

## 《原 著》

## シンチカメラの計数率特性とアーティファクト

三枝 健二\* 有水 昇\* 中田 常男\*\* 遠山 春男\*\*  
 椎名 勇\*\*

**要旨** RI アンギオグラフィなどボーラス状に RI を注入してシンチカメラ像を撮る場合、カメラによっては放射状のアーティファクトが見られる。この原因がカメラの計数率特性によるのか、機種に特有であるのかを調べるために、抵抗マトリックス方式2、遅延電線方式3の計5台のカメラについて、計数率特性およびアーティファクトの出方を測定した。その結果、単一線源によるアーティファクトの出現は計数率特性よりも、遅延電線方式のカメラで認められ、機種に特有であることがわかった。ただ、遅延電線方式でも計数率特性を著しく改善したカメラでは、アーティファクトの出方はかなり軽減されている。

## I. はじめに

RI アンギオグラフィなど血流動態の核医学検査では、しばしば RI をボーラス状に注入し、動的画像のシンチグラムを得ている。この場合、ガンマカメラ検出器系の入力信号は局所で一時的に高計数率を示すため、これに対応できる数え落としの少ない計数率特性を有するガンマカメラが要求されている。高計数率の入力信号で問題となるのは、計数の数え落とし、アーティファクトによる画質の低下である。アーティファクトについては以前から、ガンマカメラ検出器前面に高濃度の<sup>99m</sup>Tc 点状線源を置いた際、点状イメージの他に放射状のイメージが生ずることを経験している。この種のアーティファクトは入力信号が高計数率の時だけに生ずるのか、あるいは使用機種に特有なのか明らかでない。この点を検討する目的で、今回われわれの使用している機器と他施設の数機種について、計数率特性、アーティファクトの出方を求めて比較したので報告する。

\* 千葉大学医学部放射線医学教室

\*\* 松戸市立病院放射線科

受付：55年1月14日

最終稿受付：55年1月14日

別刷請求先：千葉市亥鼻 1-8-1 (郵280)

千葉大学医学部放射線医学教室

三 枝 健 二

## II. 実験方法

## 1. 使用装置

実験に使用したガンマカメラは、日立製ガンマビューカメラ GV および GV-H、ピッカー製ダイナカメラ DC、東芝製ガンマカメラ GCA-401（以下 GC-L と記す）および GCA-10A（以下 GC-S と記す）の計5台で、同一機種は含まれていない。これら装置の検出器系の主な仕様を Table 1 に示す。

## 2. 線源の作製

<sup>99m</sup>Tc 線源を用い、始めに放射能濃度約 200 μCi/ml の液 30 ml を用意する。これから 0.1, 0.2, 0.4 ……12.8 ml の各倍々液量を 8 個の液シンバイアルにとり、さらに線源ジオメトリーを同一にするため、水を加えて等液量（各 12.8 ml）とした。線源作製時の放射能はおおよそ 20 μCi から 2.56 mCi の範囲となる。倍々液量の各線源強度は放射能キャリブレータ（キュリーメータ）でも測定し、その直線性を確めた。また、測定の際、線源強度を見かけ上変えるため、バイアルの鉛遮へいをかねたアパーチャーを使用した。これは円筒状の鉛容器（5 mm 厚）を利用したもので、アパーチャーの大きさは直径 3, 6, 30 mmΦ の 3 種である。

## 3. 計数率特性の測定

計数率特性は線源増加法で求めるのが一般的で

Table 1 Specifications of scinti-camera detectors used in this study

Camera	GV	GV-H	DC	GC-L	GC-S
Detector ( $\text{mm}\phi \times \text{mm}$ )	$406 \times 9$	$406 \times 9$	$356 \times 12.7$	$406 \times 12.7$	$311 \times 7$
Photomul.	$2''\phi \times 61$	$2''\phi \times 61$	$3.5''\phi \times 19$	$2''\phi \times 61$	$2''\phi \times 37$
Position computer	delay line	delay line	resistor matrix	delay line	resistor matrix
Effective field of view	$33 \text{ cm}\phi$	$35 \text{ cm}\phi$	$30.5 \text{ cm}\phi$	$35 \text{ cm}\phi$	$25 \text{ cm}\phi$
Maximum count-rate	70 kcps (w20%)	220 kcps (w80%)	100 kcps (—)	120 kcps (—)	200 kcps (w40%)

あり、ここでも II-2 で作製した線源を使用し、放射能強度と計数率の関係を求めた。すなわち、ガンマカメラのコリメータをはずし、NaI 結晶面を上側に向けた位置で鉛容器に入れた  $^{99m}\text{Tc}$  線源を、結晶面の中心あるいは周辺部に直接置いて測定した。測定条件はエネルギー 140 KeV、ウィンドウ幅 20% (ただし GV については 5, 15, 25%) で、測定時間は一つのアーティファクトによる一連の線源測定に要する時間が10分以内に納まるよう、1点20秒とした。

#### 4. 線源イメージ

放射能強度の異なる一連の  $^{99m}\text{Tc}$  単一線源について、CRT 上の像をポラロイドフィルムに撮像し、アーティファクトの出方を求めた。撮像は蓄積計数をすべて 170 K カウントとし、それに要した時間から計数率を算出、アーティファクト出現との関係を調べた。なお、CRT 輝度をすべての機種に対し等しく合わせることはむずかしいので、CRT 上に生ずるハレーションの程度により任意に設定した。

### III. 実験結果

#### 1. 計数率特性

ガンマカメラの線源強度と計数率は検出器系のデッドタイムによる数え落としのため、高計数率になるにつれ直線関係からはずれる。Fig. 1 は、GV のウィンドウ幅 5, 15, 25% での検出器系中心における各種線源強度と計数率の関係を示したものである。図中○印、●印、□印はそれぞれ 3, 6, 30 mm $\phi$  のアーティファクトを使用して、見かけ上の線源強度を変化させ、得られた各曲線を X 軸方向に平行移動して重ね合わせ、1 本の計数率曲線と

した。両対数方眼紙上で測定値は数 Kcps の計数率までほぼ 45° の直線上にあるが、それ以上になるとわずかずつ計数の数え落としが増加し、45° の直線からしだいにはずれ、最高計数率を経て再び低下している。計数率特性はまた、ウィンドウ幅が広いほどよい。各機種について、この計数率曲線を測定したが、Fig. 2 は線源を検出器中心に置いた場合、ウィンドウ幅 20% (但し GV は 25%) での 5 機種の各計数率曲線を示したものである。最高計数率は、GV-H と GC-S がほぼ同じで最も高く、次いで DC, GC-L, GV の順に低下している。各曲線の形は最高計数率での線源強度より高い領域を除いて傾向は似ているが、GC-L だけは最高計数率を示す線源強度がやや高い側にずれている。また、検出器周辺部における線源強度と計数率の関係についても測定したが、これとほぼ同

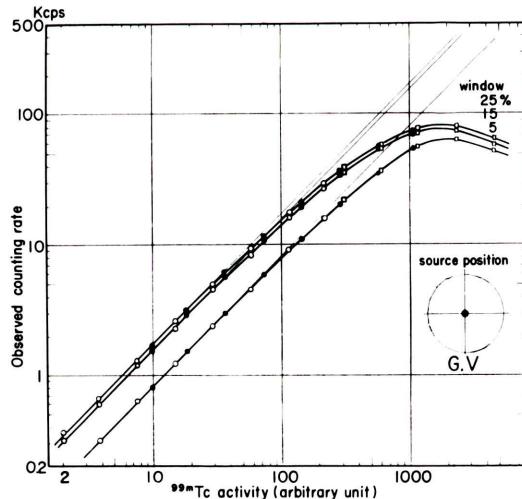
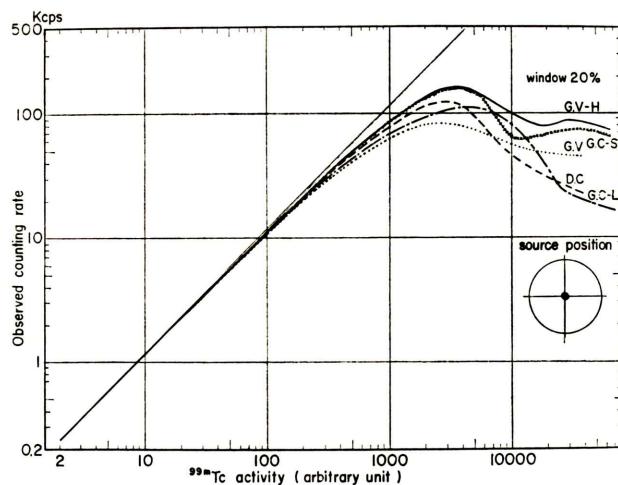


Fig. 1 Observed counting rate of the scinti-camera GV with increasing  $^{99m}\text{Tc}$  activities for window width of 5, 15, and 25%, respectively.



**Fig. 2** Observed counting rate with increasing  $^{99m}\text{Tc}$  activities put on the center of the detector. The window width was set to 20% except the scinti-camera GV in which 25% width was used.

**Table 2** Maximum counting rate and deadtime calculated from Figure 2.

Camera	Source position	Maximum counting rate		Deadtime	
		Center	Periphery	Center	Periphery
GV	w. 5%	64 Kcps	58 (52) Kcps	5.7 $\mu\text{sec}$	6.3 (7.1) $\mu\text{sec}$
	w. 15%	76	70 (62)	4.8	5.3 (5.9)
	w. 25%	82	76 (68)	4.5	4.8 (5.4)
GV-H	w. 20%	164	151	2.2	2.4
DC	w. 20%	123	125	3.0	2.9
GC-L	w. 20%	110	109	3.3	3.4
GC-S	w. 20%	159	159 (160)	2.3	2.3 (2.3)

( ): whole field of view

一の結果が得られた。

## 2. 最高計数率とデッドタイム

5種のガンマカメラについて、検出器中心および周辺部での各計数率曲線から最高計数率を読み取り、ガンマカメラの計数率特性を paralyzable systemと見なして、この値からデッドタイムを算出した(Table 2)。最高計数率は Fig. 2 で示すとおり、GV-H, GC-S が高く、そのデッドタイムは 2.2~

2.3  $\mu\text{sec}$  となる。最低は GV で、そのデッドタイムは 4.5  $\mu\text{sec}$  である。また、検出器中心と周辺部での最高計数率は、DC, GC-L, GC-S ではほぼ同じ結果を得たが、GV と GV-H は周辺部での計数率低下(約 8%)が認められる。GV および GC-S については、中心および周辺部での計数率特性のほか、全視野での計数率特性を求めた。その最高計数率とデッドタイムは Table 2 periphery の( )

に示す。GC-S では中心と全視野ではほぼ同じ最高計数率を得ているが、GV ではやはり周辺部計数率よりさらに低計数率を示している。

### 3. アーティファクト

コリメートした倍々液量線源を検出器中心あるいは周辺部(軸と 45° 方向)において、計数率の異なる一連のシンチグラムを得た。Fig. 3 に GV の

中心および周辺部でのイメージを示すが、いずれも高計数率になるにつれ、より明瞭なアーティファクトを呈している。アーティファクトの出現は 1~2 Kcps 以下の低計数率ではほとんどなく、4~5 Kcps ぐらいからわずかずつ認められている。アーティファクトは Fig. 3-a では中心を通る XY 直交座標軸上に延び、さらに 45° 方向にも放

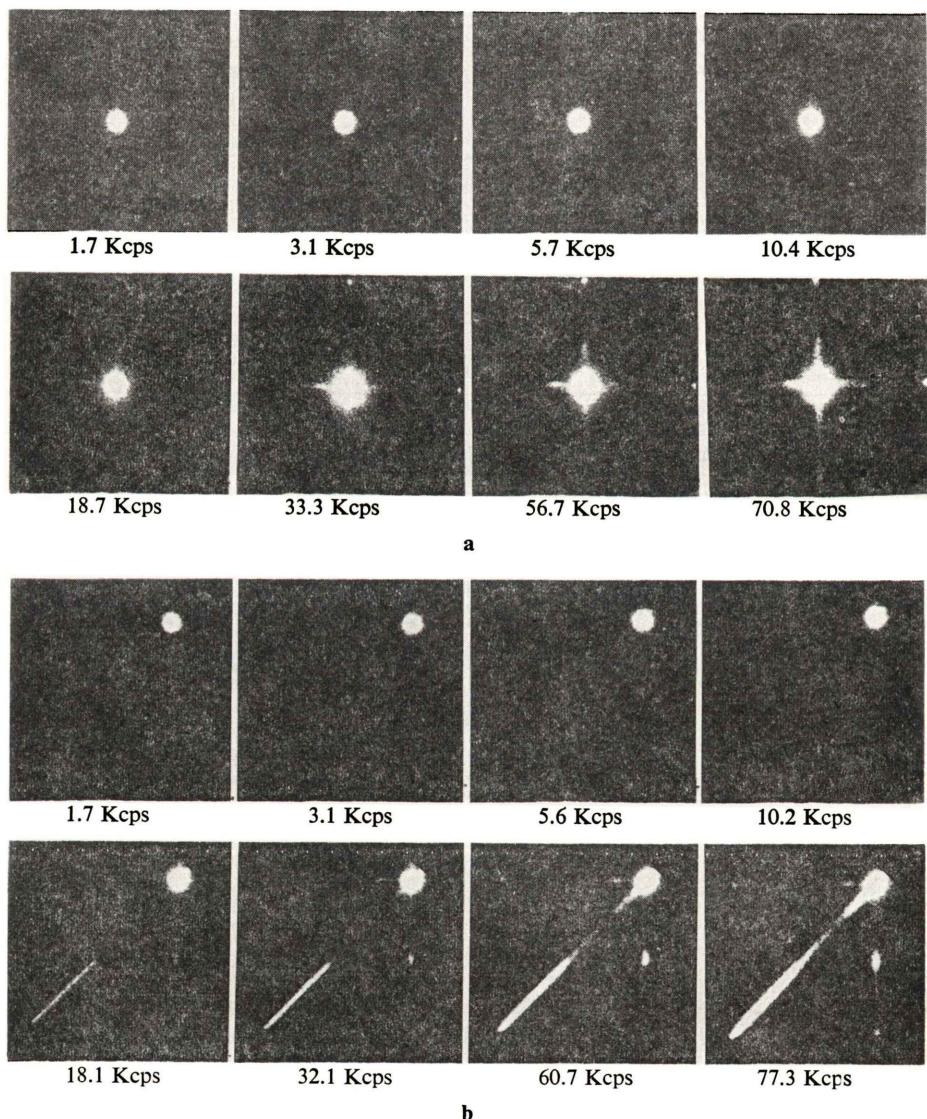


Fig. 3 Artifact images obtained from the scinti-camera GV with increasing counting rate.

- (a) Source on center of the detector.
- (b) Source on periphery of the detector

射状にごくわずか見られる。Fig. 3-b では周辺部の線源位置を通る XY 方向および中心に向かう 45° 方向に見られる。この種のアーティファクトは GV の他、GV-H, GC-L にも見られた。Fig. 4 は GC-L の計数率とアーティファクトの出方を見たもので、GV の場合とよく似ている。Fig. 5 は GV-H の線源位置周辺部の場合で、アーティファクトは認められるが、その出方は高計数率でも非

常に少なくかなり軽減されている。すなわち、アーティファクトは計数率 75 Kcps ではごくわずかに認められる程度で、120 Kcps でも GV, GC-L の 30 Kcps 前後のアーティファクトと対比できる程度に過ぎない。また、その延び方も前 2 者より短かい。一方 DC, GC-S ではこの種のアーティファクトは認められなかった。Fig. 6, Fig. 7 は DC, GC-S の中心および周辺部でのイメージを示す。

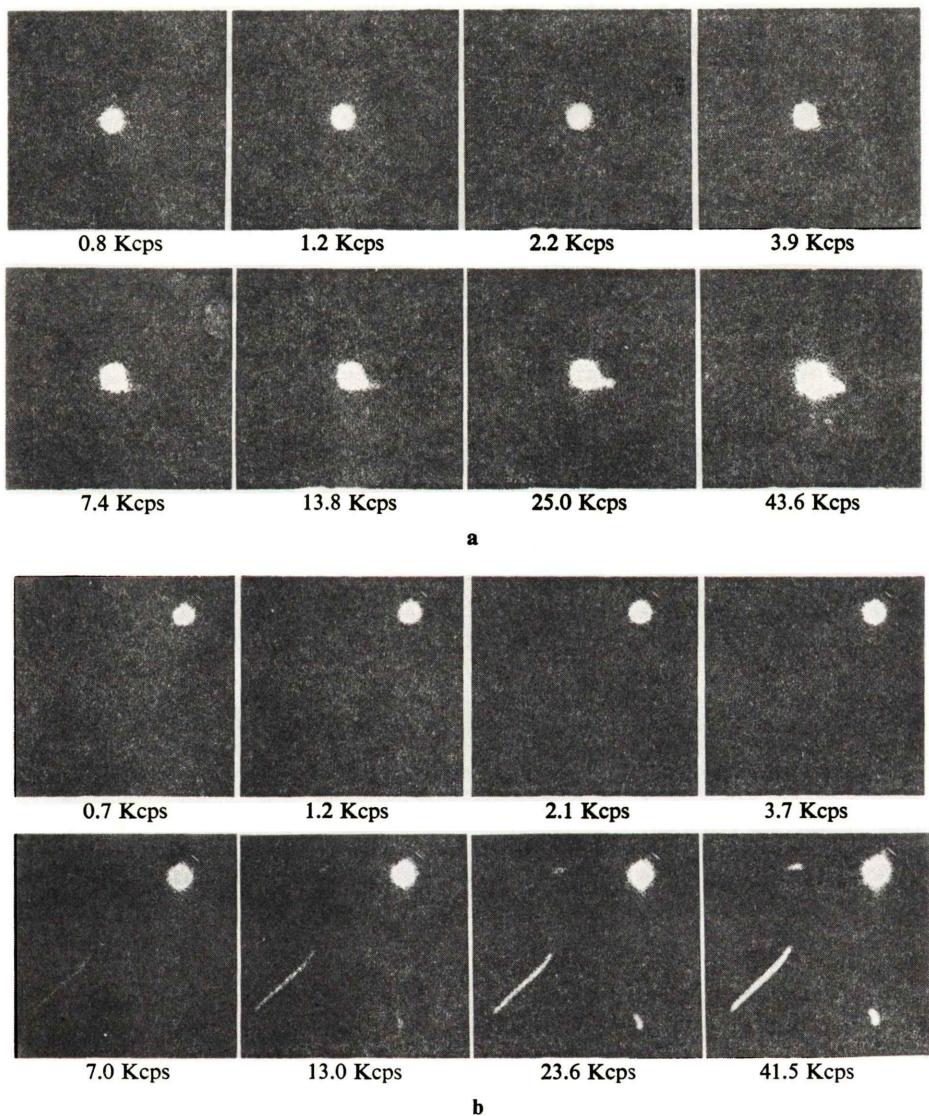


Fig. 4 Artifac images obtained from the scinti-camera GC-L with increasing counting rate.

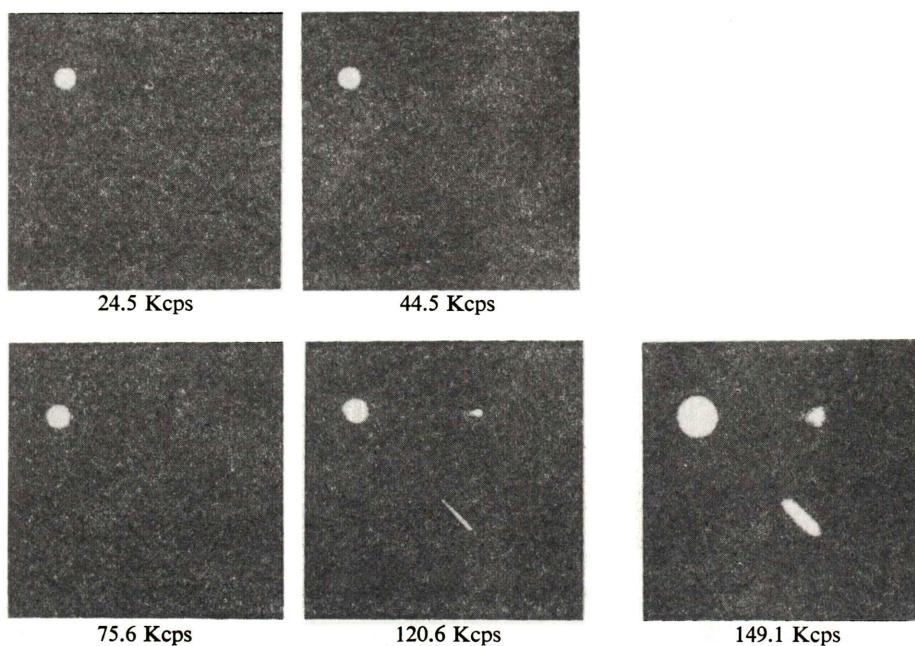


Fig. 5 Artifactual images obtained from the scinti-camera GV-H with increasing counting rate.

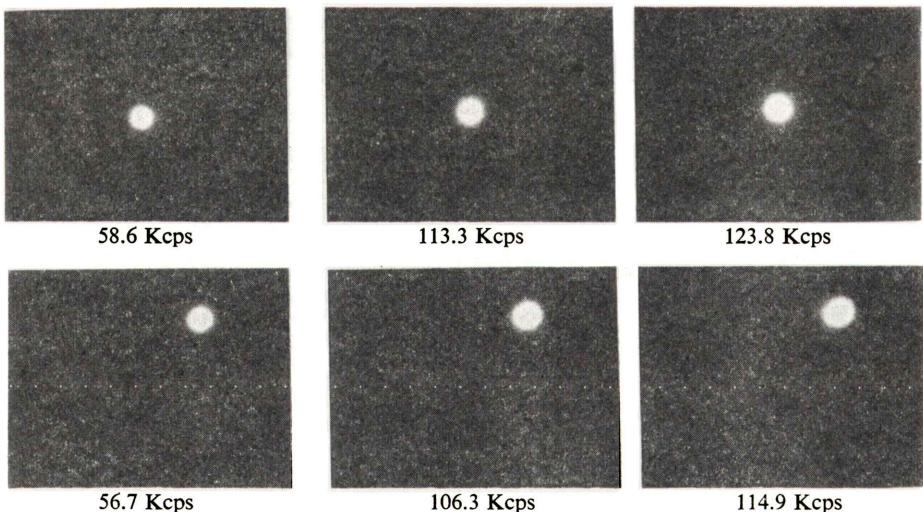


Fig. 6 Scintiphotos obtained from the scinti-camera DC with a source positioned at the center (upper) and the periphery (lower) of the detector. Artifactual images were not represented.

これらのイメージはハレーションを起こす程度に CRT 輝度をかなり上げているが、最高計数率でも出でていない。アーティファクト出現の一連の実

験は、線源を検出器中心と周辺部に置いた場合で行なったが、周辺部でも位置の違いでアーティファクトの出方は異なる。Fig. 8 は GV の検出器面

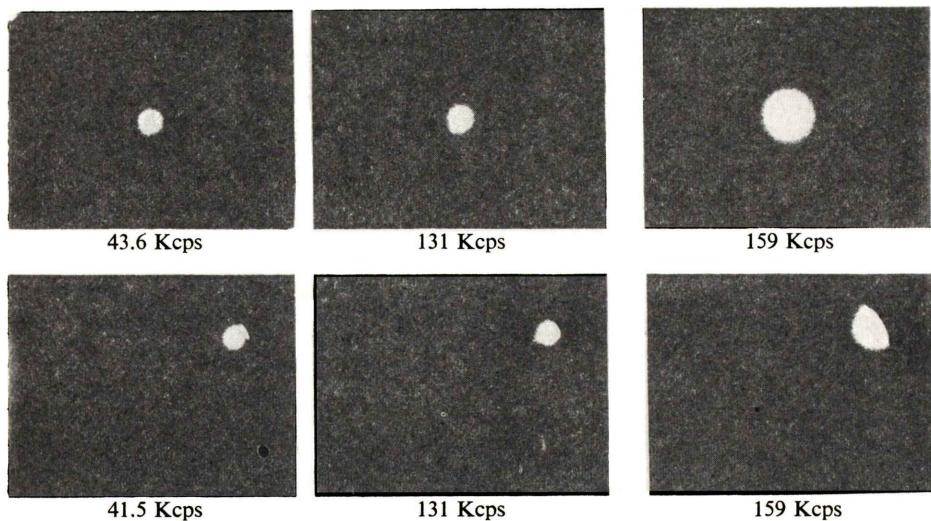


Fig. 7 Scintiphotos with source position of the center (upper) and the periphery (lower) of the detector for the scinti-camera GC-S. Artifact images weren't seen in these scintiphotos.

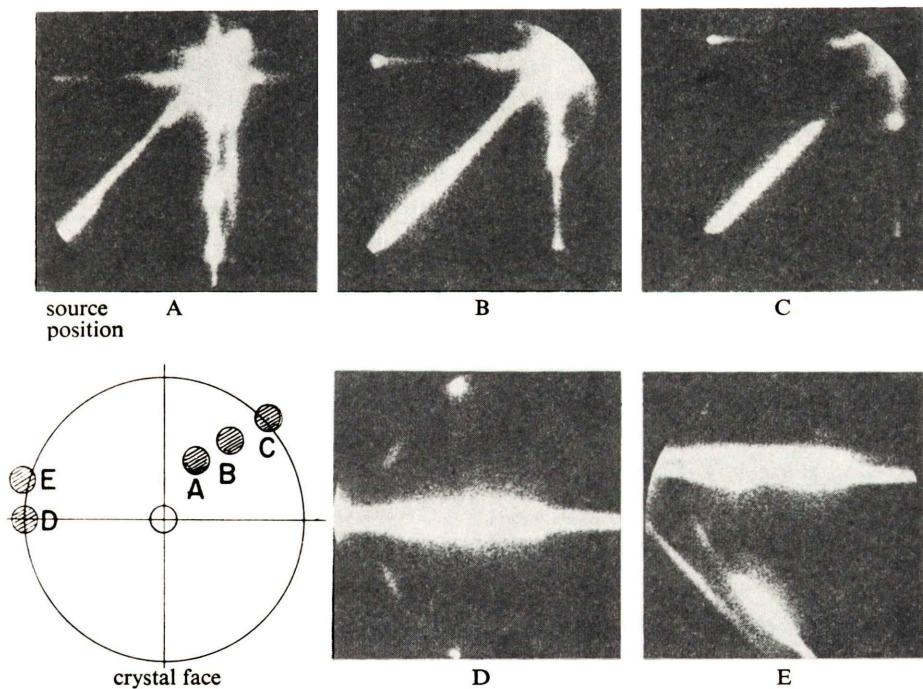


Fig. 8 Patterns of artifact images resulted by the different positions of sources.

で線源位置を変化させた場合のアーティファクトを比較したもので、B 位置でのイメージが、Fig. 3-b, Fig. 4-b, Fig. 5 に相当する。蓄積カウントを

大きくとてあるため、かなり明瞭で多様なアーティファクトが現われている。線源位置とアーティファクトの関係は Fig. 8 でも一部見られるが、

X または Y 軸上に線源があると、その軸上に沿って強い線状のアーティファクトと、これと直角方向に弱い線状アーティファクトが描出される。また、軸以外の第1～4象限内に線源があると、X, Y 方向のほか、45° 方向のアーティファクトが加わる。この場合、X, Y 方向の線状アーティファクトは線源に近い軸に平行に生ずるアーティファクトの方が、それと直角方向に生ずるアーティファクトより強い。このように、アーティファクトの出方、強弱は線源位置により種々変化している。

#### IV. 考 察

ガンマカメラの計数率特性はウインドウ幅、散乱線などに敏感であり<sup>1)</sup>、臨床条件に適合した状態で求めることが望ましく、Adams ら<sup>2)</sup>は散乱ファンタムを作製し、デッドタイムの測定を行なっている。わが国では「アンガー型シンチレーションカメラの性能試験条件」に関する勧告案<sup>3)</sup>が出されており、それによるとコリメータなしで測定するようになっている。また、「RI 体外測定装置の性能検査法」<sup>4)</sup>ではコリメータを着け、10 cm 散乱体を使用して測定するように示されている。このように計数率特性は種々の測定法で求められており、はっきり確立した試験法はない。今回の実験はボーラス状線源での計数率特性を知ることにあったので、結晶全面を照射する方法はとらなかった。また、散乱体を用いて線源量を大量(数 10 mCi)に使用する測定は試験法としてあまり適さないと考え、この実験ではカメラのコリメータを取りはずし、散乱体は使用せず線源だけをコリメートして測定する方法を用いた。したがって、臨床条件とやや異なり、pile-up などの影響が軽減され高い計数率特性を得ていると想像される。

ウインドウ幅の違いによる計数率特性は、Adams ら<sup>2)</sup>が報告しているとおり、広いほど改善される。われわれの実験でも Table 2 で明らかなように、ウインドウ幅 25% に比べ 15%, 5% では最高計数率で 7.3%, 22% の減少が見られ、高計数率を示すイメージングではある程度広いウイン

ドウ幅を用いた方がよいことが分かる。また、Table 2 に示す検出器中心と周辺部の最高計数率(またはデッドタイム)は、DC, GC-L, GC-S でほぼ等しい結果であったのに対し、GV と GV-H は約 8% の差が生じている。また、GV の結晶全面を照射した場合はその差はさらに開き、約 18% 低下している。この原因は検出器感度の不均一によるものなのか、機種に特有なのかよく分からぬ。ガンマカメラを *paralyzable* 系と仮定して算出した最高計数率と実測による最高計数率(Table 2)とは GC-L を除いてほぼ一致した値が得られた。GC-L の計数率特性は Fig. 2 で明らかなどおり、ピーク位置が他の 4 機種より右に片寄っており、*paralyzable* 系からややはざれているように考えられる。最高計数率から求めたデッドタイムは GV, GC-L, DC, GC-S, GV-H の順で短くなってしまっており、単一線源によるアーティファクトの出現が計数率特性(またはデッドタイム)に関係があるとすれば、この順で出方が軽減されることになるが、そのような傾向は見られない。アーティファクトを呈した GV, GV-H および GC-L は Table 1 で示したとおり位置計算回路がいずれも遅延電線方式であるのに対し、DC, GC-S は抵抗マトリックス方式である。GV と GC-L は計数率の大きさに応じ、ほぼ類似のアーティファクトを示したが、GV-H は新しく開発した回路の採用により、最高計数率の改善をはかり、かつアーティファクトの出方を著しく軽減したと報告<sup>5)</sup>しているとおり、アーティファクトの出方は非常に少ない。しかし、全然出ていないわけではなく、75 Kcps ぐらいからわずかずつ出始めており、かつその線状の伸び方が少ないことは Fig. 5 に示したとおりである。線源の計数率とアーティファクトの出方をやや定量的に把握する意味で、線源領域とアーティファクトを呈した領域の一部に関心領域を設定し、それぞれの計数率特性を求め比較した。Fig. 9 は GV の、線源を検出器周辺部に置いた場合で、全計数率(T)と線源像領域(A), アーティファクト像領域(B)の各計数率、および全計数率から線源領域の計数率を差引いた計数率(T-A)の

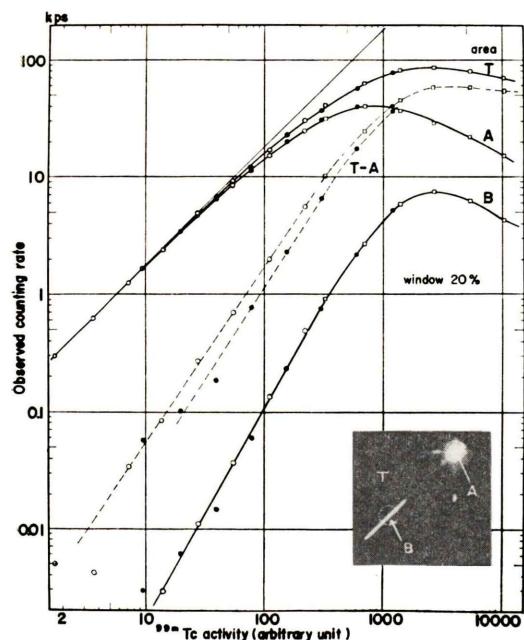


Fig. 9 Observed counting rate for the scinti-camera GV with increasing  $^{99m}\text{Tc}$  activities. Curve T: the counting rate obtained from whole field of view, curve A: the counting rate obtained from the area of the source image, and curve B: the counting rate obtained on the part of artifact images.

- (a) Source on center of the detector.
- (b) Source on periphery of the detector.

各曲線を示す。曲線 (T-A) と曲線 B は最高計数率付近までほぼ平行しており、T-A の計数率特性を全アーティファクトの計数率特性と見なしてもさほど違いはないなさうに思われる。アーティファクトの出方をこの T-A の計数率で対比すると、全計数率の 1/20 以上の計数率（すなわち 0.25 Kcps 程度）から描出し始めており、最高計数率付近では全計数率の 2/3 近くがアーティファクトの計数率でしめられる結果となる。また、線源が検出器中心にある場合もほぼ同じ傾向を示したが、アーティファクトの計数率 (T-A) は周辺部の場合に比べやや低値で、シンチグラム上のアーティファクトの出方とも対応する。そのほか、検出器周辺部に線源を置いた場合、その位置によりアーティファクトの出方が変化していることを示したが

(Fig. 8)，これはある程度検出器光電子増倍管の配列に支配されるものと考えられる。

## V. まとめ

5種のガンマカメラについて、 $^{99m}\text{Tc}$  ポーラス状線源を仮定した場合の計数率特性とアーティファクト出現の関係を求めた。単一線源でのアーティファクトの出現は計数率特性よりもガンマカメラの機種に特有のものと考えられる。使用した抵抗マトリックス方式の位置計算回路を有するカメラでは高計数率においてもアーティファクトは全然認められないが、遅延電線方式のカメラでは数 kcps の状態からわずかずつ出はじめ、高計数率になるにつれ、その出方は増強している。ただ、遅延電線方式でも計数率特性の著しい改善をはかったカメラでは、アーティファクトの出現はかなり軽減され、臨床上問題になることはまずないと考えられる。

本論文の要旨は、昭和54年11月、第19回日本核医学会総会において発表した。

なお、本実験に装置の使用を心よくお受け入れ下さった千葉県がんセンター油井信春博士、県立佐原病院川高哲郎氏、日立メディコ柏工場長沢康夫氏に深く感謝いたします。

## 文献

- 1) Lange D, Hermann HJ, Wetzel E, et al: Clinical parameters to estimate the use of a scintillation camera in high dose dynamic studies. Medical radionuclide imaging (proc. Symp. Los Angeles) 1, IAEA, Vienna, 1977, p. 85
- 2) Adams R, Hine GJ, Zimmerman CD: Dead time measurements in scintillation cameras under scatter conditions simulating quantitative nuclear cardiology. J Nucl Med 19: 533-544, 1978
- 3) 日本アイソトープ協会医学・薬学部会：アンガーモードシンチレーションカメラの性能試験条件。Radioisotopes 26: 743-746, 1977
- 4) 大谷英尚、山本洋一、喜多村道男、他（日本放射線技術学会放射性同位元素検査技術委員会）：RI 体外測定装置の性能検査法。日放技学誌 134: 634-656, 1978
- 5) 田淵秀穂、田中正敏、井上慎一、他：高速型シンチレーションカメラ Gamma View-H, メディックス 5(1): 59-64, 1979

## Summary

### Counting Rate Characteristics and Artifacts Images of Scinti-cameras

Kenji SAEGUSA\*, Noboru ARIMIZU\*, Tsuneo NAKATA\*\*,  
Haruo TOHYAMA\*\* and Isamu SHIINA\*\*

*\*Department of Radiology, Chiba University School of Medicine*

*\*\*Department of Radiology, Matsudo City Hospital*

The radionuclide angiography or the cardiac shunt study defines a passage of high dose activity in a major blood vessels following intravenously injected bolus of  $^{99m}\text{Tc}$ . And the bolus activity is projected on a small portion within the field of view of the detector for some short period of time. In this circumstance, the photon input rate to the detector is often much higher than that observed due to counting rate limitation of the camera system, and moreover delineation of artifact images has been often experienced.

The purpose of this study is to survey the occurrences of count loss and artifact images encountered in high dose measurement and to examine either these causes are responsible for the lower counting rate characteristics of the scinti-camera, or proper to the scinti-camera system. The experiment and data were obtained for five scinti-cameras of the latest mode.  $^{99m}\text{Tc}$  small size collimated sources were used similar to bolus activity. The result of the study showed the delineation of artifacts recognized only on delay-

line system scinti-cameras, in which the maximum counting rate was about 70 kcps to 110 kcps. However the artifact images were not obtained on resistor matrix system ones even at same high counting rate. We found that the delayline system scinti-camera began to delineate artifact on the image more than about 5 kcps, increasing intensities and extents as increasing counting rate. Although, the delayline system scinti-camera which has recently improved on an excellent counting rate characteristics, revealed less appearance of the artifact than that of former ones at more than 150 kcps measurement.

In summary, the delayline system scinti-camera often delineate the artifact image of particular patterns in bolus injection of high dose activity. But, the artifact was less appearance in using latest improved scinti-camera with high counting rate performance.

**Key words:** scinti-camera, count rate characteristics, artifact image, bolus injection, dead time