



深度颱風加強及減弱時期

颱風眼之變化

童文海譯

摘要

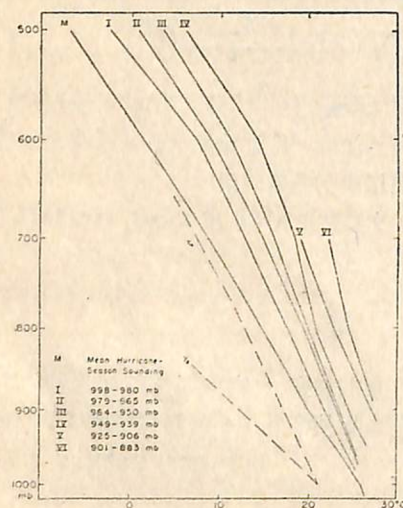
由飛機偵察報告分析極深度颱風（中心氣壓低於900mb）颱風眼內之溫度與濕度，在颱風發展至中心氣壓達最低時前後，有極顯著之變化。颱風加強其中心氣壓急降時期，颱風眼內特別乾熱，至中心氣壓達到最低後，颱風眼又轉呈涼而濕，其直減率約與濕絕熱率相近似。

颱風眼之大小與颱風之加強與減弱有關，颱風愈加深，颱風眼愈變小，至中心氣壓達最低時，颱風眼亦為最小。颱風眼內，雲之情況多變，惟與颱風強度變化時，颱風眼中之溫濕變化，尚無規律可循。

颱風眼中溫度變化似與颱風中心氣壓值變化之關係較微。因颱風眼內高層資料較少，但亦約可由其低層溫度與氣壓變化推斷高層溫度變化之關係。

一、前言

過去十五年來美海空軍對颱風作飛機偵察，已獲有甚多資料。在颱風範圍內厚雲暴雨中飛機所作觀測是否完整與可信，尚值研究。惟在颱風眼內多屬碧空，其水平溫度與氣壓梯度均不大，觀測報告必較可靠。過去此項資料雖多，但對颱風結構及其颱風發展之變化尚乏整理與綜合之報導。事實上颱風眼之變化頗大，可能對颱風發展極有關係。由飛機偵察及其所投擲探空儀探測報告可提供不少颱風眼溫度資料，但對濕度雲狀及颱風眼大小形狀等資料仍嫌不夠。故整理資料作綜合分析頗感困難。



圖一：颱風眼溫度平均曲線（按中心地面氣壓值區分為六類，M為颱風季中平均探空曲線， r_d 及 r_m 為乾濕絕熱線，供作比較者）。

由飛機投擲探空儀所測得之颱風眼溫度平均值（如圖一）顯示各深度颱風均呈較暖而穩定之情況。近地面層溫度變化甚小，即極深度颱風溫度亦相差不多，惟至高空則中心氣壓較低之颱風，溫度高出甚多。據實測最暖紀錄在500mb處曾有暖達 16°C 者，此已較該層一般平均溫度高出 25°C 之多。因飛機偵察僅限500及700mb層，對深度颱風700mb以上資料尤少，尚無法求其平均值。

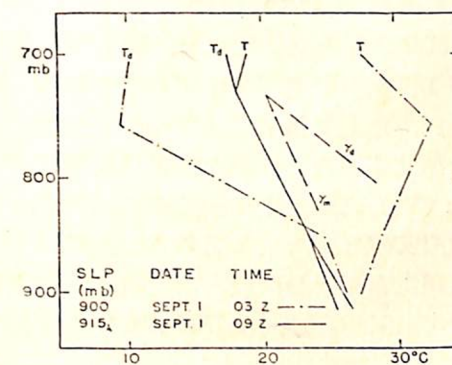
深度颱風500mb層增暖之現象，僅有四分之一係中心氣壓在降低者。可見高空不論地面氣壓變化如何，一般均係較暖。惟颱風中心500mb以上高空實測資料甚少，就地面探空站於颱風經過前所探測之100mb之風與溫度報告比較，多顯示無變化。但極深度颱風其高度發展高越100mb以上者則不然，如一中心海面氣壓低達880mb，高度發展至80mb之颱風，按推算其颱風眼中500-80mb高空之溫度應較一般熱帶情況高出約 15°C ，惟此尚待探空實測資料予以證實。

颱風眼之溫度高於四周實測溫度，亦較由地面按濕絕熱率推算之溫度為高，此必係由於下沉氣流所致。實測之颱風眼探空曲線與乾絕熱線相差甚大，惟其空氣濕汽含量頗高，可能係有四周邊緣之空氣混入所致。颱風眼中下降之空氣大部份可能即係由四周上升之空氣至某高度混入而成。究竟此種中高層混合情形如何重要，迄尚不詳。惟若干深度颱風其颱風眼中高空常有雲存在，值得注意。本文將予討論。

二、深度颱風眼探測實例

通常所知颱風中心氣壓極低時，其颱風眼均極乾熱。但各深度颱風之颱風眼中探空報告並非皆如此。有時前後僅差數小時所測得資料即有極大差異，曾令人困惑亦不易求算颱風眼之平均情況。此種差異以極深度颱風始較顯著，亦唯有深度颱風此種700mb以下之乾熱情況始有規則可循。

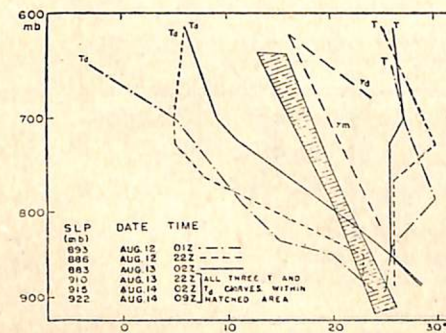
圖二為1958年颱風 Grace 實測紀錄，當時颱風尚在太平洋中距陸地甚遠，九月一日由03Z至09Z六



圖二：颱風 Grace 颱風眼中溫度露點曲線（投擲探空儀所測，虛線為乾濕絕熱線）

小時內中心氣壓由900mb升至915mb。其二次探空測報顯示有極顯著之變冷變濕現象。原在750mb處有明顯之逆溫，突即消失，溫度降低達 13°C 之多。其相對濕度亦由25%增至飽和狀態，全線呈濕絕熱率。如僅就颱風中心700mb以下變冷之情況分析，約有半數以上次數均係中心氣壓在上升者。初時有認為此項紀錄係錯誤者，且其次一探空報告既近乎濕絕熱率，可能係在颱風眼邊緣雲中所測得者，而非颱風眼中心情況。但兩次探空近地面層溫度幾乎相同，似應屬可靠。且事後根據其他多次探測紀錄均可證明該二紀錄確屬可信，足以代表深度颱風在減弱期之一般情況。

圖三為1953年颱風 Nina 之實測紀錄。亦可證實



圖三：颱風 Nina 颱風眼中溫度露點曲線（飛機投擲探空儀所測，長虛線為乾濕絕熱線）

在中心氣壓極低時颱風眼最乾熱，最低氣壓過後則轉為涼而濕。1953年8月12日0100Z起25小時內中心氣壓由893mb降至883mb，其三次探空溫度曲線均上下一致近乎等溫狀況。至8月13日0200Z以後20小時內，空氣即變為涼而濕。其後三次探空報告之溫度及露點曲線均在圖三之斜線區內。此時中心氣壓已由910mb升至922mb。此可證實颱風加深前後颱風眼內低層變化確如上述。至圖中以上高空情況因此時氣壓仍甚低（910-922mb），應仍維持較暖情況始較合理。

三、深度颱風眼一般綜合分析

就1950-1959十年間深度颱風（中心氣壓低於900mb者）之探空報告（颱風眼中飛機偵察投擲探空儀）搜集研究。此十年間大西洋區無此項深度颱風，太平洋區則計有十個，茲列如下表：

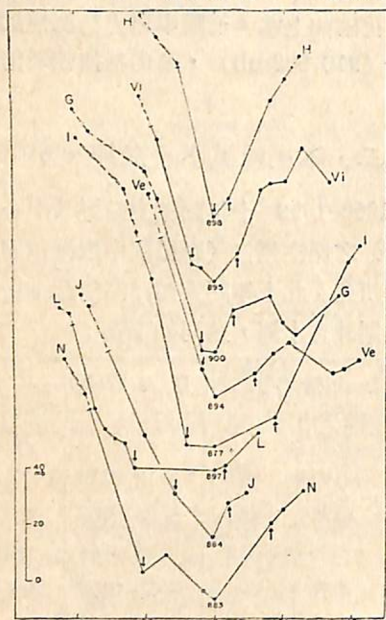
颱風名稱 (簡字)	年份	最低氣壓 (mb)	月日時(Z)	地點 北緯東經
Ida(I)	1958	877	9 24 0500	18.9 135.3
Nina(N)	1953	883	8 13 0230	18.7 136.8
Joan(J)	1959	884	8 28 2100	21.1 125.2
Ida	1954	888	8 28 0145	20.3 134.7
Vera(Ve)	1959	894	9 23 0600	19.6 142.9
Virginia(Vi)	1957	895	6 22 0900	15.0 127.8
LoLa(L)	1957	897	11 16 0800	13.7 140.4
Hester(H)	1957	898	10 8 0200	22.3 141.9
Grace(G)	1958	900	9 1 0300	16.9 130.8
Marge	1951	900	8 15 0200	19.7 136.0

上述十個颱風中除1954年Ida及1951年Marge二颱風該時之探空資料殘缺未予取用外，其餘八個颱風均就所有之颱風眼各次探空報告，在最低氣壓時之前後各取最近一次加以分析，以代表颱風在加強期及減弱期之變化情況，各該颱風當時均在海上離陸地甚遠，其最接近陸地者為颱風 Virginia 當時在菲律賓東方二百哩處。各颱風最低氣壓與選取探空報告情形如圖四。

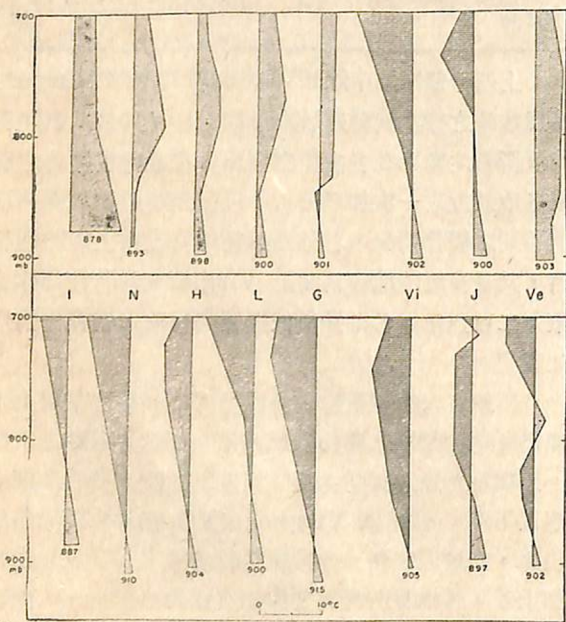
所選各次探空報告之溫度分析繪如圖五。圖上半部為颱風加強期之溫度情況，下半部為減弱期之情況。照圖示颱風加強時颱風眼溫度均增暖，減弱期則均溫度下降。惟颱風 Virginia (Vi) 在加強期無增溫現象，尚難以解釋。如按探空報告假定有空氣泡由地而上升，將推算所得溫度與探空實測溫度相比，則在颱風加強期各次分析，實測750mb溫度均較推算同處溫度高出 7°C - 10°C 。颱風減弱期則實測750mb溫度

無較推算溫度高出 2°C 以上者。八個颱風中有六個所示此項差數均不及 1°C 。如就實測溫度比較，颱風減弱後之探空報告顯示700-800mb間溫度已降低達 8°C 以上。此係僅指圖五之探空報告分析，作者曾取其他各次探空報告分析尚有較圖五所示差數更大者。

圖六為各颱風中心海面氣壓低於925mb時所有各次探空報告700mb溫度分析。在颱風達到其最低



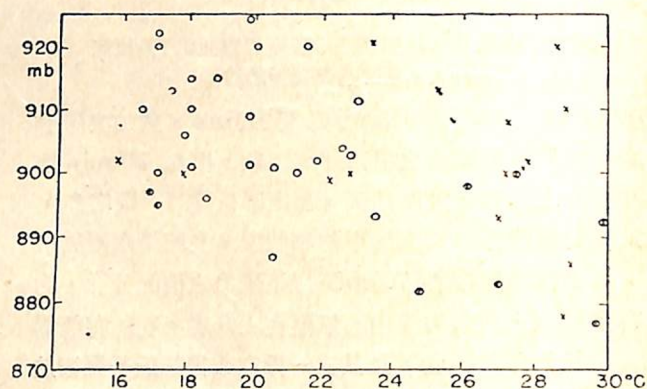
圖四：八個颱風氣壓變化曲線及探空報告時次（虛線表示氣壓已高於950mb向下箭頭表示所取颱風加強期之探空，向上箭頭表示所取颱風減弱期之探空。）



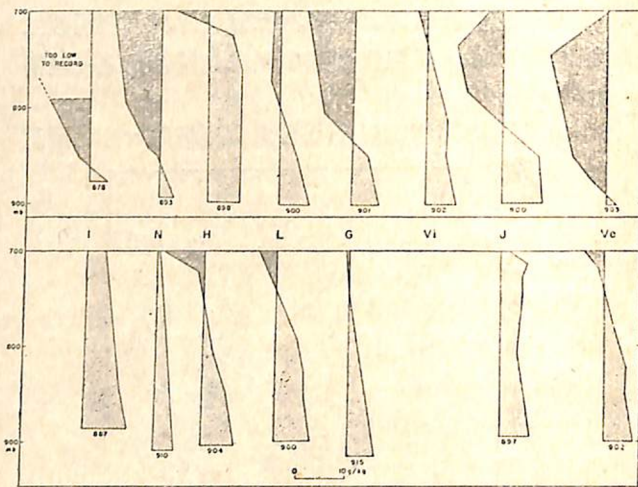
圖五：颱風眼溫度分析（黑點區為高於 25°C ，橫線區為低於 25°C ）

氣壓以前或正在最低氣壓時，颱風眼700mb溫度均高於 24°C ，至最低氣壓以後則均低於 22°C 。（24次報告中有20次均低於 22°C ）。更可證實上次溫度分析之正確。

颱風眼內濕度分析如圖七。係以實測水汽混合比值與 18g/kg 之差數繪出。圖上部為颱風加強期情況，大多表示濕度低，其相對濕度多在30%以下，並有低至15%者。至颱風減弱期（圖七之下半部）則濕度增大，若干報告均呈飽和現象。其中颱風Hester (H)之濕度報告在颱風加強期未見變小而反呈潮濕，此可能係因所選取探空報告係正在最低氣壓時（見上圖四），究竟最低氣壓出現於此報告之前抑以後不易判定，且無其他適合之探空報告可用或供比較。颱風Virginia (Vi)之濕度在加強期亦反呈潮濕，此可能係因當時溫度特低所致（參見圖五上半部Vi）。其減弱期該次探空濕度資料殘缺，未能繪出，但其後另一次探空報告仍顯示自地面至700mb幾均呈飽和情況



圖六：颱風眼中700mb溫度分析（×最低氣壓以前，○最低氣壓以後，⊗正在最低氣壓時）



圖七：颱風眼內水汽混合比分析（黑點區為高於 18g/kg ，橫線區為低於 18g/kg ）

。颱風Ida (I)在加深期颱風眼之溫濕分析，其極乾熱情況幾達地面，極為顯著。當時中心海面氣壓為878mb（極接近其最低氣壓值877mb），海面氣溫 33°C （ 92°F ），濕度50%。此為熱帶海面極異常情況，亦為僅有之海上颱風眼極特出情況紀錄。陸上颱風眼則已偶有此項紀錄。

四、颱風眼觀測資料

就上述颱風眼中溫濕變化情況似亦可推論颱風眼中之雲及颱風眼大小之變化。惟因飛機偵察報告對雲量觀測估計出入甚大。且飛機報告內容係指所見四周60哩範圍以內之情況，故其在颱風眼中之觀測報告，實際已包括颱風眼以外四壁之情況，故分析時儘量就飛機報告之附註或補充說明予以研判。惟此項資料既極稀少而不完整，內容整理亦甚困難，惟大多報告均說明颱風眼內確實有雲存在。與一般所認為深度颱風眼中多為晴朗天空無雲無雨之說，似非盡然。報告中部份述明雲狀，部份僅述明有雲，報明雲狀者大多均係積雲，次多為層積雲，亦有報告高層雲及卷雲者，至雲量變化則因無足夠資料分析，迄仍不能判定颱風加深與減弱期前後究有何重大區別及是否作有系統之變化。

飛機偵察颱風因能直接穿越颱風眼，故對颱風眼大小之觀察報告較為可信。通常多係用雷達觀測，惟按飛機在飛行高度（約700mb）所見與雷達所測大小無甚差別。颱風眼形狀，強度較弱之颱風多呈橢圓形，深強之颱風多呈圓形。通常颱風愈強其颱風眼均較小，按所有實測資料統計列如下表，可見中心氣壓低至

颱風眼直徑 (哩)	中心海面氣壓(mb)			
	≥980	979-950	949-920	>920
0 — 10	21%	21	26	33
11 — 20	33	27	19	39
21 — 30	25	21	21	29
>30	20	31	34	0
資料次數	118	118	77	55

920mb以下之颱風，颱風眼直徑在20哩以下者佔 $\frac{21}{31}$ ，無大於30哩者；反之較弱之颱風眼其直徑大於30哩者可達 $\frac{1}{3}$ 。本文前述之八個颱風，無一颱風眼大於20哩者，其中有六個颱風均在15哩以下。

颱風眼之大小變化與颱風之加強及減弱關係經統計列如下表：

可見颱風加深期颱風眼變小者佔 $\frac{21}{31}$ （或 $\frac{5}{8}$ ，深度颱風），平均減小約5哩，在颱風減弱期則有 $\frac{21}{29}$ 係

颱風眼變化次數	颱風加強期			颱風減弱期		
	增大	無變化	變小	增大	無變化	變小
所有颱風資料	8	2	21	21	4	4
≤900mb之颱風	2	1	5	5	1	1

增大，平均增大約8哩。此表資料係以颱風中心到達其最低氣壓時為準，在此時以前之一日視為加強期，其後一日視為減弱期，惟因颱風眼之大小與最低氣壓時間均非精確資料，但表中數字確已極明顯可供參考說明其一般趨勢。照一般動力理論分析，亦認為颱風眼應以在最低氣壓時為最小。

五、結 論

由以上資料分析已顯示深度颱風眼在颱風加強期，其低層特別乾熱，此必由於下沉運動所致，至颱風中心達到最低氣壓後，此低層下沉運動終止，颱風眼轉為低溫潮濕之情況；此種深度颱風眼低層之溫濕變化雖甚顯著，但當時之氣壓變差並不大，最多不過10mb，且至颱風減弱期後中心氣壓雖升高50mb之多，颱風眼中低層氣溫幾乎完全無變化。故僅由前述之深度颱風眼低層溫濕變化不能推斷颱風眼溫度構成之全部情形。惟颱風眼高空則應始終保持較暖，即在颱風減弱期中心氣壓回升，颱風眼低層轉涼時，其高層仍屬特暖，因颱風中心氣壓比較上仍屬特殊低壓，必須有暖空氣始可維持也。且颱風在行進中，颱風眼高層雖無強下沉運動，其高溫現象亦僅稍受輻射作用而散熱，應可保持高溫而維持颱風強度至一相當時間。由颱風發展之全部過程中看，上述之低層（700mb以下）颱風眼溫濕變化似與其高層無關。且除極深度颱風外，一般熱帶氣旋及弱颱風並無上述之變化現象，其低壓或颱風加強之發展純係由於高層增暖所致。

颱風眼內之溫度垂直遞減率在颱風加強期均較濕絕熱率更為穩定，至減弱期則其低層極近濕絕熱率，此可能並非由於上升運動而係因颱風眼中雲之蒸發所致。照飛機偵察颱風眼之報導，均認為眼內低層多數均有大量之雲，吾人雖尚不能詳確判定是否或如何由颱風眼四周雲壁之雲混入眼內，但就所報導之雲多甚低，有僅高600呎，且均似極穩定，有呈環繞帶狀分佈者，中心之雲發展較高，四周邊緣弱小，似可推論颱風眼內低層四周有下沉作用，中心則有上升作用，雖在平均氣流為下降運動情況下，仍有直展性雲出現。