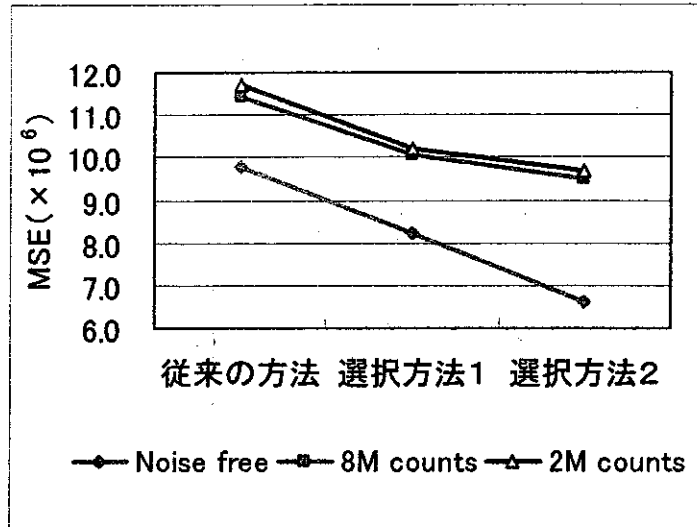


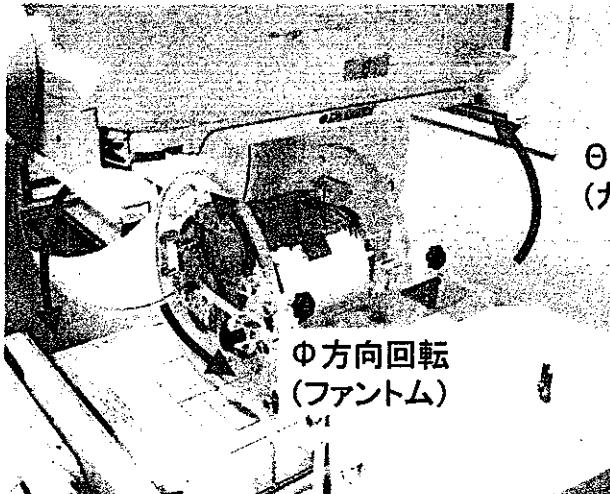
## MSEによる画質の比較



HOSEI  
Ogawa Lab.

## 実験

実験用ファントムとガンマカメラを用いた実験



Myocardium  
ファントム

θ方向回転  
(ガンマカメラ)

φ方向回転  
(ファントム)

Toshiba  
GCA7200 A/DI

HOSEI  
Ogawa Lab.

## 実験条件

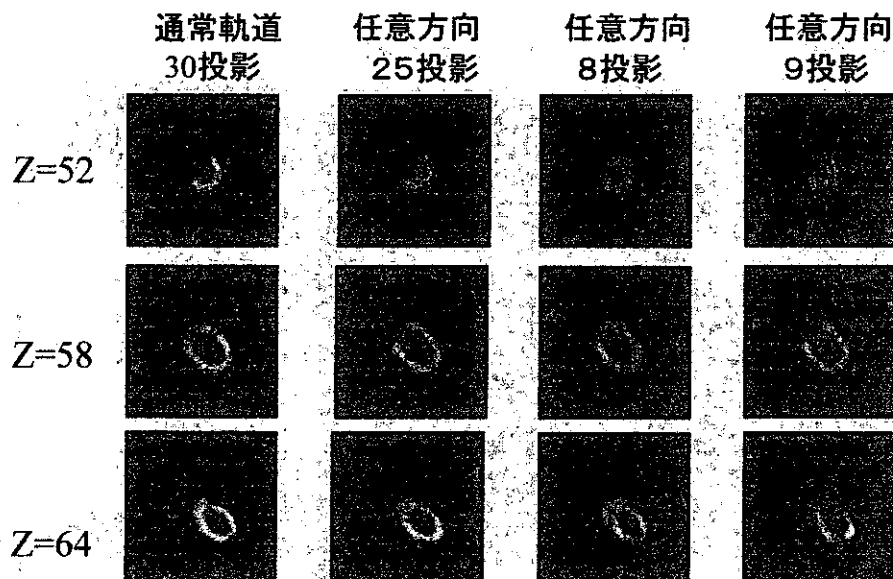
使用装置	TOSHIBA GCA7200A/DI
マトリックスサイズ	128×128
ピクセルサイズ	4.3mm/pixel
コリメータ	LEHRコリメータ
核種	Tc-99m
放射能	2.3mCi
散乱補正法	TEW法
エネルギーウィンドウ	メインウィンドウ: 20% サブウィンドウ: 7%
投影数	30,25,8,9 投影
収集時間	30(秒/投影)

8投影: S1{(0,90),(0,150)},S2{(90,90),(90,150)},S3{(30,90),(30,150)},  
S4{(60,90),(60,30)}

9投影: S1{(0,90),(0,150),(90,90)},S2{(30,90),(30,150),(-30,90)},  
S3{(0,120),(0,30),(90,120)}

HOSEI  
Ogawa Lab.

## 実験結果



HOSEI  
Ogawa Lab.

## まとめ

### シミュレーション

- パワースペクトルに心臓の重みをかけた選択方法(選択方法3)が最も良い結果が得られた。
- 投影方向の偏りを無くすための新しい選択方法(選択方法2)を用いることにより方向の偏りが解消され画質が向上することが確認できた。

### 実験

- 任意の方向からデータを用いた画像再構成による9方向を用いた場合の有効性が確認できた。



分担研究報告書

分子病態モデルの作製に関する研究  
－放射線照射による肺障害のモデル－

分担研究者 國枝 悦夫（慶應義塾大学医学部放射線科学教室講師）

研究要旨

医療用ライナックを用いてウサギに定位放射線照射を行い、肺組織の放射線による変化を生じさせ、放射線および核医学的に観察可能な病態モデルを作成した。動物固定具などを工夫して、ライナックによる照射をおこなった。放射線照射により惹起される肺臓炎は、各種のサイトカインの関与が指摘されている。これらの物質あるいはその受容体のR I 標識により、その動態を観察することにより、放射線肺臓炎の発症の分子レベルでの解明が期待できる。

A. 研究内容

1. ウサギの照射の際には、ウサギの不動化が求められるため、静脈麻酔下に固定具を用いたウサギ固定法を既に確立した。固定法としては通常の動物固定具ではX線の吸収が大きいため、発泡スチロール粒をビニール袋の詰めたものを用意した。動物の形に合わせてから、吸引器で陰圧にすることでそのままの形態で硬化するため、動物をさらに固定できる。比較的自由的な位置で固定でき、治療用X線にほとんど影響しないことが確認された。この手法により、2-
2. また、CT撮影装置によりウサギの断層像を撮影し、線量計算用コンピュータに画像転送をおこない、その画像データを基に病巣への線量投与量を求められることを確認した。通常の放射線治療と違い、ウサギの胸部はかなり小さいので小型肺不均質部を含むファントムを作成して計算線量と実際の投与線量が同等であることを確認した。
3. 正常肺組織に囲まれた狭い範囲の肺障害組織を作成するために、直径5mm-15mm程度の照射範囲になるように通常のライナックの照射ヘッドにテーパ付き円筒形鉛コリメータを装着して回転照射をおこなった。これにより放射性肺炎を生じさせ、肺組織内に任意に狭い範囲の病態を作り出すことが出来る。コリメータのサイズを変えることで病変のサイズを変化させることも可能である。

B. 考察

肺の放射線反応は、照射後1-3ヶ月で発症する放射線肺臓炎（早期反応）と、3-6ヶ月後に始まる放射線肺線維症（晩期反応）に分けられる。特に放射線肺臓炎の発症機序は大きく二つに分けられると報告されている。すなわち、a) classical radiation

pneumonitis：局所のサイトカイン産生による肺臓炎で、照射野に限局し、最終的には線維化にいたるものと、b) sporadic radiation pneumonitis：免疫機構によって惹起される一種の過敏性肺臓炎で、リンパ球による肺胞炎を引き起こし、照射野外にまで広がるものである。我々のモデルでは投与放射線の集中度、線量が自由に選択でき、限局した任意の部位に任意の大きさの病態を作り出すことができるため、病態に応じて適切な核種、トレーサーを選択することで、望まれる放射能分布が得られる。幾何学的形状がコントロール可能で、肺臓炎の所見はCTなどでも確認が容易であることから、半導体検出器をつかった断面画像での検出能を適切に評価可能であると思われる。さらに肺以外でも肝臓、脳その他の臓器に同様な病態モデルを作り出すことが出来るものと思われる。

#### C. 結論

医療用ライナックを用いて定位放射線照射が可能となる固定具を開発した。この固定具を用いてウサギに定位放射線照射を行い、限局性の放射線肺臓炎を惹起させた。これにより、核医学的手法で観察可能な放射線肺臓炎の分子病態モデルを作成することができた。

#### D. 健康危険情報

特記すべき事項なし

#### E. 知的財産権の出願・登録状況

特記すべき事項なし

分担研究報告書

断層画像再構成技術の開発

－SPECT 再構成画像における関心領域設定時の閾値に関する検討－

分担研究者 中原 理紀（慶應義塾大学医学部放射線科学教室助手）

研究要旨

核医学画像で定量評価を行う場合、関心領域の設定が必要であるが、その客観的指標は確立していない。このため、再現性のある関心領域設定法について検討した。小型円柱ファントム（径 22mm）に 2.6kBq/cc, 1.3kBq/cc, 0.65kBq/cc の 3 種類の濃度の Tc-99m を充填させ、10 分間および 30 分間の撮像を行った。撮像した画像を再構成し、10%～90%までの閾値で関心領域を設定した。その結果、濃度によって多少の差があるが最適閾値は 50-60%付近にあると考えられた。集積が明瞭に認められるような状況では、閾値を 50-60%程度に設定すれば病巣の真のサイズにほぼ即した関心領域設定が行うことが可能であることが示唆された。

A. 研究目的

核医学画像において、病巣部位への RI 集積を数値として客観的に表現することは、腫瘍の性状診断（すなわち良悪性の鑑別など）や治療効果判定を行う上で非常に有用とされている。日常の核医学検査においては、SPECT 再構成画像に映し出された病巣に関心領域を人為的に設定することが多いが、核医学画像は空間分解能に限界があるため、CT などの空間分解能に優れた形態画像と異なり再構成画像上の病巣はぼけて映し出されている。そのため、関心領域の設定者によって輪郭の採り方に違いを生じ、測定値に再現性が見られない可能性がある。今回の研究では、再現性のある関心領域設定法を試み、それを応用して病巣輪郭設定の正確性を検討した。

B. 研究方法

まず、測定方法に関して測定者による誤差を防ぐため、関心領域設定に関して閾値を設定する方法を選択した。SPECT 再構成画像は収集カウントをピクセルごとにデジタル表現されているため、病巣集積内の最大カウントを計測することが可能である。病巣が円形であると仮定すると最大カウントをほぼ中心として山の等高線を描くように、病巣輪郭ではバックグラウンドに近いカウントになる。したがって、最大カウントに対するある一定割合以上（例：最大カウントの 50%以上）に関心領域に設定するという方法をとれば、設定者による人為的誤差が生じなくなる。この方法を以下閾値法と呼ぶことにする。

小型円柱ファントム（内径 22mm）を作成し、病巣を仮定して内部に RI の一種である

パーテクネート（以下  $^{99m}\text{Tc}$  と略す）を充満させた。病巣 RI 濃度は、臨床現場で見られる病巣集積濃度に即するため 2.6kBq/cc, 1.3kBq/cc, 0.65kBq/cc の 3 種類（各々濃度 A,B,C とする）を設定した。機器は 2 検出器型 SPECT 装置である GCA-7200A を用い、各 3 種類のファントムを回転半径の中心になるように縦に直列に並べ、断層撮像を行った。したがって、再構成画面上には径 22mm の円形の集積が理論上得られることになる。

収集時間による影響も見るため dynamic SPECT を行い、10 分収集および 30 分収集の 2 条件を撮像した。収集データを一般的な再構成法を用いて断層画像化し、画像上に映し出された架空病巣集積を、先に述べたように閾値法によって集積値として表現した。閾値は 90% から 10% まで 10% おきに設定し、関心領域を 9 通り設定した。ただし、最大カウントは整数であり、閾値が 10% 単位で割り切れない場合が多かったため、パーセント値の桁が  $\pm 3\%$  までのずれに関しては集積値を検討対象に含めた。

以上の方法により、各閾値設定により関心領域のサイズおよび関心領域内の平均カウントが得られる。今回の研究では、ファントムの位置が正確に求められており、ファントムに一致した径 22mm の円の関心領域を設定することができ、それにより得られた平均カウントが真の値（以下 true count）と定めることができる。したがって、閾値法において最も病巣サイズを反映する閾値はどのくらいかを調べるのが可能となる。

### C. 研究結果

10 分収集においては濃度 B,C では収集カウントが少なく、閾値を 10% おきに設定することが困難であった（表 1）。濃度 A では、最適閾値は 50-60% であると考えられた。30 分収集での結果を表 2 に示す。濃度 A,B では最適閾値は 50-60%、濃度 C では最適閾値は 60% に近い値であると考えられた。以上の結果より、濃度によって多少の差があるが最適閾値は 50-60% 付近にあると考えられた。実際の臨床現場では病巣の RI 濃度をあらかじめ知ることはできないため、濃度により閾値を変えることは難しい。したがって、ある一定のパーセント閾値設定を行わざるを得ず、濃度の変化によって誤差が少ない閾値を検討する必要がある。濃度 A:B:C が約 4:2:1 であることを考慮して、病巣 RI 濃度変化による関心領域内平均カウントの直線性を調べてみると（図 1）、50% および 60% 閾値設定を含めほとんどの閾値設定で誤差が少なかった。



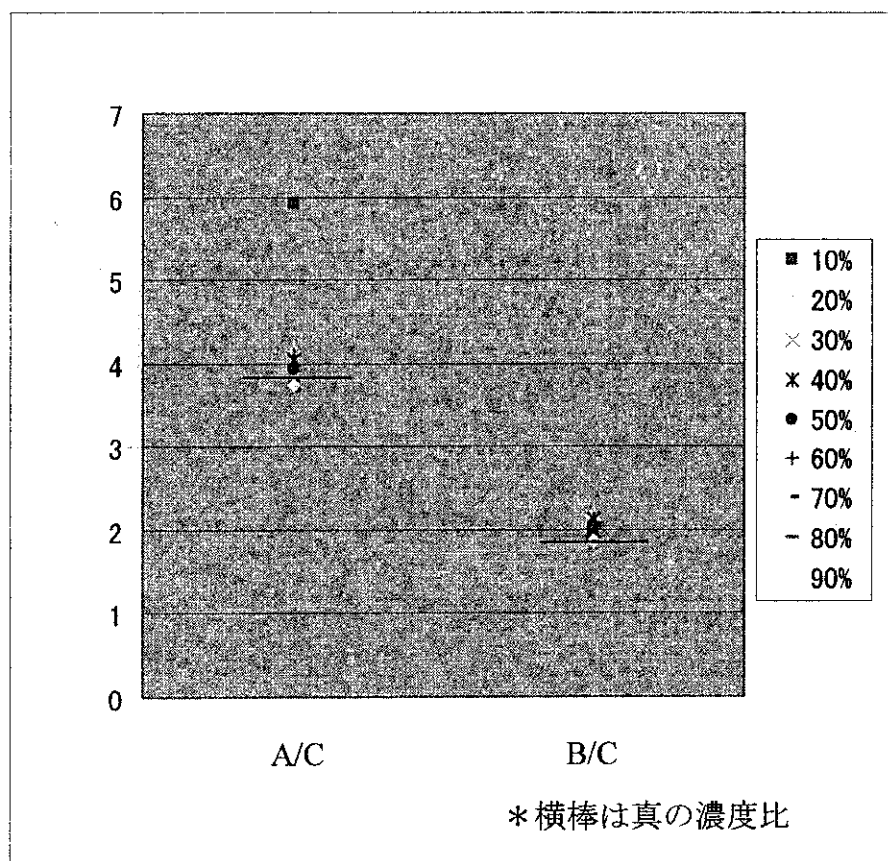
表 1 : 10 分収集における閾値設定とその関心領域内平均カウント

閾 値 濃度	true count	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
A	9.36	2.71	4.98	6.69	7.64	8.87	9.62	10.66	11.40	12.24
B	4.81	1.04	1.77	3.11	測定 不可	測定 不可	測定 不可	測定 不可	5.77	6.27
C	2.47	測定 不可	測定 不可	0.82	測定 不可	1.97	測定 不可	測定 不可	3.14	測定不 可

表 2 : 30 分収集における閾値設定とその関心領域内平均カウント

閾 値 濃度	true count	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
A	28.08	11.73	17.53	20.31	23.66	25.63	29.58	31.40	33.86	35.58
B	14.00	3.80	9.16	10.65	12.36	13.36	14.67	15.75	16.96	17.85
C	7.31	1.98	4.18	5.03	5.84	6.56	7.24	8.54	8.97	9.50

図 1 : 病巣 RI 濃度変化による関心領域内平均カウントの直線性 (30 分収集)



#### D. 考察

問題となる病巣への RI 集積を定量測定する場合、放射線技師のみならず医師が関心領域を設定する場合に主観的な要素が含まれる。したがって、再現性の低い、誤差の多い定量値が得られ、診断を誤らせる可能性がある。今回の研究のように、半ば自動的に関心領域を設定することによって、再現性を高めることができる。また、近年 CT と核医学画像の融合画像の研究が盛んに行われ、その際には CT で得られる正確な病巣サイズ・病巣輪郭に合わせて関心領域が設定されることを考慮し、病巣サイズに最も近い閾値設定を検討した。実際の臨床現場では、ファントムのように病巣周囲が空気ではなく正常臓器などで囲まれているため、収集カウントが低くなる状況が考えられるが、集積が明瞭に認められるような状況では、閾値を 50-60%程度に設定すれば病巣の真のサイズにほぼ即した関心領域設定が行うことが可能であることが今回の研究で示唆された。

#### E. 結論

SPECT 再構成画像における関心領域設定時の閾値については、集積が明瞭に認められるような状況では、閾値を 50-60%程度に設定すれば病巣の真のサイズにほぼ即した関心領域設定が行うことが可能であることが示唆された。

#### F. 健康危険情報

特記すべき事項なし

#### G. 知的財産権の出願・登録状況

特記すべき事項なし



分担研究報告書

半導体型ガンマカメラの開発、設計

分担研究者 小林 弘明（東芝医用システム社参事）  
本村 信篤（東芝医用システム社主務）

研究要旨

今年度は主に以下の3点について研究開発を行った。1) 半導体検出器の視野拡大に必要な要素技術の開発、2) 小視野の半導体検出器による擬似的な大視野における性能評価、3) 臨床機システムの仕様検討。これらの検討の結果、1) 半導体検出器モジュールにブロック構造を採用し、エネルギー分解能の改善をはかった。視野拡大において必要な処理素子数を増やした信号処理基板を試作した。2) 半導体検出器の利用により、エネルギー分解能の著明な改善が期待できる結果が得られ、ファントム実験でも良好な画像が得られた。3) 半導体独自のデータ収集法として、従来の円軌道収集とは異なり、被検体を見込む最適な三次元位置からデータ収集を行う方法の開発や座位状態でのSPECT収集を行える架台構造の設計を行った。

1. 半導体検出器の視野拡大に必要な要素技術の開発

半導体検出器の視野拡大を実現するために、半導体検出器モジュールとして、従来のマッチ棒構造に変わりブロック構造を採用した。半導体素子の性能のばらつきを押さえ、かつ製造コストを下げるために半導体素子をブロック構造にすることを検討し、半導体素子の電極構造にpixel構造を採用することとした。pixel型構造では、検出器内で発生するキャリアのうち、電子の情報のみを使い、エネルギースペクトラムに悪影響を与える正孔の情報は使用しないため、良好なエネルギー分解能を得られると期待できる。設計パラメータを変えた半導体素子の単体性能測定を行ない、最適な設計パラメータ（電極形状や寸法など）を決定した。

また、同じく視野拡大において必要な半導体モジュール実装技術、信号処理基板を設計・試作した。画像化実験システム（半導体検出器モジュール、信号処理基板、データ収集ユニット）でシステム評価を行ない、信号処理基板上のノイズについて調査、検討した。その改善アイテムをブロック構造の新モジュールに合わせ処理素子数を増やした新しい信号処理基板の設計に生かした。

2. 小視野の半導体検出器による擬似的な大視野における性能評価

半導体検出器の大視野における性能を評価することを目的として、現時点において使用可能な32mm視野の半導体検出器（eZ-scope、安西メディカル社製）とスポット移動が可能な架台を使用して、擬似的な大視野収集を行った。評価対象は半導体により従来のアンガー型に比べて改善が期待されるエネルギー分解能の向上による散乱線含有量の低減（コントラストの向上）を中心とした。

エネルギー分解能は Tc-99m においてアンガー型の 10%(FWHM)に対し、半導体では 5%(FWHM)と大きく改善が見られた。線線源と散乱体を用いた実験では、線広がり関数(FWTM)による評価で著明な改善が見られた。また心筋ファントム画像においてもコント

ラストの改善が確認できた。

### 3. 臨床機システムの仕様検討

平成15年度に臨床機システムの作成を予定している。半導体検出器は従来のアンガー型検出器と比較して小型・軽量にできることが特長である。この特長を生かし、検出器の動きの自由度を高め、従来のカメラでは実行が困難であった核医学検査を行うことを本システムのコンセプトとした。主要な核医学の臨床検査のうち心筋 SPECT 検査、脳 SPECT 検査を対象にしてシステム仕様を決定した。半導体独自のデータ収集法として三次元投影 SPECT 収集（従来の円軌道収集とは異なり、被検体を見込む最適な三次元位置からデータ収集を行う方法）や座位状態での SPECT 収集を行える架台構造とした。

上記のコンセプトに基づき、架台の基本設計を開始した。半導体検出器の特長である検出器ヘッドが小型であることを活かして、検出器が様々な向きで患者に近接できて、診断姿勢（検出器位置関係）の自由度が高い架台構造を決定した。臨床試験用架台の製作に先立ち、装置小型の際に問題となる剛性検証のため、装置のモデル化を行いリング構造体および検出器アーム部の剛性解析を実施した。また、装置の先行評価ユニットを試作し、2重リング構造を具現化すると共に、ユニットの評価を行い変位量が実用レベルであることを確認した。

また、本システムの構成を従来資産を生かす方向で検討し、データ収集ユニット及びデータ処理装置は小視野検出器システムと同じものを使用することにした。架台制御部と収集ソフトウェアについて基本設計を行なった。

### 4. 健康危険情報

特記すべき事項なし

### 5. 知的財産権の出願・登録状況

特記すべき事項なし

### III. 研究成果の刊行に関する一覧表

#### 書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
藤井博史	センチネルリンパ節同定のための放射線検出器	北島政樹 久保敦司	Sentinel node navigation	金原出版	東京	2002	52-57

#### 雑誌

発表者名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
藤井博史、北川雄光、池田正、尾川浩一、国枝悦夫、中村佳代子、中原理紀、北島政樹、久保敦司、竹内康直、流王英樹	半導体検出器を搭載したイメージングプローブによるセンチネルリンパ節画像化の検討	臨床放射線	47(12)	1725-1733	2002
Fujii H, Kubo A	Sestamibi scintigraphy for the application of minimally invasive surgery of hyperfunctioning parathyroid lesions	Biomed Pharmacother	56 (suppl 1)	7s-13S	2002
藤井博史、北川雄光、久保敦司	センチネルリンパ節の画像化	Pharma Medica	21 (1)	53-58	2003
藤井博史	Sentinel node concept と核医学	新医療	30 (3)	122-124	2003
小林紀彦、尾川浩一	少数方向からの心筋 SPECT	Med. Imag. Tech.	20 (4)	331-335	2002
Ogawa K, Motomura N	Proposing a new myocardial SPECT system	Conference Record of IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference		CD-ROM publication	2002
尾川浩一	可搬型ガンマカメラによる心筋 SPECT	映像情報 Medical	34 (15)	1416-1421	2002
小林紀彦、尾川浩一	心筋 SPECT における投影データの選択	信学技報	MI2002-124	71-75	2003





20020767

以降は雑誌/図書に掲載された論文となりますので、  
P.53の「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。