中華民國第57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

最佳創意獎

051907

颱風吞併現象之探討

學校名稱：臺中市立臺中女子高級中等學校

作者：	指導老師：
高二 李依庭 高二 卓昕潔	游明珠

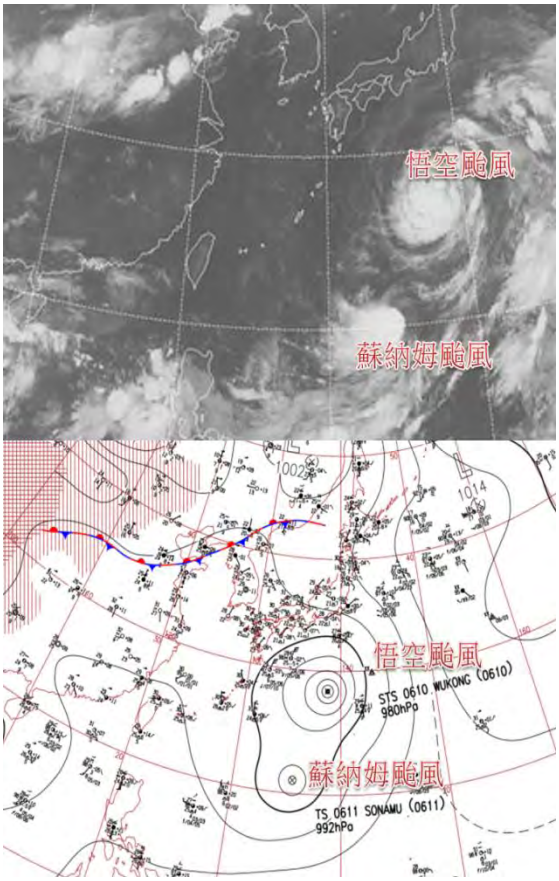
關鍵詞：颱風吞併、藤原效應、單項影響型

摘要

本研究主要探討颱風吞併前後出現的現象，颱風吞併屬於藤原效應中的單向影響型，跟一般常見的雙向型藤原效應不太一樣。我們找出歷史上颱風吞併的數個個案，利用地面天氣圖與衛星雲圖來進行分析，並以中心氣壓較低(視為較強)的颱風作為主要觀察對象，觀察合併前後雙颱的距離、移動、氣壓變化的狀況。我們得到雙颱合併的條件為：距離大致小於 700 公里，此距離較互繞型藤原效應(約 1000 公里)小，且雙颱半徑比必須大於 2。另外，雙颱靠近時會先互繞再吞併，而此時的雙颱相對移動速率對颱風吞併不造成影響。且在雙颱互繞時，若以中心氣壓較低的颱風為座標軸原點，則中心氣壓較高的颱風移動路徑常呈南北向移動。

壹、 研究動機

台灣地區每年都會有颱風登陸，兩兩颱風的相互影響也間接與我們的生活息息相關。在上地科課程的颱風單元時，我們對藤原效應十分好奇。而依據《台灣的颱風》上有關藤原效應的資料，將它分為單向影響型及雙向影響型。單向影響型指的是兩個熱帶氣旋強弱差距較大，強氣旋會使弱氣旋繞著自身的外圍環流旋轉，直至分離或合併為止。而雙向影響型則是兩個熱帶氣旋的強度差不多，會互相旋轉，直至受到其他外力影響或一方減弱消散為止。一般常見的藤原效應是雙向影響型，也就是雙颱互繞、牽引而後分離，對於此種藤原效應，研究文獻也頗多，但較缺乏單向影響型的藤原效應之研究與探討。因此我們想針對對單向影響型中的合併型當研究主題，企圖找出發生單向影響時的某些因素。我們開始搜尋網路上中央氣象局公布的動態紅外線雲圖，意外發現了 2006 年悟空颱風(國際編號:0610)的移動路徑似乎與我們感興趣的議題有所關聯 (如圖一) 。在 2006 年 8 月 11 號時悟空颱風生成，初期幾乎處於不移動狀態，接下來它和 2006 年 8 月 13 日生成的蘇納姆颱風(國際編號 0611)產生藤原效應，在互相逆時針旋繞之後，蘇納姆颱風隨即化作雲團，併入悟空颱風中(如圖 d)。在近年來的氣象局資料庫中也能找到類似的資料，如： 2011 年 7 月 11 日馬鞍颱風(國際編號:1106)生成，於三天後(2016 年 7 月 14 日)，蝎虎颱風(國際編號:1107)生成，但僅只生存了兩天便與馬鞍颱風的外圍環流合併。



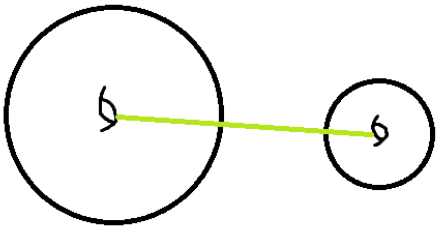
圖一、悟空與蘇納姆颱風的衛星雲圖與東亞地面天氣圖的比照圖

我們十分想了解這樣的現象，希望透由研究而得知究竟有甚麼影響因子會導致兩個颱風之間發生類似的現象？根據《台灣的颱風》及相關研究，我們得知雙颱互繞的藤原效應中心距離要在 1000 公里才會發生，然而要距離多遠才

會產生合併型藤原效應呢？另外，發生吞併後颱風的強度會產生甚麼樣的變化？甚至對颱風的結構、行進路線、行進速率……會造成甚麼影響呢？我們希望能蒐集相關資料，將雙颱的外圍環流最短距離、中心距離、半徑比、速率、中心氣壓及路徑製成圖表歸納並分析，找出合併型藤原效應的發生條件與發展。

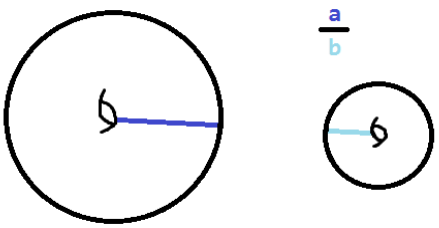
貳、研究目的

一、找出在「雙颱颱風中心距離」相距多遠的條件下，較易產生吞併效應。如附圖二所示：



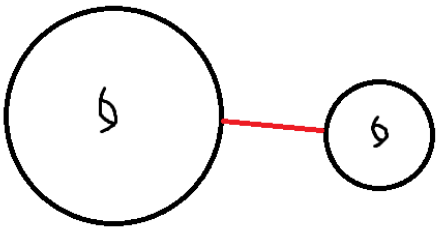
圖二、雙颱颱風中心距離示意圖

二、找出在哪一種「雙颱颱風半徑比」條件下，較易發生吞併效應。如附圖三所示：(a 為大颱風半徑；b 為小颱風半徑)



圖三、雙颱颱風半徑比示意圖

三、找出在「雙颱颱風外圍環流邊界距離」相距多遠的條件下，較易產生吞併效應。如附圖四所示：



圖四、雙颱颱風外圍環流邊界距離示意圖

四、計算出颱風的移動速率，藉此推論出移動速率的快慢是否會對吞併的難易造成影響。

五、關注個案在地面天氣圖上的氣壓變化，藉此歸納吞併效應結束是否會對主體颱風的結構強弱造成影響，若有，再推論較可能增強或減弱。

六、利用追蹤分析，做出吞併路徑的演化，以此推論出相對主體颱風的移動趨勢。

七、歸納出單向與雙向影響型之颱風個案在上述(一)到(六)研究項目中的異同。

參、研究設備及器材

一、個人電腦

二、使用軟體：Microsoft Excel、Microsoft Word、Tracker

肆、研究過程或方法

一、蒐集發生藤原效應的雙颱資料

本研究針對 1991 年至 2016 年期間之颱風個案進行探討。首先，在 Unisys Weather 的網站中(http://weather.unisys.com/hurricane/w_pacific/index.php)找出所有在研究期間內在西北太平洋地區生成的颱風個案，並搭配在 Youtube 上找到之 1991 至 2016 年間整年的衛星動態雲圖(https://www.youtube.com/user/kykong/videos)，找出有出現藤原效應的案例，並記錄發生日期。針對這些個案再進行兩種分類：單向影響型(定義為雙颱互繞後有合併情況)與雙向影響型(定義為雙颱僅互繞無合併情況)。如附表所示：

表一、1991 至 2016 年間有出現藤原效應的案例之日期與分類

	日期	名稱(颱風編號)	藤原效應的分類
1991	9 月 14 至 28 日	颱風密瑞兒（9119）、颱風耐特（9120）	雙向影響
	10 月 3 至 13 日	颱風歐姬蒂（9121）、颱風派特（9122）	雙向影響
1994	**9 月 25 至 26 日**	**颱風派特(9427)、颱風露絲(9428)**	**單向影響**
1998	**10 月 11 至 12 日**	**颱風瑞伯(9810)、颱風艾力士(9811)**	**單向影響**
2000	7 月 3 至 8 日	颱風奇洛基（0003）、颱風啟德（0004）	雙向影響
	8 月 27 日至 9 月 1 日	颱風巴比侖（0012）、熱帶風暴瑪莉亞（0013）	雙向影響

	9 月 4 至 11 日	颱風桑美（0014）、熱帶風暴寶發（0015）	雙向影響
2001	9 月 8 至 12 日	颱風丹娜絲（0115）、颱風納莉（0116）	雙向影響
2002	7 月 18 至 23 日	颱風風神 （0209）、颱風鳳凰（0211）	雙向影響
2004	6 月 25 日至 7 月 4 日	颱風敏督利（0407）、颱風婷婷（0408）	雙向影響
2006	**8 月 11 至 17 日**	**颱風桑美（0608）、強烈熱帶風暴寶發(0609)**	**單向影響**
	8 月 14 至 15 日	**颱風悟空(0610)、颱風蘇納姆(0611)**	**雙向影響**
2007	11 月 20 至 27 日	颱風米塔（0723）、颱風哈吉貝（0724）	雙向影響
2009	9 月 29 日至 10 月 9 日	颱風芭瑪（0917）、颱風米勒（0918）	雙向影響
2010	8 月 28 日至 9 月 1 日	強烈熱帶風暴萊羅克（1006）、熱帶風暴南修（1008）	雙向影響
2011	**7 月 14 至 16 日**	**颱風馬鞍（1106）、熱帶風暴蝎虎(1107)**	**單向影響**
	9 月 13 至 20 日	颱風洛克(1115)、颱風桑卡(1116)	雙向影響
2012	8 月 19 至 29 日	颱風天秤 （1214）、颱風布拉萬（1215）	雙向影響
2013	8 月 19 至 20 日	強烈熱帶風暴皮瓦（1313）、熱帶風暴尤娜拉(1314)	雙向影響
2015	7 月 1 至 10 日	颱風昌鴻（1509）、強烈熱帶風蓮花(1510)	雙向影響
2016	8 月 17 至 23 日	強烈熱帶風暴蒲公英（1609）、熱帶風暴獅子山（1610）	雙向影響

在所有個案中總共發現四個個案屬於單向影響型，分別為 1994 年 09 月期間的派特颱風與露絲颱風、1998 年 10 月期間的瑞伯颱風與艾力士颱風、2006 年 08 月期間的悟空颱風與蘇納姆颱風、與 2011 年 11 月期間的馬鞍颱風與蝎虎颱風。

另外，為了了解單向與雙向影響型颱風之間的可能差異，我們從有發生單向影響型的年份中(1994、1998、2006、2011)，找尋雙向影響型的個案，以便進行比對。由於在四個單向影響型個案發生的年份中，只有 2006 年 8 月期間有觀測到單向影響型與雙向影響型的個案，考量當時環境背景場的相似，因而選取「2006 年 08 月發生之桑美颱風與寶發颱風個案」進行比對。至於「2011 年的 9 月發生之洛克颱風、桑卡颱風個案」則是因為和單向影響型個案發生之時間已相隔兩個月，考量當時環境場的變動，因此並未選擇此個案進行比較。

除了衛星雲圖之外，我們也針對上述五個個案(四個單向影響型及一個雙向影響型)，在中央氣象局颱風資料庫及大氣水文資料庫中搜尋相關之地面天氣圖、颱風路徑圖以進行資料分析。分析項目包含「颱風中心經緯度位置」、「颱風外圍環流大小」及「颱風之中心氣壓值」。

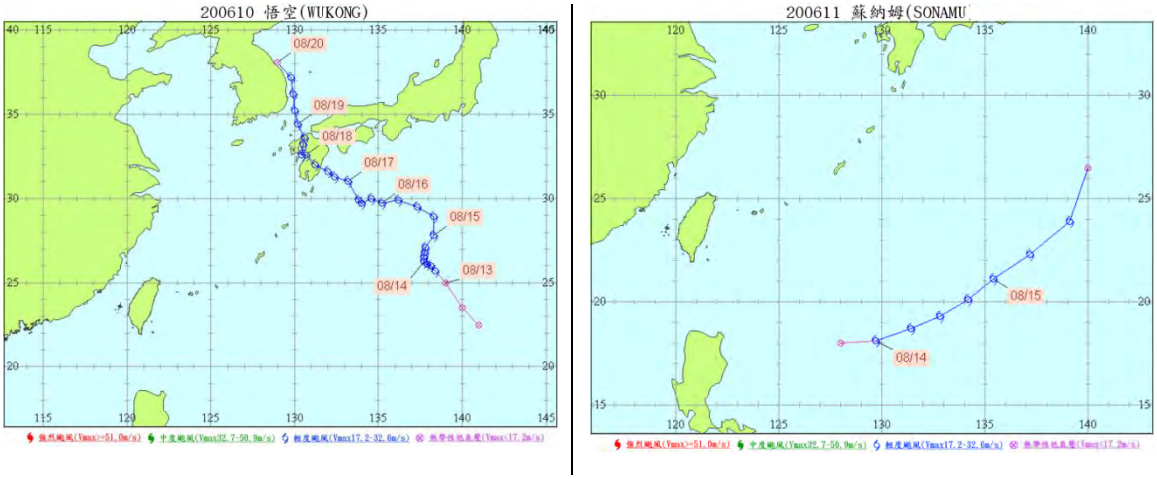
二、資料分析方式

(一) 「雙颱颱風中心距離」的求取步驟

針對上述五個案例，透過中央氣象局颱風路徑圖，可分別得知兩個颱風的中心位置。以派特颱風及露絲颱風為例，其颱風路徑如附圖五。得知颱風中心經緯度後，透由下列大圓公式代入圖上颱風中心的經緯度後，可計算求得兩個颱風的中心距離。

大圓公式：$D=R*\cos^{-1}(\sin(^{\circ}N1)*\sin(^{\circ}N2)+\cos(^{\circ}N1)*\cos(^{\circ}N2)*\cos(^{\circ}E1-^{\circ}E2))$

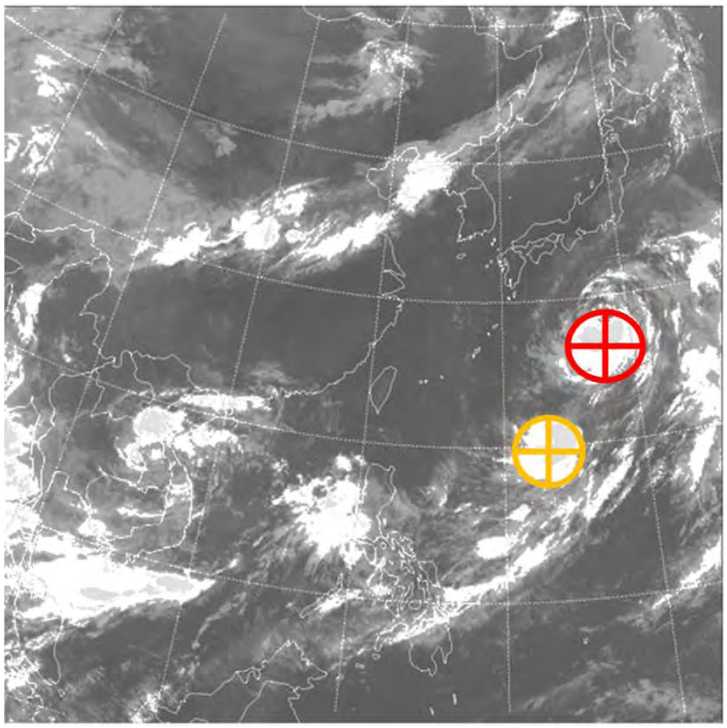
其中 D=A、B 兩地距離(km)，R=地球半徑 6371.3 km ，A 地經緯($^{\circ}$E1,$^{\circ}$N1)，B 地經緯($^{\circ}$E2,$^{\circ}$N2)。



圖五、以 2006 年 08 月的悟空颱風與蘇納姆颱風為例的颱風路徑圖

(二) 「雙颱颱風半徑比」的求取步驟

透過 Word 軟體，可將衛星雲圖中同色調之範圍選取出來(如附圖六所示)，將此範圍中之半徑定義為颱風半徑。比對兩個颱風之間半徑大小，可得颱風半徑比值(=颱風半徑較大者/颱風半徑較小者)。



圖六、2006 年 08 月選取同色調之衛星雲圖

(三) 「雙颱颱風外圍環流邊界距離」的求取步驟

將(一)、(二)所得之颱風中心距離與颱風半徑，帶入下列公式：

颱風相對距離(L)＝颱風中心距離(D)－A 颱颱風半徑－B 颱颱風半徑

如果 L<0,則兩颱重疊。

(四)「颱風移動速率」的求取步驟

以「前後六小時之內的颱風中心位置距離大小」除上「相距時間」：

V=〔颱風中心位置(時間=t+6hr)-颱風中心位置(時間=t)〕/六小時

(五)「颱風中心氣壓值」的求取步驟

以大氣水文資料庫中提供之東亞地區地面天氣圖，圖上有標示颱風之中心氣壓值，由此可得知吞併過程中雙颱中心氣壓值變化及吞併效應結束後的後主體颱風(定義為中心氣壓值在兩個颱風中較低者)中心氣壓值變化。

(六)「以主體颱風為原點的吞併路徑演化圖」的求取步驟

使用軟體 Tracker，匯入從 Youtube 上下載之衛星動態雲圖，從 Youtube 上的衛星動態雲圖

影片截取出許多相片，利用軟體中的追蹤點功能找出兩個颱風的相對位置，再指定主體颱風中心位置作為原點，點出相對主體颱風移動路徑之座標點(t,x,y) (t:時間、x:東西向距離、y:南北向距離)，並選取小颱風之座標，利用 Excel 製作路徑演化圖。

伍、研究結果與討論

問題 (一)：在「雙颱颱風中心距離」相距多遠的條件下，較易產生吞併效應？

- **結果分析**

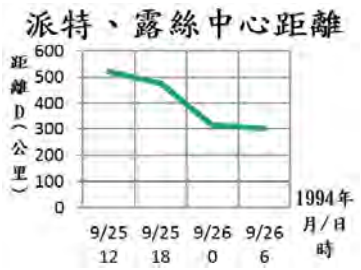
為了要了解在藤原效應發生時，中心距離應為多遠才會發生吞併效應，我們檢視雙颱中心距離隨時間的變化。圖七到圖十分別為派特與露絲、瑞伯與艾力士、悟空與蘇納姆、馬鞍與蝎虎的雙颱中心距離圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱中心距離(公里)為縱軸。以上四則為有發生吞併的例子。圖十一為桑美、寶發的雙颱中心距離圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱中心距離(公里)為縱軸。此則為單純互繞未發生吞併的例子。以圖十一為例，我們以兩個颱風同時存在(2006/08/14 六時)開始記錄二者之中心距離，直到小颱風消失為止前的六小時為止(2006/8/16 零時)。其中發現悟空、蘇納姆的中心距離從 1250 公里減至 575 公里，下降約 675 公里後，才發生吞併。

圖七中，派特、露絲於 1994/09/25 十二時開始同時存在，此時兩者的中心距離為 521 公里，到了 1994/09/26 十二時，露絲颱風開始被派特颱風吞併，此時兩者中心距離減至 337 公里，顯示從兩個颱風開始同時存在到發生吞併的前六小時，兩者中心距離下降約 184 公里。

圖八中，瑞伯、艾力士於 1994/09/25 十二時開始同時存在，此時兩者的中心距離為 877 公里，到了 1994/09/26 十二時，露絲颱風開始被派特颱風吞併，此時兩者中心距離減至 689 公里，顯示從兩個颱風開始同時存在到發生吞併的前六小時，兩者中心距離下降約 188 公里。

圖十中，馬鞍、蝎虎於 2011/07/14 三時開始同時存在，此時兩者的中心距離為 1675 公里，到了 2011/07/16 三時，蝎虎颱風開始被馬鞍颱風吞併，此時兩者中心距離減至 879 公里，顯示從兩個颱風開始同時存在到發生吞併的前六小時，兩者中心距離下降約 796 公里。

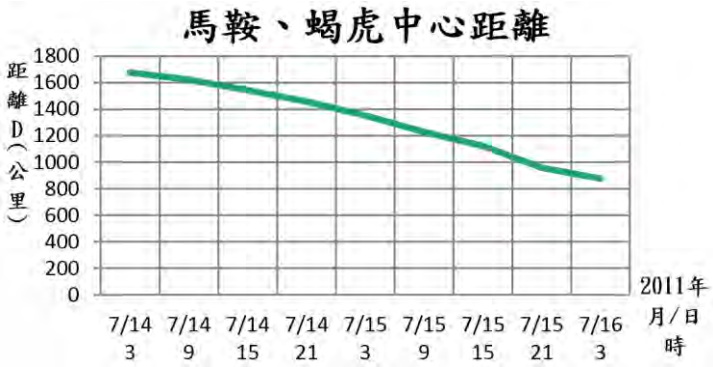
圖十一中，桑美、寶發於 2006/08/07 二十一時開始同時存在，此時兩者的中心距離為 1000 公里，到了 2006/08/11 三時，桑美颱風消失的前六小時，此時兩者中心距離減至 780 公里，顯示從兩個颱風開始同時存在到桑美颱風消失的前六小時，兩者中心距離下降約 200 公里。



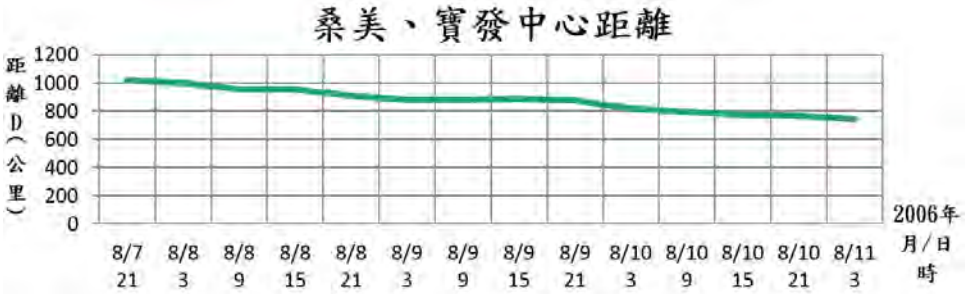
圖七、派特、露絲的中心距離

圖八、瑞伯、艾力士的中心距離

圖九、悟空、蘇納姆的中心距離



圖十、馬鞍、蝎虎的中心距離



圖十一、桑美、寶發的中心距離

表二、雙颱中心距離（起始距離、最終距離、距離差）

名稱	起始距離 (定義為雙颱開始同時存在時的雙颱中心距離)	最終距離 (定義為小颱風被吞併之前六小時的雙颱中心距離)	距離差 (定義為起始距離-最終距離)
派特、露絲	521(km)	337(km)	184(km)
瑞伯、艾力士	877(km)	689(km)	188(km)
悟空、蘇納姆	1250(km)	575(km)	675(km)
馬鞍、蝎虎	1675(km)	879(km)	796(km)
桑美、寶發	1000(km)	780(km)	220(km)

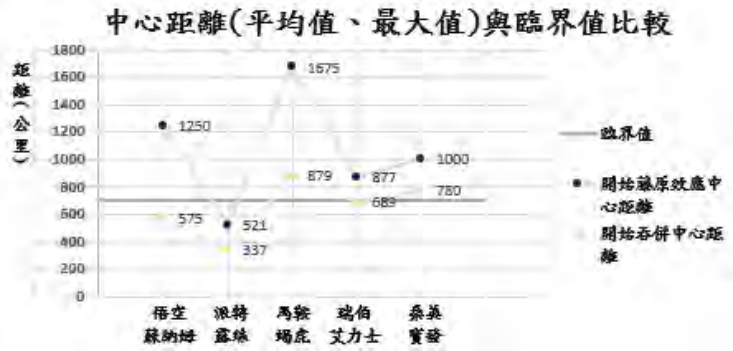
- **討論**

從上述分析結果（歸納於表二），我們發現針對派特與露絲颱風、瑞伯與艾力士颱風及悟空與蘇納姆颱風(圖七、八、九)三個吞併的案例，三者都是中心距離先下降了至少 200 公里之後發生吞併。小颱風被吞併之前六小時的雙颱中心距離，在四個個案中，皆大約小於 700 公里(如附圖十二)。因此，我們假設吞併時兩個颱風的中心至少要相距 700 公里。

但是，在馬鞍與蝎虎颱風(圖十)的這個例子中，吞併效應發生時刻的中心距離卻大約是 879 公里。在確認過衛星雲圖之後，我們發現馬鞍颱風為一半徑極大之超級颱風，蝎虎颱風的颱風半徑亦不小，我們推測，這有可能是將颱風半徑計算進去而導致的誤差。

在桑美、寶發(圖十一)這個沒有發生吞併現象的例子中，在小颱風被吞併之前六小時的雙颱中心距離到達 700 公里之前寶發颱風已經消散。

因此，我們統整出如果要構成吞併發生的要件，中心距離至少要小於 700 公里。但在起始中心距離 1500 公里以上的例子會大於 700 公里。



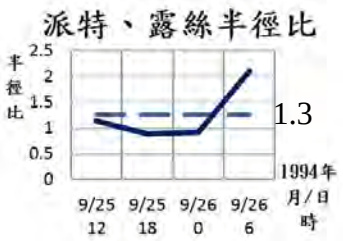
圖十二、雙颱中心距離與臨界值之比較圖

問題(二)：在哪一種「雙颱颱風半徑比」條件下，較易發生吞併效應？

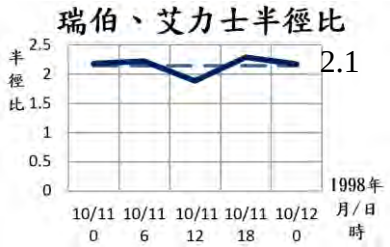
- **結果分析**

圖十三到圖十六分別為四個選取的單向影響型個案(悟空與蘇納姆、派特與露絲、馬鞍與蝎虎、瑞伯與艾力士)的「雙颱半徑比」隨時間變化圖。圖中以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱半徑比為縱軸。以上四則為有發生吞併的例子。另外，圖十七為所選取的雙向影響型個案(桑美、寶發)的「雙颱半徑比」隨時間變化圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱半徑比為縱軸。此則為單純互繞未發生吞併的例子。

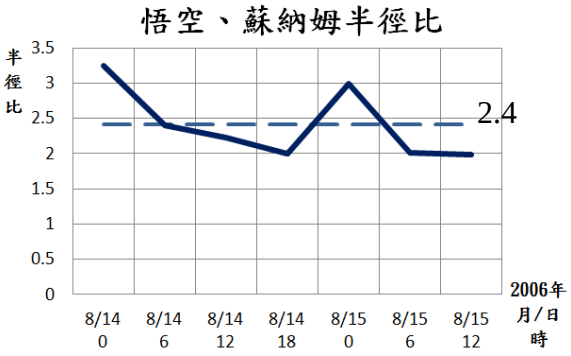
比較結果發現，圖十三中，派特、露絲的半徑比在吞併過程中為 0.85 至 2.1 不等，平均半徑比為 1.3。圖十四中，瑞伯、艾力士的半徑比在吞併過程中為 2.3 至 1.8 不等，平均半徑比為 2.1。圖十五中，悟空、蘇納姆的半徑比在吞併過程中為 3.25 至 2 不等，平均半徑比為 2.4。圖十六中，馬鞍、蝎虎的半徑比在吞併過程中為 5.25 至 2 不等，平均半徑比為 2.9。圖十七中，桑美、寶發的半徑比在藤原效應互繞中為 2.5 至 0.65 不等，平均半徑比為 1.4。



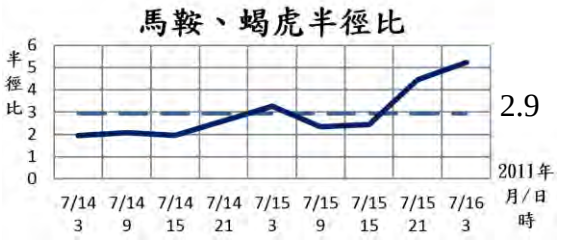
圖十三、派特、露絲半徑比(單向影響型)



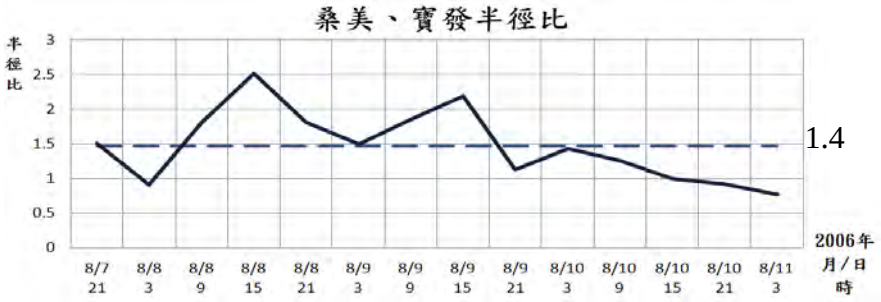
圖十四、瑞伯、艾力士半徑比(單向影響型)



圖十五、悟空、蘇納姆半徑比(單向影響型)



圖十六、馬鞍、蝎虎半徑比(單向影響型)



圖十七、桑美、寶發半徑比(雙向影響型)

表三、雙颱之半徑比平均與颱風半徑

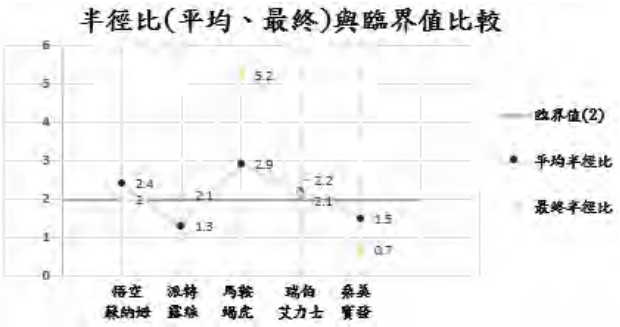
名稱	半徑比平均	最終半徑比	主體颱風半徑	小颱風半徑
派特、露絲	1.3	2.10	247.90	117.83
瑞伯、艾力士	2.1	2.10	369.12	172.65
悟空、蘇納姆	2.4	2.13	343.71	161.60
馬鞍、蝎虎	2.9	5.23	648.80	124.02
桑美、寶發	1.4	1.53	196.55	128.89

- **討論**

從上述分析結果（歸納於表三），我們發現在瑞伯與艾力士、悟空與蘇納姆以及馬鞍與蝎虎 (圖十三、十四、十五)三個吞併的例子中，半徑較大的颱風半徑通常維持在另一個颱風的兩倍以上。另外，我們亦發現雖然在派特、露絲(圖十二)的吞併案例中，「雙颱颱風半徑比平均值」大約是 1.3，但在 9 月 26 日時露絲颱風(半徑較小)突然減弱，導致「雙颱颱風半徑比」在當時超越了 2 的界限，所以發生了吞併現象。因此我們推論「雙颱颱風半徑比」大於 2 時，較有可能發生吞併效應，如附圖十八所示。

而就桑美、寶發(圖十六)互繞但是沒有發生吞併的案例而言，我們發現雖然「雙颱颱風半

徑比」兩度(8 月 8 日 15 時及 8 月 9 日 15 時)超過了 2 的界限，但因發生時二者的中心距離並未小於 700 公里(分別為 954 公里與 887 公里)。之後寶發持續減弱，半徑比持續下降，因此並未發生吞併現象。



圖十八、半徑比與臨界值之比較圖

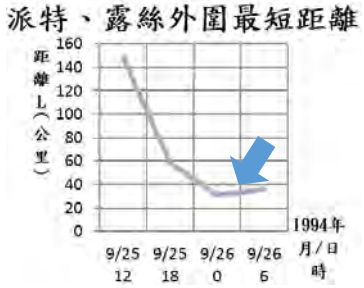
問題（三）：在「雙颱颱風外圍環流邊界距離」相距多遠的條件下，較易產生吞併效應？

- **結果分析**

圖十九到圖二十二分別為派特與露絲、瑞伯與艾力士、悟空與蘇納姆、馬鞍與蝎虎的外圍環流最短距離圖。以日期(月/日/時)為橫軸，外圍環流最短距離(公里)為縱軸。以上四則為有發生吞併的例子。

圖二十三為桑美、寶發的外圍環流最短距離圖。以日期(月/日/時)為橫軸，外圍環流最短距離(公里)為縱軸。此則為單純互繞未發生吞併的例子。

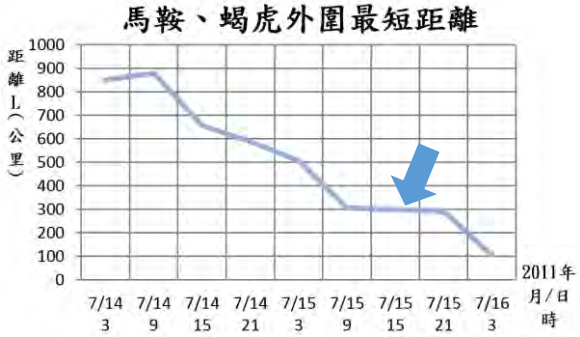
圖十九中，派特、露絲同時存在的時間約為一天半，其中在 9/25/1200 時雙颱維持約為 12 小時的外圍環流等距離，而後直接產生吞併。圖二十中，瑞伯、艾力士同時存在的時間約為一天，其中在 10/11/1200 時雙颱維持約為 6 小時的距離增長，而後兩者外圍環流距離驟減，直至吞併。圖二十一中，悟空、蘇納姆同時存在的時間約為兩天，其中在 8/14/2400 時雙颱維持約為 12 小時的等距離，而後兩者外圍環流距離持續減少，直至吞併。圖二十二中，馬鞍、蝎虎同時存在的時間約為兩天，其中在 7/15/1500 時雙颱維持約為 12 小時的外圍環流等距離，而後兩者外圍距離持續減少，直至吞併。圖二十三中，桑美、寶發同時存在的時間約為三天，彼此外圍環流最短距離在前期呈現鋸齒狀，而在後期則較為穩定，最後的六個小時寶發漸漸消散，距離拉長。



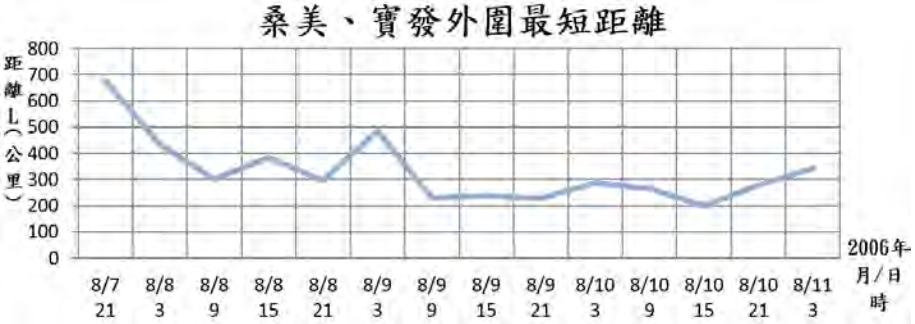
圖十九、派特、露絲外圍環流最短距離

圖二十、瑞伯、艾力士外圍環流最短距離

圖二十一、悟空、蘇納姆外圍環流最短距離



圖二十二、馬鞍、蝎虎外圍環流最短距離



圖二十三、桑美、寶發外圍環流最短距離

表四、雙颱之外圍環流最短距離在吞併效應過程中互繞開始距離與吞併開始距離

名稱	互繞開始距離	吞併開始距離
派特、露絲	31	36
瑞伯、艾力士	339	319
悟空、蘇納姆	472	254
馬鞍、蝎虎	306	106
桑美、寶發	677	無吞併

- 討論

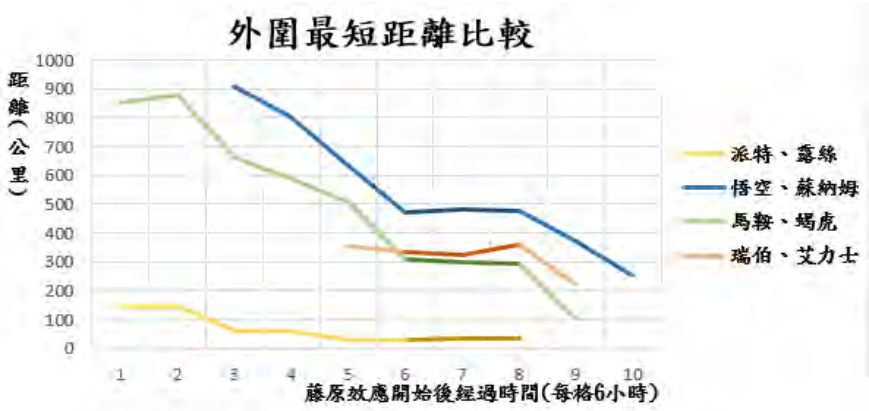
從上述分析結果（歸納於表四），我們發現悟空、蘇納姆和馬鞍、蝎虎的例子(圖二十一、圖二十二)，在外圍環流最短距離隨時間的變化圖中，都呈現下降的趨勢。但在中間有一段約十二個小時，外圍環流最短距離不變(圖十九至圖二十二之箭頭處)。代表外圍環流最短距離在此時並沒有發生太大的變化，如附圖二十四所示。此時間正是颱風衛星動態雲圖上，在吞併前的互繞時期。

派特、露絲(圖十九)也是一個合併的例子，但在互繞之後外圍環流最短距離並沒有繼續下降。這有可能是因為派特、露絲是較為久遠的例子(1994 年)，資料不足導致的。因為大氣水文資料庫中並沒有 1995 年 12 月之前的東亞衛星雲圖，所以派特和露絲的衛星雲圖是來自大氣水文資料庫的全球衛星雲圖，每十二個小時一張衛星雲圖。觀察上面兩個個案，分別為悟空、蘇納姆和馬鞍、蝎虎(圖二十一、圖二十二)，我們可以發現互繞結束至結構較弱的颱風被吞併的時間都小於十二個小時。因此，我們推測這個案例在互繞後吞併的這個階段消耗的時間亦小於十二個小時，來不及被拍下衛星雲圖即吞併完畢，所以在每十二個小時一張的衛星雲圖中無法紀錄。

瑞伯、艾力士(圖二十)也是一個吞併的例子，但他在互繞前的下降並不明顯。可能是因為這兩個颱風生成時的外圍環流最短距離已經相當的接近(350 公里)，所以互繞前的下降較不明顯。又因為這個例子使用的縱座標間隔也比較小(50 公尺)，所以互繞時，即使兩個颱風間的外圍環流最短距離只有改變了一些，在圖表上也會相當的明顯，因此也可將他近似成直線。由於也可以大致將它分為下降和等距時期，因此將他分類成和上述三個例子相同的情形。

桑美、寶發(圖二十三)是一個發生藤原效應中的互繞現象卻不吞併的例子。因此，他的外圍環流最短距離的變化情形和上述四者不同。雖然外圍環流最短距離有時而接近時而遠離的波動，但大致上維持在一定的範圍之內，並沒有明顯增加或減少的趨勢。

依據以上的數據，我們可以發現吞併的例子中，外圍最短距離隨時間減少，但在中間有一段大約十二小時的互繞時期，且此時外圍環流最短距離不變，而此現象在單純互繞的情況下不會發生。



圖二十四、外圍環流最短距離比較圖

問題（四）：移動速率的快慢是否會對吞併的難易造成影響？

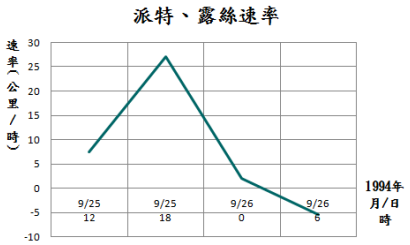
- **結果分析**

I、中心距離

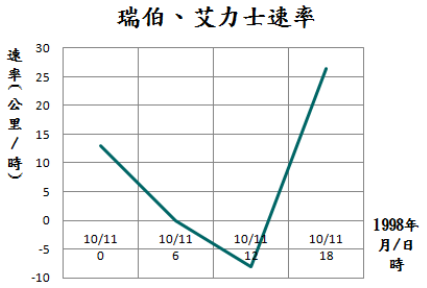
圖二十五到圖二十八分別為悟空與蘇納姆、派特與露絲、馬鞍與蝎虎、瑞伯與艾力士的每六小時相對距離變化圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱每六小時相對距離變化(公里/6 小時)為縱軸。以上四則為有發生吞併的例子。

圖二十九為桑美、寶發的雙颱每六小時相對距離變化圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱每六小時相對距離變化(公里/6 小時)為縱軸。此則為單純互繞未發生吞併的例子。

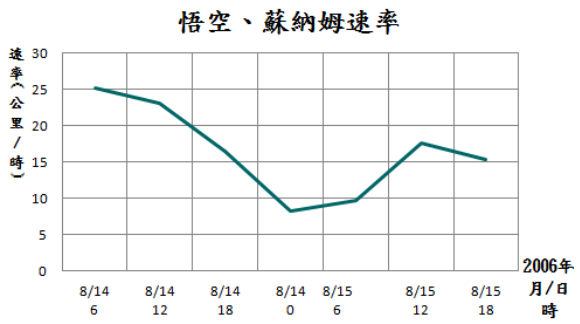
圖二十五中，派特、露絲的相對速率先升後降，時速(-5)到 27，全距 32。圖二十六中，瑞伯、艾力士的相對速率先降後升，時速(-8)到 26，全距 34。圖二十七中，悟空、蘇納姆的相對速率先降後升，時速 8 到 25，全距 17。圖二十八中，馬鞍、蝎虎的相對速率先升後降，時速 13 到 28，全距 15。圖二十九中，桑美、寶發的相對速率升降不定，時速(-3)到 10，全距 13。



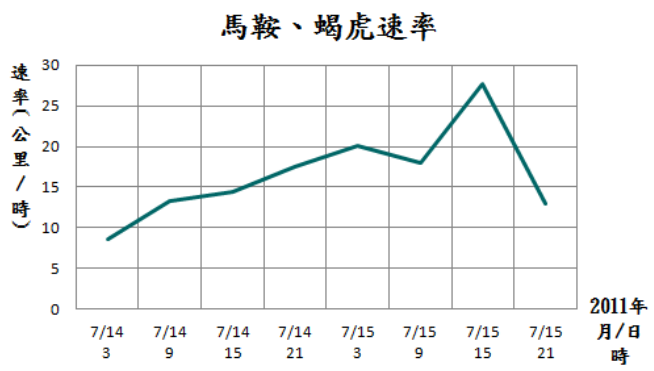
圖二十五、派特、露絲速率



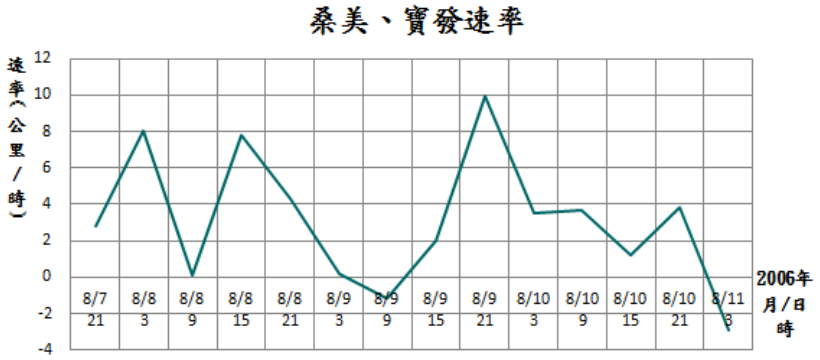
圖二十六、瑞伯、艾力士速率



圖二十七、悟空、蘇納姆速率



圖二十八、馬鞍、蝎虎速率



圖二十九、桑美、寶發速率

表五、雙颱之中心距離變化速率範圍及時速差

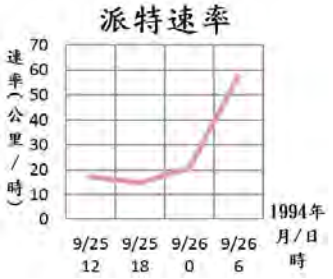
名稱	時速	時速差
派特、露絲	時速(-5)到 27(km/hr)	32(km/hr)
瑞伯、艾力士	時速(-8)到 26(km/hr)	34(km/hr)
悟空、蘇納姆	時速 8 到 25(km/hr)	17(km/hr)
馬鞍、蝎虎	時速 13 到 28(km/hr)	15(km/hr)
桑美、寶發	時速(-3)到 10(km/hr)	13(km/hr)

II、單個颱風的移動速率

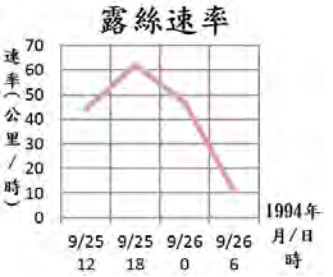
圖三十到圖三十七分別為派特、露絲、瑞伯、艾力士、悟空、蘇納姆、馬鞍、蝎虎的單個颱風的移動速率圖。以日期(月/日/時)為橫軸，單個颱風的移動速率(公里/6 小時)為縱軸。以上四則為有發生吞併的例子。

圖三十八至圖三十九為桑美、寶發的單個颱風的移動速率圖。以日期(月/日/時)為橫軸，單個颱風的移動速率(公里/6 小時)為縱軸。此則為單純互繞未發生吞併的例子。

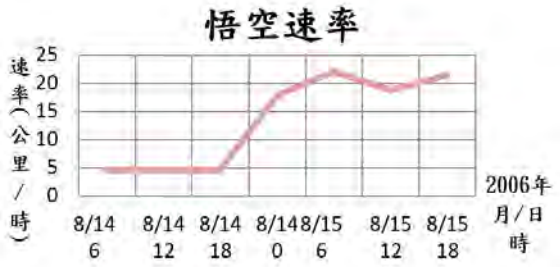
圖三十中，派特速率上升，時速 15 到 60，全距 45。圖三十一中，露絲速率先升後降，時速 61 到 77，全距 16。圖三十二中，瑞伯速率下降 ，時速 17 到 29，全距 12。圖三十三中，艾力士速率先降後升，時速 29 到 74，全距 45。圖三十四中，悟空速率上升，時速 5 到 22，全距 17。圖三十五中，蘇納姆速率上升，時速 30 到 70，全距 40。圖三十六中，馬鞍速率沒有明顯升降，時速 16 到 24，全距 8。圖三十七中，蝎虎速率先升後降，時速 4 到 22，全距 18。圖三十八中，桑美速率沒有明顯升降，時速 20 到 32，全距 12。圖三十九中，寶發速率先降後升，時速 6 到 28，全距 22。



圖三十、派特速率



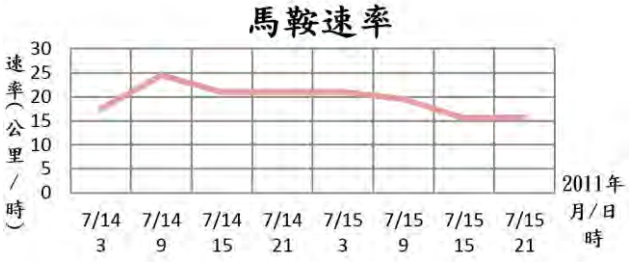
圖三十一、露絲速率



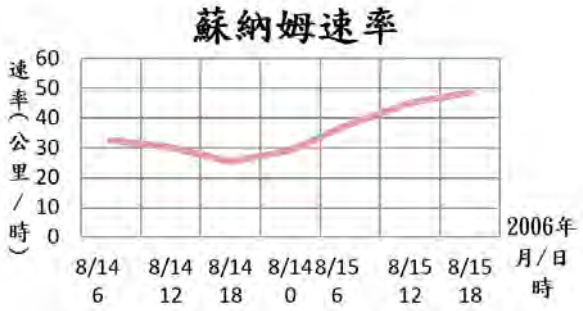
圖三十四、悟空速率

圖三十二、瑞伯速率

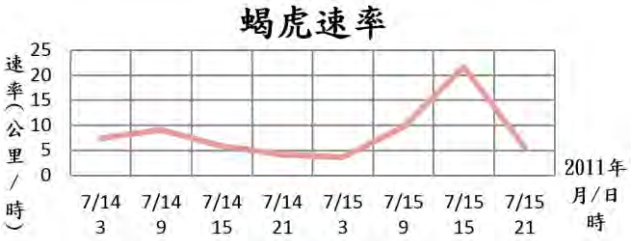
圖三十三、艾力士速率



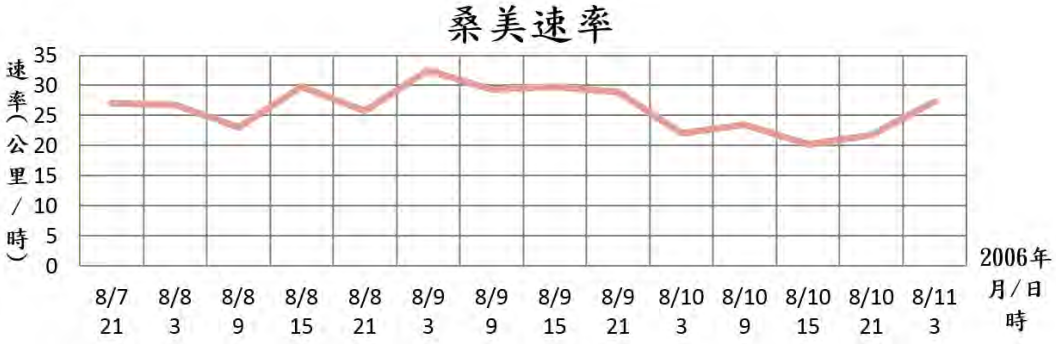
圖三十六、馬鞍速率



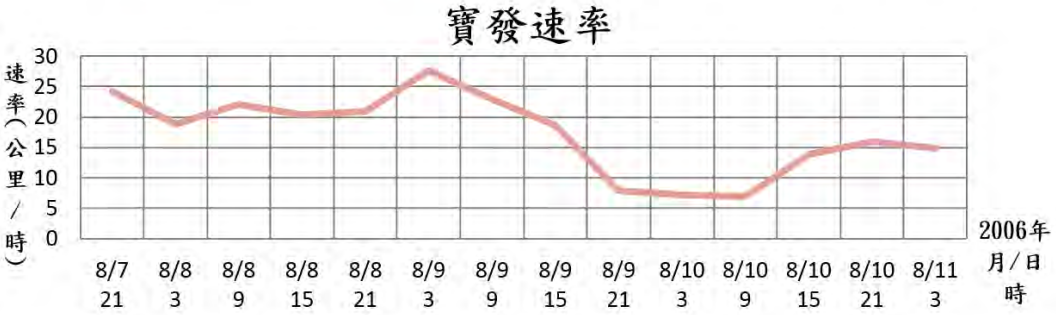
圖三十五、蘇納姆速率



圖三十七、蝎虎速率



圖三十八、桑美速率



圖三十九、寶發速率

表六、雙颱之一的移動速率最大、最小值及其速率差

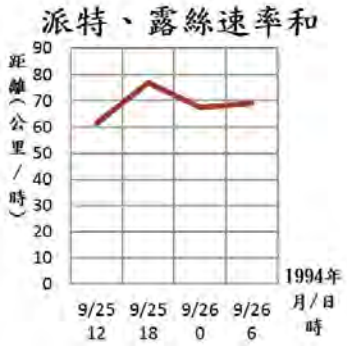
名稱	最小值	最大值	速率差
派特	15(km/hr)	60(km/hr)	45(km/hr)
露絲	61(km/hr)	77(km/hr)	16(km/hr)
瑞伯	17(km/hr)	29(km/hr)	12(km/hr)
艾力士	29(km/hr)	74(km/hr)	45(km/hr)
悟空	5(km/hr)	22(km/hr)	17(km/hr)

蘇納姆	30(km/hr)	70(km/hr)	40(km/hr)
馬鞍	16(km/hr)	24(km/hr)	8(km/hr)
蝎虎	4(km/hr)	22(km/hr)	18(km/hr)
桑美	20(km/hr)	32(km/hr)	12(km/hr)
寶發	6(km/hr)	28(km/hr)	22(km/hr)

Ⅲ、雙颱中的單個颱風移動速率之和

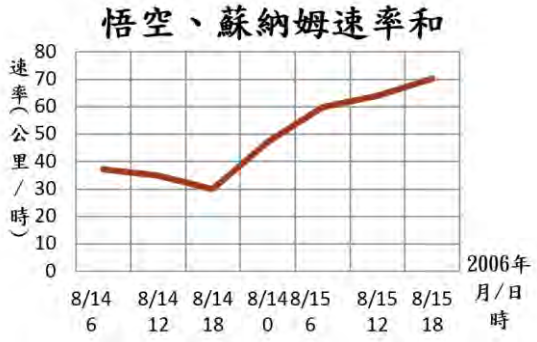
圖四十到圖四十三分別為派特與露絲、瑞伯與艾力士、悟空與蘇納姆、馬鞍與蝎虎的雙颱中的單個颱風移動速率之和的圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱中的單個颱風移動速率之和(公里/6 小時)為縱軸。以上四則為有發生吞併的例子。圖四十四為桑美與寶發的雙颱中的單個颱風移動速率之和的圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱中的單個颱風移動速率之和(公里/6 小時)為縱軸。此則為單純互繞未發生吞併的例子。

圖四十中，派特、露絲速率和沒有明顯升降，時速 61 到 77，全距 16。圖四十一中，悟空、蘇納姆速率和沒有明顯升降，時速 30 到 70，全距 40。圖四十二中，馬鞍、蝎虎和沒有明顯升降，時速 21 到 37，全距 16。圖四十三中，瑞伯、艾力士速率和沒有明顯升降，時速 58 到 90，全距 32。圖四十四中，桑美、寶發速率和沒有明顯升降，時速 29 到 60，全距 31。

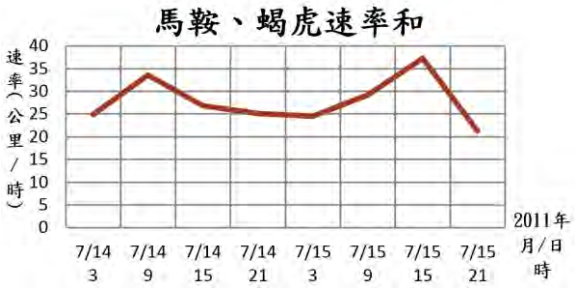


圖四十、派特、露絲速率和

圖四十一、瑞伯、艾力士速率和



圖四十二、悟空、蘇納姆速率和



圖四十三、馬鞍、蝎虎速率和

圖四十四、桑美、寶發速率和

表七、雙颱之速率和最大、最小值及其速率和差

名稱	最小值	最大值	速率差
派特、露絲	61(km/hr)	77(km/hr)	16(km/hr)
瑞伯、艾力士	58(km/hr)	90(km/hr)	32(km/hr)
悟空、蘇納姆	30(km/hr)	70(km/hr)	40(km/hr)
馬鞍、蝎虎	21(km/hr)	37(km/hr)	16(km/hr)
桑美、寶發	29(km/hr)	60(km/hr)	31(km/hr)

- **討論**

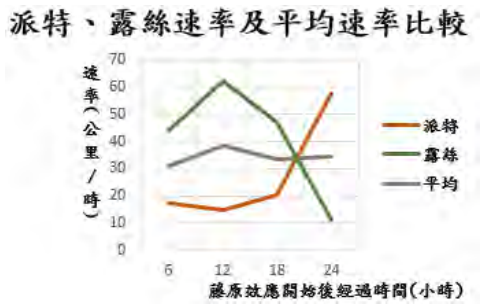
從上述分析結果（歸納於表五到七），我們發現由颱風的中心距離變化以及時距，可以得到颱風的中心相對移動速率(圖二十五至圖二十九)。但是，在研究結果上我們很難找出規律。這可能是因為個案數太少或者有其他變因(如高氣壓強弱，颱風質量，本身能量…等)而導致的誤差。

由於以中心距離變化所得出的速率無法得知雙颱其中之一的移動速率，但雙颱其中之一的移動速率有可能比中心相對移動速率更能找出規律。因此，我們又做了雙颱其中之一的移

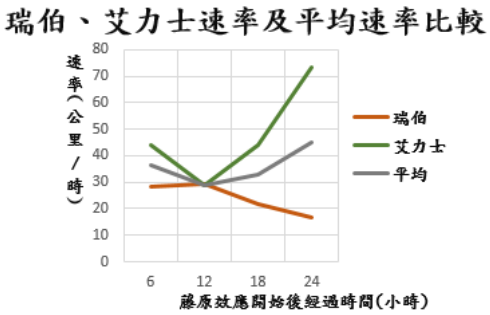
動速率(圖三十至圖三十九)，再進行兩兩比較。這次的比較結果較為明顯，尤其在派特、露絲的移動速率圖上(圖三十、圖三十一)及瑞伯、艾力士的移動速率圖上(圖三十二、圖三十三)，若是其中一個颱風的速率上升，另一個颱風的速率則下降，反之亦然的互補現象。

因此，我們又做出了颱風速率和(圖四十至圖四十四)。可以發現，圖中兩者的速率和大致有停留在同一區域的趨勢，但仍有例外，如圖四十五至圖四十九所示。在颱風的速率上無法討論出合理的結論，可能是因為還有太多如高氣壓強弱，颱風質量，本身能量…等的變因，因此無法單方面地從速率得出結論。

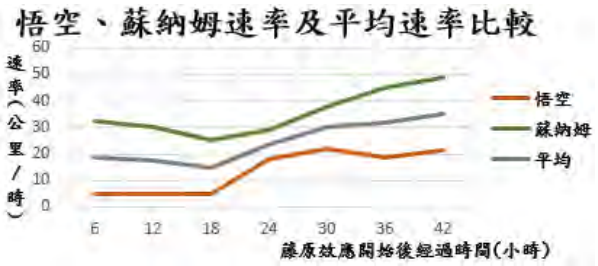
反之，亦有可能颱風的移動速率對於吞併效應不存在影響，而上述的互補的現象純屬於巧合。



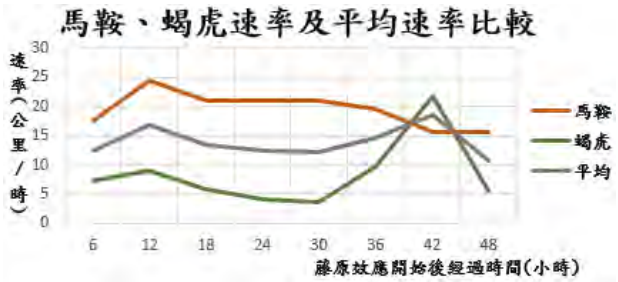
圖四十五、派特、露絲速率比較圖



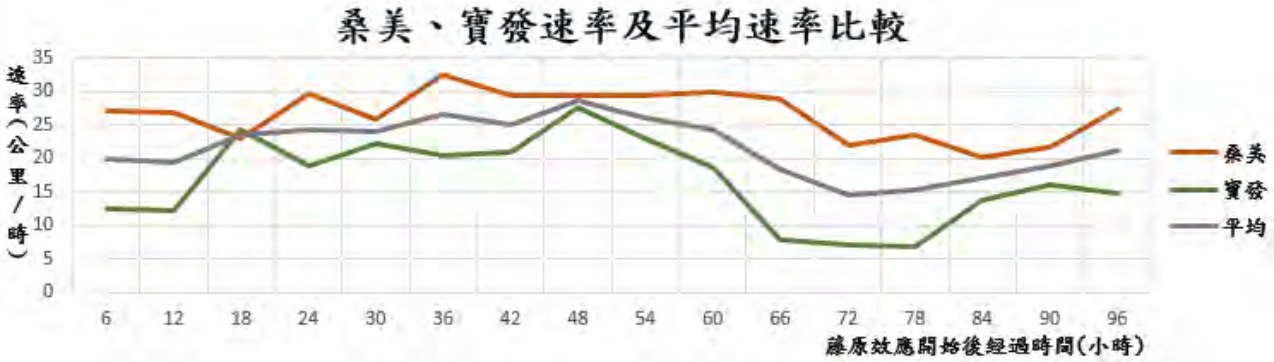
圖四十六、瑞伯、艾力士速率比較圖



圖四十七、悟空、蘇納姆速率比較圖



圖四十八、馬鞍、蝎虎速率比較圖



圖四十九、桑美、寶發速率比較圖

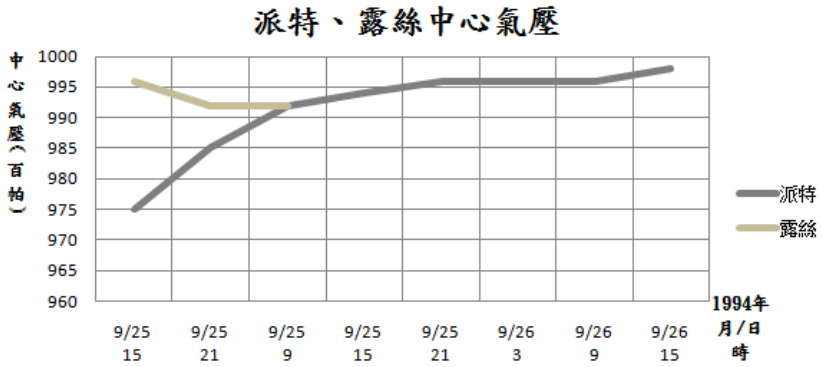
問題（五）：吞併效應結束是否會對主體颱風的結構強弱造成影響？（以颱風中心氣壓變化進行討論）

- **結果分析**

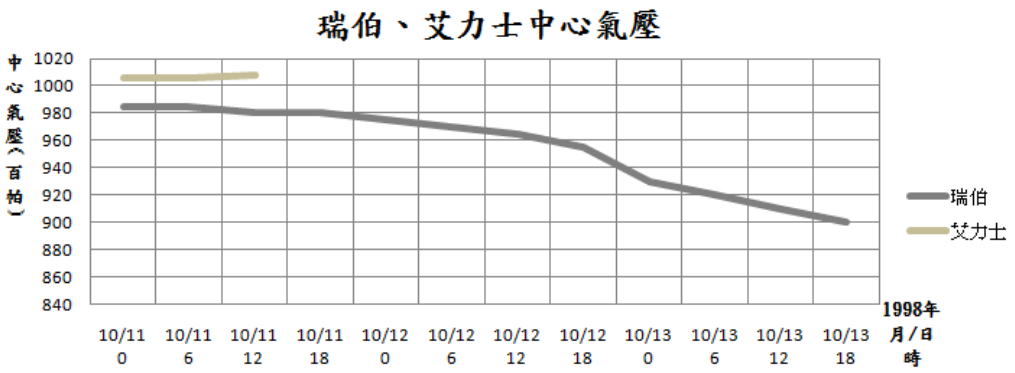
圖五十到圖五十三分別為派特與露絲、瑞伯與艾力士、悟空與蘇納姆、馬鞍與蝎虎的雙颱中心氣壓變化圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱中心氣壓變化(百帕)為縱軸。以上四則為有發生吞併的例子。

圖五十四為桑美、寶發的雙颱中心氣壓變化圖。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱中心氣壓變化(百帕)為縱軸。此則為單純互繞未發生吞併的例子。

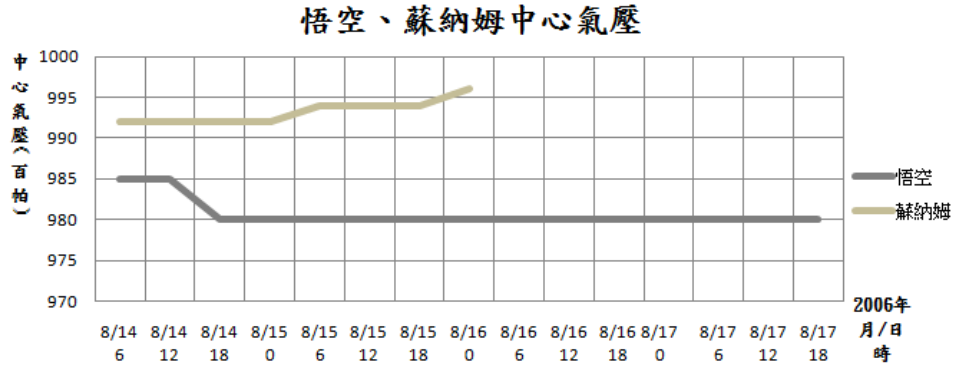
圖五十中，在吞併過程中，派特的中心氣壓由 975 升至 992，而露絲的中心氣壓由 996 降至 992。吞併結束後，派特颱風的中心氣壓持續上升，一直到消散。圖五十一中，在吞併過程中，瑞伯的中心氣壓由 985 降至 980，而艾力士的中心氣壓由 1006 升至 1008。吞併結束後，瑞伯颱風的中心氣壓持續下降，共約下降 82 百帕。圖五十二中，在吞併過程中，悟空的中心氣壓由 985 降至 980，而蘇納姆的中心氣壓由 992 升至 996。吞併結束後，悟空颱風的中心氣壓並未因此影響而升高或降低。圖五十三中，在吞併過程中，馬鞍的中心氣壓由 965 降至 950，而蝎虎的中心氣壓由 1008 降至 1006。吞併結束後，馬鞍颱風的中心氣壓持續下降，共約下降 30 百帕。圖五十四中，在互繞的過程中，桑美的中心氣壓先降後升，由 975 百帕降至 925 百帕，再升至 995 百帕；而寶發則較為穩定，由 990 百帕升至 1000 百帕。



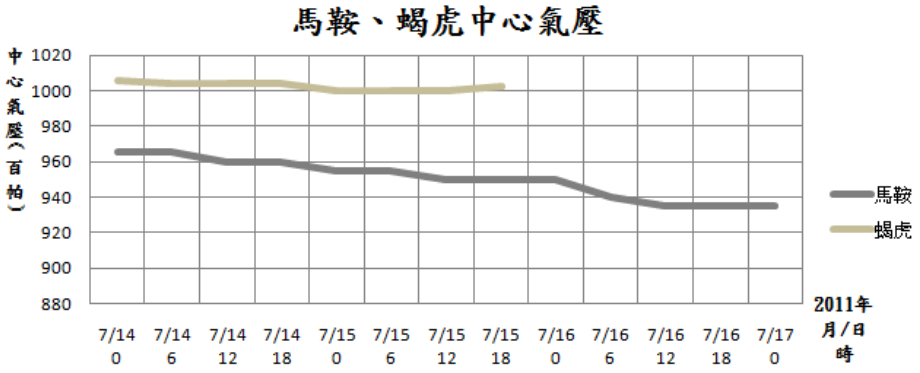
圖五十、派特、露絲中心氣壓



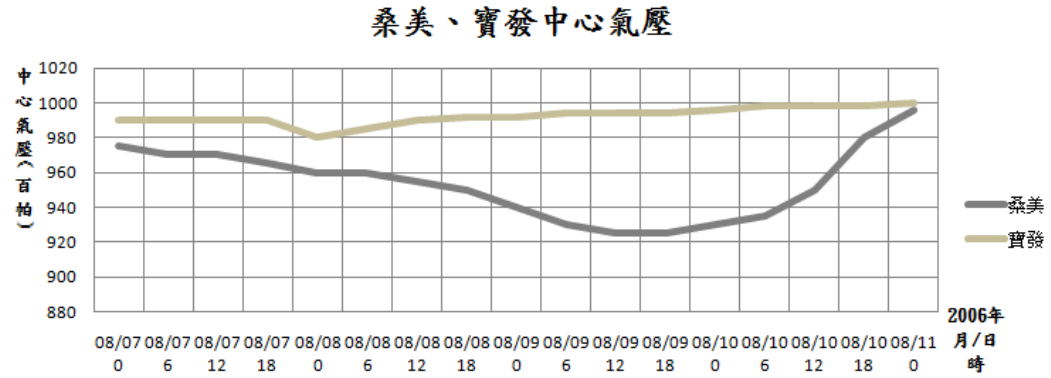
圖五十一、瑞伯、艾力士中心氣壓



圖五十二、悟空、蘇納姆中心氣壓



圖五十三、馬鞍、蝎虎中心氣壓



圖五十四、桑美、寶發中心氣壓

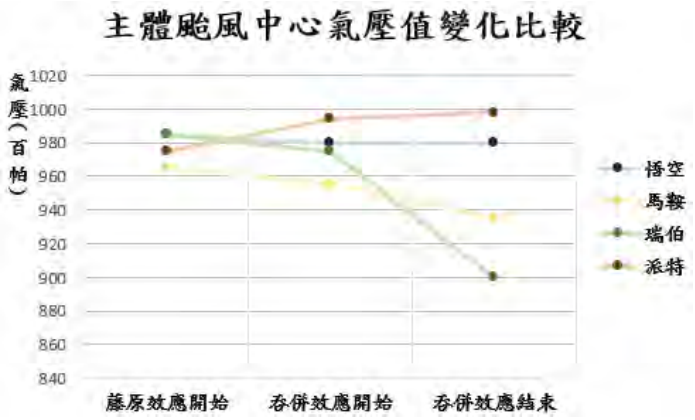
表八、雙颱互繞開始之中心氣壓及吞併結束之中心氣壓

名稱	主體颱風起始中心氣壓	主體颱風吞併結束中心氣壓	主體颱風最終中心氣壓結構	較弱者起始中心氣壓結構	較弱者最終中心氣壓結構
派特、露絲	975(百帕)	992(百帕)	998(百帕)	996(百帕)	992(百帕)
瑞伯、艾力士	985(百帕)	980(百帕)	900(百帕)	1006(百帕)	1008(百帕)
悟空、蘇納姆	985(百帕)	980(百帕)	980(百帕)	992(百帕)	996(百帕)
馬鞍、蝎虎	965(百帕)	950(百帕)	935(百帕)	1008(百帕)	1006(百帕)
桑美、寶發	975(百帕)	995(百帕)		990(百帕)	1000(百帕)

- **討論**

從上述分析結果（歸納於表八），我們發現在中心氣壓的圖(圖五十至圖五十四)中，主體颱風(圖上以深灰色來表示)中心氣壓都小於另一個颱風。因為如果將兩個颱風周圍的氣壓近似為相等的話，氣壓較低的颱風和外界的氣壓差就比較大，等壓線數較多，因此強度較強，較容易吞併較弱的颱風，所以若在吞併之前，雙颱雲量大小差距不大，可以從中心氣壓值猜測哪一個颱風將成為主體颱風。

而在雙颱吞併後，主體颱風的氣壓值並未因此而受到影響。若吞併前主體颱風有增強的趨勢，則持續增強；若吞併前颱風有減弱的趨勢，則逐漸消散，如附圖五十五所示。



圖五十五、主體颱風中心氣壓值比較圖

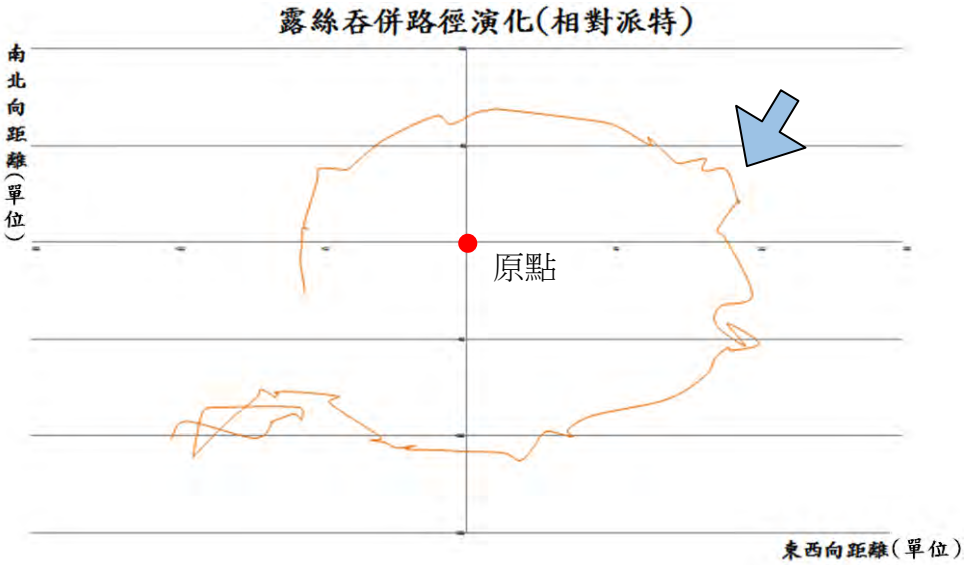
問題（六）、颱風吞併路徑的演化是否有共同特徵？

- **結果分析**

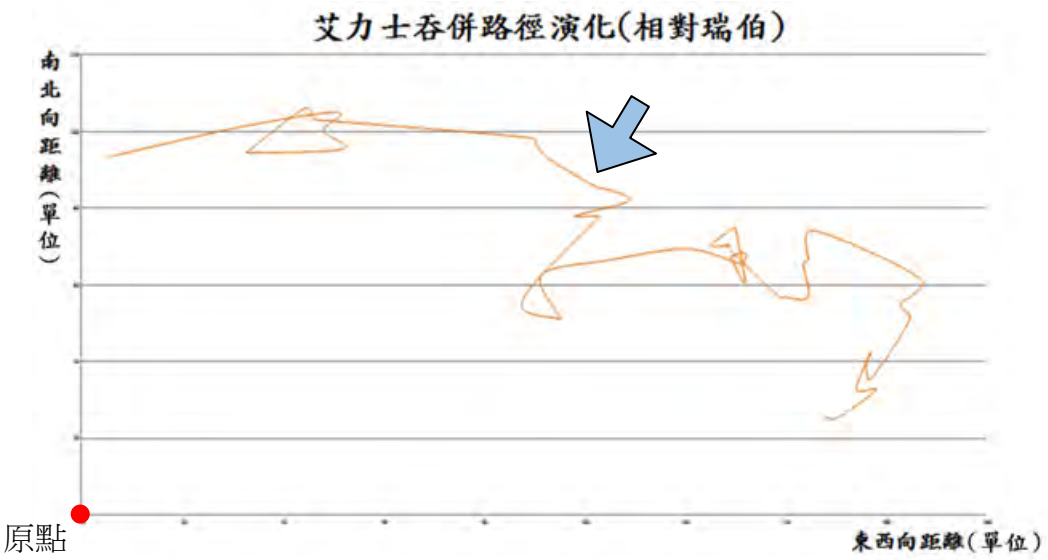
圖五十六到圖六十分別為悟空與蘇納姆、派特與露絲、馬鞍與蝎虎、瑞伯與艾力士的以

主體颱風為原點的吞併路徑演化圖。以東西向為橫軸，南北向為縱軸。以上四則為有發生吞併的例子。圖六十為桑美與寶發的以主體颱風為原點的吞併路徑演化圖。以東西向為橫軸，南北向為縱軸。此則為單純互繞未發生吞併的例子。

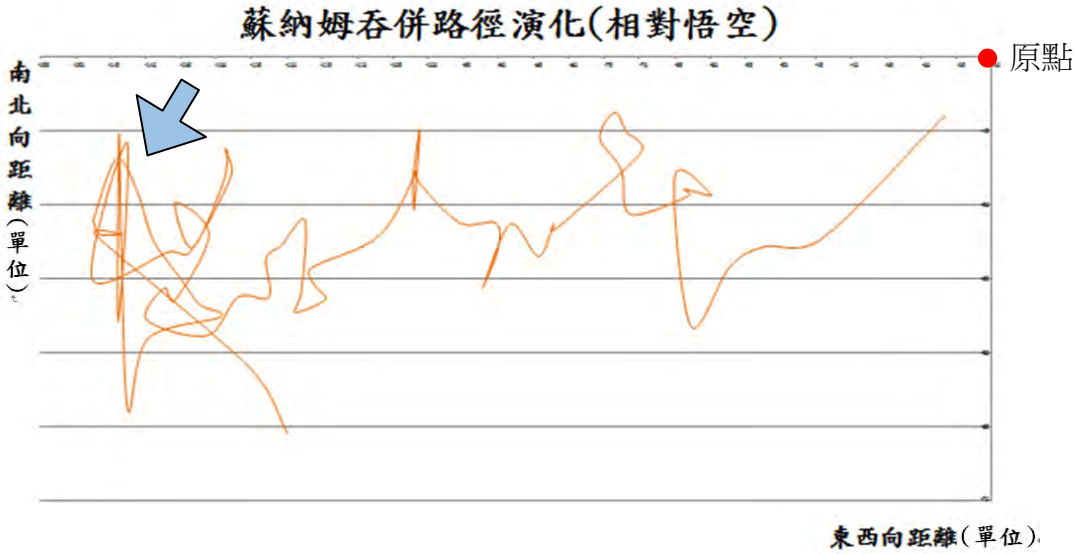
圖五十六中，以派特颱風為原點而做出的相對位置圖。吞併效應的過程中，雙颱位置逐漸接近(向原點靠近)，且移動方向東西南北皆有。圖五十七中，以瑞伯颱風為原點而做出的相對位置圖。吞併效應的過程中，雙颱位置逐漸接近(向原點靠近)，且移動方向東西南北皆有。圖五十八中，以悟空颱風為原點而做出的相對位置圖。吞併效應的過程中，雙颱位置逐漸接近(向原點靠近)，且移動方向東西南北皆有。圖五十九中，以馬鞍颱風為原點而做出的相對位置圖。吞併效應的過程中，雙颱位置逐漸接近(向原點靠近)，且移動方向東西南北皆有。圖六十中，以寶發颱風為原點而做出的相對位置圖。藤原效應的過程中，雙颱位置保持固定距離(約平行於 Y 軸)，而移動方向只有東西向。



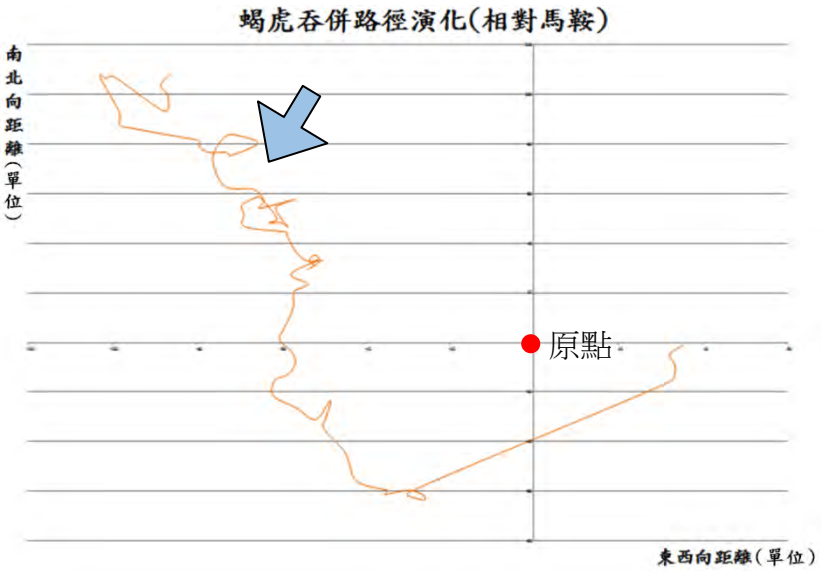
圖五十六、露絲相對派特路徑演化



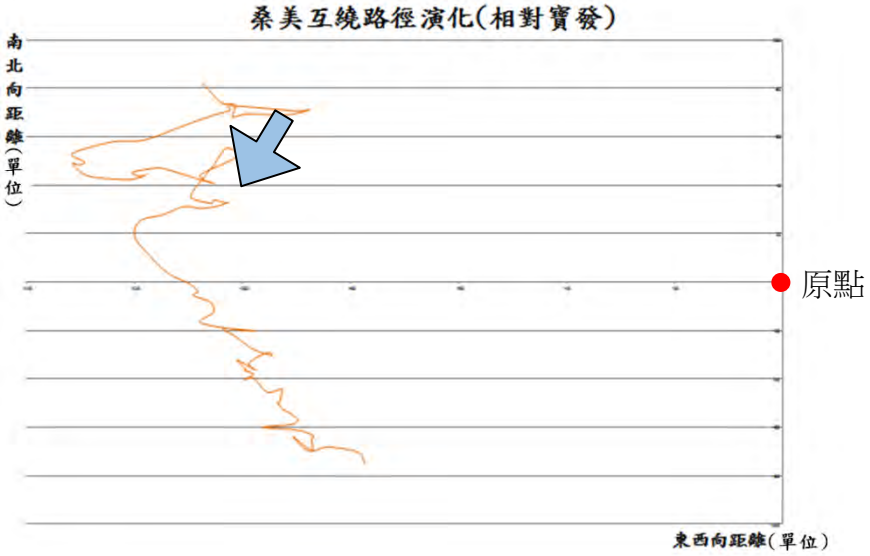
圖五十七、艾力士相對瑞伯路徑演化



圖五十八、蘇納姆相對悟空路徑演化



圖五十九、蝎虎相對馬鞍路徑演化



圖六十、桑美相對寶發路徑演化

- **討論**

若將半徑較大的颱風作為原點，另一颱風相對原點的位置作成路徑演化圖(圖四十三至圖四十七)。在桑美、寶發的例子(圖四十七)，也就是互繞的例子中，桑美相對於寶發的移動路徑可以近似成平行 Y 軸的圖形。也就是桑美相對於寶發幾乎沒有東西向的位移(約平行於 y 軸)。而且，在其他吞併例子的路徑演化圖(圖四十三，圖四十四、圖四十五、圖四十六)中，在各自的圖上都有出現一段成南北向移動的時期(箭頭處)。由衛星動態雲圖確認，此現象和各自發生互繞的時間點吻合。因此，我們推論在互繞的事件中，以主體颱風為原點的路徑演化圖中會出現成南北向移動的趨勢，且在非互繞時沒有上述情形。

在路徑演化圖中，由於是以主體颱風為原點，所以圖上任一點到原點的距離即可視為兩

個颱風中心的距離。在吞併的例子(圖四十三、圖四十四、圖四十五、圖四十六)中，半徑較小的颱風都有往半徑較大颱風靠近的趨勢，也就是颱風中心的距離持續減少，直至吞併為止。

陸、結論

一、颱風中心距離起始值小於 750 公里為吞併發生條件；但在初始距離 1500 公里以上時會大於 750 公里。

二、颱風的半徑比大到兩倍以上時較容易發生吞併效應。

三、雙颱在發生吞併效應時會產生一段互繞的時期，此時期約六至十二小時，且雙颱外圍距離等長；而在單純互繞的藤原效應案例中則無此現象。

四、雙颱之一颱風的移動速率有一方上升，而另一方下降現象，但是存在例外。推測當時具有其他變因(如: 高氣壓強弱，颱風質量，本身能量…等)而產生例外；反之，亦有可能颱風的移動速率對於吞併效應不存在影響，一升一降的現象純屬於巧合。

五、中心氣壓值低之颱風，強度較強，為主體颱風；而吞併與否並不影響主體颱風本身的強弱趨勢。

六、在所有互繞(單純互繞案例與發生於吞併案例中的互繞階段)的情況中，以主體颱風為原點的相對移動路徑皆為南北向(約平行 y 軸)；而吞併則未出現特定移動趨勢。

柒、參考資料及其他

一、中央氣象局全球資訊網 http://www.cwb.gov.tw/

二、日本氣象廳全球資訊網 http://www.jma.go.jp/jma/index.html

三、YouTube 衛星雲圖影片

https://www.youtube.com/watch?v=Q1lNH9CVNlY

https://www.youtube.com/watch?v=5EP65hv9hlw

https://www.youtube.com/watch?v=fNjUSsqJgek

https://www.youtube.com/watch?v=TM29VFj3zIM

https://www.youtube.com/watch?v=CLc9EcOKtKo

https://www.youtube.com/user/kykong/videos 西北太平洋地區全年衛星動態雲圖 1979-2016

四、美國海洋暨大氣總署網站 http://www.ncdc.noaa.gov/

五、台灣的颱風

【評語】051907

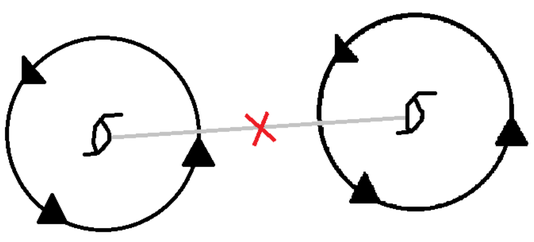
1. 作品內容新穎具有相當不錯的創意。
2. 作品在研究方法與結果的表示方面，可以更具有圖形化，使作品可以更容易被理解，更易獲得回響。
3. 作品在成果表示上可以增加更多的吞併現象本身的描述與討論，使得作品更生動化。

作品海報

壹、研究動機

台灣地區每年都會有颱風登陸，兩兩颱風的相互影響也間接與我們的生活息息相關。一般常見的藤原效應多半是雙向影響型(如圖一)，也就是在雙颱互繞。對於此種藤原效應，研究文獻也頗多，但較缺乏單向影響型(如圖二），也就是雙颱吞併的藤原效應之研究與探討。因此我們想針對單向影響型中的合併型作為研究主題，蒐集相關資料，將雙颱的資料製成圖表，歸納並分析，企圖找出影響吞併效應發生與否的某些變因或發生時的特殊現象並研究其發展。

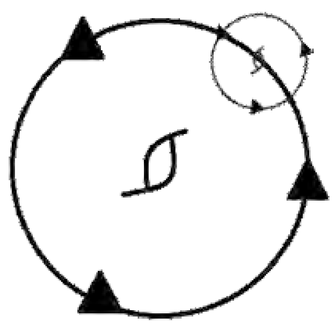
藤原效應雙向影響型



雙向影響型指的是兩個熱帶氣旋的強度差不多，會以雙颱質量中心為圓心旋轉，直至受到其他外力影響或一方減弱消散為止。

圖一、雙向影響型示意圖

藤原效應單向影響型



單向影響型指的是兩個熱帶氣旋強弱差異較大，強氣旋會使弱氣旋繞著自身的外圍環流旋轉，直至合併為止。

圖二、單向影響型示意圖

貳、研究目的

一、找出會發生吞併現象的雙颱颱風中心距離臨界值。
二、探討颱風半徑比大小和吞併現象發生與否的關係。
三、歸納雙颱外圍環流最短距離在吞併現象發生時的特性。
四、探討移動速率快慢和吞併與否的關係。
五、了解吞併現象結束對主體颱風(定義為:雙颱中氣壓較低者)氣壓大小造成的影響。
六、利用追蹤點軟體Tracker，以主體颱風為原點，觀察另一颱風的路徑演化。

參、研究設備及器材

使用設備：個人電腦
使用軟體：Microsoft Excel、Microsoft Word、Tracker

肆、研究過程或方法

找出1991至2016年期間，西北太平洋地區有藤原效應發生的颱風個案。 → 依其特性分成兩類:單向影響(吞併)、雙向影響(互繞但不吞併) → 雲圖、天氣圖 → 颱風中心位置 →

- 代入大圓公式（註１）、求得**雙颱中心距離** → 距離變化除上時間得到颱風**移動速率**
- 搭配比例法（註２），求得**雙颱半徑** → 半徑大者除上半徑小者，得到**雙颱半徑比**
- 由雙颱中心距離、雙颱半徑求得**雙颱外圍環流最短距離**（註３）
- 從天氣圖中，得到颱風中心的氣壓值，找出雙颱中的**主體颱風**，及其吞併後的**中心氣壓變化**
- 以主體颱風中心為原點，搭配Tracker軟體（註4），繪製**颱風相對路徑演化圖**

註1:大圓公式

$$D=R\cos^{-1}[\sin(^\circ N1)\sin(^\circ N2)+\cos(^\circ N1)\cos(^\circ N2)\cos(^\circ E1-^\circ E2)]$$

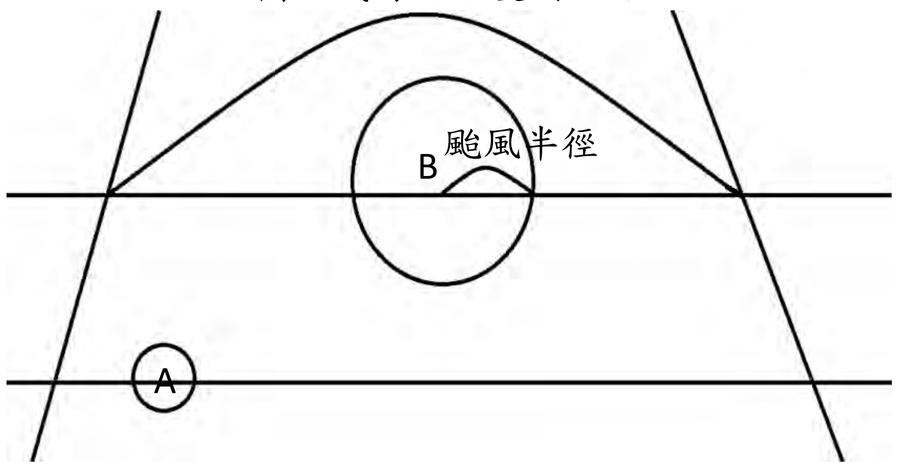
(D=A、B兩地距離
R=地球半徑6371.3公里
A地經緯度($^\circ$E1, $^\circ$N1)
B地經緯度($^\circ$E2, $^\circ$N2))

註3:
外圍環流最短距離=雙颱中心距離-雙颱半徑

註4:Tracker使用方法

註2:比例法

大圓公式得兩經度間距離



$$\frac{\text{圖上颱風半徑}}{\text{圖上兩經度間距離}}=\frac{\text{實際颱風半徑}}{\text{實際兩經度間距離}}$$

圖三、颱風半徑計算方法

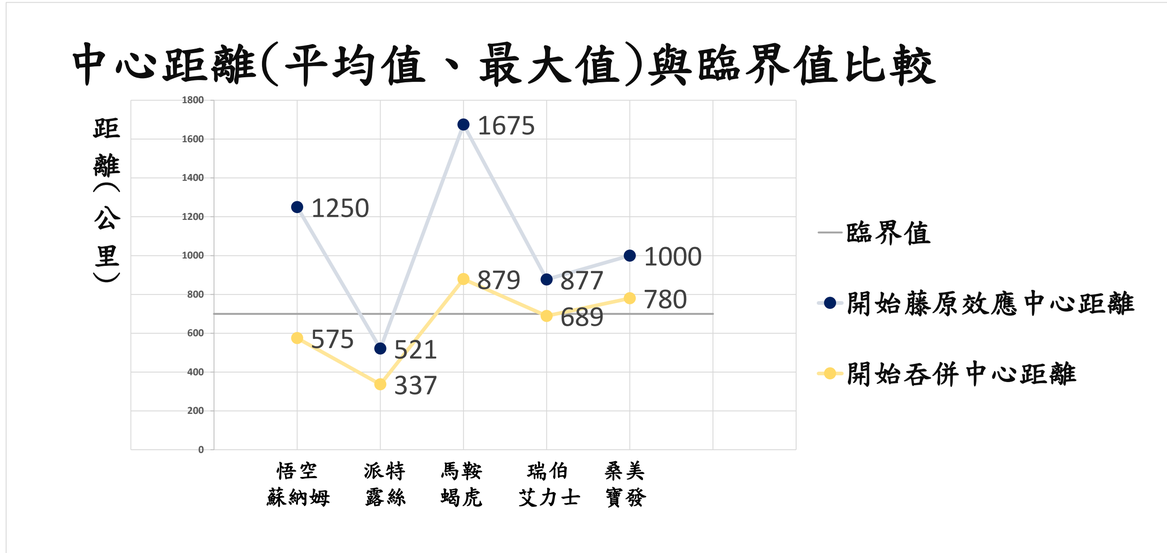
伍、研究結果與討論

從1991至2016年期間，我們總共發現了21個有藤原效應發生的事件。其中，僅有四個為單向影響型(分別為1994年9月的派特與露絲、1998年10月的瑞伯與艾力士、2011年7月的馬鞍與蝎虎、2006年8月的悟空與蘇納姆)。因此，我們選取此四個個案搭配一個雙向影響型的個案(2006年8月的桑美與寶發)，針對研究目的中所提出的科學問題進行以下分析與討論。

一、發生吞併現象的雙颱颱風中心距離臨界值:

圖四為雙颱中心距離比較圖，其中數字處為完成吞併的中心距離。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱中心距離(公里)為縱軸。

藤原效應開始前的距離，在一組颱風相距最遠的個案大約700公里，我們將此假設為吞併時雙颱的中心距離最小值。而在馬鞍與蝎虎的例子中，吞併效應發生時的中心距離卻超出假設值700公里(如圖五)。我們推論這是由於兩者的半徑比(如圖六)為所有案例中最大的，也就是馬鞍的半徑非常大，因此，完成吞併的距離也較大。



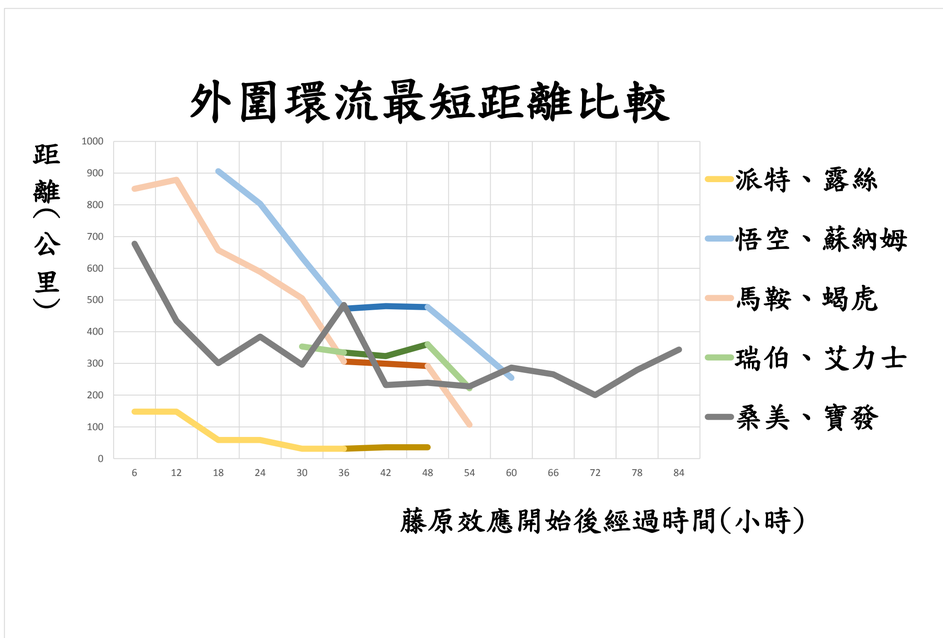
圖四、雙颱中心距離比較圖

二、颱風半徑比大小和吞併現象發生與否的關係:

圖五為雙颱外圍環流最短距離比較圖，其中箭頭處為互繞時期。以日期(月/日/時)為橫軸，外圍環流最短距離(公里)為縱軸。

在吞併過程中有一段約十二個小時，外圍環流最短距離不變(如圖四深色處)。代表外圍環流最短距離在此時並沒有發生太大的變化。此時間正是颱風衛星動態雲圖上，在吞併前的互繞時期。

桑美、寶發是我們選出做為對照組的互繞現象案例。因此，他的外圍環流最短距離間的變化情形和其他四者不同：雖然外圍環流最短距離有時而接近時而遠離的波動，但大致上維持在一定的範圍之內，並沒有明顯增加或減少的趨勢。



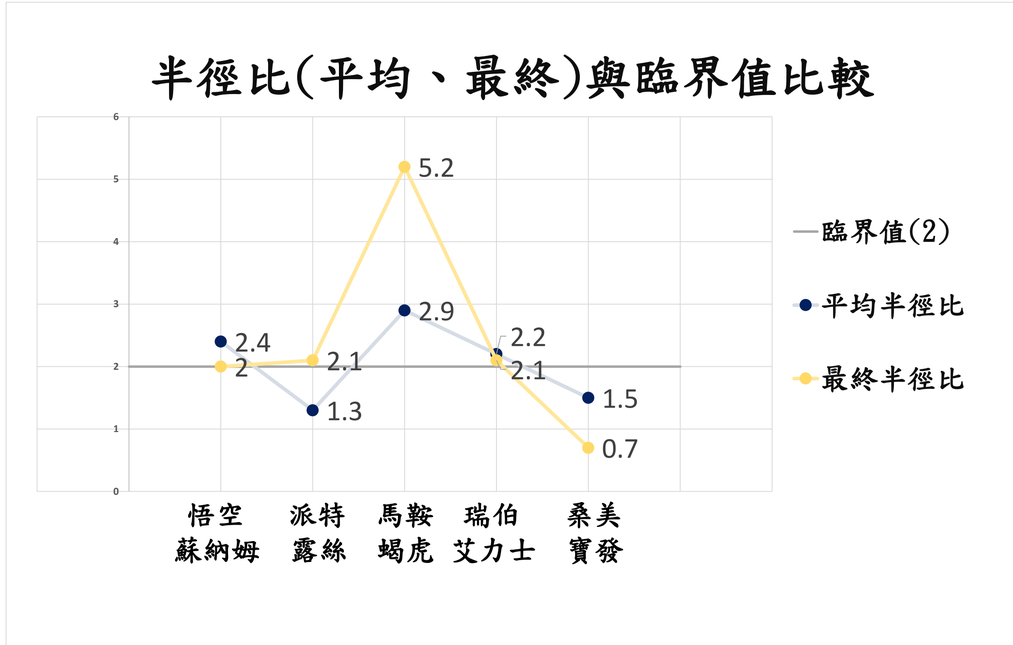
圖五、外圍環流最短距離比較圖

三、雙颱外圍環流最短距離在吞併現象發生時的特性:

圖六為雙颱半徑比變化比較圖，其中虛線為平均半徑比。以日期(月/日/時)為橫軸，雙颱半徑比為縱軸。

發生吞併時雙颱半徑比通常維持在比值2以上。因為半徑較大的颱風通常具有較強的強度，也較易發生吞併效應。

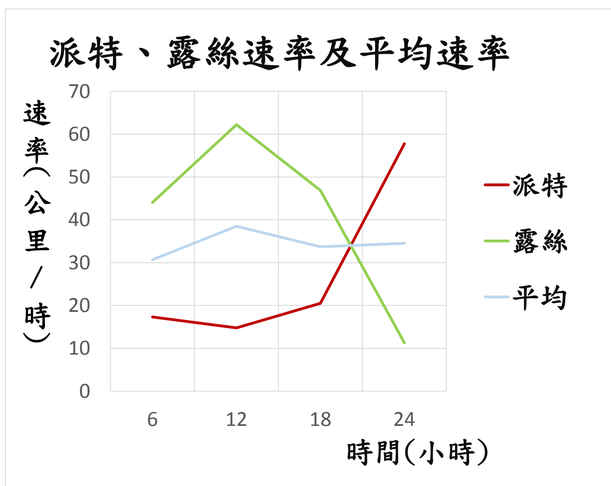
派特、露絲為一個特殊的例子，它屬於吞併效應的案例，但他的平均半徑比大約是1.3，小於2。不過由於9月26日時露絲颱風(半徑較小)突然減弱，半徑縮小，使二者的半徑比超越了數值為2的界限，所以發生了吞併現象。



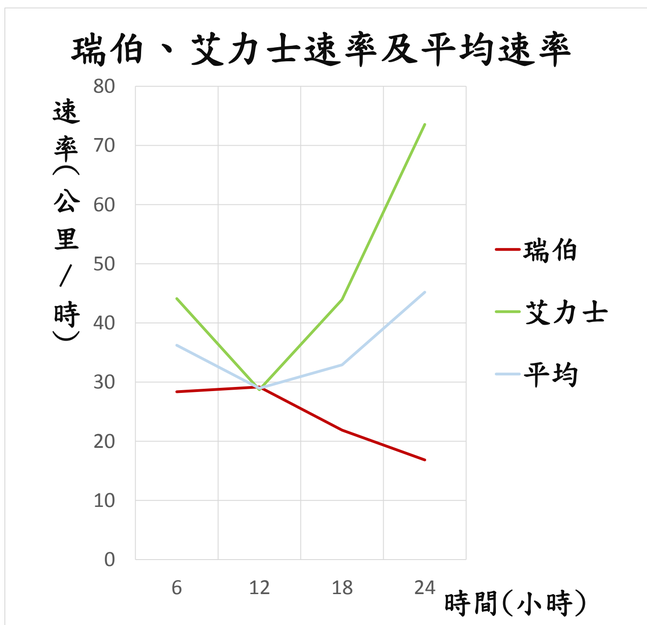
圖六、雙颱半徑比之比較圖

四、移動速率快慢和吞併與否的關係:

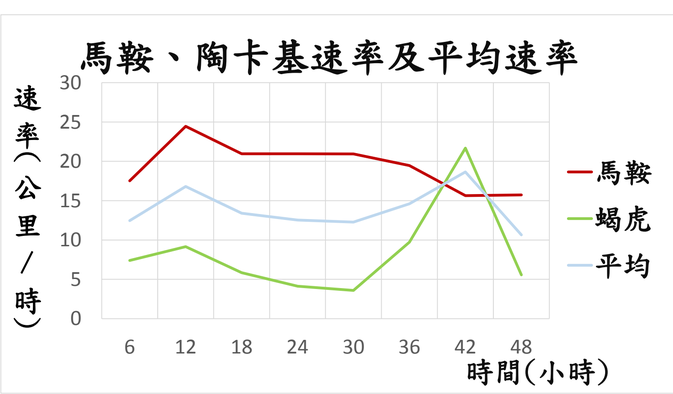
由颱風的中心距離變化以及時距(圖七到圖十一)，可以得到颱風的中心相對移動速率。但是在研究結果上無法找出規律。這是因為個案數太少或者有其他變因而導致的誤差。由於中心距離變化不考慮方向，雙颱其中之一的移動速率有可能比中心相對移動速率更能找出規律。因此，我們又做了雙颱其中之一的移動速率，再進行兩兩比較。這次的比較結果較為明顯，出現其中一個颱風的速率上升，另一個颱風的速率則下降，反之亦然的互補現象。因此，我們又做出了颱風速率和。然而，亦有可能颱風的移動速率對於吞併效應不存在影響，而上述的互補的現象純屬於巧合。



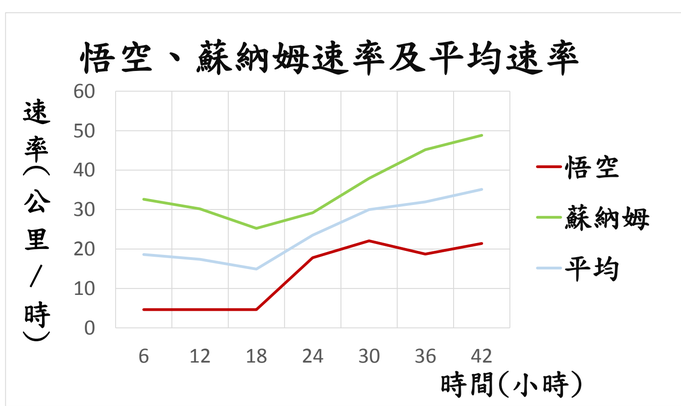
圖七、派特露絲移動速率



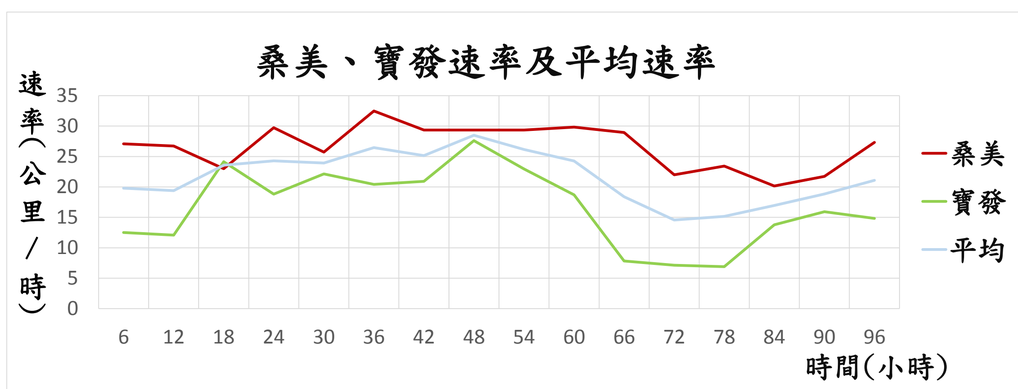
圖八、瑞伯艾力士移動速率



圖九、馬鞍蝎虎移動速率



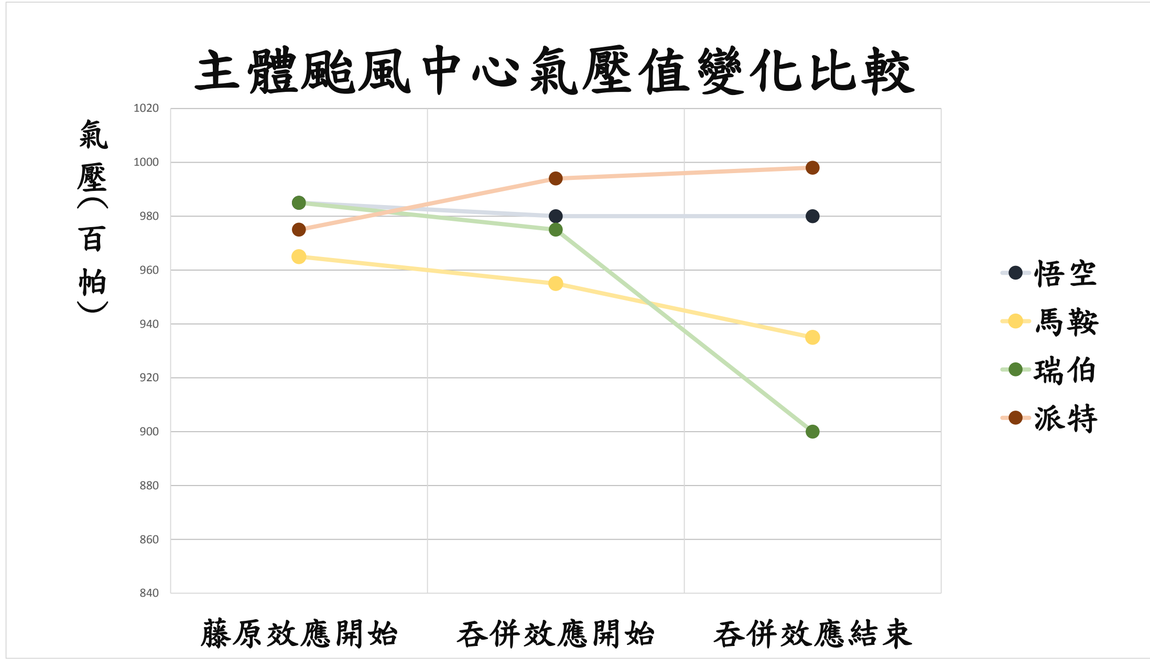
圖十、悟空蘇納姆移動速率



圖十一、桑美寶發移動速率

五、吞併現象結束對主體颱風氣壓大小造成的影響

在圖十二之雙颱中心氣壓的圖中，主體颱風中心氣壓都應小於另一個颱風。因為如果將兩個颱風周圍的氣壓近似為相等的話，氣壓較低的颱風和外界的氣壓差就比較大，強度較強，較容易吞併較弱的颱風，所以若在吞併之前，雙颱雲量大小差距不大，可以從中心氣壓值推測哪一個颱風將成為主體颱風。在雙颱吞併結束後，主體颱風的氣壓值並未因此而受到影響。若吞併前主體颱風有增強的趨勢，則持續增強；若吞併前颱風有減弱的趨勢，則逐漸消散。



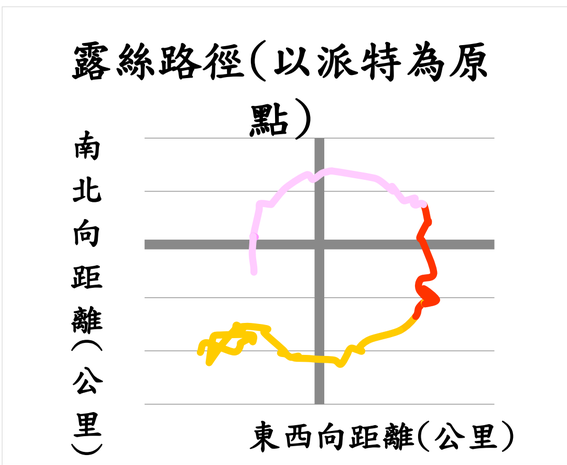
圖十二、雙颱中心氣壓變化比較圖。以時間為橫軸，雙颱中心氣壓(百帕)為縱軸。

六、以主體颱風為原點，觀察另一颱風的路徑演化:

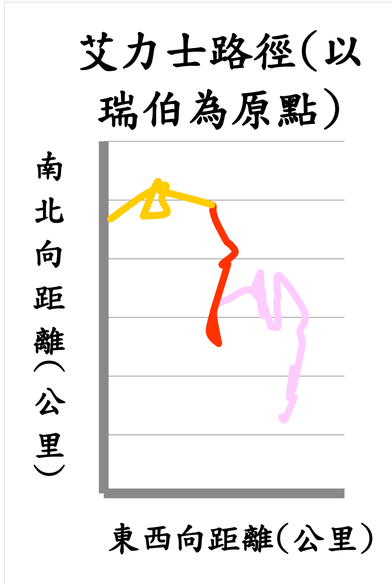
圖十三至圖十七為雙颱相對路徑演化圖，其中黃色為雙颱靠近，橘色為雙颱互繞，粉紅色為吞併前的靠近期。以日期(月/日/時)為橫軸，移動單位(公里)為縱軸，以主體颱風為原點。4

在桑美、寶發(互繞)的例子中，相對移動路徑可以近似成平行Y軸的圖形，也就是桑美相對於寶發幾乎沒有東西向的位移。而在其他吞併例子的路徑演化圖中，各自的圖上皆出現一段南北向移動的時期。由衛星動態雲圖確認，此現象和各自發生互繞的時間點吻合。因此，我們推論在互繞的事件中，以主體颱風為原點的路徑演化圖中會出現成東西向移動的趨勢，且在互繞時沒有上述情形。

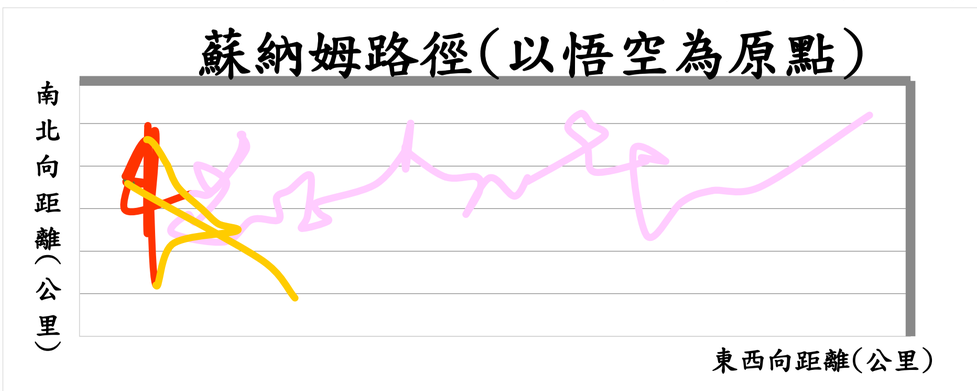
在吞併的例子中，颱風路徑演化逐漸接近原點(圖中粗灰線交會處)，也就是半徑較小的颱風都有往半徑較大颱風靠近的趨勢，直至吞併。



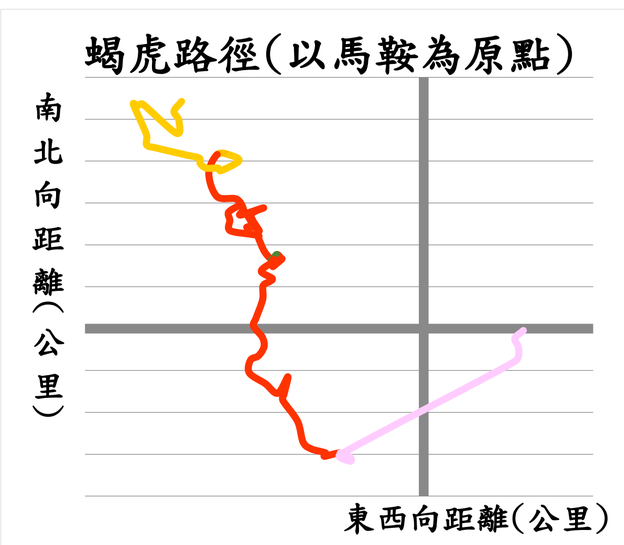
圖十三、派特露絲相對路徑演化圖



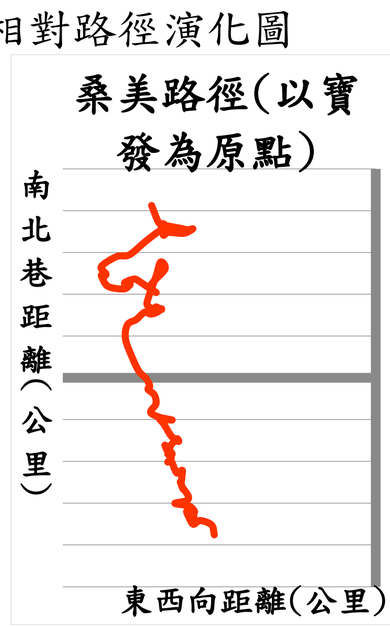
圖十四、瑞伯艾力士相對路徑演化圖



圖十五、悟空蘇納姆相對路徑演化圖



圖三十二、馬鞍蝎虎相對路徑演化圖



圖三十三、桑美寶發相對路徑演化圖

陸、結論

一、颱風中心距離起始值小於700公里為吞併發生條件。
二、颱風的半徑比大到兩倍以上時較容易發生吞併效應。
三、雙颱在發生吞併效應時會產生一段互繞的時期，此時期約六至十二小時，且雙颱外圍距離等長；而在單純互繞的藤原效應案例中則無此現象。
四、雙颱之一颱風的移動速率有一方上升，而另一方下降現象，但是存在例外。推測當時具有其他變因(如: 高氣壓強弱，颱風質量，本身能量…等)而產生例外；反之，亦有可能颱風的移動速率對於吞併效應不存在影響，一升一降的現象純屬於巧合。
五、中心氣壓值低之颱風，強度較強，為主體颱風；而吞併與否並不影響主體颱風本身的強弱趨勢。
六、在所有互繞(單純互繞案例與發生於吞併案例中的互繞階段)的情況中，以主體颱風為原點的相對移動路徑皆為南北向(約平行y軸)；而吞併則未出現特定移動趨勢。

柒、參考資料

一、中央氣象局全球資訊網http://www.cwb.gov.tw/
二、日本氣象廳全球資訊網http://www.jma.go.jp/jma/index.html
三、YouTube 衛星雲圖影片
https://www.youtube.com/watch?v=Q11NH9CVN1Y
https://www.youtube.com/watch?v=5EP65hv9h1w
https://www.youtube.com/watch?v=fNjUSsqJgek
https://www.youtube.com/watch?v=TM29VFj3zIM
https://www.youtube.com/watch?v=CLc9EcOKtKo
四、美國海洋暨大氣總署網站 http://www.ncdc.noaa.gov/
五、台灣的颱風