

平成 24 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 24 年 10 月 20 日 (土)

<場所> 1-202 教場、1-203 教場、1-204 教場

土壌中深さ方向の放射線量と放射性物質分布の検討

HK9001 長谷川 光穂

2011年3月11日14時46分、東日本大震災が発生した。これに伴い福島第一原子力発電所事故が発生し、環境中へ放射性物質が放出され雨等により地表に沈殿し、土壌汚染を引き起こして問題になっている。本研究では、福島第一原発事故後の栃木県内の土壌で条件の違いにおける土壌深さ方向の放射線量、放射性物質の分布状態、核種の種類について検討する。そのために栃木県内で比較的放射線量の高い地域の土壌を採取した。土壌採取は公共地3地点(A,B,C)で行った。Aは地下水系も含め、雨水の影響が非常にある土壌(雨水が集まる側溝から1m以内の場所、上面には屋根がない)。Bは雨水の影響がある土壌(上面には屋根がない。落葉樹の木の下)。Cは雨水の影響が少ない土壌(上面に屋根がある)である。土壌は15cm×15cmの正方形で表層から深さ0~1cm、1~3cm、3~5cm、5~10cmの4層に分けて採取した。またその度に土壌の表面線量も測った。その後採取した土壌を駒澤大学に持ち帰りγ線スペクトルを測定した。結果として、放射線量については、A,Bのような雨水の影響を受けている場所はCのように屋根があり場所よりも土壌の線量が高かった。A,Bは雨水で放射性物質が土壌深くまで浸透して放射線量が高くなったと推測される。またγ線スペクトロメトリー法で今回測定された核種を同定したところ¹³⁷Cs、¹³⁴Csであり、これらは福島第一原発事故由来の可能性があると推測された。放射性物質の分布については、得られたスペクトルからA,Cは表層0~1cmの深さの土壌のcounts数が一番高いのに対し、Bは1~3cmの深さの土壌のcounts数が一番高かった。これはBが落葉樹の木の下であり、原発事故直後の一番汚染された土壌に1年かけて溜まった腐葉土の層があるため、このような分布になったのではないかと考えられる。結論として、土壌条件(雨水など)により深度方向の放射線量、放射性物質の深度分布が違うことが分かった。土壌の除染は土壌条件を考慮して行う必要があることが分かった。

RMS一定のときのWSと視覚検出の関係

HK9002 佐々木 隆宏

近年CR装置、FPD装置のデジタルX線画像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出力変換特性、解像特性、ノイズ特性がある。これらのうちの物理特性としては主に3つあり、G(Gradient)、MTF(Modulation Transfer Function)、WS(Winner Spectrum)がある。視覚特性としてCD-RADによる評価などがある。これらの画像評価は視覚的評価と物理評価に分けられているが、物理評価と視覚評価の結果が一致しないことが明らかになっている。

そこで、これらの物理特性のうちWSに着目し、WSの形状を変化させた場合に視覚評価にどのような影響があるか解析し、物理評価と視覚評価が一致しない原因について研究する。

河邊氏、鈴木氏の論文では、線量の変化によるWSの測定とアクリル厚の変化によるWSの測定では周波数の異なる雑音が発生していることが分かっている。

このことから、RMS粒状度を一定にした場合にアクリル厚の違いによって高周波成分、低周波成分のノイズが異なるWSのパターンが作れると考えられる。本研究ではWSのパターンの違いによって視覚評価にどのような影響があるか研究する。

RMS粒状度が一定のときのWSと視覚検出能の関係は、0.15[cycles/mm]より低周波領域の場合には、アクリル厚、WSの値に違いがあっても視覚検出能に影響はみられなかった。また、0.15[cycles/mm]より高周波領域の場合には、WSの値の違いによって視覚検出能に変化がみられた。このことから、RMS粒状度を一定とした場合の視覚検出能は、信号のある一定の空間周波数領域まで検出能に影響はあまり見られないが、信号がある一定の空間周波数より高周波の空間周波数になると視覚的検出能に影響が表れるので視覚評価の実験をする際には注意しなければいけないことがわかった。

超音波血流計測法における生体減衰による誤差の検討

HK9003 井上 皓平

超音波血流計測法とは、超音波が移動する物体によって反射されると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手法である。超音波血流計測法は連続波を用いて測定を行う連続波ドプラ法と一定の幅をもったパルスを用いて測定を行うパルスドプラ法、カラードプラ法に分類される。本研究ではパルスドプラ法、カラードプラ法を用いる。

パルスドプラ法、カラードプラ法において血流速度の定量化にはいくつかの問題が残っており、昨年の研究の結果、パルスドプラ法では真値に対して約 2%、カラードプラ法では真値に対して約 40%もの誤差があることが分かった。この誤差の要因としてはデータ長の長さからくる分解能の違い、クラッタの存在、血流パターン（層流・乱流）などがあると考えられる。そこで本研究ではさらに誤差の要因について詳しく調べていくために昨年の研究では考慮されていない生体減衰が超音波血流計測法に及ぼす影響について詳しく検討していく。

実験方法としては、シリコンチューブより流速 20cm/s と 60cm/s の 2 パターンでファントム流体を流し、腹部用プローブによりパルスドプラ法、カラードプラ法で流速を測定する。このときゴム板なし、生体減衰に近い厚さのゴム板、生体減衰の 2 倍の減衰となる厚さのゴム板の計 3 パターンで測定を行う。次に実測流速の測定を行い、実測値とドプラ法による測定値を比較し誤差を調べた。

結果として、生体減衰が大きくなる程、超音波血流計測法における流速の測定結果は低くなり誤差が大きくなった。これは生体減衰により高周波成分がカットされ送受信波の中心周波数が低くなり、それによりドプラ偏移周波数も低くなるため、生体減衰が大きくなるほど流速は低くなり、真値に対する誤差が大きくなったのである。

このことから超音波ドプラ法における生体減衰が与える影響は大きく無視できるものではなく、測定の際には生体減衰に対する考慮が必要である。

照射 X 線エネルギーと IP の輝尽発光強度との関係

HK9004 野口 善孝

現在、イメージングプレート（以下 IP と略記する）は、主に病院における診断部門の CR システムにおいて利用されている。CR システムは、IP のほか画像処理装置やディスプレイ、画像保存装置などで構成されているが、IP の輝尽発光特性が画質を最も左右すると言われている。IP の輝尽発光強度と照射した X 線エネルギーとの関係を調べるために、X 線回折装置によって X 線を様々なエネルギーに単色化し、照射 X 線エネルギー毎の輝尽発光強度の測定を行った。その際、IP の X 線吸収スペクトルとの関係も調べた。その結果、IP の X 線吸収スペクトル測定では、IP の輝尽性蛍光体に含まれる元素（Br、I、Ba）の K 吸収端を明瞭に観測することができた。さらに K 吸収端は、IP が X 線を多く吸収する領域であり、そこにおいて IP の輝尽発光強度が増加する傾向がみられた（ただし今回の実験では、前述の輝尽性蛍光体に含まれる元素のうち、Br を除く I と Ba に関する K 吸収端のみ）。さらにそのうちの、I の K 吸収端についての細かな測定を行い、照射 X 線エネルギーと輝尽発光強度との関係を調べたが、その変化を精確に確認するには至らなかった。

X線CT装置におけるファントム内部のスペクトル測定

HK9005 山本 悟史

近年、医療現場におけるX線CT検査は増加し続けており、その被ばく線量は医療被ばくの大きな割合を占めている。CT検査におけるファントム内部のX線スペクトルの情報は、被ばく線量の正確な把握に欠くことができない基礎情報である。しかし、ファントム内部に検出器を置いてスペクトルを直接測定することは困難である。本研究では、散乱体にX線を入射させ、そこから出た90°散乱線を測定し、補正式を用いてファントム内部のX線スペクトルを算出することでファントム内部のスペクトルについての評価を行った。90°散乱線測定による直接線スペクトル測定法の妥当性は一般撮影用装置を使用して確認した。散乱体はアクリル棒を使用し、検出器にはCdTe半導体検出器を用いた。CT検査におけるファントム内部のスペクトルの測定では、ファントムには直径20cmのアクリルファントムを使用した。スペクトルの測定位置にアクリル棒を挿入しそこからの90°散乱線を測定し、直接線スペクトルを算出した。測定位置は深さ方向で、ファントム表面から1cm、5cm、10cm、15cm、19cm、奥行き方向で、表面と中心とした。一般撮影装置での測定の結果、90°散乱線から算出したスペクトルは、エネルギー分解能は劣化した。測定した直接線とピークエネルギー、平均エネルギーがほぼ等しい値になり、90°散乱線から直接線のスペクトルが正しく求められることを確認した。CT撮影時のファントム内部のスペクトル測定結果は、深さ方向では中心である10cmに近づくほど平均エネルギーが低く、最大で1cm位置より3.5keV程度低くなった。奥行き方向では、ファントム中心での測定のほうが平均エネルギーが低くなり、最大で表面より3.5keV程度低くなった。深さ方向において、中心に近づくほど平均エネルギーが低下したのは、散乱線は直接線よりもエネルギーが低く、10cmに近づくにつれ直接線よりも散乱線の割合が増えるためであると考えられる。奥行き方向について、中心で平均エネルギーが低下したのは、表面の測定に比べて中心の測定では照射されるアクリルファントムの体積が大きくなることで散乱線発生量が増加し、散乱線の割合が多くなったためであると考えられる。

10MV X線不整形照射野におけるMU検証の精度評価

HK9006 杉田 浩章

高エネルギーX線治療のモニタ単位(Monitor Units:MU)検証は、放射線治療における品質保証において安全を確保し、質を立証するため重要であり、特に治療計画システム(Treatment Planning System:TPS)のMU値を採用している施設ではMU独立計算による検証は安全のため欠かせないものである。本研究では、臨床で利用されているTPSが算出したMU値を基準とし、スプレッドシートを用いたMU計算および市販ソフトによるMU計算の精度の評価を行った。3次元治療計画装置Eclipseを用いて8つの照射野形状を設定し、TPSが算出したMU値と比較することで精度の評価を行った。スプレッドシートによる計算ではjawコリメータで形成された照射野からコリメータ散乱係数(Sc)を求め、MLCで形成された不整形照射野に対してA/P法、Clarkson積分法を用いて等価正方形の1辺の長さを求め組織最大線量比(TMR)、ファントム散乱係数(Sp)の算出を行った。検証ソフトでは、TPSのビームデータ及び多分割絞り(multi-leaf collimator:MLC)の位置情報をDICOM-RTのデータベースより登録し、自動計算によりMU値の算出を行った。スプレッドシートによるA/P法、Clarkson積分法、検証ソフトによるClarkson積分法ともにTPSが算出したMU値に対して1%以内の相対誤差となった。AAPM Report 13の報告によると患者投与線量の不確かさは以内とされている。本研究の結果よりスプレッドシートによるMU値の相対誤差の最大値は、A/P法における-0.80%であり、検証ソフトでは-0.49%である。これらの結果から、十分な計算精度を有していると考えられる。また計算過程でScpを分離せずにMU値の計算を行い計算精度の検証を行った結果、多くのプランで相対誤差が大きくなりプラン7においてMU値の相対誤差が1.38%増加した。スプレッドシートによる計算および検証ソフトは、臨床の場で使用するのに十分な計算精度が有している。また、計算精度をより向上させるためにはScとSpを分離し、計算することを推奨する。

4次元放射線治療に向けた 4D-CT の精度評価

HK9007 飯野 美紗恵

近年、非小細胞肺癌に対する体幹部定位放射線治療 (stereotactic body radio therapy : SBRT) の局所制御率は 86% 以上と良好である。SBRT の治療計画用 CT を撮影する場合、呼吸によって腫瘍が移動する。呼吸性移動に対する IM (internal margin) の設定は、患者個別の生理学的要素や各施設の呼吸性移動対策方法などによって異なり、各施設、各患者における十分な検証が必要となる。本研究では、臨床利用されている 4D-CT (four-dimensional computed tomography) 装置の精度検証を行う。

4D-CT 画像は、呼吸性移動を模擬するために動態ファントムの模擬腫瘍を一定周期で正弦波に動作させながら撮影を行い、治療計画装置を用いて、体積、位置、移動距離について解析を行った。体積の解析は、オートコンツールリングを利用して、基準の静止画像の各模擬腫瘍の体積が公称値と同じ体積となる CT 値を決定し、各模擬腫瘍のコンツールリングを行い、体積を算出した。位置の解析は、各模擬腫瘍の中心座標を用いて行った。移動距離の解析は、呼吸位相 0% と 50% の腫瘍の Z 座標を用いて行った。

体積の解析では、コンツールリング自体に Partial Volume Effect (PVE)、治療計画装置の体積計算の精度によって生じたと考えられるばらつきがあった。小体積の模擬腫瘍では誤差が大きくなったが、治療計画時にマージンをつけるため、誤差は担保されると考えられる。再構成間隔を 1,2,3,5mm と変えた場合の体積の変化は、3mm 以上では過小評価であり、2mm 以下が適切な値であった。位置の解析では、位相が約 7% 進み、振幅が 4% 小さい結果となり、適切な位置情報が CT 画像に付加されなかったと考えられ、さらに検証が必要である。移動距離の精度は、最大吸気と最大呼気をみると、1mm 以内であるといえ、スライス厚 2mm に対して十分な精度であると考えられる。

本研究では、当院における 4D-CT 装置の精度が良好であったが、体積や移動量が過小評価、検証は一定の周期で動作する動態ファントムであるため、今後は様々な呼吸波形パターンで検証、評価を検討したい。

非接続型半導体検出器 Piranha の性能評価

HK9008 芹田 樹

被曝線量の管理には線量測定が重要であるが、X 線発生装置から出力される X 線の線量や線質が明らかでなければその管理はできない。X 線発生装置の品質管理は JIS Z 4752-1 医用画像部門における品質維持の評価及び日常試験方法に示されており、この点からも X 線発生装置の品質保証 (Quality Assurance ; QA)、品質管理 (Quality Control ; QC) は重要であると考えられる。一般に QA, QC は、線量、線量率、半価層、管電圧、管電流の測定によって行われる。本研究では非接続型半導体検出器 Piranha を使用することにより、直接測定と同様の精度で QA, QC が行えるかを検討する。本研究では X 線発生装置と乳房用 X 線発生装置を使用し線量、線量率、半価層、管電圧、管電圧および線量率波形について電離箱を用いた直接接続による測定と非接続型半導体検出器による比較を行った。線量測定の結果は工業用 X 線発生装置では管電圧 40-140kV において直接測定との差異は 0.1-2.2% であった。管電圧 150kV では差が大きく 21.6% であった。一方、乳房撮影用 X 線発生装置では直接測定との差が 0.3-1.0% と少ない差であった。線量率依存性は少なく、直線を保っていた。半価層は管電圧 150kV では Piranha での測定は不可能であり管電圧 40、50kV でも直接測定との差が 13.7%、14.8% と大きく、70-120kV では 1.4-3.2% であった。乳房撮影用 X 線発生装置では直接測定との差異が 7.9-9.0% であった。管電圧測定では設定管電圧よりも Piranha で測定した管電圧が高い値を示した。非接続型半導体検出器 Piranha は使用に際し、測定に適した管電圧の範囲がある。適正管電圧外であっても測定は可能であるが、目安程度の値とし、精度低下を理解した状態で測定を行う必要がある。適正範囲内での測定は、直接接続による測定と同様の精度で測定が可能であり、Piranha は日々の QA, QC に有用である。

タブレット端末を用いた胸部腫瘍の検出能の検討

HK9009 長井 正樹

近年、デジタル技術の進歩によりタブレット端末が普及してきた。タブレット端末は書面等の確認だけでなく、臨床画像の簡易確認など医療現場でも使用されている。この臨床画像の確認において、明らかに医用モニタとタブレット端末の輝度変動は異なり、画像の視覚的印象や階調特性も異なることが考えられる。本研究では、タブレット端末の階調特性、画面均一性を測定し、医用モニタとタブレット端末の検出能を測定することで物理的、視覚的にタブレット端末における臨床画像表示の有用性について検討した。

まず、視覚特性の測定方法は医用モニタ、タブレット端末にモニタ評価用の基準臨床画像を表示し、視覚評価を行った。読影医ではタブレット端末での検出数が医用モニタと比べて多く、タブレット端末を用いた簡易的な臨床画像の観察には有用であると考えられる。しかし、学生間では検出数にばらつきが生じており、これは胸部画像と接する回数の違いによるものと考えられ、視覚評価を行う際は、医師や診療放射線技師を対象とするべきであるということがわかった。画面均一性は均一な濃度のテストパターンを用いてタブレット端末、医用モニタそれぞれで画面の中央、左上、左下、右上、右下の5ヶ所を測定した。この結果、医用モニタ、タブレット端末ともに中心輝度値と周辺の4カ所では10%近くの差が生じた。しかし、タブレット端末は回転して画像を確認することが可能なため、画像を回転した時の影響を比較する必要がある。また、階調特性は画素値を18段階変化させた画像を用いてタブレット端末と医用モニタの輝度値を輝度計にて測定し、階調特性が異なっていることがわかった。これは画像のコントラストに影響を及ぼすと考えられる。

今後は、タブレット端末の明るさ設定を変えたときの階調特性、画面均一性を測定し、医師や診療放射線技師を対象とした腫瘍検出数の違いを検討したいと考えている。

光ファイバー分光測定法における試料の深さ方向に対する評価

HK9010 大原 進也

近年、世界的に「分子イメージング」の研究と実用化に対して関心が集まっている。分子イメージングというのは、生体内における分子・細胞レベルでの生物学的事象を画像化して解明する方法のことである。その中でも、生体組織に対して透過率の高い近赤外光を利用した光イメージングが注目されている。この光イメージングは放射線や磁力を使わず、光によって生体内の情報を可視化させる新しいイメージング技術のことである。今回の研究では、光ファイバーを用いた分光測定法における試料の深さ方向に対する評価について、生体内での目的物質の情報を、どの程度の深さまで得ることが出来るか、実際に測定を行い検討した。まず初めに、光ファイバーを用いて分光測定を行う際に実験結果に影響を及ぼす幾何学的特性の検証を行った。この幾何学的特性として、1. 媒質の厚さ 2. 光ファイバー先端から試料までの距離 3. 光ファイバー先端から媒質までの距離、の3項目に注目し、それぞれ実験結果に与える影響を調べるため、各々のパラメータを変化させながら測定を行った。そして、その実験結果を基に、自作した3層構造の皮膚ファントムにおける分光測定法での、試料の深さ方向に対する評価を行った。今回の実験結果から、皮膚ファントム表面から5 mm以上の深さでの情報は得られないことがわかった。

頸動脈プラークにおける BBI 法 (Black Blood Imaging) 最適撮像シーケンスの検討

HK9011 志田 穂乃佳

近年、わが国における脳血管障害は死因の上位を占める重要な疾患である。スクリーニング検査として頸動脈狭窄率に加えプラークの性状評価が重要とされる。そこで本研究では、MRI による BBI (Black Blood Imaging) における最適撮像シーケンスのファントムによる検討を行った。ファントムは Gd 造影剤濃度とアガロース濃度を変化させ、様々な頸動脈プラークファントムを作成した。撮像シーケンスは、Double IR 法、MPRAGE 法、SPACE 法を用い、SNR、Contrast (信号強度が異なる 2 つ領域の信号強度の合計における 2 つの領域の信号強度の差) の算出を行い評価した。SNR は Double IR 法を用いた場合に最も良い結果が得られ、次いで SPACE 法、MPRAGE 法の順であった。MPRAGE 法は他の画像と比較して、極端に SNR が悪かったため、ここで BBI に適さないと判断した。得られた画像から、T1 値・T2 値を測定し、動脈壁、脂質、線維、出血プラークに近い T1 値・T2 値を持つファントムを模擬プラークファントムとした。そして、動脈壁ファントムと模擬プラークファントム、動脈壁とサラダ油の Contrast を算出し比較を行った。全ての模擬プラークファントムにおいて、Double IR 法を用いた T1 強調が最も高いコントラストを得ることができた。動脈壁とサラダ油のコントラストは SPACE 法が最も高いコントラストが得られた。

MPRAGE 法は GRE 型のパルスシーケンスであるため、磁場の不均一の影響を受けやすいために BBI には不向きであると考えられる。また、SPACE 法は再収束パルスのフリップ角を変化させて撮像を行うシーケンスであるため、信号が弱くなってしまう。また組織によっては十分なコントラストが得られない。また、動脈壁とプラークの T1 値・T2 値の差が T1 強調画像、T2 強調画像において重要であるため、プラークによってどちらの画像でも十分なコントラストが得られない場合がある。以上より、BBI を用いた頸動脈プラークの描出は Double IR 法を用いた T1 強調画像であると考えられる。

種々の SE 法におけるコントラストの比較 ～ファントムによる検討～

HK9012 加藤 隼斗

MRI の画像コントラストは SE 法を基準としているが、臨床ではほとんど利用されず、撮像時間を短縮させた FSE 法や FRFSE 法を臨床で応用している。今回は、SE 法、FSE 法、FRFSE 法、EPI 法にてファントムを撮像し、信号強度比及びコントラスト比の比較を行った。ファントムは文献値を参考に模擬灰白質・模擬白質を作成した他、アガロース濃度、SPIO 造影剤濃度、Gd 造影剤濃度を変化させたものを作成した。模擬灰白質と模擬白質を用いてコントラスト比の算出を行った結果、最も優れていたのは EPI 法であることがわかった。SE 法は FSE 法、FRFSE 法よりも T1 強調、T2 強調、プロトン密度強調において良い値が得られた。この際 FSE 法と FRFSE 法で TR 値の違いにより差が出た。SPIO 造影剤・Gd 造影剤・アガロースのみのファントムそれぞれの信号強度比の TR 値ごとに変化を比べたグラフからも FSE 法と FRFSE 法にも同様に違いがみられた。このことから TR1000ms 付近にて TE を長く設定すると FRFSE 法は FSE 法よりも信号強度比の増加がみられ、また T2 値の長い撮像体においてその信号強度比の差はより顕著に示された。加えて、FRFSE 法 TR1000ms と FSE 法 TR2000ms の TE50ms 付近の信号強度比及びコントラスト比においてほぼ同等の値が得られたことから FRFSE 法を用いることにより、FSE 法と同じ信号強度・コントラストを取得する際、撮像時間の短縮ができるといえる。

In-phase/out-of-phase 画像と paradoxical enhancement の文献的考察

HK9013 山本 郁弥

脂肪組織は T1 強調像、T2 強調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たい場合には撮像する際に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や正常組織と病変部とのコントラストの改善、アーチファクトの除去などを行うことが可能である。磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging ; MRI) における脂肪抑制法は大きく選択的脂肪抑制法と非選択的脂肪抑制法および両者を利用する脂肪抑制法の三つに分けられる。選択的脂肪抑制法として Chemical shift selective (CHESS) 法、Dixon 法が挙げられる。非選択的脂肪抑制法には反転回復 (inversion recovery ; IR) 法を応用する STIR (short TI inversion recovery または short tau inversion recovery) 法がある。選択的および非選択的脂肪抑制法の両者を利用する脂肪抑制法には IR プリパレーションパルス (IR preparation pulse) 法がある。本論文ではこれらの脂肪抑制法についてそれぞれ解説を加えるとともに out-of-phase 画像で生じることが知られている paradoxical enhancement についての文献的考察を行うこととする。Paradoxical enhancement とは水プロトンで生じる Gd 造影剤の増強効果が、180° 位相の異なる脂肪プロトンの信号強度で減算される現象を示している。

CT 撮影における口腔内アーチファクト軽減の検討

HK9014 菅野 怜也

X 線 CT 検査は放射線診断等において必須の検査であるが、様々なアーチファクトによる問題がある。口腔や頸部領域の撮影では、撮影範囲に含まれる非可撤性の義歯やインレーからアーチファクトが発生し、読影に支障を生じさせている。本研究では、義歯およびインレーを装着した頭部ファントムをガントリ傾斜撮影で撮影し、MPR 処理によって再構成した画像を作成し、それらの画像を用いてガントリ傾斜撮影について視覚的に検討を行う。Tilt 角変化によるアーチファクトの変化を視覚評価として、「(下顎) 両側大白歯」、「(下顎) 両側大白歯+前歯裏」の 2 条件を撮影した。撮影は軟部組織の代用として水を使用するため、水槽内水中にファントムをポジショニングし、Tilt 角を 0°、5°、10°... と変化させ撮影し、Tilt 0° 以外では MPR 処理を行った。画像を比較すると、Tilt 0° では義歯およびインレーから画像全体にアーチファクトが発生していたが、Tilt 角を変化させていくにつれて画像全体からアーチファクトが軽減された。しかし、義歯およびインレー付近のアーチファクトは Tilt 角を変化させても軽減できなかった。また、物理評価はガントリ傾斜撮影による空間分解能への影響を検討するため X、Y 軸方向の MTF を測定した。MTF 測定はワイヤ法を用いて、Tilt 0° 時のスライス面と垂直に水槽内水中に 1.0mm のワイヤを張り、Tilt 角を 0°、5°、10°... と変化させ撮影し、Tilt 0° 以外では MPR 処理を行った。Image J と Excel を用いて、得られた CT 画像上のワイヤを PSF とし、X、Y 軸方向の ROI を取り LSF に変換し、LSF をフーリエ変換して MTF を測定した。X 軸方向の MTF は Tilt 角を変化させても変化は見られなかったが、Y 軸方向の MTF では Tilt 角を変化が大きいほど MTF が低下した。しかし、MTF 低下に伴った画像の明確な変化は見られなかった。

ガントリ傾斜撮影後、MPR 処理することでアーチファクトは軽減されるが、軽減が困難な部位が存在した。また、ガントリを傾斜させると Y 軸方向の MTF の低下が見られたが、軟部組織が全て水であったため、画像の変化が見られなかったなどの問題があり、今後は模擬腫瘍を置いての検討を考えている。

頬骨弓軸斜方向撮影法による頸部負担の低減の検討

HK9015 竹内 純

近年、交通事故や格闘技やスポーツによる顔面強打での頬骨弓骨折が増加している。交通事故は受傷原因からは著しい外傷を見るが少ないにもかかわらず、身体的には大きな外力を受けているのが特徴である。私は、テコンドーという格闘技を13年間続けてきているがテコンドーの競技を行っているときの怪我としても頬骨弓の骨折やひびなどが多く見受けられる。骨折の主な原因としては顔面と顔面の衝突、相手の突きや蹴りによる頬骨弓の骨折などがある。私自身も競技の中で相手にけがを負わせてしまうこともあり頬骨弓の撮影法を検討した。頬骨弓の単純撮影では通常頬骨弓軸斜方向撮影法が用いられているが、この撮影法は頸椎を 90° 近く後屈させるので頸部にかかる負担が大きい。交通外傷や格闘技によって撮影を受ける患者さんで頬骨弓を骨折している場合、合併症として頸部を損傷していることが多く、頬骨弓軸斜方向撮影法は患者さんにとって大きな負担となってしまう。そこで頸椎に負担のかからない撮影法を歯科医師の助言のもと歯科領域を応用し検討した。

二等分線法での撮影を行った結果、 $\theta=30^\circ$ の 때가一番従来法に近い画像であった。しかし、 $\theta=60^\circ$ でも従来法と同等であるという結果が得られた。 $\theta=90^\circ$ では臨床的に応用できる画像ではなかった。視覚評価、物理評価では結果より $\theta=30^\circ$ 時の二等分線撮影法の撮影画像が一番従来法に近い画像であることが分かった。しかし、 $\theta=30^\circ$ の時FFD=100cmではX線管球が体部に接触してしまう。そこで管球が体部に当たらないようにFFDを長くして二等分線撮影法を行った。FFDを変化した結果、視覚評価、物理評価の点から $\theta=30^\circ$ で100cm, 110cm, 120cmで従来法の画像に近い画像を得ることが出来た。また $\theta=60^\circ$ でもほぼ同等の画像が得られることが分かった。結果より、二等分線法を用いた撮影で頬骨弓軸斜方向撮影法と同等な画像が得られることが分かった。このことから臨床の現場でも二等分線法を応用すれば頸椎を後屈できない患者に対しても頬骨弓の画像が得られる可能性があることが示唆された。

モンテカルロ法を用いた種々のフィルタを使用した場合の平均乳腺線量の算出

HK9016 内田 美由貴

乳房撮影では軟X線が使用され、乳房表面と内部とで吸収線量に大きな差が生じるために被ばく管理には平均乳腺線量を用いられる。Sobolの近似式は平均乳腺線量を算出するためによく使用されているが、適用可能な条件は限定されている。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の近似式より算出した値と比較することによって、モンテカルロ法使用の妥当性を評価した。また、Sobolの近似式の適用範囲外であるAlやPdの付加フィルタを使用した場合でも、Sobolの近似式を用いて平均乳腺線量換算係数を算出することが妥当であるか検討を行った。

平均乳腺線量を算出するために、5cmの乳房ファントムを計算機上に作成した。構成物質としては、ファントム表面上下0.5cmを脂肪とし、中間層を乳腺50%脂肪50%として、1層あたり0.1cmの50層に分割した。ファントム周辺は真空とし、X線源—表面間距離が60cmとなるようにX線源を配置した。照射野は14cm×14cmとし、光子1000万個をコーンビーム状に照射した。光子のエネルギー分布は実測されたものを使用した。入射線量の算出においては、構成物質を空気とした空気ファントムを作成して計算を行った。ファントムの大きさや照射野、X線源—表面間距離は乳房ファントムと同様とし、ファントム周辺は真空とした。光子数は統計的なばらつきを防ぐために1億個とした。

計算の結果、モンテカルロ法とSobolの近似式は、Pdの付加フィルタを使用したときを除いてほぼ等しい結果を示した。Pd付加フィルタの場合は、Sobolの近似式の方が平均乳腺線量を約6%過大に評価していた。この結果により、Al付加フィルタ使用時はSobolの近似式を適用しても問題ないが、Pd付加フィルタを使用する場合は、Sobolの近似式の結果が実際の値より大きくなることを考慮しなければならないといえる。

デジタルマンモグラフィにおける撮影条件の検討

HK9017 田力 香央梨

近年、我が国の医療現場においてはアナログシステムからデジタルシステムへの移行が著しく、マンモグラフィ分野においても日本国内では約 80% の施設でデジタルマンモグラフィ装置が導入されている。デジタルマンモグラフィはウィンドウ幅やウィンドウレベルの調整等によりコントラストおよび濃度の補正ができるだけでなく、鮮鋭度や粒状度についても画像処理によって操作できるため、フィルム・スクリーン系マンモグラフィ（以下 F/S マンモグラフィ）よりも自由度が高い。一方では被ばく線量の増大が懸念されるため線量と画質の関係が非常に重要視されており、乳房厚に応じて撮影条件を慎重に考える必要がある。

本研究では昨年本学に導入されたデジタルマンモグラフィ装置 AMULET でファントムを用いて各被写体厚に対して高画質モード（以下 H-mode）、標準モード（以下 L-mode）で平均乳腺線量（以下 AGD）および CNR の測定を行い撮影条件の検討を行った。

ファントムが薄い場合、H-mode、L-mode とともに全ての条件下で、AGD は NPO 法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会（以下、精中委）が定める合格基準の 2mGy 以下を満たし、CNR も高い数値が得られた。一方、ファントムが厚くなると L-mode で AGD の合格基準を満たし、Mo/Rh を用いると管電圧が高くなるにつれて線量は大きく減少した。視覚評価においては、薄いファントム厚に対しては、ほぼ全ての撮影条件で精中委が定める合格基準を上回ったが、厚いファントムでは基準に達しないものが多かった。

上記実験結果を考慮すると、乳房厚が薄い場合は H-mode、L-mode とともに有用であり、乳房厚が厚い場合は L-mode で Rh フィルタを使用することで被ばく線量を抑えつつ画質を保つことができるといえる。

本研究では Raw data を使用したため、厚い乳房の視覚評価においては大半が合格基準を下回ったと推測する。そのため、更に画像処理を行うことによって画質が改善されると考える。

構造物陰影と視覚的なノイズの抑制効果の検証

HK9018 小野 宏樹

一般胸部画像は、X 線画像診断において基本部位として集団検診や病院などで多く撮影されている。胸部画像には大きく分けて肺野部と縦隔部が存在する。この 2 つの個所の粒状性について見てみると、物理的粒状度は RMS 粒状度、WS 共に肺野部が縦隔部よりも高い値を示す。本学で測定した実際の値では、肺野部の RMS 値は 6.38、縦隔部の RMS 値は 3.54 と肺野部の方が高いことが分かる。また WS についても測定したところ、肺野部と縦隔部の間には視覚的な粒状性に影響を与えるような特徴は見られなかった。しかし、視覚的な粒状性は肺野部と比較して縦隔部は粒状が目立って見える。つまり、肺野部では物理的な粒状度が高いにも関わらず、視覚的な粒状性が低く認識される。この現象を私達の研究室では視覚的粒状隠蔽効果と呼ぶ。この現象の原因の一つとして構造物陰影の数に関係していると考えている。そこで本実験にて、「肺野部に存在する血管や肋骨、気管といった多くの構造物陰影によって、脳内の視覚認識プロセスが信号の認識に集中し、周囲の粒状への認識を抑制している」と仮説を立て、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、アクリル製水槽ファントムを用いて作成した。次にプログラム上で縦の線状陰影を sin 波で作成し信号とした。陰影数は 0,2,4,6,8 本の 5 パターンとし、信号の無い部分にノイズ画像を付加した。その後、医療用高階調モニタでこの画像を表示し、観察距離 1m にてノイズをどの程度粗くする（ノイズ倍率を上げていく）と認識できるかを、学生 10 名に視覚評価をしてもらった。結果から 70% の人が、信号数が増すに従いノイズを粗くしていかなければ認識できなかった。このことから、構造物陰影数によって視覚的なノイズの抑制効果が確認できた。しかし、信号数が増えてもノイズの認識に変化がなかった場合や逆にノイズが認識され易くなった場合も確認された。また今回の結果を用いて、構造物陰影数に応じて強調係数が変化するボケマスク処理プログラムを作成し実行した。今後は構造物陰影数以外の要因や更に縦隔部の視覚的な粒状性を改善する処理法についても改良・検証する必要がある。

超音波による血管径計測精度の検討

HK9019 高橋 雄大

背景：近年、頸動脈狭窄症に対する外科治療として頸動脈留置ステント術（CAS）が低侵襲的であることからこの術式を望む患者が増えると考えられている。血管径の計測は、CAS においてフィルター、バルーンカテーテル、ステントサイズの決定において重要な役割があり、現在は 3D - DSA や CTA が主に用いられている。そこで血管径の計測に超音波を用いて精度を検討し、有用性があればより患者にとって低侵襲的であると考えられる。

目的：本研究では、B モード、DTHI モード、カラー Doppler 法を用いて模擬血管ファントムの血管径の計測を行い、真値と計測値の比較を行い超音波装置の血管径の計測精度を検討する。

結果及び考察：周波数が大きくなるにつれ真値（10 mm）に近い値をとった。各モードとも真値より低い値をとり DTHI モードが最も真値に近い値をとり、カラー Doppler 法では著しく低い値をとった。各モードともに超音波受信信号の波長の尾引きおよび模擬血液の温度依存性による影響を受けたと考えられ、特に尾引きの影響を受けたため真値より低い値を取ったと考えられる。また、高周波数を用いるほど尾引きの影響は小さく、DTHI は生体からの反射信号の高調波を利用したため最も真値に近い値を得られたと考えられる。カラー Doppler 法については、表示する際に血管壁のクラッターの影響を受けたため著しく低い値をとったと考えられる。尾引きおよび温度依存性の影響を考慮して補正を行うと、それぞれ真値に対して $\pm 2\%$ に収まり補正法としての有用性が見られた。

結論：超音波装置による血管径の計測は、補正を行うことで有用性が見られたが、今回の実験ではシリコンチューブを用いた模擬血管ファントムであるため、今後さらに血管に近いものを用いて研究を引き続き行っていく必要がある。また、術中に行うと考えた際には、術者の技量による差、撮影法から計測法までの方法をさらに検討しなければ誤差が大きくなってしまふと考えられる。

超音波 3 次元乳腺画像における大視野画像・Cモード画像の作成

HK9022 渡辺 悠紀

背景：近年、超音波装置における 3 次元画像の発展は目まぐるしく、乳腺においても用いられつつある。しかし、超音波 3 次元画像では、大視野画像を表示することができない。また、昨年度の研究で、乳癌検診超音波システム試作機で、取得した画像から、MATLAB を用いた再構成により C モード画像を作成したが、渦を巻いた様な画像になってしまった。

目的：大視野画像を作成するプログラムを作成し大視野画像を作成する。次に、渦の影響を軽減させた C モード画像を作成するプログラムを作成し、C モード画像を作成する。

実験方法：MATLAB を用いて、単純に収集角度が 180 度違う画像を同時に表示するプログラムと、線形補間を行い収集角度が 180 度違う画像を同時に表示するプログラムを作成し、大視野画像を作成する。次に、画像に渦が発生する原因を解明し、渦の原因を考慮したプログラムを作成し、C モード画像を作成する。

結果及び考察：大視野画像については、単純な大視野画像と線形補間した大視野画像を表示するプログラムを作成し、大視野画像を作成することができた。C モード画像については、画像を再構成する際、画像の読み込みを逆にし、C モード画像を作成するプログラムを作成し、C モード画像を作成した。画像の中心付近の渦は軽減したが、外側では渦を巻いた画像が残った。したがってこれは渦の直接的な原因でないと考えた。その他の渦の原因としては、画像を取得する際にプローブの軸がずれてしまったことや、演算誤差、画像収集角度のずれなどが考えられる。

結論：MATLAB を用いて、大視野画像を作成することができた。C モード画像については、中心付近の渦は改善されたが、外側の渦は、改善されなかった。渦の原因は、画像を取得する際にプローブの軸がずれてしまったことや、演算誤差、画像収集角度のずれにあると考えられ、今後の研究で渦の原因をさらに解明し、渦を軽減する必要がある。

模擬腫瘍を用いた胸部立体視における検出能の検討

HK9023 松元 陽之

立体視とは裸眼や器具を使って、平面に描かれた写真や模様を見て立体像を得ることである。近年、立体視は映画やゲームなど、様々な分野で普及してきた。医療においても立体視は広まっており、ナナオ社、FUJIFILM 社等がデジタルマンモグラフィ用の 3D モニターを販売している。しかし、現在の立体視を用いたモニターは、一般撮影に用いられることは少ない。そこで本研究では、一般撮影での撮影件数が最も多い胸部撮影において立体視を用いた際、どのような立体像が得られ、検出能に変化は生じるのか検討した。使用した 3D モニターは市販の一般的な 3D モニターとし、胸部ファントム内に模擬腫瘍を配置し撮影した画像をモニターに表示、立体視をし、視覚評価を行った。

視覚評価は、立体視表示する際の画像の組み合わせを変化させる合成角度変化、3D モニターの立体視と通常表示、医療用モニターで通常表示の 3 種類で視覚評価を行う表示条件変化、模擬腫瘍の直径を変化させる腫瘍直径変化、それぞれについて、病院実習を経験した学生を対象に行った。

その結果、腫瘍位置は肺野や心臓右辺などでは、その他の表示より 3D 表示で高い検出数が得られた。また、腫瘍直径が小さくなると 3D 表示ではあまり検出できなかった。これらのことから腫瘍の位置、直径によっては、立体視は有効である可能性が示唆される。また、合成角度は大きいと観察しにくく、眼にも負担をかけることがわかった。しかし、小さくしすぎても立体感が得られないため、輻輳角や両眼視差を考慮し、適切な角度の調整が必要となる。立体視を得るためには 2 枚以上の撮影が必要となり、被ばく量と比較したときにさらに有効であるか検討する必要がある。

今後は、器具を整え、様々な条件下において、立体視表示における腫瘍検出に関して、さらに検討したいと考えている。

外挿電離箱の試作における理論的考察

HK9024 横山 央季

X 線照射における人体への影響は吸収線量を評価することが重要であり、被曝低減を考える上で吸収線量の測定が必須条件となる。吸収線量の測定は Bragg-Gray の空洞理論を満たす外挿電離箱が有効である。外挿電離箱は、電極間距離を変化させることで空洞を小さくすることができ、間隙を零点に外挿することで入射表面線量を算出することができる。本研究では、試作途中である外挿電離箱の製作経過報告および基礎検討として、理論背景を考察した。試作外挿電離箱は一般的な外挿電離箱の形状とは異なり、NESCO 電離箱を参考に設計されたものである。試作外挿電離箱の制御における特徴として、電極間距離の変化を PC 上で作成したステージ移動プログラムを用いて、0~20mm 間を機械的に制御可能となる。また、制御信号が 1 パルス当たり 0.1m の移動量となることから、より細かな有効体積を実現することが可能である。外挿電離箱の測定には、印加電圧、後方散乱、Bragg-Gray の空洞理論が重要な要素となる。印加電圧については、外挿電離箱の電極間距離が可変であることから電界強度による絶縁破壊やイオン収集効率への影響が考えられる。外挿電離箱では入射表面線量の測定が可能であるが、後方散乱物質の厚さや、後方散乱係数 (BSF) による補正の有無が問題となるため、後方散乱成分を考慮する必要がある。Bragg-Gray の空洞理論により吸収線量 (率) は導出され、今回は文献の電離電流値を利用して吸収線量率を算出した。その結果、電離電流および吸収線量率に対し、それぞれ直線性が保たれており、外挿により入射表面線量の算出が可能であることがわかった。また、各電極間距離に対する単位体積当たりの電離電流値が異なる現象が確認された。これは電離箱壁と空気の境界近傍では二次電子平衡が成立しないことに起因するものである。本研究により、理論的背景を通じて外挿電離箱による線量測定に関する理解を深めることができた。今後は、試作外挿電離箱を完成させ、市販の外挿電離箱による実測値やモンテカルロシミュレーションで算出される入射表面線量との比較から試作外挿電離箱の精度評価を行いたい。

乳がん検診超音波システム 一画像の黒抜け要因について—

HK9025 窪田 菜美

背景：乳がん検診の受診率が上がってきたときに、検査を行う術者の不足が問題となってくる。そこで、術者の不足を補えるように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。乳がん検診超音波システムは水浸法を用いて検査を行う。水浸法では画質が劣り、黒抜けが発生しやすくなってしまったことがわかった。また、この黒抜けは圧迫により改善することがわかった。

目的：黒抜けの原因の一つと考えられている側方陰影は音速に差がある組織の境目で発生すると考えられているが、それが本当なのか検討する。また、同時に被膜の影響も検討し、画質の改善をはかる。

実験方法：媒質の上端から 10mm あけたところに直径 20mm の穴をあけ、この媒質をスキャンすることによって側方陰影が発生するか観察する。媒質と穴の中の音速差を変化させるためには、水槽内の水の温度、及び、エタノールを混入させて、音速を変化させた。音速差の評価は媒質の音速を A、穴の中の音速を B とし、 $A > B$ 、 $A \approx B$ 、 $A < B$ の 3 分類で行い、A と B の音速差が 30m/s 未満のときを $A \approx B$ とした。

結果および考察：被膜の有無は側方陰影の発生に関係ない。豆腐ではすべての条件で側方陰影を生じた。寒天、こんにゃくでは、A と B に音速差があるときに側方陰影を生じた。媒質表面のなめらかさに関しては、寒天、豆腐、こんにゃくの順でなめらかであり、滑らかなほど側方陰影が発生しやすいというわけではなく、側方陰影の主原因ではないと考えられた。

まとめ：今まで、側方陰影は媒質の境界の音速差（屈折効果）で発生すると言われていた。しかし、側方陰影は、媒質の境界の音速差に加えて、媒質の滑らかさ・減衰の大きさが複雑に関与している。寒天では滑らかであるにもかかわらず、減衰が少ないため側方陰影が生じにくいのではないかと考えられた。

さらに原因を究明することで、臨床画像における黒抜けを減らして画質の改善につながり、また、この側方陰影から、乳がんの腫瘍の種類（音速差、減衰の大きさ）がわかる可能性がある。

デジタルマンモグラフィにおける画像と線量の比較

HK9026 会田 果琳

我が国では、近年乳がんの罹患率が上昇傾向にあり日本人女性においては 40 歳代でピークとなっている。厚生労働省は 40 歳以上の女性に 2 年に 1 度の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の増加と死亡の率の低下を目指し、検診の普及に努めている。

一方では、福島原発事故により受診者は被ばく的面で敏感になっており、画像に携わる診療放射線技師は少ない線量で高コントラスト、高鮮鋭度の画像を提供することが求められる。マンモグラフィによる被ばくは、受診者の乳房厚や乳腺含有率、使用する装置、撮影を担当する技師の力量により異なるので、絶えず線量と画質について追究していかなければならない。

本研究では、デジタルマンモグラフィ装置 AMULET と既設のアナログ装置を用いて、H-mode と L-mode の有用性、乳房厚ごとの被曝量と画質の関係について検討した。

平均乳腺線量 (AGD) の観点から、60 mm 以上の乳房厚がある場合、L-mode の使用が有用であるが、CNR を基準にすると厚みが増すにつれて、L-mode は H-mode に比べその値が低くなった。そのため、乳房厚が大きい受診者に対しては、検査の目的などを考慮して mode の選択を行う必要があることが分かった。

ACR ファントムを用いた視覚評価においては、同じ撮影条件で撮影した場合ではデジタル装置の方が合格点に達しないものが多く、特に、石灰化試料では差が大きい結果となった。しかし、デジタル装置での ACR ファントムの視覚評価は Raw Data で行ったもので、今後周波数処理や階調処理の評価及び検討が必要だと思われる。今回はアナログ装置とデジタル装置の比較は平均乳腺線量と視覚評価のみで行ったが、スペクトルの比較は行われていないので、同じ撮影条件を入力した場合でも実際の線質は異なることも推測される。

正常脊髄信号比を用いた体幹部拡散強調画像 (Body DWI) による病変悪性度の識別能

HK9027 小林 千絵美

MRI 装置で水分子のブラウン運動による拡散運動を可視化する拡散強調画像 (DWI: diffusion weighted imaging 以下 DWI) は主に急性期脳梗塞の診断に用いられている。DWI では正常細胞のような水分子が自由に運動する場所では傾斜磁場印加後、水分子の位相が揃わず低信号 (黒) となるが、ガン細胞のように細胞数が多く密な場所となり、水分子が動きにくい場所 (弱い拡散状態) では位相が揃い高信号 (白) く描出される。

近年、この DWI を体幹部に応用し、ADC (見かけの拡散係数) を用いて組織の悪性度を決定するという臨床応用が進んでいる。しかし ADC には潜在的な不一致の懸念・信号雑音が強く診断に難がある。このことから、今研究では、良性腫瘍として肝嚢胞・海綿状血管腫、悪性腫瘍として肝細胞癌・肝転移を対象として、4 つの b 値 0,500,1000,1500 sec/mm² を用いた DWI 上で、肝腫瘍と、肝臓と同スライス上にあり標準的な信号強度を示すとされる脊髄の信号強度比を求め、症例ごとに比較することにより、肝腫瘍の悪性度を識別することが可能かを考えた。また、同様の DWI 上で b 値が 0,500、0,1000、0,1500 sec/mm² の時の ADC 値を算出し、症例ごとに比較することで ADC による悪性の識別も確認し、信号強度比による識別と ADC による識別を比較した。結果として、信号強度では b 値を大きく設定した DWI 上で、腫瘍と脊髄の信号強度比が小さいものは良性腫瘍、大きいものは悪性腫瘍であると判断することができた。また ADC では、報告されているように、どの b 値の組み合わせにおいても ADC 値が大きいものが良性腫瘍、小さいものが悪性腫瘍であると確認できた。よって、肝腫瘍の良悪性の識別は ADC に加え、信号強度比を用いることでも可能であり、信号強度比の方がより簡便に行うことができることがわかった。今研究では、症例数が少なかったため、腫瘍内の詳細な識別はできるとは言いきれないが、症例の種類や数を増やすことで、ばらつきが少なく、また信号強度比や ADC の数値の違いによって腫瘍の詳細な識別を可能にするかもしれない。

胸部 X 線単純撮影におけるグリッド陰影描出の検討

HK9028 三沢 ちひろ

本研究は、臨床現場において胸部立位撮影におけるブッキー機構を用いたときの体格差におけるバックアップタイマの設定とグリッド陰影除去の関係を比較・検討することを目的とした。方法は、FPD 搭載一般撮影装置を用いて体格差をアクリルと胸部ファントムにより再現した。グリッドは、一般的な臨床現場にて使用されている「標準的なグリッド密度 60 本、グリッド比 12 : 1」と「散乱除去割合が同程度であるグリッド密度 67 本、グリッド比 14 : 1」の 2 タイプのグリッドを用いた。各グリッドにおける画質特性の評価として CNR と SCTF を用いた。また、視覚評価としてグリッド密度 60 本及び 67 本の各々において「アクリル板なし」「アクリル板 40mm」「胸部ファントム」「胸部ファントム+アクリル 40mm」の 4 つのパターンで管電圧 120kV、管電流 320mA で照射前タイマをアクリル板なしでは 10msec~200msec まで、他の 3 条件では 50msec~125msec に可変させ撮影した。得られた画像におけるグリッド陰影を技師 5 人 (技師歴 4 年~38 年)、学生 5 人 (すべて本学 4 年生) に一般的なパソコンディスプレイ上にて視覚評価した結果、①技師と学生との間に明らかに視覚評価の差を認めた ($p < 0.05$)。② CNR、SCTF 及び視覚評価よりグリッド密度 60 本よりもグリッド密度の高い 67 本の方が同じ条件下においてグリッド陰影は見えにくかった。③本実験では体格差におけるグリッド陰影描出の大きな差を認めなかった ($p < 0.05$)。以上のことから、臨床現場で撮影設定していた胸部 X 線単純撮影の撮影時間 63msec は、画像読影を行う上でも有効であり、グリッド密度は密度値の高いものを選択することで高質な画像が得られることが示された。

MRIにおけるPartial Fourier Imagingを使用した画質向上の検討

HK9029 柄野 麻里那

MRI検査は、単純X線撮影やCT検査と比較し検査時間が長い。そのため時間短縮法を利用することで、高速で変化する対象の計測および画像化を可能にする。加えて、検査者の身体的・精神的負担の軽減に寄与する。しかしPartial Fourier Imagingは、一般にターゲットのk-spaceの全データを収集する場合に比べ画質が劣る。よって本研究では、Partial Fourier Imagingでよく使用されているPOCS法・FOCUSS法を適用し、画質が向上するかを検討した。MRIのファントム撮像データを使用して画像の再構成を行った。POCS法では、従来法に加え作成したimageにmanualでマスクを作成しB.G領域を設定しB.Gに画素値0を入力した後、フーリエ変換をかけた。FOCUSS法では、再構成された画像のノイズレベルの変化を認識しやすくするために、元のk-spaceのデータにその信号強度平均が標準偏差となるようなnoiseを加えて行った。定量評価として、POCS法では画素値の差の2乗の総和をErrorとして算出した。従来法と本研究法でそれらのErrorの値は、収集データに部分フーリエ変換を施して再構成した画像のerrorより小さくなったが、従来法と本研究法の両者間には見た目上違いは見られなかった。また、POCS法とFOCUSS法でErrorとSNRを測定したが、視覚評価上有意差は見られなかった。見た目上解像度も、POCS法とFOCUSS法では大きな差はなかった。しかし、FOCUSS法のSNRはPOCS法のそれと比較して約1.4倍となった。視覚評価として、従来と本研究法のPOCS法、FOCUSS法を比較し2標本t検定を行った。従来法と本研究のPOCS法は、部分フーリエ変換法より良くなった。しかし、従来法と本研究の間には有意差はなかった。また、本研究のPOCS法とFOCUSS法では、視覚評価上の有意差はあるとは言えなかった。ただし、FOCUSS法はPOCS法と比較して解像度を落とさずにSNRは良くなっているといえる。今回、POCS法とFOCUSS法の適用を行い画質が向上するか検討したが、POCS法の見直しは上手くいかなかった。しかし、部分フーリエ変換法よりも、POCS法およびFOCUSS法を適用することで画質が向上することが分かった。

視覚的粒状隠蔽効果の検証

HK9030 三塚 優

胸部撮影は一般X線撮影の中でも件数が最も多い部位であり、肺野部と縦隔部が存在する。この胸部画像において、視覚的粒状性は縦隔部より肺野部のほうが粒状性が良く見られるのに対し、物理的粒状度(Root Mean Squarer:RMS)では肺野部のほうが高い値となっている。実際にRMS値を算出してみると、肺野部は6.38、縦隔部は3.30と物理的粒状度は肺野部の方が値が高い。視覚的に肺野部のほうが粒状性が良く見えるということは、RMS粒状度は縦隔部のほうが高い値とならなければならない。つまり視覚的粒状性と物理的粒状度が一致していないことになる。この脳内の視覚認識プロセスからくる視覚的粒状性を抑制する現象を視覚的粒状隠蔽効果と呼ぶ。この原因として肺野に存在する構造物が多い場合、脳内の処理が信号の検出に集中し、視覚的にノイズを抑制されると仮説を立てた。また人間の視覚検出能は方向によって変化してくる。去年、天野氏が縦方向の検証を行っているので、本実験では横方向の検証を行う。実験方法としては視覚評価画像を作成するため、まず均一なノイズ画像を作成する。胸部ファントムを撮影し、S値L値を記録した。その後、水槽ファントムに水を張り、肺野部、縦隔部に対応する水位で撮影を行った。その際胸部ファントムで記録しておいたS値、L値を入力した。その画像をImageJでトレンド補正し、均一なノイズ画像とした。次にプログラム上で横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0,2,4,6,8本の5パターンで信号のない所にノイズ画像を付加した。その後、観察距離1mで医療用モニタに表示し、ノイズコントラストを何倍に設定すればノイズを検出できるか8人に視覚評価をしてもらった。結果のグラフから、視覚的粒状隠蔽効果は縦信号では発現し、横信号では発現しなかった。また信号縦方向の結果と比較すると、すべての信号数で横方向の方が低い倍率でノイズを検出できている。これは横方向よりも感度の高い縦方向の場合には、信号ばかりに目が行き、ノイズを検出しにくくなったと考えられ、仮説の有効性が示された。仮説の検証には他の要因も考慮する必要があり、今後も他の要因の解析を進める。

FPD と IP の性能の違いがアイリスフィルタの腫瘍検出能に及ぼす影響

HK9033 吉本 絵夢

読影医の負担を減らし乳癌腫瘍検出向上を目的として用いられる「コンピュータによる画像診断支援システム (CAD)」で用いられる画像処理フィルタの一つにアイリスフィルタがある。本実験はアイリスフィルタを用いて、FPD と IP で腫瘍検出を行った際に腫瘍検出能にどのような差が生まれるかを検証したものである。FPD と IP では画像を得るまでの機構が異なるため、画質にはそれぞれ特徴がある。FPD の方が MTF、DQE とともに良いとされており、今回使用した FPD 装置 AMULET の画素サイズは IP と同じ 50[μm] であるため、解像度の比較的な差もない。

それぞれの検出器について性能評価を行ったところ、WS は低周波数領域において AMULET の方が高い値を示し、粒状性が悪いことがわかった。また、MTF については全体において AMULET の方が高い値を示し、高鮮鋭であることがわかった。何種類かの模擬腫瘍を乳房ファントムの上に乗せて撮影し、アイリスフィルタで腫瘍検出を行ったところ、いずれの検出器においても直径が大きい腫瘍ほど集中度が低下することがわかった。アイリスフィルタは濃度コントラストからではなく、濃度勾配ベクトルの方向のみから腫瘍を検出するため、濃度勾配が緩やかだとノイズの影響を受けやすくなり、集中度が低下する。直径が大きい腫瘍ほど濃度勾配が緩やかになるため、集中度が低下すると考えられる。また直径が大きく高さの低い腫瘍については FPD 装置の方が高い集中度を示した。WS 値は AMULET の方が高かったが、今回使用した模擬腫瘍に影響を及ぼすノイズはより高周波領域のノイズと考えられる。二つの検出器では高周波領域においては WS 値に大きな差はなかった為、影響に差はなかった。一方、腫瘍辺縁に相当する領域において MTF の値は FPD 装置の方が高かった。これにより FPD 装置では腫瘍辺縁まで検出されており高い集中度を示した。IP 装置は腫瘍辺縁まで検出することが出来ず、集中度が低下したため、直径 12.5[mm]、高さ 1[mm] の模擬腫瘍検出においてはシステム上の検出レベルを下回った。したがって、FPD 装置の方が高性能である。

頬骨弓軸斜方向撮影法による頸部負担の低減の検討

HK9034 針谷 凌輔

近年では、交通事故による顔面強打での頬骨弓骨折が増加しているが、頬骨弓の単純撮影では通常頬骨弓軸斜方向撮影法（従来法）が用いられている。しかし、この撮影法では頸椎を後屈させて撮影を行わなくてはならない。頬骨弓骨折をした場合、合併症として頸椎を損傷している場合も多いため頸椎を後屈させない撮影法を検討する必要がある。そこで今回は歯科領域で用いられている二等分線法で頬骨弓を撮影法した。二等分線法は、歯軸とフィルムのなす角 (θ) の二等分線に X 線を垂直に照射することでフィルムに歯の長さをそのまま撮影することが出来る方法である。

$\theta = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ に変化させて撮影を行い、すべての角度で頬骨弓を描出することが出来たが、 $\theta = 90^\circ$ では臨床に応用するレベルでは無かった。また、一番従来法に近いのが $\theta = 30^\circ$ であったが、FFD = 100[cm] で撮影すると管球に角度をつけて撮影するために体に管球が当たってしまった。そこで、FFD = 110, 120[cm] にすることで、管球が体に当たらずに撮影することが出来た。FFD を変えても FFD = 100, 110, 120[cm] で得られた画像すべてで同程度の画像が得られた。

従来法に比べ二等分線法を用いた頬骨弓撮影法は頸椎を後屈させることなく頸部負担の少ない撮影方法であることが分かった。 $\theta = 30^\circ$ では管球が体に当たっていたがその問題点も FFD を 120[cm] とする事で解決でき、さまざまな体格に対しても応用できる撮影であり、臨床に応用できる可能性がある。

マンモグラフィのステレオ撮影について

HK9035 川崎 美玖

ステレオ撮影では X 線管の焦点の位置を変えて撮影した 2 枚の画像を合わせて見ることにより、身体の立体的な情報を得ることができるが、過去のステレオ撮影は CT 装置の普及にともなって衰退していった。

我が国では 80% の施設がデジタルマンモグラフィを使用しており、現在デジタルの立体マンモグラフィが再び注目されてきた。立体視は、左右の目が離れていることにより、左右それぞれの目に写る景色には、見え方に微妙な違いを生じる。この左右の見え方の違いを脳が瞬時に処理することにより、私たちは物の立体感を認識している。立体視によって画像の奥行き情報が得られ、人体構造を立体的に把握することが可能となる。従って、石灰化は乳房内のどこに位置しているか、奥行き方向に離れた石灰化がたまたま 2 次元に投影されて集まって画像化されたのかという区別が、立体視を行なうことにより判断することができる。

本研究ではアナログマンモグラフィにおけるステレオ撮影について検討した。始めに基礎的な実験として鉛筆の芯を撮影し立体視が可能であることを検証した。次に臨床画像を仮想し、模擬試料として卵の殻・バリウム造影剤を用いて立体視の評価、試料の分離度について考察を続けた。視覚評価は教員 1 名、学生 3 名で行った。ステレオ撮影の立体視は、X 線焦点 - フィルム間距離の 1/10 が適切といわれているため、画像の立体視化は X 線焦点移動距離に影響される。今回の研究では X 線焦点 - フィルム間距離が 65cm なので、推奨される値は 6.5cm である。視覚評価の結果では、振り角 10° が最も分離して見えると評価されたが、視覚的に 2 枚の画像を合成しづらく視覚的に負担が大きいことが分かった。

結果的に 2 枚の画像は 0° と振り角 8° の組合せのときも十分に模擬試料が分離していると評価された。課題としてステレオ撮影は 2 枚の画像を必要とするので、被ばく線量の増大が懸念されるが、グリッドを用いないことも選択肢である。また、2 枚合わせて観察することで粒状性が気にならないことも推測できる。

マンモグラフィにおけるステレオ撮影の試み

HK9036 鳥村 真芳

近年マンモグラフィによる乳がん集団検診が普及し、微笑石灰化をはじめとする非触知病変が発見される機会が増えている。しかし通常のマンモグラフィ画像では、乳腺組織とがん組織や石灰化の X 線吸収差が小さいことからコントラストがつきにくく、重なりがある場合には検出することが難しいという問題がある。それに対し、ステレオ撮影は X 線管の角度を変えて撮影した 2 枚の画像を重ねて見ることにより、乳腺組織の重なりや微小石灰化などの位置関係を立体的に読影することができる。ステレオ撮影は 20 年ほど前まで広く利用されていたが、被ばくの問題と CT 装置による断層撮影の普及とともに衰退していた。

しかし、立体視は画像データを再構成する必要がなく、撮影した画像の分解能そのままを観察することが可能である。近年マンモグラフィ分野においては、デジタル装置の発展によりデジタルマンモグラフィ装置でも高画質な画像が得られるようになり、更に X 線管のみに角度をつける機構を装備したステレオマンモグラフィ装置が開発され注目されている。

そこで、本校にあるアナログマンモグラフィ装置を用いてファントムのステレオ撮影を行い、アナログマンモグラフィ装置でステレオ撮影が可能であること、更に内部構造の分離能を評価し、立体画像を得るための最適な撮影角度を検討した。

結果として、特製の固定台を用いることにより、被写体を固定して X 線管とフィルムだけに角度をつけることが可能となり、ステレオ撮影をすることができた。また、X 線管の振り角の増加に従って立体感が得られるが、0° と 8° の組合せ程度から「分離が明瞭」という結果が得られた。振り角 10° が最も分離能が良いが、撮影角度が強いと 2 枚の画像を視覚的に合成しづらいこともあり、繰り返し立体視すると視力に負担を感じる。そのため、X 線管焦点の移動距離で考えると X 線管 - フィルム間距離の 1/10 で撮影した画像が立体視に適していると言える。

Dual energy imaging を利用した模擬石灰化と造影剤の分離

HK9037 御供 駿

造影剤を用いた X 線 CT 検査において通常の管電圧 (120kV) で撮影した際に、石灰化や尿路結石が存在する部分に造影剤が流入することで CT 値が同等の変化を示し、分離が困難となってしまう。そこで dual energy CT を用いて 140kV と 80kV の 2 種類の異なるエネルギーを使用し、撮影することにより石灰化と造影剤など組織の分離が可能となる。

本研究では、管電圧 135kV、120kV、80kV で模擬石灰化ファントムを撮影した。得られた画像から CT 値を読み取り、グラフにプロットし分離を試みた。さらに造影剤の濃度を変化させ、どの程度の濃度まで分離可能か検討した。ファントムは内径 21mm のアクリルパイプ内側にバスセメントを塗り、アクリルパイプの中に 1、3、6、10、15、20、25% となるよう希釈した造影剤を入れ、模擬石灰化ファントムとした。これを水槽の中心に設置し、実験を行った。その結果、濃度 1%~6% まで分離可能であり、10% 以降の濃度では分離不可能となった。また、管電圧差 55kV (管電圧 135kV と 80kV)、管電圧差 40kV (管電圧 120kV と 80kV) での変化 (傾き) の差を比較すると管電圧差が大きいほうが、より変化が大きくなった。

Dual energy imaging ではプロット上での分布の違いが大きいほど分離は正確となるとされており、管電圧差 55kV より管電圧差 60kV (管電圧 140kV と 80kV) のほうがより変化が大きくなり石灰化と造影剤が明確に分離可能と推測される。また、CT ダイナミック撮影を行ったときに大動脈が最も高い CT 値 (約 460HU 程度) を示す濃度 (6%) での分離が出来たため、冠動脈造影などの場合でも分離が可能であると考えられる。

本研究より管電圧差 55kV で撮影することによる模擬石灰化と造影剤の分離は 6% 濃度まで可能であった。また、より管電圧差を大きくしたほうがより明確に分離可能であると示唆される。

マンモグラフィにおける腫瘍陰影の強調方法の検討

HK9039 大塚 秋乃

近年、乳がん罹患率は上昇傾向にあり、今後も更なる増加が予想される。乳がんは早期発見が重要であり、触知が不可能な早期癌の発見に有効とされるマンモグラフィによる乳がん検診が推奨されている。集団検診へのマンモグラフィ導入に伴い、読影量が増加している。更に、乳房は全て軟部組織で構成されており、X 線吸収差が少ないため情報を得るのが難しいことから、医師の診断を補佐するためにコンピュータ支援診断 (Computer Aided Diagnosis:CAD) や検出率向上のための画像処理を用いる方法がある。

CAD は既に製品化され、画像処理には現在 PEM 処理やマルチ周波数処理があるが、実際の現場では画像処理を極力低くするなど有効に活用されていない。しかし、デジタル化が進むにつれて今後画像処理は多くなる可能性がある。そこで、本研究ではマンモグラフィの画像処理に着目し、IP と FPD の腫瘍の強調画像を CAD で利用されているアイリスフィルタを用いて作成した。

本研究での強調過程は、アイリスフィルタを用いて作成した腫瘍強調画像に強調係数をかけ特性曲線で諧調を変化させて強調画像を作成している。強調係数は、EDR をかけた原画像に BG 濃度により変化する係数である。これにより、特性曲線の低濃度域ではより強調させ、コントラストの高くなる中濃度の部分では強調を弱くさせる強調過程をプログラムにより自作した。

結果として、IP、FPD 共に強調の過不足を低減させ、全濃度領域に対し、同等のコントラストが得られる強調をすることが出来た。しかし、低濃度の領域では、元の画像より強調画像が小さく見えてしまった。これは、腫瘍の部分の強調の度合いが大きく元の画像の腫瘍に対して視覚的に大きさが異なってしまったことが考えられるため、今後は強調係数を変化させることや、今回使用した半球状以外の腫瘍の種類など、更なる研究が必要となる。

超音波コンパウンドスキャン法を用いた画質向上の検討

HK9040 松山 泰賢

背景：乳がん検診には、マンモグラフィ・超音波・医師による触診が多く用いられている。超音波検査はマンモグラフィよりも腫瘍性病変の検出能が高く、非侵襲的な検査である。超音波の画質向上技術は目まぐるしく向上しており、コンパウンド法もその一つである。コンパウンドとは複数の画像データを加算する方法であり、空間コンパウンド・周波数コンパウンドとある。空間コンパウンドとは送受信角度を変えて画像データを作成し、それらを加算平均することであり、周波数コンパウンドは送信周波数を変えて画像データを作成し、それらを加算平均することである。

目的：本研究では、ファントム及び動きの影響が少ない生体（四肢）でコンパウンド法を行い空間コンパウンド、周波数コンパウンド及び両者併用のコンパウンドの各々の方法に対して、物理的評価、視覚的評価を試み、画質向上を検討した。

実験方法：マニュアル操作にて周波数、送受信角度を変化させ、それぞれ得られた画像を加算し画質への影響を検討した。模擬腫瘍ファントム及び生体（四肢）をマニュアル操作で周波数、送受信角度をそれぞれ変化させて加算画像を作成し、画質評価を物理的評価と視覚的評価で行った。評価項目は共に、粒状度、コントラスト、空間分解能である。

結果・考察：物理的評価は、粒状度は全ての加算方法でファントム、生体共に原画像より改善がみられた。しかしコントラスト及び空間分解能は低下してしまった。これらの低下は画像加算平均による平滑化のボケの影響が原因だと思われる。視覚評価でもコントラスト及び空間分解能の評価は悪かった。

結論：現段階の研究では粒状度を改善させることしか長所がないので通常の検査における補助の領域を出ていないと思われる。

3D-CT による体積測定における閾値の検討

HK9045 岡田 良祐

現在、肝臓、肺、動脈瘤など様々な部位で 3D-CT による体積測定が行われている。近年、肝切除術も進化を遂げ、腹腔鏡補助下や完全腹腔鏡下の切除術も頻繁に行われるようになった。狭い視野にて高度な技術を要する術式を選択していく中で、3D-CT による事前情報の取得がますます重要視される。しかし 3 次元画像制作の際に閾値設定を手動で行う場合、作成者の主観や経験則により、大きさや体積の違いが生じることから、客観的かつ再現性のある閾値設定法の確立が求められている。本研究では、2 値化によって測定対象物を抽出した際に、より正確に体積測定を行うための閾値の設定方法を検討することを目的とした。

あらかじめ測定対象物の真の体積を測定し、寒天で固めたファントムを作成して、X 線 CT 装置にて撮影した。次にワークステーションを用いて得られたデータを Axial 像で表示し、測定対象物の CT 値と SD 値を測定した。さらに Volume Rendering 法 (VR 法) で 3 次元表示し、2 値化により測定対象物のみを抽出し体積測定を行った。そして 2 値化の際の閾値と測定体積との関係を考察した。VR 法とはボリュームデータのボクセルに不透明度を与え、3 次元のデータをモニターに半透明な形で直接表示して、その内部の構造まで明らかにする手法である。

測定対象物としたアクリル棒の CT 値は 133、SD 値が 3 であり、真の体積に最も近い測定体積の時の閾値は 130 であったため、3D-CT による体積測定をより正確に行うための 2 値化の際の閾値は測定対象物の CT 値から SD 値を引いた値であるという仮説を立てた。

仮説をもとにその他の測定対象物について体積測定を行ったところ、3D-CT による体積測定をより正確に行うための閾値は SD 値が小さい対象については形状に関わらず CT 値から SD 値を引いた値であることが分かった。また、この仮説と 2 値化における閾値設定法の 1 つであるモード法との比較を行った結果、どの測定対象物についてもモード法の方が測定体積と真の体積との誤差が大きくなった。

コンパクト X 線アナライザによる半価層測定

HK9046 齋藤 宏運

日常業務において非接続型半導体検出器を使用する場合は精度管理が必要であり、標準的な測定方法で求められた測定値と比較し検討する必要がある。本研究の目的は非接続型半導体検出器による測定値と電離箱により測定した半価層との比較を行い、精度を検討することである。測定された半価層から電離箱による測定値に近づけるための補正式を算出し、精度向上の検討も行った。これらを基に一般撮影用撮影装置の X 線照射野内の半価層分布の測定を行った。

一般撮影装置では設定管電圧 50~120kV・付加フィルタを 3 種類使用し、乳房撮影装置では設定管電圧 25・28・32kV、付加フィルタ Mo・Rh を使用し非接続型半導体検出器の半価層を測定した。さらに、電離箱により測定した半価層と比較し補正式を算出した。一般撮影装置における照射野内の半価層分布測定は、測定位置を陰極・陽極方向15ヶ所・それに直交する方向15ヶ所とし、それぞれの半価層と線量を測定した。

一般撮影装置では、非接続型半導体検出器の測定値と電離箱により測定した半価層の差が最大で 1.36mm となり、乳房撮影装置では、非接続型半導体検出器の測定値と電離箱により測定した半価層の差が最大で 0.054mm となった。半価層の測定精度を向上させるため一般撮影用では二次式、乳房撮影用では一次式で補正式を算出した。半価層分布測定の結果は、陰極・陽極方向では陰極側の半価層が陽極側の半価層がより小さくなった。陰極・陽極方向と直交する方向では、線量・半価層の変化は小さくなった。

非接続型半導体検出器により求めた半価層と電離箱より求めた半価層との差は一般撮影用検出器・乳房撮影用検出器とも保証測定誤差範囲内に収まっており、日常業務における簡易的な QA・QC に充分使用することができる。さらに非接続型半導体検出器に算出した補正式を用いることによって非接続型半導体検出器の半価層の測定精度を向上させることができる。しかし、非接続型半導体検出器の半価層の表示値が 2 桁であるため、微小な半価層の変化まで測定するには電離箱による測定が必要であることが分かった。

SPIOを用いたリンパ節造影拡散強調画像における至適撮像条件のファントムによる基礎的検討

HK9049 高藤 優輝

リンパ節におけるがんリンパ節転移の鑑別法として、SPIO 造影 DWI の有用性が報告されている。しかし、その詳細な撮像方法の検討が行われていないため、本研究ではリンパ節模擬ファントムを試作し、至適撮像方法に関する基礎的検討を行った。リンパ節模擬ファントムを試作し、GE 社製 1.5T MRI 装置 Signa HDxt を用い、DWI を撮像する際の設定パラメータやシーケンスによる検討を行った。1 つ目の実験として、一般的に DWI 撮像に使用される single shot EPI シーケンスによる DWI においてスライス厚、matrix size、b-value を変えて撮像を行い、それぞれの条件で生じる画像の歪みの程度の比較を行った。その結果、周波数エンコード方向の matrix を 256 から 128 に少なくすることで多少の歪みの軽減が図れた。これはサンプリング時間が短縮されたことで、位相シフトが少なくなったことが要因として考えられる。しかし同時に空間分解能が低下するため微小構造の描出を目的とした場合には適切な方法ではないと思われる。次に、ファントムに病変部を模した SPIO 欠損部を施し、EPI による DWI と PROPELLER 法を使用した DWI での描出能の比較を行った。PROPELLER-DWI では EPI-DWI で生じた歪みが無く、SPIO 存在部位と欠損部とのコントラスト比が SPIO 濃度との良い相関性を示した。PROPELLER は multi shot FSE をベースとした radial scan シーケンスである。K-space の原点付近のデータを重複して収集することから、水分子の拡散現象によって生じる位相シフト以外の影響を補正できるため画像の歪みが無く、また k-space の原点付近のサンプリング密度が高いことから、SNR が高く、高空間分解能の DWI 画像を得ることが可能である。また磁化率アーチファクトの軽減が可能であることから、SPIO を使用した DWI における撮像シーケンスとしての有用性が示唆される。今後はマウス等の生体リンパ節を使用し、今回試作したファントムでの検討との比較が必要であると考えられる。

医用モニタ表示の補間法による画質の変化と視覚評価

HK9050 飯田 詩織

IP (イメージングプレート) で撮影した画像を医療用モニタで見ると、IP の画素のサイズが $100\mu\text{m}$ であるのに対してモニタの画素が $165\mu\text{m}$ と大きく、画素等倍で表示するとかなり大きな画像となり、適した大きさで見ることが出来ない。このとき IP の画素のデータをモニタの画素に合わせて表示する際に用いるのが補間法である。この補間法にはさまざまな種類があり、補間法の違いにより画像にも変化が生じる。そこで本研究では、この画像の変化によって生じる影響を物理評価の WS (Wiener Spectrum)・MTF (modulation transfer function) を測定し、視覚評価との関係を研究する。今回は、学校の医療用モニタで表示できる最近傍法・線形補間法・三次近似法の 3 つの補間法での変化を比較した。MTF は、矩形波をプログラムで作製し、補間法を変えながら矩形波をデジタルカメラで近接撮影 (5cm) し得られた画像から測定した。WS は、肺野・絨核濃度と同等の濃度となるアクリル厚 (6.5cm , 15.5cm) を一様露光し、MTF と同様に補間法を変えつつデジタルカメラで近接撮影した。さらに、視覚評価では、CD ラドファントムとアクリル板を合わせたものを肺野・絨核濃度と同等の濃度となる厚さ (6.5cm , 15.5cm) とし、撮影したものを、補間法を変えて 9 名で視覚評価を行った。その結果、視覚評価において肺野濃度より縦隔濃度の方が補間による影響が大きくなった。これはアクリル厚が厚くなることで散乱線が増し、ノイズが増えたことが原因である。WS では、高周波ほど最近傍法が良いが、低周波領域においては補間法による差が見られなかった。また、ノイズ画像を最近傍法で表示した際にエリアシングエラーが見られた。このエリアシングエラーは、線形補間法・三次近似法で表示することによって軽減することが出来た。MTF の結果では正確な値が出なかった。MTF の結果のグラフと補間法の特性から、表示位置によって輝度が変わる位置依存性があることが推測できた。このため、作製した 3 サイクルの矩形波より更に多くの周期の矩形波から位相のバラつきを測定し、ある周波数における MTF の最大値と最小値の幅で求めることで、MTF の差を見ることが今後の課題である。

Dual energy CT (DECT) を用いたファントムによる胆石の成分分離

HK9053 木幡 悠人

Dual energy CT (以下、DECT) は異なる 2 種類の電圧で撮影し、各組織の電圧による減弱係数の差を利用して、組織の特定、分離などを行う方法である。胆石治療において正確な胆石成分は重要な情報となる。胆石の治療には高侵襲な外科的手術の他、低侵襲な体外衝撃波結石破碎術が存在するが、胆石の成分が純コレステロールに近いものでないと適用にはならないとされている。そこで本研究では、擬似胆石のファントムと生体胆石を用いて成分分離を行った。擬似胆石ファントムの成分にはコレステロール、ビリルビン、炭酸カルシウムとヨードを用いて作成を行った。生体胆石ではコレステロール結石 2 個、ビリルビン結石 1 個を用いて行った。各ファントムの撮影は SIEMENS 社製 SMATOM Definition Flash を用いて管電圧 80kV 及び 140kV で撮影を行い、コレステロール、ビリルビン、炭酸カルシウムの CT 値を測定した。CT の測定には ImageJ も用いて行った。得られた CT 値から、横軸に 140kV の時の CT 値を、縦軸に 80kV の時の CT 値をそれぞれプロットしたエネルギーマップを作成した。その結果、各物質ともエネルギーマップは濃度に応じて直線的に変化していき、コレステロール、ビリルビン、炭酸カルシウム、ヨードのエネルギーマップ上での傾きはそれぞれ順に、 0.7053 、 1.0788 、 1.6006 、 2.3364 であった。また、得られたエネルギーマップに生体胆石の CT 値をそれぞれ対応する領域にプロットすることで成分分離が正確に可能か確認を行った。結果として今回の実験ではコレステロール-ビリルビン域のみ分離が困難であった。コレステロール-ビリルビン域が何故分離困難であったかを実効原子番号の点から考え、算出を行ったところ、コレステロール、ビリルビン、炭酸カルシウム、ヨードの実効原子番号はそれぞれ 5.65 、 6.39 、 15.1 、 39.9 であった。コレステロール-ビリルビンは実効原子番号が近い値であり、結果として CT 値が近接してしまい、分離が困難になったと考えられた。

Dual Energy CT における物質の分離について － CT 値の変化とウィナースペクトルによるノイズ解析－

HK9054 北爪 亮介

本研究はファントムを用いて DSCT (Dual Source CT) で複数の管電圧条件を設定して CT スキャンを行い、どの程度造影剤と骨とに CT 値の差があるか評価した。また、このときの管電圧の設定値がノイズに及ぼす影響をウィナースペクトル (以下、WS) にて求めて検証を行うこととした。方法は、アクリル円柱ファントムの中央筒を取り出し、その中に 4% に薄めた造影剤 (イオパミロン 300) と鶏の骨を入れ、SIEMENS 社製 SOMATOM Definition Flash を用いて撮影した。撮影条件は、各々の管電圧で CTDIvol が同じになる様な管電流で行った。撮影後、本学の AZE 社製 virtual place ワークステーションにて骨部分と造影剤部分に ROI を設定し、各々の条件による CT 値を測定した。また、Image-J を用いて WS を解析するが、先ず画像データから仮想スリットにてノイズプロファイルを取得したのち 5 つの ROI を設定し、各ノイズプロファイルを得た。次に Excel にてノイズプロファイルカーブをトレンド補正し得られたデータ数値をフーリエ変換した。フーリエ変換により出力されたデータを絶対値に変換し WS(i) を算出した。その結果、DE スキャンと通常の 1 管球スキャンとで、どの程度 CT 値やノイズに違いがあるかを比較・検討した結果、100-140keV とでは通常の 1 管球スキャンと大差のない画像が得られたが、80-140kV では低管電圧の画像を複合させるため CT 値の差が大きい画像得られた。さらに、高電圧で低ノイズの画像を複合させるためにノイズも抑えられることが分かった。また、DE の中でも各々の管球の管電圧の差を大きくした方が CT 値並びにノイズともども画像診断に有効なデータが得られることが示された。

静磁場強度の違いによる VSRAD 値の基礎的検討

HK9055 野口 拓斗

本研究は、VSRAD についての基礎的検討を行うとともにデータ解析に用いる MRI の撮像シーケンス並びにパラメータを VSRAD の推奨撮像条件を基準として、静磁場強度の違いによる VSRAD 値の結果について検証することを目的とした。方法は、1.5T (SIEMENS MAGNETOM Avanto) 並びに 0.2T (日立メディコ AIRIS mate) MRI を用いて、自身 (男性 21 歳) を撮像して解析を行った。得られた画像データを VSRAD-plus 解析ソフトにて処理を施すが、顎の角度で解析結果に影響が出てしまうことが予測されるので、それを補正した推奨条件である AC-PC line を水平に近くする自動補正解析フローを用いた。その結果 (撮像対象が 21 歳であるため正常脳データの対象外であるので数値の大きさは考慮せずに数値の変化のみを前提とした) 観察評価は、① ROI 内の萎縮程度は 0.2T で 0.78、1.5T では 1.34 となったので、0.2T の方が 1.5T と比し約 1/2 減少した値となった。② 脳全体の萎縮割合は 0.2T で 9.02、1.5T では 8.67 と両者はほぼ等しい値であった。③ ROI 内の萎縮割合は 0.2T で 2.97、1.5T では 20.59 という値になり、差が 10 倍近くとなり 1.5T の方が ROI 内の萎縮が強く見られた。④ ROI 内の萎縮割合と脳全体の萎縮割合は 0.2T で 0.33 倍となり、1.5T で 2.38 倍となった。以上①～④の結果より、多少の逆転はあるものの 0.2T の方が 1.5T と比較して、同等もしくは過小評価となっていた。静磁場強度を推奨条件より低磁場である 0.2T に変化させると撮像条件の違いにより、PVE や SNR などの影響を受けて解析結果値で同等もしくは過小評価となっていた。以上のことより、VSRAD 解析を行う際には推奨条件である静磁場強度 (1.5T) を用いて撮像することが適していることを検証した。

肺の定位放射線治療における Intrafraction set-up error モニタリングシステムの精度検証

HK9058 吉成 元宏

肺の体幹部定位放射線治療 (Stereotactic Body Radiation Therapy: SBRT) において、治療中の患者の動きによって、呼吸同期の正確さや照射前の高精度なセットアップ効果を低下させ、結果として治療精度を低下させる。したがって、照射中の患者の臓器の動きによる誤差および骨格の動きによる誤差 (Intrafraction set-up error: ISE) の測定・管理が必要となる。

本研究は、開発済みである ISE モニタリングシステムの Web カメラに 8 倍望遠レンズを装着することにより空間分解能向上を図り、さらに患者の体位変化の回転成分を考慮するアルゴリズム Dynamic Calibration Algorithm: DCA を実装し精度向上を図ることで、本システムの臨床的な有用性の検証を目的とした。

検証方法としては呼吸同期検証用ファントムを用い、本システムの空間分解能検証、バリアン社の Real-time Position Management™ (RPM) システムに対する位置精度検証、患者のローテーションを模擬し角度依存性および実装した DCA の精度検証を行った。

空間分解能検証では、空間分解能が 6.7 倍向上していた。位置精度は RPM と比較しても同等の精度であり、角度依存性についても大きな角度依存性はみられず両システムともに AAPM Task Group142 の許容値内であった。また実装した DCA 作動時では、角度を動的に変化させた場合でも通常と同等の精度で ISE の測定が可能であった。

以上のことから、本システムは、肺の SBRT において ISE の管理・測定が可能であり、臨床的に有用なシステムになり得ると言える。

高エネルギー放射線治療における不均一領域の線量評価

HK9059 大谷 篤史

放射線治療において、線量測定や治療計画の線量計算は高精度が求められる。しかし、肺のような密度が不均一な領域では、精度が低下する可能性がある。本研究では、密度が不均一な領域をアクリル、コルク、空気といった異なる密度の物質で肺を模擬したファントムを自作した。このファントムにビーム入射方向と平行にフィルムを挟み込む方法 (フィルム法) で実測の深部吸収線量率を得た。また本研究で使用した治療計画装置に搭載された計算アルゴリズムである AAA 法を用いて深部吸収線量値を得た。そしてモンテカルロ法を用いた放射線輸送コードの PHITS によって深部線量率を算出して比較検討した。結果は、密度差のある物質の境界領域で深部線量率に差が現れた。特に、空気領域において各々の値の差が大きくなった。フィルムに対して、AAA 法では空気領域 12.9cm 深の深部線量率が 15.37% 大きく、アイソセンタでは 0.26% 小さい値となった。また、AAA 法の異なる物質の境界領域におけるビルドダウンとビルドアップは小さかった。一方、フィルムに対して、PHITS では空気の領域の 12.9cm 深の深部線量率は 14.27% 小さく、アイソセンタでは 6.66% 小さくなった。また、PHITS の異なる物質の境界領域におけるビルドアップとビルドダウンは顕著に現れている。ICRU Report 62 より、放射線治療における線量精度は 5% 以内に収めることが勧告されている。そのためには患者体内の線量計算の精度は 3% 以内に収めることが望ましい。アクリルファントムでは 3% 以内に収まっているが、肺ファントムでは収まらない結果となった。密度が急峻に変化する領域では、フィルム法、AAA 法、PHITS 全ての深部線量率に差が生じた。他の検出器や測定方法、計算アルゴリズムやシミュレーションコードを用いてさらなる線量検証が望まれる。

フォトンカウンティング CT の開発 CdTe 半導体検出器を用いた Dual Energy 法による物質同定 HK9060 栗林 翔太

近年、CT 装置において X 線のエネルギーによって物質の線減弱係数が変化することを利用して、異なる 2 つのエネルギーを用いて撮影した画像から実効原子番号を求め生体内物質の識別能を向上する Dual Energy イメージングが研究されている。一方、入射光子数をエネルギーごとにカウントすることにより、1 度の撮影で複数のエネルギー帯の画像を取得するフォトンカウンティング CT の開発が進められている。本研究ではフォトンカウンティング CT に使用される CdTe 半導体検出器を用いて原子番号および密度が既知の金属試料を撮影することによりエネルギー弁別画像を取得する。また、自作の計算ソフトにより画像処理を行い、実効原子番号および電子密度を反映させた画像として試料の組成を同定することを目的とする。ここで使用する検出器の素子はテルル化カドミウム (CdTe) で、高い光電変換効率・放射線吸収特性がありバンドギャップエネルギーが高いため室温で使用できるという特徴がある。素子数 128 個の 0.5mm ピッチ検出素子で、エネルギー測定範囲は 30keV～1MeV で、5 つの閾値を 30～200keV の範囲に設定することができる。今回は撮影管電圧を 120keV 一定として 5 つの閾エネルギー帯から 2 つのエネルギー帯を選択する。それぞれの画像から画像処理ソフト :ImageJ にて試料の線減弱係数を読み取り、ラザフォードらによる式に読み取った値を代入して実効原子番号を反映させた画像とした。取得したエネルギー帯の画像すべての組み合わせで計算を行い、90keV 以降、30keV 以降の組み合わせが試料の同定に適しているという結果になった。今回使用した計算式は比較的低原子番号に適した計算式で、Fe、Ti の同定はうまくいかなかったが、Al に関しては、平均実効原子番号が 13.106 と、実際の原子番号 13 に非常に近い値となった。これによりフォトンカウンティング CT による物質同定の可能性を示唆することができた。今後の展望として、CdTe 半導体検出器による正確な線減弱係数および、実効 X 線エネルギーを得る方法を確立したい。

Xenon 換気肺 dual energy CT の基礎的検討 ～ファントム実験及び正常ボランティア例の検討～ HK9063 浅香 圭輔

核医学における Xe 換気シンチグラフィでは撮影法や解析法は確立されている。一方、非放射性 Xenon は、標準状態の密度が空気の $1.293[\text{kg}/\text{m}^3]$ に比べて $5.887[\text{kg}/\text{m}^3]$ とはるかに高いことから CT 値が高く、肺に吸入すればガスの分布を示す造影剤になりうる。実際、肺から血液へ溶解する Xenon を用いた Xe 脳血流 CT がすでに保険適用され、国内約 100 施設で実施されている。また、dual energy イメージングの解析アルゴリズムである three material decomposition を使用することで Xenon-enhanced イメージを得ることができる。

本研究では Xe ファントムを作成し、Xe 濃度と CT 値の関係について検討し、そのデータを用いて Xenon 換気肺 dual energy CT 正常ボランティア例における three material decomposition 法を用いた Xe 量の定量化が可能か否かについて検討することを目的とした。

ファントム実験において Xe 濃度と CT 値の関係を示すことができ、各管電圧における CT 値のマップを作成することができた。この結果を用いて正常ボランティア例における Xenon 換気肺 dual energy CT の画像データから、正常肺における Xe 濃度の定量化が可能か否か検討した。軟部組織を含まない気管内の CT 値を測定することでファントム実験の結果から直接 Xe 濃度を算出することができた。また Xe 吸入前の画像から肺野領域の CT 値のマップを作成し、ファントム実験のマップと合わせて用いることで肺野領域内での Xe 濃度の算出も可能であった。

Xenon 換気肺 dual energy CT における、肺の Xe 量の定量化ができる可能性を示すことができた。本研究ではファントムの精度は保証できるものではなく、ファントムの精度の向上が今後の課題となる。また、正常例における検討も 1 例のみであったのでのさらなる検討を要し、さらに呼吸器疾患症例における検討を行うことで臨床価値を見出すことができる可能性がある。

MRI 撮像条件が VSRAD の Z-score に与える影響について

HK9067 中野 杏美

本研究は、PHILIPS 製 MRI 装置 Achieva NOVA (静磁場強度: 1.5T) を用いて、アルツハイマーの診断指標の一つとして用いられている脳画像解析ソフトウェア Voxel-based Specific Regional analysis system for Alzheimer's Diseases (VSRAD-plus) の解析手法についての検証を行った。方法は、MRI 装置に対するメーカー推奨の条件に対し FA, slices, slice thickness, sense などの撮像パラメータを可変したとき、正常者ボランティアデータの年齢別による FA 変化が Z-score に及ぼす影響について比較・検討した。また、今回の健常者データは、脳血管障害等を有しない自分自身を含む正常ボランティア 4 名データを利用した。その結果、数値的变化では FA が推奨条件に対し診断指標に影響を及ぼすと考えられる変動を示した。その他 slices・sense などでは数値的变化の変動はあまり示さなかったが、灰白質抽出を行う際の画像にブレ・歪みなどが生じる結果となっており、脳表表示や画像を用いた視覚的診断をする際に誤診断を行う可能性を高めることがあると考えられる。対象年齢に関して、早期アルツハイマーでは海馬・海馬傍回付近が萎縮するのに対し、若年性アルツハイマーにおいては帯状回後部・楔前部の委縮が優位な所見となっている。このため VSRAD 内に設定されている対象年齢以外の診断においては誤診を行う可能性が発生してしまうものとする。VSRAD では従来、体積が小さく観察困難であった海馬傍回付近の萎縮具合を簡易的に診断することができ、多検査の補助的役割を担っていると考えられる。また、脳表表示機能を付加したことにより画像による診断の補助を行うことも可能となった。このことにより、今後の早期アルツハイマー病検査においてさらに有用になる解析ソフトであることを示していた。

PET/CT の SUV 値に影響を及ぼす因子について

—ROI の設定とデータ収集時間による検討—

HK9068 窪田 舞

本研究は、FDG-PET/CT 検査において定量指標値と用いられている SUV 値についてファントム試験より、SUVMAX と SUVmean を基にデータ収集時間と ROI 設定の大きさが与える影響について検討した。方法は「がん FDG-PET/CT 撮像法ガイドラインファントム試験マニュアル Ver.1.00」に基づいてファントム第一試験での 10mm 径球及び第二試験の 37mm 径球ホットスポットを作成。放射能濃度は BODY phantom の sphere 部を 20kBq/ml、バックグラウンド領域を 4kBq/ml とし、Scatter phantom においては 115MBq とした。BODY phantom の放射能比を 4:1 にすることで今回の理論的 SUV 値は 4 となる。データ収集と処理は GE 社製 PET/CT 装置 Discovery PET/CT 600 を用い、リストモード収集にて FOV50cm、マトリクスサイズ 192×192、時系列に沿ってデータを収集する List mode 40分にて行った。画像再構成は 3D-OSEM 法にてイタレーション12/サブセット 16、ガウシアンフィルタ 4mm にて行った。その結果、SUVMAX と SUVmean は ROI 設定の大きさやデータ収集時間の違いに差を生じた。小さな hotspot では SUVMAX と SUVmean とともに PVE による影響が大きく、過小評価された値となった。ROI サイズの設定が SUVMAX に与える影響は小さく、収集時間によって SUV 値に変化が見られた。また、十分なデータ収集時間が必要であることを示唆した。ROI サイズの設定が SUVmean に与える影響は大きく、バックグラウンドを含まない様な大きさの ROI サイズの設定が必要であることを認めた。収集時間が短いほど SUVmean の誤差は大きい。そのため十分な収集時間で信頼性のあるデータが必要であることを検証した。

乳がん検診超音波システム —乳房圧迫膜による画質の改善—

HK9071 比留間 千穂

背景:乳がんの罹患率は増加傾向にあるため早期発見のための検診が重要となる。しかし、超音波での検診は、技師の技量が大きく影響し、高い技量を要するには時間がかかり、検査する技師の数が不足している。そこで、診療放射線技師が簡単に行える、自動で乳房全体をスキャンできる乳がん検診超音波システムが必要となる。これまでの研究で、乳がん検診超音波システムでは、乳房に圧迫を加えることで、画質が向上することがわかっている。圧迫膜には、生ゴムの上にネットを張ると画質がやや向上することがわかったが、臨床で使用するには、まだ十分な画像とは言えない。また、乳がんの検診率が低い理由として、服を脱ぐことへの抵抗が理由も考えられる。そこで、水着のように何か身につけて検査ができれば、検診に対する抵抗が少なくなるのではないかと考えた。

目的: 圧迫膜として水着を使用し、昨年に引き続き圧迫膜の種類を変えて画質が改善するか検討する。

実験方法: 今回は圧迫膜として5種類の水着を用いて、乳房ファントムの撮影と腕に水着を押しつけての静脈の撮影を行い、各画像の評価を行った。また、圧迫膜として使用するには、膜の圧迫の強さも影響してくるので、重りを使い膜の伸び具合を2種類の方法で測定し、伸縮性を調べた。さらに、画質が一番良くなった水着Aを着用し、乳がん検診超音波システムを用い、乳房の撮影を行った。

結果及び考察: 水着の伸縮性は、生ゴムよりは伸びにくく、ネットよりは伸びやすいと分かった。静脈での画質の評価では、水着A、B、Eが良い結果となった。その中で、伸縮性や撥水性の画質への影響を考えると、水着Aが総合的に一番良い結果となった。実際に水着を着用して、乳がん検診超音波システムで生体の画像を撮ると、十分に臨床で使用できるような画質となった。

まとめ: 今回の実験から、水着Aを着用しての画質が良かったことで、圧迫膜として水着を着用して検査することが実現できるかどうか、今後検討する必要がある。

CTにおける逐次近似画像再構成法の検討

～シミュレーションを用いてML-EM法の評価～

HK9072 工藤 晃

近年、逐次近似を応用した画像再構成法を搭載したCT装置が臨床の場でも使用されている。逐次近似画像再構成法は、従来から使用されているフィルタ補正逆投影(FBP: Filter Back Projection)法よりも少ない線量で再構成画像を取得することが可能で、被ばくの低減が期待されている。本研究では、逐次近似法の特徴を理解するため、逐次近似法の基本である最尤推定-期待値最大化(ML-EM: Maximum Likelihood-Expectation Maximization)法を用いた画像再構成シミュレーションソフトをMicrosoft visual studio 2010にて作成する。さらに、単純構造のシミュレーションファントムデータや模擬構造のシミュレーションファントムデータを作成し、画像再構成ソフトにて投影データから再構成を行い、近似回数と再構成画像の関係についてNMSE(Normalized Mean Squared Error: 正規化平均二乗誤差)法と、視覚的に検討を行う。

再構成を行った結果、再構成画像は近似回数20回前後までは画像全体が大きく変化し、以降は輪郭部のみ少しずつ変化した。また、元画像と比較すると近似計算を100回行っても輪郭部にボケを伴う画像となった。NMSE値は近似20回前後までの変化が大きく、それ以降は変化が小さかった。また、再構成に掛かる処理時間は、近似回数が増すごとに長くなっており、近似回数と処理時間が比例関係にあることが分かった。

このことから、ML-EM法による画像再構成では、画像全体に含まれる低周波数成分は早い段階で復元されるが、輪郭などのエッジ部に多く含まれる高周波数成分の復元は遅く、近似100回では高周波数成分の復元が不十分であったと考えられる。このことから短時間で良質な画像を得るには、ある程度近似した後、先鋭化など様々な画像処理を行うことで解決できると考えられる。また、本研究では作成したシミュレーション画像にノイズ成分が含まれておらず、シミュレーションデータのみでの検討であったため、今後、ノイズ成分が含まれた状態での検討や臨床データを用いた検討を行いたいと考えている。

頭部 CT 撮影における防護材を使用した水晶体被ばく線量の低減

HK9074 志田 昂平

CT 撮影は、日本における医療被ばくの大部分を占め、その被ばく線量の低減が必要である。特に検査対象でない部位の被ばくを低減することが重要である。頭部 CT 撮影では、放射線感受性が高く、一般的には検査対象でない水晶体の被ばく低減することが重要である。被ばく線量の低減方法として、本研究では防護材を用いて、水晶体の被ばく線量を低減する手法について検討し、管電流を減らす手法に対する有用性を評価した。また、過去に行われた胸部 CT 撮影における防護材を用いた乳房部の被ばく低減の研究と比較し、防護材の線量低減効果について比較し、検討を行った。

使用した防護材は、市販されている水晶体専用防護材ビスマス含有ゴムに加え、防護材からの特性 X 線を減弱するためにアルミニウムや銅を付加したビスマス含有ゴム、モリブデン 0.065mm・0.080mm 厚、亜鉛 0.35mm 厚、スズ 0.025mm 厚の金属を使用した。防護材を使用し、ランドファントムを用いて、防護材を使用した場合と使用しない場合の頭部 CT 撮影を行った。ランドファントムと防護材間距離は緩衝材を用いて 10mm として、水晶体の被ばく線量を測定すると共に、撮影して得られた画像から、画質評価のために SD 値を測定した。また、防護材を使用せずに管電流変調を行った場合の SD 値も測定し、比較した。

測定した一次 X 線減弱率は、全ての防護材で約 52% であった。防護材を用いることで、水晶体線量は約 40% 低減でき、SD 値は約 0.3 増加した。

管電流変調時と防護材使用時の比較として線量低減率を算出した。ビスマス含有ゴムにアルミニウムを付加することによって線量低減率は約 6% 改善した。それ以外の防護材の線量低減率は全て約 30% であり、防護材の種類の違いによる線量低減率の変化は小さく、同等のものであった。また、過去の胸部 CT 撮影に乳房部に用いた防護材の線量低減率は最大で 15.4% であり、頭部 CT 撮影での水晶体被ばく線量の低減に防護材を使用することは、胸部 CT 撮影の場合と比較して効果があった。

放射線治療スケジュールと線量分割法に関する考察

HK9077 木嶋 幸太郎

放射線腫瘍学のアプローチには、物理学的な手法と生物学的な手法がある。がんの生物学は現在急速に発展しており、放射線治療の分野における放射線生物学の活用が望まれている。本研究では、生物学的指標である時間因子を含んだ LQ モデルによる生物学的効果線量 (biological effective dose : BED) および文献調査により、効果的な放射線治療スケジュール算定の可能性を検討した。通常分割照射において 1 日 1 回 2Gy で総線量 60Gy、治療期間 40 日 (週 5 回) の時、 $BED=56.6Gy_{10}$ である。週 6 日照射 (土曜照射)、週 7 日照射 (土日照射) とした時、 $BED=56.6Gy_{10}$ となるのに必要な治療期間はそれぞれ 33 日と 28 日であった。次に治療期間中の照射休止が土日に加えて複数日ある場合の通常分割照射における BED を比較した。休止期間のない場合と同様以上の殺腫瘍効果を期待するためには、休止期間 1?3 日の場合 1 回 2Gy、4?6 日の場合は 2 回 4Gy の追加照射が必要となる。1 日 1 回 2Gy、総線量 60Gy の治療において、年末年始の照射休止期間を 2012/1/29 ~ 2013/1/3 と想定し、実際に 2012/2013 の年末年始にかかる 4 つの治療スケジュールを立案し比較検討した。その結果、治療開始日の選択に注意が必要であることが示唆された。最後に文献により照射法 (通常分割照射法、多分割照射法、加速分割照射法) の違いによる BED と腫瘍制御率に関して検討したが、相関性を認めるには至らなかった。実際には腫瘍によって各々のパラメータ値が異なる。今後、実臨床における腫瘍細胞から各パラメータを算定し、BED と腫瘍制御率の関係について明らかにする必要がある。時間因子を含んだ LQ モデルによる BED を使い、放射線治療スケジュールを比較することで、効果的な治療スケジュール算定の可能性はある。ただし、現時点で決定的な治療スケジュールの算出となり得るものではない。今後の放射線生物学的な研究およびさらなる臨床試験の結果に期待したい。

医療被ばくに対する公衆認識と診療放射線技師に求められる対応と課題

HK9078 佐々木 智世

今日、国内での医療被ばくに対する線量把握と管理は厳しくなることが予想され、また放射線業務に従事する診療放射線科の学生や診療放射線技師は、医療被ばくに対する公衆の認識を理解し、対応することが急務となっている。よって本研究では公衆の医療被ばくに対する認識や傾向を調査し、将来医療被ばくの諸問題に対応する診療放射線科の学生や、すでに対応している診療放射線技師の認識との違いや問題点を明らかにすることを目的とした。方法としては、健常者および放射線診療を受けている被験者に医療被ばくに関するアンケート調査を行い、医療被ばくに対する認識や問題点などの抽出を行った。次に、学生や診療放射線技師の医療被ばくに対する認識を調査し、健常者および被験者との回答の比較検討を行った。

結果、公衆の約4割が原子力災害の影響で、医療被ばくに対し意識変化が生じていた。中でも身体的影響についてはがんや白血病を不安視する回答が多く、年齢層による違いはあるものの「被ばく＝ガン」のイメージが浸透していると考えられる。また、現場に従事する診療放射線技師が被験者に質問される内容では、実際に検査される線量についての質問が多いことがわかった。このように、公衆は「放射線」に対し検査による身体的影響や線量値といった具体的な情報を求めている。これに対し、学生や診療放射線技師は公衆の意識の変化を認識しているが、対応するだけの知識の不足も否定できない。今後は、社会的背景も含めて対応できる知識の習得と柔軟さ、また公衆のような第三者の視点からの理解を深める教育実施の必要性が示唆される。

In-phase/out-of-phase 画像における脂肪量の定量化 およびガドリニウム造影効果の実験的検討

HK9701 菊地 優貴

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率の向上、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である。現在、用いられている脂肪抑制画像の1つに GRE 法でみられる水プロトンと脂肪プロトンの歳差運動における位相差を利用したものがあある。これは、水プロトンと脂肪プロトンの磁化ベクトルが反対の方向を向くエコー時間 (TE) に合わせて撮像することにより、水と脂肪の信号を相殺させる (out-of-phase)。水プロトンと脂肪プロトンの磁化ベクトルが同じ方向を向く TE で撮像された同位相 (in-phase) と比較することにより、軽度から中等度の脂肪沈着を評価できる。

本研究は、それぞれ量の異なる寒天 (水) と油 (脂肪) とガドリニウム (Gd) 造影剤を使用した自作ファントムにより、3種類の in-phase/out-of-phase 画像を撮像し、脂肪の定量化について検討した。また、Gd 造影効果についても検討した。実験では、作成したファントムを SIEMENS 社製の MRI 装置 MAGNETOM Avanto 1.5T を用いて、2-point DIXON 法、FLASH 法、fatsat (f/s) FLASH 法を撮像し、得られた画像それぞれについて関心領域をとり信号強度を測り、比較した。結果として、脂肪の定量化について Gd 造影剤を含まないファントムでは脂肪含量の良好な定量化が行われ、特に 2-point DIXON 法においてより精度の高い定量化が可能であった。しかし、Gd 造影剤を含むファントムでは、4mmol/mL でも脂肪の定量化が不正確であった。また、Gd 造影効果について、脂肪の量が増えるにつれて in-phase 画像、out-of-phase 画像とも信号強度が低下していた。そして、脂肪の量が 30 と 40Vol% で in-phase 画像と out-of-phase 画像の信号強度が反転していた。

乳房撮影精度管理 — X 線照射野と受像器面との整合性について—

HK8004 沼 文子

マンモグラフィにおける社会的関心が高くなったことや、高度な撮影技術力が要求されることになったことから、精度管理として装置をはじめとするシステムの性能について、確立された基準を作成し、この基準を満たすことを保証することが重要となった。

乳房撮影精度管理は、日本医学放射線学会によるマンモグラフィガイドラインによると、日常的項目が 10 項目で定期的項目が 21 項目示されている。本研究では、胸部付近の画像欠損確認と X 線照射野、光照射野、圧迫板の整合性についての実験を、乳房撮影精度管理マニュアルに基づいて、本大学の S/F (film screen) 系と DR (digital radiography) 系の両方の装置で行い、その結果を検討した。

胸部付近の画像欠損確認の実験に必要なファントムを、日本放射線技術学会による乳房撮影精度管理マニュアルに基づいて、アクリル板と鉄球を用いて作成した。作成したファントムを胸壁端に配置し、撮影を行った。得られた画像から欠損が何 mm あるかの判定を行った。

X 線照射野、光照射野、圧迫板の整合性の実験は、前述マニュアルに従いフィルムを配置し、撮影を行った。そして、得られた画像から周辺のずれの和の測定を行った。

その結果、本大学の乳房撮影装置は、胸部付近の画像欠損確認と X 線照射野、圧迫板の整合性の精度管理の判定基準を、S/F 系と DR 系の両方において満たしていた。S/F 系は DR 系と比較して、胸部側の欠損は 2mm 少ないということと、周辺のずれが上下 2mm、左右 4mm 大きいということを確認した。

胸部撮影および胃透視における入射表面線量と胎児被ばく線量の測定

HK8008 岸本 健斗

X 線検査を行う上では胎児への放射線の影響に注意する必要がある。妊娠初期において患者が妊娠と気がつかずに健康診断などで放射線検査を受け、その後に妊娠中であることを知ったという事例があり、そのような場合には、胎児被ばく線量を評価する必要がある。そこで、人体に近いファントムを用いて胃の透視検査と胸部撮影における胎児被ばく線量を、フィルタ付ガラス線量計素子を使用して測定した。体の中心部にガラス線量計素子を挿入し、各スライスにおける線量分布の測定も行った。それぞれの撮影条件において、面積線量計を用いて入射表面線量の推定を行い、胎児被ばく線量と比較し評価した。

実験の結果、入射表面線量は胃の透視検査で 54.6mGy、胃の撮影 10 回の線量で 19.57mGy、また胸部撮影で 0.178mGy となった。各スライスにおける線量分布をみると、照射野から遠くなるにつれて線量が急速に減少した。子宮位置スライスでの線量は、体表面から深くなるに従って減少した。

一般的に胚が着床する部位は子宮底部であるため、胎児の被ばく線量を子宮底部の線量を用いて評価した。胃の透視検査での線量は 0.80mGy、胃の撮影 10 回での線量は 0.52mGy となった。従って、胃の透視検査 1 回の検査における胎児の被ばく線量は和の 1.32mGy となり、ICRP が確定的影響、確率的影響を考慮して胎児への障害が生じるとしている 100mGy に比べて十分小さい値であった。胸部撮影での胎児被ばく線量は 1.20 μ Gy と非常に小さい値であり、影響はほとんどないと考えられる。

入射表面線量と比較した結果、本研究の検査条件では、胎児の被ばく線量は入射表面線量を、胃の検査では 0.018 倍、胸部撮影では 0.0067 倍することによって推定することができることがわかった。透視検査時間等を変化した場合には胎児被ばく線量も同時に変化すると考えられるが、入射表面線量に対する比率は変化しないと考えられる。胸部腹部の X 線検査において、入射表面線量は患者被ばく線量の指標として広く用いられているため、この方法は胎児被ばく線量の推定に有用である。

玉川温泉の華を用いた天然放射性物質の分離・同定

HK8016 大和田 和希

市販されている入浴剤「玉川温泉の華」の中には微量に存在するトリウム系列の ^{212}Bi や ^{228}Ac 、 ^{201}Tl が含まれており、製造年数が経過しているにも関わらず、放射平衡により短半減期の核種が存在している。本実験では ^{212}Bi と ^{228}Ac を分離し、半減期測定とスペクトル測定を行い、放射性核種の同定を行うことを目的とした。

まず、「玉川温泉の華」から共沈法により、 ^{212}Bi が含まれている塩化酸化ビスマスの沈殿物と、 ^{228}Ac が含まれている水酸化ビスマスの2試料を作成した。

得られた各試料についてGMサーベイメータで経過時間ごとに放射能を測定し、その減衰を確認して半減期を求め比較すると理論値と近い値になった。また、本実験と昨年の実験の結果を比較してみるとバックグラウンドを変えたことによって半減期がより理論値に近づいた。

次に各試料についてNaIスペクトルサーベイメータで γ 線スペクトルを測定した。 ^{212}Bi の主な γ 線放出エネルギーである727 keVと ^{228}Ac の主な γ 線放出エネルギーである911 keV、968 keVのピークが試料に含まれていることを両試料のスペクトルから確認することができた。

合成法の異なる TLD 素子の発光特性

HK8019 大谷 勇気

TLD素子は放射線を照射後、加熱することで照射線量に応じて発光する。今回、素子を2種類の方法で合成することによって、発光の強度やグロー曲線にどのような変化がみられるのか比較した。に、の順番に加えて攪拌・加熱することで得られた試料①と、に、の順番に加えて攪拌・加熱することで得られた試料②では、試料②の方がの量を少なくすることができた。試料①の合成は溶解のみだったが、試料②の合成はにを加えることが発生した。試料①と試料②の熱ルミネセンススペクトルはピーク位置は一致していたが、試料②のほうが発光量が多かった。グロー曲線は試料①と試料②を比較して、発光の始まりは70℃付近で同じ値となった。また、どちらも200℃付近にグローピークがあるが、ピークの大きさは試料②のほうが大きなものとなった。試料①と試料②においてグローピーク温度に差がないため、捕獲準位に大きなエネルギー差はないと考えられる。試料②は試料①に比べ発光強度が大きく、使用するの量も少なくできるためより有用である。また、新しい合成法②の蛍光体のX線回折、フェーディング特性、結晶のサイズによるDy濃度変化など熱ルミネセンス感度の変化の分析を行うことが必要である。

モンテカルロ法を用いた CT 撮影における防護材使用時の水晶体被ばく線量の算出

HK8026 田中 雄基

近年、医療現場における CT 撮影による被ばく線量は、医療被ばく全体の中で大きな部分を占めている。特に診断目的部位以外の臓器での被ばく線量を低減することが求められていて、頭部 CT 撮影においては、放射線感受性の高い水晶体での被ばく線量低減が求められ、ビスマス製の水晶体被ばく低減用防護シートが開発され注目されている。本研究ではモンテカルロ法を用いた輸送計算シミュレーションソフト EGS5 を用いて、頭部 CT 撮影時での線量分布の算出を行う。さらにそれを元に、実験で測定することが難しい防護材の種類や長さを変化させた時の水晶体の線量分布を算出し、評価を行う。

計算には直径 16cm の円筒形線量測定用アクリルファントムを計算機上で再現して使用した。このファントム内部に線量を計算するためのリージョンを作成し、線量分布を算出した。また、防護材の材質や大きさを変化させた時の線量分布を算出し、水晶体位置での線量を計算し、それぞれの条件での線量低減効果を算出した。

防護材使用時の線量分布の算出結果では、防護材を配置した場所においてファントム表面から深さ 1cm の位置の方が深さ 4cm の位置より線量が大きく減少した。これによりファントム内部での線量分布を確認できた。また防護材に Al を付加したものと付加していないものを比較すると、Al を付加した防護材の方が表面で大きく線量の減少が見られた。防護材の種類を変えた時の線量の算出では、防護材の種類による差はあまりなく、水晶体領域で約 40% 線量の低減が見られた。また防護材の長さを変化させた時の線量分布の算出では、水晶体の位置での線量は防護材の長さが 6.0cm では約 10%、14.5cm では約 35% 減少した。防護材の長さにより水晶体線量の減弱の程度がどの程度変わるかを比較した結果、防護材の長さの増加と共に線量は減少しているが、10.2cm 以上の長さでは防護材の長さあたりの線量低減効果は減少した。これは防護材の長さを最適化するうえで重要な情報である。

マンモグラフィにおけるターゲットの違いによる視覚的評価

HK8027 佐藤 里絵

我が国の乳癌は高い罹患率を示しているのに対し、早期発見に有用な乳癌検診の受診率は高くない。さらに昨年の震災以降、医療現場では放射線被ばくが問題視され、受診者の被ばくに対する意識が強くなり、検診受診率の低下を招く要因になるであろうと考えられる。このようなことから医療現場では、放射線技師による被ばく低減とそれに対する対応が広く望まれている。

また、昨年度本校に導入された FujiFilm 社製デジタルマンモグラフィシステム「AMULET」では X 線信号を直接変換方式で電気信号に変換し、「光スイッチング読出」によりデジタル画像化することで高精細画像が取得できるようになった。また従来のターゲットのモリブデン (Mo) に加えタングステン (W) が搭載されていることが特徴である。

本研究では、FujiFilm 社製『AMULET』装置においてのターゲットに着目し、ターゲット/フィルタの違いによる検出能の差を検討する。本実験では、モリブデンターゲットを基準に撮影条件を設定し、管電圧と mAs 値を変化させ撮影し、ターゲット/フィルタの違いを検討した。結果、モリブデンターゲット/モリブデンフィルタを基準としたため、モリブデンターゲット/モリブデンフィルタが最も優れており、タングステンターゲットでは、粒状性が悪く繊維組織の評価は困難という結果となった。

モリブデンターゲット/モリブデンフィルタを想定した撮影条件において、タングステンターゲットでは粒状性が悪く検出率が低下してしまうため、タングステンターゲットの場合は、さらに mAs 値を高く設定する必要があることがわかった。今後は、タングステンターゲットを用いる際の最も有効な撮影条件の検討と、厚みを細かく設定できるファントムを使用し、さらに線量評価も含め、検討していきたいと考えている。

撮影条件の異なる胸部テンポラルサブトラクション処理画像における検討

HK8052 八田 克弥

医師は1日に多くの画像を読影し、診断を行っている。そのため、読影の際に1枚の画像にかかる時間も限られてくる。その中で読影や診断を行うにあたり、見落とし可能性があるため、これらを防ぐことが必要である。検診にて偶然胸部X線画像を撮影したところで肺に腫瘍が発見されることもあるが、縦隔部や肋骨と重なっていると早期発見することが難しいと考えられ、見落としを防ぐことが求められる。肺の腫瘍陰影の大きさは20mmを超えるものは悪性の可能性が高いが、陰影が大きいいため発見が容易であると考えられる。これ以下の大きさの場合、悪性の可能性としては低くなる。しかし、直径20mm以下の場合では早期肺癌、直径10mm以下の場合では微小肺癌を否定できない。

現在、医師の診断方法としては撮影したばかりの現在画像をだけを読影する方法、過去画像と現在画像の2枚を比較する方法がある。そのほかに、腫瘍の見落としを防止する方法として、読影する際にTemporal Subtraction処理（経時差分処理：以下TS）を用いる方法も考えられてきた。

そこで、本研究ではmAs値の変化がTS画像にどのような影響を及ぼすかを検討する。更に過去画像を前傾させ、TS処理で得られた画像に対して検討を行った。

評価方法は得られたTS画像上の腫瘍陰影のプロファイルの作成、5点法による視覚評価を行った。

結果としてmAs値の変化による大きな変化は見られなかったが腫瘍配置位置により検出能が変化した。傾斜角度変化により2°以上では腫瘍の検出能に大きな影響を及ぼした。縦隔部分、横隔膜部分では傾斜の影響が比較的小さくなった。プロファイルと視覚評価の結果は一致し、TS画像の粒状の性状がTS画像の腫瘍検出能に変化を与えていると考えられた。

腫瘍の形状や配置位置を変えることなどが今後検討する余地があると考えている。

マイクロカプセル製法によるMR造影剤

HK8065 田代 陽平

マイクロカプセル製法でGd-DTPAをカプセルに内包させファントムへの応用について検討した。カプセルの製造は、アルギン酸ナトリウム水溶液を塩化カルシウム水溶液に滴下した。アルギン酸ナトリウム水溶液にMRIの造影剤であるGd-DTPAを加えGd-DTPAを内包させたカプセルを作成した。カプセルの特徴としては、低粘度で作成したカプセルに比べ、高粘度のもので作成したものの方が弾力性があり潰れにくかった。

Gd-DTPAを加えた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。しかし、時間経過に伴い信号強度が減衰してしまうことがわかった。それに伴って行った、上澄み液の信号強度を比較した実験から、カプセルを入れた状態で放置した上澄み液にGd-DTPAが含まれていることが考えられた。その後に行った蛍光X線分析では、0.1%の濃度になるようにGd-DTPAを入れたアルギン酸ナトリウムからはGdのピークを確認する事が出来たが、カプセルを入れた状態で放置した上澄み液からはGdのピークを確認する事が出来なかった。蛍光X線分析の結果から考えればGd-DTPAは漏れていないことになる。

胸部画像における TS 画像を用いた腫瘍検出能の比較検討

HK8069 寒川 裕也

医師は 1 日に多くの画像を読影し、診断を行っている。そのため読影の際に 1 枚の画像にかかる時間も限られてくる。その中で読影や診断を行うにあたり、見落す可能性があるため、これらを防ぐことが必要である。現在、医師の腫瘍の画像診断方法としては、撮影したばかりの現在画像だけを読影する方法（腫瘍ありの画像 1 枚）、過去画像と現在画像の 2 枚を比較する方法（腫瘍ありの画像と腫瘍なしの画像を比較）がある。その他に、腫瘍の見落としを防止する方法として、読影をする際に Temporal Subtraction 処理(経時差分処理:TS 処理)を用いることによって検出能の向上を図る方法が開発されている。

そこで、本研究では大きさを変化させた球状腫瘍を用いて、腫瘍ありの画像だけの観察（1 枚法）、腫瘍なしと腫瘍ありの画像の比較観察（2 枚法）、TS 画像のみの観察（TS 法）、前傾させて撮影した TS 画像（TS 法・傾斜）の 4 つの条件で視覚評価を行い、腫瘍検出能を検討する。

結果として検出能は 1 枚法 < 2 枚法 < TS 法、腫瘍の直径が 5mm < 8mm < 10mm の順で向上した。ただし、腫瘍の直径が 5mm になると、肺尖部と肋骨部では 3°、横隔膜部では 2°、縦隔部では 1° まで検出能が低くなることが分かった。

今回高精細モニター上で観察を行ったが、1 枚法 2 枚法においては、高精細モニターに最適な画像処理条件を検討していく必要がある。モニターを用いた画像診断時には、最適な画像処理を行った 2 枚法に TS 画像を組み合わせることで検出能が向上する可能性があると考えられる。ただし、TS 法の検出能を高くするためにはポジショニングのずれを最小限にし、ポジショニングの再現性を保つことが必要である。そのためには放射線治療で行うような立体的位置合わせを行い、患者の体に目印をつけて行えば、ずれは少なくなると考えられる。

光ファイバーを用いた可視長波長領域から近赤外領域の生体のスペクトル測定

HK7015 澤田 正和

近年、世界的に分子イメージングの研究に対して関心が集まってきており、多くの分野で開発・研究が行われている。この分野の中に、光イメージングがある。この技術を利用して、酸素と結合しているオキシヘモグロビン、酸素が解離しているデオキシヘモグロビンの吸収差に注目することにより生体情報を得ることができる。今回、生体中のオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンについて分光測定を行うことを目的として、プラスチック製の光ファイバーを用いた実験を行った。光ファイバーと測定試料との距離を変えて反射光の強度、受光が可能な範囲を測定し、比較した。また、動静脈測定ではオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸収差を利用し、700 nm より短波長側について注目した。その結果、光ファイバーと測定試料との距離は 1 mm のとき最も反射光が強く、受光範囲は測定試料との距離を 0 mm としたときと目立った差はなかった。動静脈測定ではオキシヘモグロビン、デオキシヘモグロビンによる特徴的な吸収を確認できた。しかし、デオキシヘモグロビンによる吸収は僅かだったため測定方法、部位について検討する必要がある。