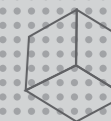




邁向三維
×
深化應用

目錄 Contents

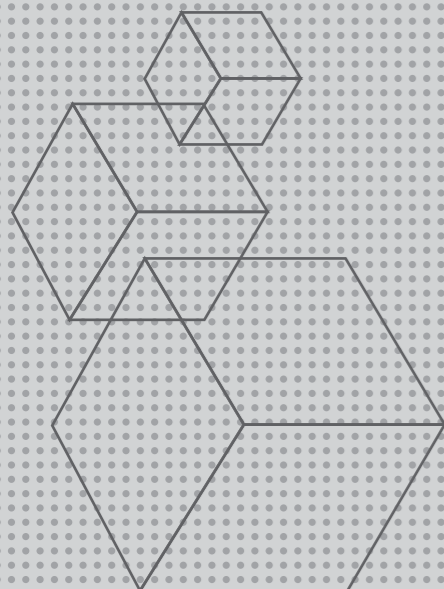
- 06 我們把平面地圖變立體了：
內政部推動「三維國家底圖」的現況與展望
- 16 讓地圖不只是地圖：
DTM數值地形模型圖資服務與加值應用發展
- 22 自駕車在哪？要往哪裡去？
為機器上路打造「高精地圖」
- 32 三維圖資該如何應用？來看看應用於古蹟保存、
滯洪池與公共管線的實際操作！
- 40 建設「智慧城市」的基礎：
以IFC探討GIS、BIM與IoT整合應用之契機
- 46 尋找深山巨木的人：
用「空載光達」繪製臺灣的巨木地圖



本刊物感謝內政部

「109年度國土空間數據整合與資訊系統應用發展服務工作案」

專案協助發行



引言 Preface

國家空間資料基礎建設 (National Geospatial Data Infrastructure, NGDI) 為聯合國全球地理空間訊息管理委員會 (UN-GGIM) 核心議題，亦為各國推動地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 應用重要依據，藉由 GIS 結合空間圖資與屬性資料，可有效協助政府施政規劃、決策及執行，並增加民眾生活的便利性，達成施政有感目標。

在物聯網、無人載具及人工智慧等智慧生活浪潮下，國土空間資訊已邁入多元且迅速發展的階段，空間資料更逐漸從傳統 2D 平面延伸到 3D 立體，政府各部門需有更完善的數位空間資料建置，方能相互緊密連結。而國土

空間資料要發揮最大化成效，最重要的關鍵在於跨部會機關間的合作意識與資料流通的開放透明。

行政院於 108 年 6 月 6 日函頒「智慧政府行動方案」，其中「三大目標」及「七大推動策略」亦明確指出「資料治理」的核心理念，藉由資料的開放、流通及分析，結合地理資訊系統，達到智慧政府的施政願景；109 年 5 月更責成內政部以國土測繪主管機關立場，建立跨部會推動機制，透過分工及協作方式整合圖資測製作業，推動國土測繪空間資料一站式流通及服務，並逐步納入其他機關法定及主題資料，滿足政府治理共通性需求。

在此核心理念下，財團法人台灣地理資訊中心為延續國土資訊系統 (National Geographic Information System, NGIS) 通訊期刊之精神，發行「空間數位生活 (GeoDigital Life)」期刊，定期邀請產官學研社各界，並由內政部以圖資主管機關之立場提供意見，共同以深入淺出、輕鬆活潑的方式及貼近生活的科普文字，分享其空間資料成果並提供最新的 NGDI 資訊。同時藉此建立起跨部會共同協作默契，逐漸整合空間資料及資訊，邁向智慧政府願景。

「空間數位生活」創刊號發行日正值我國三維國家底圖平臺雛型上線，特以三維空間圖資為主題，邀請內政部及產官學研各界分

享：三維國家底圖、數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM)、自駕車用高精地圖 (High Definition Map, HD map)、空載光達 (Airborne LiDAR)、建物資訊模型 (Building Information Model, BIM) 及三維公共管線等空間資訊新知，並將較生硬的學術語言，再重新以生活化的文字及圖片轉譯，使空間資訊更貼近民眾。期盼本刊物未來持續展現臺灣於空間資料基礎建設的發展成就，更能作為政府與民眾溝通的重要橋梁，在總統宣示成立數位發展部會同時，使「空間數位」更接上地氣走入我們日常的生活。

內政部長

徐國勇

2020.11

我們把平面地圖變立體了： 內政部推動「三維國家底圖」 的現況與展望

內政部地政司

內政部國土測繪中心 主任 劉正倫
課長 林昌鑑
技士 湯美華

從 2006 年起 Google Earth 的資料收集與展現，正式開啟了人們對於在地圖上呈現三維視覺景觀的認知。以往的地圖呈現的僅為二維平面關係，三維模型資料則還能描述和表達地圖上物件之間的垂向關係，給人更真實的感受。

3D 立體的地理資訊系統（Geographic Information System，以下簡稱 GIS）由於近年來新技術標準的發展，逐漸變得可行。加上因應物聯網及智慧城市等多元應用，許多 GIS 資料需求及應用亦逐漸從傳統 2D 平面延伸到 3D 立體，因此將現有的 2D 國家底圖升級為 3D，即「三維國家底圖」的建構，已經成為「國家地理資訊系統」升級規劃的主要項目。考慮到全國圖資之作業時效、經費、可行性、成果展示視覺效果及應用分析可行性等因素，目前執行策略主要採取「先全面建置，後精進細緻」，滾動調整精進細緻化，逐步提升 3D 模型的可用性。

臺灣的國家地理資訊系統（National Geographic Information System，以下簡稱 NGIS）發展至今，中央機關已經收集有

圖資超過 1,400 項。包含各比例尺之基本地形圖、臺灣通用電子地圖、門牌位置資料、數值地形模型、地籍圖、航照與衛星影像資料等核心圖資，以及各類主題性基礎圖，包含自然生態資料、公共管線資料、自然環境資料、國土規劃資料、社會經濟資料、環境品質資料、土地資料與交通資料等類，已成為施政及民生應用不可或缺之資料。亦應將成為即將來臨之多元應用，如物聯網或智慧城市的重要資訊基礎。

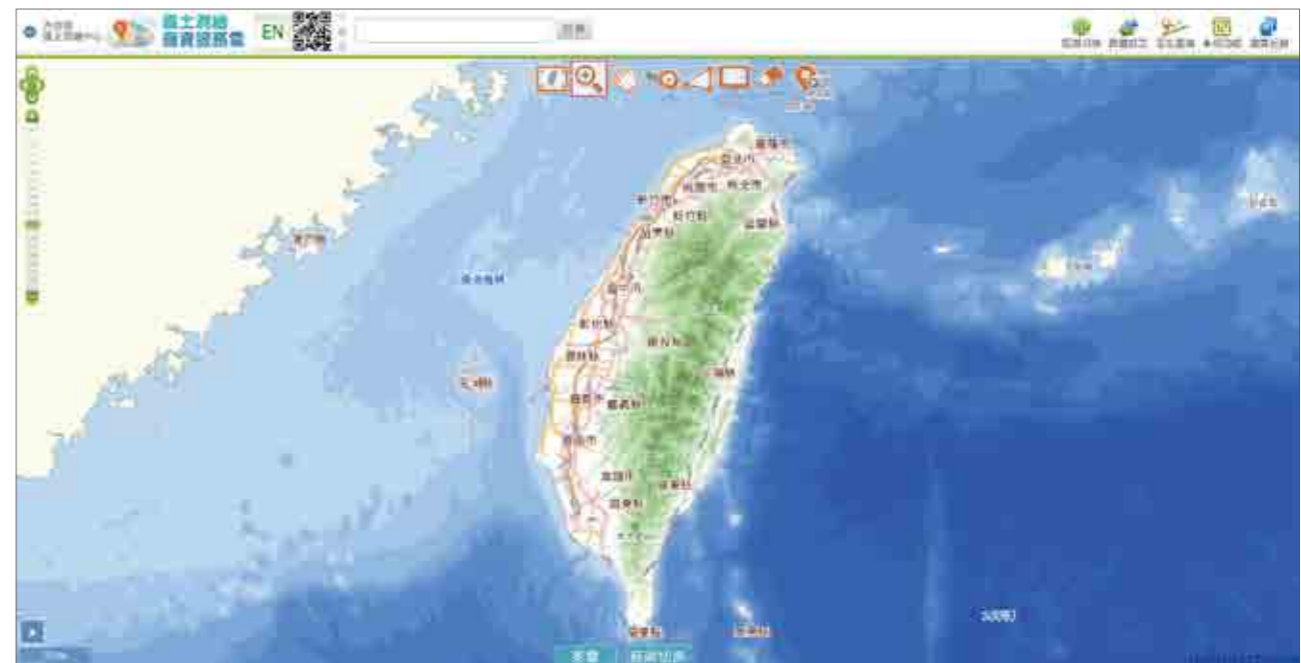
考量到未來 GIS 多元運用的發展需求，NGIS 發展升級近期優先辦理事項，包含加速國家底圖的開放應用、訂定 3D 資料標準、落實圖資資產管理、推動 3D 管線管理、3D GIS 發展及 GIS 加值應用與產業發展等。

其中國家底圖的開放應用，將由內政部以「臺灣通用電子地圖」為基本底圖，將既有的 2D 國家底圖升級為 3D、訂定相關資料標準及開發支援應用功能開發等工作，為 3D GIS 發展基礎奠定基礎。



◀ Google Earth 除了傳統二維平面關係的地圖外，更加入了三維視覺景觀的描述

▼ 臺灣通用電子地圖
<https://maps.nlsc.gov.tw/>



智慧城市浪潮下的趨勢：興建中的三維城市模型

在全球在智慧城市發展的浪潮下，對於地理空間的應用層面已逐漸成為施政決策的依據，資料的需求也逐漸由二維轉向三維。加上近年來空間地理資訊應用發展快速，資料流通及服務之基礎架構日趨完善及成熟。ISO/TC211 之 19100 系列標準與開放式地理資訊系統協會（Open Geospatial Consortium, OGC）技術標準規範推出，以及開放介面標準及開源技術的發展，過往跨資料格式及軟體平臺的應用問題獲得解決。因此世界各國亦在加緊推動建置三維城市模型歷程，其中，最具代表性的案例就是新加坡。

新加坡政府在 2014 年啟動「智慧國家建設」，由新加坡國家研究基金會（National Research Foundation, NRF）、新加坡總理辦公室（Prime Minister's Office, Singapore）及新加坡土地管理局（Singapore Land Authority, SLA）等單位共同執行「虛擬新加坡」（Virtual Singapore, VS）計畫。此計畫預計建構新加坡 3D 城市模型及街景等資料，投入總金額為 7,300 萬新幣（約 16 億台幣），屬於短時間單位面積投入經費規模較高之計畫。



▲ OneMap 展示虛擬新加坡成果
資料來源：擷取自 GeoWorks SLA 公布影片

新加坡三維城市模型彙整來自公部門與民間企業單位的各種大數據資訊，並由新加坡土地管理局於 2020 年 3 月啟動 3D 新加坡沙盒計畫（3D Singapore Sandbox），提供 16 萬棟 3D 建物模型等 3D 空間資料，開放各界進行測試及創新應用，激發出更好的決策及城市規劃方案。

除此之外，許多城市如美國紐約及波士頓、加拿大多倫多及魁北克、英國劍橋、荷蘭鹿特丹、芬蘭赫爾辛基、德國柏林、香港等城市，均已推動建立三維建物模型。

多數三維建物模型成果除可進行線上瀏覽及查詢（如美國紐約 <https://cesiumjs.org/NewYork>，荷蘭鹿特丹 <https://www.3drotterdam.nl>）外，並以開放資料形式提供下載。



A
B
C
D ▶

- A — 鹿特丹 LOD1 及 LOD2
三維城市模型瀏覽畫面
 - B — LOD1 三維灰階建物模型
 - C — LOD2 三維灰階建物模型
 - D — LOD2 三維建物模型
(貼附外觀紋理)
- 資料來源：鹿特丹三維平臺

將臺灣的國家底圖從2D升級到3D

除了國際上正在興建中的三維城市模型，臺灣相關的發展亦不落人後。因應地理資訊未來將出現的多元應用需求，國家發展委員會第54次委員會議上，共識規劃 NGIS 的整體發展方向，將從國家空間資料基礎建設（National Spatial Data Infrastructure, NSDI）、國家底圖、資產管理及服務研發等4個面向，推動 NGIS 發展升級。依據 NGIS 發展升級規劃，建構國家底圖可區分為基本底圖、網路服務及共通需求三面向推動。



基本底圖方面

考量內容的廣度及深度，將以NGIS圖資及政府開放資料為基礎，納入多元2D圖資及時序資料，並辦理既有2D國家底圖升級，分階段建置3D國家底圖圖資，朝向多維度之架構發展。



網路服務方面

規劃打造多維度國家空間資訊服務平臺，以單一服務平臺提供多維度圖資線上瀏覽、並發布符合國際標準之3D國家底圖服務。



共通需求方面

將蒐整各界應用的共通需求，開發決策應用分析功能，並滾動調整3D國家底圖服務內容。

有別於2D圖資將真實世界的地物及地貌投影至平面，3D圖資是呈現真實世界多元的內容及複雜的空間關係，作業所需之時程、經費均需審慎考量。且考量現階段考量國內對3D圖資的使用需求仍屬萌芽起步階段，因此既有2D國家底圖升級為3D執行主要策略為：

“先全面建置，後精進細緻”

搭配應用面與資料面的磨合及聚焦，催化3D GIS應用及資料需求的成熟，以逐步精進3D國家底圖資料內容及服務。

3D國家底圖圖資建置及更新上，除蒐集國內外相關文獻及執行成果外，亦將持續進行應用及需求座談，蒐整各界使用經驗及資料精進需求，以進行3D圖資的細緻化、滿足不同層次的使用需求。

未來多維度國家底圖服務的成熟，將可使政府施政決策在相同的國土資訊系統框架下相互關聯及搭配，更有助於跨部門、跨領域、跨地域之協同合作，為智慧政府及產業發展奠定良好基礎。

由「臺灣通用電子地圖」出發，建置3D國家底圖

「臺灣通用電子地圖」為政府機關產製的電子地圖，成果是具有空間與屬性資料的GIS圖層，可直接應用於各種分析。其內容以最基礎且經常使用的地理資訊為主，包括道路、鐵路、水系、行政界、區塊、建物、重要地標、控制點、彩色正射影像等。臺灣通用電子地圖測製精度為1.25公尺（比例尺1/2,500精度），較目前其他電子地圖測繪精度高出甚多且測繪內容更完整。

臺灣通用電子地圖具備全國性、共通性、一致性及持續更新之特點，已是近年來公私部門GIS分析及應用系統採用之共通底圖。目前設置的3D國家底圖將以臺灣通用電子地圖為基礎，辦理既有2D國家底圖升級為3D。

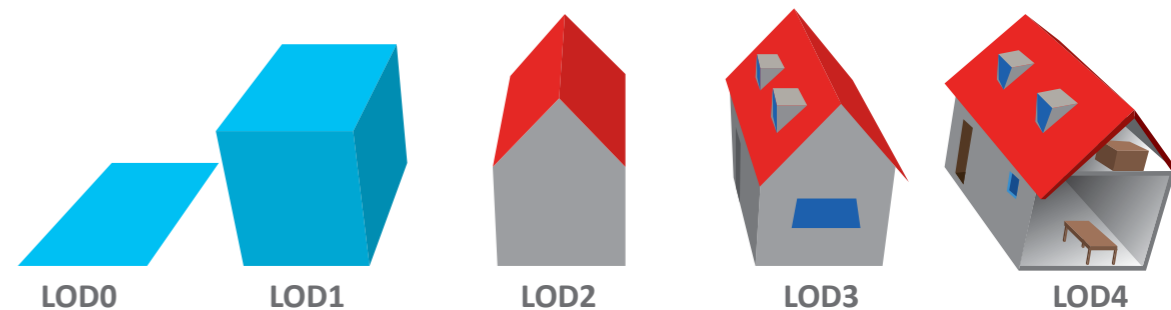
全國3D圖資建置以OGC城市地理標記語言（City Geography Markup Language, CityGML）之細緻度（Level of Detail, LOD）規範為基礎，先全面建置LOD1積木模型（Block Model），再透過精進細緻化作業，逐步提升3D模型的可用性。

就如前面所提的，3D圖資將採分階段建置，並搭配「評估及試辦（含人力成本評估）」

與「圖資產製」等二階段推動，產製內容包含建物、道路、軌道等3類。

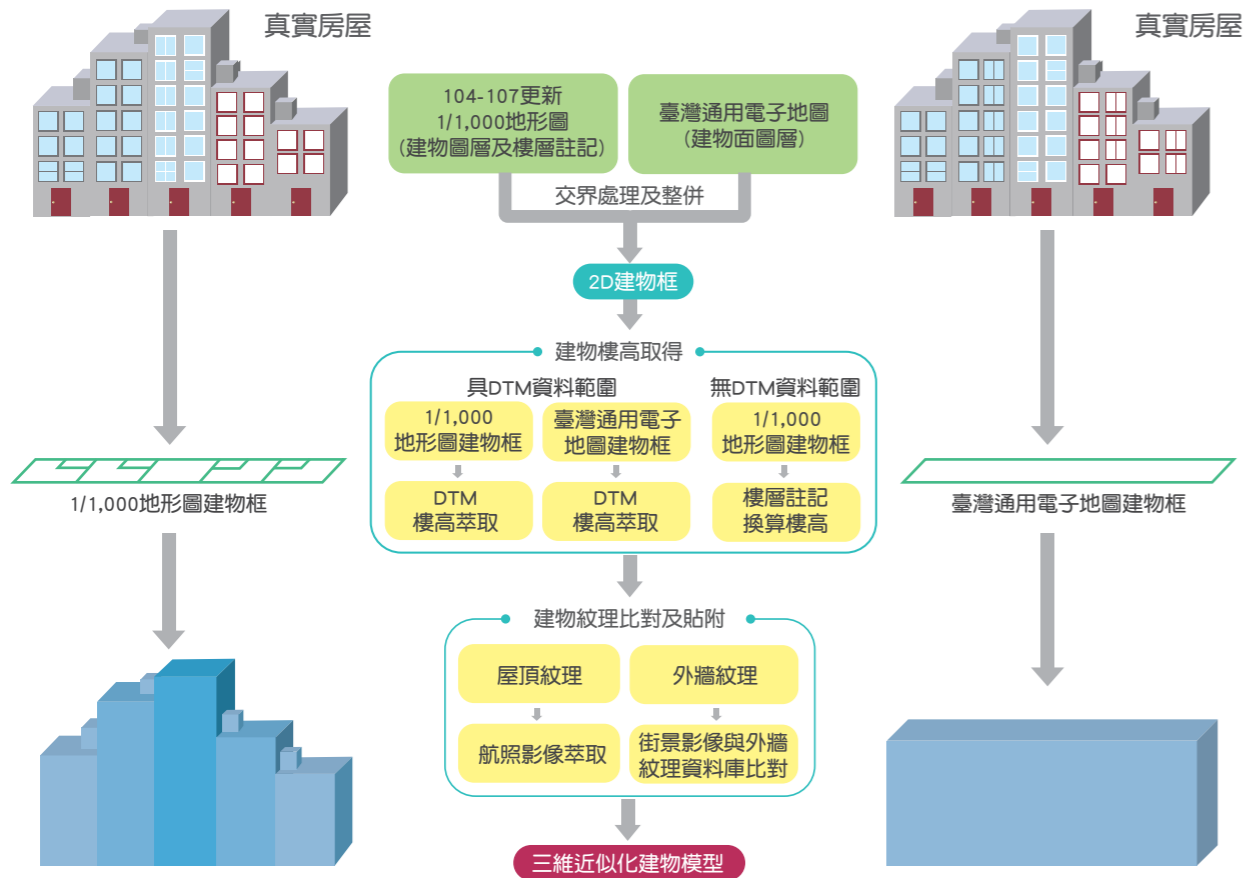
在3D圖資產製方面的進展，「3D建物」已於108年完成全國3D建物整合建置，並自109年起辦理3D模型更新及精進；「3D道路」已於108年完成作業評估試辦及作業規劃，並於109年辦理3D道路產製作業（國道及臺中市範圍），110年辦理範圍將依據作業情形及資料需求滾動調整；「3D軌道」已於109年辦理3D鐵路評估試辦，後續執行策略將依據試辦果整體規劃。在資料標準（草案）研訂方面，「3D建物資料標準（草案）」於108年度完成研訂並已提報國土資訊系統標準制度推動及審議工作小組；「3D道路」及「3D鐵路」資料標準將於109及110年度完成草案研訂。

另外，全國3D建物模型的建置及後續更新維護，採取「成果整合」及「模型產製」之資源整合模式推動。成果整合為導入各機關已建置3D建物模型（Building Model），避免政府資源重複投入；模型產製則是以既有2D圖資之建物框及樓高萃取方式產製。



▲ CityGML 建物 LOD0-LOD4 成果示意圖

資料來源：Biljecki et al. 2016, an improved LOD specification for 3D building models

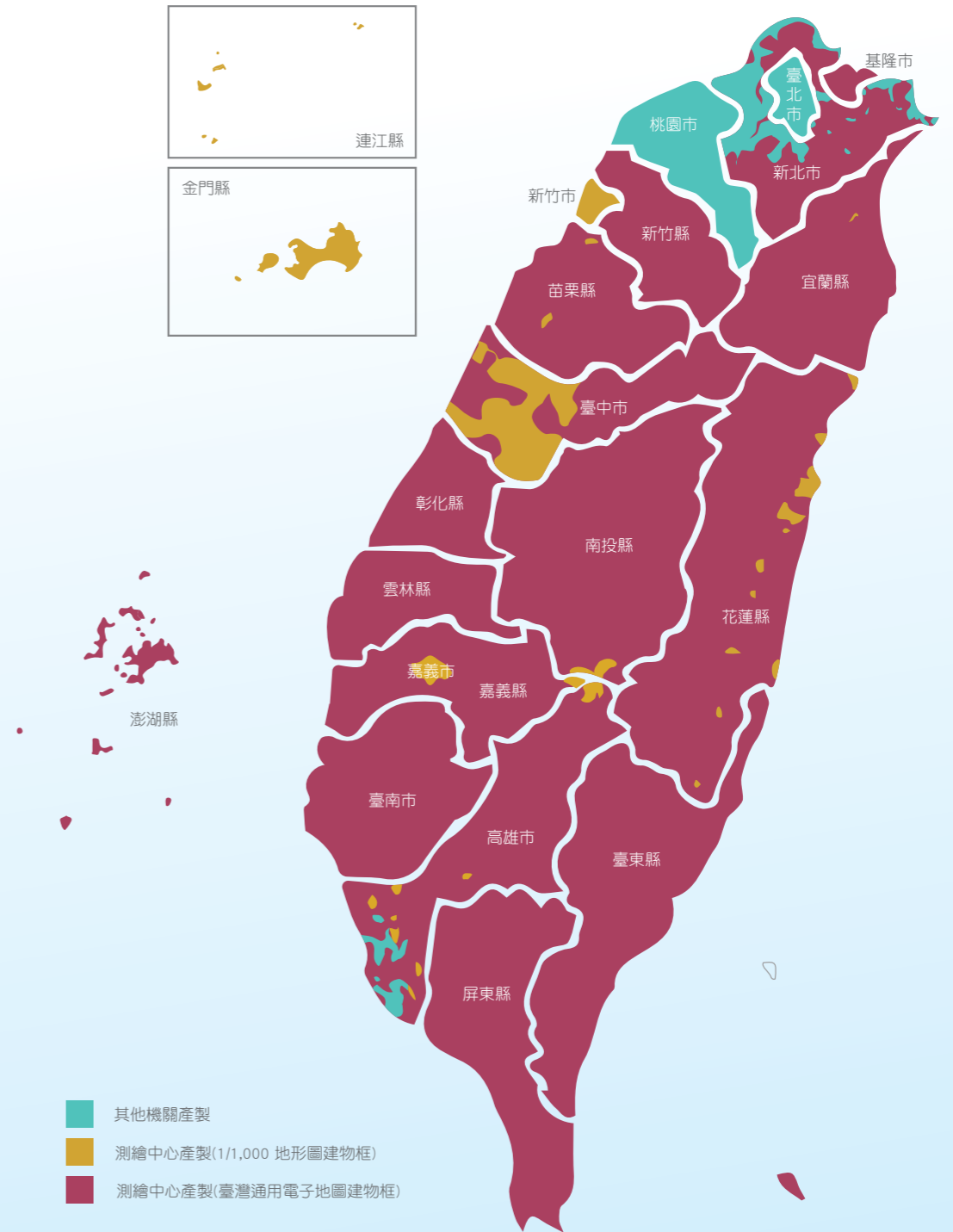


▲ 三維近似化建物模型產製流程示意圖
資料來源：自行製作

其中 2D 建物框資料來源為一千分之一地形圖及臺灣通用電子地圖，考量圖資成果時效性，2D 建物框資料優先採用 104 年以後更新一千分之一地形圖，其餘範圍則採用臺灣通用電子地圖。截至 108 年底止，已整合及建置全臺灣 440 萬餘個三維近似化建物模型（LOD1）。

3D 國家底圖建置現階段全面建置成果為 LOD1 層級，並規劃將蒐整實際應用需求，在更新維護時導入細緻化作業，滾動修正資料內容及成果精細度，逐步提升三維建物模型可用性。

細緻化作業將先以臺灣通用電子地圖建物框建置之 3D 建物為標的，此類 3D 建物模型為連續建物組成之區塊建物模型（無分戶）。後續將運用相關圖資，如建物測量資訊、門牌位置、地籍圖，搭配航照影像立體量測及影像密匹配等技術，進行電子地圖建物框分戶研究及試作，以提升全國 3D 建物模型成果細緻度。



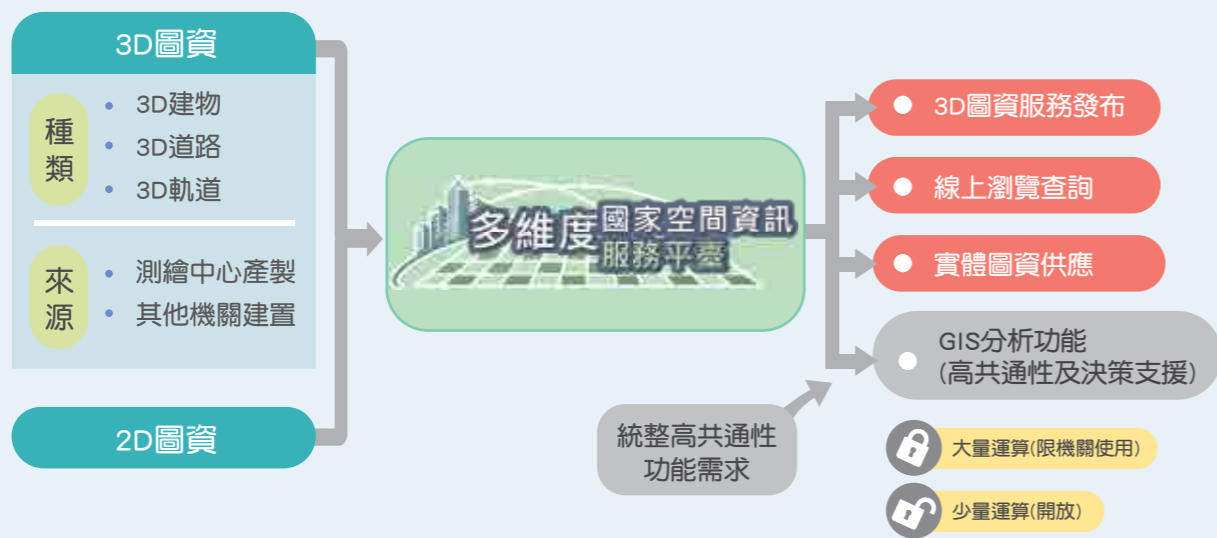
▲ 全國三維近似化建物模型產製及整合區域分布圖
資料來源：自行製作

3D國家底圖去哪找？「多維度國家空資訊服務平臺」

為了提供大眾最新及最正確的多維度國家底圖，目前「國土測繪圖資服務雲」即已提供 2D 國家底圖服務，提供各界介接使用。接下來，將透過「多維度國家空資訊服務平臺」，提供 3D 圖資線上瀏覽查詢及實體資料供應。同時以滾動調整方式辦理高共通性與決策支援應用功能開發，滿足 3D 國家底圖加值應用需求。「多維度國家空資訊服務平臺」發布符合 OGC I3S 及 3D Tiles 之 3D 國家底圖服務，並將以 DTM 為基礎，分階段導入 3D 圖資，種類包含 3D 建物、3D 道路及 3D 軌道等 3 類，內容包含 CityGML 之積木模型、影像密匹配產製之三維實景三角網模型 (Mesh Model) 及建築資訊模型

(Building Information Modeling, BIM) 等項，其中積木模型將配合 3D 圖資產製期程分批導入，Mesh Model 及 BIM 將視資料蒐整情形納入。

多維度國家空資訊服務平臺已於 108 年完成雛型系統建置，並於 109 年持續辦理相關基礎功能開發及 3D 圖資導入，預計於 109 年 11 月底前正式上線服務。目前已導入全國 3D 建物模型及 DTM，並陸續發布各直轄市、縣(市)範圍 I3S 及 3D Tiles 之等 2 類 3D 國家底圖服務，同時完成線上瀏覽查詢基本功能，包含 2D 及 3D 圖資套疊、量測、定位、建物模型屬性篩選、地形分析、視域分析、模糊檢索等項目。



▲ 多維度國家空資訊服務平臺整體架構圖
資料來源：自行製作

多維度國家空資訊服務平臺未來將持續整合 2D 及 3D 圖資與應用需求，朝向多維度國家底圖服務單一入口平臺邁進，以提升國家底圖加值應用的彈性及便利，滿足各界應用需求。多維度國家底圖服務的推動，不僅可使政府施政在相同的基礎框架下相互關聯及搭配，更可以助於智慧城市的發展及物聯網的應用。



Photo Credit by See-ming Lee (CC BY-SA 2.0)
<https://www.flickr.com/photos/48973657@N00/4112874847/>
* 此圖為香港城市模擬示意圖



讓地圖不只是地圖： DTM數值地形模型圖資服務 與增值應用發展

內政部地政司
國家高速網路與計算中心
副主任 林錫慶
資料科技組組長 施奕良

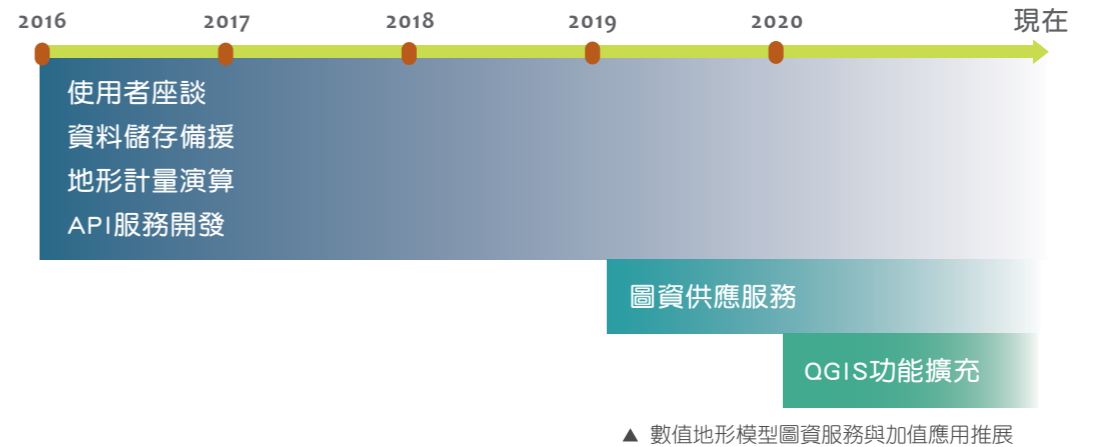


臺灣的國土測繪圖資，由內政部累積產製，除了保管國家測繪圖資採用比例尺五千分一圖幅框範圍儲存，並持續資料更新、彙整各機關成果。除此之外，還根據智慧政府的發展精神，推動機關交流，推廣開放地理空間資料擴大增值應用。**數值地形模型** (Digital Terrain Model 以下簡稱DTM) 資料的使用，有其技術門檻與資通設備等因素，如何充分發揮其於國土規劃與地理資訊系統應用之綜效，需要推廣與研議相關方案與應用機制。

內政部自 103 年起，就以高雄市試辦數值地形模型網路服務建置及應用機制，透過網路服務提供分析成果予市府各機關使用。105 年起則進行 DTM 增值演算自主研發工作，並建置全國性 DTM 增值應用網路服務模組及平台等，以擴大使用對象至中央各機關、地方政府之圖資交流與應用。為使一般民眾也能便捷使用 DTM 增值應用服務成果，更於今年 (109) 進行 QGIS 與地形增值演算套件開發。另外還對相關成果資料進行異地備份及永續保存服務，達到資料永續保存與運用之目的。

附註：智慧政府行動方案

由國發會推動，以資料為核心，建構公私協力治理模式，提高政府與民眾的信賴，積極推動「跨機關資料共享介接機制」、「強化網路安全」以及「政府網路線上申辦」是智慧政府重要工作。



不只是等高線圖！加速處理的DTM地形計量演算

跟隨著 DTM 數據採集技術的進步，由傳統以等高線來表達地貌起伏，改以航測技術或光達技術產製，推升資料解析度從 20 公尺、5 公尺至 1 公尺。解析度的提升，大幅增加地形計量增值演算的處理難度，也間接造成跨機關資料共享的遲緩。

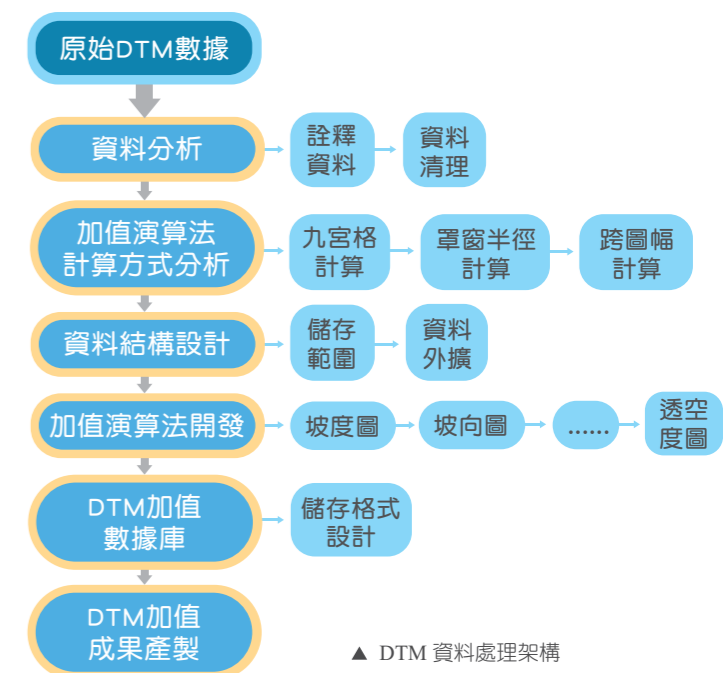
因此，如何有效地進行 DTM 數據的清理，配合演算法計算並儲存增值數據，是提高資

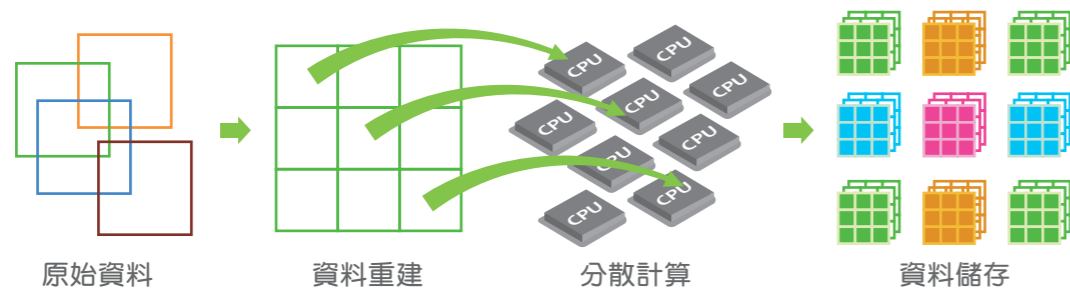
料使用率的關鍵。為了達成跨機關圖資共享的目標，內政部委由財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心（以下簡稱國網中心），進行 **DTM 增值服務技術** 開發。

首先針對資料特性進行分析研究，建構一套合適的資料處理框架，透過資料清理、資料結構設計與演算法的開發，達成更快速計算與取用增值成果，下圖為地形計量增值演算處理架構。



數值地形模型增值應用服務
<https://dtm.moi.gov.tw/>





▲ DTM 分散式處理概念示意圖

如何讓DTM服務全國更好用？標準API開發

由於 DTM 資料處理需要專業性且軟體成本購置較高，各機關自行建置不僅效益低且耗時。為此，內政部透過建置全國性 DTM 儲存與網路介接服務「數值地形模型增值應用服務」，並提高行政服務效能，減少不必要之申請案件。

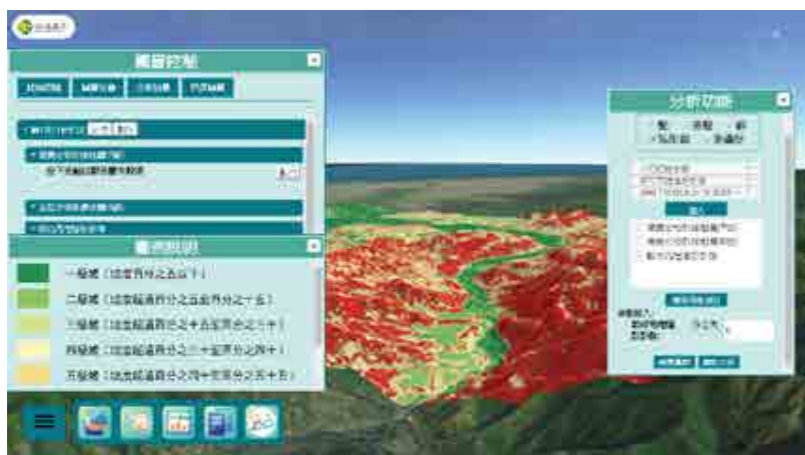
發更加便捷容易。並且在網站上也附註演算法計算公式的參考依據，設計簡易查詢介面讓程式開發人員可以更清楚理解查詢的成果與開發整合的流程。

此項創新服務有助於機關節省軟體經費，並且能迅速擴充服務平台的 DTM 分析工具，使其得以將重心放在發展專業領域應用、拓展更多服務客群。

為了避免實體資料傳輸疑慮，「數值地形模型增值應用服務」逐年開發 1 公尺與 5 公尺網格成果增值應用工具，供機關內部介接使用；20 公尺網格成果增值應用則供一般大眾介接使用及查詢；並提供視覺化查詢介面供使用者預覽，歷年民眾使用次數均達 100 萬次以上。

藉由開發網路服務模組，取代原始資料供應，大量降低軟體建置成本與各單位導入門檻，擴大領域運用。

為了能夠有效且快速整合至各機關所開發之空間圖資服務平台，設計以模組服務為導向，透過標準 API 服務呼叫，讓系統介接功能開



◀ 服務平台整合 DTM 增值應用

讓一般大眾輕鬆應用DTM資訊：增值模組QGIS應用工具

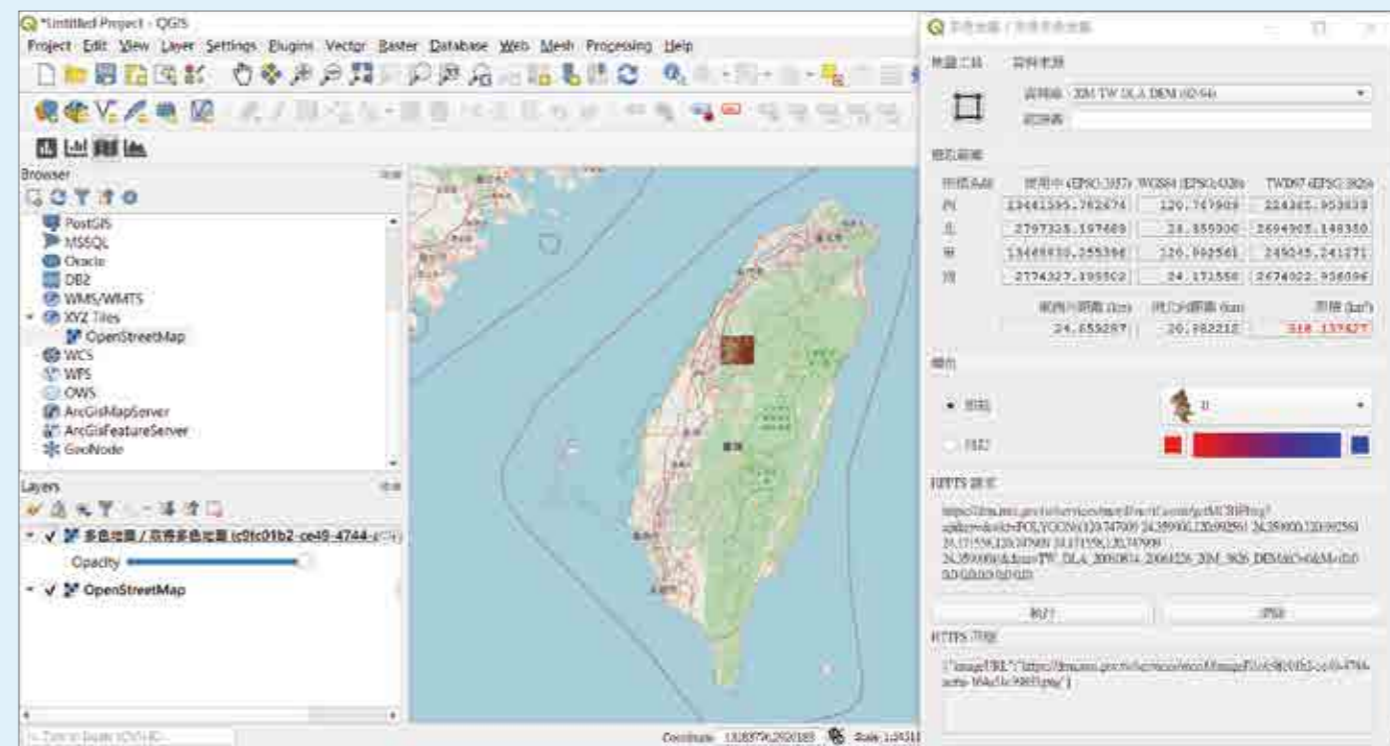
「數值地形模型增值應用服務」透過介接 DTM 加值的 API 服務，並且整合至機關內既有之資訊服務平台，已大幅降低各機關 DTM 增值應用開發的時間與建置成本，強化跨機關資料共享介接機制。

易用性工具開發，選用開源 QGIS 軟體，該軟體提供友善的整合介接 API，並且完整的分析服務工具，非常合適作為整合 DTM 增值模組的對象。

國內在「中研院人社中心地理資訊科學研究專題中心」與「逢甲大學地理資訊系統研究中心」等研究單位大力推廣下，QGIS 軟體已逐漸成為一般民眾常用的空間資訊分析軟體。因此，今 (109) 年著手進行 QGIS 應用工具開發，提供使用者易用的分析環境與快速地增值處理成果。

然而，該技術架構尚需要依附各機關既有的平台服務，並且需透過程式開發，針對增值特性進行應用服務情境的整合。這樣的機制對於技術開發能力相對欠缺的單位與一般民眾使用情境，似乎還可以再更進一步的提供便捷的服務。

於此，內政部委由國網中心持續進行 DTM



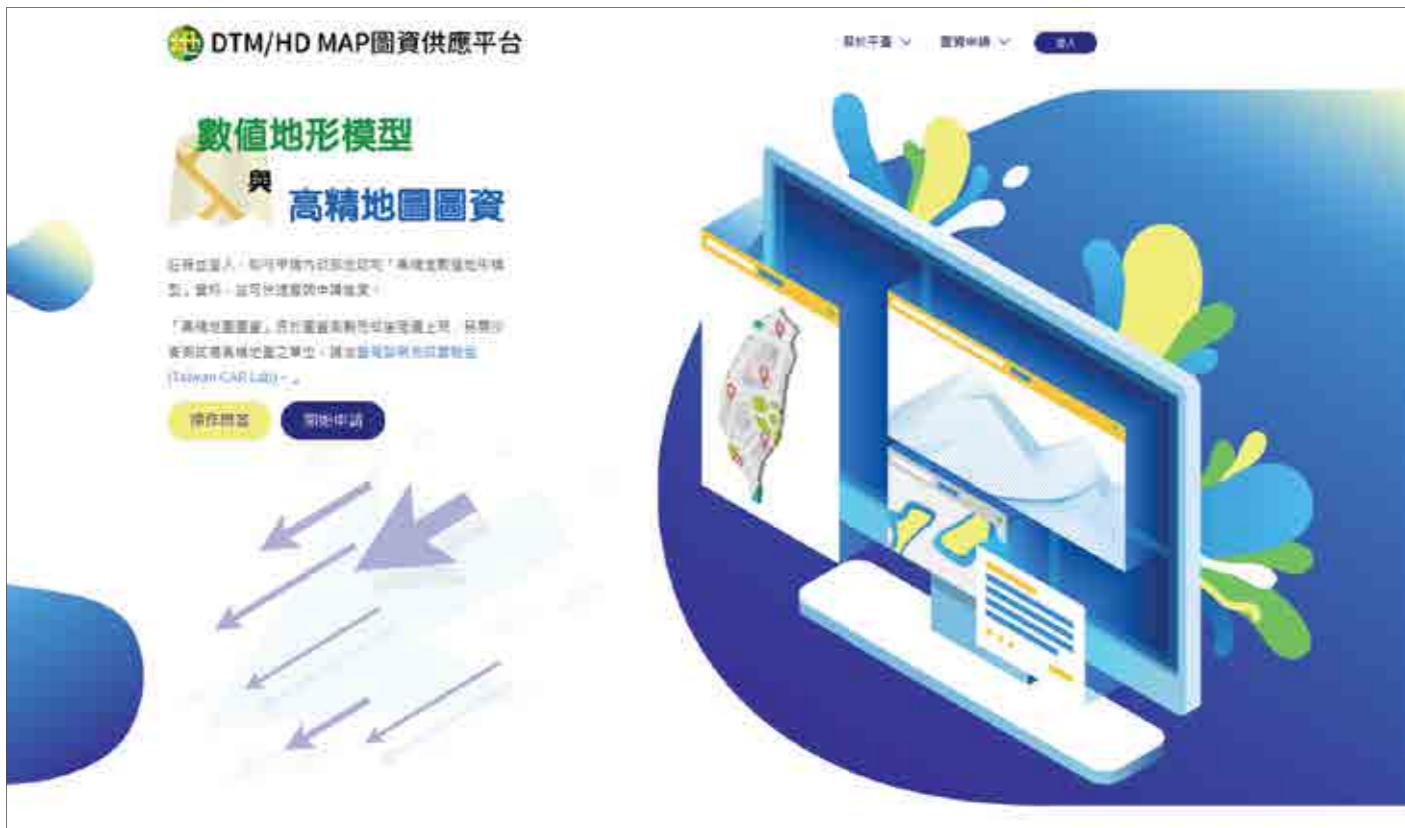
▲ QGIS 為自由開源的地理資訊系統 (網址: <https://dtm.moi.gov.tw/software.aspx>)



快速推動網路申辦服務：DTM圖資供應平台

為提升數值地形模型及其相關成果資料流通共享之目的，內政部於 102 年訂頒數值地形模型成果資料流通供應要點，除了持續更新全台 DTM 圖資外，並於 105 年開放全臺及澎湖地區的 20 公尺網格 DTM 數值成果，接著於 108 年發佈全國（含離島澎湖、金門）融合版 20 米 DTM 資料更新，期望透過持續地更新圖資產品，加速推動智慧政府公私協力服務的推展。

其次，為了強化政府網路線上申辦，也著手將 DTM 圖資申請機制，從既有的紙本核定，改採線上圖資供應申請服務平台建置，建置成果即為「TM/HD MAP 圖資供應平臺」。此服務架構除有效節省政府行政支出，並完善資料流程管理機制，提升案件申請派送任務的掌控度。



▲ DTM/HD MAP 圖資供應平台「數值地形模型與高精地圖圖資」
<https://supply.colife.org.tw/index.php>



不只是提供資料！使用者座談與成果發表

除了 DTM 加值演算技術的推展與圖資供應服務外，也需要透過定期的座談會了解使用者對於 DTM 使用情境與應用面向的期盼。

內政部於 105 年起著手規劃，透過舉辦使用者座談與經驗分享，來行銷 DTM 加值新功能的開發。並且透過使用者不同領域的案例分享，讓想法能夠互相激盪，創造新的需求，觸發單位間相互的合作契機。透過不斷的推廣與交流，藉此促成更多人知悉與使用 DTM 加值圖資。



▲ 108 年 DTM 成果發表會

DTM資料應用的未來展望

智慧政府發展很重要的一環是大數據蒐整，尤其是空間資訊的數據收集，較為人熟知的服務平台有「政府資料開放平台」、「TGOS」、「國土測繪圖資 e 商城」等。

因應接下來的 5G 與 IoT 物聯網，DTM 資料的進化，除了持續發展高精度與高品質的數據外，還需要考慮多維空間圖資發展，應更緊密結合三維地形數據。除了能確實掌握不同時期的地表起伏變化外，未來各種資訊的應用，如無人載具與地形間的碰撞預判、感測數據的熱點與地形效應評估、社經發展與地表環境衝擊評估等，都非常合適用 DTM 數據模型，進行視覺化的分析，並以資訊儀表板呈現。

DTM 資料未來也需透過更密切的資料聯盟與跨部會協力，得以活化圖資的應用範疇，來增進空間資訊圖資價值，甚至提升產業效益，朝向更多更廣的多元應用發展，讓智慧政府的盛景由此展開。



▲ 政府資料開放平台



▲ TGOS 地理資訊圖資雲服務平台



▲ 國土測繪圖資 e 商城



自駕車在哪？ 要往哪裡去？ 為機器上路 打造「高精地圖」



國立成功大學測量及空間資訊學系 高精地圖研究發展中心 副研究員 蔡孟倫
內政部地政司 科長 黃鉅富、技正 黃泊森、技士 李育華、連以諾
國立成功大學 測量及空間資訊學系 教授 江凱偉
國立成功大學 測量及空間資訊學系 高精地圖研究發展中心 研究員 李佩玲

專案經理 林敬翔、邱靜梅、曾俞瑄

今年（2020）九月底，「台北市信義路公車專用道自駕巴士創新實驗計畫」宣布，開放自駕巴士免費試乘，台北市信義路全線有機會體驗自動駕駛的交通運輸服務。科幻場景中，動動嘴皮就能送人到達目的地的自駕車即將問世了嗎？

讓自駕車安全上路可沒有那麼簡單！自駕車首先必須要能精確得知當前的位置與導航資訊；其次需要整合各種感測器，並且解決因受遮蔽而無法由感測器得知的道路事件；最後，則需要使自駕車與其他交通工具互相通訊，才能確保安全駕駛。因此，現階段要實現自駕車，則需要預先建置三維「高精地圖」作為輔助資訊。

臺灣目前針對高精地圖及其相關建置規範仍在修訂中，本文介紹有關高精地圖發展的規格制訂、製作程序、成果檢核等相關項目。

為機器特製的「高精地圖」

近年來，眾多廠牌的汽車系統開始導入先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)，提供駕駛者有關車輛的工作情形與外部環境變化等資訊，進而輔助駕駛者本身判斷周遭情況，同時藉由預先發出危險狀況的警告智能，讓駕駛者及早反應，從而採取相對的因應措施。

要發展成完整真正車輛可自己駕駛的自駕車，還有許多的門檻需要克服：

“發展自駕車技術的同時須具備「高精地圖」，以此作為圖資基底，才能夠確保自駕車運行於正確的路徑上。”

相較於現今導航基於人類視覺觀點所使用的二維電子地圖，自駕車需在行駛過程中透過地圖反饋資訊即時作出決策，讓乘客安全地抵達目的地，因此自駕車用地圖的所有資訊皆需顯示於三維空間中，並以等比例真實呈現所有外界的環境資訊，方能輔助自駕車順利進行導航。

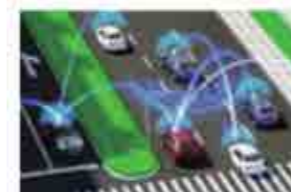
因此「高精地圖」提供之圖資精度須提升至**平面 20 公分及三維 30 公分**成果等級，方能確實滿足自動駕駛需求 (Farrell et al., 2016)，讓導航系統得以準確的引導車子移動，亦能處理如高架橋、地下道等非平面的情況。

Autonomous Vehicle
(自駕車)
From 2012



HD MAPS
(高精地圖)
High definition map
(accuracy : 0.01-0.2m)

ADAS
(先進駕駛輔助系統)
Early 21st century



ADAS MAPS
(ADAS導航圖)
Slop, curvature
(accuracy : 0.2-1.5m)

Navigation System
(電子導航系統)
End of the 20th century



Electronic
navigation map
(電子導航圖)
GNSS, GIS
(accuracy : 5-10m)

▲ 既有導航圖資與自駕車用地圖之差異

高精地圖怎麼來？圖資內容及格式標準

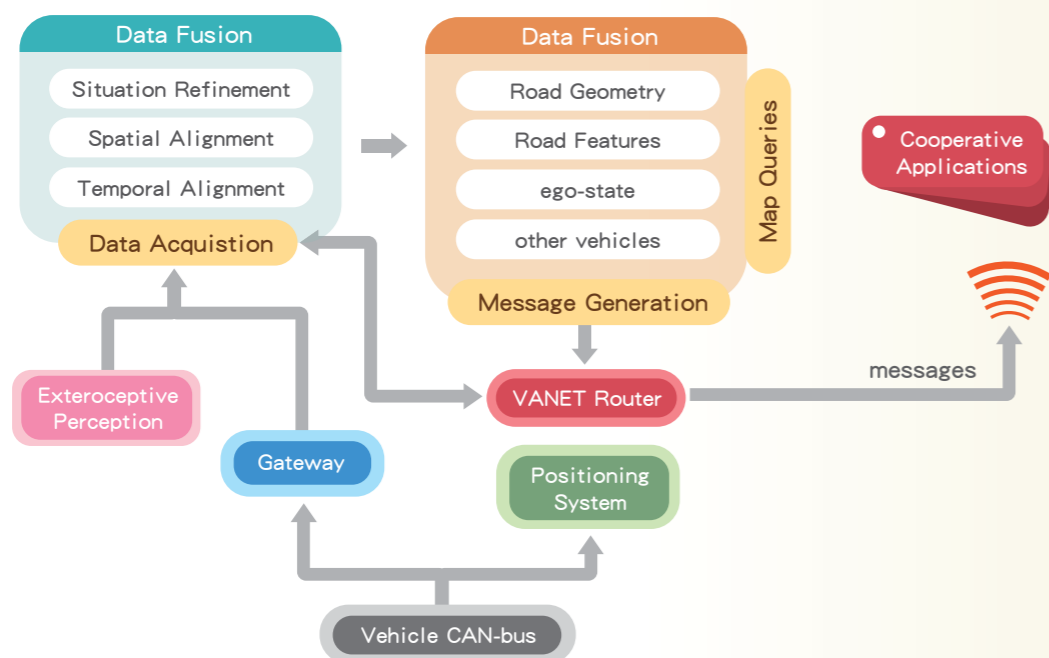
目前部分車種具有的盲點偵測系統、車道偏移警示系統，皆屬於先進駕駛輔助系統，即 ADAS 系統。現階段，各大車廠及電子相關企業全力發展 ADAS 技術，透過電子控制元件 (Electronic Control Unit, ECU)，分析所有資訊並控制車輛進行各種操作。藉由結合即時感測資訊，可提供主動式的安全防禦，依照目前環境預先告警，避免可能發生的危險或意外。

參考目前國際發展情況，ADAS 所需要之地圖可參考國際標準組織 (International Organization for Standardization, ISO)，ISO 17424 標準之區域動態地圖 (Local Dynamic Map, LDM)。如圖所示，LDM 包括靜態高精地圖及動態地圖。在 LDM 架構中，高精地

圖是一個基礎的靜態地圖，提供比傳統電子地圖更精確的地圖資訊。

而自駕車則需有更全面的安全情境考量，需要整合高精地圖、各類動態資訊、感測器資訊、自動駕駛人工智慧等資訊的整合平台。高精地圖對於位置精度及內容呈現皆高度要求，相對於我國目前普遍應用之電子地圖複雜許多，因此需針對高精地圖，發展出完整的作業模式。

現階段建議以 OpenDRIVE 為基本架構，以其 XML 架構為資料流通交換的中介格式，引用其架構並依我國需求擴充需納入之現象，設計策略說明如右圖所示：



▲ 區域動態地圖 (摘錄自 ISO 17424 標準)

1

參考及評估國際標準，採用 OpenDRIVE 做為參考標準，依循 OpenDRIVE 之基本架構，使用 OpenDRIVE 之 XML 架構。

2

依照自駕車開發團隊之需求設計資料類別及屬性，並與測繪廠商討論資料測製細節。

3

各物件之記錄維度有所區別，複雜物體以近似外包圍記錄，與行車控制相關之現象，例如停止線、交通號誌、標誌，則必須提供停止線位置、個別號誌燈號坐標及標誌牌面外包矩形。

4

確認納入之圖資種類，並與 OpenDRIVE 對照，除 OpenDRIVE 已納入設計之現象外，我國需額外納入之現象以擴充之方式設計，並記錄絕對坐標及屬性。

5

依我國需要納入設計之類別需與其他類別建立正確的關聯，包括 OpenDRIVE 之預設類別。

6

擴充設計類別則按 OpenDRIVE 規定，記錄於 userdata 中，其記錄內容之規定為 any，可納入自行設計之類別或項目內容。

7

OpenDRIVE 中各類位置之坐標記錄方式為相對參考線之記錄方式，在不影響引用 OpenDRIVE 記錄架構之前提下，相對坐標之記錄方式仍予維持，並依 OpenDRIVE 之規定，流通時必須填寫。本標準另外設計絕對坐標之記錄方式，亦即本標準之位置記錄方式為雙軌，允許應用端選取較符合其需求之記錄方式。

8

直接規定擴充絕對坐標記錄方式之類別包括 road、lane、object、signal 等類別，其餘以相對坐標方式記錄位置之類別在需要時仍可將相對坐標轉換為絕對坐標。

9

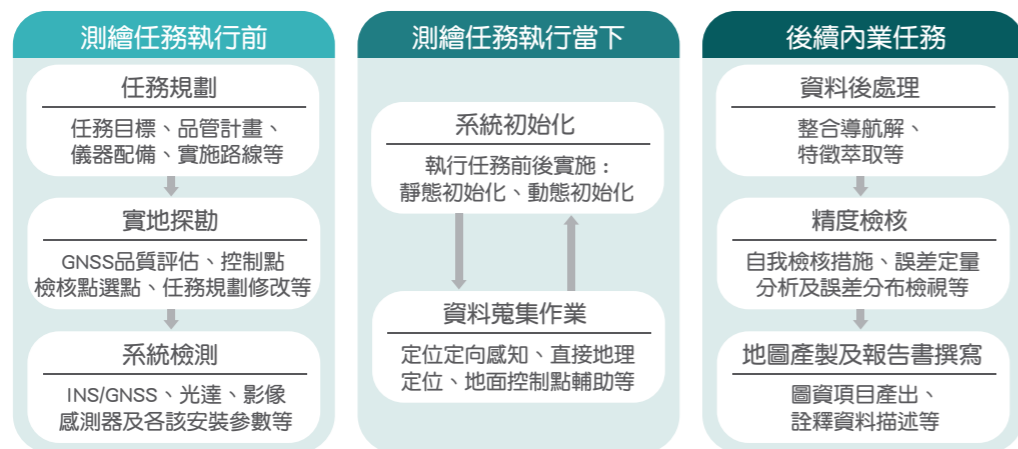
我國於標線、標誌及號誌均有我國獨特之設計，與 OpenDRIVE 之規定記錄方式不同，本標準採擴充之方式，納入我國各交通法規之相關規定，以唯一代碼表示，形成本標準之代碼類別，提供綱要設計引用。其目標為使得相關物件皆有記錄標準。

10

標線具有其複雜度，包括複雜圖示及標字之複雜實形，尤其標字部分，為我國特有之標線。例如「禁止臨時停車」。目前複雜圖示需測制實形，標字則以標字圖層，使用點位坐標、文字、旋轉角、顏色等屬性，取代圖形圖層的筆劃測製。

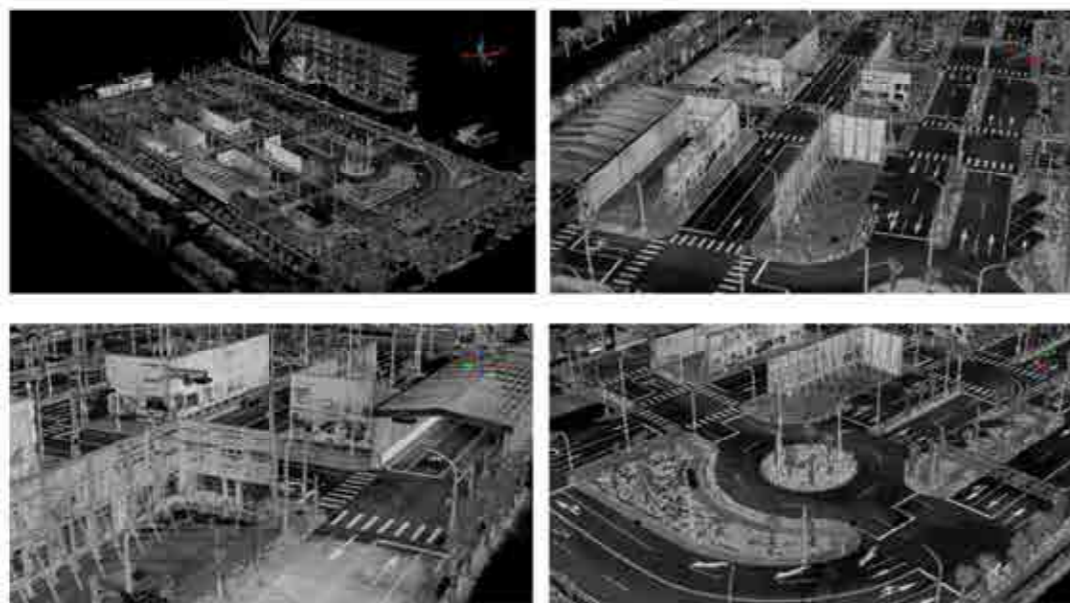
以沙崙自駕車測試場域進行測繪，驗證作業流程及成果

目前高精地圖廣泛應用於車載移動測繪系統，其上有整合式定位定向感測器及觀測感測器，包含相機、攝影機、多光譜掃描儀、光達等。建置高精地圖的作業流程步驟如下：



車載移動測繪系統之定位定向設備規格、作業程序、搭配之演算法是否足夠因應現實環境的各種變化，將影響最終產出的地圖能否滿足自動駕駛導航需求。因此確認測試已建立之「高精地圖作業流程指引」，以提升地圖的產製效率與成果精度有其必要性。

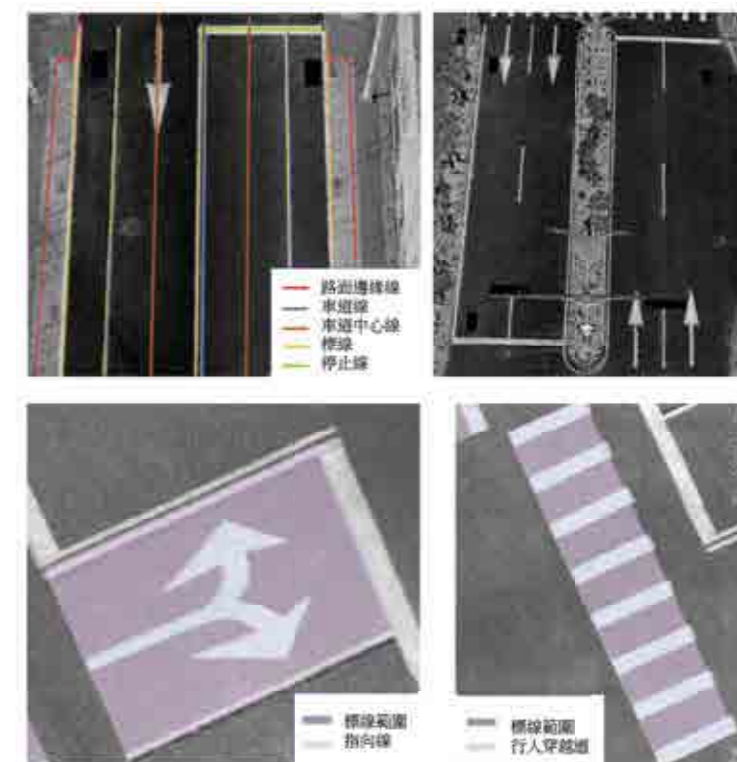
團隊以「高精地圖製圖作業指引 v2」於沙崙自駕車測試場域進行圖資更新作業之資料蒐集，外業資料包含車載定位資訊、原始光達點雲及影像、地面基站及控制點資料等。



▲ 光達點雲成果

為確保自駕車行駛過程中能滿足安全性之最終目的，需針對繪製之光達點雲及向量圖層等進行嚴密檢核。參照前述之「高精地圖檢核及驗證指引」，驗證點雲密度及向量物件範圍及形狀是否正確，同時檢查絕對或相對位置精度，平面位置較差是否小於 20 公分、三維較差小於 30 公分等。五種檢核方式說明如下：

向量圖層成果 ▶



檢核方法1：作業規劃檢核

車載光達使用 RIEGL 公司的 RIEGL VMX-250，其上搭載定位定向系統感測器並檢附率定報告書，地面基站採用國土測繪中心及氣象局之基站資料。掃描範圍規劃共包含 7 條掃描路線作業，掃描測點頻率為 300KHz 及掃描頭旋轉速率 100 line/sec，車速設定為 30 km/h。



▲ 掃描路線規劃



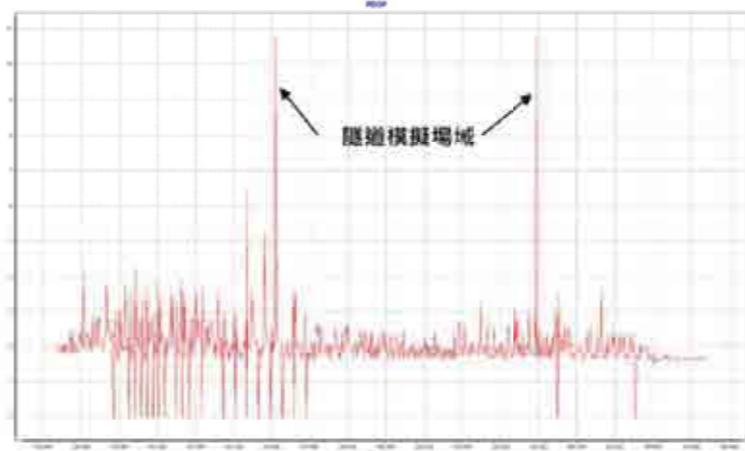
檢核方法2：控制測量成果檢核

沙崙自駕車測試場域共設置了 40 點控制點，隨機抽驗 22 點，檢驗比例達 50% 以上；檢核點作為製圖誤差計算及精度分析之使用，檢驗比例需達 100%，試驗場內設置 10 點檢核點，控制點及檢核點其絕對平面及三維精度皆符合需求小於 10 公分及 15 公分。



檢核方法3：作業成果檢核

衛星基站接收符合標準每秒接收一筆資料，施測當下衛星定位接收 PDOP (Position Dilution of Precision) 值如右圖。



▲ 衛星定位接收 PDOP 值



檢核方法4：點雲密度檢核

以沙崙自駕車測試場域之點雲資料，以 1×1 平方公尺為單位進行點雲密度計算，並擷取測區範圍內道路邊緣線向外沿伸一公尺之範圍，數據統計成果不合格的比例小於 5%，點雲密度檢核合格。

總格數	合格格數 (大於1.0/cm ²)	不合格格數 (小於1.0/cm ²)
10936	10563	373

- 每一格面積為 1×1 平方公尺
- $\frac{\text{不合格格數}}{\text{總格數}} = \frac{373}{10936} = 0.0341 = 3.4\%$

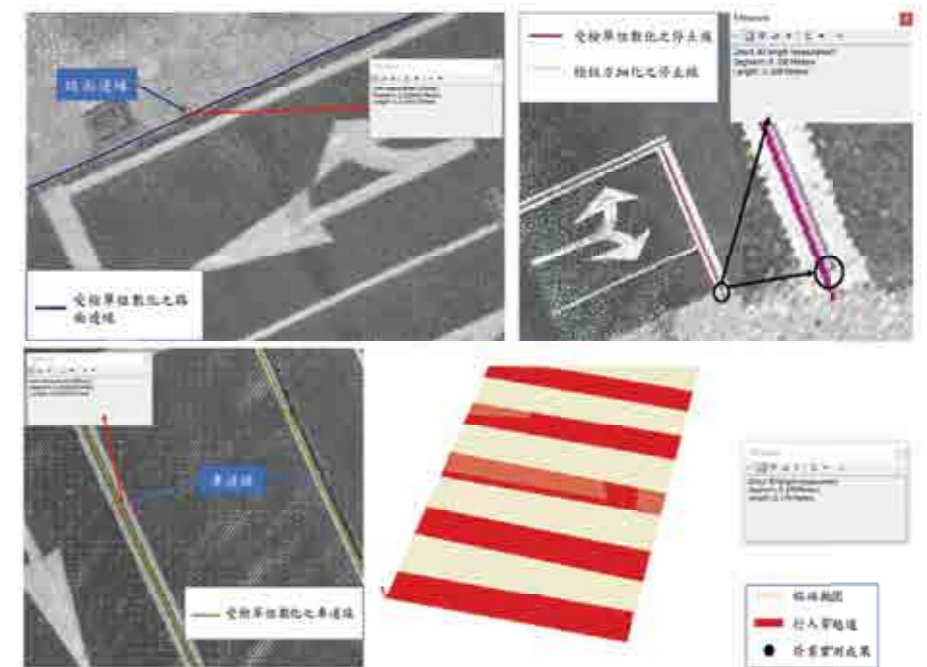


▲ 點雲密度計算成果



檢核方法5：向量圖層幾何精度檢核

針對路面邊緣、車道線、中央分隔島、車道中心線、停止線、指向線、行人穿越道以及標誌、號誌、燈號、桿量測位置比較之較差。沙崙自駕車測試場域之向量圖層幾何精度皆符合平面及三維較差分別小於 20 公分及 30 公分，同時向量物件範圍及形狀皆正確通過檢核。



▲ 向量檢核情形示意圖

沙崙自駕車測試場域之高精地圖圖資維護，依據「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖圖資內容及格式標準」、「高精地圖檢核及驗證指引」，將所獲之成果進行點雲密度及向量圖層幾何精度計算，皆通過驗證。成果顯示其製圖作業指引可有效蒐集高精地圖所需之車載定位資訊 (GNSS、IMU) 原始資料、原始點雲及影像等，參考圖資內容格式標準及檢核驗證指引可成功繪製自駕車所需之高精地圖。

未來對於高精地圖的發展，除了因應臺灣自駕車產業的發展，持續修正相關指引以符合實用性與適用性外，將基於已建立之驗證指引，考量疊加於靜態高精地圖上的動態層圖資，並依據國內現況設計動態地圖標準發展架構，以規劃建立自駕車用動態地圖圖資內容標準、作業指引及更新驗證指引。期望能使自駕車所需的基礎建設快速進展，讓自駕車能夠真正安心上路。

附註一：從人工駕駛到自駕車—汽車駕駛系統分級

近年來發展智慧型無人載具快速興起，其中更以自駕車之發展日益進步，根據國際自動機工程師學會 (Society of Automotive Engineers, SAE) 提出的分類方法，汽車駕駛系統可以分成六個層級 (Level 0~5)。為達成 Level 4 以上級別的安全功能 (Functional Safety)，獲取車輛於道路上的精確位置資訊為自駕車於已知道路環境中能夠行駛在正確車道上的最基本要求。相關先進駕駛車輛安全研究指出，若

要將導航設備提升至自動駕駛層級，車輛導航精度亦需提升至次公尺級以上。然而，衛星定位技術於都市地區受限遮蔽或者反射訊號影響，無法準確將自駕車定位於車道內，基於安全及硬體成本考量，除整合包含相機、光達、全球導航衛星系統、慣性導航系統等感知元件在內，使用具備車輛導航資訊之高精地圖，提供可靠穩健之環境先驗資訊已是自動駕駛技術運行的重要關鍵。

等級	分類	地圖類型	地圖的精度	高精地圖使用條件
人為駕駛				
1 (DA)	駕駛輔助	ADAS地圖	次公尺級	選配
2 (PA)	部分自動	ADAS地圖	次公尺級	選配
自動駕駛				
3 (CA)	條件自動駕駛	ADAS地圖+高精地圖	次公尺級+公分級	選配
4 (HA)	高度自動駕駛	ADAS地圖+高精地圖	次公尺級+公分級	選配
5 (FA)	全自動駕駛	ADAS地圖+高精地圖	公分級	標配(自動更新)



附註二：車載移動製圖技術

移動測繪系統 (Mobile Mapping System, MMS) 的原理可追溯到 20 世紀初的航空攝影測量，以飛機為平台搭載相機，利用地面控制點及影像重疊共軛點量測影像方位，此種定位方式稱為間接式地理定位 (Indirect Georeferencing)，此技術為移動遙測製圖系統的原始形式。

移動測繪系統的載台可以是衛星、飛機、直昇機、船舶、汽車、人或各種新興的移動裝置，所搭載的定位定向感測器可能包括全球導航衛星系統 (Global Navigation Sstellite System, GNSS) 接收儀、慣性導航系統 (Inertial

Navigation System, INS)、磁力計、里程計數器等，觀測感測器系統則可以是相機、攝影機、多光譜掃描儀、光達 (Light Detection and Ranging, LiDAR) 等。

配合不斷進步之軟硬體，多平台移動測繪系統能在相應的領域上發揮相應價值，更能拓展至更高精度、更多元化的應用範疇。隨著衛星定位技術的發展與慣性感測器的演進，透過整合 GNSS 及 INS 可以克服單一系統之缺點，具有互補之特性，能夠提供更穩定的定位定向成果。

車載移動製圖技術的濫觴可追溯至 1980 年代初期，其中重要里程碑包含前 INS 時期 (約 1983 年至 1993 年)、後 INS 時期 (約 1993 年至 2000 年)、車載光達時期 (約 2000 年起至迄今)。而利用整合式 GNSS 及 INS 系統發展直接地理定位 (Direct Georeferencing) 技術，約於 1995 年前後實現，此技術開始應用於空載及車載移動測繪系統，於 1996 年加拿大 Applanix 公司發展了第一套商用的直接地理定位產品。



三維圖資該如何應用？ 來看看應用於古蹟保存、 滯洪池與公共管線的實際操作！

桃園市政府 綜合企劃科 科長 李岳壇
高雄市政府工務局道路挖掘管理中心
逢甲大學地理資訊系統研究中心 簡甫任、簡嘉良、林卓毅

大 應空間資訊技術的發展對圖資的需求，加上超高速網路 5G 時代的來臨，圖資的展示與運用，已經從既有的二維展示延伸到三維。可預期在不久的未來，三維圖資不論是產製或是應用，都有機會在各領域更快速地開枝散葉。

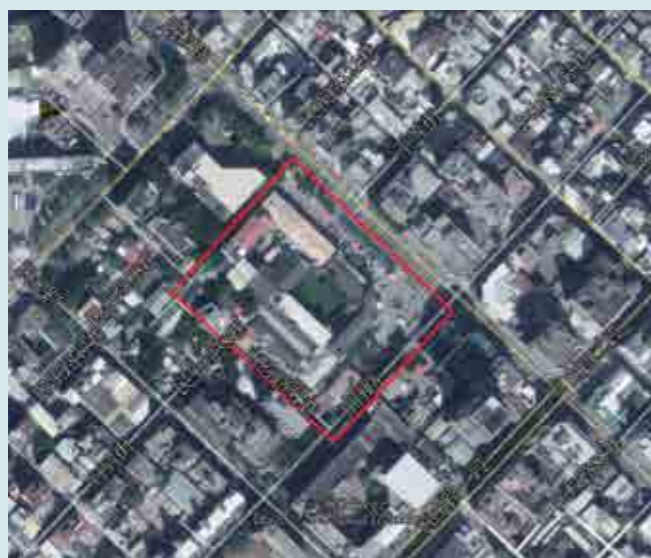
本文提出三個應用案例：高雄的管線管理、新竹滯洪池、以及臺中州廳古蹟保存，介紹其三維圖資產製及應用，拋磚引玉供各界參考。

✈️ 臺中州廳：以無人機建置文化資產數位模型

臺中州廳在日治時代屬高階政府單位，民國 91 年經市府登錄為歷史建築，民國 95 年指定為市定古蹟，民國 109 年 4 月 25 日經文化部公告為國定古蹟。藉由科技化方式，如無人機空中攝影結合電腦數位三維模型製作，可完整且如實地將數據紀錄現存文化資產建築及古蹟，供未來調查、研究、保存、維護、修復及再利用之依據。

以下概述以無人機空中攝影技術建置臺中州廳 3D 數位模型的作業流程，包含：

步驟一 航線規劃及執行



臺中州廳園區總面積約3公頃，航拍方式分別以垂直正拍模式及30度傾斜攝影模式進行航線規劃，航拍影像前後重疊率60%、左右重疊率90%，飛行離地高度設定為100至150公尺。

步驟二 空拍影像後製處理



將航拍影像匯入3D建置軟體，進行相片特徵點萃取及空中三角解算，建置三角網格模型，再利用原始影像產製紋理資訊。



步驟三 完成臺中州廳3D模型建置



2019年法國巴黎聖母院發生大火，擁有850年歷史的文化資產在一夜之間付之一炬，從而引起使用科技化方式記錄古蹟等文化資產的風潮。本次使用無人機空中攝影技術，針對臺中州廳國定古蹟透過無人機進行建築物外觀3D數位模型建置，還原真實現況，可望成為未來古蹟應用數位模型建置之參考。

桃園防洪：智慧水情兵棋圖台系統

近年來地方與中央相關單位持續推動治理易淹水區域，但受限於防洪治理工程有其極限，近期的降雨量及強度常超過防洪設計的「標準降雨重現期」。因此，在極端天氣衝擊如颱風豪雨等情況下，仍時常面對淹水風險所帶來之挑戰。短延時強降雨於排水系統宣洩不及的狀況下，仍有可能造成積淹水。

工程手段有其極限，需輔以非工程技術進行防災應變，以爭取足夠的時間進行整備及防災，強化預警能力。除了持續改善硬體的治理工程措施外，也需建立避洪減災的非工程措施機制，以全流域之概念，建構立體多元水情雲端物聯監測調控及預警通報網，以爭取足夠時間進行整備及防災。

桃園市政府水務局（以下簡稱水務局）近年開發「兵棋圖台」，在颱風來臨前自動

發送簡訊提供網址給所有相關人員，以進行災前整備作業回報。此網址可透過視覺化儀表板，回報工程、水門、滯洪池、抽水機、砂包等現場整備情形，包括數量及照片回報，並以地圖同步呈現。在災害應變期間，同時可透過圖台顯示警戒情形進行相關決策應變。

當淹水災害發生，透過時間軸的方式實際還原淹水發生情形，並透過圖台直接了解各監測站警戒情形，可充分臨場感受到當時情形。

為有效重現災害發生當時情形，系統將自動擷取前後 6 小時之雨量（10 分鐘、1 小時、3 小時、6 小時、24 小時）變化、最近區排水位之水位變化、最近 500 公尺內之下水道變化，以及最近 500 公尺之路面淹水站之水位，最重要包含附近路口攝影機之每五分鐘單張影像回放功能，達到快速分析淹水成因之輔助工具。



▲ 透過時間軸還原災害當下資訊

水務局近年來針對區域排水、河川、下水道、雨量、水門等多達 500 個物聯網設備，為充分發揮其監測效果，達到聯合智慧調控之目的，著手將監測數據 3D 化，未來不管是模擬與真實孔制水門開度、抽水機預佈等，都可以利用 3D 圖台了解上、中、下游水位變化，以利後續決策應變之用。



附註：以 UAV 3D 實體空拍收集溪流資訊

水務局針對重要溪流進行 UAV 3D 實體空拍，並支援原有超過 500 項圖資於圖台顯示，包含新增建物樓層 (CityGML LOD1 等級) 與地形圖資。與 UAV 所拍攝之 3D 立體成像建物 (LOD3 等級)，達到展現與發揮 3D 圖台之效益。



▲ 重要溪流進行 LOD3 模型空拍

高雄公共設施管線：三維管線資料整合展示平台

高雄市政府道路挖掘管理中心（以下簡稱挖管中心）為了能確實掌握道路下方管線資料之分布，以及強化道路挖掘施工案件管理，研擬 3D 管線建置標準作業程序，並將 2D 管線資料轉換為 3D 管線資料及 3D 管線展示系統之建置。

3D 管線展示平台為了使管線資料一致性與即時性同步，採用同一資料庫，提供管線資料服務發布提供道路挖掘管理 2D 與 3D 模組。

其中 3D 模組整合道路挖掘管理作業流程有四個階段：設計規劃、路證申請、施工控管、竣工管理。每一階段個別導入 3D 技術與 AR 虛擬實境技術，以輔助業務執行與管理。

施工規劃

3D 模擬挖掘與 3D 管線衝突分析

為能預先掌握地下管線實際位置，降低挖破管線機率，在施工規劃階段即可透過 3D 模擬挖掘動作，設定挖掘之範圍以及深度後，透過視覺化檢視範圍內所埋設之管線資料，並可點選查詢管線之管理單位以及編號等管線資訊。

3D 管線衝突分析是透過演算法計算空間配置的衝突，提供管線單位在施工規劃階段進行管線埋設路線以及埋設深度之規劃設計，可自動標示不合理之規劃內容，避免施工單位在現場還要逐一確認及修改管線埋設路線，大幅的提升施工作業效率。



▲ 3D 模擬挖掘



▲ 管線埋設路線規劃及模擬

在面對施工現場難以確認管線位置之課題，結合 AR 擴增實境以第一人稱視角模擬定位地下管線之位置，能夠透過鏡頭等裝置將虛擬場景疊加在現實環境，藉由行動裝置加速感測器、陀螺儀等功能，並透過在螢幕中識別真實環境中的物件，再藉由手勢追蹤以及感測器回傳的坐標位移等，精準地將地下管線資訊疊合在所定位的設備物件上，以實現將真實世界與虛擬管線進行整合的功能，有效提供現場施工人員掌握管線之實際位置，將可避免施工不慎挖損民生管線的機率。

精準定位地下管線資訊 現場施工

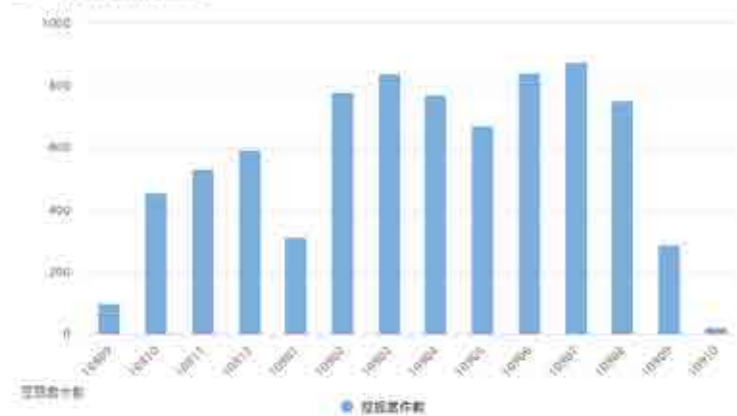


施工管理 進度資訊分析與統計數據

施工階段可透過空間圖台操作介面提供民眾可取得住家環境周圍 之道路施工情況，同時利用所整合之工程施工進度資訊進行大數據之分析，將資料轉換為可進行決策之統計數據，提供主管人員作為道路挖掘管理之施政重要參考。

挖掘案件統計 EXCAVATION STATISTICS

近一年挖掘資訊長條圖



近一年挖掘件數



案件行事曆 Case Schedule

2020年九月

週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六
		1	2	3	4	5
		545件挖掘案	567件挖掘案	564件挖掘案	560件挖掘案	559件挖掘案
6	7	8	9	10	11	12
550件挖掘案	591件挖掘案	568件挖掘案	538件挖掘案	518件挖掘案	511件挖掘案	493件挖掘案
13	14	15	16	17	18	19
467件挖掘案	401件挖掘案	170件挖掘案	344件挖掘案	291件挖掘案	261件挖掘案	248件挖掘案
20	21	22	23	24	25	26

案件狀態統計 Case Statistics

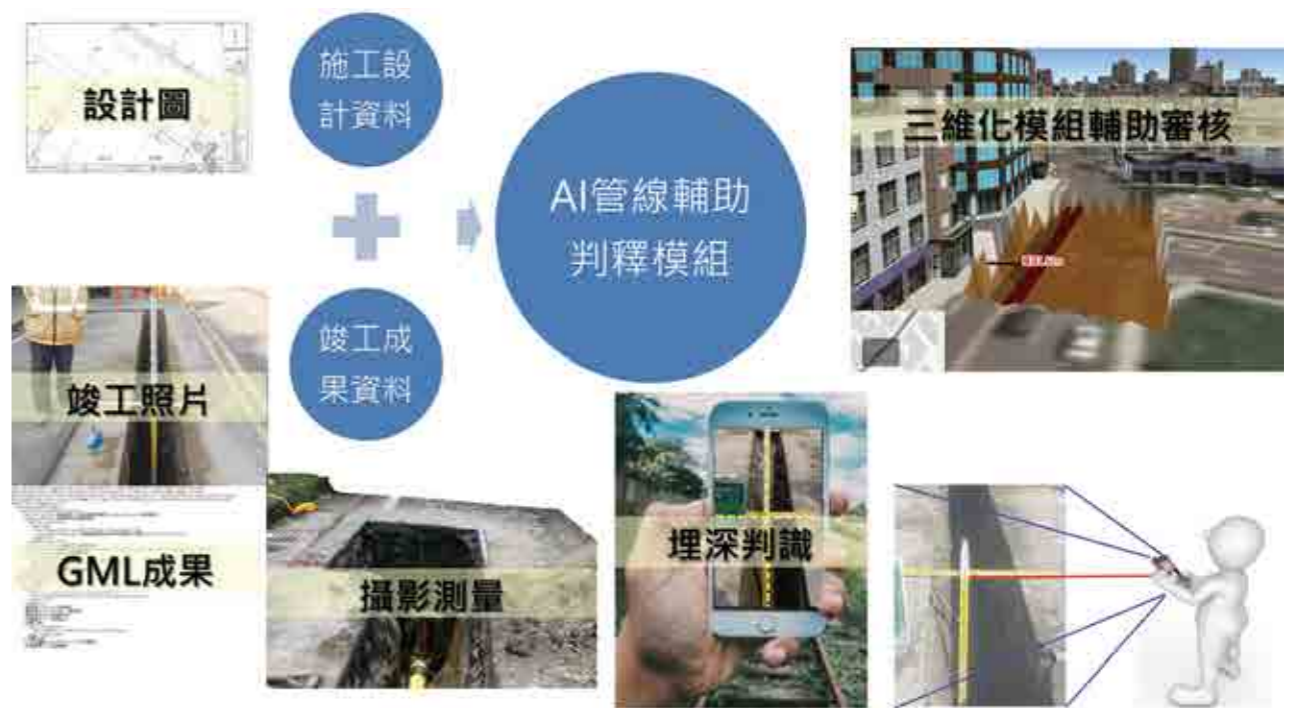
本月受理共 132 件



▲ 道路挖掘案件數據分析

工程竣工 確保施工品質管理

為確保各施工單位之施工品質，後續規劃透過施工單位於完工時拍攝管線埋設之現場照片，並回報管線埋設之深度，可透過行動裝置拍攝管線完工照片，再透過已發展之 AI 影像辨識技術立即判斷管線埋設深度，再將深度數值回傳並判斷其深度是否符合法規規範，達到全自動化施工品質管理，以建構一套完善檢核機制。



▲ AI 輔助檢核管線成果與埋深資訊

附註：公共設施管線

公共設施管線資料包含電信管線、電力管線、自來水管線、下水道、瓦斯管線、水利管線、輸油管線、綜合管線等八大管線。目前公共設施管線資料大多由各權責單位各自建置及維護，惟公共設施管線資料之生產、維護、權責及應用單位眾多，實有必要研訂相關之資料標準，以供公共設施管線資料建置、流通及共享。

3D數位建模的未來進行式

目前 3D 的發展方興未艾，有許多應用等著發想與執行。透過無人機空中攝影技術所建置之 3D 數位建模只能將外觀完整地保存下來，對於建築物內部實景之保存可結合 BIM(Building Information Modeling)，更能增加 3D 模型之再利用價值；另目前 3D 圖台技術仍受限於網路與硬體設備規格影響系統運行之效能，且若是以建物範圍框產生之 LOD1 建物模型，與真實地表資訊仍有一段較大之差距，上述這幾項因素是目前 3D 仍須突破之重要課題。

感謝桃園市政府水務局、高雄市政府工務局道路挖掘管理中心共同指導。

建設「智慧城市」的基礎： 以IFC探討GIS、 BIM與IoT整合應用之契機

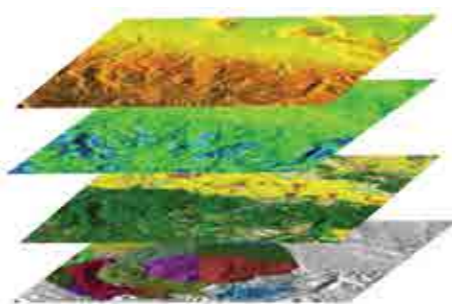
黃毓舜建築師事務所 主持建築師 黃毓舜
中華民國公共工程資訊學會 秘書長 嚴國雄

隨著時代的演進、各項資訊應用發展，我們的生活已經越來越無法脫離網路與各種資訊服務。近年來地理資訊系統（GIS）以及物聯網（IoT）的架構已經逐漸進入我們的生活，隨之興起的，是針對「智慧城市」的討論。智慧城市即運用各種資訊化科技來進行城市治理，其中最基礎的一環，莫過於建築物的各式資料了。究竟 GIS、BIM 與 IoT 資料應該如何進行自動化介接？智慧城市的共享資訊平台未來又有哪些發展潛力？將是本文討論的重點。

智慧城市的基礎資料整合，對於國家的長遠發展是一項重要的基礎建設工作。有關地理資訊系統（以下簡稱 GIS）、建築資訊模型（Building Information Model, BIM）與物聯網（以下簡稱 IoT）三個不同層次的資料，該如何進行整合應用，是目前國內被熱烈討論的課題。

“ GIS被期待與建築物的內部資料進行介接，滿足由外到內的空間資訊整合應用。 ”

對於城市管理資訊，「地理資訊」是屬於都市外部環境管理的領域。在 GIS 發展的歷程上，它隨著不同的年代、時間，建立不同類型的城市管理資訊。常見的有土地使用分區圖、地籍圖與地形現況圖等資料，現況分屬在不同的都市管理部門，成為城市管理的基礎圖資。但隨著複雜都市管理與防災資訊整合應用需求，分散式的資料已逐漸無法滿足相關治理的需求。



▲ GIS 概念上較以圖層的方式進行資料呈現管理，現今則被期待加入建築物的內部資料。
(photo credit by Bert Niehaus CC BY-SA 3.0)

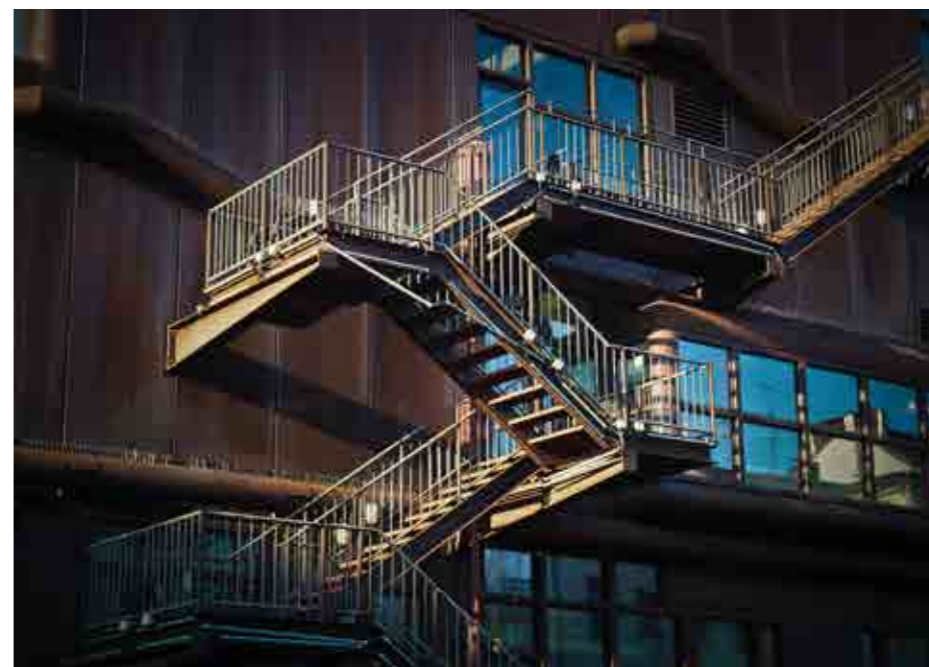
“ IoT資料與建築物的空間資訊整合應用，在現有的5G與智慧城市應用研究領域是一項熱門的課題。 ”

目前 IoT 資料的設定做法，是以手動方式進行人工的標點建置，讓資料與模型的連結。它的瓶頸在於，現階段 IoT 的資訊與建築物空間資訊缺乏一個自動化的連接機制。

現有的建築資料的儲存架構，圖與文字分離，建築圖說為 2D 的 PDF 檔案，沒有辦法達成與 GIS 資料介接整合應用目的。而現行的建築資訊模型（BIM）提供了 3D 的視覺介面與開放的資料架構 IFC，建築資料可藉由 IFC 格式匯出，讓 GIS 與 BIM 有了新的整合契機。因此，目前各國也都以建築資訊模型為基礎，在重新討論資料整合的新模式。

“ 以IFC作為建築物的開放數據連結，為各國研究BIM的延伸應用的重要課題。 ”

因此，IFC 成為 BIM 研究領域被熱烈討論的主要課題。IFC 架構當中有關於建築物的空間以及設備資料被歸類在空間的階層（IfcSpace）以及物件的階層（IfcObject），這兩個階層也 IFC 應用場域裡被熱烈討論兩個課題。如何把空間與物件這兩個資訊妥善的導入到資料庫字典，並考慮到法規資料或設備的基本資訊，是 IFC 應用上非常重要且必須被明確規範的內容。



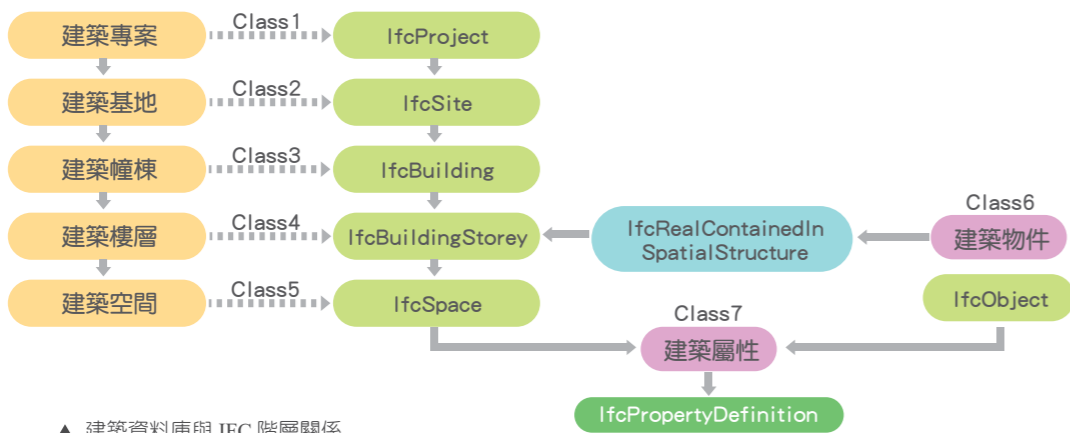
▲ 我們熟悉的建築物，要轉換進入資料庫有許多的細節需要注意。

IFC之構成：建築資料庫各資訊與IFC資料架構階層關係

在建築資料庫有許多資料，可透過建立其欄位屬性設計與資料擷取機制，配合模型樣板定義屬性資料項目，可以達成自動化資料轉換，以轉化為符合 IFC 資料架構的階層設置。舉例來說：建造執照專案資訊，如執照號碼、地號、法定建蔽率 / 容積率與坐標系統等）為例，在 IFC 資料架構屬於第一階層（IfcProject）；建築基地面積（含土地面積、騎樓地、退縮地、保留地率等），屬於第二階層（IfcSite）；建築物幢、棟，屬於第三階層（IfcBuilding）；建築物樓層如計算建築物高度、建築物樓地板面積、總樓地板面積與使用類組等資

訊，屬於第四階層（IfcBuildingStorey）；建築空間，如用於計算建築物各樓空間面積、使用功能、計容與不計容積等，與建築技術規則相關屬性檢討密切相關，屬於第五階層（IfcSpace）；建築物構件為建築物組成的元素（component element），屬於第六階層（IfcObject）；有關構件的細部屬性描述屬於第七階層（IfcPropertyDefinition），也是資料庫的最底層。

另外，IfcSpace 是建築資訊模型的核心；在設計階段交付建造執照審查模型資料，多數項目需在 IfcSpace 的屬性給予明確編定。



▲ 建築資料庫與 IFC 階層關係

如何將建築物以IFC做表達？主要元素「空間」與「物件」

我們熟悉的建築物，表現在資料轉換上會被以一些構件的形式做表達，舉例來說，空間如臥室、客廳、辦公室…等就是一主要元素，另外還有物件如柱、樑、板、牆、門窗、停車位…等。從 IFC 的階層架構而

言，實體物件包含了資料階層 IfcSpace 與 IfcObject。以下一併說明此類資料階層於建築管理資訊之應用。

建築物的空間名詞都被歸納在 IfcSpace 層級。建築物的空間資訊對於未來數位建築資訊交

換的應用，無論是與 3D GIS 或 IoT 整合，皆為關鍵性的連接資料。

依據 IFC 原始資料區分，IfcObject 為一個實際物件屬性上的定義。IfcObject 描述的實際可觸及物件（柱、樑、板、牆、樓梯 欄杆、停車位…等）的性質，如幾何尺寸、材料內容等。以空間界定的停車位物件為例，在建築技術規則建築設計施工編第 60 條規定法定

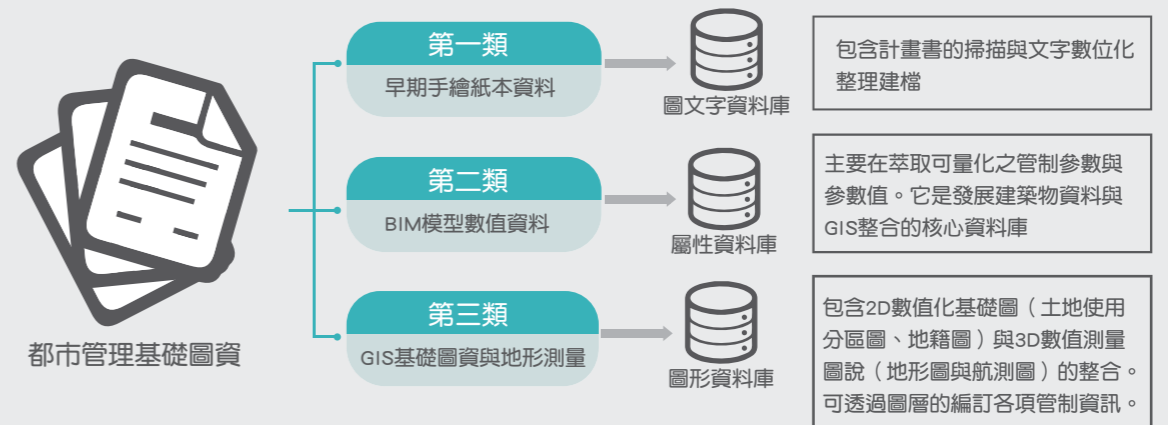
停車位檢討之構成要件，包含建築基地（判斷室內、外）、樓層位置、停車位元件屬性（法定或自設）、停車位尺寸之規定。因此停車位這個元件必須要包含空間名詞與實體構件的物理性質才能讓程式做出判斷。為了兼顧到建築執照審查之資料要求，停車位在數位資料庫的交換上變成是一個參數複雜的元件。

IFC分類	IfcSpace	IfcObject	IfcPropertyDefinition
建造執照申請書欄位	停車場面積	法定停車場輛數	法定停車位
	防空避難室兼停車空間	自增停車場輛數 獎勵停車場輛數	自增停車位 獎勵停車位
技術法規	建築技術規則 建築設計施工篇 第1、2章用語	建築技術規則建築設計 施工篇第3章的69、70條 實體防火構件用	各類實體構件或 專有名詞之屬性 描述與判斷值

▲ 建築空間與構件資訊欄位與分類表（以停車格為例）

附註：都市計畫基礎資料庫分類

都市發展的歷程是隨著時間與年代逐步累積的過程。在早期圖資為手繪稿紙本為主，此部分圖說並無法重新繪製進行數位化的交換，但在都市發展的歷程上，卻是必要的參考資料。因此，既有資料的轉換過程包含三大類資料庫的建置：



各資料框架間整合應用之現況

① GIS圖台與IFC資料整合的轉檔架構

BIM 模型與 3D GIS 整合是朝向智慧城市發展的基礎資訊。目前國內政府機關使用的 GIS 圖台與 IFC 資料整合的轉檔架構，初步已具備成果，可藉由圖台介接 IFC2x3 與 CityGML 資料格式。透過資訊儀表板的方式可以呈現建築物的基本構件，包含空間、實體物件（樓梯、欄杆、天花板…等）以及機電設備的物件等的模型資料。圖台也可以呈現土地使用分區圖、地籍圖與建物套繪圖等城市管理的基礎圖資，提供都市防災決策相當重要的參考資訊。



◀ GIS 與 BIM 整合資訊圖台
資料來源：中華民國公共
工程資訊學會 3D GIS 與
BIM 整合應用系統雛型
(自行研發)

② BIM的模型資料的匯出與整合

BIM 的模型資料以 IFC 資料格式匯出，經過轉檔程式的編寫，可建立以個別使用空間為資訊單位的資料庫。BIM 模型資料經法規檢測資料庫轉換後，每一個空間單元後端所包含法規屬性、面積檢討值。更重要的是使用空間單元均具備有一個特定的資料庫 ID (Global Id)，提供資料串接與空間定位，藉由個別空間的 Global Id 與 CityGML 的 Gml Id 在 3D GIS 圖台進行整合。



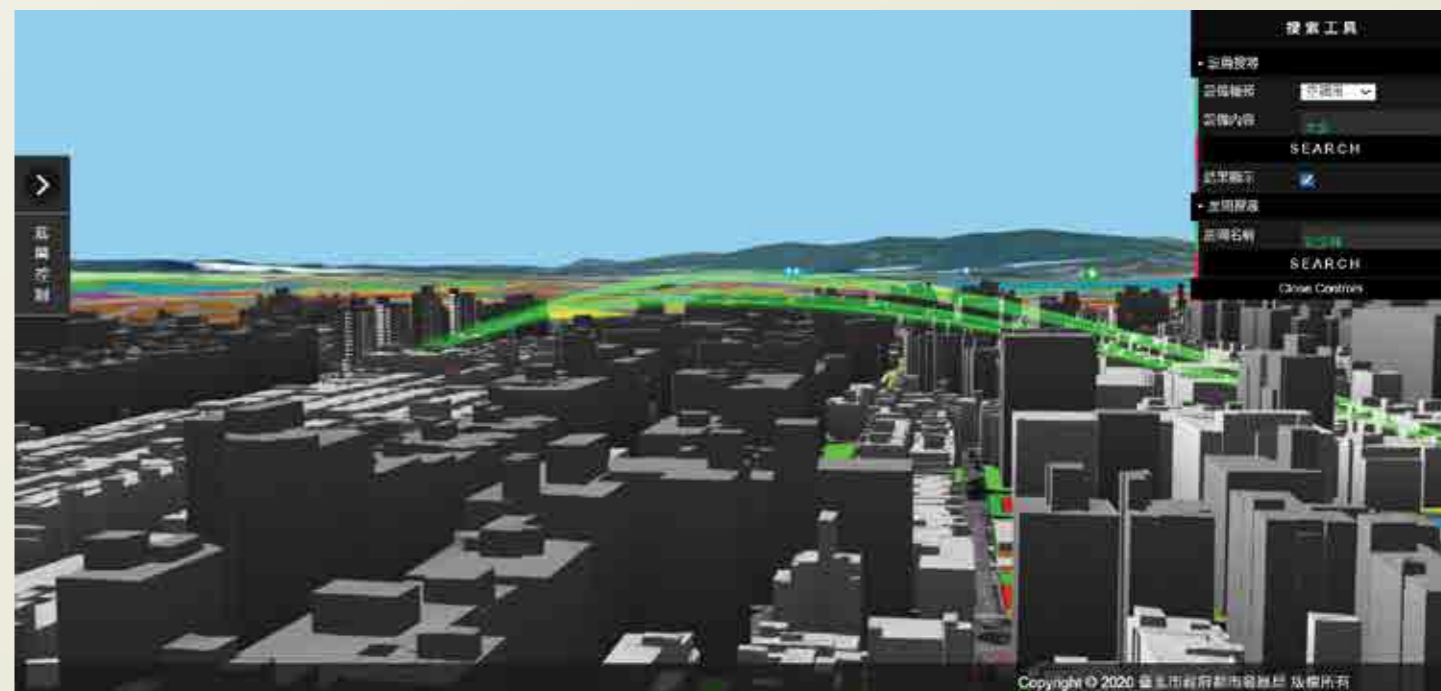
◀ BIM 建築空間資訊與設備
維護資訊整合查詢介面
資料來源：中華民國公共
工程資訊學會建築物維護
資料共同資訊圖台

③ 逐步走向與 IoT資訊整合的建築設備資訊

建築的設備已逐步走向 IoT 的資訊整合，目前各項 IoT 設備資訊可以透過 COBie 資料標準紀錄於建築資訊模型。本文所提供的平台雛形雖仍屬於自行研發階段，但初步之系統架構已可以在 3D GIS 圖台介面透過設備項目的搜尋，即可在圖台顯示各項設備所在的位置。這對於未來與都市防災的消防設備或公安升降設備的資料查詢與物件定位提供極大的助益。

在邁向智慧城市的過程中，有許多開放資料整合的困難點必須討論克服。包括不同領域資料整合的可能性、各項標準的交換協定、基礎資料欄位格式、相關法規資料的萃取等課題。初步的試探結果，證實以 IFC 作為資料整合的標準應當是可行的。

讓我們更進一步的思考智慧城市的基礎圖台，未來做為資訊系統的核心，在都市防災、公共工程或公共交通等不同領域皆需要完成資訊整合。未來資料的建置該如何妥善規劃，才能夠做到達成兼容不同領域的資料介接，同時可被查詢應用的願景。



▲ GIS、BIM 與 IoT 整合查詢系統

本文感謝內政部營建署「107-108 年度數位建築創新應用服務建置計畫」提供 BIM 模型資料屬性結合建管資料庫規劃分析先期規畫之研究經費支持。

尋找深山巨木的人： 用「空載光達」繪製臺灣的巨木地圖

農委會林業試驗所 博士 徐嘉君
國立成功大學 測量及空間資訊學系 教授 王驥魁、博士後研究員 李崇誠
內政部地政司



在森林資源的調查上，樹高的測計一向是個無法忽略的重點。樹高與胸徑通常呈現正相關，因此在森林蓄積量、以及碳吸存的估算上，森林樹高都是重要的指標之一。除了資源調查的需求，森林樹高的分布還存在著許多生態學上的意義，全世界的樹高分布，整體來說還是呈現緯度越低、樹高越高的趨勢。科學家可以簡單根據能量平衡模式，去推測樹高生長。簡要的說，當樹變得越高，維持生命所需要的能量越高，生長就會變慢，而當溫度越高生長率越高，維持生命所需的能量也變高，而兩者平衡時就是一棵樹生長的極限。因此超過 70 公尺以上巨木，代表了該地的某些特殊性。檢視世界上有超過 70 公尺以上巨木分布的地區，基本上呈現一個零星且局限的分布形式，歸納起來多半在距離海岸不遠的潮濕地區，或者是接近赤道無風帶。有學者推測現今巨木分布的地區跟第 4 紀冰河期的活動相關，溫暖的洋流在冰河期使島嶼成為巨木的避難所。也因此某些緯度較高的地區，譬如說美國西北大西洋沿岸、紐西蘭跟塔斯馬尼亞，至今存在著許多超高巨木。若是將這些樹拿到西歐去種，有些還比原生地長得快，但歐洲的巨木可能在冰河時期因為寒冷氣候而滅絕了。



臺灣的巨木在哪裡？

臺灣應是東亞有超過 70 公尺巨木分布、緯度最北的地區。以往國際的巨木相關文獻中，臺灣的資料卻付之闕如，甚為可惜。

由於樹高測計本身即非常困難，尤其是針對 45 公尺以上的超高大樹，更存在著本質上的難處，臺灣的巨木探勘一直處於未開發的階段。然而隨著攀樹技術的演進，以及遙測技術的配合，近年來於臺灣山區探勘巨木的任務變得更為可行與精確，也因此臺灣的巨木分布，也終於得以展現在世界的版圖上。



▲ 臺灣是東亞唯一存在超過 70 公尺以上巨木的區域

利用空載光達資料尋找巨木的國際趨勢

「由於遙航測技術的持續進步，科學研究開始可利用空載光達 (ALS, airborne laser scanner) 來取得大範圍且精確的森林樹冠高度模型 (CHM, canopy height model)，並應用於原始森林的樹高探測，近年來成果斐然。」

譬如過去在婆羅洲，一直沒有發現突破 90 公尺高的巨木。2016 年初，劍橋大學利用空載光達，在沙巴的 Maliau Basin 發現一棵前所未見的高樹，由專業人士攀樹測量結果是 89.5 公尺，還是略低於 90 公尺。但在同一年數個月後，專職科學遙測的機構 Carnegie Airborne Observatory (CAO)，在沙巴的另一個 Danum Valley 保護區，利用空載光達發現超過 90 公尺高的黃柳桉 (yellow meranti trees, *Shorea faguetiana*)，而且是一整群超過 30 棵，其中最高的個體是 94.1 公尺。

時過 3 年，2019 的 4 月，英國牛津等大學的團隊，竟然在同一個區域發現高度破 100 公尺的大樹了，這棵被取名 Menara (馬來語「高

塔」)，其樹高是 100.8 公尺，已經破了世界上所有闊葉樹的樹高紀錄了。

而最近巴西跟英國的研究團隊，檢視巴西太空中心的衛星資料，發現位於巴西北部、東亞馬遜的森林，有不尋常的數值出現。在歷經 5 天的跋涉到基地營，研究人員攀上其中一棵樹，實際量測高度為 82 公尺，而這群樹最高的個體估計有 88 公尺高。

科學家還不了解為什麼這個區域的 *Dinizia excelsa* 這個樹種可以長這麼高？這種熱帶硬木過去被做為木材砍伐無數，估計一棵這種大樹所貯藏的碳量大概是同種小樹的 5 百倍高。

利用光達，在臺灣中央山脈找到了巨木

研究團隊也於 2018 年 2 月，根據成功大學測量及空間資訊學系所提供的巨木點雲的剖面圖像，在中央山脈深處的清八通關古道，光達點雲所揭示的巨木位點，成功找到包含臺灣杉與雲杉共 3 棵巨木。於現地利用空拍機初步測量樹高，也與光達點雲樹高模型所顯示的樹高資料高度大致吻合。

這次的研究，首次証實了利用光達資料於臺灣的山地區域，協助森林研究人員進行田野探測的可能性。而國內的光達樹冠高度模型，精確度也足以匹敵歐美先進國家的技術，即便是在地形非常崎嶇複雜、坡度陡峭的臺灣山區，仍具有很高的參考價值。

① 為尋找巨木生長的熱區，需仰賴空載光達產製以下三種網格式資料。

• 數值地表模型 (DSM, Digital Surface Model)

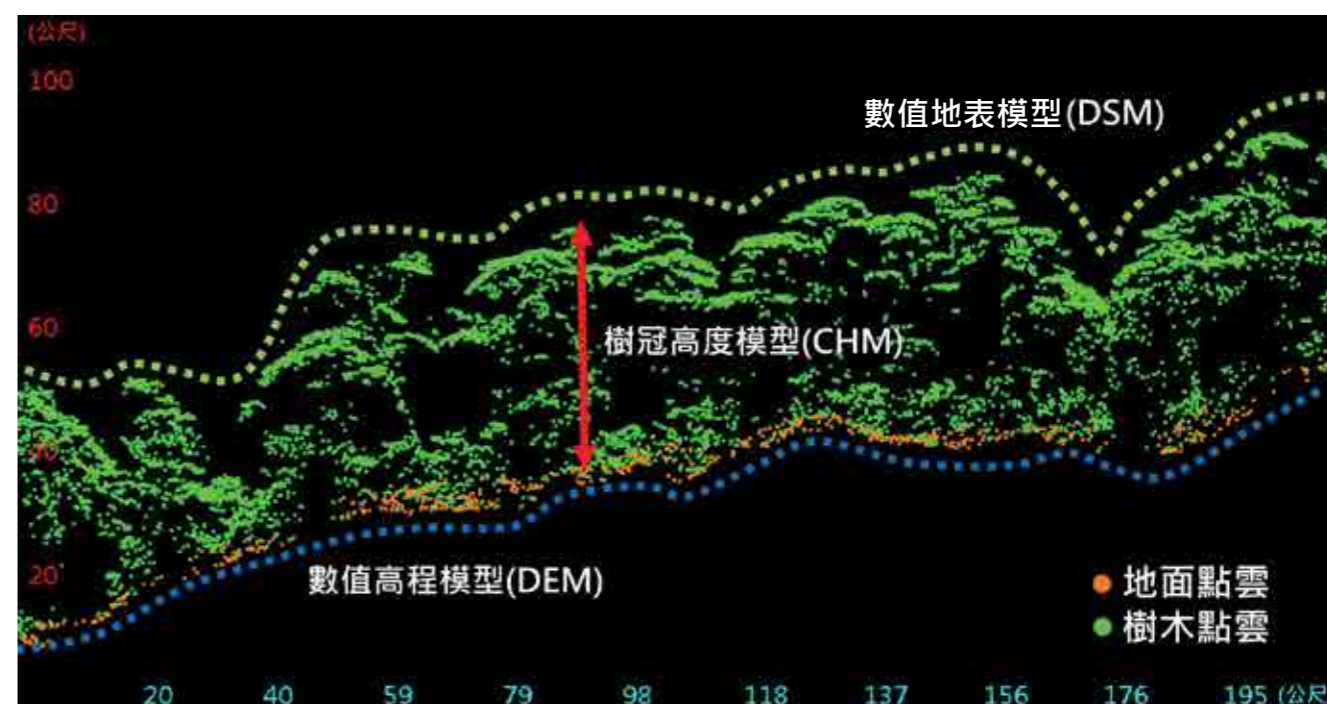
• 數值高程模型 (DEM, Digital Elevation Model)

• 樹冠高度模型 (CHM, Canopy Height Model)

② 利用空載光達的第一回波資料來產製 DSM，主要是由於第一回波資料常位於巨木的樹冠頂層位置。

③ DEM 資料則採用經人工檢核之地面點雲。

④ 將 DSM 減去 DEM，兩者的高度相減即稱之為 CHM，而其代表的意義為森林植群的厚度，以便於獲得區域中所有樹木的高度。



▲ 空載光達所產製的 DSM、DEM 與 CHM 在巨木剖面圖中的位置

臺灣巨木地圖計畫：自動偵測

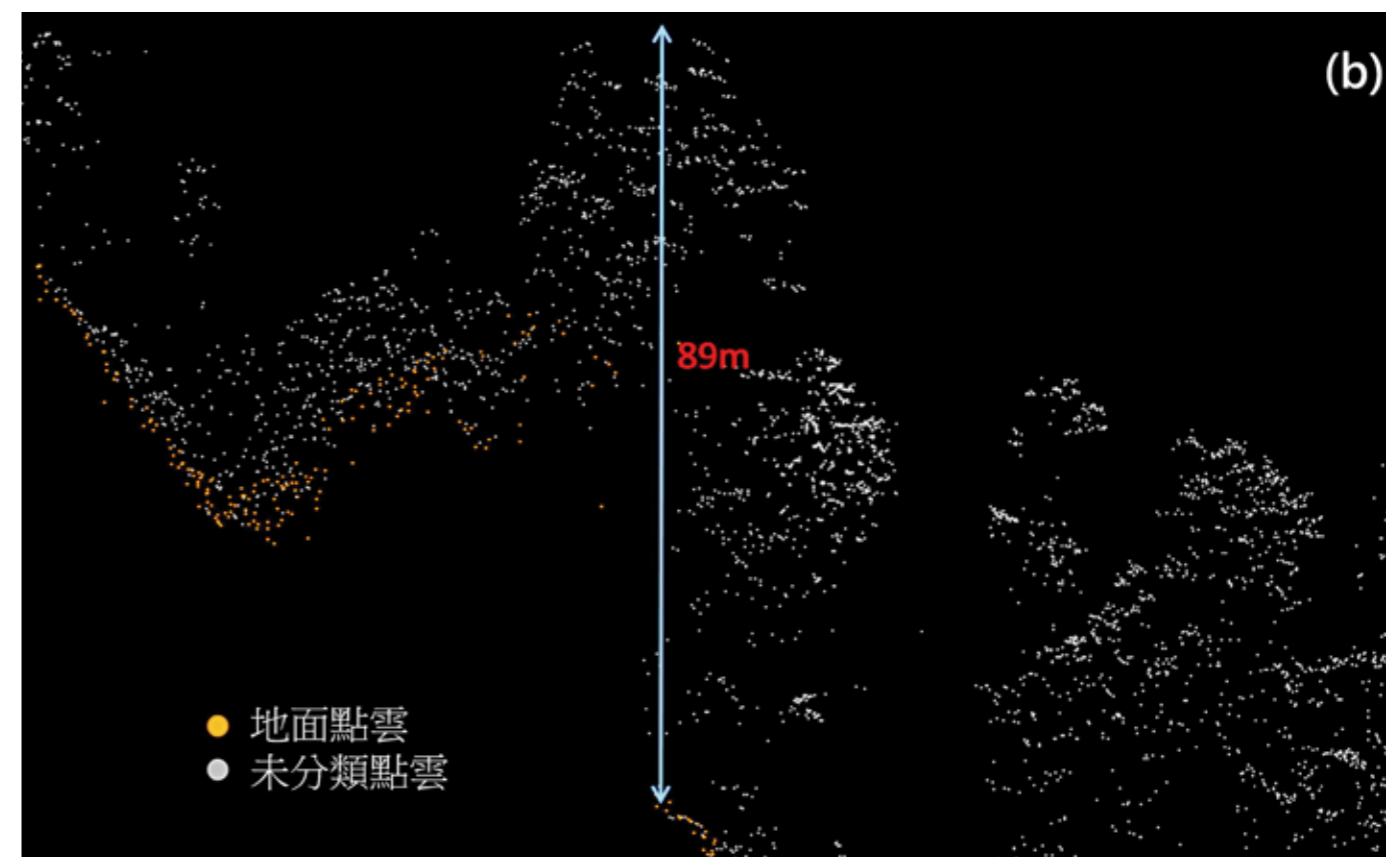
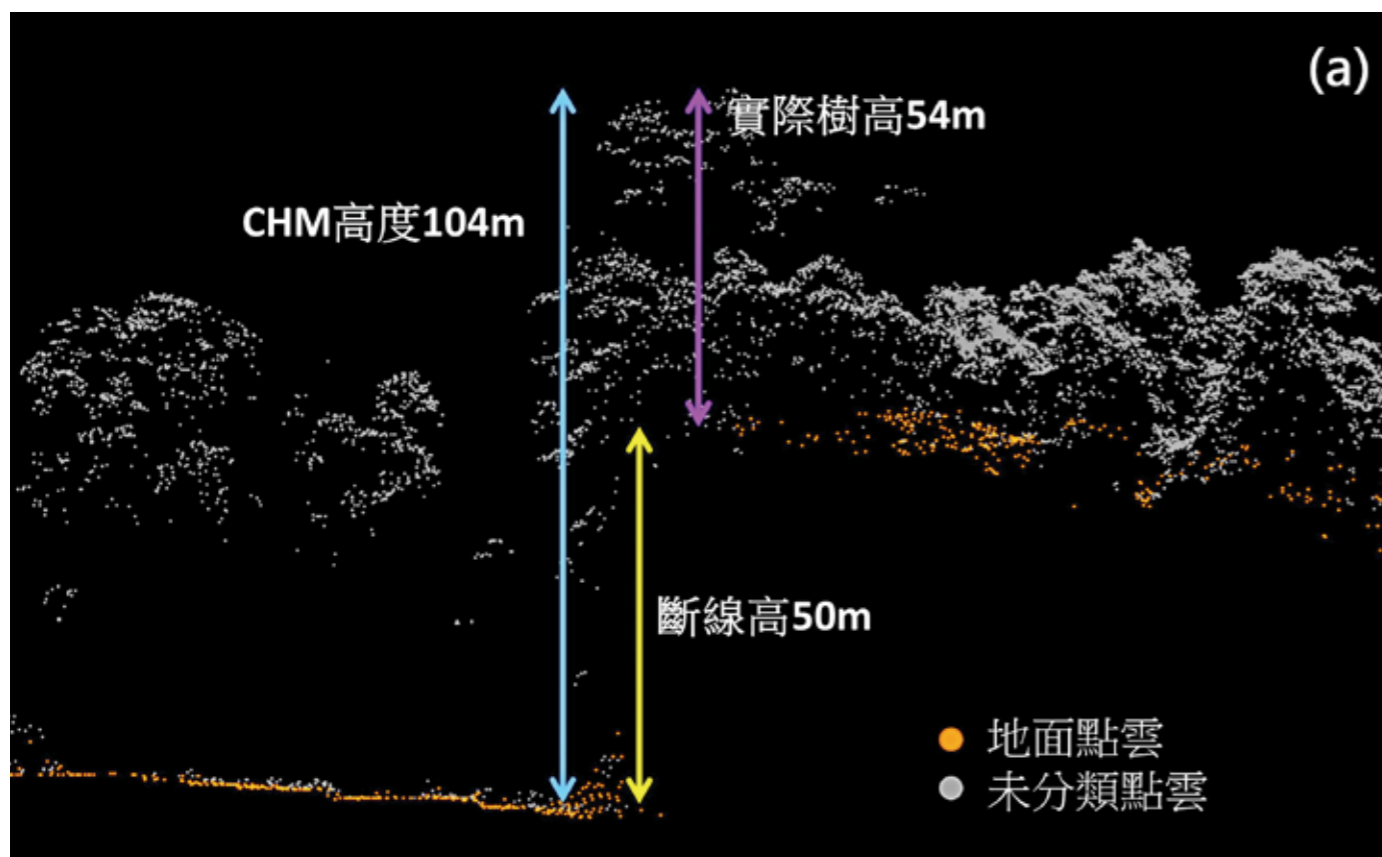
巨木地圖計畫是尋找**樹高高於 65 公尺的巨木**，因此篩選 CHM 大於 65 公尺為巨木熱區，再利用自動偵測法 (local-maxima 與 h-maxima) 來計算巨木的樹頂位置，最後將疑似巨木位置的光達資料產製成巨木 2D 剖面圖。依據團隊的經驗，在順向坡（與坡向夾角 90 度視角）的光達巨木 2D 剖面圖，最容易辨識巨木的位置與高度。

上述研究方法，可以大幅縮減尋找巨木位置的時間，但由於 CHM 資料在山區中仍然會造成一些測量上的問題。舉例來說，地形斷線，即一般俗稱的斷崖，會造成巨木樹高的判斷誤差，斷線的高度會被誤判為立木的高度而使得樹高被高估。如下圖 (a)，當使用 CHM 資料利用自動偵測法後，獲得 104 公尺的疑似巨木位置，但利用空載光達的原始

點雲資料，發現地形斷線為 50 公尺，因此實際的樹高應為 54 公尺。

其次為密林造成空載光達雷射光被遮蔽；空載光達具有穿透樹冠層的特性，然而並非每發雷射光都能穿透森林樹冠層最後到達森林地表，當雷射光無法穿透到達森林地表時，地面的 DEM 資料將會有誤差。如下圖 (b)，

由於植生下的地形不明顯，故造成植生被分類為地表，當正確地表與分類錯誤地表交界處，就會產生 89 公尺的 CHM 資料，但實際上的樹高是遠低於 89 公尺。**因此以 CHM 偵測的巨木位置，仍需要專業人員檢視原始的空載光達資料來確認巨木的存在。**



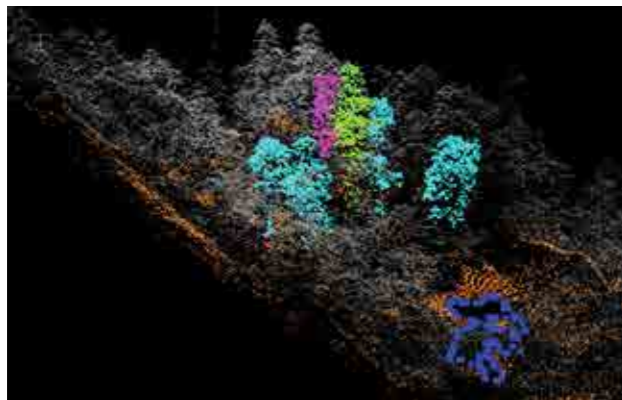
▲ 使用 CHM 資料尋找巨木位置與高度的錯誤。(a) 地形斷線造成巨木樹高的誤差；(b) 密林造成空載光達雷射光被遮蔽。

實地探勘，實證以空載光達搜尋巨木的確可行

研究團隊在 2019 年使用 CHM 資料配合自動化辨識來挑選疑似巨木的位置，並以專業人員檢核光達點雲的方式來確認巨木的存在。於執行計畫的經驗中，發現由於臺灣山區坡度陡峭、地形變化大，因為斷崖地形造成樹高誤判的機率、遠遠多於正確的巨木位置（約 10:1）。我們針對棲蘭與丹大巨木熱區，共搜尋 1,265 平方公里，由 6 位光達專業人員耗費 6 個月的天才成功尋找到 272 棵 65 公尺以上的巨木。

而樹高測量的田野團隊，根據 2019 年的第一版**巨木地圖**，在進行多次的田野探勘後，成功在 2019 年 9 月發現了位於大雪山區域南坑溪上游的臺灣杉巨木（南坑溪神木），實測樹高度為 72.9 公尺（CHM 高度是 79.7 公尺），接著團隊又成功在 2020 年的 8 月於雪霸國家公園的桃山山區，發現樹高達 79.1 公尺的桃山神神木（CHM 高度是 77 公尺）。

種種實戰顯示了，結合空載光達資料與巨木探勘，絕非紙上談兵的想像。即使是在山高水急的臺灣，仍有機會成功利用這個跨學科的研究方法，於人跡罕至之處，找到過去世人未知的巨木。而臺灣最高樹，也很有可能在近期能夠呈現在國人面前。



◀ 光達點雲所呈現的 3D 桃山神木（蘋果綠），桃山神木伴生的扁柏巨木（洋紅），以及附近的高樹（青）跟乾涸的濕地（藍）

▲ 跋山涉水尋找光達鎖定的巨木坐標

● 本文感謝林務局東勢管理處與雪霸國家公園協助進行研究，感謝經濟部地質調查所與內政部地政司提供空載光達資料，感謝MIT臺灣誌團隊拍攝桃山神木調查記錄工作，最後感謝攀樹教練羅際煜、徐啟能、邱騰榮等人協助樹冠層攀登測量工作。



各大社群平台 最新資訊

中華民國內政部

內政部落實智慧國土計畫暨空間測繪技術發表會

會議日期: **109年11月17日** (星期二)

上午08:30至下午16:30

會議地點: **集思台大會議中心**

參加對象: 產官學研對本計畫及相關領域有興趣者

報名方式: 採線上報名

<https://ezsign.gis.tw/moi1117event/#/>

中華民國地籍測量學會

第7屆金界獎開始接受申請了，請大家相召來報名參獎
凡地政機關及本會會員，在地籍測量相關領域，具有
優良及創新表現之成就者、貢獻者或產品，皆可報名活動。

有意願參加各類獎項者，請填寫申請書併同相關文件及
報名費匯款收據於**109年11月30日**前逕寄本會地址
(臺中市南屯區黎明路2段335巷28號)或
gljc03@gmail.com

中華民國地籍測量學會

前瞻技術應用於地籍測量作業專題研討會

1. 三維地籍測繪管理作業試辦實務研析
(國立台北大學 江澤欽副教授)
2. 地籍測量圖資於登記機關整合運用實務研析
(桃園市政府地政局 陳又嘉技士)
3. 利用光達技術辦理地籍測量及建立視覺化時態地籍調查表
可行性驗證 (新竹市地政事務所 蕭介峰秘書)
4. 無人機航拍大比例尺正射影像套繪地籍圖於地籍測量作業
輔助判釋 (詠翔測量工程有限公司 吳瑞文先生)
5. 地籍測量作業精進實務研析
(國立成功大學 曾義星教授)

109年11月11日 13:30-16:30於**福華國際文教會館**
(臺北市大安區新生南路3段30號) **14樓貴賓廳**

中華民國地球物理學會與 中華民國地質學會

109年年會暨學術研討會延期公告：

1. 109年年會延期至**11月17-18日**，地點仍為**台北文創大樓**。
19日野外考察。
2. 論文摘要投稿與早鳥優惠註冊一併延後至**8月31日(一)截止**。

社團法人臺灣災害管理學會

「2020年災害管理研討會」暨「109年度科技部自然科學
及永續研究發展司防災科技學門計畫成果研討會」
大會主題：「新疫情時代的全災害管理機制」
2020/12/1 (二) 大坪林聯合開發大樓15樓

中華民國都市計劃學會

2020年中華民國都市計劃學會、區域科學學會、地區發展學會、
住宅學會、中華城市管理學會聯合年會暨論文研討會

時間：**2020年12月05日**(星期六)

地點：**臺北市立大學天母校區**

(11153 臺北市士林區忠誠路二段101號)

主辦單位：中華民國都市計劃學會、區域科學學會、地區發展
學會、住宅學會、中華城市管理學會

執行單位：臺北市立大學市政管理學院

報名費用：非會員1000元/會員500元/大專院校學生100元

台灣地理資訊學會 (TGIS)

因新型冠狀病毒 (COVID-19) 疫情已經趨緩，政府也已逐步放
寬或解除許多防疫禁令。經與承辦單位「國立成功大學測量及空
間資訊學系」多次討論後，已決定將2020年台灣地理資訊學會年
會暨學術研討會 (TGIS 2020) 的舉辦時間延到**2020年12月
10日(四)及11日(五)**，地點仍為「**台南文化創意產業園區**」，研
討會網站將於近日公布，金圖獎徵選活動亦將同步開跑，請大家
隨時留意學會網站 (<http://www.tgis.org.tw/>) 之訊息公告。

社團法人台灣地球觀測學會

ICEO&SI 2020地球觀測及社會衝擊國際研討會，原定於
2020年6月21-24日舉行，因COVID-19疫情，**預計延至
2021年擴大舉行**，確切日期將再行公告 (2020.07.24)

中華民國環境工程學會

有關ABBS 2020研討會，因疫情關係，
會議已延期如下：

日期：**2020年12月18日至21日**

地點：**逢甲大學**

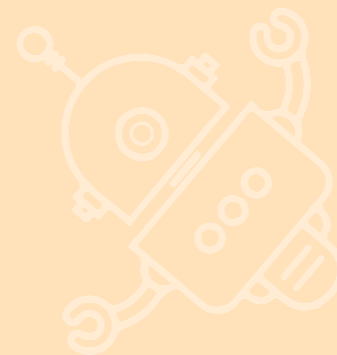
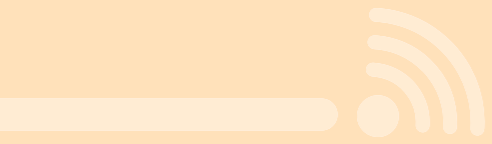
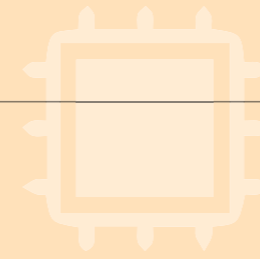
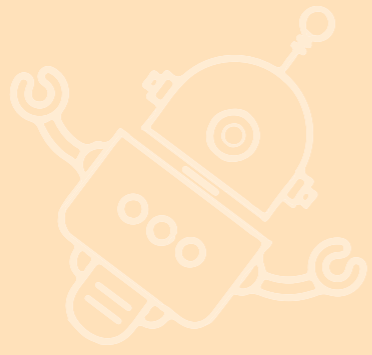
目前仍開放線上註冊及投稿

投稿截止日期至**2020年6月30日(二)**

晚上11點59分。

- 空間資訊交流平台為促進國內外空間情報與各類活動訊息交流平台。
- 我們以連結空間資訊人員、匯聚多方訊息的單一平台為定位，串接
產、官、學、研、社各方社群組織合作，未來將建立線上平台，誠摯
邀請您一同加入，即刻連結您和空間資訊。
- 聯繫管道：geodigitallifetw@gmail.com

NOTE



GeoDigital Life 空間數位生活

發行人：鄭俊昇

策劃：石博華

總編審：賴昆祺

審稿：李孟穎

執行編輯：魏上佳

文字編輯：陳亭瑋、林威廷、蘇怡華、吳美瑩

美術編輯：莊小貴圖像設計工作室、李香瑩

出版單位：財團法人台灣地理資訊中心

地址：台北市中正區羅斯福路一段七號六樓

出版日期：2020年11月

