

松田康平のページ > GMT 情報 > 解析ツールとしてのGMT

解析ツールとしてのGMT

海底物理に限らず固体地球物理の諸分野では、GMT (Generic Mapping Tools) というソフトウェアがよく利用されています。これはグラフや地図を描くソフトとしてよく知られていますが、実は、海底物理のデータ処理・解析ツールとしても非常に優れています(それもそのはず、GMTの作者は元々は海底物理学者で、GMTも本来彼らの研究のために内向きに作られたものだったので)。GMTのインストール方法や、地図の描き方などに関しては、親切な日本語のマニュアルが世の中にたくさんありますのでそちらをご覧ください([リンク集参照](#))。このページでは、地図の書き方は他に譲って、解析ツールとしてのGMTというテーマに絞って解説していきたいと思えます。海底物理に限らず、一般の地球物理やその他のデータ解析を伴う様々な分野にも応用できる内容もあると思えます。内容はこれから少しずつ増やしていく予定です。

- 水深データの上下の変換
- 異なるデータセットの結合(上書き)
- 航跡上のデータを大円上のデータに直す
- データの間隔を等しくする
- 既存のグリッドデータと航海データを比較する
- 航跡上のクロスオーバー誤差をチェックする
- 地磁気や重力の上方(下方)接続
- 重力異常から地下構造を推定する
- (おまけ)緯度経度の「°」がIllustratorで化けないようにする方法

水深データの上下の変換

水深データには、上向きがプラスの場合と、下向きがプラス場合があります。これらを変換したいときは、GMTのgrdmath(grdファイルのとき)またはgmtmath(asciiファイルのとき)を使って、水深データ全体に-1を掛ける(NEG)と便利です。

```
grdmath file1.grd NEG = file2.grd
```

```
gmtmath file1.asc NEG = file2.asc
```

異なるデータセットの結合(上書き)

古いデータセットの上に、新しいデータセットを上書きしたいことがよくあります。このようなときにも、grdmathが便利です(あらかじめ、grdsample等を用いて、グリッドの範囲と間隔をそろえておく必要があります)。以下の例では、file1.grdが古いデータ、file2.grdが新しいデータだとします。

```
grdmath file2.grd file1.grd AND = file3.grd
```

航跡上のデータを大円上のデータに直す

どんなに腕の良い航海士が操る船でも、気象・海象の条件等から、船を正確にまっすぐ走らせることはきわめて困難です。データを観測した位置は、必ずしも直線(厳密には地球の表面ですから大円)になるとは限りません。しかし、データを扱うときには、座標は大円上になっていた方が好都合です。このようなときにはfitcircleとprojectを使います。まず、fitcircleで航跡を大円に近似します。

```
fitcircle data.xyz -L2
```

ここで、data.xyzには航跡(経度・緯度)と観測データが入っているものとします。-Lオプションでは、フィッティングのノルム(この場合はいわゆる最小自乗法にすること)を指定します。これを実行すると、例えば次のような結果が表示されます。

```
125.076 -49.1774 L2 Average Position (Eigenval Method)
49.5864 12.2132 L2 N Hemisphere Great Circle Pole (Eigenval
Method)
-130.414 -12.2132 L2 S Hemisphere Great Circle Pole (Eigenval
Method)
```

次に、この情報を元にprojectを用いて大円上の新しい座標を作ります。-Cで中央の位置を指定し、-Tで大円の回転極(どちらの半球のものでも可)を指定します。-Fで出力する項目(x, y: 元の座標, z: 観測データ等, p, q: 大円をp軸としたときの元の座標, r, s: 大円上の座標)を指定します。-Qは地理座標を扱うときに必要なオプションです。

```
project data.xyz -C125.076/-49.1774 -T49.5864/12.2132 -Frspz -Q > data_greatcircle.xypz
```

これで、data_greatcircle.xypzには、大円上の経度・緯度、大円上の距離(km)、観測データが出力されます。

データの間隔を等しくする

上のような方法で直線(大円)上に落としたデータは、まだ間隔が等しくありません。グラフにプロットするだけならこのままでも良いですが、この後フーリエ変換等のデータ解析を行う場合には、等間隔のほうが便利です。このようなときにはsample1dを使います。例えば、上記のdata_greatcircle.xypzの距離・観測データ(3, 4列目)をawkで切り出してから1km間隔にデータを内挿する(デフォルトでは秋間のスプライン補間が用いられる)には次のようにします。

```
awk '{print $3,$4}' data_greatcircle.xypz | sample1d -I1 > data_equi_d.pz
```

既存のグリッドデータと航海データを比較する

既存のグリッドデータを航跡上に落として、新規のデータと比較したりするときには、grdtrackを使います。デフォルトではバイキュービック補間によりグリッド上の値が計算されます。元のファイルにグリッドファイルから計算されたデータが一列追加されます。

```
grdtrack new.xyz -Gold.grd > new_and_old.xyno
```

航跡上のクロスオーバー誤差をチェックする

航跡が交差するところでの観測値の差(クロスオーバー誤差)を調べるときは、x2sys_crossを使います。これは GMTのメインプログラムではなく、サプルーメンタル・パッケージの方に入っているプログラムです。入力データファイルの形式が経度、緯度、データの3列のasciiファイルであれば、-Dxyzとします。MGD77フォーマットであれば、-Dmgd77とします。入力ファイルは複数でも構いません(ワイルドカード指定も可)。

```
x2sys_cross data*.xyz -Dxyz > crossovers.dat
```

地磁気や重力の上方(下方)接続

地磁気や重力のようなポテンシャル力は、ソースが無い空間ではそれらのポテンシャルがラプラス方程式を満たすことから、ある高さで観測した値を、別の高さで観測されるであろう値に変換することができます。これを上方(下方)接続といいます。この操作は、grdfftを使って簡単にできます。最初の例では、海面下1000mで観測した地磁気異常を、海面での値に上方接続します。-Cで高さの差(上方接続ではプラス)を指定します。-Mは地理座標を扱うという意味のオプションです。

```
grdfft mag-1000.grd -C1000 -Gmag0.grd -M
```

次の例では、海面上で観測した地磁気異常を、海面下500mでの値に下方接続します。ただし、下方接続は本質的に短波長のノイズを増幅する性質があるので、適当なフィルターをかける必要があります。周波数フィルターもgrdfftの-Fオプション(ローカット/ローパス/ハイパス/ハイカット)で簡単に設定できます。ここでは、50km以上の周波数成分を完全に通し、10km以下を完全に遮断し、その間のフィルター特性はコサインテイパーで接続するようにしています(単位はm)。

```
grdfft mag0.grd -C-500 -Gmag-500.grd -M -F-/-/50000/10000
```

重力異常から地下構造を推定する

地下の密度異常が一定の深さに凝縮していると仮定して、重力異常から地下構造を直接推定することがよく行われます。海底の場合は、海洋地殻とマントルの間の密度のコントラストが最も重力異常に効いてくるので、ある条件(他の効果が小さいと見なせるか、またはあらかじめ取り除いた場合)の下で、重力異常を海洋地殻の厚さ(モホ面の深さ)のバリエーションに変換することができます。重力異常としては、ふつうは地形とプレート冷却の効果を取り除いた残差マントルブーゲー異常(RMBA)を使います。ここでは、地殻・マントルともに密度は一定と仮定します。これもgrdfftを使って簡単に計算できます。-Sの数字はデータ全体に掛ける倍率を表し、この場合には重力変化を厚さ変化に換算するパラメータ、すなわち($2 \times \text{円周率} \times \text{万有引力定数} \times \text{地殻とマントルの密度差}$)の逆数で、ここでは密度差を500kg/m³としています(すべてSI単位系)。-Cは下方接続の距離で、ここでは平均の水深を4000m、平均の地殻の厚さを6000m、合計10000mとしています。

```
grdfft rmba.grd -Gmoho.grd -M -S47.7 -C-10000 -F-/-/30000/25000
```

実際の重力異常の原因は、かなり複雑であると考えられます。この方法を使うときは、その点



を十分考慮に入れた上で行ってください。ただ、全体的な見通しを立てるのには有効な方法だと思われます。

(おまけ)緯度経度の「°」がIllustratorで化けないようにする方法

これはデータ解析の話ではなくて地図作りの話になりますが、GMTで作成した地図をAdobe Illustrator(イラストレーター)で加工して使う方も多いと思います。しかし、普通にGMTから出力されたPSファイルをIllustratorに放り込むと、緯度経度の「°」が文字化けを起こすか、または消えてしまいます。これは、IllustratorがGMTの標準設定であるHelveticaフォントをサポートしていないためです。このため、Illustratorは「°」を正しく読めないのです。そこで、Illustratorでも読めるArialフォントで代用することを考えました。ところが今度はArialフォントがGMTで使われていないのです。仕方がないので、GMTではとりあえずHelveticaフォントで作っておいて、後でPSファイルを直接編集して強引にArialフォントに見せかけることにしました。Helveticaフォントにおける「°」は、PSファイルの中では8進数表示で¥312と表されています。一方、Arialフォントで「°」は8進数で¥260です。したがって、これを全部置き換えてしまえば良いのです。さらに、PSファイル中のHelveticaという文字をArialに書き換えてしまえば、IllustratorはこれをArialフォントであると解釈してくれます。あまりエレガントな方法であるとは言えませんが、とりあえずこれで問題は解決します。具体的には、例えば下のようにsedコマンドを使ってPSファイルを編集します。¥はASCIIではバックスラッシュ、JISでは円マークとして表示されます。¥が3つあるのは、1つはシェルでのエスケープ用、1つはsedでのエスケープ用、1つは8進数表示用に使われるからです。分の記号「/」についても同様に、Helveticaでの¥251をArialでの¥47に置き換えます。なお、秒の記号「”」については、どちらのフォントでも¥42なので置き換えの必要はありません。下の例で、map_h.psは元の地図(Helveticaフォント)、map_a.psは変換後の地図(Arialフォント)を表します。

```
sed -e "s/Helvetica/Arial/" map_h.ps | sed -e "s/¥¥¥312/¥¥¥260/g" | sed -e "s/¥¥¥251/¥¥¥47/g" > map_a.ps
```


GMT4では、緯度経度の記号の表示方式がこれまでと異なっているため、上のような方法では対処できないようです。




結婚のこと。
本気の方は
ツヴァイです。

結婚相手
紹介サービスって、
どう選んだら
いいんだろう。

**私の結婚。
私の理由。
私はツヴァイ。**



ニュース パパラッチがベッカム訴える
新庄サイン会にマギー審司乱入
月9から矢田亜希子が消えたワケ
飲酒騒動でとぼっちりの菊間アナ

 infoseek