

熱帶氣流分析之重要性

WHY DO WIND ANALYSIS

謝德勤 著
陳毓雷 譯

壹、緒言

承「中美空軍氣象學術研討會」邀請參加，囑就熱帶區域內氣壓場，氣流場分析孰優孰劣之問題作一專論。本人欣然從命，蓋此一問題爭議頗多，允宜加以澄清。我人可先問，「氣壓分析之作用何在？」對完整之分析而言，氣壓場、氣流場固不應偏廢，並宜相互核對，使其二者符合一致。惟對氣象勤務而言，似應自實際觀點加以考慮。我人皆知天氣預報之實務必須分為兩個步驟作業：先對大氣現況「瞭解」，然後「預報」。前者係對大氣狀態當時之分析，後者則為未來演變之推斷。譬諸醫病，必會診察（Diagnosis）在先，診治在後。若夫診斷略且未明，遑論預測病情發展而處方診治！今對大氣亦然。欲「診察」大氣當時狀態，通常皆由大氣瞬時之組成及運動着手分析，視其空間分布情形若何。設在大致水平之各層空氣面上從事運動場之分析，空氣在三度空間內之流動即可知其梗概，從而可探索組成場及運動場間之相關性。緣兩者之分析苟皆正確，應可藉動力程序解釋何以該運動場必然產生該組成場。至此，「診察」階段告竣。下一步驟即可開始預報矣。然本文之目的不在預報而在前一階段，蓋運動場之分析有直接、間接兩法，究應何取何從，當待研討。間接方法採某一氣象參數分析其等值線，一般均以重力位高度，氣壓或位溫為之。然後根據白貝羅定律或地轉風假設推知其運動場。其結果理論上自應正確，然往往未必。直接方法則唯風是問，亦即運動場本身之直接分析，若更以氣壓，氣溫之分布參證，其結果必較間接法可靠，殆無疑義。

本人曾以同一問題徵詢無數在熱帶地區從事繪圖分析（當然亦負預報職責）實際工作之氣象單位，「貴台何以仍採用氣壓分析？」答覆不外氣壓場分析省時易繪，故採用之以省氣流（風）場分析之繁云云。此誠捨本逐末之論，等壓線縱屬易繪，亦僅手段而非目的。我人應問何種分析最能達成預報

任務？預報之主要任務為何？以目前大多數人之需要而言，約有下列三項：

- 一、飛行高度上之風（尤以噴射機為主）。
- 二、航線沿途，終站或目標區之雲狀遮蔽及顯著天氣。
- 三、飛行高度或地面具有潛在破壞性之劇烈天氣預警。

本人及哈里斯中校之論文（見「冬末季風期中南半島東北部良好天氣之預報」一文，亦在本集中）旨在說明欲達成上述預報任務之最佳途徑厥維詳盡之氣流場分析是賴。

本文主要將剖析氣流分析之優點，並擇數例說明其在熱帶氣象問題上之利用價值。哈里斯中校討論東北季風一文亦屬有力佐證。彼說明即令冬季期內，越南、華南沿海及南海一帶良好天氣型之演化及其預報必須藉氣流分析始能加以闡釋，舍此別無他途可循。

貳、氣流分析之兩大優點

一、資料較易獲得。

熱帶地區向以氣象資料匱乏為苦，熱帶洋面尤甚。但近年來氣象觀測情況大見改善，且大部密集於地表及對流層上部。前者由船舶供應，後者則因噴射客機空運日繁之故。不論報告來源屬何，觀測項目中最足信賴在厥維風向風速。至如船舶測報之氣壓值在熱帶區域言，誤差太大，誠乏價值可言。

二、資料較具準確性及代表性。

日變化及地方性均能影響地面氣壓值。無線電探空所計算之定壓層高度亦有誤差。且其大小與系統移行所致之氣壓（或高度）變化大小範圍大略相仿。加之熱帶氣壓（高度）場之梯度本極微小，因此氣壓分析非但不是以代表熱帶天氣系統之實況，有時甚至背道而馳。

上述缺點令人不敢貿然採信等壓（高）分析。反觀雷文（測風）雖與雷送（探空壓溫）觀測

同時進行，惟高空風資料之準確性則遠勝之。試以圖一說明。該圖顯示熱帶信風範圍內風之典型垂直結構（如欲表示西南季風地區，祇須將此圖取其鏡反射即可，亦即原曲線之對稱形狀）。我人日常分析之高度層約為對流層下部及上部，由圖一知在700mb及200mb之附近，即使高度誤差達千呎之鉅，風向風速仍可維持相當準確。同圖亦說明何以在熱帶範圍內氣流分析不宜施於500mb層之理由。

叁、利用氣流分析於熱帶氣象問題 三例

一、熱帶平均圖

在熱帶地區無論從事預報業務或研究工作，對該區大氣環流月平均之概念必不可少。尤其熱帶與中緯、高緯地區不同，除成熟之熱帶氣旋外，並無井然有序之移動系統。故逐日之環流型式易與平均型式近似。又，以大範圍言，平均型式具有強烈之持久性。縱有變化，為時亦暫。微小之型式轉變固極易恢復原狀；即屬鉅大轉變例如颱風之發展、移動、衰老過程，亦終必回復平均型式。此種持久性與高緯度長派駐型頗相類似。

夏威夷大學與美空軍第一氣象聯隊曾合作從事一項「東南亞研究計劃」，並獲空軍創橋研究實驗所（AFCL）支援，根據最新資料繪成六種高度層上（自梯度風層迄200mb止）之氣流分析圖，包括70°E—140°E，35°N—20°S之地區範圍。主要資料係取自國際印度洋探測隊之氣象部門。該探測計劃亦由夏大主持，國家科學基金會支援。整套氣流分析圖完成後業經分發空軍、海軍氣象中心及駐西太平洋、東南亞地區內之氣象單位使用。有關單位苟能善加利用，並配合衛星雲圖供給之平均雲態，必獲優異效果。本人另一專題「印度與東南亞區西南季風發展期之平均環流與雲之分析」（該文亦經譯刊本集，請參閱。）運用上述平均圖研究西南季風初臨時之有關問題頗有收穫，即屬一例。

然則，平均定壓面圖（等高線分析）何以不能顯示熱帶大氣環流之合理型態？逐日探空報告之高度值容有誤差，然經長期平均後豈不能相互沖銷？此問題似甚合於邏輯。唯證之事實，答案

仍為否定。所謂事實，可用完全相同之時間及資料分別作平均氣流場與平均高度場之比較。熱帶內探空網最稠密之區域首推印度至太平洋一帶，復以該區域在夏季由西南季風所控制，氣壓梯度亦較顯著。故作者特選取該區七月份之兩種平均圖對照，諒可十分符合，而事實則不盡然。圖二至圖五分別為700mb及500mb兩層七月份之兩種平均圖。對照之下，見印度半島之強烈季風低壓及西太平洋之副熱帶高壓脊均甚明顯，位置亦相符合。然審視其南地區即可察知氣流場及氣壓（高度）場並不符合。東南亞地區自白萊爾港迤西經西貢迄馬來半島一帶之不符情形尤甚。例如根據高度分析，馬來半島上確有一高壓中心，則其東方應有東北向之風，此與實際風向正相矛盾。又如菲律賓羣島東南方之雅浦、帛琉兩島均有十五年以上之探空紀錄，應可徵信。茲以高度分析論，700mb及500mb上之平均高度均顯示帛琉島之值較高（帛琉在雅浦之西南方），按理風向應為西北，然事實上兩島之風向同為東南。

其他矛盾之處尚多，不難自圖二與圖三或圖四與圖五比較得之。總之，作者認為藉等壓（高）分析無法獲得一合理而切合實用之熱帶大氣環流真相，於此可得證明。

二、利用飛機報告求知熱帶平均環流。

現代之噴射機大部皆有電子導航裝備，對於對流層上部之風之觀測頗為精確。此種飛機報告（PIREPS）資料彌足珍貴，大可利用於氣流場分析。尤以近年來報告既多，紀錄年數亦已累積甚長（一九六〇年迄今），全球規模之上部對流層平均環流已可藉PIREPS內之高空資料加以詳盡之氣流分析而獲一全貌。舉八、九兩圖為例，即係利用九年（一九六〇至一九六八）之PIREPS及雷文資料完成之東太平洋區域200mb層平均氣流分析。前者為七月份平均，後者為一月份平均，飛行高度均在37,000呎至42,000呎間。來自其餘飛行高度之PIREPS則可用於其他定壓層分析。例如27,000呎至32,000呎者用於300mb分析，33,000呎至36,000呎者用於250mb等。近頃以噴射客機多在35,000呎左右之高度飛，250mb上之PIREPS為數尤眾，故該層之氣流分析可將環流細節表露無遺，遠勝250mb上之高度分析。

茲就圖八、圖九解釋若干前所未知之細節如

下：夏季北半球顯示有一雙脊系統存在，雙脊之間自屬槽線（參考文獻4）。於圖八中可獲悉該系統如何橫亘太平洋之詳情。在中太平洋中，靠南之脊線始於15°N關島附近，先南折穿越180°換日線處約為7°N，復向北轉至135°W處又在15°N，此後直指下加利福尼亞半島，並穿越墨西哥北部而伸入美國西南部。本人在一九六二年論文內曾指出此脊線將繼續向東延展，經美國南部而入西大西洋，約當30°N。最後終於東大西洋內約40°N處。另一脊線在圖八中僅見其首尾兩截。在東太平洋與中美洲一帶為其尾部，正在15°N緯度上，此後向南穿越南美洲北部處，約當10°N。然後越出本圖範圍，唯據作者一九六二上述論文，知此脊線繼續延伸至中大西洋處，約當15°N，進入非洲大陸處，約當21°N，又東越亞洲為30°N，入西太平洋約當30°N，最後又可在圖八左方見其抵達換日線處為33°N。此後則如龍尾北掉，止於165°W，50°N處。此雙脊系統體系完整，大致呈螺旋形。其間之槽即所謂「熱帶上部對流層槽」。（tropical upper troposphere trough，簡稱TUTT，以下準此。）圖八中之TUTT在北太平洋中起自加拿大西海岸外，向西南延伸越換日線處約當25°N，迄150°E經線約在18°N。本例中之此一TUTT至西太平洋關島以北而止。然查閱逐日分析圖，此種槽線廣續西行至中國，東南亞一帶之情形亦屢見不鮮。另一TUTT主體在北大西洋，但其西梢亦可見於本圖中，即圖八右方始現於墨西哥灣，穿越中美洲各國，然後進入東太平洋約20°N處之一段尾部是也。在逐日分析圖上，此兩TUTT亦常首尾相啣於東太平洋區域，致構成一東西走向，圍繞地球達四分之三，起自非洲迄於中國之「萬里長槽」（高空槽）。

南半球是否亦有類似之夏季TUTT出現？此一疑問早經參出。今在圖九中已可確證其存在，並知其平均之位置，走向等（圖九為一月平均氣流分析，南半球之夏季）。此外，圖九並提供值得注意之一月份氣流特性如下：

(一)南北半球之副熱帶脊線均止於換日線附近。此去往東直至南美洲一帶，東分風無復出現，悉為西風帶所控制。

(二)北半球之噴射氣流在西太平洋上勢盛力

強，迨入東太平洋後則銷聲匿跡，竟無踪跡可尋。東、西太平洋上空之氣候學特徵截然不同，有如此者。

三、熱帶上部對流層槽（TUTT）

TUTT在夏季之太平洋西部往往構成預報上主要困擾。此高空槽與颱風各項有關問題究竟關係若何，我人所知甚少。例如下列問題。

(一)TUTT與颱風初生階段有無關連？

作者曾著文（參考文獻1）認為渦流可能直接導源於此，造成以後發展，成熟而為颱風之機會。又，TUTT甚可能誘導低空槽轉趨活躍，而颱風每發源於地（海）面槽線上，故其對颱風生成之間接關係亦甚重要。

(二)對颱風之移行有無影響？

作者認為當颱風呈現詭異行徑時，如逡巡不進或迴旋繞圈等情形，TUTT難辭其咎。對台灣區而言，此類問題深感棘手，亟宜詳加考慮，綴結或即在此。

TUTT對其他重要而實用之問題亦具關鍵作用，如噴射機巡航高度上之高空風及獨立卷雲等預報問題。由圖六及圖七可說明台灣上空200mq風向如何隨高空槽之移動而作180°之改變。一九六四年八月十四日（圖六）200mb高度上，中度東風廣被琉球、台灣、香港一帶。迨翌日（圖七）港，台風向頓轉為中度西風。此種改變之唯一解釋乃TUTT槽線有一氣旋式小系統向西移動所致。

TUTT之值得重視，其主要原因在於其性質尚未充份瞭解。一如緒言內所述，若對天氣現象之「瞭解」獨自不足，遑論進一步之理論推演與預報。等高分分析對TUTT正確位置之決定無能為力，已屬明顯之事實。故惟流線分析堪當斯任。苟能儘量利用日益龐大之PIREPS並聯合衛星觀測資料，則TUTT之合理分析應無困難。

肆、結語

熱帶氣象學領域內正在進行種種革新，然迄目前為止仍以增進「瞭解」為主。質、量日增之衛星氣象觀測尤能促進此種瞭解，蓋衛星能攝雲圖，亦能間接測得其他資料，使我人獲知大氣組成場之智能。不僅如此，衛星料能進一步從事高、低不同層次上風之估計，因而推斷分析大氣之運動場。若更

以質，量俱增之飛機報告配合衛星資料運用，則相得益彰，對氣流場之直接分析必能充份發揮效果。

本人已就若干熱帶氣象問題加以扼要討論，旨在說明直接風場分析乃解決問題之最佳途徑。熱帶問題頭緒紛繁，固不限於本文所述，尚有其他例證詳盡闡述如何利用較佳之天氣分析方法（按即指氣流分析）以獲致較佳之熱帶預報效果，請參閱作者及哈里斯中校合作之「東南亞研究報告集」。（參考文獻2、3、5）

最後，謹以下列三點作為本文結論。

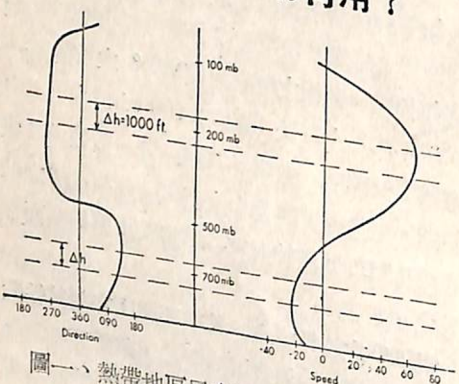
一、熱帶及赤道地區之定壓層高度值，其精確度近期内甚少改進可能。

二、上述地區內之風向，風速報告則無論質與量均在與日俱進中。

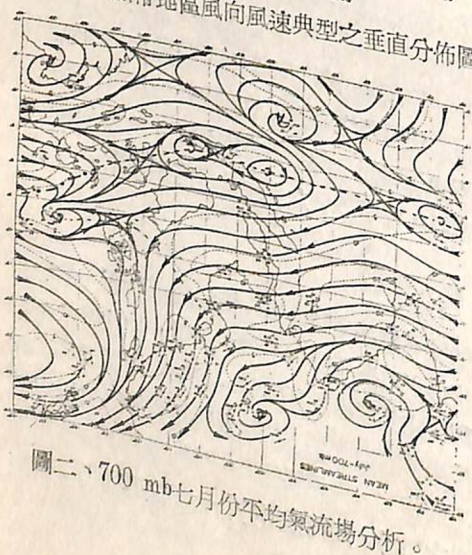
三、熱帶地區內之氣象工作，不論其為實際預報業務或理論研究，從未自等高線分析獲致任何實質效果。

然則，

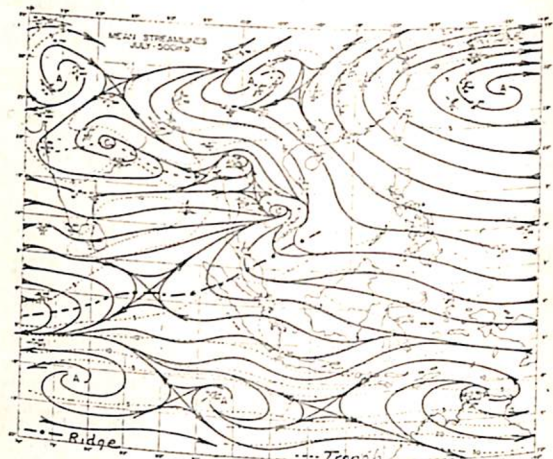
等高線分析究有何用？



圖一、熱帶地區風向風速典型之垂直分佈圖。



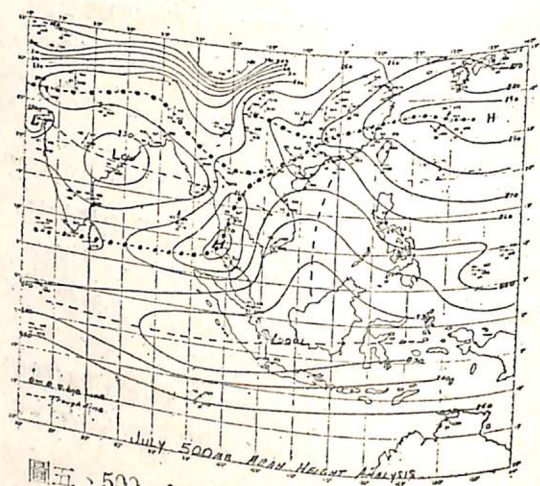
圖二、700 mb七月份平均氣流場分析。



圖三、700 mb七月份平均高度場分析。



圖四、500 mb七月份平均氣流場分析。



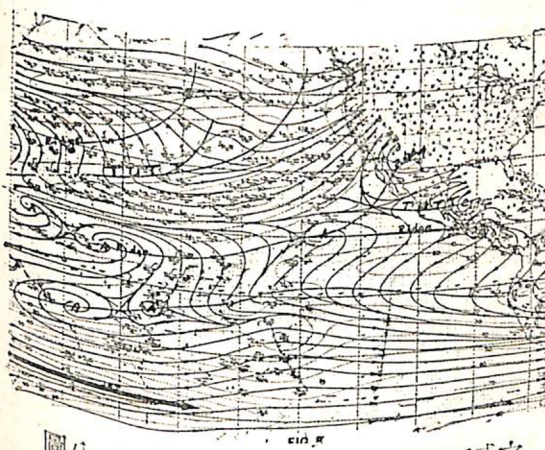
圖五、500 mb七月份平均高度場分析。



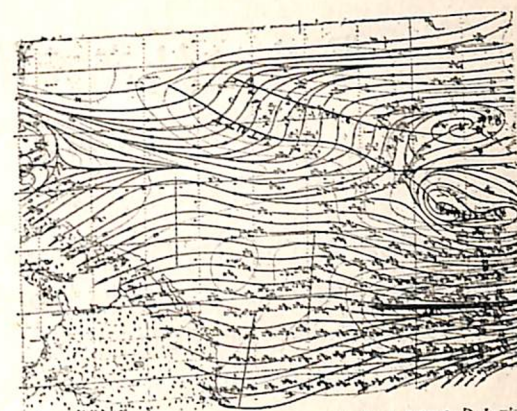
圖六、1964.8.140000Z之200mb流線分析。



圖七、1964.8.150000Z之200mb流線分析。



圖八、利用八年PIREPS紀錄分析而成之東太平洋200 mb七月份平均氣流場



圖九、利用八年PIREPS紀錄分析而成之東太平洋200 mb一月份平均氣流場。

參考文獻

1. 謝德勒、1967，「間接產生颱風直接導致信風帶擾動之熱帶上部氣流層槽」夏威夷地球物理研究所報告6712共49頁。
2. 謝德勒等、1963，「夏季季風期紅河三角洲最少雲量之預報。」夏威夷地球物理研究所報告HI G-63 16共104頁。
3. 謝德勒、1969，「印度與東南亞區西南季風發展期之平均環流與雲之分析」共29頁。已刊本集內。
4. 謝德勒、1962，「熱帶氣象學中衛星氣象雲圖之利用」北荷蘭出版公司出版。第333—356頁。
5. 哈里斯等、1969，「夏季季風期東南亞區大規模對流之作用」夏威夷地球物理研究所報告HI G-69-7共76頁。