

中華民國地籍測量學會期刊

國土測繪與空間資訊

Taiwan Journal of Geoinformatics

第四卷 第一期

中華民國一〇五年一月



VOLUME 4, NO. 1

Jan. 2016

Published by Chinese Society of Cadastral Survey &
National Land Surveying and Mapping Center



內政部國土測繪中心共同發行

中華民國地籍測量學會第 18 屆組織表

一、理監事會：

理事長：黃榮峰

副理事長：謝福來

常務理事：蕭輔導、崔國強、梁東海

理事：洪本善、高書屏、吳宗寶、江澤欽、楊名、周天穎、吳相忠、曾耀賢、蕭萬禧、
邱仲銘、王定平、梁崇智、紀聰吉、謝福勝、張元旭、江俊泓

常務監事：蘇惠璋

監事：史天元、蕭正宏、容承明、白敏思

秘書長：鄭彩堂(兼任)

副秘書長：陳惠玲(兼任)

秘書：黃錦桂(兼任)、陳鶴欽(兼任)

二、各種委員會：

(一)服務委員會：

主任委員：高書屏

委員：王定平、王啟鋒、李建利、鄭宏達、盧金胡

總幹事：梁崇智

(二)編輯委員會：

主任委員：楊名

委員：史天元、洪本善、洪榮宏、楊明德、黃灝雄、趙鍵哲、饒瑞鈞

總編輯：陳國華

編輯：陳鶴欽

幹事：何美娟、趙荃敏

(三)研究發展委員會：

主任委員：洪本善

委員：王宏仁、江日春、李旭志、林志清、吳宗寶、吳聲鴻、黃文華
駱旭琛、蕭萬禧、謝福勝

總幹事：陳世崇

幹事：謝東發、董荔偉

(四)獎章委員會：

主任委員：蕭輔導

委員：洪本善、張元旭、曾清涼、曾國鈞、謝福來

幹事：由本會秘書處兼任

(五)教育訓練委員會：

主任委員：劉正倫

委員：崔國強、李文聖、葉文凱

總幹事：蕭泰中

幹事：謝正亮

(六)國際事務委員會：

主任委員：周天穎

委員：李文聖、葉美伶、曾耀賢、盧鄂生、羅正方

總幹事：邱明全

幹事：李佩珊、湯美華

學會地址：408台中市南屯區黎明路二段335巷28號

網址：<http://www.cadastralsurvey.org.tw>

電子郵件：cscs.editor@gmail.com

自我描述地形圖徵之設計與應用

洪榮宏^{1*} 陳欣宜²

論文收件日期：104.03.16

論文修改日期：104.06.29

論文接受日期：104.08.03

摘要

地形圖為跨領域廣為應用之資料，但過去之應用通常以整幅地圖之底圖展示為主，並未善用其內容以數值方式紀錄及單一描述現象之特色。近年地理資訊共享機制之發展雖帶動「圖徵」概念之發展，但要將地形資料之運作模式由傳統之視覺檢視進化到物件層級之應用，必須突破許多地形圖之傳統思維。基於地形圖徵之主要特性及運作模式，本文提出「自我描述圖徵」之設計概念，藉由強化單一地形圖徵之描述內容，使其不但可獨立運作，且在應用時可提供完整之解讀參考，便利與其他領域資料結合應用。本設計架構之特色在於除具體滿足地形圖徵資料各類特性之描述外，並透過開放之描述架構，將地形圖徵之定義、測製規定及品質評估建立為標準化結構之網路資源，除可提供使用者端應用之連結參考，也便利區隔不同規格地形圖徵之差異。本研究所提出之自我描述圖徵架構除適用於地形資料外，也可提供不同領域資料自我描述架構建立之參考，有效改善與提升異質資料應用之互操作性。善用地形資料本就具有之豐富主題資料內容，將可達到擴展地形資料扮演角色及帶動國土資訊系統整體資源共享成效之目標。

關鍵詞：地形資料、自我描述、開放、資料描述架構

¹ 副教授，國立成功大學測量及空間資訊學系暨國家災害防救科技中心災防資訊組召集人。

² 碩士，國立成功大學測量及空間資訊學系。

* 通訊作者，TEL: (06)27575#63837， E-mail: junghong@mail.ncku.edu.tw。

The Design and Application of Self-Describe Topographic Feature

Jung-Hong Hong^{1*}, Hsin-Yi Chen²

Abstract

As a basic type of data widely used in a variety of domains, the current role of topographic maps are unfortunately mainly restricted to the illustration of reference maps, despite modern mapping technology can already offer advantages of digital content and theme-based architecture. Recent development of geospatial data sharing mechanism is moving towards the use on the basis of “features”, but many traditional barriers of topographic maps must be removed before their application module can be transformed from visual inspection to direct feature operations. Based on the fundamental properties and operation module of topographic feature, this paper proposed the architecture of “self-describe feature.” Serving as a strengthening description framework, the proposed approach can enable individual feature to work independently and provide comprehensive explanation for the feature, which makes the integration of data from different domains an easy and straightforward task. We use Resource Description Framework (RDF) to record the information about the definition, mapping specification and quality evaluation of topographic feature. This framework of information can be linked whenever necessary and used for identifying and comparing the difference between two different topographic features. This self-describe framework concept can be further applied to the data design of other domains. From an application perspective, this effectively reduces the interoperability obstacle caused by heterogeneous data and facilitates the across-domain integrated applications. By taking full advantages of the rich themes of topographic map, we can expand the role of topographic data in the sharing environment of National Geographic Information System (NGIS).

Keywords: Open, Resource Description Framework, Self-describe, Topographic Data

¹ Associate Professor, Department of Geomatics, National Cheng Kung University a.k.a. Division Head, National Science and Technology Center for Disaster Reduction.

² Master Student, Department of Geomatics, National Cheng Kung University.

* Corresponding Author, TEL: +886-6-2757575#63837, E-mail: junghong@mail.ncku.edu.tw.

一、背景

地形圖(topographic maps)在人類的發展歷史中扮演極為重要之角色，無論「有關地表特徵的地圖」(Monmonier and Schnell, 1988)、「根據國家制定的規範圖示測製繪編，具有統一的大地控制基礎、投影及分幅編號，內容詳細完備的大、中比例尺普通地圖」(全國科學技術名詞審定委員會，2006)、「表示地表上的地物、地貌平面位置及基本的地理要素且高程用等高線表示的一種普通地圖」(全國科學技術名詞審定委員會，2010)或我國「國土測繪法」(2007)中對於「基本地形圖」之描述：「指依中央主管機關所定基本比例尺測繪之地形圖，包括主要地貌、地物及基本地理資料」，地形圖可被視為透過圖形展示(graphic representation)之設計，記錄及顯示現實世界中自然(natural)及人為(human-made)現象之一般目的(general purpose)地圖(Robinson et al., 1995)。基於此參考特性，地形圖資料可滿足不同領域對現實世界現象分析與規劃參考之需求，除底圖參考外，地形圖之數值記錄架構更可提供各領域抽取特定主題資料，再加值應用之便利性，因此各國國家級空間資料基礎建設(National Spatial Data Infrastructure)莫不將地形圖之建置與發展納入整體規劃之中(Ordnance Survey, 2015a；Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2015；國土地理院，2009)。我國地形圖之產製具有長遠之歷史，在國土資訊系統之架構下成立「基本地形圖資料庫分組」，由內政部地政司統籌國家整體地形圖資料之規劃、建置與應用，以期發揮支援跨領域加值應用之成效。除傳統之不同比例尺地形圖資料外，我國近年也推動 1/2500 通用版電子地圖(內政部國土測繪中心，2014)之建置，適度彌補 1/1000 地形圖建置成本高昂及沒有全國涵蓋之缺憾。雖然其中欠缺高程資訊之展現，但由於涵蓋全國，其內容仍可滿足諸多應用之需求，目前已被建置為地圖圖磚服務，提供各單位網路介接使用。為確保生產地形圖資料之品質及建立共同之認知，各規格地形圖之成果均透過嚴謹之技術規範加以約制(包括分類編碼、測製、圖示)。除內容豐富之優勢外，地形圖為國內少數涵蓋全國、且具備明確資料內容規劃及品質規格的地理資料，若能審慎因應使用者需求而規劃供應之內容，可滿足建置一次，於多領域廣泛應用及有效樽節經費之目標。

地形圖之傳統作業模式為視覺檢視(visual inspection)，因此其成果強調在特定的比例尺規格下，將所須繪製的內容轉化為符號，擺置於有限之圖幅範圍中，配合文字註記，滿足美觀與正確展示之要求。地圖的測製及編繪受到設定比例尺(map scale)及紙圖尺寸(map sheet size)的影響，即令相同的地區，不同之比例尺設定將形成不同之描述成果。這樣的差異不但包括因內容篩選而形成之現象有無差異，也因地圖內容縮編(generalization)程度之考量而有記錄方式與內容之差異，其應用性也將有所不同。另一方面，圖層(Map Layer)概念將傳統地圖原本統一繪製於單一圖紙之方式改變為依照資料之主題特性進行圖層區分，以多個單一主題圖層之方式各別記

錄，所有圖層疊合之成果仍可形成完整的地形圖，並具有依需求調整及篩選展示內容之彈性。為配合主題圖層架構之發展，我國持續依實務需求檢討及修訂地形資料之分類系統(例如內政部於 86 及 103 年分別頒布之地形圖資料分類)，針對單一地形資料分類給予唯一之編碼及明確之意涵(內政部地政司，2014)。權責單位再參考此共同之分類架構而制定製圖規範，各類資料因此具有語意之一致性。數值地形圖雖已成為主流之產品，但仍然有許多生產或應用的思維受制於過去紙圖媒介使用之習慣，影響將地形圖視為地形圖徵來源之可能性。典型之現象包括如地圖分幅、連續現象中斷、未以單一物件考量建立資料、僅考慮視覺展示、屬性內容缺乏(僅以文字註記顯示)、共界(co-boundary)時僅優先繪製單一現象等。由紙圖「同時展示」及「地形圖製作」之觀點而言，這樣的設計概念無可厚非，可提供簡化圖面展示內容及作業程序之優勢，但卻也因此造成地形圖內容侷限於「單一地圖檔案」之思維及「展示內容必須同進同出」之限制。一幅完整的數值地形圖檔案固然可顯示區域的狀態，但當僅抽取單一主題圖層時，其內容如何可「正確」及「獨立」運作即面臨嚴峻之考驗，甚至可能有「僅能看，不易用」的窘境。

為提升地理資訊流通與整合應用之成效，以物件(Object)或圖徵(Feature)為基礎進行共享之概念近年逐漸受到重視。遵循具有共識之地理空間資訊技術標準(Kreese et al., 2012; Bartha and Kocsis, 2011)，制定開放規格之資料標準，以約制流通資料之內容與格式及單純化流通及應用之技術配套作業，進而改善跨領域資料隔閡之問題(Batty et al., 2010)，典型例子包括如美國 NSDI(FGDC, 2007)架構之框架資料(Framework data)、歐盟 INSPIRE(2004)所規劃之 33 類資料及我國國土資訊系統標準制度之系列資料標準等。建立以地形圖徵(topographic feature)為基礎之資料庫及供應機制除可避免因圖幅分割而造成描述現象中斷之情形，還可針對地形圖徵具體規劃合適之屬性內容及統合與應用不同規格、不同時間與不同主題之地形資料，以充分利用數值化地形資料之優勢。另一方面，由於已具備空間與屬性之基礎內容，地形圖徵資料可直接滿足不同領域地理資訊系統之資料及加值需求，減低使用者端無謂之資料重複處理，達成全面擴展地形圖資料應用廣度及彈性之目標。

基於上述挑戰，本文探討地形圖徵資料流通與應用之策略，運作模式以圖徵之「自我描述架構」為基礎，流通之單一地形圖徵將具有描述自身空間、屬性、定義及品質之完整能力，因此單一圖徵不但可獨立運作，且可與其他主題圖徵資料有效區隔、串連與比較，進而開創嶄新之地形圖徵資料應用模式。本描述架構基於 ISO19100 系列標準(Østensen and Smits, 2002; Kreese and Fadaie, 2004)之開放地理資訊(Open GIS)架構而設計，具有繼承與擴充發展之能力，可靈活應用於各類不同規格之地形圖徵，並可參考共同架構中所設計之屬性而分析彼此差異。本架構也以資訊產業標準中之資源描述架構(Resource Descriptive Framework, RDF)技術(2004)建立引用規範與類別定義之開放描述架構，使用地形圖徵資料時可隨時檢閱標準化之

規範內容而建立正確之認知。本文以下章節說明如下，第二節分析地形資料之特性及自我描述圖徵架構設計策略，第三節提出圖徵資源描述架構之作法，第四節以實際資料進行測試與分析，最後於第五節提出本文之結論及未來建議。

二、地形資料特性分析

地形圖資料以圖形符號及文字註記說明現實世界各類地表現象之位置(what)及種類(what)因素，由於過往之描述偏重於以單幅地圖提供檢視之需求，要能跳脫此限制，達到單一物件可獨立運作之目標，自我描述架構必須全方位納入不同面向之考量，具體因素歸納如下：

(一)圖徵單元

圖徵建立之對象須為現實世界具有意義(meaningful)之單一物件，才能依此而設計量身訂製之系列屬性。現行之地形資料分類架構由主題觀點切入，已可區隔不同種類之物件，但仍有兩項因素必須考量，第一項為分析該類圖徵之合適設計單元，例如若欲與地址門牌建立關聯，房屋資料理想上應以戶為單位，但實務上不同規格地形圖對於不同型態房屋(獨立房屋、連棟房屋、大樓)之記錄考量各有不同，未必可以滿足此條件。第二項為依單元之設定而建立不同類別圖徵間之特殊關係，例如道路資料之最基礎單元為路段，一條道路再由系列之路段組成，兩者皆為有意義之圖徵單元，且兩者之間具有特定之組成(compose of)關係。相對而言，行政區域則為具有階層(hierarchy)關係之圖徵單元。圖徵單元之選擇直接影響後續供應資料之內容及可能之應用。

(二)識別性

每個圖徵必須具有至少一個可供唯一識別(unique identification)之屬性，除用以明確識別及區隔該圖徵與其他圖徵之不同外，也可依此建立該物件在不同時間與不同規格之圖徵表示間的關係。識別屬性之設計可大致區分為兩類作法，第一類作法為引用特定領域或日常生活中慣用之名稱；第二類則為根據特殊規則而給定唯一之識別碼(unique identifier)。前者因不見得有明確之權責機關，可能面臨同一物件在不同領域、應用或文化中不同名稱或不同物件共用相同名稱之問題；後者可為跨主題之共同規則或單一領域之設計規則，必須可滿足系統性產生唯一識別屬性值之需求，例如英國 Ordnance Survey 之 TOID(2015b)為適用於全國性各類現象之識別碼、我國之行政區域代碼則為專門針對行政區域而特別發展之識別碼。理想之識別碼為全國性且跨領域共同遵循之唯一編碼系統，但必須在機關之間建立高度共識及橫向聯繫之管道，且任何識別碼系統均必須考量「標準化」識別碼之賦予及維護機制(例如註冊系統或給號系統)，以確保圖徵在生命週期(life cycle)之不同階段皆可被正確

識別或建立必要之關聯。由於單一類別圖徵可同時具有多個識別屬性，且各類識別屬性自成系統，圖徵之識別屬性除須記錄「識別值」(Value)外，也必須配合記錄其「參考系統」(Reference System)，以成對之方式記錄。單一物件之識別碼在其生命週期中須維持不變，可透過其代表時間而判斷圖徵表示之時間先後次序。

(三)抽象化程度

地形圖徵為現實世界各類現象之抽象化表示，抽象化之選擇影響記錄資料與現實世界現象之差異程度。由空間表示之觀點，可包括「實際測量」與「近似位置」兩類情形，前者依地形圖測製規範實際測製物件之位置、外型與輪廓，具有明確之位置精度因素，描述之重點為測量之方式及位置精度之規格，後者之符號位置僅為大範圍物件之代表位置，描述之重點為代表位置之選擇方式，兩者之記錄架構雖然類似(例如控制點與地標同以點坐標表示)，但在位置之參考意義及後續應用上卻有極大之不同。使用者若無法具體掌握差異，可能因此產生錯誤之決策。

(四)空間資料型別

基礎於設定之圖徵單元，圖徵內容之記錄應選用最合適之標準化空間資料型別。傳統之設計以點、線及面空間資料型別為主，近年 OGC 之標準化空間資料型別架構納入多重(multi)之考量，例如面狀表示包括 polygon 及 multi-polygon 等空間資料型別，以提供更為完整之配套。配合上述之抽象化概念，地形圖徵之空間表示可歸納為以下之五種基本型態：

1. 點(實測)：以點空間資料型別表示，並根據點位的實際位置，以專業測量儀器及作業程序施測，具備位置精度因素，例如「控制點」。
2. 點(近似)：於現實世界中具備特定空間範圍之區域，但僅以單點代表，為物件近似位置之參考，須配合記錄其點位選擇條件，如：地標以單點表示，以其涵蓋範圍之中心點為原則。
3. 線(實測)：根據地形現象之實形測繪，以線空間資料型別記錄，具備位置精度因素。
4. 線(基於特定方式測製)：依特定條件進行圖徵之建置，並以線空間資料型別表示。記錄內容根據特定演算法或參考條件產生，必須掌握其產生之方式，例如當道路或河川以其中線表示時，必須說明由面狀道路範圍產生線狀表示之方法。
5. 面(實測)：根據現實世界中各物件之實際邊界量測而得，並以具有封閉特性之面空間資料型別記錄，具備位置精度因素。測製時需考量參考依據及位相關係之合理性，例如建物為根據房屋外緣之滴水線為基準進行測製，相鄰房屋不具有重疊關係等。

(五)圖徵定義及主題屬性

地形圖徵之建置參考地形資料之分類架構，每個分類均具有明確之定義，可提供使用者正確解讀其意義，若能透過語意(Semantics)之研究，建立結構化之描述，將有助於跨領域之應用發展。另外各類圖徵也須依其主題特性而設計數目不一之屬性，其設計內容原則上依後續設定之應用目的而規劃。地形圖資料之屬性通常僅針對一般目的設計，並不考量特殊領域之需求，但若可建立跨領域識別屬性之共識(相同識別碼或識別碼對應關係)，不同單位設計之主題屬性可透過共同識別屬性之連結(join)而形成多元之圖徵內容。

(六)比例尺

在數值地理資料之應用中，比例尺已非必要之因素，但當以地形圖為圖徵來源時，比例尺對其記錄內容之測繪準則、品質精度及空間表示方式仍具有相當程度之影響，也因此造成同一物件有不同表示之結果。由於使用者對於國內地形圖之比例尺相當熟悉，可將比例尺納入為輔助使用者評估資料內容差異之參考。但在實務應用場合，不同規格地形圖徵之比較仍應以標準化之資料品質描述為主要依據。

(七)資料品質

資料品質決定資料在指定用途之適用性，使用不合適之資料可能造成不正確之決策。以圖徵為基礎之應用模式無可避免會遭遇使用不同品質地形圖徵資料、甚至與其他領域資料整合應用之情形，必將面對嚴峻之正確性挑戰。最直接之作法為以符合國際標準之架構與元素描述各圖徵之品質成果，如此將可在共同且一致的基礎下加以比較。我國近年之地形圖資料皆遵循嚴謹之作業規範而測製，本就具有明確之品質，若能將其規定之文字內容具體處理與轉化為符合 ISO19100 系列標準之品質描述架構，將有利於判斷不同規格地形圖徵及其他領域資料之品質差異。

(八)時間性

由於地形現象可能隨時間改變，地形圖徵必須具有時間描述，明確說明該記錄內容之時間意義。時間之記錄主要包括「時間點」(time instance)及「時間段」(time period)兩類方式(Allen, 1983 ; ISO, 2002)，前者用以說明該圖徵內容所測製之時間；後者用於說明該圖徵所記錄狀態在某特定時間內維持不變，具有明確之起訖時間。無論採用時間點或時間段，其目的均在說明圖徵內容之有效時間及提供適用性之評估參考。由於地形資料測製人員一般僅能掌握地形現象在特定時間(測製時間)之狀態，並無法回溯或推測該現象開始或結束之時間，因此除行政區域界線類之資料因由行政機關決定而具有明確之起訖時間外，其他地形資料之時間因素僅適合以時間

點表示，屬於單一時間版本模式(time slice model)。目前之作業多僅針對整圖幅內之所有現象給予單一之時間描述(測量或調繪時間)，若能將之進一步落實至圖徵層級，除可具體說明個別圖徵測製時間之差異，也可因應局部區域圖徵更新之作業需求，且同一物件之不同版本資料也可更容易決定其時間前後之關係(例如由不同單位分別負責不同主題資料之更新)。

上述有關地形資料特性之因素須考量納入自我描述圖徵之設計架構中，並以標準之觀點切入，以強化其應用之成效。目前之地理資訊系統軟體支援同時記錄空間及屬性資料之架構，可滿足空間表示、主題屬性、時間等內容之記錄，地形圖徵之基本架構設計如圖 1 所示，包括兩個主要部分，虛線以上為圖徵基本時空及主題特性之屬性，包括多重之識別碼、時間、比例尺、資料分類代碼等屬性，當這些屬性以標準化之名稱進行包裝後，即可發展自動解讀之配套，例如解讀 TopoCode 即可取得全國統一之地形分類代碼，解讀 Time 即可取得資料之代表時間。虛線以下之部分為需要納入之圖徵定義、品質描述、測製規定(含空間抽象化程度表示)等資訊，兩者之組合可構成對地形圖徵之完整描述。設計之圖徵架構定義為上層之基礎圖徵，各類地形圖徵可透過繼承關係而擴充設計相關屬性，並透過標準架構之屬性而進行更有效之應用。本研究進一步提出以網路資源之方式建立相關描述，再由圖徵加以連結之作法，詳情請參見第三節討論。

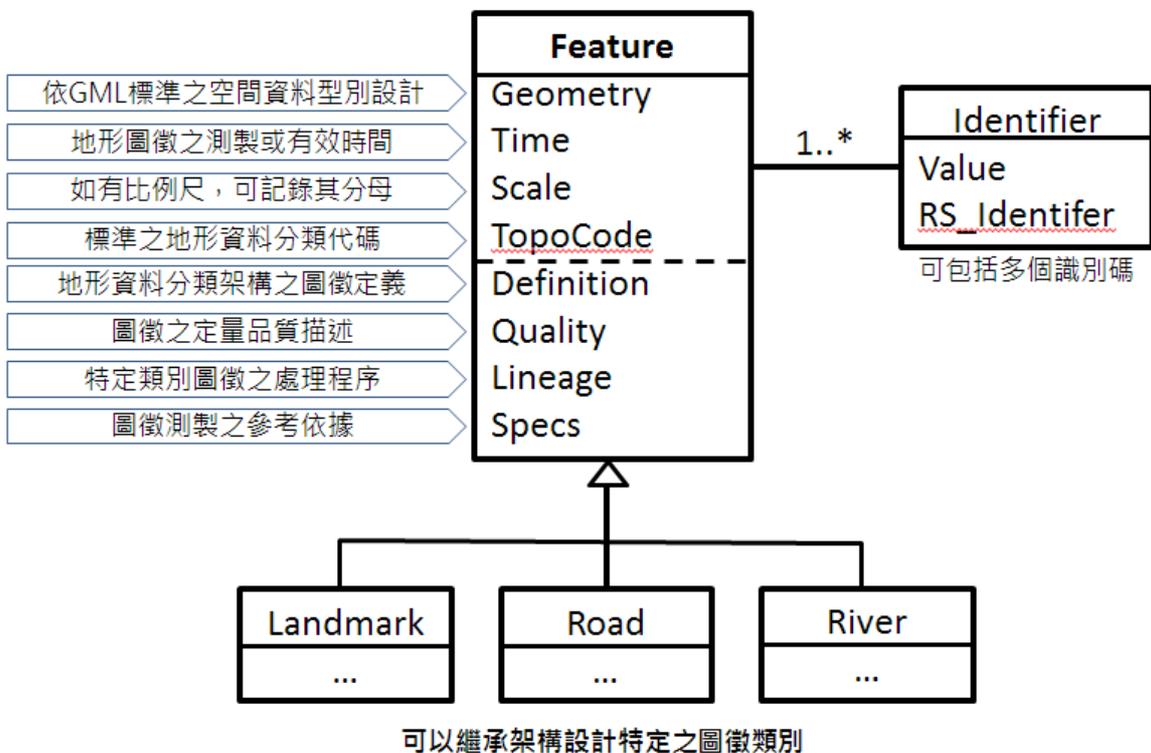


圖1 自我描述地形圖徵架構之設計

三、地形圖徵之資源描述架構發展

地形圖徵依循特定規範及測製規定而建置，並通過特定評估方法或程序之檢驗，以確保建置資料之品質，而後取得資料之使用者再根據資料品質或精度等級之描述而判斷資料是否適用。地形圖徵雖具有明確之語意及品質資訊，但過去之應用卻僅以空間表示及少數屬性為主，使用者必須自行彌補地形資料意義及品質之知識，才能正確加以應用。本研究認為必須將各類資訊有效結合，並可於圖徵層級提供參考，才能滿足以單一地形圖徵為基礎之運作模式。自我描述圖徵除可以基本圖徵架構描述之內容外，上述之作業規範與品質描述將建立為網路資源描述架構之型式，允許同一類別圖徵資料共同參考，如此流通之地形圖徵資料將可隨時連結及取得其語意及品質描述，以一致之方式處理及分析，且網路描述架構僅須建立一次，除可減少重複之記錄及簡化管理操作外，也符合未來以網路服務為基礎之運作模式。更重要的是結構化的網路資源描述架構有助於釐清領域資料之特性，對後續之跨領域應用可帶來直接之效應。

(一) RDF 架構之概念

因應愈來愈多之資源透過網路運作，但使用者缺乏瞭解管道，因而無法正確應用之問題，勢必需要有一個跨領域運作之共識。資源描述架構係由 W3C(World Wide Web Consortium)所制定之標準，提供網路資源描述之標準架構，可作為網路資料交換之標準模型。由領域專家分析描述對象之基本概念後，遵循 RDF 之標準架構建立，並透過 XML 記錄，可滿足由機器讀取且理解之基本要求。每一個網路資源之描述以敘述(Statement)之方式呈現，其基本架構為包含資源(Resource)、屬性(Property)及屬性值(Property Value) 之三元組(Triple)型式(圖 2)：

1. 資源：所有可透過 RDF 表達式描述的對象都可被稱為資源。
2. 屬性：描述該資源之特性或與其他資源間之關係。
3. 屬性值：以文字記錄屬性內容或另外一個「資源」。

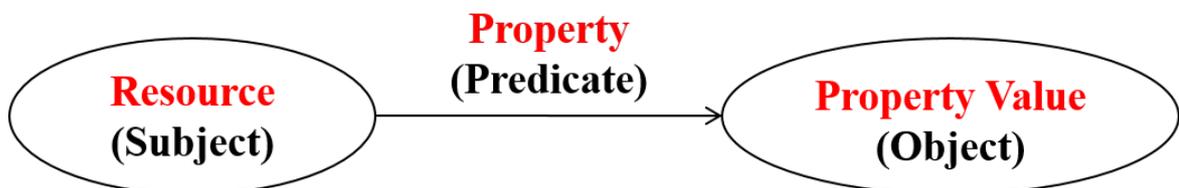


圖2 RDF 資料模型

RDF文件透過.rdfs 檔案定義其架構，包括相關屬性之定義、階層式架構等內容，依.rdfs 而建立之檔案為.rdf 檔案，用於記錄資源之實例。RDF 包含「Class」及「Property」兩類基本元素，前者用於定義選擇領域之特定概念或類別，並具有「subClassOf」元素，可進一步設計資源間之繼承與上、下階層關係，適用於描述如地形資料分類

等具有階層特性之架構；後者則用以強化描述與該資源相關之屬性或建立該資源與其他資源間之關係。RDF 文件中之資源及屬性可由領域專家自行定義，於文件開頭以「命名空間」(Namespace)及前置詞(Prefix)定義，前者用以明確告知文件中之資源及屬性由哪一個單位定義；後者宣告每一個資源及屬性與其命名空間之關聯性。

RDF 資料模型除可完整描述位於網路之資源外，還可藉由三元組之架構不斷鏈結而相互關聯，並透過明確語意資訊之記錄而促進不同領域資料間之流通與互操作性，因此具有擴展單一領域資料應用廣度之成效。透過網路資源相互連結之方式，強化 RDF 資料模型對於現實世界中各種複雜現象的描述能力，且可隨時滿足使用者對這些資訊存取之說明需求。

(二) 自我描述資訊之建立

本研究之「自我描述圖徵」為基礎於「網際網路運作環境」及「地形資料資源描述架構」結合之創新概念，前者強調地形資源描述可透過網路運作，提供領域資源公開詮釋與連接串連之模式，後者包括「品質描述架構」及「地形圖徵定義」之設計，分別強化地形圖徵之資料品質及圖徵語意之說明。不同規格之地形資料將分別建立為單一之資源描述，依其分類規定而建立階層式之架構，並以單一類別為單元，將測製規範之內容轉化為「品質描述架構」之標準化內容。「地形圖徵定義」則參考內政部(2014)頒佈之「地形資料分類架構」內容而建立，提供圖徵之語意資訊。圖 3 以不同規格地形資料之品質描述架構為例說明，任一規格之地形圖徵均可參考完整之品質與定義描述，且因參考標準之架構與項目，來自於不同規格來源之地形圖徵可具體比較。其成果也可進一步構成圖徵資料庫運作之基礎，允許使用者透過設計之項目而篩選符合應用需求之地形圖徵資料。資源描述架構以網路資源型式提供介接，可減低傳遞之資料量及滿足需求判斷之參考，其描述架構與項目將遵循 ISO19100 系列標準建立，無論實體資料以商業軟體格式或開放資料模式(例如 GML)建立，均可適用此架構之運作模式。

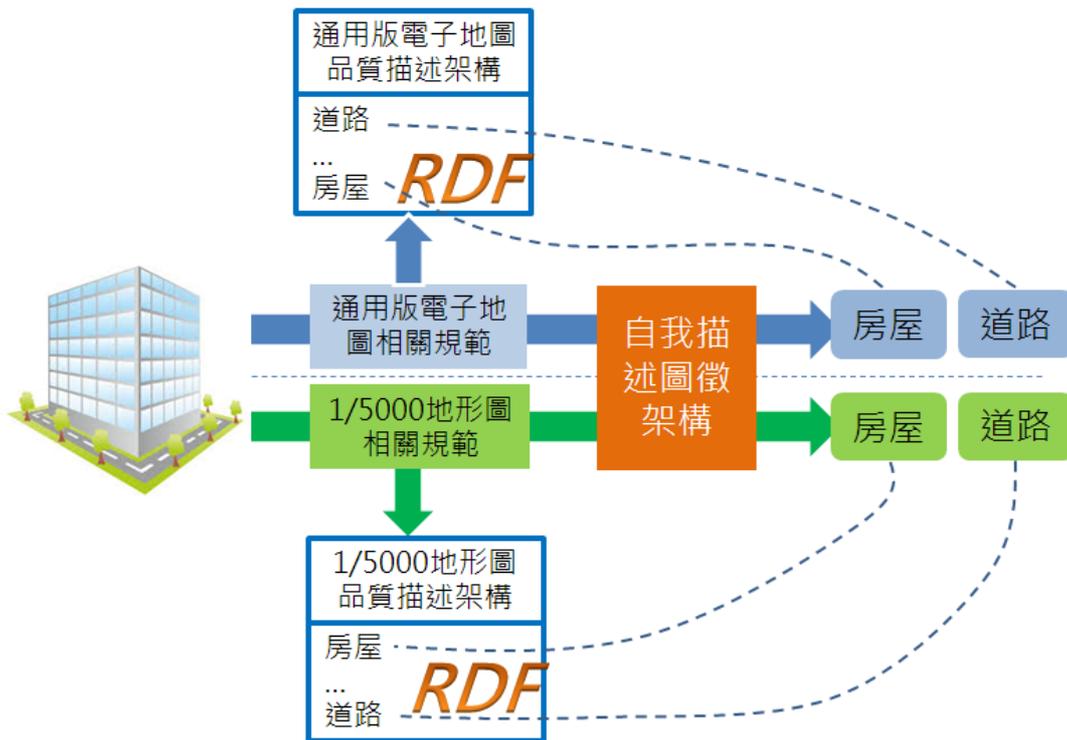


圖3 不同規格地形資料品質描述架構之應用

單一類別地形圖徵品質描述架構之內容擷取自地形圖測製規範中測製程序及成果檢核作業之規定文字，並參考國際標準 ISO 19100 系列中與資料品質相關之架構及項目，透過標準化結構記錄。參考之規範包括如 1/1000 地形圖之「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」(內政部，2011)、1/5000 地形圖之「基本圖測製說明」(內政部，2013)及「通用版電子地圖測製作業說明及品質檢核作業說明」等正式頒布之各規格地形圖規範。品質描述架構(圖 4)包括三大部分，分別為定量(quantitative)資料品質、資料處理歷程(lineage)及測製規定(surveying procedure)，前兩部分之描述項目及記錄內容分別參考 ISO 19115 詮釋資料標準中之「定量資料品質資訊」及「資料歷程資訊」之設計項目，記錄該圖徵資料品質之定量評估結果及資料之處理歷程，以供使用者評估其適用性。第三部分為本研究自訂之項目，專用於強化說明具有明確測製規定之道路、河流或建物等類別之地形圖徵，補強有關抽象化程度及參考依據之說明。由於轉化以符合國際標準之方式記錄，原本規範中純文字式、僅供使用者檢閱之內容將轉換為基礎於同一綱要、可查詢比對、且可由電腦系統加以處理之內容。

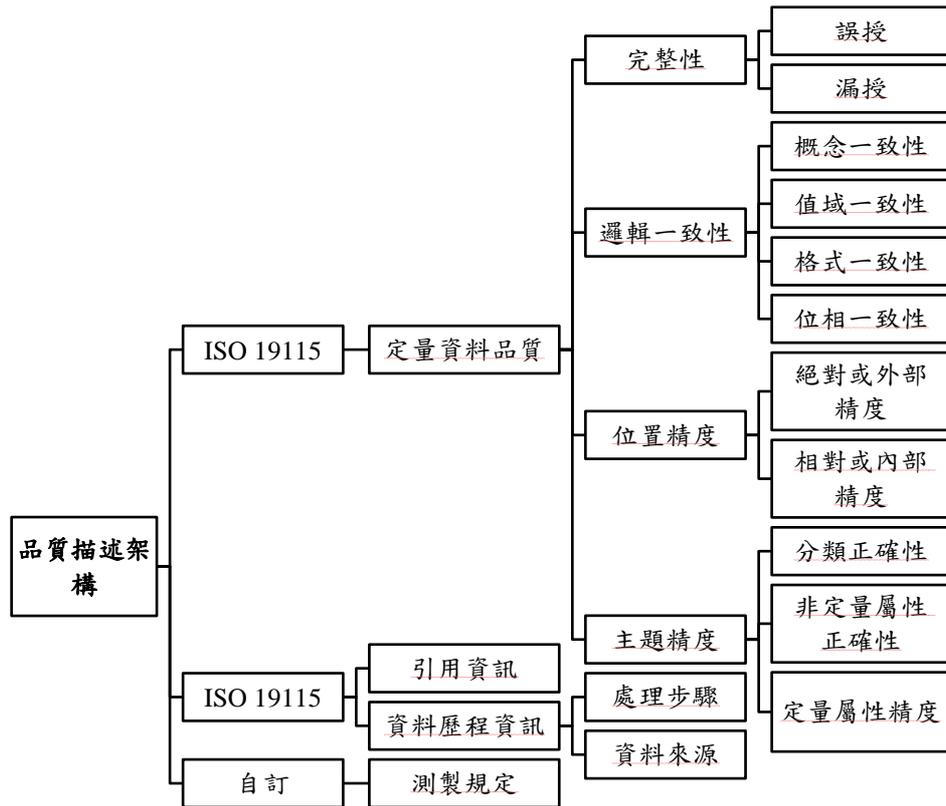


圖4 品質描述架構之設計項目

以圖徵空間資料之檢核為例，通用版電子地圖之規定主要以平面位置中誤差為位置精度檢核之標準，此可藉由標準化品質描述架構中「絕對精度或外部精度」之資料品質子元素加以描述。而以線或面空間資料型別記錄之資料，則須額外考量圖徵間位相關係之合理性，例如雙線道路邊緣線等分中心之連線與道路邊緣線不可有相交之情形，此可透過邏輯一致性中之位相一致性資料品質子元素加以描述。表 1 分別整理 1/1000 地形圖、1/5000 地形圖及通用版電子地圖測製規範中有關位置精度之規定文字，可發現雖為不同規格之地形圖，但在同一類別之規定文字頗為類似，僅其規定門檻值有所不同，因此以標準化架構記錄後，只要其品質參考相同之量測指標(quality measure)，不同規格地形圖徵之品質即可直接進行比較。

表1 不同規格地形資料位置精度檢核規定比較範例

	1/1000 地形圖	1/5000 地形圖	通用版電子地圖	ISO 19113
位置精度檢核	抽查點位重複量測之平面位置與原平面位置之均方根誤差不大於 25 公分或地物點間之相對距離與原距離之均方根誤差不大於 40 公分。	抽查點位重複量測之地物點平面位置與原平面位置較差之均方根值或地物點間之相對距離與原距離較差之均方根值不大於 2.5 公尺。	以電子測距經緯儀、水準儀或衛星定位儀等儀器進行外業檢核，檢查任意二點間平面及高程控制點位間之相對誤差做為計算檢核值之依據。平	絕對或外部精度 (Absolute or External Accuracy)

			<u>面位置中誤差不得超過 1.25 公尺。</u>	
圖徵完整性檢核	檢核線圖徵是否有圖形破碎情形	檢核線圖徵是否有圖形破碎情形	以內業檢核之方式，檢核線圖徵是否有圖形破碎之情形	位相一致性 (Topological Consistency)
位相關係檢核			以內業檢核之方式，檢查道路中線圖徵(線)與道路(面)圖徵間不可相交，但立體交叉道路為例外，須特別注意其表示方式	位相一致性 (Topological consistency)

ISO 19115 之定量品質描述統一透過「DQ_Element」類別記錄評估結果，包括資料品質評估之名稱、量測方式描述、資料品質評估的方式等項目，除提供完整之品質描述外，也便利不同圖徵之比較。圖 5 以位置精度為例，說明將文字描述轉化為結構化項目之結果，例如透過標準化項目之設計，可具體掌握使用之量測(nameOfMeasure)及評估方式(evaluationMethodDescriptionType)，了解其成果係以平面位置中誤差之型式呈現，且評估成果係以外部參考資料(通常為實測)進行檢驗。圖 6 則進一步說明道路圖徵之測製條件，同樣透過網路資源描述之方式呈現。當地形資料之測製參考相同之測製規範時，檢核條件相同，具有相同之品質描述，因此僅須建立一份品質描述架構，即可提供給該規格之所有地形圖徵資料共同參考。我國地形資料目前由內政部統籌，在建立標準化之網路資源描述後，可提供全國所有地形圖徵資料供應時引用與參考，是最有效率之作法。未來當其他領域使用地形圖徵資料時，將不致因為無法了解狀況而產生錯誤之判斷。地形圖資料庫分組因此可在國家整體發展中扮演穩定之資料供應中樞及跨領域資源分享之角色。

<metadata:位置精度>

```
<metadata:絕對或外部精度 rdf:about="&metadata:DQ_AbsoluteExternalPositionalAccuracy"
  metadata:nameOfMeasure="平面位置中誤差"
  metadata:evaluationMethodDescriptionType="002-directExternal:透過外部參考資料檢閱資料集內部資料，以評估資料集資料品質之方法。"
  metadata:measureDescription="評估道路中線資料之精度是否符合所規定之平面位置中誤差之門檻值，亦稱標準誤差，其定義為在有限測量次數中，觀測值與真值偏差的平方和觀測次數n比值的平方根。"
  metadata:evaluationMethodDescription="採抽樣檢驗，以外業查核方式進行平面地物點之空間絕對或相對位置幾何精度的檢核，道路中線資料之平面位置中誤差不得超過 1.25公尺。每一幅圖抽驗檢核數量，區域之抽驗圖幅內不得少於15點，區域之抽驗圖幅內不得少於10點，並盡可能均勻分布於圖面上；若遇受檢圖幅內無足夠數量之明確點可供檢核，則得以擴大至相鄰圖幅內檢核。合格與否則以檢驗屬性正確率是否達90%以上判定是否通過檢核。"/>
```

</metadata:位置精度>

圖5 轉換以 RDF 型式記錄之定量品質描述範例

```

<feature:ROAD rdf:ID="MeasurementConditions">
  <feature:Condition>道路中線為雙線道路邊緣線等分中心之連線。</feature:Condition>
  <feature:Condition>寬度3公尺以上之道路(包含隧道與橋樑)皆應測繪,但若為郊區及建物區塊之間的主要聯絡道路或山區之唯一聯絡道路,即使寬度不足3公尺亦應測繪。</feature:Condition>
  <feature:Condition>長度超過50公尺以上的道路才進行測繪,但若為郊區及建物區塊之間的主要聯絡道路或山區之唯一聯絡道路,即使不足50公尺亦應測繪。</feature:Condition>
  <feature:Condition>非供公眾通行之道路,如機關、學校、工廠內部道路,或社區建物間的聯絡通道等應繪製。</feature:Condition>
  <feature:Condition>路段應以鄉鎮市區界、道路等級、道路結構及路段名稱分割,且應考量道路連續性及完整性,不受道路寬度及遮蔽影響。</feature:Condition>
  <feature:Condition>各平面道路交叉口均需要有端點(Node),即平面交叉路口線圖元需斷線。</feature:Condition>
  <feature:Condition>除國道、快速公路(含市區高架道路)及與其平行之平面道路以雙線表示外,其餘道路以單線表示。</feature:Condition>
  <feature:Condition>如遇有上下多重疊立體道路時,將上下立體道路中線錯開不重疊,且錯開之中線至少需間隔1公尺以上。</feature:Condition>
  <feature:Condition>若遇有高架道路(或隧道)與平面道路同時存在時,須同時以雙線繪製高架道路(或隧道)與平面道路。</feature:Condition>
  <feature:Condition>路體除車道外還有至少寬達5公尺以上之分隔島、中央分隔帶、路溝、路堤等其他設施即為複雜道路。遇複雜道路路口時,考量簡化路網結構,數化為T字路口。超過5公尺以上路體之左右兩側道路分別視為兩獨立道路測繪,各自具有中線,路口交會數化成Π字形。</feature:Condition>
  <feature:Condition>若道路路口交會,錯開在1倍路寬內合併,1倍以上不合併。</feature:Condition>
</feature:ROAD>

```

圖6 轉換以 RDF 型式記錄之圖徵測製規定

(三) 地形圖徵定義之描述架構

依內政部頒布之「地形資料分類架構」,每一個地形分類均具有明確之定義,以協助測量單位判斷是否測製及協助使用者對圖徵建立正確之認知,設計之記錄內容如表 2 所示,包括每一個地形資料分類之中、英文名稱、定義、分類編碼及引用規範等,「地形資料分類架構」參考 ISO 19115 之「引用資訊」類別(CI_citation)記錄。由於「地形資料分類架構」為所有規格地形圖主題資料分類之共同參考,除非另行定義,各類圖徵將具有統一規定之語意,未來僅須由內政部維持一份可共同參考之資源描述架構,並持續檢討更新即可。基於地形資料被期許扮演之分享與應用角色,標準化之語意描述未來尚可提供跨領域知識本體相互參考及連結運作之基礎。

表2 圖徵類別定義之設計項目

RDF 所記錄之名稱	地形資料分類架構之名稱	說明	範例
ChinName	中文名稱	記錄「地形資料分類架構」中類別之中文名稱。	衛星控制點

EngName	英文名稱	記錄「地形資料分類架構」中類別之英文名稱。	satellite control point
Definition	定義	記錄「地形資料分類架構」中所訂定之明確定義。	基本控制點中，採衛星定位測量方法所設置之控制點。
TopoCode	分類編碼	記錄「地形資料分類架構」中所設計之分類編碼。	9120100
Sources	來源或依據	用以記錄此分類名稱及定義於訂定時所參考之資料來源，包括各類標準、規範等。	基本測量實施規則第 18 條
Citation	引用資訊	本項以網路連結之方式建議，實際內容參考 ISO 19115 之引用資訊類別，以說明此圖徵語意內容所參考之「地形資料分類架構」，記錄內容如表所列。	http://inspector.sindice.com/inspect?url=http%3A%2F%2Fmyweb.ncku.edu.tw%2F~p66014086%2FCitation%2FCitation_TopoClassFrame_2013.rdf&content=&contentType=auto#HTML

圖 7 顯示部分建置完成之地形資料分類定義架構，每個地形資料之分類均包括表 規劃項目之說明結果，再與其對應之地形圖徵透過 URL 建立連結後，若使用者對取得圖徵之意義有任何疑問，可以立即取得其定義，並了解其參考之依據，即令只有單一地形圖徵，也可正確解讀與應用。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE RDF>
- <rdf:RDF xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
xmlns:def="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Specification/TopoDataClassFrame.pdf#"
xmlns:feature="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Definition/Def_9420100_1.0.rar#"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
+ <feature:Definitions def:Sources="公路法第2條、交通網路資料基本標準第一版" def:TopoCode="9420100"
def:EngName="national expressway" def:Definition="指聯絡二直轄市（省）以上、重要港口、機場及重要政
治、經濟、文化中心之高速公路或快速公路。" def:ChinName="國道"
rdf:about="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Definition/Def_9420100_1.0.rar#MidRoad">
+ <feature:Definitions def:Sources="公路法第2條、交通網路資料基本標準第一版" def:TopoCode="9420200"
def:EngName="provincial highway" def:Definition="指聯絡二縣（市）以上、直轄市（省）間交通及重要政治、
經濟、文化中心之主要道路，包含一般省道及快速公路。" def:ChinName="省道"
rdf:about="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Definition/Def_9420100_1.0.rar#MidRoad">
+ <feature:Definitions def:Sources="公路法第2條、交通網路資料基本標準第一版" def:TopoCode="9420300"
def:EngName="county highway" def:Definition="縣道：指聯絡縣（市）間交通及縣與重要鄉（鎮、市）間之道
路。市道：指聯絡直轄市（縣）間交通及直轄市內重要行政區間之道路。" def:ChinName="縣道（市道）"
rdf:about="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Definition/Def_9420100_1.0.rar#MidRoad">
+ <feature:Definitions def:Sources="公路法第2條、交通網路資料基本標準第一版" def:TopoCode="9420400"
def:EngName="rural road" def:Definition="鄉道：指聯絡鄉（鎮、市）間交通及鄉（鎮、市）與村、里、原住民部
落間之道路。區道：指聯絡直轄市內各行政區及行政區與各里、原住民部落間之道路。" def:ChinName="鄉道（區
道）"
rdf:about="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Definition/Def_9420100_1.0.rar#MidRoad">
+ <feature:Definitions def:Sources="公路法第2條、市區道路條例第2條、交通網路資料基本標準第一版"
def:TopoCode="9420500" def:EngName="urban road" def:Definition="指都市計畫區域內所有道路；或直轄
市及市行政區域以內，都市計畫區域以外所有道路；或中央主管機關核定人口集居區域內所有道路。"
def:ChinName="市區道路"
rdf:about="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Definition/Def_9420100_1.0.rar#MidRoad">
+ <feature:Definitions def:Sources="公路法第2條、交通網路資料基本標準第一版" def:TopoCode="9420600"
def:EngName="exclusive highway" def:Definition="指各公私機構申請公路主管機關核准興建，專供其本身運輸
之道路。" def:ChinName="專用公路"
rdf:about="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Definition/Def_9420100_1.0.rar#MidRoad">
+ <feature:Definitions def:Sources="公路法第2條、交通網路資料基本標準第一版" def:TopoCode="9420700"
def:EngName="other roads" def:Definition="指不屬於「國道」、「省道」、「縣道（市道）」、「鄉道（區
道）」、「專用公路」、「市區道路」等類別之其他道路。" def:ChinName="其他道路"
rdf:about="http://myweb.ncku.edu.tw/~p66014086/Definition/Def_9420100_1.0.rar#MidRoad">
</rdf:RDF>
```

圖7 以 RDF 型式記錄之圖徵類別定義範例

四、測試與分析

基礎於前述之「自我描述圖徵」概念，地形圖徵之建立及處理流程如圖 8 所示，第一階段屬於規範層級，由規範權責單位負責將相關規定建立為可共同參考之網路資源，第二及第三部分由資料生產與供應單位負責，完成圖徵資料之建置及資料庫之關聯運作，最後階段則由資料供應單位負責，使用者取得圖徵資料後，可透過網路連結，取得其品質及語意資訊：

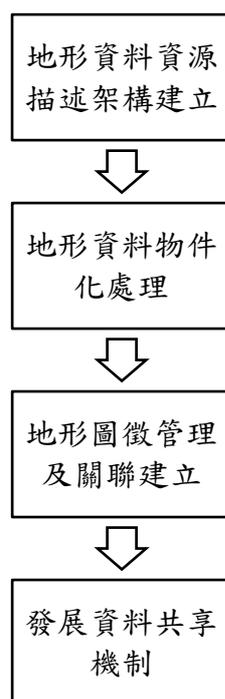


圖8 地形圖徵管理及共享機制建置流程

1. 地形資料資源描述架構之建立：本研究使用 Protégé 3.5 及 NotePad++ 軟體建立各圖徵類別之地形資料資源描述架構，每類資料均具有明確之網路資源連結，可透過任何網頁瀏覽器(例如 Internet Explorer、Chrome 等)或例如 Inspector Sindice (<http://inspector.sindice.com/index.jsp>) 網站檢視所建置之 RDF 檔案。所有相同規格之地形圖徵均可共同參考此網路資源。
2. 地形資料物件化處理：物件化之處理包括空間及屬性兩大部分，空間部分主要解決現階段地形圖以單一圖幅為單元所造成之跨圖幅資料不連續及路段具有階層式關係之問題；屬性部分則針對各個類別設計對應之項目，各圖徵類別必須至少具備一個可由地形圖測製單位產製內容之識別屬性，確保可納入管理機制及維持應有之關聯。我國地形圖目前已具有 GIS 圖層資料之規劃，原則上可滿足物件化之初步需求。

3. 建立資料間之關聯：圖徵資料以 ArcGIS Geodatabase 型式記錄，透過可供識別之屬性建立不同規格地形圖徵資料間之連結，同一類別之資料記錄於相同之資料庫表格，並透過 URL 建立與品質描述架構間之關聯。
4. 地形圖徵管理及共享機制之建立：地形圖徵資料以資料集之型式儲存與管理，內部之記錄單位為特定規格之單一圖徵，使用者可給定條件後，查詢及取得單一圖徵或同一現象不同技術規格及不同時間版本之圖徵資料。使用者可依其自我描述資訊而解讀各圖徵之不同。

以下透過道路資料之實作，分析討論地形圖徵資料管理及應用機制所能提供之資訊及效益：

(一) 提供標準及彈性之供應模式：

本例為實作通用版電子地圖道路中線資料之成果，分別建立物件化之圖徵資料及將道路相關測製規範及地形分類定義轉換為網路資源後，形成可獨立運作之機制。單一圖徵除包括自我描述架構之識別屬性、時間、比例尺、對應之地形資料分類編碼外(圖 9)，可透過「Ref」屬性所記錄之指定連結而取得相關之品質、資料處理歷程及測製規定等重要參考資訊(圖 10)，也可取得該圖徵測製相關規範之說明資訊(圖 11)。另一方面，該圖徵之相關語意內容亦可透過「Def」欄位所記錄之連結而取得，如圖 12 所示。基於此單一圖徵自我描述架構，使用者將可透過開放之架構，正確解讀不同來源、不同主題及不同規格之圖徵資料，區隔差異後加以應用。相對於過去多以單一主題檔案提供之模式，物件化層級之圖徵資料可靈活滿足僅需要特定圖徵之應用模式，透過服務機制，資料之查詢與取得之任務可由服務端擔負，使用者端只要可以給定合適之識別資訊或時空約制條件，就可取得所需之地形圖徵資料。這樣的發展不但可促進應用系統之發展，對於地形相關資料的活化應用也可提供良好之協助。當單一地形圖徵已可滿足自我描述之需求時，彙整為一個資料集的供應模式將不會有任何困難。此架構不但適用於資料集內各圖徵具有相同時間與品質狀態之情形，即使同一資料集中各地形圖徵資料時間與品質條件各不相同之情形亦可適用，應用上將更具有彈性。實作結果顯示自我描述架構可滿足獨立運作及完整說明之需求，且對於使用者端而言，所有資訊都將是開放且可隨時取得，無需額外的分析工作。

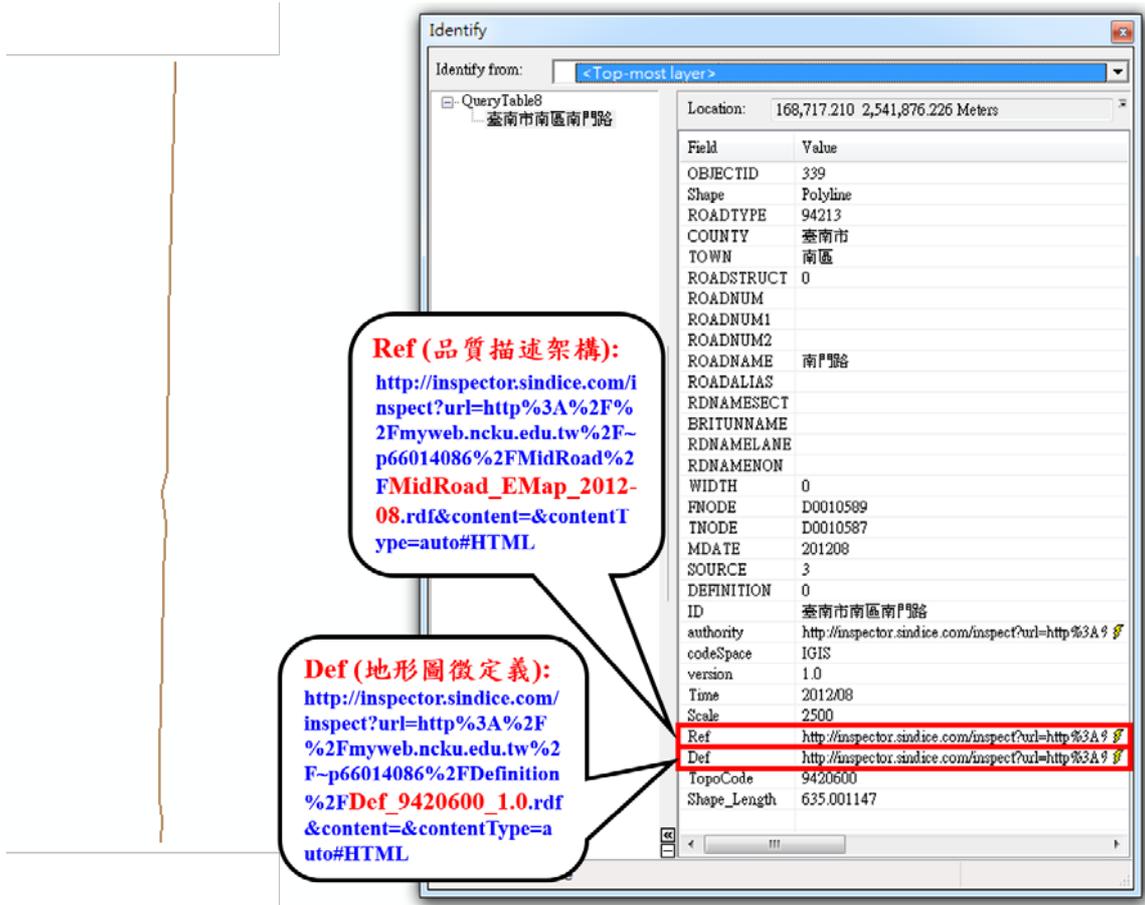


圖9 單一圖徵以自我描述架構記錄之結果



圖10 檢視單一圖徵之品質描述架構



圖11 檢視地形圖徵之引用規範資訊



圖12 檢視地形圖徵(市區道路)之定義

(二)不同版本圖徵之整合運作：

自我描述圖徵架構之特色為以物件為基礎之運作設計，由歷史資料庫之觀點，同一物件在不同時間及不同測製規定下所測製之圖徵成果可透過唯一之識別屬性而建立關聯及時序關係。以單一道路資料為例，考量不同縣市及鄉鎮市區中道路名稱重複之可能，單一道路圖徵之識別屬性以所隸屬縣市、鄉鎮市區及其完整路名所組成，透過此標準化名稱之識別屬性，即能有效作為不同來源圖徵資料間連結之依據。以「臺南市中西區民生路二段」為例，可透過 Geodatabase 關係層級之功能而建立其不同版本圖徵之連結，如圖 13 所示。

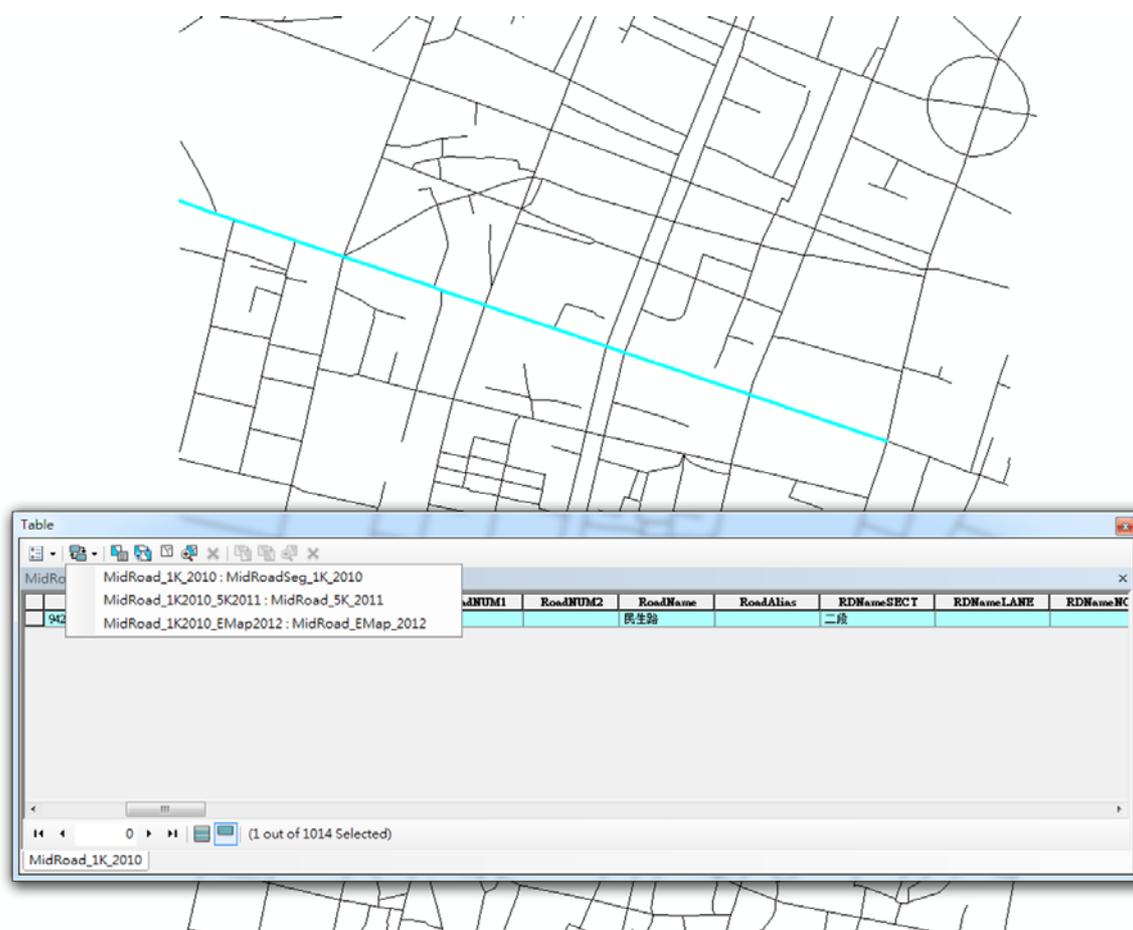


圖 13 建立不同版本路段圖徵之關係

無論使用查詢或識別屬性連結，取得同一物件不同版本之圖徵後，使用者可透過檢視圖徵自我描述架構及品質描述架構之內容，進而篩選符合其應用需求之圖徵資料。由於每個版本的圖徵都具有標準化之品質及規格說明，個別差異將可明確區隔。如圖 14 所示，當系統回應資料庫內容包括 1/1000 地形圖及 1/5000 地形圖之路段圖徵後，使用者若欲以時間作為資料篩選之主要條件，可發現最符合現況之圖徵版本為 2011 年測製之 1/5000 地形圖徵；但若考量精度，則可選擇 2001 年所測製之 1/1000 比例尺道路圖徵資料。標準化圖徵架構之優點為可確認所有取得圖徵之狀態

，並建立品質及時序之比較關係。若可將圖徵資料庫之運作層級提升至國家級地形資料庫，由地形圖之專責機關負責，持續以圖徵為基礎，匯入整體之服務機制，使用者將可以此入口型服務而取得全國可應用之基礎地形圖徵資料，減少無謂之重複建置及提升跨領域運作之廣度。若可再進一步推動跨領域共同識別碼之共識，則各領域使用者可以此識別碼由地形圖徵資料庫取得資料，再與其領域資料建立連結關係，如此即可更進一步善用地形圖徵資料庫持續更新之優勢。

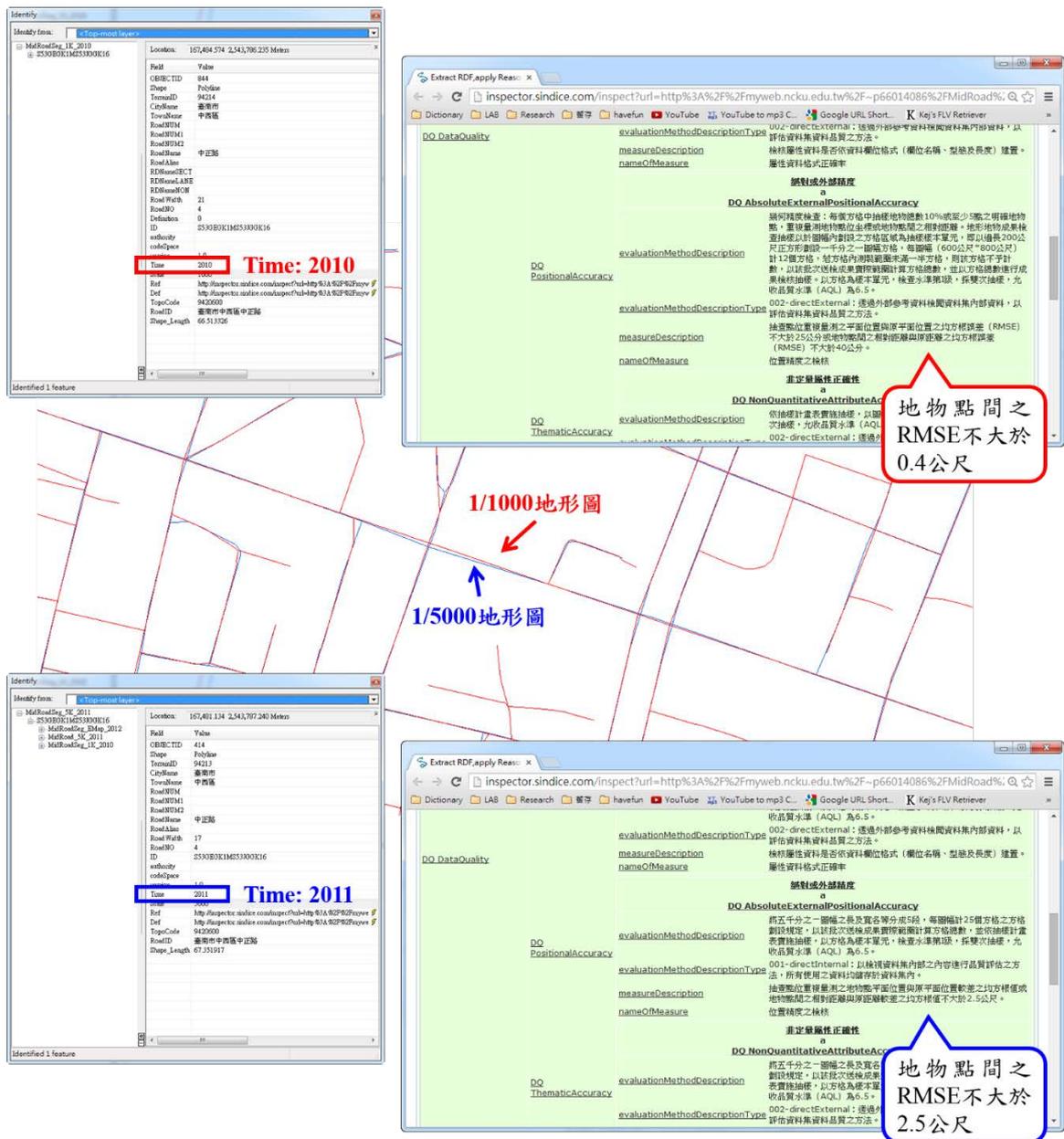


圖 14 不同規格圖徵透過自我描述圖徵之設計項目比較

五、結 論

地形圖之應用長期面臨「可以檢視，但不易加值應用」之挑戰，物件化應用與正確解讀為主要之瓶頸。地形圖徵之發展可有效提升地形資料跨領域應用之廣度及彈性，但也必須挑戰許多傳統之管理與使用思維。對於以空間資料基礎建設為概念而發展的國土資訊系統而言，跨領域資源之共享必須基礎於對取得資料之正確認識，本文提出一個以單一地形圖徵為單位，在應用與加值任務中提供完整自我描述之標準架構，符合目前地理資訊系統以物件為基礎之資料建置與應用模式。自我描述圖徵具有在跨領域應用環境中被正確解讀、相互連結及具體比較之優勢，除可滿足地形資料各類特性之描述需求，且透過開放資源描述架構之設計而強化地形圖徵之品質與語意描述，善用目前網際網路「開放」及「鏈結」技術之發展趨勢。基於地形資料現行之作業模式，可由規範之權責機關建構網路資源描述架構，且僅需發展一次，即可適用於所有遵循該測製規範而生產之資料，大幅減低生產單位之作業負擔。由於整體記錄架構以自我描述之概念發展，在跨領域應用時，可透過標準化圖徵識別屬性而在物件層級建立跨領域資料之正確對應關係，使不同領域針對相同對象所建立之圖徵資料可有效結合應用。如此地形資料不但可以圖徵為單位而廣泛提供各領域資料更新及加值應用之參考，各領域之資料也可在明確之品質規格之條件下，回饋地形資料庫之資料擴充或更新需求，促成跨領域協同合作機制之發展。以實務推動而言，應發展國家級地形圖徵資料庫，依使用者之應用需求審慎考量可納入地形圖徵之種類，以在可控制成本之建置經費下發揮最大效益。另本計畫提出之圖徵識別碼概念亦屬必須跨領域探討之課題，包括識別碼內容、記錄方式及生命週期運作模式，均需建立領域共識，才可順利建立正確之連結關係。目前發展之架構已可滿足開放及自我描述之基本需求，未來在跨領域資料之整合應用上，仍須進一步在語義(semantics)及鏈結資料(linked data)機制上因應標準技術之發展而持續探討，以提升自動化操作程序及互操作應用之可能性。

誌 謝

本文為內政部地政司委託「地形圖資料標準訂定及推動工作案」之部分研究成果，謹此致謝。

參考文獻

內政部，2011，建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊，內政部 100 年 2 月 9 日台內地字第 1000025069 號函修訂，臺北。

內政部，2013，基本圖測製說明，

<http://bmap.nlsc.gov.tw/index.php/2015-09-16-08-17-43/category/2-specification?download=3:bmap-survey-standard>，最近檢索時間 2015 年。

- 內政部地政司，2014，地形資料分類架構，內政部 103 年 6 月 20 日台內地字第 1030180493 號函修訂，臺北。
- 內政部國土測繪中心，2014，通用版電子地圖圖層內容說明，
<http://emap3.nlsc.gov.tw/emap/index.php/2015-09-16-04-03-32/category/2-specification?download=33:102-emap-layer>，最近檢索時間 2015 年。
- 全國法規資料庫，2007，國土測繪法，
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawHistory.aspx?PCode=D0060090>，最近檢索時間 2015 年 1 月 10 日。
- 全国科学技术名词审定委员会，2010，《测绘学名词》，第三版，科学出版社，中国北京。
- 全国科学技术名词审定委员会，2006，《地理学名词》，第二版，科学出版社，中国北京。
- 国土地理院，2009，電子国土基本図。
<http://www.gsi.go.jp/kibanjoho/kibanjoho40025.html>，最近檢索時間 2015 年 1 月。
- Allen J. F., 1983, Maintaining Knowledge about Temporal Intervals, *Communications of the ACM*, 26(11), pp. 832-843.
- Bartha, G., and S. Kocsis, 2011, Standardization of Geographic Data: The European INSPIRE directive, *European Journal of Geography*, 2(2), pp.79-89.
- Batty, M., A. Hudson-Smith, R. Milton, and A. Crooks, 2010, Map mashups, Web 2.0 and the GIS revolution, *Annals of GIS*, 16(1), pp.1-13.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2015, Digital Topographic Maps (DTK) for Germany,
http://www.bkg.bund.de/nr_171728/EN/FederalOffice/Products/Geo-Data/Digital-Maps/Topographic-Maps/DTK_node.html_nnn=true (Last Checked 2014/10/15).
- Federal Geographic Data Committee (FGDC), 2007, *NSDI Framework*,
<https://www.fgdc.gov/library/factsheets/documents/frame.pdf> (Last Checked 2014/10/20).
- INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe, 2004, *INSPIRE scoping paper*,
http://inspire.ec.europa.eu/reports/inspire_scoping24mar04.pdf (Last Checked 2014/11/01).
- ISO, 2002, *Geographic Information – Temporal schema*, International Organization for Standardization.
- Kresse, W., and K. Fadaie, 2004, *ISO standards for geographic information*, 1st edition, Springer.
- Kresse, W., D. M. Danko, and K. Fadaie, 2012, Standardization. *Springer Handbook of*

- Geographic Information*, Springer: Berlin Heidelberg, pp.245-271.
- Monmonier, M. S., and G. A. Schnell, 1988, *Map appreciation*, Prentice Hall.
- Ordnance Survey, 2015a, *OS Mastermap Topography Layer*, <http://www.ordnancesurvey.co.uk/business-and-government/products/topography-layer.html>(Last Checked 2015/01/15).
- Ordnance Survey, 2015b, *Policy Statement-OS Mastermap Topographic Identifiers -TOIDS*,<http://www.ordnancesurvey.co.uk/about/governance/policies/os-mastermap-toids.html>(Last Checked 2015/01/15).
- Østensen, O. M., and P. C. Smits, 2002, ISO/TC211: Standardisation of geographic information and geo-informatics, *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS'02. 2002 IEEE International*, Canada: Processes in IEEE, 1, pp.261-263.
- Robinson, A. H., J. L. Morrison, P. C. Muehrcke, A. J. Kimerling, and S. C. Guptill, 1995, *Elements of Cartography*, 6th edition, Wiley.
- The World Wide Web Consortium (W3C), 2004, *RDF Primer*, <http://ontogenealogy.com/documents/2013/02/rdf-primer.pdf>(Last Checked 2014/07/01).

全球感測網之發展現況與未來議題探討

黃智遠^{1*}

論文收件日期：104.04.07

論文修改日期：104.07.02

論文接受日期：104.07.20

摘 要

隨著感測器及通訊技術的發展，感測器的使用逐漸普及。不論是政府機關、研究團隊皆可部署感測器網路(sensor network)以達成各自的目的。但不同的感測器網路常使用不同的資料傳輸及分享協定，造成各個感測器網路成為封閉的系統。全球感測網(World-Wide Sensor Web)即是針對此項問題進行探討並提出解決方法。透過開放式標準的制定，不同感測器及感測資料可匯集整合在同一個概念及邏輯架構內。經由連結世界上所有的感測資源，全球感測網預期將可持續不斷地監控世界各地發生的各種環境現象。但全球感測網願景的實現需要各界的投入與配合。因此，本文的主要目的為推廣全球感測網，進而吸引更多研究能量及參與意願一同實現全球感測網的願景。基於本文作者於全球感測網實作及標準開發參與的經驗，此篇文章介紹了全球感測網的概念、發展歷史、不同類型的架構、以及未來潛在的研究方向與議題。

關鍵詞：全球感測網、地理空間數位基礎建設、開放地理資訊系統

¹ 專案助理教授，國立中央大學太空及遙測研究中心。

* 通訊作者，TEL: (03)425-7232#57692， E-mail: cyhuang@csrsr.ncu.edu.tw

A Discussion on the Current Development and Future Direction of the World-Wide Sensor Web

Chih-Yuan Huang^{1*}

Abstract

With the advance of sensor and communication technologies, sensor networks have become technologically and economically feasible for organizations and individual scientists to monitor various phenomena. But different sensor networks may define or follow different proprietary data formats or communication protocols, which results in sensor network silos and information cannot be exchanged between silos. One of the main objectives of the World-Wide Sensor Web is to address this interoperability issue with open standards. In this case, all the sensors and sensor data in the world can be integrated into the same conceptual and logical framework, with which the sensor web can continuously monitor various events happen everywhere. In order to realize the sensor web vision, we need collaborations across many organizations and individuals. Therefore, the main purpose of this paper is to further promote and introduce the sensor web in order to attract more research and collaboration energy into the realization of the sensor web vision. Based on the author's multi-year experience developing and defining sensor web applications and standards, this paper introduces the sensor web concept, history, different types of architectures, and some potential research directions and issues.

Keywords: Geospatial Cyberinfrastructure, OpenGIS, World-Wide Sensor Web

¹ Project Assistant Professor, National Cheng Kung University

* Corresponding Author, TEL: +886-425-7232#57692, E-mail: cyhuang@csrsr.ncku.edu.tw

一、前言

近年來，感測器陣列(sensor array)越來越常用於監測世界上各種物理現象。除了大規模感測器陣列，如 ARGOS 浮標網和世界氣象組織(World Meteorological Organization)的氣象網絡，技術上和經濟上低成本的感測器網絡的出現使科學家們可獨立運作中小規模的感測器陣列。此外，許多機構，如全球綜合地球觀測系統(Global Earth Observation System of Systems, GEOSS)和美國國家海洋和大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)海洋綜合觀測系統(The U.S. Integrated Ocean Observing System, IOOS)，提出以全球網際網絡(World Wide Web, WWW)連結這些感測器陣列。使用者可通過全球網際網絡訪問位於世界各處的感測器和感測器產生的資料。

隨著開放標準定義的資料模型和網絡協定，感測器和感測器數據可經由互操作化(interoperable)的方式集合起來，這就是現今全球感測器網絡(World-Wide Sensor Web)的主要概念(Liang et al., 2005; Botts et al., 2007; Bröring et al., 2011a)。如同全球資訊網絡像是「全球電腦」般，感測器網絡被認為是一個「全球感測器」。這個「全球感測器」包含了各式各樣的感測器，如衛載或空載遙測感測器、全球尺度的氣象觀測網路、交通路網監視器、比名片還小的感測塵(sensor motes)、以及近來受到許多矚目的穿戴式感測器。經由結合世界上所有的感測器，全球感測網能夠以過往無法達到的大時間與空間尺度監測物理世界。

Neil Gross 在 1999 年出刊的《商業週刊》(Business Week)中(http://www.businessweek.com/1999/99_35/b3644024.htm)，針對全球感測網提出了一個生動且常被引述的願景：「在下個世紀，地球將穿上一層電子皮膚。這層電子皮膚將使用網際網路(Internet)作為其神經網路，用以傳輸地球的感覺。這層皮膚正透過數百萬個嵌入式感測裝置漸漸地被縫紉在一起，包含溫度計、壓力計、污染探測器、攝影機、錄音機、血糖儀、心電儀、腦電圖等。這些感測裝置將會探測及監測城市、瀕臨絕種的生物、大氣、船隻、道路、車輛、人們的通話、身體狀況、甚至是夜裡做的夢。」

在 Neil Gross 提出他的願景的十年後，社群網路的蓬勃發展產生大量的資料(如 facebook.com 每天產生 500 terabytes 的新資料)，但 Stephen Brobst，Teradata 資料倉儲公司的 CTO，在 2010 年受訪時表示(<http://www.zdnet.com/article/sensor-data-is-data-analytics-future-goldmine/>)：「我不認為社群網路會坐擁世界上最大的資料庫太久。在接下來的三到五年，我預期感測器產生的資料量將會超過社群網站的資料量。並且從此之後，感測資料量將不將是以超過社群網站資料量的百分之十或二十存在，而是以超過其十或二十倍的數量獨佔鰲頭。」

雖然上述的全球感測網願景尚未完全實現，也未有人確實比較社群網站的資料量與全球感測網的資料量，但由於感測網強大的監測能力，越來越多領域的研究者開始廣泛使用感測器於不同的應用。其中包括大規模環境監測(Hart and Martinez,

2006; Stasch et al., 2012; Liang and Huang, 2013)、土木結構健康狀況監測(Xu, 2002)、道路監測(Hsieh, 2004)、動物棲息地監測(Mainwaring et al., 2002)、以及緊急應變系統(Kassab et al., 2010)。

由於全球感測網為必然的發展趨勢，以及其未來廣泛的應用潛力，這篇文章將針對全球感測網的發展現況以及未來的研究議題進行探討。除了提供對感測網進一步的介紹與推廣，亦希望吸引各界的參與以加速全球感測網願景的實現。

二、全球感測網的發展

全球感測器網路的概念最初是在 1997 年由美國航空及太空總署(National Aeronautics and Space Administration; NASA)的噴射實驗室(Jet Propulsion Laboratory; JPL)所提出，其想法為連結大量在空間中散佈的感測器以獲取環境資訊，這些感測器預期為一般大眾消費市場所能取得的感測器(Delin, 2005)。而近年來，隨著感測器硬體設備及通訊科技的進步，全球感測網的發展速度加快。各式或大或小的感測器被散佈在人們的日常生活中。例如，空調設備的溫度計、房間裡的煙霧偵測器、道路車流監測器及攝影機、智慧型手機及車載導航的全球定位系統接收器、氣象站及水位站、衛星及航空相機、以及穿戴裝置的心律、腦波、血糖監測儀。而通訊科技除了無線電波及無線網際網路(Wi-Fi)，低功耗的新一代藍芽(Bluetooth Low Energy)及 Zigbee 通訊協定的推出讓感測器散佈的範圍更廣以及感測資料的回傳可以更加即時。

隨著感測器的普及，不同感測器及感測資料的結合開始受到各界重視。舉例而言，欲分析空氣污染的來源，我們可能需要結合氣象站、車流監視器、衛星影像。欲監測林木盜伐或砂石盜採，全球定位系統接收器、道路攝影機、航空影像等可以提供各式資訊。而在天然災害發生或救災時，所有的環境監測感測器、救災車輛及人員的定位裝置、衛星及航空相機、甚至是受災人員的穿戴裝置，若能即時地結合在一個緊急應變系統內，將可提供更多且更精確的防救災資訊幫助決策者做出正確的決定。

因此，現今全球感測器網路的發展較原先 NASA JPL 所提出的概念更加廣泛。為了避免重新開發一個資訊整合媒介，全球感測器網路發展方向為透過全球網際網路(WWW)連結在全球各地的感測器以及這些感測器所產生的資料。因此同樣經由網際網路，任何使用者可以連結並使用所有開放的感測器及感測資料，進而由大量的感測器資料觀測到過去無法察覺的現象(Botts et al., 2007; Bröring et al., 2011a; Liang and Huang, 2013)。

但由於感測器種類繁多，以及各個硬體開發商有各自訂定的通訊及資料編碼方式，這些異質性(heterogeneity)造成感測器及感測資料難以被自動整合。因此，為了解決異質性的問題，我們需要一個基於開放式標準(open standard)的生態系統(ecosystem)連結各式的感測器以及他們產生的資料。概念上而言，只要感測器開發商或擁有者願意貢獻他們的感測器至全球感測網系統，他們可以根據開放式標準分享感測器及資料在網際網路服務上。而任何使用者將可根據相同的標準從這些網路

服務取得並且理解這些資料。因此，現今全球感測網的發展重點主要為訂定及推廣開放式的感測網標準。由於感測網涵蓋多個層面，從感測器硬體通訊到網路服務協定，感測網的實踐可選擇追循不同的標準，例如區域性通訊媒介的 Zigbee、Bluetooth、Wifi、CoAP、6LoWPAN，一般性資料分享服務(如 OASIS Open Data Protocol)，感測資料語意加值標準(如 W3C Semantic Sensor Networks)，或是不同領域各自開發的標準(如 CUAHSI WaterOneFlow、Metadata for Climate Models、WMO FM 系列)。但此些不同目的的標準由不同組織所制定，且未有完整的作業流程。反之，近年來以開放式地理空間聯盟(Open Geospatial Consortium, OGC) 訂定的一組稱作感測器網路賦能(Sensor Web Enablement, SWE)的標準所涵蓋的層面及架構最為完整。

(一) OGC Sensor Web Enablement

開放式地理空間聯盟為一個非營利的國際組織，由政府機構、學術團體、及公司組成，其主要的目的為制定開放式地理資訊標準。OGC 從 1994 年成立後，陸續制定開放式標準，包含 GML (Geography Markup Language)、KML (Keyhole Markup Language)、WMS (Web Map Service)、WFS (Web Feature Service)等常用的標準。在 OGC 制定的標準中，SWE 為一組針對全球感測器網路開發的開放式標準。

SWE 標準包含感測器資料模型(data model)、資料編碼(data encoding)、和不同用途的網路服務協定(web service protocol)。整體而言，SWE 標準至今已有兩個版本，自 2006 年開始，第一版的各項 SWE 標準陸續提出，而第二版的 SWE 標準約在 2010 年開始進行(Bröring et al., 2011a)。其中，SWE 標準主要可分為兩類：(1)資訊模型與架構(information model and schema)、及(2)網路服務協定。SWE 現今常被提及的各個標準所屬類別及其簡介如下列所示：

1. 資訊模型與架構

- (1) SWE Common：制定 SWE 標準共同的資料格式。
- (2) SensorML (Sensor Model Language)：定義感測器的詮釋資料，包含感測器的屬性及其產生資料的精確度。
- (3) O&M (Observation and Measurement)：訂定感測資料的概念模型(conceptual model)及其 XML 格式。

2. 網路服務協定

- (1) SOS (Sensor Observation Service)：制定網路服務讓使用者存取感測器的詮釋資料及其產生的時空資料。
- (2) SPS (Sensor Planning Service)：定義標準網路協定供使用者指派及管理感測器任務。
- (3) WNS (Web Notification Service)：訂定長時間不同步(asynchronous)通訊模式的標準網路協定。
- (4) SAS (Sensor Alert Service)：提供網路服務協定供使用者訂閱感測器發佈的資訊。

如上述簡介所述，OGC SWE 不僅為了開放感測器資料制定標準，亦針對其他感測器應用模式提出標準化方案，如感測器任務指派、不同步通訊、及感測資料的訂閱/發佈(publish/subscribe)。整體而言，SWE 有三個主要的作業流程(圖 1，Simonis, 2008)，分別基於 SOS、SPS、及 SAS：

- (1) SOS 流程(圖 1):在 SOS 流程內，感測器可將本身的 SensorML 文件註冊至 SOS 服務或是目錄服務(如 OGC Catalogue Service，亦即圖 1 中之 CAT)。SOS 亦可將自己註冊於目錄服務內供使用者查詢。在感測器產生資料後，感測資料將被直接傳送至 SOS 或是儲存於一個資料庫內。使用者將可先透過目錄服務查詢到 SOS，再傳送請求至 SOS。當 SOS 收到使用者的請求，SOS 將與資料庫連結並以 O&M 資料模型回傳使用者要求的感測資料。

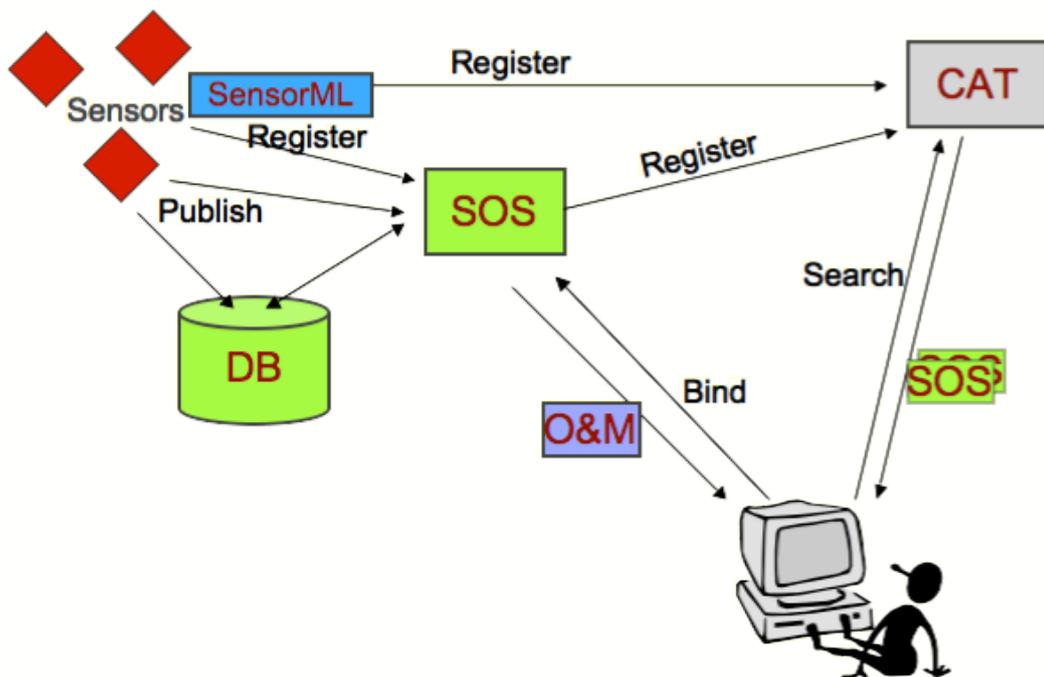


圖1 SWE 主要作業流程- SOS 流程(Simonis, 2008)

- (2) SPS 流程(圖 2):在 SWE 架構內，若使用者有需求產生新的感測資料或指派感測任務，使用者可先透過目錄服務搜尋 SPS 網路服務(圖中標號 1)，再經由 SPS 指派任務給感測器(圖中標號 2)。當感測器完成任務後，SPS 將指派 WNS 傳送通知(notification)給使用者(圖中標號 3 與 4)，並且指引使用者至 SOS 取得感測資料(圖中標號 5 與 6)。這個流程中，在使用者傳送任務給 SPS 前，使用者需先在 WNS 服務內註冊其偏好的聯絡方式，並將註冊的資訊一併傳送給 SPS。

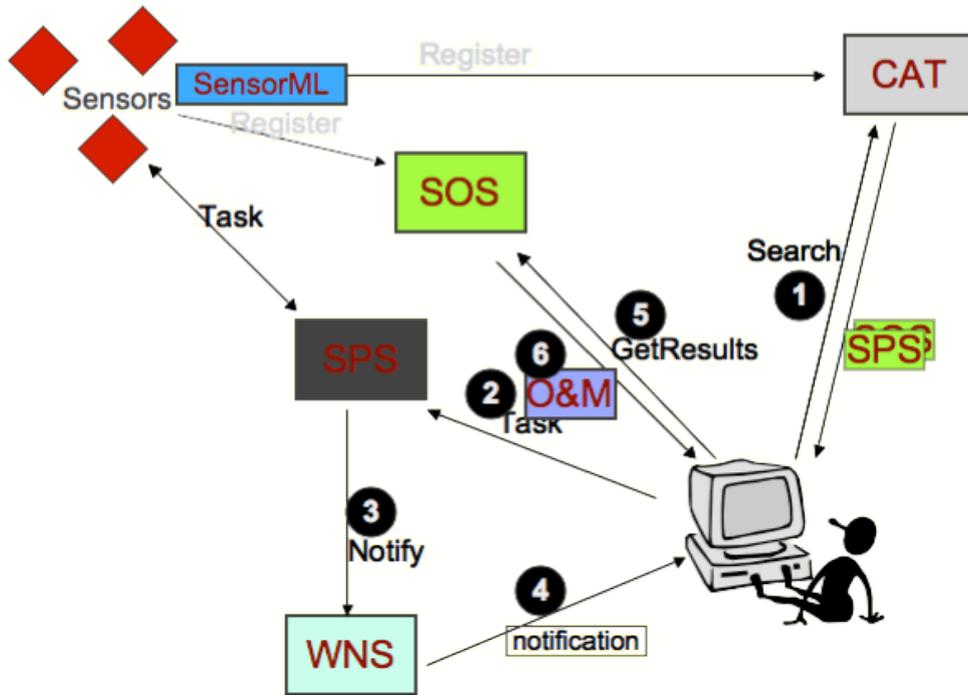


圖2 SWE 主要作業流程- SPS 流程(Simonis, 2008)

- (3) SAS 流程(圖 3)：SAS 作業流程的主要目的為提供使用者即時的感測資料。如同其他流程，使用者可在目錄服務內搜尋 SAS 服務。透過 SAS，使用者可指定查詢條件以訂閱感測器所產生的資料。當感測器產生新的感測資料後，感測資料將被傳送至 SAS，若 SAS 判斷感測資料符合使用者的查詢條件，SAS 將透過 WNS 傳送通知給使用者。如同 SPS 流程，使用者需先在 WNS 服務內註冊其聯絡方式，並一併將註冊的資訊傳送給 SAS。

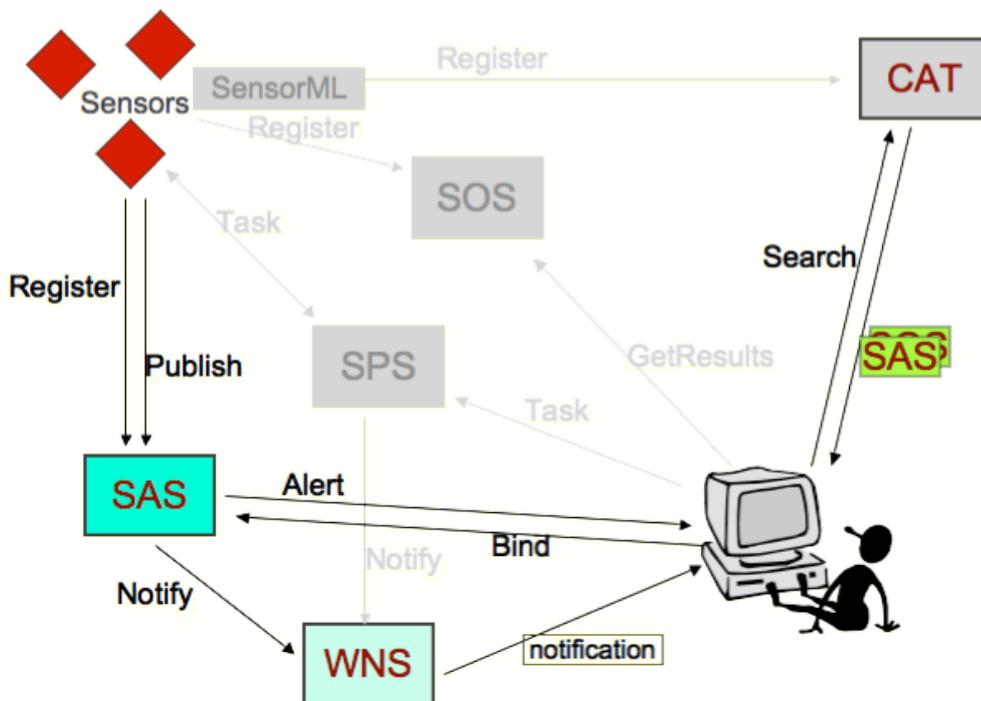


圖3 SWE 主要作業流程- SAS 流程(Simonis, 2008)

雖然 OGC SWE 提出了三種全球感測網的作業流程，但並非所有的應用皆需要這三種流程。其中，尤以 SPS 的任務指派及 SAS 的訂閱通知因目的特殊，較少被各界使用。而在這三種流程中，以 SOS 為主的感測資料分享流程最為普遍。感測資料擁有者常使用 SOS 服務協定分享他們的資料，以期這些資料能夠透過開放且互操作化的方式輕易地被外界使用。

(二) 全球感測網架構類別

基於 SWE 標準，已有許多組織及研究嘗試實現全球感測器網路的願景。其中，組織如 52°North 積極的參與 OGC SWE 標準工作小組(standard working group, SWG)，並且根據 OGC 標準開發並開源(open source)多個 SWE 的網路服務及客戶端實作。Dr. Mike Botts 創辦的 Botts Innovative Research 亦主導了 SensorML 的開發及 SWE 領域工作小組(domain working group, DWG)的運行。而學界研究團隊如 George Mason University 的 Center for Spatial Information Science and Systems (CSISS)、University of Münster 的 Institute for Geoinformatics (ifgi)、University of Calgary 的 GeoSensor Web Laboratory、及 Georgia State University 的 Sensorweb Research Laboratory 也在過去十年內持續參與 OGC SWE 標準的開發及使用。

由於 SWE 提供一個基於開放式標準的全球感測網架構，已有一些實際感測網應用範例使用 SWE 標準。例如 NASA 使用 SOS 取得衛星定位及影像資料，或透過 SOS 分享天氣預報模式成果。2008 年軍事科技演習 Empire Challenge 使用 SOS 傳輸無人飛行載具的飛行路徑及照片，以及分享部隊移動的資料。德國-印尼海嘯預警中心使用 SOS 整合各式感測資料供預警模式分析。PULSENet 計畫以 SOS 整合空氣品質及火災預報資料。此外，SWE 標準亦被用於 NOAA 海洋資料分享及 SLEWS 土石流預警系統。

而從全球感測網的架構而言，主要可以根據開放式標準的使用程度分成三類：

1. 純 OGC 服務架構：第一類如 Bröring et al. (2011a)與 Resch et al. (2009)所建議的以純 OGC 網路服務導向架構(service-oriented architecture, SOA)達成感測器資料的搜尋、傳輸、及處理。此類架構的設計常利用服務串鏈(service chaining)的概念結合上述提到的 SWE 標準以及 OGC 的其他標準，例如利用 OGC Web Processing Service (WPS)對感測資料進行自動化加值處理。
2. 擴增 OGC 架構：然而，以純 OGC 服務組合的架構在實際運作上仍有其問題。因此，第二類的全球感測網架構主要為提出額外的服務配合 OGC 標準的使用。例如，Moodley and Simonis (2006)與 Bai et al. (2010)發現 OGC 服務串鏈及語意異質性的問題，並且在使用 OGC 標準的同時，嘗試利用多代理人系統(Multi-Agent System)的方法解決發現的問題。此外，GeoCENS 計畫(Liang and Huang, 2013)除了使用 OGC SOS、SPS、與 WMS 提供感測器資源外，亦提出其他的系統組件，如 OGC 服務搜尋引擎、全球感測網瀏覽器、及語意層服務，以解決在 OGC 生態系統內觀察到的問題。

3. 非標準服務架構：第三類的全球感測網架構屬於非 OGC 標準的架構。其中包含 Intel Research 的 IrisNet(Gibbons et al., 2003)提出一個基於階層結構的分散式系統，並且開發在分散式 XML 感測資料文件內查詢的技術。Microsoft Research 的 SensorMap(Ahmad and Nath, 2008)提出一個集中式的入口網站讓使用者查詢感測資料，並且為了解決擴展性及效能的問題，他們提出 COLR-Tree 資料結構索引(index)及快取(cache)感測資料。LiveWeb 計畫(Yang et al., 2011)為另一個非 OGC 標準的感測網架構。他們提出一個感測網入口網站，用以展示及監測即時的感測資料。LiveWeb 計畫中較特別的部分是利用訂閱/發佈模式提供感測資料或事件的即時通知。

此外，OGC 標準亦常被各國及國際空間資料基礎建設(Spatial Data Infrastructure, SDI)採用。例如國際性的全球空間資料基礎建設(Global SDI, GSDI)、聯合國空間資料基礎建設(United Nations SDI, UNSDI)、Group on Earth Observations(GEO)的 GEOSS、及歐盟 INSPIRE 組織(Infrastructure for Spatial Information in Europe)的歐洲空間資料基礎建設(European SDI; ESDI)。國家型的空間資料基礎建設包含美國的聯邦地理資料委員會(Federal geographic Data Committee, FGDC)與國家空間資料基礎建設(National Spatial Data Infrastructure)，以及加拿大、德國、澳洲、台灣等國皆使用 OGC 標準作為空間資料分享的依據。

從概念上而言，空間資料基礎建設與上述所提之三類全球感測網架構有所不同。空間資料基礎建設的主要目的為促進分散各處之空間資料的流通與分享，經由提供一個集中式管理的目錄服務(catalog service)，使用者可利用各個網路服務的詮釋資料(metadata)尋找適合他們應用的服務。而上述所提的三類系統架構除了資料的流通外，亦包含了網路服務的串鏈及資料的自動化處理，因此較偏後續的應用。

三、全球感測網的未來潛在研究議題

本文至此介紹了全球感測網的起源、願景、發展、及不同的架構。而為使讀者進一步瞭解感測網的內容及發展趨勢，根據本文作者數年來實作、應用、及制訂 OGC SWE 標準的經驗，以下列出幾點全球感測網未來的潛在研究方向與議題供讀者參考。希望經此吸引更多研究能量一同實現全球感測網的願景。

(一) 更現代的感測網服務：

如先前章節所述，目前全球感測網以 OGC SWE 為最廣泛應用的一套開放式感測網資源分享標準。但如同許多 OGC 網路服務，SWE 主要建構於傳統 SOAP(Simple Object Access Protocol)及 XML(Extensible Markup Language)的網路服務協定模式。由於此種協定模式所需的網路請求(request)及回應(response)訊息龐大，客戶端(client)在組譯請求及解析回應訊息時會造成效能上的負擔。

而近年來，在網路程式設計(web programming)上，較受青睞的網路服務協定為 REST(Representational State Transfer)及 JSON(JavaScript Object Notation)的搭配。透過 REST 的階層及互相連結式的風格，以及 JSON 輕量的訊息大小和 JavaScript 的

使用便利性，客戶端的負擔將可大幅降低。經由使用 REST 與 JSON 加強感測資料的使用性(usability)，預期將可加強全球感測網的曝光度，並且讓開發者或使用者更願意使用感測網資源。

基於這個概念，Huang and Liang (2014)提出結合 SWE 的 SOS 及 OASIS 的 Open Data Protocol(OData)的感測資料中介站(mediator)。此中介站可即時地轉換 SOS 及 OData 網路服務內的資料，進而讓使用者可透過 REST 及 JSON 使用 SOS 的感測資料，或讓資料提供者以 REST 及 JSON 的方式架設 SOS 網路服務。另一個範例為目前 OGC 正在制定的 SensorThings API 標準即是基於 REST 與 JSON 所開發的。

但我們需要從根本上改變開放式標準以達到最佳的互操作性。本文作者預期 JSON 訊息的制定將會是首要目標，亦是目前 SWE 標準受人詬病的部分之一。而 REST 的使用或許不會成為將來 SWE 的走向，例如目前第二版的 SOS 制定的 KVP(key-value pair)模式已讓使用者在組譯請求時的複雜度降低。但 REST 的使用除了可使請求輕量化及直覺化，亦能使傳統網路爬蟲(web crawler)直接發掘感測資料，進而加強感測資源的搜尋。

(二) 更易架設及管理的感測網服務：

本文作者認為全球感測網的發展應追尋過去全球網際網路的發展模式。任何標準的制定及普及化除了標準本身的正確性及完整性外，是否有簡單且容易使用的工具甚至對於開發者及使用者在考量使用標準時的影響更大。尤其在科技及社會步調快速的時代，大多數使用者沒有足夠的時間及熱情去閱讀及瞭解上百頁的標準文件。

雖然 OGC 制定標準時，亦會開發參考實作(reference implementation)供使用者利用。但實際上在架設或是修改參考實作時，因為不同開發者的習慣及使用的工具不同，所需花費的時間甚至不會較從新開發來的少。因此，為了進一步加強全球感測網標準的普及率，我們需要更容易架設且管理的感測網網路服務工具。

全球網際網路蓬勃發展的其中一個原因是有許多的工具幫助網站架設者輕易地架設及管理網站，而網站架設者完全不需要閱讀全球網際網路標準文件(如 HTTP)即可達成目標。當然，不同的工具提供不同層次的客製化程度，從低階的不同程式語言函式庫(如 Java Servlet、Microsoft 的 ASP.NET 等)讓開發者直接設計網站或服務協定，到高階的透過直覺的使用者介面設計及管理網站的內容(如網站管理系統 Google Blogger、WordPress、Drupal 等)。這些工具使得任何人皆可輕易地在全網際網路上架設網站或網路服務，進而使得全球網際網路成為人類史上最大的分散式資料庫。

因此，為了使全球感測網普及化，我們需要更多、更方便使用、且不同層次的工具，這些工具將內建感測網開放式標準。不需透過閱讀感測網標準，使用者即可根據他們的應用或偏好(如不同的程式語言、客製化程度、或管理的便利性)選擇合適的工具快速地架設標準的感測網服務。最終，全球感測網將可獲得更豐富的資源，進而吸引更多的使用者以及工具的開發，達成一個良性循環。但如同廣告利潤之於

全球感測網，更深層的問題是如何找出合適的商業模式(business model)或激勵(incentive)吸引最初的全球感測網工具開發能量。

(三) 更完整的感測資源搜尋：

如前所述，本文作者認為全球感測網的發展方式應與全球網際網路類似。因此，感測資源的搜尋方式亦應與現今網站的搜尋方式相似。近年來，由於大量可供選擇的工具降低網站架設的難易度，網站的數量持續快速地增加。為了解決使用者從大量網站中找尋特定網站的困難，目前最常見的方式為透過網路搜尋引擎(Web search engine)，如 Google、Bing 等。這些網路搜尋引擎利用網路爬蟲主動地經由超連結(hyperlink)發掘並索引網際網路上的網站。藉此，使用者可透過網路搜尋引擎找到極大部分的網站，即便網站架設者沒有主動地將網站註冊在搜尋引擎內。

反之，現今全球感測網的資源搜尋主要以目錄服務模式為主。感測網服務提供者需要主動地將服務的詮釋資料註冊於目錄服務內。常見的目錄服務如 OGC 制定的 Catalog Service 或各個空間資料基礎建設所提供的註冊服務(registry)。爾後，使用者可在目錄服務內搜尋到儲存在其內部資料庫的感測網服務。但此種模式的主要問題在於使用者無法從單一個目錄服務搜尋到所有可能的全球感測網服務，因為目前沒有組織能要求所有的感測網服務提供者主動註冊他們的服務。

因此，本文作者認為全球感測網需要一個搜尋引擎，主動地透過網際網路發掘並索引感測網服務。服務提供者僅需架設服務並在任何開放的網站放上超連結，此全球感測網搜尋引擎將如 Google 一般，能讓使用者搜尋到這些感測網服務。藉此，使用者將可搜尋到完整的全球感測網資源，並且降低服務提供者的負擔。

(四) 語意異質性：

由前述章節可知，制定全球感測網標準的主要目的為消除異質性並且提供統一的模式連結感測網資源。但即便感測網資源提供者追循相同的開放式標準，標準允許的靈活性(flexibility)仍會造成異質性(Knoechel et al., 2011)。舉例而言，在真實的 SOS 網路服務內，至少有 12 種不同的 URN(Uniform Resource Name)名稱用來描述「風速」的概念。此種命名上的異質性造成使用者需要結合這 12 種 URN 以取得所有風速的感測資料。

此外，由於 SOS 服務提供者常自訂 URN，而非追循一個統一的本體論(ontology)，進而造成 URN 之間的關係缺乏根據。例如，「降水」URN 與「降雨」、「降雪」URN 之間的關係應是水資源研究者從 SOS 取得感測資料時需要知道的資訊。以上描述的命名差異與名稱間的關聯性可歸納為語意上的異質性(semantic heterogeneity)(Knoechel et al., 2011; Bishr, 1998)。

此種語意異質性造成使用者在整合感測資源時的困難。而欲解決此語意異質性，可能的方式為先自動化的判斷 URN 間的相似程度並群聚代表相同概念的 URN，再定義或使用一個現存的本體論(如 NASA 的 SWEET Ontologies)建立 URN 之間的關

係。經此，使用者將可透過一個統一的本體論向全球感測網要求資源(Knoechel et al., 2013)，進而提升感測網網路服務的使用性。

(五) 物聯網：

物聯網為近年來廣受矚目的發展，其主要的概念為日常生活中的物品皆可與網際網路連結，並在網路上具有其虛擬身份(virtual identity)。使用者可透過網際網路得知各個物品的屬性、狀態、或其內部感測器產生的資料，甚至控制物品的制動器(actuator)。因此，物聯網主要可分為兩組流程，分別為感測流程及控制流程。這兩個流程分別可以對應至 OGC SWE 標準中的 SOS 及 SPS 作業流程。

因此，在物聯網發展的同時，如何定義開放式標準將物聯網與全球感測網結合以豐富感測資料的來源亦為現今的一個發展趨勢。例如在 OGC SWE 內，一個稱作 Sensor Web Interface for the Internet of Things (SW-IoT)標準工作小組近期針對物聯網提出 SensorThings API 標準。目前第一個版本的 SensorThings API 標準主要針對感測流程訂定 REST 及 JSON 網路服務協定，並且採用與 SOS 相同的 O&M 資料模型。但控制流程由於仍需進一步討論，故並未納入第一版的 SensorThings API。

(六) 安全及隱私：

全球感測網與物聯網在普及化時皆面臨相同的安全及隱私問題。在將位於全球各處的感測器及物聯網的智慧物品(smart object)連結到網際網路的同時，社會大眾常存有感測資源及智慧物品被惡意盜用或洩露隱私的疑慮。但安全及隱私是目前全球感測網開放式標準中較少被討論的部分，且常被認為是應用開發者需要在感測網網路服務上建構的額外保護層。因此，如何提出更完整的一套流程確保感測資源的安全性及保護資源提供者的隱私，進而讓大眾願意貢獻他們的資源將是需要被討論的議題。

(七) 巨量感測網資料：

隨著越來越多的感測器被部署於世界各處，當感測器有足夠的電力支援時，高頻率的感測資料可被即時地回傳至感測網網路服務。Liang and Huang(2014)及 Huang (2014)所分析歸納出全球感測網符合巨量資料(big data)的 3V 特性，分別為「量」(Volume)、「速」(Velocity)、及「多變」(Variety)，並且稱之為巨量感測資料(Big Sensor Data)。

一般巨量資料所造成的資料管理問題亦發生在巨量感測網資料上。當「多變性」(如感測器硬體、資料格式、感測現象、傳輸協定、資料編碼、語意等異質性)可藉由制定開放式標準的方式解決，「量」的問題主要屬於儲存單筆巨大資料或巨量微小資料的分散式時空資料管理系統的範疇。而「速」的問題主要來自大量感測器高速產生的感測資料流(sensor data stream)，如何設計一套感測時空資料流管理系統即時地轉換資料流成為資訊流(information flow)是發展的重點之一。

(八) 開源硬體：

近年來，開源硬體(open source hardware)的出現大幅降低自行組裝感測節點的成本及困難度，如 Arduino、Netduino、Raspberry Pi 等微控制器(microcontroller)系列以及許多不同的感測器、制動器、及通訊組件。任何具有基本程式開發能力的人皆可購買這些開源硬體並且客製化符合不同應用需求的感測節點或物聯網的智慧物品。

而對於全球感測網而言，如何將這些開發成本低廉的開源硬體納入全球感測網為需要進一步探討的課題。其中開放式標準、隨插即用(plug-and-play)、及在地通訊協定(如在藍芽或 Zigbee 上的通訊協定)應被納入考量。近年亦有一些研究使用開源硬體於不同監測應用，如 Rodríguez-Molina et al.(2013)、Jazayeri et al.(2012)、Bröring et al.(2011b)。

此外，這種讓使用者貢獻感測資源的應用屬於志願式地理資訊(Volunteered Geographic Information, VGI)的範疇，而志願式地理資訊的一個主要的問題即是資料的品質。尤其對於低成本的感測器，即便有工廠提供的感測精度，實際收集到的感測資料可能具有無法忽略的誤差。因此，如何偵測可能有問題的感測資料亦是在使全球感測網資源更加豐富的同時，需要思考的議題。

除了以上八項議題外，其他需要思考的方向包含感測資料來源(provenance)、資料品質的評估與資料清理、不同資料來源及型態的結合、以及全球感測網願景的推廣等。

四、結 論

此篇文章介紹了全球感測網的概念、發展歷史、不同類型的架構、以及本文作者歸納出的未來研究議題與趨勢。全球感測網非突然出現的新技術，亦非一夕之間就能達成的願景。在過去的十幾年內，各式研究能量的投入才讓我們開始逐漸將世界上的感測器連結起來。但全球感測網的願景離實現還非常遙遠，不僅是感測器及感測資料的連結還未普及，管理巨量感測資源所需的資源搜尋、結合、儲存、與即時處理技術皆尚未成熟。

以台灣為例，許多政府機關或研究團隊皆有不同的感測資源，但這些資源多仍屬封閉，不論是沒有開放給外界或是使用自訂的傳輸協定。在台灣近年極力推廣開放資料的同時，我們必須確保感測資源的開放能夠與全球感測網連結，以避免浪費人力及政府資源。同時，感測資源的開放(供)與應用(需)需要相輔相成。在推廣開放資料的同時，我們需要針對全球感測網能對各界應用上有何助益進行討論及推廣，並且將仍須解決的技術或政策問題辨認出來，進一步提出解決的方法。最終，在不斷激勵與確保供需平衡的同時，我們將朝實現全球感測網的願景更進一步。

基於本文作者於全球感測網實作及標準開發參與的經驗，本文的主要目的為推廣全球感測網。希望透過本文，讀者對於全球感測網的各個面向可以有進一步的瞭解。亦希望透過文中簡單提到的幾個未來潛在的研究議題及方向，吸引更多的研究能量一同加入實現全球感測網願景的行列。

參考文獻

- Ahmad, Y., and N. Suman, 2008, Colr-Tree: Communication-Efficient Spatio-Temporal Indexing for a Sensor Data Web Portal, *Data Engineering, 2008. ICDE 2008. IEEE 24th International Conference on*, Cancun, Mexico: Processes in IEEE International Conference, pp. 784-793.
- Bai, Q., S. M. Guru, D. Smith, Q. Liu, and A. Terhorst, 2010, in Q. Bai and N. Fukuta eds., A Multi-Agent View of the Sensor Web, *Advances in Practical Multi-Agent Systems*, 325, pp. 435-444.
- Bishr, Y., 1998, Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability, *International Journal of Geographical Information Science*, 12(4), pp. 299-314.
- Botts, M., G. Percivall, C. Reed, and J. Davidson, 2007, OGC® Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture (OGC 07-165), *Open Geospatial Consortium White Paper*, 28 December 2007.
- Bröring, A., J. Echterhoff, S. Jirka, I. Simonis, T. Everding, C. Stasch, S. Liang, and R. Lemmens, 2011a, New Generation Sensor Web Enablement, *Sensors*, 11(3), pp. 2652-2699.
- Bröring, A., A. Remke, and D. Lasnia, 2011b, SenseBox - A Generic Sensor Platform for the Web of Things, *Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking, and Services*, 104, pp. 186-196.
- Delin, K., 2005, Sensor Webs in the Wild, *Wireless Sensor Networks: A Systems Perspective*, illustrated edition edition, London, UK: Artech House.
- Gibbons, P.B., B. Karp, Y. Ke, S. Nath, and S. Seshan, 2003, IrisNet: An Architecture for a World Wide Sensor Web, *IEEE Pervasive Computing*, 2(4), pp. 22-33.
- Hart, J.K., and K. Martinez, 2006, Environmental Sensor Networks: A Revolution in the Earth System Science? *Earth Science Review*, 78(3-4), pp. 177-191.
- Hsieh, T.T., 2004, Using Sensor Networks for Highway and Traffic Applications, *IEEE Potentials*, 23(2), pp. 13-16.
- Huang, C.Y., 2014, *GeoPubSubHub: A Geospatial Publish/Subscribe Architecture for the World-Wide Sensor Web*, Thesis (Ph.D.), Geomatics, University of Calgary: Canada.
- Huang, C.Y., and S. Liang, 2014, A Sensor Data Mediator Bridging the OGC Sensor Observation Service (SOS) and the OASIS Open Data Protocol (OData). *Annals of GIS*, 20(4), pp. 279-293.
- Jazayeri, M.A., C.Y. Huang, and S.H.L. Liang, 2012, TinySOS: Design and Implementation of Interoperable and Tiny Web Service for the Internet of Things, *Proceedings of The First ACM SIGSPATIAL Workshop on Sensor Web Enablement (SWE2012): USA (Redondo Beach)*.
- Kassab, A., S. Liang, and Y. Gao, 2010, Real-Time Notification and Improved Situational

- Awareness in Fire Emergencies using Geospatial-based Publish/Subscribe, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(6), pp. 431-438.
- Knoechel, B., C.Y. Huang, and S.H.L. Liang, 2011, Design and Implementation of a System for the Improved Searching and Accessing of Real-World SOS Services, *Proceedings of the International Workshop on Sensor Web Enablement 2011: Canada (Banff)*.
- Knoechel, B., C.Y. Huang, and S.H.L. Liang, 2013, A Bottom-Up Approach for Automatically Grouping Sensor Data Layers by their Observed Property, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(1), pp. 1-26.
- Liang, S.H.L., A. Croitoru, and C.V. Tao, 2005, A Distributed Geospatial Infrastructure for Sensor Web, *Computers & Geosciences*, 31(2), pp. 221-231.
- Liang, S.H.L., and C.Y. Huang, 2013, GeoCENS: A Geospatial Cyberinfrastructure for the World-Wide Sensor Web, *Sensors*, 13(10), pp. 13402-13424.
- Liang, S. H. L., and C.Y. Huang, 2014, Geospatial Cyberinfrastructure for Addressing the Big Data Challenges on the Worldwide Sensor Web, in Hassan A. Karimi eds., *Big Data Techniques and Technologies in Geoinformatics*, ISBN: 978-1466586512, CRC Press.
- Mainwaring, A., J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, and J. Anderson, 2002, Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring, *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications: USA(Atlanta)*.
- Moodley, D., and I. Simonis, 2006, New Architecture for the Sensor Web: The SWAP Framework, *Proceedings of The 5th International Semantic Web Conference: USA(Athens)*.
- Resch, B., M. Mittlboeck, F. Girardin, R. Britter, and C. Ratti, 2009, Live Geography -- Embedded Sensing for Standardised Urban Environmental Monitoring, *International Journal on Advances Systems and Measurements*, 2(2&3), pp. 156-167.
- Rodríguez-Molina, J., J. Martínez, P. Castillejo, and L. López, 2013, Combining Wireless Sensor Networks and Semantic Middleware for an Internet of Things-Based Sportsman/Woman Monitoring Application, *Sensors*, 13(2), pp.1787-1835.
- Stasch, C., T. Foerster, C. Autermann, and E. Pebesma, 2012, Spatio-Temporal Aggregation of European Air Quality Observations in the Sensor Web, *Computers & Geosciences*, 47, pp. 111-118.
- Simonis, I., 2008, *OGC® Sensor Web Enablement Architecture, Open Geospatial Consortium Best Practice (OGC 06-021r4)*, http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=29405(Last Checked 2015).
- Yang, X., W. Song, and D. De, 2011, LiveWeb: A Sensorweb Portal for Sensing the World in Real-Time, *TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 16(5), pp.

491-504.

Xu, N., 2002, A Survey of Sensor Network Applications, *IEEE Communications Magazine*, 40(8), pp. 102-144.

三維即時坐標轉換輔助 VBS-RTK 定位技術

獲得法定坐標系統測量成果之研究

莊峰輔^{1*} 湯凱佩² 王敏雄³ 梁旭文⁴ 劉正倫⁵

論文收件日期：104.06.17

論文修改日期：104.07.27

論文接受日期：104.08.10

摘要

虛擬基準站即時動態定位技術(Virtual Base Station-Real Time Kinematic, VBS-RTK)可於短時間內獲得高精度定位成果，但其坐標非法定坐標系統。內政部國土測繪中心e-GNSS即時動態定位系統(簡稱e-GNSS系統)採用VBS-RTK定位技術，提供使用者即時且高精度之定位服務，測量成果坐標系統為e-GNSS系統2013年坐標(簡稱e-GNSS[2013])。本研究利用e-GNSS系統與RTCM3.1資料傳輸技術，建立三維即時坐標轉換輔助VBS-RTK定位技術獲得法定坐標系統測量成果之最佳轉換模型，解決VBS-RTK測量成果與法定坐標系統不同之情況，讓使用者在測量時可即時獲得法定坐標系統成果，轉換成果平面精度優於5公分，高程精度優於10公分，符合一般工程測量、中、小比例尺製圖及管測測量等工作精度需求，可節省測量工作成本與時間。

為研究最佳建置模型與內插計算方法，本研究分別以諧和面法(Harmonic Surface)、克利金法(Kriging)及距離反比權重法(Inverse distance weighted)等3種方法組成殘差網格修正模型，並以雙線性法(bi-linear)、雙二次曲線法(bi-quadratic)及雙雲形曲線法(bi-spline)等3種內插計算方法對模型精度進行驗證，驗證結果克利金法建置之殘差網格修正模型精度最佳，雙線性法內插計算成果優於雙二次曲線法與雙雲形曲線法。

關鍵字： e-GNSS、RTCM3.1、VBS-RTK、坐標轉換

¹ 課員，控制測量課，內政部國土測繪中心。

² 專員，控制測量課，內政部國土測繪中心。

³ 課長，企劃課，內政部國土測繪中心。

⁴ 課長，控制測量課，內政部國土測繪中心。

⁵ 主任，內政部國土測繪中心。

* 通訊作者，TEL：(04)22522966#255，E-mail：23087@mail.nlsc.gov.tw。

A Study on VBS-RTK Determining Legal Coordinates by 3D Real-time Coordinate Transformation

Feng-Fu Chuang^{1*}, Kai-Pei Tang², Min-Hsiung Wang³, Hsu-Wen Liang⁴,
Jeng-Lun Liu⁵

Abstract

VBS-RTK is an efficient technique to determine high precision coordinates within a short period of time, but the coordinates are not based on legal coordinate systems. The e-GNSS real-time kinematic positioning system of the National Land Surveying and Mapping Center was based on VBS-RTK technique to provide high precision positioning service, the coordinate system named e-GNSS[2013]. In this study, e-GNSS real-time kinematic positioning system and RTCM3.1 data transfer technique is used to solve problems about that VBS-RTK could not determine the legal coordinates immediately by establishing a 3D real-time coordinate transformation model, the transformed accuracy was better than 5 cm for horizontal coordinates, and better than 10 cm for ellipsoid and orthometric height individually. The majority of surveying assignments can enjoy the benefit and convenience of this service.

This study chose Harmonic surface, Kriging and Inverse distance weighted gridding algorithm to establish transformation models, and bi-linear, bi-quadratic and bi-spline interpolation algorithm to analyze external accuracy of transformation results are used to find out which gridding and interpolation algorithm is the best for establishing transformation model. The results of this study showed that the best gridding algorithm was Kriging, the best interpolation algorithm was bi-linear.

Keywords: Coordinate Transformation, e-GNSS, RTCM3.1, VBS-RTK

¹ Officer, Department of Control Survey Section, National Land Surveying and Mapping Center.

² Executive Officer, Department of Control Survey Section, National Land Surveying and Mapping Center.

³ Section Chief, Department of Planning and Technology Section, National Land Surveying and Mapping Center.

⁴ Section Chief, Department of Control Survey Section, National Land Surveying and Mapping Center.

⁵ Director, National Land Surveying and Mapping Center.

* Corresponding Author, TEL: +886-4-22522966#255, E-mail: 23087@mail.nlsc.gov.tw.

一、前言

虛擬基準站即時動態定位技術(Virtual Base Station-Real Time Kinematic, VBS-RTK)的基本概念是由多個衛星定位基準站(以下簡稱基準站)所組成的全球衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)觀測網,全天候連續接收衛星資料,並經由網路或其他通訊設備與控制及計算中心連接,彙整計算產生區域改正參數資料庫,藉以計算出任一移動站附近之虛擬基準站的相關資料。所以在基準站所構成的基線網範圍內,使用者只需在觀測點位上架設移動站衛星定位接收儀,將單點定位坐標透過網路以美國國家海洋電子學會(National Marine Electronics Association, NMEA)專為衛星定位接收儀輸出資料訂定之標準傳輸格式傳送至控制及計算中心,計算虛擬基準站的模擬觀測量後,再以國際海運系統無線電技術委員會(The Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM)制定之差分GNSS標準格式回傳給移動站,進行超短距離之即時動態定位(Real Time Kinematic, RTK)計算,在短時間內即可即時求得公分級精度定位坐標(內政部土地測量局, 2006)。

因VBS-RTK測量成果須仰賴高精度的基準站坐標,作為定位誤差修正的基礎,故就國家坐標系統一致性與各項測繪業務成果整體考量,各基準站之坐標理應以內政部現行公告之TWD97或TWD97[2010]坐標系統為基準,不僅可避免坐標系統轉換所衍生的轉換誤差,使用上亦更為便利。惟臺灣位處地殼變動劇烈地帶,各地區域性地表位移量在方位及量級上均明顯不同,因此若使用法定TWD97或TWD97[2010]坐標系統,在臺灣本島東部及南部等地表位移量較大之地區,將因各基準站坐標間之相對精度不足,影響VBS-RTK定位精度成果與品質。

內政部國土測繪中心e-GNSS即時動態定位系統(以下簡稱e-GNSS系統)係採用VBS-RTK定位技術,提供使用者即時且高精度之定位服務,坐標系統以237個基準站101年12月1日至102年1月31日計62天之衛星觀測資料為基礎,採用Bernese軟體計算基線,再依據內政部公告之TWD97[2010]坐標框架定義,約制於竹南基準站計算其他基準站坐標,為e-GNSS系統2013年坐標(簡稱e-GNSS[2013]),與法定坐標系統不同,如欲獲得法定坐標,需辦理已知控制點連測並進行坐標轉換與最小二乘配置計算。因坐標轉換與最小二乘配置計算涉及程式操作與專業技術,非測量專業人員不易應用,亦無法於測量現場即時獲得法定坐標成果與正高。

本研究採用七參數坐標轉換與建置殘差網格修正模型之方式,以RTCM 3.1 Type 1021及Type 1023之資料格式,分別將七參數,殘差網格修正模型與網格內插計算方法傳送給使用者,研擬建立1套便利可靠的作法供e-GNSS系統應用,讓使用者可簡單快速地將VBS-RTK測量成果即時轉換至法定坐標系統,節省連測已知控制點與計算坐標轉換與最小二乘配置的繁複程序,降低測量工作技術門檻,提升測量工作效率與成果品質。

二、即時坐標轉換地形

現行將e-GNSS系統VBS-RTK測量成果轉換至法定坐標系統之坐標轉換方法,

較嚴謹的作法係於具法定坐標之已知控制點辦理VBS-RTK測量，獲得e-GNSS[2013]坐標，再利用四參數或六參數平面坐標轉換與最小二乘配置計算，將e-GNSS[2013]坐標轉換至法定坐標系統，無法進行即時坐標轉換。

國際海運系統無線電技術委員會(RTCM)制定的差分GNSS標準格式RTCM 3.1，提供VBS-RTK測量進行即時坐標轉換的方法。RTCM 3.1提供type 1021~1027等7種轉換訊息讓使用者自行應用(如表1)，本研究主要係透過type1021傳送坐標轉換七參數；type1023傳送經緯度網格殘差資料及網格內插模式，達成VBS-RTK測量成果即時轉換至法定坐標系統(Mohamed, 2008)。

表1 RTCM 3.1 轉換訊息說明表

訊息	訊息名稱	訊息說明	功能
1021	Helmert/Abridged Molodenski轉換	傳送Helmert/Abridged Molodenski轉換7個參數	進行7參數坐標轉換
1022	Molodenski-Badekas轉換	傳送Molodenski-Badekas轉換10個參數	進行10參數坐標轉換
1023	球面坐標殘差網格	傳送球面坐標殘差網格資訊	進行球面坐標殘差修正
1024	卡氏坐標殘差網格	傳送卡氏坐標殘差網格資訊	進行卡氏坐標殘差修正
1025	地圖投影	傳送所有地圖投影參數(除了LCC2SP及OM投影)	進行地圖投影
1026	LCC2SP投影	傳送Lambert Conformal Conical with 2 SP地圖投影參數	進行LCC2SP投影
1027	OM投影	傳送Oblique Mercator地圖投影參數	進行OM投影

RTCM 3.1 type 1021傳送之資料為坐標轉換參數，包括坐標轉換方法、高程系統、伺服器接收到移動站所在網格的坐標重心、網格經緯度解析度、坐標轉換參數、來源坐標橢球資料與目標坐標橢球資料等資訊(如表2)。

表2 RTCM 3.1 type 1021 傳送資料說明

資料名稱	數值	數值說明
坐標轉換方法	1	0=Helmert線性式轉換 1=Helmert嚴密法轉換 2=Abridged Molodenski轉換 3=Molodenski-Badekas轉換
高程系統	1	0=橢球高(h) 1=正高(H) 2=大地起伏(N)
移動站緯度	23	緯度網格重心(ϕ)
移動站經度	121	經度網格重心(λ)

資料名稱	數值	數值說明
緯度解析度	0.0083	網格緯度解析度($\Delta \phi$)
經度解析度	0.0083	網格經度解析度($\Delta \lambda$)
轉換參數-dX	0.8089	dX平移參數值
轉換參數-dY	-0.0816	dY平移參數值
轉換參數-dZ	0.8705	dZ平移參數值
轉換參數- ω	0.0591	ω 旋轉參數值
轉換參數- ϕ	-0.0349	ϕ 旋轉參數值
轉換參數- κ	-0.0514	κ 旋轉參數值
轉換參數-S	0.0179	S尺度參數值
來源坐標橢球長半徑	6378137	來源坐標橢球長半徑
來源坐標橢球短半徑	6356752.3141	來源坐標橢球短半徑
目標坐標橢球長半徑	6378137	目標坐標橢球長半徑
目標坐標橢球短半徑	6356752.3141	目標坐標橢球短半徑

RTCM 3.1 type 1021支援Helmert線性式七參數、Helmert嚴密法七參數、Abridged Molodenski七參數及Molodenski-Badekas十參數等4種坐標轉換方法。考量TWD97、TWD97[2010]及e-GNSS[2013]坐標系統之參考橢球與坐標框架相同，本研究僅以一般常用之Helmert嚴密法七參數坐標轉換將e-GNSS[2013]坐標轉換至TWD97及TWD97[2010]坐標系統，不對其他3種坐標轉換方法做進一步探討，其轉換公式如下(Fritzensmeier et al., 1985; Rapp, 1993)：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = S \cdot R \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中S表尺度因子， $R = R_1(\omega)R_2(\phi)R_3(\kappa)$ ，為Cardan旋轉矩陣，(X,Y,Z)和(x,y,z)為目標及來源坐標，(dX,dY,dZ)為平移參數。

RTCM 3.1 type 1023傳送之資料為殘差網格修正模型與網格內插計算方法，包括坐標轉換後點位所在網格的坐標重心、網格經緯度解析度、轉換後點位周圍16個網格殘差修正量的平均值、每一個網格的殘差修正量與網格內插計算方法等資訊(如表3)，殘差網格示意圖如圖1。

表3 RTCM 3.1 type 1023 傳送資料說明

資料名稱	數值	數值說明
坐標轉換後緯度	23.0005	網格緯度重心(ϕ_0)
坐標轉換後經度	121.0005	網格經度重心(λ_0)
網格緯度解析度	0.0083	網格緯度解析度($\Delta \phi$)
網格經度解析度	0.0083	網格經度解析度($\Delta \lambda$)

資料名稱	數值	數值說明
緯度修正量平均值	0.00001	16個網格緯度修正量平均值
經度修正量平均值	0.00001	16個網格經度修正量平均值
高程修正量平均值	20.1234	16個網格高程修正量平均值
網格1_緯度修正量	0.00005	網格1在緯度方向的修正量
網格1_經度修正量	-0.00005	網格1在經度方向的修正量
網格1_高程修正量	20.1111	網格1在高程方向的修正量
網格2_緯度修正量	0.00002	網格2在緯度方向的修正量
網格2_經度修正量	-0.00002	網格2在經度方向的修正量
網格2_高程修正量	20.2222	網格2在高程方向的修正量
...
網格16_緯度修正量	0.00002	網格16在緯度方向的修正量
網格16_經度修正量	-0.00002	網格16在經度方向的修正量
網格16_高程修正量	20.2222	網格16在高程方向的修正量
平面坐標內插方法	0	0=雙線性內插 1=雙二次曲線內插 2=雙雲形曲線內插
高程坐標內插方法	0	0=雙線性內插 1=雙二次曲線內插 2=雙雲形曲線內插

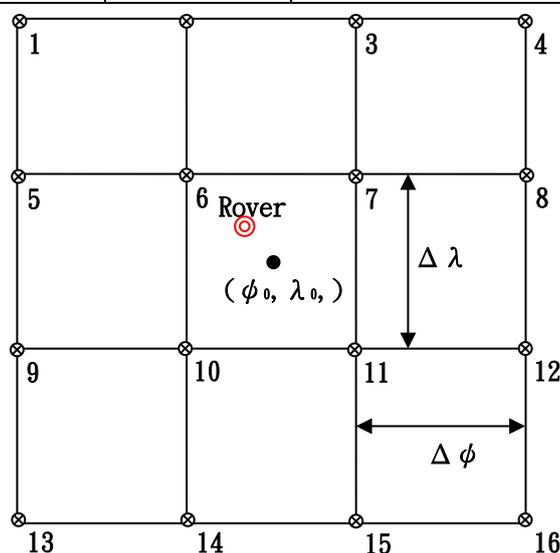


圖1 RTCM type 1023 殘差網格示意圖

RTCM 3.1 type 1023支援雙線性(bi-linear)、雙二次曲線(bi-quadratic)及雙雲形曲線(bi-spline)等3種網格內插方法，為分析不同網格內插方法對轉換成果之影響，本研究分別以上述3種網格內插方法進行測試，以評估最適合e-GNSS系統之網格內插方法。

三、建置坐標轉換模型

(一) 離散點位組成網格模型

本研究有關type 1021之資訊以Helmert嚴密法七參數求得，type 1023之殘差網格修正模型則分別以諧和面法(Harmonic surface)、克利金法(Kriging)及距離反比權重法(Inverse distance weighted)等3種將離散點位組成網格模型之方法，建置網格解析度30秒之殘差網格修正模型，以分析不同模型建置方法對轉換成果之影響。

離散點位組成網格模型之方法，依照選用控制點方式的不同，可以分為全域型內插法(global interpolation)與區域型內插法(local interpolation)。全域型內插法是使用全部的控制點來推估網格格點殘差修正量，區域型內插法則是以每個網格格點坐標為中心，使用一定距離範圍以內的控制點來推估網格格點殘差修正量。本研究因轉換控制點數量不多，為避免納入推估網格格點殘差修正量之轉換控制點數量較少，以致影響殘差修正量之正確性與可靠性，本研究採用全域型內插法推估網格格點殘差修正量。

1. 諧和面法

諧和面法的基本原理是假設殘差修正量的極值只會出現在已知點所在位置，計算時殘差修正量須滿足下列偏微分方程式：

$$(1-T) \times L(L(z)) + T \times L(z) = 0 \quad (2)$$

其中T為張力因子(tension factor)， $0 \leq T \leq 1$ ；L為Laplace運算子，即 $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ ，

當T=0時為最小曲率解，當T=1時為諧和面解(林廷融，2002)。

2. 克利金法

採用普通克利金法計算網格格點殘差修正量， $Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$ ，其中 μ 是未知的常數，可利用簡單的預測方法，靈活預測其值，用於有某種趨勢的數據(如點與點之間存在空間相依性)。利用經驗值獲得半變異元及協方差(Semi-variogram and covariance)參數，可應用於趨勢分析並可得到未知數之觀測誤差量。半變異元定義如下(內政部國土測繪中心，2012a)：

$$\gamma(s_i, s_j)^2 = \text{var}(Z(s_i) - Z(s_j)) \quad (3)$$

3. 距離反比權重法

以每個網格格點坐標為中心，依距離格點越遠影響程度越小之定義，利用下列方程式計算網格格點的殘差修正量(內政部國土測繪中心，2012b)：

$$Z_a = \frac{\sum_{i=1}^s Z_i \cdot \frac{1}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^s \frac{1}{d_i^k}} \quad (4)$$

其中 Z_a 是網格格點a的殘差修正量， Z_i 是已知點i的殘差修正量， d_i 是已知點

與網格格點 a 的距離， s 是已知點數量， k 是權重，本研究 $k=2$ 。

(二) 坐標轉換模型

為將e-GNSS系統VBS-RTK定位成果e-GNSS[2013]坐標即時轉換至法定TWD97及TWD97[2010]坐標，須藉由同時具e-GNSS[2013]與TWD97之控制點及同時具e-GNSS[2013]與TWD97[2010]之控制點，才可計算坐標轉換參數並建置殘差網格修正模型。如欲將e-GNSS[2013]坐標即時轉換至法定TWVD2001正高，則須於殘差網格修正模型加入大地起伏模型，才可將轉換後之TWD97與TWD97[2010]橢球高轉換為正高，本研究建置坐標轉換模型之方法如圖2。

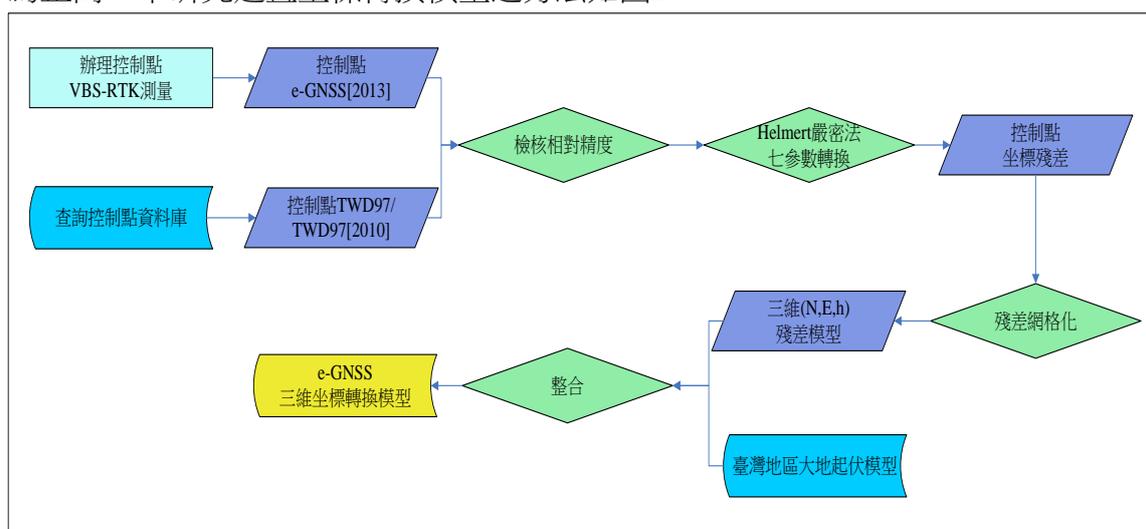


圖2 坐標轉換模型建置流程

1. e-GNSS[2013]轉TWD97

使用1,196點具有e-GNSS[2013]與TWD97坐標之基本控制點建置坐標轉換模型，點位分布情形如圖3(a)。圖3(b)至圖3(d)分別為e-GNSS[2013]轉TWD97坐標轉換模型之諧和面法與克利金法、諧和面法與距離反比權重法及克利金法與距離反比權重法等3套殘差網格修正模型各坐標分量彼此間之差異情形。在臺灣本島陸地範圍內，平面分量差異大多都在 ± 0.1 公尺以內，橢球高分量亦大多都在 ± 0.2 公尺以內，僅在雲林地區，克利金法明顯與其他2方法差異較大。

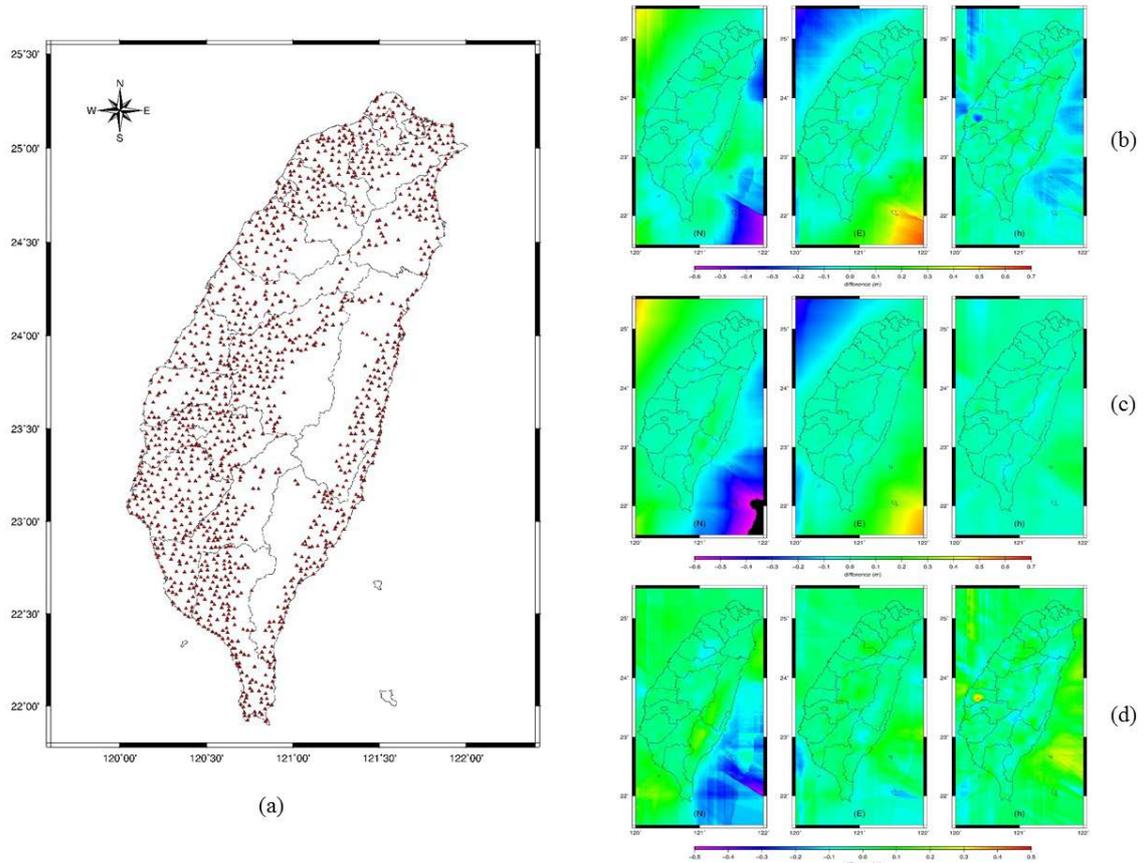


圖3 (a)e-GNSS[2013]轉 TWD97 轉換控制點分布圖 (b)諧和面法與克利金法殘差網
格修正模型差異圖 (c)諧和面法與距離反比權重法殘差網格修正模型差異圖
(d)克利金法與距離反比權重法殘差網格修正模型差異圖

2. e-GNSS[2013]轉TWD97[2010]

使用210個具有e-GNSS[2013]與TWD97坐標之衛星定位基準站建置坐標轉換模型，點位分布情形如圖4(a)。圖4(b)至圖4(d)分別為諧和面法與克利金法、諧和面法與距離反比權重法及克利金法與距離反比權重法等3套殘差網格修正模型彼此間之差異情形。在臺灣本島陸地範圍內，平面分量差異大多都在 ± 0.06 公尺以內，橢球高分量亦大多都在 ± 0.1 公尺以內，僅在雲林地區，克利金法明顯與其他2方法差異較大，各模型間差異大致與e-GNSS[2013]轉TWD97之模型相同。

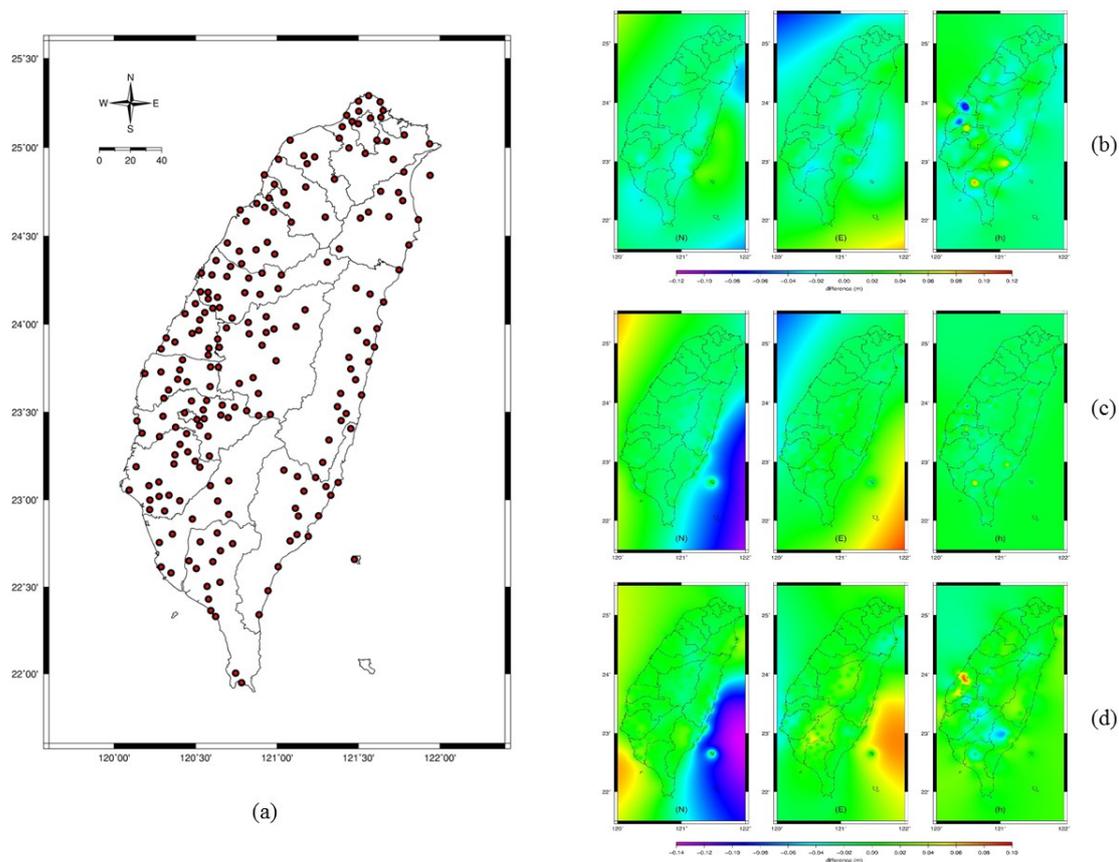


圖4 (a)e-GNSS[2013]轉 TWD97[2010]轉換控制點分布圖 (b)諧和面法與克利金法殘差網格修正模型差異圖 (c)諧和面法與距離反比權重法殘差網格修正模型差異圖 (d)克利金法與距離反比權重法殘差網格修正模型差異圖

四、模型精度驗證分析

為驗證三維即時坐標轉換成果精度品質，並分析不同方法建置之殘差網格修正模型與內插方法對轉換成果之影響，本研究分別使用諧和面法、克利金法及距離反比權重法等3種將離散點位組成網格模型之方法，與雙線性、雙二次曲線及雙雲形曲線等3種內插方式，分析e-GNSS[2013]轉TWD97及TWVD2001與e-GNSS[2013]轉TWD97[2010]及TWVD2001之外部精度，藉由實際分析數據，評估確認最佳建置模型與內插計算方法，作為爾後e-GNSS系統更新坐標後，計算建置坐標轉換模型之依據。

(一) e-GNSS[2013]轉TWD97及TWVD2001

TWD97坐標(N,E,h)使用本中心102年12月於489點一等水準點辦理e-GNSS系統VBS-RTK測量成果，每個點位觀測2測回，至少接收180筆固定解，2測回坐標取平均獲得e-GNSS[2013]坐標成果。將其透過建置之坐標轉換模型轉換至TWD97坐標系統，比較轉換TWD97與公告TWD97坐標差異，作為外部精度評估指標，以評估坐標轉換模型實際精度。其中部分一等水準點因遺失補建，無公告坐標可供參考，實

際進行外部精度驗證點數為345點。

TWVD2001正高(H)使用本中心102年12月於489點水準點辦理e-GNSS測量之VBS-RTK成果，將其透過建置之坐標轉換模型轉換至TWVD2001正高，比較轉換正高與98年3月10日公告檢測正高成果差異，作為外部精度評估指標。其中部分一等水準點因遺失補建，無公告正高可供參考，故實際進行外部精度驗證點數為408點。

1. 諧和面法

- (1) 利用諧和面法建置之坐標轉換模型，以3種內插方法模擬計算之結果如表4，各點平面、橢球高與正高分量較差情形如圖5。
- (2) 3種內插方法內插成果無顯著差異，且不論那一種內插方法，轉換後坐標與公告坐標較差之中誤差在平面分量約0.046公尺，橢球高分量約0.101公尺，正高分量約0.122公尺；平均值在平面分量約0.005公尺，橢球高分量約-0.025公尺，正高分量約0.050公尺，表示轉換模型在平面分量有微量系統差，在橢球高與正高分量則有較大之系統差。平面與橢球高分量之系統差，應係建置坐標轉換模型的基本控制點及外部精度驗證之一等水準點公告坐標測設年度與約制點位不同所致。另橢球高與正高分量之系統差方向不同，且正高分量之系統差明顯大於橢球高分量，主要係因本研究係以98年3月10日公告檢測之正高做為外部精度驗證依據，轉換正高係以轉換後TWD97橢球高及大地起伏模型計算獲得，兩正高成果之間存在約10年的時間因素(轉換正高比公告正高早10年)。若以雲林地區為例，該地區每年約有5~10公分之地層下陷量，很明顯便可看出橢球高分量較差為負的，正高分量較差為正的，轉換成果實屬合理。

2. 克利金法

- (1) 利用克利金法建置之坐標轉換模型，以3種內插方法模擬計算之結果如表5，各點平面、橢球高與正高分量較差情形如圖6。
- (2) 3種內插方法內插成果無顯著差異，且不論那一種內插方法，轉換後坐標與公告坐標較差之中誤差在平面分量約0.041公尺，橢球高分量約0.094公尺，正高分量約0.133公尺；平均值在平面分量約0.007公尺，橢球高分量約-0.021公尺，正高分量約0.053公尺，模型精度及轉換成果與諧和面法無顯著差異。

3. 距離反比權重法

- (1) 利用距離反比權重法建置之坐標轉換模型，以3種內插方法模擬計算之結果如表6，各點平面、橢球高與正高分量較差情形如圖7。
- (2) 3種內插方法內插成果無顯著差異，且不論那一種內插方法，轉換後坐標與公告坐標較差之中誤差在平面分量約0.048公尺，橢球高分量約0.105公尺，正高分量約0.121公尺；平均值在平面分量約0.005公尺，橢球高分量約-0.026公尺，正高分量約0.050公尺，模型精度及轉換成果與諧和面法或克利金法無顯著差異。

表4 諧和面法 e-GNSS[2013]→TWD97 外部精度統計表(單位：公尺)

內插方式	雙線性				雙二次曲線				雙雲形曲線			
	N	E	h	H	N	E	h	H	N	E	h	H
MAX	0.301	0.109	0.318	0.565	0.300	0.108	0.331	0.575	0.301	0.109	0.318	0.564
MIN	-0.217	-0.135	-0.579	-0.340	-0.217	-0.133	-0.581	-0.342	-0.217	-0.135	-0.579	-0.340
STD	0.046	0.036	0.101	0.119	0.046	0.037	0.100	0.122	0.046	0.036	0.100	0.120
MEAN	0.005	0.005	-0.024	0.044	0.005	0.004	-0.025	0.050	0.005	0.005	-0.024	0.044

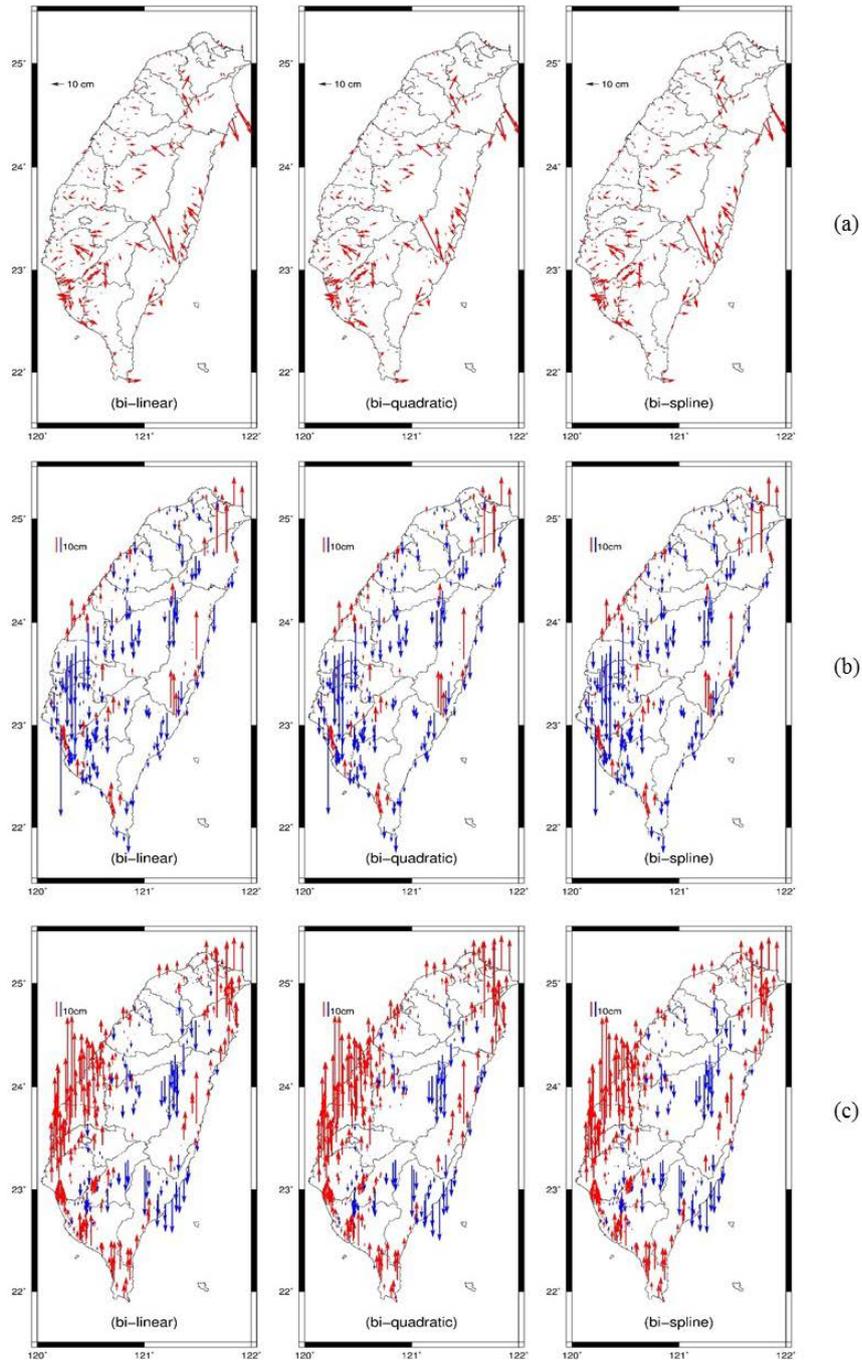


圖5 諧和面法 e-GNSS[2013]→TWD97 外部精度(a)平面分量較差圖 (b)橢球高分量較差圖 (c)正高分量較差圖

表5 克利金法 e-GNSS[2013]→TWD97 外部精度統計表(單位：公尺)

內插方式	雙線性				雙二次曲線				雙雲形曲線			
	N	E	h	H	N	E	h	H	N	E	h	H
MAX	0.309	0.101	0.318	0.589	0.305	0.093	0.319	0.607	0.309	0.133	0.318	0.588
MIN	-0.213	-0.179	-0.589	-0.365	-0.214	-0.177	-0.573	-0.375	-0.213	-0.179	-0.589	-0.365
STD	0.040	0.035	0.094	0.130	0.040	0.036	0.094	0.133	0.041	0.036	0.094	0.130
MEAN	0.007	0.004	-0.021	0.046	0.007	0.003	-0.022	0.053	0.007	0.004	-0.021	0.046

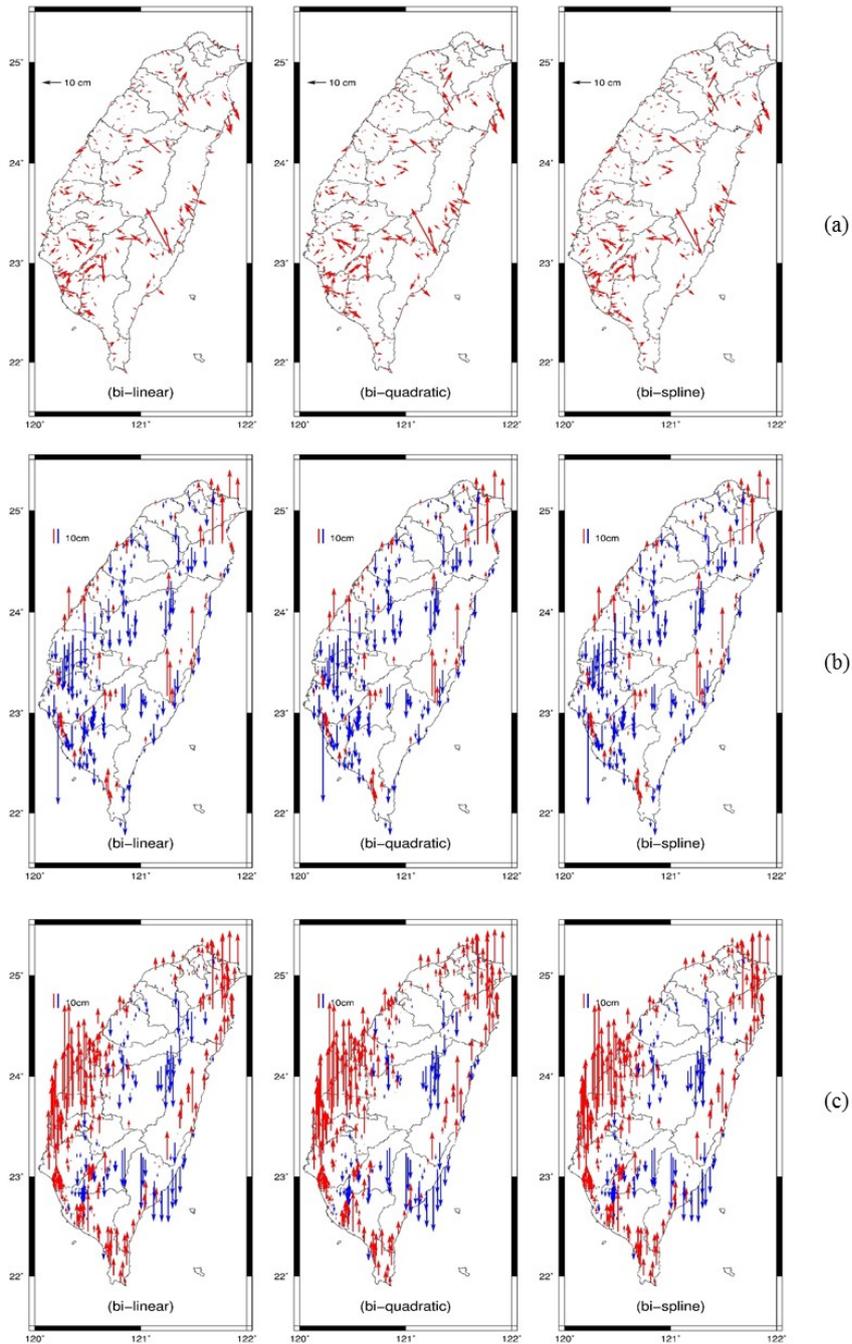


圖6 克利金法 e-GNSS[2013]→TWD97 外部精度(a)平面分量較差圖 (b)橢球高分量較差圖 (c)正高分量較差圖

表6 距離反比權重法 e-GNSS[2013]→TWD97 外部精度統計表(單位：公尺)

內插方式	雙線性				雙二次曲線				雙雲形曲線			
	N	E	h	H	N	E	h	H	N	E	h	H
MAX	0.343	0.107	0.318	0.550	0.329	0.103	0.318	0.563	0.343	0.130	0.318	0.549
MIN	-0.205	-0.158	-0.639	-0.352	-0.205	-0.150	-0.640	-0.352	-0.205	-0.171	-0.638	-0.352
STD	0.047	0.037	0.105	0.119	0.047	0.037	0.104	0.121	0.048	0.037	0.105	0.119
MEAN	0.005	0.005	-0.025	0.043	0.005	0.004	-0.026	0.050	0.005	0.005	-0.025	0.043

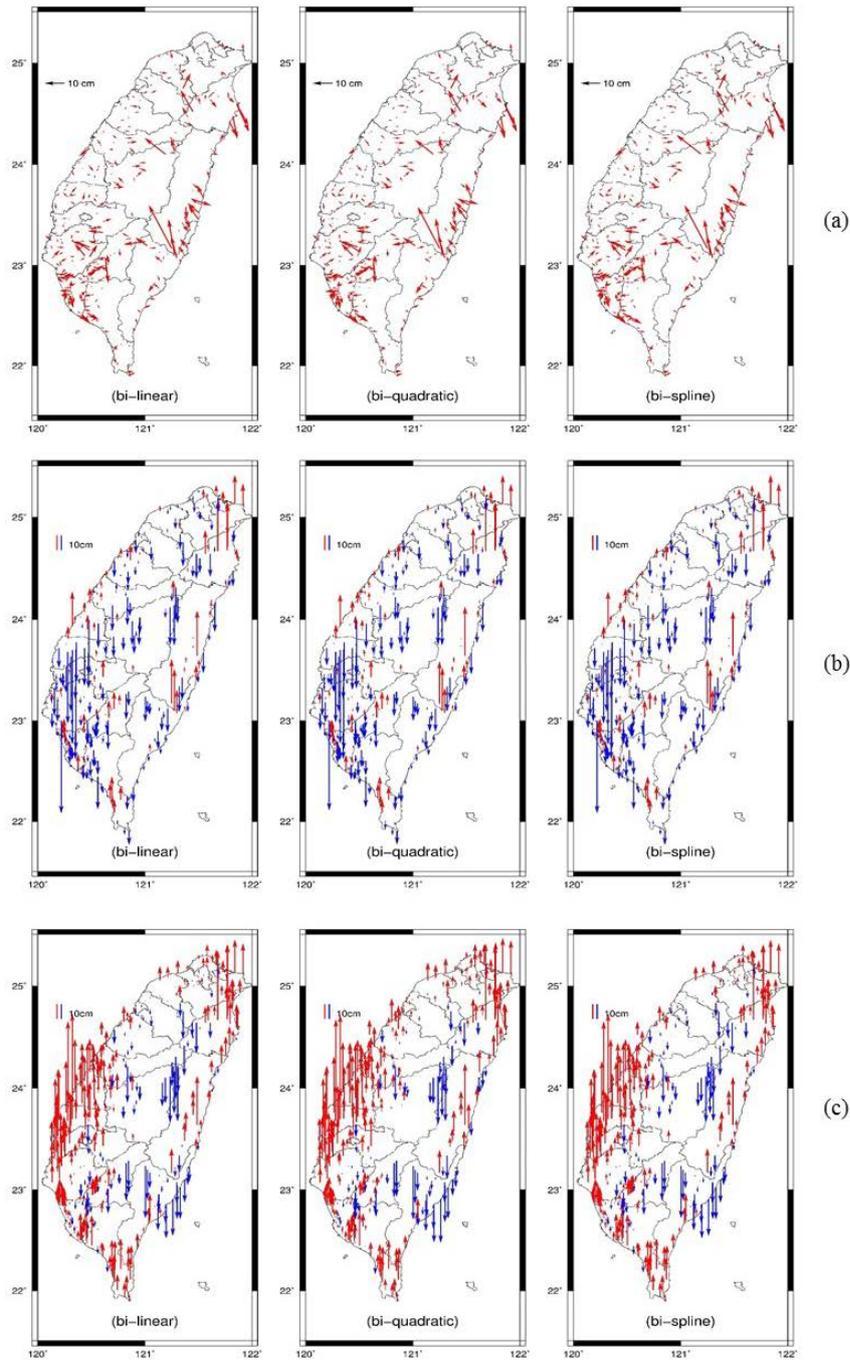


圖7 距離反比權重法 e-GNSS[2013]→TWD97 外部精度(a)平面分量較差圖 (b)橢球高分量較差圖 (c)正高分量較差圖

4. 小結

- (1) 3種內插成果在3種方法建置之坐標轉換模型無顯著差異。
- (2) 克利金法建置之坐標轉換模型精度略優於諧和面法與距離反比權重法，但其差異小於1公分。
- (3) 因坐標轉換模型係利用基本控制點e-GNSS[2013]與TWD97坐標之相對關係建置獲得，若建置模型之基本控制點坐標變化情形無法完整反應部分地表變化較複雜之地區，則轉換精度會較差。本模型大部分轉換成果與公告成果較差在平面分量小於5公分，橢球高及正高分量小於10公分，表示模型精度尚屬可靠，僅宜蘭及臺東地區少數點位在平面分量明顯較大，可能與公告坐標因點位位移已無法使用，或VBS-RTK測量品質較差有關。

(二) e-GNSS[2013]轉TWD97[2010]及TWVD2001

TWD97[2010]坐標(N,E,h)使用本中心102年12月於489點一等水準點辦理e-GNSS系統VBS-RTK測量成果，每個點位觀測2測回，至少接收180筆固定解，將2測回坐標取平均獲得e-GNSS[2013]坐標成果。將其透過建置之坐標轉換模型轉換至TWD97[2010]坐標系統，比較轉換TWD97[2010]與公告TWD97[2010]坐標差異，作為外部精度評估指標，以評估坐標轉換模型實際精度。其中部分一等水準點因遺失補建，無公告坐標可供參考，故實際進行外部精度驗證點數為424點。

TWVD2001正高(H)使用本中心102年12月於489點水準點辦理e-GNSS測量之VBS-RTK成果，將其透過建置之坐標轉換模型轉換至TWVD2001正高，比較轉換正高與98年3月10日公告檢測正高成果差異，作為外部精度評估指標。其中部分一等水準點因遺失補建，無公告正高可供參考，故實際進行外部精度驗證點數為408點。

1. 諧和面法

- (1) 利用諧和面法建置之坐標轉換模型，以3種內插方法模擬計算之結果如表7，各點平面、橢球高與正高分量較差情形如圖8。
- (2) 3種內插方法內插成果無顯著差異，且不論那一種內插方法，轉換後坐標與公告坐標較差之中誤差在平面分量約0.034公尺，橢球高分量約0.068公尺，正高分量約0.079公尺；平均值在平面分量約-0.003公尺，橢球高分量約-0.028公尺，正高分量約-0.005公尺，表示轉換模型在平面及正高分量有微量系統差，在橢球高分量則有較大之系統差。平面與橢球高分量之系統差，應係建置坐標轉換模型的基準站及外部精度驗證之一等水準點公告坐標約制點位不同所致；正高分量之系統差較橢球高分量小，應係轉換正高(2010年)與公告正高(2009年)因時間因素造成的差值，恰好與橢球高分量系統差抵消所致。橢球高與正高分量之系統差方向一致且量級差異不大，主要係因本研究係以98年3月10日公告檢測之正高做為外部精度驗證依據，轉換正高係以轉換後TWD97[2010]橢球高及大地起伏模型計算獲得，兩正高成果之間時間因素影響較小。另正高分量之中誤差略大於橢球高分量，因已無時間因素影響，故其中誤差之差可視為大地起伏模型之誤差量。

2. 克利金法

- (1) 利用克利金法建置之坐標轉換模型，以3種內插方法模擬計算之結果如表8，各點平面、橢球高與正高分量較差情形如圖9。
- (2) 3種內插方法內插成果無顯著差異，且不論那一種內插方法，轉換後坐標與公告坐標較差之中誤差在平面分量約0.033公尺，橢球高分量約0.072公尺，正高分量約0.079公尺；平均值在平面分量約0.003公尺，橢球高分量約-0.027公尺，正高分量約-0.005公尺，模型精度及轉換成果與諧和面法無顯著差異。

3. 距離反比權重法

- (1) 利用距離反比權重法建置之坐標轉換模型，以3種內插方法模擬計算之結果如表9，各點平面、橢球高與正高分量較差情形如圖10。
- (2) 3種內插方法內插成果無顯著差異，且不論那一種內插方法，轉換後坐標與公告坐標較差之中誤差在平面分量約0.034公尺，橢球高分量約0.069公尺，正高分量約0.076公尺；平均值在平面分量約-0.004公尺，橢球高分量約-0.028公尺，正高分量約-0.006公尺，模型精度及轉換成果與諧和面法或克利金法無顯著差異。

4. 小結

- (1) 不論那一種方法建置之坐標轉換模型，3種內插成果無顯著差異。
- (2) 克利金法建置之坐標轉換模型精度略優於諧和面法與距離反比權重法，但其差異小於1公分。
- (3) 本模型大部分轉換成果與公告成果較差在平面分量小於3公分，橢球高及正高分量小於8公分，表示模型精度尚屬可靠，且略優於e-GNSS[2013]轉TWD97坐標轉換模型。
- (4) 轉換成果與公告成果平面分量較差在臺灣東部與南部地區較差，與e-GNSS[2013]轉TWD97坐標轉換模型相同，主要與該地區地表變化較複雜有關；正高分量較差相較於e-GNSS[2013]轉TWD97模型獲得之正高，較能反應點位實際現況，故目前經常利用TWD97橢球高與大地起伏模型獲得正高之作法，在地層升降較明顯之地區，存在極大的風險。

表7 諧和面法 e-GNSS[2013]→TWD97[2010]外部精度統計表(單位：公尺)

內插方式	雙線性				雙二次曲線				雙雲形曲線			
	N	E	h	H	N	E	h	H	N	E	h	H
MAX	0.147	0.109	0.316	0.349	0.147	0.109	0.316	0.403	0.147	0.109	0.316	0.349
MIN	-0.102	-0.210	-0.275	-0.304	-0.102	-0.210	-0.272	-0.277	-0.102	-0.210	-0.275	-0.301
STD	0.027	0.034	0.068	0.075	0.027	0.034	0.068	0.079	0.027	0.034	0.068	0.075
MEAN	0.002	-0.003	-0.028	-0.005	0.002	-0.003	-0.028	0.002	0.002	-0.003	-0.028	-0.005

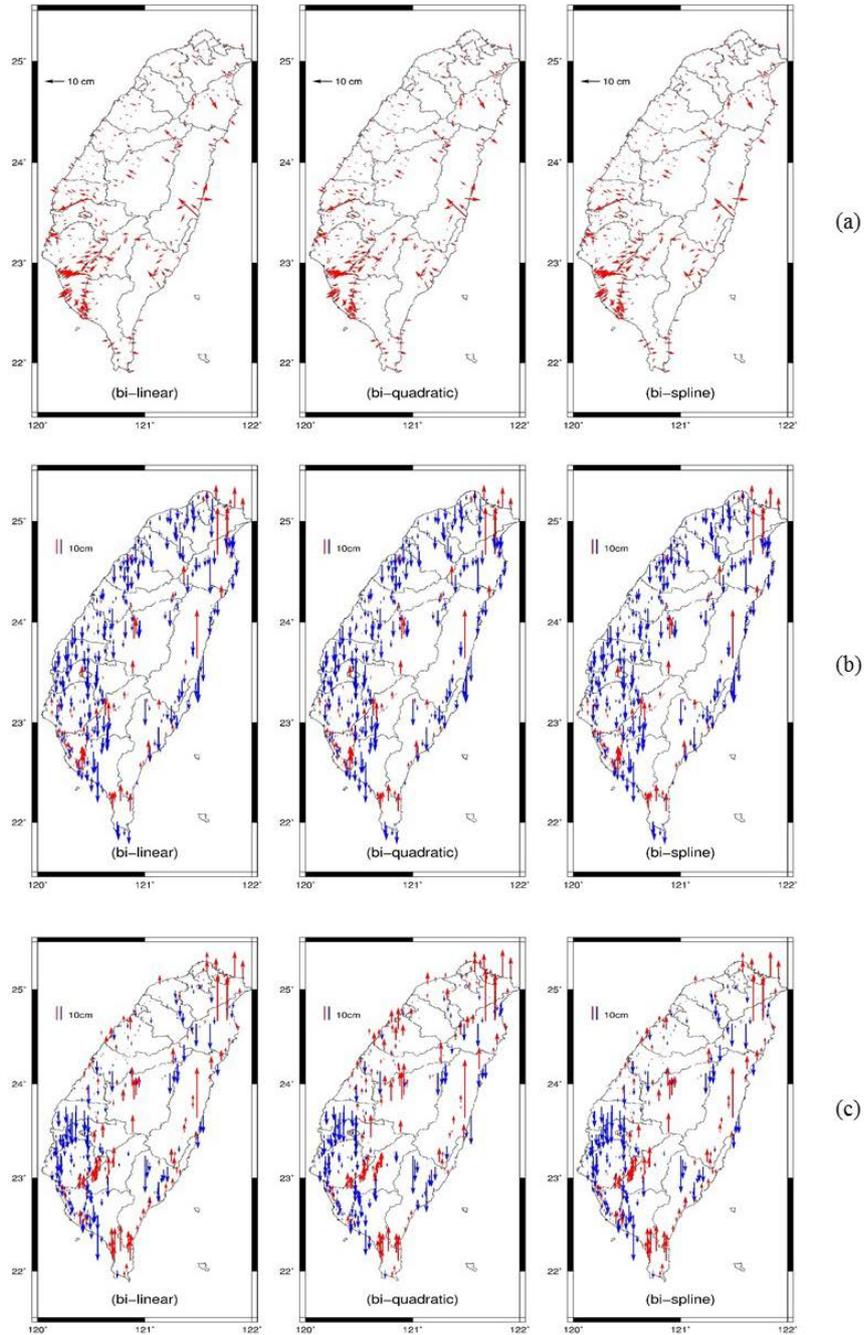


圖8 諧和面法 e-GNSS[2013]→TWD97[2010]外部精度(a)平面分量較差圖 (b)橢球高
分量較差圖 (c)正高分量較差圖

表8 克利金法 e-GNSS[2013]→TWD97[2010]外部精度統計表(單位：公尺)

內插方式	雙線性				雙二次曲線				雙雲形曲線			
	N	E	h	H	N	E	h	H	N	E	h	H
MAX	0.118	0.121	0.311	0.344	0.118	0.120	0.311	0.397	0.118	0.121	0.311	0.343
MIN	-0.104	-0.214	-0.307	-0.336	-0.103	-0.214	-0.301	-0.306	-0.104	-0.214	-0.307	-0.333
STD	0.025	0.033	0.072	0.076	0.025	0.033	0.071	0.079	0.025	0.033	0.072	0.076
MEAN	0.003	-0.002	-0.027	-0.005	0.003	-0.002	-0.027	0.002	0.003	-0.002	-0.027	-0.004

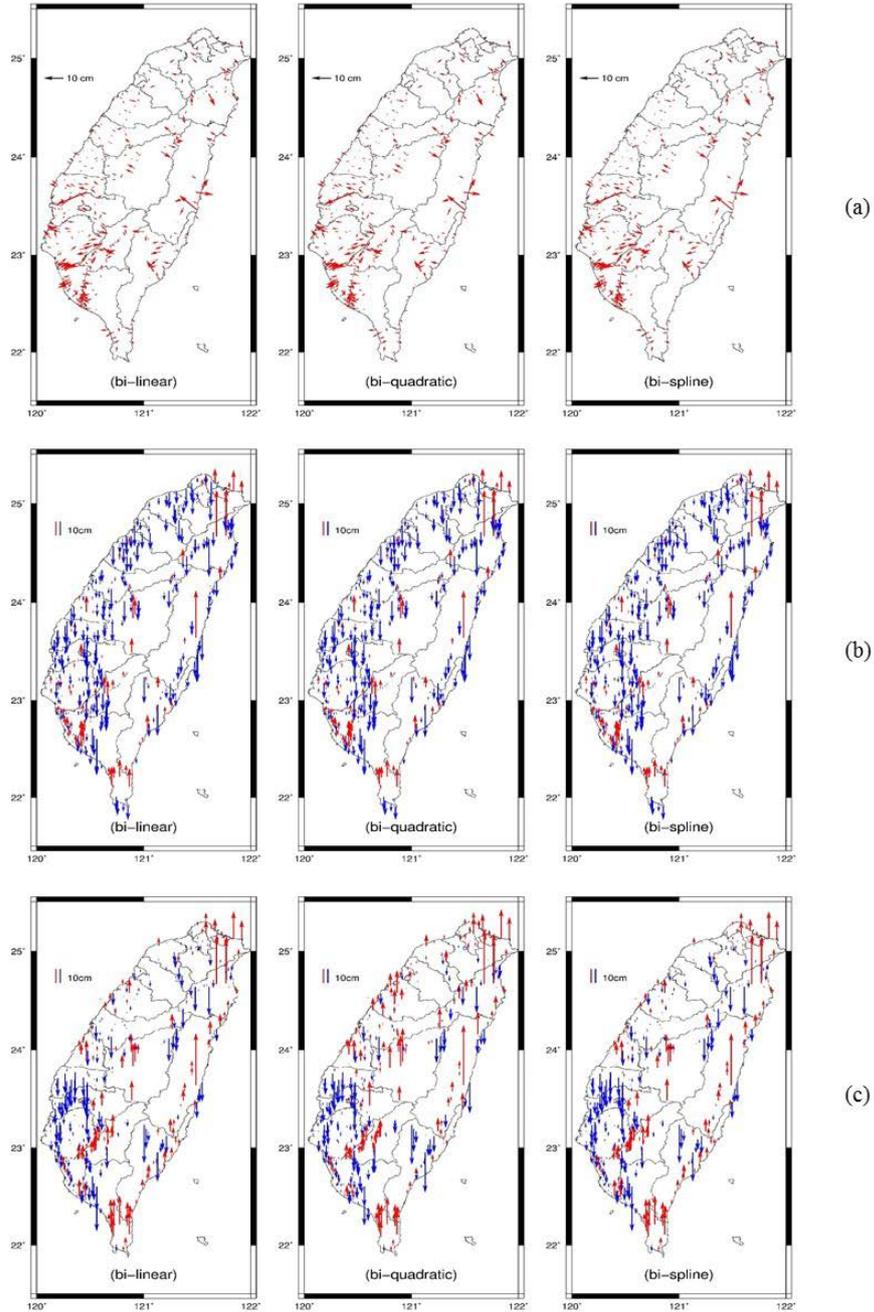


圖9 克利金法 e-GNSS[2013]→TWD97[2010]外部精度(a)平面分量較差圖 (b)橢球高
分量較差圖 (c)正高分量較差圖

表9 距離反比權重法 e-GNSS[2013]→TWD97[2010]外部精度統計表(單位：公尺)

內插方式	雙線性				雙二次曲線				雙雲形曲線			
	N	E	h	H	N	E	h	H	N	E	h	H
MAX	0.170	0.104	0.312	0.345	0.173	0.104	0.312	0.345	0.170	0.104	0.312	0.344
MIN	-0.104	-0.205	-0.269	-0.298	-0.104	-0.206	-0.266	-0.298	-0.104	-0.205	-0.269	-0.295
STD	0.027	0.034	0.069	0.076	0.027	0.034	0.069	0.076	0.027	0.034	0.069	0.076
MEAN	0.001	-0.004	-0.028	-0.006	0.001	-0.004	-0.028	-0.006	0.001	-0.004	-0.028	-0.005

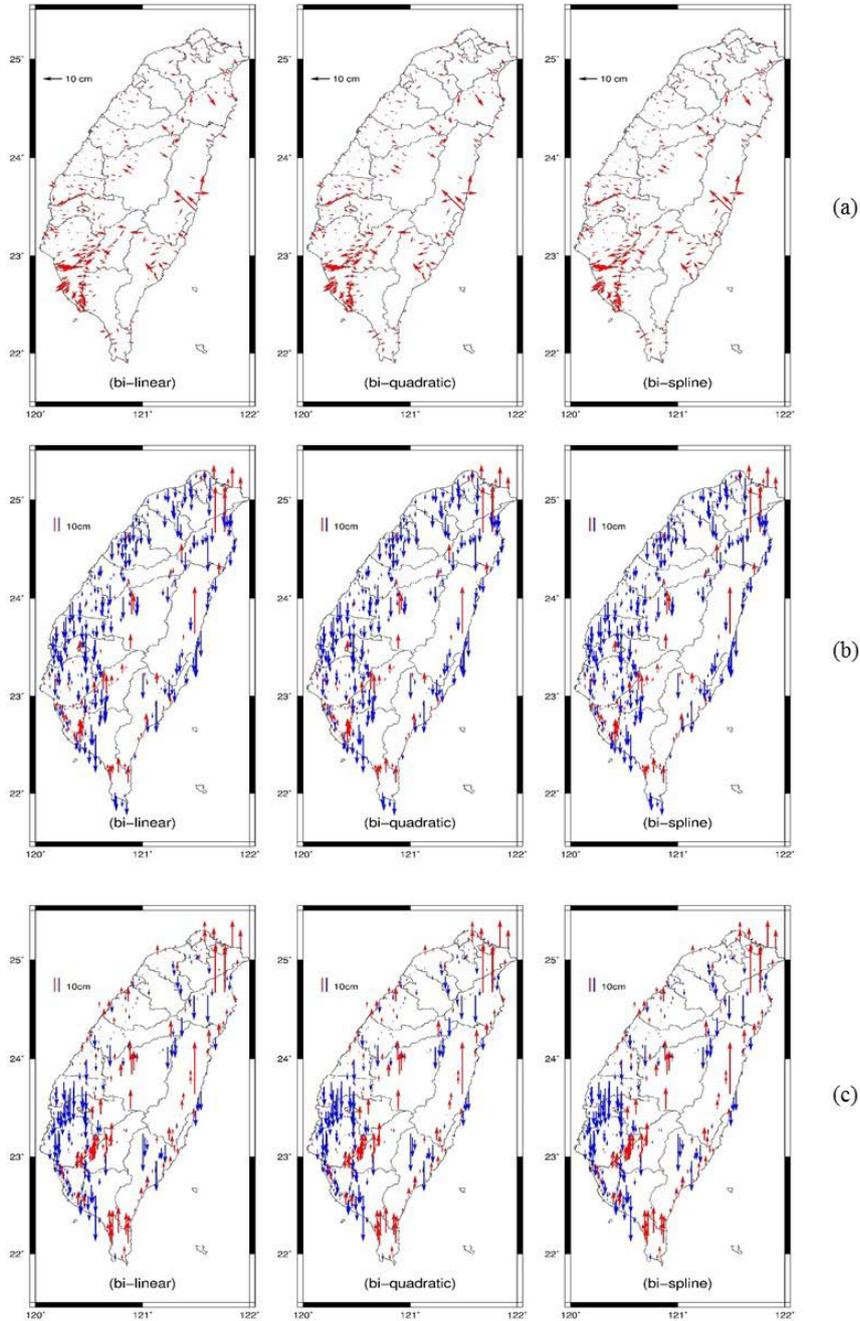


圖10 距離反比權重法 e-GNSS[2013]→TWD97[2010]外部精度(a)平面分量較差圖 (b) 橢球高分量較差圖 (c)正高分量較差圖

(三) 最佳建置模型與內插計算方法

經分別使用諧和面法、克利金法及距離反比權重法等3種將離散點位組成網格模型之方法，與雙線性、雙二次曲線及雙雲形曲線等3種內插方式，分析e-GNSS[2013]轉TWD97及TWVD2001與e-GNSS[2013]轉TWD97[2010]及TWVD2001之外部精度，3種內插成果無顯著差異，克利金法建置之坐標轉換模型精度略優於諧和面法與距離反比權重法，但其差異小於1公分。

五、結論與建議

(一) 結論

本研究透過三維即時坐標轉換之方法，解決VBS-RTK定位測量成果非法定坐標系統之問題，並以國內e-GNSS系統為例，研究最佳建置模型與內插計算方法，獲得以下結論：

1. 本研究利用國際海運系統無線電技術委員會(RTCM)制定之差分GNSS標準格式RTCM 3.1 type 1021及type 1023，將研究建置之坐標轉換參數、殘差網格修正模型與網格內插計算方法等資訊傳送給使用者，讓使用者可即時將VBS-RTK測量成果轉換至法定坐標系統(含正高系統)，轉換成果平面精度優於5公分，高程精度優於10公分，解決國內以往e-GNSS系統VBS-RTK測量成果非法定坐標之問題，讓使用者可更快速便利地應用e-GNSS系統進行各項測量工作，將專業的內業計算工作交由本中心負責處理，降低e-GNSS系統應用門檻，節省內業人力養成、計算時間與工作成本，擴展e-GNSS系統應用領域。
2. 為研究最佳建置模型與內插計算方法，轉換控制點經Helmert嚴密法七參數坐標轉換後，將其殘差分別以諧和面法、克利金法及距離反比權重法等3種離散點位組成網格模型之方法，建置網格解析度30秒之殘差網格修正模型，並以雙線性法、雙二次曲線法及雙雲形曲線法等3種內插計算方法，以真實觀測資料分析e-GNSS[2013]轉TWD97及TWVD2001與e-GNSS[2013]轉TWD97[2010]及TWVD2001之內、外部精度。研究結果顯示，克利金法建置之殘差網格修正模型精度最佳，雙線性法內插計算成果優於雙二次曲線法與雙雲形曲線法。
3. 本研究以最佳建置模型(克利金法)與內插計算(雙線性內插)方法建置之坐標轉換模型，經實際觀測資料驗證轉換精度如下：
 - (1) e-GNSS[2013]轉TWD97及TWVD2001：(N,E,h)三維坐標轉換精度為0.040、0.035及0.094公尺，正高轉換精度為0.130公尺。
 - (2) e-GNSS[2013]轉TWD97[2010]及TWVD2001：(N,E,h)三維坐標轉換精度為0.025、0.033及0.072公尺，正高轉換精度為0.076公尺。

(二) 建議

1. e-GNSS系統係採用VBS-RTK定位技術，提供使用者即時且高精度之定位服務，

測量成果為e-GNSS[2013]坐標。以往使用者須額外花費人力與時間連測已知控制點進行坐標轉換與最小二乘配置計算，才可將e-GNSS測量成果轉換至法定坐標系統，且坐標轉換與最小二乘配置計算技術門檻較高，一般使用者不容易使用。e-GNSS系統目前已實際應用本研究成果，讓使用者在測量現場簡單快速地獲得法定坐標系統測量成果，其平面精度優於5公分，高程精度優於10公分，對於測量工作精度需求低於上述精度者，均可直接應用；惟實際作業時，仍建議於測區外圍檢測部分已知控制點，以確保成果精度品質。

2. e-GNSS系統高程測量成果為橢球高，與一般工程使用之正高不同。以往欲獲得正高，須以水準測量作業方式，自己知水準點引測而來，不僅耗時費力，且在彰雲嘉沿海等地層下陷地區，每年沉陷速度大於5公分，導致一等水準點正高公告成果已無法應用。本研究建置之坐標轉換模型，可即時將e-GNSS系統VBS-RTK測量之橢球高轉換至正高，且是符合現況之正高，精度優於10公分，對於一般工程測量、中、小比例尺製圖及管線測量等工作，不僅可快速獲得正高成果，且精度足供應用，可藉由e-GNSS系統與本研究成果實現臺灣現代化高程測量。
3. 本研究受限於觀測計算之基本控制點僅少數具TWD67坐標，故無法建置e-GNSS[2013]坐標系統轉換至TWD67坐標系統之轉換模型。惟國內部分地籍圖資使用之坐標系統仍為TWD67，有使用VBS-RTK進行TWD67坐標測量需求之相關單位，亦可參考本研究之成果建置轉換模型，擴展應用領域。
4. 臺灣位處板塊交界地區，地殼變動頻繁劇烈，為確保e-GNSS系統定位成果品質，定期更新基準站坐標勢在必行。藉由e-GNSS系統定期更新坐標並搭配本研究成果，可將爾後基準站坐標更新後之VBS-RTK測量成果，轉換至更新前之坐標系統與法定坐標系統，不僅可解決基準站坐標更新前後測量成果坐標系統不一致的情況，經長期作業後，更可利用e-GNSS系統與本研究成果，建立臺灣動態基準。

參考文獻

- 內政部土地測量局，2006，《e-GPS衛星基準站即時動態定位系統VBS-RTK定位測試成果報告》，內政部土地測量局：台中。
- 內政部國土測繪中心，2012a，《大地基準及一九九七坐標系統2010年成果工作總報告》，內政部國土測繪中心：台中。
- 內政部國土測繪中心，2012b，《e-GPS即時動態定位系統坐標轉換最佳化之研究》，內政部國土測繪中心自行研究報告：台中。
- 林廷融，2002，《中華衛星二號取像區域之參考網格系統及地理資訊系統建立》，國立交通大學土木工程學系碩士論文。
- Fritzensmeier, K., G. Kloth, W. Niemeier, and K. Eichholz, 1985, Simulation Studies on the Improvement of Terrestrial 2D-Networks by Additional GPS-Information, in W. M. Welsch and L. A. Lapine eds., *Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und*

Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg: Processes in International Federation of Surveyors (FIG).

Eleiche, M., 2008, *RTCM 3.1 Transformation Messages In RTK GNSS Networks*, Thesis (Ph.D.), Faculty of GeoInformatics, University of West Hungary: Székesfehérvár.

Rapp, R. H., 1993, *Geometric Geodesy Part II*, Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University: Columbus.

運用 e-GNSS 結合多元圖資辦理圖解區土地複丈 之研究：以桃園市桃園區、龜山區為例

黃立信^{1*} 劉榮山²

論文收件日期：104.07.14

論文修改日期：104.08.11

論文接受日期：104.10.02

摘 要

土地複丈業務為目前國內地政機關測量單位之主要業務，鑒於工商發展迅速蓬勃，土地價值高漲，相對的民眾對於土地複丈成果也要求更加準確。傳統作業辦理土地複丈，因圖根點分布情況、可靠界址點施測情形與套圖考量之差異等因素，而有不同之複丈成果，致衍生土地糾紛，嚴重影響政府公信力。內政部國土測繪中心因應潮流所需，研發提供 e-GNSS (Electronic Global Navigation Satellite System) 即時動態定位系統，其具備多目標、高效率、高產能之定位資訊蒐集能力，累積長期之測量成果並加以整合運用，避免測量錯誤情形發生，可減少傳統測量外業之複丈時間，有效提升測量成果品質。

現行之測繪圖資有地形圖、正射影像圖、地籍數化圖、現況展點圖、都市計畫圖及通用版電子地圖等多元圖資可供地籍套繪使用。本研究以地形圖、正射影像圖、地籍數化圖、現況展點圖等多元測繪圖資加以統一整合於 TWD97 坐標系統架構下，不僅可輔助辦理土地複丈作業，整理後之相關圖資亦可提供其他機關業務上作參考使用。

本研究係以 e-GNSS 方式辦理圖解區土地複丈作業，並用已完成數值地籍圖重測區當作測試驗證區，作為爾後在圖解區以 e-GNSS 方式辦理土地複丈之參考。於建立新的作業規範後，運用 e-GNSS 辦理加密圖根測量、現況測量及土地複丈等作業，經測量定位後之點位，運用 6 參數轉換和最小二乘配置法統一轉至 TWD97 坐標系統下，因無傳統加密圖根測量之累積誤差，研究證明新的作業規範不但能減少作業時間、提高工作效率，且均能符合規則之作業程序與相關之精度規範。

關鍵詞：e-GNSS 即時動態定位系統、土地複丈、多元圖資

¹ 副教授，國防大學理工學院環境資訊及工程學系。

² 碩士生，國防大學理工學院環境資訊及工程學系；技士，桃園市桃園地政事務所。

*通訊作者，TEL:(03)3800364#132，E-mail：shinn0329@gmail.com。

Implementation of e-GNSS Technology and Multi-Map Data for Graphical Area of Land Survey Correction : Two Cases Study of Taoyuan District and Gueishan District

Lih-ShinnHwang^{1*} Jung-ShanLiu²

Abstract

Land survey correction is the main duties of government of land affairs departments in Taiwan. Because of the rapidly of economy development and the raise of land price, people require more accuracy surveying results. Due to distribution of control points, mistakes of reliable land boundary coordinates and analysis of overlap mapping, traditional procedures of land survey correction would make different results. It brings about lots of land disputation and decrease of government credibility. Therefore, NLSC(National Land Surveying and Mapping Center) provides e-GNSS technology that not only save time of surveying but avoid surveying mistakes, to upgrade the quality of surveying results.

Existing graphic informations for survey works of topographic maps, orthophoto images maps, cadastral digital maps, base-status-point maps, city planning maps and electronic-global maps effectively supplied to cadastral survey of overlap mapping. Collecting with all graphic information, those data uniformly translated into the TWD97 coordinate system. It also assists works of land survey correction and the graphic information could be provided the good valuation reference.

This study implement e-GNSS technology and multi-map data for graphical area of land survey correction, and select completed resurvey area of digital cadastral map in the range as reference area. After established new SOP (Standard Operation Procedure), using high precision of e-GNSS technology and multi-map data to handle affairs of topographical densified control surveying, cadastral surveying and land survey correction. Because there is no accumulation residuals of traditional densified topographical control surveying, measured points can be translated into a TWD97 coordinate system by 6-parameter translations and least square collocation method. It is proved that not only reduce of the operating time but also improve of working efficiency, new SOP

¹Associate Professor, Department of Environmental Information and Engineering, National Defense University, C.C.I.T.

²Master, Department of Environmental Information and Engineering, National Defense University, C.C.I.T./ Employee, Land Affairs Office of Taoyuan District, Taoyuan.

* Corresponding Author, TEL:+886-3-3800364#132, E-mail : shinn0329@gmail.com.

corresponds with the rules of operating procedures and the accuracies of related specifications.

Key words: e-GNSS, Land Survey Correction, Multi-map Data

一、前言

「文明建設，端始測量」，測量為釐定經界的基礎，更為推展國家建設之根本。測量的成果不但關係人民土地財產權益，亦影響工程品質的優劣。土地複丈業務為目前國內地政機關測量單位之主要業務，鑒於工商發展迅速蓬勃，土地價值高漲，相對的民眾對於土地複丈成果也要求更加準確，以避免影響其自身權益造成財產損失。

日治時期測繪之地籍圖，使用迄今年代久遠，常因地籍圖紙伸縮、折皺破損較為嚴重，致圖籍接合困難產生圖籍誤謬之情形。於辦理土地複丈時，限於複丈時間以及設備因素，大多無法依作業規定求其伸縮率後加以分別平均配賦於各宗地。於辦理複丈時，常遇天雨、現場障礙物阻礙通視、土地界址經界不明需擴大施測等因素，無法於複丈當日辦理完畢。現地之土地使用狀況與地籍圖資不符、可靠界址點與套圖考量之差異等原因，不同時間、人員辦理土地複丈之成果，常有不一致之情形，衍生土地糾紛致影響政府公信力。

國內 e-GNSS(Electronic Global Navigation Satellite System)即時動態定位系統已具備多目標、高效率、高產能之定位資訊蒐集能力，可減少於外業惡劣環境之作業時間並解決相關問題。長期之測量成果加以整合運用，將有效提升測量成果品質，避免測量錯誤情形。為充分達成複丈業務電腦化管理，有效運用圖解數化成果及內政部國土測繪中心建置完成 e-GNSS，藉由所建立之數值化測量環境，使圖解數值化區域之複丈成果得以一致，並可改善傳統平板測量精度較低的作業方式，進而提升工作品質及效率，減少土地糾紛以及保障民眾財產權益。

二、研究方法與流程

本研究主要檢討傳統作業土地複丈之缺失，利用 e-GNSS 技術實施土地複丈作業，除可以達成控制點不落地的目標，也同時有效解決圖根點遺失嚴重問題。將多元圖資整合於 TWD97 坐標系統架構下輔助辦理土地複丈，相關圖資將可提供其他機關參考及業務上使用。將土地複丈成果共享利用，提高測量精度與效率，以避免複丈成果前後不一致之情形，影響政府單位之公信力。藉由本研究成果提供地政單位新的標準作業流程，以提升行政效率。

研究以 102 年度龜山地籍圖重測區及 103 年度桃園重測區公告之 TWD97 系統重測成果為基值，利用全國性衛星定位基準網之 e-GNSS 即時動態定位系統施測研究區內之加密點分析控制點求取區域性之轉換參數加以分析，以判定控制點位是否遭受移動破壞，再以 e-GNSS 即時動態定位系統進行圖根點及界址點測量，利用參數轉換方法將成果轉換至與地籍圖重測區公告 TWD97(1997)坐標系統進行比較分析。藉由本研究方法分析 e-GNSS 即時動態定位系統測量點位精度，是否符合地籍測量辦理土地複丈作業之規範要求，研究流程分述如下：

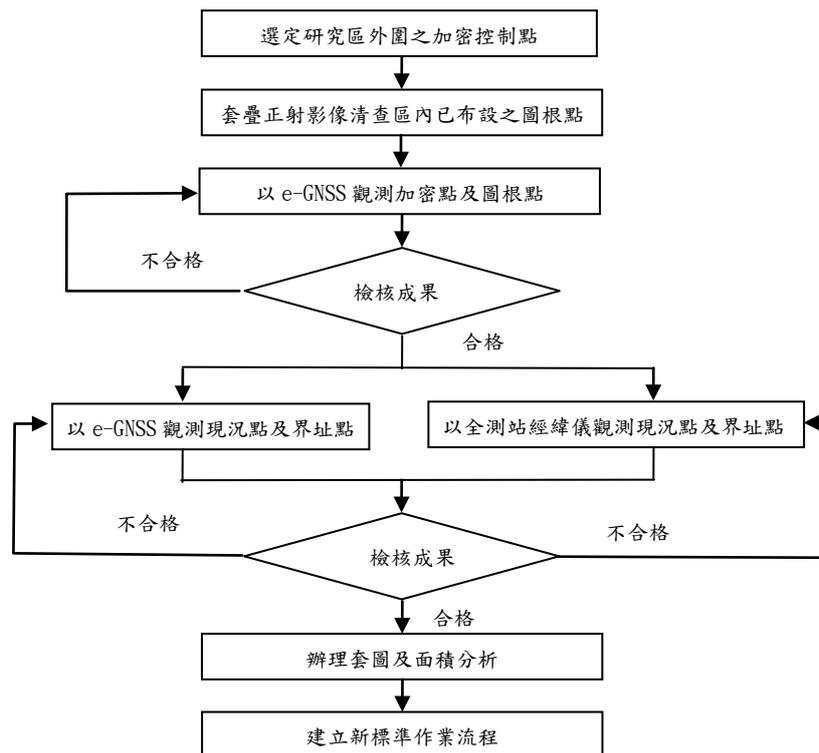


圖1 研究流程圖

三、理論基礎

(一)e-GNSS 即時動態定位系統介紹

目前之 GNSS 全球導航衛星定位系統，包括美國 GPS(Global Positioning System) 全球定位系統、俄羅斯 GLONASS(GLObalNAvigation Satellite System) 衛星定位系統、歐洲伽利略(Galileo) 衛星系統、日本準天頂衛星系統 QZSS(Quasi-Zenith Satellite System)、中國的 Compass 北斗衛星導航定位系統、法國的 DORIS 以及印度的 IRNSS 印度區域導航衛星系統 (Indian Regional Navigation Satellite System) 等各自建立之衛星導航定位系統。因內政部國土測繪中心使用設備採用定位技術穩定且成熟之雙 G 系統(GPS 與 GLONASS)，故本研究以其系統所使用之 GPS 與 GLONASS 兩大衛星定位系統組合成的 GNSS 全球導航衛星定位系統為主。

結合 GPS/GLONASS 雙衛星定位接收系統，可擁有 56 顆位於地球外層空間不同軌道完全運作的衛星。GLONASS 衛星大部分都分布於高緯度地區，而 GPS 衛星則是分布於中、低緯度地區，結合雙衛星定位接收系統可形成互補狀態。增加觀測衛星顆數，改善衛星幾何圖形配置，在任何地方都有較大高度角的多個衛星觀測，可增加點位解算成功率及精度。對於 GPS 系統結合 GLONASS 系統的優勢如下：(內政部國土測繪中心，2015)

1. 增加衛星訊號的觀測量。
2. 顯著增加可視衛星的空間分布。

3. 降低水平和垂直坐標的精度衰減因子 DOP (Dilution Of Precision)值，提高觀測結果精度。
4. 減少觀測所需的時間，提高作業效率。

整合 GPS/GLONASS 系統方面，須整合處理兩系統間坐標系統、時間系統與載波頻率差異等三個問題。

e-GNSS 即時動態定位技術(以下以 e-GNSS 表示)為內政部國土測繪中心所建構高精度之電子化全球衛星即時動態定位系統，其為架構於網際網路通訊及無線數據傳輸技術之衛星即時動態定位系統，以”e”字元表示電子化與網路化意含，GNSS 代表全球導航衛星定位系統，系統採用系統較穩定成熟之 GPS 與 GLONASS 兩系統，以增加衛星訊號的觀測量以減少觀測所需的時間，提高作業效率。雖然 e-GNSS 系統還可以考慮將其它歐洲伽利略(Galileo)衛星系統、日本準天頂衛星系統 QZSS (Quasi-Zenith Satellite System)、中國的 Compass 北斗衛星導航定位系統、法國的 DORIS 以及印度的 IRNSS 印度區域導航衛星系統加入納入，目前限於經費以及相關各基準站設備亦須提升，因此短期內尚無規劃將其它系統納入。

e-GNSS 是結合衛星定位、寬頻網路數據通訊、Mobile Phone 行動式數據傳輸，資料儲管及全球資訊網站(Web)等 5 項先進主流科技之核心定位技術-虛擬基準站 (Virtual Base Station, VBS)為基礎之網路化即時態定位(Network RTK)技術，如圖 2 所示。透過即時傳輸建置於全國各地之衛星定位基準站連續性衛星觀測資料，經由控制及計算中心對於各基準站衛星觀測資料之整合計算處理後，目前除在臺灣本島(含綠島、蘭嶼)及澎湖、金門、馬祖地區，只要在可以同時接收 5 顆 GPS 衛星訊號的地方，都可以利用 GPRS 等無線上網的方式，在極短的時間內，獲得高精度之定位坐標成果(內政部國土測繪中心，2015)。

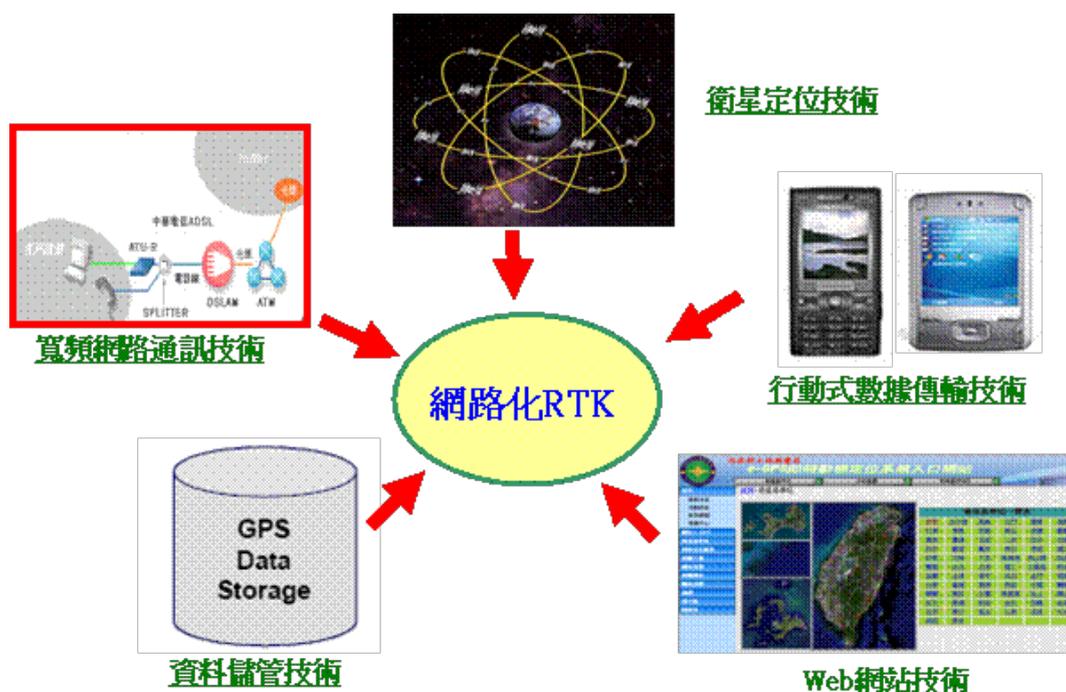


圖2 e-GNSS 即時動態定位 5 大核心定位技術(內政部國土測繪中心，2015)

內政部國土測繪中心在臺灣本島之 e-GNSS 坐標框架成果 e-GNSS[2013]於 103 年 1 月公布使用，配合 e-GNSS 系統實務要求，各基準站間之坐標反算空間距離與每個時刻實測距離之較差能小於 1 公分，以維持各基準站點位間之高精度相對關係，故其成果並非固定在 TWD97 之相關追蹤站成果上，而是約制在苗栗縣竹南基準站，並考量竹南站之速度量，採最小約制套合作法，精密解算各基準站之坐標成果。

新坐標框架定位在內政部 101 年 3 月 30 日新公布之 TWD97[2010]坐標系統下，計算 2014 年 12 月 1 日至 2015 年 1 月 31 日共計 62 天成果。為因應未來長期營運維護及設備管理需要，已將最小約制點位改為設置在內政部國土測繪中心樓頂基準站(LSB0)，並將成果以 e-GNSS[2015]表示，和以往約制在竹南之 e-GPS[2009]及 e-GNSS[2013]有所區別，使用者對於 e-GNSS 成果可依使用目的及成果精度需求，利用不同坐標轉換方式辦理。對於原已辦理具有 e-GNSS[2013]成果者，可利用「二次轉換」方式辦理或利用本系統三維坐標轉換服務網站轉換至 TWD97 或 TWD97[2010]比對(內政部國土測繪中心，2015)。

表1 e-GNSS 坐標框架基本定義(內政部國土測繪中心，2015)

固定站點名		內政部國土測繪中心樓頂基準站	
國際坐標基準框架		ITRF94	
坐標定義起始時刻		2015 年 01 月 01 日 12 : 00 : 00	
X-坐標	-2967207.333 公尺	N-速度量	-0.0042 公尺/年
Y-坐標	5010439.297 公尺	E-速度量	-0.0000 公尺/年
Z-坐標	2593842.976 公尺	U-速度量	-0.0022 公尺/年

(二)土地複丈作業流程探討

1. 地籍圖與土地複丈簡介

所謂地籍圖是以圖解法或數值法方式辦理地籍測量後依實地測繪結果，按一定比例尺展繪顯示土地產權境界，標明了各宗(筆)土地之形狀、大小及四至範圍並編有地號之平面圖(李鴻毅，1997)。目前各地政單位存管之圖解法地籍圖為日據時期測繪地籍圖、臺灣省未登記土地測量、地籍圖修正測量、農地重劃、市地重劃、工業區整理、區段徵收等等之地籍整理後繪製之地籍圖。由於測製時間不同，紙張、比例尺大小亦有不同。

地籍測量與土地複丈之差異為地籍測量係於辦理控制測量後依據土地所有權指界之範圍辦理界址測量後繪製成地籍圖。而土地複丈由於圖根點均已遺失，於未辦理圖根點補建的情況下卻需以地籍圖上之經界線為依據，以實地尋找出圖地相符之界址點為依據，釘定所需辦理土地複丈之土地界址(李瑞清，1998)。有關地籍與土地複丈之關連性如圖 3 所示。

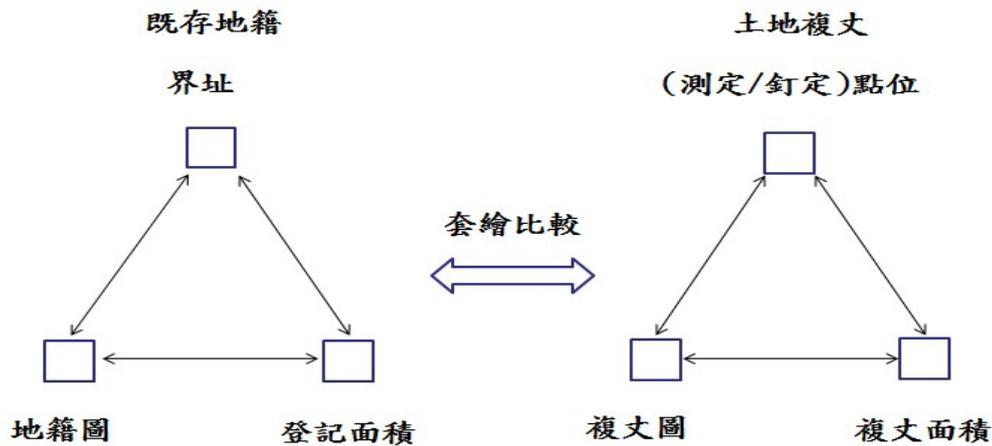


圖3 地籍與土地複丈之關連性 (許明傳, 2007)

土地複丈為地籍測量之土地因為天然或人為因素造成測量結果與實際情形有不符情事，土地所有權人或管理人得依法向地政機關申請再行測量(李鴻毅, 1997)。土地複丈的意義在於確定土地之位置與面積，以確保人民產權，並作為土地管理的基本依據。因此地籍測量成果良窳，勢將影響土地所有權人權益。土地複丈之作業流程大致可分為受理申請、收件與計費、案件審查(補正、駁回)、作業準備、實地複丈、核發成果圖等作業項目。

目前地政單位辦理土地複丈常見之問題有複丈時間超過 15 日、人員專業能力有待提升、辦理業務複雜(一般公文、土地複丈更正案件、人民陳情案件訴願案)、圖籍疑義辦理更正耗時且會面臨民眾因權益損害申請國賠問題、測量工程車不足、複丈案分責任區、儀器設備未能更新及限於經費編列無法添購最新之測繪設備、外業測量環境不佳、民眾知識提升對於服務態度要求問題、因地籍疑義需辦理擴大施測，無法於排定時間辦結複丈案件、複丈通知書之問題(毗連土地關係人眾多之困擾)、天雨現場障礙物等因素影響等等問題。

本研究以使用之儀器與方法，將複丈方式分為傳統複丈方式與現行辦理土地複丈方式兩種。傳統複丈方式分別為使用平板儀辦理土地複丈、使用平板儀及平板光波辦理土地複丈、運用經緯儀測量辦理現況測量等作業方式。現行辦理土地複丈方式以全測站經緯儀施測後，利用套圖軟體(重測系統、Autocad、圖解法地籍圖數值化成果土地複丈電腦套圖作業系統、Ezmap 等軟體)輔助辦理土地複丈、運用 RTK 或 e-GNSS 辦理圖根測量及現況測量、套圖分析後辦理土地複丈。

2. 傳統與新式複丈作業方式比較分析

土地複丈之作業流程大致可分為受理申請、收件與計費、案件審查(補正、駁回)、作業準備、實地複丈、核發成果圖等作業項目。本研究中複丈作業流程，舊式與新式複丈作業於受理收件至配件以及內業均相同，僅以辦理方式加以探討。

(1)傳統複丈作業方式

傳統複丈方式以複丈前之內業與複丈之外業以及結案歸檔等業務分述如下：

- a. 複丈前：現行各地政單位辦理土地複丈，依規定需於受理後十五日內辦理完竣，相關內業包含寄發土地複丈通知書、查對歷年來土地複丈圖籍資料、繪製土地

複丈圖及土地成果圖等作業。於辦理複丈前，還需檢校測量儀器並了解土地複丈之坐落位置。如圖籍誤謬還需辦理圖籍資料更正，更正程序繁瑣耗時。

- b. 複丈時：外業工作為依排定日期後赴實地辦理土地複丈之作業，作業內容為核對申請人身分、辦理圖根或界址測量、套圖分析作業、實地協助理設土地界標、申請人及土地關係人簽章、核發土地複丈成果圖後完成外業工作。實地辦理複丈時，短時間內需尋求可靠界址點辦理複丈於辦理土地複丈時，限於複丈時間以及設備因素，大多無法依作業規定求其伸縮率後加以分別平均配賦於各宗地。於辦理複丈時，常遇天雨、現場障礙物阻礙通視、土地界址經界不明需擴大施測等因素，無法於複丈當日辦理完畢。現地之土地使用狀況與地籍圖資不符、可靠界址點與套圖考量之差異等原因，不同時間、人員辦理土地複丈之成果，常有不一致之情形，衍生土地糾紛致影響政府公信力。
- c. 複丈後：於辦理複丈完成後，複丈案件需填寫送件簿併同土地複丈申請書、複丈檢核表格、土地複丈圖等資料送核結辦完成歸檔作業，即完成土地複丈作業。所辦理土地複丈之結果，土地所有權人未能同意複丈成果時，得申請異議複丈，承辦人員仍需整理相關複丈依據資料，提報上級機關檢核複丈成果。
- d. 由於複丈人員辦理業務相當繁雜，包含土地複丈、建物勘測、人民陳情案件、機關囑託案件以及臨時性交辦案件等等，對於新進測量人員來說短期內會倍感艱辛。如轄管範圍遼闊未分責任區辦理複丈、外業測量環境不佳常無法於排定時間辦結複丈案件，且重複性作業太多致影響行政效率。傳統複丈方式之成果，因不同測量人員套圖考量之不同，常有複丈成我不一致之情形，衍生土地糾紛嚴重影響民眾權益。傳統土地複丈外業作業流程如圖 4 所示。

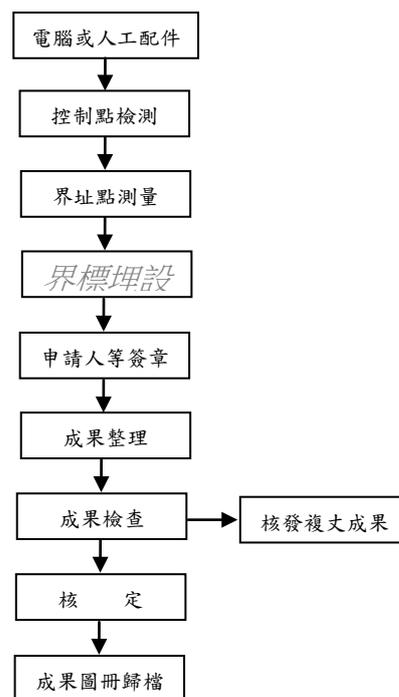


圖4 傳統土地複丈外業作業流程圖

(2)新式複丈作業方式

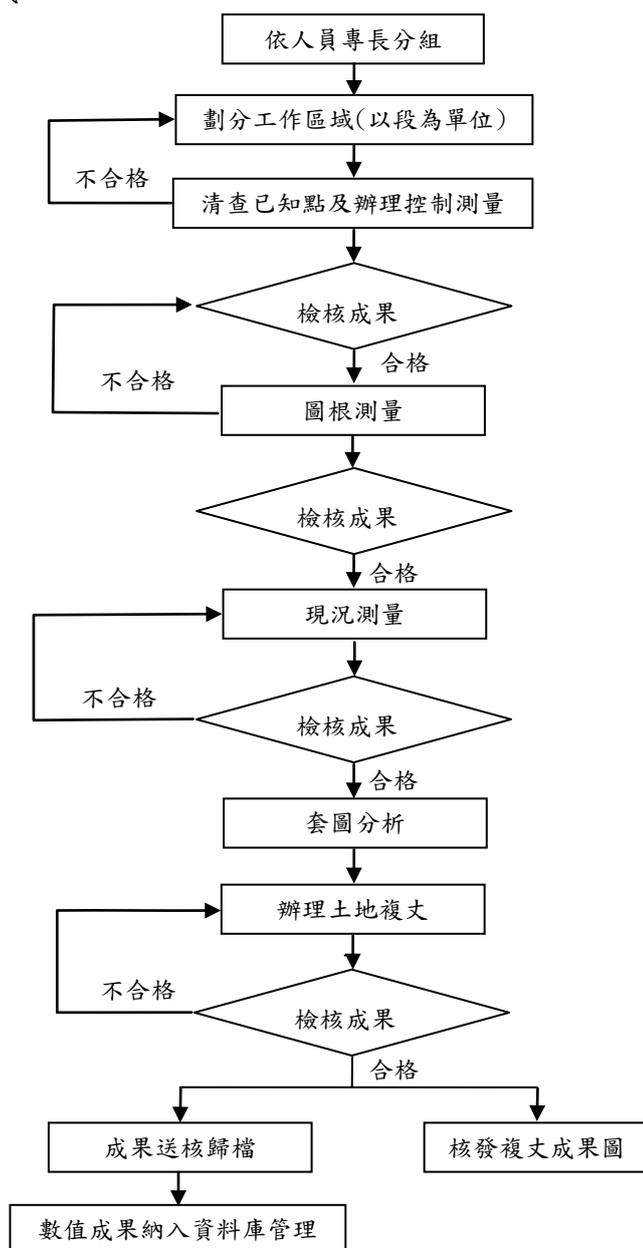


圖5 新土地複丈外業作業流程圖

新式複丈方式將測量人力依其資歷及專長加以編組，可依現有人力分為圖根與現況測量組、套圖分析組以及鑑界組等組，工作分組辦理相關作業內容分述如下：

- a. 圖根與現況測量組：依辦理複丈土地，運用 e-GNSS 及全測站經緯儀以重測模式辦理工作區之圖根測量與現況測量，於現況測量時點位加以註記以便於套圖分析與日後測繪圖資管理。
- b. 套圖分析組：依圖根與現況測量組測量之現況點，互相討論可據以辦理套圖之可靠界址點配合地籍圖及其他可靠資料辦理套圖分析，並將套圖分析之結果予以存檔。

- c. 鑑界組：以套圖分析組之套圖成果及實地理設之圖根點辦理土地複丈，於辦理土地複丈後，將相關成果送核歸檔並資數值成果納入資料庫管理。
- d. 運用 e-GNSS 辦理圖根測量及土地複丈，可有效收集測繪圖資，提升複丈精度。所研擬新的土地複丈外業作業流程如圖 5 所示。

辦理複丈作業人員素質與工作態度是影響辦理複丈成果之主要因素之一。將測量人力編組辦理土地複丈，短期內測量人員會無法適應，對於辦理土地複丈案不僅需兩組人員、花費兩趟交通往返時間耗費人力不表贊同，但分工明確，每組對於儀器設備之使用也會相對熟練，可以避免操作錯誤情形。長時間所累積之測量圖資可有效節省外業時間，對於辦理土地複丈作業會日益順利，糾紛案件也會愈來愈少。

(三) 坐標轉換

坐標系統是用來描述點位在空間的位置，由坐標原點的位置、坐標軸的方位、坐標參數等三要素構成。目前在地籍圖僅平面坐標，控制點坐標轉換方面較常採用模式有 4 參數轉換、6 參數轉換、4 參數轉換最小二乘配置、6 參數轉換最小二乘配置等方式。6 參數轉換亦稱仿射轉換(Affine Transformation)，其物理意義為兩坐標系間包含 2 個比例尺因子、1 個旋轉量、2 個平移量及 1 個軸系不正交偏角，至少要三個共同點來求解，基本上大多數的坐標轉換均能以 6 參數轉換為之。其轉換如圖 6，數學式如 1 式(李添福，2006；戴賢祥，2013；王文俊，2014)：

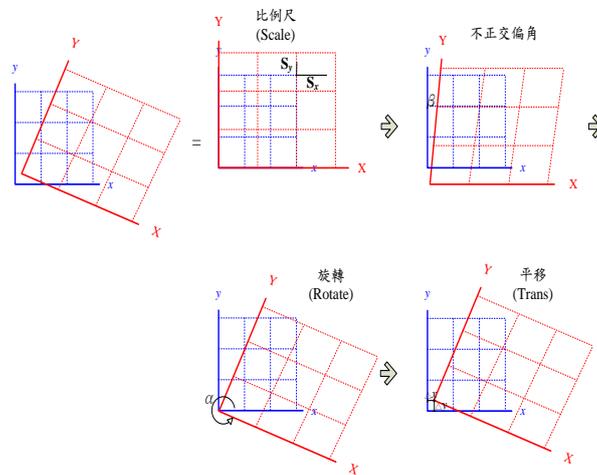


圖 6 6 參數轉換示意圖(李添福，2006)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\alpha - \beta) & \sin \theta \\ -\sin(\alpha - \beta) & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ax + By + C \\ Dx + Ey + F \end{bmatrix} \quad (1)$$

令轉換參數 $A = S_x \cos(\alpha - \beta)$, $B = S_y \sin \alpha$, $C = \Delta x$,

$D = -S_x \sin(\alpha - \beta)$, $E = S_y \cos \alpha$, $F = \Delta y$ 式中， X, Y ：共同點轉換後坐標； x, y ：共同點轉換前坐標； S_x, S_y ：比例尺因子； α ：旋轉角； β ：軸系不

正交之偏角； Δx 、 Δy ：平移量。

(1)式中 A、B、C、D、E、F 為轉換參數，其 C、F 為坐標平移量。

最小二乘配置法是結合最小二乘法、內差及濾波平差的方法，除了可以處理含有訊號的觀測量之外，還能由一些已知的觀測量或平差計算所得之成果，去估計另一組沒有觀測資料的新點，在估計新點時並將不希望傳播過去的觀測量雜訊過濾處理(黃華尉，2001；戴賢祥，2013)。

不同於傳統的平差法，最小二乘配置法在測量平差中，將這種兼有求訊信號和非隨機參數的方法。最小二乘配置法是一種結合最小二乘法(未知參數的估計)、預估(計算任一點的訊號 u)與濾波(雜訊 g 的移除)三種作用的方法，傳統的測量平差法僅能處理觀測量含有純粹的偶然誤差，而最小二乘配置法不但能將之擴大到處理觀測量含有相關性的誤差外且還能估計出未做觀測之處應有之觀測值，其函數模型如 2 式所示(黃華尉，2001；李添福，2006；戴賢祥，2013)：

$$L = Q h + u + g \quad (2)$$

L：觀測量(即轉換後坐標)。

Q：設計矩陣(即轉換前坐標)。

h：未知參數(即轉換參數)。

u：各觀測量的訊號(即系統誤差)。

g：各觀測量純粹由於偶然特性經平差計算後所產生的殘差(即偶然誤差)。

最小二乘配置法應用於坐標轉換，若有足夠的共點條件(4 參數轉換至少 2 個坐標轉換共同點，6 參數轉換至少 3 個坐標轉換共同點)則可求出轉換參數。

四、資料蒐集處理與成果分析

(一) 研究區選定

桃園市龜山區兔子坑段大湖頂小段民國 102 年地籍圖重測區部分範圍為龜山研究區；桃園市桃園區中路段民國 103 年地籍圖重測區部分範圍為桃園研究區。兩研究區選定均考量為日治時期測繪之地籍圖範圍，成圖比例尺為 1/1200 之地籍圖，分別於民國 102、103 年度辦理地籍圖重測作業，測區內已布設圖根點完成亦有測繪現況點及重測公告後之成果可供學術研究使用，如表 2 所示。

表2 研究區資料表

研究區	地段名	測製時間	測量類別	辦理筆數 重測時間、範圍	備註
龜山	兔子坑段 大湖頂小 段	日治時期	圖解法	18 筆 民國 102 年度 龜山重測區	都市計畫外 (郊外山區)
桃園	中路段	日治時期	圖解法	25 筆 民國 103 年度 中路重測區	都市計畫內 (市區農地)

(二) 研究使用儀器、軟體、使用之多元圖資

1. 研究使用之儀器:Topcon GR-3 接收儀、SokkiaSET350RX 全測站經緯儀、GARMIN GPS 手持導航機，如圖 7、圖 8、圖 9 所示。



圖 7Topcon GR-3 接收儀



圖 8Sokkia 全測站經緯儀



圖 9GARMIN GPS 手持導航機

2. 使用軟體介紹:Topcon Link(V8.2.3 版)、內政部國土測繪中心控制測量網形平差軟體、多目標數值圖庫應用系統、數值地籍測量地籍圖重測資料處理系統、地政整合格式轉換(Land2kml) 程式，如圖 10、圖 11、圖 12、圖 13 所示。

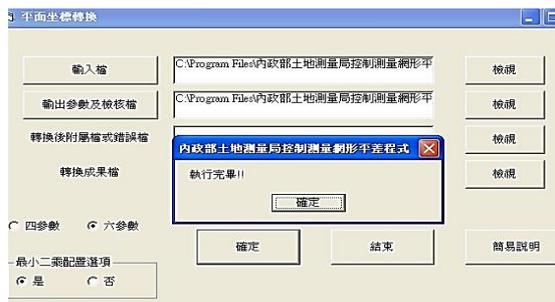


圖 10 控制測量網形平差軟體使用介面圖 圖 11 多目標數值圖庫應用系統軟體使用介面圖

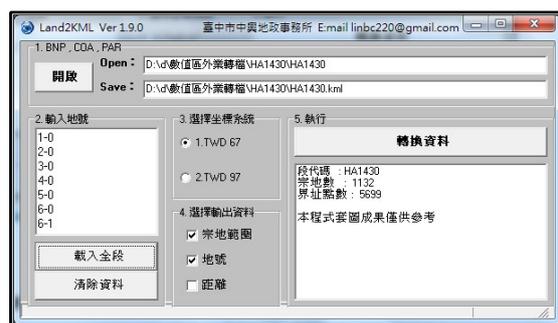
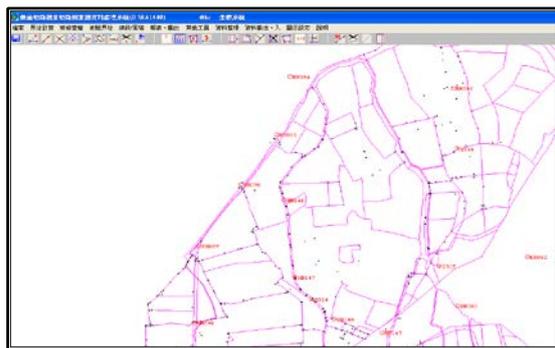


圖 12 數值地籍測量地籍圖重測資料處理系統

圖 13 地政整合格式轉換(Land2kml)程式使用介面

3. 外業觀測:採用 Topcon GR-3 雙頻衛星訊號接收儀作為移動站觀測儀器，辦理研究區範圍之 e-GNSS 外業觀測作業，於地形限制時使用 Sokkia SET350RX 全測站經緯儀輔助辦理測量。
4. 目前的智慧型手機已普及化，運用 Google 電子地圖以及手機定位已不再是遙不可及之夢想，國內已有內政部國土測繪中心、臺中市中興地政事務所(2015)、彰化縣和美地政事務所等機關優秀之地政人員完成撰寫相關程式，相關網站有提供地政資料轉成 KML 之相關程式。於安裝程式並將相關地政資料轉成 KML 檔完成後，運用 Google 電子地圖以及手機定位，即可達成地籍圖資導引定位功能。
5. 研究使用之 GPS 手持導航機為 GARMIN Montana 650t GPS 手持導航機，其可供使用汽車、機車或戶外手持步行等多環境應用，導航機配置台灣道路電子導航地圖，可發揮其特點應用於通訊品質不佳環境之土地複丈位置導航作業。對於山區無明顯地標之會勘作業以及指界案件，更顯迅速方便與精確。

6. 使用之多元圖資:本研究以地籍圖及展繪現況展點圖為主，運用透明紙法原理進行套合作業，輔以套疊正射影像圖、地形圖檢觀測點位之正確性及判斷是否補測現況點。藉由實地測量資料成果與正射影像圖及千分之一的地形圖比對相關測量成果以提升測量成果品質，目前使用之多元圖資如表 3 所示。

表3 研究使用之多元圖資目錄

圖資內容	比例尺	圖資管理機關(提供機關)	備註
地籍圖	1/1200	桃園市桃園地政事務所	以此為基準
現況展點圖	依使用者需求	桃園市桃園地政事務所	
數值地形圖	1/1000	桃園市政府 (桃園市桃園地政事務所)	
正射影像圖	地面解析度 25 公分/每個像素	行政院農委會林務局 (桃園市桃園地政事務所)	
電子地圖	依使用者需求	台灣國際航電股份有限公司 Google 地圖	

(三) e-GNSS 即時動態測量作業

本研究利用內政部國土測繪中心所建置 e-GNSS 系統，針對研究區內現有已知控制點以 e-GNSS 全球導航衛星即時動態定位系統觀測，觀測時間自民國 103 年 8 月 12 日起至民國 103 年 10 月 30 日止，共計 8 日，辦理外業觀測。使用 1 部 Topcon GR-3 雙頻衛星訊號接收儀衛星資料，採用動態測量時採用動態測量時，接收仰角設定為 15 度、PDOP 值小於 6、定位精度平面為 0.015 公尺、垂直精度為 0.020 公尺、觀測量 1 秒紀錄 1 筆、外業觀測每次觀測 3 分鐘並紀錄 180 筆觀測資料，以間隔 1 小時以上於不同時間觀測兩次。運用 e-GNSS 辦理檢測已知 1 等三角點 1 點、3 等控制點 2 點、加密控制點 14 點。民國 102 年度重測圖根點 37 點，民國 103 年度重測圖根點 26 點合計 80 點。依據重測區辦竣之控制點及圖根測量坐標成果及重測成果，以 e-GNSS 全球導航衛星即時動態定位系統觀測所獲得坐標與公告坐標進行分析比對，以探討 e-GNSS 應用於土地複丈之測量精度。

桃園研究區：桃園市中路段

桃園研究區選用包圍研究區範圍之 GF15、GF10、GHG7、GK37、GF16、GD08 等 6 個加密點點位為進行坐標轉換 6 參數轉換最小二乘配置法之共同點，如圖 14 所示。已知點檢測方式係採用 e-GNSS 測量，以內政部國土測繪中心之控制測量網形平差計算軟體 XP 版(950310)，運用子功能項之坐標轉換選項之平面坐標轉換。經計算後轉換成果，共同點坐標分量改正數小於 0.018 公尺，標準差為 0.0122 公尺，6 參數轉換最小二乘配置法轉換後各共同點之轉換後水平距與原坐標成果反算值之水平距相對較差，較差最大值為 2.6 公分，比值小於 30 公厘+6ppm x L(L 為單一基線長度之公里數)作業規範之限制。其檢核標準依內政部國土測繪中心「採用 VBS-RTK 辦理加密控制及圖根測量作業手冊」之加密控制測量對於轉換參數求解

的規範(內政部國土測繪中心，2010)。

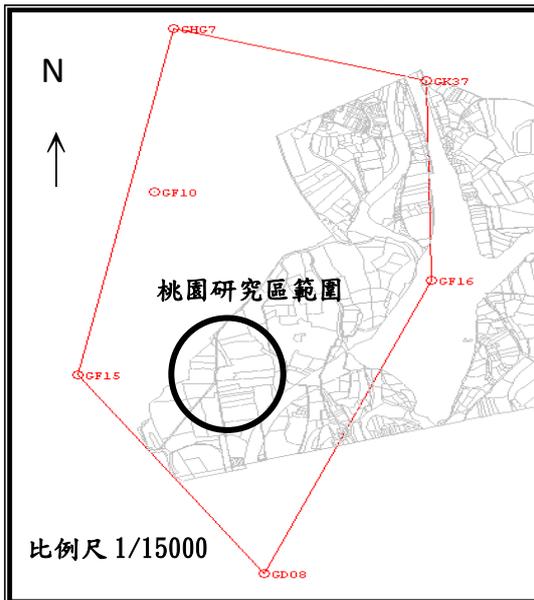


圖14 桃園研究區加密控制點分佈圖

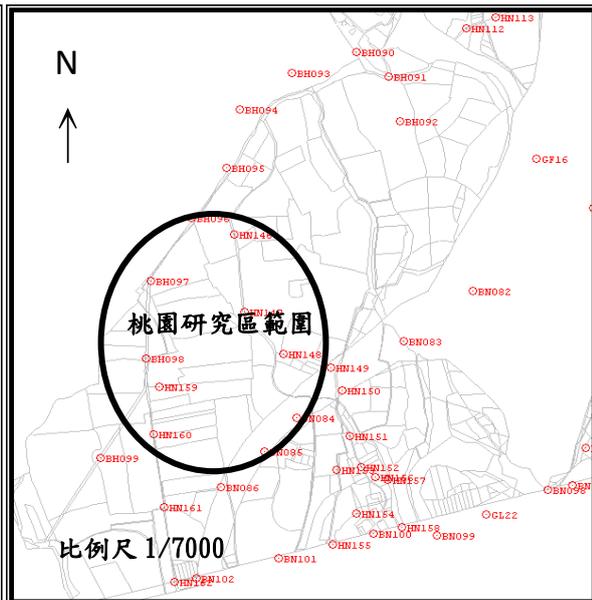


圖15 桃園研究區圖根控制點分佈圖

研究區內使用民國 103 年布設之圖根點共計 22 點，如圖 15 所示，運用 e-GNSS 測量圖根點每測回採連續觀測 180 次，以 2 測回其平均值後，未超出作業規範之觀測成果為最佳觀測值，據以檢核無誤之加密點為依據辦理平面坐標轉換。經實測坐標後與公告坐標之檢核結果 N 軸差約為 0.21 公尺，E 軸差約為 0.46 公尺，位置較差約為 0.51 公尺，因此相對坐標結果均需加以 6 參數轉換以符合公告成果。經坐標轉換後超出 3 公分以上之點位有 6 點，點號 BH091 位於竹林內無法接收衛星訊號，點號 BH092、HN161 點位僅接收到一次之觀測量，經多次補測後仍無法順利完成重複觀測作業，故以上 3 點予捨棄不列入計算，實際點數為 19 點。BN085、BN086、HN150 點位附近因有車輛、大型招牌以及 3 層鐵皮屋、路橋等建築物影響，外業觀測時，雖順利接收 Fix 解之觀測量，由於觀測品質不佳，N 坐標誤差最大值為 0.034 公尺(點位 BN086)，E 坐標誤差最大值為-0.080 公尺(點位 BN085)，未予評列合格；合格後之 16 點圖根點，經分析結果得知， N 坐標最大較差值-0.022 公尺，E 坐標最大較差值-0.026 公尺，由此得知本次觀測品質良好，測量結果可達到公分級精度，如圖 16 所示。

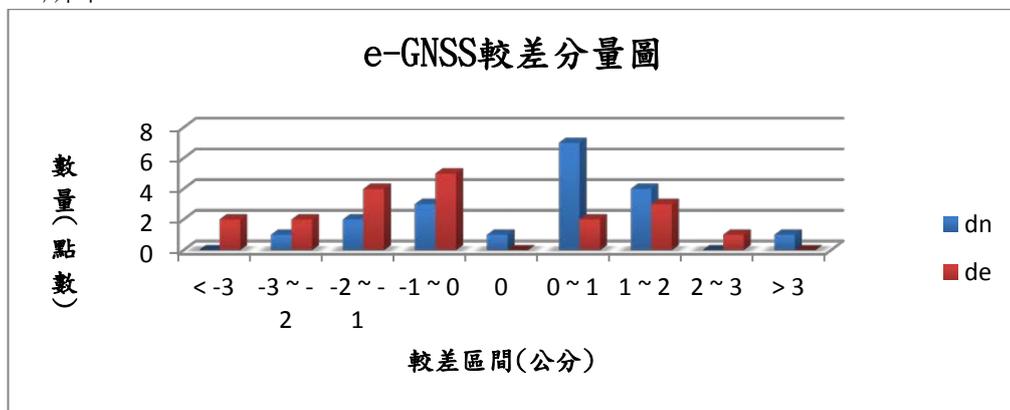


圖 16 桃園研究區 e-GNSS 成果使用 6 參數轉換後成果與公告較差比較

使用 6 參數轉換之圖根點，實地辦理檢測，檢測方式為檢測其與相鄰點位間之距離。距離觀測經各項改正計算後，相應兩點坐標反算之邊長相較水平距相對較差比值應小於三千分之一或水平較差小於或等於三公分。經檢測 8 段圖根點間相鄰距離結果，全數合格符合規範。

研究區位於都市計畫內農業區，套圖分析依可靠界址點有田埂、防風竹林、水溝以及受理土地複丈案埋設之土地界標等等。套圖時東西向、南北向考量以實地田埂、水溝、防風竹林、複丈案埋設之土地界標以及毗連已辦竣地籍圖重測成果，為主要參考依據，如圖 17、圖 18 所示。界址點以 e-GNSS 辦理檢測 21 點界址點後，以界址點 1449 較差為 0.07 公尺，其餘 20 點均在 0.06 公尺較差範圍內。

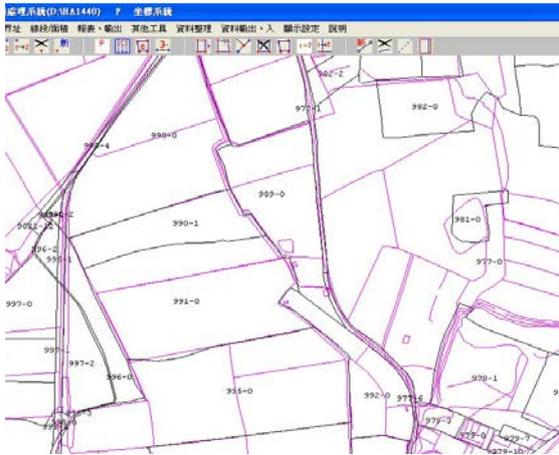


圖 17 桃園研究區套合地形圖套圖分析

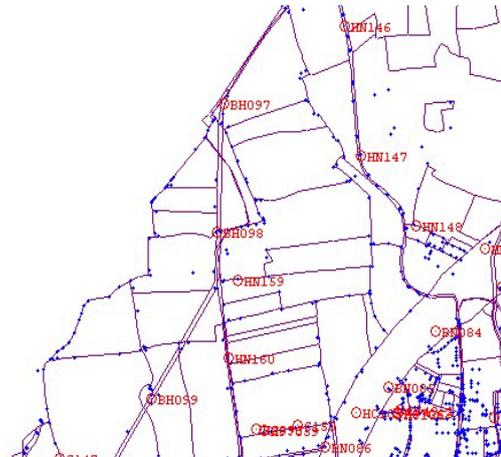


圖 18 桃園研究區現況點圖套圖分析

桃園研究區之成果分析

1. 桃園研究區經運用 e-GNSS 辦理後，實測坐標與公告坐標之檢核結果，N 軸差約為 0.21 公尺，E 軸差約為 0.46 公尺，位置較差約為 0.51 公尺，因此相對坐標結果均需加以 6 參數轉換以符合公告成果。
2. 經 6 參數坐標轉換後平面位置較差個數小於 0.03 公尺者有 16 個點占 84.22%，大於 0.03 公尺者有 3 個點占 15.79%，無法接收訊號解算有 3 點，解算成功率 86.3%。N 坐標誤差最大值為 0.034 公尺(點位 BN086)，E 坐標誤差最大值為-0.080 公尺(點位 BN085)，未予評列合格；合格後之 16 點圖根點，經分析結果得知，N 坐標最大較差值-0.022 公尺，E 坐標最大較差值-0.026 公尺。由前揭結果得知，運用 e-GNSS 辦理圖根點作業，尚無法完全符合數值法高標準土地複丈之作業規範，但圖根成果仍全數符合地籍測量實施規則以圖解法辦理已知點展繪誤差不得超過 0.2 毫米之作業規定，若以 1/1200 比例尺之圖解地籍圖之相對誤差為 0.24 公尺及圖根點至界址點不得超過 0.36 公尺之相關作業規定。
3. 運用 e-GNSS 辦理檢測 21 點界址點後，僅 1 點較差為 7 公分，其餘 20 點均在 6 公分較差範圍內，全數符合數值法辦理農地土地複丈標準誤差 7 公分，最大誤差 20 公分之作業規範。外業檢核之界址點檢測結果，符合地籍重測作業檢查規定及現況並與地籍調查表記載之經界相符。

4. 研究區內以 6 參數坐標轉換後之轉換參數，可供日後運用 e-GNSS 辦理土地複丈以及圖根點補建時，提供重要轉換參考依據。
5. 為有效運用外業成果，避免系統誤差之出現，外業觀測務必依照相關規範辦理，重複觀測與嚴謹的檢視外業觀品質是不可省略的座標轉換前置作業。未加以重複觀測時，雖然衛星接收儀顯示已求出 Fix 固定解，但因也會因電離層、多路徑效應、電磁波等影響觀測品質，所求出之 Fix 解仍有錯誤之發生機率。
6. 研究區內辦理土地複丈之 25 筆土地，經分析於有 2 筆土地數化圖面面積增加情形、有 5 筆土地減少，共計 7 筆土地數化圖面面積超出地籍測量實施規則第 243 條規定之公差範圍。經以可靠界址點辦理套圖分析後，實際辦理複丈結果，僅剩 1 筆土地面積有增加情形，其餘土地均符合誤差規範之限制。

龜山研究區：桃園市龜山區兔子坑段大湖頂小段

本次研究以桃園市龜山區「民國 102 年度地籍圖重測區」為研究區，已知控制點 11 點(1 等三角點 N012 1 點；三等控制點 F249、F978 共計 2 點；加密控制點共計 8 點如下：GM03、GM04、GM05、GM06、GM10、GM16、GM19、GM22)及圖根點 34 點補點 3 點總共 48 點已知點為本次研究之檢核點進行分析比較，研究區外圍加密控制點範圍圖如圖 19 所示。

研究區因位於市郊山區，因為地形限制及通視條件限制為空白區域未布設圖根點之主要原因，為運用現存之圖根點以及 e-GNSS 之特性，選擇本研究區辦理土地複丈之研究。研究區於民國 103 年 10 月 2 日及民國 103 年 10 月 8 日、10 月 29、30 日等 4 日辦理外業測量作業。已知控制點共計 11 點(1 等三角點 1 點；三等控制點共計 2 點；加密控制點共計 8 點)為辦理坐標轉換使用之共同點，圖根點 34 點補點 3 點總共 48 點為已知點，如圖 20 所示，本次研究以圖根補點進行分析比較使用。

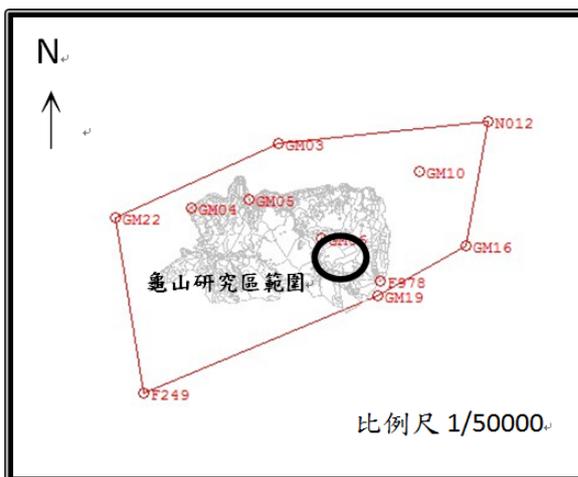


圖 19 龜山研究區外圍加密控制點範圍圖

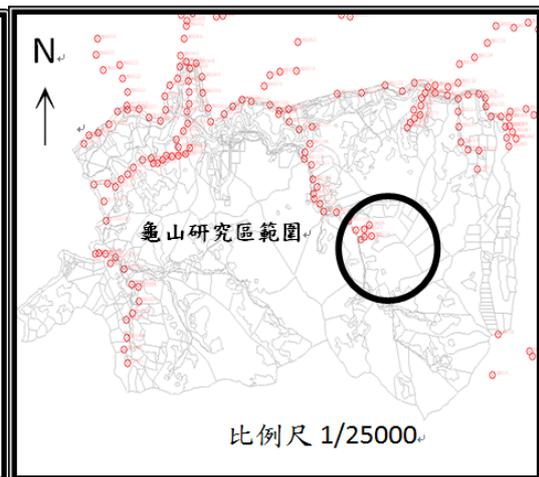


圖 20 龜山研究區圖根點範圍圖

選用包圍研究區範圍之 N012、F249、F978、GM03、GM04、GM05、GM06、GM10、GM16、GM19、GM22 等 11 個加密點以上等級之控制點位為共同點進行坐標轉換 6 參數轉換最小二乘法配置後之成果。已知點檢測後之成果以內政部國土測繪中心之控制測量網形平差計算軟體 XP 版(950310)，運用子功能項之坐標轉換選

項之平面坐標轉換。經計算後轉換成果，共同點坐標分量改正數小於 0.012 公尺，標準差為 0.0075 公尺。轉換後水平距與原坐標成果反算之水平距相對較差最大值為 3.22 公分，比值小於 30 公厘+6ppm x L(L 為單一基線長度之公里數)。各共同點間方位角較差值，方位角較差最大值為 3.83 秒，符合小於 20 秒作業規範之限制。

研究區內使用民國 102 年布設之圖根點及補點共計 37 點，如圖 21 所示，觀測方式以鋁製腳架及簡易腳架辦理外業觀測，圖根點觀測量以 Fix 解之 180 點為觀測標準，取其平均值後，以檢核無誤之加密點為依據辦理平面坐標轉換。經實測坐標後與公告坐標之檢核結果 N 軸差約為 0.20 公尺，E 軸差約為 0.47 公尺，位置較差約為 0.51 公尺，因此相對坐標結果均需加以 6 參數轉換以符合公告成果。

以 11 個加密點以上等級之點位為共同點，進行圖根點坐標轉換 6 參數轉換最小二乘法配置後之成果，經與公告成果比較分析平面位於置有 10 點圖根點超過 3 公分，22 點圖根點小於 3 公分，不合格為 10 點之原因主要為原重測期間以地測方式辦理，布設之考量未考慮透空度所致。相關求解之成果，因相關點位大多未能成簇，無法運用全測站經緯儀辦理角距檢核作業。合格後之 22 點圖根點，經分析結果得知，N 坐標最大較差值-0.025 公尺，E 坐標最大較差值-0.030 公尺，由此得知本次觀測品質良好，測量結果可達到公分級精度。

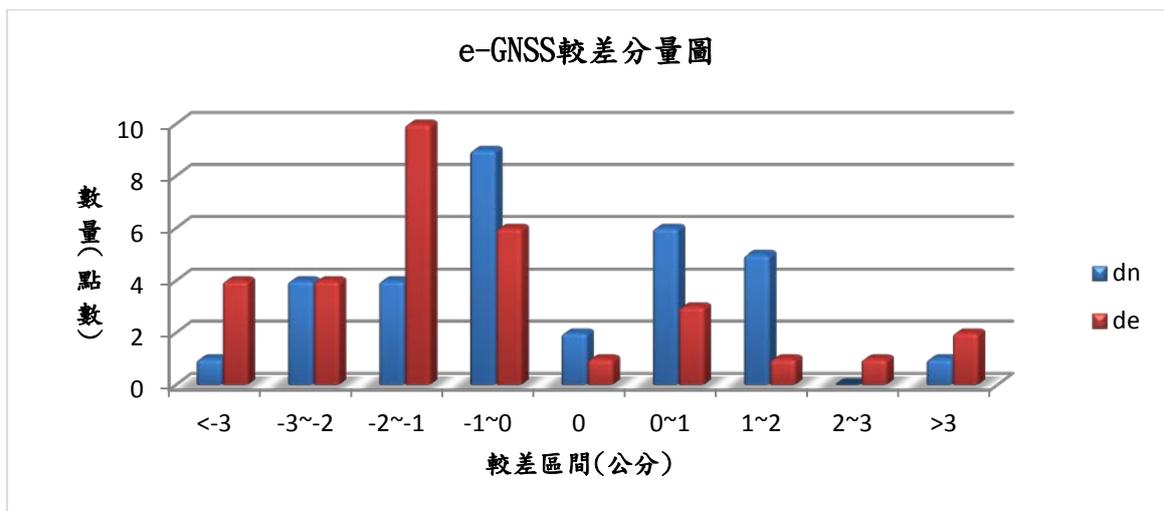


圖 21 龜山研究區 e-GNSS 成果與公告坐標較差比較

龜山研究區位於都市計畫外山坡地保育區，可靠界址點有圍籬、防風竹林、水溝以及受理土地複丈案埋設之土地界標、重測期辦理協助指界後所埋設的土地界標等等。套圖時東西向、南北向考量以實地鄰近建地、水溝、山脊稜線、防風竹林、複丈案埋設之土地界標以及重測期所埋設的土地界標，為主要參考依據，經套圖分析後土地複丈成果良好。因本研究區位於山區，經清查後有日據時期埋設之三等三角點石灰坑山，該點位亦是本研究區最重要之可靠點位，為提升套圖精度與品質，也將原地籍圖之數化資料檔以原圖廓坐標轉換 TWD67 系統之圖廓坐標與數化資料檔之 TWD67 圖廓坐標為共同點將圖幅內界址點做六參數轉換成 TWD67 坐標系統，再以石灰坑山之 TWD67 坐標系統與 TWD97 坐標系統為固定點，可將套圖之圖資

移轉至 TWD97 坐標系統相對位置。相關資料套圖分析如圖 22 所示。龜山研究區地籍圖接合情形，其使用之圖資為桃園市龜山區兔子坑段大湖頂小段第 6 號、7 號、11 號、12 號等 4 幅日據時期測繪使用迄今圖解數化圖套圖成果之圖解地籍數化圖接合情形如圖 23 所示。

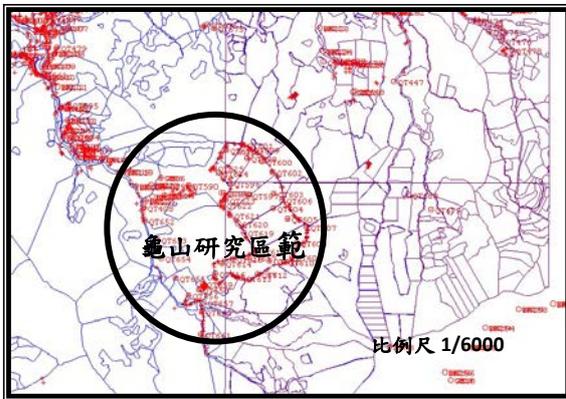


圖22 龜山研究區地籍圖接合圖資圖示

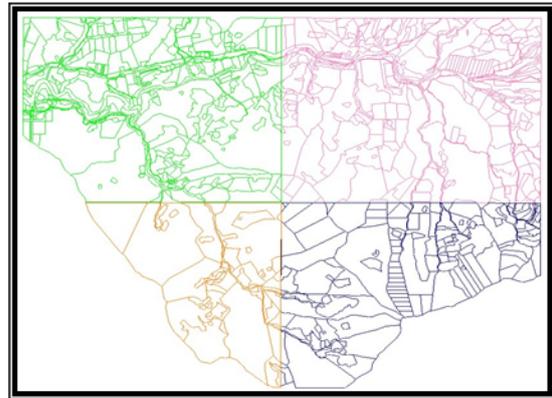


圖23 龜山研究區套圖分析圖

龜山研究區之成果分析

1. 龜山研究區經實測坐標後與公告坐標之檢核結果 N 軸差約為 0.20 公尺，E 軸差約為 0.47 公尺，位置較差也約為 0.51 公尺。經 6 參數坐標轉換後平面位置較差個數，小於 0.03 公尺者有 22 個點占 68.75%，大於 0.03 公尺者有 10 個點占 31.25%，無法接收訊號解算有 5 點，解算成功率 86.5%。合格後之 22 點圖根點，經分析結果得知，N 坐標最大較差值-0.025 公尺，E 坐標最大較差值-0.030 公尺，由此得知本次觀測品質良好，測量結果可達到公分級精度。N 坐標誤差最大值為 0.098 公尺(點位 BN023)，E 坐標誤差最大值為 0.049 公尺(點位 BN128)，未予評列合格。由前揭結果得知，運用 e-GNSS 辦理圖根點作業，尚無法完全合符數值法高標準土地複丈之作業規範，但圖根成果仍全數符合以圖解法辦理已知點展繪誤差不得超過 0.2 毫米之作業規定。
2. 經分析超出 0.03 公尺點位，BN023、BN123、BN231、HN001、HN003 等 5 點因點位附近有 3 層以上建築物遮蔽或有輸配電線路電線桿影響，於接收訊號時均無法有效地再 3 分鐘內 Fix 解，圖根點位 BN023、HN001、BN128 經多次接收才得到有 Fix 解的觀測資料。經前項分析，如於接收訊號時超過兩次以上無法有效地在 3 分鐘內 Fix 解時，將會影響測量成果品質，於辦理土地複丈作業時應考量透空度因素以及多路徑效應影響，另覓觀測條件良好處展辦圖根測量便於處理土地複丈作業。
3. 研究區內之圖根點因地形因素影響到透空度，部分點位無法順利求解，為檢核相關複丈成果，於稜線上以 e-GNSS 測量透空度較佳之現場圍籬以及埋設之土地界標等 6 個檢核點辦理檢測作業，經檢測結果僅 1 點垂距較差為 0.12 公尺，其餘 5 點垂距較差均在 0.05 公尺以下，證實山區如通訊以及透空度良好時，運用 e-GNSS 辦理土地複丈是可行的。搭配長尺寸標竿有助於提升成功解算率，於布設點對之圖根點後，配合複丈範圍展辦導線測量作業，可同時達成檢測工作，節省作業時

間。惟長尺寸標竿仍需外業前辦理標竿檢校，檢校合格後才能於外業時使用。此外也需特別注意安全，遠離電力設施以免發生觸電危險。

4. 本研究區鄰近之大棟山架設不少地下無線電台，因會不定時發送無線電波，部分圖根點位於航線下方，觀測中，如遇手機通話及有低空啟降航程飛機通過時，接收作業時偶而會受到干擾，發生斷訊無法接收衛星訊號作業，致影響觀測作業。
5. 研究區內辦理土地複丈之 18 筆土地，經分析於有 13 筆土地數化圖面面積增加情形、有 1 筆土地減少，共計 14 筆土地數化圖面面積超出地籍測量實施規則第 243 條規定之公差範圍。經以可靠界址點參照舊地籍圖及其它可靠資料辦理套圖分析後，實際辦理複丈結果，僅剩 9 筆土地面積有增加情形，其餘土地均符合誤差規範之限制。

(四) 綜合研究成果分析

1. 兩研究區圖根點未能符合作業規定之點位，均與透空度息息相關，因此圖根點於選點時，除了要考量點位保存性、無線電波干擾、相關點位距離是否符合 100-200 公尺要求等因素外，更須確實審核是否依據透空度繪製點位透空圖，且選點後毗連圖根點位實際點位大於 100 公尺後，再准予埋設圖根點，以利 e-GNSS 測量辦理圖根測量及檢測圖根補建等相關業務之進行，可避免埋設點位後，卻無法求解之窘境。
2. 兩研究區於辦理土地複丈前，均有部分土地因圖籍誤謬致超出規範限制情形，經以可靠界址點、參照舊地籍圖及其它可靠資料辦理套圖分析後，實際辦理複丈結果，僅少數土地面積有增加情形，其餘土地均符合誤差規範之限制。雖然圖根點較差成果中桃園研究區有 3 點、龜山研究區有 10 點超出設定較嚴謹之 0.03 公尺限制，但圖根成果仍全數符合以圖解法辦理已知點展繪誤差不得超過 0.2 毫米之作業規定及圖根點至界址點不得超過 0.36 公尺之相關作業規定。綜合分析結果，成果使用 e-GNSS 測量辦理 1/1200 圖解地籍圖範圍，無論是農地及山區地形，如通訊品質及透空度良好時，以 e-GNSS 辦理土地複丈是可行的。於透空度不佳以及易受訊號干擾之區域，仍得以全測站經緯儀輔助辦理土地複丈。
3. 為有效節省人力、作業時間及工作效率辦理重複觀測，如作業範圍無安全威脅考量下，採單人單機，預先分組(2 台接收儀以上)規劃測量路線，並同時辦理 2 次之上之外業觀測。經資料整理後，如有補測需要，可配合鄰近區域作業範圍併同辦理外業觀測作業，以節省交通往返、工作時間及人力成本。
4. 以目前辦理土地複丈作業方式，測量人員以 1 天標準工作案件量需辦理 2 件土地複丈案件，限於辦理時效，倘若未能預先人力規劃以辦理加密點以上等級已知點檢測作業，地籍測量資料又未加以統合管理，如對現行作業流程未能依使用測繪方式之不同有所調整，以 e-GNSS 辦理土地複丈業務，仍有其困難有待克服解決。
5. 為有效規劃管理測繪圖資，依人力專長分組有其必要性，以現有人力規劃以段為辦理範圍，依序分別設置控制測量組、外業現況測量組、土地複丈組以及負責更

正案件、測繪資料彙整之資料管理組等組別各司其職並相互支援相關業務。人力調配可於階段性業務辦理後，重新輪流辦理新工作業務，以避免部分人員因休假或業務調動時影響到業務之推行。倘若人力不足時，仍可將部分經常性數值區之土地複丈業務委託測繪業者辦理。

6. 本研究成果經分析後以 e-GNSS 辦理圖根測量及土地複丈，可有效收集測繪圖資，提升複丈精度。圖 4 為傳統土地複丈外業作業流程，所研擬新的土地複丈外業作業流程如圖 5 所示，傳統作業之優點為案件分配較具公平性、責任區分明確，缺點為複丈成果難以整合且成果不一，複丈成果精度差又浪費人力成本等；新式作業方式之優點為辦理業務單純，複丈成果一致且易於整合，複丈外業作業時間短效率好精度高，缺點為複丈案件均由專人辦理，民眾會質疑成果之公正性以及複丈錯誤時責任區分不明。本研究研擬之新作業方式可供地政機關於相關業務、政策推行參考使用。
7. 傳統作業方式與新式作業方式之人力比較，如辦理土地複丈區域是否毗連以辦竣地籍圖重測之重測區、是否有已布設完成加密控制點、有否地形限制因素、複丈成果是否需為 TWD97 坐標系統成果等等因素影響，因此所需辦理時間均會有所不同。本研究以相關成果需為 TWD97 坐標系統成果，所需人力比較如表 4 所示，相關作業分析如下：

表4 傳統與新式作業方式人力比較表

研究區	作業項目	傳統作業方式 (人/天)	新式作業方式 (人/天)	備註
龜山	加密點(10 點)	10	2	含點位清查及外業觀測
	圖根測量	10(60 點)	4(40 點)	
	土地複丈(18 筆)	6	5	
桃園	加密點(6 點)	免辦	1	含點位清查及外業觀測
	圖根測量(6 點)	1.5	1	
	土地複丈(25 筆)	6	4	

- (1) 龜山研究區因位於山區，如以傳統作業方式因考量辦理大範圍之現況測量前需先完成圖根測量才能展辦相關作業。研究區內因加密點位不足，為配合圖根測量又需再補設加密點作業，所以作業時間比新式作業方式長，合計約需 26 個工作天，且控制點逐級推展之結果有累積誤差之現象；新式作業方式因無需再布設加密點，僅於無法觀測之區域範圍布設圖根點，以便辦理導線測量及後續之土地複丈作業，所需人力約需 11 個工作天，比傳統作業方式所需時間少。
- (2) 桃園研究區因位於市區，以傳統作業方式辦理，毗連範圍有圖根點可供展辦相關作業，因無需辦加密點控制測量，所以作業時間比新式作業方式短，合計約需 7.5 個工作天；新式作業方式因需再連測加密點及補測圖根點，所需人力約需 6 個工作天，經比較後所需作業時間與傳統作業方式所需時間少。

五、結 論

- (一)本研究以 e-GNSS 方式辦理圖解區(1/1200)地籍圖土地複丈作業，將該區域完成數值法地籍圖重測之成果為真值加以檢核分析。經運用 e-GNSS 辦理圖根測量、現況測量、土地複丈之結果，均能符合地籍測量實施規則圖解法土地複丈之作業程序與相關之精度規範，惟於透空度不佳以及易受訊號干擾之區域，仍得以全測站經緯儀輔助辦理土地複丈。
- (二)兩研究已知點控制點檢測作業後存有系統誤差，因此相對坐標結果均需加以運用 6 參數最小二乘法配置坐標轉換為 TWD97 坐標系統。經 6 參數坐標轉換後圖根平面位置成果，全數符合以圖解法辦理已知點展繪誤差不得超過 0.24 公尺之作業規定以及圖根點至界址點不得超過 0.36 公尺之相關作業規定。
- (三)運用 e-GNSS 辦理圖根測量、現況測量，依相關作業規定均需辦理間隔 1 小時以上之重複觀測，同時也需包含測量作業範圍外之圖根點以上等及之控制點位當作坐標轉換之共軛點求取轉換參數。以目前辦理土地複丈作業方式，測量人員以 1 天標準工作案件量需辦理 2 件土地複丈案件，限於辦理時效，倘若人力規劃以及地籍測量資料未加以統合管理，如對作業流程未能依使用測繪方式之不同有所調整，以 e-GNSS 辦理土地複丈業務，仍有其困難有待克服解決。
- (四)兩研究區內以 6 參數最小二乘法配置坐標轉換後之轉換參數，可供日後運用 e-GNSS 辦理土地複丈以及圖根點補建時，提供重要轉換參考依據。為有效運用外業成果，避免系統誤差之出現，外業觀測務必依照相關規範辦理，重複觀測與嚴謹的檢視外業觀品質是不可省略的坐標轉換前置作業。未加以重複觀測時，雖然衛星接收儀顯示已求出 Fix 固定解，但也會因電離層、多路徑效應、電磁波等影響觀測品質，所求出之 Fix 解仍有錯誤之發生機率。
- (五)辦理土地複丈時，使用正射影像圖資、地形圖等圖資，有助於了解實地坐落位置與現場約略使用狀況，也便於檢核測量現況點是否有連線錯誤以及測量錯誤等不合理之情事。因正射影像圖資常有高差位移情形，地形圖兩線形地物間距離小於 0.8 公厘者被視為共界。於運用正射影像圖資、數值地形圖等圖資，應先了解相關之誤差限制，如果使用者未能了解相關誤差理論，亦未加以檢核，將對於複丈之成果將會造成嚴重的影響，甚至會衍生測量錯誤，損害賠償問題。
- (六)本研究所研擬之新土地複丈作業流程表，相信可供地政機關於考量土地複丈業務規畫時參考運用。

參考文獻

- 內政部國土測繪中心網站，2015，<http://www.nlsc.gov.tw/>，最近檢索時間 2015 年，02 月。
- 內政部國土測繪中心，2015，e-GNSS 即時動態定位系統入口網站，<http://www.egnss.nlsc.gov.tw/>，最近檢索時間 2015 年 08 月。
- 內政部國土測繪中心，2010，《採用 VBS-RTK 辦理加密控制及圖根測量作業手冊》，

第 1-21 頁。

王文俊，2014，《應用 GNSS 快速靜態與 e-GNSS 於圖根加密控制測量之研究》，國防大學環境資訊及工程學系碩士論文。

李鴻毅，1997，《地政大辭典》，中國地政研究所：臺北。

李添福，2006，《以最小二乘配置法進行小區域地籍資料坐標轉換精度之研究-以宜蘭縣壯圍鄉吉祥段為例》，國立宜蘭大學土木工程學系碩士論文。

李瑞清，1998，《地籍測量》，榮民印刷廠：臺中。

許明傳，2007，《圖解地籍圖數化區土地複丈外業程序管控之研究》，國立政治大學地政學系碩士在職專班論文。

黃華尉，2001，《TWD97 與 TWD67 二度分帶 TM 坐標轉換之研究》，國立成功大學測量工程研究所碩士論文，第 22-34 頁。

臺中市中興地政事務所網站，2015，<http://tcjsland.land.taichung.gov.tw/>，最近檢索時間 2015 年 03 月。

戴賢祥，2013，《早期農地重劃區地籍圖接合之研究—以桃園縣楊梅市為例》，國防大學環境資訊及工程學系碩士論文。

投稿須知

所有稿件以未曾在國內、外以任何形式刊載為限，且稿件內容不得有侵犯他人著作權或商業宣傳行為，否則由作者自行負法律之責任。文體以中文或英文撰寫為原則，並附中文及英文摘要。稿件須加註標點、分段及編列頁碼。內容編排以下列順序為原則：（一）封面：包括中文及英文之論文名稱、作者姓名、作者所屬單位、聯絡地址、電話、傳真、電子郵件住址；（二）中、英文摘要及關鍵詞等；（三）內文；（四）註釋；（五）謝誌；（六）參考文獻；及（七）附錄與圖表。審查通過後，無法直接由電腦列印之圖、表，應另附完稿之圖、表（不超過A4紙張），以利編排。圖或照片應以黑白為原則，如需彩色印刷請作者自行負擔費用。內文所引用之文獻須列於參考文獻，參考文獻請以姓氏筆劃多寡，依序以中文列出，之後再依英文姓氏之英文字母，依序以英文列出。各項格式書寫方式，請參考下列說明：

各項格式說明如下：

壹、文書檔案採 A4 直式橫寫書格式，版面邊界分別為上（2.54cm）、下（2.54cm）、左（3cm）、右（2.8cm），字體以標楷體及英文 Times New Roman 等兩種字體排版。

貳、首頁（Title page），應包含下列內容：

一、標題（Article Title）：包括中、英文章篇名。

二、作者（Author's Name）：

1. 包括中、英文作者姓名。
2. 分別以中、英文註腳載明作者的職稱、單位。若作者有數人，則以阿拉伯數字 1, 2, 3... 個別標示。
3. 須標示通訊作者(加註*)，註明連繫電話、E-mail，英文電話請以國際電話方式書寫。

三、摘要（Abstract）：包括中、英文摘要。

四、關鍵字（Keywords）：包括中文、英文關鍵字，分別列於中、英文摘要之下。

參、正文（Manuscript）

一、稿件標題章節編號層次及順序

中文請按「一，（一），1，（1），a」順序排列；英文則按「1，1.1，1.1.1...」順序排列。

二、引述用例

（一）直接引述：

中文請用單引號「」；英文請用雙引號“ ”，並以括弧標示引述文獻頁次。

（二）引述中復有引述，或特殊引用時：

中文單引號「」在外，雙引號『』在內。英文雙引號“ ”在外，單引號‘ ’在內。

三、文獻引述用例

(一) 文中註明引述文獻

1. 請以 (作者, 年份) 方式表示。
2. 若有數篇文章以分號 (;) 區隔; 中英文文獻分開, 並各自以引述文獻之出版年份先後依序排列。
3. 若同一作者, 有數篇文章同時引述, 則以 (作者, 年份 1、年份 2); 若同一作者有同一年發表文章同時引述, 則以 (年份 a, b) 表示。
4. 若一篇文章有 2 位作者, 請全部列出。中文為 (作者 A 與作者 B, 年份); 英文為 (作者 A and 作者 B, 年份)
5. 若一篇文章有 3 位以上作者 (含 3 位), 中文請用 (第一位作者等, 年份); 英文請 (第一位作者 *et al.*, 年份) 用。
6. 英文期刊第一作者姓在前, 名在後, 第二作者之後, 名在前, 姓在後。

(二) 文中已有作者姓名時

1. 請以作者 (年份) 方式表示
2. 若有數篇文章同時引述, 則以作者 A (年份)、作者 B (年份) ... 表示
3. 若有必要加註說明時, 請用註腳, 內文註腳號碼使用上標

四、圖版、插圖及表用例

1. 圖名請置於圖之正下方, 並以圖 1、圖 2..... 方式表示。
2. 表名請置於表格之正上方, 並以表 1、表 2..... 方式表示。
3. 若引用他人圖表需註明資料來源。

五、公式寫法用例

以(1)、(2)、(3)…依序編號。例： $\hat{X} = (A^T P A)^{-1} A^T P L$ (1)

肆、參考文獻(References)

- 一、專書：作者，年份，《書名》，版次，出版地：出版者。
- 二、期刊論文：作者，年份，篇名，《期刊名》，卷期數，頁碼。
- 三、研討會論文：作者，出版年，論文名稱，《研討會名稱》。
- 四、博碩士論文：作者，年份，《論文名稱》，學校科系名稱(碩/博士論文)。
- 五、網路等電子化資料：作者 (單位)，年份，篇名，網站名稱，網址。
- 六、技術報告或研究報告：作者，年份，《報告名稱》，研究單位。

中華民國地籍測量學會「國土測繪與空間資訊」 期刊論文審查辦法

中華民國 101 年 09 月 25 日第 16 屆第 6 次理監事聯席會議通過

第一條 為規範「國土測繪與空間資訊」期刊論文審查辦法(以下簡稱本辦法)，得依本會編輯委員會組織簡則第二條規定訂定之。

第二條 來稿經登記後由總編輯就來稿性質，邀請相關專長之編輯委員推薦審查委員。編輯委員會負責對審查委員及投稿作者保持雙向匿名方式審查，審查作業程序如附圖。

第三條 審查委員應於接到論文後三週內審查完畢，並將論文審查表(如附表)，連同論文寄回編輯委員會，審查意見表中須明確勾選其中一項：

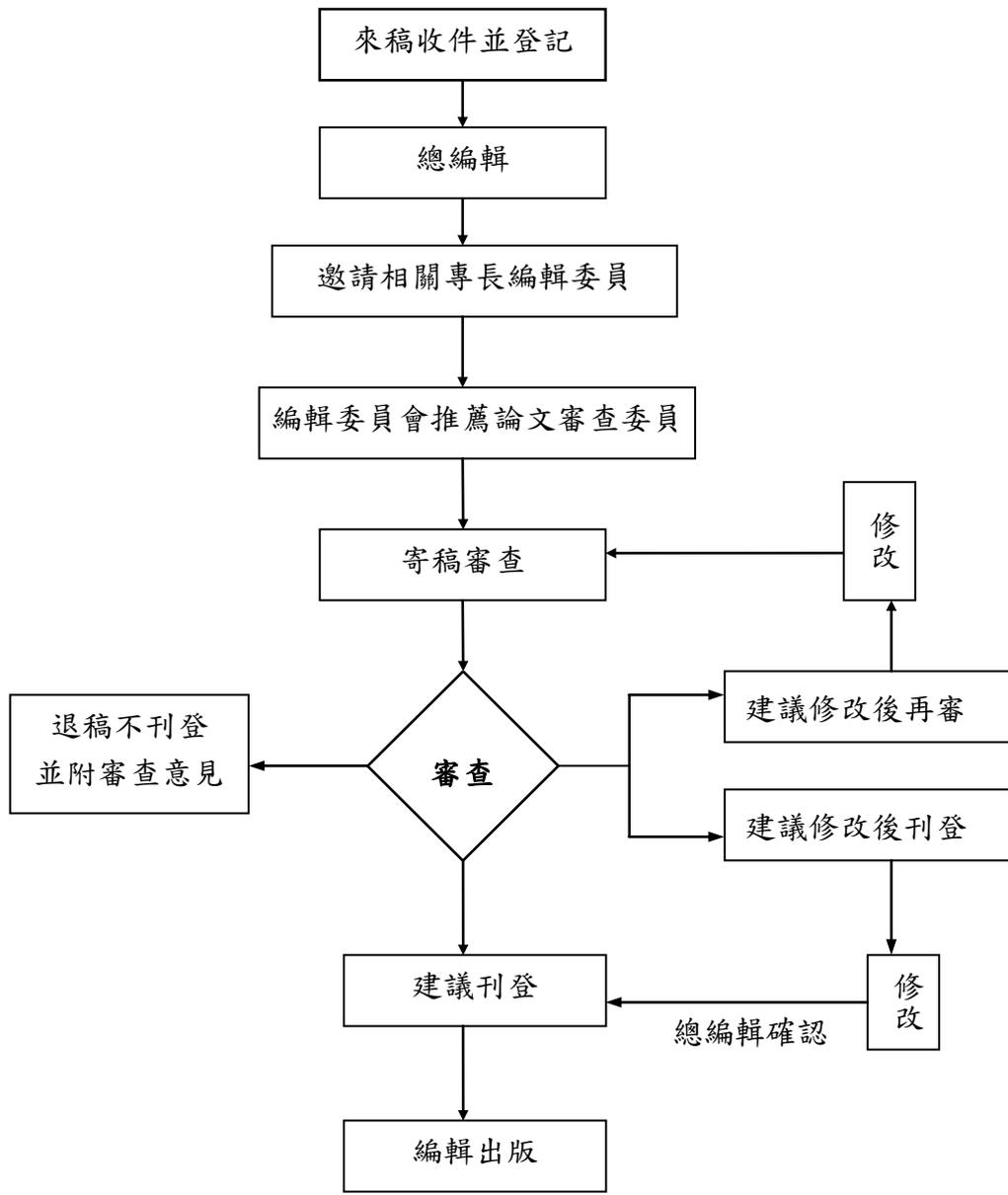
1. 刊登。
2. 修改後刊登(應列明審查意見及建議事項)。
3. 修改後再審(應列明審查意見及建議事項)。
4. 不適刊登(應列明審查意見)。

第四條 審查結果處理方式：

處理 方式 第一位 審查委員意見 第二位 審查委員意見	刊登	修改後刊登	修改後再審	不適刊登
刊登	刊登	寄回修改	寄回修改後再審	第三位審查
修改後刊登	寄回修改	寄回修改	寄回修改後再審	第三位審查
修改後再審	寄回修改後再審	寄回修改後再審	寄回修改後再審	不適刊登
不適刊登	第三位審查	第三位審查	不適刊登	不適刊登

附註：再審以一次為限。

第五條 本辦法經理監事會通過後實施，修改時亦同。



論文審查流程圖

國土測繪與空間資訊期刊

TAIWAN JOURNAL OF GEOINFORMATICS

編輯委員會

主任委員 楊 名 國立成功大學測量及空間資訊學系

編輯委員 (依姓氏筆劃順序排列)

史天元 國立交通大學土木工程學系

洪本善 逢甲大學土地管理學系

洪榮宏 國立成功大學測量及空間資訊學系

楊明德 國立中興大學土木工程學系

黃灝雄 國立政治大學地政學系

趙鍵哲 國立台灣大學土木工程學系

饒瑞鈞 國立成功大學地球科學系

總編輯 陳國華 國立臺北大學不動產與城鄉環境學系

編輯 陳鶴欽 內政部國土測繪中心

幹事

何美娟 內政部國土測繪中心

趙荃敏 國立臺北大學不動產與城鄉環境學系

發行人 黃榮峰

劉正倫

出版所 中華民國地籍測量學會

內政部國土測繪中心

國土測繪與空間資訊
TAIWAN JOURNAL OF GEOINFORMATICS

第四卷第一期

民國一〇五年一月

Vol. 4, No. 1

January 2016

目 錄

CONTENTS

自我描述地形圖徵之設計與應用

洪榮宏、陳欣宜.....1

The Design and Application of Self-Describe Topographic Feature

Jung-Hong Hong, Hsin-Yi Chen

全球感測網之發展現況與未來議題探討

黃智遠.....25

A Discussion on the Current Development and Future Direction of the World-Wide Sensor Web

Chih-Yuan Huang

三維即時坐標轉換輔助 VBS-RTK 定位技術獲得法定坐標系統測量成果之研究

莊峰輔、湯凱佩、王敏雄、梁旭文、劉正倫.....41

A Study on VBS-RTK Determining Legal Coordinates by 3D Real-time Coordinate Transformation

Feng-Fu Chuang, Kai-Pei Tang, Min-Hsiung Wang, Hsu-Wen Liang, Jeng-Lun Liu

運用 e-GNSS 結合多元圖資辦理圖解區土地複丈之研究：以桃園市桃園區、龜山區為例

黃立信、劉榮山.....63

Implementation of e-GNSS Technology and Multi-Map Data for Graphical Area of Land Survey Correction : Two Cases Study of Taoyuan District and Gueishan District

Lih-ShinnHwang, Jung-ShanLiu