

放射線像研究

VOL. 4. No. 4. (通巻41号) 1974年12月

* 目 次 *

研究会記事・会告	141頁
特別講演資料	
手書き文字認識への一つの道.....電通大.....保原 信	145頁
論文	
42-1 平面回折格子モノクロメーターのO. T. F. と像修整 (III) 京都工繊大.....小島 克之、金森 仁志	156頁
42-2 X線、 γ 線の距離逆2乗法則の適用について 京大原子炉実験所.....佐藤 孝司	160頁
42-3 X線用イメージアンプリファイアの雑音と評価 島津製作所.....津田 元久、橋詰 辰夫、早川 毅	165頁
42-4 VIDEO DENSITOMETRY 装置の回路方式と特性 放医研.....須田 善雄、梅垣 洋一郎、飯沼 武	175頁
R I I 研究会会員名簿	

第 4 2 回 研 究 会 記 事

第 4 2 回 R I I 研究会は下記のように開催されました。

日 時 昭和 4 9 年 1 2 月 7 日 (土) 1 0 : 4 0 ~ 1 6 : 3 0

場 所 電気通信大学研究施設会議室

特 別 講 師 電気通信大学 保 原 信 氏

放 医 研 田 中 栄 一 氏

飯 沼 武 氏

プログラム (* 印のものは本誌に論文が掲載されています)

特別講演

- * 1) 手書き過程の実験的解析

電気通信大学研究施設助教授 保 原 信 氏

- 2) 核医学における Coded Aperture Imaging について

放医研 物理第一研究室長 田 中 栄 一 氏

臨床研究部長 飯 沼 武 氏

研究発表

- * 1) 平面回折格子モノクロメーターの O. T. F. と像修整 (Ⅲ)

京都工繊大 電気工学科 小島克之, 金森仁志

- * 2) X線, γ 線の距離逆 2 乗法則の適用について

京都大学 原子炉実験所 佐藤孝司

- * 3) X線用イメージアンプリファイアの雑音と評価

島津製作所 電子管工場 津田元久, 橋詰辰夫, 早川 毅

- * 4) VIDEO DENSITOMETRY 装置の回路方式と特性

放医研 臨床研究部 須田善雄, 梅垣洋一郎 飯沼 武

会 告

第 4 3 回 研 究 会 に つ い て

第 4 3 回 研 究 会 は 下 記 の よう に 開 催 い た し ま す。

日 時 昭 和 5 0 年 3 月 1 5 日 (土)

場 所 名 古 屋 大 学

新 入 会 員

下 記 の 方 々 を 会 員 と し て 迎 え ま し た。

< 賛 助 会 員 >

社 名	〒	所 在 地	TEL
東 京 芝 浦 電 気 (株)	213	川 崎 市 高 津 区 久 本 3 0	044-833-1111

< 会 員 >

氏 名	〒	勤 務 先 お よ び 所 在 地	TEL
須 田 善 雄	280	放 射 線 医 学 総 合 研 究 所 臨 床 研 究 部 千 葉 市 穴 川 4 - 9 - 1	0472-51-2111
藤 田 良 博	560	大 阪 大 学 医 療 技 術 短 期 大 学 部 豊 中 市 待 兼 山 町 1 - 1	06-855-1281
藤 本 祐 一	213	東 芝 玉 川 工 場 医 用 電 子 設 計 部 映 像 グ ル ー プ 川 崎 市 高 津 区 久 本 3 0	044-833-1111
脇 方 妙 子	662	兵 庫 医 科 大 学 中 央 放 射 線 部 西 宮 市 武 庫 川 町 1 - 1	0798-45-6258
小 川 史 顕	602	京 都 府 立 医 科 大 学 放 射 線 医 学 教 室 京 都 市 上 京 区 河 原 町 広 小 路 梶 井 町	075-231-2311
曾 我 部 秀 一	560	大 阪 大 学 医 療 技 術 短 期 大 学 部 豊 中 市 待 兼 山 町 1 - 1	06-855-1281
片 桐 敏 男	553	大 阪 大 学 医 学 部 附 属 病 院 中 央 放 射 線 部 大 阪 市 福 島 区 堂 島 浜 通 3 - 1	06-451-0051
橋 爪 俊 幸	211	関 東 労 災 病 院 放 射 線 科 川 崎 市 中 原 区 木 月 住 吉 町 2035	044-411-3131
馬 場 仁	812	九 州 大 学 医 学 部 附 属 病 院 放 射 線 部 福 岡 市 東 区 馬 出 3 - 1 - 1	092-641-1151

住 所 変 更 等

氏 名 〒 勤務先および所在地 TEL

< 所属変更 >

伊 藤 健 一	184	東京農工大学電子工学科 小金井市中町2-24-16	0423-81-4221
小 泉 勝 三	319-11	動力炉核燃料開発事業団 東海事業所安全管理部 茨城県那珂郡東海村大字村松	02928-2-1111
速 水 昭 宗	530	大阪大学歯学部歯科放射線学教室 大阪市北区常安町32	06-444-1421
内 田 勝	504	岐阜大学工学部電気工学科 各務原市那加門前町3-1	0583-82-1201

< 社名変更 >

酒 井 光 明	213	㈱マイクロメディカル 川崎市高津区宮崎263-4	044-888-3096
---------	-----	-----------------------------	--------------



第 23 回委員会議事録

日 時 昭和49年12月7日(土) 16:30～
場 所 電 気 通 信 大 学

1) 研究会の米国開催について

米国で研究会を開催することにつき、会長を交え審議した結果、時期(1976年6月～9月)、場所(シカゴ大学)、演題の範囲(放射線像の性質、計測、評価、処理など)を設定し、各会員が実際に参加するか否かをアンケート調査することとした。

2) 次回について

名古屋において、3月中旬開催することとした。

手書き文字認識への一つの道

保 原 信*

Toward a Model for Handwriting Recognition

Makoto YASUHARA

Writing and speaking play the most important roles in human communications. These two forms of verbal behavior have appreciable similarities as well as differences. Although their physical appearances are different—and although different sets of muscles are used in the execution or articulation of appropriate gestures, the problems they present in the higher levels of language processing seem to be the same, that is, at some level of the language processing in the brain, both must relate to the same grammatical structure of the language in question. Thus, in such a level, a process to produce or to recognize messages in handwriting is thought to have a counterpart in speech.

In this paper, an active model for handwriting analysis and recognition is suggested, which corresponds to the so-called analysis by synthesis method (abbreviated to A-b-S) in speech research, and wide range discussions on the model of human handwriting process are presented from both theoretical and experimental view points.

1. はじめに

過去 20 年来、文字の自動認識に関する研究は、内外を問わず広い分野できわめて活発におこなわれてきたが、問題の本質的な部分が解決されないまま、現在反省期にあるといえよう。特に、手書き文字識別の問題となると、その特徴を生かした系統的な研究はきわめて少なかったと言わざるを得ない。

人間がある図形を描こうとして動かした筆点の運動の軌跡を分析すること自体は、たしかにそれほど興味深い問題ではないが、もしそれが特定の言語媒体としての文字として書かれたものであり、また受け取られる文字のすべてに必要な十分な物理的条件を見つけるという問題にしてみると、これはなかなか新味のある、困難な問題に見えてくる。そこで、この図形の性質を調べる必要が生じてくるわけであるが、ここで忘れてならないことは、既に述べたとおり、言語媒体としての手書き文字は本来必ず人間によってその手

書き過程を通して発生されたものであり、印書とは本質的に異なる特徴をもっていると言うことである。われわれはまず第一に、そのような手書き文字の発生上の条件が手書き文字の物理的な性質にどのような制約として現われるかを知り、手書きに際してわれわれが意志によって制御しているものが手書き文字の性質のどういうものに対応しているかを適切に把握する必要がある。人間が発生するということの大きな特質の一つは、言うまでもなく、時と場合によって種々の性質が機械的に一定しないということであって、これはそのものを機械的に扱うためにはきわめて不都合であるが、これを克服するには、上述のような入手しうるあらゆる情報を十分に活用しなくてはならない。そして手書き文字についての真の知識は、この特殊性を十分に扱いこなせるはずのものである。

2. 研究の目的

手書き文字の認識に関する研究において、空間レベル（二次元的空間信号）での手書き信号の性質を全く統計的に取り扱う場合は別として、一般には、空間レ

* 電気通信大学電気通信研究施設

ベルでの種々の手書き文字の性質が、それによって伝えられる言語情報（あるいは個人性に関する情報）とどのように対応しているかが問題となる。しかし空間レベルでの手書き文字の性質を単に信号解析的に、あるいはより直接的な手法で調べることによって、それらと言語情報との対応を受動的に求めることにはどうしても限界がある。たとえば、従来、パタン認識理論の応用として文字認識を考え、空間レベルにおける特徴パラメータを抽出し、これにもとづいて多くの識別実験がなされてきたが、最終的な識別率だけで最適な特徴パラメータを選択しようとする、対象とする性質が手書き文字のように高度なものになるにつれて、問題が急速に困難となり、単に現象的な結果に終わらざるを得なかった。

手書き文字も、音声における Denes, Pinson の speech chain¹⁾ の考え方を借りれば、いわゆる handwriting chain によって、つまり書き手の大脳における言語生成のレベル、手書き機構を制御する神経生理学的レベル、筋肉活動の生理あるいは解剖学的レベル、筆点運動のレベル、結果として生じる二次元的空間信号、すなわち空間レベル、受け取る側の視覚系で空間信号を処理する神経生理学的レベル、大脳における最終的な言語認識のレベルのつながりによって構成されていると考えられる。そこでより本質的な手書き文字認識の研究が進むべき方向として二つの方向が考えられよう。その第1の方向は、あくまで空間的信号であることを重視して、この手書き chain を空間レベルから視覚側へたどって、視覚心理実験を通して言語情報に対応する物理的特徴を見出し、空間レベルでの信号の性質をより本質的に、視覚的に意味のあるような形で記述することである。第2の方向は、手書き chain を発生機構の側にたどって、発生機構の解剖学的、あるいは生理学的特性にもとづいた、またさらにそれらを制御する神経指令の特性にもとづいた発生機構のモデルを作ることによって、より本質的に発生機構の制約にしたがった合成法則を作ることである。

ただし、ここで重大な疑問が生じてくる。言語音（音声）の場合には、たしかに言語的な情報を伝えるための音響的特徴、あるいは聴覚的特徴はもっぱら人間の発声の機能によって作り出されるものであり、聴覚の機能に合わせて発声しているわけではない。人間が音声を使用するように進化してきた過程で、発声の機能と聴覚の機能とどちらが主体的であったかという問題にまで触れるまでもなく、有声音と無声音の区別、鼻音、破裂音、摩擦音などという子音の分類、子音と母音との調音結合などという発声器官の機能に直接結

びついた音声学上の概念を、現在すでに音響パラメータで音声を記述する際にも潜在的に使っている。このように発声器官の解剖学的、あるいは生理学的特性にもとづいて発声機構のモデルを作り、これを手がかりとしてより本質的な発声過程の特性にしたがった記述法を求めることは、音声研究においてはたしかに意味があるし、またかなりの期待がもてる。

しかし、本来空間的視覚信号であるはずの手書き文字の特徴を記述するために、その発生過程の特性にしたがった記述法を採用しようとする必然性は、一般には認められがたい。すなわち、文字自体その人間による発生上の制約から生まれたものではなく、活字（標準パタン）の存在からもわかるように、おもに社会的、外的な要因によって規定されたものである。しかしこれを手書きによって表現する場合、印書による場合とは異なり、特に cursive handwriting の場合は、この標準パタンからある種の規則的とも思える変形を受けるが、このいわゆる変換規則は人間の手書き機構の制約に大きく依存しているはずである。したがってこの変換規則を記述するという考え方に立てば、この問題はパタン認識理論における正規化の過程であると解釈することもできよう。

3. 手書き文字の発生過程とその合成方式

以上のような考え方で、従来までの手書き文字の合成的研究がどのような立場にあったかを整理して図解してみたのが Fig. 1 である。まず、言語的なレベルで統語論的な変換と記号論的な変換によってある種の記号（画；stroke のようなもの）が出力される。これを受けて次の神経レベルで運動指令が作り出され、これによって次の生理レベルで手関節および指の伸筋および屈筋の収縮が起こり、その結果として生じた筋力によって骨格、関節が運動し、筆点の変位として観測される。さらに筆点は紙面との間で摩擦の影響を受けながら紙面上にその運動の軌跡を記録する。

1960年、MITの M. Eden と M. Halle²⁾ は、primitive element と呼ばれる4個の線素を定義し、これらの空間的移動と回転によって stroke を表現し、さらにこれら stroke の結合によって手書き文字を直接空間レベルで記述する方式を提案した。これは音声学における Jakobson³⁾ らの distinctive feature⁴⁾ の概念を文字の領域に拡張して上記の線素を distinctive feature として定義したものであった。さらに 1962年に Eden¹⁾ は、書字の際の筆点の変位 $x(t)$, $y(t)$ に着目し、この時間微分 $\dot{x}(t)$, $\dot{y}(t)$ を、

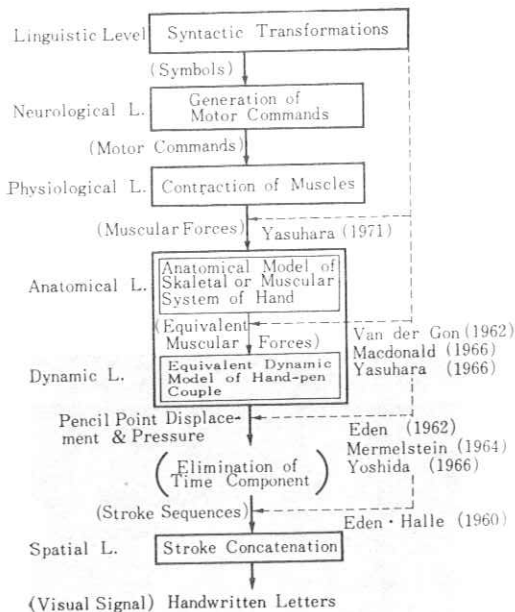


Fig. 1 Human handwriting process.

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= \beta \cos \omega_x t + \nu_x t \\ \dot{y} &= \alpha \sin \omega_y t + \nu_y t \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

のように近似するモデルを使ってきわめて質のよい手書き文字を合成した。しかしこれは実際の手書き機構の制約を十分説明するモデルであるとはいえない。Mermelstein (1964)³⁾、吉田 (1966, 電波研究所)⁶⁾らのモデルもこの流れに沿うものであるが、吉田は、特に漢字の合成に際して極座標表示を採用すると有利であることを指摘した。

これらに対して、オランダの医者である D. Van der Gon (1962)⁷⁾ は、手の運動を人間工学的立場から解析する目的で手自体の等価力学モデルを考え、種々の筋肉から発生する力の合力としての等価筋力 $f_x(t)$ 、 $f_y(t)$ を考え、運動方程式

$$\left. \begin{aligned} M\ddot{x} + K_x\dot{x} &= f_x(t) \\ M\ddot{y} + K_y\dot{y} &= f_y(t) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ただし、

M : 手自体の等価質量

K : 骨格、筋肉系などの内部摩擦係数

を解くことによって、運動の変位 $x(t)$ 、 $y(t)$ を与えるモデルを提出した。この考え方は手書き文字合成の立場からもきわめて示唆に富むものであり、MacDonald (1966 年, MIT)⁸⁾ もこの考え方にしたがって handwriting simulator を作って手書き文字の合成実験を試みたが、実際の人間の手書き過程を記述するためのモデルとしては、若干簡単化しすぎていることもあって十分な結果が得られなかった。

4. 等価力学モデルの修正

4.1 筆点と紙面との間の摩擦力の影響

Van der Gon の提出したモデルは、明らかに一様な粘性流体内におかれた質量 M の質点が摩擦のないなめらかな平面 (x - y 平面) 上を運動するときの運動方程式である。一般に手の運動を運動学的に解析する場合のモデルとしては、(手の組織系の粘性を無視すれば) これで十分であった。しかし、書字運動を考慮する場合、摩擦のないなめらかな平面上を運動するという仮定には問題があり、書字運動のモデルとして、筆圧および筆速の変化を考慮してない式 (2) をそのまま適用することには疑問がある。

a) 静止摩擦力 Fig. 2 は手関節を固定しながら、紙面上で筆点を直線的に左右に往復運動させたときの筆点の変位 $x(t)$ を手書き分析装置 (Appendix I) で測定し、これから速度 $\dot{x}(t)$ および加速度 $\ddot{x}(t)$ を

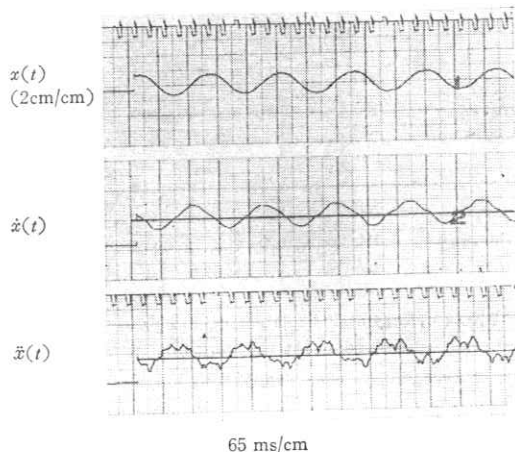


Fig. 2 Horizontal wrist motion.

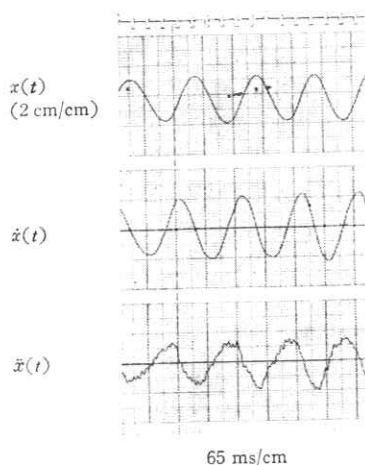


Fig. 3 Rotary motion-horizonal projection.

計算したものである。また、Fig. 3 は同じ条件の下で筆点を円運動させたときの結果である。両者ともに、変位および速度の波形はきわめてなめらかで、三角関数的な変動を示しているが、加速度の波形には明らかに差が認められる。Fig. 2 の場合には、速度の波形が時間軸を過ぎる時点、すなわち筆点が左、右いずれかの端点に達する時点に例外なく加速度の波形にくぼみ（絶対値の降下）が観測されるのに対して、Fig. 3 の場合にはこのような現象は全く認められない。このことは、定性的には、筆点と紙面との間で作用する静止摩擦力の影響を考えることによって説明することができる。

b) 動摩擦力 Fig. 4 は、上述の Fig. 2 の実験で同時に筆圧 $p(t)$ (筆点が紙面に対して垂直に作用する力) を観測したものである。この波形を見ると、

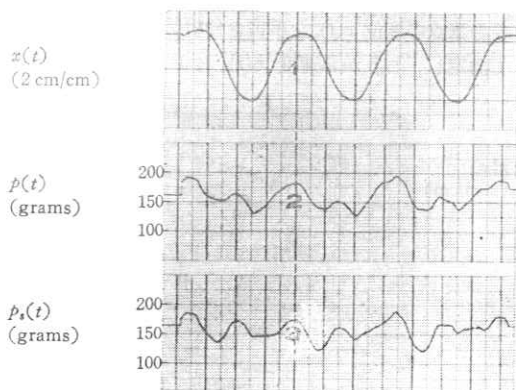


Fig. 4 Horizontal displacement and pressure of a pencil point for the horizontal wrist motion.

まずその周期が $x(t)$ の変動周期とよく一致した変化が認められるが、これは紙面と筆記具を握った手との相対的な位置関係によって生ずる手の機構的な原因による変動であると考えられる。そこでこの変動を適当な方法¹⁷⁾で除去してみたのが $p_s(t)$ であるが、これをよく調べてみると、筆点が左、右いずれかの端点に達する若干手前で、例外なく極大点が現われているのが認められる。これは筆点が端点に近づくとき、減速のための筋力が作用する以外に、筆圧を上昇させて筆点と紙面との間の動摩擦力を増加させることによって減速を助けるという人為的な制御が働いているものと解釈することができる。このことについては後に若干定量的に議論されよう。

4・2 筆速の影響

筆速（筆点の線速度）は Fig. 5 で示されるように、物理的には、筆点と紙面との間で作用する摩擦力を両座標軸に関する成分に分解する際に現われる。Fig. 6

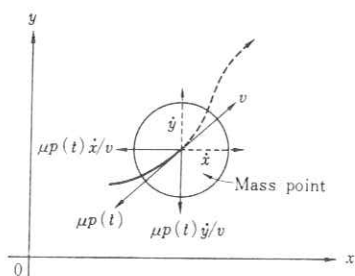


Fig. 5 Friction force between the surface of paper and a pencil point.

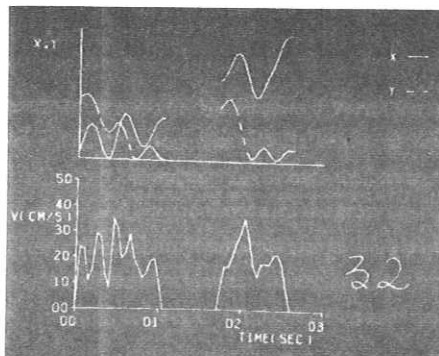


Fig. 6 Writing speed.

(成人男子)に 5 cm×5 cm 程度の大きさの文字（ひらがな“る”，数字“2”）を、自身の好む調子で書いてもらい、このときの筆点の座標 $x(t)$, $y(t)$ から速度 $v = (\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{1/2}$ を計算したものである。

この例の場合の平均筆速は両者ともにほぼ 20 cm/s であることがわかるが、その変化の幅はきわめて大きく、平均筆速の 1.5~2 倍程度にまで達している。このことから、特に筆圧の変化を考慮する場合には、筆速の変化を無視してこれを一定と考えることには問題がありそうなことがわかる。

4・3 修正等価力学モデル

Fig. 7 は、手書き運動に関する人間の手および筋肉系をモデル的に表現したものである。手組織のもつ弾性、運動に伴う内部摩擦を考慮して、前者は一定の弾性率 ν をもったばねで代表させ、後者に対しては負荷が粘性率 λ の流体内に置かれていると考える。このような条件の下で、負荷が筋力の作用によって摩擦のある平面上を運動する際の運動方程式は、摩擦力が速度に対して逆向きに作用するので、

$$\left. \begin{aligned} M\ddot{x} + k_x\dot{x} + \nu_x x &= f_x(t) \\ M\ddot{y} + k_y\dot{y} + \nu_y y &= f_y(t) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} k_x &= \lambda_x + \mu p(t)/v \\ k_y &= \lambda_y + \mu p(t)/v \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

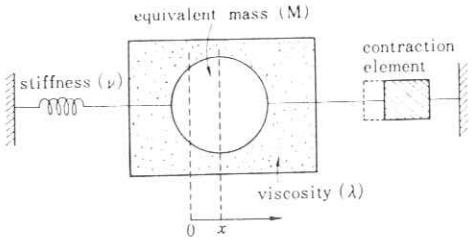


Fig. 7 Schematic illustration of the equivalent dynamic model of human handwriting process.

$v = (\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{1/2}$: 筆速

$p(t)$: 筆圧

λ : 手組織の等価粘性率

μ : 筆点と紙面の間の摩擦係数

ν : 手組織の等価弾性率

と表わすことができる。これが修正された手書き過程の等価力学モデルである。式(4)からわかるように、この場合の k は明らかに時間に依存している。

ところで、もし筆圧 $p(t)$ および筆速 $v(t)$ が時間に依存しないで一定であるとすると、

$$\left. \begin{aligned} k_x &= \lambda_x + \mu P / V = K_x \\ k_y &= \lambda_y + \mu P / V = K_y \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

となり、 k は時間に依存しない定数となる。また、 $\nu_x = \nu_y = 0$ と考えると、式(3)は式(2)と全く同じになる。このことは、式(3)において筆圧、筆速を一定とし、手組織の弾性を無視すると、Van der Gon のモデルが得られることを示している。

5. 修正等価力学モデルによる 手書き文字の合成

5.1 モデル・パラメータの推定

Van der Gon が仮定したように、一般には、手組織の等価弾性率を無視できるものとする、すなわち、式(3)の左辺第3項が第1、2項に比較して十分小さいものとする、式(3)、(4)は

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} + k_x \dot{x} &= F_x(t) \\ \ddot{y} + k_y \dot{y} &= F_y(t) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} k_x' &= 1/M \{ \lambda_x + \mu p(t)/v \} = l_x + m p(t)/v \\ k_y' &= 1/M \{ \lambda_y + \mu p(t)/v \} = l_y + m p(t)/v \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

となる。ここで、 l_x, l_y および m などのパラメータは、文字を書く個人や運筆時における筆点および紙面などの性質によってきまる定数であり、あらかじめ別の実験によってその値を測定しておかなければならない。

Fig. 8 は被験者に手関節を固定しながら手首の周期的左右往復運動をしてもらったときの筆点の時間的変位 $x(t)$ 、筆圧 $p(t)$ およびその運動に関与する筋肉の

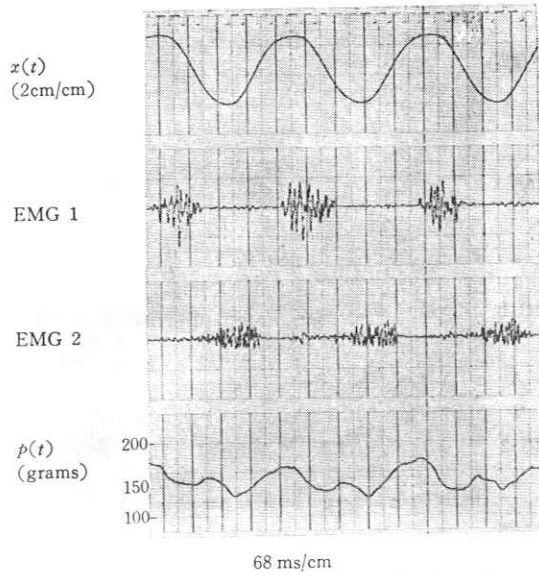


Fig. 8 Horizontal wrist motion together with the corresponding EMG signals.

活動電流 (EMG; Appendix II) を観測した例である。ところで、この場合の筆点の y 座標成分は一定 ($y=0$) と考えられるので、 $v = |\dot{x}|$ であり、式(6)、(7)は、

$$\left. \begin{aligned} F_x(t; l_x, m) &= \ddot{x} + l_x \dot{x} \pm m p(t) \\ \dot{x} &\geq 0 \text{ (複号同順)} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

となる。ここでもし、 $x(t)$ 、 $p(t)$ 、 $F_x(t)$ がともに実験によって測定可能であれば式(8)を満足するパラメータ l_x, m の値は計算によって容易に知られる。ところで、前二者については Fig. 8 の実験から直ちに知られるが、 $F_x(t)$ を直接測定するのは技術的である。そこでここでは、運動に直接関与する筋肉内の EMG を観測し、これから筋力 $M_x(t)$ を推定し、これを $F_x(t)$ の代わりに用いることにした。以上のデータを用いて、 l_x および m の推定値は最少自乗法によって、すなわち積分

$$\epsilon(l_x, m) = \frac{1}{T} \int_T \{ F_x(t; l_x, m) - M_x(t) \}^2 dt \quad (9)$$

を最少にする l_x^* 、 m^* の値を計算することによって求められる。Fig. 9 の $F_x^*(t)$ は以上の手続にしたがって、Fig. 8 のデータに関して $F_x(t; l_x^*, m^*)$ を計算したもので、このときのパラメータの最適推定値は、 $l_x^* \approx 12 [T^{-1}]$ および $m^* \approx 0.5$ であった。また同図の $F_x^*(t)$ は、比較のために、筆圧、筆速の変化を無視した Van der Gon のモデルについて、積分

† 表面電極法により誘導される筋電図の振幅は、筋収縮力とかなりよい相関を示すと言われている。そこで測定された EMG を全波整流し、十分平滑したものを $M_x(t)$ とした。

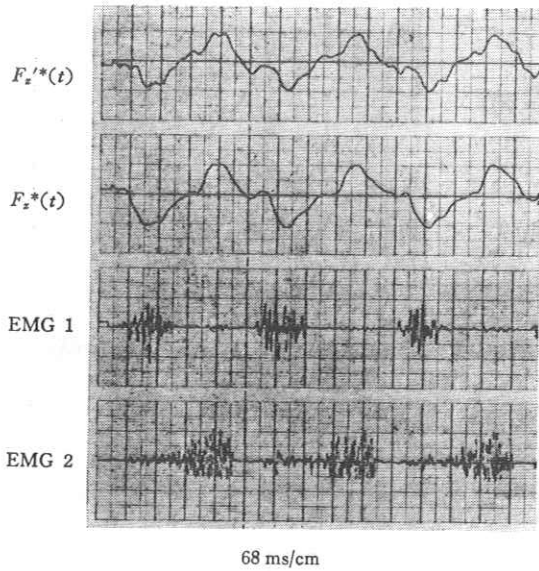


Fig. 9 Comparison of the estimated muscular force waveforms with the corresponding EMG signals.

$$\epsilon'(K_x^*) = \frac{1}{T} \int_T \{F_x'(t; K_x^*) - M_x(t)\}^2 dt \quad (10)$$

$$F_x'(t; K_x^*) = \ddot{x} + K_x^* \dot{x} \quad (K_x^* = K_x/M)$$

を最少にする K_x^* を求め、そのときの $F_x'(t; K_x^*)$ を計算したものである。なおこのときの K_x^* は 18 $[T^{-1}]$ であった。一般に筋力は筋肉の活動開始より若干遅れて立ち上がることが生理学的に知られているが、このことを考慮すると $F_x^*(t)$ のほうが $F_x'(t)$ よりも明らかに EMG との対応が良いと言えよう。このことは、筆圧、筆速の変化を無視することができない事情を明確に物語っている。

5.2 筋力に関する指数関数モデル

式(6), (7)によって手書き文字の合成を行なう場合、Forcing 関数(筋力)として $F_x(t), F_y(t)$ を具体的に規定しなければならない。

まず、筋肉の活動状態がその活動の開始時間と持続時間とで規定できるものと考えよう。そこで、いま $M_l(t), M_r(t)$ を左、右それぞれの向きに作用する筋力とし、 T を筋肉活動の持続時間とすると、Fig. 10 の太線で示したように筋肉活動の様子を矩形波として表わすことができる。実際の筋力はこのように単純な矩形波ではなく、ある一定の過渡特性をもっているものと考えられる。MacDonald は簡単に直線的過渡特性を仮定したが、これは加速度の波形が静止摩擦力の影響の[†] 形波で近似できるという理由によるものであった (Fig. 2)。この考え方には、速度に比例す

† この遅れ時間は、一般には筋肉の種類によって異なるが、手根筋の場合はほぼ 30~40 ms 程度である⁹⁾。

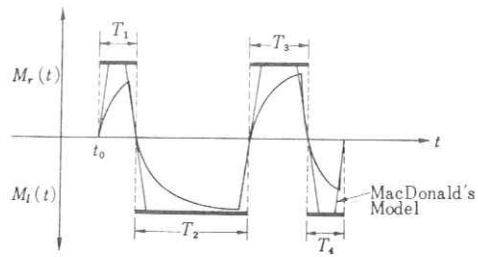


Fig. 10 Forcing function.

る項を無視している点に問題があるが、モデル自体に摩擦力の影響を考慮していない点を、Forcing 関数によって補償しているという意味もあった。ここでは純粋に各種筋肉による力の合力としての Forcing 関数を考えればよいので、筋肉の弾性、内部摩擦による damping など考慮して、指数関数的過渡特性を採用することにした。

5.3 合成実験

まず、被験者に文字を書いてもらい、筆点の座標 $x(t), y(t)$ および筆圧 $p(t)$ を手書き分析装置によって計算機に読み込み (500 samples/s·ch, ± 10 bits), 文字の大きさを正規化して CRT 上に表示する。一方、ライトペンによって筋肉活動の時間点およびその持続時間を指定し、これにもとづいて $F_x(t), F_y(t)$ を数値計算してアナログ計算機に与える。アナログ計算機は与えられた Forcing 関数に従って式 (6), (7) を解き、その結果はデジタル計算機に読み取られ、同様に文字の大きさが正規化されて同一の CRT 上に表示される。

このように、実際に書かれた文字と合成された文字の比較を空間領域でおこない、両者ができるだけ一致するようにライトペンによって筋肉活動の状態を変えながら繰り返す*。

以上の手続きによって合成された文字と手書きされた原文字の例が Fig. 11 に示されている。また比較のために、Van der Gon のモデルによって同じ文字を合成した例が Fig. 12 に重ねて示されている。これらの結果からも、筆圧、筆速の変化を考慮したモデルの妥当性ははっきりとうかがうことができよう。Fig. 13 は原文字に対する推定筋力と、文字を合成するために与えられた合成筋力の比較を同一図上に示したものである。時間軸を切る時点が互いに一致する傾向が見受けられるのが特徴である (縦軸の目盛は一致していない)。なお、図の説明で近似誤差とあるのは、

* ここでは収束の様子を体得する意味で人がライトペンで制御する方法を採用したが、現在はその全過程をプログラム化し自動収束するようになっている。

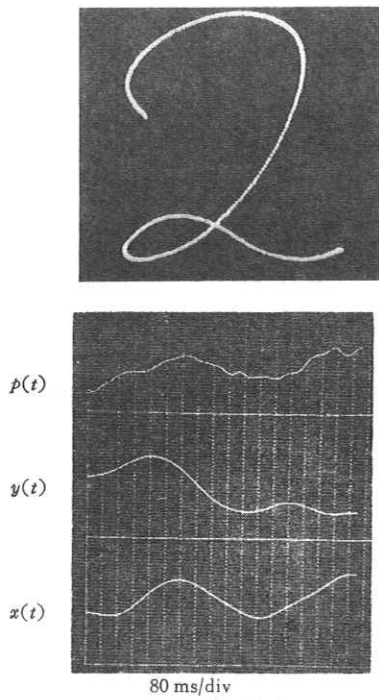


Fig. 11 (a) An original handwritten numeral.

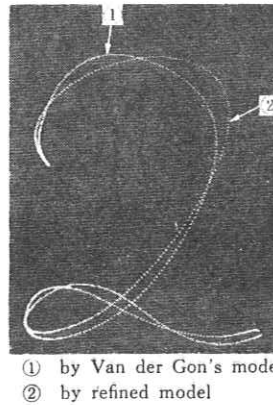


Fig. 12 Comparison of the synthesized pattern by the Van der Gon's model with that by the proposed refined model. Approximation errors are 1.84×10^{-3} (Van der Gon's model), and 0.61×10^{-3} (refined model) respectively.

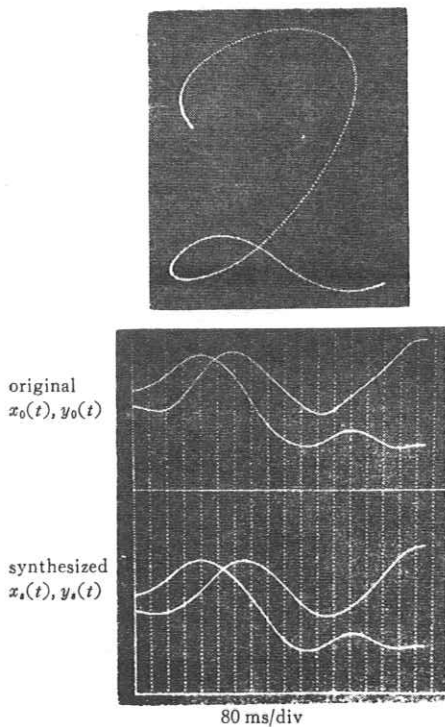


Fig. 11 (b) Synthesized pattern. Approximation error $\epsilon = 0.61 \times 10^{-3}$

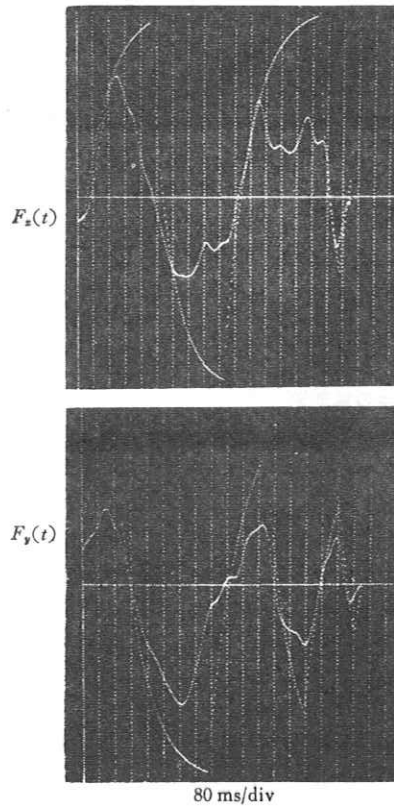


Fig. 13 Comparison of forcing functions with muscular force functions.

$$\varepsilon = \frac{1}{T} \int_0^T [\{x_0(t) - x_s(t)\}^2 + \{y_0(t) - y_s(t)\}^2] dt$$

ただし、

$$\begin{cases} x_0(t), y_0(t) & \text{原文字} \\ x_s(t), y_s(t) & \text{合成文字} \end{cases}$$

の意味である。

6. 解剖学モデルの提案

6.1 はじめに

前節までで、手書きモデルとしての等価力学モデルが一応完成されたものと考えることができよう。ところで、このモデルで考えている Forcing 関数 $F_x(t)$, $F_y(t)$ および筆圧 $p(t)$ は、物理的には、種々の手根筋の活動によって生ずる筋力の合力の x, y, z 軸方向の成分である。したがって、このモデルを使用することによって全筋力の合力に関する情報を得ることができても、個々の筋肉の活動状態に関する情報を捕えることができない。すなわち、以前に述べた手書き chain において、より上のレベルにおける情報を捕えるためのモデルとしてはこのままでは不十分である。この目的のためには二つの方法が考えられるが、その第1は、個々の筋肉の活動によって生ずる筋力の合力を求めるモデルを設定し、これと等価力学モデルとを組み合わせる方法であり、第2は、手自体の運動過程を骨格、関節、筋肉系の力学過程として直接その過程全体を simulate する考え方である。いずれにせよ、前腕部の骨格、関節および筋肉系の解剖学的モデルを新しく設定する必要がある。以下その可能性を検討する意味で手の解剖学に若干触れ、現在検討中の解剖学モデルの一部を紹介してみたい。

6.2 手の解剖学^{(10),(11)}

まず、手の解剖学モデルを設定する場合に必要なと思われる解剖学的知識を一通り概説しておこう。

一般に、前腕および手の運動は、

- (1) 肘関節における自由度1の回転運動、
- (2) 尺骨、橈骨の変位にもとづく前腕軸のまわりの回転運動、
- (3) 手関節における自由度2の回転運動、
- (4) 指の三つの関節における回転運動（自由度は第1関節で2、第2、3関節で1）、

の四つの部分に分解して考えることができる。以下ここでは(3)の手関節における手首の運動について考えてみよう。

まず、手関節内に運動に際して不動の固定点を考え、この点を原点を一致させて空間(座標)系 x', y', z' 軸を Fig. 14 のように選ぶことにする。手関節では、

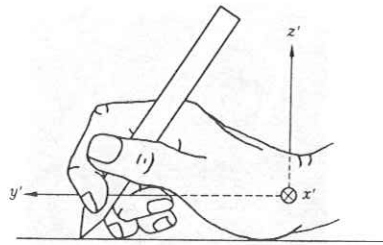


Fig. 14 Space coordinate system.

背側外転 (dorsal abduction)-腹側内転 (volar adduction) (x' 軸のまわりの回転) および尺側外転 (ulnar abduction)-橈側内転 (radial adduction) (z' 軸のまわりの回転) の2通りの運動が可能である。回内転 (pronation)-回外転 (supination) (y' 軸のまわりの回転) は尺骨および橈骨自身の変位によって行なわれるが、ここでは考慮しないことにする。

a. x' 軸のまわりの回転運動 (Fig. 15 (a))

回転範囲は、 z' 軸からの最大背側外転角 $\theta_d \approx 85^\circ$ から最大腹側内転角 $\theta_v \approx -85^\circ$ までである。この運動に関与する主な骨格筋は、背側外転、腹側内転にそれぞれ4種ある (Table 1)。

b. z' 軸のまわりの回転運動 (Fig. 15 (b))

この場合の回転範囲は、 x' 軸からの最大橈側内転角 $\phi_r \approx 27^\circ$ から、最大尺側外転角 $\phi_u \approx -27^\circ$ までであり、

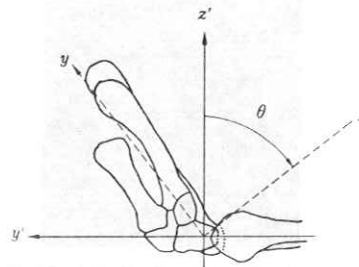


Fig. 15 (a) Rotary movement around x' -axis.

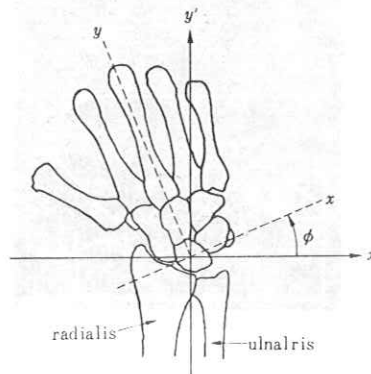


Fig. 15 (b) Rotary movement around z' -axis.

Muscles	Moments of muscular forces		Remarks
	n_{xi} x-components	n_{zi} z-components	
*Dorsal Abduction			
M_1 . extensor digitorum communis	$M_1 z_1 \cos \phi$	$(-M_1 x_1 \cos \phi \cos \theta)$	$x_1, z_1 > 0$
M_2 . extensor carpi ulnaris	$M_2 z_2 \cos \phi$		$z_2 > 0$
M_3 . extensor carpi radialis longus	$M_3 z_3 \cos \phi$		$z_3 > 0$
M_4 . extensor carpi radialis brevis	$M_4 z_4 \cos \phi$		$z_4 > 0$
*Volar Adduction			
M_5 . flexor digitorum superficialis	$M_5 z_5 \cos \phi$	$(-M_5 x_5 \cos \phi \cos \theta)$	$x_5 > 0, z_5 < 0$
M_6 . flexor digitorum profundus	$M_6 z_6 \cos \phi$	$(-M_6 x_6 \cos \phi \cos \theta)$	$x_6 > 0, z_6 < 0$
M_7 . flexor carpi ulnaris	$M_7 z_7 \cos \phi$		$z_7 < 0$
M_8 . flexor carpi radialis	$M_8 z_8 \cos \phi$	$(-M_8 x_8 \cos \phi \cos \theta)$	$x_8 < 0, z_8 < 0$
*Radial Adduction			
M_3 . extensor carpi radialis longus		$-M_3 x_3 \cos \phi \cos \theta$	$x_3 < 0$
M_4 . extensor carpi radialis brevis		$-M_4 x_4 \cos \phi \cos \theta$	$x_4 < 0$
M_9 . abductor pollicis longus	$(M_9 z_9 \cos \phi)$	$-M_9 x_9 \cos \phi \cos \theta$	$x_9 < 0, z_9 < 0$
*Ulnar Abduction			
M_2 . extensor carpi ulnaris		$-M_2 x_2 \cos \phi \cos \theta$	$x_2 > 0$
M_7 . flexor carpi ulnaris		$-M_7 x_7 \cos \phi \cos \theta$	$x_7 > 0$

x_i, z_i ($i=1\sim 9$) は各筋肉の手根側付着点の座標成分 (剛体系) を示す。

Table 1 Muscles and their moments.

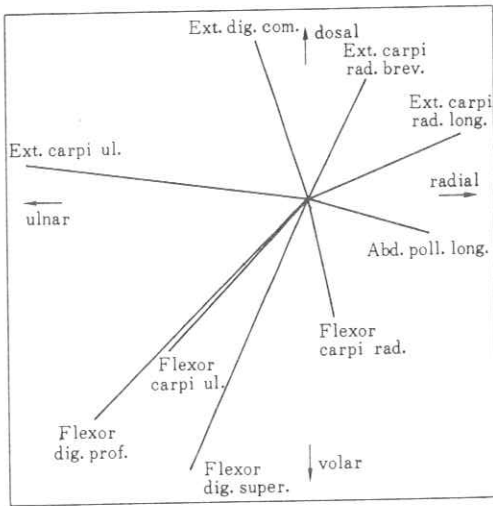


Fig. 16 Moment of muscular forces at a hand joint (after E. Weber).

運動に関与する骨格筋の主なものは、橈側内転に3種、尺側外転に2種ある (Table 1)。

Fig. 16 は、Table 1 に示された各種筋肉 (9種類) の機能の相互関係を明確にするために、それぞれの筋肉が単独に活動した場合にその筋力の手関節における回転能率 (トルク) を示す図である。中心から放射状に向かう線がそれぞれの筋肉による回転能率の大きさと向きを示している。

6.3 解剖学モデルの定式化

手は手関節内の1点に固定され、その点のまわりで

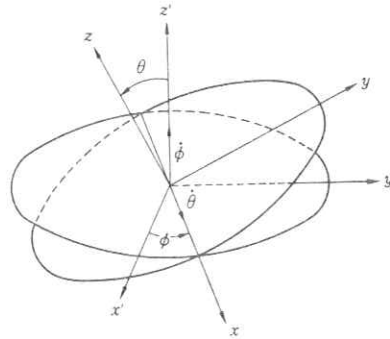


Fig. 17 Body system and rotation angles.

自由度2の回転運動を行なうことを既に述べた。そこでまず、手自体を一つの剛体とみなし、この剛体内に固定され、これとともに運動する剛体 (座標) 系 x, y, z 軸を剛体の主 (慣性) 軸に平行に原点を剛体の固定点に一致させて Fig. 17 のようにきめ、これらの軸の空間系に対する回転角を (ϕ, θ) で表わすことにする。このようにすると、手関節における自由度2の回転運動は次式によって記述される。

$$\left. \begin{aligned} I_x \omega_x + r_x \omega_z &= n_x \\ I_z \omega_z + r_z \omega_x &= n_z \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

ただし、左辺の第2項は回転運動に伴う内部摩擦力を回転の角速度に比例するものと考えて加えたものである。 I_x, I_z は手関節内の固定点に対する手の x, z 軸に関する慣性モーメントであり、 ω_x, ω_z は剛体系 x, z 軸のまわりの角速度の成分である。これらはまた、

Fig. 17 から明らかのように、角 (ϕ, θ) を用いて

$$\left. \begin{aligned} \omega_x &= \dot{\theta} \\ \omega_z &= \dot{\phi} \cos \theta \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

と表わすことができる。ところで、 n_x, n_z は筋力によって与えられる回転能率の x, z 軸に関する成分の総和である。前節でも述べたとおり n_x, n_z に関しては9種類の筋肉が寄与しているが、それぞれの筋肉による回転能率の x, z 成分 (n_{xt}, n_{zt}) が Table 1 の第2, 第3列に記されている。ただし、これらを求めるに際して、次の2点を仮定することによって問題を簡単化している。

- (1) 筋肉支帯 (retinaculum: 前腕から手に走る多くの伸・屈筋の腱を手首のところでおさえて固定する役目をもつ) が x 軸に沿って存在し、摩擦がないものとする (Fig. 18 (a))。
- (2) 手首の $y-z$ 断面が x 軸を中心とした半円状をなすものとする (Fig. 18 (b))。

以上のように考えることによって、 n_x, n_z は、

$$\left. \begin{aligned} n_x &= \sum_{t=1}^9 n_{xt} \\ n_z &= \sum_{t=1}^9 n_{zt} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

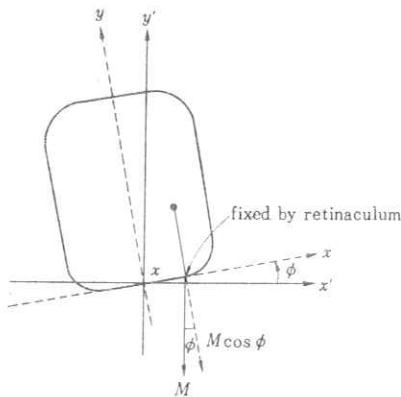


Fig. 18(a) Moment of rotation around x -axis.

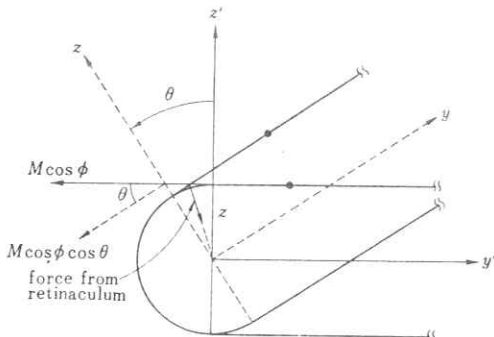


Fig. 18(b) Moment of rotation around z -axis.

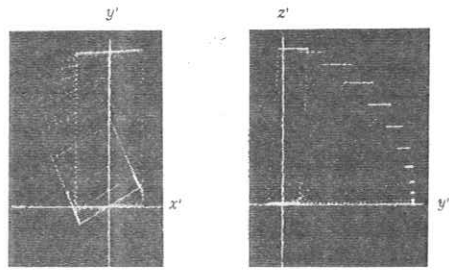


Fig. 19 The simulated hand movement (M. ECRB Contracts individually).

として与えられることになる。なお、Fig. 19 は以上のモデルを計算機でシミュレートした結果である。この例の場合は、短機側手根伸筋 (Extensor carpi radialis brevis) が単独に収縮したときの手の運動を $x'-y'$ 平面、および $y'-z'$ 平面に投影したものである。

以上手関節における運動を定式化した。実際の書字動作の場合には、このほかに指 (示指および中指) の運動が加わることになる。これについては現在検討中であるので別の機会に報告したい。

おわりに

Fig. 20 は、人間の手書き chain の各レベルにおいて、より下のレベル (出力側) における情報からその

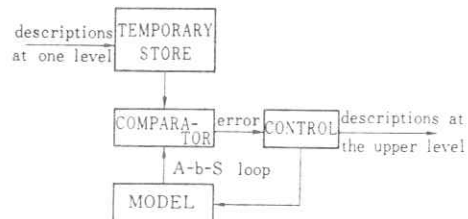


Fig. 20 Block diagram of an analysis-by-synthesis procedure.

一段上のレベル (入力側) における情報を捕えるための過程を概念的に示したものである。このように、手書き文字の構造を研究するのに、手書き文字を機械的にあるモデルから合成するための原理的法則を発見し、それを実際に適用して合成される文字図形がわれわれの概念的な手書き文字の特徴を十分示すかどうかの判定を行ない、その結果によって用いたモデルの適否を判定したり、逆に手書き文字の特徴を分析するという方法は、いわゆる Chomsky の generative grammar²⁰⁾ と同様であり、音声における Stevens, Halle の Analysis by Synthesis¹²⁾ と同じ原理をもつ。ただし、音声の場合と異なり、手書き文字識別のモデルとして A-b-S 法を適用する場合、最終的には陽に時間を考

えることはまちがいであり、時間領域での比較が許されない点に注意すれば、この方法は手書き文字の分析、識別のみならず、特に筆跡分析にとっても強力かつ重要な研究手段となりうるであろう。

謝 辞

最後に、本研究に対して日ごろご便宜をお与え下さる電気通信大学電気通信研究施設長の平島正喜教授、またご指導、ご鞭撻下さる佐藤 洋電気通信大学教授ならびに藤村 靖東京大学教授に深謝するとともに、筋電流の測定、その他に際してご教示、ご助力下さった東大医学部音声言語医学研究施設の沢島政行教授、島田研究員、同じく整形外科の津山直一教授、青木研究員、解剖学教室の浅見一羊助教授の諸氏に感謝します。

文 献

- 1) P. Denes & E. Pinson : The speech chain, Bell Tele. Lab., 5/7 (1963)
- 2) M. Eden & M. Halle : The characterization of cursive writing, 4th London Sym., 287/299(1961)
- 3) R. Jakobson, C. Fant & M. Halle : Preliminaries to speech analysis, Tech. Rep. 13, MIT (1952)
- 4) M. Eden : Handwriting and pattern recognition, *IRE Trans. IT*, 8-2, 160/166 (1962)
- 5) P. Mermelstein & M. Eden : Experiments on computer recognition of connected handwritten words, *Inf. and Cont.*, 7-2, 255/270 (1964)
- 6) M. Yoshida & Y. Ogata : Handwriting analysis and synthesis, *J. Radio Res. Lab.*, 13-65, 25/37(1966)
- 7) D. van der Gon & J. Thuring : A handwriting simulator, *Phys. Med. Biol.*, 6, 407/414 (1962)
- 8) J. MacDonald : Experimental studies of handwriting signals, Tech. Rep. 443, MIT (1966)
- 9) たとえば, G. Bourne : The structure and functions of muscle I, II, Academic press (1960)
- 10) T. von Lanz & W. Wachsmuth : *Praktische Anatomie*, Arm, Springer (1959)
- 11) H. Braus : *Anatomie des Menschen*, Springer (1954)
- 12) K. Stevens : Toward a model for speech recognition, *J. Acoust. Soc. Amer.*, 32, 47/51 (1960)
- 13) M. Yasuhara : A device for recording human handwriting or tracing movements, *ACTA IMEKO V* (1970)
- 14) N. Lindgren : Machine recognition of human language, *IEEE Spectrum*, 5, 104/116 (1965)
- 15) 保原 信 : Active recognition と文字認識のモデルについて, 電通大通信研究施設年報 (1965)
- 16) M. Yasuhara : Handwriting analyzer and analyses of human handwriting movements, *Jap. Psychol. Res.*, 11-3, 103/109 (1969)
- 17) 保原 信 : 手書き文字の合成モデル, 情報処理, 11-10, 584/591 (1970)
- 18) 保原 信 : 手書き文字認識に関する 2, 3 の考察, 情報処理, 12-2, 88/92 (1971)
- 19) M. Yasuhara : Steps toward handwriting analysis and recognition, *Visible Language*, 5-3, 229/248 (1971)
- 20) N. Chomsky : *Syntactic Structures*, Mouton (1962)
- 21) 保原 信 : 手書き過程のダイナミックモデル, 信学会オートマトン・自動制御研究会 (1966)

平面回折格子モノクロメータの O. T. F. と像修整 (Ⅲ)

小島 克之 · 金森 仁志

京都工芸繊維大学電気工学教室 京都市左京区松ヶ崎 (〒606)

Correction of a Spectral Image Formed by a Plane-Grating Monochromator by Means of Optical Transfer Functions

Katuyuki KOZIMA and Hitoshi KANAMORI

Department of Electrical Engineering, Kyoto Technical University,
Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606

著者等はすでに、インコヒーレント光と部分的コヒーレント光の場合のモノクロメータの O. T. F. と、それを使ったスペクトルの修整について報告した¹⁻³⁾。今回はコヒーレント光の場合の O. T. F. を波動光学的に求めようとして、気がついたことを報告する。

図1はモノクロメータ(前回で報告したのと同じ)の構成図である。コヒーレント光が入射

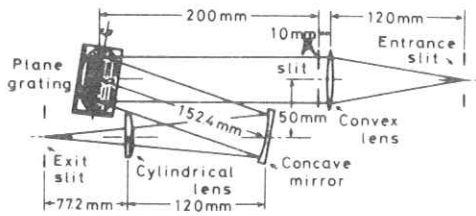


Fig. 1. The side-view of a monochromator.

した場合Aの位置に幅0.1mmの狭いスリットを入れると、コヒーレント光は、Aの入口スリットから球面波となって広がる。この入口スリットを横方向(紙面に垂直な方向)に101点に分割し、回折格子の301×301点に分割した各点の振幅と位相を球面波の重なりとして計算した。図2はこのようにして計算した波長632.82nmの場合の回折格

子の中心軸上の振幅と位相である。0mmが回折格子の中心点であり、中心点より半径15mmの回折格子のうち4mmまでを書いた。(A)は入口スリットから回折格子までの距離が200mmの場合であり、(B)は2倍の400mmにした場合、(C)は1/2の100mmにした場合である。この図から、1本の干渉縞の中で、位相は何周期も変化し、複雑に変化する

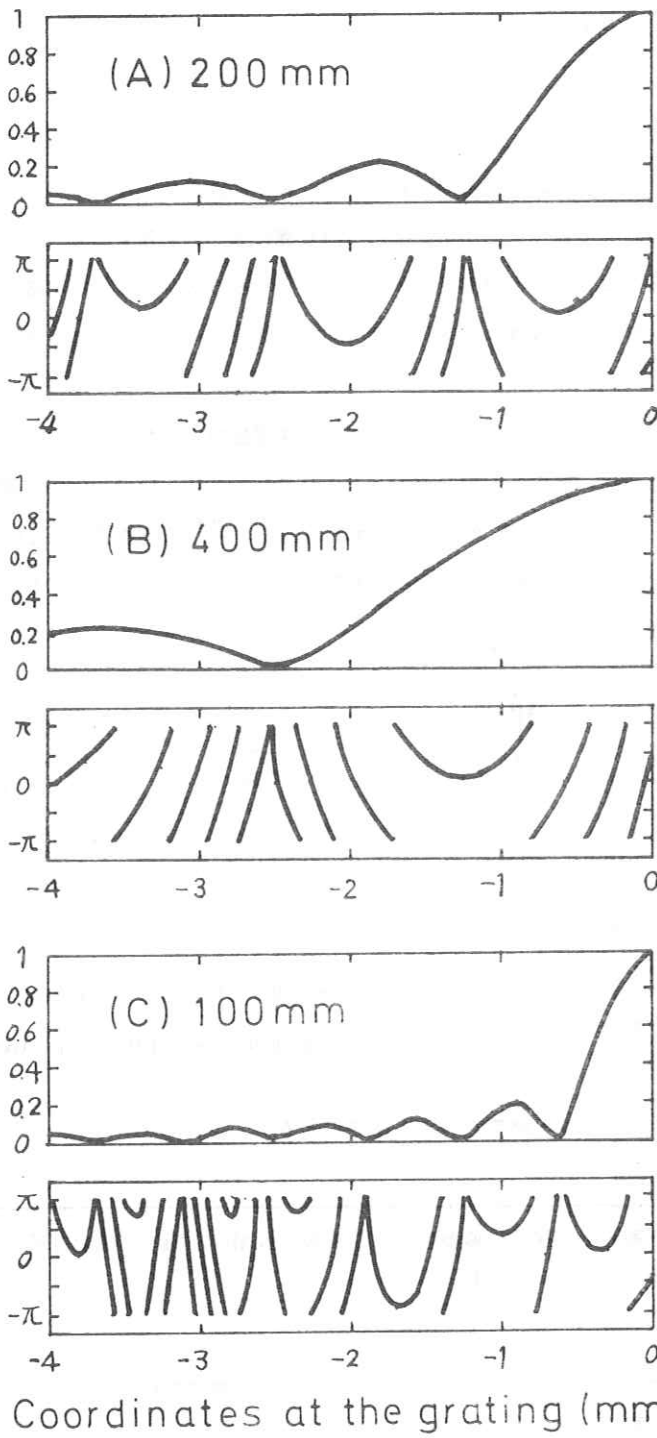


Fig. 2. Interference fringes formed on the grating.

ことが分る。入口スリットと回折格子の距離を変化した場合、距離が長くなると、干渉じまの間隔が粗くなるが、位相の周期はあまり変わらず、したがって、距離が長くなると1つの干渉じまの中での位相の変化が多くなる。

さらに計算を進める場合、回折格子による回折像の広がりや0.03 nm程度で狭いので、回折格子からおう面鏡へ向う光は平面波で近似すればよい。おう面鏡から円柱レンズを通り、出口スリットまでは球面波として扱う。しかし、これは計算機に多くの容量を必要とし(回折格子面上の全点の計算で543606のDIMENSION*(約531 kW)を必要とする)、現在利用している京都大学大型計算機センターのFACOM230-60でも156 kWの容量で困難である。

コヒーレント光の場合、出口スリット上のスペクトルは複素振幅の重ね合せになるので、スペクトルを修整するためには、振幅と位相を測定しなければならない。O.T.F.も、複素振幅の分布をフーリエ変換したものをO.T.F.としなければならない。***この場合のO.T.F.は複素数のフーリエ変換になるので、一般に正と負の周波数の両方について表示しなければならない。

たとえば、図3のような表わし方をせねばならない。

実数のフーリエ変換は、

$$G(\omega) = G^*(-\omega)$$

であるから、周波数の正の側だけでO.T.F.が表示できた。

出口スリット上でのスペクトルの振幅と位相の測定ができれば、複素振幅のO.T.F.を使って、観測されるスペクトルの修整を行えるはずである。

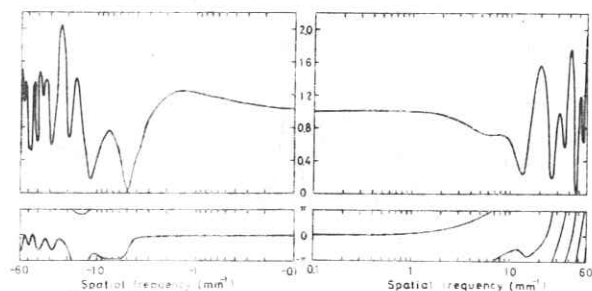


Fig. 3 An example of the Fourier transform of the distribution of complex amplitudes.

* 301 × 301 点に分割し、3次元の座標をとり、振幅と位相の記憶を必要とするので、
301 × 301 × 3 × 2 = 543606
である。

** たとえば、文献4では frequency respons function として複素振幅のフーリエ変換を用いている。ほかに文献5,6がある。

従来、光学系ではコヒーレント光の場合にもインコヒーレント光の場合と同様に、強度（振幅の2乗）の分布をフーリエ変換して O.T.F. と名付けていた。^{***} この O.T.F. では光学系の周波数特性の評価はできるが、コヒーレント光の場合に像を修整することはできない。

文 献

- 1) 金森, 小島: 分光研究 23 (1974) 180.
- 2) H.Kanamori and K.Kozima: Japan. J. appl. Phys. 13 (1974) 1685.
- 3) H. Kanamori and K. Kozima: *Proc. ICO Conf. Opt. Methods in Sci. and Ind. Meas. Tokyo, 1974*, Japan. J. appl. Phys. 14 (1975) Suppl. 14-1 p. 199.
- 4) M. Born and E. Wolf: *Principles of Optics* (Pergamon, London, 1965) 3rd ed., p. 528.
- 5) 村田和美: 光学技術ハンドブック, 編集 久保田広, 浮田祐吉, 会田軍太夫 (朝倉書店, 東京, 1969) p. 154.
- 6) 久保田広: 波動光学 (岩波書店, 東京, 1971) p. 382.
- 7) K. Miyamoto: J. Opt. Soc. Amer. 48 (1958) 58.
- 8) 田村稔: カメラ工業技術研究組合 Circular 1 写真レンズとレスポンス関数, 監修久保田広 (カメラ技術工業研究会, 東京, 1961) p. 17.
- 9) 小瀬輝次: 光学ニュース (1970) No. 109, 22.
- 10) 小瀬輝次: 光学ニュース (1971) No. 115, 11.
- 11) T. Katayama and A. Takahashi: Japan. J. appl. Phys. 9 (1970) 1509.
- 12) K. Goto and S. Morozumi: Appl. Optics 10 (1971) 764.
- 13) 両角修四郎, 後藤克也: 応用物理 42 (1973) 498.

***たとえば、一般的な光学理論では文献7, レンズに関しては文献8-10, 分光光学に関しては文献11-13がある。

X線, γ線の距離逆2乗法則の適用について

京大原子炉実験所 佐藤孝司

一般にX線, γ線を用いた診療にあたって, 放射線強度, 線量の距離に対する減弱は線源からの距離逆2乗則が広く適用される。

しかし, この法則が成立するには, 放射線源が点線源で, しかも, 空間での放射線の吸収, 散乱が無視できることが必要で, 通常診療に使用されるX線, γ線においては線源の形状, 大気中の空気の影響が現われ, 距離逆2乗則にずれを生ずる。

今回, このずれの値をX線, γ線のエネルギースペクトルをもとに計算した。

I 線源の形状による距離逆2乗則のずれ

線源が isotropic な point source で空間内の放射線吸収, 散乱が無視できる場合, 線源からの距離 h の点における光子束 ϕ は

$$\phi = Q / 4\pi h^2 \quad (1)$$

但し Q は線源から毎秒放射する放射線の光子数で表わされ距離逆2乗則が成立する。

しかし, 線源が点線源でなく, h に垂直で長さ ℓ の線線源の場合には

$$\phi_1 = \int_0^\ell \Delta / 4\pi (\ell^2 + h^2) dx = \Delta \phi / 4\pi h \quad (2)$$

但し $\phi = \tan^{-1} \ell / h$ Δ は線源単位長さあたりの放出光子数

又, 直径 ℓ の面線源の場合には,

$$\phi_2 = S / 4\pi \ell_n (R^2 + h^2) / h^2 \quad (3)$$

S は線源単位面積あたりの放出光子数

となり, 共に距離逆2乗則は成立しない。第1図にこれら簡単な形状の線源について, 距離逆2乗則からの放射線強度のずれを h/ℓ の変数で示す。

この図から, 線源からの距離が線源の大きさに比してきわめて近い所では, その場所での放

射線強度は距離逆2乗則より小さい値になるが、線源からの距離が離れるにしたがい、このずれは減少する。更に、距離が離れ、線源の大きさの10倍以上になれば、ずれは無視でき、放射線強度は距離逆2乗によって減少することがわかる。

実際の診療にあたって、X線管を線源とする場合には、X線管の焦点が小さいため線源の形状によるX線強度の距離逆2乗則は保持されるが、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 等の γ 線源では線源の形が一般に大きく、短距離での γ 線強度は距離逆2乗則が成立せず補正を必要とする。

II 空間の放射線吸収による距離逆2乗則のずれ

放射線の通過する空間が真空でなく空気等の吸収体が存在する場合、放射線強度は、 $I = I_0 e^{-\mu x}$ により減弱を受ける。この減弱は吸収体が厚く、吸収係数の大きいほど強く、したがって、放射線エネルギーが低く、また線源からの距離が遠いほど、放射線強度は真空中に比して弱くなることを意味している。

空気による放射線強度、線量の減弱は、一般に考えられているよりもはるかに大きく現われ、この計算は、X線、 γ 線が単色エネルギーを持つ場合は簡単だが、連続スペクトルを持つ診療用X線では、X線のスペクトルが必要となる。

ここではX線スペクトルについて、すでに発表された既知のものについて空気の減弱計算を行なった。¹⁾²⁾

この結果の一例として、第2図に、各種エネルギーの単色X、 γ 線と、連続X線は、全波整流、附加フィルター Al 1.0 mm のものについて空気中と真空中の線量の比を示す。

いずれの放射線も空気厚が厚くなれば急速に線量の減少が見られる。

空気中1mを基準にした距離逆2乗則のずれ

第2図で空気による放射線の減弱が明らかになったが、普通実測される放射線強度(線量)は空気中の値であり真空中の値と比較するのは、あまり意味がない。したがって空気中の距離1mの点を基準とした各距離での放射線量の値について、距離逆2乗則からのずれを第1表に示す。

この結果、基準点より距離が短い所では、常に距離逆2乗則より放射線強度は増加し、又、基準点より遠い所では逆に逆2乗則より放射線強度は減少する。このずれの大きさは、実用的な診療放射線のエネルギー領域(管電圧40kVp~150kVp、距離0.3~2m)では±5%以内で写真的には問題にならないが、線量測定、数値計算等には考慮が必要となる。又、これ

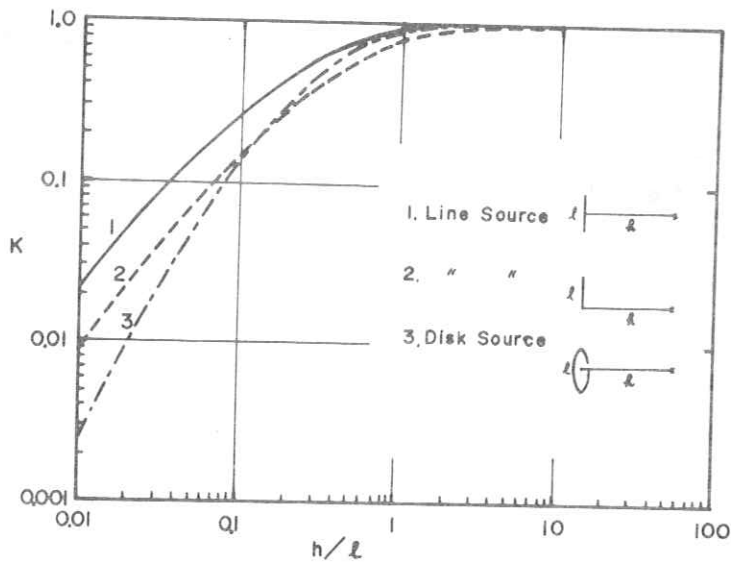
を実測で実証するには測定器の精度，エネルギー感度等でかなり困難と思われる。

む す び

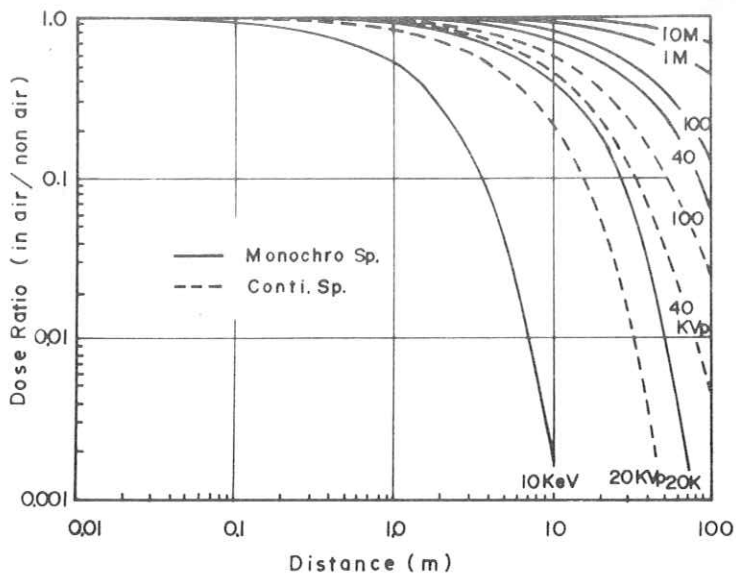
前から問題になっていた，X線の距離逆2乗則のずれについて数値計算を行なった。この結果，数%のずれが証明されたが，この値は，使用する目的により大きくも小さくも感じられる。

文 献

- 1) 佐藤孝司 日，放，技術会誌， Vol. 29-5, (1974)
- 2) 佐藤孝司 日，放，技術会誌， Vol. 30-3, (1974)



第1図 各種線源の大きさによる距離逆2乗則のずれ



第2図 空気厚による線量の減弱

第1表 大気中距離1mを基準とした各距離での逆2乗則の補正値(線量表示)

I 単色X, γ 線

エネルギー / 距離	距離 (m)					
	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	5.0
10keV	1.547	1.366	1.0	0.732	0.536	0.083
40keV	1.021	1.015	1.0	0.985	0.971	0.888
80keV	1.015	1.011	1.0	0.990	0.980	0.920
100keV	1.014	1.010	1.0	0.990	0.981	0.925
1MeV	1.006	1.004	1.0	0.996	0.992	0.968
10MeV	1.002	1.001	1.0	0.999	0.997	0.989

II 連続スペクトルX線(標準X線管, 附加フィルターAl 1.0 mm, D. C.)

管電圧 / 距離	距離 (m)					
	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	5.0
40kVp	1.053	1.038	1.0	0.964	0.930	0.753
60kVp	1.044	1.031	1.0	0.970	0.941	0.790
80kVp	1.039	1.028	1.0	0.973	0.946	0.808
100kVp	1.037	1.026	1.0	0.975	0.950	0.819
150kVp	1.033	1.023	1.0	0.978	0.956	0.894

X線用イメージアンプリファイアの雑音と評価

株式会社 島津製作所 電子管工場

津 田 元 久
橋 詰 辰 夫
早 川 毅

1. はじめに

X線像を可視像に変換する装置として、イメージアンプリファイア（IAと略す）が利用される。最近では可視像に変換されたあとテレビジョンカメラで撮像してモニター上の像を観察する方法、すなわちX線テレビジョンとして利用されるのがほとんどである。

従来は、X線テレビジョンの画質はテレビ系の性能でほぼ決っていた。しかし、最近ではテレビジョンの性能が向上してIAの解像力が不足してきた。また雑音の方からも性能向上の必要がでてきた。これはテレビカメラの性能が向上し、従来よりも少ないX線量で撮像可能になって、X線量子雑音の問題になってきたからである。

そのため、最近分解能が良く、X線量子雑音の少ないIAが製作されるようになった。分解能の測定、評価は比較的簡単である。一方、IAが発生する雑音の測定、評価の方法はいろいろ試みられているが^{(1),(2)} 確立された方法は

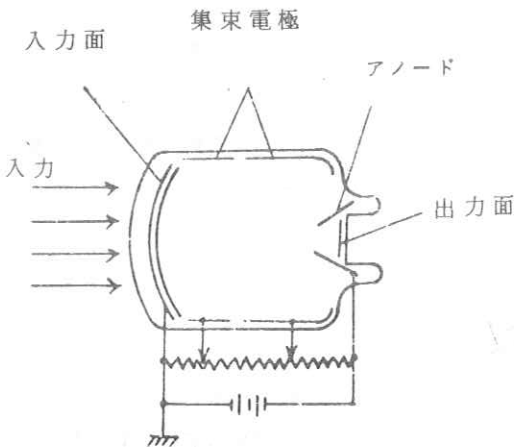


Fig. 1 I.I. の構造

ない。我々は新しい I A の出現を機会に新旧 2 種類の I A の雑音解析と測定を試みた。

2. I A の雑音の解析

I A 全体の信号としては、その出力蛍光面における平均光子数を採用し、雑音としては光子数のゆらぎ（標準偏差）を採用する。X 線の入射が空間的にも時間的にもランダムであると仮定し、さらに量子変換と像のスプレッド過程とは独立な現象であるとする（Fig. 2）。

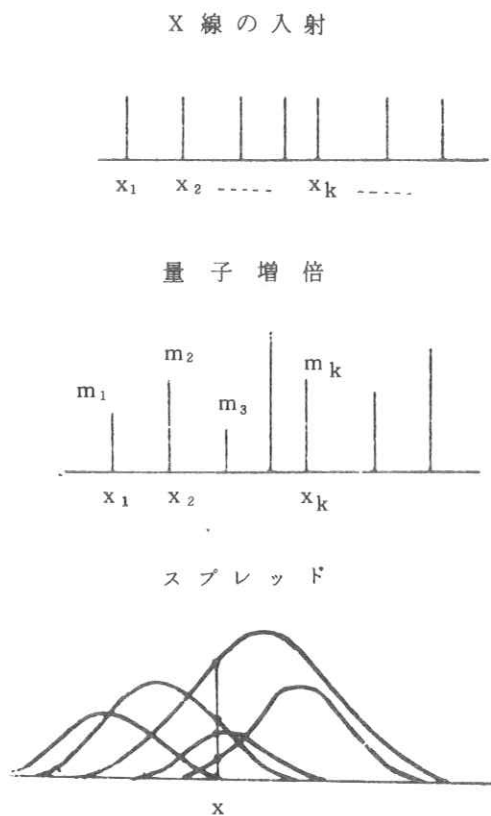


Fig. 2 量子増倍とスプレッド

1 個の入射 X 線量子が各量子変換過程を経て出力蛍光面で m 個の光子を発生させるとし、そのとき空間スプレッド関数を $h(x)$ とすると、

$$m \int_{-\infty}^{\infty} h(x) dx = m \quad \text{----- (1)}$$

がなりたつ。

出力蛍光面上の点 x における次の値 $I(x)$ を求めると、

$$I(x) = \sum_i m_i h(x - x_i)。$$

$I(x)$ の確率的性質がわかれば空間的な S/N 比を求めることができる。

$I(x)$ の変動は次の値の変動と同じである。

$$I = \sum_{j=1}^{\infty} m_j h(x_j) \quad \text{----- (2)}$$

(x_j と m_j は独立)

I の平均値を求めるには (3) 式による I_k の平均を求める。

$$I_k = \sum_{j=1}^k m_j h(x_j) \quad \text{----- (3)}$$

I_k の平均を $E(I_k)$ とすると、

$$E(I_k) = \langle m \rangle E_L(h) K \quad \text{--- (4)}$$

ここで、 $\langle m \rangle$ はmの平均

$E_L(h)$ はスプレッド関数 $h(x)$ を区間 $(-L, L)$ で打ち切ったときの $h(x)$ の平均で

$$E_L(h) = \frac{1}{2L} \int_{-L}^L h(x) dx$$

である。

X線量子は空間的にランダムに入射してくるから、その平均密度を $\langle n \rangle$ [個/cm] とすると、区間 $(-L, L)$ にK個のX線量子が入ってくる確率 $P(K; 2L)$ は

$$P(K; 2L) = \frac{e^{-2\langle n \rangle L} (2\langle n \rangle L)^K}{K!}$$

で与えられる。したがってIの平均 $E(I)$ は上式を用いて

$$E(I) = \lim_{L \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{\infty} E(I_k) P(K; 2L) \\ = \langle m \rangle \langle n \rangle \text{------(5)}$$

と求められる。

次にIの分散を求める。まず前と同様に I_k の分散 $V(I_k)$ を求めると

$$V(I_k) = \{ \langle \Delta m^2 \rangle E_L(h)^2 + V_L(h) \langle m \rangle^2 + V_L(h) \langle \Delta m^2 \rangle \} K \text{---(6)}$$

となる。

ここで、 $\langle \Delta m^2 \rangle$ はmの分散

$V_L(h)$ は $h(x)$ を区間 $(-L, L)$ で打ち切ったときの $h(x)$ の分散で

$$V_L(h) = \frac{1}{2L} \int_{-L}^L h(x)^2 dx - E_L(h)^2$$

で与えられる

以上よりIの分散 $V(I)$ を求めると、

$$V(I) = \lim_{L \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{\infty} V(I_k) P(K; 2L) \\ = \langle n \rangle \int_{-\infty}^{\infty} h(x)^2 dx \cdot (\langle m \rangle^2 + \langle \Delta m^2 \rangle) \text{------(7)}$$

雑音を求めるのに、IAの結像特性は2次的に等方的であり、時間的因子と空間的因子が独立であるとする。

(5), (7)式を用いれば、観測積分面積がA [cm²], 積分時間がT [sec]のとき、信号Sと雑音Nはそれぞれ

$$S = \langle n \rangle AT \langle m \rangle \quad \text{----- (8)}$$

$$N = \left\{ \langle n \rangle AT \left(\int_{-\infty}^{\infty} |H(u)|^2 du \right)^2 \int_{-\infty}^{\infty} |G(f)|^2 df \cdot (\langle m \rangle^2 + \langle \Delta m^2 \rangle) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{---- (9)}$$

と与えられる。

- ここで、H(u)はIA全体の空間MTF,
- G(f)はIA全体の時間MTF,
- $\langle n \rangle$ は改めて入射X線量子の強度 [個/cm² sec]
- で出力面における値に換算されたものである。

信号対雑音比 S/N を(8), (9)両式から求めると

$$S/N = \left[\langle n \rangle AT / \left\{ \left(\int_{-\infty}^{\infty} |H(u)|^2 du \right)^2 \int_{-\infty}^{\infty} |G(f)|^2 df \cdot \left(1 + \frac{\langle \Delta m^2 \rangle}{\langle m \rangle^2} \right) \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{---- (10)}$$

となる。なおここでは暗雑音は考慮していない。

(10)式における量子変換過程による雑音の項 $\langle \Delta m^2 \rangle / \langle m \rangle^2$ は実際には螢光面などの粒状性も含んでいるはずである。ここではそれを考慮せずに量子変換過程のみについてふれる。次の仮定(a~d)とする。

- a) X線が入力面の螢光体に吸収される確率は2項分布で表わされる。(吸収確率 y_1)。
- b) そのとき励起された光電子が放出する光子数の分布はポアソン分布 (平均 y_2)。
- c) 光電面における光電子放出の確率は2項分布で表わされる(量子効率 y_3)。
- d) 出力螢光面で1個の電子が発生させる光子数の分布はポアソン分布(平均 y_4)。

以上の仮定から

$$\frac{\langle \Delta m^2 \rangle}{\langle m \rangle^2} = \frac{1}{y_1} \left(1 - y_1 + \frac{1}{y_2} + \frac{1 - y_3}{y_2 y_3} + \frac{1}{y_2 y_3 y_4} \right) \quad \text{----- (11)}$$

であり、最後の項は無視できる。(11)式を用いて S/N の式を具体的に書き改めると、

$$S/N = \left[\langle n \rangle y_1 AT / \left\{ \left(\int_{-\infty}^{\infty} |H(u)|^2 du \right)^2 \left(\int_{-\infty}^{\infty} |G(f)|^2 df \right) \left(1 + \frac{1}{y_2} + \frac{1 - y_3}{y_2 y_3} \right) \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(12)}$$

(12)によれば、X線の吸収される確率 y_1 は線量率に相当する $\langle n \rangle$ と同等な効果を S/N 比に

及ぼすことがわかる。

出力像の明るさを左右する I A の因子は $\langle n \rangle$ の他は

$$\langle m \rangle = y_1 y_2 y_3 y_4 \text{ ----- (13)}$$

であり、すべての量子変換過程が対等の効果を有する。

しかし、入力螢光面より後の量子変換過程は S/N 比にあまり大きな影響を与えない。

(10)式あるいは(12)式で表わされる S/N 比は単独では I A の評価の尺度とはなりえない。

S/N と分解能を組合せた I A 評価の尺度が必要であることにかんがみ、I A の評価の指標として次式で定義される量 Q を考えてみる。

$$Q = Bu^2 Bf \log_2 \left\{ 1 + \left(\frac{S}{N} \right)^2 \right\} \text{ ----- (14)}$$

ここで、Bu は空間 MTF が 5% になる空間周波数

Bf は時間 MTF が 5% になる時間周波数

である。Bf は実用上観測系の周波数特性にも依存する。

入射線量率に相当する $\langle n \rangle$ [個/cm² sec] を一定にした上で Q を求める。これについては測定結果の所で S/N と MTF とから算出する。

(14)式で定義された Q は情報理論における情報伝達率の形式的な適用となっている。Bf, Bu を MTF の 5% 点を与える周波数としたのは、5% が解像限界周波数にはほぼ等しいのである。

Q に対しての要請は以下 1° ~ 5° とした。

1° S/N 比が増加すれば Q も大きくなる。

2° S/N → 0 で Q → 0

3° 時間 MTF, 空間 MTF がよくなるにつれて Q は大きくなる。

4° 解像力が良くなるにつれて、Q は量子雑音と量子変換効率のみによる S/N 比に漸近的に近づく、すなわち次の R のみになる。

$$K \cdot \frac{\langle n \rangle A T}{1 + \frac{\langle \Delta m^2 \rangle}{\langle m \rangle^2}} = R \quad (K \text{ は定数})$$

5° 解像力が悪くなるにつれて Q は小さくなる。

4° については

$$\int_{-\infty}^{\infty} |G(f)|^2 df \propto Bf$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |H(u)|^2 du \propto Bu$$

がなりたてば満されるが、現実の I A ではかなり成り立つことがわかっている。他の要請については明らかに満していることがわかる。更に上記の $R = K \langle n \rangle A T / \left(1 + \frac{\langle \Delta m^2 \rangle}{\langle m \rangle^2} \right)$ が低いときには M T F をよくしても効果的でないこと、R 大の時は M T F がよくなれば効果が著しいことがわかる。このことは経験的にたしかめられていることと一致する。

3. イメージアンプリファイアの雑音測定

3.1 測定に用いたイメージアンプリファイア

ここで測定に用いたイメージアンプリファイアは2種類である。その一つは従来からのもので、他の一つは今回新しく開発したものである。前者を従来形、後者を新形とする。その大きな相違点は入力面の蛍光体が異なることと、分解能が異なる点である。

従来形は入力蛍光面として ZnCdS(Ag) の粉末を基板に塗布してある。

一方新形は CsI(Na) を真空蒸着によって基板につけてある。

ZnCdS(Ag) は CsI(Na) に比して、時間的なレスポンスが遅く、また分解能も悪い。蛍光体の時間レスポンスの例を Fig. 3 に示す。

新形の電子レンズ系は新たに設計して従来のものより分解能が上げてある。また、出力蛍光面も新形イメージアンプリファイアでは改良して分解能が上げてある。またトータルの M T F (Modulation Transfer Function) を Fig. 4 に示す。

3.2 測定法

イメージアンプリファイアの出力像に含まれる雑音には入射 X 線のゆらぎによって生じる成分と、イメージアンプリファイア自身が発生する成分とがある。しかし、出力像を観察する場合、その入力には必ず X 線である。そこで、ここではイメージアンプリファイア単独の雑音でなく、入射 X 線から出力像までのトータルの雑音を測定した。

Fig. 5 にイメージアンプリファイアの雑音 (N) と信号 (S) との測定系をブロックダイヤグラムで示す。

まず、X 線管から放射された X 線は Al (0.9 mm) のフィルターを通過して、イメージアンプリファイアに入り、可視光に変換されて出力蛍光面に出力像を作る。

この出力光をレンズ系を用いてホトマルに導く。レンズ系の像面には一辺 $45 \mu\text{m}$ (I A の出力面に換算) のスリットが設けてある。これはほぼテレビジョンの画素に対応する値である。ホトマルで電流に変換された信号はプリアンプで増幅されたあと、直流分と交流分

に分離される。直流分は再び増幅されメーターで指示される。この指示値は入射X線強度の平均値に相当する。

一方交流分は増幅された後、低域通過フィルターを通して実効値 (r. m. s.) メータに入る。

この指示値がX線、電子および光子の各量子のゆらぎによって生じる雑音である。

用いたフィルターは、IAの時間MTFとIAの出力像の観測系(目、TV系、フィルム撮影など)を考慮して特性を決めた。

またホトマルおよび電気回路その他から生じる不必要な雑音を除くためでもある。

さらに、フィルターの通過帯域内に含まれる測定系の雑音は別に測定して上記の実効値から差引いてイメージアンプリファイアの雑音とした。

フィルターの特性は Fig. 6 に示す。1 KHz で 10% に低下させてあるが、これはイメージアンプリファイアに用いる蛍光体の残光特性から、これ以上の周波数をもった雑音は生じないからである。

先に測定された直流分 (S) とここで測定された交流分 (N) との比を取れば S / N 比が求まる。この S / N 比を X 線管電圧 40 kV p から 100 kV p まで 10 kV ごとに測定した。

なお MTF はイメージアンプリファイアで 5.16 μ m の鉛スリットの像を作り、この像の線強度分布をホトマルで検出し、その出力をフーリエ変換して求めた。

4. 測定結果と評価

4.1 測定結果

測定は S / N 比を算出するように行った。パラメーターとしては、X線管電圧とX線量とを取った。さらにこれらを2種のイメージアンプリファイアについて測定した。加えてMTFの変化とS/Nの関係を見た。MTFを変化させるには電子レンズ系のフォーカスをデフォーカスさせた。

Fig. 7 はフォーカスが最良のときの従来形 IA の S / N 比を X 線強度に対してプロットしたもので、パラメーターは管電圧が取ってある。S / N 比は 70 kV p の X 線に対して最も良くなってそれより上っても下っても S / N 比は低下している。

一方、Fig. 8 はフォーカスがよいときの新しい IA の S / N を同じようにプロットしたものである。こちらの方は S / N の最良管電圧は 90 kV p にある。理論的には両者とも

S/N比はX線強度の平方根に比例するはずであるが測定値はそれよりも少なくなっている。

Fig. 9 はMTFを変化させたときのS/N比の変化を示す。理論的に予測されるようにボケが大きくなるにつれてS/N比は良くなっている。

4.2 考 察

測定に用いた2種類のイメージチューブは、増倍利得が異なり単純に両者のS/N比を比較するのは妥当ではない。しかし、両者の定性的な比較は可能である。

Fig. 10 は管電圧に対してS/N比をプロットした図である。図を見ると入力螢光面とZnCdS(Ag)を用いたIAは約70kVpでS/Nのピークがあり、CsI(Na)を用いたIAはピークが90~100kVpに移っている。これは両者の螢光面のX線吸収率が異なることに起因すると考えられる。Fig. 11 にZnCdSとCsIのX線質量吸収係数を示す。これからFig. 10の関係が定性的には予測される。

また、Fig. 12 にkVpと両者の出力像の輝度比を示すが、これもX線吸収効率の差から説明される。

通常、医療面で使用するX線管電圧は80~100kVpであり、さらに被検体を透過したX線のみがIAに入るので、エネルギーの低いX線はほとんどカットされる。だから、CsI(Na)を入力面に用いたイメージチューブはS/N比、輝度共に有利であることがわかる。2章で算出したイメージアンプリファイアの性能評価指標の式に測定値を代入してみると、* 1.75×10^6 と 4.05×10^6 ではっきりと差がわかる。この場合、 B_f はFig. 6のフィルターの特性から求めた。実際のイメージアンプリファイアの出力像の目視の評価と一致する。このことから、この指標がイメージアンプリファイアの性能を評価する場合の尺度になり得ることがわかった。

参 考 文 献

- (1) 長谷川 伸, 「高利得映像電子管の解像度」
テレビ誌26巻8号(1972) p.677~684
- (2) 津田元久他, 「イメージアンプリファイアの雑音」
島津評論28巻1号(1971) p.57~64

* 70kVp 100mR/minでの値である。

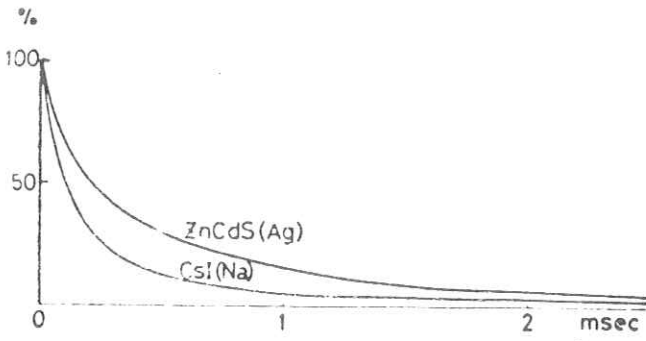


Fig. 3 入力蛍光面(2種類)の残光特性(例)

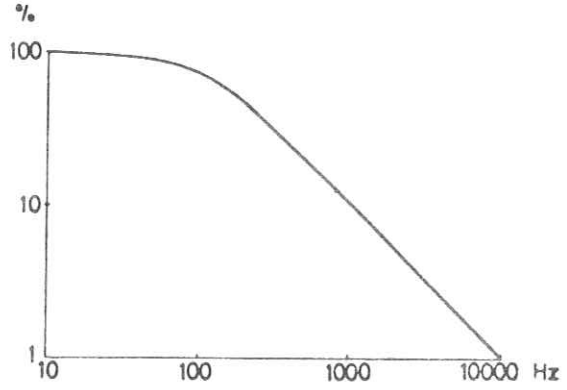


Fig. 6 使用したフィルターの周波数特性

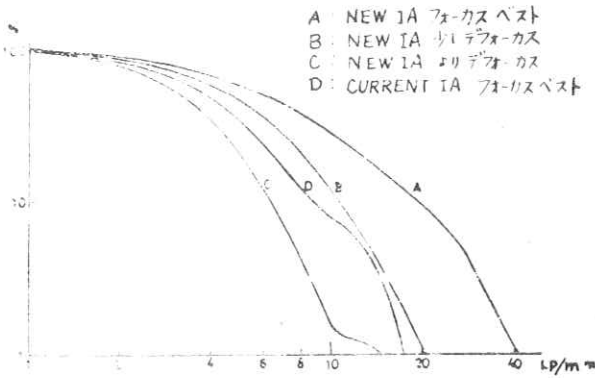


Fig. 4 IAのMTF

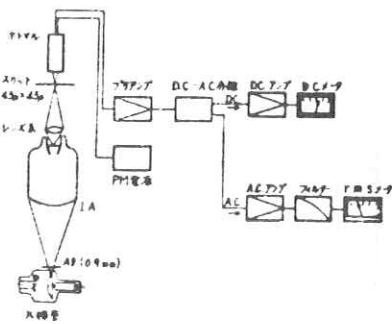


Fig. 5 IA S/N測定系

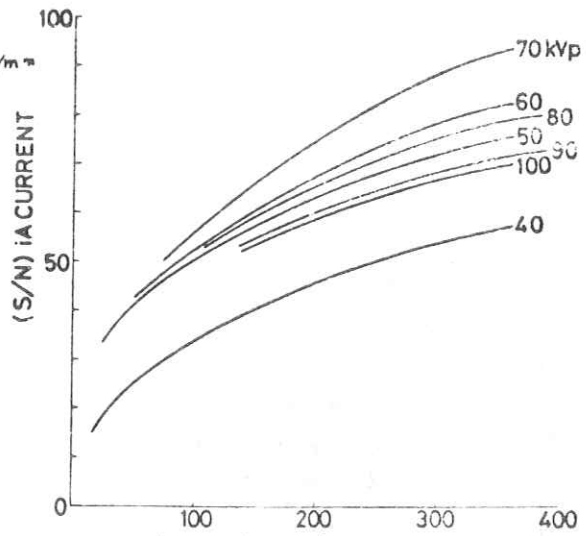


Fig. 7 入射線量率とS/N比の関係 mR/min

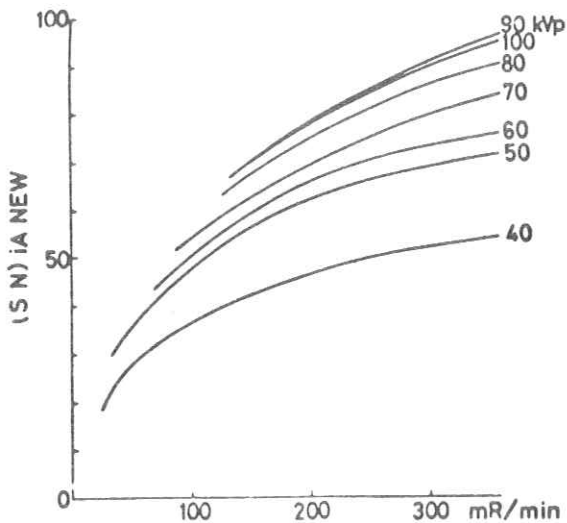


Fig. 8 入射線量率とS/N比の関係(新型iA)

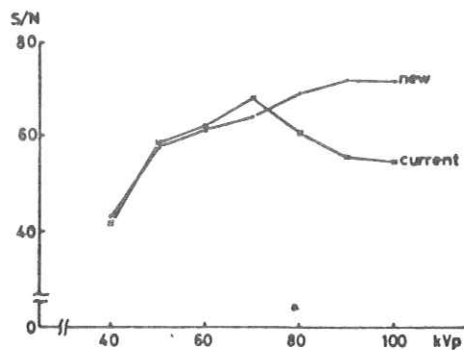


Fig. 10 X線管電圧によるS/N比の変化

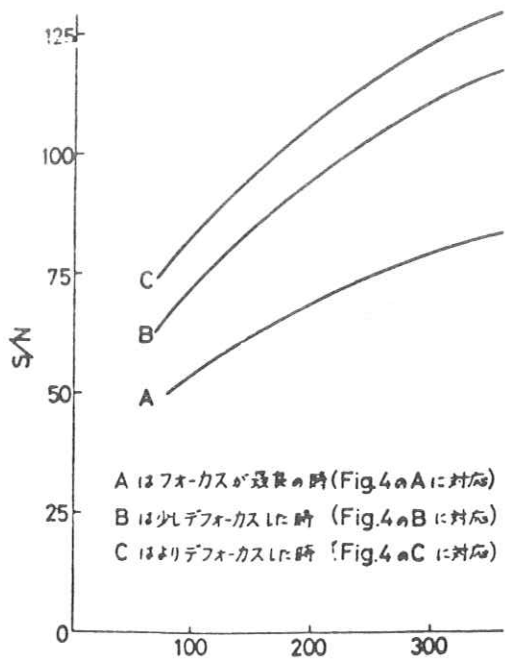


Fig. 9 MTFとS/Nの関係 mR/min

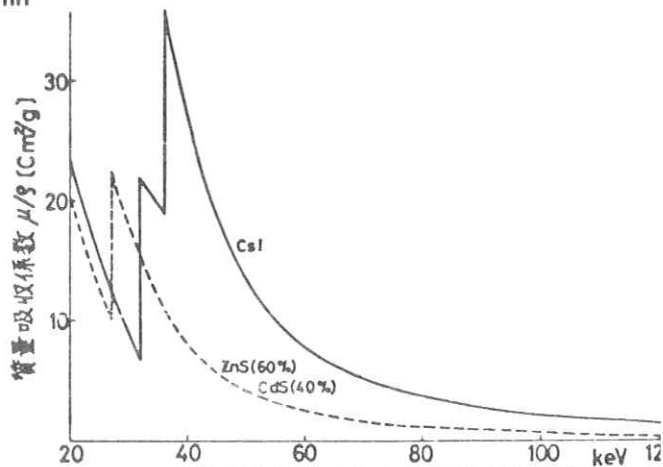


Fig. 11 入力蛍光面(2種類)の質量吸収係数

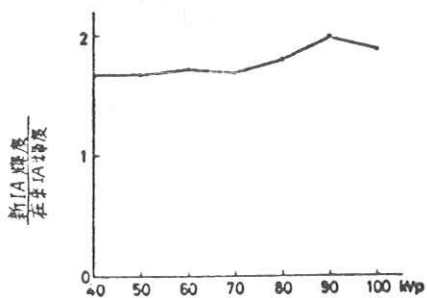


Fig. 12 X線管電圧による新旧iA輝度比の変化

VIDEO DENSITOMETRY 装置の回路方式と特性

放射線医学総合研究所 臨床研究部

須 田 善 雄

梅 垣 洋 一 郎

飯 沼 武

1. X線TV動態像の解析の目的でアナログ積分方式によるTV信号用面積積分方式を改発した。回路方式とシステム特性を提示する。

2. 装置の構成

a 複合映像信号を入力とし、モニター上に設定する任意の連結領域内の輝度信号のフィールド毎の積算値をリアルタイムで出力できるように作られている。

b 装置の構成 (Fig. 1)

複合映像信号は同期クランプ回路、レベル調整、ゲイン調整を通して面積積分器に入り、フィールド毎の積分値がサンプルホールド回路 (以下SHと略す) を通して出力される。他方HD、VDを同期分離し phase Locked oscillator (4.5 MHz) をHDでロックレ、水平方向の番地を発生する。又VDをリセット信号に用いHDをカウントすることにより垂直方向の番地を発生する。番地信号をデジタルスイッチで設定することにより積分 window を発生させる。

積分器出力の記録は動態信号の周波数に応じてトランジェントアナライザ-X-Yレコーダを組合せて用いている。

3. 面積積分の回路方式 (Fig. 2)

アナログ積分器を用いるため、時間積分方式をとらねばならないが、TV走査による各要素の時間的断裂を処理するため、本装置では二段階の積分を行う。最初閉曲面内の各水平走査区間に入る線分について行ない夫々の積分出力をSHし、次の水平走査の全区間保持する。このSH出力を図形内最上段の window 信号が現われる次の水平走査区間の初めから最終段

の window 信号が現われる次の水平走査区間の末端まで時間的に連続に積分するこの方式に、この順序配列を信号通過順序に並べると、

- ① 各水平区間内の window 区間の積分器
- ② その出力を次の window 区間迄保持する SH_1
- ③ 夫々の区間の出力を次の全水平区間保持する SH_2
- ④ 次段の積分器
- ⑤ フィールド毎の面積積分値保持用 SH_3

となっている。

初段積分器開閉信号及び SH_1 のサンプル命令は window 信号より作られ、 SH_2 のそれは HD を用い、 SH_3 のそれは VD を用いる。後段積分器の開閉信号は window 内の各水平走査部分区間の前端より $1-H$ の長さの one shot pulse を作り、これを HD でサンプルして得る。この one shot 回路は再トリガ可能でなければならない。初段の積分器には Gain-band width 積 100 MHz のモジュールオペアンプを使用している。

4. VIDEODENSITOMETER 単体の特性

Pattern generator による階段波 (10 段直線性 $\pm 3\%$) テストによる grey scale linearity (ℓ) は window として $1H$ 区間の一部 ($1\mu\text{ sec}$ 長) をとった場合 $\pm 6.6\%$ である。但し、算出は $\ell = (A/10 - a) / A \times 100$ による (ここで A は階段波ピーク出力電圧、 a は各段間の出力電圧)。Pattern generator 自身の直線性を考慮すると $\pm 4\%$ 以下とみなせる。

面積に対する直線性は $1\sim 8$ 倍の面積比に対して同様な式で $\pm 2.6\%$ である。感度は出力電圧対映像信号電圧比として $1\mu\text{ sec}$ 長線分に対し、 10.1 である。雑音は映像レベルによらず 6.3 mV であった。

5. X線TV画像を現在一般に使われている診断用TV装置で扱うには電源リップル、撮像系の精度、VTRによる画像の劣等が問題となる。今後の改良が待たれる。

Fig. 1. VIDEO DENSITOMETER BLOCK DIAGRAM

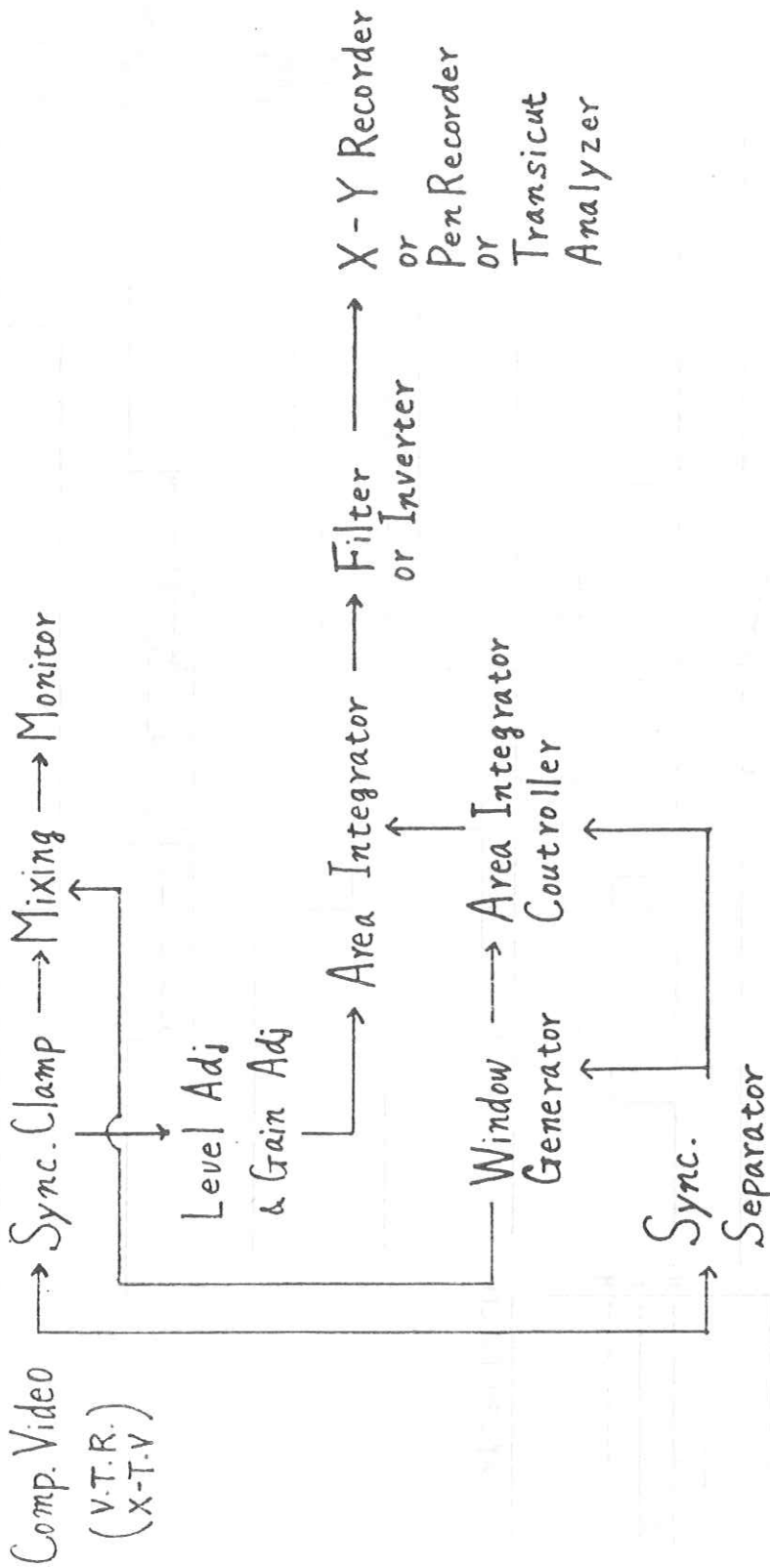
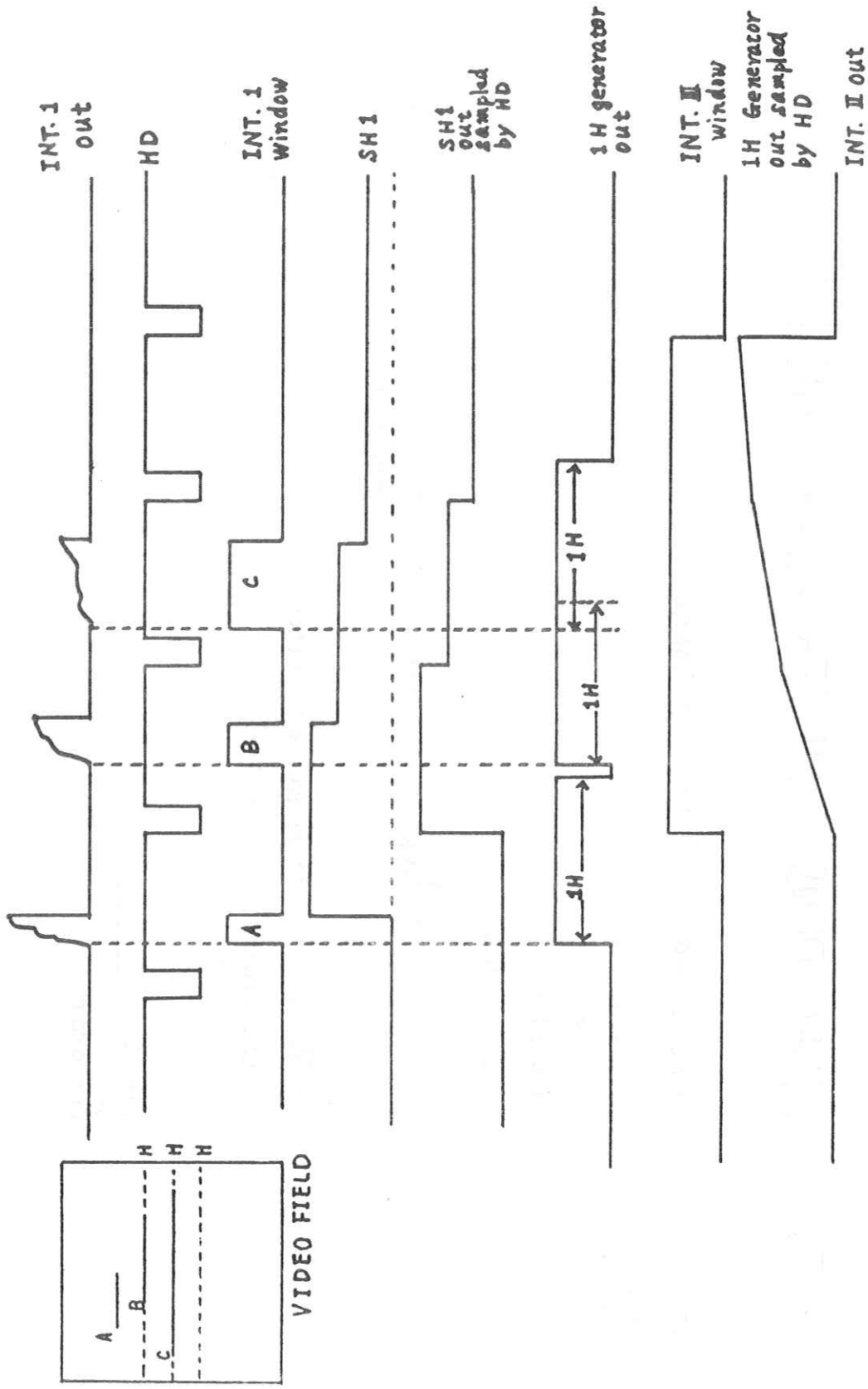


Fig. 2. VIDEO AREA INTEGRATOR TIMING DIAGRAM



R.I.I. 研究会

会長 高橋 信次
 顧問 立入 弘, 宮川 正
 常任委員 佐々木 常雄, 竹中 栄一, 津田 元久, 長谷川 伸
 委員 飯沼 武, 一岡 芳樹, 今川 房之助, 内田 勝
 梅垣 洋一郎, 金森 仁志, 木下 幸次郎, 久保 栄太郎
 (代理 松川収作) 佐柳 和男, 佐々木 常雄, 竹中 栄一
 高野 正雄, 滝沢 正臣, 津田 元久, 恒岡 卓二
 長谷川 伸, 松田 一, 三浦 典夫, 矢仲 重信

—— 編 集 後 記 ——

不景気とやらで、特にメーカーにおつとめの方はきびしい日々をおすごしと存じます。いか、おすごしですか。12月研究会の論文集おとどけ申し上げます。

今回は東京の西のはずれ調布市までおこし頂き、遠方の方には御足労をおかけいたしました。特別講演には放医研の田中先生、飯沼先生の「核医学における Coded Aperture Imaging」と電気通信大学 保原先生の「手書き過程の実験的解析」をお願いし、興味ある御講演を頂きました。今回は参加者名簿が散逸してしまい、本誌色ページに掲載することができませんでした。不注意をおわび申し上げます。

R I I 研究会をシカゴで開催する件については、高橋会長の司会で全参加者で討論をいたし、時期、場所を設定して会員各位に参加、演題の希望の有無をアンケートすることといたしました。

アンケートは1月実施し発送179(米国在住者除く)回収69, うちわけ参加7, 予定6未定4(予定, 未定は旅費, 他の学会との時期関係などの理由)不参加52, 演題予定8件でした。これをロスマン教授に伝え、先方の判断にまつことといたしました。

病院・学校などは不況風の直撃はありませんが研究費などの点しばらく寒さが続くと思われまます。御活躍のほどを。(S.H.)

放射線像研究

発行日 昭和四十九年十二月 日

編集者集 長谷川 伸

〒182 調布市調布ケ丘一丁目五十一
 電気通信大学電子工学科内
 電話〇四二四一
 八三一七二六一
 内線四二〇

発行所 R I I 研究会

発行者 竹中 栄一

〒113 東京都文京区本郷七丁目三十一
 東京大学医学部放射線
 医学教室内
 電話〇三三八一五―五四二一
 内線八六七六

印刷所

渡辺 龍史 堂
 池田市石橋二丁目七の十三
 電話〇七二七一
 六二一七二六九

(S.50.4)

Phone

氏名	勤務先	所在地	Phone
(顧問)			
立入 弘	西宮市立中央病院	西宮市 林田町25	0798-35-1515
宮川 正	東京大学医学部放射線医学教室	東京都文京区本郷7-3-1	03-812-2111
(会長)			
高橋 信次	浜松医科大学	浜松市布橋	0534-55-0701
(賛助会員)			
キヤノン(株)		東京都大田区下丸子3-30-2	03-758-2111
小西六写真工業(株)		東京都日野市さくら町1	0425-83-1521
島津製作所		京都市中京区西ノ京桑原町1	075-81-1111
日立電子(株)		東京都八王子市大和田1644	0426-42-0111
大日本塗料(株)		神奈川県茅ヶ崎市幸町14-1	0467-82-2123
中央精機(株)		東京都千代田区神田淡路町1-9	03-251-2377
東芝メテイクアル(株)		東京都文京区本郷3-26-5	03-815-7211

東京芝浦電気(株)	213	神奈川県川崎市高津区久本30	044-833-1111
(株) ナック	106	東京都港区西麻布1-2-7第17興和ビル	03-404-2321
(株) 日立メテコ	277	千葉県柏市新十余2-1	0471-52-4151
富士写真フイルム(株)	250-01	神奈川県南足柄市中沼210	0465-74-1111
日本シーメンス(株)	100	東京都千代田区丸の内2-6-1 古河総合ビル	03-214-0211
興和(株)	182	東京都調布市調布ヶ丘3-3-1	0424-83-4126
(会 員)			
青柳 泰司	143	東京都大田区大森西6-11-1	03-762-4151 内 428
秋 貞 雅 祥	101	東京都千代田区神田和泉町1	03-862-9111
浅田 茂 昭	750	下関市向洋町2-1-32	0832-31-4111
* 飯 沼 武	280	千葉市穴川4-9-1	0472-51-2111 内 217
池 田 裕 之	228	神奈川県相模原市麻溝台1	0427-78-8264
猪ヶ倉 政 盛	880	宮崎県北高松町5-30	0985-24-4181
* 一 岡 芳 樹	565	大阪府吹田市山田上	06-877-5111 内 4664
伊 藤 健 一	184	東京都小金井市中町2-24-16	0423-81-4221

伊藤博	兵庫医科大学病院放射線科	662	西宮市武庫川1-1	0798-45-6258
伊藤 薫	日本電信電話公社東京健康管理所放射線科	100	東京都千代田区1つ橋1-2-1	03-217-9431
石戸俊雄	弘前大学医学部放射線医学教室	036	弘前市本町53	01722-2-3111
稲津博	宮崎県立宮崎病院放射線科	880	宮崎市北高松町5-30	0985-24-4181
*今川房之助	大阪大学医療技術短期大学部	560	豊中市待兼山町1-1	06-855-1281
岩崎晃	弘前大学医学部附属診療放射線技師学校	036	弘前市本町53(66-1)	01722-2-3111
上田隆三	同上		同上	
上前忠幸	北里大学病院放射線部	288	相模原市麻溝台1	0427-78-8400
水内田勝	岐阜大学工学部電気工学科	504	岐阜県各務原市那加門前町3-1	0583-82-1201
*梅垣洋一郎	放射線医学総合研究所臨床研究部	280	千葉市穴川4-9-1	0472-51-2111
柄川順	帝京大学医学部放射線科	173	東京都板橋区加賀2-11-1	03-964-1211
江副正輔	九州大学医療技術短期大学部	812	福岡市東区馬出3-1-1	092-64-1151 内2129
遠藤俊夫	(株)日立メティコ大阪工場	557	大阪市西成区長橋2-6-37	06-562-7261
遠藤真広	放射線医学総合研究所臨床研究部	280	千葉市穴川4-9-1	0472-51-2111
太田温	東北大学医学部附属放射線技師学校	980	仙台市星陵町2-1	
大宮健児	大日本塗料(株)技術2課	250	神奈川県小田原市成田1060	0465-47-4171

岡 林 昭 夫	結核予防会高知支部	780	高知市上町3-12-21	0888-22-0181
岡 本 紀 久 夫	興和㈱電気光学部調布工場	182	調布市調布ヶ丘3-3-1	0424-83-4126
奥 村 寛	愛知県がんセンター研究所放射線部	464	名古屋市千種区田代町鹿子殿81-1159	052-762-6111
小 沢 甲 子 夫	N H K 厚生部	150	東京都渋谷区神南2-2-1	
尾 沢 光 久	日本大学松戸歯学部放射線学教室	271	松戸市栄町西2-870-1	0473-61-2141 内 225
小 野 寺 洋	秋田県立脳血管研究センター	010	秋田市千秋久保田町6-10	0188-33-0115
小 原 健	名古屋大学医学部放射線医学教室	466	名古屋市昭和区鶴舞町65	052-741-3017
鍵 田 政 雄	関東労災病院放射線科	211	川崎市中原区木月住吉町2035	044-411-3131
籠 田 実	日立電子㈱八王子工場電子部品部基礎研究課192	192	八王子市大和田町1644	0426-42-0111 内 309
片 倉 剛	東北大学医学部附属放射線技師学校	980	仙台市星陵町2-1	
葛 西 恒 一	弘前大学附属診療放射線技師学校	036	弘前市本町66-1	01722-2-3111 内 3147, 3144
加 藤 久 豊	富士写真フイルム㈱足柄第1研究所	250-01	神奈川県足柄市中沼210	0465-74-1111 内 350
金 丸 国 雄	宮崎県立宮崎病院放射線科	880	宮崎市北高松町5-30	0985-24-4181
*金 森 仁 志	京都工芸繊維大学工学部電気工学科	606	京都市左京区松ヶ崎御所海道町	075-791-3211
河 野 誠 一	宮崎県立宮崎病院放射線科	880	宮崎市北高松町5-30	0985-24-4181
神 田 幸 助	立正佼成会病院放射線科	164	東京都中野区弥生町5-25-15	03-383-1281

木内繁	東北大学医学部附属放射線技師学校	980	仙台市星陵町2-1	0426-42-0111
*木下幸次郎	日立電子(株)八王子工場	192	八王子市大和田町1644	0472-51-2111
久津谷讓	放射線医学総合研究所臨床研究部	280	千葉市穴川4-9-1	0425-82-1521
*久保栄太郎	小西写真工業(株)日野工場感材技術研究所	191	東京都日野市さくら町1	044-811-2111 内 350
小泉裕一郎	キャノン(株)玉川第二工場医療機設計室	213	川崎市高津区下野毛770	02928-2-1111
小泉勝三	動力炉核燃料開発事業団東海事業所安全管理部	319-11	茨城県那珂郡東海村大字村松	松江 21-0218
向原洋	松江八東保険防疫組合	690	松江市北田町33	06-633-1221
小界和久	大阪市立大学医学部附属病院中央放射線部	545	大阪市阿倍野区旭町1-5-7	03-813-6111 内 212
小西圭介	東京医科歯科大学医学部放射線科	113	東京都文京区湯島1-5-45	075-791-3211 内 580
小島克之	京都工芸繊維大学工学部電気工学科	606	京都市左京区松ヶ崎御所海道町	03-758-2111 内 385
小早川嘉	キャノン(株)光学第2設計室	144	東京都大田区下丸子3-30-2	02634-3-4600
小林敏雄	信州大学医学部放射線医学教室	390	長野県松本市旭3-1-1	06-371-9921
小山喬	日本医学技術学校放射線科	530	大阪市北区浮田町6	03-383-1281
齋藤一彦	立正佼成会病院放射線科	164	東京都中野区弥生町5-25-15	987-4171-6 03-474-2222
齋藤誠	東京都品川区保健所	140	東京都品川区北品川3-11-16	044-833-1111
◎ 齋藤雄督	カワロビ 東芝玉川工場長付	213	川崎市高津区久本30	365

酒井尚信	千葉大学医学部附属放射線技師学校	280	千葉市矢作町785	0472-51-2111
酒井光明	(株)ミクロメディアカル	213	川崎市高津区宮崎263-4	044-888-3096
租模司俊	公立角館総合病院放射線部	014-03	秋田県仙北郡角館町岩瀬18	01875-5-2111
坂本俊	北里大学病院放射線部	229	神奈川県相模原市麻溝台1	0427-78-8400
佐久間貞行	名古屋市立大学医学部放射線医学教室	467	名古屋市瑞穂区瑞穂町川澄1	052-851-5511 内322
佐々木仙悦	岩手医科大学中央放射線部	020	盛岡市内丸19-1	0196-51-5111
*佐々木常雄	名古屋大学医学部放射線医学教室	466	名古屋市昭和区鶴舞町65	052-832-1466
佐藤茂	(株)日立メディアコ柏工場設計部研究グループ	277	柏市新十倉二2-1	0471-31-4151
佐藤孝司	京都大学原子炉実験所	590-04	大阪府泉南郡熊取町0	07245-2-0901
*佐柳和男	キャノン(株)光学部	144	東京都大田区下丸子3-30-2	03-738-2111 内388
篠崎達也	弘前大学医学部放射線医学教室	036	弘前市在府町5	0985-24-4181
篠崎悌五	宮崎県立宮崎病院放射線科	880	宮崎市北高松町5-30	052-751-7181
塩島勝	愛知学院大学歯学部歯科放射線学教室	464	名古屋市千種区末盛通2-11	06-562-7261 ~6
塩谷斌	(株)日立メディアコ大阪工場設計部研究グループ	557	大阪市西成区長崎2-6-37	07442-2-3051 内388
下城圓	奈良県立医科大学附属がんセンター	630	奈良県橿原市四条町840	092-641-1151 内2409
新開英秀	九州大学医学部附属病院中央放射線部	812	福岡市東区馬出3-1-1	

神 廉	弘前大学医学部放射線医学教室	036	弘前市在府町5	
神 昌夫	東芝玉川工場医用商品研究課	213	川崎市高津区久本30	044-833-1111 内 348
菅 野 巖	秋田県立脳血管研究センター放射線科	010	秋田市千秋久保田町6-10	0188-33-0115
杉 本 博	東芝玉川工場放射線設計部	213	川崎市高津区久本30	044-833-1111 内 384
鈴 木 正 吾	東北大学医学部附属放射線技師学校	980	仙台市星陵町2-1	
須 田 善 雄	放射線医学総合研究所臨床研究部	280	千葉市穴川4-9-1	0472-51-2111
関 川 正	労働省診療所	100	東京都千代田区大手町1-3-1	03-211-7451 内 282
高 崎 克 彦	千葉大附属診療放射線技師学校	280	千葉市矢作町785	0472-22-7171 内 485
高 橋 弘	東北大学医学部放射線科	980	仙台市星陵町1-1	
高 原 泰 勤	北里大学病院放射線部	228	相模原市麻溝台1	0427-78-8400
*高 野 正 雄	富士写真フィルム足柄第一研究所写真物理研究室	250-01	神奈川県足柄市中沼210	0465-74-1111 内 350-328
高 久 祐 治	福島県立医科大学物理学講座	960	福島市杉妻町5-75	0245-21-1211
*滝 沢 正 臣	信州大学医学部附属病院R I診療棟	390	長野県松本市旭3-1-1	02634-35-4600 内 6449
*竹 中 栄 一	東京大学医学部放射線医学教室	113	東京都文京区本郷7-3-1	03-815-5411 内 8676・8855
竹 村 尚 三	東京芝浦電気(株)堀川町工場健康管理室	210	川崎市幸区堀川町72	044-522-2111
田 島 聖 正	九州大学医学部附属病院中央放射線部	812	福岡市東区馬出3-1-1	092-641-1151

田中 高生	九州厚生年金病院放射線科	806	北九州市八幡区岸の浦2-1-1	093-641-5111 内 312
田中 仁	千葉大学医学部附属診療放射線技師学校	280	千葉市矢作町 785	0472-51-2111
樽沢 孝悦	弘前大学医学部附属診療放射線技師学校	036	弘前市本町 66-1	01722-2-3111 内 314 or 3147
千葉 嘉孝	三井記念病院放射線科	101	東京都千代田区神田和泉町 1	03-862-9111
辻 公美	慶応大学医学部放射線科	160	東京都新宿区信濃町 35	03-353-1211
*津田 元久	島津製作所医用機器事業部	604	京都市中京区西の京桑原町 1	075-921-6084
堤 直葉	阪南中央病院	580	松原町南新町 3-3	0723-33-2100 内 38
角 田 明	大阪大学歯学部附属病院放射線科	530	大阪市北区常安町 32	06-444-1421 内 260
*恒岡 卓二	東芝メディカル(株)技術本部専門部長	113	東京都文京区本郷 3-26-5	03-815-7211 夜 7227
鶴野 大八郎	東芝玉川工場レントゲン部	213	川崎市高津区久本 30	044-833-1111 内 384
手川 敏識	徳島大学医学部附属診療放射線技師学校	770	徳島市蔵本町 2	0886-31-3111 内 357
寺田 央	大阪大学微研病院放射線科	565	吹田市山田上	068-78-5121
土井 邦雄	Argonne Cancer Research Hospital The University of Chicago		950 East 59th Street Chicago, Illinois 60637	
鳥 脇 純一郎	名古屋大学工学部電気工学教室 (大型計算機センタ二)	464	名古屋市中千種区不老町	052-781-5111 内 3308
中里 勝雄	東京都立放射線技師学校	162	東京都新宿区筑土八幡 39	03-269-6344
中島 緑彦	NHK 総合技術研究所	157	東京都世田谷区砧 1-10-11	03-415-5111

永田耕作	宮崎県立宮崎病院放射線科	880	宮崎市北高松町5-30	0985-24-4181
中西省三	大阪大学医学部附属病院放射線科	553	大阪市福島区堂島浜通3-1	06-451-0051
永野一夫	神戸市立中央市民病院	650	神戸市生田区加納町1-5	078-231-4381
中村実	三重大学医学部附属塩浜病院中央放射線部	510	三重県四日市市塩浜町1	077-521-1111
中村豊	神奈川県立成人病センター放射線科	241	横浜市旭区中尾町54-2	045-391-5761
西岡敏雄	日本大学歯学部放射線学教室	101	東京都千代田区神田駿河台1-8	03-293-5711 内 370
西沢陸夫	厚生中央病院放射線科	153	東京都目黒区三田1-11-27	03-713-2141
似鳥栄三	東京都中央保健所	104	東京都中央区明石町12-6 (連絡)江東区南砂5-24-15-811	03-541-5936 648-2980
野田峰男	(株)日立メテック柏工場検査課	277	柏市新十余二2-1	0471-31-4151 ~6
野辺地篤郎	聖路加国際病院放射線科	104	東京都中央区明石10-1	03-541-5151 内 221
袴田祐治	浜松テレビ(株)業務部	435	浜松市市野町1126-1	0534-34-3311
橋本俊一	(株)日立メテック東京サービス課	101	東京都千代田区神田駿河台4-6	03-253-5422
橋本光二	横浜市立市民病院	240	横浜市保土ヶ谷区岡沢町56	045-331-1961
*長谷川伸	電気通信大学電子工学科	182	東京都調布市調布ヶ丘1-5-1	0424-83-2161
畑山崇	秋田大学病院放射線科	010	秋田市千秋久保田町6-10	0188-34-1111
畑川政勝	大阪市立大学医学部附属病院中央放射線部	545	大阪市阿倍野区旭町1-5-7	06-633-1221 内 3271

蜂谷武憲	秋田県立脳血管研究センター	010	秋田市千秋久保田町6-10	0188-33-0115
花田勝	(株)日立メテック大阪工場	557	大阪市西成区長橋2-6-36	06-562-7261
林一成	NHK厚生部	150	東京都渋谷区神南2-2-1	
林田重雄	市立池田病院放射線科	563	大阪府池田市城南3-5-1	0727-51-2881
速水昭宗	大阪大学歯学部歯科放射線学教室	530	大阪市北区常安町32	06-444-1421 内238
原田稷留	下関市立中央病院放射線科	750	下関市向洋町2-1-32	0832-22-4001
坂内秀郎	日本電々公社東京中央健康管理所放射線科	100	東京都千代田区一ツ橋1-2	03-217-9431
平城実	大日本塗料(株)蛍光品事業部	253	茅ヶ崎市幸町14	0467-82-2123
平沢美治	東京都立放射線技師学校	162	東京都新宿区筑土八幡39	03-269-6344
平松収	川崎病院	700	岡山市中山下87	0862-25-2111
広瀬正治	耳原総合病院放射線科	590	堺市協和町4-465	
藤田良博	大阪大学医歯技術短期大学部	560	豊中市待兼山町1-1	06-855-1281
星合重男	小西六写真工業(株)	103	東京都中央区日本橋室町3-1	03-270-5311
穂森敏晴	鹿児島県立鹿屋病院放射線科	893	鹿屋市打馬1-5-10	09944-2-5101
真栄城守候	琉球大学保健学部附属病院中央放射線部	902	沖縄県那覇市宇与儀585	0988-54-0163 内261
前田頌	日本原子力研究所アイントープ事業部利用開発室	311-31	茨城県東茨城郡大洗町成田	

藤本 祐一	東芝玉川工場医用電子設計部映像グループ	213	川崎市高津区久本30	044-833-1111 内 386
*松田 一	大阪府立成人病センター放射線部	537	大阪市東成区中道1-3-3	06-972-1181
松川 収作	埼玉がんセンター準備室	336	浦和市高砂3-15-1 県庁内	0488-24-2111 内 2677
松岡 順之介	小倉記念病院放射線科	802	北九州市小倉区貴船町1	093-921-2231
松本 達周	日本生命保険相互会社東京総務部診療所	100	東京都千代田区有楽町1-1-1	03-503-0311 内 278・279
*三浦 典夫	大日本塗料(株)小田原工場蛍光品事業部	250	小田原市成田1060	0465-36-1111
光田 秀雄	大阪市立大学医学部附属病院中央放射線部	545	大阪市阿倍野区旭町1-5-7	06-633-1221 内 3561
南 博	東芝堀川町工場	210	川崎市幸区堀川町72	044-522-2111 内 333
宮前 達也	埼玉医科大学病院放射線科	350-04	埼玉県入間郡毛呂山町	04929-4-1212
村田 和美	北海道大学工学部応用物理学科	060	札幌市北12条西8丁目	0122-71-2111
村山 弘	北里大学病院放射線科	228	神奈川県相模原市麻溝台1-1	0427-78-8405
森川 薫	大阪大学医療技術短期大学部	560	大阪府豊中市待兼山町1-1	06-855-1281
森矢 達人	第一勧業銀行健保組合内幸町診療所	100-91	東京都千代田区内幸町1-1-5	03-503-5111 内 2287
森山 有相	九州大学医学部附属病院中央放射線部	812	福岡市東区馬出3-1-1	092-641-1151 内 2409・2410
八木 浩史	徳島大学医学部附属診療放射線技師学校	770	徳島市蔵本町2	0886-31-3111 内 357
安原 弘	東芝玉川工場放射線設計部	213	川崎市高津区久本30	044-833-1111 内 385

＊矢 仲 重 信	(株)日立メディコ柏工場研究グループ	277	柏市新十余二2-1	0471-31-4151
山 口 紀 生	宮崎大学工学部応用物理学科	880	宮崎市西丸山町118	0985-22-3155
山 口 奉 頼	日立電子(株)映像機器部	192	八王子市大和田町1644	0426-42-0111 内 309
山 崎 武	大阪大学微生物病研究所附 癌病院放射線科	565	吹田市山田上	068-78-5121
山 下 一 也	大阪大学医療技術短期大学部	560	豊中市待兼山1-1	06-855-1281
山 下 富 雄	鹿児島県立鹿屋病院放射線科	893	鹿児島県鹿屋市打馬 1-5-10	09944-2-5101
山 本 昭	鶴見大学歯学部歯科放射線学教室	230	横浜市鶴見区鶴見2-1-3	045-581-1001
吉 村 克 俊	関東通信病院放射線科	141	東京都品川区東五反田5-9-22	03-443-6111
吉 田 熙 宣	東芝玉川工場レントゲン部	213	川崎市高津区久本30	044-833-1111 内 396
吉 田 日 出 輝	熊本大学医学部附 属診療放射線技師学校	860	熊本市本荘町1-1-1	0963-63-1111 内 2831
吉 田 実	栃木日立病院放射線科	329-44	栃木県下都賀郡大平町富田5-2	02824-3111 内 435
吉 田 梨 影	大阪市立大学医学部附 属病院中央放射線部	545	大阪市阿倍野区旭町1-5-7	06-633-1221
吉 本 清 一	九州大学医学部附 属病院中央放射線部	812	福岡市東区馬出3-1-1	092-641-1151 内 2408
K. Rossman	Argonne Cancer Research Hospital The University of Chicago		950 East 59th Street Chicago, Illinois 60637	
若 松 孝 司	大阪大学病院放射線科	553	大阪市福島区堂島浜通3-1	06-451-0051
和 田 正	神戸市衛生局須磨保健所	654	神戸市須磨区中島町1-1-1	078-71-4341

渡 辺 英 二	日本電子(株)開発事業本部	196	東京都昭島市中神町1418	0425-43-1111
脇 方 妙 子	兵庫医科大学中央放射線部	662	西宮市武庫川町1-1	0798-45-6258
小 川 史 顕	京都府立医科大学放射線医学教室	602	京都市上京区河原町広小路梶井町	075-231-2311 内328
片 桐 敏 男	大阪大学医学部附属病院中央放射線部	553	大阪市福島区堂島浜通3-1	06-451-0051
曾 我 部 秀 一	大阪大学医療技術短期大学部	560	豊中市待兼山町1-1	06-855-1281
橋 爪 俊 幸	関東労災病院放射線科	211	川崎市中原区木月住吉町2035	044-411-3131
馬 場 仁	九州大学医学部附属病院放射線部	812	福岡市東区馬出3-1-1	092-641-1151