

GMT (Generic Mapping Tools)

—その機能と意義—

理学部地学科物理地学 田中 俊行・青山 雄一

1. はじめに

地球物理学分野の研究においては，“mapping”は大変重要なウェートを占める。研究対象地域はどこか、観測した物理量はどのように分布しているか、などをわかりやすい図で示すことはプレゼンテーションの基本である。

最近、C言語で組まれたGMTシステムが地球物理学研究者の間に普及してきた。これは豊富な図法および解析ツールを備えたUNIX上で動作するフリーソフトである。しかし、後の例でもわかるように、他分野の研究者にも強力なツールであると思われる。本稿では、GMTはどんなシステムか、何ができるかについて具体例と共に述べる。また、その入手法も示す。

2. GMTとは何か

GMTシステムはHawaii大学のP.WesselとCalifornia大学のW.H.F.Smithによって作られたフリーウェアのマッピングツールである(Wessel, P., and W.H.F. Smith, 1991)。単純なグラフはもちろん、contour, colorgray scale, shaded relief, bird's-eye view, rose diagram等の表現ができる。これらを組み合わせることも可能である。

単に図を作るだけではなく、データ解析のツールもたくさん備えている。例えばhistogram, power spectrum, filter operations, curve fitting等である。

GMTではこれらのファイル操作をUNIXのコマンド同様のインターフェースで行う。基本的には、入力データを準備しておいた状態で、プロンプトの後ろにコマンド名とオプションを指定するだけでよい。まとまった処理をするならば、それらをまとめて一つのファイルに書いておいて、シェルスクリプトにしておけば効率がよい。後に示す例もそうになっている。

残念ながら、GMTは図は作れるが表示・印刷はできない。GMTは図のイメージをASCII形式(Postscript)で記述するだけである。我々は図の画面表示にやはりフリーウェアのghostviewを使っている。印刷はいったんThinLANでつながれたMacに落としてから、SendfilePSというソフトを用いてPostscriptプリンターで出力している。

画像は多少落ちるが、フリーウェアの MacGhostscript で PICT 形式に変換できる。PICT なら Mac のほとんどのアプリケーションが対応しているため、加工や文書への貼り込みが容易である。また、MacGhostscript は SendfilePS の機能も持っている。

3. GMTの扱うデータ形式

ユーザが準備するデータのフォーマットは簡単である。(x,y)または(x,y,z)の数値データがスペースで区切られていればよい。言い換えると、awk でいう \$1, \$2, または \$1, \$2, \$3 の形になっていればよい。

(x,y,z)データの場合、様々な処理を行うにはグリッド(メッシュ or 格子とも言う)化されていると便利である。GMTは(x,y,z)のASCII形式のデータをnetCDFと呼ばれるbinary形式の2次元グリッドファイルに変換した後に様々な演算や作図を行う。もちろん、ASCIIとnetCDFbinary間の変換コマンドやnetCDFbinaryのままエディットするコマンドもたくさん装備している。

4. GMTの持つ地図投影法

GMTは16種類の投影法をサポートしている。グラフ化するコマンド(psxy, psxyz, grdcontour etc.)のオプション(-J)を修正するだけで好きな投影法が選べる。線形、対数等の通常のグラフは-Jxを、メルカートルは-Jmといった具合である。

以下に、GMTが扱える投影法を列挙する。

liner(liner, logarithmic, power), liner projection with polar coordinates, Albers conic equal-area, Lambert conic conformal, Lambert azimuthal equal-area, stereographic equal-angle, orthographic, azimuthal equidistant, Mercator, transverse Mercator, universal transverse Mercator, oblique, Cassini cylindrical, Hammer, Mollweide, Winkel tripel, interrupted sinusoidal

5. GMTの出力例とそれらのスクリプト

以下に、本稿の最後に示した図を作成したスクリプトを示す。各コマンドの詳細はGMTシステムに含まれるTechnical reference and Cookbook, man ファイルを参照されたい。

5. 1 EXAMPLE 1

これは、全世界の地形を東経180度線を中心にモルワイデ図法で描いたものである。shaded reliefと呼ばれる表現法を用いており、太陽が西にあるイメージである。大西洋中央海嶺や東太平洋海膨などの海底地形がはっきりと現われている。

```
#!/bin/ksh
#----- EXAMPLE 1 -----#
echo '10000 140 140 140 0 140 140 140' > topo.cpt
grdraster -R0/360/-90/90 -Fworld_5mx5m.grd -T
grdproject world_5mx5m.grd -Jx1 -R0/360/-90/90 -D30m -Gworld_0.5x0.5.grd
grdgradient world_0.5x0.5.grd -A-90 -Ggradients.grd -N
grdhisteq gradients.grd -Gintens.grd -N
# ..... MAPPING .....#
grdimage world_0.5x0.5.grd -Jw180/1.2 -R0/360/-90/90 -Ctopo.cpt -lintens.grd -B30:."Mollweide": -U"EXAMPLE
1" -P -Y2.0 > example1.ps
# ..... CLEAR TEMPORAL FILE .....#
rm -f .gmtcommands
rm -f gradients.grd intens.grd world_0.5x0.5.grd world_5mx5m.grd topo.cpt
```

1行目は、我々が使用しているKorn shellのシェルスクリプトであることを示す。3行目でカラーパレットを作成し、4行目で地形データのグリッドを作っている（正確に述べると、5'メッシュの地形データベースETOPO5から、必要な範囲を切り出している）。そのグリッドを5から7行目でshaded reliefに必要な形のグリッドに変換し、9行目のgrdimageで2-Dの絵をかかせている。

5. 2 EXAMPLE 2

EXAMPLE 2は気象庁が公表している地震データベースの内、マグニチュード6以上のデータを、ある地点を極として投影したものである。この場合は、ユーラシアプレートに対する太平洋プレートの回転極を使用しており、太平洋プレートはこの図に於て水平方向に移動していることになる。このような投影法はプレート運動に関することを研究対象としている者にとっては有用である。

```
#!/bin/ksh
#----- EXAMPLE 2 -----#
#
# japan_m6.dat : Japan Meteorological Agency Earthquake Data
#               ( Magnitude >= 6 )
#   > tail -5 japan_m6.dat
#
#               1992 10 12 08 20 41 153.788 49.088 280.0 6.00
#               1992 10 30 11 49 50 139.467 29.972 410.3 6.80
#               1993 01 15 20 06 06 144.373 42.892 103.2 7.80
```

```

#           1993 01 19 23 39 25 133.868 38.622 488.8 6.90
#           1993 02 09 23 25 38 142.187 45.570 329.9 6.00
#
# > head -5 platebound_93.yx
#
#           > new string
#           77.6800 125.5500
#           78.0200 125.2600
#           78.4800 124.6700
#           78.9100 123.9100
#
# ..... MAPPING .....#
pscoast -Joc194.66/-2.01187/-78.92/60.64/0.1r -R100/10/180/50 -G160 -W1 -P -B20g10 -K -U"EXAMPLE 2 "
-Y2.0 > example2.ps
awk 'print $7,$8,($10*5.8)*0.05}' japan_m6.dat | psxy -Joc194.66/-2.01187/-78.92/60.64/0.1r -R100/10/180/50 -O
-K -Sc -W3 >> example2.ps
psxy -Joc194.66/-2.01187/-78.92/60.64/0.1r -R100/10/180/50 -O -K -W1 -M : platebound_93.yx >> example2.ps
psxy -Jx1 -R0/8.5/0/11 -G255 -O -K << END >> example2.ps
0.05 4.2
1.45 4.2
1.45 5.95
0.05 5.95
0.05 4.2
END
psxy -Jx1 -R0/8.5/0/11 -W5 -O -K << END >> example2.ps
0.05 4.2
1.45 4.2
1.45 5.95
0.05 5.95
0.05 4.2
END
psxy -Jx1 -R -Sc -W3 -O -K -Y4.2 << END >> example2.ps
0.30 0.5 0.01
0.30 0.8 0.06
0.30 1.1 0.11
END
pstext -Jx -R -O << END >> example2.ps
0.45 0.5 12 0 6 5 M6
0.45 0.8 12 0 6 5 M7
0.45 1.1 12 0 6 5 M8
0.15 1.5 14 0 6 5 MAGNITUDE
2.6 3.0 20 0 18 2 EPICENTRAL LOCATIONS AROUND JAPAN
2.6 2.6 10 0 0 2 Pole of oblique projection is Euler Pole (relative plate motion between Eurasia and Pacific Plate)
2.6 2.4 10 0 19 2 Euler Pole (latitude,longitude) = (60.64,78.92)
END
# ..... CLEAR TEMPORAL FILE .....#
rm -f .gmtcommands

```

前半のコメント部分は、ここで使用しているデータファイルの一部である。このスクリプトで示されているように、GMTのコマンドはawkをはじめとする他のUNIXのコマンドとパイプでつないで使用することができる。また、幾つかのコマンドを組み合わせると一つの絵を描くことができる。

`pscoast` は、世界中の海岸線を描いてくれるコマンドである。海岸線のデータはGMTシステムに含まれている。

5.3 EXAMPLE 3

この絵は、ベッセル関数をbird's eye viewで表示したものである。これはGMT `scripts.tar.Z` を解凍したときに生じるディレクトリ `examples/ex5` にある。

```
#!/bin/ksh
# ..... EXAMPLE 3 .....#
echo '5          128 128 128 5 128 128 128' > gray.cpt
bessel2d -A1 -R-15/15/-15/15 -I0.3 -fbessel.grd
grdgradient bessel.grd -A225 -Gtmp.grd -N -V
grdhisteq tmp.grd -Gintensity.grd -N -V
# ..... MAPPING .....#
grdview bessel.grd -JX6 -JZ1.5 -B5/5/0.5SEwnZ -N-0.5/255/255/255 -Qs -lintensity.grd -X1.5 -Y2.0 -Cgray.cpt
-R-15/15/-15/15/-0.5/1 -K -V -E120/30 -U"EXAMPLE 3" > example3.ps
pstext -R0/11/0/8.5 -Jx1 -O << END >> example3.ps
4.1 5.5 50 0 33 2 Bessel Function J@-0
END
# ..... CLEAR TEMPORAL FILE .....#
rm -f gray.cpt tmp.grd intensity.grd .gmtcommands
```

`grdview` が、bird's eye viewなどの3-D 投影をするコマンドである。

5.4 EXAMPLE 4

これは、世界の年間降雨量を棒グラフにしたものである。

```
#!/bin/ksh
# ..... EXAMPLE 4 .....#
#
# > head -5 meteorology.dat
#
#           SINGAPORE      1.37 103.92  32 26.5 2235.5
#           YANGON        16.77  96.17  15 27.2 2654.0
#           MADRAS         13.00  80.18  16 28.6 1311.6
#           TEHERAN        35.68  51.35 1191 16.7  247.4
#           CAIRO          30.13  31.40  74 21.8  21.4
#
# ..... MAPPING .....#
```

```

pscoast -JX8/5d -R-180/180/-90/90 -G180 -E200/40 -K -U"EXAMPLE 4" -Y1.8 > example4.ps
awk '{print $3,$2,$6}' meteorology.dat | psxyz -JX8/5 -JZ2.5 -R-180/180/-90/90/0/3000 -So0.1 -G220 -W2 -L
-B60g60/30g30/a1000:"PRECIPITATION(mm)":WSneZ -O -K -E200/40 >> example4.ps
awk '{print $3-5, $2, 12, 50, 0, 7, $1}' ("S4m") meteorology.dat | pstext -JX -R-180/180/-90/90 -O -K -E200/40 >>
example4.ps
pstext -Jx1 -R0/11/0/8.5 -S2 -G220 -O << END >> example4.ps
2.0 4.8 30 14 33 1 WORLD CLIMATE
END
#..... CLEAR TEMPORAL FILE .....#
rm -f .gmtcommands

```

`pstext` がテキストを書くコマンドである。テキストの傾度や好きなフォント（34種類）が設定できる。

5.5 EXAMPLE 5

この図は、一番上が2次元のASCIIデータをグラフにしたもの、中央は、それを波形解析したもの、一番下は日本周辺の水深のヒストグラムを表したものである。

```

#!/bin/ksh
#----- EXAMPLE 5 -----#
#
# > head -5 profile.dat
#
#           1 -25
#           2 -25
#           3 -25
#           4 -525
#           5 -2975
#
# maximum.awk : Calculate the maximum point using awk
#
#..... MAPPING .....#
#%%% HIASTOGRAM %%%
grdraster -R140/160/10/50 -Fex5.grd -T
grd2xyz ex5.grd > ex5.xyz
psxy -Jx1 -R0/8.4/0/11 -W5 -P -K -U"EXAMPLE 5" -Y1.5 << END >> example5.ps
0.1 0.1
6.4 0.1
6.4 9.2
0.1 9.2
0.1 0.1
END
awk '{print $3}' ex5.xyz | pshistogram -JX4.8/2.0 -W200 -Ba2000f500:"Topography
(m)"/a5000f2500:"Numbers":WSne -R-10000/0/0/25000 -G100 -Y1 -X1.2 -L2 -P -O -K >> example5.ps
#%%% TEXT %%%
pstext -Jx1 -R0/8.4/0/11 -O -K << END >> example5.ps

```

```

-1.0 2.2 20 0 6 1 DEPTH HISTOGRAM (140E~160E,10N~50N)
2.4 2.5 14 0 19 2 Wavelength(Ma)
2.4 5.0 14 0 19 2 Age(Ma)
-1.0 4.8 20 0 6 1 FFT
-1.0 7.8 20 0 6 1 Hawaii Hotspot Profile
END
##### FFT #####
awk '{print $2}' profile.dat |spectrum1d -S64 -Nex5 -W
psxy ex5.xpower -Jx3.2l/0.4l -R1/32/1e4/1e8 -BWSen2g2/10000p -P -M -Y3.0 -O -K >>example5.ps
psxy ex5.xpower -Jx -R -Sc0.05 -G20 -O -K >>example5.ps
awk -f maximum.awk ex5.xpower |pstext -Jx -R -O -K >> example5.ps
##### PROFILE #####
psxy profile.dat -JX4.8/2 -W2 -R0/72/-7000/0 -M -Y2.5 -B10g10/2000g1000:"DEPTH(m)":WSen -O >> example5.ps
#..... CLEAR TEMPORAL FILE .....#
rm -f .gmtcommands
rm -f ex5.*

```

pshistogram は、1次元のデータファイルから自動的にヒストグラムのグラフを描いてくれるコマンドである。また**spectrum1d**はFFTを行ってくれるコマンドで、横軸には波長と周波数のどちらでも選ぶことができる。**psxy** は、グラフを描いたり、地図上に観測点等を様々な記号で表示したり、線を引くといったように、応用範囲の広いコマンドである。

6. GMTに含まれているもの

このシステムには、50以上のコマンドのC言語で書かれたソース、それらをコマンドにするための**make** ファイル、各コマンドの**man** ファイル、そして**Technical reference and Cookbook** のポストスクリプトファイル等からなっている。

バージョンアップによってコマンドが増えて行くこととユーザーのワークステーション環境によって、使えるコマンドは増減する。**sun** (SPARC ?) 上での使用が標準となっており、**sunraster** ファイルを操作するコマンドが使える。また、インストールも容易であると思う。1993年8月にマイナーなバージョンアップがなされ2.1から2.1.4になった。**sun** 以外の機種を使用している人にもインストールしやすくなったと聞く。ちなみに我々の研究室ではHP 9000シリーズ7000上でver.2.1を使っている。

7. バージョンの入手とインストール

GMTは**kiawe.soest.hawaii.edu** (Internet 128.171.151.16) から**anonymous ftp** で入手できる。その**/pub/gmt**にあるものを取ればよい。次に筆者の一人(田中)が取る場合の例を示す。

```
%ftp 128.171.151.16
Name: anonymous
Password: tanaka@hakusan.s.kanazawa-u.ac.jp
ftp>cd pub/gmt
ftp>binary
ftp>mget *
ftp>quit
%uncompress *.tar.Z|tar xvf
```

インストール方法はGMT附属のドキュメントに詳述されている。基本的にはmakefileを一部修正してから、makeを実行する。我々の場合、GMTそのもののメイクは難しくはなかったが、その前のnetCDFのメイクに手間取った。原因は、HP9000シリーズ700にはパッチをあてる必要があったことにある。

8. まとめ

断片的な紹介になってしまったが、GMTは強力な解析システムであることがわかっていただけだと思う。これは単に便利というだけではなく、多くの研究者が共通のツールを用いることにも大きなメリットがある。例えば、ランダムデータをグリッド化するアルゴリズムは数多く存在し、この違いによって出来上がる図の印象はかなり違ってくる。人によって解釈が変わってくるのは当然であろう。皆が共通した道具を持てば、本質的でない議論に時間を費やすことも無くなる。

GMTは地球物理学分野において、「共通した道具」になりつつある。繰り返し述べるが、他分野の研究者にも強力なツールであることは間違いない。沢山のコマンドがありオプションも複雑であるので、慣れるまでは使いにくい但其の分自由度は高い。gnuplotでは物足りない人、多彩な投影・表現法を使いたい人は、ぜひ使ってみることをおすすめする。

参 考 文 献

Wessel, p., and W.H.F. Smith, 1991, Free software helps map and display data, EOS Trans. AGU, 72, 441.

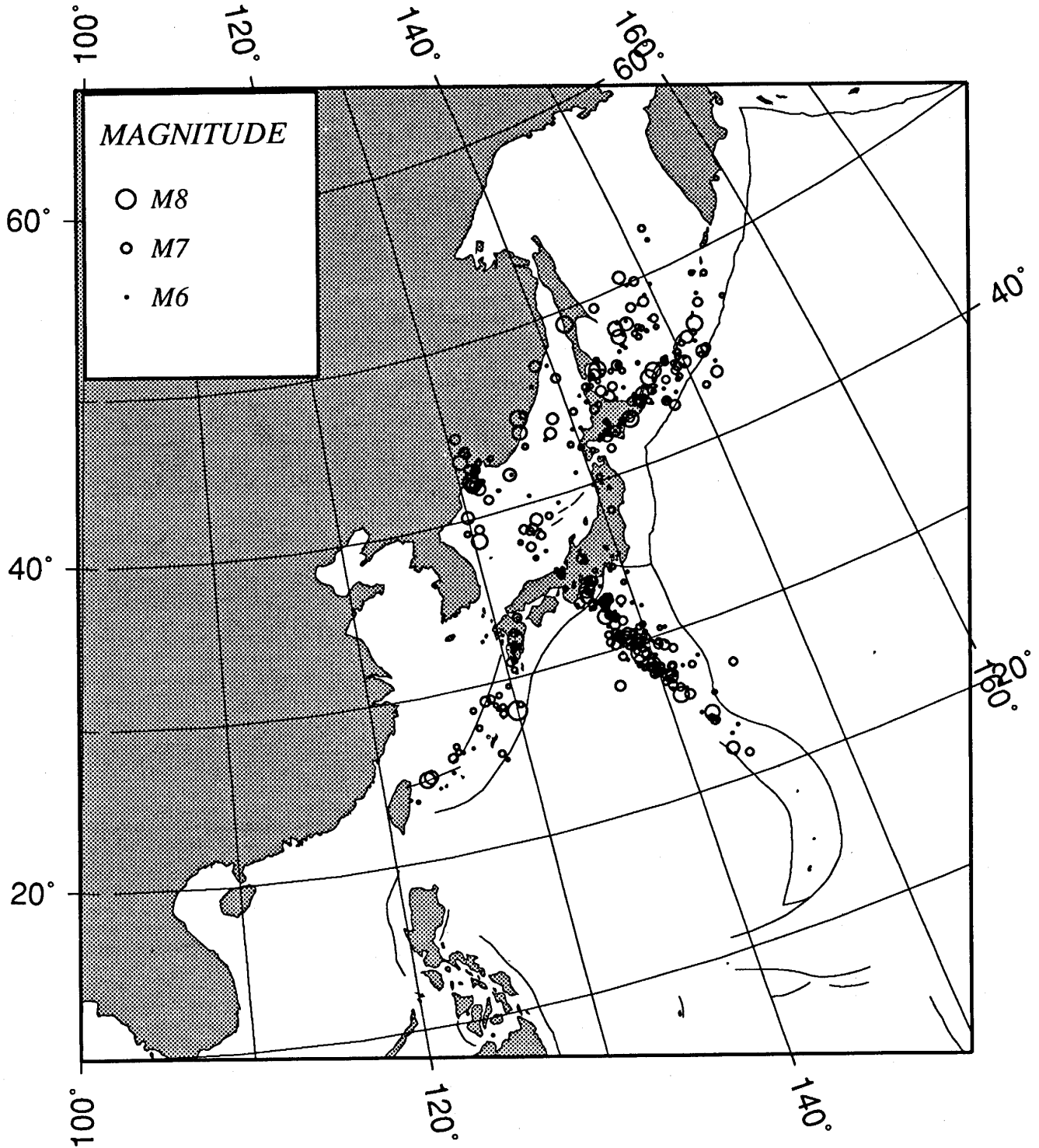
Mollweide



GMT Oct 13 15:19 EXAMPLE 1

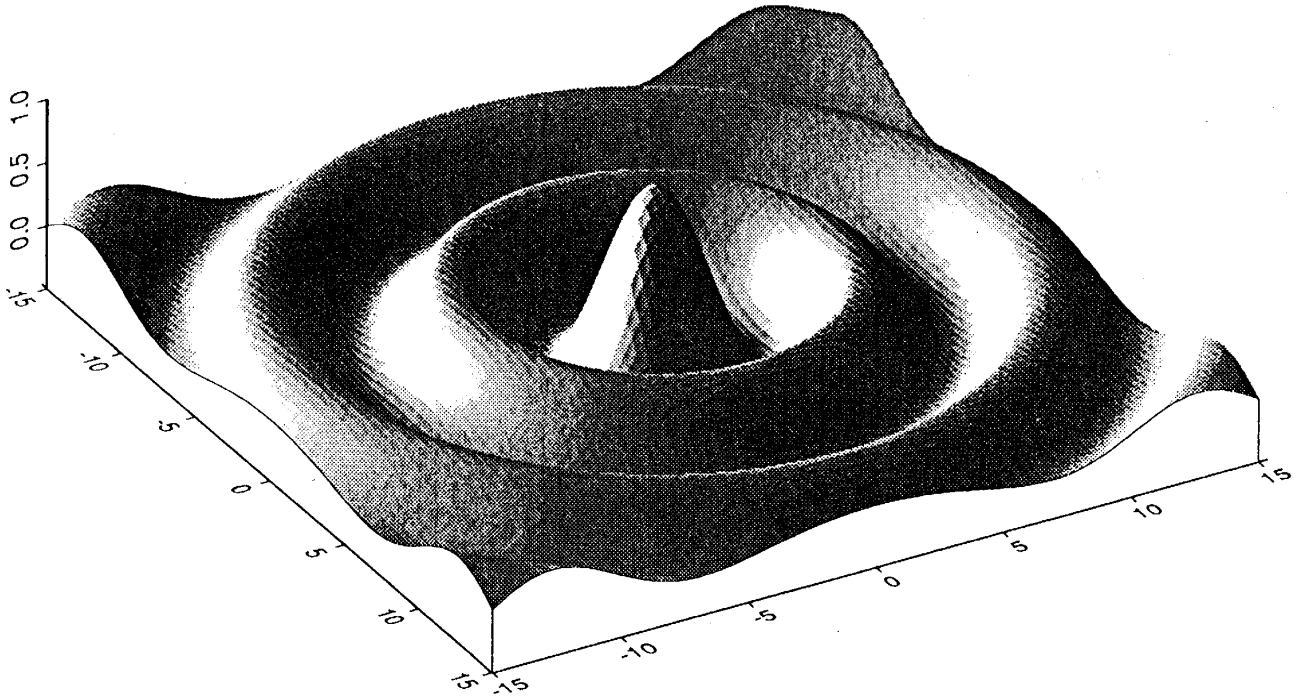
EPICENTRAL LOCATIONS AROUND JAPAN

Pole of oblique projection is Euler Pole (relative plate motion between Eurasia and Pacific Plate)
Euler Pole (latitude,longitude) = (60.64,-78.92)



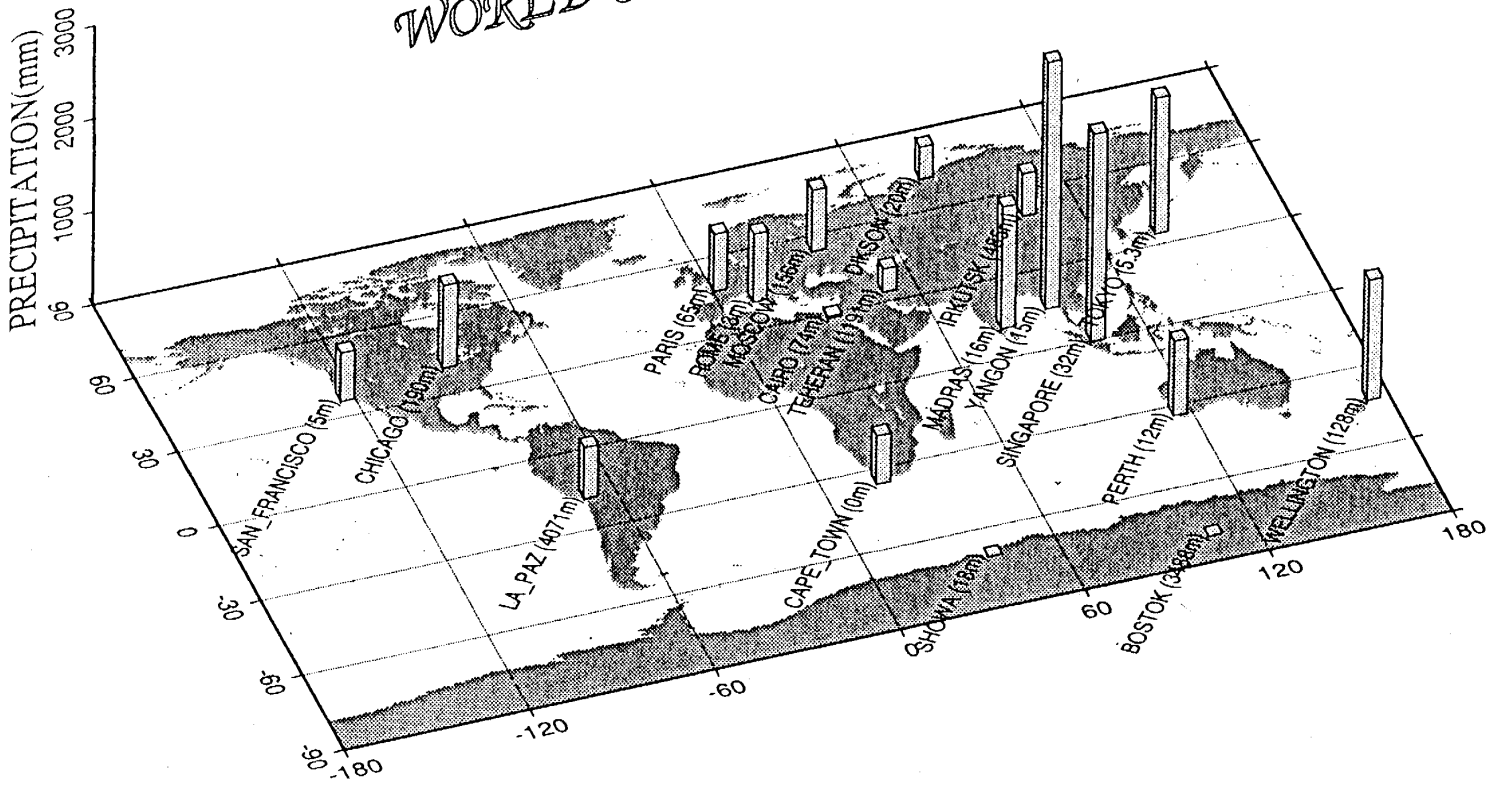
GMT Oct 13 02:50 EXAMPLE 2

Bessel Function J_0



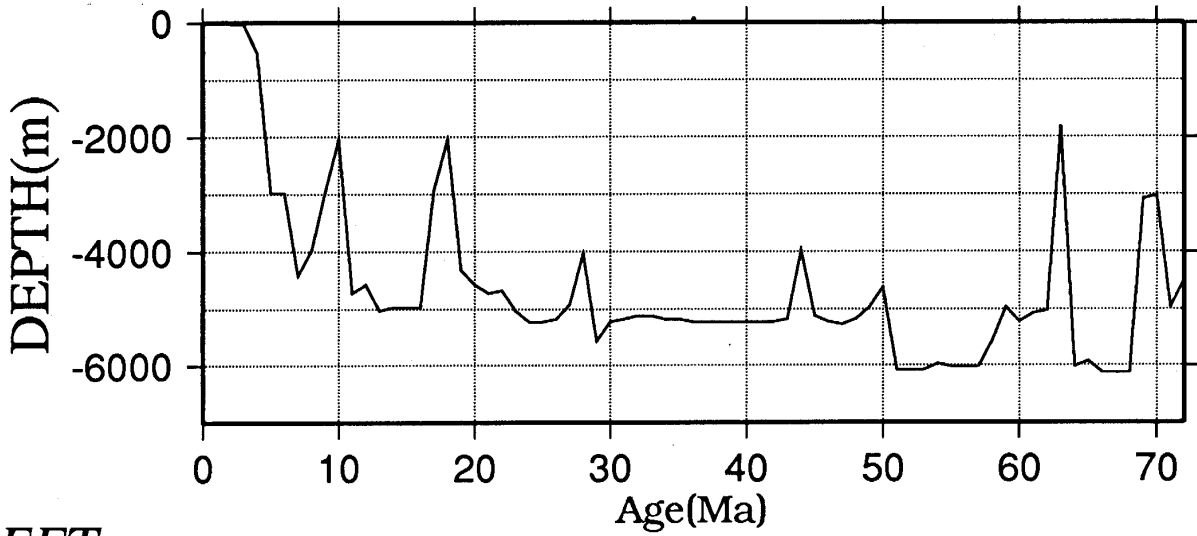
GMT Oct 13 03:24 EXAMPLE 3

WORLD CLIMATE

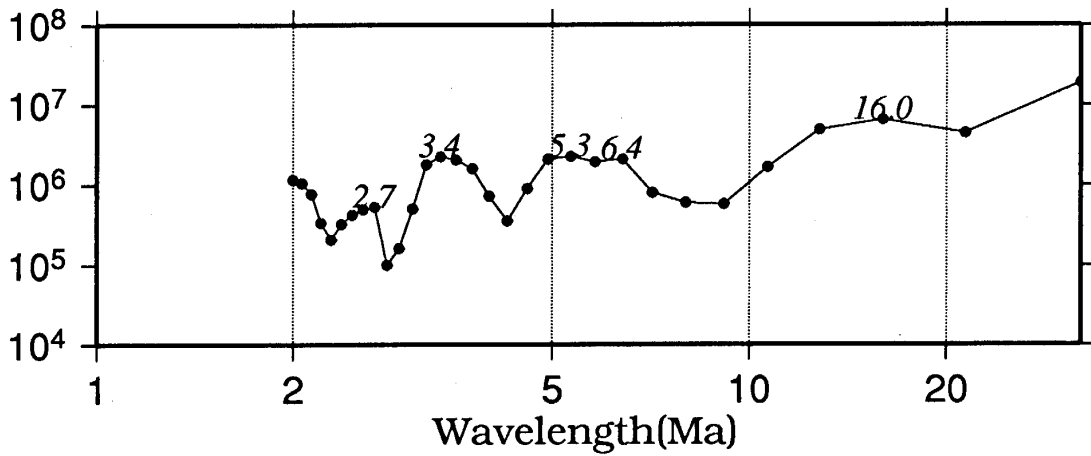


GMT Oct 13 03:16 EXAMPLE 4

Hawaii Hotspot Profile



FFT



DEPTH HISTOGRAM (140E~160E, 10N~50N)

