

# 氣象雷達資料視覺化研究

鳳雷<sup>1</sup> 周仲島<sup>2</sup>

1 空軍氣象中心

2 台灣大學大氣科學系

摘要

雷達資料三維視覺化顯示的研究，常可在國外的雷達氣象研討會上看到，學術性氣象期刊上亦常有文章利用三度空間的顯示方式來突顯所要表達的資訊。在氣象領域中為國人所熟知的就是美國 Wisconsin 大學所發展的 Vis5D。由於電腦軟硬體快速的進步，視覺化顯示已是非常容易達到的一件事。本文即一篇利用開放源碼社群中的免費資源來達成氣象雷達資料三維視覺化顯示的技術報告。

關鍵字：視覺化、氣象雷達

(2001 年 4 月 26 日收稿；2001 年 5 月 7 日定稿)

## 一、前言

國內研究用途的氣象雷達資料以回波場 (reflectivity) 及徑向速度場 (radial velocity) 最多。不論是回波場或徑向速度場均包含大量的資料。以中正機場雷達為例，最常見的完整都卜勒空域掃描 (12 層 PPI)，其數據量為 12 層 x 420 波束 x 120 gate，共有為 604800 個回波及 604800 個徑向速度場資料。中正機場雷達在加強觀測時，每 15 分鐘即會做一次都卜勒模式及一次非都卜勒模式的空域掃描，故每一個小時將產生  $3 \times 4 \times 604800$  (約 7.25 百萬) 個數據資料。如何有效的處理這些資料，效率就成為一重要的課題。

雷達空域掃描 (volume scan) 資料，是以極坐標方式儲存並非直角網格資料。為了方便資料處理，通常會將極坐標資料內插至直角網格上。這個部份屬於客觀分析，常用的方法有：最近點、雙線性內插、Cressman 及 Barnes 客觀分析法等，在此不討論。不論如何，觀看這些雷達資料的常見方式就是把數據資料轉換成圖形，如 AI、PPI、CV、RHI、Cross-Section 及 CAPPI 等。大部份的圖形都是顯示二維的資訊。三度空間的資料以二維方式顯示，主要是

因為顯示器就是二維的限制。若要以二維的顯示硬體來顯示三維的圖，就必需要做大量的運算，將三度空間的影像投影在二維的平面上。

要使用三度空間的視學化顯示，有一些門檻必需要超越：

1. 快速的浮點運算主機。
2. 圖形顯示加速卡。
3. 大量的記憶體。
4. 視覺化程式庫。
5. 使用者界面設計程式語言。

前三項屬硬體需求：這個部份因為近年來資訊工業快速的進步，大部份的電腦系統均可達到這個硬體需求，本中心的 SGI O2 入門級工作站即可輕鬆達到這要求 (註，只要將 O2 工作站的記憶體從 32MB，增加至 128MB 即可)。當然如使用 INTEL Pentium III 800，加上 3D 加速卡、17 吋螢幕的 Linux 系統 (即市場上中階個人電腦系統) 亦可達到此要求。當然，使用 SGI O2 工作站的優點是其圖形加速卡具有業界標準 OpenGL 硬體加速功能。後兩項屬軟體需求：第一項，視覺化程式庫是屬於非常專業的軟體程式庫，索價通常高的令人怯

步。第二項，具有使用者操作界面的程式通常需使用 C 或 C++ 來設計，再呼叫 Widget 程式庫，此種軟體也非常的昂貴，加上本人(大部份氣象背景的人也是如此)對 C 及 C++ 的不熟悉，所以這也是難題之一。軟體需求這個部份，直至最近才找到一個又好又免費的解決方案。

## 二、使用資源

雷達資料 3D 視覺化顯示的研究，在國外早已有許多人發表各種成果在科學期刊(科學視覺化方面)，氣象期刊上亦有文章利用這種顯示方式來表達資訊。在國內亦有少數研究成果使用現成的 3D 視覺化工具來呈現成果，但雷達資料因無免費的現成工具，故在國內尚未見過三維視覺化雷達資料，本文可算是這方面的先鋒。這個研究，在台灣大學大氣系周老師的鼓勵及電腦硬體、軟體支援下，終於有了些許的成果。以下為此專案計劃的軟體分析：

軟、硬體資源：

### 1. 工作站

程式發展主要在 SGI O2，其規格如下：

IRIX 5.3

MIPS R-5000 CPU

128 MB RAM

4.3 GB DISK

在 Origin200 及 PC linux 上亦做過測試。

### 2. C 及 C++ 編譯程式

主要用來編譯 VTK 及 TCL/TK 的程式庫及執行檔，編譯程式為不可缺少的工具程式，當然也可用 GNU C/C++ 來取代它。

### 3. VTK2.2

視覺化程式庫(Visualization ToolKit)，為 C++ 的類別程式庫，屬開放原始碼(open source)免費軟體。它雖然是免費的，但卻是最重要的元件，所有的視覺化計算都是透過它來達成。程式庫中包括 2D 影像(image)、3D 繪圖(graphic)、資料輸出輸入(I/O)界面及各種過濾器(filter)等類

別。此類別函數可以直接由 C++ 程式呼叫，亦可利用 Tcl/TK 或 Python script language 直接使用，使用 script language 的好處是程式不需經過編譯過程，執行時每一道敘述的結果即刻可知，開發時程短。

### 4. The Visualization Toolkit an object-oriented approach to 3D graphics, 2<sup>nd</sup> Edition 及 VTK user guide

第一本書是介紹電腦圖學原理的書，要設計視覺化程式當然必需具備一些電腦圖學的常識。第二本書 VTK 的使用手冊，因為 VTK 是由 kitware 公司所開發，但為軟體本身為 open source，可免費從網路下載，故該公司以賣書(上述二本書)及專業諮詢作為主要收入。

### 5. TCL/TK 8.0.3

使用者界面設計程式語言 Tool Command Language/ToolKit，屬 script language(原始程式碼即為執行檔，類似 csh 及 ksh script 的執行方式)，原為昇陽(Sun)電腦公司所開發的 freeware，1998 年獨立出來成為 Scriptics 公司。但軟體仍為 freeware，可免費從網路下載，故該公司以賣較高階的開發工具 Tcl Pro 及專業諮詢作為主要收入。

### 6. Tcl Pro 1.1

如 5. 所述，為高階的 TCL 開發工具，具有四個主要工具：TclPro Debugger, TclPro Compiler, TclPro Wrapper, TclPro Checker。script language 的特性是，若要將程式供他人使用時，則所有的原始程式碼都要一併提供。如此將無法保護智慧財產。TclPro Compiler 可以將 tcl 程式編譯，當程式需要散佈時就可以將原始碼隱藏起來，這個部份可有可無。在這個專案中，主要是利用程式除錯器(TclPro Debugger)來加速程式開發速度。

因為上述的開發工具(VTK 及 TCL/TK)均為免費的，所以只要自己需要的程式庫及執行檔建好，開發環境就建立完成了。建立開發環境這項工作需要不少 UNIX 程式設計的背景知

識。特別是在 LINUX 系統，有不少問題需自己解決！值得一提的是，因為這兩套軟體是屬於 open source，其程式碼是完全公開地，故在不同作業系統上均可執行，目前已知在 SUN、SGI、DEC 的 Unix，PC Linux，Win95/Win NT 及 Mac OS 均已移植(由於 PC Linux 使用者日眾，在此平臺上的支援愈來愈多)。

## 三、雷達資料視覺化程式簡介

### 雷達資料視覺化程式

"IsoEchoTerrain.tcl"，目前可以處理回波資料的三度空間視覺化顯示，並具有一簡單的使用者操作界面。使用者使用滑鼠左鍵、中鍵及右鍵可與顯示視窗做交互式的控制，控制面板則提供幾個精確控制的功能。

功能概述(如圖 1 screen snapshot)：

#### 1. 滑鼠左鍵：

點視窗內左側，圖形向左翻轉，  
點視窗內右側，圖形向右翻轉，  
點視窗內上側，圖形向上翻轉，  
點視窗內下側，圖形向下翻轉。

#### 2. 滑鼠中鍵：

點視窗內左側，圖形向左平移，  
點視窗內右側，圖形向右平移，  
點視窗內上側，圖形向上平移，  
點視窗內下側，圖形向下平移。

#### 3. 滑鼠右鍵：

點視窗內上側，圖形縮小，  
點視窗內下側，圖形放大。

#### 4. Iso animate button：回波等值面，由大到小的動畫。

#### 5. Iso actor checkbox：回波等值面出現或不出現。

#### 6. Iso surface scaler：指定到特定數值的一個等值面。

#### 7. Slicer(n) animate button：slicer(n)的

動畫，(n)表 x、y、z 坐標。

#### 8. Slicer(n) actor checkbox：slicer(n)出現或不出現。

#### 9. Slicer(n) scaler：將 slicer 指定到特定位置。

#### 10. Terrain actor checkbox：地形出現或不出現。

#### 11. View menubutton：視角的選擇。

#### 12. Generate ppm：產生影像圖檔。

#### 13. Exit button：離開。

操作範例：詳如圖 2-6

## 四、結論

由於網際網路的普及以及開放原始碼(open source)運動的興起，軟體工業已開始有所變化，電腦軟硬體資源已不再是壟斷知識傳播的一道鴻溝。電腦硬體已經非常便宜，中階的個人電腦能力可比的上十年前的大型主機。電腦軟體由於有眾多軟體大師無私的貢獻，亦不再由少數人所壟斷。開放源碼則集合世界各地的熱情工程師共同發展、除錯及維護新軟體，因此通用的軟體工具將來必定非常容易取得。因此，如可增加專業領域的知識、收集並融合已可利用的工具來完成客製化(customize)服務才是價值所在。本文即是集合網路上可用資源所完成的專案計劃，雖然功能陽春，卻已展示了開放原始碼的重要性。同樣的這也給我一個重要的啟示，封閉的社群將來是無法與人競爭的。以本案為例，試想要一個人從無到有獨自開發一個雷達資料視覺化工具，若不使用網路上可用的資源，將不是一個人所能完成的，因為一個人的時間是有限的，無法同時成為電腦圖學大師、又是 widget 設計者、又為 script language 設計者、又瞭解雷達資料處理方法。同樣的，若想利用經過短暫訓練的有限人力來執行先進的軟體專案已是不可能的任務了，因為每個領域都愈來愈複雜、愈來愈專業，唯有長期培養所需專業領

域的人員，並時時世界的領先者交流才能跟的上時代潮流。

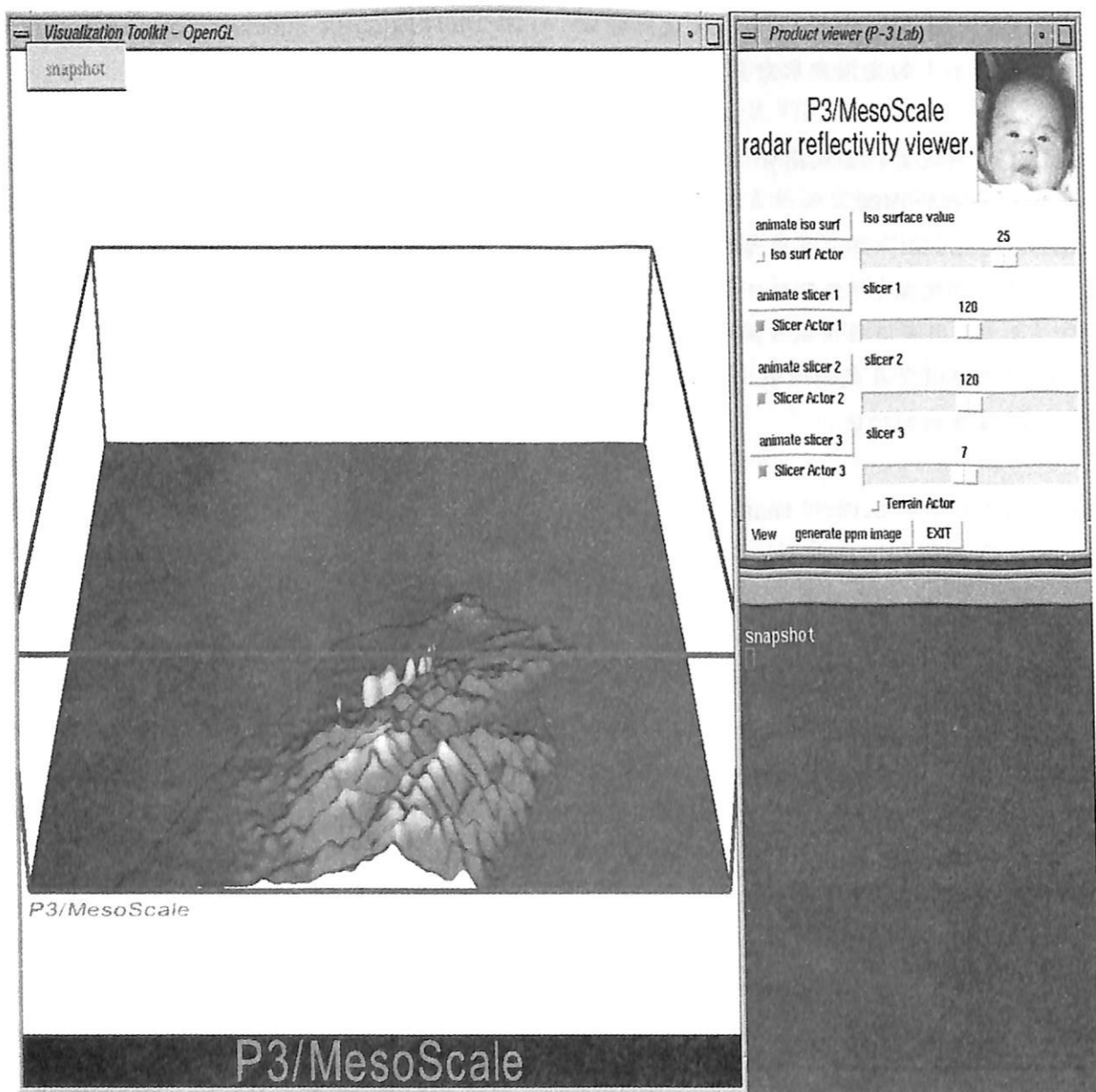


圖 1 screen snapshot

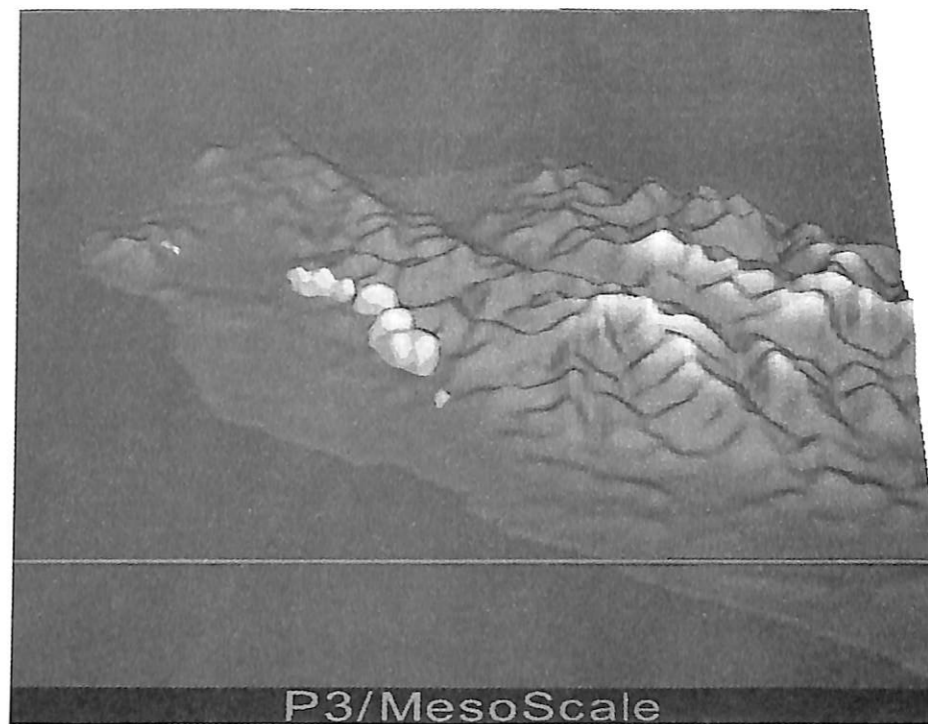


圖 2 放大及旋轉至另一個視角。

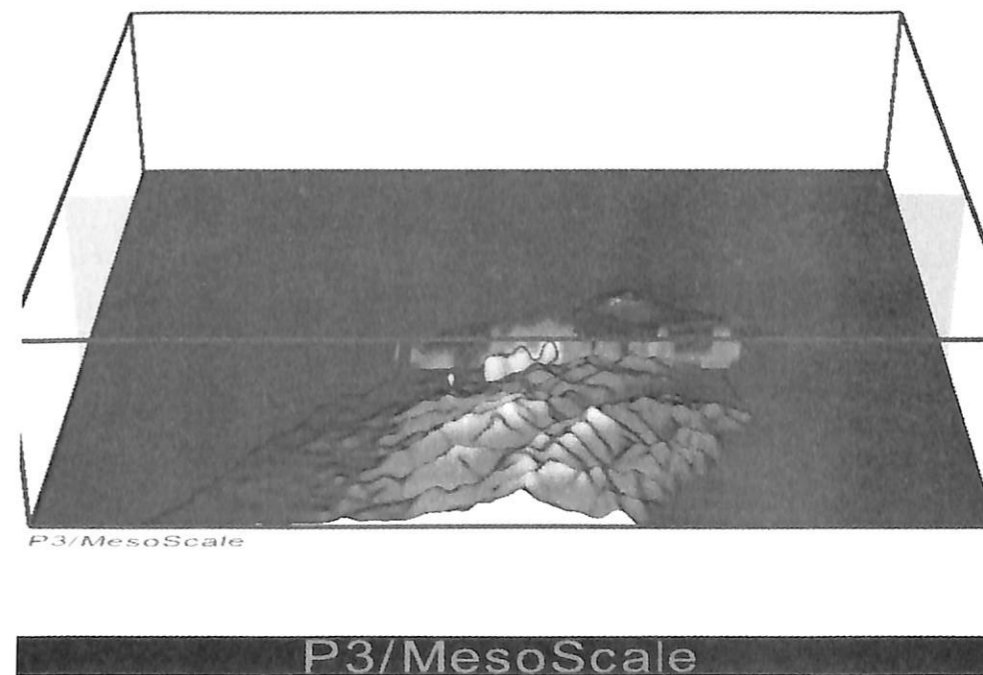
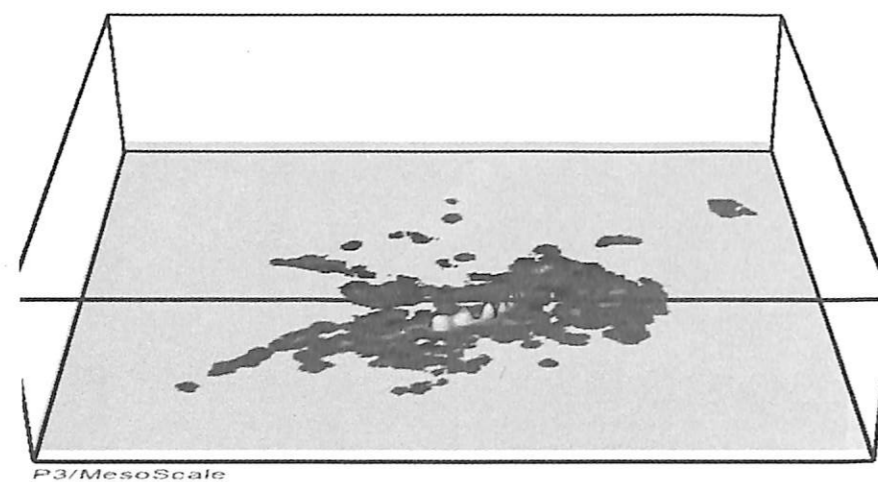


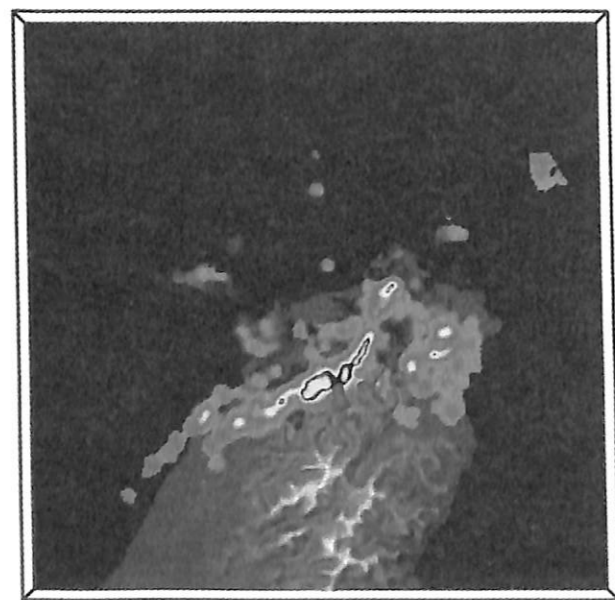
圖 3 加入 slicer2(x 軸線方向)。



P3/MesoScale

P3/MesoScale

圖4 取消 terrain actor，加入 slicer3(z 軸線方向)。



P3/MesoScale

P3/MesoScale

圖5 View from top(上視圖)。

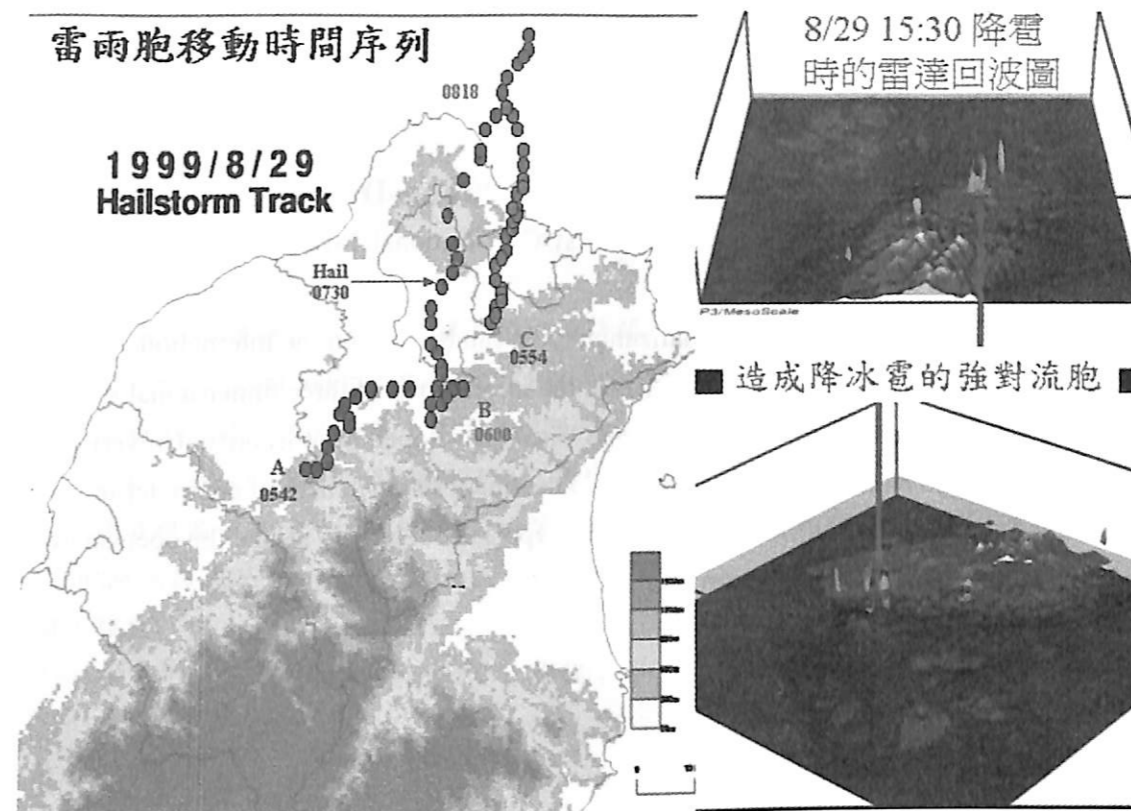


圖6 雷達視覺化軟體應用在台灣北部雹暴個案，圖中紅色箭頭所指就是造成降雹的劇烈對流胞。

# The study of meteorology radar data visualization

**Feng Lei**

Weather Central, Weather Wing ,CAF ROC

**Jong-Dao Jou**

National Taiwan University

To display the weather radar data by the visualization tools can be seen on the International Radar Conference. Use the visualization method to enhance the information of three dimensional structure aslo can be seen on meteorology journal. The package Vis5D developed by Wisconsin Univeristy is the most famous of domestic meteorology field. Owing to the quick advancement of computer industry, it is easy to achieve the visualization. This is a technique report about how to utilize the open source resources to build a radar data visualization tools.

Keywords : visualization 、 meteorology radar