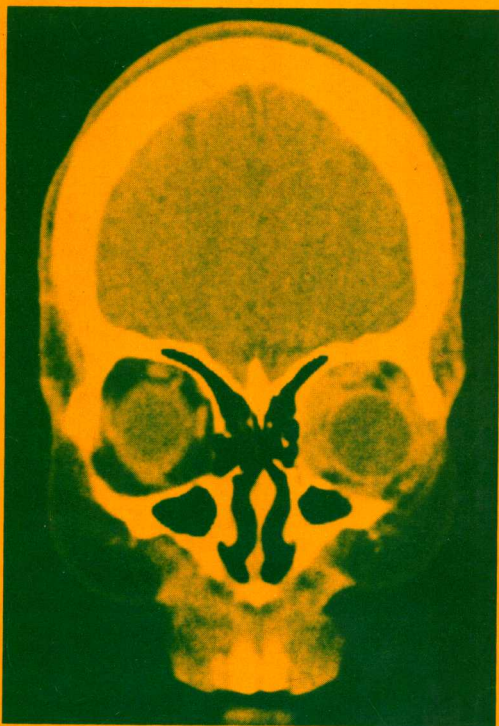




眼科画像診断

聖マリアンナ医科大学教授

太根 節直 編



金原出版株式会社

東京・大阪・京都

眼科画像診断

聖マリアンナ医科大学教授

太根 節直 編

金原出版株式会社

東京・大阪・京都

眼科画像診断

定価 14,000 円

書籍小包 350 円

昭和57年11月30日 第1版第1刷発行 ©



編 者 太 根 節 直

発 行 者 金 原 秀 雄

発 行 所 金 原 出 版 株 式 有 限 公 司

〒113 東京都文京区湯島 2-31-14

電話 (03) 811-7161 (代表)

振替口座 東京 2-151494番

支社：大阪・京都

印刷(本文) 新日本印刷 製本 永瀬製本

(カラー) 同美印刷 製函 永井紙器

(表紙) 誠心堂印刷

Printed in Japan

ISBN 4-307-35005-7

執筆者

- | | |
|-------|--------------------|
| 伊藤 研一 | 日本大学講師 |
| 蒲山 俊夫 | 東京慈恵会医科大学眼科学教室 |
| 丸尾 敏夫 | 帝京大学教授 |
| 中村 泰久 | 富山医科薬科大学助教授 |
| 能勢 晴美 | 筑波大学講師 |
| 羅 錦營 | 静岡県立こども病院医長 |
| 太根 節直 | 聖マリアンナ医科大学教授 |
| 戸塚 清 | 関東通信病院顧問・丸ビル眼科医院院長 |

(ABC順)

序

百聞は一見にしかずのことわざの通り、画像の持つ情報量は他の手段に比しきわめて多い。

通常では肉眼でとらえることができない事象を画像として見ることができれば、その事象をより容易に、より素早く、より具体的、かつ正確に認識することが可能となる。もともと人間の眼と頭脳は、形状や模様をそのまま形態として捕捉する、いわゆるパターン思考に馴染みやすくなっているのです。医学の領域でも種々の事象を映像化して表示する研究が続けられている。すなわち、眼科領域においても生体情報の映像化は、今日各種のX線造影法、X線 CT スキャン、核医学（シンチグラフィ）、超音波診断、サーモグラフィ検査法などのイメージング化検査法によって、その診断精度の向上に高く貢献している。また最近、特にポジトロン CT による生化学的検索や超音波ドップラー法による血流動態の解明が、蛍光眼底撮影法とともに眼科の映像的機能診断としても次第に重視されはじめている。

これらの眼科の画像診断法の大きな特徴の1つは、非観血的に、また非侵襲的に実施できることで、患者に対する危険と負担が少なく、他方得られる情報が非常に多いところにある。ところで、超音波は眼球内部の軟部組織の映像化に優れ、一方X線やCT スキャンは眼窩や頭蓋の骨造影に有利で、またシンチグラフィやサーモグラフィも眼部の新陳代謝や生理・生化学的な追求に長所が認められるなど、それぞれの手法に特色があり、診断目的に応じてこれらを幾つか組合せて、臨機応変の総合画像診断を行うことによって始めて診断の妙味が発揮され、その完璧が期待されることになる。

近年は超音波診断を除いては自動化が進み、臨床医には画像の採取そのものに対しては高度な専門的手技を要求されない方向に進みつつある。しかし、今後は名人的手技を要しない時代の専門医には、ますます高い読影判断能力が求められるにちがいないと思われる。

病院の組織は、このような画像医学の急速な展開に現在適応し得る形となっていないのが普通である。画像医学機器は一般に大型、かつ高価であるだけに、画像医学にかかわる専門医には学問的先見性と同時に、施設や予算を予見し、計画性の高い案を執行部に説得できる能力も求められよう。

今回は、眼科の画像診断の各分野で実際に活発な研究・診療活動をされている中堅の研究者の方々に執筆をお願いしたので、本書の内容は現時点での最高水準を示していると確信している。また執筆に際しては、できるだけ制約を少なくし、自由に他の画像診断との関連も含めて、のびのびと記述していただいたので、各執筆者の個性も出、また全体として内容に厚みと具体性が増し、相互の関連の総合的理解にも充分役立つものと考えている。

本書は主として眼科臨床医を対象として編集されたが、研修医や医学生、およびその教育にも活用していただきたいと願っている。

最後に本書の出版に御協力いただいた各執筆者、並びに金原出版関係各位に心より謝意を表したい。

1982 年 11 月

太 根 節 直

目 次

I. CT スキャン 1~34

A. CT の概論	2
1. CT の歴史.....	2
2. CT スキャナーの原理.....	2
3. CT スキャナーの種類.....	3
4. CT スキャナーの現況.....	4
B. 眼科領域への臨床応用	7
1. CT の適応.....	7
2. 依頼の方法.....	7
3. CT による解剖学的考察および正常所見.....	9
4. CT 像の解釈.....	10
C. 代表的眼科領域の疾患	18
1. 眼瞼および眼球内疾患.....	18
2. 眼窩原発性腫瘍.....	19
3. 眼窩内転移性腫瘍.....	20
4. 副鼻腔と関連した眼窩疾患.....	20
5. 神経眼科的疾患.....	21

II. 超音波診断 35~113

A. 眼科用超音波診断装置	37
1. 眼科における超音波診断とその特殊性.....	37
2. 眼科専用超音波診断装置とその使用法.....	38
3. 眼科超音波診断における画像表示法.....	46
B. 眼球内疾患の診断	60
C. 眼窩疾患の診断	83
1. 眼窩腫瘍.....	83
2. 炎症診断.....	87
3. 偽腫瘍の診断.....	89

4. 血管形成異常	90
5. 異物診断	90
D. ドップラー法の応用	101
E. 超音波による眼球計測法	104
1. 眼軸長計測法	104
2. 計測誤差	106
3. 超音波計測の臨床応用	108

III. シンチグラフィ 115~131

A. 検査法の実際	117
1. 使用核種とその適用	117
2. 検出装置	118
3. 撮影方法	119
B. 症 例	120

IV. サーモグラフィ 133~162

A. 医用サーモグラフィの概念と実際	135
1. 人体より放射される赤外線検出	135
2. サーモグラフィ装置の構造	137
3. 測定方法および測定上の注意	137
4. サーモグラムの判読法	139
B. サーモグラフィの眼科領域への応用	141
1. 正常者のサーモグラム	141
2. 眼科臨床応用とその問題点	143
3. 眼科サーモグラフィの展望	145

V. X線検査法 163~184

1. 撮影の基本	165
2. 眼窩部 後→前方向撮影	165
3. 横軸方向撮影	167

4. 視神経管撮影法	168
5. 立体X線写真	169
6. 眼球内異物の位置測定	171
7. 涙道撮影	171
8. 眼窩疾患のX線像	172
9. X線写真撮影,あるいは透視を計測のメジャー的方策として応用する場合	172
10. 写真の観察	174
11. 印 画	175

VI. ペノグラフィ 185~213

A. 眼窩内静脈の解剖およびX線解剖	187
1. 前後方向投影像	188
2. 軸方向投影像	189
3. 側方向投影像	189
B. 検 査 法	193
1. 手 技	193
2. 異常所見の分析	195
3. 適 応 症	195
C. 症 例	197

VII. 蛍光血管撮影法 215~256

A. 蛍光眼底撮影法	216
1. 原理の概略	216
2. 撮 影 装 置	216
3. 撮影法の要点	217
B. 蛍光眼底写真の読影	219
1. 読影に必要な基礎知識	219
2. 読影に必要な用語	219
3. 読影の実際	220
C. 前眼部蛍光血管造影	253

I.CTスキャン

羅 錦營・丸尾 敏夫

A. CT の 概 論

1. CT の 歴 史

CT スキャナーの原理は、1960 年頃にアメリカで2人の研究者によって完成された。1人はカリフォルニアの神経内科医 W. H. Oldendorf であり、他の1人はボストンの物理学者 A. M. Cormack である。

Oldendorf (1961) は、 γ 線と NaI 検出器を対とした模型をつくり、鉄とアルミの釘を打ち込んだ板をおき、これを回転させながら、直線方向に移動させ、鉄とアルミの位置と性状を鑑別できることを証明したが、コンピューターを利用するまでにはいたらなかった。これをもとにイギリスの G. N. Hounsfield (1971) がコンピューターを利用した画像処理法を開発し、世界最初の実用的頭部 CT スキャナー (EMI 社) を完成させた。

一方、Cormack (1963) の実験模型は、アルミニウムを中心におき、その周囲を樫で覆った径 10cm の円筒を、 γ 線のガイガー計数管を対とした装置で測定し、 γ 線の透過度をフーリエ変換を用いてコンピューターに計算させた。この analytical reconstruction method の原理をもとに、Georgetown 大学グループが全身用 CT スキャナー (ACTA 社) を開発し、1973 年ワシントンの R. S. Ledley によって発表された。

1979 年のノーベル医学生理学賞は今日の CT スキャナーの原理を完成させたアメリカの A. M. Cormack と実用的頭部 CT スキャナーを開発したイギリスの G. N. Hounsfield にそれぞれ与えられた。

2. CT スキャナーの原理

CT スキャナーは大きくわけて、スキャンニング、計算、ディスプレイ装置の3つの部分から成り立っている (図 I-1)。すなわち、X線管と高感度の検出器を対向させた走査装置で、細いX線ビームで被写体の断面を多方向から走査し、その都度得られたX線ビームの吸収によるアナログ情報を計算機に入力し、計算結果として、横断断層像をブラウン管上に表示するものである。計算装置で得られた値は、実際は点ではなく、直方体である。それは



図 I-1→p. 5

ピクセル（画素）の断面が正方形で一定の面積を有するためと検査面に厚さがあるためである（図 I-2）。

コンピュータによる CT 画像処理再生アルゴリズムについては、総和法（summation）、逐次近似法（iterative approximation）、コンボリューション法（convolution または filtered back projection）、二次元フーリエ変換法（fourier transform）などがあり、後の三者がよく用いられる。

ブラウン管上でディスプレイする場合には、全X線吸収度値を通常 16 のグループに分けて、白黒の濃淡で表示される。したがって、1つのグループ（window という）に入る点は、あたかも、すべて同一のX線吸収度値を持っているかのように表示されるので window の幅の選び方が大切である、どの CT スキャナーも、window level（window 幅の中央値である）と window width を変えて、各ウィンドウの中に入る X 線吸収度を適当に選ぶようになっている。この選び方がまずいと、CT スキャナーが正確な情報を入れていても、病気を見落すことがある。

3. CT スキャナーの種類

いままで開発されていた CT スキャナー（ハードウェア）を大きく分けて 4つのタイプに分けられる（図 I-3）。

最初に出現した EMI 社のスキャナーが第1世代（single beam linear scan 型）で、検出器（detector）1個とペンシルビームのX線を用いて、平行移動と回転の組合せによりスキャンする。特長は時間が長く（3～4分）、解像度が落ちる。したがって適用範囲は頭部に限られている。その後第2世代のスキャナー（fan beam linear scan 型）が開発された。これは数10個の検出器と小角度ファンビームのX線を用いて平行移動と回転の組合せによるスキャンで、その特長はスキャン時間（20秒～2分）がやや長く、身体の動きによる motion artifact が出やすいが、取得データ数が多く、解像度は高くなる。ついで開発された第3世代（fan beam rotate scan 型）では、解像する身体を最大幅をカバーする広角度のファンビームと数百個（300～600）の検出器を用い、同時連続回転方式で高速走査を可能にした。特長は高速スキャン（4～9秒）であるが、スキャン中検出器のキャリブレーションが不可能なために、ring artifact が発生しやすい。現在使用されている CT の大部分はこれである。機械の欠点を補うために第4世代（fan beam rotating-detector stationary 型）が開発された。

約 600 個～2,400 個の円周上配列された検出器と広汎のファンビーム X 線を用いる。スキャン時、回転は X 線管球のみで、検出器は静止している。特長は高速スキャン (1～5 秒) で、きわめて解像度のよい画像を得ることができる。この方式であると、データサンプリングの間隔を短くすれば、いくらかでもデータ数を多く収録できるので、それだけ画像はよくなる。しかし、当然のことであるが、被曝線量は増加する。

ハードウェアの進歩とともに、ソフトウェアの著しい改善がみられた。とくに画像分析のための、距離面積測定、CT 値のグラフ化、画像の各方向への再構成 (multiplanar computer reformation)、拡大画像 (target image)、血行動態観察するための dynamic scanning などは高性能 CT に備えられている。画像の精度もソフトウェアの開発によって、第 3 世代と第 4 世代の画像差はなくなりつつある。

4. CT スキャナーの現況

1981 年の日本国内では千台をこえた CT スキャナーが各病院施設で稼働している。いわゆる頭部用普及機 (価格 6～7 千万円) から全身用高級機 (価格 3 億 5 千万円) まで、病院および研究施設の規模によってさまざまである。新しい機種では、スキャン時間は 1 秒、スライス幅 1.5 mm までできる。第 5 世代のスキャン時間 1/20 秒位のものも完成されようとしている。ちなみに、日本国内の世代別シェアは現時点では第 1 世代 5%、第 2 世代 25%、第 3 世代 60%、第 4 世代 5% である。眼科領域への応用に際して、画像がいわば生命であり、目的によって機種を選定する必要がある。

X 線 CT 以外に生体内の情報を非侵襲的にコンピュータを用いて断層像を得る方法としては、超音波 CT、RI (アイソトープ) CT、NMR (核磁気共鳴) CT、重粒子 CT、マイクロ波 CT またはインピーダンス CT などがあげられる。X 線 CT に次いで実用化されつつあるのは RICT であり、X 線の透過型 CT に対し、放射型 (emission) CT と呼ばれる。

ECT は対象とする RI の違いにより二つに大別される。一つは一般の RI のように単独の γ 線を放出する RI を対象にしたシングルフォトン CT である。一方、ポジトロンを出す RI (^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F) を対象とするものはポジトロン CT という。眼科領域への応用としては、視覚系の血流循環動態の探知またはグルコース、脂肪酸、酸素の消費量の測定など、脳の病態生理学的解明に有用である。

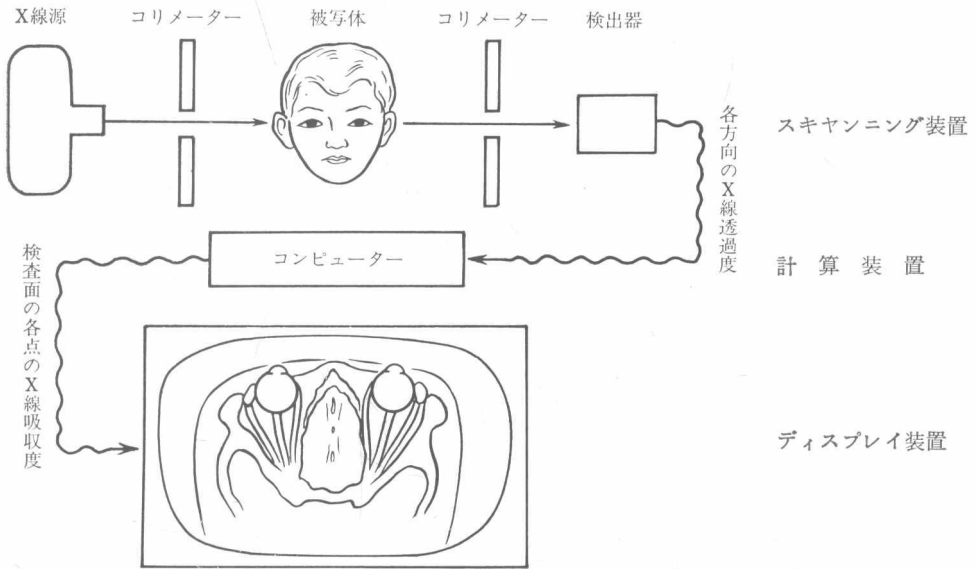
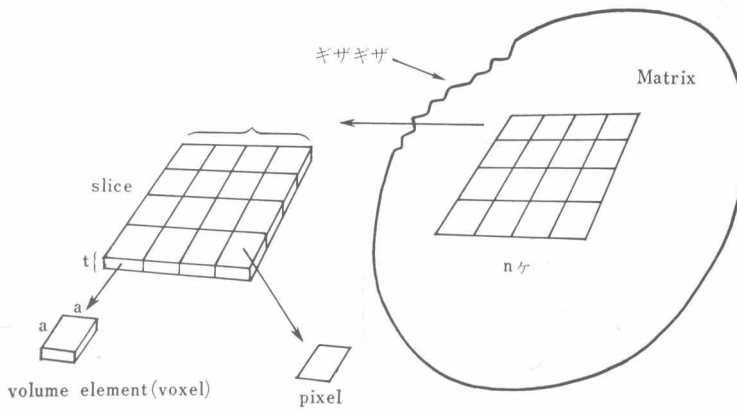


図 I-1 CT スキャナーの原理



t : 検査面の厚さ 1.5~15 mm
a : 0.25~1.5 mm

図 I-2 $n \times n$ のマトリクスによる視野は n^2 個画素により成り立つモザイク画である

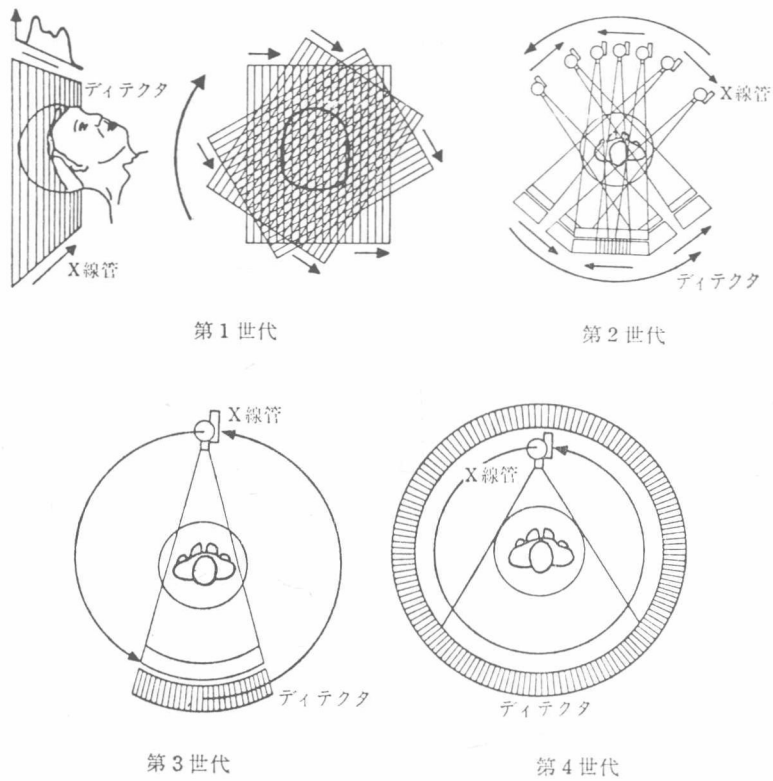


図 I-3 CT スキャナーの世代区分とその特長

B. 眼科領域への臨床応用

1. CT の適応

CT は他の神経放射線学的検査法に比べ, no pain, no risk, short time で多くの情報を得ることができる。とくに, 眼窩および脳内構造は CT ではじめて in vivo でみることができるようになった。これは腫瘍および神経学における診断と治療計画に大きく貢献しているといえる。眼科領域における適応は表 I-1 の通りである。しかし, CT 検索の前に, 詳しい臨床的検査が必要であることは論をまたない。

表 I-1 眼科領域における CT scan の適応

- | |
|--------------------------|
| 1. 眼球突出 |
| 2. 進行性視力障害および視野欠損 |
| 3. 原因不明な眼筋麻痺 |
| 4. 眼振を含めた異常眼球運動 |
| 5. 乳頭浮腫 |
| 6. 視神経萎縮 |
| 7. 外傷後の視力および視野障害, 異物の検出 |
| 8. 眼球内腫瘍 |
| 9. 斜視・弱視の原因究明 |
| 10. X線上にみられる眼窩周辺の骨病変 |
| 11. 超音波検査上に眼球外病変を疑うとき |
| 12. 頭痛, 眼窩痛, 顔面けいれん, その他 |

2. 依頼の方法

CT のルーチンの
取り方 (図 I-4)

眼窩を中心にとるかまたは脳内スクリーニングするかによって, CT のルーチンの取り方は違っている。眼窩を中心にする場合, 眼窩下縁と外耳孔上縁を結んだ線 Reid's base line (RBL) に平行にとれば視神経を含め, ほぼ眼窩全体をカバーできる。使用するスライス幅は機種によって違ってくるが, 1.5 mm ~ 5 mm 位の方が空間分解能がよく, partial volume effect もすくなく, 眼窩内のこまかい分析に有用である。



図 I-4 → p. 13

脳内を中心に検査する場合、外眼角と外耳孔中心を結ぶ線 orbitomeatal line (OML) を基準に上方約 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ の傾斜で水平断層を行う。また、supraorbitomeatal line、すなわち眼窩上縁と外耳孔を結んだ線を基準にする場合もある。スクリーニングの目的で使用するスライス幅は 5 mm $\sim$ 10 mm 位が適当である。

特殊方向の取り方

水平断層で病巣を発見した場合、または、水平断層のみで病巣を把握できない場合では、他の方向の断層を依頼することができる。直接撮像の場合と間接的に画像再構築法によって他方向への断層像を出す場合があり、画像の鮮明さと被曝線量などを考慮すれば、現時点では直接撮像の方がすぐれている。しかし、患者の状態または特殊角度の三次元画像診断の場合、高性能 CT スキャナーを用いれば、再構築法もかなり有用である。冠状断層（左右垂直）の取り方は、坐位法、背臥位法、腹臥位法、側臥位法などがあり、スキャナーの大きさとガントリの傾斜可変によって、取り方を任意選択できる。また、基準線の設定は水平断層ほど厳密にできないために症例ごとに応用すればよい。その他、矢状断層（前後垂直）または斜め方向の断層などもあり、目標とする部位がわかれば希望通りにとれる場合もある。

薬物使用

鎮静と増強法または特殊造影以外には薬物の使用はない。

(1) 鎮静のために使用する場合

画像上の artifact を減らすためには、スキャン中、体の動きは禁物である。小児または年長の患者でも落ち着きのない場合には、催眠鎮静剤を使用する。検査前 2 $\sim$ 3 時間以上飲食を禁じ、薬剤は抱水クロラル® 注腸またはトリクロロルシロップ® を 75 $\sim$ 100 mg/kg 経口投与する。また、硫酸アトロピン 0.01 mg/kg を皮下注射後、ラボナール® 12 $\sim$ 20 mg/kg 筋注、あるいは 1 $\sim$ 3 mg/kg 徐々に静注する。その他の薬剤も年齢、体重に応じて選択工夫する必要がある。

(2) 画像増強法 contrast enhancement (CE)

正常組織と病的組織の間で X 線減弱係数の差、すなわち、CT 値が違わないことも多い。そこで造影剤による増強が行われる。また造影のタイミングによって眼窩内または脳内血管を造影することもできる。有機ヨード系造影剤を用いるので、検査前のヨード過敏テストを行う必要がある。

経静脈法には、水溶性ヨード系造影剤 30% または 60% の meglucamine iothalamate (Conray®) を 2 $\sim$ 4 ml/kg を用いて点滴するかまたは一気に