

平成5年度卒業研究論文発表要旨

<日時>平成5年12月20日

13:00~16:00

<場所>仏研-1

ニューラルコンピュータによる 手書き漢字の処理手順と認識

830027 和久井 千香子

830029 青木 俊典

830052 永松 洋志

1. 目的

ニューラルコンピュータが、脳の持つ優れた情報処理能力の人工的実現をどの程度実行できるかを認識させる。

2. 実験方法

パーソナルニューラルコンピュータ『NEURO-07』のバックプロパゲーションモデル「道真」を用い、以下のように実験を進めた。

①学習する事項の入力データ、教師データの作成

- ・入力データは本偏の漢字10個について各6種類合わせて60パターン入力する。

②ネットワーク構成の決定

- ・入力層のマトリックス数は縦30横30の計900で中間層を20~90まで10ずつ変化させる。出力層は10個。

③BP コマンドを読み込み入力

④重み付けを乱数により初期化

- ・②、③、④では排他的論理和の学習を行うのに先立ちネットワークの荷重テーブル、しきい値テーブルを乱数で初期化。

⑤各層のセルの出力特性の初期化

⑥教師データ、入力データを読み込む

⑦画面の初期化

図1 入力パターン

カ テ ゴ リ 名	札	札	札	札	札	札
	机	机	机	机	机	机
	材	材	材	材	材	材
	杉	杉	杉	杉	杉	杉
	村	村	村	村	村	村
	枝	枝	枝	枝	枝	枝
	松	松	松	松	松	松
	板	板	板	板	板	板
	枚	枚	枚	枚	枚	枚
	林	林	林	林	林	林

⑧学習実行

- ・各層セル出力値計算
- ・出力層及び中間層の誤差計算
- ・出力層及び中間層の荷重の修正計算

⑨結果表示

- ・BP コマンド、EV コマンドの表示

3. 結果と考察

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2)

中間層を増加させていくと誤認識パターン数 = 0 となる学習回数は増減を繰り返す。中間層30、50、70の時に小さく、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2)

これも1)と同様の変化が見られ、中間層70の時に教師信号との誤差2乗和が最も小さいことが分かった。

3) カテゴリ別誤認識回数 (図3)

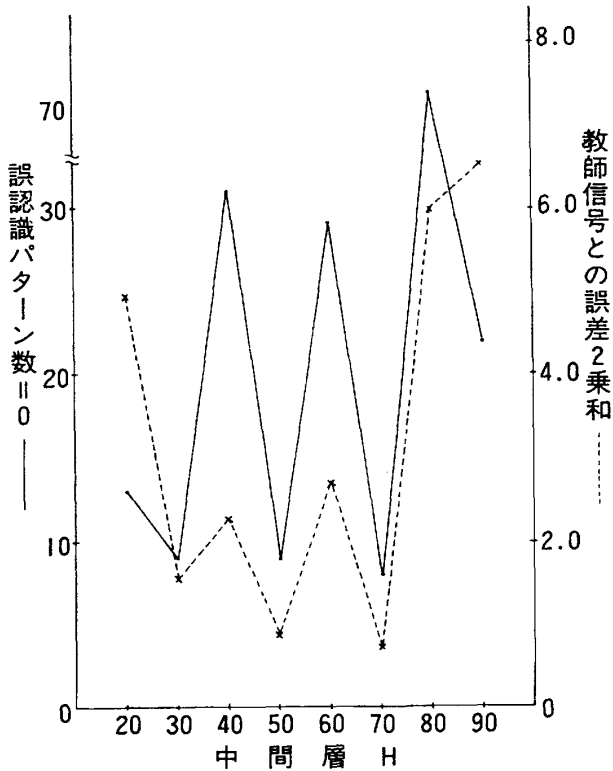


図2 誤認識パターン/誤差2乗和と中間層の関係

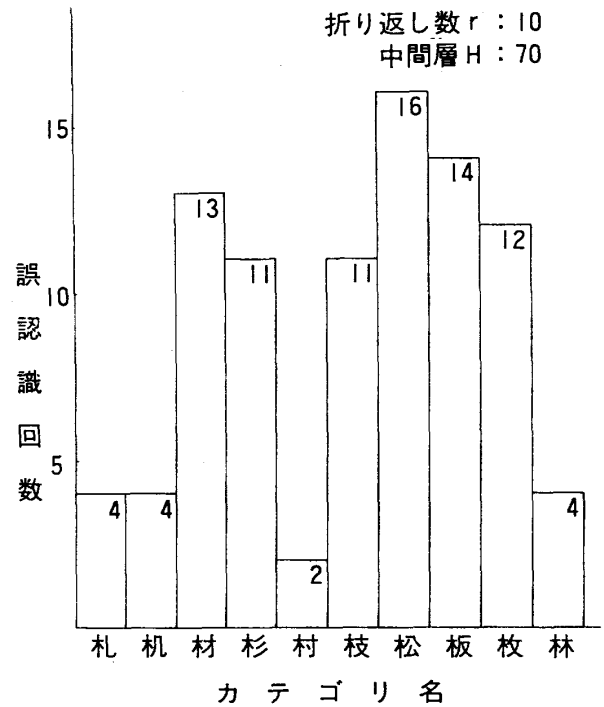


図3 カテゴリ別誤認識回数

1)、2)において条件の最も良い中間層70の時について調べてみた結果、カテゴリ名が『村』の時に誤認識数が2回と最も少ないことが分かった。

また、カテゴリ名の画数を調べてみた結果、誤認識回数は画数と関係ないと思われる。

4. 結論

- ・入力層 $30 \times 30 = 900$ マトリックスの場合、最適条件は中間層70の時に8回目で誤認識回数が0になった。
- ・ニューラルネットワークによる手書き漢字を学習・認識させることができた。

(指導 檀尾英次助教授)

散乱線のスペクトル測定に基づくグリッドの性能評価

831040 島田 貴史

831054 小山 芳征

1. 目的

散乱線のエネルギースペクトルの測定から、グリッドの散乱線除去能について調べる。

2. 方法

直接線のみスペクトルと、直接線と散乱線の両方を含んだスペクトルを測定し、この両者の差から散乱線のみスペクトルを求めた。検出器には半導体検出器を使用し、ファントムとしては $30 \times 30 \text{cm}^2$ のアクリル板を 15cm の高さに重ねて使用した。焦点-グリッド間距離は 100cm とし、グリッド直下に置いた検出器の位置における照射野を $30 \times 30 \text{cm}^2$ とした。使用したグリッドのグリッド比は5:1、8:1、10:1である。管電圧は70、100、120kVとし、透視条件で測定した。得られたスペクトルから、グリッド比の変化によるスペクトルの変化、実効エネルギーの変化、直接線の量に対する散乱線の量の比、グリッドによる直接線の減弱の割合を求めた。

3. 結果・考察

(1) グリッド無しの際における直接線のみと散乱線のみスペクトルを比較すると、どの管電圧においても散乱線の量が直接線の量の5倍程度であった。また、グリッド無しの散乱線とグリッド有の散乱線を比較すると、グリッドの挿入により散乱線の量が急激に減少していた。そして、グリッド比が高いほど散乱線の量は減少し、低エネルギー側がより吸収されていた。

(2) 各グリッド比での実効エネルギーを比較すると、グリッド比が高くなるほど、実効エネルギーの値も大きくなった。(1)で述べたように、低エネルギー側がより吸収されているためと思われる。

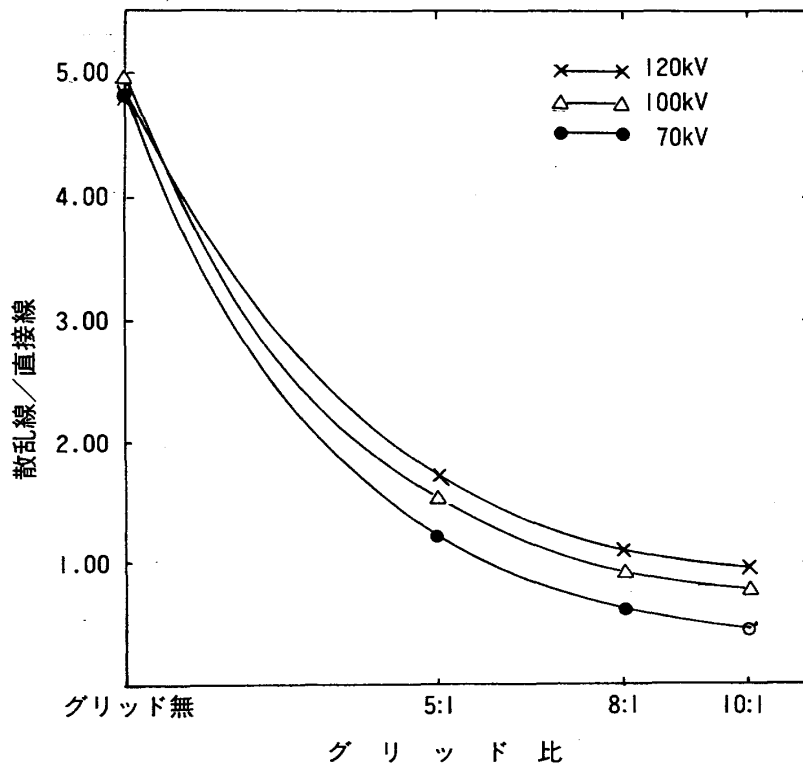


図1 直接線に対する散乱線の比のグリッド比による変化

(3) 直接線の量に対する散乱線の量の比を求めた結果を図1に示す。この図より、直接線の量と散乱線の量を同程度に抑えるには、管電圧70、100、120kVでは、それぞれグリッド比5.5:1、8:1、9:1が適していると思われる。

(4) グリッドによる直接線の減弱の割合を透過率として求めると、エネルギーが低くなるにつれ透過率も小さくなっており、管電圧70kV、グリッド比10:1での透過率は50%以下であった。透過率の減少は情報量の減少にもつながり、この減少分を補うためには線量を増やさなければならず、患者の被曝線量を増やしてしまう。したがって、70kV程度の管電圧では10:1程度のグリッド比の使用は不適當である。

(指導 青木清助教授)

X線撮影時における介添者被曝線量の角度分布

831005 原 操

831035 白鳥陽子

831046 和久山貞治

1. 目的

X線撮影時における介添者の被曝線量が角度によってどのように変化するかを調べる。

2. 方法

ファントムとしては、患者の大きさを考えて $30 \times 30 \times 20 \text{cm}^3$ の亚克力を用いた。散乱線の測定器には電離箱線量計を使用し、一次X線線量の変動を監視するためモニター線量計も設置した。焦点—寝台間距離は100cm、管電流は0.3mA、測定時間は60secで一定とし、管電圧は70kVと120kV、照射野はファントム底面で $10 \times 10 \text{cm}^2$ と $30 \times 30 \text{cm}^2$ とに変化させた。ファントム中心—検出器間距離は術者から手が届く距離である50cmとし、ファントムの真横を0度、下方向をマイナス、上方向をプラスとして、 -30 度から 10 度間隔で 70 度まで測定した。また、電離箱線量計を半導体検出器に変えて散乱線のエネルギースペクトルも求め、実効エネルギーを算出した。

3. 結果

散乱線の照射線量の測定結果を、角度0度における線量を1として、図1に示す。また、実効エネルギーの測定結果を表1に示す。なお、入射X線の実効エネルギーは70kVの時に32.2 keV、120kVの時に40.5keVであった。

表1 散乱線の実効エネルギー

管電圧 (kV)	照射野 (cm ²)	角度 (度)	実効エネルギー (keV)
70	30×30	0	33.6
		30	32.2
		60	31.1
	10×10	0	33.4
		60	31.3
120	30×30	0	39.0
		60	37.0
	10×10	0	40.0

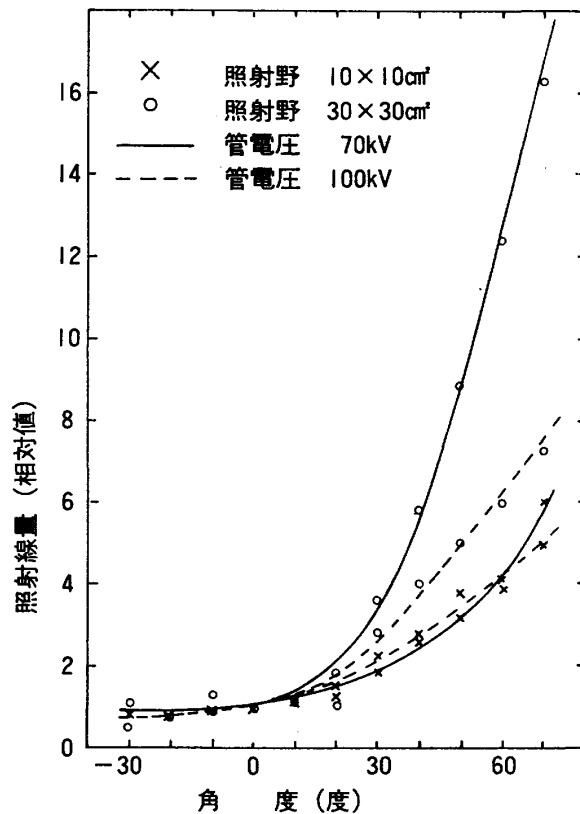


図1 角度による照射線量の変化

4. 考察

角度とともに散乱線量が増加するのは、散乱線の実効的発生源がファントムの上の方にあるため、角度が大きい方がファントム内を通過する距離が短いためと考えられる。また、角度が小さくなるにつれて散乱線の実効エネルギーが大きくなるのは、角度が小さいほどファントム内を通過する距離が長いから、低エネルギー側がカットされるからだといえる。管電圧が高いときに散乱線量の角度変化が小さいのは、散乱線の実効的発生源が下の方へ移動するため、角度によるファントム内通過距離の差が小さくなるためであろう。

この実験より、X線撮影時における立位での介添者の被曝は、0度の位置である腹部より、70度の位置にある感受性の高い甲状腺や水晶体の方が多いということが分かる。そのため、介

添者は低姿勢になるなり、通常のプロテクターに加えて頸部及び眼に対する防護をするのがよいと考えられる。

(指導 青木清助教授)

モンテカルロ法による散乱線発生 シミュレーションプログラムの開発

831006 宮 下 由 佳

831007 百 地 佳 代

831053 高 橋 正 文

1. 目的

モンテカルロ法によるコンピュータシミュレーションにより、散乱線の発生の様子を調べるプログラムを開発する。

2. プログラムの方法

診療用X線であるので、光子と物質との相互作用としては、光電効果、コンプトン散乱、およびトムソン散乱を考える。ファントムに入射されて相互作用を起こした光子は、光電効果では吸収され、それ以外では散乱される。散乱後の光子は、再びファントム内で相互作用を起こすか、または散乱線として放出される。そこで、多数の光子を発生させその1つ1つの挙動を追跡することにより、シミュレーションを行う。この追跡には、定まった確率分布に従った進行距離や角度を発生させなければならない。この発生方法としてモンテカルロ法を用いる。

モンテカルロ法とは、乱数を用いて確率的方法により問題を問いていくという考え方である。

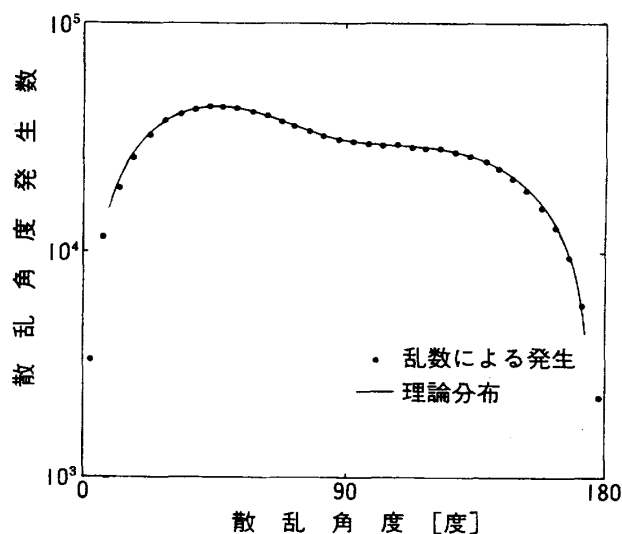


図1 コンプトン散乱角度の発生数と理論分布との比較

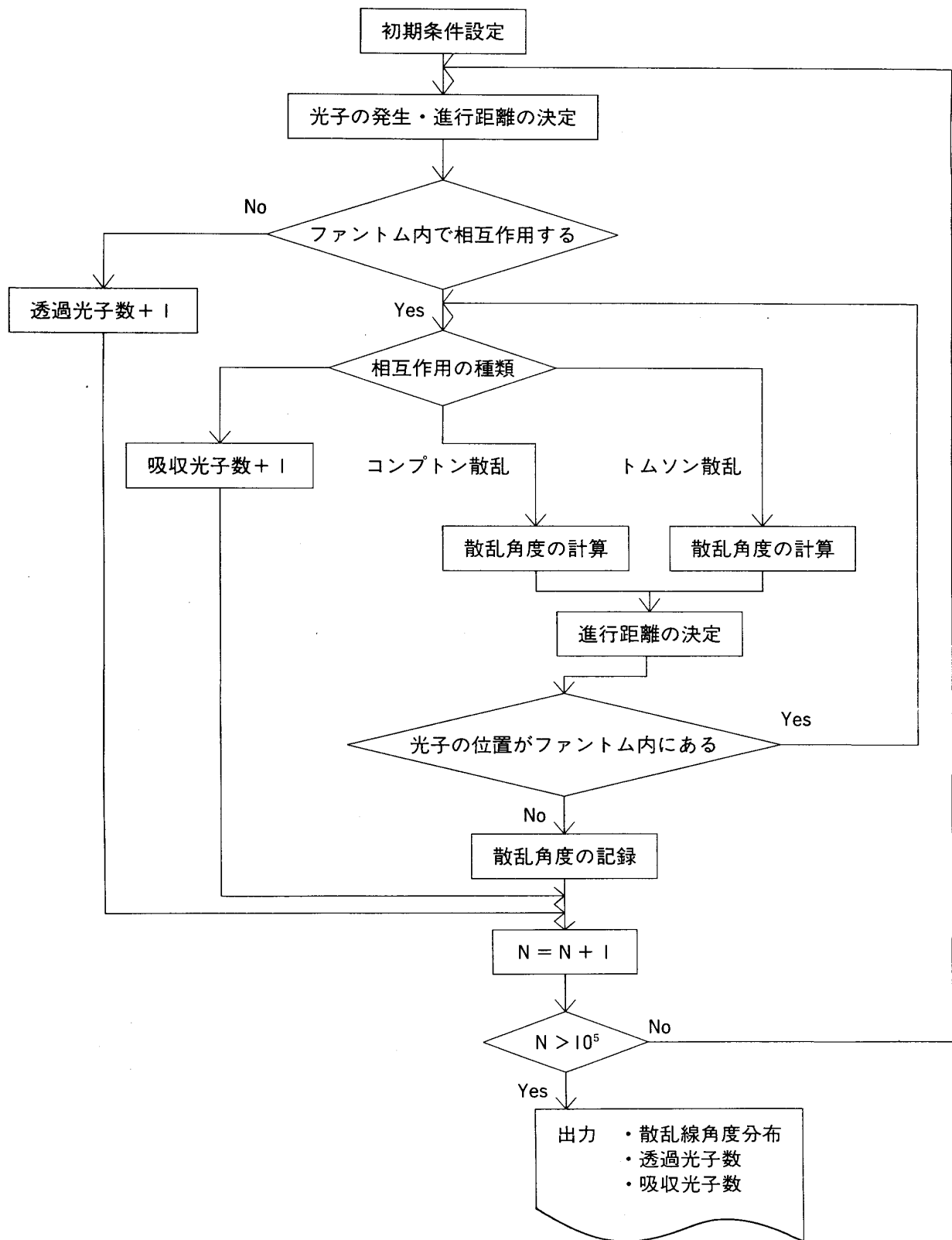


図2 開発したプログラムのフローチャート

例えば $\sin\theta$ の分布を持つ θ の発生方法について考えてみると、一様に θ を発生させ、 $\sin\theta$ より小さい時だけその θ を採用していくと、 $\sin\theta$ の分布を持つ θ を発生できる。そして発生数を多くするほどより鮮明な分布となる。トムソン散乱とコンプトン散乱における角度分布についても、 $\sin\theta$ と同様に発生させることができる。図1には、光子エネルギー150keVの時のコンプトン散乱角度の乱数を用いた発生数と理論分布との比較を示す。この図より、理論どりの分布で発生できていることが分かる。

これらに基づいて、散乱線の角度分布を求めるシミュレーションプログラムを開発した。入射光子数を 10^5 個とした時のフローチャートを図2に示す。

3. プログラムの実行

シミュレーション結果は、角度分布の実験結果と同じような傾向を示しており、開発したシミュレーションプログラムの妥当性を確認できた。

(指導 青木清助教授)

同時多層断層撮影法について

830020 松村仁志

1. 目的

同時多層断層撮影法は多くの利点がありながら現在の医療現場では殆ど使用されていない。その理由として医療機器の進歩(CTやMRIの普及)にもよると考えられるが、この撮影に使用するカセットにも問題があると考えられる。この点に関しては今までに色々な報告がなされているが、再度問題点に関する検討を行った。その結果、①使用可能な管電圧に制限がある、②各層の感度の違いにより鮮鋭度やコントラストのばらつきを生じるなどが考えられた。そこで次のような実験を行った。

2. 使用器具

多軌道断層撮影装置	POLYTOME U PHILIPS SUPER M80
制御装置	SUPER M80
X線管	SRO-2150 PHILIPS
フィルター	2mmA1
多層断層用カセット	2mm×5層
増感紙	極光 ST-2-5

フィルム	FUJI-RX
頭部ファントム	PB-15 (京都化学標本)
アクリル	
蛍光量計	ALCO ELECTRONICS F-11
細線チャート	

3. 実験方法

実験 I : 適正管電圧範囲

X線吸収体として厚さ 8 cmのアクリルを用いて、管電圧を60kV~110kVまで10kVおきに変化させて撮影し、1層目のフィルム濃度を基準とした各層の濃度差を求め比較した。

実験 II : 増感紙の各層の蛍光量特性

各層の増感紙がどのような蛍光量特性を持つかを調べるため蛍光量計の検出器部分（フォトマル）に各層のスクリーンを当てて、増感紙の発光量を蛍光量計により測定した。

実験 III : 各層の鮮鋭度の変化

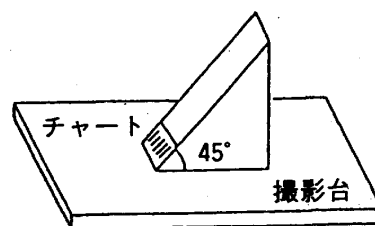
鮮鋭度は一般的にMTFにより評価するが、今回は細線チャートにより解像力を求め、そこから鮮鋭度を評価した。

方法としてFig-1に示すように撮影台の上に45°の傾斜を持つアクリル台をセットしその傾斜面にチャートを張りつけ、円軌道方式で同時多層断層撮影を行った。

実験 IV : トルコ鞍部同時多層断層撮影

頭部ファントムを用いて、トルコ鞍部の同時多層断層撮影を行いファントムによる評価をした。多層増感紙の3層目がトルコ鞍中心部となるようにスライス面をセットして円軌道方式による撮影を行った。

Fig.-1 テストピース



4. 結果と考察

実験 I : 適正管電圧範囲

Fig-2,3より、60kVの場合は増感紙の下層に行くにしたがって濃度が低下していき最大濃度差0.18となった。これは管電圧が60kVと低いため吸収体として使用したアクリルによってX線が減弱され、さらに層

Fig.-2 各管電圧値における各層の濃度差

層番号	1	2	3	4	5
60kV	0	-0.11	-0.09	-0.14	-0.18
70kV	0	0.03	0.05	0.03	0.06
80kV	0	-0.02	-0.06	-0.08	-0.03
90kV	0	0.15	0.13	0.22	0.29
100kV	0	0.15	0.16	0.30	0.34
110kV	0	0.11	0.21	-0.40	0.44

数の増加に伴いフィルム、中間物質、増感紙による減弱が顕著になったことを示す。逆に90kV~110kVと高電圧になるに従い下層ほど濃度が高くなる傾向となり、110kVでは最大濃度差は0.44の上昇となった。これは被写体のアクリル、増感紙の層数増加による吸収よりも、高電圧撮影による効果で、X線があまり減弱されずに下層まで透過したことによると考えられる。一方、70kV~80kVに関しては各層における濃度差は1/100の値で変化しており、各層における濃度差は殆ど生じなかった。

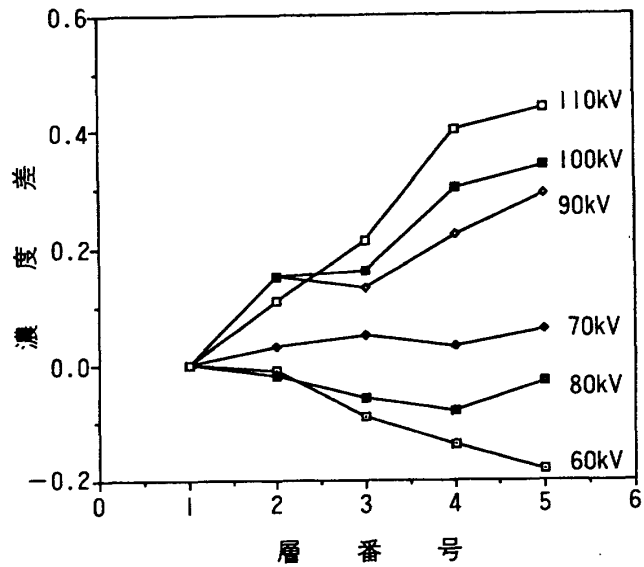


Fig. 3 各管電圧値における各層の濃度差

実験II：増感紙の各層の蛍光量特性

適正管電圧範囲と考えられる70kVの管電圧を使用して実験を行った。

Fig-3, 4より下層に行くにしたがって蛍光量の上昇がみられた。又、フロント面(以下 F面)のみでは、ほぼ直線的な増加が見られており、バック面(以下 B面)では3層目までがほぼ直線的にフロント面と同じような値をとりながら上昇した。4・5層目に関しては増加となった。

本来、両面乳剤のフィルムは、フィルムのF面、B面で同じ蛍光量を与えて画像を作るのが望ましく、3層目まではX線減弱を受けながらも増感紙のF面、B面はそれぞれほぼ同じ蛍光量とすることが容易である。しかし、4層目ではF面の増感紙の約1.2倍の蛍光量をB面が持たないと両面を同じ濃度にする事が出来ない。又、5層目においては約1.8倍も必要とする。つま

Fig. 4 各層における蛍光量特性

	蛍光量：F	Front+Back：F
1-Front	5.19×10^2	11.05×10^2
Back	5.14×10^2	
1-Front	6.17×10^2	12.87×10^2
Back	6.70×10^2	
1-Front	7.34×10^2	14.64×10^2
Back	7.30×10^2	
1-Front	8.31×10^2	18.34×10^2
Back	10.03×10^2	
1-Front	10.70×10^2	29.54×10^2
Back	18.84×10^2	

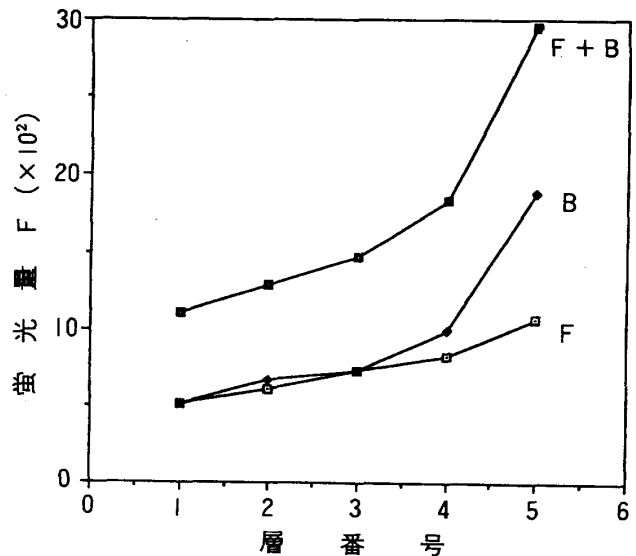


Fig. 5 各層における蛍光量特性 (70kV)

り、管電圧70kVのとき4層目、5層目になるとそれだけX線の減弱が著しくなり、Fig-5のF面+B面の蛍光量の増加は、層数増加に伴うX線の減弱の様子を示すものでもあると言える。

実験Ⅲ：各層の鮮鋭度の変化

Fig-6より1層目と5層目では解像力は5層目の方が劣っていた。これは感度と鮮鋭度の相反する関係より生じたもので、実際にFig-4,5より1層目と5層目ではトータル感度は3倍近く5層目の方が高く、これに伴い解像力が劣り鮮鋭度も劣ると考えられる。しかし、平均的に2.87LP/mmまで確認出来る事から実際に各層により鮮鋭度は劣ってきているが診断上、問題になる程ではないと考えられる。

Fig-6 各層における鮮鋭度のちがいについて
(解像力の評価より)

層番号	3.19LP/mm	2.87LP/mm	2.58LP/mm
1	△	○	○
2	×	○	○
3	×	○	○
4	×	○	○
5	×	△	○

- 十分、確認できる
- △ なんとか、確認できる
- × まったく、確認できない

実験Ⅳ：トルコ鞍部同時多層断層撮影

得られた画像 (Fig-7) を見ていると、適正管電圧範囲の値を用いたにもかかわらず各層に濃度差が見られた。しかし、トルコ鞍部利鞍背の鞍底などがはっきり写っていることや鮮鋭度の変化も生じてはいるが、診断上、支障を生じるほどではないと考えられた。



Fig-7 トルコ鞍部同時多層断層像

5. 結論

同時多層断層撮影法は適正管電圧範囲で使用しなくてはフィルム上の濃度にバラツキを生じる。今回、使用したカセットの場合は70kV~80kVが適正範囲となった。又、各層に鮮鋭度やコントラストのバラツキも生じたが、診断上は特に支障はなく、被曝の軽減などの利点を考慮する場合や患者さんの撮影制約時間を考えると使用を増やす方向で検討する必要があると考えられた。

6. 参考文献

- | | | | | |
|------|----------------|-----------------|------|-----------|
| 第30回 | 日本放射線技術学会総会予稿集 | P.96,97,174,175 | 社団法人 | 日本放射線技術学会 |
| 第31回 | 日本放射線技術学会総会予稿集 | P.200,204,205 | 社団法人 | 日本放射線技術学会 |
| 第32回 | 日本放射線技術学会総会予稿集 | P.110 | 社団法人 | 日本放射線技術学会 |
| 第35回 | 日本放射線技術学会総会予稿集 | P.190,191 | 社団法人 | 日本放射線技術学会 |
| 第36回 | 日本放射線技術学会総会予稿集 | P.542,543 | 社団法人 | 日本放射線技術学会 |
| 第37回 | 日本放射線技術学会総会予稿集 | P.66,67 | 社団法人 | 日本放射線技術学会 |
- (指導 金場敏憲助教授)

左室駆出率測定用携帯型記録装置の開発

831051 小池 貴久
 831016 河部 宣博
 831028 田中 秀夫

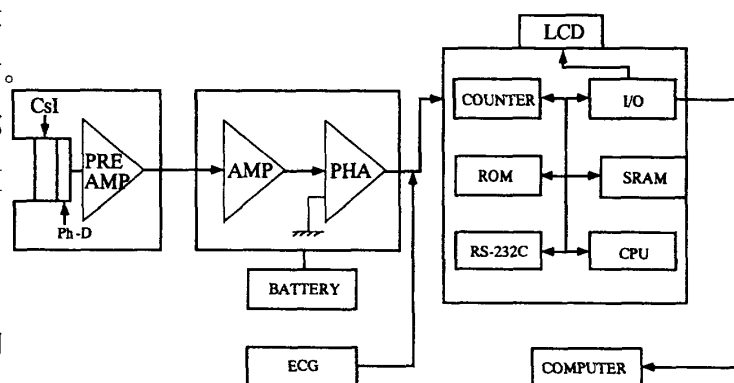
1. 緒言

近年、成人病の中でも心臓疾患の割合は年々増加の傾向にあります。現行の心臓シンチグラフィも心機能の検査は良く行われておりますが、安静時には症状が現れない疾患もあり、日常生活における携帯型RI心機能記録装置を用いた検査も必要となっております。しかし、現在の携帯型心機能記録装置では重量、操作性の点において患者さんに負担の大きい検査となっております。

そこで我々は、携帯型記録装置の軽量化と、操作性の改善を試みましたので報告致します。

2. 結果

右の図は今回我々が開発した装置のブロックダイアグラムであります。検出部、波高選別部、データ処理部より構成されており、検出部はCsIクリスタルを用いることで小型化、かつ軽量化に成功致し、そのうえ、ECGとの接続により心電図と同期した信号を得ることが可能になりました。



Schmatic block diagram of the system

3. 結論

1. CsI検出器は140keVガンマ線に対して90%と高い計数効率を得られ、FWHMは25%であり、クリスタルの加工も容易なことから本検出器に適しているものと考えられます。
2. 軽量化の可能なCsI検出器を用いた本装置は、重量が1.3kgで動きの負担が軽減され、操作性の点においても容易になりました。
3. 記録媒体に2Mbit SRAMカードを用いることでメモリーの制限がなくなり、長時間の連続計測が可能になりました。
4. 今後、心電波形をSRAMカードに同時記録し、コンピューターによりデータ処理の高速化を図りより診断に有用なデータが得られるようにしたいと考えております。

(指導 佐藤昌憲助教授)

CAIソフト開発 診療放射線技師国家試験問題

831060 川 田 由美子

831027 名 越 武 徳

1. 緒言

国家試験対策において、限られた時間で効率的に学習効果を上げるためにはどのような学習方法があるか、下記の項目について検討した。

- 1) 過去の国家試験の成績と出題傾向の分析
- 2) 電気工学に関するアンケート調査
- 3) 個人のレベルに応じた効率的な学習としてのCAIソフトの開発

2. 結果及び考察

- 1) 国家試験における電気・電子工学の成績分析から、平成3年度から5年度間に得点が6割未満のものは180名中70名である。したがって個人のレベルに応じた学習指導方法の確立が必要である。
- 2) 電気・電子工学の出題傾向分析から、電気・電子工学の22分野の出題頻度には片寄りがあり、効率的に学習するには55%の出題がある上位6分野を重視して学習することが考えられる。
- 3) CAIソフトを使った実力判定テストの結果、平均点は65点、所要時間は49分であり学習者は個人のレベルを客観的に把握することができた。また、このテストは国家試験の基礎的な問題から作成したので、合格点は80点ぐらいであると考えられる。

3. 結論

CAI を使って、出題頻度の多い分野や不得意な分野を集中して学習することにより、効率的に学習効果を上げることが可能であると考えられる。また、電気工学だけでなく、他の国家試験についてもデータベースの構築とその活用が考えられる。

(指導 佐藤昌憲助教授)

冷却 CCD カメラによるナロービームの評価

831028 田 中 秀 夫

831031 西中山 仁

1. 目的

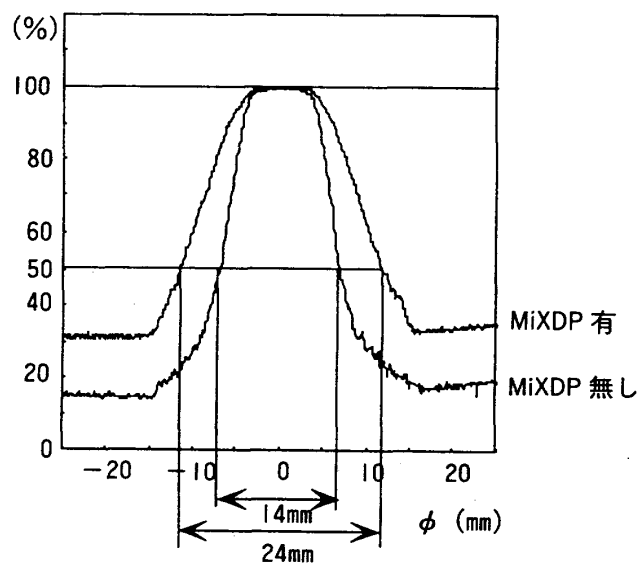
現在、脳神経外科での治療分野においてガンマナイフの開発によりナロービームの利用が高まっている。今日では高価なガンマナイフよりも普及率の高い治療用直線加速器で極小径のコリメータによる簡易的なナロービームでの治療の開発が研究されている。

しかし、ナロービームの線量測定や、線量分布の測定は、照射野が非常に小さいため既存の電離箱では測定が不可能である。

そこで我々は、線量分布の測定にフィルム法が有効であると考え、イメージングプレートを使用した CR システムによりナロービームの線量分布の測定を行った。さらに、冷却 CCD カメラを用いてナロービームを 2 次元的に評価を行った。

2. 結果

このグラフは、CCD カメラでデジタルデータとし、画像処理により断面での濃度分布を表わしている。9 mm ϕ の矩形 (理想状態) を 100% とした場合、MiXDP ありのときの 9 mm ϕ での濃度の積分値は 99.3% となり、半値幅では、80.9% という数字になった。他に、縦軸に濃度とした 3 D 表示も可能であり濃度分布を把握しやすい表示方法も可能となる。



結以上の結果より下記のことが得られた。

- 1) ナロービームは非常に直径が小さいためフィルム法と CCD カメラを用いることにより二次元的に取り込みナロービームの濃度分布を評価でき、立体グラフが描ける。
- 2) マイクロデンシトメーターと比較してほぼ同等の評価が可能であるが、シャウカステンの輝度の影響を受けやすいので調整が必要である。
- 3) CCD カメラの使用によりデジタルデータとして記憶されるのでコンピュータでの画像処理が可能となり病巣の CT 画像等の他のデジタル像との比較が容易になりナロービームでの治療計画がよりやりやすくなる。
- 4) フーリエ変換、自己相関関数評価などの数学的画像評価を CCD カメラによりデジタルデータから評価を行うことができる。
- 5) CCD カメラでの取り込み、フーリエ変換及び自己相関関数による評価により周波数応答、分布のずれが評価でき把握できる。

(指導 佐藤昌憲助教授)

CaSO₄:Dy と CaSO₄:Tm のフォトルミネセンスと熱発光

831029 石丸 壽子

1. 目的

CaSO₄:Dy、CaSO₄:Tm を合成し、紫外線励起発光スペクトル、及び X 線照射後の熱発光スペクトルを測定し、発光準位について比較検討した。

2. 実験方法

紫外線励起発光スペクトルは、励起光として、CaSO₄:Dy では 347nm、CaSO₄:Tm では 360nm を使用し、20~200°C の温度範囲で測定した。

熱発光スペクトルは、試料に X 線を照射後、約 500°C に加熱して測定した。

3. 結果と考察

両試料の紫外線励起発光スペクトルと熱発光スペクトルをそれぞれ図 1、2 に示す。CaSO₄:Dy では、両スペクトルの発光極大は各々 475、565nm と一致している。CaSO₄:Tm では、448nm の発光極大は一致したが、熱発光スペクトルで見られる 340、358nm の発光極大は、紫外線励起発光スペクトルでは観測されなかった。以上のことより、CaSO₄:Dy の熱発光は、紫外線励起発光と同様に 475nm: $^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{15/2}$ と 565nm: $^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{13/2}$ とに帰属できる。一方、CaSO₄:Tm の 448nm の熱発光ピークは、紫外線励起発光と同様に、 $^1G_4 \rightarrow ^3H_6$ に帰属できるが、340、358nm ピーク

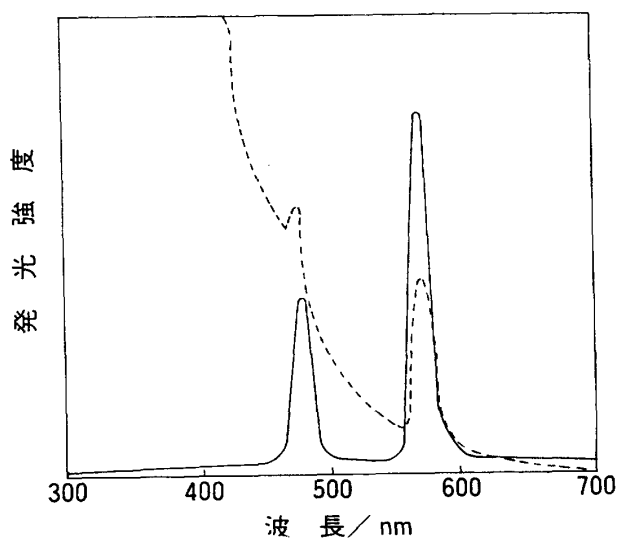


図1 CaSO₄:Dyの紫外線励起発光スペクトルと熱発光スペクトル

——：熱発光スペクトル

-----：紫外線励起発光スペクトル(励起波長：347nm)

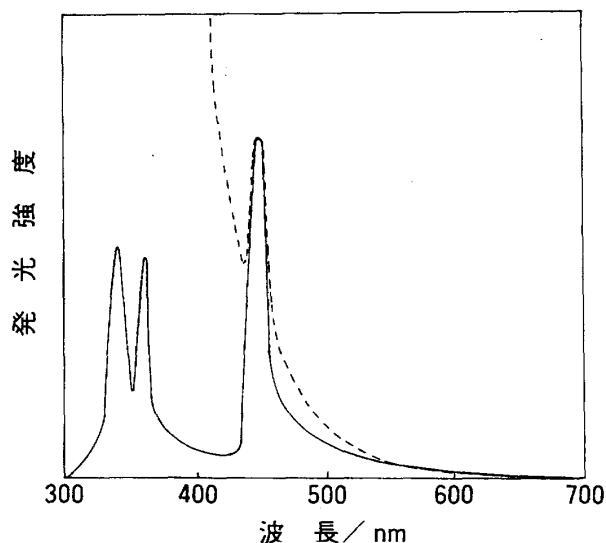


図2 CaSO₄:Tmの紫外線励起発光スペクトルと熱発光スペクトル

——：熱発光スペクトル

-----：紫外線励起発光スペクトル(励起波長:360nm)

については特定できなかった。温度変化は両試料とも、スペクトルの極大波長は変化しなかったが、強度は、温度の上昇と共に減少した。これは温度の上昇に伴い無放射的な過程が増えたためであると考えられる。

(指導 山本裕右助教授)

テトラシアノ白金(II)酸バリウムの フォトルミネセンスと熱発光

831032 吉野秀佳

1. 目的

テトラシアノ白金(II)酸バリウムのフォトルミネセンススペクトルの温度変化と熱発光スペクトルを比較し、熱発光準位について検討した。

2. 実験方法

テトラシアノ白金(II)酸バリウムは、(株)小島化学製Ba[Pt(CN)₄]・4H₂Oを使用した。フォトルミネセンスはXeランプを励起光源として、島津SPG-100STで分光し、励起波長320nmにおいて、室温から200℃までの温度範囲で測定した。熱発光は、X線照射後250℃まで加熱し、目視により観察した。また、フォトルミネセンスが変化する各温度においてエアオープンで加熱を行い結晶水の脱水状況を調べた。

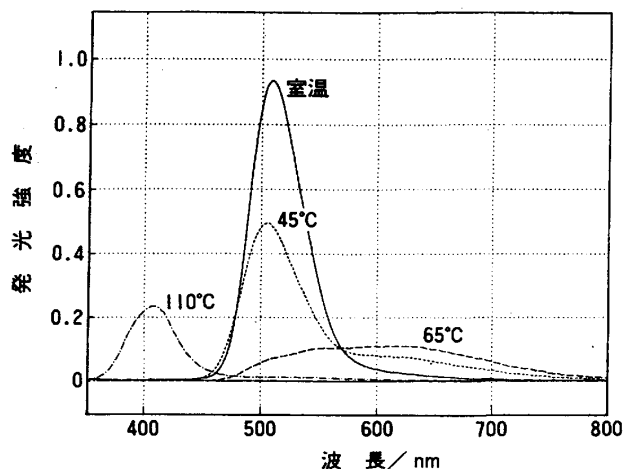


図 テトラシアノ白金(II)酸バリウムのフォトルミネセンスの温度変化

3. 結果と考察

図に室温（結晶水 4分子）、65°C（結晶水 3分子）、110°C（結晶水 0.2分子）でのフォトルミネセンススペクトルを示す。室温（結晶水 4分子）では、510nmにピークを持つスペクトルが観察され、温度の上昇と共に510nmのピーク強度が下がり、600nmの裾の部分が徐々に上昇して来る。65°Cでは、540nmと620nmに2つのピークが現れ、500nm～700nmにかけての幅の広いスペクトルとなり、更に温度を上昇させると540nmのピーク強度が下がる。110°Cでは、410nmにピークを持つスペクトルが認められる。一方、熱発光の測定を目視により行った結果、白に近いオレンジ色の発光が観測された。

以上の結果からフォトルミネセンスでは、温度の変化にともない結晶水の数が増減し、この結晶水の変化に起因するスペクトル変化が観測された。250°Cにおいては、410nmにのみスペクトルピークが現れ、これは紫外線領域で視覚的にも紫色に近い白色である。一方、熱発光では約250°Cまで加熱したので結晶水は全て抜けており、白色に近いオレンジ色が観測され、これはフォトルミネセンスでの410nmのスペクトルピークとは異なったものである。

4. 結論

紫外線励起スペクトルと熱発光とでは全く異なったスペクトルが得られたことから、両スペクトルの発光準位は異なったものであることがわかった。

(指導 山本裕右助教授)

量子力学入門

831058 西 改 睦 月

831055 田 辺 菜 々

1. 目的

量子力学の入門として量子力学の必要性とその最も簡単な例として調和振動子（バネ、振子の運動）を量子化する法則を学び、その解をコンピュータを使って表示する。

始めに量子力学の必要性について述べる。

マクロの世界での物理的な現象は古典力学で正確に求めることができるが、原子や電子レベルの世界を覗けることのできるようになった近代ではいくつかの困難や矛盾に遭遇するようになった。この矛盾をうまく解決したのが量子力学である。以下古典力学（電磁気学）の矛盾について簡単に述べる。

*古典力学とは、ニュートン力学とマクスウェルの電磁気学とで説明される。

まずボーアの原子模型について、水素原子の力学的エネルギーに矛盾があることについて述べる。

ここでは簡単に説明するために陽子は静止しているものとし、電子は陽子の回りを等速円運動しているものとする。

陽子は電子にクーロン引力を及ぼすとされているので、その大きさFは

$$F = K \frac{e^2}{r^2} \quad - (1)$$

またそれに対応する位置エネルギーUは

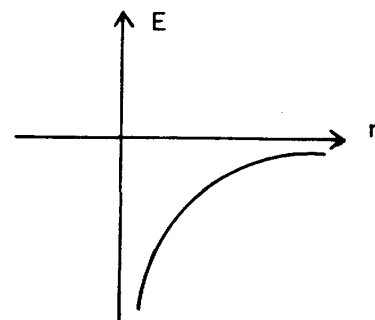
$$U = -\frac{e^2}{r} \quad - (2)$$

次に電子の運動エネルギーEは

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \cdot \frac{e^2}{mr} = \frac{1}{2} \frac{e^2}{r} \quad - (3)$$

となり力学的エネルギーEは

$$E = K + U$$



Eとrの関係

これに (2) (3) を代入すると

$$E = \frac{e^2}{2r} + \left(-\frac{e^2}{r}\right) = -\frac{e^2}{2r}$$

これよりEとrの関係をグラフに示す。

次にマクスウエルの電磁気学によると荷電粒子が加速度運動を行うと電磁波が発生すると言われている。こうなると、水素原子から電磁波が放出されしたがってエネルギーは減少していく。グラフを見るとわかるようにエネルギーEが減少するにつれrは0に近づいていき、これでは水素原子は存在できない。したがって古典力学では水素原子をうまく説明出来ない。

同時にこの議論は1904年の長岡模型に対する最も鋭い批判であった。

このほか、光電効果も古典力学で説明するのは難しい。その概略を言えば光電効果を起こすためには金属に当てる光の振動数とその金属に特有な、振動数（光電限界振動数）より大きいことが必要でありどんなに弱い光を当てても光を当てた瞬間に電子が飛び出る。これを古典力学で考えてみると光を振動として扱うため電子が飛び出すのに時間がかかってしまうので、矛盾が生じる。

量子力学の最も簡単な例としてバネの運動（一次元調和振動子）を考える。

ここでバネのエネルギーは

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \quad - (1) \quad (k = \omega^2 m)$$

と与えられる。ここで量子力学では運動量と座標とで表わされるものなので

$$P = mv \text{ (運動量)} \quad E = \frac{1}{2m}P^2 + \frac{1}{2}\omega^2 mx^2 \quad - (2)$$

ここから量子化の本題に入る。量子化の第一歩として $P \Rightarrow -i\hbar \frac{d}{dx}$ とする。この結果、ハミルトニアン \hat{H} は次式で与えられる。

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + \frac{1}{2}\omega^2 mx^2 \quad - (3)$$

Schrodinger方程式は

$$\hat{H} \cdot \psi_n(x) = E_n \psi_n(x) \quad - (4)$$

(4) に (3) を代入すると

$$\left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{d^2}{dx^2} \right) + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \right\} \psi_n(x) = E_n \psi_n(x) \quad - (5)$$

また固有値と固有関数は

$$\psi_n(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2^n n!} \sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{2}\right) H_n(\xi) \quad - (6)$$

$H_n(\xi)$ は Hermite 多項式とよばれ簡単に解けるように $n=0$ とすると

$$\left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{m\omega^2}{2} \cdot x \right\} \psi_0 = \frac{\omega\hbar}{2} \psi_0$$

が導かれエネルギー固有値 E_n は $\frac{\hbar\omega}{2}$ と与えられる。

終わりに一次元調和振動子だけしか解かなかったがこの応用として三次元では水素原子のエネルギーを求めたり、水素原子のスペクトル線 (バルマー系列、ライマン系列、パッシェン系列) を証明することが出来るそうだ。

(指導 清水忠良教授)