

微型探空儀開發及其在氣流軌跡追蹤之應用

林博雄 黃偉峻
臺灣大學大氣科學系

摘要

探空氣球酬載 GPS 定位器的無線電探空儀(radiosonde)，以及經由飛機拋投的投落送(dropsonde)，這兩類垂直探空觀測設備已經在全球大氣觀測業務以及颱風劇烈天氣特殊觀測作業廣被採用，以做為預報員天氣診斷以及數值模式資料同化之對象。University of Miami 團隊曾於 2008~2009 年透過 WISDOM (Wisdom In Situ Deployment Optimization Method)和 super pressure balloon，再度嘗試 Tetroon 概念進行大西洋颶風觀測。本研究說明臺灣大學大氣科學系開發的微型探空儀，透過小型耐久氣球搭載升空漂移 以做為邊界層大氣觀測的全新平台，甚至送進風暴做為氣流軌跡追蹤。

關鍵字: 定體積氣球、無線電探空、颱風環流

一、前言

二次世界大戰末期，日本嘗試使用空飄汽球搭載炸彈(balloon bomb, FU-GO)，隨著西風帶飄移來攻擊美國西岸(Harrison,1957)。1968 年美國則在南極洲實驗利用定體積氣球(tetroon)搭載科學觀測儀器在南半球高緯度地區進行南極洲大氣繞行觀測(Blamont et al.,1970)；Tetroon 平台持續在 GHOST (Global Horizontal Sounding Technique)、EOLE (French, God of the Winds) SOMEX (Solar Monitoring Experiment)等科學實驗被加以運用。90 年代 The Atlantic Stratocumulus Transition Experiment/Marine Aerosol and Gas Exchange (ASTEX/MAGE) 再度改裝 tetroon 做為觀測海上邊界層的科學實驗平台(Businger *et al.*,1996)。美國 NOAA 進一步將其衍生為一款 Smart Balloon (Businger *et al.*,2006)，然而 smart balloon 造價不斐 因此美國邁阿密大學在

2008-2009 年透過 WISDOM (Wisdom In Situ Deployment Optimization Method)和 super pressure balloon，再度嘗試 tetroon 概念進行大西洋颶風觀測 (<http://wisdom.noaa.gov>)。

黃等(2016)說明一款由臺灣大學大氣科學系設計的 Storm Airflow Tracker(以下簡稱 SAT)的研發與探空施放測試，本文第二節進一步說明這套持續演進的 SAT 功能與特徵，第三節說明 2017 年試驗的成果以及展望。

二、儀器特徵

臺灣大學大氣科學系設計的 SAT 本體尺寸是 5cm*3cm 長方形電路板(PCB)，這片 PCB 上端有控制晶片(MCU)、L70-R GPS 晶片和天線、BMP280 氣壓計、SHT21 溫度濕度感測計、433MHz 無線電發射模組，連同一次性鋰電池總重~20g，由~2g 的客製保麗龍盒防水包裝，再由日本製的耐久塑膠氣球(直

徑~54cm)充填氦氣以浮力~25g 加以酬載升空(圖 1)。地面接收機(9cm、寬 9cm、高 5cm)以充電式鋰電池和行動電源分別進行內部與外部供電,地面接收機連接一根以太陽傘三角架撐起的 145cm 長度 Mono-Pole 全向式天線(圖 2),地面接收機內建一支 Java 程式將 SAT 回傳的經度、緯度、溫度、濕度、氣壓、高度、水平移速移向,以每秒鐘頻率持續記錄在接收機記錄體,也將資料呈現在 Google Earth 地圖來監看 SAT 飛行狀態。此外,這支程式可以同時處理 10 組 SAT(每一 SAT 發射頻率錯開 0.5 Hz)。SAT 自 2016 年夏季起陸續在臺灣大學總校區以及文化大學大義館屋頂,進行不同定體積不同浮力的實際飛行測試,也持續修訂 SAT 硬體與軟體瑕疵。下一節說明 2017 年 4 月上旬以及 7 月中旬 SAT 在金門氣象站以及台中南屯區中山醫學院北方空地的飛行試驗個案。

三、 個案分析與展望

(A)2017 年 4 月金門氣象站

圖 3 是 2017 年 4 月 4 日 13:00UTC (21:00LST) SAT 與芬蘭 Vaisala RS41 探空儀一起升空後離地 3500m 的溫度濕度垂直剖面,該圖顯示在夜間沒有陽光照射加熱 SAT 裸露的 SHT21 溫度濕度感測器,以及未經過冰冷潮雲層的情境下,這款電子儀控工業常見的感測器的量測反應可追上 Vaisala Radiosonde 精準的 Platinum Resistor & Thin-film Capacitor 感測器的量測效果。

圖 4 則是 2017 年 4 月 3 日 11:30LST SAT 自金門氣象站起飛後,先順北風往西南海上飄移上升,隨即遇上較強西南風, SAT 轉往金門東北方飄移; SAT 上升到近 2000m 高度因氣球浮力不足再逐漸下降高度,最後

距離氣象站~60km 遠處失去訊號。

(B) 2017 年 7 月台中南屯區中山醫學院

圖 5 是 2017 年 7 月 22 日 11:38LST SAT 自台中中山醫學院起飛後,先受到低層風場海風(西北風)吹拂往市區東南方再轉南飛行與爬升;到達 1200m 高度後轉而受到邊界層上方較強烈東南風吹拂,轉往台中港與台灣海峽方向飄移,將近 2 小時因電力不足失去訊號。

SAT 模組在 2017 年 5 月開始交由民間廠商小量生產 50 套(每套 NT\$1500 元),2017 年雙北夏季暴雨實驗(TASSE)的臺北盆地,以及科技部「台灣巨型城市環境研究 III-都市空氣污染與低雲及霧霾之物理化學交互作用」台中南投地區,針對局部環流進行邊界層飛行觀測(如圖 5)。經過這些戶外測試之後,我們期待將 SAT 由台灣東北-東部濱海適合地點與時間,針對即將登陸台灣陸地的颱風,進行多顆 SAT 飛進颱風環流的軌跡觀測,。

參考文獻:

- 黃偉峻、林博雄、石恩, 2016: 風暴氣流追蹤器之開發。第十屆全國大氣科學學術研討會, 台北南港。
- Businger, S., R. Johnson and R. Talbot, 2006: Scientific Insights from Four Generations of Lagrangian Smart Balloons in Atmospheric Research. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **87**, 1539-1554.
- Businger, S., R. Chiswell, and Warren C. Ulmer, 1996: Balloons as a Lagrangian measurement platform for atmospheric research. *J. Geo. Res.* **101**, 4363-4376.

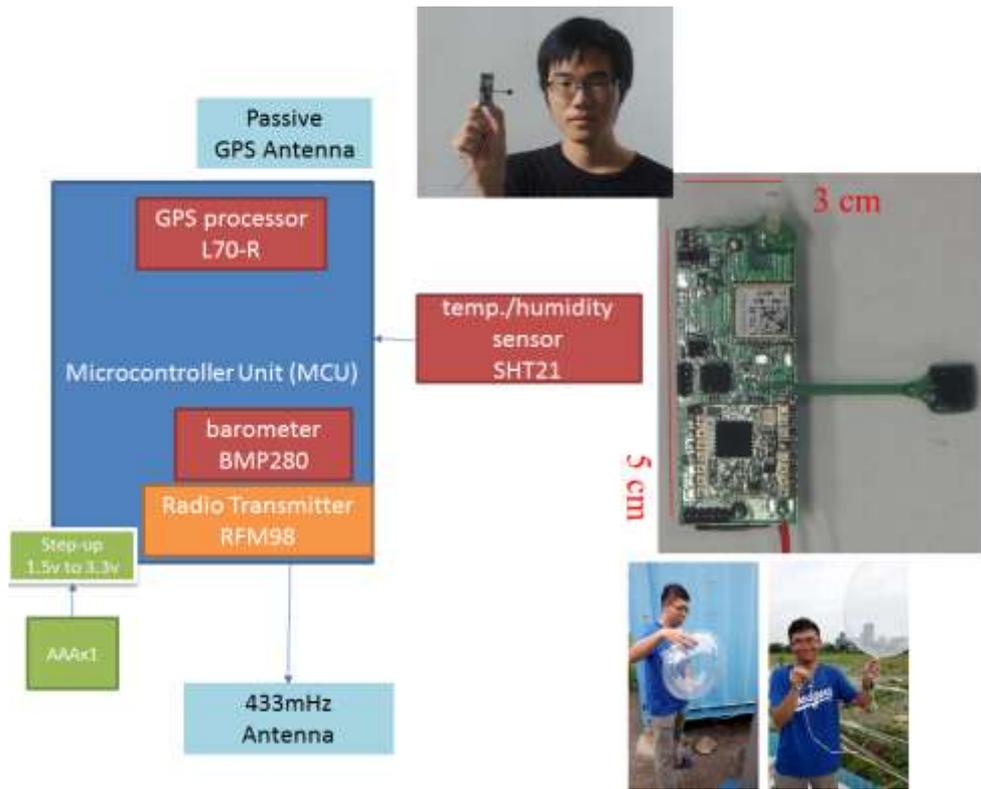


圖 1: SAT 特徵與實體以及搭載的耐久球外觀。



圖 2: SAT 地面接收機天線以及電腦即時監看。

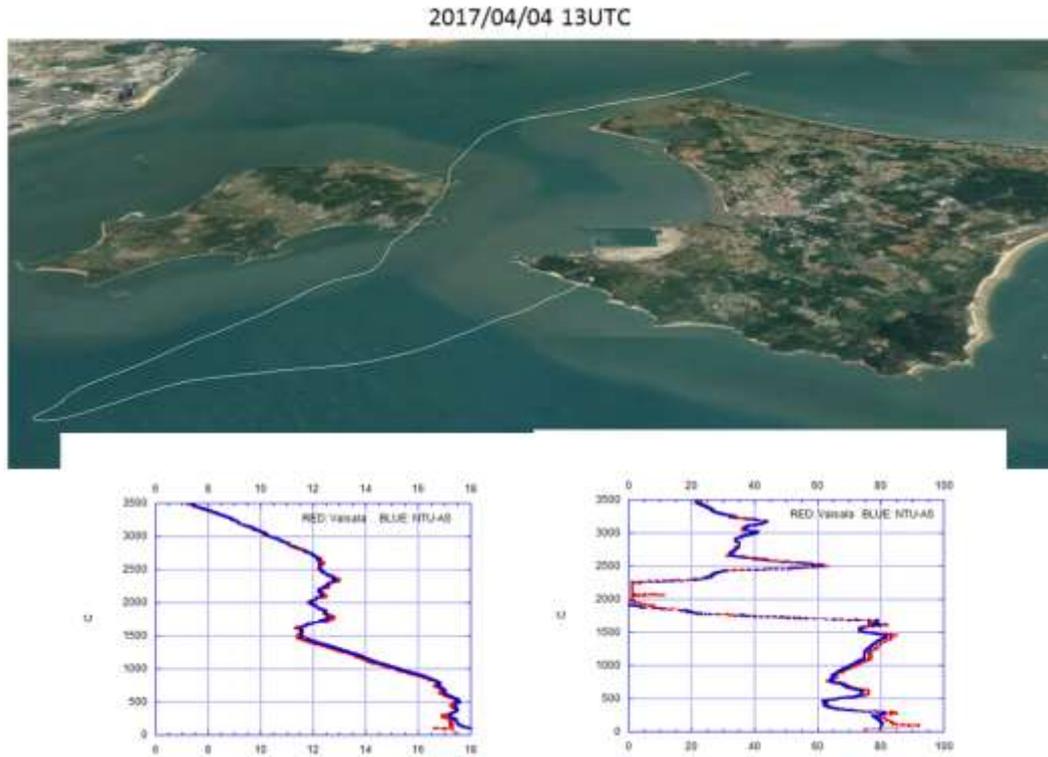


圖 3: 2017 年 4 月 4 日 13:00UTC (21:00LST) SAT 與金門氣象站起飛的 Vaisala RS41 探空儀軌跡以及溫度(左下)濕度(右下)垂直剖面比較(紅: RS41, 藍: SAT)。

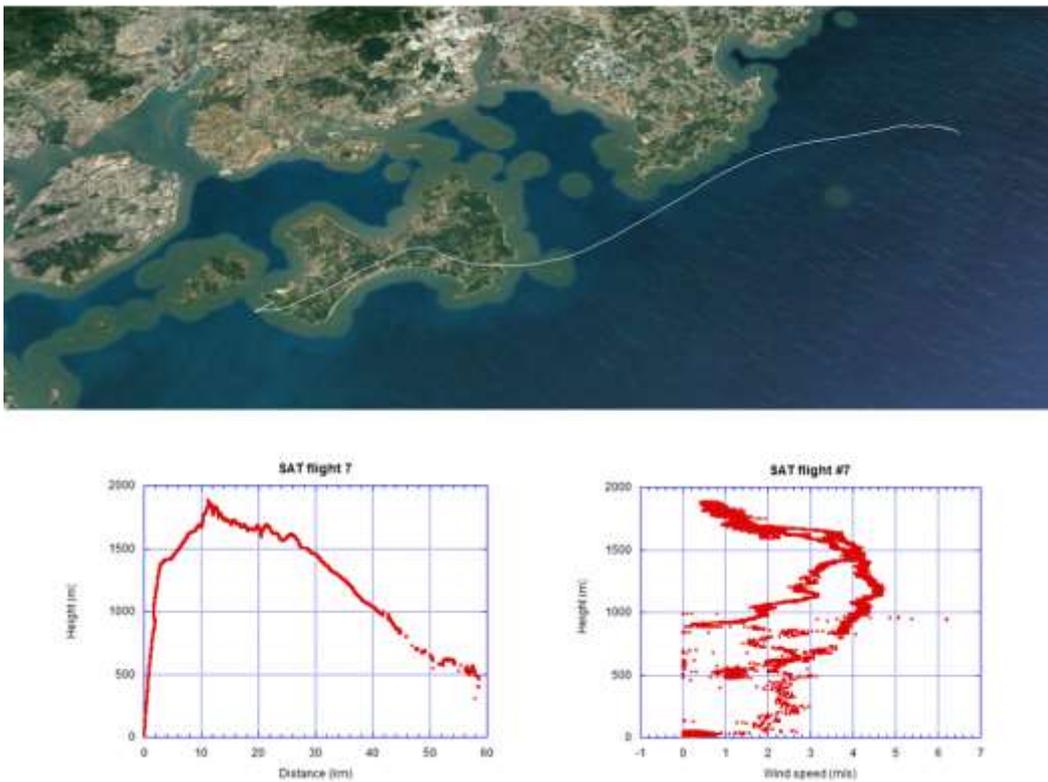


圖 4: 2017 年 4 月 3 日 11:30UTC (21:00LST) SAT 自金門氣象站起飛的軌跡以及上升高度與水平距離(左下)和風速隨高度變化(右下)示意圖。

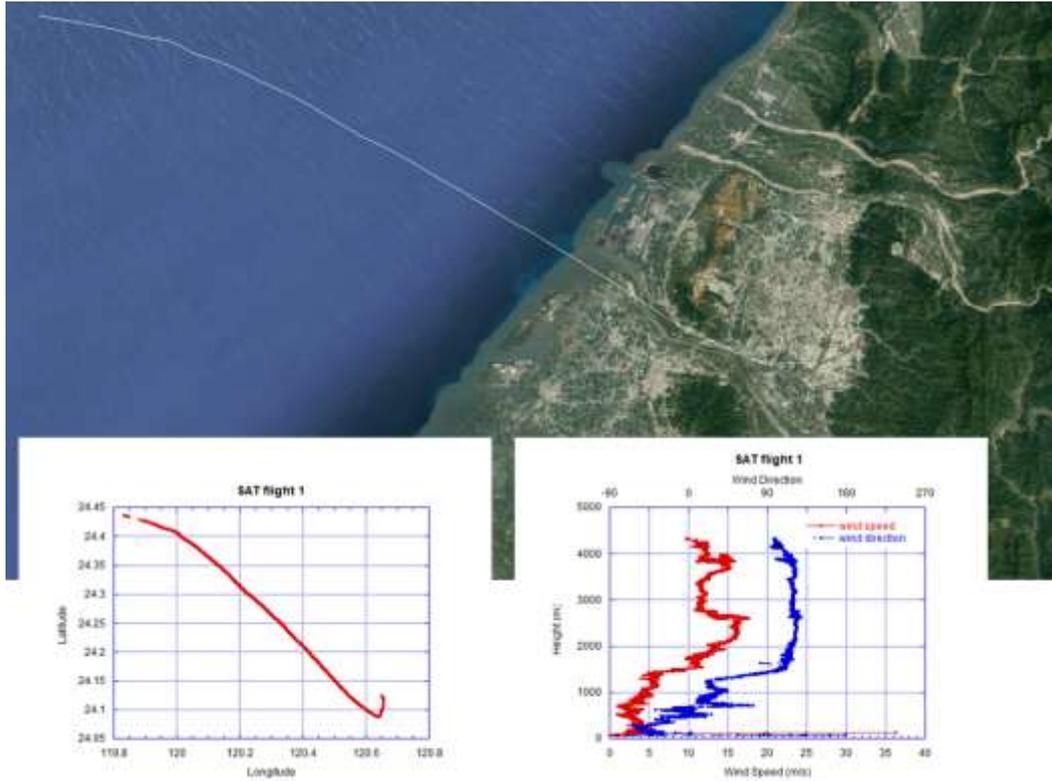


圖 5: 2017 年 7 月 22 日 11:38LST SAT 自台中中山醫學院起飛的軌跡以及風速風向隨高度變化(右下)示意圖。