

課前準備

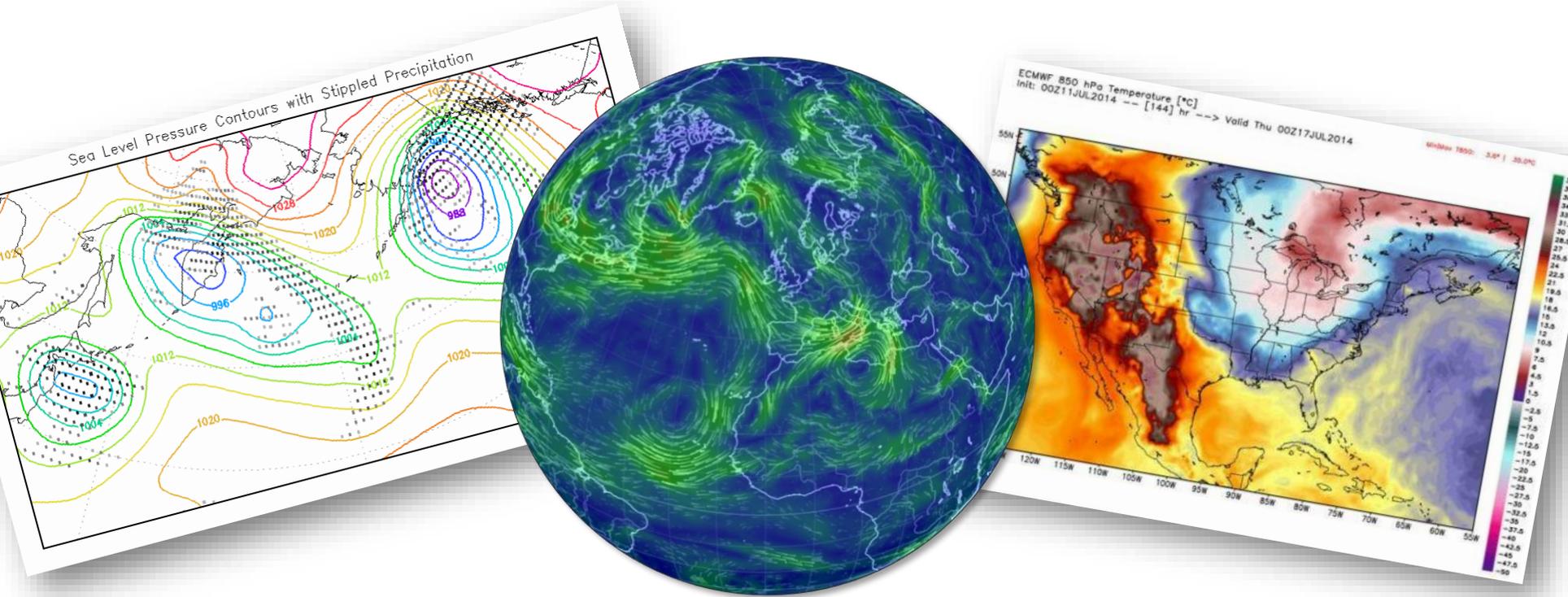
- 請先到study主機，開新資料夾 ~/grads/
- 複製範例檔：
cp /home/teachers/weitingc/lecture_ex/grads/*
~/grads/.

程式與科學計算

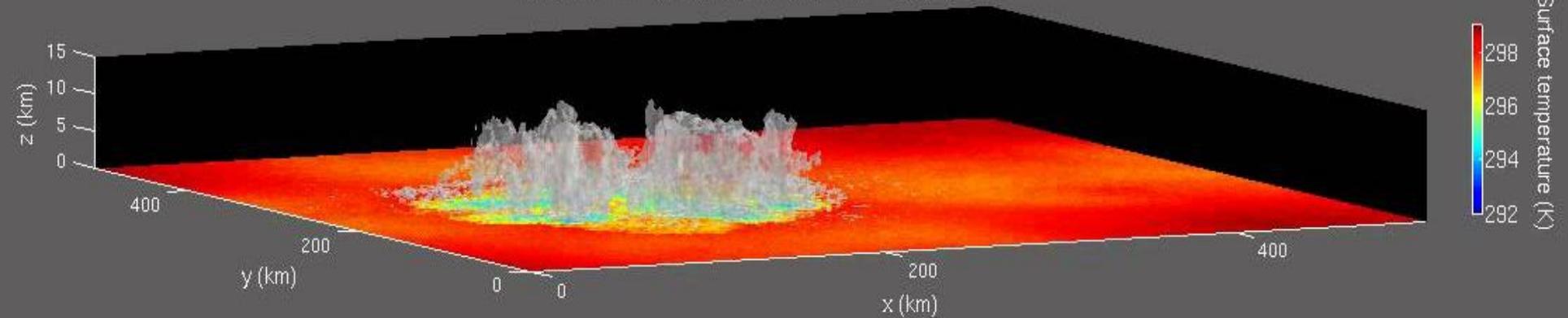
– Introduction to GrADS

- GrADS操作介面
- 如何讀取資料
- 基本繪圖
- 簡單的script（.gs檔）
- 遠端開啟數值天氣預報資料

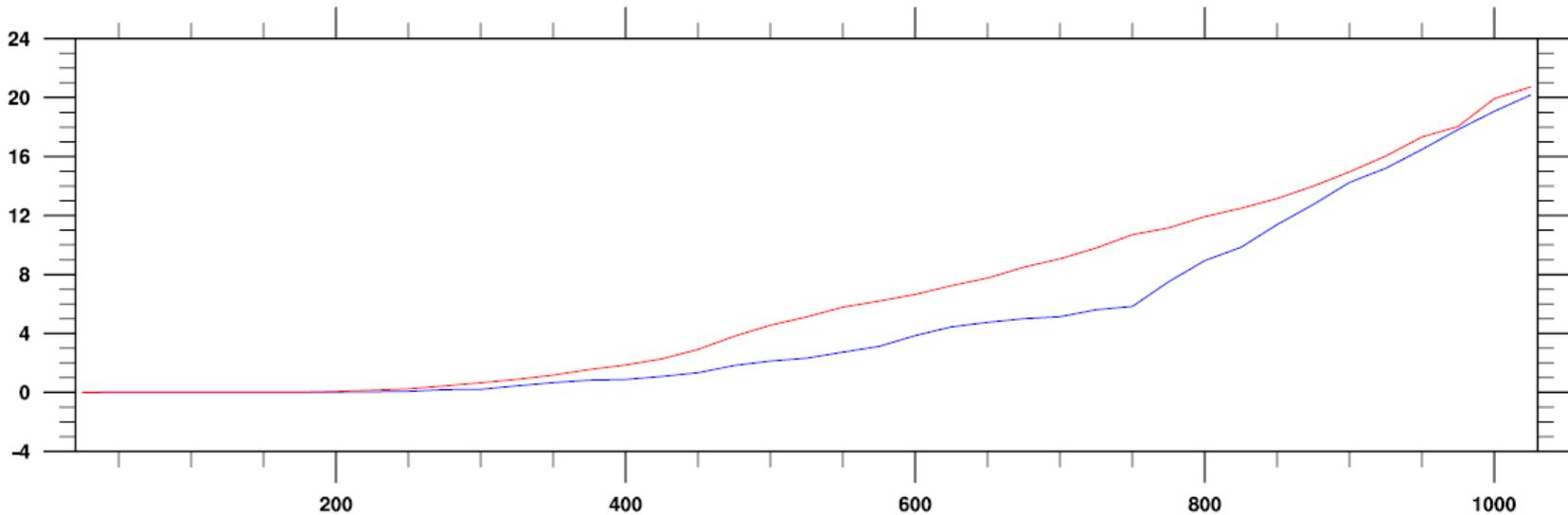
大氣資料視覺化



Large domain (L=510km): convection self-aggregates



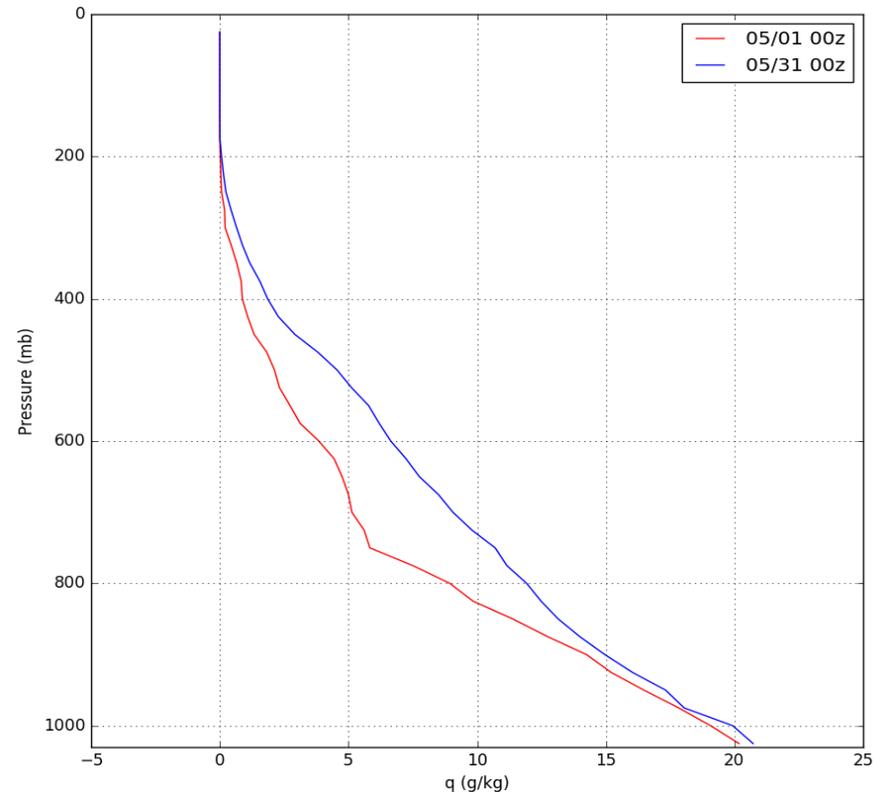
3.1998.05.01 & 31 00z 12-17N,110-120E avg profile q



What makes a good figure? 範例一

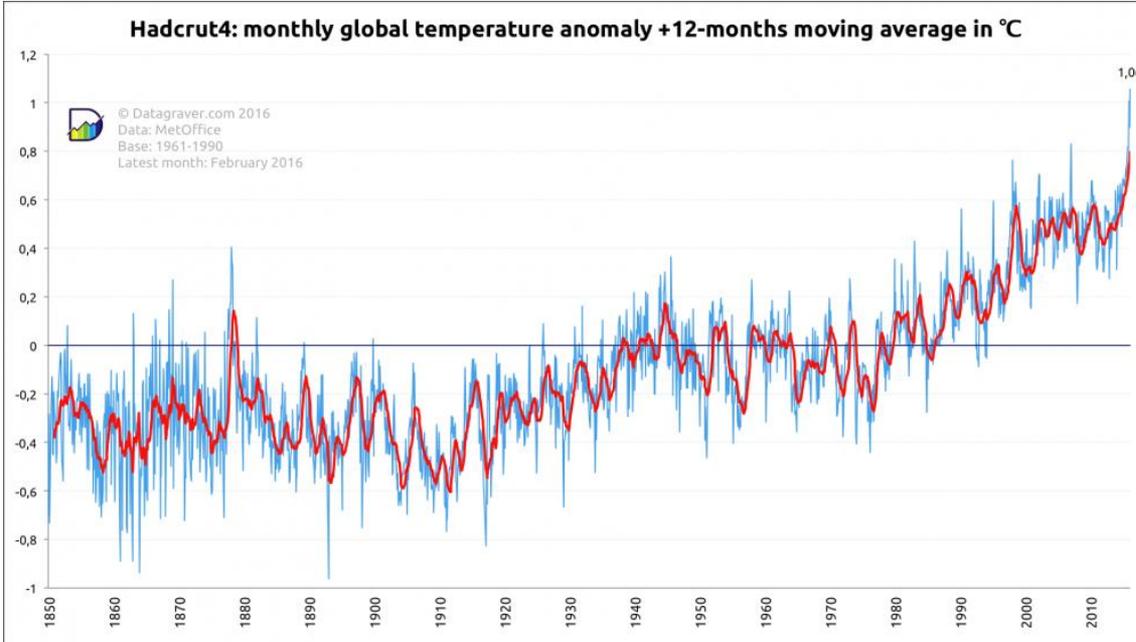
1998/05/01 00z與1998/05/31 00z兩個時間點，12-17N 110-120E平均的比濕垂直剖面

- Which one is a better presentation of the same data?
- How would you improve these figures?
 - 座標軸、字體大小、文字說明、legend...



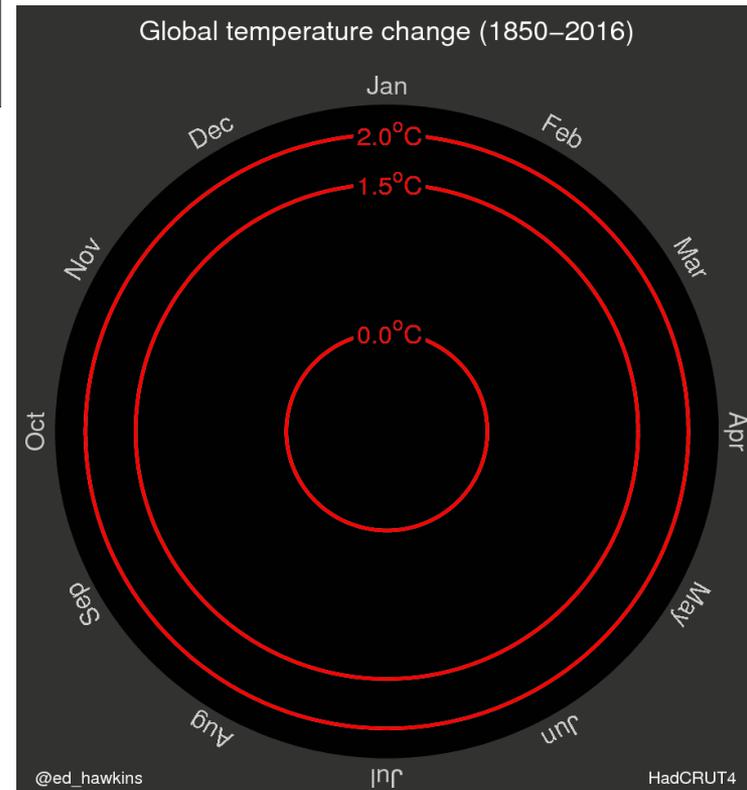
What makes a good figure?

範例二



Global surface temperature anomaly
1850-2016 (HadCRUT4 observation data)

- Which presentation is “better”?
- Answers depend on
 - Who the readers are
 - What phenomena/characteristics to be emphasized
 - Aesthetic consideration
 - ...

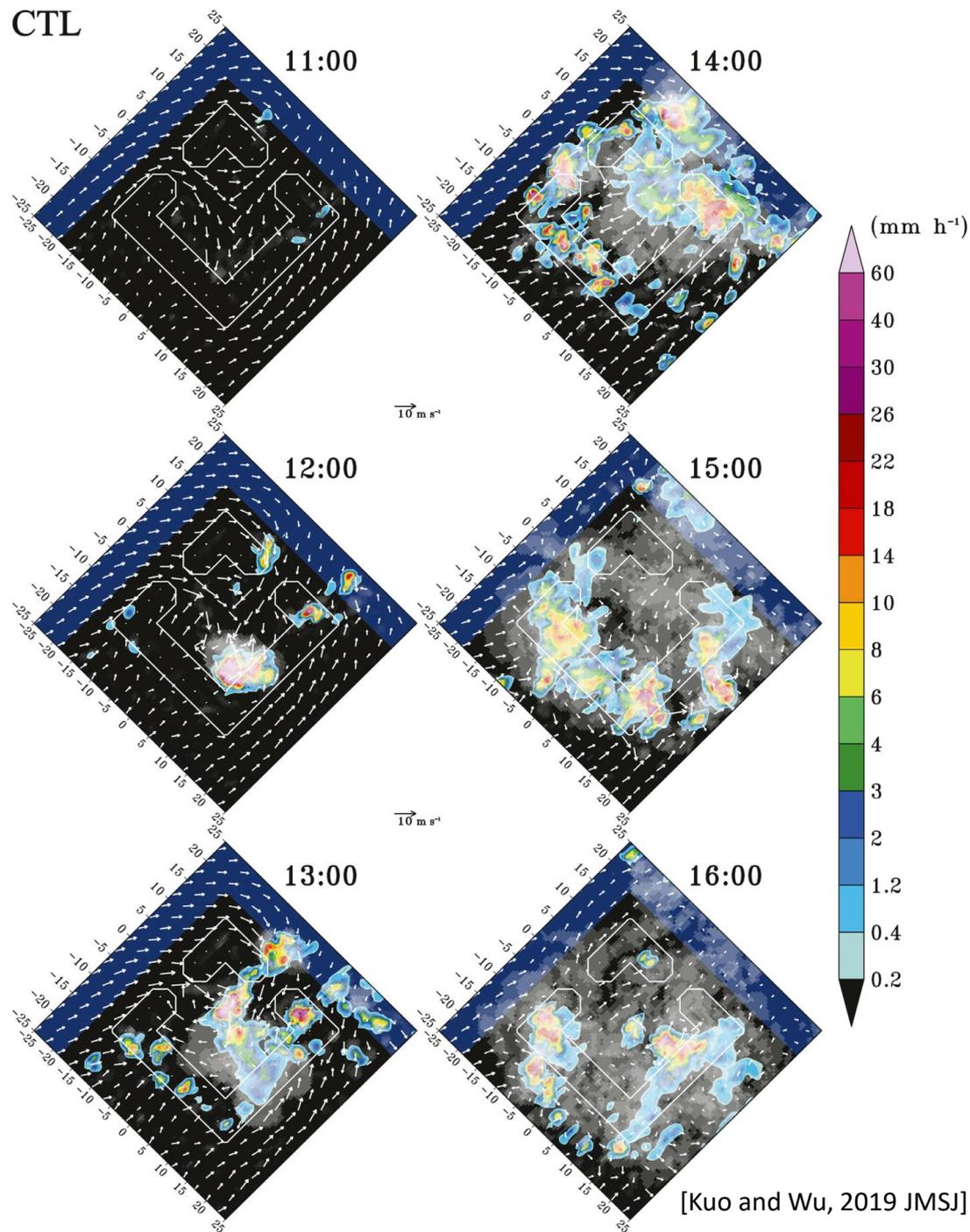
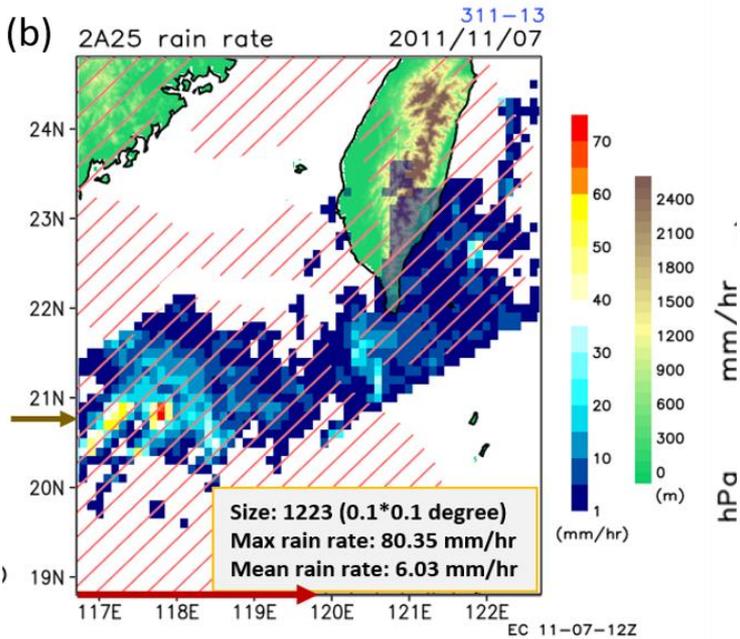
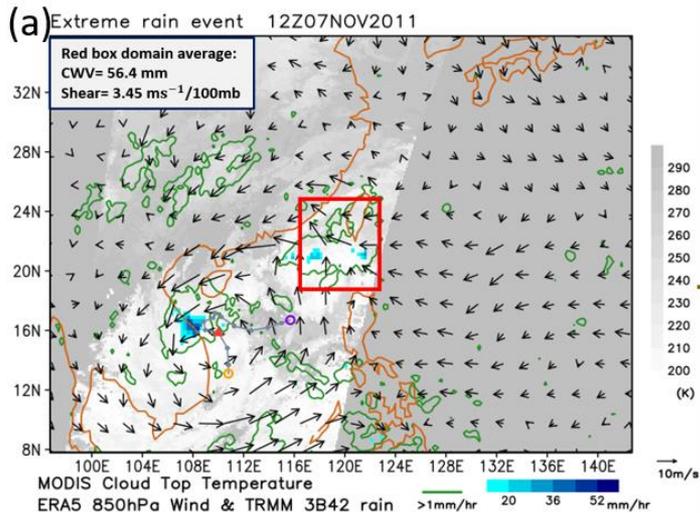


By Ed Hawkins, U of Reading

GrADS (Grid Analysis and Display System)

- 開發單位：Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA)
，原始碼下載<http://cola.gmu.edu/grads/downloads.php>
- 免費，有許多他人寫好的函數或附加程式可以下載
- 即時互動式使用介面（類似Matlab）
- 主要功能：用來進行科學資料的繪製與運算，特別是疊加地圖的「**網格點**」資料（gridded data），與測站資料（station data）
- 常見的繪圖功能：等值線、流場、風標、直線圖、長條圖、scatter plot
- 可以處理的資料格式：二進位檔（binary）、GRIB、NetCDF、HDF

GrADS畫的範例



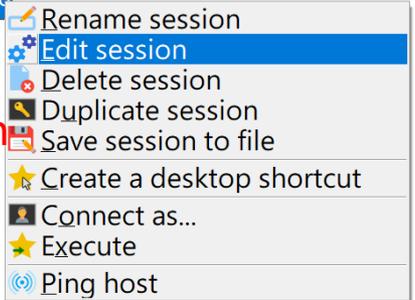
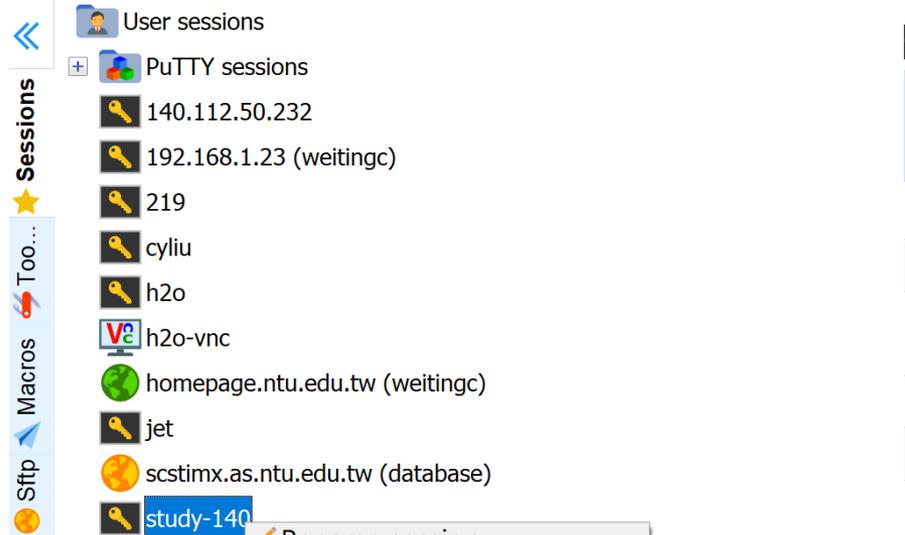
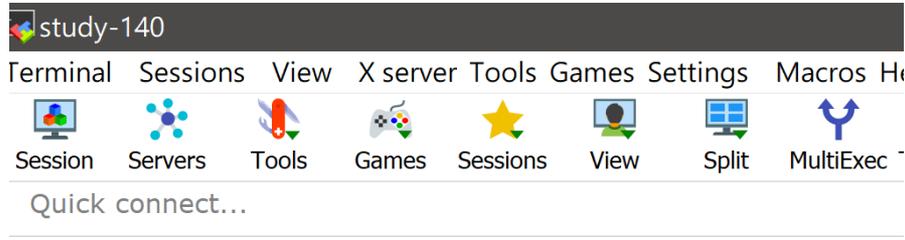
(Courtesy: P.-J. Chen) [Jian et al., 2020, JMSJ]

[Kuo and Wu, 2019 JMSJ]

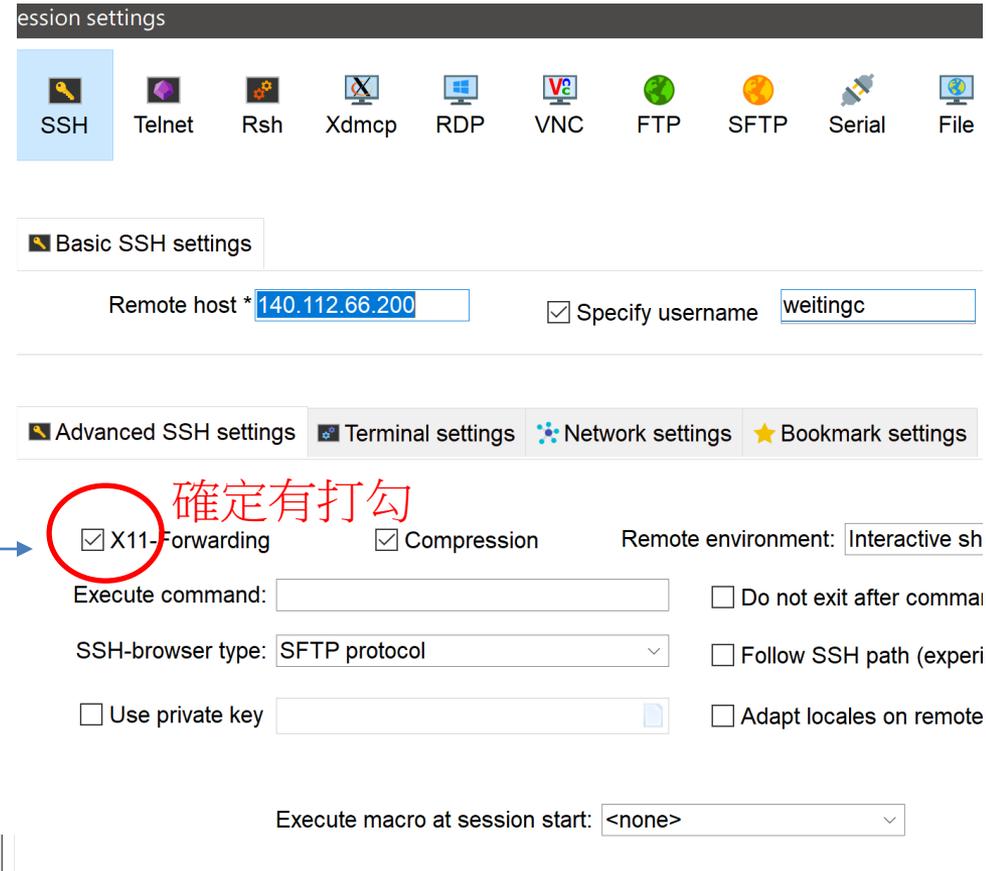
在study主機上啟用GrADS

- 從Windows連上study主機使用GrADS
 - MobaXterm 連上study主機
（請參考下頁確定SSH的X11 forwarding有打開）
 - 命令列輸入 **grads** 按[Enter]
 - （系統詢問：Landscape mode? ('n' for portrait):）輸入**y** 按[Enter]
 - （跳出全黑新視窗，視窗上出現 **ga->**）代表已成功啟用GrADS
- 從Mac OS連上study主機使用GrADS
 - 安裝XQuartz，執行XQuartz並在ssh連線時加上 **-X** 選項
 - **ssh -X weitingc@192.168.1.23**，連上主機後輸入grads

確定X11-forwarding



按滑鼠右鍵
→ Edit session



確定有打勾



```
weitingc@study1:~/grads
[weitingc@study1 grads]$ grads
Grid Analysis and Display System (GrADS) Version 2.0.a8
Copyright (c) 1988-2010 by Brian Doty and the
Institute for Global Environment and Society (IGES)
GrADS comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY
See file COPYRIGHT for more information

Config: v2.0.a8 little-endian readline printim gri
b2 netcdf hdf4-sds hdf5.opendap-grids, stn geotiff
shapefile
Issue 'q config' command for more information.
Landscape mode? ('n' for portrait): y
GX Package Initialization: Size = 11 8.5
ga->
```

輸入指令grads

輸入y

登入study後，
啟動grads

原本的指令視窗，
出現 ga-> ，
已經準備好接收GrADS指令

GrADS 2.0.a8

新跳出的X window視窗，
啟動grads後，畫出來的
圖會顯示在此

如何讓GrADS讀取資料？

- 要先準備好兩個檔案：
 - 資料檔（可以是二進位、GRIB, NetCDF...等格式，若用nano打開來看是一片亂碼...）
 - 描述資料的 **.ctl**檔（控制檔 (control file)，是一個純文字檔，描述資料檔的內容與格式，可以用nano編輯）
← 就像是開啟資料的[鑰匙]
- 資料檔與.ctl檔要互相搭配，如果兩者不吻合，就會發生讀取錯誤（.ctl 檔範例：ex1.ctl）
- GrADS預設讀取的檔案是二進位檔（binary），裡面的變數資料按照經緯度網格、高度、時間順序排列

（之後會詳細說明資料檔的結構，以及如何用Fortran產生GrADS可讀取的資料）

ex1.ctl

這個ctl所描述的資料檔檔名

資料檔的內容說明

資料檔中代表無效值的設定

資料檔中的經度設定

緯度設定

高度設定

時間設定

資料所含的變數個數

變數名稱、垂直分層數目、
單位（若資料為二進位檔，
就都填99）、變數說明

變數列表結束

```
DSET ^ex1.dat
TITLE 2010 monthly mean at 850hPa
UNDEF 99999.
XDEF 144 LINEAR 0 2.5
YDEF 73 LINEAR -90 2.5
ZDEF 1 levels 850
TDEF 12 LINEAR 01JAN2010 1mo
VARS 5
Ta 1 99 air temperature(oC)
u 1 99 u-wind (east-west) (m/s)
v 1 99 v-wind (north-south) (m/s)
rh 1 99 relative humidity(%)
qv 1 99 specific humidity
ENDVARS
```

ex1.ctl (進一步解釋...)

這個ctl用來描述資料檔ex1.dat
資料檔是2010年850hPa月平均
資料中若有99999.0，就是無效值
經度共144格，線性分隔，從0°
開始每2.5°一格（緯度類推）
高度共一層，位在850hPa上
時間12筆，線性從2010/01/01開
始增加，每筆時間相差一個月

資料含5個變數

第一個變數名稱是 Ta，
高度上有1層，是氣溫

(其他變數類推)

變數列表結束

```
DSET ^ex1.dat
TITLE 2010 monthly mean at 850hPa
UNDEF 99999.
XDEF 144 LINEAR 0 2.5
YDEF 73 LINEAR -90 2.5
ZDEF 1 levels 850
TDEF 12 LINEAR 01JAN2010 1mo

VARS 5
Ta 1 99 air temperature (oC)
u 1 99 u-wind (east-west) (m/s)
v 1 99 v-wind (north-south) (m/s)
rh 1 99 relative humidity (%)
qv 1 99 specific humidity
ENDVARS
```

GrADS開啟並讀取檔案

- 登入study後，先移動到要工作的目錄，例如
> `cd ~/hw6/`
- 把資料檔和搭配的 .ctl檔準備好，例如ex1.dat 和 ex1.ctl
> `cp /home/teachers/weitingc/lecture_ex/grads/ex1* .`
- 啟動GrADS
> `grads`
- GrADS下用**open**指令開啟.ctl檔，就可讀取.dat檔的資料
ga-> `open ex1.ctl`
(注意：不是開啟 .dat 資料檔，是開啟 .ctl控制檔!!)

```
ga-> open ex1.ct1
Scanning description file:  ex1.ct1
Data file ex1.dat is open as file 1
LON set to 0 360
LAT set to -90 90
LEV set to 850 850
Time values set: 2010:1:1:0 2010:1:1:0
E set to 1 1
ga-> █
```

GrADS開啟檔案

- 開啟ex1.ctl檔後，會出現下面的訊息：

```
Data file ex1.dat is open as file 1
LON set to 0 360
LAT set to -90 90
LEV set to 850 850
Time values set: 2010:1:1:0 2010:1:1:0
```

- ex1.dat被開啟為file 1（GrADS會對開啟的檔案依序編號）
- 預設值：經緯度是ctl檔裡面的最小到最大值（在這個例子中是全球），高度是ctl檔的最底層，時間是第一個時間點

查詢已開啟的檔案內容

- 用 **q file 1** 可以查詢檔案編號1的dimension與變數等資訊，內容會和.ctl檔一致

```
ga-> q file 1
```

```
File 1 : 2010 monthly mean at 850hPa
```

```
Descriptor: ex1.ctl
```

```
Binary: ex1.dat
```

```
Type = Gridded
```

```
Xsize = 144   Ysize = 73   Zsize = 1   Tsize = 12
```

```
Esize = 1
```

```
Number of Variables = 5
```

```
Ta 1 99 air temperature (oC)
```

```
u 1 99 u-wind (east-west) (m/s)
```

```
v 1 99 v-wind (north-south) (m/s)
```

```
rh 1 99 relative humidity
```

```
qv 1 99 specific humidity
```

設定頁面上的畫圖範圍

- GrADS預設在一個Letter size（8.5x11英吋）的頁面上畫圖，畫圖前用**set parea**先預留好頁面邊框大小：
set parea 1 10 1 7.5
- 後面的四個數字分別代表橫向畫圖範圍是從1~10英吋，縱向是1~7.5英吋（相對於頁面左下角）
- 這樣即可保留上下左右各1英吋的「邊框」，可避免太靠近邊框的圖像被切掉的問題

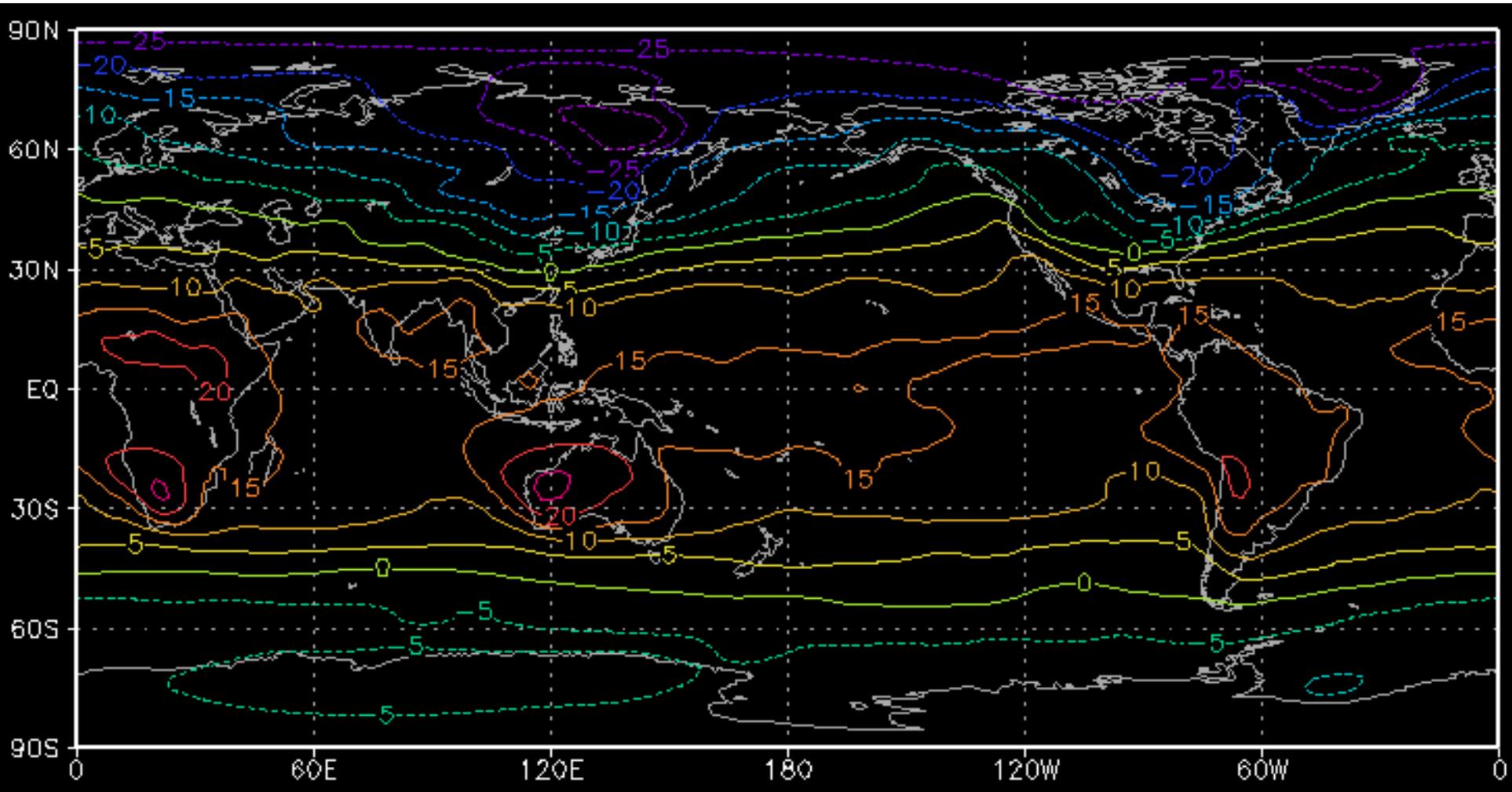
Letter Size (11 x 8.5) [整個視窗（預設畫圖範圍）]

保留1 inch邊框 (10 x 7.5)

[set parea 1 10 1 7.5設定的畫圖範圍]

畫等值線圖

- 先用預設值畫第一張圖：全球2010年1月850hPa平均溫度的等值線
ga-> d Ta



畫等值線圖

- GrADS畫圖/顯示的指令是

d 變數名

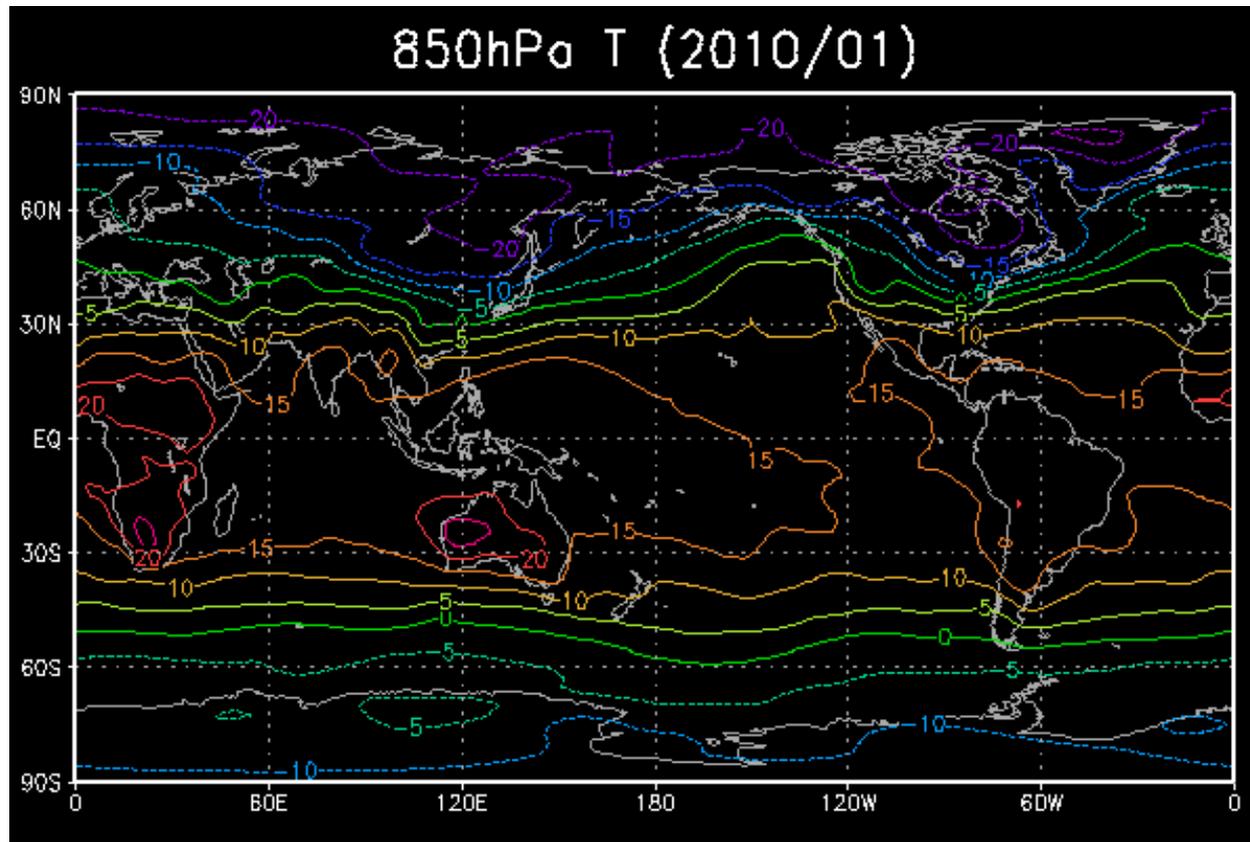
- 例如：

d Ta

- **d**代表**display**，變數名稱必須和**ctl**檔裡的變數列表相同（大小寫沒有差別）
- 等值線圖是**GrADS**預設的繪圖類型，並且自動疊加地圖，並使用彩虹色階標示線條
- 下次會介紹如何更改等值線間距、顏色

加title, 座標軸說明

- 圖上方加標題文字：**draw title** xxxxxxxx
- 橫軸說明文字：**draw xlab** ooooooo
- 縱軸說明文字：**draw ylab** vvvvvvvv
- 例如：`draw title 850 hPa T (2010/10)`



畫箭頭風標

- 先用**clear**清除x window上的圖（不然GrADS會把新畫的圖疊在舊圖上）

- 畫出風標箭頭：

d u;v

（**u**變數是箭頭的東西分量，正值為西往東、**v**變數是箭頭的南北分量，正值為南往北），注意是兩個變數名稱間用分號

- 畫出來之後會發現風標太密，很難判讀，進行修正

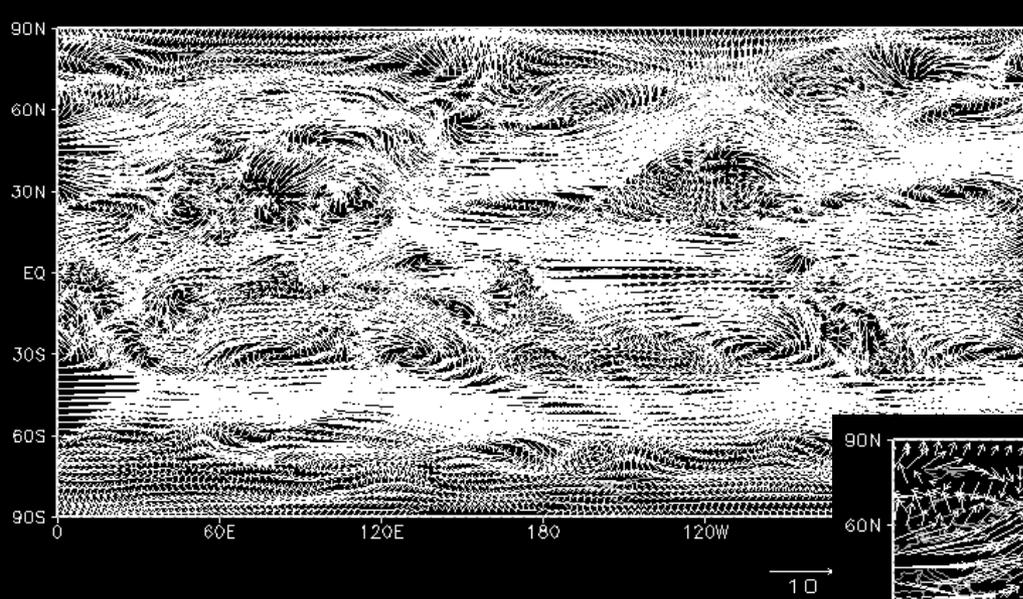
clear

d skip(u,2);skip(v,2)

（清除畫面，改成每兩個網格點畫一個風標箭頭）

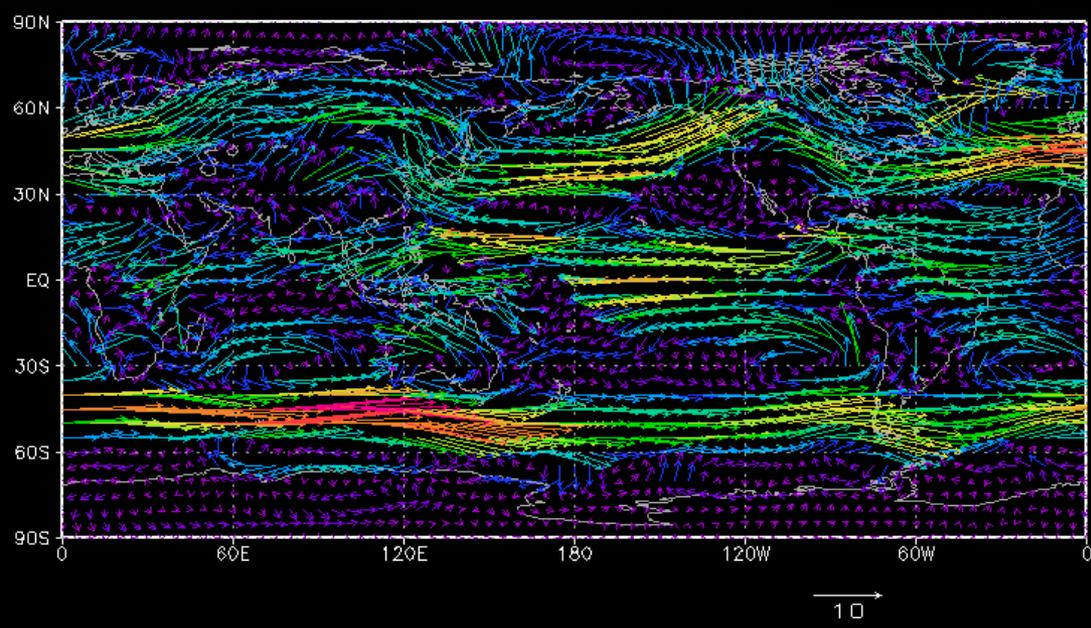
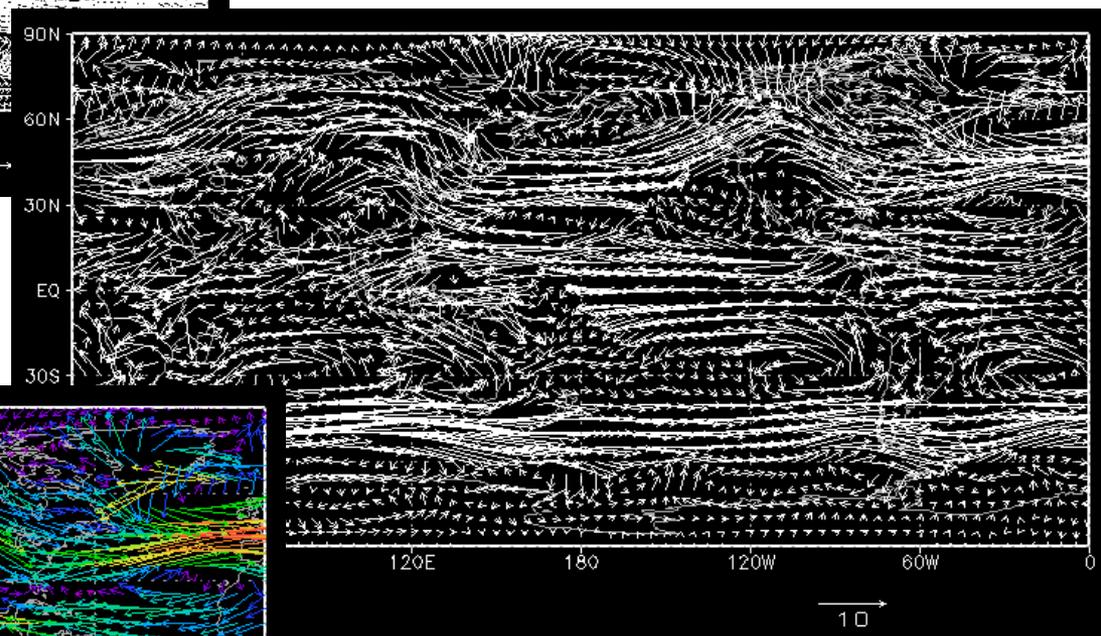
- 還可以用顏色代表風速大小：

d skip(u,2);skip(v,2);mag(u,v)



← clear
d u;v

clear
d skip(u,2);skip(v,2)



← clear
d skip(u,2);skip(v,2);mag(u,v)

同時畫兩個變數

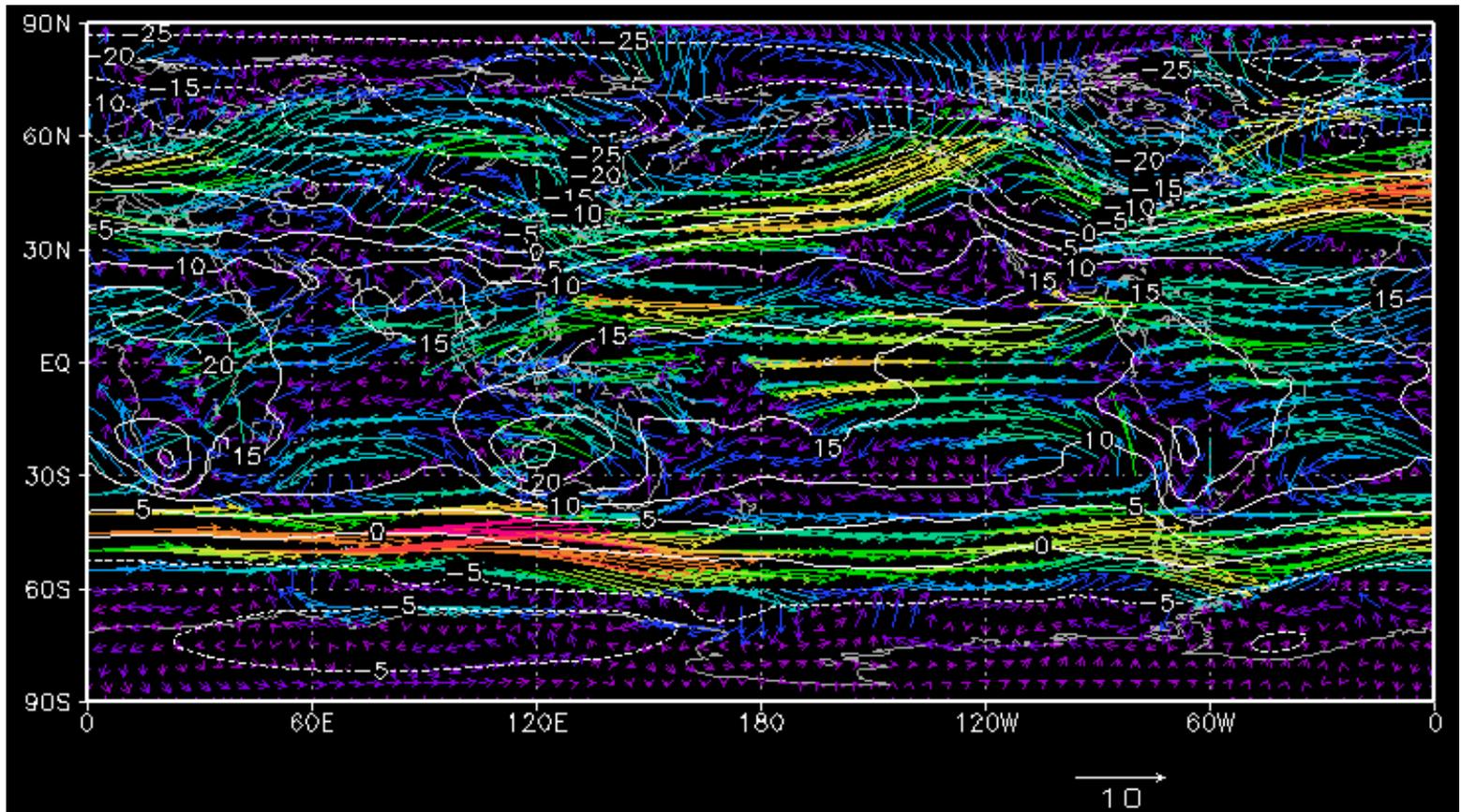
- 畫好風標後，再畫溫度等值線，GrADS會用單色線條畫第二個變數，並且將兩張圖相疊顯示：

```
clear
```

```
d skip(u,2);skip(v,2);mag(u,v)
```

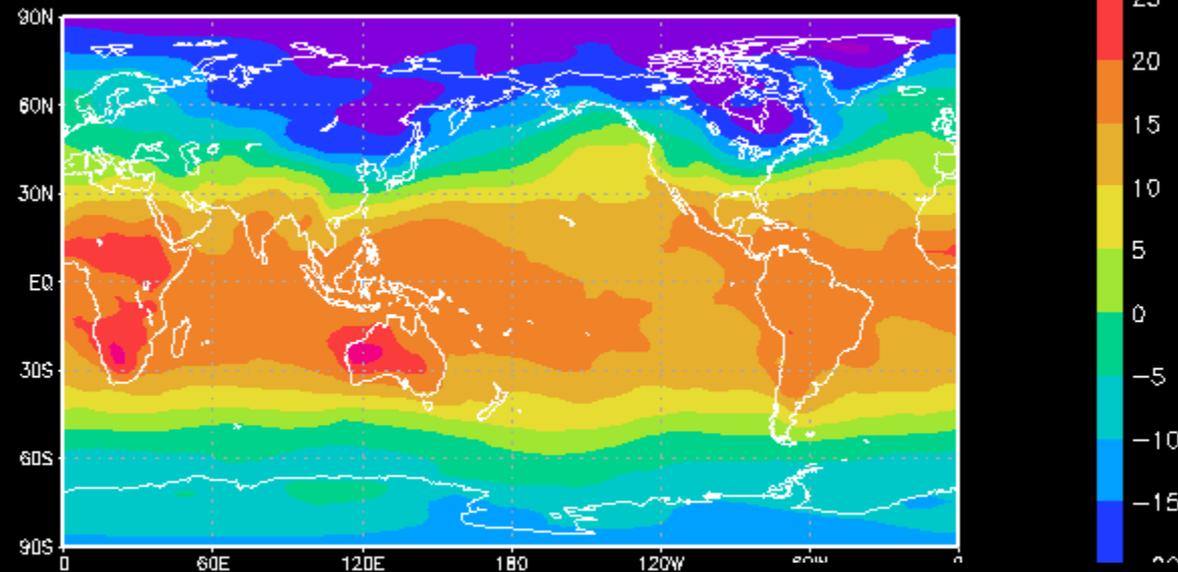
```
d Ta
```

風標箭頭+風速以顏色標示
+溫度等值線（白色線條）



畫色塊等值線

- 用 `set gxout shaded`，就可以改為畫「色塊等值線」（`shaded contour`，在等值線之間填上相同的顏色），預設是彩虹色階。
- 如何畫出 `color bar`？
 - 範例檔中有一支 `cbar.gs` 可以畫出 `color bar`
 - 把 `cbar.gs` 複製到正在工作的資料夾下，在 GrADS 輸入 `cbar` 即可畫出 `color bar`
- 用 `set gxout contour`，就可回到畫等值線的預設狀態
- （之後會教其他用 `set gxout ...` 設定的繪圖種類）

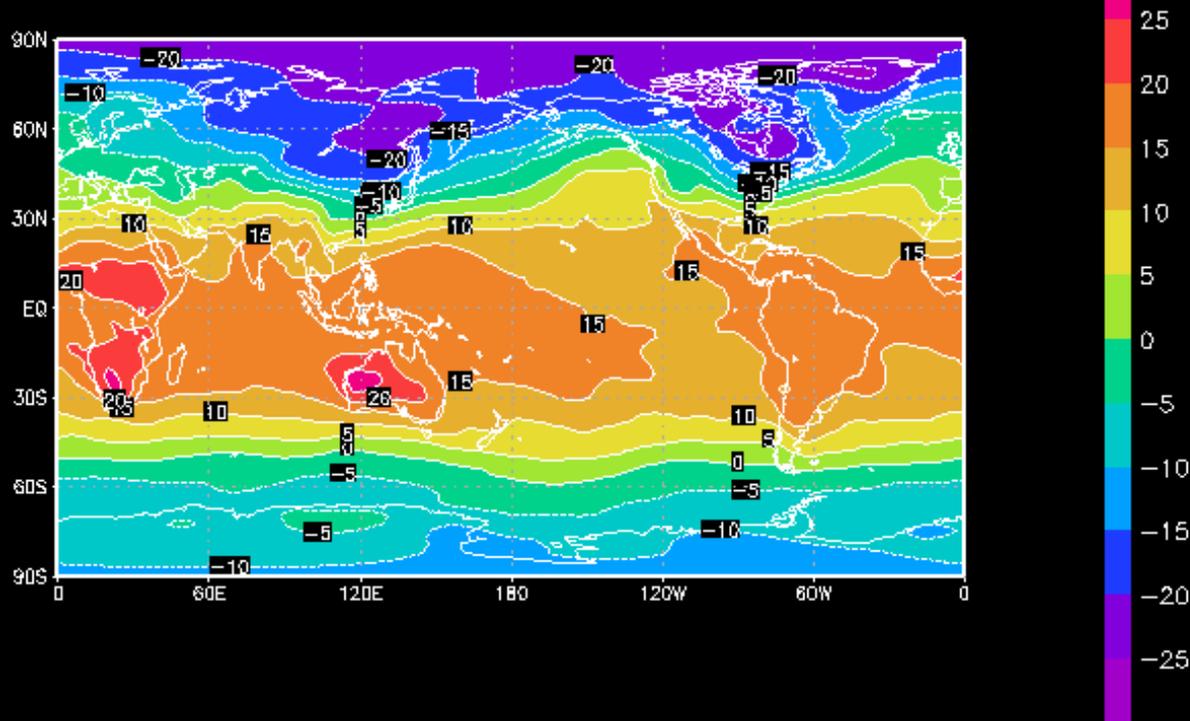


← 畫溫度的色塊等值線
叫出color bar

```
clear
set gxout shaded
d Ta
cbar
```

不消除畫面 →
改設定畫等值線
疊加在前一張圖上

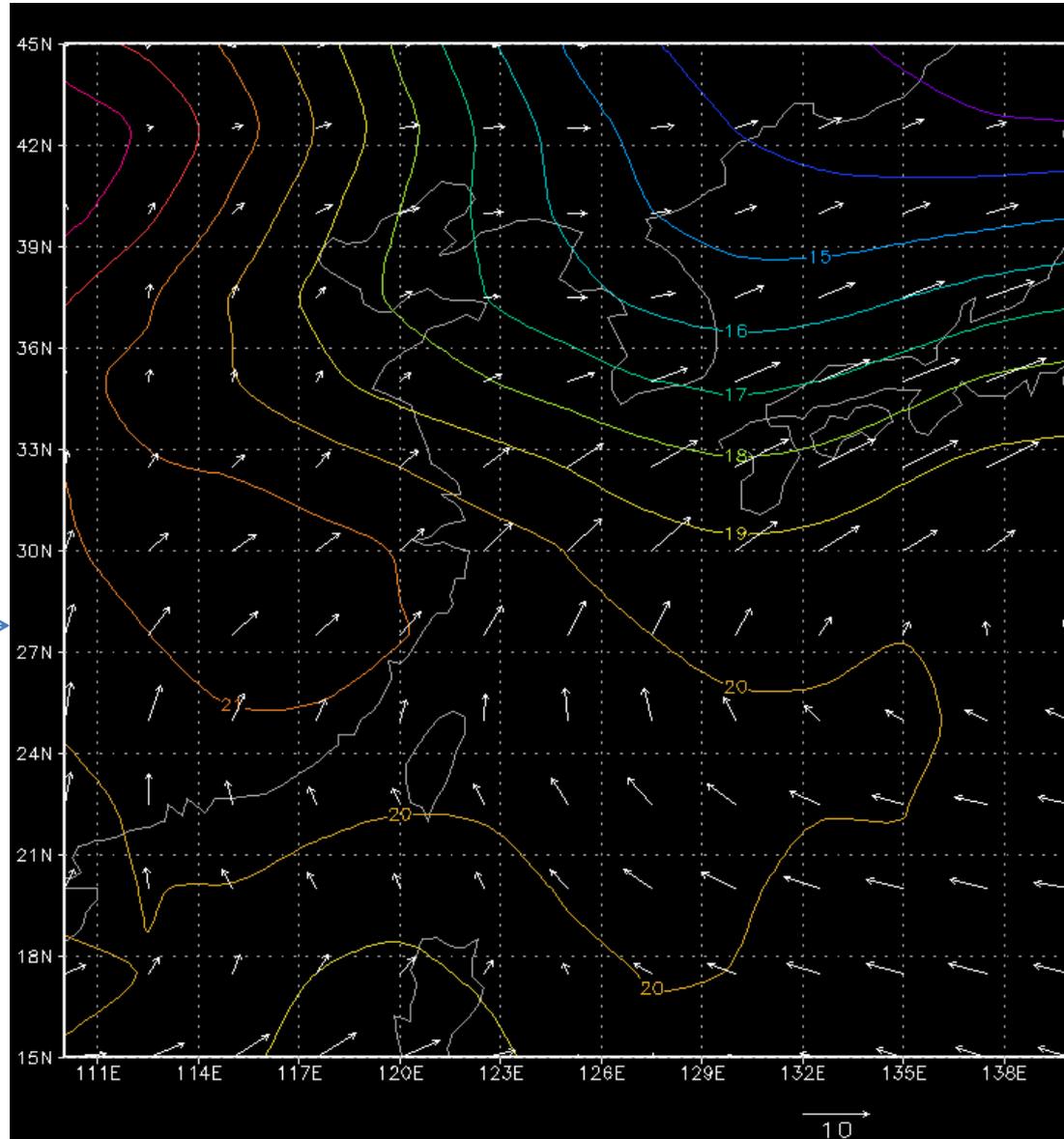
```
set gxout contour
d Ta
```



改變畫圖的經緯度範圍

- 想畫特定經緯度區域，或改畫別的時間點，先用set設定經緯度範圍和時間再畫圖
- clear
set lon 110 140
set lat 15 45
set t 7
d Ta
d u;v

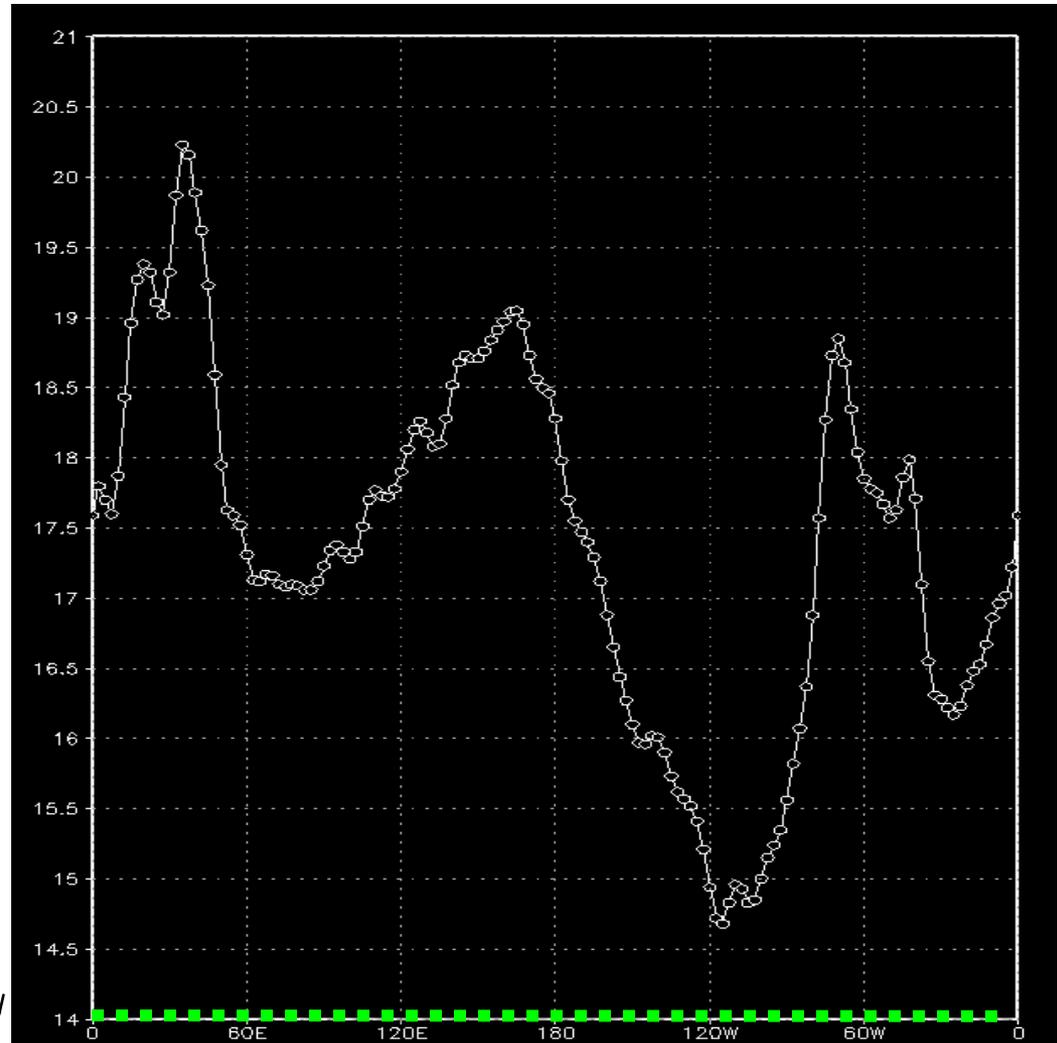
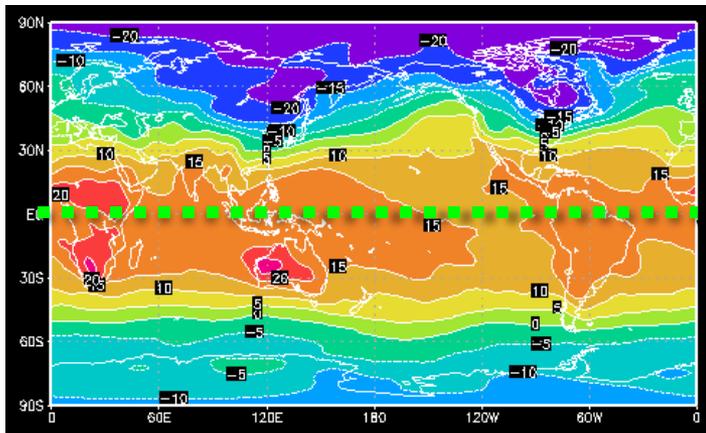
經度110~140
緯度 15~45
7月份
溫度等值線+風標



畫線條圖

- 如果指定一個特定的經度（或緯度），那麼網格點變數只能畫成線條圖，橫軸是緯度範圍，縱軸是變數值，例如畫12月份赤道（緯度0）一整圈（經度0~360）的溫度分布：

- set lon 0 360
set lat 0 0 (第2個0可省略)
set t 12
d Ta



把畫面上的圖儲存成檔案

- 用下面的指令把x window上的畫面儲存為.png檔：
`printim 檔名.png`
- 檢查.png檔是否順利產生，可用UNIX指令display:
`! display 檔名.png`
- (在grads環境中，用!後面接unix指令即可執行)
- 最後可用ftp程式，將圖檔主機傳回自己的電腦
- GrADS也可輸出.gmf圖檔格式，再利用其他軟體轉檔成.eps或.ps檔
(在專業期刊中的科學繪圖，多數要用.ps格式，在大小縮放時不會有解析度不足的問題)

GrADS的「程式」：.gs檔

- GrADS可以使用**script**，把多個指令串起來一次執行，附檔名為 .gs
- myplot.gs是一個script檔範例，要執行這個.gs檔：在GrADS下輸入myplot，按下[enter]即可
- 在script中，所有的指令要以**單引號**夾起（例如 'd t'）
- 通常在script第一行用 '**reinit**' 指令，讓所有設定回復初始狀態（所有已開啟的檔案會關閉、變數、畫面清除）
- 在script中，* 符號之後可以加註解

myplot.gs

重新啟動GrADS
設定畫圖範圍
* 之後是註解
開啟 ex1.ctl

設定經度、緯度範圍

時間設定為8月

設定畫色塊等值線
畫出此區域的溫度分布
叫出color bar

設定畫等值線
疊加畫出風標

加標題文字

把圖檔存成myplot.png

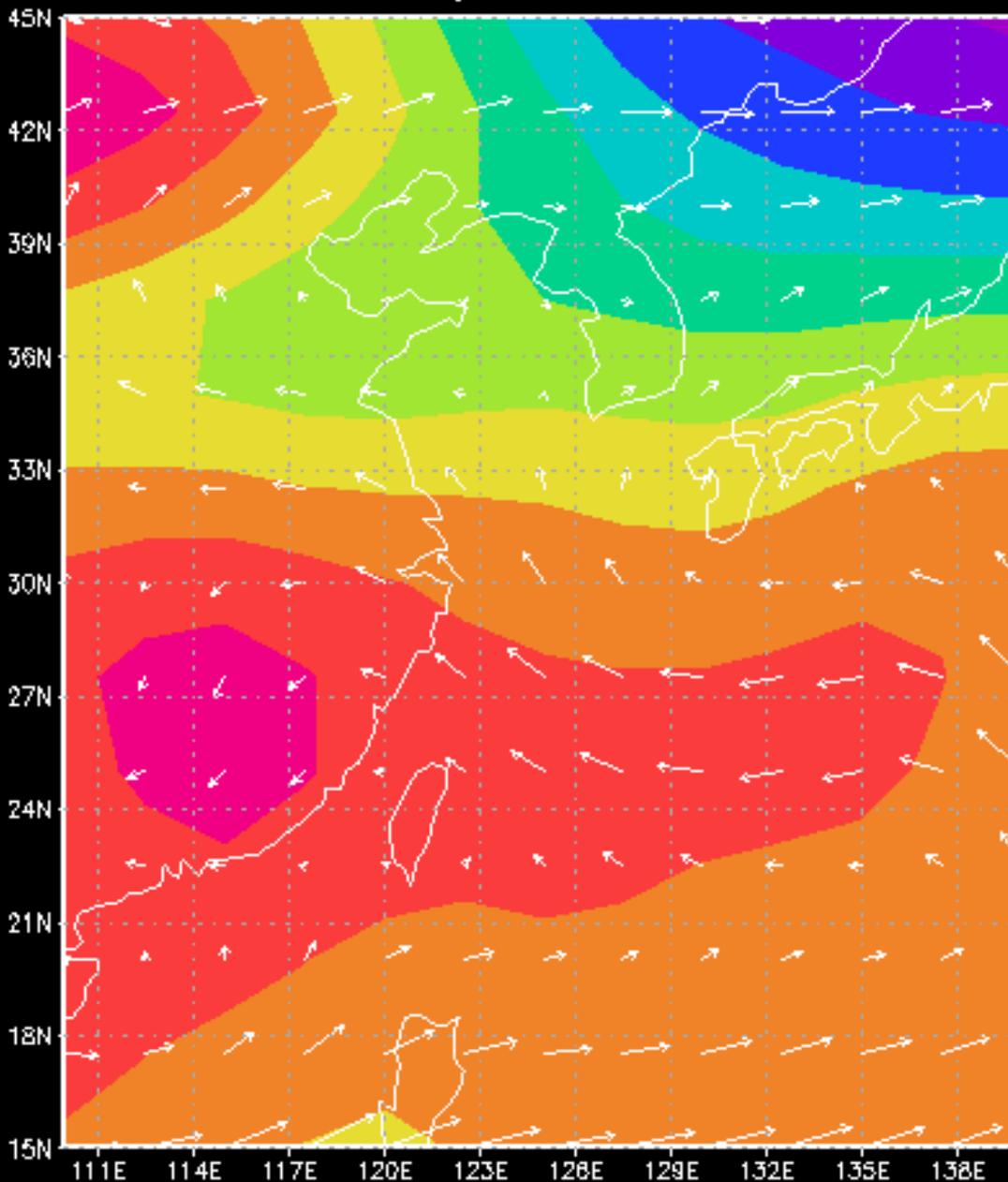
關閉檔案

```
'reinit '  
'set parea 1 10 1 7.5'  
* open control file  
'open ex1.ctl'  
* set region and time  
'set lon 110 140'  
'set lat 15 45'  
'set t 8'  
* plot filled contours  
'set gxout shaded'  
'd Ta'  
'cbar'  
* plot wind vector  
'set gxout contour'  
'd u;v'  
* add title  
'draw title 2010/08 T&Wind'  
* save figure to myplot.png  
'printim myplot.png'  
* close file  
'close 1'
```

2010/08 T&Wind

myplot.gs

執行myplot，
結果如右圖，
並產生myplot.png



6

NCEP GFS 全球氣象場16天預報即時資料

- 直接用GrADS遠端連線開啟檔案

`sdfopen` http://nomads.ncep.noaa.gov:80/dods/gfs_1p00/gfs20201102/gfs_1p00_00z

（網址中的日期是預報初始時間，可以修改以取得不同初始時間進行的預報結果，最早為一星期前初始的預報）

- 資料說明網頁（包含所有變數名稱）：

http://nomads.ncep.noaa.gov:80/dods/gfs_1p00/gfs20201102/gfs_1p00_00z.info

（空間解析度 $1^{\circ} \times 1^{\circ} \times 26$ levels，時間解析度3小時）

- 可直接畫出初始時間開始的未來16天氣象狀況（例如：畫出三天後地面溫度（單位為K），並儲存圖檔）

```
set t 17
```

```
d tmpsfc
```

```
printim Ts.png
```

網路資源

- 網頁版詳細使用手冊 <http://cola.gmu.edu/grads/gadoc/gadoc.php>

 *Grid Analysis and Display System*
(GrADS) 

COLA Climate Dynamics PhD GrADS Weather Maps
Virginia Weather

Downloads Documentation Users Forum GrADS Data Server (GDS)

GrADS Documentation

The online (html) version of the GrADS documentation has become the standard base documentation for GrADS. Follow the links below to the Users Guide, an introductory tutorial session, and an alphabetical subject index. Note the documentation is covered under the same *copyright* as the GrADS source code.

→ **The Users Guide**

The Users Guide is the fundamental document that provides information about how to use GrADS. The four main chapters are General Topics, Analysis Topics, Display Topics, and the GrADS Scripting Language.

→ **Tutorial**

The tutorial will give you a feeling for how to use the basic capabilities of GrADS. This sample session takes about 30 minutes to run through. It is highly recommended for new users. (En Español.)

Index

The Index provides a quick and easy interface for checking the syntax and usage of any GrADS command or function. Subject headings from the User's Guide are also listed in the Index.

Download HTML Documentation

You can download a compressed tar file containing all the html source code. These can be useful to install on your local computer if you have a slow internet connection or if you travel often with a laptop.
http://cola.gmu.edu/grads/gadoc_files.tar.gz (last updated 14 December 2015)

Download Hard Copy Documentation

If you simply *must* have a printable version of the documentation, you will have to settle for a version that is outdated and no longer supported. The following formats are available:

PDF
Postscript (G-Zipped and A4)
ASCII

→ GrADS Commands Quick Reference Card
Scripting Language Quick Reference Card

- 函數/script工具下載網站：

- GrADS script library <http://cola.gmu.edu/grads/gadoc/library.html>
- Bin Guan's GrADS script library <http://bguan.bol.ucla.edu/bGASL.html>

GrADS Script Library

basemap.gs	Overlays a land or ocean mask that exactly fits the coastal outlines. Requires the following supplemental data files: lpoly_lowres.asc and lpoly_mres.asc and lpoly_hires.asc opoly_lowres.asc and opoly_mres.asc and opoly_hires.asc See instructions in script header for using lpoly_US.asc to mask out non-US areas.
box_and_whisker.gs	Demonstrates how to use gxout bar and errbar to draw a box and whisker plot
cbar.gs and cbarm.gs	Scripts to draw a long rectangular color legend next to shaded plots. cbar.gs is the original version -- just the filled rectangles with labels cbarm has some added features and arguments -- it draws outlines and triangular endpoints cbarm will look better if using 30+ colors -- labels are drawn at appropriate intervals
cbarc.gs	Draws a small fan-shaped color legend in the corner of shaded plots.
cbar_l.gs cbar_line.gs cbar_line2.gs	Scripts to draw a legend for line graphs.
cmap.gs	Creates a color table. See additional documentation .
connect_the_dots.gs	Draws a line connecting user's mouse clicks.
define_colors.gs	Defines a variety of colors using the set_rgb command.
defval_demo.gs	Illustrates the use of g_defval and set_defval commands.
draw_pdsi.gs	Demonstrates a way to use the shapefile interface in GrADS by drawing the Palmer Drought Severity Index (PDSI) values for U.S. climate divisions.
font.gs	Displays all the characters in a font set.
isen.gs	Displays a field interpolated to a specified isentropic level.

Bin Guan's GrADS Script Library Version 2012.04

Copyright (C) 2004-2012 Bin Guan.

Analysis			Plot			Misc.	Ancillary
astudt.gs	lagregr.gs	rms.gs	colorbar.gs	fillcon.gs	taylor.gs new	ppp.gs	parseopt.gsf
deseason.gs	ltrend.gs	studt.gs	drawbox.gs	legend.gs	vector.gs	save.gs	parsestr.gsf
fcorr.gs	norm.gs	tave.gs	drawline.gs	plot.gs			qdims.gsf
hist.gs	one2one.gs	tmskt.gs	drawmark.gs	shadcon.gs			
lagcorr.gs	rmean.gs		drawstr.gs	subplot.gs			

Script	Usage (Notation: <>: required arguments; [<>]: optional arguments.)
Download All	
astudt.gs	Two-tailed Student t-test. Usage: astudt < dof > < p > [< t >] < dof >: degree of freedom. < p >: probability. < t >: t-statistic. Defaults to astudtout. Dependencies: studt.gs See also studt.gs

Windows 10 Movie Maker 製作影片

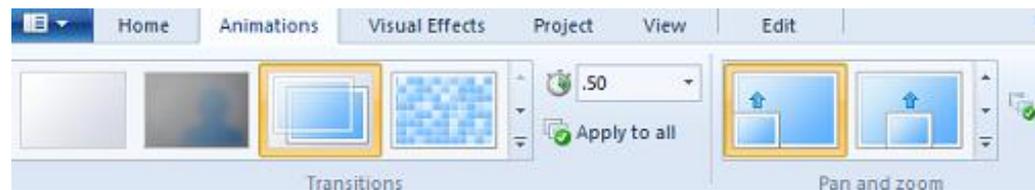
- 教學網頁 <https://www.winxdvd.com/windows-10/movie-maker-download-zh.htm>

- 下載軟體 <http://windows.microsoft.com/en-us/windows-live/movie-maker>

- 添加圖片
按時序排列



- 添加漸層效果



- 存檔

