

論文名	A Monte Carlo investigation of the dual photopeak window scatter correction method
著者 1	Hademenos GJ
著者 2	Ljungberg M
著者 3	King MA
著者 4	Glick SJ
著者 5	
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1993;40(2):179-185
カテゴリー1	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842：放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	Monte Carlo simulation
キーワード 2	scatter correction
キーワード 3	dual photopeak window
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	散乱線補正における基本的な考え方を知る。また、dual photopeak window（DPW）法での有用性を証明し、その後の triple energy window（TEW）法を開発する上で非常に参考になる文献である。光電ピークに隣接するウィンドを設定することで散乱線を推定する考え方。基本的な考え方を単純なプレイナ画像で行い、その考え方が SPECT 収集時での補正法に取り替えられた非常に参考になる論文である。
概要	プレイナ画像によるモンテカルロシミュレーションによる DPW 法を用いた散乱線補正の有用性を評価した。^{99m}Tc のポイントソースおよび、ある広がりを持った線源を使用して均一および不均一の吸収体についての評価をした。DPW 法は、2 つの単独のエネルギーウインド内のカウント比でもって回帰式から散乱線を推定する。合算された 2 つのエネルギーウインドデータから各画素の補正が可能となった。また、コンプトンウインド（dual energy window subtraction; DEWS）法での比較において散乱係数値や真の line spread function（LSF）と散乱補正した LSF との間の χ 自乗適合度検定による数値を用いて評価した。また、ホット領域とコールド領域による変化も求めた。ホット領域での補正効果ともに良い結果となったが、コールド領域では χ 自乗適合度検定の値だけが DEWS 法よりも悪い結果となった。

論文名	A comparative study of attenuation correction algorithms in single photon emission computed tomography (SPECT)
著者 1	Murase K
著者 2	Itoh H
著者 3	Mogami H
著者 4	Masahiro I
著者 5	Kawamura M
出典	Eur J Nucl Med 1987;13(2):55-62
カテゴリー1	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	comparative study
キーワード 2	attenuation correction algorithm
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	hybrid method
キーワード 5	
コメント	日本人が書いた論文なので、非常に読みやすい。減弱補正法での比較において前補正（Sorenson、weighted backprojection（WBP）や後補正（Chang、radial post correction（RPC）、逐次的反復補正（Walter、Budinger、Morozumi、Chang）など種々の補正法をシミュレーションで実験結果を細かく表現している論文で減弱補正法の比較においてはバイブル的な存在である。複合型の補正法（Sorenson＋逐次型）など新しい方式を示唆した論文である。
概要	コンピュータシミュレーションを用いてさまざまな減弱補正の効果や有効性を行った。体内の不均一減弱係数分布の影響や体輪郭抽出による誤差、画像再構成の影響による統計雑音などの研究を行った。今回使用したアルゴリズムは前補正、後補正および逐次補正の3つである。またそれぞれを組み合わせる複合型補正法も考案した。この研究はアルゴリズムの特徴、欠点および長所を理解して SPECT 収集における光子の減弱を補正する方法を見出すことに役に立つ。特に前補正や後補正および逐次補正法などのそれぞれの特徴を明確にしている。評価法は、root mean square error（RMSE）法と normalized root square error（NRSE）法を用いて定量的に評価している。減弱補正アルゴリズムでは減弱係数が均一な物質の場合では WBP と RPC の方法が良い結果を示した。また不均一な物質の場合では逐次型の補正法が最もよく、Walter's は画像歪を生じた。また逐次近似回数と時間においては Walter's を除く方法がほぼ同じ傾向を示した。また、統計雑音の影響に関しては Sorenson、Chang（1st approx.）、WBP と RPC 法ともに大きく影響し、特に Chang's（1st approx.）方法は他の逐次的反復補正方法より強く影響を受けた。体輪郭の影響では 5%以内の範囲で精度が保たれていた。複合型の補正法では（Sorenson＋逐次型）反復的な補正方法より速い算出時間で RMSE を低下させることに役立っていた。

論文名	Effects of scatter and attenuation correction on quantitative assessment of regional cerebral blood flow with SPECT
著者 1	Iida H
著者 2	Narita Y
著者 3	Kado H
著者 4	Kashikura A
著者 5	Sugawara S
出典	J Nucl Med 1998;39(1):181-189
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	iodine-123
キーワード 2	regional cerebral blood flow
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	scatter correction
キーワード 5	attenuation correction
コメント	局所脳血流値（regional cerebral blood flow; rCBF）値と SPECT 画像から、減弱補正と散乱線補正の有用性を PET の rCBF 値との比較で評価した論文である。日本人が書いた論文なので非常に読みやすい。外部線源法と従来の減弱補正法の比較を行っている。頭部に局限しているのでその補正法の差は 5%程度で軽微であった。しかし、散乱線補正の有無では大きく結果が異なり散乱線補正の有用性を PET の rCBF 値からその有用性を論じているのは注目すべき点である。
概要	局所脳血流定量における散乱と減弱の影響を画像コントラストと定量値から評価を行った。2 検出器 SPECT 装置も用いて 6 名のボランティア（対象年齢：22～26 歳）に薬剤に ^{123}I -IMP（74 MBq）投与を行った。減弱補正には外部線源法を用い、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ のロッド線源（74 MBq）を用いてファンビームコリメータを用いて収集を行った。それから得られた定量的な減弱 map と輪郭検出は再構成画像を用いた。また、散乱線の推定にはファンビームコリメータから算出した散乱係数を用いて transmission dependent convolution subtraction（TDCS）法と triple energy window（TEW）法で処理を行った。rCBF に関しては ^{123}I -IMP autoradiography 法で算出した。同時に ^{15}O 標識水の PET 画像にても rCBF 値を算出した。外部線源法と一定の減弱 map を比較すると明らかに差が生じ低いスライスの副鼻腔の空気の影響や頭頂部の骨の影響があったがその差は 5%と軽微であった。また、散乱線補正ではコントラストは有意に向上し、rCBF 値では補正なしで灰白質が 20%-30%増加したが、補正後は白質で 0%-20%減少した。そのことは PET 収集での灰白質対白質の比に近づいた。rCBF 値は散乱線補正で 2 つの手法において大きな差は生じなかった。すべての補正を行った後の rCBF 値は PET でのそれと同じ値となった。減弱補正においては外部線源法と均一減弱法とでは差は生じなかった、しかしながら、各種の補正を行うことにより PET の rCBF 値に近づき補正の有用性を立証できた。

論文名	180° compared with 360° sampling in SPECT
著者 1	Hoffman EJ
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1982;23(8):745-747
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	180° and 360° sweep
キーワード 3	myocardial perfusion imaging
キーワード 4	spatial resolution
キーワード 5	
コメント	心筋 SPECT 収集時での 180 度収集と 360 度収集での画像評価を技術的に論評している教育的論文である。Tamaki らと Coleman との論文の中身を検証している非常に興味のある論文である。180 度収集のコントラスト増加は周辺が減弱などの影響で相対的カウント低下が生じているためにコントラストが高く見えるだけでアーチファクトに近い歪んだ画像である。定量的な SPECT 画像を求めるのであれば 360 度収集を行うべきである。ましてや、2 検出器型の SPECT 装置が導入されている現在においては！
概要	Tamaki らは、180 度収集が高コントラストであり、検査時間も短縮して有効であるとの見解であるが、Coleman らは 360 度収集が 2 検出器の出現で大きく変化するとの見解である。内容の比較として、臨床的側面、使用する放射性薬剤特徴および装置などに関する内容である。従来からのプレйна画像に比較して解剖学的な位置関係が明瞭となり、コントラストも向上した。基本的に画像再構成では全周囲のデータを平均する 360 度収集が 180 度収集よりも高い S/N 比を示し、歪のない空間分解能が得られる。 ²⁰¹ Tl 薬剤においては 180 度収集の有効性はあるが、エネルギーの高い ^{99m} Tc、 ¹²³ I では散乱係数も空間分解能も 360 度収集の方が優れている。180 度収集時での高いコントラストは、体内における減弱などで劣化した画像が見かけ上高くなって見えるだけであり、本来はアーチファクトからの生成物である。したがって、定量などに関しては 360 度収集が優れている。単にコントラストを重視するのではなく、散乱や減弱などを加味した 360 度収集が定量的に優れていると結論づけている。

論文名	Scatter correction in scintigraphy: The state of the art
著者 1	Buvat I
著者 2	Benali H
著者 3	Todd-Pokropek A
著者 4	Di Paola R
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med 1994;21(7):675-694
カテゴリー1	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842：放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	scatter correction
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	quantification
キーワード 4	evaluation
コメント	2000 年に向けての核医学技術の散乱線補正に関する現状を詳細に示した論文（総説）である。散乱の原理、現象こと細かく説明している。特にコンプトン散乱（非干渉性）とコヒーレント（干渉性）散乱の違いから、その散乱線を 2つのエネルギースペクトルから設定して、それを旨く応用することで散乱線補正を可能にした内容を論理的に記述している。また、シンチグラムの画像からその応用としての SPECT 画像への展開など、ぜひ一度は散乱線などを考える上で読んでおく必要がある論文である。少し口語的な文章であるが医学物理的な側面から論述している。
概要	放射性同位元素を体内に注入すると体内物質とコンプトン散乱を起こし、入射光子と散乱光子はコリメータ、ライトガイドなどを通過してクリスタルに入射し、クリスタルと光電効果を起こして蛍光（発光）し、それを光電子増倍管（photomultiplier tube; PMT）で増幅して信号を得る。シンチカメラ像の基本的な原理を減弱なども踏まえて理論的に解説している。また SPECT 装置の定量化により散乱線補正法が進化した。散乱線の検出にはエネルギースペクトルからその推定を行う方法が開発され、シーメンスが開発した energy-weighted acquisition（EWA）法、光電ピークを 2 分してその比率から推定する法、King らの光電ピーク分布から非対称な領域を設定する方法や Jaszczack らの dual energy window（DEW）法、その応用法として 3つのウィンドを用いて推定する triple energy window（TEW）法などが開発された。それぞれの方法は投影データの各画素の補正である。これらの精度検証にはモンテカルロシミュレーションが用いられた。その評価は理論的背景とモデリング、物理的ファントムおよび臨床データから実証する。理論的パラメータ（散乱応答関数、ビルドアップ関数、物質組成など）が明確になり、モンテカルロモデリングが可能であっても実際の測定系においてはいろいろなファクターが関与する。その実測に関与する項目などは物理的ファントムで検証を行う。最後に臨床データで評価するのであるがここでも画像の良し悪しでは無く、定量的な評価（たとえば ROC 解析など）を十分行う必要がある。また、これらの評価を行う上で減弱補正は必ず行わなければならない。

論文名	Image distortion and correction in single photon emission CT
著者 1	Ogawa K
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Ann Nucl Med 2004;18(3):171-185
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	image distortion
キーワード 3	correction
キーワード 4	image processing
キーワード 5	
コメント	日本人が書いた論文なので、非常に読みやすい。総説ではあるが、教科書的に個々の物理現象から各種の補正方法（減弱、散乱、分解能劣化）を詳細にレクチャーしてある。また、参考文献なども多数掲載されているので、基礎的な項目に関してはかなり参考になる。是非とも SPECT 画像における物理現象などを考えるにあたっては読むべき論文である。
概要	SPECT 画像は各種物理現象や臓器などの核医学画像診断のツールとして非常に有用である。しかし、投影データを用いて処理する SPECT 画像処理においては、画像劣化の要因としては数多く存在する。また、その画像劣化は SPECT 画像の定量的あるいは定性的の両面がある。これらの要因としては、γ 線からの減弱や散乱、コリメータ開口幅、データ収集時間、臓器の動き、および臓器での薬品動向などがあげられる。この論文は、①image distortion、②attenuation of gamma rays、③scattering of gamma rays、④collimator aperture など SPECT 画像の劣化要因を基本的な面から解説し、その補正方法なども詳細に論じている。

論文名	Performance evaluation of OSEM reconstruction algorithm incorporating three-dimensional distance-dependent resolution compensation for brain SPECT: A simulation study
著者 1	Yokoi T
著者 2	Shinohara H
著者 3	Onishi H
著者 4	
著者 5	
出典	Ann Nucl Med 2002;16(1):11-18
カテゴリー1	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	distance-dependent blurring
キーワード 3	collimator
キーワード 4	ordered subset-expectation maximization
キーワード 5	resolution compensation
コメント	近年の SPECT 画像における各種補正法は、減弱および散乱補正に関してはいろいろな研究者により開発研究が進み臨床に応用されてきている。最後に残った線源－検出器間距離による画像分解能劣化を補正する方法を考案した。この方法は、逐次近似画像再構成法の式の中の検出確率の項目の中に、線源－検出器間の距離における分解能劣化を full width at half maximum (FWHM) と距離との関係式を用いて導き補正する方法である。Electron gamma shower (EGS) 4 を用いたシミュレーションデータで検証し、脳血流 SPECT 画像に応用した方法である。
概要	Ordered subset-expectation maximization (OS-EM) 逐次近似画像再構成法は、簡単に物理現象の項目を入れ込んで補正が可能な再構成法である。今回は、OSEM 法を用いてコリメータに依存する線源－検出器間の距離における分解能劣化を FWHM と距離との関係式を用いて補正を行った (distance-dependent resolution compensation; DRC)。線源－検出器間の距離における分解能劣化は FWHM を 2 次元ガウス関数近似することで求めた。点線源のシミュレーションを行い、半径方向、接線方向および体軸方向の FWHM で評価した。また、脳デジタルファントム (2 次元) を用いても評価を行った。点線源を用いた結果では、filtered backprojection (FBP) 法で中央での点線源の FWHM が半径方向、接線方向および体軸方向で 14.7、14.7、および 15.0 となったが、DRC 補正を行うと 8.12、8.12 および 7.83 となり、補正効果が 40%前後と認められた。また、中心から 15cm の距離における補正効果は 50%とやや過補正となった。また、脳血流用脳デジタルファントムでは、減弱補正の有無と白質と灰白質とのコントラストの改善も多くみとめられた。OS-EM に DRC 補正を組みこむことで脳血流 SPECT 画像における空間分解能補正の可能性を示唆した。

論文名	Two optimal prefilter cutoff frequencies needed for SPECT images of myocardial perfusion in a one-day protocol
著者 1	Ohnishi H
著者 2	Ota T
著者 3	Takada M
著者 4	Yamamoto I
著者 5	Morita R
出典	J Nucl Med Technol 1997;25(4):256-260
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	cutoff frequency
キーワード 3	normalized mean square error
キーワード 4	myocardial perfusion imaging
キーワード 5	
コメント	SPECT 画像処理における前処理フィルタの Butterworth フィルタの最適な遮断周波数の決定において定量的に評価した。特に、 ^{99m}Tc を用いた心筋血流 SPECT 時での 1 日法における投与量が異なる場合は、特に注意が必要であるとの見解を始めて示した。この論文は、画像評価を定性的評価だけでなく NMSE 法を用いた定量的に評価を行っている。また、ファントム実験を基礎にして、その結果を臨床応用できたのは非常に意味がある。
概要	^{99m}Tc を用いた心筋血流 SPECT の 1 日法に基づいた SPECT 画像処理における前処理フィルタである Butterworth フィルタの最適遮断周波数の決定法について定量評価を行う。今回使用した薬剤は ^{99m}Tc で、2.2 MBq、10.6 MBq が心筋内に残留したものと仮定したファントム実験を行い主観的評価と定量的評価を行った。評価画像として 30 sec/projection、基準画像として 150 sec/projection を用いて normalized mean square error（NMSE）法で定量的に評価を行った。また、そのファントム実験の結果を踏まえて 3 名のボランティアのデータでも評価を加えた。ファントム実験の結果としては、主観評価では 2.2 MBq 時では 0.225 cycles/pixel、10.6 MBq では 0.25 cycles/pixel が最適遮断周波数となった。また、NMSE 法では前項は 0.225 cycles/pixel、後項は 0.275 cycles/pixel が最適遮断周波数となった。3 名のボランティアのデータでも同じ最適遮断周波数が求まった。以上のことより Butterworth フィルタの最適な遮断周波数は投与する放射性医薬品の放射エネルギーが異なる場合は、変化させなければならない。特に ^{99m}Tc を用いた心筋血流 SPECT の 1 日法においては投与量により変化させる必要がある。

論文名	Accelerated image reconstruction using ordered subsets of projection data
著者 1	Hudson HM
著者 2	Larkin RS
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Med Imaging 1994;13(4):601-609
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	ordered subset-expectation maximization
キーワード 2	one-step-late reconstruction
キーワード 3	reconstruction
キーワード 4	SPECT
キーワード 5	mean square error
コメント	オーダーサブセット理論を最初に提唱した論文で、ordered subset-expectation maximization（OS-EM）画像再構成法を応用している多くの論文で引用されている。OS-EM の数式、定義が詳細に解説されている。また、サブセットとオーダの選択方法も詳しく記述されている。OS-EM 法と類似する代数再構成技法（multiplicative algebraic reconstruction technique; MART）の説明もされている。
概要	プロジェクションデータからの画像復元のために標準アルゴリズム（期待値最大化）であるオーダーサブセット処理を定義した。オーダーサブセット法は、サブセット（あるいはブロック）の順序づけられたシーケンスへ投影データをグループ化することで、各サブセットにすべての部分集合の単一通過として定義される。OS-EM 法は、SPECT および PET の両方において適用できる。Maximum likelihood-expectation maximization (ML-EM) 法は再構成の質はよいが、収束は遅い。OS-EM 法は各逐次の中でサブセット（ブロック）でデータを処理するオーダーサブセットアルゴリズムを適応することで収束速度を加速した。SPECT ではオーダーサブセットの連続処理は非常に自然で、連続のサブセットから単一の投影の計算ができる。

論文名	Quantitative image reconstruction with weighted backprojection for single photon emission computed tomography
著者 1	Tanaka E
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Comput Assist Tomogr 1983;7(4):692-700
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	reconstruction
キーワード 3	attenuation
キーワード 4	noise
キーワード 5	
コメント	SPECT における画像再構成法の新しい手法である weighted backprojection（WBP）を提唱した論文であり、加重逆投影による改良された畳み込みアルゴリズムについて示されている。この手法により、十分な減弱補正、画像歪みの低減、雑音の低減および計算時間の加速など実用的な必要条件を持ち備えている。
概要	SPECT における画像再構成法のための新しい手法を示す。この手法は、いくつかの改良を加えた filtered backprojection（FBP）法をもとに開発された。このアルゴリズムは、測定された投影の正規化、改良された畳み込み演算および加重された逆投影の 3 つのステップから構成される。逆投影の加重した関数は、一様な減弱体と再構成された画像の低濃度部中の統計雑音が保たれた完全な減弱補正により決定される。投影画像は再構成のパラメータによってコントロールすることができ、従来の平均的な手法と比較して、信号対雑音比（S/N 比）およびオフセット領域の空間分解能が効果的に改善される。シミュレーションによる検討では、直径 35 cm ファントムでも十分な画質が得られた。心筋ファントムでは、180～225° の角度での投影データでも十分に画像再構成ができた。さらに不均一減弱体の影響も補正することができる。

論文名	A practical method for position dependent Compton-scatter correction in single photon emission CT
著者 1	Ogawa K
著者 2	Harada H
著者 3	Ichihara T
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE trans Med Imaging 1991;10(3):408-412
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	Compton scatter correction
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	simulation
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	Triple energy window（TEW）法を提唱した最初の論文で、散乱線補正法を適応した SPECT 画像の多くの論文で引用されている。理論も分かりやすく解説しており、シミュレーションによるファントム実験の収集、データ処理、解析評価も丁寧に説明してあるので論文の書き方を勉強するには最適である。
概要	本法は、SPECT の各プラナー画像でそれぞれのピクセルにおいてフォトピークウィンドを用い、その散乱線光子のカウントをサブトラクトする方法である。サブトラクションはデータの 2 つのセットを使って実行する。1 つのセットはフォトピークエネルギーの中心にメインウィンドをおいて収集、もう一方はメインウィンドの両側にある 2 つのサブウィンドを用いて収集する。メインウィンドに含められた散乱線光子はサブウィンドで収集されたカウントから評価する。次にそれらはメインウィンドで収集されたカウントからサブトラクトされる。サブトラクションが各プラナー画像でそれぞれのピクセルにおいて行なわれるので、提唱された方法は従来の方法に比べより正確となる。3 つの異なった放射能分布を有する円筒ファントムで行ったシミュレーション実験では、非散乱線光子から画像再構成し得られた値と補正されたデータ間で良好な一致を示した。

論文名	Performance characteristics of a 511-keV collimator for imaging positron emitters with a standard gamma-camera
著者 1	Lingen AV
著者 2	Huijgens PC
著者 3	Visser FC
著者 4	Ossenkoppele GJ
著者 5	Hoekstra OS,
出典	Eur J Nucl Med 1992;19(5):315-321
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像: 523
キーワード 1	511 keV imaging
キーワード 2	collimator
キーワード 3	^{18}F -fluorodeoxyglucose
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	^{18}F -fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG) の 511 keV をガンマカメラによるプラナー像で撮像し、有用性を検討した論文である。性能評価の検討では、感度、空間分解能および散乱線の観点から考察が加えられている。最近ではハイブリッド装置よりも PET/CT 装置が急速に普及しているので、あまり有益な内容ではないが、コリメータの特性を理解するには良い論文である。
概要	陽電子放出のプラナー像を得るために特別に設計された 511 keV コリメータを装備したガンマカメラの性能評価を、線状線源を用いて行った。臨床的検討では、急性期の心筋梗塞を有する患者と悪性リンパ腫を有する患者の ^{18}F -FDG プラナー像の画質を検討し、汎用型コリメータおよび放射性核種 (^{201}Tl 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{67}Ga) の性能と比較した。線状線源によるファントム実験では、陽電子放出による散乱線はより低い光子エネルギーを放出する放射性核種より線広がり関数の広がり少なくなった。臨床例による検討では、心筋梗塞を有する患者と悪性リンパ腫の患者について、従来の ^{18}F -FDG PET 検査と同様な臨床情報が得られた。陽電子放出核種が一般的に利用可能なガンマカメラのプラナー像に応用することができると考えられた。本法により、PET 撮影のために開発した放射性トレーサが一般的な核医学検査の検査室でも使える可能性が示唆された。

論文名	Quantitation of SPECT performance; report of task group 4, nuclear medicine committee
著者 1	Graham LS
著者 2	Fahey FH
著者 3	Madsen MT
著者 4	Aswegen A
著者 5	Yester M
出典	Med Phys 1995;22(4):401-409
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	SPECT performance
キーワード 2	uniformity
キーワード 3	sensitivity
キーワード 4	spatial resolution
キーワード 5	contrast
コメント	SPECT 定量に関する核医学委員会タスクグループ 4 の報告である。SPECT 装置の性能評価は、National Electrical Manufacturers Association（NEMA）の規格や American Association of Physicists in Medicine（AAPM）レポートなどがあるが、試験方法が煩雑で、特別な機器や非常に複雑なソフトウェアを必要とする場合が多く、妥当な時間内に終わらせることができない。この報告で記述されているプロトコールは、①均一性、感度、空間分解能、コントラスト、減弱補正の精度が試験されること。②資格を有し、経験を積んだ者、もしくはその人の監督の下で 3 時間以内に終わらせることができる。③特別な解析ソフトウェアを必要としない。④AAPM レポートに記述されている標準の SPECT 試験にできる限り従う、の 4 つを念頭に設計されている。
概要	包括的な性能試験プログラムは、高品質の SPECT の不可欠な要素である。以前に発表された手順の多くは複雑で、時間がかかり、特別な試験器具を必要とした。このタスクグループは、単純で、実用的かつ最小の試験器具で、すべての核医学コンピュータで利用できる処理ソフトウェアを使用し、数時間で行える SPECT 画像システムを評価するためのプロトコールを開発した。均一性や感度の繰り返し行うテストの安定性、空間分解能、均一性、コントラストおよび減弱補正の精度を試験、検討した。処理は 3 時間未満で行うことができた。線源は、 ⁵⁷ Co の面線源、線状線源および円柱状のファントムのみを使用した。プロトコールは 4 名によって 42 の異なったガンマカメラ（7 つのベンダー）を用いた。ベンダー間の差異は比較的小さく、また基本的なカメラの性能や遮へい、画像再構成のソフトウェアのわずかな違いも反映できた。

論文名	Interhospital observer agreement in interpretation of exercise myocardial Tc-99m tetrofosmin SPECT studies
著者 1	Candell-Riera J
著者 2	Santana-Boado C
著者 3	Bermejo B
著者 4	Armadans L
著者 5	Castell J
出典	J Nucl Cardiol 2001;8(1):49-57
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	diagnosis
キーワード 2	coronary disease
キーワード 3	scintigraphy
キーワード 4	exercise
キーワード 5	
コメント	カラー表示の違いによる読影結果を他施設共同実験として詳細に検討した論文である。日本でもファントム実験でカラー表示の違いによる欠損描出能を報告しているが、視覚的評価を統計的手法にて詳細に解析している論文は少ない。この解析および評価法は参考になる。
概要	負荷心筋 ^{99m}Tc-tetrofosmin (TF) SPECT の読影において、病院間での一致度を検討した。経験豊富な 5 施設で、冠動脈造影を予定している 150 例から得られた 2 セットの ^{99m}Tc-TF 心筋 SPECT 画像を用いた。1 セット (group A) は、全施設共通で画像を単色表示したもの、もう 1 セット (group B) は、施設独自のカラー表示 (単色、複数カラー、モノクロ) を用い、計 300 画像を患者データの情報なしで各施設において読影を行った。血管造影で有意な冠状動脈疾患 (狭窄$\geq 50\%$) が、90 例 (60%) に認められた。3 施設以上の診断結果から、感度は group A と B がそれぞれ 82% と 84% で同様であったが、特異度は group A (87% vs. 73%; $p=0.021$) で有意に高値を示した。また、SPECT 画像における正常または異常の診断結果が 4 施設以上で一致したのは、group A が 87% ($\kappa=0.626$), group B が 78% ($\kappa=0.528$) であった。単色カラー画像では $\kappa=0.617$、モノクロ画像では $\kappa=0.467$、複数カラー画像では $\kappa=0.444$ であった。左前下行枝動脈領域の一致率は、group A が 81%、group B が 78% であり、右冠動脈領域では、group A が 79%、group B が 75%、左回旋枝領域では、group A が 91%、group B が 85% と同等であった。一枝病変、二枝病変、三枝病変の一致率も同等であった (group A : 91%、88%、86%、group B : 81%、82%、82%)。以上、^{99m}Tc-TF 心筋 SPECT 画像の読影において、施設間 (観察者間) で良好な一致が認められ、特に単色カラーで表示した画像で一致率が高かった。

論文名	Optimisation of protocol for low dose CT-derived attenuation correction in myocardial perfusion SPECT imaging
著者 1	Preuss R
著者 2	Weise R
著者 3	Lindner O
著者 4	Fricke E
著者 5	Fricke H
出典	Eur J Med Mol Imaging 2008;35(6):1133-1141
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	CT-based attenuation correction
キーワード 2	myocardial perfusion SPECT imaging
キーワード 3	radiation exposure
キーワード 4	tube current
キーワード 5	
コメント	SPECT/CT 装置の導入により X 線 CT による減弱補正が行われているが、その放射線被ばくについて詳細に検討した論文である。管電圧や患者の体型に合わせた管電流の自動調節で撮像する装置もあるが、画質、線量および線減弱係数の変換マップなど、詳細な評価が重要である。装置のソフトウェアによりファントムの測定値に基づいて算出された X 線 CT dose index weighted (CTDIw) が使用されているが、これらの推定値を ^{153}Gd や ^{133}Ba などの放射性線源を利用した減弱補正と比較する必要があると考える。
概要	臨床的なルーチンでは X 線 CT を使用した減弱補正 (attenuation correction; AC) は、減弱によるアーチファクトを提言させる比較的新しい方法である。今回、最小限の被爆でトランスミッションスキャンを行うための非常に低い管電流から作成した減弱 map の質を評価した。SPECT/CT 撮像は Hawkeye CT 搭載 Millenium VG3 ガンマカメラ (GE 社製) を使用した。ファントム実験において、空気、水、テフロンに対する線減弱係数 (μ 値) の測定を行った。62 人の患者 (女性 21 例、男性 41 例、年齢 = 63.7 ± 11.0 歳、BMI = 30.0 ± 5.7 kg/m ²) の負荷と安静の検査における減弱マップを比較した。全ての患者において、 $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ と $^{99\text{m}}\text{Tc-tetrofosmin}$ を使用し、運動あるいは薬物による負荷時と安静時の検査を行った。AC は、負荷時では管電流 2.5 mA (標準的な設定)、安静時検査では 1.0 mA を使用し行った。ファントム実験と臨床例において、線減弱係数に有意差はなかった ($p > 0.05$)。それぞれ効果的に 0.90 mSv から 0.36 mSv まで線量を減少することができた。本結果から、胸部における信頼性の高い減弱 map が非常に低い管電流から得ることができると示唆された。本研究において、心筋血流 SPECT での X 線 CT をもとにした AC による放射線被ばくは、十分低かった (60%減少)。このことは、追跡調査が必要な高リスク患者や研究ボランティアにおいて特に重要である。紹介した手順は比較的単純で他の SPECT/CT 装置にも対応でき、管電流の調整が可能である。

論文名	Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT
著者 1	Germano G
著者 2	Kiat H
著者 3	Kavanagh PB
著者 4	Moriel M
著者 5	Mazzanti M
出典	J Nucl Med 1995;36(11):2138-2147
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	myocardial perfusion imaging
キーワード 3	gated myocardial perfusion
キーワード 4	ejection fraction
キーワード 5	automatic quantitation
コメント	心電図同期心筋血流 SPECT による自動解析である左室駆出率（left ventricular ejection fraction; LVEF）の定量的測定をするための、全自動のアルゴリズムを開発、紹介した発表文献
概要	我々は、^{99m}Tc-MIBI による心電図同期心筋血流 SPECT 画像から LVEF の定量的測定をするための、全自動のアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムは、心電図同期短軸断層画像を用いて 3 次元空間内で作動するオペレータの操作による影響を受けることなく、左室をセグメントに分割し、心電図での心周期間隔ごとの心内膜、心外膜を評価および表示し、相対的左室腔容積を計算して拡張末期と収縮末期の心容積から全体の ejection fraction (EF) を求めた。左室駆出率の測定用アルゴリズムは心図同期安静時 SPECT で、8 間隔（分割）、16 間隔（分割）の 2 種類の方法を施行された 65 名の患者において試験され、初回循環時心室撮影法に対する有効性を確認した。自動左室分割と輪郭描出は、65/65（100%）で成功した。8 分割の心電図同期 SPECT から算出した EF 値は、初回循環時法から求めたものとよく一致した（$y=2.44+1.03x$、$r=0.909$、$p<0.001$）。心電図同期 SPECT による駆出率は初回循環時法による駆出率より、平均でわずかに高値であった。8 分割心電図同期 SPECT が 16 分割法との比較において駆出率測定値をさらに過小評価する場合、心電図同期 SPECT による駆出率は、初回循環時法による駆出率より約 10% 高く測定される。このバイアスは、当研究室での予備検討の結果で確認されたとおり、初回循環時法による駆出率算出において弁口面の位置を固定しなければ補正されると考えられる。16 分割と 8 分割の心電図同期 SPECT からそれぞれ求めた EF 値はよく一致し（$y=-2.7+0.97x$、$r=0.988$、$p<0.001$）、後者の方が平均で 3.7% 低かった。予測どおり、16 分割データセットを 8 分割へ圧縮したところ駆出率は低下したが、これは時間-容積曲線のスムージングに相当するためである。Bland-Altman plot では、駆出率絶対減少率が駆出率測定値（16 分割と 8 分割の値の平均）の関数であることを示しているが、

	駆出率の広範囲には直接的な相関は認められなかった。8 分割を用いた平均駆出率減少率は、3.71%であった。著者らの開発した自動解析法は、迅速で、かつ従来の放射性核種により求めた EF 値とよく一致しており、心筋血流検査において臨床上有用な情報を補足する。
--	---

論文名	A scanning line source for simultaneous emission and transmission measurements in SPECT
著者 1	Tan P
著者 2	Bailey DL
著者 3	Meikle SR
著者 4	Eberl S
著者 5	Fulton RR
出典	J Nucl Med 1993;34(10):1752-1760
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	scanning collimated line source
キーワード 2	reconstruction of attenuation coefficient
キーワード 3	simultaneous acquisitions
キーワード 4	SPECT
キーワード 5	attenuation correction
コメント	線広がり関数、均一性、減弱係数の再構成、同時収集を検討した、エミッションとトランスミッション SPECT データを同時収集するための照準線状線源スキャン法の開発文献
概要	ガンマカメラでエミッションデータとトランスミッションデータを同時収集するための照準線状線源スキャン法を開発した。この線状線源はマイクログロッセッサで制御されており、線状線源からのトランスミッション信号と、被検者からのエミッション信号を分離するため、ガンマカメラの空間信号に対し電氣的にウィンドを設けるようなハードウェアを組み入れている。本装置では、以前発表した面線源を用いるエミッションートランスミッションスキャン法に、以下の3点について改良を加えている。①トランスミッション用の放射性同位元素（radioisotope; RI）はエミッション RI 核種よりも低いエネルギーでなければならないという限界を克服する、②検査される被検者のナロービーム（散乱線のない）減弱測定値が得られる、③作業従事者の被曝を軽減する。水を満たした楕円形ファントムに対する減弱係数を求めたところ、$\mu = 0.15 \pm 0.01 \text{ cm}^{-1}$であった。様々な RI の組合せと幾何学的条件を変化させて、ファントムと人において本法の妥当性を検討したところ、分離収集および同時収集の結果は同等である。LEGP コリメータを使用した場合における空気中で測定したライン線源の線広がり関数は、半値幅（full width at half maximum; FWHM）14.5 mm、1/10 幅（full width at tenth maximum; FWTM）21.1 mm であった。10 cm の組織等価物質を介してトランスミッションを測定したところ、FWHM は 14.6 mm、FWFM はやはり 21.0 mm であった。このことは、最も散乱された光子が、検出器およびライン線源の視準により除去されたことを示している。この線広がり結果、トランスミッションの 99%が、本研究で使われた 7 ピクセル幅（64×64 マトリックス）ウィンド内に記録され、トランスミッションの 1%がウィンド外となった。⁵⁷Co 面線源および ¹⁵³Gd 線状線源の均一性値は、LEGP コリメータでは、ライン線源を

	用いた場合、シート線源では認められなかった幾分の不完全さが示された。これはおそらくライン線源の精密な視準のためであると考えられる。これは、シート線源と比較してライン線源の均一性値が不良であることに起因する原因である。コリメータを低エネルギー高解像度のものに変更すると、この欠陥は顕著ではなくなった。結果が ^{99m}Tc および ^{153}Gd 線状線源と一致していたため、さまざまなエネルギーのガンマカメラの性能による差は、同様に無視した。これらの効果は回転角によって変化せず、吸収投影の算出のためのブランク測定の必要性を強めた。なぜなら、これは、対トランスミッションカウント率の比を算出した場合は、非均一性を生じさせるためである。
--	--

論文名	Optimization of Butterworth filter for brain SPECT imaging
著者 1	Minoshima S
著者 2	Maruno H
著者 3	Yui N
著者 4	Togawa T
著者 5	Kinoshita F
出典	Ann Nucl Med 1993;7(2):71-77
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	Butterworth filter
キーワード 2	cutoff frequency
キーワード 3	brain SPECT imaging
キーワード 4	optimization
キーワード 5	random noise
コメント	脳 SPECT イメージングにおいて、Butterworth フィルタのカットオフ周波数を常時最適化が可能になるための検討である。Mean square error、nonogram を利用し総カウントからの推定を可能にした。
概要	脳 SPECT イメージングにおいて、Butterworth フィルタのカットオフ周波数を最適化する方法を解説する。物体からの信号と、空間周波数領域の投影画像のランダムノイズの分離は総カウント数の影響を受けることがコンピュータによるシミュレーションで示されている。よって、Butterworth フィルタは個々の対象ごとに、総カウント数に準じて最適化すべきである。脳 SPECT における、最適なカットオフ周波数と総カウント数の関係を明らかにするため、^{99m}Tc-HMPAO を用いて、総カウント数の異なる複数の投影データを健常ボランティアから得た。収集時間を 300 sec/projection とした投影データで、最も高画質な画像が得られた。カットオフ周波数の異なる Butterworth フィルタを、投影データごとに掛け、高品質標準画像と一致するスライスを再構成した。再構成画像と高品質標準画像の自乗平均誤差（mean square error; MSE）を計算し、最小の MSE となる最適カットオフ周波数を各プロジェクションに決定した。総カウント数と最適カットオフ周波数の関連性が nonogram 上で明らかになった。この nonogram を用いることで、それぞれの結果における最適カットオフ周波数を総カウント数から推定することができ、視覚画像の画質を最大にすることができる。今回の結果は、Butterworth フィルタのカットオフ周波数は、それぞれの総カウント数を参照にして決定すべきであると示唆している。

論文名	Evaluation of SPECT angular sampling effects: Continuous versus step-and-shoot acquisition
著者 1	Bieszk JA
著者 2	Hawman EG
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1987;28(8):1308-1314
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	step-and-shoot data acquisition mode
キーワード 2	hot rod phantom
キーワード 3	angular dependence
キーワード 4	angular sampling
キーワード 5	continuous data acquisition mode
コメント	連続収集とステップ&シュート収集の比較による SPECT 角度収集効果の評価である。ステップ&シュート収集のある角度から次の角度まで移動する間収集動作が止まるので、不感時間が発生するがこの補正を考慮したうえで、放射性同位元素を封入した棒状ファントム（60°扇状区域に配列された6種類の棒状空間で構成）を利用している。主な検討パラメータは、ファントムの詳細シミュレーションを見るために必要なカウント数、投影方向数に依存するかの検討、角度エリアシングの影響、再構成フィルタなどである。
概要	再構成画像の角度依存性を理解するために放射性同位元素を封入した棒状ファントム（6種類：直径 12.7 mm～4.8 mm）の棒状ファントムを 60 度の扇状区域ごとに配置したものを用意した。このシミュレーションは、投影方向数を 60～180 まで増加させることによる変化を評価し、その結果を既に公表された角度収集の必要条件と比較するのに用いた。また、各比較はステップ&シュート収集と連続収集モードで実施した。ファントム実験データは、3 つの収集モード、そして、2 つの画像統計レベルで収集し、シミュレーション値と比較した。エリアシング効果は、標本抽出がもっとも粗い画像の周辺部から始まり、投影数が減るに従い画像の中央部へ移動する。低周波数領域は、エリアシング現象の強さにはほとんど影響を与えないため対象としなかったが、画像コントラストを低下させ、このアーチファクトの視感度を低下させる。本研究は、角度収集の効果を示し、たとえばイメージの総カウント数が減っても、一般的にその画質は投影方向数の増加で改善することを示している。連続収集（180 view）は、スムージング処理後においても最大計数効率とともに最大角度収集を提供するので、ほとんどの場合では好ましい収集モードとなる。

論文名	Multigated blood-pool tomography: New method for the assessment of left ventricular function
著者 1	Gill JB
著者 2	Moore RH
著者 3	Tamaki N
著者 4	Miller DD
著者 5	Barlai-Kovach M
出典	J Nucl Med 1986;27(12):1916-1924
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	left ventricular function
キーワード 2	multigated blood-pool tomography
キーワード 3	left ventricular volumes
キーワード 4	semiautomatic calculation
キーワード 5	
コメント	左室機能評価のためのマルチゲート血液プール断層撮像法である。方法は左心室容積算出のために必要なパラメータを求めるために胸部ファントムを利用し、断層撮像による左心室容積の測定、左心室容積のアンギオグラフィ測定、再現性のためのスケールに等級分けした横断面、短軸、長軸スライスの局所壁運動評価を行っている。局所壁運動は、アンギオグラフィと血液プール断層撮像検査の左心室データより、長軸スライスを元に定量化している。この研究目的は、左心容量、心電図同期心プール断層撮像による局所壁運動計測方法の開発および検証にある。
概要	48 時間以内に左室造影が施行された連続 12 症例において、マルチゲート血液プール断層撮像（multi-gated blood-pool tomography; MGBPT）から半自動的に左室容量を算出する技術を検証した。容量の計算に必要なパラメータは、左右の心室を表わす ^{99m}Tc で満たされたバルーンで行った胸部ファントム実験から見出した。左室バルーンのピークカウントに対する割合を用いて画像から容量を解析した。本法による計算値は、真のファントム容量と $r=0.99$ で相関した。患者による試験では、360° 回転における 60° アングルそれぞれにおいて 1 心拍 16 フレームのデータが収集された。再構成データは、心尖から 4 房室の短軸及び長軸の横断像において連続した心拍断層スライスの 1 セットから作り出される 1 心拍を無限ループのシネ表示で示した。半自動法により測定された収縮末期容積、拡張末期容積、駆出率は、左室造影法により求めた値と良く相関した。12 症例において MGBPT、プラナー像、左室造影を質的に比較したところ、16 フレームの断層像を用いた壁運動の視覚的評価は、動脈瘤によって引き起こされた範囲に相当する下壁、心基部、中隔の壁運動異常の同定において、プラナー像や左室造影の平面データよりも明らかに有利な点があった。MGBPT の長軸像における壁運動と right anterior oblique (RAO) 30° の左室造影の定量的な比較から、これらは質的に同等であると確認された。MGBPT は左室容積の正確な測定と局所壁運動の評価法として期待できると結論された。

論文名	^{123}I イメージングにおける高エネルギーガンマ線による散乱成分の除去方法
著者 1	本村信篤
著者 2	市原隆
著者 3	高山卓三
著者 4	久保均
著者 5	竹田寛
出典	核医学 1999;36(9):997-1005
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	I-123
キーワード 2	scatter correction
キーワード 3	collimator
キーワード 4	energy window
キーワード 5	dua1window
コメント	^{123}I の 529 keV 高エネルギーからの散乱線について検討した論文。長年 ^{123}I を使用しての定量には様々な散乱を除去した検討が必要であった。要旨にもあるように本法は 2 つのエネルギーウィンドと簡単な画像演算のみで実施できるので多くのガンマカメラ機種で適用可能である。再現性を重視する定量については、簡便な方法が普及するのに重要な因子と思われる。
概要	^{123}I データの定量値がコリメータの種類により変動する問題がある。この原因として、イメージング用 159 keV データに混入する 529 keV ガンマ線による散乱成分（529 keV 散乱線）の量がコリメータにより異なることが考えられる。そこで 529 keV 散乱線を補正する方法として 159 keV エネルギーウィンドに近接して高エネルギー側にウィンドを設置し、コリメータ依存度の散乱線成分を推定する ^{123}I -dua1window（IDW）法を考案した。提案する IDW 法は、イメージングのため 159 keV 光電ピークに設置するエネルギーウィンドと高エネルギー側に設置する 529 keV 散乱線推定用のエネルギーウィンドを使用して、529 keV 散乱線補正を行うものである。本法は 2 つのエネルギーウィンドと簡単な画像演算のみで実施できるので、多くのガンマカメラ機種で適用可能である。心筋 ^{123}I -MIBG 検査を模したファントム実験では、コリメータによる心臓/縦隔（H/M）比の誤差を 22% から 1% にまで低減できた。 ^{123}I イメージングにおいて、IDW 法は ^{123}I データにおける定量値の変動を改善できることが示された。

論文名	SPECT 画像の散乱、吸収補正法についての比較—シミュレーションによる検討—
著者 1	尾川浩一
著者 2	小野時成
著者 3	篠原広行
著者 4	西村恒彦
著者 5	
出典	核医学 2000;37(2):131-142
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	image processing
キーワード 3	attenuation correction
キーワード 4	scatter correction
キーワード 5	Monte Carlo simulation
コメント	日本核医学会の SPECT 定量ワーキンググループで行われた理論的比較も含めた各散乱線補正法の検討論文である。結論は、ファントムにより最適化すべきパラメータが複数あり画一的な評価困難であると論付けている。減弱補正も含んでいるため、やや混乱する面が伺えるが、心筋ファントムも含みデータとして踏まえておくには充分有意義な解説つき論文である。
概要	SPECT 画像の定量性を追求するため、計算機シミュレーションによって、散乱線補正法と減弱補正法を組み合わせた系で、これらの補正画像を評価した。散乱線補正法としては散乱線によるボケ関数を指数関数と仮定しプラナー画像上のデコンボリューション法、低エネルギー部のウィンドで得られたカウントにスケーリングファクタを掛けて光電ピーク内の散乱線を推定する dual energy window subtraction (DEWS) 法、光電ピーク両端 2 つのサブウィンドから台形近似した triple energy window (TEW) 法、光電ピーク部に設定した 2 つの隣接カウント比により回帰関係を計算推定する dual photopeak window (DPW) 法の 4 つを取り上げ、また減弱補正法としては Sorenson 法、Chang 法、Bellini 法を対象とした。シミュレーションは 4 種類のファントム（cold spot、hot spot、star、mathematical cardiac torso; MCAT）について行い、モンテカルロ法により投影データを作成した。画質の比較は画像とそのプロファイルからの視覚評価、コントラスト評価、濃度直線性評価で行った。その結果、一様吸収体の場合は Bellini 法が、不均一吸収体には Chang 法による減弱補正が有効であることがわかった。また、 ^{99m} Tc および ²⁰¹ Tl の場合、TEW 法による散乱補正は今回比較したもののうち、最も真値に近い結果となった。

論文名	^{123}I -BMIPP と $^{201}\text{TlCl}$ の二核種連続投与連続撮像法の有用性
著者 1	南一幸
著者 2	江尻和隆
著者 3	加藤正基
著者 4	立木秀一
著者 5	徳田衛
出典	Radioisotopes 2000;49(12):575-586
カテゴリー1	330：In vivo examinations, general
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	^{123}I -BMIPP
キーワード 2	$^{201}\text{TlCl}$
キーワード 3	dual-isotope SPECT
キーワード 4	cross talk
キーワード 5	SPECT
コメント	^{123}I -BMIPP と $^{201}\text{TlCl}$ の心筋 SPECT クロストーク検討はこれまでも数多く検討されてきた。この論文は、実際臨床に沿ったクロストーク割合が算出可能で医薬品や臓器への散乱線の依存度を加味した上で行うことが出来るため信頼性も高いと思われた。ただし 2 回 SPECT の再現性は否めないがフュージョンソフトで充分解決すると思われる。
概要	^{123}I-BMIPP と $^{201}\text{TlCl}$ 心筋 SPECT を一度の検査で、かつクロストークの影響なしに実施する方法として、まず ^{123}I-BMIPP を 111 MBq 静脈注射し ^{123}I 単独収集（2 ウィンド）を行いのちに $^{201}\text{TlCl}$ 静注を行い収集（1 ウィンド）し ^{201}Tl 内クロストークをサブトラクションする二核種連続投与連続撮像法を考案し、その有用性について検討した。^{123}I-BMIPP 検査時にあらかじめ ^{201}Tl ウィンド（71 ± 7 keV）での画像を撮像し、終了後ただちに投与撮像して得られた $^{201}\text{TlCl}$ 画像から 71 ± 7 keV ウィンドに混入する ^{123}I の光子散乱成分を差し引くことで補正された $^{201}\text{TlCl}$ 画像を得ることができる。クロストークの補正精度を検証するため ^{123}I と ^{201}Tl の面線源を使用し、^{123}I 画像が ^{201}Tl 画像に及ぼす影響を検討した。また、心臓ファントムおよび臨床例についても検討した。面線源では ^{123}I と ^{201}Tl の混在比率の変化や散乱体の有無に対し 2～3%の誤差で $^{201}\text{TlCl}$ 画像は復元された。心臓ファントムおよび臨床例でも純粋な $^{201}\text{TlCl}$ 画像に匹敵する画像が得られ、カウントプロファイルカーブ、ポーラマップおよび画像のコントラストにおいても純粋な $^{201}\text{TlCl}$ 画像とほぼ一致した。面線源の実験において、連続する 2 回の撮像間で 3 ピクセル（約 1.5 cm）までの位置ずれは、補正後の $^{201}\text{TlCl}$ 画像の信頼性を損なう恐れはなかった。

論文名	A Simulation of dynamic SPECT using radiopharmaceuticals with rapid clearance
著者 1	Nakajima K
著者 2	Shuke N
著者 3	Taki J
著者 4	Ichihara T
著者 5	Motomura N
出典	J Nucl Med 1992;33(6):1200-1206
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	myocardial SPECT
キーワード 2	dynamic SPECT
キーワード 3	simulation
キーワード 4	mathematical model
キーワード 5	
コメント	シリンジファントム、心筋ファントムを使った基礎的検討から客観的に評価しながら、臨床データから検証している。また、数学的モデルからもシミュレーションして評価を行っている。臨床データでの検証は収集角度や回転方向の検討では各セグメントでの相対的なカウント比で評価し、収集時間と有効半減期の関係は中核と側壁の相対比率で評価を行っている。心筋 SPECT データの評価するに当たり、ファントム、臨床データの評価方法に参考となる。
概要	短時間に急速に変化する場合は定量性が損なわれたり、アーチファクトが発生したりするなどの原因となるため、有効ではない。そのため、ファントムを使った数学的モデルからシミュレーションして以下の5つの評価項目について検討した。①dynamic-SPECTによるアーチファクトの軽減、②放射性医薬品の有効半減期と SPECT データ収集時間の関係、③180°と 360°収集の比較、④単検出器型ガンマカメラと多検出器型ガンマカメラの比較、⑤急速なクリアランスを呈するトレーサを用いたときの連続反復 SPECT 収集の有用性。結果および結論は、心筋血流製剤では ^{201}Tl のように有効半減期が十分に長い場合はアーチファクトの発生は無視できるが、$^{99\text{m}}\text{Tc}$-MIBI 製剤のように有効半減期が短いものは、アーチファクト発生を抑えるためには考慮が必要で、誤差を 10%以内の抑えるには SPECT 収集時間はトレーサの有効半減期より短くする必要がある、5%以内にするには収集時間を有効半減期の 1/2 にする必要がある。180°収集は歪みや偽陽性が発生し、定量的にも誤差が発生するので、360°を推奨する。多検出器型ガンマカメラの方が統計的ノイズを減らすことができ、定量性が向上するので推奨する。さらに、急速な変動を伴う短時間半減期のトレーサには連続反復収集ができる dynamic-SPECT が適している。

論文名	Electrocardiographically gated myocardial perfusion SPECT: Technical principles and quality control considerations
著者 1	Cullom SJ
著者 2	Case JA
著者 3	Bateman TM
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Cardiol 1998;5(4):418-425
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	gated SPECT
キーワード 2	myocardial perfusion
キーワード 3	quality control
キーワード 4	technical principles
キーワード 5	electrocardiographic
コメント	Quantitative gated SPECT (QGS) が広く使われる以前の文献であるが、ノイズやアーチファクトの発生原理、収集方法の理論などが記述されている他、各パラメータが処理結果にどう影響をもたらすかなどが簡潔にイメージやイラストを交えて書かれているので、基礎的な検討や解釈には有効な文献資料といえる。
概要	心電図同期の SPECT 検査による機能情報からは、血流データのみによる情報とは臨床的にも別な重要な情報が得られる。しかし、これまでの文献的には gated-SPECT の技術的な解釈や側面からの詳細な検討がなされていない。本研究の目的は今までの心筋血流 SPECT に加えて新たな検査方法として臨床上最適に利用する上で関わってくる技術面および解釈上の要素を検討することである。内容としては心筋 gated-SPECT の原理、gated-SPECT の収集方法、gate の R-R インターバルの解釈、リストモード収集、ビートリジェクション、アーチファクトの原因と画像および検査結果に及ぼす影響、gated-SPECT の不適応症例、gated-SPECT によって得られる機能情報について、^{201}Tl と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ のノイズ比の違いからパラメータ変更の必要性など、そして収集カウントが壁厚増加率や左心室駆出率算出に及ぼす影響などが述べられている。結論として、心電図同期 SPECT 検査方法は心機能について血流データとは違った重要な情報がえられることから有用とするが、洞調律の変化とコンピュータのシステム応答の相互作用に深く関わる技術的および臨床的課題について新たに生じるとしている。同期収集には技術的限界の可能性を見極めることが重要で、同じように同期収集には適さない症例もあることを特定することも重要とした。これらの考察を品質プログラムの中に組み込むことによって高品質な心電図同期 SPECT 画像を収集するとともに SPECT 画像を新しい有効な方法として臨床で利用すべきと結論付けている。

論文名	Enhancement of SPECT images by Fourier filtering the projection image set
著者 1	Madsen MT
著者 2	Park CH
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1985;26(4):395-402
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	Fourier filter
キーワード 2	Gaussian filter
キーワード 3	preprocessing filter
キーワード 4	reconstruction
キーワード 5	Mets filter
コメント	Gaussian フィルタを用いることで他のフィルタに比べてパラメータ設定が容易で最適化が可能であるとの内容。Gaussian フィルタを使って周波数フィルタ処理を行う際、実空間から周波数空間に変換のための 2 次元画像フーリエ変換が行われるが、Wiener や Mets フィルタよりも定性画像が向上するという内容になっている。現在一般的に使われる Butterworth フィルタとの比較はされておらず、また、現在では Butterworth フィルタが定量性も高いことが言われているが、これらのフィルタ特性に関する基礎的な検討や活用には有用であると言える。
概要	SPECT 再構成画像は低コントラストとノイズのために分解能が低下し、診断（解釈）に影響が発生している。画像の空間分解能にはコリメータと再構成フィルタが大きく関与する。断層撮像画像の質を向上するには再構成前に投影画像に対してフーリエフィルタリングを行う方法がとられる。再構成フィルタには ramp を使用することによりコントラストは向上するが、ノイズが多く、統計的变化が大きい問題がある。この解決策として再構成前にコントラストを高めてポアソンノイズを軽減するためにプロジェクションデータにフィルタ処理をすることで高品質の SPECT 画像が得られる。Wiener や Mets フィルタによって実質的な改善が示されたが、フィルタ設計を任意で行なわなければならない、などの問題点がある。トータルカウント数に依存する Mets フィルタでは同じカウント数でも脳血流と骨シンチではパワースペクトルがかなり異なることから、ノイズコンポーネントを考慮し、それぞれ検査ごとのフィルタ設計をしなければならない。今回、検討した特定フィルタは、二次元円形の対称型の両端を切り離したガウシアン機能を指定するフィルタであり、パラメータを独立して容易に計算でき、最適化が可能である。また、座標抽出もコサイン関数によって調節されたガウシアンのため、空間フィルタリング特性のアプリケーションも良好である。フィルタ処理をした SPECT イメージは従来のイメージに比べて他の統計的な変化を生じないより詳細な有意性を示す。そのため、フィルタ関数が最適値であることは非常に重

	要なこととなる。フィルタ設計の基準は経験的にフィルタがノイズ支配領域、頻度を増幅させない、などが上げられる。投影データの収集カウン トの減少はノイズ優位となる空間周波数が減少する。また、ノイズ除去は可能であるが、ノイズ優位周波数における画像情報は不可逆的なもので ある。筆者らはこれらのラインに沿って形式的分析を用いることで SPECT の最適収集時間の評価基準を決定できると言及している。
--	--

論文名	Technology for FDG SPECT with a relatively inexpensive gamma camera
著者 1	Drane WE
著者 2	Abbott FD
著者 3	Nicole MW
著者 4	Mastin ST
著者 5	Kuperus JH
出典	Radiology 1994;191(2):461-465
カテゴリー1	741：インビボ測定・検査用装置
カテゴリー2	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
キーワード 1	brain emission CT
キーワード 2	cancer screening
キーワード 3	emission CT technology
キーワード 4	heart emission CT
キーワード 5	radionuclide imaging technology
コメント	SPECT 装置での ^{18}F -fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG) イメージングの臨床応用の検討。コインシデンス回路を有さず、クリスタル厚もそのまま、コリメータだけ 511 keV にして臨床利用したら有用だったという内容の報告で、経済的効果は高いと論じているが、現在の診療ニーズからすると臨床利用は厳しいと言えよう。経済性に主観をおいた論文で、ファントムを使った基礎的検討の内容も薄いので、技術的な 511 keV のイメージングに関する検討にはあまり参考になるとは言えないだろう。
概要	^{18}F -FDG イメージングには専用のシステムが必要であり、それには設備投資に費用がかかり、費用対効果が維持できなくなる。しかしながら、 ^{18}F -FDG を使ったイメージング、特に心筋の生存能の評価には、さほど多くはないがニーズがあり、腫瘍鑑別には同様に臨床利用と研究用途に関心が高い。そのため、市販されている二検出器型ガンマカメラについて、さほど費用をかけずに臨床利用で ^{18}F -FDG による 511 keV のイメージングを可能にするために、システムの修正、変更を行って临床上の有用性を検討した。修正および変更点は、クリスタル厚を従来の 9.5 mm で変更なく、特別な専用コリメータを開発し、ガントリの耐荷重製に対しても考慮した。コリメータに関してはシステム上、感度に関しては問題ではないという観点から分解能重視で設計をした。临床上の検討では心筋 ^{18}F -FDG では、分解能の低下は予想以上に問題はなく、生存心筋判定に有用であるといえる。また、 ^{18}F -FDG SPECT の腫瘍イメージングについても主観的判定では合格水準にあると判定できた。コントラスト分解能向上が可能となり、X 線 CT や MRI で腫瘍と鑑別された 1.0 cm 以下の腫瘍もいくつかこのシステムで検出することができた。腫瘍検出よりも心筋 ^{18}F -FDG SPECT の方が有用性は高いと推測する。用途が広範囲にある現存システムを用いて安価のコリメータを用意するだけで通常の人員とスペース、機材を使って ^{18}F -FDG SPECT に切り替えられる能力は経済的にも非常に効果的である。まとめとして、 ^{18}F -FDG SPECT は理論的にも経験的にも利

	用は可能であり、品質も許容できる範囲であり、また経済的のも優れていることはとても重要であることから、本システムの利用価値は高いといえる。
--	--

論文名	Attenuation correction in myocardial perfusion SPECT/CT: Effects of misregistration and value of reregistration
著者 1	Goetze S
著者 2	Brown TL
著者 3	Lavelly WC
著者 4	Zhang Z
著者 5	Bengel FM
出典	J Nucl Med 2007;48(7):1090-1095
カテゴリー1	741：インビボ測定・検査用装置
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	SPECT/CT
キーワード 2	hybrid imaging
キーワード 3	attenuation correction
キーワード 4	myocardial perfusion imaging
キーワード 5	
コメント	SPECT/CT における心筋シンチでの減弱補正の位置ずれに関しては処々報告されているところであるが、本邦は多数の臨床データを使って減弱補正の検討を行った場合、各セグメントで位置ずれがおこるため、分布異常をきたすため位置合わせが必要としている。位置ずれの測定は前後の座標軸のズレ幅を測定しており、位置合わせの方法はマニュアルでありその精度の評価や、再現性など議論もあるかと思われるが、心筋の減弱補正の検討では参考になるかと思われる。本邦では検出器と一体となり低速で回転する X 線 CT であるが、診断用 MDCT を搭載した SPECT/CT や PET/CT での位置ずれの検討も今後併せて必要となると思われる。
概要	心筋血流 SPECT の精度は減衰補正によって向上する。ハイブリッド SPECT/CT システムは X 線 CT による減弱補正が行なえる利点があるが、X 線 CT と SPECT を連続して撮影するため、減衰補正のアルゴリズムにおいて、エミッションとトランスミッションスキャン相互の画像における位置ずれによる影響を受ける可能性を含んでいる。この位置ずれはトレーサ分布に影響を与える可能性があり、診断精度の低下につながるものである。この研究は、SPECT/CT の心臓検査における位置ずれの影響とソフトウェアベースの画像位置合わせを実施した場合の違いを検討した。SPECT / CT 装置（Millennium VG/Hawkeye: GE 社製）にて心筋血流 SPECT 検査（^{201}Tl、$^{99\text{m}}\text{Tc}$）を実施した 105 患者の症例を解析し、各症例に関してフュージョンソフトウェアを用いて画像の位置ずれを定量的に評価した。位置ずれの結果はミリ単位で、X、Y、および Z 軸に記録した。6 セグメント（anterior、septal、inferior、lateral、anteroapical、inferoapical）の局所トレーサの取り込みは減弱補正有りおよび無しのそれぞれを位置あわせ前後で作成し、局座標表で表した。位置ずれの相対的な影響を判断するため、減弱補正有りおよび無し、位置ずれの補正前後の減弱補正を個々に相関評価した。位置ずれの度合いは、性別、体重など臨床的な変動要素を含めて解析を行った。局所のトレーサ取り込みの違いは、6 セグメントす

	べてにおいて、位置ずれが顕著に現れた。その中で特に下壁が顕著であった。多変量解析において、この位置ずれは前壁 ($p=0.038$)、中隔 ($p=0.011$)、下壁 ($p=0.006$) のトレーサ分布の大きな変動に影響する。位置ずれの平均距離は 8.6 ± 3.8 mm (1.25 ± 0.55 ピクセル) であった。位置ずれは 1 ピクセル、またはそれ以上の位置ずれがあったのは全体症例の 64%であり、位置ずれを正して減弱補正を行なう必要性が示された。SPECT/CT システムにおいて位置ずれが発生している場合には、減弱補正後の心臓 SPECT 検査の局所トレーサ分布に影響を与える。位置ずれ画像に対する再位置合わせは、利便性の高い補正ツールとして応用されることが考えられる。
--	--

論文名	Sources of attenuation-correction artefacts in cardiac PET/CT and SPECT/CT
著者 1	McQuaid SJ
著者 2	Hutton BF
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging 2008;35(6):1117-1123
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	attenuation correction
キーワード 2	artifact
キーワード 3	respiratory motion
キーワード 4	hybrid imaging
キーワード 5	myocardial perfusion imaging
コメント	心臓の減弱補正の精度に大きく影響するのは各臓器の動きのずれによるミスマッチでおこるアーチファクトであるが、このずれの影響を本法は non-uniform rational B-spline（NURBS）ベースの心臓－胴 NURBS-based cardiac-torso（NCAT）ファントムで検討している。このファントムは 4 次元で評価できるファントムとされ、解剖学的に臓器の臨床に即して考えられているほか、呼吸運動や特に心臓の動きにまで考慮されて考えられているファントムである。よって正確にシミュレートするのに最適とされている。横隔膜の位置や動きの幅、各臓器の位置の変更も可能となっているので、使いこなすことによって、いままでの臨床とファントムデータの不一致が解消できる検討ができる可能性が大いにある。この論文も、これらファントムを使っでの検討なので、信頼性は非常に高いと推察する。
概要	心筋の SPECT/CT あるいは PET/CT では呼吸性移動が原因で X 線 CT とのトランスミッションデータとミスマッチが起こることでアーチファクトが起こり得る。本法は減弱補正精度の因子を判定するための、呼吸性移動による両方のモダリティ間に起こるアーチファクトの評価を行うことである。方法は、NCAT ファントムを使い、呼吸位相サイクルの違いからの集積マップを作成し、これらを投影し、減弱補正を行い、画像再構成を行って PET および SPECT イメージを作成した。呼吸位相の違いによる減弱補正を行い、左心室イメージの影響を検討した。心筋の不均一性の評価は 17 セグメントモデルから得られたスコアの標準偏差で行い、また、それぞれのモダリティ間での不均一性の変化を比較した。結果として特定のタイプで、アーチファクトと不均一性の増加が一致した。不均一性は、心臓のずれによる増加、肝臓のずれによる増加、横隔膜の収縮による肺のずれによる増加、胸壁の動きによる肺のずれの増加を検討したところ、PET の方が SPECT より大きかった。結論では、減弱補正は PET、SPECT で見られるが、PET でより厳密に影響する。また、より激しくアーチファクトが生ずるのは心臓と肝臓の位置のずれから成り、肺のずれによる影

	響は少なかった。したがって、減弱補正を正しくマッチさせるには心臓と肝臓の位置を正しくさせることである。
--	---

論文名	Subtraction of Compton-scattered photons in single-photon emission computerized tomography
著者 1	Axelsson B
著者 2	Msaki P
著者 3	Israelsson A
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1984;25(4):490-494
カテゴリー1	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	Compton scatter
キーワード 2	scatter correction
キーワード 3	scatter model
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	散乱線補正のモデル考案を目的に、プールファントムに距離を変えたラインソースファントムを設置し、line spread function（LSF）を算出して検討された。モデル評価ではコントラスト分解能、空間分解能が向上し、定量性も向上すると推察できる検討結果となっている。
概要	SPECT におけるプロファイルデータによる散乱イベントのデコンボリューションに基づいた散乱補正方法について述べられている。基の考え方は、核医学イメージング装置は位置検出器の応答は散乱線の影響を受けているが、散乱光子はプライマリ光子よりエネルギーが低いため、理論上はエネルギー弁別器ウィンドのベースラインをプライマリ光子のエネルギーと同じかそれより低く設定すれば除去できるが、実際はクリスタルにヨウ化ナトリウムを使ったシステムではエネルギー分解能が悪く、弁別器による散乱光子の除去は不可能である。散乱減算モデルをつくり、散乱係数あるいは散乱関数を設定し、測定データから減算するという手法が必要で、本研究ではその検討がなされている。検討方法としては関数定義の方法として直方体のウォーターバスにラインソースを設定し、測定結果から設定し、モデルの評価として肝臓に見立てた 60 cm 欠損部分のあるファントムを使って検討した。結果としては欠損部分と周囲の濃度比は従来方法では 0.28 対 1 の結果だったのが、この手法による補正では 0.01 対 1 という良好な傾向となった。この結果より、この散乱線を減算するために考案されたこのモデルは、今後の SPECT 検査には非常に大きな価値を示すことが推察される。この手法によって、コントラストは向上し、おそらく空間分解能も改善されと期待できる。しかし、ノイズレベルが増加してしまうのがデメリットである。今後は散乱分布関数のパラメータ最適化について検討する必要がある、また、散乱補正を行った後の減衰補正に関する影響も考慮する必要がある。

論文名	The additional value of SPECT-CT in lymphatic mapping in breast cancer and melanoma
著者 1	van der Ploeg IM
著者 2	Valdés Olmos RA,
著者 3	Nieweg OE
著者 4	Rutgers EJ
著者 5	Kroon BB
出典	J Nucl Med 2007;48(11):1756-1760
カテゴリー1	741：インビボ測定・検査用装置
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	radionuclide imaging
キーワード 2	breast neoplasms
キーワード 3	melanoma
キーワード 4	sentinel lymph node biopsy
キーワード 5	SPECT
コメント	従来法のセンチネルリンパ節シンチでは、プラナー像は検出感度が低く、X 線 CT で感度は上がるが位置同定が困難との問題があった。また、X 線 CT とのフュージョンが行われた場合も位置精度の根拠や手技に問題点があった。本法は一体型 SPECT/CT のため、正確な位置同定に優れる他、検出感度も向上したという内容である。国内で同トレーサの使用は困難であり、放射能量も異なるため撮像条件の検討が必要であり、コリメータの選択、また、各補正の有無の効果も実証されていないが、ある程度の臨床例からの有用な裏付けとなるため、今後、国内で同様な臨床利用の有用性に関する検討には参考になると言える。
概要	近年開発された SPECT/CT は生理的情報に優れる SPECT と形態情報に富んだ X 線 CT をひとつの画像に統合する。同一の患者ポジションで撮影されるため、SPECT と X 線 CT の位置合わせは、ソフトウェアでフュージョンする場合に比べ、ポジショニングの違い、臓器移動などの複雑な検証を必要とせず、高精度に行なうことができる。さらに、減弱補正、散乱線補正を行なうことで、センチネルリンパ節の描出能が向上している。本研究では SPECT/CT による乳がん、黒色腫患者検査の付加価値を検証する。40 症例に対して、プラナー遅延像撮影の後に SPECT/CT を施行した。31 症例が乳がん、7 症例が男性の黒色腫、2 症例が女性の黒色腫であった。80 MBq の ^{99m} Tc-Nanocolloid を黒色腫症例に対して、120 MBq のそれを乳がん症例に対して投与した。乳がんでは投与後 10 分、2 時間、4 時間でプラナー像を撮影、黒色腫では投与後 15 分にプラナー像、2 時間に 10 分ダイナミック撮影をガンマカメラ（Vertex: Philips 社製）にて施行した。SPECT/CT（Symbia T: Siemens 社製）は遅延像撮影直後に実施した。LEHR コリメータにて、128×128 マトリクス、6 度ステップで 60 フレーム（25 秒/フレーム）収集した。X 線 CT は 130 kV、17 mAs、5 mm スライス厚で撮影し、減弱補正、散乱線補正へ利用した。核医学専門医 2 名により、画像診断を行い、プラナー像と SPECT/CT から同定されたセンチ

	ネルを比較した。検査後、放射性同位元素（radioisotope; RI）法と色素法を併用したリンパ節郭清術を行い、生理検査を実施している。全症例に対して SPECT/CT が描出能向上とともに正確な位置同定に優れていたことに加え、手術担当医師から手術アプローチの決定に極めて有益な情報を得られる。プラナー像では 37 症例から 96 個のセンチネルリンパ節が見つかるが、SPECT/CT はさらに 6 個のリンパ節を描出した（黒色腫 2 例、乳がん 2 例の合計 4 症例）。2 症例は SPECT/CT のみが描出し、病期診断、治療方針が変更された。SPECT/CT はセンチネルリンパ節の正確な形態位置情報を得ることができ、付加的な価値を得ることができる。SPECT/CT は従来プラナー像では描出されない病変の検出にも優れている。
--	--

論文名	Two-dimensional filtering of SPECT images using the Metz and Wiener filters
著者 1	King MA
著者 2	Schwinger RB
著者 3	Doherty PW
著者 4	Penney BC
著者 5	
出典	J Nucl Med 1984;25(11):1234-1240
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	Mets filter
キーワード 2	Wiener filter
キーワード 3	filtering
キーワード 4	fractional standard deviation
キーワード 5	two-dimensional filter
コメント	カウント数の変化による Mets フィルタの空間周波数特性の検討、臨床部位別のパワースペクトル評価を行っている。ramp、Sheep&Logan、Mets、Wiener フィルタ、それぞれのコントラストと%fractional standard deviation (FSD) について比較検討を行っている。また、円筒ファントムおよび各種大きさをもつ球体ファントムと、臨床画像を使つての同様なそれぞれのフィルタを使った再構成画像の視覚評価を行っている。現在は、filtered backprojection (FBP) 処理の場合、Butterworth フィルタと ramp フィルタの組み合わせが一般的となっているが、フィルタ特性などを検討および確認するには良い文献である。
概要	SPECT の画像処理には再構成前と再構成後のいずれかに 2 次元フィルタリングがされるが、研究対象を Wiener フィルタとカウントに依存する Mets フィルタとしたが両方とも画像処理には自動適応が可能であり、従来の再構成処理結果が不十分な際の繰り返し処理をする手順を省くことができる。ファントムを用いた検討では ramp フィルタよりコントラストが統計学的に優位であり、一定領域におけるカウントの FSD が優位に減少する結果となった。適応性についても異なるカウントレベルでの SPECT 画像評価によってその効果は明らかとなった。処理過程にアレイプロセッサを用いることで短時間処理が可能となった。前処理と後処理の実験的評価では明らかな差は見られなかったが、SPECT 再構成画像から、よりプロジェクション－プラナーデータの方がノイズパワースペクトルの推定が容易にできるなどの理由から、前処理の方が望ましいと言える。理論的基盤があり、画像処理上のノイズレベル、パワースペクトル、modulation transfer function (MTF) に適応する Wiener フィルタと、カウントに依存し、ノイズレベルの変化に適応しないが処理速度が速く簡便に扱える Mets フィルタとの比較では、差をつけるのは難しく、臨床的にも差異は見られなかった。今回、2 次元フィルタリングによる画像処理を紹介し、画像が優位に改善されることを明らかにした。今後、強力なデジタル画像処理

	を行えばさらに改善されと考えられる。
--	--------------------

論文名	Scatter and attenuation correction in SPECT using density maps and Monte Carlo simulated scatter functions
著者 1	Ljungberg M
著者 2	Strand SE
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1990;31(9):1560-1567
カテゴリー1	310：General
カテゴリー2	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
キーワード 1	scatter correction
キーワード 2	attenuation correction
キーワード 3	density map
キーワード 4	Monte Carlo simulation
キーワード 5	
コメント	モンテカルロシミュレーションによる補正や散乱補正法の検討に引用されるべきである。
概要	モンテカルロシミュレーションを用いた新しい散乱および減弱補正法を示す。この方法では、プロジェクションデータにおける散乱の寄与を計算するための線源分布の推定に再構成されたエミッション画像を用いている。また、散乱線補正は減弱補正する前に、もとのプロジェクションから引き算される。減弱補正法は、プロジェクションデータの減弱補正の濃度分布を用いて行う。この方法の有用性を検討するために、ファントムシミュレーションを行った。シミュレーションによる検討は直径が 220～300 mm の円柱で均一の水ファントムを想定し、^{201}Tl、$^{99\text{m}}\text{Tc}$、^{111}In の光子エネルギーの異なる 3 つの核種について検討した。結果として、$^{99\text{m}}\text{Tc}$、^{111}In では 10%以内と精度のいい素晴らしい定量結果が見られたが、^{201}Tl では若干、過小評価される結果となった。また、画像の線源領域内での相互作用の変化が大きく減少していることと、コントラストの強調されていることが明らかになった。

論文名	Scintillation camera with multichannel collimators
著者 1	Anger HO
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1964;5:515-531
カテゴリー1	310：General
カテゴリー2	741：インビボ測定・検査用装置
キーワード 1	scintillation camera
キーワード 2	multiplier phototube
キーワード 3	multichannel collimator
キーワード 4	geometric resolution
キーワード 5	sodium iodide crystal
コメント	シンチカメラの基本原理について記載があるため、核医学における撮像装置の変遷などの記述が必要な論文には引用されるべきである。平行多孔型コリメータについてデザインや空間分解能や感度など基本的な性能を表す数式も記されているので、装置の基本性能についての論文に引用すると良い。また、開発当初の臨床画像と現在の画像の画質比較をするうえで一見の価値がある。
概要	はじめに、コリメータ、シンチレータ、光電子増倍管（photomultiplier tube; PMT）などのアンガー型シンチカメラの基本構造が示す。平行多孔型コリメータのデザインについては隔壁の高さと開口径より幾何学的な構造が決まる。さらにコリメータと線源の距離、コリメータとシンチレータの距離を出来るだけ短くすることで空間分解能が向上する。また、典型的なコリメータの基本性能の比較や臨床画像についても提示する。新しく開発された多孔型コリメータを使用したシンチカメラは感度が極めて高く、広い視野が撮れることから、短時間で多方向の撮影が可能になった。また、放射性薬剤の投与量についても低減が可能である。

論文名	Interactive visual optimization of SPECT prereconstruction filtering
著者 1	King MA
著者 2	Glick SJ
著者 3	Penney BC
著者 4	Schwinger RB
著者 5	Doherty PW
出典	J Nucl Med 1987;28(7):1192-1198
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	real-time visual feedback
キーワード 2	normalized mean squared error
キーワード 3	modulation transfer function
キーワード 4	image power spectrums
キーワード 5	Metz filter
コメント	Metz フィルタをはじめ画像処理フィルタの最適化について検討した論文に引用されるべきである。最適フィルタの基準として客観的な基準と視覚による主観的な基準を組み合わせているところが興味深い。
概要	SPECT 収集画像に 2 次元フィルタをかけるためにディジタルフィルタを設計する際には、多くの因子を考慮しなければならない。主観的に最適なフィルタリングを提供するため試みとして、リアルタイムに視覚的なフィードバックがされるプログラムが開発されてきた。これはユーザーが撮像条件（すなわち散乱線、ペネトレーション、コリメータと検出器固有の分解能の劣化）に合うものをいくつかの Metz フィルタの中から選択することを可能にしている。また、最適なフィルタを選択する上でユーザーの手助けとなるガイドラインが策定された。このガイドラインはノイズパワースペクトルの確率分布に基づいており、画像のパワースペクトルの 1 次元圧縮がノイズ変動の 90%の信頼限界に等しい時に 1.0 の値であるフィルタを選ぶというものである。この基準は典型的な SPECT 収集におけるカウントレベルにおいて、視覚的な最適化を始めるスタートポイントとしては、実用的であると思われる。開発したアレイプロセッサでは、画像の横にフィルタ被写体のパワースペクトルとフィルタ関数とガイドラインの基準が同時に表示され、ジョイスティックでフィルタパラメータを変更すると、1 秒以内に新しくフィルタリングされた画像を出すことが出来る。これまで、最適な復元フィルタの基準は normalized mean square error（NMSE）を基準にとしてきたが、本論文では新しい基準として観察者の視覚を組み込むことを提案している。

論文名	Variation of the count-dependent Metz filter with imaging system modulation transfer function
著者 1	King MA
著者 2	Schwinger RB
著者 3	Penney BC
著者 4	
著者 5	
出典	Med Phys 1986;13(2):139-149
カテゴリー1	310：General
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	digital image filtering
キーワード 2	nuclear medicine
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	array processor
キーワード 5	
コメント	Metz フィルタに影響を与えるパラメータに関して、様々な検討を網羅した論文である。Metz フィルタをはじめ、復元フィルタに対する各パラメータの影響について検討した研究には引用すべきである。
概要	Metz フィルタは $M(f)=MTF^{-1}(f) \cdot \{1-[1-MTF^2(f)]^x\}$ で定義されるが、このうち、modulation transfer function (MTF) を変化させる多くのパラメータがどのようにカウント依存の Metz フィルタに影響を与えるかについてシステマティックな研究が行なわれた。ファントムとして Alderson liver-spleen ファントムを用い、1 ピクセルあたり 25～500 カウントの 6 種類の画像について検討した。まず、式の検討では、上記の式の MTF の項に、真の MTF をそのまま用いる場合、最初の項だけ指数関数で一般化された値 $H(f)=\exp(-f^p/S)$ を代入した場合、最後に両方の MTF の項とも $H(f)$ で代入した場合の 3 つについて検討した。その他、サンプリングの違い (128 と 64)、線源の深さと Air gap の距離、エネルギー設定 (対称設定と非対称設定)、コリメータの種類 (LESHR、LEHR、LEGAP)、核種 (^{99m}Tc、^{201}Tl) の比較などを検討した。その結果、復元フィルタは被写体のパワースペクトルにおいてノイズが優位な周波数で最も効率的であるので、低空間周波数において大きく MTF を落とすパラメータが Metz フィルタの形成に強く影響することがみられる。よって、撮像に用いられた放射性核種と散乱体内の線源の深さは最も強く影響する。この原因は、それらのパラメータが撮像される相対的な散乱線量を変化するからである。低いエネルギーの核種に対しては、使用されたコリメータとコリメータからの距離による影響はあまりなかった。この原因は、それらのパラメータによる MTF の変化が比較的緩やかで、かつ中～高周波数領域において顕著であったためである。適切なマトリックスを使用する限り、Metz フィルタはあまりサンプリングの違いに影響しないことがわかった。プラナー像と SPECT 像の両方において、撮像条件ごとに最適化した Metz フィルタは、散乱線の影響や様々な因子による空間分解能の劣化を改善し、さらにノイズを

	低減することが非常にバランスよく可能である。
--	------------------------

論文名	Dynamic pulmonary SPECT of xenon-133 gas washout
著者 1	Suga K
著者 2	Nishigauchi K
著者 3	Kume N
著者 4	Koike S
著者 5	Takano K
出典	J Nucl Med 1996;37(5):807-814
カテゴリー1	331：プラナー，ダイナミック検査
カテゴリー2	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	dynamic study
キーワード 3	xenon-133 gas
キーワード 4	lung ventilation
キーワード 5	
コメント	¹³³ Xe ガスの肺ダイナミック SPECT については論文を参照するべきである。
概要	3 検出器型 SPECT の収集モード“連続反復回転収集”を ¹³³Xe ガスの肺ダイナミック SPECT に応用した。対象患者は 22 名の腫瘍性病変、22 名の閉塞性肺疾患、10 名の拘束性肺疾患、7 名の正常患者を含む。SPECT 検査は 30 秒の息止めの後、平衡相、5 分から 7 分の自然呼吸で洗い出しを撮像する。¹³³Xe 洗い出し相の画像からカウントが半値となる時間（$T_{1/2}$）と平均通過時間（mean transit time; MTT）を求めた。結果として SPECT 像と MTT の評価において肺換気で重力効果のみを受けるものを正常とし、胸部 X 線 CT で正常、異常を問わず、¹³³Xe 洗い出し相で遅延像を示すものを異常とした。閉塞性肺疾患における $T_{1/2}$（111.4 ± 26.4 sec）と変動係数（0.36 ± 0.13）は心筋梗塞性肺疾患のそれぞれの値（56.8 ± 3.9 sec、0.16 ± 0.15 sec）と比較すると有意差を認めた（おのおの $p < 0.001$、$p < 0.05$）。また、SPECT 像とプラナー像の比較では 19 名の患者で換気異常の検出は SPECT 像が優れ、2 つの画像間で高い相関が示された（$r = 0.977$、$p < 0.001$）。¹³³Xe ガスの肺ダイナミック SPECT は換気異常などの解明に有用である。

論文名	Radioguided sentinel lymph node biopsy in breast cancer surgery
著者 1	Mariani G
著者 2	Moresco L
著者 3	Viale G
著者 4	Villa G
著者 5	Bagnasco M
出典	J Nucl Med 2001;42(8):1198-1215
カテゴリー1	741：インビボ測定・検査用装置
カテゴリー2	743：補助用具（器具）
キーワード 1	sentinel lymph node
キーワード 2	breast cancer
キーワード 3	interstitial administration
キーワード 4	lymphoscintigraphy
キーワード 5	intraoperative γ -probe guidance
コメント	論文への引用だけでなく、これからセンチネルリンパ節生検を開始する施設にとって参考になる概論的な論文である。また、ガンマプローブの評価についての論文は少なく、プローブの検討を行う際には引用されるべきである。
概要	乳がんのセンチネルリンパ節生検について記載した論文であり、はじめにセンチネルリンパ節コンセプトの基本的な考え方や乳房周囲のリンパ節の解剖や生理について解説する。また、放射性薬剤を用いたセンチネルリンパ節生検について、現在、欧米で利用可能な薬剤の種類と粒子径などの違いによる特徴について検討した。さらに、それら薬剤の投与量および液量、投与する場所についてセンチネルリンパ節の検出が異なることを示す。シンチグラフィの撮像に関しても一般的な撮像条件が示されているとともにガンマプローブ（CdTe、CsI など）での検索についてその意義と、用いられるプローブの性能比較を行った。さらに、摘出したリンパ節の病理検査や放射性物質を使用することによる被ばくとその防護についても言及した。

論文名	Glomerular filtration rate: Estimation from fractional renal accumulation of ^{99m}Tc -DTPA (stannous)
著者 1	Gates GF
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	AJR Am J Roentgenol 1982;138(3):565-570
カテゴリー1	331：プラナー，ダイナミック検査
カテゴリー2	351：インビボ放射性医薬品
キーワード 1	glomerular filtration rate
キーワード 2	renal uptake
キーワード 3	renal depth
キーワード 4	^{99m}Tc -DTPA
キーワード 5	
コメント	^{99m}Tc -DTPA による glomerular filtration rate (GFR) 算出の基本となる論文である。シンチグラムによる GFR の算出法について、深さ補正の因子（腎臓の深さと減弱係数）や関心領域（ROI）の設定方法についてなど算出法自身の検討には参照されるべきである。また、治療薬による腎機能評価の変化など、得られた GFR と病態および血液データとの比較をする場合には引用すべきである。
概要	^{99m}Tc -DTPA も用いることにより GFR の算出が可能である。本研究の対象は 31 名の入院患者（内 2 名が腎移植）に施行された 35 回の検査データである。GFR は 24 時間のクレアチニークリアランスで補正を行った回帰式にて求められる。GFR の算出に関して、バックグラウンドの ROI 設定、深さの補正、解析開始の最適時間について検討が行われた。結果として、半月状のバックグラウンド ROI で、Tønnesen 法による深さの補正をし、静注後 2～3 分のデータを使用することが最適であることが示唆された。また回帰式より算出した GFR は、クレアチニークリアランスと非常に高い相関が得られた。このようにシンチグラフィによる GFR の算出法は採血をすることなく短時間かつ両腎それぞれの機能を測定できる利点がある。

論文名	Technical aspects of performing lymphoscintigraphy: Optimization of methods used to obtain images
著者 1	Krynyckyi BR
著者 2	Miner M
著者 3	Ragonese JM
著者 4	Firestone M
著者 5	Kim CK
出典	Clin Nucl Med 2000;25(12):978-985
カテゴリー1	331：プラナー，ダイナミック検査
カテゴリー2	741：インビボ測定・検査用装置
キーワード 1	breast cancer
キーワード 2	lymphoscintigraphy
キーワード 3	sentinel node
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	センチネルリンパ節シンチグラフィの撮像法について多くの知見が記載されている。また、乳がんに対する生検方法や最近の手術方法についても記載されているため、特に乳がんのセンチネルリンパ節シンチグラフィの撮像法を検討する際は引用すべきである。
概要	センチネルリンパ節のシンチグラフィおよび生検は、悪性腫瘍の診断、治療に有用である。本論文では乳がんのセンチネルリンパ節シンチグラフィに関して実用的で最適な撮像法を提案する。まず、撮像体位であるが正面像のほか側面像を撮像することが推奨され、それに伴い、腕の挙上角度も変化させる。センチネルリンパ節の位置の同定のために体輪郭の描出も重要であり、⁵⁷Co の面線源を使った方法と散乱線を用いる方法を示す。また、同様に皮膚表面へのマーキングであるが、正面像、側面像のそれぞれで印をし、その交点から位置を推定する方法が有用である。また、収集条件であるが dynamic 収集が推奨され、エネルギーの設定も dual energy での収集をすることで散乱線を除外できる。このほか、撮像および手術の開始時間、注射の際の痛みのコントロール法、汚染の防止策、投与後の体温管理とマッサージの是非など、センチネルリンパ節シンチグラフィで考慮すべき事項について多岐にわたる知見を示す。

論文名	A quantitative phantom analysis of artifacts due to hepatic activity in technetium-99m myocardial perfusion SPECT studies
著者 1	Germano G
著者 2	Chua T
著者 3	Kiat H
著者 4	Areeda JS
著者 5	Berman DS
出典	J Nucl Med 1994;35(2):356-359
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	phantom analysis
キーワード 3	artifacts
キーワード 4	hepatic-to-cardiac activity ratio
キーワード 5	myocardial perfusion SPECT
コメント	Filtered backprojection（FBP）法では負の値が発生するが、この論文はそれによる ^{99m}Tc 製剤による心筋 SPECT のアーチファクトを論ずる場合に重要である。
概要	FBP 法では、^{99m}Tc 心筋 SPECT において、肝－心筋集積率（hepatic-to-cardiac activity ratio; HCR）が高値の場合（>1）には、再構成画像中の心筋放射能が真の値よりも小さくなることがある。この肝の摂取率の影響を定量的に解明するために、市販の胸部および心臓ファントムに、自作の肝を封入したファントムを使って検討している。なお、HCR が 0：1、1：1、2：1 となるような ^{99m}Tc を調整してファントム内に封入したものを使用している。このファントム像の撮像は、高感度 3 検出器に LEHR コリメータを装着し、180 度収集にて非円軌道にて撮像を行っている。SPECT イメージによる定量的なプロフィール分析結果では、0：1 の HCR に対して 1：1 および 2：1 の HCR での inferior/inferoseptal では、それぞれ最大で 17.8% および 46.2% の放射能の減少が認められた。なお、肝臓からの散乱線は、これらの放射能の減少を部分的に緩和させることになる。また、画像再構成前の投影データに前処理を行うと、この放射能の減少の度合いをさらに増強する。しかし、2：1 の HCR ファントムの投影データに、オーダ 5 の Butterworth フィルタを用いて遮断周波数をナイキスト周波数の 0.3 として画像再構成した場合の下壁領域のカウントに対して、その遮断周波数を 0.1、0.2、および 0.215（臨床の標準）とすると、それぞれ 16%、8% および 5% ほど下壁領域のカウントが低下した。今回の検討結果から、十分なカウントが得られて肝臓への摂取率が高い場合には、前処理フィルタのカットオフ周波数を高くした方が、^{99m}Tc 製剤による心筋血流 SPECT 特有の問題の改善には有効であると示唆されたとの報告内容である。

論文名	Preoperative assessment of residual hepatic functional reserve using ^{99m}Tc -DTPA-galactosyl-human serum albumin dynamic SPECT
著者 1	Hwang EH
著者 2	Taki J
著者 3	Shuke N
著者 4	Nakajima K
著者 5	Kinuya S
出典	J Nucl Med 1999;40(10):1644-1651
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	^{99m}Tc -DTPA-galactosyl-human serum albumin
キーワード 2	dynamic SPECT
キーワード 3	hepatic resection
キーワード 4	functional reserve
キーワード 5	
コメント	^{99m}Tc -DTPA-galactosyl-human serum albumin (^{99m}Tc -GSA) を用いた dynamic SPECT における残存肝機能予備能の術前評価を論じた論文である。また、dynamic SPECT の有用性を論じるための参考文献でもある。
概要	残存肝機能の術前評価は、肝切除術後の残存肝機能評価の推定に有用である。術後の残存肝機能評価を推定するために、^{99m}Tc-GSA dynamic SPECT から ^{99m}Tc-GSA 肝クリアランス値を解析して評価を行った。検討症例は、肝切除 55 症例を含む肝疾患症例 114 例である。185 MBq の ^{99m}Tc-GSA 注入 1 分後から、1 分毎の dynamic SPECT にて 15 回の連続イメージを撮像した。これらの連続 SPECT イメージの最初の 5 セットデータとパトリックプロット法で、肝臓における ^{99m}Tc-GSA クリアランス (ml/min) 値を反映した肝機能評価の指標値を算出した。術後の肝 ^{99m}Tc-GSA クリアランス値の総和を、推定された残存 ^{99m}Tc-GSA クリアランス値として分類した。肝切除術が行われた症例におけるシンチグラフィは、術前と術後の 37±10 日以内に施行された。今回検討を行った肝 ^{99m}Tc-GSA クリアランス値の総和は、従来の一版的な肝機能検査値と良好な相関が確認された。すなわち、indocyanine green (ICG) 血漿停滞率 15 分値 (ICG) は ($r=-0.600$, $p<0.0001$, $n=94$) であり、ICG 血漿消失率は ($r=0.670$, $p<0.0001$, $n=83$) であり、コリンエステラーゼ値は ($r=0.539$, $p<0.0001$, $n=121$) であり、血清アルブミン値 ($r=0.421$, $p=0.0001$, $n=123$) であり、そしてヘパプラスチンテスト ($r=0.456$, $p<0.0001$, $n=120$) であった。肝区域切除または肝葉切除術を施行した症例において、予測残存 ^{99m}Tc-GSA 肝クリアランス値と、術後の ^{99m}Tc-GSA 肝クリアランス値間に良好な相関を認めた ($r=0.84$ および $p<0.0001$, $n=28$)。また、亜区域切除術を施行した症例では、予測残存 ^{99m}Tc-GSA 肝クリアランス値と、術後の ^{99m}Tc-GSA 肝クリアランス値間に良好な相関を認めた ($r=0.91$ および $p<0.0001$, $n=25$)。術後に肝不全の合併症を認めた 5 症例（うち、2 例は術後 2 ヶ月以内に肝不全にて死亡）では、合併症が認められなかった例に比べて予

	測残存 ^{99m}Tc-GSA 肝クリアランス値が有意に低値であった ($90.3 \pm 37.2 : 320.9 \pm 158.8 \text{ mL/min}$, $p < 0.005$)。^{99m}Tc-GSA 全肝クリアランス値は、肝機能を反映すると考えられた。さらに、術前の予測残存 ^{99m}Tc-GSA 肝クリアランス値は、術後の肝機能や早期予後判定の良い指標となった。肝腫瘍症例、特に肝機能障害のある症例の外科的対策を考慮する際に、有用であると思われた。
--	--

論文名	A transmission-dependent method for scatter correction in SPECT
著者 1	Meikle SR
著者 2	Hutton BF
著者 3	Bailey DL
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1994;35(2):360-367
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	Compton scattering
キーワード 2	transmission tomography
キーワード 3	attenuation correction
キーワード 4	quantitative SPECT
キーワード 5	
コメント	Meikle らによる transmission dependent convolution subtraction（TDCS）法は散乱光子を投影データから除去する方法で、SPECT の散乱補正を論述する際には重要な方法である。
概要	本法では、SPECT の減弱補正で用いるトランスミッション（transmission CT; TCT）データを基に散乱によるビルドアップ係数を測定し、各画素における散乱の割合を回転角度ごとに求め散乱補正を行う。この方法は、散乱線成分を線源分布と散乱をあらわす関数（散乱関数）の畳み込みから推定し、それを投影データから減算し散乱補正を行うコンボリューション－サブトラクション法に一種である。この TDCS 法では、散乱の割合だけが散乱体の密度やその大きさに依存するが、散乱関数そのものは変わらないとしている。したがって、散乱の割合を定数ではなく位置に依存する変数 $K(x,y)$ として TCT の測定値から 2 次元マップを求める。ここで、$t(x,y)$ は TCT により測定された各座標での透過係数である。A は核種定数、B はウィンドの設定定数、β はコリメータ定数であるがこれらは実測あるいはモンテカルロシミュレーションなどで決定される値である。 $K(x,y) = 1 - \frac{1}{A - Bt(x,y)^{\beta/2}}$

論文名	Quantitative measurement of radioactivity in vivo by whole body counting
著者 1	Sorenson JA
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	In: Hine GJ, Sorenson JA, eds. Instrumentation in nuclear medicine. New York: Academic Press; 1974;2:311-348
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	attenuation correction
キーワード 2	uniform attenuation correction
キーワード 3	quantitative SPECT
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	この論文は、SPECT の減弱補正である均一吸収体補正法を論じる際には不可欠である。ただし、正確な SPECT データを得るには X 線 CT データなどを利用した不均一減弱補正法の方が優れている。
概要	この均一吸収体補正法では、次の 2 つの仮定を基にして成立する。つまり、①物体内の線源は一様に分布している、②物体内は同一の減弱係数の物質で満たされている、の 2 項である。そして、この物体内の減弱係数を μ、線源分布密度を ρ、減弱を含む投影データを $P_v(\varepsilon, \theta)$ とする。また、この投影データ $P_v(\varepsilon, \theta)$ を形成した被写体の厚さを $L=l+dl$ とすると、$dP_v(\varepsilon, \theta) = \rho dl \exp(-\mu l) \cdots (1)$ が成立する。また、減弱がない投影データ $P(\varepsilon, \theta)$ は、$P(\varepsilon, \theta) = \rho L \cdots (2)$ となることから、減弱がある投影データは、$P_v(\varepsilon, \theta) = -\rho(\exp(-\mu L)-1)/\mu \cdots (3)$ が成立する。さらに、式 (2) と (3) より、$P(\varepsilon, \theta) = \mu L P_v(\varepsilon, \theta)/(1-\exp(-\mu L)) = \mu L P_v(\varepsilon, \theta)/(2\exp(-\mu L/2) \sinh(\mu L/2))$ が得られる。実際には、$P_v(\varepsilon, \theta)$ は対向するデータ $P_v(-\varepsilon, \theta+\pi)$ との幾何平均で求められる。すなわち、$P(\varepsilon, \theta) = \mu L (P_v(\varepsilon, \theta) + P_v(-\varepsilon, \theta+\pi))/(4\exp(-\mu L)) = \mu L P_v(\varepsilon, \theta)/(2\exp(-\mu L/2) \sinh(\mu L/2))$ となり、この式に基づき得られた吸収補正後の投影データを再構成することにより、均一吸収体による吸収補正を行った再構成画像が得られる。

論文名	Nonuniform attenuation correction using simultaneous transmission and emission converging tomography
著者 1	Tung CH
著者 2	Gullberg GT
著者 3	Zeng GL
著者 4	Christian PE
著者 5	Datz FL
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1992;39(4):1134-1143
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	non-uniform attenuation correction
キーワード 2	cardiac SPECT
キーワード 3	quantitative SPECT
キーワード 4	expectation maximization algorithm reconstruction
キーワード 5	
コメント	心筋 SPECT における expectation maximization（EM）アルゴリズム画像再構成による不均一吸収補正法を論じた論文として重要である。
概要	心筋 SPECT における光子の減弱は、病変検出能の低下と定量性を損なう要因となることは周知のとおりである。そこで、胸部内の様々な減弱を正確に補正するために、胸部内の減弱 map を作成し EM 画像再構成アルゴリズムと組み合わせられて使用した。なお、トランスミッションとエミッションデータは、エミッション線源（^{201}Tl）よりも高いエネルギーで、さらに検出器の反対側の焦点ラインに正確に並べられたトランスミッション用線状線源（$^{99\text{m}}\text{Tc}$）を装備したファンビーム型コリメータを装着した多検出器型 SPECT 装置にて同時に収集した。^{201}Tl の高エネルギー光電ピークによるトランスミッションデータの関与は、エミッションのみを収集する検知器からの測定に基づいて削除した。そして、3 検出器全ての ^{201}Tl の低エネルギー用ウィンド内（73 keV）に混入する $^{99\text{m}}\text{Tc}$ トランスミッション散乱光子を取り除くためのアルゴリズムを導き出した。心筋 SPECT の定量精度は、通常の臨床検査時の検査時間内に得られる同時収集によるトランスミッションとエミッションデータを用いて大きく改善され

論文名	Quantifying local cerebral blood flow by N-isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine (IMP) tomography
著者 1	Kuhl DE
著者 2	Barrio JR
著者 3	Huang SC
著者 4	Selin C
著者 5	Ackermann RF
出典	J Nucl Med 1982;23(3):196-203
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	cerebral blood flow
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	quantitative SPECT
キーワード 4	N-Isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine
キーワード 5	microsphere
コメント	この論文は、N-isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine（ ¹²³ I-IMP）と SPECT を利用した microsphere モデル法による局所脳血流量の測定を発表した最初の論文である。SPECT を利用した脳血流測定法の原点ともいえる重要な論文である。
概要	局所脳血流量の定量法の開発を行った。この定量法は、静脈内に注入された ¹²³I-IMP と SPECT を組み合わせ、さらに古典的な動脈血採血サンプリング法を利用して行われる。局所脳血流の分布パターンは、ラットの内頸動脈内に注入した ¹²³I-IMP の脳内分布を autoradiography にて確認した。サルの内頸動脈内に注入した ¹²³I-IMP は、CBF が 33 ml/100 g/min のとき 92%が脳に摂取された後、約 60 分の半減期で洗い出された。また、犬の脳を用いた実験では、¹²³I-IMP による動脈採血法と microsphere による局所脳血流量がよく一致していたことが確認された。5 症例による人の脳の検討では、この方法により全脳の血流量の平均が、47.2±5.4 ml/100 g/min（mean±s.d.）と測定され、白質と灰白質の分布状態は約 1 時間維持された。また、脳からの洗い出しの半減期は、約 1 時間であった。そして、¹²³I-IMP の脳血流像の画質は PET 画像と同等であった。

論文名	N-isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine とガンマカメラ回転型 ECT による局所脳血流測定
著者 1	松田博史
著者 2	関宏恭
著者 3	石田博子
著者 4	隅屋寿
著者 5	辻志郎
出典	核医学 1985;22(1):9-18
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	N-isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine
キーワード 2	regional cerebral blood flow
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	rotating gamma camera emission CT
キーワード 5	cerebrovascular accidents
コメント	この論文は、Kuhl らが開発した N-isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine（ ¹²³ I-IMP）と SPECT を利用した microsphere モデル法による局所脳血流量の測定法を単検出器型の SPECT 装置でも測定可能にした論文である。本邦では、この論文発表により脳血流測定検査が一般の臨床の場での利用が広がり、その後の各種の脳血流測定法の開発に大きな影響を及ぼした。
概要	¹²³I-IMP とガンマカメラ回転型 emission CT（ECT）を用いて、脳血管障害 26 例に計 31 回の局所脳血流測定を施行した。血流式を次式により算出した。 $F = \frac{R \times Cb}{N \times A} \times 100$ ここで F は、脳血流値（ml/100g/min）、R は動脈よりの持続採血速度（ml/min）、Cb は ECT より求めた脳組織の放射能濃度（μCi/g）、N は血中の代謝産物を除いた真の ¹²³I-IMP の割合（0.75）、A は採血した全動脈血の放射能（μCi）である。Cb の算出にあたっては、静注 4～5 分後の再構成カウントを、35 分以後に 24 分かけて撮像して得られた再構成カウントから、同時に作成した全脳の時間放射能曲線を用いて推定した。全脳の平均血流値は 11～39 ml/100g/min に分布した。9 例に 11 回あわせて施行した ¹³³Xe 吸入法により得られた局所脳血流値と 119 ヶ所で比較したところ、$r=0.41$（$p<0.001$）と有意な相関がみられた。

論文名	N-isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine (¹²³ I-MP) および SPECT による簡便な局所脳血流量測定法の開発
著者 1	伊藤浩
著者 2	飯田秀博
著者 3	村上松太郎
著者 4	Bloomfield PM
著者 5	三浦修一
出典	核医学 1993;29(10):1193-1200
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	N-isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	2 compartment model
キーワード 4	regional cerebral blood flow
キーワード 5	
コメント	この論文は、局所脳血流量 (regional cerebral blood flow; rCBF) 測定法に関する論文である。この論文の発表により、N-isopropyl-p-[¹²³ I]iodoamphetamine (¹²³ I-IMP) による 2 コンパートメントモデルの局所脳血流量定量測定が、2 回の SPECT 収集と 1 回の採血のみで可能となった。また脳からの ¹²³ I-IMP の洗い出しを考慮したこの 2 コンパートメントモデルによるこの table look up (TLU) 法は、その後、1 回の SPECT 収集と 1 回の採血のみで局所脳血流量定量測定が可能な autoradiography (ARG) 法へと進化する基礎となった。
概要	¹²³ I-IMP を用いた SPECT による簡便な rCBF の測定法を開発した。本法に必要なデータは 2 回の SPECT 収集と 1 回の採血のみである。 ¹²³ I-IMP の脳からの洗い出しを考慮したモデル (2 コンパートメントモデル: influx=K ₁ , outflux=k ₂) に基づき、 ¹²³ I-IMP の SPECT 収集における early scan、delayed scan のカウント比と k ₂ のテーブルを作成し、これにより K ₁ すなわち rCBF を求めた。この際、入力関数はあらかじめ用意した標準入力関数を 1 回採血データにより校正したものを用いた。本法による rCBF と PET による rCBF との比較を行い、本法の妥当性が示され、特に early scan、delayed scan の組み合わせを 40、180 分としたときに PET による rCBF との間に最もよい相関 (r=0.86) が得られた。また、脳血液分配定数は、X 線 CT 上の正常域と梗塞域との間で有意に異なり、組織生存能を示しうると考えられた。

論文名	核医学分野におけるデジタルファントム作成研究班報告
著者 1	本村信篤
著者 2	大西英雄
著者 3	白川誠士
著者 4	高橋正昭
著者 5	柳沢正道
出典	日放技学誌 2007;63(11):1313-1319
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	digital phantom
キーワード 2	basic performance
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	simulation
キーワード 5	
コメント	日本放射線技術学会作成の SPECT 用デジタルファントムを使った論文には引用されるべきものである。
概要	日本放射線技術学会における平成 17 年度および平成 18 年度の班研究「核医学分野におけるデジタルファントム作成研究班」として行われた SPECT 総合性能評価用のデジタルファントムの作成およびそれを使った評価例に関する報告である。

論文名	頭部 SPECT 定量測定におけるコンプトン散乱線の影響
著者 1	飯田秀博
著者 2	高橋正昭
著者 3	本村信篤
著者 4	蜂谷武憲
著者 5	中川原譲二
出典	核医学 1996;33(2):143-151
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	brain SPECT
キーワード 2	quantitative
キーワード 3	I-123
キーワード 4	Scatter correction
キーワード 5	
コメント	Quantitative single-photon emission computed tomography (QSPECT) の出発点となった論文。現在は散乱線補正として transmission dependent convolution subtraction (TDCS) 法を使っている。SPECT 定量測定には散乱線補正が必須であることを示した論文。ファントムでの評価法などが参考になる。
概要	N-isopropyl-p[¹²³ I]iodoamphetamine (¹²³ I-IMP) 脳 SPECT にて定量測定を行う場合は散乱線補正が必須であることを示した論文。ここでの散乱補正は triple energy window (TEW) 法が使われている。形状の異なる複数のファントム、中空のファントムで散乱線補正の効果を評価している。また ¹²³ I-IMP autoradiography 法における散乱線補正の効果についても検討している。

論文名	A hybrid scatter correction for 3D PET based on an estimation of the distribution of unscattered coincidences: Implementation on the ECAT EXACT HR+
著者 1	Ferreira NC
著者 2	Trébossen R
著者 3	Lartizien C
著者 4	Brulon V
著者 5	Merceron P
出典	Phys Med Biol 2002;47(9):1555-1571
カテゴリー1	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842：放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	hybrid scatter correction
キーワード 2	three-dimensional PET
キーワード 3	estimation of trues method
キーワード 4	single scatter simulation method
キーワード 5	
コメント	three-dimensional（3D）PET 収集において視野外からの影響も考慮した散乱線補正は重要である。本論文は、提唱されている補正法を組み合わせ精度の向上を目指したと考えられる。
概要	エネルギーの違いをベースにした estimation of trues method（ETM）とシュミレーションベースの single scatter simulation method（SSS）もしくは convolution-subtraction method（CONV）を組み合わせた散乱線補正について述べている。ETM 法は高エネルギー側（550～650 keV）にウィンドを設定し標準ウィンド（350～650 keV）のカウンタで補正および演算し散乱線の量を求め、視野外の散乱線も考慮にいたれた補正法である。相対誤差やコントラスト評価において、SSS 単独の方法と比べ ETM+SSS や ETM+CONV で行った方法が優れていた。ただ過補正の傾向が見られた。

論文名	Potential advantages of a cesium fluoride scintillator for a time-of-flight positron camera
著者 1	Allemand R
著者 2	Gresset C
著者 3	Vacher J
著者 4	
著者 5	
出典	
カテゴリー1	J Nucl Med 1980;21(2):153-155
カテゴリー2	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	842：放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 2	time-of-flight positron camera
キーワード 3	cesium fluoride scintillator
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	検出器材料による効率、効果の比較であり、検出器の違う複数の機器の比較時には引用しておくが良い。
概要	NaI や BGO 検出器は発光時間が長く、プラスチック検出器は効率がたいへん悪い。今回使用した CsF 検出器は期待されている検出器である。この報告は CsF 検出器を使って time-of-flight (TOF) 法での予備実験の結果である。エネルギー分解能は NaI 検出器が最も良いが、陽電子の計測では低感度である。この場合、BGO 検出器が発光効率も良く適している。検出効率は、BGO>CsF>NaI の順であり、プラスチック検出器は適していない。発光時間は CsF 検出器が最も短くダイナミック収集に適している。分解時間は CsF 検出器が最も短く TOF 法では唯一の検出器である。

論文名	Three-dimensional imaging characteristics of the HEAD PENN-PET scanner
著者 1	Karp JS
著者 2	Freifelder R
著者 3	Geagan MJ
著者 4	Muehllehner G
著者 5	Kinahan PE
出典	J Nucl Med 1997;38(4):636-643
カテゴリー1	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842：放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	three-dimensional volume imaging
キーワード 2	PET scanner performance
キーワード 3	NaI detector
キーワード 4	performance test
キーワード 5	
コメント	有効視野が 25.6 cm と小さい NaI 検出器による PET 装置の性能評価である。性能評価のときは参考になる。3 次元再構成法を用いているが Fourier rebinning（FORE）法や 3D-Reprojection（3DRP）法について詳細は記載されていない。
概要	NaI 検出器を用いて脳 PET 検査を対象とした 3 次元 PET 装置の性能評価を行った。再構成は有効視野断面と体軸方向に 25.6 cm の有効視野を有し、128 マトリックス（Voxel サイズは 2 mm）で 3 次元再構成アルゴリズムによる画像再構成を行った。National Electrical Manufacturers Association（NEMA）ファントムを使用し、装置の空間分解能、感度、散乱フラクシオン、計数率特性の測定を行った。また、3 次元脳ファントムと患者を測定し、3 次元再構成法の画質の比較を行った。空間分解能はファントム中心において、断面方向、軸方向双方において 3.5 mm となり、感度は 660 kcps/μCi/ml となった。

論文名	A diagnostic approach in Alzheimer's disease using three-dimensional stereotactic surface projection of fluorine-18-FDG PET
著者 1	Minoshima S
著者 2	Frey KA
著者 3	Koeppel RA
著者 4	Foster NL
著者 5	Kuhl DE
出典	J Nucl Med 1995;36(7):1238-1248
カテゴリー1	530：Processing of radiological images, general
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	Alzheimer's disease
キーワード 2	PET
キーワード 3	glucose metabolism
キーワード 4	image interpretation
キーワード 5	brain mapping
コメント	現在、three-dimensional stereotactic surface projection（3D-SSP）に代表される統計的手法を用いた脳機能解析を解説した最初の資料である。本論文では 3D-SSP の ^{18}F-fluorodeoxyglucose (^{18}F-FDG) を使った PET 検査での臨床評価が中心に記述されており、Z スコアの解析法が詳細に記述されている。脳表への投影、回転など自動補正処理を含む方法論に関する資料は、 Minoshima S, et al. An automated method for rotational correction and centering of three-dimensional functional brain images. J Nucl Med 1992;33(8):1579-1585 Minoshima S, et al. Automated detection of the intercommissural line for stereotactic localization of functional brain images. J Nucl Med 1993;34(2):322-329 Minoshima S, et al. Anatomic standardization: Linear scaling and nonlinear warping of functional brain images. J Nucl Med 1994;35(9):1528-1537 に記載されており、いずれも Minoshima らの論文も参照にさせていただくことを薦める。
概要	画像表示による比較ならびに視覚的な診断を自動で行う方法を開発し、アルツハイマー病の患者に PET を用いて比較しその診断能を確認した。方法として、37 名のアルツハイマー病疑患者、22 名の健常者、そして 5 名の脳血管障害患者を対象として、3D-SSP を用いて位置変換をおこない、健常者のデータベースと比較し Z スコアで表示した。初期のアルツハイマー病の患者においては健常者との比較で低値を示し、その感度は 95% 以上、特異度は 100% の結果が得られた。

論文名	A pseudo-Poisson noise model for simulation of positron emission tomographic projection data
著者 1	Rowe RW
著者 2	Dai S
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Med Phys 1992;19(4):1113-1119
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	simulation
キーワード 2	PET
キーワード 3	image reconstruction
キーワード 4	noise
キーワード 5	nuclear medicine
コメント	本論文は、擬似ポアソンノイズモードに基づく PET 投影像のシミュレーション法開発について研究検討したものである。放射性壊変は一般的にはポアソン統計量に従うが、PET の投影像におけるノイズは種々の補正のためポアソン分布には従わない。そのため二次関数を用いて真の投影データと良好に近似した擬似ポアソンノイズモードに基づく PET 投影像のシミュレーション法を開発した。このシミュレートされた投影像は、再構成アルゴリズムの性能予測に有益かつ SPECT にも適用可能である。
概要	放射性壊変はポアソン統計量に従うが、再構成に先だって行われる投影データの補正により、PET の投影像におけるノイズはポアソン分布には従わない。このため、再構成および処理技術の検証を目的に PET 投影像をシミュレートする場合は、ポアソンノイズの使用は適切ではない。PET の投影ノイズ量が、場合によってはポアソンノイズの 10～100 倍にも上がることが観察された。ノイズのパワースペクトル密度と総投影数の関連性をフィットさせる二次関数を見出した。また、種々のトレーサ分布およびタイプを投影するため、この二次関数の係数を求めた。こうした知見を用いて、擬似ポアソンノイズモードに基づく PET 投影像のシミュレーション法を開発した。この方法に従ってシミュレートした投影像は、真の投影データと良好に近似しており、各 PET カメラと特定のトレーサ分布の特性を考慮したものとなっている。このようにシミュレートされた投影像は、再構成アルゴリズムの性能予測に有益である。こうしたアプローチは SPECT にも適用可能である。

論文名	A study of data loss and mispositioning due to pileup in 2-Ddetectors in PET
著者 1	Germano G
著者 2	Hoffman EJ
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1990;37(2):671-675
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	mispositioning
キーワード 2	pileup
キーワード 3	2-D modular detectors
キーワード 4	PET
キーワード 5	
コメント	PET システムのパイルアップにおける影響を、線源構成が多数に上る場合および放射能が広範囲に及ぶ場合における単純な処理モデルを考案し、2 次元検出器アレイシステムを用いて検討を行った結果、パイルアップの主要な特徴を記述するのに本研究に用いたモデルが適切であることを示した論文である。
概要	パイルアップのイベントにおける影響を、2 次元検出器アレイシステムを用いた PET システムにより検討した。パイルアップのイベントにより、視野（field of view; FOV）内の 10、20、30 mCi の陽電子放出核種については分解能（full width at half maximum; FWHM）が各々9%、19.8%、32% 低下した。FOV 内の 5、10、15 mCi の陽電子放出核種については、このモジュールの平面外から得たデータの各々9.4%、18.7%、28.1%が平面内に誤って配置された。単純な処理モデルを考案したところ、線源構成が多数に上る場合や放射能が広範囲に及ぶ場合は、パイルアップのイベントにおける主要な特徴を記述するのに同モデルが適切であることが判明した。

論文名	Evaluation of a 3D reconstruction algorithm for multi-slice PET scanners
著者 1	Cherry SR
著者 2	Dahlbom M
著者 3	Hoffman EJ
著者 4	
著者 5	
出典	Phys Med Biol 1992;37(3):779-790
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	three-dimensional reconstruction algorithm
キーワード 2	three-dimensional data acquisition
キーワード 3	PET
キーワード 4	filtered backprojection
キーワード 5	registration
コメント	本論文は、セプタの装填されていない PET スキャナで得たデータの再構成をフィルタ補正逆投影法による three-dimensional（3D）再構成アルゴリズムを用いて行った場合の評価を行ったものである。実際のデータセットと模擬的データセットを用いてこのアルゴリズムを検証したところ、幅広い撮像条件にわたりアーチファクトのない高画質の再構成画像が得られた。また本アルゴリズムは、3D の PET データを再構成するうえで極めて信頼性が高くかつ再構成も比較的速く行われることが明らかとなった。
概要	セプタが外されたマルチスライス PET スキャナで得たデータの再構成について、フィルタ補正逆投影法に基づく完全 3D 再構成アルゴリズムの評価を行った。このアルゴリズムでは、完全な 3D データセットを得るため two-dimensional（2D）データサブセットの全再構成画像に順投影法を用いており、これにより位置不変性の条件が満たされている。この後に 3D フィルタ補正逆投影を行っている。隣接する極角を併せることで軸方向サンプリングが 2 倍となり、再構成後の軸方向分解能が向上している。実際のデータセットと模擬的データセットを用いてこのアルゴリズムを検証したところ、幅広い撮像条件にわたりアーチファクトのない高画質の再構成画像が得られた。MRI/PET の位置合わせファントムを用いた測定で明らかにされているように、すべての撮像範囲でイベントが正確に認識されている。順投影ステップは、軸方向と軸横断方向のサンプリングが不十分なため、解像度の低下の原因となっている。このアルゴリズムを何度も繰り返し用いると、前述の影響が増幅されるが、画像ノイズの減少はほとんどみられなかった。最初の 2D 再構成時に用いたフィルタを変更することで、3D 画像のノイズと分解能特性を変えることができる。このアルゴリズムは、3D の PET データを再構成するうえで極めて信頼性が高いことが明らかであり、再構成も比較的速く行われる。こうした小さな問題などは、特に軸方向における検出器のサンプリング障害に起因すると考えられているが、これは主に 2D データの収集を目的として設計された

	スキャナの配置によるものである。
--	------------------

論文名	Singles transmission in volume-imaging PET with a ^{137}Cs source
著者 1	Karp JS
著者 2	Muehllehner G
著者 3	Qu H
著者 4	Yan XH
著者 5	
出典	Phys Med Biol 1995;40(5):929-944
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	singles transmission
キーワード 2	attenuation
キーワード 3	volume-imaging
キーワード 4	^{137}Cs positron-emitting source
キーワード 5	segmentation
コメント	本論分は、ファントム研究に ^{137}Cs を用いたシングルトランスミッション法およびセグメンテーション法を併用して行い、本法が画質的にも定量的にも同時計数法と同等の結果を示し、かつそれに要する時間は大幅に短縮できることを明らかにしたものである。
概要	PET における新たな減弱補正法を行う可能性が、トランスミッションスキャン用の単光子放出核種を用いて検討されてきた。シングルトランスミッション法を用いたトランスミッションスキャンは、同等の統計量では標準的な同時計数法よりも 10 倍以上速いと予想されている。このため、同時計数法であれば通常 10～20 分かかるところを、トランスミッションスキャンでは 1～2 分で完了することがある。また、662 keV のエネルギーを有する単光子線源 ^{137}Cs を用いた場合の利点として、511 keV でのエミッションデータからトランスミッションデータを分離するため、エネルギー弁別による post injection transmission 法の検討を行うことが考えられる。662 keV と 511 keV における減弱係数のエネルギー差を相殺するため、トランスミッション像を 2 つのコンパートメント、すなわち組織と肺に分け、既知の減弱係数の値（511 keV）をこれらのコンパートメントに挿入する。この手法は、シングルトランスミッション法でみられる大量の散乱線も相殺するが、これは陽子放出線源を用いた場合によく行われる（線源と 2 つの検出器の位置の共線性に基づく）位置同期を用いることができないためである。実験的なファントム研究から、セグメンテーションを併用したシングルトランスミッション法は質的にも量的にも同時計数法と同等の結果を示すが、要する時間は大幅に短いことが明らかとなった。

論文名	Treatment of axial data in three-dimensiona1 PET
著者 1	Daube-Witherspoon ME
著者 2	Muehllehner G
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1987;28(11):1717-1724
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	three-dimensiona1 PET
キーワード 2	two-dimensional projection method
キーワード 3	backprojection method
キーワード 4	sinogram
キーワード 5	simulation
コメント	PET の体軸方向における空間分解能の改善を行うには同時計数時の体軸方向の受容角が重要な因子であることやイベントごとに逆投影を行う場合に生じるエラーは、3次元再構成アルゴリズムではなく2次元再構成アルゴリズムを使用することにより小さくなる可能性が高いことなどを検討した論文である。
概要	3次元PETから得た体軸方向の情報を処理する2つの手法を提示する。PETスキャナの体軸方向の空間分解能の改善は、同時計数時の体軸方向の受容角が一定に維持されない限り、感度の低下を招くと考えられる。しかし、受容角が大きいと、大部分の再構成アルゴリズムの仮説が破綻し、3次元ボリュームではなく平行な独立したスライスが再構成される。近似式によって誘導された質的エラーと量的エラーを、境界明瞭なシミュレート対象および、平坦な放射能勾配を示す現実的な解剖学的分布について検討する。量的エラーと質的エラーの大部分は、スライス厚が2 mmのときと軸方向の受容角が大きいときに重大な問題となり、許容できる統計的精度が得られるスライス厚は2 mmよりも大きく、検出器に到達する散乱線をできる限り低レベルに維持するには受容角を13°未満に制限する必要がある。特にイベントごとに逆投影を行う場合に生じるエラーは、3次元再構成アルゴリズムではなく2次元再構成アルゴリズムを使用することにより小さくなる可能性が高い。

論文名	A normalization technique for 3D PET data
著者 1	Defrise M
著者 2	Townsend DW
著者 3	Bailey D
著者 4	Geissbuhler A
著者 5	Michel C
出典	Jones T
カテゴリー1	Phys Med Biol 1991;36(7):939-952
カテゴリー2	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
キーワード 1	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 2	three-dimensional PET
キーワード 3	emission data
キーワード 4	line of response
キーワード 5	blank scan
コメント	本論文は、line of response（LOR）感度をモデリングすることにより、セプタを使用しない場合のエミッションデータセットを特定の近似式で標準化することで、検出器感度の補正（標準化）において良好な精度が得られることを示したものである。また本モデルへの入力情報は、セプタを使用して収集した高統計のブランクスキャンであり、実用面で数多くの利点を得ることができると述べられている。
概要	マルチリング型 PET カメラから得たエミッションデータは、再構成に先立ち、検出器感度のばらつきについて補正を行う必要がある。適切な補正係数は、較正済みの放射線源に対する全同時計数を求めることで得られる（ブランクスキャン）。最新のカメラには、LOR が最大で 100 万本備わっていると考えられることから、各 LOR を較正して統計的精度を 5%にするには約 4 億カウントが必要になると思われる。また、各検出器の効率と幾何学的因子の積として LOR 感度をモデリングし、この同じデータセットから 6000 個のパラメータを測定するだけで済む較正手順も提案されている。これにより、この係数の統計的精度が大きく向上するものと思われる。近年はセプタを使用しないマルチリング型スキャナが稼働しており、LOR の計測本数が 8 倍に増加している。その結果、十分な統計的精度を得るのに必要な較正データの収集が極めて難しくなっている。本報では、LOR 感度をモデリングすることにより、セプタ非使用のエミッションデータセットを特定の近似式で標準化して良好な精度が得られることを示す。このモデルへのインプットは、セプタを使用して収集した高統計のブランクスキャンであり、実用面で数多くの利点を提供している。

論文名	Optimal CT breathing protocol for combined thoracic PET/CT
著者 1	Gilman MD
著者 2	Fischman AJ
著者 3	Krishnasetty V
著者 4	Halpern EF
著者 5	Aquino SL
出典	AJR Am J Roentgenol 2006;187(5):1357-1360
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	computer-assisted
キーワード 2	image analysis
キーワード 3	PET/CT
キーワード 4	image reconstruction
キーワード 5	PET
コメント	PET/CT 検査において胸部の PET 画像と X 線 CT 画像のフュージョン画像を作成するときに横隔膜と心臓の位置合わせにおいて有意な位置ずれや呼吸によるアーチファクトが認められ問題となることがある。本研究は被検者 64 例の PET/CT 検査を行う際に、5 種類の呼吸法を用いて検査を行い、患者の快適さを最大にするためには安静呼吸下が推奨されると結論づけており PET/CT による検査が多くなった現在では非常に有用な論文と考える。
概要	本論文は、 ¹⁸ F-fluorodeoxyglucose（ ¹⁸ F-FDG）を投与された被験者の PET/CT 検査を行い最適な呼吸法を検討したものである。被検者 64 例を対象として PET/CT を用いた全身検査を行い、その際の呼吸法として安静呼気での呼吸停止、安静呼吸中間位での呼吸停止、安静呼吸時、軽い吸気での呼吸停止、深吸気での呼吸停止など合計で 80 回の PET/CT 検査を行った。そして胸部の PET 画像と X 線 CT 画像の位置合わせ精度を 1（劣）から 5（優）までの 5 段階評価法を用いて、呼吸法間で比較検討した。その結果、安静呼気での呼吸停止、安静呼吸中間位での呼吸停止、安静呼吸時に画像の重なりが優れており、統計学的な差がなかった。しかし軽い吸気での呼吸停止や深吸気での呼吸停止では横隔膜と心臓において明らかな位置ずれが認められた。以上より、横隔膜と心臓の位置合わせに良好な画像を得るためには、安静呼気での呼吸停止、安静呼吸中間位での呼吸停止、安静呼吸時に検査を行うことが良く、被検者の快適さを考慮し、安静呼吸の検査が推奨されると述べている。

論文名	Effects of noise, image resolution, and ROI definition on the accuracy of standard uptake values: A simulation study
著者 1	Boellaard R
著者 2	Krak NC
著者 3	Hoekstra OS
著者 4	Lammertsma AA
著者 5	
出典	J Nucl Med 2004;45(9):1519-1527
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	841：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	standardized uptake value
キーワード 2	response monitoring
キーワード 3	region of interest
キーワード 4	image resolution
キーワード 5	noise
コメント	本研究は、 ^{18}F -fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG) を用いた PET 検査において腫瘍の大きさ、腫瘍/バックグラウンド比、ノイズ、画像分解能および関心領域（ROI）の設定方法が、standardized uptake value（SUV）の測定精度および相対的変動に与える影響を、ファントムおよびシミュレーション実験を行い評価検討したものである。そして、特定の条件のもとで得た SUV と他の条件、すなわち異なる PET を用いて他の再構成法で得られた SUV とそのまま比較することには問題があり、それに対してスムージング処理がバイアスを低減するのに効果があると述べている。
概要	本論文は、SUV の測定を行う際に、腫瘍の大小、腫瘍/バックグラウンド比、ノイズ、画像分解能、ROI 設定法などの因子が SUV の測定精度および相対変化に与える影響の評価をファントム実験およびシミュレーション実験から行ったものである。その結果、ファントムおよびシミュレーション実験では、ROI 設定法が異なっても腫瘍の大きさが大きい程、リカバリ係数が増加した。またファントムおよびシミュレーション実験では SUV の変動は同様の傾向を示した。一方、被験者の体重が 25%減少すると、SUV は最大で 20%増加し、体重が 25%増加すると SUV は 10%低下した。これは体重の増減によりサイノグラムカウントもしくはノイズが変動したためと考えられ、体重に応じて ^{18}F -FDG の投与量を調整する必要性が示唆された。纏めとして、特定の条件下で得られた SUV は、他の条件下で得られた SUV と比較するには注意が必要であると述べている。またデータのスムージングを行うと、SUV の測定精度に影響を及ぼすことなくバイアスは減少するが、腫瘍体積が大きく変動した場合は部分容積効果の増加が認められたと報告している。

論文名	Sources of attenuation-correction artefacts in cardiac PET/CT and SPECT/CT
著者 1	McQuaid SJ
著者 2	Hutton BF
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging 2008;35(6):1117-1123
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	PET/MR
キーワード 2	attenuation correction
キーワード 3	atlas
キーワード 4	machine learning
キーワード 5	
コメント	以前より PET/CT 検査において心臓と肝臓の位置ずれがあると減弱補正を行うことでアーチファクトが生じることが問題点として指摘されていた。4D NURBS-based cardiac-torso (NCAT) ファントムを用いたシミュレーション実験においても、心臓と肝臓などの位置ずれがアーチファクトの最も大きな要因であり、その影響は PET の方がより大きいことが示された。PET/CT 検査における減弱補正によるアーチファクトの要因を理論面から考察した重要な論文である。
概要	本研究の目的は、ある条件下における呼吸状態および心臓の状態における集積および減弱マップを作成可能な NCAT ファントムを用いて、呼吸運動を要因とする PET および SPECT におけるアーチファクトの評価を行うことである。心臓の位置ずれが生じると、不均一性が最も増加し、PET の方が SPECT よりも大きい値を示した。また肝臓の位置ずれについても同様の傾向が示された。以上より、心臓と肝臓の位置ずれは減弱補正によるアーチファクトが生じ、それは PET と SPECT の両者に認められ PET の方がより影響が大きかった。したがって、減弱補正を行うためには心臓と肝臓の位置合わせを正確に行うことが必要である。

論文名	Quantitative effects of contrast enhanced CT attenuation correction on PET SUV measurements
著者 1	Bunyaviroch T
著者 2	Turkington TG
著者 3	Wong TZ
著者 4	Wilson JW
著者 5	Colsher JG
出典	Mol Imaging Biol 2008;10(2):107-113
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	PET/CT
キーワード 2	attenuation correction
キーワード 3	intravenous contrast
キーワード 4	artifacts
キーワード 5	
コメント	本論文は、PET/CT 検査において造影 X 線 CT で得られる高い CT 値領域が減弱係数に及ぼす影響を低減する X 線 CT を用いた減弱補正法の開発とその検討を行ったものである。その結果、本法の減弱補正法を利用すると、standardized uptake value（SUV）に有意な誤差を及ぼすことなく、造影 X 線 CT 画像を減弱補正マップに利用でき、かつ PET 検査の読影に影響しないと述べている。
概要	PET の減弱補正法には X 線 CT 画像が利用されているが、この減弱補正法の改良を行い、その改良減弱補正法の有効性を、同一の X 線 CT 条件で造影 X 線 CT と非造影 X 線 CT を行い両者のデータを減弱補正に用いることで得られた PET 画像および SUV のわずかな差を比較することで検討した。さらに造影 X 線 CT が SUV 測定に及ぼす影響をファントム実験で評価した。その結果、造影 X 線 CT を行った場合でも PET 画像の診断に影響を及ぼすことはなかった。一方、肝臓の SUV は造影 X 線 CT の方が非造影 X 線 CT より 5.9%大きい値を示し、反対に骨は 13%低い値を示した。さらにファントム実験では 7%の差を示した。以上から改良減弱補正は、高 CT 値を示す領域が減弱係数に及ぼす影響を低減し、SUV も有意な差を示すことはなかったと報告している。

論文名	A convolution-subtraction scatter correction method for 3D PET
著者 1	Bailey DL
著者 2	Meikle SR
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Phys Med Biol 1994;39(4):411-424
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	three-dimensiona1 PET
キーワード 2	convolution
キーワード 3	subtraction
キーワード 4	scatter fraction
キーワード 5	
コメント	予めファントムから得られた散乱成分を基に、エミッションの投影データに重畳積分して散乱分布を予測するコンボリューション・サブトラクション散乱補正法についての内容である。three-dimensiona1（3D）PET において、この補正法の効果は大きく十分期待できる報告である。また、基となる散乱フラクションについて、lower energy-window 設定値、ファントム中心からの距離、収集方法などによる数多くのデータを計測しており、放射能の異なるデータを得る事で散乱予測は可能としている。今後は偶発同時計数の予測を目指している。
概要	PET の 3D 収集での再構成は、従来の two-dimensiona1（2D）の方法と比較して信号対雑音比（S/N 比）の高いデータが得られるが、感度の増加は散乱光子と偶発同時計数の増加をもたらす。コンボリューション・サブトラクション散乱補正法は 3D PET 収集での散乱光子の分布を推定し、再構成のデータから減算処理する散乱補正法である。光子の散乱配布はモンカルロで繰り返し光電ピークを予測することによって推定されるものであり、この方法は 3D 収集ジオメトリーと前もって 2D プロジェクション上で散乱測定された散乱特性によって説明することができる。またこの仮定はプールファントム内の異なる位置での散乱フラクションと散乱作用における変化を測定することで求めたものである。その結果、双方のパラメータが水を満たしたファントムの中心から端に至るまで最高 50%変化するにもかかわらず、異なる放射能濃度での均一なファントムにおいて、コンボリューション・サブトラクション法を適用することで、散乱は放射能のない領域で 25%から 5%未満まで減少した。さらに、より高い放射能濃度を含むファントムの濃度は、補正後に真の放射能濃度の 5%以内になった。

論文名	A method for measuring the absolute sensitivity of positron emission tomographic scanners
著者 1	Bailey DL
著者 2	Jones T
著者 3	Spinks TJ
著者 4	
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med 1991;18(6):374-379
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	PET
キーワード 2	quantitation
キーワード 3	sensitivity
キーワード 4	calibration
キーワード 5	
コメント	PET の感度測定を行うための基本となる論文である。ファントムの厚みを変化させることで自己減衰が無い測定値を推測し、絶対感度を計測する方法である。
概要	PET の絶対感度の測定には counts/sec/MBq 単位が必要不可欠である。現在、感度は通常（Paans and Lamotte, 1989 年）水を満たした円筒形ファントム（通常直径 20cm）で、既知濃度の放射性核種を用いて測定される。しかし、この測定値はファントム内に散乱と自己減衰が含まれるため、真の絶対感度を測定したことにならない。大きさや取り扱い方などの要因によって、異なるメーカーの装置間で真の比較を行うことは困難である（例えば、異なる収集ジオメトリー間の比較など）。そのため、空気中で減衰と散乱を区別して絶対感度を測定するための方法が我々の研究所で開発された。その方法は、連続径のアルミニウム管の中に ^{18}F の核種を封印して測定するものである。有効な counts/sec/MBq の測定はアルミニウム厚が 0 mm になる値から推定される。絶対感度の測定が、それぞれセプタを装着した全身 PET 装置、セプタを装着した脳 PET 装置、セプタを外した脳 PET 装置の条件下において、3926 ± 61 counts/sec/MBq (0.39%)、5079 ± 26 counts/sec/MBq (0.51%)、32312 ± 544 counts/sec/MBq (3.2%) と測定された。

論文名	Three-dimensional reconstruction of PET data from a multi-ring camera
著者 1	Townsend DW
著者 2	Sprinks T
著者 3	Jones T
著者 4	Geissbuhler A
著者 5	Defrise M
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1989;36(1):1056-1065
カテゴリー1	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	multi-ring
キーワード 2	three-dimensional
キーワード 3	septa
キーワード 4	line of response
キーワード 5	reconstruction
コメント	この論文は 3 次元再構成の際に必要な傾斜サイノグラムの幾何学的構造と基本概念を記したものである。また、3 次元収集は偶発および散乱同時計数の増加、感度の不均一性、分解能などに問題はあるものの、より精度の高い 3 次元逆投影や 3 次元フィルタリングを行うことで、画質が改善されることを報告しており、今後、商業ベースで必要不可欠となってくる高感度 PET 装置時代を予測した論文である。
概要	マルチリング PET 装置の重要な特徴は視野内に設置してあるセプタに有り、その目的は偶発および散乱同時計数を低減させることである。しかし、このようなセプタは 1 つ以上の離れた検出器におけるリング間の同時計測線（line of response; LOR）数を削減させることにもなる。これまでセプタを使用することで LOR 数、すなわち感度を大幅に減少させてきたが、技術的進歩により商業ベースでのマルチリング PET 装置を可能にしてきた。セプタのない 3 次元収集は、真の同時計数だけでなく、計数損失、偶発および散乱同時計数の増加を意味する。2 次元と 3 次元による収集法における感度の評価は、セプタを装着した 8 リング、15 スライスで構成される商業 PET 装置（CTI ECAT 931/08-12）を用いた。同時計数の構成は 8 リングすべての LOR からなる 64 サイノグラムの組み合わせで、使用される検出器はすべて ^{68}Ge 線源によるノーマリゼーションとトランスミッション収集で調整されたものである。報告は数種類のファントムと 1 人の被験者によるものである。3 次元収集にすることで LOR 数は約 2.9 倍になるが、空間分解能は約 2.5 mm 劣化する。しかし、斜傾サイノグラムに対し voxel-driven backprojection、3 次元フィルタリングを適応した 3 次元再構成アルゴリズムを用いた結果、視野内にセプタを配置している標準的な 2 次元収集された画像と同等の成果が得られた。

論文名	A Fourier rebinning algorithm incorporating spectral transfer efficiency for PET
著者 1	Tanaka E
著者 2	Amo Y
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Phys Med Biol 1998;43(4):739-746
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	frequency distance relation
キーワード 2	Fourier rebinning algorithm
キーワード 3	three-dimensional
キーワード 4	PET
キーワード 5	axial smoothing
コメント	現在の PET/CT 装置は全て 3 次元収集対応であり、その再構成法の基盤になる方法が 3 次元収集された同時計数の情報を 2 次元のサイノグラムに変換するという考えである。その理論が Fourier rebinning（Edholm et al. 1986 年）であり、それに加えて低周波領域をカットし、体軸方向スムージングなどを施すことで、Fourier rebinning のパラメータの最適化を予測しようとしている。
概要	この論文は、PET ガントリ内の傾斜した全ての投影情報を frequency distance relation の概念を組み込んで 2 次元のサイノグラム上に変換する画像再構成法のアルゴリズムについて明記しています。まずは、rebinning する際に低周波成分を捨てる必要性を示している。もちろん傾斜角のシミュレーション評価による rebinning 効率の修正も含まれている。この成果は high-pass filter の体軸方向スムージングによって最適化されている。この新しいアルゴリズムは最大傾斜角 26.6 度まで僅かなクロストークで十分満足のいく画像を提供することができる。統計雑音は傾斜角の雑音等価計数（noise equivalent count; NEC）に関して評価し、理論的に得られた合理的な結果から NEC で評価されており、雑音によるリングアーチファクトはごく僅かであった。

論文名	Fully three-dimensional positron emission tomography
著者 1	Colsher JG
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Phys Med Biol 1980;20(1):103-115
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	three-dimensional
キーワード 2	Monte Carlo
キーワード 3	Fourier transform
キーワード 4	convolution
キーワード 5	
コメント	完全 three-dimensional (3D) PET の画像は熟慮された再構成アルゴリズムによるもので、再構成の問題点が数学的に明確にのべられているだけでなく、その問題をフーリエ変換方法により解決した報告である。
概要	近年、コンピュータ処理による数学的な再構成技術が大きな進歩を遂げている (Budinger and Gullberg. 1974 年、Gordon and Herman. 1974 年)。これらの手法は通常、1 度に 1 つの横断像を再構成するのに対し、3D 再構成では隣接したいくつかのセクションを必要とし、さらに束ねられる。各セクションでの再構成の手法は以下の 2 つ理由で成功している。1 つは投影データが 1 つのスライス面にあるようなイメージングシステムを設計することができること、もう 1 つは 3 次元データを 2 次元化することで数学的な複雑さを大きく低減することができる。また計算を単純化することでデータ配列を減らしミニコンピュータでも利用できるようにしたことである。この手法は PET イメージに用いられているが、その結果、低感度のシステムとなる。しかし現実には高感度 PET で低投与量による画像再構成、短時間の撮像が可能であるなどの点から、再構成に関してはもはや two-dimensional (2D) ではなく 3D が必要とされている。この論文では完全 3D-PET を実行する数学的なアルゴリズムを報告している。未知の陽電子放射能分布の点広がり関数は 3D コンボリューション積分で数学的に公式化することができ、フーリエ変換を用いて説明することができる。モンテカルロシミュレーションと Chicago/Searle 大学の PET カメラでのファントムデータを用いてアルゴリズムの評価をした論文で、実際の再構成においてこの方法が計算的に最も有用であるという結論である。

論文名	SPECT/CT physical principles and attenuation correction
著者 1	Patton JA
著者 2	Turkington TG
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med Technol 2008;36(1):1-10
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	instrumentation
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	SPECT/CT
キーワード 4	image fusion attenuation correction
キーワード 5	
コメント	SPECT/CT における物理特性と減弱補正についての特徴についてまとめた論文である。主項目である減弱補正については詳細に書かれているが、その他の項目に関してはあまり触れられていないため、核医学における X 線 CT による減弱補正の影響について情報を得たい場合に有用であると思われる。
概要	この論文は減弱補正を中心に SPECT/CT の特徴をまとめた文献である。水中 10 cm の深さにおいて 140 keV の光子の約半分は、水によって減弱され検出器まで届かないため、SPECT において減弱補正が必要である。本論文に示されている CT 値を 140 keV の光子の減弱係数 (μ) に変換する式を使うことで、X 線 CT から得た減弱 map により ^{99m}Tc-SPECT 画像の減弱補正が可能となる。まず本研究では X 線 CT による減弱補正 (attenuation correction; AC) を用い、水中ファントムと空気中ファントムのカウントを、^{201}Tl、^{99m}Tc、^{111}In、^{131}I、^{18}F の核種において比較した。AC 有りの場合は全核種で両者にそれほど差は見られなかったが、AC 無しの場合は水中ファントムと空気中ファントムのカウント比率は 28～40%と、空中ファントムのカウントが大きく上回った。次に、AC の位置依存性を確かめるため ^{99m}Tc を用い、シリンジファントムと胸部ファントムにおいて AC の効果を比較した。シリンジファントムにおいては先ほどの検討と同様 AC をすることで水による減弱の影響を排除できたが、胸部ファントムにおいては AC を行っても 12%カウントが低下した。これは、背骨による影響で、この影響を除くためには散乱や部分容積効果の影響を排除する必要がある。また、X 線 CT と SPECT の registration を正確に行うためには週ごと、月ごとの quality assurance、quality control も不可欠である。このように、いくつかの課題はあるものの、SPECT/CT は形態診断と機能診断が同時に行え、AC も簡単に行えることで核医学にとって欠かせない装置になりつつあると言える。特に心臓核医学においては様々なソフトウェアも開発されており、今後の診断技術のさらなる進歩に期待できる。

論文名	Analysis of a SPECT OSEM reconstruction method with 3D beam modeling and optional attenuation correction: phantom studies
著者 1	Vija AH
著者 2	Hawman EG
著者 3	Engdahl JC
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record. 2003;4(19-25):2662-2666
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	821：理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	single photon emission CT
キーワード 2	ordered subset-expectation maximization
キーワード 3	phantom study
キーワード 4	Flash-3D
キーワード 5	
コメント	ファントムを用いた three dimensional ordered subset-expectation maximization (3D-OSEM) 法の特性解析。この論文は 3D-OSEM 法による再構成と、two dimensional OSEM (2D-OSEM) 法による再構成の違いについて書かれているが、filtered backprojection (FBP) 法についてはほとんど触れられていないため、逐次近似による画像再構成に関して情報を得たい場合に有用であると思われる。
概要	本研究の目的はコントラストに主眼を置き、再構成法の違いを理解することである。3D-OSEM 法は 2D-OSEM 法に比べ高画質の画像が作れるが、計算に時間がかかるのが問題である。ここでは rod ファントムを用い、3D-OSEM と 2D-OSEM の比較を行った。陽性像に 1 か所、バックグラウンド領域に 2 か所の関心領域 (ROI) を取り、コントラストを比較した。結果は 12.7 mm 径の rod において full width at half maximum (FWHM) から求めたエラーは、3D-OSEM (with attenuation correction; with AC) = -6%、2D-OSEM (with AC) = -12%、FBP = 36%であった。また 3D-OSEM (with AC) のコントラストは 2D-OSEM (with AC) より 17%、FBP より 268%、one dimensional OSEM (1D-OSEM) より 634%高くなった。2D-OSEM は rod を縦方向に撮像する場合は 3D-OSEM と同等の結果が得られたが、横方向に撮像する場合、3D-OSEM の方が高いコントラストが得られた。 また、post smoothing に用いる FWHM を変化させることでもコントラストが変化するため、適切な FWHM を選択することで、より正確な結果を得ることができる。

論文名	PET instrumentation and reconstruction algorithms in whole-body applications
著者 1	Tarantola G
著者 2	Zito F
著者 3	Gerundini P
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 2003;44(5):756-769
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	PET instrumentation
キーワード 2	PET physical performance
キーワード 3	whole-body imaging
キーワード 4	reconstruction algorithms
キーワード 5	
コメント	全身 PET 撮像における PET カメラの構造と再構成法について述べられており、PET 検査に関する基礎知識や PET カメラの性能の違いについて情報を得るのに役立つ。
概要	この文献には、PET カメラの構造や画像再構成法が現在までどのような発展を遂げ、また最新のシステムがどのようなものかについてまとめられている。メーカーごとにクリスタルの種類や数、分解能などに関して比較しているため、PET 検査に関する基礎知識や PET カメラの性能の違いについて情報を得ることができる。全身 PET 検査は、撮影時間や再構成に長時間を要することが問題であったが、新しいクリスタル材料や再構成技術の開発により、20～30 分で全身の詳細な画像を得ることが可能となった。具体的には、偶発同時計測の理論、光子の散乱とエネルギーの関係、クリスタルと光電子増倍管（photomultiplier tube; PMT）の計数損失、空間分解能の評価法、感度とクリスタル厚の関係、ノイズと統計誤差、散乱による影響の補正法、2 次元収集と 3 次元収集の違い、X 線 CT や外部線源を用いた光子の減弱補正法、クリスタルの幾何学的配置による違い、全身収集に適した field of view (FOV) やクリスタルならびに再構成法、そして filtered backprojection (FBP) や逐次近似法、three dimensional row action maximum likelihood algorithm (3D-RAMLA) などの画像再構成アルゴリズム、といった様々な項目に関して、それぞれが発展を遂げることで高速な全身撮像が可能となった。また、クリスタルの材料による発光性の違い、メーカーごとの収集方法やリング径、分解能などのカメラ性能の違い、などの理解を深めることが、さらなるシステムの向上に必須である。PET/CT は高分解能で正確な代謝情報を得られるため、がんの診断や転移検索に関し大変有用である。ハードやソフトの発展により、その高いコストに見合ったルーチン業務が可能となり、さらなる技術の発展と診断能の向上が期待できると報告している。

論文名	Fast reconstruction of 3D PET data with accurate statistical modeling
著者 1	Comtat C
著者 2	Kinahan PE
著者 3	Defrise M
著者 4	Michel C
著者 5	Townsend DW
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1998;45(3):1083-1089
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	three-dimensional PET
キーワード 2	statistical model
キーワード 3	Fourier rebinning
キーワード 4	penalized weighted least squares
キーワード 5	ordered subset-expectation maximization
コメント	当時の three-dimensional（3D）PET 再構成の最高権威による論文。実用的な有用性は高くないが、3D PET 再構成の問題点を考察する上では極めて重要。細かい式の導出を理解するよりも、PET 再構成が満たすべき条件を知ることが大切。PET/CT 装置が主流の現在は、トランスミッションデータ（attenuation correction factor; ACF）の統計変動を考慮する必要がなく、その観点から本論文を再考すると実用的な方法が考案可能かもしれない。
概要	3D PET の再構成を Fourier rebinning（FORE）と two-dimensional（2D）逐次近似法にて実施することに関する論文。FORE は投影データの同一性（consistent projection data、投影データの積分値は投影角度によらずに一定）を前提としている。このため FORE 前にランダム、散乱、減弱補正を行う必要がある。すると投影データの統計変動にポアソン分布が適用できないため、maximum likelihood expectation maximization（ML-EM）、ordered-subset expectation maximization（OS-EM）を適用するのは問題がある。その対策として、penalized weighted least squares（PWLS）法と OS-EM+attenuation correction（AC）法を提案する。PWLS 法は投影データの統計変動を組み入れた再構成法である。投影データの統計変動を測定する方法が提案されている（よく理解できない）。OS-EM+AC 法は、FORE の前に減弱補正を行い、2D にて減弱を考慮して投影データを作り直し、それに対して減弱補正込みの OS-EM（OS-EM+AC）法を行う。シミュレーションによる検討では、PWLS 法が最も良好な結果を示したが、実用性の観点からは OS-EM+AC 法が最適と結論された。

論文名	Problems in single-to-noise ratio for attenuation correction in high resolution PET
著者 1	Dahlbom M
著者 2	Hoffman EJ
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1987;34(1):288-293
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	single to noise ratio
キーワード 2	random, accidental coincidence
キーワード 3	energy threshold optimization
キーワード 4	delayed coincidence technique
キーワード 5	spatial filter
コメント	PET/CT 装置が主流になった今日では、あまり重要ではないかもしれない。ただし、画像の信号対雑音比（S/N 比）を向上させる手段、また減弱補正が PET 画像に与える影響を考察する上では基本となる論文である。
概要	PET 減弱補正用データの収集にて、S/N 比を向上するデータ収集、処理法に関する検討。主に偶発同時計数成分を低減することを主眼にしている。提案された方法は以下の 3 つである。①エネルギーウィンドレベル（低エネルギー側の閾値）の検討であり、高エネルギー側に設定することで感度は落ちるが、偶発同時計数成分の混入を低減できるため、出きるだけ高いエネルギーに設定した方が S/N 比は向上する、②偶発同時計数成分の補正の検討であり、遅延同時計数法による偶発同時計数補正を用いると S/N 比を向上することができる、③空間スムージングの検討であり、再構成時に 2 次元スムージングを適用すると S/N 比が向上する。

論文名	3D PET using a conventional multislice tomograph without septa
著者 1	Cherry SR
著者 2	Dahlbom M
著者 3	Hoffman EJ
著者 4	
著者 5	
出典	J Comput Assist Tomogr 1991;15(4):655-668
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	three dimensional
キーワード 2	without septa
キーワード 3	three dimensional filtered backprojection algorithm
キーワード 4	scatter fraction
キーワード 5	sensitivity
コメント	Three dimensional（3D）の PET 収集に対して実測での測定性能を行った先駆的な論文。3D 収集を考察する上では基本（出発）となる論文と思われる。しかし、3D 再構成法はフィルタ逆投影法を採用し、現在の主流である Fourier rebinning（FORE）、3D 逐次近似法とは異なる。
概要	3D PET 収集に関する初期的かつ基礎的な検討に関する論文。セプタなしの 3D 収集にて散乱線含有率、計数率特性（noise equivalent count; NEC）、感度、位置分解能など基本性能を測定した結果を示す。3D 再構成は 3D フィルタ逆投影にて実施され、その逆投影でのデータ補間方法についても検討している。¹⁵O 標識水、¹⁸F-fluorodeoxyglucose、¹⁸F-DOPA など臨床データを用いての two dimensional（2D）と 3D の比較も行われている。3D 収集は感度が大幅に改善するが、位置分解能（特に体軸方向）が劣化し、また散乱線補正の開発が必要であることが述べられている。

論文名	Evaluation of simulation-based scatter correction for 3-D PET cardiac imaging
著者 1	Watson CC
著者 2	Newport D
著者 3	Casey ME
著者 4	deKemp RA
著者 5	Beanlands RS
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1997;44(1):90-97
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	simulation base
キーワード 2	scatter correction
キーワード 3	single scatter simulation
キーワード 4	quantitative imaging
キーワード 5	cardiac
コメント	Single scatter simulation（SSS）法は現在の主たる散乱線補正法である。本論文はその原点となるものである。PET の散乱線補正、定量に関する論文では必ず引用されるべきと思われる。緒言また引用文献に従来の散乱線補正法に関する研究がコンパクトにまとめられている。
概要	Three dimensional（3D）PET における散乱線補正法として、SSS 法を提案した。SSS 法はエミッションデータと減弱係数 map から 1 回のコンプトン散乱の確率を計算することで散乱成分を推定する。散乱補正が難しい胸部（心筋）でも精度の高い補正が行える優れた方法である。

論文名	Analytic 3D image reconstruction using all detected events
著者 1	Kinahan PE
著者 2	Rogers JG
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1989;36(1):964-968
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	three dimensional reconstruction
キーワード 2	PET
キーワード 3	shift invariance constraint
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	解析的手法での three dimensional（3D）PET 再構成に対する評価実験について述べている。再構成理論に関しては「Rogers JG et al. The theory of three-dimensional image reconstruction for PET. IEEE Trans Med Imaging 1987;6(3):239-243」で既に発表されている。現状では逐次近似的な手法が主であり、あまり有用性はないが、3D 再構成の基礎を勉強する際には有用な論文と考えられる。
概要	3D PET の三次元再構成を検出した全てのイベント（line of response; LOR）を用いて行う方法の検証を行った。全ての検出データを再構成に使うことで統計ノイズが低減できる。提案する再構成法は、フィルタ逆投影を 2 回繰り返すことにより、検出器の場所による感度の変化に対応することができる。提案法をモンテカルロシミュレーションデータにて評価し、良好な結果が得られた。

論文名	Emission computer assisted tomography with single-photon and positron annihilation photon emitters
著者 1	Budinger TF
著者 2	Derenzo SE
著者 3	Gullberg GT
著者 4	Greenberg WL
著者 5	Huesman RH
出典	J Comput Assist Tomogr 1977;1(1):131-145
カテゴリー1	741：インビボ測定・検査用装置
カテゴリー2	842：放射線（能）に関する測定
キーワード 1	emission computed tomography
キーワード 2	PET
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	image noise
キーワード 5	number of view
コメント	初期の SPECT および PET、すなわちエミッション撮像における基本的な概念を提唱した論文である。断層像における信号対雑音比（S/N 比）の理論を計算機シミュレーションおよび実測データから提案した論文であり、断層像の S/N 比を執筆するのであれば引用するべきである。また、Snyder DL, et al.や Huesman RH, et al.の論文を引用しているが、エミッション撮像におけるサンプリング理論を実測データから実証した論文である。ただし、本論文で提案された減弱補正法（各投影データに指数関数的な補正係数を乗じる減弱補正法）は、簡便な手法であるが、減弱係数を一様と仮定するだけでなく、断面の輪郭を円または楕円と仮定しているため、実用的ではない。
概要	放射性同位元素を用いた核医学検査は、非侵襲的に体内の放射能分布や各臓器の代謝活性を体外から測定することができる。従来の平面像に関心領域を設定する方法では、各臓器における単位体積当たりの放射エネルギーを正確に測定できないが、Anger 型カメラや PET 装置を用いる方法では各臓器の放射エネルギーを精度良く測定することができる。本研究では、SPECT および PET における投影方向数、空間分解能、光子の減弱、画像ノイズおよび相対感度に関して、理論と実測データの比較検討を行った。 SPECT および PET 撮像における使用核種は、それぞれ ^{99m}Tc と ^{68}Ga である。9 mm の半値幅（full width at half maximum; FWHM）を有したコリメータを用いて 144 方向から投影した SPECT 撮像における横断面の分解能は 11 mm（FWHM）であった。また断面中心の線応答関数が 6mm における PET 撮像の断面分解能は、7.5 mm（FWHM）であった。回転中心の補正は検出器を回転させて撮像する場合に必須であり、180° にわたる適切な投影方向数は、「$\pi D/2a$」であると推測された（D は被写体の直径であり、a は投影データのサンプリング間隔である）。一様な円筒形線源における理想条件（散乱や減弱の影響が無い場合）での画素あたりの信号対雑音比は、「(画素値) $1/2 / (1.2 \times (\text{全画素数})^{1/4})$」で表される。“1.2”

	は、再構成フィルタの特性や線源径に依存する因子（K）であるが、画素幅を半分にして信号対雑音比を確保するためには総計数を 8 倍にした収集を行わなければならないと示唆された。各投影データに指数関数的な補正係数を乗じる減弱補正法を用いた場合の雑音増幅は 30%であり、横断面における中央付近の均一性は辺縁と比較して不良であった。また、PET 撮像の減弱は同時計数で計測するために SPECT 撮像よりも大きくなると考えられた。20 cm の円筒ファントムを PET および SPECT 撮像した場合の散乱線の割合は、それぞれ 80%と 60%程度であった。多方向から投影データを収集する SPECT 撮像の感度は、リング型の PET 撮像よりも低感度（約 1/10 倍）であるため、SPECT 撮像する場合には検出器の数が多い装置を用いるか、被検者を長時間拘束させて収集する必要があると考えられる。
--	--

論文名	Measuring PET scanner sensitivity: Relating count rates to image signal-to-noise ratios using noise equivalent counts
著者 1	Strother SC
著者 2	Casey ME
著者 3	Hoffman EJ
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1990;37(2):783-788
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	true coincidence
キーワード 2	random coincidence
キーワード 3	scatter coincidence
キーワード 4	signal-to-noise ratio
キーワード 5	reconstruction image
コメント	核医学画像の画像ノイズは、測定された総計数に依存する。PET 装置は、測定された総計数から散乱および偶発同時計数の減算処理が行われるため、実際に画像ノイズに寄与する総計数は測定値よりも低下する。この画像ノイズを増幅させる因子を考慮した雑音等価計数(noise equivalent count; NEC) は、ファントム実験の測定値から簡便に得られる計算上の真の同時計数であり、画像再構成を行わずに画質を予測することができる指標である。被写体の大きさ、空間分解能および収集方法に依存して NEC と画質は必ずしも比例関係を示さないことが後の研究で明らかとなった。しかし、計数率から画質を推測できる指標として提案された NEC は、画期的な理論であり、National Electrical Manufacturers Association (NEMA) NU 2-2001 に性能評価項目として取り上げられるなど、現在では広く用いられた画質推測指標である。
概要	直径 20 cm の円筒ファントムを用いて封入放射能と装置の真の同時計数率から得られた感度は、画質と直接関連性があるわけではない。これは、計数損失、偶発および散乱同時計数が無い理想的な条件であるためであり、理想条件における感度よりも低下すると考えられる。偶発および散乱同時計数に対する減算処理の雑音増幅を考慮した実効的な“真の同時計数率”に相当する NEC rate が、画質と計数率を直接的に関連させることができる指標であるか検討した。直径 20 cm の円筒ファントムにおける真の同時計数と NEC を、数種類のセプタ厚と 5 種類の PET 装置を組み合わせ測定した。厚さ 1 mm のセプタを配置した CTI/Siemens 831/08-12 PET 装置を (1)、根元の厚さが 3 mm で先端の厚さが 1 mm の先細となったセプタを配置した CTI/Siemens 933/08-12 と CTI/Siemens 933/08-16 PET 装置をそれぞれ (2) と (3)、厚さ 1 mm のセプタを配置した CTI/Siemens 931/08-12 PET 装置を (4)、根元の厚さが 3 mm で先端の厚さが 1 mm の先細となったセプタを配置した CTI/Siemens 931/08-12 と CTI/Siemens 931/08-16 PET 装置をそれぞれ (5) と (6) とした。さらに、CTI/Siemens 933/08-12 PET 装置は、Alderson 脳ファントムを用いて真の同時計数と

	NEC を測定した。全ての条件（装置）における NEC の最大値は、真の同時計数の最大値よりも 50%低値を示した。これは、偶発同時計数の減算処理にともなう雑音の増大が原因であると考えられ、真の同時計数よりも NEC の方が画質推測指標として有効であると示唆される。さらに、直径 20 cm の円筒ファントムの計数率特性は、Alderson 脳ファントムの計数率特性と比較して低値を示したため脳 PET 撮像を模擬するファントムとして不適切であると示唆された。したがって、脳や胴体ファントムを用いて、臓器ごとの計数率特性を測定する方が望ましいと考える。
--	--

論文名	Exact and approximate rebinning algorithms for 3-D PET data
著者 1	Defrise M
著者 2	Kinahan PE
著者 3	Townsend DW
著者 4	Michel C
著者 5	Sibomana M
出典	IEEE Trans Med Imaging 1997;16(2):145-158
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	Fourier transform
キーワード 2	PET
キーワード 3	three-dimensional acquisition
キーワード 4	frequency distance relation
キーワード 5	sinogram
コメント	Fourier rebinning（FORE）法は、周波数－距離関係を適用し、フーリエ変換を介して傾斜サイノグラムを平行サイノグラムに並び替える手法であり、実に巧妙な手法である。二次元データに近似変換することで高速に画像再構成を行うことができるため、3次元収集されたデータにもっぱら用いられる手法である。しかしながら、傾斜角が大きくなる、すなわち受容角が大きくなるとFORE法は成立しなくなり、空間分解能が低下する特徴を有している。また、周波数－距離関係は周波数（ ω ）が十分大きいときのみ成立する関係であるため、低周波成分は正確にリビニングすることができないことも特徴である。これらの欠点を補うために、FORE-John's equation、重み付けを行ったFORE法、FORE-high pass filterが提案され、受容角が20°以上の装置であっても精度良くリビニングが可能となった。
概要	本論文では、三次元収集したPETデータの画像再構成における2つの新しいリビニング法を報告する。提案するリビニング法は、三次元の投影データである傾斜サイノグラムを平行サイノグラム（横断面）に並び替えて通常の二次元投影データに変換し、各スライス（横断面）をフィルタ補正逆投影法などの二次元画像再構成法を用いて立体的な画像を作成することが可能である。また本法は、二次元投影データに変換して画像再構成を行うため、高速に画像再構成を行うことが可能であり、動態収集や全身収集に有効であると考えられる。1つ目の手法は三次元の中央断面定理に基づく正確な手法であり、二つ目の手法はフーリエリビニングと呼称されるフーリエ変換を介した手法である。後者は、周波数－距離関係（frequency distance relation; FDR）に基づく手法であり、傾斜サイノグラムを横断面と平行なサイノグラムと仮定して単純にリビニングする“シングルスライスリビニング”法よりも統計雑音の低減が期待される。フーリエリビニング法の手順は、①各サイノグラムを二次元フーリエ変換する、②周波数（ ω ）と角度方向のフーリエ展開係数（ n ）の値から傾斜サイノグラムの情報を獲得する、③獲得した情報を傾斜サイノグラムが横切る

	複数の平行サイノグラムの情報に振り分ける、④平行サイノグラムの情報のみに変換したデータを二次元逆フーリエ変換する、であり、これにより近似的に平行サイノグラムのみデータに変換可能である。ただし、FDR は周波数 (ω) と角度方向のフーリエ展開係数 (n) の値が非常に小さい場合には成立しないため、検出器リング差が「0」または「1」のデータを用いる。両手法を、現行の PET 装置に実装するだけでなく、計算機シミュレーションで作成した次世代の PET 装置（受容角が 18°）に適用し、妥当性を検証した。本法は、従来から使用されている正確な三次元画像再構成法“3DRP 法”と比較して、同等の画質を高速に処理することが可能であるため代替手法として有効であるだけでなく、体軸方向視野の広い PET 装置でも実装可能であると考えられる。
--	--

論文名	Three-dimensional reconstruction from radiographs and electron micrographs: application of convolutions instead of Fourier transforms.
著者 1	Ramachandran GN
著者 2	Lakshminarayanan AV
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Proc Natl Acad Sci USA 1971;68(9):2236-2240
カテゴリー1	250：Radiography（Digital）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	Fourier transform
キーワード 2	filtered backprojection
キーワード 3	image reconstruction
キーワード 4	convolution
キーワード 5	central slice theorem
コメント	1971 年に発表された本論文は、三次元画像再構成および関係する他分野の研究を飛躍的に発展させた。現在の医療分野では欠かすことのできない断層像のアルゴリズムを提唱した論文である。Cormack M と Hounsfield GN が 1976 年にノーベル医学生理学賞を受賞したが、Ramachandran GN らの功績があったからに他ならない。フーリエ変換法の画像再構成を高速処理（fast Fourier transform; FFT）するためには、投影データ数を“2”のべき乗にしなければならないが、本法はその制約を受けないため実用的である。また、投影データと補正関数の重畳積分を周波数空間で行う場合（掛け算）には、フィルタ補正逆投影法（filtered backprojection）と呼称する。重畳積分逆投影法とフィルタ補正逆投影法は、補正関数の実行方法（実空間と周波数空間）が異なるだけで、両者は全く等価である。
概要	本論文で提案する新しい画像再構成法（重畳積分法）は、フーリエ変換を使用することなく投影データに実空間の補正関数を重畳積分することで三次元的な画像再構成を行うことが可能である。単純逆投影で再構成された画像は、投影データ数が少ないときには星状の模様が出現し、無数に多い場合でも「1/r」のインパルス応答、すなわち点応答関数でぼかされたものになる。このぼけを補正するために“中央断面定理”を利用した二次元フーリエ変換法を適用することが一般的であるが、フーリエ変換を介するため極座標から直角座標への変換（データ補間）が必要であり、補間による誤差、画質の劣化および処理時間を要するなどの欠点を有する。本法は、インパルス応答を二次元フーリエ変換して得られる周波数特性を実空間領域に逆変換し、得られた実空間の補正関数を投影データに重畳積分して新たな投影データを作成した後、逆投影する。このため、データ収集時でも順次、画像再構成を行うことが可能であり、高速かつ高分解能の画像を復元することができる。本論文で提案する補正関数は、周波数に比例した ramp（傾斜状）関数であるため、数学的にはフーリエ変換法と全く等価となり、散乱、減弱および雑音の無い理想的な投影データの

	場合には完全な画像が再構成できる（厳密解を得ることができる）。本法は、無数の投影データでなくとも良好な画像を再構成することが可能であり、透過型電子顕微鏡や X 線 CT にも応用可能であると考える。
--	---

論文名	Local threshold for segmented attenuation correction of PET imaging of the thorax
著者 1	Xu M
著者 2	Luk WK
著者 3	Cutler PD
著者 4	Digby WM
著者 5	
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1994;41(4):1532-1537
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	segmentation
キーワード 2	attenuation correction factor
キーワード 3	post injection transmission scan
キーワード 4	histogram
キーワード 5	forward projection
コメント	近年では、全身撮像には欠かすことのできない画期的な手法であり、統計雑音およびエミッション・コンタミネーションを抑制することのできる有効な方法である。また、511 keV のガンマ線と物質の相互作用が主にコンプトン効果となることを利用し、手技の簡便性からも大変有効な手法である。しかしながら、骨の減弱係数は個人差が大きいため、セグメント法では十分な定量性を維持することができないことが欠点である。全身撮像に特化した手法であり、頭部や骨病変の撮像には長時間のトランスミッション収集の方が望ましい。また、本法は、既知の線源弱係数を置換するため、実測値との相違、部分容積効果（エミッション画像における分解能との不一致）など、いくつかの問題点があるため、これら問題点を考慮した改良版の手法が提案されている。
概要	PET における高精度の減弱補正は、高い定量性を維持するために極めて重要である。一般に、放射能を投与する前の長時間トランスミッション収集にて正確な減弱補正係数を獲得することが可能である。本研究では、放射能投与後の短時間トランスミッション収集におけるセグメント化減弱補正法を開発したので、ここに報告する。放射能を投与する前に 15 分間収集したトランスミッションデータと、放射能を投与した後に 3 分間収集したトランスミッションデータから、それぞれの線源弱係数の分布（ヒストグラム）を算出し、統計雑音およびエミッション・コンタミネーションの特徴を検討した。本法の手順は、①任意の閾値を線源弱係数の分布（ヒストグラム）に対して設定する、②胴体部分、胴体内部および輪郭などを抽出し、トランスミッション画像における解剖学的情報を獲得する、③獲得した情報に重み係数を乗算してバックグラウンド領域、肺野および軟部組織を抽出する、④それぞれの領域に対して、統計誤差を抑制するためにガウス関数を用いた平滑化を施し、各領域の減弱係数の理論値を代入する、⑤事前に測定した検査台を加算して、最終的な減弱係数マップを作成する、である。胸部ファントムを用いたファントム実験および

	370 MBq の放射能を投与した心臓 PET 検査にて、本法の妥当性を検証した。短時間トランスミッション収集におけるセグメント化減弱補正法は、統計雑音の小さいデータおよび放射能が無い状態のデータと比較して、同等の定量性を有した。また短時間収集で増強される統計雑音を抑制することが可能であった。 本法は、放射能を投与してから数時間後に撮像を開始する撮像、すなわち ^{18}F-fluorodeoxyglucose (^{18}F-FDG) を用いた全身腫瘍検索に対して非常に有効な手法であり、画質および定量性を損なうことなく検査効率を向上させると考えられる。
--	--

論文名	PET の 3 次元収集における被検体の形状と計数率特性の関係
著者 1	山本誠一
著者 2	三浦修一
著者 3	飯田秀博
著者 4	菅野巖
著者 5	
出典	核医学 1996;33(4):435-441
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	842：放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	PET
キーワード 2	3 dimensional acquisition
キーワード 3	count rate
キーワード 4	noise equivalent count rate
キーワード 5	random coincidence
コメント	近年、一般的に用いられている PET における 3 次元収集の計数率特性（画質）をファントム実験で評価した論文であり、被写体厚や視野外放射線に依存して 3 次元収集の至適放射能が異なることを明らかにした先見的な論文である。すなわち、2 次元収集では投与放射能が大きくなるほど高画質となるが、3 次元収集では、ある一定の放射能以上になると偶発同時計数や計数損失が顕著に増加するため画質が劣化することを明らかにした論文である。しかしながら、使用されたファントムが均一吸収体であるため、必ずしも臨床測定のような不均一吸収体での物理特性ではないことに注意が必要である。近年の PET 装置（PET/CT 装置）は電子回路の性能が著しく向上しているため、被写体厚や視野外放射線に依存して顕著に画質が劣化することが少なくなっているが、3 次元収集の基本的な特性（欠点）を示した論文である。
概要	PET における 3 次元収集は、高感度できるため臨床検査を行う上で有効である。しかしながら、3 次元収集はセプタを用いないため、偶発同時計数や計数損失が増大し、ある一定以上の放射能濃度では画質が劣化する。本研究では、ファントム形状を変化させたときの計数率特性を調査して、3 次元収集の方が 2 次元収集よりも高画質になる放射能濃度範囲を被写体径ごとに求めた。長さが 15 cm で、直径が 14 cm、20 cm、30 cm の円筒ファントムを使用し、被写体厚の変化に伴う計数率特性の変化を測定した。また、ファントム直径が 14 cm で、長さが 15 cm と 20 cm の円筒ファントムを使用して、全身測定を模擬した計数率特性を測定した。画質は、雑音等価計数率（noise equivalent count rate; NECR）を用いて評価した。ファントム直径が大きくなるほど、偶発同時計数が急激に増加するため低画質になり、NECR の最大値も低放射能濃度に移行した。また、体軸方向の長さが長くなるほど真の同時計数が低下し、偶発同時計数が増加した。直径 14 cm ではどのような放射能濃度（～2.0 $\mu\text{Ci/ml}$ 以下）でも 3 次元収集の方が 2 次元収集よりも高画質となるが、直径 20 cm では 1.2 $\mu\text{Ci/ml}$ 以下、直径 0.7 $\mu\text{Ci/ml}$ 以下の放射能濃度でなければ 3 次元収集の

	方が高画質とならない。さらに、被写体厚が大きくなり、視野外放射線の影響が大きくなるほど NECR の最大値が低下するため、限られた条件下でのみ 3 次元収集の方が 2 次元収集よりも有効であると考えられた。3 次元収集は偶発同時計数と計数損失が増加するため、被写体厚が大きくなるほど NECR の最大値が低放射能濃度に移行することが明らかであった。直径 20 cm のファントムでは、1.2 $\mu\text{Ci/ml}$ (44.4 kBq/ml) 以下の放射能濃度であれば 2 次元収集よりも 3 次元収集の方が高画質になり、直径 30 cm では 0.7 $\mu\text{Ci/ml}$ (25.9 kBq/ml) 以下の放射能濃度で 2 次元収集よりも 3 次元収集の方が高画質にあると考えられた。また、3 次元収集は視野外からの放射線の影響を受けるため、頭部を測定するときに画質が劣化する可能性があると考えられた。
--	---

論文名	PET を用いた局所脳血流量の定量測定における部分容積効果の評価
著者 1	成田雄一郎
著者 2	飯田秀博
著者 3	Ardekani BA
著者 4	畑澤順
著者 5	菅野巖
出典	核医学 1995;32(2):163-172
カテゴリー1	523：核医学画像
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	PET
キーワード 2	cerebral blood flow
キーワード 3	microsphere model
キーワード 4	autoradiograph
キーワード 5	steady state
コメント	¹⁵ O 標識水と PET 用いた局所脳血流量測定は gold standard として広く普及しているが、その計算方法には microsphere、steady state、autoradiography、weighted integration、非線形最小自乗法など複数存在する。また PET 装置が有限の空間分解能であるため、測定された放射能濃度は部分容積効果の影響を必ず受ける。本論文は、各種トレーサ解析モデルで計算された局所脳血流量における部分容積効果の程度を評価した論文であり、脳解剖数値ファントムでそれぞれの解析モデルにおける誤差の程度を評価している。局所脳血流量の誤差は選択する解析モデル、脳髄液の分画および平滑化処理に大きく依存し、モデルによっては計算される血流量と真の局所脳血流量との間に線形性が保証されないことを示した価値ある論文である。
概要	¹⁵ O 標識水を用いた PET 検査で、局所脳血流量を定量測定することができるが、非線形な過程を含むため放射能濃度測定の影響と血流量値の誤差は線形関係ではない。また、PET 装置が有限の空間分解能であるため部分容積効果の影響を必ず受ける。本研究では、PET と ¹⁵ O 標識水を用いた局所脳血流測定法における、複数の解析モデルの部分容積効果の影響を評価した。すなわち、灰白質、白質および脳髄液の三組織からなる脳解剖数値ファントムを作成し、steady state (SS) 法、autoradiography (ARG) 法、weighted integration (WI) 法および非線形最小自乗法 (non-linear least squares; NLLS) 法に従うダイナミック画像の作成および画像平滑化処理を施し、各解析モデルにおける脳血流画像の誤差の程度を評価した。四種類の解析モデルにおける脳血流値は、microsphere (MS) 法と比較してすべて過小評価を示し、SS 法では最大 20%、ARG 法および WI 法では 9%、NLLS 法では 2%の過小評価であった。また脳髄液が含まれるときの MS 法に対する脳血流量の誤差は、脳髄液の割合（組織含有率）が大きくなるほど過小評価し、SS 法では最大 60%程度、ARG 法では約 20%、WI 法では約 10%、NLLS 法では数%の過小評価であった。局所脳血流画像 (MS

	法)における平滑化処理は、2次元ガウス関数の半値幅が大きくなるほど過小評価となり、低血流領域では過大評価、高血流領域では過小評価を示した。12 mmの半値幅における灰白質の脳血流量値は平均で約20%過小評価した。さらに、MS法と比較したときの脳血流量値の過小評価は、SS法で最大約50%、ARG法では約15%であり、WI法およびNLLS法はMS法と同程度であった。¹⁵O標識水とPETを用いた局所脳血流量測定における部分容積効果の影響は、PET装置の有限な空間分解能により、灰白質領域の放射能濃度は過小に、白質領域は過大に評価される。さらに、脳血流量値の誤差は、解析モデルの非線形に依存して増幅されることが示された。脳血流量値の誤差は、選択する動態解析モデルに依存するため、モデルによっては計算される血流量値と真の局所脳血流量値との線形性も保証されない場合があることが示された。
--	---

論文名	PET 装置用二次元 γ 線位置検出器の開発
著者 1	山本誠一
著者 2	飯田秀博
著者 3	三浦修一
著者 4	菅野巖
著者 5	
出典	Radioisotopes 1996;45(4):229-235
カテゴリー1	741：インビボ測定・検査用装置
カテゴリー2	842：放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	scintillator detector
キーワード 2	PET
キーワード 3	spatial resolution
キーワード 4	photomultiplier tube
キーワード 5	block detector
コメント	開発当初における PET 装置の検出器には二種類の検出器方式があった。一つは、シンチレータと光電子増倍管（photomultiplier tube; PMT）を 1：1 対応で結合する個別結合方式であり、もう一つは多数個のシンチレータに少数個の PMT を結合して各 PMT の出力強度比から放射線の入射シンチレータを弁別するコーディング方式である。前者は検出器ユニット面積が小さく、高速信号処理が可能であるため優れた計数率特性を有する。後者は PMT の本数や信号処理回路の節約によりコストが低減でき、検出器の多層化が容易である。近年の PET 装置に使用されている後者の検出器は、二次元コーディング方式と呼ばれているが、本論文で示された方式は、任意の発光分布をえることができ、かつ特殊な表面加工を行う必要がないため製造コストが安い特徴を有している。
概要	PET 装置は、コリメータを使用しないため装置の空間分解能が主に検出器の大きさに依存する。また三次元収集と三次元画像再構成を可能にするために、平面内だけでなく体軸方向にも高い分解能を有する検出器が必要である。本論文では、シンチレータの反射材の塗布面積をシンチレータの配列位置に関連して調整することで、任意の発光分布を得ることが可能な PET 装置用二次元 γ 線位置検出器を開発し基本的な評価を報告する。開発した検出器は、6×8 マトリックスに配列した BGO シンチレータ（3.8×6.25×30.0 mm）とライトガイドおよび PMT から構成される。配列した各シンチレータに反射剤（BaSO₄）を塗布し、塗布の量を中心部で少なく、周辺部で多くすることで配列したシンチレータ内ではほぼ均一（直線）の応答が得られるように調整した。また検出器からの信号を抵抗マトリックス方式により位置演算を行い、空間ひずみ補正、エネルギー信号補正などを行った。さらにディレーラインクリッピングによるパルス短縮を施し、計数率特性の向上を図った。二次元位置演算分布は画像のひずみが少なく、手動の空間ひずみ補正も容易に行えた。平面方向の空間分解能（full width at half maximum; FWHM）は、2.3 mm から 3.3 mm の範囲であ

	り、体軸方向の空間分解能は 3.4 mm から 4.6 mm の範囲であった。また、エネルギー分解能は 24%、時間分解能は 6 ns、最高計数率は 150 kcps 以上であった。シンチレータの配列位置を考慮して反射剤の塗布する面積を変化させ、任意の発光分布が得られる PET 装置用二次元 γ 線位置検出器を開発し、良好な性能を得た。二次元位置演算分布はすべての BGO シンチレータに対する発光が明確に分離でき、ほぼ等間隔の応答が得られた。平均空間分解能は、平面方向で 2.8 mm、体軸方向で 4.0 mm であった。さらに、エネルギー分解能、時間分解能および計数率特性も良好であり、三次元収集にも利用できる PET 装置用検出器であると考えられた。
--	--

論文名	A quad BGO detector and its timing and positioning discrimination for positron computed tomography
著者 1	Murayama H
著者 2	Nohara N
著者 3	Tanaka E
著者 4	Hayashi T
著者 5	
出典	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 1982;192(2-3):501-511
カテゴリー1	741：インビボ測定・検査用装置
カテゴリー2	842：放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	scintillator detector
キーワード 2	PET
キーワード 3	spatial resolution
キーワード 4	block detector
キーワード 5	photomultiplier tube
コメント	開発当初における PET 装置の検出器には二種類の検出器方式があった。一つは、シンチレータと光電子増倍管（photomultiplier tube; PMT）を 1：1 対応で結合する個別結合方式であり、もう一つは多数個のシンチレータに少数個の PMT を結合して各 PMT の出力強度比から放射線の入射シンチレータを弁別するコーディング方式である。前者は検出器ユニット面積が小さく、高速信号処理が可能であるため優れた計数率特性を有する。後者は PMT の本数や信号処理回路の節約によりコストが低減でき、検出器の多層化が容易である。近年の PET 装置に使用されているブロック検出器は、後者を採用しており、二次元コーディング方式のブロック検出器の原型として評価されている価値ある論文である。
概要	BGO 検出器は、実効原子番号が高いため検出効率が高いが、発光量および光の減衰時間が長い。そこで、高感度の多リング型 PET 装置を実用化するために、4 つの BGO 検出器と 2 本の PMT を結合させた検出器を開発し、その妥当性を検討した。開発した検出器ユニットは、1 個当たりの寸法が 15×24×24 mm の BGO 検出器を 4 つ並べ、直径 29 mm（円筒形）の PMT を 2 本結合させた構成である。BGO 検出器に反射板を使用することで、シンチレータから出力された信号を効率よく PMT に導き、比較的精度の高い二次元位置演算が可能である。エネルギー分解能は 25% (full width at half maximum; FWHM)であったが、積分回路を調整することで 18%(FWHM)まで高めることは可能であった。時間分解能は 3.6 ns(FWHM)、7.1 ns (full width at tenth maximum FWTM)であった。また、最高計数率は、少なくとも 360 kcps 以上であることが確認でき、動態測定にも適した検出器であることを確認できた。

論文名	Bayesian image reconstruction for emission tomography based on median root prior
著者 1	Alenius S
著者 2	Ruotsalainen U
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med. 1997;24(3):258-265
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	Iterative Bayesian reconstruction
キーワード 2	PET
キーワード 3	Maximum likelihood-expectation maximization
キーワード 4	Median
キーワード 5	Emission tomography
コメント	統計雑音を含む投影データを ML-EM 法で再構成すると近似回数に依存して画素値が顕著に変化すると報告した論文である。本論文で提案した MAP-EM 法は β （エネルギー関数の利き具合を調整する定数）のみを設定する手法であり、比較的簡便性な方法であると言える。本手法は画素値の修正を行う際にその画素に関係するすべての投影データを一度に用いるため、高周波数成分の回復が遅い、かつ β の設定に客観的な決定方法が存在しないことなどが問題である。
概要	Median root prior (MRP)-EM は尤度関数と事前確率から得られる事後確率を最大にするように復元画像を推定するため雑音に対して比較的安定であるという利点を持っている。本研究では逐次近似式に組み込む定数 β （近傍画素から受ける影響の度合を調整する定数）に Median を用いることでカウントを保持する手法を提案する。シミュレーションデータ、ファントム実験および患者データ（脳および心臓）を用いて、フィルタ補正逆投影（FBP）法、最尤推定期待値最大化（ML-EM）法および MRP-EM 法で画像再構成を行った。MRP-EM 法は、FBP 法と同等の解像度を有し、かつ Hanning フィルタで平滑化を施した FBP 法と同程度の雑音特性であった。MRP-EM 法における関心領域内の放射能濃度は FBP 法および ML-EM 法と同等であったが、各画素の定量性はもっとも MRP-EM 法が正確であった。統計雑音を含む投影データを ML-EM 法で再構成すると再構成画像が発散する可能性があるが、MRP-EM 法にはその現象が生じにくいため近似回数の設定を厳密にする必要がなく簡便な方法であると考えられた。しかし、Bayesian パラメータ（ β ）の設定が再構成画像に影響するため、このパラメータ設定のみ注意が必要であると考えられた。

論文名	A new PET scanner with semiconductor detectors enables better identification of intratumoral inhomogeneity
著者 1	Shiga T
著者 2	Morimoto Y
著者 3	Kubo N
著者 4	Katoh N
著者 5	Katoh C
出典	J Nucl Med. 2009;50(1):148-155
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	741：インビボ測定・検査用装置
キーワード 1	PET
キーワード 2	semiconductor
キーワード 3	intratumoral heterogeneity
キーワード 4	oncology
キーワード 5	
コメント	高い空間分解能と高いエネルギー分解能を有する CdTe 半導体検出器 PET 装置は、腫瘍内不均一を画像化する有効な装置である。しかし CdTe 半導体検出器の一番の欠点は、感度が低いことである。新しく開発された PET 装置は、頭部用（FOV=310mm, AFOV=250mm）であるが、3 層 DOI 方式を採用することで高感度と高分解能を実現し、かつ Median root prior（MRP）-EM 法を画像再構成法に実装することで高い S/N 比を得ることができたと考えられる。
概要	オートラジオグラフィ法は様々な腫瘍における腫瘍内不均一性を画像化する有効な手法であるが、一般的な体外計測装置は空間分解能が低いため腫瘍内不均一性を画像化することは困難である。本研究では高い空間分解能およびエネルギー分解能を有する CdTe 半導体検出器 PET 装置（新型装置）を開発し、ファントムおよび被検者を新型装置とシンチレータ型 PET 装置（従来装置）で撮像することにより腫瘍内不均一性を比較検討した。直径 1mm のガラス管を H 型に配置した陽性像ファントムと 3 種類の不均一放射能分布を模擬する腫瘍ファントムを作成し、新型 PET 装置と従来装置で撮像した。また上咽頭ガン患者も両 PET 装置で撮像した。直径 6mm の陰性像を撮像したファントム画像および不均一放射能分布を模擬した二重円筒型ファントム画像において、新型 PET 装置の方が従来装置と比較して 30%弱高コントラストであった。また直径 1mm の陽性像を H 型に画像化できたのは新型装置であり、上咽頭ガン患者 10 名の内 6 名の患者で腫瘍内不均一性を画像化すること可能であった。開発した CdTe 半導体検出器 PET 装置は、高い空間分解能およびエネルギー分解能を有するため腫瘍内不均一性を画像化することが可能な装置であると示唆された。

論文名	PET attenuation coefficients from CT images: experimental evaluation of the transformation of CT into PET 511-keV attenuation coefficients
著者 1	Burger C
著者 2	Goerres G
著者 3	Schoenes S
著者 4	Buck A
著者 5	Lonn AH
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2002;29(7):922-927
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	PET-CT
キーワード 2	attenuation correction
キーワード 3	attenuation coefficient
キーワード 4	metallic implant
キーワード 5	
コメント	X 線 CT 画像における CT 値から 511keV の減弱係数に変換する式は、Hybrid 法と Bilinear 法に大別される。本文献で示されている Bilinear 法は、CT 値=0 を境にして、その上下で異なる変換式を用いている。理論式では高吸収領域の減弱補正が不正確になり、正確な CT 減弱補正には実測データを用いる方が良いとした本文献は価値が高いと考える。CT 減弱補正を研究する上で、是非引用したい論文である。
概要	PET/CT 装置は、短時間で撮影された統計雑音の小さい X 線 CT 画像から PET 画像の減弱補正が可能である。このためには、40～140keV の連続エネルギースペクトルから得られた CT 値を 511keV の線減弱係数（ μ 値）に変換する必要があるが、光子の減弱が吸収物質の密度や原子番号および光子の物理的エネルギーに依存するため、正確な変換式を導き出すことが困難である。GE 社製 Discovery LS 装置は、水と皮質骨の減弱に基づく双一次関数を実装している。14 名の被検者を Ge-68 外部線源と X 線 CT で撮像し、合計 114 個の関心領域における外部線源の μ 値と CT 値との関係を調査した。双一次関数で近似した変換式が、理論的な水の減弱係数（ 0.096cm^{-1} ）に基づくとき、軟部組織の μ 値は実測値よりも高値であったが、変換式の水の減弱係数を 0.093cm^{-1} に変更することで誤差は減少した。減弱補正された PET 画像の放射能濃度は変換式に依存するため、人工的な物質が隣接している人体の組織では、不正確な減弱係数で補正される可能性があると考えられた。したがって、理論的な減弱係数ではなく実測の減弱係数を変換式に用いるべきと考えられた。

論文名	A proposal of an open PET geometry
著者 1	Yamaya T
著者 2	Inaniwa T
著者 3	Minohara S
著者 4	Yoshida E
著者 5	Inadama N
出典	Phys Med Biol. 2008 7;53(3):757-773
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	741：インビボ測定・検査用装置
キーワード 1	PET
キーワード 2	whole body
キーワード 3	open PET
キーワード 4	gap
キーワード 5	iterative reconstruction
コメント	不完全データでも再構成することができる反復画像再構成法の利点を活かし、検出器リングを離して結果的に体軸方向視野を長くした"Open PET"装置は非常に素晴らしいアイデアの装置であると考ええる。更なる研究開発が進められているが、実用化が期待される装置である。また、開放できる領域は検出器リング間距離と体軸方向視野に依存するが、本論文で示されているアイデアは様々な用途にも活用できると考えられる。
概要	体軸方向視野（field of view; AFOV）の長い PET 装置は、強い圧迫感があるだけでなく、医療従事者が被検者の介助を行うことが困難である。体軸方向に検出器リングを離れた状態（2 分割）で配置した"Open PET ” は、不完全データでも画像再構成を行うことができる反復画像再構成法を適用することで物理的に開放された領域も含めた視野の断層像をえることが可能である。計算機シミュレーションにて、開放領域（分割）のない長い AFOV を有する装置と、"Open PET (AFOV=154mm×2) "を作成し、画質評価を行った。開放領域における中央スライスの画質は、AFOV の 2 倍で検出器リングを 2 分割した"Open PET"でも劣化を認めなかったが、辺縁部スライスでは 1 倍以下の距離でないと顕著な画質劣化を認めた。AFOV の 1.5 倍以上の距離を離すと生じてくるアーチファクトは、開放領域に任意の検出器を配置することで減少し、Type-X（上下左右の 4 方向に検出器を配置）では断面内および体軸方向の分解能劣化も認めなかった。また、jPET-D4 を用いた検討においても、計算機シミュレーションと同等の結果を得ることができた。物理的に開放された視野領域は、治療スペースや X 線 CT 装置を設置することが可能であり、重粒子線治療への適用も可能であると考えられる。

論文名	A transmission-dependent method for scatter correction in SPECT
著者 1	Meikle SR
著者 2	Hutton BF
著者 3	Bailey DL
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med. 1994;35(2):360-367
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	scatter correction
キーワード 2	Compton scattering
キーワード 3	transmission tomography
キーワード 4	attenuation correction
キーワード 5	quantitative SPECT
コメント	厳密な散乱成分の推定は、散乱の無い投影データと散乱分布関数の演算で行われるべきである。実測した測定データには既に散乱成分が含まれるため、測定データと散乱の無い真の投影データとを等しくするために逐次近似的な計算にて散乱成分の推定誤差を最小に抑制している。人体を対象とした場合にもっとも有効な散乱補正法であるが、異なる核種および収集エネルギーウィンドで被写体厚と散乱フラクションの関係を正確に実測しなければ高い精度で散乱補正を行うことができないことが唯一の欠点である。
概要	トランスミッションデータを利用してSPECT収集における光電ピーク内に混入した散乱線を補正する手法(transmission dependent convolution subtraction; TDCS)を開発した。先ず散乱分布関数を一次の指数関数で推定し、測定した光電ピークの投影データに散乱分布関数を畳み込み積分することで散乱成分を推定した。投影データの散乱分布関数は、同心円状にある広がりをもつ関数（半径方向に対称な事象）であり、指数関数とガウス関数の和で定義することができ、画素ごとに散乱率 $k[k=1-(1/A-B e^{-\beta \mu d})]$ を荷重することで高精度の散乱成分を推定することが可能である。ここで、A、B および β は核種と収集エネルギーウィンド幅に依存する定数である。本研究では、Tl-201 および Tc-99m 線源を対象としてファントムおよび計算機シミュレーション（血液プール、肺血流および心筋血流）にて妥当性を検証した。Tl-201 および Tc-99m 線源を用いて被写体厚と散乱フラクションの関係を実測し、両核種の散乱フラクションを正確に推定した。散乱率 ($k=0.4$) に固定して散乱補正を行った場合には、心筋血流および肺野を僅かに過小、過大評価したが、高い精度で胸部領域の放射能の定量化が可能であった。TDCS 法は胸部などの不均一吸収体で高い精度の散乱補正を行うことができると考えられた。

論文名	An iterative reconstruction using median root prior and anatomical prior from the segmented mu-map for count-limited transmission data in PET imaging
著者 1	Sakaguchi K
著者 2	Shinohara H
著者 3	Hashimoto T
著者 4	Yokoi T
著者 5	Uno K
出典	Ann Nucl Med. 2008;22(4):269-279
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	PET
キーワード 2	transmission scan
キーワード 3	ordered subset convex
キーワード 4	segmented attenuation correction
キーワード 5	median root prior-expectation maximization
コメント	SAC 法を用いても極短時間の収集データでは精度良く減弱補正を行うことができないため、最大事後確率推定による期待値最大化(MRP-OSC)法を組合せた本手法は高い定量性を有することからも非常に有効な減弱補正法であると考ええる。しかしながら、著者も指摘しているように計算時間が長いことが唯一の欠点であり、近年では X 線 CT による減弱補正も普及したため実用化はされないと考えられる。X 線 CT による減弱補正も欠点を有しているためコンピュータ性能が向上すれば有効な手法であるが、市販されている大半の PET 装置には外部線源機構が備わっていないため実用化は難しいと考える。
概要	腫瘍検索における全身 PET 撮像が広く用いられるようになり、短時間のトランスミッション収集のデータから統計雑音を抑制した減弱補正を行う手法がいくつか開発された。Segment(SAC)法は、トランスミッションデータをいくつかの領域に分割して減弱補正を行う手法であり、最大事後確率推定による期待値最大化(MRP-OSC)法は、局所的な画素値の変動は単調であるということを利用した統計雑音抑制アルゴリズムである。本研究では、両者を組み合わせた手法（MSRP-OSC 法）を考案し、その妥当性をシミュレーションおよび臨床データにて検討した。MSRP-OSC 法はベイズ定理に基づき、解剖学的な事前（先見）確率はギブス分布を用いている。胸部シミュレーションにおける真の画像との平均二乗誤差は、MSRP-OSC 法（ 5.74×10^{-5} ）が、MRP-OSC 法（ 6.72×10^{-5} ）、SAC 法（ 7.08×10^{-5} ）および FBP 法（ 68.54×10^{-5} ）と比較してもっとも小さく、MSRP-OSC 法の統計雑音が小さいことを示唆した結果であった。胸部ファントムによる検討では、MSRP-OSC 法にて減弱補正を行った定

量値 ($27.42 \pm 0.96 \text{ kBq/ml}$) が真値 (28.0 kBq/ml) に非常に近かった。MSRP-OSC 法は PET 画像の定量性を劣化させることないため、短時間収集されたトランスミッションデータから減弱補正を行う手法として非常に有効であると考えられた。
--

論文名	Reproducibility of standardized uptake value measurements determined by 18F-FDG PET in malignant tumors
著者 1	Nahmias C
著者 2	Wahl LM
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med. 2008;49(11):1804-1808
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	whole body
キーワード 2	18F-FDG
キーワード 3	cancer
キーワード 4	SUV
キーワード 5	reproducibility
コメント	腫瘍 18F-FDG PET は本邦においても既存治療薬の治療効果判定だけでなく、新規治療薬の治験に利用され始めており、SUV の信頼性が非常に高いことを示した重要な論文である。しかし、本論文では数日間での再現性を報告していることに注意が必要であり、長期間の再現性ではないことを理解しておく必要がある（PET 装置の感度は経年変化するため、相互校正係数の測定が適宜必要である）。また、本研究の撮像条件が 1 ベッドあたり 3 分間の PET 収集と X 線 CT による減弱補正であることに注意が必要である。
概要	腫瘍 18F-FDG PET は、悪性腫瘍における化学療法 of 早期治療効果判定に利用されつつある。Standardized uptake value（SUV）の再現性を把握することは、著明な SUV の変化が生じている要因、すなわち治療効果判定するために重要な前提条件である。26 名の被検者を対象として 2 回（間隔＝3±2 日、範囲＝1～5 日）の腫瘍 18F-FDG PET 撮像を行った。PET/CT 撮像は、383±15MBq の 18F-FDG を静脈投与し、94±9 分後に撮像を開始した。1 回目と 2 回目に撮像した PET 画像に対して、同じ位置に関心領域を設定し、平均および最大の SUV を算出した。腫瘍における平均 SUV の範囲は 1.49～17.48 であり、最大 SUV は 2.99～24.09 の範囲であった。1 回目と 2 回目に撮像した平均 SUV における一次回帰式の相関関係は 0.99 であり非常に高い再現性を示した。Bland-Altman 分析においても誤差は僅かであり（0.01±0.27）、測定値の 95%信頼区間は±0.53 であった。また、最大 SUV における Bland-Altman 分析においても誤差は認めなかった（-0.05±1.14）。本研究の結果から、数日離れて施行された SUV の平均値は非常に高い再現性を有しており、"0.5"の SUV 減少は統計学的に有意な減少、すなわち治療効果ありと判断して問題ないと考える。

論文名	Comparison of Medium- and High-Energy Collimators for ¹³¹ I-Tositumomab Dosimetry
著者 1	Eugene Mah
著者 2	Ken M. Spicer
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med. Technol 2007; 35(3): 148-153
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	¹³¹ I half-life
キーワード 2	medium-energy collimators
キーワード 3	high-energy collimators
キーワード 4	radioimmunotherapy
キーワード 5	
コメント	今後、増えるであろう放射免疫療法の線量を知る有益な方法である全身像からの推定が、装置によらず安定して得られることを示す内容である。他の放射免疫療法についても線量を推定するうえで参考になる論文である。
概要	前後の全身像から得られる滞留時間の測定は放射線免疫療法の正確な患者線量を知る上で広く行われている。¹³¹I の滞留時間の測定がコリメータの選択が原因で影響するかどうか、数台のガンマカメラとコリメータを組み合わせで使用し、¹³¹I の半減期を測定した。 （方法） 全身の前後像は 15 日以上の間隔をあけて 4 台の異なるガンマカメラでそれぞれ、中エネルギーと高エネルギーコリメータを用いて収集した。画像から得られバックグラウンドが補正された相乗平均カウントは、異なるガンマカメラとコリメータの組み合わせで得られた ¹³¹I の半減期を決定するための一次指数関数カーブに一致した。 （結果） コリメータの組み合わせと異なるガンマカメラで測定したすべての平均半減期は 8.15 日（SD0.07 日）であった。高エネルギーコリメータから得られた半減期は 8.12 日（SD0.11 日）で、低エネルギーコリメータから得られた半減期は 8.18 日（SD0.04 日）であった。これらの値はすべて本来の ¹³¹I の半減期 8.02 に近く、大きな統計的誤差は認められなかった（p=0.44）。 同様に、シングルヘッドガンマカメラの半減期測定においても、同様の結果が得られた（平均半減期 8.15 日、SD0.12）。半減期測定し、¹³¹I トシツモマブ治療に使用された線量は 2.58～2.6GBq であった（69.8～70.4mCi）。 （結論） デュアルヘッドやシングルヘッドなどの装置の違い、中エネルギーと高エネルギーコリメータでの ¹³¹I の滞留時間および半減期の測定に大きな差は認められなかった。

論文名	Chocolate Intake Associated with Failed Labeling of 99mTc Red Blood Cells
著者 1	Hussam Bustani
著者 2	Cecile Colavolpe
著者 3	Isabelle Imbert-Joscht
著者 4	Patrick Havlik
著者 5	Pascale Pisano
出典	J Nucl Med. Technol 2009; 37(2): 107-110
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	chocolate intake
キーワード 2	RBC labeling
キーワード 3	99mTc
キーワード 4	stannous pyrophosphate
キーワード 5	
コメント	99mTc-パーテクネイト標識赤血球（RBC）の標識がチョコレートの摂取に影響されることが示されており、シンチグラムで不良な集積となった場合の原因追求に使用できる。また、食事等の成分により集積が変わる点が、機能画像としてのシンチグラフィの面白い点だと再認識できる論文である。
概要	99mTc-パーテクネイトと赤血球（RBC）で標識されたインビボ薬剤は核医学の分野で広く使用されている。 (方法)我々は 25 歳女性で、チョコレート摂取による、99mTc-RBC の標識不良の不可解な症例に遭遇した。この事実を明らかにすべく、我々はチョコレートを食べたボランティアからの RBC で標識した血液サンプルを調査した。 (結果)チョコレートの摂取は何もしない状態と比べると、標識率が抑制され、大きな 99mTc の遊離分画が起こった (34.1%±11.3% vs 14.0%±1.2%)。 (結論)なぜ、このような結果が引き起こされたのか、正確に説明できないのが現状である。しかし、カカオの成分が赤色細胞や血漿酸化還元酵素の状態、さらに、赤色細胞膜の浸透性や柔軟性を変化させることが知られている。それゆえに、このような若い女性の患者はチョコレートを食べる可能性を考慮する必要がある、もし患者がチョコレートを食べた場合、少なくとも 12 時間後に RBC 標識をすることを薦める。

論文名	Bone Scintigraphy and SPECT/CT of Bisphosphonate-Induced Osteonecrosis of the Jaw
著者 1	Franca Dore
著者 2	Luca Filippi
著者 3	Matteo Biasotto
著者 4	Silvia Chiandussi
著者 5	Fabio Cavalli
出典	The Journal of Nuclear Medicine
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	bone scintigraphy
キーワード 2	SPECT/CT
キーワード 3	jaw
キーワード 4	osteonecrosis
キーワード 5	
コメント	骨ビスフォスフォネート治療の経過観察に骨シンチが有効であることがわかる。また、3相の骨シンチと SPECT/CT の検出能の違いが示されており、SPECT/CT が有用であることが示唆されている。また、骨シンチグラフィとパントモ、CT,MRI との比較でそれぞれの特長が示されており、骨シンチと他のモダリティとの比較のする場合、参考となる論文である。
概要	静注ビスフォスフォネート治療は顎の骨壊死を合併すると考えられている。この研究の目的はビスフォスフォネート治療を行った患者に対する 99 mTc-MDP 3 相骨シンチグラフィと新たに導入された SPECT/CT の有用性を評価することである。 （方法） 我々は多発性骨髄腫と溶骨性の骨転移に冒された口腔外腫瘍の患者、15 名（女性 12 名、男性 3 名）を対象に研究を行った。すべての患者は、あらかじめ 1～3 年のビスフォスフォネート治療（ゾレドロン酸）を受け、病院検査で歯の異常が見られないが、顎の骨壊死を疑った患者である。15 名すべての患者に対し、オルソパントモグラフィ、CT または MRI（または両方とも）、細菌検査、3 相骨シンチグラフィとさらに上顎領域の SPECT/CT を施行した。 （結果） 3 相骨シンチグラフィの代謝相において、血液プールの増加が見られた症例が 12 例中 10 例、かん流の増加が 12 例中 9 例認められた。SPECT ではすべての症例に異常集積を認め、上顎骨に 2 例、下顎骨に 9 例、両方に異常をきたした症例は 4 例であった。ハイブリッド SPECT/CT は 15 患者中 8 人において通常骨による高集積と骨壊死の分離が極めて良好であった。骨全身像ではすべての症例において、遠隔および多発性転移の有無を確認できた。オルソパントモグラフィは非特異性の骨希薄化が確認できるが、顎部骨壊死の診断の補助にはならなかった。CT と MRI は症状がある全症例で異常像を示した。CT は骨の皮質や骨梁など、形態の把握に有効であった。MRI は軟部組織の診断に有効だが、骨皮質の構

造の診断はできなかった。

（結論） ビスフォスフォネート治療が行われている癌患者のうち、 ^{99m}Tc -MDP シンチグラフィで顎に高集積を示す症例は骨壊死が疑われる。そのような症例では SPECT/CT によって骨シンチの検査精度を高め、病気の広がりや機能解剖学的な診断をすることができる。

論文名	Is 16-frame really superior to 8-frame gated SPECT for the assessment of left ventricular volumes and ejection fraction? Comparison of two simultaneously acquired gated SPECT studies.
著者 1	ontelatici G
著者 2	Sciagra R
著者 3	Passeri A
著者 4	Dona M
著者 5	Pupi A
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2008 Nov;35(11):2059-65
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	Gated SPECT
キーワード 2	Left ventricular ejection fraction
キーワード 3	Left ventricular volumes
キーワード 4	Stress myocardial perfusion imaging
キーワード 5	
コメント	心電図同期 SPECT において、R-R 分割が 16 分割の左室容積と駆出率（EF）は 8 分割のそれよりも優れているかを検証した論文である。左室容積と EF だけではなく、不整脈除去の有無や負荷誘発による EF の低下からも分割数の違いによる影響を検証している。理論的には多分割の方が真に近い結果となると考えるが、臨床的には影響は少なく心電図同期 SPECT の収集条件を決定する際に参考になる。
概要	左室容積や駆出率について、心電図同期 SPECT の R-R 間隔が 8 および 16 分割した場合の結果は矛盾することがある。また、負荷誘発による心機能の検出は分割数に影響するかは知られていない。臨床例 133 例を 8 分割と 16 分割の 2 群に分け収集した。133 症例の内、33 症例に不整脈除去を実施した。心機能の解析は QGS を用いて評価を行った。不整脈除去の有無は、分割数の違いによる解析結果に影響を及ぼさなかった。不整脈除去を行っていないデータでの 8 分割と 16 分割の左室容積と駆出率に有意差を認めた。しかし、その差は小さく、安静時 EF：2.6%，負荷時 EF：2.8%であった。8 および 16 分割評価ともに、虚血症例の解析値は、非虚血症例に比べて左室容積が大きくなり、EF は小さくなった。負荷誘発によって有意に EF が低下した症例は、8 分割は 133 症例中、26 例、16 分割では 23 例あり、19 例は所見が一致した。2 つの評価方法を比較すると、心機能評価に関して、16 分割の方が 8 分割に比べて予測しうる範囲でわずかに有用な影響を示した。また負荷誘発による心機能評価は、分割数の違いによる差は認めなかった。日常臨床において 16 分割の 8 分割を上回る有用性は疑問の余地がある。

論文名	Gated myocardial perfusion SPECT: algorithm-specific influence of reorientation on calculation of left ventricular volumes and ejection fraction.
著者 1	Knollmann D
著者 2	Winz OH
著者 3	Meyer PT
著者 4	Raptis M
著者 5	Krohn T
出典	J Nucl Med. 2008 Oct;49(10):1636-42
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	gated SPECT
キーワード 2	QGS
キーワード 3	4D-MSPECT
キーワード 4	CARE heart
キーワード 5	reorientation
コメント	心電図同期心筋血流 SPECT において、心軸の設定が各心機能解析ソフトウェア（QGS・4D-MSPECT・CARE heart）の解析値に及ぼす影響を検討した報告である。本邦で多く使用されている QGS から算出される解析値の安定性を再認識できる報告である。
概要	心電図同期心筋血流 SPECT と心機能解析ソフトウェア（QGS・4D-MSPECT・CARE heart）を用いた左室容積および駆出率の算出は、心臓 MRI と良好な相関を示すが、心軸が変化するとアルゴリズムの違いによる輪郭抽出の差によって結果に影響を及ぼすことが示唆される。誤差の発生原因である心電図同期 SPECT での心軸の傾きの影響について検討した。正確に心軸を設定した（R0）、画像データを両長軸に沿って 5°（R5）、10°（R10）、15°（R15）、20°（R20）、30°（R30）、45°（R45）傾けたデータの EDV, ESV, EF を QGS・4D-MSPECT・CARE heart 用いて算出した。日常臨床で起こりうる最大のずれは 15°と考え、R0 および R15 の結果を詳細に解析した。R0 および R15 において、QGS と CARE heart はすべての症例において解析可能であったが、4D-MSPECT では、1 症例（症例 B）で心基部が検出できなかった。R15 と R0 の R2 値は、EDV で 0.992(QGS), 0.919(4D-MSPECT, 症例 B 除いた 59 症例), 0.916(CARE heart), ESV で 0.994(QGS), 0.906(4D-MSPECT, 59 症例), 0.899(CARE heart), EF は 0.988(QGS), 0.810 (4D-MSPECT, 59 症例), 0.746(CARE heart)となった。傾きが 45°の場合、全 59 症例中、QGS：58 症例、4D-MSPECT：58 症例、CARE heart：33 症例にて検出可能であった。傾きが 5°から 45°における EDV の絶対差分は、QGS では 5.1 ± 4.1 から 12.8 ± 10.5mL, 4D-MSPECT では 6.7 ± 6.3 から 34.2 ± 20.7mL, CARE heart では 5.4 ± 5.6 から 25.2 ± 16.1mL まで変動した。ESV は QGS では 4.1 ± 3.7 から 8.0 ± 9.4mL, 4D-MSPECT では 5.6 ± 8.0 から 10.0 ± 10.5mL, CARE heart では 5.4 ± 5.6 から 25.5 ± 16.1mL まで変

	動した. LVEF は QGS では 1.1 ± 1.0 から $2.2 \pm 1.8\%$, 4D-MSPECT では 4.0 ± 3.5 から $8.0 \pm 7.1\%$, CARE heart では 3.4 ± 2.9 から $9.2 \pm 6.0\%$ まで変動した. 心軸の傾きにも関わらず, 45° 以上においても QGS は安定した結果を示した. 4D-MSPECT および CARE heart による結果は心軸の設定により変化した. これまでに発表された検証結果は正確に心軸設定されたデータにのみ当てはまる事を意味している。
--	--

論文名	Diagnostic impact of SPECT image display on assessment of obstructive coronary artery disease.
著者 1	Weinsaft JW
著者 2	Gade CL
著者 3	Wong FJ
著者 4	Kim HW
著者 5	Min JK
出典	J Nucl Cardiol. 2007 Sep-Oct;14(5):659-68
カテゴリー1	332：SPECT（シングルフォトンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	523：核医学画像
キーワード 1	Myocardial perfusion imaging
キーワード 2	single photon emission computed tomography
キーワード 3	image processing
キーワード 4	coronary artery disease
キーワード 5	
コメント	
概要	SPECT 評価では、様々な画面表示の使用が可能であるが、表示の差が冠動脈疾患診断能に及ぼす影響については検討されていない．SPECT 検査を施行した 183 症例を調査した．その内、冠動脈造影を施行した 131 例と冠動脈疾患のリスクの低い 52 例を含む．評価には全対象例の SPECT 画像のカラーおよびグレースケール画像を用いて、一方の結果を伏せた状態で視覚評価を行った．

論文名	Influence of reconstruction iterations on 18F-FDG PET/CT standardized uptake values.
著者 1	Jaskowiak CJ
著者 2	Bianco JA
著者 3	Perlman SB
著者 4	Fine JP.
著者 5	
出典	J Nucl Med. 2005 Mar;46(3):424-8
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	tumor
キーワード 2	18F-FDG
キーワード 3	ordered-subsets expectation maximization
キーワード 4	number of iterations
キーワード 5	maximum SUV
コメント	PET/CT において逐次近似再構成法の逐次回数の違いが SUV に及ぼす影響を検討した報告である。逐次回数が少ない場合（本報告では 5 回以下）、SUV に与える影響が大きく、PET 検査において SUV は半定量指標として利用されているため、逐次近似再構成の逐次回数に注意喚起する報告である。
概要	再構成の逐次回数の違いが PET/CT を用いた 18F-FDG の平均および最大 SUV（standardized uptake values）に及ぼす影響を検討した。悪性腫瘍を有する 50 症例を対象とし、18F-FDG を投与後 PET/CT を施行した。CT による減弱補正を行っている。画像再構成は 2 次元の OSEM でサブセットは 28、逐次回数は 1、2、3、4、5、10、20、40 とした。各画像の腫瘍部分に関心領域（ROI）を設定し SUV を算出した。SUV は逐次回数が増加するに従い大きくなる傾向が見られた。特に逐次回数が 5 より低い場合、増加の割合が他よりも大きかった。また、変化率については平均 SUV よりも最大 SUV の方が大きい値を示した。平均 SUV は逐次回数 1vs 2、2 vs 3 で大きな有意差を示した。また、最大 SUV はすべての群（1 vs 2、2 vs 3、3 vs 4、4 vs 5、5 vs 10、10 vs 20、20 vs 40）において有意差を認めた。実際の臨床において平均 SUV と最大 SUV では、再構成に使用する OSEM の逐次回数やサブセットにより、特に最大 SUV で変化することが示唆された。フィルタ条件と同様に注意して設定する必要がある。

論文名	Performance evaluation of D-SPECT: a novel SPECT system for nuclear cardiology
著者 1	Kjell Erlandsson.
著者 2	Krzysztof Kacperski.
著者 3	Dean van Gramberg.
著者 4	Brian F Hutton.
著者 5	
出典	Phys. Med. Biol. 54 (2009) 2635–2649
カテゴリー1	821 理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842 放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	cadmium zinc telluride(CZT)
キーワード 3	
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	これまで Whole body を主対象にして 2 検出器シンチレーションカメラシステムの市場で、近年まれに見る専用システムである。心臓専用機として、回転を基本とする SPECT 収集の概念を変えた全く新しいシステムであり、その精度し CZT を用いることで格段に向上していると言える。このシステムの特徴を生かしすことで、検査の短時間化だけでなく 2 核種同時収集の精度も上がるでしょう。ただ、近年の国内核医学検査事情を考慮すると、このような専用機の普及には限界を感じる。
概要	D-SPECT は、心筋血流研究のための新しい SPECT システムである。このシステムは CZT 半導体検出器、中心領域に限定したスキャン、高感度コリメータ、空間分解能補正に基づいたものであり、従来のシステムよりも高い能力を持っている。ここに記す測定結果は β-version D-SPECT システムのエネルギー分解能、散乱フラクション、感度、計数率特性と空間分解能に関して性能を評価したものである。比較のために従来の SPECT システム（CS）でも測定している。140keV の D-SPECT システムのエネルギー分解能は 5.5%（CS：9.25%）、散乱フラクションは 30%（CS：34%）、頭部モード（99mTc、10cm）でのプラナー感度 398s⁻¹ MBq⁻¹（CS：72s⁻¹ MBq⁻¹）、そして、心臓領域の SPECT 感度は、647～1107s⁻¹ MBq⁻¹ でした（CS：141 s⁻¹ MBq⁻¹）。カウント計数率は、1.44M s⁻¹ まで Activity の増加に伴い線形で増加しました。空間分解能は、ピクセルサイズ（2.46mm）と等しかった（CS：3.8mm）。標準的な臨床フィルタを使用して再構成した場合の分解能は、12.5mm でした（CS：13.7mm）。D-SPECT は、同等の空間的分解能であるならば従来のシステムより高い感度を持つ。また優れたエネルギー分解能とカウント計数率特性があり、それはダイナミック収集や 2 核種同時収集で生かされるべきである。

論文名	3D-OSEM iterative image reconstruction for high-resolution PET using precalculated system matrix
著者 1	Ortuno J.E.
著者 2	Gutierrez P.G.
著者 3	Rubio J.L.
著者 4	Kontaxakis G.
著者 5	Santos A.
出典	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH 2006;569:440-444
カテゴリー1	821 理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842 放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	Image reconstruction
キーワード 2	Small animal PET
キーワード 3	Monte Carlo simulation
キーワード 4	System matrix
キーワード 5	
コメント	小動物用 PET を用いた 3D-PET の画像再構成に関する論文である。Monte Carlo simulation (MC) を基にした System matrix (SM) を用いた場合の画像再構成に要する時間やコンピュータの性能について述べられている。全体を通してシミュレーション中心の内容なので、ある程度基礎知識が無いと理解するのが難しいと思われる。しかし、MLEM や LOR, Sinogram に関する数式、理論、利用方法などが詳しく書かれており、これから PET の画像再構成に関して勉強したいと思う人には大変ためになる内容の論文である。
概要	コンピュータシミュレーションを用いて SM の有用性に関して検討を行った。SM 法はボクセルの重なりを推定することにより統計的な解析を行う方法である。本検討では高分解能 PET において 3D-OSEM の効率を高めるための SM の計算方法について紹介した。計算時間の減少のため、シミュレーションを以下の二つに分けた。まず一つ目はスキャナーの配置に関するシミュレーションで、二つ目がディテクターの応答に関するシミュレーションである。1 つ目のシミュレーションを省き、簡素化した SM シミュレーションを用いることで画像再構成に要する時間、データの読み出しに要する時間が劇的に減少した。また、GATE シミュレーションとの比較結果から誤差は 0.5 % 以下であり、有用性が示された。本方法を用いることで Pentium 4 PC を用いても実用的な時間で 3D-OSEM による画像再構成が行える可能性が示唆された。

論文名	Simultaneous 3-Dimensional Resolution Correction in SPECT Reconstruction with an Ordered-Subsets Expectation Maximization Algorithm
著者 1	Yasuyuki Takahashi
著者 2	Kenya Murase
著者 3	Teruhito Mochizuki
著者 4	Yoshifumi Sugawara
著者 5	Hisato Maeda
出典	J Nucl Med Technol 2007;35:34-38
カテゴリー1	821 理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842 放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	3-dimensional distance-dependent resolution correction
キーワード 2	ordered-subsets expectation maximization algorithm
キーワード 3	transmission CT
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	筆者が日本人であり，非常に読みやすい．内容は開口幅補正の基本的な考え方に関して書かれており，吸収補正，散乱補正，に関しても簡単に触れられている．また 3-dimensional ordered-subsets expectation maximization algorithm (3D-OSEM) 法や full width at half maximum (FWHM) に関する理論式も掲載されており，再構成に関する基礎知識を学ぶ上で有用であると考え．検討方法についてもシュミレーション，ファントム実験，臨床応用と流れに沿って行っており，実験論文を書く上で，実験の流れについても参考となると考える．
概要	SPECT 再構成を 3D-OSEM 法で行う場合の，distance-dependent resolution correction (DRC) の影響に関して評価した．評価方法はシュミレーション，ラインファントム，ロッドファントム，心筋ファントム，人体を用いて DRC の有無で FWHM の比較を行った．その際 99m-Tc を封入した外部線源を用いて得たトランスミッションにより吸収補正を行った．また，散乱補正に関しては the triple energy window 法を用いた．シュミレーションにおいて DRC を用いた場合，用いない場合に比べて誤差が 3～10%減少した．ラインファントムに関しては，DRC を用いた法が FWHM は減少したが，収集距離を大きくすると，DRC の影響は少なくなった．ロッドファントム，心筋ファントムに関しても同様の結果が得られ，心筋ファントムにおけるディフェクトの検出能も向上した．人体に関しても DRC を用いることでより鮮明に心筋が観察できた．

論文名	SPECT/CT Physical Principles and Attenuation Correction
著者 1	James A. Patton
著者 2	Timothy G. Turkington
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	JOURNAL OF NUCLEAR MEDICINE TECHNOLOGY
カテゴリー1	821 理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842 放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	SPECT/CT
キーワード 3	image fusion
キーワード 4	attenuation correction
キーワード 5	
コメント	SPECT 画像の特性や減弱の原理について説明がある。また、SPECT と CT の収集する際の幾何学的な違いや核種、エネルギーの違い、加えて正確な減弱補正の必要性や CT から作成する減弱補正画像の求め方について詳しく論じている。また、核種別や中心部と辺縁部の違い、不均一吸収体での減弱補正についてファントム実験を細かく行っており参考になる。臨床例では 64 列の心臓 CT と 180° 収集の心筋血流 SPECT を SPECT/CT で収集しており、それぞれを単独で収集したときと比較している。
概要	核医学は生理活動を知る唯一の手段である。集積の正確な部位を知ることが有益であり、生理的な集積と異常な集積を区別したり、治療方針を立てる上でも正確な位置情報を知ることが重要である。SPECT/CT では核医学での集積の正確な位置情報を知ることができる上、正確な減弱補正にも有用である。この論文では SPECT 収集での固有の問題を洗い出し、CT から減弱補正画像を作成する方法を簡単に説明する。また、SPECT、CT をそれぞれ単独で使ったときと SPECT/CT の違いについて論ずる。

論文名	Partial-Volume Correction in PET: Validation of an Iterative Postreconstruction Method with Phantom and Patient Data
著者 1	Boon-Keng Teo
著者 2	Youngho Seo
著者 3	Stephen L. Bacharach
著者 4	
著者 5	
出典	THE JOURNAL OF NUCLEAR MEDICINE • Vol. 48 • No. 5 • May 2007
カテゴリー1	821 理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842 放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	PET/CT imaging
キーワード 2	partial-volume errors
キーワード 3	quantification
キーワード 4	iterative reconstruction
キーワード 5	
コメント	この論文では、3次元再構成アルゴリズムに point spread function を上手く取り入れる手法で partial-volume の補正を行なっている。また、シミュレーションでは Iteration による効果、適切な point spread function（FWHM）データ、ファントム実験ではノイズ、バックグラウンドの影響、VOI の閾値設定レベルの影響、臨床データでは補正効果を細かく提示しており、この手法の有用性を伺い知ることができる。しかし、統計的に有意と言えるのは 18mm 程度が限界である。
概要	PET では partial-volume の影響により小さい腫瘍の集積を誤って評価することがある。これまで、逐次近似再構成後に行う方法は腫瘍サイズを推測して、予め Back-ground なしで求めていた係数を用いて PVE 補正を評価したものである。本法での PVE 補正画像は逐次近似による 3次元再構成アルゴリズムと point spread function から成り立っている。Volumes of interest（VOIs）は PVE 補正した平均放射能濃度を推定するために算出されたものである。ファントム測定は散乱体溶液中に FDG を満たした球を用いて行ない、臨床による実証は 9 人の患者から 154 の疑似腫瘍を用いて行った。疑似腫瘍は腸管膜下の腸骨動脈や大動脈の血液プール像を用いて行い、その直径は 5～25mm であった。分析は 18F-FDG と 11CO のセットで行いました。真値は PVE を無視しても良い、例えば左室、左心房または大動脈の部分の大きな構造物の血液プール像から得た。腫瘍サイズは CT 画像から測定した。PVE 補正テクニックは球状ファントムの平均値に適用すると、直径 8mm の球では 87%のリカバリー係数が得られた。また直径 13mm と 24mm では 100%と 103%が得られた。人体を用いた研究においては、PVE 補正されデータは真の放射能の集積にかなり近い割合まで回復できた。直径 8mm の腫瘍で 86%±7%,10～24mm の腫瘍で 98%±8%であった。しかし、18mm 以下の小さな腫瘍に関しては PVE 補正した平均値は未補正の最大値や平均値と有意差はなかった。逐次近似再構成を行った後の PVE 補正はファントムと患者の疑似腫瘍で

	未補正值よりも正確な集積を測定することができた。この方法は区分された解剖学的に必要なデータを取り除き、疑似腫瘍のサイズや B.G レベルを推測することができる。この技術は PVE 補正を VOI の平均ボクセル値に適用したものである。
--	---

論文名	Application of Blind Deblurring Reconstruction Technique to SPECT Imaging
著者 1	Heng Li
著者 2	Yibin Zheng
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	International Journal of Biomedical Imaging、Received 30 March 2007; Accepted 21 September 2007
カテゴリー1	821 理工学・放射線機器工学に基づく測定
カテゴリー2	842 放射線（能）に関する測定（一般）
キーワード 1	blind deblurring reconstruction
キーワード 2	point spread function correction
キーワード 3	
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	本論文は Blind Deblurring 法を用いた SPECT 画像の分解能補正について説明されているもので、再構成理論が数式を使って 3 ページに渡って説明されている。そのため理解するには数学の知識が必要とされる。内容は様々な大きさの球状のファントムに対して理想データやポワソン分布で散乱しているデータ、カウントを調整したデータを用いている。これらのデータについて Blind Deblurring 法による画像再構成法を既知の point spread function (PSF) で補正した再構成法や従来の逐次近似再構成法と比較している。Blind Deblurring 法は PSF を求めることなく再構成をする方法であるが既知の PSF で補正した再構成法と同等の画質を持つことが示されている。
概要	SPECT 画像は空間に分布した放射能の point spread function (PSF) をコンボリューションして近似される。SPECT 画像の PSF はガンマカメラによる PSF や散乱、減弱、コリメータの応答関数などのファクターから決まる。PSF は実験的に測定することはできるが分析的に求めることは難しい。今回、ぼけを含んだプロジェクション画像から放射能の空間分布と PSF の両方を予測する Blind Deblurring Reconstruction アルゴリズムを考え出した。このアルゴリズムは PSF の仮定をせず 3 次元画像再構成にある周波数の制限をかけ、逐次近似法をで再構成をする。この手法のより、シミュレーションと小動物での SPECT 画像ではアーチファクトを発生させず従来の逐次近似法と比較してコントラストや再構成画像の画質が改善された。

論文名	Prognostic study of risk stratification among Japanese patients with ischemic heart disease using gated myocardial perfusion SPECT: J-ACCESS study.
著者 1	Nishimura T
著者 2	Nakajima K
著者 3	Kusuoka H
著者 4	Yamashina A
著者 5	Nishimura S
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging 2007 Oct; NIL_001-NIL_010
カテゴリー1	332 SPECT
カテゴリー2	533 核医学画像
キーワード 1	myocardial perfusion SPECT
キーワード 2	J-ACCESS
キーワード 3	major cardiac event
キーワード 4	hard cardiac event
キーワード 5	summed stress score
コメント	本格的な日本人におけるデータベース心電図同期心筋血流 SPECT の予後予測能は評価や情報はほとんどない。この研究は、沢山の症例経過を根拠とした研究結果である。したがってこれらのスコアを利用した心電図同期心筋血流 SPECT 補助診断は意義があると思われる。
概要	背景：心電図同期心筋血流 SPECT の予後予測能は評価されているが、日本人においてこの手法が妥当かどうかについて、情報はほとんどない。いくつかの研究で、日本での心疾患発生頻度は他の国よりも低く、急性心筋梗塞の主な危険因子が肥満や高脂血症ではなく、喫煙、糖尿病、高血圧、家族歴であることが示されている。目的：本施設共同試験は、「虚血性心疾患における心電図同期 SPECT 検査に関する国内臨床データベース作成のための調査研究（J-ACCESS）」と名付けられ、日本のデータベースの構築を目的とした。本研究は、日本の虚血性心疾患心電図同期心筋血流 SPECT の役割を検討し、欧米と比較した。方法：病院 117 ヶ所で、虚血性心疾患患者または虚血性心疾患疑い患者連続 4031 例を対象とした。99mTc-tetrofosmin を用いた心電図同期負荷／安静時心筋血流 SPECT を施行し、3 年間追跡調査した。セグメントの血流スコアおよび QGS の結果を解析した。major cardiac event を非致死的心筋梗塞、重篤な心不全、心臓死とし、hard cardiac event を非致死的心筋梗塞と心臓死のみとした。結果：追跡調査期間 3 年間に、hard cardiac event をエンドポイントとした場合、心臓死が 57 件、非致死的心筋梗塞が 39 件であった。重篤な心不全もエンドポイントとして含めた場合、患者 175 例に生じた major cardiac events (4.3%/3 年) は、心臓死 (n=45)、非致死的心筋梗塞 (n=37)、重篤な心不全 (n=93) であった。summed stress score 値が正常(0-3)であると major cardiac event が低く (2.31%/3 年)、summed stress score 値が顕著に異常(14 以上)であると major cardiac event の発生率が高かった (9.21%/3 年)。major cardiac event の発生率は、

	駆出率が 45%未満の患者の方が、45%以上の患者に比べて有意に高かった（16.55%対 2.94%/3 年、$p<0.001$）。収縮末期容積の大きい患者の 3 年間の major cardiac event の発生率も、有意に高かった。心筋梗塞の既往がある非糖尿病患者（5.06%/3 年）と過去に心筋梗塞を起こしていない糖尿病患者（5.73%/3 年）の major cardiac event 発生率は、ほぼ同じであった。結論：日本の心事故発生率は欧米に比べて有意に低かった。。著者らは、日本人のリスク評価に 99mTc-tetrofosmin による心電図同期心筋血流 SPECT が有用であると結論づけた。
--	--

論文名	Is 16-frame really superior to 8-frame gated SPECT for the assessment of left ventricular volumes and ejection fraction? - Comparison of two simultaneously acquired gated SPECT studies
著者 1	Giulia M
著者 2	Roberto S
著者 3	Alessandro P
著者 4	Manjola D
著者 5	Alberto P
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging (2008) 35:2059-2065
カテゴリー1	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523 核医学画像
キーワード 1	Gated SPECT- Left ventricular ejection fraction
キーワード 2	Left ventricular volumes
キーワード 3	Stress myocardial perfusion imaging
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	Concurrent Imaging, V 2.0 というフィリップス製のフレームの分割数の異なる Gated-SPECT を同時に収集するソフトウェアを使い、検討している。心機能解析では多分割収集のほうが、より機能異常を鋭敏に捉えることができるというのが定説になりつつあるなか、8 分割でも診断上十分という、2008 年に出された新しい報告である。
概要	心筋 Gated-SPECT の左室容積と駆出分画の評価において、本当に 8 分割と 16 分割で違いがあるかどうかの検討をすることを目的とする。 133 例を対象に 8 分割と 16 分割の両方を解析してスコアリングで評価した。また、負荷試験において機能異常の検出能について影響があるかどうかを確認するため、負荷時と安静時においても比較した。それぞれの Gated-SPECT の比較ではファントム実験だけでも明らかで、両者に優越をつけることはできない。臨床例においても機能解析では両者にわずかの差しか見られず、多分割（16 分割）することで 8 分割よりも 負荷時における機能異常検出において有利性が見られなかった。

論文名	SPECT/CT Physical Principles and Attenuation Correction
著者 1	James A. P
著者 2	Timothy G. T
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J NMT • Vol. 36 • No. I • March 2008
カテゴリー1	741 インビボ測定・検査用装置
カテゴリー2	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
キーワード 1	instrumentation
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	SPECT/CT
キーワード 4	image fusion
キーワード 5	attenuation correction
コメント	SPECT の収集理論の解説、CT を使った補正マップの作成などの減弱補正の理論を詳細に解説している。また、減弱補正や、SPECT と CT とのレジストレーション精度についてファントム実験により検証している。臨床画像も副甲状腺（sesta-mibi)の融合画像を例にとり、異所性の検出と説明している。他、心筋 SPECT の減弱補正に有効と説いている。SPECT-CT の有用性について詳しく述べた概論である。
概要	核医学技術により、他のモダリティからの方法で生理作用とその過程を特定できる。 正確な位置同定は、異常個所を示す集積と正常集積をするのに役立つ。 核医学検査から生理学的なデータの正確に局在診断するには、ハイブリッド SPECT/CT システムで可能である。 さらに、これらのシステムは核医学画像データの正確な減弱補正を提供できる。 この報告で、科学技術者は、SPECT 画像収集と再構成に関連している固有の問題に関して、簡潔に CT から得られたデータが、SPECT の診断に、解剖的情報と減弱補正データを提供するのに、そのシステムの理論について理解することができる。SPECT と CT システムの組み合わせにより、解剖学的情報と機能的な情報の融合イメージは計画的な診療において、核医学医師に有効な方法として提供できる。これらの結合したシステムは放射性医薬品の異常集積箇所を提供するだけでなく、体内の領域での複雑な解剖学情報の中で、正常と異常を鑑別する診断精度を提供する。融合画像診断と減弱補正の 2 つの方法を品質保証の元、使用することによって、アーチファクトを除外して診断できる。

論文名	The Additional Value of SPECT/CT in Lymphatic Mapping in Breast Cancer and Melanoma
著者 1	Iris M.C
著者 2	Renato A. V
著者 3	Omgo E. N
著者 4	Emiel J.R
著者 5	Bin B.R
出典	JNM • Vol. 48 • No. 11 • November 2007
カテゴリー1	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523 核医学画像
キーワード 1	radionuclide imaging
キーワード 2	single-photon emission computed tomography
キーワード 3	sentinel lymph node biopsy
キーワード 4	breast neoplasms
キーワード 5	
コメント	静止イメージでは明らかにできなかった乳がんとメラノーマ患者のセンチネルリンホノードにおいて、SPECT/CT での付加価値についてパイロットスタディ。 静止画像において、乳がん・メラノーマで 90%以上の検出能を認めるが、一体型 SPECT/CT は解剖学的位置同定、検出感度の優れるという複数研究者の報告がまとめられている。 太った乳がん患者では静止画像でセンチネルの検出能が 78%に対し、SPECT/CT は 91%と高い感度があったとの報告もある。各部位別の SPECT/CT 有無での検出能（%）比較を示す結果も表示。詳細な撮像、再構成、補正に関するパラメータ表示は記載されていない。
概要	平面リンパ・シンチグラフィは乳癌か黒色腫に伴うほとんどの患者でセンチネルリンホノードを想定できる。しかし、何人かの患者では、センチネルリンパ節の正確な位置を決定するのに難しい場合がある。SPECT はより良いコントラストのためにこれまでの検出能限界のいくつかを改善できたが、SPECT イメージは重要な外科的ロードマップを作成するのに必要な解剖の詳細を欠いていた。ある研究員たちが別々に取得された CT イメージで SPECT イメージをフュージョンしたが、特別なソフトウェアが必要であるが位置合わせには見誤る可能性がある。単一装置で SPECT カメラと CT スキャナの両方から成るハイブリッド画像検査法の導入により、患者の位置ずれがない 2 つのイメージのフュージョンは、より簡単であり、その上、減弱と散乱補正は SPECT におけるセンチネルリンホノードの向上につながった。数人の研究者による、いくつかの臨床研究において、リンパ節のマッピングにおける、SPECT/CT のテクニックの有用性についての報告。臨床研究の成果化から、SPECT/CT の新しい手技が用いることで、追加されるコストと延長時間が正当化されることを信じると論じた。

論文名	Quantitive Effects of Contrast Enhanced CT Attenuation Correction on PET SUV Measurements
著者 1	Tira Bunyaviroch
著者 2	Timothy G. Turkington
著者 3	Terence Z. Wong
著者 4	John W. Wilson
著者 5	James G. Colsher
出典	Molecular Imaging and Biology (2008) 10; 107-113
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	PET/CT
キーワード 2	Attenuation correction
キーワード 3	Intravenous contrast
キーワード 4	Artifact
キーワード 5	
コメント	急速に普及している PET/C 装置に用いられる線減弱係数は、CT データ（Hounsfield units）から陽電子消滅放射線のエネルギー（511KeV）に対応した組織毎に異なるテーブルを用いて変換されている。通常、このテーブルは単純 CT 検査のデータに対応しているため、経口および静脈内投与の造影剤を用いた CT 検査データへの適応は問題があるとされる。そこで、造影 CT 検査用に開発されたテーブルの有用性について臨床データとファントム実験データを基に検討がなされた報告である。ただし、対象は 20 例と少なく後ろ向き解析である。
概要	使用装置は GE Healthcare 社製の Discovery ST で、16 スライスの CT 像は、単純と造影 CT 検査の両方で画像診断が可能な撮像条件と再構成パラメータが用いられている。評価部位は、正常組織（肺、骨、筋肉、脂肪組織、肝臓）と直径が 2cm を超える病変部位 14 箇所直径 2cm の円形 ROI を設定して算出される SUV 値と CT 値（HU）が用いられ、改良テーブルの結果と従来テーブルの結果の差を用いて評価がなされている。ファントム実験では、水よりも高密度な組織用の変換テーブルとして従来のもの以外に 3 種類設定して検討されている。臨床データによる検討結果では、正常組織では肝臓の SUV と HU がそれぞれ 5.9%と 105%、肺のそれは 4.8%と-2.5%、骨は-13%と 5.5%、筋肉は 0.7%と 24.8%、脂肪は 1.1%と 3.9%を示し、病変部位では、それぞれ 3.4%と 92%を示した。SUV と HU の関連性については、明確な説明はなされていなかった。改良テーブルの有用性は、視覚的な評価では問題ないが、SUV 値を用いた定量的な評価においては注意が必要と報告されている。

論文名	Comparison of SPECT/CT, SPECT, and Planar Imaging with Single- and Dual-Phase 99mTc-Sestamibi Parathyroid Scintigraphy
著者 1	William C,Lavelly
著者 2	Sibyll Goetze
著者 3	Kent P, Friedman
著者 4	Jeffrey P, Leal
著者 5	Zhe Zhang
出典	The Journal of Nuclear Medicine(2007) 48; 1084-1089
カテゴリー1	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	99mTc-MIBI
キーワード 2	SPECT/CT
キーワード 3	Dual-phase
キーワード 4	Parathyroid Scintigraphy
キーワード 5	
コメント	99mTc-MIBI を用いた副甲状腺腫の存在診断（位置決定）に有用な核医学的撮像手法について報告した論文である。早期像と後期像あるいはいずれかの時期に実施される撮像方法としてプラナーと SPECT そして SPECT/CT の 3 種類の撮像法を用いて最適な撮像法の組み合わせについて検討されており大変興味深い報告である。
概要	副甲状腺腫の存在診断を目的として実施される 99mTc-MIBI シンチグラフィは、早期像と後期像で実施されるプラナー撮像の有用性が報告され、その後 SPECT 撮像の有用性が報告され早期像あるいは後期像のいずれかの時期に実施することの可能性など報告されている。しかし、SPECT/CT の登場によりこれら撮像方法や撮像時期について総合的に検討した報告は少なく、本研究の重要性が強調されている。撮像方法と時期の最適な組み合わせについて検討した結果、早期像に SPECT/CT を用い、後期像には 3 種類のいずれかの撮像法を用いた組み合わせが最も優れていた。また、SPECT の有用性が数多く報告されているが、早期と後期に実施されるプラナー撮像法と比較して統計学的な有意差が認められないことも報告している。

論文名	Sources of attenuation-correction artifacts in cardiac PET/CT and SPECT/CT
著者 1	Sarah J. McQuaid
著者 2	Brian F. Hutton
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging (2008) 35: 1117-1123
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
キーワード 1	Attenuation correction
キーワード 2	Artifacts
キーワード 3	Respiratory motion
キーワード 4	Hybrid imaging
キーワード 5	Myocardial perfusion imaging
コメント	心臓領域の核医学検査において、X 線 CT データを用いた吸収補正は、心臓自身の拍動や呼吸による横隔膜の移動があり、エミッションデータと CT データとの間に動きによるズレが生じ、再構成画像にアーチファクトが観察される。この原因に関与する重要な因子を解明するために、ジョン・ホプキンス大学で開発された心臓－胴体 4D 数値ファントムを用い 4 種類の臓器移動を設定して左室心筋層への影響を評価した研究であり興味深い報告である。
概要	17 セグメントの不均一性を用いて CT データによる吸収補正が PET と SPECT の再構成画像に及ぼす影響を評価している。つまり、ズレが生じている画像においては極座標表示内の平均値は大きく変動し標準偏差は高値を示すと推定される。このため、ズレの無い画像の標準偏差をベースラインとし、この値に対するシュミレーションされた臓器移動による標準偏差の割合（％）を評価指標としている。その結果、PET 画像においては（a）心臓の拍動による影響が最も高く（ $84 \pm 11\%$ ）、次いで（b）肝臓（ $59 \pm 10\%$ ）、（c）横隔膜移動による肺臓（ $25 \pm 7\%$ ）、そして（d）胸郭拡張による肺臓（ $4 \pm 6\%$ ）の順であった。一方、SPECT のそれは、（a） $61 \pm 8\%$ 、（b） $34 \pm 8\%$ 、（c） $-2 \pm 7\%$ 、（d） $-4 \pm 6\%$ を示した。PET と SPECT でアーチファクト発生の影響を比較した結果では、PET 画像への影響が統計学的に顕著であることが示され、PET では（a）（b）（c）で、SPECT では（a）（b）の影響がアーチファクト発生の重要な因子と報告している。このため、位置合わせ補正を実施する場合の精度向上のポイントは、これら臓器のズレに重点を置き、補正を実施することである。

論文名	Dual-Modality Imaging : Combining Anatomy and Function
著者 1	David W. Townsend
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	The Journal of Nuclear Medicine(2008) 49; 938-955
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	PET/CT
キーワード 2	dual-modality
キーワード 3	image fusion
キーワード 4	molecular imaging
キーワード 5	
コメント	解剖学的情報と機能的情報の両方をほぼ同時に取得可能な PET/CT 装置について、寝台の移動方法の差異による位置ずれの改善方法の比較や、検出器特性における感度や分解能の改善技術、CT 値を用いた減弱補正方法そして新しい画像再構成方法の比較について詳細に記載された解説書である。
概要	荷重による寝台のタワミは、PET および CT の検出器内へパレットが移動する際に垂直方向の変動を生じる。この変動は、PET 画像と CT 画像の融合精度を低下させるため、患者ハンドリングシステムの改良点について 4 種類にまとめられている。検出器については、クリスタルに刻むスリッドを細かく配置することにより分解能の向上が部分容積効果の低減に寄与し SUV 値の増加が示されている。感度の改善方法としては、クリスタル厚を 20mm から 30mm に変更することで 40%増加し、体軸方向の視野を 16.2cm から 21.8cm に変更することで 78%増加することが示されている。画像再構成する際に、Time-of-flight（TOF）の技術を導入することにより同時計数された線上に存在する消滅点を測定精度に依存して絞り込むことが可能となり空間分解能の改善に寄与することが示されている。

論文名	Occurrence of an Artifact in Brain 18F-FDG PET with Calculated Attenuation Correction
著者 1	Daniel von Borczyskowski
著者 2	Ulrike Schulte
著者 3	Winfried Brenner
著者 4	Malte Clausen
著者 5	Ralph Buchert
出典	The Journal of Nuclear Medicine Technology (2006) 34; 232-234
カテゴリー1	333：PET（ポジトロンエミッショントモグラフィ検査）
カテゴリー2	533：核医学画像
キーワード 1	positron emission tomography
キーワード 2	brain
キーワード 3	attenuation correction
キーワード 4	artifact
キーワード 5	
コメント	脳 18F-FDG PET 検査における吸収補正方法に関する報告である。簡便に得た輪郭抽出の情報から吸収補正を行う場合、サイノグラムを用いて異常な輪郭抽出が実施されていないかを常に確認すること、そして吸収補正を実施しない画像の確認の重要性が示された論文である。
概要	小児を対象にした脳 18F-FDG PET 検査においては、鎮静処置等が必要なため可能な限り検査時間の短縮が望まれる。検査時間短縮の方法として、Ge/Ga 棒状線源を用いた実測による吸収補正データの変わりに装置メーカーが提供するソフトにより推定された計算吸収補正データを代用する方法が好まれる傾向がある。しかし、この方法では、減弱に寄与する体積や密度が小さい小児の拳が頭頸部近辺に存在した場合、明確なアーチファクトと確認することは難しいと思われるため、簡便に算出された輪郭抽出の情報から吸収補正を行う場合、サイノグラムで異常な輪郭抽出がなされていないかを確認する習慣と吸収補正を実施しないシリーズ画像の確認の重要性を指摘している。

論文名	Optimization of Butterworth filter for brain SPECT imaging
著者 1	Minoshima S
著者 2	Maruno H
著者 3	Yui N
著者 4	Togawa T
著者 5	Kinoshita U
出典	Ann Nucl Med 1993; 7: 71-77
カテゴリー1	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523 核医学画像
キーワード 1	Filter
キーワード 2	Butterworth
キーワード 3	cut off frequency
キーワード 4	total counts
キーワード 5	SPECT
コメント	SPECT の前処理フィルタとして最もよく使われる Butterworth フィルタについて、その遮断周波数（Cut off）と収集カウントの関係を検討した論文。Butterworth のパラメータ決定のエビデンス、フィルタ検討の研究などに引用すべき論文である。
概要	脳 SPECT の前処理フィルタとして、Butterworth フィルタの最適なパラメータをを検討した。収集トータルカウントと遮断周波数の関係を理論および HMPAO 脳血流 SPECT にて検証した。 結果、収集トータルカウントと最適遮断周波数を見つけることができた。 Butterworth フィルタの遮断周波数は収集カウントによって決定することで、SPECT の高画質を維持することができる。

論文名	Evaluation of breath-hold 2~ SPECT in the differential diagnosis of solitary pulmonary nodules
著者 1	Komori T
著者 2	Narabayashi I
著者 3	Hayashi M
著者 4	Horiuchi S
著者 5	Adachi I
出典	Ann Nucl Med 2005; 19: 277-281
カテゴリー1	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523 核医学画像
キーワード 1	breath-hold
キーワード 2	registration
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	thallium-201
キーワード 5	solitary pulmonary nodule
コメント	息止め SPECT 法である BrST 法の孤立性肺結節（SPN）診断における有用性を検討した論文である。BrST 法はユニークなデータ収集法で、その画質改善効果は多大なものがある。臨床的な実施をより簡便に行えれば、今後のルーチン検査法になる可能性がある。CT、MRI が息止めで収集しているのに、SPECT、PET も同様の取り組みを模索すべきである。
概要	孤立性肺結節（SPN）の SPECT による診断において、息止め SPECT（BrST）法の有用性を評価した。製剤は Tl-201 を使用した。自由呼吸 SPECT（FB）法と比較すると、BrST は SPN の良性・悪性診断の感度、特異度、正診度ともに向上した。Retation Index による良性・悪性の識別も有意に改善した。また深呼吸 CT との画像重ね合せでも、BrST による SPECT 画像は良好な画像位置合せ（Fusin）表示を実施できた。BrST 法は Tl-201 SPECT における SPN 診断に有用な方法であると結論できる。

論文名	Prevalence of misregistration between SPECT and CT for attenuation-corrected myocardial perfusion SPECT
著者 1	Goetze S
著者 2	Wahl R. L.
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Cardiology 2007; 14; 200-206
カテゴリー1	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523 核医学画像
キーワード 1	SPECT-CT、SPECT/CT
キーワード 2	attenuatuion and scatter correction
キーワード 3	fusion
キーワード 4	myocardial perfution
キーワード 5	image artifacts
コメント	SPECT-CTでの心筋 SPECT 減弱補正でのアーチファクト発生について調査した論文。位置ズレの原因で、結論は出ていないが、寝台撓み、患者の動き（特に Stress 時、1 日法での 2 回目の検査の疲れ）が述べられている。Slow CT なので呼吸による位置ズレは生じない。SPECT-CT で心筋 SPECT 減弱補正を実施する際の教科書となる。また関連する研究では引用すべき論文である。
概要	SPECT-CT（GE、Hawkeye）を用いて、60 例の心筋 SPECT データにて CT 減弱補正アーチファクトの発生状況を調査した。結果、アーチファクトなしは 4 例、微小が 9 例、中程度が 1 9 例、大きい 2 1 例、極めて大が 2 例。更に CT アーチファクトがひどく評価から除外したデータが 5 例あった。結果として 4 2 % のデータに CT 減弱補正アーチファクトが認められた。 SPECT-CT による心筋 SPECT 減弱補正を行う場合は、注意して実施する必要がある。

論文名	Compton scatter compensation using the triple-energy window method for single- and dual-Isotope SPECT
著者 1	Ichihara T
著者 2	Ogawa K
著者 3	Motomura N
著者 4	Kubo A
著者 5	Hashimoto S
出典	J NuciMed1993;34:2216-2221
カテゴリー1	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523 核医学画像
キーワード 1	Scatter correction
キーワード 2	TEW
キーワード 3	dual isotope
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	TEW 法を実測ファントム、臨床データで検証した最初の論文。二核種への適用についても検討されている。 散乱線補正の研究を行う場合には、引用すべき論文である。
概要	散乱線補正である TEW 法の評価をファントムおよび心筋データにて行った。核種は Tl-201 と I-123 を別々と同時の 2 パターンで行った。ファントムはロッドファントムを用いて、放射能と SPECT 値で良好な相関が得られた。心筋 SPECT では TEW 補正によりコントラストが改善した。TEW 法は SPECT 定量性を改善させる。また単一核種だけでなく二核種同時収集でも有用である。

論文名	OSEM 法を用いた再構成画像に及ぼす Subset 値の影響 ―アーチファクト発生と分配方向数の関係―
著者 1	三村 浩朗
著者 2	曾根 照喜
著者 3	村瀬 研也
著者 4	長木 昭男
著者 5	高橋 由武
出典	核医学 2006 ; 43: 315-323
カテゴリー1	332 SPECT (シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査)
カテゴリー2	523 核医学画像
キーワード 1	OSEM (OS-EM)
キーワード 2	アーチファクト
キーワード 3	Subset
キーワード 4	分配方向数 (number of views distributed to onesubset: VDS)
キーワード 5	
コメント	日常臨床において重要な基礎的事項を評価した論文である。OSEM 法における Iteration、Subset の最適化を普遍的に行うのは難しいと思われる。しかし、本論文のように測定対象、評価項目を決めて、基礎的な処理パラメータを検討することは極めて重要である。
概要	OSEM 法における最適な Subset 数をアーチファクトの有無、コントラスト、均一性など画質の観点から検討した。ファントムは脳ファントムと円筒ファントムを用いた。結果、VDS (1 Subset に含まれる投影数) が 5 以下では画質が劣化した。VDS は 6 以上に設定する必要がある。この結論は測定対象、収集条件などで変化する可能性がある。

論文名	Comparison of methods of attenuation and scatter correction in brain perfusion SPECT
著者 1	Hayashi M
著者 2	Deguchi J
著者 3	Utsunomiya K
著者 4	Yamada M
著者 5	Komori T
出典	J Nucl Med Technol 2005; 33:224-229
カテゴリー1	332 SPECT（シングルフォトンエミッションコンピューテッドトモグラフィ検査）
カテゴリー2	523 核医学画像
キーワード 1	attenuation and scatter correction
キーワード 2	TEW
キーワード 3	Xe-CT
キーワード 4	Chang
キーワード 5	
コメント	TEW 散乱背補正、CT を使った減弱補正による SPECT 定量性の改善を Xe-CT を評価対象にして示した論文である。脳 SPECT における定量測定の手組みは日本が世界をリードしている。本論文のように臨床パラメータ（この場合は、Xe-CT）を元に定量性を評価することは重要と考える。
概要	脳血流 SPECT において、TEW 散乱線補正、均一減弱マップ Chang、CT 減弱マップ Chang の処理法による定量性の比較を行った。IMP-ARG 法を用いて脳血流量により絶対値の評価を行った。定量値の参照として Xe-CT による脳血流値を用いた。結果、TEW 法により過補正が修正され、CT 減弱マップ Chang との組合せが最も良好な定量性を示した。

論文名	triple energy window(TEW)法を応用した 67Ga イメージングの検討
著者 1	柳沢正道
著者 2	木下富士美
著者 3	森貞美佳
著者 4	市原裕紀
著者 5	
出典	日本放射線技術学会雑誌 54 (5) 630-638, 1998
カテゴリー1	332 SPECT
カテゴリー2	533 核医学画像
キーワード 1	Gallium-67
キーワード 2	Scatter correction
キーワード 3	Triple energy window(TEW)method
キーワード 4	Low energy collimator
キーワード 5	
コメント	300keV のガンマ線ピークを有したクエン酸ガリウム(67Ga.)撮像については元来中エネルギー以上のコリメータを使用するのが基本概念であった。しかし 93keV,185keV の 2 本で低エネルギー汎用コリメータを用いた撮像を散乱線除去 Triple energy window(TEW)法を利用したイメージング法によって、臨床に用いることが可能になるとの報告である。コリメータ交換が煩雑であることや分解能劣化を考えれば、エネルギー散乱線除去を工夫した意義のある報告と思われる。
概要	93keV,185keV および 300keV の 3 本の主ガンマ線ピークを有したクエン酸ガリウム(67Ga.)撮像について、93keV,185keV の 2 本で低エネルギーコリメータを用いた撮像を散乱線除去 Triple energy window(TEW)法を利用したイメージングを検討した。画質改善を中心にした検討方法は、エネルギー設定・各コリメータにおける分解能および感度・面線源イメージ・SPECT イメージの検討を行った。コリメータは分解能,コントラスト、感度など総合的なバランスを考慮し LEGP を用いるのが適当であると思われた。エネルギー設定は線源コリメータ間距離を 3m以上離すことが必要で、散乱線補正を行うことによりバックグラウンドが低下し,従来の MEGP 散乱線除去 (－) の画像に比べ,LEGP 散乱線除去 (+) では FWHMで 4.8 mm,コントラストで 14.8%の向上がみられ,SPECT においては,トランスミッション CT を付加することにより位置の把握が容易になった。

論文名	Monte Carlo simulation of energy spectra for 123I imaging
著者 1	Minoru Tanaka
著者 2	Shuzo Uehara
著者 3	Akihiro Kojima
著者 4	Masanori Matsumoto
著者 5	
出典	Phys. Med. Biol. 52(2007) 4409-4425
カテゴリー1	533 核医学画像
カテゴリー2	841 理工学・放射線機器工学に基づく測定
キーワード 1	Monte Carlo simulation
キーワード 2	nuclear medicine imaging
キーワード 3	scintillation camera
キーワード 4	collimator
キーワード 5	NaI detector
コメント	本研究で用いられたモンテカルロシミュレーションの精度は高く、シンチレーションカメラのコリメータや検出器の物理学的特性を総合的に把握しかつ放射性核種のエネルギー毎に最適化されたシステムを開発する上で重要なデータを得ることができる。
概要	123I 放射性核種の 159keV の光電ピークにより形成された画像は、高エネルギー領域からの無視できない散乱成分を含んでいる。その散乱線成分の検討のために、123I 画像の収集に使用されたシンチレーションカメラのモンテカルロシミュレーションが行われた。モンテカルロコードは 2 つのモジュールから構成され、HEXAGON コードは複雑な六角形状の幾何学構造がモデル化された、また NAI コードは逆コンパートメントを含む NaI 測定器システムがモデル化された。線源が空気中あるいは水中に存在する 2 つの状態下でコリメータの各種タイプを用いてシミュレーションが行われた。散乱線とコリメータ隔壁を通過した光子を分離することで、あらゆる画素(マトリクスサイズは 256×256)における 123I のエネルギースペクトルが得られた。計算されたエネルギースペクトルは 3 つの異なったコリメータを用いて測定したスペクトルと 20%の誤差範囲内で一致した。143-175keV のウィンドウの感度の違いは、シミュレーションと実験の間で 10%未満で一致した。散乱線と直接線のコンポーネントの部分的な感度を得ることができた。総光子への直接線光子の寄与はシミュレートの結果、空気中でそれぞれ LEHR 0.46、LEGP 0.54、MEGP 0.90 、水中では、それぞれ 0.35、0.40、0.68 であった。 本研究で提示されたモンテカルロシミュレーションは、123I シンチグラフィに最適化されたコリメータの設計研究を可能にすると考えられる。

論文名	Measurement of the internal dose to families of outpatients treated with 131I for hyperthyroidism.
著者 1	Barrington SF
著者 2	Anderson P
著者 3	Kettle AG
著者 4	Gadd R
著者 5	Thomson WH
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2008 Nov;35(11):2097-104.
カテゴリー1	842 放射線（能）に関する測定（一般）
カテゴリー2	631 被曝
キーワード 1	Radiation dose
キーワード 2	Radiation protection
キーワード 3	Ioine radioisotopes
キーワード 4	Thyroid gland
キーワード 5	Hyperthyroidism therapy
コメント	131I を用いた甲状腺治療後の患者は家族と生活を行うことになり、その過程で家族は患者の尿や汗および唾液などが体内に入り甲状腺は内部被ばくを受けることになる。131I はエネルギーが高くかつ半減期も長いため不必要な被ばくは可能な限り低減することが大事である。本研究は家族が患者から受ける被ばく線量の推定および低減法について言及したことに意義がある。
概要	本論文の目的は、131I を用いて甲状腺治療を行った患者から家族が受ける内部被ばく線量を推定し被ばくを最小限に抑えることにある。131I による被ばくを最小限に抑えるために患者および家族にアドバイスを行った。患者本人から家族への甲状腺の放射線被ばくを測定するために、131I を投与後の 2,7,21 日前後に家族を尋ね質問を行い被ばくを確認した場合には、甲状腺治療日と同日または何れかの往診日に 131I の摂取が生じたと仮定し、小児は 6 日、成人および 6 歳以上の子供は 7 日の実効半減期を使用し減衰補正を行った。2 回以上の往診で、甲状腺に前回認めた放射能の減衰を加味した放射線量を超える放射能が認められた場合は、その放射能を合計した。実効線量の計算には ICRP72 を用いた。炊事などの日常使用器具の共用をしない、男性は座位でトイレを行う、またトイレや食事後の手洗いの励行など家族に適切なアドバイスを行うことで、被ばく線量を抑えることができると考える。

論文名	Accuracy of Ultrasound-Based (BAT) Prostate-Repositioning: A Three-Dimensional On-Line Fiducial-Based Assessment With Cone-Beam Computed Tomography
著者 1	J. Boda-Heggemann
著者 2	F. Köhler
著者 3	B. Küpper
著者 4	D. Wolff
著者 5	H. Wertz
出典	Int J Radiat Oncol Biol Phys 2008 Mar, 70(4): 1247-1255
カテゴリー1	440 Brachytherapy
カテゴリー2	262 US (超音波)
キーワード 1	Prostate
キーワード 2	Image guidance
キーワード 3	Ultrasound-based positioning
キーワード 4	Cone-beam CT
キーワード 5	Fiducial
コメント	放射線治療中あるいは治療毎の前立腺位置は、膀胱内の尿量や直腸などの生理的蠕動に左右され微妙に変化していると考えられる。従って場合によっては、精巣などの放射線感受性が高い臓器への照射の可能性が生じることになる。本研究は、前立腺放射線治療時において超音波を用いた再位置決め法 (BAT)を行うことの重要性を示したことに意義がある。
概要	本論文の目的は、前立腺放射線治療時において超音波を用いた再位置決め法 (BAT)の精度評価である。強度変換放射線治療 (IMRT) を行う前立腺癌患者 8 例を位置決め評価の対象とした。位置決めは、最初に皮膚にマークをする方法で行い、次にコーンビーム CT(CBCT)を行い骨構造から患者の位置決めを行った後で、BAT を行い前立腺の位置補正を行った。最後に 2 回目の CBCT を行い、皮膚マーク、骨構造、BAT に基づく再位置決め後のそれぞれの誤差を推定した。2 回目の CBCT を用いた位置合わせは、体内マーカーに基づいてユーザーが関与しない方法で自動的に行った。その結果、BAT 法を用いた位置決め法の精度は、皮膚へのマーク法や CBCT 法を用いた方法と比較して、優れていることが示唆された。

論文名	Scintigraphic Detection of 125I Seeds After Permanent Brachytherapy for Prostate Cancer
著者 1	Yuzuru Kono
著者 2	Kazuo Kubota
著者 3	Takuya Mitsumoto
著者 4	Akitomo Tanaka
著者 5	Akihiko Ishibashi
出典	J Nucl Med
カテゴリー1	440 Brachytherapy
カテゴリー2	533 核医学画像
キーワード 1	prostate cancer
キーワード 2	brachytherapy
キーワード 3	125I seed
キーワード 4	seed migration
キーワード 5	fusion imaging
コメント	前立腺癌患者へのシード挿入による治療は近年良く行われるようになってきた。その治療の問題点として、挿入されたシードが場合によっては他部位や他臓器に移動することが指摘されている。このシードの移動は、術後に X 線検査を行うことで診断可能であるが、シードが非常に小さいため検出が困難な場合がある。本論文は、シードの位置検出にシンチグラフィを追加することの有用性を示唆したことに意義がある。
概要	本研究の目的は、X 線検査では確認できない移動したシードを検出する際のシンチグラフィの有用性の評価である。最初に 125I 密封小線源治療を行った前立腺癌患者 16 例を対象に低エネルギー高分解能コリメータを装備したシンチカメラのエネルギーピークを 35keV, ウィンドウ幅を 70%にして検査を行った。次にシードの移動を見るため骨盤 X 線撮影と X 線透視検査を施行した。また線源の線量分布の評価を行うために骨盤 CT スキャンおよび胸腹部のシンチグラフィ検査を行った。X 線画像とシンチグラフィは他の情報は無い状態で評価し、シード線源移動の検出効率を McNemar 検定により評価した。その結果、X 線撮影では移動したシードを完全には確認できなかった。シンチグラフィでは移動したシード 20 個を検出できたのに対し X 線撮影では 7 個のみ検出できた。以上から密封小線源治療後のシード線源移動の検出においてシンチグラフィは従来の X 線撮影より感度が高いと考えられる。またシードの位置は融合画像により決定可能である。

論文名	Patient self-attenuation and technologist dose in positron emission tomography
著者 1	Benjamin W. Zeff
著者 2	Michael V. Yester
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Med. Phys. 2005 Apr.32(4): 861-865
カテゴリー1	842 放射線（能）に関する測定（一般）
カテゴリー2	631 被曝
キーワード 1	dose
キーワード 2	PET
キーワード 3	radiation protection
キーワード 4	radiation exposure
キーワード 5	FDG
コメント	本研究は米国において PET 検査に従事している放射線技師の被ばくを詳細に検討した論文である。日本の現状とは異なる法制度で行われている面もあるが、患者ポジショニングや患者誘導など FDG 投与から検査までの各過程における被ばく線量を分離して測定したことに意義があると考ええる。PET 検査における従事者の被ばく低減を考える上で参考になる。
概要	本論文の目的は、身体による放射能の自己吸収と PET 検査に従事する診療放射線技師の各々の行為における被ばく量の検討である。方法は FDG 投与患者からの距離が異なる三箇所に個人線量計を設置し放射線量を測定した。既知の放射能の FDG サンプルを椅子を用いて胸の高さにおいた場合を自己吸収無しのコントロールとした。次に 2 名の診療放射線技師が 17 日間、始業時と終業時に個人線量計を用いて被ばく量を記録した。 また 18F-FDG を投与する際の FDG 準備、投与、投与後の処置、患者誘導、PET 装置でのポジショニング、検査後の介護などにおける各線量を記録した。その結果、技師の被ばく原因は、18F-FDG 投与、投与準備、患者ポジショニング、投与後の処置、患者誘導、検査後の介護、患者の再ポジショニングであった。PET 検査における職業被ばくの 90%は患者との接触が原因 であるため、放射線技師の防護はなかなか困難である。 このため被ばく低減を行うためには、放射線への注意や患者との接触時間の低減および十分な遮蔽を行うことが必要と考えられた。

論文名	Comparison of imaging protocols for 18F-FDG PET/CT in overweight patients: optimizing scan duration versus administered dose
著者 1	Yoko Masuda
著者 2	Chisato Kondo
著者 3	Yuka Matsuo
著者 4	Masataka Uetani
著者 5	Kiyoko Kusakabe
出典	J Nucl Med 2009 Jun; 50(6): 844-848
カテゴリー1	533 核医学画像
カテゴリー2	922 核医学装置および画像管理
キーワード 1	18F-FDG
キーワード 2	PET/CT
キーワード 3	signal-to-noise ratio
キーワード 4	obesity
キーワード 5	
コメント	LSO 検出器を備えた 18F-FDG-PET/CT を用いての過体重患者の検査画質を維持するためには、投与放射エネルギーを増やすよりも収集時間を体重毎に補正する方が効果があることを示した非常に興味ある論文である。
概要	本研究は、高性能電子回路および LSO 検出器を備えた 18F-FDG-PET/CT 検査における収集時間や投与放射エネルギーの最適化が過体重患者の画質に与える影響の評価を目的とする。18F-FDG PET/CT 検査を行った 80 人の放射能濃度と SN 比を測定した(収集時間 2 分間/ベッド、投与放射エネルギー 3.7MBq/kg)。患者を体重に応じ、G1(<59kg)、G2(60-69kg)、G3(70-84kg)、G4(85kg)に分類した(1 グループあたり n=20)。G1 群の SN 比を G2 群、G3 群、G4 群と比較し、それぞれの二乗値を算出して過体重の患者の収集パラメータを補正するための補正係数とした。次に別の患者 120 例に補正係数を掛けて収集時間と投与放射エネルギーを最適化し、収集時間補正群（各群 20 例）および投与放射エネルギー補正群（各群 20 例）を定義した。G2 投与量は 5.59 ± 0.19 MBq/kg、G3 投与量は 7.29 ± 0.33 MBq/kg、G4 投与量は 8.88 ± 0.43 MBq/kg となった。収集時間補正群では、G2 は 3 分/bed、G3 は 4 分/bed、G4 は 5 分/bed とした。検討の結果、患者体重に関わらず 4 群の肝臓の放射能に有意差は認められなかったが、SN 比は患者体重が増えるにしたがい低下した。投与放射エネルギーを最適化した G4、G3、G2 群の投与放射エネルギーにおける肝臓放射エネルギーはベースライン値と比較して、それぞれ 1.4、1.9、2.5 倍であったが、肝臓放射能の増加は、ベースライン値と比較して SN 比に有意な影響を与えなかった。収集時間を最適化した G4 群における SN 比は、ベースラインでの G4 群より有意に高かった。研究の結果、単に収集時間を長くすることによって、過体重患者の画質を維持できることが示された。また体重 1 キログラムあたりの投与放射エネルギーを増加しても、LSO 検出器タイプの PET/CT 画質は改善されなかった。

論文名	Variability of left ventricular ejection fraction and volumes with quantitative gated SPECT: influence of algorithm, pixel size and reconstruction parameters in small and normal-sized hearts
著者 1	AS. Hambye
著者 2	A. Vervaet
著者 3	A. Dobbeleir
著者 4	
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging 2004; 31(12): 1606-1613.
カテゴリー1	332 SPECT
カテゴリー2	533 核医学画像
キーワード 1	Quantitative gated SPECT
キーワード 2	Left ventricular
キーワード 3	ejection fraction
キーワード 4	Small heart
キーワード 5	Inter-software comparison
コメント	心電図同期 SPECT を行い LVEF や容積の算出を行うソフトウェアとして QGS, ECT, SU-segami が提供されている。これらのソフトウェアを用いて算出された LVEF や容積は高い相関を示すことが報告されている。しかしながら、小さい心臓サイズの SPECT 収集におけるマトリックスサイズやバターワースフィルタの遮断周波数は LVEF や容積の値に影響を及ぼすことを把握して使用することが重要である。
概要	本研究の目的は、心臓が小さい患者の SPECT の収集や再構成パラメータが、LVEF と容積の算出に 3 つのソフトウェアが与える影響の評価である。31 例の心電図同期 SPECT を 64 および 128 マトリックスを用いて行った。バターワースの遮断周波数 0.4, 0.5, 0.6cycles/cm を施行後に LVEF と容積の算出が QGS、ECT、SU-Segami 用いて行われた。収縮末期容量(ESV)により、次の 2 群に分類された：I(ESV> 30ml, n=14)と II(ESV<30ml n=17)。フィルタおよびマトリックスサイズによる LVEF と容積への 3 つのソフトウェアによる影響は 2 群で評価された。I 群ではマトリックスサイズは、LVEF とボリュームに影響を及ぼさなかった。フィルタも著しい変化はなかったが、より鮮鋭なフィルタにより容積は有意に大きく算出された。II 群では、多くの患者で高い LVEF 値を示した。QGS と他のソフトウェア間の相関係数は、SU-Segami(r=0.49)を除いて、0.80、0.96 を示し、容積は LVEF よりわずかに低い値を示した。LVEF は、第 I 群と比較して、ソフトウェア間によるばらつきがかなり大きく、LVEF の平均差は有意を示した。標準サイズの心臓の患者では、MIBI を投与した SEPCT で 3 つのソフトウェアを用いて算出した LVEF と容積は有意の相関を示した。LVEF と容積はマトリックスサイズの変化にわずかに反応を示した。一方、スムージングは容積に有意の変化をもたらし、LVEF

	値は変化を示さかった。しかしながら、個々の患者のフォローアップのためにソフトウェアを交換するべきではないと考えられた。 また小さい心臓では、ソフトウェアとマトリクスサイズおよびスムージングのすべてが LVEF と容積に影響を及ぼすことが示された。
--	---

論文名	Small field-of-view dedicated cardiac SPECT systems: impact of projection truncation
著者 1	Jianbin Xiao
著者 2	Fred J Verzijlbergen
著者 3	Max A Viergever
著者 4	Freek J Beekman
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging 2010; 37: 528-536
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Cardiac SPECT
キーワード 2	Truncation
キーワード 3	Attenuation Correction
キーワード 4	Scatter correction
キーワード 5	Small field-of-view
コメント	心臓専用小視野 SPECT システムにおけるランケーションの影響についてデジタルファントムを用いて仮想研究した論文である。作成されたランケーションデータは、全方向からの収集データに対して人為的に体軸方向の情報が主に削除されている。このため、集積臓器の視野内断面が収集方向によりその占有割合が変化する状況を想定した研究ではない点に注意が必要である。
概要	本論文は、心臓専用の小視野 SPECT システムで危惧される肝臓や肺臓など心臓周辺臓器のランケーションが SPECT 画像に及ぼす影響についてデジタルファントムを用いてシミュレーションした研究である。デジタルファントムは、臨床データの標準偏差を考慮して作成されている。検討項目は、使用核種として ^{99m}Tc と ^{201}Tl そして両者の同時収集を想定し、ランケーションの範囲が検出器応答モデルを組み込んだ OSEM 画像再構成法に付加される減弱補正 (OS-AD) やモンテカルロモデルをベースとした散乱線補正 (OS-ADS) された SPECT 像への影響を検討している。さらに、体軸上下方向でランケーションされた領域をその両端のピクセル値でプロジェクションデータの軸方向を補完し伸展させる補正法の有用性が検討されている。評価指標は、心筋のプロファイルカーブおよび全視野と小視野 (ランケーション有) における平均ピクセル値の最大偏差を用いて心筋を 9 セグメントに分割して評価している。その結果、^{99m}Tc と ^{201}Tl それぞれ単独使用の場合では、平均ピクセル値の最大偏差は、OS-AD で 1.3%、OS-ADS で 3.5% となりその影響は少ない。一方、同時収集の場合では、最大で 49% を示し注意が必要であるが、軸方向に補完し伸展させる補正法を用いることにより数%まで減少させることが可能である。

論文名	A multi-center phantom study comparing image resolution from three state-of-the-art SPECT-CT systems
著者 1	Tyler Hughes
著者 2	Sergey Shcherbinin
著者 3	Anna Celler
著者 4	
著者 5	
出典	
カテゴリー1	J Nucl Cardiol 2009; 16: 914-926
カテゴリー2	
キーワード 1	Myocardial perfusion imaging
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	Attenuation and scatter correction
キーワード 4	Image processing
キーワード 5	
コメント	SPECT-CT 装置の画像処理アルゴリズムに関する装置間差について心臓ファントムを用い評価した研究である。評価指標として心筋壁厚と左室内腔容積を用い、自作の画像再構成プログラムを用いることで、各装置に搭載されているアルゴリズムの影響を排除した研究であり多施設協同研究を行う際に参考となる論文である。ただし、ファントム実験のため、CT による吸収補正が全てのデータに実施されている点に注意する必要がある。
概要	本研究に使用した SPECT-CT 装置は、フィリップス社製 Precedence (PP) と、GE ヘルスケア社製の Infinia Hawkeye (IH)、そしてシーメンス社製の Symbia-T6 (SS) の三種である。画像再構成処理は各社カメラに搭載されている最新再構成技術による方法と筆者独自のソフトウェアを用いた方法で比較されている。健常心臓を想定し作成された胸郭ファントムの心筋壁厚 (MWT) をプロファイルカーブから閾値法 (50%) で計測し評価指標としている。その結果、各装置搭載ソフトによる再構成画像の MWT は、それぞれ 9.3 ± 0.5 mm、 19.2 ± 0.8 mm、そして 18.4 ± 1.1 mm を示し装置間差が観察されている。一方、自作ソフトウェアによるそれは 8.5 ± 1.2 mm、 7.7 ± 1.2 mm、そして 9.3 ± 0.9 mm で装置間差の縮小が観察された。解析に使用する閾値を装置毎に 32% から 68% の範囲で最適化し計測した結果では、装置間差は縮小した。このため、各装置に搭載されている画像再構成アルゴリズムは、独自の補正技術が搭載されているため一定条件 (閾値 50%) での評価には注意が必要であり、同一画像再構成プログラムを用いた評価が重要と思われた。

論文名	SPECT/CT
著者 1	Buck AK
著者 2	Nekolla S
著者 3	Ziegler S
著者 4	Beer A
著者 5	Krause B
出典	J Nucl Med 2008;49:1305 - 1319
カテゴリー1	SPECT: 332
カテゴリー2	核医学画像: 523
キーワード 1	Scintigraphy
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	CT
キーワード 4	Hybrid
キーワード 5	Imaging
コメント	SPECT/CT 装置の導入により，解剖学的と機能学的情報の同時評価が可能となった。また，CT の付加価値として，位置合わせや減弱補正の有用性も評価されつつある。ここでは，SPECT/CT 装置の技術面（位置合わせ，減弱補正，収集プロトコールなど）と各臨床面の応用について，分かりやすく詳細に記述されている。
概要	腫瘍分野では SPECT/CT 装置の有用性は大きい。特に，CT による融合画像によりシンチグラフィの所見は，特異度と感度が高くなり著しく不明瞭な所見が減少した。SPECT/CT 画像の出現により従来のシンチグラフィおよび SPECT 画像に比し有用であることが，良性または悪性の骨病変，甲状腺癌，経内分泌癌，副甲状腺腫や頭頸部，骨盤領域のセンチネルリンパ節でも示された。他の臨床領域において有用性を報告した研究は少ないが，予備的研究として SPECT/CT の心臓と脳神経のイメージングも検討されている。さらに，これまでの核医学検査で頻繁に使用されていない放射線医薬品も，近い将来，臨床的にその有用性が検討されることが期待できる。

論文名	The role of positron emission mammography in breast cancer imaging and management
著者 1	Schilling K
著者 2	Conti P
著者 3	Adler L
著者 4	Tafra L
著者 5	
出典	Applied Radiology 2008; 37(4): 26-36
カテゴリー1	PET: 333
カテゴリー2	核医学画像: 523
キーワード 1	PET
キーワード 2	Mammography
キーワード 3	Management
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	この論文は乳癌における新たな技術である PEM (positron emission mammography)の有用性についてのレビューである。PEM と Whole body PET/CT について記載されている。
概要	乳癌は女性が診断される癌の中で最も多い癌の一つであり，2006 年には約 213000 名に達する。浸潤性乳癌に加え，約 62000 名の非浸潤性乳癌のうち 85%に非浸潤性乳管癌 (ductal carcinoma in situ)が生じていることが報告された。これらの数は増加しているが死亡率は減少している。スクリーニングとしてのマンモグラフィは乳癌に対するゴールドスタンダードであり，ここ 30 年間，死亡率を 33%に減少させた。マンモグラフィは乳癌の早期発見に帰着しており，乳房切除術 (mastectomy)の代わりに乳房温存手術 (breast-conserving surgery)を選択している。しかし，マンモグラフィは腫瘍摘出術 (lumpectomy)としてはやや不十分であり，高濃度乳腺 (dense breast)の女性に対する有用性は極めて低い。分子イメージングの目的の一つは，腫瘍摘出術を受ける患者の腫瘍範囲を異常代謝から術前に同定し，残存病変に対する再手術の数を減らすことであり，浸潤と非浸潤の両方の病変範囲を正確に同定できる技術があれば，より正確な手術を行うことができる。

論文名	Assessment of Left Ventricular Dyssynchrony During Development of Heart Failure by a Novel Program Using ECG-Gated Myocardial Perfusion SPECT
著者 1	Takahashi M
著者 2	Yamamoto A
著者 3	Tezuka S
著者 4	Ishikawa M
著者 5	Abe J
出典	Circ J 2008; 72: 370 –377
カテゴリー1	SPECT: 332
カテゴリー2	核医学画像: 523
キーワード 1	B-type natriuretic peptide
キーワード 2	Dyssynchrony
キーワード 3	Heart failure
キーワード 4	SPECT
キーワード 5	
コメント	本論文は、CardioGRAF の指標が心不全の過程を評価するために役立つことを初めて示した研究である。
概要	CardioGRAF は局所の左心室の収縮期/拡張期の（左心室）機能と非同期性を分析することを目的としたもので、左心室の非同期性の存在を検証することができる。左心室機能と非同期性を伴うプラズマ B-タイプナトリウム排泄増加薬ペプチド（BNP）と早期の心不全（HF）状態には相関関係にある。今回、14 名の正常例と 50 名の疾患例とし非同期性、最大格差（MD）を心電図同期 SPECT を行ない、17 領域のうち最も早期なものと遅いものの時間的パラメータの違いを検討した。拡張期の非同期性を有したピークの FR の時間の第 1～3 の充満速度（FR）と MD は正常者と疾患例間でかなり異なった。駆出分画、最大駆出率、最大 F、心収縮末期の時間の MD と最大駆出率の時間の MD は、プラズマ BNP レベルとかなり相関していた。拡張期の非同期性は HF の初期に示されたが、プラズマ BNP レベルと相関していないにもかかわらず、収縮期の非同期性はそれに影響を及ぼす可能性が示唆された。

論文名	Clinical Imaging Characteristics of the Positron Emission Mammography Camera: PEM Flex Solo II
著者 1	MacDonald L
著者 2	Edwards J
著者 3	Lewellen T
著者 4	Haseley D
著者 5	Rogers J
出典	J Nucl Med 2009; 50: 1666–1675
カテゴリー1	PET: 333
カテゴリー2	核医学画像: 523
キーワード 1	PET
キーワード 2	Positron emission mammography (PEM)
キーワード 3	Dedicated breast PET
キーワード 4	Breast cancer imaging
キーワード 5	
コメント	高分解能な乳房専用の PET 装置が開発され、そのプロトタイプを詳細に検討した論文である。
概要	高分解能専用乳房イメージカメラである Positron emission mammography (PEM) 『PEM Flex Solo II』について評価を行った。このシステムは、24×16.4 cm の field of view (FOV)をスキャンする 6×16.4 cm の 2 つの検出器から成る。PEM Flex Solo II による高分解能専用乳房イメージは、標準的な全身用 PET スキャナに比し高分解能であり、バックグラウンドの 10 倍の放射能濃度があれば約 4mm 直径の対象物を、またバックグラウンドの 4 倍の放射能濃度であれば約 6-7mm の対象物の視覚化を可能にした。本装置は、今後、全身用 PET よりも初期の乳癌の機能的なイメージングを可能にしなければならない。

論文名	Development of a practical image-based scatter correction method for brain perfusion SPECT: comparison with the TEW method
著者 1	Shidahara M
著者 2	Watabe H
著者 3	Kim K
著者 4	Kato T
著者 5	Kawatsu S
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging 2005; 32: 1193-1198
カテゴリー1	SPECT: 332
カテゴリー2	核医学画像: 523
キーワード 1	Scatter correction
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	Image conversion
キーワード 4	Attenuation correction
キーワード 5	Cerebral perfusion
コメント	シミュレーションおよび臨床データに基づいて、従来の TEW 法と本法を評価した論文である。
概要	SPECT 画像を散乱線補正されたものに変換するために開発された IBSC 法と従来の triple energy window(TEW)法とを比較し、ファントムシミュレーションと臨床データで有用性を評価した。IBSC 法は Chang の減弱補正係数で再構成された画像 $I_{AC}^{\mu b}$ における散乱線を補正する。シミュレーションから得られたデータを使用することによって、IBSC 法および TEW 法から得られた散乱線補正された画像の画像カウントとコントラストは、白質と灰白質とでほぼ同一であった。臨床例においても、画像コントラストにおける有意差は IBSC 法と TEW 法間でみられなかった。IBSC 法は臨床ルーチンでの使用に適した簡単な散乱線補正である。

論文名	Evaluation of left ventricular mechanical dyssynchrony as determined by phase analysis of ECG-gated SPECT myocardial perfusion imaging in patients with left ventricular dysfunction and conduction disturbances
著者 1	Trimble MA
著者 2	Borges-Neto S
著者 3	Smallheiser S
著者 4	Chen J
著者 5	Honeycutt EF
出典	J Nucl Cardiol 2007; 14: 298-307
カテゴリー1	SPECT: 332
カテゴリー2	核医学画像: 523
キーワード 1	Myocardial perfusion imaging
キーワード 2	Heart failure
キーワード 3	Gated SPECT
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	近年, CRT 評価に心電図同期 SPECT が使用されているが, ここでは左室機能障害など基本的な伝導遅れまたは右室ペーシングリズムを伴う患者について, 5 種類の指標を用いてその有用性を評価した論文である。
概要	CRT は収縮性心不全の進行した患者や心電図で非同期性のある患者の治療法として認められている。しかしながら, 患者のほとんどは CRT を用いた改善を証明できない。心エコー法は非同期性のより正確な評価に使われてきた。心筋血流 SPECT は心臓非同期性の評価をされていなかった。本研究の目的は, 左室機能障害, 伝導の遅れ, 心室ペーシングリズムを伴う患者に対し, 心電図同期 SPECT イメージの位相解析によって機械的非同期性を評価することである。心電図同期 SPECT から局所収縮期壁厚の厚さと位相を抽出するのに用い, ピーク位相, 位相 SD, 帯域幅, 歪度, 尖度を定めた。これらの指標を左室機能障害 (120 例), 左脚ブロック (33 例), 右脚ブロック (19 例), ペースメーカー (23 例) の症例で検討した。最大位相, 位相 SD, バンド幅, 歪度, 尖度では左室機能障害, 左脚ブロック, 右脚ブロック, ペースメーカー例と正常コントロールでかなり違いがあった ($p < 0.001$)。最大位相は右室ペーシングリズム患者と正常コントロール群とで大きな違いがあり, CRT 患者の評価に役立つと考えられた。

論文名	Measurement of cerebral blood flow using graph plot analysis and I-123 iodoamphetamine
著者 1	Okamoto K
著者 2	Ushijima Y
著者 3	Okuyama C
著者 4	Nakamura T
著者 5	Nishimura T
出典	Clin Nucl Med 27(3):191-196, 200
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Iodoamphetamine
キーワード 2	Graph plot analysis
キーワード 3	Cerebral blood flow
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	Graph Plot 法を利用した I-123-IMP による非侵襲的な脳血流定量測定法の論文として重要である
概要	I-123-IMP は、静注後、一時的に肺に取り込まれた後に徐々に動脈血中に洗い出されることから、I-123-IMP の取り込みやその後の洗い出しの程度に応じて動脈血中放射能濃度が変動する。本法は、I-123-IMP を用いた局所脳血流定量測定で動脈採血を要しない。本 I-123-IMP 脳血流定量法は、採血が不要な新しい理論による簡便な CBF 測定法である。開発と検討は、脳血管障害あるいはその他脳疾患患者 42 例(男性 31 例、女性 11 例、平均年齢 58 ± 11 歳)を対象として、I-123-IMP 投与直後に頭部と胸部のダイナミック画像を収集した。ついで、頭部と肺動脈幹に設定した関心領域内における I-123-IMP の放射能カウント変化を graph Plot 法で解析して算出した F 値(CBF index の傾き)を同時に施行した ARG 法より得た CBF 平均値と比較して検討した。その結果、F 値と ARG 法より算出した CBF 平均値は、良好に相関した($r=0.818$、$P<0.001$) した。したがって、頭部と肺動脈幹に関心領域を設定して作成した時間放射能曲線を用いるこの新しい I-123-IMP Graph Plot 法は、非侵襲的で簡便な CBF 測定法として有用と考えた。この方法は、I-123-IMP を用いた非侵襲的な局所脳血流定量測定法として期待され、経過観察や異なる患者群比較における局所脳血流定量評価に用いることができる。

論文名	Relative Impact of Scatter, collimator Response, Attenuation, and Finite Spatial Resolution Corrections in Cardiac SPECT
著者 1	Georges El Fakhri
著者 2	Irene Buvat
著者 3	Habib Benali
著者 4	Andrew Todd-Pokropek
著者 5	Robert Di Paola
出典	J Nucl Med 2000;41:1400-1408
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	scatter
キーワード 2	depth-dependent collimator response
キーワード 3	attenuation
キーワード 4	finite spatial resolution
キーワード 5	cardiac SPECT
コメント	近年 SPECT-CT 機の普及により心筋 SPECT にも各種補正が可能な状況となりつつある。本論文では心筋 SPECT に対して、散乱、減弱、コリメータ応答（距離に依存する）、固有分解能の補正がどのような影響を与えるかをそれぞれ物理的に評価している。今後、普及していくと思われる心筋領域への補正の参考資料になる論文である。
概要	本論文は、心筋 SPECT の画質に影響する散乱、深さに依存するコリメータ応答、減弱補正の効果について検討を行っている。実験はモンテカルロシミュレーションと Tc-99m を封入した心臓ファントムデータであり、種々に組み合わされた補正結果は、ブルズアイマップの均一性、左室壁と左室内腔とのコントラスト、空間分解能、S/N 比、既知の左室壁と肝臓放射能との誤差を測定することにより得られた。散乱補正は、コントラストと定量値を優位に改善したが、ブルズアイマップの均一性および空間分解能に対しては顕著な影響はなく、そして S/N 比は低下した。深さに依存するコリメータ応答補正は、左室領域における空間分解能を 13.3mm から 9.5mm に改善し、さらに定量値、コントラストを向上させるが、S/N 比は低下した。減弱補正はブルズアイマップの均一性を 78%（補正なし）から 89%に改善した。

論文名	Clinical Impact of Combination of Scatter, Attenuation Correction, and Depth-Dependent Resolution Recovery for 201Tl Studies
著者 1	Francois Harel
著者 2	Remi Genin
著者 3	Doumit Daou
著者 4	Rachida Lebtahi
著者 5	Nicolas Delahaye
出典	J Nucl Med 2001;42:1451-1456
カテゴリー1	attenuation correction
カテゴリー2	scatter correction
キーワード 1	myocardial perfusion
キーワード 2	Clinical Impact of Combination of Scatter, Attenuation Correction, and Depth-Dependent Resolution Recovery for 201Tl Studies
キーワード 3	Francois Harel
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	近年 SPECT-CT 機の普及により心筋 SPECT にも各種補正が可能な状況となりつつある。本論文では心筋 SPECT に対して、散乱、減弱、コリメータ応答（距離に依存する）を実際に撮像されたデータからそれぞれ評価している。より実践的な結果を導いており、今後、普及していくと思われる心筋領域への補正の参考資料になる論文である。
概要	心筋血流画像における特異度の低さは、下壁の擬陽性欠損が大きく関連していることが広く報告されている。そこで、深さ依存分解能補正（RR）、外部線源を用いた減弱補正（AC）、散乱補正を用いてこの問題の解決を図る。臨床例に対して、各種補正を行ったものと、FBP のみで比較検討を行った。RR のみでは FBP と大差なかった。AC+RR では、特異度（56%から 95%）および Tl SPECT の正常所見率（53%から 100%）が大幅に向上したが、感度は低下した（92%から 54%）。また、下壁の過補正により擬似的な前心尖部を生じさせ、心尖部に逆再分布を生じた。散乱補正は下壁の過補正を減少させるが、感度の改善は伴わず、前心尖部の擬陽性、心尖部の逆再分布は改善されなかった。したがって、AC+RR は特異度および正常所見率は向上させるが、下壁梗塞を伴う患者の 73%で低感度および間違った結果を導くような過補正を生じさせるため気をつける必要がある。

論文名	Attenuation Correction in Cardiac SPECT without a Transmission Measurement
著者 1	Jerold W. Wallis
著者 2	Tom R. Miller
著者 3	Paul Koppel
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med 1995;36:506-512
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	attenuation correction
キーワード 3	cardiac perfusion imaging
キーワード 4	coronary artery disease
キーワード 5	
コメント	胸部領域の減弱補正の問題点は、減弱係数分布（マップ）の取得方法にある。不均一減弱体であるため外部線源法が標準的な方法として使用されてきた。しかし、追加的なハードウェアや被ばくの問題から外部線源を使用しない方法が模索されてきた。本論分はその一つの方法としての参考となる。
概要	心筋 SPECT は不均一なガンマ線源弱を受け、補正のためには追加的なハードウェアや外部線源画像を用いて減弱体情報を得る必要がある。本論文では、追加的なハードを用いずに胸部の減弱体情報を作成する方法を提案する。通常的心筋 SPECT 収集後に、Tc-99m-MAA を投与し 140keV および 94keV を中心にデータを収集した。140keV 画像からは肺輪郭を、94keV からは体輪郭を作成した。得られた減弱画像を用いて逐次 Chang 法により減弱補正を行った。補正結果は、下壁のカウント低下を改善し、さらに、肺、軟部組織などの重ね合わせエラーも生じることなく良好な結果を得た。しかし、本法は男性を対象としたものであり、女性の胸部輪郭に適合するよう改良中である。

論文名	Attenuation Compensation in 99mTc SPECT Brain Imaging: A Comparison of the Use of Attenuation Maps Derived from Transmission Versus Emission Data in Normal Scans
著者 1	Robert Licho
著者 2	Stephen J. Glick
著者 3	Weishi Xia
著者 4	Tin-Su Pan
著者 5	Bill C. Penney
出典	J Nucl Med 1999;40:456-463
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	brain SPECT
キーワード 2	neuro-SPECT
キーワード 3	brain perfusion
キーワード 4	attenuation correction
キーワード 5	
コメント	正しい放射能分布を得るためには、光子の減弱を考慮する必要がある。減弱補正に使用するための減弱画像を得る方法には数種類存在し、本論文では 3 つの方法（外部線源法、散乱画像からのセグメンテーション、手動輪郭）について検討されている。近年では SPECT/CT 機の普及により、比較的簡単に正確な減弱画像が得られ、今後の検討の参考の一つとなる。
概要	脳 SPECT の局所相対的摂取量は減弱により不正確になる可能性がある。今回は種々の方法による減弱補正を用いてその効果を検討した。一つ目は外部線源により得られたトランスミッション画像、2 つ目は低エネルギーコンプトン散乱ウインドウ画像のセグメンテーションがから得られた画像、三つ目は刷らす語とに楕円形を描いた画像を用いた。減弱補正効果が認められたが、基本的には外部線源法を標準として考えるべきである。しかし、外部線源を用いることができない場合は、散乱線をベースとした方法が適用できる可能性がある。

論文名	Comparison of ordered subsets expectation maximization and Chang's attenuation correction method in quantitative cardiac SPET: A phantom study
著者 1	D. DEY
著者 2	P. J. SLOMKA
著者 3	L. J. HAHN
著者 4	R. KLOIBER
著者 5	
出典	Nucl Med Commun 1998;19:1149-1157
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	
キーワード 2	
キーワード 3	
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	近年では SPECT/CT 機の普及により、不均一減弱画像が得られるようになってきている。このようなデータを用いた減弱補正法には OS-EM 組込み型または Chang 法などが適用される。本論分は心筋領域における補正法の違いを比較検討したものであり、今後の減弱補正法の検討の参考となる。
概要	心筋 SPET 検査におけるアーチファクトの主要因は光子減弱である。これまで幾つかの方法が提案され、本論分では OS-EM 組込みと Chang 法を使用し、ファントム実験から比較を行った。ファントムの減弱画像は CT 画像から作成した。欠損と正常領域の最大値比、最大欠損コントラスト、欠損値を用いて比較された結果、OS-EM 組込み、Chang 法ともにほぼ同等な結果を得た。また、計算時間もほぼ同等であった。

論文名	Semiquantitative analysis of SPECT images using 99mTc-HMPAO in the treatment of brain perfusion after the attenuation correction by the Chang method and the application of Butterworth filter
著者 1	P. STELTER
著者 2	R. JUNIK
著者 3	R. KRZYMINEWSKI
著者 4	M. GEMBICKI
著者 5	J. SOWINSKI
出典	Nucl Med Commun 2001;22:857-865
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	brain perfusion
キーワード 3	Chang method
キーワード 4	Butterworth filter
キーワード 5	
コメント	一般的に、核医学検査において収集データの統計的変動を抑制するために平滑化フィルタが用いられている。使用するに当たって収集データのノイズ量が患者ごとにことなるため、平滑化フィルタの強度を適切に調整する必要があるが、明確な決まりは存在しない。本論文は、その関係を検討しており参考となる一論文である。
概要	本研究は、投影データのピクセル当たりの平均カウント数に関連させて、半定量的な解析により平滑化フィルタ（Butterworth）パラメータを最適化することである。検討された実験は、ピクセル当たりのカウントを平均化して比例的に 3 つのグループに分類された。 500 カウント/ピクセル以上においてはカットオフ周波数 0.50、200 カウント/ピクセルではカットオフ周波数 0.40 の場合に標準的な画像の幾何学的コントラストが近づいた。したがって、投影データのピクセル当たりの平均カウントの変化に合わせて平滑化（Butterworth フィルタ）のカットオフ周波数を変更すべきである。

論文名	Effect of tomographic orbit and type of rotation on apparent myocardial activity
著者 1	Michael K. O'Connor
著者 2	Carrie B. Hruska
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Nucl Med Commun 2005;26:25-30
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	circular
キーワード 3	body-contour orbit
キーワード 4	cardiac
キーワード 5	
コメント	心筋 SPECT の短軸断層像において 11 時方向のアーチファクトが問題視されている。その原因は、非円軌道による対象物との距離変化によるものと考えられている。心臓のように局在している臓器の場合には、ガンマカメラからの距離変化が大きく上記のアーチファクトが大きく関与してくる。本論分は、収集角度範囲に合わせて、対象臓器の位置を変化させた場合の画質変化について評価しており、心筋 SPECT 収集の際に参考となる論文である。
概要	心筋血流画像において、最も良い画質を与える回転軌道についてはすでに議論されてきている。本論分では、収集角度範囲（360 度、180 度）、回転軌道（円、体近接）、回転軌道内の心臓位置がそれぞれどのように関連しているかを、正常心筋ファントムの短軸断層像の均一性変化、空間分解能の変化から算定した。 短軸断層像の平均均一性は、心筋を回転中心近くに配置した場合で、180 度と 360 度の円軌道において<4%であった。体近接軌道における平均均一性は、回転軌道の長軸、短軸上でそれぞれ 8%、18%に増大した。3mm より大きな分解能変化は心筋画像の不均一さを増大させる。 分解能変化は収集角度と関連し、回転軌道と心筋位置は短軸断層像上での放射能分布に影響を与える。最も均一な画像は円軌道の 360 度収集により得られ、円軌道 180 度収集、体近接軌道の 180 度または 360 度収集では、心筋の位置に強く依存した。

論文名	Putative transport mechanism and intracellular fate of trans-1-amino-3- ¹⁸ F-fluorocyclobutanecarboxylic acid in human prostate cancer.
著者 1	Okudaira H
著者 2	Shikano N
著者 3	Nishii R
著者 4	Miyagi T
著者 5	Yoshimoto M
出典	J Nucl Med 2011;52(5):822-829
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	anti-FACBC
キーワード 2	prostate cancer
キーワード 3	amino acid transporter
キーワード 4	ASCT2
キーワード 5	
コメント	ポスト FDG として期待されている標識アミノ酸に関する論文
概要	Trans-1-amino-3-¹⁸F-fluorocyclobutanecarboxylic acid (anti-¹⁸F-FACBC) は、前立腺がんのイメージング剤として有望視されている PET トレーサーである。半減期を考えた利便性から、¹⁸F 標識体ではなく、Trans-1-amino-3-fluoro-1-¹⁴C-cyclobutanecarboxylic acid (¹⁴C-FACBC) を用いて、細胞内への輸送機序と代謝物に関して検討した。細胞輸送機序を調べるために α-(methylamino) isobutyric acid (輸送系 A 特異的化合物)と 2-amino-2-norbornanecarboxylic acid (輸送系 L 特異的化合物)を用いた取込阻害実験を行い、さらに DNA マイクロアレイを用いて前立腺がん組織でのアミノ酸トランスポーター発現を確認し、また、培養前立腺細胞 DU145 のアミノ酸トランスポーター発現を定量するためにリアルタイム PCR を実施した。アミノ酸トランスポーターASCT2 と SNAT2 をノックダウンした当該細胞株での ¹⁴C-FACBC の取り込み、蛋白への取り込みの可能性を調べた。ナトリウム依存性トランスポーターでは、ASCT2 と若干その他のものが、またナトリウム非依存性のトランスポーターでは、輸送系 L に属するものが細胞輸送機序に関与していた。蛋白への取り込みはなかった。

論文名	Cyclotron production of ^{99m}Tc : Experimental measurement of the $^{100}\text{Mo}(\text{p},\text{x})^{99}\text{Mo}$, ^{99m}Tc and ^{99g}Tc excitation functions from 8 to 18 MeV
著者 1	Gagnon K
著者 2	Bénard F
著者 3	Kovacs M
著者 4	Ruth TJ
著者 5	Schaffer P
出典	Nucl Med Biol 2011;38(6):907-916
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Cyclotron
キーワード 2	Proton irradiation
キーワード 3	Technetium-99m
キーワード 4	Technetium-99g
キーワード 5	Cross section
コメント	カナダの原子炉の老朽化により $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ ジェネレータの供給が不安定になったことから、原子炉によらない ^{99m}Tc の入手について注目されるようになった。この文献は、サイクロトロン製造 ^{99m}Tc に関する論文である。
概要	原子炉による $^{235}\text{U}(\text{n},\text{f})^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}\text{Tc}$ 反応を利用した方法の代替法としてサイクロトロンを利用した $^{100}\text{Mo}(\text{p},2\text{n})^{99m}\text{Tc}$ 反応が提案されてきた。照射終了時の (p,2n) 反応での基底状態 ^{99g}Tc の副生成量に関する理論的モデル構築の努力はされてきたものの、実験的に確かめるには至っていなかった。基底状態 ^{99g}Tc の副生成は放射性医薬品化学と患者への投与時の線量評価に重要な示唆を与えるものと考えられる。 ^{99g}Tc の副生成量を調べるために、8-18 MeV の範囲で $^{100}\text{Mo}(\text{p},\text{x})^{99}\text{Mo}$, ^{99m}Tc および ^{99g}Tc の励起関数を天然存在比 97.42% の ^{100}Mo フォイルを用いて γ 線スペクトロメトリと ICP-MS により測定した。^{99}Mo と ^{99m}Tc の励起関数はこれまでの文献でも知られていたが、著者らの知る限りでは $^{100}\text{Mo}(\text{p},2\text{n})^{99g}\text{Tc}$ 反応の励起関数の実測は本研究が初である。 反応断面積の実測値から、種々の標的厚への照射条件について ^{99m}Tc 生成量と $^{99m}\text{Tc}/^{99m+g}\text{Tc}$ の原子核比率を計算した。結果として、$^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ で 24 時間ごとに溶出しているときと同等の $^{99m}\text{Tc}/^{99m+g}\text{Tc}$ 原子核比で TBq 量に達する ^{99m}Tc が得られた。 これらの知見から ^{99m}Tc のサイクロトロン製造 は原子炉による製造に代替可能な方法であると考えられる。

論文名	Changes: choosing a target?
著者 1	Eckelman WC
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Nucl Med Biol 2011;38(6):765-9
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	target
キーワード 2	nuclear medicine
キーワード 3	molecular imaging
キーワード 4	radiopharmaceutical
キーワード 5	
コメント	放射性医薬品開発の世界的権威である NIH のウィリアム・エッケルマンが、エドモントンで開催された第 18 回 ISRS で、「変化：標的の選択は？」と題して講演を行った内容を記した総説である。
概要	進化論で有名なチャールズ・ダーウィンは、「最も知的であるということがその種が生き残ることに一番重要なのではなく、最も変化に対応できる種が生き残ることに一番強いのである」と言った。「分子イメージング」という新しい用語が使用されるようになったことに象徴されるように、核医学は、近年、「変化の時」を迎えている。SPECT/CT や PET/CT は 2000 年代の初期から市販されるようになった。分子イメージング用造影剤のデータベースには約 2600 もの放射性トレーサーが登録されている。新たな標識法も開発されてきている。ゲノム時代以前にあった分子イメージングの標的分子に加え、ヒトゲノムの解読と発現のマッピングによりその標的分子は、およそ 500～3000 近くまで増加し、例えばゲノミクス、プロテオミクス、アンチセンス伝令 RNA、レポーター遺伝子、蛋白間相互作用などの領域にその源が存在する。単一の遺伝子による疾患は 6000 以上の種類が知られているが、普通の多くの疾患は非遺伝的な要素と密接に関連して起こってくる。分子イメージングの標的を臨床現場から想像できる多くの標的に限った場合、どのようなアプローチが標的の選択に適しているのだろうか。これに関する近年の文献によると、1 治療用放射性医薬品と同じ標的について診断用放射性医薬品でモニターする、2 一般的疾患をコントロールするポイントをモニターする、3 治療薬に影響される生化学的過程の下流のモニターをする、4 製薬会社が標的としている同じコントロールポイントのモニターに体外計測法を応用する、等に分類することができ、本総説では、それらについて考察を展開している。いずれにしても、核医学がもう一度変わるべき絶好の機会が今訪れているようである。

論文名	Deep-inspiration breath-hold PET/CT of the thorax
著者 1	Nehmeh SA
著者 2	Erdi YE
著者 3	Meirelles GS
著者 4	Squire O
著者 5	Larson SM
出典	J Nucl Med. 2007 Jan;48(1):22-6.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	deep-inspiration breath-hold
キーワード 2	PET/CT
キーワード 3	4-dimensional PET/CT
キーワード 4	respiratory gating
キーワード 5	
コメント	深吸気息止め(deep-inspiration breath-hold)PET/CT を報告した最初の論文である。これまで、肺がんなど胸部領域における PET/CT 検査では、融合画像上での腫瘍の位置ずれなどが問題となっていた。これらの問題を解決するべく報告された本論文は、今後臨床で取り入れようと考えている施設にとって、非常に参考となる。
概要	肺がんの 8 症例、10 病変を対象とし深吸気息止め(deep-inspiration breath-hold: DIBH)PET/CT 検査を実施し、通常の安静呼吸下での画像と比較検討した。この DIBH 法は、CT 撮影を深吸気にて行い、PET 撮像時に深吸気レベルでの息止めを一定間隔で繰り返し撮像する手法である。DIBH PET/CT 検査では、患者の呼吸状態を考慮して、9 秒間から 20 秒間の撮像時間で複数回撮像を行い、計 3 分間の収集時間とした。DIBH 法は、患者自身による呼吸のコントロールがしやすく再現性が高いとされている。DIBH PET/CT 検査を行った結果、肺がんなど胸部領域に対する診断の有用性が実証され、融合画像における病巣の重心間距離の乖離が 26.6%改善した。さらに、呼吸運動に起因したアーチファクトが有意に減少し、病巣部における standardized uptake value (SUV)が平均で 32.46%上昇した。

論文名	Evaluation of an experimental breath-holding image acquisition with regard to pulmonary nodule detection on chest FDG PET image
著者 1	Tsuda K
著者 2	Sasaki T
著者 3	Iwabuchi Y
著者 4	Nemoto K
著者 5	Moriyama N
出典	RADIOISOTOPES. 2010 59(10): 587-98.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	breath-holding
キーワード 2	chest
キーワード 3	FDG PET
キーワード 4	respiratory movement
キーワード 5	acquisition time
コメント	息止め FDG PET 検査について、ファントムを用いた実験的研究報告である。最近、呼吸運動の影響を抑制する目的で、息止め下での FDG PET 検査が報告されているが、至適な撮像時間に関しての検討はされていない。本論文では、肺がん病巣を模擬した画質評価ファントムを用いて実験的検討を行い、息止め撮像により FDG PET 検査の撮像時間をどの程度短縮できるか検討しているため参考となる。
概要	最近、呼吸運動の PET 画像への影響を抑制するために、息止め胸部 FDG PET 検査が行われる機会が増加している。しかし、患者にとって 30 秒間以上の息止め撮像は容易ではない。撮像時間の短縮が可能かどうかを検討するため、胸部 PET 画像における息止めの効果をファントムを使って実験した。180 秒間の呼吸運動に摸した連続運動状態で撮像された画像を、60, 90, 120, 150, 180 秒間(15 秒間×4, 6, 8, 10, 12 回)の各収集時間で撮像された静止画像と比較した。撮像時間の短縮により、バックグラウンド領域のカウントの統計変動が増悪したが、180 秒間の連続運動下で撮像された画像と比較して、60, 90 秒間の撮像時間の静止画像は直径 10 mm の小さな結節を可視化できた。我々の研究から、息止めにより、より短い撮像時間で胸部 FDG PET 画像上のより小さな結節が検出できることが示された。

論文名	The usefulness of fully three-dimensional OSEM algorithm on lymph node metastases from lung cancer with 18F-FDG PET/CT
著者 1	Inoue K
著者 2	Moriya E
著者 3	Suzuki T
著者 4	Ohnuki Y
著者 5	Sato T
出典	Ann Nucl Med. 2011 May;25(4):277-87.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	3D-OSEM
キーワード 2	FDG PET/CT
キーワード 3	Lung cancer
キーワード 4	Lymph node metastasis
キーワード 5	
コメント	肺がんリンパ節転移の FDG PET/CT 検査において，3D-OSEM 法の有用性を検証した論文である．PET 検査における収集法は 2D 収集から 3D 収集へと移行し，3D 収集における画像再構成法は FORE+OSEM 法から 3D-OSEM 法へと移行している．これまで，3D-OSEM 法に関する研究報告は数少なかったため，本論文での実験的検討および臨床検討から 3D-OSEM 法の有用性を検証した報告は参考となる．
概要	FDG PET/CT 検査における肺がんリンパ節転移を対象とし，2D-OSEM 法，FORE+OSEM 法および 3D-OSEM 法について比較検討した．ファントムによる実験的検討では，コントラスト比および SNR を算出し，視覚評価(描出能および画質評価)を行った．臨床的検討では，肺がんリンパ節転移 14 症例を対象とし，実験的検討と同様に評価を行った．その結果，3D-OSEM 法による再構成画像は，コントラスト比および SNR が有意に改善され，視覚評価においても画質が有意に改善した．このため，3D-OSEM 法は 3D 収集による PET 検査において，リンパ節転移のより正確な診断を可能にするであろう．

論文名	A 3-Dimensional Mathematic Cylinder Phantom for the Evaluation of the Fundamental Performance of SPECT
著者 1	Onishi H
著者 2	Motomura N
著者 3	Takahashi M
著者 4	Yanagisawa M
著者 5	Ogawa K
出典	J Nucl Med Technol 2010; 38:30–36
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	3D-digital phantom
キーワード 2	reconstruction method
キーワード 3	scatter correction
キーワード 4	attenuation correction
キーワード 5	image evaluation
コメント	SPECT 画像は様々な物理的因子から画像劣化を引き起こす。その原因をシミュレーションにて理解できるツールとしては、最適な研究ツールである。また、この数値ファントムはHP上に置かれ、登録さえすれば誰でもデータを Down Load することが可能である。学生教育や卒後教育などにも非常に有用なファントムである。
概要	SPECT 画像は様々な物理的因子から画像劣化を引き起こす。この研究の目的は、臨床に近い状態での物理的因子を含んだ数値ファントムを作成しそれを元に画質評価を行う。数値ファントム(3D-MAC)は直径 200mm の円柱の中に長さ方向に直径が5段階(4, 10, 20, 40, 60 mm)と変化する3本のシリンダーから成る。3本のシリンダーにはそれぞれ異なるカウントが設定されている。また、散乱、減弱を考慮するために、モンテカルロシミュレーション(EGS4)を用いて、投影データを作成した。また、この投影データは DICOM フォーマットで構成されているため、市販のデータ処理装置にインポート可能な形式である。この 3D-MAC ファントムは、関心領域(ROI)設定の効果、散乱線補正の効果、減弱補正の効果、部分容積効果及び画像再構成法の違いなど幅広い S P E C T 画像の修飾因子を評価できる。

論文名	Comparative study of anatomical normalization errors in SPM and 3D-SSP using digital brain phantom
著者 1	Onishi H
著者 2	Matsutake Y
著者 3	Kawashima H
著者 4	Matsutomo N
著者 5	Amijima H
出典	Ann Nucl Med 2010; 25:59–67
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Brain SPECT
キーワード 2	Anatomical standardization
キーワード 3	3S-SSP
キーワード 4	Statistical analysis method
キーワード 5	Statistical parametric mapping
コメント	統計学的脳機能解析(SPM, 3D-SSP)は臨床現場で幅広く使用されている。その解析方法での根幹をなす ” 解剖学的標準化 ” について 3 次元脳数値ファントムを用いて精度を定量的に評価した論文である。既知の形状が，解剖学的標準化でどのように変化するかを N M S E 法や SICOM を用いて評価を行っている
概要	研究の目的は異なる解剖学的標準化である SPM(eZIS)と 3D-SSP 法の精度の比較を既知の脳デジタルファントムを用いて評価する。著者らは，MR画像を用いて白質，灰白質などを分離し，脳デジタルファントムを作成した。この脳デジタルファントムを用いて，頭部の傾斜角度及び血流欠損部の変形度，カウント欠損部の程度の復元率など，既知の値を元にそれぞれを定量的に評価を行っている。頭部の傾斜に関しては，SPM は精度良く標準化出来たが，3D-SSP は約 2 5 度以上であれば精度が低下した。血流欠損部においては,3D-SSP 法は既知の欠損部に対して 6 . 9 % 程度の誤差が生じたが,SPM 法は 6 3 . 4 % と大きな誤差生じた，血行力学的虚血で広範囲の血流低下部位を有する症例では 3D-SSP 法が望ましいと結論づけている。脳デジタルファントムを用いた既知の数値に対する処理方法の比較により，臨床に即した評価が出来ている。

論文名	Effect of Prefiltering Cutoff Frequency and Scatterand Attenuation Corrections During Normal Database Creation for Statistical Imaging Analysis of the Brain
著者 1	Onishi H
著者 2	Matsutake Y
著者 3	Matsutomo N
著者 4	Kai Y
著者 5	Amijima H
出典	J Nucl Med Technol 2011; 39:231–236
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Three-dimensional stereotactic surface projections
キーワード 2	Z score
キーワード 3	metabolic mapping
キーワード 4	cerebral diseases
キーワード 5	
コメント	統計学的脳機能解析を行う場合に，SPECT 画像再構成条件の最適化が必要不可欠である．この論文は，フィルタ及び散乱・減弱補正を行うことで血流低下部位の検出精度が向上すると結論づけている．また模擬患者に既知の血流低下部位を作成することで，定量性を担保させている．また，Zスコアに依存する SD 分布の解析を行っている．
概要	この論文は統計学的脳機能解析の eZIS と 3D-SSP が再構成条件（前処理フィルタ，減弱及び散乱補正の有無）や正常データベースに与える影響についての研究である．施設固有の正常データベースを作り，データベース作成時のパラメータに前処理フィルタの条件及び減弱・散乱の有無を変化させて，それぞれの条件下でデータベースを作成した．患者データは正常データベース作成時から抽出し，事前に測定された血流低下域（既知の値）を作成した．3D-SSP と eZIS を用いて，それぞれの処理条件が正常データベースの S D 分布及び血流低下部位の検出率を定量的に解析を行った．S D 分布は前処理フィルタの遮断周波数に大きく依存し，Z スコアも 3D-SSP で 30%，eZIS で 14% も大きく変化した．血流低下部位の検出精度は「3D-SSP で 7.5%，eZIS で 55% と大きな誤差が生じた．また，散乱・減弱補正を行うことにより，検出精度は向上した．

論文名	A multi-center phantom study comparing imageresolution from three state-of-the-art SPECT-CTsystems
著者 1	Hughes T
著者 2	Shcherbinin S
著者 3	Celler A
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Cardiol 2009;16: 914-926
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Myocardial perfusion imaging
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	attenuation and scatter correction
キーワード 4	image processing
キーワード 5	
コメント	位置分解能補正 (Evolution, Astonishi, Flash-3D)の精度を心筋ファントムを心筋壁を指標に評価した論文である。線線源のFWHM測定ではほぼ同じ値(8.1 mm)を示したが、実際の心筋ファントムでは大きな差が生じている。また、処理データを汎用の再構成ソフトを用いると余り、大きな有意差は生じていなかった。位置分解能補正の各社のアルゴニズムの差が非常に大きくなっていることを示唆している
概要	この論文は3種類の最新鋭のSPECT/CT装置に提供されている位置分解能補正 (Evolution, Astonishi, Flash-3D)の精度を心筋ファントムの心筋壁を用いて評価した。心筋SPECTの心筋壁の評価ではAstonishが8.5 mm, Evolutionが7.7 mm, Flash-3Dが9.3 mmとばらばらの性能を示し、メーカー推奨条件で行うと9.3 mm, 19.2 mm 18.4 mmと大きく変動した。(Short 画像の閾値 50%)。ただし、均一性は各処理共に向上した。同一処理装置でのデータ処理に於いては、有意な差は認められなく、各装置のアルゴニズムでは心筋壁は110%も異なった値を見いだした

論文名	Quantitative Accuracy of Clinical 99mTc SPECT/CT Using Ordered-Subset Expectation Maximization with 3-Dimensional Resolution Recovery, Attenuation, and Scatter Correction
著者 1	Zeintl J
著者 2	Vija A.H
著者 3	Yahil A
著者 4	Hornegger J
著者 5	Kuwert T
出典	J Nucl Med 2010; 51:921–928
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	quantitative SPECT
キーワード 2	SPECT/CT
キーワード 3	OSEM-3D
キーワード 4	system calibration
キーワード 5	
コメント	この論文は、臨床的な画像（SPECT 画像）から、いかにして定量値を求め、それを検査に反映させていくかを、物理量を旨く表現して解析している。その手法は、全てにおいて定量的に数値的に評価できる点で非常に絶賛できる。また、減弱及び散乱だけでなく近年の位置分解能補正を加味した定量値などで評価している。SPECT でも正確に補正を行えば、定量値が信頼できる良い事例である
概要	この論文は SPECT 画像におけるさまざまな修飾因子（散乱、減弱、位置分解能）を全て補正を行い、画像から定量値を求めその精度を検証することを目的としている。画像診断におけるさまざまな標的臓器を大きさの異なる球体を用いてシミュレートし、場所、画素サイズ、カウント密度及び再構成条件に対する放射能の推定誤差を詳細に検討を行っている。また、そこから得られたカウント値からウエルカウンターを用いて kBq/cc を精度良く求めて臨床に適応した。放射能濃度に平均精度は 3.6% と高い値を示し、患者さんを用いた臨床でも 1.1% の精度が保てた。このような高精度は、やはり散乱補正、CT による減弱補正及び位置分解能補正を行うことにより実現できた精度とであると結論づけている。このような結果は臨床時での、SPECT 定量化の幕開けを物語っている。これは、単に画像のみならず全ての物理現象を的確に補正して行く重要性を示唆している。

論文名	Wide beam reconstruction for half-dose or half-time cardiacgated SPECT acquisitions: optimization of resourcesand reduction in radiation exposure
著者 1	Marcassa C
著者 2	Campini R
著者 3	Zoccarato O
著者 4	Calza P
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging 2010; 38:499-508
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Myocardial perfusion scintigraphy
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	Reconstruction algorithms
キーワード 4	Filtered backprojection
キーワード 5	Wide beam reconstruction
コメント	日本には導入されていない位置分解能補正用 ” Wide beam reconstruction ” 法と F B P 及び従来の O S E M の分解能の評価を行い、心筋血流 SPECT の投与量の半減と収集時間の短縮について物理評価と臨床的有意を示唆している。特に、Wide beam reconstruction は単独で購入できる再構成用ソフトウェアである
概要	この論文は Wide beam reconstruction(WBR)自体が位置分解能補正用ソフトであり、それを用いることにより位置分解能の向上とノイズ低下が生じるのでその特徴を心筋 SPECT に適応させた。外国の発想でノイズ低下が生じるので心筋の短時間収集が可能であると仮定し、投与量、収集時間を変化させてストレススコア (SSS)とレストスコア(SRS)及び左室駆出率(LVEF)で評価を行った。患者群を A 群（標準投与で、標準時間と半時間） B 群（半分量投与、標準時間、半時間）に分けて、まず、ファントムで WBR の有用性を導き出した（FWHM, CV). WBR を用いた短時間収集が標準時間の O S E M と有意差は生じなかったとの結論を得て、WBR 処理での心筋 SPECT の短時間収集が可能である。被ばくの観点から投与量を半減すると事によっても同様な効果が得られると考察している

論文名	Performance of a SPECT collimator-detector response reconstruction algorithm: phantom studies and validation in inflammation clinical studies
著者 1	Arosio M
著者 2	Pasquail C
著者 3	Crivellaro C
著者 4	Ponti E, DE
著者 5	Morzenti S
出典	Q.J. Nucl Med Mol Imaging 201; 55:671–679
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Tomography
キーワード 2	Emission computed
キーワード 3	single-photon image reconstruction
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	骨の炎症を診断する場合の SPECT で, Collimator detector response (CDR: GE Evolution)と F B P 及び従来型の O S E M の再構成法の違いによる FWHM, コントラスト及び S N R についてファントムと臨床で比較を行った論文である.
概要	この論文は, 骨 SPECT 収集において CDR 補正 (位置分解能補正), F B P 及び従来型の OSEM 法の比較をファントムと炎症を観る骨 SPECT で評価した. ファントムでは球状の FWHM を半径方向と接線方向で評価し, 画像コントラスト, 及び SNR で評価を行い, 臨床では局所の炎症にターゲットを絞り標的バックグラウンド比 (TBR)で評価した. ファントムでは CDR に有意に分解能向上が観られ, 雑音低減の生じた. コントラスト及び SNR におは有意な差は生じなかった. 半分収集時間での CDR と普通の収集時間との F B P では病巣周囲で C D R の有意が見られたが, O S E M では有意差は生じなかった. 視覚的には CDR の方が有意に高いスコアを示した. CDR での骨 SPECT は画質を損なうことなく, 短時間収集が可能となった

論文名	MIRD pamphlet no. 17: The dosimetry of nonuniform activity distributions radionuclide S values at the voxel level
著者 1	Wesley E. Bolch
著者 2	Lionel G. Bouchet
著者 3	James S. Robertson
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med. 2000, vol. 40, no1, pp. 11S-36S (120 ref.)
カテゴリー1	850 Radiotherapy
カテゴリー2	822 放射線に関する測定
キーワード 1	voxel S values
キーワード 2	MIRD schema
キーワード 3	nonuniform
キーワード 4	dosimetry
キーワード 5	radionuclide
コメント	放射線内用療法において不均一な分布の放射性物質から放出される β 線による治療線量をガンマカメラによって収集された分布から求める試みがなされてきた。本論文は放射性物質によって周囲に付与される吸収線量を求めるために必要なデータベースを提供している。SPECT 収集において正確な放射能分布を取得する必要があることは言うまでもないが、不均一な放射性物質からの吸収線量の求め方を知るためには有用な文献である。
概要	32P、89Sr、90Y、99Tc、I131 の S 値 (mGy・MBq-1・sec-1) を 3mm と 6mmVoxel における線源から 6cm 立方体内の分布および I131 の 0.1mmVoxel をデータベースとして示したものである。このシェーマは MIRD 法における S 値の算出をより細かくボクセル単位で示したもので、詳細な放射能分布からの吸収線量を計算できるようにしたものである。

論文名	Characterization of Scatter and Penetration Using Monte Carlo Simulation in 131I Imaging
著者 1	Yuni K. Dewaraja
著者 2	Michael Ljungberg
著者 3	Kenneth F. Koral
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med. 2000 January ; 41(1): 123–130.
カテゴリー1	300 Nuclear medicine
カテゴリー2	800 measurments and /or dosimetrys
キーワード 1	scattercorrection
キーワード 2	penetration
キーワード 3	131limaging
キーワード 4	SPECT
キーワード 5	MonteCarlosimulateddata
コメント	131I のような高エネルギーガンマ線を使用したイメージングでは、コリメータの貫通や散乱線による定量精度の低下が見られる。モンテカルロシミュレーションを用いて物質と干渉しない光子 (Primary)物質内やコリメータにおける光子の貫通(Penetration)、散乱(Scatter)成分を分離して評価を行っている。高エネルギー光子による光子の挙動とイメージングの理解をし、その問題点を思索するにはよい論文である。
概要	131ISPECT イメージングでは物質による散乱やコリメータでの散乱、貫通によって画像が劣化する。モンテカルロシミュレーションを用いて、これらの成分をエネルギースペクトルで評価を行っている。まず、シミュレーション評価の精度を点線源やファントムシミュレーションを用いて確認した。次にバックグラウンドに放射能がないファントム内の Hot ROI、Cold ROI、バックグラウンドに放射能を含む Hot ROI、Background ROI における Primary、Scatter、Penetration をエネルギースペクトル解析を行った。また、TEW 法による131I イメージングの散乱線除去の精度を確認している。TEW による散乱線除去は131I イメージングにおいても12%以下の精度でよく補正を行っているが、エネルギースペクトルによる手法を用いた TEW 法ではコリメータのペネトレーションの補正は困難であることがわかる。

論文名	Investigation of single, random, and true counts from natural radioactivity in LSO-based clinical PET
著者 1	Seiichi Yamamoto
著者 2	Hitoshi Horii
著者 3	Mitsuru Hurutani,
著者 4	Keiichi Matsumoto
著者 5	Michio Senda
出典	Annals of Nuclear Medicine Volume 19, Number 2, 109-114, DOI: 10.1007/BF03027389
カテゴリー1	333 PET(ポジトロンエミッショントモグラフィ検査)
カテゴリー2	741 インビボ測定・検査用装置
キーワード 1	LSO
キーワード 2	natural radioactivity
キーワード 3	coincidence
キーワード 4	PET
キーワード 5	
コメント	Lutetium oxyorthosilicate(LSO)シンチレータを用いた PET 装置ではシンチレータに含有する ^{176}Lu による β -崩壊およびそれに伴うガンマ線の放出より、singles、random イベントを増加させるとともに、 β 線とガンマ線の同時計数による True イベントを発生する。この現象が臨床に及ぼす影響や同時計数のエネルギーウィンドウとの関係を調査している。通常臨床使用で影響を受けることはまずないが、微小放射線を計測するような用途に使用する場合に誤差要因の1つとして記憶しておくといだろう。
概要	^{176}Lu の PET 装置に影響する機序を明らかにするために、 ^{176}Lu のエネルギースペクトルや PET 装置の single、random、true count と Lower energy threshold との関係を測定している。Threshold が 250keV 以下で 10kcps を超える。しかしながら、通常セットされるエネルギーは 350keV 以上であるため、その影響は 1kcps 以下となる。

論文名	Optimization of Energy-Window Settings for Scatter Correction in Quantitative ^{111}In Imaging: Comparison of Measurements and Monte Carlo Simulations
著者 1	Maria Holstensson,,1 and Glenn D. Flux1
著者 2	Cecilia Hindorf
著者 3	Michael Ljungberg
著者 4	Mike Partridge
著者 5	Glenn D. Flux
出典	CANCER BIOTHERAPY & RADIOPHARMACEUTICALS Volume 22, Number 1, 2007
カテゴリー1	533 核医学画像
カテゴリー2	331 プラナー、ダイナミック検査
キーワード 1	Monte Carlo
キーワード 2	dosimetry
キーワード 3	quantification
キーワード 4	scatter
キーワード 5	^{111}In imaging
コメント	^{111}In イメージングにおける散乱線補正方法について TEW 法と 2 種類の変法による方法をモンテカルロシミュレーション用いて比較検討している。光電ピークが 2 つ以上ある場合に装置のエネルギーウインドウセッティングの制限によって TEW 法を採用できない場合などに有効な散乱線補正の手法を紹介し、各々の精度を検証している。散乱線補正の基礎と応用について学ぶにはよい文献である。
概要	^{111}In は主に 171keV と 245keV の 2 つの光電ピークを発生するが、散乱線補正を行うさいに、一般的である TEW 法を用いると合計 6 つのウインドウによる収集を行う必要がある。これに対して、散乱補正ウインドウを 171 と 245keV の中間に 1 つおく方法と 171keV の Lower 側に 1 つおく EXT,LEW という方法を TEW 法と比較を行っている。感度、コントラスト、分解能および散乱線と全カウントの比をモンテカルロシミュレーションで計算している。全ての補正でコントラスト、分解能は同等の結果となった。EXT 法は最も感度に優れる結果であった。171keV と 245keV の間の 209keV に 10%ウインドウを置く手法が推奨される。モンテカルロシミュレーションの結果ともよく一致していた。

論文名	Quantitative accuracy of clinical Tc SPECT/CT using ordered-subset expectation maximization with 3-Dimensional resolution recovery, attenuation, and scatter correction
著者 1	Johannes Zeintl
著者 2	Alexander Hans Vija
著者 3	Amos Yahil
著者 4	Joachim Hornegger
著者 5	Torsten Kuwert
出典	J Nucl Med 2010; 51:921–928
カテゴリー1	840 Nuclear medicine
カテゴリー2	533 核医学画像
キーワード 1	quantitative SPECT
キーワード 2	SPECT/CT
キーワード 3	OSEM-3D
キーワード 4	system calibration
キーワード 5	
コメント	99mTc SPECT における臨床 SPECT/CT の放射エネルギーの定量値補正方法を提案している。コリメータ開口補正、CT による減弱補正、散乱補正を組み込んだ市販パッケージの 3D-OSEM 再構成法を使用し、ファントムによる検証を行い、人体において TC-MDP を投与した患者の画像に提案した手法を適用している。ガンマカメラによる dosimetry 手法について考察するには参考になる文献である。
概要	手法1、数値ファントムシミュレーションを用い、さまざまな再構成パラメータによるリカバリー係数を求めた。直径を変化させた球を用い、物体の大きさ、位置、ピクセルサイズ、カウント、再構成パラメータによる放射能測定誤差に注目しシミュレーションした。手法2、SPECT/CT システムのクロスキャリブレーション係数を大型の円柱ファントムを使用し、ウェルカウンタを用いて計算した。この係数を用いることで、SPECT カウント値を kBq/ml で求めることができる。手法3、手法1、2より求められた係数を円柱ファントムに入れた大きさの異なるサイズの球によって得られた SPECT 画像に適応して検証した。人体における検証として16名の骨シンチを行った患者の膀胱を含む骨盤部の SPECT/CT 画像を収集し、膀胱の放射能濃度を患者の尿中放射能濃度を基準として平均の誤差と標準誤差を計算した。結果ファントム実験にて放射能濃度の誤差は平均3.6%(SE8.0%)で95%信頼区間は-19.4%から+12.2%であった。患者による検討では、誤差の平均1.1%(SE8.4%)95%信頼区間15.4%から17.5%であった。結論 コリメータ開口補正、CTによる減弱補正、散乱補正を組み込んだ3D-OSEM再構成を用いた現行のSPECT/CT技術によりTcにおける放射能濃度の計測精度はファントムにて平均3.6%、人体膀胱部の評価で1.1%の誤差で計測できた。このことはSPECT定量を臨床におけるルーチン評価を行う機会の可能性を示した。しかしながら臨床における定量評価には測定誤差を生じることは避けられない。

論文名	Physical and clinical performance of the mCT time-of-flight PET/CT scanner
著者 1	Jakoby BW
著者 2	Bercier Y
著者 3	Conti M
著者 4	Casey ME
著者 5	Bendriem B
出典	Phys. Med. Biol. 56 (2011) 2375-2389
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	PET/CT
キーワード 2	Time of flight
キーワード 3	TOF
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	論文名に装置名"mCT"がある（JSRT 規定では不可）。PSF 補正、TOF 使用などの技術を用いた PET 装置の性能評価には参考になる論文。
概要	S i m e n s の TOF PET-CT Biograph mCT の性能評価に関する論文。mCT システム、PSF 補正、Time of Flight(TOF)情報利用での性能改善を NEMA2007 で評価した。また計数率による TOF 時間分解能、エネルギー分解能、空間分解能も評価した。 結果、従来機種（TruePoint TrueV）と比較して大幅な性能向上を確認できた。計数率による TOF 時間分解能、エネルギー分解能、空間分解能の変化は僅かで、特に FDG 全身検査の計数率では変化は認められなかった。 TOF 効果は IEC Body ファントムにて、コントラストと S/N の改善が示された。また同様のコントラストを得るのに、TOF 情報を使うと OS-EM 逐次近似回数を減らすことができた。

論文名	Effect of Patient Arm Motion in Whole-Body PET/CT
著者 1	Lodge MA
著者 2	Mhlanga JC
著者 3	Cho SY
著者 4	Wahl RL
著者 5	
出典	J Nucl Med 2011;52(11):1-7
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	PET/CT
キーワード 2	artifact
キーワード 3	motion
キーワード 4	arm
キーワード 5	scatter correction
コメント	臨床でしばしば経験するストリーク状の Cold アーチファクトの原因を調査した興味深い論文。「CT と PET の位置ズレによる散乱線補正の誤り」が原因との結論である。 本論文は腕だけを論じているが、膀胱の高集積部など他の部位でも同様のことが起きると考えられる。
概要	PET-CT において PET と CT 撮影間での腕の位置ズレが PET 画像に与える影響を評価した。 位置ズレにより PET 散乱線補正が正しく行われず、ストリーク状の Cold アーチファクトが発生する。 胴体（頭部）を Ge-68 円柱ファントム、腕を F-18 水溶液封入のファントムで擬似人体ファントムを作成して評価。腕の放射能が強い程、アーチファクトが強くなった。また 2D/3D を比較すると 3D 収集でアーチファクトが顕著であった。 ストリーク状の Cold アーチファクトをなくすには散乱補正を外せばよいが、定量性・コントラストは低下する。

論文名	An Assessment of the Impact of Incorporating Time-of-Flight Information into Clinical PET/CT Imaging
著者 1	Lois C
著者 2	Jakoby BW
著者 3	Long MJ
著者 4	Hubner KF
著者 5	Barker DW
出典	J Nucl Med 2010; 51:237-245
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	TOF
キーワード 2	PET
キーワード 3	Lesion detectablility
キーワード 4	Oncology
キーワード 5	PET/CT
コメント	TOF 利用の効果を多くの臨床データから検証した論文である。 国内向けに、マルチセンター共同研究などで、小さい体型での評価が必要であると考える。
概要	TOF 情報の利用による臨床画像の改善を 100 以上の臨床データで検証した。 結果、BMI が大きくなるほど S/N の改善が認められた。特に腹部でその傾向が強かった。肺野では BMI による相関は弱い S/N 改善は大きかった。頭部では測定対象物が小さいためか、S/N 改善するもの効果は低かった。 TOF 利用により、肝臓・脾臓のアーチファクトを低減できた。また肝臓での擬陽性を減らすこともできた。 TOF 利用により FDG-PET の診断能は向上する。

論文名	Positron Emission Tomography Compartmental Models
著者 1	Gunn RN
著者 2	Gunn SR
著者 3	Cunningham VJ
著者 4	
著者 5	
出典	J Cereb Blood Flow Metab 2001 21(6), 635-652.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	PET
キーワード 2	Compartmental models
キーワード 3	Tracer kinetics
キーワード 4	Plasma input models
キーワード 5	Reference tissue input models
コメント	核医学検査の中でも特徴的な動態機能検査 (コンパートメントモデル) について扱った理論中心の論文。 PET を用いた受容体結合能解析を主体にしているが、コンパートメントモデル解析全般に通ずる解説となっている。 原著論文である理由は、コンパートメントモデルに対する視点の違いであり、通常は薬剤の流入出を生理学的意味を持つように (直列に) つなげ、微分方程式の解を導くが、筆者らは導いた解が入出力のみの 2 コンパートメントモデルの線形和に分離できることを根拠に、従前のモデルを並列モデルに書き換え、従来のモデルとは異なる新たな解釈のもとでのモデルを提唱している。 モデルの書き換えにより、コンパートメント間を結ぶ速度定数は生理学的意味を持たなくなる欠点を有するが、安定したパラメータ (速度定数) 推定法の構築や従前では解釈しづらい事柄の理解を深めるには非常に有効な論文であると考える。
概要	本論文は一般化した PET コンパートメントモデル理論を示したもので、生理学なパラメータではなくその複合体であるマクロパラメータが、準インパルス応答群 (血漿中遊離リガンドが示す時間放射能曲線を入力とした応答群) から簡単に求められることを示している。そのマクロパラメータとインパルス応答関数群は、構成されるコンパートメントの数や接続の仕方に関わらず、全てのモデルで共有できる。また、事前にコンパートメントの数を特定した、個別のコンパートメントモデルは、基底関数となるインパルス応答の数をいくつにするか (何項の線形和にするか) 選ぶことと等価である。突き詰めると、数値計算上、同定可能なコンパートメントの数は、PET ダイナミック撮像のデザインと統計雑音に依存した PET データによって決定されることとなる。特定のモデルを選択することで、同定可能な要素数が選んだモデルの要素数よりも少ない (非常に高いノイズが原因となる) か、選んだモデルの要素数よりも多い (1つのコンパートメントに複数の要

	素が混入してしまう) 問題に直面することになってしまう。本論文は、モデル選択という先験情報なしで基底関数群からマクロパラメータが推定できる、より一般化したアプローチを提示している。
--	--

論文名	Positron Emission Tomography Compartmental Models: A Basis Pursuit Strategy for Kinetic Modeling
著者 1	Gunn RN
著者 2	Gunn SR
著者 3	Turkheimer FE
著者 4	Aston JAD
著者 5	Cunningham VJ
出典	J Cereb Blood Flow Metab 2002 22(6), 1425-1439.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	PET
キーワード 2	Tracer kinetics
キーワード 3	Compartmental modeling
キーワード 4	Parameter estimation
キーワード 5	Basis pursuit denoising
コメント	Gunn RN et al. Positron Emission Tomography Compartmental Models. J Cereb Blood Flow Metab 2001 21(6), 635-652.の続編。先の論文は理論のみの提示に留まっていたが、それを実際の PET データに当てはめた場合の実験結果について報告している。 DEPICT (data-driven estimation of parametric images based on compartmental theory)と呼ばれる手法は、動脈採血から得られる入力関数と最も単純な 1 組織 2 コンパートメントモデルから候補となる時間放射能曲線群を作成し、これらと実測データの L1 ノルムを用いた罰則付き最小二乗法による当てはまり具合から、数本の基底関数を選択しマクロパラメータと呼ばれる速度定数の複合体を推定、推定したマクロパラメータから受容体結合能(binding potential: BP)など生理学的意味を持つパラメータを計算する手法。 手法そのものは他にも見られるが、コンパートメント解析を考察した上での手法開発であり、説得力がある。また、先の論文で触れられていない理論的な補足(グラフ解析法の新規モデル上での解釈)も Appendix として追記されていることから、2 編併せて読むと良いと考える。
概要	PET ダイナミック撮像における <i>in vivo</i> トレーサ検査の定量化のための動態モデル解析手法の提案についての論文。提案手法は <i>in vivo</i> におけるトレーサの挙動を記述した一般化コンパートメントモデルを基にした手法で、簡素なモデルでかつ計測中に動態が変化しない場合を想定している。また、この手法は過完備な基底関数群から信号成分を抽出する基底追跡(basis pursuit)法を用いて、組織の時間放射能曲線を構成する要素曲線群を決定している。この手法を用いることで、要素曲線の特徴づける複数のマクロパラメータを推定することができる。パラメータ推定は ROI 解析あるいはパラメトリックイメージのどちらにも対応可能である。付け加えて、決定した要素曲線数が計算時に想定されているコンパートメント数であり、この数も自動的に入手できる。実証実験として既存

	の 2 手法 (グラフ解析法、スペクトル解析法) との性能比較をした。また、実測データへの適用として、[C-11]ジプレノルフィン (Diprenorphine, モルヒネ受容体リガンド) と [C-11]WAY-100635 (5-HT_{1A} 受容体リガンド) を示した。本論文では、PET の中枢神経受容体結合能試験についての記述であるが、脳腫瘍や腫瘍、心臓の PET/SPECT 検査の定量化への応用も可能である。
--	---

論文名	Graphical analysis of reversible radioligand binding from time-activity measurements applied to [N-11C-methyl]-(-)-cocaine PET studies in human subjects
著者 1	Logan J
著者 2	Fowler JS
著者 3	Volkow ND
著者 4	Wolf AP
著者 5	Dewey SL
出典	J Cereb Blood Flow Metab 1990 10(5), 740-747.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Cocaine
キーワード 2	PET
キーワード 3	Graphical analysis
キーワード 4	Transfer constants
キーワード 5	Compartmental modeling
コメント	組織に取り込まれた薬剤が順方向の一方的な反応で蓄積されるのではなく、逆反応も存在する reversible モデルに対して適用されるグラフ解析法。開発者の名前をとり、ローガンプロット (Logan plot)などと呼ばれる (対して、蓄積型の場合ではパトラックプロット (Patlak plot)が有名)。その初出論文で引用文献にふさわしい論文。典型的な reversible model として、リガンド-受容体反応、酵素-基質反応がある。
概要	放射性トレーサ投与後、組織と血漿の放射能濃度を複数回測定した下で、可逆的な反応(reversible)である、受容体結合もしくは酵素基質反応に適用させるためのグラフ解析法を提案した論文。ある一定時間 t^* (原文では t_f) 以降のデータについて、縦軸に $\int \text{ROI}(t)dt / \text{ROI}(t)$ 、横軸に $\int C_p(t)dt / \text{ROI}(t)$ (ROI は PET 画像からの組織時間放射能曲線、 C_p は血漿の時間放射能曲線)をとることで、総分布容積 (定常状態における、血漿容積と、トレーサ分布を血漿容積に置換した値の和) に一致した傾きを持つ直線が得られる。このグラフ解析法からは、直線の傾きから $B_{\max} / K_D$ 比 (受容体濃度/解離定数比) という、in vitro 測定と同じパラメータを得る事ができる。この方法は、単一被検者の複数回測定における再現性の比較や、長期間または薬剤介入試験、被検者間の比較などを簡単かつ迅速に実施できる。この解析法は、ROI/ C_p が一定のときには (当然) 直線性が保たれるが、多くの状態で直線性はそれよりも前の時期に成立する。この手法を健常人ボランティアの [N-methyl- ^{11}C]-(-)-cocaine ([C-11]コカイン) PET 検査のデータに適用し、その結果を非線形最小二乗推定の結果と比較した。計算により求められた $B_{\max} / K_D$ 比は、コカインとの親和性が高い部位で 0.62 ± 0.20 と、ヒトの死後脳から得られた文献値と一致した値を得た。

論文名	Graphical Evaluation of Blood-to-Brain Transfer Constants from Multiple-Time Uptake Data
著者 1	Patlak CS
著者 2	Blasberg RG
著者 3	Fenstermacher JD
著者 4	
著者 5	
出典	J Cereb Blood Flow Metab 1983 3(1), 1-7.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Blood-brain transport
キーワード 2	Multiple-time
キーワード 3	Graphical analysis
キーワード 4	Transfer constants
キーワード 5	
コメント	FDG のように、組織に取り込まれた薬剤が (検査期間内において) 一方向の反応で蓄積されると仮定できる irreversible モデルに対して適用されるグラフ解析法。開発者の名前をとり、パトラックプロット (Patlak plot)と呼ばれる。本論文は、血漿/血液の放射能濃度比測定を必要とし、パトラックプロットの一般式導出までには至っていないが、次に続く論文(Patlak CS et. al. J Cereb Blood Flow Metab 1985 5(4), 584-590.)と共に引用されることが多い。
概要	血液から脳組織への移行モデルは、ダイナミック撮像データをグラフ化することでその過程が描出され、一方向のみの変化が検査時間内の一部あるいは全体で起きているか否かが判断される。仮にグラフが一方向への集積を示すとした場合(irreversible モデルの場合)、 K_i (influx constant)を算出することが可能となる。このモデルは、一定の速度定数を持ち、血液-血漿コンパートメントと reversible な組織コンパートメント群、そして一つ以上の irreversible な組織コンパートメントで構成されていると仮定する。このモデルによる解は、血漿の放射能濃度の時間積分に対する、そのときの組織/血漿-放射能濃度比をプロットすることで算出できる。仮に測定データがこのモデルに沿う場合、グラフは曲線から最終的には傾き K_i の直線となり、直線の切片は血液容積+定常状態における reversible な組織の分布容積と等しいかそれ以下となる。

論文名	Graphical Evaluation of Blood-to-Brain Transfer Constants from Multiple-Time Uptake Data. Generalizations
著者 1	Patlak CS
著者 2	Blasberg RG
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Cereb Blood Flow Metab 1985 5(4), 584-590.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Graphical analysis
キーワード 2	Tissue uptale data
キーワード 3	
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	FDG のように、組織に取り込まれた薬剤が (検査期間内において) 一方向の反応で蓄積されると仮定できる irreversible モデルに対して適用されるグラフ解析法。開発者の名前をとり、パトラックプロット (Patlak plot)と呼ばれる。先の論文(Patlak CS et. al. J Cereb Blood Flow Metab 1983 3(1), 1-7.)の一般化を行い、臨床使用により適した(血漿/血液濃度比の測定が不要など)解析法となっており、現在まで広く用いられているグラフ解析による定量解析手法である。
概要	トレーサが不可逆的(irreversible)にトラップされる系における、検査期間にわたっての血液と組織の放射能濃度測定など連続的なデータに対するグラフ解析法(Patlak CS et. al. J Cereb Blood Flow Metab 1983 3(1), 1-7.)の拡張を行った。一般化された手法は、組織でのトレーサの補足が不十分な場合や血液-血漿それぞれの放射能濃度測定が困難な場合、あるいは両者が同時に発生した場合でも用いる事ができる。この一般式の導出は、実際の推定のためのコンパートメントモデルとは独立しており、reversible なコンパートメントが実質上血液と定常状態になった時にパラメータ推定が可能となる。この手法は、直接的なコンパートメント解析で現れるよりも、少なくとも 1 つ非線形部分が少ない場合に定式化できる。その具体例として、1 つの reversible コンパートメントと 1 つの irreversible コンパートメントを持ったモデルについて提示する。

論文名	Consensus nomenclature for in vivo imaging of reversibly binding radioligands
著者 1	Innis RB
著者 2	Cunningham VJ
著者 3	Delforge J
著者 4	Fujita M
著者 5	Gjedde A
出典	J Cereb Blood Flow Metab 1985 5(4), 584-590.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	PET
キーワード 2	SPECT
キーワード 3	Modeling
キーワード 4	Nomenclature
キーワード 5	Molecular imaging
コメント	放射性リガンドを用いた in vivo での受容体イメージングについて、用いる学術用語や記号を統一させた論文。関係する論文を読む際の助けになり、記述する際にはこの論文に準拠すべきもの。Review article となっているが、当該分野を研究する場合、一読すべき論文。
概要	in vivo における放射性リガンドイメージング分野では、いくつかの異なる学術用語や略語が定義されてきた。これに対し、読者の混乱を招かないよう、その多様性を見直すことが無いままだった。我々はこれら用語の多様性が本分野に混乱や悪影響を与えるものと考え、相互の明快な意思疎通のためにも本論文で記載した統一された用語システムを用いる事を推奨する。我々は、1組織または2組織のコンパートメントモデルに限定して用語の統一を行っており、さらにコンパートメントを追加したモデルや新しいモデルに対しては新たな記述が必要であろうことを認める。我々は、この基礎的な記述システムが用語追加の際の有効的な指針となることを期待する。

論文名	Comparison of Bolus and Infusion Methods for Receptor Quantitation: Application to [^{18}F] Cyclofoxy and Positron Emission Tomography
著者 1	Carson RE
著者 2	Channing MA
著者 3	Blasberg RG
著者 4	Dunn BB
著者 5	Cohen RM
出典	J Cereb Blood Flow Metab 1993 13(1), 24-42.
カテゴリー1	Cyclofoxy
カテゴリー2	Equilibrium
キーワード 1	Infusion
キーワード 2	Modeling
キーワード 3	Opiate receptor
キーワード 4	組織に取り込まれた薬剤の反応が順反応だけではなく、逆反応も存在する reversible モデルに対して、放射性リガンド(トレーサ)の持続投与により定常状態を人体内で再現する検査手法。 ^{123}I -IMP がこの手法に近く、一旦肺に捕捉されたトレーサが徐々に脳組織へ移行するため見かけ上トラップされたかのようになる。通常のボーラス投与による検査がインパルス応答を測定する検査であるのに対し、本論文の手法はステップ応答を視る検査に相当する、定常状態が成立した場合、薬剤移行の速度定数を求めるなど複雑な計算が必要なく、供給側の血漿と観測側の組織の放射能濃度比を取るだけで生理薬理学的指標を得る事ができる (in vitro における平衡法と同じ原理)。手技が煩雑で制御が難しく、一般的な手法ではないが、検査プロトコルを変えて問題を解く点は非常に参考になると考える。
キーワード 5	オピエート受容体のアンタゴニスト[F-18]cyclofoxy ([F-18]CF) を用いた PET 測定をサル(baboon)に対して実施した。ボーラス投与検査では最初の組織への取り込みは血流を反映していた。投与後期の取り込みは尾状核, 扁桃体, 視床, 脳幹で最も高く、小脳で最も低かった。投与 60 分後からは、局所脳組織の放射能濃度は、[F-18]CF の代謝物の影響を取り除いた血漿の時間放射能曲線と比例して減衰する、いわゆる過渡平衡状態が見られた。血漿および組織の時間放射能曲線からコンパートメントモデル法により速度定数の推定を行ったが、それぞれの速度定数の推定精度は悪かった。定常状態下で組織/血漿の放射能濃度比を取ることで得られる総分布容積(V_T)は信頼に足る精度で推定が可能であった。過渡平衡状態において組織/血漿比を取ることで得られる見かけ上の分布容積(V_a)は、その部分の V_T と比較して顕著に過大評価されており、画像コントラストも異常に高かった。これらの違いはコンパートメントモデル理論から、血漿からの洗い出し率と組織中の最も遅いコンパートメントの洗い出し率が近い値になるためであると予想された。 V_T を測定する簡便法の開発のため、最初のボーラス投与とそれに続く持続投与(bolus injection plus continuous infusion: B/I)法を計画し、別実験として実施した。B/I 法による見かけ上の分布容積 V_a は B/I 法、通常のボーラス投与から推定された V_T と一致した。開発した持続投与法は高精度な受容体測定を可能とし、検査時間の短縮や PET データと採血データの測定および処理を簡素化させる能力を持っている。

コメント	Cyciofoxy
概要	Equilibrium

論文名	Maximum Likelihood Reconstruction for Emission Tomography
著者 1	Shepp LA
著者 2	Vardi Y
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Med Imaging 1982 MI-1(2), 113–122.
カテゴリー1	Detectors
カテゴリー2	Iterative algorithms
キーワード 1	Mathematical model
キーワード 2	Maximum likelihood estimation
キーワード 3	Probability
キーワード 4	現在一般的に用いられている、OSEM 法やそれに類する手法の原点である、ML-EM 法の最初の論文。EM 法ベースの逐次近似画像再構成について議論する場合に良く引用される論文。
キーワード 5	emission tomography (ET)に対する以前の数理モデルは、transmission tomography のそれと区別が付かなかった。そこで、ET 用の未知の放射能分布を示すより高精度な一般的数学モデルを構築し、各検出器で計数されたカウント数から画像再構成を行った。このモデルでは、ある画素値が代入された時、検出される計数が、実測のカウント数となる条件付き確率を最大化する画素値を推定する手法を採用。シミュレーション実験にて提案手法は、従来の (平滑化処理を加えていない) convolution back projection 法に比べ統計雑音による画像アーチファクトを低減させることができた。これは、統計雑音が大きな制限要素となる emission tomography にとって重要なことである。この手法は、どんな形状の断層撮影装置でも適用可能で、SPECT/PET 問わず、time of flight の時間差情報、ポジトロンレンジや角度揺動の補正係数を単純な方法で組み込むことができる。また、各手法について計算処理の収束速度について議論した。
コメント	Detectors
概要	Iterative algorithms

論文名	EM Reconstruction Algorithms for Emission and Transmission Tomography
著者 1	Lange K
著者 2	Carson RE
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	J Comput Assist Tomogr 1984 8(2), 306-316.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Image reconstruction
キーワード 2	Emission computed tomography
キーワード 3	Maximum likelihood
キーワード 4	EM algorithm
キーワード 5	
コメント	現在一般的に用いられている、OSEM 法やそれに類する手法の原点である、ML-EM 法の初期の論文。数理的な理論について詰めた論文で、Shepp らの論文(IEEE Trans Med Imaging 1982 MI-1(2), 113-122.)と併せて引用されることが多い。Emission CT だけではなく、外部照射型(X 線 CT 様の)transmission CT についても定式化したところが特徴的。
概要	光子計数の誤差分布がポアソン分布に従うことと幾つかの物理学的特徴を正確に組み入れた emission, transmission 用二つの尤度モデルを提案した。ほぼ全ての代数的手法のように、再構成される領域を小さな画素群に分割し、それぞれの画素に対し放射能濃度あるいは線減弱係数を推定しなければならない。最尤推定法では、それらのパラメータを尤度 (観察確率) の最大化によって推定される。EM アルゴリズムは最尤推定値を見つけるための繰り返し手法である。本論文では、全ての EM アルゴリズムに隠れている一般原理について考察し、emission, transmission CT のために特化したアルゴリズムを導出する。EM アルゴリズムには、(a)良質な物理モデルを正確に組み込むことができる、(b)全ての推定値が負にならない拘束条件を自然に持っている、(c)再構成画質の優れた指標となる、(d)パラメータ推定では 1 つのベクトル (画像) へと大局的に収束する利点が含まれている。我々は線源-検出器の幾何学的関係のような計算に必要な物理的特徴の特定について議論した。実際の再構成については事後の課題とする。

論文名	A Theoretical Study of Some Maximum Likelihood Algorithms for Emission and Transmission Tomography
著者 1	Lange K
著者 2	Bahn M
著者 3	Little R
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Med Imaging 1987 MI-6(2), 106–114.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Attenuation
キーワード 2	Bayesian methods
キーワード 3	Convergence
キーワード 4	Iterative algorithms
キーワード 5	Maximum likelihood estimation
コメント	ガンマ分布を先験確率に入れた MAP (Maximum a posteriori) 型の逐次近似画像再構成法。再構成式を Newton-Raphson 法に準じた微分形式で示すことで、解への収束速度を高めており、一般式では乗除算形式から加減算形式へと変化する。Convex 法などとも呼ばれる再構成手法。
概要	本論文は emission, transmission tomography における幾つかの新規アルゴリズムを導入することと、これらのアルゴリズムと関連する先行研究の収束に関する数学的証明を与える二つの目的がある。Positron, single-photon, transmission tomography に用いられる EM アルゴリズムのように、新規アルゴリズムも、1 画素あたりの放射能濃度や線減弱係数を最尤推定により算出する。新しい基軸の一つは、先験情報を EM アルゴリズムに導入することで、計算時間の上で実用的な議論を行っていることである。EM アルゴリズムのベイズ版は収束点付近で優れた収束性能を有しており、他のアルゴリズムも本手法を導入することで EM アルゴリズムよりも高速に動作するものと期待される。

論文名	Convergence of EM Image Algorithms with Gibbs Reconstruction Smoothing
著者 1	Lange K
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Med Imaging 1990 9(4), 439–446.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Attenuation
キーワード 2	Bayesian methods
キーワード 3	Convergence
キーワード 4	Iterative algorithms
キーワード 5	Maximum likelihood estimation
コメント	MAP-EM 画像再構成のうち、直前の情報 (ガウシアンフィルタの出力値等) を Gibbs 型の先験情報として組み入れ、現在の更新値に罰則を直前の状態を根拠に与える OSL (one step late) アルゴリズムについて emission, transmission とともに一般化を行った論文。
概要	近年、Gibbs 分布を先験確率に盛り込んだ emission 用 EM 画像再構成アルゴリズムの改良がなされている。これらの先験情報は近傍画素と大きく離れた値に対して罰則を与える仕組みを持ち合わせている。この一つとして、Green は EM アルゴリズムのうち E-step を保全し、しかしながら続く M-step では近似解を与える OSL (one step late) を定義した。そして、OSL による修正は事後確率分布の対数の、ただひとつの最大値へと収束することが保証されている。本論文では、特定の満足いく条件の下での収束性を証明した。これらの条件のうちいくつかは、Gibbs 分布を構成する潜在関数に関係し、いくつかの新しい、あるいは候補となり得る潜在関数を特定した。transmission CT に対する OSL アルゴリズムの一般化についても考察を行った。

論文名	Attenuation Correction for PET Using Count-Limited Transmission Images Reconstructed with Median Root Prior
著者 1	Alenius S
著者 2	Ruotsalainen U
著者 3	Astola J
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Nucl Sci 1999 46(3), 646–51.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Attenuation
キーワード 2	Image reconstruction
キーワード 3	Iterative methods
キーワード 4	Material requirements planning
キーワード 5	Noise reduction
コメント	OSL (one step late) を用いた画像再構成 (Lange, IEEE Trans Med Imaging 1990 9(4), 439–446.) では通常ガウシアンフィルタの出力値などを用いるか、MRP 再構成ではメディアンフィルタの出力を用いることで、同じ OSL でもよりロバストな結果が出力できるとされている。この、MRP 法を transmission 用の OS-Convex 法に適用したのが本論文。雑音量が異なる、使用データの形式が異なる等の理由でそのまま流用はされていないが、X 線 CT の逐次近似画像再構成を考える上でアイデアを提供する論文のひとつであると考え。
概要	定量的な PET 検査には、emission データに含まれる人体による減弱効果を補正するために attenuation correction factors (ACFs) を算出する必要がある。ACF 算出のための transmission scan は、患者の快適さと動き抑制の観点から短い時間で実施することが望ましい。実際の検査では、計数が十分取れないときの計数誤差のため、長い撮像時間のものを用いている。雑音を低減させるために、median root prior (MRP) 逐次近似画像再構成を短時間撮像時の transmission 画像に適用した。この新しいアプローチは定量的な全身 PET 検査に対して 2 分以下の撮像期間を許容した。この新しい手法は、撮像データの平滑化もなく、transmission 画像のセグメント化も使っていないので、被検体に不依存でロバストな手法である。

論文名	A Row-Action Alternative to the EM Algorithm for Maximizing Likelihoods in Emission Tomography
著者 1	Browne J
著者 2	de Pierro AB
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Trans Med Imaging 1996 15(5), 687-699.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Brain modeling
キーワード 2	Computational modeling
キーワード 3	Computed tomography
キーワード 4	Computer simulation
キーワード 5	Convergence
コメント	subset 数 = 投影数 (sinogram 上では 1 行ごとに処理することになる) とした処理速度の面で究極の OSEM 法。PHILIPS 社製の PET, PET/CT にてベースにしている。Lange ら (IEEE Trans Med Imaging 1987 MI-6(2), 106-114.) と同様、一般式を和の形に変形し収束の早さを高めるとともに、サブセットバランスの悪さを、緩和係数と呼ばれる定数を更新値にかけることで、解が収束せず振動する現象 (リミットサイクル現象) を回避している。
概要	人体断層面での放射能濃度分布の推定に最尤推定法を用いることは、従来の filtered backprojection (FBP) 法に比べ非常に良質な画像を提供するため、emission computed tomography (ECT) を対象とする研究者の間では非常にポピュラーな方法となっている。また、期待値最大化(EM)アルゴリズムは、理論的にも実験的にも魅力的な側面があるため、ECT における Poisson likelihood を最大化する逐次近似手法として用いられている。EM アルゴリズムの大きな欠点は、収束率が悪い、必要とされる画質に達するまでにとてつもなく多くの計算時間を要する点である。そこで、筆者らは ECT における Poisson likelihood の最大化のため EM アルゴリズムに代わるものとして、"row-action maximum likelihood algorithm (RAMLA)" を提案した。まず、このアルゴリズムの収束性能を推測し、コンピュータシミュレーションにより、RAMLA の早期の繰り返しにおいて、従来の EM アルゴリズムに比べて Poisson likelihood (尤度) の上昇が 1 桁も早い結果を得た。また、筆者らは近年開発された高速化手法である ordered subsets EM (OS-EM) の変形版(modified OS-EM)も提示し、RAMLA が modified OS-EM の特別なケースである事を示した。さらに、筆者らは通常の OS-EM が ML 解に収束しないのに対し、これらの修正版では収束することを示した。

論文名	Subset-dependent relaxation in block-iterative algorithms for image reconstruction in emission tomography
著者 1	Tanaka E
著者 2	Kudo H
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Phys Med Biol 2003 48(10), 1405-1422.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Image analysis
キーワード 2	Image quality
キーワード 3	Probability theory, stochastic processes, and statistics
キーワード 4	Positron emission tomography (PET)
キーワード 5	Numerical optimization
コメント	Browne らが提案した RAMLA(row-action maximum likelihood algorithm) の発展版。島津社製の PET 装置に用いられている。RAMLA で固定値として扱っていた緩和係数を、sub-iteration (1 回の画像更新のつど)変更させることで、数回の main-iteration が必要な RAMLA を、main iteration を 1 回で終了させることが可能となる。
概要	本論文では、投影データから再構成画像へと伝播する雑音は sub-iteration 内の繰り返しにおいて、入力データへのアクセス順(subset)に対し実質的に独立な事象であることを基に緩和係数を制御する RAMLA (row-action maximum likelihood algorithm) 法を提案する。この、subset 依存の緩和係数は sub-iteration 毎に決定される可変のもので、雑音伝播を抑制する係数と main-iteration ごとに見たときの収束度を制御する定数などで構成されている。提案する subset 依存のダイナミックな緩和係数を用いた RAMLA (dynamic RAMLA: DRAMA) は、PET の 2 次元画像再構成において、僅かな iteration で実用可能な S/N 比を十分な空間分解能と共に提供できる。Dynamic OS-EM (DOSEM) も開発した。これは、従来の OS-EM 法のような S/N 損失のない、subset 内の投影数(OS レベル)が任意に選択できるモデルである。DRAMA は DOSEM の OS レベルとを 1 した特殊なケースで、小さな OS レベルでの DOSEM について有益性の検証は必要なく、DRAMA が同様の性能をより最高速の時間で出力する。本論文では、理論とアルゴリズムを構築し、シミュレーション実験により、DRAMA/DOSC の性能評価を行った。

論文名	Acceleration of Statistical Image Reconstruction for Transmission CT Using DRAMA (dynamic RAMLA) Strategy
著者 1	Tanaka E
著者 2	Kudo H
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Med Imaging Technol 2006 24(2), 114-124.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Transmission CT
キーワード 2	Statistical image reconstruction
キーワード 3	Row-action algorithm
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	Transmission 用の DRAMA 画像再構成。これより前に北村らが OS-Convex 法に直接緩和係数を組み込んだ手法を発表したが、それに DRAMA の理論に則した修正を施したもの。
概要	我々はすでに放射形 CT 用の高速な統計的画像再構成アルゴリズム DRAMA (dynamicRAMLA) を開発した。その原理は RAMLA の緩和係数をサブセットごとに変化させ、反復ごとに各サブセットの統計雑音のバランスをとることによってリミットサイクル問題を回避し、統計雑音の増大を伴うことなく収束の高速化を図るものである。本論文では、放射形 CT 用の代表的な統計的再構成アルゴリズムを上記の原理に従って改善して得られた 4 つの高速再構成アルゴリズムについて報告する。シミュレーション法を用いて、これらのアルゴリズムの収束性、解像力、統計雑音、画像誤差などを比較検討した結果、Convex 法に準拠した 2 つのアルゴリズム (TrDRAMA および TrDRAMA*) が ML-TR 法および WLS 法に準拠したアルゴリズム (ML-TR# および WLS#) よりも解像力および統計雑音の収束性にすぐれ、3~4 回の反復で良好な透過 CT 画像が得られることが判明した。

論文名	OSEM-3D reconstruction strategies for the ECAT HRRT
著者 1	Comtat C
著者 2	Bataille F
著者 3	Michel C
著者 4	Jones JP
著者 5	Sibomana M
出典	IEEE Nucl Sci Symp Conf Record 2004 6, 3492-3496.
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Delay
キーワード 2	Detectors
キーワード 3	Head
キーワード 4	High-resolution imaging
キーワード 5	Image reconstruction
コメント	逐次近似画像再構成の特徴の一つである、各種補正を画像再構成式に直接組み込むことが可能と言う点を研究用超高分解能 PET 装置にて実現した内容。 近年、核医学機器メーカーが出してくる逐次近似画像再構成法のベースとなる論文。
概要	ECAT HRRT を用いた短時間撮像による、頭部の高空間分解能 PET 画像は、シンチレータ 1 個の表面積が非常に小さいためサイノグラムに格納される計数値が非常に少ない問題を有する。3D-OSEM に対する幾つかの weighting 技術(AW-OSEM, NAW-OSEM など)の使用は顕著に異なった画像を引き起こす。特に、偶発同時計数、散乱同時計数補正や同時計数の再構成のための先験情報は、再構成画像に正のバイアスを発生させてしまう。我々は、全補正を逐次近似再構成演算に組み込みんだ Ordinary Poisson OSEM-3D を用いることで、収束率の低さを犠牲にする形で、空間分解能低下という妥協なしに正のバイアスを避ける事ができた。

論文名	Myocardial viability assessment in patients with higly impaired left venticular function:comparison of derayed enhancement, dobutamine stress MRI, end diastolic wall thickness, and Tl201-SPECTwith functional recovery after revascularization
著者 1	M.Gutberlet
著者 2	M.Frohlich
著者 3	S.Mehl
著者 4	H.Hausmann
著者 5	R.Meyer
出典	Eur Radiol(2005) 15:872-880
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Myocardial viability
キーワード 2	Gated SPECT
キーワード 3	Delayed enhancement
キーワード 4	Dobutamine stress
キーワード 5	End-diastolic wall thickness
コメント	本論文では、CABG 施術後 6 ヶ月での機能回復した患者のドブタミン負荷を与えた MRI の Delayed Enhancement 法による ED 心筋壁厚と Tl201SPECT での心筋生存能評価の比較をすることで、SPECT の機能解析分野で MRI 画像を用いて診断することができるのかを検討したものである。結果からは十分可能であるという結論である。MRI 画像での機能評価の有効性に関するエビデンス論文のひとつである。
概要	心機能低下している 20 名の患者にたいして、CABG 実施後 6 ヶ月のときに、Tl-201 で Gate SPECT 収集し、Emory Cardiac tool Box にて心筋生存能を評価する。また、MRI では、WMS (Wall Mortion Scoring)、WT(Wall Thickness)、DE (Dlayed Enhancement)の各方法で評価した。心筋画像を 12 分割して、各セグメントについて、それぞれの画像で 5 段階の評価をした。その結果、Tl SPECT を Reference とした場合では Sensitiviity においては、DE 法が MRI の評価のなかでは Sensitivity は最も高かった。一方、Specificity は、39%程度となった。また、術後の Wall motion の機能回復から導かれる評価においては、SPECT を含めた 4 つの方法の内 MRI-DE 法が最も Sensitivity が高い。また、すべての MRI の方法は SPECT より Sensitivity は高い。一方、Specificity においても MRI-WT 法以外は、SPECT より高い。

論文名	Correction methods for random coincidences in fully 3D whole-body PET: impact on data and image quality.
著者 1	David Brasse
著者 2	Paul E. Kinahan
著者 3	Carole Lartizien
著者 4	Claude Comtat
著者 5	Mike Casey
出典	J Nucl Med 2005; 46:859-867
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Fully 3-dimensional whole-body PET
キーワード 2	Random coincidences
キーワード 3	Image quality
キーワード 4	NEC
キーワード 5	SNR
コメント	3D モード収集および fourier rebinning algorithm (FORE)が臨床機に実装され始めた当時の論文である。 現在では 2D モード収集が可能な装置は少ないが、3D モード収集での利点や偶発同時計数補正の評価結果を示している。
概要	3D モード収集における偶発同時計数の補正方法に関する研究である。 シミュレーションデータ、ファントム実験および臨床データを用いて fourier rebinning algorithm (FORE)+FBP 法と FORE+attenuation weighting (AW)OSEM 法による再構成画像の SNR,CNR,NEC の評価を行っている。 3D モード収集での偶発同時計数補正は遅延同時計数のオンライン減算処理と比較して SNR が 15%改善を示している。 装置や撮像プロトコルに依存した限られた状況下ではあるものの、偶発同時計数補正を臨床条件で用いることによって収集時間を 25%短縮させても NEC を 32%改善できるとしている。

論文名	Evaluation of noise equivalent count parameters as indicators of adult whole-body FDG-PET image quality
著者 1	Garry M. McDermott
著者 2	Fahmid U. Chowdhury
著者 3	Andrew F. Scarsbrook
著者 4	
著者 5	
出典	Ann Nucl Med (2013) 27:855-861
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	FDG-PET
キーワード 2	NEC
キーワード 3	QC
キーワード 4	Oncology
キーワード 5	
コメント	日本核医学技術学会が纏めた FDG PET/CT 撮像ガイドラインに基づき、臨床症例の画質評価を行った研究である。イギリスのグループによるもので、本邦とは体格や投与量の異なる条件下にもかかわらず、画質評価基準が適切であると再評価されている。
概要	日本核医学技術学会のガイドラインと同様、NECpatient、NECdensity、liver SNR の 3 項目を評価項目として取り扱っている。使用装置は GE 社の Discovery 690 である。臨床症例 60 例の平均投与量は約 400MBq、1bed 当たり 3 分間の収集を行っている。ROC 解析による画質評価を行っているが 3 項目ともで優れた画質評価能力があると評価されている。本研究では NECpatient の評価時の閾値を 23Mcounts/min として結論づけている。

論文名	Quantitative Assessment of Cerebral Blood Flow in Patients with Alzheimer's Disease by SPECT.
著者 1	Peter Bartenstein
著者 2	Satoshi Minoshima
著者 3	Christine Hirsch
著者 4	Katharina Buch
著者 5	Frode Willoch
出典	J Nucl Med July 1, 1997 vol. 38 no. 7 1095-1101
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	SPECT
キーワード 2	computer-assisted image processing
キーワード 3	Alzheimer's disease
キーワード 4	cognitive dysfunction
キーワード 5	
コメント	本論文は、脳血流量の客観的評価法の代表的手法である three-dimensional stereotactic surface projections (3D-SSP)を脳血流シンチに 応用した初期の論文である。そのため、3D-SSP の原理と有効性を理解するために有用であり、3D-SSP を利用した臨床データの解析や、ノーマル データベースの研究を行う場合には参照し、研究内容に応じて引用すべき重要な論文である。
概要	アルツハイマー病 (AD)の患者に対する脳血流シンチ (^{99m}Tc-ECD)の自動解析について評価した論文である。 本研究では、臨床的に認知症と推定された患者で脳血流 SPECT 検査を実施している 81 名を対象としている。 SPECT データは、three-dimensional stereotactic surface projections (3D-SSP)にて画像データの位置合わせや抽出を行い、ピクセルごとに、 同年代の正常コントロール群のデータベース（すべて右利き）と比較している。 その結果、個々の患者をノーマルデータベース (NDB)と比較した場合、認知症の重症度の異なるレベルで側頭頭頂領域の局所脳血流量 (rCBF) の異常が Z-score 画像上に明瞭に描出された。皮質連合野での rCBF の低下は、認知機能低下の全体的なレベルと有意な相関を示した。さらに、 左側頭葉の血流の低下と言語機能、右頭頂葉の血流低下と行為 (praxis) には領域特定の相関性が見られた。 このような SPECT データの observer-independent な分析の結果は、AD 患者における大脳皮質の血流異常の大きさと程度を客観的かつ半定量的 に評価できることを示している。

論文名	Improved positron emission tomography quantification by Fourier-based restoration filtering
著者 1	Jonathan M. Links
著者 2	Jeffrey P. Leal
著者 3	Hans W. Mueller-Gaertner
著者 4	Henry N. Wagner, Jr.
著者 5	
出典	Eur J Nucl Med (1992) 19:925-932
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Fourier filtering
キーワード 2	Positron emission tomography
キーワード 3	Ramp-only filtering
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	PET の定量性を改善するために Fourier-based の復元 filter を開発した 1992 年の論文である。PET 装置は、脳 PET 専用装置である。PET 画像は、ramp, 通常使用の 9×9 convolution filter, 3 種類の Fourier filter を使用して再構成した。これらの画像を比較するために、ホットとコールドやシリンダーファントムを使用して PSF, リカバリ係数, ノイズ特性を評価している。PET 装置の性能や画像評価を行う実験方法の参考になる論文である。
概要	脳 PET 専用装置を使用して PET の定量性を改善するために Fourier-based の復元 filter を開発した論文である。本論文では、復元 filter (Fourier filter) のデザインが詳細に記載されている。論文では著者らが開発した 3 種類の Fourier filter と通常使用している 9×9 convolution filter を使用して再構成した画像を比較している。PSF は FWHM, FWTM, $FW(1/20)M$, $FW(1/50)$, $FW(1/100)$, リカバリ係数は 21cm 径のホットとコールドファントム, ノイズ特性は 21cm のシリンダーファントムで解析した。考察は、著者らが開発した復元 filter の特徴について散乱線補正効果と減弱補正, Mets や Wiener, Gaussian との比較, 空間周波数とノイズの関係などの記述が参考となる。

論文名	
著者 1	
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	
キーワード 2	
キーワード 3	
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	
概要	

論文名	Attenuation correction and incomplete projection in single photon emission computed tomography
著者 1	Lee-Tzuu Chang
著者 2	
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol.NS-26, No.2, April 1979: 2780-2789
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Attenuation correction
キーワード 2	incomplete projection
キーワード 3	fan beam collimator
キーワード 4	truncation
キーワード 5	
コメント	本論文はガンマカメラおよびコリメータ等が盛んに開発されている時代のものであり、現在のカメラと比較し有効視野が小さく、さらにファンビームコリメータを使用した場合はより顕著となる。しかし、ファンビームコリメータは感度と分解能を両立することができるため、このアドバンテージを活かすために、パラレル/ファンビームのデュアル収集や、逐次近似 Chang 法を用いて、減弱補正および不完全投影（打ち切り）に対応している。しかし、現世代機では 600mm を超える視野サイズや、OS-EM を代表とする逐次近似法が実用的な速度で使用できるため、本論文で示されている方法はほぼされないと考えられる。
概要	ファンビームコリメータはパラレルビームコリメータに対して高分解能、高感度に出来る構造である。しかし、限られた視野サイズのため、小さな対象物にしか適用できず、大きな対象（胸部、腹部領域）においては不完全投影データ（トランケーション）が生じてしまい、再構成画像にアーチファクトを発生させるため、ファンビームコリメータのアドバンテージを最大に活かすことができない。それを解決するために、1つは2検出器カメラにおいて1つのヘッドにファンビームコリメータ、もう1つのヘッドにパラレルビームコリメータを装着することにより、ファンビームの分解能を活かしながら、パラレルビームにてファンビームの視野外に対応する方法である。もう一つは、有効視野外を0として、再構成後、再投影を行い、投影データとの誤差を算出しながら逐次的に計算する方法である。いずれの方法も、不完全投影データおよび減弱補正に対して有効な方法であった。

論文名	The effect of activity outside the directfield of view in a 3D-only whole-bodypositron tomograph.
著者 1	Brambilla M
著者 2	Secco C
著者 3	Dominietto M
著者 4	Matheoud R
著者 5	Sacchetti G
出典	J Nucl Med. 2005 Dec;46(12):2083-91
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	instrumentation
キーワード 2	quality assurance
キーワード 3	NEMA standard
キーワード 4	PET/CT
キーワード 5	Biograph 16 HI-REZ
コメント	NEMA NU2-2001 規格に基づいた評価を行った結果、完全一体型の HI-REZ LS0 シンチレータである Biograph 16 装置は、今までの LS0 クリスタルの PET 装置、PET/CT 装置に比べて、最適化された結晶の幾何学的形状と大幅な空間分解能の向上、高速演算回路、散乱フラクションの低下、ピーク雑音等価計数率の増加により、総合的に優れた性能を有すると報告してしている。
概要	HI-REZ LS0 シンチレータである Biograph 16 の NEMA NU2-2001 規格を用いた性能評価報告である。装置は Biograph 16 HI-REZ で、39 リングに配置された 24.336 個の LS0 結晶からなる PET 装置であり、16 列マルチスライス CT 装置を兼ね備えている。結晶サイズは 4×4×20mm ³ で、4 つの光電子増倍管それぞれに結合され、13×13 ブロックに配置されている。39 リングの検出器部分は、162mm の体軸方向視野で、2.0mm、81 枚の画像が得られる。低、高エネルギーの閾値は 425keV～650 keV で、4.5 ns の同時計測 window 幅である。NEMA NU2-2001 規格に基づいた評価結果は、垂直方向および水平方向での空間分解能は 1cm で 4.61mm、10cm で 5.34mm、散乱フラクションは 34.1%、0cm、10 cm における平均感度は 4.92/sec/kBq、放射濃度：28.73 kBq/ mL（ノイズレスランダム補正）のピーク雑音等価計数率は 84.77kcps、放射濃度 21.62 kBq/ mL（ノイズ偶発補正）では 58.71kcps であった。

論文名	A Segmented Attenuation Correction for PET
著者 1	EddieZhihua Xu
著者 2	Nizar A. Mullani
著者 3	K. LanceGould
著者 4	WallaceL. Anderso
著者 5	
出典	JNUCIMed 1991;32:161-16
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	PET
キーワード 2	Attenuation Correction
キーワード 3	
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	PET データの減弱補正に関して、均一体では無く、肺と軟部組織等に分けて減弱マップを用いることを新規性としている。ファントム実験と臨床の心臓 PET にてその有用性を明らかにしている。本論文における手法の発展系として、現在では CT データを元に減弱マップが作成され臨床応用されている。
概要	著者らは、PET 画像の減弱補正手法として、減弱マップを分割して再構成する方法を開発した。トランスミッションデータに閾値を設定し解剖学的情報を考慮した上で分割し、それぞれに別の減弱係数を割り振り補正を施すことで、直接的に測定した値と優れた相関を持つばかりか、画像のノイズを減らし、トランスミッションスキャンに要する時間を低減できることを明らかにしている。

論文名	Impact of time-of-flight PET on whole-bodyoncologic studies: a human observer lesion detection and localization study.
著者 1	Suleman Surti
著者 2	Joshua Scheuermann
著者 3	Georges El Fakhri
著者 4	Margaret E. Daube-Witherspoon
著者 5	Ruth Lim
出典	J Nucl Med 2011; 52:712-719
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	lesion detection
キーワード 2	human observers
キーワード 3	LROC
キーワード 4	timeof flight PET
キーワード 5	
コメント	FDG-PET の小病変に対する検出能について、ファントムではなく臨床画像を用いて評価している大変有用な論文である。本研究では、正常の臨床画像に加え、それらのデータに擬似的な信号を付加することで異常症例のデータを構築しているが、その作成方法自身も面白く、参考になる。また、正常の臨床画像と既知の異常信号を融合することで、ROC 解析に必要なサンプル数を増やすことができ 24 セット、計 1200 例の画像を使用した receiver operating characteristic (ROC)解析および localized ROC 解析を行っており、その視覚評価の方法や統計的な解析についても参考になる。 本論文の目的は Time of flight 型 PET (TOF 型 PET)における信号検出能を視覚評価により明らかにすることであるが、さらに PET だけでなく SPECT 等の信号検出能について比較評価する場合に応用が可能である。
概要	TOF 型 PET の信号検出能について評価した論文である。評価に使用したデータは、健常の臨床データ 100 例に円形の信号を付加した画像を用いている。円形の信号は 10mmφで空気中で撮像したデータを、リストモードで撮像した各健常データと重ねることで擬似的なデータを構築している。信号の付加されているデータは、計 1200 枚となり、50 枚ずつの 24 セットに分けられている。24 セットのデータは、信号像の付加位置（正常、肝臓、肺）、1 ベッド当たりの収集時間（1 分、3 分）、画像再構成アルゴリズム（TOF, non-TOF）を組み合わせたデータをさらに、Body mass index（26 未満、26 以上）に分類して作成されている。これらのデータセットを用いて 5 人の観察者にて、ROC 解析および localized ROC 解析を行っている。 その結果、収集時間 3 分と TOF による画像再構成を用いることで、信号検出能が向上することが定量的に示されている。また、その効果は、より体重の重い患者もしくは低集積な領域で顕著であった。結論として、長い収集時間（3 分/1 ベッド）と TOF アルゴリズムを組み合わせた撮像法は、すべての患者に対し、同等の信号検出能を得ることができ、より安定した臨床診断ができる可能性を明らかにした。

論文名	Assessment of the Wavelet Transform in Reduction of Noise from Simulated PET Images
著者 1	Bahareh Shalchian
著者 2	Hossein Rajabi
著者 3	Hamid Soltanian-Zadeh
著者 4	
著者 5	
出典	J Nucl Med Technol 2009; 37:223-228
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	wavelet transforms
キーワード 2	SimSET
キーワード 3	NCAT
キーワード 4	PET imaging and noise
キーワード 5	
コメント	PET イメージのノイズ除去を再構成後のイメージにたいして、ウェーブレット変換法を適用することにより、分解能とコントラストに影響を与えないでノイズを低減したイメージが得られた。ただし、RMSE の評価が高くて、目視のイメージとの評価が一致しないことがあるとのこと。ウェーブレット変換法については、詳細の記載はなく、本論文の引用文献の参照が必要である。
概要	核医学における断層イメージングでは SPECT と比較して、高感度、高空間分解能、正確な定量の利点のある PET が効果的である。しかし、画像内の高いノイズレベルは、PET の診断的有用性に影響する。核医学のノイズ除去は、画像のフーリエ分解に基づいています。 ウェーブレット変換はフーリエ変換の欠点を軽減し、空間情報を保持しながら、周波数に関する情報を利用し、解決します。 それゆえ、ウェーブレット変換は、広範囲のノイズ低減、エッジ検出、および圧縮のために使用されている。 方法：本研究では、SimSET ソフトウェアを心臓胴体ファントムの PET 画像のシミュレーションに用いた。画像は 128×128 マトリクスで 250M カウントを収集。参照画像は 6G カウントで画像を収集。画像再構成は、市販のプログラムで開発された独自のソフトウェアを使用している。 画像再構成の後に、250M カウントの画像（ノイズの多い画像またはテスト画像）と、参照画像を正規化した後、画像を比較するために二乗平均誤差を用いた。次に、再構成画像に対してノイズ除去プログラムを適用した。これらのプログラムは、54 の異なるウェーブレットと 4 つのメソッドの最適な組み合わせを基準画像とノイズ除去画像の二乗平均誤差を用いて比較して決定した。 結果：我々の結果は、静止ウェーブレット変換とグローバルしきい値の組み合わせは、我々が調査し、他の方法よりも、ノイズリダクションにより効果的であることが示された。 結論：ウェーブレット変換は PET 画像のノイズ除去のための有用な方法である。この方法は分解能とコントラストに影響を与えずにノイズ除去が可能である。

論文名	Assessment of the impact of model-based scatter correction on [18F]-FDG 3D brain PET in healthy subjects using statistical parametric mapping
著者 1	Marie-Louise Montandon
著者 2	Daniel O. Slosman
著者 3	Habib Zaidi
著者 4	
著者 5	
出典	NeuroImage 20 (2003) 1848-1856
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	PET
キーワード 2	Scatter correction
キーワード 3	Brain imaging
キーワード 4	Statistical parametric mapping
キーワード 5	
コメント	FDG-brain PET における散乱線補正の影響について報告した論文である。2003 年の論文で減弱補正に CT は使用していない。解析的および統計的画像再構成法と散乱線および減弱の基本的な補正方法について理解できる。Brain SPECT に関しては, Shiga, T., Kubo, N., Takano らの The effect of scatter correction on 123I-IMP brain perfusion SPET with the triple energy window method in normal subjects using SPM analysis. Eur. J. Nucl. Med. 29,342-345 を参考にとるとよい。
概要	3D brain PET の定量解析を阻害する物理的要因は, 光子の減弱, 散乱, 部分容積効果がある。本論文は, 健常者 14 例を対象にして PET 専用機で FDG 3D brain PET における散乱線補正の影響について報告した論文である。画像再構成は, 解析的再構成法の 3DRP, 統計的画像再構成法の OSEM を使用している。散乱線補正は model-based, 減弱補正は narrow-beam(0.096/cm)と broad-beam(0.06/cm)を組合わせて, 散乱線補正の有無および解析的と統計的再構成法について Statistical Parametric Mapping (SPM)を使用して比較している。脳代謝は, 散乱線補正の有無により frontal gyri, middle temporal, postcentral gyri が有意に低下し, cerebellum, thalamus, brainstem, temporal lobe で増加した。しかし, 画像再構成法に有意差は認められていない。脳の臨床診断は局所脳代謝の分布パターンに基づくため, 装置の更新や画像処理プロトコルの変更に関連する散乱線補正の有無を診断に加味することの必要性を報告している。

論文名	Long-term performance evaluation of positron emission tomography: analysis and proposal of a maintenance protocol for long-term utilization.
著者 1	Watanuki S
著者 2	Tashiro M
著者 3	Miyake M
著者 4	Ishikawa Y
著者 5	Itoh M
出典	Ann Nucl Med. 2010 Jul;24(6):461-8
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Positron emission tomography (PET)
キーワード 2	Quality control
キーワード 3	Cross calibration
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	PET 装置は一般的に経年劣化を起こすが、CCF を用いた PET 装置の感度のモニタリングは PET 装置の性能を管理し、さらに維持する方法として簡便である。これは一装置から得られるデータであり、本研究では、さまざまな装置に対して新たに追跡調査を行うことを奨励している。
概要	PET 装置は装置性能を維持させるために、定期的な管理が必要であり、この研究は経年劣化による PET 装置の性能の低下を評価したものである。PET 装置導入後 10 年目に点検を行ったデータを含めるものの、通常測定された CCF を用いて感度、散乱同時計数を求めた。測定は NEMA 規格を遵守して行われた。その結果、10 年間で 41%の感度低下が示唆され、CCF のデータからも 1 年間に 4.7%の感度低下していた。また空間分解能に関しては、8 年間で FWHM, FWTM それぞれ 1.7%, 3.6%低下していた。これらの結果より、PET 装置の性能低下は光電子増倍管 (PMT) の経年劣化が起因すると報告している。

論文名	Improved lesion detection from spatially adaptive, minimally complex, Pixon reconstruction of planar scintigraphic images
著者 1	Wesolowski CA
著者 2	Yahil A
著者 3	Puetter RC
著者 4	Babyn PS
著者 5	Gilday DL
出典	Computerized Medical Imaging and Graphics 29 (2005) 65-81
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	Radionuclide imaging
キーワード 2	Image reconstruction
キーワード 3	Artefacts
キーワード 4	Lesion detection
キーワード 5	Pixon method
コメント	Pixon 法によるノイズ除去処理をプラナ像に適応し，病変検出能の改善を試みた研究である．画像工学的な要素を含んでいるが，臨床画像を用いて Pixon 処理の基礎データを示している．Pixon 法は天文学のために開発された技術を基にしたノイズ除去処理であり，現在，シーメンス社製ワークステーションにプラナープロセッシング処理として搭載されている．
概要	医学分野では数少ない Pixon 法の処理過程を示した論文である．本研究は骨シンチ，ガリウムシンチ，MIBG 腫瘍シンチの画像に Pixon 処理を行い，物理評価として SNR を測定し，ノイズ・アーチファクト・検出能の視覚評価を 3 人の観察者により行った．SNR は 6.8～11.8 倍に改善された．視覚評価による検出能およびノイズレベルは有意に改善され，アーチファクトの変化は認められなかった．ただし，MIBG 腫瘍シンチでの結果は骨シンチおよびガリウムシンチほどではなかった．視覚評価結果は多角的かつ詳細に検討されており，視覚評価結果の分析方法を参考にされたい．

論文名	Comparison Between ML-EM and WLS-CG Algorithms for SPECT Image Reconstruction
著者 1	Benjamin M. W. Tsui
著者 2	XiDe Zhao
著者 3	Eric C. Frey
著者 4	Grant T. Gullberg
著者 5	
出典	IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol.38, No.6, December 1991
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	ML-EM
キーワード 2	WLS-CG
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	iterative reconstruction
キーワード 5	
コメント	近年、各機器メーカーから提供される逐次近似再構成には様々な補正が組込まれており、補正の組み合わせ、パラメータ設定、対象データのノイズ量など、使用条件によって得られる結果は大きく変化する。使用者は、これらの特性を良く理解して使用しなければその効果を最大限に得ることは困難である。本論文は 2 種類（ML-EM、WLS-CG）の逐次近似再構成を用いて、種々条件の元にどの様な特性を持っているのかを検討したものである。これから逐次近似法について検討を予定している方には参考になるものと思われる。
概要	Maximum Likelihood with expectation maximization（以下 ML-EM）法と Weighted least squares with conjugate gradient（以下 WLS-CG）法において、減弱、分解能補正を組込んだ場合の特性を検討することを目的としている。 対象は CT 画像から作成した胸部（心筋）デジタルファントムを用いたコンピュータシミュレーションにより行い、考慮した物理要因は減弱、散乱、空間分解能劣化、ノイズ（有無）である。画像再構成条件は ML-EM、WLS-CG 法のみ、減弱補正組込み、減弱補正および空間分解能補正組込みの 3 種において種々に逐次近似回数を変更して行った。 両方法ともに、各種補正を組込むことにより空間分解能、定量性が向上した。収束速度は初期段階（低い逐次近似回数）において WLS-CG 法が、ML-EM 法と比較し 10 倍程度早かった。しかし、高い逐次近似回数においては WLS-CG 法が ML-EM 法より発散率が大きくなった。また、ML-EM 法はピクセル値が正の値に強制されるが、WLS-CG 法では負の値が生じてしまう。したがって、これらの特性を十分に理解し、最も良い再構成画質を得るためのストッピングルール（逐次近似回数）を決めなければならない。

論文名	Phantom and Clinical Evaluation of the Bayesian Penalized Likelihood Reconstruction Algorithm Q.Clear on an LYSO PET/CT System
著者 1	Eugene J. Teoh
著者 2	Daniel R. McGowan
著者 3	Ruth E. Macpherson
著者 4	Kevin M. Bradley
著者 5	Fergus V Gleeson
出典	J Nucl Med 2015; 56:1447-1452
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	positron emission tomography
キーワード 2	image reconstruction
キーワード 3	Bayesian penalized likelihood
キーワード 4	NEMA
キーワード 5	image quality
コメント	ベイズ型正則化最尤法のアルゴリズムを応用した Q.Clear について評価した世界初の論文である。従来の OSEM 法においては画像再構成法の設定パラメータとして iteration、subset、postfilter を設定していたが、Q.Clear では正則ファクタである β 値のみを設定する必要がある。β 値を可変することにより、画像を効率的に収束化した上で、雑音レベルを調整することができる。しかし、これまでの概念とは異なるために、β 値の決定には注意が必要である。本論文では、ファントムと臨床画像の両面から画質（コントラストとノイズ）と描出能を指標として最適な β 値を明らかにしている。今後、PET/CT の立ち上げにおいて最適な画像再構成条件を決める際に参考になる論文である。また、本論文の臨床画像に対する視覚評価や統計解析の方法論は今後新しい画像再構成法の評価においても参考になる。
概要	ファントム評価： NEMA body ファントム（TBR:4）を用いて評価した。画像再構成法は OSEM+TOF（it2, sub24, G6.4mm）、OSEM+TOF+PSF（it3, sub24, G2mm）、Q.clear（it 可変：サイノグラムサイズに依存）を比較した。Q.clear は β 値を 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 と変化させた。評価指標はコントラストリカバリー（CR）、バックグランド変動性（BV）、コントラストノイズ比（CNR=CR/BV）、肺野の残存誤差（LE）を用いた。 臨床評価： 15 名（男 9 名、女 6 名）の FDG-PET/CT のデータをレトロスペクティブに選択した。検査目的の内訳は、肺結節病変の評価（5）、非小細胞肺癌のステージング（5）、肝転移を有した大腸癌のステージング（5）である。画像再構成法は OSEM+TOF、OSEM+TOF+PSF、Q.Clear（β 値は 200, 300, 400, 500）の 6 種類とした。視覚評価は 2 名の核医学医師が 6 つの画質項目（画像全体、肝臓、縦隔、骨髄、雑音レベル、描出能）毎に 5 段階評価した。 <結果の Summary>

ファントム評価

- ・ β 値を増加させると、全ての球において CR と BV は減少する。
- ・ Q.Clear は OSEM と比較して CR は高く、BV は低い。
- ・ Q.Clear は OSEM と比較して LE は有意に低値を示した。

臨床評価

- ・ 画像全体の画質において β 400 が最も高いランクとなり、OSEM+TOF+PSF が最も低いランクとなった。
- ・ 個々の画質項目（描出能以外）において β 400 と β 500 が最も高いランクとなり、OSEM+TOF+PSF が最も低いランクとなった。
- ・ 描出能に関しては β 200 が最も高いランクとなった。OSEM+TOF+PSF は肺結節の描出能の評価は高かったが、肝転移の描出は低かった。

以上のことから、FDG oncology PET/CT においては Q.Clear の β 値は 400 が最も適していると結論づけている。

論文名	Prognostic Factors in Patients Treated with 223Ra:The Role of Skeletal Tumor Burden on Baseline 18F-Fluoride PET/CT in Predicting Overall Survival
著者 1	Elba C.Etchebehere
著者 2	John C. Araujo
著者 3	Patricia S. Fox
著者 4	Nancy M. Swanston
著者 5	Homer A. Macapinlac
出典	J Nucl Med 2015; 56:1177-1184
カテゴリー1	
カテゴリー2	
キーワード 1	223Ra
キーワード 2	fluoride PET/CT
キーワード 3	NaF PET/CT
キーワード 4	prostate cancer
キーワード 5	skeletal tumor burden
コメント	223Ra のα線治療のアウトカムを評価するために骨 PET/CT (NaF) がバイオマーカーになり得るかどうかを検討した論文である。本論文では、ベースラインにおける骨 PET/CT の集積の広がり (skeletal tumor burden) が全生存期間 (OS) のバイオマーカーとして有用であり、さらに骨関連事象 (SRE) のリスクを予測できることを明らかにした。223Ra の内用療法は本邦でも今後盛んに実施されることが予想されており、大変参考になる論文である。NaF の骨 PET/CT 検査は本邦では保険適用外であるが、同様の評価方法で骨シンチでの応用も期待される。近年、骨 SPECT/CT において SUV の算出が可能であり、本論文で提唱された TLF10 や FTV10 などにも利用可能である。骨転移を治療できる時代となり、画像診断を用いて骨転移をいかに検出し、治療効果を予測・判定し、予後を判定するかが重要である。そういった点からも本論文は骨転移に対する核医学検査・治療 (セラノスティックス) の有効性を示す貴重な論文である。
概要	<患者> ・76名の患者に対して塩化ラジウム (Xofigo) を計 389 回投与した。 ・42名の患者がベースラインに NaF-骨 PET を実施。42名の患者のうち 38 名がベースラインに骨シンチも実施。残りの 32 名の患者は骨シンチのみを実施。 ・塩化ラジウムは 1 回につき 50kBq/kg を投与し、最大 6 クール行った。 <NaF-PET/CT の解析と定量指標> ・2名の核医学専門医が転移数から 5 つに分類 (1-6, 6-20, 20-50, 50 以上, super scan) した。 ・定量指標の算出

①長方形の VOI で全身像を囲む、②SUVmax=10 を閾値（正常骨の 99%を除外）、③閾値を超える領域を個々の VOI として抽出、④尿、変性、骨折などの集積を除外、⑤集積の体積パラメータを抽出、⑥4 つの定量指標の算出（hSUVmax: 最も高い SUVmax、Mean10: 全ての転移の SUVmax の平均値、TLF10: meanSUV×VOI10、FTV10: すべての metabolic volume（代謝容積）の合計値）

<結果の Summary>

- ・ TLF10 と FTV10 は生存期間（OS）と強い相関性を認めた。独立した強い予測因子であった。
- ・ TLF10 のカットオフを 8,000 とした場合、8,000 を超えた時は有意に OS の延長が確認でき、OS の中間値は 6.67 ヶ月であった。
- ・ 視覚的に算出する Mean10 や hSUVmax は OS や無増悪生存期間（PFS）の予測因子とはならなかった。

以上のことから、ベースラインの骨 PET/CT から算出した skeletal tumor burden（TLF10 と FTV10）が 223Ra の α 治療における OS や SRE リスクのバイオマーカーになり得るということを結論づけている。骨転移に対する治療効果を視覚評価のみで評価するのではなく、半定量指標を用いて評価することの重要性も示している。

論文名	A Quantitative Phantom Analysis of Artifacts Due to Hepatic Activity in Technetium-99m Myocardial Perfusion SPECT Studies
著者1	Guido Germano
著者2	Terrance Chua
著者3	Hosen Kiat
著者4	Joseph S. Areeda
著者5	Daniel S. Berman
出典	J NuciMed1994;35:356-359
キーワード1	technetium-99m SPECT
キーワード2	phantom analysis
キーワード3	artifacts
キーワード4	hepatic-to-cardiac activity ratio
キーワード5	
コメント	フィルタ補正逆投影法は心筋 SPECT における再構成の標準的な手法であるが、単純逆投影法とは異なり、信号の高い物質の周辺に生じる星状アーチファクトを除去するために、負のフィルタ用いることが必要となる。本論文は、^{99m}Tc 心筋血流製剤の肝臓や胆嚢の高集積によるアーチファクトが心筋の下壁または下壁中隔部の血流欠損を引き起こすと仮説し、肝臓と心臓の放射能濃度比（HCR）を変化させた心肝ファントムを用いて、その仮説を証明し、かつ肝臓の集積程度による影響と前処理フィルタ効果についても言及した。心肝ファントム実験の手法を学ぶには、最適な論文である。
概要	胸部心臓ファントム（Data Spectrum elliptical bath, cardiac insert model 7070, Chapel Hill, NC）にくさび形のアクリル合成樹脂（リユースルト）を肝臓に見立てて、肝臓心臓ファントムを作成した。肝臓心臓比（HCR）は臨床例を参考とし、0:1, 1:1, 2:1 の3種類を ^{99m}Tc で調整した。心筋の放射能濃度は 500 μCi とした。使用機器は LEHR を装着した Prism 3000 (Picker, Bedford, OH) のガンマカメラを用い、近接軌道で 15 分間収集した。前処理フィルタには Butterworth filter (order 5, カットオフ周波数 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 Nyquist を、再構成フィルタには Ramp を使用。解析には短軸像のサーカムファレンシャルプロファイルカーブを用いた。プロファイル解析では、下壁中隔の集積は、HCR=0 に比し、HCR=1 および HCR=2 の場合は各 17.8% および 46.2% 減少した。アーチファクトの量はカットオフ周波数に反比例して増加した。^{99m}Tc-sestamibi は静注から 7~15 分に肝臓集積のピークがあり、収集時間が長い場合にアーチファクトが発生する可能性は高い。このアーチファクトの問題は検出器が連続収集を行うことで軽減できる。すなわち、SPECT の連続収集 2 回の場合（往復）、肝臓集積の変動は各々のプロジェクションデータを足し合わせるにより平均化されるため、アーチファクトは低減され则认为る。

論文名	Three-Dimensional Ordered-Subset Expectation Maximization Iterative Protocol for Evaluation of Left Ventricular Volumes and Function by Quantitative Gated SPECT: A Dynamic Phantom Study
著者1	Luca Ceriani
著者2	Teresa Ruberto
著者3	Angelika Bischof Delaloye
著者4	John O. Prior
著者5	Luca Giovanella
出典	J Nucl Med Technol 2010; 38:18-23
キーワード1	iterative protocols
キーワード2	OSEM
キーワード3	gated SPECT
キーワード4	beating cardiac phantom
キーワード5	QGS
コメント	当研究では、新しい心臓動態ファントムを用いて、心機能指標（QGS アルゴリズムで算出）の観点から 3D-OSEM 画像再構成法の特性を明らかにした論文で、臨床応用に向けた入力パラメータの最適化も検討している。収集・処理条件を様々に変化させ、至適条件を明らかにするための手法を学ぶには手本となる論文である。
概要	本心臓動態ファントムは拡張末期容積(EDV)：112mL、収縮末期容積(ESV)：37mL、1回拍出量(SV)：75mL および左室駆出率(LVEF)：67%が真値となっている。心筋腔内の放射能濃度は Tc-99m 30MB で、2 検出器型ガンマカメラを用い、60beats/min、R-R 間隔 8 フレームで収集した。心筋カウントは臨床と同様に 1.5-2.8 kcounts/frame を基準とし、画像再構成は 3D-OSEM 法を用いスライス厚は 6.59mm とした。入力パラメータは, iteration 10, 12, 15, 20, subset 4, 8, 16, Gaussian filter FWHM 値 8, 10, 12, 15mm を用い、上記定量値を正確に評価できる組み合わせを決定した。プログラムは QGS を用いて算出した。左室容積は約 20%過小評価された。3D-OSEM 法の最適条件は、subset 8, iteration 10, Gaussian filter FWHM 値 10mm であった。しかし、iteration 80～160 で、Gaussian filter FWHM 値 10mm 以下であっても、いろいろ組み合わせることで、左室容積や LVEF の値は上記最適条件と同様な精度を示した。

論文名	Radiation exposure in nurses during care of ¹³¹ I-MIBG therapy for pediatric patients with high-risk neuroblastoma
著者 1	Yuka Taniguchi
著者 2	Hiroshi Wakabayashi
著者 3	Annri Inaki
著者 4	Daiki Kayano
著者 5	Masako Yamada
出典	Ann Nucl Med 2020; 34:441–447
カテゴリー 1	核医学治療
キーワード 1	Nurses' care
キーワード 2	Whole-body radiation exposure
キーワード 3	¹³¹ I-MIBG therapy
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	本論文は小児の高リスクの神経芽腫に対するI-¹³¹ MIBG治療における看護師の被ばく線量に関するものである。核医学治療の際に小児の場合は大人より看護の機会が多くなるため看護師の被ばくが避けられない。自立度の低い小児を看護する場合は被ばく線量が多くなる傾向にあり、投与日から3日までの被ばくリスクが高く注意が必要である。核医学治療においては看護師のサポートが必須であり、具体的な被ばく線量は今後核医学治療を進めていくうえで非常に貴重なデータである。
概要	小児の高リスク神経芽腫に対するI-¹³¹ MIBGの治療の看護を行った 62名の看護師の被ばく線量を調べた。I-¹³¹ MIBGの治療を行った小児患者44名(投与量：596±111MBq/kg、年齢7±2歳、男性：27名 女性27名、隔離期間：5±1日)の1人あたりの看護における被ばく線量の合計は0.36±0.18mSv(範囲0.09-0.97mSv)で1日あたりの被ばく線量は0.07±0.05mSv/日(範囲0.02-0.32mSv/日)であった。1日あたりの被ばく線量はI-¹³¹ MIBG投与後3日を超えると有意に低下した(全入院期間における1日の被ばく線量の割合、0日目：38.2%、1日目26.7%、2日目15.3%)。I-¹³¹ MIBGの治療を行う小児の看護を行う場合被ばくによるリスクを認識し、被ばく線量をモニタリングすることにより、リスクを低減するように努めなければならない。

論文名	High-dose 131I-MIBG as consolidation therapy in pediatric patients with relapsed neuroblastoma and ganglioneuroblastoma: the Japanese experience
著者 1	Hiroshi Wakabayashi
著者 2	Daiki Kayano
著者 3	Annri Inaki
著者 4	Raita Araki
著者 5	Rie Kuroda
出典	Ann Nucl Med 2020; 34:840–846
カテゴリー 1	核医学治療
キーワード 1	Relapsed neuroblastoma
キーワード 2	High-dose 131I-MIBG therapy
キーワード 3	Consolidation therapy
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	本論文は小児の再発した神経芽細胞腫に対して高線量(518-666MBq/kg)のI-131 MIBGの治療を行い、5年間フォローをした論文である。再発した神経芽細胞腫は現代の集学的治療にもかかわらず予後は不良であり、新たな治療が必要とされている。その治療の候補とされているのが高線量のI-131 MIBGによる治療であり、I-131 MIBGによる血液毒性の副作用を骨髄移植や末梢血幹細胞移植を行うことによりカバーしている。131I-MIBG 治療の問題点として、日本では保険適応でないこと、131I-MIBG 製剤を海外から輸入する必要があること、国内で実施可能な施設が限られていることなどである。
概要	再発した神経芽細胞腫の小児は予後が不良であるため、新たな治療戦略が必要である。再発した神経芽細胞腫における高線量の131I-MIBGによる地固め療法の有用性を検討した。2009年12月から2014年の間に、再発した神経芽細胞腫の5人の患者と再発した神経節神経芽細胞腫の1人の患者に対して高線量の131I-MIBG療法を行った。131I-MIBG療法後5年での全体的および無増悪生存率を分析した。フォローアップ中に、3人の小児は病気の再発の兆候を示さなかったが、3人は死亡した。再発のない1人の小児は移植後の副作用で死亡し、再発のある2人の小児は腫瘍の進行により死亡した。131I-MIBG療法後の5年無増悪生存率と全生存率はそれぞれ44%と67%であった。放射線被ばくのリスクを考慮する必要があるが、再発した神経芽細胞腫の治療法としての高線量131I-MIBG療法をさらに検討する必要がある。

論文名	High-dose 131I-metaiodobenzylguanidine therapy in patients with high-risk neuroblastoma in Japan
著者 1	Daiki Kayano
著者 2	Hiroshi Wakabayashi
著者 3	Kenichi Nakajima
著者 4	Rie Kuroda
著者 5	Satoru Watanabe
出典	Ann Nucl Med 2020; 34:397–406
カテゴリー 1	核医学治療
キーワード 1	131I-MIBG therapy
キーワード 2	Refractory neuroblastoma
キーワード 3	Relapsed neuroblastoma
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	本論文は難治性または再発性神経芽細胞腫患者における高線量131I-MIBG療法の治療効果に関するものである。難治性神経芽腫を発症した患者の5年生存率は20%以下とされているが、高線量131I-MIBG療法を行った患者では5年生存率が42%となることが確認された。また、化学療法や放射線外照射治療では、重度の吐き気などの副作用があるが、高線量131I-MIBG療法では、その副作用はほとんど確認されなかった。今後、131I-MIBG、化学療法、幹細胞移植を組み合わせた治療が確立され、保険適用となることを望む。
概要	日本の難治性または再発性神経芽細胞腫患者における高線量131I-MIBG療法の治療効果を検証した。2008年9月から2013年9月の間に日本の金沢大学附属病院で投与量444～666 MBq / kgの131I-MIBG療法を受けた難治性または再発性の高リスク神経芽細胞腫患者20人を分析した。追跡データを持つ19人の患者では、最初の131I-MIBG治療時の年齢の中央値は7.9歳（範囲2.5-17.7歳）であった。131I-MIBG療法後、19人の患者のうち17人が幹細胞移植を受け、治療効果はそれぞれ完全奏効（CR）が3例、部分奏効(PR)が2例であった。131I-MIBG療法後1年の無イベント生存率および全生存率はそれぞれ42%および58%であり、131I-MIBG療法後5年の無イベント生存率および全生存率はそれぞれ16%および42%であった。重度の血液毒性は19人の患者すべてで確認されたが、食欲不振と悪心のある1人の患者を除いて、重度の非血液毒性はどの患者でも確認されなかった。難治性または再発性の高リスク神経芽細胞腫患者における高線量131I-MIBG療法は、重度の非血液毒性が少なく良好な予後であった。

論文名	IDAC-Dose 2.1, an internal dosimetry program for diagnostic nuclear medicine based on the ICRP adult reference voxel phantoms
著者 1	Martin Andersson
著者 2	Lennart Johansson
著者 3	Keith Eckerman
著者 4	Sören Mattsson
著者 5	
出典	EJNMMI Research (2017) 7:88
カテゴリー 1	核医学治療
キーワード 1	Internal dosimetry
キーワード 2	ICRP, IDAC, DCAL
キーワード 3	Effective dose
キーワード 4	Radiopharmaceuticals
キーワード 5	Diagnostic nuclear medicine
コメント	本論文は、ICRPによって開発されたフリーの線量評価ソフトウェアであるIDAC-Dose 2.1について紹介された論文である。本ソフトウェアの特徴として核医学の線量評価で用いられるOLINDA/EXMと比較してより細かな組織の分布情報を入力できる。また、ICRP Pub.133に記載されている計算フレームワークに基づいた計算が可能であり、放射線防護領域での内部被ばく評価にも使用できる。2020年現在は、ヒトの線量評価のみ可能。
概要	核医学における臓器・組織への放射線吸収線量の推定値は、人体モデルと放射性医薬品の体内動態に基づいて計算されてきた。国際放射線防護委員会(ICRP)Pub.133に記載されている成人の内部被ばく線量評価の計算フレームワークに基づいて、内部被ばく線量計算プログラムIDAC-Dose2.1を開発した。このプログラムは、ICRP Pub.107の放射性核種崩壊データベースを用いて、47の標的組織に照射された83の線源領域を考慮して、ICRP Pub.60及びPub.103の実効線量を定義した。このプログラムは、ICRPの別の線量評価プログラムであるDose and Risk Calculation (DCAL)と比較され、同じ計算フレームワークを用いて放射性核種の職業的・環境的摂取量を評価した。IDAC-Dose2.1には、体積や組成の異なる球状構造物の吸収線量計算のためのサブモジュールがあり、これは放射性医薬品治療における吸収線量の推定を目的としている。

論文名	DNA damage in leukocytes after internal ex-vivo irradiation of blood with the α -emitter Ra-223
著者 1	Sarah Schumann
著者 2	Uta Eberlein
著者 3	Razan Muhtadi
著者 4	Michael Lassmann
著者 5	Harry Scherthan
出典	Nature Scientific Reports 2018 Feb 2;8(1):2286
カテゴリ-1	核医学治療
キーワード 1	Ra-223
キーワード 2	DNA damage
キーワード 3	leukocytes
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	Ra-223の白血球への影響を調べた論文で、白血球の吸収線量とDNA Damageの関係を明らかにした論文。ただし、本研究は健常ボランティアから採取した血液にRa-223を様々な濃度で混入することで白血球への吸収線量を推定した論文である。そのため、実際の患者に223-Raを投与した時の積算線量や腎からのクリアランス等の患者ごとの要因を考慮していないため、実際の患者評価に直接利用できるかは疑問がある。
概要	6人の健康ボランティアから血液を採取後、各被験者の血液を6つに分配し、それぞれにRa-223を様々な濃度で混入し、線量とGamma-H2AX及び53BP1のフォーカスから白血球への影響を調べた。 「*Gamma-H2AX及び53BP1はDNAの二重鎖切断検出する免疫染色法」 Ra-223による白血球への線量は16.1mGy/kBqであり、そのうちα線の寄与が15.5mGy/kBqであることが明らかになった。

論文名	Improving quantitative dosimetry in ^{177}Lu -DOTATATE SPECT by energy window-based scatter corrections
著者 1	Robin de Nijs
著者 2	Vera Lagerburg
著者 3	Thomas L.Klausen
著者 4	Søren Holm
著者 5	
出典	Nuclear Medicine Communications 2014, 35:522–533
カテゴリー 1	核医学治療
キーワード 1	^{177}Lu - DOTATATE
キーワード 2	dosimetry
キーワード 3	SPECT
キーワード 4	energy windows
キーワード 5	scatter correction,
コメント	本論文は、^{177}Lu-DOTATE SPECTを使用し、コリメータ、散乱補正の変更における定量精度への影響を評価したものである。^{177}Luはγ線のエネルギーピークが113keVと208keVにあることから、至適コリメータならびに収集、散乱補正に使用するエネルギーウィンドウを検討することはSPECT収集において欠かせないと考ええる。この研究では、コリメータを3種類、散乱補正 6種類において比較を行っている。本件等においてはMEGPでESSE法の散乱補正を行うことが最適としている。MEGPを所有していないもしくはESSE法が適用できない施設においては、その他のコリメータや散乱補正法の結果を参考にできる貴重な報告である。
概要	^{177}Lu-DOTATATE SPECTにおけるコリメータ、エネルギーウィンドウ、散乱補正を変更し、その影響をNEMA Bodyファントムを使用して比較検討した。 コリメータはLEHR, LEGP, MEGP、エネルギーウィンドウは113keV, 208keV、散乱補正はESSE、TEW (wide or small) およびDEW、DPW (Dual-photopeak window)、DS (Downscatter)を使用して、それぞれの比較をしている。 結果として、208keVのペネトレーションの影響を鑑みると、定量的な^{177}LuイメージングにはMEGPコリメータの使用を推奨し、散乱補正はESSE法を適用することで、実際の強度比から10%以内の差となり、球の間での差も小さく良好であった。また、113keVと208keVの両エネルギーピークともMEGPは利用可能であったが、MEGPコリメータ以外においては208keVを用いた収集は推奨されない。

論文名	RADAR Dose Estimate Report: A Compendium of Radiopharmaceutical Dose Estimates Based on OLINDA/EXM Version 2.0
著者 1	Michael G. Stabin
著者 2	Jeffrey A. Siegel
著者 3	
著者 4	
著者 5	
出典	Journal of Nuclear Medicine January 2018, 59 (1) 154-160
カテゴリ 1	核医学治療
キーワード 1	radiopharmaceuticals
キーワード 2	dosimetry
キーワード 3	RADAR
キーワード 4	
キーワード 5	
コメント	本論文は、新規放射性薬剤の線量評価においてよく用いられる、線量評価ソフトウェアであるOLINDA/EXM ver.2.0について記載されている。核医学線量評価の基礎であるMIRD法についてわかりやすく記載されており、初学者が最初に読む論文として最適である。ファントムはOLINDA/EXM ver.1.0で使用されているMIRDファントムから変更され、より人体の構造に近いファントムが使用されており、性別年齢ごとに評価可能となった。さらに動物モデルのファントムも追加されており、基礎研究の線量評価にも使用できる。
概要	約100種類の放射性医薬品の線量推定を行ったOLINDA/EXM ver.2.0について紹介した。線量推定値の作成には、国際放射線防護委員会の2007年勧告に基づき、核医学・分子イメージング学会のRADAR委員会によって開発された新世代のボクセルベースのリアルな人体計算ファントムが使用され、最新の生体動態モデルも同様に使用された。これらの推定値は、モデルが変更されたり、新しい放射性医薬品が追加されたりすると、修正・更新することが可能である。

論文名	PARaDIM: A PHITS-Based Monte Carlo Tool for Internal Dosimetry with Tetrahedral Mesh Computational Phantoms
著者 1	Lukas M. Carter
著者 2	Troy M. Crawford
著者 3	Tatsuhiko Sato
著者 4	Takuya Furuta
著者 5	Chansoo Choi
出典	Journal of Nuclear Medicine December 2019, 60 (12) 1802-1811
カテゴリー 1	核医学治療
キーワード 1	PARaDIM
キーワード 2	PHITS
キーワード 3	dosimetry
キーワード 4	tetrahedral mesh phantom
キーワード 5	
コメント	本論文は、新しく開発されたフリーの線量評価ソフトウェアであるPARaDIMについて紹介された論文である。本ソフトウェアの特徴として従来のソフトウェアで用いられているボクセルファントムではなくメッシュファントムが用いられている。それによりより細かな線量評価が可能となっている。特に腸管などは粘膜、筋層、漿膜などの細かな組織に分類しシミュレーションを行うことが可能である。また、シミュレーションには日本で開発されたPHITSが使用されているため、比較的容易に使用できる。ただし、それなりのマシンスペックが必要なため注意が必要。
概要	モンテカルロシミュレーションによる内部被ばく線量評価においてメッシュ型ファントムはボクセル型ファントムよりも柔軟性が高く、患者や被験者固有の解剖学的構造を詳細に表現できるという点で優れている。PARaDIMは、吸収線量計算に四面体メッシュ型ファントムを実装するためのフリーウェアアプリケーションである。このアプリケーションは、α, β, γ, 陽電子, オージェ/変換電子放出体を含む医学的に関連するすべての放射性核種を考慮し、個々の領域に対する平均線量計算や、様々な医用画像処理ソフトウェアでの可視化・解析のための3次元線量分布の計算を行う。本研究では、PARaDIMの開発とその性能検証のために行った試験・検証方法、およびその使用例を紹介する。ヒト、小動物、および細胞レベルの線量計算は、ParaDIMを用いて計算され線量評価ソフトウェアや文献データと比較した。ヒトの線量計算において、ParaDIMとOLINDA 2.0の一致率は、ほとんどの臓器で10%から20%以内と良好であった。PARaDIMは、様々な放射性医薬品の使用例、研究、および前臨床開発における線量評価を改善する。PARaDIMは、www.paradim-dose.org から無料でダウンロードできます。

論文名	Individualized dosimetry in patients undergoing therapy with ^{177}Lu -DOTA-D-Phe1-Tyr3-octreotate
著者 1	Mattias Sandström
著者 2	Ulrike Garske
著者 3	Dan Granberg
著者 4	Anders Sundin
著者 5	Hans Lundqvist
出典	Eur J Nucl Med Mol Imaging (2010) 37:212–225
カテゴリー 1	核医学治療
キーワード 1	Neuroendocrine tumours
キーワード 2	Individualized
キーワード 3	dosimetry
キーワード 4	Targeted radionuclide therapy
キーワード 5	[^{177}Lu -DOTA0, Tyr3]Octreotate
コメント	核医学治療のoctreotateは、個別化された線量評価を行うことで治療成績を向上させることが期待できる。そこで、正常臓器への吸収線量の最適化のために、24人の患者データからプラナー像とSPECT像で吸収線量を算出し、比較した論文です。
概要	神経内分泌腫瘍に対するoctreotateは良好な治療成績を得ています。この治療法はさらに個別化医療の提供により治療成績を改善できます。腫瘍への吸収線量の最適化と正常な臓器への吸収線量を調査することを目的として、個別化された線量測定に基づく実行可能な測定と信頼性について平面イメージングと比較して SPECT での解析を行った論文です。 減衰補正した SPECT データを解析し、臓器のVOIより臓器内の全放射能を取得した。24人の患者の初回治療時に1、24、96および168時間後で撮像を実施した。腫瘍に侵されていない腎臓、肝臓、脾臓での吸収線量を、3つの方法（平面画像法、SPECT法（臓器VOI、小VOI）で比較した。 結果は、腫瘍のない領域では平面線量とSPECT線量は同程度であった。しかし、腫瘍のある臓器では重なり合っているため、平面線量は吸収線量を過大評価していた。さらに、小VOIにもとづくSPECT線量測定は、全臓器線量測定よりも信頼性が高いことが証明され、小VOIを用いたSPECT線量推定は、従来の平面線量推定よりも精度が高く、実現可能であり、標的放射性核種治療の最適化に貢献する可能性がある結論づけた。

論文名	Tumor-Absorbed Dose for Non-Hodgkin Lymphoma Patients Treated with the Anti-CD37 Antibody Radionuclide Conjugate 177Lu-Lilotomab Satetraxetan
著者 1	Johan Blakkisrud
著者 2	Ayca Løndalen
著者 3	Anne C.T. Martinsen
著者 4	Jostein Dahle
著者 5	Jon E. Høltedahl
出典	J Nucl Med 2017; 58:48–54
カテゴリ 1	核医学治療
キーワード 1	tumor absorbed dose
キーワード 2	antibody radionuclide conjugate
キーワード 3	non-Hodgkin's lymphoma
キーワード 4	dose-volume-histogram
キーワード 5	
コメント	国内では行われていない治療法であるが、Lu-177標識抗体の投与患者のSPECT像を用いた腫瘍への投与線量解析に関する論文です。
概要	低悪性度非ホジキンリンパ腫患者を対象とした第1/2a試験における新規の抗体放射性核種結合体による治療を受けた患者の線量測定法を開発し、腫瘍吸収線量を算出することを目的としています。方法は、10、15、20MBq/kgと異なるプレドージングを行い、腫瘍の放射能濃度は、複数の時点での SPECT 像から計算された。その後、OLINDA 球体モデルを用いて腫瘍吸収線量を計算し、ボクセル線量評価を行うために、SPECT/CT データと自社開発の MATLAB プログラムを組み合わせ、線量率の均質性を調査した。 結果は、8 人の患者の 26 個の腫瘍から平均吸収線量が得られた。吸収線量は 75～794cGy で、中央値は 264cGy であった。線量レベルと腫瘍吸収線量の間には有意な相関が認められた。ボクセル線量測定のために 21 個の腫瘍が含まれ、線量範囲を記述するパラメータが計算された。腫瘍内ボクセル線量の調査から、平均腫瘍線量がこれらのパラメータと相関していることが示された。177Lu-リロトマブ・サテトラキセタンで治療された患者の腫瘍吸収線量は、他の放射性免疫療法化合物で報告されている線量と同等である。腫瘍間のばらつきはかなりのものであったが、相関性が認められた。腫瘍の線量と患者の線量レベルとの間に相関があることが明らかになった。

論文名	Characteristics of Bremsstrahlung emissions of ^{177}Lu , ^{188}Re , and ^{90}Y for SPECT/CT quantification in radionuclide therapy
著者 1	Carlos F. Uribe
著者 2	Pedro L. Esquinas
著者 3	Marjorie Gonzalez
著者 4	Anna Celler
著者 5	
出典	Phys Med. 2016 May;32(5):691-700
カテゴリー 1	核医学治療
キーワード 1	Bremsstrahlung
キーワード 2	Radioisotopes
キーワード 3	Targeted radionuclide therapy
キーワード 4	Imaging
キーワード 5	Energy spectrum
コメント	核医学治療における標的部位および正常組織の線量を評価するために定量的なイメージングが必要である。本論文では、 β 線治療核種の SPECT イメージングを最適化する際に必要な制動放射の特性について理解を深める事ができる。
概要	β線治療核種である ^{177}Lu、^{188}Re、^{90}Y の SPECT イメージングにおいて制動放射の特性を詳細に調査した論文である。 本研究では、モンテカルロシミュレーションと臨床用 SPECT/CT 装置を用いたファントム実験により、SPECT 収集パラメータ (コリメータ・エネルギーウィンドウ) の最適化を試みている。 制動放射の定量解析やスペクトル解析の結果より、^{177}Lu と ^{188}Re では制動放射の影響はわずかである事が確認された。筆者らの分析では、^{177}Lu と ^{188}Re の SPECT イメージングには MELP コリメータ及び HE コリメータが適している事が示された。^{90}Y の制動放射イメージングでは、HE コリメータの使用と低エネルギー領域に広いウィンドウ設定が提案されている。