

國內空載光達技術發展契機與應用

王驥魁¹ 曾義星² 謝有忠³ 吳俊毅⁴ 許展祥⁵

摘要

2009年8月莫拉克颱風重創臺灣，造成南部山區複合型土砂災害、人員傷亡及財物損失，尤其以小林村崩塌埋村為最，此一重大坡地災害引起大家關注類似小林村深層岩體滑動所引致的大規模崩塌災害議題，也開啟大規模崩塌災害相關防治工作的研究。為此，中央地質調查所(以下簡稱地調所)於民國99年起，分6個年度計畫以空載光達技術(LiDAR)完成全臺數值地形測製。由地調所主辦並配合國內四家測製廠商及監審單位(成功大學)，經過諸多努力排除萬難，於105年測製完成臺灣本島1公尺網格間距之數值地形成果。期望透過空載光達技術，有效穿透植被並獲取細緻之數值地形資料來判釋地質敏感區域，以做為後續國土利用與開發之重要參考依據。

然而臺灣每年遭逢颱風、地震及強驟雨之影響，山區地貌及河道沖刷地形變異大，加上平地都市人為開發及洪氾淹水模擬之災防應用需求，部分既有成果已不敷使用。因此，內政部地政司於105年起接續國內空載光達地形更新計畫，規劃逐年更新國內高精度及高解析度數值地形成果，目前計畫執行至107年為止已完成臺灣本島約1/3面積(中南部地區)之數值地形更新。並於108年起，由內政部國土測繪中心接續執行雪山山脈及中央山脈地區數值地形更新計畫。

關鍵字：莫拉克風災、空載光達、LiDAR、數值地形模型、災防應用、數值地形更新計畫。

¹國立成功大學測量及空間資訊學系 教授

²國立成功大學測量及空間資訊學系 教授

³經濟部中央地質調查所 技士

⁴內政部地政司 科員

⁵內政部國土測繪中心 技士

莫拉克災後空載光達應用契機

十年前莫拉克風災在南部及東部地區引發多處大型崩塌地，地形地貌大幅度改變，舊有地質災害資料，尤其數值地形資料已不敷使用，如圖1屏東三地門地區福衛2號衛星影像於2008年風災前與2010年風災後影像比較所示，山區大量新增崩塌地，河道明顯變寬且土石堆積。



圖1.莫拉克風災後地形地貌巨變

為配合國土地質災害及地質敏感區調查，提供住民安全資訊及政府各項重建重要數據，地調所從**99年起分3年度**依『國土保育之地質敏感區調查分析計畫』，採用空載光達技術(LiDAR)，**優先測製南部及東部莫拉克重災區**之數值地形模型，此項技術可有效穿透濾除地表建物與植被影響，地面高程及地形特徵清楚呈現；並利用掃瞄同步獲致之航拍影像，應用於調查分析地質敏感區、地質特性與地形、地質災害潛勢評估與水系特性分析等，並建置高精度數值資料供應系統，提供國土保育以及坡地土地利用與管理之基本資料。並於**102年起分3個年度**將本島剩餘**北部及東部非莫拉克災區**以LiDAR技術測製完整全臺數值地形成果。

空載光達技術之優勢

國內數值地形資料之蒐集方法在2010年以前，除地調所於大台北地區進行較長期且大範圍之空載光達測製計畫外，大部分仍以航空攝影測量之技術取得為主。包含2005年第一版全臺高精度及高解析度數值地形模型測製(測製成果為5米間距數值地形)，即以航空攝影測量技術執行測製。而數值航測與空載光達兩者技術差異大致如下表1：

表1.航空攝影測量與空載光達技術差異比較表

測繪技術	原始資料來源	測製環境	測製方法	主要測繪目的	人員訓練	地形測製
航空攝影測量	航拍影像	立體觀測設備	以人工方式描繪特徵點、線、面→內插生成DEM	測繪地形圖	入門門檻高、不易上手	耗時
空載光達	光達掃瞄→點雲 (可配合影像拍攝)	效能好之電腦	點雲分類 取得地面點→內插生成DEM	測製數值地形	人員訓練相對容易	相對較快

由上述比較可以知道，當主要目的為獲取地形資料時，則空載光達技術可以更

快速有效地獲取地形資料，其地形表現取自雷射光束直接反射得到之觀測量(地面點)加以內插而得，而航空攝影測量之地形需經過人為約化萃取地形特徵後，再加以內插取得，最終兩者之地形成果相較之下，空載光達成果預期可得到較為細緻之地形呈現，其成果保留原始地形特徵，將有助於地質專家分析地形特性及發現潛在地質風險。如圖2小林村地區94年以航拍立體製圖技術與99年以空載光達技術測繪技術產製之數值地形比較差異圖中，空載光達技術地形表現明顯較為細緻。

雖然空載光達儀器成本高昂，但人員訓練門檻及後處理電腦硬體設備成本相對較低。於莫拉克風災後，考量在短時間內，需培養大量人力投入測繪時，空載光達亦是較佳的選擇，這也是最終評估採用空載光達測製的原因之一。此外，光達飛航掃瞄時，亦可同步進行影像拍攝並後處理製作成正射影像，配合地形成果進行判釋分析，此部分亦可補足單純只用光達技術測製時，於地貌影像資訊上的不足。

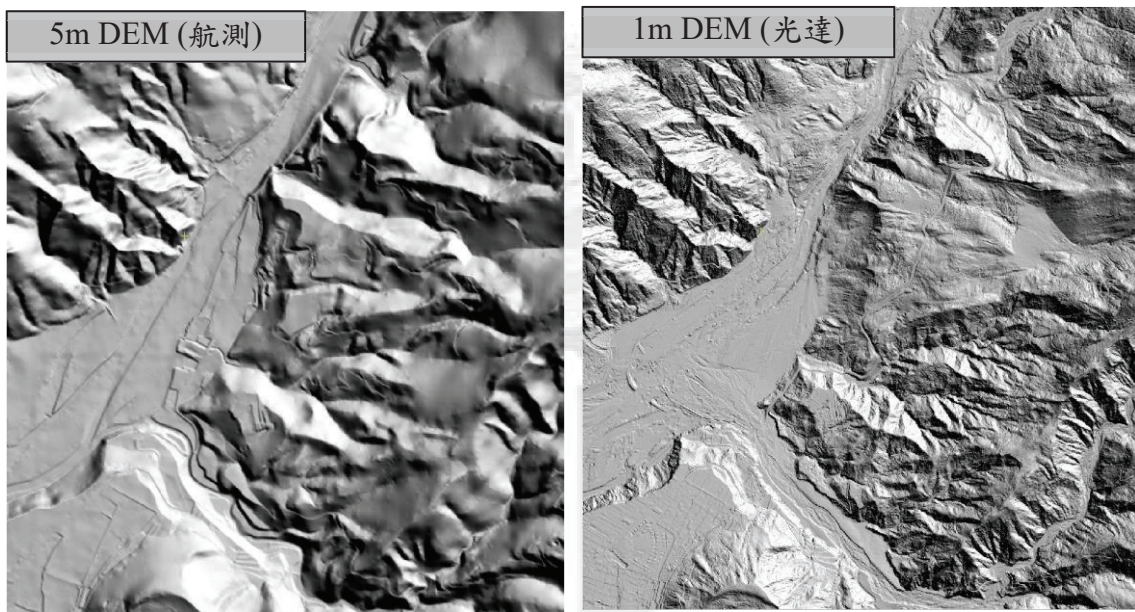


圖2.小林村航測人工取樣內插與空載光達分類後地面點內插DEM比較

全臺數值地形測製成果

(一) 地調所全臺數值地形主要成果

地調所於民國99年至104年，共分為6個年度計畫完成全臺5,374幅五千分之一圖幅之數值地形成果，包括1公尺解析度數值高程成果(Digital Elevation Model, DEM)、1公尺解析度數值地表成果(Digital Surface Model, DSM)、正射影像(解析度為25公分或50公分)及分類後點雲成果(共分為地面點、非地面點、水域點及雜點等四個類別)。自99年至106年之數值地形案成果，皆已彙整至內政部，並依機密等級規定提供各方申請使用。其中內政部將DEM成果降階成20公尺解析度，分於107年及108年公開予一般大眾使用，各界反應良好。

(二) 內政部數值地形分區更新計畫

為配合國土永續監測及確保防災資料正確，數值地形資料更新有其必要性。為此，內政部地政司於民國105年至106年，接續國內空載光達地形測製案計畫，逐步更新中南部地區光達成果計1,333幅。後續內政部107年度計畫預計完成781幅成果更新，國土測繪中心108至109年度預計完成1,405幅成果更新。目前內政部已陸續將105~106更新資料降階至20公尺解析度提供予一般大眾使用。

自民國99年起，臺灣本島地區空載光達測製及更新案各年度分區示意圖，如圖3所示。內政部更新案之測製規範及成果產製格式大致沿用地調所光達測製案，惟為了提高山區點雲穿透數量，於高海拔地區(海拔800公尺以上)，更新案之原始點雲掃描規格要求由每平方公尺1.5點提高至每平方公尺2點。

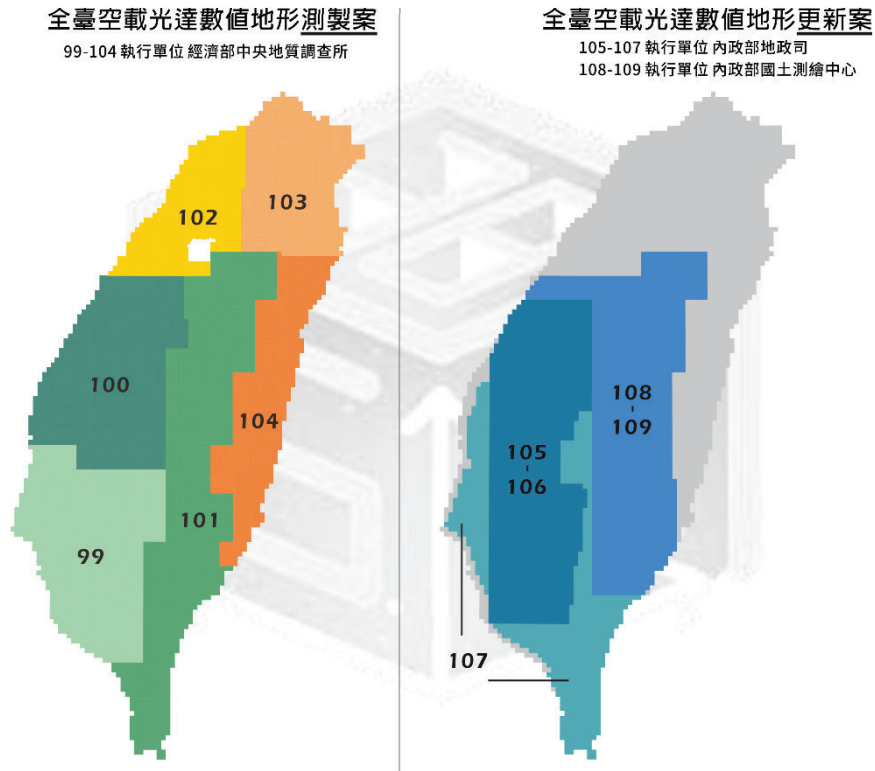


圖3.全臺空載光達測製案及更新案年度分區圖

(三) 空載光達成果品質及更新成效分析

近十年來空載光達資料，其成果豐碩，雖然在該案各方努力下達成任務，但無可避免的山區成果偶會因飛航掃描時間限制、地形起伏過大、大範圍植被覆蓋、掃描儀器功能限制、資料處理技術之差異等原因，造成部分區域之地面點資料獲取不佳的情形，面對此影響，空載光達成果最終是否能細緻呈現地形最大的關鍵在於雷射點之穿透能力。當雷射點能有效穿過植被縫隙達到地形面，反射並被儀器所觀測到，則該點為有效之地形表現點，我們稱之為地面點雲。由此可知當山區有效地面點越多、越密時，可預期的，其地形表現將會越好越細緻，反之，當雷射點無法有效穿透達到地形面時，則該區域之地形描述將會越粗糙且DEM高程數值越不精確。

為瞭解空載光達成果品質及後續更新成效，成功大學在多年擔任國內空載光達案監審單位之經驗累積，開發空載光達評估指標，以量化方式呈現光達成果品質，稱為地面點孔洞分析指標。其原理為，若考量以地形表現細緻程度來評判光達成果品質之好壞，當地形表現越細緻時可視為光達測製成果品質越好，即空載光達而言地面點分布越緊密越均勻時，可預期其描述之地形將會越細緻。故可以利用分析空載光達之地面點分布情況來量化成果品質，其分析示意如圖4。可利用此品質評估指標，分析多期光達成果之好壞並評估是否達到成果更新預期成效。

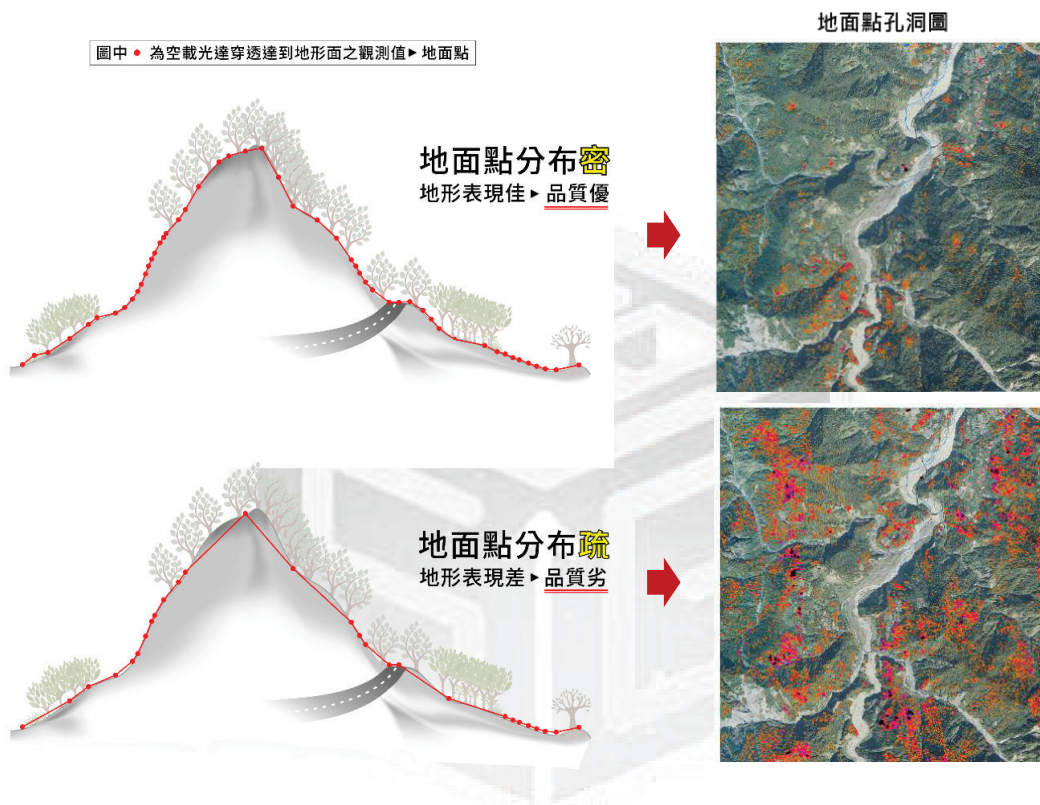


圖4.空載光達成果品質評估指標

結論

國內大範圍運用空載光達技術之契機，在於莫拉克風災後政府面對災害防治與監測應用需求下，投入大量人力與金錢，並以判釋地質敏感區域及預防災害為主要目的，透過空載光達技術取得之細緻地形成果，確實滿足防災相關領域之需求。當全臺數值地形完成後，除了提供政府機關申請使用外，同時以降低解析度(20公尺)，適度開放非機敏資料於一般大眾使用後，其應用領域從專業的潛在崩塌地質敏感區判釋、提高洪氾模擬準確度、水土保持等災防目的，進而發展到都市規劃、生態保育、環境保護、登山休閒、科學教育等領域皆廣為使用，透過高品質的數值地形成果讓大眾更能直覺地認識自己生活的環境。近年來面對天災環境變化，建議政府機關應擬訂數值地形成果更新計劃，除可定期監測國土開發及變遷，亦可滿足各界應用分析之需求。

本文感謝經濟部中央地質調查所、內政部地政司及內政部國土測繪中心提供空載光達資料與專案執行期間各項協助及寶貴意見使本文順利完成，深致謝忱。

