

# 地理資訊系統在氣象資訊整合與應用之研究

呂芳川<sup>1</sup>、陳啓南<sup>2,3</sup>、朱昌敏<sup>1</sup>、汪建良<sup>2</sup>、陳文定<sup>4</sup>

<sup>1</sup>南榮技術學院、<sup>2</sup>國防大學理工學院、<sup>3</sup>陸軍官校、<sup>4</sup>海軍大氣海洋局

## 摘要

針對特定區域採用海軍巢狀模組氣象預報模式(RSM)進行天氣預報與大氣環境模型建立,補足氣象觀測資料於時間與空間的不足之有效方法,進而採用地理資訊系統(GIS)作業平台進行空間資訊整合;整合氣象模式輸出、蒸發導管高度預報、雷達觀測及地理圖資等資料,過程如下:針對雷達掃描原始資料轉換後,則繼續進行氣象模式模擬資料轉換進入GIS,經過程式計算修正折射指數及其梯度,再藉由GIS空間資訊管理之功能,提供雷達作業之氣象場即時查詢之功能。

(1)單點查詢:同時顯示該點所有氣象場及大氣折射效應等資訊,並且可以輕易的查詢單點垂直剖面資料,有利雷達守視人員以方便的人機介面,透過簡便的方式查詢雷達作業所需要的資料。

(2)大氣折射效應圖:提供三度空間所有折射效應於平面地理分布上,顯示陷捕位置供雷達作業參考。

(3)鍵入美軍大氣折射效應預報系統(AREPS):運用所建立完成的大氣環境模型,選取所需要的點位大氣折射效應資料,以便進一步實施電磁環境作業。

關鍵字:地理資訊系統、大氣折射效應預報系統

## 1. 前言

台灣位於太平洋西側且隔著台灣海峽與中國大陸的福建省相鄰。境內有高聳的南北向山脈且四面環海,致使台灣天氣具有多變性的特徵。從乾、濕季節的特徵來看,冬季降水量較少、春夏季較多。造成雨季大量降水的系統主要有鋒面、梅雨、颱風與午後對流。當這些系統影響台灣地區時,常會帶來豪雨造成局部性的災害,而成為氣象界與一般社會大眾所共同關切的氣象問題(涂與余,1997)。近年來,中央氣象局於發展短期定量降雨估計及預警系統(丘與陳,2003)中,積極使用氣象雷達所提供的即時降水回波觀測資料以提高降水預報能力。因此,雷達觀測資料的正確與否對短期天氣預報是相當重要的。

地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)就特性上而言,乃是向量式(vector)或網格式(raster)圖形系統與關連式資料庫管理系統(RDBMS, relational database management system)之結合,同時兼具有資料管理與決策支援等基本功能。即應用先進的遙測(remote sensing)、全球衛星定位系統(global positioning system)、航測(photogrammetry)或自動繪圖系統等測量技術,繪製數位化之電子地圖,配合關聯式資料庫資料存取,將地形、地物之空間位相關係(Topology)與地形、地物本身具備之屬性整合於地理資訊系統中,以便讓文字及數據能以圖形化、視覺化的方式,清楚呈現出空間事物的真貌和內涵。由其發展近卅年之累積經驗,

目前在地圖供應(陳 2001)、集水區分析(鄭 2004)及環境管理(謝 2005)等方面有相當成熟的應用。

氣象資訊與民生日常生活息息相關,台灣地區已有多位學者運用地理資訊系統技術進行氣象資訊之整合與運用,如擴散模擬(陳 2005)、降雨與地形關係(林 2002)、空氣品質監測(曾 2000),但其成果只限於在地理資料的展示,並未就氣象資料有進一步的運用。Siddiqui et al. (2003)運用衛星影像及GIS監測森林及農作地的變遷,Ng et al. (2005)運用GIS顯示 911 事件後,紐約市懸浮微粒分布狀況,Wilhelmi and Brunskill(2003)提出GIS在氣象資料處理運用之優點及其效益, Wilhelmi and Betancourt (2005)同時呈現模式預報與觀測資料,並展示雷達觀測資料與地面機動觀測結果,提供氣象研究人員另一項視覺化成果。Yuan(2005)強調GIS不再只是製圖軟體,更將GIS應用於天氣情報、龍捲風損害分析及洪氾區地理位置分析等應用。依據美國Unidata 2008 年的規劃藍圖,在科學研究所需空間資訊的整合上,預計以GIS為共同作業平台(Ramamurthy, 2005),並藉由舉辦研討會及教育訓練等方式,介紹氣象人員運用GIS於地球科學研究(Shiple, 2005、Habermann, 2005),相信GIS可以提供地球科學研究的最佳工具。

本研究主要係針對 2003 年 7 月 3 日五分山雷達異常回波個案(朱等,2007a、2007b),採用海軍氣象預報模式(RSM 巢狀模組)進行天氣預報與大氣環境場模型重建,補足氣象觀測資料餘時間與空間之不足,進而採用 GIS 作業平台進行空間資訊整合,如氣

象模式輸出、蒸發導管高度預報、雷達觀測資料與地理圖資等，可以提供雷達作業之氣象場資料查詢與運用。第二節為氣象模式模擬介紹，並展示模擬結果於GIS中展現，第三節為GIS整合雷達觀測資料、模式模擬結果及後續應用成果，第四節為結論及未來研究方向。

## 2. 模式介紹與資料轉換

本研究所選用的模式最初是由 Juang 和 Juang et al. (1994) 在美國國家環境預報中心 (NCEP) 所發展出來的靜力模式，後來在經過 Juang et al. (1997) 發展改良而成的區域波譜模式 (Regional Spectral Model)。本模式的發展初期是為了配合美國國家氣象中心的全球波譜模式 (Global Spectral Model) 進行區域數值模擬而設計的，為了維持二系統的一致性，因此在區域波譜模式中大致採用了與全球波譜模式相同的動力過程與物理過程。

大氣科學現象的研究，需要分析的環境參數非常多，氣象研究人員通常採用專屬的繪圖系統如 NCAR Graphic (ngwww.ucar.edu)，透過不同型式的圖表加以判斷天氣現象，該系統功能強大，但以大量的繪圖指令及設定 (scripts) 輸出圖表與文字，通常讓使用者無法很快的熟悉操作；GIS 的圖形使用者介面 (GUI) 具有高度的親合性，可以繪製常用的天氣圖。RSM 模式輸出資料為 GRIB 格式，可以依需要輸出所需要之氣象場，以地面天氣圖製作為例，則輸出各網格點經緯度座標、混合比、高度、氣壓、風場及溫度等，以文字檔案格式輸入 GIS，藉由 GIS 空間資料管理之功能，提供氣象場資料即時查詢功能。

圖 1 為採用 GIS 展示 7 月 3 日 18 UTC 的地面天氣圖，以色階顯示地面溫度，等值線代表地面氣壓，圖中亦顯示風速桿，顯示 GIS 已具備一般天氣圖所需繪圖功能。透過 GIS，繪製等值線及以色階或符號顯示氣象場，可以達到氣象軟體的一般要求。

船隻航行於海面上，海面蒸發導管將影響雷達及通信裝備的效能，現運用全球分析場資料進行海面蒸發導管高度計算，以每一經緯度方格為單位，藉由 GIS 資料庫管理功能，依使用者需求建立氣候統計值 (如年、季、月、日、夜等)。圖 2(a)、(b) 分別為西太平洋地區 2003 年 6 月及 18UTC 蒸發導管高度分布平均狀況，除結合地理資料顯示蒸發導管氣候統計外，也可以透過人機介面進行單一網格資料查詢，如圖 2(c) 則顯示單點查詢結果，內容則包含所建立資料內容如每天四時段之空氣及海水溫度、相對溼度、風速及蒸發導管高度等資訊。

## 3. 資料整合與應用

GIS 已大量運用於空間資訊之管理與分析，美國 NCAR 亦積極將 GIS 技術導入大氣科學研究領域，期能在 GIS 建立空間資訊之共同作業平台。本研究為整

合氣象模式輸出、雷達觀測及地理區域等資料，採用 GIS 整合雷達回波、氣象模式模擬及地理資料，進行空間資訊整合。依照研究主題建立所需要的環境資料，可以即時獲得單點垂直剖面資料，有利研究人員以人機介面，透過簡便的方式查詢所需要的資料，此為目前個人電腦氣象資料分析軟體所欠缺之功能。

五分山 WSR-88D 氣象雷達掃描原始資料，則利用美國太空總署 (NASA) TRMM Satellite Validation Office 所提供之 Radar Software Library，在 Linux 環境轉換為通用格式 (UF, Universal Format)，由於地球為一橢球體，精確的地理位置計算，則必須考慮觀測點在地球之經緯度位置，而其位置亦須投影至橢球面上。以五分山雷達為中心，利用大地座標換算公式 (Rapp, 1991) 賦予每一段雷達波空間座標，並假設在標準大氣狀況下，電磁波以  $4/3$  地球曲率半徑傳播，進而換算其高度。以 2003 年 7 月 3 日 22 UTC 為例，五分山雷達原始資料經過轉換，可以解算出每一個掃描仰角 (共 10 個仰角) 於各方向之回波值 (頻譜寬、徑向風場)，網格水平距離 1km，圖 3(a) 為雷達回波合成圖與圖 3(b) GIS 所顯示之  $0.5^\circ$  仰角回波。

運用 GIS 簡便的查詢及對話視窗的設計，以滑鼠點選台灣西北部海面點位進行單點查詢，同時顯示該點所有氣象場及大氣折射效應等資訊，圖 4 顯示台灣地理海岸線、雷達回波及模式格點位置，利用查詢功能，系統將顯示該點位置 (藍色圓點) 溫度、壓力、高度、折射率等氣象場，並且可以輕易的查詢單點垂直剖面資料，有利研究人員以方便之人機介面，透過簡便的方式查詢所需要的資料。

為了有效提供三度空間所有的折射效應資訊於平面地理分布圖上，我們僅顯示陷捕層位置，在天氣預報作業中，提供雷達守視人員參考。圖 5 為 7 月 3 日 15 UTC 及 7 月 4 日 04 UTC 的雷達回波合成圖及大氣折射效應圖，由圖中可以知道在雷達站西北方約 100 km 處出現雷達回波，而此時雷達站有陷捕的現象，但在台灣陸地週邊則無明顯的導管層出現，可以推論當電磁波由雷達站射出後，並未按照理論高度傳播 ( $4/3$  地球曲率半徑)，所以在比較短的距離到達海面。到了 7 月 4 日 00 UTC，台灣附近海面幾乎布滿強度不同的陷捕層，而台灣西側沿海更為明顯，而此時雷達站並無陷捕現象，電磁波的傳播路徑比較高，但到達海面進入因暖濕空氣造成的陷捕層，所以雷達回波位置更遠離雷達站西北方。圖 5 除了提供五分山雷達站可能存在的導管分布圖，也可以提供其他各地雷達站可能出現的大氣折射效應。

圖 6 為設定連結 AREPS 系統，當選取所設定之功能鍵，以滑鼠點選位置，系統將顯示該點位之氣象場及大氣折射效應，可將資料提供 AREPS 運用，以便更進一步實施電磁波軌跡模擬，及大氣導管特性分析等功能，圖 7(a) 為標準大氣狀況下，AREPS 模擬五分山雷達波軌跡狀況，所有射線均能通過地形障礙，圖

7(b)則顯示經由RSM重建的大氣環境模型，透過GIS介面所擷取的單點大氣剖面進行模擬，部分低仰角則向下偏折，甚至部份射線則受到地形阻擋。

#### 4. 結論與未來研究方向

本研究針對雷達異常回波個案，運用RSM模式進行大氣環境的模擬與重建，在GIS中整合了雷達觀測資料以及數值模擬結果，充分運用GIS功能於氣象資料分析與統計，在GIS中更進一步延伸氣象模式資料的應用，除提供AREPS進行大氣折射效應計算外，更在GIS中進行射線軌跡模擬。而從研究過程中可以得到以下結論：

1. 透過GIS的資料整合平台，經過設計簡單的程式就可以建立所需要的分析資料，而GIS對空間資料計算、分析及管理的功能，則可提供氣象研究人員強大的工具。
2. 主題圖的製作可以讓研究人員對研究內容有更深刻的了解，而GIS強大的地理資料管理，結合氣象資料的展示，可以清楚的表達大氣環境的變化。
3. 蒸發導管高度氣候資料庫的建立，可提供船艦通訊及雷達等電磁波裝備作業參考，以發揮裝備效能。

由於經濟的發展，民生對氣象及環境資料的掌握更需精確，而觀測技術及儀器的增加，各類觀測資料的整合與運用，對地球科學研究則為一大挑戰。地理資訊系統(Geographical Information System, GIS)俱備整合三度空間資訊功能，為環境科學研究之發展趨勢，依據美國Unidata 2008年規劃藍圖，預計運用GIS分析與運用科學研究所需的空間資訊。本研究以GIS作為共通作業平台，設計資料轉換程式及高親和性的人機操作介面，整合氣象模式模擬結果、雷達及衛星等氣象觀測資料，除有效繪製一般天氣圖表外，更充分發揮GIS查詢、分析及管理空間資訊的功能，可以提供大氣科學研究在資料擷取及視覺化的新方法。

本研究採用GIS對氣象模式、雷達及衛星等觀測資料進行整合，提供氣象資料查詢及輸出功能，系統非常容易可以連結AREPS及進行電磁波模擬，而藉由GIS強大的空間資訊管理功能，可以針對電磁波傳播有更細膩的掌握。然氣象資料具有四維特性(空間及時間)，資料種類多且龐大，對現有個人電腦運算仍是一大考驗，期望日後電腦硬軟體技術改良，提供更快速之運算能力；此外，本研究所展現的GIS應用成果，可以提供氣象研究人員在資料管理、分析、擷取及顯示各方面有新的觀念與技術，相信對於科學現象的研究有莫大助益。

#### 參考資料：

丘台光與陳嘉榮，2003：短時預報系統產品校驗。天氣分析與預報研討會論文集編，63-68。

朱昌敏、陳啓南、呂芳川、汪建良，2007a：”2003年

7月3日台灣海峽北部異常回波之個案研究(一)環境場分析”，大氣科學，35期，219-240。

朱昌敏、陳啓南、呂芳川、汪建良，2007b：”2003年7月3日台灣海峽北部異常回波之個案研究(二)數值模擬”，大氣科學，35期，241-260。

林淑玲，2002：”宜蘭地區颱風降雨與地形、空間分布關係之探討”，碩士論文，國立中興大學水土保持學系，台中，89頁。

涂建翊與余嘉裕，1997：台灣地區降水之時空氣候特徵。氣象預報與分析，152，23-33。

曾淑惠，”地理資訊系統在空氣品質預測模型建構上之應用研究”，碩士論文，元智大學機械工程研究所，桃園，110頁，2000。

陳文定，”氣象情資應用於SCIPUFF生化擴散模擬系統之最佳化研究”，碩士論文，中華大學科技管理研究所，新竹，98頁，2004。

陳啓南，”網際網路地圖資料供應系統建立之研究”，碩士論文，中正理工學院軍事工程研究所，桃園，107頁，2001。

鄭力嘉，”地理資訊系統於石門水庫集水區降雨逕流分析之應用”，中原大學土木工程研究所碩士論文，桃園，94頁，2004。

謝侑璋，”安平港『海岸環境資訊管理系統』建置之研究”，碩士論文，中華大學營建管理研究所，新竹，93頁，2005。

Habermann T., 2005: "What Is GIS (for Unidata)?" *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 86, No. 2, 174-175.

Juang, H.-M.H. AND M. Kanamitsu, 1994: The NMC Nested Regional Spectral Model. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 3-26.

Juang, H.-M.H., and M. Kanamitsu, 1997: The NMC Nested Regional Spectral Model. An update. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 2125-2143.

Ng, S. P., Dimitroulopoulou, C., Grossinho, A., Chen, L. C. and Kendall M., 2005. PM<sub>2.5</sub> exposure assessment of the population in Lower Manhattan area of New York City after the World Trade Center disaster, *Atmospheric Environment* (39) 11, 1979-1992

Ramamurthy M., 2005: "Unidata's Blueprint for 2008.," *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 86, No. 2, 179-180.

Rapp, H. Richard, 1991. Geometric Geodesy, Part I, Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, 178-190.

Shiple T. S., 2005: "GIS Applications in

Meteorology, or Adventures in a Parallel Universe.” *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 86, No. 2, 171 - 173.

Siddiqui, M. N., Jamil, Z., Afsar, J. 2004. Monitoring changes in riverine forests of Sindh-Pakistan using remote sensing and GIS techniques, *Advances in Space Research* (33) 3, 333-337

Wilhelmi V. O. and J. C. Brunskill, 2003: “Geographic Information Systems in weather, climate and impacts,” *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 84, No.10, pp. 1409 - 1414.

Wilhelmi V. O and Terri L. Betancourt. 2005: “Evolution of NCAR's GIS Initiative: Demonstration of GIS Interoperability.” *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 86, No. 2, 176 - 178.

Yuan M., 2005: “Beyond Mapping in GIS Applications to Environmental Analysis.” *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 86, No. 2, 169 - 170.

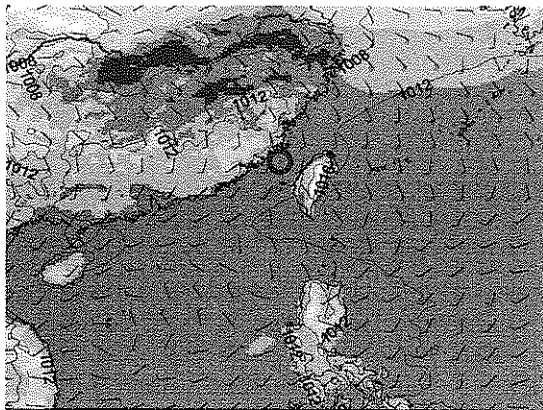


圖 1 2003 年 7 月 3 日 18 UTC 台灣地區天氣圖，紅色等值線為海平面氣壓 ( $hPa$ )，間隔為  $4hPa$ ，色階表示地面溫度 ( $C$ )，以深淺表示溫度高低，色階間隔為 3 度。

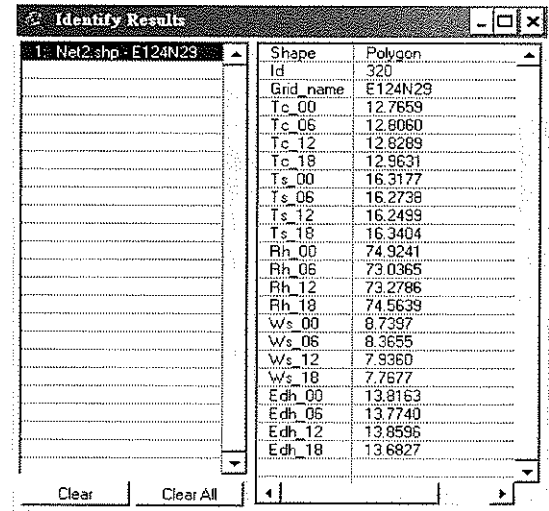
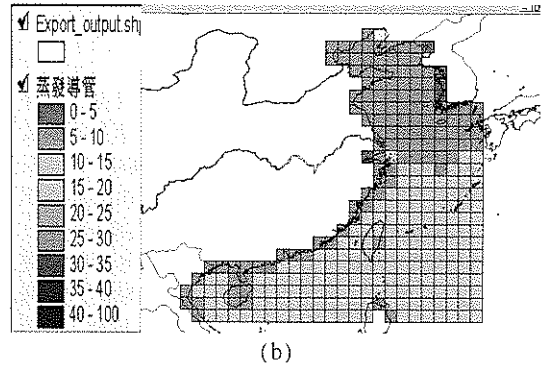
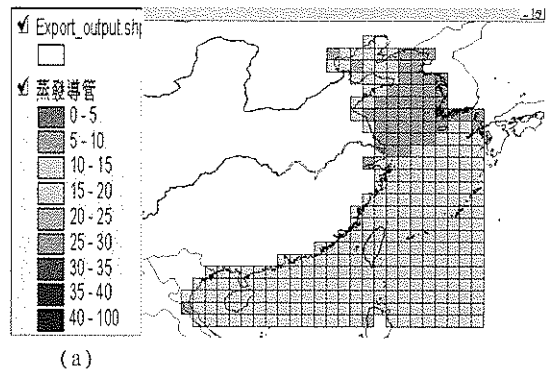


圖 2 2003 年西太平洋蒸發導管平均值，(a) 06UTC，(b) 18UTC，顏色代表高度，如各圖左側色表所示，(c) 為查詢結果，同時亦顯示資料內容。

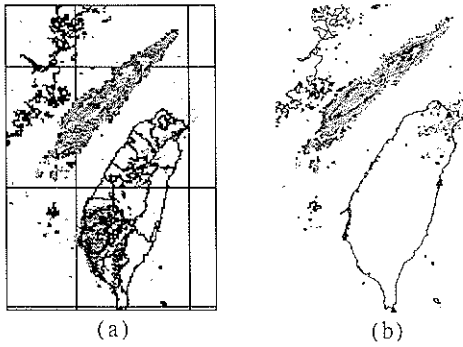


圖 3 2003 年 030722 UTC 氣象觀測資料，(a)為五分山氣象雷達降水回波合成圖、(b)在 GIS 中顯示五分山雷達 0.5°仰角觀測資料。

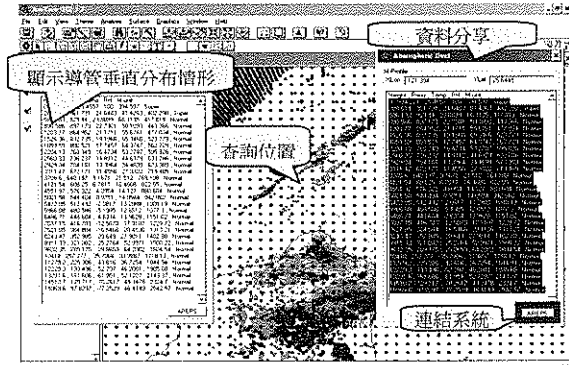


圖 6 GIS 提供連結軟體系統功能

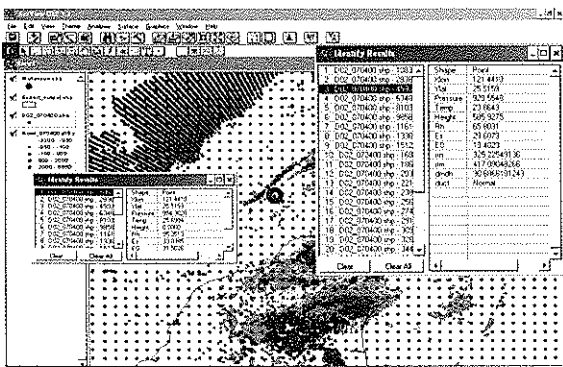
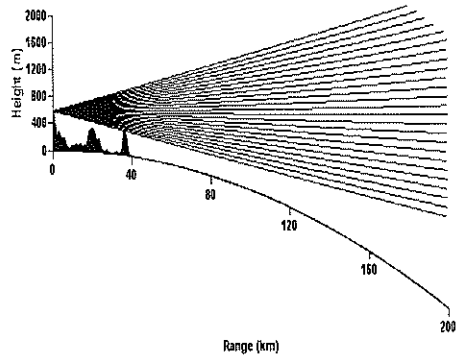
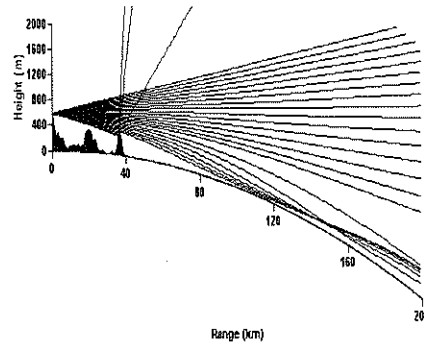


圖 4 GIS 整合模式資料及查詢功能



(a)



(b)

圖 7 AREPS 模擬單點垂直剖面之雷達波軌跡，(a)為標準大氣狀況，(b)為大氣折射狀況，橫軸為平面距離，單位為公里，垂直軸為高度，單位為公尺。

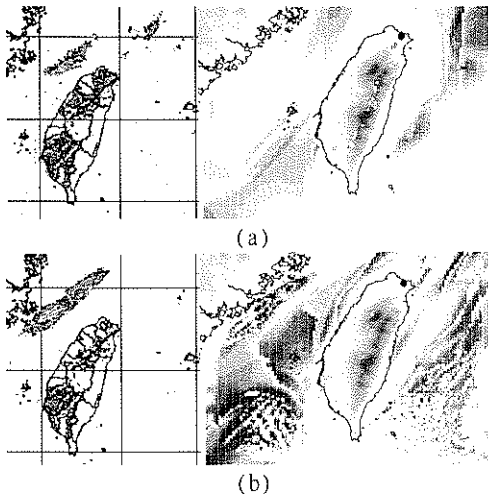


圖 5 雷達回波合成圖及大氣折射效應圖，(a)為73日 15 UTC，(b)為7月4日 00 UTC。大氣折射效應圖中，綠色為地形高度，深淺表示高低，橙色為大氣折射效應，深淺代表強度。

