

《ノート》

SPECT の高分解能化の試み

A Study for Increasing the Resolution of SPECT Image

秋山 芳久* 油井 信春** 木下富士美** 小坪 正木**
関谷 雄一***

Yoshihisa AKIYAMA*, Nobuharu YUI**, Fujimi KINOSHITA**,
Masaki KOAKUTSU** and Yuichi SEKIYA***

*Physics Division, Chiba Cancer Center Hospital

**Department of Nuclear Medicine, Chiba Cancer Center Hospital

***Kimitsu Chuo Hospital

I. はじめに

Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)は今や完全に核医学におけるルーチンの検査法の一つとして定着した。従来のプラナーイメージが最初は像を得るだけが目的であり、次に高分解能を目指したり¹⁾のと同様に、SPECTにおいてもより分解能の高い像が要求されている。高分解能化には一つとして平行多孔コリメータのコリメータを高分解能化する方法が考えられる。またファンビームコリメータを用い高分解能のSPECT像を得たとの報告もある²⁾。そこでこれら二つの方法によりどの程度分解能が上昇するかを予想するためファントム実験を行った。

II. 方 法

SPECT 装置は東芝製 GCA-70A (ガンマカメラは GCA 401-5 TOKU, データ処理装置は GMS-

* 千葉県がんセンター物理室

** 同 核医学診療部

*** 君津中央病院

受付: 61年8月19日

最終稿受付: 61年8月19日

別刷請求先: 千葉市仁戸名町 666-2 (☎280)

千葉県がんセンター物理室

秋 山 芳 久

55A)である。デュアルヘッドタイプであるが、使用できるコリメータの枚数の制限から、検出器は 360° にわたり回転させ、片方の検出器でデータを収集した。

検出器には、通常われわれが使用している、①低エネルギー用高分解能平行多孔コリメータ1枚(以下、H.R. (1) コリメータ)。②これよりもさらに高分解能のデータを得るため H.R. (1) コリメータを2枚重ねたコリメータ(以下、H.R. (2) コリメータ)。③ファンビームコリメータのデータを得るためコンバージング側にした低エネルギーのプラナー用の DIV/CON コリメータ³⁾(以下、CON コリメータ)、の3種類のコリメータを取り付けた。なお、DIV/CON コリメータは SPECT 用に開発されているファンビームコリメータとは異なり、回転軸の方向にも焦点を結んでいる。そこでファンビームコリメータで得られるデータと同じ条件のデータを得るためコリメータの中央を通るスライス位置のデータのみ使用した。

再構成アルゴリズムは平行コリメータでデータを収集した時は、一般的に使用されている重量積分法と言われる方法を、また CON コリメータに

Key words: SPECT, High resolution, DIV/CON collimator, Fan beam collimator.

よりデータを収集した時はファンビーム型X線CTの再構成アルゴリズムの一つである“補間法”をSPECT用に変更したアルゴリズム⁴⁾を用いた。

γ 線のファントム内での吸収の補正は⁵⁻⁸⁾、検出器の均一性⁹⁻¹¹⁾およびコンプトン散乱線^{12,13)}のこれらをも含めて近似的に補正するため、同じ径で均一な線源のSPECT像をあらかじめ得ておき、この像との比をとるとする方法を用いた。

収集および表示は 64×64 、またサンプリング角度は平行コリメータを用いた時は 6° 、ファンビームコリメータを用いた時は 4° である。

III. 結 果

分解能の測定のためFig. 1のように2種類のファントム実験を行った。一つは内径 $1\text{ mm}\phi$ のポリエチレンチューブに $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 線源を入れ、ラインソースの間隔を変化させて、どの程度まで分解しているかを調べた。またもう一つは $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 線源が入った内径 $12\text{ cm}\phi$ の亚克力製円柱ファントムにコールドスポット用の亚克力棒を入れ、コールドスポットの部位におけるコントラストから検出能がどの程度であるかをみた。

Figure 2はラインソースによるSPECT像およびカウントのプロファイルを示す。Fig. 2の左側と中央はH.R. (1) コリメータとH.R. (2) コリメータの比較である。線源の間隔は 4 cm 、 3 cm 、 2 cm 、 1 cm で、回転半径は 21 cm であり、両方とも 2 cm 間隔以上を分解しているがSPECT像およびカウントのプロファイルからH.R. (2) コリメータの方がより明瞭に分解していることが判る。回転半径が 28 cm 、 35 cm でも同じ実験を行ったが、いずれもH.R. (2) コリメータの方が明瞭に分解していた。また当然であるが回転半径が小さいほど分解能が良かった。Fig. 2の右側はラインソースの間隔が 3 、 2 、 1 、 0.5 cm のファントムを回転中心付近におき、回転半径が 21 cm でCONコリメータを用いた時のSPECT像とそのプロファイルである。 2 cm 間隔以上を分解しているが、他のコリメータと比較して分解能が最も良いことが像およびプロファイルで確認できる。

次に亚克力ファントムを用いた実験で、H.R. (1) コリメータとH.R. (2) コリメータを用いたときのSPECT像をFig. 3の上に示す。両方とも $1\text{ cm}\phi$ のコールドスポットを分解しているが、H.R. (2) コリメータのSPECT像のほうより明瞭にぬけている。Fig. 3の下はCONコリメータを使用したときのSPECT像をH.R. (1) コリメータによるSPECT像とともに示してある。CONコリメータは並び換えの時、像が拡大されるように並び換えられており、この効果もあってコールドスポットのぬけはより明瞭である。

IV. 考 察

SPECTの高分解能化にはいくつかの方法が考えられる^{14,15)}。より分解能の高い平行多孔コリメータを用いることも一つの方法である。またSPECT用ファンビームコリメータを用いることも一つの方法として報告されている。これらのコリメータを用いれば当施設で現在得られているSPECT像と比べ分解能が改善されるのか、改善されるとしたらどの程度であるかを予想するため、手持ちのコリメータを利用してファントム実験を行った。

われわれが試作したH.R. (2) コリメータは低エネルギー平行多孔コリメータ2枚を、取りはずし可能な金具を介し重ねただけであり、得られるプラナー像にはモアレが表れる。今回は予備的な実験であり、SPECT像はモアレの影響のないスライス位置のデータを使用して得た。

吸収の補正は近似的な方法として本文の方法を用いた。これにより均一性も補正できる。Fig. 2のCONコリメータによりプロファイルは中央が左端と比べ高い。これはこの実験が空中で行われたため本文の方法が使用できず、コリメータの不均一の影響がでているためと思われる。

両方のコリメータとも分解能を改善できたが、CONコリメータのほうより改善していた。

感度についてはふれなかったが、平行多孔コリメータをより高分解能化すればそれだけ感度が低くなる。H.R. (2) コリメータのようにセプタムの

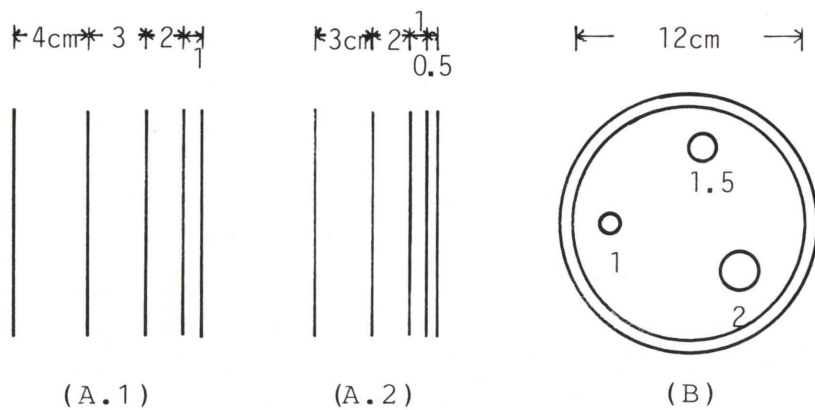


Fig. 1 Phantoms. (A. 1) and (A. 2); polyethylene tube 1 mm in internal diameter. (A. 1) is for H.R. (1) and H.R. (2) collimators. (A. 2) is for CON collimator. (B); acrylic rods in ^{99m}Tc solution.

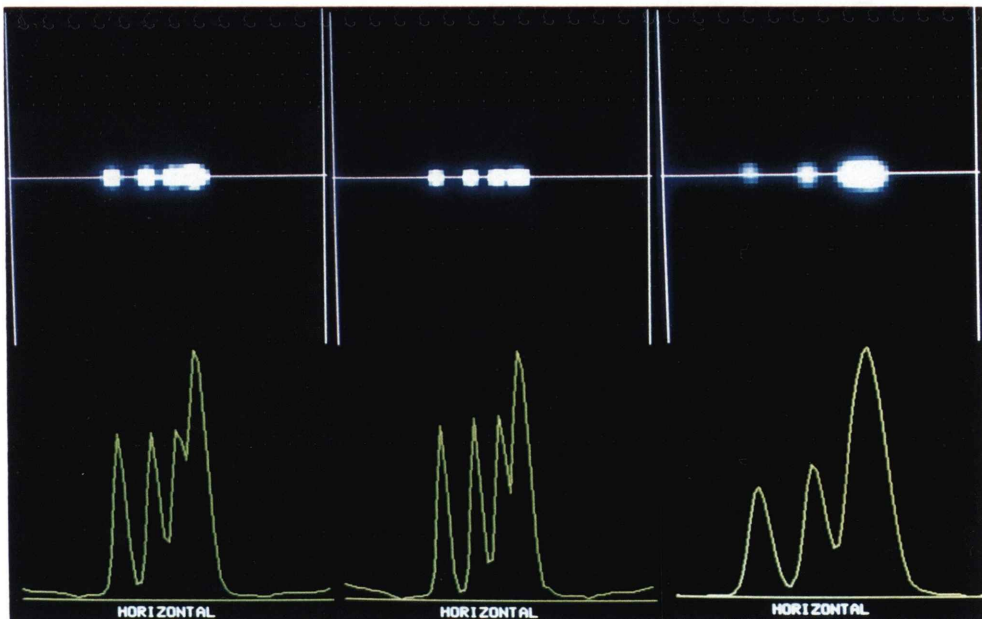
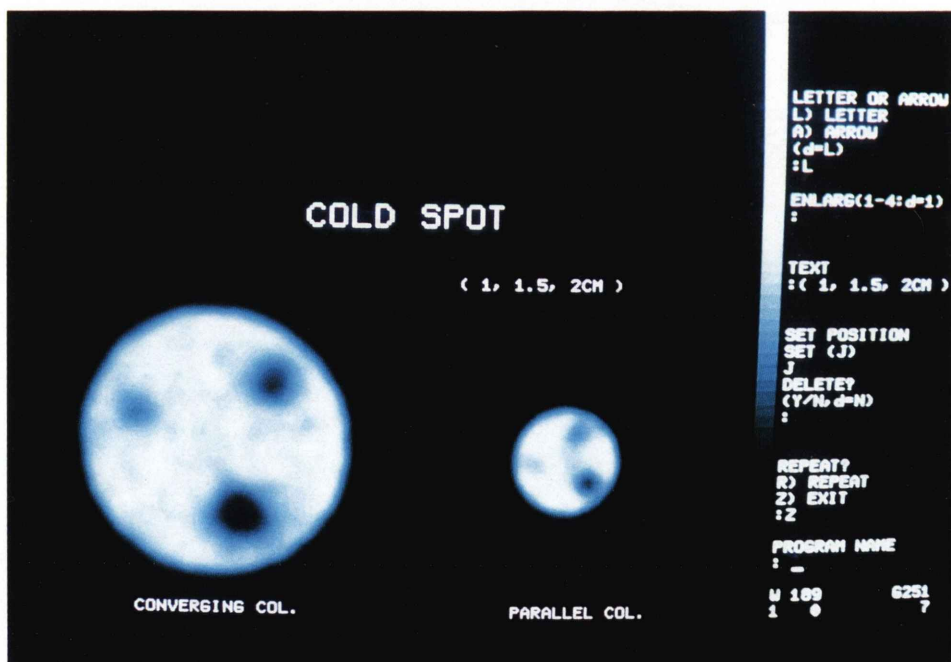


Fig. 2 Reconstructed images and the profiles of line sources from H.R. (1), H.R. (2) and CON collimator systems.



H.R. (2) and H.R. (1)



CON and H.R. (1)

Fig. 3 Reconstructed images of different-sized nonradioactive rods.

高さが2倍になれば感度は1/4になる。これに対しファンビームコリメータは視野が狭くなる欠点はあるが、同じ分解能は平行多孔コリメータよりも高感度²⁾で得ることができるはずである。

分動能および感度の両面から考えて、より大きい視野のガンマカメラにファンビームコリメータをつけデータを収集する方法が SPECT のこれからの一つの流れになると思われる。

なお本研究は厚生省癌研究助成金、久田班 No. 60-39 の援助によって行われた。また、第25回日本核医学会総会(徳島)、第51回日本医学放射線学会物理部会(東京)において一部発表した。

文 献

- 1) 有水 昇, 内山 暁, 川名正直, 他: 大型高解像力シンチカメラの臨床使用経験——とくに^{99m}Tc-フチン酸による肝シンチグラム——. 核医学 **14**: 137-143, 1977
- 2) Jaszczak RJ, Chang LT, Murphy PH: Single Photon Emission Computed Tomography using a Multi-slice Fan Beam Collimators. IEEE Trans on Nucl Sci **NS-26**: 610-618, 1979
- 3) Mayer RA: A Low-energy multihole converging collimator compared with a pinhole collimator. J Nucl Med **15**: 59-64, 1974
- 4) 秋山芳久, 佐方周方, 油井信春: SPECT 用コンパージングコリメータを用いた再構成像について. Radioisotopes **35**: 535-539, 1986
- 5) Tanaka E, Toyama H, Murayama H: Convolution image reconstruction for quantitative single photon emission computed tomography. Phys Med Biol **29**: 1489-1500, 1984
- 6) Gullberg GT, Budinger TF: The use of Filtering Method to compensate for constant attenuation in Single-photon Emission Computed Tomography. IEEE Trans on Bio Eng **BME-28**: 142-157, 1981
- 7) Kuhl DE, Edward RQ, Ricci AR, et al: The Mark IV system for Radionuclide Computed Tomography for the Brain. Radiology **121**: 405-413, 1976
- 8) Lewis MH, Willerson JT, Lewis SE, et al: Attenuation Compensation in Single-Photon Emission Tomography A comparative Evaluation. J Nucl Med **28**: 1121-1127, 1982
- 9) 尾川浩一, 野上修二, 久保敦司, 他: SPECT におけるガンマカメラの不均一に伴うアーチファクトの除去法. 核医学 **23**: 35-41, 1986
- 10) Oppenheim BE, Appledorn CR: Uniformity correction for SPECT Using a Mapped Cobalt-57 Sheet Source. J Nucl Med **26**: 409-415, 1985
- 11) Rogers WL, Clinthorne NH, Harknes BA, et al: Field-Flood Requirements for Emission Computed Tomography with an Anger Camera. J Nucl Med **23**: 162-168, 1982
- 12) Egbert SD, May RS: An integral-transport method for Compton-scatter correction in emission computed tomography. IEEE Trans Nucl Sci **NS-21**: 543-547, 1980
- 13) Pang SC, Genna S: The effect of Compton scattered photons on emission computerized tomography. IEEE Trans Sci **NS-26**: 2772-2774, 1979
- 14) Kircos LT, Leonard PF, Keys JW: An optimized collimator for Single-photon computerized tomography with a Scintillation Camera. J Nucl Med **19**: 322-323, 1978
- 15) Gottschalk SC, Salem D, Lim CB, et al: SPECT Resolution and Uniformity Improvements by Non-circular Orbit. J Nucl Med **24**: 822-828, 1983