

牽情——雙颱風運動交互作用的探討

高中組地球科學科第一名

台北市北一女中

作者：魏惠沁、楊鈴慧
雷佑君、童心美
指導教師：胡育雅

一、動機

去年九月在太平洋海面上出現了一個颱風奇觀—芙瑞達、傑魯德及郝麗三個颱風並列成一行（圖一）當時氣象局曾發佈此三個颱風可能會彼此牽制，發生所謂「藤原效應」，根據中央氣象局的解釋，藤原效應為：「當兩個颱風相互靠近時，他們將繞著相連的直線或大圓圈上的中心相互作反時鐘方向旋轉，旋轉中心的位置，由兩個颱風的相對質量及颱風環流之強度來決定」。到底颱風在何種狀況下會相互影響？其影響除了行進路徑的改變之外，是否也影響其強度？我們決定整理過去發生的颱風加以研究。

二、目的

- (一)整理颱風資料，以研究雙颱風發生交互作用的起始條件。
- (二)分析雙颱風之間的交互作用，歸納其強度、移動速度及移動路徑等方面的影響，以提供作為颱風移動預報之參考。

三、研究材料

- (一)民國48年至76年之颱風調查報告。
- (二)有關之地面天氣圖及高空（850mb；700mb；500mb）天氣圖
- (三)IBM家用電腦。

四、研究方法

(一)參考民國48年至76年颱風調查報告，整理各年發生時間及位置相近之颱風個案，計選出十組颱風特例，其發生日期及颱風名稱如下：

1. 民國48年10月夏綠蒂 (Charlotte) 及黛納 (Dinah) 颱風。
2. 民國53年8月凱西 (Kathy) 及梅瑞 (Marie) 颱風。
3. 民國58年9月芙勞西 (Flossie) 颱風及熱帶性低壓 (T.D.) 。
4. 民國59年9月艾倫 (Ellen) 及芙安 (Fran) 颱風。
5. 民國65年7月衛萊特 (Violet) 及艾妮達 (Anita) 颱風。
6. 民國67年10月嫻拉 (Ora) 及妮娜 (Nina) 颱風。
7. 民國69年5月唐姆 (Tom) 及艾倫 (Ellen) 颱風。
8. 民國72年8月艾貝 (Abby) 、班恩 (Ben) 及卡門 (Garmen) 颱風。
9. 民國74年8月歐黛莎 (Odessa) 派特 (Pat) 及魯碧 (Ruby) 颱風。
10. 民國76年9月芙瑞達 (Freda) 、傑魯德 (Gerald) 及郝麗 (Holly) 颱風。

(二)分析天氣圖上資料，繪出各組颱風之移動軌跡，以瞭解其移動方向，行進速度及強度變化。(參閱圖二~圖十一)

(三)計算各組雙颱風之距離及相對方位，並繪出其相對移動軌跡，以瞭解其交互作用，(參閱圖十二~圖二十)，距離及方位之求法如下：

設球面上兩點分別為 $A(x, y, z)$ $B(x', y', z')$

$$\vec{OX} = \vec{a} \quad \vec{OB} = \vec{b} \quad \text{且} \quad |\vec{a}| = |\vec{b}| = R_{\oplus} \quad (R_{\oplus} \text{ 表地球半徑})$$

$$\text{則 } x = R_{\oplus} \cos \theta \cos \phi \quad x' = R_{\oplus} \cos \theta' \cos \phi'$$

$$y = R_{\oplus} \cos \phi \sin \theta \quad y' = R_{\oplus} \cos \theta' \sin \theta'$$

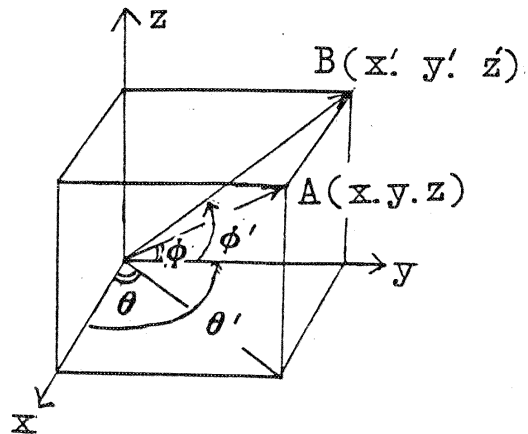
$$z = R_{\oplus} \sin \theta \quad z' = R_{\oplus} \sin \theta'$$

且 \vec{a} 、 \vec{b} 之夾角 w

$$\text{則 } \cos w = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|}$$

$$\text{令 } A = \phi \quad B = \theta \quad C = \phi'$$

$$D = \theta'$$



$$\cos W = \cos A * \cos B * \cos C * \cos D + \cos A \cos C \sin B \sin D + \sin A \sin C$$

$$\text{求出 } W \text{ 後，兩點距離即 } \widehat{AB} = R_{\oplus} \theta_0 = 6371 \times \theta_0 \quad (\theta_0 = W \times \frac{\pi}{180})$$

$$\text{球面上 } A、B \text{ 兩點之相對方位角} = \tan^{-1} \left(\frac{\phi - \phi'}{\theta - \theta'} \right)$$

(四) 相對移動軌跡係以能量較強之颱風為中心，作另一颱風之相對位置（距離及方位）配合高空天氣圖討論其交互作用時，相對運動為順時針方向或逆時針方向，相對位置為遠離或接近，並分析其行進速度減緩或加速，以歸納雙颱風交互作用之影響。

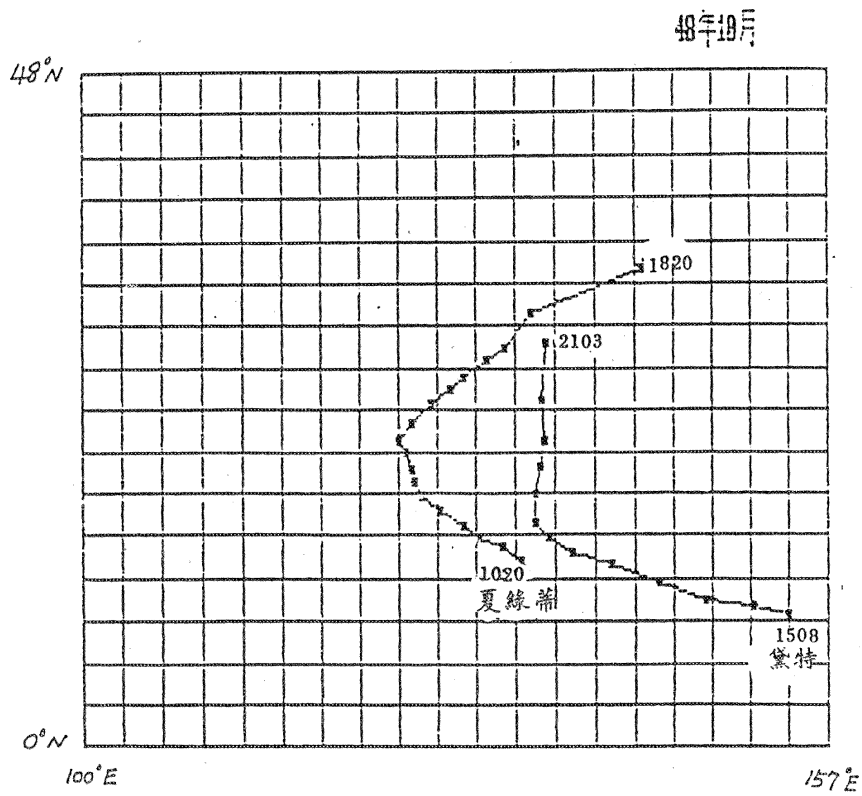


圖一 民國七十六年九月廿九日芙瑞達、傑魯德及郝麗三颱風
衛星雲圖

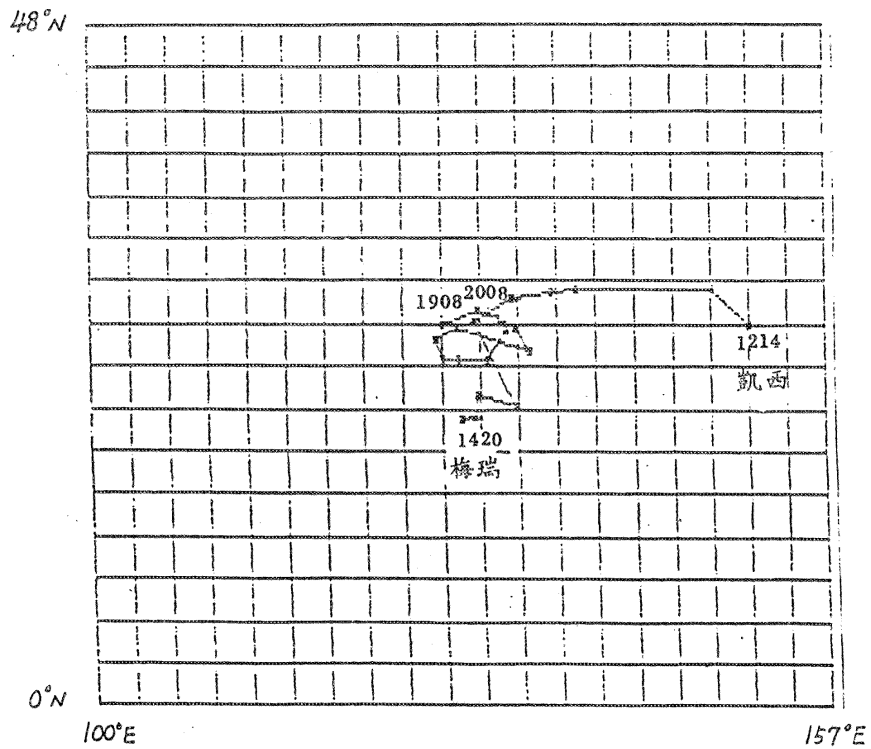
五、研究結果

(一)各組颱風之路徑圖

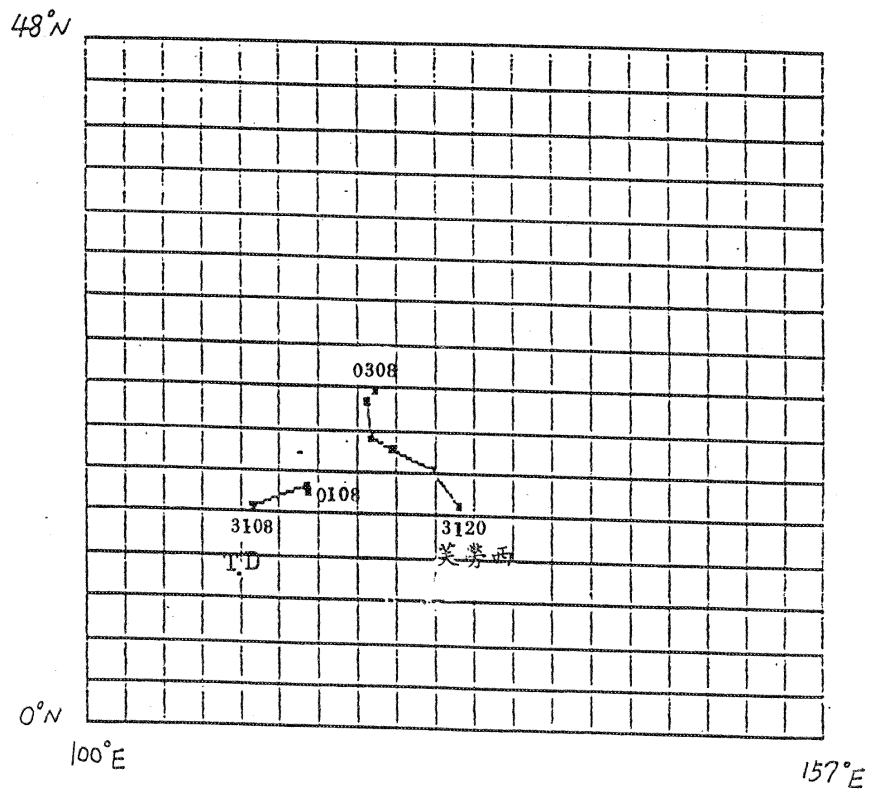
圖二：民國 48 年 10 月夏綠蒂及黛納颱風路徑圖



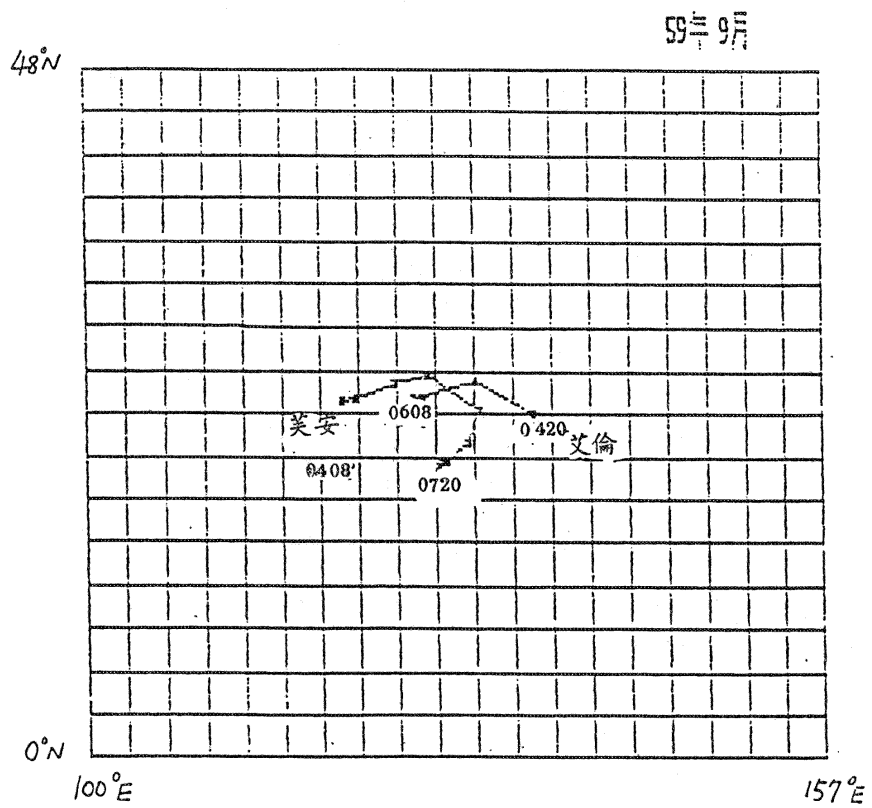
圖三：民國 53 年 8 月凱西及梅瑞颱風路徑圖



圖四：民國 58 年 9 月芙勞西颱風及熱帶低壓路徑圖

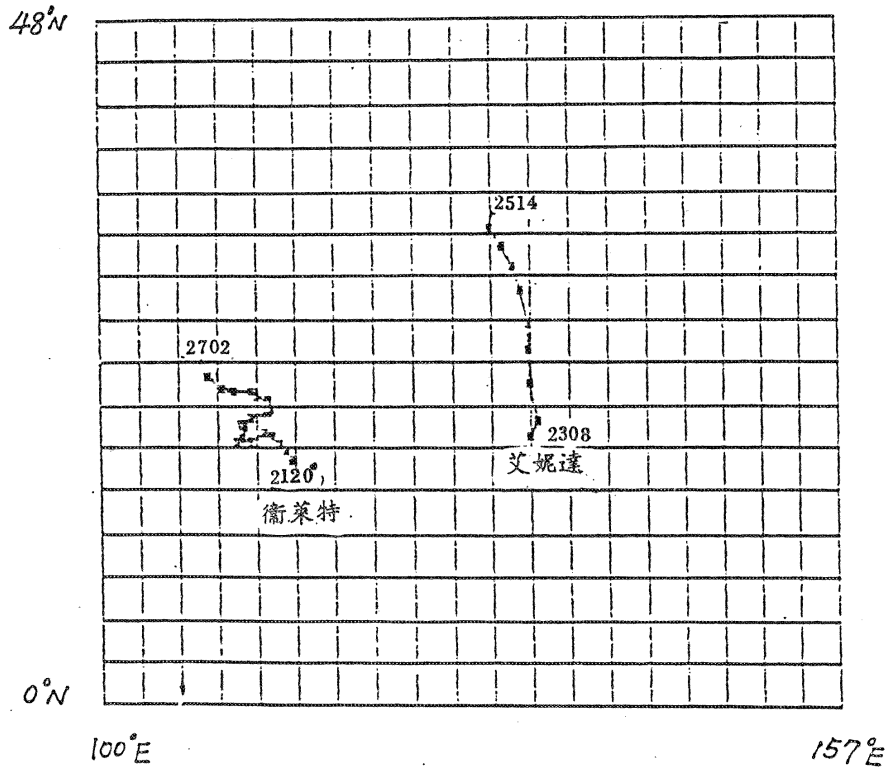


圖五：民國 59 年 9 月艾倫及芙安颱風路徑圖

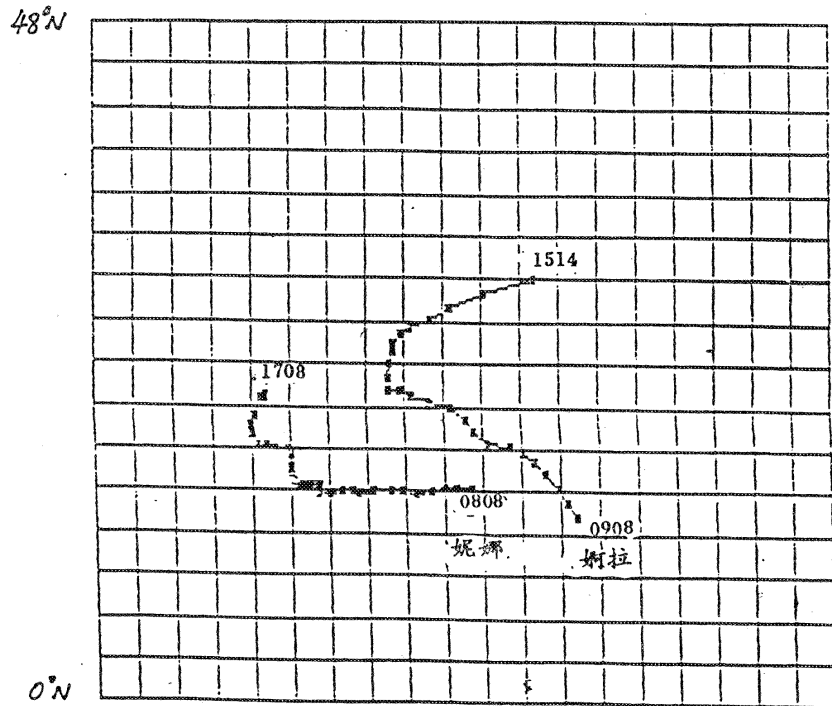


圖六：民國 65 年 7 月衛萊特及艾妮達颱風路徑圖

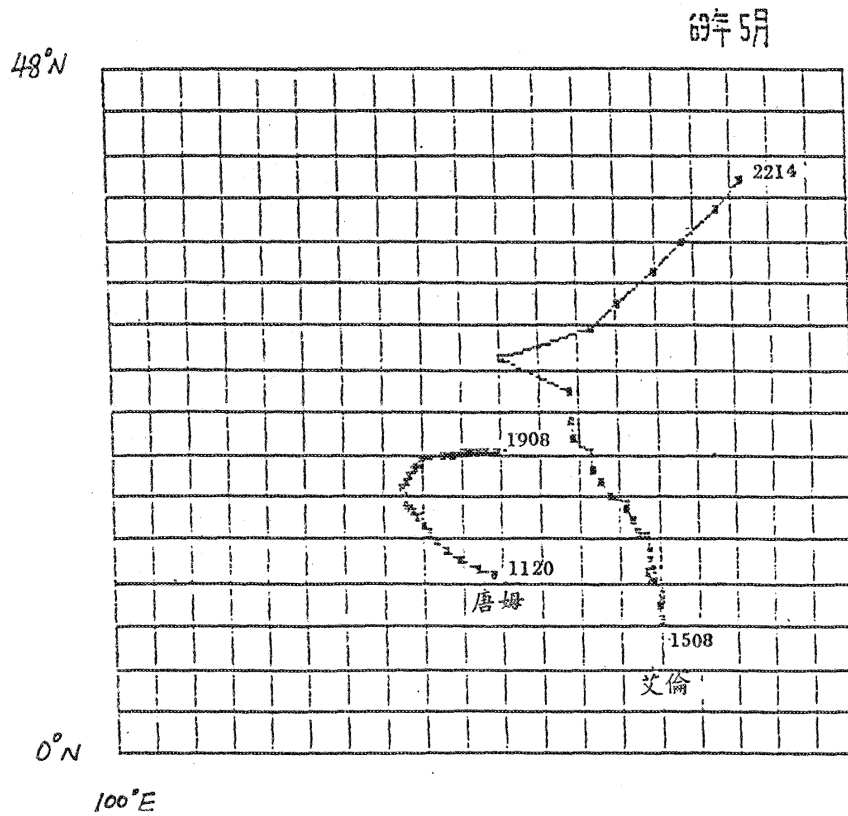
65年7月



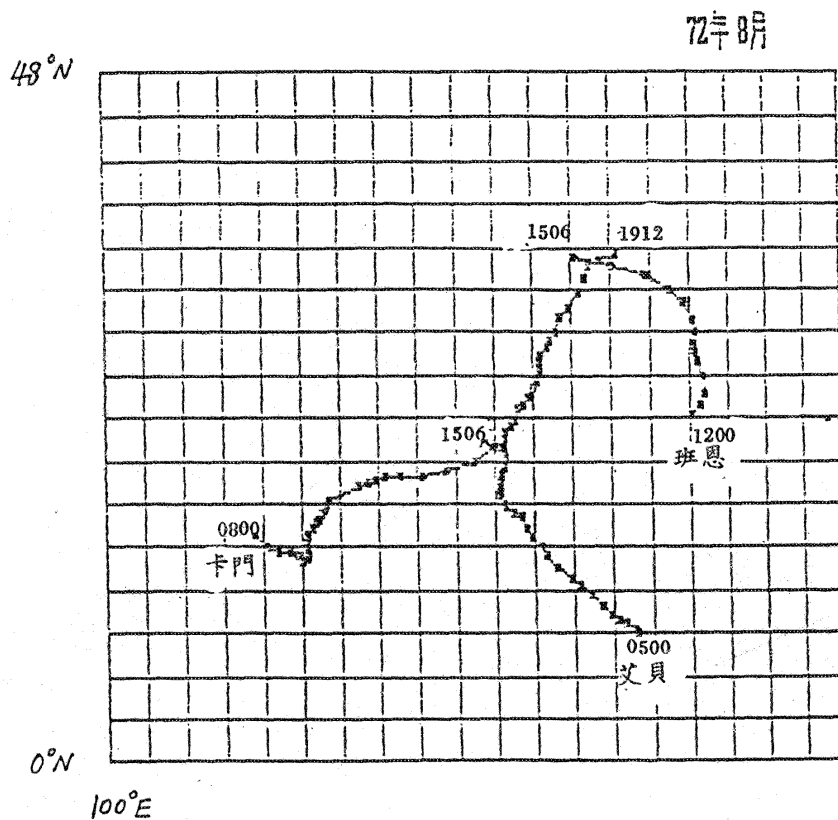
圖七：民國 67 年 10 月炯拉及妮娜颱風路徑圖



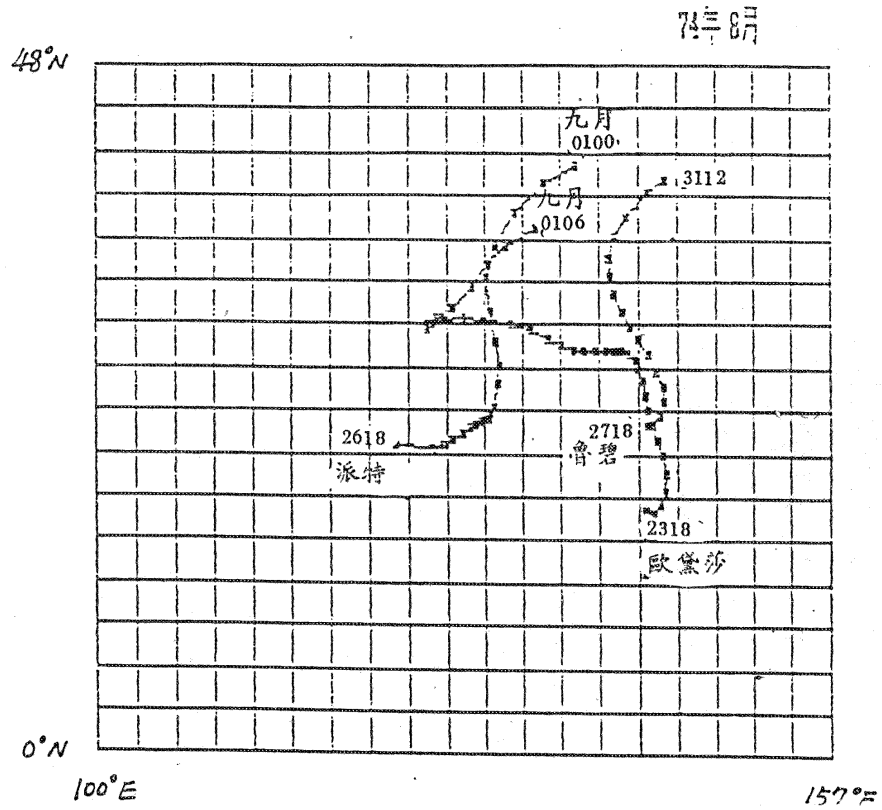
圖八：民國 69 年 5 月唐姆及艾倫颱風路徑圖



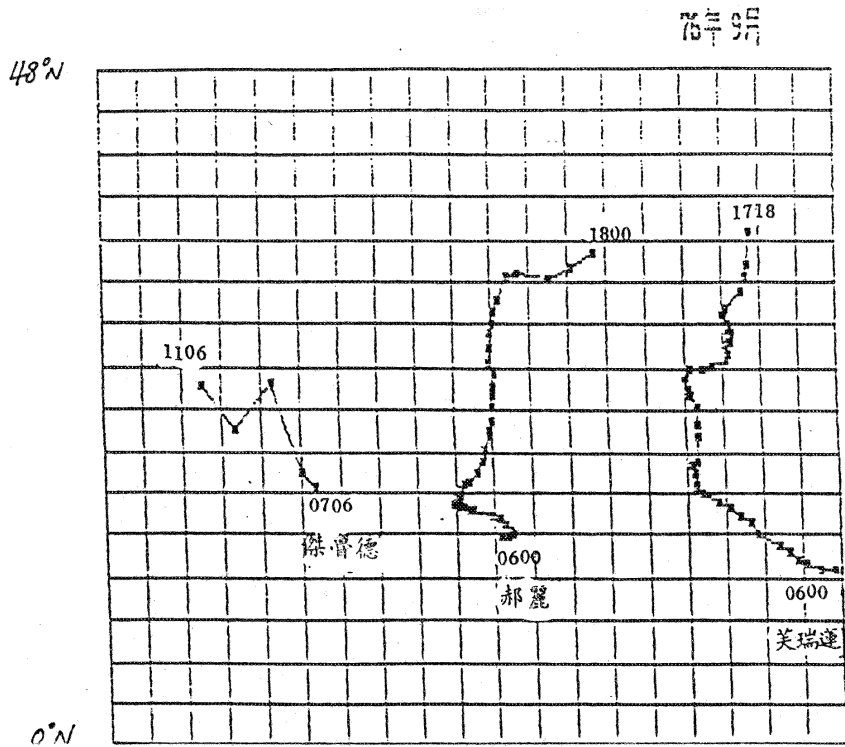
圖九：民國 72 年 8 月艾貝、班恩及卡門颱風路徑圖



圖十：民國 74 年 8 月歐黛莎、派特及魯碧颱風路徑圖



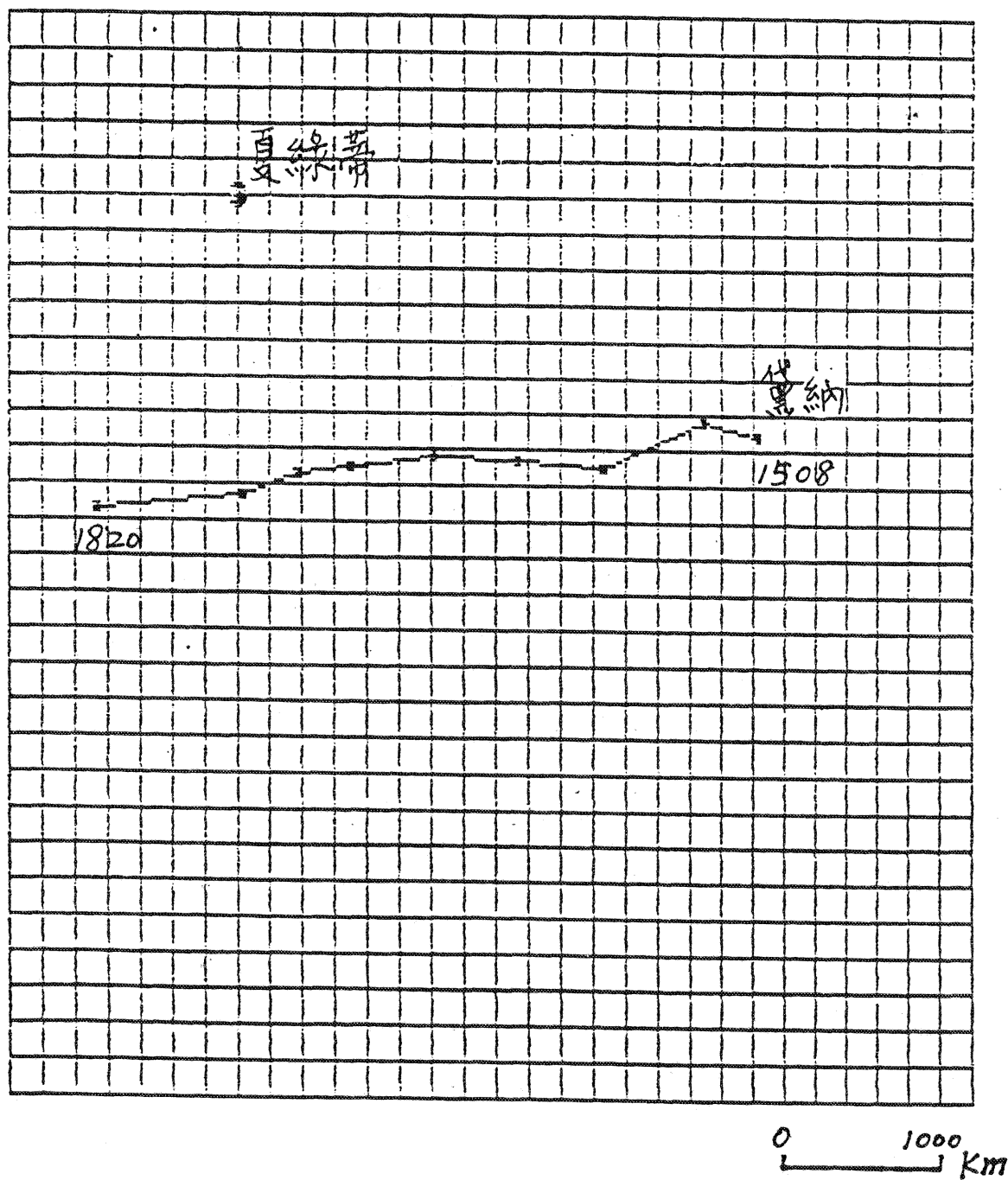
圖十一：民國 76 年 9 月芙瑞達、傑魯德及郝麗颱風路徑圖



- (二)各組颱風位置、強度、距離及相對方位綜合資料表。(表略)
- (三)各組颱風相對移動軌跡圖(圖十二至圖廿一)。

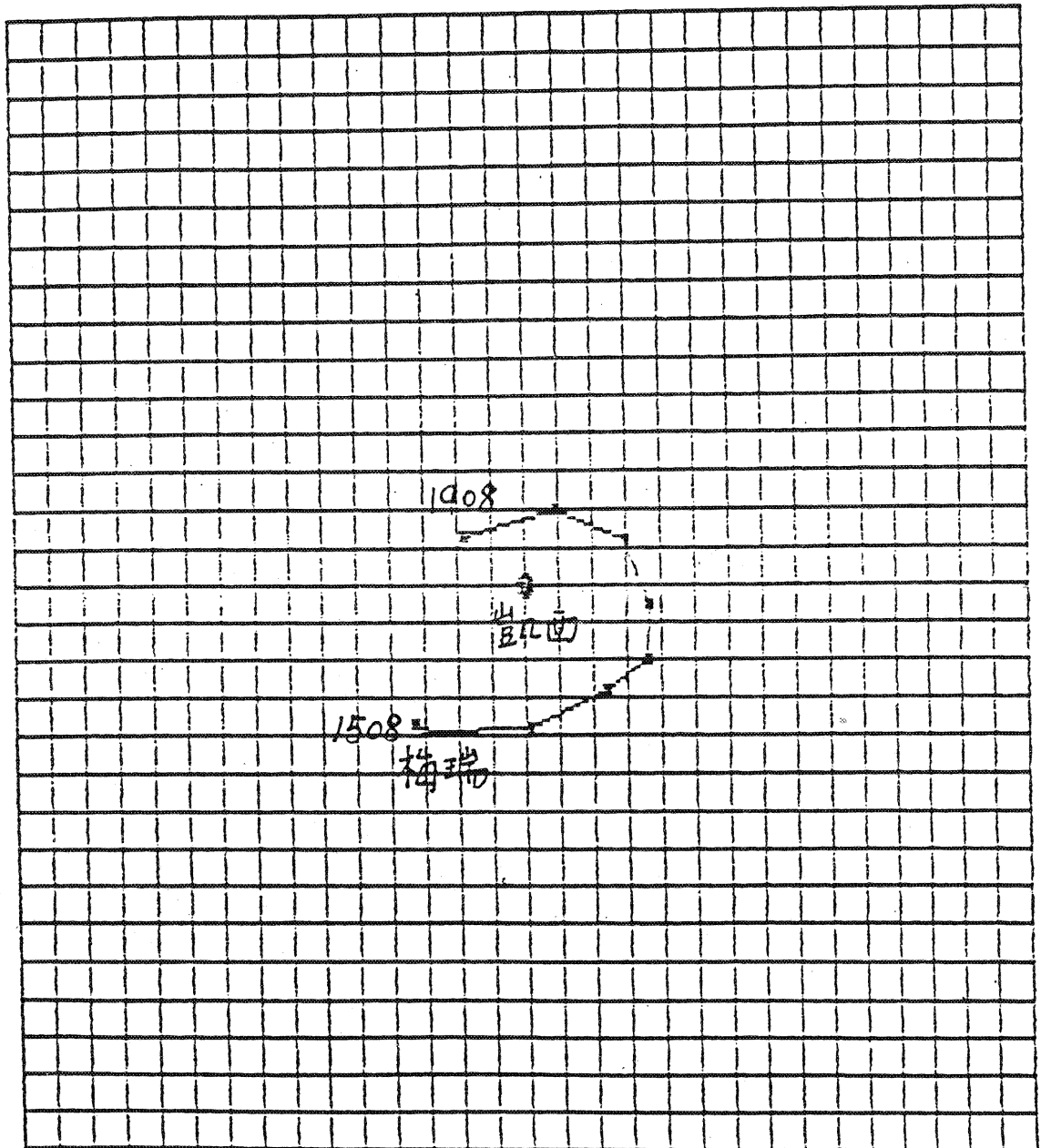
圖十二 民國48年10月夏綠蒂及黛納颱風相對移動軌跡圖

48年10月



圖十三：民國 53 年 8 月凱西及梅瑞颱風相對移動軌跡圖

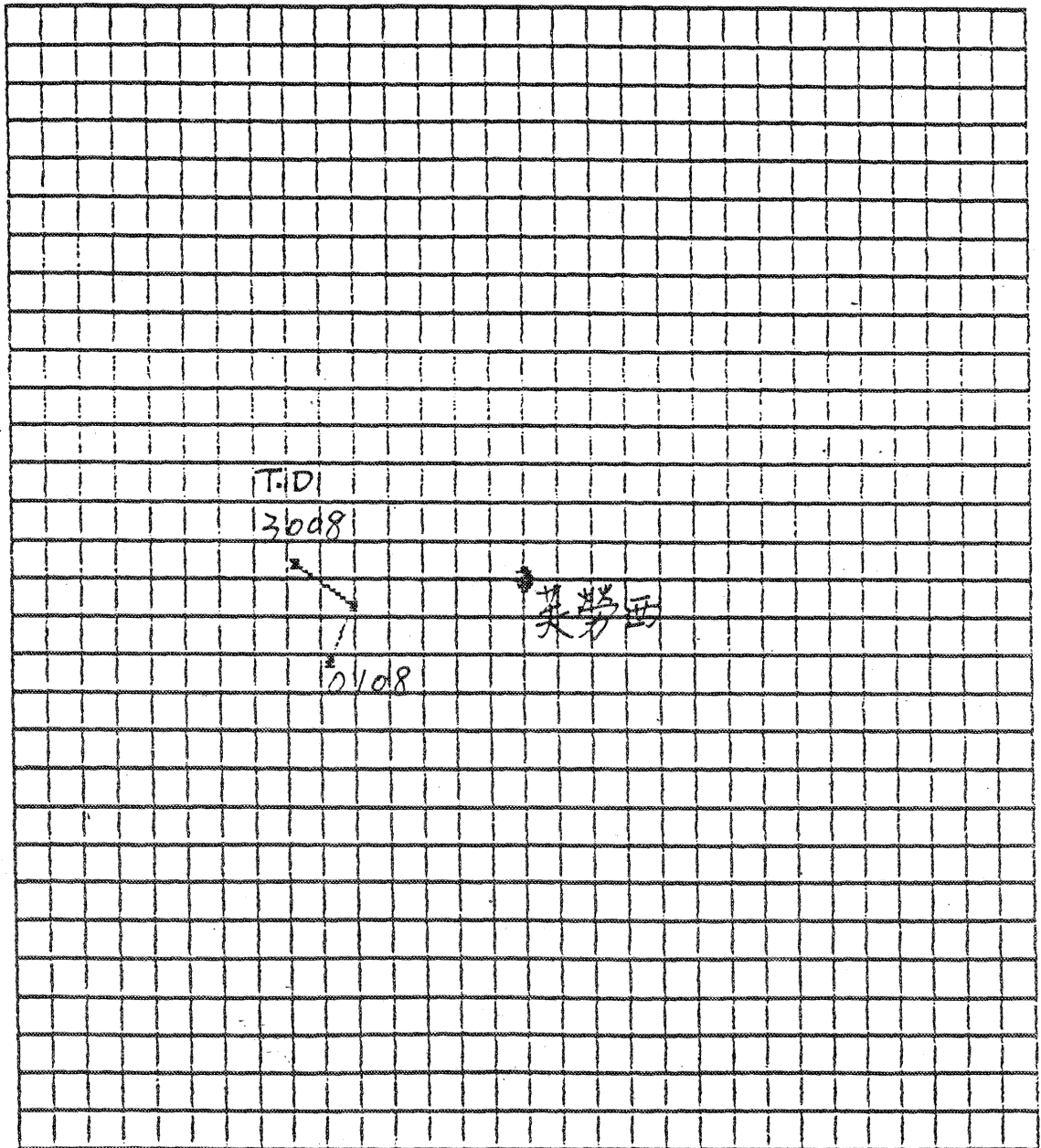
53年8月



0 1000 Km

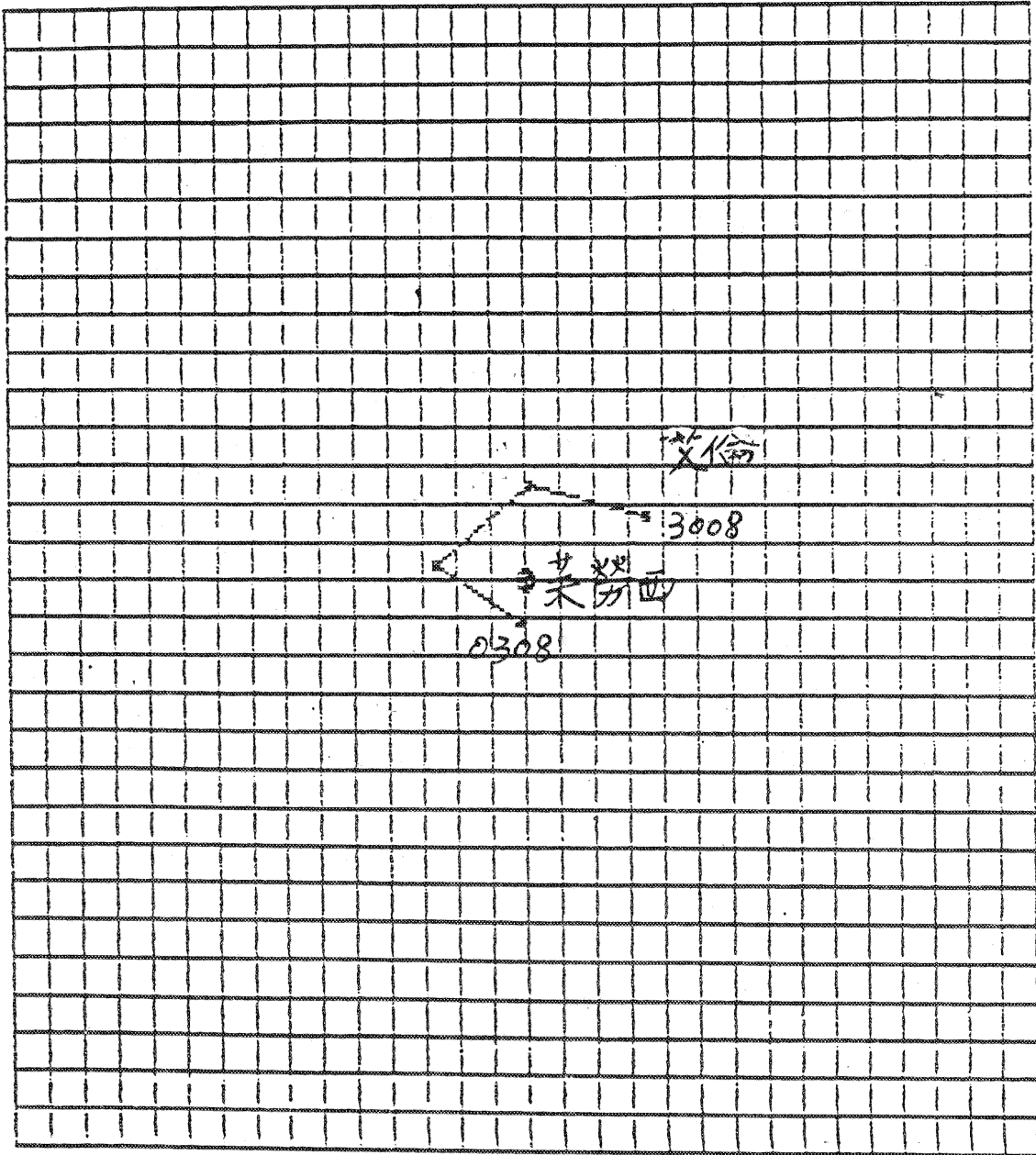
圖十四：民國 58 年 9 月芙勞西颱風及
熱帶性低壓相對移動軌跡圖

58年9月



圖十五：民國 59 年 9 月艾倫及芙安颱風相對移動軌跡圖

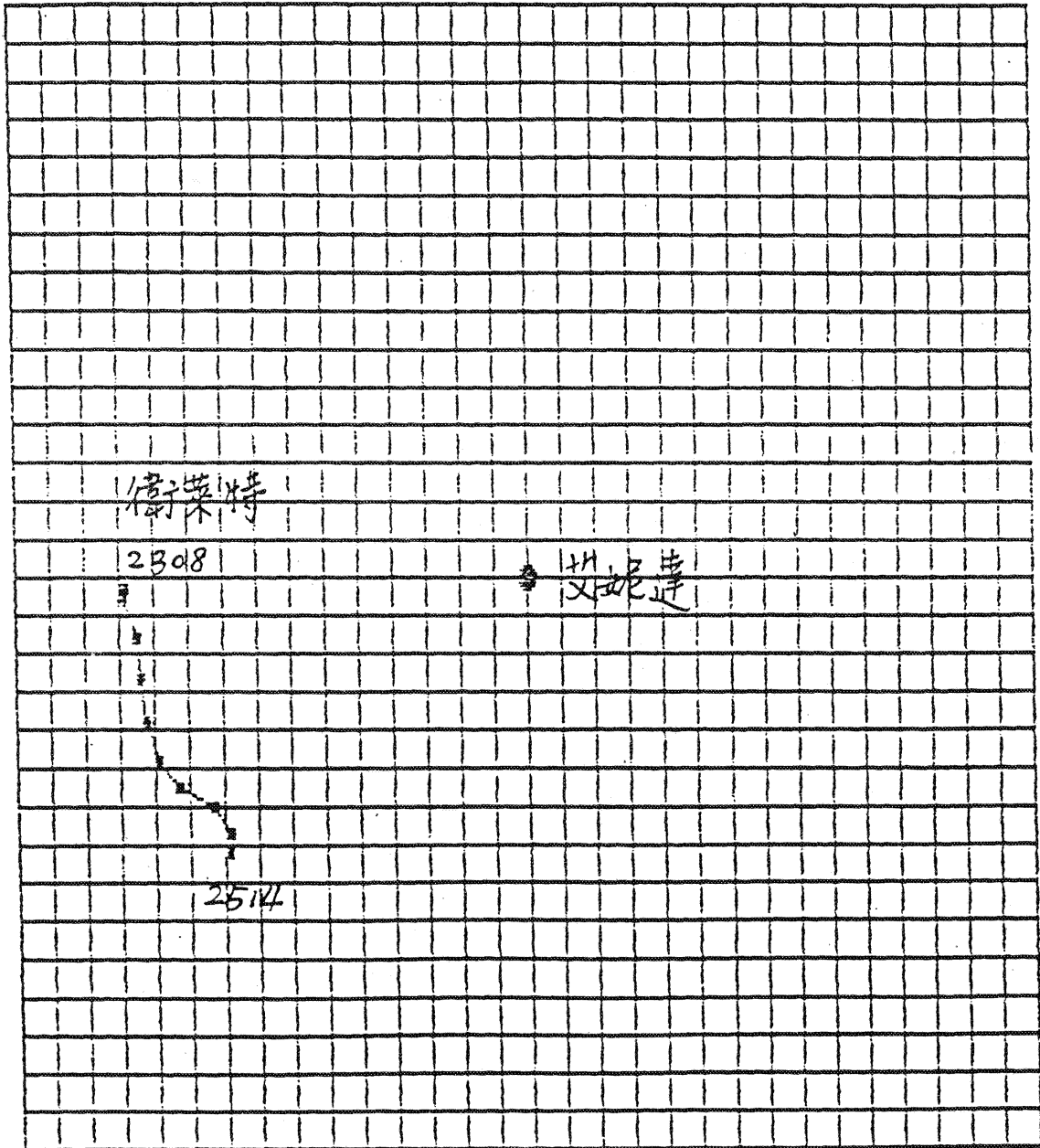
59年9月



0 1000 Km

圖十六：民國 65 年 7 月衛萊特及艾尼達颱風
相對移動軌跡圖

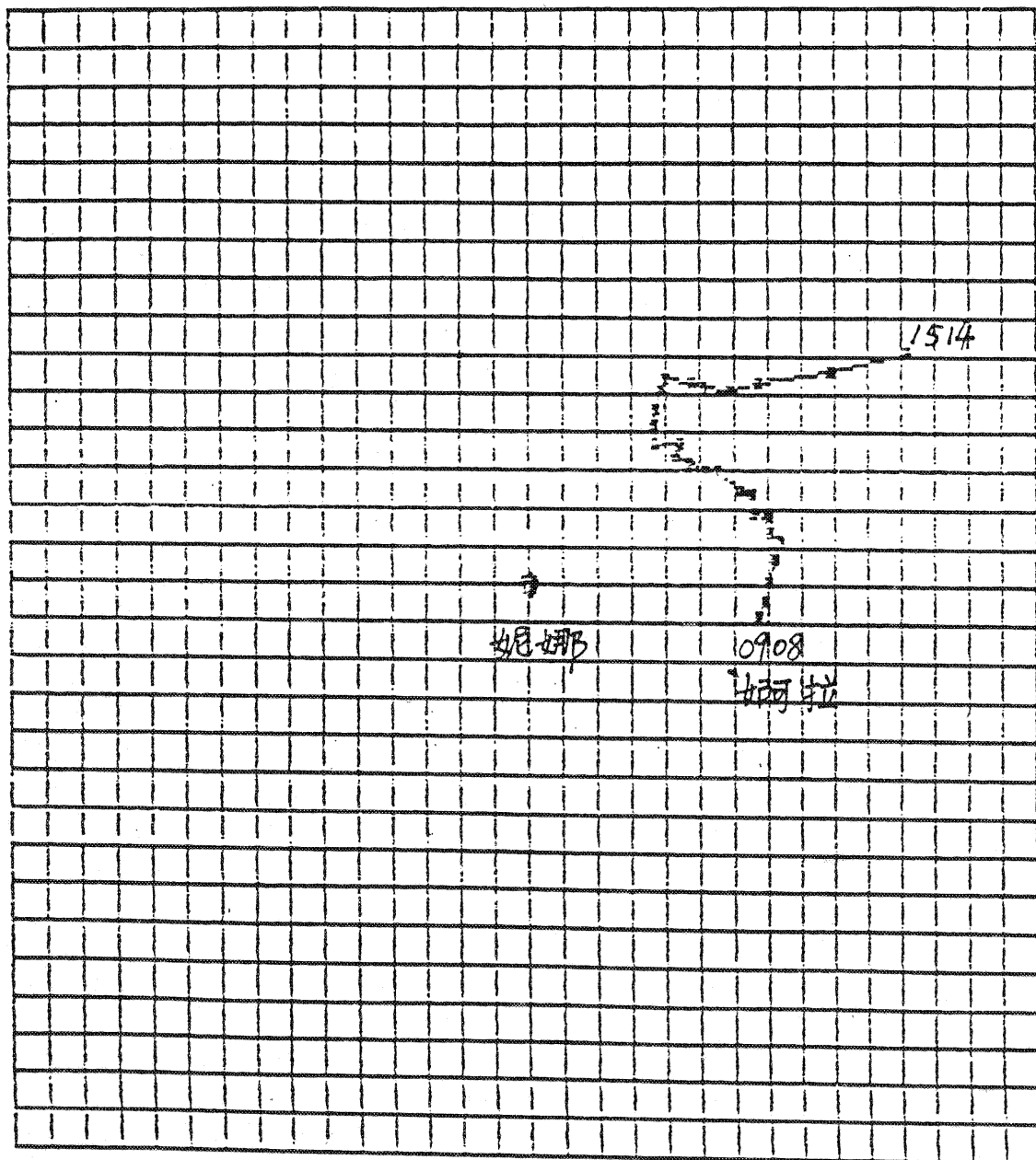
65年7月



0 1000 Km

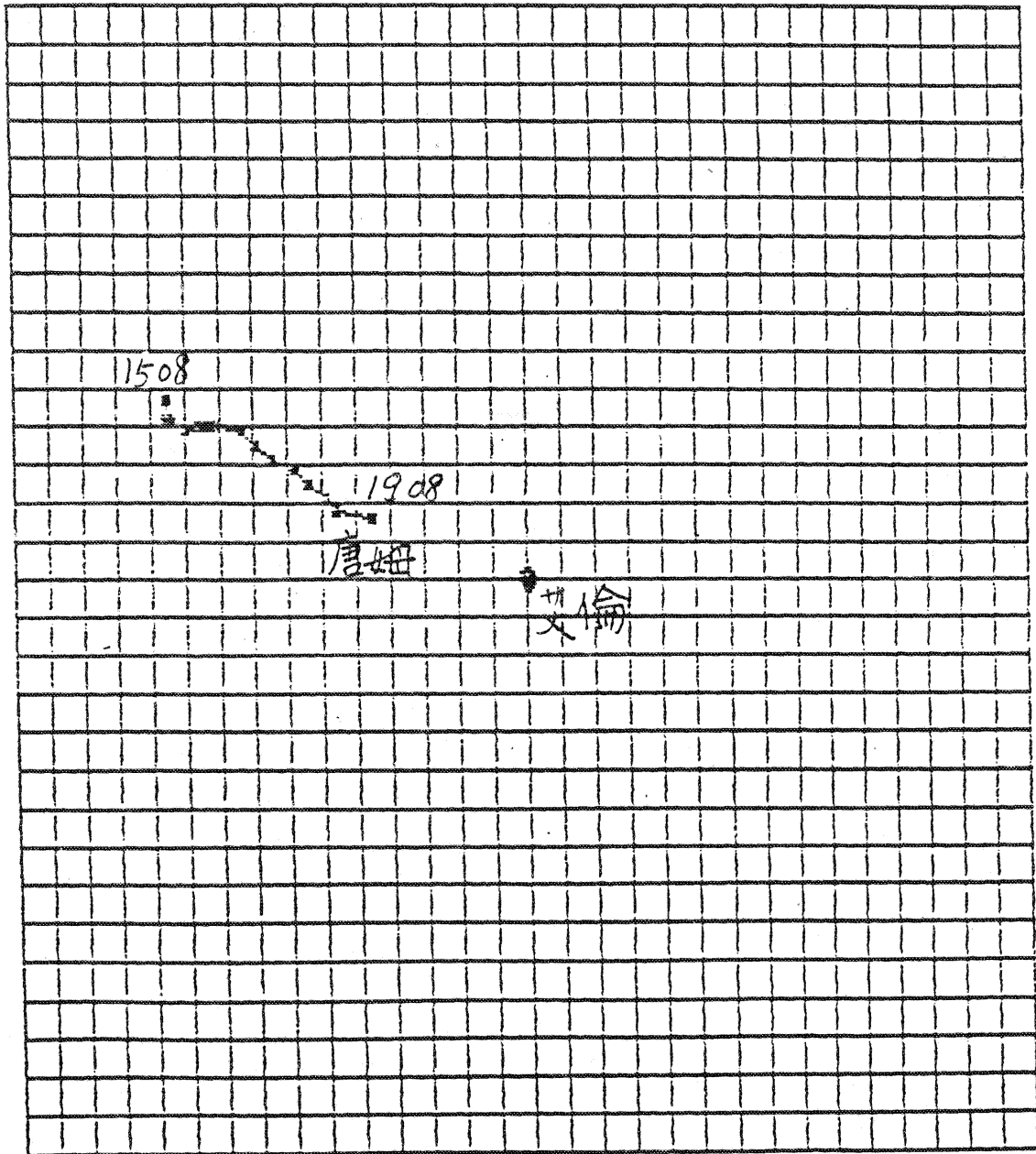
圖十七：民國 67 年 10 月 阿拉及妮娜 颶風 相對 移動 軌跡 圖

67年10月



圖十八：民國 69 年 5 月唐姆及艾倫相對移動軌跡圖

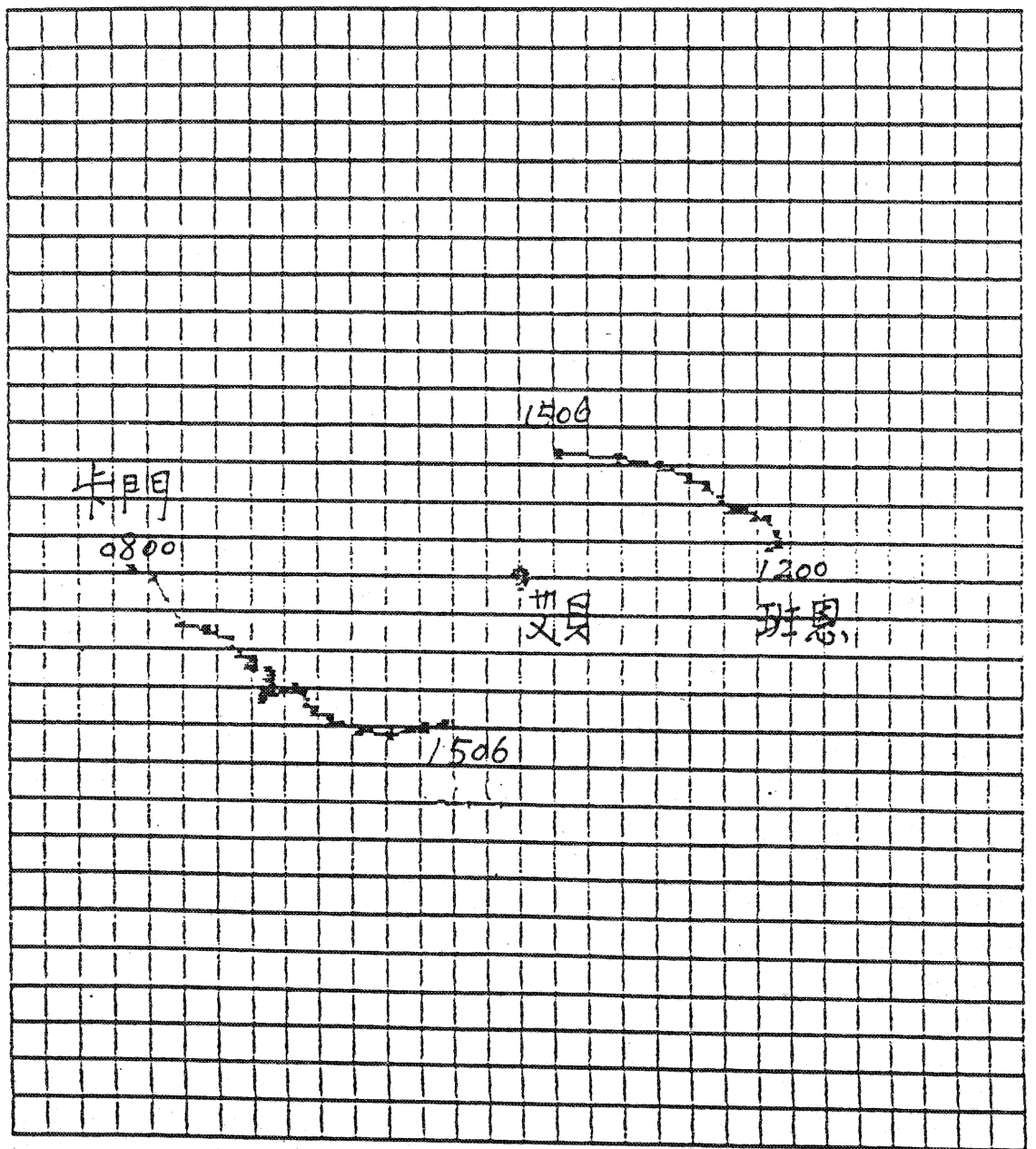
69年5月



0 1000 Km

圖十九：民國 72 年 8 月艾貝、班恩及卡門相對
移動軌跡圖

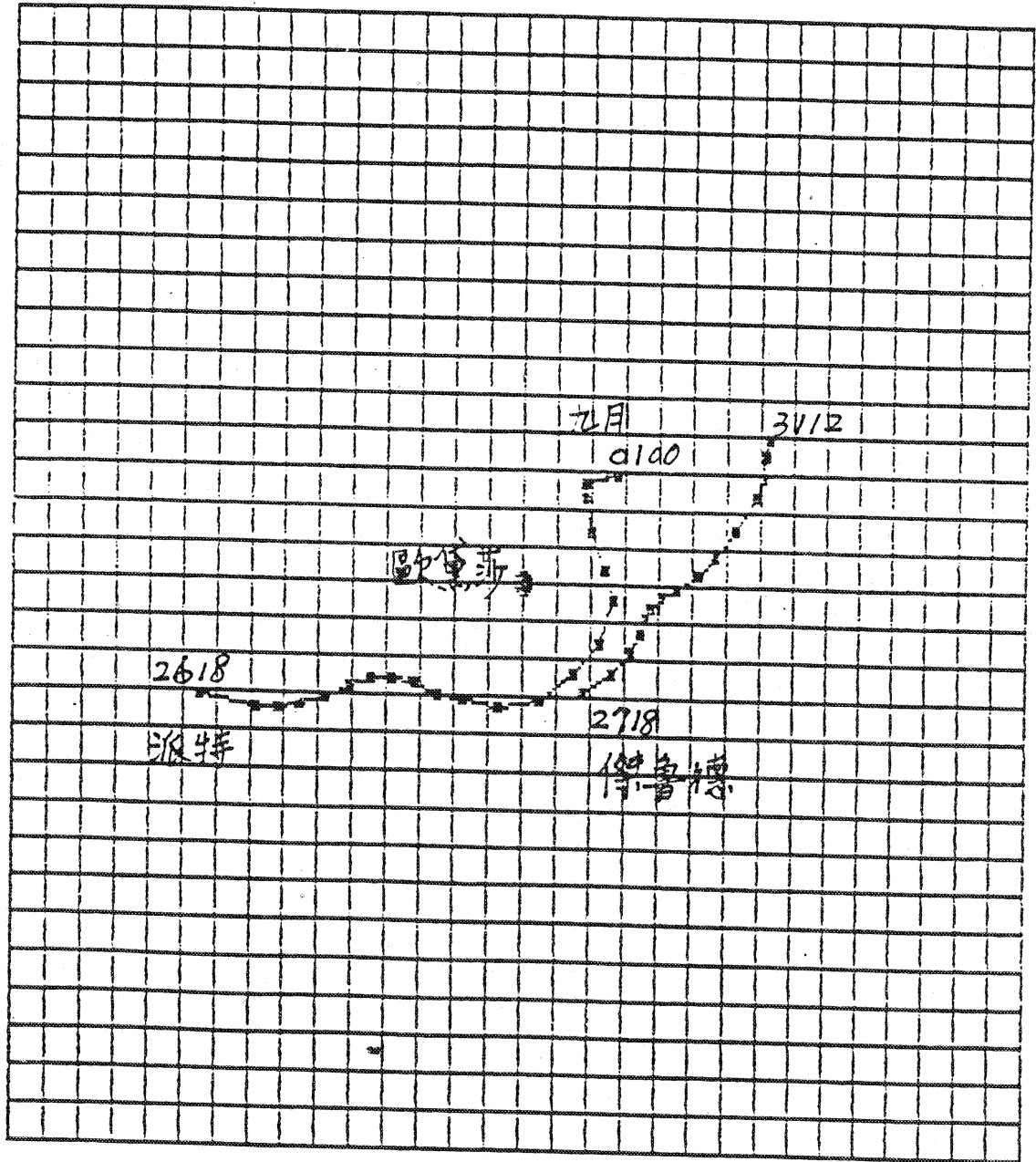
72年8月



0 1000 Km

圖二十：民國 74 年 8 月歐黛莎、派特及魯碧
相對移動軌跡圖

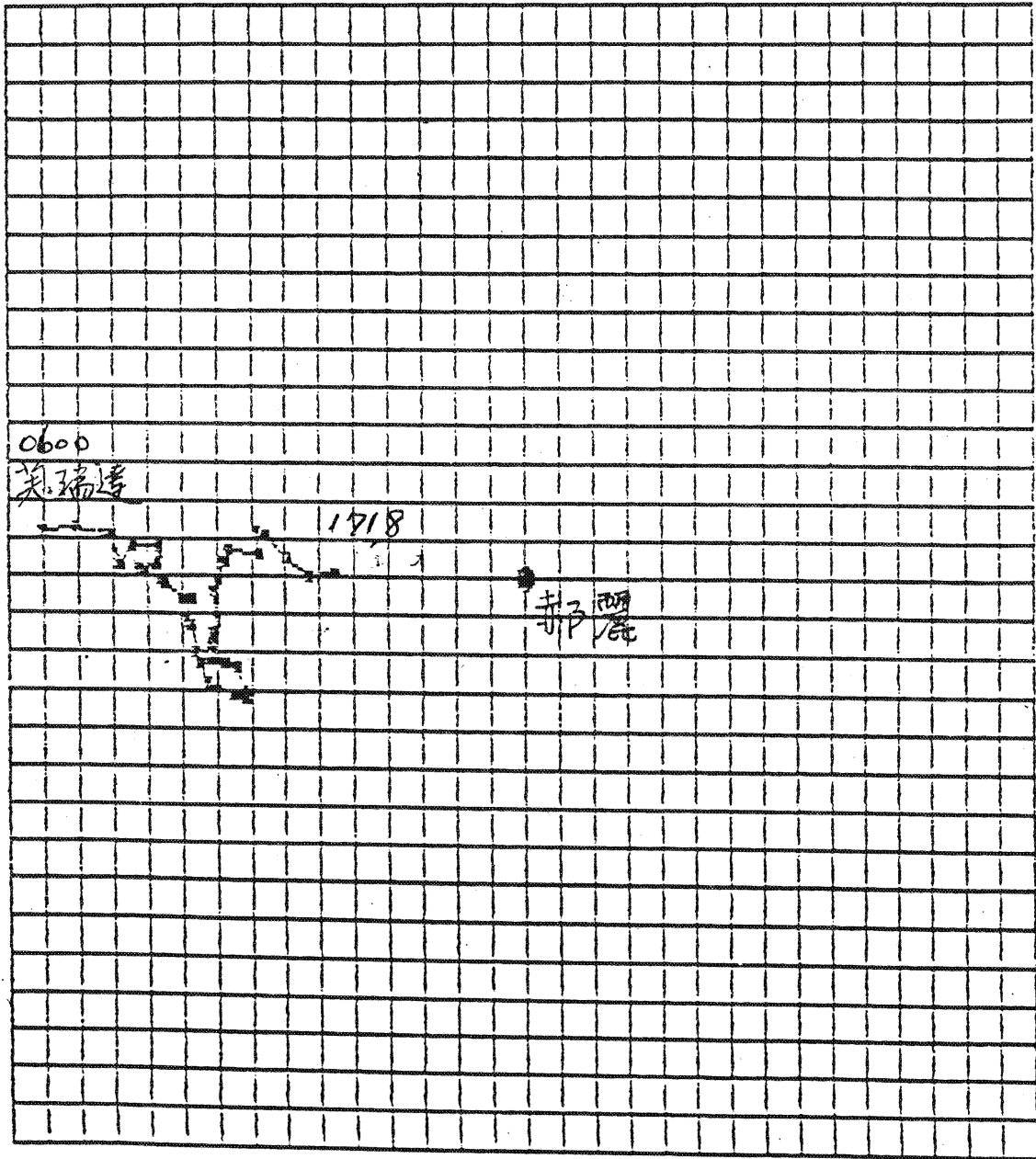
74年8月



0 1000 Km

圖二十一：民國76年9月美瑞達、傑魯德及郝麗
相對移動軌跡圖

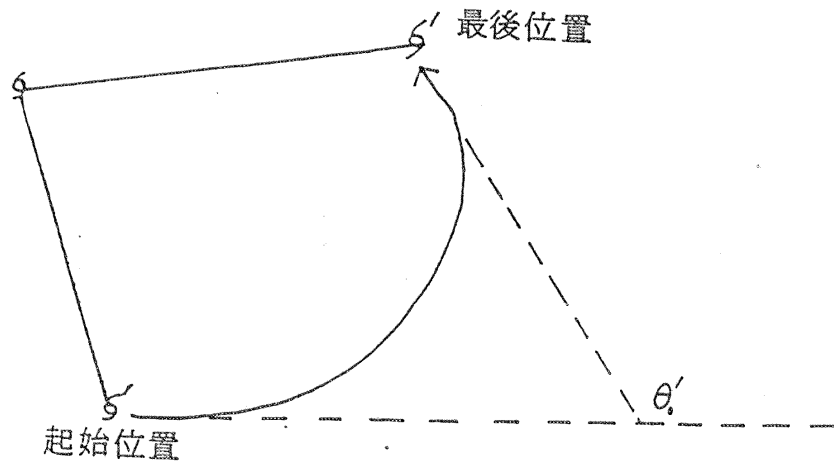
76年9月



0 1000 Km

六、討 論

(一)由圖十二至圖二十一，比較各組颱風之相對移動軌跡，大致都呈反時針方向，但亦有變化者。其中相對轉動較明顯的，可以看出其角度變化 (θ') 也較顯著。故先作各組颱風之角度變化如下：



表一

編號	颱風名稱	角度變化
①	48年夏綠蒂與黛納	8°
②	53年凱西與梅瑞	214°
③	58年芙勞西與T.D.	75°
④	59年艾倫與芙安	162°
⑤	65年衛萊特與艾妮達	17°
⑥	67年婀拉與妮娜	120°
⑦	69年唐姆與艾倫	42°
⑧	72年艾貝與班恩	140°
⑨	艾貝與卡門	137°
⑩	74年歐黛莎與派特	115°
⑪	歐黛莎與魯碧	5°
⑫	76年芙瑞達與郝麗	17°

其中①48年夏綠蒂與黛納②65年衛萊特與艾妮達及③76年芙瑞達與郝麗等三組之角度變化較小，可以視為交互作用不顯著之颱風對，其餘各組均有較明顯之影響。

(二)比較交互作用不顯著之三組颱風對，及其他七組颱風對之距離可以歸納當兩颱風之距離大於1500km時，其交互作用不顯著，當距離小於1500km，兩颱風之間即發生影響。

(三)除了距離以外，使兩個颱風彼此牽制的因素應與其暴風半徑範圍有關，但早年颱風調查報告中缺少詳細之暴風半徑資料，僅記錄其最大值；因此我們將兩颱風之最短距離和暴風半徑和作一比較（表二）。分析得知當（最短距離/暴風半徑和）之比值小於2時，其交互作用最為顯著。

(四)根據以上兩項條件，歸納兩颱風之交互作用，對照圖十二至圖二十一，可以得知當兩颱風發生交互作用時，其相對運動為互繞呈反時針方向轉動，且彼此互繞時，兩者之移動速度皆有減緩現象，也就是兩颱風可能停留在原地打轉。

(五)從表二，可知在交互作用時，兩颱風之最大風速均有增強，亦表示能量均有增加。

(六)兩颱風交互作用時，颱風中心均有接近現象，但其中有三對接近後合併為一；分別為58年9月的芙勞西與T.D.；69年5月的唐姆與艾倫；72年的艾貝、班恩與卡門，且合併後能量增強，最大風速增加；另外67年10月的婀拉與妮娜，以及74年8月的歐黛莎與派特在互相接近後並未消散或合併，而逐漸遠離。

(七)綜合兩颱風在交互作用之後，有兩種情形：

1. 若兩者最短距離小於暴風半徑和之值，則能量較小的颱風被併吞（如58年、69年、72年）。
2. 若 $1 \leq \text{最短距離} / \text{暴風半徑和} \leq 2$ ，則兩者接近後再遠離，則弱者先消失（如58年、59年、67年、74年）。

表二 (一) 各組颱風之距離與暴風半徑之比較

53年8月 凱西 (kathy) 及梅瑞 (marie) 颱風					
時間		①距離 (km)	②暴風半徑 和(km)	①/②	備註
日	時				
16	8	756	400 + 125		凱西風速增強
16		736			
17	8	829			
17		741			
18	8	635			梅瑞風速最強，達中度颱風
18		441		0.84	凱西風速達最強，移動甚緩 (5 km/hr) 梅瑞衰減
19	8	447			

59年9月艾倫 (Ellen) 及芙安 (Fran) 颱風

4		780	100 + 200		
5	8	501			
5		521			
6	8	215		0.72	

65年7月衛萊特 (Violet) 及艾妮達 (Anita) 颱風

23	8	2370			
	14	2383			
	20	2318			艾妮達風速最強
24	2	2344			
	8	2368			

6 5 年 7 月 薜萊特 (Violet) 及 艾妮達 (Anita) 颱風						
時間		① 距離 (km)	② 暴風半徑 和 (km)	① / ②	備	註
日	時					
	14	2382				
	20	2343				
25	2	2212		7.37		
	8	2221				
	14	2285				

表二(二)

6 7 年 1 0 月 嫫拉 (ORA) 及 妮娜 (NINA) 颱風

9	8	1348	400 + 200		妮娜暴風半徑400 km, 嫫拉200km	
9	14	1379				
9	20	1396				
10	2	1442				
10	8	1486				
10	14	1440				
10	20	1443				
11	2	1369				
11	8	1390				
11	14	1325				
11	20	1253				
12	2	1128			妮娜風速漸強, 達30m/s, 但進行速	
12	8	1095			度很慢, 小於5km/hr呈滯留狀態	

表二(二)

67年10月姍拉(ORA)及妮娜(NINA)颱風(續上)					
時間		①距離 (km)	②暴風半徑 和(km)	①/①	備註
日	時				
12	14	1154			姍拉風速亦開始增強, 姍拉滯留
12	20	1049			
13	2	1041		1.74	
13	8	1116			妮娜風速稍減(28m/s)但仍滯留
13	14	1183			姍拉風速繼續增強, 達40m/s
13	20	1280			兩者後來均朝北移動
14	2	1352			
14	8	1421			
14	14	1450			
14	20	1554			

表二(三)

69年5月唐姆(DOM)及艾倫(Ellen)颱風

18	2	1617	250 + 250		艾倫風速最強(55m/s)唐倫(30m/s)
18	8	1482			
18	14	1381			艾倫風速稍減(53m/s)唐倫亦減(28)
18	20	1253			
19	2	1178			
19	8	965		1.93	此後唐姆消失艾倫能量仍強, 風速(52m/s)

表二(四)

74年8月歐黛莎(ODESSA)及派特(Pat)颱風						
時間		①距離 (km)	②暴風半徑 和(km)	①/②	備	註
日	時					
27	6	1590	200+150	4.54	歐黛莎風速增強由43m/s增至45m/s。	
27	12	1462	200+150	4.18	此段時間持續為中度颱風，能量變	
27	18	1316	200+150	3.76	化不大，但行進速度遲緩，走向為	
28	00	1160	200+180	3.05	西北至西北西。	
28	06	1031	200+180	2.71		
28	12	933	200+180	2.46		
28	18	840	200+180	2.21		
29	00	779	250+180	1.81		
29	06	709	250+180	1.65	派特風速增強為中度颱風，走向由	
29	12	669	250+180	1.56	東北轉北	
29	18	629	250+150	1.57		
30	00	571	250+150	1.43		
30	06	550	250+150	1.38		
30	12	533	250+150	1.33		
30	18	487	250+150	1.22	派特風增強至45m/s且走向突然 轉北北西與歐黛莎走向一致	
31	00	490	200+150	1.23		
31	06	582	200+150	1.66		
31	1	656	200+150	1.87		

74年8月歐黛莎 (ODESSA) 及派特 (Pat) 颱風 (續上)						
時間		①距離 (km)	②暴風半徑 和 (km)	①/②	備	註
日	時					
31	18	744	200+150	2.13		
1	00	794	180+150	2.41		

74年8月歐黛莎 (ODESSA) 及魯碧 (RUBY) 颱風						
日	時	①距離 (km)	②暴風半徑 和 (km)	①/②	備	註
27	18	681	—			
28	00	700	180+120	2.33		
28	06	721	180+150	2.18		
28	12	742	180+150	2.24		
28	18	746	180+150	2.26		
29	00	764	180+150	2.31		
29	06	807	180+150	2.45		
29	12	896	180+150	2.71		
29	18	1035	150+150	3.45		
30	00	1146	150+150	3.82		
30	06	1286	150+120	4.76		
30	12	1454	150+120	5.39		
30	18	1521	150+100	6.08		
31	00	1587	150+100	6.35		
31	06	1646	150+100	6.58		
31	12	1587	—			

表二(五)

76年9月芙瑞達(Freda)及郝麗(HOLLY)颱風					
時間		①距離 (km)	②暴風半徑 和(km)	①/②	備註
日	時				
5		2706	50+50	27.06	
6		2691	50+75	21.53	
7		2372	125+100	10.54	
8		2042	200+150	5.83	
9		1852	225+200	4.12	
10		1958	250+225	4.12	
11		1940	400+250	2.98	
12		1929	450+300	2.57	
13		1751	400+350	2.33	
14		1677	450+350	2.10	
15		1824	250+350	3.04	
16		1717	200+350	3.12	

七、結 論

(一)促使兩颱風發生交互作用之因素為距離，以及距離兩颱風暴風半徑和兩方面，由本研究可以歸納當兩颱風中心之距離小於 1500 km，且 $\frac{\text{距離}}{\text{暴風半徑和}}$ 比值小於 2 時，必發生交互作用。

(二)兩颱風交互作用時其影響如下

1. 相對運動方向呈逆時針方向轉動，其相對轉動角度最大可達 214° 。
2. 兩颱風之行進速度均漸慢，有停滯在原地打轉之現象。
3. 兩颱風之強度在接近時皆增強。
4. 交互作用之後，其中能量較大之颱風可能併吞能量較小的颱風

(三)雙颱風交互作用之後的情形：

1. $\frac{\text{最短距離}}{\text{暴風半徑和}} \leq 1$ ，則能量較強的會併吞能量較小的颱風，且在距離最短時便消失。
2. $1 < \frac{\text{最短距離}}{\text{暴風半徑和}} \leq 2$ 會發生先接近後遠離，且能量較弱者
在稍遠後即消失。

八、參考資料

- (一)民國 56 年 1 1 月 台灣七十年來之颱風 中央氣象局編印
- (二)民國 49 年至民國 75 年 各年颱風調查報告 中央氣象局編印
- (三)民國 48 年至民國 75 年 地面及高空 (850mb、700mb、500 mb) 天氣圖 日本氣象廳
- (四)73 年 8 月 劉廣英 純交互作用下雙颱風相對運動的數學分析及與實際個案路徑的比較 氣象預報與分析第 100 期

評 語

本案件分析兩個颱風同時存在時，相互牽制的特性。她們發現：

(一)兩個颱風相距小於 1500km時才會發生相互牽制作用。

(二)發生牽制作用時，颱風軌跡呈反時針方向，兩者移動速度可能減緩，強度可能加強，兩者距離接近，甚或合併為一。

綜合而言，本案件構想、製作與結果均具創意，但僅分析十個個案，資料稍嫌不足，是美中不足之處。