

平成25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25年10月12日

<場所>駒澤大学一号館

401 ~ 403

小児 CT における防護材を用いた甲状腺被ばくの低減

HK0001 関野 友似加

CT 検査は被ばくが多いため、できる限り線量を低減する必要がある。特に、小児は成人に比べ放射線感受性が高いため被ばく低減が重要である。本研究では、小児 CT 検査における甲状腺被ばく線量を、防護材を用いることにより低減する手法について検討した。

防護材としては市販されている Bi 含有ゴムに加え、モリブデン 0.065mm・0.080mm 厚、亜鉛 0.35mm 厚、スズ 0.025mm 厚を使用した。防護材からの特性 X 線を減弱するために、アルミニウムと銅を各金属に付加した。小児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頸部 CT 撮影を行った。甲状腺の深さを考慮し、10mm の軟部ファントムを小児ファントム表面に追加して甲状腺相当位置の線量を測定した。軟部ファントムと防護材間距離は 10mm とした。画質評価には SD 値を使用した。SD 値の算出には甲状腺があると想定される 5 スライスを使用し、ROI は各スライスで ROI1 ~ 6 までの 6 ヶ所とった。ROI1,2 は表面から深さ約 0.8cm、ROI3,4 は深さ約 2.2cm、ROI5,6 は深さ約 3.6cm に設定した。比較のために防護材無しで管電流変調を行った場合の SD 値も算出した。

防護材を使用することで線量が低減された。Bi 含有ゴムと Bi 含有ゴムにアルミニウムを付加した防護材を比較すると、線量はほぼ変化しなかった。防護材を使用することで SD 値は上昇し、体表面に近いほど SD 値は上昇していた。

ROI5,6 を設置した頸部中心付近では、どの防護材も同じ SD 値を得る場合、管電流を小さくするより防護材を使用した方が線量の低減ができることがわかった。最も優れた防護材は Bi 含有ゴムであり、これを用いることで、頸部中心付近の撮影では、管電流変調よりも最大で 37% の甲状腺被ばく線量の低減が可能であった。一方、表面付近の撮影においては、管電流変調の方が効果的であった。

一健診胸部単純 X 線撮影における経時サブトラクション法の有用性

HK0002 清末 美久

健診センターで行われる胸部単純 X 線撮影は、症例数が膨大であり読影に時間と労力がかかる。その精度を向上させるために補助として経時サブトラクション法がある。経時サブトラクション法は撮影時期の異なる過去画像と現在画像の 2 枚の画像のうち過去画像を局所領域毎に変化させるワーピング処理を行い、構造物の位置を一致させ引き算することにより、その間の経時変化を強調する手法である。本研究では、経時サブトラクション法を用いて、胸部単純 X 線撮影画像を医師、診療放射線技師、学生が読むことによりその結果から経時サブトラクション法の有用性を検討する。

結果として医師の正答率は、現在画像のみで当てた割合は 83.7%、現在と過去画像を比較して当てた割合は 83.7%、サブトラクション画像を追加して当てた割合は 88.4%、誤って判断した割合は 11.6% だった。この結果より、医師は 1 枚の画像のみでおおよその病変を見つけることができ、サブトラクション画像は読影の補助として役立つことが分かった。次に、診療放射線技師の正答率は、現在画像のみで当てた割合は 53.0%、現在と過去画像を比較して当てた割合は 55.4%、サブトラクション画像を追加して当てた割合は 61.7%、誤って判断した割合は 38.3% でした。最後に学生の正答率は、現在画像のみで当てた割合は 6.9%、現在と過去画像を比較して当てた割合は 13.8%、サブトラクション画像を追加して当てた割合は 21.8%、誤って判断した割合は 78.2% だった。医師の感度は、67.9% で特異度は 96.4% になった。診療放射線技師の感度は 57.1% で特異度は 72.4% になった。学生の感度は 42.9% で特異度は 25.9% になった。この結果より、医師、診療放射線技師、学生の順に診断の感度、特異度は高いことが分かった。

経時サブトラクション法を用いることで正答率が上がった。よって画像診断の補助ができ有用性があると考えられる。

Hoffman 3D Brain Phantom を用いた SPECT-CT の吸収補正に関する考察

HK0003 小原 佑介

近年、SPECT-CT 装置が開発され外部線源による TCT 法から、X 線 CT を用いた減弱係数分布の取得が容易となった。本研究は、Hoffman 3D Brain Phantom (以下、3D-Phantom) をベースとした人の頭部模擬ファントムを作成し、SPECT の吸収補正に関する基礎的検討を行うことを目的とした。方法は、人の頭蓋骨を想定した着脱可能な外部を塩ビ管と石膏 (以下、頭蓋ファントム) を用いて作成し、3D-Phantom 単体、3D-Phantom に頭蓋ファントムを装着させた状態で SPECT-CT 収集を行い、各々の減弱係数分布を得てから頭蓋ファントムの有用性や吸収補正の有用性について検討・考察した。その結果、3D-Phantom を用いた実験では頭蓋ファントムを装着した方が、より人に近い状態でのデータが得られ、脳 SPECT での実験データに大変有用であった。また、各々のデータに対し吸収補正の有無について検討したところ、Chang 法や吸収補正無しより、X 線 CT による減弱係数を用いた方法が不均一な吸収体に吸収されてしまった γ 線の補正に有用であることが示された。さらに、脳血流検査時における脳動脈クリップなど金属への影響についても検証した結果、吸収補正を利用することでカウント低下部の補正や金属の素材など、SPECT 装置の分解能を越えない限りアーチファクトなどの画像への影響は認められなかった。

温度応答性を付与した新規 MRI/NIR ハイブリッド造影剤の開発

HK0005 盛 史範

MRI 造影剤はその分子構造を変える事で問題の最小化や機能の向上、新機能を付与する事ができる。三本鎖の螺旋構造であり温度変化に対して分子サイズが可逆的に変化する性質を持つペプチドの一端に Gd キレート、他端に蛍光色素 (NBD) を結合させる事で、MRI において緩和度を、近赤外線 (NIR) に対し蛍光を示す二つの機能を持った新規ハイブリッド造影剤を開発することを展望した。

本研究では新規ハイブリッド造影剤の合成過程の第一段階である、ペプチドに蛍光色素 (NBD) を導入し pep-NBD の合成、合成物の極性や蛍光および紫外可視領域における吸収を調べることで目的物質である pep-NBD を分離、精製および同定する事について検討した。

ペプチドと NBD-Cl を混合した溶液を 24 時間反応させた後 TLC (薄層クロマトグラフィー) で分析したところ、反応液中には複数種類の物質が確認できた。そこでカラムクロマトグラフィーで各層ごとに TLC で分析し分取することで生成物①、生成物②および生成物③を得た。ペプチド、NBD-Cl、生成物①②③の Rf 値はそれぞれ 0, 0.9, 0.8, 0.8, 0.7 となった。UV 測定器で 254 nm において NBD-Cl のみ蛍光し 365 nm において生成物①②が蛍光した。またペプチドのみニヒドリン反応で染まったことより生成物①②③は合成前とは特性が異なる事がわかる。紫外可視吸収スペクトル測定で生成物①②③、リファレンスとして (Pro-Hyp-Gly)₃・H₂O 水溶液、NBD-Cl 水溶液のスペクトルを測定した。ペプチドはアミド基を多く持つため 215 nm 付近で、NBD-Cl は 260 nm、360 nm 付近に高吸収帯を示した。目的の pep-NBD は 215 nm 付近でペプチドと NBD-Cl を足し合わせたような吸収を示すと考えられる。また NBD-Cl の 260 nm、360 nm 付近の吸収が Cl⁻ の遊離により長波長側にシフトしたような吸収を示すと推測されるため、これらのことから生成物①が目的である pep-NBD であるといえる。また紫外可視吸収スペクトル測定、TLC の結果から生成物②は混合液であった。以上のことから生成物は Rf 値 0.8、UV365 nm で蛍光を示し、波長 215, 350, 500 nm 付近で吸収帯をもつことを明らかにした。

Ai 画像と生前画像との対比について

HK0006 橋本 雪乃

Ai (Autopsy imaging) とは死亡時画像診断の略であり、死後画像から死因を究明するものである。これまでの我が国における死因究明は、病理解剖・司法解剖・監察医解剖など解剖中心に行われてきたが、遺体損壊のため遺族からの承諾が得にくく、また検査時間が半日以上かかる場合が多いことなどから、遺体解剖率は3%を切っているという現状がある。そうした中で、画像診断の発達と CT・MRI の普及により、遺体を損ねることのない Ai の有用性が広く認識されるようになってきている。

本研究では、生前・死後 CT 画像 (男性 20 名、女性 9 名) の種々の臓器や組織の形態・状態を比較し、各臓器に設定した関心領域 (側頭葉・脳幹・肝臓・脾臓・大動脈・左腎・筋肉) における CT 値の変化についてどのような傾向があるかを検討した。その結果、形態・状態においては多くの死後画像で大動脈壁高吸収化が見られた。これは血圧が平均循環充満圧まで低下し、血管径の減少・血管壁肥厚・密度上昇が起こることによって発生したと考えられ、特に上行大動脈で最も典型的に認められる。また肝臓や心臓などに脈管内ガスが見られたが、これは人工呼吸に伴う消化管ガスの門脈への流入、体内の血中に溶けていた気体が心肺蘇生行為による胸骨圧迫によって気泡化したものだと考えられる。このような体内のガスは解剖の際には見ることができないため、Ai 特有の所見である。CT 値の変化については肝臓・脾臓で死後に低下した人の割合が高く、これは死亡後に自身のもつ消化酵素で自己融解を起こし、他の臓器よりも早く融解したからだと考えられる。その他の側頭葉、脳幹、大動脈、腎臓、筋肉ではばらつきがあり有意な差が得られなかった。寝台など、基準の CT 値を測定していればもっと有意な差が得られたと考えられる。

思春期特発性脊椎側彎症における乳房への被ばく低減についての検討

HK0008 塩原 惇也

現在医療被ばくに対する関心が高まっており、放射線技師はどの撮影においても被ばく低減が求められている中、ICRP2007 年勧告では、乳房の組織加重係数が 0.05 から 0.12 に変更され乳房の放射線によるリスクが重要視され始めた。脊椎側彎症では主な患者が思春期の子供と女性に多く、脊椎側彎症は経過観察が必要な症例となるため、毎検査時における被ばくが無視できない。そのため女性に対する乳房への被ばくが無視できず将来的な乳ガンリスクを考え、毎検査時の乳房を中心とした被ばくの低減が重要な課題とされています。そこで本研究では脊椎側彎症の中でも特に思春期の女子に増加傾向にある「思春期特発性脊椎側彎症」に着目し、ポジショニングの変更により思春期の女子の乳房に対する被ばくの低減方法について検討を行う。尚、過去の研究により、成人用胸部ファントムを用いた場合における全脊椎撮影法のポジショニングを A-P から P-A に変更し、P-A 像に FNC 処理を用いることによって通常と同等の画像が得られるとされている。

撮影条件を一定とし、学童用ファントム (乳房付き胸部ファントム) をもちいて、全脊椎撮影のポジショニングを A-P から P-A に変更し撮影および線量測定を行うと、乳房への線量は約 90% の低減が可能であることが分かった。さらに、画像の視覚評価では第 4,7,8,11 胸椎に着目し評価を行ったところ P-A 像は乳房がある部分の第 7,8 胸椎のエッジが確認することが少し難しく、A-P 像に比べてエッジがやや劣った。しかし、コブ法に基づいてコブ角を測ってみたところ A-P と P-A の誤差は 1~2° と大きな差が表れなかったことから、診断に用いることは難しいが、経過観察に応用できるのではないかと考えられる。物理評価では、RMS および CTF には、大きな差は見られなかった。

以上の結果より、思春期特発性脊椎側彎症における思春期の女子に対する乳房への被ばくは約 90% 低減できる。このことから、思春期の女子の脊椎側彎症の診断には、A-P での撮影法を用いることが良いと考えられ、P-A による全脊椎撮影法は、脊椎側彎症の経過観察に応用できる可能性があるとし唆される。

Ai 画像と生前画像との対比について

HK0009 白相 真依

Ai とはオートプシー・イメージング (Autopsy Imaging) の略であり日本語訳では死亡時画像診断と訳されている。モダリティーの多くは CT だが MRI も用いられる。現在の日本では約 3% しか解剖を行っておらず、死亡時医学検索は不十分な状況にある。Ai のメリットとしては迅速に行うことができ非破壊性であることや第三者による評価が可能であること、全ての病気を Ai で診断できるわけではないが Ai を行うことによって臨床診断だけでは分からなかった病気を見つけられることなどが上げられる。院内に入院中の患者は生前画像や生前情報が得られているため死亡時の診断は比較的容易だが、救急患者は生前情報や生前画像が得られていないため運ばれてきた際の少ない情報と画像所見で死亡原因を検討することになり、困難を極める。しかし Ai の精度を高めることによって、より正確な死因究明ができると期待される。

本研究では死後画像から死亡に至った原因を考察し、何割程度の死因が特定可能なのかを検討した。対象は男性 50 名、女性 36 名の計 86 名 (対象年齢 6 ~ 96 歳) であった。今回の実験では 86 名中 54 名 (約 63%) の死因が特定可能であった。生前画像や既往歴などと死因が一致する例もあったが、不整脈や心筋梗塞などで亡くなった場合は死後画像だけでは情報が不十分で死因を特定するのは難しく、直接死因の指摘が困難であることが分かった。特に事故死では臓器や組織の形態変化が生前のもとは大きく異なることなどから Ai を用いることによって、詳しい死因を特定するのに貢献できると考えられる。

4次元放射線治療に向けた 4D-CT と CBCT 画像 ITV の比較・検討

HK0010 志手 未沙紀

体幹部定位放射線治療 (Stereotactic body radiotherapy : SBRT) において、呼吸による腫瘍の移動変化は Internal margin (IM) で考慮している。呼吸性移動に対する IM 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等によって異なる。近年、臨床では Four-dimensional computed tomography (4D-CT) 装置等を使用して internal target volume (ITV) を決定している。治療直前の位置照合では On board imager (OBI) を用いて Cone beam computed tomography (CBCT) 画像を取得することが多い。画像誘導放射線治療 (Image-guided radiotherapy : IGRT) では計画 CT の ITV と位置照合を行うことで、IM の一致を確認する。その際 4D-CT で作成した ITV (4D-ITV) と CBCT で得られた画像の ITV (CB-ITV) に差異が生じている場合があるため、本研究では 4D-ITV と CB-ITV から得られる位置及び体積の精度検証を行う。

呼吸性移動を模擬するため動態ファントムの模擬腫瘍を正弦波で動作させながら 4D-CT 画像と CBCT 画像を取得し、CBCT 画像は Half fan scan と Full fan scan の 2 種類の撮影条件で取得した。治療計画装置を用いて体積、移動距離、位置、各画像から作成した ITV の比較を行った。

4D-ITV は理論値に対して過大評価となったのに対し、CB-ITV ではほとんどの場合で過小評価となった。4D-ITV は設定した CT 値を用いてオートコンツォリングを行ったため、ボケ部分の体積を含み ITV が大きくなったと考えられる。CB-ITV は視覚的に作成したことに加え、画像に散乱線成分が多く含まれるため画像のコントラストが悪い。また、模擬腫瘍の Z 軸方向における上端と下端のボケが大きかったと予測される。これらの原因から正確な ITV が作成できず、過小評価となったと考えられる。

本研究では、それぞれ理論値より誤差が生じた。しかし実際の治療計画では ITV に 5mm のセットアップマージンを付加する。よって規則正しく動作するファントムの動きが 15mm 以下の場合では、移動距離の誤差及び ITV の誤差は 5mm のマージンにより許容できると考えられる。

MDCT における実効線量の把握と検討

HK0011 廣澤 祐太

2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う福島第1原発事故により、世間での被ばくに対する関心が高まった。さらにCT検査での被ばくが医療被ばくの中でも多くを占めていることも広く知られることとなった。本研究では、患者のCT検査への恐怖を少しでも拭い去ることができるようCT検査における実効線量・等価線量を把握することによりその値を用いた説明について検討することを目的とする。実際に臨床で行われている撮影条件を参考にして、副鼻腔・頭部・頸部・胸部・腹部・骨盤部について2通りの方法で検討を行った。1つはモンテカルロシミュレーションソフトであるImPACT CT Patient Dosimetry Calculator (以下ImPACT)を用いる方法である。このImPACTは撮影条件を設定すると実効線量および各組織の等価線量が算出される。2つ目はコンソール上の表示値から実効線量の近似値を算出する方法である。撮影条件を設定し、コンソール上に表示されるDLP (Dose Length Product) に換算係数EDLPを乗じることによって実効線量が近似される。ImPACTと近似値の比較において実効線量はほぼ一致したが、腹部、骨盤部で多少の差異がみられた。また腹部条件での実効線量がImPACTと近似値両者で最も大きい値となった。CT検査での実効線量は確率的影響が出てくるといわれる100mSvと比較すると非常に小さい値のためCT検査では確率的影響が出てくることは考えにくいといえる。またImPACTにおいての等価線量で確定的影響についても検討した。精巣の例を示すと、精巣の等価線量が最も高くなる検査は骨盤部CT検査で40mSvであった。男性の一次不妊はしきい線量が150mSvであるため、1回の骨盤部CT検査で放射線障害が起こることはないということが分かる。しかし連続で4回以上骨盤部を撮影すると等価線量がしきい線量を超えるため一時不妊になり得る。この場合防護措置を施す事により一時不妊となるリスクを軽減することは可能である。1回のCT検査による被ばく線量は必ずしも無害とはいえない。しかし、被ばくによる障害発生のリスクよりも、CT検査によって得られる利益のほうが患者にとってはるかに有益なものとなるといえる。

血管透視動画のリカーシブフィルタによるノイズの低減効果と被写体厚の関係

HK0013 前田 瀬那

血管透視動画には、静止画には見られない動画特有のノイズがある。この動画特有のノイズとは、スノーノイズに類似したものである。スノーノイズはアナログテレビ放送を受信する際に発生するノイズの一種で、画面に白い点が多数、ランダムにポツポツと現れる現象で、砂嵐とも呼ばれる、ざらざらとしたノイズである。動画特有のスノーノイズに似たノイズによって、カテーテルの位置が認識しにくくなっている。血管透視動画ではカテーテルの位置を確認しながら検査や治療を進めていくため、長時間の透視となり、被曝線量が増大する。この被曝の低減のためにはmAs値を減らす必要がある。つまり、管電流か照射時間を減らすことが被曝の低減につながる。照射時間は医師等の技量にかかってくるが、管電流については増やすとノイズが減り、減らすとノイズは増える。血管透視動画では、管電流も減らし、被曝の低減を図っている。1枚1枚の静止画では低線量で撮影するため、非常にノイズの多い画像となる。

透視撮影装置では、線量の調節はAEC (自動露出制御装置) により行っている。患者の体厚によって線量が変わってくることになる。本研究では被写体厚の変化によるノイズ量とリカーシブフィルタの関係を研究した。回転ファントムとアクリル板を透視撮影装置で撮影しアクリル厚を変化させ、厚さの違う透視動画を得た。この動画に対して視覚評価として信号の検出限界値、物理評価としてRMS粒状度を測定した。その結果、アクリル厚の変化に応じてAECにより管電流は変えられRMS粒状度も変化した。また、視覚評価はこれに一致した。アクリル厚18cm程度で管電流が最大となりRMS粒状度は低下した。24cmでは管電流が下がったことから、患者の体厚として多い18cm程度の厚さでは見えやすくなるようにAECで設計されていることがわかる。これにリカーシブフィルタ処理を行うことで画質の悪化がくいとめられている。今回の実験ではリカーシブフィルタの強調係数は一定とした。リカーシブフィルタの強調係数を変化させることにより低線量でも診断に有効な血管透視動画を作成することができると考えられる。

撮影方式の違いによる全脊椎画像特性の検討

HK0014 岡田 康希

近年、整形外科領域において、脊柱側弯症や股関節・膝関節・足関節などの下肢荷重関節の障害が増し、長尺撮影の重要性が増している。長尺撮影はフィルムレス化が進み、CR長尺カセットにIPを装填して撮影することでデジタル化・画像の結合化が図られた。さらにFlat Panel Detector (FPD)が開発され、目的範囲を2～3回のX線照射によって画像を取得し、画像を合成する手法が普及している。これらは現状では撮影方式による画像の歪みがあると指摘されているが、画質の観点から述べられた文献は少ない。

そこで本研究では、現在使われている撮影方式の中から、1回照射法、チルト方式、パラレル方式の3種について、物理特性、画像の歪み、コブ角の変化について模擬的に検討を行った。

物理特性の検討の結果、ノイズ成分は撮影方式によって差はなく、X線の斜入角が大きくなる1回照射法、チルト方式は解像特性が悪くなるという結果となった。照射野中心から離れたものを観察したい場合、パラレル方式がより適していると考えられた。

歪みの検討の結果、1回照射法、チルト方式は照射野中心から離れるほど画像の歪みが大きくなる傾向がみられた。パラレル方式は他の撮影方式より歪みが少ないが、撮影ごとに歪みが異なり、画像の自動合成を行う際に精度が悪くなる可能性が考えられた。コブ角の検討の結果、2枚撮りでは撮影方式によって変化することではなく、3枚撮りでは1～2度程度差が生じると考えられたが、撮影精度やポジショニングの精度など、再現性の問題による誤差も考えられたため、今後再検討が必要であると思われた。

今回はX線の照射法による違いについて検討したが、人体を撮影する際には頸椎から腰椎まで撮影するため、部位により被写体厚が異なることでノイズが異なると予想される。また今回使用したファントムと人体の組成は異なるため、人体により近いファントムを用いて今後検討を行いたいと考えている。

肝腫瘍における高b値拡散強調画像の作成

HK0015 木口 俊介

拡散強調画像 (DWI: diffusion weighted imaging) は、近年頭部以外の利用も増加しており全身疾患の評価に対する使用についても関心が高まっている。その中で、胸部や前立腺などでは高b値 (2000 sec/mm² など) で撮像するのが一般的であるが、高b値だとSNRが低く、画像に歪みが出てしまうという欠点がある。このことから、本研究では低いb値で撮像した画像から高いb値の画像を計算により作成し、その画像が有用であるかの検討を行った。画像は肝腫瘍の症例であり、良性腫瘍として肝血管腫、悪性腫瘍として肝転移と肝細胞癌を用いた。方法は、まずそれぞれの腫瘍においてb値が0、500、1000、1500 sec/mm² の4枚の画像を用いて横軸をb値、縦軸を信号強度の自然対数としてグラフにプロットし最小二乗法により傾き (ADC: 見かけの拡散係数) を求め、その傾きからそれぞれのb値に対する信号強度を算出することにより画像を作成した。またb値が0、1000 sec/mm² の2枚の画像を使用した場合も同様に作成した。作成した画像 (以下、計算画像) について各b値におけるSNR (信号雑音比) を算出することで、作成に使用した画像 (以下、原画像) と計算画像で向上したかどうかの比較を行った。また、同様の計算画像上で肝腫瘍と正常肝部位でのCR (コントラスト比) を算出することで、悪性腫瘍と良性腫瘍におけるCRの傾向の違いの比較を行った。さらに計算画像において肝腫瘍がどの程度見えるかという視覚評価も行った。結果として、2枚の原画像を用いた場合はSNRは低下し、CRの算出は困難であった。だが、4枚の原画像を用いた場合は、SNRの比較では原画像よりも計算画像のほうが向上し、b値を大きくしても十分なSNRを保つことができた。またCRの比較では、b値を大きくすることで肝血管腫などの良性腫瘍では低下したのに対し、肝転移や肝細胞癌などの悪性腫瘍では向上し、視覚評価の結果とも一致した。よって4枚の原画像を用いた時に、低いb値から作成した高b値画像は腫瘍によらずSNRを向上させることができ、悪性腫瘍ではCRも向上させることができたことから有用であると考えられる。

位相エンコード方向を疎に等間隔サンプリングした時の画像再構成法の検討

HK0017 権東 愛香

MRI 検査は、単純 X 線撮影や CT 検査と比較して検査時間が長い。高速撮像法を利用することで、検査時間が短縮し患者の負担を軽減することが出来るが、磁場の不均一の影響を受けやすく画質が劣化する。近年、高速撮像法を利用することで、画像診断の質を向上させ、画質の改善が行われている。本研究では、位相エンコード方向を疎にサンプリングすることによって、撮像時間を短縮した場合の画像再構成法の比較検討を行う。

MRI データを用意し画像再構成を行った。k-space の中心部分のみ本来のデータ収集間隔である Δk_y でデータを収集し、周辺部分は $m\Delta k_y$ として m の部分を変化させデータを収集した。さらに、中心部のデータ量を変化させデータを収集した。FOCUSS 法を用いて再構成した画像について、画質の定量的評価と視覚評価を行い相関があるかを調べる。また、データ収集を行っていない部分は 0 を置き、直接逆フーリエ変換をすることで再構成した画像についても画質の定量的評価、視覚評価を行い、FOCUSS 法との比較を行う。

データ収集間隔を大きくすると誤差が大きくなった。これは、データ収集間隔を大きくすると FOV が小さくなり、高周波折り返しアーチファクトが生じるため誤差が大きくなったと考えられる。また、中心部のデータ量を多くすると誤差が少なくなった。これは、中心部はデータを減らさずに収集しているため誤差が少なくなったと考えられる。視覚評価では、データ収集間隔を変化させた場合は定量的評価と同じ結果が得られたが、中心部のデータ量を変化させた場合には、中心部のデータ量が多い方が点数は低くなり、定量的評価と相関があるとは言えなかった。

撮像時間の短縮のために、データ収集間隔を変化させた場合も、中心部のデータ量を変化させた場合も、IFT 法よりも FOCUSS 法を適用することで画質が向上することが分かった。しかし、視覚評価との相関があるとは言えなかった。

超音波装置を用いた血流計測における誤差の検討

HK0018 橋本 大知

背景: 超音波装置を用いた血流計測方法にはドプラ効果を利用した超音波ドプラ法がある。超音波ドプラ法は血流速度と血流波形情報、各臓器の末梢血流速度や腫瘍内血流測定など、定量的な血流情報を得たい場面で用いられている。原理としては、超音波を体内に送信すると血液などの体内で移動する物体からの反射信号の位相が僅かに偏移する(ドプラ偏移)。これを利用することによって動いている物体の速度を求める。本研究では、パルス波を用いたパルスドプラ法を用いた。超音波パルスドプラ法での血流計測の定量化にはいくつかの問題点がある。その要因としては受信信号のデータ長の長さからくる速度分解能の違い、血流パターン(乱流、層流)、クラッタの影響(血管壁や弁などによる固定エコー)、角度依存などが考えられる。

目的: 本研究ではパルスドプラ法の問題点の一つである角度依存による血流計測誤差について検討する。また、クラッタ除去フィルタによる影響も関わっていることが分かったのでこれについても検討する

実験方法: ワイヤーフantomを使用し、ワイヤー速度を一定に設定する(真値)。2種類の深さで、角度を20度から80度までを10度間隔で計7回測定した。クラッタ除去フィルタの検討ではカットオフ周波数を変化させ、角度を70度、80度に固定し測定した。それぞれの測定結果を真値と比較し検討した。

結果及び考察: 角度 θ が大きくなるほど誤差が一方向に大きくなった。これは、従来の $\cos\theta$ の誤差だけでは説明がつかない。角度が大きくなることによってドプラ偏移周波数が小さくなりクラッタ除去フィルタによってカットされる低周波数成分が多くなったためと考えられる。また、音場による角度の影響は少ないことがわかった。

結論: 超音波パルスドプラ法を用いた血流測定にはプローブと血流方向のなす角度による影響が大きいため、測定の際には角度による誤差、クラッタ除去フィルタによる減衰の影響も考慮しなければならない。

乳がん検診超音波システム ～乳房圧迫膜による画質改善～

HK0020 甘粕 衣羽

背景：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分かっている。また、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分かったが、臨床で使用するには、まだ十分な画像とは言えない。

圧迫膜として水着を着用して、乳がん検診超音波システムでの生体の画像を撮ると、一応臨床で使用できるような画像となった。しかし、圧迫が強くアーチファクトも出にくいという兼ね合い、画質の妨げとなる気泡を除去することが難しい。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とも考えられる。そこで、水着のように何か身につけて検査が出来れば、検診に対する抵抗がなくなるのではないかと考えた。

目的：昨年に引き続き圧迫膜（水着、下着、ゴム膜）の材質、形状、編み方、及び圧迫力を変えてさらに画像が改善するかを検討する。

実験方法：今回は圧迫膜として水着、下着、ゴム膜を用いて圧迫と非圧迫の条件で乳房、前腕撮影を行った。乳房撮影の画像は視覚評価と物理評価を行い、前腕撮影の画像は物理評価を行った。

結果及び考察：水着と下着はプローブで圧迫をしなければ、読影に最適な画像とはならなかった。しかし、圧迫をしすぎると組織がつぶれて反対に画質が悪くなってしまうため、適度な圧迫が必要である。

まとめ：下着はコストの面で欠点があり、ゴム膜は扱いが難しいという点から、今回の実験では圧迫膜として一番水着が適切であった。

今後の課題：圧迫膜から気泡を除去するために、超音波用ジェル（または水）を含ませるのに時間がかかる為、効率的に行う方法を見つける。また、水着のみの締め付けでは最適な読影画像とはならず、プローブでの圧迫が必要な為、最適な締め付けとなる水着を探す、又は作りたい。

腹部 3D-CTA を想定した最適撮影条件の検討

HK0021 川代 稔之

3D-CTA は、血管造影にきわめて近似した血管像の描出により短時間で低侵襲的にボリュームデータを取得し、病変部の詳細な三次元観察を可能とする。3D-CTA において血管形状再現性は、血管の CT 値、SD 値によってその精度は左右され、体格差によっても影響を受ける。検査部位に応じて目標の CT 値を定めることが必要である。

本研究では、3D-CTA を想定し、被写体厚変化に対する撮影条件を変化させたときの CT 値、SD 値の測定を行い、CNR を算出することにより最適撮影条件を検討した。造影剤を CT 値 200HU に希釈し、アクリルパイプに注入した。アクリルパイプをアクリルファントムに固定し、腹部模擬ファントムを作成した。そして、管電流、スキャン時間、スライス厚を変化させ、且つ、アクリル板を上下に重ね、体厚を変化させ撮影した。得られた画像に ROI を設定し、CT 値、SD 値、CNR を算出した。その結果、管電流変化では 250mA、スキャン時間変化では 1.5sec、スライス厚変化では 4mm のときそれぞれ CNR は最高値を示した。

結果より管電流、スキャン時間が大きくなると mAs 値が大きくなるため、SD 値が小さくなり、CNR は高い値を示したと考えられる。スライス厚が厚くなると、パーシャルボリューム効果により CT 値は低下するが、その領域の X 線量が増えるため、SD が小さくなり、スライス厚が薄いとときと比較すると CNR は高くなったと考えられる。

今回の実験では、撮影管電流 250mA、スキャン時間 1.5sec、スライス厚 4mm または 5mm の時にそれぞれ CNR が最高値を示した。従って、本学部 X 線 CT 装置を使用した腹部 3D-CTA においては、上記の撮影条件が理想的であると考えられる。

二次元デジタルX線センサーの鉛フィルタ付加時の基礎特性

HK0022 安田 圭佑

本研究では、CCD を利用した二次元デジタルX線センサーを高線量で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を、専用の鉛フィルタを付加して測定した。初めにセンサーの線量依存性の測定を行った。同一線量となる位置にX線センサーと電離箱を置き、センサーの出力（画素値）と線量の関係を測定した。この測定は付加鉛フィルタがない場合とある場合、付加鉛フィルタ+センサーの外側に2mm厚の鉛板を置いた場合の3つの条件で行った。鉛板を置いた条件の時には焦点—検出器間距離を65cmから最大で167cmまで変化させ、感度の比較を行った。次にセンサーの位置依存性を校正するために管球からセンサーを167cm離してX線を照射した。得られた画像から線量依存性から求めた式を用いて変換した線量を、電離箱を用いて測定した線量と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。線量依存性において付加鉛フィルタ未使用時の線量と画素値の関係は、線量が250[μGy]、使用時では7500[μGy]、鉛板を置いた場合は8100[μGy]程度まで直線的な関係となり、付加鉛フィルタを使用することで250[μGy]から最大で8100[μGy]まで測定できた。また距離を長くすることで感度に4%の変化がみられた。これはX線が付加鉛フィルタに入射する際に実効的に付加鉛フィルタの厚さが変化するためであると考えられる。次に遮蔽用鉛板を置いた場合において、電離箱から得られた線量分布とセンサーの出力分布を線量に換算した結果を用いて位置依存性の校正曲線を算出した。この校正曲線を用いてセンサーの面全体を校正した。校正後のセンサーから得られた線量分布の電離箱の線量分布に対するばらつきは最大で3%程度であり、電離箱とセンサーの線量分布がよく一致した。センサーを高線量で二次元線量計として使用する際には付加鉛フィルタの周辺に鉛板を置いて周りからの散乱線を遮蔽して校正を行うことが重要であることを確認した。位置依存性の校正を行うことで高線量での二次元線量分布を測定することができた。

乳腺疾患の超音波による画像所見

HK0024 會沢 宏美

現在、日本人女性の乳癌患者は増加傾向にあり、1996年からは女性全体の中で胃癌を抜いて最も罹患率の高い癌となった。乳癌は2センチ以下でリンパ節転移がなければ約90%の人が10年生存している。つまり乳癌は早期発見できるほど治癒率が高い。そこで、乳癌検診の有用性が確立されている視触診とマンモグラフィに加え、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検査では乳房病変の検出および鑑別、病変の局所診断の評価、治療効果判定ならびに生検のガイドとして有用な手法である。CT検査では主に腫瘍センチネルリンパ節同定、化学療法効果の効果判定評価、手術用シミュレーションに用いる。これらモダリティの併用検査により発見率の向上を図っている。そこで今回は日本人の乳腺には特に有用である超音波検査について臨床画像を用いて、利点欠点を含め特有の所見を理解する。

超音波検査はマンモグラフィで把握の困難な腫瘍の診断が可能である。特に若年層の乳房や授乳中の乳房においては、触知可能な腫瘍であってもマンモグラフィでは腫瘍像の描出が困難な場合があるが超音波画像では通常、周囲の乳腺組織と腫瘍との音響インピーダンスに差があるため、容易に描出できる。超音波の所見は腫瘍像形成性病変、腫瘍像非形成性病変と分類があり、分類判定はマンモグラフィと同様である。腫瘍像形成性病変には、形状、境界、内部エコー、後方エコーがある。内部エコーには皮下脂肪層のエコーレベルを基準として無、極低、低、等および高の5段階に分類する。後方エコーは同じ深さのエコーレベルと比較し、増強・不変・減弱・欠損の4段階に分ける。

今回、乳腺超音波検査の特徴や有用性について実際の臨床例を用いて取り上げたが単独での典型的な疾患の悪性度や拡がりを断定することは困難なことからマンモグラフィやMRI、CT等を用いて併用検査をすることでより正確な診断を行えると考えられる。

乳腺疾患の各モダリティによる画像所見

HK0026 伴 映里奈

現在、日本人女性の乳癌患者は急増しており、1996年には癌にかかる女性全体の中で胃癌を抜いて第1位となっている。乳癌は2センチ以下で、リンパ節転移がなければ約90%が10年生存している。つまり乳癌は早期発見であるほど治癒率が高いとわかる。乳癌の検診有効性が確立されている視触診やマンモグラフィ（以下MMG）や超音波が行われ、異常があった場合に良悪性をカテゴリーに分類し、さらにMRIやCTにより広がり診断を行う。またいくつかの臨床画像より各モダリティの特有の画像所見を理解し、併用検査の有用性について検討した結果を報告する。

MMGと超音波はカテゴリー分類がガイドラインにより定められており、1～5段階で良悪性を判別する。

MMGは腫瘍の所見には形状・境界、濃度および石灰化の所見がありこれらよりカテゴリー分類を行う。

超音波は腫瘍像形成性病変、腫瘍像非形成性病変に分類され、形状の分類判定はMMGと同様である。

MRIは異常所見の形態、分布またGd造影剤を用いてTime-signal Intensity Curve（以下TIC）を出して造影の染まり方などから良悪性を推測する。CTは乳房精密検査の1つで、他のモダリティとの画像を比較・検討すること、また病理と画像を積極的に検討することでより高い診断能を提供できる。

今回は特に全モダリティの中からMMGとMRIについての特有の画像所見を理解し、また全モダリティの併用検査の有用性について検討した結果を報告する。

体幹部 CT 撮影における上肢位置の検討

HK0027 登坂 崇史

体幹部CT撮影では通常、上肢を挙上して撮影を行う。しかし、肩に持病のある患者さんや高エネルギー外傷を負った患者さんの場合、痛みで上肢を挙上できないこともあり、やむを得ず上肢を下げて撮影することがある。この時、上肢からのアーチファクトの発生やノイズの増加によって体幹部の診断精度が低下することが考えられる。

そこで本研究では、上肢の固定位置を変化させて体幹部CT撮影を行い、アーチファクトとノイズの影響を最も低減できる上肢位置の検討を行った。また、アーチファクトが発生してしまった場合にRASP処理、BHC処理を使用することによってアーチファクト低減が可能であるかの検討も行った。評価の方法としては、視覚的にアーチファクトの大小を判断した後、ノイズの影響はSD値で、アーチファクトの影響はSAIで物理評価を行った。

その結果、上肢を体幹背部に下垂させる位置と、胸腹部上にて体幹部からできるだけ離れた位置に上肢を置く場合においてアーチファクトの影響が小さく、SD値、SAIも小さな値を示した。また、RASP処理ではやすり状アーチファクトが、BHC処理ではダークバンドアーチファクトが低減された。

このことから、上肢を挙上できない患者さんの体幹部CT撮影では、上肢を体幹背部に下垂させるか、あるいは胸腹部上にて体幹部からできるだけ離れた位置に上肢を置くことがアーチファクト低減に有効である。また、アーチファクトが発生してしまった場合、画像再構成時にRASP処理、BHC処理を適応することでアーチファクトが低減されることが示唆された。

FNC 処理を応用したパントモグラフィの評価と被ばく低減の検討

HK0028 鷲尾 岳

歯科医院では初診時や診断、経過観察の際に断層方式パノラマ撮影が頻繁に行われており、特に骨折などの疾患や抜歯の際の智歯の位置、インプラントの植立の際の下顎管の走行など得られる情報は重要である。しかし、断層方式パノラマ撮影ではその撮影領域には頭頸部を含み、また複数回撮影を行うこともあるため、被ばくの低減も考慮する必要があるが、なかなか試みられていないのが現状である。デジタルの 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。骨折などの疾患は構造が細かく、ノイズの増加が診断能に影響を及ぼすため、診断能の維持と被ばく低減の両立が求められる。そこで歯科領域では用いられていないノイズ抑制処理である FNC 処理を応用し、撮影線量が増加した際に評価対象がどの程度の線量まで読影可能かを検討し、顔面領域の被ばく低減を目指した。

頭部ファントムを使用し、臨床現場で使用されている撮影条件 (70kV,16.2s,7mA) を基準として、線量 (mA) を変化させて撮影を行った。現状では FNC 処理を実施している施設がないため、いくつかの異なるパラメータで処理した画像を視覚評価しながら最適なパラメータを選択し、処理を行った。その画像に対して歯科医師 1 名、学生 5 名で視覚評価を行った。その結果、FNC 処理を用いることで 4mA までは基準と同等以上の評価であり、3mA でも部位によって少し劣る程度の評価となった。さらに物理評価として RMS 粒状度、D-WS、LSF、MTF の測定を行った。RMS 粒状度、D-WS では粒状性の改善が見られたが、LSF はほぼ同程度であり、MTF では FNC 処理をかけることで低下する結果となった。

物理評価ではノイズを抑制することで粒状度は改善するが、同時に信号も抑制してしまうため、鮮鋭度は劣ることが分かり、断層方式パノラマ撮影自体も鮮鋭度を低下させる原因であると考えられる。しかし、視覚評価の結果から FNC 処理は線量低減に効果的であると言え、歯科領域への FNC 処理の応用と被ばく低減の可能性について示唆された。

WS の形状が視覚検出に与える影響

HK0029 内藤 貴章

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。これらのうち物理評価としては主に G (gradient)、MTF (Modulation Transfer Function)、WS (Wiener Spectrum) の 3 つがある。視覚評価として CD-RAD ファントムを用いた評価がある。これらの物理評価と視覚評価の結果が一致しないことが報告されている。そこで物理特性のうち WS に着目し、WS の形状を変化させた場合に視覚検出能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やアクリル厚の変化による WS の測定で、WS の形状が異なる雑音が発生していることが確認されている。また、佐々木氏の論文では RMS 粒状度が一定となるようにアクリル厚と mAs 値を変化させ、その場合低周波領域の WS では差が表れ、高周波領域ではあまり差が表れなかった。そこで本研究では、管電圧の変化によって WS の形状を変化させ、その他の条件が全て同一のもとで視覚評価を行った場合にどのような影響が表れるかについて研究する。

管電圧が高くなるほど 1.7[cycles/mm] 以上の高周波の WS 値が低くなるノイズ画像が得られた。WS 以外の条件を全て同一とするためにプログラムを用いて構造ノイズのないノイズ画像の作成、信号の付加を行い、視覚評価を行う。低周波領域の WS の値と、高周波領域の WS の値を相対的に比べると管電圧が上がるほど高周波領域の WS の値が低くなる。このことより管電圧が高くなるほど高周波領域のノイズの発生が少なくなることが分かる。WS のグラフが高周波領域のみ変化があるノイズ画像では視覚検出能に差が見られなかった。このことより、本研究で得られた WS の結果でのノイズ量の差では視覚検出能に影響が少ない。また、WS に差が表れた領域は約 1.7[cycles/mm] 以上の高周波領域であるため、1.7[cycles/mm] 以上の高周波領域のノイズは視覚検出能に与える影響は少ないと考えられる。

頭部 CT 検査における 水晶体被ばく防護材使用時線量分布のモンテカルロ法による算出

HK0030 南谷 光司

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照射範囲を変化させた時の水晶体位置断面で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、防護材の材質として Bi 含有ゴムに Al を加えたもの (Bi+Al)、Zn、Zn に Al を加えたもの (Zn+Al) や照射範囲を変化させた時の線量分布を算出し、線量低減効果を評価した。

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 (水晶体位置を含む) において線量が大きく減少した。これによりファントム断面での線量分布を確認できた。防護材の種類を変えた時の線量比 (防護材のないときを 1 とした相対線量) は Bi のみで 0.67、Zn のみで 0.59 となり Zn の方が低減された。Al を付加すると Bi+Al で 0.64、Zn+Al で 0.58 となり、ともにより低減された。また照射範囲を変化させた時の線量比は、照射範囲が 16cm では 0.65、4cm では 0.61 となり、照射範囲を広くした場合に線量の低減割合が小さかった。また水晶体位置の防護材有無によって脳の線量分布は変化がないことがわかった。これよりモンテカルロ法が最適な防護材の種類、照射範囲を決定するのに有用であることがわかった。

Dual Energy CT を用いた舌骨の石灰化分布の定量化及び体積の検討

HK0031 伊藤 真理子

舌骨の計測学的研究は極めて少なく、あまり知られていない。舌骨は舌骨体部、大角、小角で構成されている。男女で体積が異なり、加齢とともに舌骨体と大角の接合部は石灰化していく^[3]。体積をみることで性別判断が、石灰化の程度をみることで年齢推定が可能になるかもしれない。

そこで本研究では、Dual Energy CT (以下、DECT) を用いて舌骨を撮影し、接合部の石灰化の成分と骨皮質の成分の分離は可能であるか、また年齢と相関はあるか検討を行った。さらに、体積について、multi-detector row computed tomography (MDCT) で撮影し、再構成画像から体積を測定した。舌骨石灰化については 30 代～93 歳男女 25 症例の献体を、体積については 19 歳～98 歳の男性 37 例女性 37 例合計 74 例の無作為に抽出した臨床症例を使用した。

結果、石灰化の傾きと骨皮質の傾きに大きな変化は見られず、石灰化と骨皮質の成分は同じであることが分かった。しかし、石灰化成分と骨皮質で CT 値は明らかに石灰化の方が高いので石灰化の方が硬いことが分かった。また、年齢別の CT 値から年齢との相関は見られなかった。これは、献体の年齢が高齢であったことと、石灰化が見られた献体が少なかったことが理由であると考えられ、今後 30 代～60 代で調べることで相関がみられるかもしれない。さらに MIP 画像から石灰化の発生の仕方を観察すると、石灰化がリング状に見られ、石灰化は中心からではなく、周りから発生していくことが確認できた。男女別の体積は平均値を閾値として、平均値以上の男性が 33 人で 89.19%、平均値以下の女性は 36 人で 97.30%であった。よって体積から男女の判別は可能であると考えられる。

motion によるアーチファクトの改善

HK0032 田中 智貴

MRI は検査時間が比較的長く、動きのあるものに対してきれいな画像を得ることは困難である。このことから、静止が困難な患者さんに対しては向いていない検査である。そこで今回は、リードアウト方向に動いた場合の motion によるアーチファクトの改善を図る。

内径 2mm のチューブをベビーオイルで満たし fiducial marker を作成した。グレープフルーツに fiducial marker をつけて、一方向だけ動くように固定した。撮像時間一定で、動きの速さを三段階に変化させて手で動かしながら撮像した。得られたデータを用いて動きの補正をした。また、静止時の撮像も行った。

k 空間のデータをリードアウト方向に一次元の逆フーリエ変換したものでは、動きが速くなるにつれて fiducial marker の湾曲が大きくなり、波の数も増した。また、fiducial marker が確認できない範囲があったため予測で補正をした。k 空間のデータをリードアウト方向と位相方向に二次元のフーリエ変換したものでは、動きが速くなるにつれてアーチファクトの影響が大きくなった。補正後は動きが速いほどきれいな画像を得るのは困難になった。

補正を目測で行ったため、動きが速いほど fiducial marker を直線にすることが困難になりきれいな画像が得られなかった。きれいな画像を得るためには、fiducial marker の軌跡をきれいにたどれる方法を考案する必要がある。

結論として、動きが速いほど fiducial marker の軌跡をたどることが困難になり、静止時に近い画像を得ることは困難である。

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

HK0033 水野 沙紀

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、早期癌の発見に有効とされるマンモグラフィによる検診が推奨されている。集団検診の導入に伴い医師の読影量が増加しており、その診断を補佐するものとして利用されている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も今後普及していくと考えられる。

また、近年普及しているマンモグラフィ装置には使用するウィンドウ幅 (W.W.) よりやや広い範囲の情報を残し、ウィンドウ幅やウィンドウレベル (W.L.) を変えても画像が形成できるものがあり、特性曲線もこれに伴い変化する。本研究室ではアイリスフィルタを用いて腫瘍強調を行う研究をしてきた。従来の強調方法では強調係数が固定されており、変化した特性曲線には対応しないため適切な強調がされない。そこで本研究ではウィンドウレベルの変化に着目し、これに伴って変わる特性曲線に対応したフィルタを作成した。

強調画像作成は従来と同様、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方法で作成し、これまでの研究を参考に腫瘍抽出画像にかける強調係数を非線形関数とした。しかしこれでは特性曲線が動くことで強調に過不足が生じてしまうため、特性曲線の位置に合わせて強調係数のグラフも動くような関数を求めた。これにより、強調後の画像で特性曲線の位置に関わらず同程度のコントラストを得られ、原画像で十分なコントラストのある画像では強調処理がされなかった。また、吸収線量を変えても同様の結果が得られることが確認できた。

今回の処理により作成した強調画像は直線部のコントラストと同程度のもとなっており無理のない処理といえる。すなわち、得られた画像は違和感のないものであり、臨床への応用も可能であると考えられる。しかし特性曲線の位置によっては過度な強調をされる場合もあり、更なる検討が必要である。また、今回検討しなかったウィンドウ幅の変化に対応した強調画像作成が今後の課題となる。

非接続型半導体検出器 Piranha による CT 線量測定 の QA・QC における有用性の評価

HK0034 山口 悟史

近年、X線CT装置が多列化されるとともに画像が鮮鋭化される一方、広範囲を薄いスライス厚で撮影するため被験者の被曝が増加している。そこで被曝線量の管理必要とされる。CT装置から出力されるX線が安定していることが確認できなければ、線量測定による被曝線量の評価はできない。このため、CT装置の保持には、品質保証 (Quality Assurance : QA)・品質管理 (Quality Control : QC) が非常に重要となる。CT装置のQA・QCは主に weighted CT Dose Index (以下CTDI_w) を測定して評価する。一般的なCTDI_wの測定ではCT用の電離箱であるCT chamberを用いて5点の測定が必要であるため煩雑な作業となる。そこで、本研究では1回の測定でCTDI_wが測定できる非接続型半導体検出器のPiranhaが、CT Chamberで測定するCTDI_wと同等の精度でQA・QCに使用可能かを検討し評価する。照射条件として電圧を80～135[kV]、スライス厚を2.0～20.0[mm]に変化させ測定した。CT Chamberでは頭部ファントムで5点測定を行い中心で3回、周辺で5回ずつ測定し、それぞれの平均を算出してCTDI_wを求めた。Piranhaではファントム中心でのみ測定した。また、CT Chamberではコンベンショナルスキャンでファントム中央を1スキャンし、Piranhaでは検出器全長をスキャンしなければならないためヘリカルスキャンでファントム全長をスキャンした。管電圧とCTDI_wの関係は直線性が保たれていた。また、CT ChamberとPiranhaとのCTDI_wの値の差は2.3～4.3%であった。CT ChamberとPiranhaとのCTDI_wの値の差は1.0～4.3%であった。また、スライス厚が小さいときのCTDI_wの値が高い値となった。CT ChamberとPiranhaによるCTDI_wの値を比較すると管電圧およびスライス厚を変化させてもCTDI_wの測定結果の差は±5%以内であり、Piranhaの許容誤差である±5%の中にCT Chamberの測定結果が収まっている。これより、PiranhaはCT Chamberと同等の精度で測定が可能であり、PiranhaはQA・QCを評価できる検出器として有用であることが確認できた。

静脈血管の針刺入点がRI-Dynamic imageから導出する定量値への影響

HK0036 有路 里香

核医学検査を用いてRI-Dynamic imageを得る手法としては、一般的に1回大量投与方法であるRI-bolus injection法を用いる。テクネチウムによる脳血流SPECTを行う際にも、RI-Dynamic imageを用いるptlak plotによる定量解析を考慮し、RIをbolus injectionする。しかし、静脈血管の針刺入点の位置によってRI-Dynamic imageでのRI走行が2峰性となることがある。通常、静脈血管の刺入点は右手尺骨皮静脈(右肘静脈尺骨側)を第一選択としている。これは、右心に至るまでに円滑なRIの流れが得られ、また、尺骨皮静脈は橈骨皮静脈に比べて血管が太く、RIのbolus性が良好となるためである。肘正中皮静脈に投与した場合、肘正中皮静脈が橈骨皮静脈と尺骨皮静脈に分岐するため両方にRIが流入するため2峰性の走行となる。この2峰性を示すRI-Dynamic imageにてptlak plotを行うと、動脈弓部のTACに2つのピークが形成されることが先行研究にて分かった。本研究は静脈注射の針刺入点によりRI-Dynamic imageで2峰性を示した臨床データを用いて脳血流定量パッケージソフトよりpatlak plot法にて定量解析を行う。そして、静脈注射の刺入点がmCBFの算出結果にどのような影響を及ぼすかを検証するとともに、rCBFへの影響についても検討した。その結果、大動脈弓部におけるTACの2つのピークのうち、①曲線のピークが最大点となる箇所及び2峰性ピークの平均となる箇所を基準としたときのmCBFは、両者とも右大脳半球で高値を示した。②曲線ピークが最小点となる箇所を基準としたときのmCBFは、左右の大脳半球とも低値を示した。③rCBFは、曲線ピークが最小点となる箇所を基準としたとき、他のケースと比べ左右の大脳半球で低値を示した。以上より、静脈注射の針刺入点によりRIの走行が2峰性になることで解析するTACの位置でmCBFやrCBFの値が変化した。2峰性を示したデータでは曲線ピークが最大点となる箇所及び2峰性曲線の平均となる箇所を基準にデータ解析した方が定量値として有用な結果が得られることを示した。

健診胸部単純 X 線撮影における経時サブトラクション法の有用性

HK0037 阿部 里紗

経時サブトラクション法とは、過去画像から現在画像の間に出現した新しい病巣陰影をより明らかにする読影補助法である。現在画像と経時サブトラクション画像を比較することによって従来よりも読影精度が向上し早期発見に繋げることができる。本研究では医師、診療放射線技師、学生に腫瘍や炎症を含んだアトランダムに選択した 43 症例を最初に現在画像のみ見せ、次に過去画像も追加して現在画像と過去画像の両方を見せ、最後にサブトラクション画像を追加して計 3 枚の画像を見せてそれぞれ診断および観察してもらった。得られた結果よりサブトラクション画像を追加したことによって上昇した正答率の割合は医師で 4.7%、技師で 6.2%、学生で 8.0%であり、サブトラクション法の有用性を確かめることができた。しかしサブトラクションが有用とならない症例も 10 例あり、その主な原因は患者の動きが補正できないほどずれてサブトラクションが適切に行われなかったため、位置ズレが生じることで病変の描出が困難となった。病気が慢性化して現在画像と過去画像ともに同じ病変があるためにサブトラクションしても病変が描出されない症例もあった。今後、サブトラクション法の処理に適した撮像法の検討やサブトラクション処理の精度を向上させていくことで胸部単純 X 線画像における有用な診断補助になるものと考えられる。

家庭用放射線測定器による測定感度について

HK0038 大泉 陸

三陸沖で発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた、福島第一原発からの大気中への放射性物質の放出から 2 年以上が経過した今日でも放射線への関心は高く、放射線計測器は空間線量を知る上でとても重要な品目となっている。病院や企業などで用いられる放射線計測器は測定における精度は高いが、非常に高価であるため、個人が実際の空間線量測定を行うにはインターネット通販等で容易に購入することができる安価な測定器を用いていることが多い。しかし、家庭用測定器として販売されている性能を知るための比較データは無い。本研究は、自然放射線やセシウム 137 の放射線線量を東京都葛飾区にて借用した家庭用放射線測定器である測定器 a とインターネット通販にて購入した測定器 b、測定器 c の計 3 器の測定値と本学で保有するシンチレーション式サーベイメータ TCS-172B との測定値を比較した。その結果、①自然放射線量の測定を目的とした駒沢公園での計測においては、30 秒毎 20 回の空間線量測定では TCS-172B 及び測定器 c に測定値の大幅な変動は見られなかった。しかし、測定器 a で 5 分後、測定器 b では 5.5 分後以降に安定状態となり十分なエイジング時間を必要とした。②セシウム 137 由来のガンマ線による測定値は TCS-172B を基準とすると測定器 c が相対誤差 10% 以内で最も基準測定値に近い値を示した。続いて測定器 b、測定器 a の順に基準測定値に近い値を示し、各々最大で 15% と 20% の相対誤差が生じた。また、測定器 a では $0.12\mu\text{Sv/h}$ 以上、測定器 b、測定器 c では $1.00\mu\text{Sv/h}$ 以上の線量測定で TCS-172B による基準測定値との間に有意な差を認めた ($p<0.05$)。③方向依存性は、測定器の参考価格が高い測定器 c、測定器 b、測定器 a の順に良好な結果が得られた。

肺がんの特化した Deformable Image Registration の線量計算精度

HK0039 守屋 駿佑

近年、放射線治療において Deformable Image Registration (DIR) を用いて線量分布を変形させる Dose warping が利用され始めている。肺がんでは、腫瘍やその周囲の臓器が時間(時相)毎に位置や形状が異なる。そのため Dose warping は、4DCT (4-Dimensional Computed Tomography) による治療計画、経時的に変化する患者の状態を考慮した治療 (Adaptive Radiotherapy) にとって必須であり、またその精度が重要である。そこで本研究では肺がんの特化した DIR を開発し、その DIR における Dose warping の精度を放射線生物学的な等価線量を表す Generalized Equivalent Uniformed Dose (gEUD) を用いて評価した。本研究において対象とした患者は、体幹部定位放射線治療 (Stereotactic Body Radiation Therapy, SBRT) を施行した肺がん患者 20 名とした。まず、各患者から取得した 4DCT 画像のうち深吸気相 (0%) において治療計画を行い、DVH (Dose Volume Histogram) から $gEUD_{ref}$ および平均線量 $Dmean_{ref}$ を求めた。次に、深呼気相 (50%) の CT 画像を基準とし 0% の CT 画像を DIR 処理し、そこで取得した Deformation Vector Field (DVF) を用いて 0% の線量分布を変形させた。そして、変形させた 0% の線量分布を 50% の CT 画像上に読み込み、同様に gEUD と Dmean をそれぞれ求めた。両者を比較した結果、正常臓器では 1 Gy 未満と良好な結果となった。また、GTV では全患者の 80% (16 例) で 1% 未満であったのに対し、1% 以上 3% 未満が 5% (1 例)、3% 以上は 15% (3 例) となった。3% 以上の精度になった要因として腫瘍が周囲の臓器に隣接かつ附着していること、囲みの精度が不良であること、体積が小さいことが考えられる。また、本研究で使用した DIR による Dose warping の精度は、移動量に影響しなかった。以上より、腫瘍が周囲の臓器に隣接かつ附着している例などでも精度を落とさないように問題を解消すれば、肺がんの治療にとって有用であると考えられる。また、本研究で使用した DIR は非特異的なアルゴリズムであり、汎用の DIR ソフトウェアでも使用されているため、DIR による Dose warping を行う際には、治療部位ごと、腫瘍の位置ごとに精度の確認を行う必要があると考える。

Dual Energy CT を用いた結晶ファントムの成分分析

HK0041 本多 正幸

厚生労働省の公衆衛生審議会は、生活習慣に着目した「生活習慣病」という新たな疾病概念を導入し、疾病の予防対策を推進している。生活習慣病に含まれる痛風・偽痛風の鑑別診断においては、X 線撮影だけでは鑑別診断ができず、侵襲的検査である関節穿刺液検査による結晶構造の違いなどを調べることで鑑別診断を行っている。痛風と偽痛風の相違点としては、発症年齢や性差など様々な点が挙げられているが、本研究では、痛風と偽痛風において関節液中に溜まる、尿酸ナトリウム結晶とピロリン酸カルシウム結晶に着目し、Dual Energy CT を用いて非侵襲的に鑑別診断が行えないか、ファントムを作成し基礎的検討を行った。

結晶ファントムとして、関節液中に溜まる主成分である尿酸ナトリウム結晶とピロリン酸カルシウム結晶のファントムを作成した。撮影したデータの CT 値を計測し、エネルギーマップを作成すると、尿酸ナトリウム結晶ファントムとピロリン酸カルシウム結晶ファントムともに、密度が大きくなるごとに CT 値が比例的に上昇傾向を示した。この両者を比較すると、傾きが尿酸ナトリウム結晶で 0.9819、ピロリン酸カルシウム結晶で 1.7117 と異なる傾きを示すことがわかり、2-material decomposition により separation line を引くことができると示唆された。separation line が引けた理由として、実効原子番号の点から考え、算出したところ、尿酸ナトリウム結晶、ピロリン酸カルシウム結晶で 7.64、15.24 となり、この実効原子番号の差異が separation line を引くことができた理由であると考えられた。次に、適したエネルギーマップであったかについて、61 歳男性の足を Dual energy CT で撮影したところ、左足第 1 趾末節骨両側にて尿酸ナトリウムがあると表示され、この部分の CT 値を計測したところ、今回作成したエネルギーマップ上の尿酸ナトリウム結晶側に分布し、臨床においても適したエネルギーマップのファントムであったと考えられる。しかし、今回は 1 例からのみの検討であるため、症例数を増やし検討する必要がある。

—超音波画像の側方陰影について—

HK0042 村松 奨真

背景：日本の乳がん検診受診者は35%程度で欧米の80%を大きく下回っている。我々は、乳がん検診超音波システムとして、プローブを水に沈めて自動スキャンさせて画像を得る方法（水浸法）を推進している。しかし、従来の接触法よりも画質が劣り、黒抜けが発生しやすくなってしまふ。黒抜けは診断の際悪影響を及ぼすが、圧迫により改善することができる。これまでの研究から黒抜けの一要因として側方陰影の影響が大きいことが分かり、その原因について検討してきた。

目的：側方陰影の発生原因について媒質、水槽内溶液の種類を変えて、側方陰影の原因をさらに究明する。

実験方法：媒質に穴をあけ、この媒質をスキャンすることで側方陰影が発生するかを観察する。媒質と穴の中の音速差を変えるために水槽内溶液の濃度又は温度を変化させる。

結果：水溶液にエタノール水溶液を用いた実験では蒟蒻、絹豆腐共に側方陰影が発生し、水を用いた場合には蒟蒻で側方陰影が発生しなかったのに対し、絹豆腐には側方陰影が発生した。また、脱気を行ったが側方陰影の発生に関与していなかった。超音波ビームの太さ（送信周波数とフォーカス）を変えて実験したが、この実験でも側方陰影の発生に変化は見られなかった。

考察：2つの媒質の後方エコー増強をみると絹豆腐が強くなり減衰が大きいということになったため、減衰が大きい媒質では側方陰影が発生するのではないかと考えられる。滑らかさについては絹豆腐が蒟蒻よりも断面が滑らかであるが、蒟蒻はエタノール水溶液を用いた実験で側方陰影が発生してしまったため滑らかさで側方陰影が発生するとは考えにくい。また、音場は側方陰影の発生に関与しているとは考えにくい。

まとめ：側方陰影の発生要因として音速差と、媒質の減衰が深く関わっており、さらにこれらの要因と媒質の滑らかさが側方陰影を形成していると考えられる。

胸腹部・骨盤 CT 検査における胎児被ばく線量の測定

HK0043 北市 朋子

現在、CTは手軽で迅速かつ高性能で信頼性が高い検査ということで多く利用されているが、被ばくが多いことが難点である。CT検査による被ばくで特に気を付けなければいけないこととして胎児への影響がある。胎児は放射線感受性が高いため、仮に妊娠に気付かずにCT検査を受けてしまった場合、その線量が大きな問題となり、適切に評価する必要がある。本研究では胸部・腹部・骨盤それぞれのCT検査における胎児の被ばく線量を、ランドファントムを用いてファントムの中心線量と子宮位置相当の線量をガラス線量計素子で測定し、CT装置から出力される線量指標である $CTDI_{vol}$ と比較し、評価を行った。

各CT検査で測定された線量分布は、撮影範囲から離れるに従って急激に減少した。胸部・腹部CT検査においては撮影範囲との距離、骨盤CT検査においては腹部表面からの深さの影響が大きかった。また、どの撮影においても子宮底部の線量が最も高くなった。一般的に胚が着床する部位が子宮底部であることから、子宮底部の線量を妊娠初期における胎児の被ばく線量として評価を行った。実験の結果、胸部CT検査の胎児被ばく線量は0.14mGyとなり、ICRPが胎児に奇形、障害等が生じる可能性が大きくなるとしている100mGyに比べて非常に小さい値となった。腹部CT検査の胎児被ばく線量は15.8mGy、骨盤CT検査の胎児被ばく線量は27.0mGyとなり、100mGyに比べて小さい値となり、1回のCT検査では胎児への影響は大きくないといえるが、複数回検査を受ける場合は注意が必要である。また本研究の撮影条件では、胸部CT検査で $CTDI_{vol}$ に0.013、腹部CT検査で0.74、骨盤CT検査で1.3を乗じることで、胎児被ばく線量が推定できた。CT検査において $CTDI_{vol}$ はCT検査における被ばく線量の指標として一般的に用いられているため、この推定方法は有用であると考えられる。

X線CT装置におけるNRAの検討

HK0045 高橋 尚毅

管電圧を低くすると組織間の線減弱係数の差が大きくなり、コントラストは増加する。しかし、X線CT装置における低電圧撮影では、X線光子数の減少によりノイズが増加してしまう。本研究では、頭部、肝臓、縦隔などの低コントラスト部位の検出について、低電圧撮影の画像がNRAにより補正データノイズを減少させるノイズ低減効果をNPS、CNRより評価検討した。方法は水ファントムと低コントラスト評価用ファントムを使用し、本学設置のX線CT装置を用いてNRAの補正データ収集前後に撮影した。撮影条件は水ファントムにおいて80kVと120kVの $CTDI_{vol}$ が同等になるように設定し、低コントラスト評価用ファントムにおいてベースのSD値が同等になるように設定した。NPSの解析方法は、ImageJを用いて画像データ上に設定した5つの矩形ROIから、それぞれのノイズプロファイルを抽出し、次にExcelを用いてそのノイズプロファイルから得られた近似曲線を求め、トレンド補正して得られた数値をフーリエ変換した。フーリエ変換より出力されたデータを絶対値に変換し、NPS(i)を算出した。また、CNRは低コントラスト評価用ファントムの画像より55HU、60HU、65HU相当のそれぞれのロッドと、その周辺部50HU相当のベースにROIを設定し、CNRを算出した。その結果、NRAの補正データ収集後にはノイズが低減した。これは管電圧が高い場合検出器に到達する光子数が多くなり、NRAによる補正の効果が大きくなるためであり、ノイズの低減率が高くなったと考えられる。CNRは80kVで高値を示したことから、低電圧撮影は低コントラスト分解能において優れているといえる。視覚評価では低管電圧のほうが小さいロッド径まで確認した人数が多く、またNRAの補正データ収集後においても小さいロッド径まで確認した人数が多かった。よって、NRAによる補正データ処理は、80kVの低電圧撮影において低コントラスト部位を目的とする場合有用であると考えられる。

酵素分解特性をもつMRI高分子造影剤の開発

HK0046 森屋 和也

2012年の報告によると、高分子造影剤の構造は人工物質のポリマーにGdがついたものとなっており、分子量は約9000とマグネシウムと比べて10倍以上の分子量をもっている。高分子造影剤の特徴としては、メリットとしては分子量が大きいことによって造影効果が高く、高いコントラストと強度が得られる。デメリットとしては分子量が大きいことによって腎臓のクリアランスが悪く、そのことによる毒性が強いことがわかっている。

そこで本研究では2012年の報告にあったpHの違いによる分解ではなく、タンパク質分解酵素によって分解されるようなMRI高分子造影剤の合成を目的とした。合成した高分子造影剤はタンパク質分解酵素によって分解され、分解されると分子サイズが小さくなるため、腎クリアランスが改善すると考えられる。

Actinのラベル化を行い、遠心Filterを用いることでActin-Gdを分取した。UV/Vis吸光法にて吸収スペクトルを測定し、Gd-DTPAおよびActinの吸収スペクトルと比較することでActin-Gdの合成を確認した。

UV/Vis吸光法の吸収スペクトルの測定結果から、MRI高分子造影剤を合成することができたと考えられる。今後の課題としてT1時間の測定や酵素分解および腎クリアランスの評価を行うことがあげられる。

非接続型半導体検出器 Piranha による乳房用デジタル X 線装置の HVL 測定

HK0049 野田 明穂

被曝線量の管理には、X 線発生装置から出力される X 線の線量や線質を明らかにする必要がある。また、性能保持には品質保証 (Quality Assurance : QA)、品質管理 (Quality Control : QC) が重要であり、なかでも線質や被曝線量把握のため線量・半価層 (Half Value Layer : HVL) 測定は大切である。しかし、電離箱や線量計、フィルタ等を用いた測定は複雑な作業となり、測定に誤りが生じる恐れがある。近年では、非接続型半導体検出器が普及し始め、HVL を 1shot 法により測定することが可能となったため、線量測定が従来と比べて簡便化された。そこで本研究では、乳房撮影領域を対象として、電離箱と非接続型半導体検出器 (Piranha) による HVL 測定を行い、双方の結果を比較することで、piranha の測定精度を把握すると共に QA, QC に有用であるかを検討した。デジタル乳房用 X 線発生装置 MS-1000B (FUJIFILM 社製) において、平行平板型電離箱 RC6M、線量計 RAMTEC1500B を使用し、Piranha の測定結果と比較した。測定条件は、ターゲット/付加フィルタは Mo/Mo、管電圧 26 kV・28 kV・30 kV・32 kV、管電流時間積 50 mAs、SCD60 cm とし、検出器テーブル端距離 6 cm、高さ 4 cm の位置で平行平板電離箱及び Piranha を設置した。なお Piranha は空気カーマ [mGy] で表示されるため、電離箱の測定値 [C] に大気補正係数 k_{tp} 、校正係数 $[(C/kg)/C]$ 及び空気の W 値 33.94 [J/C] を乗じることによって、空気カーマ [mGy] に変換し比較した。半価層測定も同様の測定条件で行い、電離箱を用いた測定では付加フィルタをアルミニウム (Al) とし、3 回測定 of 平均値を用いて評価した。管電圧に対する空気カーマ値の電離箱測定との差異は 0.38 ~ 1.34 % であった。また、管電圧に対する HVL の測定値の電離箱測定との差異は 0.49 ~ 5.42 % であった。空気カーマ・HVL 測定共に、Piranha の許容誤差以内に電離箱測定が収まっているため、同等の精度で測定可能であると考えられる。Piranha を用いた 1shot 法による HVL 測定は、電離箱を用いた測定と比較し、簡易的で時間を短縮でき、ほぼ同等の精度で測定できるため、QA、QC に有用であるといえる。

胸部単純 X 線検査時の肌着に関する意識調査と視覚評価

HK0050 酒井 貴寛

胸部単純 X 線検査における撮影時患者様の肌着着脱は、診療放射線技師や医師によって差異が生じてしまい、結果として患者様が困惑してしまう恐れがあるのではないかと考える。そこで本研究の目的を、意識調査と、視覚評価の結果の違いを明確なものとすると共に適切と思われる指示の検討を行うこととした。

意識調査は、オープンキャンパスにお越しいただいた学生と保護者 62 名、及び本学部 4 年生 42 名を対象とし、肌着 5 枚を確認していただきながら、撮影時着衣可能かの判断を記入していただいた。視覚評価として、チェックポイントは 5 種類の肌着のみを撮影した画像の全体と、肌着各々をファントムに着用させて撮影した画像における肺野部と縦隔部の 3 点とし、3 段階に分けて評価をお願いした。

その結果、「現場の診療放射線技師からの指示内容」についての意識調査では一般の方と本学部 4 年生、病院実習先での指示内容の違いが生じていることがわかった。しかし、「撮影時着衣可能だと考えられる肌着」についての意識調査と視覚評価を比較すると大きな差はなかった。また、撮影についての知識の有無によって意識に残りやすい言葉が変わることや、本学部 4 年生による視覚評価と一般の方の肌着着脱の判断結果より大きな差が見られないことから、一般の方は本学部 4 年生と同等の判断が可能であると考えられる。

今回行った意識調査と視覚評価から、撮影時適切である指示内容は上半身の金属を外していただき、検査着が有る場合は積極的に活用し、無い場合には肌着のチェックを担当者が行うことであると考える。

放射線治療計画装置 Pinnacle³ における線量計算アルゴリズムの解析

HK0051 柴田 純

放射線治療計画装置 (Treatment Planning System : TPS) の計算精度は採用される線量計算アルゴリズムに依存するが、TPS に採用される線量計算アルゴリズムはメーカーによってそれぞれ異なる。そのため、異なる線量計算アルゴリズムによる計算結果の違いについて理解するためには、それぞれの線量計算アルゴリズムについて理解しておくことが重要となる。本大学が所有する PHILIPS 社製 Pinnacle³ Ver.8.0m に採用される線量計算アルゴリズムである Convolution/Superposition 法 (以下 Superposition 法) に焦点を置き、その概念を解析し理解することを目的とする。Pinnacle³ における Superposition 法は、不均質部やその境界付近における散乱線の分布を特に考慮しており、計算精度および速度の異なる 3 種類に分類される。今回はこの 3 種類において線量計算を行い、計算結果の比較を行った。

胸部 CT データおよび CT 値 — 電子密度変換テーブルはメーカーにより提供されているサンプルを使用し、ビームデータも同様にメーカーにより提供されている SIEMENS 社製 ONCOR (6MV X) を使用した。Gross Tumor Volume : GTV および Planning Target Volume : PTV の吸収線量 (最大、最小、平均、標準偏差) を比較した結果、GTV においては線量計算の精度が向上するにつれ最大値と最小値の差が大きくなり、標準偏差も大きくなった。計算精度が向上することによって散乱線を精度よく考慮しているためと考えられる。PTV においては、GTV と比較して変化が小さかった。PTV は体積が大きい分、散乱線の影響が少なくなるためと考える。また、3 つの線量計算アルゴリズムでは計算の所要時間が異なったが、計算時間と計算精度の相関という点においても今回の結果から判断するには不十分であり、計算精度を正確に把握するには実測との比較を含め今後検討の余地がある。さらに、MU 計算の結果から 3 種類には Normalized Dose : ND にも僅かな差が生じた。ND の算出式よりファントム散乱係数 SP による差ではないかと考えられる。今後はこの他の算出式等についても実測との比較と併せて解析を進めていきたい。

デジタルマンモグラフィの撮影条件の検討

HK0052 金高 有果

デジタルマンモグラフィは定期的な精度管理を行うとともに、乳房厚に適した条件を選ぶことが必要である。特に被曝量を左右する撮影条件と画質については念入りに検討する必要がある。そこで本研究では、デジタルマンモ装置直接変換方式フラットパネルディテクタ (FPD) の最適な線質及び撮影条件を検討するとともに、従来の物理評価に基づいて決定した撮影条件が、臨床においても最適なものか改めて見直すことを目的とした。

物理評価については、コントラストと粒状性を評価する CNR、鮮鋭度を評価する MTF、視覚性を評価する IQF の三項目を測定した。MTF については、散乱線の影響を確認するために通常の測定他、MTF テストデバイスとディテクタ間に PMMA20mm を配置して測定を行った。

CNR の測定では、すべての PMMA 厚において W/Rh が最も高い傾向となった。W/Rh に場合、線量が多いことに加え高エネルギー成分が多いため、厚い被写体でも十分に透過線量が得られるので、粒状のばらつきが少ない。MTF については、散乱体を加えるとターゲット/フィルタ間で差が生じる。これは W/Rh が Mo/Mo、Mo/Rh に比べて実効電圧が高いことと、散乱線の影響も多少考えられる。実際の臨床画像では、Mo/Mo、Mo/Rh、W/Rh へと線質が硬化するほどコントラストと鮮鋭度は低下することになる。

CD-MAM の測定結果からは、撮影条件を最適化するには被曝線量を EUREF の achievable level に設定するか、それ以下に設定するかによって適切なターゲット/フィルタの組み合わせが異なることが分かった。これら 3 項目の測定結果から、臨床的に情報の多い画像を得るためには、コントラスト、鮮鋭度、粒状性の全てがバランスの取れた撮影条件を選択することが必要であり、被ばく線量をどの程度にするかを決定した後、被写体の厚さに応じて撮影条件を選択すべきである。

EGS5 による腹部骨盤部計算機ファントムを用いた CT 撮影時の胎児被ばく線量の算出 HK0055 緑川 裕梨

本研究では EGS5 を用いて胎児被ばく線量計算を行なった。骨盤部ファントム及び腹部骨盤部ファントムはランドファントムに基づいて作成し、子宮部分に検出器を配置した。作成した骨盤部ファントムと腹部骨盤部ファントムでそれぞれ条件を変えて骨盤 CT 撮影を行った場合と、腹部骨盤部ファントムで子宮からの距離を変化させて腹部 CT 撮影を行った場合について検証した。

骨盤 CT 撮影を想定した計算は照射幅を 7.5cm、13.75cm、17.5cm、20cm の 4 種類に設定した場合の骨盤部ファントムと腹部骨盤部ファントムの吸収線量の相対値を算出した。腹部 CT 撮影は子宮上端からの距離を 0cm、1.5cm、2.5cm、3.0cm、4.0cm、5.0cm の 6 段階に変化させて子宮底部、子宮体部、子宮頸部のそれぞれの相対線量の平均を算出した。骨盤 CT 撮影においては子宮頸部の吸収線量が骨盤部ファントムに比べて腹部骨盤部ファントムがわずかに高い値となった。一方、子宮底部と子宮体部の吸収線量については大きな違いは見られなかった。腹部 CT 撮影で子宮から照射範囲を離れた測定では、腹部表面線量に対する相対線量が 0cm のときに比べ、子宮から照射範囲を 5cm 離れたときに子宮底部で 0.21、子宮体部で 0.09、子宮頸部で 0.05 だけ減少した。骨盤撮影の際に腹部骨盤部ファントムで子宮頸部の吸収線量が高い値を示したのは、大腿部を追加したことによる散乱線の影響と考えられる。骨盤部ファントムは子宮頸部以下の軟部組織が短いため、大腿部を追加したことによる影響がより顕著になったと考えられる。腹部撮影では子宮から照射範囲を 5cm 離すことにより子宮底部が最も大きく線量に変化し、距離 0cm のときと比較して線量が半分以下となった。これは照射範囲に子宮底部が最も近いことが影響していると考えられる。子宮において、胚が着床する部位は主に子宮底部とされているので、この部位の被ばく低減は胎児の被ばく低減につながると考えられる。このように種々の条件において実験では困難な線量分布の算出を行うことができ、モンテカルロシミュレーションの有用性が示された。

低磁場 MRI における IDEAL 法による脂肪抑制の検討 HK0059 小野寺 杏梨

脂肪抑制は脂肪を含む臓器での病変検出精度の向上、正常組織と病変とのコントラストの改善、アーチファクトの除去等に対して有用である。従来用いられている CHESS 法等の周波数選択的脂肪抑制法では信号のムラがしばしば懸念されてきた。現在では位相差を利用した Dixon 法をベースとした撮像法 (IDEAL) 法も臨床応用されてきている。しかし、本校に設置されているような低磁場 MRI では、Dixon 法は原理的には可能であるが、撮像時間の延長や S/N 低下を招くために実際の使用は極めて困難である。

本実験ではより小型化・低コスト化が期待できる低磁場 MRI において、IDEAL 法を用いた Dixon 法の脂肪抑制での撮影時間の短縮について検討する。撮像時間は次の式の通りである。

$$\text{撮像時間} = \text{TR} \times \text{位相エンコード数} \times \text{加算回数}$$

この式より本実験では撮像した生体画像の水・脂肪をそれぞれ抑制した画像について、位相エンコード数を減少させた画像を比較することで形式的に時間短縮効果を検討する。

結果、視覚評価からはその抑制効果の低下の程度からおよそ 70%までが許容できるとし、物理評価からはデータ数の減少とともに誤差が増加し 50%以下でその割合が増加したことを確認した。このことから、位相エンコード数を 70%まで減少させた画像までは許容される、つまり撮影時間をおよそ 70%まで短縮することは可能なのではないかという結論を得た。

しかし、本実験で用いた画像はゴールデンスタンダードの画像で画質が高くなく、またデータ数が少ないため、視覚評価・物理評価ともに精度は高くないと考えられる。今後さらにデータ数を増やし、より厳密に研究を進めることでさらに深く検討することができると考えられる。

血流によるゴーストアーチファクトの低減

HK0060 村田 渉

今回の研究の目的は、元の論文のように特殊な撮像を用いずに、通常の方法で撮像を行なった場合でも血流によるゴーストアーチファクト（体動によるアーチファクトの1つであり、血流や拍動などの周期的な動きによって位相エンコード方向に発生する）の低減を出来るようにすることである。

その方法としてまず①下肢を GRE 法で撮像した。②得られた k-space のデータを、位相エンコード方向にデータをそれぞれ二つ置きに取ることによって3分割し、3つの k-space データを作成した。③得られた3つの k-space データをそれぞれ逆フーリエ変換し、3つの画像を得た。この3つの画像上の同一画素における MRI 信号3点から、ゴーストの信号成分を低減させた信号強度 I を算出した。④これを全ての画素ですること、動脈血流から生ずるゴーストアーチファクトを軽減させた画像を作成した。⑤処理前画像と処理後の画像を比較した。

結果としては元の画像と比較するとゴーストアーチファクトは低減されているのが見て取れた。しかし、完全には消えなかった。原因として理想 MR 信号と実際の信号の差の magnitude は、3つの画像上で完全には同じにはならないが、この研究では同じであると仮定してゴーストの除去を行っているために、計算値に誤差が生じたためと考えられる。他にも、実際の画像では信号の中に雑音が入るため、雑音による誤差が生じたためであると考えられる。また、この方法では FOV (Field Of View) が通常の 1/3 になってしまうので、下肢などの小領域にしかこの方法は用いることは出来ない。

結論として、特殊な撮像を用いなくとも、通常の方法で撮像を行なった場合でも血流によるゴーストアーチファクトの低減は可能であると言える。

X 線 CT 装置における腹部ファントム内部のスペクトル測定

HK0061 堀江 千里

CT 装置におけるファントム内部のスペクトルは被ばく線量の算定等に重要であるが、ファントム内部に検出器を置いて直接測定することは困難である。本研究ではファントムに X 線を入射させ、そこから 90° 方向に発生した散乱線を測定し、その結果を補正することでファントム内部のスペクトルを算出した。 90° 散乱線から入射 X 線スペクトルを算出する方法は、一般撮影装置を用いて妥当性を確認した。スペクトル測定には CdTe 半導体検出器を使用し、ファントムは、直径 32cm 長さ 15cm アクリル製 CT 線量測定用ファントムを用いた。スペクトル測定は、半径方向についてはファントム中にある 8 カ所の線量測定用の穴で行い、奥行方向については各測定位置で表面と中心とで測定した。測定位置にはアクリル棒を挿入し、そこからの 90° 散乱線を測定し、アクリル棒無しでのバックグラウンドを差し引き、X 線スペクトルを算出した。一般撮影装置の結果は、直接測定したスペクトルと散乱線から算出したスペクトルの平均エネルギーがほぼ一致し、また特性 X 線ピークエネルギーが一致した。これより 90° 散乱線から入射 X 線スペクトルを算出できることが確認できた。CT 装置を用いたファントム内部のスペクトルは、半径方向についてはファントム最上部・最下部から中央部に近づくほど X 線の平均エネルギーが低下した。奥行方向については、表面よりも中心で平均エネルギーが低下した。中央部での表面と中心の平均エネルギー差は 4.1keV であった。中央部に近づくほど平均エネルギーが低下したのは、直接線が中央部に到達するまでに減弱し、スペクトル中の散乱線の割合が増加してスペクトルが低エネルギー側へシフトしたためであると考えられる。ファントム表面より中心の平均エネルギーが低下したのは、表面よりも中心で散乱線が発生する体積が大きく、散乱線の割合が増加したためであると考えられる。過去の研究で直径 20cm ファントムを用いて算出したファントム中央部での表面と中心の平均エネルギーの差は 3.5keV であった。ファントム中心に近づくほど内部の線質は軟化し、ファントムが大型化すると内部の線質変化が大きくなる傾向があることがわかった。

コーンビーム CT における撮影モードと画質の関係

HK0062 高木 祐弥

HCC (Hepatocellular carcinoma 肝細胞癌) における TAE (Transcatheter arterial embolization 肝動脈塞栓療法) は低侵襲性で、正常な肝組織を残しつつ選択的に治療することが可能である。災害医療センターではその精度の向上のために CBCT を使って IVR を行なっている。本研究では TAE では欠かせない CBCT (cone-beam CT) の撮影時間が変わることによって、画質がどのような変化を示すのか検証した。

CTAP は門脈相用で、1 秒間に 30 フレーム、10 秒間で撮影。CTHA は動脈相とその delay 相を撮るモードで、1 秒間に 60 フレーム、5.5 秒間で撮影する。

ファントムは CT キャリブレーション用水ファントムと AG 日常管理用ファントムを使い、物理評価として低コントラスト分解能、解像度、粒状性を調べた。又、視覚的にリング状アーチファクトの検証を行った。尚、低コントラスト分解能は CNR (コントラストノイズ比)、解像度はプロファイルカーブ、粒状性は NPS (ノイズパワースペクトル) で評価した。リング状アーチファクトの検証は、FPD の交換前の画像と交換後の画像を比較検討した。

以上の評価により撮影時間と画質にはトレードオフの関係がある事が分かった為、2 つの撮影モードを状況により使い分ける必要があると思われる。動脈相撮影ではスピード重視で、造影剤量の低減の為に CTHA モードを使用する。門脈撮影では肝実質の造影は比較的時間が長く、時間的余裕があるので画質を優先して CTAP モードを使用する。TACE 後の確認撮影では患者の状態をみて、息止めが出来そうな患者の場合はリピードールによるアーチファクトが考えられるので、画質優先で CTAP モードを使用する。また術後の痛みなどで息止めが難しい患者様の場合は CTHA モードで短時間撮影する。本研究により 2 つの撮影モードにおける画質の違いと使い分けの仕方を検証できた。

頭部 CT 検査における防護材の水晶体被ばく低減効果の評価

HK0064 川田 滉一

CT 撮影は、日本における医療被ばくの大部分を占め、その被ばく線量を低減することが必要である。頭部 CT 撮影では、一般的に検査対象でない感受性が高い部位の水晶体の被ばくを低減することが必要である。線量低減手法として、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、一般的な管電流を減らす手法に対する有用性を評価した。また、過去に行われたランドファントムを用いた実験結果と比較し、防護材の材質による線量低減効果の違いについて比較し、検討を行った。

使用した防護材は、頭部 CT 撮影における水晶体被ばく低減用防護材として市販されている Bi 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。16cm 円筒アクリル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。アクリルファントムと防護材間距離は緩衝材を用いて 10mm として、水晶体と想定した箇所への被ばく線量を測定すると共に、画質評価のために、得られた画像から水晶体位置を含む 4 スライス、脳実質の防護材がない 4 スライスでの 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についても、それぞれの部位の SD 値を測定し、比較を行った。

防護材を用いることで、水晶体線量は約 58% に低減でき、SD 値は水晶体部位で約 0.4 増加した。防護材がない脳実質での SD 値には変化がなかった。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 5% 改善した。モリブデンを用いることで線量低減率はさらに約 3% 改善した。アクリルファントムを使用したことにより測定精度が向上し、過去の研究のランドファントムを用いた線量低減率と比べ防護材の差が明確にできた。

ノイズ変化による ML-EM 法再構成画像の検討

HK0065 圓城寺 純至

近年、CT の画像再構成に逐次近似法が使用されているものが普及しつつある。逐次近似法は一般的に不完全投影なときも計算できる利点がある。また、FBP 法よりも少ない線量で再構成画像を再現できる。逐次近似法の欠点としては近似する計算の回数が少ないとコントラストの低い画像となってしまう。

逐次近似法の一つである ML-EM 法に関して昨年度の研究では、投影データにノイズがないシミュレーションデータによる検討を行い、輪郭などエッジ部に多く含まれる高周波成分の復元が遅いことが昨年度の研究で指摘されている。そこで、本研究ではノイズがない投影データとノイズがある投影データからの再構成画像の違いを NMS E 値と視覚的に検討した。また、ノイズのある投影データに対しノイズ軽減処理を行い再構成画像を比較した。さらに、ML-EM 法を改良した再構成方法についても検討を行った。

再構成を行った結果、ノイズがある場合、回数を重ねると細かいところも再構成されたがノイズが目立つ画像となった。ノイズのある投影データにフィルタをかけた場合、ノイズを低減できるが投影データが変わってしまうため基準画像に近づかないことがわかった。

これらより、投影データのノイズを低減しないことには再構成画像のノイズは低減できないことがわかった。また、画像を向上するには多くの方法を用いてノイズを低減する必要がある。

本研究ではスパイクノイズのみで検証を行った。今後は臨床データを用いた検討や、ノイズのパターンを変えたデータでの検討も行いたいと思う。

頭部脳血管撮像における SPACE を用いた
Black Blood MRA の至適撮像条件の検討

HK0069 小野崎 良介

臨床で一般的に用いられている Bright Blood MRA には、血流の流入効果を利用した TOF (time of flight) 法や位相の変化を捉える PC (phase contrast) 法などがあり、TOF 法では血管の分岐部や狭窄部に生じる血流の位相分散により流入効果がうまく働かず、血管径が実寸より細く描出されてしまうことがある。そこで、流速や流れの形態 (乱流や渦流など) による血流の位相分散などの flow void がすべて血管内腔の信号低下に役立つ Black Blood MRA を用いることで、血管径を正確に描出することができる。

Black Blood MRA では、主に TSE (Turbo spin echo) のシーケンスが用いられ、再収束パルスとして何度も 180 度パルスを使用するため、3T では特に SAR (specific absorption rate : 比吸収率) が問題となっていた。そこで本研究では、再収束パルスとして組織の T1 値および T2 値に応じた可変フリップ角を用いることで SAR の抑制が可能となった SPACE : Sampling Perfection with Application optimized Contrast using different angle Evolutions (SIEMENS 社) を使用し、1.5T MRI 装置にてボランティア (21 歳男性) の頭部脳血管の Black Blood MRA を撮像することで至適撮像条件の検討を行った。研究内容として、T2 強調画像・プロトン密度強調画像・T1 強調画像の比較、Slice Turbo Factor (以下、STF) および TR を変化させた条件にて撮像した画像から血管と脳脊髄液の信号強度比を算出した。T2 強調画像では、TE が非常に長い動きによる位相分散により血管と脳脊髄液がほぼ同等の信号強度になってしまったため適切な条件ではないと考えた。STF は、撮像時間に関与するが、画像の信号強度には関与しないことが分かり、これを大きくすると体軸位相エンコード方向に画像がぶれる恐れがあると考えた。TR が短いと、T1 値が比較的長い血管と脳脊髄液では信号差が生じにくいと考えた。これらのことを考慮し、本研究より頭部脳血管撮像における SPACE を用いた Black Blood MRA では、TR=3000ms, TE=11ms, ETL=63, STF=1, NEX=1 が至適撮像条件であると考えた。

治療計画線量計算における造影剤の影響

HK0070 内藤 舞

現在、放射線治療計画ではCT画像をもとに線量計算が行われているが、造影CT画像を適用することで腫瘍体積等を明瞭に描出し輪郭を精度良く囲むことができると言われている。一方、造影剤投与から生じる体内のCT値変化によって処方線量の算出が不正確となる可能性がある。本研究では、治療計画装置を用いて線量計算を行い、造影効果が計算結果に及ぼす影響を検証し、造影剤使用の妥当性について考察する。

造影剤と水の希釈率を変化させた10通りの試料を作製し、治療計画用X線CT装置で撮影して得られた画像からCT値を測定した。治療計画装置にてVirtual Phantomを作製し、各測定CT値を入力して均質および不均質Virtual Phantomとして、100 MU固定のもとアイソセンタを線量評価点として吸収線量を算出した。10 MV X線、照射野 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 、1門照射、線量計算アルゴリズムAAA (analytical anisotropic algorithm)法を基準として、各条件を変化させそれぞれの吸収線量を算出した。また、縦隔腫瘍患者の単純および造影CT画像を用いて実際の治療計画を模擬した条件設定を行い、線量計算に生じる差異を検討した。

不均質Virtual Phantomでは、門数が増すほど吸収線量の変化量は1.1, 0.9, 0.5 cGyと減少し、多門によって各方向からの影響の受け方が変化した。AAA法に代えPBC(pencil beam convolution)法を用いると、変化量は1.1 cGyから0.2 cGyと大幅に小さくなり、不均質領域やその境界の線量計算精度の違いによって差が生じた。縦隔腫瘍患者画像からは造影剤の存在によって算出結果は低線量となったが、これらの差0.94%は患者投与線量の線量分布計算精度 $\pm 3\%$ を満たし、線量計算に著しい影響を与えなかったと考えられる。

治療計画装置を用いた線量計算によって得られたCT値と吸収線量の相関から、同一MUの場合、造影効果が高いほどアイソセンタでの吸収線量は非造影の場合に対して過小評価となり、造影剤使用時には注意を要することがわかった。しかし、この線量差は臨床的にわずかであると考えられるため、造影CTによりコンツォリング精度の向上が期待され、治療計画において造影CT画像は有用であることが示唆される。

腰椎腹臥位正面X線撮影の有用性について

HK0073 太田 慎之介

腰椎正面X線撮影は腰椎正面アライメント・骨棘形成や椎骨狭小などの変性変化・外傷(圧迫骨折や横突起骨折)などの診断に用いる撮影法で、椎間板腔を明瞭に描出することが重要なポイントの1つとなっており、その撮影範囲は第1腰椎から仙骨上部までである。

腰椎正面には、一般的に前後方向撮影が採用されるが、後前方向撮影が採用されない理由として、前後方向撮影に比べて腰椎が受像面から遠ざかることや、受診者の状態により腹臥位のポジショニングが難しいことがあげられる。一方では、腰椎には前彎曲があるので、各椎体がX線焦点方向に収束するように向くため、後前方向撮影の方が椎間板腔の描出能が優れるという報告もある。

研究では、まずMRIを用いて学生ボランティア15名の背臥位および腹臥位における腹部矢状面を撮像し、それぞれ腹部の体厚と受像面から第3腰椎までの距離を計測した。結果、第3腰椎の高さの変化には有意傾向があり、体厚には有意差が見られた。次に、蛍光量計を用いてそれぞれの体位におけるX線透過量を測定した。受光面に到達する線量を比較すると、腹臥位においては20%線量が低減できることが分かった。

次に、腰椎の位置においたテストチャートを撮影すると、腹臥位の状態の方が良いコントラストが得られた。同様にランドルト環チャートを用いた視覚評価においても、腹臥位の方が優れた正答率を示した。これらは体厚が薄くなり、散乱線が減少してコントラストが改善されたことによるものである。

更に、MRIの腹部矢状断像を計測した結果、腹臥位における腰椎の彎曲は、X線焦点の方向に向いており、それぞれの椎体の角度はX線入射角とほぼ一致していることが分かった。これは椎体の前縁・後縁が焦点を結んだ線上に並び、椎間板腔の描出性が改善されることを意味する。

腰椎腹臥位正面X線撮影を実行するにあたって、体位維持と正中面の確認など難点もあるが、受診者の状態によって容易に腹臥位になれる場合は、利点の多い後前方向撮影が有用であると考えられる。

腹部背臥位正面撮影における付加フィルタの影響

HK0074 嶋野 康平

付加フィルタを使用する目的は、X線の低エネルギー成分、即ち患者への体内に吸収され受像面に到達しないX線を減少することで、これにより無駄な被曝を低減させることができる。しかし、付加フィルタを使用すると、コントラストや粒状性を左右する低エネルギー領域のX線まで除去したり、フィルタの厚さ、材質によっては、有効なエネルギーのX線までカットしてしまうために被写体コントラストがかなり低下する。本研究では、付加フィルタに銅板(Cu)を使用し、腹部背臥位正面撮影において、被曝低減と画質維持という二つのバランスを考慮した、適切なフィルタ厚を検討した。

物理評価のCTFとWiener Spectrum(以下:WS)では、各フィルタ厚の違いによる大きな差は見られなかった。両項目において最も厚い0.4mmフィルタが低値を示した。ランドルト環チャートを用いた視覚評価ではフィルタ無し、0.1mm、0.2mmの結果では正答率に大きな差は見られなかったが、0.3mm、0.4mmではランドルト環の径が小さくなるに従って正答率は低下する結果となった。腰椎ファントムを用いた比較では、評価指標を横突起で行った。フィルタ無し、0.2mmでは横突起が確認できるが、0.4mmでは確認が困難となった。線量測定では、入射線量はフィルタ厚が増すにつれ減少したが、透過線量は同一濃度となるように撮影条件を決定したため大きな変化は見られなかった。フィルタ厚が増すことで被写体の吸収線量も減少した。

付加フィルタの厚さを増すことで、X線の低エネルギー成分が多く除去されるため、X線の実効エネルギーが高くなり、被写体コントラストが低下する。よって、画像コントラストが低下し、粒状性も悪くなる。さらに視覚評価における正答率が低下した。被曝低減に大きく貢献したものは最も厚い0.4mmであったが、被曝と画質のバランスを保つことができるフィルタ厚範囲は0.2mmまでが許容できる。今回用いたフィルタの中では0.2mm厚がもっとも適したフィルタとなった。

デジタルマンモにおける拡大撮影法の比較

HK0075 西澤 美咲

乳がんは早期発見できれば高い治癒率が期待できるため、マンモグラフィを中心とする乳がん検診が普及しつつある。マンモグラフィは微小石灰化を描出することが重要であるが、通常の等倍撮影では検出困難なこともあるため追加撮影として拡大撮影が行われる。

本研究では通常の等倍撮影に対して、幾何学的な拡大撮影及び等倍撮影のモニタ上の拡大像について、物理的評価としてMTFとCNR、ACRファントムを用いた視覚的評価、および卵の殻を用いたROC評価を行い、拡大撮影の有用性を検討した。

MTFにおいては拡大効果によって拡大撮影が等倍撮影より高い値となった。拡大撮影における小焦点と大焦点の比較では高周波数領域では小焦点が高い値となった。拡大したことによる大焦点の半影が小焦点の半影より大きいことが原因である。CNRは拡大撮影が等倍撮影より低い値となった。距離をとることで到達線量が少なくなり、ノイズが大きくなったことによると考えられる。

ACRファントムの点数評価においては拡大撮影が等倍撮影より高いスコアを示し、物理的評価のMTFと一致した。また各焦点を用いた拡大撮影においては焦点サイズによるスコアの差がなかった。焦点サイズによる拡大効果が散乱線によるコントラストの低下で打ち消されているからである。但し、大焦点に比べ小焦点ではmAs値が少ないため、同じ検出能を保ったままで被ばく線量を下げることができる。ROC解析において拡大撮影とモニタ拡大視は等倍撮影より優れており、両方の拡大法には検出率にほとんど差が見られなかった。評価対象として用いた卵の殻が約0.5mmで、このサイズであれば拡大視も有効である。

本研究においてマンモグラフィで対象となる微小構造の描出には拡大撮影が有用である。また拡大撮影において小焦点が大焦点より優れているといえる。拡大撮影は追加撮影となるため、等倍撮影のモニタ拡大視は簡易的な拡大法として有用であると考えられる。

MPR 画像の作成角度が画像に与える影響

HK0077 山中 真悟

X線 CT 検査の撮影データを用いて任意の方向から断面表示が可能な MPR 画像は多く利用されている。本実験では微小球体ファントムの撮影を行い、得られた撮影データから MPR 画像を作成し、異なる作成角度での MPR 画像の比較を行った。

微小球体ファントムをガイドラインに従って撮影を行い、ZIOSOFT で横断面の MPR 画像を作成し、X 軸を基準として 15° 間隔で 0° から 90° まで傾斜させた oblique MPR 画像を作成した。得られた MPR 画像から SSP、MTF を作成し比較した。また、寝台移動方向の違いによる SSP の形状についても検討を行った。SSP は MPR 画像作成角度が大きくなるに従って広がりを持つようになり、SSP の FWHM も同様に MPR 画像の作成角度が大きくなるにしたがって大きい値をとった。MTF は MPR 画像の作成角度 0° で最高値を示し、MPR 画像の作成角度 90° で最低値を示し、MPR 画像の作成角度が大きくなるに従って小さくなる結果を示した。また、寝台移動方向の違いによる SSP の形状に相関関係は見られなかった。

MPR 画像の作成角度が大きくなるに従って SSP は広がりを持った。これは MPR 画像作成時の線形補間により、再構成関数の横断面画像への影響が平滑化されたためである。さらには、きしめんアーチファクトによる影響もあると考える。きしめんアーチファクトは、ヘリカル CT で 3 次元画像の体軸方向分解能が悪いことにより、体軸方向にスライスプロファイルが延長し実際よりも引き伸ばされた画像となるものである。よって、MPR 画像の作成角度 90° では最もこの影響があり、角度を減少するにつれ影響が少なくなった。また、寝台速度が CT 装置の設定可能最小値であったため、寝台移動方向の違いによる SSP の形状に影響を及ぼさなかったと考える。

本研究を行った結果、MPR 画像の作成角度は SSP、MTF へ影響し、特に SSP に関しては横断面画像で最も狭く、冠状面画像では広がりを示すことが分かった。

Prominence Processor を用いた SPECT 再構成フィルタに関する基礎的検討

HK0078 岩井 雄飛

近年、脳血流量の定量値を SPECT 検査にて客観的な評価を行える事から、アルツハイマー病の早期診断、変性性疾患における鑑別診断、重症度評価、治療効果判定等にも活用されている。脳血流 SPECT の画像再構成法では、解析的手法である FBP 法が日常の臨床現場で用いられているが、使用する再構成フィルタの周波数特性より、理論的に値の変化を生ずることが考えられる。それらの周波数特性が実際に定量値に対してどの程度の影響があるかを検討・考察する事を本研究の目的とした。方法は、無作為に選出した脳血流 SPECT の患者データ 18 例に対し、Prominence Processor を用いて Ramp フィルタ、Shepp-Logan フィルタ、Chesler フィルタ、以上 3 種類の再構成フィルタを用いて再構成処理を施した。さらに、手動で ROI を設定し、局所脳血流量の算出を現在の臨床現場において用いられている Ramp フィルタを基準に比較することで、各々のフィルタとの差異を検討した。その結果、rCBF 値が小さくなり、その差は Ramp フィルタの rCBF を基準値としたときの誤差率で表すと、Shepp-Logan フィルタ間で 0.088%、Chesler フィルタ間で 0.276% となることが示された。また、ROI の設定方法によっては、Ramp フィルタに比べて Shepp-Logan フィルタと Chesler フィルタを用いた方が、rCBF 値が大きくなる可能性があることが分かった。以上より、再構成フィルタの選択においては、定量値の導出結果に影響を与えないという事を示唆した。

プルシアンブルーナノ粒子を用いたセシウムイオンの吸着除去能

HK9031 大澤 祐矢

プルシアンブルーは紺青とも呼ばれて、古くから顔料として用いられ、また、放射性セシウムで汚染された物質からセシウムイオンのみを選択的に吸着除去できることが知られている。吸着除去を行う際にプルシアンブルーをナノ粒子化することによってセシウムイオン吸着除去能が向上することも知られている。しかし、ナノ粒子化したプルシアンブルーは粒子径が小さすぎるため、回収が困難となる。

回収を容易にするため、まず磁性ナノ粒子 (MNP : magnetic nanoparticles) を合成し、その磁性ナノ粒子の表面をプルシアンブルーでコーティングすることによって磁石により MNP が磁石に引き寄せられるのと同時にその表面をコーティングしているプルシアンブルーナノ粒子を回収することが可能となることが報告されている。

MNP の合成およびプルシアンブルーによるコーティングを行い、それぞれ磁性をもつ黒色の沈殿、黒色から紺青色へ変化した沈殿が得られた。合成条件の検討を行い、プルシアンブルーによるコーティングを行う際の条件をより正確に決定した。

黒色の沈殿が磁性を持つことから MNP の合成ができ、黒色の沈殿が紺青色に変化し、この沈殿も磁性をもっていたことからプルシアンブルーで MNP をコーティングすることができたと考えられる。

FPD マンモグラフィにおける撮影条件の検討

HK9042 佐久間 由佳

近年、一般 X 線撮影や CT・MRI のみならず、乳房 X 線撮影においてもデジタルシステムが普及している。乳腺撮影の分野では国内の 80% の施設がデジタルマンモグラフィを使用している。デジタルマンモグラフィは線量と画質のバランスを保つことが重要視されており、各施設で装置ごとに撮影条件の設定が必要とされている。また、患者の被曝線量は、体格や、体質、診療放射線技師の裁量によって変化するが、乳房は X 線吸収率が少なく、一般撮影と比べて特に高コントラスト、高鮮鋭度の画像が必要になる。従って、このような画像を得るには乳房厚に対する適切な管電圧、フィルタを用いて撮影を行う必要がある。

そこで、本学に一昨年導入されたデジタル式乳房用 X 線診断装置 AMULET を用いて、乳房被写体厚に対する適切な撮影条件の検討を行った。実験は PMMA ファントムと CD-MAM を用いて乳房被写体厚を変えながら撮影条件を変化させ、CNR、IQF、CD カーブの評価を行った。

ファントム厚が薄く、管電圧が低いと、CNR は高い値が得られたが、ファントム厚が厚くなり、管電圧が高くなると CNR は低い値となった。しかし、全ての厚さで管電圧による CNR の低下は認めたものの、大きな違いは認められなかった。このように PMMA が厚くなるにつれて CNR が低下したのは、PMMA がフィルタの役割をし、軟線を除去したことによって、線質が硬くなり、実効エネルギーが高くなったことと、散乱線が増えたことが原因だと考えられる。

CD-MAM を用いた IQF、CD カーブも管電圧が低い方が、より高鮮鋭な画像が得られた。これは管電圧が低いことの代償として mAs を上げるために、被写体コントラストが得られと同時に線量自体が増加して、粒状が良くなったためである。

総合的に評価すると管電圧が低いとき高画質であるが、AGD 平均乳腺線量の点からは、管電圧が低いと被曝線量は増加するので、双方を考慮した撮影条件を選択することが求められる。

タングステン含有樹脂シートの耐放射線性能についての評価

HK9044 小林 絢

放射線の遮蔽材として従来から鉛がよく用いられている。医療機関においても、診断用X線装置や核医学検査で使用される γ 線など各種放射線の遮蔽、高エネルギー放射線治療装置から発生するX線や電子線の遮蔽などに一般的に用いられている。その中でも高エネルギー電子線治療の際に、鉛板をカットして、照射する電子線エネルギーに応じて照射野の部分照射を行うことがある。

2005年から鉛板に置き換わるものとして、タングステン含有樹脂シート（以下「タングステンシート」と略記する）は、従来の鉛板と同等の遮蔽効果があることや、鉛板では作成できない曲線や細やかな加工にも対応できることが報告されていることから、高エネルギー電子線治療の部分遮蔽や、他の医療機器における各種放射線の遮蔽材としての利用が期待されている。

タングステンシートへの大線量の照射には限界があり、これまで9 MeV, 照射線量5000 Gyにおける試料の変化の有無についての知見しか得られていなかったが、昨年度までの実験から、 ^{60}Co 線による1 MGyまでの照射に十分耐えうる特性を持つことが明らかとなった。

しかし、高線量照射試料のX線回折において見られた微小ピークの同定までには至らず、低角部分に生じたポリマーピークについても照射線量との関係性の詳細はわかっていない。

今回の実験では、以前の実験で同定に至らなかった微小ピークは含水酸化タングステンであると同定された。また、ポリマーピークの強度は未照射に比べ100～500 kGyほど照射した方が強度は強くなり、750 kGy以降照射すると強度は弱くなり、引っ張り強度と類似の傾向を示した。

二等分線法を用いた頬骨弓撮影における新たな基準線の提案

HK9052 浅井 慧司

二等分線法は主に歯科のデンタル撮影で用いられている撮影法であり、フィルムと被写体のなす二等分線に垂直にX線主軸を入射する方法である。この方法を撮影時の患者の頸部負担を軽減する目的で、頬骨弓撮影に応用した。その際、基準線をドイツ水平線として、 0° - 30° の入射角度で実験を試みた。その結果、 20° 以上では頬骨弓を十分に描出することが出来なかった。この理由としては、ドイツ水平線と頬骨弓下縁のなす角度が 25° であり、この角度の大きさが撮影の障害になったと考えられた。

そこで、東京医療センターの臨床データである、頭部3D-CT画像用いて軟組織の鼻下点-外耳孔上縁と頬骨弓下縁の角度をモニター上で測定した。今回の新しい基準線は、ドイツ水平線に比べ頬骨弓下縁とのなす角度が平均 2.15° と著しく小さく、男女差、左右差また年代差も少なく比較的安定した角度を示していることが確認された。最小角度 0° ～最大角度 7.8° の範囲であり、ドイツ水平線と頬骨弓下縁とのなす角度の 25° に比べ非常に小さい値であった。年代別で若干の角度に違いが見られた理由として20代は成長過程、70代、80代は加齢変化の軟組織変化が現れた可能性があると考えられる。

従来の軸位撮影法は患者の頸部を後屈させる必要があり、頸部負担の大きい撮影法である。今回応用した頬骨弓撮影法では頸部を後屈させることなく、そのまま患者を寝かせ、患者の頭頂部にカセットを配置することにより撮影できる。以上より、二等分線法を用いた頬骨弓撮影の新たな基準線として有用であり、頸部を後屈しなくても頬骨軸位像が得られるため、従来法の代わりとなる撮影法である可能性が示唆できた。

IEC 規格の線質 (RQA) 標準化における実測 HVL への散乱線の影響評価

HK9069 小柳 恵輔

近年、医療現場において Flat Panel Detector (FPD) 等に代表されるデジタル X 線イメージングデバイスは目覚ましい普及を遂げつつある。現在国内では被曝線量の評価を主な目的として、日本放射線技術学会が診断領域線量標準センターを設けているが、デジタル画像の画像特性を評価する環境は整っていないのが現状である。本研究では、International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議、以下 IEC) が定めたデジタル画像の画質評価に結び付く線質 (Radiation Qualities based on a phantom made up of an Aluminium added filter, 以下 RQA) の標準化を行う環境を構築するにあたり、付加フィルタからの散乱線が線質へ及ぼす影響を検証した。RQA の校正場を構築する際、高電圧の線質ほど付加フィルタからの散乱線の影響が考えられる。研究では IEC62220-1 の規格する RQA シリーズのうち、胸部撮影を想定した最も管電圧が高い RQA9 の 120kV を用いた。各距離における照射野依存性を評価するために、焦点 - 検出器間距離 (Focus to Chamber Distance、以下 FCD) と絞り (鉛コリメータ) の大きさを変化させて Half Value Layer (半価層、以下 HVL) 測定を行った。FCD がフィルタ直近の 36.2cm や 50cm の時は、絞りの径が大きくなるにつれ半価層値が増加していたが、FCD が 100cm 以上では照射野の大きさに対する半価層との関連性はほとんど認められなかった。また、各距離、各照射野で得られた HVL 値を用いて零外挿法により直接線のみ HVL を算出した結果、FCD 120cm で 11.4mmAl、FCD100cm で 11.5mmAl となり、IEC が規格する半価層にほぼ一致したが、FCD100cm 未満では 11.5mmAl を大きく上回り、RQA9 の線質は得られなかった。検証結果から、IEC の定める「FCD は 150cm 以上」という記載は厚い付加フィルタによる散乱線を考慮して設定されたものであると考えられる。本研究により、FCD150cm 以下の距離でも、付加フィルタからの散乱線の影響を無視できる領域を見つけることができた。今後は RQA の線質を用いて、実際に FPD 等の画質評価も行いたい。

視覚的粒状隠蔽効果の検証

HK8022 吉江 沙央梨

胸部は一般撮影において件数が最も多い撮影部位である。胸部には肺野部と縦隔部が存在し、この2つの箇所について視覚的粒状性を比較すると肺野部の方がよく見えるのに対し、物理的粒状度では肺野部の方が高い値になる。つまり視覚的粒状性と物理的粒状度が一致しないことになる。この粒状が抑制される現象を視覚的粒状隠蔽効果と呼ぶ。主な原因として肺野部では構造陰影物が多く存在することから、脳内の認識プロセスがノイズよりも信号に集中するため、周囲への粒状の認識が抑制されるためと仮定している。

実験方法は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 sin 波 3 周期分の円信号を作成し、さらにそこに正規分布をかけることで円信号の中心から離れるにつれ sin 波の振幅が小さくなるように円信号を作成した。視覚評価用画像は信号位置ランダム・ノイズ画像全体付加、信号位置規則的・ノイズ画像全体付加、信号位置規則的・ノイズ画像円形付加の3種類とし、各画像に信号数を5パターン作成した。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 名に視覚評価を行った。結果からほとんどの人が、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、円形信号でも線状陰影と同様に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。3種類の画像の結果を比較すると、信号位置規則的・ノイズ画像全体付加では最も視覚的粒状隠蔽効果が発生しなかった。信号を規則的に配置したため、ヘルマン格子錯覚が生じてしまったことが確認できた。この錯覚によりノイズの抑制効果と打ち消し合ったためと考えられる。縦方向の線状陰影の結果と比較すると、縦信号の方が視覚的なノイズの抑制効果が強く現れ、さらに信号数が増えるにつれて差は大きくなった。今後の課題としては、信号とノイズ間距離の影響など他の条件での検討や視覚評価の方法の改良などが必要である。

自己集積化を制御可能な光熱治療のための新規造影剤の開発

HK7088 小林 司

分子標的治療や光線力学療法といった治療法は、低副作用の新しいがん治療法として近年利用され始めている。さらに、光線免疫療法という分子標的治療と光線力学療法を組み合わせた治療法が開発され、マウスレベルでのがん細胞の破壊に成功している。本研究では、光線免疫療法で用いられる蛍光色素にコラーゲンペプチドを結合させ、コラーゲンペプチドの三重らせん構造形成によって誘発される自己集積化を制御可能にすることを目的とした。

コラーゲンペプチド (Pro-Hyp-Gly)₁₀ (以下 POG10 と略) の N 末端側に、近赤外領域の光を良く吸収する蛍光物質 IR800CW (以下 IR と略) を結合させた IR-POG10 の吸光・蛍光特性、温度応答性の評価を行った。まず、POG10 と IR を反応させて IR-POG10 を HPLC で分離・精製することができた。

IR-POG10 の吸光度測定から IR-POG10 溶液の濃度を決定した。また、吸収スペクトルから目的物であることを確認できた。IR-POG10 と IR の蛍光スペクトルのピークは、ともに 790 nm 付近であった。このことから、IR-POG10 でも蛍光を示すことが確認できた。

IR-POG10 の三重らせん構造の形成およびその安定性を円偏光二色性スペクトルで評価した。IR-POG10 と POG10 のいずれも、5℃と 35℃ではらせん構造を形成するが、85℃では解けていることが明らかになった。また、IR-POG10 の融解温度(T_m)は、23℃と 65℃の 2 か所であったのに対し、POG10 は 64℃の 1 か所に T_m を示した。

したがって、IR-POG10 は、POG10 と同様に三重らせん構造を形成し、蛍光特性も維持していることを明らかにできた。以上から、光線免疫療法に適応する可能性を持つ新しい物質 IR-POG10 を合成することができた。