

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 地球與行星科學科

第三名

051904

Co-movement！秋颱共伴效應之深入探討

學校名稱：國立臺灣師範大學附屬高級中學

作者： 高二 蕭柏智 高二 范傑翔 高二 蔡帛原	指導老師： 王靖華 洪逸文
---	-----------------------------

關鍵詞：共伴效應、輻合輻散場、地形風向

摘要

共伴效應發生的颱風時常帶來嚴重災情，促使我們投入對秋颱共伴效應的分析。利用地面風場、輻合輻散場、衛星雲圖、測站氣壓雨量等統計資料以及颱風路徑等資料分析後，顯示在中央氣象局分類的五號、六號、九號路徑的颱風，發生共伴效應的比例較其他路徑之颱風高。在風場與輻合輻散場之比較得知共伴會隨著颱風環流與東北季風相對位置的接近而產生增強的現象，再用地面天氣圖與雨量統計資料確認高壓靠海導致東北季風含水氣量的增加也會加強共伴雲帶的降水。利用十幾個颱風與六個測站雨量與風向的變化結果相互比較後，得知地形與風向效應也會導致當地瞬時以及總降雨量的增減，而風向與地形走向之夾角越趨近於垂直影響雨量的效果則越顯著。

壹、研究動機

「秋天東北季風逐漸增強，颱風來臨時將會引進共伴環流。」小時候看氣象預報，隱隱約約會聽到類似的話語，然而我們卻不懂他的含意，只知道颱風要來了，要放假了!到了國高中地科及地理課時，才大略介紹了共伴效應這個現象，對於共伴效應極度陌生的我們，始終不了解共伴與颱風之間的相互關係。「為何各個不同的颱風對台灣所造成的影響差異會如此之大?」對此產生好奇心的我們，理所當然地把它做為了我們科展的研究題目，目的就是要藉由科學的方法，釐清共伴效應與各個不同路徑的颱風之間的關係。

貳、研究目的

- 一、定義何謂共伴
- 二、討論不同路徑與颱風共伴產生的關係
- 三、了解颱風侵台前，北部,東北部發生強降雨的原因
- 四、探討共伴輻合帶所在之地形及風向與地形的夾角對降雨量的影響

參、研究方法與過程

- 一、定義何謂共伴

要判斷是否產生共伴，光靠雲圖是不夠的，因為雲圖只能觀察雲帶，故無法判斷雲帶是

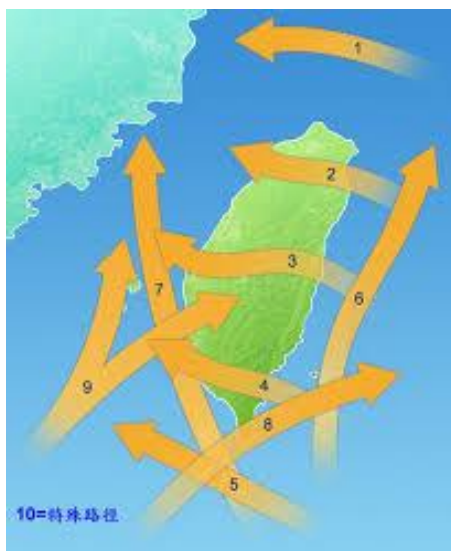
否為共伴產生，所以必須借助風場圖，來判斷颱風與東北季風是否產生輻合輻散，藉此判斷是否產生共伴效應。本研究利用 GrADS 軟體計算風場、輻合輻散與繪圖，定義 9~12 月之間與東北季風有發生輻合現象之颱風為共伴秋颱。

二、討論不同路徑與颱風共伴產生的關係

依據侵台颱風資料庫的颱風資訊，取出 1959~2010 年 9~12 月之間各路徑被定義為共伴之秋颱，統計其個數，並依路徑製成表格、圓餅圖，比較各路徑比例之差異。

分別記錄各路徑 9~12 月之秋颱以及有無共伴效應秋颱之個數，製成表格，統計完比例後將各路徑 9~12 月秋颱總數製成圓餅圖觀察不同路徑形成共伴之關係，最後再將有共伴、無共伴之秋颱個數製成長條圖觀察比例。

三、了解颱風侵台前，北部,東北部發生強降雨的原因



圖一 颱風路徑類別圖

找尋適合的共伴秋颱，觀測颱風在不同位置時共伴強弱的變化，再配合地面天氣圖、風場圖、輻合輻散圖等，觀察共伴雲帶隨颱風位置的不同而產生的變化，藉此分析共伴效應強弱與位置之間的關聯。

四、探討共伴輻合帶所在之地形及風向與地形的夾角是否對於降水量有所影響

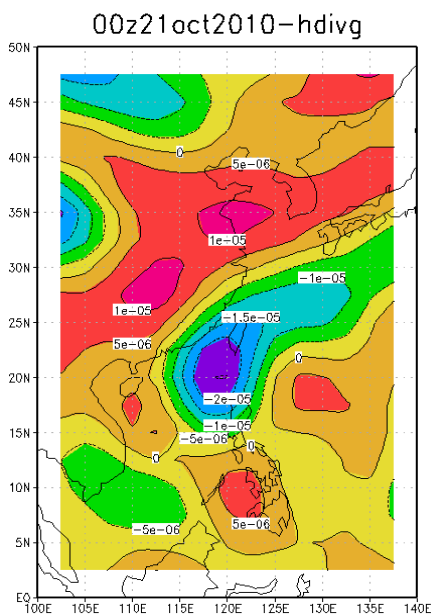
輻合帶所在位置之地形，可能連帶影響到當地降雨量之差異，故我們挑選了幾個代表性測站作為依據：1.宜蘭(喇叭狀開口+山地)2.蘇澳(喇叭狀開口)3.彭佳嶼(迎風面+平坦地形)。接

著選取輻合帶有通過上述地區之颱風，依照三地不同的降雨量以及風向做分析，判斷地形對降雨的影響，而當地是否是輻合帶的所在則透過氣壓來判斷。

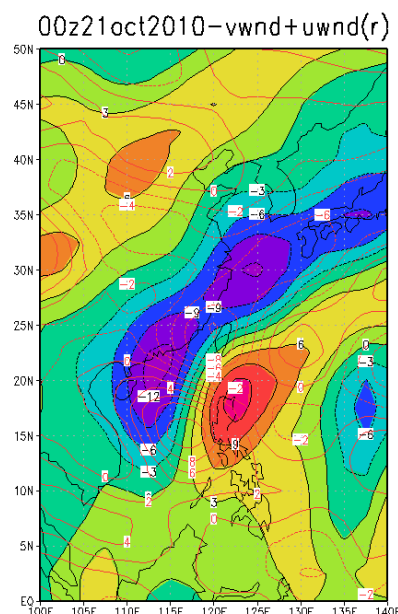
肆、研究結果與討論

一、定義何謂共伴

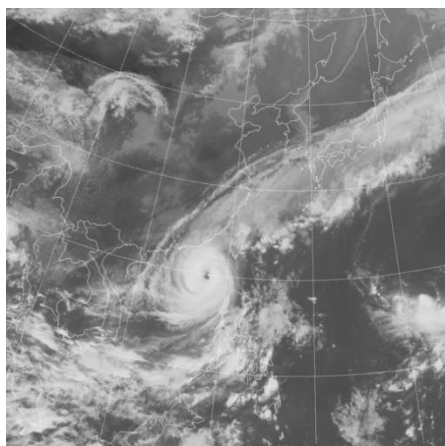
當秋颱接近台灣時，若與東北季風有產生共伴，則會在風場圖上看到明顯的輻合帶，再配合衛星雲圖等，則可清楚發現共伴產生的雲帶，即可說明有共伴效應的發生，詳細如下。



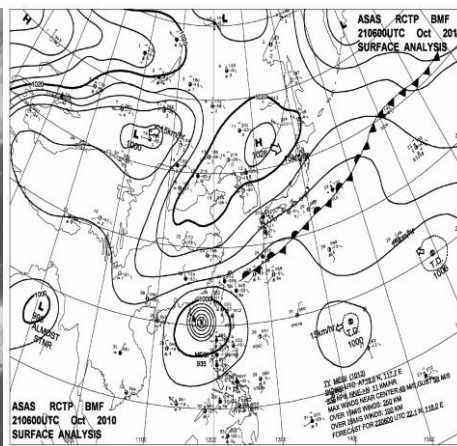
圖二 梅姬颱風輻合輻散場



圖三 梅姬颱風風場

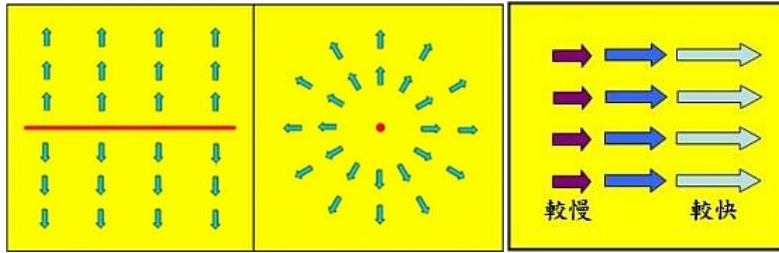


圖四 梅姬颱風紅外線衛星雲圖

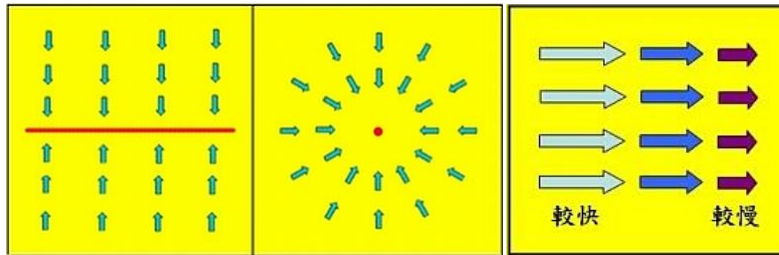


圖五 梅姬颱風地面天氣圖

以下用圖六、圖七簡略介紹輻合輻散場：



圖六 水平輻散



圖七 水平輻合

圖二輻合輻散場的數值之計算是將當時時間點之環境建立在三維直角座標系 xyz 中，設向量場(風場) V 的表示為其中的 \hat{i} 、 \hat{j} 、 \hat{k} 分別是 x 軸、 y 軸、 z 軸方向上的單位向量，風場的分量 u, v, ω 具有一階連續偏導數，那麼向量場 V 的散度就是：

$$\text{div}V = \nabla \cdot V = \left(\frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k} \right) \cdot (u\hat{i} + v\hat{j} + \omega\hat{k}) = \frac{\partial u}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial v}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial \omega}{\partial z} \hat{k}$$

但在此我們只討論水平輻合的現象故不考慮 z 軸方向，則寫作以下即可。

$$\text{div}V = \nabla \cdot V = \left(\frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} \right) \cdot (u\hat{i} + v\hat{j}) = \frac{\partial u}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial v}{\partial y} \hat{j}$$

其中正值表示輻散、負值則表示輻合。顏色也可以做輻合輻散的分界，其中綠色代表近似零、藍紫色是代表輻合的地區、而紅橘色的則是輻散的地區。

圖三表示的是梅姬颱風風場，分為東西向 (u) 跟南北向 (v)，由於我們是研究東北季風為要，所以顏色和黑色等值線皆代表南北向風場，紅色等值線則是代表東西向的風場。南北向 (v) 風場以負值為北風，正值為南風，也可以顏色做區分：綠色代表近似零、藍紫色是為北風、紅橘色是為南風；東西向 (u) 風場以負值為東風，正值為西風。

由圖四可以很清楚地發現因為東北季風兩颱風共伴效應所形成的細長共伴雲帶。

由圖五對照圖四可以清楚發現輻合帶的位置和雲帶剛好符合。

由圖三可以得知東北季風之強盛以及颱風此時可能引進東北風，於台灣東北方有輻合的可能。再以此對照圖二即可得知的確位於台灣東北方有輻合的情形，而在圖四可印證符合並

發展出細長的共伴雲系且在圖五再證明了一次。

由上述資料之互相印證，即可判斷颱風共伴效應發生之有無。

二、討論不同路徑與颱風共伴產生的關係

依據侵台颱風資料庫，找出 1959~2010 年 9~12 月曾引發共伴效應之秋颱，整理如表一

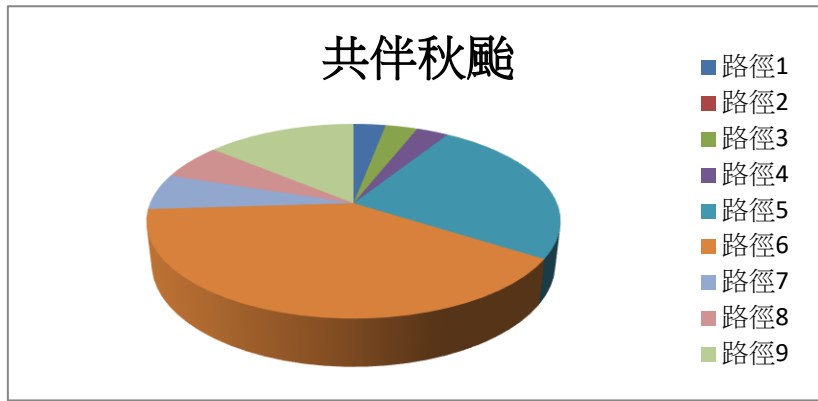
表一 1959~2010 年 9~12 月曾引發共伴效應之秋颱個案統計

路徑	颱風個案
1	2002 辛樂克
2	X
3	1967 吉達
4	2001 利奇馬
5	1962 黛納、1967 解拉、1968 艾琳、1974 貝絲、1975 艾爾西、1981 葛萊拉、1987 琳恩
6	1996 薩恩、1959 芙瑞達、1969 芙勞西、1978 婀拉、1985 白蘭黛、1992 泰德、1994 席斯、1998 瑞伯、1998 楊妮、2000 象神、2004 海馬
7	1973 娜拉
8	2003 米勒
9	2010 梅姬、2004 南瑪都、1998 芭比絲、1966 愛爾西

接著計算出各路徑共伴秋颱的各個數與比例製成表二，再製成圓餅圖，如下圖八。

表二:1959~2010 年 9~12 月各路徑共伴秋颱個數和比例一覽表

路徑	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合計
個數	1	0	1	1	7	11	1	1	4	27
比例	3%	0%	3%	3%	25%	40%	6%	6%	14%	100%

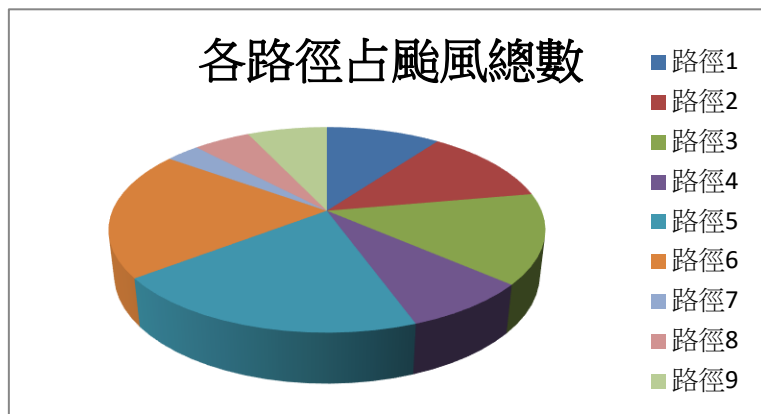


圖八 共伴秋颶比例圓餅圖

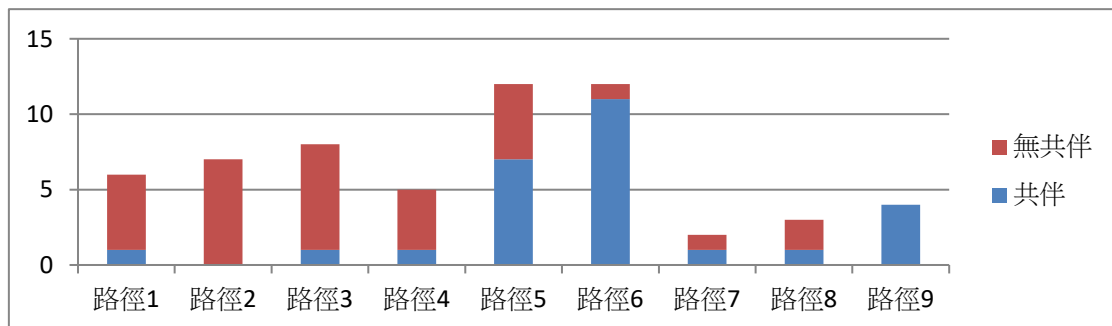
再整理 1959~2010 年 9~12 月各路徑秋颶，依資料統計出有共伴、無共伴之秋颶數據，製成表三，並將 9~12 月各路徑之秋颶比例製成圖九之圓餅圖以及圖十之長條圖。

表三:個路徑有無共伴之數據表

路徑	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合計
共伴	1	0	1	1	7	11	1	1	4	27
無共伴	5	7	7	4	5	1	1	2	0	32
總數	6	7	8	5	12	12	2	3	4	59



圖九 9~12 月各路徑秋颶圓餅圖



圖十 各路徑有無共伴秋颶長條圖

由上圖可知，5.6.9 號路徑颱風在數據充足的情況下，共伴颱風占的比例比其他路徑要大得多，故下面的分析我們也會以這三個路徑的颱風作為優先討論共伴的例子。

三、了解颱風侵台前，北部,東北部發生強降雨的原因

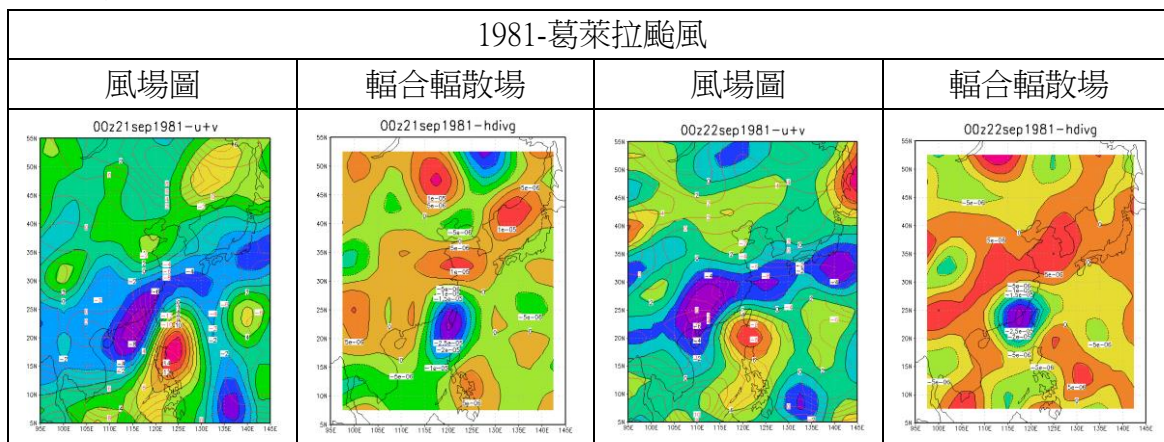
颱風位置是否影響共伴效應的大小，可以由第一點的方式來進行判斷，也就是說可以用上述所說的輻合輻散場、風場、以及地面天氣圖等等來進行判斷。

隨路徑而有發生共伴強弱變化的例子，從路徑 5、6、9 之中，我們取總共 13 個颱風（如下表表四）做分析，依照輻合輻散場、風場隨時間的變化即可以看出颱風的位置與其風速、風向和降水量的關係，而衛星雲圖則可以看出颱風的位置以及其共伴雲系的發展和移動，此與台灣東北部之降水量有極大的關係，再對照地面天氣圖作為最後的確認是否因為颱風而有更動，最後會再依照其行徑路線圖框出颱風襲來時（或無侵襲時）與強盛的東北季風所造成的共伴效應的最強時期，作為這一部分的收尾。

表四 選擇之路徑 5,6,9 個案

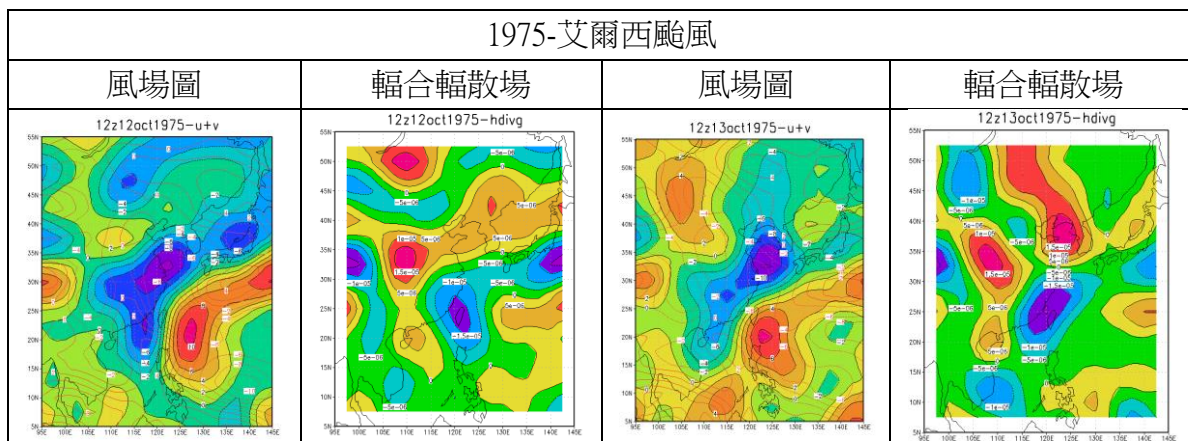
路徑	所有分析颱風個案
5 號	1981 葛萊拉、1987 琳恩、1975 艾爾西、1974 貝絲
6 號	2004 海馬、2000 象神、1998 瑞伯、1998 楊妮、1994 席斯、1992 泰德
9 號	2010 梅姬、2004 南瑪都、1998 芭比絲

5 號路徑颱風：

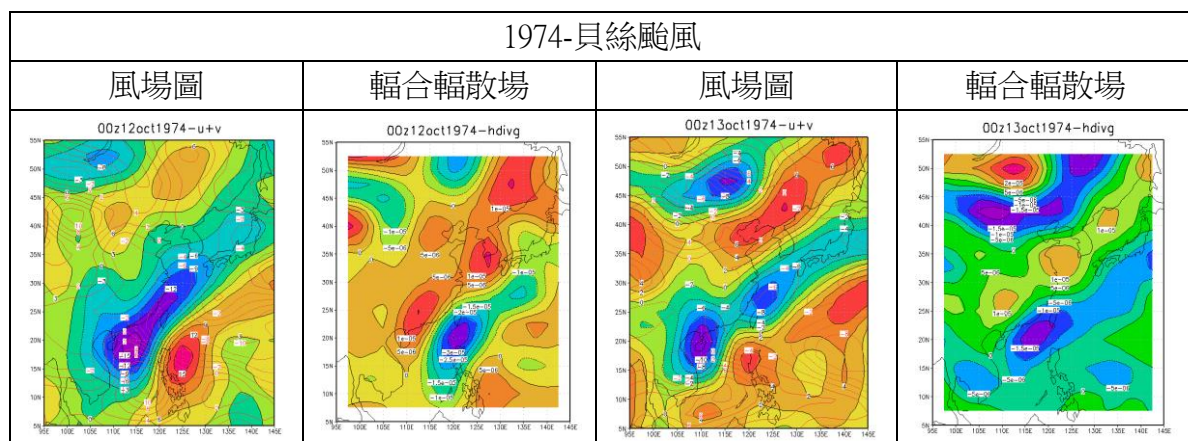


從 1981 年葛萊拉颱風風場圖上可以得知：在 09/20 到 09/22 前的時候南北向的風在台灣的

東北部有輻合的情形，而此時颱風路徑約位於台灣南到西，而風場輻合處隨著颱風北上也逐漸向北移動；而從輻合輻散場可以說明由於東北季風以及葛萊拉颱風的外圍環流在台灣東北部形成一輻合區，但長條狀較不明顯，但風所致的輻合依然造成導致東北部以及宜蘭地區發生降水。發生共伴效應的期間為 09/20 到 09/22 前，並約在 00z21sep 產生最強的共伴效應。

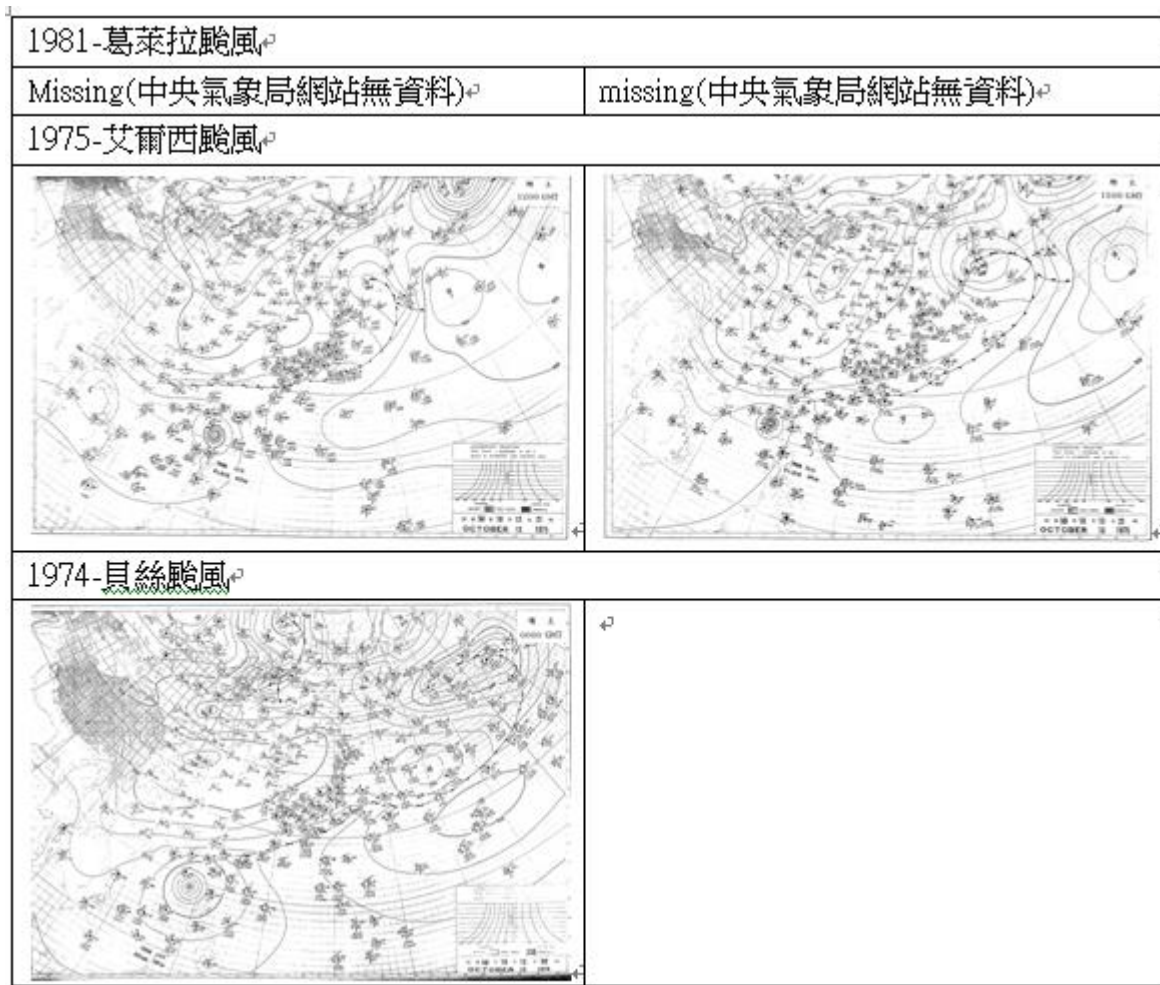


從 1975 年艾爾西颱風風場圖上可以得知：在 10/12 到 10/14 中的時候南北向的風在台灣的東北部有輻合的情形，而此時颱風路徑約位於台灣南到西，；而從輻合輻散場可以說明由於東北季風以及艾爾西颱風的外圍環流在台灣東北部形成非常明顯長條狀輻合區，且具有大範圍紫色的區域表示共伴輻合之強烈，並造成東北部以及宜蘭地區發生降水。發生共伴效應的期間為 10/12 到 10/14 中期，並約在 10/13 左右產生最強的共伴效應。

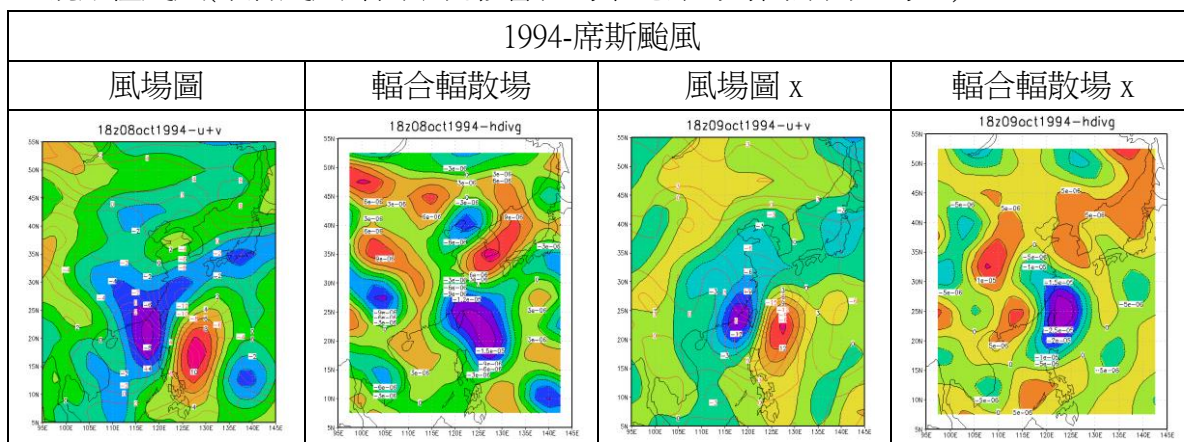


從 1975 年貝絲颱風風場圖上可以得知：在 10/11 到 10/13 前的時候南北向的風在台灣有輻合的情形，而此時颱風路徑於台灣南邊通過呂宋島北端進入南海；而從輻合輻散場可以說明：雖然颱風並無直接侵襲臺灣，但由於東北季風以及貝絲颱風的外圍環流在台灣東北部形成非

常明顯長條狀輻合區，且具有持續性藍紫色的區域表示共伴輻合之持久，並造成東北部以及宜蘭地區發生降水。發生共伴效應的期間為 10/11 到 10/12，並約在 10/12 中後期產生最強的共伴效應。

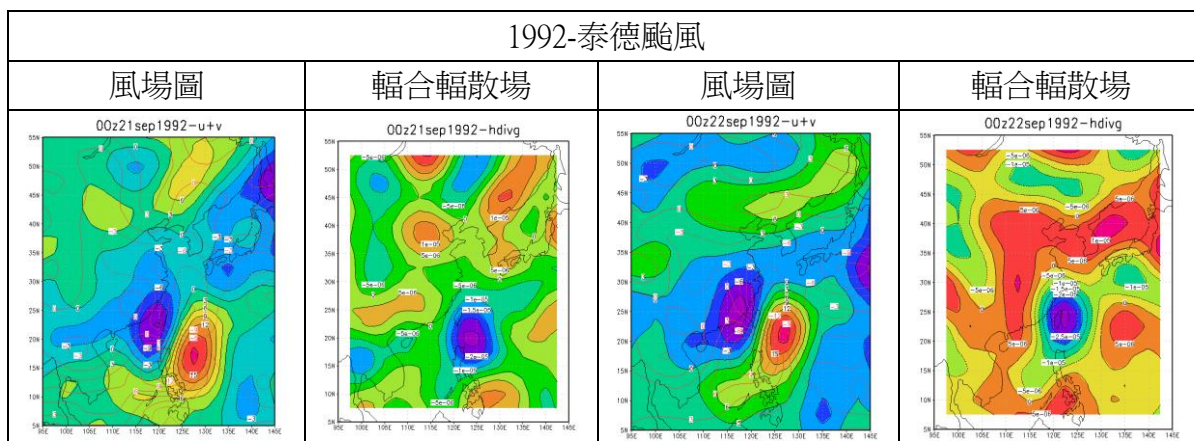


6 號路徑颱風(不將颱風外圍環流影響台灣東北部的時間點列入考量)：

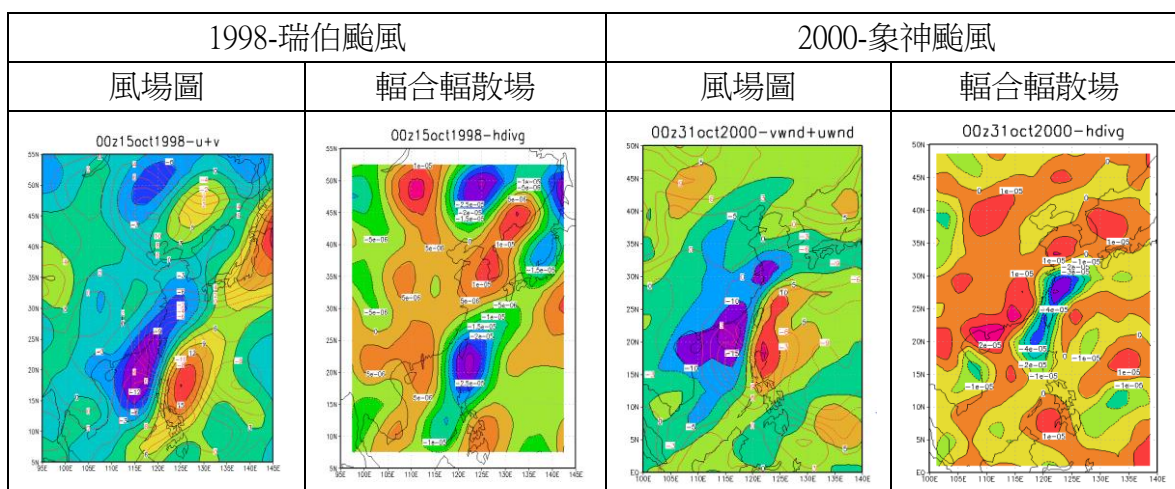


從 1994 年席斯颱風風場圖上可以得知：在 10/08 到 10/09 前期的時候南北向的風在台灣有

輻合的情形，而颱風並無直接侵襲臺灣；而從輻合輻散場可以說明：由於東北季風以及席斯颱風的外圍環流在台灣東北部形成略為橢圓狀的輻合區且持續了一小段時間，並造成東北部以及宜蘭地區發生降水。因為我們不將颱風外圍環流影響台灣東北部的時間點列入考量，使其直接影響單一颱風所致之共伴效應的探討，故共伴效應的時間區間才顯得略短。發生共伴效應的期間為 10/08 到 10/09，並約在 10/08 後期產生最強的共伴效應。



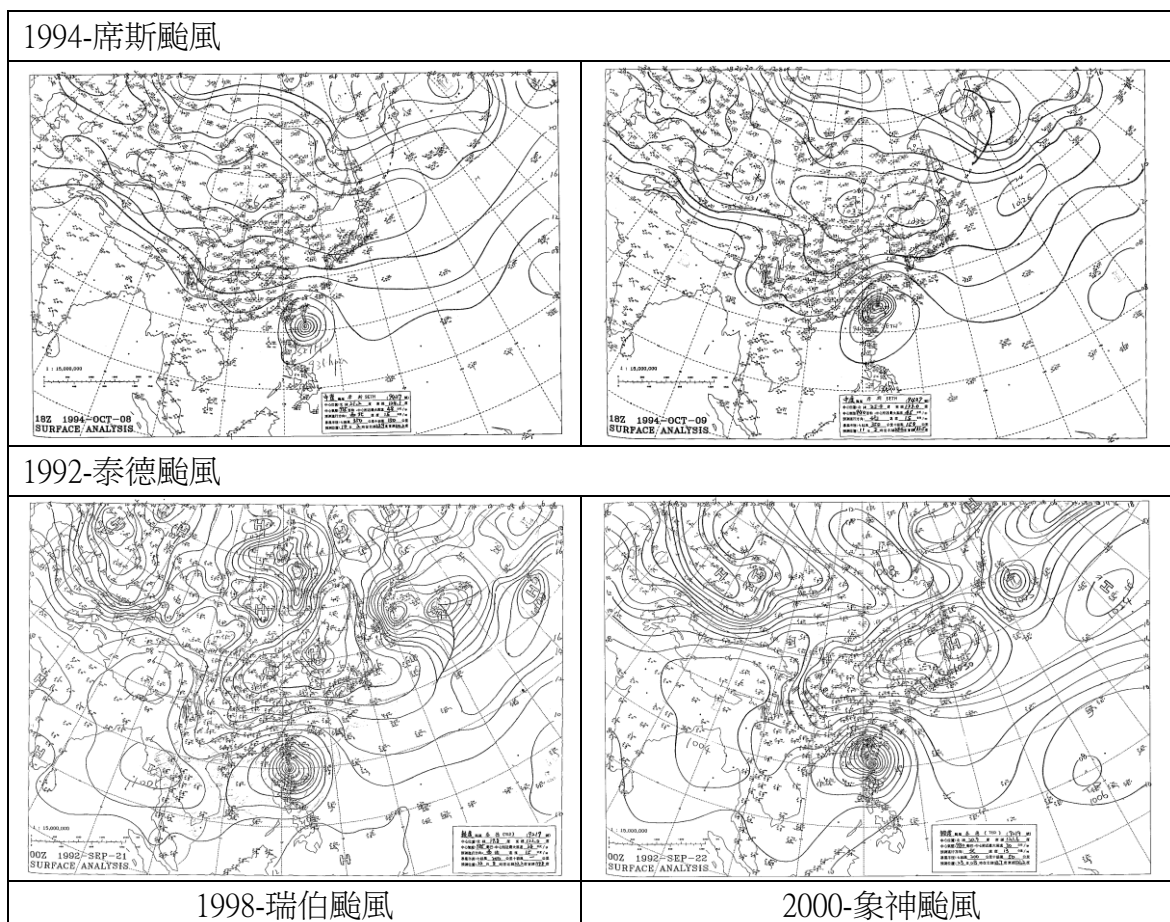
從 1992 年泰德颱風風場圖上可以得知：在 9/21 到 9/22 前期的時候南北向的風在台灣有輻合的情形，而颱風並無直接侵襲臺灣；而從輻合輻散場可以說明：由於東北季風以及泰德颱風的外圍環流在台灣東北部在 9/21 略有長條凸起、在 9/22 前期形成略為橢圓狀的輻合區，並造成東北部以及宜蘭地區發生降水。因為如席斯颱風所附註，故共伴效應的時間區間才顯得略短。發生共伴效應的期間為 9/21 到 9/22 前期，共伴效應的強弱每個時間點皆相當，而 9/21 前和中期之輻合區發展較為完整。



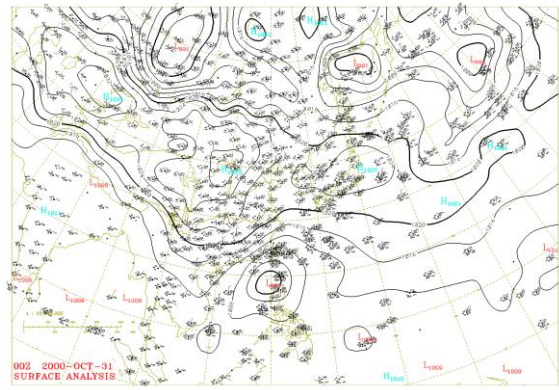
從 1998 年瑞伯颱風風場圖上可以得知：在 10/14 中後期到 10/15 的時候南北向的風在台灣有較明顯輻合的情形，而颱風並無直接侵襲臺灣；而從輻合輻散場可以說明：由於東北季風以及瑞伯颱風的外圍環流在台灣東北部在 10/15 前期形成長條的輻合區，並造成東北部以及宜蘭地區發生降水。因為如席斯颱風所附註，故共伴效應的時間區間才顯得略短。發生共伴效應的期間為 10/14 中後期到 10/15，10/14 後到 10/15 前的期間共伴效應最強。

從 2000 年象神的風場圖可以得知：v 風場負值小，有於東北部南北向風輻合之可能，風場值逐漸變小，可以間接知道東北風越來越強。接著從輻合輻散場中可以得知：從 10 月 30 號開始便有一條明顯的輻合區在圖上顯現。由 2000 年象神的風場圖和輻合輻散場可以發現，颱風北上時，也就是與東北季風最強處之相對距離減小時，會迎來共伴效應之強盛時期，隨著颱風北移，颱風外圍環流威力逐漸降低，最後在東北季風之中消散。

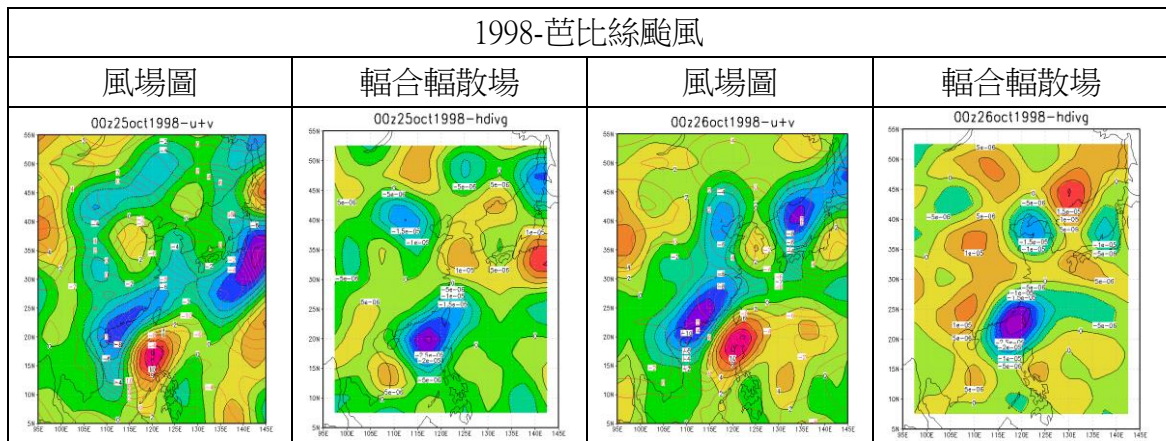
附註：由於 1998 年楊妮颱風和 2004 年海馬颱風在一開始其颱風環流就對台灣造成影響故 6 號路徑裡無採用這兩個颱風。



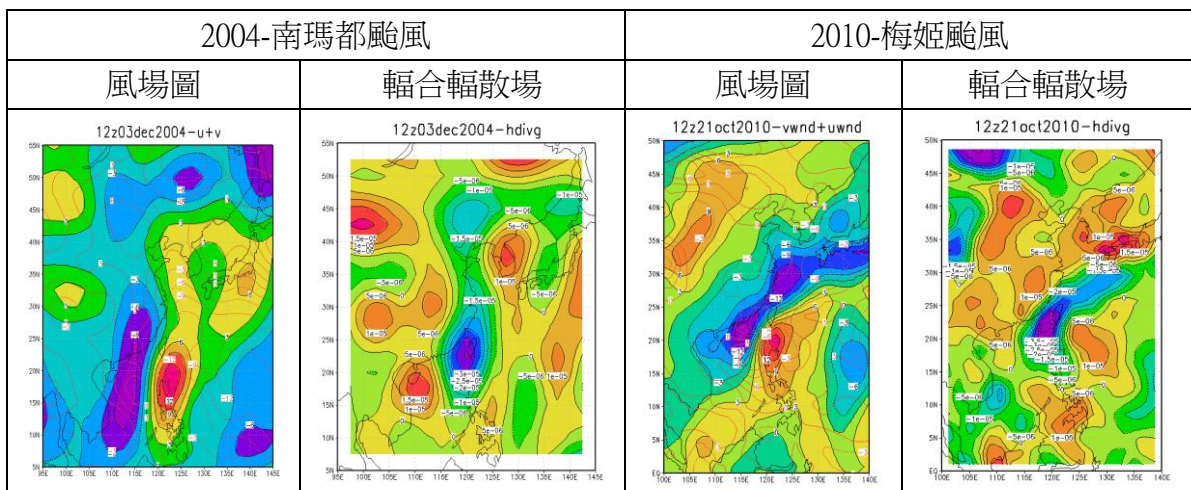
missing



9 號路徑颱風：



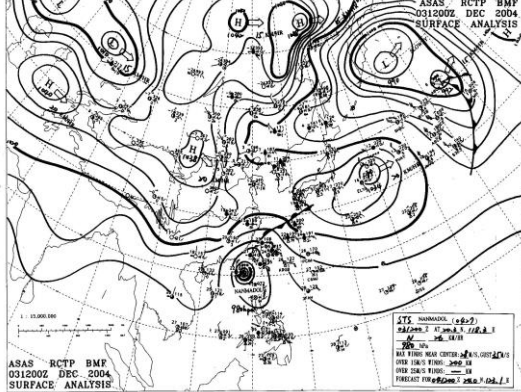
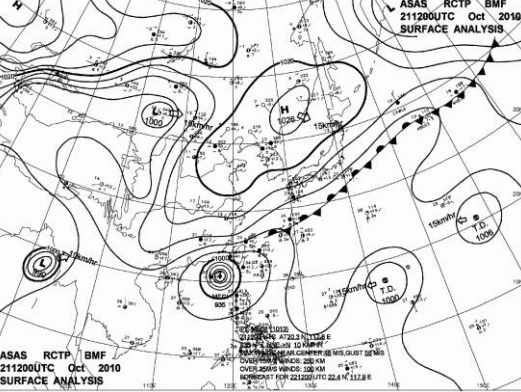
從 1998 年芭比絲颱風風場圖上可以得知在 10/25 到 10/26 的時候南北向的風在台灣的東北部有輻合的情形，且由顏色或等值線可知東北季風有增強之情形，而此時颱風大約位於台灣西南方；而從輻合輻散場可以說明由於東北季風以及芭比絲颱風的外圍環流在台灣東北部形成一長條輻合區，發生共伴效應的期間約於 12z24oct 到 18z26oct 前，並在 00z26oct 產生最強的共伴效應。



從 2004 年南瑪都颱風風場圖上可以得知在 12/03 到 12/04 的時候南北向的風在台灣的東北部有輻合的情形，而此時颱風大約位於台灣南方稍微偏西，而風場符合處隨著颱風北上也逐漸向北移動；而從輻合輻散場可以說明由於東北季風以及南瑪都颱風的外圍環流在台灣東北部形成一長條輻合區，造成共伴效應而導致東北部以及宜蘭地區發生降水。發生共伴效應的期間為 12/03 到 12/04 前，並約在 12z03dec 產生最強的共伴效應。

從 10/18 到 10/23 的風場圖可以得知：2010 年梅姬颱風的到來相對增強的東北季風(與東北季風合流)台灣東北方藍紫色的區塊越來越多且深，且 v 風場負值相對變大，這代表說東北風越來越強且南北向有輻合之可能性。輻合輻散場告訴我們從 18 號到 23 號以來，台灣東北方的輻合區的生成是從 20 號開始到 23 號，其中在 20 號到 21 號的時候有稍微消散的情形，是因為以下兩點：

1. 颱風上距離台灣太遠也與東北季風強盛區之相對距離太長（即於路徑圖中之北上前稍微蜿蜒之部分）導致此時共伴效應並不如 21 號後的效應一樣強盛
2. 此時颱風才剛剛離開菲律賓，威力在經過菲律賓時已經有減弱的跡象，進而導致其颱風外圍環流之減弱，所以真正開始強烈生成的時候是在 21 號以後。

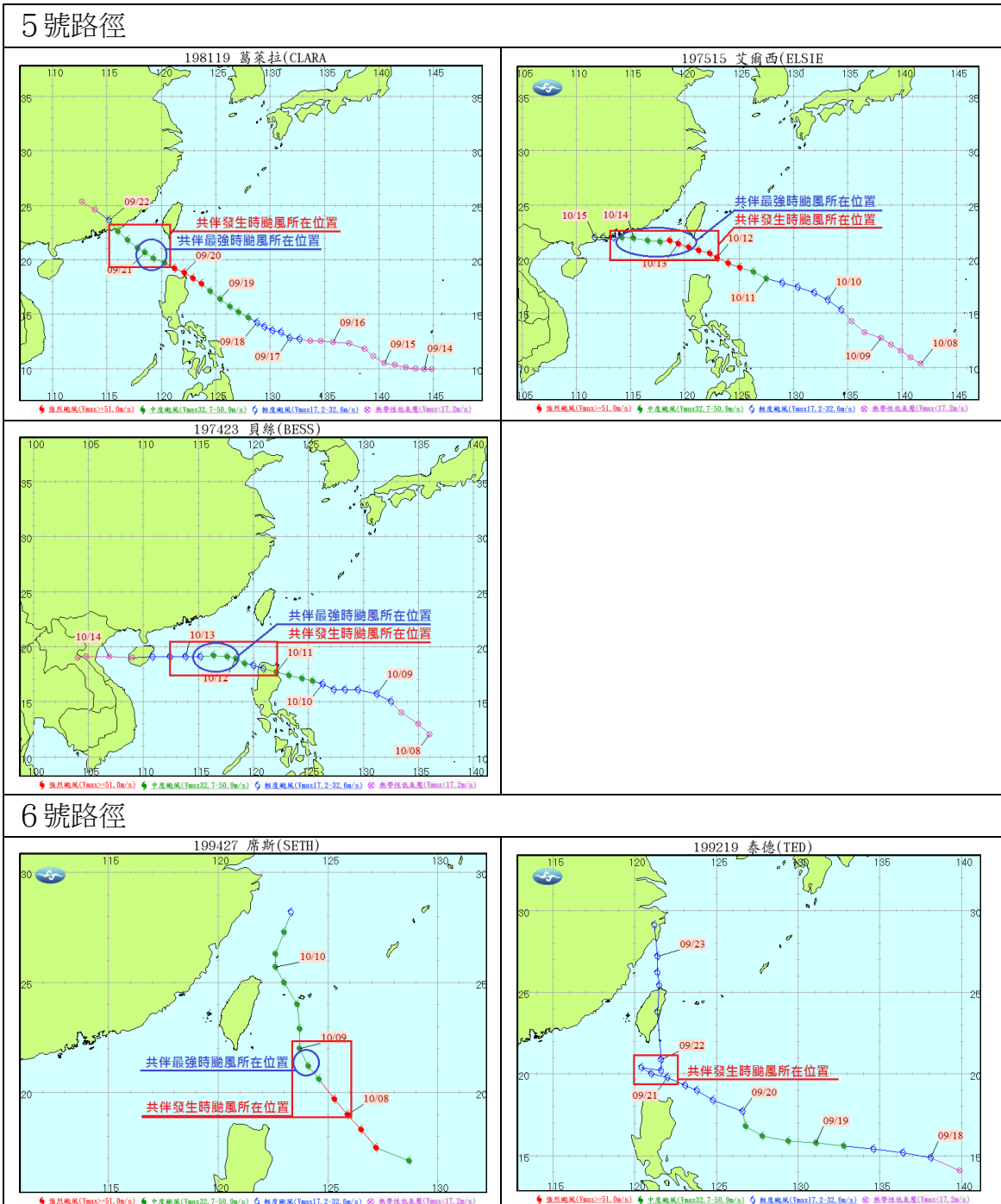
1998-芭比絲颱風	
missing	missing
2004-南瑪都颱風	2010-梅姬颱風
	

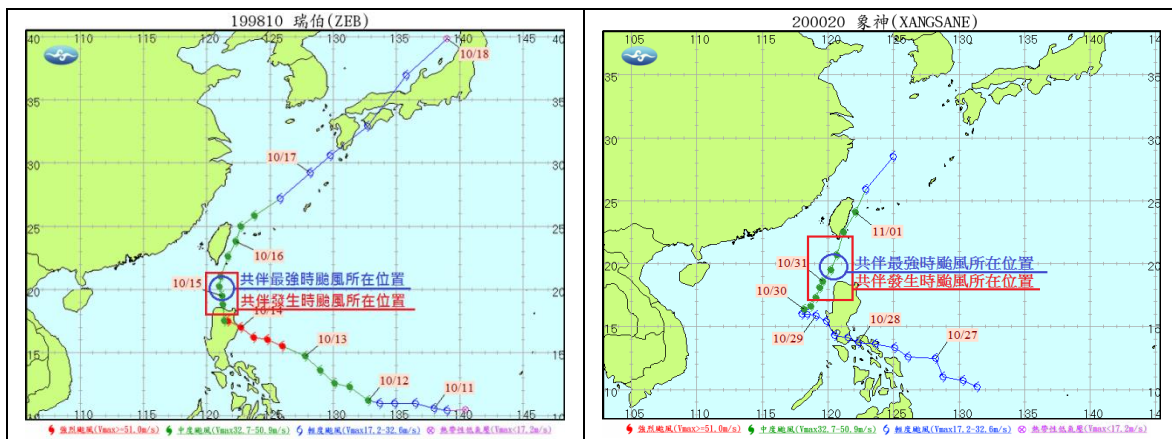
芭比絲颱風的地面天氣圖為收錄於中央氣象局的颱風資料庫。

由南瑪都颱風地面天氣圖驗證：從 12/03 開始形成細長的輻合雲帶生成並侵襲台灣東北部，如圖中滯留鋒面所示，並於 12/04 後快速遠離。

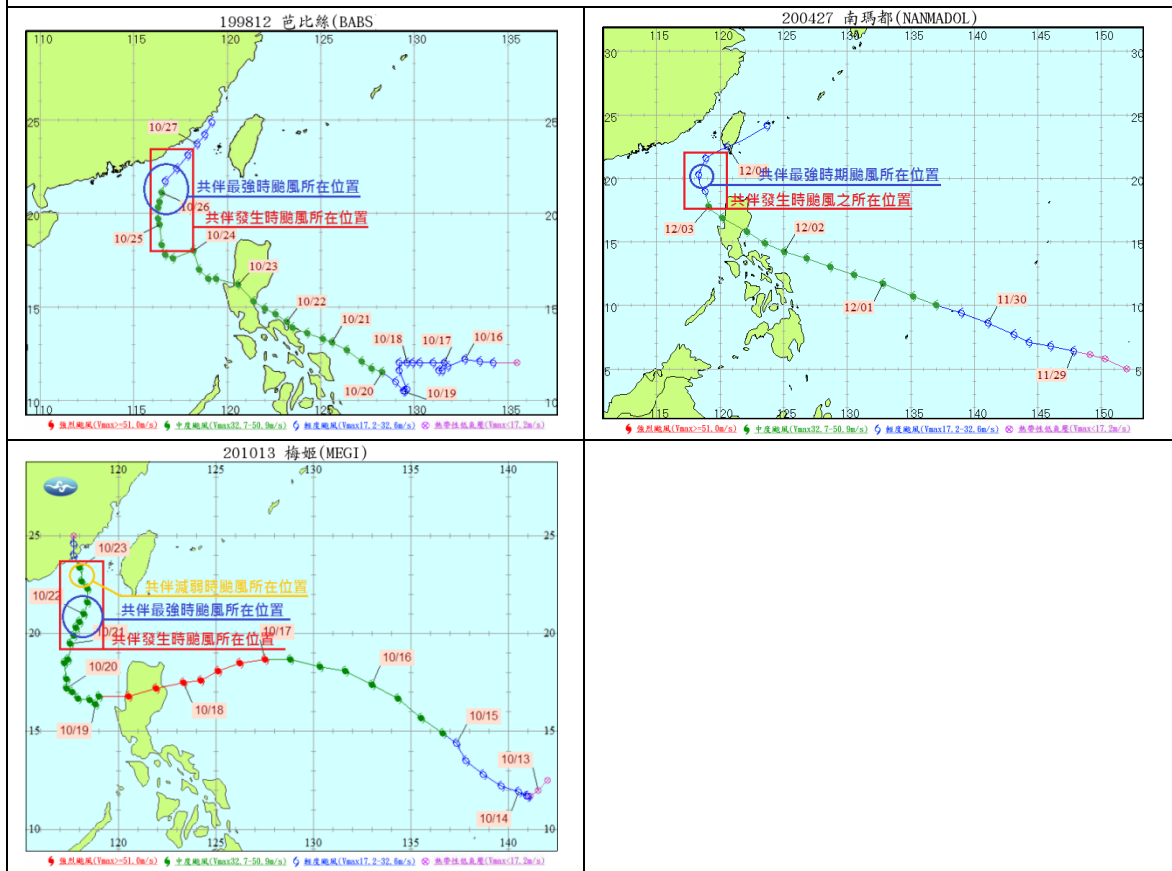
由梅姬颱風地面天氣圖驗證：從 10/21 開始即有細長的輻合雲帶生成並侵襲台灣東北部，並於 10/23 隨著颱風威力減小而於 10/24 遠離散去。

不同路徑所致之共伴效應時的颱風位置關係：





9 號路徑



從 5 號路徑的颱風統整可以得知在他們都約在經度 115 度到 120 度之間，緯度 20 度左右時對台灣東北部產生共伴效應，且此時颱風都位於台灣的西南方不遠處但尚未侵襲台灣東北部的情況下形成共伴效應，並因其路徑向西移動，故形成共伴效應時的颱風位置區間為一扁長方形，即所跨之經度較多。

9 號路徑的颱風與東北季風所形成之共伴效應的形式跟 5 號其實是雷同的，都約在經度 115 度到 120 度之間但幅度較 5 號路徑的颱風小，緯度 20 度左右但幅度較 5 號路徑的颱風大，

且此時颱風位置也與 5 號路徑差不多，都位於台灣的西南方不遠處但尚未侵襲台灣東北部的情況下形成共伴效應。只是他接下來的路徑是往北走，形成共伴效應時的颱風位置區間為一窄長方形，即所跨之緯度較多。

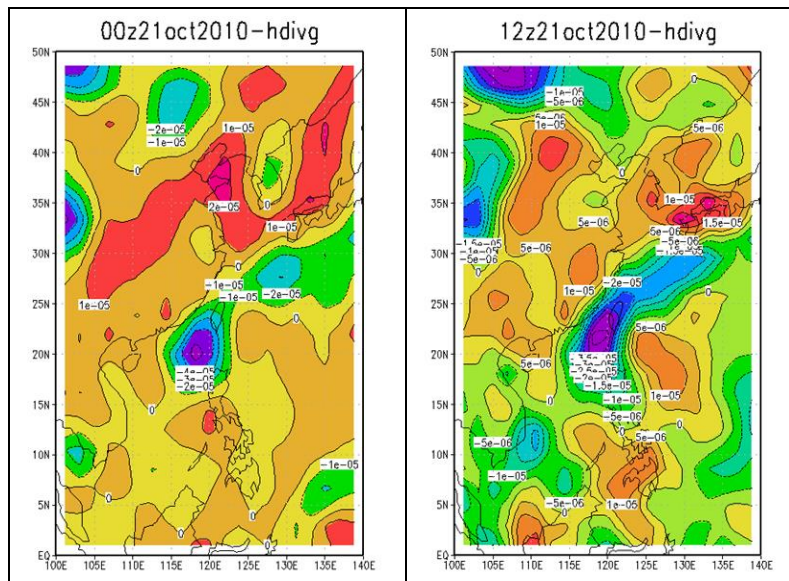
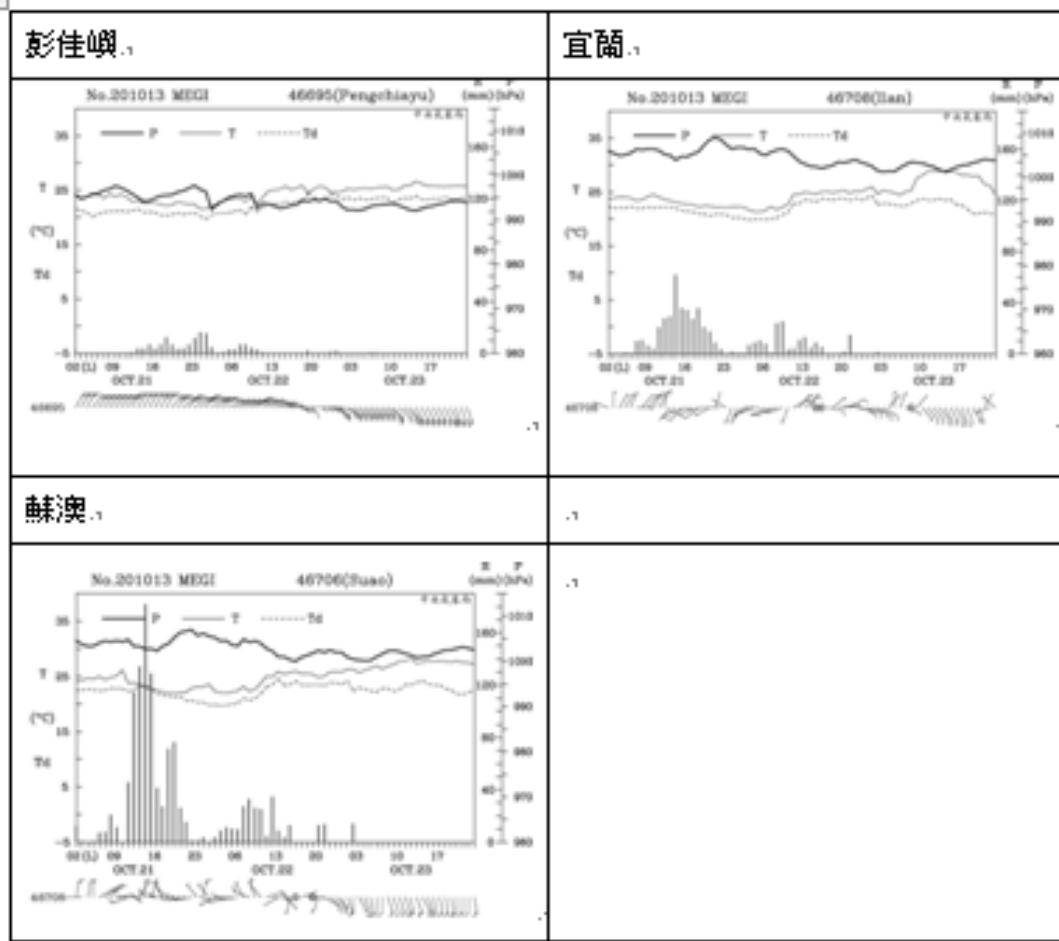
6 號路徑的颱風與東北季風所形成之共伴效應，因為路徑的關係與 5 號路徑和 9 號路徑截然不同，為從台灣的東部直接北上，和他的共伴效應發生時颱風的所在位置是主要是在經度 120 度偏東，即台灣的南方偏東，而緯度也圍繞於北緯 20 度左右，但是因為 6 號路徑颱風的行進速度較快以及在討論共伴效應所以不考慮颱風外圍環流侵襲台灣所帶來之影響，所致所以他的共伴發生期間的時間區間會比較短。

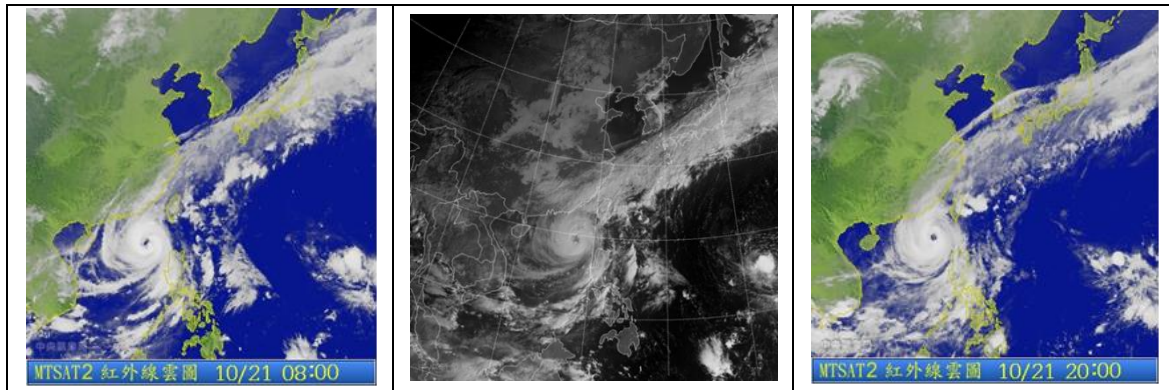
由上述資料分析出來所得到的結果，颱風所在位置加上預測其行進過程中，可間接判定與東北季風輻合所導致共伴效應影響台灣東北地區的時間，以及未來共伴效應所導致降水的強弱。而在共伴效應影響台灣東北地區的時間這方面，與中央氣象局所公布的結果互相比較，發現共伴所影響時間是幾乎吻合的。由此觀之，風場和輻合輻散場確實可以做為一種研究共伴效應的方式。

四、探討共伴輻合帶所在之地形及風向與地形的夾角是否對於降水量有所影響

2010 梅姬颱風：

測站資料表格





由共伴雲系與輻合帶之雲系增長，可發現所取之測站資料與各資料之時間相當吻合，所以可推得其雨量集中降下時間約為 21 日 02 時至 23 時(宜蘭及蘇澳測站)，而彭佳嶼測站與區時間延後，推測應為共伴雲雨帶漸漸向北移之時間差。(我們討論出共伴之雲雨降水為其測站資料之第一波相對高峰，因此對其第一波高峰進行分析)。

在瞬時降雨量方面，蘇澳測站大於宜蘭測站，而宜蘭測站又大於彭佳嶼測站，初步推測為產生共伴雲雨帶之風與地形相作用(水氣部分應相對於相對內陸高山之為高)，地形使氣流抬生與原有的輻合雲雨區雨量相加，使得蘇澳與宜蘭地區之雨量相對大為增加。

1. 各測站單獨分析:

蘇澳測站一旁即為山區，往東方即為海洋區域，因此相對屏除其他地形之降雨減少之影響，使蘇澳地區之逐時雨量可達 180mm，因此推論共伴雲雨帶與山區會影響瞬時雨量。

而逐時雨量加總即為總雨量，因此蘇澳地區之總雨量也居三測站之冠。

而宜蘭測站周圍地區比較多平原，山區部分離測站有一段距離，因此將其視為一般陸地，但相對遠方具有地形影響之區域做參考，在宜蘭測站之瞬時與總雨量皆位於蘇澳測站與彭佳嶼測站中間，因此可相對更加確定山區地形會對共伴雲系對鄰近地區之降雨會有所影響。

而彭佳嶼測站周圍即為海面，視作大型平原地區之地形影響(可視為平原入海口，在水氣影響部分彭佳嶼可能會相對於平原相對內陸地區之雨量多)，其雨量為三者之中最低者，我們初步推論為未受地形之強烈抬生，因此此處雨量並不特別顯著。

2. 各測站共同分析:

由彭佳嶼測站與蘇澳測站相互比較，可發現是否位於海邊對共伴雲雨帶之降雨量影響遠

小於地形之影響，因此可以推論地形為共伴雲雨帶對台灣劇烈降雨之雨量主因。(因為台灣屬於海島型地區，所以並不會直接產生如內陸地區之水源來源直接缺少之問題。)

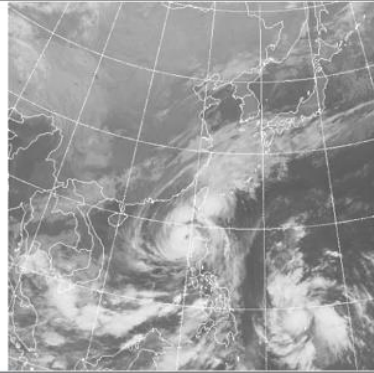
此共伴雲雨帶與午後雷陣雨之雲雨形式類似，但是時間上的規模遠大於一般的午後雷陣雨，而彭佳嶼之逐時雨量比較相近於一般午後雷陣雨之雨量量級，但是蘇澳測站之量級遠大於一般之積雨雲降水量級，在此降雨量與地形影響之差間，我們可推論其與風受地形舉升有關，因此可再次證明我們所得知雲圖資料之積雨雲為大規模及相對大強度之風場所生，非一般午後陣雨之熱力胞或者是一般之滯留鋒之氣團鋒面，在此之上可相對分別出地面天氣圖之滯留鋒鋒面差別(是否為颱風共伴或兩大氣團高壓相遇之鋒面)，並進而推測出此鋒面為風場之交互作用(相遇)而成之兩相遇氣團鋒面，非典型之滯留鋒鋒面。

根據以上所言可以得知地形對共伴雲系之降雨有極大影響。

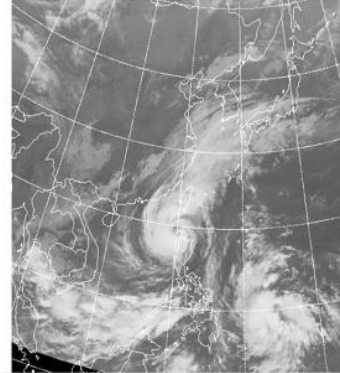


2000 年象神颱風

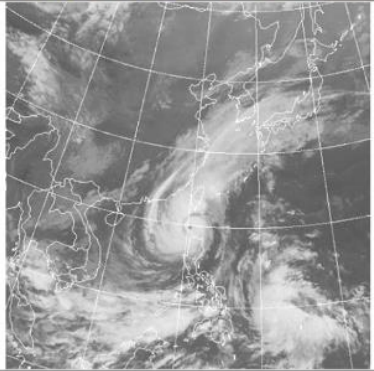
衛星雲圖 (2000-10-31 06:00)



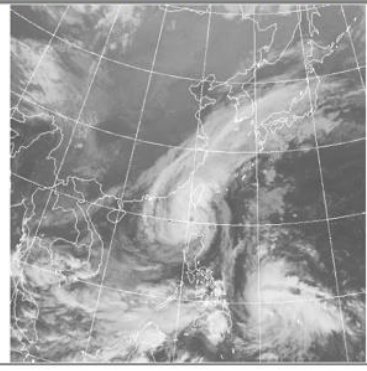
衛星雲圖 (2000-10-31 11:00)



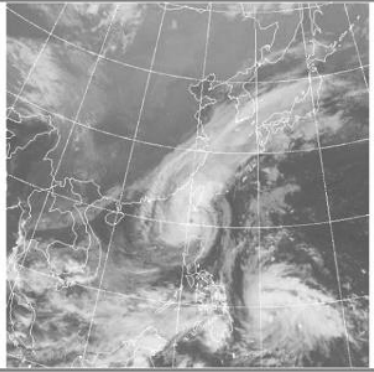
衛星雲圖 (2000-10-31 14:00)



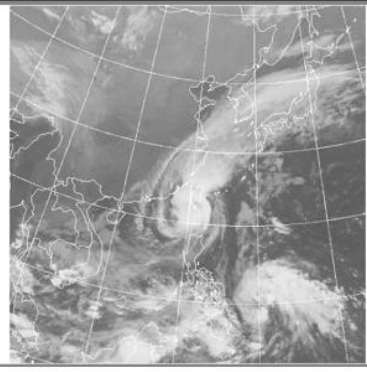
衛星雲圖 (2000-10-31 17:00)



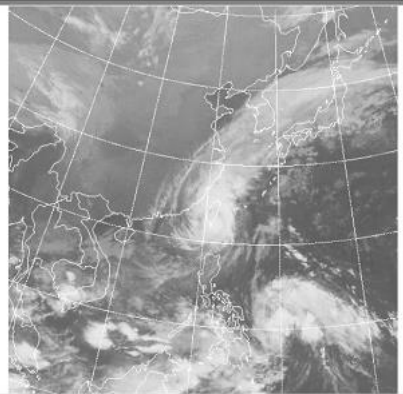
衛星雲圖 (2000-10-31 18:00)



衛星雲圖 (2000-10-31 22:32)



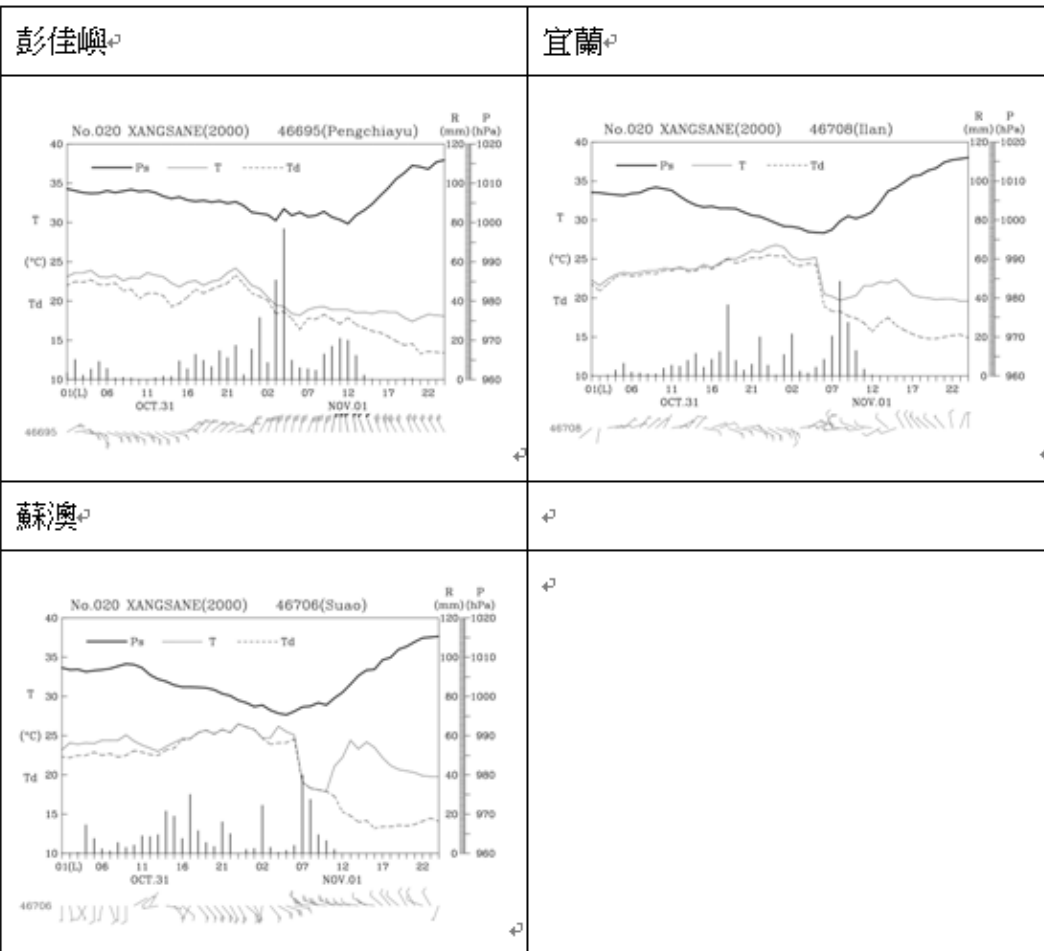
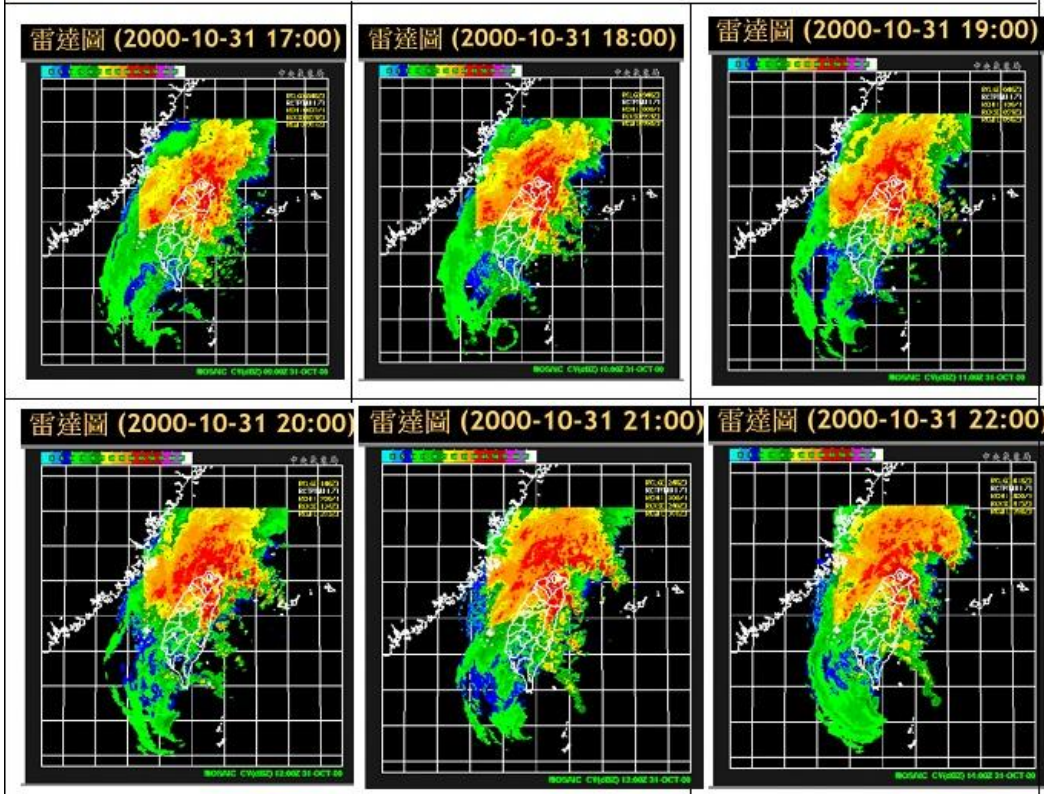
衛星雲圖 (2000-11-01 01:33)



衛星雲圖 (2000-11-01 03:32)



雷達回波圖



在此次雨量圖中我們利用氣壓與雨量與雲圖及雷達回波圖中，主要利用雨量及氣壓變化判斷出在蘇澳及宜蘭測站約在十月三十一日上午八時及十時進入共伴雨系之影響區域，而彭佳嶼測站約在三十一日十五時進入共伴雲系影響區域(進入共伴雲系影響區域時氣壓並不會有顯著之降低，但是進入颱風風圈影響區域時氣壓將有明顯之降低)，而各測站我們判斷移出共伴雲系直接影響，進入颱風暴風圈之影響之時間為蘇澳測站三十一日晚間八時、宜蘭測站為晚間八時、彭佳嶼測站為晚間十時，這種時間順序清楚顯示共伴雲系之北移影響。

在此象神案例之中與2010年之梅姬案例不同的事情為蘇澳與宜蘭地區之測站雨量資料雖與彭佳嶼有小幅差距，但與梅姬之測站地形影響差距之差距過大，實在難以直接判讀出地形之影響，但是在風向標圖與雲圖、雷達回波圖之輔助之下，可發現在蘇澳測站之風向與雲帶最強處(蘇澳與宜蘭測站之逐時雨量最高處分別為晚間五時及六時與雲圖判斷)進入蘇澳測站之時間吻合，風向剛好相對平行於山壁，因此蘇澳及宜蘭測站無法完全發揮其地形影響之效應，使雨量相差不大，但與彭佳嶼地區之逐時雨量上有拉開一定差距。

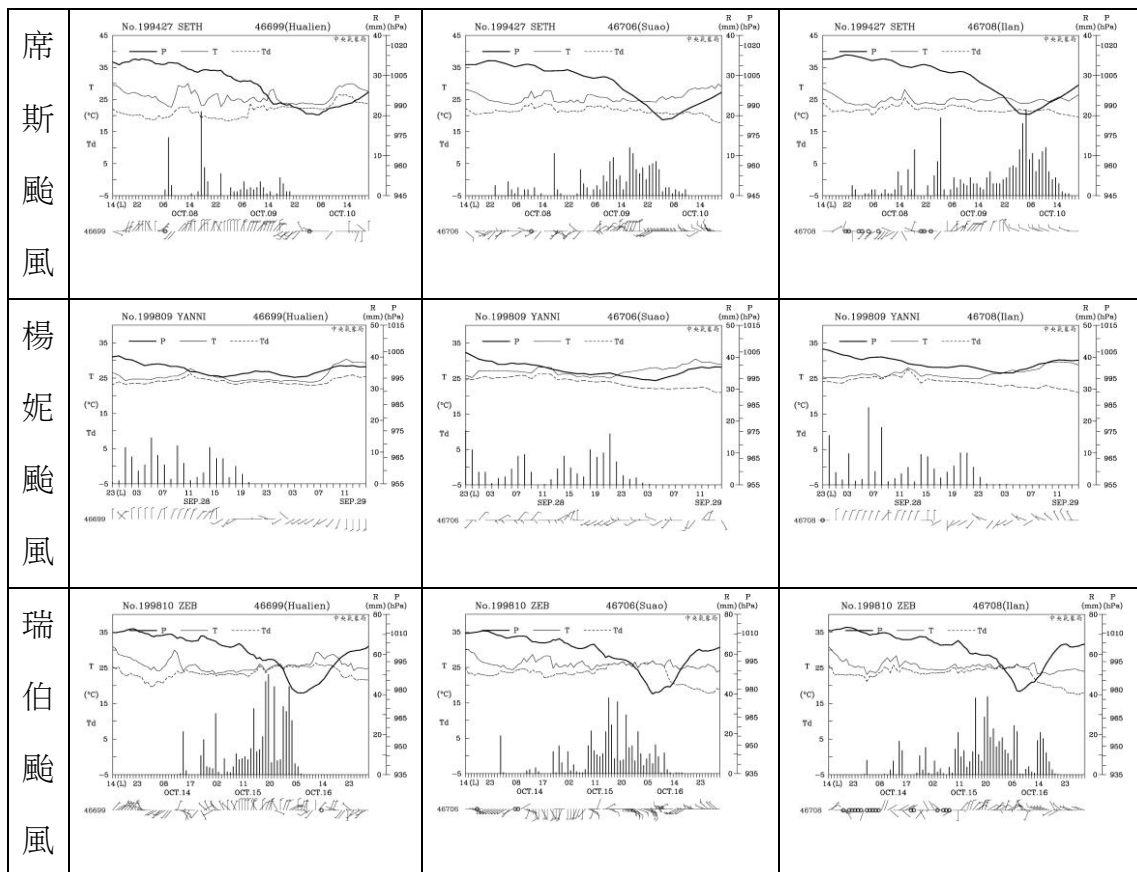
而宜蘭測站在與蘇澳測站之比較可發現蘇澳測站之風相對較平行於山壁，而宜蘭測站附近之山壁相對較與蘇澳測站山壁之風場有直交，因此間接推測雨量與地形與風向有關，風向的垂直山壁與否將會影響地區之降雨，且說明共伴雨量之雨量貢獻有及大一部份變異來自於地形與風向效應，而並非單純之雲帶移入，其輻合雲帶提供基本之降雨量，而地形之效應與風向將會更加大量加劇降水，而梅姬颱風方面又有輻合風帶直接面臨至蘇花一帶之影響，加上蘇澳測站距離山壁極近，使其風向相對於梅姬之宜蘭測站及象神颱風之案例紊亂，而象神則為輻合帶生成雲雨，再佐以風場之加劇與否，使其雨量產生變異。

若將象神颱風之彭佳嶼、宜蘭及蘇澳測站之共伴雲帶之降雨趨勢相比較，將發現其三者之降雨量圖極為相近，在降水方面之時間分布與雲帶移入與移出之時間相吻合，因此判定為相同之雲區影響之降雨，將其雨量稍微比較即可得出地形之影效應為正影響，再次佐證風向之輻合雲雨帶將會受地形之影響。此雲帶與衛星雲圖可與 GrADS 繪出之輻合輻散場圖與風場圖之時間相擬合，此為判定其分析目標為我們所判別之共伴輻合雲帶。

各路徑降雨方面之形式不同與差異：兩個路徑的颱風所帶來之共伴效應的差別可能為其路徑不同所致，而有與東北季風不同的相對位置，可能會導致降水強弱以及地形效應的差別。

六號路徑

	鞍部	竹子湖	彭佳嶼
泰德颱風			
席斯颱風			
楊妮颱風			
瑞伯颱風			
	*ZEB 共伴原雨量極小，加上由南方之吹送流早已受山脈影響將雨釋放	*ZEB 地形紊流，雨量理由同右側	
	花蓮	蘇澳	宜蘭
泰德颱風			



1998 年楊妮颱風和 2004 年海馬颱風在分析上有困難度，因為其在資料上之不足，因此目前無法判斷何為共伴。



而各測站在降下大雨之時間上大致吻合於輻合輻散場圖之資料時間，因此可以利用其圖與雲圖、氣壓場共同判別何時為共伴強降雨發生時間(在上一點之符合輻散場圖之繪製有註明)。

六號路徑雨量分析：

分析一：1994 年席斯颱風由衛星雲圖知其雲帶隨著時間推移而東向西移動，在 10/08/23:00 前為共伴雲雨帶所致，23:00 後颱風本身雲系侵入(由向東北延伸之雲帶判別其雲帶所屬)。

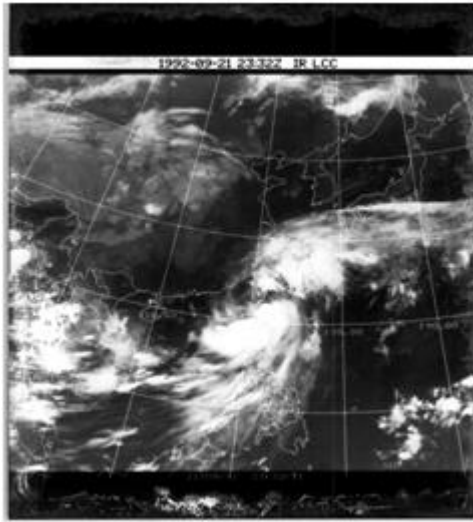
分析二：1992 年颱風泰德所致的共伴雨區時間在鞍部測站約略位於 9/22/03:00 前，蘇澳站則是 9/21/24:00 前之雨量趨勢區間，而此颱風與共伴雲雨實間區間之衛星雲圖於 9/21/23:00 前有一明顯之單一雲胞於花蓮地區生成，因此在花蓮地區測站雨量在共伴後期特別大（如圖十一），在此個案須推測蘇澳測站反映之風向為雲向北推進之風向場，而花蓮測站北方遠處之東北-西南走向之中央山脈迫使風場輻合長出新雲胞，而此雲胞之生長原因與風向成因推論如下：

1. 風場在其測站東北方輻合，並受山脈阻擋，行程一氣體相對累積區，而使環境氣流轉向，使風向偏東北。
2. 下雨而生之下沉氣流受環境場影響而使風場向西南方向吹送(下沉氣流雲胞中心在花蓮測站東北方)。

花蓮之雲胞產生時間區間與極大雨量時間區間，可以推測知新生成之雲胞對於降雨量影響極大，而此雲胞有大概率是因地形而生。

而相較於蘇澳測站的風相對平行於山壁，其風雨帶未受到極強之地形抬升或阻擋作用，無法形成新胞或使原有胞增強，因此雨量在此案例不顯著。

宜蘭外海風場原本就有向東分量，加上此在濱海地區升成一新胞（如圖十二），應為此小胞移入蘭陽平原北側時雨量有一瞬間之極大值，但此短時間小規模極大雨量之累積值造成災害之可能性與災害嚴重性應較小，因此在此做數據資料突出之解釋。



圖十一



圖十二

分析三：1994 年席斯颱風之共伴雲帶為由東向西向台灣移入，不如典型南北移動，但因其雲帶走向有向東北方向偏移，因此測站時間上花蓮站之反應較早。

而因其東西向飄移之故，使其測站之降雨趨勢皆不盡相同，但蘇澳與宜蘭與花蓮測站之雨量解釋如下：蘇澳與宜蘭、花蓮測站雨量差距應為雲胞關係，在相對大尺度上，宜蘭測站之周圍及出海口地形相較於蘇澳測站較容易接受大而強之雲胞由東方移入，花蓮測站也是。而在風向上約略可知當時主要控制該地區風來原非颱風風場：在宜蘭、蘇澳測站受到西南風控制(此時花蓮已受颱風風場影響)，以蘇澳測站之山脈分布位置與風向而言並不利於雨胞之移入與強降雨之發生。

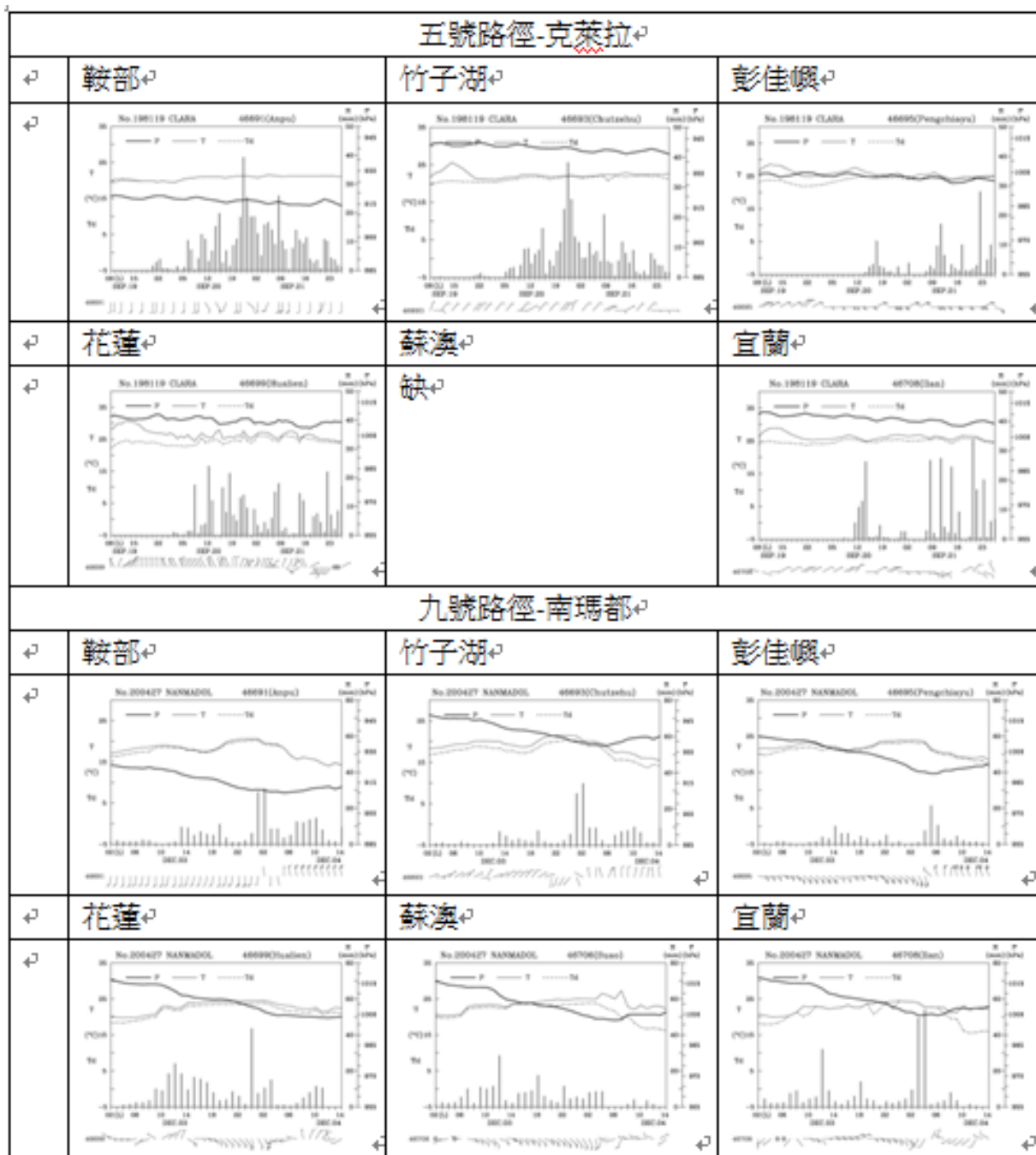
分析四：1998 年瑞伯颱風以台北地區與基隆地區測站而言共伴之降雨極少，只有一小部分，推測應為雲胞分布位置關係。而以宜蘭、蘇澳、花蓮這三測站而言，雨量趨勢極為接近，以風向而言難以判斷受地形舉升之差別，但因風場分布及雲帶分布與移動之關聯性，推測應受到較少舉升。

六號路徑之共通點：

1. 北部測站與東部測站之降雨趨勢常部分分開，應為颱風本身之南北移動路徑特殊之緣故。
2. 六號路徑之共伴雨量典型上往往低於颱風本身之雨量，是本路徑降雨之一大特色。

3.雨量大小差異，除小島外幾乎差距上不大，但影響降雨之變數上仍偏多，推測應與相對小規模雲胞之成長有關連性。

4.共伴雨帶與颱風本身雲雨帶時間上都極為接近，極度難以分辨，但其交界處往往有雨量低點，可從衛星雲圖上與輻合輻散場在加以推測何為共伴雨量區，其分布極為接近應為此路徑颱風位置與環境風場方向所共同導致。



附註：五號路徑因為蘇澳測站從缺與其他資對缺少之故因此分析上會有所缺漏

五號路徑與九號路徑雨量分析：

分析一：此路徑上很明顯的在地形上對於雨量會有直接之反應，在鞍部與竹子湖測站之雨量相較於其他之非山地地形測站之為高，因此推測其地形使雲之成長及降水影響極大。

分析二：此路徑之降雨皆為共伴雲雨帶之降雨，非颱風本身。

分析三：有降雨時間向北延遲之趨勢，但陽明山系列測站因為山區非低海拔地形，因此反應於雨量較敏感也較快。

分析四：九號路徑上之北部測站雨量皆普遍低於東部測站，其共伴雲帶之移動也為由南向北移，在風向與地形之交角上，宜蘭、蘇澳、花蓮測站之風向地形交角皆相似，因此雨量相似是在預料範圍，且因其直交性不明顯，因此未有極劇烈之舉升降雨。

此颱風雲帶由南向北移，因此在雨量上陽明山測站群會較少。而其共伴最強降雨時間為12z03dec的部分，與輻合輻散場之資料屬吻合，可由其兩降雨減弱在加強之分別區分出共伴降雨之時間。

在九號路徑上，共伴而所致之降雨量，往往會與颱風本身之降雨量相當，或超過，此與六號路徑之共伴降雨量小於颱風降雨量是一顯著差別。

各路徑降水分析結論：

五號路徑上颱風本身雲系並未給北部造成雨量，但是共伴帶來的雨量卻極大，可能會致災，這是因為此路徑之共伴降雨時間極長所導致。

六號路徑上共伴雨量雖說會較颱風本身雲系小，但是其仍受風向與雲帶移動方向速度影響其雨量，雲帶之移動方向與地形會明顯影響其降雨強度之分布，風向與地形之關係會略微影響其共伴降雨量。

九號路徑上之共伴雨量會接近或大於其本身颱風之降雨量，且其雨量與風向地形交角與分部有極大之關聯性，其分部差異會明顯對於共伴降雨量達到可能致災與否造成極大之影響。

附註：風向地形與雨量之依存性上會以9號路徑最為明顯，5號未知，6號略為明顯。

伍、結論

一、五號、六號、九號路徑之颱風在數據充足的情況下發生共伴效應的比例較其他路徑之颱風來的高。

二、颱風與東北季風的相對位置越靠近，共伴效應的強度將隨之增強。而當冷高壓越靠近海面，將使東北季風挾帶之水氣增加，進而導致共伴的降雨量的增加。

三、五號路徑的颱風產生共伴效應時的位置都約在經度 115 度到 120 度之間，緯度 20 度左右；九號路徑的颱風與五號路徑相似，經度幅度較小而緯度幅度較大；六號路徑的颱風產生共伴效應時的位置則在經度 120 度偏東，而緯度也於 20 度左右。而在共伴效應影響台灣東北地區的時間，與中央氣象局所得出的結果比較，發現共伴所影響時間是幾乎吻合的。

四、共伴所致之雨量貢獻有一大部份之變化來自於地形與風向效應，而並非只有單純之雲帶移入，輻合所形成的雲帶提供基本之降雨量，而地形之效應與風向將會更加大量加劇降水，由測站資料分析部份可以得知地形確實會影響共伴效應所帶來之降水量。

五、各路徑之共伴降水上，會因路徑不同而與颱風本身與量之比有所相異，六號路徑共伴雨量較颱風本身與量低，而九號則時強時弱，其原因主要為九號路徑之共伴與量差異與風向地形夾角之關聯性極高，使其雨量不定，因此在預測雨量上以六號估計較為容易，九號路徑預測雨量則相對困難。

陸、未來展望

根據輻合輻散場的分析（如象神颱風）可以知道強降雨會發生颱風尚未侵台前，台灣東北角就出現輻合增強的效應，而且跟測站降雨的增強變化是吻合，顯示共伴的確會引起強降雨，也表示我們的確能透過輻合輻散場的分析，知道共伴強降雨是否發生。未來希望能應用預報的風場資料，在雷同的颱風路徑、天氣形態下，找出共伴效應發生的可能性，進而提供東北角可能發生強降雨的警告。

柒、參考資料

- 1.中央氣象局颱風資料庫 <http://rdc28.cwb.gov.tw/>
- 2.侵台颱風資料庫 <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/tyfnweb/table/baroclinics.htm>

3. 共伴颱風總表 <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/tyfnweb/table/baroclinic.htm>

2000 象神 <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/tyfnweb/htm/2000xangsane.htm>

2010 梅姬 <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/tyfnweb/htm/2010megi.htm>

4. 中央氣象局全球資訊網 <http://www.cwb.gov.tw/V7/>

5. 香港天文台 <http://www.hko.gov.hk/education/edu01met/wxphe/ele-condiv-c.htm>

6. GrADS 資料來源: OPeNDAP Server (GDS) - directory for

/public_data/Reanalysis_Data/NCEP/NCEP2/6_hourly/gaussian_grid : 5 entries

http://apdrc.soest.hawaii.edu/dods/public_data/Reanalysis_Data/NCEP/NCEP2/6_hourly/gaussian_grid

【評語】 051904

利用地面風場、輻合輻散場、衛星雲圖與測站氣壓以及雨量等資料，對討論颱風環流與東北季風共伴效應發生之特徵與影響，對共伴效應與颱風路徑、颱風與東北季風位置間之關聯以及地形之影響有深入的探討，結果也相當有趣。共伴效應與地形效應之區分、互動與連結值得進一步研究。圖表之標示與說明應更清晰與完整。

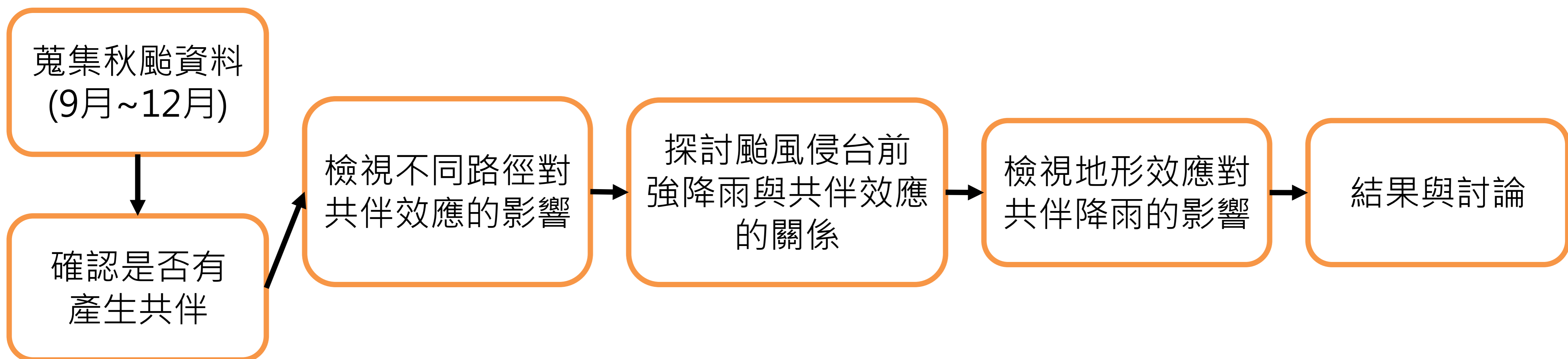
摘要

有鑑於秋颱共伴所帶來的雨量災害，若能確認其形成機制甚至預報，必能防災減災。本研究以颱風共伴資料庫資料分析出不同颱風路徑產生共伴的機率，得知路徑五、六、九型態最容易產生共伴。再以逐12小時風場、輻合（輻散）場和地面天氣圖變化分析十幾個颱風後，發現共伴雲帶的最強輻合區發生在在颱風侵台前，這即是為何北部、東北部在颱風侵台前就有強降雨的產生，若加上氣流能沿地形抬升，那麼降雨量更大。

壹、研究目的

- 一、確認是否有產生颱風共伴
- 二、討論不同颱風路徑與颱風共伴產生的關係
- 三、了解颱風侵台前，北部或東北部發生強降雨的原因
- 四、探討地形效應對共伴降雨是否有影響

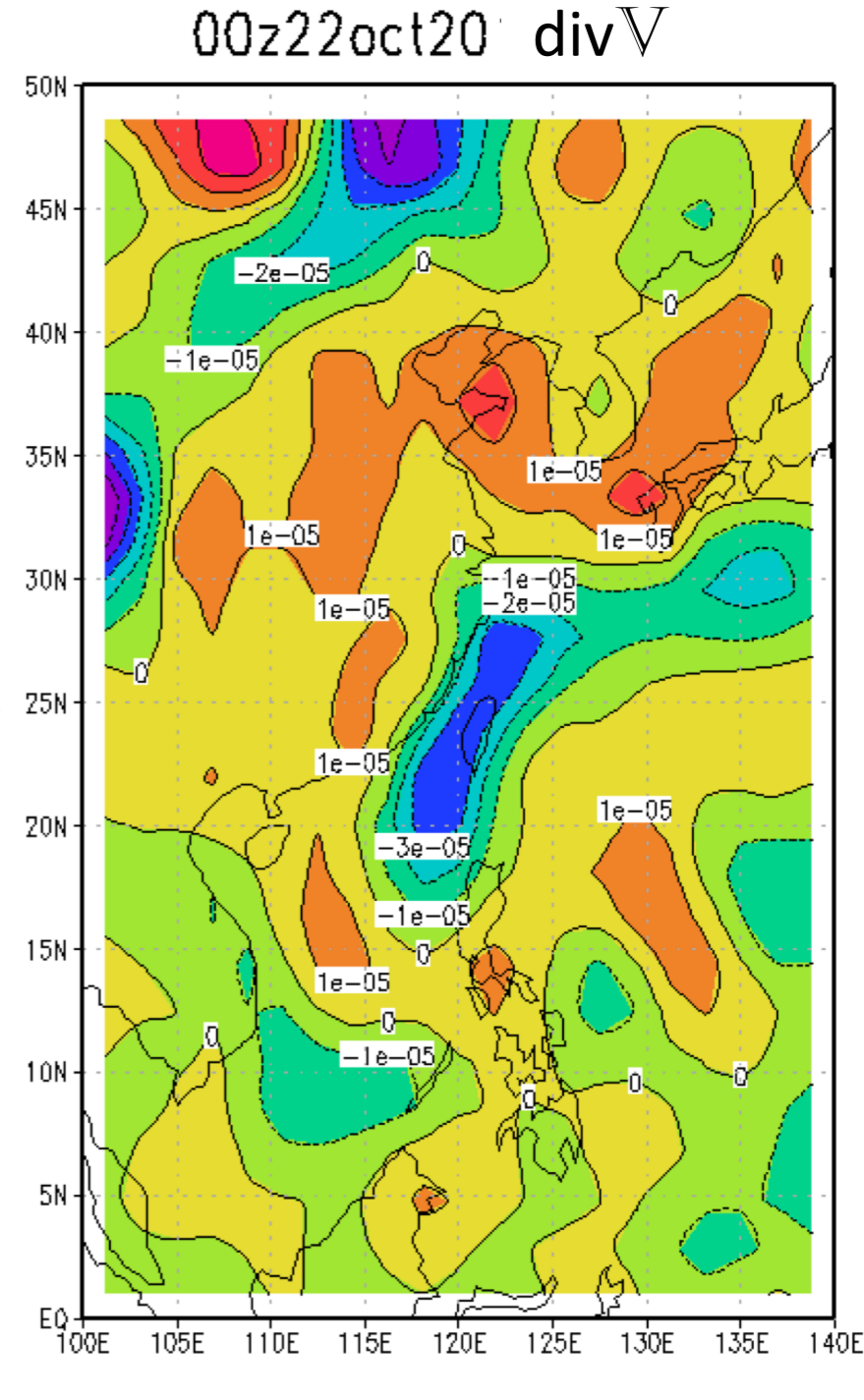
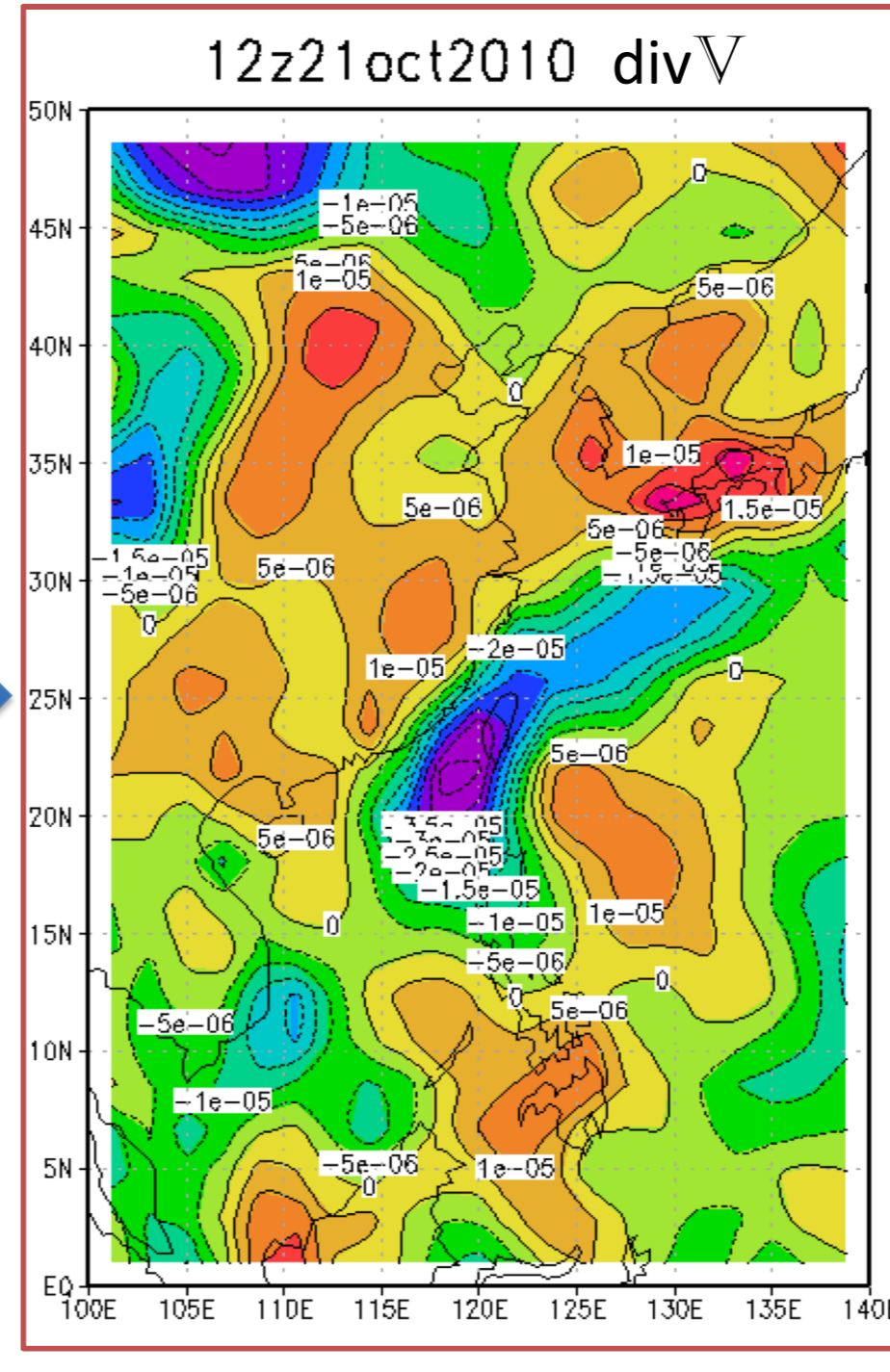
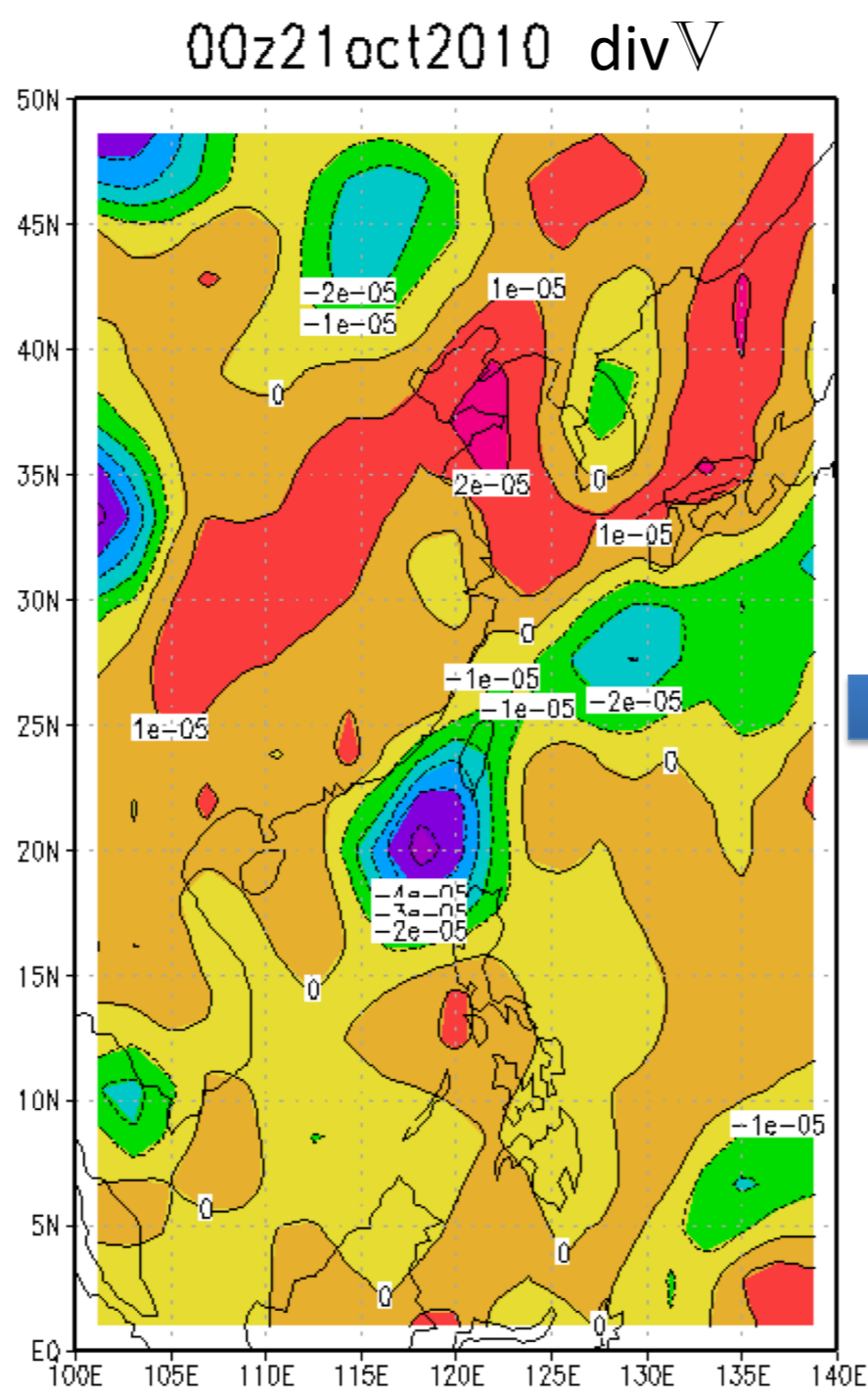
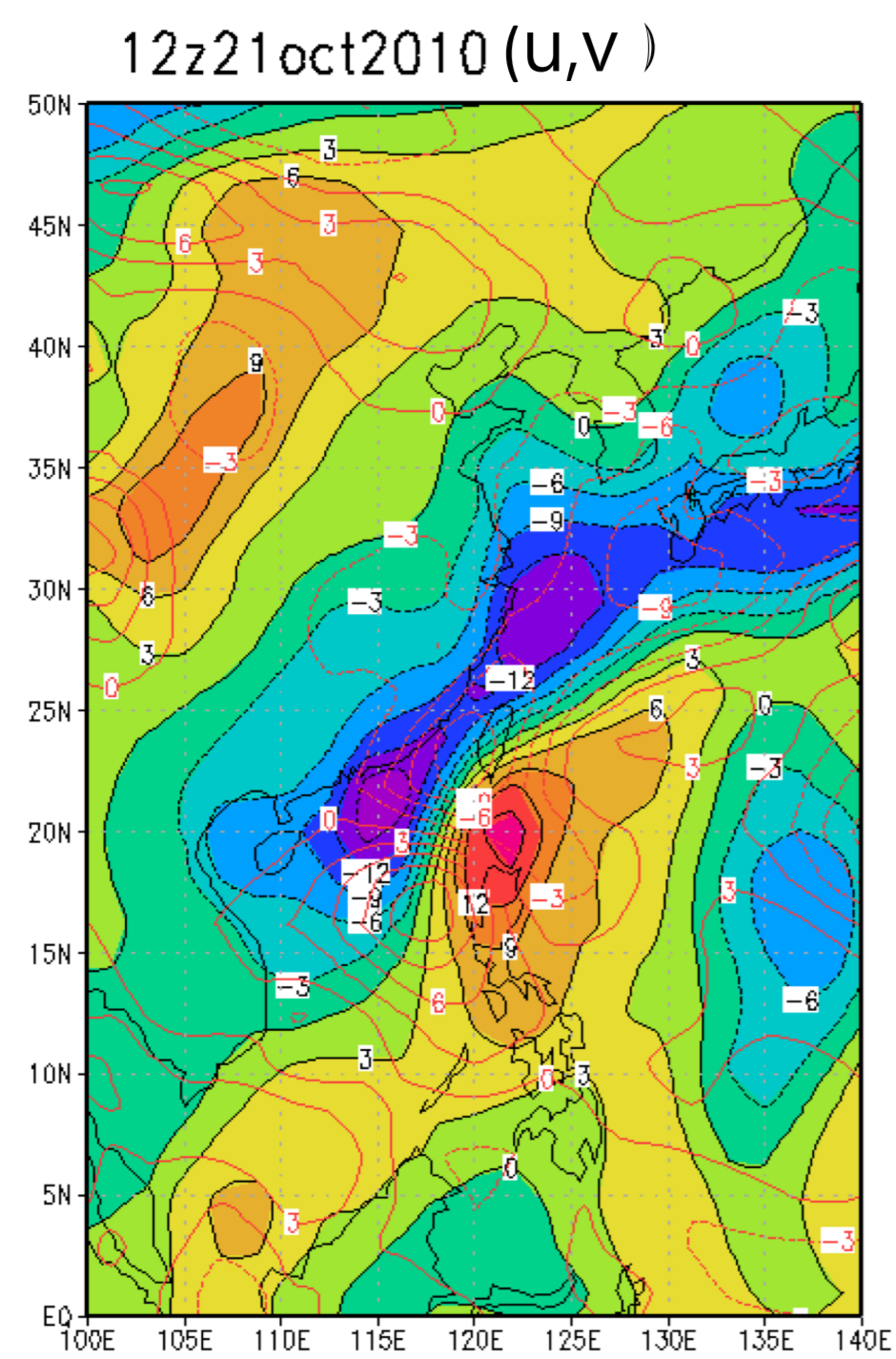
貳、研究流程



參、研究結果與討論

一、確認是否有產生颱風共伴

分析風場、輻合輻散場以及地面天氣圖來探討是否有共伴效應的發生，研究過程如下：

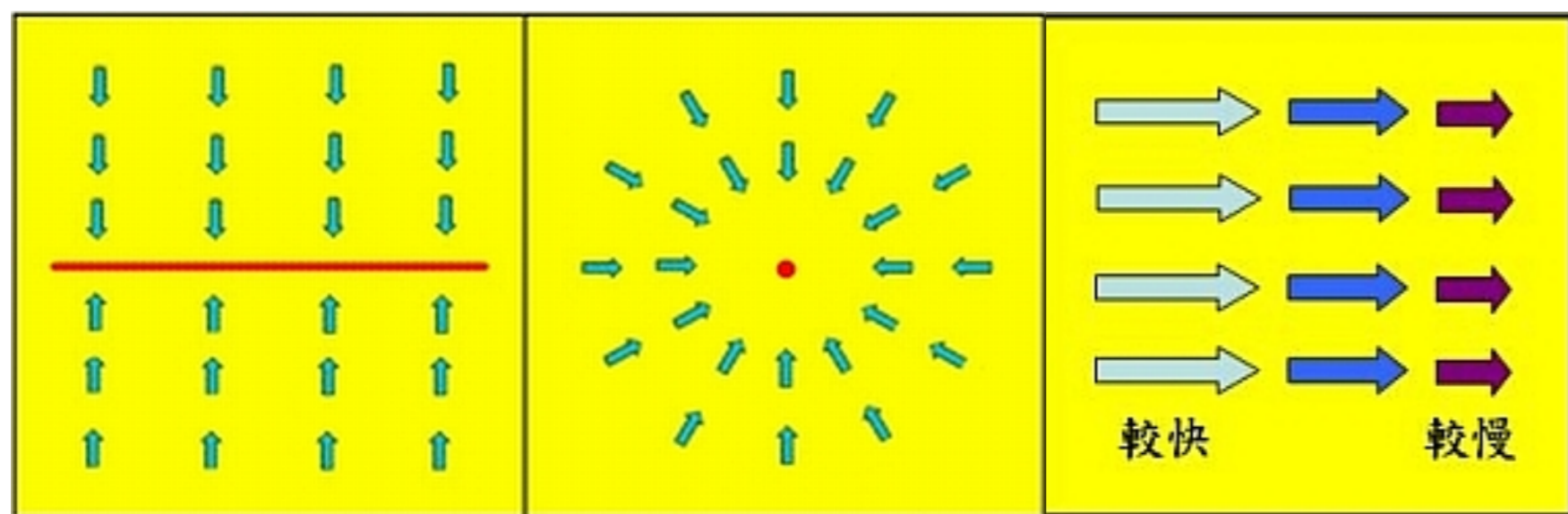
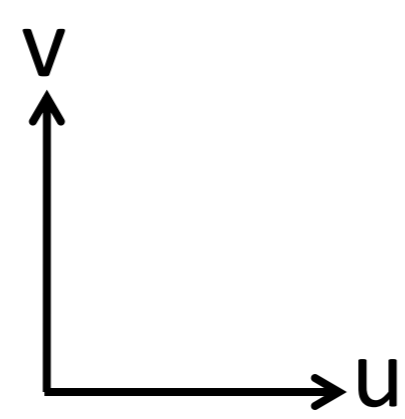


圖二 輻合、輻散場逐12小時圖

風場、輻合場逐時圖皆由程式GrADS繪製，在圖一中的紫色區負值大，表示北風強；即東北季風強。而在圖二的輻合場時間序列中可見輻合高值區(紫色區)的變化是由左到右，強度由弱轉強再變弱，則能分辨出共伴效應隨時間的變化與最強的時間段。

風場V(u,v)定義如下：

u(紅線) 西風為正
v(黑線) 南風為正



圖三 輻合場型態範例

輻合/輻散場定義：

本研究以探討水平風場V的輻合現象為主，不考慮Z軸方向，則公式如下：

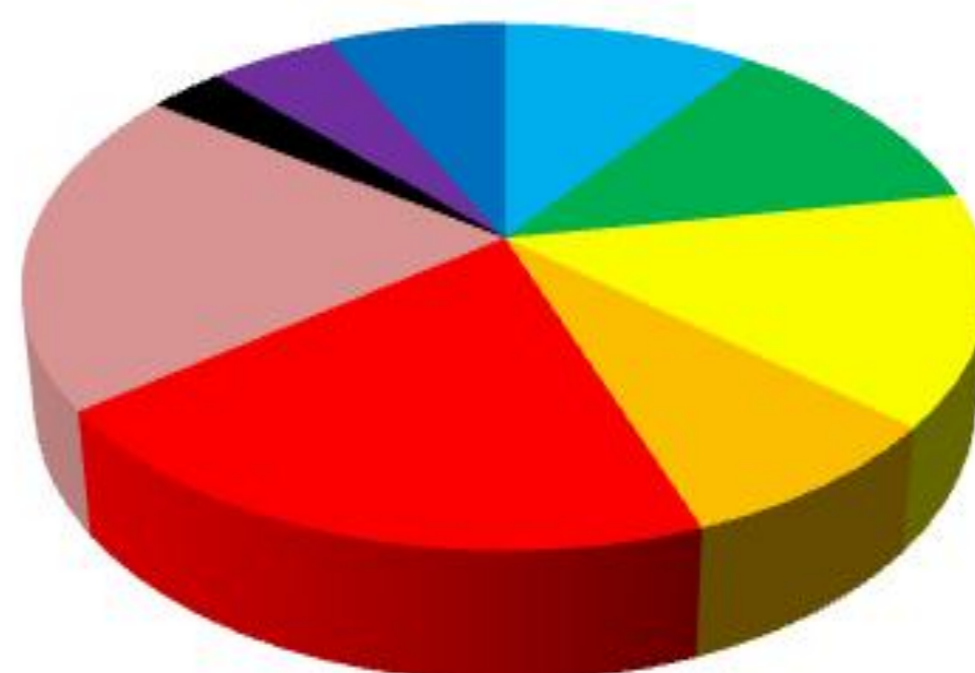
$$\text{divV} = \nabla \cdot \mathbf{V} = \left(\frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} \right) \cdot (u\hat{i} + v\hat{j}) = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$$

在圖二的輻合場圖中，輻合為負，色調偏藍。輻散為正，色調偏紅。

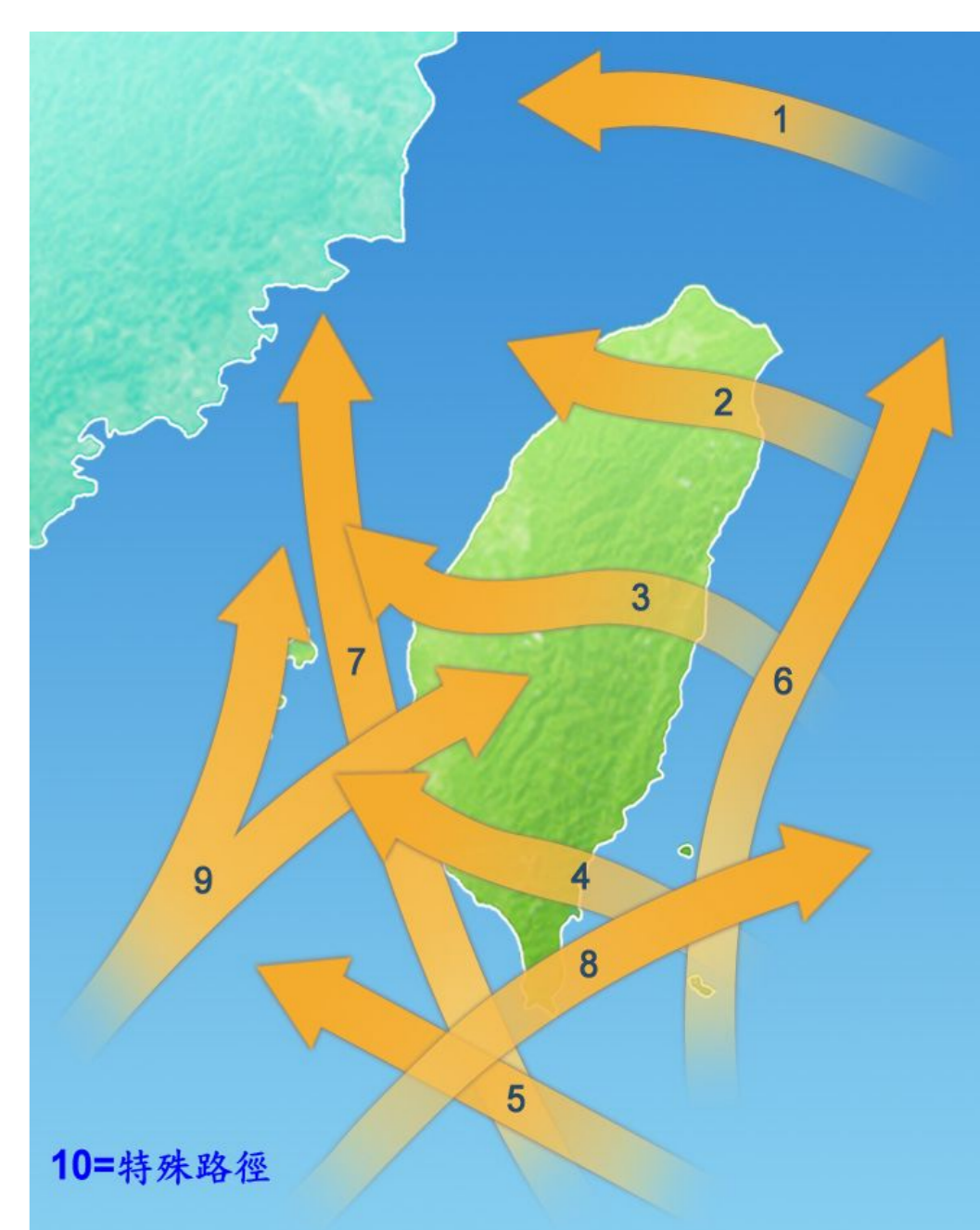
二、討論不同颱風路徑與颱風共伴產生的關係

依據侵台颱風資料庫，整理出1959~2010年各路徑秋颱，並根據環境場判斷颱風經過時是否有輻合增強現象，統計出有共伴、無共伴之秋颱數據如下：

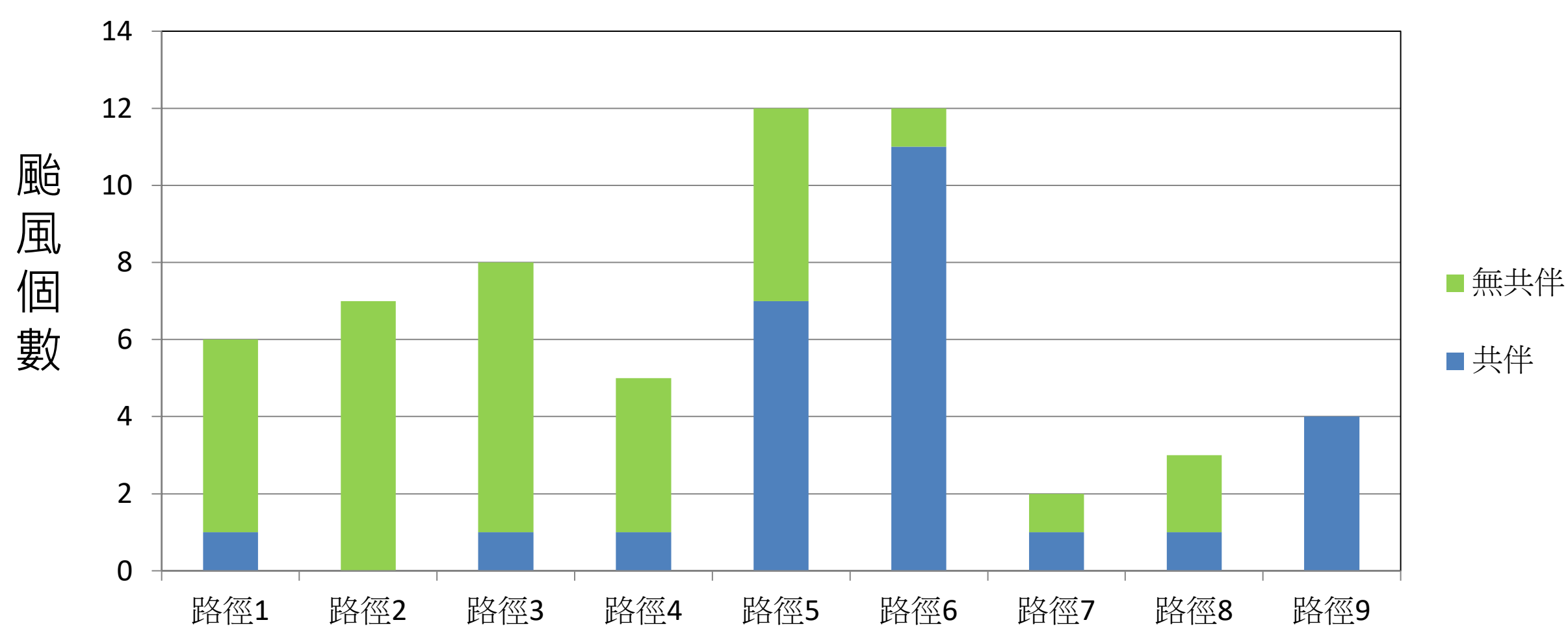
表一 各路徑有無共伴之統計										
路徑	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合計
總數	6	7	8	5	12	12	2	3	4	59
共伴	1	0	1	1	7	11	1	1	4	27
無共伴	5	7	7	4	5	1	1	2	0	32



圖四 各路徑秋颱比例

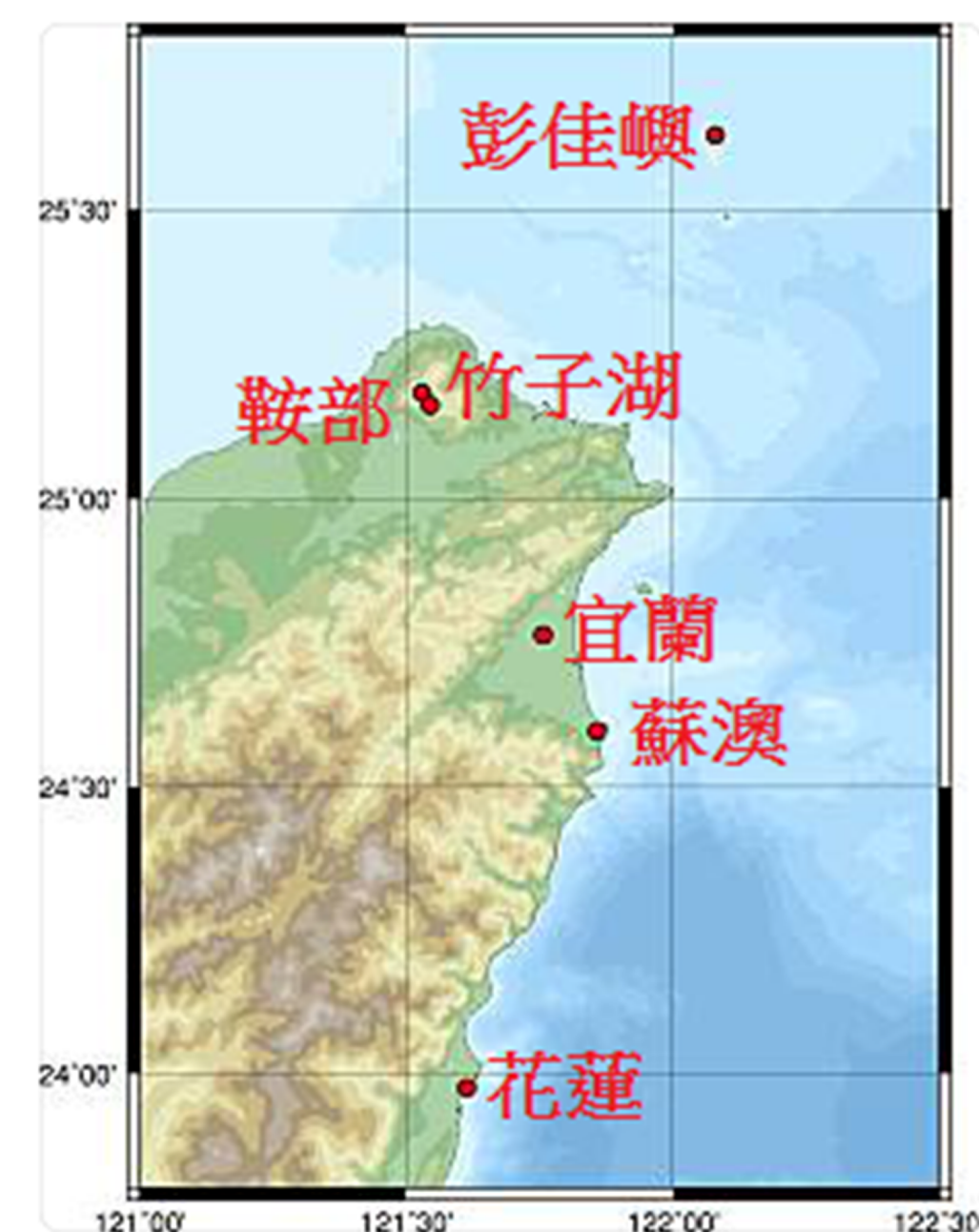


圖五 颱風的路徑分類



圖六 各路徑共伴是否發生的次數統計

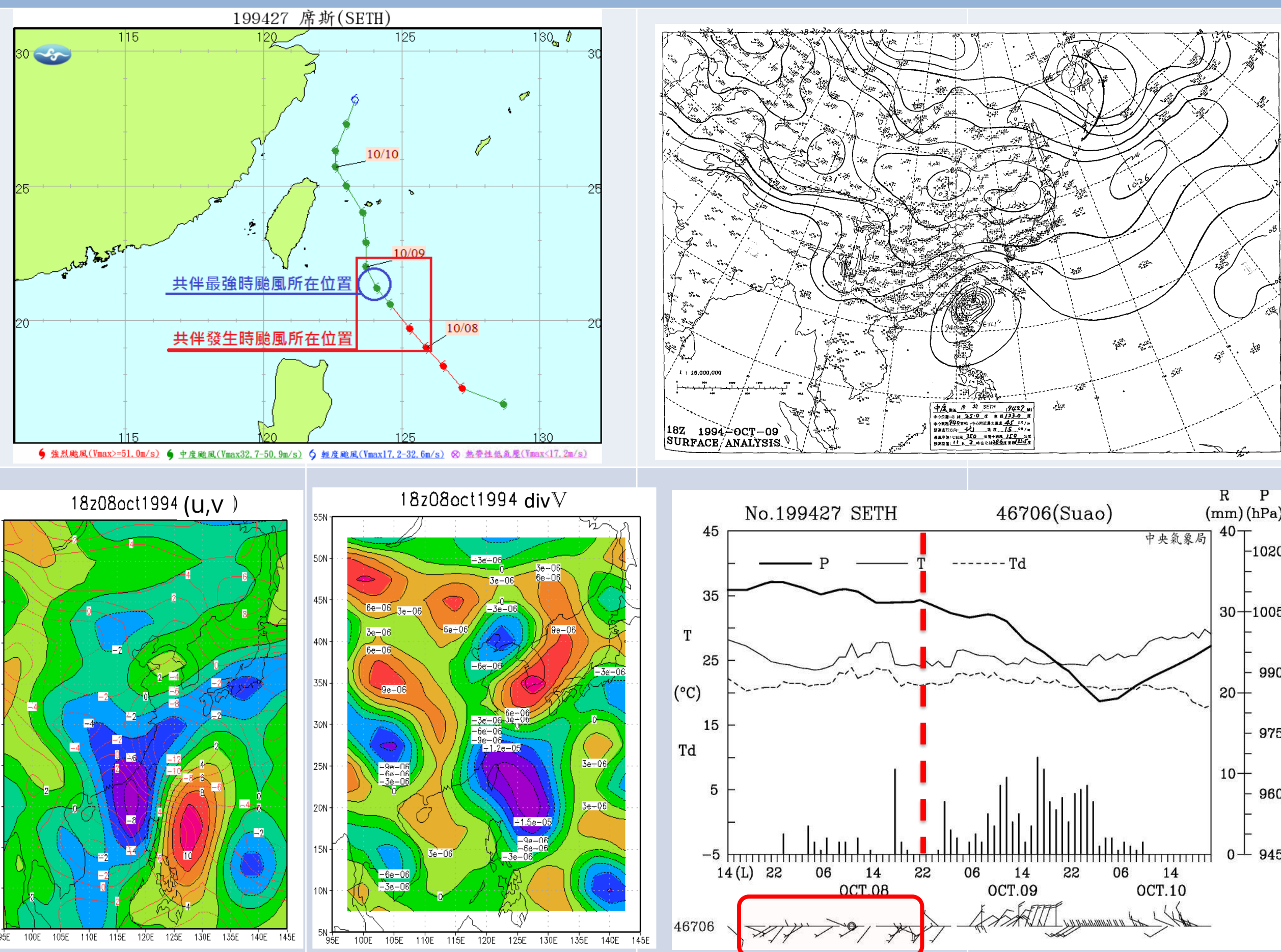
由左圖可知，5、6、9號路徑颱風發生共伴效應的比例比其他路徑要大得多，故下面的分析我們也會以這三個路徑的颱風作為優先討論共伴的案例。也因探討的是東北季風共伴效應，降雨量分析以北部、東北部測站為主，如圖七。



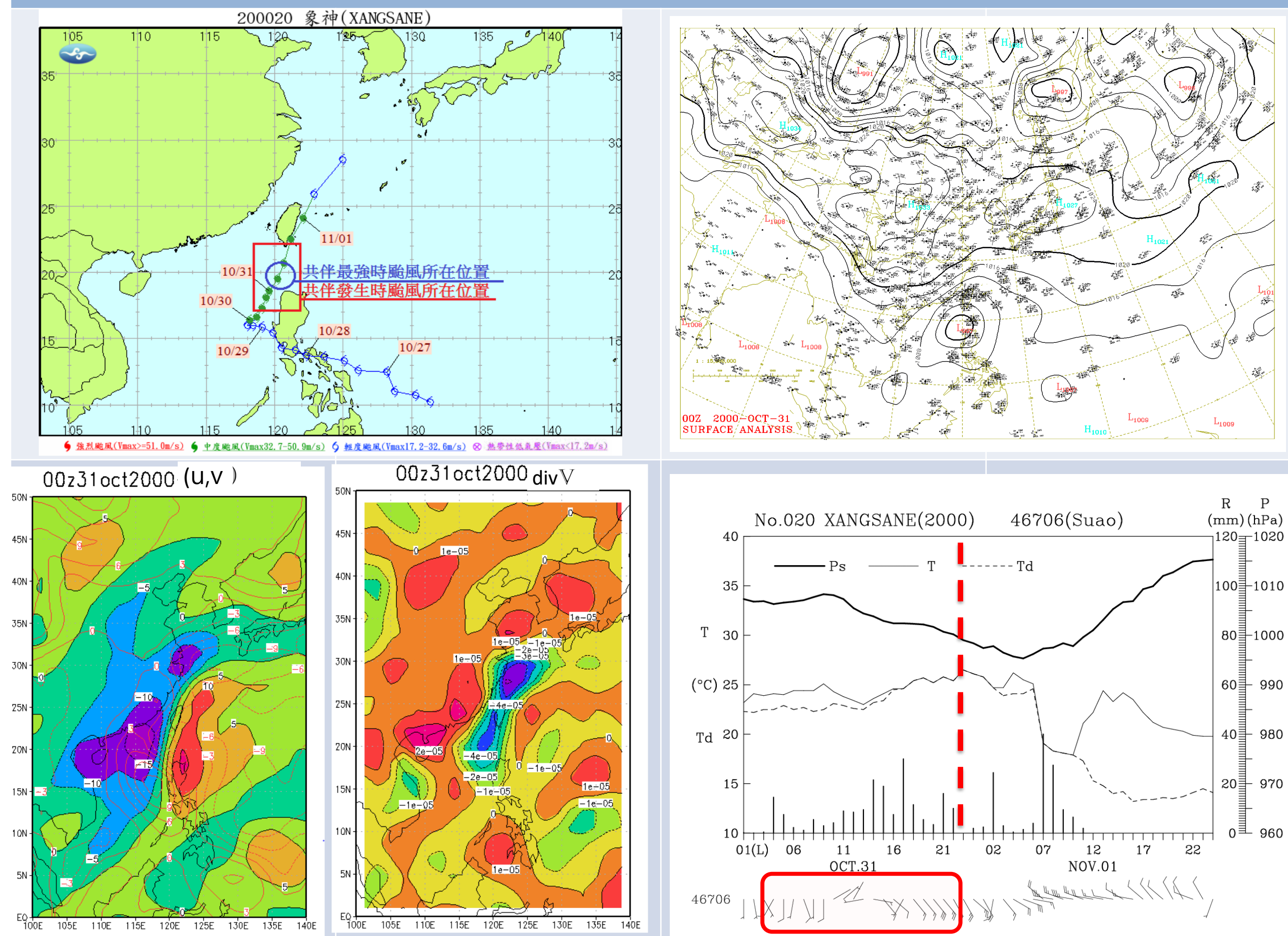
圖七：測站位置

三、了解颱風侵台前，北部、東北部發生強降雨的原因

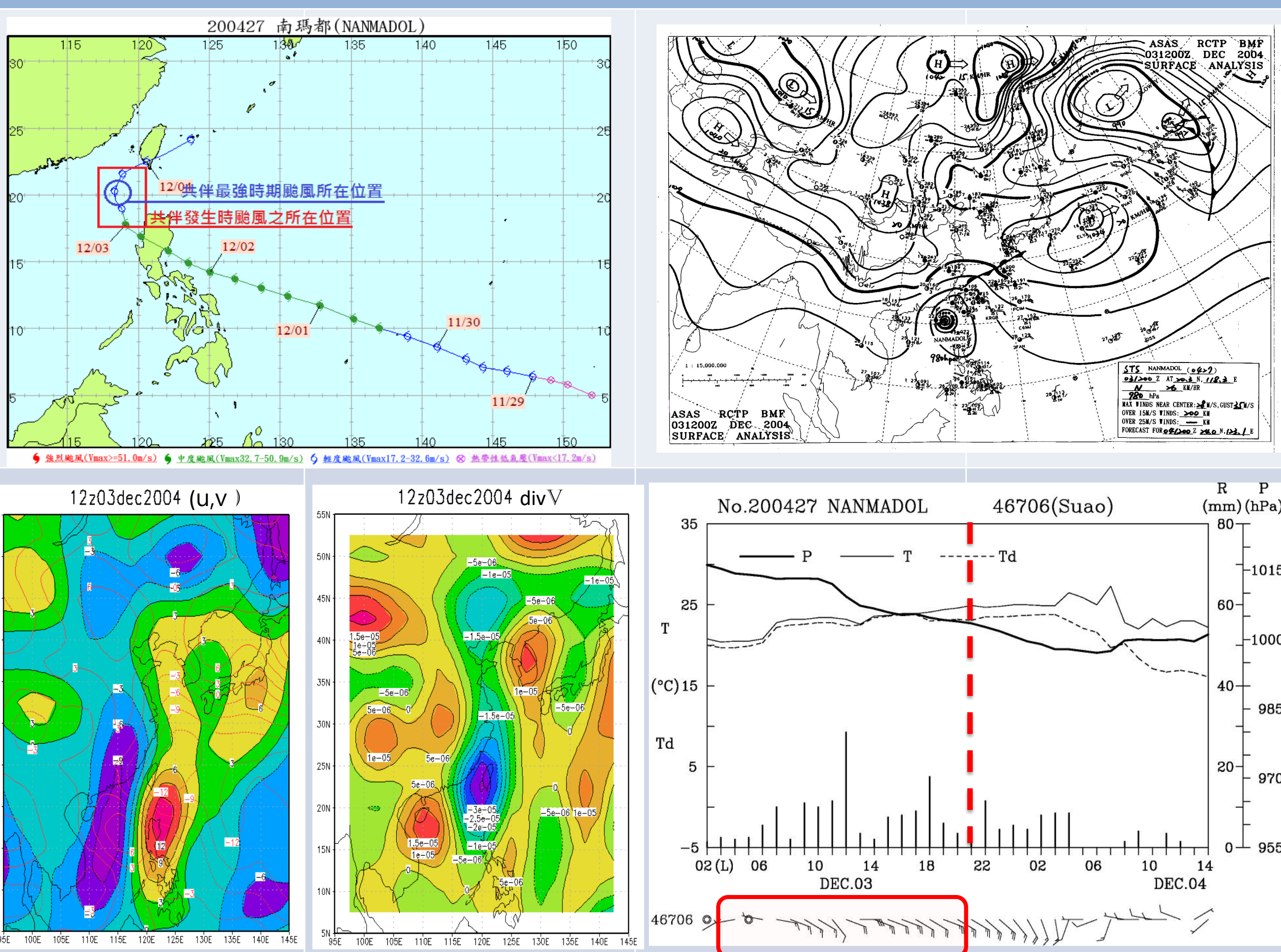
六號路徑-1994-席斯颱風



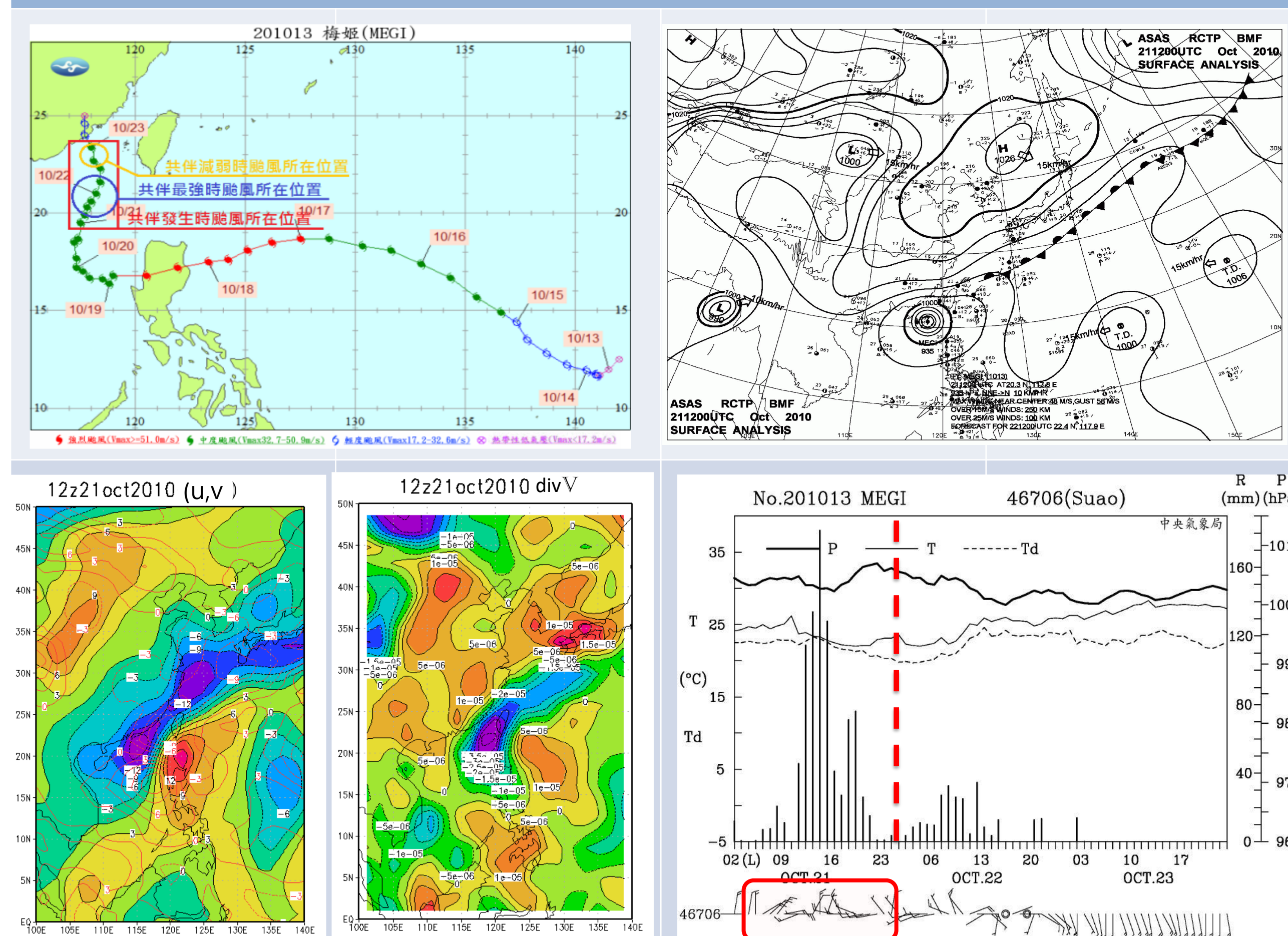
六號路徑-2000-象神颱風



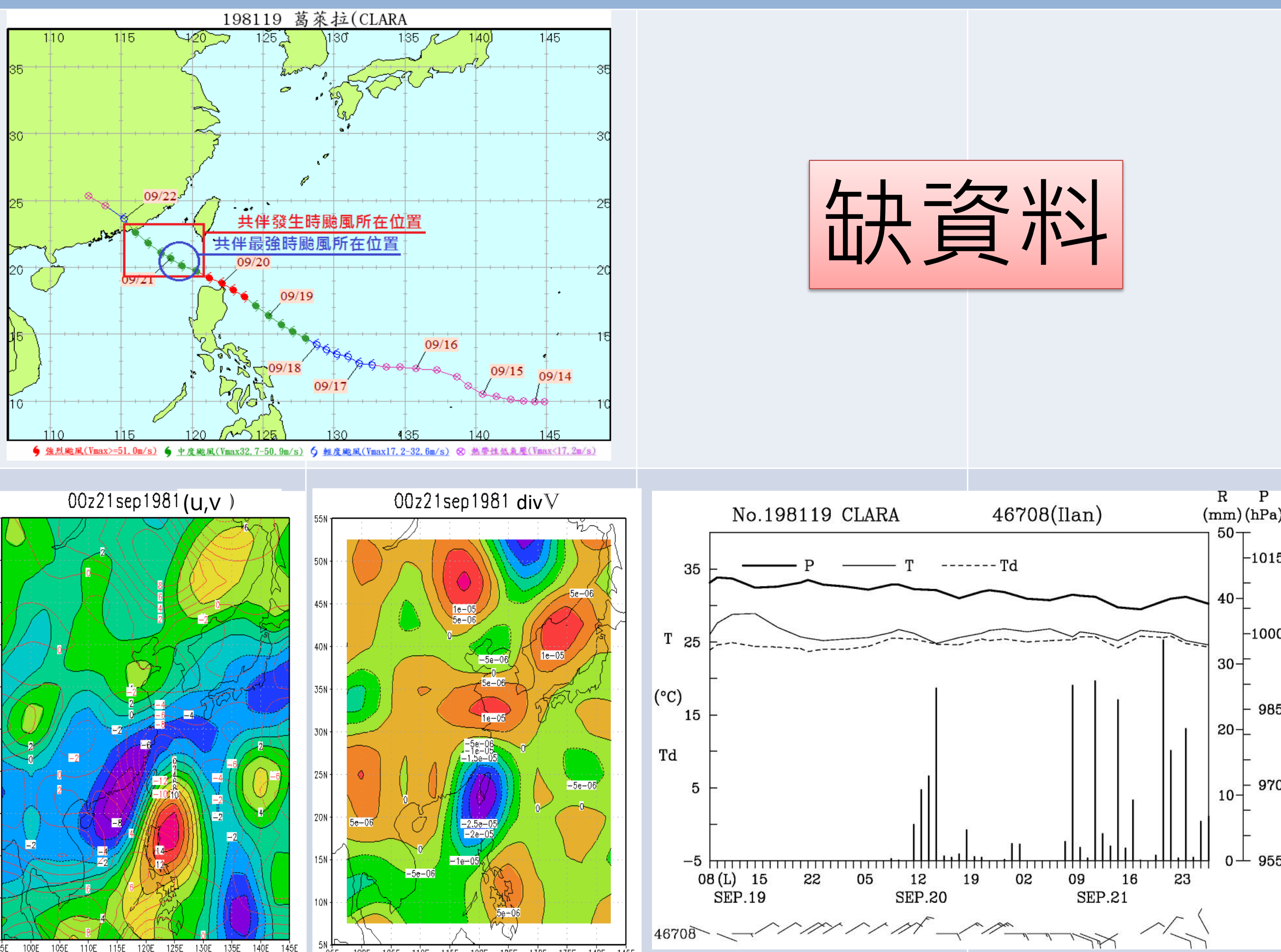
九號路徑-2004-南瑪都颱風



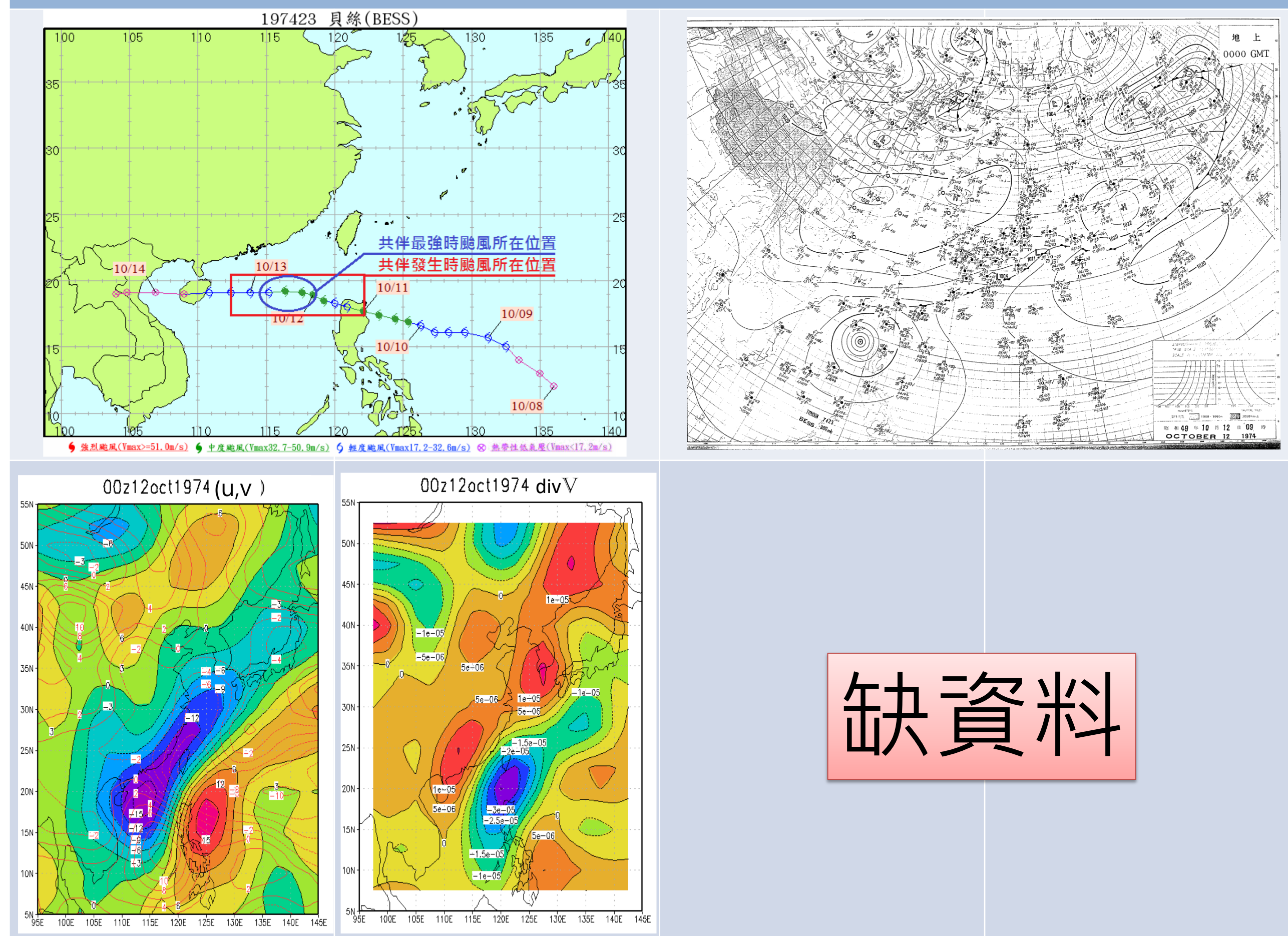
九號路徑-2010-梅姬颱風



五號路徑-1981-葛萊拉颱風



五號路徑-1974-貝斯颱風



缺資料

缺資料

圖八 不同路徑颱風之風場、輻合場、地面天氣圖以及測站雨量圖

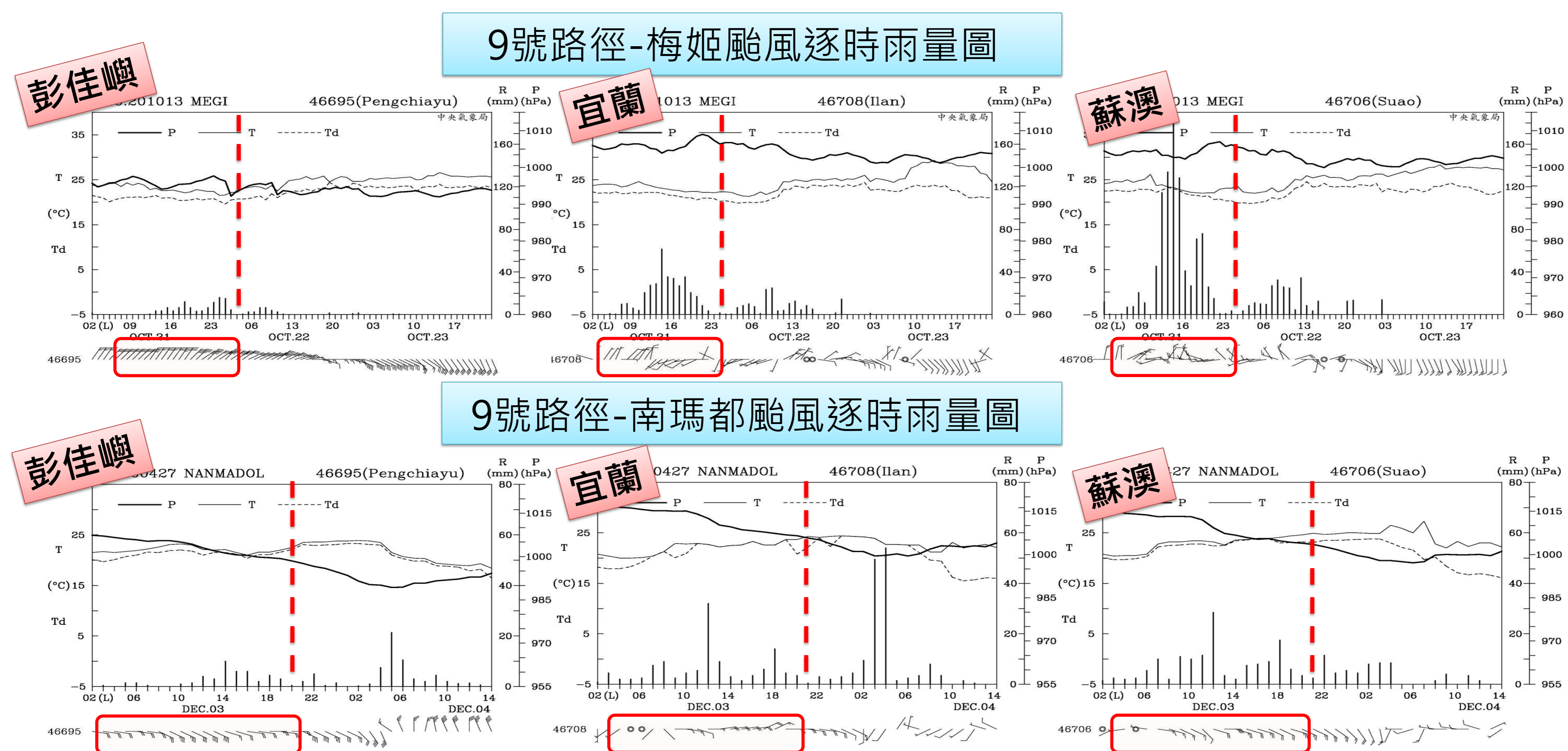
以1994年六號路徑的席斯颱風為例，在經過風場、輻合場分析後，約在10/8日18時（格林威治時間），等於台灣時間的10/09日2時產生最強的共伴效應。再與地面天氣圖、衛星雲圖以及雨量統計資料比對後，我們切出發生共伴效應的期間為台灣時間的10/08到10/09日22時（圖八雨量逐時圖中紅色虛線以左的時段），此時的雨量略小於之後颱風本身的雨量。同樣的結果也發生在象神、泰德、瑞伯等六號路徑颱風。

同上的步驟應用在九號與五號路徑，在逐時雨量統計圖中切出共伴效應與颱風本身雨量貢獻，整理如表二。

由上述可知，風場和輻合輻散場確實可以做為一種研究共伴效應的方式。而在共伴效應影響台灣東北地區的時間這方面，與中央氣象局所公布的結果互相比較，發現共伴所影響時間是幾乎吻合的。

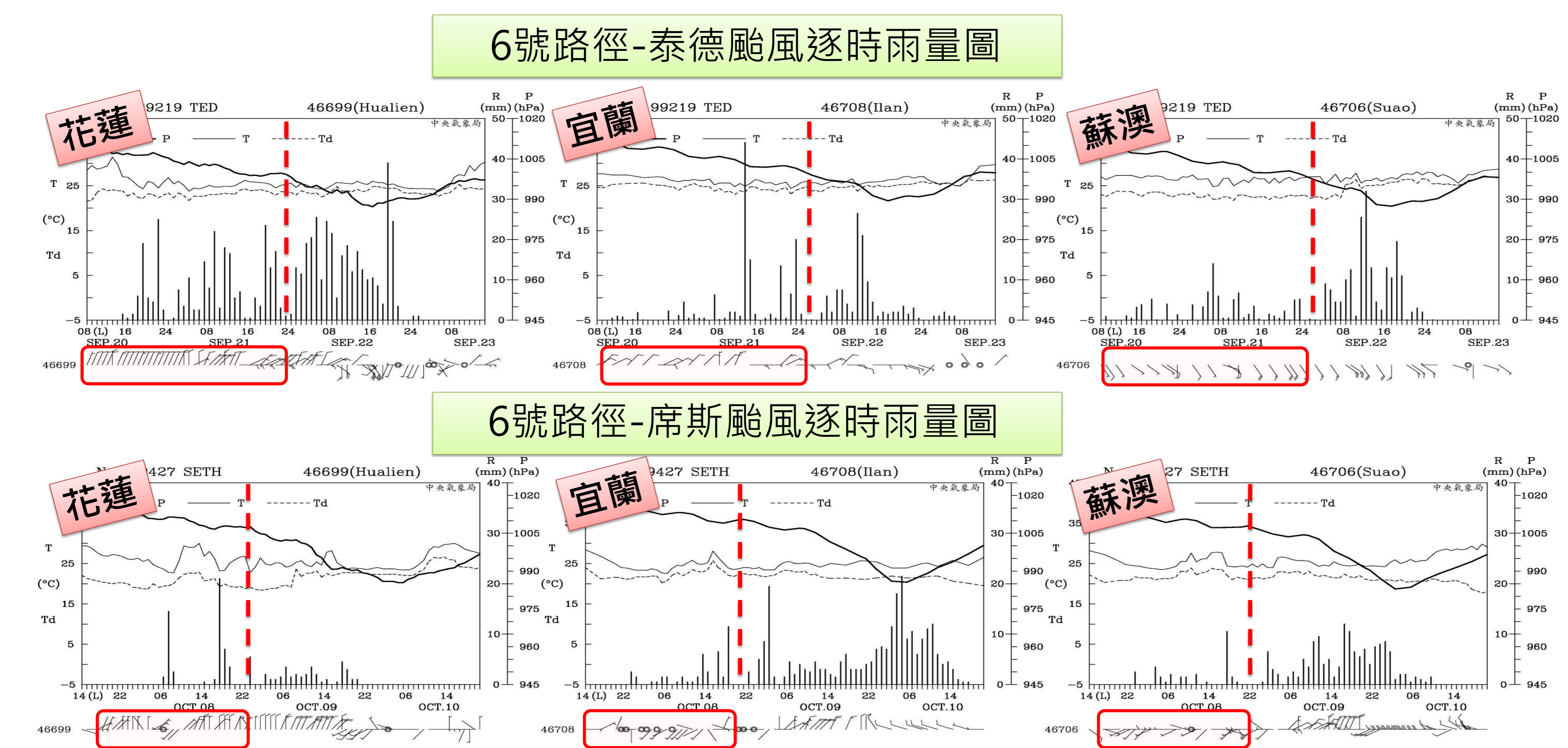
四、檢視地形效應對共伴降雨的影響

即使在下同一路徑條件下，不同地區有時會產生差距極大的降雨量差（例如九號路徑的梅姬與南瑪都颱風）。我們認為地形效應可能是影響此差異的重要因素，故我們將針對北部、東北部的六測站，配合地形及颱風風向開始進行分析，個案的分析方法如圖九、圖十所列舉，其結果於表二中呈現。



圖九：9號路徑地形效應分析結果

➔ 綜合9號路徑颱風之測站資料，可推得其雨量大小有可能受風向與地形影響極大，具有相對可推測及預測之關係。



圖十：6號路徑地形效應分析結果

➔ 綜合6號路徑颱風之測站資料，可推得其雨量受風向與地形影響較為薄弱，雨量相對控制於雲雨區分布及性質，而非主控於地形與風向所造成之加強降雨。

表二 不同路徑其共伴降雨量特徵比較

6號路徑的颱風	9號路徑的颱風	5號路徑的颱風
➤ 移動速度較快	➤ 若風向與地形形成直交，雨量增加	➤ 移動速度較慢
➤ 共伴雨量 ≤ 颱風本身之降雨量	➤ 共伴降雨量 ≥ 颱風本身之降雨量	➤ 共伴效應時間長而累積雨量大

伍、結論

- 一、五號、六號、九號路徑之颱風，其發生共伴效應的比例較其他路徑之颱風來的高。
- 二、颱風與東北季風的相對位置越靠近，共伴效應越強。而伴隨共伴效應增強的現象，低層輻合增強，水氣輻合也增強，造成共伴的降雨量進而增加。
- 三、可以藉由風場及輻合場推論出颱風產生共伴效應時的約略位置。
- 四、共伴之地形影響大小受路徑影響：如九號路徑共伴所致之雨量貢獻有一變化是來自於地形與風向效應，而並非只有單純之雲帶移入。而六號路徑之風向與地形垂直，但雨量並沒有明顯增加。

陸、參考資料

1. 中央氣象局颱風資料庫 <http://rdc28.cwb.gov.tw/>
2. 侵台颱風資料庫 <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/tyfnweb/table/baroclinics.htm>
3. 中央氣象局全球資訊網 <http://www.cwb.gov.tw/V7/>
4. 香港天文台 <http://www.hko.gov.hk/education/edu01met/wxphe/ele-condiv-c.htm>
5. GrADS資料來源: OPeNDAP Server (GDS) http://apdrc.soest.hawaii.edu/dods/public_data/Reanalysis_Data/NCEP/NCEP2/6_hourly/gaussian_grid