

莫蘭蒂颱風(2010)之雙都卜勒雷達初步分析

林旻德 魏志憲

國防大學理工學院環境資訊及工程學系

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結構的變化，並以梯度風方程計算氣壓梯度力反演地面氣壓場分布。初步分析發現在眼牆附近垂直上升速度向颱風中心傾斜，傾斜開始的高度越高靠颱風中心下沉運動的高度越厚。在眼牆附近大於 40dBZ 的強回波區，沿颱風旋轉方向，開始附近的垂直運動主要為上升運動，結束的最大回波附近為下沉運動。另若假設地面氣壓梯度力與 2km 高度的氣壓梯度力相同，則發現反演的地面氣壓與馬公測站的地面氣壓相近。

一、前言

颱風的發展大部份的時間發生在海上，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 及 Olivia 為不對稱的眼牆，順著颶風環流的強回波區 (45~50dBZ) 開始為上升氣流，最後為下沉氣流，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；第四節將反演地面氣壓結果與馬公測站地面氣壓比對；最後為結論與展望。

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 $\vec{V}_{rel} = \vec{V}_{total} - \vec{V}_s$ (\vec{V}_{rel} : relative wind, \vec{V}_{total} : total wind, \vec{V}_s : typhoon motion)，做結構上的分析。第二部份：未扣掉颱風的移動速度，討論反演地面氣壓場。

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 2A 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 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 2 B、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，開始附近的垂直運動主要為上升運動，結束的最大回波附近為下沉運動，與 Black et al.(2002)結果相近。

四、反演地面氣壓場

0854Z、0902Z、0924Z 與 0931Z 颱風的實際風速減掉切向風速大部分皆不大，大都在 1m/s 以下，顯然切向風相當接近實際風速，如圖 5。以梯度風方程，計算氣壓梯度力，假設地面氣壓梯度力與 2km 高度的氣壓梯度力相同，颱風中心最低氣壓以氣象局資料帶入，可得地面氣壓分布，如圖 6。反演的地面氣壓場與馬公測站的氣壓做比對，09Z 馬公測站的氣壓為 1002，反演在馬公測站附近的地面氣壓為 1001-1002，結果顯示反演的馬公測站附近氣壓與馬公測站的氣壓值相近。

梯度風方程公式如下：

$$V_i = -\frac{fR}{2} \pm \left(\frac{f^2 R^2}{4} - R \frac{\partial \phi}{\partial n} \right)^{\frac{1}{2}} \quad -\frac{\partial \phi}{\partial n} = \frac{V_i^2}{R} + fV_i$$

$$-\frac{\partial \phi}{\partial n} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial R} = \frac{P_2 - P_1}{R_2 - R_1}$$

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和反演地面壓力場，颱風結構分析其結論為：

- 一、在眼牆附近垂直上升速度向颱風中心傾斜，傾斜開始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，開始附近的垂直運動主要為上升運動，結束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。
- 三、若假設地面氣壓梯度力與 2km 高度的氣壓梯度力相同，反演的地面氣壓與馬公測站的地面氣壓相近，顯然當地面氣壓梯度力與 2km 高度的氣壓梯度力相當時，此反演方法是可行的，如在作業上也可以依此方法反推颱風中心氣壓。

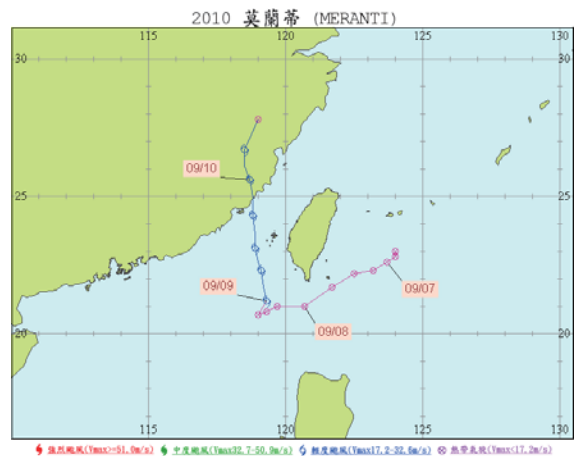


圖 1.中央氣象局莫蘭蒂颱風路徑圖

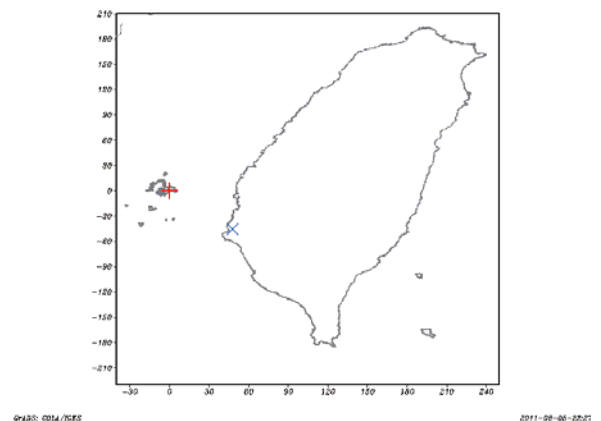
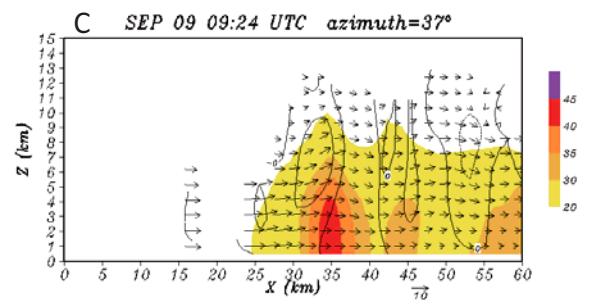
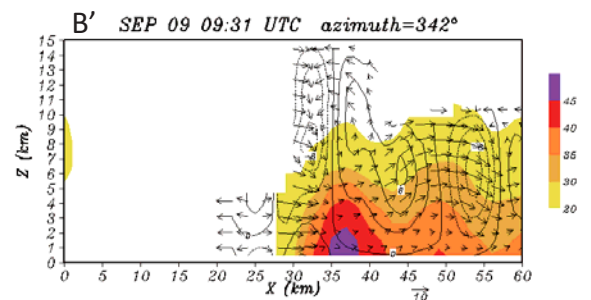
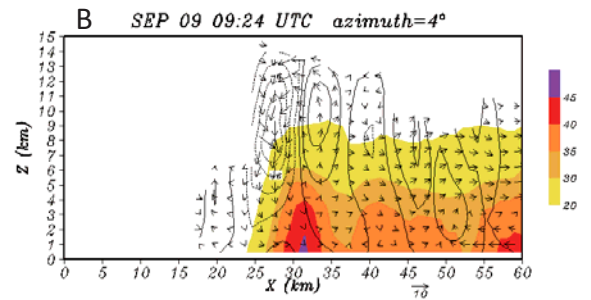
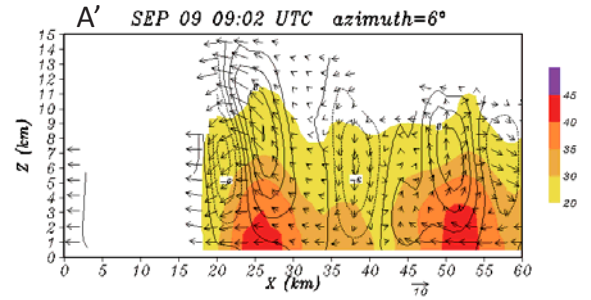
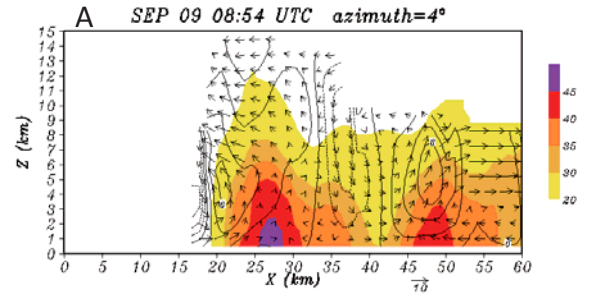
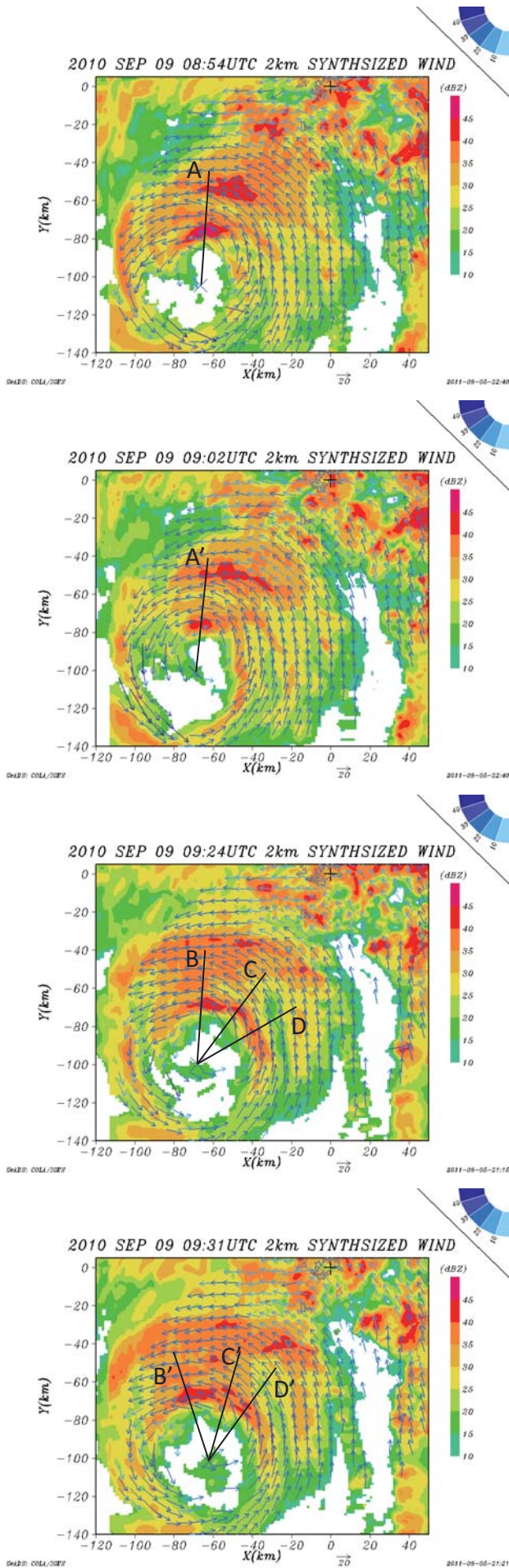


圖 2.馬公(+)、七股(x)雷達位置圖

圖 3. Z=2km 雙都卜勒雷達風場合成與回波圖



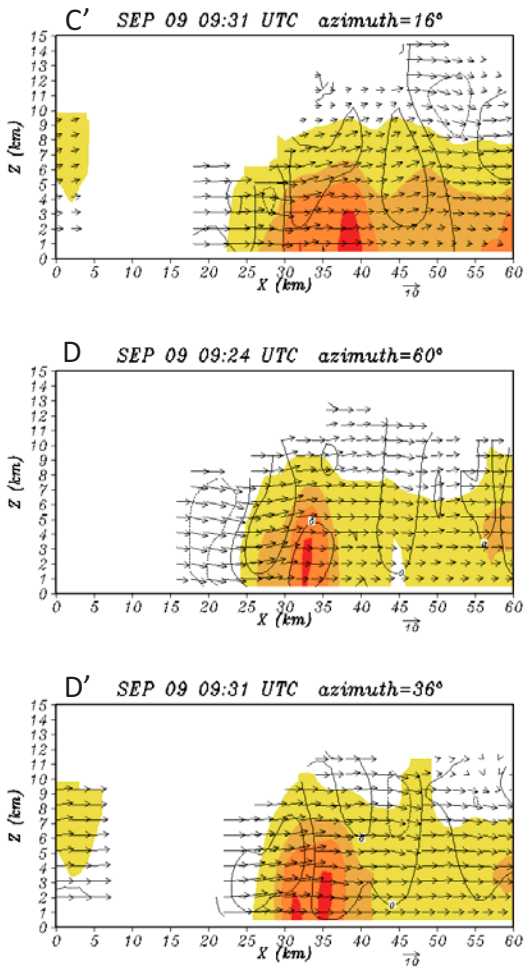


圖 4.圖 3 剖面圖

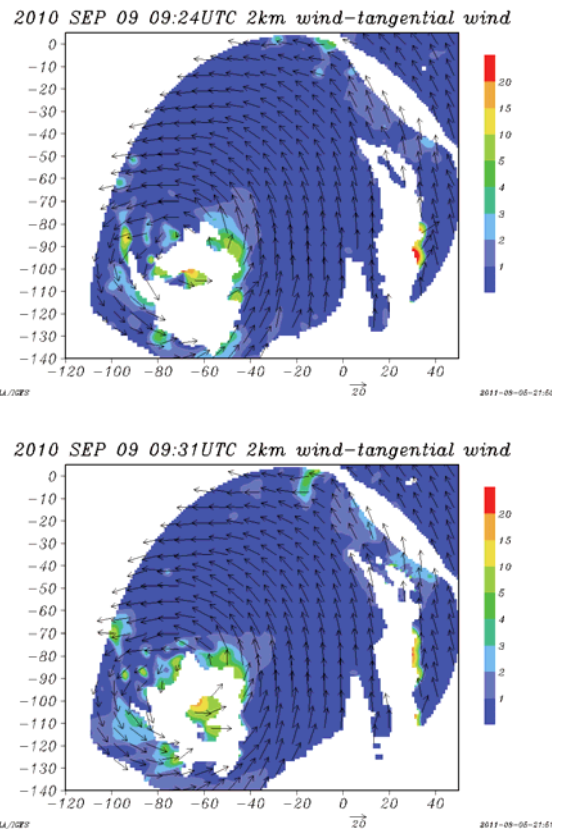
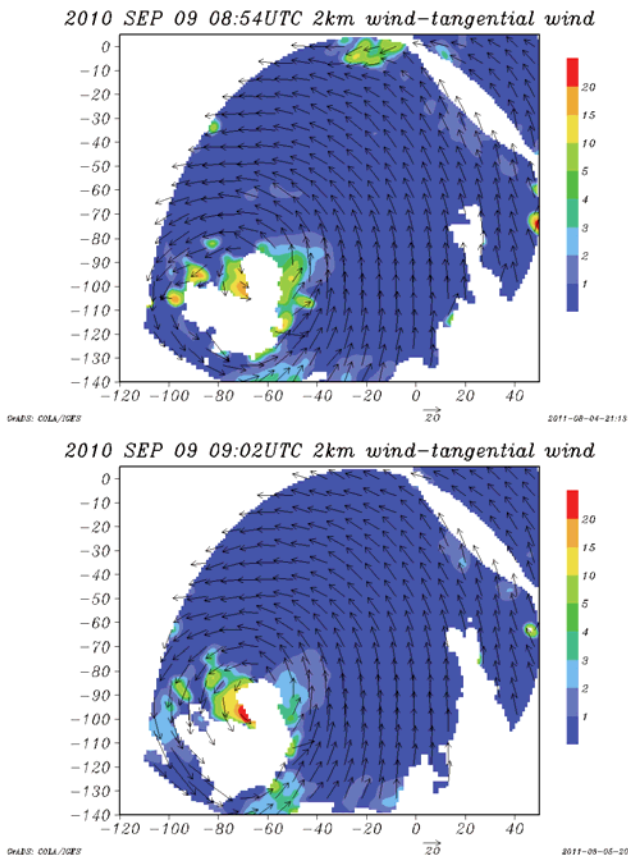
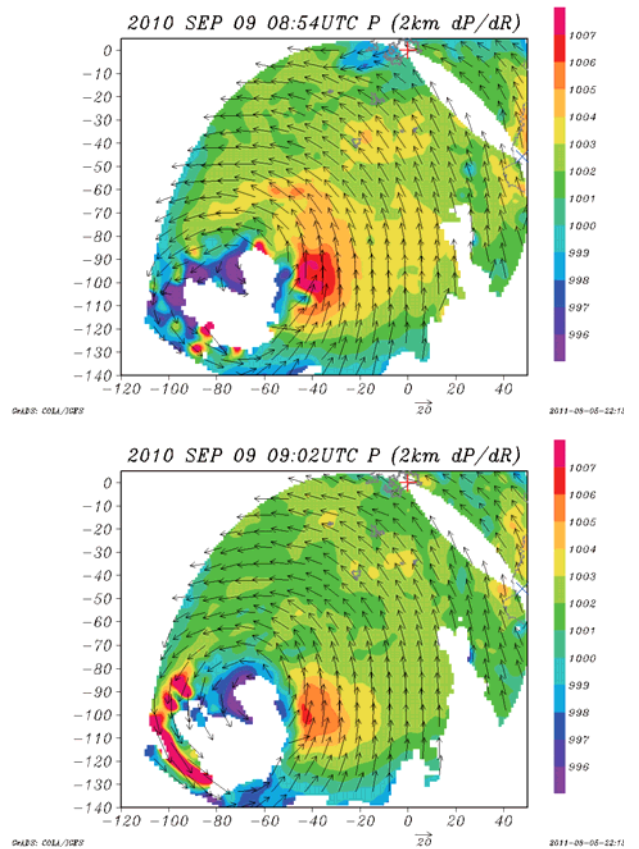


圖 5.實際風速減掉切向風速



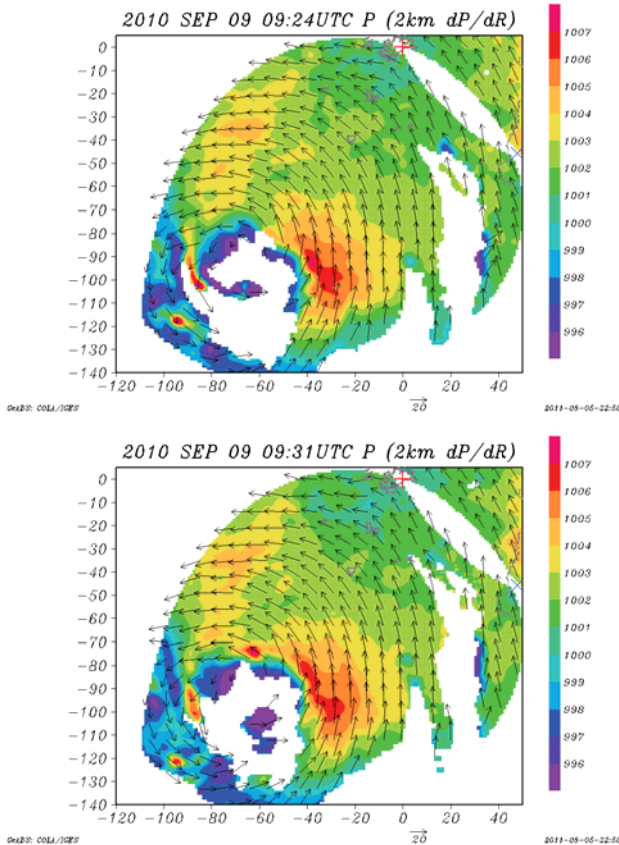


圖 6.反演地面氣壓。

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.

Heymselfield, 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, *J. Appl. Meteor.*, **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. Mrks 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.