

# 熱帶氣旋之精密照相偵察

李宗暉譯

一九五六年至一九六〇年間，美國空軍氣象處與國家航空暨太空總署共同從事一項偵察計劃，以研究高層大氣。研究範圍之一，係包括用 U-2 飛機詳細觀測颱風。其法係利用照相記錄將若干熱帶渦旋在其發展之連續數天中，對其雲層攝取每隔不足一分鐘以至每隔數小時之連續照片，加以分析。此等分析證實各種渦旋形理論之正確，而此等渦旋型，迄今常為研究熱帶氣旋者所採用。

茲提供一九五八年九月二十五日愛達 (Ida) 颱風之照相三組。從此等由駐在日本 Atugusi 之第三氣象偵察中隊特遣隊所攝之照相、可簡明地看出熱帶氣旋之某種形態與動力之特徵。全部資料將由美國氣象學會刊行專論，本篇係摘錄其部份資料。

愛達颱風於九月二十日在關島以西二百哩處形成。二十七日午夜，其中心掠過東京國際機場，然後橫掃北海道而進入千島群島以南之海洋中。

據日本氣象所之紀錄，東京地區之降水總量達十六吋。僅東京一地之損失，總數幾達三百萬美元。就全日本而論，愛達使八百八十八人喪生，五十五萬六千人無家可歸，並泛濫了二十一萬一千英畝之耕地與稻作。

愛達颱風之地面最大風速為每時二百四十哩，平均為每時一百四十五哩，其颱風眼之最大直徑為四十哩。每時一百哩之暴風半徑達一百三十哩。在 700 毫巴高度 (約一萬英尺)，颱風眼之最高溫度達到 29.8°C/85.5°F。其最高露點則為 21°C/70°F。在其生命之整個過程中，颱風眼之地面氣壓平均為 948 毫巴/28.00吋，但在其最大強度時，海平面氣壓會降低至 872 毫巴/25.75吋。U-2 飛機會在此時刻之後一個小時對其攝有照片，故對此一最具破壞力颱風之內部構造，具有歷史性之新發現。

## A 組

愛達颱風之此組照相，顯示出颱風眼之螺旋形環流之構造 (圖一)。該颱風眼之放大照片如圖二所示。風暴之移動速度為每時十一哩，係向該圖之上略偏左之方向移動。偵察飛機之路徑係由頂至底。照圖片中左右兩側雲壁之圍繞形狀來看，此圖係正自圖中心垂直向下作圓柱形之拍攝而得。換言之，此圖不僅正為飛機飛過颱風眼時所攝取之全區照相，而且也是飛

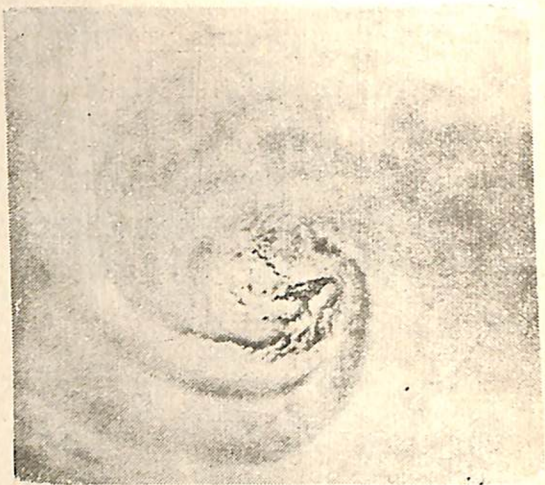


圖 一

機沿其航路所攝一套連續照片中之一。雖然在圖之中心其距離比例是正確的，但因係由飛機一點作透視，對中央及邊緣實際有視差。圖中東西兩側均接近於視界水平線邊緣，距圖之垂直正中心約差 80 至 100 哩。

如將雲帶精確的分析，可與某種對數螺旋曲線完全配合，吾人如從中心點之頂下望，並依風暴發展次序逐張判讀，則從如同圖一之各連續照相中，可以看出此種環繞中心作旋轉狀之雲帶，並無任何可測知之沿徑運動 (Radial motion) 存在。在圖一中，空氣之下沉運動，發生於螺旋形曲線之終點，正在颱風眼之後面。



圖 二

## B 組

從愛達颱風所攝之本組照相 (圖二、三、四)，簡明顯示出一個颱風眼之氣流旋轉構造，以及其傾斜



圖 三



圖 四

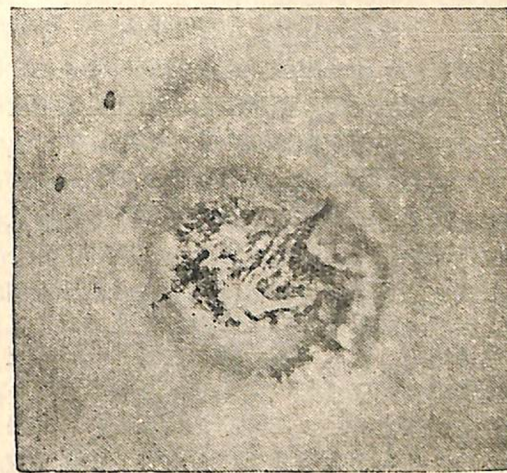
狀況。該颱風眼有 9.4 哩寬，65,000 呎高。由圖二至圖三之十一分鐘間，颱風眼內部之底業已旋轉 281 度。為便於比較計，圖三係順鐘向 (與旋轉方向相反) 轉換一個角度刊出。故圖二以上方為北，圖三則以左方為北。同理，圖四係轉回了 340 度，因為這個角度正是十四分鐘內由圖三至圖四所轉之度數。在這些圖中之颱風眼內，雲片之特徵與暴露之洋面，在照相中大約出現在相同之位置上；雲片之頂偶然達到 7,400 呎。在雲片之底，颱風眼之內部，約略呈顯一種如圓盤之轉動，形狀頗不完整且具有沿徑運動。在這兩個時期中，角速度由每分鐘 27 度減至每分鐘 24 度。沿颱風眼牆之底層內部部份明晰之雲隙上，有一股快速氣流將雲片予以滾動與擾動。

在圖二中，一個活躍之雲橋 (Cloudbridge) 自颱風眼牆後部之頂端向下伸入颱風眼之內部。在圖三與圖四中，該雲橋已變為不活躍且與眼牆分離。氣流之旋轉，已將颱風眼環流模式之特徵予以表明。往昔，吾人曾普遍假定從各象限向下注入颱風眼之氣流多少係屬於穩定而對稱者；然而此處之結果特別顯示出晴空氣流及雲塊下沉入中心時，猶如一股強烈具有週期性與定期之注射，越過眼牆後部之頂端或從該處射入中心內部，且常係射入中心之後部。

愛達之移動係向圖二之頂部，亦即約向圖三與圖四之左上方移動。吾人曾藉颱風眼內低雲頂之日影，以立體鏡頭照相由其水平長度，以測出眼牆之坡度。攝取此等圖片時之太陽仰角為 66 至 67 度。而太陽之方位角在圖二中係在左下方，在圖三中係在右方；在圖四中則在右上方。各圖中在雲片頂上之邊牆影線頗為明確。此等照相也顯示出該小而移動之颱風眼全然係圓柱狀，且有時略微有一點向前之傾斜；即在暴風前緣有一固定的外傾坡度。過去之颱風模型，眼牆有很多不同之構造：如開口向上呈圓錐形 (Bergerson and Palmén 氏之意見)；或垂直之圓柱狀 (Mateno 氏之意見)；或下部圓柱狀而上部圓錐狀 (Riehl 氏之意見)；或其前邊幾近垂直而後邊向外呈斜坡狀 (Malkus and Simpson 氏之意見)。

## C 組

愛達颱風之此組照相，簡要說明由精密照相偵察所得到一個颱風眼在形態動力學中之一分鐘變化。如複製之圖五 A 及



圖五 A



圖五 B 所示，飛機之路徑採取自左至右之直線，其方向係正對 220 度。故北方係在圖之左下方。在圖



圖五 B

五 A 中，照相之主要點係在颱風眼底之左邊，如複製圖中所示者然。在圖五 B 中，其主要點或鉛錘點係在颱風眼牆上部頂端環繞之雲壁外一英里處。由圖五 A 至圖五 B 間之時距恰為五十五秒鐘。此等圖片係左鉛錘點下於一瞬間攝取。圖五 A 及圖五 B 係飛機在該點正上方 69,200 英尺處透視所見。每一方格係 1×1 海里。用實線所畫之方格為直接之視界；虛線係受垂掛之雲或前傾之眼牆所遮蔽而模糊部份。實曲線標明了颱風眼之外界，一個係在其底（7,400 英尺之高度），而另一則在其頂（65,000 英尺）。在每一圖中，眼牆之邊均位於此等曲線之間。颱風眼底部，旋轉中心係以小圓圈標示在複製圖中。

從圖五 A 到圖五 B，吾人觀測到一種顯著之氣旋形旋轉，五十五秒鐘旋轉了 18 度。從每五十五秒鐘間隔連續十至十五分鐘所得之此類照相，可測知颱風眼之旋轉率。然而較此頗高角速度更為壯觀者，乃發生在颱風眼中之氣流迴轉運動。圖五 A 及圖五 B 顯示下沉之清澈空氣，如一股強烈之注射劑，從高起之眼牆右上部之頂端部份衝入颱風眼內，而且也係由此一部份，向下注入後部之颱風眼內。似瀑布般下注之空氣，沖激着颱風眼底之雲片，因而使受沖激雲片之頂位於 7,400 英尺，而懸浮之眼牆上部頂端，將大量之氣柱傾注入颱風眼中之高度，則達於 60,000 英尺。此一噴氣式之氣流迴轉運動，攪亂了底部以外似圓盤樣轉動之雲型。而且，在圖五 A 中，伸至海面之氣流，顯然使旋轉中心向前移動一英里之遙。一個氣流「管」之特寫鏡頭，係由圖六所顯示。此圖中之黑色部份係暗影所遮蔽之海洋。在 60,000 英尺高，從雲牆上部之頂端向內伸入之大雲塊係在右上方。此雲塊滾動與扇形之邊緣，表明了強烈之切力作用。

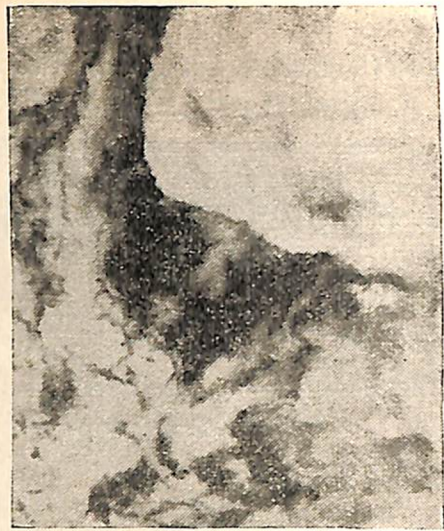


圖 六

吾人曾企圖就熱力學之觀點，以颱風中心一種部份熱預算 (Partial heat budget) 之說法，解釋此等氣流之動力程序。例如，此等說法主張內部儲藏之不安定能量，如何週期性地變為可用之能量，以交換或變更為能之作工形式，正如同其不安定之靜止平衡狀態，係受此等向下注入空氣，以近似絕熱下沉進入熱核心所引起之週期性攪動一樣。

幾如此一氣流旋轉構造之證明同樣非常值得注意者，乃圖一中所示 Rankine 氏渦旋運動之證明。仔細觀察圖五 A 中颱風眼底部之最左上方，吾人能見一小而部份清晰之雲際，位於該處眼牆之底部。如從圖五 A 之主要點所見，該區之特寫鏡頭即如圖七中所



圖 七

示。黑色部份係暗影遮蔽之海洋。此圖之左上部係垂直之雲牆內部；至於左下部，則為颱風眼底雲片之水平式頂。在眼牆內界，迅速流動之空氣，將雲片予以滾轉並攝動之。此一沿圓盤樣轉動中心超速運動之外緣，形成了外流之機械作用；並在潛能造成颱風眼之空氣與動力激起之雲牆間，形成氣塊及動量之交換。(完)