

平成22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22年10月30日(土)

<場所>1-202 教場, 1-203 教場, 1-204 教場

表示付認証機器 ^{57}Co - flood source の取扱いについて

— 放射線障害の防止に関する法律の視点より —

HK7001 宮崎 奈緒子

表示付認証機器は平成 17 年 4 月公布、6 月より施行された放射線障害防止法に基づき核種ごとに定められた下限数量で規制することとなった。また、平成 19 年 5 月 11 日法律第 38 号の「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」の最終改正に伴い、表示付認証機器の使用に係る認証条件や届出方法も改正され、非放射線管理区域での取扱いは十分に理解しておくことが必要である。本研究は、非放射線管理区域である駒澤大学第三研究館内に導入した表示付認証機器 ^{57}Co - flood source 310MBq（以下、平面線源）を初めて取扱うことに伴い、平面線源に関する安全性や輸送について関係法令を調査・確認するとともに平面線源を実際に測定し、法的基準に適合しているかを検証した結果、①密封線源に関する JIS 規格に基づいた ^{57}Co 面線源の要求される試験及び等級は「22212（温度 2、圧力 2、衝撃 2、振動=無試験、パンク 2）」であるが、本線源は「22312」であった。②平面線源の直接線量を測定するため無作為に 17 箇所のポイントをサーベイメータにて測定した結果、線源のカウン트는何処の箇所で測定しても約 90[kcount/min]（88.0～91.7 の範囲で平均 90.1 ± 0.8 kcount/min）と、ほぼ均一的なカウント値を示していた。③輸送安全面を考慮し、平面線源はジュラルミン製の収納ケースに納められている。その梱包状態で線量を測定した結果、1cm 線量当量率が最も高い箇所は収納ケース上で $3.71 \mu\text{Sv/h}$ を示し、L 型輸送物としての法的基準値である $5 \mu\text{Sv/h}$ 以下であった。以上の結果より、非放射線管理区域である本学第三研究館での表示付認証機器 ^{57}Co - flood source 310MBq の線源利用は可能であることを示唆した。

スライス選択 RF パルスが画像に与える影響について

HK7002 小笠原 和樹

MR(magnetic resonance)装置とは、NMR(nuclear magnetic resonance)現象を利用し、撮影する装置である。その撮影条件に関わるものとして重要なスライス選択 RF(radio frequency wave)パルスがある。これは、ラジオ周波数帯の数 MHz の電磁波である。このパルスには連続、パルス波があるが、連続波は MR で一部しか使われない。そのため主にスライス厚を決めるためにパルス波が使用されている。断面を何枚も撮影するマルチスライスを行う時は、スライスの裾が重ならないようにしなければ、重なった部分が飽和してしまい、その部分の信号が通常より小さくなる。それが具体的にどのような影響を与えるのかを信号強度、CNR(コントラスト雑音比)の観点から調べ、検討した。本研究で使用したファントムは、コントラスト測定用ファントム(handmade)であり、これを駒澤大学内に設置してある株式会社日立メディコ製の MR イメージング装置 S/N KR13403502 AIRIS mate 0.2T で撮影した。信号強度、CNR(コントラスト雑音比)共に、蒸留水、植物油、硫酸銅、0.5, 1, 2, 3%の寒天を試料として撮影し、検討した。撮影条件として、スライス厚を 3mm に固定、スライス間隔を 3, 4, 5mm と変化させて FSE(fast spin echo)法で撮影した。T1 強調で 7 枚、T2 強調で 14 枚撮影し、その中でも特に信号強度にむらがないと思われる連続した 4 枚の画像を選出し、信号強度を imagej1.43 を用いて測定した。撮影後、信号強度、CNR を T1, T2 強調毎に比較し、寒天濃度毎の信号強度増減率を示し、それぞれ検討した。

顎関節撮影における FNC 処理を用いた被曝線量低減

HK7004 田口 元輝

近年、医療被曝に対する関心はさらに高まってきている。口腔や歯科領域の撮影においては、対象が頭頸部であるため、被曝低減は非常に重要となる。顎関節症の診断の際、画像診断を目的として回転パノラマ断層撮影による顎関節撮影を行う。しかし、患者が小児の場合もあり、また頭頸部を含む撮影であること、経過診断を行うことを考慮した場合、やはり被曝線量はできる限り低減すべきである。X線画像では、撮影線量を下げると、画像中のノイズが増加し、粒状の悪い画像になってしまう。そのため、診断能は維持しつつ、線量を低減することが求められる。CR 画像処理のひとつに FNC 処理というノイズ抑制処理があるが、現在のところ臨床では主に脊椎側彎症などの計測の分野で使用されている。本実験では、この FNC 処理を顎関節症の診断に対して応用可能かを検討するとともに、顎関節撮影における被曝線量の低減を目指した。

頭部ファントムを使用し、回転パノラマ断層撮影装置にて臨床現場で使用されている撮影条件(70kV, 16.2s, 7mA)を基準とし、線量(mA)を変化させて、撮影を行った。撮影した画像に対し、臨床で実際に使用されている画像処理条件をもとに画像処理を行った。FNC 処理については現状で実施されている施設がないため、視覚評価を行いながら最適だと思われるパラメータを選択し、処理を行った。その画像をもとに歯科医師に視覚評価を依頼し、「顎関節の形態について」および「診断に対する有用性について」の二項目について評価した。その結果、FNC 処理を用いることで、線量を落とした全ての画像について顎関節の形態を確認でき、診断に対する有用性が向上したと判断された。さらに、物理的評価として LSF の測定、RMS 粒状度、D-WS の測定を行った。FNC 処理を用いることで LSF は良い傾向を示し、RMS 粒状度、D-WS については粒状の改善が見られた。

これらの実験より、FNC 処理の顎関節撮影における顎関節症の診断への応用と、被曝線量低減の可能性が示唆された。

量子ノイズが検出能に与える影響 ～検出能と SN の関係～

HK7007 清水 良祐

医用画像の検出能を評価する方法として、コントラスト(C:contrast)とディスクサイズ(D:diameter)を変化させたディスクを配列した CD-RAD ファントムを撮影し、これをトレンド補正した画像データを用いて、3M の LCD で DV-R1 に表示し視覚評価することにより、C-D 曲線、IQF を算出する。また、物理評価として CD-RAD ファントムの視覚評価の結果から得た識別最小コントラストディスクでの信号 S、ノイズ N を算出し、検出限界 S/N 比を求める。

視覚評価の結果は、線量・GA が大きくなるにつれて C-D 曲線は左下に移動し検出能は向上し、基準線量 2.6mAs のときではいきなり検出能が向上した。これは、S/F 系を用いた撮影では線量が高すぎるとフィルムが黒化し検出能は低下する。しかし、デジタル系を用いた撮影では自動濃度補正があり、検出能はあまり変わらないように思えるが、デジタル系でも基準線量での撮影というのが一番検出能の向上に深くかかわっていると考えられる。また、IQF については線量・GA が大きくなるにつれて小さい値となり検出能は向上した。また、基準線量の 2.6mAs 以上の高線量となると、GA が検出能に与える影響が大きくなっている。これは、GA というのは特性曲線の傾きを表していて、信号部分でのデジタル値(QL 値)とノイズ部分でのデジタル値(QL 値)の両方のコントラストを高くしてしまうので、低線量ではノイズにうもれている信号とノイズとの差が小さくなり、検出するのが難しくなり、検出能は悪かったと考えられる。物理評価の結果は、ディスクサイズが小さくなるに従って、検

出するには高い S/N 比が必要となるという結果になった。また、S/N 比が 1 のグラフより高い S/N 比のディスクサイズ 1.3mm 以下になってくると S/N 比は急上昇していて、ディスクサイズが 1.3mm 以上になると SN 比が 1 以下で検出することができるということがいえる。これは、ディスクサイズ 1.3mm までくると、X線量子ノイズの大きさに近くなるという点、また、X線の解像度が影響するという点が相互作用をし、検出するのに必要な S/N 比が急上昇したのではないかと考えられる。従来、検出能の評価に用いる C-D 曲線、IQF という評価方法に加えて、検出限界 S/N 比が有用な評価量であることを確認した。

DEXA 法と QUS 法による骨密度測定値の比較・検討

HK7009 黒沢 美波

現在、わが国では高齢化社会を迎え骨粗鬆症患者が増加する傾向にあり、閉経後の女性の間で深刻な健康問題の一つとなっている。骨量測定法には DEXA 法や QUS 法をはじめ種々の方法が利用されており、基本性能はそれぞれ異なっているが、現在では DEXA 法による腰椎部の骨量測定値が、標準診断基準値（骨粗鬆症診断基準-2000 年版-）として示されている。本研究は、DEXA 法と QUS 法の 2 法を同時期に測定した臨床データを用いて、両法による測定値の相関性についてピアソンの積率相関係数をもとに比較・検討を行うとともに、dual energy の X 線を利用した DEXA 法よりも測定値の信頼性に欠けるといわれている QUS 法の有用性について検討することを目的とした。対象は、2 法の検査を同時期に施行した検診者 84 名（男 21 名、女 63 名、年齢は 22~91 歳の範囲で平均 64±17 歳）である。その結果、①BMD と OSI の関係は腰椎正面において $r=0.55$ と“正相関がある”ことを示し、大腿骨頸部では $r=0.72$ と“やや強い正相関がある”ことを認めた。②腰椎正面%YAM と踵骨%YAM との関係は $r=0.49$ と“正相関がある”ことを示し、大腿骨頸部%YAM と踵骨%YAM とは $r=0.64$ と“やや強い正の相関”を認めた。③DEXA 法と QUS 法における SAR の関係は、腰椎正面 SAR と踵骨 SAR 並びに大腿骨頸部 SAR と踵骨 SAR との間には $r=0.44$ 、 $r=0.53$ と両者共に“正相関がある”ことを示していた。④腰椎正面 BMD と BMI との関係及び大腿骨頸部 BMD と BMI との関係は、前者が $r=0.38$ と“やや弱い正相関”を示し、後者も $r=0.30$ と“やや弱い正相関”であった。⑤OSI と BMI との関係は $r=0.24$ と“やや弱い相関がある”ことを認めた。以上の結果より、DEXA 法による骨密度値は測定部位で異なることが確認できた。そして QUS 法は X 線による被ばくが無く、装置の移動などが容易であるため簡易的な検査法として参考値程度に用い、臨床診断として骨量の減少が見られた場合や高齢者については DEXA 法による測定を行うことが最適な骨塩定量検査法であることを示唆した。

S/F 法・CR 法を用いたマンモグラフィにおける拡大法の比較

HK7011 飯村 美由紀

近年日本では乳がんの罹患数が増えてきており、現在日本人女性の 20 人に 1 人が乳がんになると言われている。特に 40 歳から急増すると言われていたことから、40 歳以上の女性に対しマンモグラフィ検診が推奨され、マンモグラフィが急速に普及し始めた。これにより乳がんの早期発見率が増加し、乳がんによる死亡率の低下が期待できると言われている。

乳腺画像には少ない被曝で高コントラスト、高鮮鋭度の画像が求められており、通常の撮影では散乱線除去を目的としたグリッドを使用すると高コントラストの画像を得ることができるが、被曝線量は多い。また拡大撮影は腫瘍の辺縁や組織構造などをより正確にすることに有用であると言われている。

本研究ではこの拡大撮影法に着目し、MTF、RMS 粒状度、散乱線含有率等の物理的評価および視覚的評価を行い、乳房拡大撮影の有用性について検討した。また、現在では増感紙 - フィルム（以下 S/F）を用いた撮影ではなく、CR を使用する病院が大半である。CR を使用して画像を確認することにより、画像処理も可能である。本研究では、S/F による拡大撮影と CR による拡大視による視覚評価についても行った。

MTF においては中～高周波数領域にわたり拡大撮影が等倍撮影より高い値が得られ、視覚的評価においても拡大撮影の方が描出能の良い結果になった。これらは画像が拡大されたことによる視覚的な見やすさとグレーデル効果による散乱線が除去されたことによるものである。散乱線含有率からも、散乱線が最も低いのはグリッドを使用したときであるが、グリッドを用いない等倍撮影と拡大撮影の比較から散乱線が除去されたことが分かる。また、視覚的評価において、CR 画像は ROC 曲線と ACR フェントムを使用した点数評価の結果に同一性は見られなかった。視覚的評価における画質の評価方法には、拡大効果と散乱線の影響による効果の 2 つの要素があったので、同一性が見られなかったと考えられる。

これより S/F 法における拡大撮影、CR を使用した拡大視についての有用性があるといえる。

マンモグラフィにおける拡大撮影について ～S/F 法と CR 法の比較～

HK7003 渡邊 加奈

近年日本では乳がん患者数が増加傾向にあり、特に40歳以上の女性によるマンモグラフィ検診が導入され急速に普及し始めた。そのため、乳がんの早期発見率が増加し、乳がんによる死亡率の低下が期待できる。また、医用画像の分野において画像情報のデジタル化は急速に進んでおり、現在ではCT、MRIのみならず、一般撮影領域でもデジタル化は進み、CR(computed radiography)方式やFPD(flat panel detector)方式を用いる施設が大半を占める。マンモグラフィは、X線画像診断においてデジタル化が遅れている領域であるといわれていたが、2009年には70%を超える施設でデジタルマンモグラフィシステムが採用されているという報告もある。

本研究では、増感紙法を用いた幾何学的な拡大撮影とルーペによる拡大視、およびCR法を用いたモニター上の拡大視について、物理的評価、視覚的評価を行った。拡大撮影はグリッドを使用した等倍撮影より散乱線含有率が多いにも関わらずMTF値では高い値を得た。ここでは散乱線の影響より、画像の拡大効果の方が優れていると言える。ROC評価においては等倍撮影に対して3つの拡大法の方が評価は高い。対象が微小石灰化であることにより拡大法・拡大視の効果が反映されていると考えられる。ACRファントムの腫瘍陰影については拡大撮影の有利さを認められなかった。これは腫瘍陰影が極めて淡いコントラストで対象が大きいので、拡大しなくても陰影が認識できることや拡大してもその濃度が視覚的に分散してしまうことが要素として考えられる。

増感紙法による拡大撮影は等倍撮影に比べて微小検体の描出に優れていると確認できた。また、CR画像のモニターにおける拡大法も撮影後の拡大像として視覚的に効果があり、ルーペを用いた拡大視は手軽に画像を拡大することができるので有用であるといえる。

超高磁場 3.0T MRI における SAR 対策

HK7012 広海 由貴

近年の磁気共鳴画像(MRI : magnetic resonance imaging)装置は、高性能傾斜磁場システムと高速撮像シーケンスの開発により高空間分解能かつ高時間分解能の画像を収集することが可能となった。更には、静磁場強度マグネットの高磁場化に伴い、高い信号雑音比(SNR : signal-to-noise ratio)を持った四次元画像をも容易に習得できるようになってきた。しかし、高磁場でかつ高速撮像が可能なMR装置では比吸収率(SAR : specific absorption- ratio)が増加するため、従来の撮像条件をそのまま適応させることが困難となり、スライス枚数の制限やrepetition time(TR)の延長といった撮像条件の変更を余儀なくされることになる。このため、特に3T以上のMR装置においてはハード面とソフト面でさまざまなSAR低減法が実装されており、これらの中には撮像条件を変更することなくSARを低減できる撮像シーケンスもある。

今回、1.5Tと3.0TのMRI装置を用いて、静磁場強度、撮像法、撮像シーケンス、製造会社の違いによるSARの変化を比較検討した。その結果次のような知見が得られた。

- ① 特別な撮像方法を使用しなかった場合、SARは理論計算式通りの値を示した。
- ② 収束180°パルスを頻回に使用するFSE法でFAを調整するSARの低減技術の貢献度がきわめて高いことが分かった。
- ③ 一見SARが上昇しそうな3D撮像でも、各社が独自に開発したSAR低減撮像シーケンスを使用することにより、SARは大幅に減少することが分かった。
- ④ 180°パルスとSARには比例関係が存在する。

乳房撮影における AI 付加フィルタと画質の評価

HK7016 三品 優美 (共同実験者 HK7020 田口 裕美)

乳がんは罹患率、死亡率共に年々増加しているが、早期発見が出来れば高い治療効果が望める癌であるとされている。厚生労働省では乳がんの早期発見のために、40歳以上の女性は2年に1回、マンモグラフィによる乳がん検診を推奨している。この研究では、極薄いアルミ(AI)フィルタを用いることによって、乳房撮影において乳房に吸収されて画像の形成に関与せず、無駄な被曝に繋がる長波長成分を除去できるかを評価した。

今回、厚さが異なる5枚のAIフィルタを用いて物理評価および視覚評価を行った。物理特性については、散乱線含有率、RMS粒状度、MTF、チャート法およびMIPファントムを用いた2パターンのコントラスト、スペクトルの測定の6項目について評価を行い、視覚評価ではACRファントムおよびCD-MAMファントムを用いた2項目について評価を行った。AIフィルタを厚くするほどスペクトルとMTFを除いた各項目において画質が悪化した。スペクトルの測定では若干であるが被曝につながる長波長成分のカウントが僅かに少ないことが確認された。MTFはほぼ変化がなかった。このことから、AI付加フィルタの厚さを0.1mm以上にする課題が生まれた。また、今回の実験では被写体がない状態のスペクトルしか測定していないので、今後この研究を続ける際には被写体透過後のスペクトルも測定する必要があるものと考えられる。

乳房撮影におけるアルミフィルタの影響

HK7020 田口 裕美

近年乳がん患者が増加している。早期発見により生存率は上がることが明らかであり、検査受診率をあげるべきであると考えられる。また、早期発見にはマンモグラフィ検診が有効であり、画像診断が重要となってくる。圧迫撮影を行い、付加フィルタを用いることで軟線をカットし、被曝低減および診断により有用な画像作成が可能である。

本研究では付加フィルタが画質に及ぼす影響について、RMS粒状度、MTF、散乱線含有率、コントラスト、スペクトルの測定の物理的評価とACR認定マンモファントム、CD-MAMファントムを用いた視覚的評価を行った。前年度の研究を引き継ぎ、0.025、0.05、0.075、0.10mmのフィルタを用いたところにさらに薄い0.0125mmのAI箔を追加し行った。スペクトル測定においては長波長側に変化がみられ、わずかながら軟線がカットされていることがわかった。物理的評価においては、散乱線含有率がやや増加していること、粒状性がやや劣化すること、鮮鋭度は変化がないことなどの画質の変化が分かった。また、ACR認定マンモファントムを用いた視覚評価においては付加フィルタが厚くなるほど識別率、評価が低下した。AI厚の増加に伴い画質が悪くなったが、これは前述した物理特性の結果と同様になった。粒状性、コントラストの良否が視覚に影響が大きいと思われるが、最も大きな要因については検証できなかった。今後の課題としてはAIフィルタが薄すぎたと思われるので厚いアルミフィルタで検討する、被写体透過後のスペクトルを計測し、コントラストとの因果関係を調べる、物理評価と視覚評価の相関性を明確にすることなどがあげられる。

撮影条件の異なるTS処理画像に対する検討

HK7021 香取 直樹

医師は1日に多くの画像を読影し、診断を行っている。読影の際には複数の画像を比較しながら行っているが、限られた時間内に読影することを考えると病変の見落とす可能性があり、これを防ぐことが求められる。さらに、肺における陰影の大きさが20mmを超えるものは悪性である可能性が高いが、これ以下の大きさの場合は悪性の可能性としては低くなる。しかし、直径20mm以下の早期肺癌や直径10mm以下の微小肺癌を否定できない。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、過去画像と現在画像の2枚を比較する方法がある。その他に、腫瘍の見落としを防止する方法として、読影をする際にテンポラルサブトラクション処理(TS処理)を用いることによって検出能の向上が図れる。このTS処理は、過去画像と現在画像については通常同じ撮影条件にて撮影されTS処理されている。

そこで、本研究では被曝線量の低下を目的に、通常のmAs値で撮影された過去画像に対して、現在画像のmAs値を変化させると、TS処理された画像にどのような影響を与えるかを検討した。評価方法は、視覚評価としてROC解析・腫瘍の形状の評価を行い、物理評価としてRMS粒状度・腫瘍のプロットプロファイルの計測を行った。また、腫瘍の配置部位によって検出能に差がでるかどうかも検討した。

結果として、ROC解析に関してはmAs値の違いによる大きな差はでなかった。腫瘍の形状の変化においてはmAs値の違いによる差はあまりでなかったものの、腫瘍の配置位置によって点数に偏りがみられた。RMS粒状度に関しては、原画像では現在画像のmAs値が高いほうが粒状がよく、TS処理画像でも原画像ほどではないが現在画像のmAs値が高いほうが粒状が良い結果となった。プロファイルでも、現在のmAs値が高いほうが模擬腫瘍の形状が確認しやすかった。

今回使用した模擬腫瘍では視覚評価、特にROC解析に関しては差が出なかったため、模擬腫瘍の大きさをさらに小さいものに変更したり、形状を変えるなどということが今後検討する余地があると考えている。

厚い乳房撮影におけるフィルタ付加時の画像評価

HK7022 神子 枝里子

厚い乳房撮影では、低エネルギー光子はほとんどフィルムに到達していない。よってこれらの低エネルギー光子は乳房を透過しないため、患者の被ばく増加の原因となっている。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。そこで本研究では付加フィルタを用いることにより、厚い乳房撮影において被ばくを減らすと同時に画質の向上を試みた。

測定条件は、乳房ファントム厚を50mmと60mmとし、ターゲットとフィルタの組合せをMo-Rh、付加フィルタとしてAlとPdを使用した。管電圧は、付加フィルタがAlフィルタの場合は低管電圧で撮影することによって高エネルギー成分を除去するために28kVに設定し、Pdフィルタの場合はK吸収端を利用して高エネルギー成分を除去するために30kVに設定した。撮影条件を決定するために、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の式より平均乳腺線量を算出した。各ファントム厚で、付加フィルタなしで管電圧30kVのときと同程度の線量となるよう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を測定した。

その結果、ファントム厚50mmでは、付加フィルタによる画質への影響は小さく、改善は見られなかった。一方、ファントム厚60mmで、Pd0.025mm+Al0.3mmフィルタを入れるとCNRが改善し、Al0.2mmフィルタを入れると大きな差ではないがMTFが改善した。よって、ファントム厚が厚い方が付加フィルタによる改善が大きいことがわかった。

モンテカルロ法による連続 X 線での CT ファントム線量とスペクトルの算出

HK7023 深野 雅敬

CT 撮影による被曝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 撮影時のファントムサイズの変化による吸収線量の分布の変化を算出し、これらを直接線と散乱線に分離した。また同様に X 線スペクトルの変化も算出した。

計算した結果、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。線量の成分を直接線と散乱線に分離すると、中心に近いほど散乱線による線量が多くなることがわかった。X 線スペクトルを算出した結果もファントムの中心に近いほど散乱線の光子数が多くなることを示した。またこれら X 線の成分ごとに平均エネルギーを算出すると、ファントム中心に近くなるほど線質硬化により直接線と散乱線の平均エネルギーは増加していった。これは中心に近いほどエネルギーの低い散乱線の割合が増加するためである。ゆえに全 X 線の平均エネルギーは中心に近いほど減少した。

これらの結果からモンテカルロ法により、実験では測定困難な部位や大きさにおけるファントムの線量分布やスペクトルを算出できることがわかった。

マイクロフォーカス X 線源による位相コントラスト法

HK7024 高橋 竜冬

X 線画像は通常、被写体による X 線の吸収差をコントラストとして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表現する事は困難と言える。

近年、これを補える新たな撮像方法として、X 線の位相差を利用した位相コントラスト法が研究されている^[1]。位相コントラスト法には干渉計^[2]や放射光 X 線源^[4]を用いる方法があるが、本研究では微小焦点 X 線源(マイクロフォーカス X 線源)を用いた屈折法を行った。

マイクロフォーカス X 線源による位相コントラスト法は前述の干渉計や放射光 X 線源を用いた方法と異なり、シンクロトロン等の大掛かりな装置を必要とせず、また、X 線の屈折効果を利用しているので、単純に拡大撮影を行うだけで効果を得られる特徴があり、その画像は吸収コントラストに位相コントラストが混ざりエッジが増強されたものとして与えられる。

今回はこのマイクロフォーカス X 線源による位相コントラスト法をマイクロフォーカス X 線 CT に応用する事を目指し、拡大率でのアクリル棒ファントムの位相コントラスト像を取得し、得られたエッジのプロファイルを Line spread function(LSF)に変換し、各倍率におけるその大きさ、および半値幅(FWHM)を比較した後、さらにフーリエ解析する事で Modulation Transfer Function(MTF)のグラフを作成し、その傾きを評価した。

また、位相コントラスト像の例として、吸収コントラスト像および位相コントラスト像を視覚的に比較し、マイクロフォーカス X 線 CT における、位相コントラスト法の基礎研究とした。

CRによる頭部規格 X 線撮影(セファログラフィ)における被曝低減の検討

HK7025 藤代 基希

歯科矯正領域における重要な診断法の1つとして、セファログラフィがある。頭部規格 X 線写真(セファログラフィ)は、画像上の軟組織や硬組織上の定まった計測点を観察、測定することで、頭頸部の成長発育程度を評価することができる。セファログラフィが行われる歯科矯正治療対象患者の多くは永久歯が生え始める 6~7 歳頃から永久歯列完成及び下顎骨の前方成長の終了する 18 歳程度である。また、近年では審美歯科に対する認識も高くなり、成人をすぎてから矯正治療を行う患者も増えている。このように主な患者が放射線感受性の高い小児であり、患者が成人であっても頭頸部領域の撮影であるため、X 線障害を考慮した場合、できる限り X 線被曝線量を低減する必要がある。そこで、本実験ではセファログラフィの PA 撮影において、CR システムの画像処理の1つである FNC 処理を用いた X 線被曝線量の低減について検討することにした。

大人用頭部ファントムを用いて、撮影条件を基準(25mAs)とし、線量(mAs 値)を変化させた画像を作成した。その画像をもとにセファログラフィの PA 撮影における歯科矯正学上の計測点 13 ヶ所の視覚的評価を歯科医師によって行なった。その結果、FNC 処理をかけることで、歯科医師は 8mAs まで線量を落とした画像でも診断可能であると判明した。さらに物理的に粒状性を評価するため、デジタルウィーナスペクトル(D-WS)の測定を行った。その結果、FNC 処理をかけることで、どの mAs 値においても粒状性が良くなるという評価が得られた。また、FNC 処理による鮮鋭度低下がないかを確認するため、CTF を測定し、鮮鋭度の評価を行った。その結果、高周波数領域では CTF の低下がみられるものの、目的領域である低周波数領域では CTF の低下は認められなかった。表面線量においては基準線量 25mAs のとき 1.54mGy、実験より求められた線量 8mAs のとき 0.49mGy となり、31.8%まで被曝を低減できる結果となった。

これらより、セファログラフィにおいて、FNC 処理をかけることで、基準撮影線量(25mAs)の 3 分の 1 以下の線量でも矯正歯科学上の計測点を確認できた。また、被曝線量低減も可能であることが示唆された。

軟 X 線領域における線量計の校正場構築

HK7026 大山 隼生

我が国における乳癌の死亡率は年々増加しており、厚生労働省の統計より壮年期の女性の死亡原因のトップが乳癌であると報告されている。乳癌検診には、原則として乳房 X 線検査が導入され、乳癌検診及び検査を行う施設は、乳房撮影装置の品質保証と適正線量管理が要求されており、撮影線量の測定には、定期的に校正された線量計を用いる必要がある。

乳房撮影用線量計の校正施設として、産業技術総合研究所が今年度から一次標準としてモリブデン(以下、Mo)ターゲットによる空気カーマと照射線量の標準供給を行っている。しかし、軟 X 線の線量測定の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おらず、確立されていないのが現状である。

今回、乳房撮影用 X 線撮影装置では撮影台が固定されているため撮影距離を取ることができない。この理由から線量計の校正には不向きである。そこで、工業用 X 線発生装置で乳房撮影用線量計の校正が可能な線質かどうかを X 線スペクトル測定により検討した。

照射条件を管電圧 24~34kV、管電流 40mA、照射時間 1 sec とし、付加フィルタ(Mo) 30 μ m 照射距離 33cm コリメートするために 1mm Φ の Pb 板を置き、X 線の強度を弱めるために、アクリル板を 6cm 配置した。この条件で乳房撮影用 X 線撮影装置と工業用 X 線発生装置のスペクトル測定を行った。

測定より、管電圧が 28kV のときの実効エネルギーが乳房撮影用 X 線撮影装置では、18.95keV であり工業用 X 線発生装置は 19.76keV であった。また、28kV のときの平均エネルギーは乳房撮影用 X 線撮影装置では、18.66keV であり工業用 X 線発生装置は 19.89keV であった。以上より、工業用 X 線発生装置に 60 μ m の Mo フィルタを付加することで、乳房撮影用 X 線撮影装置のスペクトルに近づけることができた。

ボーラストラッキング法における関心領域の設定にともなうスキャン開始時間の変化

HK7029 小檜山 紘

X線CT検査では造影剤注入にあわせた造影CT検査が重要な役割を果たしている。しかし、患者により血流状態が異なり、最適な造影剤の注入タイミングでスキャン開始することは困難である。これらの問題を解決する技術としてボーラストラッキング法がある。

本研究では、ボーラストラッキング法において関心領域の設定にともない、スキャン開始の時間がどのように変化するか測定を行った。スキャン条件はボーラストラッキング法（管電圧 120kV、管電流 50mA）、関心領域の大きさを、大動脈を想定したアクリルチューブ内径の 1/3、2/3、3/3、しきい値を 130HU としてスキャンを行った。さらに、ハードプラーク及びソフトプラークを想定した仮想プラークをアクリルチューブ内壁に貼り付け、スキャンを行った。

その結果、アクリルチューブ内に何にも置かないプラーク無しの状態では、関心領域大きさの違いによる差は見られなかった。また、仮想プラークを設置した状態では、関心領域を小さくするほどしきい値到達時間はプラーク無しの状態と差ができてしまい、関心領域を大きくするほどプラーク無しの状態に近づく結果となった。しかし、今回はアクリルチューブを用いて簡略的に実験を行ったが、実際の検査の場合は動脈の拍動や体動など生理的作用が考えられ、関心領域を大きくしてしまうと造影される領域から外れる恐れがある。本研究よりプラーク無しの状態ではしきい値到達時間は関心領域の大きさに依存しないことから、関心領域設定はプラークを含まない大きさの関心領域でプラークを避けて設定する方が良いと考える。

マンモグラフィ 超音波 MRI における乳腺臨床画像の比較・検討

HK7030 小崎 愛花

現在、乳がんによる死亡率、罹患率は共に増加の一途をたどっており、30歳から64歳の壮年層では死亡原因の第1位となっている。また、若い年代の乳癌死亡率が年々上昇していることもあり、定期健診による早期発見が重要視されている。そこで、乳がん検診の有効性が確立している視触診とマンモグラフィ（以下MMG）に加え、超音波検査の併用により、発見率の向上が期待されている。また、MRI検査は、切除範囲を決定する上での広がり診断の役割を担っており、術式を決定する目的に使用されている。MMG、超音波検査などで評価が困難な症例に対しても、有用とされている。そこで、臨床画像より、三者の併用検査を受けた6人の患者の臨床データを用いて、利点欠点を含め特有の所見を理解することから、併用検査による有効性について学習した結果を報告する。

MMGと超音波検査には良悪性を判別する上でカテゴリー分類が定められており、カテゴリー1の正常からカテゴリー5の悪性で五段階評価をされる。MMGの所見用語として、腫瘍の所見には、形状、境界及び辺縁、濃度があり、石灰化の所見には、明らかな良性石灰化、良悪性の鑑別を必要とする石灰化（形態と分布）がある。超音波検査の所見用語は、腫瘍性形成性病変と腫瘍像非形成性病変に分けられ、腫瘍性形成性病変には形状、境界部、内部エコー、後方エコー、随伴所見がある。これらを判定し、カテゴリー分類がされる。MRIの所見用語には腫瘍像形成性病変の形状・境界及び辺縁、内部情報、血流分布、ダイナミックカーブ（washout）があり、非腫瘍像形成性病変には、分布、腺葉系に沿った形態、内部情報、集簇するリング状濃染がある。

今回、三者の併用検査による各々の検査の有効な実証例について取り上げたが、MMG及びUS検査により、カテゴリーが決定され病理予測を行い、MRI検査により、浸潤範囲や転移の有無の広がり診断を行い、術式を決定するという流れで進められることが分かった。

可変リングフィルタの検出性能の検討

HK7031 藤村 実穂

近年、乳がんを患う日本人女性は年間で4万人を超え、その数は年々増加しており、将来的にも死亡者数、罹患者数がさらに増加することが予想される。そのため、初期の乳がんの発見に有効な乳房X線撮影（マンモグラフィ）による乳がん検診が推奨されている。しかし、乳房を構成する乳腺や脂肪組織などの軟部組織と腫瘍のX線吸収差は小さく、情報を得ることは難しい。そこで、コンピュータ支援診断システム（CAD）を用いることによる診断性能の向上と医師への負担軽減に大きな期待がかけられている。

本研究では、従来、CADの中で腫瘍の検出過程の一つに用いられてきたアイリスフィルタの問題点を改善した可変リングフィルタと改良前のアイリスフィルタの2つのフィルタの検出性能を比較検討した。腫瘍陰影はその中心に向かっていくほど濃度が低くなる特徴を有しているため、濃度より算出する輝度勾配ベクトルも腫瘍の中心に向かうと考えられる。しかし、腫瘍の頂点付近では輝度勾配が緩やかなため、ノイズの影響が大きく、輝度勾配ベクトルが注目画素にどれだけ集中して向いているかを評価する集中度が小さくなるといった問題がある。可変リングフィルタでは、ノイズの影響が大きい腫瘍の頂点付近を集中度の計算に含めず、高い検出性能を維持できる。その反面、アイリスフィルタは全体的な集中度を出力するのに対し、可変リングフィルタでは一部の集中度のみを出力するため、形状描出性能はアイリスフィルタに劣る。今回、いくつかの腫瘍陰影パターンを想定して、模擬腫瘍を用いた実験試料を作成し、以上のことを確認した。

今後、様々な条件下の臨床画像を用いて、可変リングフィルタのより詳しい性能を検討する必要性があると考えられる。

乳がん検診超音波システムの追従性評価と画像検討

HK7032 清水 理乃

近年わが国での乳がん罹患率は急増し、死亡数も増え続けている。だが、検診率が高くなった場合、検査を行う技術者の不足が問題となる。よって、診療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¹⁾。乳がん検診超音波システムは、検査者の技量に寄らない自動化が必要であるため、水浸法が有効と考えられる。この水浸法の問題点より、本実験では追従性評価および従来の接触法との画質の差を評価することを目的とした。乳房超音波診断ガイドラインより、プローブを垂直入射することで画像の劣化を防ぐことができる。また、乳がん検診システムのプローブ動作は、PCに表示された画像から、乳房表面の輪郭、プローブからゴム膜までの距離・角度・位置を検診システムに送ることで制御されている。この動作システムを用い、本実験を進めていった。

プローブの追従性では、膜の張り方(深さ)を変化させた場合およびプローブとゴム膜の間に角度をつけて追従を行った結果、深さ・角度変化は追従に影響しないことがわかった。しかし、乳房ファントムではGain81にした際、多重反射に対して追従を行ってしまったため、多重反射に対して追従を行わない最適なゲインの範囲を検討した。その結果、最適なGainの範囲はファントムでは74~80、生体では73~85(87)といえる。

水浸法の圧迫画像が従来の接触法の画像に比べて劣化しているかどうかを乳房ファントム・生体（膝窩静脈・乳房）を用いて検討した結果、乳房ファントムでは圧迫による影響がなかった。膝窩静脈では、圧迫の影響を接触法では受けず、水浸法で受けた。この理由として、プローブ-体表間距離の差が関係していると言える。乳房では、接触法・水浸法ともに圧迫による影響を受けた。乳房は構造上脂肪が存在している部位であることから、圧迫による影響を受けやすかったためと考えられる。全体的画質評価（特に乳房）では、接触法・水浸法ともに軽い圧迫（Regular）を加えた際、総合画質が一番よくなった。よって、乳がん検診超音波システムに水浸法を用いて検査を行うにあたり、圧迫法をさらに詳細に検討する必要がある。

放射線治療用寝台の天板およびそのフレームによる線量分布への影響

HK7033 荒井 美紀

現在、放射線治療用寝台の天板およびフレームの材質には放射線吸収の少ないカーボン・ファイバーが用いられている。対向二門や多門照射など従来の単純な照射方法に加え、強度変調放射線治療 (IMRT) といった高精度放射線治療などではフレームにビームが当たる場合の線量減少を考慮する必要がある。最近ではこの影響が考慮されている放射線治療計画装置 (RTPS) のバージョンがあるが、治療計画の際にこの不確定要素を考慮していない場合が多い。

本研究では、放射線治療用寝台の天板およびフレームがビーム内に入ってしまう場合に線量分布および線量がどの程度影響されるのかをフィルム、電離箱の二つを使用して評価を行った。実験配置、実験条件をすべて同じとし、フレームがビーム内に含まれる場合と含まれない場合の二つを比較評価した。得られたフィルムはフィルム解析用ソフト DD-system (Ver 9.4.0) の Profile Analysis を用いて解析を行った。

フレームの断面は縦 8.5cm、横 2.5cm で中が空洞のパイプのような構造で、その両脇の一番厚い所をビームが通ってくるために線量プロファイルの両側端に減少している部分が見られ、分布内では 4% ~ 6% の変動があった。照射野を 5cm x 5cm ~ 15cm x 15cm と変化させると 6 MV では 11%~12%、10MV では 8%~9% の線量減少があった。また、両者のエネルギーにおいて照射野が小さくなるほど線量減少が多くなるという傾向が見られた。

放射線治療における線量計算時の許容誤差は $\pm 2\%$ と決められているため、このフレームによる影響を考慮すべきである。実際の治療においては、フレームがビーム内に入ってしまうような角度 $90^\circ \sim 270^\circ$ の場合はセットアップ時に光照射野でフレームに当たっていないか目視で確認することや、治療計画時にフレームがビーム内に入る角度を避けることが望まれる。

拍動動脈瘤モデルの Optical flow 解析 ～空間的局所最適化法について～

HK7034 金井 祐弥

オプティカルフロー解析法とは、一連の連続したデジタル画像を用いて、ある設定したピクセルごとに物体の移動速度、移動方向をベクトル集合で表現したものである。よって一見運動がないような小さな運動でもベクトル表示できるので可視化することができる。このオプティカルフロー解析法は大別して勾配法、ブロックマッチング法が存在する。このオプティカルフロー解析法は、医学の分野では、MR 画像における心筋の壁運動の解析や、核医学の心筋 SPECT 運動解析などにしか用いられていない。本研究ではオプティカルフロー解析法を用いて、動脈瘤の血管壁運動の解析が行えないかと考えた。動脈瘤は、くも膜下出血、胸部胸腔出血および腹部腹腔出血などに大きく関係しており、破裂すると命に係わる危険なものである。動脈瘤をオプティカルフロー解析法によって破裂しやすい動脈瘤を発見できないかと考えこの研究を行った。本研究の実験方法として、全周型動脈瘤ファントムと、2 か所対側型動脈瘤ファントムの 2 種類のファントムを用意し、それぞれのファントムに拍動脈流を流し疑似的に動脈瘤を作成し X 線 CT 装置で連続画像を撮影した。解析方法としては、勾配法の空間的局所最適化法を用いて行った。空間的局所最適化法では感度が良く空気などのアーチファクトもベクトル表示してしまうため、血管壁の運動を解析するものには向かないと考えられた。今後はアーチファクトの改善方法を考えることにより臨床に適応できると考えられた。

歯科用 IP を用いた CT 撮影におけるファントム断面の線量分布測定

HK7036 綾部佑介

イメージングプレート (IP) は X 線フィルムを用いたフィルム法と同様に、二次元線量測定に用いることが可能である。本研究では IP を用いて CT 撮影における X 線のファントム内断面での二次元線量分布測定を行った。本研究では、IP として歯科用(3×4cm)を用いた。歯科用 IP は一般的な大きさの IP よりも小さいために、IP 自身による減弱が小さい。このためより正確な線量測定が行えると期待できる。実験では、線量測定を行うために必要な IP の基礎特性を調べ、1~25mGy の範囲で、IP ごとの線量依存性を求めた。この結果より得られた PSL を線量に変換した。基本特性をもとに CT 撮影時のファントム内断面の線量分布を IP を用いて測定した。ファントムは 1cm のアクリル板を 8 枚ずつあわせたものを 2 つ作り、その間に IP を挟み、全体として横 25 cm 縦 20 cm 奥行き 16 cm のアクリルファントムとした。このファントムを IP が人体における横断面に位置するように CT 寝台に設置し撮影した。IP を縦と横に並べた場合と、IP による減弱の影響を調べるために IP を 1 枚だけ置いた場合を撮影した。撮影条件は、管電圧 120kV、管電流 200mA、スライス厚 8mm として、1 スキャンのコンベンショナルスキャンを行った。この結果、縦方向の分布では一番上の IP と一番下の IP の線量に差が生まれた。一番下の IP はベットによる減弱の影響を受けるため、一番上の IP よりも線量が低くなったと考えられる。IP を並べた場合と IP を 1 枚だけの場合では、中心部の線量は差が生じなかった。これにより、本研究の条件では、IP を並べた場合でも、IP の減弱の影響はわずかであることがわかった。

IP 読み取り装置 CR140 のサイズ別相対性能評価

HK7042 福田 侑人

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。本実験では、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 について測定した。その結果を基にして CT 装置の X 線の線量分布の測定を行った。

フェーディング特性について、IP に X 線を照射し測定するまでの時間を段階的に変化させて調べたところ、照射後すぐは出力の減少が急であったが、時間の経過により徐々に緩やかな減少をすることが分かった。また、温度の違いによるフェーディングの差が認められた。このため、正確な線量測定を行うためには照射後の読み出し時間や温度管理が重要である。8×10 インチから 14×17 インチまでの 5 種類のサイズの IP について、読みとり装置のゲインごとの線量依存性と分解能を測定した。どのサイズの IP についても、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直線的な関係が得られた。また、テストチャートを用いて分解能を求めた結果、全ての IP で 3line/mm まで識別できた。この基礎特性に基づき大きいサイズの IP を用いて CT 撮影装置の Large、small、Dose、の 3 種類のフィルタを用いたときのファンビーム線量分布の測定を行った。その結果、フィルタによる線量分布の違いが確認できた。

MRI における安全性 ―SAR を中心に―

HK7043 鈴木 梓

近年の磁気共鳴画像(MRI : magnetic resonance imaging)装置は、高性能傾斜磁場システムと高速撮像シーケンスの開発により高空間分解能かつ高時間分解能の画像を収集することが可能となった。更には、静磁場強度マグネットの高磁場化に伴い、高い信号雑音比(SNR : signal-to-noise ratio)を持った四次元画像をも容易に習得できるようになってきた。しかし、高磁場でかつ高速撮像が可能な MR 装置では比吸収率(SAR : specific absorption- ratio)が増加するため、従来の撮像条件をそのまま適応させることが困難となり、スライス枚数の制限や repetition time(TR)の延長といった撮像条件の変更を余儀なくされてしまう。このため、特に 3T 以上の MR 装置においてはハード面とソフト面でさまざまな SAR 低減法が実装されており、これらの中には撮像条件を変更することなく SAR を低減できる撮像シーケンスもある。

今回、1.5T と 3.0T の MRI 装置がある荏原病院と日本医科大学付属病院で SAR の比較の実験を行い、それを参考に SAR を含めた MRI 装置の安全基準について調べた。

多列半導体検出器型線量検証システム Delta4 の基礎特性

HK7049 小泉 優貴

近年、放射線治療部門では強度変調放射線治療（以下 IMRT）など、様々な高精度の照射が行われている。IMRT における線量分布は複雑であり、治療計画を立てた後として計画毎の品質保証（以下 QA）を必ず行う必要がある。IMRT の QA を行う際の問題点は、任意の点の線量もしくはフィルム法などによる 2 次元の測定・解析しか行うことができず、検証時間が長い。照射野またはセグメント毎の解析が行えない等の欠点がある。多列半導体検出器型線量検証システム Delta4（以下 Delta4）はこれらの欠点を解決し、IMRT の QA を効率的・高精度に行うシステムである。

本研究では Varian 社製 CLINAC IX-S と Delta4 を使用して測定を行うことにより、3 次元の線量分布が得られ、照射野またはセグメント毎の解析を行い、Delta4 の基礎特性（直線性、線量率依存性、方向依存性）について測定・解析を行った。Delta4 は円筒形 PMMA ファントム内に直交した 2 面の検出器を配し、P-Si 半導体検出器を 1069 個配列した最新の IMRT・IMAT 線量検証システムである。直交 2 面の構造により様々な角度から照射を検出することができる。これにより、一度の照射で効率的かつ高精度な検証が可能となり IMRT などの QA を短時間で行うことができる。本論文ではこの Delta4 の基礎特性の評価を行った。測定結果について、線量直線性は最小二乗回帰計算より近似直線を求め、得られた近時直線から理論値を求め実測値との差を求めた。また、決定係数 (R^2) を求め、直線性があるか確認した。線量率依存性は最大値と最小値の差を求め、方向依存性はガントリ角度 0° を基準とし、最大・最小となる値との差を求めた。線量直線性は決定係数 $R^2 = 1$ より直線性は非常に良好であり、線量率依存性は最大と最小の差が 1.37% である。方向依存性は約 1.30% となったが、検出部（wing）に平行に入射した場合、誤差は 2.40% と多くなるので検証を行う際に、この角度からの入射は避けるべきである。以上の安定している特性及び任意の角度・検証時間の短縮から Delta4 は IMRT の検証システムとして有用である。

連続スペクトルにおけるモンテカルロ法を用いた平均乳腺線量の算出

HK7050 源川 登

本研究では、モンテカルロ計算コード EGS5 を用いて、入射線量 1R 当たりの平均乳腺線量を算出した。モンテカルロ計算値と一般的によく用いられている Sobol の近似式の値とを比較しモンテカルロ計算結果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 付加フィルタを使用したときとモンテカルロ法を比較することで、Sobol の近似式の適用範囲外の照射条件において Sobol の近似式を適用して平均乳腺線量が算出可能かの検討を行った。

計算機上で厚さ 5cm の乳房ファントムを作成し、表面上下 0.5cm を脂肪、中間 4cm を乳腺 50%・脂肪 50%とした。このファントムを 0.1cm の厚さで分割し、照射野 14cm×14cm に光子 50 万個を平行入射し、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、Al 付加フィルタ有・無のときについて、それぞれの線質で平均乳腺線量を算出した。入射線量は散乱線の影響を少なくするため、照射野より一回り小さい空気ファントムを作成し、統計的ばらつきを少なくするため光子数を 8000 万個と多くして算出した。

モンテカルロ計算値と Sobol の近似式の値はどちらも実効エネルギーが高くなるほど平均乳腺線量は増加した。また、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 の近似式の値をほぼ再現しているが、わずかに高い値を示した。モンテカルロ計算値と Sobol の近似式の値との違いは、X 線の入射方法の違いによるものと考えられる。そのため、モンテカルロ値は Sobol の近似式の値をほぼ再現しているので、妥当な結果であると考えられる。

Sobol の近似式の適用外である Al 付加フィルタでも、ほぼ同様の傾向となったので、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。

X 線 CT のガントリー傾斜の違いにおける MPR 後の球体ファントム径の比較

HK7052 奥原 徹

今日 CT 検査は放射線診断・放射線治療計画などで必須の検査となっている。しかし、アーチファクトを避ける撮影は確立されていなく、義歯などによる金属アーチファクトはガントリー傾斜角度を適切にすることで画像への影響が少なくなる^[1]。本研究は、ガントリー角度を傾斜させて試作ファントムを撮影し、MPR で再度 Axial 画像を作成し、X 軸方向・Y 軸方向をそれぞれ計測し、ガントリー傾斜角度 0°(Axial 画像)を基準に真の計数値との誤差を測定し、試作ファントムの内径計測値に角度依存性、ファントムの組成物質による違いを検証した。試作ファントムはピンポン玉 3 つに異なる組成物質を充填、寒天で等間隔で固定した。

方法は頸部撮影条件、ガントリー傾斜角度を 0°から 30°まで 5°間隔で撮影し、MPR 前の傾斜画像・MPR 後の Axial 画像について CT 装置画像処理 tool と ZIOSOFT の計測アプリケーションソフトで計測し、ピンポン玉の真の内径(38.81mm)と比較した。その結果、①ガントリー傾斜角度による角度依存性は全ての計測結果において相関関係はない。②造影剤はピンポン玉の素材の CT 値に比べ高い値を示すため、計測結果がピンポン玉の外径よりも大きな値を呈すのに対し、空気は CT 値が低いため真の内径値より全ての結果で小さい値を呈した。③CT 装置画像処理 tool の最小計測距離は 0.2mm に対して ZIOSOFT の最小計測距離は 0.16mm。これは計測時の誤差の影響から CT 装置画像処理 tool の方がバラツキがあると考えられる。

研究よりガントリー傾斜の違いにおける MPR 後の球体ファントム径は、計測アプリケーションソフト及び角度に依存性はなく、CT 値や被写体の組成物質によって変化する。

また、ガントリー傾斜で撮影し、MPR で再度 Axial 画像を作成する事は、アーチファクトを軽減する事が出来、より情報の多い画像が得られるため有効であると分かった。

表示付認証機器 ^{57}Co - flood source の取扱いについて —シンチカメラの性能試験応用— HK7054 佐藤 みなみ

本研究は、表示付認証機器 ^{57}Co -flood source を用いて、シンチカメラの基本性能試験に利用することが可能であるかを検証した。基本性能試験については、固有均一性、総合均一性、総合空間分解能の3項目について測定し、 ^{57}Co と同等範囲の γ 線エネルギーを有し、多くの臨床施設で用いられている $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 平面線源の結果を用いて比較・検討する。また、性能試験実施者の被ばく線量や線源コストの視点から ^{57}Co と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の平面線源について考察した。平面線源は、Eckert&Ziegler 社製の表示付認証機器 ^{57}Co - flood source(CTRF10030/1420-035 : 310MBq)、点線源は放射能標準ガンマ線源 ^{57}Co -405 タイプ(JIS Z/02/C22211 : 1MBq) を用い、本学で保有する東芝社製の GCA-7100A SPECT 兼用シンチレーションカメラにて性能試験を実施した。データ処理装置は東芝社製 GMS-5500PI、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ によるコリメータの基本データはメーカー仕様の資料を参考とした。その結果、総合均一性や総合空間分解能において $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を利用したメーカー仕様の測定結果と同等な値を示していた。また、収集データの目視による異常集積や欠損は全てのコリメータで認められなかったことにより、今回用いた ^{57}Co 平面線源はシンチカメラの性能試験に利用できることが示された。さらに、性能試験実施者の被ばく線量や線源コストの点で ^{57}Co と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の平面線源を比較・検討した結果、 ^{57}Co は半減期の約3倍にあたる2.5年に一度更新する必要があると思われる、コスト面では $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を利用したほうが良いといえる。しかし、試験実施者の被ばく線量は ^{57}Co で $0.10\mu\text{Sv}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ は $3.0\mu\text{Sv}$ と約1/30もの被ばく低減となった。実施者の被ばく面を考慮すると ^{57}Co 平面線源は日常のコリメータ破損やホトマルの故障などを簡便に確認できるので日常の臨床現場では有効である。

Dual energy CT (DECT) を用いた尿路結石ファントムの成分分析 HK7055 四家 洋介

2007年4月17日に厚生労働省医政局により、「複数のX線管と複数の高電圧発生装置を搭載するX線装置の安全使用について」(医政局0417009号)の局長通知が発出されたことにより、Dual Source CT (以下、DSCT) の二管球同時照射が可能になった。二つの管球でそれぞれ異なったエネルギーのX線を照射可能になったことで、Dual energy imaging 技術が可能になり、近年注目されている。そこで本研究では、尿路結石のファントムを作成し、Dual energy CT (以下、DECT) を用いて成分分析を行った。尿路結石治療において正確な結石成分は重要な情報となる。体外衝撃波結石破碎術においては、成分にシスチンやシュウ酸カルシウム1水和物などが含まれている場合には破碎が困難であり、尿酸結石は内服療法が有効であることが報告されている。特に本研究では、尿路結石の主成分であるリン酸カルシウム、シュウ酸カルシウム、シスチン、尿酸のエネルギーマップを作成し、Two-material decomposition 法により、それぞれの成分の separation line の傾きを求め、比較検討した。実験では、SIEMENS 社製の CT 装置 SOMATOM Definition Flash を用いて、管電圧を80kV、140kVで撮影し、リン酸カルシウム、シスチン、シュウ酸カルシウム、尿酸の CT 値を測定した。得られた CT 値から、横軸に140kV時の CT 値、縦軸に80kV時の CT 値を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、リン酸カルシウム、シュウ酸カルシウム、シスチン、尿酸のエネルギーマップ上での傾きはそれぞれ順に1.8376、1.7849、1.4533、0.9316であった。今回の結果より、DECTにより、エネルギーマップを用いることで物質の同定が可能となり、尿路結石における成分分析の可能性が考えられた。

IMRT の線量検証方法について

HK7056 吉田 和起

近年、がん治療において放射線治療が脚光を浴びている。特に放射線治療の中でも強度変調放射線治療(Intensity Modulated Radiation Therapy : IMRT(以下 IMRT とする))は腫瘍部分に適正な線量を与えることができ、さらに隣接するリスク臓器の線量を軽減することも可能な新しい照射技術の一つである。IMRT においては照射を行う前に計画線量と実際に照射される線量との間で差異がないか検証作業を行う必要がある^[1]。

今回は線量検証が実際の施設ではどのように行われており、どのような方法があり、その方法の優劣は何か実際に検証作業を通して考察し、さらに検証する際の定量的評価法についてそれぞれの優劣を考察した。

検証方法は3種類ある。電離箱による絶対線量測定、2次元半導体検出器による線量分布検証、フィルムによる線量分布検証である。電離箱の絶対線量検証では検証用のファントムを用いて測定する。ファントムの中心に電離箱を設置しアイソセンターを電離箱の位置に設定して測定する。各門の線量の検証と複数門の積算線量の検証をおこなう。2次元半導体検出器では1175型 MapCHECK を使用している。検出器表面から半導体素子までの厚さが水等価約2cmであるためタフウォーターファントムを検出器の上に8cm設置し、測定深約10cmとして測定している。電離箱と同様に各門と、複数門の積算線量を検証している。フィルムは検証用ファントムを用いて axial と coronal にて測定する。

定量的評価法^{[2],[3]}は主に DD (Dose Difference)、DTA (Distance To Agreement)、 γ -index^[4]の3種類ある。

それぞれの特徴として電離箱は絶対線量で評価が可能であるが、電離箱の電離体積の大きさに結果が左右されてしまう。2次元半導体検出器はリアルタイムに線量分布が目視可能であり、さらにはフィルムに比べて作業時間の短縮につながる。しかし、空間分解能がフィルムに比べて劣る傾向にある。フィルムは高空間分解能であり任意の面で照射可能である。しかし、検証作業に時間がかかること、フィルム特有の不確定因子が存在することなどの点が挙げられる。

ガラス線量計素子を用いた頭部 CT の線量と画質の評価

HK7057 五十嵐 翔太

頭部 CT では他の部位とは異なり、一般的にはノンヘリカルで撮影が行われている。このため、胸部や腹部等の CT 撮影での被ばく線量よりも頭部 CT での被ばく線量は多くなる。そこで、頭部 CT におけるヘリカル撮影の有用性を検討した。線量評価には線質の影響を受けにくいフィルタ付きガラス線量計素子を用いて、ノンヘリカル撮影、ヘリカル撮影時の被ばく線量を測定した。画質評価には画質の指標である CT 値の標準偏差(画像 SD 値)を求めた。また、自動管電流変調(AEC)を用いた場合も検討した。

実験の結果、全体的にはノンヘリカル撮影に比べヘリカル撮影では大幅に線量を低減できた。また、ヘリカル撮影においてもノンヘリカル撮影とほぼ同等の SD 値を得ることができた。さらに、AEC を用いた撮影では SD 値の設定により SD 値は変化するが、線量は固定管電流でのヘリカル撮影よりも大きく低減できた。各部位の画像 SD 値は後頭蓋—中脳レベルでは高くなっており、脳実質部分では低く、良くなっていることがわかった。この結果は撮影法が異なっても絶対値の違いはあるが、ほぼ同等の結果を示した。また水晶体の線量は、同スライス厚の中心内部線量よりも高い値になっており、甲状腺の線量は同スライス厚の中心内部線量よりも低い値となっていた。

このことから、頭部 CT 撮影においてヘリカル撮影を用いることで同等の SD 値を得ることができ、線量低減に繋がることがわかった。また、AEC の設定を適切に行うことで、50%以上の線量低減が可能であった。

ノイズ中の信号検出における JND の測定

HK7058 亀山 祐太

デジタル技術の進歩により、最近の医療の現場ではフィルムレス化が急速に進み、画像表示媒体として液晶デバイス (LCD: Liquid Crystal Display) を用いたモニタ診断が広く普及しつつある。この状況に対応し、DICOM Part14 により、様々な表示特性を持つモニタの表示関数が GSDF (Grayscale Standard Display Function) に統一され、表示階調の設定方法が標準化されている。これは人間の目の輝度弁別閾 (JND: Just Noticeable Difference) をベースにした視覚リニア (Perceptual Linear) な表示関数である。一方画像診断では、病変のわずかなコントラストの陰影を検出することが早期発見につながるため、信号検出能を向上させる画像技術の開発が期待されている。その閾値的コントラスト (JND) を LCD 表示画像の輝度として把握することは非常に重要である。この課題に対し、多階調 (10bit) の LCD 表示で、ノイズなしの場合について輝度 JND の測定が行われた [1]。しかし実際の医療画像では、背景の中に被検体の正常構造等がノイズとして存在し、陰影の検出が一層困難なものとなる。

本研究では、ノイズを付加した場合の輝度 JND を測定し、より X 線画像の信号検出に近い状況下での閾値的コントラストを求めること、またノイズ量が輝度 JND に与える影響を求めることを試みた。イメージングプレートを X 線で一様露光したデータからノイズデータを取得し、低コントラストの信号と合成して 10bit 階調の LCD に表示し、検出限界の信号コントラストから輝度 JND を求めた。ノイズの振幅も変化させた。その結果、ノイズなしの輝度 JND に対し、ノイズありの輝度 JND は、ノイズ 1 倍 (RMS=2.0PV) では約 1.1 倍、2 倍 (RMS=4.0PV) では約 1.3 倍、4 倍 (RMS=8.0PV) では約 1.7 倍の増加率になるという結果を得た。またこの増加率はノイズ量に対して直線的に変化するという示唆も得た。さらに検出限界の信号の振幅とノイズの RMS 値を輝度に変換して S/N 比を求めた結果、ノイズが大きくなると所要 S/N 比は減少するという結果を得た。

入浴剤を用いた天然放射性核種の共沈法による分離

HK7059 小倉 昌也

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実験に利用できる非密封の放射性核種を分離し、その分離した試料が目的とする放射性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」にはトリウム系列の ^{212}Bi や ^{228}Ac 、 ^{208}Tl といった放射性核種が含まれており、 ^{12}Bi や ^{228}Ac は半減期が比較的短いので、放射能の減衰が容易に観察でき、さらに高エネルギーの β 線と放出割合の高い γ 線を放出するといった特徴を持っている。これらの特性を利用して ^{212}Bi と ^{228}Ac を分離し、それぞれについて半減期の測定、 γ 線スペクトルの測定を行った。半減期測定の結果は、 ^{212}Bi と ^{228}Ac 両核種とも理論値よりも実測値の方が長くなった。これは ^{228}Th などの長半減期核種を完全には分離できなかったためだと考えられる。 γ 線スペクトルの測定では、 ^{212}Bi と ^{228}Ac 両核種のピークを確認することができたが、 ^{40}K と思われる核種のピークが現れた。これはバックグラウンドのスペクトルにも同じような強度で ^{40}K のピークの存在が確認されたためバックグラウンドの影響だと考えられる。以上により「玉川温泉の華」から分離した試料の半減期測定と γ 線スペクトル測定から、目的とする放射性核種の ^{212}Bi と ^{228}Ac であることを同定することができた。

X線CTにおける線量変化によるMTFとSD値の変化

HK7061 江口 正成

本研究では、X線CTにおけるMTF(modulation transfer function)とSD(standard deviation)値が線量、再構成関数でどのような変化をするのか調べた。MTFの算出にはスリット法を用い、スリット材としてテフロン、アルミニウムを用いることで、スリットの材質の違いによる影響も調べた。撮影条件として、管電圧は、120kVとし、管電流は20、50、100、150、200mAと変化させた。ファントムは6度傾け、撮影台に設置し、得られた像のCT値の変化を測定した。また、X線CTの画像再構成関数は、FC10とFC52に設定した。得られたスリット像のデータで比較的バラツキの少ない部分を5つ選んで合成した。これを平均化した後、ピーク以外のバックグラウンド部分の変化の影響を補正をしてからフーリエ変換することでMTFを算出した。SD値の算出としては、実験で得られた18枚のスライス画像に、スリットに重ならないようにタフリングファントムの中心付近に各スライスで同じ位置にROIを設定し、18枚のスライス画像でのSD値の平均を算出した。画像再構成関数FC10でのMTFは線量にほぼ依存しなかった。一方、再構成関数FC52を用いた場合のMTFは線量によって変化した。これは、FC52の画像から得られたスリット像にバラツキが大きかったため、信頼性の低い結果となったと考えられる。SD値は再構成関数により大きく異なったが、どちらも線量の平方根にほぼ反比例した。

超音波エラストグラフィにおける圧迫の影響についての検討

HK7063 澤田 園恵

背景: 近年、乳がん診断において、超音波エラストグラフィ(超音波組織弾性映像法)が臨床で使われている。超音波エラストグラフィは組織の硬さ情報を画像化する技術であり、超音波プローブで生体を圧迫することにより、組織の変形(歪み)の分布をカラー化して表示したものである。エラストグラフィは、操作者による圧迫のかけ方によって測定結果には誤差が生じる。

目的: 本研究では、プローブの圧迫力と移動速度を安定にするため、プローブを機械的に動かし安定させた状態で実験を行い、FLR(脂肪と組織の歪みの比)を算出し、圧迫力の違いによる測定精度の検討を行う。

実験方法: 2種類の弾性評価ファントム(平板ファントム・模擬腫瘍入りファントム)を作成し真のFLRと装置のFLRを求め、圧力との関係を検討した。

結果および考察: 圧力及びプローブ移動速度を一定にすることのできる装置及びプローブホルダーを作成しプローブを固定した状態で実験を行った結果、装置による誤差は減少した。また圧迫板をプローブに装着して実験を行った結果測定精度は向上した。しかし、真のFLRと装置のFLRには誤差が生じた。その原因としては、①超音波装置のドプラ法による速度演算精度及びFLRの演算精度によるもの、②ファントムを押すときの初期圧の変化によるもの、③圧迫板とファントム間の表面張力によるものが考えられる。

結論: 今回の実験では、圧力を3kg、6kg、9kgとし、それぞれプローブ移動速度を1、2、3、4[cycle/sec]と変化させた。その結果をもとに最適な圧力及びプローブ移動速度を検討した。平板ファントムよりも模擬腫瘍入りファントムの方が測定結果に大きな誤差を生じた。この原因として、圧力をかけると模擬腫瘍の周りに力が逃げてしまったことやファントムの形状によるものが考えられる。また2種類のファントムはどちらも圧迫板を装着したほうが誤差は減少した。今後はこれらの問題を改善することで測定精度が向上し、最適な圧力が決定できると考える。

腹部 CT 画像における肝臓の領域抽出の検討

HK7064 宮崎 海峰

近年、X線 CT の進歩により比較的容易に 3 次元画像が得られるようになった。肝臓の 3 次元画像は視覚的な形態情報が得られるようになり、肝臓疾患の診断で活用されている。しかし、画像から肝臓領域を抽出する手法としては肝臓辺縁をマニュアルトレースする手法が用いられており、時間的・精神的な負担を操作者である医師や診療放射線技師に与えていた。そのため、肝臓の半自動抽出や自動抽出法の開発が強く望まれている。

そこで、本研究では、領域抽出の方法について論文を用いて調査した。その結果、Region Growing を用いた領域抽出法が最も良いことがわかった。また、調査した論文の中から、snake, watershed を用いた 2 種類の領域抽出について OpenCV のサンプルコードから引用し、その手法を検討した。

snake を用いた領域抽出法に関しては、初期輪郭内に肝臓以外の陰影が多すぎたため、完全に肝臓の形状に抽出できず watershed を用いた領域抽出法に関しては、画像から肝臓と周辺組織の濃度差が無く肝臓のエッジを検出できなくなったためと考えられた。これらのことから snake, watershed を用いた 2 種類には適切な閾値を設定した二値化処理などの前処理が必要だと考えられた。

二次元デジタル X 線センサーの基礎特性

HK 7065 山田 直佳

本研究では、CCD 利用二次元デジタル X 線センサー NX-02S を二次元線量計として使用するために必要となる基礎特性の測定を行った。得られた基礎特性を基にファントムから発生する散乱線による線量分布の変化を測定し、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を調べるためにヒール効果を受けない方向にて照射野中心から左右均等な位置に電離箱を置いて測定したところ、線量と画素値の間には直線的な関係があった。約 $300[\mu\text{Gy}]$ まで直線的な関係が成り立っていて、それ以上の線量では出力が飽和していた。しかし、画像上では $250[\mu\text{Gy}]$ 以降では出力が飽和していた。そのために実用的な測定上限は $250[\mu\text{Gy}]$ であった。次に X 線センサーの位置依存性を校正するために管球から X 線センサーを 2.5m 離して均一な X 線を照射した。得られた画像と、X 線センサーの位置に電離箱を設置して測定された線量分布とを比較することにより短軸、長軸方向の校正曲線を作成した。この校正曲線を用いて X 線センサーの面全体を校正した。電離箱での斜め方向の線量分布と X 線センサーによる線量分布を比較したところ、X 線センサーの電離箱に対する誤差は最大で約 3% であり、互いの線量分布はよく一致した。基礎特性の測定を基に、X 線センサーの分解能の測定を行った。X 線センサー上にテストチャートを置き全体に X 線を照射後、得られた画像上から分解能を視覚評価した。その結果分解能は 3.0line/mm であった。最後にファントムによる線量分布の変化を評価した。X 線センサーの右半分にはファントムを置き全体に X 線を照射した。得られた画像から線量分布を作成し散乱線の影響を評価した。結果として、ファントムの境界部分において線量分布の変化が見られた。線量分布においてファントムからの散乱線により線量が増加している範囲の半値幅を求めた結果、半値幅は $0.53[\text{cm}]$ であった。電離箱等の線量計ではこのような狭い範囲の線量変化を評価するのは困難であるが、X 線センサーでは散乱線によるわずかな線量分布の変化を測定することができた。基礎特性を踏まえることによって X 線センサーは二次元線量計として使用することが可能であるとわかった。

拍動動脈瘤モデルの Optical flow 解析法 ～空間的大域最適化法について～

HK7067 地曳 裕二

Optical flow 解析法とは、一連の連続したデジタル画像を用いて、ある設定したピクセルごとに物体の移動速度、移動方向をベクトル集合で表現したものである。よって一見運動がないような小さな運動でもベクトル表示されるので可視化することができる。この Optical flow 解析法は大別して勾配法、ブロックマッチング法が存在する。この Optical flow 解析法は、普段の生活では、道路の交通情報や、防災用監視カメラによる土石流感知などに実用化されつつある。医学の分野では、MR 画像における心筋の壁運動の解析や、核医学の心筋 SPECT 運動解析などにしか用いられていない。よって本研究では Optical flow 解析法を用いて、動脈瘤の血管壁運動の解析が行えないかと考えた。動脈瘤は、くも膜下出血などに大きく関係しており、破裂すると命に係わる危険なものである。そこで、破裂しやすい小さな動脈瘤を optical flow 解析法によって発見できないかと考えこの研究を行った。本研究の実験方法として、全周型動脈瘤ファントムと、2 か所対側型動脈瘤ファントムの 2 種類のファントムを用意し、それぞれのファントムに拍動脈流を流し疑似的に動脈瘤を作成し X 線 CT 装置で連続画像を撮影した。解析方法としては、勾配法の空間的大域化法を用いて行った。この空間的大域最適化法は、設定した空間で、値を平滑化してから解析を行うため、アーチファクトの影響を小さくすることができ、アーチファクトの出やすい CT 画像でも疑似動脈瘤の解析を行うことができた。よって、医学の分野で Optical flow 解析を行うには空間的大域最適化法が有利と考えられる。今後は、症例を重ねることによって、本方法を用いることで破裂しやすい動脈瘤の診断に役立つ解析ができるようになると考えている。

半導体式電子ポケット線量計の基礎的検討

HK7068 見目 真美

本研究は、駒澤大学第三研究館に保有している半導体式電子ポケット線量計 (electronic pocket dosimeter : 以下、EPD) が、学内の表示付ガンマ線を用いた実験にも関わらず線量計がほとんど感知しないことを疑問に思い、この線量計とは別に低線量域のガンマ線を計測することができる新型 EPD を導入し、実験内容に添った使用で線量測定を行うと共に EPD の検証並びに両者の比較・検討を行った。実験に使用した線量計は、両者共にシリコン半導体検出器である PDM-152 型ポケット線量計と新規に導入した低線量域まで測定可能な PDM-111 型ポケット線量計である。線源は、表示付認証機器 ^{137}Cs -1.00MBq 点線源と表示付認証機器 ^{57}Co -310MBq 平面線源を使用した。測定方法は、線量率測定並びに方向特性、シンチカメラの性能試験時における個人被ばく線量の測定を行った。その結果、①線量率特性は両線量計共に直線性を示しており、誤差範囲内であった。②方向特性は両線量計共に横特性及び縦方向において指向性は良好であった。③PDM-152 と PDM-111 による測定誤差は 0.03~0.52 の範囲内であった。以上より、実験終了後に明らかに放射線を被ばくしているにも関わらず個人線量計測定値が「0」というのは被ばく履歴に反映しないので好ましくない。従って、実験の際に使用していた EPD がほとんど感知していなくても、わずかではあるが被ばくしている可能性があるため、被ばくしていることを認識するためにも低線量域の EPD を用いて実験を行うことが望ましいといえる。

胸部撮影における付加フィルタと画質の関係について

HK7070 奥村 真司

胸部単純撮影において、付加フィルタは患者の被ばく線量を左右する低エネルギー領域のX線を減少させる目的で使用される。本研究では、一般的に用いられている銅板フィルタ (Cu) について厚みを変化させて、線質の変化、画像の物理的評価および視覚的評価を行い、銅板フィルタの効果について検討した。

ここでは撮影条件を一定にしたためにフィルタが厚くなるにつれ受光面への線量は低下した。CTFの評価ではフィルタ間に差はあまり見られなかったが、コントラストの差が生じた。RMS 粒状度においては、0.50mmのフィルタが、最もRMS値が高く、0.10mmのフィルタが、一番RMS値が低くなった。ランドルト環チャート、バーガーファントムを用いた視覚的評価においては、物理的評価と同様にフィルタに応じて線量が減少し正答率が低下した。

また、胸部ファントムを用いた画像評価においても、フィルタが厚くなるにつれて、微小な形の変形や、本来存在する小さな陰影が、消滅しているのが分かった。そして、胸椎などの低濃度部でざらつきが顕著で、濃度が多少高い気管においても粒状は目立った。更に粒状性は肩甲骨や軟部組織で最も判断できた。鮮鋭度については粒状度ほど明確な差はないが、視覚的には骨梁などの部分でフィルタ厚とともに鮮鋭度が低下しているのが分かった。

銅板フィルタを付加すると、低エネルギー領域のX線が除去されることによって、コントラストが低下するとともに、粒状度が劣化し視覚的評価も悪くなった。従って、画質を維持するには、フィルタを加えるだけでなく相応の線量を補償することや管電圧とフィルタの効果を考えることが重要である。

得られた結果を総合すると、線量および画質はフィルタによる線質の硬化と受光部への到達線量の影響を大きく受けていることが分かる。

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反射光による 生体のスペクトル測定

HK7072 小出 隆志

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いる。分子イメージングは、多くの分野で開発・研究が行われている。この分子イメージングの分野の中に、光イメージングがある。光イメージング、特に600~1000nmの近赤外光では、生体組織を透過しやすく酸素と結合しているオキシヘモグロビン、酸素が離脱しているデオキシヘモグロビンによる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。光ファイバーは、入射光源用と受光用の配列を変えて吸収差、受光が可能な範囲を測定し、比較した。また、生体を測定することにより光ファイバーの比較を行った。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間に吸収差があることを利用し、700nmより短波長側について注目した。今回、光ファイバーを用いた生体の分光測定により、ヘモグロビンの違いによると考えられる特徴的な吸収を確認できた。また、光ファイバーの配置による違いを確認できた。

超音波エラストグラフィにおける計測誤差の検討

HK7073 飛田 真希

背景：近年、エラストグラフィ（超音波組織弾性映像法）は乳がん診断（精査）に用いられ、乳がん腫瘍を見慣れていない若い医師による診断のサポートとして有用になりつつあるが、腫瘍の良性、悪性の鑑別は十分でないのが現状である。超音波 B モード検査にエラストグラフィを組み合わせることで、硬さという有用な情報を付加することができる。昨年の研究では、エラストグラフィの測定精度を上げるため、プローブ圧力を一定、圧迫板の装着などの改善を行ったが、手動でプローブを動かしていたため、十分な定量性は得られなかった。

目的：昨年の実験データをもとに、プローブ移動距離とプローブ移動周期（速度）を機械的に変化させて、最適な条件を見つけること、及び、測定誤差の要因を分析・検討する。

実験方法：プローブ移動周期（速度）、プローブ移動距離の 2 つのパラメータを安定して変えられる装置を作成した。本装置を用いることで、プローブ移動距離 1,2,3[±mm]それぞれに対しプローブ移動周期（速度）を 1,2,3,4[cycle/sec]と変化させ FLR を求める実験をした。エラストグラフィを評価する FLR（fat lesion ratio：脂肪に対する組織の歪みの比）は、2次元ドプラ法で生体組織の移動速度を測定し、それを時間積分して変位を求め、さらに空間微分をして歪みを求めたものである。ファントムは異なる弾性係数で 3 種作成した。ファントムの弾性係数から、真の FLR を算出した。また、毎回同じ条件で測定できるようにファントム表面から第二層までの距離を最小圧迫となるように各ファントムごとに初期値としてあらかじめ定めた。

結果及び考察：実験結果では No.3 ファントム以外ファントムでは多重反射アーチファクトによる影響を受けた。FLR 誤差について検討した。誤差には、系統誤差（偏り）正確さを表す誤差と、偶然誤差（ばらつき）精密さを示す誤差がある。系統誤差は[平均値－真値]で表わされ、偶然誤差は[観測値－平均値]で表わされる。本実験では、偏りを[平均値－真値]から求め、ばらつきは平均値から一番大きい誤差の大きい点での誤差の割合を算出した。全ファントムで比較して、総合的にみると、プローブの移動距離 ±2[mm]、振幅速度 2[cycle/sec]が偏り、ばらつき共に良い値を示した。誤差要因としては、超音波装置のドプラの精度、多重反射アーチファクト、及び、ファントムの劣化等が考えられた。

結語：本研究においてエラストグラフィを行う際にプローブ移動速度とプローブの振幅幅を機械的に変化させた結果、FLR の系統誤差（偏り、正確さ）や偶然誤差（ばらつき、精密さ）は総合的に見て、プローブ移動距離 2[±mm]、プローブ移動周期（速度）2[cycle/sec]のとき真の FLR に近いデータが得られた。様々な誤差要因が考えられ、十分な精度が得られないことがわかった。

X 線 CT 撮影装置におけるファントム内部のスペクトル測定

HK7076 小野田 良麻

近年、医療現場における CT 検査での被曝量は医療被曝の大きな部分を占めている。患者に不必要な被曝をさせないためにも CT 装置の被曝管理に努めていく必要がある。線量を管理する上では、体内の各部位での線質を知ること必要である。本研究では、CT 撮影を行った際にファントム内部での深さにより X 線スペクトルがどのように変化するかを、CdTe 半導体検出器を使用して直接線および 90° 散乱線を測定することで算出し、検討した。

最初に、CT 装置の wedge size を変化させ直接線スペクトルの測定を行った。Small と Large では X 線スペクトルの形状・特性 X 線のピーク位置にはほとんど変化はなかった。平均エネルギーは両者ともほぼ同じ約 57keV であった。Dose では低エネルギー側が減弱し、平均エネルギーは約 63keV と、Small と比較して約 5keV 大きくなった。次に、ファントム内部のスペクトルを測定した。CT 装置の寝台上に直径 200mm のアクリル製円柱ファントムを設置して、ファントム表面から深さ 1cm・5cm・10cm・15cm・19cm の点での 90° 散乱線を用いてスペクトル測定を行った。比較のため、ファントム内部での散乱線を除去するために 2×3cm の穴の開いた鉛カバーを X 線入射側に設置した測定も行った。その結果ファントム内での深さが深くなるほど、平均エネルギーが高くなり線質が硬くなっていることがスペクトルから確認できた。鉛カバーを用いた測定では、余分な散乱線が除去されたことにより、鉛カバー無しと比べてファントム中央部で平均エネルギーが約 1.8keV 高くなった。このように内部では直接線の線質硬化が起こると共に、散乱線も発生するため、注意が必要である。

4 列 MSCT の低線量撮影による物理評価と画像評価

HK7077 坂崎 美雪

日本国内の多くの病院ではマルチスライス CT の導入が進んでいる。マルチスライス CT は、体軸方向に複数列の検出器を配置することにより、1 回のスキャンで複数の断層像が得られるという特徴がある。本研究は、マルチスライス CT と試作ファントムを使用して低線量撮影を行い、得られた画像からプロファイルカーブを作成し、撮影条件ごとに物理評価を行う。また、MPR 画像を作成し画像評価を行う。

撮影スライス厚、ヘリカルピッチおよび mAs 値を変化させ、試作ファントムの撮影を行った。得られた画像より CT 値を測定し、プロファイルカーブから物理評価を行った。また、ヘリカルピッチと mAs 値を変化させた各撮影条件の MPR 画像を作成し、確認できた針金の本数を数えた。

ヘリカルピッチ変化のプロファイルカーブより、ヘリカルピッチが速くなるほど、CT 値は低くなった。これは、ヘリカルピッチを速くするほど、実効スライス厚が厚くなり、パーシャルボリューム効果の影響を受け、CT 値が低下したと考えられる。また、mAs 値変化のプロファイルカーブより、プロファイルカーブのピーク間の CT 値がばらついた。これは、mAs 値の低下により照射線量が減り、ノイズが増加することによると考えられる。MPR 画像の評価では、針金(Al, 1.0mm φ)の場合は、ヘリカルピッチを速くするほど、確認できる針金の本数が減少した。針金(Al, 2.0mm φ)の場合は、確認できる針金の本数には変化がなかったが、MPR 画像の画質は粗くなった。

本研究を行った結果、物理評価と画像評価の観点より、撮影スライス厚 2.0mm(0.5mm×4)、ヘリカルピッチ 2.5、60mAs の条件が 4 列マルチスライス CT の低線量撮影に適している。

心筋定量解析ソフト cardio Bull の基礎的検討

HK7078 古内 麻美

心疾患のなかでも虚血性心疾患の検査には心筋血流SPECT検査が日常診療に多用されている。これらのSPECT断層像の他に心筋の心尖部から心基部までの短軸断層像を同心円の中心から外周に向かって展開した極座標表示であるBull's eye mapを付加情報として作成する。Bull's eye mapは領域診断に便利で、洗い出し率の算出や心筋viabilityの評価など、診断医に重要な画像情報として用いられている。本研究は、パソコン上よりBull's eye mapが作成できる心筋定量解析ソフトcardio Bullと核医学画像データ処理装置で作成したBull's eye mapとの比較・検討を施し、cardio Bullについての基礎的検討を行うことを目的とした。方法は、正常と認められた症例と狭心症と認められた症例の臨床データを用いてcardio Bullと核医学画像データ処理装置で作成したBull's eye mapとの比較・検討を施しcardio Bullの基礎的検討を行った結果、操作性は負荷時と安静時の断層像にROIを設定する機能が連動しているので操作がし易い。また、Extent map, Severity mapの閾値設定が簡便にでき、解析結果のデータ保存が容易であった。一方、心室中隔や心尖部の欠損によりROIが囲みづらく、各スライスのROIの中心がずれるなどの特徴を有していた。さらに、Extent mapやSeverity mapについての評価では良好な結果であった。以上より虚血性心疾患や梗塞、虚血範囲の評価、虚血部位の検出、冠血行再建術後の評価、心筋viability評価などの画像処理をPC上で簡便に行うことができ、心筋SPCT像の付加情報としての役割を担うことができる解析ソフトであった。

CdTe 半導体検出器を用いたエネルギー弁別

HK7079 川名 亮

現在、CT 装置において異なる 2 つの X 線エネルギーを用いて撮影する Dual Energy CT が開発されている。

本研究では 64ch.CdTe 半導体検出器を用いたエネルギー弁別を利用して CT 画像を取得することを目的とする。今回は、基礎実験としてエネルギーによって物質の減弱係数がどのように変化するかを調べた。

検出器の素子はテルル化カドミウム(CdTe)である。CdTe は高い光電変換効率・放射線吸収特性があり、バンドキャップエネルギーが高いため室温でも使用できる特徴がある。素子数は 64ch、素子サイズは 0.45mm である。エネルギー測定範囲は 30keV~1MeV で 5 つの閾値を 30~200keV の範囲で設定することができる。

検出器素子の変動評価の実験方法は検出器窓に金属フィルタを張り付けフォトンのカウントを測定した。測定したフォトンカウントより平均値と標準偏差を求めた。結果(平均値、バラツキ[%])は被写体無し: 30617.8、6.9%、Al: 22889.8、9.1%、Cu: 9836.6、14.9%、Mo: 2117.0、25.8%、Sn: 1586.2、27.4%となった。原子番号が高くなるにつれて、フォトン数が減少してバラツキが大きくなる結果となった。

減弱係数の測定では金属フィルタの Mo、Pd、Ta(厚み: 0.5mm)をアクリル板に張り付けたものを撮影した。得られた画像を Imagej を使用して輝度値を読み取り、減弱係数を求めグラフにした。グラフより Mo と Pd はエネルギーが大きくなるにしたがい、質量減弱係数が減少している。また金属ごとに比較すると、原子番号が大きくなるにしたがい質量減弱係数が大きくなることわかる。Ta では 60keV 付近より質量減弱係数が大きく増加している。これは Ta の K 吸収端が 67keV 付近にある、この K 吸収端がグラフに表れている。

今回の実験より CdTe 半導体検出器を用いて金属ごとの減弱曲線を描くことができ、質量減弱係数の変化を調べることができた。

超音波コンパウンド法による画質検討

HK7080 齋藤 将太

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い場合があり、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。

本研究では、生体(腹部)でコンパウンド法を行い、生体組織の動きの程度を求め、動きが画像加算にどの程度影響するのかを実際にコンパウンド法を行って視覚的に評価を行った。さらに、得られた結果から、画質の改善についても検討した。

実験方法は、超音波装置にて肝臓の S4・S6 区域の動画を取得し、パソコンに取り込んで ImageJ にて肝臓の注視点が心拍 1 回あたりにどの程度動くのかを測定した。このような実験を 6 人に協力してもらい、移動量の平均をそれぞれの部位で求めた。また、移動量の平均を参考に画像加算を行う前にプログラム上で評価点の位置を合わせて加算を行った。加算の組み合わせはランダムで選び、位置補正を行った画像を視覚的に評価をした。

それぞれの肝区域の心拍 1 拍動の間の平均の動きは S4 区域で約 2.5mm、S6 区域で約 1.2mm であった。また、位置補正を行った画像では、画像の加算枚数は 2~3 枚で、周波数コンパウンドの画像が最も評価点の画質が良かった。

位置補正によりスペckルノイズは低減したが、空間分解能は逆に低下し、全体としてそれほど画質の改善は見られなかったため、現段階では検査の $+α$ で行うのが良いと思われる。

LCD 表示画像における X 線量子ノイズ特性の測定に関する考察

HK7081 二見 真道

近年、デジタル技術の進歩によってフィルムレス化が進み、従来のフィルム/シャウカステン系(SCH系)の画像表示による診断から液晶デバイス(LCD)によるモニタ診断へと移行している。それに伴い、経時変化のある LCD の管理も重要となり、高精細デジタルカメラによる画質管理手法の研究が行われている。また、ノイズの測定もデジタル化されており、IEC では X 線画像を対象とした WS の測定法が規格化されている。

そこで本研究では、高精細デジタルカメラを利用することで、IEC で規格化された WS 測定法に基づいて LCD に表示された画像ノイズの評価を試行する。まず、測定法における計算上のパラメータによる影響を明らかにし、次に LCD に表示された画像の表示倍率を変化させてノイズ特性を測定する。そして、LCD に表示された画像の WS 測定手法の課題について考察する。

まず、胸部単純撮影を対象とした条件を設定し、設定された基準となるものを含めて 5 段階の mAs 値における一様な X 線ノイズデータを取得した。次に、取得したノイズデータの画素値を IEC の規格に倣って計算し、露光量に対する WS を測定した。このとき計算に用いられるパラメータを変化させることで、それらの影響について検討した。また、取得したノイズデータのうち基準 mAs 値としたものを LCD に表示し、一眼レフデジタルカメラを用いて撮像倍率を 3 段階に変えた LCD 表示画像のノイズデータを取得して、同様に IEC の規格に基づいて WS を測定した。

その結果、原画像の水平方向の WS は FCR のレーザー走査方向の影響により、一定周波数で減少傾向が見られた。また、WS を求める際の計算パラメータを変更することにより、グラフの形状や WS の値、空間周波数の上限に影響を与えることがわかった。そして、LCD に表示された画像の WS はデジタルカメラの撮像倍率を補間することにより、LCD に入力された基準画像と同等の WS を得ることができた。しかし、IEC の規格では X 線画像対象の測定法のため、これをデジタルカメラの画像に対応させることが課題となる。

脊椎側彎症を対象とした被曝低減の検討 (グリッド比の検討)

HK7082 渡邊 良介

X 線量と画質の関係を検討する中で、問題となるのは小児の側彎症の X 線撮影線量である。小児全脊椎撮影では首から腰までのほぼ全身被曝ともとらえる事が可能な撮影であり、また経過撮影として定期的な撮影が必要であるため、X 線障害を考えた場合、できるだけ低 X 線被曝線量で撮影を行うことが求められる。

そこで今回は小焦点代用撮影を行い、FNC 処理を組み合わせ、グリッド比を変化させることで脊椎側彎症を対象とした被曝低減方法の検討を行うことにした。

はじめに付加フィルタを用いて線量低減について行った。そして大人の胸部ファントムを使用し、撮影電圧、焦点サイズを一定、mAs 値(80mAs)を基準とし、グリッド比を変化させ、段階的に線量を低下させた画像を作成した。小焦点代用撮影に FNC 処理を組み合わせた画像に対して、椎体の 4、5、9、10 番における上部・下部のエッジ部分の読影しやすさを学生 5 名に 5 段階で視覚的評価してもらった。その結果、小焦点代用撮影を用い、さらに FNC 処理をかけたグリッド比を 10:1 にすることで、基準画像から約 3 分の 1 以下まで線量を落とした画像でも計測診断可能であった。そして被曝線量は $75.96 \mu\text{Gy}$ となった。さらに、物理的評価として CTF、RMS 粒状度の測定を行った。その結果、小焦点代用撮影法では高周波領域において CTF が上昇し、RMS 値はグリッド比が高いほど RMS の値が大きくなっていることがわかった。そして、FNC 処理を行ったほうが粒状性はよくなるので処理を行った方がいいこともわかった。

これらの結果より、全脊椎撮影において、小焦点代用撮影と、FNC 処理を組み合わせグリッド比 10:1 にすることで基準画像の約 3 分の 1 以下の線量でも椎体エッジの計測診断可能な画像に出来ることがわかった。

DEXA 法と QUS 法の疾患別からみた骨密度値の比較・検討について

HK7083 城生 葵

本研究は、DEXA 法と QUS 法の 2 法を同時期に測定した検診者のデータから、各疾患と骨密度（骨量）との関係について、DEXA 法による導出値と QUS 法による値より、相互を比較・検討することを目的とした。方法は、対象者 84 名（男：21 名、女：63 名の総計 84 名）で年齢は 22～91 歳の範囲にあり平均 64±17 歳である。骨密度は、GE 社製 PRODIGY-DEXA 装置 と ALOKA 社製 AOS-100NW-QUS 装置を用いて測定し、対象者の疾患と骨密度の関係を比較・検討した。その結果、骨粗鬆症患者では発症後に起きる骨折の中で最も予後が悪いとされる大腿骨頸部での低下が著しいことから、DEXA 法（大腿骨頸部）における測定の臨床的有用性を確認できた。しかしながら、当初骨量の低下が見られると予想された糖尿病患者では顕著な低下が見られず、正常者との有意差も認められなかった ($p>0.05$)。インスリン依存型（I 型糖尿病）とインスリン非依存型（II 型糖尿病）の %YAM を比較した結果については、インスリン依存型のほうが低値を示し、明らかに有意な差を認めた ($p<0.05$)。以上より、糖尿病患者には BMI が 25 以上（肥満型）の人が多く、DEXA 法では骨密度を過大評価してしまう傾向にあることが示された。一方、QUS 法は BMI に左右されず骨密度を測定できることから、糖尿病患者に多く見られる肥満型と呼ばれる患者には、QUS 法による測定のほうが適しているという見解に至った。さらに、I 型糖尿病が合併症として骨量低下を伴うリスクは高い。しかし II 型糖尿病に関しては、必ずしも骨量が減少するとは言えない。これらのことから、骨密度測定は疾患に伴う様々な因子によって影響を受けるため疾患別に適した測定法及び測定部位が存在し、それらを選択することでより正確な診断と骨密度測定の臨床的有用性の向上につながるといえる。

ノイズ中の信号検出における視線追跡

HK7086 三角 征興

臨床現場で用いられる医療画像には多くのランダムなノイズが必ず存在し、医師が画像診断を行う際にはこのノイズ存在下の状況で低コントラストの信号(病変)を検出しないといけなく、信号を検出するのは容易ではない。そこでノイズ存在下において様々な物理的信号対雑音比(以下 S/N 比と呼ぶ)の画像から信号を検出する際の視知覚のメカニズムが解明できれば、ノイズ存在下においても信号検出することができる新しい画像処理を考えることが可能になると思われる。

そこで本研究では、ノイズを付加した状態において様々な S/N 比の画像における信号検出時の視跡パターンを得ることを目的とした。また昨年斎藤らは、ノイズを付加しない状況において信号振幅と視跡パターンとの関係、信号サイズと視跡パターンとの関係を明らかにしているので、本実験では、ノイズなしの状況において昨年と同様の傾向の視跡パターンが得られることを確認することも目的とする。

ノイズなしの時の視跡パターンが昨年と同様の傾向の視跡パターンが得られるか確認したが、昨年は $\angle PV$ を大きくしていくと信号の中心部に視点が行きエッジを確認せずに信号検出に至る傾向が見られ、今年は $\angle PV$ を大きくしていても信号の中心部だけでなくエッジも注視する傾向がみられた。また信号サイズと視跡パターンとの関係も、昨年は信号の大小に関わらずエッジを注視して検出に至る傾向がみられたが、今年はエッジも信号中心部も注視して検出に至る傾向がみられ、昨年とは違う傾向がみられた。

また本実験では、ノイズが付加されることによりノイズなしの時と比べると信号を探索する傾向が強くみられたが、 $\angle PV$ と視跡パターンとの関係はノイズなしの時と同様の傾向が多くみられた。また信号サイズと視跡パターンとの関係は、前者と同様にノイズありでは信号を探索する傾向が強くみられたが、視跡パターン事実はノイズなしの時と同様の傾向が多かった。このことから本実験では、検出に至る際のノイズありの視跡パターンはノイズなしの時と同様の傾向の視跡パターンが多くみられるようである。

イメージングプレートの照射 X 線エネルギーと輝尽発光強度との関係

HK7089 村田 泰明

一般に診療で用いられている X 線装置では主に白色 X 線を利用している。照射 X 線エネルギーに対するイメージングプレート (IP) の輝尽発光特性を調べるために、今回は単色線に分光した X 線を用いた実験を行った。まず、単色化した X 線を IP に照射したときの照射 X 線エネルギーと IP の X 線吸収との関係を調べ、X 線吸収スペクトルを作成した。X 線吸収スペクトルから、照射 X 線エネルギーが高くなるほど吸収が少なくなることが分かった。また、今回用いた富士写真フィルム株式会社の IP である ST-V_Nには、輝尽性蛍光体として BaFBr_{0.85}I_{0.15}:Eu²⁺が用いられており、蛍光体に含まれる Br、I、Ba の吸収端をそれぞれ明瞭に観測することができた。これらの吸収端のうち本研究では、低エネルギー領域である Br の吸収端付近の照射 X 線エネルギーと IP の発光強度の関係を詳しく調べた。その結果、以前報告されている、より高エネルギー側での測定結果とは異なり、低エネルギー側ほど発光強度が低くなる傾向が見られた。また、Br の吸収端である 13.5keV 付近に X 線吸収端に対応した変化も見られた。

マルチ周波数処理の検討

HK7092 尾方 健

現在、肺がんによる死亡者数が増加し、胸部 X 線検査の重要性も増しており、さらなる物理的な画像因子の向上と、読影画質の向上が求められている。その手段の一つとして、デジタル画像の利点の一つである画像処理を用いた画質向上の改善が検討されており、その一つが周波数処理である。

そこで本研究では、マルチ周波数処理の理解を目的とし、周波数処理のマスクサイズとコントラスト依存非線形関数の検討を行った。そのために、マスクサイズと非線形関数変換のパラメータを変更できるマルチ周波数処理の自作ソフトを作製した。尚、今回は DR 圧縮、重み付け平均は考慮していない。またマスクサイズの検討を行い、低周波強調、中周波強調、高周波強調の条件を決定した。

次にコントラスト依存非線形関数処理について、胸部ファントムを撮影し画像に対して、パラメータを変化させ画像の変化と MTF について検討し、さらに、蠟の模擬腫瘍を用いて模擬腫瘍の描出能の違いを検討した。

以上のことから、マルチ周波数処理の平滑化処理のマスクサイズや、コントラスト依存非線形関数処理のパラメータを変化させることによる、強調の違いを確認できた。

乳がん検診超音波システムの画質評価

HK7099 大村 信悟

背景： わが国では、乳がん患者が急増しており、死亡数も増え続けており、乳がん検診による死亡数も増え続けており、乳がん検診による死亡率減少効果が期待されている。乳腺超音波検査は、マンモグラフィ撮影では誤診してしまうような小さい腫瘍や、乳腺組織の充実した若い患者の主腫瘍の検出率が高いが、超音波撮像は検出者の技量に大きく左右されてしまうという欠点がある。この欠点を補うため、プローブを水の中で自動追従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》が今後の乳がん検診にとって必要と思われる。

目的： 本研究では、この乳がん検診超音波システムを行う場合に生じる体表へのビーム入射角度や腫瘍プローブ間距離が長くなるという問題点、乳がん検診超音波システムに用いられるゴム膜の厚さによる画質の解析を行い、体表へのビーム入射角度・腫瘍プローブ間距離・ゴム膜厚の許容範囲を求める。

方法： 組織と模擬腫瘍の境のプロットプロファイルし、エッジ広がり関数として比較する物理評価と、臨床検査技師・診療放射線技師によるファントムと生体の各条件の超音波画像についての視覚評価とにより、その影響が少ないとされる範囲を求める。

結果及び考察： 腫瘍プローブ間距離を長くするにつれて空間分解能が低下していくことが分かった。超音波ビーム入射角度を変えても空間分解能の差があまり出ず、超音波ビーム入射角度による依存性が少ないことが分かった。ゴム膜の多重反射については、膜厚を変えても音圧反射係数が同じなので膜厚による多重反射の強度の変化はないが、プローブと膜の距離が離れると生体減衰のため、多重反射の強度が実質のエコー強度に比較して大きくなり、そのため多重反射が目立つと考えられた。

結論： 乳がん検診超音波システムによるスキャンを行う場合の許容範囲は、腫瘍プローブ間距離は3.0cmまで、体表へのビーム入射角度は25度、ゴム膜厚は0.3mmまでであることが判明した。また、乳がん検診超音波システムでは、腫瘍プローブ間距離による影響が接触法によるスキャンよりも多く現われてしまうので、注意する必要があると考える。

ヘリカルピッチがノイズと実効スライス厚に与える影響

HK7100 真砂綾香

4列MSCT (multi-slice computed tomography)において、ヘリカルピッチの違いによるノイズ、及び実効スライス厚について、ガイドラインに基づき、一昨年の64列MSCT (multi-slice computed tomography)における研究と比較評価を行った。ヘリカルピッチは、設定可能な2.5~8.0までの範囲を0.5ずつ変化させた。再構成法は、64列MSCTとの比較を行うため、ヘリカルピッチ2.5~6.0までをTCOT(true cone-beam tomography)法、ヘリカルピッチ6.5~8.0まではMUSCOT (multi-slice cone-beam tomography)法で行った。

ノイズの測定には、水ファントムを使用し、SD値をノイズとして評価した。水ファントム中心の画像の中央部と周辺部4ヶ所のSD値を測定し、加算平均した。64列MSCTとの比較を行うため、4列MSCTと64列MSCTのヘリカルピッチを各々ビームピッチに変換し、ビームピッチとノイズの関係を示した。また、再構成法の違いからTCOT法、及びMUSCOT法に分けて示した。実効スライス厚の測定には、0.5mmφジルコニウム球を用いて、微小球体ファントを作成した。画像スライス厚0.5mmと5.0mmの場合について、微小球体ファントムの一連の画像上から、中央部のCT値を測定しSSPzを得た。SSPzから半値幅を求め、実効スライス厚として評価した。64列MSCTとの比較を行うため、4列MSCTと64列MSCTのヘリカルピッチを各々ビームピッチに変換し、ビームピッチと実効スライス厚の関係を示した。また、再構成法の違いからTCOT法、及びMUSCOT法に分けて示した。

ノイズの測定の結果、4列MSCT、64列MSCT共に、ビームピッチが大きくなるに従って、ノイズも増加した。しかし、4列MSCTTCOT法の方が、64列MSCTTCOT法よりもノイズは小さく、最大39.45%の差が見られた。実効スライス厚の測定の結果、4列MSCT、64列MSCT共に、ビームピッチが大きくなっても、実効スライス厚はほぼ一定の値を示した。また、画像スライス厚5.0mmについて、4列MSCTTCOT法と64列MSCTTCOT法の実効スライス厚には、最大7.57%の差が見られた。

超音波画像のノイズ解析

HK7101 金子 暁

背景: 超音波画像には、スペックルノイズと言われるノイズがあり、スペックルノイズというのは超音波の波長に比べて十分小さな生体内の無数の反射体により、散乱波が様々な場所で生じるものを言い、ランダムにみられる小輝点群をスペックルノイズと呼ぶ。しかし、スペックルノイズについて十分な解析がなされていないのが現状である。

目的: 本研究では、装置条件として音場・超音波周波数・撮影モード(基本波、高調波)を変えて、WS(ウィナースペクトル)を計測し、超音波画像ノイズの主であるスペックルパターンの性質を調べた。

実験方法: 超音波画像からノイズ画像を求め物理評価を行う。物理評価としてウィナースペクトルを二つの方法で求めWS1とWS2とした。WS1は、ノイズ画像の輝度の平均値を求め、差分データを算出し、方位方向・距離方向で19ラインの平均値を求めたものをフーリエ変換し、その絶対値をとり2乗したもの。WS2は、ノイズ画像の2次元フーリエ変換のRaw power Spectrumから求めたもの。

結果及び考察: 超音波画像より求めたノイズ画像は視覚的にプローブ間距離が深くなるにつれ、ノイズパターンは大きくなっていることがわかった。WS1,WS2の周波数特性は、共に方位方向では下がり、距離方向では方位方向ほど下がらないことが分かった。WS2では、不明な点があり本研究では、WS1を使って検討した。超音波の音場プロファイルをLSFとみなして、これをフーリエ変換して準MTFとした。準MTFとWS1の双方において、周波数特性は深部の場合がより急激に下がっていることがわかった。

結論: WS1の方位方向においては、準MTFと良い相関を示し、深くなるにつれて空間分解能が低下してくるという理論値と一致した。WS1の距離方向においては、深さ依存はなかった。スペックルノイズの特性がわかりかけてきた。

Dual energy CT(DECT)の基礎と臨床応用

HK7102 仁平 達寛

「複数のX線管と複数の高電圧発生装置を搭載するX線装置の安全使用について」(医政発 0417009号)の局長通知が、2007年4月17日に厚生労働省医政局より発出されたことで、Dual Source CT(以下、DSCT)の二管球同時照射が可能になった。二管球で各々異なったエネルギーのX線照射が可能になったことで、dual energy imaging技術が可能となり、近年注目されている。世の中のCTが多列化の一途をたどる2005年、シーメンス社はいままでのCTの概念を超えた画期的な装置である世界初のDSCTである「SOMATOM Definition」を発表した。その後、2008年にはこれらの技術を継承し、さらに進化した第二世代のDSCTである「SOMATOM Definition Flash」を発表した。SOMATOM Definition Flashは、Dual Sourceの技術があるからこそなし得た“Flash Spiral”によって、これまでのCTでは実現することができなかった究極のスキャンスピードpitch 3.4(460mm/s)を実現し、これまで超えることができなかった“呼吸止め”の壁を超えた。そして、この技術を心臓に応用した“Cardio Flash Spiral”によって、さらなる被ばく低減を実現している。秀でた技術はこれらだけでなく、臨床適用できる唯一の存在として注目を浴びていたDual Energy Imaging (DE)もさらなる進化を遂げている。本稿では、DEに求められている真意を、SOMATOM Definition Flashに搭載されている技術や機能に関連づけて概説する。

アイリスフィルタを用いた胸部 X 線画像の腫瘍検出

HK7103 鷺峰 英行

現在 X 線画像のデジタル化が進む中で、デジタル X 線画像に付加価値を与えるコンピュータ支援診断(CAD)の有用性が大いに期待されている。今回、肺の腫瘍の検出率が向上するようにマンモグラフィの CAD に用いられているアイリスフィルタを胸部に応用して腫瘍陰影検出の研究を行う。

本研究室で作成したアイリスフィルタはマンモグラフィ用であるため、検出対象の腫瘍の大きさ、画像中のノイズの量などが、胸部とは異なる。このためアイリスフィルタのパラメータの最適化を行う必要がある。胸部の肺野と同条件になるようにアクリルファントム 8cm に、お椀形の模擬腫瘍を貼りつけ撮影した画像を用いて最適化調整を行う。得られた画像を平滑化処理し、アイリスフィルタを適応させた。パラメータは、前処理の平滑化フィルタのマスクサイズの大きさ、及びアイリスフィルタの探索最小半径の r_{\min} を決定する。決定されたパラメータを用いて、胸部ファントムに模擬腫瘍を付加した画像に対してアイリスフィルタ処理を行い、腫瘍の検出性能について検討した。

実際の胸部ファントムに模擬腫瘍を貼りつけて撮影したが胸部の血管と血管、血管と肋骨、肋骨と肋骨が重なっている部分が腫瘍と同じような濃度分布となりアイリスフィルタが誤検出していると考えられる。マンモグラフィの場合では、乳房は乳腺や脂肪組織があるが乳腺は乳頭に向かって走っていること、乳腺と乳腺が重なっていても胸部の血管より細いためにアイリスフィルタの集中度は腫瘍ほど高くない。

以上よりマンモグラフィの腫瘍検出に用いるアイリスフィルタは胸部の腫瘍検出に適応できる。しかし、マンモグラフィに比べて、抽出精度は低く集中度は小さいこと、誤検出が多いことが問題となる。

今後の課題として乳房に用いるアイリスフィルタを胸部に変更するためには、検出性能の向上の方法や、腫瘍検出後の誤検出を取捨選択する方法を検討する必要がある。例えば、今回誤検出した血管の重なり部分のような極端に小さい腫瘍は除去するなどが考えられる。

人の視覚的周波数測定システムの構築

HK7109 中村 友哉

近年では、視力検査だけでは得られない病理学的、神経生理学的な異常を発見するために、視覚的周波数特性(以下、視覚的 MTF)の測定が重要視されてきている。光学系の解像力を総合的に表す空間周波数特性は視覚系の評価にも有効であると考えられている。また、視覚系の評価以外に医療用の画像処理に応用することも考えられる。しかし、画像処理に応用した例は少なく、画像の視覚的 MTF の測定方法は確立されていないのが現状である。

そこで本研究では、人の視覚的 MTF の測定方法を考案・構築し、さらにそのシステムを用いて視覚的 MTF を測定することを目的とする。

第一に視覚的 MTF の測定をするために、本手法における人眼から LCD までの観察距離と LCD に表示する正弦波パターンの背景画素値について検討した。観察距離の検討では、0.5m と 1.5m において今回のシステムでは測定に適さないことがわかった。また、背景画素値の検討では、背景画素値が大きくなる(背景が明るくなる)につれてコントラスト感度が全体的に上昇することが確認できた。

次に、3 種類の正弦波パターンを用いて周波数選択的順応をさせた場合とさせなかった場合における視覚的 MTF を測定し、比較・検討したところ、測定手法の有効性を示す結果が得られたが、様々な問題点があった。その 1 つは観察距離と測定点で、距離を長くし、測定点を増やすことで測定精度を上げることができると思われる。また、観測者によって視力が違うという問題については、矯正器具の使用や現状より簡易的な手法を用いるなど測定方法をさらに改良することで測定精度を向上させる事ができると考えられる。

また、観察対象を正弦波パターンから画像にかえることで、人が見ている画像の視覚的 MTF 測定に応用できるのではないかと考えられ、今後検討していきたい。

FCRにおける模擬腫瘍の検出能の検討

HK7110 中村 優希

わが国の肺がんによる死亡率は男女総合して第一位である。そのため検診による胸部一般X線撮影による集団検診が行われている。胸部CT撮影による検診は単純X線撮影と比較して、特に早期肺がんで良好な検出率を示すが、胸部CT撮影による検診はコストが非常に高く、また単位時間あたりに検査できる被験者の数は限られてくるため胸部一般X線撮影による検診が主流となっている。

昨年の卒業研究において「胸部正面単純X線撮影における、模擬腫瘍の高さの変更による検出能の検討」がなされた。これは、胸部内の場所ごとに、模擬腫瘍の大きさを一定にした場合の検出能の違いを検討したもので、部位ごとに差異があることを結論付けているが、大きさを変更した場合の検出能の違いの検討はなされていない。

そこで、本研究では、第一に模擬腫瘍の大きさを変更した場合の病変検出能の差を検討した。その結果、配置部位に関係なく模擬腫瘍の検出能を評価すると、高さのみの変化に観点を置いたとき、高さが大きくなるほど検出能は上がっていた。しかし大きさのみの変化に観点を置いたとき、直径が大きくなるほど高い評価とはならなかった。これは肋骨陰影と重なったことにより辺縁が隠れてしまったため、と考えられる。「腫瘍の位置と形状」は病変の検出能に影響を与えていると考える。

第二の研究として、胸部条件に自動選択されるマルチ周波数処理（以下 MFP）パラメータを変更して、新たに定めたパラメータで処理を行い検出能に差が生じるのか検討を行った結果、一部では MFP パラメータを変更する有効性があることがわかった。しかし他の部位では検出能が低下しているところもみられた。このことから部位ごとに適切な周波数処理をかけることにより、さらなる検出能の向上が期待できると考えられる。

胸部撮影における付加フィルタと画質の関係について(2)

HK7111 佐藤 正剛

胸部単純撮影において、付加フィルタは患者への被曝線量低減の役割を担っている。しかし、同時に低エネルギーX線も除去される。そのため、被曝の管理と同時に画質の維持も行なわなくては、臨床側の要求を満たさない可能性がある。本研究では胸部撮影領域に、厚さの異なる銅板フィルタを用いて物理的評価・視覚的評価を行い、フィルタの厚さが画質に及ぼす影響について検討した。

物理的評価・視覚的評価については、タフウォーターファントムとタフリングファントムを組み合わせた模擬胸部ファントムを用いて画質の比較を行った。また視覚的評価として胸部ファントムを用いて撮影を行い、臨床画像の評価に代わるものとした。

物理的評価では、CTF について各フィルタ厚における大きな差は見られなかった。RMS 粒状度は各フィルタ厚の増加に伴って粒状度は悪くなったが、大きな違いは見られなかった。視覚的評価については、ランドルト環の評価ではフィルタが厚いほど、正答率が悪くなった。また、バーガーファントムを用いた評価でも同様にフィルタが厚いほど識別率が悪くなった。

胸部ファントムの画像評価では、鮮鋭度はフィルタの厚さが異なっても、差を認めることができなかった。粒状性については高濃度部領域では明確な差は見られなかったが、低濃度部領域ではフィルタが厚くなるに従って粒状が悪くなった。肺の血管については、太い動脈などはフィルタによる差は見られなかったが、細い血管ではフィルタが厚くなるほど血管の断裂や変形が見られた。

以上総合すると、受光面への入射線量が同じでもフィルタ厚の違いによって、粒状性やコントラストが変化することが分かった。胸部ファントム画像の評価では肺野部より縦隔部の低濃度部で粒状が目立った。胸部撮影で受光面への線量が保てれば、ここではフィルタ厚は 0.20mm まで許容されると考えられる。

テンポラルサブトラクション画像を用いた腫瘍描出の検討

HK7112 石毛 美帆

医師が読影をする際に、過去画像と現在画像を差分することで得られるテンポラルサブトラクション画像 (TS 画像) を用いることによって病変の変化を容易に検出することができる。しかし実際の臨床画像では過去と現在の撮影でわずかなポジショニングの差によりアーチファクトが生じ、腫瘍の描出が不十分になると考えられる。

そこで本研究ではアーチファクトの残るポジショニングにて大きさ・高さを変化させた模擬腫瘍を用いて胸部ファントムを撮影し、アーチファクトにより模擬腫瘍の描出の違いと、模擬腫瘍の貼り付け部分によって腫瘍描出に変化が出るのか検討した。

特徴的なアーチファクトがあったポジショニングは体厚を変化させた場合、前傾した場合、第2斜位、右肩上がりの場合であり、体厚を変化させた場合では心陰影・横隔膜部分の模擬腫瘍が見えにくくなった。前傾した場合、第2斜位、右肩上がりの場合では過去と現在で胸部の構造物の位置が変化するために、肋骨や肺血管がアーチファクトとなった。

また、アーチファクトと重なる場合、模擬腫瘍は全体が見えず腫瘍とはっきり認識することができなかった。さらに模擬腫瘍の大きさ変化より、高さ変化の方が腫瘍の描出に影響が大きいことがわかった。

以上より構造物の多い胸部画像では、過去画像と現在画像でポジショニングのわずかな差があるとき、TS 画像での強いアーチファクトによって腫瘍の描出が困難になるため、読影補助として用いる場合には誤認識の可能性があり、注意が必要であると考えられる。

NESCO 電離箱による表面吸収線量測定

HK7113 若月 佑介

IVR や消化器系の透視などでは急性被ばくで一過性初期紅斑、一過性脱毛、永久脱毛、遅発性皮膚壊死が生じ、それぞれの閾値は 2,3,7,12[Gy]である。これらは被ばくによる確定的影響であり、被ばく量を閾値以下に抑えることで防ぐことができる。^[1]皮膚表面での障害を防ぐために表面吸収線量の計測は重要であり、表面吸収線量を正確に計測するためには、ICRU REPOT47 で後方散乱係数を考慮する必要があると報告されている。^[2]

NESCO 電離箱は、厚さ 14[μ m]の入射電極、支柱の交換によって零外挿ができる電離空洞、30x30x15[cm³]の PMMA slab phantom が構造に含まれており、表面吸収線量の計測が行える構造となっている。また、電流を 1[fA]の値まで測ることができ、大気による電離電流の変動を線源を使用して指示値から直接補正することができる。

そこで、本研究では、後方散乱を考慮した測定が行える NESCO 電離箱を表面吸収線量について性能評価を行った。

NESCO 電離箱に照射条件、管電圧 70[kV]、管電流 10[mA]、照射時間 10[sec]、照射野 10x10[cm]、距離 150[cm]、付加フィルター 3.35[mmAl]+面積線量計から管電圧と管電流を変化させて、エネルギー依存性と線量依存性を調べた。

また、照射線量の基準線量計である DC 300 を用いて校正定数を算出し、関係性を求めた。条件は照射時間、照射野、距離、付加フィルターについては上記のエネルギー依存性、線量依存性と同等で行い、管電圧は 40,50,70,100,120,150,[kV]で、管電流は 4,10[mA]で行った。

その結果、エネルギー依存性、線量依存性は管電圧、管電流の増加と共に吸収線量が上昇し、DC 300 との校正から得られた校正定数は DC300 の校正定数と同様の変化を示した。

TLD 素子作製条件による発光の有無と発光強度について

HK7114 高野 裕樹

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。今回は TLD 発光体素子 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ の合成条件を変え、得られた $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ の発光の有無、発光強度について比較、検討を行った。合成条件は硫酸カルシウムと酸化ジスプロシウムを硫酸に溶解させた後、硫酸を蒸発させるときの速さを変えて $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ を得た。得られた $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ に X 線を照射し、熱ルミネセンススペクトルの測定、グロー曲線の作成を行った。熱ルミネセンススペクトル測定では 486 nm と 577 nm に発光ピークが見られ、グロー曲線では 90°C 付近と 200°C 付近にピークが観測された。このことから作製した $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ の熱発光の有無を調べた。また未照射の $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ で蛍光 X 線分析、X 線回折を行い試料の成分と結晶構造を調べた。それらの結果、 CaSO_4 の結晶構造が確認でき、成分中に Dy の元素も確認できた。よって、合成の目的である $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ を得られたと考えられた。発光強度については、発光する試料を粉末状のものと結晶の大きさが 1 ミリ近くあるものとの間で比較した。その結果、今回合成した $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ では粉末状の試料の方が明らかに発光強度が高くなった。発光強度の違いにはさまざまな理由が考えられるが今回その原因を特定することはできなかった。

陰影数の変化による視覚的粒状隠蔽効果の検証

HK7115 山田 祥平

胸部撮影は集団検診や病院において、もっともよく撮影される部位で、骨、血管、空気、心臓といった X 線吸収係数の異なる臓器が存在し、陰影が数多く存在する部位である。このとき、肺野と縦隔部の粒状性は物理的には大差ないが視覚的に見れば肺野の方が画質は良いと認識される。この現象を視覚的粒状隠蔽効果と呼び、この原因の一つとして肺野に存在する構造物陰影の数の影響が考えられる。視覚的粒状隠蔽効果とは物理的粒状度と視覚的粒状性が逆転する現象のことで、この現象は過去の研究で検証されている。今回は視覚的粒状隠蔽効果の原因を構造物陰影の数に起因すると仮定し、以下の実験で検証を行った。

水量の変化で濃度の調整を行える水槽ファントムを用いてノイズ画像を作成する。作成したノイズ画像を画像解析処理ソフト(HGH)で物理的粒状度の解析を行い、実際の肺野と縦隔部の粒状度を検証する。その後、プログラム上で線状陰影を無しから 8 本まで変化させて資料画像を作成し、3cm×3cm サイズに切り取ったノイズ画像を付加した。視覚的に粒状を認識できる最長距離を用いて粒状性を評価する Blending Distance 法(B.D.法)を用いて、観察者数名に視覚評価を行い検証する。

実験結果では、肺野の方が縦隔部よりも物理的粒状度が悪いことが確認された。視覚評価においては、陰影数 4 本以上で視覚的粒状性が改善される傾向が見られた。しかし、少なすぎる陰影では粒状は目立つ傾向がみられる。胸部に存在する陰影を考えれば、胸部の肺野と縦隔部において視覚的粒状隠蔽効果が発生し、陰影の数が原因の一つであることが検証できた。

今回の実験では陰影の数に注目して検証を行ったが、画像全体の濃度や陰影の配置の違いなどによる視覚的粒状隠蔽効果の検証や、視覚評価方法の検討などを今後の課題としていきたい。また、この現象を考慮した画像処理を行うことで視覚的粒状性の向上が期待できる。

SPECT 画像再構成法の違いが心筋極座標表示に及ぼす影響について

HK7118 山口 聖

本研究は、 $^{201}\text{TlCl}$ 製剤を用いたヒトの心筋血流 SPECT 解析処理において、FBP 法と OSEM 法の違いによる解析結果の相違について、心筋の viability を極座標表示 (Bull's eye) をパソコン上で描出することができる cardio bull ソフトを用いて比較・検討することを目的とした。方法は、虚血性心疾患疑いにて T 病院で $^{201}\text{Tl-Cl}$ 運動負荷心筋 SPECT 検査を実施し、心電図や超音波などの各種検査結果において正常と認められた患者 1 名 (女性: 66 歳)、狭心症と認められた患者 1 名 (男性: 58 歳) の計 2 例について検討した。その結果、1)FBP 法と OSEM 法の画像再構成の違いによって、カウント数の変動がみられた。2)OSEM 法を用いた画像再構成では、正常例において過小評価していると考えられ、診断に影響が出るほどではないが明らかに FBP 法を用いた場合と差異が生じていた。3)狭心症患者に関して、両者を比較したがあまり大きな変化は認められなかった。カウントが少ない梗塞領域では画像再構成の違いによる変化はほとんどないことがわかり、臨床において、画像再構成法を変えても問題ないと考えられた。4)SPECT 装置に搭載されている Bull's eye 解析ソフトと今回使用したパソコン上で処理できる Cardio bull との間には画像再構成法による違いがみられた。5)FBP 法における再構成フィルタの影響によってストリークアーチファクトが生じるが、OSEM 法などの逐次近似法では大幅に改善し、画像に改善がみられる。6)本研究では、吸収補正は行っていないため、画像再構成法の違いによる影響は顕著に表れなかった。以上より、画像再構成法の差異は見られたものの、その因子が画像再構成法の違いだけとは結論づけることは難しかった。また、吸収補正の違いによる影響も確認する必要があり、今後の研究課題としたい。

面積線量計による入射表面線量の評価

HK7119 馬場 嵩

面積線量計は患者に触れることなくリアルタイムで入射表面吸収線量のモニタリングが出来るので、透視撮影を用いた血管造影撮影や IVR など連続撮影を行う時に使用されている。ICRP 勧告 15 では「透視を行う場合には、放射線出力をみるために利用線推中に透過型モニタ電離箱を用い、照射野と照射線量の積あるいはエネルギーフルエンスとの積を測ること」とされており、面積線量計を用いて被ばく線量を管理している。

ヨーロッパでは一般撮影にも面積線量計が用いられており、徹底した被ばく管理が行われている。だが、日本では、世界での医療被ばくがトップレベルであるにも関わらず、一般撮影では面積線量計の取り付けが義務化されておらず、X 線の出力線量をモニタリングしていないのが現状である。そこで今回はドイツの PTW 社製の面積線量計のと NESKO の電離箱を用いて、管電圧依存特性、照射野変化、各照射野の管電圧変化による入射表面線量の比較実験を行い検討した。管電圧特性では、50~100[kv]付近では線量の差は誤差 5%と少なく 120~150[kv]の高電圧では誤差が 13[%]と大きくなった。照射野変化では、照射野が大きすぎても小さすぎても入射線量の誤差が大きくなってしまふことが分かった。各照射野の管電圧変化では、100[kv]から誤差が 10[%]大きくなっていき、150[kv]では 27[%]と ICE 基準での面積線量計の誤差範囲の±25[%]を満たしていなかった。今実験から、面積線量計から得られる表面吸収線量は照射野の大きさに依存していることが分かった。面積線量計は PTW 社製であり PTW 社で校正を行った校正係数を用いている。日本の一般撮影の臨床現場で使用して行くには、日本で面積線量計の入射表面線量の校正を行って校正定数を与えることで表面吸収線量の誤差を小さくし、日本での医療被ばく線量の低減化が行えることが望まれる。

マンモグラフィ画像における腫瘍陰影の強調方法の検討

HK7122 大石 彩子

近年、乳癌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。乳癌は早期発見が重要であり、触知不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癌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、マンモグラムの読影量が増加している。更に、乳房はすべ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、医師の負担を著しく増加させる。また、読影量増加に伴う疲労から乳癌の見落としも多くなってしまふ。従って、臨床現場では読影の負担を軽減させ、医師による見落とし等の読影差を減少させる必要がある。今後、マンモグラフィも他の部位と同様に、様々な画像処理が行われることで診断がしやすくなり、先に述べた問題を改善できる可能性がある。

そこで、本研究では、マンモグラフィの画像処理に着目し、コンピュータ支援診断(Computer Aided Diagnosis:CAD)の腫瘍候補検出に用いられているアイリスフィルタを応用することで、読影時に原画像よりも腫瘍陰影を検出しやすくなるような違和感のない腫瘍強調画像の作成方法を提案した。

基本的には、原画像とアイリスフィルタを適応させた腫瘍抽出画像を足し合わせることで作成したが、単純に足し合わせると、腫瘍が存在する領域のグラディエントが異なることにより、強調の過不足を生じた。これでは診断する際に違和感を及ぼすといえる。よって、コントラストに応じて強調を変化させるような線形・非線形関数を用いることで、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ができた。

臨床画像への適応は可能だったが、診断に利用していくためには適切な強調係数の決定等、多くの課題が残されており、更なる研究が必要である。また、マンモグラフィ画像では、腫瘍陰影だけでなく、乳腺等の線状構造物や微細石灰化の描出が重要であるため、それぞれの画像処理方法を組み合わせていくことで更に診断に有効となると考えられる。

増感紙の発光特性と X 線吸収スペクトル

HK7701 石山 隼人

増感紙は X 線を照射することにより蛍光体に吸収された X 線を可視光に変換して発光を生じるものである。今回はいくつかの増感紙について蛍光 X 線分析、X 線回折パターン、X 線照射による発光スペクトル及び X 線吸収スペクトルの測定を行い、青色発光 (レギュラー用) 増感紙、緑色発光 (オルソ用) 増感紙、マンモグラフィ用増感紙ならびに高鮮鋭度型と高感度型の増感紙について比較、検討を行った。X 線回折パターンと蛍光 X 線分析測定から、FS-V、SS-V では CaWO_4 (タングステン酸カルシウム) が、HR-3、HR-12、MAMMO FINE、MEDIUM では $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ (酸化硫化ガドリニウム:テルビウム) が発光体として含まれていることが確認できた。発光スペクトルでは FS-V と SS-V では 450 nm 付近に幅広いピークが見られたのに対して、HR-3、HR-12、MAMMO FINE、MEDIUM では 550 nm 付近を最大とする複数の鋭いピークが見られた。発光強度では FS-V に比べ SS-V が大きく、HR-3 に比べ HR-12 が大きく、FINE に比べ MEDIUM が大きかった。この違いは、蛍光体層の厚さすなわち蛍光体物質の量や、結晶粒子の大きさが関係していると考えられる。X 線吸収スペクトルでは低エネルギー領域で大きな差が見られ、高エネルギー領域では吸収の差が小さく、全ての増感紙でエネルギーの増加に伴い吸収が減少する向にあった。レギュラー用増感紙とオルソ用増感紙での吸収の違いでは、蛍光体の組成が異なることが大きな要因であると考えられる。

石灰化密度が MR 信号へ及ぼす影響 (SE 法、FSE 法、GRE 法、SWI 法) の 文献的考察

HK6031 田中伶磨

軟部組織内の石灰化の検出には X 線 CT が有用であることが知られているが、MRI においても Henkelman らによって石灰化密度が 30 容量パーセント濃度で T1 緩和時間の低下が最も強くなることが報告されている。また MRI 装置の発展により磁化率強調画像の臨床応用が可能となってきて、石灰化を含む軟部組織の磁化率差による信号強度の変化を敏感にとらえることが出来るようになってきている。今回、我々はこの石灰化密度が MR 信号に及ぼす影響について検討を行った。本論文では MRI における基本的撮像法である SE 法、FSE 法、GRE 法についての信号強度と磁化率強調画像法についての信号強度の相違についての文献的考察を加え、石灰化がそれぞれの撮像法でどのような信号強度を示すのかを考察している。また石灰化が分子相関時間や表面効果、高分子水和効果に及ぼす影響および磁化率効果が磁化率差による信号低下のメカニズムや磁化率効果が静磁場に比例するメカニズムについて概説した。

X 線 CT における被ばく線量低減技術について ～実験～

HK6034 金子 将

近年、日本では CT が広く普及し手軽に実施できる。このことは、我が国が高度な医療レベルを有していることの象徴と言えるが、一方で CT による X 線被ばくの影響が懸念される場所である。このような現状の中、各 CT メーカーとも CT による X 線被ばくを低減する技術を開発している。今回の研究では数ある被ばく低減技術の中から、最近話題になることが多い自動 X 線制御機構 (AEC) に注目して行った。

本研究では、SOMATOM Definition Flash CT で胸・腹部用 X 線水ファントム (WAC 型) を用いて、X 線 CT における AEC によって Z 軸 (患者の頭尾方向に沿った軸) 方向と XY (水平断面) 方向で実際に被ばく低減されているかを検証した。

自作の仮想胸・心・腹ファントムを用い、胸部・心臓部・腹部それぞれの前後左右にガラス線量計を貼り付け、AEC あり時と AEC なし時の表面線量を測定した。その結果、Z 軸方向では胸部で約 41.9%、心臓部で約 30.9%、腹部で約 24.3%、全体では約 32.1% 低減されていることがわかった。また、XY 方向では前後方向で約 48.0%、左右方向で約 12.9%、全体で約 32.1% 低減されていることがわかった。

AEC による X 線量低減効果は参考文献よりおよそ 10~40% であるとされている。本研究の結果がこの範囲内であることから、AEC による Z 軸方向と XY 方向での被ばく低減効果を実証することができた。

石灰化密度が MR 信号へ及ぼす影響 —SE 画像、FSE 画像、GRE 画像、SWI 画像— HK6044 大村 仁

Henkelman らの文献により、石灰化の密度が 30 容量パーセント濃度で脂肪と同等の相関時間となり T1 強調画像で高信号を示すと報告されている。石灰化の構造は海綿(スポンジ)状であり、これは水分子を捕捉しやすい構造となっており、捕捉しやすい隙間が存在すれば高信号を示す特徴をもち、この現象を表面効果と言う。本論文では体内に含まれる石灰化[リン酸カルシウム： CaC_2O_4 または $\text{Ca}(\text{COO})_2$]が MR 画像(SE 法、FSE 法、GRE 法、SWI 法)に及ぼす影響についてファントム実験による検討を行った。その結果、石灰化の密度が 20~30%g/cm³において T1 緩和が促進され、T1 が短縮されることにより T1 強調 SE 画像で高信号を示す結果が得られ、これは Henkelman らの文献と同等な結果となった。さらに 0.2T MR 装置が 1.5T MR 装置に比べ表面効果の影響と磁化率効果の影響が顕著であることが示された。また、T2 強調 FSE 画像や GRE 画像に比べて SWI 画像が磁化率効果の影響が顕著であることが示された。

X 線 CT における被ばく低減技術について ~総論~ HK6054 松浦 正博

CT における X 線被ばく低減のための技術として自動 X 線制御機構(AEC)や逐次近似画像再構成法、適応型量子ノイズ低減フィルタ、低電圧撮影法、検出器・回路系の改良、ヘリカルスキャン端の無効 X 線の遮断、テーブル移動による関心領域のセンタリングなどが上げられる。各 CT メーカーとも、これらの技術を組み合わせて、より低線量で撮影できる CT を開発しつつある。これらの中で AEC 技術には各部の X 線吸収度をもとに、画像ノイズが一定になるように Z 軸(患者の頭尾方向に沿った軸)に沿った位置ごとの出力電流(出力 X 線量)を決定するものと、X Y 方向(水平断面方向)の体の厚みにあわせて出力管電流を決定するものがある。今回、SOMATOM Definition Flash CT で胸・腹部用 X 線水ファントム(WAC 型)を用いて、X 線 CT における AEC によって実際に被ばく低減されているかを検証した。本論文では日本における CT 利用の現状と CT 被ばくによる発がんの可能性、最近の代表的な CT の被ばく低減技術について文献的考察を行った。

口腔内撮影法によるデンタルフィルムと CCD センサーの比較検討

HK6064 鈴木 敦士

今日、歯科診療における口腔内法用 X 線撮影はパントモグラフィとデンタル撮影が必要不可欠とされていて、現在の歯科診療では 1 度の診断でこの 2 つの検査法を行なうのが主流となっている。現在の歯科診療で行なわれているデンタル撮影において、デンタルフィルム（ノンスクリーン）が多く用いられている。デンタルフィルムを用いた撮影の問題点として、患者への被曝線量が多くなりやすく、画像が出来上がるまでに時間や手間がかかるといったような欠点がある。近年開発された CCD センサーの特徴として短時間に画像が出来上がり、被ばく線量の低減が可能ということがある。そこで本研究では、口腔内撮影時に用いるデンタルインスタントフィルムと現像機を用いて現像したものと CCD センサーを用いて両者の画像を比較検討するとともに両者の特徴を踏まえて有用性について検討を行った。視覚的評価は歯科医師 6 名にデンタルフィルム、CCD センサー画像上の 5 か所の評価部位において評価点数をつけてもらうことで比較を行った。さらに、物理的評価はチャート法により CTF を測定し、象牙質と同等の濃度になる Cu 板 (0.4[mm]厚) をファントムと同時に撮影を行い RMS 粒状度を測定した。また、入射表面線量も測定した。

その結果、視覚的評価においてデンタルフィルムのほうが根尖部、歯髄腔などの微細な構造部位の評価値が高かった。しかし、CCD センサーのほうはデンタルフィルムに比べ mAs 値が低かった。物理的評価においては、CTF、RMS とともにデンタルフィルムのほうが良い傾向を示した。入射表面線量は CCD センサーの方がデンタルフィルムより約 1/7 まで被ばく量を低減できることが可能であった。

結論として、デンタルフィルムは歯の微細な部分(根尖部、ED 境等)の診断に適している可能性がある。CCD センサーは被ばくの低減や撮影時間を短縮することができるので、緊急を要する患者や行動調節の難しい患者、幼い子供等の撮影に有効である可能性がある。