

VBMEG Tutorial

ATR Neural Information Analysis Laboratories (June 15, 2011)

VBMEG Tutorial	1
はじめに.....	1
ディレクトリ.....	2
作業手順	2
パスを設定する	2
プロジェクトを作成する	2
脳モデルをインポートする	5
MEG データをインポートする	8
リードフィールドを計算する	12
電流分散を推定する.....	15
電流を計算する.....	21
推定電流を見る	25
推定電流を見る(補足)	29

VBMEG Tutorial

はじめに

VBMEG は、MEG や EEG のデータから皮質電流を推定するための Matlab ツールボックスである。本チュートリアルは、サンプルデータの解析を通じて、VBMEG の処理の流れを把握することを目的としている。

準備するファイル

<http://vbmeg.atr.jp/?lang=ja#DOWNLOAD> よりダウンロードできます。

- MEG データファイル(A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.ave)
- センサ位置合わせファイル(marker1.pos.mat)
- MRI 構造画像ファイル(3D.hdr, 3D.img)
- 脳モデルファイル(lh.(curv/inflated/smoothwm).asc, rh.(curv.inflated/smoothwm).asc)

MEG データファイル

- 横河電機 MEG データファイル
- 聴覚刺激課題
- 3.2kHz の純音を、左耳に提示したときの脳活動を加算平均したもの。

センサ位置合わせファイルの詳細

- MEG のセンサ座標を被験者の MRI 構造画像座標系に位置合わせするための情報が入ったファイル。
- 位置合わせプログラムにより作成する。

MRI 構造画像ファイルの詳細

- Analyze 7.5 形式。中のデータ並びは左手系(LAS)。

以下の HP が参考になる。

<http://www.wideman-one.com/gw/brain/orientation/orientterms.htm>

脳モデルファイルの詳細

- FreeSurfer(<http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/>)から作成した個人脳ファイル。
- MRI 構造画像ファイルから作成することができる。

ディレクトリ

- 以下のようにプログラムおよび入力データが格納されていることを前提にしている。

D:\%vbmeg (VBMEG プログラムディレクトリ)

D:\%data (入力データディレクトリ)

```
| 3D. hdr
| 3D. img
|
|-----FS
|     lh. curv. asc
|     lh. inflated. asc
|     lh. smoothwm. asc
|     rh. curv. asc
|     rh. inflated. asc
|     rh. smoothwm. asc
|
|-----Yokogawa
|     A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label14. ave
|     marker1. pos. mat
```

作業手順

パスを設定する

- MATLAB を起動し、実行準備をする。

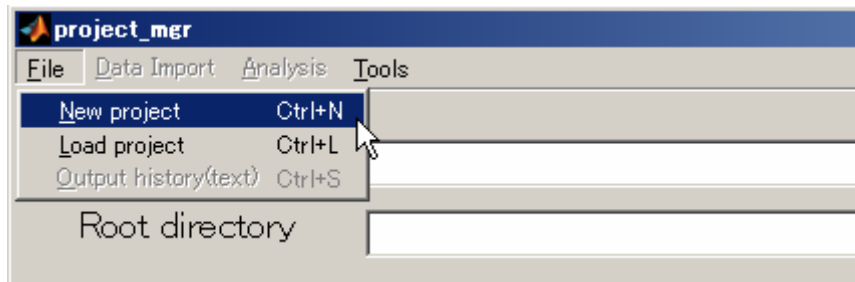
```
>> addpath('D:\%vbmeg')
>> vbmeg
--- Find VBMEG program directory
VBMEG program directory: D:\%vbmeg%
--- Set program directories to MATLAB path
--- Create global variable 'vbmeg_inst'
>>
```

プロジェクトを作成する

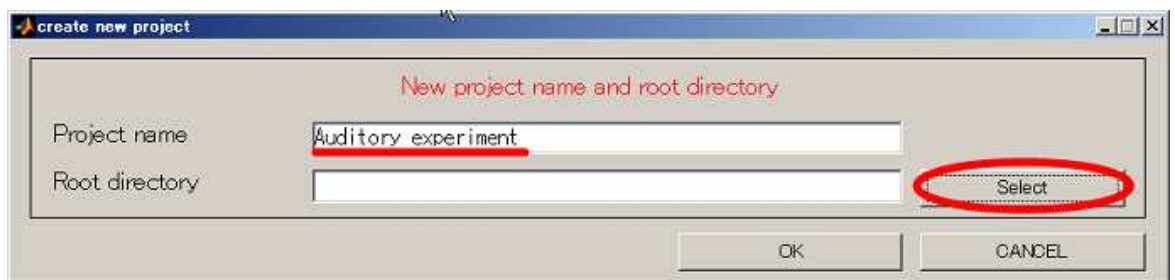
1. コマンドラインから project_mgr を起動する。

```
>> project_mgr
```

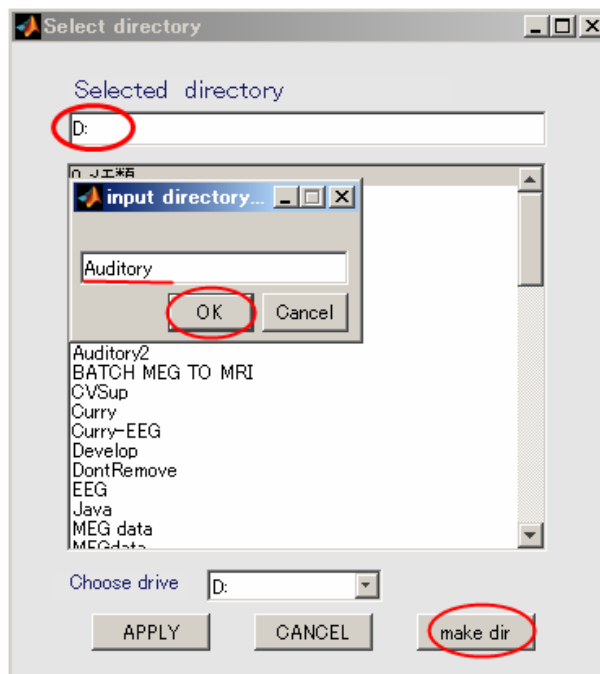
2. [File]->[New project]を選択する。



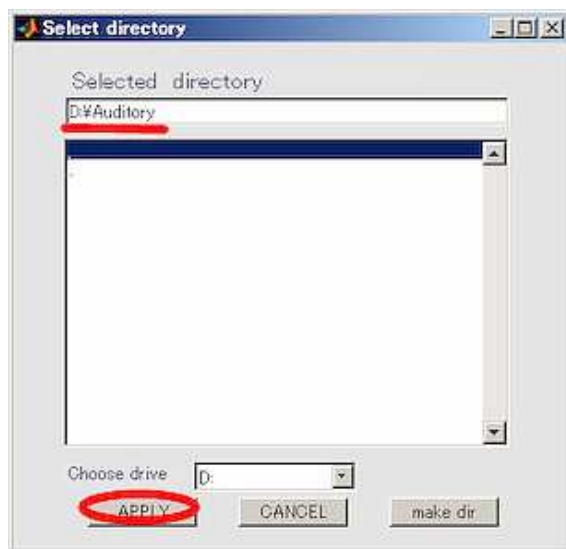
3. プロジェクト名を入力し、Select ボタンを押す。



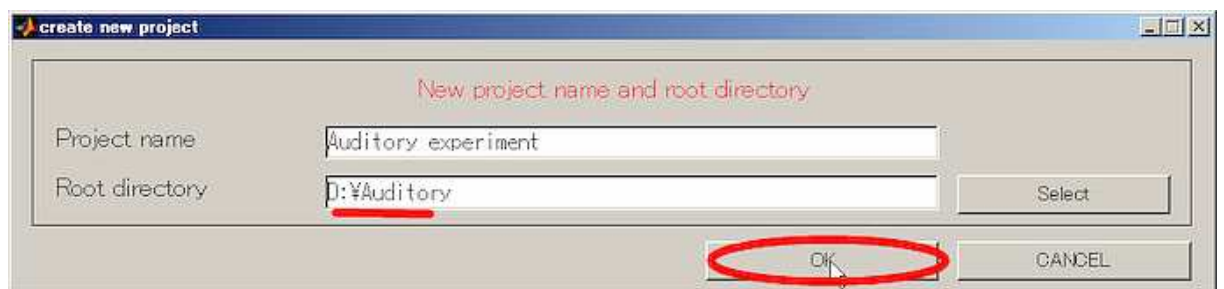
4. カレントディレクトリを D:¥に変更し、make dir ボタンを押す。表示されたダイアログに Auditory と入力し、OK ボタンを押す。



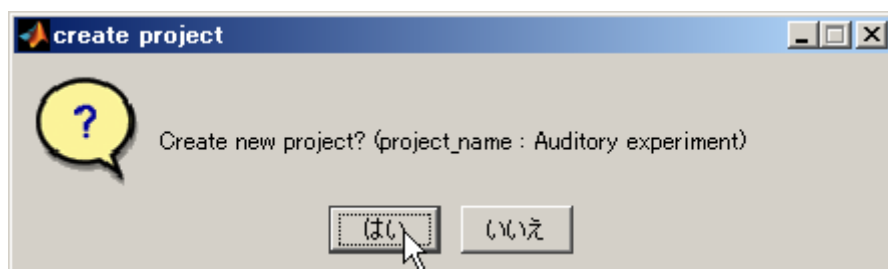
5. 作業ディレクトリ(D:¥Auditory)を選択し、APPLY ボタンを押す。



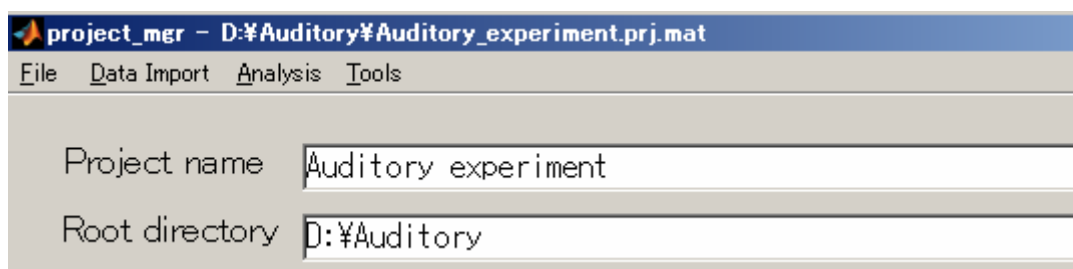
6. OK ボタンを押し、ダイアログを閉じる。



7. 確認ダイアログが出るので、「はい」を選択する。

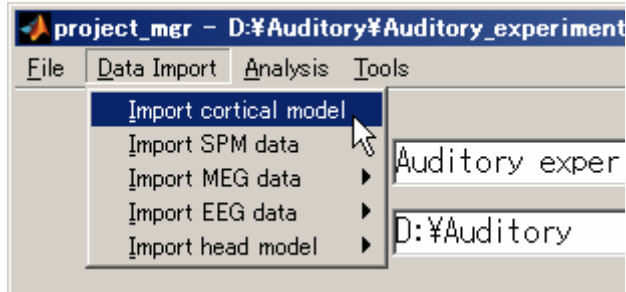


8. project_mgr の準備が整った。

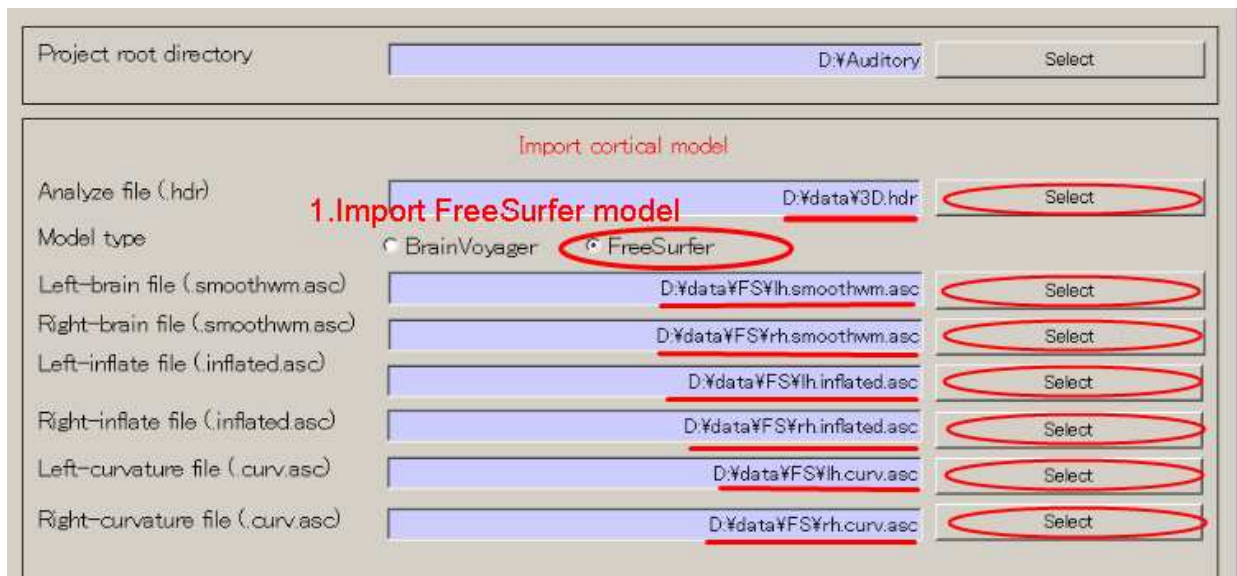


脳モデルをインポートする

1. [Data Import]->[Import cortical model]を選択する。



2. MRI 構造画像ファイル, 脳モデルファイルをセットする(最初にラジオボタン:FreeSurfer を押し、各 Select ボタンを押して、ファイルを選択する)。

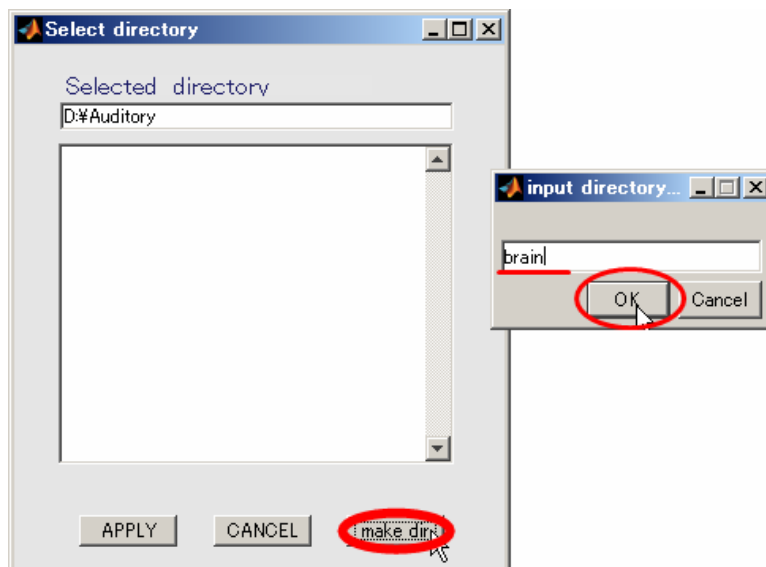


3. 出力先を作成する(D:\¥Auditory¥brain)

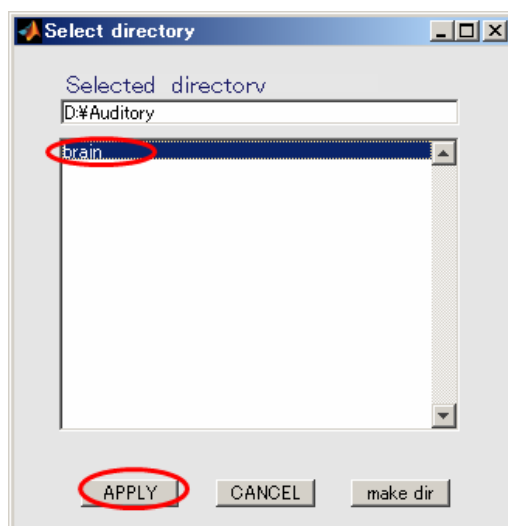
- Select ボタンを押す。



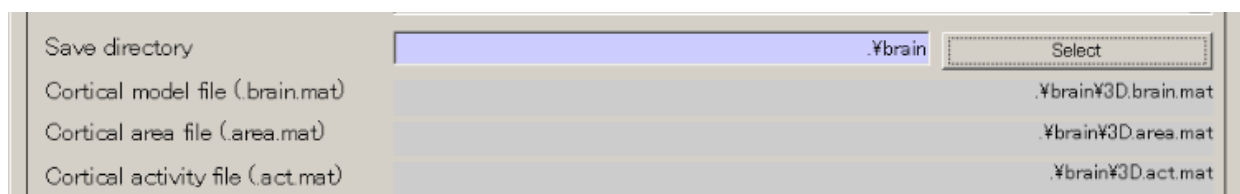
- make dir ボタンを押すと、作成するディレクトリ名を入力するダイアログが表示されるので、brain と入力し、OK ボタンを押す。



- brain を選択してから、APPLY を押す。



- 保存ファイル名が更新される。



4. Exec ボタンを押して、20 分ぐらい待つと、脳モデルのインポートが完了し、結果が表示される。

Import cortical model

Project root directory

D:\Auditory

Select

Import cortical model

Analyze file (.hdr)

D:\data\3D.hdr

Select

Model type

☐ BrainVoyager
☒ FreeSurfer

Left-brain file (.smoothwm.asc)

D:\data\F5\lh.smoothwm.asc

Select

Right-brain file (.smoothwm.asc)

D:\data\F5\rh.smoothwm.asc

Select

Left-inflate file (.inflated.asc)

D:\data\F5\lh.inflated.asc

Select

Right-inflate file (.inflated.asc)

D:\data\F5\rh.inflated.asc

Select

Left-curvature file (.curv.asc)

D:\data\F5\lh.curv.asc

Select

Right-curvature file (.curv.asc)

D:\data\F5\rh.curv.asc

Select

SPM normalization file (.sn.mat)

Select

Keyword

Comment

Save directory

.\brain

Select

Cortical model file (.brain.mat)

.\brain\3D.brain.mat

Cortical area file (.area.mat)

.\brain\3D.area.mat

Cortical activity file (.act.mat)

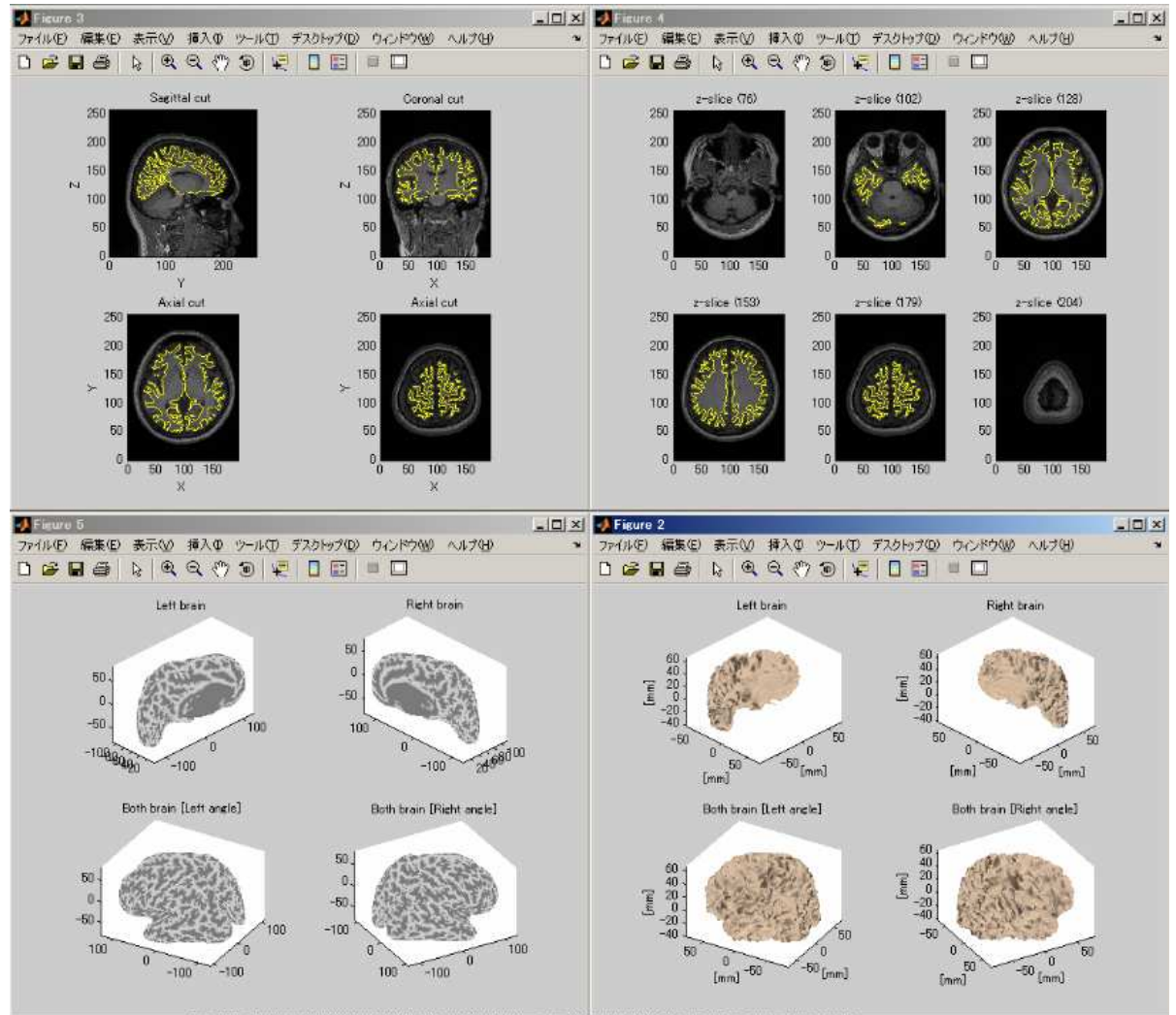
.\brain\3D.act.mat

Reset

Exec

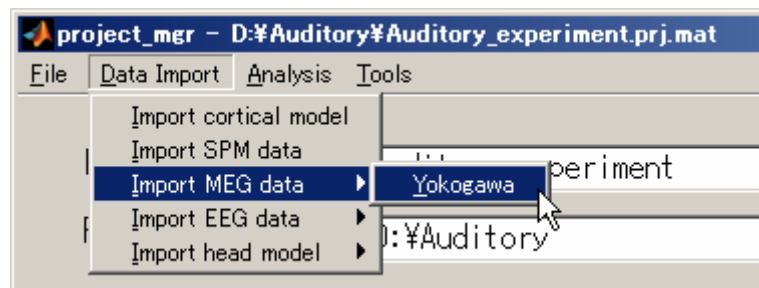
Advanced parameter

結果画面



MEG データをインポートする

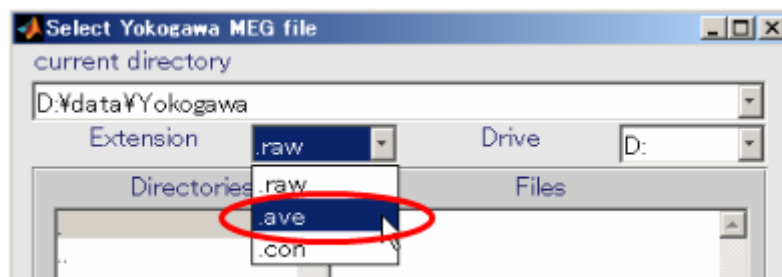
1. [Data Import]->[Import MEG data]->[Yokogawa]を選択する。



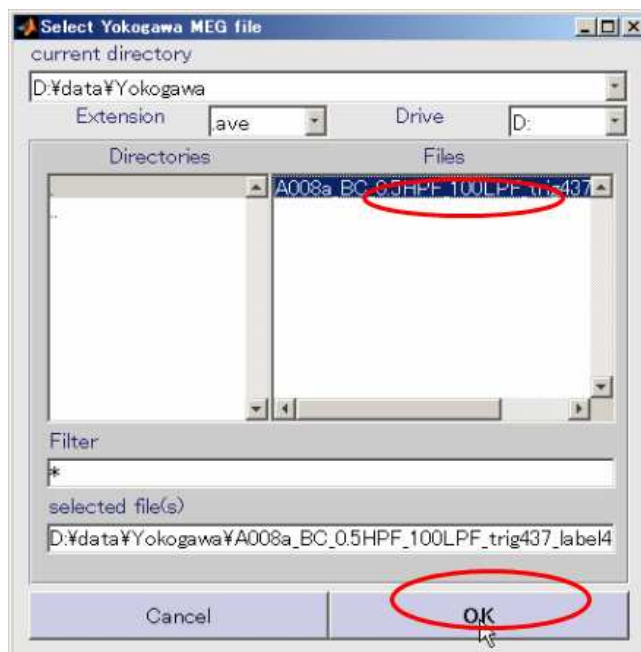
2. Yokogawa MEG file を指定する。



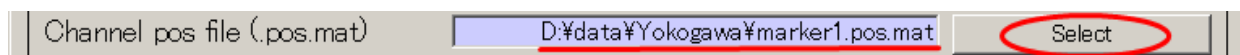
3. ファイルダイアログの拡張子を.aveに変更する。



4. Yokogawa MEG ファイルを選択し、OK を押す
(D:\data\Yokogawa\A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.ave)



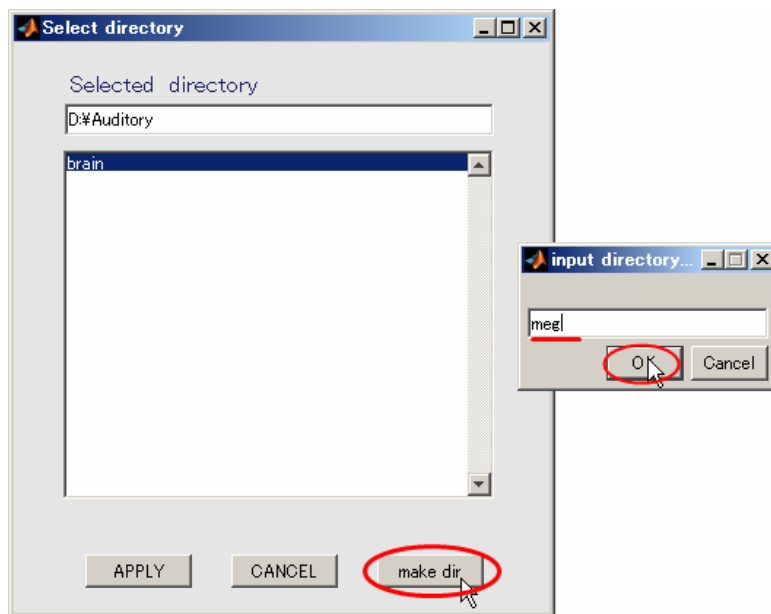
5. Select ボタンを押し、センサ位置合わせファイルを選択する (D:\data\Yokogawa\marker1.pos.mat)。



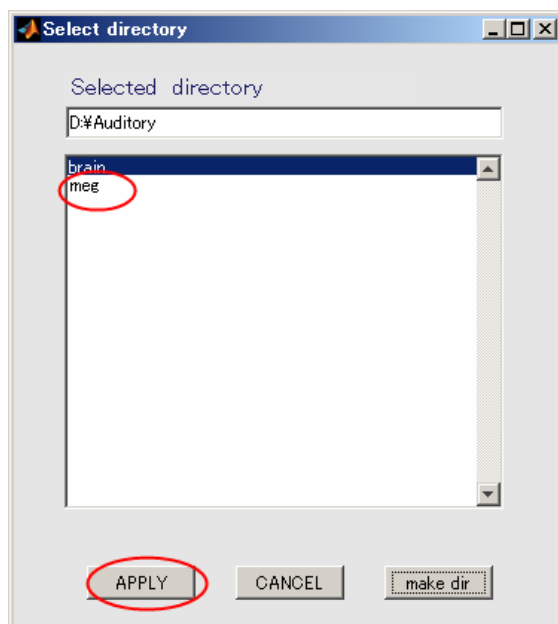
6. 出力先を作成する(D:\Auditory\meg)
 - Select ボタンを押す。



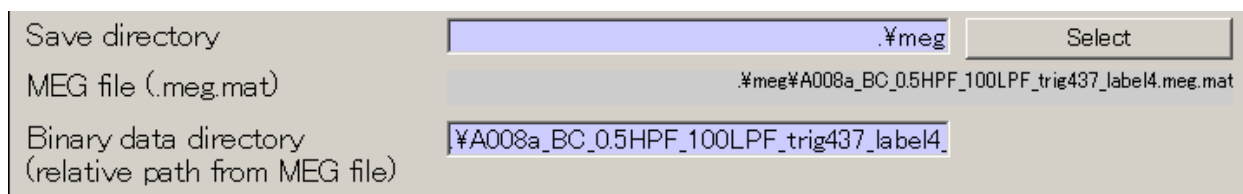
- make dir ボタンを押すと、作成するディレクトリ名を入力するダイアログが表示されるので、meg と入力し、OK ボタンを押す。



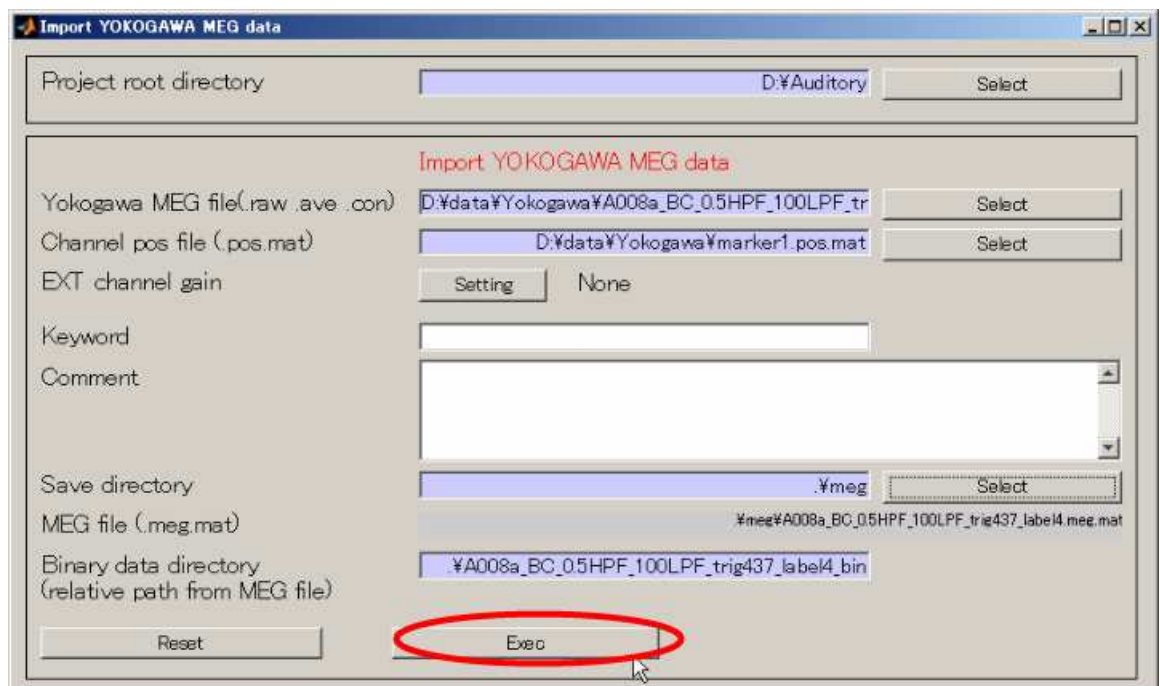
- meg を選択してから、APPLY を押す。



- 保存ファイル名が更新される。



7. Exec ボタンを押す。10 秒程度で、MEG データのインポートが完了する。

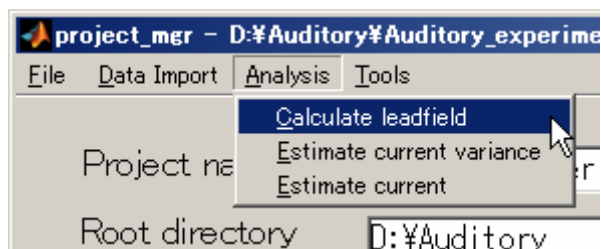


<<MATLAB Command window>>

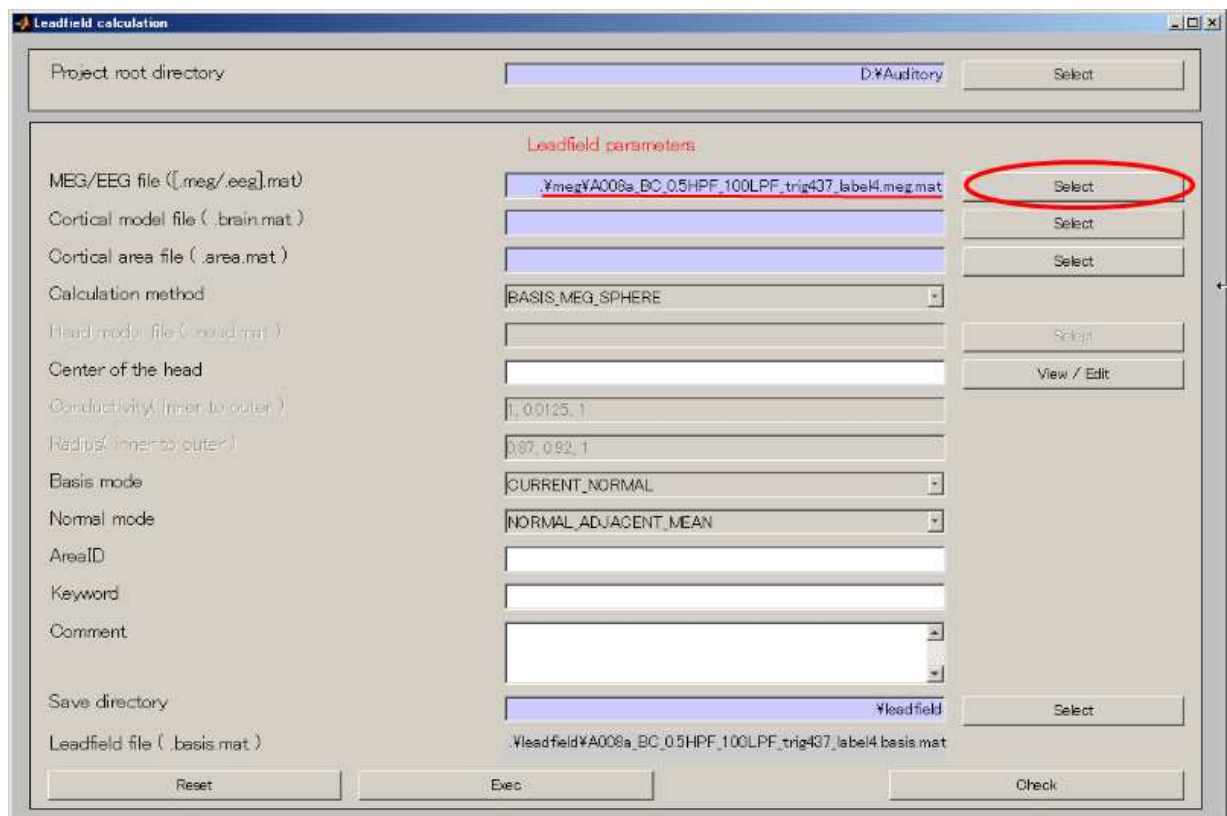
```
opening channel file (448) done.
--- now reading and storing data
.
---
--- make D:\Auditory\%meg%A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat
---
```

リードフィールドを計算する

1. [Analysis]->[Calculate leadfield]を選択する。



2. MEG file を指定する
(D:\Auditory\meg\A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat)



3. Cortical model file を指定する(D:\Auditory\brain\3D.brain.mat)。



4. Cortical area file を指定する(D:\Auditory\brain\3D.area.mat)。

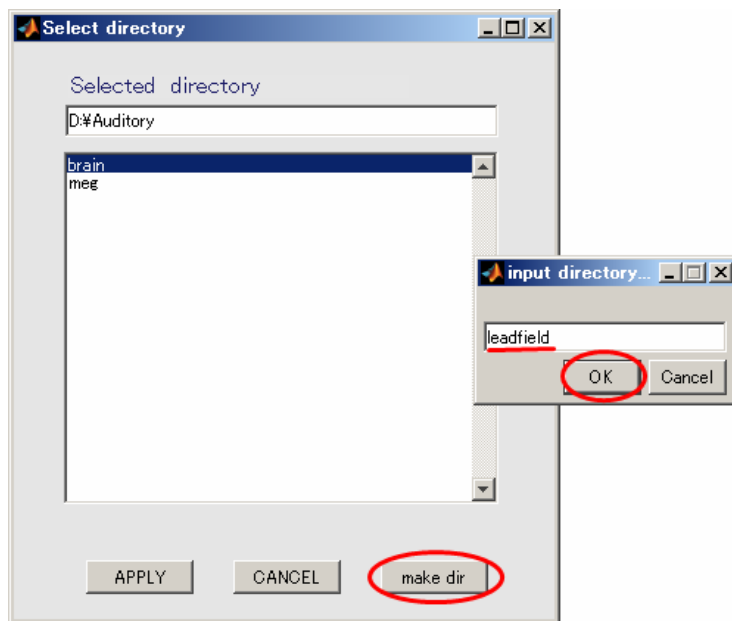


5. 出力先を作成する(D:\Auditory\leadfield)。

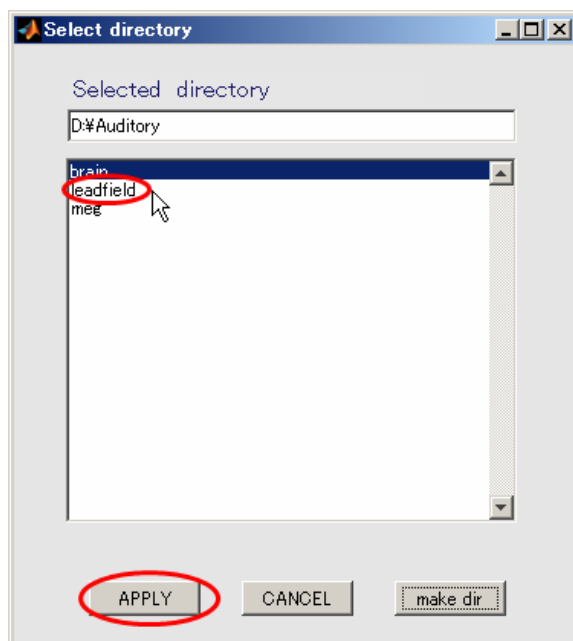
- Select ボタンを押す。



- make dir ボタンを押すと、作成するディレクトリ名を入力するダイアログが表示されるので、leadfield と入力し、OK ボタンを押す。



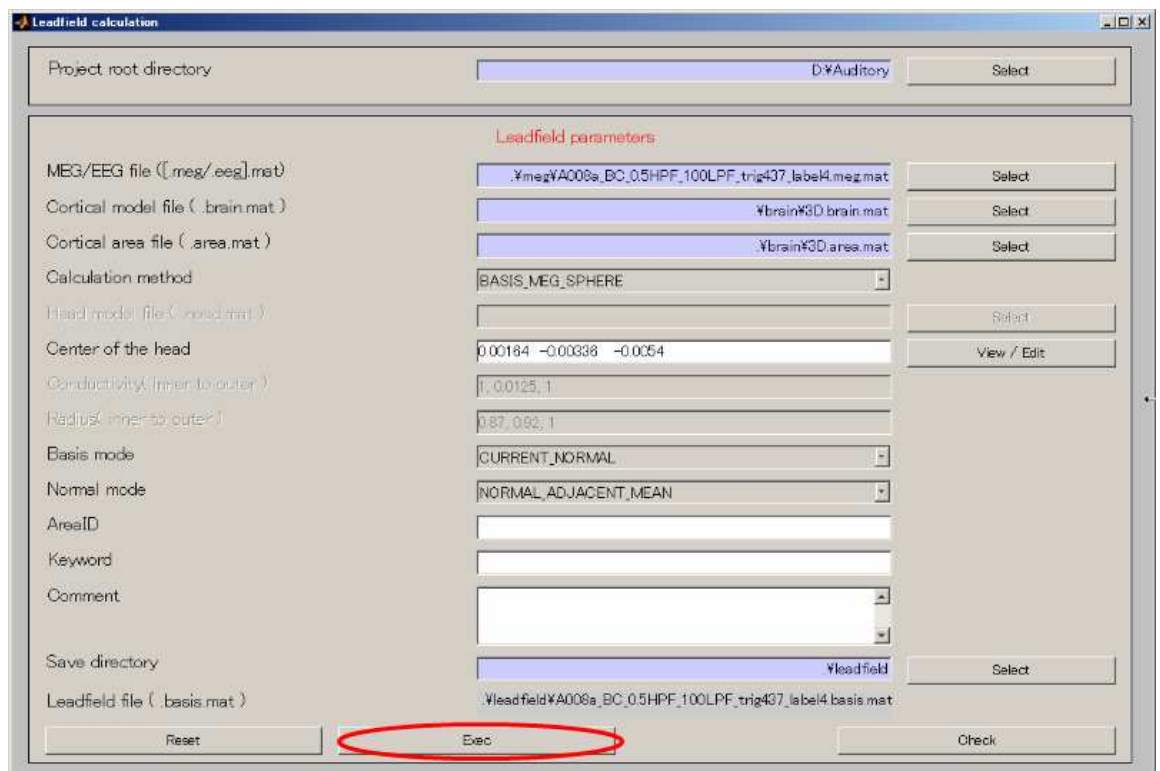
- leadfield を選択してから、APPLY を押す。



- 保存ファイル名が更新される。

Leadfield file (.basis.mat)	¥leadfield¥A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.basis.mat
-------------------------------	------------------------------------------------------------

6. Exec ボタンを押す。20～30 秒程度で、リードフィールドの計算が完了する。



<<MATLAB Command window>>

>>

--- MEG Sphere model (Sarvas)

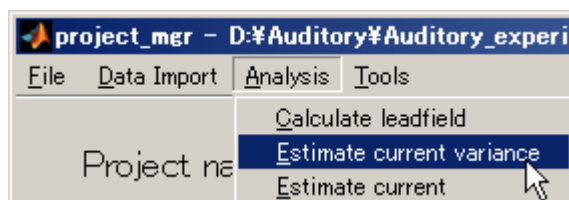
Leadfield calculation : MEG spherical model (Sarvas)

Current direction = 1

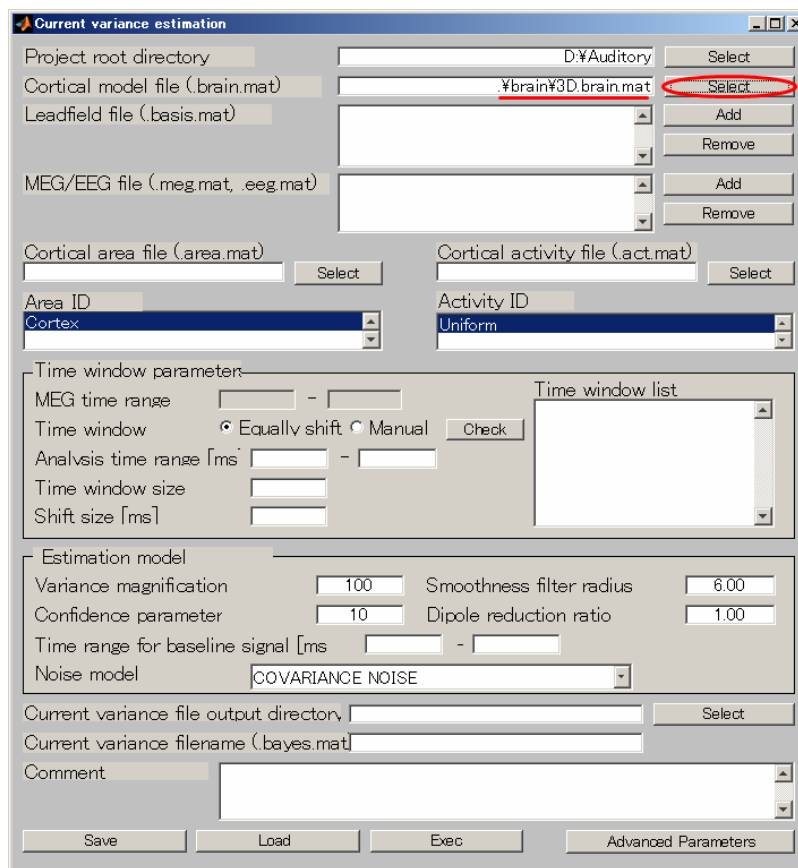
Save basis file [D:\Auditory\%leadfield\A008a_BC_0.basis.mat]

電流分散を推定する

1. [Analysis]->[Estimate current variance]を選択する。



2. Cortical model file を指定する(D:\Auditory\brain\3D.brain.mat)。



3. Leadfield file を指定する

(D:\Auditory\leadfield\A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.basis.mat)。



4. MEG file を指定する

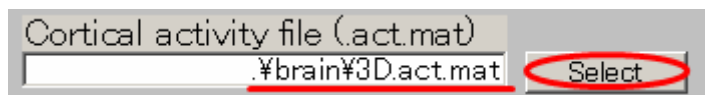
(D:\Auditory\meg\A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat)。



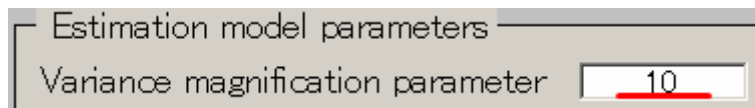
5. Cortical area file を指定する(D:\Auditory\brain%3D.area.mat)。



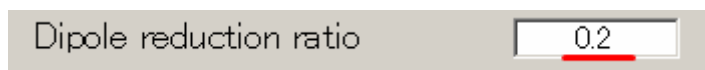
6. Cortical activity file を指定する(D:\Auditory\brain%3D.act.mat)。



7. Variance magnification parameter を 10 にする。



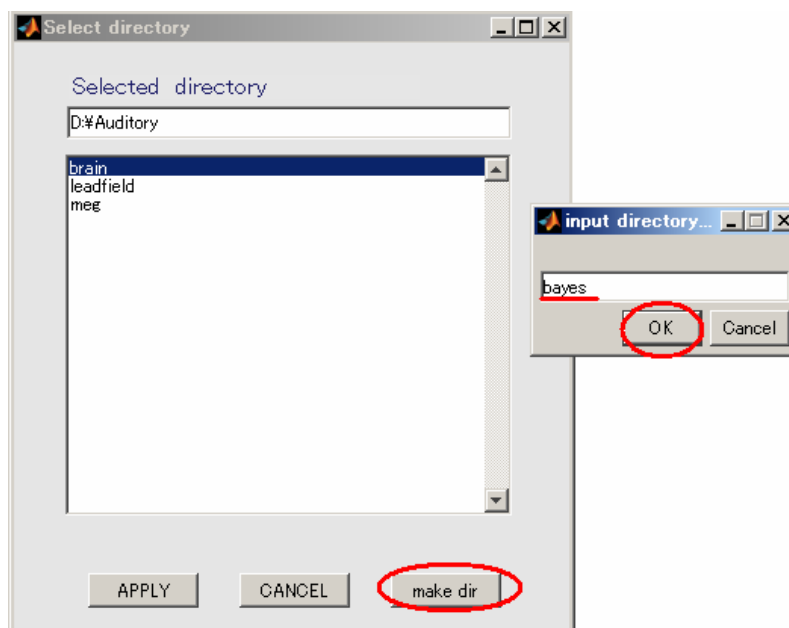
8. Dipole reduction ratio を 0.2 にする。



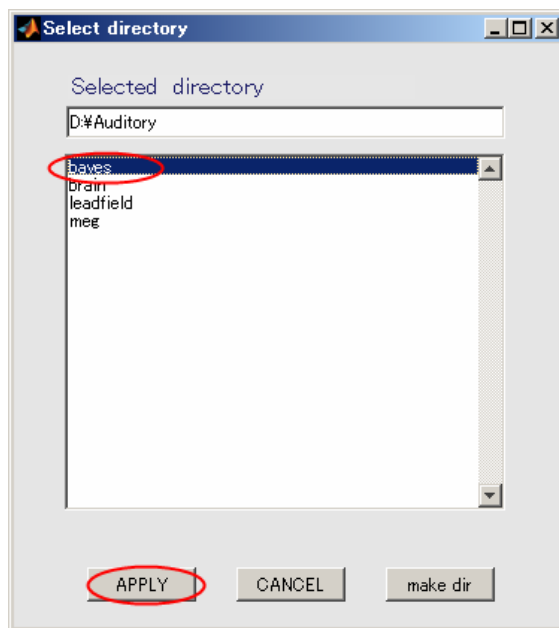
9. 出力先を作成する(D:¥Auditory¥bayes)。
○ Select ボタンを押す。



- make dir ボタンを押すと、作成するディレクトリ名を入力するダイアログが表示されるので、bayes と入力し、OK ボタンを押す。



- bayes を選択してから、APPLY を押す。



10. 保存ファイル名を入力する。

auditory_left[ENTER]で、拡張子: **.bayes.mat** は自動的に付く

Current variance filename (.bayes.mat) auditory_left.bayes.mat

11. Exec ボタンを押す。20 分前後で推定が完了する。

Current variance estimation

Project root directory: D:\Auditory [Select]

Cortical model file (.brain.mat): %brain%3D.brain.mat [Select]

Leadfield file (.basis.mat): BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.basis.mat [Add]
[Remove]

MEG/EEG file (.meg.mat, .eeg.mat): BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat [Add]
[Remove]

Cortical area file (.area.mat): %brain%3D.area.mat [Select]

Cortical activity file (.act.mat): %brain%3D.act.mat [Select]

Area ID: Cortex [v]
Activity ID: Uniform [v]

Time window parameters

MEG time range [ms]: -500.00 - 499.20

Time window format: ☒ Equally shift ☐ Manual [Check]

Analysis time range [ms]: -500.00 - 499.20

Time window size [ms]: 1000.00

Shift size [ms]: 1000.00

Time window list: [Empty list box]

Estimation model parameters

Variance magnification parameter: 10

Confidence parameter: 10

Time range for baseline signal [ms]: -500.00 - -0.80

Noise model: COVARIANCE NOISE [v]

Smoothness filter radius [mm]: 6.00

Dipole reduction ratio: 0.2

Current variance file output directory: %bayes [Select]

Current variance filename (.bayes.mat): auditory_left.bayes.mat

Comment: [Empty text box]

[Save] [Load] **[Exec]** [Advanced Parameters]

<<MATLAB Command Window>>

Noise model: full covariance

Load MEG data for noise estimate

[D:\Auditory\%meg%A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat]

Session 1: -499.2 - 0.0[ms]

Number of basis files (= Number of sessions): 1

Area ID: Cortex

Number of vertices: 20004

--- Reduce cortex

Number of reduced vertices: 4004

--- Spatial smoothing filter calculation

```

R = 6.00e-003, Rmax= 1.20e-002
Number of vertices = 4004
Number of vertices in expanded area = 20002
Basis file for session 1:
D:\¥Auditory¥.¥leadfield¥A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.basis.ma
t
    Number of basis files (= Number of sessions): 1
    Area ID: Cortex
    Number of vertices: 20004
    --- Reduce cortex
    Number of reduced vertices: 4004
    --- Spatial smoothing filter calculation
    R = 6.00e-003, Rmax= 1.20e-002
    Number of vertices = 4004
    Number of vertices in expanded area = 20002
    Basis file for session 1:
D:\¥Auditory¥.¥leadfield¥A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.basis.ma
t
    Number of sessions: 1
    Time window: [1 1250]
    MEG data file for session 1:
D:\¥Auditory¥.¥meg¥A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat
    Number of sensors          : 400
    Number of trials           : 1
    --- Check variable consistency is OK
    Noise model: spherical
    Load MEG data for noise estimate
[D:\¥Auditory¥.¥meg¥A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat]
    Session 1: -499.2 - 0.0[ms]
    Number of sessions: 1
    Time window: [1 625]
    MEG data file for session 1:
D:\¥Auditory¥.¥meg¥A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat
    Number of sensors          : 400
    Number of trials           : 1
    --- Initial VB-update iteration = 100
    --- Total update iteration      = 100
    Sensor noise variance is estimated
    Background current variance is estimated
    Set prior fMRI activity pattern

    --- New VBMEG estimation program ---

```

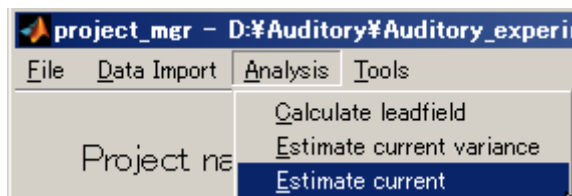
```

--- Initial VB-update iteration = 1000
--- Total update iteration      = 1000
Tn=  1, Iter=  50, FE=16183629.600099, Error=5.920164e-002
Tn=  1, Iter= 100, FE=16184064.896437, Error=5.940531e-002
Tn=  1, Iter= 150, FE=16184112.004743, Error=5.944172e-002
Tn=  1, Iter= 200, FE=16184140.401725, Error=5.944495e-002
Tn=  1, Iter= 250, FE=16184143.926441, Error=5.944783e-002
Tn=  1, Iter= 300, FE=16184144.942685, Error=5.944801e-002
Tn=  1, Iter= 350, FE=16184145.363067, Error=5.944747e-002
Tn=  1, Iter= 400, FE=16184145.588821, Error=5.944667e-002
Tn=  1, Iter= 450, FE=16184145.749733, Error=5.944572e-002
Tn=  1, Iter= 500, FE=16184145.890986, Error=5.944465e-002
Tn=  1, Iter= 550, FE=16184146.025482, Error=5.944347e-002
Tn=  1, Iter= 600, FE=16184146.152109, Error=5.944222e-002
Tn=  1, Iter= 650, FE=16184146.263429, Error=5.944096e-002
Tn=  1, Iter= 700, FE=16184146.351531, Error=5.943978e-002
Tn=  1, Iter= 750, FE=16184146.413128, Error=5.943876e-002
Tn=  1, Iter= 800, FE=16184146.451154, Error=5.943794e-002
Tn=  1, Iter= 850, FE=16184146.472196, Error=5.943733e-002
Tn=  1, Iter= 900, FE=16184146.482881, Error=5.943690e-002
Tn=  1, Iter= 950, FE=16184146.487982, Error=5.943661e-002
Tn=  1, Iter=1000, FE=16184146.490319, Error=5.943642e-002
Alpha is scaled back by bsnorm
----- Save estimation result in
D:\¥Auditory¥.¥bayes¥auditory_left.bayes.mat

```

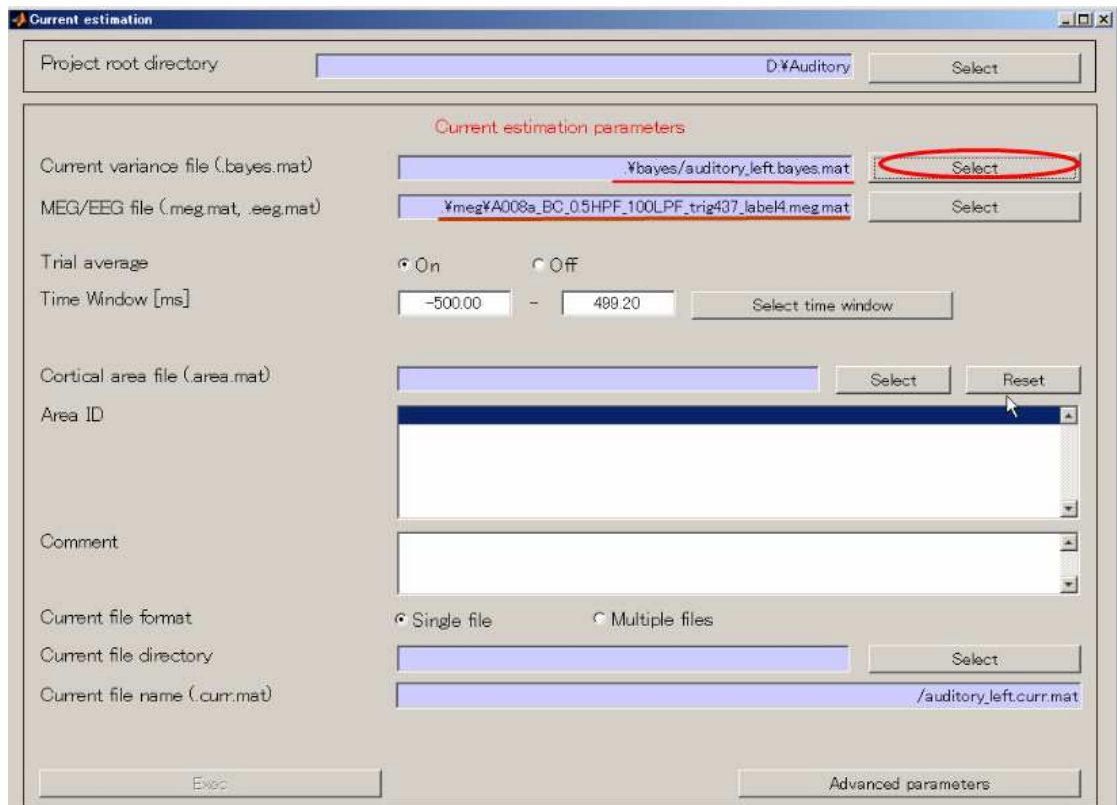
電流を計算する

1. [Analysis]->[Estimate current]を選択する。

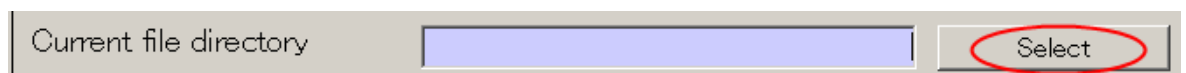


2. Current variance file を指定する(D:\¥Auditory¥bayes¥auditory_left.bayes.mat)。

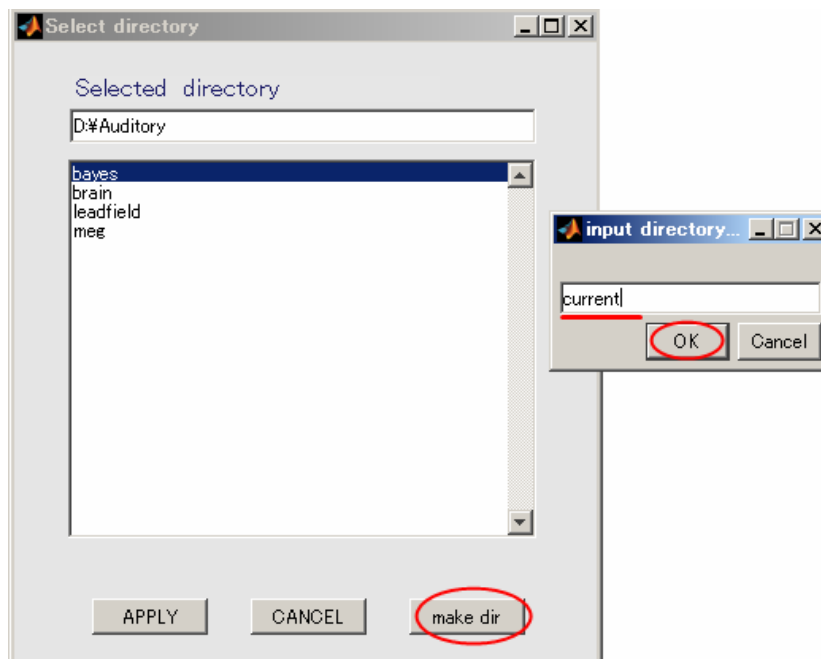
自動的に MEG file はセットされる。



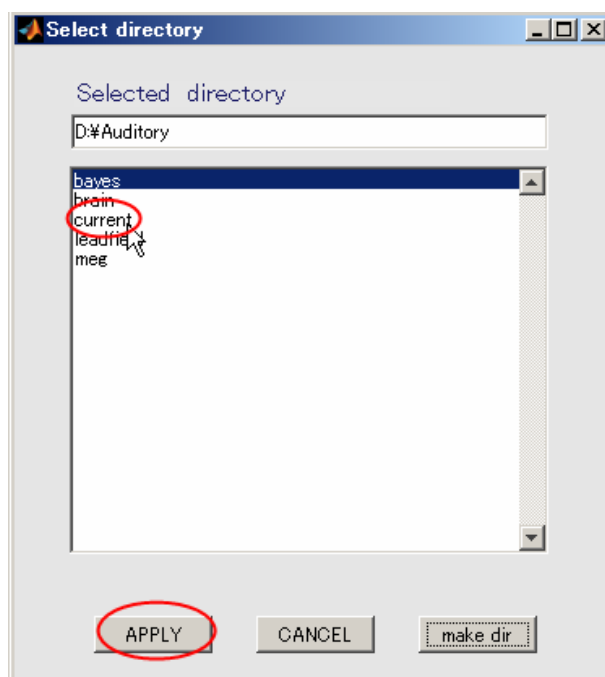
3. 出力先を作成する(D:\Auditory\current)。
 - Select ボタンを押す。



- make dir ボタンを押すと、作成するディレクトリ名を入力するダイアログが表示されるので、current と入力し、OK ボタンを押す。



- current を選択してから、APPLY を押す。



- 保存ファイル名が更新される。

Current file directory	<input type="text" value="¥current"/>	Select
Current file name (.curr.mat)	<input type="text" value="¥current/auditory_left.curr.mat"/>	

4. Exec ボタンを押して、1 分程度で電流計算が完了する。

The screenshot shows the 'Current estimation' dialog box with the following fields and controls:

- Project root directory:** D:\Auditory (with a 'Select' button)
- Current estimation parameters:**
 - Current variance file (.bayes.mat):** %bayes/auditory_left.bayes.mat (with a 'Select' button)
 - MEG/EEG file (.meg.mat, .eeg.mat):** %meg\A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.m (with a 'Select' button)
 - Trial average:** ☒ On ☐ Off
 - Time Window [ms]:** -500.00 - 499.20 (with a 'Select time window' button)
 - Cortical area file (.area.mat):** (with 'Select' and 'Reset' buttons)
 - Area ID:** (a list box showing 'Cortex')
 - Comment:** (a text area)
 - Current file format:** ☒ Single file ☐ Multiple files
 - Current file directory:** %current (with a 'Select' button)
 - Current file name (.curr.mat):** %current/auditory_left.curr.mat
- Buttons:** 'Exec' (circled in red) and 'Advanced parameters'.

<<MATLAB Command Window>>

----- New VBMEG -----

Start current estimation

Number of sessions: 1

Time window: [1 1250]

MEG data file for session 1:

D:\Auditory\%meg\A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.meg.mat

Number of sensors : 400

Number of trials : 1

--- Lead field matrix of focal window

Number of basis files (= Number of sessions): 1

Area ID: Cortex

Number of vertices: 20004

--- Reduce cortex

Number of reduced vertices: 4004

```

--- Spatial smoothing filter calculation
R = 6.00e-003, Rmax= 1.20e-002
Number of vertices = 4004
Number of vertices in expanded area = 20002
Basis file for session 1:
D:\Auditory\leadfield\A008a_BC_0.5HPF_100LPF_trig437_label4.basis.mat

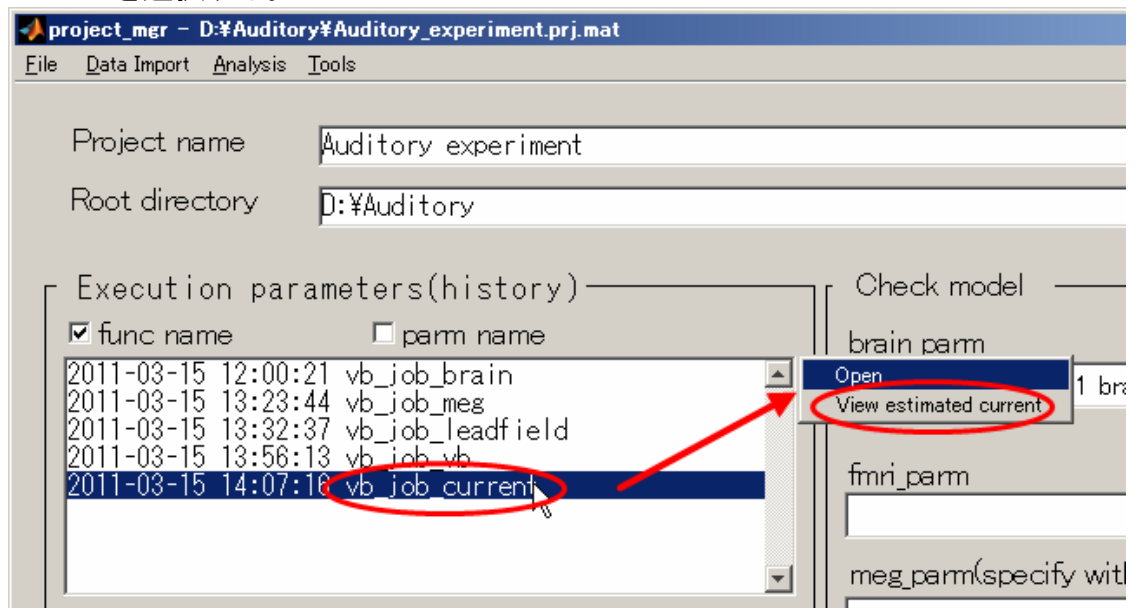
--- Save estimated current:
D:\Auditory\current\auditory_left.curr.mat

```

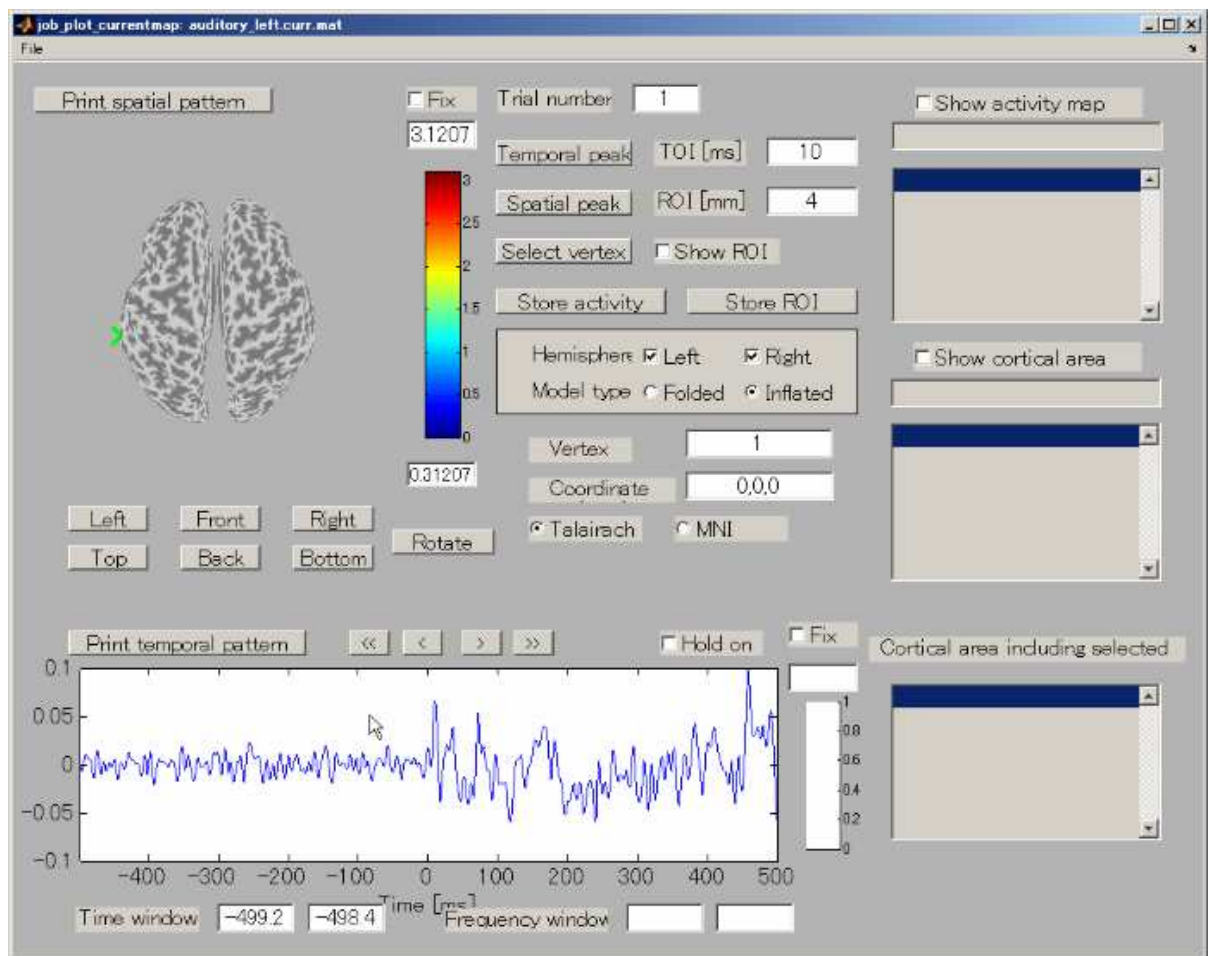
推定電流を見る

1. project_mgr GUI を表示し、vb_job_current を選択する。

すると、右上にポップアップメニューが表示されるので、View estimated current を選択する。



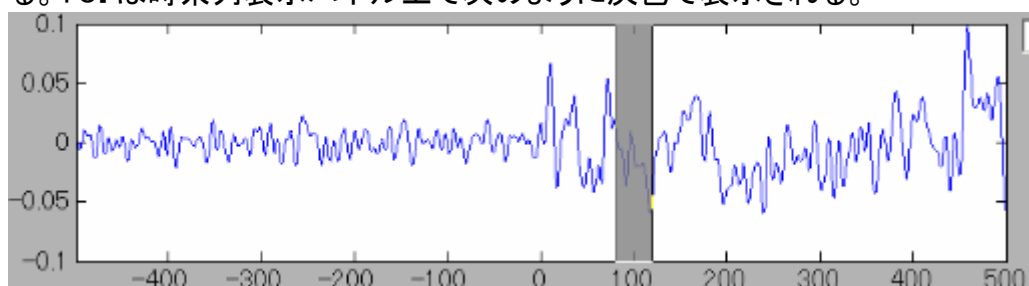
2. 推定電流を表示するための GUI が表示される。画面左上の空間分布表示パネルには、選択されている時間窓(time of interest; TOI)で平均された電流強度分布が皮質モデル(inflated model)上に表示される。画面下部の電流時系列表示パネルには、選択されている関心領域(region of interest; ROI)に含まれる頂点に渡り平均された電流強度時系列が表示される。ROI のサイズはデフォルトで半径 4mm である。



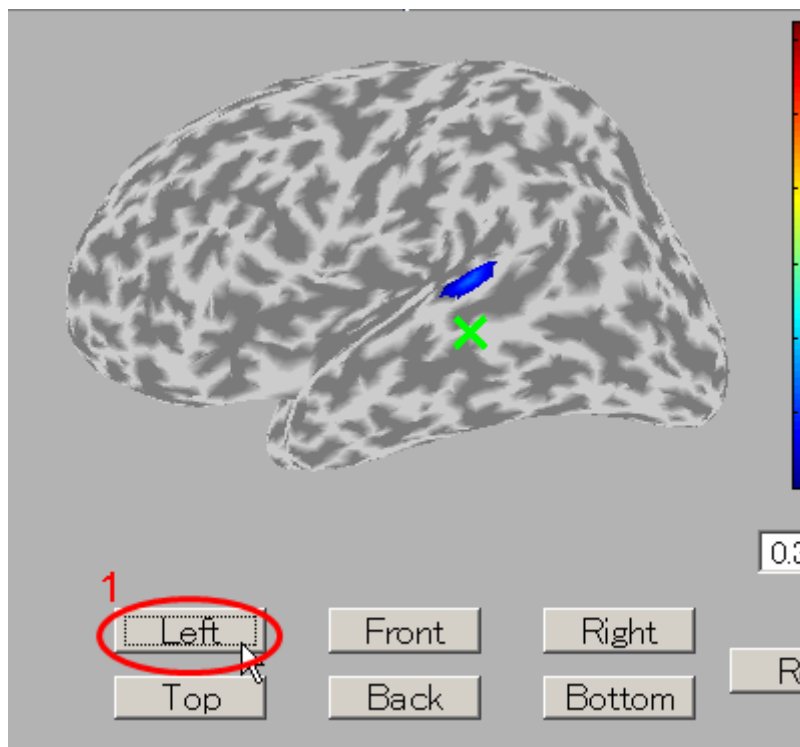
- TOI は“Time window”エディットテキストで設定できる。ここでは TOI を、左右両側に表れる聴覚関連磁場(AEF)の潜時である、80～120msec に設定する。



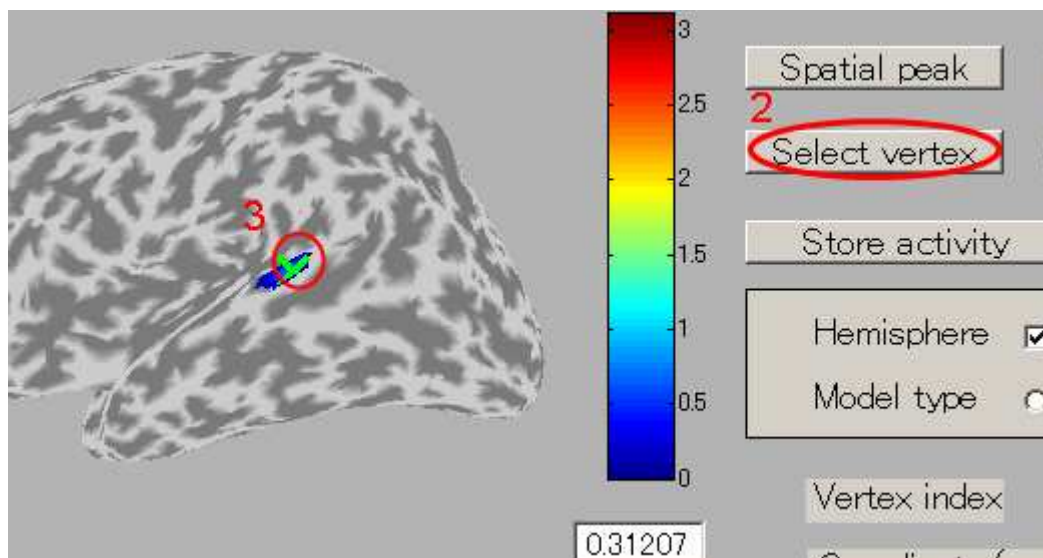
TOI の設定に伴い、空間分布表示パネル上の電流強度空間分布が更新される。TOI は時系列表示パネル上で次のように灰色で表示される。



- Left ボタンを押すと皮質モデルを左側から見る事ができる。聴覚野付近に脳活動が見られる。



5. ROI の中心を選択するために、“Select vertex”ボタンを押してから皮質モデル上の1点を選択する。ここでは左脳聴覚野付近の脳活動源を選択する。

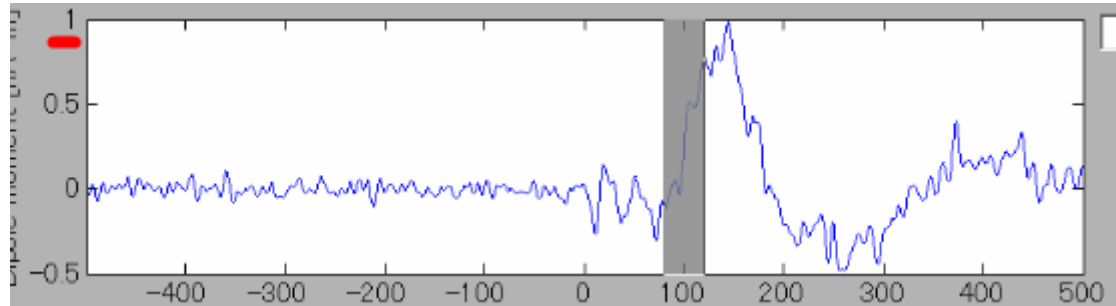


“Vertex index”エディットボックスに選択された頂点のインデックスが表示される。

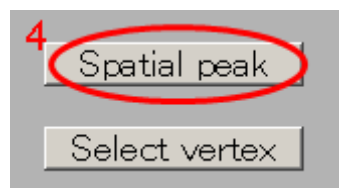


このエディットボックスに頂点番号を直接入力する事でも ROI の中心を変更できる。

ROI の中心は皮質モデル上で緑の×印で示される。電流時系列表示パネルには選択された ROI の電流時系列が表示される。Y 軸のスケールは電流時系列に合わせて変わる。



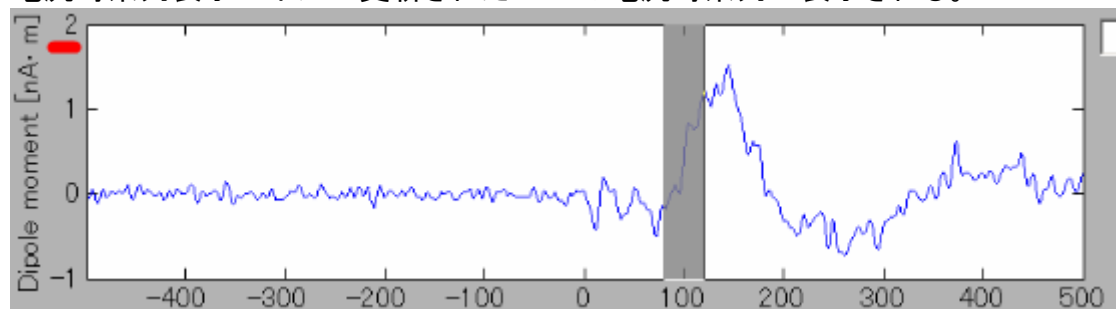
- より電流強度の高い頂点を探し出すために、“Spatial peak”ボタンを押す。すると ROI の中で電流強度の時間平均が最大の頂点が探索され、ROI の中心がその頂点に設定される。



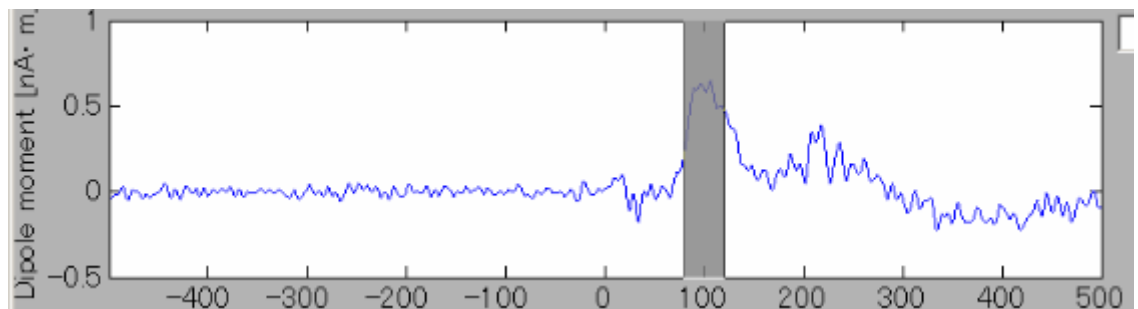
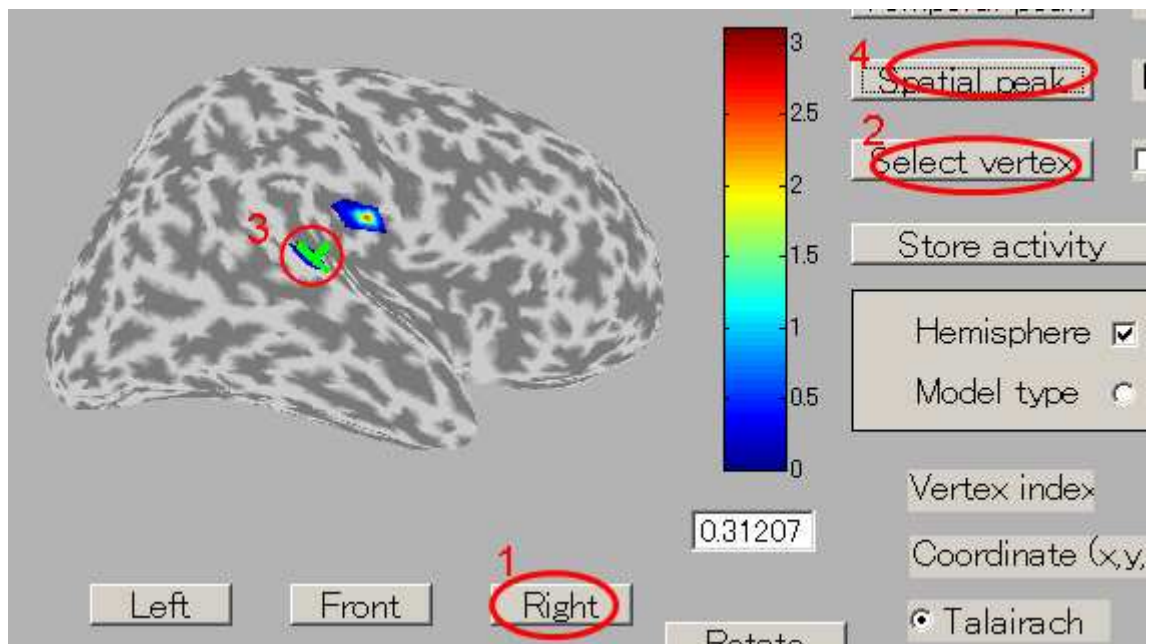
同時に“Vertex index”エディットボックスの頂点番号が更新される。



電流時系列表示パネルに更新された ROI の電流時系列が表示される。

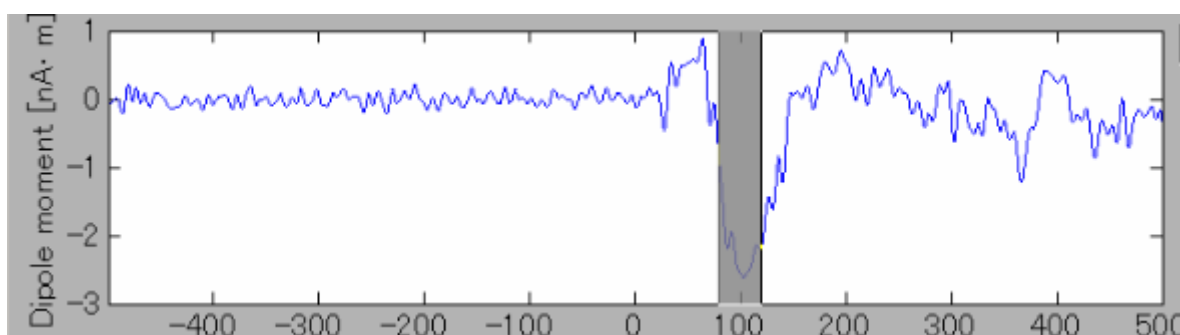
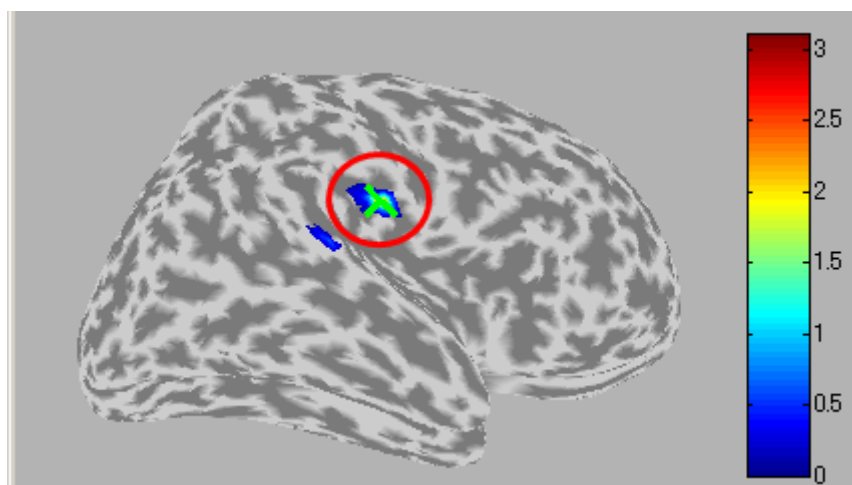


- 同様の手順で右脳聴覚野付近の推定電流を見ることができる。



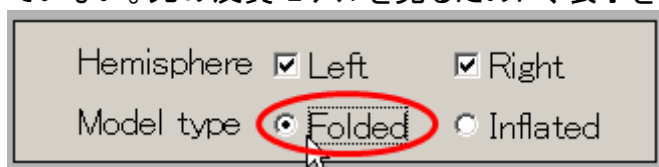
推定電流を見る(補足)

- 右脳聴覚野付近の脳活動源の前方に、もう一つ脳活動源が見られる。

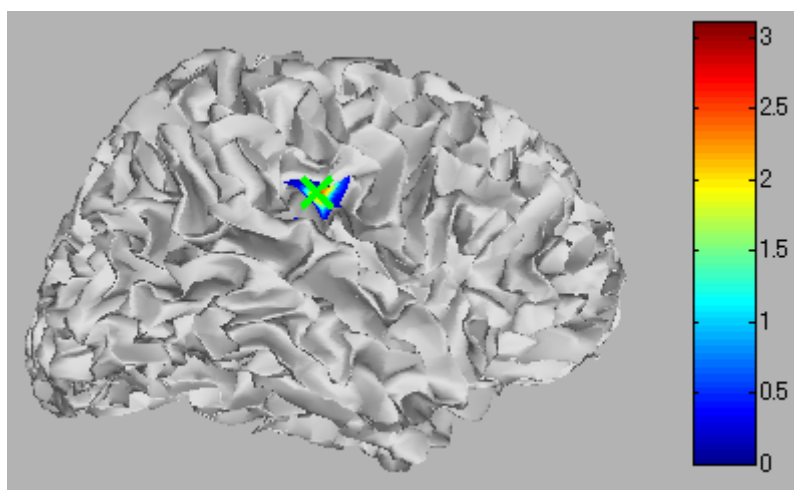


- これら二つの脳活動源の時系列を比較すると、一方で電流が内向き(時系列表示上で正)のとき、もう一方では外向き(負)になっている。これは、一つの脳活動源が二つの脳活動源に分離されたものと考えられる。このような推定脳活動源の分離は、二つの脳活動源(頂点)のリードフィールドが互いに反転したパターンを持つときに起こり得る。リードフィールドの吸い込みと湧き出しの空間位置は頂点位置によって決まるので、二つの頂点は互いに近い位置にあると予想される。さらに、リードフィールドの正負、すなわち吸い込みと湧き出しの向きは頂点位置での皮質法線方向で決まるので、二つの頂点位置ではそれらの法線方向が互いに逆向きになっていると予想される。

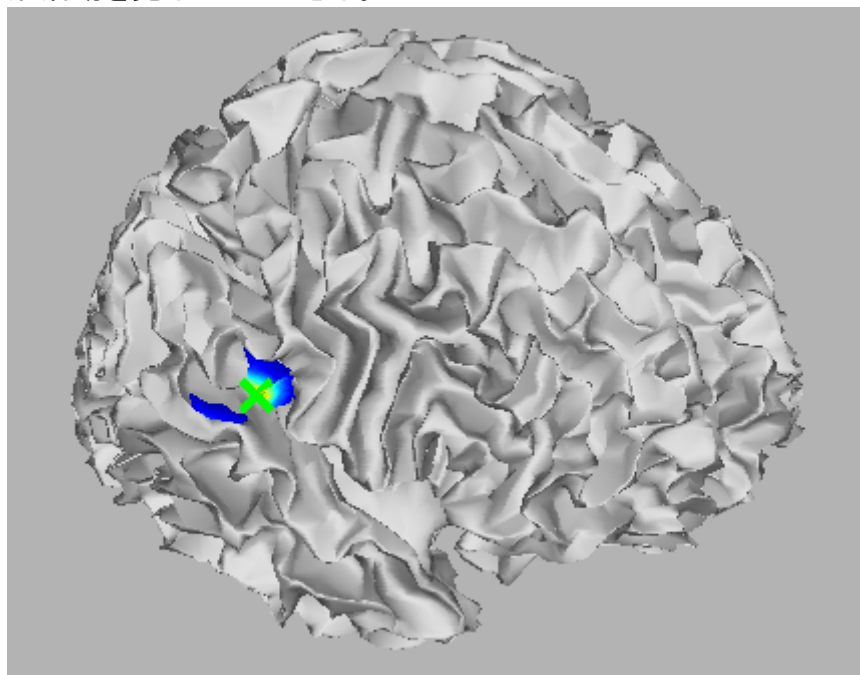
二つの要因のうち、頂点位置について GUI 上で定性的に確認する。“Inflated model”表示では元の皮質モデル(白質／灰白質境界)の位相情報しか保たれていない。元の皮質モデルを見るために、表示を“Folded model”に変更する。



すると元の皮質モデル上が表示される。



右脳聴覚野付近の脳活動源は皺に隠れている。表示角度を変える事でこの脳活動を見ることができる。



リードフィールドを決定する二つの要因である頂点位置と法線方向について定量的に調べるため、MATLAB コンソール上で作業を行う。次のコマンドによって、頂点位置と法線方向が変数“V”と“xx”にそれぞれ代入される。

```
>> [V, F, xx] = vb_load_cortex('3D.brain.mat');
```

二つの頂点間の距離と法線ベクトル方向余弦は次のようにして得られる。

```
sqrt(sum((V(19805, :)-V(19617, :)).^2))
```

```
ans =
```

```
0.0141
```

```
>> sum(xx(19805, :).*xx(19617, :))
```

```
ans =
```

```
-0.7452
```

```
>>
```

以上の通り、頂点間距離は 14.1cm、方向余弦は-0.745 であった。これより二つの脳活動源に対応するリードフィールドが互いに反転したパターンを持つ事が示唆される。