



Title	アイソトープ・スキヤニング(Radioisotope Scanning)の基礎的研究 第1報 コリメーターの感度及び解像力に関する実験
Author(s)	笈, 弘毅; 有水, 昇; 中野, 政雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1961, 20(13), p. 2789-2795
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18027
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

アイソトープ・スキヤニング (Radioisotope Scanning) の基礎的研究

(第1報) コリメーターの感度及び解像力に関する実験

千葉大学医学部放射線医学教室

教授 寛 弘 毅
講師 有 水 昇
助手 中 野 政 雄

(昭和36年2月3日受付)

まえがき

アイソトープ・スキヤニングとは人体内の放射性同位元素(以下RIと記す)を体外より計測し、その分布状態、量的変化を連続的に描記記録することであり、通常描記記録を行なわなければスキヤニングとは云い難い。又、スキヤニングに該当する適切な邦語は見当らないようである。スキヤニングはその目的及び方法によつて色々な種類があるが、次の6種類に大別すればよいと考えられる¹⁾。即ち、

① Point Scanning (点・スキヤニング)

体内の1点1点に於けるRIの強度を描記する。

② Linear Scanning (線・スキヤニング)

RIの体軸方向の分布状態を描記する。

③ Area Scanning (面・スキヤニング)

体内各部のRIの分布状態を平面的に描記する。

④ Depth Scanning (深部・スキヤニング)

RIの深部分布状態を描記する。

⑤ Temporal Scanning

RI分布状態の時間的変動を描記する。

⑥ Spectral Scanning

体内RIの γ 線波高値を描記し、RIの種類・散乱線の状態などを測定する。

更に、これら分類の他に、

(i) 検出される放射能の種類により(γ 線・

Bremsstrahlung 或は Positron)

(ii) 描記記録方法により (Dotsscanning 或は Photoscanning)

(iii) スキヤニングを行う部位により (例えば 甲状腺スキヤニング, 肝スキヤニング等) 分類されている。

通常、スキヤニングと呼ばれるものは Area Scanning (面・スキヤニング) であり、これが最も多く用いられている。本論文も Area Scanning に於けるコリメーターの感度及び解像力についての研究である。従つて、以下スキヤニングと記す場合には全て Area Scanning (面・スキヤニング) を意味する。

スキヤニングの解像力及び感度に関する最も重要な因子の一つはコリメーターの特性であると考えられる。一般に、NaI結晶体の大きさはコリメーターの種類によつて限定され、逆に、NaI結晶体の大きさによつてコリメーターの構造は制約を受けるから、NaI結晶体及びコリメーターの両者は互に相関連している。更に、解像力及び感度は一般に相反する因子と考えられ、解像力を高めようとするれば感度は低下し、逆に、感度を上げようとするれば解像力は低下する¹⁾⁻⁵⁾。

コリメーターの特性は等反応曲線 (Isoresponse Curve) によつて最もよく表わされる¹⁾²⁾⁵⁾。従来、等反応曲線は空气中に於ける線源をもととして作製されたが、実際には組織中に於ける線源

をもととした所謂組織中の等反応曲線が必要と考えられる。これは、人体に使用されるRIが組織内に存在し、組織中では γ 線の吸収及び散乱状態は空気中とは可成り異なるためである。

更に、スキヤニング像はIntegral 或は Differential 計測法により多少の変化を受けるが、これはスキヤニングを行つた組織中の散乱線及びBody Backgroundと称する散乱線のためと考えられる。これらが等反応曲線から如何に説明されるかと云うことについては報告されていない。

従つて、これら諸点を分析し関連性を検討することは、スキヤニングの基礎的研究の一つとして重要な問題である。

研究目的

各種コリメーターについて組織等価ファントーム(水ファントーム)中の等反応曲線(Iso-response Curves)を作製し、更に、Integral及びDifferential計測法の場合に、等反応曲線が如何に変化するかを見た。解像力についても、空気中と組織中、或は、IntegralとDifferential計測法の差異を調べた。

研究方法

① コリメーター：

次の3種類を使用した。

i Cylindrical Hole 孔の直径 $\frac{1}{4}$ 吋。

ii Tapered Cone (inverted)

外径 $\frac{3}{8}$ 吋，内孔2吋。

iii Honey Cone 19孔。

焦点-コリメーター間距離2吋。

コリメーターの高さはいずれも2吋。

② 装置：

Nuclear Chicago 製スキヤナー1700P型，メザカル・スペクトロメーター (Analyser Computer 132型)

Na I (Tl) 結晶2吋(直径) × 2吋(高さ)

③ ファントーム：

組織等価ファントームとして水ファントームを使用した。大きさ $15 \times 15 \times 15 \text{cm}^3$

④ 点線源：

直径3mm，高さ10mmの円柱形Mix-D塊の軸に，直径約0.5mm，高さ約3mmの孔を穿ち， ^{131}I 約100

μC を封入し，垂直及び水平の2方向にラセンにより微動し得る装置に固定し，点線源をファントーム中で微動出来るようにした。点線源の真の大きさは約0.5mm(直径) × 1.5mm(高さ)である。

⑤ 実験方法：

コリメーターの軸を垂直に固定し，その直下に点線源を置き，微動装置を用いて水平方向には1~3mm間隔毎に，又垂直方向には0.5~1.0cm間隔毎に動かして，各位置に於ける計数値を1~5分間計測し，計数率値を求めた。特に点線源がコリメーターの軸(垂直方向に置かれている)を正確に横切るように注意を払い，垂直に吊した数本の糸及び反射鏡を適当に利用して，これを正確に行うようにした。

コリメーターの外表面より水ファントームの面までの距離(Clearanceと称する)はHoney Coneでは2.0cm，他のコリメーターでは1.0cmとした。これは，甲状腺スキヤニングの場合には，この条件が最も屢々用いられるからである。

等反応曲線

それぞれの計数率値の中で最も高い計数率値を100%として各点の計数率値を%で表わし，同一%の各点を結んで等反応曲線を作製した。このようにすると，Cylindrical Hole及びTapered Coneでは外孔面の中心が100%であり，Honey Coneでは焦点とコリメーターの間の1点が100%となる。従つて，Honey Coneでは幾何学的焦点と等反応曲線上の焦点とは異なる。

計測法

計測法はIntegral*及びDifferential** (364 ± 30 KeV)を用いた。散乱線のみ等の等反応曲線を画くために，所謂，コンプトン散乱部(140 ± 30 KeV)のみの計測も行つた。

解像力曲線

* Integralとは約50 KeV以下の所謂noiseを除き，それ以上の全パルスを計測する場合を云い，例えば， ^{131}I 計測の場合には， ^{131}I の全スペクトルのカウントの積分値に相当する。

** Differentialとは一定のPulse Height間の面積のカウントを測定することを云い，そのPulse Height間の幅(Window)は任意に変化させることが出来る(図1)

更に、コリメーターから或る一定距離に於ける水平面内の最高計数値の50%の範囲、即ち半値巾***を測定し、これを結んで解像力曲線を作製した。この曲線から各方面に於ける解像力の変化を知ることが出来る。解像力曲線内に点線源が2コあつても、スキヤニング像からは2コの点線源があるとは認め難いことになる。

コリメーターの直径に沿つて点線源を移動させ、その際の計数率曲線を描き、最高計数率値よりバックグラウンドを差引いたものの半分の値の中が半値巾である。

図 1

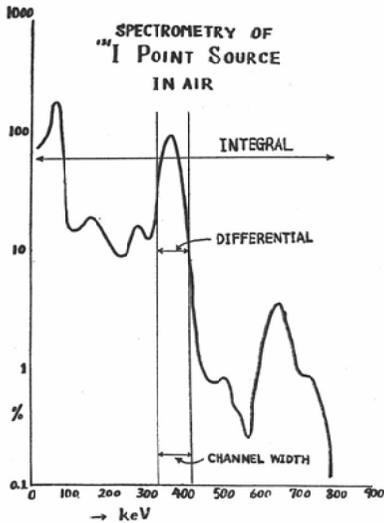
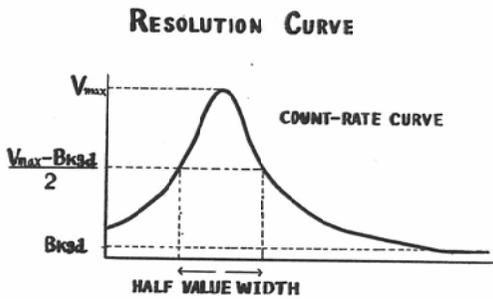


図 2



*** 半値幅 (Half-Value Width) (図 2)

研究結果及び考按

各種コリメーターに就いて、Integral 及び Differential 計測法を用いて空気中及び水ファントム中の等反応曲線及び解像力曲線を作製した。

組織中 (即ち、水ファントム中) の等反応曲線は空気中の等反応曲線よりもコリメーターの方向に縮小した形を呈する (図 3 参照)。

これは主として組織によるγ線の吸収の結果と考えられる。

しかし、解像力曲線は等反応曲線と異り、組織中でも、空気中でも、或は、Integral でも、Di-

図 3

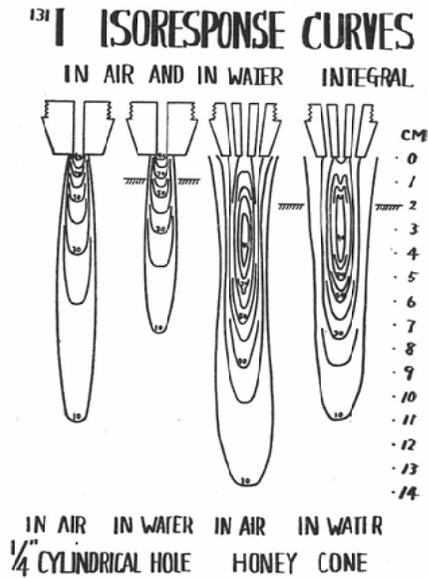
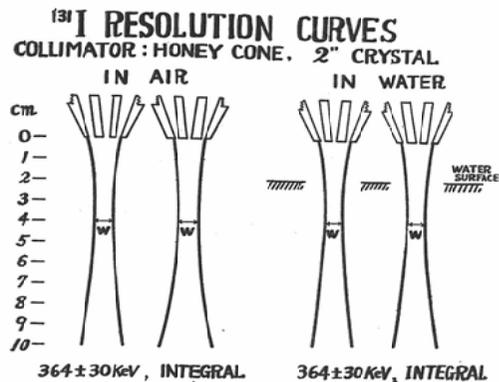


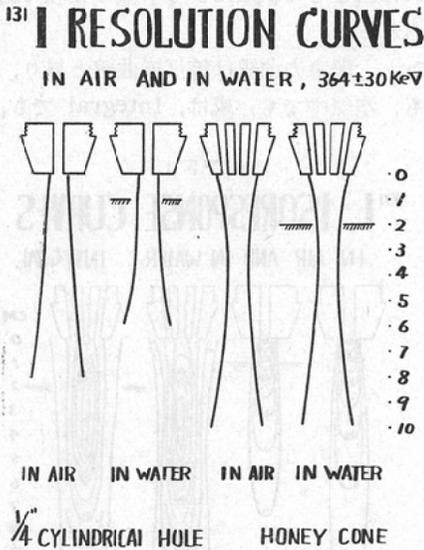
図 4



fferential (364 ± 30 KeV) でも殆んど差異が認められない。(図4及び図5参照)

即ち、解像力曲線は主としてコリメーターの幾何学的特性によつて定まるものと考えられ、ファントムの有無、或は、計測法の差異には殆んど関係しない。

図 5

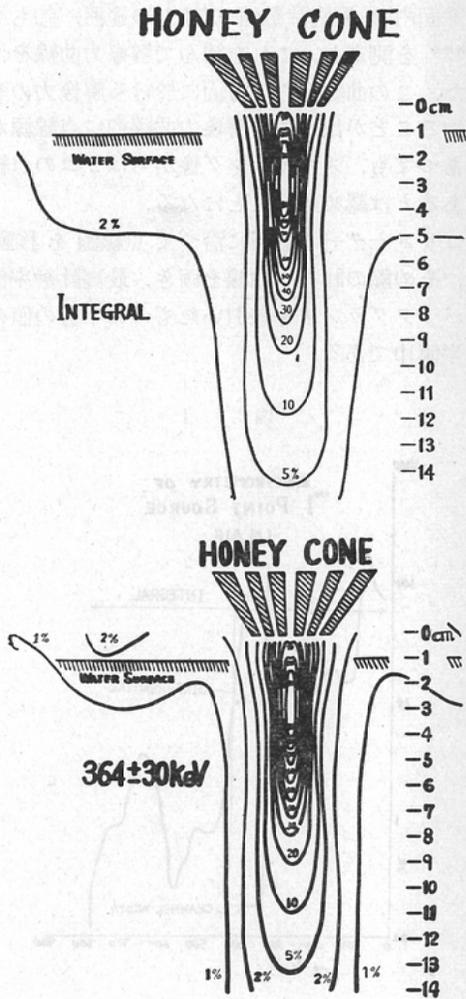


更に、等反応曲線を Integral 或は Differential 計測法について比較すると、5%以下の反応値の領域では Integral の方が Differential よりも遙に拡大しているが、10%以上の反応値の領域では殆んど差異を見ない。(図6参照)

又、所謂コンプトン散乱線領域 (140 ± 30 KeV) のみの等反応曲線を Cylindrical Hole について水中で作成すると、10%反応値以上の領域は Integral の場合の等反応曲線よりも幾分拡大している程度であり、大きな差異は見られない。

等反応曲線の10%反応値以下の領域の大部分はコリメーターの孔の本影内には含まれていないから、Na I 結晶体周辺の鉛遮蔽の厚さにも関係する。即ち、鉛遮蔽が十分に厚ければ線を殆んど遮断するし、コリメーターの孔から来る10%以下の等反応曲線のγ線による影響は少いから、あまり問題はないが、鉛遮蔽が薄い場合には、コリメ

図 6



ーターの孔以外からの影響が可成りあると考えられる。

甲状腺スキヤニングに於いては、甲状腺の容積は小さいために、等反応曲線の10%以下の領域に含まれる甲状腺の容積も小さく、この領域からの影響は僅かである。従つて実際に甲状腺スキヤニングを行つた場合、Integral と Differential 計測法との差異はそれぞれの Background と Net Count との比であり、Differential 計測法では所謂 Body Background が減るので多少有利ではあるが、非常に有利とは考えられない。

しかし、肝スキヤニングのように、RI含有容積が大きい臓器のスキヤニングの場合には、10%

の等反応曲線部の領域からの影響が鉛遮蔽を透して可成り大きくはたらき、Integral 計測法では Body Background が著明に増加するために、明瞭なスキヤニングは得にくい。この場合に、Differential 計測法を行うと、Integral の場合に比較して Body Background が切除されるので遙かに少くなる。これは、Integral の方が Differential よりも等反応曲線の10%反応値以下の領域が遙に拡大しているために、その領域からの計数値が著明に増加し、Body Background として表われるためと考えられる。勿論、巨大な甲状腺腫の場合にも同じことが起るわけである。これらの場合には、Differential 計測法を行つた方が有利である。

しかし、 ^{131}I を使用する場合には、Integral は Differential (364±30 KeV) の4倍以上の計数率値を示すために、スキヤニングに於いて同一濃度の描記像を得るには、Integral 計測法によると Differential よりも Dot-Factor を4倍以上に増加する必要がある。Dot-Factor を増加すると、各 Dot 当りの統計的誤差が少くなり、各 Dot の位置のばらつきが少くなると言う利点がある。もし、R I の量が少く、計数率値が非常に低い場合には、Dot-Factor が減ずるために、各 Dot のばらつきが増加しスキヤニング描記像に悪い影響を及ぼす。云い換えると、甲状腺のような小臓器のスキヤニングの場合に R I が充分沈着しているならば Background の少い Differential 計測法が有利であり、逆に、R I 量が非常に少いと Integral 計測法が有利であると考えられる。

各種コリメーターについて組織中の等反応曲線及び解像力曲線を見ると(図7, 図8参照)

Honey Cone では90%反応域はコリメーターの幾何学的焦点部にはなく、寧ろ、コリメーターに近い側に可成りの長さに亘つて存在するが、解像力はコリメーターの幾何学的焦点附近が最も良い。又、90%反応域は細長い紡錘形を呈し、Clearance 2.0cmの場合には、皮膚面より皮下約2.5cm迄に及んでいる。この値は Honey Cone

の構造により異なる。しかし Honey Cone を適当に用いると皮下の可成りの深さにわたつて殆んど同一の最高反応域(即ち、90%以上の反応値)が得られる。このことは甲状腺のスキヤニングには極めて都合がよいと考えられる。

Cylindrical Hole では、等反応曲線の反応値及び解像力は表面に於いて最も良く、深部に行くに従つて漸次低下する。

Tapered Cone では、反応値及び解像力は表面に於いて最も良く、深部に行くに従つて急激に低下する。

従つて、Honey Cone の焦点部附近に R I がある場合には Honey cone が最も良く、Tapered Cone は皮膚表面附近の R I に使用すべきであり、Cylindrical Hole は浅深いずれにも可成り幅広く使用出来るが感度が良くない。解像力を論ずる場合には、同時に各コリメーター相互の感度を比較する必要がある。これは一般に解像力と感度とは相反する因子だからである。コリメーターの感度は測定点によつて著しく異つている。最も良いと考えられる方法は、各種コリメーターの等反応曲線の100%反応値をそれぞれ比較することであり、ここでは、この比較値を効率と定義する。任意の点の感度を比較する場合には、それぞれのコリメーターの効率に等反応曲線の反応値を乗ずれば求められる。使用した3種類のコリメーター就いては、Tapered Cone の効率が最も良く、Cylindrical Hole が最も悪い。この場合、Honey Cone の効率を100%とすれば Tapered Cone は95% Cylindrical Hole は30%であつた。従つて、実際のスキヤニングに当つては解像力と同時に感度について考慮を加えないと、沈着 R I の多少によつて解像力のよいコリメーターにより必ずしも最良の描記像が得られるとは限らないからである。

結 論

組織等価ファントームとして水ファントームを用い、諸種コリメーターの等反応曲線及び解像力曲線を作成し、空気中のものと比較した。水ファントームの場合には等反応曲線はコリメーターに

向つて縮小した形を呈するが、解像力曲線は殆んど変化を受けない。等反応曲線の10%反応値以上の領域では Integral 及び Differential 計測法の差が殆んど表われないが、5%反応値以下では Integral の方が遙に拡大している。又、解像力曲線では Integral 及び Differential 計測法の差異は殆んど表われない。

文 献

1) Brucer M.: (1958). Radioisotope scanning, an introduction to the Use of the area scan

in medical diagnosis; Oak Ridge, Tenn., ORINS-20 —2) Miller E.R. and Scofield N.E.: (1955): Studies with radioiodine, IV, Collimating cones for crystal counters; Radiology 65, 96—107. —3) Van der Does de Bye, J.A.W.: (1956): Analysis of the scintiscanning problem; Nucleonics 14, 11, 128—134. —4) Newell R.P., Saunders W., and Miller E.R.: (1952): Multichannel collimators for gamma-ray scanning with scintillation counters; Nucleonics 10, 7, 36—40. —5) Kakehi H.: (1959): Problem of collimator; Medical Radioisotope Scanning, 13—30, IAEA, Vienna

Fundamental Studies on the Medical Radioisotope Scanning.

I. Study on the Sensitivity and Resolution of Collimators.

Hirotake Kakehi, M.D. Noboru Arimizu, M.D. Masao Nakano, M.D.

Department of Radiology, School of Medicine Chiba University, Chiba, Japan

(Director: Prof. Hirotake Kakehi)

The sensitivity and the resolution are generally incompatible in the radioisotope scanning, so that any improvement in resolution is usually accompanied by a corresponding decrease in sensitivity. The collimation is one of the most important problems in deciding the sensitivity and the resolution of a detector. The response pattern of the scanning detector can best be visualized by the iso-response curves, which had better be constructed in a medium similar to human tissues rather than in air, because the absorption and the scatters of gamma-rays in human tissues are much different from those in air.

The iso-response curves were made with an I-131 point source and with various collimators such as a cylindrical cone, inverted tapered cone, or 2 inch honey cone. The size of NaI crystal is 2 inch in diameter and 2 inch in height.

As a rule, the shapes of iso-response curves in human tissues are a little shortened in the axial direction of the hole of the collimator compared with those in air. Also as to the shape and size of iso-response curves in human tissues, a differential counting method was compared with an integral. Concerning the area of curves more than 10% response, there is little difference between the differential (364 Kev peak) and integral counting systems, but concerning the area under 5% response, there is much difference between the two and much enlargement of the area is seen in the integral than in the differential counting system, though the area is considerably influenced by thickness of the lead shielding of the crystal. In the scanning of large organ such as liver, this enlargement produces much effect on the increase of the body background, so that the differential has an advantage over the integral. In the scanning of a small organ such as thyroid gland, however, this enlargement produces a little effect on the

increase of the body back-ground, so that the differential has not always an advantage over the integral.

From the half maximum heights on the axis of the collimator at each distance from it, the resolution curves are constructed both in air and in the tissue equivalent material and by the integral or differential, but there was almost no noticeable difference. Therefore, the resolution of a collimeter is only influenced by its own geometrical property and not by the scattered rays.
