

地政學訊



第 101 期，民國 112 年 11 月 11 日

發行人：白仁德 系主任

本期主編：邱式鴻

編輯：政治大學地政學系學術發展委員會

地址：臺北市 116 文山區指南路二段 64 號

電話：(02)2938-7106 傳真：(02)2939-0251

網址：<http://landeconomics.nccu.edu.tw>

主編的話

3S(GNSS、RS、GIS)一直是空間資訊的三大主軸技術，本期邀請系上三位老師分別就 GIS、RS、和 GNSS 撰文介紹三門技術；也特別邀請迅聯光電有限公司總經理楊總經理就其個人參加今年 2023 年國際上知名的空間資訊大展(INTERGEO)撰文淺談其所見及心得，主編感謝四位作者撥冗撰文，豐富本期學訊內容，特此謝忱。

專題報導

淺談地理資訊系統的組成及應用與發展

詹進發

(政治大學地政學系教授)

地理資訊系統 (Geographic Information System, 簡稱 GIS) 係一種能儲存與利用資料來描述地表位置的電腦系統，由電腦硬體、軟體、地理資料及人員等組織而成，用以有效的獲取、儲存、更新、處理、分析、及展示各種形式的地理參考資訊 [1]。本篇首先回顧 GIS 的發展歷史，接著說明 GIS 的組成，並以與 GIS 相關的研

究論文探究相關技術的應用與發展前景。

地理資訊系統的發展歷史

在人类的文明發展史中，利用地圖描繪山川地形已經有超過千年以上的歷史，在公元前 1600 年即有壁畫以傾斜的視角呈現了一個海濱社區，以及公元前 14-12 世紀 Kassite 時期的一張雕刻的巴比倫聖城尼普爾 (Babylonian city of Nippur) 地圖 [2]。最早使用地圖進行空間分析的已知實例為流行病學領域的應用，1832 年法國地理學家和製圖師 Charles Picquet 製作了一張巴黎 48 個區的地圖，使用半色調顏色以視覺表現每 1,000 名居民因霍亂而死亡的人數。1854 年，身兼流行病學家和醫生的 John Snow 製作地圖標示每個傷亡者的住所以及附近的水源，透過這些點他就能夠識別病患群集內導致爆發的水源，利用空間分析方法確定了倫敦霍亂爆發的源頭，這是最早成功使用空間分析方法來確定流行病爆發源頭的案例之一 [3]。2019 年 1 月 COVID-19 疫情爆發，當世界衛生組織 (World Health Organization) 與歐美各國尚未明瞭 COVID-19 的嚴重性而呼籲民眾無須

驚惶時，我國已經採取必要措施防止疫情的擴散，隨著疫情的發展，行政院衛生福利部疾病管制署與各地方政府更運用現代科技讓民眾知道疫情的狀況，以及取得必要的防疫資訊和醫療資源(圖 1 和圖 2)，此為空間資訊在流行病學領域之另一個成功的應用案例。

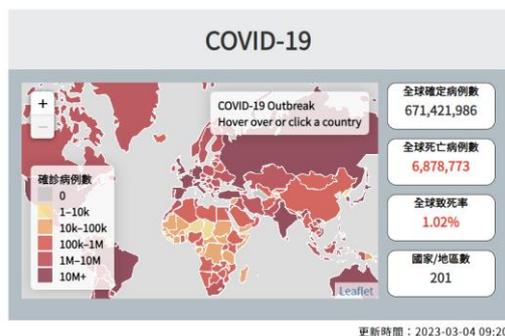


圖 1. 行政院衛生福利部疾病管制署網站



圖 2. 台中市政府即時口罩地圖網站

早期地圖主要以人工方法繪製，1963 年一位在西北大學(Northwestern University)教授規劃與設計的建築師 Howard Fisher 開發出一套計算機繪圖系統，1964 年在福特基金會(Ford Foundation)的資助下，Fisher 於哈佛大學創立了計算機圖形學和空間分析實驗室(Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis)，空間資料處理方面的許多重要理論概念在這裡得到發展，到 1970 年代已經分佈開創性的

軟體和系統，如 SYMAP、GRID 和 ODYSSEY，提供給世界各地的大學、研究中心和公司。這些程式是通用 GIS 軟體的第一個範例，對未來的商業軟體非常有影響，例如 ESRI (Environmental Systems Research Institute) 於 1983 年發表的 ARC/INFO [3]。

加拿大因為通過農業恢復和發展法案，需要對整個加拿大的土地使用和土地能力進行盤點，於 1962 年成立土地測量局(Canada Land Inventory，簡稱 CLI)，開始製作約 1,500 幅土地利用 (land use) 和土地能力 (land capabilities)地圖，比例尺為 1:50,000 和 1:250,000，目的是為了顯示土地用於農業、林業、野生動物和娛樂的能力，以及目前的土地利用和人口普查分區的邊界。儘管這些地圖以傳統的手工方法製作，CLI 的負責人接受 Roger Tomlinson 博士的提議，邀請他規劃一套可以利用計算機將地圖分析自動化的系統。世界上第一個真正可運作的 GIS 由聯邦林業和農村發展部(Department of Forestry and Rural Development)在加拿大安大略省渥太華(Ottawa, Ontario, Canada)發布，便是由 Roger Tomlinson 博士開發，稱為加拿大地理資訊系統 (Canada Geographic Information System，簡稱 CGIS)(Wikipedia, 2023b)。Geographic Information System 這個名稱第一次出現在 Tomlinson 博士於 1969 年在地理學報(Journal of Geography)發表的一篇論文，由於 Tomlinson 博士對於 GIS 發展的貢獻卓著，他被尊稱為 GIS 之父 [3][4][5]。

地理資訊系統的組成

地理資訊系統的組成包括：資料、硬體、軟體、網路、人員、程序 [6]，分別說明如後。

資料(Data)

GIS 能夠儲存大量的資料，經過處理、分析可以產生更多有用的資訊，常見的地理空間資料有兩種主要類型：(1)向量資料、(2)網格資料。向量資料為離散式物件模型(discrete object model)，以 (x,y) 坐標表示點(point)、線(line)、面(area)空間圖徵(spatial feature)，適用於記錄具有明確位置的地物，例如：消防栓、加油站、公車站牌、河川網路、道路、鐵路、行政區、地籍坵塊、街廓。網格資料為由具有固定長寬的方形網格單元(cell)所組成的矩陣，每一個網格單元記錄一個值，適用於表示在空間上連續變化的空間現象，例如：降水量、溫度、土壤沖蝕、高程、坡度、坡向。

早期要建立資料必須利用儀器進行調查和測量，或由紙圖以人工利用數位板(digitizer)將空間圖徵數位化，亦可利用儀器將紙圖掃描為影像，然後以軟體和人工取得數位化的圖徵資料。近年來由於空間資訊科技快速發展，衛星遙測、航空相片、光達、全球導航衛星系統、無線感測器、智慧型移動式設備等技術的普及，均使得資料的取得比以往更有效率，且資料的品質大幅提升。此外，由於世界各國政府提倡開放資料政策，許多資料可透過網路取得，例如：我國的政府資料開放平台 (DATA.GOV.TW)、

TGOS (Taiwan Geospatial One Stop，內政部地理資訊圖資雲整合服務平台)即提供非常豐富的地理空間資料供各界免費使用。另一方面，資訊科技的進展也促成電子地圖技術快速發展，例如：Google Earth、Google Maps、Bing Maps、開放街圖(OpenStreetMap)、國土測繪圖資服務雲等，使用者可透過網際網路將空間圖徵展現在電子地圖上，不須在自己的電腦上安裝 GIS 軟體和建置資料庫，使得各種應用蓬勃的發展。

硬體(Hardware)

GIS 能夠利用計算機處理大量的圖形和影像資料，因為需要高效能的中央處理器(Central Processing Unit, CPU)和圖形處理器(Graphics Processing Unit, GPU)，以及大量的記憶體(random access memory, RAM)與儲存空間，早期只能在價格昂貴的工作站電腦(workstation computer)上才能安裝 GIS 軟體。因此，GIS 只能在少數可以負擔昂貴設備的學術機構或公司使用，而且由於資料取得不易，處理與分析的技術門檻高，使得 GIS 無法普及到一般大眾。

由於資訊與通訊技術的快速進展，現今 GIS 已經能夠在個人電腦、筆記型電腦上執行，透過高速的網路傳輸技術(光纖、4G、5G)可以取得空間資料，使得移動式設備(mobile device)亦可使用 GIS，例如：平板電腦(tablet)、智慧型手機(smart phone)等。在資料蒐集的設備方面，早期只能在二維平面取得數位化資料，目前已經有光達、三維掃描儀可快速取得三維坐標資料，並利用 3D 列印技術產製三

維模型，近年來虛擬實境(Virtual Reality, VR)技術的發展，使得 GIS 可以利用 VR 技術進行沉浸式的三維場景模擬，亦促成 GIS 的應用領域更為寬廣。

軟體(Software)

GIS 軟體可分三個類型：(1)桌上型 GIS (Desktop GIS)、(2)伺服器 GIS (Server GIS)、(3)移動式 GIS (Mobile GIS)，分別安裝於桌上型和筆記型電腦、伺服器電腦、移動式設備(平板電腦、智慧型手機)。由於 GIS 的技術門檻很高，需要仰賴專業的工程師開發軟體和撰寫手冊，早期 GIS 多為私人公司開發的商用軟體，常見的商用 GIS 軟體包括：ARC/INFO、ArcGIS、MapInfo、Surfer、IDRISI、Bentley Map、AutoCAD Map 3D、GeoMedia、SuperGIS。近年來亦有許多開放源碼的 GIS 軟體(open source GIS software)和相關應用程式與軟體開發工具，例如：QGIS、GRASS GIS、SAGA GIS、GeoDa、MapWindow GIS、GeoServer、MapServer、OpenLayers、GDAL (Geospatial Data Abstraction Library)。

GIS 能處理和分析多種類型的資料，包括：向量資料、網格資料、統計圖、表格等，地理資料有幾何(geometry)資料和屬性(attribute)資料兩個部分，早期多以個別檔案的方式儲存，由於各種資料的格式、特性和處理方法差異甚大，以檔案的方式儲存在資料管理和使用上有諸多不便，因此，後來發展為可利用資料庫管理系統(Database Management System, DBMS)管理屬性資料，以及可以把幾何資料和屬性資料儲存在單一地理資

料庫(geodatabase)中的物件導向式資料模型(Object-based Data Model)。常用的資料庫管理軟體包括商用軟體：Oracle、DB2，以及免費的 MySQL 與 PostgreSQL。

網路(Network)

早期 GIS 軟體只能在工作站上執行，資料必須存放在同一部電腦的磁碟中，或是在區域網路的磁碟上，受限於網路的資料傳輸速度，使得資料的分享頗為困難，亦無法透過網路取得資料進行即時分析。網際網路(Internet)於 1960 年代開始萌芽，近年來資訊科技與通訊技術快速的發展，電腦的軟體和硬體技術大幅提升，硬體生產成本大幅降低，網路基礎建設日益精進與普及，以及透過網路所提供之各類服務技術日益成熟，加上全球資訊網(World Wide Web, WWW)的迅速發展，使得在 Internet 上之各種應用系統大量的增加。由於 WWW 具有資料分享便捷、簡單而不受平台限制的圖形操作介面與透過網路之分散式處理能力等優點，也促成網際 GIS (Web-based GIS, 簡稱 WebGIS)的快速發展。網際 GIS 即為能透過網路執行的 GIS，使用者可以透過網頁瀏覽器操作 GIS，進行資料查詢、分析、展示。

透過網際網路可以快速傳輸資料，經過電腦處理分析後將結果傳送到使用者端，而且可以有種形式的資料，例如：文字、圖形、影像、動畫、影音串流等，並具有高度的互動性，使用者利用網頁瀏覽器(browser，例如：Chrome、Edge、Safari、FireFox)即能使用 WebGIS 完成欲執行的工作，帶來很大的便利性。

不同 GIS 軟體使用之資料格式可能不相同，在資料交換時需進行格式轉換，WebGIS 在透過網路取得不同來源的地理資料時，因為系統平台和資料格式的差異使得資料共享之問題更形複雜。開放式空間資訊聯盟(Open Geospatial Consortium, 簡稱 OGC) 制定地圖服務標準 WMS (Web Map Service)、WMTS (Web Map Tile Service)、WCS (Web Coverage Service)、WFS (Web Feature Service)、WPS (Web Processing Service)、GML (Geography Markup Language)，其目標為解決不同 GIS 間之不可互相操作性 (non-interoperability)，以促成地理資料與地理資料處理資源得以很方便地共享。

人員(People)

經過數十年來的快速發展，GIS 能夠有效運用巨量的資料，且具有強大的空間分析與地圖展示的功能，其應用的領域非常廣泛，已經成為公、私部門不可或缺的決策支援工具，例如：

- 自然資源經營管理、文化資源調查、物種入侵調查、水文學之應用
- 交通運輸規劃、公共工程規劃
- 圖資管理、公共管線管理
- 公共政策、社會、經濟、歷史、地理、政治相關研究
- 天然災害防治、警政、消防之應用
- 教育資源及醫療資源規劃
- 商店選址、物流勤務規劃
- 地政、房地產行業、資產管理

- 環境保護、公共衛生、流行病學之應用

GIS 的使用者因為應用領域不同，需有不同的專業訓練，方能有效的運用 GIS 執行資料蒐集、處理、分析的工作，例如：交通運輸規劃和物種入侵調查，兩者所需的資料、處理方式和分析方法截然不同，參與 GIS 操作的人員須有專業的知識才能勝任。另一方面，GIS 的技術仍然不斷地在進步，許多專家、學者、工程師參與 GIS 相關資料交換與地圖服務標準的制定，以及資料精度評估、分析方法、三維建模、演算法、資料庫建置等理論和技術的研發，並由工程師實現軟體的開發，及具有 GIS 專業訓練的人才撰寫手冊和實施教育訓練，這些人員均為 GIS 之發展和應用所必須。

程序(Procedure)

GIS 在不同領域之實務應用須有一定的程序，例如：資料蒐集、資料處理、資料分析、成果展示、資料儲存與管理等，以集水區分析為例說明如下：

1. 資料蒐集：集水區分析需要使用數值高程模型 (Digital Elevation Model, 簡稱 DEM)，取得研究區域的 DEM 資料，須了解資料的格式、坐標系統、空間解析度、資料涵蓋的空間範圍。此外，亦需蒐集其他參考圖層的資料，例如：行政區界圖、河川網路圖等。
2. 資料處理：DEM 資料有數種不同的格式，須將 DEM 資料轉換為 GIS 軟體內部的格式，並與其他圖層套疊，初步檢查

資料是否符合需求。

3. 資料分析：利用 DEM 進行填補窪洞處理、計算水流方向、累積流量、萃取河川網路、河段編碼、集水區分析等步驟，逐步產出集水區分析所需的資料。
4. 成果展示：將集水區分析結果與其他輔助資料進行疊圖分析，評估分析結果的正確性，繪製成果圖與進行統計分析。
5. 資料儲存與管理：除了原始的資料，在分析過程中會產生一些資料，在資料的檔案命名方式、儲存位置、儲存格式、詮釋資料與資料目錄製作等方面，以及資料庫的種類均須有所規劃。

GIS 功能很強大，若在操作的程序上有妥善的規劃，每一個步驟均能有序地進行，才能確保產出的資料品質符合需求。

地理資訊系統相關的研究論文

地政學系土地測量與資訊組的課程規劃主要目標為提供紮實的基礎訓練，為國家培養空間資訊領域的專業人才，自民國 89 年成立土地測量與資訊組以來，已經有許多學生完成大學與研究所的學業，以下為部分 GIS 相關領域的研究論文簡要說明，可供探究相關技術的應用與發展。

畢業年度： 100	研究生：單勇恩	指導教授： 詹進發
論文題目：應用開放源碼 WebGIS 於社區資源管理之研究 [7]		

論文簡要說明：本研究利用低成本的開放源碼 (Open Source) 軟體，及網路上提供的免費軟體 Google Earth，搭配空間資訊科技輔助資料蒐集，建構出社區資源之地理空間資料庫，並建立一套完整的網際網路地理資訊系統 WebGIS (Web-based GIS) 平台，提供使用者可經由操作網頁方式進行資料分享、管理及分析等服務。讓社區和一般使用者可以透過地圖互動方式與相關地理資料的多樣化呈現以了解社區之各項資源，且促使社區管理者更有效進行資源規劃及提高生態旅遊之效益；同時融入公眾參與地理資訊系統 (Public Participation Geographic Information Systems, PPGIS) 的理念，鼓勵共同參與資源管理，於網站上加入討論與分享機制，進而擴大居民參與社區資源規劃討論的空間。

畢業年度： 103	研究生：郭芳妤	指導教授： 詹進發
--------------	---------	--------------

論文題目：應用自願性地理資訊於社區物種調查之研究 [8]

論文簡要說明：台灣生物多樣性高且分布廣闊，調查工作往往需耗費龐大的人力、物力、經費與時間成本。本研究採用自願性地理資訊 (volunteered geographic information, VGI) 的方式，鼓勵社區民眾參與社區之物種調查工作。藉由社區民眾對社區當地的瞭解與使命感，有效且快速地蒐集物種調查資料。為使物種調查之工作更加快速且便利，本研究利用多數智慧型行動裝置所擁有的即時定位、無線網路及照相等功能，建置社區物種調查系統 App。該 App 可作為物種調查之工具，並提供適時適地之物種資訊查詢服務。此外，本研究亦透過物種空間資料庫與網際網路地理資訊系統 (WebGIS) 平台之建置，提供社區物種資料分享、管理與分析等服務。

畢業年度： 104	研究生：毛婉馨	指導教授： 詹進發
--------------	---------	--------------

論文題目：應用開放原始碼 GIS 於遺產數位保

存之研究—以 Arches 為例 [9]

論文簡要說明：從世界遺產保存的發展脈絡來看，「在地社區」逐漸的轉變成了保護各地遺產之在地夥伴的角色。若要能夠永續經營，社區資源調查是很重要的基礎工作。社區資源一般可分為五大類—人、文、地、產、景，除此之外，其也可以視為是紀錄了該社區從過去到現在之集體敘事與歷史記憶的遺產。本研究以「社區資源為一種在地的遺產」的概念為基礎，採取可用於不同尺度(國家、地區、城市或地點)之遺產型錄的編輯與管理的一個新的開放原始碼軟體系統—Arches，以花蓮牛犁社區為例，開發社區資源調查空間資料庫及展示和管理系統，並且以 LizardQ 系統針對社區重點場址進行全景拍攝，以達到社區資源數位保存的目的。期望能夠藉由此資料庫與平台的開發，提供社區管理者對社區的資源做妥善的規劃與管理，以發展永續社區並保存社區珍貴的遺產資源。

畢業年度： 109	研究生： 李郭賢 甄	指導教授： 詹進發
---------------------	----------------------	------------------

論文題目：應用地理資訊系統及空間自相關於花蓮縣房屋稅與地價稅外業清查作業之研究 [10]

論文簡要說明：花蓮縣的地理形狀屬狹長型，在資源分配有限的情況下，房屋稅與地價稅外業清查作業上確實具有高難度，本研究運用地理資訊系統及空間分析等資訊科技工具來達到事半功倍之效果，並以花蓮縣作為範例代表，藉以向財政部展示成果，進而提供給其他縣市地方稅務局作為借鏡參考。本研究利用免費 GPS 地圖相機 APP，及手機內建相機 APP(須開啟紀錄 GPS 位置資訊)等做為工具，蒐集具有地理標記的照片，由自行開發的程式批次匯出照片之 EXIF 資訊，再以 Google Earth 標示出所搜集地理標記照片之經緯度坐標，藉由 Google Earth 之虛擬地球儀可瞭解房屋及土地的使用現況及地理位置。其次，運用「TGOS

地理資訊圖資雲服務平台」、「地籍圖資網路便民服務系統」、「花蓮縣地理資訊整合應用平台」等網站資源取得 100 年至 109 年房屋稅及地價稅清查補徵稅額案件坐標檔，以地理資訊系統軟體(ArcMap 及 QGIS)及國土測繪中心提供之免費圖資進行空間分布的疊圖分析，用以瞭解各年度房屋稅及地價稅清查補徵稅額案件點位及面量分布圖。最後，以空間自相關分析群聚現象存在與否及熱區、高低區等區域的分布位置，作為清查作業之重點區域範圍，及利用村里區之房屋稅清查補徵稅額案件進行分析。

畢業年度： 110	研究生： 李永興	指導教授： 詹進發
---------------------	-----------------	------------------

論文題目：新冠肺炎疫情對租金價格影響之研究--以臺北市速食連鎖餐飲業為例 [11]

論文簡要說明：新冠肺炎疫情自 2020 年初開始迅速擴散至全球各大洲，在一波波的疫情中，不動產租賃交易市場受到相當大的衝擊。餐飲業在租賃契約簽訂後一旦遇到新冠肺炎疫情，及受到政府宣布禁止內用時，可能造成當店面無法維持最高、最有效的利益下，同時加上租賃的固有條件影響而導致經營上的困境，甚至引發連續的倒店潮。本研究以臺北市速食連鎖餐飲業的每月單位租金實證做分析，從 2020 至 2021 年間受新冠肺炎疫情影響之租金價格的變化程度，以分析新冠肺炎疫情時期，房東租金所得的減少與租金的調降規模。空間分析的結果顯示每坪單位租金的變動與相鄰區位店點及感染的擴散程度呈現顯著關係，故面對生態環境的不確定性，當速食連鎖餐飲業面臨不可抗力因素時，對於非住宅不動產的租賃合約應容許可協商調整的必要措施，而目前交易雙方所制定的租賃合約確實普遍具有不可彈性調整之現象。

結語

近年來因氣候變遷所導致的極端氣候現象已使世界各地災害頻傳，因為天災造成農業方面重大損失，進而導致人民流離失所、社會動盪。另一方面，許多農業大國由於生產技術進步，耕種面積廣大，農業生產量大、成本低，其農產品在全球貿易中具有價格優勢，大量輸往其他國家，使得一些國家的農業萎縮，因而高度依賴外來的農產品。然而，這些農業大國一旦因為農損減產，將造成全球農產品價格上揚，以往美國、澳洲在天災造成農損之後，即多次發生國際間農產品價格急速上揚，因而對全球的經濟產生不良的影響。2022年2月俄羅斯入侵烏克蘭，由於兩國皆為農產品的輸出大國，戰爭導致農產品輸出減少，影響全世界的糧食供應，導致各國物價上漲，民眾苦不堪言。為降低對於外來農產品的依賴，以及維持糧食供應的穩定性，如何穩固農業的發展乃是政府施政上的重要課題。

要妥適規劃國土利用，必須植基於詳實的環境資料庫，國內歷年來在國土資訊系統(National Geographic Information System, 簡稱NGIS)計畫中整合了許多不同部門的資料，由政府部門、產業界、學術研究機構所建立的資料已經相當豐富，且在政府開放資料(Open Data)的政策下，以及透過NGIS的TGOS雲端圖資平台，許多資料已經可以很方便地獲得，包括跨國資料的分析比較也可以透過許多國家已經建立的Open Data平台取得資料。然而如此巨量的資料要如何分析，則成為一個新的課題，因此，政

府單位正積極推廣巨量資料的應用，以及資料探勘技術的研發，GIS技術將在這些領域發揮極大的效益。

參考文獻

1. Environmental Systems Research Institute, INC. 1992. Understanding GIS—The Arc/Info method.
2. Wikipedia, 2023. Cartography, <https://en.wikipedia.org/wiki/Cartography> (取用日期:2023年2月28日)
3. Wikipedia, 2023. Geographic information system, https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system (取用日期:2023年2月28日)
4. Environmental Systems Research Institute, INC. 2012. The 50th Anniversary of GIS. <https://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html> (取用日期:2023年2月28日)
5. Tomlinson, R.F., 1969. A Geographic Information System for Regional Planning. *Journal of Geography*, 78: 45-48.
6. Longley, P.A., M. Goodchild, D. Maguire, & D. Rhind, 2011. *Geographic Information Systems and Science*, 3rd ed. John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.
7. 單勇恩, 2012。應用開放源碼WebGIS於社區資源管理之研究，國立政治大學地政研究所碩士論文。

8. 郭芳妤，2015。應用自願性地理資訊於社區物種調查之研究，國立政治大學地政研究所碩士論文。
9. 毛皖馨，2016。應用開放原始碼 GIS 於遺產數位保存之研究—以 Arches 為例，國立政治大學地政研究所碩士論文。
10. 李郭賢甄，2021。應用地理資訊系統及空間自相關於花蓮縣房屋稅與地價稅外業清查作業之研究，國立政治大學地政研究所碩士論文。
11. 李永興，2022。新冠肺炎疫情對租金價格影響之研究--以臺北市速食連鎖餐飲業為例，國立政治大學地政研究所碩士論文。

(本文摘自「地政科學之實踐與展望」，中華民國政治大學地政學系系友會出版，民國 112 年 5 月。)

手持式三維建模儀器

歷史篇

蕭人瑜、林士淵
(政治大學地政學系)

大學部畢業生、教授)

現今(2023 年)的手持式三維建模儀器越做越輕巧、建模速度越來越快、點雲密度越來越高，幾乎無懈可擊，不過才幾年的光景，這樣的發展已經痛擊過去的三維建模儀器。鑑古知今，我們介紹兩款過去常用的儀器，包括數位相機和 Kinect 掃描器，藉由觀察它們的建模成果，讓讀者們看看過去表現、想想現在的發展、預約未來的可能。

為客觀比較分析由數位相機和 Kinect 兩者所建立之模型差異，我們於同一地點、景物進行拍攝，選定道南河濱公園遊戲場的四個景物進行資料蒐集，並藉由數位相機搭配 PhotoModeler、Kinect 搭配 SDK Browser 和 Kinect 搭配 RTABMap 這三種方式，進行拍攝且建模。

1. 兒童攀岩場



圖 1 兒童攀岩場實景像片

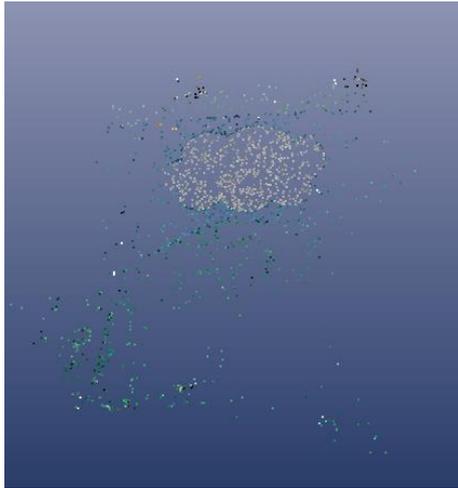


圖 2 兒童攀岩場模型(數位相機搭配 PhotoModeler)

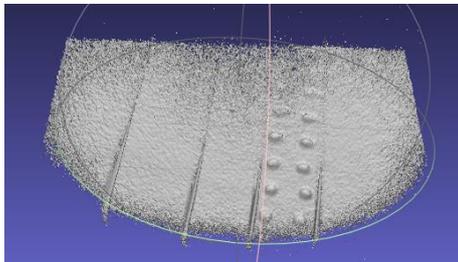


圖 3 兒童攀岩場模型(Kinect 搭配 SDK Browser)

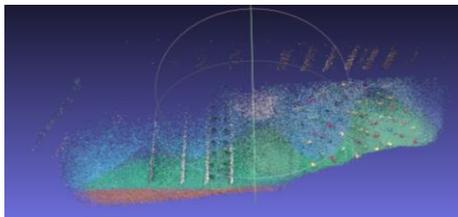


圖 4 兒童攀岩場模型(Kinect 搭配 RTABMap)

2. 岩石隧道



圖 5 岩石隧道實景像片

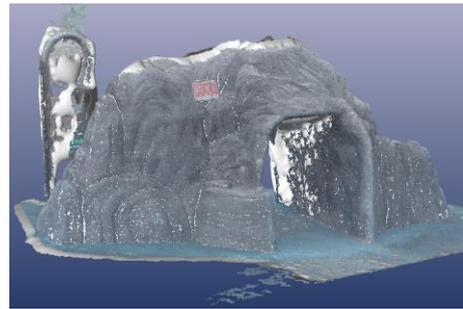


圖 6 岩石隧道模型(數位相機搭配 PhotoModeler)

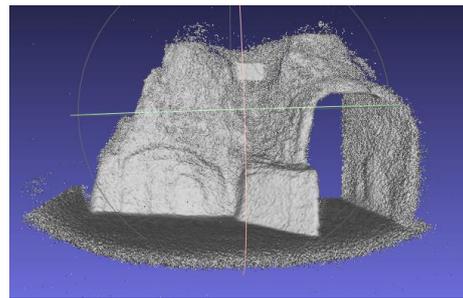


圖 7 岩石隧道模型(Kinect 搭配 SDK Browser)

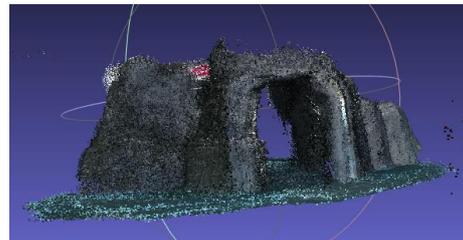


圖 8 岩石隧道模型(Kinect 搭配 RTABMap)

3. 沙坑



圖 9 沙坑實景像片

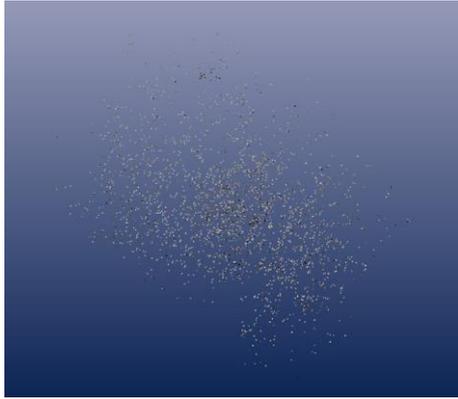


圖 10 沙坑模型(數位相機搭配 PhotoModeler)

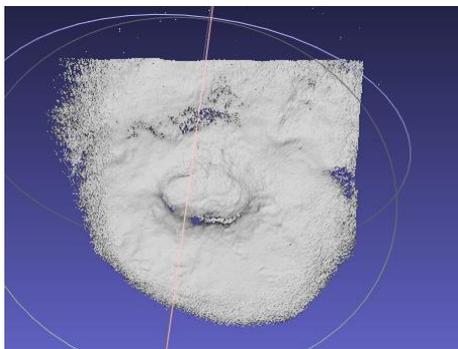


圖 11 岩石隧道模型(Kinect 搭配 SDK Browser)

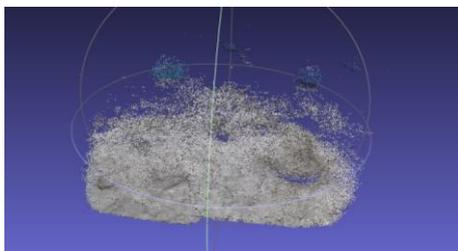


圖 12 沙坑模型(Kinect 搭配 RTABMap)

4. 造型牆面



圖 13 攀爬牆面實景像片

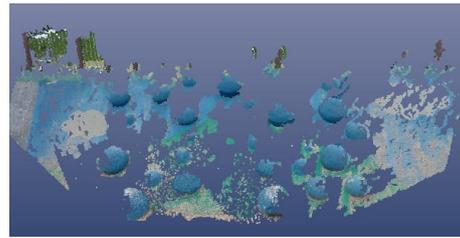


圖 14 攀爬牆面模型(數位相機搭配 PhotoModeler)

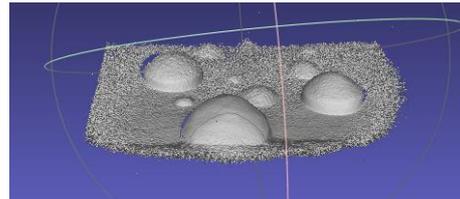


圖 15 攀爬牆面模型(Kinect 搭配 SDK Browser)

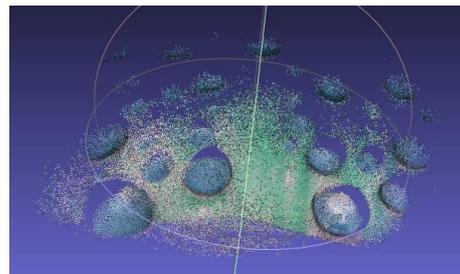


圖 16 攀爬牆面模型(Kinect 搭配 RTABMap)

根據上述實驗可發現，數位相機搭配 PhotoModeler 於外業蒐集資料上具有極快的速度，僅需於固定距離拍攝多張具重疊性的影像即可，然內業處理方面，雖 PhotoModeler 商業化軟體操作簡易，但因方位重建、特徵萃取等至最後的模型建立需要不少的時間，舉例來說，岩石隧道共計拍攝 23 張照片，將其放置軟體內運行需花費約一小時的時間。而就模型成果來說，對於紋理清晰之標的物，其三維模型較為精細，如岩石隧道模型中，三種得到模型之方式僅有此可以看到岩石上標示之文字，而其缺點極為明顯，從兒童攀岩場的牆面、沙坑和造

型牆面這三個項目中，可見其模型之破碎程度，故數位相機搭配 PhotoModeler 無法使用於均質性太高之材質上，否則將導致匹配錯誤或無法匹配的問題產生，進而導致模型成果不佳。

至於 Kinect 搭配 RTABMap 在外業資料蒐集上就無上述如此方便快捷，需準備一台筆電、一台 Kinect 及供給 Kinect 之外接行動電源。拍攝過程中須注意行走的速度不能過於快速，否則將導致程式無法立即找到站與站之間的特徵點進行模型的拼貼，而拍攝時可即時性的看到模型之成果，故在資料蒐集的同時，RTABMap 會自動建立三維模型，不須再進行後處理。對於表面紋理清晰之標的物，因各站之間的特徵點數量足夠，故可較快速地建立其大範圍模型；而均質性較高之標的物則不易偵測到各站之間的特徵點進而導致匹配失敗，造成站與站之間的模型拼貼較容易失敗。Kinect 搭配 SDK 蒐集時為三種方式中最慢的一種，因該程式所能產生的點雲數較多，故一站需要約三分鐘的等待時間，方能使 Kinect 掃描完成，雖三維模型於掃描完即建立完成，然 SDK Browser 並不像 RTABMap 會自動將蒐集的點雲拼貼起來，故若欲得到大範圍之三維模型，須再多一個拼貼模型的步驟。綜合上述，Kinect 搭配 SDK Browser 於內外業之效率皆較其他兩種方法來的差，然而其卻能廣泛運用於各種材質之建模，如遇均質性較高之物體或需要高精緻度之點雲模型，此種搭配方法是最合適的。

北斗三號系統與全球導航系統之間系統偏差之分析

儲豐宥

(政治大學地政學系助理教授)

前言：

全球導航衛星系統 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 是全球導航衛星系統的集合，能廣泛應用於定位、導航、定時。在 GNSS 中包含了美國的 Global Positioning System (GPS)、歐盟的 Galileo、日本的 Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)、俄羅斯的 Global Navigation Satellite System (GLONASS)，以及中國的 BeiDou Navigation Satellite System (BDS)。

美國的 GPS 計畫始於 1970 年代，到 1995 年代時已發展成為具備單獨進行 (Fully Operational Capability, FOC) 全球定位的系統。GPS 的太空部分正規上由 24 顆中軌道 (Medium Earth Orbit, MEO) 衛星所組成，GPS 衛星的發展從最初提供雙頻訊號 (L1、L2) 的衛星逐漸發展到最新的可提供三頻訊號 (L1、L2、L5) 的衛星，在發展過程中，GPS 衛星經歷了 BLOCK I、BLOCK II/IIA、BLOCK IIR/IIR-M、BLOCK IIF、BLOCK III 等衛星型號，其中 BLOCK IIF 以及 BLOCK III 兩者都是可提供三頻訊號的衛星。GPS 的地面控制部分包含了 1 個主控站、1 個備用主控站以及 16 個監測站來監控以及控制衛星的運行 (<https://www.gps.gov/>)。

歐盟的 Galileo 是由歐洲太空總署 (The European Space Agency, ESA) 以及歐洲聯盟委員會 (European Commission, EC) 共同開發的 GNSS。

Galileo 於 2016 年提供初始服務，初始服務內容包含一般開放式服務 (Open Service, OS)，救援服務 (Search And Rescue, SAR)，規範服務 (Public Regulated Service, PRS)，以及商業服務 (Commercial Service, CS)。Galileo 的太空部分由 30 顆 MEO 衛星所組成，其中包括 3 顆備用衛星，這些衛星可提供三頻訊號 (E1、E5、E6)。Galileo 的地面控制部分包含了 2 個控制中心以及一系列支援 Galileo 的服務設施來監控以及控制衛星的運行 (<http://www.esa.int/>)。

QZSS 是一個針對日本區域來開發的 GNSS，由日本的宇宙航空研究開發機構 (Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA) 來開發執行。QZSS 的目標是提升 GPS 在日本區域的連續性以及可用性。QZSS 的太空部分由 3 顆傾斜地球同步 (Inclined Geosynchronous orbit, IGSO) 衛星與 1 顆地球靜止軌道 (Geostationary Equatorial Orbit, GEO) 衛星組成，QZSS 提供了與 GPS 完全相同的 L1、L2、L5 的訊號。QZSS 的地面控制部分包含 1 個主控站與數個監控站來監控以及控制衛星的運行 (<https://qzss.go.jp/en/>)。

中國的 BDS 的建置分為三個階段 (Yang et al., 2019)，第一階段為北斗一號系統 (BDS-1)，BDS-1 的衛星在 2012 年壽命到期並退役；第二階段為北斗二號系統 (BDS-2)，BDS-2 在 2012 年完成 14 顆衛星的發射，包含了 5 顆 GEO 衛星、5 顆 IGSO、以及 4 顆 MEO 衛星，BDS-2 衛星可提供三頻訊號 (B1I、B2b、B3I)，使 BDS-2 可為亞太地區用戶提供定位、授時、廣域差

分和電子通訊服務；最後階段為北斗三號系統 (BDS-3)，BDS-3 在 2009 年啟動建置，並在 2020 年完成 30 顆衛星的發射，包含了 24 顆 MEO 衛星、3 顆 IGSO 衛星以及 3 顆 GEO 衛星 (Zhao et al., 2020)，使 BDS-3 可為全球地區用戶提供定位、授時、廣域差分 and 電子通訊服務，除此之外，BDS-3 的 GEO 衛星還提供了星基增強 (透過 B1C 訊號傳輸此信息) 以及精密單點定位服務 (透過 B2b 訊號傳輸此信息)，BDS-3 的建置有效地增加了 BDS 的衛星顆數，並使得 BDS 達到具有 FOC 全球定位的系統。

為了增加 BDS 系列與其他星系的互通性，BDS-3 衛星一共設計有五種頻率，除了包含 BDS-2 原有的 B1I、B2b、B3I 之外還新增了 B1C、B2a 兩個新頻率。B1C 可分別與 GPS 的 L1、Galileo 的 E1、QZSS 的 L1 在頻率上重覆；B2a 可分別與 GPS 的 L5、Galileo 的 E5a、QZSS 的 L5 在頻率上重覆 (Lu et al., 2019)。B1C、B2a 兩頻率的出現實現了 BDS-3 與 GPS、Galileo、以及 QZSS 的互通性。

由於 BDS-3 與 GPS、Galileo、BDS-2 以及 QZSS 在頻率上之間具有高度之互通性。因此針對即時動態 (Real-Time Kinematic, RTK) 定位應用，這裡我們分析了 BDS-3 與其它四星系在重覆訊號之間的相對系統偏差 (Differential Inter-system Bias, DISB) 收斂情況。

GNSS 訊號介紹:

GPS、Galileo、BDS-2、QZSS 以及 BDS-3 的訊號頻率如下表一介紹，其中重覆頻率以相同的顏色標示出。我們可以發現 BDS-3 的 B1I 重覆於

BDS-2 的 B1I;B1C 重覆於 GPS 的 L1、Galileo 的 E1、QZSS 的 L1；B2a 重覆於 GPS 的 L5、Galileo 的 E5a、QZSS 的 L5；B2b 重覆於 BDS-2 的 B2b；B3I 重覆於 BDS-2 的 B3I。因此 BDS-3 至少可以有兩個頻率與其他四個星系重覆。

DISB-float 模型的原理可以參閱 Odolinski et al (2015)。概念上，此模型利用了站間一次差分觀測量，並且利用參數將重覆頻率上的 DISB 估計出來。除此之外，本研究引入 Kalman 濾波器來處理 DISB-float 模型中的參數。

DISB-float 模型:

本研究利用了 DISB-float 模型來分析不同系統於重覆頻率上的 DISB。

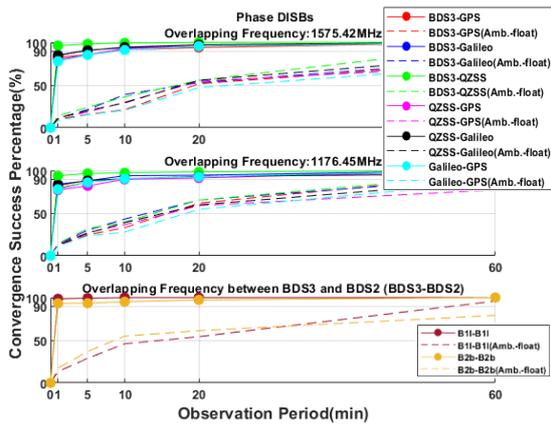
表一 GPS、Galileo、QZSS、BDS-2 以及 BDS-3 訊號頻率介紹，紅色、藍色、綠色、棕色以及紫色分別代表重覆頻率。

GPS	Galileo	QZSS	BDS-2	BDS-3
L1 : 1575.42	E1 : 1575.42	L1 : 1575.42	B1I: 1561.098	B1I: 1561.098
L2 : 1227.60	E5a : 1176.45	L2 : 1227.60	B2b: 1207.14	B1C: 1575.42
L5 : 1176.45	E5b : 1207.14	L5 : 1176.45	B3I: 1268.52	B2a: 1176.45
	E6 : 1278.75	L6 : 1278.75		B2b: 1207.14
				B3I: 1268.52

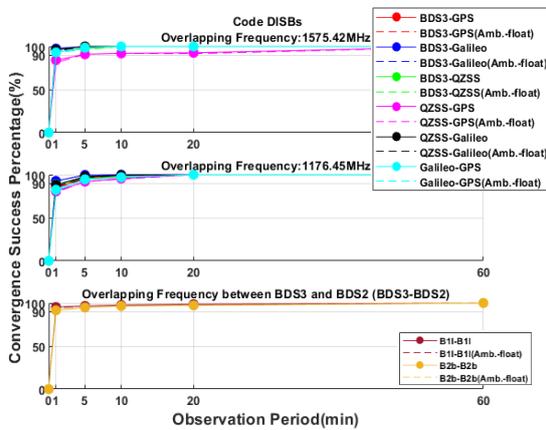
成果分析:

本節分析了 DISB 於重覆頻率上的收斂時間。主系統為 BDS-3。DISB 的參考數值獲得於一整天靜態觀測解。衛星截仰角為 15 度。本研究將 1 天的實驗資料分別依每 1、5、10、20、60 分鐘劃分成若干個觀測時段。計算中，Kalman 濾波視 DISB 參數為常數，因此若測試時段內的最後一個數值小於給予的門檻值，則此測試段則為一個成功之測試段。分析中相位與電碼 DISBs 的門檻值分別設定為 0.02 cycles 與 0.3 公尺，其大小分別逼近於相位與電碼觀測量的站間一次差分觀測之雜訊。最後利用收斂成功率 (Convergence Success Percentage)，也就是成功測試段數目在所有測試段數目中所佔的百分比，來量化 DISB 的收斂成果。

我們計算了四星系雙頻以及 BDS-3 四頻的情況，註記為 5S(QF)，並將週波值實數解 (Amb.-float solutions) 與週波值整數解 (Amb.-fixed solutions) 下的收斂成功率展現於圖一以及圖二。圖一中，針對相位 DISB，我們可以發現整數解的收斂成功率明顯高於實數解，並且在 10 分鐘的內，整數解的收斂成功率都可以達到至少 90%。相似的，於圖二中，針對電碼 DISB，我們可以發現所有整數解與實數解的收斂成功率並沒有明顯差異，並且在 10 分鐘內，所有整數解與實數解的收斂成功率都可以達到 90%。

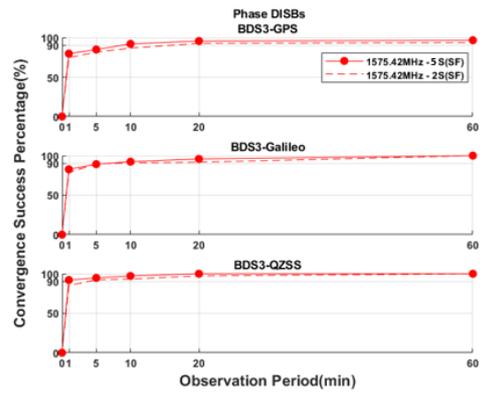


圖一 在 5S(QF)，整數解(實線)與實數解(虛線)的相位 DISB 之收斂成功率。

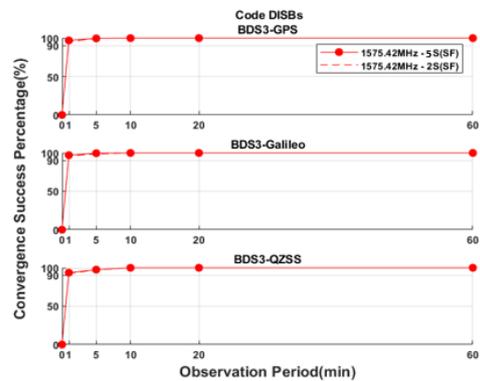


圖二 在 5S(QF)，整數解(實線)與實數解(虛線)的電碼 DISB 之收斂成功率。

接下來，我們分析比較雙系統單頻，註記為 2S(SF)，與五星單頻，註記為，5S(SF)，兩種情況之收斂成功率。相位 DISB 的收斂成功率如圖三所示。我們可以發現使用 5S(SF)與 2S(SF)的收斂成功率在所有觀測時間都沒有明顯差異，並且發現在 10 分鐘後，5S(SF)與 2S(SF)的收斂成功率都可以達到 90%以上。圖四中，電碼 DISB 可以發現類似於相位 DISB 的成果，可以達到至少 90%。根據上述，我們可以發現在使用單頻的情況下，使用雙星系與使用五星系計算出的所有 DISB 在收斂成功率上沒有明顯差異。



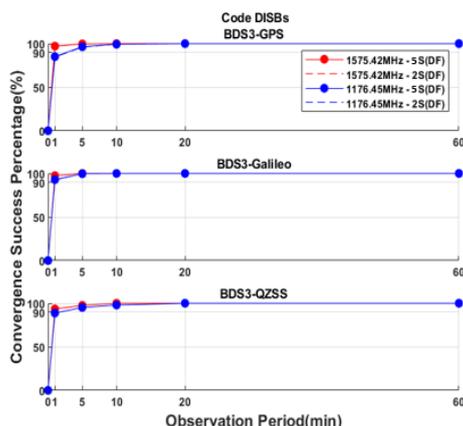
圖三 在 2S(SF)與 5S(SF)下，相位 DISB 的收斂成功率。



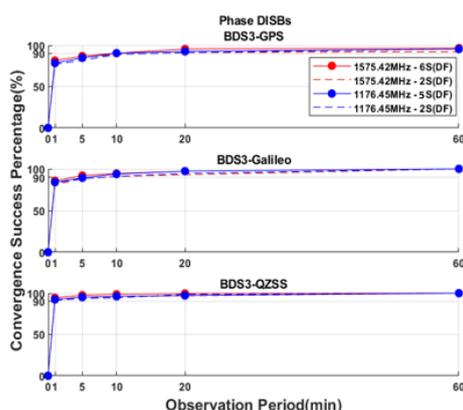
圖四 在 2S(SF)與 5S(SF)下，電碼 DISB 的收斂成功率。

最後，我們分析比較雙系統雙頻，註記為 2S(DF)，與五星雙頻，註記為，5S(DF)，兩種情況之收斂成功率。相位以及電碼 DISB 的收斂成功率分別如圖五以及圖六所示。我們可以發現使用了雙頻與單頻相比其實差異不大，相同的都可以在 10 分鐘內達使得 DISB 的收斂成功率達到 90%。上述的成果得知一、最新 BDS-3 的重覆頻率確實可以與 GPS、BDS-2、Galileo 以及 QZSS 達到互通性的目的。二、DISB 估值在一般的透空環境下可以在 10 分鐘內可靠地獲得。由於文獻指出 DISB 一般來說是相當穩定的，因此一旦 DISB 被成功估計出後將可以藉由率定的手段來增加定位時的多於觀測

數目。這意味著整合 BDS-3 於現今的 GNSS 將可以有效地提升其定位效能。



圖五 在 2S(DF)與 5S(DF)下，相位 DISB 的收斂成功率。



圖六 在 2S(DF)與 5S(DF)下，電碼 DISB 的收斂成功率。

結論:

可用衛星數量的增加能夠幫助提升 RTK 效能，目前在台灣上空可以追蹤到 GPS、Galileo、BDS-2、QZSS 以及最新的 BDS-3 等五星系；同時，BDS-3 的訊號也能夠與 BDS-2、GPS、Galileo、QZSS 的訊號具有互通性，也就是頻率有互相重覆。因此這裡分析了 BDS-3 與其它四星系在重覆訊號之間的 DISB 收斂情況。

測試成果得知最新 BDS-3 的重覆頻率確實可以與 GPS、BDS-2、Galileo

以及 QZSS 達到互通性的目的。此外，DISB 估值在一般的透空環境下可以在 10 分鐘內可靠地獲得。未來配合 DISB 率定的方式後，結合 BDS-3 將能夠有效提升 RTK 的定位效能。

參考文獻:

Lu M., Li W., Yao Z., Cui X., (2019) Overview of BDS III new signals. Navigation (66): 19–35.

Odolinski R., Teunissen P.J.G., Odijk D. (2015) Combined BDS, Galileo, QZSS and GPS single-frequency RTK. GPS Solutions 19 (1):151–163

Yang Y., Gao W., Guo S., Mao Y., Yang Y. (2019) Introduction to BeiDou-3 navigation satellite system. Navigation (66): 7–18.

Zhao W., Chen H., Gao Y., Jiang W., Liu X. (2020) Evaluation of inter-system bias between BDS-2 and BDS-3 satellites and its impact on precise point positioning. Remote Sensing (12): 2185.

2023 年德國柏林 INTERGEO 展覽

楊丞勳

(迅聯光電有限公司總經理)

展覽介紹

INTERGEO 被視為全球測繪和地理資訊技術領域的領先展覽。每年都吸引了眾多的國際參展商和專業參觀者，許多企業選擇在 INTERGEO 上展示和發布他們最新的產品和技術創新，這意味著參加者可以在此獲得該領域最新技術和趨勢的資訊。除了商業展示，INTERGEO 還舉辦了多場專題研討會、論壇和工作坊，供學術界和產業界的專家進行深入交流和討論。由於吸引了來自世界各地的參與者，INTERGEO 成為了建立國際合作、交換經驗和知識的理想場所。

透過展示、交流和合作，INTERGEO 有助於推動全球測繪和地理資訊產業的發展，促進技術標準化和市場擴展。現今的地理資訊技術涉及多個領域，如都市規劃、環境保護、運輸、能源等。INTERGEO 提供了一個平台，讓不同領域的專家和企業可以找到合作的機會，總之，INTERGEO 不僅對德國，也對全球的測繪和地理資訊技術產業都具有深遠的影響和重要性。



圖一 INTERGEO 會場

德國在全球測繪與地理資訊扮演什麼角色

德國有著多家在測繪與地理資訊領域內具有領先技術和創新的企業。這些企業研發的技術和產品在全球都有著廣泛的使用。如先前提到的，INTERGEO 是全球最大的地理資訊、土地和測繪展覽，每年在德國舉辦，不僅展示了德國在此領域的領先地位，也提供了一個全球專家和企業交流的平台。在教育方面，德國提供優質的地理資訊和測繪相關教育，許多高等教育機構都開設相關課程，確保了該國在這一領域具有高度專業化和技能化的勞動力。在研發與創新方面，德國在研發投入上持續領先，許多新技術和解決方案都是在德國研發出來的。此外，在地理資訊和測繪領域的標準化工作也很出色，這確保了技術和數據的互通性和一致性，並且測繪資料具有高度的準確性和質量，並且有著嚴格的數據管理和保護機制。總之，德國無論是在技術、教育、研發、還是國際合作上，都為全球的發展和進步做出了重要貢獻。

INTERGEO 2023 Berlin 大會方向

歷經三年的疫情，今年大會算是正式回到往年的榮景：來自於 112 個國家的 17,000 名參與者、來自於 40 多個國家的 571 家參展商以及來自於 42 個國家的 300 多名演講者。此次大會強烈地將主題定位在地球觀測、環境監測、智慧城市、基礎設施 BIM、數位孿生、海事解決方案、4D 地理資料與 3D 地籍。

而大會還是相當重視無人機的應用，獨立為一個主題領域進行探討，

與合作夥伴 DVW e.V.、DGPF(德國攝影測量、遙測與地理資訊協會)和 UAV DACH 一起開發專案。為期兩天的行程，由專家介紹使用流程修訂的法律依據，用於評估 UAV 攝影測量工作流程、UAV 在環境監測與農業應用的主題。



圖二 會場內參展商情況



圖三 SLAM LiDAR 參展商

參展廠商亮點

每年 INTERGEO 參展廠商除了儀器公司、軟體公司、系統整合商之外，還會有歐洲的專案公司，例如較有規模的航測公司或是 3D 掃描公司。在儀器設備的發展可以看出來今年的亮點有幾項，分析如下：

1. 基於 SLAM 演算法所開發出來的測繪儀器越來越多，有點類似當年無人機在發展的狀態，但是回顧三年確實不少新創的 SLAM 型 LiDAR 公司消失在市場中，所以在商品化的過程中如何通過測繪業的精度測試，以及除了硬體外有沒有配套的軟體應用解決方案，都成為是否能生存下來的關鍵。

2. 無人載具領域

廣義的無人載具包含了無人機、無人船、機器狗或是自走車輛。在無人機已經市場化與商品化後，展出已經著重於籌載與應用領域部份，並不是僅僅造一台無人機可以飛行那麼單純，例如：可以整合安裝哪些光達系統從事什麼樣的應用，比方整合光達可以獲取高密度的點雲計算 DEM、電力巡檢、森林調查甚至是水深測量等等。



圖四 無人機整合透水光達

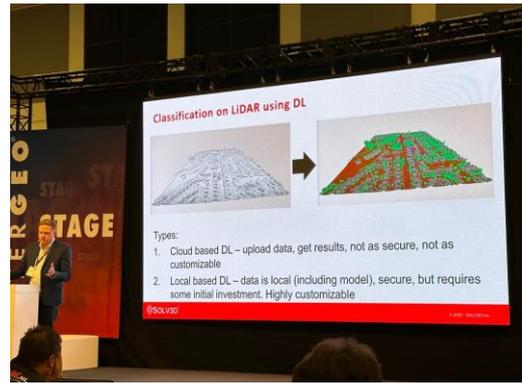


圖五 無人船整合聲納與光達

3. Artificial Intelligence (AI): Machine & Deep learning

過往地理資訊與測繪行業一直算是人力密集度不低的產業，隨著科技的進步，無人機與多種移動測繪技術成熟，點雲或是實景模型數據的採集量越來越高效率，後續的數據處理工作的消化也勢必得越來越自動化，如果完全靠人力編修或是建模，對於最終數據的使用者還是緩不濟急。

今年的 INTERGEO 多出不少自動化數據處理的解決方案新創公司，主要發展點雲的自動化分類功能，包含空載光達數據分類、鐵路軌道及電力線分類、林業分類...等。而這些公司的商業模式大多是走雲端服務，客戶需將數據上傳到伺服器後使用他們的電腦與軟體運算，我認為這個趨勢在歐美已經不可逆了。



圖六 廠商簡報有關基於深度學習技術的點雲分類



圖七 廠商簡報點雲自動分類實際案例

4. BIM 領域

INTERGEO 2023 其中一個重點領域就是建築資訊模型 BIM，今年首次與德國 BIM-TAGEN 合作舉辦。測繪與大地測量實際上在 BIM 的過程是扮演重要的基礎角色，在建築專案開始前對周遭環境調查與繪圖，將資料彙整到 BIM 軟體中建立基於真實環境的 3D 模型。在建築進行中透過測繪的技術進行模型比對，確認設計與施工的一致性，而最後的數據可應用在設施維護與營運管理。除此之外，在難度較高的施工過程，測繪可以提供監測的技術，透過精準的測量讓土木工程師與建築師確保施工符合規格，保障結構的穩定與安全。



圖八 BIM 應用分享



圖九 BIM 自動化放樣機器人

德國體驗

大部分從台灣到德國旅遊或是參展的國民都是從法蘭克福進出德國，他雖然不是首都，但因地理位置優勢，屬於歐洲重要的鐵路與航空交通樞紐，悠久的文化歷史建築與現代的摩天大樓相倚是這座城市很獨特的風貌，通常參展者都會在這裡停留一天，等待隔天返回台灣的班機，順道可以旅遊與享受美食。INTERGEO 並不是在固定的城市舉辦，而是會在不同城市舉辦，但基本上每三年都會回到柏林這座歷史悠久且近代在德國別具意義的城市，歷經兩次世界大戰與冷戰時期柏林圍牆建立與倒塌，這些事件留下許多歷史遺跡與紀念，在參觀展覽學習新知之餘，也可以體驗德國不同城市風情，增長見聞也提升文化素養。

雖然跟現代的儀器相比，本文介紹的

儀器與處理軟體已都沒有競爭力，但是上述的不同成果比較方式，確也是歷久不衰，可以讓讀者參考。

地政活動紀實

1. 112 年 9 月 22 日 14 時至 16 時，邀請臺監察院施錦芳監察委員於綜合院館 270624 教室演講，講題為「監察院與我的地政生涯。」
2. 112 年 10 月 6 日 9 時 10 分至 12 時，邀請李林國際不動產估價師事務所李忠憲所長於綜合院館 270112 教室演講，講題為「面積知多少？」。
3. 112 年 10 月 6 日 14 時 10 分至 16 時，由本系賴宗裕老師於綜合院館 270624 教室演講，講題為「直轄市、縣（市）國土計畫合理性之研究」。
4. 112 年 10 月 11 日 14 時 10 分至 16 時，邀請長豐工程顧問股份有限公司高宏軒執行副總經理於綜合院館 270624 教室演講，講題為「基隆河谷規劃實務分享」。
5. 112 年 10 月 19 日 19 時至 21 時，邀請臺北市政府張溫德副秘書長於綜合院館 270624 教室演講，講題為「都更的多重宇宙！都市更新你該知道的事」。

* 本學訊可至地政學系網站 (<http://landeconomics.nccu.edu.tw>) 下載