

利用GMS亮度溫度估計颱風位置之初步研究

朱 曙 光 紀 水 上 鄒 中 惠

中央氣象局衛星站

摘 要

本文以 GMS 衛星紅外線頻道所測得之歐黛莎 (8511)、凱瑞 (8710) 及費南 (8706) 等三個颱風之數據資料，進行分析其雲頂數位值 (溫度)，以估計其中心位置。結果顯示，利用該法所得之中心位置優於其他衛星訂位結果。結果又顯示，高低層分離之低層中心為循低雲線向中心呈螺線旋入，螺線中心即為颱風之低層中心，或為氣旋式之高雲軸線和低雲軸線所包圍區內之幾何中心。不清晰眼型的位置則在高雲軸線所包圍之低雲暖區內溫度最高處即是。

一、前 言

氣候資料顯示，每年發生於西北太平洋及中國南海地區之颱風平均有 23 次，其中侵襲台灣者有 3.5 次。台灣地區每年因颱風侵襲而導致的災害，平均損失約新台幣 20 億元，人員傷亡分別為 317 人及 96 人，房屋全倒 386 間 (謝和陳，1985)，可見颱風所帶來的災害影響國計民生甚鉅。與寒潮、梅雨、乾旱並列為台灣四大災變天氣。鑒於颱風所導致的災害甚大，不論國內、外學者、專家均致力於颱風預報之研究。惟在過去 20 年間，該項研究偏重於路徑預報，而對颱風訂位之研究則相對地減少。然而，颱風中心訂位之準確度對颱風路徑預報和警報相當重要。

作業上，確定颱風中心之各種方法中，以飛機偵察位置最為準確可靠，但是所需費用相當可觀，尤其當颱風在遠洋地區時更不合經濟效益。由於近年來的努力，氣象衛星可取代能源危機和經濟因素而減少飛機偵測颱風之部分任務。因此，氣象衛星資料在颱風分析作業上扮演相當重要的角色。且自 1987 年 9 月 30 日後，美方所屬的颱風偵察飛機停止作業，使衛星資料在確定颱風中心位置，扮演更重要的角色。

1960 年代初期氣象學家已開始利用衛星雲圖分

析熱帶風暴。唯因當時一天僅有一張可見光 (visible ; 簡稱 VIS) 雲圖，僅能根據颱風的眼型、雲帶和雲型來決定其強度。雖然此種方法在大部分個案中可顯示其有用性，但當雲型不清晰或在短時間有顯著變化時，在作業上就無法提供有利的參考資料。1960 年代末期，除有品質較優之可見光雲圖外，尚有紅外線 (infrared ; 簡稱 IR) 雲圖，最令氣象人員雀躍的是地球同步氣象衛星的參與作業。因此，氣象學家可利用此等較高解析度之衛星雲圖從事熱帶氣旋生命史之研究。因為衛星資料之時間和空間解析度的增加，利用此種資料從事颱風方面之研究亦相對地增加 (例如 Dvorak, 1975 ; 1980; 1982; 1984a; 1984b; 紀, 1977; 洪等, 1982; 張等, 1983)。基於衛星亮度溫度對於雲系之分佈及組織有良好的指示，美日已開始利用此種資料從事颱風強度之研究 (例如 Gentry et. al., 1980; Motoki and Shimada, 1986; Muramatsu, 1983; Hunted et al., 1984)。但此種研究在我國尚未展開。

目前在確定颱風中心位置大都採用衛星紅外線色調強化 (enhanced infrared ; 簡稱 EIR) 雲圖，再以螺線 (spiral band) 順著颱風雲型調整至與螺線曲率最一致的環狀雲系，螺線中心即為颱風中心位置，此種訂位方法不但相當主觀而且遇

到不規則雲型或颱風中心高低層分離或颱風中心被冷雲覆蓋時，更不易確定其中心位置。白天因有可見光雲圖輔助，可訂出較準確的颱風中心，但夜晚僅有紅外線雲圖，由該法所訂出的中心位置將因紅外線雲圖不易顯示低層環流而反應的是上層環流雲系，因而與低層中心位置產生相差大的偏差，並因作業人員的輪替，亦使位置產生差距，因此，求得較客觀的颱風及準確的訂位方法，實是當務之急。

從衛星雲圖分析颱風雲型可歸納為眼型 (eye pattern)、緊彎曲雲帶 (tightly curved band)、彎曲雲帶型 (curved band)、高低層中心分離型 (shear pattern)、冷逗點型 (cold comma pattern) 及中心冷雲覆蓋型 (central cold cover pattern) 等六種。不同類型的颱風中心訂位方法稍有不同，其難易程度亦有差別。最容易判別的當然是有眼的颱風，而最難的則是中心冷雲覆蓋型及高低層中心分離型的颱風。本研究選取高低層中心分離型，低層中心型及不清晰眼型等較難確定颱風中心之三種類型，希望利用地球同步氣象衛星觀測颱風雲系之雲頂溫度分布，確定颱風中心位置，所得結果期能提供颱風作業參考，以減輕災害至最低限度。

二、資料與分析

經驗指出，熱帶氣旋雲型變化與其發展過程有密切關係：風暴發展初期，擾動之濃密冷雲呈彎曲雲帶且圍繞風暴中心，輕度颱風階段，濃密冷雲雲帶環繞颱風中心且可能形成颱風眼；更增強階段，濃密冷雲區擴大且圍繞颱風眼或颱風眼變得更清晰（更暖）。而亮度溫度之空間分布比雲圖更易分析雲系之中央濃密雲及螺旋狀雲帶，可藉以確定颱風中心位置，因此，本研究選取歐黛莎 (ODESSA 8511)、凱瑞颱風 (CARY, 8710) 及費南颱風 (VERNON, 8706) 等三個個案之GMS 衛星紅外線數據資料。透過電子計算機處理，再由印表機印出颱風附近的數據資料，並經人工分析出最能顯現出颱風中心的最可能位置。由於印表機每行僅能印 132 個字，且衛星雲圖之每一個像元 (pixel) 由三位數 (0 ~ 255) 表示，因此在一張報表紙上印

出之數值的範圍，最多僅能有 33 個像元，無法表現出颱風全貌。即使由三、四張報表紙合併，亦僅能列出颱風主要雲系部份。本文所採用之數據資料係經中央氣象局衛星站將類比信號轉換而成，以與全解像度在東西向 3 : 1 (三點取一點) 南北向 2 : 1 (二點取一點) 之格式錄於電腦磁帶中，因此其每個像元之解像度約 6 公里。本研究嘗試利用此併列之報表先分析出最能表現出颱風中心雲系之雲頂數位值 (digital count)，再由此值為依據，以符號顯現出颱風的全貌。然而，無論以數值或符號表示颱風，其所能涵蓋的範圍不大，無法包括完整的經緯度，且因目前中央氣象局所接收之GMS 衛星資料不含衛星導航 (navigation) 資料，不易計算出位置的確實經緯度。因此，本研究個案之一：1985年10月29~30日發生於太平洋地區之歐黛莎颱風個案，因其中心位置皆在 30°N 上下，所以由印表機印出的數值報表中，可約略地看出颱風中心的所在緯度。本文為將研究結果與其他衛星訂位結果比較，亦採用同時間之可見光，紅外線及紅外線色調強化雲圖。

三、結果

1 個案一 (高低層分離型)：

圖 1 及圖 2 分別為 1985 年 10 月 30 日 0900 UTC 之紅外線色調強化雲圖及雲頂數位值分佈。圖 1 顯示有三個颱風分別位在 34°N ; 140°E 之魯碧 (RUBY) 颱風，26°N ; 132°E 之派特 (PAT) 颱風及 30°N ; 126°E 之歐黛莎 (ODESSA) 颱風。此三個颱風中，以歐黛莎之中心位置最難確定，亦為本研究所取個案之一。由紅外線雲圖所得之颱風中心在 30.5°N ; 126.8°E。雲頂數位值分佈 (圖 2) 顯示，低雲線由雲之左邊 30°N 附近以氣旋式旋入 30°N 附近 (圖中之 X 處)；高雲軸線從該圖右上方西南伸至 30°E 北方附近區域。由該圖所訂之颱風位置在 30°N ; 126.1°E，與中央氣象局綜合各方資料所得之最佳位置相近，顯見由數位值分佈確定颱風中心位置實優於紅外線強化雲圖。

本文將該個案多次連續紅外線色調強化雲圖及雲頂數位值 (圖未示) 施行訂位，所得結果如表 1



圖 1 1985年10月30日0900UTC紅外線色調強化(BD 曲線)雲圖。

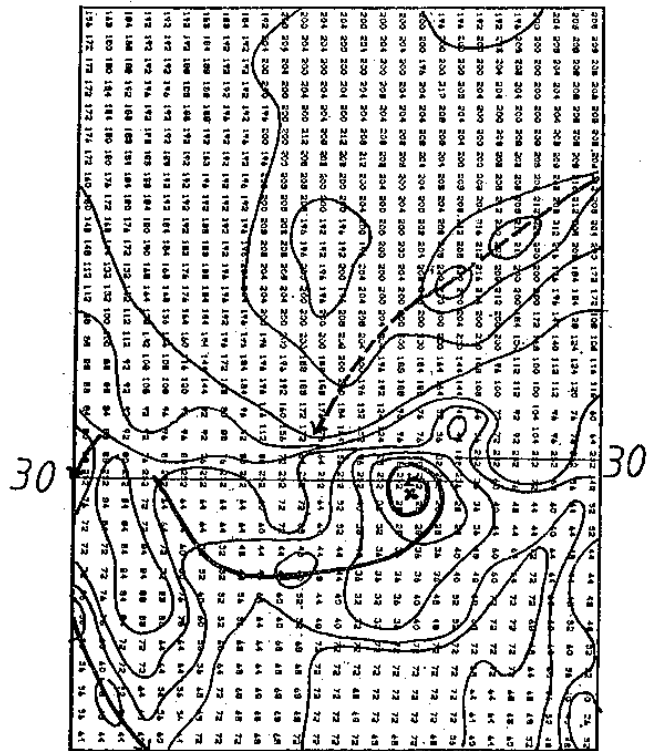


圖 2 1985年10月30日0900UTC雲頂數位值分布(實線:等數位線;粗實線:低數位軸線;粗虛線:高數位軸線),雲頂數位值高者代表雲頂溫度低,數位值低者為高溫。

。表 1 為經由中央氣象局綜合之最佳位置,紅外線色調強化雲圖訂位及本研究訂位結果之比較。該表顯示,在颱風強度較強(10月30日0300UTC之前,

表 1 1985年10月29-30日歐黛莎颱風之最佳位置紅外線色調強化雲圖及亮度溫度值訂位所得之緯度位置。

日期	時間(GMT)	最佳位置	紅外線色調強化雲圖	與最佳位置之差異	亮度溫度數值	與最佳位置之差異
10月29日	12	30.1	30.1	0.0	30.1	0.0
	16	30.2	30.5	0.3	30.2	0.0
	18	30.3	30.2	0.1	30.2	0.1
	21	30.3	30.2	0.1	30.4	0.1
	00	30.4	30.5	0.1	30.4	0.0
10月30日	03	30.3	30.5	0.2	30.3	0.0
	06	30.3	30.6	0.3	30.2	0.1
	09	30.0	30.5	0.5	30.0	0.0
	12	29.7			29.8	0.1
與最佳路徑差異之平均				0.2 緯度		0.03 緯度

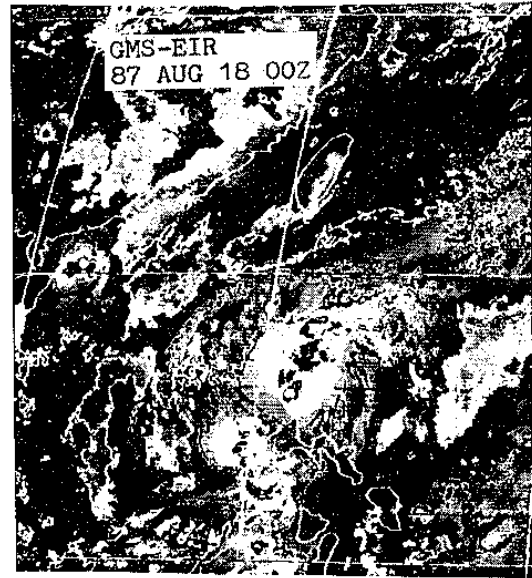
颱風中心氣壓低於 960 mb),中心位置在主要雲系內,三種訂位之結果大致相符。但隨著強度的減弱,颱風中心逐漸偏離主要雲系,若由紅外線衛星雲圖訂出之颱風位置產生了較大的誤差。產生誤差的主要原因係因為由紅外線衛星雲圖訂高低分離型之颱風,無法明顯的看出低層雲系因而容易被高雲頂之低溫所誤導,由亮度溫度訂位則可彌補此項缺失。藉著溫度值的分析,可描繪出低層雲系,進而查覺低層環流,因此能改善高低分離型颱風中心的訂位。由該表可得知,根據亮度溫度所訂出的位置與最佳位置近似。

2 個案二(低層中心型)

圖 3 為 1987 年 8 月 18 日 0000 UTC 凱瑞(GARY, 8710) 颱風之可見光(圖 3 a)紅外線(圖 3 b)及紅外線色調強化雲圖(圖 3 c)。此等雲圖中除可見光分辨颱風環流外,其餘兩者幾均無法看出颱風的低層環流,尤以未經色調強化之紅外線雲圖(圖 3 b)效果最差,若以該圖訂位將會產生相當大的誤差。雖然可見光雲圖在確定該型之中心可得到最準確的結果,但是此頻道僅在白天可資利用,夜間則須依賴紅外線雲圖,因此夜間之颱風訂位則倍加困難,所得結果更不能令人滿意。然而,衛星

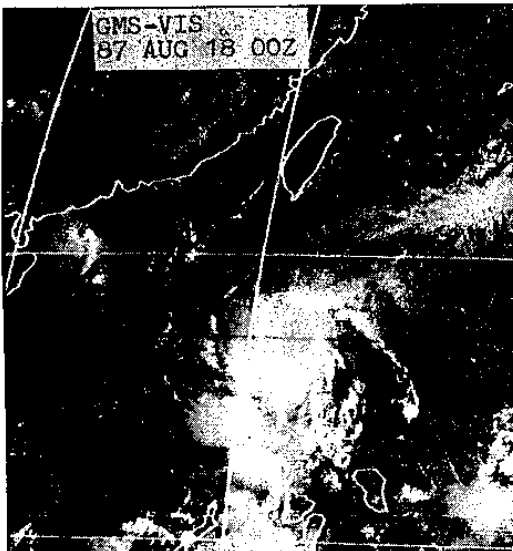
數字資料不但可彌補此種缺陷，甚至可得到更好的結果。圖4即為同時間颱風中心附近雲系之雲頂數位值分佈，該圖顯示一低雲線（低雲頂數位槽線）由該圖之右上方呈氣旋式旋入，高雲線（高雲頂數位脊線）在低雲線南方亦呈氣旋式旋入，颱風中心在此兩雲線所圍成之範圍內，如圖中之×。

6小時後，該颱風環流籠罩整個呂宋島，可見光及紅外線雲圖（圖5 a及圖5 b）雖可見環流，但雲圖相當廣，將颱風中心附近雲系污染，致不易確定颱風中心，詳細分析紅外線色調強化雲圖（圖5 c），在馬尼拉附近有一高雲中心（白色圓形雲系中之黑色部分，雲頂溫度約 -67.6°C ），在該高雲之東方有一低雲線存在，由此低雲線訂位可較前兩者準確，但若非詳細分析則不易察覺此對比不大

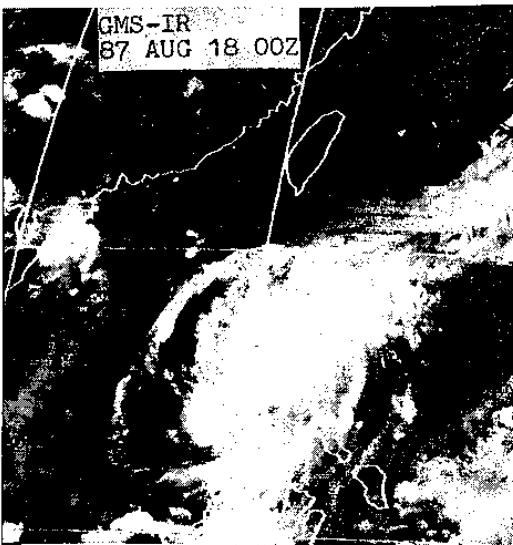


(c)

圖3 1987年8月18日0000UTC(a)可見光，(b)紅外線及(c)紅外線色調強化(BD 曲線)。



(a)



(b)

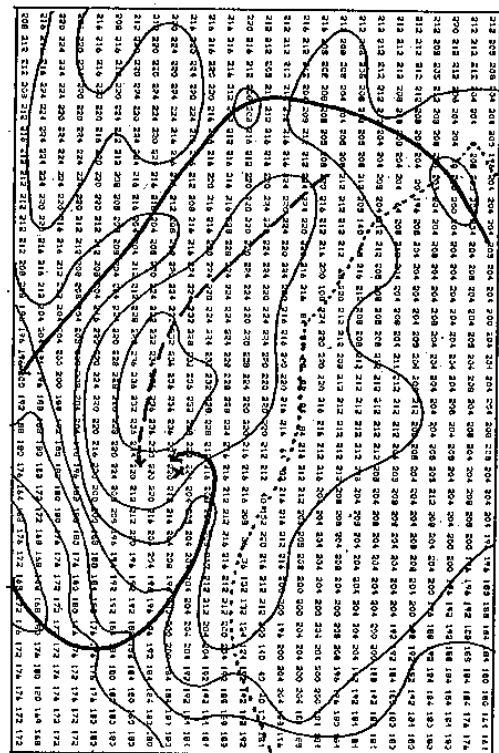


圖4 同圖2，但為1987年8月18日0000UTC(點線為菲律賓海岸線)。

之雲系。但由雲頂數位分布(圖6)，高雲低溫軸線由雲圖之西北象限呈氣旋式注入經呂宋島東方近海進入呂宋島東部；低雲高溫槽線自呂宋島東方海面呈氣旋式注入呂宋島至高雲低溫槽線東方，颱風中心即在此高雲低溫軸線和低雲高溫軸線所圍成之



(a)



(b)



(c)

圖5 同圖3，但為1987年8月18日0600UTC。

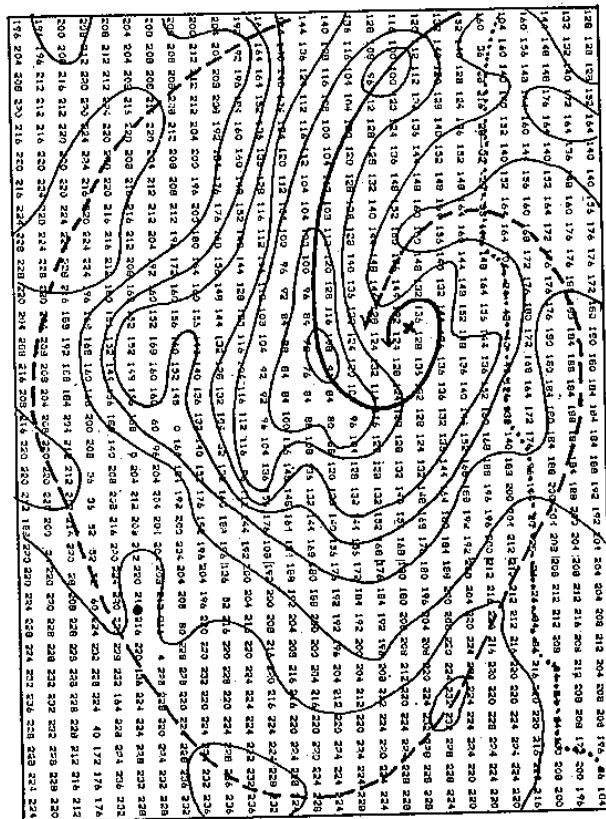


圖6 同圖2，但為1987年8月18日0600UTC(點線為菲律賓海岸線)。

範圍內。在該中心之西方之高數值(高雲)中心即為凱瑞颱風之高層中心。

3. 個案三(不清晰眼型)

颱風一旦發展至形成颱風眼時，其中心位置即非常容易確定且準確度亦高，即使是不清晰眼型亦然，因所訂位置之誤差尚在可接受範圍內。但當颱風侵襲一地區與否之關鍵時刻，颱風位置的準確度是相當重要的，本例即為該類颱風之一。圖7為費南(VERNON, 8706)颱風在1987年7月20日0600UTC衛星雲圖之雲貌。可見光雲圖(圖7a)顯示，颱風眼已出現，但為不清晰之ragged eye，該眼之直徑約為0.4個緯度。若以該圖訂中心可能在 20.3°N ； 124°E ，比較前3及前6小時位置(19.6°N ； 124.1°E 及 19.1°N ； 124.3°E)，則費南颱風將向北北西轉北進行，對台灣本土之威脅不大。若取眼之中央，誤差雖小，但該颱風亦向北北西

偏北進行。但實際上該颱風係向西北進行直撲台灣東北角。若由紅外線雲圖(圖7 b)及紅外線色調強化雲圖(圖7 c)訂位,結果亦難改進。雲頂數位值分析(圖8)顯示,高雲高數位軸線(高雲線)環繞低雲,造成一暖心結構等數位值 ~ 70 ($+2 \sim -0.4^\circ\text{C}$)成爲封閉曲線,該低數位值線(等高溫線)所圍成之區域,即爲颱風眼,而眼中最高溫度($\sim 4^\circ\text{C}$)(最低數值60)即爲颱風中心,該中心在 $20.3^\circ\text{N}; 123.7^\circ\text{E}$ (與中央氣象局所綜合之最佳位置相近),追蹤前3及6小時之位置,該颱風之軌跡呈西北走向,由未來路徑觀之,該位置實優於用其他三者所訂之位置。



(a)



(b)



(c)

圖7 同圖3,但爲1987年7月20日0600 UTC。

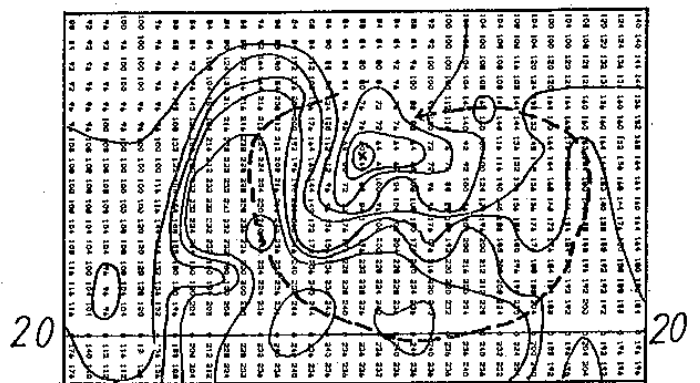


圖8 同圖2,但爲1987年7月20日0600 UTC。

四、討論及總結

氣象衛星雲圖所顯現的雲系分佈乃是反應出大氣各種尺度的動力和熱力的結果,所以颱風所引發之雲系特徵可在衛星雲圖上顯現出來。因此,衛星雲圖在颱風作業上提供不少的有用資料,尤其在颱風定位方面其功更不可沒。但是,它受颱風結構的影響,使其功能不易發揮,尤其在颱風發展及減弱階段,其高低層中心常有分離的現象(Huntley and Diercks, 1981)。此種高低層中心分離常在可見光雲圖顯現。雖然可見光雲圖具有此種能力,但是,該頻道受太陽角度和夜間無法觀測的影響,紅外線頻道雖可日夜觀測颱風動態,但低層環流常受高層冷雲覆蓋及吾人肉眼分辨能力的限制,不

易清晰地分辨低層環流。白天，我們合併使用可見光和紅外線雲圖，可得到較佳的颱風位置，但夜間僅可仰賴紅外線頻道，所得結果誤差甚大。本研究所提之方法似可彌補此等缺失。

雖然本文所用數位資料（或稱雲頂亮度溫度）所定之颱風位置未與飛機或雷達觀測資料（因無此等資料）比較，但經1987年颱風期間多次試驗，所得颱風位置令人滿意，唯所用的人力及時間相當可觀，即使僅取及分析颱風中心附近的數值資料就相當費時。此種方法雖在颱風警報作業上尚嫌太慢，但是確實可行，只要日後再繼續努力，發展此項技術為自動化。由上面之分析及討論，本研究所得的結果可歸納如下數點。

(1)在颱風較強階段，颱風中心位置在主要雲系之內，由雲圖和亮度溫度訂位結果相近，但隨著強度的減弱，颱風中心逐漸偏離主要雲系，紅外線雲圖所訂出的誤差就大，而由亮度溫度所定的位置與最佳位置相近。

(2)高低層分離之低層中心為循低雲線向中心呈螺旋旋入，螺旋中心即為颱風之低層中心，或為呈氣旋式之高雲軸線和低雲軸線所包圍區內。不清晰眼型的位置在高雲軸線包圍之低雲暖區，暖區內溫度最高處即是。

本文因受時間、人力的限制，以致無法對該研究作詳盡的分析，但所得的結果可證實利用亮度溫度研究颱風特性之可行性，甚或可發展為作業技術。由本文分析結果，至少有下列數點值得更進一步的研究。

(1)利用更多的個案並將颱風雲型及強度分類，求取用亮度溫度確定中心之方法。

(2)求取亮度溫度分布與颱風半徑之關係，進而研究對流雲系範圍（由雲頂溫度確定）變化與颱風中心附近風速之關係及發展客觀的估計強度之迴歸方程。

(3)由對流雲軸線之變化求取與颱風移動之關係。

致 謝

本文研撰期間承蘇敏惠小姐在中央氣象局衛星

站任職期間協助資料分析，預報中心提供颱風資料，在此一併致謝。本研究在中央氣象局七十六年度科技研究計畫 212 號支援下完成。

參考文獻

洪理強、李培君、丘台光，1982：運用紅外線色調強化雲圖估計颱風中心位置及強度。中範圍天氣系統研討會論文彙編，中央氣象局，5月6～8日，143-161。

紀水上，1977：衛星照片對颱風強度之分析與預報。交通建設第26卷第5期，16～22。

張領孝、朱曙光、林雨我、吳倩雯、丘台光、李培君，1983：建立氣象衛星資料估計颱風強度之技術。防災科技研究報告72～11號，行政院國科會，33頁。

謝信良、陳正改，1985：台灣地區氣象災害之調查研究。防災科技研究報告73—40號，行政院國科會，66頁。

Dvorak, V.F., 1975: Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery. Mon. Wea. Rev., 103, 420-430.

----, 1980: Tropical cyclone intensity analysis using enhanced infrared or VIS imagery. Applications Division Training Notes, NOAA/NESS, Washington, D.C., 20233, 23pp.

----, 1982: Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite visible or enhanced infrared imagery. Applications Laboratory Training Notes, NOAA/NESS, Washington, D.C., 20233. 41pp.

----, 1984a: Tropical cyclone intensity analysis using satellite data. NOAA Technical Report NESDIS 11, Washington, D.C., 47pp.

----, 1984b: Satellite observed upper level moisture patterns associated

- with tropical cyclone movement. 15th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. Jan.9-13, 1984. 163-168.
- Gentry, R. Cecil, Edward Rodgers, J. Steranka and William E. Shenk, 1980: Predicting tropical cyclone intensity using satellite-measured equivalent blackbody temperatures of cloud. Mon. Wea. Rev., 108,445-455.
- Hunter, H.E., Edward B. Rodgers and William E. Shenk, 1983: An objective method for forecasting tropical cyclone motion using Nimbus and NOAA-2 infrared measurements. Jour. Clim. and Appl. Meteor., 23,668-678.
- Huntley, J.K., J.W. Diercks. 1981: The occurrence of vertical tilt in the tropical. Mon. Wea. Rev., 109, 1689-1700.
- Motoki, T., and K. Shimada, 1986: Variations in the transition process from the tropical depression to the tropical storm observed by the GMS. Geophys. Mag., 42, 19-39.
- Muramatsu, T., 1983: Diurnal variations of satellite measured T_{bb} areal distribution and eye diameter of mature typhoons. J. Meteor. Soc. Japan, 61,77-90.

Preliminary Study on the Estimation of Typhoon Positions Using GMS Brightness Temperature

Shu-Gwun Chu Shui-Shang Chi Jong-Huey Tzou

Meteorological Satellite Ground Station

Central Weather Bureau

ABSTRACT

In this study, the digital data observed by GMS infrared channel are used to analyze the cloud top digital counts (temperature) of the three typhoons: Odessa (8511), Cary (8710) and Vernon (8706) so as to estimate their central positions. Results show that the positions set by GMS brightness temperature are better than those set by other satellite methods.

Results also show that the position of low-level for the upper-lower shear pattern was the center which spiraled along the low cloud line, or at the geometric center between the upper and lower cloud lines. The center of ragged eye pattern was at the highest temperature of the warm area encircled by the high cloud axis.