

# fMRIによる手掌電気刺激時の脳活動部位の同定

富永大悟 (琉球大学教育学研究科)

富永大介 (琉球大学教育学部)

体性感覚に関する脳活動は、Brodmannの領域での1,2,3野において活動がみられることが知られている。さらに、Penfield(1937)による一次体性感覚野の手指領域が、親指から小指にかけて、中心溝後壁の外側から内側に向かう配列において活動がみられることが知られている。

頭部に周波数漸減型低周波パルスを通電することにより睡眠を誘発する電気睡眠法があり、刺激による交感神経の抑制が生じる(清水, 1986)。一方、周波数漸増型低周波パルスでは、覚醒レベルの上昇がみられ、交感神経を興奮させることが知られている(佐藤, 1985)。

本研究は、手掌部通電による周波数漸増低周波パルス/周波数漸減低周波パルスによる大脳皮質の賦活部位の同定を目的とした。その第一段階として、固定周波数パルスによる賦活部位の同定を試みた。手掌刺激では、体性感覚野の賦活が仮定されるが、体性感覚野以外の賦活部位の有無も同時に解析する。解析にあたっては、非侵襲的計測方法であるFunctional Magnetic Resonance Imaging(以下、fMRI)検査によっておこなった。

## 対象

健康な大学生8人(男子1人、女子7人)平均年齢21.1歳(年齢幅18~25)を対象被験者とした。被験者には前もって実験の主旨を説明し、同意を得て実験を行った。

## 実験方法



方法： 使用した機器は、ホーマーイオン研究所製の手掌電気刺激装置ストレスリムーバー“パルスエッグ”を刺激周波数7Hz/50Hzの一定値に改良した装置を使用した。手掌刺激部(以下、エッグ)の外観は、卵型の形状をしており、手を握った時にその中に収まる大きさに設計されている(左図参照)。

課題は2×2要因計画で第1要因は周波数(7Hz, 50Hz)で、第2要因は左右手であった。4試行のボックスカーデザインで行った。被験者に刺激側のある手掌に意識して注意を向けるように教示した。手掌における刺激は、被験者がエッグを握った状態で一番感覚を生じる部位に当て、片手で1種類の周波数刺激を行い、5分間の休憩

後、もう1種類の周波数で刺激を行った。片手が終了後30分の休憩をおき、反対の手を同様に行った。被験者1人の1試行あたりのデータ収集は、100scan(ON:10scan×5session, OFF:10×5)とした。

測定装置： 測定装置は、MAGNETOM Vision(SIEMENS社)で、静磁場強度は1.5Tである。また、コイルは頭部用コイルを使用した。撮影は、Sequence:EPI法, Matrix:64pix×64pix, TR:5220msec, TE:60msec, FOV:230mm, Thickness:3mm, No.Slices:40の設定で行った。

解析： fMRI撮影画像の解析は、Statistical Parametric Mapping '99(SPM '99)によって行った。

## 結果

下図に、被験者の集団解析(group analysis)した結果を示す。

左右手掌への50Hzの刺激では、一次体性感覚野、運動野での賦活がみられる。これは、Brodmann領域1,2,3,4野(中心溝前後)にあたる。また、Penfieldの知覚野、運動野の図における手掌部と一致している。このことは、手掌の刺激が妥当であると考えられる。さらに、同大脳半球の二次体性感覚野(温、痛覚、位置感覚)含む部位となるBrodmannの領域43野の後部(前頭頂弁蓋)での賦活が見られる。

左右手掌の7Hzの刺激では、Brodmann領域1,3野(中心後回)での局在的賦活がみられるが、その他の部位での賦活はみられない。

## 考察

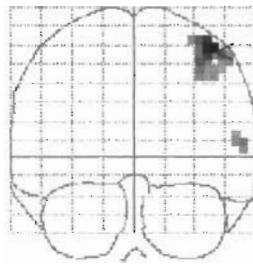
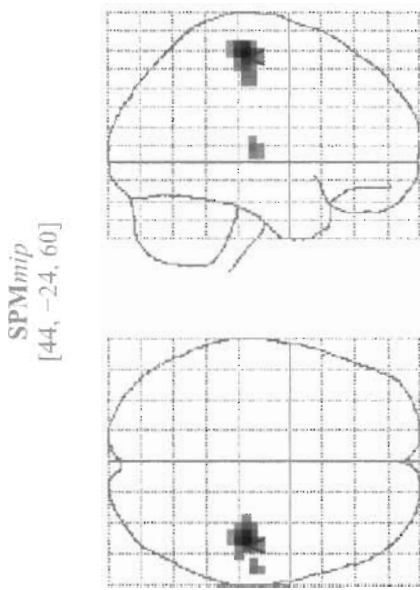
左右手掌の50Hzの賦活部位は、一次体性感覚野ばかりでなく、運動野の領域まで広範囲な賦活がみられた。さらに同大脳半球の、温、痛覚、位置感覚に関する二次体性感覚野を含むである43野の後部(船戸, 1999)での賦活もみられた。しかし、7Hzでは4,43野での賦活がみられず、1,3野のみ賦活がみられた。このことは、手掌電気刺激が一次体性感覚野を優位に賦活させ、さらに高い周波数では、運動野も同時に賦活するということがわかった。

[本研究は、科学研究費補助金(課題番号15530457)により実施された]

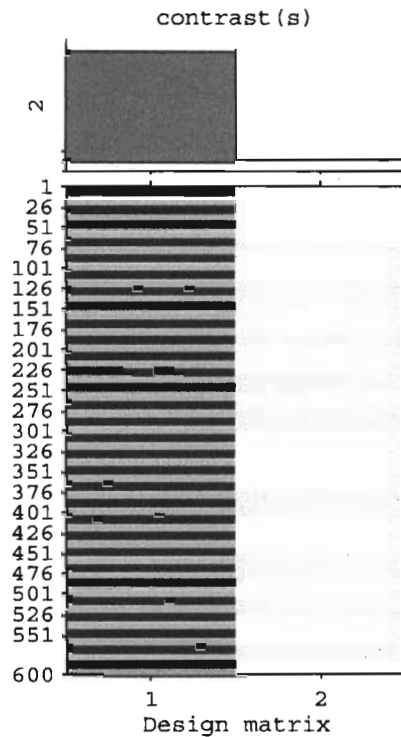
[琉球大学医学部 脳神経外科、放射線科との共同研究の一部である。]

また器具に関しては、ホーマーイオン研究所の協力による]

# Right\_50Hz



SPM{T 541.2}



SPMresults: analyze\04\_right\_50Hz  
Height threshold T = 4.98  
Extent threshold k = 4 voxels

## Statistics: volume summary (p-values corrected for entire volume)

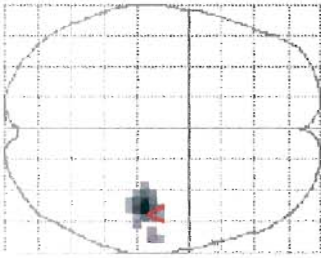
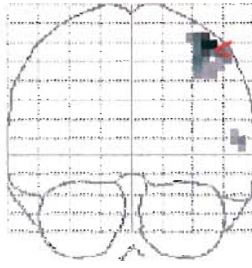
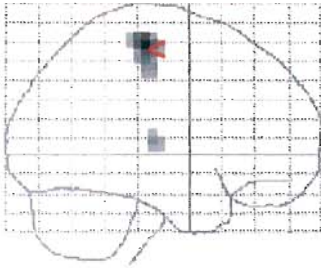
set-level		cluster-level			voxel-level				x, y, z {mm}
p	c	p corrected	k <sub>E</sub>	p uncorrected	p corrected	T	(Z)	p uncorrected	
0.000	2	0.000	45	0.000	0.000	12.23	( Inf)	0.000	44 -24 60
					0.000	6.04	( 5.94)	0.000	52 -28 52
					0.000	5.83	( 5.74)	0.000	44 -24 44
		0.000	6	0.021	0.000	6.57	( 6.44)	0.000	60 -20 8

table shows at most local maxima > 8.0mm apart per cluster

Height threshold: T = 4.98, p = 0.000 (0.010 corrected) of freedom = [1.0, 541.2]  
Extent threshold: k = 4 voxels, p = 0.052 (0.001 uncorrected) FWHM = 13.8 14.7 11.9 {mm} = 3.5 3.7 3.0 {  
Expected voxels per cluster, <k> = 1.046 Search volume: S = 1534464 mm<sup>3</sup> = 23976 voxels = 541.6  
Expected number of clusters, <c> = 0.00 Voxel size: [4.0, 4.0, 4.0] mm (1 resel = 37.57 voxel

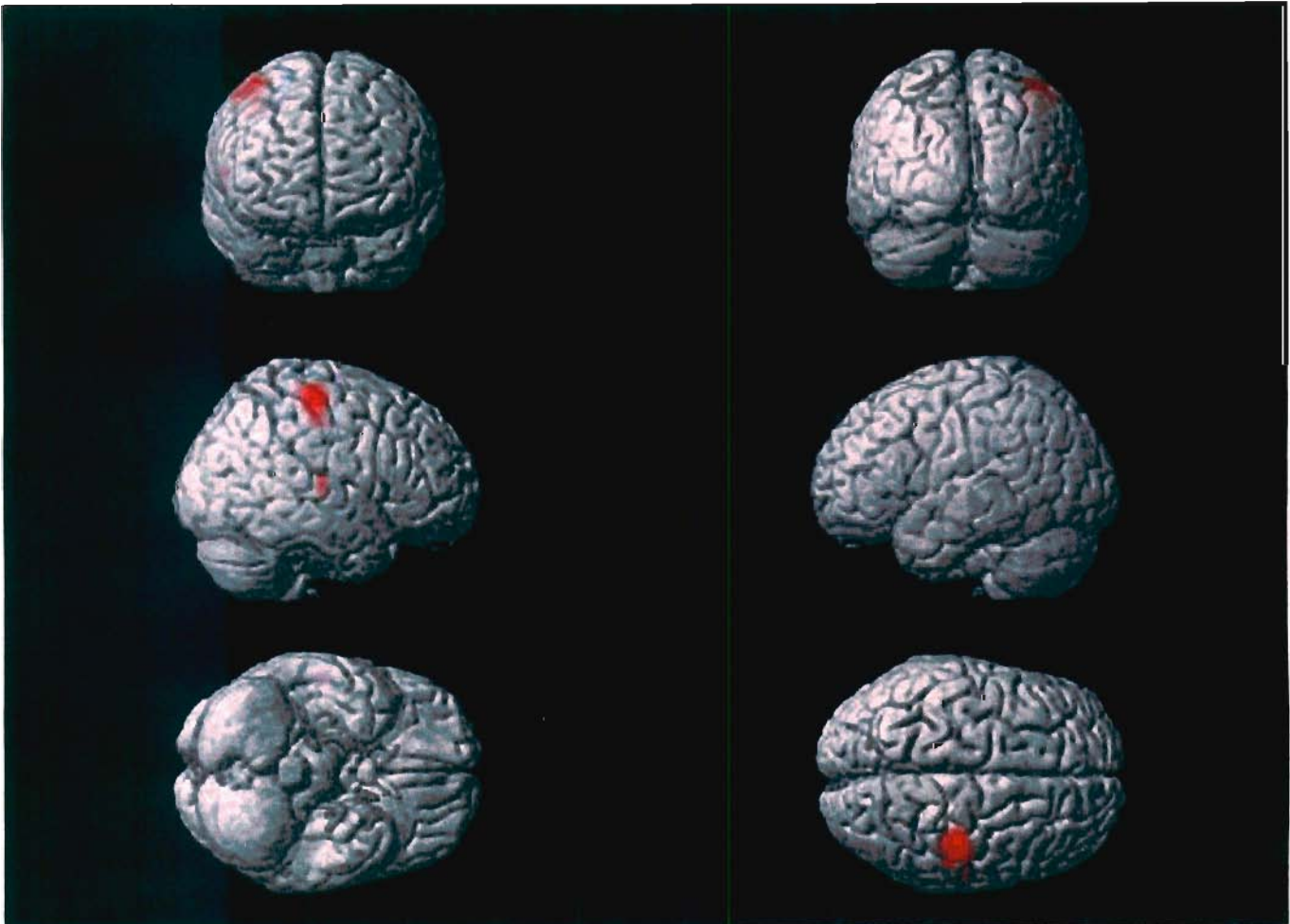
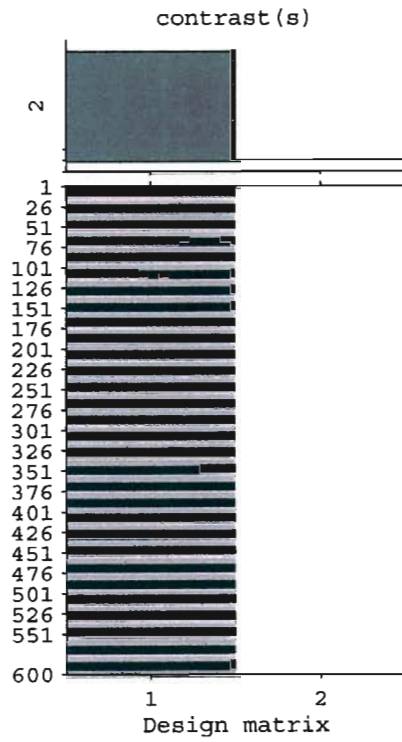
# Right\_50Hz

SPM mip  
[44, -24, 60]

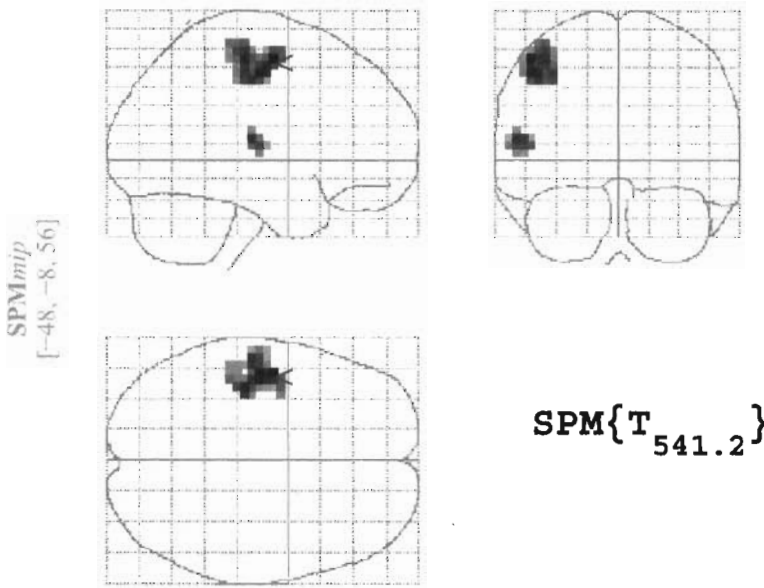


SPM{T<sub>541.2</sub>}

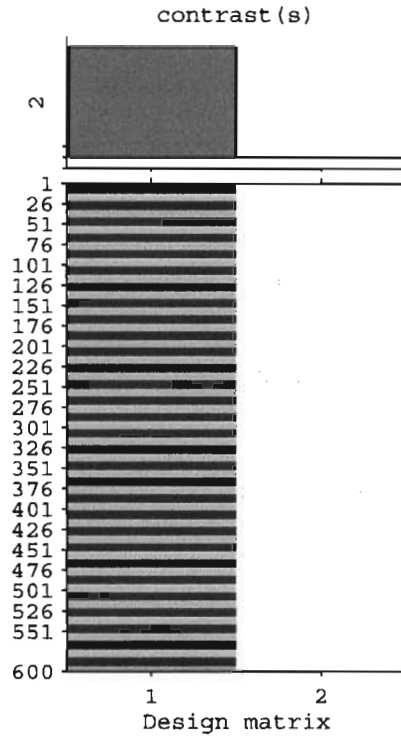
SPMresults: \analyze\04\_right\_50Hz  
Height threshold T = 4.98  
Extent threshold k = 4 voxels



# Left\_50Hz



**SPMresults:** analyze\02\_left\_50Hz  
 Height threshold T = 4.99  
 Extent threshold k = 4 voxels



## Statistics: volume summary (p-values corrected for entire volume)

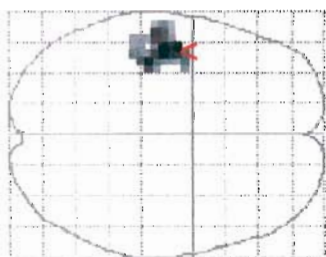
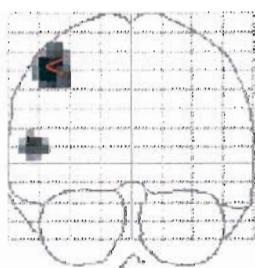
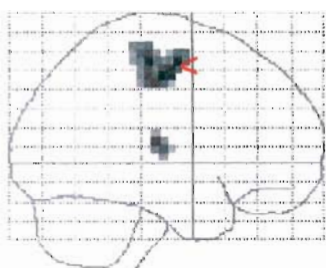
set-level		cluster-level			voxel-level				x, y, z {mm}
P	c	P corrected	k <sub>E</sub>	P uncorrected	P corrected	T	(Z)	P uncorrected	
0.000	2	0.000	75	0.000	0.000	8.45	( Inf)	0.000	-48 -8 56
					0.000	8.09	( 7.84)	0.000	-48 -16 48
					0.000	7.77	( 7.56)	0.000	-40 -24 56
		0.000	17	0.000	0.000	7.48	( 7.29)	0.000	-56 -20 12

table shows at most local maxima > 8.0mm apart per cluster

Height threshold: T = 4.99, p = 0.000 (0.010 corrected) of freedom = [1.0, 541.2]  
 Extent threshold: k = 4 voxels, p = 0.045 (0.000 corrected) FWHM = 13.5 14.3 11.7 {mm} = 3.4 3.6 2.9 {  
 Expected voxels per cluster, <k> = 0.974 Search volume: S = 1538688 mm<sup>3</sup> = 24042 voxels = 579.3  
 Expected number of clusters, <c> = 0.00 Voxel size: [4.0, 4.0, 4.0] mm (1 resel = 35.19 voxel

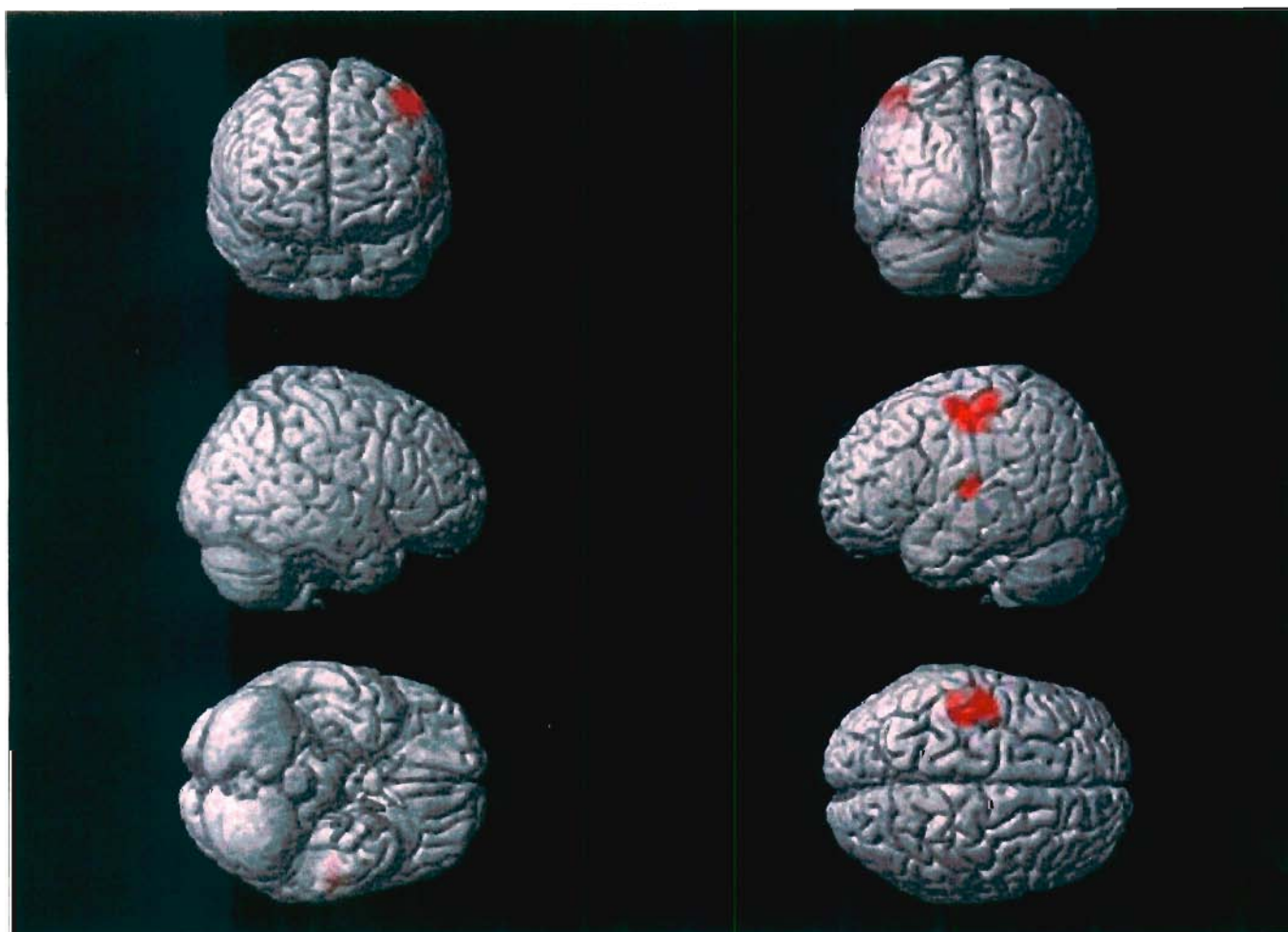
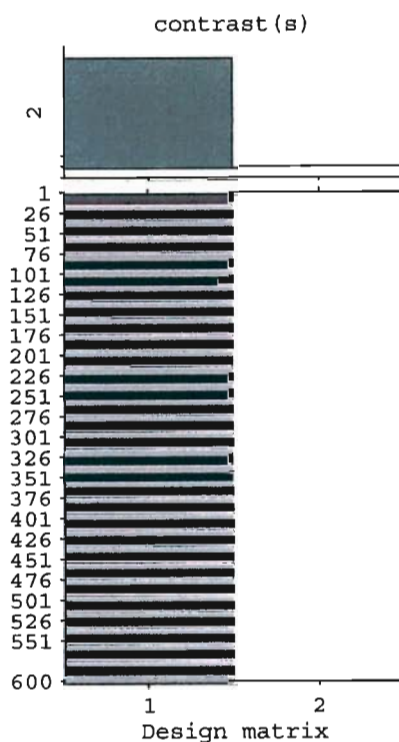
# Left\_50Hz

SPM001p  
[-48, -8, 56]

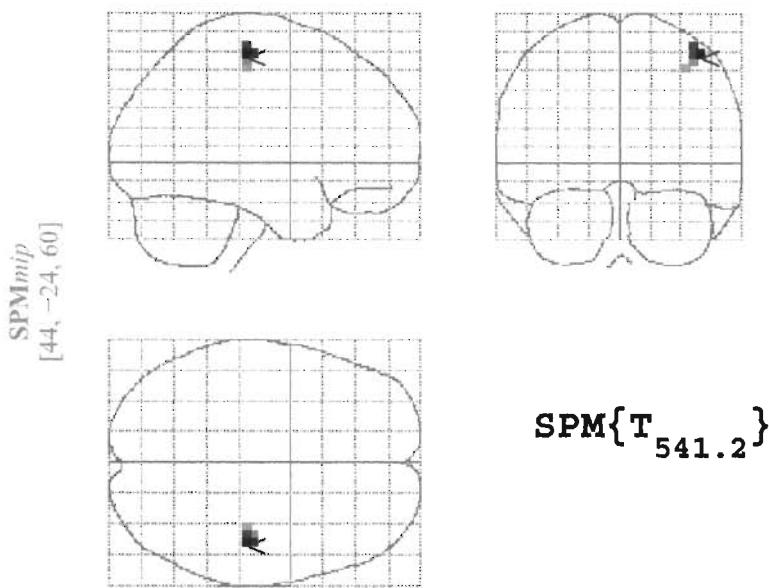


SPM{T<sub>541.2</sub>}

SPMresults: \analyze\02\_left\_50Hz  
Height threshold T = 4.99  
Extent threshold k = 4 voxels

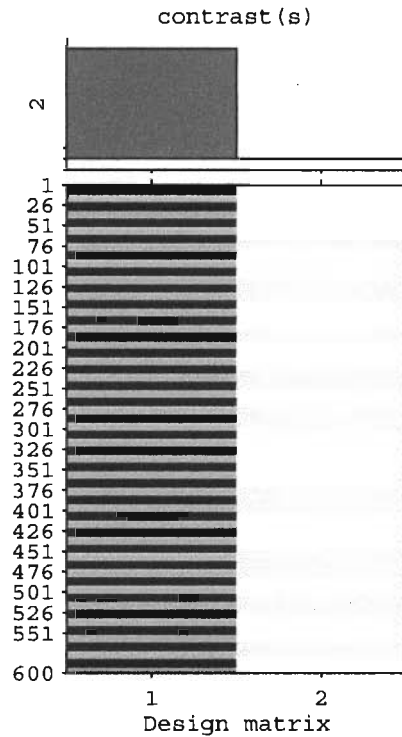


# Right\_7Hz



SPMmip  
[44, -24, 60]

SPMresults: \analyze\03\_right\_7Hz  
Height threshold T = 4.99  
Extent threshold k = 4 voxels



## Statistics: single cluster summary (p-values corrected for entire volume)

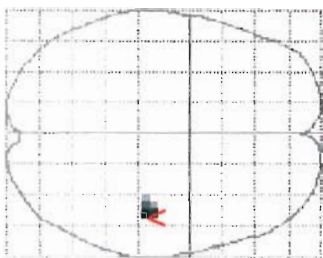
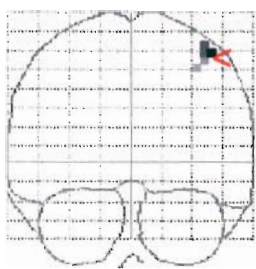
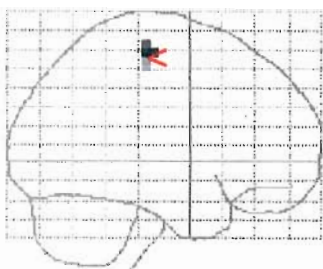
cluster-level			voxel-level				x, y, z {mm}
p corrected	k <sub>E</sub>	p uncorrected	p corrected	T	(Z)	p uncorrected	
0.000	7	0.012	0.000	7.79	( 7.58)	0.000	44 -24 60

table shows all local maxima > 4.0mm apart

Height threshold: T = 4.99, p = 0.000 (0.010 corrected) of freedom = [1.0, 541.2]  
 Extent threshold: k = 4 voxels, p = 0.047 (0.000 corrected) FWHM = 13.6 14.4 11.8 {mm} = 3.4 3.6 3.0 {  
 Expected voxels per cluster, <k> = 0.997 Search volume: S = 1536064 mm<sup>3</sup> = 24001 voxels = 565.2  
 Expected number of clusters, <c> = 0.00 Voxel size: [4.0, 4.0, 4.0] mm (1 resel = 36.02 voxel

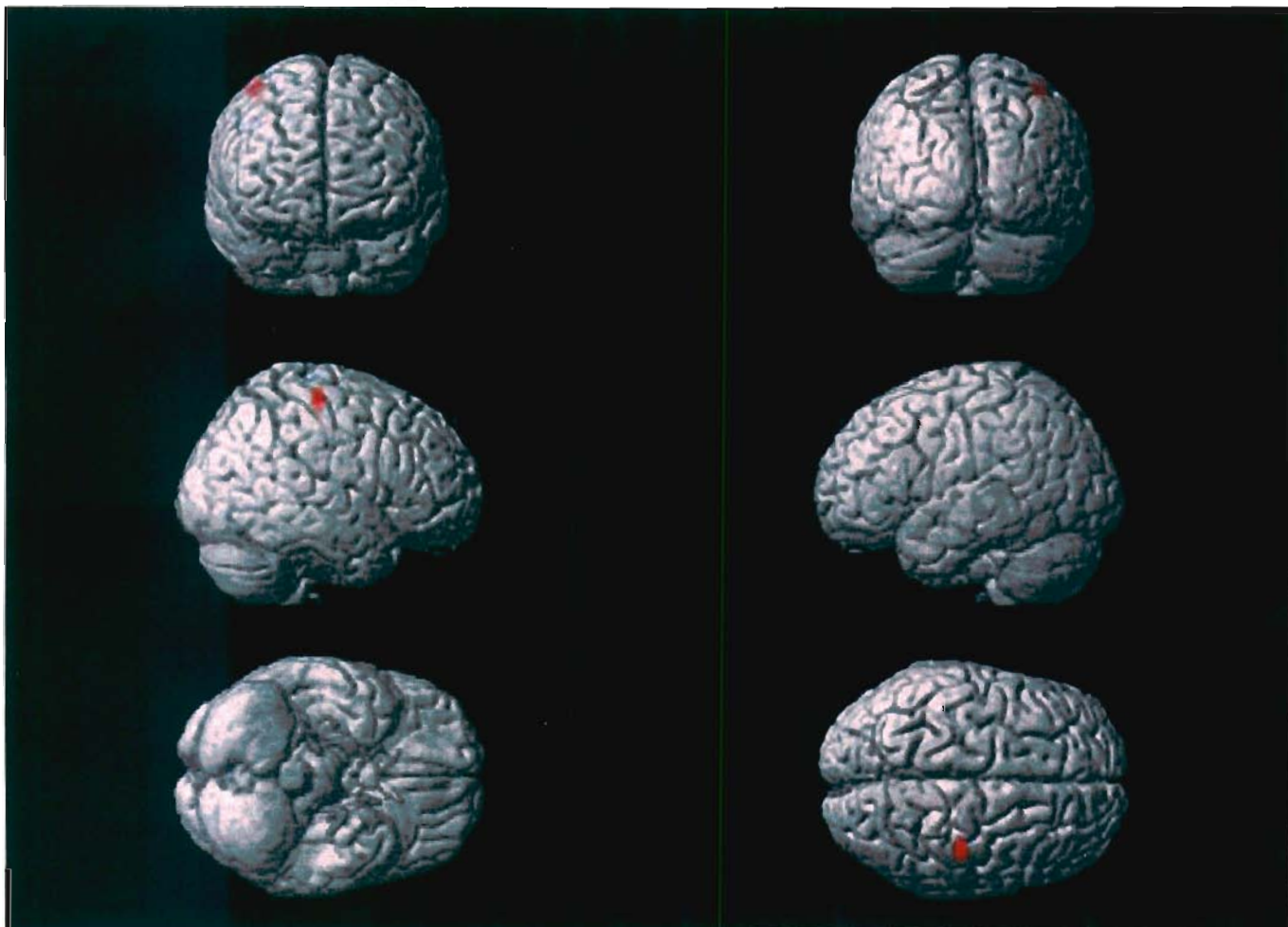
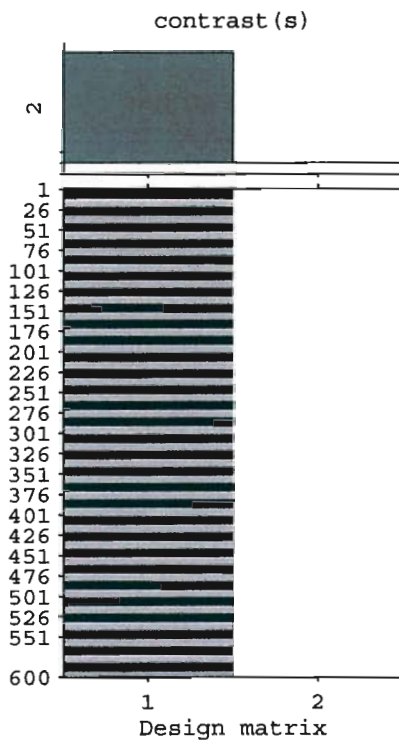
# Right\_7Hz

SPMnip  
[44, -24, 60]

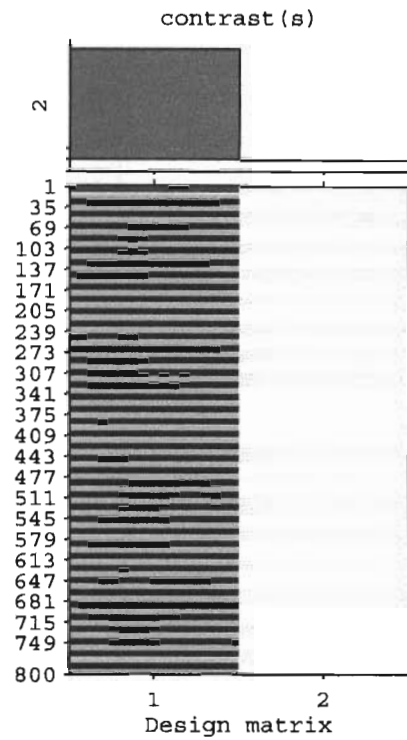
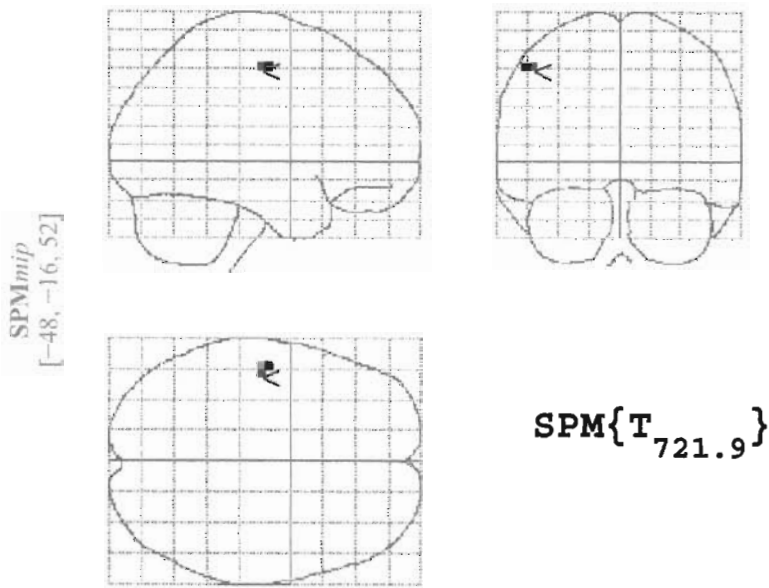


SPM{T<sub>541.2</sub>}

SPMresults: \analyze\03\_right\_7Hz  
Height threshold T = 4.99  
Extent threshold k = 4 voxels



# Left\_7Hz



SPMresults: \analyze\01\_left\_7Hz  
 Height threshold T = 4.97  
 Extent threshold k = 0 voxels

## Statistics: single cluster summary (p-values corrected for entire volume)

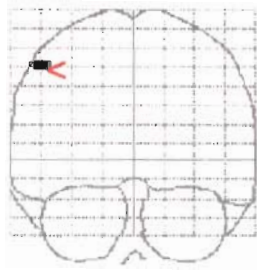
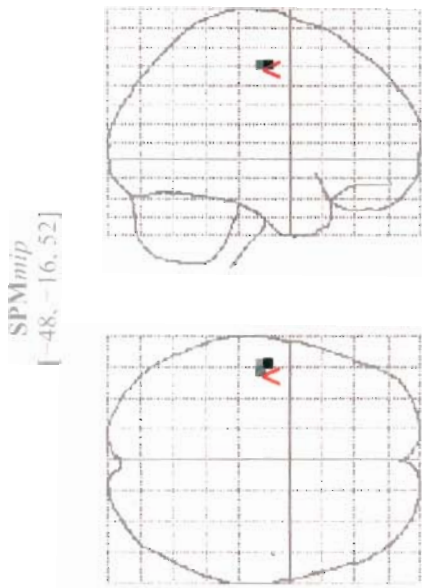
cluster-level			voxel-level				x, y, z {mm}
P <sub>corrected</sub>	k <sub>E</sub>	P <sub>uncorrected</sub>	P <sub>corrected</sub>	T	(Z <sub>max</sub> )	P <sub>uncorrected</sub>	
0.001	3	0.072	0.000	5.56	( 5.50)	0.000	-52 -12 52

table shows all local maxima > 4.0mm apart

Height threshold: T = 4.97, p = 0.000 (0.010 corrected) of freedom = [1.0, 721.9]  
 Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (0.010 uncorrected) FWHM = 13.3 14.1 11.5 {mm} = 3.3 3.5 2.9 {  
 Expected voxels per cluster, <k> = 0.936 Search volume: S = 1509504 mm<sup>3</sup> = 23586 voxels = 597.7  
 Expected number of clusters, <c> = 0.01 Voxel size: [4.0, 4.0, 4.0] mm (1 resel = 33.45 voxel



# Left\_7Hz



SPM{T<sub>721.9</sub>}

SPMresults: \analyze\01\_left\_7Hz  
Height threshold T = 4.97  
Extent threshold k = 0 voxels

