

総説

脳関連画像全自動ROI解析ソフトウェア; 3DSRT

竹内 亮

神戸市立中央市民病院 画像診断放射線科

Fully automated ROI analysis software for the brain; 3DSRT

Ryo Takeuchi

Division of Image Diagnosis, Department of Radiology, Kobe City General Hospital

抄録

解剖学的標準化を加えた後、定型ROIを当てはめ自動解析を行う3DSRTを開発した。3DSRTを用いれば、 ^{99m}Tc -ECD、 ^{123}I -IMP、 ^{15}O -H₂O、 ^{18}F -FDG等の種々の脳核医学画像を対象とした再現性と客観性に優れた精度の高いROI解析が可能である。

Abstract

We developed automated ROI analysis software for the brain, 3DSRT, which applied the constant ROIs on anatomically standardized images. 3DSRT enables us to analyze the images of miscellaneous radioactive tracers (^{99m}Tc -ECD, ^{123}I -IMP, ^{15}O -H₂O, ^{18}F -FDG etc.) with excellent reproducibility and objectivity.

Key words: 3DSRT, anatomical standardization, constant ROI

はじめに

われわれは、SPM99のアルゴリズムをそのまま用いて解剖学的標準化(以下、標準化と記す)を行った後、定型ROI(three-dimensional stereotaxic ROI template)を適用して詳細なROI解析を全自動で行うWindowsプログラム3DSRTを開発し、日本語版のフリーウェアとして2002年4月より配布を開始した。その後、ROIの修正等を施した改訂版の配布を2003年4月より国内に、また7月より海外に向け開始したが、その臨床的有用性は今後評価されていくものと期待している。

本稿では、3DSRTの概略を述べた後、解析結果の信頼性の根幹となるROI設定自体の正当性を種々の梗塞例を対象として検証する。

ROI templateの作成

SPM99に本来備わっている標準化用T1-templateを参照として5名の健常者(男3名、女2名;年齢35~66才)のT1強調画像を標準化し、それらの解剖学的構築に従って、血管支配領域を考慮して分類した12群(segment)に属する一側で318個のROI(three-dimensional stereotaxic ROI template; 以下、ROI templateと記す)を構築した(表1、図1)。

Table 1 three-dimensional stereotaxic ROI template

Segment	Slice	ROIs
脳梁辺縁	callosomarginal	1-53
中心前	precentral	5-47
中心	central	1-28
頭頂	parietal	1-28
角回	angular	17-24
側頭	temporal	25-59
後大脳	posterior cerebral	17-56
脳梁周囲	pericallosal	6-36
レンズ核	lenticular nucleus	30-43
視床	thalamus	29-38
海馬	hippocampus	35-49
小脳半球	cerebellum	47-59

3DSRT解析の流れ

上記ROI templateを用いた自動ROI解析プログラムを開発し3DSRTと命名した。一連の処理過程を図2に示す。カメラメーカー毎に異なるheader fileがSPMの解析対象となるanalyze formatに自動で書き換えられた画像に対して、SPM99の機能をそのまま用いて標準化を加えた後、上記636個のROI countを計測し、各ROIの面積を重みとしたcountの荷重平均をsegment毎に算出して、それらの結果を表示する。これら一連

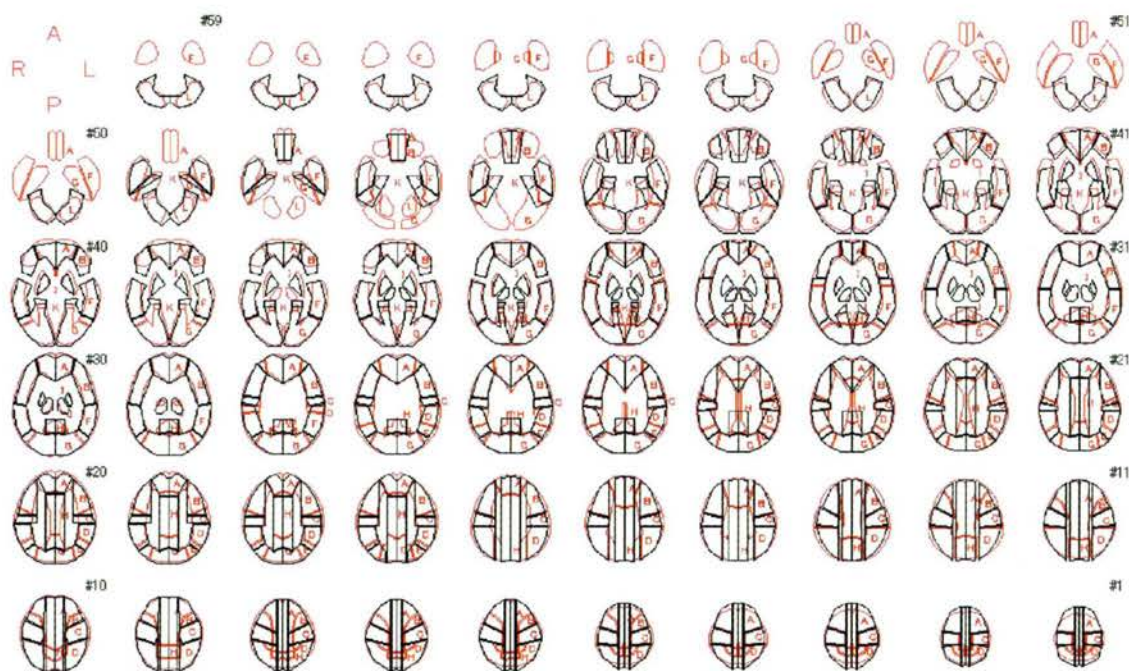


図1 three-dimensional stereotactic ROI template (赤線)とthree-dimensional stereotaxic ROI template (黒線)。旧版の3DSRTではTalairachのCo-planar stereotaxic atlas of the brain上に一旦決定した境界点座標をBrettらの提唱した換算式によりSPMのMNI座標軸系の境界点座標に換算するという間接的な境界設定法に基づくthree-dimensional stereotaxic ROI templateを用いていたが、今回の改訂で、標準化されたT1強調画像のMNI座標軸系上に直接境界点座標を設定したthree-dimensional stereotactic ROI template(赤線)に変更した。

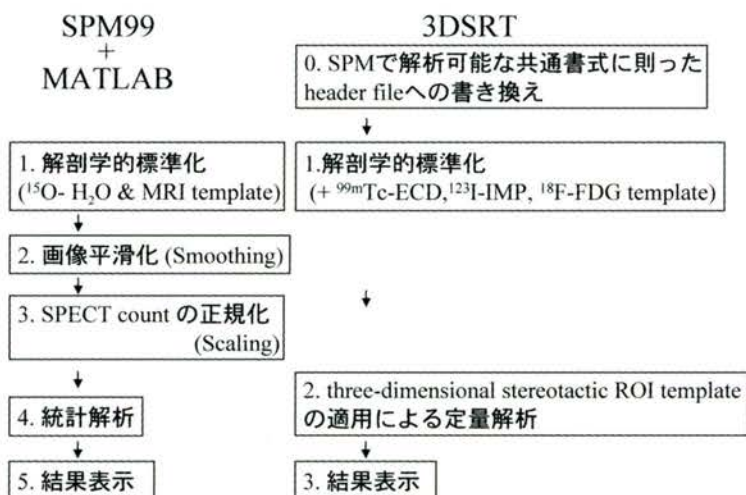


図2 3DSRTはSPM99の標準化エンジンをそのまま用いているが、SPM99の機能には必須のMATLABの存在無しに単独で動作する点が大きな特長である。

の解析は、用いるコンピュータのCPUや搭載memoryの大きさ、OSのversionに勿論左右されるが、数分の内に完了する。

標準化の際に参照するtemplate画像も^{99m}Tc-ECD、¹²³I-IMPの他、SPMのホームページからダウンロード可能な¹⁵O-H₂O、¹⁸F-FDG、^{99m}Tc-HMPAO等のtemplateやユーザが独自に作製したのも使用可能であるので、脳血流SPECT画像に限らず種々の脳関連画像にも対応可能である。

深部灰白質に小梗塞巣を有する例のMR画像による検証

表2に示す、10名(男8名、女2名；年齢58～83才)における19病巣(被殻12、視床3、内包後脚2、内包前脚1、淡蒼球1)の3D-T2強調画像を検討した¹⁾。SPM99に本来備わっている標準化用T2-templateを用いて各人のMR画像を3DSRTで解

Table 2 深部灰白質に小梗塞巣を有する患者群のsummary

Case No.	Age(yr) /Sex	Lesions
1	73/M	右内包前脚、右淡蒼球、左被殻
2	59/M	右内包後脚、左視床、両側被殻
3	58/M	右被殻
4	72/M	左視床、左被殻
5	69/F	左被殻
6	63/M	両側被殻
7	69/M	左視床、両側被殻
8	83/F	左被殻
9	73/M	左被殻
10	69/M	右内包後脚

析し、ROI templateと小梗塞巣の位置の整合性を3名の放射線科専門医により視覚的に検討した。小梗塞巣がROI templateと矛盾なく位置しているとの判断は3名の読影者で全例において一致した。Case 1では右内包前脚（緑矢印）、右淡蒼球（白矢印）、及び左被殻外側（緑矢頭）の小梗塞巣とROI輪郭が良好な一致を示しており（図3）、case2でも右内方後脚（緑矢印）、左視床（緑矢頭）、及び両側被殻外側（白矢印、白矢頭）の小梗塞巣とROI輪郭がやはり良好に一致している（図4）。

表在皮質に梗塞を有する例のSPECT画像による検証

SPECT画像では、梗塞巣への周囲健常部の散乱線の影響や、形態学的には正常でも梗塞周囲の血流が低下している可能性等を否定できないため、上記のMR画像を用いた検証ほどの厳格性は無いが、表在皮質に25の梗塞巣を有する24名（表3）の^{99m}Tc-ECD SPECT画像を3DSRTで処理し各々のMR画像と比較した。表在皮質に比較的大きな梗塞巣を有する場合でも標準化は正常に行われ、得られたSPECT画像にROI輪郭が全て矛盾無く位置していることが上記3名の読影者で確認された。Case 4は右中心前のみに限局するもののその全領域に亘る大きな梗塞巣（図5）を有しているが、安静時（図6）だけでなくDiamox負荷時（図7）でもその血流低下部はROI輪郭と矛盾無い位置に描出されている。またcase 5における右側の中心前から中心にわたる梗塞巣（図8）に一致する血流低下部も安静時SPECT画像（図9）でROI輪郭と矛盾無い位置に描出されている。

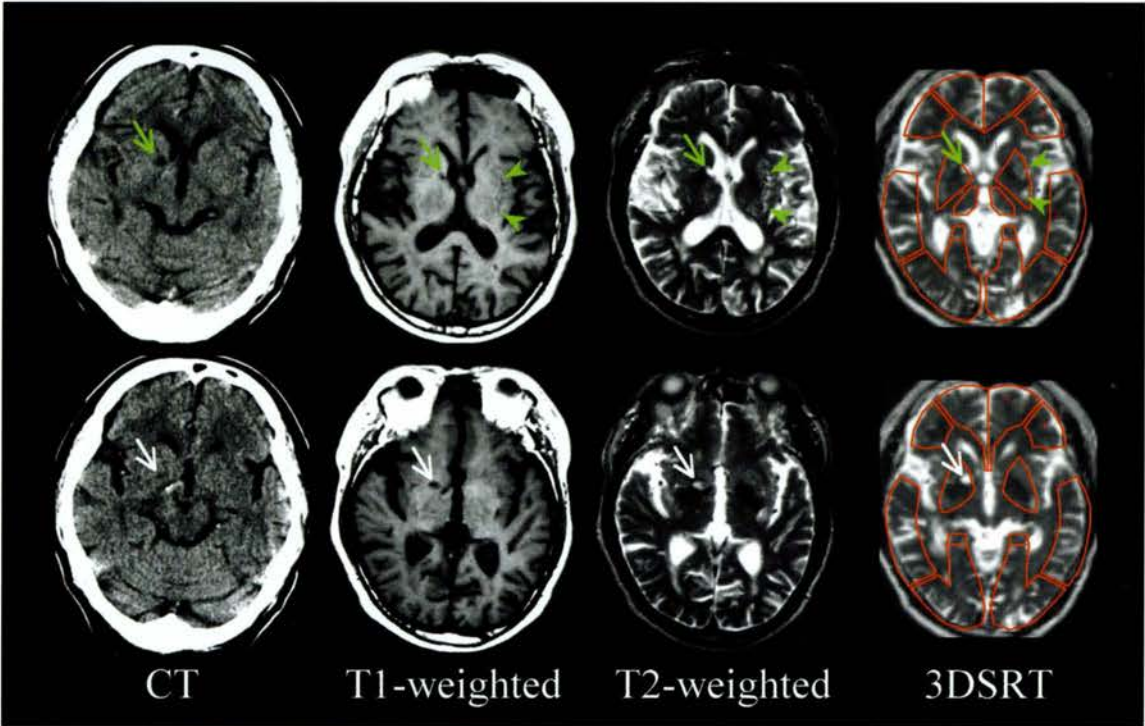


図3 右内包前脚（緑矢印）、右淡蒼球（白矢印）、左被殻外側（緑矢頭）。

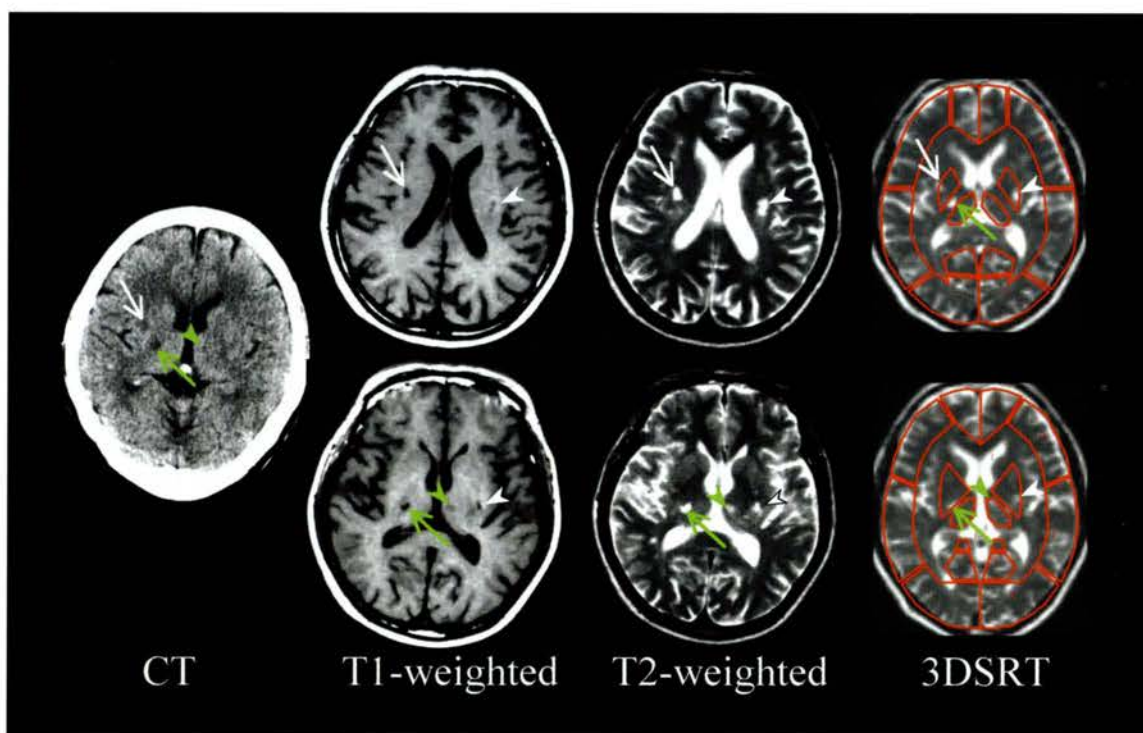


図4 右内方後脚(緑矢印)、左視床(緑矢頭)、両側被殻外側(白矢印、白矢頭)。

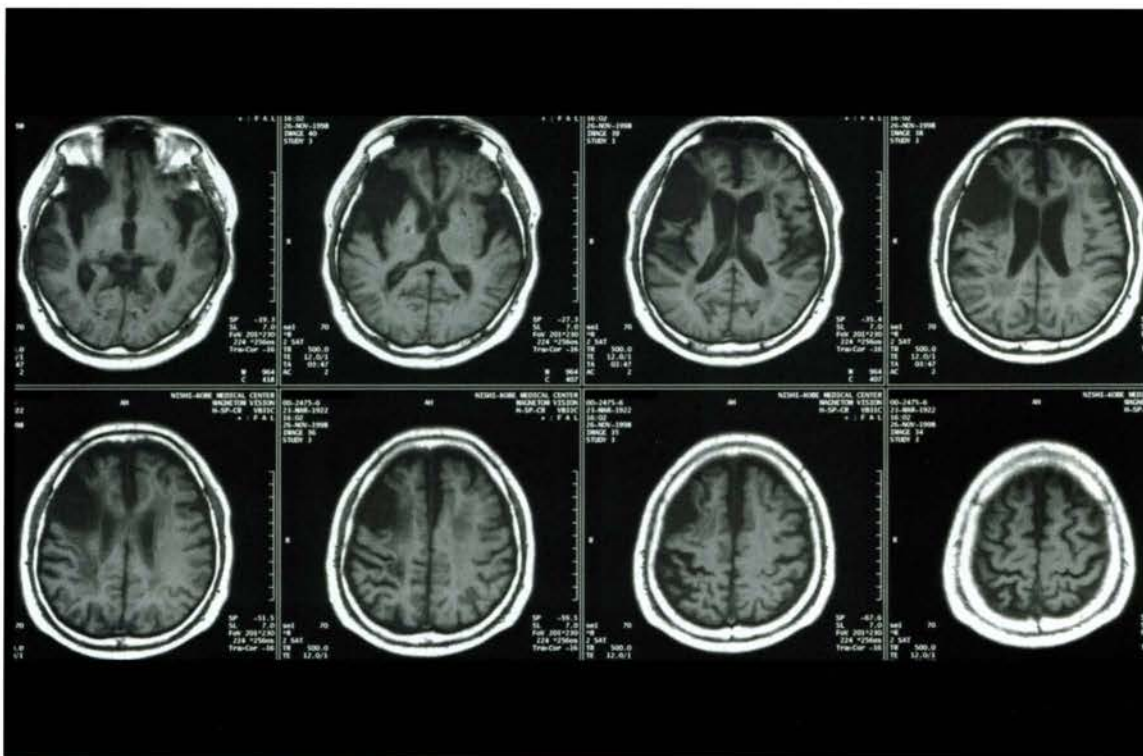


図5 梗塞巣は右中心前動脈領域に局限しているが、その全領域に亘っている。

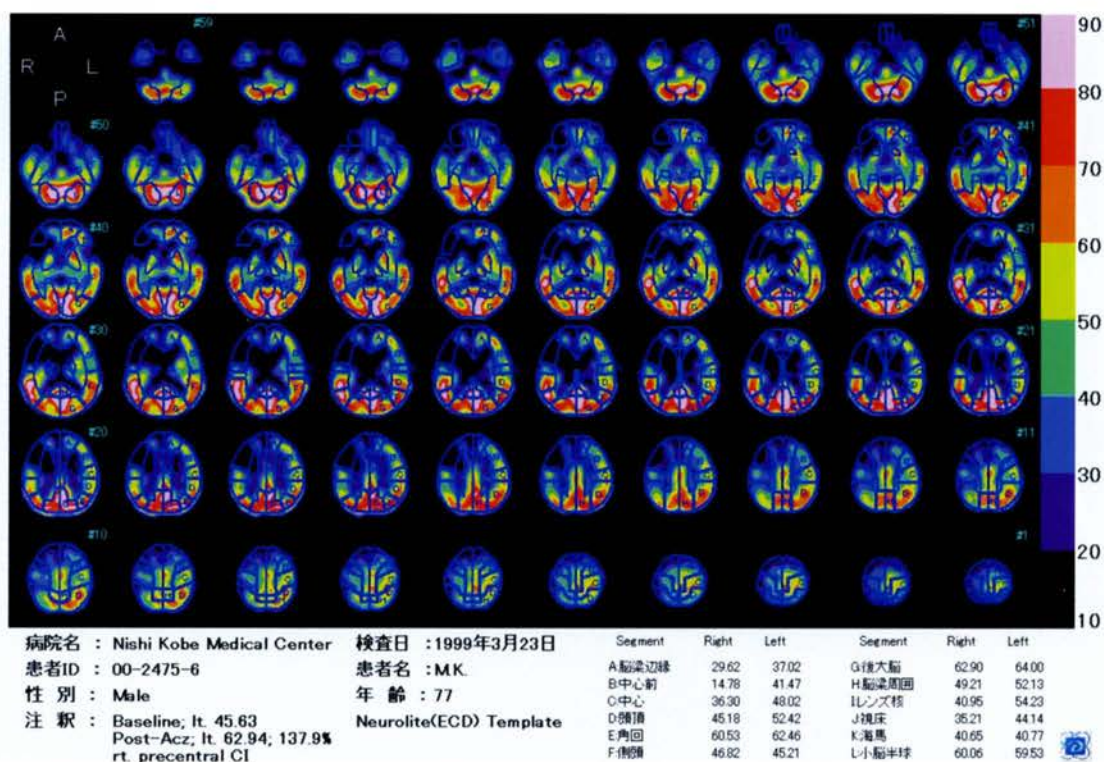


図6 梗塞巣の低血流部は右中心前動脈領域に局限しており、一次感覚運動野には及んでいない。

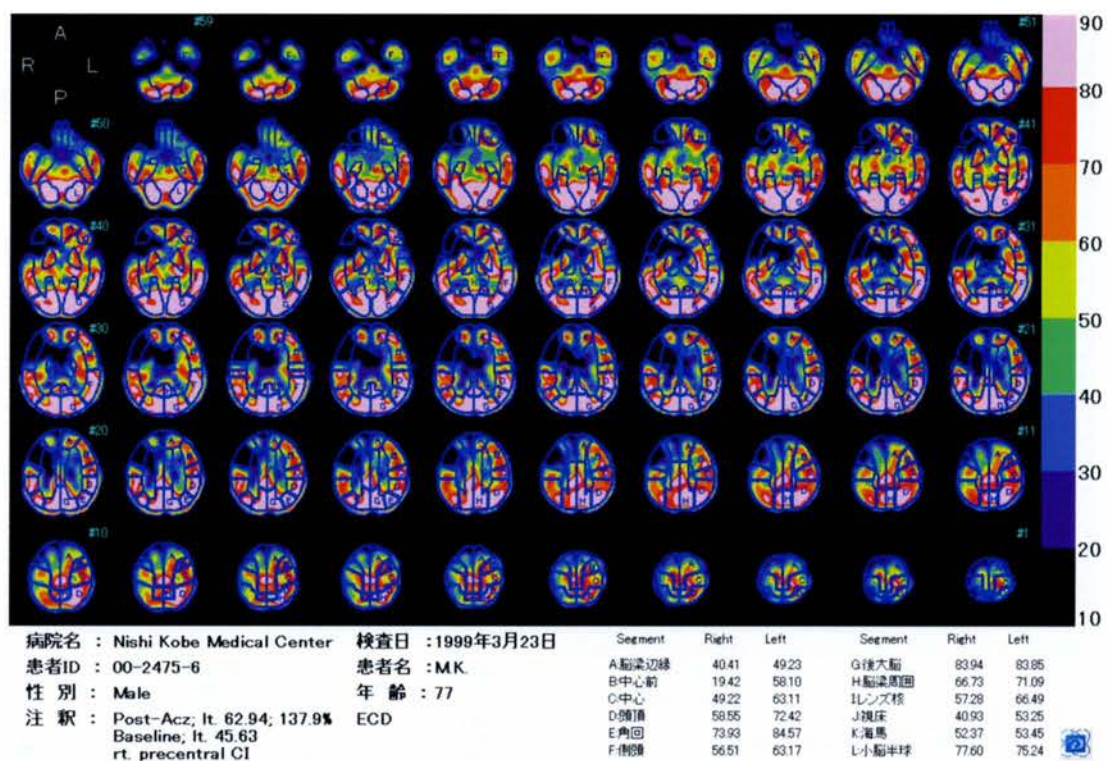


図7 Diamox負荷後の画像でも上記の安静時画像と同様、梗塞巣の低血流部は一次感覚運動野には及んでいない。

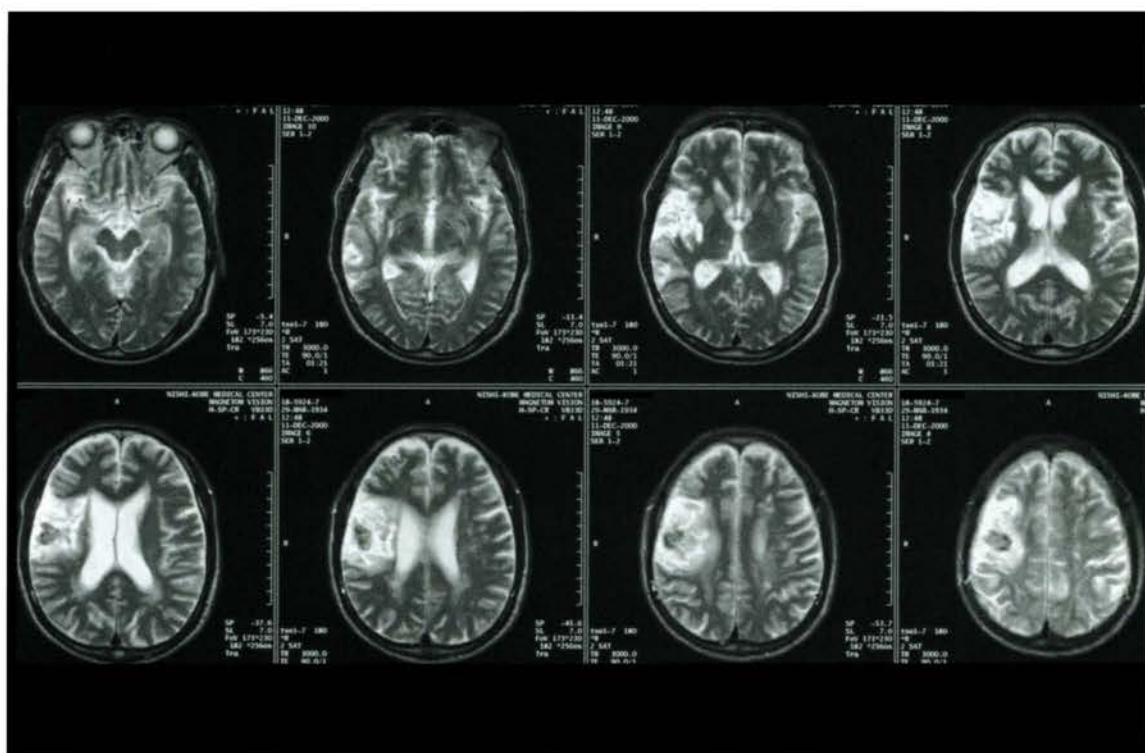
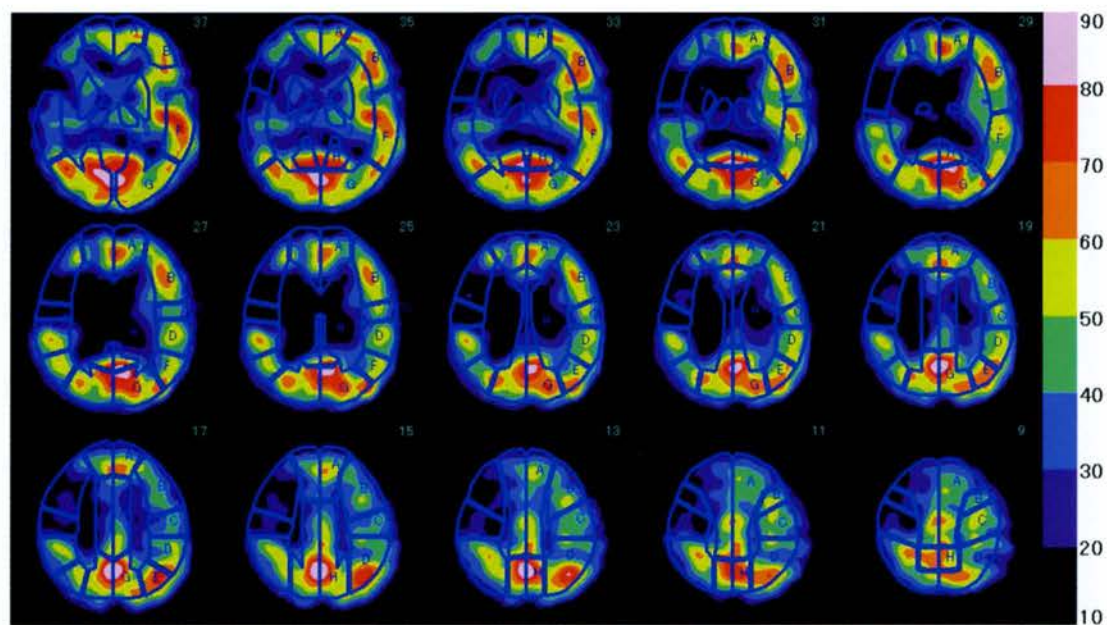


図8 梗塞巣は右側の中心前動脈領域から中心動脈領域にかけて存在する。



病院名：Nishi Kobe Medical Center 検査日：2000年12月12日

患者ID：18-5924-7

患者名：K.S.

性別：Male

年齢：67

注釈：Baseline, lt. 47.61

rt. precentral and central CI

Segment	Right	Left	Segment	Right	Left
A 脳梁辺縁	35.62	40.62	G 後大脳	52.82	54.35
B 中心前	24.66	43.89	H 脳梁周囲	44.49	46.21
C 中心	26.14	43.21	I レンズ核	34.41	41.12
D 側頭	39.90	46.78	J 視床	26.44	35.30
E 角回	44.16	56.46	K 海馬	32.33	34.59
F 側頭	32.89	40.90	L 小脳半球	51.68	44.20

図9 梗塞巣の低血流部は右中心前動脈領域と一次感覚運動野に跨って認められる。

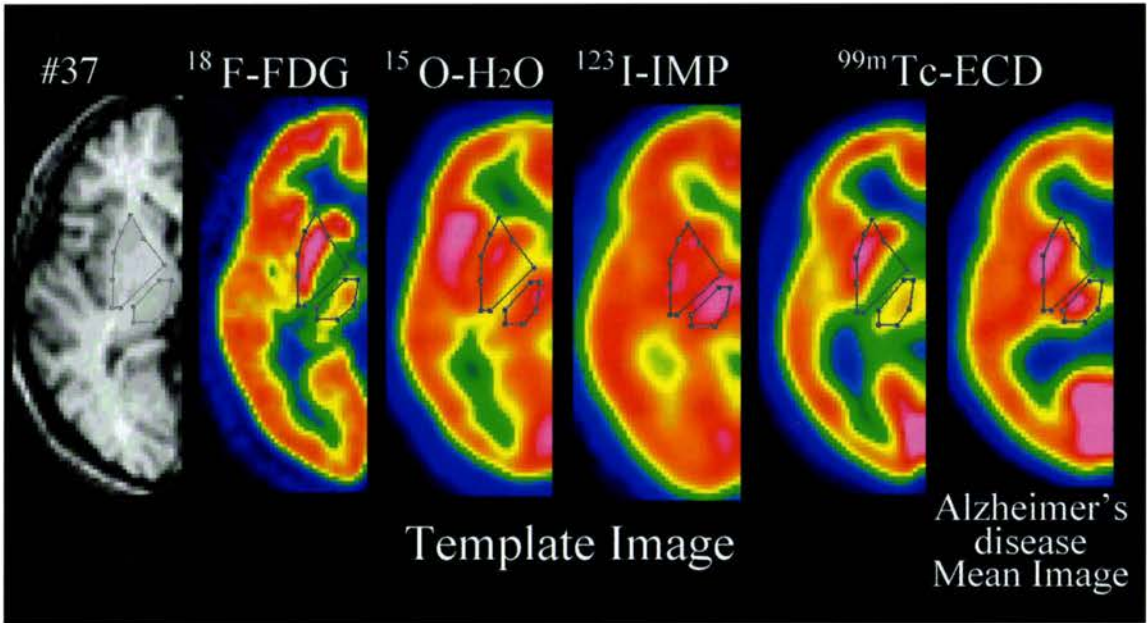


図10 18F-FDGと15O-H2Oのtemplate画像での被殻外側が、ROI輪郭と良好に一致しているのに対し、123I-IMPや99mTc-ECD SPECT画像ではROI輪郭との間にズレを生じている。

Table 3 表在皮質に梗塞巣を有する患者群のsummary

Case No.	Age(yr) /Sex	Lesions		
		position	side	size(mm)
1	51/M	中心前	Lt	25
2	51/M	角回	Lt	30
3	69/M	中心前	Rt	20
4	77/M	中心前	Rt	50
5	67/M	中心前～中心	Rt	40
6	70/M	頭頂	Lt	25
7	74/F	頭頂	Lt	65
8	75/M	頭頂	Lt	20
9	64/M	頭頂～角回～側頭～後頭	Lt	50
10	65/F	角回	Lt	25
11	69/M	角回	Rt	25
12	40/M	側頭	Rt	70
13	66/M	側頭	Lt	20
14	74/F	側頭	Rt	35
15	74/F	側頭	Lt	25
16	42/M	後頭	Rt	20
17	57/M	後頭	Rt	50
18	60/F	後頭	Lt	25
19	67/M	後頭	Lt	60
20	71/M	後頭	Lt	30
21	73/M	後頭	Lt	40
22	73/M	後頭	Lt	15
23	64/M	後分水嶺	Lt	30
24	66/M	後分水嶺	Rt	20

用手ROI設定の限界に関して

脳血流 tracerでは、被殻と島が共に高血流領域として表示され両者の境界を明瞭にし難いことが多く、特にこの傾向は99mTc-ECDでしばしば認められる。図10の18F-FDG と15O-H2Oのtemplate画像での被殻外側が、MR画像上で解剖学的構築に基づいて決定したROI輪郭と極めて良好な一致を示すのと対照的に、99mTc-ECDのtemplate画像やアルツハイマー病患者27名の平均画像での被殻外側周辺の高血流域はその一部しかROIに含まれていない。3DSRTを用いるまでは筆者も99mTc-ECD SPECT画像で被殻の血流値を算出する際、視覚的判断に基づき島を含む高血流域を全て被殻としてROIに含めてきたが、このROI設定の誤りは明らかである。これ程明瞭に用手設定の限界を示すdataは、他の領域に関しては未だ持ち合わせていないが、従来の視覚による用手ROI設定がいかに根拠に乏しいかは明らかであろう。

おわりに

われわれは、RVR法²⁾により非侵襲的に短時間で得られる安静時とDiamox負荷時の脳血流定量SPECT画像の解析に3DSRTを主として用い、血行再建術前後での循環予備能を含めた脳循環状態の客観的定量評価に3DSRTが極めて有用であることを報告してきた³⁾。最近われわれは一過性全健忘の発作時と回復時の脳血流定量SPECT画像の解析に3DSRTを用い、従来から良く知られている視床に加え、角回領域も健忘発作と密接に関連していることを見出した⁴⁾。従来3DSRTの臨床応用は脳外科領域が主体であったが、今後、神経内科領域の疾患の客観的病態解析にも3DSRTは充分応用可能であると期待される。

参考文献

1. Takeuchi R, Yonekura Y, Katayama S, Takeda N, Fujita, K, Konishi J. Fully automated quantification of regional cerebral blood flow with three-dimensional stereotaxic region of interest template: validation using magnetic resonance imaging -technical note-. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2003; 43: 153-162
2. Takeuchi R, Matsuda H, Yonekura Y, Sakahara H, Konishi J. Noninvasive quantitative measurements of regional cerebral blood flow using technetium-99m-L-ECD SPECT activated with acetazolamide: Quantification analysis by equal-volume-split ^{99m}Tc-ECD consecutive SPECT method. *J Cereb Blood Flow Metab* 1997; 17: 1020-1032.
3. Takeuchi R, Yonekura Y, Matsuda H, Konishi J. Usefulness of a three-dimensional stereotaxic ROI template on anatomically standardised ^{99m}Tc-ECD SPET. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2002; 29: 331-341.
4. Takeuchi R, Matsuda H, Yoshioka K, Yonekura Y. Cerebral blood flow SPET in transient global amnesia with automated ROI analysis by 3DSRT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2004; 31: 578-589.

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619