

圖1a 設置於中央氣象局一樓大廳入口之「地球展示系統」。



# 你也可以從太空看地球

## —地球展示系統

文／林熿閔

### 1. 地球展示系統簡介

中央氣象局為推廣氣象、海象、地震及天文等與地球科學相關的科普教育，於99年6月建置「地球展示系統」（圖1a）。地球展示系統的英文原名為 Science On a Sphere，簡稱 SOS，是一套創新的球型顯示系統，由美國海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration；簡稱 NOAA) 所研發設計，利用 1 部高階電腦及 2 片繪圖卡，來控制 4 部高解析度的投影機，透過複雜的影像處理與地圖投影等軟體系統設計，將複雜多變又美麗的星球外貌，結合各類的地球科學相關素材，投射在一個直

徑 173 公分的球型螢幕上，因而呈現出前所未見的全新視覺效果。

簡言之，將地球的影像投影上去，呈現在觀眾眼前就是一顆實體的地球，將月亮的影像投影上去，它就是一顆月球，透過氣象局人員專業的解說，可有效吸引觀眾（尤其是學生族群）的興趣與注意力，進而帶領參觀者進入自然科學的領域。

在地球展示系統上播放之原始檔為一個以特定投影方式 (Equatorial Cylindrical Equidistant projection) 製作的影像檔或動態影片，如圖 2 所示，其解析度為  $4096 \times 2048$  (最少需要  $2048 \times 1024$ )，原始影像經電腦處理後，

你也可以從太空看地球

APR 2012

圖1b 民眾參觀地球展示系統·圖上顯示的是全球衛星雲圖的變化。



分別由 4 部投影機，將影像投射在球形螢幕上，呈現出近乎真實的地球影像（圖 1a），即使在南北極地區也沒有因地圖投影轉換而產生任何的變形，地球展示系統可支援常見的靜態影像檔（GIF、JPEG、PNG、TIF 等）及動態影片（MPEG4），即使是靜態影像檔案，也可以在球體上以各種角度旋轉，呈現出動態的效果。

圖 1a 是「地球展示系統」最常展示的地球影像之一，稱為「Blue Marble」，這個影像完整描繪地球的美麗外貌，是由美國航空暨太空總署（National Aeronautics and Space Administration；簡稱 NASA）利用數顆人造衛星觀測資料所組合編輯而成，如果我們有機會從外太空看地球，這將是最接近真實的地球外貌。

## 2. 展示內容簡介

地球展示系統之產品內容豐富，限於篇幅無法一一列舉，以下將擇要挑選數個產品，並借此介紹颱風、地震、海嘯及天文相關知識。

### (1) 颱風的分布

我們生長在臺灣的人們，對颱風都不陌生，但是颱風並不是全世界到處都有，其實颱風只會發生在特定的海域。將 1950 年至 2005 年期間全世界所有颱風的行進路徑，合成在同一張地圖上，即可清楚看出全球颱風的分布情形（圖 3）。

根據近百年來的統計結果，南海及西北太平洋海域平均每年大約生成 27 個颱風，其中有 3 到 4 個颱風會侵襲臺灣，而我們臺灣所在的海域，正處於這個全球颱風生成與發展最活躍的地區（圖 3a），你可以看見颱風路徑密密麻麻，連臺灣的位置都完全被掩蓋了。此外，其他熱帶海洋地區也同樣會有颱風生成，發生在大西洋海域者稱為颶風（圖 3b），平均每年大約生成 11 個。從圖 3a 與圖 3b 的比較也可以明顯看出，發生在太平洋的颱風遠多於發生在大西洋。

颱風的生成、發展及消散，與海水溫度有著密不可分的關係，從圖 3 可以看出南太平洋西側海域（即南美的秘魯外海）及南大西洋熱帶海域幾乎都沒有颱風生成，



圖2 地球展示系統之原始影像檔。

主要的原因也是因為這些海域的海水溫度相對較低，不利颱風生成與發展。

## (2) 颱風與海水溫度

圖 4 是利用人造衛星觀測之全球海水溫度分布圖，其中藍色區域的海溫約為  $10^{\circ}\text{C}$  以下，分布在高緯度地區；紅色區域的海溫約為  $25^{\circ}\text{C}$  以上，分布赤道兩側。在地球展示系統上可以看到海溫隨季節的變化，七八月份，太陽直射北半球，赤道附近最溫暖的海水會向北半球擴展，此時為北半球的夏季，而在冬季月份時溫暖的海水則會移向南半球。

溫暖的海水是孕育颱風生成的重要條件，所以颱風只能在溫暖的熱帶海域生成與發展。整體而言，在赤道附近的熱帶海洋受大氣吹東風的影響，驅使洋面溫暖的海水由東向西流動，因此大洋西側的海溫通常高於東側。以太平洋為例，在赤道太平洋東岸海域，也就是秘魯外海，因為洋面的海水都向西流，南北兩側的海水來不及補充，需由深層海水湧升上來補充，稱為湧升流，湧升流帶上來較冷的海水，所以秘魯外海的海水溫度較低（圖 4a），以

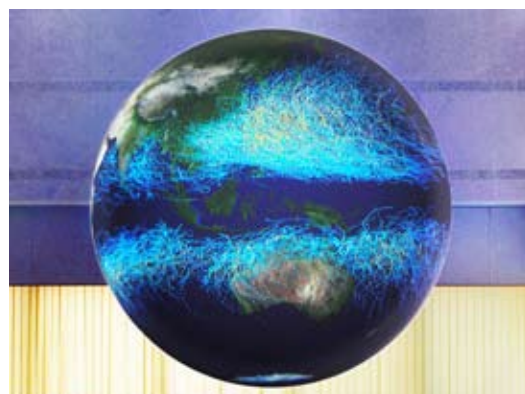


圖3a 東半球颱風路徑合成圖。



圖3b 西半球颱風路徑合成圖。

圖3 紀錄1950年至2005年期間全世界所有颱風的行進路徑之合成圖，每一條線代表一個颱風從生成到結束所移動的軌跡。

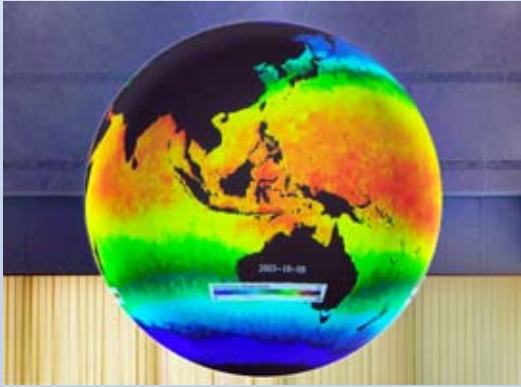


圖4a 東半球海水溫度分布圖。

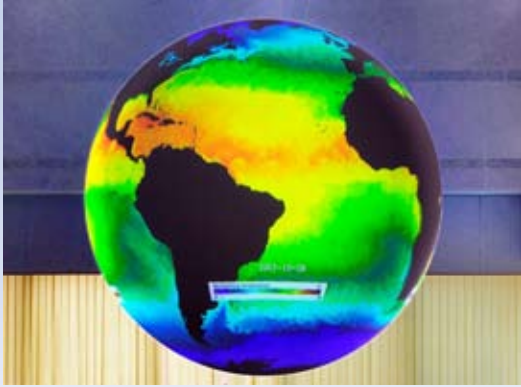


圖4b 西半球海水溫度分布圖。

圖4 利用人造衛星觀測之海水溫度分布圖，其中藍色區域的海溫約為 $10^{\circ}\text{C}$ 以下，分布在高緯度地區；紅色區域的海溫約為 $25^{\circ}\text{C}$ 以上，分布赤道兩側。

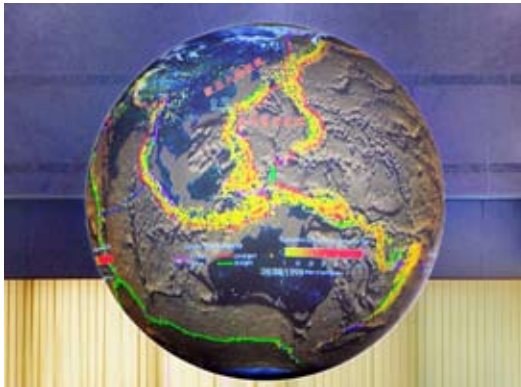


圖5 地震分布圖，將1980年到1995年間所有發生規模超過4.2的地震都標示在這張包含海底地形的地圖上，黃點代表當地發生過1到2次地震，橘點代表大約10次地震，紅點則代表50到200次地震。

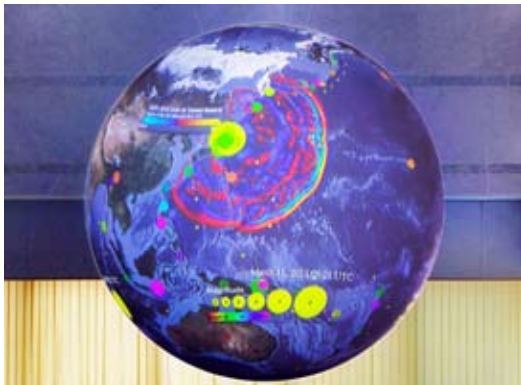


圖6 美國太平洋海洋環境實驗室利用電腦模擬2011年3月11日日本地震發生後海嘯波的傳播情形，圓圈代表當時發生的地震。

致颱風無法在此海域生成（圖 4b）。當颱風行進到高緯度海域時也會因為海水溫度較低而逐漸消散。

另外，赤道附近海域的海水溫度雖高，卻沒有任何一個颱風能夠跨越赤道，這是因為颱風生成需要地球自轉產生的科氏力（偏轉力）才能使氣流旋轉起來，形成颱風渦旋，而這種科氏效應在南北極最大，在赤道上為零，因此大約要在南北緯 $5^{\circ}$ 以上才可能有颱風形成，百年來只有極少數例外。

### (3) 地震

接著讓我們看看地球上地震的分布情形，根據統計全世界每年大約發生 50 萬次地震，其中 10 萬次是有感地震，大約有 100 次會造成災害。將 1980 年到 1995 年間所有發生規模超過 4.2 的地震都標示在地球展示系統上（圖 5），即可看出地震並非平均分布。那是因為地球的表面被薄薄的（相對於地球大小）一層殼狀板塊所覆蓋，可以分成七大板塊及十餘個小板塊，其中以太平洋板塊最大，約占全球面積 $1/5$ ，不同的板塊在相互擠壓或錯動下，在其交界處易發生地震、火山活動及造山運動，因此大多數的地震都發生在板塊交界附近。

板塊的邊界可以分為三種型態（圖 5），紅線是聚合型板塊邊界線，綠線是張裂型板塊邊界，而紫色線是錯動型板塊邊界。從圖 5 也可以看出，臺灣位在菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊碰撞擠壓下，所以臺灣的地震活動非常頻繁。

地球展示系統還可以呈現地球板塊的分布與移動的情形，也可顯示全球各地即時地震資訊。



圖7a 月球正面。



圖7b 月球背面。

圖7 月球。(a)月球正面；(b)月球背面。

#### (4)海嘯

2011年3月11日13時46分（臺灣時間）日本東北地區宮城縣外海發生芮氏規模9.0的大地震，震源深度大約24.4公里，並引發大海嘯。這是日本有觀測紀錄以來規模最大的地震，加上海嘯侵襲，導致日本大規模的災害，部分城市更遭受毀滅性破壞。

圖6即為美國太平洋海洋環境實驗室利用電腦模擬地震發生後海嘯波的傳播情形，紅色與黃色代表波峰，藍色代表波谷；圓圈代表當時發生的地震，圓圈越大代表地震規模越大，日本東北地區的大圓圈即為此次規模9.0的大地震，同一地點疊加數個較小的圓圈即表示持續發生的餘震。

海嘯波在海水越深的洋面，傳播的速度越快，在廣大的海洋中，其行進速度每小時可達500到700公里，僅需一天就可傳遍全世界。但是當海嘯波接近海岸時，隨著海水越淺，波速變得越慢，同時振幅變得越大且海水流速也變得更快（波速快並不具破壞力，但流速越快則越具破壞力），因此具有強大的破壞力。

在太平洋上黃色的小點（圖6）是美國NOAA特別為監測海嘯而設計的深海海嘯預警浮標（DART），這些浮標被布放在歷史上曾發生過破壞性海嘯的海域，以期能提早偵測海嘯，達到早期預警的效果。

在地球展示系統上還可以看到2004年12月26日發生在印尼蘇門答臘北方外海的南亞大海嘯模擬動畫，從這些海嘯動畫可以觀察到海嘯波在太平洋及大西洋上傳播的情形，當海嘯波經過海島或海底山脈（水深變淺）時，行進速度會變得比較慢。

#### (5)月球

這個系統雖然命名為「地球展示系統」，但是它能展示的內容除了地球的影像外，其他星球或任何影像都可以利用此系統進行展示。

圖7a是大家都很熟悉的月球，由於月球繞地球公轉的週期跟月球自轉的週期剛好都是27.32天，所以長久以來月球一直都是以同一面面對著我們地球，我們稱之為月球正面。換言之，在地球上用望遠鏡觀測月球只能看到月球的正面，永遠不可能看到月球的背面。但是在氣象局我們可以透過地球展示系統，直接觀看到由太空船所拍攝的月球背面（圖7b），月球背面呈現與正面迥然不同的景象，背面布滿上千個大

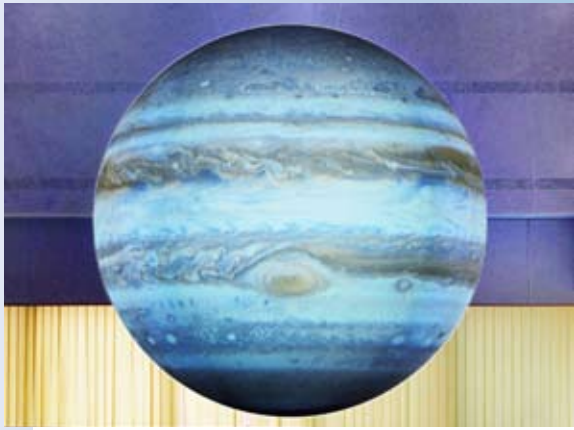


圖8 木星。

小不一的隕石坑，這些坑洞都是這 30 億年以來月球被隕石撞擊的紀錄。由於月球已經很久沒有重大的火山及地殼的運動，也沒有風化及水的侵蝕作用，所以這些坑洞一直都被完整的保存下來。

#### (6) 木星

木星是太陽系中最大的行星，它是一個氣態星球，直徑大約是地球的 11 倍。木星也是太陽系中自轉速度最快的行星大，自轉一圈只需約 10 個小時，與地球相比，其轉速非常非常快，因此中低緯度附近的大氣環流以東西向為主，呈現與赤道平行的美麗氣流條紋與渦旋。

木星表面最大的特徵是南半球的大紅斑，從氣象的角度，這是一個超級大颱風，它的大小可以容納 3 個地球，人類自 400 多年前開始用望遠鏡觀測木星時就已經發現到它的存在，迄今這個大紅斑依然在木星的南半球盤旋著。

在地球展示系統上還可以看到太陽系的八大行星及其主要的衛星，還可以看到太陽表面的在噴發太陽閃焰的動態畫面。

### 3. 結語

目前地球展示系統可供播放之影像素材、動畫及影片產品，包含大氣、陸地、

海洋、天文、模式與模擬以及附加影片等題材，總計超過 200 多種產品，主要是由美國 NOAA、NASA 以及各博物館或大學等不同機構，特別為「地球展示系統」製作之各式圖像或影音產品，此外，「地球展示系統」還可顯示最近一個月以來的衛星雲圖、海溫變化及地震訊息等 20 餘種全球即時資料。

在美國海洋暨大氣總署的大力推廣下，目前全世界共有 70 餘個單位建置此系統，主要為各大博物館、氣象作業單位、大學以及科學研究機構，例如美國國家航空暨太空總署及其轄下相關單位等，其數量仍在持續增加，大多用於一般展示及推廣科普教育，有關地球展示系統之詳細內容，可參閱其官方網站 ([www.sos.noaa.gov](http://www.sos.noaa.gov))。

就推廣科普教育的目的而言，地球展示系統是一個不可多得的利器，其成效遠非傳統教具所能比擬，若你能親眼目睹，你也將著迷於「地球展示系統」的魅力，若要參觀中央氣象局，可上網 ([e-service.cwb.gov.tw/visit/index.htm](http://e-service.cwb.gov.tw/visit/index.htm)) 查詢相關資訊。(本文作者任職於中央氣象局)