

平成6年度卒業研究論文発表要旨

<日時>平成6年12月21日

13:00~16:00

<場所>仏研-1

ニューラルコンピュータによる画像の認識について

832025 鈴木雅巳

830028 今関雅晴

831037 鈴木史子

832012 玉木礼子

1. 目的

手書きの漫画のキャラクターを4種類、ニューラルコンピュータに入力し、学習させ、それを認識させる。

2. 実験方法

パーソナルニューラルコンピュータ『NEURO-07』の3層のバックプロパゲーションモデル「道真」を用いて以下のように実験を行った。(図1)

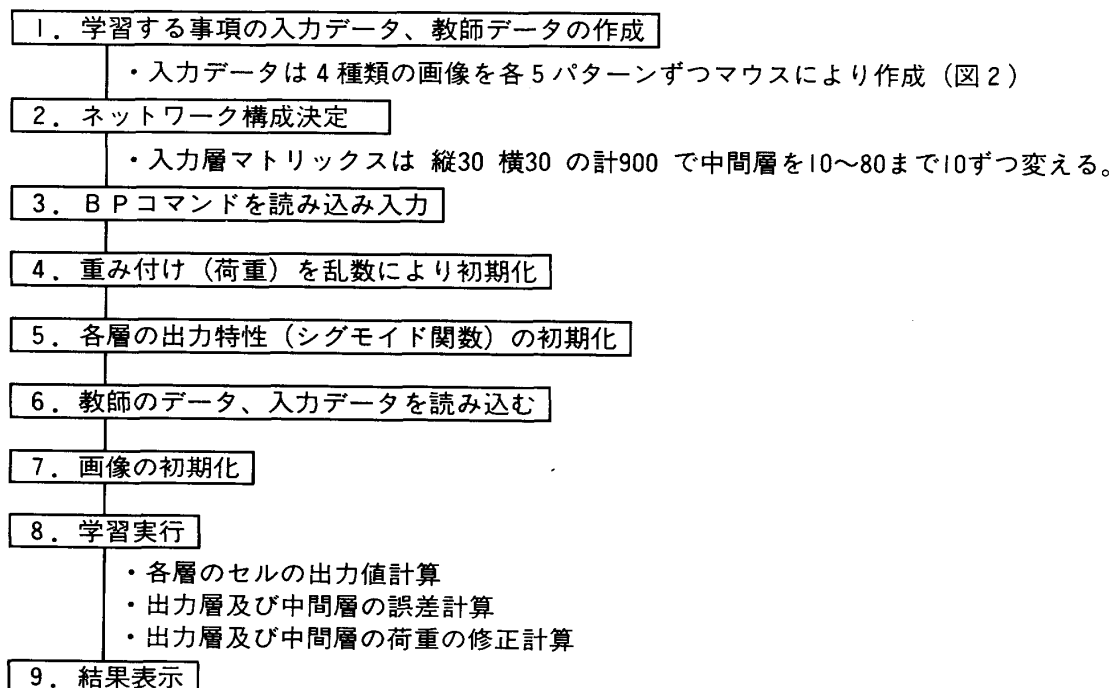
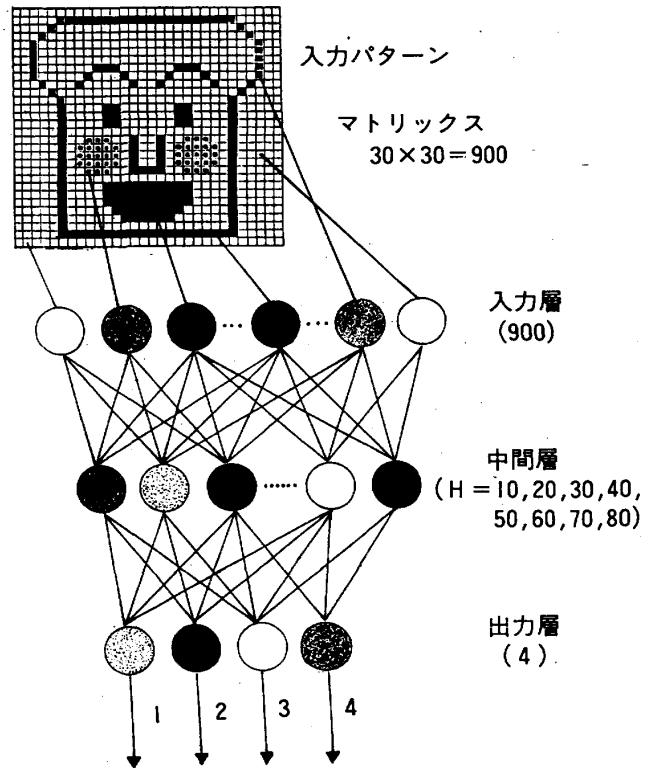


図 1

3層のバックプロパゲーションモデル



3. 結果と検討

(1) 誤認識パターン数 = 0 になるまでの学習回数と中間層の関係 (図 3)

中間層の大きさと無関係に変化をする。その中でも、最も少ない学習回数で誤認識パターンが 0 になるのは中間層 40、70 の時であった。

(2) 教師信号と誤差 2 乗和と中間層の関係 (図 3)

中間層が増加するにつれ、教師信号との誤差 2 乗和は減少していく。

		＜入力パターン＞				
カ テ ゴ リ 名	1					
	2					
	3					
	4					

図 2 入力データ

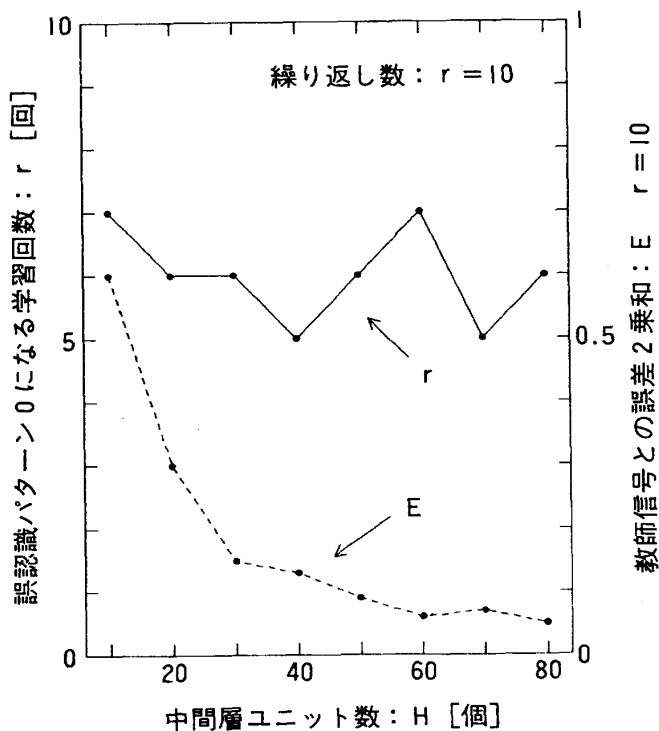


図3 中間層ユニット数と学習回数、誤差2乗和の関係

(3) (1)、(2)、より、教師信号との誤差2乗和が小さく、さらに誤認識パターンが0となる学習回数も小さいことを満たす中間層ユニット数の最適条件は、中間層70の場合と考えられる。

4. 結論

- ・ニューラルネットワークによる画像(キャラクター)を学習、認識させることができた。
- ・実験結果より、誤認識パターンが一番少なく、誤差2乗和が低い値を示した中間層70の時に最適条件である。

(指導 檀尾英次助教授)

エックス線撮影用被検者補助マットについて

831038 菅野将敏
 831056 豊田隆幸
 832048 古山美佐子
 832035 見座昌平
 832014 嶋村和也
 832010 茂田井仁

1. はじめに

臨床の場では、患者中心の医療を行うことが最も重要である。従って診療放射技師が撮影、検査等を行う場合、まず患者のことを考え、その上で診断に適した写真を得ることが大切である。しかし実際は、患者に不快な思いをさせることが多い様に思われる。その一つとして撮影台の冷たさ、堅さがあげられる。この問題点を取り除く手段の一つに「撮影台にマットを敷く」という方法がある。これにより患者の苦痛を和らげることが可能となる。

撮影、検査等の際に用いるマットには、適度なクッション性、保温性を保ちながらも、エックス線吸収の少ない材質、厚さであること、また加わる圧力に対し、体が沈みすぎて画像に歪みを生じさせることのない耐圧性が要求される。さらに、検査の際に溶液等がこぼれた場合、マットに染み込みにくく、汚れの落としやすい材質であること、繰り返し使用に耐えうることも併せて要求される。

2. 実験目的

今回我々は、上記の条件を満たすマットを調達し、そのマットを臨床の場で使用した場合に問題があるか否かを調べるために、材質試験用マットを用いて実験を行った。

エックス線吸収の割合、画像に与える影響の有無について、実験を行い検討したので報告する。

2. 1. 使用器具

測定試料	化学樹脂製マット 厚さ 3.5cm
エックス線装置	POLYTOME U PHILIPS SUPER M80
制御装置	SUPER M80
エックス線管	SRO-2150 PHILIPS
フィルター	2mmAl
照射線量計	MODEL 500 (ラドコン) VICTREEN INC
管電圧測定器	MODEL 400 VICTREEN INC
指頭型離箱	MODEL 550-3
アクリル板	厚さ 1mm : 4枚 5mm : 1枚
カセット	FUJI EC
増感紙	TOSHIBA EM
フィルム	FUJI RX
マイクロデンシトメータ	2045型 RIKADENKI
エックス線テストチャート	KYOKKO TYPE 1
アルミニウム階段	25段 (厚さ 1段 : 1mm)

2. 2. 材質試験用マットについての解説

a) 形状について

大きさ：横幅40cm 縦幅30cm

厚さ : 3.5cm

全体の形状：直方体

b) 素材について

内装：化学繊維

外装：ビニルレザー表皮

c) 構造について

化学繊維を薄い板状に編んだものを、縦方向に層状に並べ、さらに、ビニルレザー表皮で被覆されている。

d) 特徴について

内装：復元性・耐圧性・保温性

外装：除染性・耐水性・耐久性 に優れる。

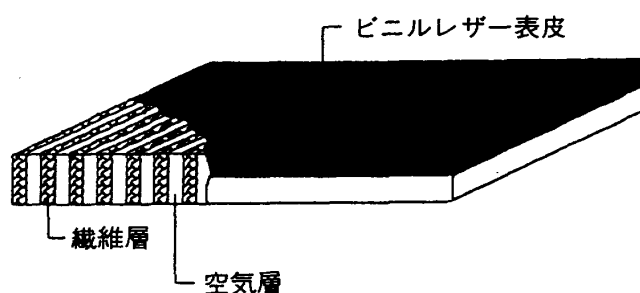
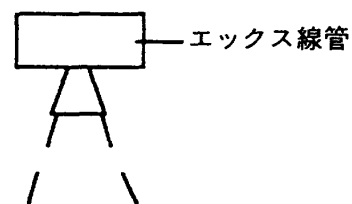


Fig. 1 マットの構造図

3. 実験方法

実験1：マットにおけるエックス線吸収の割合

マットを使用した場合のエックス線の減弱をマットを使用しない場合と比較するために、管電圧を50kV、70kV、90kVと変化させ、照射線量の測定を行った。その測定値よりマットにおけるエックス線吸収の割合を求めた。



実験2：アルミニウム当量及びアクリル当量の算出

マットによるエックス線吸収が、どの位のアルミニウム厚に相当するかを求めるために、厚さ0.1mmのアルミニウムを一段ずつ重ね、それぞれの段における照射線量の測定を行った。

同様に、マットによるエックス線吸収がどの位のアクリル厚に相当するかを求めるために、厚さ1mmのアクリル板を用いて照射線量の測定を行った。

実験1・2はFig. 2の配置図で行った。

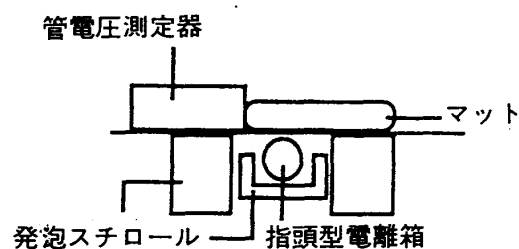


Fig. 2 実験配置図

実験3：画像への影響

エックス線テストチャートを用いて目視評価、並びにMTF値を測定した。

4. 実験結果と考察

実験1：マットにおけるエックス線吸収の割合

各管電圧になおける照射線量の測定結果をFig. 3に示す。この結果、エックス線装置における変動係数 (CV) は各管電圧において1%以下であった。ゆえに信頼性があるといえる。

マットの有無	平均値 ×10 ⁶ [C/kg]	標準偏差 ×10 ⁶ [C/kg]	変動係数 [%]	吸収の割合 [%]
50kV 無	22.06	0.0983	0.104	7.2
有	20.49	0.0833	0.088	
70kV 無	57.56	0.2325	0.245	5.4
有	54.59	0.4351	0.459	
90kV 無	102.36	0.6255	0.659	4.5
有	97.72	0.4459	0.470	

Fig. 3 各管電圧値におけるエックス線吸収の割合

照射線量値 (Fig. 3) より、Fig. 4の式を用いて吸収の割合を算出した。

Fig. 3の照射線量値と吸収の割合をグラフに示したものをFig. 5に示す。

Fig. 3及び Fig. 5より、管電圧の増加に伴い照射線量は増加、吸収の割合は減少している。これは、管電圧の変化に伴い線質、線量ともに変化するためである。

吸収の割合は、高電圧になるほど透過力が増すため減少する。

例えば、使用頻度の高い70kVでの吸収の割合は5%程度であるため、画像にはそれほど影響しないと考えられる。

これにより管電圧の使用範囲は70kV以上では、ほとんど問題ないと考えられる。

実験2：アルミニウム当量及びアクリル当量の算出

1) アルミニウム当量

実験1において、最も吸収の割合が高かった管電圧50kVについて、アルミニウムにおける吸収の割合を求めた。結果は、アルミニウムの厚さ0.2mmの場合6.3%、0.4mmの場合11.3%となっ

$$\text{吸収の割合} : X [\%] = \{1 - (A + B)\} \times 100$$

A : マット有りの照射線量の平均値 [C/kg]

B : マット無しの照射線量の平均値 [C/kg]

Fig. 4 エックス線吸収の割合の算出式

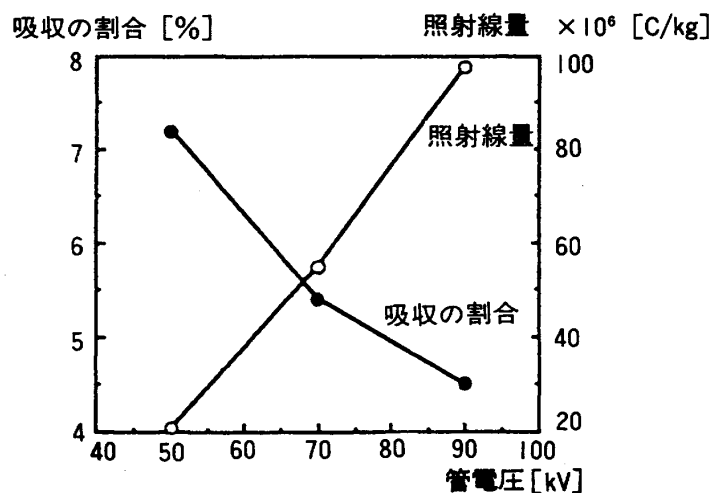


Fig.5 各管電圧値における吸収の割合

た。マットにおける吸収の割合は7.2%であったため、アルミニウムに置き換えると、0.2mmと0.4mmの間となる。

(JIS Z 4703)

JISにおける器具材料のアルミニウム当量をFig. 6に示す。

部 品 の 名 称	最大アルミニウム当量[mmAl]
カセットホルダの前面板	1.0
フィルムチェンジャの前面板	1.0
固定天板	1.0
移動型天板 (固定補助天板含む)	1.5
ローリング用天板	2.0

Fig. 6 JISにおける器具材料のアルミニウム当量

このJISの値による最大のアルミニウム当量が2mm以下となっている。従って、マットによるエックス線吸収はJISと比較しても問題ないと判断できる。

しかし、今回の方法では正確なアルミニウム当量を求めることができなかったのでアクリル当量を求めることにした。

2) アクリル当量

各管電圧についてアクリル厚の変化に対する照射線量を測定し、実験1におけるマット有の照射線量を基準として、相対値を求めたものをFig. 7に示す。

Fig. 7より相対値1.0に対応するアクリルの厚さを読み取った。結果は50kvにおいて3.2mm、70kvでは2.7mm、90kvでは2.0mmとなった。

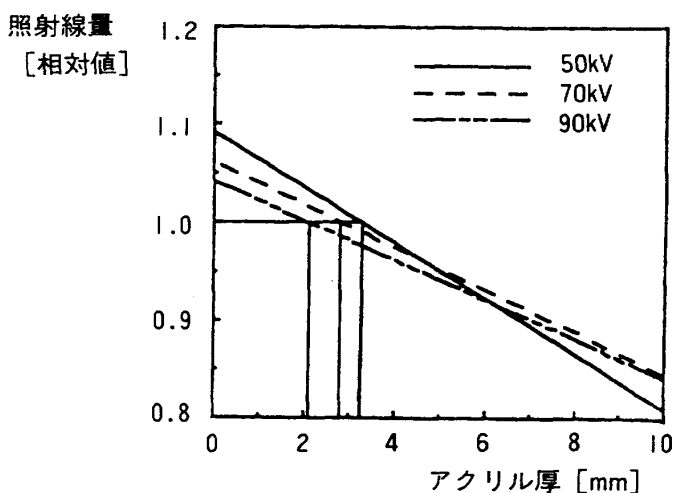


Fig. 7 アクリル当量

以上1)、2)よりマットによる吸収が少ないことを裏付けられる結果が得られた。

実験3：画像への影響

エックス線テストチャートを用いてマットの有無により、解像力に違いが現われるか否かをしてみた。

最初に、得られた像について目視評価を行ったが、両者の差は判別出来な

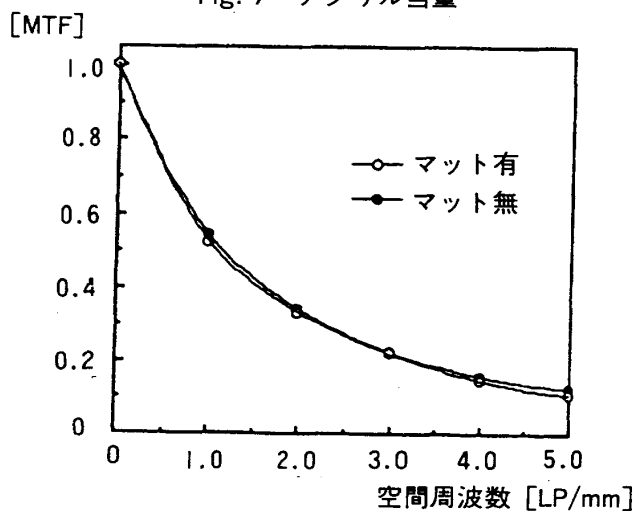


Fig. 8 MTFの比較

かった。

次に、MTF値を測定したものをFig. 8に示す。Fig. 8からも両者の差は殆どないことが判る。以上2つの結果から、マットの使用による解像力・鮮鋭度の低下はないものと判断できた。

5. 結論

マットによるエックス線吸収の割合は、管電圧70kV以上で5%と線量の影響を及ぼす程でなく、アクリル当量も3.0mm程度であった。また、マットによる解像力・鮮鋭度の低下はみられなかったため、画像への影響は少ないものと判断した。

以上により、今回我々が実験を重ね、検討してきた材質試験用マットと同じ材質を用いたマットを臨床の場で使用することが可能といえる。

これにより長時間患者を撮影台に寝かせておくような場合、例えば断層撮影や造影検査において、患者に与えてきた撮影台の冷たさ、堅さによる不快感が、マットを用いることで軽減されるといえる。

6. 参考文献

- 1) 診療放射線技術 (上巻) 改定第5版: 立入 弘 南雲堂
- 2) 放射線受光系の特性曲線: 小寺 吉衛 医療科学社
- 3) JISハンドブック 放射線 (能) 1994: 日本規格協会
- 4) 日本放射線技術会雑誌第32巻第11号
- 5) 日本放射線技術会雑誌第45巻第2号

(指導 金場敏憲助教授)

ファントム固定具 (どっしり君)

831038	菅 野 将 敏
831056	豊 田 隆 幸
832048	古 山 美佐子
832035	見 座 昌 平
832014	鳴 村 和 也
832010	茂田井 仁

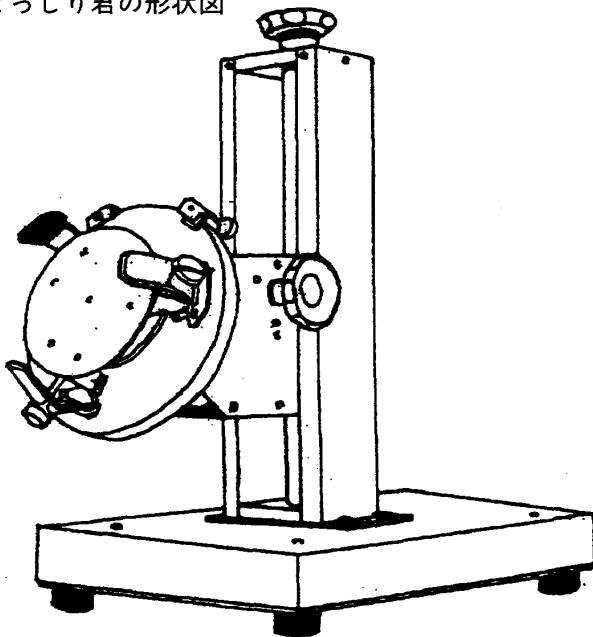
はじめに

我々学生がX線撮影の実験を行う場合、人体ファントムを利用するが、このファントムの固

定には発砲スチール等を使用している。しかしこの方法は撮影結果は良くなるが、固定するだけでかなりの時間を費やし、安定性にもかける。この点を改善するために作成したのが、ファントム固定具である。これは名前の通りファントムを固定するための器具で、実験をスムーズに行うために用いるものである。

今回の報告書では、ファントム固定具の特徴、問題点について述べる。

ファントム固定具は「どっしり君」と命名した。これは、外見がどっしりしているからである。
どっしり君の形状図



特徴

1. 頭部撮影に関しては、軸位以外のポジショニングが全て可能である。
2. ポジショニングする際、高さ、角度微調整が可能である。
3. ポジショニングした後、ファントムが動いてしまうようなことがない（安定性がある）。
4. 再現性に優れている。

問題点と改善策

1. ファントム固定のためのストッパーが使用されているが、可動性が少なく固定が不十分である。
そこで、ファントムとの密着を良くする為に、ストッパー板の角度を任意に取れるようにする。
2. ストッパーに幅を持たせて、ファントムを固定しやすくする。
3. 上下可動用のつまみが回しづらいのでT字型ネジにする。
4. 可動方向（上下、回転）を容易に視認できるようにねじに印を設ける。
5. ファントム固定用底板の振り角を大きくする。
6. 支柱が前後に動くようにする。
7. 支柱に目盛を付ける。
8. ファントムの重量による上下動を押しえるために、固定用ネジが別に設けられているが、高さ調節ネジのみで仮止めができるようにする。
9. 高さ調節用固定ネジを大きくする。

まとめ

X線撮影の実験を行う際に困難であったファントムの固定が、この「どっしり君」を用いることによって容易に行えるようになる。また、上記の問題点を改良することで「どっしり君」はより一層扱いやすい物となり、さらに十分な固定、実験時間の短縮が可能となるであろう。

(指導 金場 敏憲助教授)

平行平板電離箱によるナロービーム X線吸収線量測定

831024 大橋 幸也

832021 根岸 直子

832045 杉山 幸一

緒言

近年、Gamma Knifeによる脳動静脈奇形、髄膜腫などの良性腫瘍への応用症例が有用な事として、多数報告されています。更に、ライナックによる極小照射野で同様の効果を上げる研究が様々な所で行われております。

そこで、我々は電極構造因子が無視できる平行平板電離箱を用いて極小照射野の深部吸収線量測定を行いました。測定結果については、以下の二項目について検討しました。

1. 線量分布補正について。
2. 電離箱の壁効果について。

測定方法について

- ・6 MV エックス線を用いてNESKO社製の二重保護電極式電離箱へ照射する。その時、電離箱を一回測定毎にX方向、Y方向に一回測定毎に移動させることによって、線量分布とその変化を求めました。
- ・次に、電離箱の横壁があるときの線量分布と、無いときの線量分布がどの様に変化するか電離箱の横壁効果について実験を行いました。

結果と考察

1. 電子平衡特性

照射野 $8 \times 8 \text{ mm}^2$ 、 $10 \times 10 \text{ mm}^2$ 、 $12 \times 12 \text{ mm}^2$ について、アクリルの厚さを変化させた時の電離電流値を、アクリルの厚さ20mmのそれぞれの電離電流値を1として、規格化しました。これにより、アクリルの厚さ10mmで電子平衡となっているのがわかりました。また、照射野の大きい方が直

達線が多く、照射野の小さい方が直達線が少ないことがわかりました。

2. ナロービームの線量分布

照射野 $3 \times 3 \text{ mm}^2$ 、 $4 \times 4 \text{ mm}^2$ 、 $6 \times 6 \text{ mm}^2$ 、 $8 \times 8 \text{ mm}^2$ 、 $10 \times 10 \text{ mm}^2$ 、 $12 \times 12 \text{ mm}^2$ について、電離箱を 1 mm ずつ移動させた時の電離電荷量から線量分布を求めた。

これより、照射野が小さくなるほど電離電荷量が少なくなることがわかりました。

3. 標準正規分布に近似したナロービーム線量の分布補正 I

$\sigma = 0.6 \sim \sigma = 4.2$ (0.4間隔) の正規分布を $\sigma = 1$ を基準として示しました。

4. 標準正規分布に近似したナロービーム線量の分布補正 II

$\sigma = 1$ のピークを基準とした時の、他の σ のピークの補正を示しました。

ここで、ナロービーム線量分布で測定した照射野 6 種類のピークの σ 値を求めたところ、照射野 $3 \times 3 \text{ mm}^2$ で σ 値 1.24、 $4 \times 4 \text{ mm}^2$ で σ 値 1.04、 $6 \times 6 \text{ mm}^2$ で σ 値 0.91、 $8 \times 8 \text{ mm}^2$ で σ 値 0.84、 $10 \times 10 \text{ mm}^2$ で σ 値 0.67、 $12 \times 12 \text{ mm}^2$ で σ 値 0.56 となりました。

5. 線量分布のカイ離特性

正規分布 ($\sigma = 1$) は直線になりますが、規格化した 0.6σ は 50% 付近では正規分布と一致し、100%、0% 近づくとつれて正規分布から離れていきます。

実際値 0.5σ の場合には、その傾向が顕著にみられるのですが、これは、規格化した 0.6σ の曲線に似ているので、測定データは正規分布に従うものであるので標準正規分布に近似したナロービーム線量の分布補正 I、標準規制分布に近似したナロービーム線量の分布補正 II によって補正を行うことができると考えられます。

6. 平衡平板電離箱の壁結果

電離箱の横壁物質の有無を比較したもので、照射野 10 cm^2 以上ではほとんど同じ値をしていますが、 10 cm^2 以下ではかなりの相違があります。このことから、集電極の横に壁物質があるとそこからの二次電子の影響を受けることがわかります。

結論

1. 標準正規分布近似による線量補正は、有効な方法だということが出来ます。
2. 壁による構造因子の効果は、Beam Sizeが 10 cm^2 以下で増大する。これは散乱線が壁で発生し、それによる二次電子が寄与しているためであると考えられる。

(指導 佐藤昌憲助教授)

ICRU 校正 Slab Phantom を用いた 診断 X 線領域の線量測定

832013 山 澤 直 貴
832001 稲 垣 美華子
832050 小 川 典 子

緒言

近年、患者被曝の低減、医療被曝に関する放射線防護・安全管理が重要なテーマとなっている。特に我が国では、国民被曝線量の 9 割以上を医療被曝が占めており、イギリス国民一人当たりの被曝線量が 0.3 [mSv/年] であるのに対して、我が国の被曝線量は 2.6 [mSv/年] と 8 倍以上も高い値となっている。また、1990年 ICRU Rep. 60 では、医療被曝に対しての防護の最適化と被曝の低減が勧告されているが、その線量測定において、どこの線量をどのようにして求めるかという線量測定は、明確にされていない。

このことから、線量測定法を確立し、そして何よりも線量の直接測定が必要と考え、ICRU Rep. 47 に記載された Slab Phantom を用いて電極化 Slab Phantom 平行板電離箱を作成し、深部における吸収線量分布を測定した。

実験と結果

1. X 線空間分布の測定

1. 1 X 軸空間分布

照射野空間は X 線管のアノードとカソード間を X 軸に、これと垂直方向を Y 軸とし、センターから ±30cm の範囲で測定した。諸条件を表 1 に示す。

(以後の実験も条件は表 1 と同様である)

その結果、全体的に、カソード側へ傾いたグラフとなり、各管電圧においてヒール効果が見られた。

1. 2 Y 軸空間分布

X 線管軸を一定とし、電離箱の移動方向を Y 軸方向にセンターから、±30cm 移動させた。その結果、センターを中心とした左右対称なグラフが得られた。

表 1 諸条件

TOSHIBA KXO-15	
管電圧	40kV~150kV
管電流	100mA
SID	1 m
照射野	40cmSq
付加フィルター	Al0.5mm+Cu0.2mm
深さ	3 mm
集電極サイズ	50mmφ
出力電圧の変換係数	1 V = 1.43mGy
Amp のゲイン	5 倍

2. 吸収線量減弱曲線—1

皮膚の被曝線量に着目し、厚さ70 μ mのマイラを18枚まで厚くして吸収線量を測定した。各管電圧について測定し、集電極に正と負の電圧を印加した場合の出力電圧の平均値で示した。その結果、ビルドアップ効果、減弱は認められず、マイラをのせていない時と18枚のせた時の吸収線量はほぼ等しい値を示した。

3. 吸収線量減弱曲線—2

線量当量を評価するにあたり、実行線量当量の3mmと1cmに着目した。アクリル板を使用し、30mmまで1mmずつ厚さを変化させて、各管電圧について減弱曲線を測定した。

その結果、実験2と同様ビルドアップ効果は認められず、各管電圧とも一律に減衰する曲線となった。

更に深部における吸収特性を見るために、アクリル板0mm~300mmまでの厚さを変化させて、各管電圧に対する減弱曲線を測定した。

その結果、ビルドアップ効果は認められず、減弱の様子が顕著に見られた。

4. 深部吸収線量比

管電圧40~150kVに対してアクリル板の深さを1mm~300mmに変化させた時の線量を測定した。

その結果、どの深さにおいても150kVから40kVになるにつれて、吸収線量は減少していった。管電圧の変化による吸収線量は、どの深さに対しても一律に減弱していた。

5. 深部吸収線量と加速電圧特性

外部被曝における実効線量当量として、70 μ m、3mm、1cm線量当量を導入してる。そこで、深さを70 μ m、3mm、1cmとし、40kV~110kVの範囲における、吸収線量を測定し、110kVに

表2 深部吸収線量の管電圧特性

管電圧 深さ	110kV	100kV	90kV	80kV	70kV	60kV	50kV	40kV
70 μ m	0.988mGy 100%	81.4%	67.0%	50.1%	35.5%	25.4%	16.0%	7.9%
3mm	0.977mGy 100%	90.6%	66.3%	48.9%	35.6%	25.1%	15.4%	7.1%
1cm	0.877mGy 100%	83.6%	67.7%	50.1%	34.6%	24.1%	14.1%	6.9%

備考：付加フィルター：無、照射野：40cmSq'、SID：1m、PPC：10mm ϕ 、管電流：100mA、照射時間：0.1sec

おける吸収線量を100%とした時の減弱の割合を調べた(表2)。深さが、70 μ m、3 mm、1 cm各々において、着目組織が皮膚である70 μ mの深さにおける吸収線量が最も高い値を示した。

6. 管電圧波形と電離電荷量

X線管電圧波形と平行平板電離箱の電離電荷量の波形との関係をオシロスコープで測定した。照射時間は0.1secであるので電圧波形も10パルスあることが認められた。管電圧印加時から遮断時にかけて電離電荷量は増加しているが、リニアに増加せず、階段状になって増加していた。この階段状の平坦な部分(3 ms)、つまり電離電荷量が増加していない部分は低管電圧領域で電離電荷が発生していないことがわかる。これは固有フィルターにより軟線をカットしているため、線量に対する管電圧にしきい値があることが分かった。

結論

1. マイラを14 μ m~1.4mmまで70 μ m間隔で厚くしてもビルドアップ効果は見られなかった。その理由として、X線が電離箱までの空気中で発生する二次電子も電離箱と一緒に測定しているためだと考えられる。
2. 外部被曝による線量当量には実行線量当量と組織線量があり、深さ70 μ m、3 mm、1 cmの吸収線量に着目してみた結果、管電圧40~110kVの範囲では70 μ mの吸収線量が最も高いことが分かった。
3. 70 μ m、3 mm、1 cmの深さにおける管電圧に対する吸収線量の変化は、どの深さにおいても同じ割合で減弱していた。
4. 今後の課題として、平行平板電離箱の電離容積を変化させ、吸収線量の定義である $D = d\epsilon/dm$ [J kg⁻¹] が成立するか、検討が必要である。

(指導 佐藤昌憲助教授)

扉を開放したまま操作室入口に 立っている術者の被曝線量

832026 舟 山 素 子

832033 田 中 千 絵

832043 宮 下 公 一

1. 目的

操作室の扉を開けたまま入口で撮影する術者の安全性について考える。

2. 方法

胸部立位背腹撮影及び腹部背臥位撮影を想定して、胸部及び腹部ファントムを用いてラドコン線量計により様々な条件における撮影室入口での散乱線による被曝線量を測定した。

腹部撮影については、FFD100cm、ファントム中心と床との距離70cm、管電圧74kV、管電流100mA、撮影時間0.5secとし、ファントム中心から線量計までの距離及び線量計の高さを変化させて測定した。胸部撮影では、FFD200cm、ファントム中心の高さ120cm、管電圧120kV、管電流100mA、撮影時間0.064secとし、エックス線ビームと平行でファントムから150cmまたは200cm離れた直線上において、ファントムの真横方向から管球側45度方向までの7方向について測定した。一番線量の大きかった方向では線量計の高さも変化させた。また、エネルギースペクトルを測定し、コンピュータ処理によって、測定した照射線量を線量当量に換算するための換算係数を求めた。

3. 結果

腹部撮影時のファントムからの距離と線量当量との関係を図1に示す。ほぼ距離逆二乗則に従っている。胸部撮影で一番線量が大きかったのは34度の方向であった。胸部撮影のこの方向と腹部撮影とにおける種々な距離での散乱線による年間被曝線量を表1に示す(この時、年間の勤務日数は250日として計算した)。なお、換算係数は管電圧120kVで11.80mSv/R、74kVで10.64mSv/Rであった。

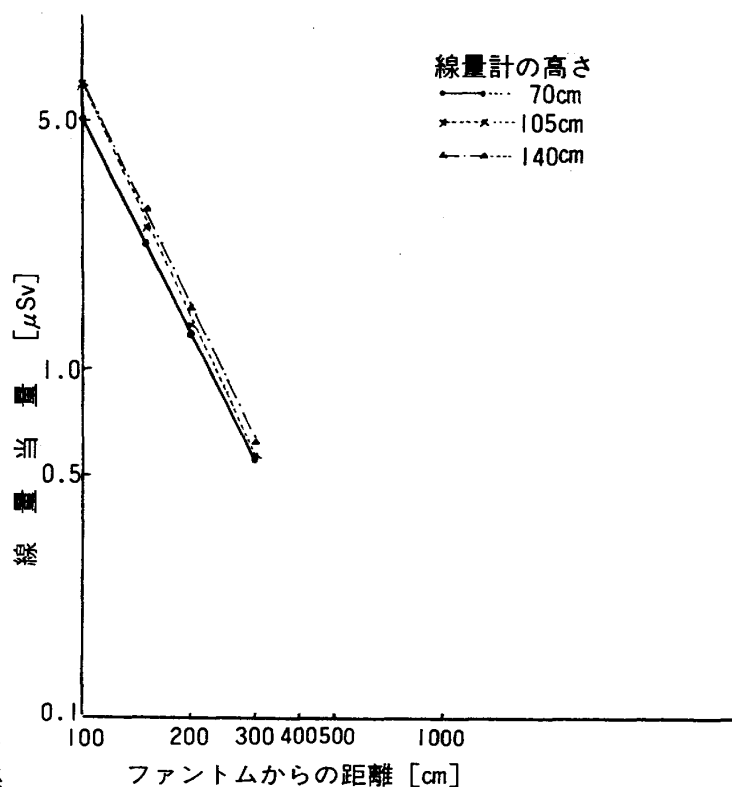


図1 腹部撮影時におけるファントムからの距離と線量当量との関係

表1 胸腹部撮影における年間被曝線量

部位	撮影回数		被検者からの距離 [cm]	年間被曝線量 [mSv]
	1日 [枚]	1年 [枚]		
胸部	100	25000	150	10.8
			200	5.8
腹部	30	7500	100	47.4
			150	21.2
			200	11.1
			300	4.7

4. 考察

表1から分かるように、扉を開けたまま撮影することによって、最低でも4.7mSvの年間被曝線量となる。これは扉を閉めさえすれば避けられるはずの無用な被曝であり、胸腹部撮影でこれだけの被曝はかなり問題があると思われる。撮影時間の短縮のためやむを得ず扉を開けたまま撮影しなくてはならない時は、出来るだけ体を壁に隠して、中を覗くように撮影するか、もしくは、押し開きなどの簡単な小さい扉を付けるだけでもかなり違うと思う。又、扉の位置を考えたとき、34度方向が散乱線による被曝が最も多いから、扉は撮影室の出来だけ管球に近い方に付けることが望ましいと思われる。

5. 結論

扉を開けたまま操作室入口に立って撮影すると、散乱線による被曝が年間でかなりの量になることが分かった。これを防ぐには扉を閉めて撮影するのが一番いいが、やむを得ない場合、体を出来るだけ隠すとか、小さな押し開きの扉を付けるなどの対策が必要であると思われる。

(指導 青木清助教授)

移動形エックス線装置での撮影における 術者及び被検者周囲の人の被曝線量

832026 舟山素子

832033 田中千絵

832043 宮下公一

1. 目的

移動形エックス線装置で撮影する際の術者及び被検者周囲の人の安全性について調べる。

2. 実験方法

撮影条件は胸部撮影を測定し、チャージアップ電圧84kV、FFD100cmとした。実験には胸部ファントムと線量計を用い、以下の3条件でおこなった。

実験 I 同じ病室にいる他の患者や看護婦の被曝線量の測定を想定し、高さ60cmで、ファントムからの距離が50cm、100cm、125cmのところを測定した。

実験 II 介護者の被曝線量の測定を想定し、ファントムから50cm離れた点で、高さ135cm、100cm、60cmのところを測定した。

実験 III 術者の被曝線量の測定を想定し、ファントムから2 m離れ、高さ135cm、100cmの点で、装置の後ろとそうでないところについて測定した。

3. 結果及び考察

実験 I 図1にファントムからの距離と線量当量の関係を示す。100cm離れば、一回の撮影で $2.57\mu\text{Sv}$ しか被曝しない。したがって、同じ病室内の他の患者さんを特に防護する必要はなく、むしろ、一回につき被曝する量は公衆の年間被曝線量当量限度 (1mSv) の400分の1であるから問題はないと説明してあげる方がよいと考えられる。また、病室に勤める看護婦の被曝線量は、年間の勤務日数を250日、同じ病室で撮影される枚数を5枚として考えると、被曝者から2 m離れば公衆の年間被曝線量当量限度を越えない。

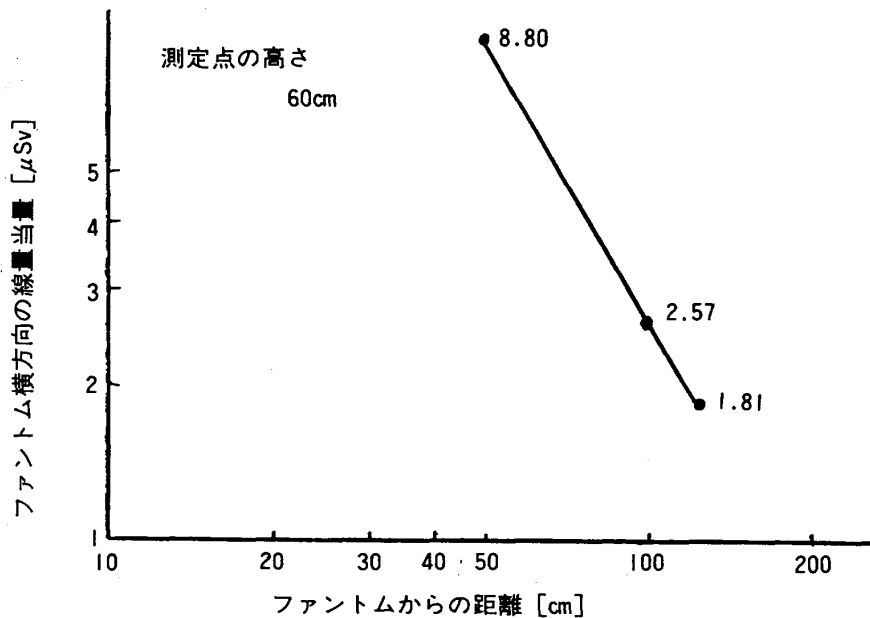


図1 ファントムからの距離と線量当量の関係

実験 II 図2に線量計の高さと線量当量の関係を示す。腹部に相当する100cmの高さでの被曝線量が最も多く、続いて甲状腺がほぼ位置する135cmで多い。技師の年間介護回数を240回とすると、年間被曝線量は、高さ100cmで 3.75mSv 、高さ135cmで 2.89mSv になる。腹部には放射線

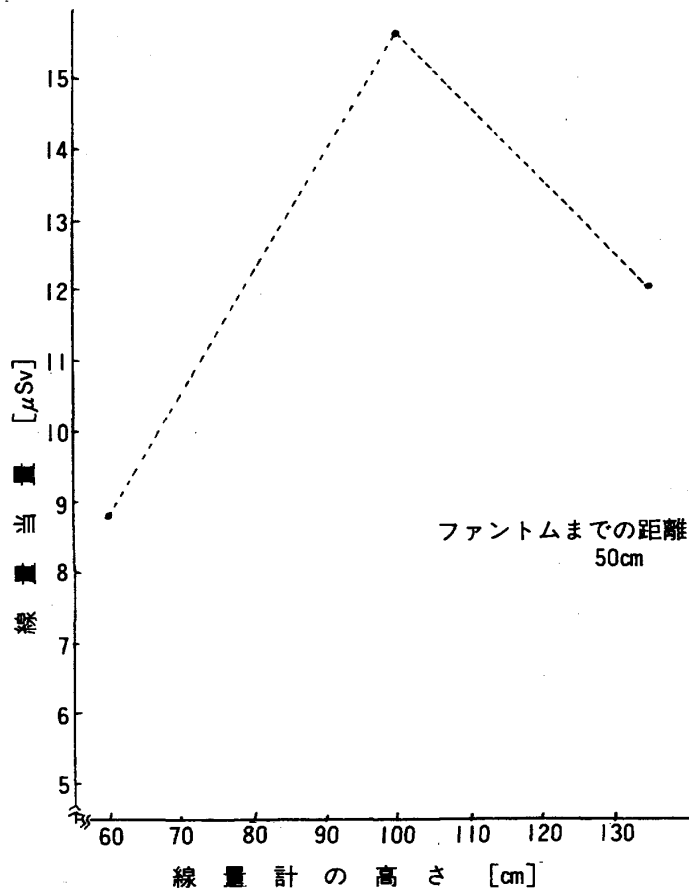


図2 線量計の高さと線量当量の関係

に敏感な臓器が集まっているので、せめて鉛スカートはつけた方がよい。

実験Ⅲ 1回の撮影による被曝線量と、年間撮影回数を480回としたときの年間被曝線量は以下のようになった。装置に隠れることによって被曝量を10分の1以下に減らすことが出来るので、なるべく装置の後ろに隠れた方がよい。

高 さ (cm)	隠れたとき		隠れないとき	
	135	100	135	100
1回の被曝線量 (μSv)	0.087	0.050	0.86	0.89
1年の被曝線量 (μSv)	42.5	23.8	414	425

4. 結論

被検者と同じ病室にいる患者や看護婦は、被検者から2 m離れば安全である。術者は、介護する際には、放射線に敏感な臓器のある腹部を防護するような鉛エプロンをつけるのが望ましい。また、介護しないときは、撮影時は装置の後ろに隠れる方がよい。

(指導 青木清助教授)

カオス現象をとらえる

832011 小 出 眞 也

832023 澤 浦 真希子

832029 大河原 純 子

カオスとは、あるシステムが確固たる規則に従って変化しているにも関わらず、非常に複雑で不規則かつ不安定な振る舞いをして、遠い将来における状態が全く予測できない現象のこととされている。このカオス現象について観察し考察する。

この現象は、非線形の微分方程式や差分方程式を解くことでとらえることが出来る。

これらの方程式は次のように表される。

$$\text{微分方程式： } y_{n+1} = y_n + hf(x_n, y_n)$$

$$\text{差分方程式： } y_{n+1} = y_n + af(x_n, y_n)$$

$$h \ll a$$

I. 微分方程式よりカオス現象をとらえる

微分方程式は刻み幅 h が無限に小さい場合 x_n を h で動かすので連続的な計算を必要とする。この方程式を解く為には近似式を用いて計算させたが、その式の精度がどの位あるのかを考える必要がある。

それには一般解が分かっている微分方程式 (式①) を基準として、オイラー法 (式②) とルンゲクッタ法 (式③) を調べた。その結果を図1に示す。

$$\textcircled{1} \frac{dx}{dy} = -\frac{y}{x^2} \quad (\text{解 } y = ce^{1/x})$$

$$\textcircled{2} y_{n+1} = y_n + h_n f_n \quad n=0, 1, \dots, N-1$$

$$\textcircled{3} y_{n+1} = y_n + \sum_{i=1}^p \mu_i k_i,$$

$$k_1 = f(x_n, y_n),$$

$$k_i = f(x_n + \alpha_i h, y_n + h \sum_{j=1}^{i-1} \beta_j k_j)$$

$$i=2, 3, \dots, p$$

上図の点線はオイラー法で、実線はルンゲクッタ法と厳密解であるが、この図では実線の

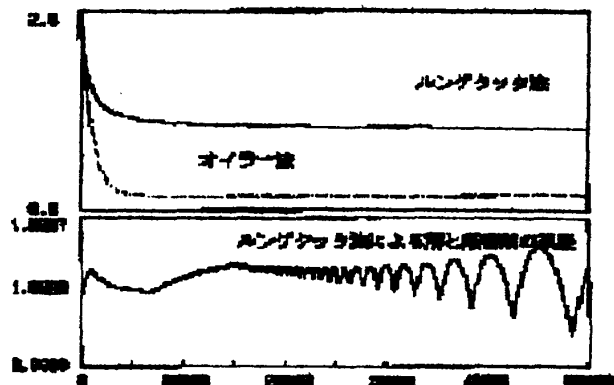


図1 近似式の比較

両者はほとんど一致していて判断が困難なので、その誤差を9乗して下図に示した。

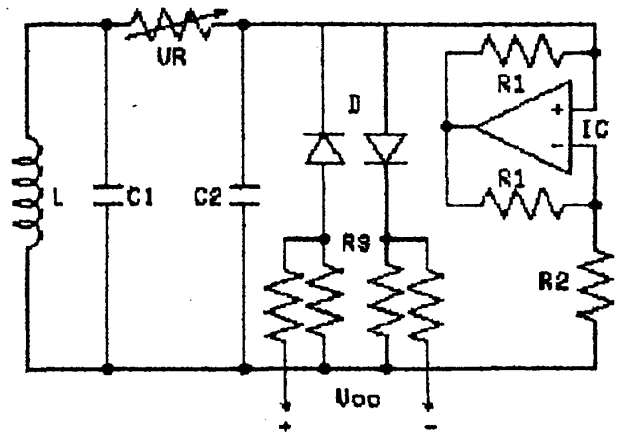
ルンゲクッタ法での誤差は極めて小さいので、コンピュータでの計算はこの方法で行った。

コンピュータが普及していな頃の微分方程式の解をする手段として、電子回路の出力で解の変化をみるというのがあった。そこで図2のような回路を構成し、カオス現象を調べた。この回路で、コンデンサの端子間電圧をオシロスコープに入力し、リサージュ図形を描かせたところ、図3のような結果を得た。

この回路は、図4の微分方程式で表すことが出来るといわれているので、コンピュータによるシミュレーション(図4)と比較してみた。

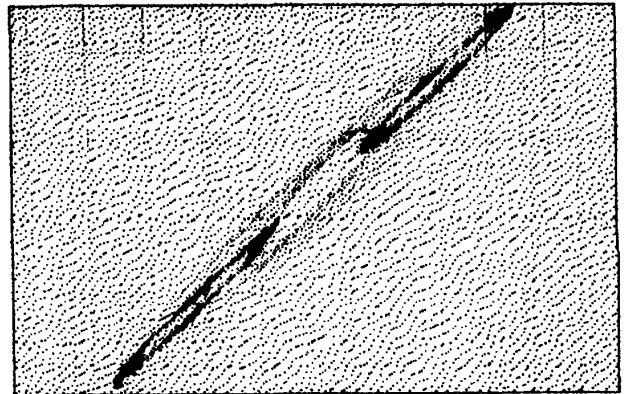
$$\begin{aligned} \textcircled{4} C_1 \frac{dVC_1}{dt} &= G(VC_2 - VC_1) - g(VC_1) \\ C_2 \frac{dVC_2}{dt} &= G(VC_1 - VC_2) + iL \\ L \frac{diL}{dt} &= -VC_2 \\ g(VC_1) &= m_0 VC_2 + \frac{1}{2}(m_1 - m_0) |VC_1 + 1| \\ &\quad + \frac{1}{2}(m_0 - m_1) |VC_1 - 1| \end{aligned}$$

回路中の抵抗を変化させると、得られる図形はさまざまな形となる。条件を変えると、ずれ方(描き方)が変わった。図3と図4では形は似ているけど、少し異なっていた。シミュレーションでは、各部品の定数を測定した上で計算をさせたが、精密な測定ではないし、回路の増幅特性もよく分からないところがある。



R1=300Ω R3=3.3kΩ C1=47.6pF
R2=1.25kΩ L=8.3mH C2=5.63pF

図2 実験回路



CH1(VC1)=0.5V/DIV CH2(VC2)=0.2V/DIV

図3 リサージュ図形

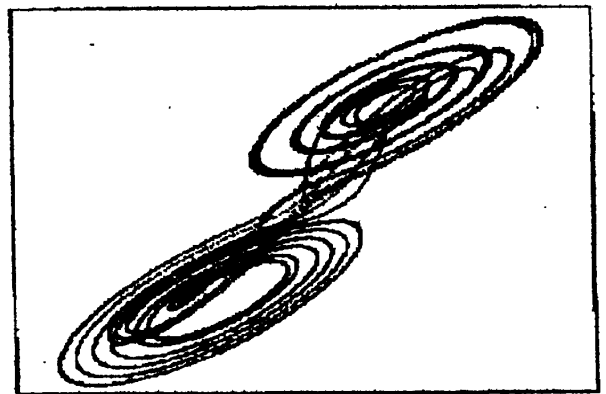


図4 シミュレーションによる図形

II. 差分方程式よりカオス現象をとらえる

差分法は微分方程式中の微分商を差分商に置き換えて得られる差分方程式を解いて、もとの微分方程式の近似解を得る方法である。

この方法の精度は次のようになっている。

$\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} = f(x, y)$ という方程式を考える。これを近似する差分方程式は、

$$\frac{1}{h^2} (u_{i+1,j} + u_{i,j+1} + u_{i-1,j} + u_{i,j-1} - 4u_{i,j}) = f_{i,j} = f(ih, jh)$$

$$i=1, 2, \dots, N-1; j=1, 2, \dots, N-1$$

左辺の $u_{i,j}$ を $u(x, y)$ で置き換え、 h が小さいとしてテイラー展開を行うと、

$$\begin{aligned} & \frac{1}{h^2} \{u(x+h, y) + u(x, y+h) + u(x-h, y) + \\ & \quad u(x, y-h) - 4u(x, y)\} \\ &= \frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} + O(h^2) \end{aligned}$$

となる。

これより誤差は $O(h^2)$ となり、近似の精度は問題ないと思われる。

次のような差分方程式を解くと、カオス現象が現れるといわれている。

a. 網目模様のカオス

$$x_1 = y_0 + 0.2x_0 + \left(\frac{5x_0}{1+x_0^2} \right)$$

$$y_1 = -x_0$$

$$\text{初期値 } (x_0, y_0) = (4, 0)$$

b. ローレンツのカオス

$$x_{n+1} = (1+ab)x_n - bx_n y_n$$

$$y_{n+1} = (1-b)y_n + bx_n^2$$

c. エノン写像のカオス

$$x_{n+1} = y_n + 1 - ax_n^2$$

$$y_{n+1} = bx_n$$

コンピュータにより計算させた結果は次のようになった。

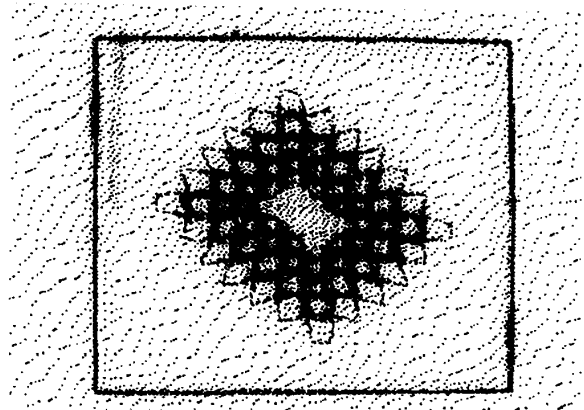


図5 網目模様のカオス

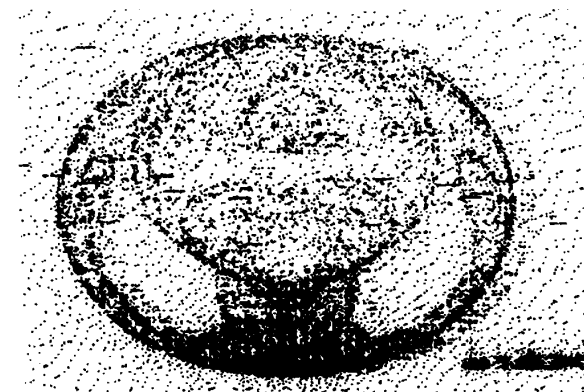
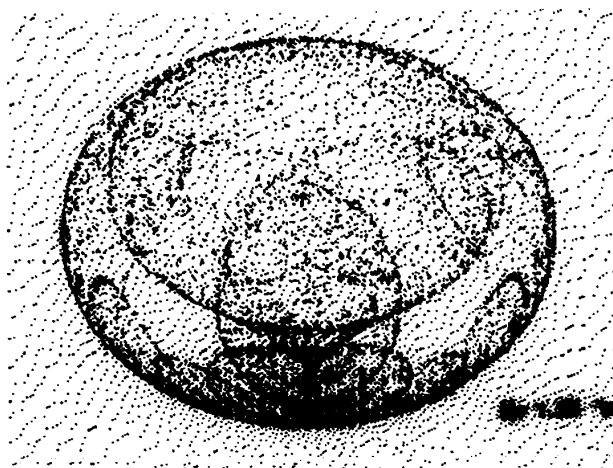


図6 ローレンツのカオス(1)

得られた図形より、次のことがいえる。

1. 点列は、見た目には無造作に動き回っていて、次の点がどこに行くか予測がつかない。
2. 点列の動きは、一見ランダムに見えるが、全体として描かれた図はある種の形が整っていて、この図形から離れて発散することはない。
3. パラメータの少しの変化が、図形の形に大きく影響する。



$$a=1.25 \quad b=0.75$$

図7 ローレンツのカオス

参考文献

“まったく新しい創造の波 カオス”

合原 一幸著 講談社発行

“科学技術者のための基礎数学 (新版)”

矢野健太郎・石原繁著 裳花華房発行

(指導 清水忠良教授)

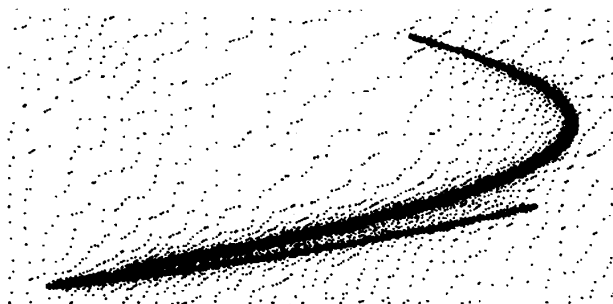


図8 エノン写像のカオス

IPの輝尽発光

832027 藤 枝 克 洋

1. 目的

CR (コンピューテッドラジオグラフィ) で用いられるIP (イメージングプレート) の輝尽発光の発光特性が材質や赤色光照射時間によりどのように変化するかを調べた。

2. 方法

2. 1. 試料の調製

塩化バリウム1.43gと臭化バリウム1.00gをモル比1対1で混合し塩化ユウロビウム7mgを加え、水10mlに溶解させ、蒸発皿で蒸発乾固後、石英るつぼに入れ、800°Cの電気炉内で2時間加熱した。

これを輝尽発光体とし測定を行う。

2. 2. 輝尽発光体の測定

X線を照射したIP, BaClBr:Eu²⁺, BaFBr:Eu²⁺を暗所で取り出し日本分光FP-777分光蛍光光度計で輝尽発光の測定を行う。

3. 結果及び考察

3.1. X線を照射したIP

633nmの赤色光を照射すると394nmにピークをもつ発光スペクトルが観察された。さらにIPを加熱したときの発光は633nmの赤色光を照射した時と同じピーク値の発光が確認されたが、発光強度は極めて弱かった。

また、IPを明所で放置すると外部からの刺激を与えなくても発光が観測されたが、発光強度が極めて弱いためスペクトルの測定はできなかった。

3.2. X線を照射していないIP

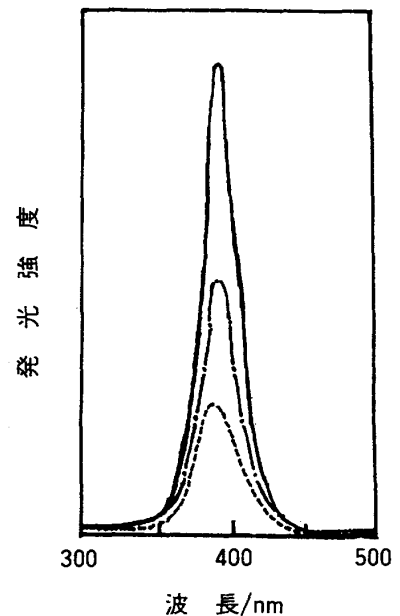
紫外線(300nm)励起時のIPの発光は385nmにピークを有する発光スペクトルが確認されたが紫色光をあて続けても発光強度の減少がみられなかった。

3.3. X線を照射した輝尽発光体

BaFBr:Eu²⁺に633nmの赤色光を照射すると394nmにピーク値をもつ発光スペクトルが観測されたが、IPの約1/60と極めて微弱な発光であった。また、BaClBr:Eu²⁺に633nmの赤色光を照射したときの発光は340nmと410nmにピークが存在したが、340nmのピークは赤色光を照射し続けても発光強度は変化しなかった。410nmのピークは赤色光をあて続けると発光強度が減少しているが、IPの発光強度の約1/100と極めて微弱なものであった。以上述べたように発光強度が赤色光の照射とともに減少することから、今回観測された発光は輝尽発光であることが確認された。

4. 結論

1. X線照射したIPおよび合成した輝尽発光体について輝尽発光スペクトルを測定することができた。



IPの輝尽発光スペクトル
照射光: 633nm (赤色光)

2. ハロゲン化バリウム組成の違いにより、輝尽発光スペクトルの極大値は異なる。
3. IPでは熱発光が観測され、そのスペクトルは輝尽発光スペクトルとほぼ一致した。
4. IPでは紫外線励起により発光スペクトルが観測された。このことは、IPが増感紙として利用できる可能性を示している。

(指導 山本裕右教授)