

## 《技術報告》

# $^{123}\text{I}$ -IMP 脳血流 SPECT ノーマルデータベース (NDB) 作成時の散乱および減弱補正が統計学的画像解析結果に与える影響

嶋田 博孝 \* 大竹 英則 \* 樋口 徹也 \*\* 有坂有紀子 \*\*  
織内 昇 \*\*\* 遠藤 啓吾 \*\*\*\*

**要旨** 【目的】 $^{123}\text{I}$ -IMP 脳血流 SPECT 画像の 3D-SSP 解析のための 50 歳代から 80 歳代のノーマルデータベース（以下 NDB）を作成する際に、画像の補正方法である散乱補正 (Scatter Correction : SC), 減弱補正 (Attenuation Correction : AC) の有無が、作成した NDB および 3D-SSP 解析にどの程度影響を与えるか検討した。【方法】50 歳代から 80 歳代までの 63 例の健常者ボランティア（男性：32 例、女性：31 例）の脳血流 SPECT 画像を用いて NDB を作成し、その平均値と標準偏差から pixel ごとの変動係数を計算した。次に画像補正方法ごとで標準偏差画像の視覚的評価と、SEE 解析で脳の部位ごとの変動係数も比較した。さらに前頭側頭型認知症と正常例を 3D-SSP 解析し、画像補正の有無で Z-score にどの程度の差異が見られるかを SEE 解析で検討した。【結果】NDBにおいて、SC も AC も行わない場合が最も変動係数が小さくなり、SC も AC も行った場合には脳室周囲や小脳で変動係数が大きくなつた。3D-SSP 解析の Z-score 画像では SC も AC も行わない場合、最も低下部位の Z-score が大きくなつた。【結論】補正方法の違いで、NDB の変動係数と 3D-SSP 解析結果に違いが見られた。自施設の画像の収集条件・再構成条件の特徴を理解し、3D-SSP 解析結果を評価することが重要と思われる。

(核医学 49: 341–349, 2012)

## I. 目 的

$^{123}\text{I}$ -IMP 脳血流 SPECT 検査において、3-Dimensional Stereotactic Surface Projection（以下 3D-SSP）<sup>1,2)</sup> や Statistical Parametric Mapping（以下 SPM）<sup>3)</sup>などの統計学的画像解析法は認知症の特

徴的な脳血流低下部位を客観的に抽出する方法として、広く普及している。

これらの統計学的画像解析法は複数の健常者の SPECT 画像を加算平均して作成したノーマルデータベース（以下 NDB）と症例 SPECT 画像を pixel ごとに比較し、解析症例の pixel 値が正常平均値から何標準偏差分乖離しているかを Z-score [Z-score = (正常平均値 - 症例 pixel 値) / 正常標準偏差] で表示することで、血流低下部位を客観的に評価する解析法である。しかし、認知症の早期や軽度認知障害の段階では、その血流低下の程度が僅かで、微小な変化を正確に診断するのが困難なことがある。この小さな変化を正確に診断するためには、脳血流の正常値の範囲（正常平均値と標準偏差の大きさ）を正しく見極めることが重要となる。今回の検討では、50 歳

\* 群馬大学医学部附属病院放射線部

\*\* 群馬大学大学院医学系研究科放射線診断核医学  
\*\*\* 群馬大学大学院医学系研究科放射線診断核医学  
(現: JA 長野厚生連佐久総合病院)

\*\*\*\* 群馬大学大学院医学系研究科放射線診断核医学  
(現: 京都医療科学大学)

受付：23 年 8 月 30 日

最終稿受付：24 年 5 月 17 日

別刷請求先：群馬県前橋市昭和町 3-39-15

(☎ 371-8511)

群馬大学医学部附属病院放射線部

嶋田 博孝

代から80歳代で認知機能が健常な方を対象に、<sup>123</sup>I-IMP脳血流SPECT検査の3D-SSP解析のためのNDBを作成し、画像補正方法である散乱補正(Scatter Correction:SC)、減弱補正(Attenuation Correction:AC)がNDBにおける平均画像分布と標準偏差の大きさ、3D-SSP解析のZ-score画像にどの程度影響を与えるかを検討した。

## II. 対象と方法

### 1. NDBの構成と内訳

作成したNDBの構成と内訳は以下の通りである。

全例(NDB-ALL)(50歳代から80歳代)63例

(男:女=32:31、年齢70.0±9.0)

- ① 50歳代 16例 (男:女=6:10、年齢54.8±2.9)
- ② 60歳代 14例 (男:女=6:8、年齢66.1±1.7)
- ③ 70歳代 14例 (男:女=9:5、年齢74.1±2.0)
- ④ 80歳代 19例 (男:女=9:10、年齢82.8±1.7)

画像再構成後の脳血流値において平均値よりかけ離れた症例を削除した(Leave one out Cross Validation法:全サンプルから、1つのサンプルを除き、残りのサンプルでモデルを作製したときに、あらかじめ抜いていたサンプルを正確に予測することができるかを検定する方法)。

### 2. NDB作成用の健常者ボランティアと3D-SSP解析用症例

群馬大学倫理委員会で承認された後、神経内科医による問診と診察で、アルコール中毒、てんかん、認知機能に影響する精神・神経疾患の既往がなく治療中でないこと、抗うつ剤、向精神薬、長期にわたる催眠鎮静剤(抗不安薬を含む)を内服中でないこと、重篤な合併症(肝障害、腎障害、内分泌疾患など)がないこと、喫煙者(1日20本以上の喫煙を20年以上)でないこと、Mini Mental State Examination(MMSE)テストで27点以上であることが確認され、MRI検査で虚血性の白質病変や血管異常、3mm以上のラクナ梗塞がなかった50歳代から80歳代までの健常者ボランティア63例(男性:32例、女性:31例)をNDB作成の対象者として、<sup>123</sup>I-IMP脳血流

SPECT検査を行った。さらに臨床にて<sup>123</sup>I-IMP脳血流SPECT検査が行われ、神経内科にてFTD(Frontotemporal dementia)と診断された1症例と、NDBとは別の健常者ボランティアで、異常が認められなかった1症例を3D-SSP解析のための症例とした。

### 3. 使用機器および収集条件

SPECT装置:東芝e.cam

<sup>123</sup>I-IMP投与量:111MBq

収集開始時間:投与15分後

収集時間:30分

コリメータ:LMEGP

エネルギーインドウ:TEW法

(159keV±10%, 下位散乱7%, 上位散乱7%)

収集方法:連続収集2.5分/回転×12回転

(合計30分)

収集マトリクスサイズ:128×128

ステップ数:90

収集拡大率:1.23倍

ピクセルサイズ:3.9mm

回転半径:14cm

### 4. 画像再構成条件

画像再構成方法:FBP

減弱補正( $\mu$ 値):0.07(散乱補正なしの時)

0.14(散乱補正ありの時)

画像再構成マトリクスサイズ:128×128

画像再構成時の拡大率:1倍

前処理フィルター:Butterworth Filter(order=8)

遮断周波数:0.40cycles/cm

画像再構成フィルター:Ramp filter

画像スライス加算なし

散乱線補正パラメータ:

メインインドウなし

サブインドウ0.17Nyquist order 8

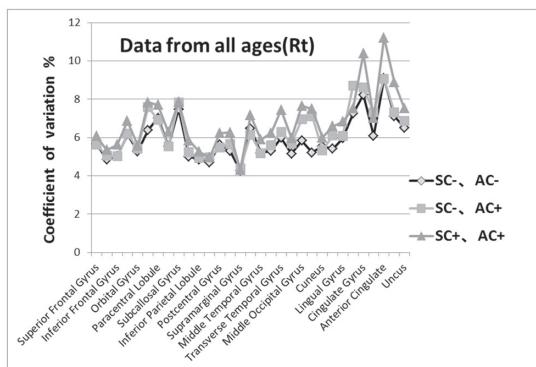
(0.22cycles/cm)

使用ソフト:3D-SSP Version 1.02.11

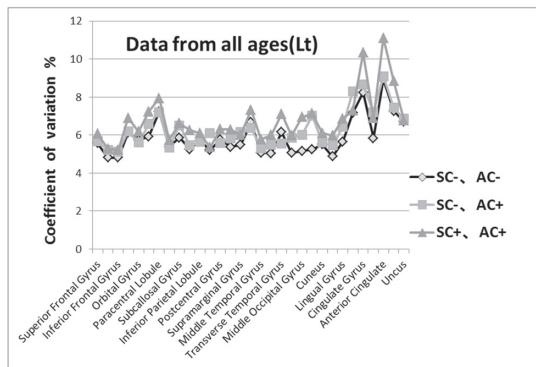
SEE Version 2.01.00

※全例(NDB-ALL)において、SC、ACともになし(SC-AC-)、ACのみ実施(SC-AC+)、

AC、SCとも実施(SC+AC+)の3パターンの



**A.** Difference of statistical image analysis  
(Data from all ages (Right Brain))



**B.** Difference of statistical image analysis  
(Data from all ages (Left Brain))

**Fig. 1** Comparative study of corrected NDBs belonging to each age hierarchy.

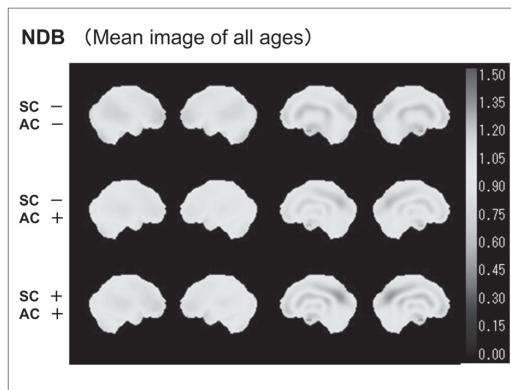
画像再構成を行った。

## 5. SPECT データの解析

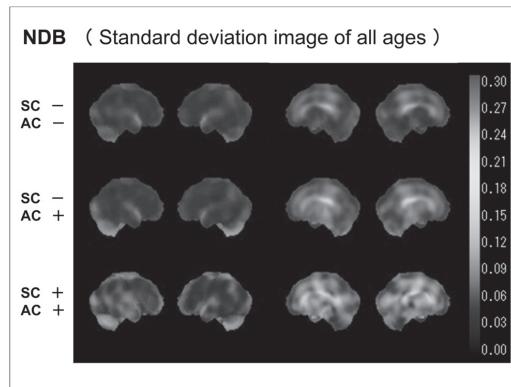
123I-IMP 脳血流 SPECT 画像は 3D-SSP 解析のインターフェースソフトである iSSP5 (日本メディジックス株式会社) を使用し解剖学的標準化と脳表抽出画像への変換を行った。

## 6. NDB の作成

NDB 作成にあたっては、健常人の脳血流画像を標準脳図譜上に変換（解剖学的標準化）した後、それらを平均加算して NDB を構築した。次に、実際の被験者の脳血流画像を同様に解剖学的標準化し、前述の NDB と pixel ごとに統計解析



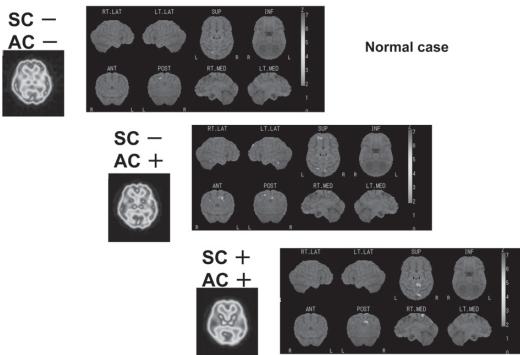
**A.** Mean image of all ages



**B.** Standard deviation image of all ages

**Fig. 2** Comparative study of mean and standard deviation images belonging to each age hierarchy.

## Analytical result (All age hierarchies, Comparison with 3D-SSP)



**Fig. 3A.** Comparison with 3D-SSP

Analytical result (All age hierarchies, Comparison with SEE (level 1, 2)) Normal case

## SC - AC -

Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD							
Cerebrum	Level 2 classification	projection	Lt	6644	0.0%	ext	13	sev	Cerebellum	Level 2 classification	Lt	969	0.0%	ext	0	sev	Brainstem	Level 2 classification	Lt	349	0.0%	ext	0	sev
Frontal Lobe	前额叶	Rt	2795	0.0%	0	Null	0	Null	Occipital Lobe	后顶叶	Lt	779	0.0%	0	Null	0	Pons	脑干	Lt	191	0.0%	0	Null	Null
Parietal Lobe	顶叶	Lt	1017	1.3%	13	2.09	0.05	Null	Limbic Lobe	边缘叶	Lt	730	0.0%	0	Null	0	Anterior Lobe	前脑	Rt	132	0.0%	0	Null	Null
Temporal Lobe	侧颞叶	Rt	1017	0.0%	0	Null	0	Null	Midbrain	中脑	Lt	114	0.0%	0	Null	0	Posterior Lobe	后脑	Lt	868	0.0%	0	Null	Null
(脑实质)	(实质)	Rt	930	0.0%	0	Null	0	Null		中脑	Rt	114	0.0%	0	Null	0		后脑	Rt	868	0.0%	0	Null	Null

## SC - AC +

Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD							
Cerebrum	Level 2 classification	projection	Lt	6644	0.0%	ext	53	sev	Cerebellum	Level 2 classification	Lt	969	0.0%	ext	0	sev	Brainstem	Level 2 classification	Lt	349	0.0%	ext	0	sev
Frontal Lobe	前额叶	Lt	2795	1.4%	40	2.10	0.05	Null	Occipital Lobe	后顶叶	Lt	779	0.0%	0	Null	0	Pons	脑干	Lt	191	0.0%	0	Null	Null
Parietal Lobe	顶叶	Rt	205	0.0%	0	Null	0	Null	Limbic Lobe	边缘叶	Rt	779	0.0%	0	Null	0	Anterior Lobe	前脑	Rt	132	0.0%	0	Null	Null
Temporal Lobe	侧颞叶	Lt	1017	1.1%	11	2.08	0.05	Null	Midbrain	中脑	Rt	730	0.0%	0	Null	0	Posterior Lobe	后脑	Rt	132	0.0%	0	Null	Null
(脑实质)	(实质)	Rt	930	0.0%	0	Null	0	Null		中脑	Rt	114	0.0%	0	Null	0		后脑	Rt	868	0.0%	0	Null	Null

## SC + AC +

Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 1 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD							
Cerebrum	Level 2 classification	projection	Lt	6644	0.0%	ext	0	sev	Cerebellum	Level 2 classification	Lt	969	0.0%	ext	0	sev	Brainstem	Level 2 classification	Lt	349	0.0%	ext	0	sev
Frontal Lobe	前额叶	Lt	2795	0.0%	0	Null	0	Null	Occipital Lobe	后顶叶	Lt	779	0.0%	0	Null	0	Pons	脑干	Lt	191	0.0%	0	Null	Null
Parietal Lobe	顶叶	Rt	1017	1.2%	12	2.11	0.05	Null	Limbic Lobe	边缘叶	Lt	730	0.0%	0	Null	0	Anterior Lobe	前脑	Lt	132	0.0%	0	Null	Null
Temporal Lobe	侧颞叶	Lt	930	0.1%	1	2.33	0.05	Null	Midbrain	中脑	Rt	114	0.0%	0	Null	0	Posterior Lobe	后脑	Lt	868	1.3%	11	2.30	0.19
(脑实质)	(实质)	Rt	920	0.0%	0	Null	0	Null		中脑	Rt	114	0.0%	0	Null	0		后脑	Rt	868	0.0%	0	Null	Null

Fig. 3B. Comparison with SEE (level 1, 2)

Analytical result (All age hierarchies, Comparison with SEE (level 3)) Normal case

## SC - AC -

Level 3 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 3 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 3 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD							
Cerebrum	Level 2 classification	projection	Lt	6644	0.0%	ext	0	sev	Cerebellum	Level 2 classification	Lt	969	0.0%	ext	0	sev	Brainstem	Level 2 classification	Lt	349	0.0%	ext	0	sev
Superior Frontal Gyrus	上额叶回	Lt	779	0.0%	0	Null	0	Null	Angular Gyrus	角回	Lt	34	0.0%	0	Null	0	Cingulate Gyrus	海马回	Rt	350	0.0%	0	Null	Null
Middle Frontal Gyrus	中额叶回	Rt	205	0.0%	0	Null	0	Null	Postcentral Gyrus	枕顶叶回	Lt	34	0.0%	0	Null	0	Fusiform Gyrus	梭形回	Rt	945	0.0%	0	Null	Null
Inferior Frontal Gyrus	下额叶回	Lt	611	0.0%	0	Null	0	Null	Precuneus	后中央回	Rt	350	0.0%	0	Null	0	Insular Gyrus (IYG)	岛叶回	Rt	1320	0.0%	0	Null	Null
Medial Frontal Gyrus	内额叶回	Rt	295	0.0%	0	Null	0	Null	Precuneus-L-18.00	后中央回-L-18.00	Rt	350	0.0%	0	Null	0	Amygdala (AMG)	杏仁体	Rt	101	0.0%	0	Null	Null
Medial Frontal Gyrus	内额叶回	Lt	295	0.7%	2	2.03	0.05	Null	Precuneus-R-18.00	后中央回-R-18.00	Rt	210	0.0%	0	Null	0	Thalamus	丘脑	Lt	253	0.0%	0	Null	Null
Medial Frontal Gyrus	内额叶回	Rt	494	0.0%	0	Null	0	Null	Superior Temporal Gyrus	上颞叶回	Lt	44	0.0%	0	Null	0	Cingulate Gyrus	海马回	Rt	350	0.0%	0	Null	Null
Orbital Gyrus	眶额叶回	Lt	61	0.0%	0	Null	0	Null	Posterior Temporal Gyrus	后颞叶回	Lt	347	0.0%	0	Null	0	Posterior Cingulate Gyrus	后海马回	Rt	410	0.0%	0	Null	Null
Rectal Gyrus	直回	Lt	68	0.0%	0	Null	0	Null	Medial Temporal Gyrus	内颞叶回	Lt	321	0.0%	0	Null	0	Posterior Hippocampus	后海马	Rt	258	0.0%	0	Null	Null
Paracentral Lobule	中央旁小叶	Lt	101	0.0%	0	Null	0	Null	Inferior Temporal Gyrus	下颞叶回	Lt	347	0.0%	0	Null	0	Anterior Hippocampus	前海马	Rt	410	0.0%	0	Null	Null
Paracentral Lobule	中央旁小叶	Rt	101	0.0%	0	Null	0	Null	Transverse Temporal Gyrus	横颞叶回	Lt	61	0.0%	0	Null	0	Posterior Hippocampus	后海马	Rt	110	0.0%	0	Null	Null
Precentral Gyrus	中央前回	Lt	266	0.0%	0	Null	0	Null	Superior Occipital Gyrus	上顶叶回	Lt	22	0.0%	0	Null	0	Uncus	钩状回	Rt	82	0.0%	0	Null	Null
Precentral Gyrus	中央前回	Rt	266	0.0%	0	Null	0	Null	Middle Occipital Gyrus	中顶叶回	Lt	147	0.0%	0	Null	0			Rt	180	0.0%	0	Null	Null
Superior Paracentral Lobule	上中央旁小叶	Lt	205	0.5%	1	2.11	0.05	Null	Inferior Occipital Gyrus	下顶叶回	Lt	51	0.0%	0	Null	0			Rt	110	0.0%	0	Null	Null
Superior Paracentral Lobule	上中央旁小叶	Rt	205	0.0%	0	Null	0	Null	Uncus	钩状回	Rt	61	0.0%	0	Null	0			Rt	82	0.0%	0	Null	Null

## SC + AC +

Level 3 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 3 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD	Level 3 classification			total projection	extent ratio projection	severity mean SD							
Cerebrum	Level 2 classification	projection	Lt	6644	0.0%	ext	0	sev	Cerebellum	Level 2 classification	Lt	969	0.0%	ext	0	sev	Brainstem	Level 2 classification	Lt	349	0.0%	ext	0	sev
Superior Frontal Gyrus	上额叶回	Lt	779	0.0%	0	Null	0	Null	Angular Gyrus	角回	Lt	34	0.0%	0	Null	0	Cingulate Gyrus	海马回	Rt	350	0.0%	0	Null	Null
Middle Frontal Gyrus	中额叶回	Rt	271	0.0%	0	Null	0	Null	Postcentral Gyrus	枕顶叶回	Lt	34	0.0%	0	Null	0	Fusiform Gyrus	梭形回	Rt	945	0.0%	0	Null	Null
Inferior Frontal Gyrus	下额叶回	Lt	295	0.0%	0	Null	0	Null	Precuneus	后中央回	Rt	350	0.0%	0	Null	0	Lingual Gyrus	舌回	Rt	101	0.0%	0	Null	Null
Medial Frontal Gyrus	内额叶回	Rt	295	0.0%	0	Null	0	Null	Precuneus-L-18.00	后中央回-L-18.00	Rt	210	0.0%	0	Null	0	Thalamus	丘脑	Rt	350	0.0%	0	Null	Null
Medial Frontal Gyrus	内额叶回	Lt	494	0.0%	0	Null	0	Null	Superior Temporal Gyrus	上颞叶回	Rt	44	0.0%	0	Null	0	Cingulate Gyrus	海马回	Rt	258	0.0%	0	Null	Null
Orbital Gyrus	眶额叶回	Lt	61	0.0%	0	Null	0	Null	Posterior Temporal Gyrus	后颞叶回	Rt	347	0.0%	0	Null	0	Posterior Cingulate Gyrus	后海马回	Rt	410	0.0%	0	Null	Null
Rectal Gyrus	直回	Lt	68	0.0%	0	Null	0	Null	Inferior Temporal Gyrus	下颞叶回	Rt	172	0.0%	0	Null	0	Anterior Hippocampus	前海马	Rt	180	0.0%	0	Null	Null
Paracentral Lobule	中央旁小叶	Lt	101	0.0%	0	Null	0	Null	Transverse Temporal Gyrus	横颞叶回	Rt	61	0.0%	0	Null	0	Posterior Hippocampus	后海马	Rt	110	0.0%	0	Null	Null
Precentral Gyrus	中央前回	Rt	266	0.0%	0	Null	0	Null	Superior Occipital Gyrus	上顶叶回	Rt	22	0.0%	0	Null	0	Uncus	钩状回	Rt	82	0.0%	0	Null	Null
Superior Paracentral Lobule	上中央旁小叶	Lt	205	0.5%	1	2.11	0.05	Null	Middle Occipital Gyrus	中顶叶回	Rt	227	0.0%	0	Null	0			Rt	180	0.0%	0	Null	Null
Inferior Paracentral Lobule	下中央旁小叶	Rt	205	0.0%	0	Null	0	Null	Inferior Occipital Gyrus	下顶叶回	Rt	61	0.0%	0	Null	0			Rt	110	0.0%	0	Null	Null

Fig. 3C. Comparison with SEE (level 3)

Fig. 3 Comparative study of analytical result (Normal case).

して比較することにより、血流低下部位を検出した。構成においては、画像再構成後の脳血流値において平均値よりかけ離れた症例を削除した。

(SC- AC-), (SC- AC+), (SC+ AC+) の 3 パターンを、健常者ボランティアの全例 (NDB- ALL) において脳表抽出画像を補正方法ごとに加算平均し、平均 (Mean) 画像と標準偏差 (SD) 画像から構成される NDB を作成した。

## 7. 平均画像分布と標準偏差の大きさの評価

NDB の特徴を評価するため、(SC- AC-), (SC- AC+), (SC+ AC+) の 3 パターンを平均画像と標準偏差画像を視覚的に比較した。さらに NDB の標準偏差の大きさを画像補正の有無で比較するため、標準偏差画像を平均画像で除したあと 100 倍して変動係数画像を作成した。画像補正の有無による NDB の変動係数の比較は、Mizumura らが開発した SEE (stereotactic extraction estimation) 解析<sup>4)</sup> を利用した。今回は SEE の Level 3 (小葉による分類) を用いて検討を行った。

## Analytical result (All age hierarchies, Comparison with SEE (level 1, 2)) FTD

### SC - AC -

Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		
Parahippocampal			L1 total 644.4		Rt total 644.4		L1 SD 0.01		Cerebellum			L1 total 600.0		Rt total 600.0		L1 SD 0.01		Brainstem			L1 total 349.0		Rt total 349.0		L1 SD 0.01		
Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		
Frontal Lobe	L1	2796	51.6%	1442	3.38	0.99	0.78	0.01	Occipital Lobe	L1	779	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Poss	L1	191	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
約済葉	Rt	2796	15.6%	437	2.75	0.60	0.78	0.01	後済葉	Rt	779	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	構	Rt	191	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
Parietal Lobe	L1	1017	0.0%	0	Null	0.0	0.78	0.01	Limbic Lobe	L1	720	4.4%	34	2.42	0.20	0.78	0.01	前済葉	L1	132	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
額頂葉	Rt	1017	0.0%	0	Null	0.0	0.78	0.01	大脳辺縁系	Rt	720	0.9%	21	2.54	0.20	0.78	0.01	後済葉	Rt	132	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
Temporal Lobe	L1	930	19.0%	177	2.75	0.56	0.78	0.01	Midbrain	L1	114	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Posterior Lobe	L1	868	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
側頭葉	Rt	930	4.6%	43	2.45	0.28	0.78	0.01	中脳	Rt	114	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	脳底	Rt	868	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null

### SC - AC +

Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		
Cerebrum			L1 total 644.4		Rt total 644.4		L1 SD 0.01		Cerebellum			L1 total 600.0		Rt total 600.0		L1 SD 0.01		Brainstem			L1 total 349.0		Rt total 349.0		L1 SD 0.01		
Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		
Frontal Lobe	L1	2796	46.8%	1309	3.21	0.78	0.78	0.01	Occipital Lobe	L1	779	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Poss	L1	191	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
約済葉	Rt	2796	19.5%	546	2.87	0.82	0.78	0.01	後済葉	Rt	779	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	構	Rt	191	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
Parietal Lobe	L1	1017	0.0%	0	Null	0.0	0.78	0.01	Limbic Lobe	L1	720	2.4%	21	2.42	0.20	0.78	0.01	前済葉	L1	132	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
額頂葉	Rt	1017	0.0%	0	Null	0.0	0.78	0.01	大脳辺縁系	Rt	720	0.2%	20	2.54	0.40	0.78	0.01	後済葉	Rt	132	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
Temporal Lobe	L1	930	22.1%	388	2.75	0.56	0.78	0.01	Midbrain	L1	114	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Posterior Lobe	L1	868	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
側頭葉	Rt	930	10.9%	168	2.68	0.56	0.78	0.01	中脳	Rt	114	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	脳底	Rt	868	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null

### SC + AC +

Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		Level 1 classification			total projection		extent ratio projection		severity mean SD		
Cerebrum			L1 total 644.4		Rt total 644.4		L1 SD 0.01		Cerebellum			L1 total 600.0		Rt total 600.0		L1 SD 0.01		Brainstem			L1 total 349.0		Rt total 349.0		L1 SD 0.01		
Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		Level 2 classification			projection		ratio projection		mean SD		
Frontal Lobe	L1	2796	21.1%	1347	0.89	0.88	0.78	0.01	Occipital Lobe	L1	779	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Poss	L1	191	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
約済葉	Rt	2796	21.1%	591	2.75	0.67	0.78	0.01	後済葉	Rt	779	0.5%	4	2.03	0.02	0.78	0.01	構	Rt	191	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
Parietal Lobe	L1	1017	0.0%	0	Null	0.0	0.78	0.01	Limbic Lobe	L1	720	1.5%	11	2.33	0.41	0.78	0.01	前済葉	L1	132	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
額頂葉	Rt	1017	5.0%	51	2.77	0.51	0.78	0.01	大脳辺縁系	Rt	720	1.8%	13	2.46	0.34	0.78	0.01	後済葉	Rt	132	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
Temporal Lobe	L1	930	19.0%	177	2.53	0.44	0.78	0.01	Midbrain	L1	114	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Posterior Lobe	L1	868	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null
側頭葉	Rt	930	7.2%	67	2.57	0.42	0.78	0.01	中脳	Rt	114	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	脳底	Rt	868	0.0%	0	Null	Null	Null	Null	Null

Fig. 4B. Comparison with SEE (level 1, 2)

た。なお、これらの評価には、全脳平均 pixel 値で pixel 値の正規化を行った NDB を使用した。

## 8. 画像補正の有無による 3D-SSP 解析 Z-score

### 画像の比較

(SC- AC-), (SC- AC+), (SC+ AC+) の 3 パターンの画像補正を行った FTD 例および正

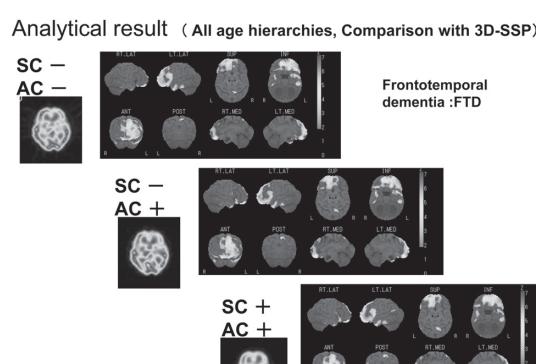


Fig. 4A. Comparison with 3D-SSP

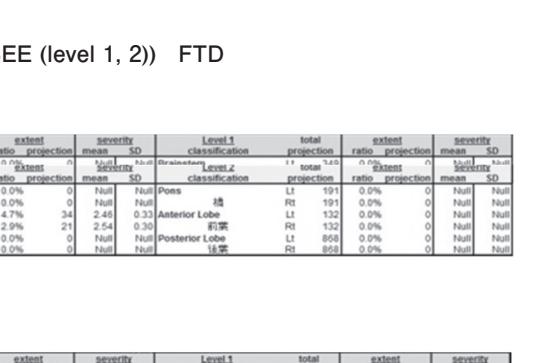


Fig. 4B. Comparison with SEE (level 1, 2)

Analytical result (All age hierarchies, Comparison with SEE (level 3)) FTD

## SC - AC -

Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	
Superior Frontal Gyrus	L1	778	70.0%	551 ± 0.83	Angular Gyrus	L1	34	0.0%	Null	Null	Cerebellum	L1	350	0.0%	0 ± Null
上頭頂小葉	R1	778	23.5%	183 ± 0.68	Postcentral Gyrus	R1	34	0.0%	Null	Null	Frontal Lobe	R1	350	0.0%	0 ± Null
Middle Frontal Gyrus	L1	611	43.5%	268 ± 0.77	Precuneus	R1	359	0.0%	Null	Null	Temporal Lobe	R1	204	0.0%	2 ± Null
中-内側回	R1	611	3.1%	236 ± 0.47	Supramarginal Gyrus	R1	210	4.8%	0.28 ± 0.05	Null	Uncus	R1	101	0.0%	0 ± Null
後方頭回	L1	295	42.4%	190 ± 0.72	Thalamus	R1	34	0.0%	Null	Null	Thalamus	R1	33	0.0%	0 ± Null
Medial Frontal Gyrus	L1	494	32.8%	233 ± 0.52	横前部	R1	34	0.0%	Null	Null	横前部	R1	33	0.0%	0 ± Null
内側頭回	R1	494	1.0%	162 ± 0.52	Superior Temporal Gyrus	L1	321	0.6%	2 ± 1.10	Null	Cingulate Gyrus	R1	258	0.0%	0 ± Null
Orbital Gyrus	L1	102	10.0%	36 ± 0.52	Posterior Temporal Gyrus	R1	347	1.3%	2.46 ± 0.28	Null	Posterior Cingulate	L1	49	0.0%	0 ± Null
外側頭回	R1	22	81.5%	18 ± 0.64	Precuneus	L1	210	2.1%	0.42 ± 0.40	Null	Anterior Cingulate	R1	180	10.0%	1.3 ± 0.31
Rectal Gyrus	L1	68	20.5%	34 ± 0.52	Supramarginal Gyrus	R1	172	0.1%	0.00 ± 0.00	Null	Uncus	R1	110	0.0%	0 ± Null
Paracentral Lobule	L1	101	0.5%	0 ± Null	Thalamus	R1	44	0.0%	0 ± Null	Null	Thalamus	R1	33	0.0%	0 ± Null
Precentral Gyrus	L1	266	4.1%	111 ± 0.52	後方部	R1	34	0.0%	Null	Null	後方部	R1	33	0.0%	0 ± Null
後方頭回	R1	266	0.2%	0 ± Null	Transverse Temporal Gyrus	L1	0	0.0%	0 ± Null	Null	後方部	R1	258	0.0%	0 ± Null
Subcentral Gyrus	L1	20	5.0%	1 ± 0.00	Uncus	R1	51	0.0%	0 ± Null	Null	Uncus	R1	51	0.0%	0 ± Null
Superior Parietal Lobule	L1	205	0.0%	0 ± Null	外側部	R1	34	0.0%	0 ± Null	Null	外側部	R1	33	0.0%	0 ± Null
後方頭回	R1	205	0.0%	0 ± Null	Middle Occipital Gyrus	L1	147	1.0%	0.00 ± 0.00	Null	Posterior Cingulate	L1	110	0.0%	0 ± Null
後方頭回	L1	204	0.0%	0 ± Null	Inferior Occipital Gyrus	R1	51	0.0%	0 ± Null	Null	Anterior Cingulate	R1	180	5.0%	0.36 ± 0.39
後方頭回	R1	204	0.0%	0 ± Null	Thalamus	R1	101	0.0%	0 ± Null	Null	Uncus	R1	82	14.0%	1.2 ± 0.18
後方頭回	R1	204	0.0%	0 ± Null	後方部	R1	34	0.0%	0 ± Null	Null	後方部	R1	33	0.0%	0 ± Null

## SC - AC +

Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	
Superior Frontal Gyrus	L1	778	72.0%	560 ± 0.80	Angular Gyrus	L1	34	0.0%	0 ± Null	Null	Cerebellum	L1	350	0.0%	0 ± Null
上頭頂小葉	R1	778	23.5%	183 ± 0.68	Postcentral Gyrus	R1	359	0.0%	0 ± Null	Null	Frontal Lobe	R1	350	0.0%	0 ± Null
Middle Frontal Gyrus	L1	611	43.5%	268 ± 0.81	Precuneus	R1	210	0.0%	0 ± Null	Null	Temporal Lobe	R1	204	0.0%	0 ± Null
中-内側回	R1	611	3.1%	236 ± 0.48	Supramarginal Gyrus	R1	210	4.3%	0.42 ± 0.40	Null	Uncus	R1	49	0.0%	0 ± Null
後方頭回	L1	295	60.7%	179 ± 0.99	Thalamus	R1	172	0.1%	0.00 ± 0.00	Null	Thalamus	R1	33	0.0%	0 ± Null
Medial Frontal Gyrus	L1	494	32.8%	233 ± 0.52	後方部	R1	34	0.0%	0 ± Null	Null	後方部	R1	33	0.0%	0 ± Null
内側頭回	R1	494	1.0%	162 ± 0.52	Superior Temporal Gyrus	L1	22	0.0%	0 ± Null	Null	Cingulate Gyrus	R1	258	0.0%	0 ± Null
Orbital Gyrus	L1	102	10.0%	36 ± 0.52	Posterior Temporal Gyrus	R1	347	0.8%	2.46 ± 0.28	Null	Posterior Cingulate	L1	101	0.0%	0 ± Null
外側頭回	R1	22	81.5%	18 ± 0.64	Precuneus	L1	210	2.1%	0.42 ± 0.40	Null	Anterior Cingulate	R1	180	5.0%	0.36 ± 0.39
Rectal Gyrus	L1	68	20.5%	34 ± 0.52	Supramarginal Gyrus	R1	172	0.1%	0.00 ± 0.00	Null	Uncus	R1	82	14.0%	1.2 ± 0.18
Paracentral Lobule	L1	101	0.0%	0 ± Null	Thalamus	R1	44	0.0%	0 ± Null	Null	Thalamus	R1	33	0.0%	0 ± Null
Precentral Gyrus	L1	266	5.2%	111 ± 0.52	外側部	R1	34	0.0%	0 ± Null	Null	外側部	R1	33	0.0%	0 ± Null
後方頭回	R1	266	0.2%	0 ± Null	Transverse Temporal Gyrus	L1	0	0.0%	0 ± Null	Null	Posterior Cingulate	L1	110	0.0%	0 ± Null
Subcentral Gyrus	L1	20	10.0%	2 ± 1.11	Uncus	R1	51	0.0%	0 ± Null	Null	Anterior Cingulate	R1	180	7.0%	1.2 ± 0.25
後方頭回	R1	20	0.0%	0 ± Null	後方部	R1	34	0.0%	0 ± Null	Null	後方部	R1	33	0.0%	0 ± Null
Superior Parietal Lobule	L1	205	0.0%	0 ± Null	Middle Occipital Gyrus	R1	147	1.0%	0.00 ± 0.00	Null	Uncus	R1	82	14.0%	1.2 ± 0.18
後方頭回	R1	204	1.4%	20 ± 2.84	Inferior Occipital Gyrus	R1	51	0.0%	0 ± Null	Null	Thalamus	R1	82	11.0%	0.8 ± 2.51
後方頭回	R1	204	0.0%	0 ± Null	Thalamus	R1	51	0.0%	0 ± Null	Null	後方部	R1	33	0.0%	0 ± Null

## SC + AC +

Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	Level.3 classification		total projection	extant ratio projection	severity mean SD	
Superior Frontal Gyrus	L1	778	72.0%	560 ± 0.80	Angular Gyrus	L1	34	0.0%	0 ± Null	Null	Cerebellum	R1	350	0.0%	0 ± Null
上頭頂小葉	R1	778	23.5%	183 ± 0.68	Postcentral Gyrus	R1	359	0.0%	0 ± Null	Null	Frontal Lobe	R1	95	24.2%	2.3 ± 0.51
Middle Frontal Gyrus	L1	611	43.5%	268 ± 0.81	Precuneus	R1	210	0.0%	0 ± Null	Null	Temporal Lobe	R1	101	0.0%	0 ± Null
中-内側回	R1	611	3.1%	236 ± 0.48	Supramarginal Gyrus	R1	172	0.1%	0.00 ± 0.00	Null	Uncus	R1	49	0.0%	0 ± Null
後方頭回	L1	295	60.7%	179 ± 0.99	Thalamus	R1	44	0.0%	0 ± Null	Null	Thalamus	R1	33	0.0%	0 ± Null
Medial Frontal Gyrus	L1	494	32.8%	233 ± 0.52	後方部	R1	34	0.0%	0 ± Null	Null	後方部	R1	33	0.0%	0 ± Null
内側頭回	R1	494	1.0%	162 ± 0.52	Superior Temporal Gyrus	L1	22	0.0%	0 ± Null	Null	Cingulate Gyrus	R1	258	0.0%	0 ± Null
Orbital Gyrus	L1	102	10.0%	36 ± 0.52	Posterior Temporal Gyrus	R1	347	0.8%	2.46 ± 0.28	Null	Posterior Cingulate	L1	101	0.0%	0 ± Null
外側頭回	R1	22	81.5%	18 ± 0.64	Precuneus	L1	210	2.1%	0.42 ± 0.40	Null	Anterior Cingulate	R1	180	5.0%	0.36 ± 0.39
Rectal Gyrus	L1	68	20.5%	34 ± 0.52	Supramarginal Gyrus	R1	172	0.1%	0.00 ± 0.00	Null	Uncus	R1	82	14.0%	1.2 ± 0.18
Paracentral Lobule	L1	101	0.0%	0 ± Null	Thalamus	R1	44	0.0%	0 ± Null	Null	Thalamus	R1	33	0.0%	0 ± Null
Precentral Gyrus	R1	101	0.0%	0 ± Null	外側部	R1	34	0.0%	0 ± Null	Null	外側部	R1	33	0.0%	0 ± Null
後方頭回	R1	101	0.0%	0 ± Null	Transverse Temporal Gyrus	R1	8	0.0%	0 ± Null	Null	Posterior Cingulate	R1	180	2.8%	0.6 ± 0.42
Subcentral Gyrus	L1	295	0.0%	0 ± Null	Uncus	R1	51	0.0%	0 ± Null	Null	Anterior Cingulate	R1	180	0.0%	0 ± Null
後方頭回	R1	295	0.0%	0 ± Null	後方部	R1	34	0.0%	0 ± Null	Null	後方部	R1	33	0.0%	0 ± Null
Superior Parietal Lobule	R1	205	17.7%	36 ± 0.52	Middle Occipital Gyrus	R1	147	1.0%	0.00 ± 0.00	Null	Uncus	R1	82	8.5%	2.2 ± 0.20
後方頭回	R1	204	0.0%	0 ± Null	Inferior Occipital Gyrus	R1	51	0.0%	0 ± Null	Null	Thalamus	R1	82	7.0%	9 ± 2.29
後方頭回	R1	204	0.0%	0 ± Null	Thalamus	R1	51	0.0%	0 ± Null	Null	後方部	R1	33	0.0%	0 ± Null

Fig. 4C. Comparison with SEE (level 3)

Fig. 4 Comparative study of analytical result (FTD case).

常例のSPECT画像を、補正条件を一致させたNDB-ALLを利用し3D-SSP解析してZ-score画像を作成した。補正パターンごとのZ-score画像所見の比較は視覚的評価とSEE解析を用いて行った。

### III. 結 果

#### 1. NDB (平均画像分布と標準偏差の大きさ) の評価

SEE解析結果の変動係数の大きさを(SC-AC-), (SC-AC+), (SC+AC+)の3パターンで比較すると、(SC+AC+)は全体的に変動係数が大きく(領域では帯状回, 前方帶状回, 後方帶状回で目立つ), 次いで(SC-AC+), (SC-AC-)となった(Fig. 1 A~B)。

また、平均画像分布と標準偏差画像の視覚的評価においても(SC-AC-)で局所的に標準偏差の

大きな領域が少なく、(SC-AC+), (SC+AC+)において脳室, 帯状回, 小脳で標準偏差が大きくなっていた(Fig. 2 A~B)。

#### 2. 画像補正の有無による3D-SSP解析Z-score画像の比較

正常例(Fig. 3 A~C), FTD例(Fig. 4 A~C)の3D-SSP解析結果において、両症例とも画像補正の違いによる視覚的評価では大きな差は見られなかった。しかしSEEによる解析では、FTD例で梁下野(回), 上頭頂小葉, 上側頭回, 中側頭回, 下側頭回, 傍海馬回, 後方帶状回において差異(Z-scoreで2 pixel以上の抽出)が見られた。

さらに、FTD例Level 3での平均値の分布、標準偏差値の分布のZ-scoreは(SC-AC-)で大きく、異常部位を顕著に抽出できた(Fig. 5 A~D)。

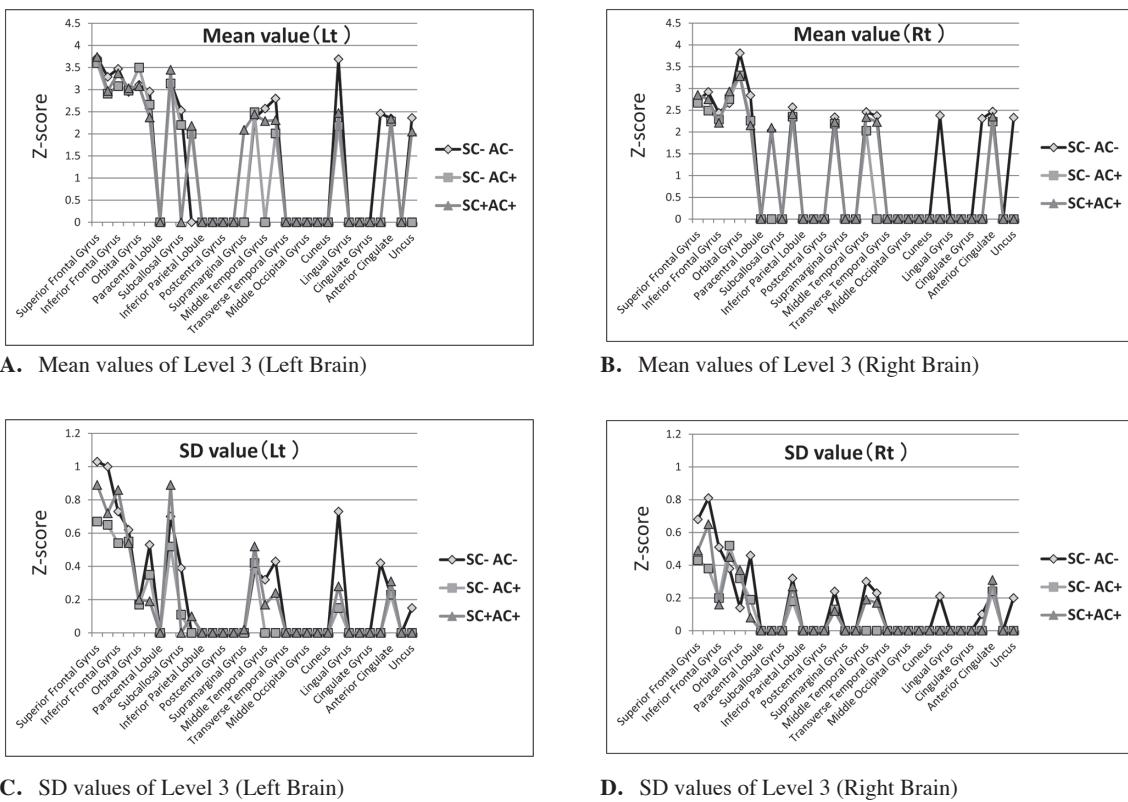


Fig. 5 Comparison of the distribution of the Mean and SD values.

#### IV. 考 察

##### 1. NDB の評価

SC や AC を行った SPECT 画像を利用して NDB を作成した場合、補正なしの SPECT 画像を利用して作成した NDB に比べ、脳室や内側面、小脳の変動係数が大きくなかった。SC が NDB の変動係数を大きくした原因として、補正による画像のトータルカウントの減少と、それによる被験者間でのカウントのバラツキの増大が考えられる。特にカウントが低い脳室では、この傾向は顕著となる。AC が NDB の変動係数を大きくした原因として、設定する輪郭位置の違いが考えられる。輪郭の設定位置により補正効果は変化するため、各被験者に設定された輪郭に違いがあれば、それが補正効果の差異となり被験者間の画像のバ-

ラツキを大きくする。特に輪郭設定が難しい小脳付近では補正効果のバラツキが大きくなり、同部位の変動係数を大きくした要因と考えられる。SC や AC を行わなければ、補正による被験者間の画像のバラツキは少ないため、NDB の変動係数が小さくなつたと考えられる。

平均画像分布については、補正の有無で異なつた。したがって、3D-SSP 解析を行う場合、症例と NDB の画像再構成条件は一致させる必要がある。

##### 2. 画像補正の有無による 3D-SSP 解析 Z-score 画像の比較

Z-score は  $[(\text{正常平均値} - \text{症例 pixel 値}) / \text{正常標準偏差}]$  で計算されるため、変動係数（標準偏差）が小さい NDB を使用すると、Z-score は大きくなる。FTD 例の 3D-SSP 解析で、症例も NDB

とも(SC-AC-)で画像再構成したときの低下部位のZ-scoreは、補正ありで画像再構成したときの低下部位のZ-scoreより大きくなったのは、このためである。FTD例のSEE解析結果において、補正方法の違いでZ-scoreが2pixel以上として抽出された部位の数値の増減によるバラツキが見られたのも、このためである。

なお、SCやACを行った画像を使って作成したNDBの標準偏差は大きくなるが、SCやACを行うことで解析症例画像のコントラストは向上するため、3D-SSP解析前の断層画像での血流低下部位や広さは、症例もNDBとも(SC-AC-)で画像再構成したときの3D-SSP解析後のZ-score画像で認められる低下部位と大きな違いが認められなかつたと考える。

NDB作成時にSCやACなどの画像補正を行わないSPECT画像を使用すると変動係数の小さいNDBを作成できることがわかった。

症例とNDBの画像再構成条件を一致させて3D-SSP解析を行えば、Z-score画像所見の視覚的評価において、画像再構成条件(補正の有無)はあまり影響しないが、Z-scoreの数値評価を行う場合は、画像再構成条件の影響を受けることが示唆された。

今後、典型的な臨床例において、SC、ACともになしが本当に適しているのかを検討し、自施設における最適な収集条件、画像再構成条件を評価して、統一した収集条件・画像再構成方法で行う必要性がある。

## V. 結 語

今回われわれは、自施設における<sup>123</sup>I-IMP脳血流SPECT検査のNDBの作成にあたり、画像補正の有無で統計学的画像解析結果にどのような影響があるかを比較検討した。

NDBの評価では、(SC+AC+)で作成した場合、(SC-AC-)で作成した場合に比べ、変動係数が大きくなつた部分があつた。その原因として、補正による画像のトータルカウントの減少が考えられた。また、平均画像分布や標準偏差画像

の視覚的評価より、3D-SSP解析を行う場合には、症例とNDBの画像再構成条件は一致させる必要がある。

画像補正の有無による3D-SSP解析Z-score画像の比較では、NDB作成時に(SC-AC-)のSPECT画像を使用すると変動係数の小さいNDBを作成できることがわかつた。一方、(SC+AC+)を使って作成したNDBの標準偏差は大きくなるが、解析症例画像のコントラストは向上するため、視覚的評価では(SC-AC-)のとき、Z-score画像所見と大きな違いが認められなかつた。

画像補正の有無により、平均画像、標準偏差画像の視覚的評価の差異やSEE解析結果の変動係数評価でのバラツキが見られたのは、収集条件や再構成条件の特徴が反映されたものと思われる。

NDB作成に困難な施設においては、メーカーが推奨するNDBを使用することも可能であるが、収集条件や画像再構成条件などによって結果が変わるので、条件を統一してから使用する必要性がある。基本的には、自施設のNDBを作成し、画像解析することを推奨する。

## 「利益相反に該当なし」

## 文 献

- 内田佳孝、伊東久夫、飯森隆志、木川隆司、岡田真一、蓑島聰：統計学的画像診断(3D-SSP). 日本放射線技術学会 2002; 58: 1563-1572.
- Minoshima S, Frey KA, Koepp RA, et al: A diagnostic approach in Alzheimer's disease using three-dimensional stereotactic surface projections of fluorine-18-FDG PET. *J Nucl Med* 1995; 36 (7): 1238-1248.
- Friston KJ: Analyzing brain images: Principles and overview. In: Frackowiak RSJ, Friston KJ, Frith CD, et al. eds. *Human Brain Function*. Academic Press USA, San Diego, 1997; 25-41.
- Mizumura S, Kumita S, Cho K, et al: Development of quantitative analysis method for stereotactic brain image: assessment of reduced accumulation in extent and severity using anatomical segmentation. *Ann Nucl Med* 2003; 17: 289-295.

## Summary

### **Normal Database (NDB) of $^{123}\text{I}$ -IMP Brain Perfusion SPECT Examination Is Affected by Statistical Image Analysis in the Presence or Absence of Scatter Correction and Attenuation Correction**

Hirotaka SHIMADA\*, Hidenori OTAKE\*, Tetsuya HIGUCHI\*\*, Yukiko ARISAKA\*\*,  
Noboru ORIUCHI\*\*\* and Keigo ENDO\*\*\*\*

\*Department of Radiology, Gunma University Hospital

\*\*Department of Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine, Gunma University Graduate School of Medicine

\*\*\*Department of Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine, Gunma University Graduate School of Medicine  
(Current affiliation: Saku Central Hospital)

\*\*\*\*Department of Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine, Gunma University Graduate School of Medicine  
(Current affiliation: Kyoto College of Medical Science)

**Purpose:** The purpose of our study is the establishment of normal database (NDB) from persons (aged 50–80 years) for 3D-SSP analysis of  $^{123}\text{I}$ -IMP brain perfusion SPECT image, and we analyzed whether the presence or absence of image correction methods, scatter correction (SC) and attenuation correction (AC), affects the created NDB and 3D-SSP analysis.

**Materials and Methods:** We created NDB from 63 healthy volunteers (32 males and 31 females, aged 50–80 years), and calculated the coefficient of variation for each pixel from the mean value and standard deviation. Next, we compared the visual assessments of the standard deviation images by each image correction method, and the coefficient of variation of SEE analysis in each part of the brain. Furthermore, we examined frontotemporal dementia and healthy volunteers by 3D-SSP analysis, and

evaluated the differences of Z-score in the presence or absence of image correction methods. **Results:** In NDB, the coefficient of variation was the minimum when SC and AC were not applied and the maximum in periventricular and cerebellum when SC and AC were applied. In Z-score image of 3D-SSP analysis, Z-score of the low value was the maximum when SC and AC were not applied. **Conclusion:** It was shown that the results from NDB coefficient of variation and 3D-SSP analysis were affected by the differences of image correction methods. It is important to understand the feature of imaging reconstruction conditions in your own facilities, and evaluate 3D-SSP analysis.

**Key words:**  $^{123}\text{I}$ -IMP brain perfusion SPECT, Statistics image analysis, Normal data base, Attention correction, Scatter correction.