

平成23年度 駒澤大学 医療健康科学部  
診療放射線技術科学科  
総合研究発表要旨

<日時>平成23年 11月 12日 (土)

<場所>1-202教場、1-203教場、1-204教場

## 医療機関外における死亡時画像診断(Autopsy imaging: Ai)施行の可能性の検討

HK8001 川上 裕貴

現在、日本における死因究明の方法には、検視、検案、解剖、死亡時画像診断(以後 Ai)が存在する。その中で解剖の精度が一番高い[1]と考えられている。しかし解剖は、侵襲的方法であるため、遺体の損傷が大きく、遺族の同意が得にくいため解剖率が極端に低いというのが現状[2]である。死亡時画像診断(Autopsy imaging: 以下 Ai)は非侵襲的方法であるため、遺体の損傷なく死因究明ができ、遺族の同意が得やすい。情報量は解剖より劣るが検案より多くなるなどの利点がある[3]。そのため、死因究明の方法として Ai の関心が高まっている。

Ai を行うに当たり、医療機関で実施することで、他患者との接触、医療従事者の倫理的問題及び通常業務との重なりにより時間的制限などの問題が発生する。そこで本研究では、医療機関外で実施することによりこのような問題点が解決されるのではないかと考え、その実施の可能性を、現在までに発表された論文又は文献から、Ai の現状、実際に実施している病院、Ai に関連した法律を検索・調査し検討した。

医療機関においては、臨床と同一の機器を使用している病院と専用機器を使用している病院がある。前者では、通常診療の合間に Ai を行う病院がほとんどである。その中でも、通常診療の質を落とさないため件数を制限する病院、また、院内死亡例のみの実施で院外死亡例(警察の介入した遺体損壊の多い遺体)については実施しない病院があり、年間実施件数は専用装置を使用している病院の 5 割程度であった。後者においては、前者のような問題点はないと考えられ、年間実施件数は前者の倍近くになっていた[8] ~ [14]。

法律の観点から Ai は、診療の一環と言う整理がなされていないため、医療法の適用、医療機関開設の手続きは除外される。さらに、医療法で遺体に放射線を照射することに対する規定は記載されていなかった。実際に医療機関外として運用していることから、実施は可能であるということがわかった。

## CT 撮影における体格が異なる場合の画質と線量の評価

HK8002 山上 雄大

CT 撮影による画像は体厚の影響を受けやすい。本研究では、体厚の違いに応じて線量と画質の関係を算出し、さらに厚い被写体に対して画質改善を行うことを目的としている。直径 100mm から 300mm のアクリルファントムを使用し、被ばくの線量と CT 値の標準偏差(画像 SD 値)の関係を検討した。この際、寝台の有無についても検討した。線量の測定には電離箱を用い、CTDI<sub>w</sub> を算出した。画像 SD 値の測定は、固定管電流 100mA の条件で各ファントム直径の測定において有効視野(FOV)を変化させて拡大率の変化に対する画像 SD 値の変化を検討した。また、AEC を用いて画像 SD 値を設定し、設定された画像 SD 値が実際に得られているか検討した。厚いファントムにおいてヘリカルピッチと画像スライス厚を変化させた場合に、線量と画像 SD 値にどのような変化が見られるかを検討した。

実験の結果、固定管電流では、ファントム直径が大きいと線量が低減し、画像 SD 値が大きくなった。FOV を変化させた場合、画像 SD 値に変化は見られなかった。寝台の上において撮影を行った場合、寝台により線量が低減され、寝台無しに比べ画像 SD 値が 0.9 程度大きくなった。AEC を使用して撮影した場合、ファントム直径が小さいファントムでは、設定した画像 SD 値と実測の画像 SD 値が近い値となった。一方、ファントム直径が大きいファントムでは、設定した画像 SD 値に比べ実測の画像 SD 値は大きい値となった。AEC 使用時のファントムごとの管電流の大きさを見ると、ファントム直径が大きい場合、設定した画像 SD 値によっては管電流が CT 装置の上限値に達してしまい、一定以下の画像 SD 値を得られなかった。厚いファントムにおいてヘリカルピッチを変化させた場合、ヘリカルピッチが小さくなるにつれて画像 SD 値が改善された。また、画像スライス厚を変化させた場合、画像スライス厚が厚くなるにつれて線量が減少し、画像 SD 値も改善することができた。

## 骨盤 CT 検査における母体の体厚を考慮した胎児被ばく線量の測定

HK8003 岩橋 美佳

現在、日本は最も放射線を用いた検査数が多く、医療被ばくも一番多い国である。医療被ばくの中でも CT による被ばくの占める割合は大きい。CT は手軽で迅速かつ高性能で信頼性が高い検査ということで多く利用されているが、被ばくが多いことが難点である。CT 検査による被ばくで特に気を付けなければいけないこととして胎児への影響がある。胎児は放射線感受性が高いため、仮に妊娠に気付かずに CT 検査を受けてしまった場合、その線量が大きな問題となる。また、母体の体厚によってもその線量は変わってくると考えられる。そこで、CT 検査による胎児の被ばく線量が、体厚の違いによってどの程度異なるのかについて実験し、その結果について評価を行った。

実験の結果、固定管電流の撮影においては、体厚が厚くなるほど被ばく線量は減少した。AEC をかけた場合においては管電流の限界値までは体厚の増加に伴って線量が増加し、それ以降は減少した。被ばく線量は子宮内の位置でも異なり、腹壁側にある子宮底部での被ばく線量が最も多かった。SD 値については、体厚が厚くなるほど値は増加した。AEC をかけた場合においては管電流の限界値までは SD 値は維持されていたが、それ以降は増加した。

一般的に胚が着床する部位が子宮底部であることから、子宮底部の線量を妊娠初期における胎児の被ばく線量として評価を行った。今回の実験では、被ばく線量の最も多かった AEC をかけた際の子宮底部で約 33mGy であった。この値は ICRP が胎児に奇形、障害等が生じる可能性が大きくなるとしている 100mGy の 33% に相当する。よって、1 回の CT 検査での胎児への影響は大きくないと考えられる。しかし、骨盤 CT 検査を数回受ける際には注意が必要である。

## フィールドワークに基づいた福島原発事故後の簡易的土壌汚染度算出法の試み

HK8009 山後 沙樹

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災に伴い発生した福島原子力発電所の事故により、ヨウ素 131 とセシウム 137 が大気中に放出された。セシウム 137 は半減期が約 30 年と非常に長く、また性質上土壌粒子と結合しやすいため土壌汚染度の推定が重要である。本研究は福島県福島市、並びに福島県郡山市における空間線量率  $X[\mu\text{Sv}/\text{day}]$  をフィールドワークとして、ポケット線量計で測定した結果を基にセシウム 137 の簡易的土壌汚染度算出法を試み、その有用性を検討した。まず、原発から放出された核種は先に述べた 2 核種のみであり、ウラン 235 の収率が原発の外に放出される際も維持されると仮定した。核種の減衰を考慮し、空間放射能濃度  $y[\text{Bq}/\text{m}^3]$  を算出した後、1975 年米国政府報告書 wash-1400 を基に作成された SEO プログラムにて核種ごと定められたクラウド係数  $[(\text{Sv} \times \text{m}^3)/(\text{Ci} \times \text{sec})]$  を用いてこの時の空間線量率  $x[\text{Sv}/\text{sec}]$  を求めた。この  $x[\text{Sv}/\text{sec}]$  の内、セシウム 137 が占める割合を算出しこれを寄与分率  $R[\%]$  と定義した。時間が経過するにつれ短半減期であるヨウ素 131 が減衰するため、 $R[\%]$  は徐々に上昇する。測定した空間線量率  $X[\mu\text{Sv}/\text{day}]$  に寄与分率  $R[\%]$  を乗ずることによってセシウム 137 由来の空間線量率  $X'[\text{Sv}/\text{sec}]$  を得る。この  $X'[\text{Sv}/\text{sec}]$  にクラウド係数  $[(\text{Sv} \times \text{m}^3)/(\text{Bq} \times \text{sec})]$  の逆数、核種の土壌への沈着速度  $b[\text{m}/\text{sec}]$  を乗ずることによって土壌汚染速度  $z[(\text{Bq}/\text{m}^2)/\text{h}]$  を得る。 $b[\text{m}/\text{sec}]$  は SEO プログラムによって  $0.002[\text{m}/\text{sec}]$  が与えられている。算出された  $z[(\text{Bq}/\text{m}^2)/\text{h}]$  に原発から放射性物質が放出された期間  $t[\text{h}]$  を乗ずることによって土壌汚染度  $Z[\text{Bq}/\text{m}^2]$  を算出できる。 $t[\text{h}]$  については福島県ホームページに記載された観測データより、3 月 15 日から 3 月 17 日の 2 日間であったと仮定した。算出された  $Z[\text{Bq}/\text{m}^2]$  は、政府が調査結果として発表した 4 月 29 日時点でのセシウム 137 土壌汚染度マップの値の範囲内に該当したため、本研究で試みた算出法は簡易的な方法として有用であることを示唆した。

## 厚い乳房の撮影におけるフィルタ付加時の平均乳腺線量と画質の評価

HK8010 新澤 由美

厚い乳房撮影では、低エネルギー光子のほとんどは乳房を透過せずフィルムに到達しない。この低エネルギー光子は画像に寄与せず、患者の被ばくを増加させる。また高エネルギー光子は、乳房を透過してコントラストを低下させ、画質に悪影響を与える。本研究の目的は、厚い乳房撮影において付加フィルタを用い、管電圧を変化させることで、画質を損なわず被ばくを低減することである。

測定条件は、厚い乳房を想定してファントム厚を 50mm と 60mm とし、ターゲットとフィルタの組合せを Mo-Rh とした。管電圧 30kV フィルタ無しを標準とし、付加フィルタに Al と Pd を使用した。Al は低エネルギー X 線を減らすためであり、このときは高エネルギー X 線を減らすため管電圧を 28kV とした。Pd は低エネルギー X 線だけでなく K 吸収端 (24keV) 以上の高エネルギー X 線も減らすことができるため管電圧は 30kV とした。平均乳腺線量は、乳房ファントム撮影時の入射表面線量と入射 X 線の半価層を測定し、Sobol の近似式より算出した。そして、各ファントム厚で付加フィルタ無しと同程度の平均乳腺線量となるよう mAs 値を決定した。決定した各条件で画質の変化を評価するために、コントラストを表す指標として CNR、分解能を表す指標として MTF を用いて物理評価を行った。

その結果、Pd を付加フィルタとして用いた場合、付加フィルタ無しと比較して CNR と MTF がわずかに低下した。一方、Al を付加フィルタとして用いた場合では、CNR がやや向上し、MTF はほとんど変化しなかった。厚い乳房を撮影する際、管電圧を下げ Al 付加フィルタも用いることで画質を損なわずに被ばくの低減ができる事が期待される。

## X 線 CT におけるメタルアーチファクトの影響の検討

HK8011 鳥塚 千絵

医療用に広く利用されている X 線 CT 装置で金属などの高吸収物質を撮影すると、メタルアーチファクトと呼ばれる偽像が発生し、CT 画像全体の画質を劣化させる。本研究では模擬血管ステントファントムを作成し、X 線 CT 装置で撮影を行い、模擬ステントからのメタルアーチファクトの影響の検討を行った。

管電流時間積(mAs)を 110mAs、130mAs、150mAs、設定スライス厚を 2mm、8mm、16mm と撮影条件を変化させ、模擬血管内径の長さを測定した。設定スライス厚が大きくなるにつれて実測の模擬ステント内径との誤差が大きくなった。これはパーシャルボリューム効果によって模擬血管内腔と模擬ステントとの境界が不明瞭になった為だと考えられる。また、模擬血管の内径の変化に伴う実測の模擬ステント内径との誤差の違いはあまり見られなかった。これは測定位置による誤差が生じる為だと考えられる。

次に、同じ撮影条件で内腔の SD 値を測定した。設定スライス厚の変化がノイズの増加に影響するという結果が得られた。設定スライス厚が 2mm のときに最も SD 値が高く、20 となった。8mm、16mm のときはあまり変化が見られなかった。これは、設定スライス厚を薄くすることにより検出器に入射するフォトン数が減少し、ノイズが増加する為だと考えられる。また、模擬血管の内径が大きくなるにつれて SD 値が減少したのは、模擬血管内腔における模擬ステントの占める割合が減少した為だと考えられる。

管電流時間積による SD 値の規則的な変化はあまり見られなかった。これは、模擬ステントによる影響が大きい為管電流時間積の変化に影響しなかった為だと考えられる。模擬ステントの有る場合の SD 値が模擬ステントの無い場合の SD 値に比べて高い値を示したのは、X 線高吸収物質である模擬ステントが X 線を吸収し、投影データの不足がノイズの原因になった為だと考えられる。

本研究からメタルアーチファクトの影響を検討した結果、設定スライス厚を厚くすれば SD 値は減少し、設定スライス厚を薄くすれば模擬ステント内径と実測値との誤差を低減できることがわかった。

## ファントムを用いた MRI の脂肪抑制法の基礎

HK8013 渡部 良輔

脂肪抑制法は、脂肪に富む臓器の病変検出精度の向上、正常組織と病変とのコントラスト改善のために必要不可欠である。本研究では Dixon 法を高速化した mDixon(Multiecho 2-point Dixon)法、二項パルスを用いた脂肪抑制法(PROSET)、IR プリパレーションパルス(IR preparation pulse)法である SPIR 法・SPAIR 法を用いて脂肪成分含むファントムを撮像し、それぞれの脂肪信号の抑制程度を比較する。まず、オリーブ油の割合を変えて洗剤に溶かしたものを入れた容器を 5 つと洗剤だけを入れた容器を装填し、周りを水で満たしたファントムを作成する。次に各脂肪抑制法を用いたシーケンスで撮像する。そして、それぞれの抑制具合を 5 種類のみセルと洗剤の信号強度を測定し、比較・評価する。その結果、mDixon 法がもっとも優れていた。PROSET 法は励起回数を多くするほど脂肪が抑制されていた。SPIR (spectral presaturation with inversion) 法・SPAIR (spectral adiabatic inversion recovery) 法はともによく抑制されていて、特に SPAIR の方で脂肪抑制効果が優れているのがわかった。

## 超音波診断装置におけるエラストグラフィの有用性

HK8014 山田 裕貴

超音波診断装置は、現在多くの診断で用いられている。その中でも近年エラストグラフィという撮像法が使われるようになり、その検証をする。エラスト用ファントムと寒天の濃度を变化させた三層構造の四つの寒天ファントムのエラストグラフィを撮像し視覚評価とストレイン値とストレイン比を求めそれぞれの円柱での違いを比較する。また、エラスト用ファントムでは ROI の囲み方の違いによってストレイン値の変化の有無の検証をし、寒天ファントムでは、層の順番やプローブのあてる速さ、力の強さによってのストレイン値の変化の有無を検証する。エラスト用ファントムでは、それぞれの円柱の色の違いによる音響インピーダンスの違いが分かり、エラストグラフィによって硬さの違いや ROI の影響も把握できた。寒天ファントムでは、層の順番、によっての影響が出てしまった。さらに、プローブの動かし方によっての変化も確認できた。これらより、エラストグラフィでは硬さの違いを計測し数値化できるが ROI の囲み方によってストレイン値が変化してしまうため正確な ROI が必要となる。また、硬さの違う物が層の場合では正確に測れなくプローブの動かし方によっても数値が変化してしまうので決められた範囲で計測をしなければならない。エラストグラフィで硬さの違いを求めることができたが、プローブをあてる部分の硬さや操作者の力加減囲む ROI の範囲によってストレイン値が変わってきてしまうので、注意が必要である。

## Prominence Processor を用いた核医学画像処理の基礎的検討

HK8015 飯島 竜

SPECT(Single Photon Emission Computed Tomography)や PET(Positron Emission Tomography)などの核医学画像処理を行う際、目的に応じた画像再構成法や吸収補正・散乱線補正の選択、種々のパラメータの決定など、理論的な内容は講義を受けてきているものの実際にそれらが画像に及ぼす影響を検証し理解しているかは疑問となるところである。そのような現状を改善するために、核医学画像処理の過程を PC 上で簡便に行うことができるパッケージソフト Prominence Processor は核医学画像処理の基本を実践的に理解することを目的に多くの医療施設で利用されている。本研究は、Prominence Processor 及び Web 上よりインストールした SPECT データ処理評価用デジタルファントムを用いて、核医学画像再構成法の逐次近似法である OSEM 法にて設定するパラメータの 1 つで、繰り返し回数を意味する It とグループを意味する Sb の設定が SPECT 画像に及ぼす影響について検証するとともに、一般的に It と Sb の積が 40~60 程度が最適値と推奨されている理由を視覚的評価及び定量的評価にて検討した結果、①It は Sb に比べて低値に設定することで処理時間を軽減することが出来た。②最適な It は  $It:2 \sim It:3$  程度で、Sb は  $Sb:20 \sim Sb:30$  程度が良好な結果となった。したがって、一般的に推奨値とされている It と Sb の積が 40~60 程度と類似した結果となった。以上より、Prominence Processor は核医学画像処理を理解する際に有効なソフトウェアであることが示された。

## 入浴剤からの天然放射性核種の分離

HK8016 大和田 和希

天然に存在する二次放射性核種を分離、測定する実験が既に報告されているので、今回この方法を用いて放射性核種を分離し、その分離した試料が目的とする核種であるかを確認するための実験を行った。実験には天然の放射性核種を比較的多く含み、手軽に入手できる入浴剤の「玉川温泉の華」を使用した。

この入浴剤「玉川温泉の華」には硫黄やケイ素、アルミニウムなどが主な成分元素として含まれている。その中には微量に存在するトリウム系列の  $^{212}\text{Bi}$  や  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  といった放射性核種が含まれており、製造後数年経過しているにも関わらず、これらの短半減期の核種が存在しているということは長半減期の核種である  $^{232}\text{Th}$  が存在するということを示している。また、 $^{212}\text{Bi}$  や  $^{228}\text{Ac}$  は半減期が比較的短いため、放射能の減衰が観察でき、さらに高エネルギーの  $\beta$  線と放出割合の高い  $\gamma$  線を放出するといった特徴を持っている。

## フィールドワークに基づいた福島原発事故後の簡易的土壌汚染度算出法の試み —Tondel 法を用いた福島県内のがん発症率について—

HK8017 浜尾 真寿美

本研究は、福島県福島市並びに郡山市の2カ所の空間線量率より簡便的な土壌汚染度を求め、そのうち Tondel 法を利用した「がん発症率」を算出することを目的とした。方法は、福島県福島市並びに郡山市にて筆者が所属する研究室で保有するアロカ社製の半導体式電子ポケット線量計を用いて1日の積算空間線量率を3月28日から4月3日の7日間と4月23日から4月29日の7日間の計2週間測定した。その結果、福島市において最大で3月28日時点で  $52[\mu\text{Sv} \cdot \text{d}^{-1}]$  と高い値が得られ、4月29日時点では  $19[\mu\text{Sv} \cdot \text{d}^{-1}]$  と約1カ月の間に空間線量率が約  $30[\mu\text{Sv} \cdot \text{d}^{-1}]$  減少した。また、今回の原発事故で放出された放射性物質の大部分は  $^{131}\text{I}$  と  $^{137}\text{Cs}$  であり、この2核種の全空間線量率に対する寄与分率を求め、沈着速度やクラウド線量係数、実測した空間線量率、経過日数より、簡易的土壌汚染度を算出した。その結果、福島市において3月28日時点で  $68[\text{kBq} \cdot \text{m}^{-2}]$ 、4月29日時点では  $300[\text{kBq} \cdot \text{m}^{-2}]$  と約1カ月間に土壌汚染度が約  $230[\text{kBq} \cdot \text{m}^{-2}]$  増加した。Tondel 法では、10年間で  $100[\text{kBq} \cdot \text{m}^{-2}]$  の  $^{137}\text{Cs}$  による土壌汚染あたり過剰相対リスクが0.11となるとされているため、算出した土壌汚染度を用いて過剰相対リスクを算出した。被ばくが無い時のがん発症率を27[%]と仮定し、この値と過剰相対リスクを用いて原発事故により放出された放射性物質からの被ばくによるがん発症率を求めた。その結果、福島市において最大で9.0[%]生涯のがん発症率が増加すると推定された。本法を用いて算出した結果、今後10年間において両市で生涯のがん発症率が増加すると推定された。なお、今までに様々な被ばく低減措置が取られたため、がん発症率を過大評価している可能性がある。また、 $^{137}\text{Cs}$  による土壌汚染度のみでがん発症率を推定するのではなく、他の放射性物質によるがん発症率も考慮したうえで推定することが望ましい。以上より、Tondel 法によるがん発症率の評価判定には難があるものと考察した。

## 胸部 FPD システムにおける線量低減と画質について

HK8020 佐藤 友基

近年、平面検出器 (flat panel detector : FPD) の開発により、臨床ではまず単純 X 線撮影系に導入され、現在国内ではすでに多くの FPD が稼働している。従来の増感紙・フィルムシステムと比較し、検査時間の短縮化、高画質化が進み、更に多彩な画像処理等によって診断能が向上した。しかしながら、X 線画像のデジタル化が進んでも撮影の際の X 線被ばく線量を抑える必要性には何ら変わりはない。

今回の実験では胸部単純 X 線撮影を対象とし、FPD において撮影線量を変化させたときの物理的評価および視覚評価を行い、線量の変化が画質に与える影響を検討した。さらに胸部ファントム画像の評価を行い、線量低減が描出能にどのように影響するか考察した。物理的評価として CTF、ウィナーズペクトル(以下 WS)の測定、視覚評価としてバーガーファントム、ランドルト環を用いて画質の変化を比較した。

その結果、線量を低減していくに従って粒状度は劣化し、また CTF は mAs 値を変化させても大きな変化は見られなかった。バーガーファントムによる視覚評価では線量の低下とともに淡く小さい構造は消失し、ランドルト環を用いた評価においても肺野部、縦隔部ともに撮影線量が減少するとともに正答率が低下した。胸部ファントム像の評価では、線量が減少するに従い粒状が劣化したため、肺野では微小構造や淡い構造の検出率が悪くなり、縦隔部ではやや形状の大きい構造でも淡いものは描出性が低下した。線量が 1/2 になると特に微小構造や低濃度部分の不鮮明さが顕著に表れ、大きな構造の評価を目的とする以外は線量の低減は望めない。以上より、線量を減少させることで、粒状性が悪くなるが、CTF では変化が少ないことを考慮すると、ここでは量子モトルの変化が画質に大きく関与していると考えられる。

本研究では、FPD を用いた胸部撮影における線量変化と画質の関係について検討した。線量低減で生じる粒状性の劣化によって画質の低下が見られたが、観察領域によっては描出可能であることがいえる。

## 脂肪肝における脂肪成分の 1.5T MRI による非侵襲的定量化 SPIO 造影剤含有の影響

HK8021 松本 ジョエル

日本では脂肪肝の定量化は一般に侵襲的な生検や非侵襲的な MR が用いられている。そして近年、Dual Energy CT や Multiecho 2-Point DIXON 法が開発されており、より脂肪肝の定量化の精度向上が期待されている。

本研究では、自作の擬似脂肪肝ファントムを作成し、MRI の各脂肪抑制法での脂肪抑制画像から SPIO 造影剤存在下での信号強度を測定し各々を比較検討した。また、特に定量化の精度向上の期待されている 2-Point mDIXON 法についても個別に信号強度を測定し SPIO 造影剤存在下での脂肪含有度を測定できるか検討した。実験では、PHILIPS 社製の MRI 装置 AchieVal 1.5T Dual 32ch を用いて、T1W、SPIR 法、SPAIR 法、TSE-PROSET1331 法、TFE-PROSET1331 法、mDIXON 法の脂肪抑制法で撮像し、信号強度を測定した。得られた信号強度から脂肪含有率との相互関係を評価した。

結果として、鉄が存在せず脂肪含有率を変化させた場合、mDIXON 法と TFE PROSET1331 法では、信号強度から脂肪含有率を求めることがある程度可能と考えられた。しかしそれ以外の抑制法では信号が過小評価や過大評価になっていた。そして、鉄が存在する場合は、全ての脂肪抑制法で信号強度のバラツキが大きくなり定量化は不可能であった。また、脂肪含有率を 10% に固定し、鉄濃度を変化させた場合は、各脂肪抑制法において In-phase のため信号強度が増大するところや Opposed-phase で信号強度が低下したところが見られた。脂肪が無い場合に鉄濃度変化させると濃度が高くなるにつれ信号強度が低下していた。

## 肩関節における超音波検査について

HK8023 鬼塚 紗矢香

超音波診断装置は、超音波を利用して体表からは見ることのできない臓器の解剖学的構造や組織性状、動きや血行動態を評価するものである。X 線検査や CT 検査など他の画像診断と比べて比較的簡便で非侵襲的に行えるのが特徴である。

整形外科領域では、関節や四肢の痛み、しびれ、そして関節可動域制限や筋力低下といった機能障害を生じる疾患すべてが超音波検査の対象となる。その中でも、肩関節は広範囲に可動性を有するため、不協調運動が繰り返されることで容易に炎症を起こしやすい関節であり、特に軟部組織の変性に起因する疾患が多い。肩関節における疾患は多種に及び、それらの病態を判断していく上で超音波診断は有用性が高い。

しかし、いまや CT、MRI を上回る分解能に達した超音波検査を外来診療に導入した場合、最も危惧されるのは画像に振り回されてしまうことである。そのため、画像が独り歩きしないよう、超音波検査はあくまで補助診断材料にすぎないこと、病歴や身体所見を重視する姿勢が最も重要であることを忘れてはならない。

今回は、肩関節を撮像する際に知っておかなければならない超音波診断装置の特徴・原理および肩関節を構成する運動器構成体の解剖とその正常画像、アーチファクトについて概説する。肩関節を構成する運動器構成体は骨、軟骨、筋、腱、靭帯について、アーチファクトは多重反射、異方性についてである。また、通常の B モード画像以外にも臨床で行われている検査に、エラストグラフィーを利用した肩こり診断がある。エラストグラフィーとは組織の硬さを色によって視覚的に評価するものである。色は大きく分けて 3 色であり、赤色が軟らかく、青色が硬く、緑がその中間を表す。このことについても概説する。

## 軟 X 線領域における線量計の校正場構築

HK8025 森田 俊之

軟 X 線領域であるマンモグラフィは、標準的に Mo ターゲット/Mo フィルタ（以下 Mo/Mo）の線質が主に用いられる。線量計の校正は、線質を合わせて行うことが重要であり、線質の違いがある場合では線量計は正しく校正されない可能性がある。そのため、軟 X 線領域の線量計の校正は国家基準である産業技術総合研究所（以下産総研）における Mo/Mo の線質で行うことが必要である。<sup>[1]</sup>

現在、Mo/Mo の軟 X 線領域の校正場は産総研のみでありトレーサビリティが確立されていない。

そこで、日本放射線技術学会では本学が中心とする診断領域線量標準センターを全国 10 施設に設置し、軟 X 線領域における線量校正のトレーサビリティ確立を目指している。

今回、産総研から校正定数を貰い、本学が所有する DRX-B1124B-Mo の X 線管を備えた X 線発生装置を用いて、校正手順、校正条件の確立を検討した。また、設定した校正手順、条件により校正を行うことで、軟 X 線領域における線量計の校正場構築を目指した。

校正は、本学のリファレンス線量計 Radcal RC6M と東京大学医学部附属病院（以下、東大病院）の線量計 Radcal RC6M MOD を用いて校正を行った。校正条件は管電流 125mA、照射時間 1.6sec、管電圧 26、28、30、32kV の計 4 点を測定しリファレンス線量計の各測定値を大気補正後、照射線量 C/kg を求め、空気カーマ mGy を算出した。東大病院の線量計に関しては指示値が mGy であるため、大気補正後、各線量計の関係性を求めた。大気補正係数は測定時に、気圧 hPa、気温°Cが十分小さな変動であることを確認し測定前後の気圧 hPa、気温°Cを測定し求めた。校正結果は、駒澤大学と東大病院の測定値の差は、26、28、30、32kV でそれぞれ±1.2%、±1.3%、±1.4%、±1.2%となった。この校正結果により、校正可能であると言える。

## 超音波エラストグラフィにおける測定精度の検討

HK8028 小松崎 亜実

**背景:** 近年、乳癌診断において超音波エラストグラフィが臨床で使われている。超音波画像は読影が難しいため、補助という意味でエラストグラフィは有効である。昨年の卒業研究<sup>[1]</sup>ではプローブ移動速度、距離の最適な条件を見つけ、また測定誤差の要因分析を目的とし、プローブ移動距離、移動周期(速度)を変えて実験を行った。多重反射、ドプラ法の演算誤差などが原因となり、十分な測定精度が得られないと考えられた。

**目的:** 本研究では、超音波エラストグラフィのドプラ法の演算誤差について詳細に検討する。

**実験方法:** 昨年作成した移動距離・移動速度のプログラム実行 PC とプローブの駆動装置を使用し、装置上の FLR(fat lesion ratio : 脂肪に対する乳腺組織の歪みの比)を M モード画像における変位、カラードプラを用いた装置上のエラストグラフィから求めた。超音波装置のパラメータとして超音波送信周波数 7.2 MHz・4.4 MHz、ドプラ測定可能最大流速 0.7 cm/sec、カラーゲインは 70 dB・50 dB、プローブ移動速度 3.5 mm/sec、移動距離±1 mmで行った。

**結果及び考察:** M モードから求めた FLR は、測定誤差は極めて少ないと考えられるが、誤差として変位の読み取り誤差、ファントムの劣化が挙げられる。装置上のエラストグラフィから求めた FLR は、全体的に低い値を示しバラツキ誤差も生じた。超音波送信周波数が低いとき FLR は、高いときよりバラツキ誤差が大きくなったため、スペクトルパターンによるカラードプラ法のカラー表示欠落が原因と考えられる。カラーゲイン 50 dB のとき、70 dB のときより FLR は真の値に近い値でバラツキ誤差も少し小さくなった。これよりカラーゲインを大きくしたときに生じる信号の飽和が原因として考えられる。B モードゲインを低くすると、ドプラ信号の表示が消失して FLR の値が得られない装置上の問題や、カラー表示内に微小信号として含まれる多重反射の情報もまた、演算誤差に関与していると考えられる。

**結語:** 超音波送信周波数を小さく、カラーゲインを大きく、B モードゲインを小さくすると、エラストグラフィの演算誤差は大きくなり十分な精度が得られず、定量性に対して不十分であることが分かった。

## IP 読み取り装置 CR140 における IP の個体差と画質の評価

HK8032 川口 智寛

イメージングプレート(IP)はダイナミックレンジが広く、繰り返し使用ができるため、二次元線量計として有用である。その際には IP の線量計としての基礎特性を充分理解する必要がある。そこで本研究では、基礎特性が IP サイズごとにどのように異なるのかを調べることを目的としている。正確な線量分布の測定を行う為に必要となる基礎特性を、サイズの異なる様々な IP と同サイズの IP について測定した。その結果を基にして MTF の測定を行った。

サイズとして 8×10 インチから 14×17 インチまでの 5 種類の IP それぞれについて線量依存性の測定を行った。8×10 インチの IP については 4 枚、10×12, 11×14, 14×14, 14×17 インチについてはそれぞれ 2 枚ずつ使用し、同サイズの IP における、線量依存性の個体差の測定も行った。得られた結果から線量を求める式を算出し、使用した各 IP サイズの一定面積内における測定線量平均値に対する線量標準偏差の割合と線量との関係を算出した。分解能の IP サイズによる違いを求めるため、同じ線量で各サイズの IP 上に矩形波チャートを約 2 度傾けて置いて撮影し、MTF の測定を行った。同様に同じ 8×10 インチの IP 4 枚を用いて線量が異なる場合での MTF も測定を行った。測定の結果、5 種類の異なるサイズの IP について、一般的な CT 撮影での線量範囲と考えられる 0.1mGy から 20 mGy の範囲で、出力と空気カーマにほぼ同一な直線な関係が得られた。同サイズにおいては、個体差はほとんど見られなかった。各 IP サイズの一定面積内における測定線量平均値に対する線量標準偏差の割合と線量との関係では、低線量では線量の減少に伴って標準偏差の割合が増大する形となった。矩形波チャートを用いて MTF の測定を行った結果、8×10 インチのみが他の IP サイズと比較して良好な MTF の結果となった。他の IP サイズでは同一な曲線となり違いはほぼ見られなかった。これは IP のピクセルピッチの影響であると考えられる。また、線量が異なる場合での MTF はほぼ同一な曲線となった。

## 頭部規格 X 線撮影におけるマルチ周波数処理の応用

HK8034 関根 麻生 HK8061 櫻井 里衣

頭部 X 線規格写真(セファロ)は歯科矯正のため撮影される。セファロ画像内には軟組織、硬組織、金属である矯正装置や歯冠修復物等が含まれる。診断の際は、硬組織及び軟組織を同時に評価する必要がある。そこで従来のボケマスク処理(シングル周波数処理)に代わるマルチ周波数処理をセファロに応用し、処理パラメータを変化させた画像を視覚的、物理的に評価し、各測定ポイントにて最適なパラメータを検討することにした。そこで、診断用 X 線高電圧装置で頭部ファントムを側貌(R→L) 方向で撮影し、CR におけるマルチ周波数処理を行った。MRB を変化させることで強調する周波数領域の違い、MRE を変化させることで強調度の違いを示す。今回は MRB を A,C,F に、MRE を 1,4,8 に変化させ、評価を行った。

その結果、視覚評価で優れていたのは F8 のフィルムである。硬組織では A4、F8、軟組織では F8 が最も評価が高かった。物理評価の結果では、MRE(強調度)が高くなるほど RMS は高くなり、MRB=F のとき、最も RMS は低くなり、シングル周波数処理も RMS が低く粒状性が良かった。また、D-WS でも強調度が高くなるほど値は高くなった。最も D-WS が低くなったのはシングル周波数処理であった。CTF では MRB=A のとき MRE による変化はあまりなかったが、MRB=C,F のときは MRE=8 のときが最も評価が高くなった。CTF はマルチ周波数処理の方がシングル周波数処理より評価は高かった。

結果より、最も高評価のパラメータは F8 であった。F8 は高周波領域を最も強調しているパラメータである。つまり高周波で強調される組織が歯科領域では重要な組織であるといえる。粒状性を見る RMS 及び D-WS の結果は、マルチ周波数処理よりもシングル周波数処理をしたものが高評価であった。しかし鮮鋭度を見る CTF の結果は、マルチ周波数処理の方が評価は高かった。よって、セファロでは鮮鋭度の方が重視されることが分かった。視覚評価及び物理評価において総合した結果、最も評価が高かった画像処理条件は MBR=F, MRE=8 であった。このパラメータは歯科領域で有効なパラメータであるといえる。

## 小児頭部 CT における被ばく低減用防護材の効果

HK8035 志村 裕介

CT 検査は、日本の医療被ばくの中でも高い割合を占めている。このため、CT 検査に対する被ばく低減が重要である。CT 検査の被ばく低減には様々な方法があるが、近年、ビスマス製の水晶体被ばく低減用防護シート<sup>1)</sup>が開発され、眼窩に密着して使用する場合、水晶体の被ばく線量が約 50% 低減可能であるとして注目されている。本研究では小児ファントムを用いて、防護材の有無、厚さの違いによる被ばく線量と画質を比較・検討した。また、画質の評価は画像ノイズの標準偏差(画像 SD 値)を用い、線量評価はフィルタ付きガラス線量計を用いて行った。小児ファントムは、厚さ 25mm ごとにスライスされており、測定範囲は肩上部～頭頂部(スライス番号 16～23)の 200mm とし、防護材は水晶体位置のスライス(スライス番号 21)に置いた。防護材は、2 層と 4 層(共に 14cm×3cm)、それぞれを 2 倍長(共に 28cm×3cm)したもの計 4 種類を使用し、眼窩から標準の長さで 7mm、2 倍長では 30mm の距離をとった。

実験の結果、水晶体スライスでは、水晶体の線量は同スライスの中心線量より防護材なしでは高い値になっていた。防護材を使用すると中心線量と水晶体線量は共に小さくなった。水晶体の線量は防護材なしと比べて、防護材の 2 層では約 25%、4 層では約 35% の線量低減となった。防護材を使用した画像においては眼窩付近で距離 7mm では防護材によるアーチファクトが発生するが、30mm では無くなっていた。画像 SD 値に関しては、防護材の有無により有意な変化は見られなかった。

防護材を使用することによって画像 SD 値に有意な変化なしに、被ばく線量を低減させることができる。アーチファクトは防護材周辺に発生しており、防護材から離れた位置での診断目的部位には影響はないと考えられる。したがって、特に放射線感受性の高い小児では、防護材の使用は水晶体の被ばく線量の低減に非常に有効だと考えられる。

## 脊椎側彎症を対象とした PA 撮影による乳房への被曝線量低減の検討

HK8037 島田 隆二

ICRP の 2007 年新勧告では乳房の組織加重係数が 0.05 から 0.12 に変更された<sup>2)</sup>。従って女性や小児に多い脊椎側彎症において、従来の全脊椎撮影では将来的な乳癌リスクが重要な課題となっている。そこで本研究は従来の AP 撮影に代わり PA 撮影を行い、乳房への表面入射線量を低減について検討を行う。

撮影条件を一定とし大人の胸部ファントムの AP 撮影、PA 撮影を行い、得られた画像より拡大率と Cobb 角の測定を行なったところ、AP と PA の拡大率は 4% の若干の差が生じたが、Cobb 角は誤差内で一致した。乳房表面線量の計測では、AP 撮影では乳房厚を考慮し表面(0cm)から 10cm 間を 1cm 刻みで測定し、PA 撮影では乳房が押しつぶされると想定し、表面(0cm)のみ測定した。測定の結果、PA 撮影により線量は約 80% 低減された。視覚評価では椎体の 4, 5, 9, 10 番目に注目した評価を行った所、PA 撮影では 4 番目以外の椎体では AP 撮影とほぼ同程度の資格評価が得られた。物理評価では RMS 粒状度と MTF の測定を行ったところ RMS はほぼ一致し、MTF は像の拡大により全域で若干の低下が見られたが、両者に大きな差はなかった。

以上の結果より脊椎側彎症に対する PA 撮影は乳房に対する、入射線量を大幅(80%)に低減出来、有用である可能性が示唆される。

## 診療放射線技師認定資格制度に関する学生の周知度調査について

HK8038 小城 晶子

診療放射線技師に関与する医療機器の進歩は目覚ましく、より高度に複雑化したチーム医療が推進される今、医療職の各々が高い専門性を必要とし、一定以上の知識・技量・経験が求められる。その目安となるのが認定資格であり、それは診療放射線技師に関連ある各団体・機構の定める規定を満たした者が取得できる。取得した認定資格は、その業務に関して十分な知識・技能を持ち合わせていることを患者さんに対しても明示することができ、医療技術の安心・信頼を提唱する一手段と成り得る。本研究は、診療放射線技師養成課程を卒業後に診療放射線技師有資格者として取得することが可能な認定資格制度発足の趣旨について調べるとともに、本学科の学生による認定資格についての周知度アンケート調査を行い、認定資格に関する学生の意識を考察する。現在発足されている認定資格は、診療放射線技師免許有資格者のみが取得可能なもの 13 項目、技師又は他の有資格者が取得可能なもの 5 項目、技師無資格者でも取得可能なもの 2 項目の計 20 項目であった。本学科の 3 年生 15 名、4 年生 33 名の計 48 名にアンケートを実施したところ、全員が認定資格を知っており。合計 13 項目の認定資格名称が回答（総数 196 件）された。48 名中 8 名については、国家資格である放射線取扱主任者を認定資格と認識していた。3 年生と 4 年生の学年間による認定資格名称の周知度は 3 年生が 10 項目で総数 45 件、一番多く回答した者は 10 項目、最小は 1 項目であった。4 年生は 12 項目で総数 151 件、一番多く回答した者は 7 項目、最小は 1 項目であった。学年間に共通するものは、検診マンモグラフィ撮影診療放射線技師、核磁気共鳴専門技術者、核医学専門技師の 3 項目については全件数の約 50% 周知していた。3 年と 4 年の回答総数が 100 件近く差を生じていたのは、病院実習の履修前後で大きく変わることが示された。以上より、卒業後に診療放射線技師としての将来を考えるのであるならば認定制度については学生のうちから十分周知、心掛けておかなければならない資格であることが分かった。

## マイクロカプセル製法による粒子状 MR 造影剤の作成

HK8039 阿部 亮太

マイクロカプセル製法により、MR 造影剤を内包させたカプセルを作成した。造影剤なしでの予備的実験では、低濃度・低粘度のものと比べて、高濃度・高粘度のアルギン酸ナトリウム水溶液で作成したカプセルは弾力性があり潰れにくかった。さらに、マイクロピペットの先端の内径を大きくすると、カプセルの外径も大きくなった。しかし、高粘度のアルギン酸ナトリウム水溶液で作成したカプセルの外径ではバラつきが見られた。

MR 造影剤である Gd-DTPA を加えた高粘度と低粘度のアルギン酸ナトリウム水溶液で作成したカプセルは蒸留水中で造影効果が見られた。高粘度の方がカプセルの造影効果が比較的長時間見られたが、時間経過に伴い信号強度が減衰していくことが分かった。これは造影剤がカプセル壁を通過しただけではなく、他にも原因があると考えられる。

さらにカプセルを乾燥させたところ、乾燥させていないカプセルと比べると、信号強度が減衰していく時間が早かった。

## 乳がん検診超音波システム 一画像の黒抜けについて

HK8040 相田 由香里

**背景:** 近年、日本での乳がん罹患率は急増し、死亡数も増加している。しかし、現在日本の乳がん検診の受診者は15%程度と、欧米では80%程度と比較しても極めて低い。だが、検診率が上がってきたときに問題になってくるのが検査を行う術者の不足である。通常、超音波検査は乳房に直接プローブをあてて検査を行う接触法により検査を行うが術者の経験や技術によって検査結果が変わってしまう。そこで、術者の不足を補えるよう放射線技師でも簡単に乳がん検診を行うことのできる乳がん検診超音波システムが必要となる。

**目的:** 本乳がん検診超音波システムは術者の技量に依らない自動化のシステムである水浸法を用いて検査を行う。この水浸法の問題点として接触法よりも画質が劣ることがわかった。また水浸法では接触法に比べ黒抜けも発生しやすいことがわかった。黒抜けは診断の際、悪影響を及ぼすのでその発生の原因について検討を行った。

**方法:** 黒抜けの発生原因として考えられるのは、1. 脂肪（音速差）による屈折、散乱 2. クーパー靭帯による反射、減衰 3. 被膜による側方陰影の3つが考えられる。この3つについて実験を行った。模擬脂肪の入った脂肪ファントムを作成し、脂肪ファントムをワイヤーファントムの上に置きプローブで圧迫、脂肪をつぶして超音波画像を作成し、画質の変化を見た。また、乳房ファントムにクーパー靭帯のように固いものまた肉のすじを挿入または、水中にて超音波画像を作成した。次に、被膜のあるものを水中に浮かせ、超音波画像を作成した。

**結果:** 圧迫ありで画質が向上することがわかったが黒抜けは発生しなかった。また、クーパー靭帯のように固いものの撮影結果すべて同程度の黒抜けが発生した。被膜ありと被膜なしとを比較すると、ブドウ自体での減衰はどちらもあるが被膜ありでは側方陰影が発生しているが被膜なしでは側方陰影は発生していない。

**結論:** 以上より、黒抜けはクーパー靭帯による反射、減衰もしくは被膜による側方陰影であると考えられるが被膜による影響についてさらに詳細に検討が必要である。

## 死亡時画像診断(Ai: Autopsy imaging)における診療放射線技師の役割

HK8041 大西 莞太

日本における死因究明の手法には、検視・死体見分、検案、解剖、死亡時画像診断がある。死因究明の手法の中で最も精度が高い手法としては解剖である。しかし、解剖は破壊検査であるため遺族からの同意が得られ難いことや解剖を担当する医師が不足していること、財源問題などの問題点が挙げられている<sup>[1]</sup>。

近年、死因究明の手法の一つとして、遺体を傷つけることなく実施可能な死亡時画像診断の活用に対する関心が高まっている。死亡時画像診断(Ai)とは、遺体をCT装置やMR装置などの画像診断装置で撮像して死因を究明する手法である。Aiと解剖を比較してみると、解剖に比べAiは様々な点から遺族に受け入れられ易く、死因究明の手法として有用性が高いと考えられる。

本研究では、Aiは画像診断が中心となることから必然的に診療放射線技師も深く関与すると考えられることから、厚生労働省及び日本医師会、日本放射線技師会等が提出しているAiに関連した書籍及び論文、資料を検索し、Aiでの診療放射線技師の役割について調査を行った。その結果、Aiにおける診療放射線技師の役割は、遺体を撮影することだけでなく、Aiの流れにおいて全般的に役割があることが分かり、Aiにおいて診療放射線技師は不可欠な存在であることが考えられた。また、日本放射線技師会がAi認定診療放射線技師規則を施行し、Ai認定講習会も開催することが分かり、今後、診療放射線技師にとってAiは重要な業務の一つになってくると考えられるため、診療放射線技師になるまでの過程での大学教育課程においてもAiに関する知識・技術についても積極的な取り組みも必要と言える。

## 超音波カラー Doppler 法とパルス Doppler 法における定量性の検討

HK8043 小野寺 拓哉

超音波 Doppler 法は、物体により反射波の周波数が送信周波数から僅かに偏移することを利用して、移動する物体の速度を測定するものであり、この手法を用いて、体内の血流速度を非侵襲的に測定することができる。超音波 Doppler 法は血流の速度情報や血流波形情報など、定量的な血流情報を得たい場面で用いられている。カラー Doppler 法（2次元血流イメージング）は、血液が手前に流れてくれば赤い色で、遠ざかって行く場合は青い色で表示される。ところが、弁に狭窄や閉鎖不全などの異常があると、乱流が起これ、黄色や緑色が混ざって表示され、血流の異常を2次元的に画像化することができる。

しかし、パルス Doppler 法とカラー Doppler 法において血流速度の定量化にはいくつかの問題点が残っているが、現在臨床現場では計測における誤差についてあまり考慮されていないのが現状である。

本研究では、実測流速の測定による真値とパルス Doppler 法・カラー Doppler 法により測定した値との比較から誤差の程度や誤差の要因などについて検討していく。

方法は、シリコンチューブ内にファントム流体を流しパルス Doppler 法とカラー Doppler 法とで測定し、速度情報を算出する。また、実測流量から流速を算出し真値とする。これらの値を比較し真値に対してパルス Doppler 法とカラー Doppler 法はどれほどの誤差が生じるかを比較検討した。

結果として、パルス Doppler 法では約 2%程度の誤差を生じ真値に対してほぼ一致したものの、カラー Doppler 法では約 40%程度の誤差を生じてしまった。要因としてはデータ長の長さからくる分解能の違いや、クラッタの存在等が考えられる。

このことから、カラー Doppler 法では腹部血流の定量化の精度は十分ではなく、パルス Doppler 法では精度が十分であるということが言える。しかし、カラー Doppler 法は血流を2次元表示することができることや血流方向などが画像化できるため誤差を考慮しつつ利点を臨床現場では活かしていく必要がある。

## マイクロフォーカス X線源を用いた CT システムの性能評価

HK8044 菅家 大樹

現在、日本国内の骨粗鬆症患者は高齢女性を中心に年々増加傾向にある。自覚症状のない未受診者を含めると、推計で 1100 万人超に上る。海面骨の形態を解析することで早期発見、早期治療をすることが求められている。そこで骨粗鬆症の早期発見を目的として臨床用マイクロフォーカス X線 CT が研究されている。

本研究ではマイクロフォーカス X線源を用いて各焦点寸法について拡大撮影を行い、最適な撮影条件を検討した。また、フラッドパネルディテクタ（以下：FPD）を用いて腰椎拡大断層像の取得を試みた。評価項目としては解像力評価と拡大率評価、各焦点における半値幅、MTF 評価、CT 画像の取得の 3 項目について評価した。

本実験で使用した X線管は、電子ビームの経を絞ることが出来る透過型であり焦点寸法を小焦点：7 $\mu\text{m}$   $\phi$ 、中焦点：20 $\mu\text{m}$   $\phi$ 、大焦点：50 $\mu\text{m}$   $\phi$  と変えることが出来る。また、使用した FPD は VARIAN 社製で、受光素子がアモルファスシリコン（a-Si）であり、ピクセルピッチが 194 $\mu\text{m}$ 、マトリックスサイズが 2048 $\times$ 1536 となっている。

解像力評価としてエッジ法を用いて各焦点寸法について MTF 評価を行った。LSF から FWHM を求め各焦点ごとに評価した。そして LSF をフーリエ変換し MTF を求め、拡大率評価を行った。この結果から焦点寸法により照射することのできる条件が異なるため被写体により適切な焦点を選択する必要があると思われた。また、管球と FPD を固定し回転ステージに腰椎ファントムをのせ、360° 回転させて CT 画像を取得した。今後の展望としてマイクロフォーカス X線源を用いて、骨の強度測定技術を確立する。

## 種々のサブトラクション法による胸部 DR 画像解析について～疾患症例の経時解析～

HK8045 廣木 良太

検診などの胸部 DR 画像読影では、時間と労力がかかるために見過ごされたりする症例があり以前から問題になってきた。コンピュータを用いて医師の読影を支援する CAD (Computer Aided Detection) 技術は、読影医の診断精度向上と読影時間短縮に大きな効果をもたらす技術として期待されている。我々は CAD とは違い胸部領域のサブトラクション技術を用いて、読影を支援する色々なサブトラクション画像を作成し見過ごし症例を軽減する種々の経時サブトラクション画像を検討した。経時サブトラクションは、撮影時期の異なる同一患者の胸部 DR 画像間で差分処理を行い、経時変化部分を強調表示する技術である。このサブトラクション画像と元画像を見比べることにより、読影の精度を上げることができると考えられる。我々は、元画像に各々の画像処理を施し、サブトラクション画像に与える影響の検討を行った。ワーピング処理(位置ズレ補正)をし、コントラスト/輝度補正後のサブトラクション画像が最も病変描出に適していると考えていたが、研究よりワーピング処理のみのサブトラクション画像が病変描出に適していた。

また、富士フィルムメディカル独自のサブトラクション法と我々のサブトラクション法の比較を行った結果、両画像とも病変描出に差がないが我々の方法では時間が要した。

今回の方法では、すべて手動で行ったため時間と労力がかかってしまうため、このサブトラクション法が進歩することで読影支援ができると考える。

## Dual Energy による CT 画像取得のためのアルゴリズムの検証

HK8047 福西 大志

近年、臨床で使用可能な Dual Energy CT (以下: DECT) が開発され、臨床応用としては、物質弁別画像や、仮想非造影 CT 画像、仮想単色 X 線 CT 画像といったことが行われている。しかし、多くの臨床機で完全な実効原子番号および電子密度に基づいた画像を得る事は困難である。物質の線減弱係数が物質と X 線のエネルギーによって固有のものとなる事を利用し、2 種類の異なる管電圧による透過力の違いを用いて CT 撮影する事で、異なるエネルギー間での CT 値のシフトによる差を描出し、既存の装置では CT 値が同様に区別が付かない物質の成分の分析、また分離を行うことが出来る。

本研究ではより精度の良い DECT 開発を目指し、臨床機において本来ブラックボックスである計算アルゴリズムを検証するために、Rutherford らによる線減弱係数の計算式を用いて、原子番号が既知の物質について実効原子番号の計算シミュレーションを行い、実際の原子番号とのズレ等の検証を行った。このとき、藤田保健衛生大学の加藤研究室のプログラムソフト mu3 を用いて、各素材の密度と異なる 2 つのエネルギー

(30keV、60keV) における質量減弱係数から線減弱係数を求め、重み係数を 0.45 と固定して実効原子番号を算出した。

今回の計算シミュレーションでは、原子番号 13 番の Al から 26 番の Fe まではおおよそ原子番号に比例した変化となったため、この領域程度の原子番号を持つ物質では実効原子番号に基づいた画像を得られると考えられる。原子番号 12 番の Mg 付近までの低い原子番号では線減弱係数に差が生じなかったために実効原子番号が算出できず、原子番号 30 番の Zn 以上では低エネルギー条件の 30keV では減弱係数を算出するのにエネルギーが低すぎたために実効原子番号が降下してしまっただと考えられる。また、原子番号 53 番の I で実効原子番号が算出できなかったのは計算した 60keV 付近に I の K 吸収端が入っていたからであると考えられる。

## マイクロフォーカスによる位相コントラスト画像の取得

HK8049 安彦 史弥

X線画像では通常被写体によるX線の吸収差を表現する吸収コントラストの像であるが、この方法ではX線吸収差の少ない物質を撮影するのは困難である。

近年、X線吸収差の少ない物質を撮像する方法として位相コントラスト法が研究されている<sup>[1]</sup>。この方法を用いることで従来の吸収によるX線画像に比べ、軟組織などのエッジが強調された画像を得る事が可能となる。

今回はこの位相コントラスト法の一つである、マイクロフォーカスX線源を用いた屈折法での画像取得を試みた。

屈折法による位相コントラスト効果は、拡大撮影を行う事で得られるもので、この方法により従来の吸収コントラストのうえに位相コントラストがなぞられた形になり、エッジが強調されるものである。

今回はマイクロフォーカスX線源を用いた位相コントラスト法の効果を確認するために、吸収差が少なく、厚さが一定であるカプトンテープを撮影して各拡大率の画像をフィルムに撮影し、試料の画像をマイクロデンシメータを操作し、得たプロファイルデータからグラフを作成しエッジの評価を行う。

また位相コントラスト画像の例として、小魚の吸収コントラスト画像および位相コントラスト画像を撮影し、視覚的に比較と有用性の確認を行った。

## 合成後の加熱処理による TLD 素子のグロー曲線変化

HK8050 境 宏之

TLD (Thermo-Luminescence Dosimeter) 素子は放射線を照射後、加熱することによって吸収した線量に応じた光を発する。過去の実験で、素子合成後に熱処理を施すと発光強度が増すことがわかっている。今回は熱処理の温度によって発光量やグロー曲線の形状にどのような違いが見られるかについて比較、検討を行った。合成条件は硫酸カルシウム二水和物と酸化ジスプロシウムを硫酸に溶解させ、そのまま硫酸をすべて蒸発させて  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  を得た。この方法で試料を3回合成し、それぞれの試料を3分割したものに対し、熱処理なし、電気炉で  $500^\circ\text{C}$  と  $800^\circ\text{C}$  で2時間加熱という処理を行った。これらの試料にX線を照射したところ、すべての試料で  $486\text{ nm}$  と  $577\text{ nm}$  付近に熱ルミネセンスピークが見られた。得られたスペクトルからグロー曲線を作成したところ、強度については過去の実験とは異なる結果になった。グロー曲線の形状では、熱処理なしと  $500^\circ\text{C}$  熱処理では大きな差が見られなかったが、 $800^\circ\text{C}$  熱処理では他2種類の試料のグロー曲線と明らかな差が見られた。この原因を調べるためにX線回折を行ったところ、 $800^\circ\text{C}$  熱処理だけ他2種類とは異なる回折ピークが低角度側に存在することがわかったが、ピークについて同定するには至らなかった。

## 種々のサブトラクション法による胸部DR画像解析について～正常例における経時解析～

HK8051 藤代 力也

経時サブトラクション法は撮影時期の異なる2枚の胸部DR画像間で差分処理を行い、読影しにくい病変を描出し、読影の支援として用いる画像処理法である。今回の実験は4つの条件①何も処理をせずそのままサブトラクションする方法②コントラスト/輝度補正してサブトラクションする方法③ワーピング処理を行い、サブトラクションする方法④ワーピング処理、コントラスト/輝度補正をしてサブトラクションする方法)で経時サブトラクション画像を作成し、その有用性について評価を行った。正常例2例を経時サブトラクション画像を評価した結果、③-④-②-①の順で良い画像が得られた。これにより、経時サブトラクション法において位置ズレはアーチファクトの原因になり、ワーピング処理が重要な要素であることが解った。ワーピング処理の精度も重要でしっかり一致させるのは時間と労力がかかってしまう。また、コントラスト/輝度補正は得られた画像に大きな影響を与えなかったことから、経時サブトラクションにおいてあまり重要な補正ではないことが解った。

また、今回の実験で作成した差分画像を富士フィルムメディカル独自の経時サブトラクション法により作成した差分画像との比較を行った。本法は全て手動で処理を行い、富士フィルムメディカル独自の経時サブトラクション法は全て自動で行うサブトラクション法であったが大きな差はなく、同じような差分画像を得ることができた。しかし、今回の実験の処理はすべて手動であるため、1枚の差分画像を作成するのにも手間と時間がかかってしまった。この処理を全て自動ですばやく処理することができれば富士フィルムメディカル独自の経時サブトラクション法にも匹敵する経時サブトラクションが可能であると考えられた。

## 前立腺 IMRT における Set-up error の検証

HK8053 小田部 和輝

近年、高齢化や食生活の欧米化、PSA 検査によるがん発見率の上昇により前立腺がん患者は急激な増加傾向にある。さらに死亡数増加率は2015年には1995年の2.93倍になると考えられており、全てのがんの中で最も高い値となる。<sup>[1]</sup> その治療法として、計画治療体積 (Planning Target Volume, 以後 PTV) とリスク臓器 (Organ At Risk, 以後 OAR) との間に急峻な線量分布を作ることができる強度変調放射線治療 (Intensity Modulated Radiation Therapy, 以後 IMRT) が多く行われるようになってきている。IMRT は PTV と OAR との間に急峻な線量分布を作れるので、少しの位置ずれが、計画された PTV への線量不足、OAR への過線量となる危険性が増し、従来の放射線治療より位置精度を担保することが重要となる。そこで、本研究では医療法人社団 勁草会 東京放射線クリニックでの前立腺 IMRT における毎回の位置精度を検証するため、治療計画 CT 画像より再構成した画像 (Digitally reconstructed graph, 以後 DRR) と Varian 社製、kV-X 線撮影装置 OBI (On-Board Imager) を用いた照合画像とを Varian 社製、off-line review を用いて比較した。その後、今回検証を行った全患者の Systematic error と Random error を算出し、その値から Van Herk らが提案している式<sup>[2]</sup>より PTV マージンを算出した。

その結果、PTV マージンは AP 方向 1.40 mm, CC 方向 1.35 mm, ML 方向 0.61 mm になり、東京放射線クリニックで用いられている CTV (Clinical Target Volume, 臨床標的体積) より各方向に 5mm のマージンに十分含まれている。各方向での error の傾向としては、AP 方向に Random error の成分が多く、CC 方向に Systematic error の成分が多かった。ML 方向については AP, CC 方向と比べると error の値が十分に小さかった。

今回の2次元画像を用いた変位量の解析では、十分な位置精度が担保されていた。今後の展望としては CBCT (Cone-Beam CT) を用いた3次元照合での評価も行い、error の要因である直腸のガスの貯留や膀胱の畜尿具合の評価も行う必要がある。

## リカーシブルフィルタによる血管透視動画上のノイズ低減の検討

HK8057 角田 和也(角はクに用)

血管透視動画には静止画には見られない動画特有のノイズがある。動画特有のノイズによってカテーテルの位置が分かりにくくなっている。カテーテルの位置の確認の為に長時間透視するため患者の被曝線量が増加する。動画特有のノイズとは、スノーノイズに類似したものである。線量を下げるとということは、管電流または時間を下げるということである。1frame に関しては低線量で撮影するため、被曝は非常に小さい。しかし、大量の frame を撮影することになると線量が増加されて被曝線量が無視出来ない量となる。さらに透視時間が必要以上に時間が長いので尚更被曝線量は増大する。本研究ではスノーノイズの低減の検討を行い、ガイドワイヤーの視覚的検出能を調査する。

昭和大学病院での実験の撮影条件を参考に、単純 X 線撮影装置において FPD 系でガイドワイヤーを約 1.0~2.5 mm/frame ずつ動かして撮影した画像を連続再生することで仮想透視動画を得た。この動画に対してリカーシブルフィルタ処理をし、強調係数を変化させた動画とプログラムで理想透視動画を作成した。これらの動画をもとに物理評価(静止画・経時 RMS 粒状度)と視覚評価(動画ノイズ、ガイドワイヤー、連続性)と視覚的物理評価(時間誤差)を行った。その結果、物理評価の結果からリカーシブルフィルタをかけることで動画ノイズは低減できた。強調係数を少し大きくするとガイドワイヤーの視認性が向上した。ある frame にガイドワイヤーの先端と被って大きな量子モトルが存在したため、ガイドワイヤーの連続性は低下した。視覚的物理評価は、強調係数が大きくなるにつれて標準偏差は減少していった。さらにある値で仮想透視動画は理想透視動画の標準偏差よりも低い値を示すようになった。

これらの実験より、X 線血管透視動画において、リカーシブルフィルタ処理をかけることでノイズは低減し、さらにはガイドワイヤーの先端もはっきり認識できることがわかった。研究を続ければ画像処理を駆使してスノーノイズを低減させ、低線量であっても診断に有効な画像が作成出来ると考えられる。

## 低線量 CT による肺がん検診の有用性について —ROC 解析による病変検出能の比較、最適撮影条件の検討—

HK8058 杉田 洋平

近年、肺がん検診においてより早期で発見するために低線量 CT が用いられる。本実験ではファントム画像を用いて ROC 解析を行い、一般撮影と CT における病変検出能を比較した。また、被ばく量、コスト面から最適撮影条件、さらに低線量 CT の有用性を検討した。

ROC 解析により一般撮影では直径 8mm の病変までしか検出することが出来なかったが、低線量 CT 条件(20mAs,スライス厚 3mm)で直径 5mm、通常 CT 条件(150mAs,スライス厚 10mm)では 3mm まで検出可能であった。検診では被ばく量を最低限に抑え、より多くの人に検診を受けて貰う為に検診費用を安くしなければならない。しかし、通常 CT 条件では被ばく量が一般撮影の約 150 倍で費用も高価になってしまうため適していない。低線量 CT 条件は被ばく量を通常 CT 条件の約 13%に抑えることができ、また検診費用も安価となり検診に適している。しかし、低線量 CT でも依然として一般撮影の 20 倍の被ばく量があり、この被ばくが低線量 CT を検診に用いるリスクとなり、有用性があるとするためにはこのリスクを利益が上回らなければならない。低線量 CT のリスク・ベネフィット分析によると男性で 30 代前半、女性で 30 代後半で利益がリスクを上回るとされている。これは年齢の上昇に伴い肺がんの疾患率が上昇するため、「肺がんの発見」という利益が上昇するが、「被ばくによる身体への影響」というリスクは低下するためである。つまり、男女ともに 40 歳以上では利益がリスク(=被ばく)を上回りため、低線量肺がん検診は有用であると考えられる。

## 患者表面入射線量の測定法について—NDD法と実測による評価—

HK8062 堀江 亜由美

放射線診療技術の発展により、日本は医療被ばく大国と称され、被ばくが多い状況にある。医療における放射線の利用については、患者に直接的な利益があるため受け入れられているが、放射線を診療に使用するか否かは、Evidence Based Medicine (科学的な根拠に基づく医療) の実践により、その正当化、防護の最適化、並びに有益な医学的情報が得られる範囲でできるだけ少ない線量に抑える線量限度が守られていなければならない。<sup>[1]</sup>

IAEAは、医療被ばく低減のためのガイダンスレベルを提示している。日本では、最新の機器や最高の技術を用いて実現できる最小限の被ばく線量を指標とするのではなく、従来から行われている最適化にもう一步の努力や改善を加えることでどここの施設でも達成が可能となる被ばく線量を目安としてガイドラインを設定した。

本研究では、実際の臨床現場における患者表面入射線量を求め、ガイドラインと比較することを目的とした。

実際の臨床現場の撮影条件から線量推定式であるNDD法と電離箱線量計による実測により、表面入射線量の算定をし、ガイドラインとの比較を行った。撮影部位は一般的な胸部正面、腹部正面、腰椎正面、腰椎臥位の4点とした。

その結果、実測値では、胸部正面0.22mGy、腹部正面0.30mGy、腰椎正面2.56mGy、腰椎臥位4.73mGyを示し、NDD法との比較により、相関性があることを示した。

また、ガイドラインより適正線量で撮影が行われているといえる。

## 散乱線に着目したFPDにおけるWSと視覚的検出能の関係

HK8068 河邊 託哉

近年、CRシステム(Computed Radiography System)、さらにFPDシステム(Flat Panel Detector System)のデジタルX線画像システムの普及により、医用画像のデジタル化が進んでいる。

医用画像の画質要因には入力変換特性、解像特性、ノイズ特性の物理特性があり、これらが互いに関わり合いながら医用画像の画質が形成される。これらの物理特性は主にG(Gradient)、MTF(Modulation Transfer Function)、WS(Wiener Spectrum)等の指標で評価される。これらの物理評価は、IEC62220-1 Medical electrical equipment Characteristic of digital X-ray devices-part<sup>3)</sup>(以下IEC規格)により測定方法が標準化された。しかし、これらの物理評価をIEC規格に基づいて測定を行う事は装置の性能を評価することが目的であり、実際に使用される臨床条件としては不十分だと考えられる。入射線量変化時におけるNEQ/DQEおよび視覚的検出能の検討<sup>4)</sup>によりFPDシステムの被ばく線量低減効果を考え、胸部単純X線画像における肺野部(高X線量領域)と縦隔部(低線量領域)条件における入射X線量の変化に対するWSと視覚的検出能の関係について研究が行われ、X線線量の低下に伴いWSの増加、視覚的検出能の低下の関係性を計測した。その結果FPDシステムのWSの増加と視覚的検出能の低下に関係性があることが分かった。

本研究ではアクリル板の厚さを厚くする事で散乱線の量・WSを増加させ、WSと視覚的検出能の関係性、規則性について研究する。また、通常IEC規格に基づくWSの測定ではグリッドは使用しないが本研究では臨床条件に近づけるためにグリッドを使用した。

散乱線に着目したWSと視覚的検出能の関係はWSが高くなるにつれ視覚的検出能は低下する。特に高空間周波数になるにつれ視覚的検出能に対するWSの影響が大きくなり、著しく視覚的検出能が低下した。また、WSが高くなるとWSが低い時に比べ低空間周波数でもより視覚的検出能は著しく低下した。

## 二次元デジタル X 線センサーの鉛板付加による高線量での特性

HK 8070 中西 寛明

本研究では、二次元デジタル X 線センサー NX-02S を二次元線量計として高線量で使用するために、鉛板を用いて様々な測定を行い、二次元線量計としての有用性を評価した。初めに X 線センサーの線量依存性の測定を行った。このとき、ヒール効果を受けない方向で同一線量となる位置に X 線センサーと電離箱を置き、管電圧 80[kV]、120[kV] と鉛板の有無の 4 つの条件で測定を行った。次に同じ 4 つの条件で MTF の測定を行った。この測定では、X 線センサーに矩形波チャートを 2 度傾けて置いた。また、チャートを置く向きによる MTF の変化を見るため、チャートを縦向きに置いて測定した。さらに、場所の違いによる MTF の変化をみるため、X 線センサーの受光面を 4 つに分け、受光面の中心から等距離になる位置に矩形波チャートを置き、MTF を測定した。線量依存性の測定結果は、どの条件でも線量と画素値の間には直線的な関係が見られた。管電圧 80[kV] の鉛板なしでは 300[ $\mu$  Gy]程度、管電圧 120[kV] の鉛板なしでは 250[ $\mu$  Gy]程度、管電圧 120[kV] の鉛板ありでは 7500[ $\mu$  Gy]程度で画素値の飽和が見られた。管電圧 80[kV] の鉛板ありでは 8600[ $\mu$  Gy]までは画素値の飽和が見られなかった。鉛板を使用することにより、管電圧 80[kV]において 30 倍以上測定上限が大きくなり、管電圧 120[kV]において約 30 倍測定上限が大きくなった。線量依存性の直線の傾きは感度に比例し、管電圧 80[kV]と 120[kV]の感度の比は鉛板なしのとき 1.25、鉛板ありのとき 4.45 となった。鉛板を用いることで線質依存性に変化が生じた。MTF の測定結果は、管電圧 80[kV]の鉛板ありで 2.5[cycles/mm]まで、その他は 3.0[cycles/mm]まで測定することが出来た。管電圧 80[kV]、120[kV]ともに鉛板を使用することで低周波数領域の MTF が 0.1 程度低くなった。チャートの向きによる MTF の測定結果は、横向きに比べチャートを縦向きに置くことで高周波数領域の MTF が 0.15 程度低くなった。場所の違いによる MTF の測定結果は、どの場所でも MTF に大きな差は見られなかった。高線量であっても鉛板を用いることで、X 線センサーの二次元線量計としての有用性を確認できた。

## EGS5 で算出した CT 撮影でのオーバースキャンと防護材の線量分布への影響

HK8073 井上 竜平

CT 撮影による被ばく線量は体表付近と中心とでは線量分布が異なり、この分布は体格によっても変化する。このような線量分布を実験で直接求めることは困難である。本研究では輸送計算シミュレーションソフト EGS5 を用いて、CT 撮影時での X 線管を回転させたときの線量分布を算出することで、非対称な条件における線量分布の算出を可能にすることを目的としている。これに基づき、オーバースキャンを含めた線量分布や X 線防護材使用時の線量分布の算出など、様々な条件を想定した線量分布の算出を行う。計算には、直径 8cm から 32cm のアクリルファントムを使用した。同心円状のファントムを用いた計算で、X 線管を固定したときの線量分布と X 線管を回転させたときの線量分布を算出することで、今回のシミュレーションの妥当性を確認した。非対称なファントムを用いて、オーバースキャンを含めた線量分布や X 線防護材使用時の線量分布の算出をした。計算の結果、X 線管を固定したときと回転させたときの線量分布がほぼ一致した。これにより、非対称な条件における線量分布の算出が可能になったことを確認した。また、X 線管を回転させたときの線量分布の算出では、ファントムサイズが大きいほどファントム中心の線量は低くなり、ファントムが小さいときは中心の線量は表面の線量より大きくなった。オーバースキャンを含めた線量分布の算出では、どのファントムサイズにおいてもオーバースキャン部分の線量が増加していた。このシミュレーション結果の検証として実験値との比較を行った。その結果、ファントムサイズ 16 cm でのオーバースキャンを含む周囲の吸収線量の最大値と最小値の比率(1.18)と、実験データの測定値の最大値と最小値の比率(1.15)がほぼ一致することから、今回のシミュレーションの信頼性を確認することができた。防護材使用時の線量分布の算出では、1mm 厚に対応する Bi 含有ゴムの防護材で約 40%、0.5mm 厚に対応する Bi 含有ゴムの防護材で約 25%の吸収線量の減少が見られた。

## 乳腺含有率の違いによる撮影条件の検討

HK8074 泉田 美和

近年我が国では乳がん罹患率は年々上昇傾向にあり今後も更なる増加が予想されている。日本人女性の乳がんの罹患年齢のピークは40歳代であり欧米の60歳～70歳に比べて非常に若い。そのため厚生労働省では40歳以上の女性は2年に1度マンモグラフィによる乳がん検診を推奨しており、乳がんの早期発見率増加と乳がんにおける死亡率の低下が期待されている。

マンモグラフィは乳房の組織間のX線吸収差が小さいため、一般撮影に比べ高コントラスト、高鮮鋭度の画像が必要となる。良好な画像を得るためには被写体としての乳房に対する適切な撮影条件の下で撮影を行う必要がある。乳房組織は個人差があることから、本研究では乳腺含有率に着目した。異なる乳腺含有率のファントムに対して管電圧を変化させて撮影を行い、撮影条件と画像について評価した。

得られた画像について物理的評価と視覚的評価を行った結果、高い管電圧で得られた画像は粒状性の劣化とコントラストの低下が見られた。また、乳腺含有率が高いほどコントラスト、鮮鋭度はともに低下した。良い画質を得るには26kV以下の管電圧で撮影することが望ましいが、乳腺含有率30%については28kVでも良好な画像が得られた。

本実験では被ばく線量を考慮していないためこのような結果になったが、管電圧の設定を低くすると同一濃度を得るためには露光量を増やさなくてはならないので被ばく線量が増加してしまう。さらに、今回はファントム内の乳腺が均一なものを使用した。実際の乳房内の乳腺は集まり塊となっているため乳腺の多い被写体は乳腺内の腫瘍が発見しにくくなる。そのため、臨床では乳腺含有率の高い被写体に対しては管電圧を高く設定して調節し、それに適したターゲットとフィルタを使用している。課題としては高密度の乳房を想定したファントムと撮影条件で基礎的な実験が求められる。

## 聴器撮影ステンバース法における入射角度の検討

HK8075 草階 将也

聴器撮影で広く用いられているステンバース法は外国で考案された撮影法である。西洋人と日本人とでは頭蓋骨の形状が異なり、西洋人は頭を上から見たときに縦長の楕円形が多く、逆に日本人は円に近い形である。よって専門書に記載された入射角度では目的部位である錐体、内耳道、三半規管などの描出性は頭蓋骨の形状が違ふことにより若干変わってくるのが推測される。

本研究では臨床画像を用いて頭蓋形状の長径と短径および錐体が正中とのなす角度を測定し、それらの相関性を確認した。更に得られた角度をもとに三半規管などの描出性が最も良いX線入射角についてファントムを撮影し比較検討を行った。頭部CT100件のデータより、長径・短径を測定し、頭蓋骨の形状の比率を算出した。また、錐体に対して平行となるような線を検側の眼窩の淵へ引き、正中矢状面と基準線が交わったところの角度を調べた。

結果として、円形の頭蓋形状を持つ例が最も多く48%であった。日本人の頭部形状は円形が多いと言われていることが証明された。また、長径・短径の頭蓋比率の値が大きくなるにつれて角度は小さくなっていった。これにより、頭蓋の形状が楕円形に近づくほど正中矢状面と内耳道のなす角度は狭くなり、円形になるほど角度は開いたものとなることが分かった。頭蓋形状に対して正中面と錐体のなす角度には相関性があるものと考えられる。

以上を踏まえ楕円形、半楕円形のファントムを撮影し、得られた2つの画像について三半規管等の描出性に違いがあるかを比較したところ、得られたどちらの画像も観察部位が良く観察でき、大きな差は見られなかった。以上のことから楕円形、半楕円形と定義したファントムでは臨床例から得られた45°という角度は観察部位の描出に有用であった。また、一方で臨床データの結果を考慮すると、今回研究することの出来なかった円形の頭蓋については投影角度45°は適正ではないことが推測される。

## 50 $\mu\text{m}$ 両面集光読み取り方式を用いたパントモグラフィ顎関節部被ばく線量の低減

HK8076 金石 咲弥

スクリーニング検査などで行われるパントモグラフィの X 線撮影は、X 線管と患者との距離が近くなるため撮影範囲の組織吸収線量は高くなってしまふ。撮影は頭頸部を含み、小児への撮影もおこなわれることから、撮影線量の被曝低減は重要である。

線量低減の手法として、パントモグラフィに従来使用されていたサンプリング間隔 100 $\mu\text{m}$  で片面集光読取方式の IP ではなく、サンプリング間隔 50 $\mu\text{m}$  のマンモグラフィ用両面集光読取方式の IP を用いることで画像の粒状性改善による画質向上を検討した。また、画素の高密度化の影響を観察するために、両面集光読取方式の画素サイズを片面集光読取方式と同サイズ (100 $\mu\text{m}$ ) とした画像を作成し比較観察を行った。

今実験では顎関節部に注目し視覚的評価および物理的評価を行った。歯科医師 1 名と学生 5 名により視覚評価を行った結果では基準に用いた線量 7mA から 4mA まで線量を下げても観察可能であることがわかった。このうち医師による評価では両面集光読取方式画像と画素サイズ変更画像とでは点数が同じであり、学生による評価でも両者の点数はほぼ同じであった。また物理的評価では、LSF、MTF で比較した応答性は 3 条件ではほぼ同程度であり、各画像における粒状度においては、WS および RMS を測定したところ画素サイズ変更画像で最も粒状が良いという結果になった。よって、顎関節部観察においては両面集光方式の IP を用いての画質向上およびそれに伴い撮影線量低減の可能性があると示唆された。加えて、画素サイズを変更した画像と両面集光方式の視覚評価結果がほぼ同等であること、粒状度が改善されていることから、50 $\mu\text{m}$  の両面集光方式ではなく片面と同様の 100 $\mu\text{m}$  を両面集光方式に用いての撮影も可能ではないかと考える。

今後は本実験で行わなかった部位の視覚的および物理的評価を確認したい。パントモグラフィでは、IP による撮影線量低減と合わせてデジタル画像処理を用いるなどして、より一層の画質向上と線量の低減が期待できる。

## X 線 CT 装置における吸収体を用いた高線量率でのスペクトル測定

HK8078 曾根 昌宏

近年、医療現場における CT 装置の検査は増加し続けており、CT 装置の被ばく線量は医療被ばくの大きな部分を占めている。患者に不必要な被ばくをさせないためにも CT 装置の X 線スペクトルの情報は画質向上や被ばく低減に欠くことができない基礎情報である。しかし、適切にスペクトル測定ができる計数率には限度があり、CT 装置では計数率が高すぎて、エネルギー分解能の高い測定は困難である。本研究では、CT 装置の X 線を吸収体を用いて減弱させることでエネルギー分解能の高い測定を行い、スペクトルが場所およびフィルタによりどのように変化するかを調べた。まず、一般撮影装置を使用し、銅・タングステン・ガドリニウム・ポリエチレンの吸収体を用いて X 線を減弱させ、補正を行うことで高線量率での測定を行う手法の有効性の確認を行った。その結果、ポリエチレンを用いて測定した場合に低線量率時と同様なスペクトルを得られた。そこで、ポリエチレンを用いて CT 装置の X 線を測定した結果、高いエネルギー分解能が得られ、タングステンの  $K_{\alpha 1}$  および  $K_{\alpha 2}$  の特性 X 線を分離できた。次に wedge filter を Small・Large・Dose、焦点サイズを大焦点および小焦点としたスペクトル測定を行った。測定は寝台移動方向から直角方向に、寝台中心 (0cm)、中心から 6cm、中心から 12cm の位置で行った。焦点サイズを変化させた結果、どの測定条件においても大焦点と小焦点では X 線スペクトルの形状がほぼ一致した。wedge filter を変化させた結果、寝台中心から 0cm・6cm のときは、Small と Large では X 線スペクトルの形状がほぼ一致し、Dose のみ低エネルギー部分が大幅に減少した。寝台から 12cm のときは、いずれの filter においても線質が硬くなったが、Dose が最も硬く、続いて Small、Large の順となった。Small は照射野の端で Large より厚くなったと考えられ、一方、Dose は全域で他より厚くなっていると考えられる。測定位置ごとの線量分布および平均エネルギーにおける結果は、各 wedge filter 共に距離が離れていくほど線量値が小さく、平均エネルギーが大きくなった。wedge filter の透過距離が長くなるため軟 X 線がカットされ、線質が硬くなったと考えられる。

## サイズの異なる IP によるファントム内での線量分布測定

HK8079 田端 恭平

本研究では IP はセファロ IP・歯科用 IP の 2 種類を使用し、このサイズの異なる 2 種類の IP を二次元線量計として使用することを目的に、IP の基礎特性を測定した。得られた基礎特性を基に CT 撮影におけるファントム内での二次元線量分布の測定を行い、IP の線量計としての評価を行った。二次元線量分布の測定を行うため、IP 読み取り装置の読み取り条件をオフセット 107、ゲイン 5(セファロ IP)、10(歯科用 IP)としたときのセファロ・歯科用 IP の線量依存性の測定を行った。結果より IP 出力と線量との間の近似式を求め、測定した IP 出力から線量を算出した。CT 撮影時の線量分布測定ではアクリル板を 16 枚使用したアクリルファントム (20×25×16cm) を作成し、この中心に IP をビーム軸に直交するように入れた。比較のため電離箱を IP と同様に設置し、測定を行った。さらにガントリ角度ごとの線量測定の実験を行った。ファントムを IP がビーム軸と平行になるように設置して撮影を行い、その後ガントリ角度を変化させ、同様に撮影を行った。また IP の背後部からの散乱線の影響を見るために、片側ファントムの有無による線量測定を行った。実験の結果、CT 撮影時の線量分布測定では得られた画像から IP を用いて二次元線量分布を測定できることが分かった。またファントム中心においては、IP の測定値よりも電離箱の値が大きくなった。これは IP による X 線の吸収が極めて大きく、散乱線がほとんど発生しなかったためであると考えられる。ガントリ角度ごとの線量測定では IP と電離箱の測定線量に大きな差が生じた。これは IP 自身による X 線の吸収のために、散乱線発生量が少なくなったためであると考えられる。片側ファントムの有無による線量測定では、電離箱・歯科用 IP の線量が大きく減少し、セファロ IP では線量の変化が小さかった。これは、セファロにおいては IP による X 線の吸収により、取り外したファントムからの後方散乱線が非常に少なくなったためと考えられる。

## RASP 処理によるアーチファクト低減が CT 三次元画像に及ぼす影響 —人工股関節置換術に用いる人工物を想定した検討—

HK8080 小菅 正嗣

人工股関節置換術(以下、THA)は、器具の耐用性や機能性の発達、手術手技の発展に伴って、以前よりも積極的に行われてきている。そして THA の X 線 CT 撮影によるステムの骨への接着程度の評価では、人工股関節から生じる金属アーチファクトによってステム周囲の評価に影響を及ぼす。本研究は、X 線 CT スキャン時に X 線吸収の高い骨に囲まれている肩・骨盤から発生するヤスリ状のストリークアーチファクトを東芝社製 X 線 CT 装置に搭載されている RASP (肩・骨盤部アーチファクト低減処理機能) 処理を施すことで人工股関節から生じるアーチファクトの低減が X 線 CT 三次元画像に及ぼす影響を検討し、さらに撮影条件と RASP 処理の有無との比較・検討から THA 後評価に適した条件を考えることを目的とした。方法は、人工股関節を模した材質のセラミックをファントムに接着させて X 線 CT 撮影し、撮影条件(スライス厚、ピッチ)の変化と RASP 処理の有無による axial 像と CT 三次元画像を比較・検討した。その結果、axial 像において、①スライス厚を薄く、またはピッチを大きくするとノイズが増加する。また RASP 処理を施すことでノイズおよび金属アーチファクトが減少した。三次元画像においては、②スライス厚の増加に伴い金属アーチファクトが増加し、ピッチの変化に伴う金属アーチファクトの変化は小さかった。③金属アーチファクトの大きいときに RASP 処理によるアーチファクト低減効果は大きくなるが、アーチファクトがある程度まで小さくなると三次元画像の視覚評価において効果が小さかった。以上のことから、RASP 処理を施し、低スライス厚およびステアステップアーチファクトの生じない低ピッチで撮影することで THA 後のステムの骨への接着程度評価に適した CT 三次元画像が得られた。

## ガントリ傾斜角が実効スライス厚に及ぼす影響

HK8081 本田 幸一

4列MSCT (multi-slice-computed-tomography) において、ガントリ傾斜角が実効スライス厚に及ぼす影響について評価を行った。

実効スライス厚の測定には0.5mmφタングステン球を用いて、微小球体ファントムを作成し、ガントリ傾斜角0°、5°、10°、15°について微小球体ファントムの一連の画像から、中央部のCT値を読み出し、SSPzを得た。SSPzから読み取った半値幅(FWHM)を実効スライス厚として評価した。ガントリを傾斜させた場合、微小球体が上方に移動したように表示されるため、2種類の測定法(追跡ROI法、拡大ROI法と称す)にてCT値を測定することで、本来の微小球体法による実効スライス厚の測定値に近づくようにし、追跡ROI法をFig.5、拡大ROI法をFig.6に示した。Fig.5とFig.6でCT値の測定の方法の違いによるSSPzの形状の変化が見られた。

SSPzから測定した実効スライス厚を追跡ROI法をTable.1に、拡大ROI法をTable.2に示した。

単検出器装置ではガントリ傾斜を大きくすると、寝台の移動距離 $\Delta a$ は撮影距離 $\Delta b$ に対して $1/\cos\theta$ 増加する事によって実効スライス厚の増加を招く。しかし、4列検出器装置の場合、設定スライス厚と画像スライス厚の差による再構成の影響により実効スライス厚は減少傾向を示す。

## ファントムを用いたMRIの脂肪抑制法の実験的検討

HK8083 石本 陽平

脂肪組織はT1強調画像、T2強調画像のどちらにおいても高信号である。脂肪組織の信号を抑制した画像を得る場合には脂肪抑制法を行う必要がある。脂肪抑制法により脂肪に富む臓器の病変検出精度の向上、正常組織と病変とのコントラスト改善、アーチファクトの除去などを行うことが可能になる。そのため、乳腺、整形外科領域の検査などさまざまな部位の検査に用いられる。乳腺は脂肪を多く含んだ組織であり、腫瘍の良・悪性判定や乳がんの広がりや転移を診断するために脂肪抑制法は欠かせない。整形外科領域においては、脂肪組織の信号強度が抑制されることで微細な液体や浮腫が明瞭になる。靭帯や腱の小さな損傷部分を描出することや、脂肪に隠れた炎症や浮腫を描出することができる。また造影剤を用いる場合に脂肪抑制を併用すると、高信号を呈する脂肪組織から信号が抑制され、造影剤の効果をより強調することができる。造影剤を用いたMRI検査の他にも、単純MR画像のT1強調画像で高信号を呈する組織が見られる場合には脂肪組織と出血の鑑別のために有用である。

脂肪抑制法の種類は大きくわけて二つあり、周波数の差を利用するものと緩和時間の差を利用するものがある。前者はProset法、CHESS (Chemical shift selective) 法である。MRIの信号源であるプロトンは主に水と脂肪であり、両者の共鳴周波数はわずかに異なっている。この差を化学シフトといい、この化学シフトを脂肪抑制に利用した方法である。後者はSTIR (short TI inversion recovery) 法である。水と脂肪プロトンの縦緩和の時間差を利用し脂肪抑制を行う。また、水と脂肪プロトンの位相差の違いから脂肪抑制を行うDixon法もある。

## 人工股関節置換術に用いる人工物が CT 三次元画像に及ぼす影響 —人工物の素材における検討— HK8085 大脇 由樹

近年高齢化に伴い、膝の痛みや股関節の痛みで苦しんでいる高齢者は多い。THAは、変形性股関節症や大腿骨頭壊死症、股関節疾患による機能障害を持つ患者に対して行われる手術であり、疾患により痛んだ股関節を人工股関節で置換することで痛みを取り、変形を矯正することができる。しかし、人工股関節の金属による金属アーチファクトは術後のX線CT検査において診断の妨げとなる。本研究は、人工股関節に使用されている材質に近い物質(セラミック・チタン合金・ポリエチレン)を大腿骨骨頭部に接着させたファントムを用いてCT検査することで、THAのFollow UpにCTの三次元画像が有用であるか検証することを目的とした。各物質の厚さ2mmと6mmの2パターンで、ピッチ変化とスライス厚変化の撮影条件で撮影をした結果、各物質の厚さ2mmと6mm共に、金属アーチファクトの影響は大きい順にセラミック>チタン合金>ポリエチレンという結果になった。また撮像条件の結果より、材質によらずスライス厚を厚くすることで金属アーチファクトが増強すること、そしてピッチ変化に関してはセラミック等の金属アーチファクトを強く引く物ほど、ピッチが大きくなることで金属アーチファクトの影響が顕著に表れることが分かった。以上より、ポリエチレンは三次元画像とSD値を検討してみても、実効原子番号が低く低密度であるため、金属アーチファクトの発生原因や画像劣化につながるような因子は見受けられなかった。しかし、セラミックとチタン合金では物質の厚さを増すと金属アーチファクトの影響は大きくなり、スライス厚とピッチの撮像条件である程度金属アーチファクトのコントロールが可能であるものの、正確なFollow Upは難しいと考えられた。

## 剖検例の Ai (Autopsy Imaging) の利用法 HK8086 田中 優人

医師・歯科医師を目指す医学生や歯学生のカリキュラムには解剖実習が含まれている。解剖を行うことにより人体構造の理解と医学・歯学の技術向上を目的とし、献体を数ヶ月に渡って解剖を行う。本研究では神奈川歯科大学の解剖実習に供された2献体についての全身CT画像の読影し、死後CT所見と正常CT所見との対比を行うことで、生前では確認出来ない死後変化を捉え、解剖実習を行うに際してAi画像をどのように利用することが可能か検討を行った。

死後に起こる変化の代表例な所見として、頭頸部では血球と血清の分離により後部に血液の就下、脳浮腫によるコントラストの低下が見られる。また、胸腹部では胸水や腹水の貯留、血液の就下、血管・心腔内での血球血清分離、軟部組織、特に消化管などでの腐敗によるガスの発生。血液の循環停止による血管内圧の平衡による右心系の拡張・大動脈の収縮などが見られる。

解剖実習前に撮影された Ai 画像を確認することにより、事前に出血の有無や内部構造の形態異常、内臓脂肪量や臓器の内容物などの情報がある程度把握することが可能である。また、撮影した画像を Volume Rendering など 3次元に立体化することにより視覚的に観察しやすくし、より容易に体内の構造の理解しやすくすることができる。画像を見ながら解剖を行うことで実習の効果の上昇が期待される。解剖実習室は空間的な制約から PC やディスプレイなど大きなものを置くことは難しい。近年では Apple 社が販売している iPad のようなタブレット型の小型 PC なども広く普及しており、高性能・高解像度で DICOM 画像を閲覧することも可能である。これらを用いることで解剖実習中にも Ai 画像を閲覧することができるため非常に有用ではないかと考えられる。

## 可変リングフィルタの乳癌(腫瘍)の検出性能評価

HK8087 依田 百合絵

近年、医療の現場に医師の診断を補助することを目的としたコンピュータ支援診断(Computer Aided Diagnosis:CAD)が導入された。CADの乳癌腫瘍検出を目的とした画像処理にアイリスフィルタがある。アイリスフィルタは、濃度勾配の小さい腫瘍の頂点付近で集中度の上昇が起こってしまう。そこで、アイリスフィルタを改良し、頂点付近での集中度を計算範囲から除外しリング状の部分のみで計算することにより、高い集中度を得られるようにしたものに可変リングフィルタがある。本実験では、可変リングフィルタの乳癌腫瘍の検出性能評価を行う。乳癌腫瘍にも、様々なものがあるが、今回は分葉型腫瘍に着目して実験を行う。

分葉型の模擬腫瘍は、ロウファントムを用いて作成して、タフウォーターファントムを乳房の形に近い半楕円に加工して使用する。それらを撮影し、得た画像に前処理として平滑化処理をする。その後、アイリスフィルタと可変リングフィルタをかけて、それぞれの集中度を算出し、比較検討する。分葉型腫瘍では、半球型の腫瘍を2つ結合させて、頂点間距離を変化させたもの4通りと、コントラストを変化させたもの3通りの2パターンを作成した。また、同様の実験を乳腺の入ったファントムを使用しても行い、臨床画像への応用も検討した。得られた結果として、頂点間距離が遠すぎると、1つの分葉型腫瘍を別々の2つの腫瘍とみなそうとするため、集中度は基本形とほぼ変わらない値を得ている。また、距離が近いと、1つの分葉型腫瘍を1つの腫瘍とみなそうとするため、それらが互いに影響し合い、検出自体はできるが、集中度の上昇が見られるということがわかった。また、臨床画像では、アイリスフィルタの集中度は、-0.3を切ってしまうっており、検出ができたとはいえなかった。それに対して可変リングフィルタは、乳腺中でも-0.5程度の集中度を得ており、このような点からも可変リングフィルタの検出率が良いといえる。

## FPDにおける低線量状態でのWSと視覚的検出能

HK8088 鈴木 秀輝

近年 Computed Radiography System(CR)、さらには Flat Panel Detector System(FPD)のデジタル X 線画像システムの普及により、医用画像のデジタル化が進んでいる。

医用画像の画質的要因である入出力変換特性、解像特性、ノイズ特性の物理特性は主に、G (Gradient)、MTF (Modulation Transfer Function)、WS (Winner Spectrum)等の画像指標で評価される。また、総合的画質指標として、雑音に対する信号の割合である信号対雑音比(Signal to Noise Ratio:SNR)の概念に基づいたNEQ(Noise Equivalent number of Quanta:雑音透過量子数)およびDQE(Detective Quantum Efficiency :検出量子効率)がある。

これらの物理特性のうちのWSに着目し、WSと視覚評価の関係について研究を行った。また、中村氏の論文<sup>[1]</sup>では、FPDは高線量領域でのNEQよりも低線量領域での物理特性の低下が視覚検出能の低下に影響を及ぼしていると推測されている。そこで視覚検出能に与える影響が大きいと推測されている低線量領域の、特に縦隔部に着目して、WSが視覚検出能に影響について研究を行った。

この結果、線量の変化によるWSの変化と体厚(散乱線)の変化では、異なる質の雑音が発生していることが分かった。また、視覚検出能においても線量の変化とアクリル厚の質の変化は異なる性質を持っており、散乱線の線質などによって異なる影響を及ぼしていることがうかがえた。

これより、体厚の多い患者に対して線量を上げることにより、必ずしも同様の画像を得ることはできず、低周波などに着目する際などにおいては別途工夫が必要かと思われる。

以上より、低線量領域でのWSと視覚検出能以上の結果より、縦隔部条件ではWSと視覚特性とは密接に関わりがあると思われる。

## マンモグラフィ検診における認定放射線技師の意義

HK8089 藪内 彩花

近年、乳がんの罹患率は増加の一途をたどっている。わが国ではマンモグラフィ講習会が1999年3月に開始され、翌2000年3月には50歳以上の人に対する乳がん検診にマンモグラフィが導入された。2004年4月には厚生労働省によって40歳以上の人に対する2年に1度のマンモグラフィと視触診との併用検診を推進するよう提言がなされたため、マンモグラフィの需要が増加し、それに伴い検診マンモグラフィ撮影放射線技師認定(以下、認定)の価値も高まっている。マンモグラフィ検診についての管理運営を行う精度管理中央委員会では受診者の受診先および担当医、担当技術者を選択するための一助にするために認定の情報公開を行っている。しかしながら、乳がん検診の受診率は20%以下にとどまり、厚生労働省による提言後も変わらないのが現状である。

本研究では、認定の目的・意義を学習するとともに、一般の方、診療放射線技師を目指す学生、診療放射線技師の方を対象にアンケートを実施し、認定に対する認知度、実際に受診の際に精度管理中央委員会(以下、精中委)の情報を用いているかを調査した。

アンケートの結果、総数は377人であった。一般の方のマンモグラフィ、ピンクリボン運動、撮影者が診療放射線技師である、の認知度は60%以上であったが、認定制度に対する認知度は9%という結果となった。しかしながら、認定制度が受診先の一助として重視されていることが明らかとなった。学生における認定制度についての認知度が61%と一般の方と比べ高かったが、授業や自習で得た知識を除くと8%であり一般の方の認知度と同程度となった。また、認定の内容を詳細に理解している学生は18%であり、認定制度についての正しい知識の普及が必要であると判明した。

## 乳がん検診超音波システム ～乳房圧迫膜による画質の変化～

HK8090 岩本 佳奈

日本では現在、乳がん検診に触診・マンモグラフィ・乳腺超音波撮像の3つを用いている。乳腺超音波撮像は、マンモグラフィ検査では誤診してしまうような乳腺内の小さい腫瘍や、乳腺組織の発達している若い患者の腫瘍の検出率が高い。しかし超音波撮像は、術者の技量による差が大きいという欠点がある。この術者による差をなくすために、プローブを水の中から自動スキャンさせて画像を得る方法(乳がん検診超音波システム)が必要となる。従来の圧迫膜で得られた画像は、十分な画質ではなかった。乳房をより圧迫すれば厚みが減り、画質が向上するのではないかと考え、本研究では、乳がん検診超音波システムに用いている圧迫膜の材質を変えることにした。そして、膜質を変えることで本当に画質が向上するのかを研究した。

今回は従来から用いている生ゴムに加え、生ゴムの上にネットを張った場合や生ゴムの上に麻素材の膜を張った場合、また塩化ビニルの膜、生ゴムとネットを一体化した膜を用いて生体で実験した。画像はプローブで圧迫していく際の静止画と動画、プローブを解放していく際の静止画と動画を保存し、ある一断面で視覚評価を行った。

視覚評価によると生ゴムにネットを重ねて張った際の画像が一番よい画質となった。圧迫の強さのみだと麻と塩化ビニルを用いた際が強かったが、アーチファクトが多く出てしまい画質が悪くなった。乳房への圧迫が生ゴムより強く、さらにアーチファクトがあまり出ないという条件に適しているのもネットを用いた際の結果が一番良かった。そのことから、一体化膜を作製し同様に実験を行ったが網目に気泡が入ってしまい、アーチファクトを発生させてしまうという結果になった。

今回の実験からも、圧迫をした方が画質が向上することは明らかであるが、圧迫が強くアーチファクトも出にくいという兼ね合いは難しく、今回の研究の結果はまだまだ検討の余地があるものとなり、もっと多くの材質の膜を試してみる必要がある。

## 胸部 CR システムにおける線量変化と画質について

HK8092 小林 貴大

近年、我が国の医療現場において増感紙/フィルムシステム(以下 S/F システム)のアナログ X 線画像から Computed Radiography System(以下 CR システム)、あるいはフラットパネルディテクタを利用したデジタル X 線画像へと急速に移行した。CR システムの導入により、従来の S/F システムと比較すると、検査時間の短縮化が進み、多彩な画像処理等によって高画質が得られるようになった。しかしながら、しかし、X 線画像のデジタル化が進んでも、アナログ画像と同様に撮影線量を抑えなければならない。

そこで、本研究では胸部単純 X 線撮影を対象とし CR システムにおいて撮影線量を低下させたときの画像の物理的評価および心理的評価を行い、撮影線量の減少が画質に与える影響を比較し検討した。

物理的評価として Contrast transfer Function(以下 CTF)、ウィナースペクトル(以下 WS)の測定を行い、視覚的評価としてバーガーファントム、ランドルト環を用いた視覚評価を行った。また、胸部ファントム画像を用いて視覚評価を行った。WS は、線量を低下するに従って値は上昇したが、CTF の値は変化がなかった。また、WS 値は、また、各線量における基準線量からの WS 値の変化量は、基準線量から増加させたときよりも低下させたときの方が大きかった。バーガーファントムやランドルト環チャートを用いた視覚的評価でも、線量を低下するに従って識別能が低下した。

胸部ファントムを用いた視覚評価においても線量が低下するにつれて、粒状が悪くなり、肺野部では微小構造や淡い構造の検出率が悪くなり、縦隔部では大きい構造でも淡いものは検出率の低下が顕著であった。また、基準線量を 1/2 倍(2.0mAs)以下にした場合、低濃度部では描出率が悪くなった。

線量を低下させると、WS 値が上昇、粒状度は劣化、また、CTF には変化がないことから、線量低下すると粒状性が最も画像に影響を与えることが分かる。線量を下げると微小構造や低濃度部分の不鮮明さが顕著に表れ、大きな構造物の評価を目的とする以外は線量の低下は望めないと考える。

## 胸部ポータブルにおける銅板グリッドの有効性

HK8095 小野 浩二郎

胸部ポータブル撮影では入射 X 線と散乱線除去用グリッドの正確なアライメントをとることは難しい。そのミスアライメントの対策として低格子比のグリッドの有効性や、方向性の全くない散乱線除去としてカセット全面に金属板を設置する方法が報告されている。本研究では、胸部ポータブル撮影時における受光面の散乱線を除去するために Cu 板を用い、その有効性を検討した。

コントラスト改善度、露出倍数、散乱線含有率の測定により、Cu 板は散乱線除去効果を有することが分かったので、その物理的性能を最大にするための Cu 板の最適厚を 0.3mm に決定した。これより、Cu0.3mm、グリッド使用時、グリッド未使用時について視覚評価を行い比較した。グリッド使用時の胸部画像では、X 線を斜めに入射させた場合、ミスアライメントの影響が顕著にでてしまった。しかし、Cu 板、グリッド未使用時ではミスアライメントを排除することができ、さらに画像処理を加えることによりコントラストを改善することが出来た。

Cu 板が散乱線除去効果を有するのは、Cu 板自体から発生する散乱 X 線よりも、被写体からの低エネルギー領域の散乱線を除去する方が大きいためであると考えられる。グリッド使用時はミスアライメントが発生すると斜めに入射する一次 X 線がグリッドの鉛箔に吸収され、画像上に左右差が生じ、また、一次 X 線透過率に対する散乱 X 線透過率が相対的に増加するためにコントラストが低下してしまう。一方、Cu 板、グリッド未使用では、X 線入射における方向性がないためミスアライメントは生じない。Cu 板をグリッドの代わりに用いることで等方的に低エネルギー領域の散乱 X 線を除去することができ一定の画質を維持された。

## モンテカルロ法で算出した種々の線質における平均乳腺線量

HK8096 高橋 治人

本研究では、モンテカルロ計算コード EGS5 を用いて平均乳腺線量換算係数を算出し、Sobol の近似式の値と比較することでモンテカルロ法の有効性を評価した。さらに、Sobol の近似式の適用範囲外である Al 付加フィルタを使用しても平均乳腺線量を Sobol の近似式を用いて算出することができるか検討を行った。

計算機上で厚さ 5cm の乳房ファントムを作成した。ファントム表面上下 0.5cm を脂肪、中間 4cm を乳腺 50%・脂肪 50%とし、このファントムを 0.1cm の厚さで分割した。ファントム周辺の物質は真空とした。線源はファントム表面から 60cm 離れた位置に配置し、照射野を 14cm×14cm とし、光子 50 万個をコーンビーム状に照射した。本研究に使用した X 線スペクトルは、Mo ターゲット・Mo フィルタの管電圧 23・28・32kV と、Mo ターゲット・Rh フィルタの管電圧 28kV での Al 付加フィルタ有・無であり、いずれも実測されたものを使用した。入射線量の算出におけるファントムサイズと線源は平均乳腺線量を算出するときと同じ条件とし、ファントム物質を空気とした。統計的ばらつきを少なくするため光子数を 1 億個として算出した。

今回のモンテカルロシミュレーションで求めた計算値は、Sobol の近似式の値とほぼ一致していた。このことから、平均乳腺線量の算出におけるモンテカルロ法の妥当性が評価できた。一方、Sobol の近似式の適用外である Al 付加フィルタでも、今回のモンテカルロシミュレーションで求めた計算値と Sobol の近似式の値はほぼ一致した。よって、この条件においても Sobol の近似式が適用可能であることがわかった。ただし、周囲の物質を空気とした場合は空気による線質硬化の影響が大きくなり、管電圧 23kV で Sobol の近似式とモンテカルロシミュレーションで求めた計算値との差が約 8%にもなった。モンテカルロ法を用いて平均乳腺線量を算出する場合には、空気による線質硬化による X 線スペクトルの変化を考慮しなければならないといえる。

## MRI の正常腹部拡散強調画像の検討

HK7019 清水 裕貴

臨床画像診断法の中で MRI (磁気共鳴画像法) は、被爆なしに、多岐にわたる情報を持つ画像を撮像できる信頼できる検査の一つである。診療放射線技師がこの MRI をさらに理解し、応用し、その技術を診察に役立てることができれば、さらなる医療の発展につながると考えられる。そこで今回、MRI の正常腹部拡散強調画像に着目した。

拡散強調画像は、従来、超急性期脳梗塞の描出など頭部にて使用されることが多かったが、近年、装置の進歩により、従来より強い傾斜磁場をかけることが出来るようになり、体幹部のような呼吸停止下撮像が可能となった。体幹部の拡散強調画像は、今までコントラスト差が少なく検出しにくかった病変などを描出することが可能となったり、組織の悪性度に関する診断脳が向上したりと、重要な情報を提供できる技術になると思われる。そこで、本研究ではこの撮像技術がどの程度信頼できるのかを検討した。検討項目は 2 点で、まず、臨床にて b 値が 0、1000 msec/mm<sup>2</sup> の値にて算出した ADC を多く使用するので、その値がどの程度信用できるのかを検討するために、11 人の正常腹部(肝臓、脾臓、膵臓、腎臓、副腎、脊髄)にて b 値 0、500、1000、1500 msec/mm<sup>2</sup> の 4 点にて算出した ADC と 0、1000 msec/mm<sup>2</sup> の値にて算出した ADC を比較した。次に、脊髄と各臓器(副腎を除く)の信号強度比を算出した<sup>1)</sup>。脊髄と各臓器の信号強度比は、各臓器ごとに数値は異なるが、個人差があまりないとされている。すなわち、ほぼすべての人の脊髄、各臓器の信号強度比はバラつきが少ないということである。本研究においても b 値を 2 点より多くすることが信頼度の上昇につながるということと、b 値が 1000 msec/mm<sup>2</sup> の拡散強調画像における脊髄との信号強度比の信頼度が相対的に高いという結果が得られた。

## CT 画像再構成プログラムの開発

HK7046 石橋 大典

X 線 CT、MRI、SPECT、PET などは体外計測したデータから人体の断層を画像化する技術で、今日の画像診断に広く利用されている。画像再構成とは計測データから数学的方法によって断面を復元することであり、X 線 CT では線源弱係数分布を反映した画像が得られる。画像再構成は一種の逆問題であり、実際にコンピュータを用いて画像再構成を行うには C 言語などによるプログラミングが必要である。

本研究は画像再構成プログラムの作成および実行を行い、投影データから CT 画像を得ることを目標とする。その中で今回は画像再構成プログラムの作成のため、画像再構成原理・工程の理解および、それらをプログラムに置き換えるための数学的分野の理解を目的とした。また、実際に簡易的な画像再構成プログラムを作成し、画像再構成を試みた。

画像再構成 (FBP 法) を行うプログラムの作成は「LabVIEW」を用いて行った。プログラム上のマトリックス数は  $180 \times 180$ 、投影方向は 180 方向とし、画像の出力は「ImageJ」を用いて行った。投影データは原画像となる頭部 shepp ファントム画像を「MATLAB」上でラドン変換を行い、サイノグラム化したデータとした。得られた再構成画像は原画像と比較して、ファントム辺縁の輪郭および内部構造まで上手く描出されていたが、ファントム両側部分にストリーク状のアーチファクトが確認できた。これは今回のプログラムが  $180^\circ$  投影による画像再構成であることが原因と考えられる。投影データ数としては 180 個あるが、実際の投影時は  $0^\circ$  を含むため、投影角度が実際は  $179^\circ$  までになってしまう。 $180^\circ$  に対して投影データが一行分足りないため、その部分がアーチファクトとして現れたと考えられる。

今回作成したプログラムは学習を目的とし簡易的に作成したものであるため、実際の CT 装置による投影データからの画像再構成を目指し、改良を試みたい。

## MRI の拡散強調画像の体幹部への応用、パルスシーケンス、ADC についての検討

HK7069 相方 美咲

近年の核磁気共鳴画像(MRI : magnetic resonance imaging)装置は、拡散強調画像(DWI)での撮影の需要が急増している。拡散強調像とは、水分子のブラウン運動による拡散現象を可視化することを利用した MRI の撮像法の一つである。この拡散強調画像は、主に超急性期脳梗塞の早期診断に応用されているが、近年の MRI 装置の進歩より、とりわけエコープラナー法 (echo planar imaging : EPI) をはじめ高速画像法の技術進歩に加えてパラレルイメージング (parallel imaging) の応用が可能となって体幹部における拡散強調画像の臨床応用が広まっている。

今研究では急性期脳梗塞発症数時間後の DWI と転移性肝癌症例の DWI を詳細に検討することで、水分子の拡散抑制が DWI の信号に与える影響を確認した後、拡散強調画像法の原理および代表的な拡散強調撮像法である、Stejskal-Tanner 法を用いた拡散強調像についてパルスシーケンス並びに信号強度式、信号特性について検討を行った。拡散強調画像ではみかけの拡散係数 (A p p a r e n t D i f f u s i o n C o e f f i c i e n t ; ADC) が信号強度の重要な因子で有るが、スピンスピン緩和時間 (T2緩和時間) の影響も強く、T2の延長した組織では ADC の短縮が無くとも高信号を示す (T2 shine-through)。また、[1]の参考文献を元に ADC について検討したところ、縦軸に対数スケールにて信号強度、横軸には b 値をおき、その傾きによりみかけの拡散係数を算出し、プロトンの動きが制限された信号強度と正常細胞の信号強度を比べ、前者の方は傾きが緩やかで、後者の方は傾きが急峻なことが確認できた。

## 剖検例における Ai (Autopsy imaging) の利用法

HK7084 白土 聖也

本研究では剖検例における Ai(Autopsy Imaging)の利用法についての研究を行った。Ai(Autopsy Imaging)とは死亡時画像診断の略であり、CT や MRI を使用して撮影した画像から死亡時の状態を見ることで、死因の究明などを行うための撮影である。日本では死因不明の遺体のうち約 4%程度しか解剖されておらず、北欧などに比べるととても少ない数字となっている。解剖には家族の同意が必要だが、家族の感情などから同意を得ることが難しいが、Ai ならば低費用で体に傷をつけることなく遺体の情報を得ることができる。本研究では神奈川歯科大学の Ai センターに 63 歳男性遺体の全身 CT 像を提供していただきその読影を行い遺体の死後変化などを調べまとめている。その結果をもとに死因と読影の結果を照らし合わせ、Ai の利用法および必要性について検討した。実際に読影を行ってみると実際の症例にある右心系の拡張や消化管内のガスなどの死後変化の存在が見られる。また、本研究では Ai の利用性についても考察しており、実際の解剖の前に Ai をすることで解剖の補完の役割をしていることなどがわかっている。それに伴い学生の解剖実習などでも Ai を利用することで技術向上を図ることができると考えられる。しかし一方、設備面のことを考慮しなければならない。最近では小型なパソコンも普及してきているので一般化されれば将来の医療の発展も可能になると考えられる。

## 低エネルギー X 線発生装置の性能評価

HK7106 田中 皓史

近年、我が国では乳がん罹患率の増加に伴い、乳がん検診が重要視されている。しかし、低エネルギー X 線のトレーサビリティは不十分であるのが現状である。

乳房撮影用線量計の校正施設のなかで一次標準である産業技術総合研究所(以下、産総研)がモリブデン(以下、Mo)ターゲットによる照射線量の標準供給を行っている。しかし、低エネルギー X 線の線量測定トレーサビリティの二次あるいは三次標準は供給されていないため、日本放射線技術学会では低エネルギー X 線の校正場の構築を目指している。

本研究では診断領域の線量校正センターである駒澤大学でも低エネルギー X 線の校正を行うために駒澤大学が保有する工業用軟 X 線発生装置の性能を評価した。

X 線管の照射ミラーを取り外し、照射条件を 28kV、200mAs、照射野 10x10cm、焦点-電離箱距離 60cm、付加フィルタ 30 $\mu$ m の Mo、圧迫板 PMMA2mm からアルミニウム(以下、Al)フィルタを用いて半価層を求めた。

また、設定管電圧、mAs 値を変化させ、管電圧・mAs 値依存性を評価し、陰極外壁表面に温度計を取り付け、表面温度の測定を行い、校正方法を同時照射法で実施することにした。また、照射野内の水平方向の線量分布を評価し、スペクトルを測定した。

その結果、駒澤大学が保有する低エネルギー X 線発生装置は半価層が 0.36mm であり、管電圧・mAs 値依存性は小さく、校正を行うときは 20 回エイジングを行うことで X 線管内の温度を飽和させることができ、安定した線量を照射できる。照射野内の線量分布は平坦であるため、2 つの線量計の読み値の誤差は少ない。よって、同時照射法を用いることで校正を行える性能を有しているといえる。

## 高階調モニタを使った視覚的粒状隠蔽効果の検証

HK7108 天野 友香

胸部撮影は集団検診や病院において、最も頻度の高い撮影で骨、血管、空気、心臓といった X 線吸収係数の異なる臓器があり、陰影が数多く存在する。1 枚の胸部画像があるとき、肺野部と縦隔部の視覚的粒状性は異なる。肺野部と縦隔部では、物理的粒状度は同等ないしは肺野部の方が悪いが、視覚的粒状性は肺野部のほうがよいと認識される。実際に過去の検証によると肺野部の RMS 値は 3.34、縦隔部の RMS 値は 3.30 と物理的粒状度は大差ないことが確認されている。また、物理的粒状度として WS を測定したところ、肺野部と縦隔部の間には視覚的粒状性に影響を与えるような特徴は見当たらなかった。つまり物理的粒状度と視覚的粒状性に矛盾が生じている。このように視覚的粒状性が物理的粒状度より改善されることを視覚的粒状隠蔽効果と呼ぶ。この効果の要因を構造物陰影の数の影響と考え、「肺野部に存在する血管、気管、肋骨といった多くの構造物陰影により、構造物の認識に脳内での処理が集中し、周囲の粒状認識が低下する」と仮説を立て、本実験にて検証を行った。実験方法はまず、均一なノイズを持つ画像を作成する。そのため、胸部ファントムを撮影し、S 値 L 値を記録した。その後、水槽に水をはり、肺野部と縦隔部に対応する水位にて撮影、S 値 L 値を胸部ファントム撮影時と同じ値に設定した。その画像を PC に取り込み、Image J でトレンド補正をかけ、ノイズ画像とした。次にプログラム上でストライプ状の線状陰影として sin 波の信号を作成した。陰影数は 0,1,2,3,4,6,8 本の 7 パターンで信号のない部分にノイズ画像を重ねた。その後、高階調モニタで 10 bit で表示し、観察距離 1 m で、ノイズのコントラストを何倍に設定するとノイズを認識できるかを 8 人に視覚的な評価してもらった。結果のグラフから基本的には信号 0 本よりもコントラスト比率が上昇していることから、物理的粒状度は等しいのに対し、視覚評価は信号数によってノイズを認識できる最小コントラスト比率が上昇しており、信号の数によって視覚的粒状隠蔽効果が発生するという仮説が検証できた。今後は全体の輝度を一定にする方法、違う形状の信号、陰影数以外の要因についての検証が必要となる。

## X 線 CT における空間分解能とノイズ特性の評価

HK7120 小島 久実

CT 装置は一般撮影検査に対し被ばく線量が多いことに加え、日本では装置の台数・検査数とも多く、医療被ばくが多いと言われており、CT 検査における被ばく線量の低減が求められている。そこで本研究では、胸部 CT 検査を想定し、管電流を変化させ円筒形水ファントム、胸部ファントム、スリットファントムを撮影し、スライス面でのノイズ特性の評価と空間分解能の評価を行い、加えて物理評価と画像を比較検討した。

ノイズ評価は SD 値と NPS を算出して評価を行った。どの画像スライス厚でも管電流が高くなるにつれて SD 値は減少し、画像スライス厚が小さくなるにつれ SD 値の変動が大きくなった。また ROI を画像中心と上下左右に設定し測定したが、ROI の位置による変化は見られなかった。NPS はすべての画像スライス厚で管電流が高くなるにつれ低下し、さらに空間周波数が高くなるにつれて NPS 値が高くなったが、これは使用した再構成関数が肺野用の高周波を強調する高解像度関数であったからだと考えられる。

空間分解能の評価は MTF にて行った。すべてのスライス厚で管電流が変化しても MTF にほとんど変化はみられなかったが、軽度の変動があったが、これは MTF を算出する過程の測定手法が要因であると考えられる。また、MTF は低周波から中周波数領域において原信号である 1 を超え、その後、空間周波数が高くなるにつれて MTF は低くなった。これは再構成関数が高解像度関数であり、エッジを強調する解像特性があるからだと考えられる。

管電流変化における胸部ファントム画像の変化は、管電流が下がるにつれて粒状性は悪くなり、鮮鋭性は変化しなかった。よって、物理評価と胸部ファントム画像の結果は一致した。しかし、本研究における手法では評価方法や測定精度にいくつかの問題点が生じ、さらなる検討が必要であると考えられる。