

東北太平洋「越洋探空資料」 分析誤差之數值與影響

樊滌兮 譯

The magnitude and effect of analysis errors over The North Eastern Pacific as estimated from Transosonde Data

撮 要

東北太平洋 300 及 25mb 上空之分析誤差數值，已由從日本所施放之越洋探空飛行作業中風與地轉風之求解方法上估計獲得。此結果暗示向量地轉風與地轉風間之誤差率，其數值變化幅度係自北美西岸之 0.15 至中北太平洋之 0.40。這些分析方面的誤差對數值預報，飛機派遣乃至軌道估計等影響均於本文中加以說明。針對此弊，為欲彌補其漏洞的又一方法，即為謀求增加海洋高空觀測次數，以突破水平探空目前所處之困境。

一、引 言

在高空資料之貧乏區，如北太平洋，為估計所付努力及為增加資料密度而耗費之金錢的平衡，分析誤差數值知識之獲致乃甚感需要。但此種分析誤差之估計，因一般無單獨資料存在以與傳統資料比較而甚為不易。然而，從一九五七年至一九五九年期以從日本所施放之汽球為手段可以估計北太平洋方面傳統分析之誤差。但即使如此，在第一年之作業過程中，越洋探空資料對傳統分析仍甚少助益有所作為。第二年亦祇限於作間斷性運用而已。本文中之誤差估計，雖仍因東北太平洋之傳統資料貧乏而受限，但越洋探空之位置却極正確。由之，可將二套資料中之最大差異，合理歸因於傳統分析錯誤。

越洋探空資料之處理，係由美「聯邦通信委員會」(The Federal Communication Commission) 無線電定向追蹤網決定，以每二時經緯度之相間平滑法求出其路徑，再檢查二小時的平均風速。然後利用運動方程將其垂直運動及磨擦效應略而不計，由四小時的越洋探空平均加速而估計地轉風。循此程序吾人將可預期所求出越洋探空風之平均誤差為五哩，而其地轉風之平均誤差則為十哩。

二、東北太平洋的分析誤差

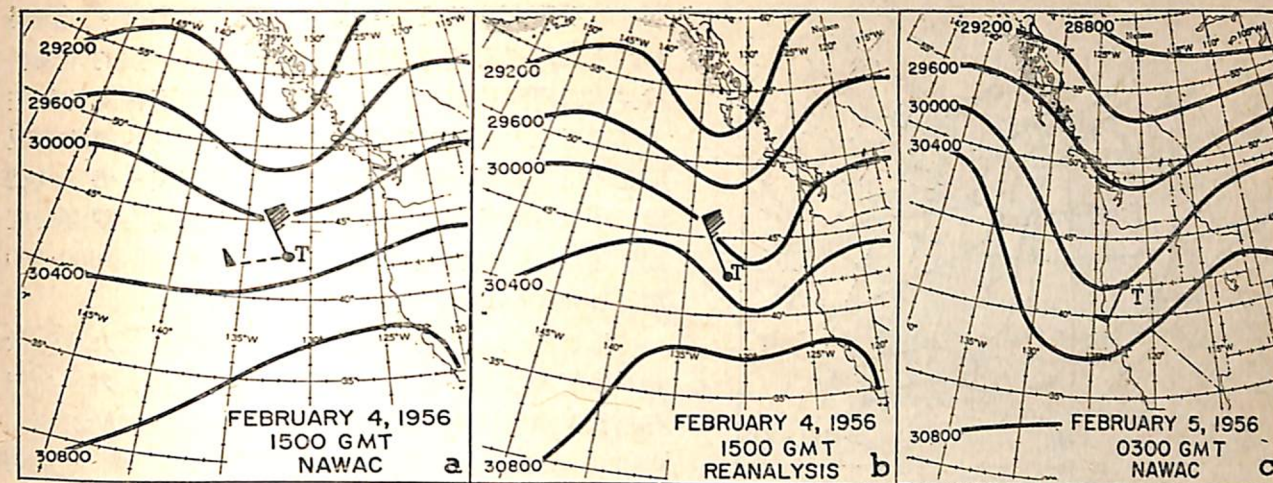
本節所述範圍計有 300 及 250mb 極端誤差之特殊例證，東北太平洋之分析以及所發生於目前此等區

域高空資料分析的平均誤差估計等。

圖一係由三幅圖例所組成：圖一a 係國家氣象分析中心 (NAWAC) 於製圖時未得越洋探空知識所繪之 1956 年 2 月 4 日 1000Z 東北太平洋 300mb 分析圖。(實風矢及 T 字型表示者)。圖一b 為利用越洋探空與繪圖時所得之地轉風而繪之「再分析」(reanalysis) 圖。圖一c 為十二小時後國家氣象分析中心所分析之 300mb 圖。

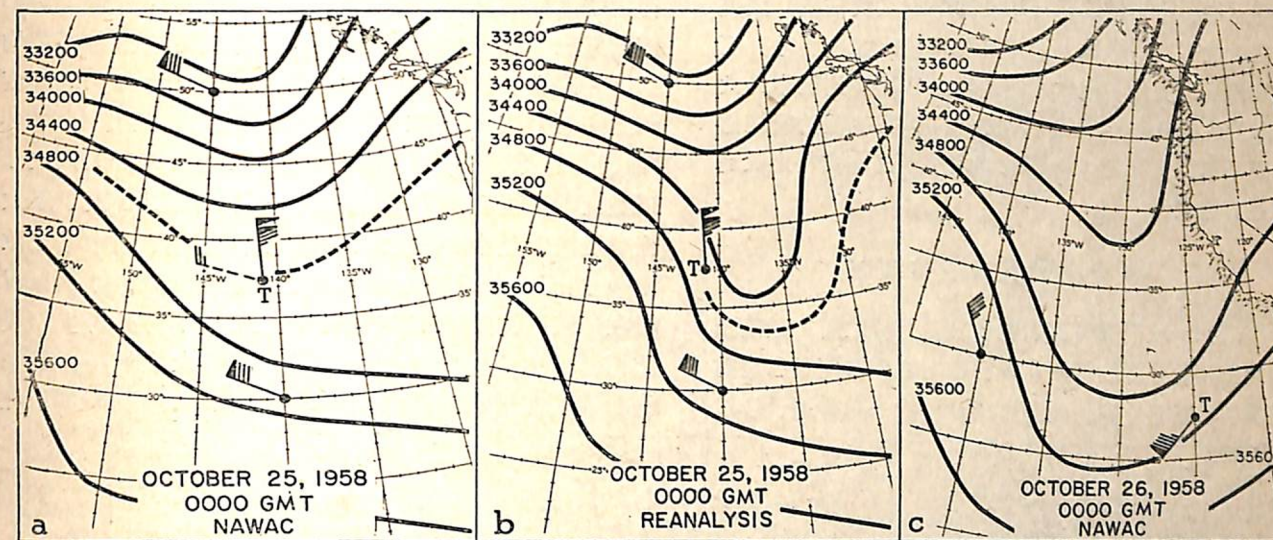
圖一a 中之虛線矢係國家氣象分析中心利用探空風存在之點而分析之地轉風級數，但未為分析人員所利用。越洋探空風與國家氣象分析中心地轉風間之向量差數為 100 哩，該點距美國西岸僅數百哩之遙。因越洋探空風在該時迅速減速 (四小時內 45 哩) 之故，使越洋探空所得地轉風與國家氣象分析中心地轉風間之比尚不致如此懸殊。由於這種減速，呈現於圖一b 中之越洋探空風為直接指向較高等高線型，與相隣等高線成 20-30° 角。圖一c 呈十二小時後有一振幅顯著之深槽沿美國西岸存在。此槽之存在就分析基礎言，可預期於圖一b 中發現，但於圖一a 則甚難判斷其踪跡。顯然沿革華盛頓及俄勒岡州海岸隨槽兼至之豪雨預報，因低估此槽之振幅而歸失敗。易言之，此槽於發展過境時可能由於氣流之水平輻散結連一強大之地轉風流向較高等壓線，現其象可由越洋探空軌跡予以說明。

另一極端例證可由圖二說明，此圖之越洋探空風與國家氣象分析中心地轉風之向量差約為 120 哩，但



圖一：A 美國氣象分析中心於繪圖時未得越洋探空風知識所繪之 300mb 圖。
B 利用越洋探空所得之地轉風而繪之再分析圖。
C 十二小時後及國家氣象分析中心之分析圖

一旦當越洋探空風再度減速則二者地轉風之比值當不之觀點，至無奇特之處出現，因於二十四小時前已獲會如此懸殊。如圖一然圖二c 就「再分析」圖(二b) 越洋探空資料之助。

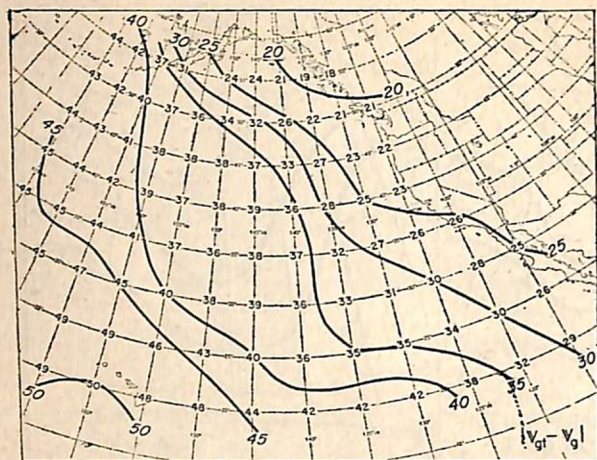


圖二：國家氣象分析中心利用越洋探空飛行所製之 250mb 圖，(製圖間隔 24 小時，餘見圖例一)

上述分析誤差例證均為值得提出檢討之特殊例證，並屬經公開承認者。總之，高達百哩的向量誤差，足以在國家氣象分析中心地轉風與越洋探空所得地轉風間，產生一甚高平均比值之例證並不多。

圖三顯示得自聯邦通信委員會所有位置的越洋探空，旅經東北太平洋 300 及 250mb 定壓層飛行路經各點之向量差平均值。自其祇有在繪圖時間將二者相互比較為合理方法以來，僅有 200 處地轉風速差，與飛行頻率最大區 40-45°N 間每五經緯度的三次不同比較，50-55°N 每單位區的二次及 15-20°N 單位區之一次而構成圖三。然後將每五個經緯度區的地轉風

差值為達到如圖三所示之規則型態需經過二次平滑處理。所應注意者為甚小之比數亦仍需利用並求其平滑。注意圖三國家氣象分析中心地轉風與越洋探空地轉風之差值，在中北太平洋與北美西岸間達一倍有餘，且各不同等值線均幾平行於海岸。揣想此種數值之增加，係由於傳統的稀疏高空風資料向西向南已獲得增加改進所致，雖夏威夷羣島附近區之誤差並未減少使人稱奇不置。總之，在某些範圍此種數值之增加，其可能性為由於越洋探空位置向西之準確性減少而產生，即使在夏威夷及阿拉斯加雖有聯邦通信委員會的觀測站存在，以避免該委員會在美國附近設站受限。

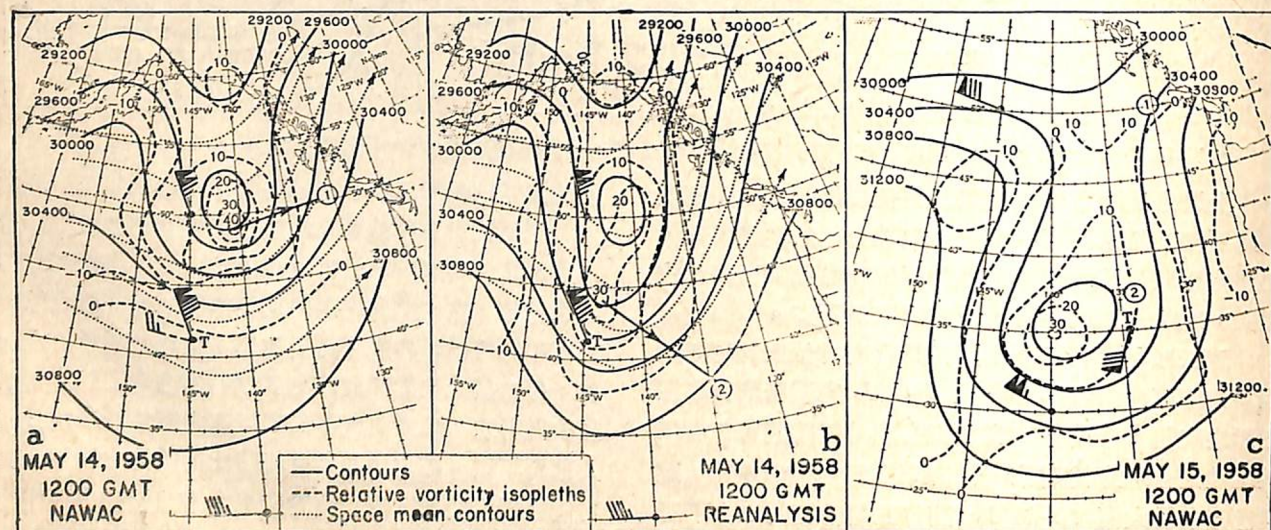


圖三：300 及 250mb 越洋探空地轉風與國家氣象分析中心地轉風間向量差數值圖。(資料來源根據 1957-59 及 1956 年冬聯邦通信委員會各站所得之越洋探空飛行紀錄)

因平均 300 及 250mb 圖之故，東北太平洋此等區域的飛行時間，其他轉風速僅 80-90 哩，然則，假定越洋探空所得地轉風有一 10 哩的平均（及常數）誤差。由於位置之不準確，地轉風速誤差比即會因分析而使地轉風速變化，從近北美西岸之 0.15 達到至中北太平洋的大於 0.40。顯然，除非越洋探空位置較所相信者更不可靠，否則，一涵蓋北太平洋高空資料之改進實甚有需要。

三、分析誤差及數值預報

因次一或較高層次氣壓場微差分析之需，數值預報特敏感於分析的細節。資料密度之影響問題已為甚多專家所重視。關此問題可由最近的一項討論予以說



圖四：越洋探空飛行旋率圖，圖中實線代表等高線，虛線代表相對旋率等值線，點線代表空間平均等高線。
①~②表示與空間平均流平流的最大旋率點。

明。該項研究論題已由美國氣象局予以刊行。(按為 1960 年美國氣象局列為技術計劃研究第一號的「資料稀少地區觀測計劃」) 在此研究中指出預報風的誤差，業經用一大西洋氣象船團之密度所組成的氣象網觀測之。但其結果尚如太平洋所發現者高達一倍。其結論云：「以目前數值預報技術，一合理的高空觀測密度應予建立，至少達如大西洋船團之密度。即每 600-800 海哩(nautical miles) 有一觀測點。

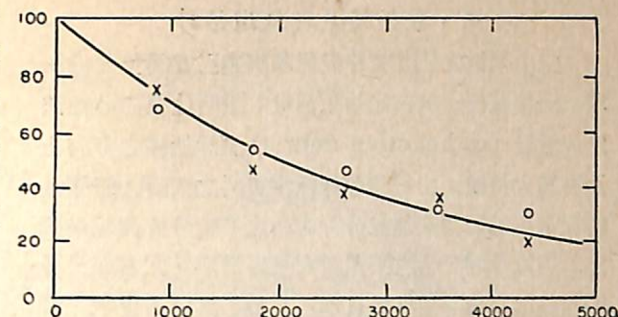
迄目前止，捨利用一九五七年至一九五九年階段從日本所施放越洋探空汽球而獲之高空資料外，尚無任何統計資料堪用以促進數值預報。然此種統計復因 500mb 在正統上係為正壓目的而有的基本圖，而越洋探空汽球飛行的等壓面却為 300 及 250mb 而極難獲得。然却由於藉北太平洋高空資料「量」的增加之助仍不失為改良數值預報之參考鑑鏡。圖四表示東北太平洋區的旋率分析，圖四 a 係得自國家氣象分析中心無越洋探空風知識所分析之圖，圖四 b 則係利用所得之越洋探空地轉風對此旋率所作之再分析圖。以非傳統假設，最大旋率之運動係於其原點按已有「平均空間等高線」(the space-mean contour) 之速度和方向而平流。(註：見 Fjörtoft 發表於 1952 年 8 月份「地球學報」Tellus 四卷三期 179-194 頁之「正壓旋率方程數值方法統論」一文) 圖四 a 表示最大旋率連接低壓中心以近似直線之平流指向圖中①之位置。然而，在圖四 b 中所得之最強越洋探空 NNW 風在一較南緯度迫槽向南延伸，且因「再分析」(雙流槽 Difluent trough) 又部份因甚大之氣旋式風切的引導，在槽底處導引出一最大旋率。空間平均氣流

槽之增大可充分交流，一至指出此最大旋率向東南平流至②之位置。圖四 c 表示位置①與②之比較及國家氣象分析中心於二十四小時後就 300mb 所決定的最大旋率位置。從再分析圖所作之旋率異位，雖並不圓滿，但較原始分析却勝一籌。此即對旋率之適當檢討及北太平洋上空其他高空資料之旋率平流(及一般數值預報) 給予一重要暗示。

四、分析誤差與飛機派遣

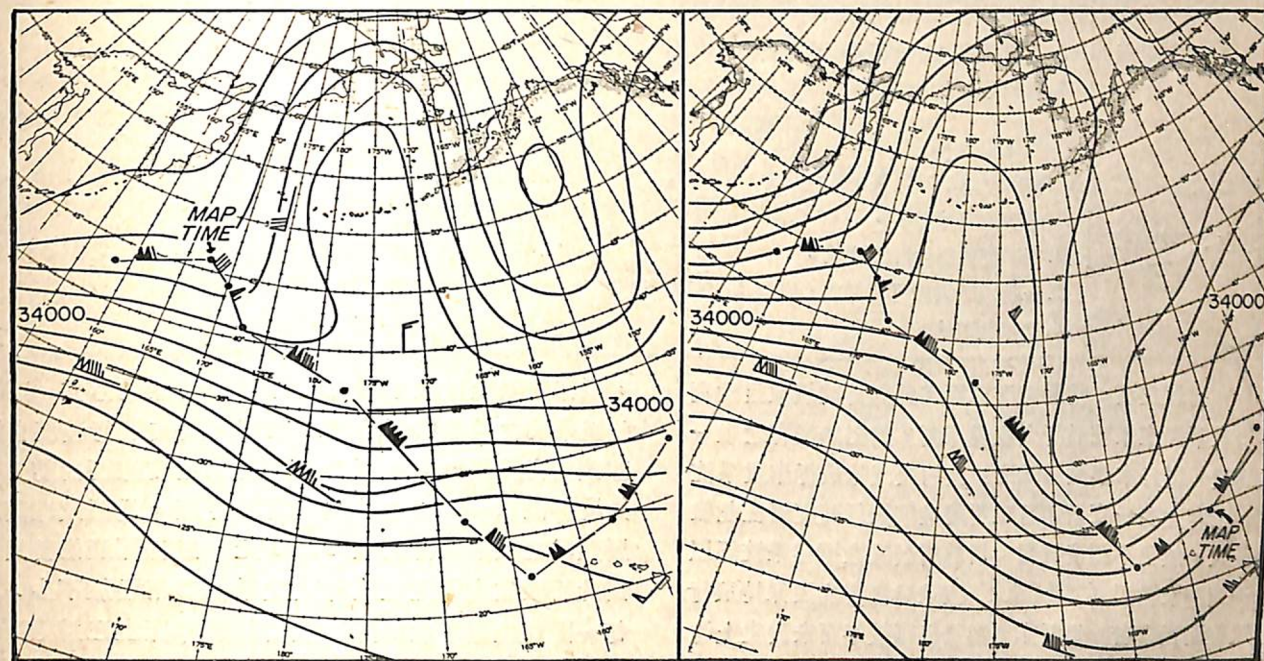
分析誤差與飛機派遣之重要性，不僅限於某特性點等高線的分析錯誤，乃在於飛機航線之全分析。要昔，預報錯誤主要可全被歸咎於飛行時間之估計，如今飛機速度大增使分析的本身亦逐漸變為歷來最要之事。

根據稀疏高空資料，為估計等高線所加於飛機飛行之影響，係以越洋探空所得地轉風與國家氣象分析中心地轉風間差值，以垂直方向而正切於所決定的東北太平洋每十二小時一次的越洋探空飛行之平均流，並檢討以旅經時間為函數的代數差。圖五表示將此類差值之平均當做旅經距離函數，被越洋探空所得地轉風及國家氣象分析中心地轉風差值之百分比表示於一點。圖五曲線甚適合此二分力分析，且說明東北太平洋上空之分力分析誤差亦接近距離 L 上之誤差，此乃由於某點分析誤差之產生所致，而 e^L 處之 L 單位亦為 3,000 海哩同。一有誤差的指數型曲線如就分析時相當紊亂之性質言，實不足為奇。



圖五：300 及 250mb 間平均差值之距離變化。越洋探空與國家氣象分析中心間地轉風之差點，以百分比表示。圖中圓圈與十字代表差值正切及垂直於平均流情形。曲線表示分析接近各數值情形。

就圖五之基礎估計，由於分析誤差造因於高空資料之不足，如一架飛機以 200 時速飛行於中北太平洋 1,000 海哩之航程，如錯估其到達時間 46 分鐘或 15 % 的航行時。對同速而航距 3,000 海哩的飛行，則將有 77 分到達時或 9 % 航時之錯估。相反對一架有 500 哩空速 1,000 海哩航線的噴射機，亦將平均錯估到達時 7.5 分或 6 % 的航行時。3,000 海哩則錯估 12.2 分或 3.4 % 飛行時。由此顯示彷彿噴射機之發展已大量減少遠洋高空資料之需。然而吾人必需切記由於其更大之耗油率，時間因素實對噴射機更具重要意義。如此，雖主要之影響尚未完全解決，然能獲得額外之遠洋資料，在適當情形之下當允許其以更大之酬載和更少的油量離場，此實因其為最經濟有效之途徑也。



圖六：越洋探空飛行配合國家氣象分析中心 250mb 部份圖。越洋探空位置及風以實風矢四小時間隔表示，等高線間隔 400FT。

五、分析誤差與軌道估計

空中軌道之估計就許多氣象調查已成為重要的一環。至根據核子試驗之結果衡量，證明此種估計在決定放射塵 (radioactive debris) 漂浮旅經之方向上更有重大價值。由一項越洋探空資料之精研，證明地轉軌道風基於國家氣象分析中心之傳統分析與越洋探空軌道本身間，含有某些重大差異情形。尤當環流分裂結連阻塞現象存在於日本以東時，其矛盾現象之顯示情況最為顯著。例圖六表示一九五九年一月十七日於製圖時越洋探空風嵌入白令海峽上空向北流動支流環流中之實際情況。然後又減速尖銳南轉，再後，當其嵌入圍繞槽之環流而趨東去達中太平洋高壓脊時，此脊必將轉變為一不尋常大氣壓梯度的封閉高壓。因而，在此情況下彷彿顯示一地轉風，其部份係代表越

洋探空汽球所旅經之怪誕方向。姑勿論天氣圖之大勢如何，然所指出之軌道並不正確，彷彿係根據現有北太平洋高空風資料以等高線分析之結果。

六、高空資料之增加與水平探空系統狀況之現在及將來

前已述及北太平洋上空之稀疏高空風資料，對數值預報，飛機派遣及軌道估計等易肇決定性影響之分析誤差。職是之故，推一反三可知世界其他各地之稀疏地區亦有同樣流弊。為獲致此等區域之氣象資料約有數法，且每種方法均各有其利弊得失。表一係筆者將各種方法之主要利弊檢討後所彙列製成者。其中有的已經發展，有的正在發展，究其功效如何，當非本文所能及席論列。

表一：遠洋區高空資料獲得法利弊表

方 位	利 端	弊 端
氣 象 船	1. 試驗及真實系統。 2. 可供研究，救生及飛機定向等副目的使用。	1. 昂貴。 2. 風暴強烈時資料偶缺。
儀 器 商 船	1. 費用低廉。 2. 可獲傳統資料。	1. 仍未使用適宜的雷文送裝備。 2. 航路涵蓋有隙口。
飛 機 偵 察	1. 資料密度可能成就氣象活動功能。 2. 對中範圍型分析可能並可直接估計雲與亂流等。	1. 昂貴，對人員有危險。 2. 所獲得資料不能配合繪圖時間。
儀 器 民 航 機	1. 價廉。 2. 在對飛機無危害高度可獲得資料 3. 雲與亂流之估計等	1. 仍未使用適宜的自動都卜勒風裝備。 2. 商用機人員反對裝備重量。 3. 飛機航線涵蓋有隙口。
水平探空系統	1. 全球能力。 2. 在所有情況下可獲得代表風。 3. 直接估計地轉風。 4. 從溫度改變估計渦流速。 5. 三個汽球組成可獲輻散，旋率及變形等觀測。 6. 直接軌道估計。	1. 對飛機危險。 2. 適合定位系統之費用高昂。 3. 漂浮外國問題。 4. 等高氣壓資料不易獲得。 5. 非繪圖資料觀測之獲得。 6. 資料被限於較少高度。

有歷史者，當屬美海軍探空計劃為純氣象目的利用水平探空系統進行大規模探測，為絕無僅有之唯一例證。從日本起飛 600lbs 重的大汽球飛行作業系統，因高度在一度增加且正為商業機飛行高度潛在危險甚大，故已不適合使用。目前所發展之探空系統係以一超壓米勒型 (MYLAR) 汽球沿等密度面保持飛行狀態而從事者，此種作業形態已歷數年而未發生上述危險。因此新式系統係將探空儀器分為二個 6 lbs 分裝

，但即使如此重量亦被認為仍有危險餘裕存在。至於此種系統之汽球飛行持續期如何，因其飛行發展自始即預期從美國東岸起至西歐終為固定航線而目前仍不知情，但 1—2 週之持續期當屬合理。此種汽球與附屬儀器之成本約合美金 1,000 元，但聯邦通信委員會為此所設立之固定位置却使此系統費用增加不少，（每一固定位置增加 40 元）故目前越洋探空已遭遇下述三點困擾。1. 飛安問題。2. 追蹤站等費用高昂問題。

（下接第 8 頁）