

## 格子点データの解析

### 4 気象庁全国合成レーダーの解析

気象庁全国合成レーダーは全国 20 か所に設置された気象レーダーによって観測されたエコー強度（レーダーで観測される換算降水強度）とエコー頂高度（レーダーで観測される降水エコーの高さ）のデータです。エコー強度は格子間隔が 1 km、エコー頂高度は 2.5 km であり、どちらも 10 分おきにデータが得られます。ここでは、GRIB2 形式で保存されているエコー強度データを用いて、「レーダーエコー合成図」を作成してみます。

#### 4. 1 GRIB2 形式から通常のバイナリ形式への変換

まずターミナルを立ち上げます。立ち上げたら、mkdir コマンドで自分のホームの下に適切な作業ディレクトリを作ってください。次に、cd コマンドで作業ディレクトリに移動します。

```
/home/snaoki> mkdir radartest  
/home/snaoki> cd radartest
```

今回は 2018 年 8 月 27 日 11 時 (UTC) (20 時 (JST)) のデータを解析します。以下のようなコマンドを実行し、tar ファイル Z\_C\_RJTD\_20180827110000\_RDR\_JMAGPV\_\_grib2.tar を展開し、GRIB2 形式のデータファイル Z\_C\_RJTD\_20180827110000\_RDR\_JMAGPV\_Ggis1km\_Prr10lv\_ANAL\_grib2.bin の中身を確認します。

```
/home/snaoki/radartest> tar xvf Z_C_RJTD_20180827110000_RDR_JMAGPV__grib2.tar  
/home/snaoki/radartest> ls
```

```
Z_C_RJTD_20180827110000_RDR_JMAGPV_Ggis1km_Prr10lv_ANAL_grib2.bin  
Z_C_RJTD_20180827110000_RDR_JMAGPV_G112p5km_Phhlv_ANAL_grib2.bin  
Z_C_RJTD_20180827110000_RDR_JMAGPV__grib2.tar
```

```
/home/snaoki/radartest> wgrib2 Z_C_RJTD_20180827110000_RDR_JMAGPV_Ggis1km_Prr10lv_ANAL_grib2.bin
```

```
1:0:d=2018082711:var discipline=0 center=34 local_table=1 parmcats=1 parm=201:no_level::
```

データファイルに収録されているデータの一覧が書き出されます。今回はエコー強度のみのファイルです。エコー強度のデータは 1 番なので、“-d 1”と指定します。

```
/home/snaoki/radartest> wgrib2 Z_C_RJTD_20180827110000_RDR_JMAGPV_Ggis1km_Prr10lv_ANAL_grib2.bin  
-d 1 -no_header -bin R.dat (注意：途中で改行はしません)
```

“-no\_header”はヘッダ情報のない通常のバイナリ形式であることを意味し、“-bin”の後で出力ファイル名を指定します。出力ファイル名は R.dat です。今回用いているエコー強度データでは、降水粒子が検出されてい

い場合には $R = 0.1[\text{mm/h}]$ 、データが欠損の場合は $R = 0[\text{mm/h}]$ となっています。

電磁波の波長に比べて、電磁波を散乱する粒子の直径が十分に小さい場合、散乱断面積は粒子の直径の6乗に比例することが知られています。このような散乱をレイリー散乱といいます。気象レーダーによる観測では、受信した反射波の強さからレーダー反射因子が求められます。レーダー反射因子は、 $1\text{ m}^3$ に含まれる降水粒子の直径 $D$ の6乗の和として定義されます。

$$Z = \sum_N D^6$$

たとえば、 $1\text{ m}^3$ の空間に直径 $1\text{ mm}$ の降水粒子が $100$ 個存在すれば $Z = 100$ 、 $2\text{ mm}$ の降水粒子が $100$ 個存在すれば $Z = 6400$ になります。実際にはさまざまな大きさの降水粒子が混ざっているので、すべての降水粒子の直径 $D$ の6乗を合計します。今回用いているデータでは、レーダー反射因子 $Z$ の値は降水強度 $R$ に換算されています。レーダー反射因子 $Z[\text{mm}^6/\text{m}^3]$ と降水強度 $R[\text{mm/h}]$ との標準的な関係としては、

$$Z = 200R^{1.6}$$

がよく使われます。現実的な $R$ の値に対して $Z$ は非常に大きな値を持つため、

$$\text{dBZ} = 10 \log_{10} Z$$

を用いてレーダー反射因子を表すのが普通です。気象レーダーが観測しているのは、降水強度ではなく、レーダー反射因子です。そこで、一旦、逆算して降水強度をレーダー反射因子に換算します。

プログラム：

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main (void){
    int mmax=3360, lmax=2560;
    int m, l;
    static float a[3360][2560];
    FILE *fp;
    fp = fopen ("R.dat", "rb");
    fread (a, sizeof(float), mmax*lmax, fp);
    for (m=0; m<=mmax-1; m++){
        for (l=0; l<=lmax-1; l++){
            if (a[m][l] > 0.){
                a[m][l] = 10. * log10 (200. * pow (a[m][l], 1.6));
            }else{
                a[m][l] = 0.;
            }
        }
    }
    fclose (fp);
    fp = fopen ("dBZ.dat", "wb");
```

```
fwrite (a, sizeof(float), mmax*lmax, fp);
fclose (fp);
return 0;
}
```

```
/home/snaoki/radartest> cc prog.c -lm
```

```
/home/snaoki/radartest> ./a.out
```

レーダー反射因子は dBZ.dat というファイルに書き出されましたが、このファイルの形式をコントロールファイルに記述しておきます。以下のようなテキスト形式のファイルを作成し、dBZ.ct1 というファイル名で保存しておきます。変数名は“A”としています。

コントロールファイル：

```
DSET dBZ.dat
UNDEF 0.0
XDEF 2560 LINEAR 118.006250 0.012500
YDEF 3360 LINEAR 20.004167 0.008333
ZDEF 1 LEVELS 1000
TDEF 1 LINEAR 00z01jan2011 1mo
VARS 1
A 0 99 Output
ENDVARS
```

TDEF（時間間隔）は実際には 10 分ですが、エラーを防ぐためのダミーとして 1 か月にしています。

まず、GrADSで作図し、データを確かめてみましょう。

```
/home/snaoki/radartest> grads
ga-> open dBZ.ct1
ga-> set mpdset hires
ga-> set lon 138.4 141.2
ga-> set lat 34.7 36.9
ga-> set gxout shaded
ga-> d a
ga-> cbar
ga-> quit
```

## 4. 2 レーダーエコー合成図

通常のバイナリ形式のデータファイルdBZ.datに書かれているデータをGMTで作図します。GMTで作図する

ためには、まず、xyz2grdというコマンドを用いて、データファイルをGMTで読める形式に変換する必要があります。

```
/home/snaoki/radartest> xyz2grd dBZ.dat -Gtest.grd -R118.006250/149.993750/20.004167/47.995033  
-I0.012500/0.008333 -N0 -ZBLf (注意：途中で改行はしません)
```

-Gで出力ファイル名、-Rで経度/緯度範囲を指定します。始点はコントロールファイルの通りに、終点はコントロールファイルに書かれている始点と格子間隔から計算します。たとえば、経度の終点は $118.006250 + 118.006250 \times (2560 - 1) = 149.993750$ である。さらに、-Iで格子間隔、-Nで欠損値、-Zでデータの書式を指定しています。BLは左下が始点であることを表し、fは浮動小数点であることを示します。

次に、grdimageなどのコマンドで作図します。

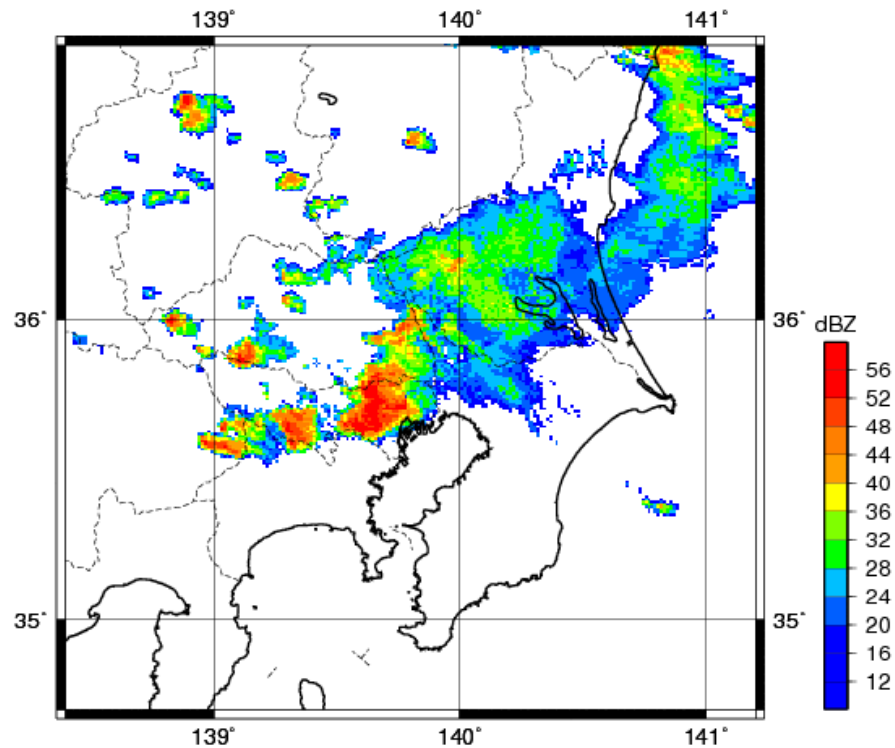
```
/home/snaoki/radartest> grdimage test.grd -R138.4/34.7/141.2/36.9r -JM15c -Csample.cpt -K  
> test.ps (注意：途中で改行はしません)  
/home/snaoki/radartest> pscoast -R -J -Blg1 -Df -W5 -0 -K >> test.ps  
/home/snaoki/radartest> psxy pref_japan.txt -R -J -B -m -W2ta -0 -K >> test.ps  
/home/snaoki/radartest> psscale -D16.5c/4c/8c/0.5c -Csample.cpt -Ba4f4g4::/:dBZ: -0 >> test.ps  
/home/snaoki/radartest> convert -rotate 90 test.ps test.gif
```

まず、grdimageで分布図を作成します。-Csample.cptでカラーパレットファイルを指定しています。次に、pscoastで海岸線、psxyで県境を描きます。psxyではpref\_japan.txtに書かれている県境のデータを利用しています。-mは切れ目があること、-W2taで太さ(2)と点線(ta)を指定しています。さらに、psscaleで凡例を作成します。-D16.5c/4c/8c/0.5cで凡例の位置、-Ba4f4g4::/:dBZ:で目盛りとラベルを指定しています。最後に、convertコマンドでPS形式のファイルをGIF形式に変換します。

カラーパレットファイル：

8.1	0	0	255	20	0	0	255
20	0	95	255	24	0	95	255
24	0	191	255	28	0	191	255
28	0	255	0	32	0	255	0
32	127	255	0	36	127	255	0
36	255	255	0	40	255	255	0
40	255	159	0	44	255	159	0
44	255	127	0	48	255	127	0
48	255	63	0	52	255	63	0
52	255	0	0	56	255	0	0
56	255	0	0	59.9	255	0	0
B	255	255	255				
F	255	0	0				

作図例：2018年8月27日11時（UTC）のレーダーエコー合成図



**課題8**：GMTを用いて、2018年8月27日9、10、11時（UTC）の「レーダーエコー合成図」（レーダー反射因子の分布図）を作成し、印刷して提出せよ。作図する領域は、北緯34.7～36.9度、東経138.4～141.2度とする。

作図例：2018年8月27日9、10時（UTC）のレーダーエコー合成図（上が9時、下が10時）

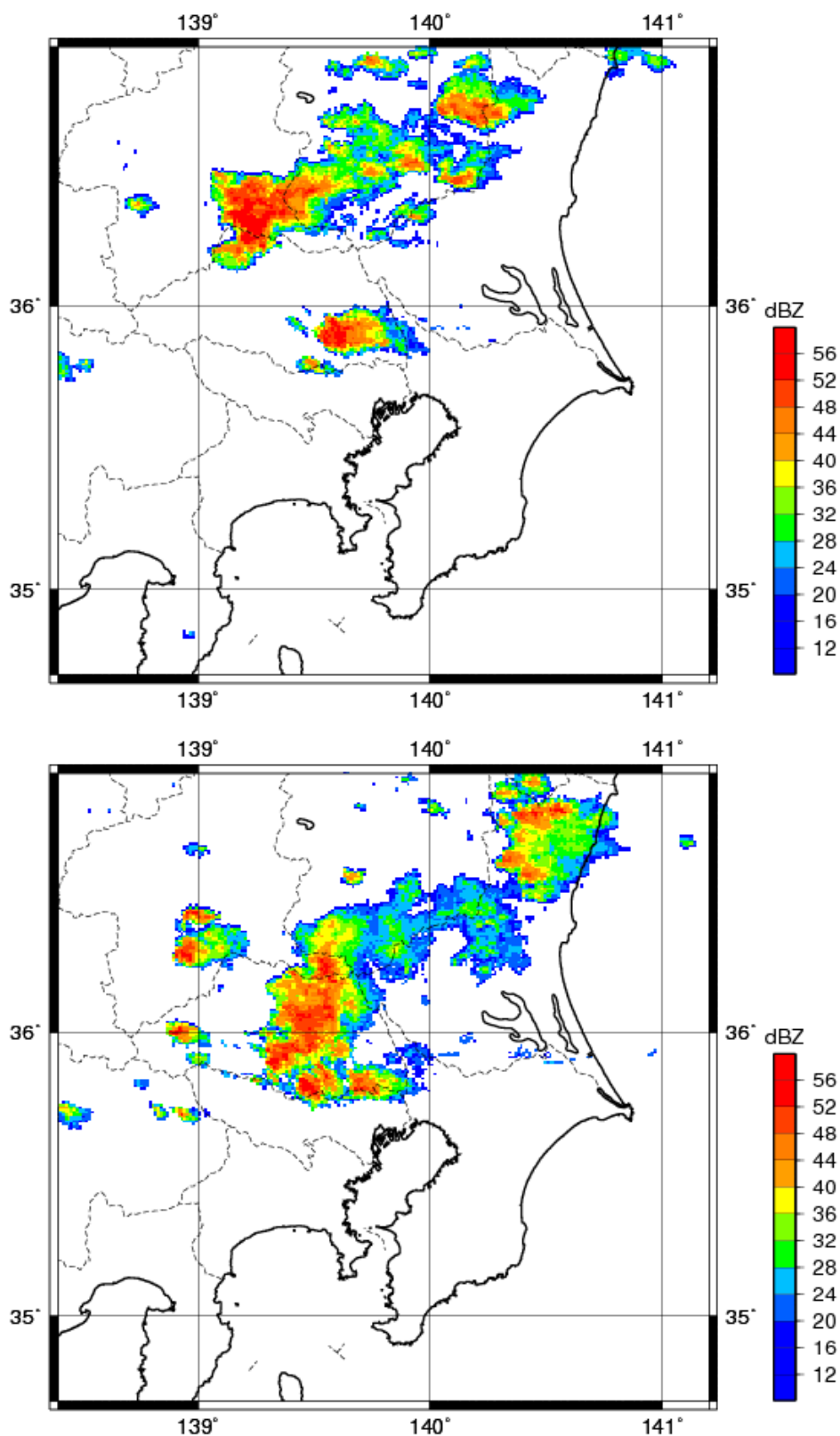


図 8.1 2018年8月27日9時（上）、10時（下）（UTC）におけるレーダーエコー合成図。

※この演習では気象庁全国合成レーダー格子点値を用いている。