

比較各種空載光達儀器與飛航參數對於森林 穿透率影響

李崇誠¹ 邱珮榕² 王驥魁^{3*}

摘要

空載光達的雷射可穿越樹冠層的遮蔽到達地表面，對於面積較大之森林區域，可在短時間獲得大量點雲的反射強度值（Intensity）以及三維坐標。點雲資料包含地面點以及地物點，可用於森林地區製作DEM（Digital Elevation Model）。而雷射的穿透率會受到地表覆蓋物、航高以及雷射入射角的影響。本研究樣區分別為南仁山生態保護區以及那瑪夏區達卡努瓦里，兩樣區皆有大量森林覆蓋。三種空載光達（Optech Pegasus HD400、Leica ALS60、Riegl LMS-Q680i）收集資料於同一樣區的低、中及高航高的資料分別計算地面穿透率，由實驗結果可以得出 Optech HD400 與 Riegl LMS-Q680i 於低航高 2000 m 及 1250 m 的穿透率與中航高及高航高相比，穿透率大於 0.2 的次數較多；Leica ALS60 在不同航高的穿透率則無顯著差異。同一地區不同空載光達的穿透率為 Optech HD400 於南仁山的穿透率最佳；Leica ALS60 於達卡努瓦里穿透率最低。由研究成果，穿透率的成果與光達的參數設定及其飛航資料有關。

關鍵詞：空載光達、光達雷射穿透率、森林穿透率

1. 前言

空載光達具有在短時間內快速獲得大量點雲資料的能力，點雲資料包含三維空間坐標及反射強度值(A.E. Akay *et al.*, 2009, A. Farid *et al.*, 2008)。空載光達多重回波的特性使雷射光能穿透樹林遮蔽物到達地表面，隱含著地表面高程資訊（A.E. Akay *et al.*, 2009; 彭炳勳與陳朝圳，2008），因此森林區域可以利用空載光達取得地面高程(DEM)資料（黃紹東等，2008）。由於空載光達作業效率高，故許多大面積地形測繪工作常利用空載光達來執行測量作業。尤其在植被茂密的森林地區，其測繪工作難度較都會地區高，故對於交通不便、地勢陡峭等危險性高之山區以空載光達進行作業，實為一有效獲得林下地形之方法。

以空載光達資料產製數值高程模型時，地面點的分佈與密度會影響成果的品質（黃清美等，2008；

Yunfei Bao *et al.*, 2008），而光達雷射的穿透率乃是影響地面點分佈情形的重要因子（彭炳勳等，2008）。雷射的穿透率會受到地表覆蓋物（何心瑜等，2008）、航高（Erik Næsset, 2009; F. Morsdorf *et al.*, 2008）以及雷射入射角（黃清美等，2008；Kaiguang Zhao *et al.*, 2009; F. Morsdorf *et al.*, 2008）的影響，本研究的重點在於對森林穿透率比較進行量化處理，比較目前國內各測量公司常用的空載光達（Optech Pegasus HD400、Leica ALS60 以及 Riegl LMS-Q680i），探討儀器、航高與掃描角度對雲森林穿透率之影響，提供未來空載光達對於飛航規劃時，提高森林穿透率之參考方向。

2. 材料與方法

2.1 實驗區域

¹ 國立成功大學測量及空間資訊學系 博士候選人

² 國立成功大學測量及空間資訊學系 研究生

³ 國立成功大學測量及空間資訊學系 副教授

*通訊作者，電話：06-2757575 ext.63825, E-mail: chikuei@mail.ncku.edu.tw

收到日期:民國 102 年 09 月 11 日

修改日期:民國 103 年 03 月 02 日

接受日期:民國 103 年 07 月 16 日

本研究個兩研究樣區分別為屏東縣滿州鄉南仁山生態保護區與高雄市那瑪夏區達卡努瓦里，如圖 1。南仁山生態保護區位於墾丁國家公園東北處，由墾丁國家公園管理處管轄。因為此樣區開發程度低，保留豐富的台灣低海拔原始森林。南仁山海拔高度約 500 m，且受東北季風影響，使得分布於海拔 1000 m 以上的植物下降至 500 m，植被呈現壓縮現象，具全台灣闊葉林之代表性，森林植被茂密(吳守從，2003)。故此樣區之穿透率成果，可視為空載光達於全台灣闊葉林之參考。

那瑪夏區位於高雄市西北部之山麓地區，緊鄰台南市及嘉義縣，該區地處玉山山脈上，地勢高聳崎嶇。2009 年的莫拉克八八風災重創那瑪夏區，以空載光達對此大範圍實驗區域進行地形測繪，可對山區地形有相當程度的了解。

2.2 研究方法

2.2.1 飛航參數

對於葉量影響穿透率，掃瞄時間為 2011 年 10 月 21 日到 2012 年 1 月 7 日，屬於冬季節氣，陳朝圳與余蘭君(2003)於南仁山調查葉面積指數(leaf area index, LAI)的結果顯示，冬季 12 月平均 LAI 為 2.85 ± 0.24 ，夏季為 6 月 3.93 ± 0.31 ，樣區雖受東

北季風影響但冬至春天葉量差異不大，而光達掃瞄時間為 10 月到隔年 1 月，森林樹冠層的葉量差異不大。

研究區域為南仁山生態保護區以及達卡努瓦里地區，並以三種不同種類(Optech Pegasus HD400、Leica ALS60、Riegl LMS-Q680i)的空載光達儀器對研究樣區進行資料收集，總共分為全區掃瞄資料與航高測試飛行資料兩種，全區掃瞄資料為圖 1 紅色範圍，另外規劃不同航高的掃瞄資料，如表 1 標註之航高測試飛行，為相同航線不同航高之測試資料，僅單一航帶資料非全區資料，目的為比較航高對穿透率之影響，分別有低、中及高航帶，在兩樣區中擇一測試飛行。在全區完整掃瞄的光達資料平均點雲密度為 2 pts./m^2 。將空載光達所獲取的點雲資料經分類後製作 DEM，進一步比較各種不同的實驗結果。

Riegl LMS-Q680i 是屬於全波型空載光達，能詳細記錄每一回波資訊，其稜鏡屬於旋轉式，無法改變掃瞄角度，故其雷射入射角 (field of view, FOV) 只能固定為 60° ，黃清美與史天元(2008)測試不同的 FOV 對於光達穿透率之影響，其結果顯示 FOV 越大，森林的穿透率越低，故合理的範圍內限制掃瞄資料的 FOV 在 40° 內，故去除左右各 10° 資料。

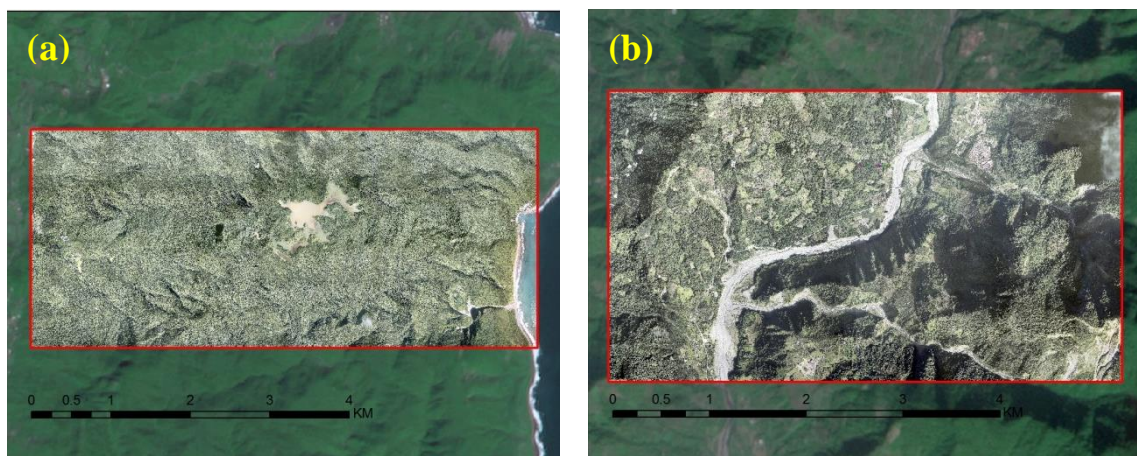


圖 1 研究樣區 (a) 南仁山生態保護區 (b) 達卡努瓦里

表 1 各種空載光達於研究樣區的飛航資料與參數設定

		Optech HD400			Riegl LMS-Q680i			Leica ALS60		
南仁山	日期	2012/ 01/ 03			2012/ 01/ 07*			2011/ 10/ 21		
	航高 (m)	1000			1250	1950	2750	1000		
	FOV (°)	40			40	40	40	28		
	PRF (kHz)	150			210	150	150	53-99		
	航帶數	11			14	3	3	20		
達卡努瓦	日期	2011/ 11/ 07*			2012/ 01/ 08			2011/ 10/ 30*		
	航高 (m)	2000	2500	3000	1900			2900	3200	3900
	FOV (°)	40	40	40	40			6	10	8
	PRF (kHz)	100	100	100	220			55	50	44
	航帶數	13	3	4	19			32	2	2
*航高測試飛行，除低航高完整樣區掃瞄外，加飛中與高航高資料										

2.2.2 點雲資料前處理

本研究計算地面點點雲方式是套疊三種不同空載光達資料所製成的 DEM 網格，由於儀器穿透森林能力的差異，會造成森林區三種儀器製作之 DEM 無法疊合，如圖 2，故利用三種資料在相同網格內，取其中最低的 DEM 值做為推估與參考的地面網格，以人工編修的方式分類地面點，但並非所有地面點會被分類到，如圖 3 橘色為人工分類之地面點，從圖中顯示並非所有的地面點被選取到，故本研究以 DEM 為底搜尋 2 m 厚度之範圍為全部地面點，國外文獻以 1.25 m 為搜尋厚度(F. Morsdorf *et al.*, 2008)，但本研究處於副熱帶森林植被覆蓋較複雜，故以 2 m 為搜尋厚度，如圖 3 綠色點為處理過後的地面點較完整，可以進行穿透率的評估。



圖 2 不同空載光達的 DEM 成果

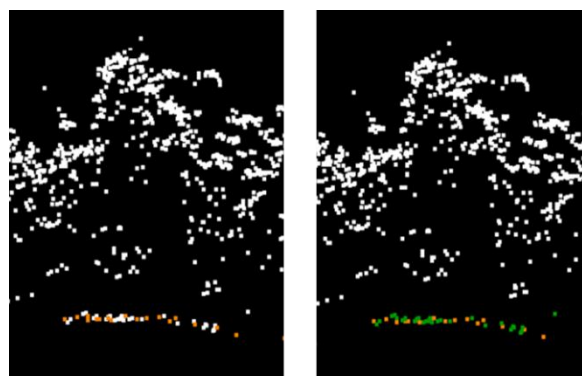


圖 3 橘色為地面點，綠色為將地表示為兩公尺厚度的地面點。皆為地形剖面圖，(a) 將點雲分類為地面點 (b) 由最低地面往格向上搜尋 2 m 內的地面點

2.2.3 計算穿透率

本研究取網格 10×10 m 與 20×20 m 大小，主要是由於各資料點雲密度均不同，當點雲密度少於 1pts/m²時，取 20×20 m 網格大小，主要為提高取樣數量，兩種網格大小資料，並獨立分析比較，而 20×20 m 網格大小資料，研究內容以不同航高比較為主。

統計網格範圍內的雷射發射數量與穿透森林冠層到達地面之雷射數量的比例，如公式(1)，雷射發射數量為單一回波與第一回波數量總和，另一

統計方式是以 GPSTime 統計其數量，本研究利用 GPSTime 統計其雷射點雲總數量，主要是由於資料經過人工過濾雜點後，第一回波資料不完整，利用回波統計雷射發射數量會造成數量上的差異。

$$\text{穿透率} = \frac{\text{穿透森林冠層雷射數量}}{\text{雷射發射數量}} \quad (1)$$

3. 實驗成果與分析

本研究主要分別探討影響森林區域穿透率的因子，分別比較不同光達儀器、不同飛行高度與不同掃描角度三種實驗成果。將成果製作 10×10 m 與 20×20 m 的網格圖，由綠色至紅色代表穿透率由低至高，再將穿透率與雷射脈衝發射次數製作折線圖，本研究以穿透率 0.2 為界限，低於 0.2 視為低穿透率，進而比較不同空載光達的飛航參數對地面穿透率的影響。

3.1 比較三種空載光達儀器之森林穿透率

由於三種空載光達儀器皆有低航高全區掃描的資料，將兩研究樣區的掃描結果進行分析比較，以 10×10 m 網格大小製作穿透率成果圖，平均點雲密度為 2pts./m²，則每格網點雲約為 200 點左右，

由於空載光達具多重回波特性雷射發射數量約為 70~100 發雷射，總數需視地物穿透情形。

3.1.1 南仁山生態保護區

Optech HD400 航高為 1000m、Riegl LMS-Q680i 航高為 1250 m、Leica ALS60 航高為 1000 m。圖 4(b)黃與紅色所占面積是三者之中最多的，表示穿透率高。由圖 5 可以得出 Optech HD400 的穿透率是三者中最佳的。再比較三者的 FOV 與雷射脈衝頻率，當雷射脈衝頻率高，表示每秒發射的雷射數量多，則每一發雷射脈衝能量較低。Leica ALS60 的雷射脈衝頻率低表示其能量為三者之中最高的，接收雷射脈衝的反射數量理應較 Optech HD400 與 Riegl LMS-Q680i 多；FOV 角度亦是三者中最小的，進行掃描時較不易被樹林遮蔽。Leica ALS60 在此兩者參數設定為三者中最佳的，應當有較佳的穿透率。但是由圖 4 及圖 5 的穿透率成果，卻是此次實驗中最低的，故 Leica ALS60 對於航線規劃時，必須改變飛航參數來提高森林穿透率。

由三種空載光達在南仁山低航高的穿透率成果，三種儀器於森林穿透率高低分別為：Optech HD400 > Riegl LMS-Q680i > Leica ALS60。

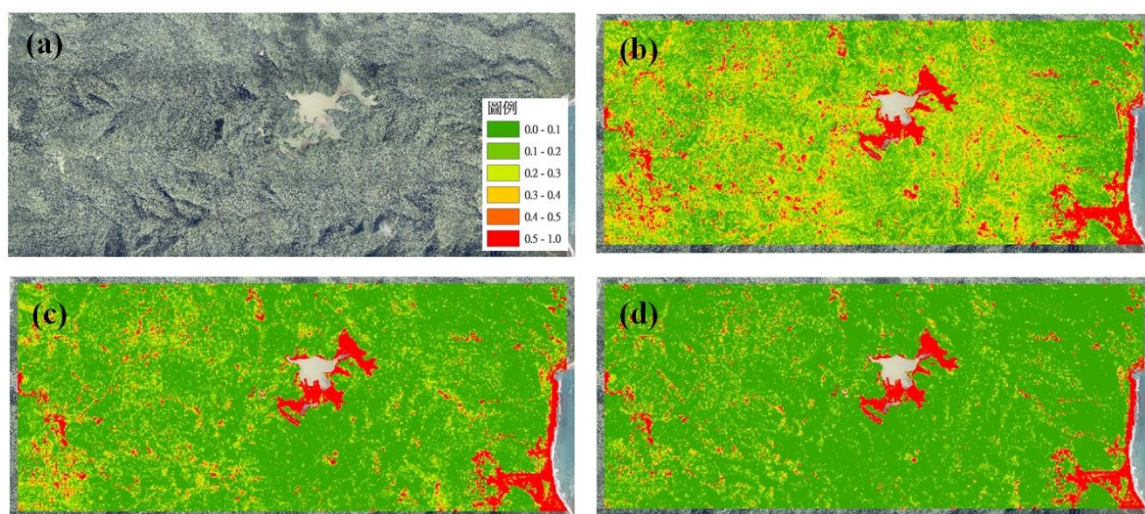


圖 4 三種空載光達於南仁山生態保護區低航高 10 m 網格穿透率成果(a) 南仁山正射影像 (b) OptechHD400 (c) Riegl LMS-Q680i (d) Leica ALS60

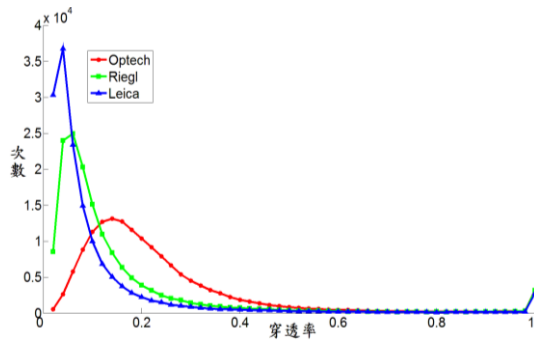


圖 5 三種空載光達於南仁山生態保護區低航高穿透率之關係，將穿透率低於 0.2 視為低穿透

3.1.2 達卡努瓦區

在達卡努瓦的正射影像中，已有多處區域因人工開發而形成聚落，先行比較三種空載光達包含聚落區域的穿透率。圖 6 (b) 的紅色面積多於(c)及(d)，但是無法直接比較何種空載光達穿透率較高。由圖 7 (a)的結果顯示三者穿透率在接近 1 的次數明顯增加，可以推論是由於人工開發使得無森林區域所致。由於本研究為探討不同空載光達的森林穿透率，故

將聚落地區予以去除以進行穿透率的比較。

去除人為開發聚落後，比較森林地區的穿透率。Leica ALS60 航高最高：2900 m，FOV 與雷射脈衝頻率的參數設定皆較其餘兩者小。比較圖 6(f)、(g)、(h)，而(h)的黃與紅色面積明顯較前兩者少，表示穿透率最差，由此樣區的實驗結果可以推論：即使 FOV 角度小、雷射脈衝頻率低，對於穿透率的影響還是低於航高的影響。

接著再比較 Riegl LMS-Q680i 與 Optech HD400。Optech HD400 的航高為 2000 m 高於 Riegl LMS-Q680i 100 m；Riegl LMS-Q680i 的雷射脈衝頻率較高；而兩者的 FOV 相同。比較兩者圖 7 (b) 0-0.2 的穿透率，Optech HD400 的穿透率稍微優於 Riegl LMS-Q680i，但是差異不甚明顯。在達卡努瓦森林地區低航高的穿透率成果為 Leica ALS60 最低；Optech HD400 與 Riegl LMS-Q680i 的穿透率差異不大。

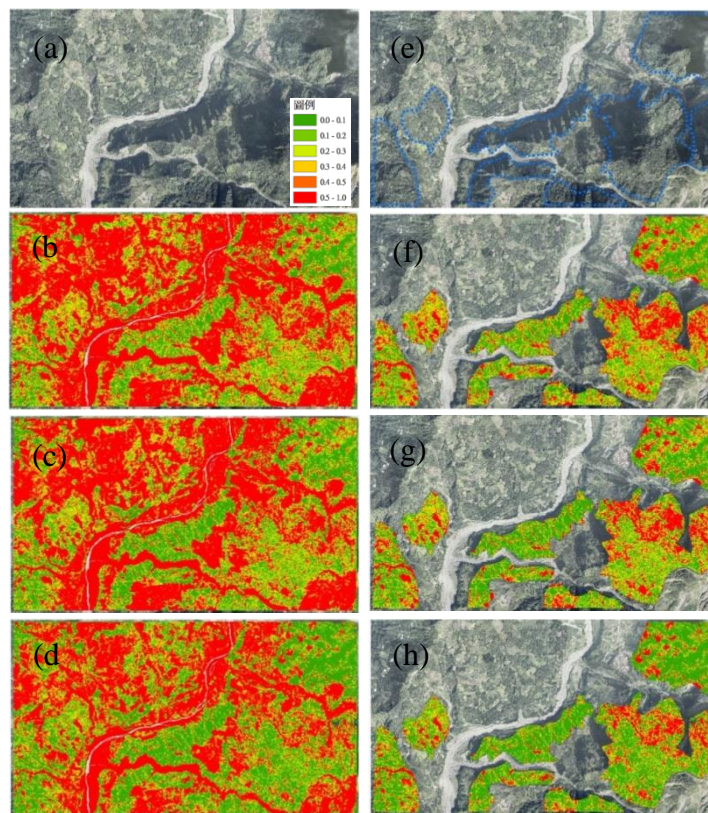


圖 6 三種空載光達於達卡努瓦森林地區低航高 10 m 網格穿透率成果，藍色區為森林地區。(a)、(b)、(c)、(d)為未去除聚落地區穿透率；(e)、(f)、(g)、(h)為去除聚落地區穿透率。(b)、(f) Optech HD400；(c)、(g) Riegl LMS-Q680i；(d)、(h) Leica ALS60

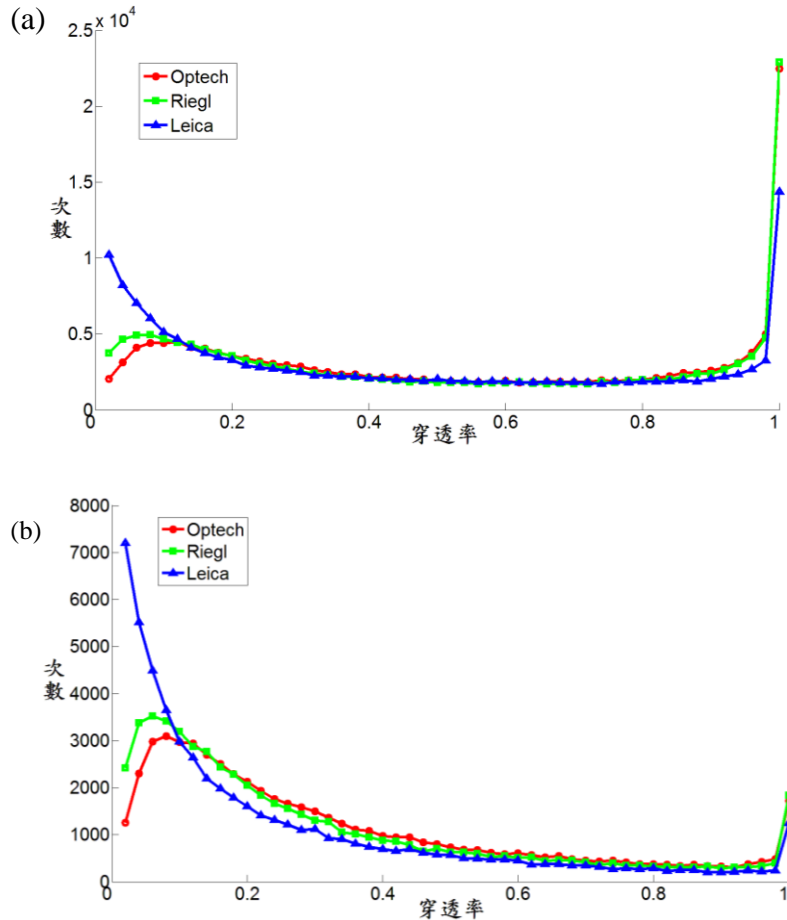


圖 7 三種空載光達於達卡努瓦森林地區低航高穿透率之關係。(a) 未去除聚落地區，因為有人工開發所以無森林遮蔽，穿透率在接近 1 會急遽增加 (b) 去除聚落地區後，比較森林地區穿透率的差異

3.2 比較不同航高之森林穿透率

比較同一空載光達儀器在三種不同航高之森林穿透率，將結果製作成 20 m 網格大小圖，由綠色至紅色代表穿透率由低至高。再將穿透率與雷射脈衝發射次數製作折線圖，本研究以穿透率 0.2 為界限，低於 0.2 視為低穿透率，進而比較飛航參數對於穿透率的影響。

3.2.1 利用 Optech HD400 比較航高對於森林穿透率的影響

於達卡努瓦地區比較三種航高的森林穿透率，低(2000 m)、中(2500 m)及高(3000 m)航高的重疊區域為去除人為開發聚落所留下的森林區域。在不同航高的 FOV 與雷射脈衝頻率皆不變，製作 20 m 網格大小的穿透率成果圖。由圖 8 的成果，無法分辨

哪一航高的穿透率佳，故由圖 9 的關係圖來比較三種航高的穿透率。低航高在低穿透率 0 - 0.2 的次數，明顯比中、高航高來的少，而穿透率大於 0.2 的次數較多。由成果可以推論在達卡努瓦地區低航高的穿透率高。

3.2.2 利用 Riegl LMS-Q680i 比較航高對於森林穿透率的影響

在南仁山生態保護區分別飛行 1250 m、1950 m 及 2750 m 航高，由圖 10 可大致推論在低航高的穿透率佳，因其黃色區域較多。由圖 11 折線圖成果，三種不同航高的穿透率大部分都在 0.2 以下，其中而高航高的穿透率最低，低航高的穿透率最高。

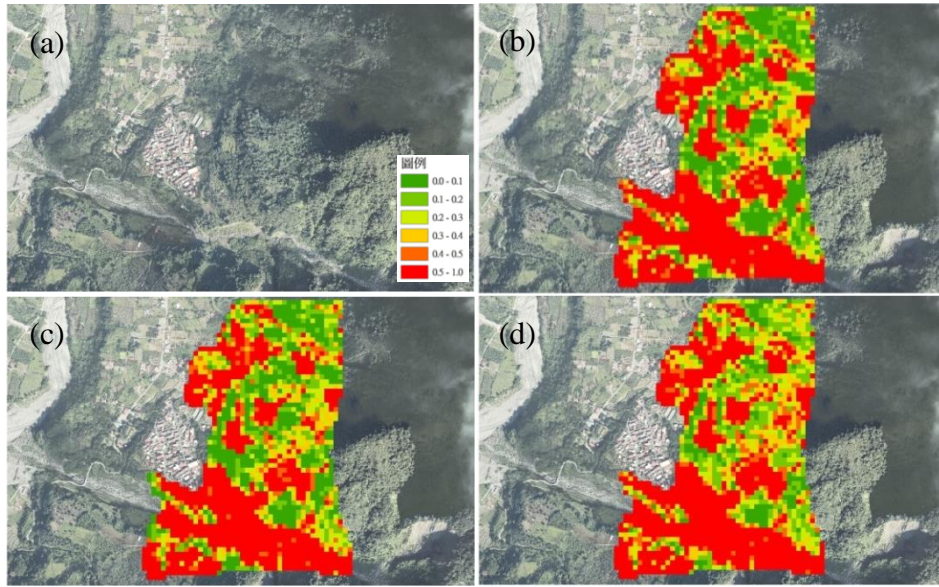


圖 8 Optech HD400 於達卡努瓦森林地區不同航高的 20 m 網格穿透率成果圖 (a)達卡努瓦正射影像 (b)高航高 (c)中航高 (d)低航高

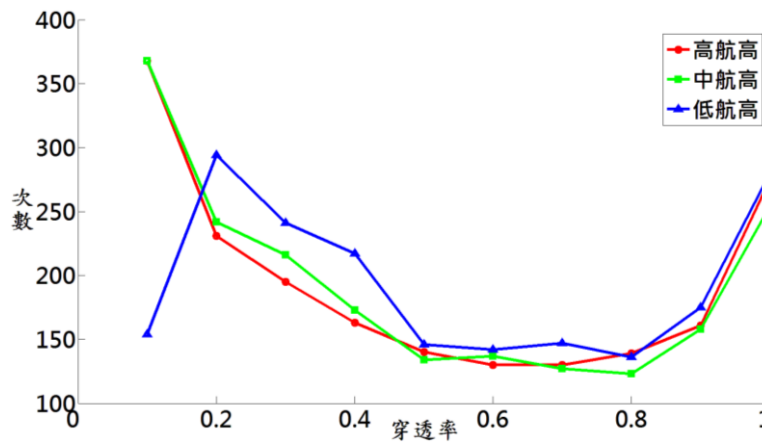


圖 9 Optech HD400 於達卡努瓦森林地區不同航高穿透率之關係，將穿透率低於 0.2 視為低穿透

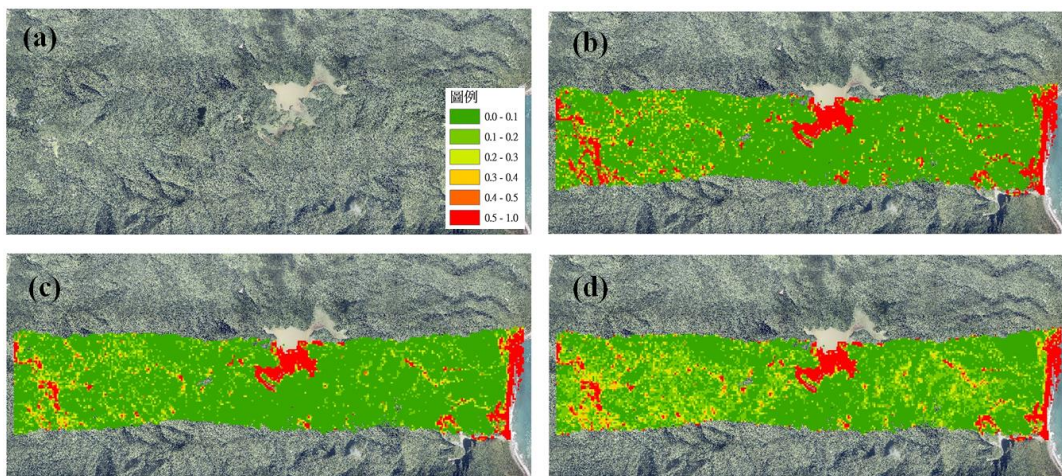


圖 10 Riegl LMS-Q680i 在不同航高於南仁山生態保護區 20 m 網格穿透率成果圖 (a)南仁山正射影像 (b)高航高 (c)中航高 (d)低航高

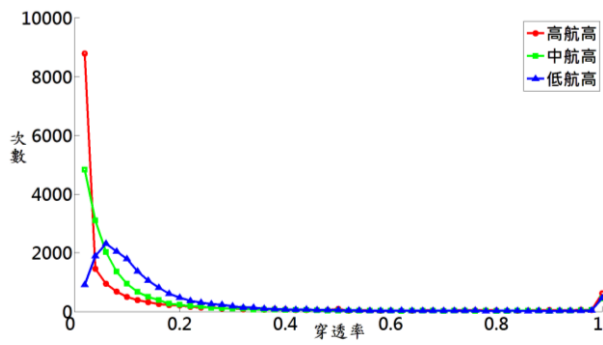


圖 11 Riegl LMS-Q680i 於南仁山生態保護區不同航高穿透率之關係，將穿透率低於 0.2 視為低穿透

3.2.3 利用 Leica ALS60 比較航高對於森林穿透率的影響

比較達卡努瓦森林地區不同航高的穿透率，因航線規劃的差異造成重疊區域不同於 Optech HD400。Leica ALS60 航高分別為 2900 m、3200 m、3900 m，但是 FOV 與雷射脈衝頻率皆隨著航高不同而改變。圖 12 的結果顯示在不同航高的穿透率僅有細微差異，而圖 13 不同航高的折線趨勢皆相近，顯示在不同航高間穿透率無明顯差異。與相同

實驗樣區 Optech HD400 的成果相比，Optech HD400 在低航高的穿透率結果明顯較中、高航高來的佳。推論造成此差異的原因是空載光達設定不同的 FOV 與雷射脈衝頻率所致，又因為 Leica ALS60 的 FOV 與雷射脈衝頻率隨著航高改變，因此無法單純比較航高對於穿透率的影響，表示 FOV 或雷射脈衝頻率的改變會影響到森林穿透率。

3.3 比較不同掃描角度對於森林穿透率之差異

Leica ALS60 與 Riegl LMS-Q680i 皆為單束雷射脈衝對正下方進行掃描，而 Optech HD400 具有雙發雷射：Channel 1 及 Channel 2，分別對正下方的前方 2° 和正下方進行掃描。於南仁山生態保護區以低航高分析不同的角度對穿透率的影響。在圖 15 大於穿透率 0.2 的次數中，Channel 2 的數量多於 Channel 1，所以可以推論在正下方掃描的森林穿透率會大於前方 2° 。

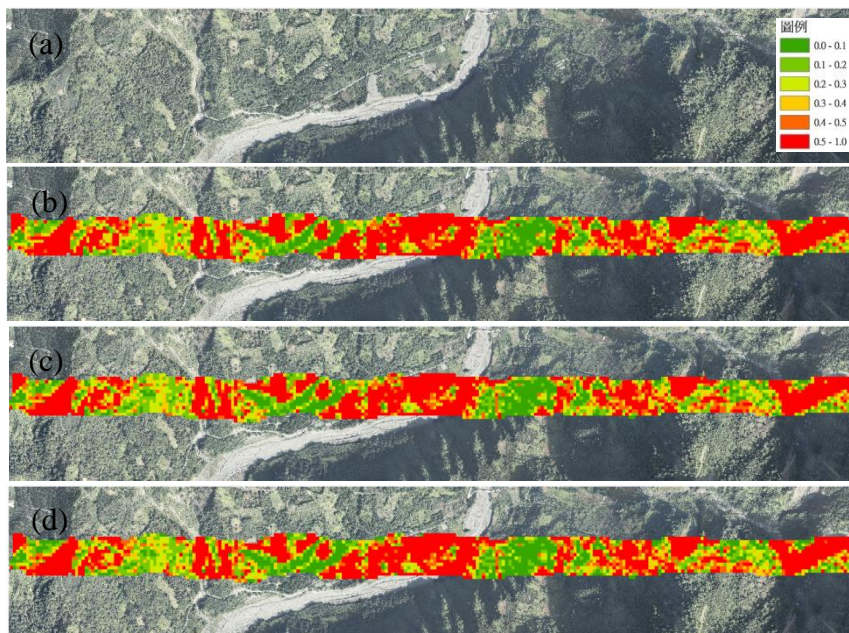


圖 12 Leica ALS60 於達卡努瓦森林地區不同航高的 20 m 網格穿透率成果圖 (a)達卡努瓦正攝影像 (b)高航高 (c)中航高 (d)低航高

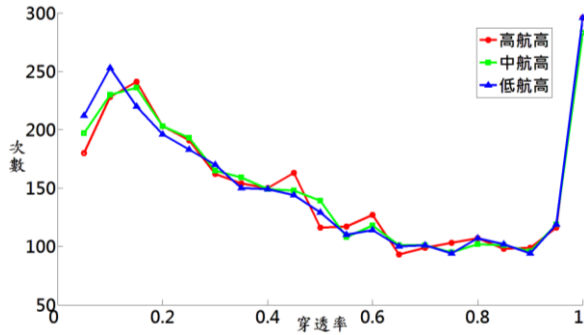


圖 13 Leica ALS60 於達卡努瓦森林地區不同航高穿透率之關係，將穿透率低於 0.2 視為低穿透

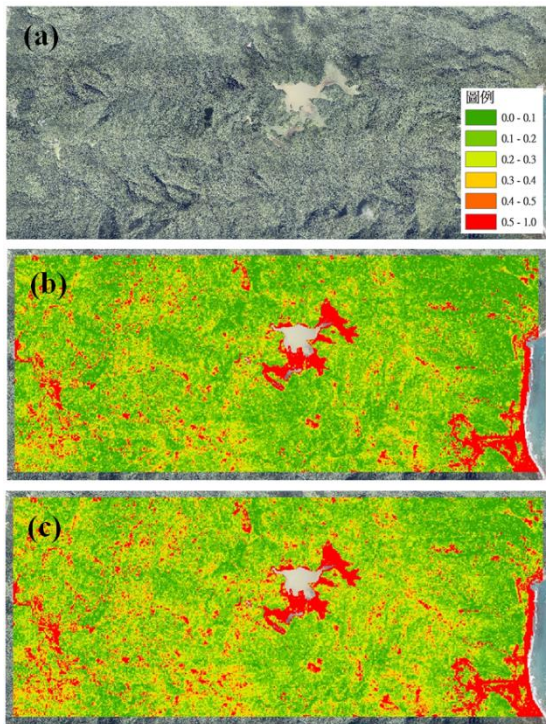


圖 14 Optech HD400 於南仁山生態保護區不同掃描角度的 20 m 網格穿透率成果(a) Channel 1 (b) Channel 2

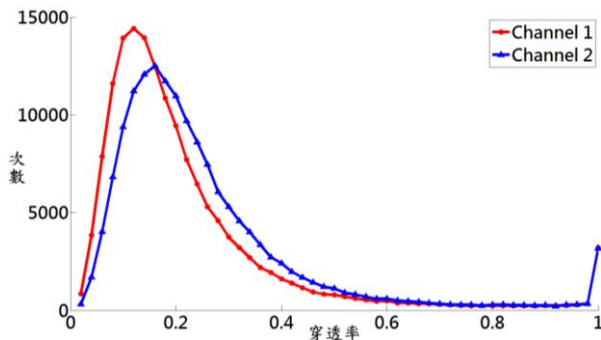


圖 15 Optech HD400 於南仁山生態保護區不同掃描角度的穿透率關係圖，將穿透率低於 0.2 視為低穿透

4. 結論與建議

不同空載光達於森林地區的穿透率，可由南仁山生態保護區以及達卡努瓦里兩個實驗樣區和三種不同方法進行比較。

- (1) 三種空載光達在南仁山生態保護區低航高的穿透率：Optech HD400 > Riegl ALS-Q680i > Leica ALS60。達卡努瓦森林：Optech HD400>Riegl ALS-Q680i > Leica ALS60。
- (2) 相同空載光達儀器在不同航高之森林穿透率：Optech HD400 與 Riegl LMS-Q680i 在低航高的穿透率皆為最佳；而 Leica ALS60 在不同航高的森林穿透率相差不大，低航高並無較顯著的增加森林穿透率。推測造成此原因是由於 Leica ALS60 的 FOV 與雷射脈衝頻率皆隨著航高改變，無法控制此變異量。
- (3) Optech HD400 不同掃描角度的差異：Optech HD400 的 Channel 2（正下方）> Channel 1（前方2°）。

由 Optech HD400 與 Riegl LMS-Q680i 實驗結果可以推論：當飛行高度不同時，航高越低，空載光達於地面的穿透率較佳。而比較同一地區三種空載光達的穿透率成果會受每家廠商的航線規劃以及飛航參數而造成差異。

地面穿透率會受到空載光達飛行高度及其他參數的影響，研究成果可以提供未來以空載光達製作森林地區 DEM 的規劃參考，如航高、FOV 與掃描頻率的選擇等。

參考文獻

何心瑜、陳大科、史天元、徐偉城，2008，人工編修空載光達資料產製 DEM 成果之探討，航測及遙測學刊，第 13 卷，第 4 期，pp.231-239。

吳守從，2003，南仁山生態保護區森林植群動態變化及其經營管理策略之探討，國立台灣大學森林學研究所博士論文。

陳朝圳、余蘭君，2003，南仁山次生林葉面積指數之季節性變化，林業研究期刊，第 25 卷，第 4 期，pp. 75-83。

彭炳勳、陳朝圳，2008，應用空載光達資料推測林木樹高與葉面積指數，航測及遙測學刊，第 13 卷，第 2 期，pp.85-100。

彭炳勳、謝依達、陳朝圳，2008，空載光達雷射穿透率指數與柳杉林葉面積指數之關係探討，台灣林業科學，第 23 卷，pp.63-73。

黃清美、史天元，2008，雷射入射角與空載光達穿透率關係探討，航測及遙測學刊，第 13 卷，第 1 期，pp.67-73。

黃紹東、徐明鑑、黃英婷、蘇惠璋，2008，應用空載光達 (LiDAR) 技術於國土利用調查資料庫建置之研究，第二十七屆測量及空間資訊研討會論文集，pp.393-403。

A. Farid, D.C. Goodrich, R. Bryant, S. Sorooshian, 2008, Using airborne to predict Leaf Area Index in cottonwood trees and refine riparian water-use estimates, *Journal of Arid Environments*, Vol. 72, No. 1, pp.1-15.

A.E. Akay, H. Oğuz, I. Rakip, K. Argua, 2009, Using LiDAR technology in forestry activities, *Environ Monit Assess*, Vol. 151, pp.117-125.

Erik Næsset, 2009, Effects of different sensors, flying altitudes, and pulse repetition frequencies on forest canopy metrics and biophysical stand properties from small-footprint airborne laser data, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 113, No. 1, pp.148-159.

F. Morsdorf, O. Frey, E. Meier, K.I. Itten, B. Allgöwe, 2008, Assessment of influence of flying altitude and scan angle on biophysical vegetation products derived from airborne laser scanning, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 29, No. 5, pp.1387-1406.

Kaiguang Zhao, Sorin Popescu, 2009, Lidar-based mapping of leaf area index and its use for validating GLOBCARBON satellite LAI product in a temperate forest of the southern USA, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 113, No. 8, pp.1628-1645.

Yunfei Bao, Guoping Li, Chunxiang Cao, Xiaowen Li, Hao Zhang, Qisheng He, Linyan Bai, Chaoyi Chang, 2008, Classification of LiDAR point cloud and generation of DTM from LiDAR height and intensity data in forested area, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol.37, PartB3b, pp.313-318, Beijing.

LiDAR Penetration Comparisons at Different Instruments and Flight Parameters in Forest

Chung-Cheng Lee¹ Pei-Jung Chiu² Chi-Kuei Wang^{3*}

ABSTRACT

Airborne LiDAR can obtain abundant 3D coordinates and intensity of point clouds which include ground points and object points in short time by penetrating the canopies to the ground in forest areas which can be used in making DEM (Digital Elevation Model). The coverage on the topography, flying height and laser incident angle have an effect on the laser penetration of the LiDAR. Three different types of airborne LiDAR (Optech HD400, Leica ALS60 & Riegl LMS-Q680i) separately collect data in low, medium and high flying altitude in the same area to calculate the ground penetration where plenteous tree species cover two study areas: Najenshan ecological reserve area and Dakanuwa village, Namaxia district, Kaohsiung City. To sum up from the research, the number of penetration rate greater than 0.2 in low flying altitude, 2000 m for Optech HD400 and 1250 m for Riegl LMS-Q680i respectively, are much more than medium and high flying height in contrast that Leica ALS60 has no significant discrepancy. Besides the effect of flying altitude, the setting of LiDAR's parameters result the better penetration for Optech HD400 in Najenshan ecological reserve area and worse to Leica ALS60 in Dakanuwa village

Keywords: airborne LiDAR, laser penetration of LiDAR, penetration in forest

¹ PhD Candidate, Dept. Geomatics, National Cheng Kung University

² Master student, Dept. Geomatics, National Cheng Kung University

³ Associate Professor, Dept. Geomatics, National Cheng Kung University

* Corresponding Author, Phone: 886-6-2757575 ext.63825, E-mail: chikuei@mail.ncku.edu.tw

Received Date: Sep. 11, 2013

Revised Date: Mar. 02, 2014

Accepted Date: Jul. 16, 2014