

平成28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28年11月1日

<場所>駒澤大学一号館

202～204

減弱補正用 X 線 CT による撮影条件の違いが SUVmax にもたらす影響

HK3001 能重 達匠

PET 検査は、体内から放出された放射線が検出器に到達するまでの間に物質との相互作用を受けるため過小評価の原因となり、体深部ではその影響が特に大きい。この影響に対する補正として PET/CT 装置では、transmission scan に X 線 CT (以下、CT) を用いて減弱補正が行われている。本研究では、CT の管電流及びスライス厚の違いが SUVmax に及ぼす影響を検討した。方法は 18F-FDG を 78.8MBq 封入した NEMA IEC Body phantom を作成し、GE 社製 PET/CT 装置 Discovery 600 Motion を用いて減弱補正用 CT データを収集した。

撮影管電流は 10mA, 50mA, 80mA, 150mA の 4 種類、スライス厚は 0.625mm, 1.25mm, 2.5mm, 3.75mm の 4 段階に変化させた。次に phantom のバックグラウンド領域濃度が減衰計算に基づいて 5.3 [kBq/ml] となる時刻にデータ収集を 30 分間施した。得られたデータをもとに各々の減弱補正を行い、補正後の PET 画像より各 hot 球に ROI を設定し SUVmax を測定した。その結果、①撮影条件を変化させても SUVmax の値に大きな変化は見られなかった。② CT の管電流及びスライス厚の違いが SUVmax に及ぼす影響は少ないことを認めた。

しかし、管電流 10mA でスライス厚 0.625mm と両者の撮影条件を最も低値に設定した場合は、SUVmax は高値を示していた。この要因は算出誤差と推察できるが、被ばく線量を考慮すると管電流は極力低く設定し、スライス厚は PET と同程度の厚さにすることが適当であると考えられた。

下肢静脈に対する管電圧 80kV を用いた X 線 CT 撮影の検討

HK3005 石橋 貴徳

造影 X 線 CT 撮影の際に、管電圧を下げることで、造影剤の CT 値が上昇し、コントラストの向上が得られる。そこで、血管径が直径 2 ~ 4mmφ と細く、動脈に比べ十分な造影効果が得られにくい下肢静脈において、管電圧を下げることで CT 値とコントラストの向上が得られないか考える。

本研究では、下肢静脈に対して、通常管電圧の 120kV より低い 80kV を用いた場合、CT 値の上昇とコントラストの向上が得られるか検討すると共に、下腿骨からのアーチファクトの影響についても検討する。下肢静脈を想定したファントムを作成し、静脈血栓塞栓症のガイドラインを参考に撮影条件を決定し、各管電圧 135kV、120kV、80kV にて撮影を行った。下肢静脈を想定したアクリルパイプ内の造影剤の CT 値と Contrast to Noise Ratio (CNR) を計測し、下肢静脈に対して管電圧を下げることで CT 値とコントラストの向上が得られるか検討した。また、下腿の配置と管電圧の変化によるアーチファクトの影響を、両下腿間距離を 0cm、10cm、20cm と変化させ撮影を行い、下腿骨周囲の SD 値を計測し、アーチファクトの影響についても検討した。

その結果、管電圧が低くなるにつれ、造影剤の CT 値は上昇し、CNR も上昇した。従って、管電圧を低く設定することで、下肢静脈において CT 値の上昇とコントラストの向上が得られることから、下肢静脈に対する管電圧 80kV を用いた X 線 CT 撮影は有用だと考えられる。

アーチファクトの影響については、両下腿間距離 20cm の時に SD 値が上昇した。これは、Field of View (FOV) 中心から下腿が離れた為に、空間分解能が低下したことが原因だと考える。また、両下腿間距離 0cm の時も SD 値が上昇した。これは、両下腿が近過ぎるために、対側の下腿骨からのビームハードニングの影響が大きくなり、ダークバンドアーチファクトが増加したことが原因だと考えられる。

下肢静脈に対する管電圧 80kV を用いた CT 撮影は、CT 値とコントラストの向上が得られる為有用であり、両下腿間に 10cm 程度幅を開けて撮影することで、アーチファクトの影響が最も少ない撮影が可能である。

AiCT 画像を用いた頸椎椎体海綿骨における BMD 値に関する検討

HK3006 山崎 千波

近年、高齢者の事故が増え、その際の頸椎骨折によるそれ以下の脊髄神経支配領域麻痺による重篤な障害や死に直結することがある。また胸椎・腰椎の圧迫骨折はよく社会問題となっているが、頸椎についての報告はあまりない。そこで、頸椎の BMD 値を測定し胸椎・腰椎の BMD 値と比較検討するとともに頸椎骨折のリスク部位に対する注意喚起をする。

神奈川歯科大学死因究明センターの協力のもと、事前に遺族から研究用献体として承諾を得た 60～103 歳の 30 症例の AiCT 画像を Osirix にて表示させ、同時撮影された BMD ファントムから検量線を作成し、下部頸椎椎体（第 4～7 頸椎）海綿骨水平断中央部に ROI を設定し、CT 値を測定後、検量線を用いて BMD 値とした。測定結果より、第 4～7 頸椎の BMD 値は同一の値を示さず特に第 7 頸椎が最も BMD 値が低く、第 4 頸椎より第 7 頸椎へと椎体レベルが下がるにつれて BMD 値が低下することがわかった。また、女性の BMD 値の方が男性の BMD 値よりも低いことがわかった。また、男女とも椎体レベルが下がるにつれて BMD 値が低下する傾向は同じであった。60～103 歳まで調べた結果、加齢とともに BMD 値が低下していくこともわかった。さらに、胸椎の BMD 値は椎体レベルが下がるにつれて BMD 値が低下しており頸椎の BMD 値と同様の傾向を示すことがわかった。しかし、腰椎は第 2 腰椎以下から BMD 値が増加しており頸椎の BMD 値とは異なる傾向であることがわかった。また、第 7 頸椎の BMD 値と第 1 胸椎の BMD 値に大きな差が見られた。

以上より、頸椎の BMD 値は同一の値を示さず特に第 7 頸椎が最も BMD 値が低いため骨折のリスクが高いと考えられる。また、圧迫骨折好発部位の第 12 胸椎と BMD 値がほぼ同じ値を示したことから、第 12 胸椎の BMD 値が低い人や圧迫骨折をしている人は、第 7 頸椎の骨折のリスクを注意喚起できる可能性が高いと示唆できる。

管電圧 80kV を用いた X 線 CT 造影検査における造影剤低減の検討

HK3007 白石 美和

X 線 CT 造影検査において、いくつかの報告により推奨された造影剤使用量がある。しかし、造影剤使用量の決定は、造影剤腎症発症のリスク、造影コントラストの 2 点を考慮した範囲で減らすことも推奨されている。今回は、X 線 CT 造影検査において、通常使用されている 120kV よりも低い管電圧を用いることにより、良好な造影コントラストを保ちつつ造影剤使用量を減らすことができるかについて検討した。

検討を行うにあたり、造影剤を 30、100、200、500、1500 倍希釈し、試験管内に入れ管電圧 120kV で撮影を行った。造影剤希釈倍率が小さいほど CT 値は高く、約 1000 倍の造影剤希釈で腹部造影 CT において必要とされる最低 CT 値 50HU が得られることが分かった。

次に、管電圧の変化と CT 値の関係を評価するため、希釈造影剤をアクリルパイプに封入し、アクリルファントム内に挿入した後、管電圧 80、120、135kV と変化させ撮影を行った。管電圧が低いほど CT 値は高いことが分かり、また、管電圧が低いほど造影コントラストは高いということが視覚的に確認できた。管電圧 120kV において CT 値が 50HU となる造影剤希釈倍率に着目すると、80kV ではおよそ 70HU の CT 値が得られ、管電圧を 120kV から 80kV に下げることで CT 値はおよそ 1.4 倍上昇することが分かった。腹部造影 CT 検査において最低 50HU の CT 値が望ましいという Heiken の報告を考慮したうえで造影効果のみに注目すると、管電圧 120kV を 80kV にすることで使用造影剤量を約 30% 減らすことができると計算され、造影 X 線 CT 検査における問題点の一つである造影剤腎症等の副作用を減らすといった点でも、使用造影剤量をおよそ 30% 減らすことは有効であると推測できた。

そして、管電圧の変化と臓器の CT 値の関係を把握するため、CT 人体ファントムを用い、管電圧を 80、120、135kV と変化させ撮影を行った。管電圧の変化に伴い造影部分以外の臓器の CT 値も変化することが分かった。そのため、管電圧 80kV を使用する際には注意が必要であると考えられる。

Beam Sat を用いた血行動態判別

HK3008 鏡 圭佑

現在、頭部非造影 MRA では流入効果を使用した 3D - TOF 法、血流による位相変化を利用した PC 法がある。3D - TOF 法のプリパルスとして pencil beam 型の励起プロファイルを持つ RF パルス [BeamSat パルス] を使用することで選択的に特定の血管からの信号を抑制することができる。TOF 画像のみでは血行動態の情報はないが、BeamSat パルスを使用することによって TOF 画像にクロスフローの有無などの血行動態情報を付加することができる。

脳動脈の手術では一時的、あるいは永久的に血管を閉塞しなければならない症例、バルーンカテーテルを使用する症例などがある。これらの症例での血流が遮断された状況では脳が虚血になり、脳梗塞を引き起こす可能性がある。そこで Matas 法を用いて一側の総頸動脈を用手的に圧迫することにより対側の内頸動脈から前交通動脈を介するクロスフローを確認する。頸動脈を止める際に頸動脈反射などが起こる可能性があり、患者に負担がかかってしまう。負担がかからない BeamSat 法と Matas 法による画像を比較することによって BeamSat が Matas 法の画像の代用となるか検討する。研究内容として 1.5T MRI 装置を使用し、正常男性 21 歳の頭部 MRA を撮像した。撮像条件は TR=38.0[msec], TE=6.9[msec], FA=20[°], スライス厚=1.2[mm], スライス数=40, マトリクス数=320x104, 撮像時間=59[sec] に設定した。1. 3D-TOF 法 2. 右手で左総頸動脈を抑えた Matas 下 3D - TOF 法 3. BeamSat により左の内頸動脈の信号を抑制した 3D-TOF 法 4. BeamSat により右の内頸動脈の信号を抑制した 3D-TOF 法 5. 右手で左総頸動脈を抑えた Matas 下で BeamSat により左の内頸動脈の信号を抑制した 3D-TOF 法 6. 右手で左総頸動脈を抑えた Matas 下で BeamSat により左の内頸動脈の信号を抑制した 3D-TOF 法 計 6 つの頭部 MRA 画像を比較し検討を行った。Matas 法が不完全であったため BeamSat 法が Matas 法の代用となることは判別することができなかった。しかし、同側の内頸動脈への BeamSat と少々の Matas を組み合わせることで不完全な Matas 法にも関わらずクロスフローが抽出されていたため、完全な Matas と同等な脳血管の血行動態情報が得られる可能性があることがわかった。

Digital Brest Tomosynthesis における画像評価法の検討

HK3010 平戸 祐歩

乳腺画像診断では乳房を圧迫して撮影を行う Full Field Digital Mammography (FFDM) が多く用いられている。FFDM で乳房を圧迫するだけでは高密度の乳腺の分離が困難であり、Digital Breast Tomosynthesis (DBT) が注目されている。しかし DBT は現在いくつかの画質評価法が決められたばかりであり、メーカーによって X 線管の振り角や画像再構成法などにばらつきが生じている。本研究では制作したファントムを用いて DBT における深さ方向の障害構造物含有率の指標となる画質評価法について検討した。

ファントムは模擬乳房組織と障害構造物で模擬腫瘍を挟んだ構造となる。また撮影した FFDM や DBT の画像は 1 枚 1 枚のコントラストが異なる。そのためコントラストの基準としてアクリルの間にアクリルと空気を入れたファントムを共に撮影し、基準ファントムのアクリルと空気の平均画素値の差を ΔD とした。

作製ファントムを FFDM、DBT の ST-mode、HR-mode にて撮影した。FFDM、DBT それぞれの標準偏差 (SD)、基準構造物の画素値の最大値・最小値 () を求めた。深さ方向の障害構造物含有の指標として障害構造物含有率 および $\Delta D_{max}/\Delta D$ を求めた。得られた障害構造物含有率より DBT のほうが FFDM よりも障害構造物を除去していることがわかった。また DBT どうしで比較すると障害構造物含有率 と $\Delta D_{max}/\Delta D$ の障害構造物含有率は値が逆転した。臨床的評価は と一致し、障害構造物含有率の指標として有効であると考えられる。 $\Delta D_{max}/\Delta D$ が視覚評価と一致しない原因として、ノイズが最大値・最小値に影響した、障害構造物のエッジが出た、たまたま最大値・最小値の差が大きくなったことが考えられる。

以上のことから評価用ファントムを撮影することによって障害構造物含有率を算出し、DBT の断層像における深さ方向の障害構造物含有度合を物理評価で行うことが可能であると考えられる。評価用ファントムの特徴として、X 線管球の振り角等、乳房撮影装置のメーカーで異なる撮影条件の影響の少ない物理評価が可能である。また障害構造物含有率の評価において評価用ファントムが有用であると考えられる。

乳腺超音波検診における動画像の有用性について

HK3012 浅井 怜奈

背景: 乳がん検診においては病変の評価や悪性・良性を鑑別することよりも前に、小さな非触知病変の検出をすることがより重要である。静止画では見落としてしまうような病変も、動画で見ることによって腫瘍を確認しやすくすることができ、診断能の向上が期待できるのではないかと考えられる。

目的: ①動画で腫瘍を探す際、静止画では分からないところを見つけ出し、動画診断の有効性を検討する。②アーチファクトと腫瘍の区別がつきづらい症例について、その鑑別が容易となるかを検討する。

方法: ①乳腺組織内にできた腫瘍を含む動画像から何フレームかを取り出し、それぞれの相互相関と差分画像を MATLAB にて求める。②アーチファクトと腫瘍を鑑別するために、アーチファクトを映した動画と腫瘍を映した動画からそれぞれ複数枚の静止画を切り出し、MATLAB を用いてその差分画像と相互相関を求める。

結果および考察: ①腫瘍を含む動画像から求めた相関値をグラフ化した。グラフには相関値が低下しているポイントが見られ、腫瘍が最もよく写し出されたフレームであると考えられた。

②アーチファクトを映した動画と腫瘍を映した動画からそれぞれ求めた相関値をグラフ化した。アーチファクトを映した動画の相関グラフはなだらかに上昇した形を示したのに対し、腫瘍を映した動画の相関グラフは相関値が低下するポイントが見られた。しかし、実際に差分画像を比較すると大きな違いを見つけ出すことができなかった。

結語: 腫瘍の検出は差分画像より、相互相関値の方が有意であり、また、アーチファクトとの鑑別も相互相関値の方が有意であった。今後もっと多くの症例を解析することが必要であり、より細かい ROI での解析を行うことが望まれる。

radial scan を用いた MRI マルチコントラストにおける撮像時間短縮法

HK3013 兼子 大

MRI 検査は被写体の動きに弱いという欠点を持つ。それを解決するのが radial scan である。しかし radial scan にも欠点がある。それは撮像時間が長いということだ。本研究では radial scan の撮像時間を短縮する方法について検討していく。

radial scan の特徴は放射状にデータを充填していくところである。放射状のため、中心部に比べ辺縁部のデータが疎になってしまい、辺縁部のデータを密にするのに多くの TR cycle を必要とする。そのため、撮像時間が長くなってしまふ。そこで辺縁部は別のデータから借りてきたら良いのではないだろうか考えた。

まず初めに中心部、辺縁部ともにデータが密になるように撮像し、次に撮像する際には中心部のみデータが密になるような TR 数で撮像する。疎の状態の辺縁部は最初に撮像した密の辺縁部を足し合わせる。これにより中心部、辺縁部ともに密のデータが完成するという理論である。この理論の注意としてはデータを足し合わせる必要があるため、マルチコントラストが前提となり、一つの k-space 上に二つのコントラストデータが入るため、コントラストが混じり合ったような画像になることである。

この理論に基づき、Matrix Laboratory (以下 MATLAB) を用いて、健常成人の骨盤部の T1WI、T2WI を TR 数 256 の radial scan 画像に再構成し、さらに TR 数を 1/2 の 128 にして、お互いに辺縁部を足し合わせていった。足し合わせる辺縁部が少ない時は、SNR も悪く、全く画像に変化は見られなかった。足し合わせる辺縁部が多くなると SNR が改善し、TR 数が 256 の時と変わらない画像に近づくことに成功した。コントラストの混じり合いは見られなかった。

以上より、TR を 1/2、すなわち撮像時間を半分にし、SNR、コントラストも維持した画像を得ることが出来た。分かったことは足し合わせる辺縁部が多ければ多い程、SNR も良く、さらに従来危惧していたコントラストの混じり合いもないということである。

頭部・体幹部の AIDR 3D の有用性について

HK3014 ニッ森 麻優

数年前まで CT において最も広く普及していた画像再構成法は FBP (Filtered Back Projection) 法であったが、現在では逐次近似を応用した AIDR 3D (Adaptive Iterative Dose Reduction 3D) が使用されている。従来の逐次近似法ではノイズ低減には効果的であったが、逆投影と順投影のプロセスを繰り返し行うため、計算量が膨大となり再構成時間が長いという欠点から CT では使用されてこなかった。しかしこれらを解決した再構成法として AIDR 3D が開発され、再構成時間が従来の逐次近似法に比べ格段に短縮されており、さらにノイズやアーチファクトを低減させながら線量の低減が可能となることから臨床現場で使用されている。

本研究では、AIDR 3D は体幹部には使用されているが頭部には使用されていないという点から、標準偏差 (SD) 値と MTF (Modulation Transfer Function) を測定し比較することで AIDR 3D の有用性について検討した。体幹部の SD 値については、管電圧を 500mA ~ 300mA まで 50mA 間隔で測定し AIDR 3D をかけたが、SD の低減の仕方に大きな差はなかったため管電流による AIDR 3D の影響はないと考えられる。また、プリセットの大きさに応じて SD 値は低減していった。頭部の SD 値に関しても同様の結果となったが、頭部と体幹部を比較すると、体幹部は大幅に SD が低減しているのに対し、頭部はあまり低減効果が見られなかった。MTF の測定に関しては、体幹部では MTF の低下があまり見られなかったのに対し、頭部では MTF の低下が認められたため、AIDR 3D をかけたことによる画像の不明瞭化が生じる結果となった。AIDR 3D があることで従来の FBP 法よりもノイズやアーチファクトを低減させながら、より低線量で撮影することが可能となり、患者の被ばくを必要最低限に抑えられることから今後も臨床現場で広く使われると考える。

モンテカルロ法で算出した CT 撮影時におけるオーバースキャンの影響

HK3019 今原 滉太

日本は医療被曝が多い国であり、その主な原因として CT 撮影の多用が挙げられる。その中で、CT 撮影においてオーバースキャンやオーバーレンジといった画像再構成に直接寄与しない被ばくについて考慮する必要がある。本研究では、モンテカルロ法にて輸送計算シミュレーションコード EGS5 を用い、過去の研究で実測が困難であった CT 撮影時のオーバースキャンを含めたファントム表面の線量分布を算出した。

コンピュータ上で直径サイズが 10cm、16cm、32cm の 3 つの円筒形アクリルファントムを作成し、ファントムの表面に線量測定用の円筒形リージョン 90 個を配置した。CT の回転の初期位置を設定し、オーバースキャンの割合を変化させ線量計算した。X 線照射条件は駒澤大学の CT 装置を模擬した管電圧 120kV、SSD=70cm とし、S サイズ視野と L サイズ視野のウェッジフィルタを模擬したファンビームとした。発生光子数は 108 個で計算した。

S サイズ視野のファンビームで照射された直径 10cm、16cm ファントム表面の線量分布から、ファントムの直径が大きい方がオーバースキャンの影響を評価しやすい結果が得られた。また、通常 CT 撮影において、直径が大きなファントムを用いる場合には、L サイズ視野で照射することが望ましいが、CT の線量分布の中心部の線量が高いことを利用して、オーバースキャンの影響を評価しやすくなることを考え、直径 32cm ファントムに対して S サイズ視野においても同様に計算を行った。S サイズ視野のファンビームで照射された直径 32cm ファントム表面の線量分布は L サイズで照射した場合よりもオーバースキャンによる影響がより明瞭であった。オーバースキャンの測定という目的のみにおいて、本研究の結果と実測値を比較する場合には、S サイズ視野で照射し、直径の大きなファントムを用いることで、より明瞭な測定結果が得られることが期待される。

EUREF の方法を用いた平均乳腺線量測定

HK3020 鈴木 太山

乳房撮影では低エネルギーの X 線が使用され、被ばく管理の考え方も乳房撮影特有のものである。今までの平均乳腺線量の測定方法は、ACR (American College of Radiology) の定めた方法が多く用いられてきた。日本の診断参考レベル 2015 が採用した平均乳腺線量の測定方法は、EUREF (European Reference Organization for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Serviced) が定めた方法が用いられている。本研究では、EUREF の方法と ACR の方法との違いを検討した。ACR の方法での半価層測定は、ターゲットに Mo、フィルタには Mo、Rh を使用し、カセットホルダの上 4.5cm、胸壁側 4cm の位置に電離箱を設置して行った。照射線量の測定は、ACR 推奨ファントムを胸壁側に設置し、ファントム右側の胸壁側 4cm の位置に電離箱を設置して行った。EUREF の方法での半価層測定は、カセットホルダの上 4cm、胸壁側 6cm の位置で行った。撮影時の mAs 値の測定は、厚さ 20~60mm の PMMA ファントムを乳房支持台に設置し、AEC を作動させて行った。照射線量の測定は、得られた mAs 値に設定し、カセットホルダの上 4cm、胸壁側 6cm の位置で行った。

測定の結果、ACR の方法では Mo フィルタを使用すると管電圧を上げた時、平均乳腺線量は低下した。Rh フィルタを使用すると平均乳腺線量はあまり変化しなかった。EUREF の方法では、どの条件でも PMMA 厚を厚くすると平均乳腺線量は増加した。Mo フィルタを使用すると特に厚いファントムで管電圧を上げた時の平均乳腺線量は低下した。管電圧の影響については、ACR の方法も EUREF の方法も同様の結果が得られた。ただし、EUREF の方法の方が低い平均乳腺線量を示した。これは線量を測定する位置が胸壁側からより遠くなることが原因であると考えられる。EUREF の方法を用いることで各種乳房厚に対する平均乳腺線量測定が可能であることを確認できた。

IVR における拡大率の違いが血管動態ファントムに与える影響

HK3021 服部 真也

心臓カテーテル検査は、動きを伴った検査である為、動画像を用いた検査となっている。しかし、現在、静止画像を対象とするファントムは多数存在しているが、冠動脈の動きに対する動画像処理の効果を解析できる動画像を対象とするファントムは少ない。そこで、近藤研究室では水平面の回転運動のみで冠動脈の動きを再現可能な、血管動態ファントムを開発した。しかしこの血管動態ファントムは、水平面の動きのため 3 次元的な拡大率の違いによる画質の影響を考慮していない。そこで、実際に血管動態ファントムを 3 次元的に回転させた場合に影響を与える残像と拡大率のうち拡大率の変化が血管動態ファントムに与える影響を検討した。

動きがなく、高さのみを変化させることが出来るファントムを作成した。自作のファントムは撮影範囲に模擬血管以外のものが入らないようにコの字をした木枠を作る。その木枠の両端に 1cm 間隔で穴をあけた定規を張り付け、その穴に模擬血管が通るようにして高さを変化させる。模擬血管には直径 3mm のアルミの棒を用いた。そのファントムで 1cm 間隔ごとに高さを変化させ撮影を行った。物理的評価として得られたこの画像上の模擬血管の幅を測定し、理論値との比較を行った、次にファントムの中心で撮影した画像を基準とし、その画像と上下 13cm まで離れた計 27 箇所での画像を見比べ、基準と測定画像がどのように変化したかを比較する視覚評価にて検討を行った。視覚評価の観測者数は 12 名とし、測定画像は各測定点の画像を 5 枚、合計 135 枚の画像を測定した。

物理評価と視覚評価の結果から基準点から上下約 3cm 程度離れても画像の変化を認識することが出来ないことが分かった。心臓の可動域は上下 2cm 程度であると分かっているため、この血管動態ファントムは、拡大率の影響の観点で考えると、3 次元的に回転させる必要がないことが分かった。

腫瘍と重なった障害物がアイリスフィルタの検出に及ぼす影響の検討

HK3023 大柴 満暉

近年、乳癌罹患率は増加傾向にあり乳房検診の重要性が増している。集団検診の導入に伴い、医師の読影量が増加している。この診断の負担軽減と腫瘍診断能の向上のために、CAD (computer-aided diagnosis) が開発された。CAD システムの1つに、東京農工大の小畑らが開発したアイリスフィルタがある。これは、輝度勾配ベクトルの集中度から腫瘍を検出するフィルタである。本研究では、腫瘍に対して障害構造物などの別の輝度勾配が重なった場合にアイリスフィルタの検出に及ぼす影響を検討した。

今回は、模擬腫瘍に半楕円球としたタフリング、模擬乳房組織に半円形のタフウォーターファントム、障害構造物に端を輝度勾配ができるように削ったタフウォーターファントムを用いた。実験では模擬乳房組織に模擬腫瘍をのせ、障害構造物が腫瘍に重なるように配置した。障害構造物を模擬腫瘍の長径に対して1/3、1/2、2/3、また短径に対して1/2重ねて実験を行った。

輝度勾配をもつ障害構造物を重ねると模擬腫瘍の集中度は低下した。障害構造物を1/3重ねると、障害構造物の輝度勾配ベクトルの方が大きいいため集中度は低くなる。重なっていない範囲が腫瘍として検出される。1/2重ねると、模擬腫瘍の輝度勾配ベクトルの方が大きいため集中度が高くなるが、徐々に障害構造物の方が大きくなるため集中度は低くなる。そして、重なっていない範囲でまた集中度が高くなる。2/3重ねると、模擬腫瘍の輝度勾配ベクトルの方が大きいため集中度が高くなるが、徐々に障害構造物の方が大きくなるため集中度は低くなる。また、重なっていない範囲では集中度が低く腫瘍として検出されない。模擬腫瘍の短径に対して1/2重ねると、障害構造物の輝度勾配ベクトルに模擬腫瘍が埋もれてしまい検出されない。

以上より、腫瘍の輝度勾配ベクトルより大きい輝度勾配のある障害構造物に重なると、アイリスフィルタでは一部検出できないことが分かった。そのため、診断する際に大胸筋周辺や乳腺の塊がある範囲は注意して診る必要がある。

網膜を介さない視覚イメージの脳機能

～瞑想時の脳機能の研究～

HK3025 永木 彩香

背景: fMRI を用いることにより、認知・記憶・意図・運動発現など、さまざまな高次精神活動を行っているときの脳の働きを知ることができる。その中でも「瞑想」は、特徴的な脳の活動を示すと考えられる。

今までの研究により、網膜を介さない視覚的なイメージとして捉えるそろばんイメージの計算では、後頭葉にある視覚野が活性化するということがわかってきた。昨年の研究では、そろばん熟練者で最も有意に賦活していた部位はブロードマンエリア 32 の背側前帯状皮質であった。背側前帯状皮質とは、認知機能を持ち、意識して何かを覚えている必要があるときに活動する領域と言われている。また、次いで一次視覚野、前頭前野が活性化していたことから、そろばん熟練者は頭の中でそろばんの珠を描いて、それを認知・記憶し、かつそれをはじめて、集中して計算を行っていると考えられる。

目的: 網膜を介さない視覚的なイメージの一種である「イメージを浮かべて行う瞑想」の脳活動部位の特定を、fMRI を用いて行う。そして、昨年までの「そろばんイメージ」、「夢想時」との脳活動部位の違いについて比較検討する。

方法: 被験者は瞑想熟練者1名とした。fMRI の実験デザインには task ブロックと rest ブロックを交互に配置するブロックデザインを用いた。task ではヘッドホンから合図を流し、そのタイミングに従って被験者が瞑想を行い、撮像を行った。rest では瞑想を解いた状態で撮像を行った。この時、雑念を促すためにヘッドホンから音楽を流した。fMRI データの解析には SPM8 と MNI space を用いた。

結果および考察: MNI space による解析から、「イメージを浮かべて行う瞑想」における脳の賦活部位は、主に小脳と、2L の一次体性感覚野、次いで 29R (脳梁膨大後部皮質)、13L (島皮質) であった。また、後頭葉における視覚野の中で最も賦活割合が高かったのは 18・19 であった。

3つの比較検討の結果、網膜を介さない視覚イメージとして共通する賦活部位は「視覚野」であった。

ガフクロミックフィルム QA2 を用いた CT 撮影における線量分布測定

HK3027 坂下 大知

ガフクロミックフィルムとは、明室下で使用することができ、放射線を照射することでフィルム濃度が変化し線量分布を測定することができるフィルムである。本研究では診断用のガフクロミックフィルムである XR-QA2 を使用し、CT 撮影時におけるヘリカルスキャンの体軸方向の線量分布の実測およびコンベンショナルスキャンの線量分布からオーバースキャンを評価することで二次元線量計としての有用性を検討した。

ガフクロミックフィルムの基礎特性として、線量依存性の測定を行った。フィルムを3枚用意し0.1～20mGyとなる照射条件で各フィルムに8点照射した。照射後のフィルムは恒温槽で22℃一定で24時間保管後に読み取りを行った。読み取りはフラッドベッドスキャナを用いた。読み取り面とフィルムが密着するとモアレ発生の原因となるためA3用紙で作成した格子の上にフィルムを置き読み取りを行った。読み取りは照射前後に各10回ずつ読み取りを行い、その平均を用いた。ヘリカルスキャンの線量分布測定では、直径10cmの円柱アクリルファントムにフィルムを巻き付け、表示ヘリカルピッチが2.5～5.5までの4つの条件で照射した。コンベンショナルスキャンにおける線量分布でも同様に、円柱アクリルファントムにフィルムを巻き付け照射した。

線量依存性の測定結果より、画素値から線量に変換する3次式の換算式が得られた。ヘリカルスキャンにおける線量分布測定において、ピッチごとの平均線量はピッチ2.5で79mGy、3.5で66mGy、4.5で52mGy、5.5で45mGyとなった。ピッチ3.5の平均線量を基準とした計算値と比較するとピッチ4.5と5.5では、ほぼ等しい値となり計算結果が再現できた。ピッチ2.5で値が異なった理由としては得られた換算式の値が20mGyまでと小さかったため換算に誤差が生じたためであると考えられる。一方、コンベンショナルスキャンの線量分布ではオーバースキャンを明確に評価することはできなかった。これはファントムの直径が小さかったため裏から入射するX線の影響が大きかったことが原因だと考えられる。ガフクロミックフィルムを用いることでヘリカルスキャンにおける二次元線量分布の測定評価することができた。

Resting state fMRI の使用経験

HK3028 小林 寛樹

fMRIは脳機能を局在することができる新しい検査法であり、日本ではここ10年ほどで臨床での応用が始まった。しかし、通常のfMRIでは治療前からすでに麻痺や神経障害などを患っている患者の場合、タスクを与えても行うことができないため十分な情報を得られない可能性がある。そこで、タスクを行わずに脳の神経ネットワークを検出することができるresting state fMRIが注目を浴びている。本研究ではresting state fMRIの使用経験について報告する。EPI法のSE系を用いたresting state fMRIの撮像を行った。被験者は21歳の男性1名である。撮像時は閉眼、眠らない、特定のことを深く考えない、体はできる限り動かさないようにした。計測環境は消灯、ヘッドフォン装着とした。次に、MATLAB上でSPM8を用いてfunctional connectivity toolbox Imaging (conn)を開きresting state fMRIの画像を解析した。SetUpでは撮像した時に用いたパラメーターを入力した。そして、入力したパラメーターに基づいて前処理と解析の準備を行った。次にDenoisingでどの信号を使用するのかと、周波数の帯域を設定した。次に1stlevelanalysisでMPFC(内側前頭前野)、PCC(後部帯状皮質)、LLP(左後外側核)、RLP(右後外側核)との機能的結合を知ることができた。次に2stlevelanalysisで被験者間の比較を行う。今回の実験では時間の関係上被験者が一人しかできなかったなのでこの解析は使用していない。Functional connectivity toolbox Imaging (conn)を用いることで、前処理から解析までを一貫して行うことができ、脳の機能的結合の検出をすることが出来た。

乳腺超音波画像におけるプローブ圧迫力の定量化

HK3029 高見 澤滯

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わかっている。しかし、圧迫力については定量的に評価されていなかった。

目的：画質と超音波プローブによる圧迫力について定量的に評価する。

実験方法：固定具で圧力を加え、圧センサー出力の抵抗値を読み取り、その抵抗値と圧力値の校正曲線を作成した。前腕による生体実験で尺側正中皮静脈をターゲットとし、圧迫力と画質についての物理評価を行った。

結果及び考察：物理評価の結果により規則的な関係が得られなかったため、画質向上についての定量評価ができなかった。圧センサー自体の精度に問題があると考えられるので、圧センサーの精度について次の4つの項目を検討した。①プローブ角度、②ファントム材質の差（水分の影響）、③圧センサーのプローブ上の位置、④圧センサー自体の精度

これらの項目のうち、②の誤差は30%、③の誤差は50～300%と大きかった。

今後の課題：②の水分の影響（水分による抵抗減）を防ぐためには、圧センサー自体の構造を改良する必要がある。また、③の影響を防ぐためには、圧センサーの数が複数必要と考えられる。

ヒール効果の影響を踏まえた異なるターゲットを有する

乳房 X 線撮影装置のスペクトル測定

HK3031 中島 崇志

X線による被ばくを考える上で線質の評価を行うことは重要である。乳房撮影は、X線吸収差の少ないものを撮像対象とするので、低エネルギーX線を用いており、より線質の評価が重要となってくる。また、乳房X線撮影装置はヒール効果の影響を考慮し、陰極側を胸壁側とした構造となっているため、線質を評価する上で、ヒール効果の影響も関わってくる。コンパクトX線アナライザを用いた過去の研究では、乳房撮影装置ごとにヒール効果の影響が異なることが示された。本研究では、X線スペクトルを直接測定することで、ヒール効果の影響をより繊細に検証することが目的である。乳房撮影装置にはTOSHIBA MGS100B、FUJIFILM FDR MS-1000を使用した。TOSHIBAはターゲットにMo、フィルタにはMoとRhを使用し、FUJIはそれに加えWターゲットも使用している。実験では、管電圧を25,28,32kV、測定点を胸壁端から4cmと14cmとしたときのスペクトルを測定した。さらに、質量エネルギー吸収係数を用いて線量スペクトルを作成して半価層を算出し、コンパクトX線アナライザによって得られた半価層と比較した。実験の結果、TOSHIBAでは14cmより4cmの方が低エネルギー領域で光子数が多かった。FUJIでは4cmと14cmであまり差は見られなかった。また、TOSHIBAはFUJIと比較して、低エネルギー領域における光子数が多かった。Wターゲットでは、Moターゲットと比較すると、よりヒール効果の影響が強く表れていた。質量エネルギー吸収係数を用いて線量スペクトルを作成し、これから半価層を算出したところ、TOSHIBAでは14cmの方が半価層は厚くなり、コンパクトX線アナライザと同じ傾向を示した。FUJIでは、Moターゲットで同じ条件での半価層はTOSHIBAより厚く、コンパクトX線アナライザと同じ傾向が得られた。それに対し、WターゲットではコンパクトX線アナライザとは逆の傾向となった。Wターゲットの条件でコンパクトX線アナライザの精度が悪いことが可能性として考えられる。

胸部画像における散乱線補正処理ソフトの有用性

HK3030 古里 早絵

回診撮影の現場では、一般撮影室と比較してミスアライメントが生じやすく、画質が低下する。これを画像処理によって改善できる散乱線補正処理ソフトウェア (Intelligent grid) が近年、開発された。本研究は回診撮影における胸部画像の Intelligent grid の有用性を検討した。胸部ファントムの肺野、縦隔、肝臓にアルミディスクを貼り付け、管電圧を変えて Intelligent grid (3:1,8:1) Real grid (3:1,8:1)、グリット無の5パターンで撮影した。得られた画像で CNR 測定、標準偏差による粒状性評価、京都大学法を参考にスコア化した視覚評価を行った。CNR 測定の結果は管電圧が高くなると CNR は低下し、部位に関わらず Intelligent grid の方が Real grid と比較して高い値が得られた。粒状性評価では、Real grid の方が Intelligent grid に比べて値が高くなり、肺野は他部位の数値に比べて高かった。また、視覚評価では、Real grid に比べて Intelligent grid の方が総合評価は高くなった。Real grid の方が Intelligent grid より CNR が低いのは、Intelligent grid による散乱線補正処理は処理であり、Real grid は実際に散乱線を除去しているためだと考えられる。また、粒状性評価で Real grid の方が Intelligent grid より値が大きいのは、Intelligent grid の処理として、ノイズ抑制処理が行われているためだと考えられる。視覚評価では、Real grid と比べて Intelligent grid の方が評価は高かった。これは、Intelligent grid の処理として、コントラストの改善とノイズ抑制処理があるためだと考えられる。Intelligent grid を用いることで、グリットを用いない場合と比較して大きく画質の改善が得られることが視覚評価の結果で分かった。臨床現場において、回診時に Real grid を用いるのはミスアライメントのリスクや持ち運びの手間がかかる。これらのデメリットを補う処理として Intelligent Grid は十分に臨床上有用であると考えられる。

Ge 半導体検出器による 40K の植物中の動態評価

HK3032 木越 竜太

2011年3月11日に発生した福島第一原発の事故によってCsを含む多くの放射性核種が環境中に放出された。土壤中でイオンとなったCsイオンはKイオンに似た動態をして植物に吸収され、内部被ばくが問題になっている。本研究ではGe半導体検出器で用いて植物中のKの含有量を測定する方法を検討した。さらに、植物を食べる際に葉や根を分けて食べるが多いため、部位ごとによる吸収の差を検討することを目的とする。

市販のほうれん草を葉、茎、根の3部位に分け、それぞれ液状になるまでミキサーにかけた。そのほうれん草を容器に入れ、Ge半導体検出器で2時間測定した。また、ほうれん草を約10% KCl水溶液で24時間培養し、同様に葉、茎、根に切り分けてミキサーにかけ、Ge半導体検出器で測定を行った。得られたカウントからほうれん草中に含まれるKの割合を算出し、葉、茎、根それぞれの部位ごとのKの割合を比較した。

Ge半導体検出器でほうれん草を測定すると約1460 keV付近にピークを確認することができ、ほうれん草全体のKの割合は $18.378 \times 10^{-5} \%$ であり、文献値と離れた値であった。これはそのほうれん草の産出地の違いや、Ge半導体検出器の測定時間が短かったことが考えられる。

葉、茎、根の部位ごとのKの割合を比較すると葉より根の割合が高かった。また、Kの吸収する割合も根が高かった。これはKが葉まで達するのに時間がかかることや、光合成や呼吸で消費していることが考えられる。

原発事故によって放出されたCsもKと同様に葉より根に多く吸収されていたと考えられる。

IMRT 治療計画検証用プラスチックファントムの水等価性

HK3037 原田 雅美

近年、腫瘍形状に対する conformality が高く、線量集中の高い強度変調放射線治療（以下 IMRT）が広く行われており、治療開始前に患者投与線量である水吸収線量の実測検証が必要とされている。しかし、実際には利便性の高いプラスチックファントムを用いて検証を行う場合が多く、プラスチックファントム中で得られた電荷量から水吸収線量を得るためには補正が必要となる。この補正法としては測定深を補正する深さスケール係数と電離箱による電離量に対するフルエンススケール係数の 2 つの係数を用いるのが一般的である。しかし、本質的には幾何学的条件のすべてに対してこの補正を行う必要があると O'Connor や Pruitt 等は述べている。このことから、本研究ではより水等価な値の得られる補正法を検討するために、6 MV と 10 MV の光子ビームを用いて 1: 測定深のみ補正、2: 深さと照射野サイズを補正、3: 幾何学的条件のすべて（深さ、照射野サイズ、距離）を補正の 3 通りの補正法を使用して測定を行い、TMR 回帰式から算出した水中の電荷量と比較した。また、プラスチックファントムの密度には個体差があり必ずしも公称値と等しいとは言えないため、使用するプラスチックファントムそれぞれの密度を放射線学的に求めることで電子濃度比と線減弱係数比による 2 種類の深さ補正係数による線量の等価性を評価した。この結果、補正パラメータが増えるほどより水等価な値が得られるということが確認でき、2 ではエネルギー依存は残ったがファントム依存が解消され、3 ではファントム依存は残ったがエネルギー依存が解消された。2 でファントム依存が解消されたのは照射野サイズを補正することで散乱の違いを補正することができたためであると考えられる。これらのことから、より精度の高い線量検証を行うためには補正パラメータを増やすことが理想的であるということが確認できた。

乳癌と女性ホルモンとの関係を利用した超音波造影剤の開発

HK3040 遠藤 莉奈

女性ホルモンをコントロールするホルモンとして GnRH（性腺刺激ホルモン）がある。また、乳癌腫瘍には GnRH の受容体が存在し、これに GnRH が特異的に結合することが知られている。乳癌の検査方法にはマンモグラフィや CT、MRI、PET などがあるが、被ばくを伴わず、簡易的に行える超音波検査に着目した。超音波検査で用いられる微小気泡造影剤をもとに、GnRH と気体発生に関与する酵素を結合した薬剤を開発することを本研究の課題とした。

生体に代表的な気体発生に関与する酵素としてカタラーゼがある。カタラーゼは過酸化水素を水と酸素に分解する反応を促進させる触媒である。この酸素が発生する気体発生反応を顕微鏡と超音波画像上で確認し、評価を行った。まず、緩衝液にウシ肝臓由来のカタラーゼを溶解した溶液と 0.1%、1%、10% の濃度の過酸化水素水を調製した。安定な反応を見るために最適な条件としてカタラーゼは 0.1 mg/mL、過酸化水素水は 1% に決定した。顕微鏡で反応を観察すると、丸いものが現れたり消失したりしているのが確認でき、これは気体であり、大きさは最小で直径約 70 μm であった。さらに、この気体発生反応を超音波診断装置で確認した。その際、経時的な変化を見られるように、溶液中にゼラチンを混合させて粘性を持たせた。動画では、過酸化水素が含まれるファントムには、反応後において明らかに動きのある変化を見ることができた。静止画では、反応前から反応後になるとアーチファクトが打ち消されていたのが確認できた。さらに、輝度の変化をみるために ROI を設定し、ヒストグラムおよび平均値を算出して比較すると、反応が進行するにつれてコントラストの変化を確認することができた。

今後の課題として、カタラーゼを GnRH に結合させた薬剤を作製し、同様に顕微鏡や超音波診断装置で評価することとした。

胸部の回診撮影における銅板グリッドの有用性

HK3041 木村 美月

胸部回診撮影において、散乱線除去用グリッドを用いて撮影する場合、入射 X 線とグリッド面とのミスアライメントが問題となる。その結果、散乱線除去用グリッドの鉛箔により、一次線がカットされてしまうと濃度分布にばらつきが生じ、画像に左右差が発生してしまう。この現象を防ぐため、銅板グリッドの有用性を検討することを目的とする。

まず、銅板の最適厚と最適管電圧を決定するため一次 X 線・全 X 線の測定を行った。銅板は 0.1mm ~ 0.5mm の範囲で 0.1mm ごとに、管電圧は 85kV・95kV・105kV と変化させた。測定結果をもとに、一次 X 線透過率、全 X 線透過率、散乱 X 線透過率を算出した。さらにコントラスト改善度と選択度の算出し、その結果からグラフを作成し、物理的性能を比較した。次にランドルド環チャートを用いて、視覚的評価を行った。この時、ミスアライメントを評価するために X 線管球を右側に 0 度、1 度、3 度、5 度と変化させ撮影した。ランドルド環チャートの評価法として、ランドルド環厚 30 μ m、直径 8mm ~ 1mm の試料を左側と右側に分けて観察し、評価基準を正解と不正解の 2 段階とした。

評価結果により、銅板は受像面に到達する散乱線を除去する効果を有し、管電圧は 95kV、銅板厚 0.3mm を用いるとコントラスト改善度及び選択度が最大値を示し、物理的性能を最大にすることが出来ることが分かった。一方、正確なアライメントで撮影された場合、グリッドを使用して撮影された画像と比較すると、最終的な画像のコントラスト低下は避けられない。そこで γ 階調処理を施すことによって、グリッドを用いた時とほぼ同等のコントラストを得ることが出来る。MacMahon らの報告によると、グリッドを用いた病室撮影の 50% 以上が 3 度以上のミスアライメント下で行われていると述べられている。ランドルド環を用いた視覚的評価の結果により、銅板には X 線入射角度における方向依存性がないことが証明された。ミスアライメントが想定される胸部回診撮影において、銅板を用いることは有用であると考えられる。

肩関節における超音波および MRI 所見の検討

HK3042 根岸 聖人

超音波装置は、超音波を利用して体表からは見ることのできない臓器の解剖学的構造や動的な異常、血流評価をすることができ、消化器、循環器を中心に発展し、現在では乳腺、甲状腺、産婦人科領域まで応用できる。単純 X 線検査や CT 検査など他の画像診断と比べて比較的簡便で非侵襲的に行えるのが特徴である。

整形外科領域では、関節や四肢の痛み、しびれ、そして関節可動域制限や筋力低下といった機能障害を生じる疾患すべてが超音波検査の対象となる。その中でも、肩関節は広範囲に可動性を有するため、不協調運動が繰り返されることで容易に炎症を起こしやすい関節であり、特に軟部組織の変性に起因する疾患が多い。肩関節における疾患は多種に及び、それらの病態を判断していく上で超音波診断は有用性が高いが、単純 X 線写真、CT、MRI を駆使することで、ほとんどの疾患の診断が可能な域に達している。しかし、高周波深触子の出現や画質・画像処理技術の著しい進歩によって超音波の分解能 (0.2mm) が MRI の分解能 (0.6mm) を越えたこと、場所や時間の制限を受けずリアルタイムに動的観察ができること、病態に直接関連する局所の炎症が見られること、身体所見を取りながら目的とする画像を描出し、画像を観察しながら身体所見を再度確認できることなどから、新しい画像評価法として着目されてきている。

今回は、正常の肩関節と腱板損傷のある肩関節を超音波装置と MRI 装置を用いて画像にし、モダリティごとの画像所見を比較する。結果からモダリティごとの画像所見が一致することで肩関節領域において超音波装置の有用性について検討する。

アイメイクが MR 画像に及ぼす影響について

HK3044 長谷川 真代

今日 MRI 検査時における金属等の吸着及び火傷による事故は2011年をピークに年々減少傾向にあるものの、2015年は国内だけで約150件の事故が起こっている。MRI 検査時において禁忌事項・注意事項は装置への吸着や、火傷など大変危険な事故に繋がる危険性があるため、患者さん自身の安全を守るためにとても重要となる。また、正確な診断をするために良い画像を得ることは重要となる。

MRI 検査時の注意事項の1つにアートメイクやアイメイクがあり、火傷やアーチファクトの原因になることが知られている。しかし、女性の外来患者のほとんどがメイクを施しており、検査を行う際術者は注意が必要となる。又、アイメイクには多くの種類があるため、どのようなアイメイクがどのように MR 画像に影響するのかを検討し術者に知ってもらうことを目的とする。また、撮影条件についても検討する。

アイメイクをそれぞれ均等に塗ったファントムを水の入った円柱のファントムに巻きつけ、頭部撮影用コイルにて0.2TMRIと3.0TMRI装置を用いて撮像を行った。

その結果、アイメイクの種類別比較では $218 \times 10^3 [\text{cm}^3/\text{g}]$ の磁化率である鉄の含まれるアイメイクのアーチファクトが特に大きくなったことから、酸化鉄が原因でアーチファクトが生じたと考えられる。又、TEの比較ではTEの長い方がアーチファクトが大きく生じた。その理由としてTEを長くするとTEの間にボクセル内のプロトン間の位相のずれが大きくなるためであると考えられる。パルスシーケンス別の比較では、高速SE法 \leq SE法 $<$ GRE法の順でアーチファクトが生じた。SE法や、高速SE法では再収束パルスによって位相が再収束されるため、磁化率効果が弱くなるためであると考えられる。

アイメイクでは酸化鉄の含まれるものにアーチファクトが強く発生することがわかった。化粧品には酸化鉄の多く含まれるものが多く、撮影条件により大きなアーチファクトの原因となるため検査前に必ず落としてもらうことが大切である。

RQT 線質を用いた線減弱係数の比較・検討

HK3045 平石 拓巳

現在、日本の医療被曝は世界一であり、医療被曝の中でX線CT検査の被曝が最も多くを占めているのが現状である。そのためX線CTの線量計測を確かなものとする必要がある。線量計の診断用X線場における校正において、校正場の設定には線質指標として実効エネルギーや半価層、X線スペクトルなどが必要となる。診断用領域における線量計の校正に関しては実効エネルギーを基準に各施設で付加フィルタを設定している。実効エネルギーとは、連続X線に対して半価層に等しい単色X線のエネルギーであり、同じ実効エネルギーを持つX線束は複数存在するためスペクトル形状は異なり線質が異なる可能性がある。そこで従来は実効エネルギーで線質の基準としていたが、それに加えて各フィルタ厚における線減弱係数の値も考慮することでより正確な校正場の設定ができないかと考えた。今回の研究の目的は、条件1として80 kV,100 kV,120 kVの管電圧での減弱曲線とX線スペクトルからの線減弱係数の比較、および条件2として100 kVでの異なる装置間から得られた線減弱係数の比較をIEC61267で定義されたX線CTの線質を模擬したRQT線質を用いて行う。条件1において減弱曲線とX線スペクトル、両者からの線減弱係数の値はフィルタ厚の薄い部分と厚い部分の両端を除いて一致を示した。条件2においては、T社、S社の装置とX線スペクトルからの3パターンで比較を行った結果、S社のみ大きく異なる結果が得られたがフィルタ厚の厚い部分での差は生じなかった。また条件1と2で得た線減弱係数からNISTのデータを用いて実効エネルギーを算出し同様に比較した。条件1と2の両者にもフィルタ厚が厚くなるにつれて実効エネルギーが高くなることがわかった。実効エネルギーの比較に関してもS社の装置のみ大きく異なった。線減弱係数、実効エネルギーともにS社の曲線を1.5 mmほどシフトさせるとT社とX線スペクトルの曲線と一致した。このことからS社の装置とT社の装置には1.5 mm Alほどの固有濾過の差が生じていると考えられる。今回の研究で実効エネルギーと各フィルタ厚における線減弱係数が等しい場合、X線スペクトルの形状は近くなることが証明され、校正場の比較が今後、定量的に実施できる可能性を得た。

PET/CT 装置における視野中心と辺縁での均一性に関する検証

HK3046 本城 友輝

本研究は、臨床で使用している PET/CT 装置の視野均一性が線線源の大きさや視野中心からの距離に影響を及ぼすかを検証した。方法は、 ^{18}F -FDG を 6.84MBq 抽出し 1ℓ の水と均一になるまで攪拌し、5mmφ, 7mmφ, 14mmφ, 20mmφ, 30mmφ の 5 種類の注射器を各々 2 本ずつ用意し、 ^{18}F -FDG を吸い取り、これらを線線源と見なしデータ収集を施した。データ収集は東芝メディカル株式会社製の PET/CT 装置 Celesteion を用いて、各々 2 本用意した注射器の 1 本を視野中心に、もう 1 本を視野中心から辺縁側へ 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm とずらして配置し、収集時間を 2 分間にて行った。得られた SUV 画像データから線線源の中心部の 5 点で関心領域 (ROI) をとり、SUVmax と SUVmean を計測し、視野中心の SUV を 1 に規格化して視野辺縁における相対 SUV 値を求め、視野中心と辺縁での線線源サイズや視野中心からの距離による変化を検証した。その結果、①線線源サイズの検証においては 14mmφ, 20mmφ, 30mmφ と線線源サイズが大きい線線源では相対 SUV 値は約 1 であり、5mmφ, 7mmφ と線線源サイズが小さい線線源ほど 1 からのばらつきが大きくなった。②視野中心と辺縁での距離の検証においては視野中心から辺縁に線線源を移動させて行くと相対 SUV 値が 1 を境に sin 波の様なムラが生じ、線線源サイズによって各々の相対 SUV 値の変動が異なったため、距離による依存性は見られなかった。③線線源サイズが 14mmφ 以上のものでは線線源サイズや距離によらずほぼ一定の相対 SUV 値を示したが、7mmφ 以下のものでは部分体積効果の影響を大きく受け、相対 SUV のばらつきが大きくなったことが示唆された。以上より、臨床において 7mm 以下の腫瘍が辺縁側にあった場合、視野の均一性が保たれていないために過大か過小評価してしまう恐れがあることを認めた。

統計手法、機械学習手法を用いた神経膠腫患者における放射線治療後の予後予測

HK3050 水谷 拓也

代表的な悪性脳腫瘍である神経膠腫の治療には放射線治療が行われており、一律に 60 Gy が照射されているが、さらに高線量を照射すると予後が改善されるという報告と、高線量を照射しても予後に影響はないとする報告がある。このことから、年齢や性別、腫瘍の位置などさまざまな変数から放射線治療後の生存期間を予測することで、患者個人に適した放射線量を予測できる可能性がある。本研究では統計手法、機械学習手法を用いて神経膠腫患者の放射線治療後の生存期間を予測した。

35 名の神経膠腫患者を対象とし、204 種類の入力候補変数を用意した。まず、赤池情報量基準を指標とした変数増加法による変数選択を行い、有効な入力変数を選択した。選択された変数はガンマナイフ治療の有無、CTV_{local}_V55、腫瘍位置、PTV_{local}_V5、切除範囲、組織型、CTV_{extend}_V55 の 7 つであった。次に、選択された入力変数を用いて、生存期間を予測する回帰モデルを構築した。本研究では、線形重回帰モデル、サポートベクターマシン、人工ニューラルネットワークを用いた、3 つの回帰モデルの比較を行った。回帰モデルの予測精度は、生存期間の残余誤差 (実際の生存期間と予測した生存期間の差の絶対値) を用いて評価を行った。まず、35 症例の中から 1 症例取り出し、34 症例を用いて回帰モデルを構築した。次に、構築した回帰モデルを用いて残りの 1 症例の生存期間を予測し、残余誤差を算出した。これを 35 パターン繰り返し、残余誤差の平均値を求めた。

線形重回帰モデルの残余誤差の平均は 205 日、サポートベクターマシンの残余誤差の平均は 155 日、人工ニューラルネットワークの残余誤差の平均は 243 日となった。

サポートベクターマシンを用いることで、神経膠腫患者の生存期間を高精度に予測することができる可能性を示した。

Ai X 線 CT 画像を用いた胸椎海綿骨水平断における低骨密度分布領域の解析

HK3051 平野 正己

現代の日本では高齢化が進み、骨粗鬆症による患者数が増加してきています。骨粗鬆症による圧迫骨折は QOL の低下を引き起こすため、社会的に重要な課題とされています。骨の変化は海綿骨で顕著に現れます。海綿骨の変化をいち早く見つけるのは骨粗鬆症の診断にとって重要な事です。

そこで今回は X 線 CT 像を用いて胸椎の海綿骨のみを選択的に計測し、胸椎水平断中央部での前方、中央、後方の BMD 領域の測定し、胸椎における低 BMD 領域の検討を行いました。それと並行して、村松、森らの腰椎 BMD の前方、中央、後方の領域との比較検討を行いました。これにより、胸椎と腰椎での BMD 値の低骨密度領域の違いを検討しました。

最初に CT 値から BMD 値に変換するための検量線を作成し、胸椎椎体の海綿骨に 9 個の ROI を取り検量線を用いて CT 値から BMD 値を算出し、低 BMD 領域の分布を検討しました。

次に水平断椎体全体と各 ROI の差分を取り、最も差の少なかった ROI 番号を症例ごとにカウントし、椎体全体と各 ROI の関係性について検討しました。

その結果、胸椎椎体での低骨密度領域は腰椎と同様に前方部であることが分かりました。しかし、細かい ROI の区分で見ると椎体の辺縁から BMD 値が低下していく傾向が分かりました。男女別では腰椎と同様に男性よりも女性の方で BMD 値が低下する傾向があり、年齢別では年齢を重ねるごとに BMD 値が低下する傾向があるのが分かりました。このことから、胸椎椎体全体の BMD 値を測定するだけでは、胸椎前方部の BMD 値の低下は胸椎後方部の BMD 値により反映されず、見落としてしまう恐れがあるため、胸椎前方部と辺縁部の海綿骨の BMD 測定を加えることや、性別、年齢を合わせて考慮に入れることで、骨粗鬆症による圧迫骨折の予防、注意喚起等の対策を行うことができる可能性が期待できます。

CT を利用した電気泳動ゲルの画像化

HK3052 小松 藍

電気泳動ゲルの一般的な画像化法としてオートラジオグラフィという方法が知られている。このオートラジオグラフィではイメージングプレートを用いて、放射能を利用し画像化を行うため、非放射性物質の電気泳動ゲルの画像化ができないという問題がある。このため、非放射性物質の電気泳動ゲルの一般的な画像化法として知られているのが染色法である。染色法は、泳動されたたんぱく質のみを染色し観察可能にするというものである。しかし、この方法では手間や時間がかかるという欠点がある。そこで、CT による画像化について検討を行った。CT では減弱係数の差を利用し画像化を行うため、非放射性物質の電気泳動ゲルでも画像化は可能であり、染色法に比べより簡便に画像化を行えるのではないかと考えた。まず、ヘモグロビン (Hb) 溶液を電気泳動したゲルを染色し、イルミネータで観察した。そこで、Hb の分子量である 16 kD の位置にバンドが確認できたことから、Hb が適切に泳動されたことが確認できた。次に、Hb 溶液の電気泳動ゲルを CT により撮影し、染色法、CT により得られた画像の比較を行った。染色法では確認できていたバンドが CT 画像では確認できなかった。よって、今実験の条件で Hb のようなたんぱく質の画像化を行った場合、CT に比べ染色法で感度が良いということが確認できた。Hb は鉄とたんぱく質により構成される。成分に鉄が含まれる Hb でも CT 画像では確認できなかったため、Hb よりも減弱係数が高く、より CT 値が高いと予想される塩化ガドリニウム ($GdCl_3$) 溶液を電気泳動し CT により撮影した。その結果、濃度を一番高く設定した 50 mg/mL の $GdCl_3$ 溶液を注入したレーンのみ高信号が確認でき、そのほかのレーンには信号が確認できなかった。このことより、まず $GdCl_3$ のような減弱係数の高い物質の画像化であれば薄膜状の電気泳動ゲルでも画像化が可能ということがわかった。また、画像化には水溶液の濃度が大きく影響し、その濃度が高ければ高いほど画像化は可能になるということが確認できた。

K空間データの極座標系スキャンを用いたMR画像の再構成法

HK3055 最上 陸人

Radial scan は、体動によるアーチファクトの低減および撮像時間の短縮を目的とした撮像法である。一般的な撮像手法である Cartesian scan では、k 空間を平行に走査するのに対して Radial scan では円状にデータを走査する。また、Cartesian scan は低周波数領域を走査する projection が限られているため、その projection 走査時に患者が動いてしまうと体動アーチファクトが大きく現れてしまう。しかし Radial scan は全 projection において k 空間の中心部、すなわち画像データの大部分を含む低周波数成分領域を走査するため、ある projection において患者が動き、正しいデータが取得できなくても他の projection データにより平均化されるので体動アーチファクトが目立たなくなる。またどの projection も画像データの含有量の度合いが等しいことから、いくらか省略しても画像が得られる。よって撮像時間の短縮が可能である。以上のように Radial scan は優れた撮像法であるが、放射状にデータを走査するため、2次元逆フーリエ変換による画像再構成ができない。なぜならば2次元逆フーリエ変換はデータが縦横整列されていなければ適用できないためである。よって現在では Radial scan による画像を再構成するための様々な再構成法が提唱されている。実験ではその中で Filter Back Projection 法、Next-Neighbor Gridding 法、FOCUSS 法の3種の再構成法において、得られた画像の評価を行った。画像の評価方法としては Cartesian scan 画像を基準とした RMSE による物理評価と画像目視による視覚評価を行った。RMSE とは基準とした画像と比較対象の画像がどれだけ乖離しているかを示す指標である。物理評価では、基準画像に近い順から、FOCUSS 法、Filter Back Projection 法、Next-Neighbor Gridding 法となった。視覚評価では FOCUSS 法が粒状性が低く、最も優れた画像となった。Filter Back Projection 法は解像度は高いが、粒状性が劣っていた。また Next-Neighbor Gridding 法は画像全体がボケており辺縁部がつぶれており最も劣った画像となった。これらのことから視覚評価、物理評価共に評価が合致したため Radial scan に最も適した再構成法は FOCUSS 法であると考えられる。

プラスチックファントムの物理密度の放射線学的決定と深さスケーリング係数

HK3056 岩村 知香

放射線治療における吸収線量の基準媒質は水であるが、近年行われている強度変調放射線治療の実測検証ではプラスチックファントムが多く利用されている。このプラスチックファントムはセットアップが簡便である一方、密度が水と異なることから光子フルエンスと電子フルエンスに対するスケーリングを必要とする。光子に対しては深さスケーリング、電子に対してはフルエンススケーリングと呼ばれる係数が与えられることになる。これらのスケーリング係数の算出においては、使用するファントム密度のファントム間の相違に留意する必要がある。そこで、ファントムごとに放射線学的物理密度を決定し、深さスケーリング係数を電子濃度比と線減弱係数比による2通りの方法で算出することを本研究の目的として、ファントムの公称密度値を用いた場合との比較を行い、スケーリング係数に与える影響を評価する。プラスチックファントムとして RW3 と PMMA を用いた。基本データとして米国国立標準技術研究所 (NIST) による質量減弱係数と鶴巻等の研究により得られた線減弱係数を使用して、6 MV と 10 MV の X 線の実効エネルギーを決定した。これらの実効エネルギーと測定によって得た各プラスチックファントムの線減弱係数から物理密度を算出した。その後、プラスチックファントムの元素組成と得られた物理密度をもとに深さスケーリング係数を算出した。算出した物理密度は RW3、PMMA とともに公称値と 1% 前後の相違があり、エネルギー依存がみられた。深さスケーリング係数は、RW3 で電子濃度比では 6 MV で 1.023、10 MV で 1.020、PMMA でそれぞれ 1.151 と 1.144 であった。一方、RW3 で線減弱係数比では 6 MV で 1.020、10 MV で 1.004、PMMA でそれぞれ 1.149 と 1.136 であった。深さスケーリング係数では公称値を使用した場合と算出値を使用した場合の差は、最大で -1.3% であった。これらの値の妥当性については、原田等の実測検証によって明らかにする。

X線斜入時における散乱線除去ソフトの効果の検討

HK3060 多田 真也

X線撮影では画像のコントラストを低下させる散乱線の除去を行なうため、グリッドを一般的に使用している。しかしグリッドによるX線吸収を考慮し、画質維持のために撮影線量を上げることで被ばくが増加してしまう。またポータブル撮影において、患者の撮影状態によっては斜入が生じる恐れがある。それにより画像に濃度ムラが発生する可能性がある。

近年 Virtual Grid というソフトが開発された。Virtual Grid は検出した線量から被写体厚を算出し、その被写体厚から散乱線量を推定する。Virtual Grid のメリットとして、被ばく線量の低減やグリッドの重量による着脱時の負担軽減、さらにX線が斜入する場合であっても、グリッドによる吸収が生じないため、濃度ムラが低減される。しかしこの濃度ムラについて、どの角度までの斜入に Virtual Grid の効果が適応されるは不明である。そこで本研究では斜入を想定した胸部のポータブル撮影画像に対し、Virtual Grid の処理によって画質の改善効果进行评估する。具体的な実験としては、FPD とグリッドが傾いてしまう場合に発生する濃度ムラを物理評価として調べ、その際に見える方にはどのような差が生じるかを視覚評価する。視覚評価の際は評価用ファントムを新たに作成し、グリッド使用時、未使用時、Virtual Grid の3種類の画像を対象に実験を行った。

得られた事として、グリッドを用いないで撮影することにより濃度ムラは抑えられるが、散乱線によるコントラスト低下が画質に大きく関与してしまう。またグリッド使用時、未使用時に比べ Virtual Grid の方は今回の実験環境ではコントラスト改善が一樣ではなく、過補正、補正不足となる箇所があることが得られた。しかし、グリッド使用時よりも高い認識を得られる所があることから、検出器が傾いた際に、適切な散乱線推定が正確に出来れば、グリッド使用時よりも同等かそれ以上の画像が得られる可能性があるということがわかった。

リニアック標準供給のための線量計校正の高速化

HK3062 平山 憲

産業技術総合研究所は医療用リニアックからの高エネルギー光子線水吸収線量標準の供給を行っている。これにより、従来の ^{60}Co - γ 線を基準線質とした際に必要となる線質変換係数が不要となり、高エネルギー光子線の水吸収線量計測における不確かさが2.0%以下に改善される。しかし、リニアックを用いた電離箱の校正は1本の電離箱に対し2時間程度の時間を要するため、全国の医療施設への高エネルギー光子線水吸収線量校正定数の供給は困難である。本研究では、リニアック標準供給のために線量計校正の高速化を目的とし、電離電流比較による電離箱校正法の開発を行った。本研究で用いた校正手法は、ビーム出口付近に設置したモニタ電離箱の出力電流を基準として、水ファントム内に設置した標準電離箱および被校正電離箱の出力電流を比較することで、被校正電離箱の校正定数を決定する。この際、電流測定の読み取りタイミングのずれによって、校正定数のずれが生じる。これを軽減するため、電位計において行うフィルタ処理(AVERAGE, MEDIAN)の条件の検討を行った。さらに、より正確な校正を行うため、電離箱の出力電流の安定化時間の検討を行った。リニアックの瞬間的な変動や読み取りタイミングのずれにより、AVERAGE フィルタ処理を行った場合の測定値は、フィルタ処理を行わなかった場合に対して0.1%大きな値となった。AVERAGE および MEDIAN フィルタの処理を行うことで、測定値のばらつきを軽減することができた。各条件の測定値の平均に有意な差は見られなかったことから、測定時には AVERAGE 15 のフィルタと MEDIAN 5 のフィルタを用いることとした。電離箱の出力電流については、ビーム照射開始から300秒程度で電流値は安定し、印加電圧を変えた際にはすぐに安定したことから、校正時には照射開始から5分後に測定を開始し、電圧変更時は目視での安定確認で十分であることが分かった。従来の電荷測定による校正手法と電流測定による校正手法の結果の差は+0.01%であり、電荷測定の不確かさ0.1%の範囲内で一致した。また、本方法を用いることで、セットアップに要する時間を含め1本の電離箱の校正に要する時間を20分程度まで短縮できた。

泌尿器検査における被ばく低減について

HK3063 守 優介

経静脈性尿路造影検査では、女性被験者の生殖腺が被ばくするのは避けられない。本研究では、下腹部への被ばく線量を減らすためにアルミフィルタを用い、画質と被ばく線量を評価した。評価項目は相対コントラスト、CNR、視覚評価、線量測定である。

最初に下腹部への被ばく線量を低減でき、かつ診断可能な画質を維持するフィルタ厚を検討した。相対コントラストは空間周波数が高くなるとフィルタ厚による差が若干見られた。アルミフィルタは受像面に到達しない軟X線をカットするだけでなく、コントラストを生成する低エネルギーのX線も除去する。そのため実効電圧が上昇し、被写体コントラストが低下する。

ランドルト環チャートを用いた視覚的評価においても、試料の薄い部分ではフィルタを厚くするほど開口方向を回答する正答率は下がるが、試料の厚い部分では正答率に差がないことがわかった。フィルタを厚くすると低エネルギーX線が除去され、実効電圧が上昇するために被写体コントラストは低下する。更に、受像面への到達線量が減少するので粒状性が低下する。

線量測定では3mm厚フィルタを用いると、性腺への被ばくが30%減少することが分かった。更にアルミ厚を増やすことにより、更に被ばく線量を低減することが可能である。

経静脈性尿路造影検査はヨード造影剤を用いるので、元来高い被写体コントラストが得られる。そのため、高い実効電圧で少ないX線量でも膀胱や尿管などの形状は十分に識別可能である。従って、下腹部をアルミフィルタで投影する方法は診断価値を損なうことなく生殖腺の被ばく線量を低減することが可能である。

以上、3mm厚のアルミフィルタを下腹部に投影する方法は、被ばく線量を低減し画像への影響も少ないことから、臨床的に応用可能である。

造影剤の分子量に依存したMR画像

HK3064 田中 勇祐

現在臨床のMRIではGd-DTPAやGd-EOB-DTPAなどのGdを使った造影剤が使用されている。これはGdに T_1 値の短縮作用があるため、造影剤の部分が高信号となることが利用できるためである。また、造影剤の分子量によってMR画像の信号が変化することが報告されている。Gd造影剤に分子量が大きいタンパク質が結合すると緩和度が大きくなり、 T_1 値と T_2 値の短縮効果が大きくなる。タンパク質が結合する造影剤の例には、Gd-EOB-DTPAがある。そこでEOB以外にもタンパク質が結合し、MR画像を得る上でよりよい造影剤があるかもしれないと考え造影剤と分子量によるMR画像の関係性について研究を行った。

本研究では新規の造影剤Gd-ADTPAを創製し、その性質をMRIで評価した。Gd-ADTPAはGdとADTPAを結合させて合成し、その分子量はGd-EOBと同程度である。濃度を0.12mmol/LになるようにADTPAに $GdCl_3$ と Na_2CO_3 を加え25°Cで1時間反応させた。その後、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)で精製し、GdとADTPAが結合したGd-ADTPAを取り出した。また取り出した物質がGd-ADTPAかを判断するために質量分析を行った。今回分子量を増やす目的で付加するタンパク質にAlbuminを使用した。作製したGd-ADTPAに濃度の異なるアルブミンを加えたもの、加えていないもの、生理食塩水のみ4つの試料を作製し、MR信号を測定した。 T_1 値はIR法の原理を用いnull pointとなる反転時間(TI)を測定により決定した。その後、算出式を用い T_1 値を算出した。 T_2 値は最小二乗法によるfittingにより算出した。各試料の結果を比較すると、 T_1 値はAlbuminを加えた試料のほうが短縮していた。 T_2 値はAlbuminを加えた試料のほうが上昇していた。 T_1 値は予想通りの結果となったが、 T_2 値は予想通りいかなかった。またこの T_1 値から緩和速度、緩和度を算出した。この結果、緩和度はAlbuminを加えた試料のほうが上昇していた。これらのことからGd-ADTPAもGd-EOB-DTPAと同様に、タンパク質が結合し分子量が変化することによってMR画像が変化することがわかった。

LINEのトーク機能を利用した医療画像読影 Learningの試み

HK3067 高根 信明

近年、診療放射線技師に求められている画像診断の読影補助業務を行うにあたっては、その基本となる画像診断学等の学習比重をどの過程から開始すべきかを論議されているのが現状である。そうしたなか、学生保有率 100% のスマートフォンを用いて解剖学や臨床画像の学習をゲーム感覚的に学生の段階から容易に取り組むことの出来る学習法を構築した。先行調査として本学科 4 年生 50 名に次のアンケートを試みた結果、①スマートフォン保有者数は 100%。②本研究で使用するアプリケーションソフトの LINE 利用者数は 100%。③解剖学や画像診断学を苦手としている学生は 47 名の 97%。④日常的な 1 日あたりの LINE 使用時間は、1～2 時間 58%、1 時間未満 26%、2 時間以上 14%であった。以上より、使用する LINE の機能はトーク・LINE@ の 2 種類を用いた。その結果、トークでは、①出題者を日替わりにする。②既読無視をしない。という基本ルールを設定したうえで 5 名程度の少人数グループを作成して行うことでゲームのように読影の学習が行えた。回答した問題の成績は LINE 内機能の LINE スケジュールを使用して、○・×・△の記号管理にて成績推移を見ることとした。また、インターネット上で見つけた学習に有益な画像や動画が著作権の問題でトーク上に送信できない場合、当該ホームページの URL をテキストでトークに送信すればトーク画面からアクセスが可能となり情報の共有化が容易であった。LINE @では、自己学習や復習用に著者が開設したアカウントであり、一覧から番号を選んで送信するとそれに対応した画像が表示される。本アカウントは対人ではなく、画像には極力解剖名の載っている基礎的なものを選んだため、時間帯や場所を気にせずに学習ができた。

以上より、LINE の普及率や使用時間、場所、参考書などの持ち物を選ばない等の点から、LINE は画像読影 Learning に用いるのに簡便で、利便性の良いアプリであることを示唆した。

金ナノ粒子含有抗体リポソームの合成と *in vitro* 評価

HK3068 俣田 優紀

がんの治療方法には外科的手術、化学療法、放射線治療がある。その中で、患者負担の少ない放射線治療が選択される場面が増えてきた。しかし、放射線感受性が著しく低い組織や臓器にできる腫瘍に対しては、適用外となる場合も少なくない。これらの組織や臓器にも放射線治療を行うことを可能にすることを目的として、放射線増感剤の開発研究が進められている。しかし、従来の放射線増感剤には、腫瘍特異的に集積する機能がないため、副作用が強くなり、効果の検証の不足があったり、臨床に用いられた例は殆どない。我々はこれまで、金ナノ粒子に放射線増感効果があること、金ナノ粒子をリポソームに封入し（以下 AuLipo）、リポソームの細胞取り込みを介して、金ナノ粒子を HeLa 細胞（ヒト子宮頸がん細胞）や NB1RGB 細胞（正常ヒト繊維芽細胞）内へ送達できることを報告してきた。

本研究では、がん細胞で過剰発現している EGFR に対する IgG 抗体を修飾することで、標的指向性を持った金ナノ粒子含有抗体リポソーム（以下、抗体 AuLipo）を作製する。抗 EGFR 抗体を還元剤で断片化し、還元型 IgG とし、架橋剤を介して AuLipo に修飾する。IgG 抗体の分子量が 150 kDa であることから、ヒンジ部のジスルフィド結合を切断した還元型抗体の分子量が約 75 kDa となる。還元処理後、10kDa の透過膜で限外ろ過し、還元型 IgG を濃縮し、電気泳動を行った結果、還元型 IgG に相当する 75kDa のバンドが確認できた。さらに、還元型 IgG の SH 基とリポソームのアミノ基を架橋する架橋剤によって AuLipo に修飾し、抗体 AuLipo を合成した。細胞取り込み確認のため、金ナノ粒子を FITC で、リポソームをローダミン B で蛍光標識し、HeLa 細胞へ投与、数時間培養後、細胞核を Hoechst 33342 で染色し、レーザー共焦点蛍光顕微鏡で観察を行った。その結果、細胞核が青く、細胞質内に緑色の領域と斑点状の赤色の領域が観察された。以上の結果から、HeLa 細胞に還元型抗 EGFR 抗体が吸着し、エンドサイトーシスによりリポソームが細胞質内に取り込まれ、破断したリポソームから FITC 標識した金ナノ粒子が放出されたと考えられる。

超音波による腱の画像の研究

HK3069 山田 翔平

背景：超音波による検査は簡便で被爆もないため、被験者への負担は少ないが、視野が狭く熟練しないと診断に苦労することがある。リアルタイム性や軟組織の画質の点では他のモダリティより優れている場合もある。大視野を得るため、超音波装置の画像表示法には3次元表示や4次元表示やパノラミックビューなどが存在するが、今日ではまだ十分に臨床に生かされていないのが現状である。

目的：腱における大視野、3D 画像の構築により、超音波の欠点である小視野の改善が臨床にどう生されるかを検討し、他のモダリティ（MRI）との有用性を比較する。

実験方法：アキレス腱において、超音波装置の表示法である 3D 撮影、panoramic view を用いた画像収集、超音波動画および MRI 画像の MATLAB による 3D 再構成を行う。肩甲下筋腱において超音波動画および MRI 画像の MATLAB による 3D 再構成を行う。得られた画像が臨床に生かせるのか、また、モダリティの違いによる画像の比較を行った。

結果及び考察：超音波装置の 3D 表示では、従来の画像よりも内部情報が得られる結果となったが、panoramic view では従来の手法で走査した方が有意な画像が得られると考えられる。アキレス腱の MATLAB 再構成は、超音波画像、MRI 画像ともに評価できなかった。肩甲下筋腱での MATLAB 再構成により、モダリティ毎の断裂部位の描出の特徴がわかった。従来の超音波画像と比較すると、MRI の元画像の方が鮮明であったが、同じスライス面での本実験で作成した MRI の再構成画像は画像が粗くなった。

結論：超音波検査は MRI 検査に比べ、全体像が分かりにくく、局所的な観察しかできず、硬い組織の下に存在する構造物が見えない。しかし検査時間の短さ、操作の簡便さ、治療、危険性を考慮すると、腱を評価する際の最初の検査法は超音波装置の方が優位であると考えられ、精密検査をする場合には MRI 検査を追加する必要があると考えられる。

平坦化フィルタの有無による高エネルギー光子線の線質の変化

HK3073 鶴巻 郁也

近年、平坦化フィルタをもたない FFF (flattening filter free) ビームを照射可能な加速器が登場した。FFF ビームは照射野内の平坦度を確保することは目標としていないが、臨床上のメリットが大きいと注目されている。FF (flattening filter) ビームと FFF ビームの基本的特性を把握すべく、平坦化フィルタの有無による3つのファントム(水、RW3、PMMA)のビーム軸上および軸外における線質変化の定量的評価を行うこととした。2018年に駒澤大学に導入を予定しているFFビームとFFFビームの切り替え可能な直線加速器 TrueBEAM (Varian M S 社)を使用した。ビーム軸上と4つの軸外点でFFビームとFFFビームそれぞれを用いて、3つのファントムで減弱率を測定した。その減弱率から導出した線形回帰の傾きから線減弱係数を決定した。また、NIST (アメリカ国立標準技術研究所: National Institute of Standards and Technology) から公表されているデータを引用し6 MVのX線の実効エネルギーを推定した。ビーム軸上の線減弱係数に対する軸外の係数の相対的变化は、FFビームでは軸外距離に伴い線減弱係数は増加し、水において軸外距離8.7 cmですべてのファントム物質の平均が1.031増加した。一方、FFFビームでの線減弱係数の変化は、FFビームに比して緩やかで、同様の軸外距離で平均が1.004増加した。水ファントムにおけるFFとFFFビームの軸外距離に伴う実効エネルギーの変化は、FFビームでは、ビーム軸上で2.41 MeV、軸外距離8.7 cmにおいて実効エネルギーで140 keVのエネルギー低下が見られる。一方、FFFビームでは同様にビーム軸上で2.08 MeV、軸外距離8.7 cmで40 keVのエネルギー低下であった。軸外距離に伴う線減弱係数、実効エネルギーの変化はFFFビームに比してFFビームで大きくなり、平坦化フィルタの存在による低エネルギー成分の選択的ろ過によって、FFビームで実効エネルギーが高い値を示した。したがって、FFFビームに対して、FFビームのビーム軸上に向かって線質の硬化化がみられた。

ガフクロミックフィルム SP2 を用いたファントム内部線量分布測定

HK3074 鈴木 健太郎

ガフクロミックフィルム XR-SP2 (SP2) は、ガフクロミックフィルム XR-QA2 (QA2) と比較して感度が良いという利点があるため、一般撮影の線量分布測定に向いていると思われる。本研究では、ガフクロミックフィルムを用いた線量分布測定を行うために必要となるスキャン方法の確立、基礎特性の測定を行った。また、SP2とQA2の比較、またSP2によるファントム内線量分布の測定を行い、SP2とQA2の有用性を検討した。ガフクロミックフィルム SP2 の基礎特性として、線量依存性を測定し、その結果をもとにした自然環境下での SP2 と QA2 の比較、ファントム内線量分布の測定を行った。線量依存性の測定では、0.1~20.0[mGy] となる照射条件で、線量と画素値の関係を調べ、線量を画素値から算出する式を求めた。自然環境光での SP2 と QA2 の影響の比較では、24時間自然環境に放置後にそれぞれのフィルムを読み取り、比較を行った。ファントム内線量分布の測定では、タフラングファントムとタフウォーターファントムを用いて、胸部高電圧撮影の管電圧120kVで照射を行った。管電流は100mAに設定し、十分な線量を得るために照射時間を合計1.28秒となるように設定した。照射後は恒温槽に入れ22°Cの暗室で保管し、照射から24時間後にスキャナーで読み取った。

線量依存性として、0.5[mGy]以上の線量について画素値と線量の関係式が得られた。SP2の仕様上の線量域は0.5~50[mGy]であり、今回の実験では0.1、0.2[mGy]は測定できなかった。自然環境光の影響を比較した時、QA2では画素値の変動は200以内であったのに対し、SP2は画素値の変動が最大500と大きく、また不規則な変化を示した。ファントム内線量分布の測定では、タフウォーターが裏にある位置で表面付近の線量が増加した。これは、後方散乱の影響が考えられる。また、ヒール効果についても、タフラング上よりタフウォーター上で差が強く表れた。これについても後方散乱が要因であると考えられる。IPのようなX線吸収の大きなものではこのようなファントム内部の線量測定は不可能であり、フィルムの有用性が示された。

和牛と輸入牛のカリウム測定

HK3701 佐藤 匠

はじめに：2011年3月11日の東日本大震災により東京電力福島第一原子力発電所から広範囲の食品に放射性物質が含まれる事態が起こった。放出された核種はSr-90,Ru-106,Cs-134,Cs-137である。本実験ではCs-134とCs-137と化学的性質の近いカリウムについて着目し和牛と輸入牛のカリウムの含有量の違いについて行った。

原理：カリウムは細胞の代謝、酵素活性、神経や筋肉の興奮や収縮などの働きをつかさどる重要な物質であり細胞の中に90%、残りの10%は細胞外液に存在する。1日の摂取量の90%が尿中に排泄され、残りは便から排泄される。このカリウム摂取量が制限されているのが人工透析患者であり腎不全などにより腎臓の機能が低下すると血液のろ過が充分に行えず水分や老廃物のコントロールが出来なくなるため人工的に血液浄化をする。福島第一原子力発電所による影響として2011年7月から主に栃木県、宮城県の牛肉と卵に入っているCs-134,Cs-137の含有量が基準値を超えている。Csの測定法としてゲルマニウム半導体検出器とNaIシンチレーションスペクトロメータがありゲルマニウム半導体検出器は分解能力が高く定性、定量が有効な測定法であるが冷却が必要な欠点もある。NaIシンチレーションスペクトロメータは計数効率が高く核種分析が可能であり維持管理が容易だがゲルマニウム半導体検出器に比べ分解能が低い。

実験方法：ゲルマニウム半導体検出器を用い牛肉のカリウム測定を行い得られたK-40のカウントから牛肉全体のカリウム量を逆算して求めた。実験結果、考察：ゲルマニウム半導体検出器で3時間測定した結果最初の1時間でK-40のピークがみられた。牛肉100gのカリウム量は和牛210mg、輸入牛300mgと輸入牛が多い結果となった。

結論：食品から受ける自然放射線(K-40)は産地の違いで同じ牛肉でもカリウム量が増えることが分かった。

平坦化フィルタの有無による実効SSDの変化

HK3702 天沼 修人

現在、放射線治療では平坦化フィルタを用いないFFF(flattening filter free)ビームへの関心が高まっている。従来の平坦化フィルタを用いたビーム(FFビーム)と比較すると、線量率が高くなることによる照射時間の短縮という臨床面の利点がある。その一方で、ビームの特性の変化があり、従来のFFビームに比して線質が軟らかくなる。今後、これからの研究と発展に期待されている。この研究の目的は、平坦化フィルタの有無によるヘッド内の散乱線の変化に伴う実効SSDへの影響を検討することである。

本研究では、FFビームとFFFビームにおける実効SSD値を算出し、ビーム間の相違についてエネルギーと照射野サイズの影響を確認した。6MVと10MVのエネルギーを用い、4cm×4cm、6cm×6cm、10cm×10cmおよび15cm×15cmの正方形照射野において、定格治療距離からの変位距離であるギャップを-5cm、0cm、10cmおよび15cmとして実効SSDを推定した。FFビームにおける実効SSDは、6MVの4cm×4cm以上の照射野で100.4±0.2cm、10MVの6cm×6cm以上の照射野で100.0±0.1cmであった。一方、FFFビームの場合には6MVの4cm×4cm以上の照射野で102.0±0.2cm、10MVの6cm×6cm以上の照射野で102.7±0.3cmであった。FFビームの10MV、4cm×4cmの照射野の実効SSDは101.6cmと、同一条件の他の照射野の値よりも大きな値となった。また、FFFビームの10MV、4cm×4cmの照射野の実効SSDは103.5cmと、同一条件の他の照射野の値よりも大きな値となった。特異的变化を示した4cm×4cmを除くと、FFFビームにおいてエネルギー依存が確認され、6MVよりも10MVで実効SSD値が大きくなった。

深部量百分率PDDから組織最大線量比TMRへの変換処理において、実効SSD値が定格治療距離と異なることによる影響は両者の差に依存するが、実効SSDが103.5cmの場合、深さ10cmで0.3%、20cmで0.8%、30cmで1.2%となった。

動物関節軟骨の実験的変性に対する陰イオン性 Gd 造影剤を用いた定量化の検討

HK3703 川島 僚太

現在、臨床で使用されている関節軟骨部の画像診断は、MRI 装置での検査がほとんどである。MRI 検査の利点としては組織分解能が良いことや、非侵襲で特殊検査が可能とされている。また、整形分野の軟部組織疾患には MRI 検査が第一選択となる場合が多い。

近年の日本は高齢化に伴い、軟部組織疾患の一つである変形性膝関節症が増加している。この疾患は成因により「一次性」と「二次性」に分けられる。一次性とは、明確な原因がない場合を示し、具体的には加齢変化と筋肉の衰えや肥満、無理な動作などの多くの要因が絡み合って膝への負担となり、膝の関節軟骨がすり減って炎症を起こして発症する。一方、二次性とは、外傷や病気など原因が明確な場合を示す。また、変形性膝関節症の特徴として、変性した軟骨では、関節軟骨の成分の一つであるプロテオグリカン量（従ってムコ多糖蛋白複合体）が減少していることが認められている。プロテオグリカンは負に帯電しており、この密度は陰性固定電荷密度（fixed charge density; FCD[mEq/g wet tissue]）とも表現される。

本実験では、実験的に関節軟骨を変性させ、イオン性・非イオン性の Gd 造影剤を用いることで電気的な反発を起こさせ、T1WI 画像を作成し、プロテオグリカンの減少の定量化が可能か検討を行った。加えて、造影前後で軟骨変性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、非イオン性造影剤は電気的な反発は起こらないので変性前後で造影剤の増強率もあまり変化がなかった。一方、イオン性造影剤は電気的な反発が存在するので変性前に比べて変性後には造影剤が取り込まれた。

DKI 用のファントム作成とその有用性

HK3704 吉田 未智人

これまで、脳卒中の早期診断や腫瘍の質的診断では高い有用性が示されている拡散強調画像（Diffusion Weighted Image : DWI）が用いられている。しかし、近年これに代わる技術として拡散尖度画像（Diffusion Kurtosis Imaging : DKI）が注目されている。DWI は水分子のブラウン運動が正規分布していると仮定して画像化しているが、実際の生体では細胞膜などの微細構造があり、拡散が制限されているため、本来有する情報を画像化できていない。一方 DKI では、非正規分布に従う遷移確率密度分布を用いているため、この拡散が制限されている細かな情報を画像化することができる。DKI 用のファントムは様々な研究が行われているが、現時点では最適であるファントムは存在していない。そこで、ショ糖、アスパラガス、純生クリーム、アセトンを用いたファントムを作成して、DKI 用のファントムの有用性について検討した。

本研究では、50 ml のボトルを 9 つ用意し、各々作成したファントムを入れ、水を溜めた容器に沈めて撮像した。その結果、対象 24 ~ 33 歳の男性 13 人に対して錐体路を DKI で撮像したデータと比較すると、アスパラガスと純生クリームの乳脂肪分 47% はヒト錐体路の評価用ファントムとして、有用であることが分かった。しかし、本研究で作成したファントムは生ものであるため、腐ってしまい新しくファントムを作成する度に誤差となってしまう可能性があることが問題点として挙げられた。また、DKI 用のファントムは統一化されていないため DK 値が文献によって様々な値が出ている。このことから、最適であるファントムがあれば、DK 値のある程度の指標とすることができる。よって、腐ることなく半永久的に使用できるものがあれば全ての施設でファントムを統一することができ、DK 値のある程度の指標とすることができるようになることが望ましい。

現在もそういった最適なファントムを探しているため、見つかり次第、新たにファントムを作成する予定である。

乳癌における検査方法

HK2009 室井 麻希

日本における乳癌の罹患率と死亡率は女性で罹患率：第1位、死亡率：第5位になっている。本書では画像検査における乳癌に有効的な検査方法を考える。まず、乳癌の検査方法は視診、触診、画像検査、マーカー検査、生検がある。特に画像検査には超音波検査、X線CT検査、ヘリカルCT検査、乳管内視鏡検査、造影MR、マンモグラフィ、乳管造影法、核医学検査、トモシンセシスがある。その中でマンモグラフィ、超音波検査、造影MR、X線CT検査、トモシンセシスに注目した。各モダリティにはそれぞれ有用点と問題点がある。マンモグラフィでは石灰化や腫瘍の発見には適しているが、腫瘍の影正常な乳腺組織との識別が難しい。超音波検査では正常な乳腺組織と腫瘍の識別は用意にできるが極めて小さい石灰化を描出することは難しい。造影MRでは、乳癌の広がりや良性・悪性の判断を行うことができるが、患者への負担が大きい。X線CT検査では造影MR同様乳癌の広がりや良性・悪性の判断を行うことができるが、被爆の観点から患者へのふたんが大きい。トモシンセシスでは3Dでの病変が容易に確認できる。以上のことよりこれらの有用点と問題点を考慮しながら各モダリティを併用して検査を行うことが乳癌検査には有用だと考えた。

細胞培養に適したゲルの作製

HK2023 鈴木 優太

まず、細胞培養とは、多細胞生物から細胞を分離して体外にて増殖・維持することを言う。その細胞培養のためにはゲルが必要となる。一般的に例を挙げると、シャーレの中にある種のゲルを敷き、その上に細胞を置くことで培養する。このゲルの種類によって、細胞の増殖の仕方が様々である。また、細胞培養を円滑に進めるために細胞外マトリクス (Extracellular Matrix : ECM) が存在するとこれが、細胞の培養・増殖・分化の調整に関与していると考えられている。そこで、本実験では体内にも存在するたんぱく質である heparin (ヘパリン) のゲル化を行い、得られたゲルで細胞培養することを目的とした。実際に体内に存在する heparin を用いることでより医療にも実用的なゲルとなることを目指した。そこでまず heparin のゲル化に必要な mal-heparin を作製した。これは heparin に AEM (N-(2-Aminoethyl)maleimide Hydrochloride) を付着させておかないと架橋剤 (PTE-SH (4arm-PEG)) によってゲル化しないため付着させた。得られた mal-heparin に PTE-SH を加えたところゲル化した。そこでこのゲルを様々な条件 (混合比) でそれぞれゲル化の様子を観察した。そこで得られたゲル化の混合比に ECM (細胞外マトリクス) を加えた条件を加え、それぞれで細胞培養の様子を比較・検討した。すると、ECM を加えなかった細胞ではほぼ培養の様子は見られず、ECM を加えた条件では培養の様子が確認できた。これらより、細胞培養のためには ECM が必要だといえる結果になった。

FBP 法と OS-EM 法の収集サンプリング角度による画像の違いについて

HK2056 三澤 拓也

核医学の SPECT (single photon emission computed tomography) において、再構成法は非常に重要である。再構成法は従来より FBP 法が使われてきたが、高集積部にアーチファクトが発生しやすいなどの問題もある。近年 FBP 法に代わる再構成法として OS-EM 法が臨床で使用されるようになってきている。

本研究の目的は、サンプリング角度を変化させることにより、FBP 法、OS-EM 法のそれぞれの画像に視覚評価、物理評価を行い、比較検討することである。

今回の実験では、SPECT ファントムに ^{99m}Tc 水溶液を水で希釈し封入し、SPECT で撮影した。サンプリング角度を 3° 、 6° 、 11.25° (最大サンプリング) とサンプリング角度を大きくして収集し、FBP 法と OS-EM 法でそれぞれ再構成をした後に視覚による評価と解析ソフトによる物理評価を行った。

視覚による評価では、サンプリング角度を大きくすると FBP 法はストリークアーチファクトが大きく発生するが、OS-EM 法はあまり発生しなかった。物理評価ではサンプリング角度を大きくすると FBP 法と OS-EM 法のどちらもノイズレベルは上昇したが、FBP 法のほうが大きく上昇した。

ノイズレベルが上昇したのはサンプリング角度の上昇により検査時間が短くなったためであると考えられる。FBP 法はエッジ強調によりアーチファクトも強調されてしまったと考えられる。

このことにより、FBP 法はアーチファクトが発生しにくい適切なサンプリング角度を選択する必要があり、OS-EM 法はサンプリング角度を大きくしても変化が少ないため検査時間の短縮を期待することができる。

蛍光イメージングを用いた NASH モデルマウスの肝機能評価の検討

HK2065 五十嵐 拓磨

ICG は肝機能 (解毒能力) 評価に用いられる緑色の色素であり、肝臓に取り込まれた後、胆汁中へと排出される。臨床では、静注後に一定時間ごとに採血し、残留度を測ることで肝機能を診断する。また、蛍光マーカーとしても利用が可能で、近赤外蛍光造影による表在性血管の観察などに用いられている。そこで、ICG の特性を利用し、ICG からの蛍光をイメージングとして捕らえ、肝機能評価に応用することで、採血検査では不可能であった機能低下部位の特定が期待できると考え、本実験にて検討を行った。肝機能の評価対象として、NASH モデルのマウスを作成し、正常マウスとの比較を行った。NASH (nonalcoholic steatohepatitis) はアルコールを原因としない脂肪性肝疾患の総称であり、メタボリックシンドロームの肝病変としても考えられ、近年注目されている。両マウス群に、ICG を投与した後 5 分毎に IVIS (in vivo imaging system) にて撮影し、解析を行った。腹部の肝臓の領域に ROI を設置し、蛍光量を測定。ICG 投与前との相対値を取り込み率、投与後 5 分との相対値を洗い出し率として正規化し、肝機能評価を行った。

解析の結果、NASH マウスでは週の経過に伴う取り込み率の低下が認められた。一方で 8 週齢にて、正常マウスよりも 3 倍以上も高い取り込み率を示した。これは 8 週齢の NASH モデルマウスでは炎症が強く現れ、血流が亢進したと考える。さらに週の経過に伴い NASH が進行すると、炎症から繊維化へと移行し、取り込み率が低下したと考える。また、NASH の進行に伴う洗い出しへの影響は小さいことが認められた。一方で、週を跨いで撮影した正常マウスの結果はやや一定でなかった。これは消化管からの自家蛍光による影響と考えられる。

検討の結果、ICG による蛍光から NASH の進行を検出することができた。しかし、消化管からの蛍光が、肝機能評価にとって大きな弊害となることがわかった。この問題が今後の課題であるが、改善されることで、ICG を用いた蛍光イメージングによる肝機能の評価は十分に期待できる。

胸椎椎体海綿骨垂直方向（上方部・中央部・下方部）の解析における BMD 値の不均一性から考える圧迫骨折の過程の検討

HK2078 高島 広行

近年、日本は高齢化社会になっており、椎体圧迫骨折によって脊髄麻痺を生じるなどによって QOL が著しく低下することが社会的に重要な課題とされている。圧迫骨折は『いつのまにか骨折』とも言われ骨粗鬆症が要因とされており骨粗鬆症の診断においては BMD 値が中心的要因となっている。好発部位は胸腰椎移行部の第 12 胸椎、第 1 腰椎とされており、本研究では胸椎椎体海綿骨に注目した領域上方部、中央部、下方部の水平断面における局所的な BMD 測定を行い、BMD 値の不均一性を検討し圧迫骨折の過程を考察する。

本研究では、神奈川歯科大学死因究明センターの協力のもと、事前に遺族から研究用献体として承諾を得た 30 症例の Ai 全身 CT 画像を用いて、胸椎 BMD 値を垂直方向で三つ（上方部・中央部・下方部）に分けて解析を行った。CT 値を BMD 値に変換するために検量線を作成し解析を行う。解析結果より、各 3 領域で値が異なり不均一性が見られた。胸椎垂直方向の平均 BMD 値は上方部<下方部<中央部の順に高くなる傾向が見られたまた男女平均 BMD 値でも同じ傾向がみられた。女性の方が低い BMD 値を示し、女性が圧迫骨折を生じやすいと考えられた。年齢別の比較では上方部がどの年代においても最も低い値を示した。年齢が上がるにつれて BMD 値は全体的に下がっていき、年齢を重ねるごとに圧迫骨折をしやすくなることが分かった。しかし中央部の BMD 値は年齢を重ねてもほかの上方部・下方部よりも維持されていた。これらの結果から胸椎は中央部で力学的力を支えていると考えられた。また、上方部の BMD 値が低かったため、圧迫骨折の過程は胸椎では上方部からつぶれていくと予想された。

宮花、小林、の腰椎の結果では中央部で BMD 値の低下がおきるため圧迫骨折の過程は中央部からつぶれていくと予想され、胸椎と腰椎では圧迫骨折の過程が異なることがわかった。また胸椎と腰椎で筋肉の付き方が異なることも考えると骨粗鬆症を予防するだけではなく、ストレッチなど運動をすることで椎体を支配する筋肉をほぐし、椎体への負担を減らすことが『いつのまにか骨折』を予防する可能性として示唆された。