

地圖中的 世界

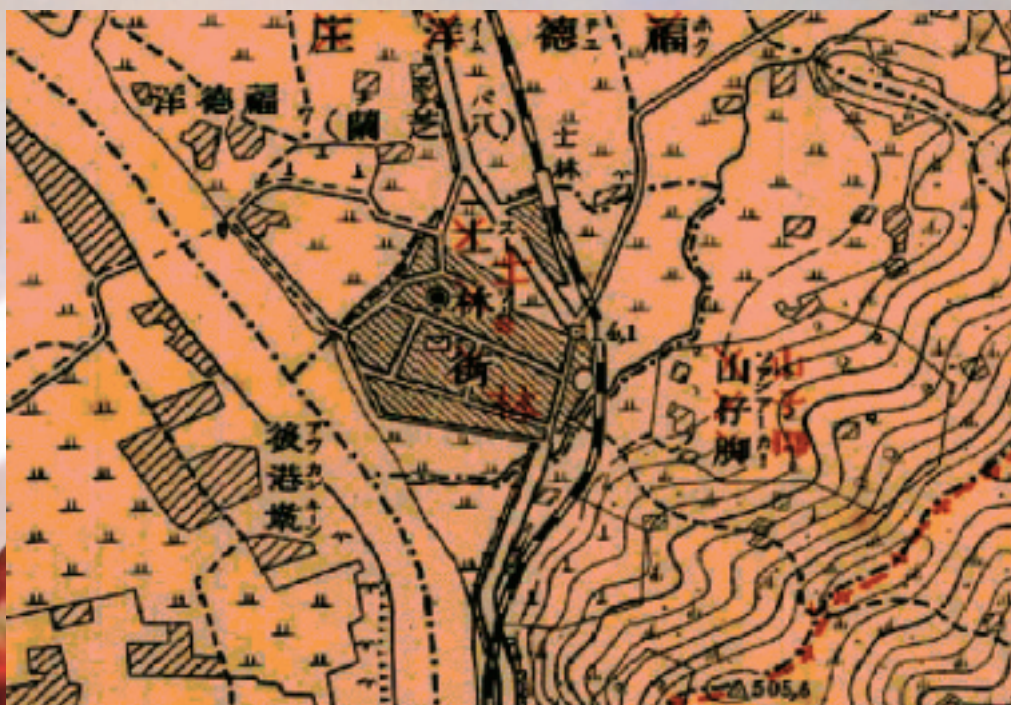
人文、 科技、探索

在一般人的印象中，地圖總是印在紙上，
記載著各地相關位置、地形、山川、地貌等
各項資訊的平面印刷物；時至今日，
它有了怎樣的變化？地圖中所包羅的資訊是否涵蓋得更廣？

■ 賴進貴

你會使用地圖嗎？表面上，地圖和字典一樣，都是日常生活中的工具，地圖提供我們有關位置和地理環境的資訊，是生活的好幫手。然而，有關地圖的製作、使用與教學，也是一門學問，稱為地圖學。

「地圖學是有關地圖製作的藝術、科學與技術。」這個簡短的定義，說明了地圖學的幾個不同面向。有關地圖的學問，可以追溯到二千年前，因此地圖學稱得上是一門古老的學問。近年來，隨著資訊科技的創新，現代地圖的面貌也有了多元的發展，在地圖的各個不同層面上，有所變，也有所不變。本文從人文與科技層面，介紹地圖在人類生活中所扮演的角色及其最新發展，希望能引發讀者對於認識地圖的興趣。



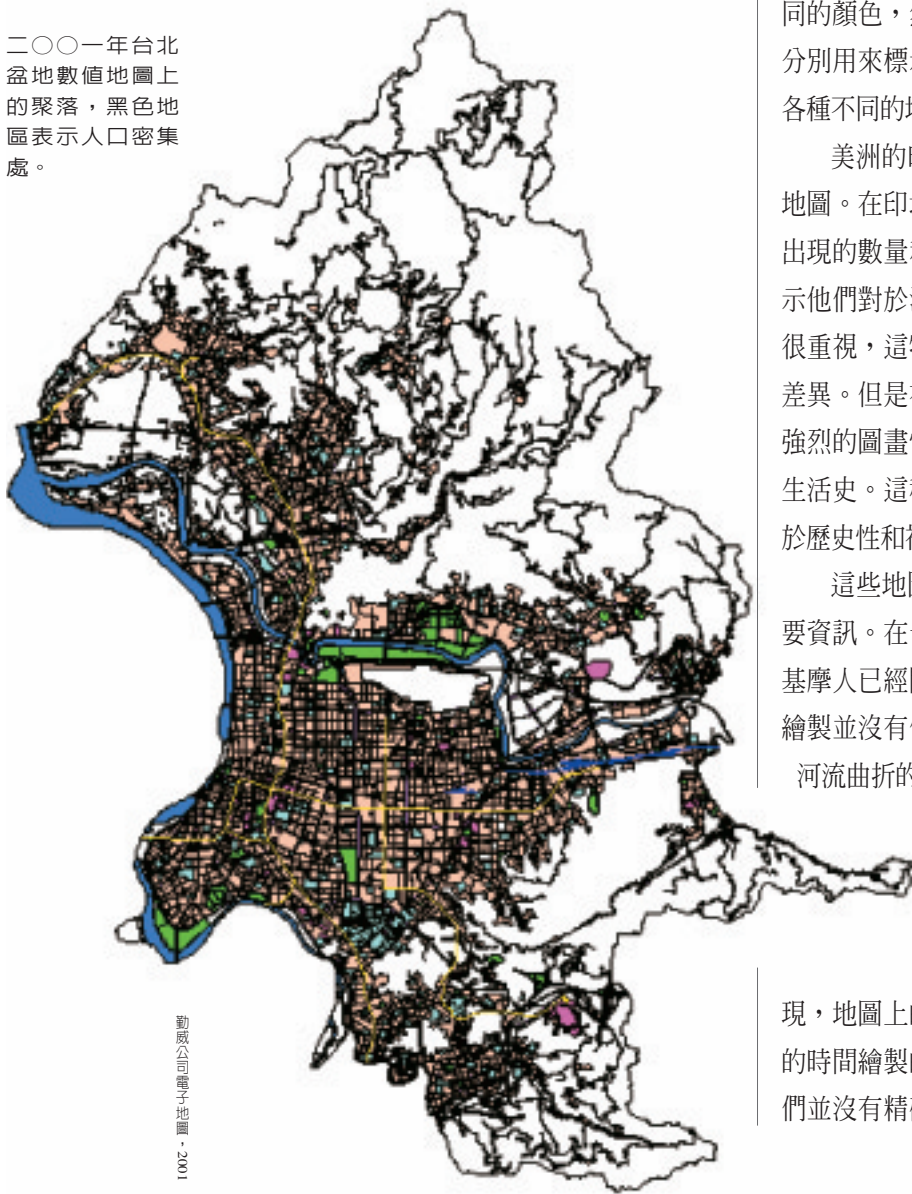
一九〇四年台北盆地地圖上的聚落。

台灣地圖，台灣大學圖書館

地圖與文化

繪製與使用地圖，是人類文化活動的一環。古今中外的許多民族，分別有他們的地圖，許多民族不見得有文字，卻有著它們自己特殊的地圖。到目前為止，考古學家發現最古老的地圖，出現在現今的伊拉克，當年巴比倫的兩河流域，這些製作於四千多年前的地圖，是將地形、街道、聚落等地理環境刻劃在泥塊上，再進一步曬乾。

二〇〇一年台北盆地數值地圖上的聚落，黑色地區表示人口密集處。



在太平洋中的馬紹爾群島，居民使用樹枝和貝殼編織他們的地圖，每一個貝殼表示附近海域的一個島嶼，枝條則是用來代表島和島之間的方向和距離。這些太平洋上的島民們，爲了航海探險的需求，就地取材以貝殼和樹枝將各個島嶼的位置及其間的距離記錄下來。

生活在北極地區的愛斯基摩人，由於生活物資缺乏，常需要和環境搏鬥。早期的愛斯基摩人，利用在河流中找到的漂木，刻劃出許多大小形狀各不相同的木塊，並且將木塊漆上不同的顏色，然後再安置到海獅皮上，這些木塊分別用來標示島嶼、湖泊、沼澤、潮汐灘地等各種不同的地形和位置。

美洲的印地安人也有一些具有特殊風格的地圖。在印地安人所繪製的地圖上，地形資料出現的數量和類別比較少，準確度也不高，顯示他們對於河流、山脈等自然環境的敘述並不很重視，這特性和愛斯基摩人的地圖有明顯的差異。但是在另一方面，他們的地圖則含有極強烈的圖畫性質，這些圖畫記錄了他們族群的生活史。這種地圖，事實上反映了印地安人對於歷史性和社會性事件的關心。

這些地圖分別記錄了當時居民生活上的重要資訊。在十九世紀末期發現的地圖中，愛斯基摩人已經開始用鉛筆畫圖，雖然這些地圖的繪製並沒有使用到測量儀器，但是地圖上有關河流曲折的形態和數量卻非常準確，這可能意味

著河川數量和複雜程度等自然環境是他們非常關心的。

就幾何層面而言，地圖上的距離不甚精確，然而科學家發現，地圖上的距離是愛斯基摩人依照步行所需的時間繪製的，這種距離一方面可能是反映他們並沒有精確的測量工具，所以只能以步行時

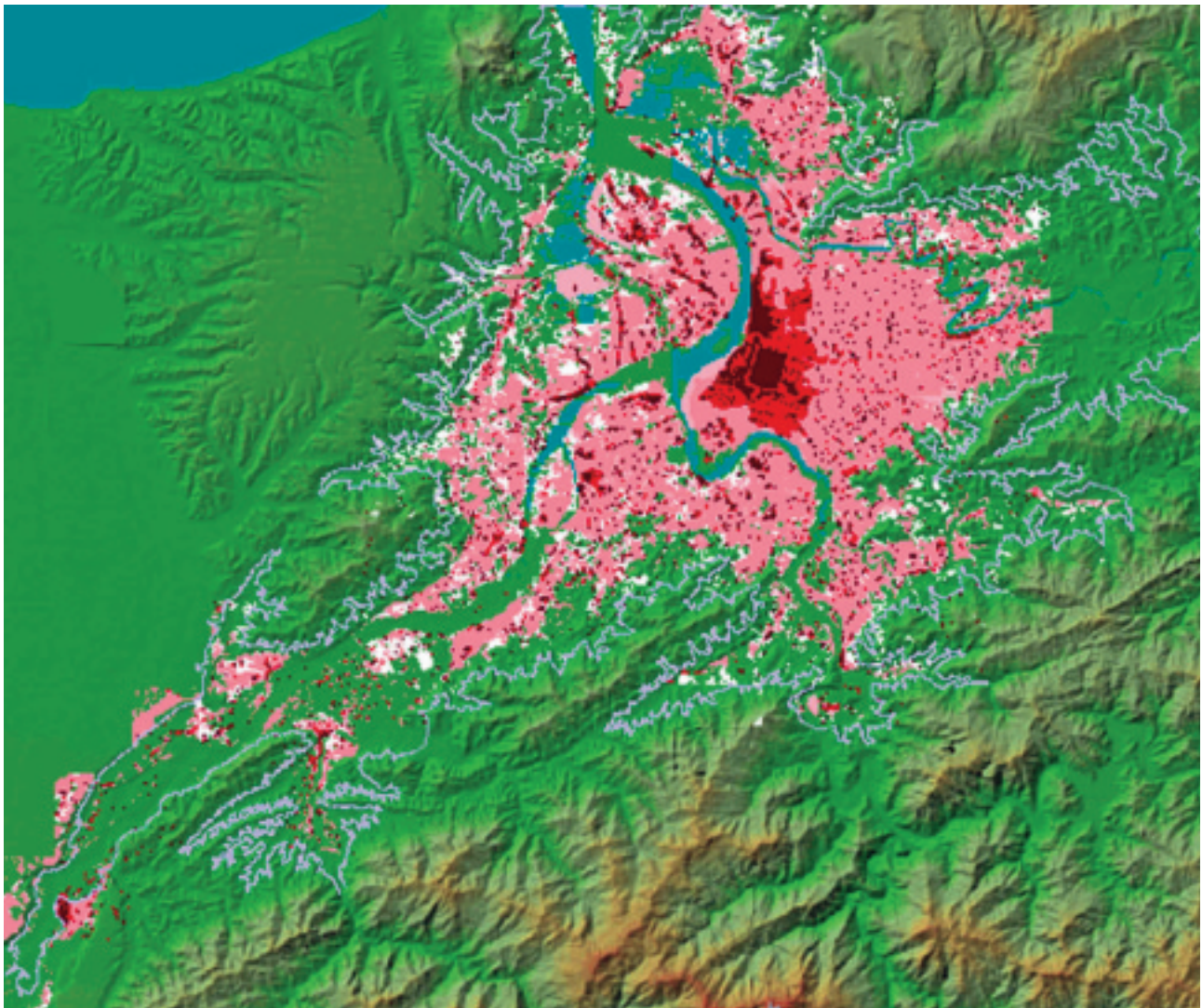
間的長短估算距離，另一方面也可能代表他們所關心的距離是通行時間的長短，而不是實際地面距離的長短。對於馬紹爾群島島民而言，如果錯失了方向或距離，可能就因此喪失了捕撈到魚獲的機會，也可能就因此迷失了方向而永遠回不了家。

在兩河流域、馬紹爾群島、印地安部落、北極、中國、印度，不同地方、不同文明都出現了地圖。繪製和使用地圖的能力，是人類文明發展的一種必然結果。許多民族雖然沒有文字，卻有他們的特殊地圖，生活在不同地區的居民，所能用來製作地圖的材料和工具不同，

然而他們利用地圖記錄生活中各種空間資訊的需求則是一樣的。至於各個地區的地圖所記錄的資訊內容為何，則又反映當時人們生活環境的需求。

早期的地圖，主要在記錄自然環境，然而隨著社會的多元化，地圖的內容越來越豐富，例如地籍、土地利用、選舉結果、犯罪率，幾乎任何和位置有關的資訊，都可以利用地圖來展現。此外，地圖本身也是一種研究的素材，例如地理學者透過不同時期和不同形式的地圖，整合之後用來分析該地區的聚落成長過程，而這樣的結果又可以用地圖再來呈現。

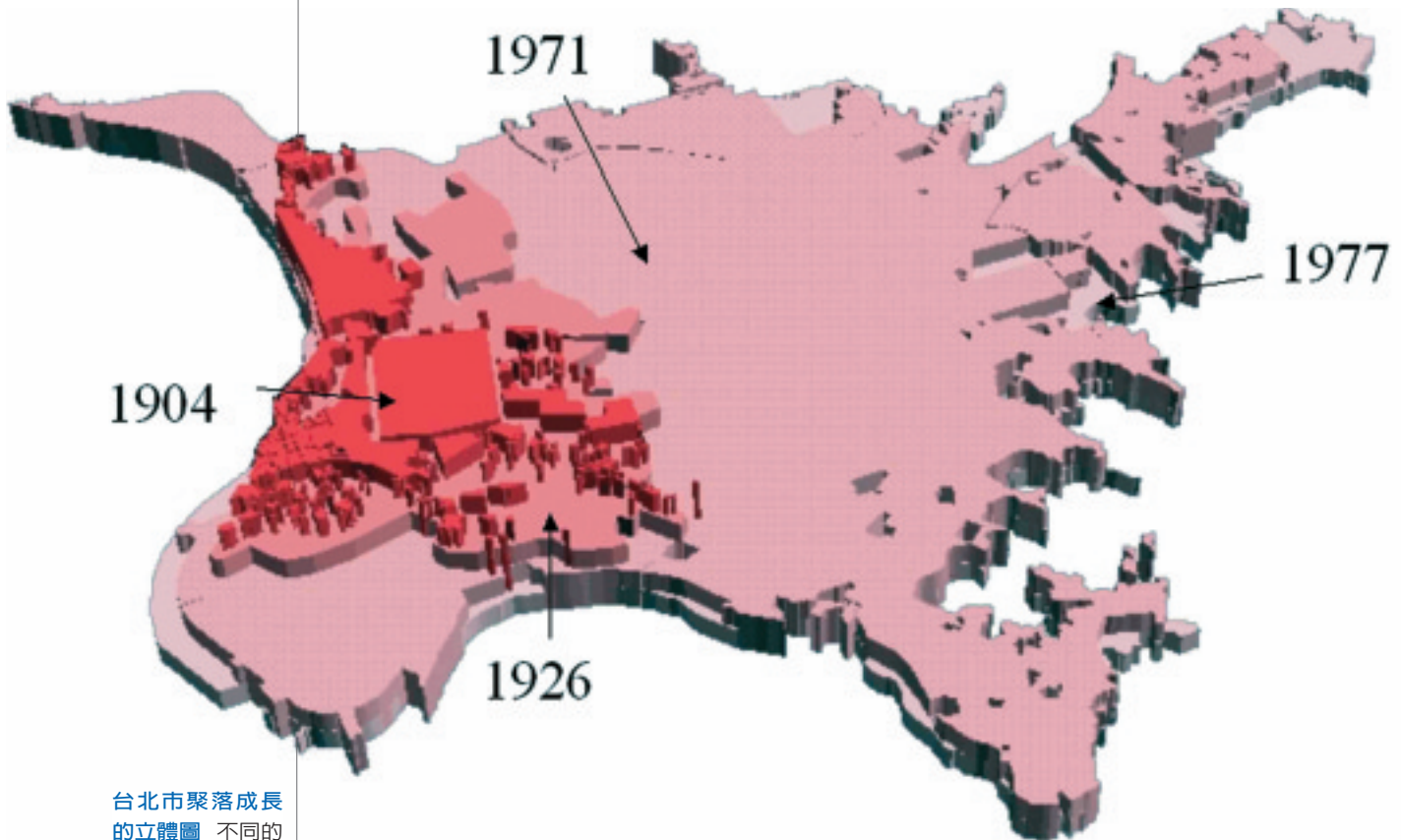
由衛星拍攝的台北盆地的聚落分布。



地圖研究的科學面

地圖繪製有其科學層面的要求，以地圖的投影轉換為例，這個既古老又新鮮的技術，就是地圖科學研究的一項基礎工作。地球是一個三度空間的球體，要將這個球體表面上種種現象轉換成平面的二度空間表現，這個過程是一個複雜的數學和地球科學的問題。

地圖投影不只是科學，也有實際的應用價值。以水手在海上航行的工作而言，恆向線、大圓線等都是海上航行所必須的資訊，恆向線可以用來分析兩點之間的航行方向，而大圓線則是兩點之間的最短航行路徑。然而，這些資訊無法在地表上直接分析計算，拜地圖投影技術的發展之賜，這些資訊可以在某些地圖投影上取得。



台北市聚落成長的立體圖 不同的層面代表不同時期的聚落分布，由圖中可見一九〇四年只有最上面的一小塊，一九七七年已發展到下方最大的那塊面積了。

所謂「地圖投影」，是將地球表面上的球面座標，有系統地轉換為地圖上的二度空間平面座標，在這樣的投影過程中，無可避免地會造成角度、面積、距離、形狀等幾何扭曲的現象，如何發展一個幾何扭曲程度比較小的投影方法，也就成爲一項科學難題。截至目前爲止，雖已發展出超過三百種的投影方法，科學家仍在持續追尋新的方法。

十六世紀荷蘭地圖學者所發明的麥卡托投影，就可以在地圖上直接顯示兩點之間的方向，讓水手們精確地掌握通往目的地的方向；如果我們將光源擺在地球儀的中心進行投影，在投射出來的地圖上，大圓線是一條直線，水手可以輕易地找出兩地之間的最近路徑。這些地圖投影的發展，提供了航海所需要的重要資訊，也顯示科學發展的實用價值。

科技時代的地圖

這三十年來，資訊科技的急速創新也帶動地圖學的許多發展。一九七〇年代，電腦開始用來改善傳統手工繪製地圖的作業，大大提升了地圖的繪製速度。例如，以繪製一張世界地圖所需的地圖投影工作而言，從球面經緯度座標到平面座標，可能需要牽涉到數百萬個點的座標轉換計算，這需要耗費好幾個月的功夫，然而這麼龐大的計算量，在電腦中卻是輕而易舉的事情，所以我們可以輕易製作大量的地圖。

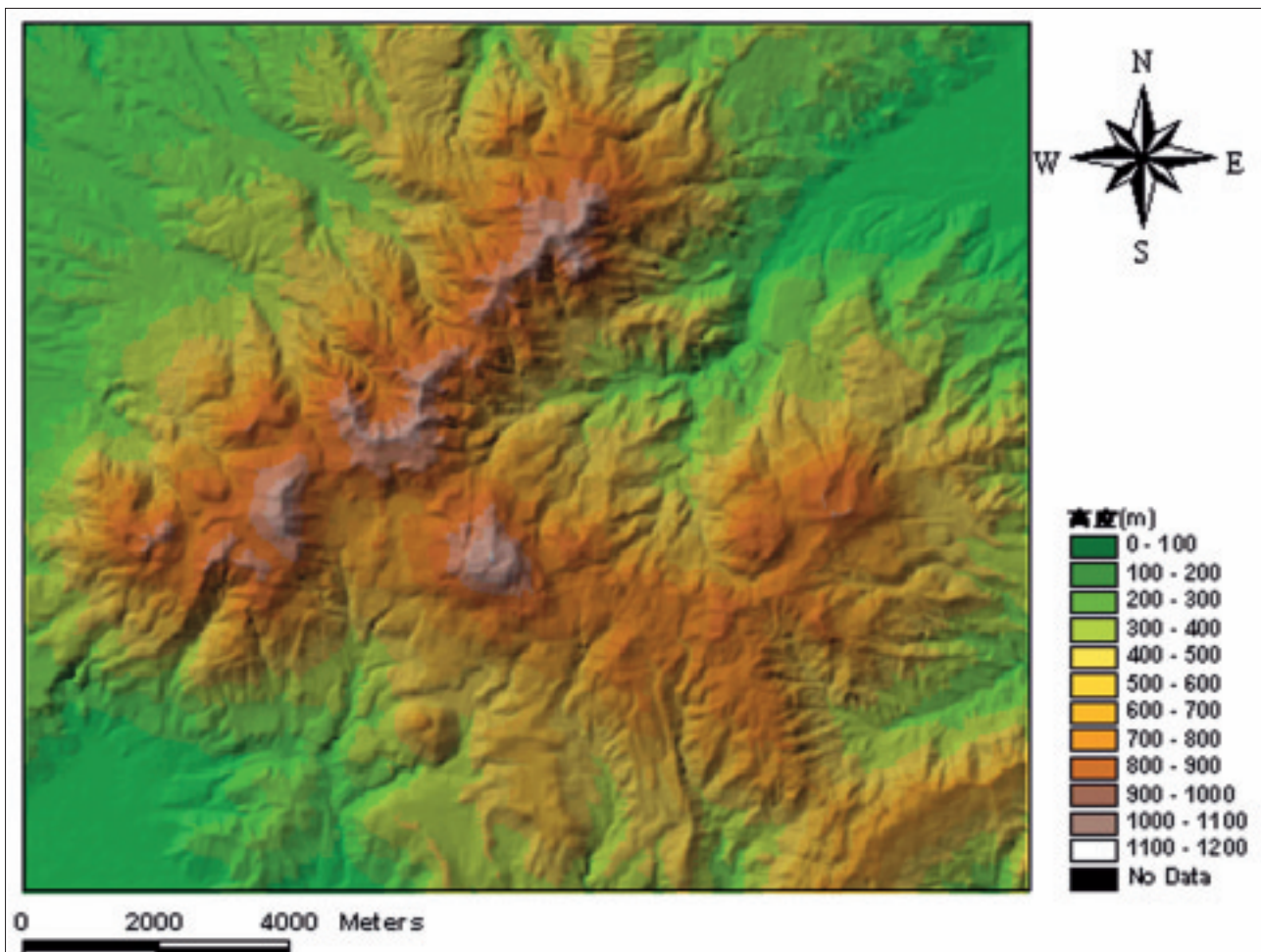
隨著電腦地圖科技的發展，電腦的功能不只在於更快，也在於提供更多元的地圖，甚至顛覆了對地圖的傳統定義。一般人所熟悉的地

圖，可能都還是紙張地圖，然而現代科技發展出來的地圖，具有著許多不同的形式，包括地球儀、衛星影像、地圖集、電腦螢幕上的影像等。以地形為例，傳統的紙張地圖以等高線、陰影圖來展示地形起伏，然而，在電腦系統中，地形的起伏就有好幾種不同的展現方式。

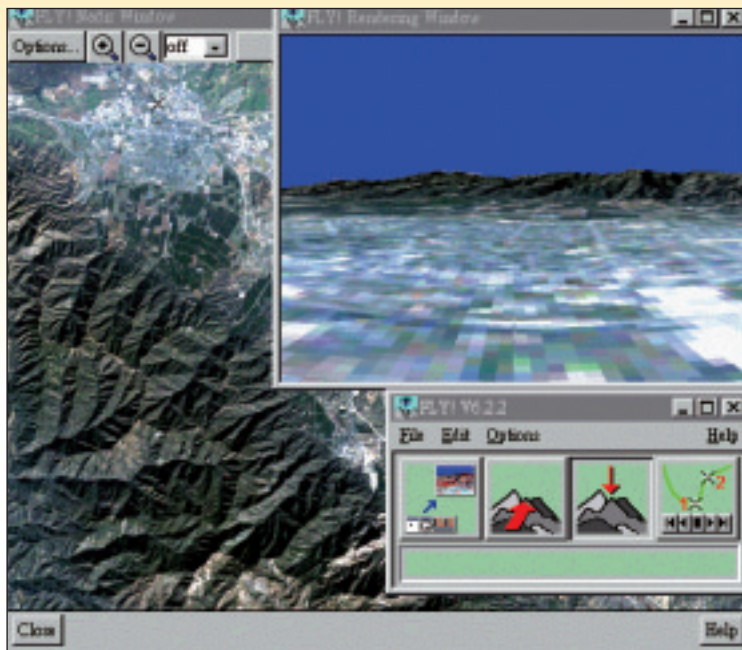
例如彩色暈渲圖是將分層設色圖和暈渲圖加以套疊所產生的，這種圖既可以透過不同的色彩呈現大致的高度，也可以由暈渲圖的陰影效果顯示細部地形。其製作原理非常簡單，然而人工作業卻非常繁瑣，需要分別繪製兩種圖並加以套疊，受惠於電腦繪圖軟體的發展，這種圖的繪製已經日漸普及。

漁網圖則是利用立體網格呈現地形的高低起伏，其網格是由一條條橫向與縱向的剖面交

彩色暈渲圖 這種圖既可以透過不同的色彩呈現大致的高度，也可以由暈渲圖的陰影效果顯示細部地形。



虛擬實境的地形展示，所呈現的圖像類似立體地形圖，但是增加了使用者操控的動態展示及互動功能，使用者可以自由旋轉角度，從任意方向和距離觀察地形。

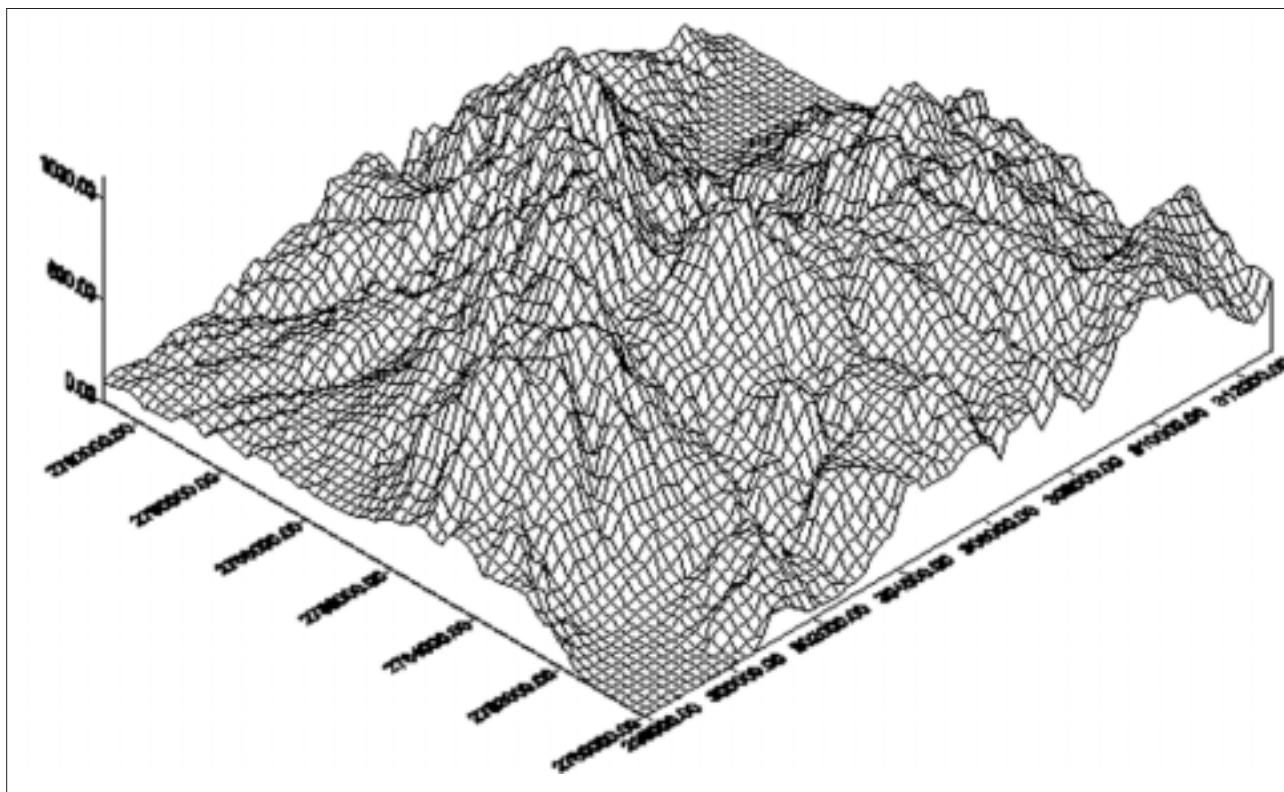


漁網圖 利用立體網格呈現地形的高低起伏，其網格是由一條條橫向與縱向的剖面交織而成，漁網圖直接呈現地形的起伏、高度、坡度、坡向等。

織而成，這種圖雖然可以由人工繪製，不過因為繪製工作繁瑣，牽涉到大量的換算，所以這種表現方式的普及也是受電腦繪圖發展之賜。漁網圖可直接呈現地形的起伏、高度、坡度、坡向等。

立體地形圖表現方式的原理和漁網圖一樣，然而除了地形起伏之外，還結合衛星影像所提供的地面覆蓋資料，貼附在漁網圖之上，提供更逼真的地形展示效果。立體地形圖可以顯示地形的起伏，也可以呈現地面覆蓋的資料。

虛擬實境是新興的地形展示方法，可以在全球資訊網（WWW）上展現，最常用來建立虛擬實境的一種方式，就是利用虛擬實境標示語言（virtual reality mark-up language, VRML）進行開發。其所呈現的圖像類似立體地形圖，但是增加了使用者操控的動態展示及互動功能，使用者可以自由旋轉角度，從任意方向和距離觀察地形。受限於現有的網



路頻寬和電腦計算速度，這種展示方式在初期的應用有限，然而隨著網路頻寬的提升，這種表現方式的發展潛力不容忽視。

在空中鳥瞰地面是認識地形的一種方式，然而飛機飛行的路徑、時間、高度有種種限制，拜電腦科技之賜，這樣的飛行經驗可以由電腦來模擬。飛行動畫是由一系列的三維(3D)立體圖所構成，以每秒數張至數十張的速率播放，其資料量和計算量的龐大可見一斑。製作飛行動畫時，必須先選擇一條觀景路線，利用電腦模擬飛行來產生路線沿途的連續景象，並且儲存下來成爲一動畫檔案，就好像拿攝影機搭飛機拍攝影片一樣。

由於電腦的輔助，地圖已經不再局限於靜態的平面展現，也可以是動態、互動的呈現，使用者可以選擇不同角度、距離來觀察地表資訊。在這樣的展現背後，地圖不再是紙面上的點、線、符號，而是數值資料的結合，我們看

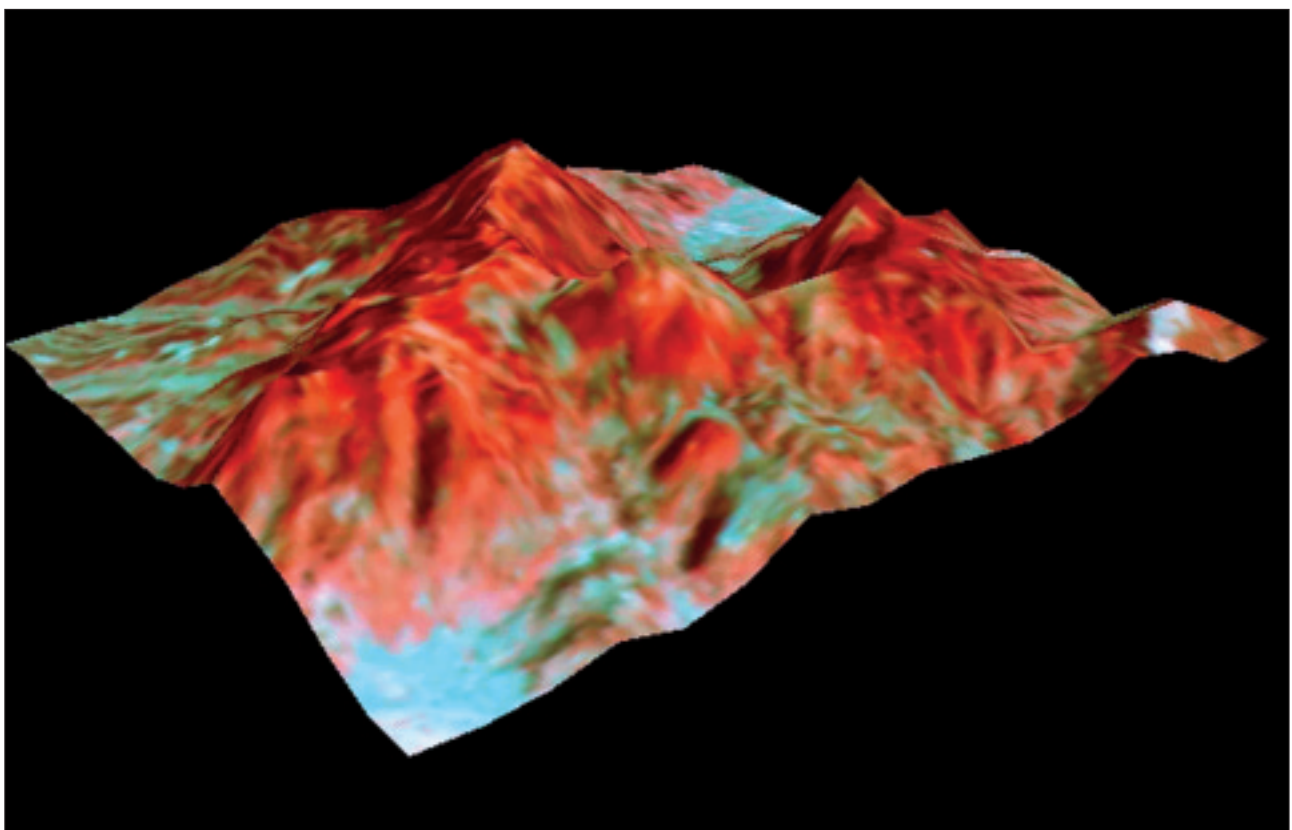
到的影像都是一連串0和1的組合。今天的地圖學者，所處理的資訊已遠超過早期所有地圖學者所處理資訊量的總和，舉凡自然環境及人文社經的現象，都可以用地圖來顯現它們的位置及空間分布型態。

資訊時代的地圖

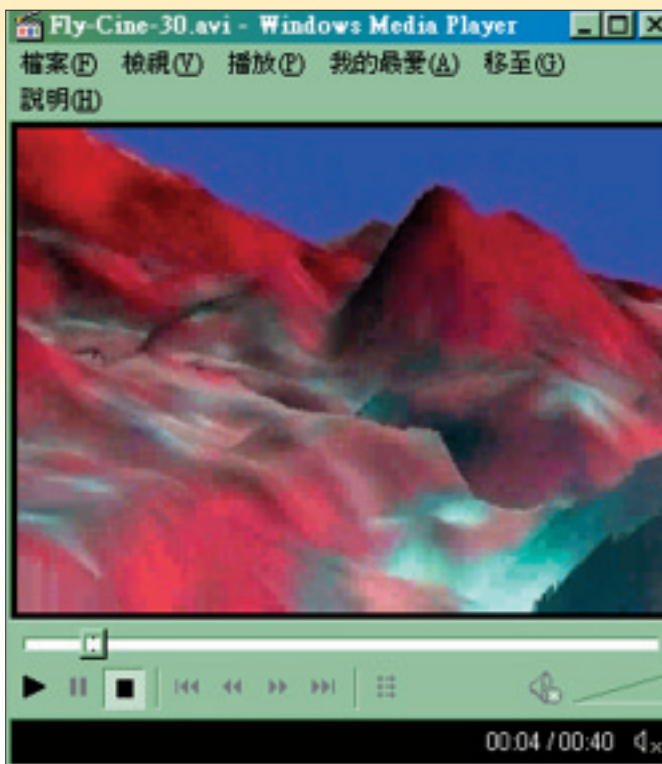
地圖的多元化，讓地圖可以出現在網路、光碟上，對於地圖資訊的傳播更爲便捷，要查詢一條通往陌生地方的路徑，上網查詢就可以知道通往目的地的最短路徑。美國一家知名的維他命經銷商，在全美有數千家連鎖店，他們的顧客可以上網查詢住家附近的連鎖店位置，並且可以查詢如何到達這些連鎖店。這樣的功能並不局限在大型的連鎖店，一般的商店也已開始使用。

對於科學研究者而言，地圖的展示功能也在改變，一九九八年時任美國副總統的高爾所

立體地形圖 這種地圖表現方式的原理和漁網圖一樣，然而除了地形起伏之外，還結合衛星影像所提供的地面覆蓋資料，貼附在漁網圖之上，提供更逼真的地形展示效果。

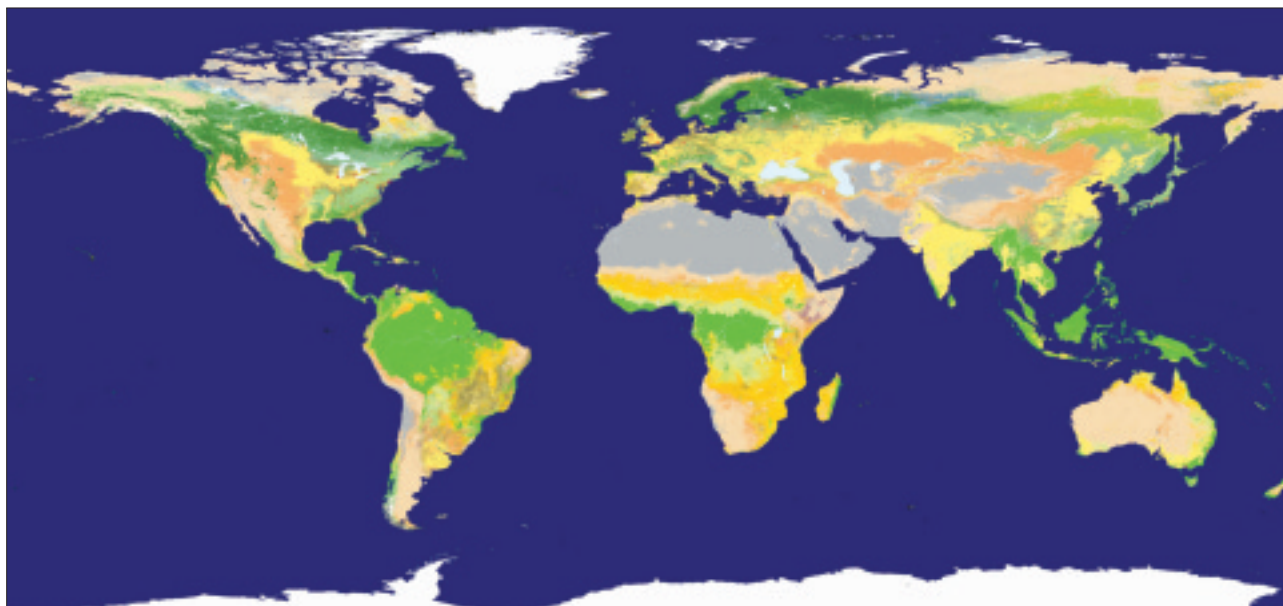


飛行動畫的地形展現，飛行動畫是由一系列的三維（3D）立體圖所構成，以每秒數張至數十張的速率播放，其資料量和計算量的龐大可見一斑。



公開呼籲推動的「數位地球」概念，乃是要利用先進資訊與網路通訊技術，有效地蒐集、處理與利用這些源源不絕的地球偵察資料，更希望逐步擴及人類所能觀測到的所有其他星球資料，其目的在於建立一個涵蓋全球自然、環

利用衛星拍攝的資料，由美國國家太空總署製作的全球土地利用圖。



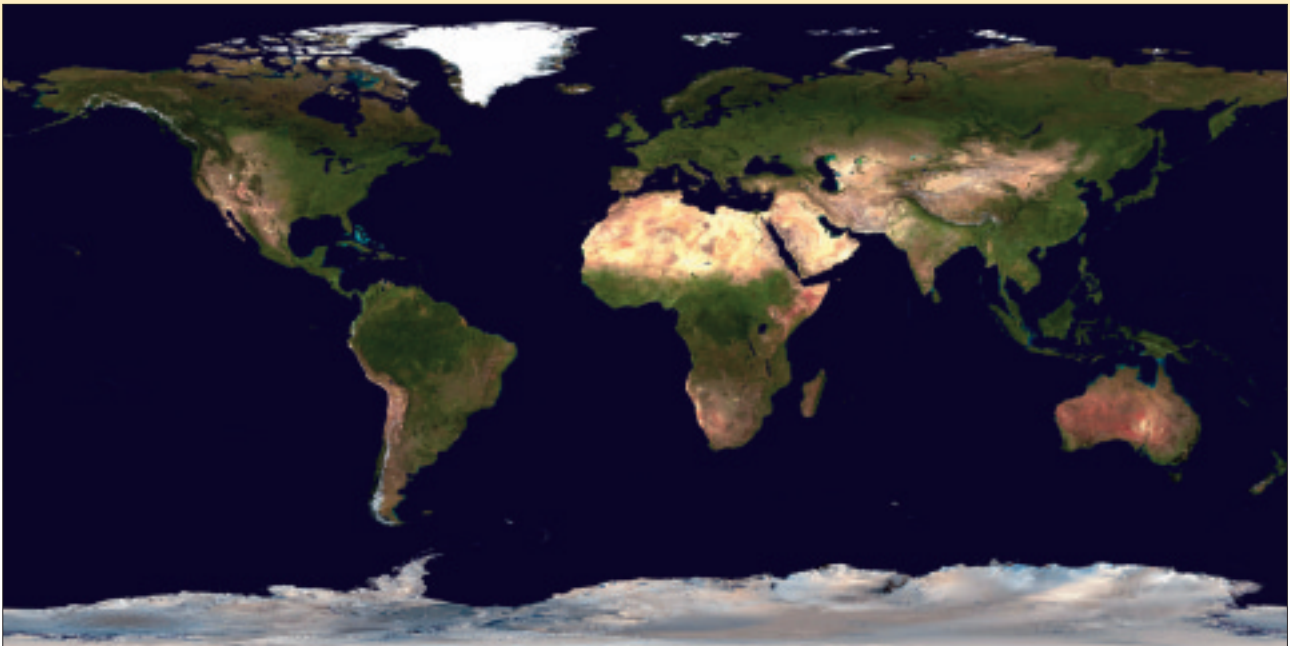
NASA Visible Earth 圖

境、歷史與文化等各類訊息的虛擬應用空間。

這個數位地球網站 (<http://www.digitalearth.gov>) 的長期目標是要建立一個虛擬環境的界面，提供多元的互動性立體圖像，這項工程必須有大量的地圖資料為基礎。目前這個網站上已經有許多數值格式的地圖資料，供教學及研究運用，對於地圖的教育推廣及傳播有直接的貢獻。

各國政府機構使用地圖的情形日益普遍。日本的國土地理院專門負責地圖製作和供應，產品包括平面地圖和網路上的資料；日本一有火山爆發，他們的國土地理院網站，就會即時顯示火山爆發地區的地形資料，讓民眾可以充分掌握相關地區的資料，使得地圖的運用更為多元化。

目前國科會建構中的數位博物館計畫，即有數個網站利用電子地圖的概念來輔助查詢，包括玄奘西域行、台灣文化生態地圖博物館、



台灣老照片博物館、淡水河溯源數位博物館等。這些網站的共同特性是，所呈現的資料需要結合座標位置資料，提供讀者以空間位置查詢相關屬性資料的功能，例如在地圖上點選某一個地點，然後由資料庫中找出這一點附近的相片或地圖。

探索地球

資訊時代各項科技的開發，對於地圖學的發展帶來許多新的可能。全球定位系統（GPS）和遙測衛星的發展，讓地圖資料的蒐集更為方便；大小如手機一般的GPS接收器，可以即時將所在地的座標顯示出來，並轉換到電腦中成為地圖資料的來源；太空中的衛星，可以顯示地表的溫度、氣候變化、土地利用型態，猶如空中的千里眼。地圖的內容不再局限於陸地，也可以包括海面下的地形地貌。

地圖資訊可以來自於衛星所拍攝的全世界即時環境狀況，也可以整合長期的地表環境資料，例如來自於大陸北方的沙塵暴，它們的行蹤可以在美國國家太空總署（NASA）的地

球寫真網站（網址：<http://visibleearth.nasa.gov>）上取得。至於每一個颱風的路徑，只要在氣象局的網站上就可以輕易取得，這些不同形式的圖像，呈現了地表的種種訊息，都屬於廣義的地圖。新時代的地圖，可以讓我們坐在家中，就能夠掌握全世界的地理狀況，也可以整合不同時期的資料，真正讓時間和空間的資料結合。

十五、六世紀的西方探險家，藉由地圖的引領，逐步向海外進行探險，每一次的探險結果，則又開拓了他們的領域，並且豐富了地圖的內容。藉由地圖相關科技的發展，二十一世紀的現代人正進行著更大規模的地理探索，這些探索的範圍小到一個社區，大到涵蓋全世界，整合了現在跟過去，也預測著未來。隨著人類對於全球環境變遷的重視，地圖會是我們認識環境、發現地球的有力工具。 □

賴進貴

台灣大學地理環境資源學系

利用衛星拍攝的資料，由美國國家太空總署製作的全球生態環境圖。