

# 電離層探測儀與實高分析

# 電離層電波探測

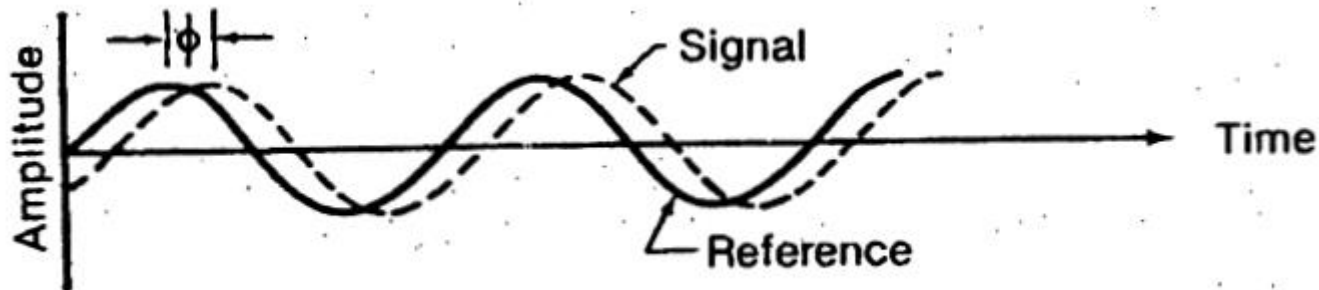
- 衛星觀測
  - 掩星觀測
  - 上層電離層雷達觀測
- 地面觀測
  - 被動式（信標接收）
    - GPS全電子含量、福衛三號三頻段信標儀（Tri-Band Beacon）
  - 主動式（雷達探測）
    - 電離層探測儀（ionosonde）及衍生儀器
    - 都卜勒雷達
    - 同相散射雷達（coherent scatter radar）
    - 非同相散射雷達（incoherent scatter radar）

# 電離層探測儀及衍伸改良儀器

- 類比
  - Ionosonde
- 數位
  - CADI
  - NOAA/HF Sounder
  - Digisonde
  - IPS-42/71 Sounder
  - Dynasonde
  - BIZON....., etc.

# 電離層探測儀的基本原理

- 最基本的觀測紀錄為電離圖 (ionogram)
- 發射不同頻率的電波進行掃頻觀測
- 回波機制為類全反射
- 垂直觀測和傾斜觀測
- 測量原理
  - 飛行時間 (time of flight) 測距
  - 定相 (stationary phase) 測距



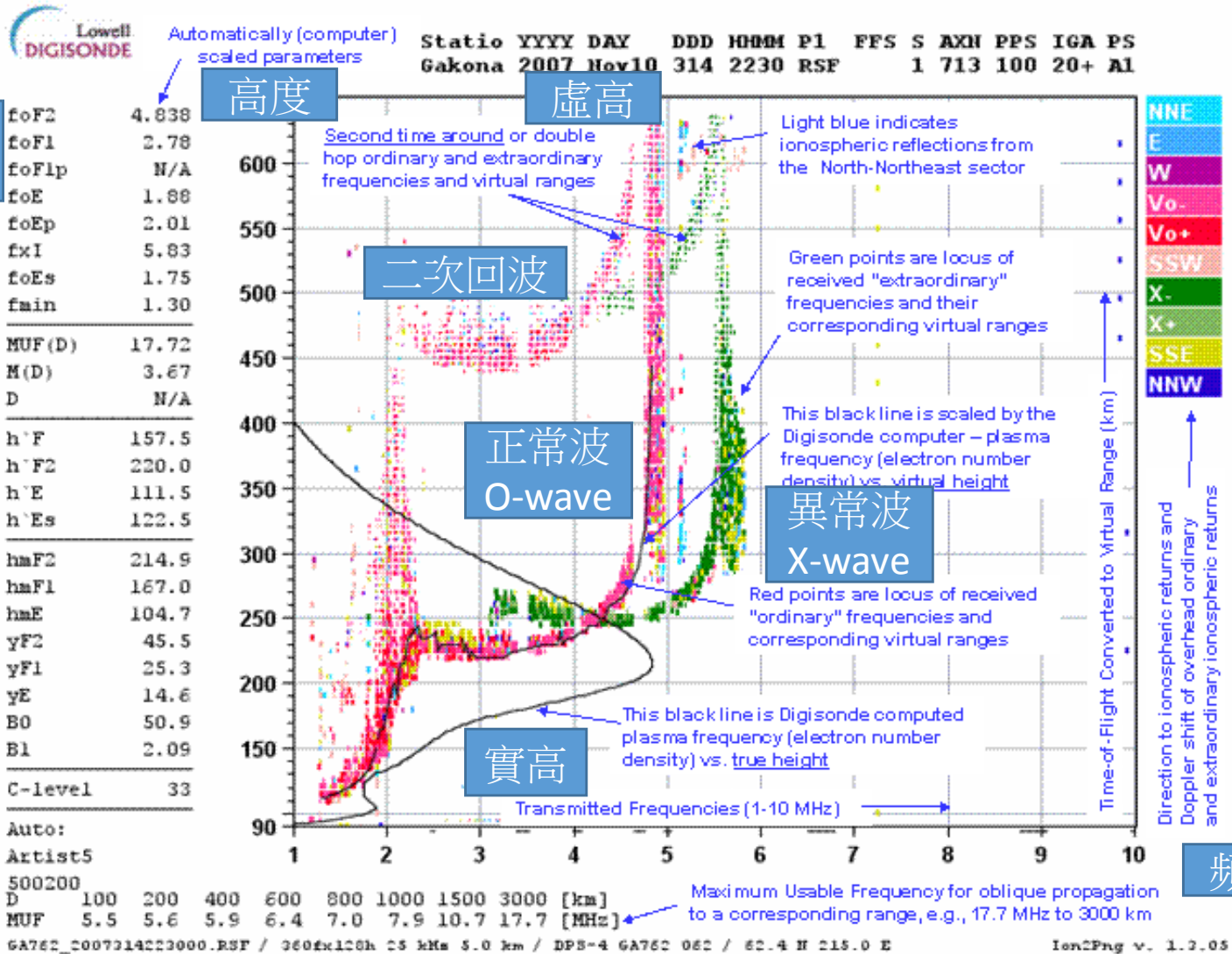
# 電離層探測儀的硬體特性

掃頻範圍	0.1 – 30 MHz
頻率解析度	0.1 MHz
時間解析度（觀測間距）	15 秒 – 5 分
測量範圍（虛高）	1000 公里
高度解析度	飛時7.5 公里 / 飛時+定相200 公尺
瞬間最大功率	1 – 10 kW
脈衝時間長度	30 $\mu$ s

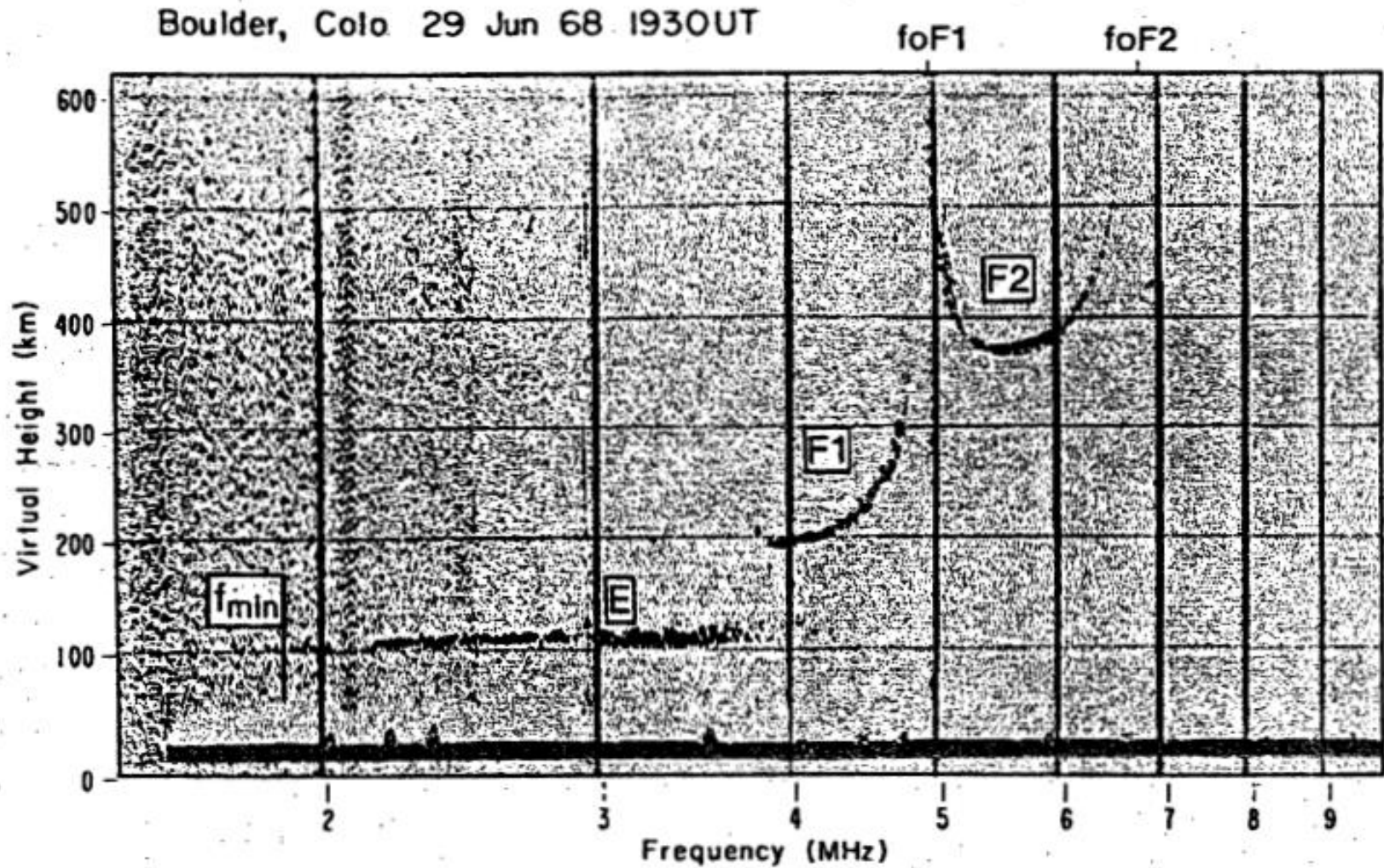
各種特性會因硬體設計或觀測需求略有改變

# 電離圖

電腦判讀



# 由電離圖找出E/F1/F2層



# 重要的電離圖參數

- 頻率

- $f_{\min}$  最小回波頻率
- foE E層最大回波頻率（正常波）
- foEs 散塊E層最大回波頻率（正常波）
- foF1 F1層最大回波頻率（正常波）
- foF2 F2層最大回波頻率（正常波）
- $f_x^{**}$  同以上各種，但為異常波
- MUF 通訊最大可用頻率

- 高度

- h'E E層最低回波高度（虛高）
- h'Es 散塊E層最低回波高度（虛高）
- h'F1 F1層最低回波高度（虛高）
- h'F2 F2層最低回波高度（虛高）
- hmE E層最大電子濃度的高度（實高）
- hmF1 F1層最大電子濃度的高度（實高）
- hmF2 F2層最大電子濃度的高度（實高）





Automatically (computer) scaled parameters

Statio YYYY DAY DDD H000 P1 FFS S AXH PPS IGA PS  
 Gakona 2007 Nov10 314 2230 RSF 1 713 100 20+ A1

foF2	4.838
foF1	2.78
foF1p	N/A
foE	1.86
foEp	2.01
fxI	5.83
foEs	1.75
fmin	1.30
<hr/>	
MUF(D)	17.72
M(D)	3.67
D	N/A
<hr/>	
h'F	157.5
h'F2	220.0
h'E	111.5
h'Es	122.5
<hr/>	
hmF2	214.9
hmF1	167.0
hmE	104.7
yF2	45.5
yF1	25.3
yE	14.6
B0	50.9
B1	2.09
C-level	33

Auto:

Artist5

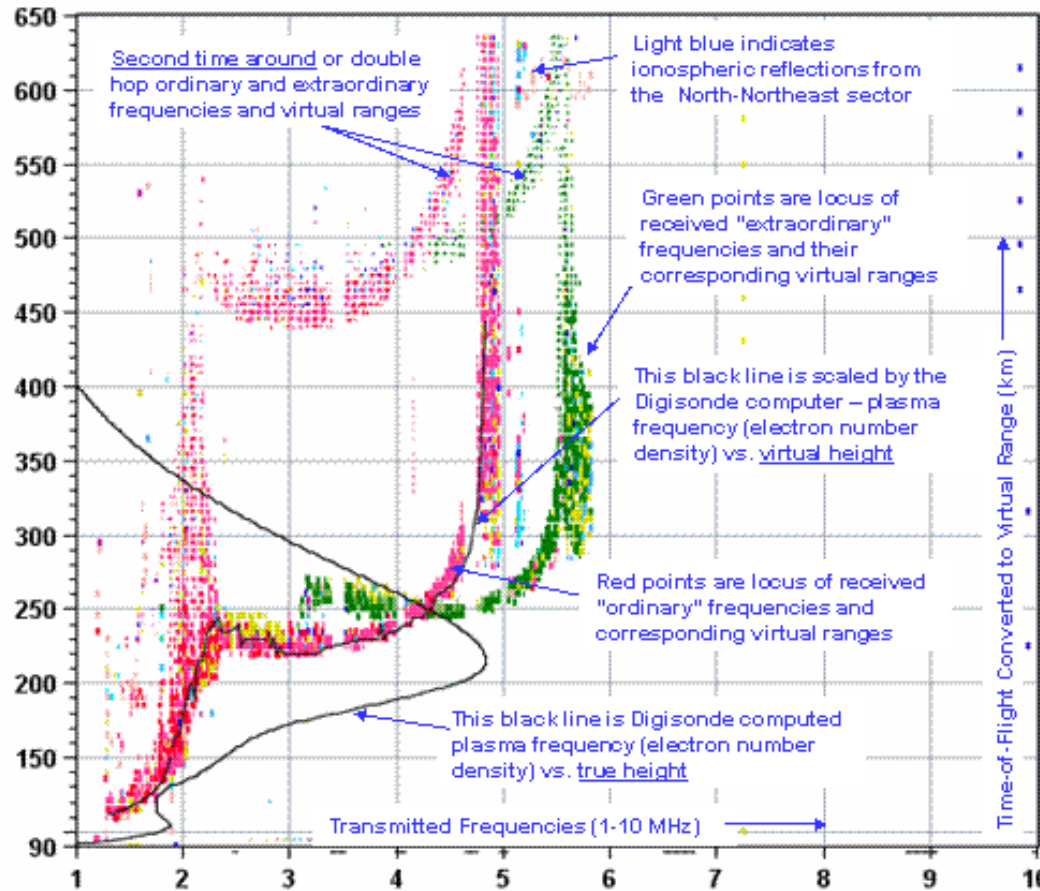
500200

D 100 200 400 600 800 1000 1500 3000 [km]

MUF 5.5 5.6 5.9 6.4 7.0 7.9 10.7 17.7 [MHz]

GA762\_2007314223000.RSF / 360fx120h 25 kHz 5.0 km / DPS-4 GA762 062 / 62.4 H 215.0 E

Ion2Phg v. 1.3.05

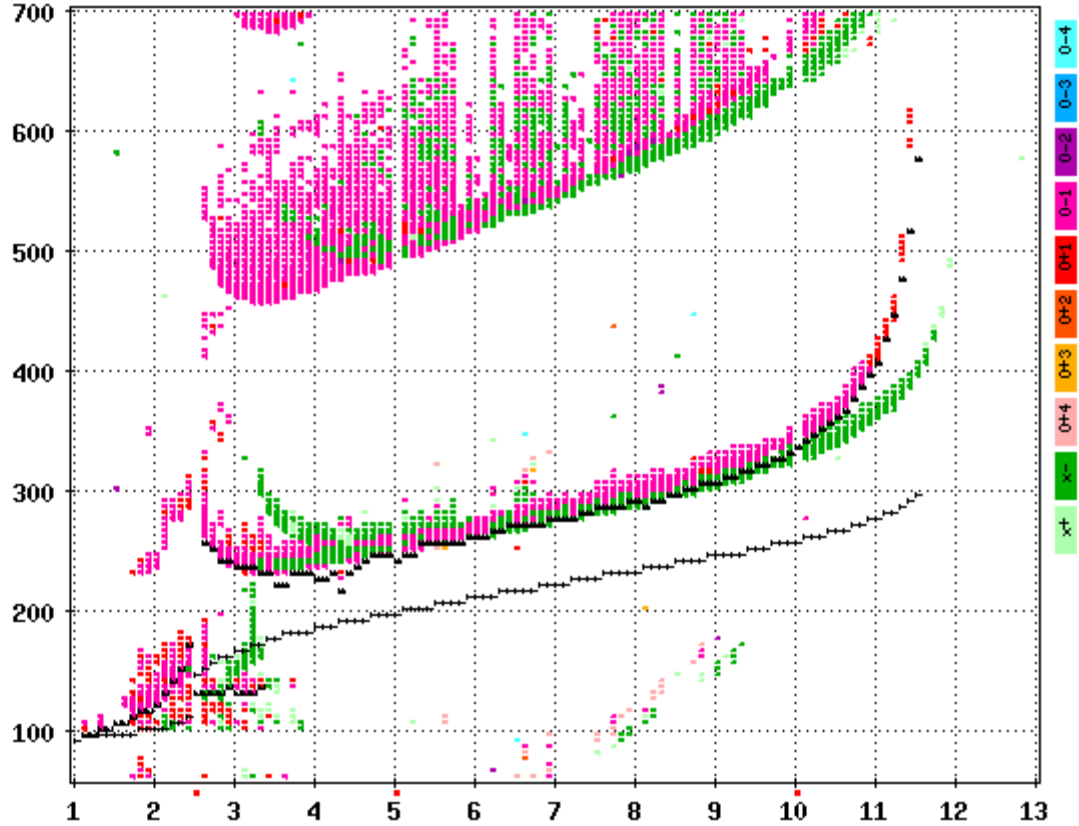


NNE
E
W
Vo-
Vo+
SSW
X-
X+
SSE
NNW

Maximum Usable Frequency for oblique propagation to a corresponding range, e.g., 17.7 MHz to 3000 km

STATION YYYY DAY DDD HHMM P1 FFS S AXN PPS IGA PS  
 VANDENBERG\_AFB 1998 Nov06 310 0000 MMM 500-1 846 200 +2+ B1

foF2	11.55
foF1	N/A
foF1p	N/A
foE	2.42
foEp	2.28
fxI	12.20
foEs	3.30
fmin	1.10
<hr/>	
MUF	34.52
M	3.002
D	3000
<hr/>	
h'F	215
h'F2	N/A
h'E	95
h'Es	128
<hr/>	
zmF2	304
zmF1	N/A
zmE	114
yF2	99
yF1	N/A
yE	24
B0	99.7
B1	2.29
C-level	1



# 虛高 (virtual height)

- 電磁波從地面發射到電離層反射之間，各個高度的介質特性（電漿濃度）不同。
- 介質不同時需考慮折射係數對電波傳播的影響。
- 電離層的折射係數受到以下變數影響
  - 電波頻率
  - 電子濃度／電漿頻率
  - 磁場
  - 碰撞頻率
- 忽略磁場與碰撞，相位折射係數簡化後成為

$$\mu^2 = 1 - \left(\frac{f_N}{f}\right)^2$$

$f_N$ ：電漿頻率       $f$ ：電波頻率

$$\mu = \frac{c}{v_p}, \mu' = \frac{c}{v_g}$$

因  $v_p v_g = c^2$

$$\mu = \frac{1}{\mu'}$$

在真空中

$$h_V = \frac{1}{2} c t_V$$

假設在電離層中， $\mu'$ 為一定值，電波往返所需時間

$$t = \frac{2h}{v_g} = \frac{2h\mu'}{c}$$

$$h' = \frac{1}{2} c t = h\mu' = \frac{h}{\mu}$$

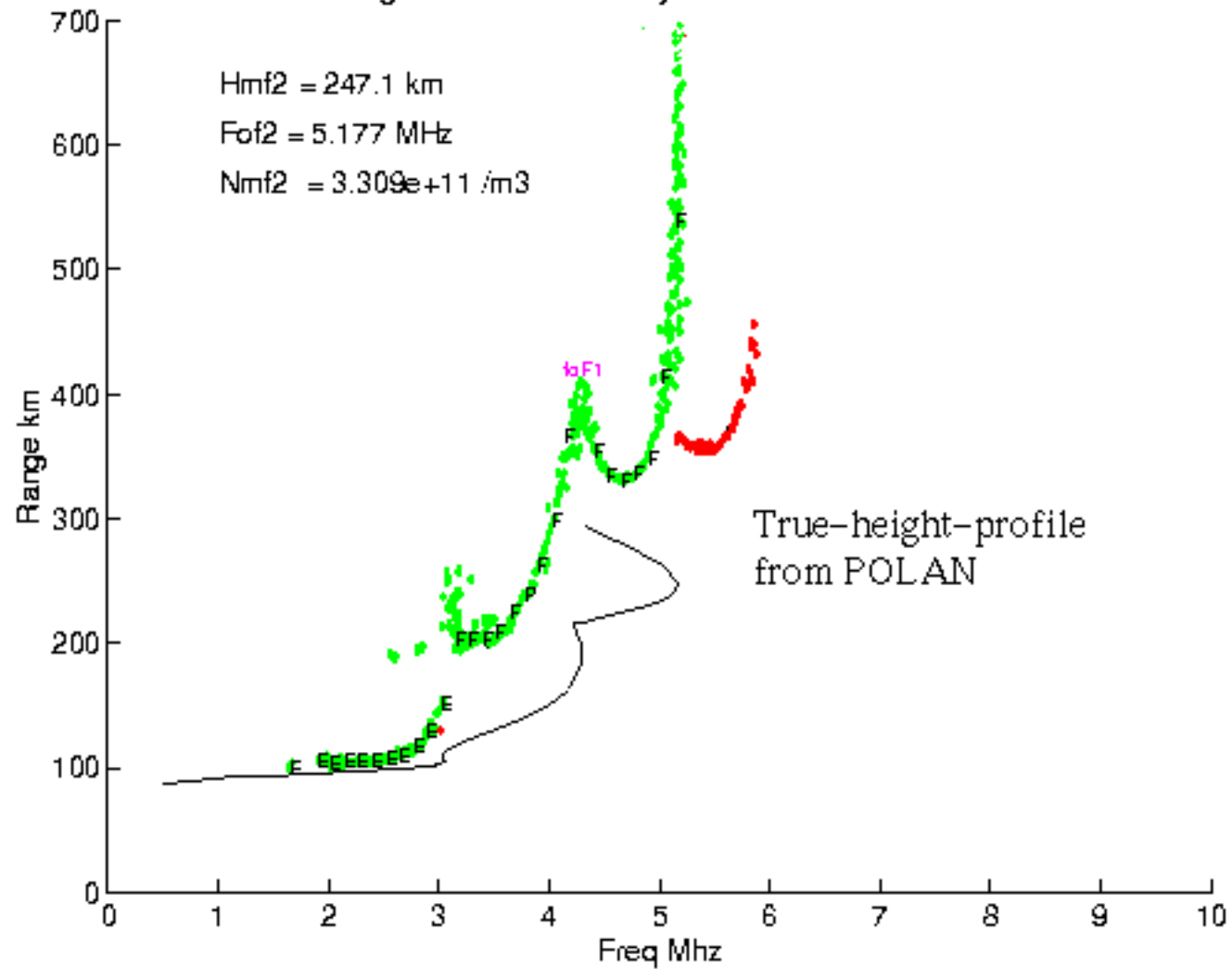
因真實電離層的折射係數 $\mu$ 及 $\mu'$ 不是一個常數，改為以下形式

$$h' = c \int_0^h \frac{dh}{\mu}$$

# 實高分析 True Height Analysis

## 多項式法 Polynomial

Ionogram from EISCAT Dynasonde 140/1994 11:22



DATE: 19-May-2012 LOCAL TIME: 0400 hours

PEAK (MHz): 8.18 HEIGHT (km): 278.30

Frequency(MHz); Virtual height(km); Frequency (MHz); Real height(km)

2.63 234.43 0.50 167.20

2.73 234.43 1.57 195.90

2.90 234.43 2.63 211.20

3.00 234.43 2.73 212.40

3.17 234.43 2.90 214.10

3.31 234.43 3.00 214.90

3.48 234.43 3.31 217.10

3.58 234.43 3.48 218.10

3.68 234.43 3.58 218.70

3.78 234.43 3.68 219.20

3.88 234.43 3.78 219.70

4.05 234.43 3.88 220.10

4.15 234.43 4.15 221.20

4.29 234.43 4.29 221.60

4.39 234.43 4.39 222.00

4.53 234.43 4.53 222.40

4.66 234.43 4.66 222.80

4.76 234.43 4.76 223.00

4.86 234.43 4.97 223.70

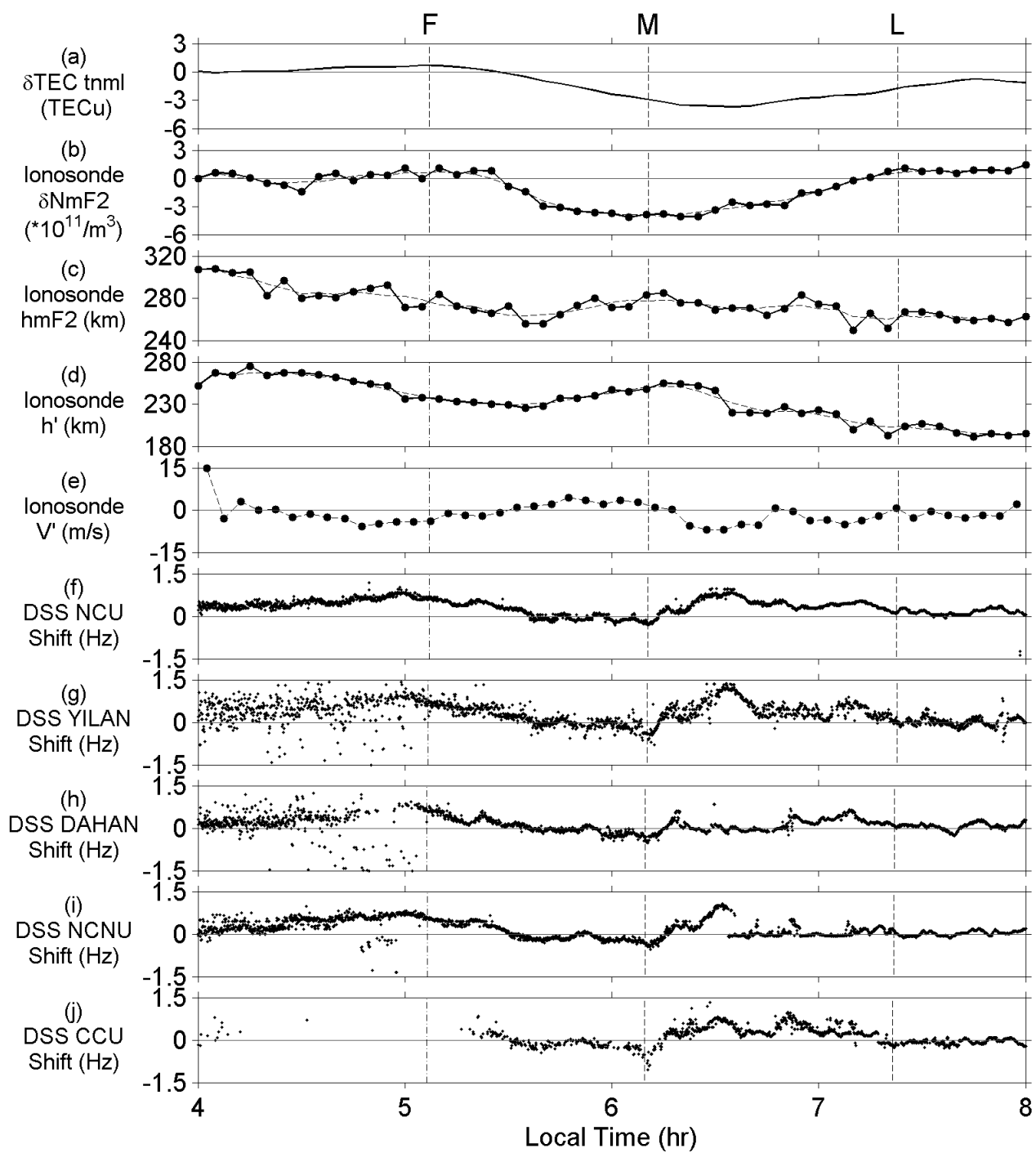
4.97 236.96 5.07 224.20

5.07 236.96 5.17 224.60

5.17 239.49 5.27 225.10

5.27 239.49 5.37 225.60

5.37 242.03 5.47 226.30





# 何處取得電離圖資料？

- <http://wdc.nict.go.jp/IONO/HP2009/ISDJ/index-E.html>
- <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/IONO/Dynasonde/>