

言論

葛萊拉颱風之雷達分析與研究

H. Begin 著⁽¹⁾

Abstract

The Government of the Republic of China, with the assistance of WMO and UNDP, is making a determined effort to improve the Typhoon and Flood Warning Service for its people. As a part of the Government's Counterpart Contribution to this effort, a weather radar station has been established at Hualien, which is located at 23° 59' 25.1'' N and 121° 37' 12.3'' E on the East Coast of Taiwan.

The radar set employed is the WSR-64M manufactured by Raytheon Co., USA with the following characteristics:

Wave length—About 10cm

Frequency—2700-2900mc

Pulse length—0.5μ sec and 4μ sec

Peak power—500kw

Range—250 N. Mi.

Special features are included for estimation of quantitative precipitation.

There follows a series of Radar photograph of Typhoon Clara, together with an analysis of salient features. Interpretations are suggested in certain cases, with the aid of complementary conventional data.

一、概況

中華民國政府獲得世界氣象組織及聯合國特別基金之協助，現正為臺灣省人民從事一種計劃，以改善颱風及洪水警報業務。本計劃中使用政府相對基金之一部份已在花蓮建立氣象雷達站一座，位置在北緯 23° 59' 25.1''，東經 121° 37' 12.3''，即在臺灣省東海岸（參看圖18）。

花蓮氣象雷達站所使用之雷達係美國雷森公司（Raytheon Co.）製造之 WSR-64(M) 氣象雷達。其特性如下：

波長—約 10cm

頻率—2700-2900mc

脈波寬—0.5微秒及 4 微秒

峰值電力—500kw

測距—250海里

此外，該型雷達包括許多探測降水量特殊特性。

世界氣象組織（WMO）及聯合國發展方案（UNDP）對本計劃之主要工作為：

(a) 在高雄建立第二座氣象雷達站（見圖18）。

(b) 在臺灣省兩條主要河川流域建立六處電傳雨量站及二處中繼站（見圖19）。

(c) 開辦雷達氣象訓練班，水文氣象訓練班及電子儀器訓練班。

(d) 訂立研究計劃以改善颱風、洪水警報能力。

(e) 提出建議以改善一般性之氣象業務。

中華民國政府已指定臺灣省氣象局為本計劃之相對執行機構（見聯合國在中華民國第22號計劃）。

二、葛萊拉(Clara) 颱風

下列為一組雷達照片及其若干特性之分析，有些

(1) 我國政府與聯合國發展方案及聯合國氣象組織合作之防颱防洪示範計劃計劃經理。本文係因英文寫成，由該計劃相對雷達專家何禮和以中文譯出。

情況，且利用一般輔助紀錄予以解釋。

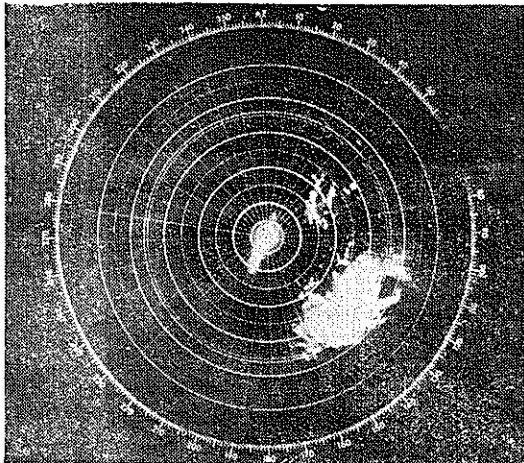


圖 1：56年7月10日 0842Z, PPI電幕, 測距250浬, 光環標距25浬, 信號減衰0db.

這可能是雷達所能夠顯示最重要之颱風消息。亦即是準確之颱風眼或中心位置。

一片近似長方形有組織的降水區，面積約為 175 浬 \times 80 浬，大小約與臺灣島相當，經分類被認為係中度颱風。

颱風眼清楚可辨，狀似橢圓形或長方形。可靠之中心位置在方位角 113° ，距離為 185 浬。重大降水區在颱風眼之西方及西南方，即在颱風前進方向之左半圓中。

雖然對熱帶性風暴中典型的降水分佈區未作詳細的研究；但與風力之分佈比較，一般相信最重大之降水通常係出現在颱風前進方向之右半圓，至少在大西洋之颶風是這樣⁽²⁾。由此組照片中可知降水之減衰並不能說明葛萊拉颱風右半圓沒有回波之理由，因為在雷達站至颱風右半圓之間幾乎沒有干擾性的回波存在。

在攝製這幀照片之前，預報員完全依靠飛機報告及天氣圖分析以確定颱風之位置，飛機報告中包括有風分佈資料，但降水分佈資料則付缺。在 7 月 10 日 0600Z 地面天氣圖中，該颱風中心位置在北緯 22.6° ，東經 124.9° ，以每時 10 浬速度向西北西方向移動。

該照片攝製前日本氣象廳發出之 0853Z 飛機報告估計在 0600Z 時之颱風中心位置為北緯 22.4° ，東經 124.9° 。

在 2122Z 照片以前，飛機報告將颱風中心位置定在花蓮雷達所定位置之南及東，而在上述照片攝製以後，則定在其位置之北及東（參看圖 20）。

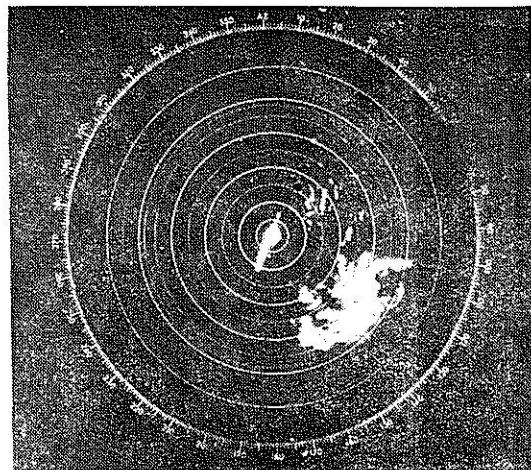


圖 2：56年7月10日 0935Z, PPI電幕, 測距250浬, 光環標距25浬, 信號減衰18db.

颱風眼顯示大腰狀，螺旋雨帶非常清晰，中心位置估計在 112° 方位角，距離 180 浬之處。位置之估計相當可靠。颱風前陣雨及颱區由方位角 040° 延至 060° ，50 浬至 125 浬之間，顯然更趨有組織並向西移動。（通過雷達站 NNE-SSW 朝向之白線帶是由於中央山脈所反射之地面回波。）

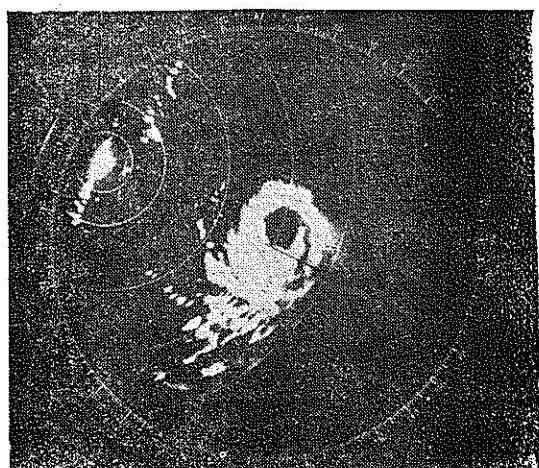


圖 3：56年7月10日 1238Z, 偏心PPI電幕, 測距250浬, 光環標距25浬, 信號減衰0db.

(2) 根據美國氣象局 1957 年颶風研究計劃第 5 號報告第 52 頁。

非常清楚圓形颱風眼，位置在 110° ，距離 150 浬。位置估計非常可靠，降水分佈變化甚小。

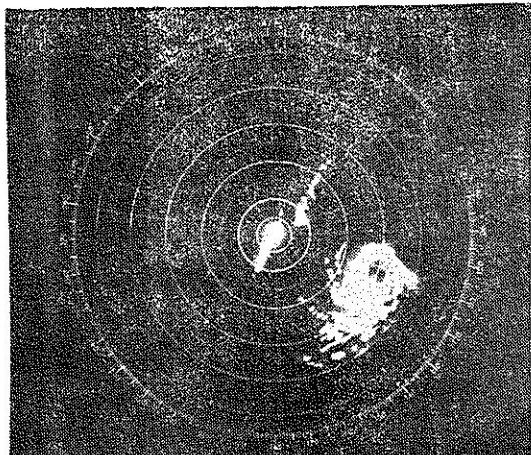


圖 4：56年 7月 10日 1243Z，PPI 電幕，測距 250浬，信號減衰0db。

自從第 2 圖以後，颱及陣雨已經消滅及再生好幾次，正如電幕所顯示，0935Z 以後即無顯著移動。本照片中，颱區已形成單一之線，預報員根據以往經驗預測颱線由此向西直奔臺灣。

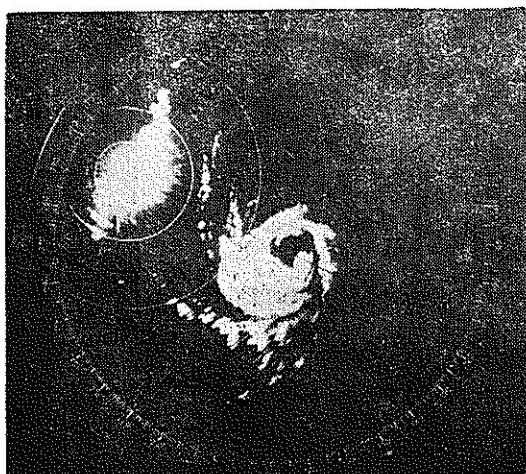


圖 5：56年 7月 10日 1420Z，偏心PPI電幕，光環標距25浬，信號減衰0db。

颱風眼及牆雲非常清晰。中心位置在方位角 113° ，距離約 130 浬。位置的估計非常可靠，颱風眼形狀並不是正圓形。

與圖 3 相比較，雷達站周圍的地形回波已有增加（在電幕之左上方）。

雷達站東方之臃腫回波是屬海面回波，即海面所反射之回波。圖 2 顯示臺灣東方近距離海面足夠平靜而無海面回波反射。兩小時以後（在此期間，颱風已移近花蓮20浬），吾人推斷在颱風右後象限至臺灣東海岸間之海面已被激動，颱風右後象限通常認為係熱帶風暴產生大浪之地區。

在 1500Z，花蓮測候所報告地面氣象紀錄如下：

西風 1.3m/sec ， 氣壓 997.8mb
乾球溫度 27.6°C ， 露點 25.6°C

輕度之地面風表示海面回波係由於颱風掀起之海浪所致。



圖 6：56年 7月 10日 1616Z，偏心PPI電幕，光環標距25浬

颱風眼又恢復成橢圓形。中心位置在方位角 114° ，距離 125 浬。位置估計甚為可靠，有組織之層狀降水區平均直徑約為 100 浬。

颱風範圍似減小，但降水區域之大小與圖 1 相同。

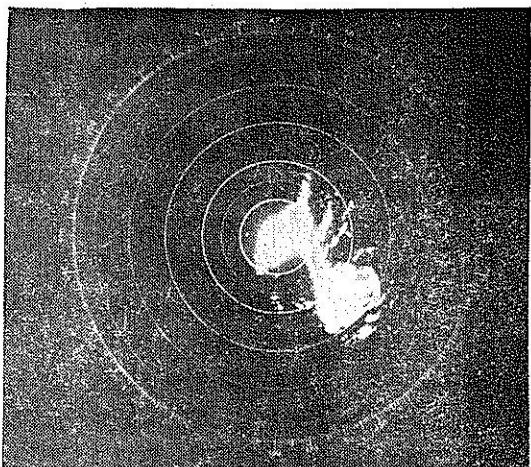


圖 7：56年7月10日 1620Z，PPI 電幕，光環標距25浬

颱風中心的可靠位置在方位角 114° ，距離 125 浬。移動速度已減低，從 1420Z 以後移動極少（參看圖 5 及圖 20）。

預報員一定以為在此處可能轉向。但根據1884—1953年之氣候紀錄指示出在 7 月中臺灣區緯度範圍內，颱風到達東經 123.50 以西者無轉向紀錄。

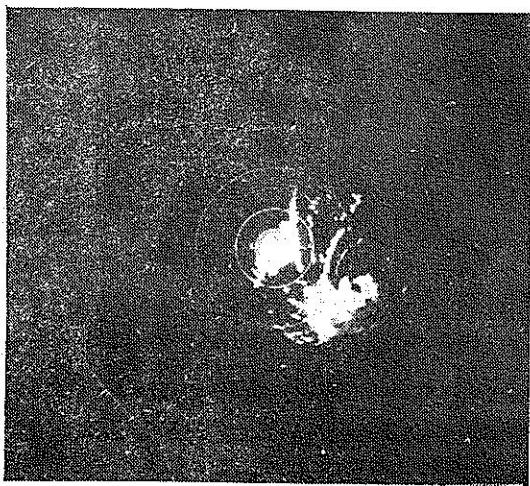


圖 8：56年7月10日 1721Z，PPI 電幕，光環標距25浬

颱風眼在西北方處開口，而中心位置在方位角 113° ，距離 115 浬。目前該颱風採取與雷達初發現時之同一路徑加速進行（參看圖 20）。一組颱線其間

隔有規律向臺灣北部侵襲，但有組織之層狀降水及最強烈回波仍在颱風之西及西南方（參看圖 21 之等雨量線）。由於颱風在此處進行加速及路徑不變，該颱風將要侵襲臺灣，這給予預報人員一個很好之啓示。

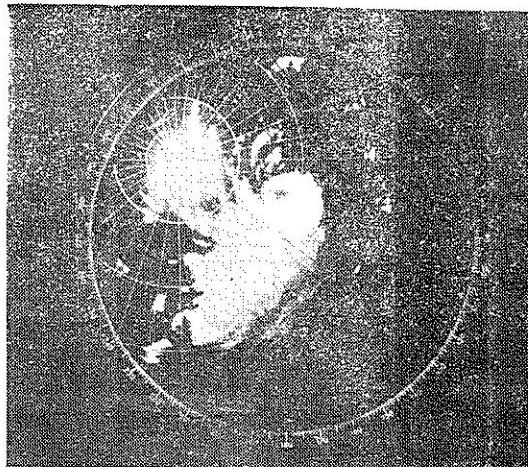


圖 9：56年7月10日 2122Z，偏心PPI 電幕，光環標距25浬，信號減衰0db.

閉合橢圓形颱風眼位置在方位角 109° ，距離 83 浬。



圖 10：56年7月10日 2126Z，偏心PPI電幕，光環標距25浬，信號減衰0db.

颱風眼及牆雲極度清晰。在圖 8 中所示最西方兩條颱線間距離已縮短。最西面一條颱線移動速度由於臺灣海岸之粗糙磨擦影響顯然已緩慢下來。約在

2150Z，兩條颱線合併並不產生重大天氣變化，下面就是兩條颱線合併前後之花蓮天氣情況。

時刻 風向 風速 氣壓 氣溫露點 降水

21Z WNW 1.8m/s 993.5mb 25.8/24.6 0

22Z WSW 1.7m/s 993.8mb 26.0/24.4 T

23Z WSW 1.3m/s 994.2mb 26.3/24.2 T

颱風繼續向西北西前進，這表示要侵襲臺灣之極大可能性。在過去四個小時中，該颱風平均速度為8.4哩。因此以外延法推測該颱風約於10小時後(0720Z)在花蓮以北45公里處登陸（參看圖20）。

至此，應向海岸各縣及各市鎮當局發佈緊急颱風警報，以便其採取安全措施。其他臺灣北部三分之二地區仍維持戒備。此時，雷達站平均風速少於2m/s，而降水總量則少於2mm。

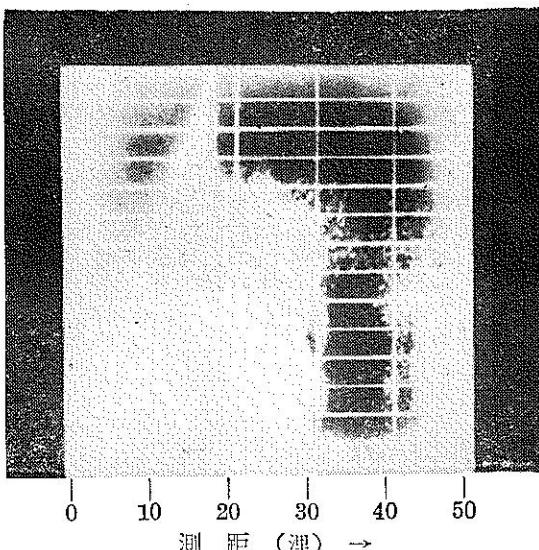


圖11：56年7月11日 0235Z, RHI電幕，測距50哩，垂直標距10哩，信號減衰0db.

颱風中心位在花蓮東南東方35哩處。該圖所示颱風眼及牆雲之剖面圖。注意颱風眼西面之牆雲（黑槽之左邊）高達47,000呎（已作修正），而眼之西30,000呎以上及眼之東22,000呎以上顯然在降雪。

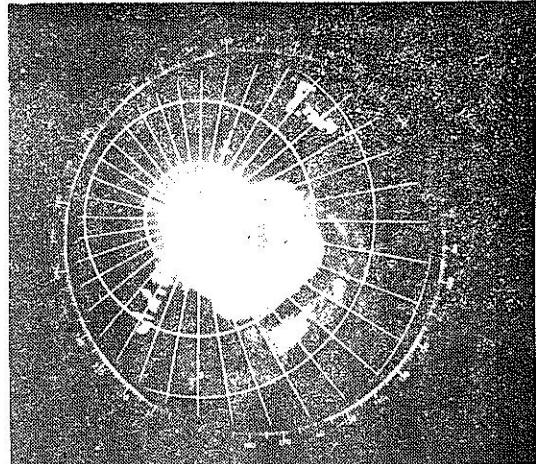


圖12：56年7月11日 0337Z, 偏心PPI電幕，測距125哩，光環標距25哩

橢圓形颱風眼非常清楚，中心位置在105°，距離28哩。

與圖9或10相比較，此圖中所有各象限之降水回波型態已是非常規則。自颱風進入雷達電幕後，其形狀首次與地面天氣圖所表示者相似（參看圖23）。此時由西南氣流供應該颱風之濕氣暫時斷絕，這是由於中央山脈阻擋之故（參看圖24）。這樣，在中央山脈向風面推斷會有豪雨，這就是說在臺灣西部，特別是西南部會降豪雨。

目前颱風直徑約70哩，降水區域已減縮至3,800平方公里。

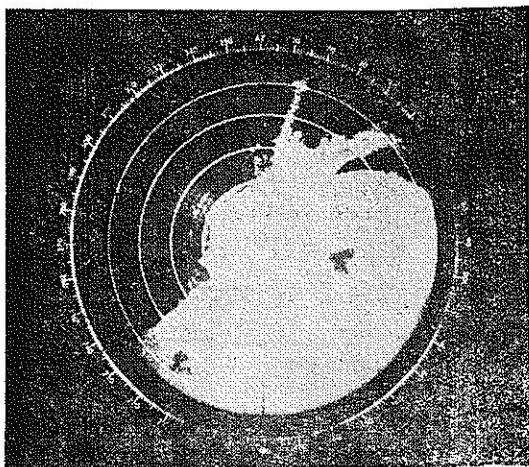


圖13：56年7月11日 0432Z，PPI電幕，測距50浬，光環標距10浬，天線仰角3°

不規則形狀之颱風眼在離雷達站22浬處清晰可辨（高度約 60,000 呎）。

當時花蓮測候所之氣象紀錄如下：

0400Z NNE 7.7m/s, 989.7mb, 26.2°/24.3°

0500Z NNE 15.7m/s, 987.2mb, 27.5°/24.1°

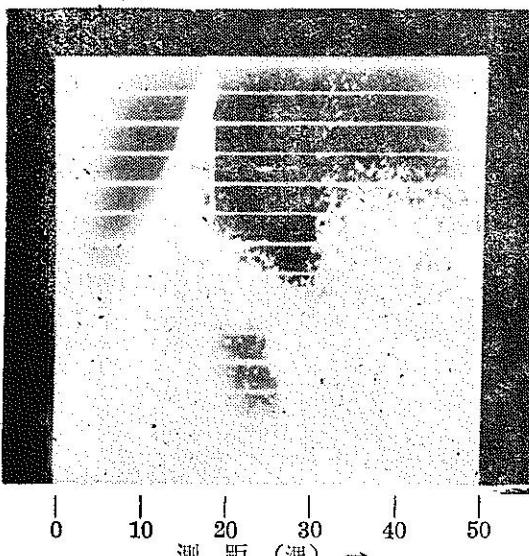


圖14：56年7月11日 0435Z，RHI電幕，測距50浬

這是圖13之剖面圖，顯示出在颱風眼之上層及下層都有降水。颱風眼垂直向西傾斜，圖中顯示向左傾斜。值得注意的是降雨斜面遮蓋颱風眼，這表示在颱風眼到達之前空氣較暖，而在後則較冷。這與大西洋颶風⁽³⁾之詳細分析有着密切相似性。花蓮地面紀錄證明了這一點。

04Z NNE 7.7m/s 乾球溫度 26.2°

05Z NNE 15.8m/s 乾球溫度 27.5° (最高溫度)

06Z NW 15.7m/s 乾球溫度 25.1°

07Z SE 19.2m/s 乾球溫度 25.0°

00Z 之 300mb 高空圖中也約略顯示出地面颱風眼位置到達之前在台灣北部上空有暖空氣存在。（圖25）。

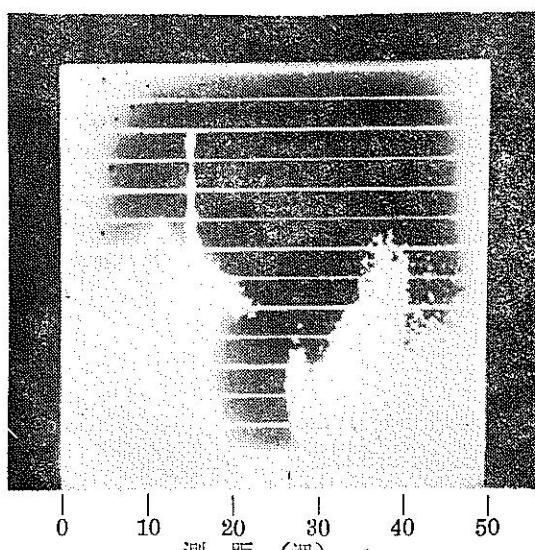


圖15：56年7月11日 0437Z，RHI電幕，距離標示50浬，信號減衰12db。

12db 之信號減衰除去較輕度降水回波，因此能觀察出清晰的牆雲高達 40,000 呎（圖中左上方狀如一串臘腸之回波係由波柱副葉所產生之偽回波）。牆雲在距離 50—100 浬處之回波強度平均為 60db，這相當於反射因數由 4×10^5 至 $1.5 \times 10^6 \text{ mm}^6/\text{m}^3$ 。假定 Z-I 之關係為 $Z=200I^{1.6}$ ，再加入距離修正因數，則估計牆雲處之最大降水強度當在每時 4 吋至每時 10 吋之間。

(3)La Seur & Hawkins 之 Cleo 颶風之分析 (1958)，是根據飛機偵察報告資料。參看天氣月刊 1963 年 10 月—12 月份第 91 卷第 10—12 號第 694—709 頁。

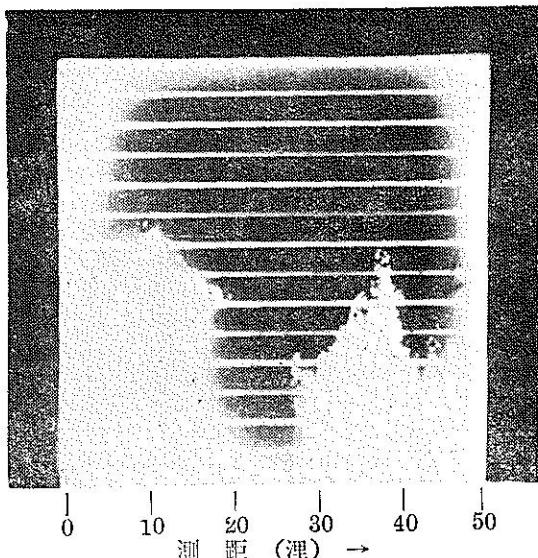


圖16：56年7月11日 0439Z，RHI電幕，測距50浬，信號已加減衰24db。

這是圖17之剖面圖。

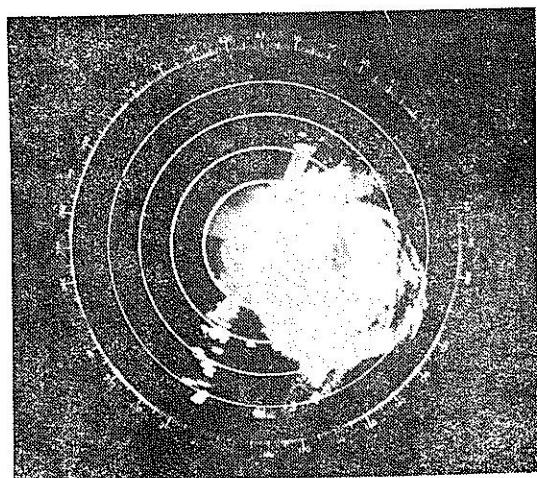


圖17：56年7月11日 0448Z，PPI電幕，測距50浬，光環標距10浬，信號減衰24db。

圓形颱風眼清楚地位於 097° ，22浬處。

此風暴已接近正圓形，平均直徑60浬。由雷達觀察顯示此颱風範圍已逐漸縮小，其縮小之照片程序如下：

10日 0842Z 其範圍約 14,000 平方浬

11日 1616Z 其範圍約 8,000 平方浬

11日 0337Z 其範圍約 3,800 平方浬

11日 0448Z 其範圍約 2,900 平方浬

花蓮雷達不能探測中央山脈以西之降水（山脈反射之白色回波出現在雷達站至方位角 205° 一帶）。西風氣流遇山而降蒙雨使得臺灣南部若干處發生水災（參看圖21）。吾人推斷至少有一部份降水發生於中央山脈之向風面，但花蓮雷達却無法探測。中央山脈以西地區 100 公厘等雨線所包括的範圍約有 5,000 平方浬，如加上 0448Z 雷達所探測之降雨範圍，就相當於 1616Z 雷達所探測之總降雨範圍了。

在此圖中近距離探測颱風眼之直徑約 12 涠。但在圖 3 中，颱風眼直徑却為 33 涠。這並不是颱風眼緊縮變小，而是圖 3 之測距為 150 涠，由於地球表面彎曲關係，雷達波柱祇能探測到颱風高處之故。這一個颱風中，颱風眼直徑在高空較低空為大（參看圖 16）；因此，在近距離探測時，颱風眼直徑顯得較小。

0615Z，颱風眼之西南部份直接通過雷達站。此風暴向西北西方向前進橫過臺灣本島，進入臺灣海峽後，大大地變弱。

花蓮地面氣象紀錄如下：

0600Z NW 15.7 m/s , 981.6 mb , $25.1^{\circ}/23.9^{\circ}$,
28.3mm (降水量)

0700Z SE 19.2 m/s , 984.5 mb , $25.0^{\circ}/24.7^{\circ}$,
48.0mm (降水量)

最大風陣— 38.0 m/s 發生在 0620Z

最大十分鐘平均風速— 21.7 m/s 發生在 0620Z

最低氣壓— 968.0 mb 發生在 0620Z

參看圖 22，B 圖片之颱風軌跡及等雨量線型與葛萊拉颱風實際所得者很相似，這顯示出在颱風路徑與其洪水之間存在着良好之相關。

三、結論

A. 預報人員對氣象雷達之效能及限制充分瞭解後，對他們日常工作會有很大之幫助。就熱帶風暴來說，雷達對臺灣氣象人員發佈颱風警報工作是不可缺少的。

B. 根據短時間之結果作過早之雷達颱風路徑外延預測將會導致預報重大錯誤（參看表 1，特別是在 0935Z 及 1616Z 兩次預測）。

C. 太平洋颱風內代表性之降水分佈區域應作更多之調查。

D. 臺灣所發生之洪水至少一部份係由於季候風遇着中央山脈上升降水所致，有些例子顯示與伴颱風

眼而行之本體降水無關。

E. 祇要颱風路徑預報合理正確，臺灣可能發生洪水之地區是能預測的（參看表 1 之 2122Z 之外延預測及圖22中之B 圖片路徑）。

F. 正確之颱風路徑預測可以算定可能發生洪水之區域，但不能作洪水是否會發生之決定。

G. 根據降水之可能性一颱風路徑及季候風影響

一以作洪水發生與否之決定，雷達規範必須建立。因此，本計劃中之第二座氣象雷達站之設立是非常需要。

四、感謝

氣象局工作人員對此研究工作之協助，本人非常感激。本人尤其對劉局長、湯副局長、周主任等在本計劃中不斷之努力，特別表示謝意。

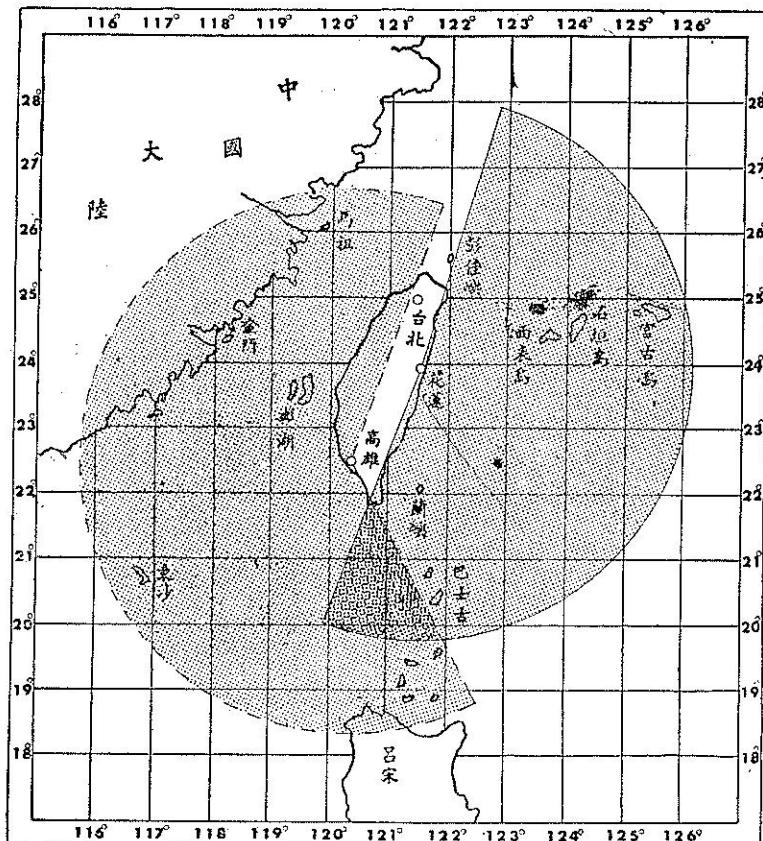


圖18：花蓮及高雄雷達位置及其雷達漸界範圍

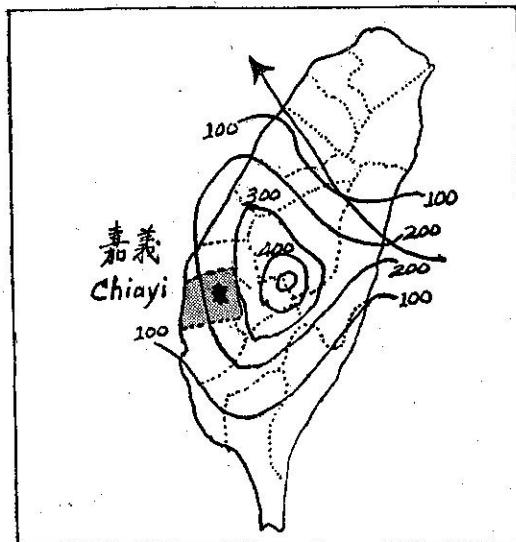
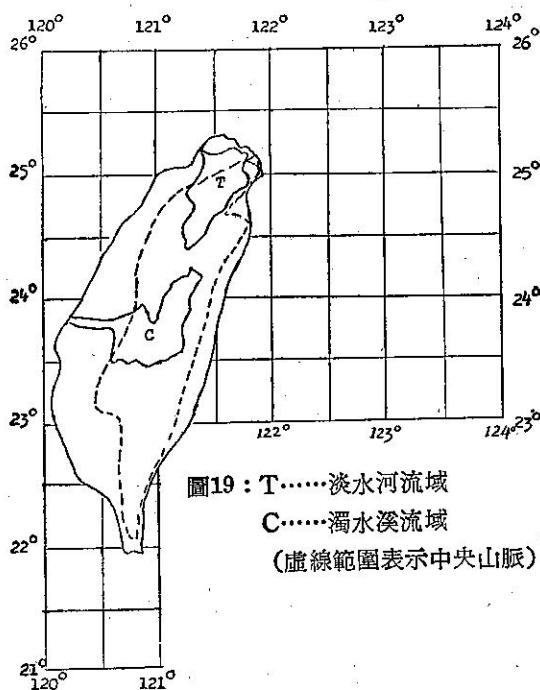


圖21：葛萊拉颱風過境之等降雨線（單位mm）

(嘉義附近之陰影區表示嚴重洪水區)

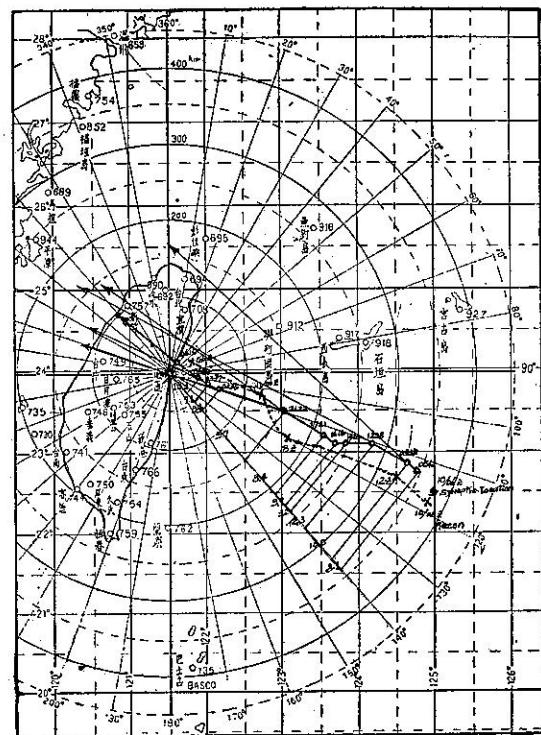
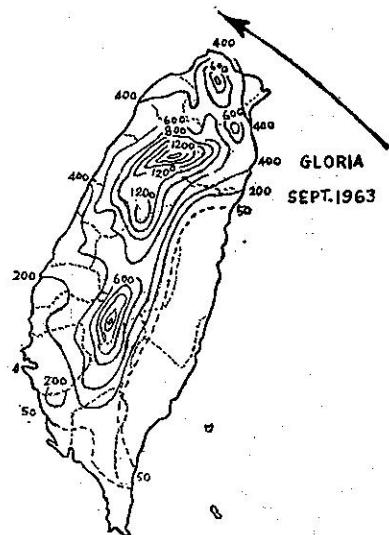


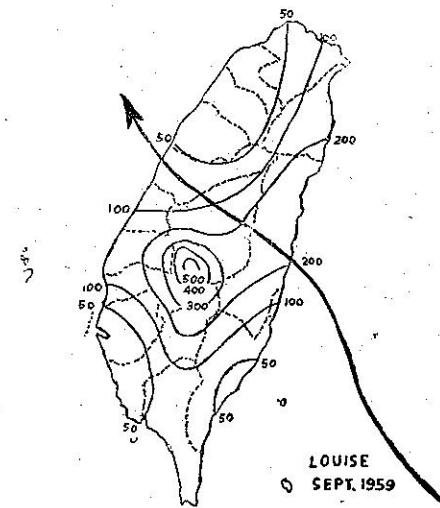
圖20：X 表示56年7月10-11日葛萊拉颱風之飛機報告路線

○ 表示雷達報告路線

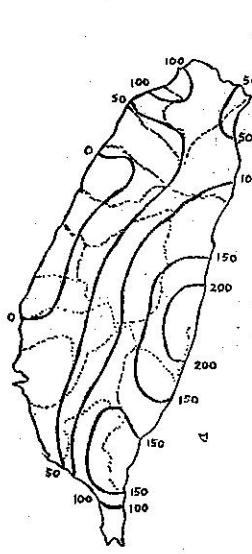
(圖中之時間係使用格林威治世界標準時；
環形標距單位公里；平均速度單位浬)



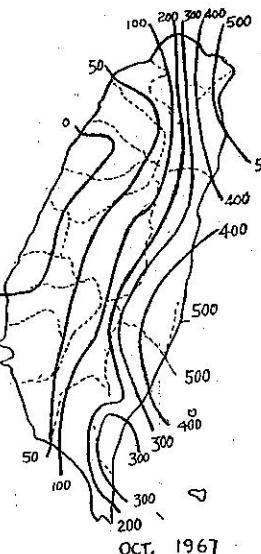
A. 颱風通過臺灣北部海面



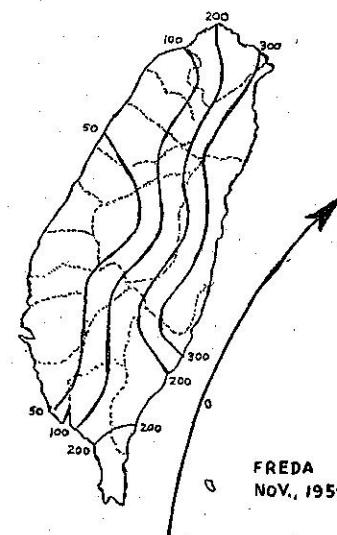
B. 颱風通過臺灣中部



C1. 颱風通過臺灣南方
海面向西北進行



C2. 颱風通過臺灣省南
方海面向西南進行



D. 颱風通過臺灣東海岸

圖22：臺灣省颱風經過時之豪雨分佈圖（氣象局周根泉製）

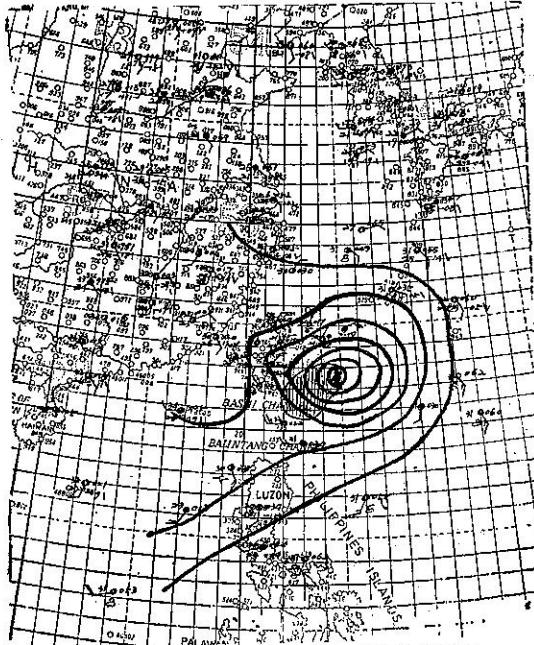


圖23：56年7月10日 0600Z，地面天氣圖
(斜線區是0842Z雷達降雨回波)

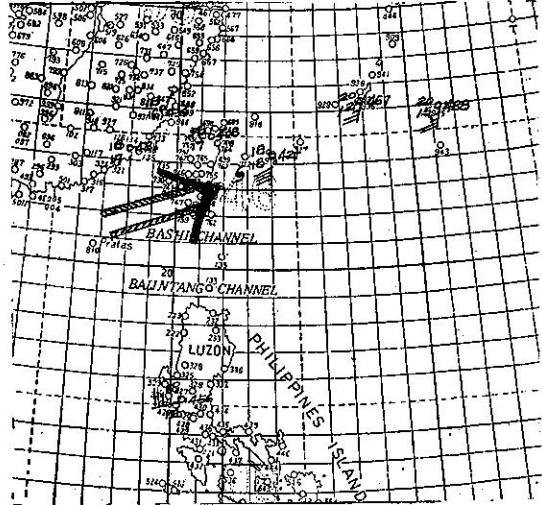


圖24B：56年7月11日 0000Z之850mb高空圖
(表示颱風眼之地面位置)

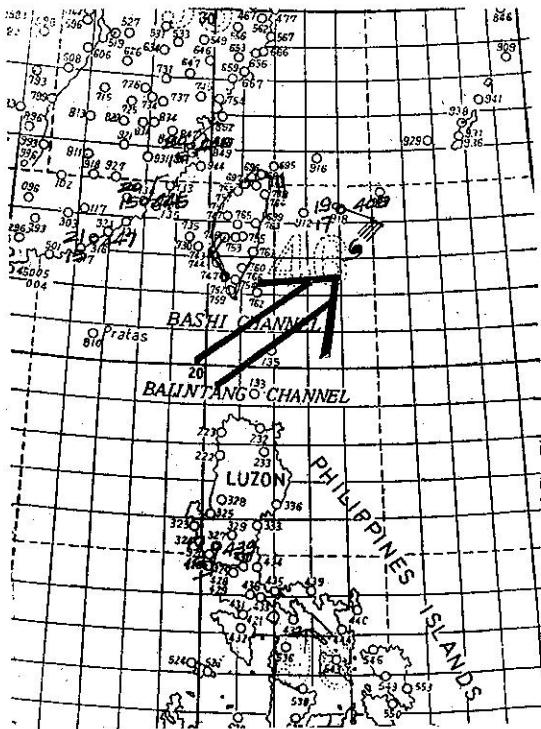


圖24A：56年7月10日 1200Z之850mb高空圖
(表示颱風眼之地面位置)

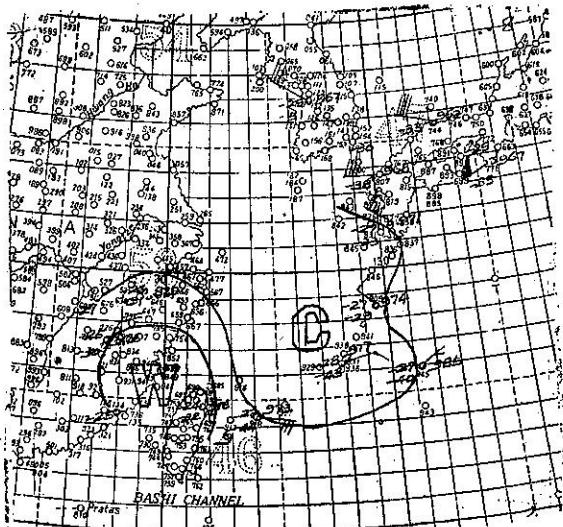


圖25：56年7月11日 0000Z之800mb高空圖
(表示颱風眼之地面位置)

表 1：葛萊拉颱風各時之實際位置與預測位置之比較

	距 離 偏 差	預 報 登 陸 時 間	實 際 登 陸 時 間
* 0935Z 時 外 延 法 預 測	off 120 km	11/0935	11/0615
1238Z 時 外 延 法 預 測	off 30 km	11/0338	11/0615
1420Z 時 外 延 法 預 測	off 100 km	11/0120	11/0615
1616Z 時 外 延 法 預 測	off 100 km	12/0816	11/0615
1721Z 時 外 延 法 預 測	off 30 km	11/0600	11/0615
2122Z 時 外 延 法 預 測	off 30 km	11/0720	11/0615
0235Z 時 外 延 法 預 測	off 20 km	11/0620	11/0615
0337Z 時 外 延 法 預 測	off 9 km	11/0700	11/0615
0448Z 時 外 延 法 預 測	On Target	11/0725	11/0615

* 由於過早外延法預測颱風路線的結果，吾人將獲得如圖22中之A圖片等降水線型。這與本次葛萊拉颱風之等降水型相差很遠。