

Title	カラーフォトリスキヤニングの研究
Author(s)	土井, 修
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1967, 26(12), p. 1541-1546
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17166
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

特別掲載

カラーフオトリスキヤニングの研究

千葉大学医学部放射線医学教室(主任 笥 弘毅教授)

土 井 修

(昭和41年12月22日受付)

Studies on Color Photo-rescanning

by

Osamu Doi

Department of Radiology, Chiba University School of Medicine

(Director: Prof. H. Kakehi)

With improvement of the faults of the former color recording system, a new color photo-rescanner was devised.

An original scan record is put in between a tungsten lamp and a photomultiplier tube fixed facing each other. The photomultiplier tube receives the through-light of various intensities of the original scan record and gives the signal to the servomotor to which the color filter wheel is attached. The angulation of the color filter wheel is proportional to the intensity of the through-light. The polaroid camera takes the view of the slit of which color is selected by the servomotor.

The technique of the scan analysis was greatly improved with the development of the new model of the color rescanner. Clinical applications of this equipment allow the detection of the space occupying lesion and the varied blood supply which are hardly interpretable by other methods.

目 次

1. 目 的
2. 方 法
3. 結 果
4. 臨床的応用
5. 研究総括及び考察
6. 結 論
7. 文 献
8. 附写真

1. 目的

ラジオアイソトープスキヤニングは近年急速に進歩を示し、臓器の形態機能、腫瘍の発見、血流分布状態等を診断する手段として重要な方法となつてきた。装置の進歩と共にスキヤニングの解像

力は著しく改良されてきたが、打点式スキヤニングでも或いはフオトスキヤニングでも、肉眼ではつきりと識別できる濃度の差には、おのずから限界がある。従つてこの腫瘍等の存在による濃度差の検出には、何らかの形で対照度を強調する工夫が必要である。この必要から生まれた対照度強調方式の1つがリスキヤニングであり、スキヤニング原画(スキヤン)の中に潜在する肉眼では判別しにくい変化を明らかにして、スキヤニングによる診断能を高めようということを目的としている。リスキヤニングという言葉は、Harris 等¹⁾によつて始めて用いられたものであるが、初めは彼の考案になるいわゆるリスキヤナーでつくられたスキヤニングの原画を解析することを意味した。しか

し現在では一般に“スキヤンを解析する”という広い意味に用いられるようになってい

る。広義のリスキヤニング即ちスキヤンの解析を目的としてこれまでつくられた方式には次のようなものがある。

I. 打点式スキヤン又はフォトスキヤンをオリジナルとするもの

1. Photocopying (Dewey 1962²⁾)
2. Rescanner (Harris 1963¹⁾)
3. Closed-circuit T.V. (Bender & Blau 1959³⁾)
4. Color Photorescanner (Harris & Uchiyama 1965⁴⁾)
5. Isobrightness color T.V. converter (Charles 1963⁵⁾, Kakehi 1963⁶⁾, Maeda 1964⁷⁾)

II. 磁気テープ又はパンチテープをオリジナルとするもの

1. Magnetic tape recorder (Albert 1959⁸⁾)
2. High-speed computer Ampex FM tape (Tauxe 1965⁹⁾)
3. Digital computer Punched paper tape (Brown 1964¹⁰⁾)
4. Perforated tape recorder (Kawin 1964¹¹⁾)

Dewey の方法は市販のフォトコピー装置を利用できるので費用がかからず簡便な方法であるが、性能的には他の方式に劣る。Harris の開発したリスキヤナーは消去レベルを変えて何回も操作を繰り返さなければならぬので時間がかかりま

すぎる。そこで色彩によるコントラストを利用し、1つの画面に多段階レベルのカットオフ像を見られるようにしたのがカラーフォトリスキヤナーである。又スキヤンの解析に要する時間をできるだけ短縮して、はやく結果を見たいという欲求から Bender & Blau によつてテレビ法が開発され、更にこれに色彩を加えてカラーテレビ法が工夫された。このテレビ方式は現在のところ短い時間で結果が得られる利点はあるが、リスキヤナーに比べると解像力の点で劣るようである。Albert 等の方法はスキヤンの情報を磁気テープに収録し、これを再現するときに対照度を強調する方式である。更に最近は磁気テープ或いはパンチテープを用い、これを電子計算機にかけてスキヤンの解析をする方法が Brown, Kawin, Tauxe 等により開発されている。一般的にいえば、I群の方式は比較的費用もかからず操作も簡単であるが、性能的にはII群の方式の方がすぐれている。

本研究の目的は従来使用していたカラーフォトリスキヤナー¹²⁾の欠点を改良し、新しくカラーウイール方式を採用した装置を試作し、リスキヤニングによる診断能をより確実に高めることである。

2. 方法

試作したリスキヤナーの構造は Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 に示すごとくであり、次の部分に大別される。

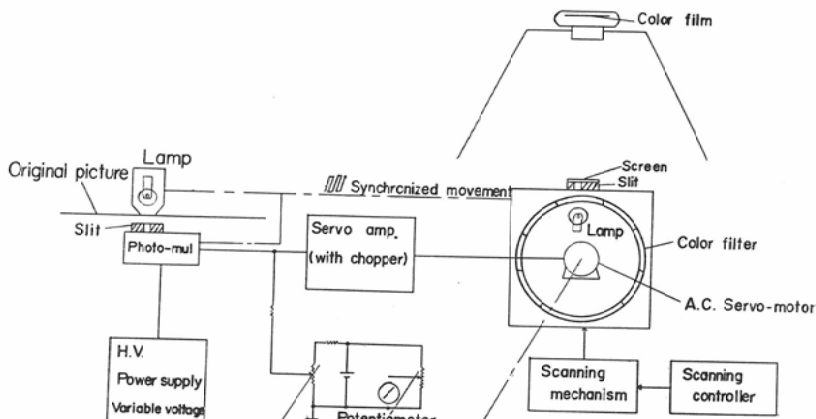


Fig. 1 Blockdiagram of the Color Photo-rescanner.

1. スキャン原画をスキャンする光源と光電子増倍管（検出部）。

2. 検出部の出力に応じて動くサーボモータとそれに取付けられたカラーフィルタ及び光源（記録部）。

3. 検出部及び記録部を駆動するスキャン機構。

4. カラーフィルタの変化を記録するポラロイドカメラ。

1. 検出部

従来の装置では光源として蛍光灯を収めた光源箱を使用していたので、光源のむらがあつた。そこで光源と検出器は向い合つて同時に移動するようにし、光源には豆電球を用いた。このため光源の強さが常に一定となつた。又検出器として従来はシリコン太陽電池を用いていたために、光源箱の温度が上昇すると感度レベルが変化する欠点が見られたが、シリコン太陽電池の替りに光電子増倍管を使用することにより安定性が増した。検出器の入光部では各種視野の大きさの異なるヘッド（ $5 \times 8 \text{ mm} \sim 16 \times 20 \text{ mm}$ ）が交換できるようになっており、使用目的によつて適当な大きさのものを選択する。

2. 記録部

検出部の出力に応じてサーボモータが動くが、それに取付けられたカラーウールは、 270° の範囲内で変動し得るようになっていゝ。この 270° の範囲に適宜な分割方式でカラーフィルタを貼ることができる。又このカラーウールは交換が可能である。光源として以前はストロボランプを使用していたが、計数率が高くなると点滅する光の強さが減弱する傾向にあつた。本装置では普通の豆電球を持続点灯するようにしたため、光の強さは一定である。検出部と記録部は暗箱内で同期移動する。

3. スキャニング機構

従来はアイソトープ面スキャナーのスキャニング運動を利用していたため、患者のスキャニングを行わない時のみ使用出来るという時間的制約があつたが、本装置は独立したスキャニング機構を

もつており、この欠点は解消された。本装置では往復スキャンと共に片側スキャンが可能である。走査速度は最高 4.3 cm/sec であり、片側スキャンの場合は往路はセットされた早さでスキャンし、復路は最高のスピードで戻る。

4. ポラロイドカメラ

カメラの焦点は記録部のスリットに合わせてある。スキャン原画の大きさは大小様々なので、カメラの高さが変えられるようになっており、原画の大きさに従つてリスキャン像をできるだけ画面一杯に入れるようにする。カメラと記録部の間は蛇腹によつて遮光され操作中はシャッターは開いたまゝにしておく。

以上操作を要約すると、先ず原スキャンを検出部の光源と光電子増倍管の間におく。原スキャンの濃淡に従つた光電子増倍管の出力に応じてサーボモータが動き、これに取付けられたカラーフィルタがまわる。記録部光源の光は直上にあるフィルタを通りスリットをぬけてポラロイドカメラに像を結ぶ。

カラーフィルタの色彩は Harris & Uchiyama⁴⁾が濃度の高い方から低い方へ、明るい暖色から暗い寒色の順に、白、黄、橙、赤、緑、青、紫と配列することを提唱しているが、この配列をとると、赤と緑はその境界で色が混つて黄色となり、元の黄色とまぎらわしいために間に灰色を加えて、白、黄、橙、赤、灰、緑、青とした。

3. 結果

本装置により適切なりスキャン像を得るために必要な諸因子について基礎的実験を試み検討を加えた。

1. 原スキャン

原画としては打点式スキャン又はフォトスキャンが用いられるが、記録時にはバックグラウンドの消去や対照度強調等の操作を加えないで最大情報量を収めておくことが肝要である。この最大情報量を含むスキャン原画は、それ自体では必ずしも判読上最適のものとはいえないが、スキャニングを行う場合には、このような原画から潜在した情報をとり出すことが基本的な態度である。

打点式スキヤンを原画する場合は1枚でもリスキャンはできるが、適切なリスキャン像を得るためには原画を2枚重ね合せて使用し、コントラストを与えておいた方がよい。又、体の輪廓を書き入れたものは使用に適さない場合があるので、原則としてはマークを記していない原図を使用するのがよい。

2. 走査速度

装置の速度は最大 4.3cm/sec で最低は 0.4cm/sec 迄可能である。前述のごとく往復スキヤンと共に片側スキヤンもできるが、往復スキヤンの場合、検出部の光電子増倍管からの信号に対してカラーウイールの回転する反応が遅れるために、往路と復路に喰違いを生じ、リスキャン像に色のずれが眼立つてくる。この傾向は走査速度が早い程大きくなる。この反応の遅れは 4.3 cm/sec の走査速度で最大0.25 sec である(時定数と考えてよい)。従つてこの速度では往復スキヤンで原画上往路と復路の色のずれは2 cm以上となる。このため多少時間を要しても歪みのない像を得るためには片側スキヤンを行うのがよい。

走査速度が早くなると、カラーウイールの回転がスピードに追いついていくことができず、リスキャン像のコントラストが幾分低下してくる。しかしその差異は余り著しくないで通常最大速度でリスキャンすることとした。この最大速度で通常最大面積(30×25cm)をもつ肺或いは骨盤のリスキャンに要する時間は約15分である。

3. 行間隔

行間隔を狭くして記録部のスリットを通る光が重なるようにした場合と、重ならない場合について、リスキャン像を比べてみると、前者の場合は色の境界がぼけてしまうために後者の方がよい。

4. ゲイン

ゲインを上げることは検出器の同じ出力に対してカラーウイールがより大きく回転することを意味する。Fig. 4は黒化度のなだらかに変化するフィルムをリスキャンしたものであるが、ゲインを上げると小さな濃度の差の部分をも7分割できるようになる。打点スキヤンでは平均濃度が0.7～

1.4にわたっているが、平均よりコントラストのない原画でもゲインを上げることによつて7色に色分けが可能である。又部分的に特に病変が疑われるところのコントラストを強めて診断を容易にすることができる。一方フォトスキヤンを原画とした場合、濃度分布が広く0.3～3以上にわたるため、全範囲を7分割するためにはゲイン5にセットしなければならない(Fig. 7)。

5. レベル

レベルが上がると光電子増倍管の感度が増加する。従つてレスポンス0%のレベルは原スキヤンの任意の黒化度のレベルに定めることができる。すなわち任意の消去レベルをきめて、それ以下の濃度の部分を消すことができる。

6. 受光部視野

検出部における光電子増倍管の入光部は各種視野の大きさの異なるヘッドが交換できるようになっているが、Fig. 5に明らかなかように視野を大きくすればする程、原画の統計的なばらつきが平均化される。しかし一方、原画の小さな変化を読み落してしまう。従つて原スキヤンを見る目的により大きさを変えた方がよい。即ち、¹³¹I-MAAによる肺スキヤンのごとく血流分布状態の比較的大きな変化を知ろうとする場合には大きな視野のヘッドを、脳スキヤンのように小さな変化を知ろうとする場合には小さな視野のヘッドを使用するのがよい。

7. カラーウイールの等分割及び対数分割方式

Fig. 6はカラーウイールの回転角度とレスポンスとの関係で、等分割及び対数分割の方法を示したものである。等分割では一色平均14%前後に分けられているが、対数分割方式では78%以上が4色に分けられ、低濃度の部分に対しては色の巾が大きい。打点式スキヤンの場合は、原画2枚で0.7～1.4の濃度分布を示すので、Fig. 7の黒化度とレスポンスカーブの関係から明らかなようにゲイン6以上が必要条件となり、この場合いずれもレスポンスカーブは直線的或いは直線に近いので、カラーウイールは原則として等分割のものを使用した方がよい。原画中の高い濃度部分の変化

Fig. 2

Whole view of the apparatus.

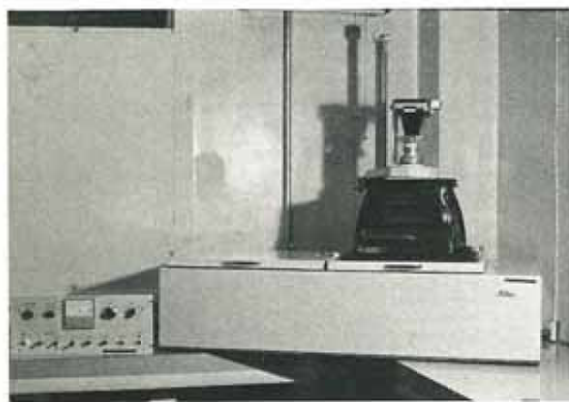


Fig. 3

View of the rescanning mechanism.



Fig. 4

The effect of the gain control.

A film of which density smoothly increases from one side to another was scanned with various settings of gain control. The high gain gives rapid changes in color in the small density range.

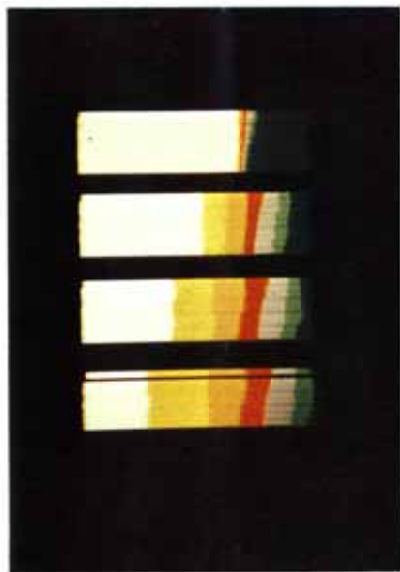


Fig. 5

The effect of the aperture size.

The smoothing effect for the statistical raggedness of an original scan is evident when the larger aperture was applied to the photo sensor.

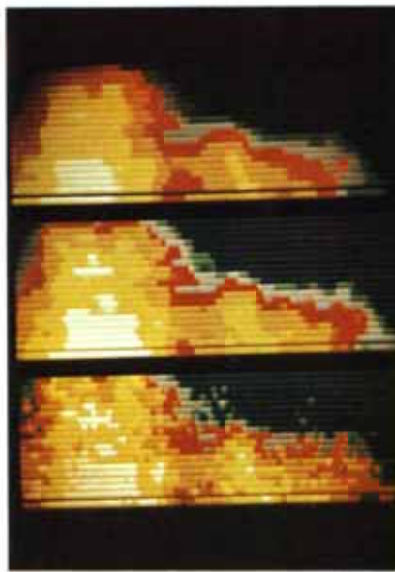


Fig. 8

AP view of the brain scan with Hg-203 Chlormerodrin. A slight elevation of density is perceived in the middle part of the brain.

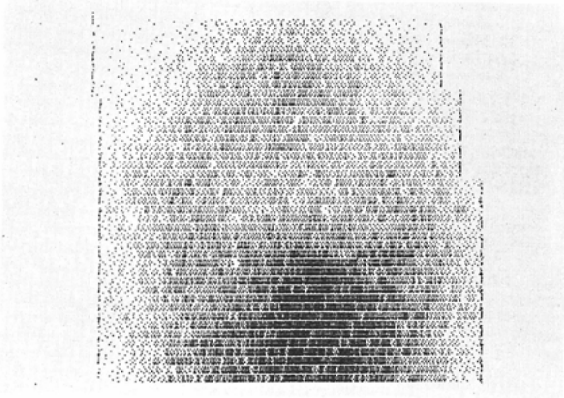


Fig. 10

Lung scan with I-131 Macroaggregated Albumin in a patient suspected of middle lobe syndrome in the chest X ray film.

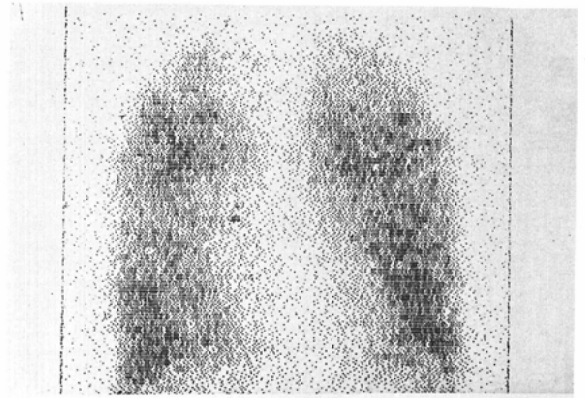


Fig. 12

Myocardial scan with Cs-131 in a patient who had attacks of myocardial infarction. Slight decrease in density in the middle of heart shadow is observed.

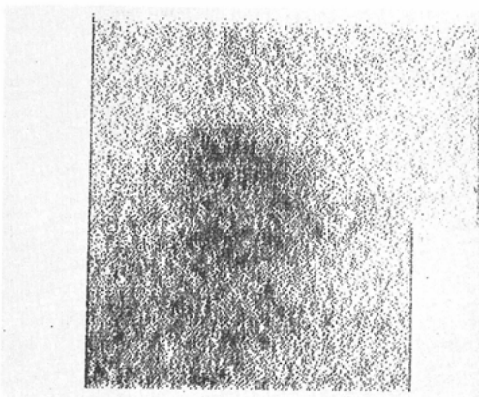


Fig. 14

Pancreas scan taken preoperatively with Se-75 Selenomethionine in a patient who had a palpable tumor in the epigastrium.

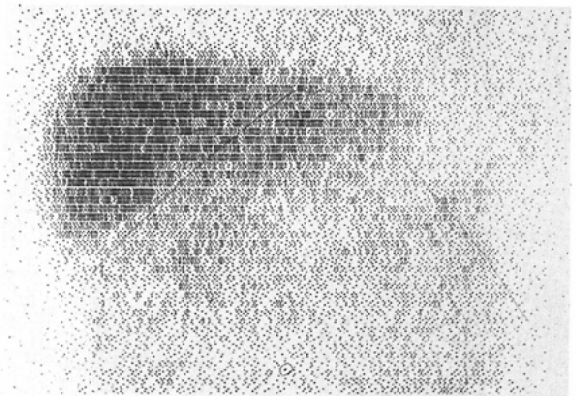


Fig. 9

The color rescan of Fig.8 clearly demarcates a tumor with red color which was confirmed by the operation as an astrocytoma adjacent to the cerebral falx in the left frontal lobe.

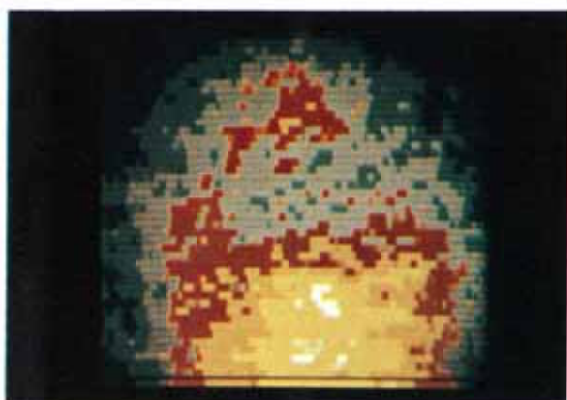


Fig. 11

The color rescan of Fig.10 delineates a low density area in the right middle lung field as a defect of yellow zone. The reduced blood supply to this area is suspected.

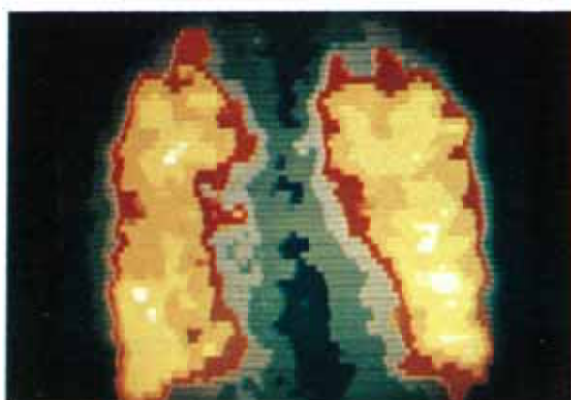


Fig. 13

The color rescan of Fig.12 shows a yellow-colored stripe in the middle part of heart shadow which is the sign of the reduced uptake of radioactivity in the supra-apical region.

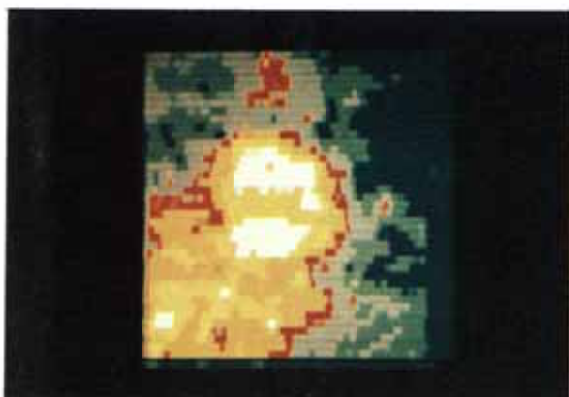
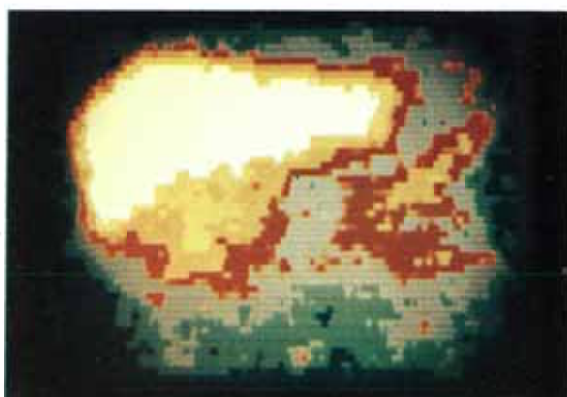


Fig. 15

The color rescan of Fig.14. The left half of the pancreas is delineated under the liver shadow. A large defect of radioactivity is observed in the head of the pancreas which is proved as a carcinoma by the operation.



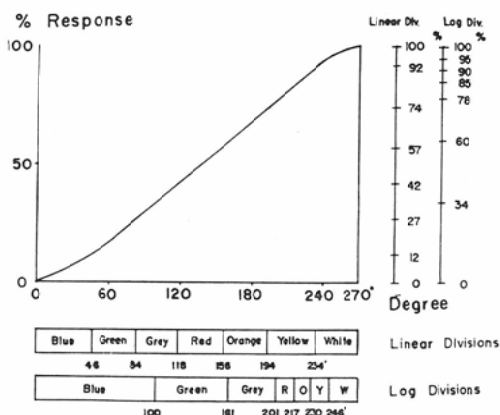


Fig. 6 Two ways of divisions of the color filter wheel.

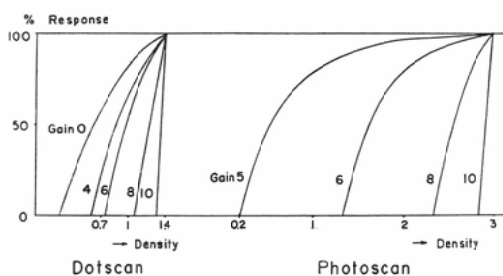


Fig. 7 Density vs. Response Curves.

を見ようとする場合には対数分割方式のウイールを使用してもよいが、低い濃度の部分の情報は犠牲になる。この場合にも、等分割のウイールを用いて適当に低濃度の部分をレベルを上げて消去し、ゲインを上げてリスキャンすれば高濃度の部分について、よりこまかな情報が得られる訳である。

一方フオトスキャンでは、その濃度範囲は平均0.3~3以上にわたっており、全範囲を7色に分割するためにはゲイン5に設定しなければならない。これを等分割方式でリスキャンすると、濃度の高い部分は分割が不可能である。従って比較的高い濃度の部分をこまかく分割するよう対数分割方式を用いるのがよい。しかし対数分割方式でも、濃度1.8以上はレスポンス95%を越えてしまい、その濃度以上の情報を知り得ないので、別に適当に低濃度の部分をレベルを上げて消去してリスキャンをくり返す必要がある。

4. 臨床的応用

本装置を用いて実際に臨床に応用した結果を示す。

1. 脳腫瘍 (Fig. 8, Fig. 9)

²⁰³Hg ネオヒドリン 600 μ Ci 静注して得られた術前の脳スキャンで、原スキャンでは正面像で頭部中央にわずかに打点の密な部分がみられている。リスキャン像では赤色ではつきりと腫瘍をみとめる。この症例は術後左前頭葉の Astrocytoma であることが証明された。

2. 中葉症候群 (Fig. 10, Fig. 11)

¹³¹I-MAA 200 μ Ci を静注して得られた肺スキャンで、X線中葉症候群が疑われ、手術の結果、気管支拡張性膿瘍と証明された症例で、原スキャンではわずかに右中肺野が淡く見えているが、リスキャン像では中肺野で黄色の部分欠損しており、この部分の血流低下をはつきりと知り得る。

3. 心筋梗塞 (Fig. 12, Fig. 13)

¹³¹Cs 1mCi 静注による心筋スキャンで、患者は心筋梗塞でその第2回目の発作後スキャンを行った。心電図では Supraapical Infarction を示していた。原スキャンでは余りはつきりした変化がみられないが、リスキャンでは左心室の中央部を横に走る黄色が病変部位をはつきりと示している。

4. 脾腫瘍 (Fig. 14, Fig. 15)

⁷⁵Se-Selenomethionin 300 μ C 静注による術前の脾スキャンで、患者は心窩部に手拳大の腫瘍を触れた。原スキャンでは脾臓の輪郭が余りはつきりとしていないが、リスキャン像には、はつきりと脾臓の頭部及び体部の一部にわたる欠損がみとめられる。

5. 研究総括及び考察

研究の結果を総括してみると次のごとくである。

1. 装置は固有のスキャン機構を有しているのでいつでも自由に操作できる。

2. 受光部は光電子増倍管を用いたので出力が安定した。

3. 光源のランプと検出器は向い合つて一緒に移動するため、光源ムラがなくなった。

4. リスキヤニングの速度が速くなり所要時間が短縮された。

5. 往復スキヤンでみられる往路と復路の色のずれは片側スキヤンにより解消された。

6. 光電子増倍管受光部ヘッドの穴の大きさを変へることにより、スキヤン原画の統計的ばらつきをへらして、見やすいリスキャン像にできる。

7. 打点式スキヤンでは原スキヤンの濃度分布に応じて適当なゲインを選び7色で色分けできる。

8. 打点式スキヤンには原則として等分割方式のカラーウイールを使用するのがよいが、フォトスキヤンには対数分割方式がよい。

Harris, Uchiyama 等⁴⁾の方法に比べると、片側スキヤンによつて色のずれをなくした点及び原画の濃度分布に応じてゲイン調節により7色分割が出来る点は本装置の優れているところである。しかし本装置にも、いくつか改良されるべき問題がある。先ずフォトスキヤンに対してはレベルを変えて繰返しリスキャンしなければならないことである。又前述のごとくスキヤン原画が打点式かフォトスキヤンかによつてカラーウイールの分割方式を換えなければならないが、実際に操作してみると、このウイールの交換がはんざつであった。更に得られたリスキャン像の周辺部四隅が暗くなることである。これはレンズの収差や、中心部と周辺部での光源とフィルムの距りの差等の関係で起つてくるものと考えられる。

6. 結論

従来使用していたカラーフォトリスキャナーの欠点を改良し、新しくカラーウイール方式を採用して装置を試作し、これに基礎的検討を加え、臨床的に応用を試みた結果、従来よりも信頼度の高い再現性のよい、リスキャン像が得られるようになり、又リスキャンに要する時間は著しく短縮され、スキヤニング診断能の向上に役立つようになった。

(本論文の要旨は第179回日本放射線学会関東部会において発表した。)

御指導を戴いた寛弘毅教授並びに御援助御指導戴いた内山暁講師、教室員各位に厚く感謝致します。

文 献

- 1) Harris, C.C., Bell, P.R., Francis, J.E.Jr., Jordan, J.C. and Satterfield, M.M.: Data Recording for Radioisotope Scanning. Progress in Medical Radioisotope Scanning. USAEC (1963) 66.
- 2) Dewey, W.C., Heidelberg, J.G. and Moore, E.B.: The Use of a Photocopying Process for Erasing the Background of Photoscans and Accentuating Small Differences in Optical Density. J. Nucl. Med. 3, 1 (1962) 51.
- 3) Bender, M.A. and Blau, M.: Photoscanning. Medical Radioisotope Scanning. IAEA (1959) 31.
- 4) Harris, C.C., Satterfield, M.M., Uchiyama, G. and Kimble, H.E.: A Rescanner with Photographic Color Readout. J. Nucl. Med. 7, 7 (1966) 501.
- 5) Charkes, N.D. and Gershon-Cohen, J.: Color Television Contrast Expansion of Photoscans. Am. J. Roentgenol. 90 (1963) 406.
- 6) 寛, 有水, 内山, 大川: カラーテレビによるシンチグラムの色彩別表示方法, 核医学, 2, 3~4 (1965) 157.
- 7) 前田, 吉本, 鷲海: シンチグラムの表示方法について, I 等級量率曲線による方法, II カラーテレビジョンに映像させる方法, Radioisotopes 14 (1965) 324.
- 8) Albert, S.N., Eccleston, H.N.Jr., Fugita, T., Hunter, C.H. and Albert, C.A.: Use of Magnetic Tape for Recording Radioactivity. Radiology 73 (1959) 923.
- 9) Tauxe, W.N. and Chaapel, D.W.: Contrast enhancement of Scanning Procedures by High-speed Computer. J. Nucl. Med. 6, 6 (1965) 326.
- 10) Brown, D.W.: Digital Computer Analysis and Display of the Radioisotope Scan. J. Nucl. Med. 5, 10 (1964) 802.
- 11) Kawin, B., Huston, F.V. and Cope, C.B.: Digital Processing/Display System for Radioisotope Scanning. J. Nucl. Med. 5, 7 (1964) 500.
- 12) 大川: 光電式リスキャンニングの研究, 日医放会誌, 26, 5 (1966) 34.