

二肢強制選択法によるステレオシンチグラムにおける
集積位置の距離弁別能の測定原 武史[†] 山崎雄章[†] 片渕哲朗[‡] 小林龍徳^{‡ †} 松迫正樹^{‡ † †}
村松千左子[†] 周 向荣[†] 藤田広志[†][†] 岐阜大学大学院医学系研究科知能イメージ情報分野 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1[‡] 岐阜医療科学大学保健科学部放射線技術学科 〒501-3982 岐阜県関市市平賀字長峰 795-1^{‡ † †} 純真学園大学保健医療学部放射線技術学科 〒815-8510 福岡市南区筑紫丘 1-1-1^{‡ † † †} 聖路加国際病院放射線科 〒104-8560 東京都中央区明石町 9-1E-mail: [†] takeshi.hara@mac.com

あらまし シンチグラフィ検査は、広い範囲が一度に撮像されるものの、集積位置の空間的な把握が難しいとされている。SPECT 撮像は空間的な位置の把握に役立つが、解像度が低く、また、撮像時間の問題もある。われわれは、それら問題を解決するために、ステレオ撮像によるシンチグラムについて撮像方法と観察環境を提案する。シンチグラムのステレオ撮像は過去にも研究されているが、距離弁別能に関する報告はこれまでのところない。本研究では、ステレオ撮像されたシンチグラムの読影における距離弁別能を明らかにする。そのために、^{99m}Tc を用いたファントムを作成し、そのステレオ撮像の読影を行い、距離弁別能を 2-alternative forced choice (2AFC) 法によって測定した。10 名の観察者について実験を行った結果、2mm 程度の奥行きの違いを読影者は認知できた。これは正面像単独での読影と比較して、統計学的な有意差をもって示された。以上の結果から、ステレオ撮像によるシンチグラムは空間認知に寄与すると結論づけた。

Measurements of depth recognition on stereoscopic scintigrams
based on two-alternative forced choice taskTakeshi HARA[†] Katsuaki YAMAZAKI[†] Tetsuro KATAFUCHI[‡] Tatsunori KOBAYASHI^{‡ †}Masaki MATSUSAKO^{‡ † †} Chisako MURAMATSU[†] Xiangrong ZHOU[†] Hiroshi FUJITA[†][†] Department of Intelligent Image Information, Gifu University Graduate School of Medicine, Gifu 501-1194, Japan[‡] Department of Radiological Technology, Gifu University of Medical Science, Seki 501-3982, Japan^{‡ † †} Department of Radiological Technology, Junshin Gakuen University, Fukuoka 815-8510, Japan^{‡ † † †} Department of Radiology, St. Luke's International Hospital, Tokyo 104-8560, JapanE-mail: [†] takeshi.hara@mac.com

Abstract It is difficult for readers to recognize object depth and overlap in a single scintigraphy. The purpose of this work was to develop a fundamental procedure of stereo scintigraphy with a single gamma camera and to estimate the difference sensitivities of depth recognition by 2-alternative forced choice (2AFC) method. Ten readers took part in the 2AFC study. The difference sensitivities of the depth direction in stereo scintigraphy were larger than that in ordinal imaging method. Seven of 10 readers could distinguish the 1mm difference of depth in the stereo scintigraphy. By comparing the results from single planar image reading, the performance of depth recognition by using the stereo images were considerably improved.

Keyword Scintigram, 2AFC, Stereoscopic image

1. はじめに

シンチグラフィは核医学検査のひとつであり、放射性医薬品を用いて生体内の機能や代謝量を画像化できる。臨床の検査では ^{99m}Tc を用いた乳がんのセンチネルリンパ節精検や骨腫瘍の全身スクリーニング、⁶⁷Ga を用いた腫瘍シンチグラフィなどが行われている。シンチグラム

は 2 次元画像であり、集積の空間的な位置を正面像単独で把握することは困難である。そこで、正面像に加えて集積の存在位置がガンマカメラに角度をつけ、側面像と斜位像の 2 方向から撮像を行い、得られた正面像と斜位像を用いて集積位置の確認が行われている。

一方、ガンマカメラを回転して断層像を撮像する単

光子放出核種断層撮影 (Single Photon Emission Tomography : SPECT) も行われる。SPECT 検査では、コンピュータ断層撮影 (Computed Tomography : CT) 画像を同時に撮影することで SPECT 画像と CT 画像の融合画像を用いた集積位置の確認が行われている [1]。しかし、SPECT 検査はシンチグラフィ検査に比べて撮像できる範囲が限られていることや撮影時間の長さのため被検者の体動の影響があり、低解像度画像しか得られない。

われわれは、シンチグラムにおける奥行き方向の認知を向上するために、ステレオ撮像方式によるシンチグラム画像の読影方法の開発を行っている。医用画像へのステレオ撮像法の応用はすでに幅広く行われている。中川らはステレオ眼底カメラにおける深さ自動計測が報告している [2, 3]。また、ステレオ画像の有用性について、Andreas らは MRA 画像におけるステレオ視の有効性が報告している [4]。

シンチグラフィにおける集積の空間的な位置を把握する手法として、シンチグラフィにおけるステレオ撮像法は、これまでにすでに提案されている [5-7]。Tanaka らは、センチネルリンパ節精検において正面像と側面像をステレオ視することで集積位置の認知に有用であるとすでに報告している [8]。

このように、複数枚の画像を用いてステレオ視する有用性について報告はされているが、具体的にどの程度の距離差が識別できるかについては、まだ報告はない。

そこで、本研究ではステレオ画像の距離の弁別能を二肢強制選択 (Two-Alternative Forced Choice Task: 2AFC) 法を用いて評価を行う。そして、ステレオ撮像された画像の距離の弁別限について明らかにする。

2. 方法

本実験で使用した画像は、 ^{99m}Tc (370MBq) の放射性薬剤を円形の溝を掘ったアクリル板と、十字の溝を掘ったアクリル板を用いて撮像した。アクリルファントムを図 1(a) に示す。ファントムには ^{99m}Tc を円形、十字の溝が掘られており、アクリルファントムの溝に ^{99m}Tc を流し込み画像を撮像した。撮像したファントム画像を図 1(b) に示す。ファントム像は画像の中心に十字の図形、外側に円形の図形が撮像されている。

撮影ベッドとガンマカメラの幾何学的条件、ガンマカメラとファントムの幾何学的条件を図 2、図 3 にそれぞれ示す。ここで、 L : ガンマカメラとファントムの外円の距離を、 d : 外円と内円の距離、 r : ガンマカメラの回転半径、 θ : ガンマカメラの回転角である。

ファントムの撮像は、ガンマカメラを $\theta=0$ の正面像とガンマカメラを $\theta=15$ 度に傾けた斜位像を撮像した。そして、ファントムの外円をガンマカメラの回転中心に設置し、中央の十字を回転中心から +10[mm] の位置

にまで 1[mm] 間隔で、および -10[mm] まで 1[mm] 間隔で移動して撮像した。いずれの撮像でも、画像の総カウント数は同じである。このような条件で撮像し、 d は $\{0, \pm 1\text{mm}, \pm 2\text{mm}, \dots, \pm 10\text{mm}\}$ の計 21 通りの画像を得た。

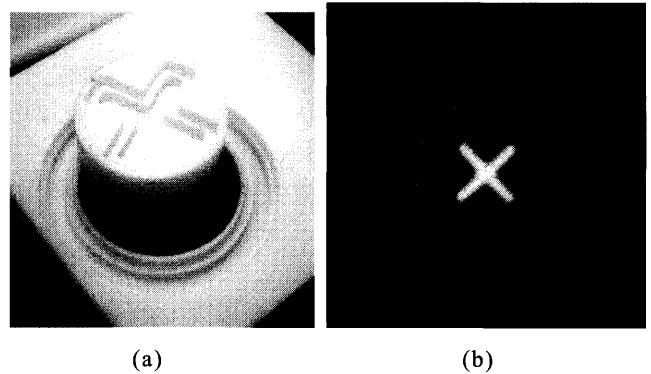


Fig. 1 ファントム像の作成
(a) アクリル樹脂を切削した放射性薬剤の容器
(b) 正面方向からの撮像結果

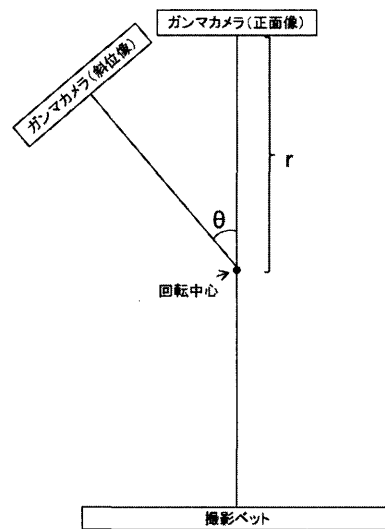


Fig. 2 ステレオ撮像における撮像ジオメトリ

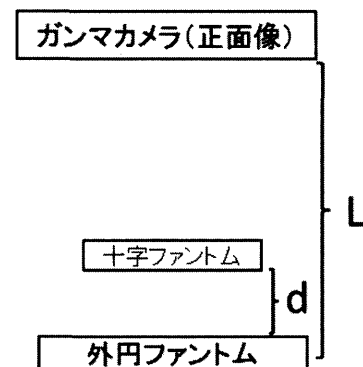


Fig. 3 外円ファントムと十字ファントムの配置

d が正の領域においては、 $d=0$ から 10 までの 11 通りの画像が得られる。ここで、2AFC 法によって観察者がどの程度小さい d まで識別できるかを調査する。表示には、Zalman 社製 Full HD 3D モニター (ZM-M215WGD) を用いた。観察者は円偏光型のメガネをかけ、画像を観察する。画面には、図 4 に示すように、上下に異なる $d = \{d_1, d_2\}$ の画像を 2 つ表示する。そして、観察者は、大きい d と考える画像を回答する。これをすべての組み合わせについて実施し、 d_1 と d_2 の差の絶対値ごとの正答率を得る。これで、観察者が弁別できる奥行き方向の距離を明らかにする。

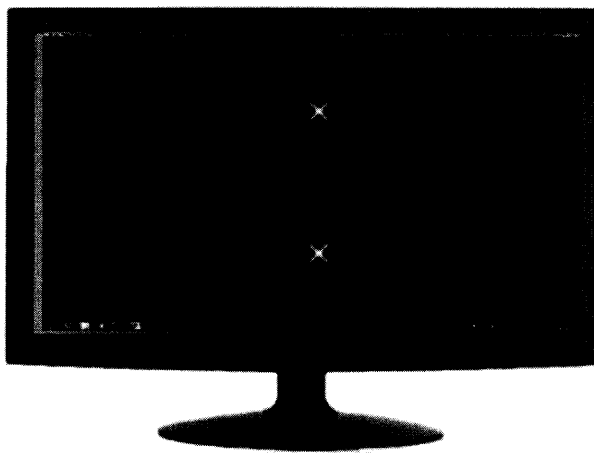


Fig. 4 ステレオモニター上に提示する画像の例

実験に参加した観察者は、研究室に所属する学生 10 名である。両眼による立体視ができることをステレオ撮像した自然画像で確認して、実験に参加した。

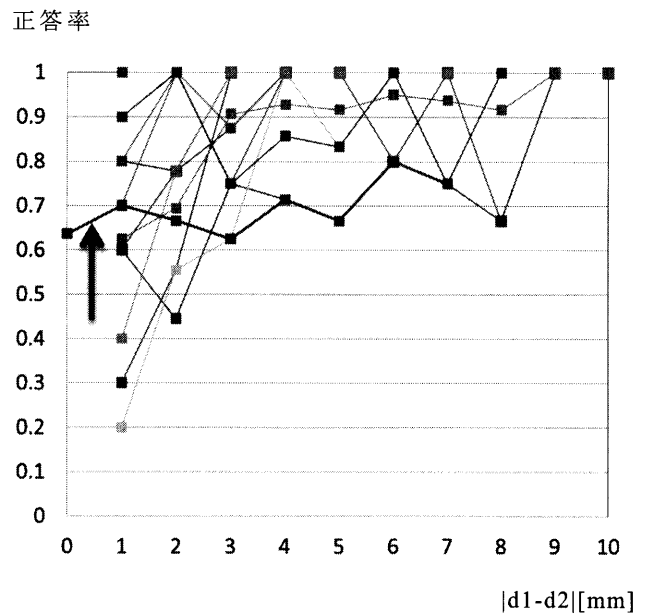
非ステレオ画像の識別能を測るために、ステレオモニター上に同一条件で正面像のみを提示して同様の実験を行う。ステレオ画像の場合と正面像のみの提示の結果の比較によって距離識別能の違いを明らかにする。

3. 結果

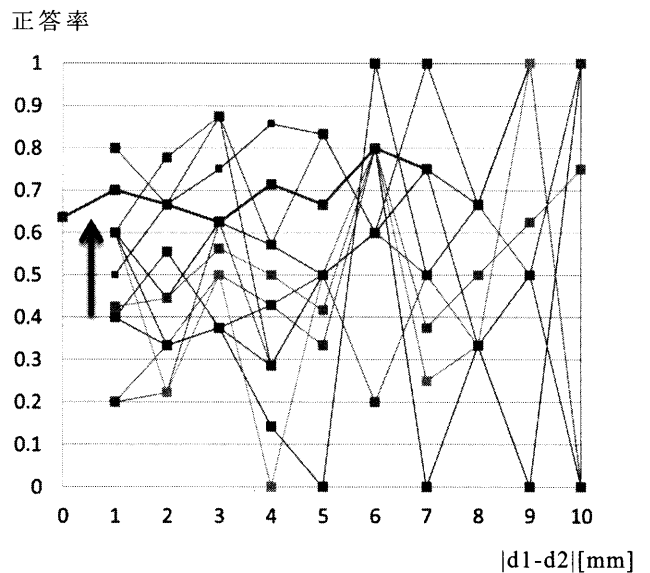
10 人の観察者について、ステレオ画像を提示したときと、正面像のみを提示したときの距離弁別特性を図 5 に示す。

2AFC 法ではランダムに上下のいずれかの画像を選択しても 1/2 の確率で正答となる可能性がある。したがって、有意水準を 5% として考え、ランダム試行における正答率の上限を示した (図 5 : 黒矢印)。

ステレオ画像の観察においては、3mm を超えるときにはすべての観察者が奥行きを正しく認識したことが分かる。一方、プラナー像では正答率が大きくばらつき、多くの場合で正しく識別できなかったことがグラフから分かる。



(a)



(b)

Fig. 5 10 人の観察者における距離弁別の特性

(a) ステレオ画像提示の場合

(b) 正面像のみ提示の場合

4. 考察

ステレオ撮像に基づくシンチグラムでは、奥行き方向の距離弁別が優れていると考えられる。現在の撮像は、散乱体がない理想的な条件であり、このまま生体の撮像へ適用できるとは考えにくい。深さ方向の認知の精度の向上は予想できる。

図 6 に 10 人の正答率の平均を示す。このグラフから分かるように、ステレオ像の観察では、2[mm]程度の奥行きを正しく識別できたといえる。このような正答率になる確率は、選択の試行が二項分布に従うとすれば 0.005 であり、有意に識別できたといえる。

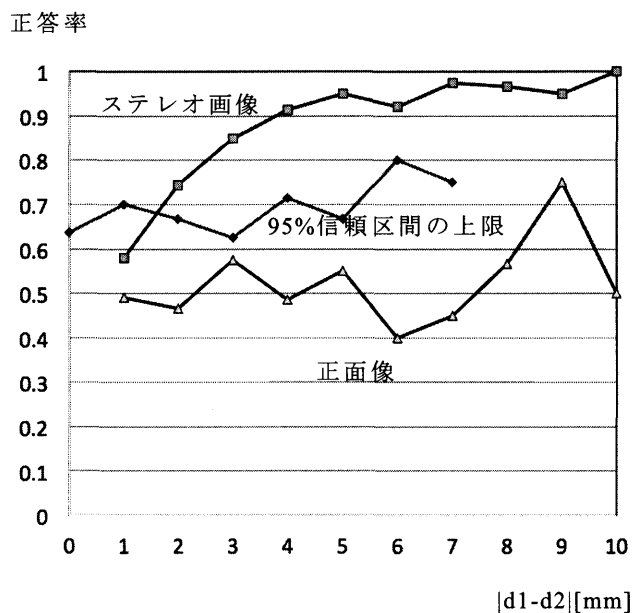


Fig. 6 10人の観察者における距離弁別の平均

この実験結果は、外円ファントムからカメラ方向に十字ファントムがある場合のみを示したが、十字ファントムがカメラとは反対方向にある場合においても、ほぼ同様の結果を示したことを別途確認した。

以上のことから、ノイズがない状態では、ステレオ撮像におけるシンチグラムでは、2mm程度の奥行きの違いが識別できるといえる。これは、シンチグラムの解像度は胸部全体を256x256画素程度で撮像するため1画素2mm程度と考えられるが、それと同程度の分解能といえる。SPECT画像では64x64画素もしくは128x128画素であることから、正確な奥行き認知に関しては、ステレオ撮像におけるシンチグラムが優れる可能性が示された。

5. まとめ

ステレオ撮像法に基づくシンチグラムにおいて、奥行き方向の識別能を二肢強制選択(2AFC)法により調査した。その結果、2mm程度の奥行き方向の違いを観察者が認知できることが示された。

謝 辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 23591802 および 24500543、文部科学省科研費 21103004 の助成を受けて実施しました。

文 献

[1] Uren RF, et al. SPECT/CT scans allow precise anatomical location of sentinel lymph nodes in breast cancer and redefine lymphatic drainage from the breast to the axilla. *Breast*. 21(4), pp.480-486, 2012.
 [2] 中川俊明, 他, 視神経乳頭の深さ計測に関する研究—ステレオ眼底カメラと共焦点レーザー眼底

走査装置の比較—, 信学技法 MI2007-52 (2007-11), 21-24, 2007

[3] 中川俊明, 他, 1枚の2次元眼底画像を用いた3次元眼底画像の構築, *医用画像情報学会雑誌*, 23(2), 85-90, 2006.
 [4] Andreas Abildgaard et al., An auto-stereoscopic 3D display can improve visualization of 3D models from intracranial MR angiography, *Int J CARS*, 5(5), 549-554, 2010.
 [5] 駒谷昭夫, 山口昂一: ステレオシンチグラフィーの基礎的検討と臨床応用(抄録), *核医学*, 15, p. 797, 1978.
 [6] 佐々木潔, 他: 立体シンチグラフィの検討(抄録), *核医学* 16, p.816, 1979.
 [7] 駒谷昭夫, 山口昂一: ステレオシンチグラフィーの基礎的検討と臨床応用(抄録), *核医学*, 15, pp.77-80, 1978.
 [8] Tanaka C, et al. Stereoscopic scintigraphic imaging of breast cancer sentinel lymph nodes. *Breast Cancer*. 14(1), pp.92-99, 2007.