

## 格子点データの解析

### 3 メソ客観解析データ（3時間値）の解析

気象庁によるメソ客観解析データ（MSM データ）は格子間隔が 5 km であり、3 時間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 MSM データを用いて、現業でよく使われる「地上天気図」、「500hPa 天気図」、「地上気圧、風解析図」、「850hPa 相当温位、風解析図」を作成してみます。

#### 3. 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当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 msmtest  
/home/snaoki> cd msmtest
```

今回は 2015 年 9 月 1 日 0 時 (UTC) のデータを解析します。以下のようなコマンドを実行し、GRIB2 形式のデータファイル Z\_C\_RJTD\_20150901000000\_MSM\_GPV\_Rjp\_Lsurf\_FH00-15\_grib2.bin の中身を確認します。GRIB2 形式も GRIB と同様、WMO が定めたバイナリデータを交換するためのファイル形式です。バイナリ形式への変換の方法も GRIB の場合と似ています。

```
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z_C_RJTD_20150901000000_MSM_GPV_Rjp_Lsurf_FH00-15_grib2.bin
```

```
1.1:0:d=2015090100:PRMSL:mean sea level:anl:  
1.2:0:d=2015090100:PRES:surface:anl:  
1.3:0:d=2015090100:UGRD:10 m above ground:anl:  
1.4:0:d=2015090100:VGRD:10 m above ground:anl:  
...  
1.10:0:d=2015090100:TCDC:surface:anl:  
1.11:0:d=2015090100:PRMSL:mean sea level:1 hour fcst:  
...  
1.175:0:d=2015090100:APCP:surface:14-15 hour acc fcst:
```

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。この中から書き出したいデータを選びます。今回は海面気圧（PRMSL）を書き出します。海面気圧のデータは 1.1 番なので、“-d 1.1”と指定します。

```
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z_C_RJTD_20150901000000_MSM_GPV_Rjp_Lsurf_FH00-15_grib2.bin -d 1.1  
-no_header -bin SLP.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。同様に、地上風 (UGRD、VGRD) のデータも書き出します。

```
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C*_Lsurf_FH00-15_grib2.bin -d 1.3 -no_header -bin USRF.dat  
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C*_Lsurf_FH00-15_grib2.bin -d 1.4 -no_header -bin VSRF.dat
```

次に、500hPa 高度のデータを書き出します。高度のデータは3次元データであり、Z\_\_C\_RJTD\_20150901000000\_MSM\_GPV\_Rjp\_L-pall\_FH00-15\_grib2.bin に収録されています。

```
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C_RJTD_20150901000000_MSM_GPV_Rjp_L-pall_FH00-15_grib2.bin
```

```
1.1:0:d=2015090100:HGT:1000 mb:anl:  
1.2:0:d=2015090100:UGRD:1000 mb:anl:  
...  
1.31:0:d=2015090100:HGT:850 mb:anl:  
1.32:0:d=2015090100:UGRD:850 mb:anl:  
1.33:0:d=2015090100:VGRD:850 mb:anl:  
1.34:0:d=2015090100:TMP:850 mb:anl:  
1.35:0:d=2015090100:VVEL:850 mb:anl:  
1.36:0:d=2015090100:RH:850 mb:anl:  
...  
1.55:0:d=2015090100:HGT:500 mb:anl:  
1.56:0:d=2015090100:UGRD:500 mb:anl:  
1.57:0:d=2015090100:VGRD:500 mb:anl:  
1.58:0:d=2015090100:TMP:500 mb:anl:  
...  
1.552:0:d=2015090100:VVEL:100 mb:15 hour fcst:
```

500hPa高度のデータは1.55番なので、“-d 1.55”と指定します。出力ファイル名はZ500.datです。

```
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C_RJTD_20150901000000_MSM_GPV_Rjp_L-pall_FH00-15_grib2.bin -d 1.55  
-no_header -bin Z500.dat      (注意：途中で改行はしません)
```

同様に、さらに、500hPa 気温、850hPa 高度、気温、東西風、南北風、相対湿度のデータも書き出します。

```
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C*_L-pall_FH00-15_grib2.bin -d 1.58 -no_header -bin T500.dat  
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C*_L-pall_FH00-15_grib2.bin -d 1.31 -no_header -bin Z850.dat  
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C*_L-pall_FH00-15_grib2.bin -d 1.32 -no_header -bin U850.dat  
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C*_L-pall_FH00-15_grib2.bin -d 1.33 -no_header -bin V850.dat  
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C*_L-pall_FH00-15_grib2.bin -d 1.34 -no_header -bin T850.dat  
/home/snaoki/msmtest> wgrib2 Z__C*_L-pall_FH00-15_grib2.bin -d 1.36 -no_header -bin r850.dat
```

海面気圧は SLP.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、SLP.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 SLP.dat
UNDEF 9.999E+20
XDEF 481 LINEAR 120.0 0.0625
YDEF 505 LINEAR 22.4 0.0500
ZDEF 1 LEVELS 1000
TDEF 1 LINEAR 00z01jan2014 3hr
VARS 1
A 0 99 Output
ENDVARS
```

DSET（データファイル名）は変数ごとに異なる名前（上記の場合、SLP.dat）を設定します。XDEF/YDEF（東西/南北方向の格子点の数、始点の経度/緯度、経度/緯度間隔）は、前節で扱った JRA-55 での設定とは異なります。特に、MSM データは全球データではないことに注意します。データが有効な領域は、北緯 22.4～47.6 度、東経 120～150 度です。同じようにして、USRF.ct1、VSRF.ct1 も作成します。

今回利用するデータセットではファイルのサイズが大きくなりすぎないように、3次元データでは格子点を間引いています。500hPa 高度は Z500.dat というファイルに書き出されましたが、対応するコントロールファイル Z500.ct1 を次のように作成します。格子点を間引いたため、格子間隔が 2 倍になっている点に注意します。

コントロールファイル：

```
DSET Z500.dat
UNDEF 9.999E+20
XDEF 241 LINEAR 120.0 0.1250
YDEF 253 LINEAR 22.4 0.1000
ZDEF 1 LEVELS 1000
TDEF 1 LINEAR 00z01jan2014 3hr
VARS 1
A 0 99 Output
ENDVARS
```

同じようにして、T500.ct1、Z850.ct1、U850.ct1、V850.ct1、T850.ct1、r850.ct1 も作成します。

### 3. 2 地上天気図

まず、地上天気図（海面気圧の分布図）を作図します。今回は、あらかじめ 0.01 倍して hPa に換算しています。

```
/home/snaoki/msmtest> grads
ga-> open SLP.ct1
ga-> set mpdset hires
ga-> set lon 120 150
ga-> set lat 22.4 47.6
ga-> b=0.01*a
ga-> set cthick 8
ga-> set cint 4
ga-> d b
```

図を確かめた上で、PS 形式で出力します (asas.ps)。

```
ga-> enable print test.gx
ga-> print
ga-> disable print
ga-> quit
/home/snaoki/msmtest> gxps -i test.gx -o asas.ps
/home/snaoki/msmtest> convert -rotate 90 asas.ps asas.gif
```

作図例：地上天気図

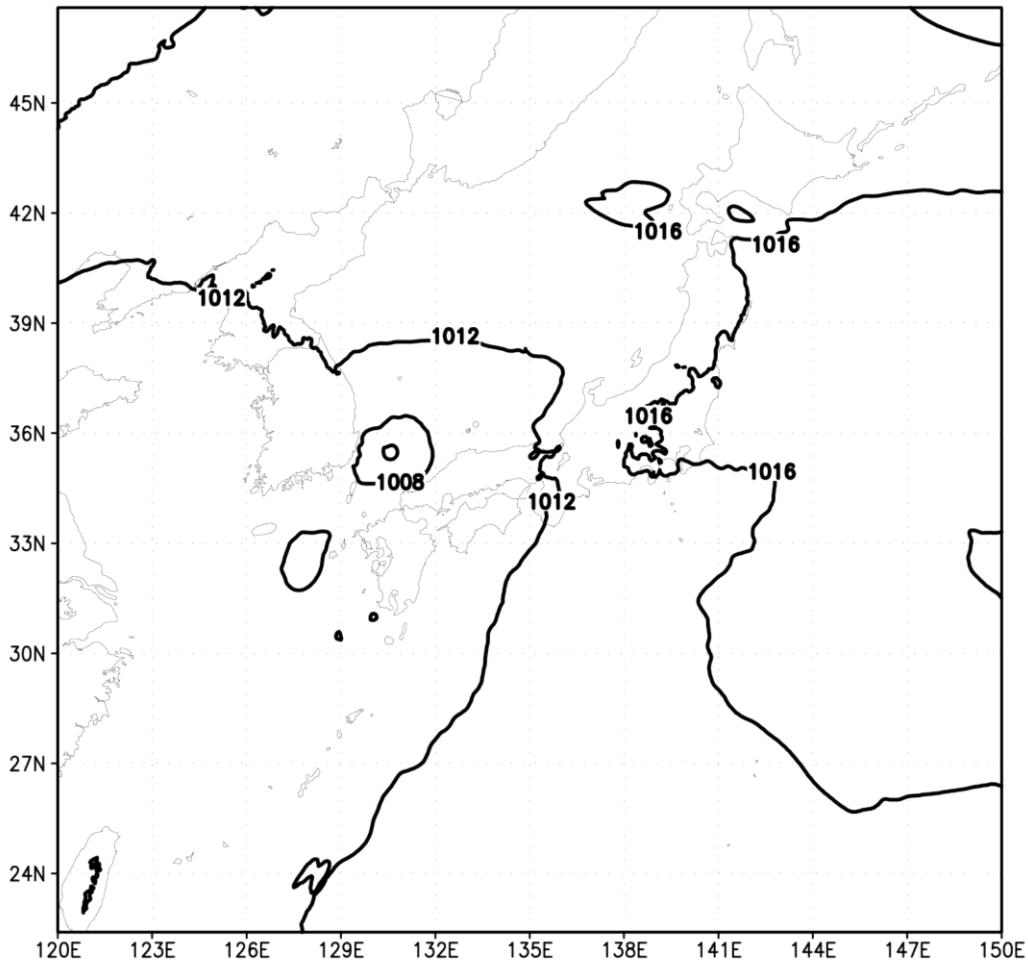


図 7.1 2015 年 9 月 1 日 0 時 (UTC) における海面気圧 [hPa]。等値線間隔は 4 hPa。

### 3. 3 500hPa 天気図

次に、500hPa 天気図 (500hPa 高度と気温の分布図) を作図します (aupq35L.ps)。高度と気温の分布図を重ねて描くためには次のようにします。open で2つのコントロールファイルを同時に開いています。先に開いたほうが file 1、後で開いたほうが file 2 になります。file 1 の変数 a を a.1、file 2 の変数 a を a.2 と表します。はじめに高度を作図しますが、等高度線の間隔は 60 m です。次に気温を作図するときには、273.15 を引いて°Cに換算します。等温線の間隔は 3 °Cです。

```
/home/snaoki/msmtest> grads  
ga-> open Z500.ctl  
ga-> open T500.ctl  
ga-> set mpdset hires  
ga-> set lon 120 150  
ga-> set lat 22.4 47.6  
ga-> set cthick 8  
ga-> set cint 60
```

```

ga-> d a.1
ga-> b=a.2-273.15
ga-> set cthick 3
ga-> set cint 3
ga-> d b
ga-> enable print test.gx
ga-> print
ga-> disable print
ga-> quit
/home/snaoki/msmtest> gxps -i test.gx -o aupq35L.ps
/home/snaoki/msmtest> convert -rotate 90 aupq35L.ps aupq35L.gif

```

作図例：500hPa 天気図

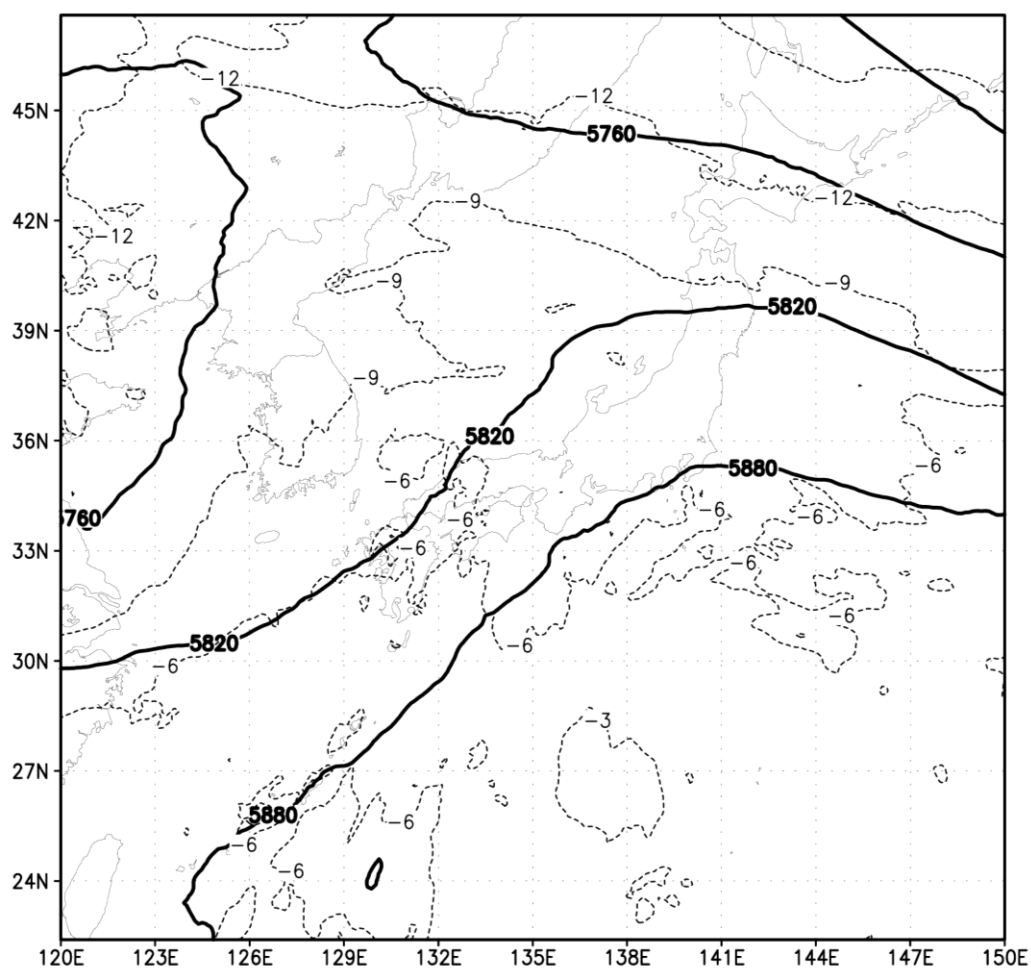


図 7.2 2015 年 9 月 1 日 0 時 (UTC) における 500hPa 高度 [m] (太線) と気温 [°C] (細線)。等値線間隔はそれぞれ 60 m と 3°C、負の値は点線。

### 3. 4 地上気圧、風解析図

次に、西日本域を拡大して、地上気圧、風解析図（海面気圧と地上風の分布図）を作図します（fxfe50L.ps）。今回の場合、海面気圧の分布を描いた後で地上風のベクトル図を重ねて描いています。まず、“set gxout vector”で作図方法としてベクトル図を指定します。下の例では、a.2が東西風、a.3が南北風データなので、“d a.2;a.3”とすればベクトル図を描くことができますが、格子点ごとにひとつずつ矢印が描かれてしまいます。そこで、x方向、y方向とも矢印を4分の1に間引くために、“d skip(a.2,4,4);a.3”としています。本来、a.2とa.3の両方に対して同じようにskipを使うべきですが、片方だけskipを使えば間引くことができます。“set arrscl 0.5 20”で矢印のスケールを設定しています。今回は、基準の長さの0.5倍の長さの矢印が20 m/sに相当するように設定しています。

```
/home/snaoki/msmtest> grads
ga-> open SLP.ct1
ga-> open USRF.ct1
ga-> open VSRF.ct1
ga-> set mpdset hires
ga-> set lon 128 139
ga-> set lat 32 40
ga-> b=0.01*a.1
ga-> set cthick 8
ga-> set cint 2
ga-> d b
ga-> set gxout vector
ga-> set cthick 3
ga-> set arrscl 0.5 20
ga-> d skip(a.2,4,4);a.3
ga-> enable print test.gx
ga-> print
ga-> disable print
ga-> quit
/home/snaoki/msmtest> gxps -i test.gx -o fxfe50L.ps
/home/snaoki/msmtest> convert -rotate 90 fxfe50L.ps fxfe50L.gif
```

作図例：地上気圧、風解析図

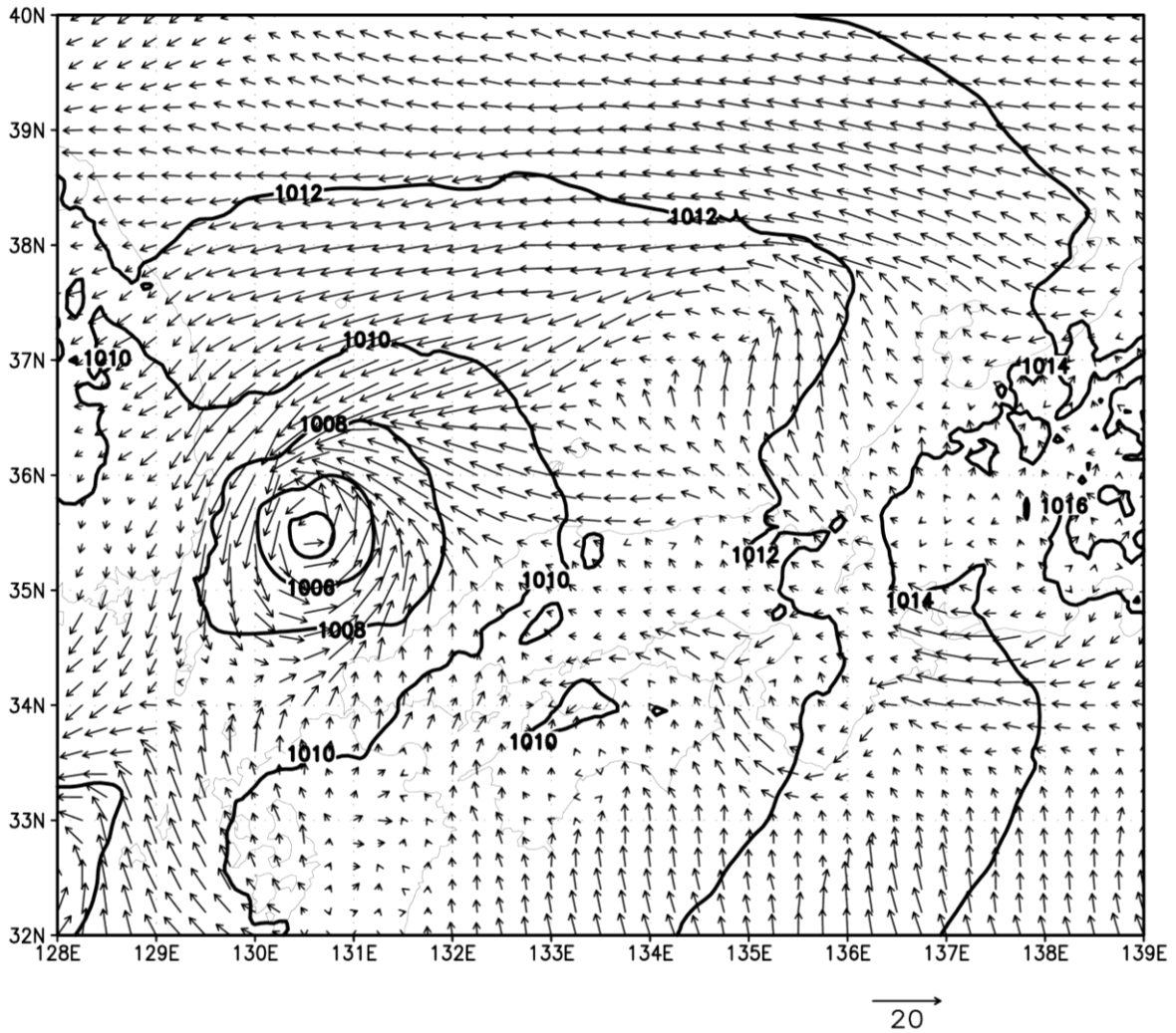


図 7.3 2015 年 9 月 1 日 0 時 (UTC) における海面気圧 [hPa] (等値線) と地上風 [m/s] (矢印)。等値線間隔は 2 hPa。

**課題 7 :** GrADS を用いて、2015 年 9 月 1 日 0 時 (UTC) の「地上天気図」、「500hPa 天気図」、「地上気圧、風解析図」、「850hPa 相当温位、風解析図」を作成し、印刷して提出せよ。「相当温位」の計算においては、近似的に湿潤静的エネルギーを相当温位とみなしてよい。湿潤静的エネルギー $h_m$ は以下の公式によって計算できる。

$$h_m = C_p T + gz + Lr$$

ここで、 $T$ は温度、 $g$ は重力加速度、 $z$ は高度、 $L$ は水の潜熱、 $r$ は混合比である。 $h_m$ を定圧比熱 $C_p$ で割って温度[K]の次元に変換して表示せよ。定圧比熱は $C_p = 1.006 \times 10^3 \text{ J/kg K}$ 、重力加速度は $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 、水の潜熱は $L = 2.5 \times 10^6 \text{ J/kg}$ ( $0^\circ\text{C}$ での値)とする。混合比は、気温と相対湿度から計算せよ。飽和水蒸気圧 $e_s$ [Pa]は、温度 $T$ [K]の関数として、

$$e_s = 611 \exp\left(17.27 \frac{T - 273.16}{T - 35.86}\right)$$

とする。作図する領域は、「地上天気図」、「500hPa 天気図」においては、緯度経度座標で北緯 22.4~47.6 度、東経 120~150 度 (全領域) とする。「地上気圧、風解析図」、「850hPa 相当温位、風解析図」においては、北緯 32~40 度、東経 128~139 度 (西日本域) とする。等値線間隔は、各種天気図における慣習にならって適切



に設定すること（地上気圧は 4 hPa、高度は 60 m、気温は 3 °C、相当温位は 3 K）。ただし、「地上気圧、風解析図」（西日本域）においては、等圧線の間隔は 2 hPa とせよ。また、地上風と 850hPa 風では矢印のスケールを統一せよ。850hPa 風では格子を間引いたため、図の解像度が同じになるように skip の設定も適切に変更すること。

作図例：850hPa 相当温位、風解析

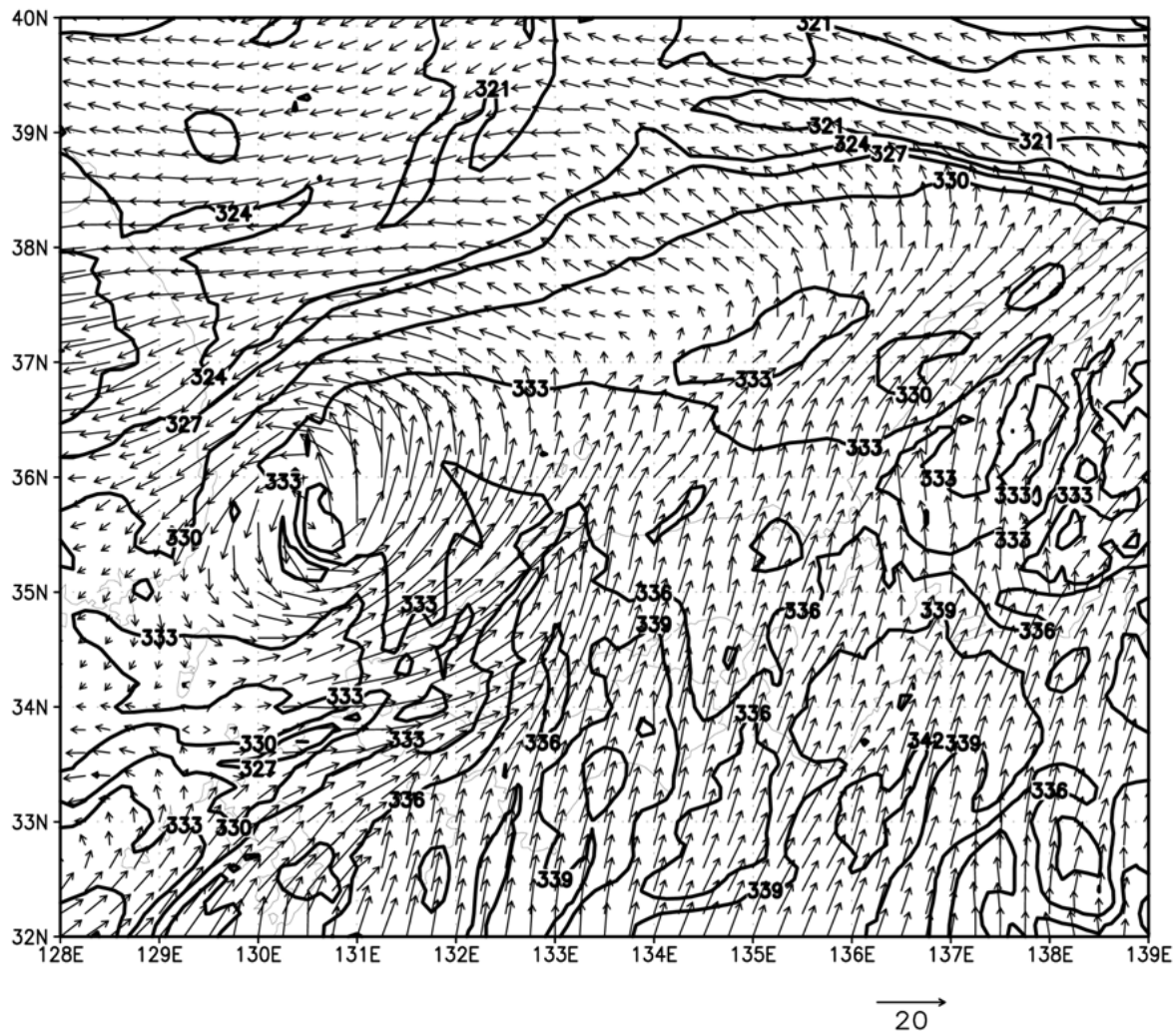


図 7.4 2015 年 9 月 1 日 0 時 (UTC) における 850hPa 相当温位 [K] (等値線) と風 [m/s] (矢印)。等値線間隔は 3 K。

※この演習では気象庁による MSM データを用いている。