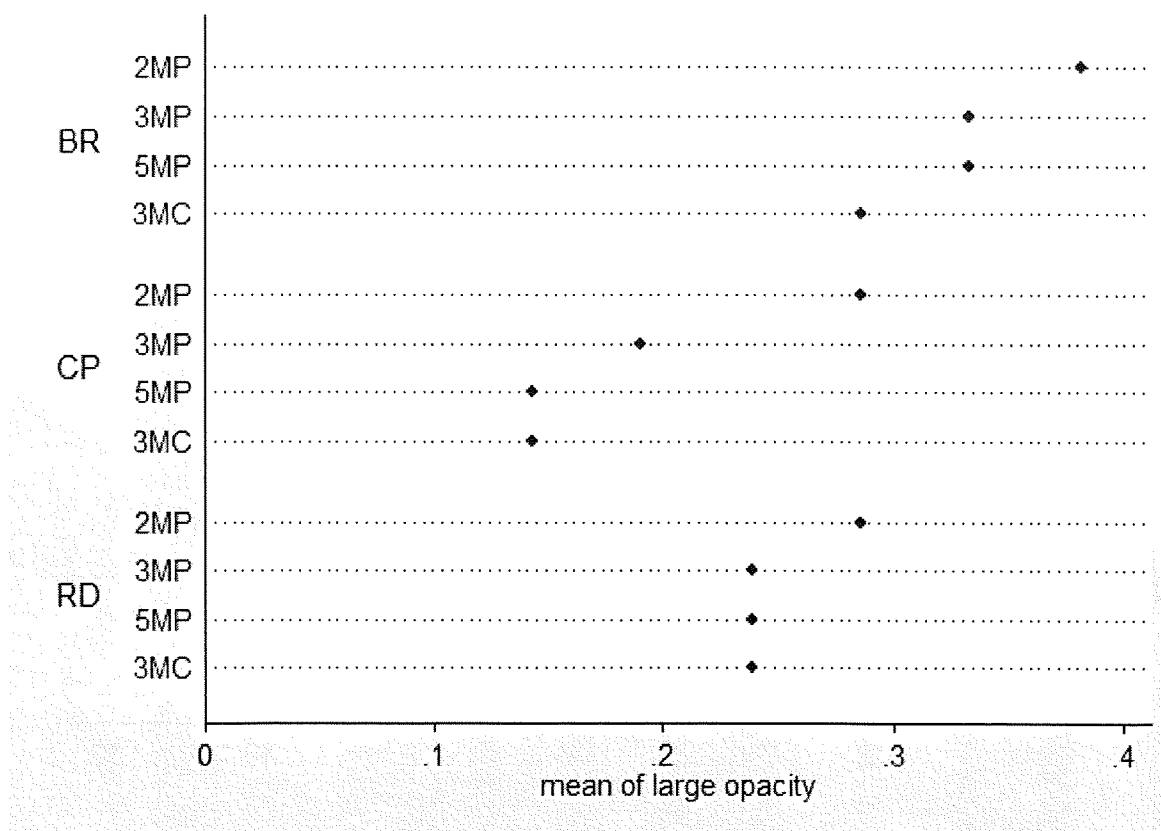


図 3A 読影者毎およびモニター毎の大陰影の存在の有無についての読影結果. 大陰影の存在の有無は有=1、無=0と二値化してある。図では平均値のみ表示。

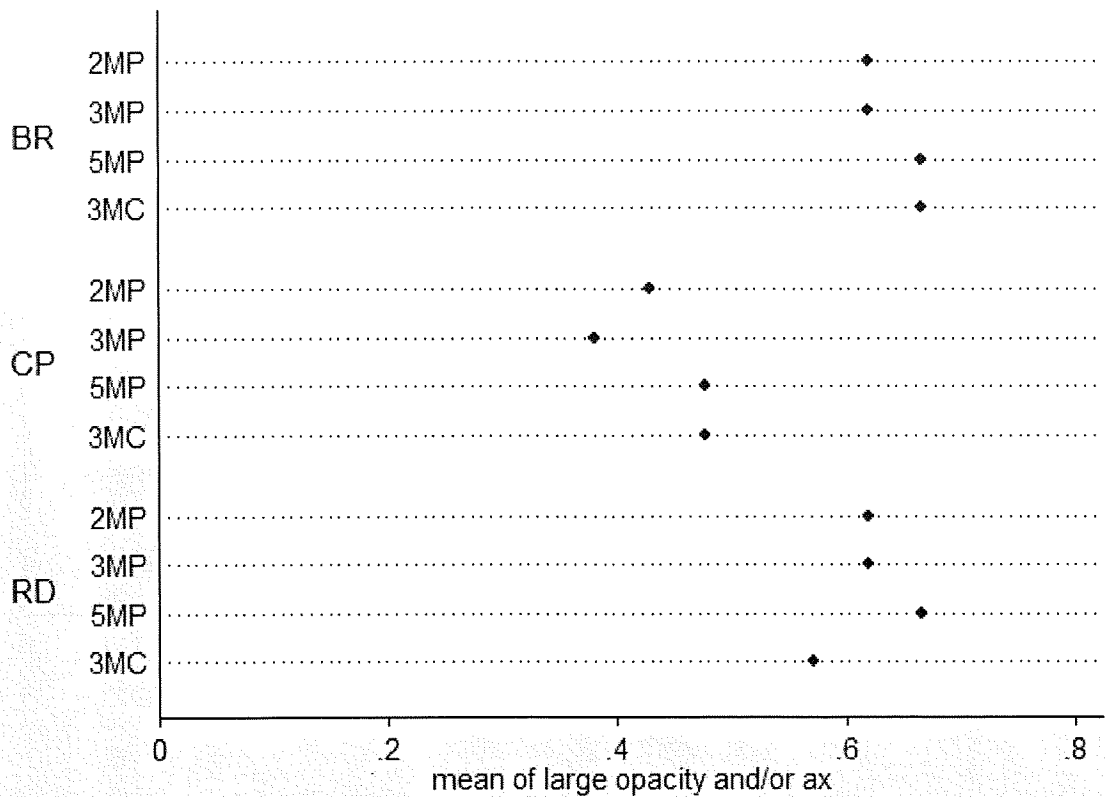


図 3 B 読影者毎およびモニター毎の大陰影あるいは融合像の存在の有無についての読影結果. 大陰影あるいは融合像の存在の有無についての読影結果を二値化して読影者毎およびモニター毎に平均値を表示。なお、0 は融合像および大陰影のどちらも指摘されなかったもの、1 は融合像あるいは大陰影のどちらかが指摘されたものである。

表 1. 大陰影の広がり と肺機能検査結果

| 大陰影広がり | FEV1 (L) | FVC (L) | N |
|--------|----------|---------|----|
| A | 2.31 | 3.11 | 7 |
| B | 1.83 | 2.72 | 30 |
| C | 1.47 | 2.36 | 10 |

1. じん肺におけるデジタル画像撮影表示条件の検討

3) 線量

研究担当者: 安藤富士夫、村田喜代史

総括

デジタル画像は照射線量を低く抑えても臨床に支障のない画像が得られるのが長所とされるが、デジタル画像では照射線量が直接画質に反映されにくく、現在の臨床現場で、どの程度の照射線量がいわれているか明確ではない。そこで、臨床現場で使用されるデジタル胸部 X 線写真における照射線量をアナログ画像と比較して検討するために、ファントームを用いた測定実験を行った。

現在、通常使用される撮影条件のアナログ画像とデジタル画像 (CR, DR) の線量を電離箱データと比較すると、アナログ画像が 0.090 ± 0.020 mGy, デジタル画像が 0.131 ± 0.045 mGy (CR が 0.146 mGy, DR が 0.102 mGy) であり、デジタル画像が 1.5 倍程度多い結果が得られた。

デジタル画像では照射線量が直接画質に反映されにくく、通常撮影ではフィルム・スクリーン系よりも照射線量が多くなる傾向をもつシステムであることを理解し、デジタル胸部写真の撮影では、画質とともに照射線量も合わせて考慮することが重要と考えられた。

線量

アナログ画像およびデジタル画像における被曝線量 に関する基礎的検討

研究要旨

臨床現場で使用されるデジタル胸部 X 線写真における照射線量をアナログ画像と比較して検討するために、ファントームを用いた測定実験を行った。アナログ画像とデジタル画像 (CR, DR) の線量を電離箱データで比較すると、アナログ画像が 0.090 ± 0.020 mGy, デジタル画像が 0.131 ± 0.045 mGy であり、デジタル画像が 1.5 倍程度多い結果が得られた。また、デジタル画像を CR と DR に分けて平均線量を比較すると、CR が 0.146 mGy, DR が 0.102 mGy であり、検出器の材質による違いも大きな要因であることが示唆された。デジタル画像では照射線量が直接画質に反映されにくく、通常撮影ではフィルム・スクリーン系よりも照射線量が多くなるシステムであることを理解し、画質評価には照射線量も合わせて考慮することが重要と考えられた。

A. 研究目的

デジタル化が急速に進む現在、その画質評価や撮影条件、表示条件の標準化に向けた取り組みが必要であるが、同時に、胸部 X 線撮影において照射される X 線量を正しく把握することが改めて重要となってきたと思われる。それは、アナログ画像においては、照射 X 線量が比較的明瞭にフィルムの画質に反映されるが、デジタル画像においては、照射 X 線量と画質の間の一定の関係がなく、画像から照射 X 線量を推測することが難しいと思われるからである。

今後、デジタル胸部 X 線写真が、じん肺健康診断を含め、胸部のスクリーニングに主として利用されるようになる状況に備え、デジタル胸部 X 線写真における照射線量と画質の関係を正しく捉えておくことを本研究の目的とした。今年度は、その予備的な調査として、現状を知るためのパイロット調査を行い、引き続いて、胸部 X 線撮影の

精度管理における照射線量指針を導き出すための調査研究をスタートする予定である。

B. 研究方法

照射線量の測定は以下の方法で行った。

1. 胸部ファントーム画像の作成

胸部ファントーム (図 1) を撮影台に密着させ、フォトタイマー (自動露出機構) を用いて撮影を行った。このときの撮影条件 (電圧、管電流、撮影時間) を記録した。

2. 胸部ファントーム撮影時の空中線量測定

電離箱線量計 (AE1340C、電離箱 C-MA (0.24cc)、応用技研) とガラスバッジ (千代田テクノル) 3 個をスタイロフォームファントーム (200x250x250mm、図 2) に装着し、撮影台にファントームを密着させ、線量計は X 線側に来るようにセットして、胸部ファントームを撮影した時と同じ撮影条件になるようマニュアル設定して、

X線を照射した(図3, 4)。電離箱の測定値を記録し、ガラスバッジの解析は、後日、千代田テクノルに依頼した。

3. 測定対象機関

社団法人全国労働衛生団体連合会(全衛連)の事務局から事前に協力依頼を行い、了承が得られた検診機関である。

2007年12月から2008年1月下旬にかけて27施設で調査を実施し、アナログ画像(8装置)、コニカ社CR(8装置)、富士フィルムCR(7装置)、DR(6装置)、計29装置で測定を行った。

C. 研究結果

1. 線量測定結果

8施設におけるアナログ装置での実測値は、電離箱 0.090 ± 0.020 mGy, ガラスバッジ 0.091 ± 0.025 mGy であった(図5)。

7施設における富士フィルム社製CR装置での実測値は、電離箱 0.145 ± 0.044 mGy, ガラスバッジ 0.139 ± 0.044 mGy であった(図6)。

8施設におけるコニカ社製CR装置での実測値は、電離箱 0.141 ± 0.044 mGy, ガラスバッジ 0.137 ± 0.048 mGy であった(図7)。

4施設におけるキャノン社製DR装置での実測値は、電離箱 0.114 ± 0.019 mGy, ガラスバッジ 0.114 ± 0.018 mGy であった(図8)。

島津社製DR装置での測定値は、電離箱 0.074 mGy, ガラスバッジ 0.077 mGy であり、シーメンス社製DR装置では、電離箱 0.076 mGy, ガラスバッジ 0.071 mGy であった。

アナログ画像とデジタル画像(CR, DR)の線量を電離箱データで比較すると、アナログ画像が 0.090 ± 0.020 mGy, デジタル画像が 0.131 ± 0.045 mGy であった。

デジタル画像をCRとDRに分けて平均線量を比較すると、CRが 0.146 mGy, DRが 0.102 mGy であった。さらに同じDR装置であっても、島津社製DR装置、シーメンス社製DR装置では、キャノン社製DRより低い値を示した。

D. 考察

デジタル胸部X線撮影が臨床に導入された当初は、低線量でも診断可能な胸部画像が得られるということが長所の一つとされ、現在でもデジタル胸部X線写真における被曝線量はフィルム・スクリーン法と比較して少ないようなイメージがあるように思われる。しかし、フィルム・スクリーン系は胸部撮影に特化した新オルソシステムの高感度の増感紙や粒状性のよいフィルムが開発されてきたのに対して、デジタルシステムでは、多部位撮影装置として設計され、胸部に特化していないことが多い。また、デジタル画像といっても線量の低下とともにノイズも増加することから、一定の画質を得るためには相当の線量が必要となる。そこで、現在、臨床に用いられているデジタル胸部X線撮影装置における被曝線量が、実際には、フィルム・スクリーンシステムと比べて、多いのか少ないのか、それを明らかにするために今回の検討を行った。

フォトタイマーを用いた通常の撮影を行った時を想定したファントームにおける測定結果によると、デジタル画像はフィルム・スクリーン画像に比して有意に高い線量値を示した。したがって、現在の装置や設定では、胸部撮影における線量はフィルム・スクリーン系より1.5倍程度多いということが明らかになったと言える。もちろん、線量自体が小さいので、直ちに問題となるわけではないが、この事実は認識しておく必要があると

思われる。

また、CRとDRにおける線量にも差異がみられ、DRではフィルム・スクリーン系よりやや高い程度であるのに対して、CRでは明らかに高い値を示した。おそらく、検出器のX線検出効率の違いが原因と考えられ、同じDRでも検出器の材質によって、線量が異なっていることも、このことを支持していると思われる。

デジタル胸部写真の線量が少し多いからといって、それ自体が問題になることはない。それ以上に、フィルムレス化による診療におけるメリットは大きく、今後もデジタル化がますます加速することは間違いない。また、画質もフィルム・スクリーン系とは明らかに異なった特色をもっていて、その特色をどのように生かすかの検討が今後必要になってくると思われる。そのためには画質と照射線量の関係にも考慮しながら、デジタル画像の適切な撮影表示条件などの検証を行っていくことが重要であると考えられる。

一方、胸部X線写真はスクリーニング検査として、今後も撮影件数が増加すると考えられることから、機器に関しても、よりX線検出効率が高い検出器を用いた、より被曝を低減できるようなデジタル撮影装置の開発が望まれる。

E. 結論

ファントムを用いた測定実験によって、フォトタイマーを用いた通常の撮影では、デジタル胸部X線撮影の方がフィルム・スクリーン系よりも1.5倍程度高い照射線量を示した。また、同じデジタル画像においても検出器の種類によって、照射線量が異なることが示された。今後、照射線量も考慮した画質評価が必要と考えられた。

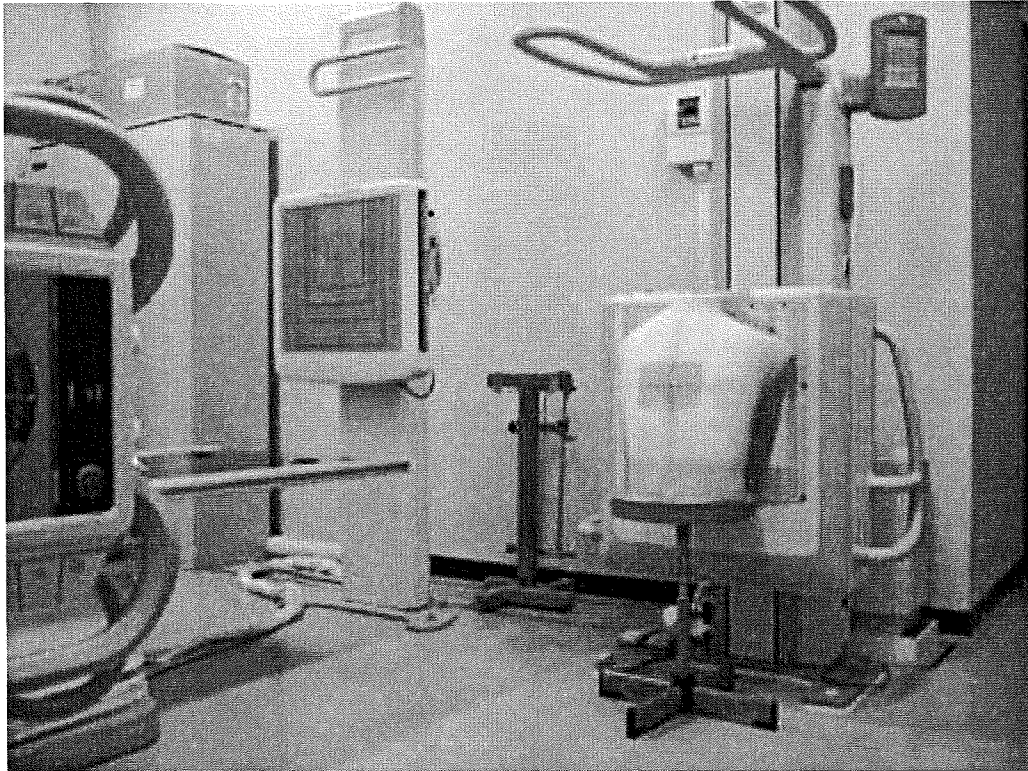


図1 胸部ファントム

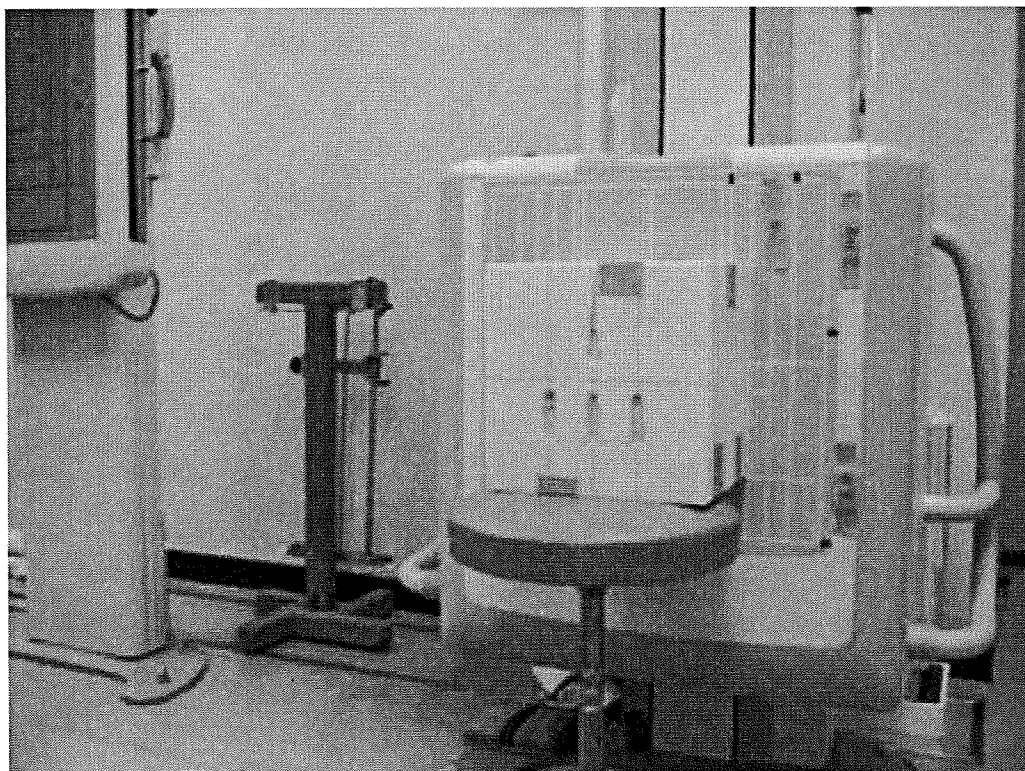


図2 スタyroフォームファントム

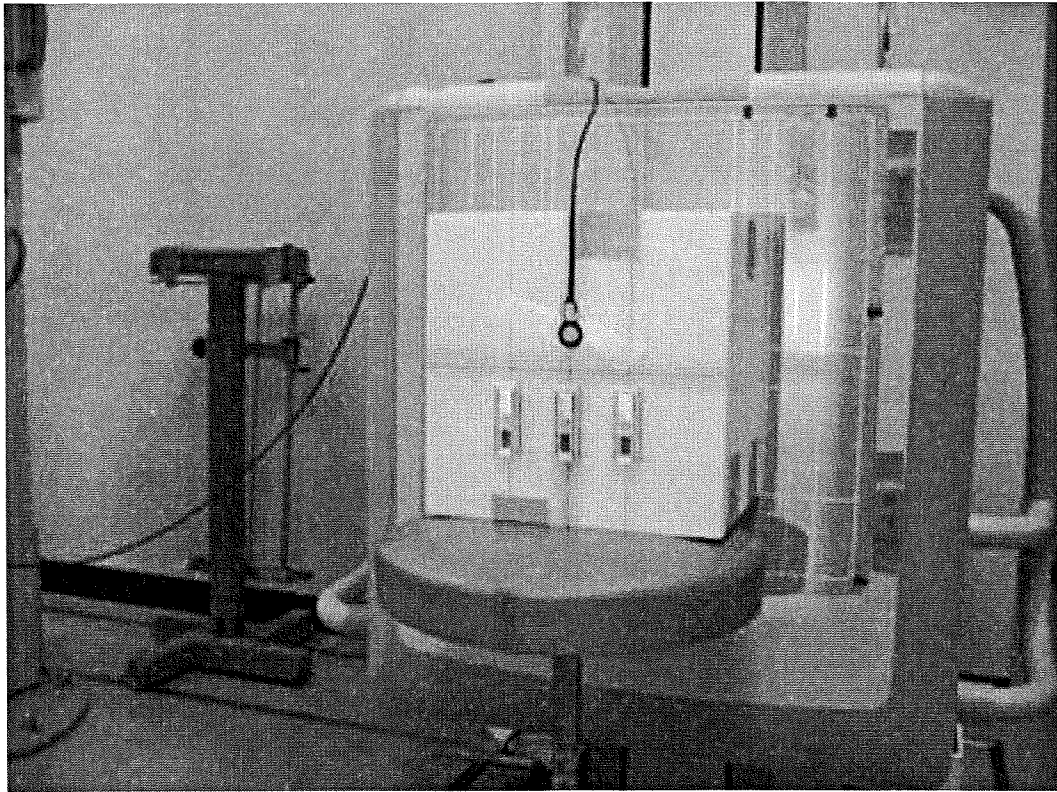


図3 電離箱およびガラスバッジの設置

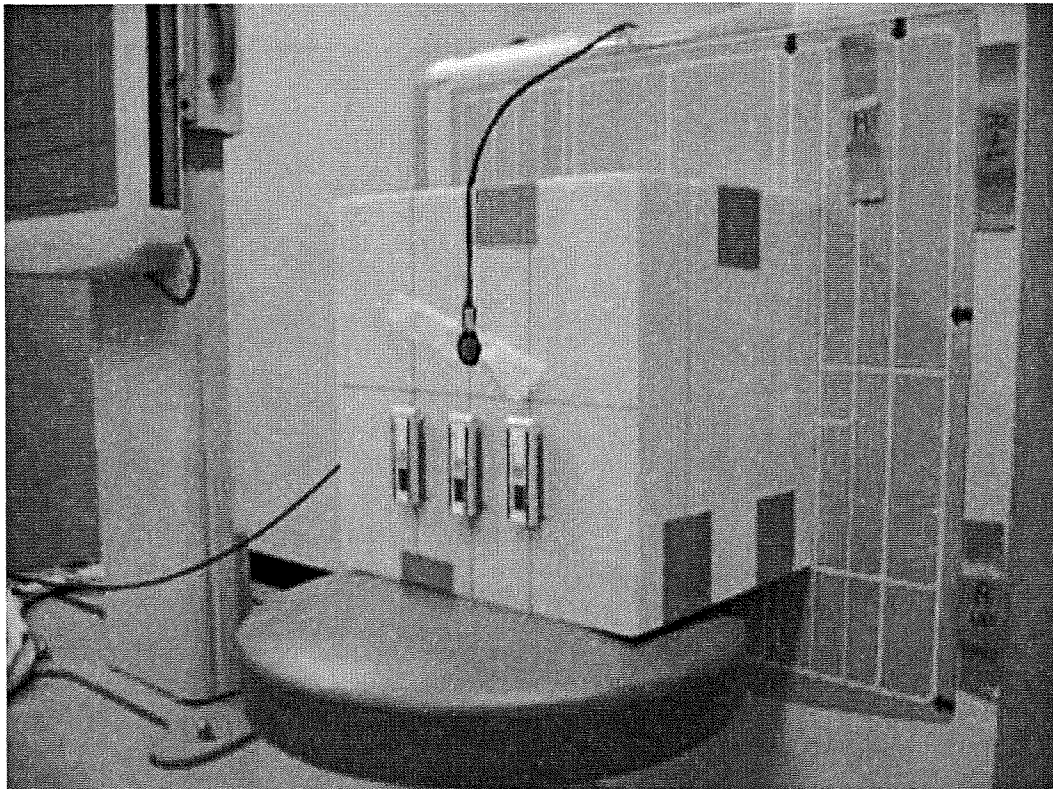


図4 電離箱およびガラスバッジの設置 (近景)