

利用雷達折射指數反演水氣分布之初步研究

陳台琦 馮雅茜
中央大學大氣物理研究所

摘要

利用美國大氣研究中心十公分波段雙偏振雷達(NCAR S-POL)於 2008 年西南氣流觀測實驗(SoWMEX/TiMREX) 期間所觀測之折射指數(Refractivity)反演低層水氣分布。本研究主要著重於折射指數反演水氣分布的資料品質控管處理、敏感度測試與驗證。由於此技術原發展於地勢平坦環境較為均勻的大陸平原或高原,與台灣的地勢多變、受海陸影響的複雜環境有顯著不同,也使得此技術的使用和應用更為挑戰。

反演資料處理主要有兩個關鍵步驟;首先是地面目標物的辨識,其次是找到一個折射指數變化的參考相位(reference phase),條件為該時段內大氣環境空間必須為均勻且穩定。經由地面氣象觀測站的所得的資料分析比較,找出大氣環境時空變化均少的時段,尤其是水氣場更趨穩定。利用 6 月 2 日的颶線系統驗證,反演結果顯示水氣梯度與回波移動方向一致,定性上符合物理意義。未來將繼續分析南台灣的水氣空間分布變化,尤其是對流生成初期的預測和邊界層的議題繼續討論。

關鍵字: 折射指數

一、前言:

水氣觀測場對於大氣科學的應用十分關鍵,例如:邊界層的研究、對流生成與演化,即時天氣預報或定量降水...等,然而高時空水平解析度的水氣資料卻十分缺乏(Weckwerth, 1999)。Fabry et al. (1997)提出利用地基式雷達觀測相位變化進而反演折射指數(N, Refractivity),提供近地層水氣資訊。

折射指數受到大氣中壓力(P; hPa),溫度(T; K)與溼度(e; hPa)的影響,以下式(1)表示(Bea and Dutton, 1966):

$$N = 77.6 \frac{P}{T} + 3.73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} \quad (1)$$

不同的大氣條件會使電磁波的波速與相位改變,經由雷達電磁波往返雷達與固定目標物之間的相位變化即可推導出折射指數,如下式:

$$\Delta\phi = \phi(t_1) - \phi(t_0) \quad (2)$$
$$= \frac{4\pi f}{10^6 c} \int_0^r [N(x, y, z, t_1) - N(x, y, z, t_0)] dr'$$

ϕ 代表與雷達相距長度 r 點的相位, f 為雷達的頻率, c 是真空中光速,兩個時間 t_0, t_1 內的相位延遲是和路徑通過的大氣折射指數積分有關。

美國 NCAR S-Pol 雷達於 2008 年西南氣流觀測(SoWMEX/TiMREX)實驗期間進行低層水氣觀測,提供相位資訊,本研究著重在折射指數之資料處理與較驗,以期提供準確資訊以利後續相關研究。

二、資料處理

折射指數資料處理校正十分重要,主要處理過程為兩個階段:第一是辨識有效的地面目標物(target

identification),第二是找出參考相位(Reference phase)。

2-1 辨識有效的地面目標物(target identification)

在長時間的環境變化下,利用高相位相關性辨別出可信賴的地面目標物,如:高壓電塔、建築物...等。環境條件為晴朗無降水,且有風的狀況下最佳。經由訊噪比(SNR, signal to noise ratio)、(SW, spectral width)和徑向風(VR, radial wind)評估出最可信賴的目標物。利用 6 月 9 日早上一個半小時內的 0.5 仰角資料得到可信賴目標物的相關位置(圖一),橫軸為與雷達距離,縱軸為方向,色階為地面目標物的可信賴程度,從零到一。圖一可見在雷達北側至東南側有明顯的目標物,其範圍約在 30 公里內,而在南邊和西南側的目標物則在 10 公里範圍內,此圖亦可表現出折射指數可反演之區域範圍。

2-2 找出參考相位及折射指數(Reference phase)

搜集短時間內空間相位梯度變化最小的掃描資料平均,以代表空間上的參考相位以及參考折射指數數值,此時大氣中的水平濕度分佈並需非常均勻。圖二為實驗期間相位變化(兩個時間的相位差)很小的相位差水平分布圖,時間是 6 月 4 日的下午,大範圍的層狀降水使水氣分佈均勻接近飽和,相位均勻且無折疊,故將之選為參考相位資料。

2-3 反演與比對結果

經過以上兩個步驟,可以得到實驗期間的折射指數觀測資料,將其運用在 6 月 2 日的鋒面個案中(圖三),可以明顯看到折射指數(N)、折射指數地變化(DN, delta N)與強回波區有極高相關。鋒面前緣折射指數較鋒面後方高,在鋒面帶上,折射指數有明顯變化(DN),反演定性上合理。

三、結論與未來展望

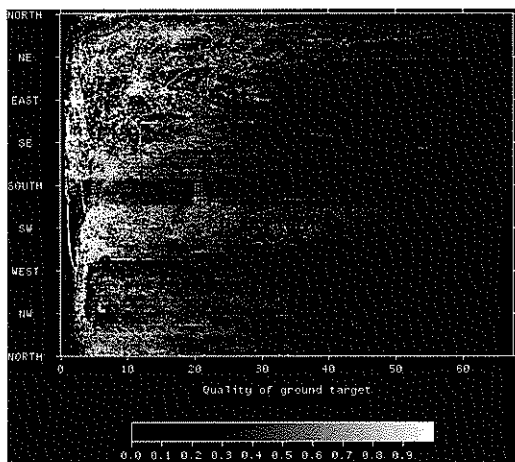
將雷達反演出的折射指數與地面測站觀測到的折射指數比較有一致趨勢，日後將進一步討論兩者比較的統計結果，並進而分析南台灣的水氣空間分布變化，對於邊界層議題與對流生命期之影響繼續討論。

參考文獻

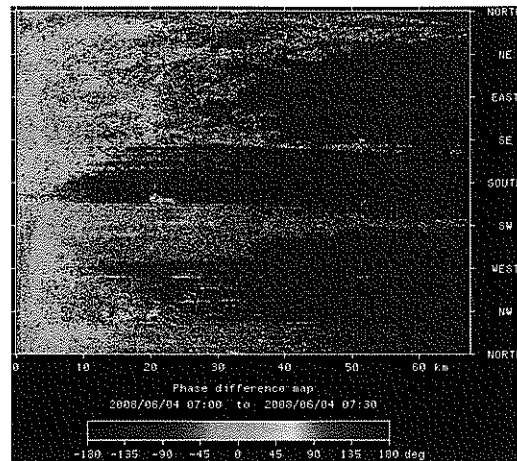
Fabry, F., C. Frush, I. Zawadzki, and A. Kilambi, 1997: On the Extraction of Near-Surface Index of Refraction Using Radar Phase Measurements from Ground Targets. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **14**, 978-987.

Weckwerth, T.M., V. Wulfmeyer, R.M. Wakimoto, R.M. Hardesty, J.W. Wilson, and R.M. Banta, 1999: NCAR-NOAA Lower-Tropospheric Water Vapor Workshop. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 2339-2357.

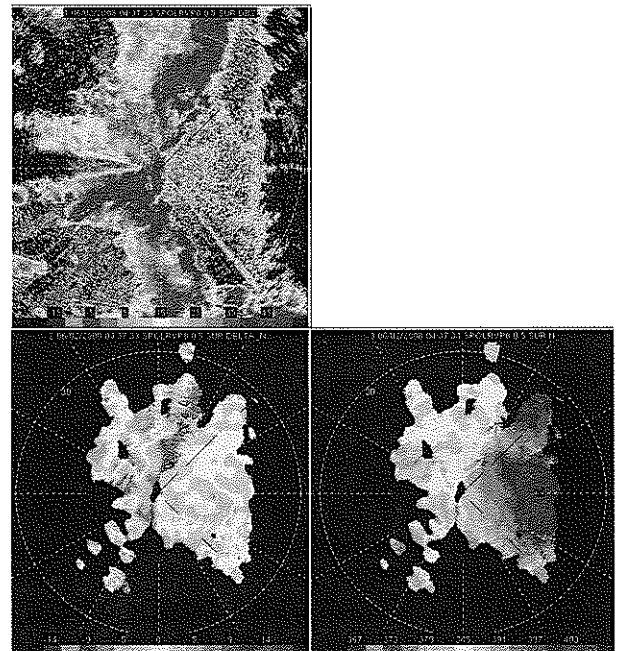
圖



圖一、有效之地面目標物分布圖。



圖二、實驗期間的空間參考相位(reference data)。



圖三、6月2日鋒面個案，左上圖為回波(reflectivity)，左下角為兩個掃描檔案間折射指數的差(Delta N)，右下為折射指數(N)