

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 地球科學科

佳作

最佳(鄉土)教材獎

040503

「牆」「牆」滾-颱風雙眼牆形成機制之探討

學校名稱：高雄市立高雄女子高級中學

作者： 高二 吳尙芸 高二 陳永青 高二 陳榕 高二 陳珮恩	指導老師： 陳建宏
--	------------------

關鍵詞： 颱風、雙眼牆

「牆」「牆」滾——

颱風雙眼牆形成機制之探討

摘要

本研究的目的是在於了解：探討判讀颱風雙眼牆的方法、挑選雙眼牆颱風個案、雙眼牆颱風之特徵及雙眼牆颱風之可能形成因素，由研究得出下列結果：

一、我們判斷的依據是只要兩層強回波區中夾有明顯無回波區或弱回波區即為雙眼牆颱風，依此挑出 14 個雙眼牆颱風個案。

二、雙眼牆颱風皆為中強颱風，其七級暴風半徑均達 180 公里以上。

三、近中心最大風速在颱風雙眼牆結構出現前後短期內並無明顯變化，而時間的範圍拉長後，可以發現其結構的出現約在近中心風速最強的期間。

四、雙眼牆颱風內外眼牆的角速度大略成正比，且比值都在五倍以上，而大部分的比值集中在約 5~8 倍。

五、距地表在兩公里內的風速隨高度的變化率較高，兩公里以上風速隨高度的變化率較小。而雙眼牆結構出現時間長度和風速隨高度的變化率之極大值並無特別關係。

壹、研究動機

在學校的基礎地球科學課程中，我們學習到許多關於颱風的知識，其中談到台灣地處西太平洋地區，因此每逢夏秋之際，總有為數不少的颱風來襲，雖然它為我們帶來充足的雨量，卻也造成了不少災害，所以對於身處台灣的人們而言，颱風一直都是個重要的課題。而在 2007 年盛夏來襲的聖帕颱風，當時報章媒體對其大幅的報導引起我們的注意，報導中不斷地強調聖帕颱風為「雙眼牆」颱風，使我們感到好奇，究竟雙眼牆颱風和一般颱風有什麼不同呢？因此希望藉著分析歷年氣象資料對「雙眼牆」有更進一步的了解。

貳、研究目的

一般所見的颱風中通常只可以看到一個單獨的眼牆，然而在某些颱風中，卻出現有兩層眼牆的特殊情況，可稱此為雙眼牆颱風，但究竟其細節為何？其生成條件又為何呢？為了探討這些問題，我們的研究目的如下：

- 一、探討判讀颱風雙眼牆的方法。
- 二、挑選雙眼牆颱風的個案
- 三、探討雙眼牆颱風之特徵。
- 四、探討雙眼牆颱風之可能形成因素。

參、研究設備與器材

- 一、西元 1999~2007 年之颱風警報單。
- 二、西元 1999~2007 年之颱風路徑圖。
- 三、西元 1999~2007 年之氣象雷達圖。
- 四、西元 1999~2007 年之颱風衛星雲圖。
- 五、西元 2000~2007 年之板橋、花蓮探空資料。
- 六、繪圖計算軟體。

肆、研究過程或方法

一、探究颱風雙眼牆之定義方法

- (一) 查詢及研究有關雙眼牆颱風之論文及參考資料，並寫信向中央氣象局請教他們對雙眼牆颱風之定義的看法。
- (二) 利用中央氣象局 1999~2007 年有發警報之颱風的氣象雷達圖，尋找具有雙眼牆結構之颱風。
- (三) 利用繪圖軟體標示出雙眼牆出現時之內外眼牆的內緣及外緣。

二、初步判定 1999~2007 年的雙眼牆個案

- (一) 我們查看有發布警報的颱風警報單後，以 Excel 統整其強度、近中心最大風速、暴風半徑及路徑，並做成表格，以利後續資料的讀取。
- (二) 依前述表格列出雙眼牆颱風的可能形成因素。

三、探討雙眼牆颱風之特徵

- (一) 比較表格中的雙眼牆颱風近中心最大風速及暴風半徑和路徑，找出其共通點。
- (二) 逐張記錄颱風警報單中的近中心最大風速，並擷取颱風雙眼牆出現的時段前後四張颱風警報單做成圖表。
- (三) 將美國太空總署颱風資料庫中的近中心最大風速變化圖加以整理並分析之。

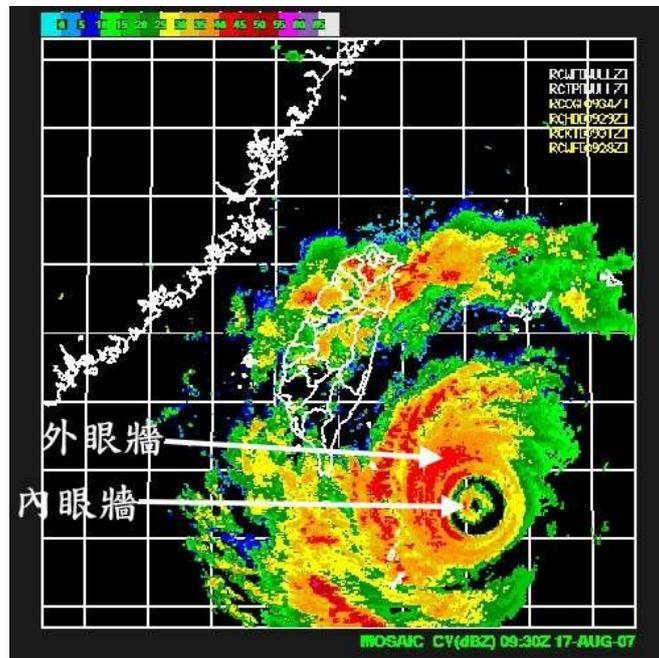
四、探討雙眼牆颱風之可能形成因素

- (一) 利用繪圖軟體 (Motic) 測量有出現雙眼牆的颱風個案中雙眼牆最明顯時刻的內眼牆和外眼牆之內外緣的半徑。
- (二) 量出距離後，將內眼牆之內外緣半徑和外眼牆之內外緣半徑各取平均值製成表格。
- (三) 利用暴風半徑的資料以比例關係算出外眼牆平均半徑的風速，再分別以近中心最大風速和外眼牆平均風速算出內、外眼牆的角速度，製成表格分析之。
- (四) 設內眼牆角速度為 X 軸，外眼牆角速度為 Y 軸，做出圖表並利用 Excel 求出 X-Y 趨勢線(即求出內眼牆角速度和外眼牆角速度的關係)。
- (五) 除了第四點所提及之趨勢線外，我們也利用內、外眼牆角速度的比值探討他們之間的相對關係。
- (六) 將探空資料擷取高度及風速取其十公里內的風速變化量與高度變化量的比值，製成圖表並觀察分析之。

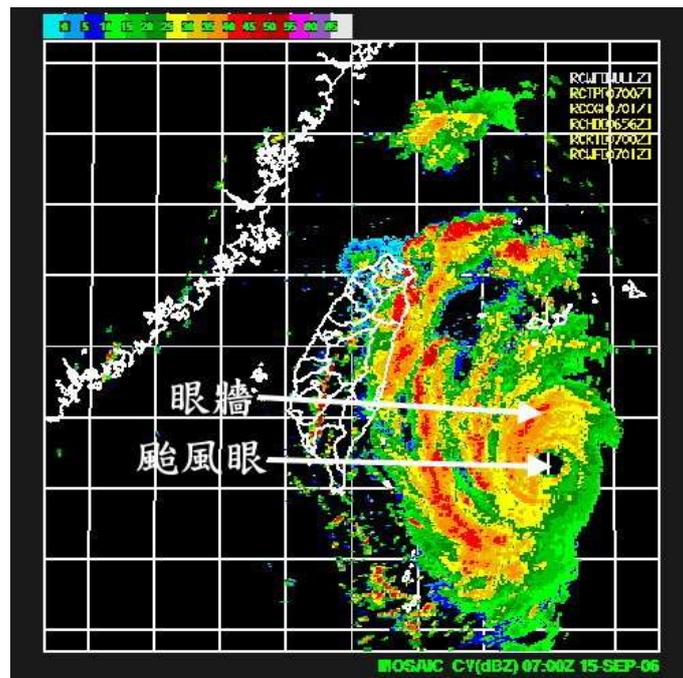
伍、研究結果

一、探究判讀颱風雙眼牆的方法

(一) 以下兩張圖為摘自中央氣象局網站之颱風雷達圖，我們藉由比較兩張圖之間的差異，來判斷其為雙眼牆颱風與否的依據。



<圖一> 2007 聖帕—出現內外眼牆結構



<圖二> 2006 珊珊—只有單眼牆

我們的想法：

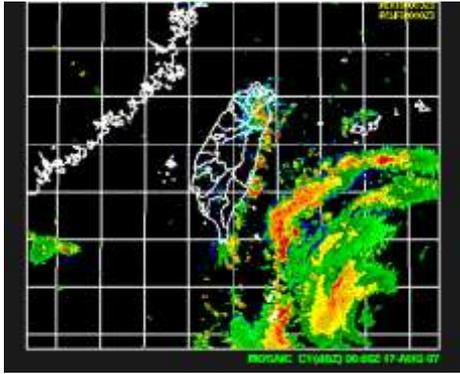
- (一) 雷達圖中顏色偏紅者為回波較強的部分，由以上兩張圖我們可以看出，〈圖一〉中的聖帕颱風有兩層明顯的強回波區(箭頭處)，且外眼牆佔整個颱風圓周長的三分之二以上，反之，〈圖二〉的珊珊颱風只能看見單獨的一層眼牆。
- (二) 且由〈圖一〉的聖帕颱風中可觀察出，兩層強回波區之間夾有一層無回波區，而我們判斷的依據是只要兩層強回波區中夾有明顯無回波區或弱回波區，且外眼牆至少要佔整個颱風圓周長的三分之二，即為雙眼牆颱風。
- (三) 依上述想法，我們可以簡單判斷出雙眼牆颱風，但究竟其可能形成因素為何呢？接下來我們便將 1999~2007 年所有侵台颱風加以判讀，希望能找出具有雙眼牆颱風結構的個案。

二、挑選雙眼牆颱風的個案與初步分析

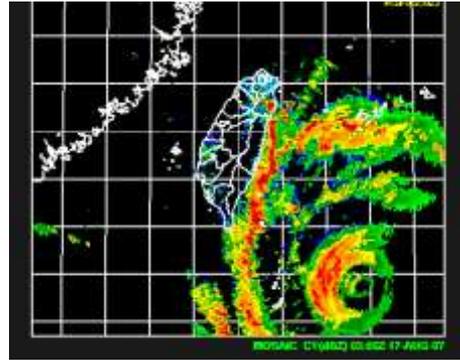
我們根據 1999~2007 年中央氣象局所提供之雷達圖加以分析探討，進而歸類成「非雙眼牆颱風」和「雙眼牆颱風」兩種，再將其依強度、近中心最大風速、暴風半徑及路徑分類，製成〈表格一〉。

另外，我們也將出現雙眼牆結構的颱風之雷達圖，從雙眼牆出現的前一張直到雙眼牆消失的後一張整理，加以統計其維持時間，記錄成〈表格二〉，在此僅挑出 2007 年聖帕颱風的部分雷達圖作為範例（〈圖三〉），其餘的氣象雷達分析圖請參閱附錄。

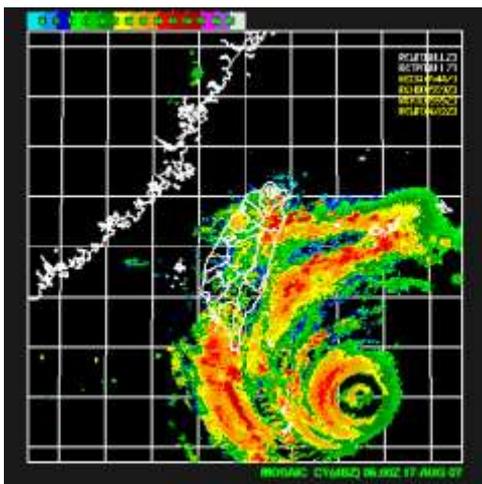
<圖三> 颱風雙眼牆判讀之範例 (2007 聖帕)



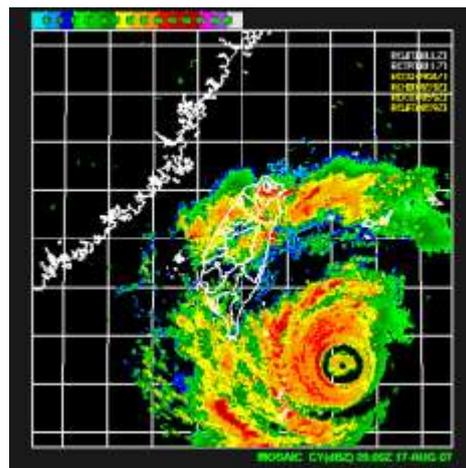
(a) 雙眼牆出現前 2007/8/17 0:00



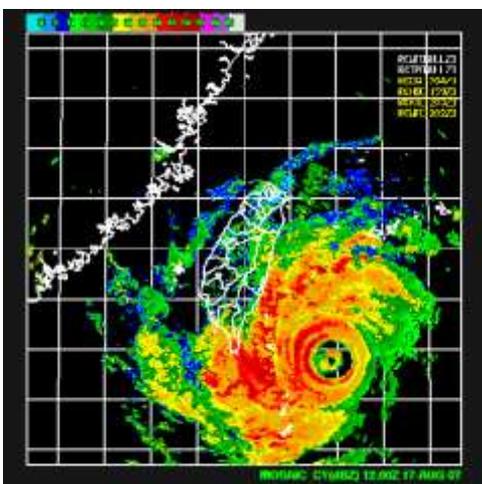
(b) 雙眼牆出現之一 2007/8/17 03:00



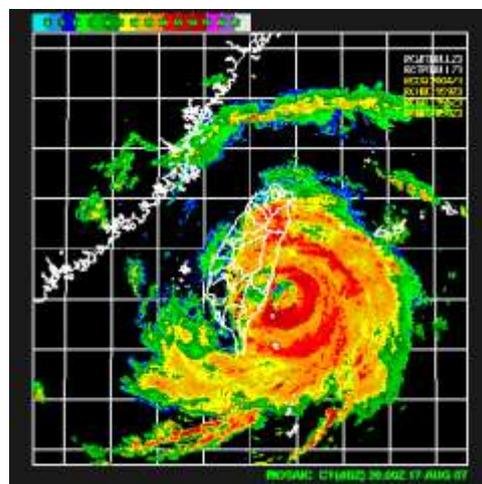
(c) 雙眼牆之二 2007/8/17 06:00



(d) 雙眼牆之三 2007/8/17 09:00



(e) 雙眼牆之四 2007/8/17 12:00



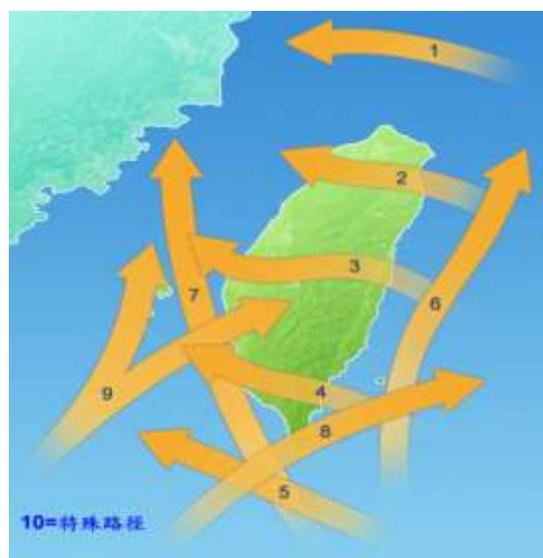
(f) 雙眼牆消失 2007/8/17 20:00

<表格一> 1999~2007 所有侵台颱風列表

	颱風編號	颱風名稱	時間	強度	近中心最大風速	暴風半徑	路徑
非 雙 眼 牆 颱 風	199906	瑪姬	06/04~06/06	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	5
	199911	山姆	08/19~08/21	輕度	30.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里	-
	199920	丹恩	10/04~10/09	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 80 公里	7
	200004	督德	07/06~07/10	中度	35.0(m/s)	七級暴風半徑 150 公里， 十級暴風半徑 50 公里	6
	200012	巴比蒂	08/27~08/30	輕度	33.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里	6
	200015	寶發	09/08~09/10	輕度	23.0 m/s	七級暴風半徑 180 公里	-
	200019	雅吉	10/23~10/26	中度	33.0 m/s	七級暴風半徑 180 公里， 十級暴風半徑 50 公里	-
	200020	象神	10/30~11/01	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	6
	200021	貝碧佳	11/06~11/07	輕度	33.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里	-
	200101	西馬隆	05/11~05/13	輕度	23.0 m/s	七級暴風半徑 100 公里	7
	200102	奇比	06/22~06/24	中度	35.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里	5
	200104	尤特	07/03~07/05	中度	40.0 m/s	七級暴風半徑 350 公里	4
	200105	潭美	07/10~07/11	輕度	20.0 m/s	七級暴風半徑 80 公里	-
	200107	玉兔	07/23~07/24	輕度	30.0 m/s	七級暴風半徑 150 公里	3
	200108	桃芝	07/28~07/31	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	-
	200116	納莉	09/13~09/19	中度	40.0 m/s	七級暴風半徑 100 公里， 十級暴風半徑 50 公里	特殊路 徑
	200205	雷馬遜	07/02~07/04	中度	45.0 m/s	七級暴風半徑 300 公里， 十級暴風半徑 100 公里	6
	200208	娜克利	07/09~07/10	輕度	18.0 m/s	七級暴風半徑 80 公里	9
	200216	辛樂克	09/04~09/08	中度	40.0 m/s	七級暴風半徑 300 公里， 十級暴風半徑 100 公里	1
	200302	柯吉拉	04/21~04/24	中度	43.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	6
200305	南卡	06/01~06/03	輕度	23.0 m/s	七級暴風半徑 100 公里	8	
200306	蘇迪勒	06/16~06/18	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里， 十級暴風半徑 50 公里	6	
200307	尹布都	07/21~07/23	中度	48.0 m/s	七級暴風半徑 300 公里， 十級暴風半徑 120 公里	5	
200309	莫拉克	08/02~08/04	輕度	23.0 m/s	七級暴風半徑 100 公里	4	

	200311	梵高	08/19~08/20	輕度	18.0 m/s	七級暴風半徑 100 公里	1
	200312	柯羅吐	08/22~08/23	中度	33.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里 十級暴風半徑 100 公里	5
	200319	米勒	11/02~11/03	輕度	25.0 m/s	七級暴風半徑 150 公里	8
	200404	康森	06/07~06/09	中度	33.0 m/s	七級暴風半徑 150 公里 十級暴風半徑 50 公里	8
	200409	康柏斯	07/14~07/15	輕度	20.0 m/s	七級暴風半徑 100 公里	-
	200420	海馬	09/11~09/13	輕度	18.0 m/s	七級暴風半徑 100 公里	6
	200421	米雷	09/26~09/27	中度	40.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里 十級暴風半徑 80 公里	-
	200427	南瑪都	12/03~12/04	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里 十級暴風半徑 80 公里	9
	200509	馬莎	08/03~08/06	中度	40.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里 十級暴風半徑 80 公里	1
	200510	珊瑚	08/11~08/13	輕度	25.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里	-
	200518	丹瑞	09/21~09/23	輕度	25.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里	-
	200601	珍珠	05/16~05/18	中度	45.0 m/s	七級暴風半徑 300 公里 十級暴風半徑 100 公里	9
	200603	艾維尼	07/07~07/09	中度	43.0 m/s	七級暴風半徑 300 公里 十級暴風半徑 80 公里	-
	200604	碧利斯	07/12~07/15	輕度	25.0 m/s	七級暴風半徑 300 公里	2
	200605	凱米	07/23~07/26	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里 十級暴風半徑 80 公里	3
	200608	森美	08/09~08/10	中度	48.0 m/s	七級暴風半徑 180 公里 十級暴風半徑 80 公里	-
	200609	寶發	08/07~08/09	輕度	23.0 m/s	七級暴風半徑 120 公里	4
	200613	珊珊	09/14~09/16	中度	48.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里 十級暴風半徑 80 公里	-
	200707	榕提	08/08~08/09	輕度	18.0m/s	七級暴風半徑 100 公里	-
	200712	韋帕	09/17~09/19	中度	48.0m/s	七級暴風半徑 200 公里， 十級暴風半徑 80 公里	-
雙 眼 牆 颱 風	200010	碧利斯	08/21~08/23	強烈	53.0 m/s	七級暴風半徑 300 公里， 十級暴風半徑 120 公里	3
	200119	利奇馬	09/23~09/28	中度	35.0 m/s	七級暴風半徑 180 公里 十級暴風半徑 50 公里	4

雙 眼 牆 颱 風	200121	海燕	10/15~10/16	中度	35.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	-
	200313	杜鵑	08/31~09/02	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	5
	200407	敏督利	06/28~07/03	中度	35.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	6
	200413	蘭亭	08/10~08/13	中度	38.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	-
	200417	艾利	08/23~08/26	中度	35.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里， 十級暴風半徑 50 公里	1
	200424	納坦	10/23~10/26	中度	43.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	6
	200505	海棠	07/16~07/20	強烈	55.0 m/s	七級暴風半徑 280 公里， 十級暴風半徑 120 公里	3
	200513	泰利	08/30~09/01	強烈	53.0 m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	3
	200515	卡努	09/09~09/11	中度	40.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里， 十級暴風半徑 80 公里	-
	200519	龍王	09/30~10/03	強烈	51.0 m/s	七級暴風半徑 200 公里， 十級暴風半徑 80 公里	3
	200708	聖帕	08/16~08/19	強烈	53.0m/s	七級暴風半徑 250 公里， 十級暴風半徑 100 公里	-
	200715	柯羅莎	10/04~10/07	強烈	51.0m/s	七級暴風半徑 300 公里， 十級暴風半徑 120 公里	-



<圖四> 颱風路徑圖

<表格二>

個案編號	颱風名稱	雙眼牆出現時刻	雙眼牆消失時刻	出現時間	備註
200010	碧利斯	2000/08/22 09:00	2001/8/22 12:00	3	
200119	利奇馬	2001/09/25 20:00	2001/09/26 00:00	4	
200121	海燕	2001/10/15 19:00	2001/10/16 05:00	10	
200313	杜鵬	2003/09/01 07:00	2003/09/01 15:00	8	
200407	敏督利	2004/07/01 01:00	2004/07/01 09:00	8	
200413	蘭寧	2004/08/11 23:00	2004/08/12 05:00	6	
200417	艾利	2004/08/24 01:00	2004/08/24 14:00	13	
200424	納坦	2004/10/24 05:00	2004/10/24 14:00	8	07:00時 一度消失
200505	海棠	2005/07/17 08:00	2005/07/17 14:00	6	
200513	泰利	2005/08/31 02:00	2005/08/31 10:00	7	8:00時 一度消失
200515	卡努	2005/09/10 13:00	2005/09/10 17:00	4	
200519	龍王	2005/10/01 07:30	2005/10/01 16:00	8.5	
200708	聖帕	2007/08/17 01:00	2007/08/17 15:00	14	
200715	柯羅莎	2007/10/05 06:00	2007/10/05 13:00	15	
		2007/10/05 17:00	2007/10/06 01:00		

我們的想法：

- (一) 由<表格一>可看出所有的輕度颱風中並沒有雙眼牆出現的例子，反觀在所有中度颱風中有出現雙眼牆者佔 24.24%，強烈颱風中更高達 100.00%，依此數據我們推論颱風強度須達中度以上較有機會形成雙眼牆颱風，且得知強度颱風強度愈大愈有機會形成雙眼牆颱風。
- (二) 我們亦觀察出<表格一>中的雙眼牆颱風近中心最大風速均達 35 公尺/秒以上，而七級暴風半徑均達 180 公里以上，十級暴風半徑則均有 50 公里以上。
- (三) 此外，在<表格一>中可看出雙眼牆颱風的侵台方向，均由台灣東南側，即菲律賓東方海面，由東南往西北或往北前進。
- (四) 我們發現<表格一>的雙眼牆颱風侵襲台灣的月份皆為八月底至十月初，此與一般侵臺颱風的季節無明顯差異，稍有不同的是缺 5、6、11、12 月份的個案，可能這些月份的颱風強度發展成強颱風的機率較低所致。

(五) 根據〈圖三〉我們亦可發現：

- 1、聖帕颱風雙眼牆還未出現前結構較為鬆散，颱風眼不明顯且其回波較他張雷達圖為弱，且其強回波主要集中在颱風左上方（西北）。
- 2、雙眼牆出現初期，雖結構仍有點鬆散，但仍可明顯分辨出其雙眼牆所在，且雙眼牆出現後強回波處亦增大。
- 3、在（d）圖之後，雙眼牆結構十分明顯，且強回波明顯變的更強。因此我們推測，當颱風結構發展愈成熟、回波愈強之時，是有利於雙眼牆結構之出現。
- 4、從（f 圖）可看出雙眼牆消失後，颱風眼變的較不明顯，弱回波區亦消失，根據此圖和前面幾張圖的差異，在此個案中發現聖帕颱風可能因為接近台灣，其結構受到台灣地形的破壞，所以較不利於雙眼牆結構的發展。

(六) 由〈表格一〉和〈表格二〉中，發現颱風的強度和雙眼牆出現時間的長短並無明顯關聯。例如西元 2007 年的聖帕颱風和西元 2000 年的碧利斯颱風，兩者雖然都為強烈颱風，其雙眼牆維持的時間聖帕長達 14 個小時，反觀碧利斯卻只出現了 3 個小時。

(七) 比較〈表格一〉和〈表格二〉後，我們可以發現一個颱風從生成到消失可以長達幾天之久，但是其雙眼牆出現的時間卻僅有短短的幾個小時，因此我們推測，雙眼牆的出現可能與颱風的結構變化有關，於是以下我們將就雙眼牆颱風的結構，做更進一步分析研究。

三、探討雙眼牆颱風之特徵

(一) 分析颱風雙眼牆結構形成前後的風速變化。

(二) 根據〈表格一〉的結果，將所有雙眼牆颱風挑出並依照颱風警報單記錄近中心最大風速，選取時間範圍從雙眼牆結構出現前四張警報單至結構消失後四張警報單，將其製成表格後，時間為橫軸，近中心最大風速為縱軸，再轉換成折線圖。以下我們取其中三個颱風作為範例，其餘雙眼牆颱風個案詳見附錄。(表格中紅字標示者為雙眼牆出現時刻)

<表格三> 2000 碧利斯颱風的近中心最大風速

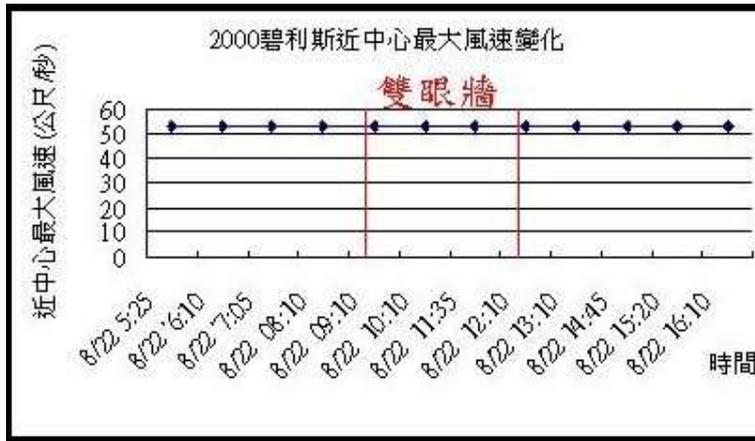
2000 碧利斯	近中心最大風速 (m/s)
08/22 05:25	53
08/22 06:10	53
08/22 07:05	53
08/22 08:10	53
08/22 09:10	53
08/22 10:10	53
08/22 11:35	53
08/22 12:10	53
08/22 13:10	53
08/22 14:45	53
08/22 15:20	53
08/22 16:10	53

<表格四> 2003 杜鵑颱風的近中心最大風速

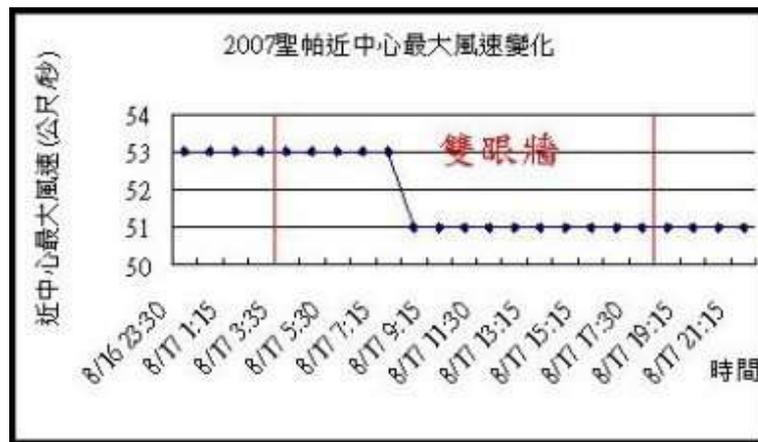
200313 杜鵑	近中心最大風速 (m/s)
08/31 20:30	35
08/31 23:30	35
09/01 02:30	35
09/01 05:30	38
09/01 08:30	38
09/01 11:30	40
09/01 14:30	43
09/01 17:30	43
09/01 20:30	43
09/01 23:30	43
09/02 02:30	43

<表格五> 2007 聖帕颱風的近中心最大風速

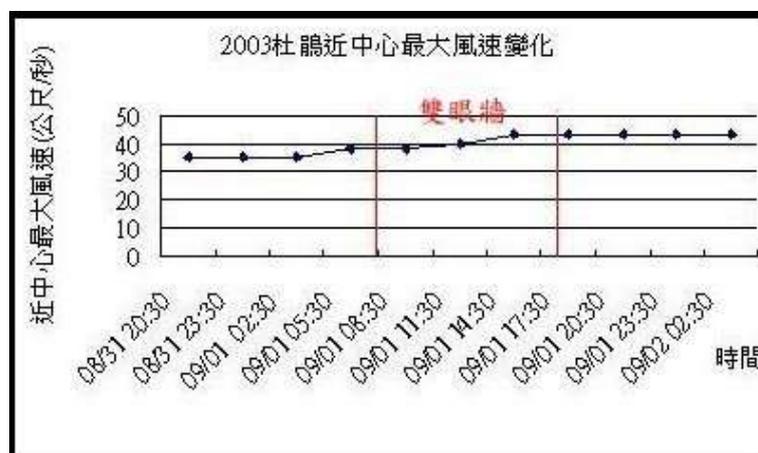
200708 聖帕	近中心最大風速 (m/s)
08/16 23:30	53
08/17 00:15	53
08/17 01:15	53
08/17 02:30	53
08/17 03:35	53
08/17 04:15	53
08/17 05:30	53
08/17 06:15	53
08/17 07:15	53
08/17 08:30	51
08/17 09:15	51
08/17 10:15	51
08/17 11:30	51
08/17 12:15	51
08/17 13:15	51
08/17 14:30	51
08/17 15:15	51
08/15 16:15	51
08/17 17:30	51



<圖五> 2000 碧利斯近中心最大風速變化

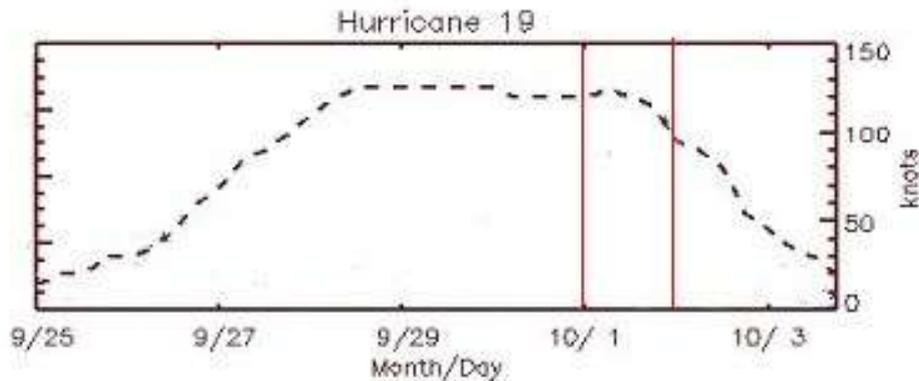


<圖六> 2007 聖帕近中心最大風速變化

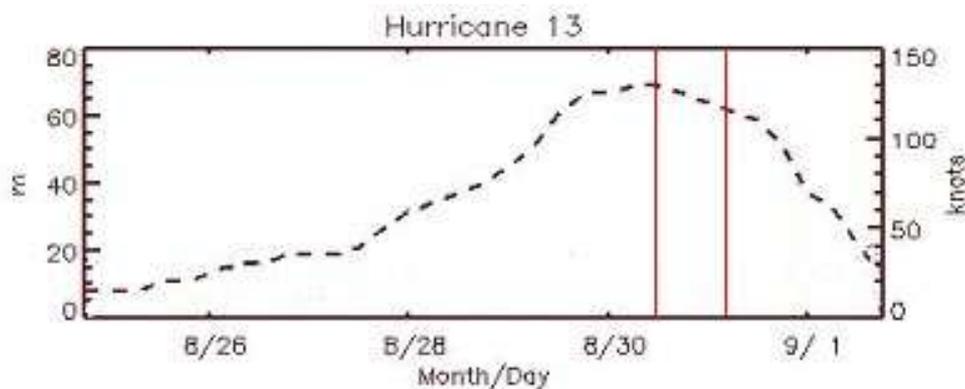


<圖七> 2003 杜鵑近中心最大風速變化

(三) NASA 近中心最大風速圖：由於以上我們採取的近中心風速數據佔颱風形成時間較為短暫，因此，為了觀察颱風長時間的近中心最大風速變化，我們又另外參考了美國太空總署的颱風資料，並擷取製成〈圖八〉、〈圖九〉。(圖中紅線標示範圍為雙眼牆出現時刻)



〈圖八〉2005 龍王近中心最大風速變化圖



〈圖九〉2005 泰利近中心最大風速變化圖

我們的想法：

- (一) 由〈表格三〉、〈表格四〉、〈表格五〉所製成之〈圖五〉、〈圖六〉、〈圖七〉中可看出，在雙眼牆出現前後其近中心最大風速並無顯著規則變化，有些雙眼牆颱風的近中心最大風速會減弱，有些則會增強，有些則沒有改變。
- (二) 由〈圖八〉，〈圖九〉中，我們發現了雙眼牆結構出現時間約在近中心最大風速數值最大的前後半天至一天內。也就是說，雖然近中心最大風速在颱風雙眼牆結構出現前後短期內並無明顯變化，但把時間的範圍拉長來觀察後，可以發現其結構的出現約在近中心風速最強的期間。由此可知，當近中心最大風速在颱風的生命週期中發展至較強時，較可能形成雙眼牆結構。

四、探討雙眼牆颱風之可能形成因素

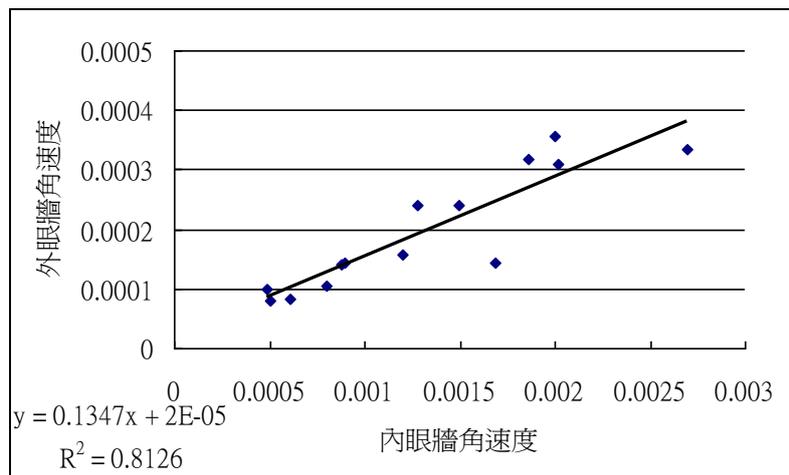
- (一) 分析雙眼牆颱風的結構特徵。
- (二) 因颱風為熱帶氣旋，所以我們推測其內外渦旋轉動速度的大小和雙眼牆形成有關聯，而利用 Motic 繪圖軟體大略估算出颱風的內眼牆內、外緣大小及外眼牆內、外緣大小，個別平均內外眼牆之半徑，製成〈表格六〉。再利用內外眼牆半徑、近中心最大風速以及外眼牆平均風速，估算出外眼牆的角速度 ω ，製作成〈表格七〉。由於颱風為熱帶氣旋，所以根據高中二年級物理課程，可依角速度的定義求出其轉動速度藉此探討雙眼牆颱風形成之原因。(假設質點與質點間無作用力。此外，外眼牆平均風速為比較暴風半徑、外眼牆平均半徑，以比例關係推算出大概的外眼牆風速。)

〈表格六〉 雙眼牆半徑

		內眼牆內緣 大小<km>	內眼牆外緣 大小<km>	外眼牆內緣 大小<km>	外眼牆外緣 大小<km>	內眼牆平均 半徑<km>	外眼牆平均 半徑<km>
20001	碧利斯	14.73	33.66	46.29	111.50	24.20	78.90
200119	利奇馬	48.39	90.47	141.00	284.00	69.43	212.50
200121	海燕	33.66	82.06	149.38	305.08	57.86	227.23
200313	杜鵑	27.35	33.66	52.60	107.30	19.99	79.95
200407	敏督利	8.42	35.77	71.54	124.10	22.09	97.84
200413	蘭寧	21.04	42.08	122.00	164.10	31.56	143.07
200417	艾利	50.50	105.20	151.49	216.71	77.84	184.10
200424	納坦	14.73	31.56	65.22	113.60	23.14	89.42
200505	海棠	23.14	42.08	63.12	94.68	32.61	78.90
200513	泰利	33.66	79.95	132.60	199.90	56.81	153.59
200515	卡努	16.83	90.47	138.90	214.60	53.65	176.74
200519	龍王	29.46	50.50	63.12	132.60	39.98	97.84
200708	聖帕	8.42	29.46	48.39	122.03	18.94	85.21
200715	柯羅莎	29.46	86.26	111.51	212.50	57.86	162.00

<表格七>角速度

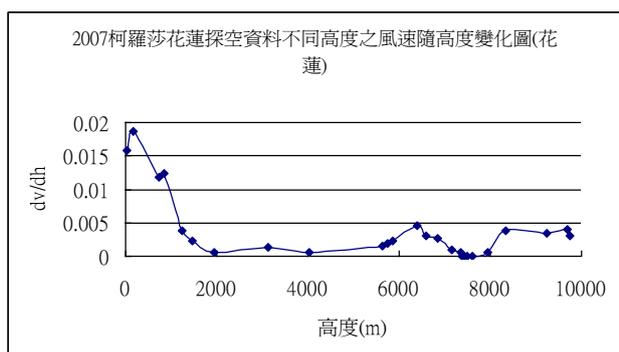
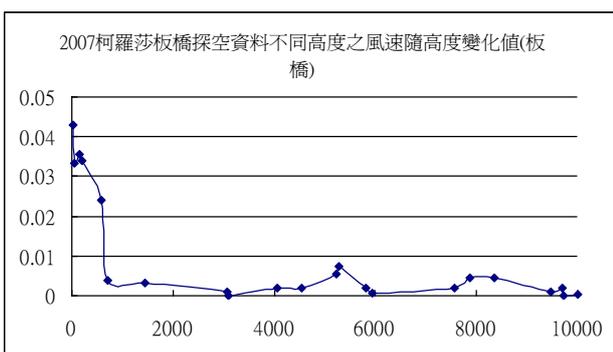
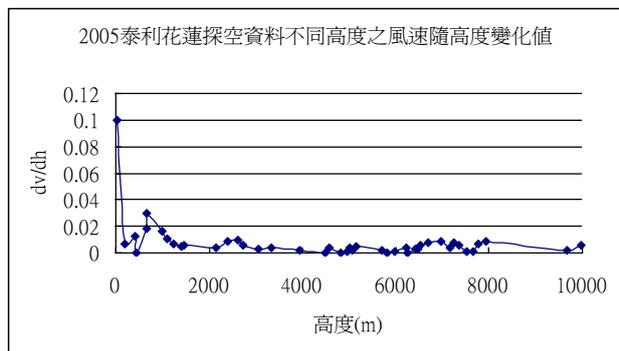
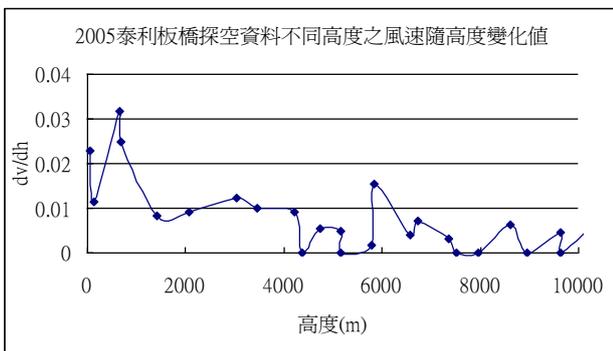
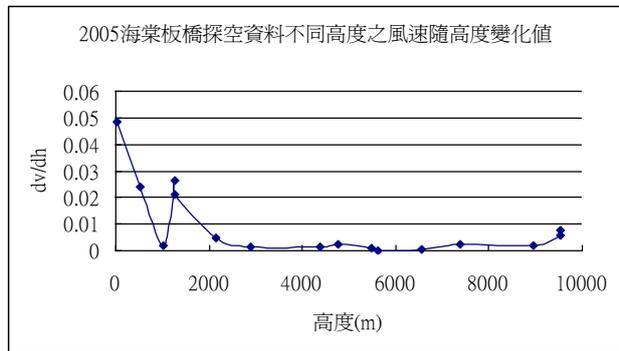
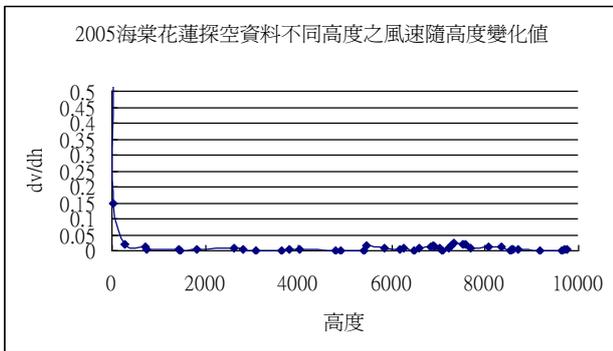
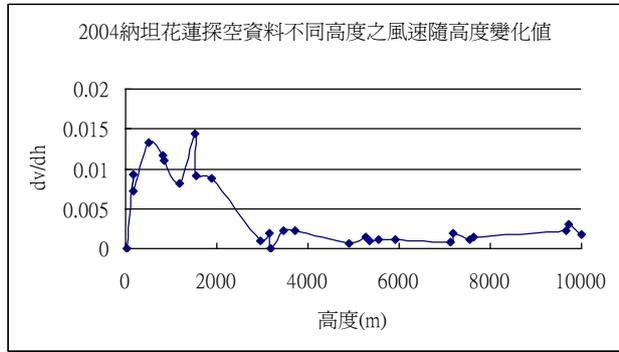
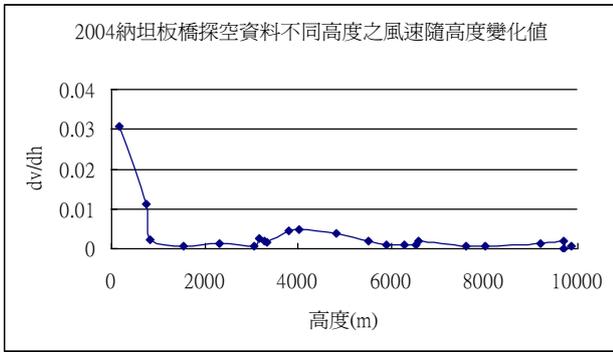
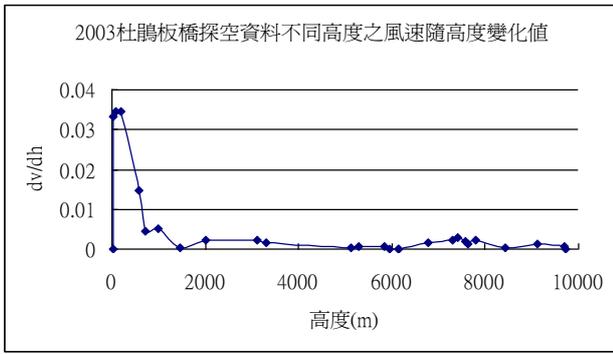
		近中心最大 風速 m/s	外眼平均 風速 m/s	內 ω (角速度) ν / r	外 ω (角速度) ν / r	內眼 $\omega /$ 外眼 ω
200001	碧利斯	53.0	28.4	0.00219045	0.00035995	6.09
200119	利奇馬	35.0	17.1	0.00050409	0.00008047	6.27
200121	海燕	35.0	26.7	0.000604908	0.000117357	5.15
200313	杜鵬	40.0	28.4	0.00200120	0.00035521	5.63
200407	敏督利	33.0	23.4	0.00149375	0.00023907	6.25
200413	蘭寧	38.0	22.4	0.00120406	0.00015642	7.70
200417	艾利	38.0	18.3	0.000488131	0.00009943	4.91
200424	納坦	43.0	28.4	0.00185793	0.00031760	5.85
200505	海棠	55.0	24.5	0.00168650	0.00031052	5.43
200513	泰利	51.0	21.9	0.00089776	0.00014233	6.31
200515	卡努	43.0	18.5	0.00080146	0.00010472	7.65
200519	龍王	51.0	23.4	0.00127577	0.00023907	5.34
20070	聖帕	51.0	28.4	0.00269328	0.00033329	8.08
2007	柯羅莎	51.0	22.8	0.00088144	0.00014073	6.26



<圖十>內眼牆角速度和外眼牆角速度關係圖

- (三) 由於以上的資料都是從水平的發生情況來討論，但是因為颱風的結構是屬於三度空間，因此我們便想從三維空間資料來進行研究分析。
- (四) 探空資料的分析：從花蓮和板橋測站所提供的探空資料中，我們取出其中的「高度」、「風速」來進行分析，製成<圖十一>，其中縱軸為風速變化除以高度變化。

<圖十一> 颱風的 dv/dh 與高度相對關係圖



(五) 我們測量出颱風強度最強的時刻與花蓮、綠島、板橋三個探空測站的最近距離，製成〈表格八〉。

〈表格八〉探空測站與颱風暴風圈之距離關係

	颱風名稱	時間	花蓮(k m)	綠島(k m)	板橋(k m)
200010	碧利斯	8/22 10:00	50	暴風圈內	150
200119	利奇馬	9/25 22:00	110	暴風圈內	210
200313	杜鵑	9/1 15:15	20	暴風圈內	200
200407	敏督利	7/1 01:15	100	暴風圈內	200
200413	蘭寧	8/12 05:30	200	150	50
200424	納坦	10/24 3:15	250	150	325
200505	海棠	7/17 14:30	150	100	170
200513	泰利	8/31 10:15	150	50	170
200515	卡努	9/10 17:30	150	200	150
200519	龍王	10/1 16:15	65	70	225
200708	聖帕	8/17 17:30	70	暴風圈內	150
200715	柯羅莎	10/6 01:15	暴風圈內	暴風圈內	50

我們的想法：

- (一) 根據〈表格七〉中的內外眼牆 ω (角速度) 製成〈圖十〉，將其加上趨勢線可得知內外眼牆的 ω 大略成正比，即內眼牆 ω 愈大時，則外眼牆 ω 也就會愈大。
- (二) 根據上一點的發現基礎，我們將內眼牆的 ω 除以外眼牆的 ω ，得到資料顯示，全部的雙眼牆颱風之內外眼牆 ω 比值都在五倍以上，而大部分的比值集中在約 5~8 倍。因此我們推論，當內眼牆的轉動速度達外眼牆的轉動速度某個倍數之上，則有利於雙眼牆結構的發生。
- (三) 由探空資料的颱風個案來看，底層大氣(二公里內)的風速隨高度變化率數值較大，高層大氣(二公里以上)的風速隨高度變化率數值較小。
- (四) 在這些個案中，雙眼牆結構出現最久的為 2007 柯羅莎，其底層大氣最大風速隨高度變化率約在 0.03 ~ 0.04 之間，與其他颱風比較，此值並非特別大或特別小。

陸、討論

- 一、氣象局颱風資料庫所提供的颱風警報單中，少有對颱風雙眼牆之資料描述，因此我們利用雷達圖中兩強烈回波區間是否具有弱回波區或無回波區作為其是否有雙眼牆的依據。
- 二、我們利用中央氣象局所發布歷年颱風警報單中，挑出西元 1999 至 2007 年間侵襲台灣且有出現雙眼牆結構之颱風樣本，共有十四個颱風。為了找出內外眼牆的關係，我們特地找尋能量出半徑且將中心點定位的繪圖軟體。
- 三、在我們研究的多項因素中，發現角速度為最有可能影響颱風雙眼牆形成的因子。但因我們在計算角速度時僅利用單一質點，且假設質點與質點間無相互作用力，所以實際情況必然和理想數據有所不同，這也是我們有待探討的問題之一。
- 四、此外因為計算颱風環流轉動速度（角速度）時所依據的近中心最大風速是採用颱風警報單中的資料並非非常準確且逐時的數字，所以可能會造成我們計算分析中的限制。再加上除了我們探討的因素之外或許還有其他可能影響雙眼牆形成的種種因素，如垂直方向上的風速改變……等，而這些問題依舊有進一步討論的空間去研究之。
- 五、由於中央氣象局所提供的氣象雷達圖拍攝範圍有限，導致我們無法看到完整的颱風影像，因此仍需後續更多資料來輔助判斷。
- 六、由於探空資料的時間範圍很大，然而部份雙眼牆結構所維持的時間卻只有幾個小時，因此並不是每個雙眼牆颱風的出現時間都會剛好落在此時間範圍內，所以儘管有西元 2000~2007 年的探空資料，我們仍無法得知完整的颱風垂直風速變化。
- 七、根據探空資料，原本我們推測風速隨高度變化率越大會使更多對流運動形成擾動而讓雙眼牆結構之外眼牆部份的形成受到影響，但由於探空資料可能並非雙眼牆結構最明顯時刻或位置關鍵點，所以後續可能需要更多不同時間、地點的探空資料加以輔助判讀。

柒、結論

- 一、 因為氣象雷達圖可以清楚地看出整個颱風的結構，所以我們選擇利用中央氣象局所提供之氣象雷達圖判讀雙眼牆颱風，將颱風眼牆中出現明顯無回波區或眼牆中出現兩層強回波區而中間夾著弱回波區的颱風視為雙眼牆颱風。
- 二、 由資料中得知，從台灣東南側行往西北側的侵台方向，且颱風強度為中度以上，再加上七級暴風半徑達 180 公里以上、十級 50 公里以上時颱風形成雙眼牆的機率較大。
- 三、 本研究中的雙眼牆颱風侵襲台灣的月份皆為八月底至十月初，此與一般颱風侵台的季節無明顯差異，稍有不同的是缺五、六、十一、十二月份的個案，可能因這些月份的颱風強度發展成強烈颱風的機率較低所致。
- 四、 由〈表格一〉和〈表格二〉中，發現颱風的強度和雙眼牆出現時間的長短並無明顯關聯。例如西元 2007 年的聖帕颱風和西元 2000 年的碧利斯颱風，兩者雖然都為強烈颱風，其雙眼牆維持的時間聖帕長達 14 個小時，反觀碧利斯卻只出現了 3 個小時。
- 五、 由逐張警報單記錄得到的颱風近中心最大風速資料，分析出雙眼牆颱風在出現至結束時間的近中心最大風速變化並無顯著規律性，因此判定近中心最大風速可能和雙眼牆之形成較無關聯性。
- 六、 雖然由雙眼牆結構出現前後短期的近中心最大風速變化看不出兩者是否有一定的關聯性，然而我們發現，將時間拉長可以觀察出雙眼牆結構恰好出現在最強近中心最大風速期間前後半天至一天內。
- 七、 經由雙眼牆的內緣平均半徑和外緣平均半徑，以及近中心最大風速和外眼平均速度所算出內外眼角速度 (ω)，發現內眼角速度和外眼角速度成正比，而內眼角速度均為外眼角速度的五 5 至 8 倍。因此我們推論，當內眼牆的轉動速度達外眼牆的轉動速度某個倍數之上，則有利於雙眼牆結構的發生。
- 八、 由探空資料中得知在底層大氣之風速隨高度的變化率均較大，然而底層大氣之風速隨高度的變化率極大值與雙眼牆結構維持時間並沒有顯著關係性。

捌、參考資料及其他

一、香港天文台——颱風杜鵑

http://www.hko.gov.hk/informtc/double_eyec.htm

二、全國碩博士論文網

<http://etds.ncl.edu.tw/theabs/index.jsp>

三、台大大氣研究資料庫

<http://stdank.as.ntu.edu.tw/>

四、世界氣象組織

http://www.wmo.ch/pages/index_en.html

五、Unysis Weather : Hurricane/Tropical Data

<http://weather.unisys.com/hurricane/>

六、颱風部屋

<http://home.educities.edu.tw/typhoonroom/>

七、Operational Significant Event Imagery

http://www.osei.noaa.gov/Events/Tropical/E_Pacific/

八、Tropical, Storms, Worldwide

<http://www.solar.ifa.hawaii.edu/Tropica/tropical.html>

九、Digital Typhoon

<http://agora.ex.nii.ac.jp/>

十、香港熱帶氣旋追擊站

<http://hkcoc.weather.com.hk/observatoryhome.htm>

十一、張保亮與洪景山，2006：杜鵑(2003)颱風雙眼牆與似擺線路徑之都卜勒雷達分析。大氣科學期刊第 34 期第 2 號，2006 年 6 月。

十二、NASA

<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>

【評語】 040503

本作品探討颱風出現「雙眼牆」時，相關參數的變化，如近中心最大風速等，具創意，尤其對於每年必侵襲台灣的颱風現象，有其鄉土意義。但在資料蒐集和分析上，似有進步空間。颱風相關資料的選取上，可與相關單位聯絡，取得更具有科學分析價值的資訊。