

核医学について

Nuclear Medicine

竹村 國彦

核医学について

- In Vivo

人体内に放射性薬剤を注入し、薬剤の分布を計測する

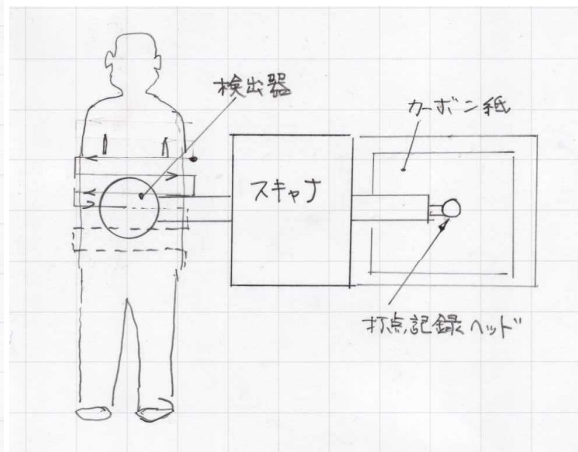
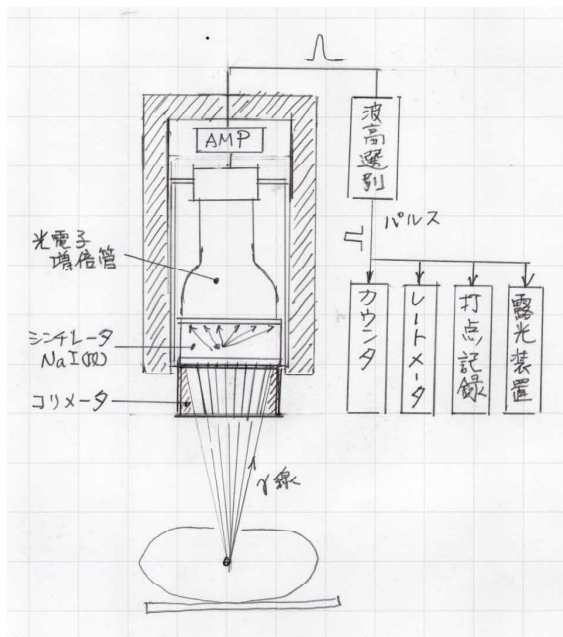
- In Vitro

検体と放射性薬剤を試験管内で反応させ、検体と反応した薬剤の放射能を計測することにより、検体内の成分濃度を測定する。

核種について

核種	半減期	エネルギー	
Tc-99m	6時間	140keV	
I-131	8日	364keV	
Ga-67	3日	93keV	脳腫瘍、肺がん
Tl-201	73時間	167keV	心筋
C-11	20分	511keV	Positron
O-15	122秒	511keV	Positron
F-18	110分	511keV	Positron・FDG

シンチスキャナ



昭和40年～50年代初期に活躍した

SCC-300シリーズ

上下対向に検出器を配置し3インチ検出器はSCC-330W型、5インチ検出器をSCC-350Wと呼んだ。

写真記録は2系列の記録が可能で、条件設定は1cm当りのカウントすなわち、情報密度をあらかじめ設定する方式 (Information Density) を採用し、使用経験が少ない人でも常に最適のシンチグラムが得られるようにした。

シンチグラム記録再生装置 (IDP-2) は、シンチグラムをカセットテープに記録、再生およびイメージング処理を行い、再度写真シンチグラムを記録する装置です。(オプション)



図1 シンチスキャナ

単位距離当たりの情報量で画像濃度を決定する方式は、アナログカメラ (LFOV) の濃度決定方式 (Information Density) として採用されている。

エネルギーピークの設定核種

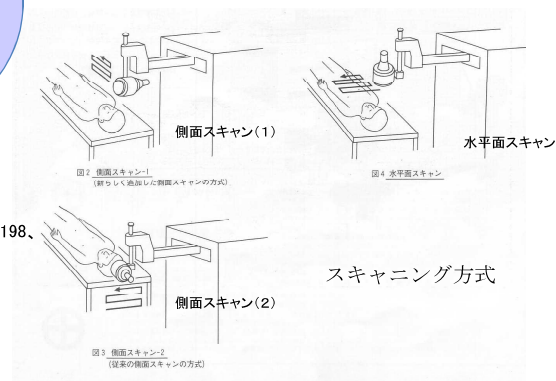
Tc-99m, In-113m, Se-75, I-131, Au-198, Xe-133, Ga-67

Gaは3Peak使用が可能となった。

シンチスキャナ

1. ミニスキャンが標準仕様となりました。
2. 二種の側面スキャンが可能となりました。(下図参照)
3. Information Densityが装備されました。

スキャン面積: 35 × 42cm
(全身ミニスキャンのとき55 × 42cm)
スキャン速度: 20 ~ 500cm/min
画像縮小率: 1/1, 1/3, 1/5 (全身シンチ用)



昭和40年～50年代初期に活躍した

シンチスキャナ

SCC-1050W

島津 全身スキャナ

検出部は、高感度、高分解能を有する直径12.7cm厚さ5.08cmのNaI(Tl)シンチレータを被験者の上下に対向して配置し、検出効率を高めるとともに最大750cm/minの速度で、190cm(身長方向) × 60cm(幅方向)までの面積をスキャンすることができる。

走査面積: 60 × 190cm

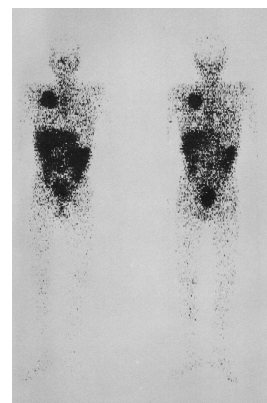
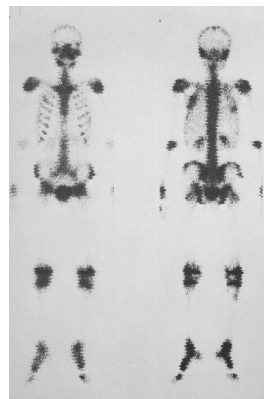
走査速度: 20 ~ 750cm/min

縮小率 1/1 : スキャン可能面積 35 × 43cm
1/3 : スキャン可能面積 60 × 129cm
1/5 : スキャン可能面積 60 × 190cm



スキャンの様式も側面スキャンが可能となりスキャンスピードの高減率が含まれて、多方向のシンチグラムを短時間に撮影することが出来ます。また各種アタッチメントが用意されていますので、高度のスキャンが可能です。

シンチグラム記録再生装置 (IDP-2) は、シンチグラムを、カセットテープに記録、再生およびイメージング処理を行い、暗箱によって写真シンチグラムを得る装置です。(オプション)



肺癌

⁶⁷Ga 2mCi

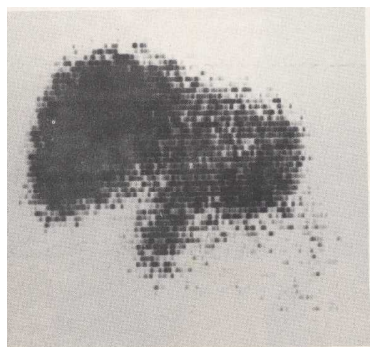
スキャンスピード :
300cm/min

多発性外骨腫

^{99m}Tc 15mCi

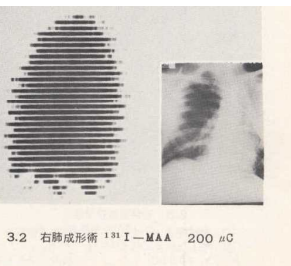
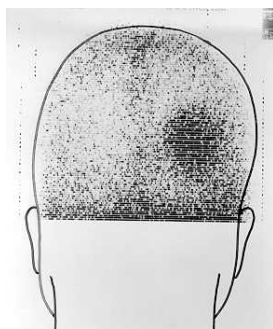
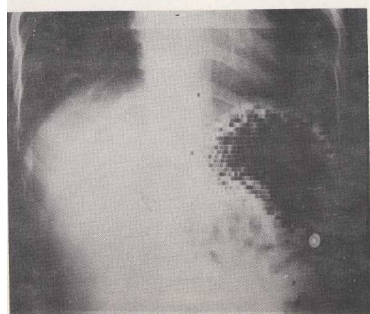
スキャンスピード :
300cm/min

シンチカメラ臨床例

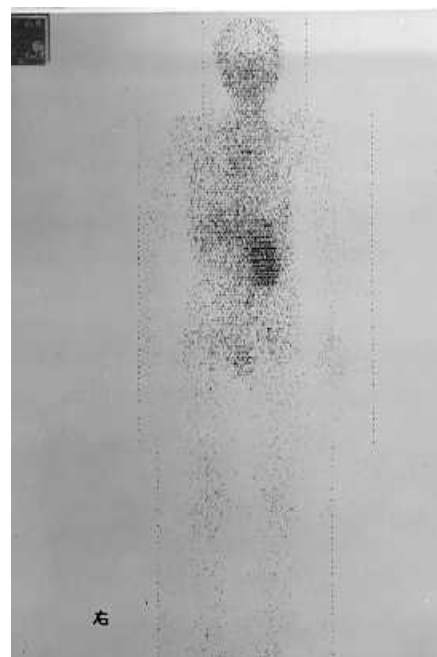
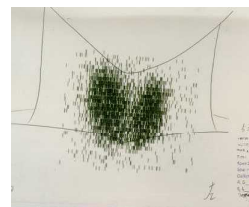
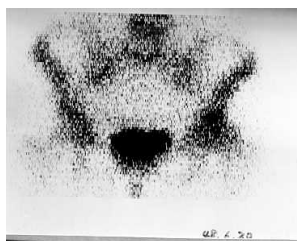


6.1 正常脾 ^{75}Se メチオニン $100\mu\text{C}$

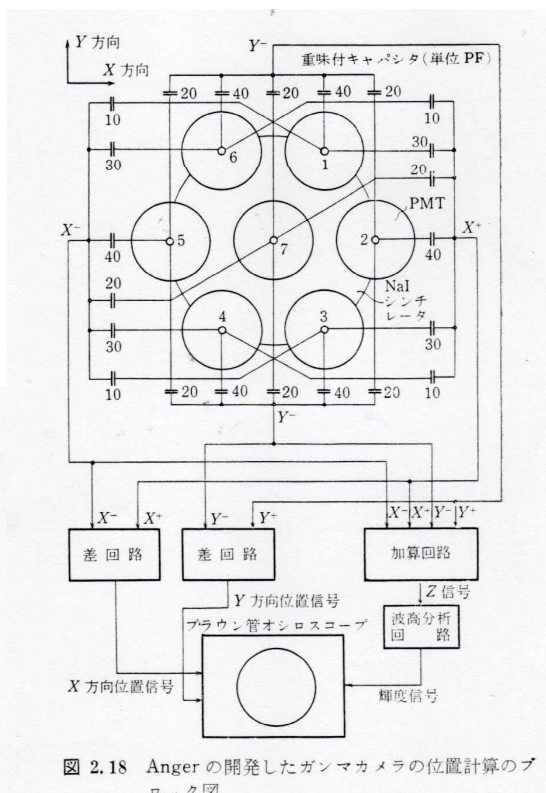
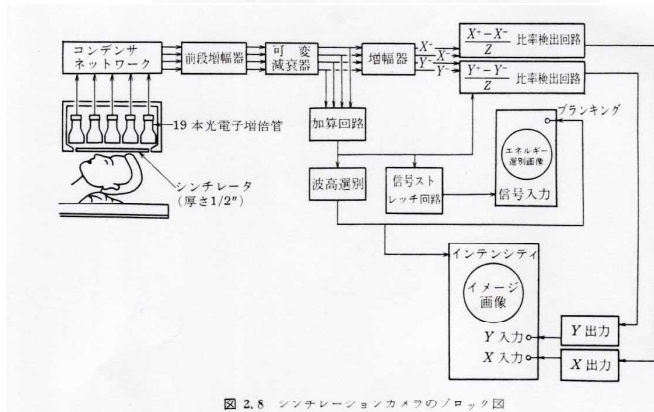
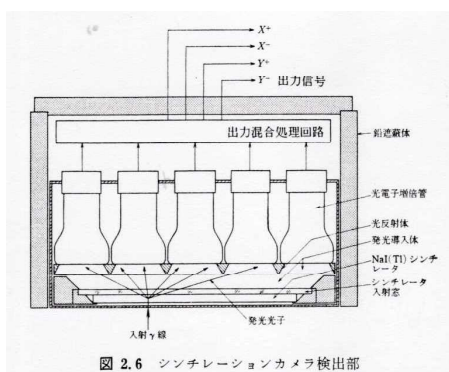
7. 脾 Hg-203 MHP $100\mu\text{Ci}$ 正常脾



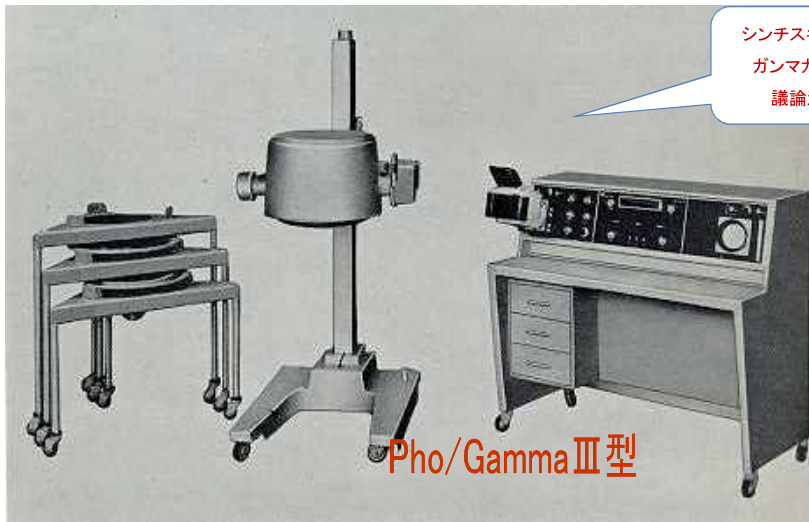
3.2 右肺成形術 ^{131}I -MAA $200\mu\text{C}$



ガンマカメラ

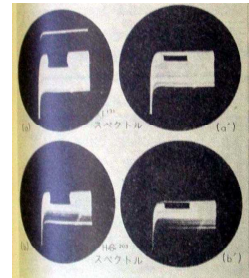


シンチスキャナと異なり、検出器固定のままでシンチグラムが得られる。
Dynamic検査が出来るようになり、臨床核医学に新風を巻き起こす。



シンチスキャナか
ガンマカメラか
議論沸騰

Pho/Gamma III型



肝臓シンチ(肝癌の症例)
ポラロイドカメラで撮影
Tc-99m Sulfur Colloid
3mci
露出1分
投与後15分

高速プリンター、時間送りカメラ、レートメータ、およびレコーダを付属すれば、
RIの分布状態の時間的変化を、計数値のプリントアウト、35mmフィルムに連続撮影、
および計数率のペン記録ができるようになる。
また、ポジトロンを使用する断層診断のために、付属装置を併用して脳、
骨などの新しい断層診断を行うこともできる。

(昭和43年カタログ)

有効視野: 25cmφ

アナライザーの設定方式

Crystal: 11.5インチ×1/2インチ

光電子増倍管: 3インチ 19本

測定エネルギー範囲: 50~680Kev

エネルギー分解能: 14% at Hg-203

分解能: 鉛バーファントム 8.2mm

1969年(S. 44) Pho/Gamma HP



レノグラム検査には島津製の

“レートメータ ER-20”と“2ペンレコーダ UR-220”を採用した。

有効視野: 25cmφ

全身スキャンは3パス方式

分解能: 鉛バーファントム 4.8mm

Crystal厚: 9.5mm

光電子増倍管: 3インチ 37本

ライトパイプの改良、PMT改良、Pre-AMP改良で

分解能と均一性が向上

バイアルカリPMTを採用

1971年(S. 46)カメラによる全身シンチ

有効視野: 25cmφ

全身スキャンは3パス方式



島津全身シンチカメラ

Pho/Gamma Ⅲ型カメラのアクセサリ



Pho/Gamma Ⅲ型カメラ

Dual head Camera

昭和42年 ポジトロン測定の前準備は出来ていたが、日本では納入の実績はありません。

ポジトロン カメラ

ポジトロン放射性アイソトープによる断層シンチホト作成のために考案された装置で、この種の商品としては世界唯一のもの

し、またオーブ露光の際には露光板の露光部分を、さらにフロッピー露光の際には露光板の露光部分を別様より撮影することができます。

がすぐれたものもっています。

単レンズカメラ (特別仕様型)
CRT管をオプトドライブフィルムに撮影するカメラで、3レンズカメラに比べて大きな像を得ることができます。

35mmオートドライブカメラ (特別仕様型)
このカメラは、4コマ毎秒の連続撮影ができ、動態の記録に適しています。

ホトスコープ (特別仕様型)
ホトスコプは、11×14センチのフィルムに実物大のシンチグラムを記録します。

ポラロイドコピー装置 (特別仕様型)
単レンズカメラあるいは3レンズカメラで撮影したポラロイドフィルムの像を、顕微鏡で拡大して撮影することができます。



3レンズと単レンズカメラ

高速プリンターと2CHレコーダー・レコーダ

8441形 高速ディジタルプリンター
8732形 デュアルチャンネル・リニアノログレイトメータ
8435形 デュアルペンレコーダ



パーステンスコープ装置

1976年(S. 51) Pho/Gamma LFOV



LFOV Scintiview (スタンダード型)

簡単な画像処理が可能となる。
故障の発生率が高くマイッタ!

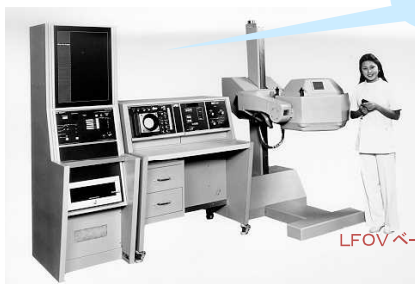
大視野カメラの登場

有効視野: 387mmφ
全身シンチ: 2パス
T-Cap型PMTを採用
PMT: 61本
分解能: 鉛バーファントムで3.5mm
1977年には2.0mmまで向上

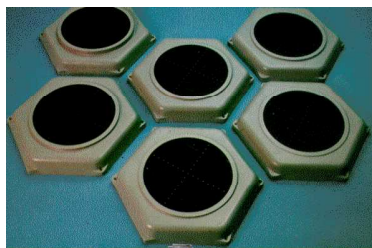


骨シンチ Tc-MDP 15mci
UHRコリメータ

マイクロドットイメージャの登場



LFOV ベーシック型

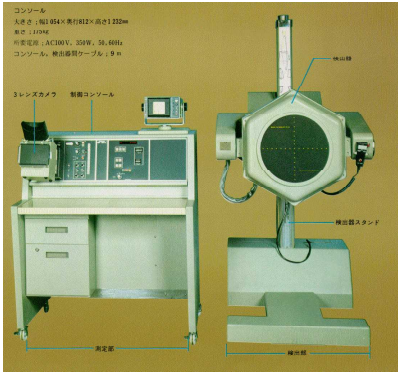


LFOV用コリメータ



胆のう結石
48才女性 Tc-PI
3mci 4min/Fram

1979年頃 回転椅子による断層撮影が試みられる

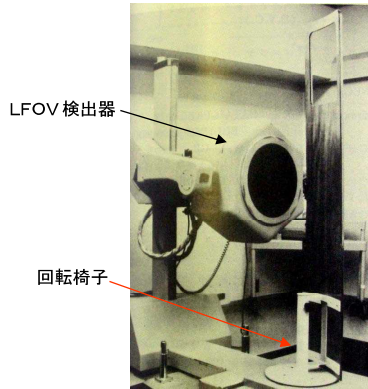


LFOV

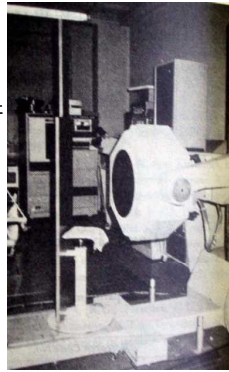
Scintipac-1200または2400でSPECT用に改造した回転式椅子をコントロールし、断層画像を得る方法。



写真は国立ガンセンタ小山田日吉丸先生の論文より



東大分院で使用した
回転椅子

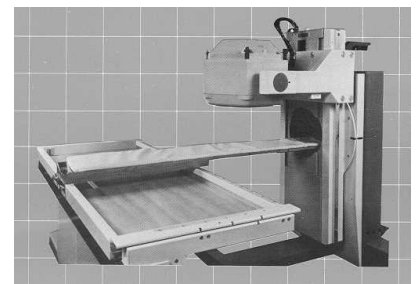


1980年(S.55) 検出器回転形SPECT装置の登場 (LFOV-E型)

検出器回転式SPECT

患者の負担を少なく、安定なSPECT像を得るために検出器を回転するように改造したが、最初はシンチレータが破損しないか随分心配したものです。

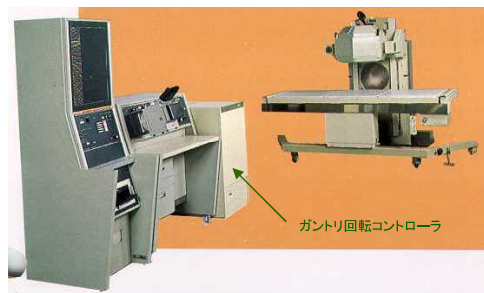
..... 編者



1980年(S.55) LFOV-E型 SPECT装置

検出器回転形SPECTは日本初の試み

検出器スタンドとECT天板は島津製

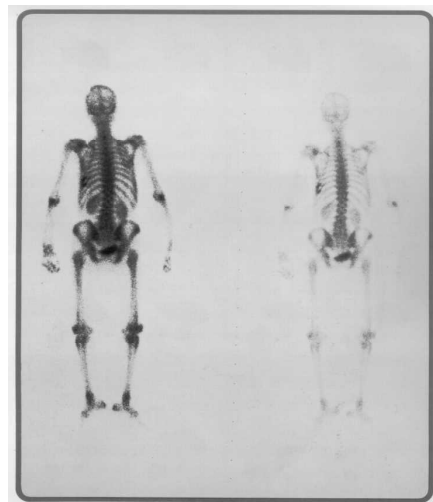


これまでの椅子回転式SPECT収集をあらため、検出器回転方式のSPECT装置を発表した。

患者さんの負担が少なく、従来の全身スキャン、スタティック、ダイナミックの画像も得られる多機能イメージング装置として現在のカメラの原型をなすものである。

シンテパックと組み合わせ断層画像を再構成する。

1983年(S.58) ロータカメラ (ZLC-75)



2個の検出器を対向した位置に取り付け、それぞれが患者の体軸を中心に360°回転できる機構を備えている。このため、全身スキャンをはじめ断層画像の撮影ができ、これまでの半分の時間で検査ができるようになった。

全身からSPECT検査まで可能な多目的装置として注目されるが、高価格と操作性に課題を残し、国内に5台設置されたにとどまる。

再度、汎用型2検出器カメラが登場するのはこれより約10年後である。



Scintipac-2400でコントロール

1986年(S.61) SNC-500R 角形大視野カメラを開発 全身ワンパススキャンが可能となる



SNC-500R

1986年(S.61)

SNC-500Rシリーズ

角形大視野カメラを開発

1990年(H.2)には視野40×40cmの小視野カメラも製造し、SNC-400S型とした。

SNCシリーズは、1993年まで製造され約10年間に152台を販売する。

後継機種

SNC-510R : 1988' (S.63)

SNC-5100R : 1992' (H.4)



SNC-5100R

SNC-500Rの仕様

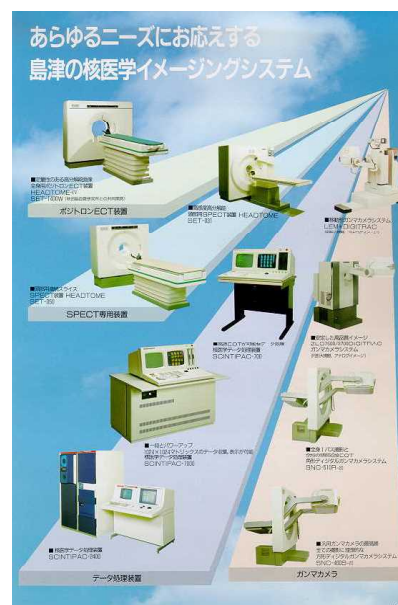
有効視野 : 510×360mm(角形)

シンチレータ厚 : 9.5mm

分解能 : 3.7mm FWHM

エネルギー分解能 : 11%

均一性 : ±5%



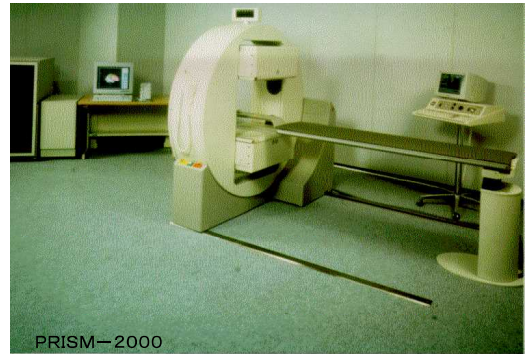
1988'頃の核医学商品群

1991年 PICKER社のカメラを発売

(1992年(平成4年)3検出器カメラ PRISM-3000販売開始・翌93年には2検出器カメラ PRISM-2000を発売)



PRISM-3000



PRISM-2000

1991年PICKER社と販売契約を締結、92年3月にSPECT専用の3検出器カメラを納入。画像処理部は64ビットプロセッサ2組を搭載したOdysseyスーパーコンピュータでその処理速度はこれまでの100~400倍と速く、核医学業界に少なからぬ影響を与えた。

'91愛媛核医学総会に展示、核医学会注目の的となる。

PRISM-3000 SPECT専用機

有効視野：240×400mm
固有空間分解能：3.2mm
均一性：2.0%
直線性：0.15mm
エネルギー分解能：10.5%



Odyssey-750
世界最速の演算スピードを誇る

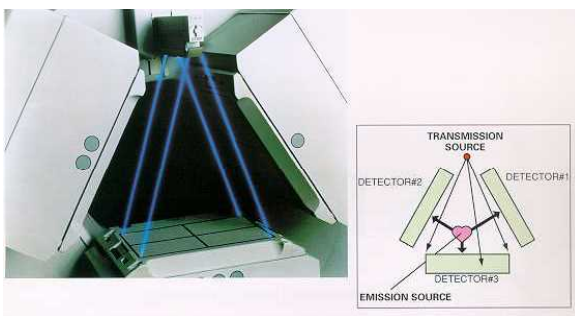
Odysseyデータ処理装置

CPU：64ビット、DEC Alpha AXP
主メモリ：64MB
磁気ディスク：370GB
光磁気ディスク：600MB

PRISM-2000

1993' (H. 5) 香川医科大学に1号機を納入
有効視野：508×381mm
固有空間分解能：3.8mm
均一性：2.0%
直線性：0.15mm
エネルギー分解能：10.5%

1995年(平成7年) Transmission吸収補正(STEP)販売開始



Transmission吸収補正(STEP)

Transmission線源：

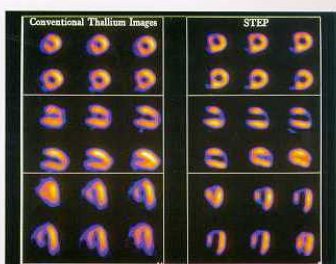
Gd-153、Co-57、

Tc-99m

ファンビームコリメータ使用



STEP吸収補正システム



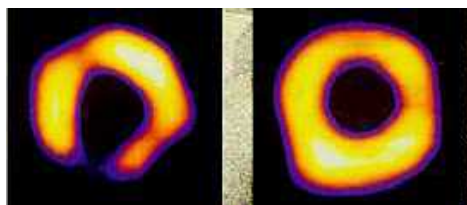
過去に血管造影手術を受けた冠動脈左前下行枝疾患の身長173cm、体重70kgの72才の男性の症例です。
コンベンショナルおよびSTEPイメージとも前壁中隔から前壁心尖部領域に虚血があることを示しています。これはカテーテル検査でも確認されています。
STEPイメージでは胸部の正確な吸収補正により虚血部の広がりにより明瞭にわかります。

右：補正あり
左：補正なし

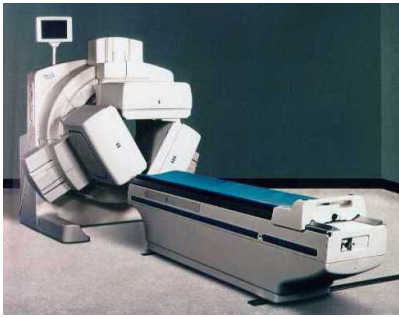
薬事承認を取得の上販売をはじめたが、Transmission線源の扱いに医療法上の問題点が指摘され、販売を中止する。

2001年4月に医療法が改訂されRI室での使用が正式に認められる。

“STEP”を改良し“Beacon”の愛称で販売再開。



1998年(平成10年) Variable-angle Gamma Camera System PRISM-Axis、IRIXを発売



1998年(H.10) PRISM-IRIX



1998年(H.10) PRISM-Axis

PRISMシリーズの改良版

検出器の角度可変タイプ

検出器が接線方向に移動する機構をVT-Technology(特許機構)と称した。

この機構によって頭部近接SPECT収集が可能となり、全身からSPECTまで検査可能な世界初の大視野多目的3検出器カメラの登場となった。

AXIS/IRIX 仕様

有効視野: 533 × 394 mm

測定エネルギー範囲: 50 ~ 511 keV

固有空間分解能: 3.3 mm FWHM

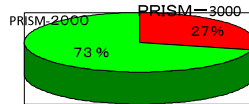
固有均一性: ±2.0%

エネルギー分解能: 9.5%

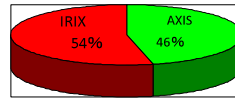
最高計数率: 310 kcps



3検出器 IRIXが2検出器AXISの台数を上回る。



92年3月 ~ 98年3月



98年3月 ~ 02年10月

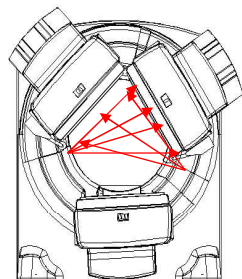
21世紀の核医学 話題の機構とソフトウェア (1)



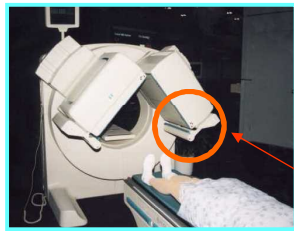
PRISM-Axis



PRISM-IRIX



1. トランスミッション吸収補正 線源法

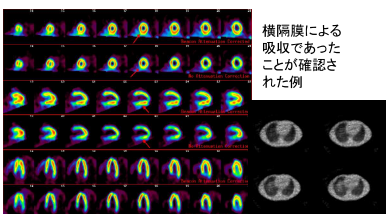


BEACON
Ba-133 × 2
10 mCi/個

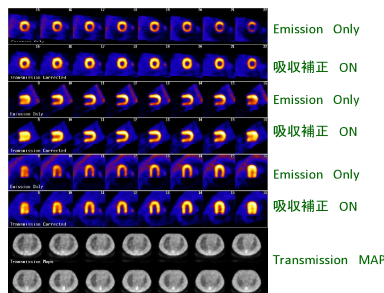
BEACON[®] SPECT 吸収補正の原理

2つの中エネルギー核種(点線源)を、低エネルギーコリメータの隔壁を透過させながらSPECT収集中にスキャンする。

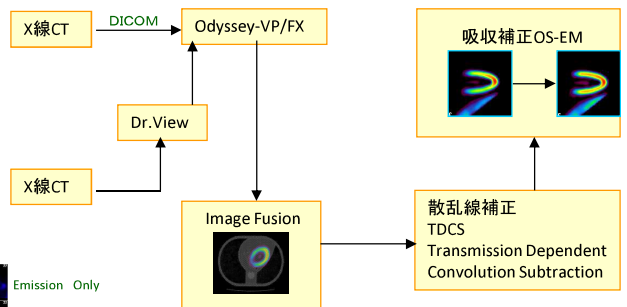
先進的な電氣的コリメーション方式の採用
高品質、低散乱トランスミッション画像
収集時間は若干のびる程度



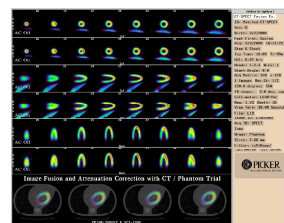
横隔膜による
吸収であった
ことが確認
された例



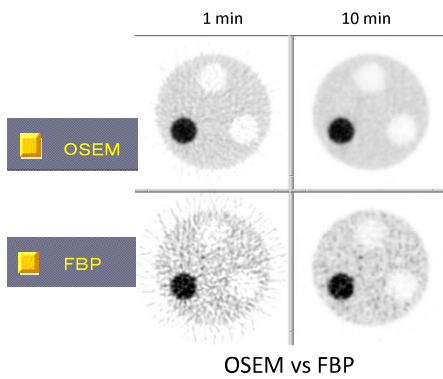
2. CT像を用いた吸収補正



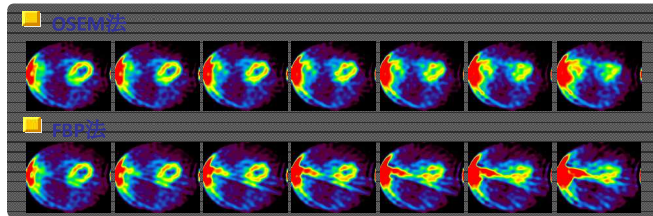
X線CTデータを用いた
吸収・散乱補正



21世紀の核医学
話題の機構とソフトウェア
(2)



OSEMの Tc-99m心筋SPECTへの応用

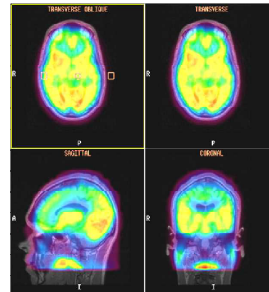
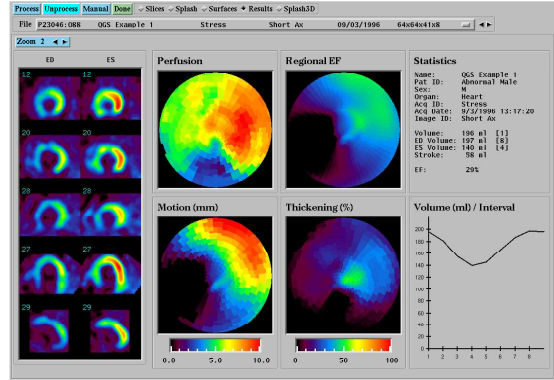
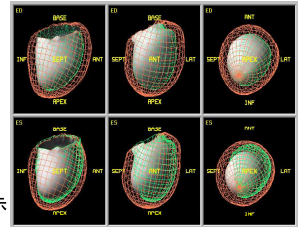


PRISM-3000XP (128x128, 120view, 25sec/view, CardioFanコリメータ、吸収補正なし)

QGS

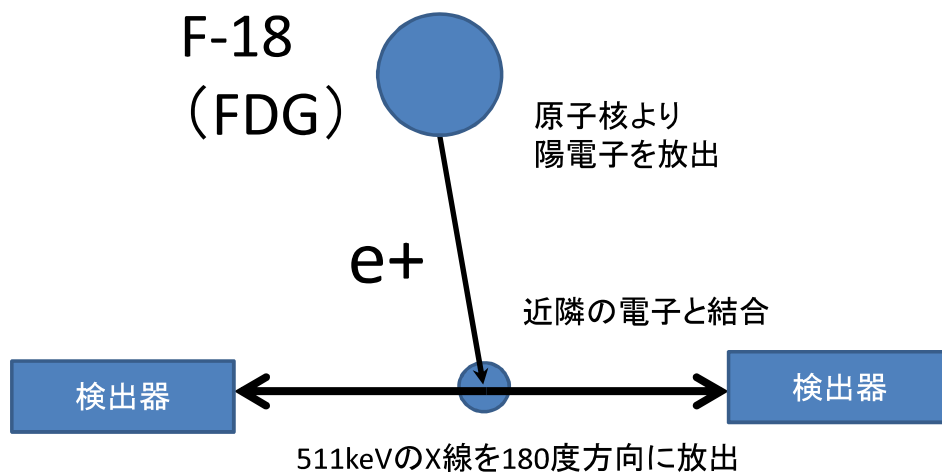
- ED,ES画像
- Perfusion
- Regional EF
- Wall Motion
- Wall Thickening
- Volume Curve

QGS
3D表示



Fusion

PET (Positron Emission Computed Tomography)

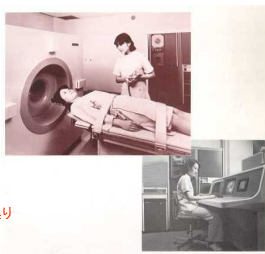




HEADTOME リングカメラ

1981年(昭和56年)

秋田脳研の指導のもとに完成
愛称を“HEADTOME”と命名



SET-230



SET-010・020・030

1号機 納入リスト

- 1981' SET-230(ハイブリッド)
- 1981' SET-120(PET)
- 1983' SET-130W(PET)
- 1983' SET-010(SPECT)
- 1983' SET-030(SPECT)
- 1985' SET-030W(SPECT)
- 1985' SET-031(SPECT)
- 1988' SET-050(SPECT)
- 1988' SET-1400W(PET)
- 1990' SET-070(SPECT)
- 1993' SET-080(SPECT)
- 1994' SET-2300W(PET)
- 1994' SET-2400W(PET)
- 2000' SET-080alpha(SPECT)

1988年(S.63)連続スライスの頭部専用リングカメラの開発



¹²³I-IMPや^{99m}Tc-HMPAOなどの脳血流診断薬の登場に伴い、より高分解能・高感度なSPECT装置が求められている。この要求に応えるために頭部用SPECT装置“SET-050”を開発した。

NaI(Tl)は8.5(W)×163(L)×9.5(H)をアルミケースの中に入れ、パイレックスガラスで密封した。

空間分解能：UHR 視野中心 6.6 mm FWHM

HR 視野中心 9.5 mm FWHM

体軸方向有効視野：100 mm

スライス厚：5 mm



SET-070

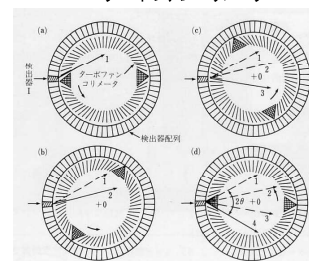
1990年(H. 02) SET-070の1号機納入

コリメータを自動交換できるように改造し、有効視野を16 cmに拡大した。それによって、頭頂より小脳まで連続32スライスの画像が得られるようになった。

画像処理部

- CPU：LSI 11/73、2 MB
- 画像収集メモリ：16 MW(16ビット)
- 画像表示メモリ：512 KW

ターボファンコリメータ



1993年(H. 05')

HEADTOME-V (SET-2000Wシリーズ) 発売



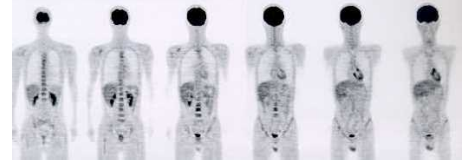
1994年(H. 06)納入

有効視野: 200mm(体軸方向)

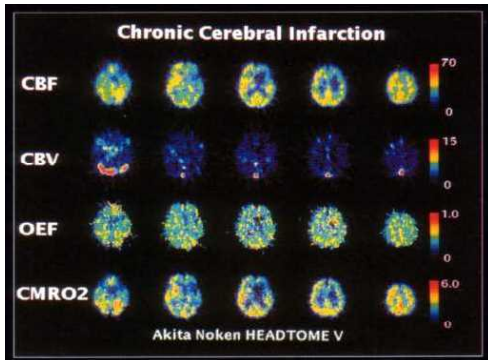
世界初のエミッションとトランスミッションの同時収集

体軸方向視野中心分解能: 4.5mm FWHM

画像の提供は東北大学および群馬大学



SET-2400Wデータ OSEM画像再構成法



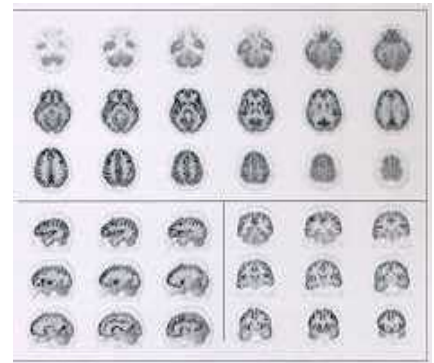
左中大脳動脈梗塞(79歳男)

CBF: 脳血流量

CBV: 脳血液量

OEF: 酸素摂取率

CMRO2: 脳酸素消費量



F-18
ノーマルボランティア

Mammo PET



Fig.1 Elmammo Avant Class 外観

44 MEDICAL NOW No.82 (2017)

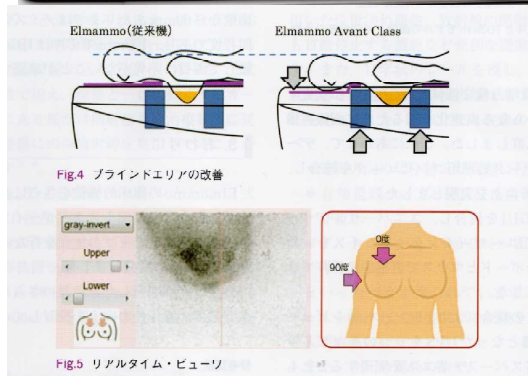


Fig.4 ブラインドエリアの改善

Fig.5 リアルタイム・ビュー

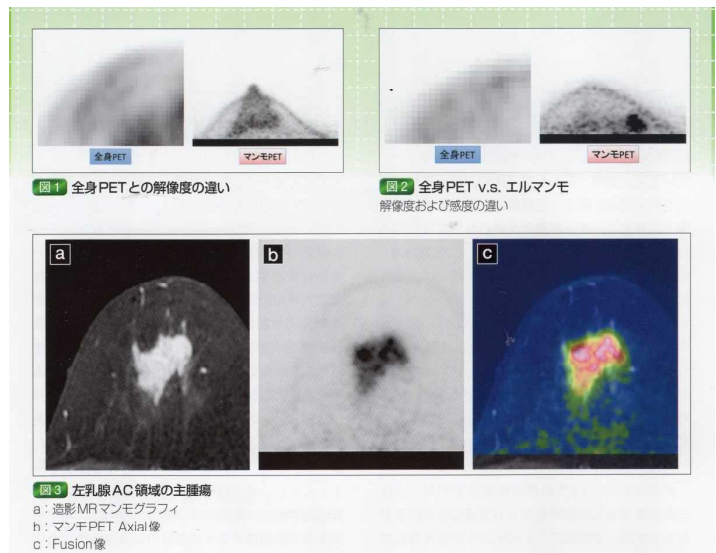


図1 全身PETとの解像度の違い

図2 全身PET v.s. エルマンモ
解像度および感度の違い

図3 左乳腺AC領域の主腫瘍

a: 造影MRマンモグラフィ
b: マンモPET Axial像
c: Fusion像

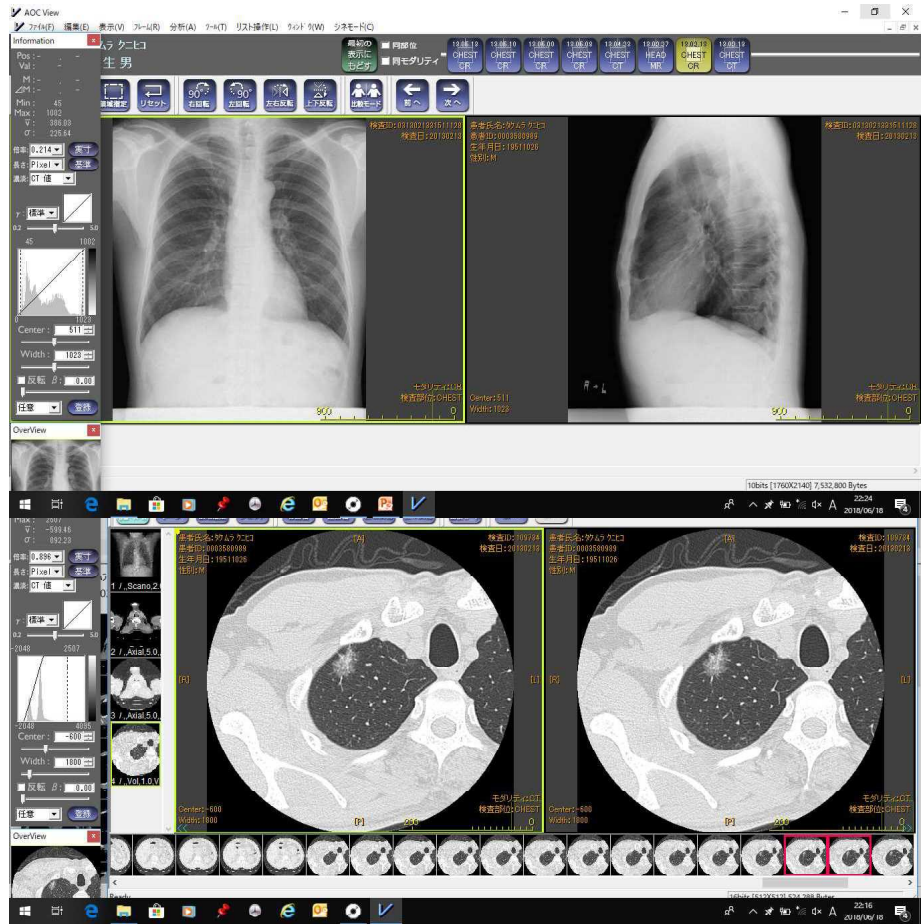
ガンの体験

2013年1月19日
人間ドックのオプション検査で発見

2月13日
大津赤十字病院受診
右肺尖部にスリガラス状陰影を認む

5月8日
右肺上葉を切除

6月3日
職場復帰
6か月ごとにCT、MRI、RI検査



PET検査の読影レポート

PET: FDG投与約1時間後から全身像を撮像しました。

脳、口腔領域、心臓、肝臓、胃腸、脊椎等にFDGの集積がありますが、これらは生理的なもので問題はありません。また、腎臓や膀胱には排泄過程のFDGが見られます。

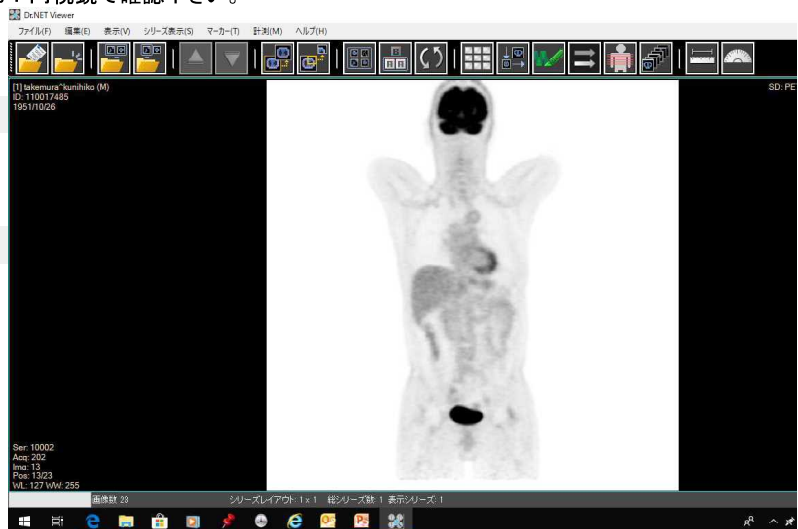
右肺尖部のGGOに一致して淡いFDGの集積あり(SUV1.47)。肺腺癌として矛盾しません。リンパ節転移や遠隔転移を疑う異常集積指摘できません。

上顎洞に少量の粘液貯留あり、副鼻腔炎疑い。

胃食道接合部に淡い集積あり。炎症性変化？内視鏡で確認下さい。

他、異常集積指摘できません。

右肺尖部GGO、肺腺癌疑い。
胃食道接合部の淡い集積。



2017年4月28日 最後のアイソトープ検査 2018年5月2日まで、CT、MRI検査は継続

患者氏名: 竹村 國彦(タケムラ クニヒコ)
患者ID: 0003580989
生年月日: 1951/10/26
性別: M

BONE/MI Report (Analyzed by Tc-99m MDP DB)

項目	17/04/28	17/04/28	17/04/28	17/04/28
ANN			0.00	0.00
BSI (%)			0.000	0.000
HSI			0	0

検査印: 藤野 茂
検査日: 2017/04/28

七野リテラ2018
検査部位: BONE

8bits [1280X1024] 3,932,160 Bytes
23:25
2018/06/18