

平成8年度卒業研究論文発表要旨

<日時>平成7年12月21日

13:00~16:00

<場所>1号館201教場

視神経管撮影の検討について

834006	尾本恵里
834011	青木美穂
834018	海野泰宏
834022	成瀬由紀
834023	桃園綾
834029	山本亜友子
834039	佐々木庸浩
834043	鈴木航
834045	加藤博史

1. 目的

一般的に撮影が困難とされている視神経管撮影において、正確かつ、容易に行う事の出来る撮影法について検討及び考察を行う。

2. 使用器具

- ・ X線装置 TOSHIBA RF-500-150
- ・ X線CT装置 TOSHIBA TCT-60A-60
- ・ カセット 四ッ切
- ・ 増感紙 BM-III
- ・ フィルム FUJI RX
- ・ ドライスカル
- ・ 鉛分割器

3. 方法・結果

既に教科書で紹介されている、後前位法、戸塚氏法、レーゼ法、ハルトマン法についての撮

影を行う。各撮影を行った結果、以下の問題点がわかった。

- ・入射点の違いがある為、視神経管の歪みが生じる
- ・分度器や中心線を揃える為の撮影補助具が必要である。

これらを改善する為 CT の臨床データ、ドライスカルから解剖学的情報（正中線からの角度、ドイツ水平線からの角度）を得た。

	男	女	男女
右の平均角度	33.7°	32.5°	33.1°
左の平均角度	32.6°	32.5°	32.6°
左右の平均角度	33.2°	32.5°	32.8°
ドイツ水平線からの角度		13°	

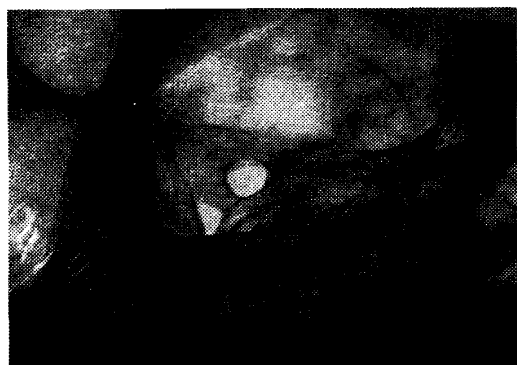
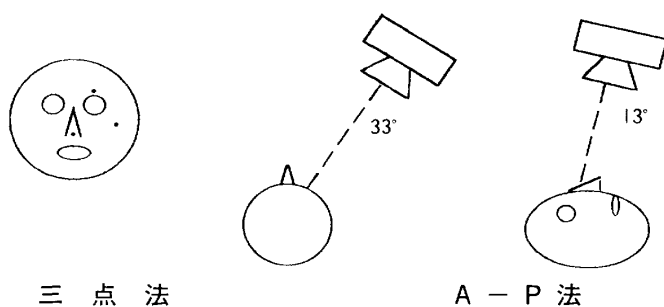
上の結果の表より私達は、三点法を考察した。三点法は次の様な体位、中心線をとる。

体位：検側の眼窩をフィルムとし、鼻尖、眼窩上縁、頬骨弓の三点をフィルムにつける。

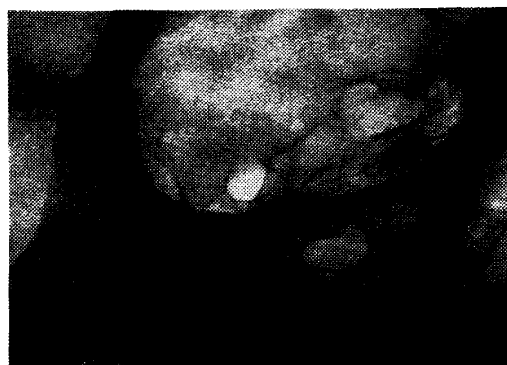
中心線：検側眼窩下端を射出点としてフィルムに垂直に入射する。

三点法は臨床データより得た視神経管の走行角度と体位がほぼ一致し、さらに患者頭部が安定し、射出点が判断しやすくなり、また撮影補助具を用いなくても撮影が可能となりました。次に外傷患者または P-A 方向で撮影が困難な患者に対して A-P 方向の撮影が重要でありこれについても検討しました。

前に記述した臨床データよりドイツ水平線を垂直とし X 線管を正中面に対し 33° 頭側へ 13° 向



三 点 法



A - P 法

けて検側眼窩下線を射出点とする方法を得ました。

その結果、視神経管は解剖学的に前頭側に位置することから、多少の拡大は生じますが、骨折の有無などの最小限の診断情報を提供しえる撮影手技であり救急時の外傷患者には有用であるといえます。

4. 結論

以上のことより、視神経管の解剖と臨床データより日本人の平均的視神経管の走行角度がわかりました。

P-A像における三点法では、正確に且つ、容易に視神経管撮影が可能となり、検査時間の短縮ができます。

また、A-P像における前後位法では外傷患者やP-A像が撮影困難な患者に対して有用であることがわかりました。

5. 参考文献

- ・ X線撮影技術学：江副 正輔 南山堂
- ・ 診療放射線技術 上巻 改訂第7版：立入 弘 南江堂
- ・ 日本放射線技術学会誌

(指導 榊 徳市 助教授)

^{60}Co 放射線治療における照射野効果の検討

834052 鈴木 華代

目的

神奈川県立がんセンターの ^{60}Co γ線遠隔照射装置を用いて、Slab Phantom一体型外挿電離箱の照射野に対する線量の変化を検討した。また、コンピュータを用いて、現在近似されている三次元の空間線量ガウス分布を仮定し、照射野と集電極の面積によって線量がどのように変化するかを求め、擾乱補正係数方法の検討を行った。

実験方法と結果

1. Slab Phantom一体型標準外挿電離箱

今回実験で使用した電離箱は、1992年ICRU Rep. 47 (32×32×15cmPMMA Slab Phantom

上に、検出器をのせて測定する場合、その値は吸収線量として用いることができる。)に従って、NESCO社と共同研究開発したものである。

図1にSlab Phantom一体型外挿電離箱の上面図と断面図を示す。入射面電極の材質はポリエチレンテレフタレートで、厚さは $14\mu\text{m}$ である。電離電荷空間は、支柱の高さを変えることにより、電極間距離を変化させることができる。集電極は $50.5\phi\text{mm}$ の円形で、この面にはカーボンが塗られている。ICRUによりSlab Phantomが電離箱と一体化していることがこの電離箱の大きな特徴である。電離電荷量の測定方法は、サンプリング方式を採用して、微小電流を正確に測定している。従来の測定方法は入力インピーダンスの大きい抵抗を用いオームの法則により測定しているが、今回は、スチロールコンデンサを用いた積分型コンデンサ蓄積により測定した。

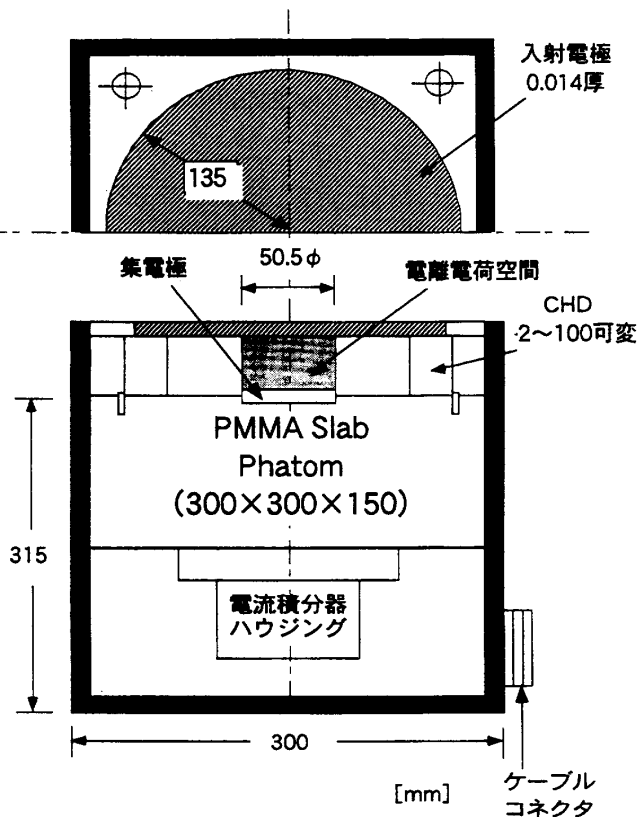


図1 Slab Phantom一体型外挿電離箱の状面図と断面図

2. $^{60}\text{Co}\gamma$ 線遠隔照射装置の実験パラメータ

エネルギー：1.25MeV (強度54.9TBq [1995.5の時点])

線源－電離箱間距離：380cm

電極間隙：2～100mm可変

壁厚：0.014、0.07、3、10mm

印加電圧： $\pm 150\text{V/mm}$

3. 実験結果

照射野一定で電極間隙に対する電離電流の変化を測定した結果、照射野が大きくなると電離電流が増えていることが分かった。また、照射野が大きくなると、入射面の壁厚の変化による電離電流の差が少なくなっていることも分かった。

4. 空間線量ガウス分布

電離電荷の測定は面積をもった集電極で行われるため、集電極の大きさで変化し、そのため電離電荷量は、平均値で表される。よって、電離電荷量がどのように平均化されるかコンピュータで空間線量ガウス分布のシュミレーションを行った。

集電極 (円、正方形) に入る線量をその面積で割り電荷収集電極大きさが 1 mmφの時の分布の頂点を 1 として規格化したものを図 2 に示す。図 2 より集電極の面積が大きくなると、その面積で平均化されるため、分布が平坦化してくることが分かる。これは、中心から離れるに従って、線量の分布が減少し、それを集電極の面積で割るため、集電極の面積が大きくなるほど線量の分布に影響されると言える。

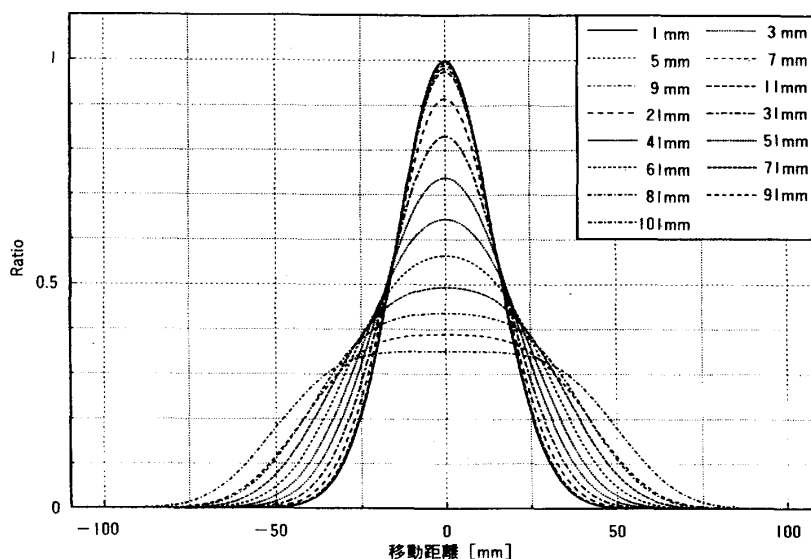


図 2 標準正規分布で近似した線量の分布 (2 次的)

5. 集電極による電離電流の変化

集電極の面積に対する線量分布の中心のデータをまとめてみると、2次元に考えたものと、3次元に考えたものでは、集電極の面積が大きくなるにつれて線量分布の変化に大きく違いがあることがわかる。実際には、線量分布は3次元なので、3次元で擾乱係数を考えなければならぬと言える。

結論

以上の結果より下記の事が分かった。

- (1) 照射野の大きさによる擾乱係数補正が必要である。
- (2) 今回の実験では、照射野が22cmSqの方が100cmSqに比べて、単一スペクトルに近くなるので良いと言える。
- (3) 電極間隙に関しては、空気による相互作用によって発生した二次電子が電極間隙が小さい方がひろえるので小さい方がよいと言える。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

実用外挿電離箱による深部吸収線量の測定

834017 羽 部 正 徳

1. 目的

実用外挿電離箱により、吸収線量を測定するために電離電流の測定を、電極間隙を変化させることによりその最も適当と思われる空洞の測定条件について検討する。

2. 電離電流の測定について

実用外挿電離箱は、電極間隙を変化させることで最も単位質量当たりの電離電流が最大になるところを求めることができる。また、入射側の壁厚を $70\mu\text{m}$ 、 3mm 、 10mm と変化させることで水晶体、皮膚、任意の深さの組織での電離電流を測定することが可能である。

・実験の照射条件

照射装置： ^{60}Co 遠隔照射装置— γ ray

SCD : 380cm

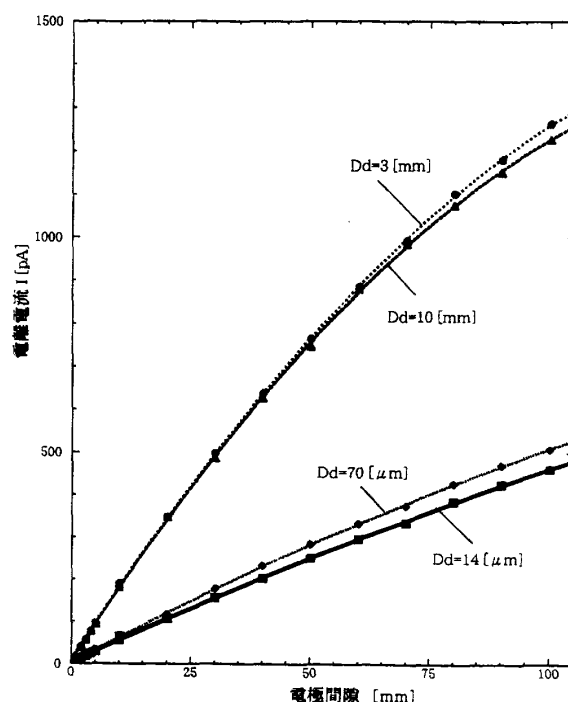
電極間隙：2、3、4、5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、 100mm

壁厚 : $14\mu\text{m}$ (電極のみ)、 $70\mu\text{m}$ 、 3mm 、 10mm

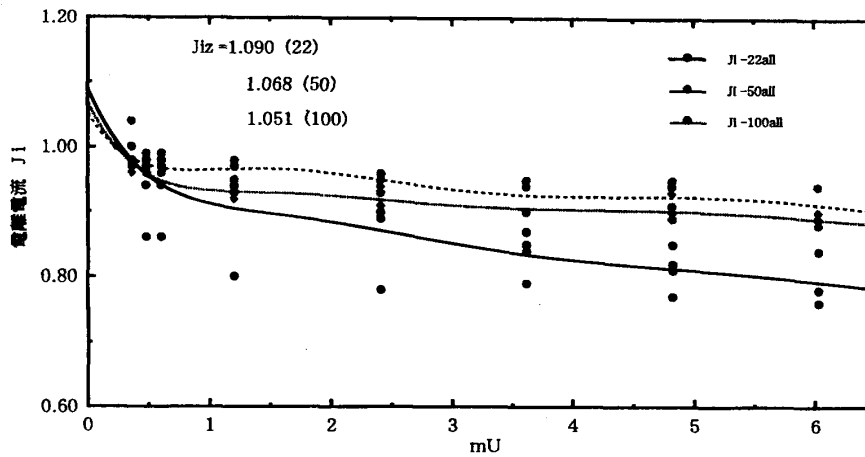
照射野 : 22、50、 100cmSq

3. 実験結果、考察

電極間隙を大きく変化させると、グラフ1の様に電離空間が大きくなるため、電離電流は多くなるが、グラフは直線には増加せず、グラフ2から空気の単位質量当たりの電離電流 (mU) は電極間隙を減少させるほど、その積分電流は大きくなり、mUが0.5付近で著しく増加する。この結果から電離電流を測定する際は、mU当りの積分電流を零外挿することで電離電流が最大になる値を得ることができると考える。



グラフ1 電極間隙に対する電離電流の変化



グラフ 2 各mUにおける積分電流Jiの外挿

4. 結論

実用外挿電離箱の電極間隙を変化させると、単位体積当たりの電離電流の変化が見られた。そこでmU当りの積分電流の零外挿による外挿値から、電離電流の最大値を求める事ができた。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

X-Ray診断領域におけるガラス線量計の有用性

834019 横山 快

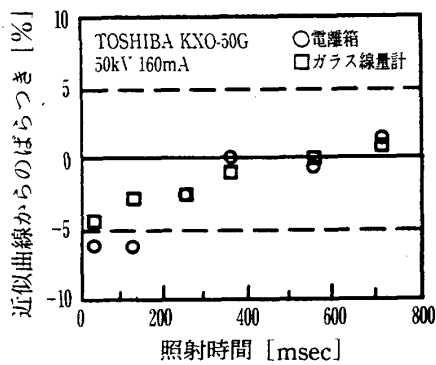
診断領域X-Rayの個人、環境モニタリングにおけるガラス線量計の有用性について、

1. 線量直線性、2. エネルギー依存性、3. 実効エネルギー測定の3項目から検討する。

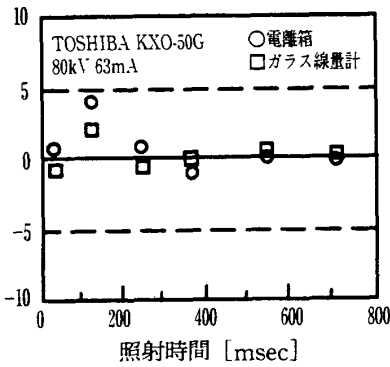
照射条件は管電圧を50,80,120kVとし、mAs値を比較対象であるPMMA SLAB PHANTOM一体型自由空気電離箱との相関をとる条件とした。実効エネルギーの測定ではAl、Al+Cu、KEY FILTERの3種による変化を測定した。なお、2. エネルギー依存性については電離箱との比較は行わず、単独で評価を行った。

1. 線量直線性

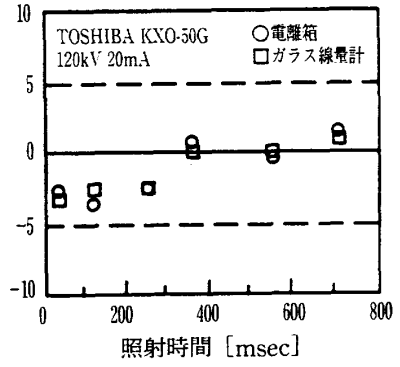
mAs値は照射時間を変化させることにより得、各電圧ともに低線量領域では±5%程度、高線量領域では±0.5%以下となった。電離箱との比較においても同等以上の直線性が得られた。(グラフ1、2、3)



グラフ 1



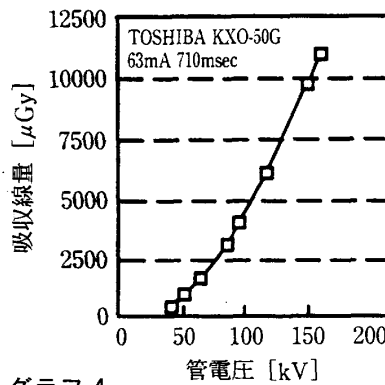
グラフ 2



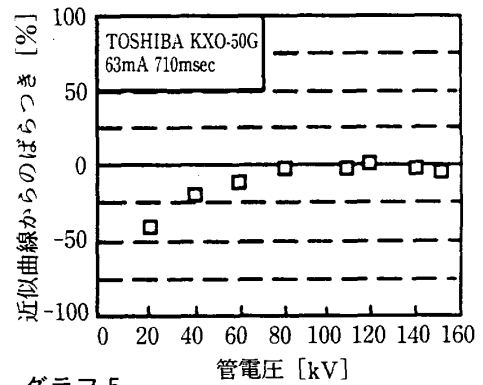
グラフ 3

2. エネルギー依存性

管電圧-吸収線量曲線は2次式で近似することができ、依存性については80kV以下では最大50%程度、80kV以下では±5%以内という結果になった。管電圧80kV



グラフ 4
管電圧に対する吸収線量変化

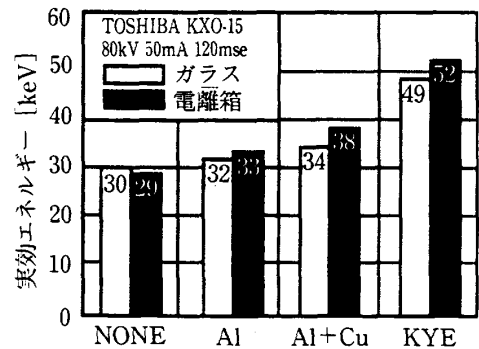


グラフ 5
2次近似によるエネルギー依存性

(実効エネルギー=約30keV)以下のX線については測定に注意が必要である。理由として素子内部に構成させる発光中心が線源側に偏るために読み取りが不十分になることがあげられる。(グラフ4、5)

3. 実効エネルギーの測定比較

単相装置であるTOSHIBA-KXO-15をX線発生装置とし、電離箱では半価層による測定、ガラス線量計では素子のケースに取り付けられている錫性楔型フィルターの透過差による換算で測定を行った。ガラス線量計の測定値の方が若干低値となり、NON-FILTERでは測定限界のため約30keVと測定された。ガラス-電離箱間の相関関係は得られなかったがほぼ同等の実効エネルギーが得られる。(グラフ6)



グラフ 6
各種フィルタによる実効エネルギー変化

4. 結論

1、2の結果から低電圧(実効エネルギー30keV) X線では感度が著しく低下し、低線量域で

変動係数が大きくなるが、高電圧で大線量であれば感度は良く測定できる。また、実効エネルギーは30keV以下では測定不能、もしくは約30keVとして測定される。一般撮影条件の範囲として不足であるが、CT、造影、透視下手術等、大線量を照射する検査のモニタリングとして、有用であり、素子数、測定回数を増やすことで精度のよい測定が行えることが確認された。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

^{60}Co γ-Rayにおける東芝ガラス線量計システムの評価

834044 阿部 恵利

1. 目的

最近、読取装置の全自動化が可能な窒素ガスレーザー式蛍光ガラス線量計が開発された。そこで今回はこのガラス線量計に注目し、「測定原理」「蛍光読取の原理」「基本特性の評価」を報告する。

2. ガラス線量計の測定原理

RPLとは、銀活性リン酸ガラスに放射線を照射し、後に窒素ガスレーザー（紫外線）で刺激をすると、オレンジ色（606nm）の蛍光を発光する現象である【図1】。この現象とRPLの蛍光量が放射線に比例する事が、ガラス線量計の測定原理となっている。

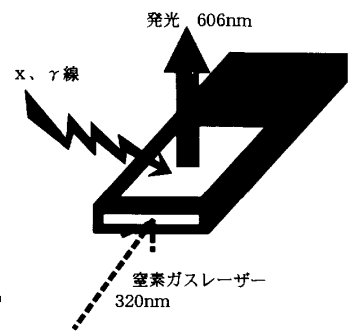


図1 ガラス線量計の測定原理

3. ガラス線量計の蛍光読取装置

蛍光ガラス線量計には、照射に無関係なガラス固有の蛍光成分（プレドーズ）があり、放射線照射によって発生する蛍光成分と分けて考えなければいけない。プレドーズは $1\mu\text{s}$ 以内で減衰し、放射線照射によって発生する成分は10倍程減衰が遅い為、プレドーズが減衰した後、蛍光をサンプリングし積分する事で、自動的に分離することができる【図2】。し

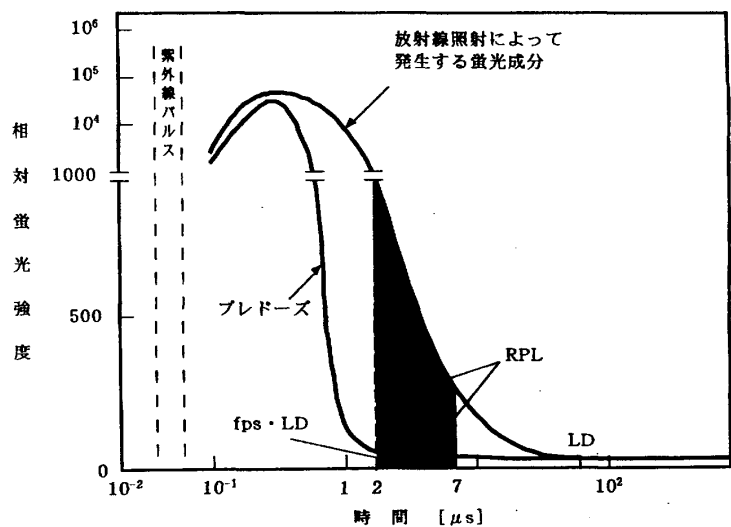


図2 ガラス線量計の蛍光読取原理

かし、プレドーズには減衰の遅いものも含むので、第二の積分時間での積分値 (LD) の定数倍 (fps) したものを差し引いている。また、読取装置内部には、リファレンスガラスを設けており、レーザーのパルス光のふらつきを補正している (REF)。

$$\text{蛍光読取值} = \frac{\text{RPL} - \text{fps} \cdot \text{LD}}{\text{REF}}$$

4. ガラス線量計の基本特性の評価

- ・素子間ばらつき…10個の素子に同線量を照射し、変動係数を求めた。
- ・積算によるばらつき…3個の素子を用いて、約3mGyずつ照射をし、3回積算した。
- ・読取装置の再現性…すでに照射(約3mGy・10mGy)した素子を時間をあけて読取を行った。
- ・ビルドアップ特性…約3mGy照射し、50℃・70℃で、それぞれ熱処理をした素子と、常温(20℃)のままの素子を時間経過で測定した。
- ・方向依存性…図の様に左右方向・上下方向、各9点ずつ測定を行い、相対感度として表した。

5. 結論

- ・素子間のばらつきは、約1mGy以上で変動係数が1%以内である。
- ・積算を行うほど、変動係数は大きくなる。
- ・読取装置の再現性は、±1%以内である。
- ・熱処理は70℃ 1時間で行い、冷却時間として1時間放置したものを測定する。
- ・上下、左右方向とも立体角60°以内は相対感度がほぼ1である。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

実用外挿電離箱によるフィルタ効果の解析

834041 馬 郡 正 昌

目的

被曝低減効果を目的として用いられている付加フィルタを、外挿電離箱を用いて評価した。

方法

評価方法は以下の2点から、フィルタ4種について行った。

- (1) JIS規格にもとづく線質評価

JIS規格に従い、減衰法から得た半価層、均等度、半価層換算による実効エネルギーの3項目から行った

(2) 電離電荷量波形の解析

1パルスという短現象における電離電荷収集過程をストレージオシロスコープとコンピュータにて解析した。解析は1パルスにおける電離電荷量を2回時間微分することで簡易的に入射エネルギーの変化を、また、入射X線の閾値(エネルギー)を立上りとして得た。

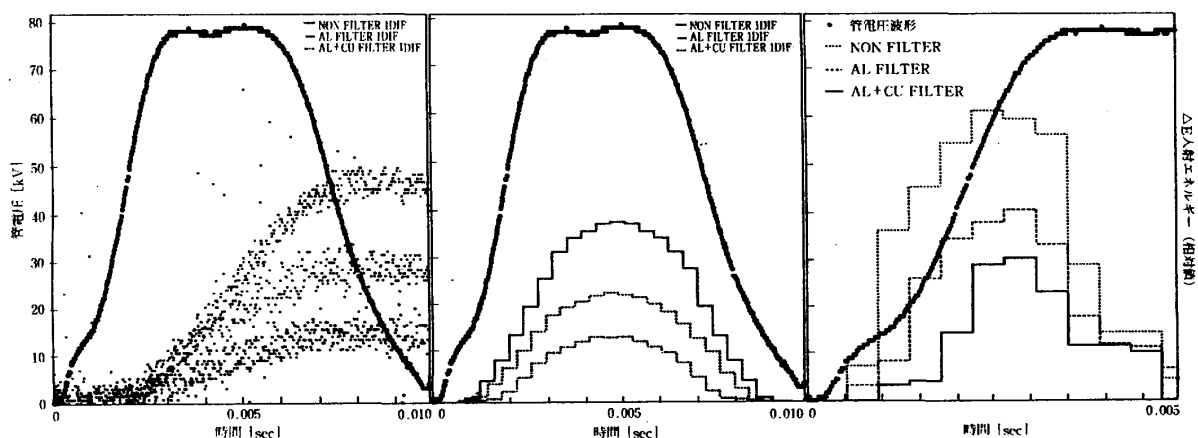
結果

結果1 (減衰法による結果)

	NON FILTER	AL FILTER	AL+CU FILTER	KEY FILTER
半価層 [mm]	2.17	2.96	4.20	7.45
1/4 価層 [mm]	3.30	4.04	5.51	8.18
均等度	1.52	1.36	1.31	1.10
実効エネルギー(電離箱) [keV]	30.0	32.0	34.0	49.0
実効エネルギー(ガラス) [keV]	29.5	32.9	38.4	51.8
減衰用フィルタ	: AL. 0mm~25.0mm			
管電圧 [kV]	: 80kV			
管電流 [mA]	: 63mA			
照射時間 [mSec]	: 125mSec			
	質量減弱係数: Radiation Dosimetry. 1			

結果2 (各種フィルタにおける経時的变化・微分波形)

閾値=NON: 13kV、AL: 16kV、AL+CU: 22kV



グラフ1 フィルタ3種における経時的電離電荷量波形

グラフ2 フィルタ3種における経時的1回微分波形

グラフ3 フィルタ3種における経時的2回微分波形

結論

(1)半価層、実効エネルギー、均等度の3点から、KEY、AL+Cu、AL、NON FILTERの順で

単一エネルギーに近い分布を持ち、高エネルギーであることが確認された。

(2) 1パルスごとの電離電荷量波形の立上り、立ち下がりにおける閾値が確認できた。また、時間2回微分を行うことで、簡易的な入射エネルギーの様子を確認できた。

課題

今回の実験によりフィルタの被曝低減効果が線量の観点から確認できた。今後は、画像画質の観点からCRシステム等と組み合わせ、被曝に対する定量評価を行いたい。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

CaF₂ : Mnの熱ルミネセンスとフォトルミネセンス

834015 田中 慶幸

1. 緒言

CaF₂ : Mn TLD 素子 (Harshow TLD400) の熱ルミネセンスとフォトルミネセンスを測定し比較検討した。

2. 実験

熱ルミネセンスとフォトルミネセンスは、測定試料として Harshow TLD400 を用い、日本分光分光蛍光光度計 FP-777 により測定した。熱ルミネセンススペクトル測定時の昇温速度は 0.7°C s⁻¹ である。

3. 結果・考案

192, 235, 279, 322°C で得られた熱ルミネセンススペクトルを図 1 に示す。発光強度は 279°C 付近で最大となり、約 500nm に極大値を持つ幅の広いスペクトルが得られた。この時、発光極大は 192~235°C で約 5nm 短波長側へ移動した。この発光は他の Mn²⁺ を含む TLD 素子の発光スペクトルとの類似性から Mn²⁺ からのものであることがわかる。また、50, 116, 167, 217, 268, 318, 333, 243°C で得られたフォトルミネセンススペクトルを図 2 に示す。励起スペクトルの測定から、332, 398, 440nm に極大が得られ、その中で最も強度の大きい 398nm の励起波長を用いて蛍光スペクトルを測定した。いずれの温度でも約 500nm に極大値を持つスペクトルが得られた。しかし、熱ルミネセンスと同様に発光極大は、217~268°C で約 5nm 短波長側へ移動した。また、発光極大強度は 50°C から 116, 167°C で高くなったが、さらに 217, 268, 318, 333°C と昇温す

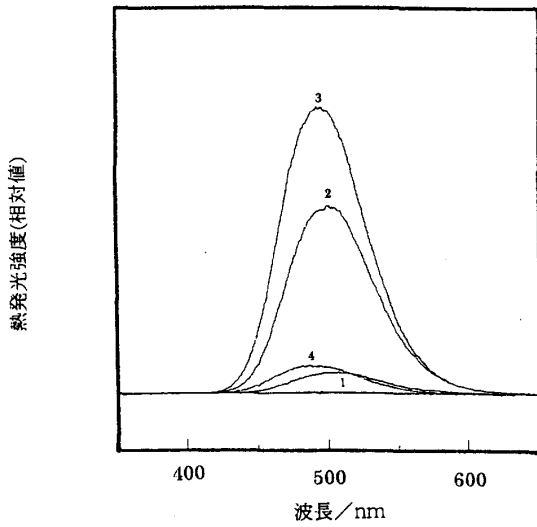


図1 熱ルミネセンススペクトルの温度変化
温度：1. 192°C, 2. 235°C, 3. 279°C, 4. 322°C

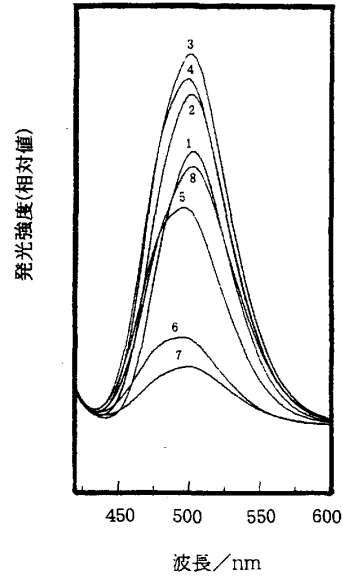


図2 フォトルミネセンススペクトルの温度変化
温度：1. 50°C, 2. 116°C, 3. 167°C, 4. 217°C,
5. 268°C, 6. 318°C, 7. 333°C, 8. 243°C

るに従い低下した。この発光強度の温度変化は、挙動が複雑な為、今回は解析できなかった。図1、2から熱ルミネセンス、フォトルミネセンス共に、発光極大はほぼ500nm付近にみられるが、温度上昇に伴って発光極大は短波長側へ移動している。このことは、昇温に伴い励起された電子が発光準位のより高い振動準位に分布する確率が増えたため、発光波長が短波長へ移動したものと考えられる。

(指導 山本 裕右 教授)

BaFBr : Eu発光体の輝尽性発光

834002 湊 涼子

1. 目的

CRシステムに使用されるIP(イメージングプレート)に使われている輝尽性発光体を合成し、その基本特性を測定した。

2. 実験

2.1 合成

BaBr₂を常法に従って合成し、市販のBaF₂およびEuCl₃・6H₂Oをモル比BaBr₂:BaF₂:EuCl₃・6H₂O=1.1:1.0:0.021の割合で水に懸濁し蒸発乾固後、150°Cで1時間乾燥した。

900°Cで1時間加熱処理後、メノウ乳鉢ですりつぶして輝尽性発光体 BaFBr:Eu とし、測定試料とした。

2.2 スペクトル測定

フォトルミネセンスは日本分光蛍光光度計 FP-777 を使用して、励起波長280nm で測定した。輝尽発光スペクトルはX線照射した試料を励起波長620nm で測定した。また、390nm の輝尽発光について輝尽励起スペクトルを測定した。光吸収スペクトルは日立分光光度計 U-3300 および付属の積分球を使用してX線照射前と照射後の吸収スペクトルを拡散反射法により測定し、両者の差をとった。

3. 結果と考察

フォトルミネセンスは390nm付近に幅の広いピークを示した。これは、Eu²⁺からの発光である事が知られている。輝尽発光スペクトルを図1に示す。この輝尽発光は390nmに幅の広いピークをもっている。両スペクトルの発光極大波長及び形状がほぼ一致することから、すでに報告されているとおり輝尽発光はEu²⁺が発光準位となっていることがわかった。輝尽発光スペクトルにおける390nmの発光が輝尽発光であることを確かめる為に、X線照射した試料に620nmの赤色光を当て続けた時の390nmの発光の発光強度の減衰を調べた。得られた結果を図2に示す。赤色光を当て続けると時間とともに発光強度は次第に減少した。このことから390nmの発光は輝尽発光であることが確かめられた。

光吸収スペクトルは、600nmおよび450nmに極めて弱く幅の広いピークを示した。これはすで

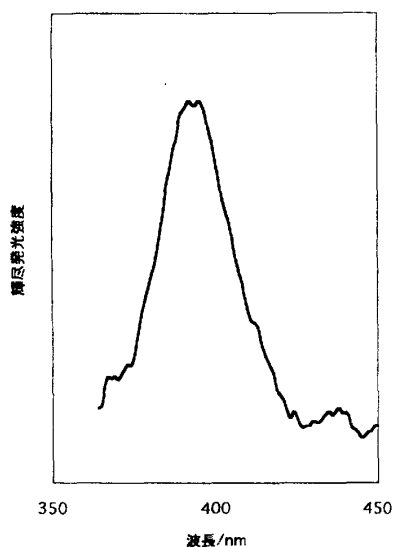


図1 BaFBr:Euの輝尽発光スペクトル
励起光：620nm

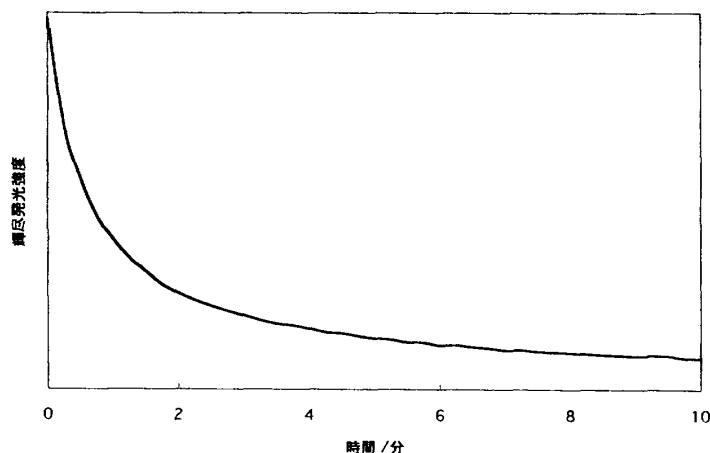


図2 X線照射したBaFBr:Euに赤色光を照射した時の
輝尽発光強度の減衰 赤色光の波長：620nm

に報告されているBr⁻イオン、F⁻イオンに対応するFセンターによる吸収であると考えられる。輝尽励起スペクトルは610nmに幅の広いピークを示した。このピークは、吸収スペクトルで600nmに観測されたBr⁻イオンのFセンターに相当するものと考えられる。よって輝尽発光にはFセンターが関与していると推測できる。

今後は輝尽発光強度を増加させる為にはどうすべきか、合成時の加熱処理温度について検討する予定である。

(指導 山本 裕右 教授)

Si半導体検出器に於けるε値の測定

833026 練 木 崇 郁

834032 石 井 亘 友

834050 後 藤 政 実

1. 目的

ε値 (電子正孔対を一对生成するのに必要な平均エネルギー) の測定をSi半導体検出器で行うことを目的とした。

2. 理論

Si半導体検出器のε値を求めるため、図1の様な回路を構成する。

エネルギーErのγ線により検出器内で生成される電荷量Qは、

$$Q = 1.602 \times 10^{-19} \times \frac{Er}{\epsilon}$$

である。このQがCfに蓄えられるため、

$$\frac{1}{Cf} \times 1.602 \times 10^{-19} \times \frac{Er}{\epsilon} = -V_o$$

となる。よって、Cf, Er, Voの値を知ることによりεを求めることができる。テストパルスVtを加えたときオペアンプが理想条件にあると仮定すると、Q=Ct×Vt=-Cf×Voという関係式が成立する。これより、Cf, Voの代わりに測定の簡単なCt, Vtを利用し以下の関係式よりε値を求めることができる。

$$\epsilon = -\frac{1}{Cf} \times 1.602 \times 10^{-19} \times \frac{Er}{V_o} = \frac{1}{Ct} \times 1.602 \times 10^{-19} \times \frac{Er}{V_t}$$

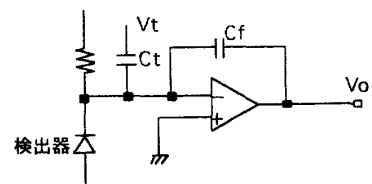


図1 測定回路

なお、入射 γ 線のエネルギー (Er) は ^{241}Am : 59.536keV、 ^{57}Co : 122.06keVという参考文献による既知の値を使用した。

3. 実験方法

Vt,Ctを測定し、 ^{241}Am : 59.536keV、 ^{57}Co : 122.06keVピークから前式より ϵ 値を算出する。

4. 結果

Vt,Ctの測定結果を表1、表2に示す。

表1 出力電圧の測定

241-Am		57-Co	
102型	506型	102型	506型
出力電圧 (15回) の平均値 (mV)			
2.45	2.18	4.92	4.41
校正値 (mV)			
2.33	2.01	4.69	4.20
標準偏差 (mV)			
± 0.040	± 0.072	± 0.044	± 0.040

表2 容量の測定

プリアンプ506型
測定容量 (9回) の平均値 = 1.224 (pF)
標準偏差 = 0.029 (pF)
プリアンプ102型
測定容量 (9回) の平均値 = 1.113 (pF)
標準偏差 = 0.006 (pF)

これより、 ϵ 値の算出値は以下の様になった。

$$^{241}\text{Am}-102\text{型} : \epsilon = 3.68 \pm 0.19\text{eV}$$

$$^{241}\text{Am}-506\text{型} : \epsilon = 3.87 \pm 0.34\text{eV}$$

$$^{57}\text{Co}-102\text{型} : \epsilon = 3.74 \pm 0.12\text{eV}$$

$$^{57}\text{Co}-506\text{型} : \epsilon = 3.80 \pm 0.16\text{eV}$$

5. 考察

文献に記されている値と、今回得られた実験値の比較を図2に示す。

この図より、実験値が文献の値に比較して、著しく異なっていない事が言える。

6. 結論

Si半導体検出器における ϵ 値をほぼ文献に近い値で求めることができた。

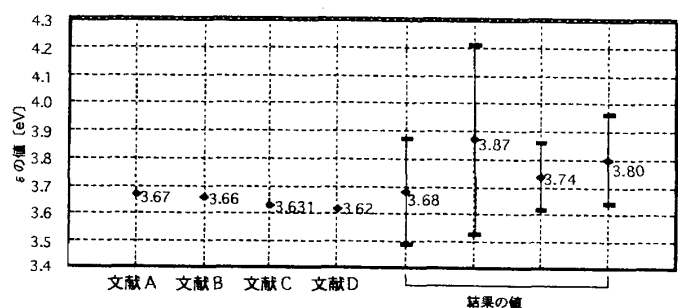


図2 ϵ 値の比較

(指導 青木 清 教授)

胃透視検査における術者の被曝

834020 岡村 尚哉

834031 白石 かをり

834056 原田 忍

1. 目的

私達は2年生での透視検査の実習の時、術者が体の不自由な患者さんに対して補助しながら検査をする事に気付き、プロテクターをしても被曝が多いのではないかと思いこのテーマについて実験する。

術者の生殖腺、甲状腺、水晶体の被曝を求める事により年間組織線量当量と年間の実効線量当量を算出して、法律（勧告）で定められている限度と比較し、防護の仕方について考える。

2. 方法

図1のように線量計を設置し、以下の様な条件で測定を行う。

(条件) 撮影：85kV、200mA、0.5sec

透視：95kV、1mA、1min

3. 結果

図2に生殖腺の年間組織線量当量、図3にプロテクターなしの年間組織線量当量、図4に年間実効線量を示す。

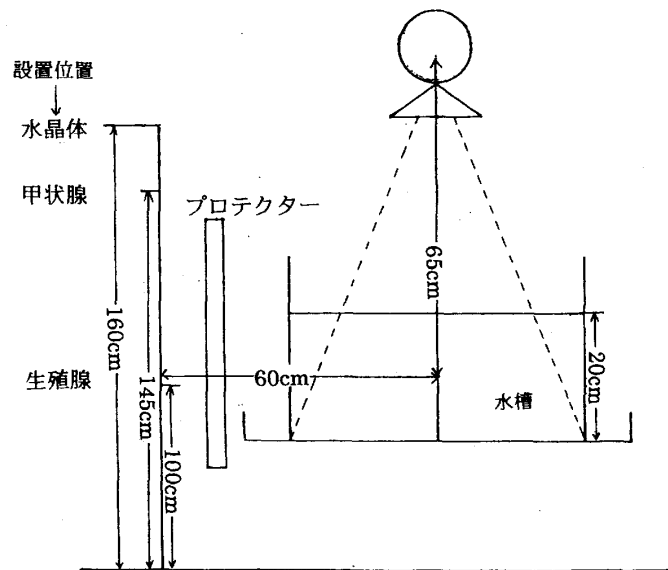


図1 線量計の設置図

4. まとめ

年間組織線量当量は、図2から分かるように生殖腺ではプロテクターの厚さによつての大きな減少は見られない。また図3より、プロテクターをつけていなくても生殖腺と甲状腺では年間組織線量当量の限度である500mSvを超えていないが、少ない被曝だとは言えない。水晶体では年間組織線量当量の限度を超えている。

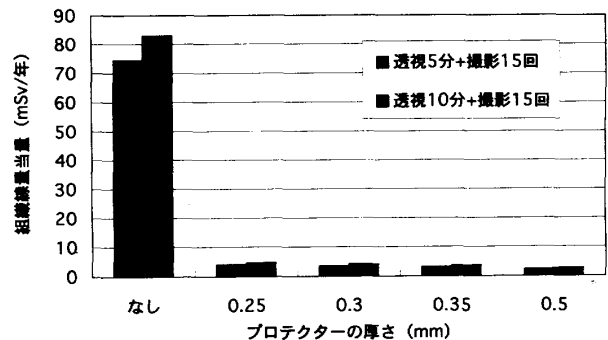


図2 生殖腺の年間組織線量当量

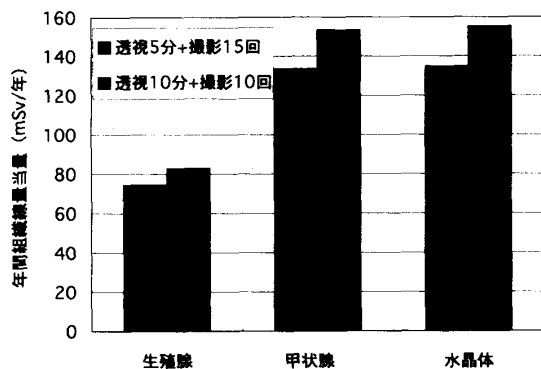


図3 プロテクターなしの年間組織線量当量

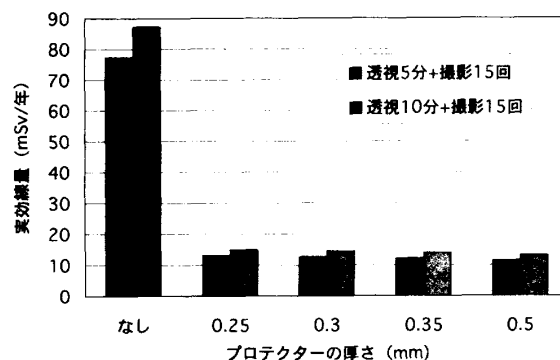


図4 年間実効線量

年間実効線量は、図4より、プロテクターをつけない場合、勧告の限度(20mSv)の4倍程度になる。しかし、プロテクターをつける事により限度以内にする事ができる。プロテクターに防護されている部分の線量に比べて防護されていない部分の線量が極めて大きいため、プロテクターの厚さによつての減少が見られない。

今回の実験より術者の被曝を軽減させるには

- (1) プロテクターは薄くてもつける
- (2) 甲状腺と水晶体についても防護する

という事が望まれる。

(指導 青木 清 教授)

胸部撮影における効果的な生殖腺防護

834009 原 秀 剛

834010 川 瀧 理恵子

834033 藤 野 昌 代

1. 目的

胸部撮影においてどのような防護方法が効果的なのか、またどの方向からの散乱線による被曝が多いのか、そしてそれは何によるものなのかを調べる。

2. 実験方法

実験1 防護の全く無い状態で胸部撮影を行う。また、胸部から受ける被曝はどのくらいあるのかについても、胸部ファントムと腹部ファントムの間に鉛を挿入して調べる。

実験2 効果的な防護方法について、以下の撮影条件で行った。

管電圧120kV 管電流160mA 照射時間0.04sec FFD 200cm

A) 防護のない状態、背面・両側面の3面防護、背面・両側面・腹面の4面防護について比較する。

B) 背面・側面・腹面のうちのどの方向の被曝が多いのかを調べる。

実験3 背面から入射する散乱線はどの辺りから発生するものなのかを調べる。

撮影条件は実験2と同様とした。

A) エックス線管中心点とファントム中心線を通る直線と平行で、女性生殖腺の高さの直線上に8点を取り、各点について測定を行う。

B) 可動絞りのエックス線束以外の部分を鉛で覆い、可動絞りからの散乱線を除去したうえでA)と同様(ただしエックス線管前方のみ)について測定を行う。

C) 線束内の空気分子による散乱線について考えるため、可動絞りと線量計との距離を一定にし、線束中心線と線量計との距離を変化させて測定を行う。

D) 線束内の空気分子による散乱線について考えるため、線束から外れたある点と照射口中心を結ぶ線上に6点を取り測定を行う。

3. 実験結果・考察

実験1 男女共に生殖腺に被曝があることが分かった。また、女性においては全被曝量のうちおよそ4割を胸部からの散乱線が占めていることが分かった。

実験2 結果を表1に示す。これより防護面を増すほど防護効果を高め、1面しか防護できない場合は背面防護を行うことで約39%の被曝を軽減できることがわかった。

表1 防護方法と生殖腺被曝線量

	男性の線量当量	女性の線量当量	女性の防護効果
防護なし	0.21Sv	1.44Sv	0%
防護3面	0.18Sv	0.81Sv	45%
防護4面	0.12Sv	0.67Sv	53%
防護背面のみ		0.88Sv	39%
防護側面のみ		1.18Sv	18%
防護腹面のみ		1.19Sv	17%

実験3

A) エックス線管の後方では線量が減少し、散乱線が後方で発生するものではないことが分かった。また、エックス線管の前方は増加傾向にあり、このことについては可動絞りによる影響と線束内の空気分子との相互作用による影響の2つが考えられる。

B) エックス線管の前方でエックス線管に近い位置で散乱線量が多くなっているが、これは

- 可動絞りからの散乱線によりもので、またこれが生殖腺被曝に関係しないことも分かった。
- C) 腺束から離れるに従って腺量は減少していくことが分かった。(この場合可動絞りからの距離は一定なので可動絞りによる散乱線は考えられない。)
- D) 照射口付近からくるものならば距離の逆二乗の法則に従い減少するはずであるが、異なる結果が得られた。このことから、これらの散乱線は線束内で発生したものであることがかなり有用であると考えられた。

4. 結論

- ①生殖腺被曝は女性が男性よりも多く、防護なしでは女性は男性の約6.9倍であった。
- ②女性において胸部からの散乱線の割合は約4割であった。
- ③防護効果（女性）は、背面のみで約39%、3面防護約44%、4面防護約53%であった。
- ④防護効果は防護面が多い程良好であり、特に背面防護を行うと効果的である。
- ⑤腹部背面に入射する散乱線はエックス線と空気分子との相互作用により生じると考えられる。

(指導 青木 清 教授)

高エネルギー粒子のエネルギー損失について

833003 加 賀 朋 子

833023 小 野 有 紀

目的

- (1) 一般撮影や放射線治療により、人体に放射された放射線エネルギーがどのように空気中の原子と衝突し、散乱するかを調べる。
- (2) その衝突により散乱線が減衰していく過程を理論的に調べる。

方法

- (1) 人体に放射された放射線エネルギーを ^{60}Co の1.25 [MeV] と仮定した。
- (2) 可視光域のエネルギーを波長から求めた。

* エネルギー換算式 $E=h \times c / \lambda$ [J] 又は、 $1 \text{ [eV]} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ [J]}$

但し、 $h=6.6 \times 10^{-23}$ $c=3.0 \times 10^8$ [m/s] $\lambda=700$ [nm] とする。

- (3) 入射された ^{60}Co の γ 線を減弱の式（コンプトン散乱のみ）より、可視光域のエネルギーに

変わるまでをプログラム計算し、グラフ化 (グラフ参照) した。

$$h\nu' = h\nu / \left\{ 1 + \frac{h\nu}{mc^2} (1 - \cos\phi) \right\}$$

(4) ^{60}Co の γ 線が可視光域のエネルギーに変わるまでをエネルギーごとに色分けし示した。

$1.25 \times 10^5 < E$ …赤

$1.25 \times 10^4 < E$ …紫

$1.25 \times 10^3 < E$ …黄

$1.25 \times 10^2 < E$ …緑

$1.25 \times 10 < E$ …青

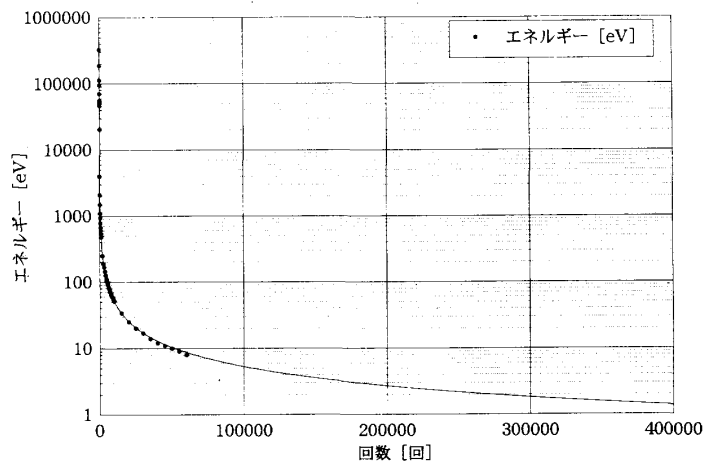
$1.75 < E$ …水色

(5) 以上の過程をBASICを用いてプログラム化し、実行する。

結果

結論

(1) γ 線のエネルギーは、1万回付近までは急激な減少を示し、およそ1/10000となる。また、その γ 線が可視光域に至るまでは、約40万回のコンプトン散乱による衝突を繰り返す必要が在ると言える。



グラフ 衝突回数によるエネルギー減弱の関係

(2) 1.75 [ev] の可視光域になる過程において、その大部分をエックス線が占めている。

(指導 清水 忠良 教授)

CTの画像構成

833001 栗崎佳織

833013 是枝志穂

目的

医学では人体内部を、より定量的に、ノイズを少なく、短時間で画像処理を行えるよう画像処理技術は急速に進歩をとげてきた。そこで今回は、シェップとローガンの補正関数による文献より

・投影（実験値）から原画値への再構成法、画像の鮮明度向上のための計算法、高速画像処理計算法を検討した。

投影値（実験値）から原画値への再構成法

はじめの条件として

$$x=0 \text{ のとき } y=y_0 \quad \cdots \cdots 1$$

$$y=0 \text{ のとき } x=x_0 \quad \cdots \cdots 2$$

直線の式 $ax+by=c$ に、1、2 を代入する。

$$by_0=c : ax_0=c$$

ここで

$$x_0 \cdot \cos\theta = t \quad \cdots \cdots 3$$

$$y_0 \cdot \sin\theta = t \quad \cdots \cdots 4$$

3、4 式より

$$x_0 = t / \cos\theta : y_0 = t / \sin\theta$$

3、4 に 1、2 を代入すると

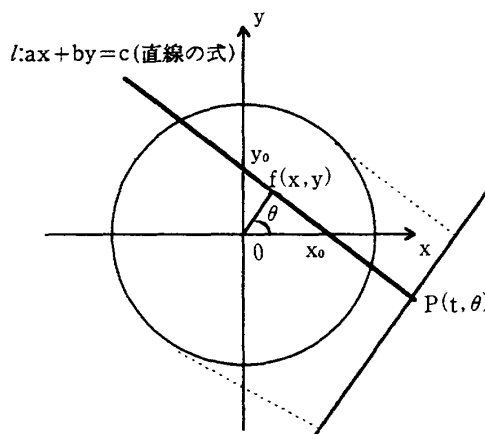
$$a = c \cos\theta / t \quad \cdots \cdots 5$$

$$b = c \sin\theta / t \quad \cdots \cdots 6$$

直線 $ax+by=c$ に 5、6 を代入

$$(c \cdot \cos\theta / t) \cdot x + (c \cdot \sin\theta / t) \cdot y = c \quad \therefore \boxed{x \cdot \cos\theta + y \cdot \sin\theta = t}$$

したがって直線 1 上の任意の点 (x, y) は、 $t = x \cdot \cos\theta + y \cdot \sin\theta$ と関係しているといえる。



投影法の概略図

画像の鮮明度向上のための計算法

任意の点を $f(x, y)$, 投影点を $P(t, \theta)$ とすると

$$P(t, \theta) = \iint f(x, y) \delta(t - x \cdot \cos\theta - y \cdot \sin\theta) dx dy$$

同じ角度 θ におけるすべての実験値 $P(t, \theta)$ から原画点 $f(x, y)$ を導くことができれば画像は再構成することができる。

$P(t, \theta)$ の t についての一次元フーリエ変換 $P(\omega, \theta)$ とすると

$$P(\omega, \theta) = \int P(t, \theta) \exp(-2\pi i \omega t) dt$$

逆変換は、 $P(t, \theta) = \int P(\omega, \theta) \exp(2\pi i \omega t) d\omega$

②式に、①式を代入する

$$P(\omega, \theta) = \iint f(x, y) \exp(-2\pi i (x \cdot \omega \cdot \cos\theta + y \cdot \omega \cdot \sin\theta)) dx dy \\ = F(\omega \cdot \cos\theta, \omega \cdot \sin\theta) \quad \cdots \cdots \text{投影定理}$$

ここで $F(X, Y)$ は、 $f(x, y)$ の二次元フーリエ変換

$$F(X, Y) = \iint f(x, y) \exp(-2\pi i(x \cdot X + y \cdot Y)) dx dy$$

$F(X, Y)$ を逆変換

$$f(x, y) = \iint f(X, Y) \exp(2\pi i(x \cdot X + y \cdot Y)) dx dy$$

これに $X = \omega \cdot \cos \theta$, $Y = \omega \cdot \sin \theta$;

$dX \cdot dY = |\omega| d\omega \cdot d\theta$ を代入

$$\begin{aligned} f(x, y) &= \iint f(\omega \cdot \cos \theta, \omega \cdot \sin \theta) |\omega| \exp(2\pi i(x \cdot \omega \cdot \cos \theta + y \cdot \omega \cdot \sin \theta)) d\omega \cdot d\theta \\ &= \iint f(\omega, \theta) |\omega| \exp(2\pi i(x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta)) d\omega \cdot d\theta \end{aligned}$$

最終的に $f(x, y)$ は次のようになり、実験値がわかれば原理的には計算により原画値を導くことができる。しかし、ここでの $P(t, \theta)$ には、散乱線による影響が全く考えられていない。そこで、散乱線を考慮する $\varphi(\omega)$: ウェイト関数を加えると

$$P(t, \theta) = \int P(\omega, \theta) \varphi(\omega) \exp(i\omega t) d\omega,$$

$$P(\omega, \theta) = \int P(\omega, \theta) \varphi(\omega) \exp(i\omega t) dt$$

$\varphi(\omega)$ はウェイト関数

高速画像処理計算法

ここまでで、鮮明度の向上がはかれたが、膨大な量の画素について逐次演算を行うため計算時間が長くなってしまふのが、最大の問題である。

次の式は下図のような分布を示す $\varphi(\omega)$ の一例である。そこで計算時間を短くするために、この図のように分布している ω の積分区間を大きくとることによって時間の節約をこころみることができる。

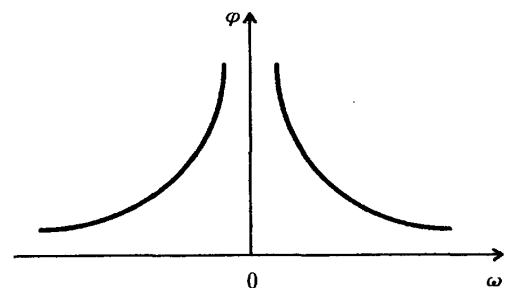
$$\text{例 } \varphi(\omega) = \left| \frac{2}{a} \sin\left(\frac{\omega a}{2}\right) \right| \left[\frac{\sin(\omega a/2)}{\omega a/2} \right]^2 \quad (\omega \neq 0) \\ (a = 2/m) \quad (m : \text{スライス数})$$

ω の積分区間を大きくとって、時間の節約を試みる。

結果

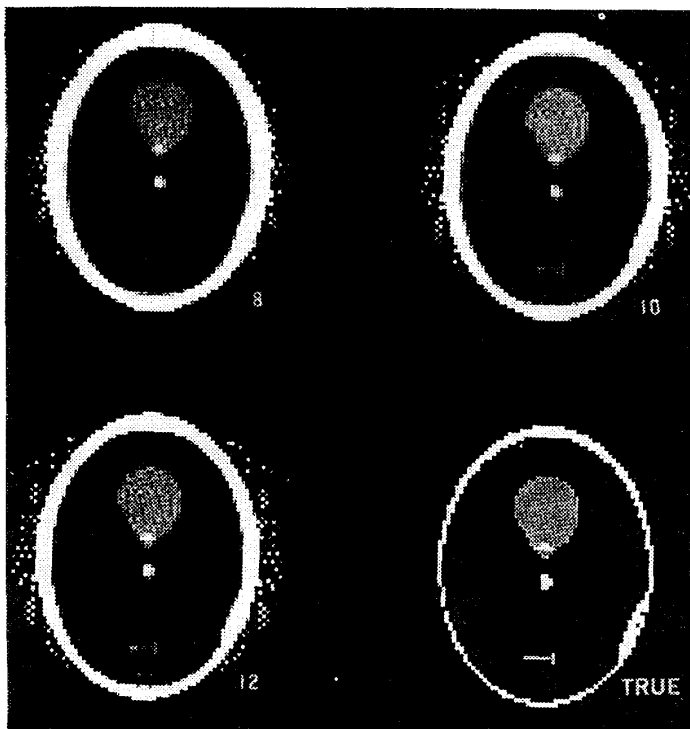
本来はできるだけ狭い積分区間で計算することが最善であるが、画像に影響を及ぼさない範囲で ω の積分区間をどれだけ広くとることができるかを模擬実験によってシェプとローガンが証明したものが右に示す画像である。

右下：実際のファントムの画像



(ω は0以外である。)

左上：8回再構成を繰り返したもの
 右上：10回再構成を繰り返したもの
 左下：12回再構成を繰り返したもの
 (Shepp and Loganより)



結論

- SheppとLoganの補正関数による
- ・ 投影値 (実験値) から原画値への再構成法
- ・ 画像の鮮明度向上のための計算法
- ・ 高速画像処理計算法を学んだ

参考文献

- IEEE Transactions on Nuclear Vol. NS-21, June 1974
- 医用画像診断装置、岩井善典 齊藤雄督 今里悠一、コロナ社
- 医用X線像のコンピュータ診断、鳥脇純一郎 編
- 医用画像処理、尾上守夫 編、朝倉書店

(指導 清水 忠良 教授)

連星パルサーの離心率変化について

- 834016 矢 口 亜 輝
- 834024 宮 本 由 美
- 834049 味 村 江里子
- 834053 細 沼 直 也
- 834055 山 野 英 樹

目的

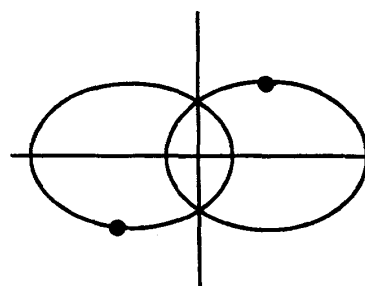
連星パルサーPSR1913+16の公転周期は一定期間毎に短くなり、やがて衝突し、その際大量の重力波を放出すると言われている。衝突までの時間はいろいろ考えられているが、正しいといえるものは存在しない。そこで私達も衝突までの時間を線形近似で求めた四重極公式から、

公転周期と離心率の変化を推測し求めてみる。

性質

PSR1913+16は、2つの連星から構成されており、楕円軌道を公転している。軌道のもつ離心率は0.617で、この軌道を公転している星の周期は1年に76 μ secの割合で減少し、同じ重心をもつ2星はやがて衝突すると考えられている。

パルサーからは電磁波がパルス状に放出されており、パルス周期は0.059secとなる。



結果

公転周期、及び離心率の減少率をプログラムによって求めた結果、発見時を初期値とした場合の公転周期の減少率は、1秒当たり 2.40187×10^{-12} sec、1年当たりに換算すると、 7.57453×10^{-17} 、1年当たりでは 5.69314×10^{-10} である。このことから、衝突する時間は、約3億年後であるという結果が得られた。

考察

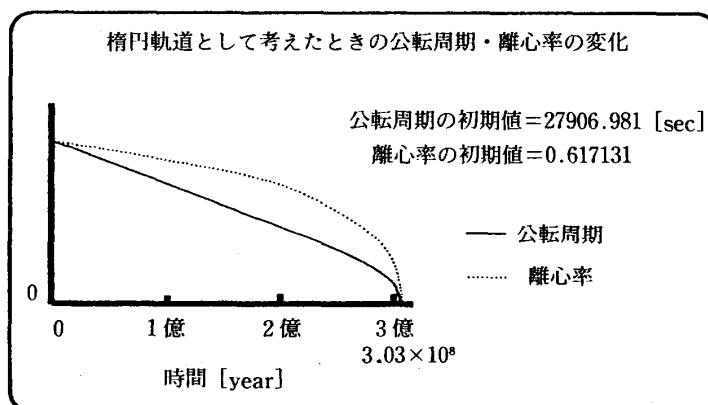
1 > 円軌道と楕円軌道との比較

離心率0.617131 (楕円軌道) を 1×10^{-38} という 0 に近い値に変え、パルサーの軌道を円形に近似して計算した結果、円軌道では離心率の変化はなく、公転周期のみが減少し、衝突するまでの時間はおよそ16億年となった。楕円軌道における衝突までの時間はおよそ3億年であることから、およそ13億年の差を生じる。

公転周期、離心率の変化率をグラフに示すと右図のようになる。

公転周期は、およそ2億5000万年くらいまで直線的に減少し、衝突すると思われる3億年の当たりで、急激な減少となる。離心率はグラフより、公転周期より長い値をもつことが分かる。

このことから、衝突直前まで楕円であると考えられる。



楕円軌道として考えたときの公転周期・離心率の変化

2 > J・H・Taylorの観測値との比較

下に示してあるTaylorの観測値はTaylorが1978～1982年の間に、実験、観測で得た値を計算した結果であり、この値は理論値と見事に一致し、重力波の研究に大きな影響を与えた。その値と今回の計算値とを比較すると、 10^{-n} のオーダーでの違いであることが分かる。

また、Taylorの計算値との比較により、公転周期及び、離心率の値が小さくなると、減少する割合が大きくなることが分かる。

		計 算 値	Taylorの計算値
公転周期 [sec]		27906.981	27906.9807804
離心率		0.617131	0.6171308
減少する割合	公転周期 [sec/sec]	-2.40187×10^{-12}	-2.40251×10^{-12}
	[sec/year]	-7.57453×10^{-5}	-7.57654×10^{-5}
	離心率 [/sec]	-1.80528×10^{-17}	-1.80576×10^{-17}
	[/year]	-5.69314×10^{-10}	-5.69466×10^{-10}

J・H・Taylorのデータは『第13回GRG会議報告（1992年）』による。

※GRG: General Relativity and Gravitation

(指導 清水 忠良 教授)

生物のチトクロムCのDPマッチングについて

833034 野 口 周 平
 834008 諸 田 笑美子
 834012 堀 満美子
 834034 木 暮 記代子
 834040 佐々木 美 和
 832003 中 野 純 子

1. 目的

ヒトとイヌ、ヒトとヒマワリについて、DPマッチングを用いて、チトクロムCのアミノ酸配列を比較し、進化の度合いを知る。

2. 実験方法

2つのパターンの要素間の整列化を能率的に行うことができるDPマッチングを用い、ヒトに対する、動植物及び菌類のパターン化の類似度を、図にして比較した。

3. 結果及び考察

以下に例に取ったイヌとヒマワリを、パターン化にした図を示す。

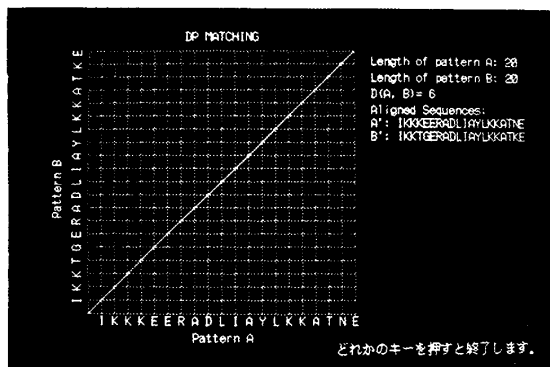


図1-A ヒトとイヌ

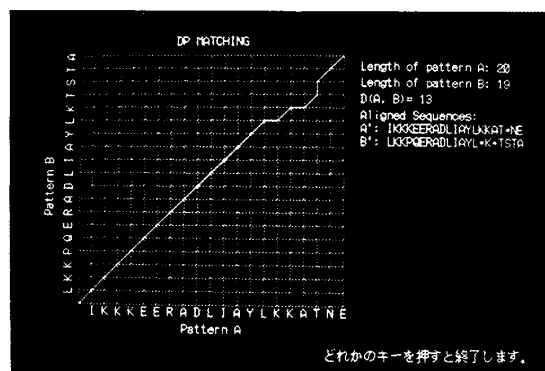


図1-B ヒトとヒマワリ

以下にDPマッチングによる表を示す。

表1 ヒトと動物、植物及び菌類の相同性

	チトクロムCの数	ヒトとの差異数	ヒトとの相同性
ヒ ト	104		(100%)
イ ヌ	104	11	93 (89.4%)
ニ ワ ト リ	104	13	91 (87.5%)
ガラガラヘビ	104	14	90 (86.5%)
マ グ ロ	103	22	81 (78.8%)
ヒ ト デ	104	29	75 (72.1%)
カ イ コ ガ	103	29	74 (72.1%)
カタツムリ	104	30	74 (71.1%)
ヒ マ ワ リ	103	35	68 (66.3%)
アカパンカビ	103	36	67 (65.4%)

表1 ヒトと動物、植物及び菌類の比較

	ヒトとの 差異数	ヒトとの 差異数×2	DPマッチング後 のヒトとの差異数	挿入・脱落の数 (*の数)[個]	DPマッチング 後の類似度
ヒ ト					
イ ヌ	11	22	11	0	22
ニ ワ ト リ	13	26	13	0	26
ガラガラヘビ	14	28	13	2	28
マ グ ロ	22	44	19	3	41
ヒ ト デ	29	58	21	8	50
カ イ コ ガ	29	58	26	3	55
カタツムリ	30	60	30	0	60
ヒ マ ワ リ	35	70	29	7	65
アカパンカビ	36	72	30	7	67

ヒトとの相同性を見ると、例えば、イヌは93 (89.4%)、ヒマワリは68 (66.3%)である。(相同性とは、チトクロムCの配列が一致している数の比率を言い、比率が大きいほどヒトと近い配列を持っているということである。)又、ヒトとの類似度を見ると、イヌは22、ヒマワリは65となり、類似度の値が小さいほどヒトに進化が近いことが言える。また、DPマッチング前後の比率では、単純に差異数を2倍にしたものと、DPマッチングによる類似度を比較することにより、イヌの場合は変化が無いが、ヒマワリの場合はDPマッチング前が70となり、類似度は65となっている事より、DPマッチングによって補正が行われ、より正確な類似度が求められると言える。

4. 結論

単純に比較しても出てくる答えは同じだが、DPマッチングを行なうことにより、ヒトから離れば離れる程、補正、改善され、より正確な広範囲での生物進化が判断できた。

今後の課題としては、同類例えば被子植物の中から数種類選び、チトクロムCを用いたDPマッチングを行いその結果を比較することが考えられます。あるいは、脊椎動物に限られるが、ヘモグロビン α 鎖を用いてDPマッチングを行い、ヒトと比較し更にこの結果とチトクロムCでの結果を比較するなどの事も行なえるのではないかと考えられる。

(指導 榎尾 英次 助教授)