

熱帶氣象學之研究發展概況

徐寶箴

The research and development Aspect of the tropical Meteorology

熱帶氣象學迄今仍是大氣科學之小孩。熱帶氣旋公認為是天氣現象，但一般對之均興趣不濃。有關熱帶氣象著作刊物之少，便可明白此一事實，至於有關熱帶氣象之電碼，定名，觀測之實施及紀錄之刊印等情況即更不好。因此，熱帶氣象不但被忽視，且實際上亦被阻碍未來之發展。

熱帶區域之面積約佔全球面積百分之四十，無理由可以相信此百分之四十與其他百分之六十無重要之相互作用。

美國陸軍通信研究發展實驗室 U.S. Army Signal Research and Development Laboratory，見於熱帶氣象之重要性，主持一個龐大之計劃，以研究熱帶氣象。得克撒斯大學 The university of Texas 與上述實驗室訂約負責擔任初步研究工作並已完成以下三項任務：(1)現有熱帶氣象書刊之有系統整理研討，(2)作一連串飛機偵察研究，其中有一次為高對流層中型旋渦之研究。另一次為不同熱帶天氣情況下，人體所得輻射之研究。(3)熱帶氣象研究詳細計劃之擬訂，此為當時最急待辦理之工作。

從事此一包含廣泛意義之研究工作，或應慎重研究那些項目，僅有一個研究機構主持似不妥當，故特召開一次特別會議，邀請數十位熱帶氣象專家參加，詳細討論此一研究計劃。

會議由陸軍通信研究發展實驗室主辦及主持，於1962年5月11及12兩日，在新澤西州之愛斯盤公園 Asbury Park 白克來一客脫雷旅館 Berkely-carteret Hotel 舉行。有四組人員參加，即陸軍通信研究發展實驗室之代表及科學工作者，與該實驗室有研究條約之氣象專家，其他對熱帶氣象有地位之美國科學家，及國外對此門科學之專家。

參與此次會議之名單如下：

Arnason, G. Hartford, Conn. 旅行人員研究所。

Aufm Kampe, H.J. Fort Monmouth, N.J. 美陸軍通信研究發展實驗室氣象處。

Bargman, D. J. Tanganyika Region, Dar es Salaam 東非氣象部。

Belmont, A. Minneapolis, Minn. 一般工廠電力團體。

Copeland, J. A. Washington D.C. 陸軍部通信官主任辦公室。

Crow, L. W. Denver, Colo. 氣象顧問。

Deisinger, D. A. Fort Monmouth, N. J. 美陸軍通信研究發展實驗室氣象處。

Endlioh, R. M. Menlo Park, Calif. 史丹福研究所。

Flohn, H. Federal Republic of Germany, 德國波恩大學。

Fujita, T. Chicago, Ill. 芝加哥大學。

Gentry, R. C. Miami, Fla. 國家颶風研究計劃。

Haggard, W. H. Asheville, N. C. 國家氣象紀錄中心。

Henry, W. K. College Station, Tex. 塔州農業及機械學院。

Hiser, H. W. Coral Gables, Fla. 邁阿密大學。

Hubert, L. 美國華盛頓氣象局 (氣象衛星各活動)

Johnson, D. H. Bracknell, Berkshire, England 英國氣象局。

Kessler, E. III, Hartford, Conn. 旅行人員研究中心。

Koteswaram, P. 印度新德里，印度航空勤務部氣象處。

Krans, E. B. Woods Hole, Mass. 麻州胡茲荷海洋研究所及耶魯大學。

Kuhlthian, J. E. 美陸軍通信研究發展實驗室氣象處。

Laseur, N. E. Tallahassee, Fla. 佛羅里達州立大學。

Lessmann, H. 中美州薩爾瓦多氣象勤務部。

Lowenthal, M. Fort Monmouth, N. J. 美陸軍通信研究發展實驗室，氣象處。

Porting, W. H. Austin, Tex. 塔州大學。
Riehl, H. Fort Collins, Colo. 柯多來都州立大學。

Sadler, J. C. Bedford, Mass 空軍劍橋研究實驗室。

Simpson, R. H. Washington, D. C. 美氣象局 (氣象研究)

Weickmann, H. Fort Monmouth, N. J. 美陸軍通信研究發展實驗室氣象處。

Whedon, F. L. Washington, D-C. 陸軍部研究發展主任辦公室。

與一般之會議不同，討論在若干簡短會談中進行，極有價值與成果，主席團 LaSeur, Simpson 及 Gentry 限於一定時限內討論。本此會議之目的並不在提供研究之結果或任何假設。乃在界說我們目前知識之限度並提供求新知識之可行方法。議事程序中並未列入熱帶風暴之研究，因為此一題目之若干研究活動已在進行中。

本次會議可說已完成其預期之目的，並已給與真實之研究工作或至少部份之研究協調工作一個強烈之起動力。希望此類會議能每年舉行一次，因為個人間之接觸可成為各科學家間相互交換意見之最佳方法。

開會以前，曾請求各與會人員將各人意見之簡略內容送寄塔州大學，作編纂研究計劃初稿之參考。按照回信，參與人員可分為三類：一、在熱帶地區擔任實際觀測工作而對地區或航線預報較少經驗者。二、對地區天氣預報富有經驗，惟常應用其他人員所作之觀測資料者。三、無熱帶地區之經驗，而以中緯度之思想經修正後應用於低緯度之情況者。

高低緯度氣象之不同，並不限於溫度及柯氏參數，尚有若干現象及活動，為在熱帶地區無工作經驗甚難以想像得到者，會議之主要部份着重在熱帶氣象研究之實際問題。Crow, Bargman 及 Lessmann 特別着重熱帶地區之工作情況，他們強調若干困難，但是亦表示：有若干以下所述為中緯度氣象家所不重視之現象，應能觀測。Koteswaram, Johnson 及 Bargman 報告稱：現有足夠之紀錄存儲於各熱帶氣象台內無須再作觀測。各發言人均強調：研究人員必須親自前往各熱帶氣象台，自己觀測紀錄，及應用由當地預報員所收集得（未經印刷或整理）之經驗。

由以上討論引出一種很好之意見。銳爾 Richl 建議：合力籌設獎學金，使熱帶地區之氣象人員具有大量其家鄉之觀測紀錄者能進入美國各大學深造。此

種研究獎學金可用以解決美國科學家經驗缺乏之困難，並可獲得紀錄，且最後可以提高熱帶氣象人員之水準，因為此次研究人員回國後將具有較高深之氣象知識。此一建議所面對之困難主要乃在於無一堅強全球性之大學組織，及各地政治情況之各異，但並非不可能克服。

一般言之，熱帶氣象勤務，人才缺乏，裝備不足，組織亦欠健全，雖有大量之觀測紀錄，然用以作為某一項研究計劃之基礎尚嫌不夠。有時，供給大量消耗性之器材可以克服此種困難。例如，供給額外之探空儀後，雨季時，每日僅作一次探測之氣象台全年每日兩次探測。

在熱帶地區有實際經驗之氣象專家均同意：對流過程可產生大量之降水，惟最大之降水係隨非對流過程而生。他們要求多注意此種降水，不要專注積雲模式之細微區別。他們更強調：只有少數百分之對流雨係因偶然發生，大多數之熱帶降水均與天氣型有關。此等天氣型之存在已無疑問，惟對其了解尚不夠。

須研探之現象，有以下各項：來自高緯度之冷氣侵入（美國南部之北風 Northers，南美之滂沛羅風 Pamreros，巴西之發來愛琴冷風 Friagems，非洲西岸之哈馬丹風 Harmattans），此種冷氣之入侵可使海面之溫度下降到 50°F，此等空氣到達熱帶地區後即不隨等壓線而移動。自東向西行之擾動線或不穩定波 disturbance lines or instability，其行動與其他任何高度之風速無關。螺旋狀之運動，有濕空氣時，此項運動可顯現而成雲街。突變之風切，此項風切並不依照梯度風法則。雨季中之乾期及乾季中之雨期，兩者在經濟上均具極大之重要性。海風，其強度可穿越三千呎之山脈。輻射，因空氣塵土含量之不同而有甚大之差別。及熱帶遙遠地區天氣之電訊聯絡等問題。

在以上各項目中，讀者可知其中缺了東風波。賽得勒 Sadder 對東風波係一種自己維持之系統表示非常懷疑，海瑟 Hiser 及卜替格 Portig 亦部份贊成此說，而對賽得勒所說：東風波並非什麼，只不過係一種可見之高空過程並無人反對。此或許是技術分析之結果，即在稀疏觀測網中之時間剖面分析。此種懷疑，關係一個以前所述之基本問題，即明白顯示熱帶氣象研究之需要，亦顯示並無甚多基本知識足以作進一步之研究。此亦可說觀測之本身有疑問。敘述氣象現象之名詞及其電碼用於較高緯度者，以之用於熱帶，常含混不清。例如熱帶信風積雲與熱帶非信風積雲

外形頗不相同，兩者均與中緯度積雲不同。如此，則有同一種說明或電碼應用於不同現象之弊。在研究上，更感困難者，在有些地區，積雲亦能隨季節，一日之時間及天氣一般情況而有不同。

擔任熱帶氣象研究工作而參與本次開會發言人之一之亨利 Henry 將欲研究熱帶雨型，及其有關中型系統之運動，如該地區有足夠之觀測資料，足以供給作此次研究。海瑟 Hiser 也欲於其駐地作此同樣之研究，並將盡量利用其強力（惟固定）雷達機及其大量已收集之雷達照片與影片。兩位將特別重視上述之東風波問題。拉秀 LaSeur 將研究海洋天氣系統經過熱帶島嶼巴不督斯 Barbados 時之變性。克羅斯 Kraus 將研究穩定洋流與信風經過平坦島嶼時之變化。

克斯勞 Kessler 將參與熱帶（及副熱帶）氣象之理論方面，即依據雷達觀測及雲中氣流之推斷作陣雨雲中水量分佈之研究。此種研究之結果可望應用於熱帶穩定性之降水及作降雨雲之分類。降雨雲係依據其雷達照片及風暴發生及將來之發展情況而決定。

藤田 Fujita 係應用泰洛斯氣象衛星所攝之照片及紅外線圖片，作中型天氣現象之研究。

銳爾 Riehl 將研究東南亞之季風，尤着重使季風中斷之各種過程，以填補熱帶氣象在此一部份之空隙。其研究之結果將可對中型現象明瞭其概梗。

恩得利區 Endlich 將以中緯度之客觀（計算機）分析與預報方法試用於熱帶情況中。他將面對兩種困難，即適當之資料缺乏，及中型之效應與計量不確實之圓滑化。

巴爾蒙得 Belmont 將試以統計方法，按赤道南北約三十度緯度區域內之連續紀錄，以應用光譜技術及調和分析方法作熱帶氣象之研究。

在此地區之各種研究，均有相同困難，即資料不夠及其不夠確實。因為熱帶之氣溫與氣壓變化比較其他地區為少，故此等觀測必須高度準確，首先探空儀紀錄尤須準確。各與會人員，在熱烈之討論中，均一致同意：熱帶氣象學與副熱帶氣象學能够相比擬以前，探空儀紀錄之可靠性，必須提高。高空探測如何改進，並無共同之意見。辛普森 Simpson 曾提出探空紀錄是否已恰當計算之困擾問題。在目前，每一探空紀錄均被認為係代表較大地區中之平均情況。惟有各

側證顯示：在自由大氣中，常有小型而猛烈之天氣系統存在，當探空儀經過或伴隨此種系統時，紀錄出之局部擾動情況，如無其他資料證實，常被解釋為錯誤之紀錄或地方性氣流之作用。惟在熱帶地區此種高空中型現象，一般常伴有較微小之風，如無中型擾動存在，該地區之顯著地方差異將甚少可能。

熱帶氣象中若干未解決之問題以之與各研究計劃之目的相互比較顯有矛盾之處。各研究計劃，除銳爾者外，似多少均為目前一般副熱帶氣象學之觀念，向赤道方向延伸。如對流雲、對流雨、空氣面之相互作用，泰洛斯衛星照片及雲系，客觀分析，運動之果學解說等等。惟須注意者，預想之觀念勿影響其計算。

除以上各節所述諸計劃外，尚需要其他真正專門研究熱帶問題之若干計劃：如強烈閃電而雨量微小之雷雨；垂直向數尺距離之內，有時近 180 度差別之持久風切；無顯著之對流而有 10 時或更多雨量之持久性降水；未經擾亂之氣流結構；熱帶非對流性之雲系（尤其是莢狀真珠光高積雲，卷雲及半透明高積雲）；向山海風之動力及其構造；多層之地形雲（見國際雲圖，1956 年，卷二，165 圖）；惰力與摩擦力之作用；及過赤道時氣壓與風之關係等等。由於熱帶地區之廣大及政治上之差異，在會議之討論中，尤其是胡卜特 Hubert 強調：需要設立一個資料收集中心或至少有一個資料目錄中心，研究人員由此可知有那些資料可用。無比種中心，即近百年內所得具有數百萬之紀錄將無法應用。在德國漢堡，就儲藏有五百萬遠洋之船舶報告。其他遠海國家，除有若干百萬之紀錄記在打孔卡片上者外，亦藏儲有此種紀錄。早年由殖民國家所作若干陸地氣象台之紀錄為數更多，但無適當之索引可茲查考。

本報告之目的在告知氣象人士本次愛盤公園會議之目的及其結果。在熱帶氣象方面，雖已有顯著之新進展，但尚有更多之工作留待去做。我們需要新的觀念與努力，並希望其他研究人士亦參與此在氣象學上迄今大部尚未解決諸問題之研探。

原文見：“Conference for the Planning of Research in Tropical Meteorology” by Wihfried H. Portig. Bulletin of the A.M.S. Vol.44 No.2. Feb. 1963.