

莫蘭蒂(2010)颱風發展的結構之都卜勒雷達資料分析

林旻德 魏志憲

國防大學大氣科學研究所

摘要

本研究利用雙雷達風場合成，進而分析2010年莫蘭蒂颱風在海面上發展的結構變化。在眼牆附近垂直上升速度向颱風中心傾斜，傾斜的高度越高靠颱風中心下沉運動的高度越厚。在眼牆大於40dBZ的強回波區，沿颱風旋轉方向，上游區的垂直運動主要為上升運動，下游區的最大回波附近為下沉運動。以颱風眼為中心，平均絕對角動量其等值線有隨高度向外傾斜的特徵，在半徑相同下高度愈高，絕對角動量愈小。

一、前言

颱風的發展大部份的時間發生在海面上，莫蘭蒂颱風(2010)往台灣海峽移動的過程，如圖1，本個案藉由馬公雷達和七股雷達資料對颱風在海上期間之風場結構做進一步的分析及探討。期望能夠進一步了解颱風在海上發展時，颱風風場結構的變化。在過去的研究中，Wood and Brown (1992)使用單一雷達的徑向風場，定位颱風中心，本研究亦採此方法定位颱風中心，BLACK (2002)分析颶風Jimena and Olivia為不對稱的眼牆，順著颶風環流的強回波區(45~50dBZ)上游區為上升氣流，上游區為下沉氣流，Gerald M. Heymsfield et al. (2001)分析颶風Bonnie，在眼牆位置為上升氣流內側為下沉氣流，形成次環流。本文第二節為介紹雷達資料處理方法與分析方法；第三節為颱風的結構分析；第四節為平均絕對角動量；最後為結論。

二、資料處理與分析方法

馬公雷達和七股雷達的相關位置，如圖2，雷達資料處理方法主要使用SOLO軟體；將馬公雷達和七股雷達的全體積掃描資料進行風場折錯(unfolded)、除錯(killed bad data)後，將資料內插到以馬公雷達站為中心位置

的座標上，颱風中心以WB92的定位方法求出，颱風的移動速度亦以求出的颱風中心計算得知，再把兩組資料做雙都卜勒風場合成，分析回波增強、減弱與上升下沉氣流的關係，並以梯度風方程計算氣壓梯度力反演地面氣壓場分布。

本文分析方法主要可分為兩個部份討論：第一部份：扣掉颱風的移動速度（以WB92颱風中心定位估算的移動速度，2.87m/s向341°行進），即

$$\vec{v}_{rel} = \vec{v}_{total} - \vec{v}_s \quad (\vec{v}_{rel}: \text{relative wind}, \vec{v}_{total}:$$

total wind, \vec{v}_s : typhoon motion)，做結構上的分析。

三、颱風結構分析

2010年9月9日0854Z、0902Z、0924Z與0931Z資料分析，0854Z、0902Z在颱風中心右前方有最大風速約35m/s，0924Z與0931Z最大風速約37m/s，風場大部份變化不大，如圖1。以0854Z A剖面與0902Z A'剖面，如圖2 A及A'，分析cell的變化，0854UTC在距颱風中心25~35km處，低層最大降水回波達45dBz，在距颱風中心21~25km處，最

大上升運動 6m/s，上升運動最大區在 cell 的內側，高度約 3~6km 處，上升速度場最大位置隨高度增加，垂直速度場向颱風中心傾斜，內側有下沉氣流；0902UTC 低層最大降水回波不到 45dBz，有減弱情況，上升運動亦隨高度增加向颱風中心傾斜，上升運動最大位置在 cell 的外側高度約 8km 處，上升速度達 8m/s，垂直速度場最大位置隨高度增加垂直速度場向颱風中心傾斜，內側距颱風中心 20-24 公里有下沉氣流，高度 5-8 公里最大下沉氣流達 6m/s。從以上資料分析，垂直上升速度皆有向颱風中心傾斜，傾斜開始的高度越高靠颱風中心內側下沉運動的高度越厚，強度變化不大，0902UTC 受到較強下沉運動影響，低層降水回波有減弱情況，降低至不到 45dBz。垂直上升速度向颱風中心傾斜，在高層有最大下沉運動，垂直上升速度內側為下沉運動與 Gerald M. Heymsfield et al. (2001) 結果相近，但因下沉運動位置在對流胞附近，導致低層降水回波有減弱情況。在 0924Z B、C、D 剖面與 0931Z B'、C'、D' 剖面，如圖 2B、C、D 及 B'、C'、D'，分析 cell 的變化，回波強度無太大變化，氣流皆為外流，C、D、C'、D' 剖面眼牆皆為較微弱上升運動，但在 B 與 B' 剖面大於 45dBZ 的低層強回波區範圍有變大情況，在 0931Z 下沉運動位置有上移的情況，以下沉運動 6m/s 位置分析，高度約從 5 公里上升至 7 公里，在高度 7-9km 有最大下沉運動，0924Z 下沉運動約 10m/s，0931Z 減弱至約 8m/s，在大於 40dBZ 的強回波區，沿颱風旋轉方向，強回波區的上游為垂直上升運動，強回波區的下游為下沉運動，與 BLACK et al.(2002) 結果相近。

四、平均絕對角動量

以颱風為中心半徑相同的切向風做平均(圖 5)，有許多共同特徵：

一、平均切向風風速較強的位置隨高度上升有向颱風外側傾斜情況。

二、半徑 20~70 公里低層平均切向風最強。

三、100 公里以外，最大平均切向風位於中層 3~6 公里附近。

四、在眼牆的平均切向風最強，位置約在 4 公里以下高度。

在眼牆的平均切向風最強，且平均切向風風速較強的位置隨高度上升有向颱風外側傾斜情況，半徑 20-70 公里低層平均切向風最強，100 公里以外，最大平均切向風位於中層 3-6 公里附近，顯示颱風的強風主要在 100 公里以內。

在颱風的圓柱座標系統下絕對角動量之公式為：

$$M = V_t + \frac{fr^2}{2}$$

M：絕對角動量

Vt：切向風

R：徑向半徑

F：科氏參數

以颱風為中心相同半徑之平均絕對角動量(圖 6)來分析：絕對角動量等值線有隨高度向外傾斜的特徵，絕對角動量隨高度上升，絕對角動量越小。在相同徑向半徑下，低層絕對角動量較大，也顯示平均切向風速較強。在徑向半徑 120 公里之外，絕對角動量較大的區域漸由低層轉移到中層，也顯示徑向半徑 120 公里之外的最大平均切向風，漸由低層轉移到中層。半徑 150 公里以上，絕對角動量極值在 2~6 公里高度，在半徑 150 公里以內絕對角動量極值在低層，隨高度增加，絕對角動量越小，且在半徑 120 公里以內，隨高度增加，絕對角動量差異量越大。絕對角動量的分析結果與蔡(2006)所分析的納莉颱風個案相似，絕對角動量等值線有隨高度向外傾斜的特徵，絕對角動量隨高度上升，絕對角動量越小。

五、結論

本研究利用馬公雷達資料和七股雷達資料做雙雷達風場合成，颱風結構分析結論為：

一、在眼牆附近垂直上升速度向颱風中心傾斜，傾斜的高度越高靠颱風中心下沉運動的高度越厚，強度變化不大，下沉運動的高度達到中低層，也使得眼牆低層的回波減弱。

二、在眼牆附近大於 40dBZ 的強回波區，沿颱風旋轉方向，上游區的垂直運動主要為上升運動，下游區的最大回波附近為下沉運動，下沉運動如位置較高(中高層)，並不會影響到低層的回波發展。

在平均切向風的特徵：在眼牆的平均切向風最強，且平均切向風風速較強的位置隨高度上升有向颱風外側傾斜情況，半徑 20~70 公里低層平均切向風最強，100 公里以外，最大平均切向風位於中層 3~6 公里附近，顯示颱風的強風主要在 100 公里以內。

絕對角動量分析：

一、絕對角動量等值線有隨高度向外傾斜的特徵，在距颱風中心相同半徑下，隨高度越高，絕對角動量越小。

二、在距颱風中心半徑 120 公里之外，絕對角動量較大的區域漸由低層轉移到中層，且在半徑 120 公里以內，隨高度增加，絕對角動量差異量越大。

六、參考文獻

蔡雅婷，2006：納莉颱風登陸時的結構演化。國立中央大學碩士論文。

EASTIN, M. D., W. M. GRAY and P. G. BLACK, 2005: Buoyancy of Convective Vertical Motions in the Inner Core of Intense Hurricanes. Part II: Case Studies., *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 209-227.

Heymsfield, G. M., J. B. HALVERSON, J. SIMPSON, L. TIAN and T. P. BUI, 2001:

ER-2 Doppler Radar Investigations of the Eyewall of Hurricane Bonnie during the Convection and Moisture Experiment-3, *Jou. of App. Met.*, **40**, 1310-1330.

Houze, R. A., Jr., 2010: REVIEW Clouds in Tropical Cyclones., *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 293-344.

BLACK, M. L., J. F. GAMACHE, F. D. MARKS JR., C. E. SAMSURY, and H. E. WILLOUGHBY, 2002: Eastern Pacific Hurricanes Jimena of 1991 and Olivia of 1994: The Effect of Vertical Shear on Structure and Intensity, *Mon. Wea. Rev.*, **130**, 2291-2312.

ANTHONY, C. D. JR. AND R. A. Houze JR., 2005: Convective-Scale Downdrafts in the Principal Rainband of Hurricane Katrina., *Mon. Wea. Rev.*, **137**, 3269-3293.

Wood, V.T., and R. A. Brown, 1992: Effects of radar proximity on single-Doppler velocity signatures of axisymmetric rotation and divergence., *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 3269-3293.



圖 1 中央氣象局莫蘭蒂颱風路徑圖。

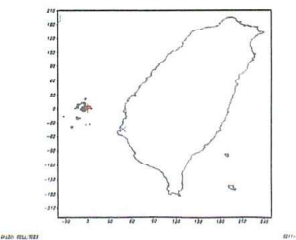


圖 2 馬公(+)、七股(x)雷達位置圖。

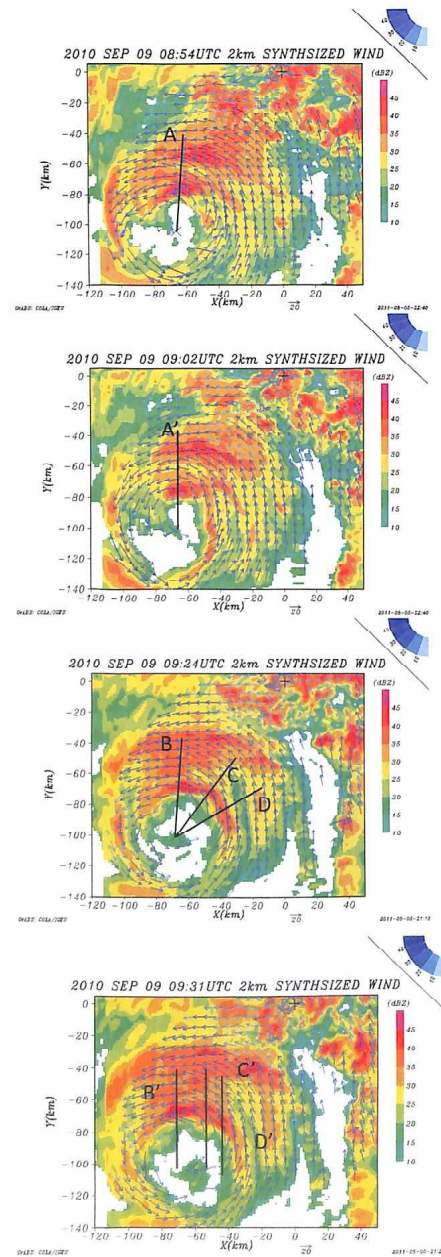


圖3 Z=2km 雙都卜勒雷達風場合成與回波圖

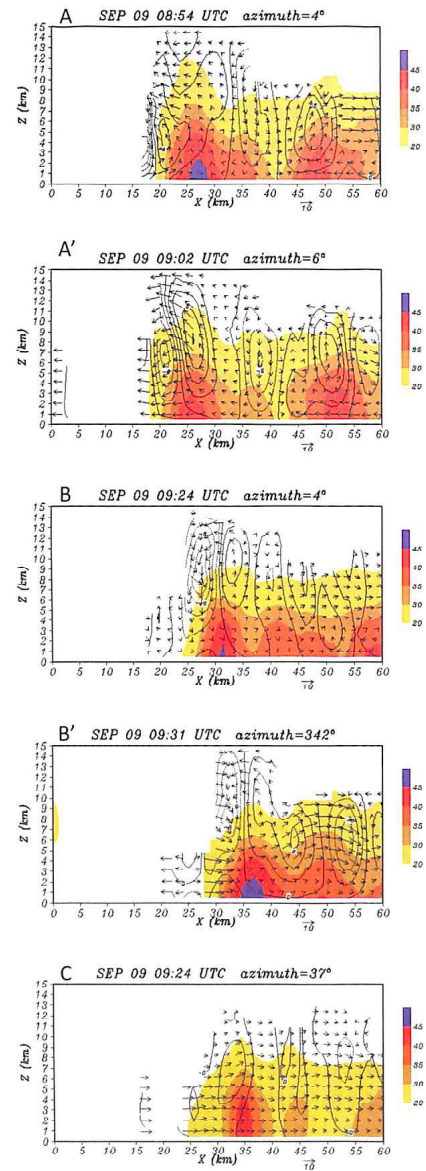


圖4 圖3剖面圖。

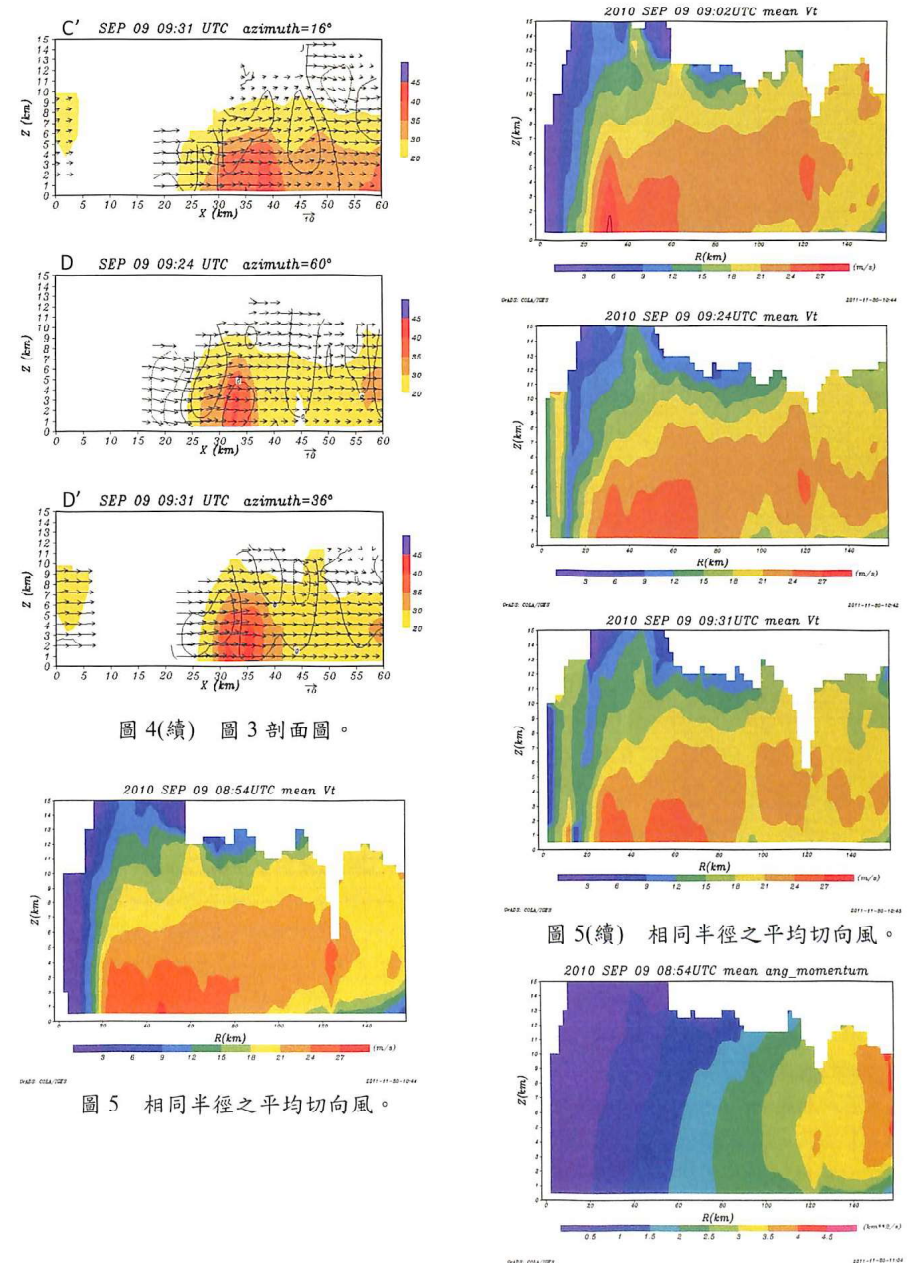


圖5 相同半徑之平均切向風。

圖4(續) 圖3剖面圖。

圖5(續) 相同半徑之平均切向風。

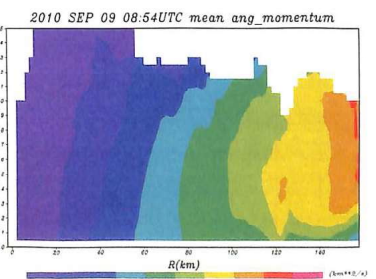


圖6 相同半徑之平均角動量。

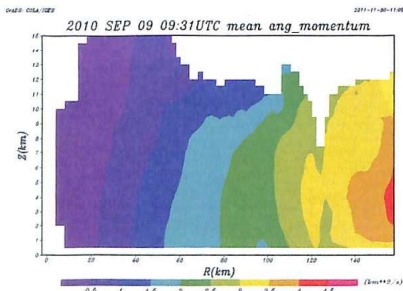
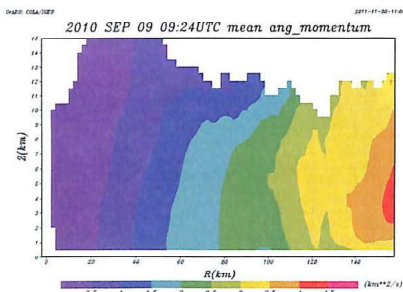
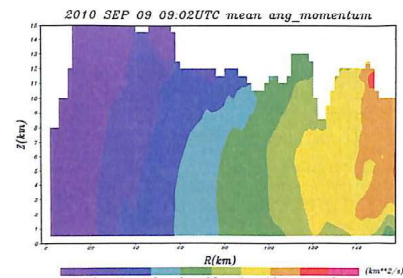


圖 6(續) 相同半徑之平均角動量。

The analysis on the structure of development of Typhoon Meranti (2010) by using Doppler radar data

Min-Te Lin, Chih-Hsien Wei

Department of Environmental Information and Engineering, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University

ABSTRACT

This research used dual-Doppler synthesized radar data to analyze the evolution of typhoon Meranti(2010)'s structure when it was over the ocean. Around the eyewall, the vertical motion tilted inward typhoon's eye. The higher the location of tilt, the thicker the altitude of the downdraft by typhoon's center. In the eyewall where strong reflectivity greater than 40dBZ, the updraft was located at the upstream region and the downdraft was located at the downstream of typhoon's counterclockwise rotation. Taking the typhoon's eye as the center, the isopleths of the absolute angular momentum tilted outward. It showed that at the same radius, the absolute angular momentum got smaller when the altitude was higher.