



Title	Fuji Computed Radiography (FCR)を用いた核医学イメージングの試み-第2報-
Author(s)	淀野, 啓; 樽沢, 信子; 甲藤, 敬一 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(2), p. 202-211
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17935
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Fuji Computed Radiography (FCR) を用いた 核医学イメージングの試み

—第2報—

弘前大学医学部放射線医学教室

淀野 啓 樽沢 信子 甲藤 敬一
宮川 隆美 渡辺 定雄 篠崎 達世

（昭和61年3月4日受付）

（昭和62年7月18日最終原稿受付）

Nuclear Imaging using Fuji Computed Radiography —The Second Report—

Hiraku Yodono, Nobuko Tarusawa, Keiichi Katto,
Takayoshi Miyakawa, Sadao Watanabe and Tatsuyo Shinozaki
Department of Radiology, Hirosaki University School of Medicine

Research Code No. : 719

Key words : Nuclear Imaging, Fuji Computed Radiography

We studied the feasibility of the Fuji Computed Radiography system (FCR) in nuclear medicine. The basic principle of the system is the conversion of the X-ray energy pattern into digital signals utilizing scanning laser stimulated luminescence. A Rollo phantom filled with 12 mCi of Tc-99m pertechnetate was used in this study. In imaging by the FCR, a low energy high resolution parallel hole collimator for a gamma camera was placed over the phantom and photons through the collimator were stored on a single imaging plate (IP) or 3 IPs covered by the lead plate, 0.3mm in thickness. For imaging, it took 30 minutes by a single IP and 20 minutes by 3 IPs with the lead plate respectively. Each image of the phantom by the FCR was compared with that obtained by a gamma camera. The image by a single IP was inferior in quality than that of by a gamma camera.

However using 3 IPs with the lead plate, same quality image as by a gamma camera was obtained. The image by 3 IPs is similar to that of by 3 IPS with the lead plate. Based on the results, we performed liver and lung imaging by FCR using 3 IPs.

The imaging time is twenty minutes. The images obtained with FCR are as good as the scinticamera image. However it has two major flaws in that the sensitivity is poor and the imaging time is long.

Furthermore, at present this method can only be employed for static imaging.

However we feel that future improvements in the FCR system will overcome these problems.

緒 言

近年、放射線科領域における各種診断法の飛躍的な発展がなされている。とくに、CT・USに代

表される医用画像の向上と普及は目覚ましいものがある。これらの画像に、RI画像、血管造影画像を加えて病巣を総合的に診断しようとする試み、

いわゆる、総合画像診断法が確立されようとしている。今日、悪性腫瘍の診断に際し、存在診断・質的診断・病巣の広がり、遠隔転移の有無に関する情報は、これら画像診断法に全面的に依存せざるを得ない状態になっている。これらの画像診断法の長所・短所は、諸家の研究により日々明らかにされ、それらの適用も、また、明らかにされている。CT・US 診断法は、患者に対する直接的侵襲がない診断法としてきわめて有用で、1mm以下の高い空間分解能を有していることもあり、スクリーニング法として、また、精密診断法としても広く普及している。一方において、RI 診断法は、CT・US より古くから開発され、今日でも日常診療において大きな位置を占めているが、空間分解能は低く、そのため、精度の低い画像となり、精密診断としての価値には不十分な点が多い。今回、われわれは、RI 診断における静態像の致命的欠点とも云える空間分解能の低さを、シンチカメラを用いた従来の手法とは全く異なった手法によって核医学イメージングを行うことによって克服しようと試みた。ヨウ化ナトリウムなどのシンチレータとは全く違う放射線エネルギー吸収体であるハロゲン化合物の結晶を使った Imaging

Plate (以下 IP と略す) を用いた Fuji Computed Radiography (以下 FCR と略す) を使って核医学イメージングを行い、有用な結果と知見を得たので報告する。

材料・装置及び方法

使用した装置及び材料は、FCR system・各種コリメータ・核医学イメージング用各種ファントムである。FCR は、輝尽性蛍光体を使った X 線エネルギー蓄積型イメージングプレートを用いた画期的な X 線画像診断形成システム^{1,2)}であり、次の 4 つの機構より構成されている。IP を用いた X 線画像の高感度・高画質記録機構、レーザー光を用いた高精度、光走査型読み出し機構、読み出した光信号のデジタル化と各種アルゴリズムによるデジタル画像処理機構、高精度レーザー光による特殊 X 線フィルムへの光走査記録機構の 4 つである (Fig. 1)。本システムの特性は、IP から発光される蛍光量と線量とは直線関係にありそのダイナミックレンジがきわめて広く撮影ラチチュードが広くなること、きわめて高感度であること、さらに、得られる画像はデジタル画像であるため各種画像診断が容易に行えることである³⁾。今回用いられた画像フォーマットは、大角の IP を用いた

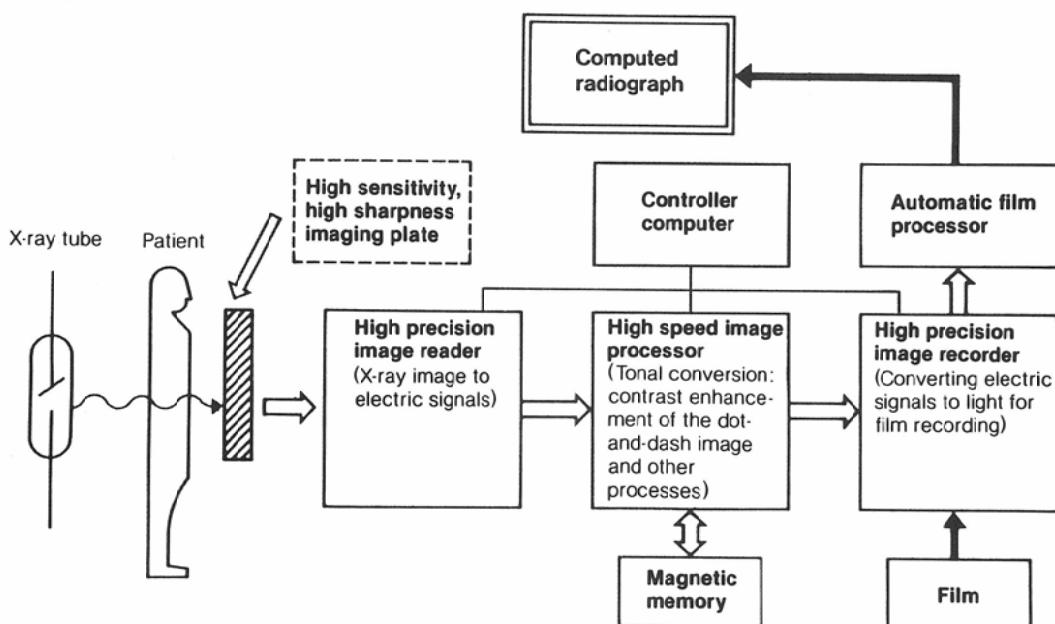


Fig. 1 Generalized block diagram.

ことにより、走査密度10pixel/mm・画素数1,760×1,760・画像サイズ176×176mmであり、全ての得られた画像は、364×257mmの大きさの特殊フィルム上に縮少率1/2で描かれる。イメージングに用いたものは、FCR の他に各種コリメータである。今回使用したものは、LFOV 低エネルギー高分解能平行コリメータ (39,000holes)・LFOV 中エネルギー平行コリメータ (5,000holes)・東芝 GCA-60A の低エネルギー汎用型コリメータ

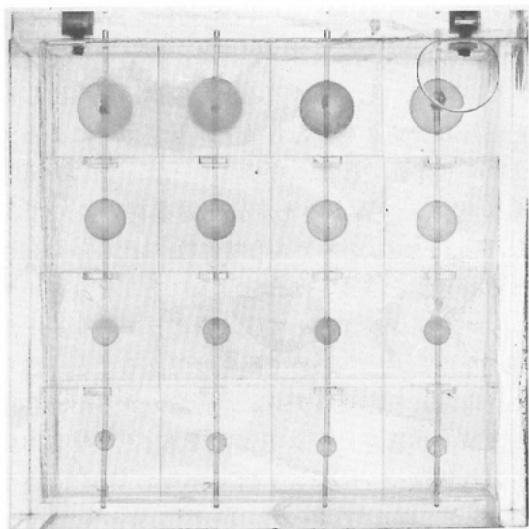


Fig. 2 Rollo phantom. Each sphere size is 1, 3/4, 1/2, 3/8inches.

(36,000holes)・低エネルギー高分解能平行コリメータ (72,000holes)・さらに低エネルギー超高分解能平行コリメータ (150,000holes)である。得られた画像の性状を検討するため、NUCLEAR ASSOCIATION, INC. の Rollo phantom (Fig. 2), 日立社製バーファントム (Fig. 3)と、面ファントムを用いた。Rollo phantom は16の小区画よりなり、この小区画の厚さが0.66・0.44・0.33・0.22の比率になる4種があり、さらにこの小区画内に直径が1・3/4・1/2・3/8インチの球体がそれぞれ内蔵されているので、システムの総合分解能をみる上で優れたものである⁴⁾。バーファントムは、短冊状の鉛板 (4・3.5・3・2mm 間隔の4種) をその幅に等しい間隔で平行に多数並べたもので4つの象限について順次間隔(及び幅)が異なったものであり、シンチカメラの解像能を調べるために用いられるものである⁵⁾。FCRによる核医学イメージングに用いられた核種は、^{99m}TcO₄⁻・²⁰¹TlCl・⁶⁷Ga-citrateである。

撮影方法は、次のようにして行った。被写体(被検者)に密着させたコリメータの上に直接IPを置き、シンチカメラを使わずに撮像し(Fig. 4), IPを処理機に通しイメージを得た。以上の方法でファントム撮像を行い、FCR 画像の性状を検討し、また、同時にシンチカメラによる撮像も行い比較した。また、肝、肺血流、骨、甲状腺イメージングを行い、シンチカメラ像と比較し臨床応用

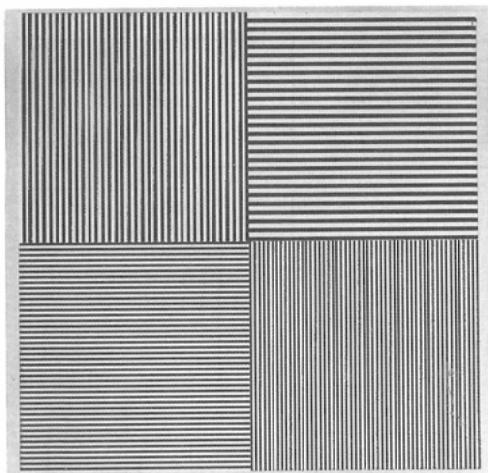


Fig. 3 Hitachi bar phantom. Each bar distance is 4, 3.5, 3, 2mm.

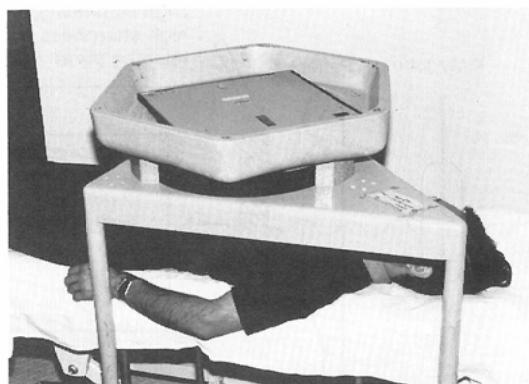


Fig. 4 The method using the FCR involves placing the IP immediately above the collimator which is firmly attached to the patient's body.

についても検討した。

結 果

$^{99m}\text{TcO}_4^- 44.4 \times 10^7 \text{Bq}(12\text{mCi})$ を封入したRollo phantom を1枚のIP・3枚重ねのIP・3枚重ねのIPに0.3mm厚の鉛板を合わせたものを用いFCRによる撮像を行い、夫々の画像を得た。また同時にLFOVシンチカメラによる像も得た(Fig. 5a)。撮像時間90秒のシンチカメラ像では、ファンム内の上から3段目の4種の小区画内の1/2インチの球体の識別が可能であった。撮像時間30分を要した1枚IPを用いたFCR像(Fig. 5b)もシンチ

カメラ像とほぼ同等の識別を有していた。しかし、小区画内の球体の辺縁は不明瞭であり、ファンムイメージの全体も不明瞭となっている。3枚重ねのIP及びこれに0.3mm鉛板増感紙を併用したものを用いた場合の撮像時間は20分に短縮され、十分な濃度を持つ画像(Fig. 5-c, d)を得ることができた。以上の結果より、FCRによる核医学イメージングにおけるIPの使い方は、3枚IPの重ね合わせ撮像とその画像の加算処理による方法とすることにした。

1) 本システムの感度について

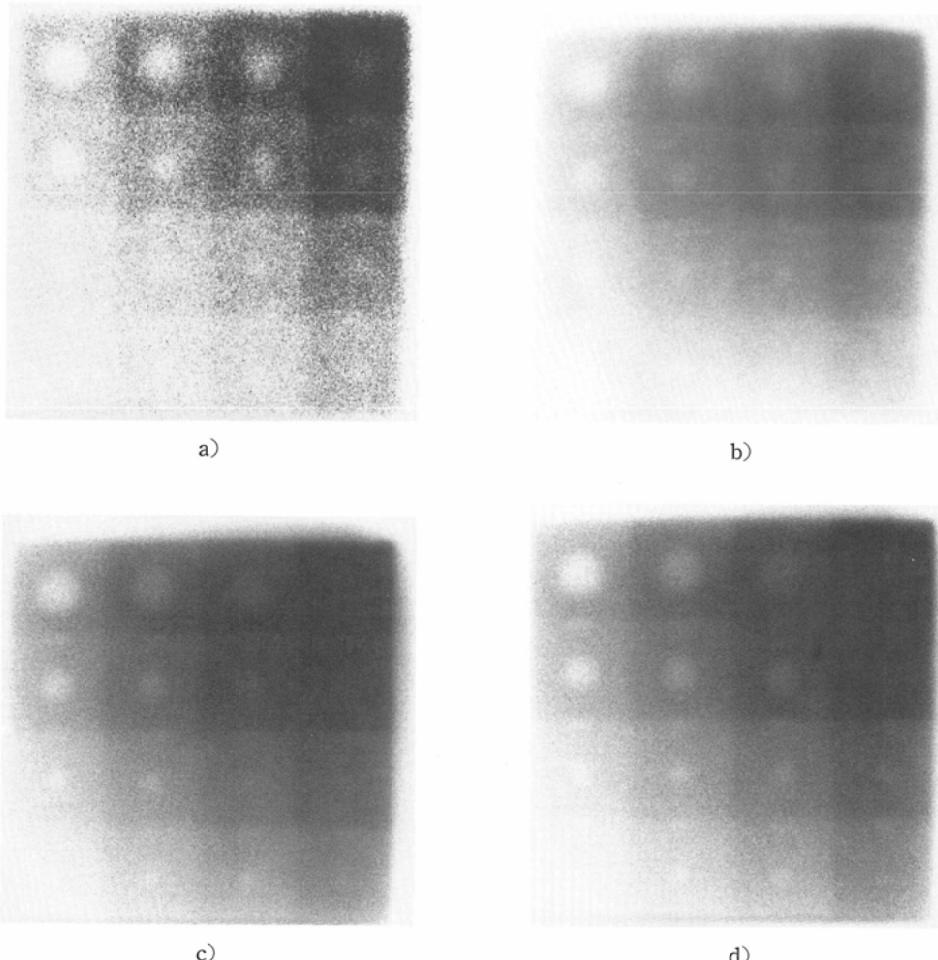


Fig. 5 Rollo phantomogram

a) by scinti. camera. b) by FCR with a single IP. c) by FCR with 3IPs. d) by FCR with 3IPs and lead plate.

The image with a single IP is not particularly good, but those obtained with the superimposed IPs are as good as the scinti. camera image.

$^{99m}\text{TcO}_4$ $74 \times 10^7 \text{Bq}$ (20mCi) を封入した面線源の直上に、パーファントムを設置し、LFOV 低エネルギー高分解能平行コリメータと 3 枚重ね IP により、10・15・20・30 分の各撮像時間でイメージングを行い、実際的な感度を計測した。同一ファントムをシンチカメラで撮像し至適画像を得るのに要した時間は 90 秒であった。FCR による画像では、10 分で画像を結ばず、15・20・15 分の撮像時間で良好な画像を結んでおり、これらの画像間に大差はなかった (Fig. 6)。シンチカメラの撮像時間と比較して、FCR システムの感度は約シンチカ

メラの 1/10 程度であった。

2) 本システムの分解能について

パーファントムを用い、各種コリメータと 3 枚重ね IP によるパーファントモグラムを得、本システムの総合分解能について検討し、シンチカメラ像と比較した。シンチカメラ像では、3.5 mm 以下のバーは分解されていないが、FCR 像では、2 mm 間隔のバーが分解されている (Fig. 7)。GCA 60A 低エネルギー高分解能コリメータを用いた画像 (Fig. 7-c) では、LFOV 低エネルギー高分解能平行コリメータによる画像 (Fig. 7-b) と比

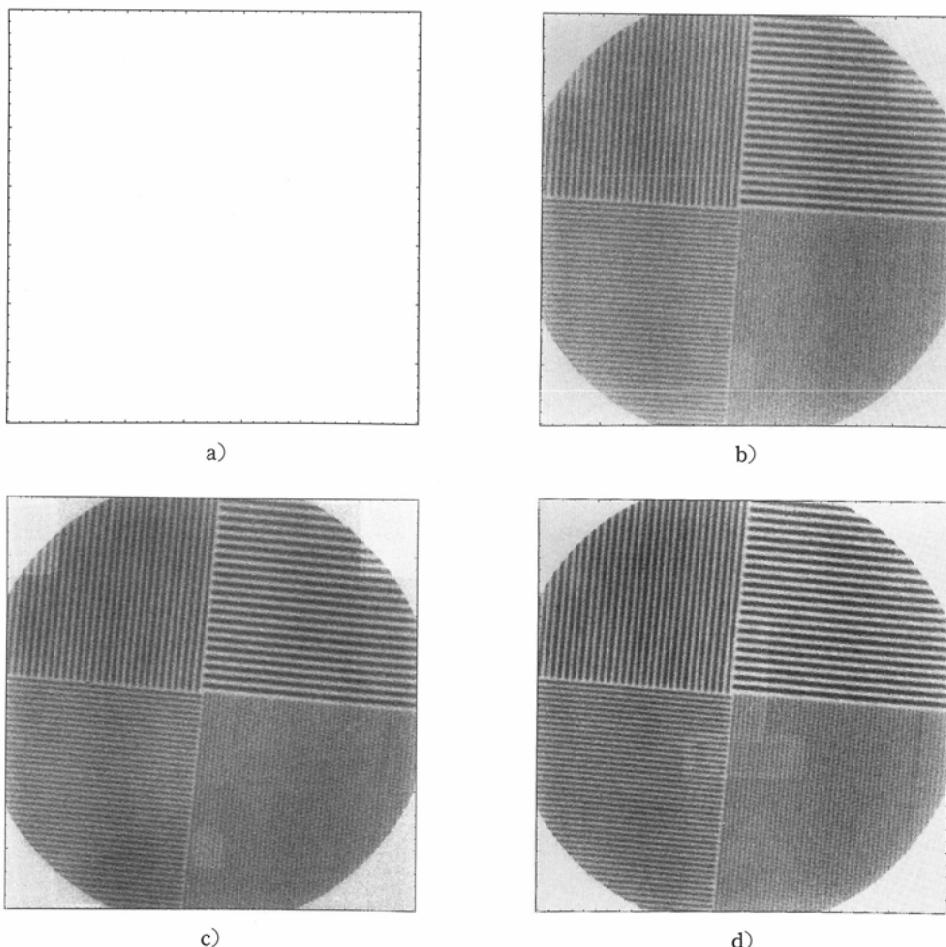


Fig. 6 Bar phantomogram by FCR
a) 10minutes imaging time. b) 15minutes imaging time. c) 20minutes imaging time.
d) 30minutes imaging time.

At 10 minutes on the upper left the image is not yet formed, but at the other times good comparable image were obtained.

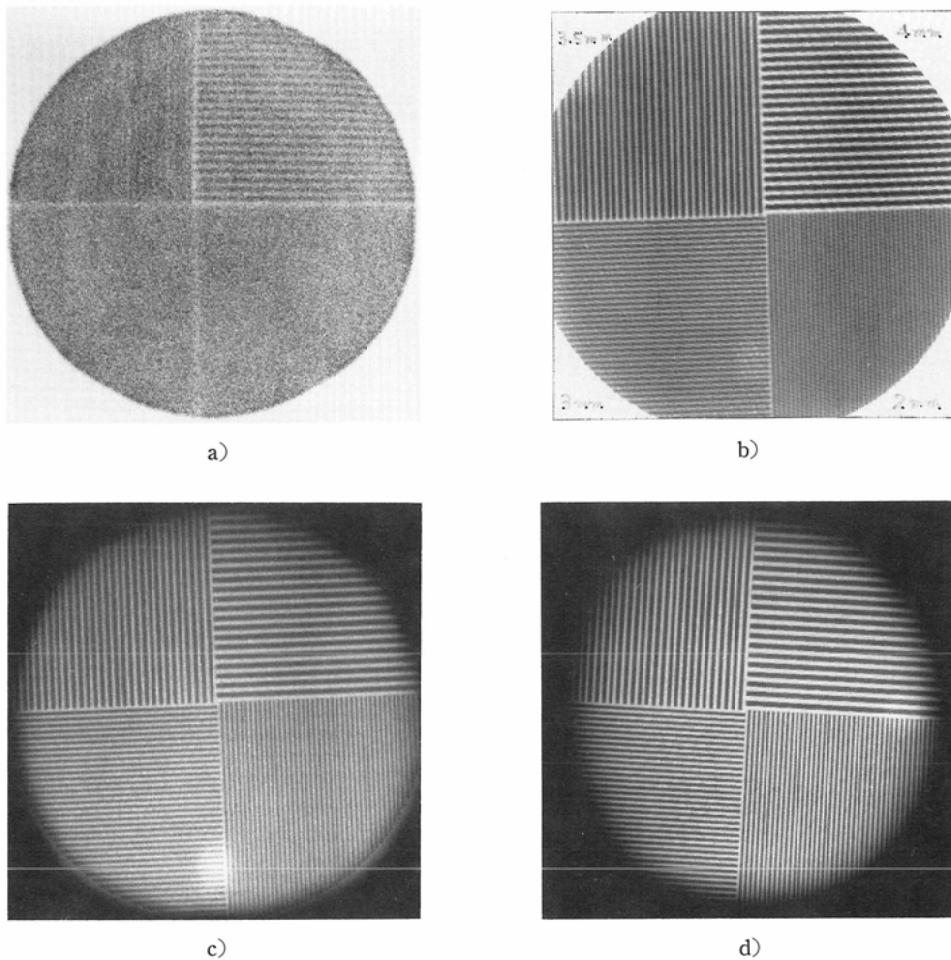


Fig. 7 Bar phantomogram

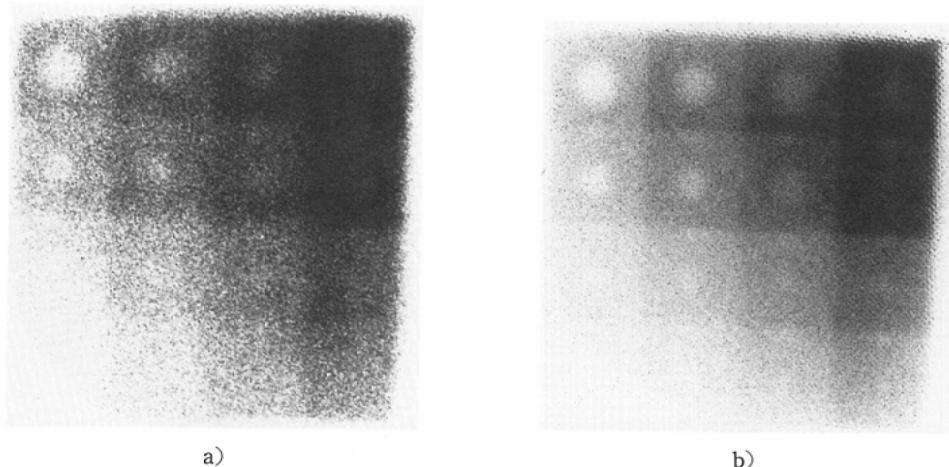
a) by scinti. camera. b) by FCR with LFOV high resolution collimator. c) by FCR with Toshiba high resolution collimator. d) by FCR with Toshiba ultra high resolution collimator.

The 2mm interval bar is defined on the three images by FCR.

べ、辺縁もシャープでより明瞭となり、GCA 60A 低エネルギー超高分解能平行コリメータを用いた画像(Fig. 7-d)では、さらに明瞭であった。FCRによる核医学イメージングの総合的分解能は、シンチカメラのそれと比べ明らかに優れており、かつ用いるコリメータの幾何学的分解能に相関していた。

3) ^{99m}Tc 以外の核種のイメージングについて
 ^{99m}Tc 以外の日常汎用される $^{201}\text{TlCl}$ と ^{67}Ga citrateについてのFCRによるイメージングを行い検討した。 $^{201}\text{TlCl}$ $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$ (2mCi) を封入

した Rollo phantom を LFOV 低エネルギー高分解能平行コリメータと IP 3枚を用い撮像して得られた FCR 像は、きわめてシャープで明瞭であり (Fig. 8) シンチカメラ像より優れていた。 ^{67}Ga -Citrate $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$ (2mCi) を封入した Rollo phantom を、LFOV 中エネルギー平行コリメータと IP 3枚を用い撮像し得られた FCR 像は、ファントムの輪郭さえも判然としないほど不十分な像であった (Fig. 9)。しかも、コリメータのホールと考えられる蜂窩状の模様も、画像上にあらわれていた。



a)

b)

Fig. 8 $^{201}\text{Tl-Cl}$ Rollo phantomogram.
a) by scinti. camera. b) by FCR
The FCR image is superior to the scinti. camera image.

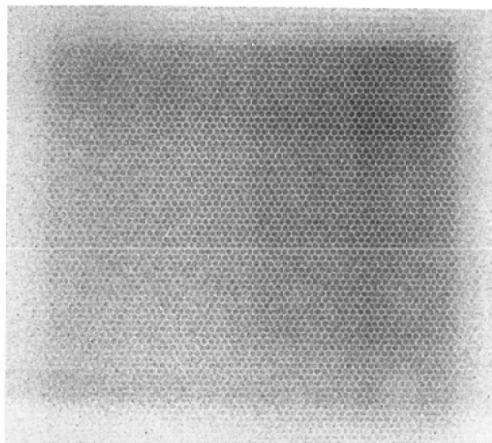


Fig. 9 ^{67}Ga -citrate Rollo phantomogram by FCR.

4) 臨床応用

以上の実験結果を基に、FCR による核医学イメージングの臨床応用を行った。各種テクネシューム標式化合物を被検者に投与し、FCR とシンチカメラにより肝・肝血流・甲状腺、骨イメージを得、両者を比較した。

肝イメージ

原発性肝癌、転移性肝癌30例に、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ・フチン酸 $37 \times 10^7 \text{Bq}$ (10mCi) を静注し30分後撮像した。FCR 画像の評価は、シンチカメラ像と同等かほぼそれに近い像を Excellent、シンチカメラ像より

Table 1 Evaluation of the liver and lung images compared with those of scinti. camera

	liver	lung
Excellent	22	10
Good	6	6
Poor	2	2
Total	30	18

cf. Excellent : almost equal to
Good : less than
Poor : unsuccessful

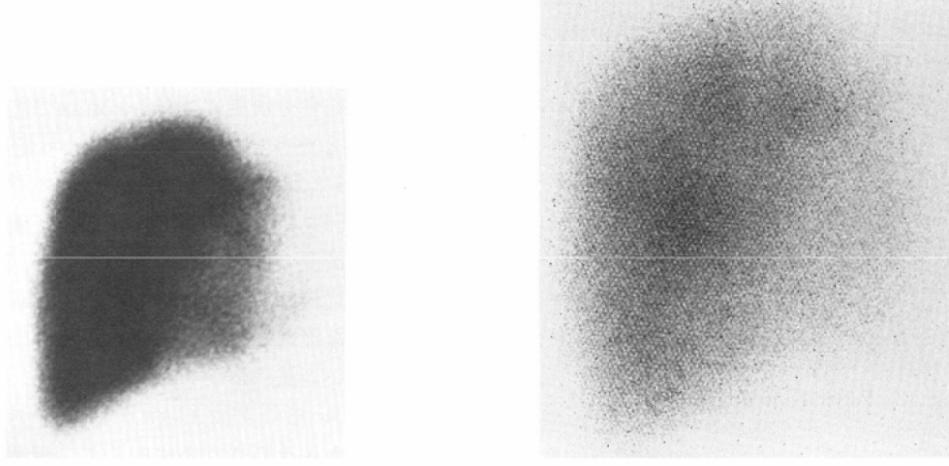
明らかに劣るものを Good、画像が拙劣で不十分であるものを Poor、以上の3段階に評価され、5人の放射線科医によって判定された。Excellent を示したものは30例中22例、Good を示したものは30例中6例、Poor を示したものは30例中2例であった (Table 1)。53歳女性の多結節型肝細胞癌症例のFCR像とシンチカメラ像とを比較すると、かなり近似した画像であった (Fig. 10)。63歳男性の転移性肝癌症例のFCR像は、シンチカメラ像より明らかに劣っていた (Fig. 11)。本例はRI集積が低く、そのためIPの吸収線量が不足したためであった。

肺血流イメージ

肺癌・肺塞栓症を確診、疑診された18例に、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ・MAA $37 \times 10^7 \text{Bq}$ (10mCi) を静注し5分



Fig. 10 Liver image in patient with hepatocellular carcinoma
a) by scinti. camera. b) by FCR
Each image shows SOL in the liver.



a) b)
Fig. 11 Liver image in patient with metastatic liver tumor
a) by scinti. camera. b) FCR
The image by FCR is inferior to that by scinti. camera.

後に撮像した、撮像時間は20分であった。得られたFCR像は肝イメージと同様の手法で評価された。Excellentを示したものは18例中10例、Goodを示したものは18例中6例、Poorを示したものは18例中2例であった(Table 1)。肝イメージと比べ、Excellentを示す割合は、やや少ない傾向にあった。18例中の1例は、進行乳癌症例で、突然の胸痛と呼吸困難を訴えたために、FCR法による肺血流イメージングを病室において行った。得ら

れたFCR像は明瞭で、多発性の血流欠損像が認められた(Fig. 12)ために速やかに多発性肺塞栓症の診断を下すことができた。FCR法がきわめて簡便であるため病室での撮像も十分可能であることを証明し得た貴重な経験であった。本法の特筆されるべき優れた長所の1つに、簡便性を挙げることができた⁶⁾。

骨イメージ

63歳男性肺癌骨転移症例に^{99m}Tc-MDP 74×10^7

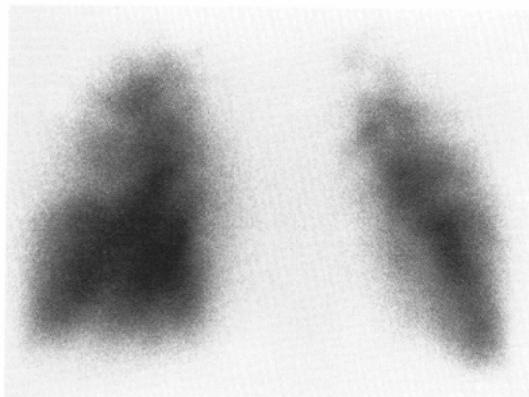


Fig. 12 Lung image by FCR in patient with pulmonary embolism. The image shows multiple perfusion defects.

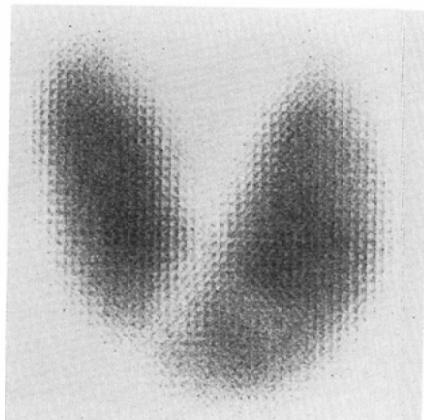


Fig. 14 Thyroid image by FCR in patient with hyperthyroidism. Hot nodule is noted in the Lt. thyroid lobe.

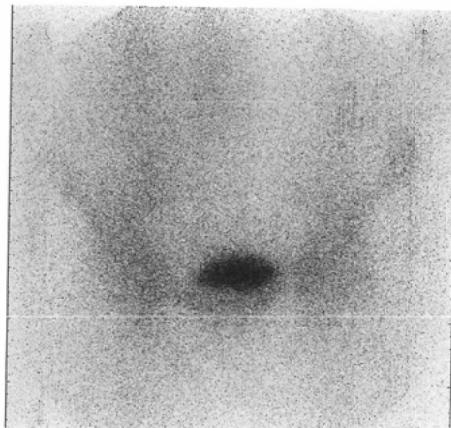


Fig. 13 Pelvic bone image by FCR.

Bq(20mCi)を静注し、4時間後撮像した。撮像時間は30分であった。漸く骨盤骨の形が判読できるが、詳細は全く読影できないほどの不明瞭な画像であった(Fig. 13)。

甲状腺イメージ

甲状腺機能亢進症、慢性甲状腺炎の2症例にFCRによるイメージングを試みた。甲状腺機能亢進症のFCR像は形態もよく描出していた(Fig. 14)。慢性甲状腺炎では、撮像したが画像を得ることができなかった。

考 案

1972年 Ambrose, HounsfieldによるX線CTの開発^{7,8)}がなされ、また超音波診断法の発達と普

及がなされ、各種画像診断法の開発により、RI診断法も少しづつその役割が変わって来ていると考える。NaIと光電子増倍管を用いる現行のシンチカメラの総合分解能は大体4~3mmであり⁹⁾、0.2mm以下という極めて高い空間分解能を有するCTやUSと比べ明らかに劣っている¹⁰⁾。さらにCTやUSは人体の横断面を表わし、臓器の重なりもなく精度の高い画像を呈示するが、RI画像はこれらと比較し明らかに精度は低く1歩遅れをとったような形になっている¹¹⁾。今回、著者らの開発した新しい方法は、シンチカメラを用いるかわりにIPを用いることによって、画像を点で表示するシンチカメラのやり方に対して、画像を面で表示するという新しい試みであり、X線フィルムを用いる一般X線撮影法と同じような方法であると云える。そのため、飛躍的な分解能の向上が果たされることとなった。RIイメージングは、体内に攝取されたRIから放出される多方向のγ線がある一定の方向に整流し検出する必要があり、通常コリメータを必要とする。FCR法においても同様にIPという検出器の他にコリメータを必要とし、このコリメータの幾何学的分解能が、本法の分解能に一致すると考えられ、本法の分解能は、GCA 60A低エネルギー超高分解能コリメータを用いると最高1mmであると考えられる。この点において最大の有用性を示していると考えられ、FCR

法は、従来のシンチカメラ像よりも精度の高い画像を与えてくれると期待できる。本法の特質としてその簡便性をあげることができる。必要とされる装置と材料は、IPとコリメータだけであり、軽量であるため病室での撮像も可能となり、また、IPとコリメータを複数使用することによって同時に数カ所撮像できると考えられる。

FCRによる核医学イメージングという全く新しい試みは、初期の実験結果の良好さと比べ、その臨床応用の結果は、満足のゆくものではなかった。これは、本法の感度の低さに起因するものであり、撮像時間も1回に20分も要し実際的でない。しかしながら、ハロゲン化合物結晶の厚さを増し発光量を増してIPの感度を高めること、レーザービームの強度を増し光信号を增幅すること、処理段階における電気的信号の増幅を計ることなどの技術的向上によって解決できる問題であると考える。今後の検討事項としている。

結語

1. FCRによる核医学イメージングは、可能であることを証明した。
2. 本法は、シンチカメラ法と比較し、その分解能において優れ、現段階で最高1mmの分解能を有するものと考る。
3. 本法は、簡便で、病室での撮像も可能であった。
4. 本法の感度は低く、シンチカメラの1/10程度であり、そのため臨床応用においては必ずしも満

足のゆく結果ではなかった。

文献

- 1) 高野正雄：輝光体を使った新しいComputed Radiography, 日本臨床, 41: 27-35, 1983
- 2) 高野正雄：新しいComputed Radiography, 再像診断, 2: 202-207, 1982
- 3) 蜂屋順一, 他: イメージングプレートを用いたdigital radiography. デジタルラジオグラフィー—臨床応用へのパスベクトリー: 177-192, ライフサイエンスセンター, 東京, 1982
- 4) Lim CB et al: Performance evaluation of recent wide field scintillation gamma cameras. Journal Nuclear Med 19: 942-947, 1978
- 5) アイソトープ協会医学薬学部会, 核医学専門委員会核医学イメージング規格化小委員会編: 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, ラジオアイソトープ, 26: 743, 1977
- 6) 淀野 啓, 他: Fuji Computed Radiographyによる核医学イメージングの試み—第1報—, 日本医学会誌, 44: 738-740, 1984
- 7) Ambrose J, Hounsfield G: Computerized transverse axial tomography. Thirty-second annual congress of British institute of radiology. Br J Radiol 20-21, 1972
- 8) Ambrose J, Hounsfield G: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2. Clinical application. Br J Radiol 46: 1023-1047, 1973
- 9) 大谷英尚, 他: RI体外測定装置の性能検査法, 放射会誌, 34: 634-660, 1979
- 10) 松井 修, 高島 力: 各種画像診断の限界—肝臓—, 画像診断, 3: 681-688, 1983
- 11) 鶴海良彦, 他: 肝細胞癌のRI診断, 画像診断, 2: 262-267, 1982