

通達世界的教育窗口

2019 GLOBE第23屆年會與會思聞

台北市立明倫高中／江玉燕



一、前言

GLOBE 計畫(the Global Learning and Observations to Benefit the Environment Program)是美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration)、國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration)及國務院在1995年共同發起的科學與教育跨國計畫，透過各國政府與政府間的協定，讓全世界的學生及公民有機會共同參與環境調查的資料收集及研究過程，以了解地球系統及全球環境的狀況。目前全世界已有120國家的33,660所學校共同參與，其中包含台灣的45所學校。

在美國，STEM (Science、Technology、Engineering and Math)教育已被視為攸關國家未來競爭力的政策和人才投資。STEM是結合科學、科技、工程以及數學四個專業領域的教育，科技的學習需要數理的解析以及科學的解釋與實作，而科技的應用與工程的設計是實作所需的基本技能。GLOBE融合STEM的理念，以社群連結學生、教師、科學家及其他公民科學家，在問題導向的模式下，針對大氣、水圈、生物圈、土壤四個範疇及地球系統，共同規劃調查計畫及研究方法，進而產出研究報告，過程中特別強調跨科的科學概念與知識應用。台灣現今12年國教不僅強調跨領域間的整合，自

然科學領域的各學習階段也力求要貫徹「探究與實作」的精神與方法，這與GLOBE計畫追求的目標有異曲同工之妙。

今年GLOBE第23屆年會在美加邊界的底特律舉行，這是一個多重文化融合的都會，也曾因汽車工業的興衰而導致區域性社會結構及環境的改變，此地著實可反映本會期的研討主題—多元環境的交會 (Intersections of Diverse Environments)。在六天的會期中，大會安排了五個主題方向的研討：「GLOBE計畫的回顧」著重在GLOBE教學實施的現狀及影響；「網頁與科技的資訊展示」是在研討GLOBE網頁的使用狀況、展現觀測資料的方法、觀測資料與衛星遙測等高科技觀測結果的比照；「GLOBE與科技」主題的重點是如何將近代科技融入GLOBE的環境觀測、資料分析及視覺呈現，甚至配合Google Classroom、GIS軟體的功能，融入課堂的教學；「探索變遷中的環境」與「在市區尋覓大自然」兩個主題大部分是就GLOBE各社群觀測活動的實施狀況或實例分享，以及教師如何將其融入課堂活動。

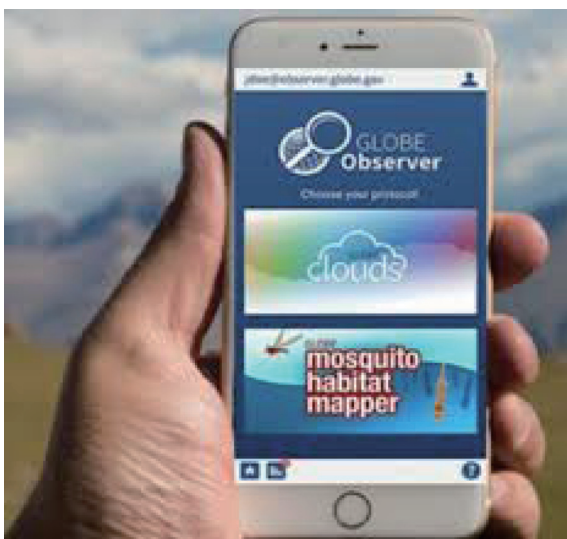
社群(community)是GLOBE計畫的活動策略，如依觀測族群分佈的區域社群、以觀測議題為中心的社群(如聖嬰現象社群、熱島效應社群等)、按觀測範疇而分流的社群(大氣圈、生



物圈、水圈及土壤和地球系統五個社群)及教學為主的教育社群，還有NASA所主導的衛星觀測研究社群及與其科學教育計畫相關的觀測社群等，觀察各個社群活動的面向，就能深切感受GLOBE計畫的教學內涵與活動精神。

二、隨時隨地都可勝任為公民科學家

GLOBE計畫原本就有專屬的網頁讓各社群成員上載觀測資料，而近來因應手機的普及化，NESEC(NASA Earth Science Education Collaborative)社群發展出「GLOBE OBSERVER」公民科學觀測活動，藉由手機APP程式(圖1)彙集社群成員在世界各地的觀測資料，以為專題研究的素材，同時也提供給NASA的科學家做為衛星觀測的比對資料。首次觀測，觀測者需先在APP程式中註冊為會員，以便往後隨時觀測及傳輸資料，目前線上計有「雲的觀測」、「蚊子棲息地圖」、「地表覆被」與「樹」四個觀測活動單元。



▲ 圖1 手機GLOBE OBSERVER APP程式提供即時觀測功能。

手機的便利與網路的無遠弗屆，促成了公民科學家的國際合作研究，也有利於整體地球系統的監測與探究，甚至可進一步延伸推廣為公民的終生學習活動。

三、適時提供專業知能與觀測技術的支援

因應環境問題的多元變化與交互回饋，監測的範疇已不僅止於陸地，AREN (The AEROKATS and ROVER Education Network)社群就是以遙測的模式，將觀測範圍從地表延伸至空中，擴及我們周遭的整個3D空間。社群包括AEROKATS與ROVER兩部分，AEROKATS是以風箏為主要觀測載具，ROVER則是以兼具水上探測船及陸地探測車兩用的遙控載具為主。利用風箏為觀測載具，裝置費用不高且容易操作，一方面可如同衛星觀測一般，針對特定地區從空中進行巨觀攝影或大尺度的環境觀測；另一方面也可藉其高度的升降變化，偵測大氣的垂直變化。

為了讓隨著風箏升空的攝影機或觀測儀器，在受風吹襲之下仍能保持平穩(不會發生傾斜)，NASA高達德太空飛行中心特別研發出懸掛在風箏底下的「航空浮槳」，以負載觀測用的攝影裝置或感測器，整個觀測裝置大致如圖2所示。此模式原是底特律郊區的教育服務單位為了因應水質觀測，而必需對當地水塘及河流等水域進行影像監測的觀測設計，不久隨即被引用至美國許多地區，2010年更擴大成立為ICCARS計畫(the Investigating Climate Change and Remote Sensing Project)。參與該觀測計畫的社群成員以特設的軟體收集遙測影像及GPS資料，並傳輸至GLOBE計畫的資料庫中，與全

世界共享成果。

資料的分析與應用向來是GLOBE計畫重要的一項教育目標。之前曾有一研究實例，就是以風箏及航空浮槳同時負載可見光及近紅外線攝影機，先對田野進行影像觀測，憑藉一般衛星影像處理的原理，分析田野各分區影像的不

同波段能量差異，並對應各分區農作物成長的優劣程度，建立與農作物成長相關的區域影像資料庫，再套用於其他區域的影像資料，就可概略評估農作物的產量；又或者，再進一步將影像比對雨量等氣象因子，作為區域氣候差異的評比。



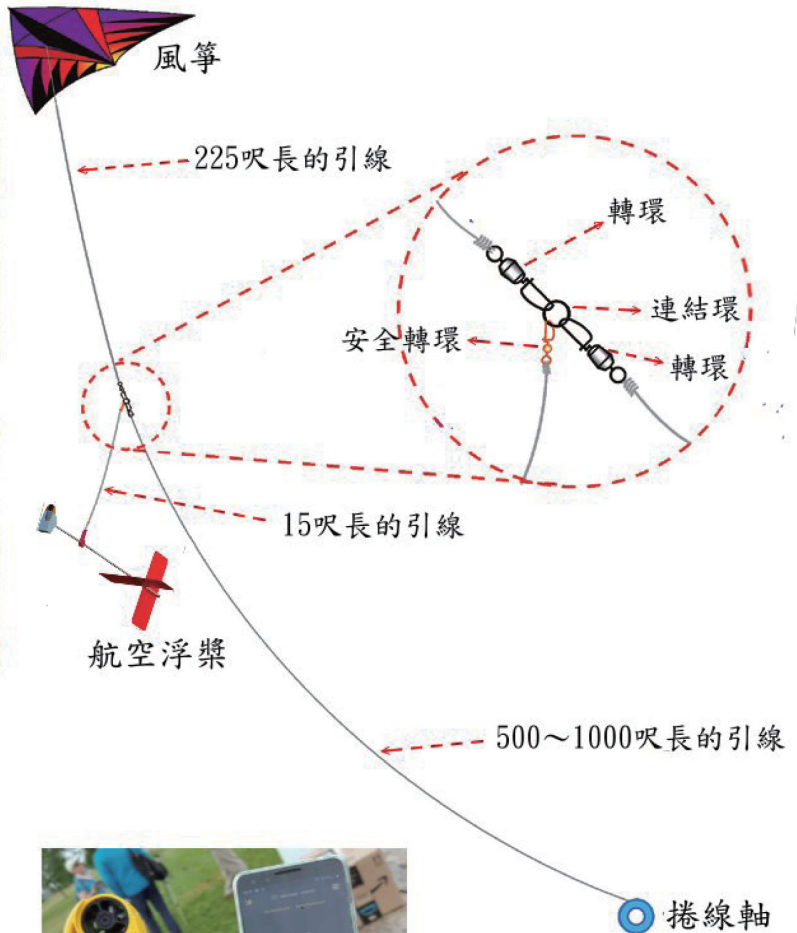
(B) 觀測用的風箏。



(C) 航空浮槳的一端是交叉的浮板，另一端則承載觀測儀器，左起第三支浮槳的前端負載著無線氣象儀(黃色)。



(D) 除了無線氣象儀，浮槳也可負載空中攝影機。



(E) 用手機或平板可即時監測無線氣象儀的觀測資料。

(A) 空中觀測裝置的整體結構。

▲ 圖2 AEROKATS觀測計畫所使用的遙測裝置。



四、環境探究過程蘊涵人文關懷與社會回饋

Arctic and Earth SIGNS(STEM Inte-grating GLOBE & NASA)是另一個深具內涵且活力十足的社群，其以阿拉斯加費爾班克斯大學的「國家北極研究中心」(International Arctic Research Center)為活動核心單位，透過GLOBE計畫的環境調查策略及社群組織，凝聚不同年齡層次的社群成員，共同進行環境變遷與其他相關課題的學習。

針對社群的師生，IARC主導活動的學者每年都會舉辦5、6天的營隊，除了訓練社員進行GLOBE計畫的環境觀測及研究方法之外，也引領社員與當地的耆老就生活經歷、衛星資料及自身的觀測結果等多元素材進行互動分享，以全方位了解氣候暖化對極區生活的衝擊及環境的回饋，其活動網頁(<https://sites.google.com/alaska.edu/arcticandearthsigs/>)就有詳列很多學習活動的模組，提供教師做為課程活動的參考。

定期安排NASA的科學家與社群成員面對面溝通或視訊互動，是社群的另一個主軸活動。在這些專家的專業知識及科技支援下，社員可盡情地進行環境的專題調查與研究，並使調查成果轉化為具體行動，減緩在地環境所受的衝擊，這也是GLOBE計畫至高層次的活動宗旨。

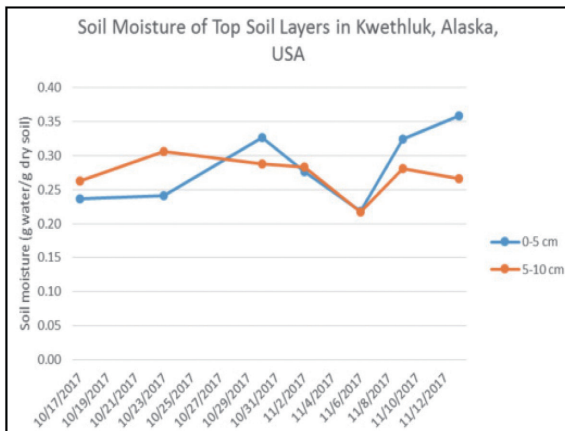
圖3所示就是一個成功的研究典範，研究團隊在釐定氣候改變造成環境衝擊的調查問題之前，會和社群其他成員先訪談當地的居民，以掌握當地人文社會與區域環境的議題，然後再查詢與議題相關的知識及訊息，聚焦議題的核心及需調查的問題，並在專家、學者的支援下，藉助GLOBE計畫的觀測策略與調查技術，進行實地的勘查與研究。

圖3所示就是一個成功的研究典範，研究團隊在釐定氣候改變造成環境衝擊的調查問題之前，會和社群其他成員先訪談當地的居民，以掌握當地人文社會與區域環境的議題，然後再查詢與議題相關的知識及訊息，聚焦議題的核心及需調查的問題，並在專家、學者的支援下，藉助GLOBE計畫的觀測策略與調查技術，進行實地的勘查與研究。



▲ 圖3 以永凍土層調查為例的研究模組，其過程技能涵蓋知識探索、實地觀測、資料分析、現象解釋，以及調查結果的應用與回饋；除此之外，學生在調查期間也必須學習和不同的人(如當地居民、社群其他成員、專家學者及地區管理者)進行溝通，因而得以進行人文關懷的互動，並深感同受環境變遷的影響。

圖3的案例最終以「影響永凍土表層侵蝕的因子」為調查主題，圖4為其調查數據。從其觀測數據顯示，區域最表層土壤的溼度(圖中藍色實線所示)有上升的趨勢，甚至在某一時刻之後即開始高過其底下的次表層土壤(圖中紅色實線所示)。一般而言，永凍土層上部解凍時，融化的水會造成鬆散的表土水分增加，甚至趨近飽和，而在重力的作用下沿著斜坡緩慢下移，造成土壤及地基的流失。



▲ 圖4 研究團隊在Kwethluk地區測得地表~地底5公分(藍色實線所示)及地底5公分~10公分(紅色實線所示)上、下兩表土層的溼度變化。

所有的調查數據在觀測期間就一一上傳到GLOBE計畫的資料庫，NASA的專家可透過水文模組將上傳的觀測資料進行比對與修正；待所有觀測數據確認無誤之後，研究團隊就展現公民科學家的職責與功能，將觀察所得的新發現傳達給區域環境的管理單位，讓其得以及時更改相關的防護措施。

五、結語

GLOBE 計畫的學習方式及內涵非常貼切美國新世代的科學標準(Next Generation Science

Standards)，已然成為美國教育改革的一個強力支柱。其創立至今不但持續運作了20餘載，而且對世界的影響力越來越大！下列幾個特點值得我們借鏡與深思。

1. 觀測研究的課題順應時勢且多元

由以往大氣、水圈、生物、土壤等分屬地球不同層圈的各自研究；時至今日，順應當下環境變遷的趨勢，聖嬰現象、熱島效應及蚊子棲息地圖等擴及地球系統的議題也納入調查，同時，配合科技的進展，也發展出衛星、探測車與風箏等為觀測載具的遙測模式。

2. 觀測資料趨近全球化且時空解析度精進

越來越多區域的成員加入共同觀測的社群，可分享廣域的觀測資料，並繼續吸引更多的成員加入，發揮公民科學的效力。此次會期，大會也特意安排不同地區的教師同組進行經驗交流和區域合作磋商，研發適合共同發展的研究主題(圖5)。



▲ 圖5 會員分組共擬可合作觀測的主題及內容，並上台發表。

3. 環境教育的學習模式切合時代潮流

從訂定研究問題、規劃研究方法、資料收集與分析、問題解釋與論證，整個過程符合我國「探究與實作」課程所要求的學習歷程；而



過程中所要培養的解決問題能力，是當今世界各國科學教育所追尋的重要教學目標。

4. 豐實的教育資源與密集的教育網絡

GLOBE計畫是由NASA、NOAA及美國國家科學院等國家級研究單位提供學術及科技支援，並由區域大學、環境研究中心及地區教育單位協助活動的推廣，除了營隊活動之外，也會有特定主題的觀測競賽與網路科展等活動，以激勵社群成員持續進行觀測與調查。

5. 因應環境調查的需求而不斷引進新科技

透過網路科技的即時性與廣域性，連結了不同區域的社群成員，而手機的便利性讓觀測工作隨時都可以進行，因而可以累積大量的觀測資料。此外，NASA鼎力提供觀測技術、開發支援資料收集及處理的工具，並不斷地創新環境調查的方法，使得計畫得以持續地穩定發展。



產業專業術語英文教室

Peak Ground Acceleration (PGA)

地震時發生的最大地表加速度，以gal (cm/s²) 為單位，分垂直向 (V)、南北向 (NS)、東西向 (EW) 依此三向進行測量。

Return Period 回歸期

以統計上的地震回歸週期來說，對於使用年限為50年的建築物，[小震]是指回歸週期為30年或稱30年一遇的中小度地震，建築物生命週期間有八成會遇到。

Structural Health Monitoring (SHM) 結構健康監測

在結構體上配置傳感器成為量測系統，長期量測取得數據，藉由演算邏輯初步快速分析判斷當下結構體的健康狀態，提供安全維護及預警功能。

Inter-Story Drift Ratio

層間變位角以二個相鄰樓板變位差距/樓層高度，例如2樓樓板往右偏5公分，3樓樓板往左偏5公分，該樓高為360公分， $(5+5)/360=0.0277\text{cm}$ 。