

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

數值高程模型及數值覆蓋模型產製品質研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-009-038-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學土木工程學系(所)

計畫主持人：史天元

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 30 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

數值高程模型及數值覆蓋模型產製品質研究

The Production Quality of Digital Elevation Model and Digital Surface Model

計畫編號：93-2211-E-009-038-

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

主持人：史天元 國立交通大學土木工程學系

計畫參與人員：何心瑜 國立交通大學土木工程學系

一、中文摘要

空載光達為一有效產製數值地形面及覆蓋面高程模型之作業方式，由於其穿透率及多重回波特性的特性，可同時描繪地形面及覆蓋面。唯空載光達所測得者為離散性之點雲，對建置如城市模型等高精度要求時，其邊界線之描述可能需以其他圖資或作業方式加強。本研究並不探討線型特徵之問題，僅以空載光達產製點雲之作業為探討對象，由其作業流程規劃檢核點，以為品質管制之手段。

關鍵字：空載光達、製作流程

ABSTRACT

Airborne lidar system is an effective tool for producing the digital topographic model and digital surface model at the same time. Due to the penetrating and multi-echo characteristics, both the topographic surface and the building/canopy top surface can be measured. However, the point clouds generated by airborne lidar

systems are discrete in nature. The linear features such as the edge of the building, and the edge of road, may not be well defined. For high accuracy application such as 3D city modeling, the point clouds obtained from airborne lidar survey may need to be further processed either with other mapping sources, or with advanced algorithms. This study does not address the linear feature issue, but focus on the point cloud generation process. An operation flow and the check points are designed to assure the quality of the production of digital elevation model and digital surface model.

Keywords : Airborne Lidar, Production Flow

二、第一部分：

2-1 前言

空載光達以雷射進行快速掃描，可在短時間內獲取高密度、高解析度的點雲資料，對於測取大面積數值高程模型(DEM, Digital Elevation Model)可節省相當的經費及時間。空載光達應用範圍廣泛，如地形測繪、森林監測、集水區或崩塌地分析、和三維城市模型建置等都可有應用價值，其成果不只是地形面高程模型之獲取，亦包含覆蓋面高程模型(DSM, Digital Surface Model)之建立。

在國內，從產生空載光達獲取之原始點雲資料，到可提供使用者應用的 DEM 或 DSM 等產品流程，尚未建立標準化程序，目前內政部正在就擬定空載光達生產數值地形模型之規範及標準作業程序進行探討。本研究嘗試以此課題進行分析，探討作業流程及其因子，規劃在每個作業階段，所需要進行之資料檢查項目，及決定後續處理之原則。

2-2 空載光達系統及產品定義

2-2-1 空載光達

空載光達(Light Detection And Ranging, LiDAR)，又稱空載雷射掃瞄(Airborne Laser Scanning, ALS)，結合雷射測距(Laser Ranging)、光學掃描(Optic Scanning)、全球定位系統(Global Positioning System, GPS)和慣性導航系統(Inertial Navigation System, INS)等技術，空載光達應用 GPS 及 INS 之整合求解，使其可

即時求定掃描儀掃描瞬間之三向坐標及姿態元素。配合掃描角及雷射所測之斜距，能快速求得掃描點的三維坐標。

2-2-2 空載光達系統比較

目前商業運作之空載光達系統有多種，表 1 為兩個空載光達系統規格。

表 1、空載光達系統規格比較

項目	Leica ALS50	Optech ALTM3100
掃描形式	Oscillating, Mirror, Z shaped	Oscillating, Mirror, Z shaped
雷射脈衝率(Pulse rates)	52 kHz	33~100 kHz
雷測波長	1064 nm	1064 nm
掃描頻率(Scan rates)	70Hz	70Hz
最大掃描角度(FOV)	75 度	50 度
操作高度(AGL)	200~4000 m	80~3500 m
回波次數>Returns)	3	4

2-2-3 記錄資料格式

原始 LIDAR 數據(All points)，為 WGS84 坐標系統之不規則離散點純文字檔(ASCII)，以國際標準格式(.las)儲存，包含雷射點三維坐標及反射值(intensity)等，儲存資料中具有多重回波數據的雷射掃描。分類後的地面測點與非地面測點，亦為 WGS84 坐標系統之不規則離散點純文字檔。只有在最後產出格網化 DEM 及 DSM 時，將其儲存為紀錄三維坐標之 xyz 檔。

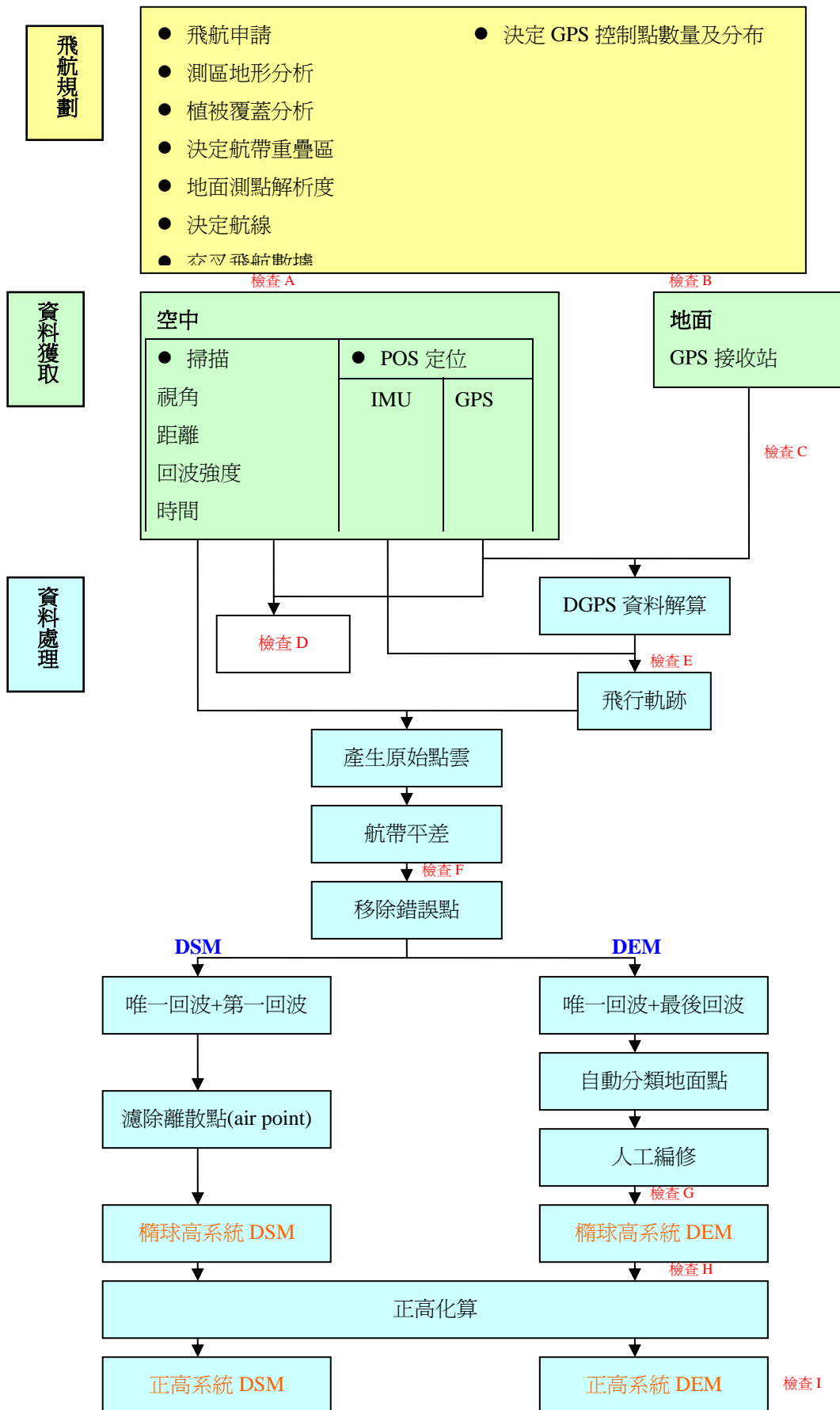
2-2-4 產品(DEM 和 DSM)定義

DEM 為不含地表植被及人工構造物時，地球表面自然地貌起伏的數值模型。雖然指自然的地貌起伏，但以土石構築之人工構造物，如堤防、土塹、水壩、大型溝渠或水道及挖田之道路等大型土方結構物，亦屬於此類地表。DSM 是表示地表最上層覆蓋物的表面模型。

2-3 空載光達作業程序

空載光達作業程序可分為三部分：飛航規劃、資料獲取和資料處理。其中資料處理又可分為前處理、航帶平差及地面點與非地面點分類。本研究以資料處理為主，流程如表 2。品質管制查核按照作業程序依序設置檢查點。表 2 中的紅字部分為檢查點。謹就各階段分別敘述。

表 2、空載光達作業流程



1. 飛航規劃

在進行規劃時，可利用輔助軟體計算飛航參數作為參考。考量因子及程序包含下述幾項。

- (1) 測區地形分析：分析測區地形最高、最低、平均高度、坡度及地形特徵。此步驟對航線數目、方向有決定性之影響。如高差過大，需考量分段以不同之飛行高度施測，以維持相近之對地航高。
- (2) 植被覆蓋種類：根據測區的衛星影像和基本航照圖，判釋測區地表覆蓋特徵，以決定 FOV(Field of View)角度大小和是否需要降低航高。較大之 FOV 可有較大之帶寬，有減少航線數目之功效，但是較小之 FOV 有較佳之穿透率。
- (3) 決定航帶重疊區比率：有關航帶左右重疊區比率，有多種考量。基本上，若保持良好對地航高，5%之重疊率即可，因其目的僅在確定兩航帶間無空隙。但是國際間亦有使用 50%航帶重疊率者，其原因為提升原始點雲密度、增加對同一地表左右方向之測線以減少遮蔽、補償因輕霧及小型雲塊等因素造成之遮蔽、等。藉由高重疊率，亦可考量增加航速及適度增大 FOV。較大之重疊率亦有助於提升全區平差之幾何條件，故高精度業務時，較大之重疊率應有相當意義。依據現有規範，NGS (2003)針對海岸線區光達作業要求兩航帶間至少要重疊 25%。NGS (2005)針對航空站區光達作業要求兩航帶間至少要重疊 50%。
- (4) 飛航速度：目前國內航空測量飛機中，Britten Norman BN2 Islander 之航速約為 65 至 140 節(knot, 一節為每小時一海浬，合 1.852km/h，根據 Wikipedia (2005a)，最大航速為 147 節，合 273km/h)，Beechcraft KingAir 之航速約為 110 至 240 節(根據 Wikipedia (2005b)，最大航速為 270 節，合 499km/h)。一般航測作業多採用低飛航速度，史天元等(2005)應用 Beechcraft KingAir 時之航速為 150 節，工研院能資所應用 BN2 Islander 時之航速為 110 及 120 節。
- (5) 航線規劃：由航高、地形變化、FOV 角計算帶寬及考慮重疊區比率，規劃出航線間距、數目、起終點。理想之航線規劃，亦應考量飛機飛航時之迴轉半徑及其作業安全。
- (6) 安全航高：依地形變化及安全性設定航高。由於空載光達使用的雷射系統雷射強度等級為 Class 4，屬於高能量系統(high-power)，直接的雷射光束會對人體眼睛及皮膚造成為危害，擴散的反射亦有可能造成傷害。因此需要至少跟地面保持一定的距離。根據 ANSI Z136.1-2000(ANSI, 2000)中的規範配合各家廠商儀器計算出安全距離，圖 1、圖 2 為 Leica ALS50 系統 SEED (安全目視距離 Safe Eye Exposure Distance)的估算值(Leica, 2004)。

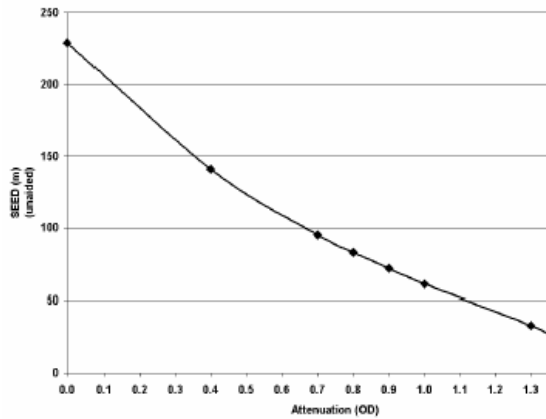


圖 1、裸眼單發 SEED 曝光量

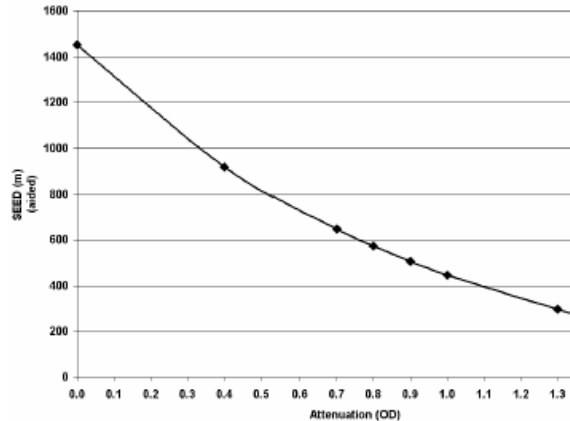


圖 2、50 mm Optics 單發 SEED 曝光量

(7) 交叉飛航數據：航線起終點應進行垂直各航線之交叉飛航掃描、航線中間每 20 公里應加測一條垂直各航線之交叉飛航掃描。唯此一要求系針對提昇精度時之考量，目的在增強全區平差時之幾何強度，並非所有飛航任務所必須。

2. 地面基地站選擇

在測區附近或測區內尋找現有之固定連續觀測站，如內政部 GPS 追蹤站，作為基地站。若無適當固定連續觀測站，則由追蹤站和測區附近既有的 GPS 控制點聯測，選取高程精度較高及適合的控制點規劃使用，作為基地站。基地站之對空通視十分重要，其訊號品質直接影響解算成果，新設之基地站宜先行觀測一段時間，已確定其訊號品質。每條航線於飛行時至少要有兩個 GPS 基站同步接收 GPS 資料、基站與航線範圍應小於 30 km。

2-3-1 掃瞄資料處理

雷射掃瞄系統獲得資料後的處理流程，包含前處理、航帶平差、地面點與非地面點分類，三大階段。將就各部份進行說明。

I. 前處理

本部分主要是解算原始點雲。所需資料為地面 GPS 基站資料、載體 POS(動態 GPS 及 IMU)資料和 LiDAR 掃描原始資料。其中依現有經驗，精密星曆並非必要，但是亦可使用(洪偉嘉等，2005)。步驟如下：

- (1) 利用 DGPS 原理，結合地面 GPS 資料與載體的動態 GPS 資料聯合求出飛行軌跡之三維坐標。
- (2) 將載體 IMU 資料內差到 GPS 三維軌跡上，求解出掃瞄儀之瞬間位置與姿態資訊(Sbet 檔)。
- (3) 結合 Sbet 軌跡資料與掃描所得資料(*.scn)，加入各系統誤差率定參數、坐標投影參數，依航帶求出具有 WGS84 坐標系統三維坐標之點雲，其中點雲資料以國際標準 LiDAR 格式(.las)儲存。此時的 las 檔是最原始的點雲(一整條航帶、未分類)。

II. 航帶平差

受到 INS、GPS 和掃瞄系統坐標轉換及其他不確定的系統誤差、殘餘系統誤

差、和偶然誤差影響，各航帶重疊區點雲資料間可能會有高程及水平方向之差異。處理上可利用航帶重疊數據連結點的高程與強度值(Intensity)進行連結點的量測，以評估重疊航帶的內部精度不符值，並進一步改正系統誤差，目前航帶平差程式工具包含 TerraMatch (TerraSolid, 2004b)。

利用航帶重疊數據進行航帶平差及平差成果評估，可得航帶的內部精度，並進行系統性誤差的改正。流程如下：

- (1) 首先設定收斂參數，包括地面控制點與軌跡檔之三維坐標輸入。
- (2) 解算殘餘系統誤差修正參數包括 dz、dr、dp、dh。
- (3) 逐航帶隨機誤差修正參數解算。

若經過良好率定及良好飛航規劃控制精度可減少上述誤差，但無法全部消除，因此還是需要利用航帶平差來提高資料品質。以目前實際經驗，相鄰航帶間高程差平均誤差在 5 公分內為可接受範圍。航帶平差是否可提升整體精度，似仍未完全確定，但是確實可有效消除視覺上高程模型之不一致性。另一作業方式為直接於重疊中分線進行拼接，如此作為適合航帶間重疊率低時，否則損失原始點雲數量。航帶平差是否必要，及如何進行最佳，仍有待進一步探討。

III. 地面點與非地面點分類

1. 消除錯誤點

系統誤差有時會造成不合理點的產生。另外受天氣因素，資料裡可能會包含雲霧、鳥或其他非地面物，這些對於所需的資料都視為錯誤點，必須先行處理(因系統造成的錯誤點可消除、雲可視情況分類或消除)。錯誤點處理完畢，目前之作業多將點雲資料參考 1/5000 基本圖圖框範圍分幅，此時儲存格式仍為.las，方便後續分類處理。

2. 回波分類

雷射發出後，會因距離反射物不同，接收到的回波時間亦不同，同一個雷射亦有多次回波(最多接收到第四次回波)。唯一回波(only return)通常是雷射點打到堅硬的表面，如建物、岩石等無覆蓋物之裸露面；多重回波則是雷射點打到植生等可能穿透的覆蓋物。產製 DEM 可採用唯一回波和多重回波的最後回波(only return and last return)，作為起始面。僅以 TerraScan (TerraSolid, 2004a)軟體作業時之情況為例說明。

分類起始，將原始點雲皆歸類為 Default，先用 By echo 分類，將 only echo 和 last of many 歸為同一類(在此分到自設的 only+last 類別)，如圖 3。

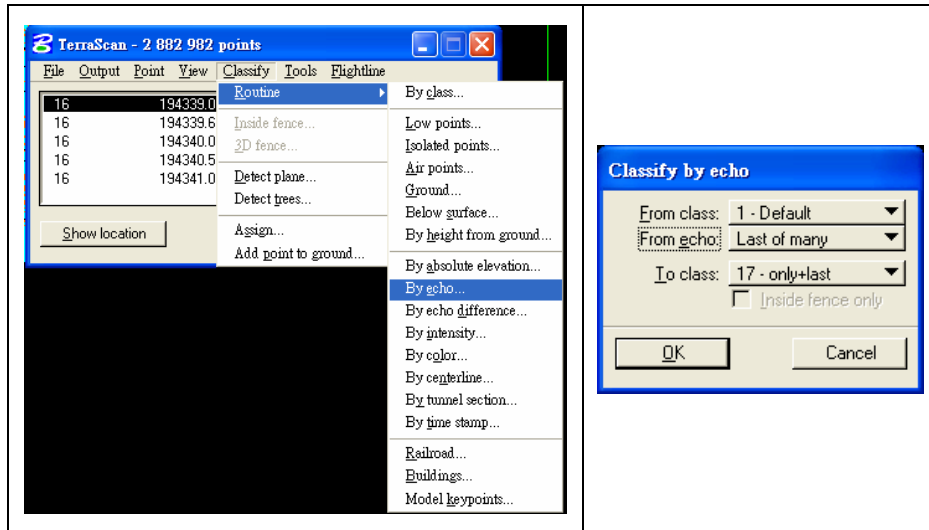


圖 3、By echo 分類選項

3. 不合理點

實際作業時，會發現少數異常的不合理點，如一片平坦地中有一點高程明顯不同(通常是低於其他)的雷射點，如圖 4，這會造成產生地表模型時的錯誤，通常將其歸類為 low point，low point 分類參數設定見圖 5。但利用 TerraScan 中自動分 low point 點，成果並非絕對正確，需要人工檢查。

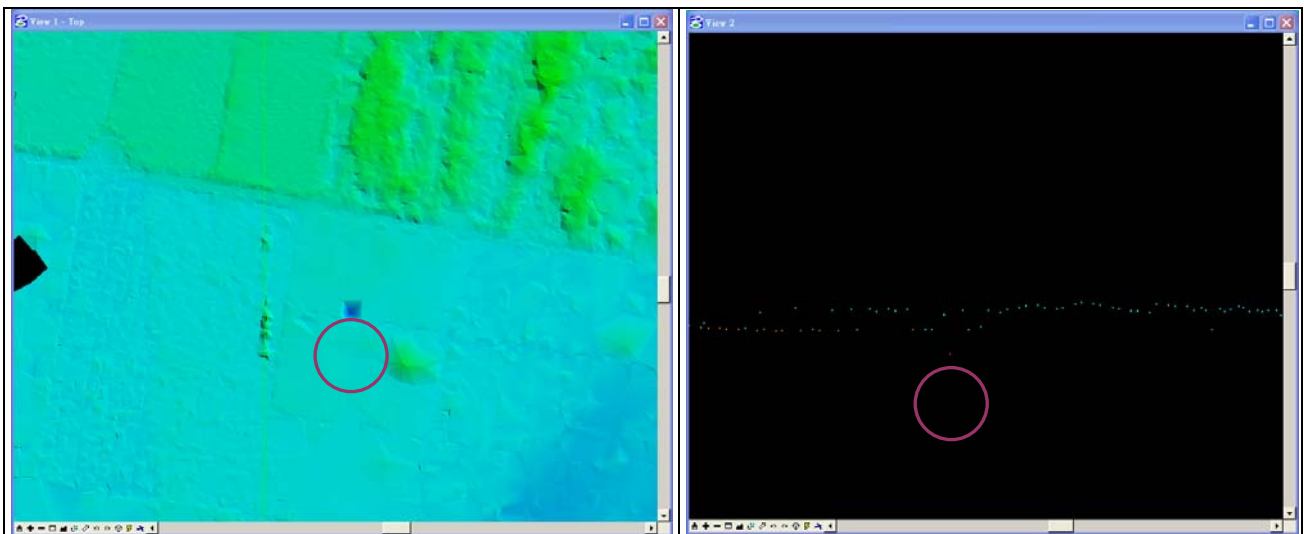


圖 4、錯誤點(low point)

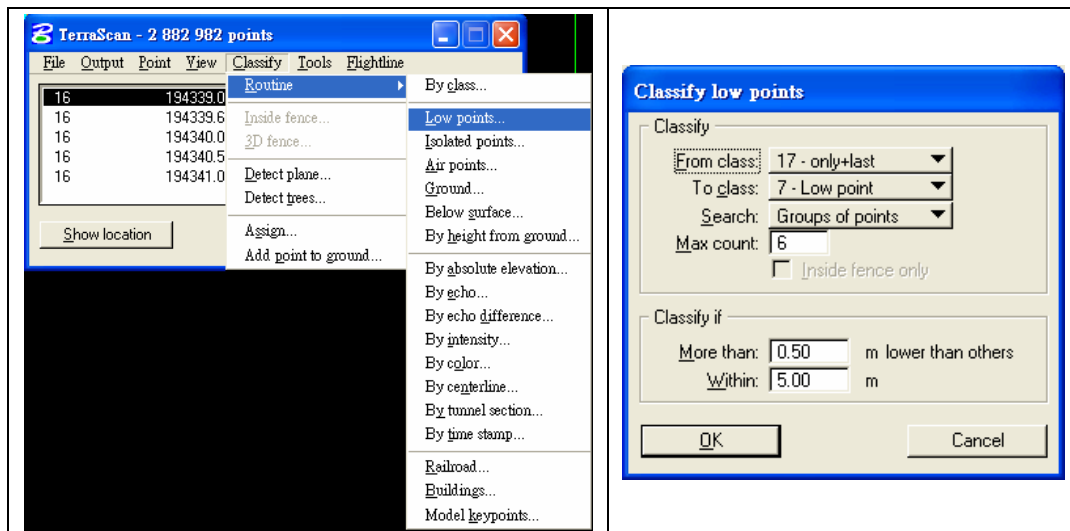


圖 5、low point 分類設定

4. 地面點分類

利用 TerraScan 中的 Ground 自動分類，可依照不同地形及需要設定參數濾除建物與植被，見圖 6。在地形平坦地區(農地或建物)，Terrain angle 必須設小(最大不要超過 60 度)，農地因為植物的高度關係，TerraScan 常會將植生一併視為地表，造成錯誤，如圖 7，此時必須重設參數重新分類或是以人工編修；山區因為地形坡度較大，角度亦須調整接近 90 度，才能使 Ground 自動分類到山頂。但山區往往因為植被過於茂密造成雷射點無法穿透或穿透點數極少，使山區地形並不能表示的完整，如圖 8。

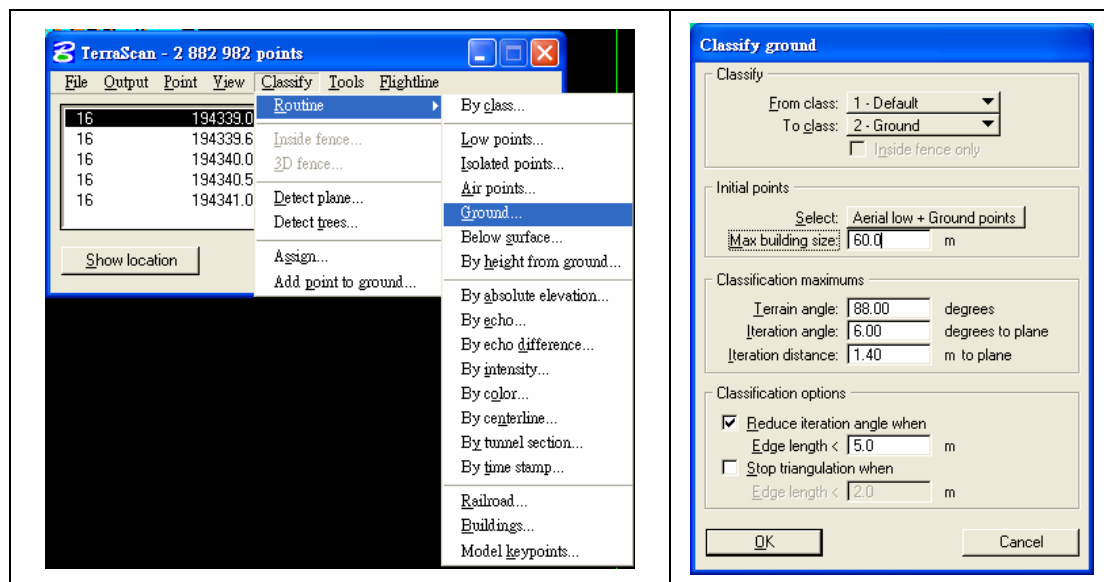


圖 6、Ground 點分類參數設定

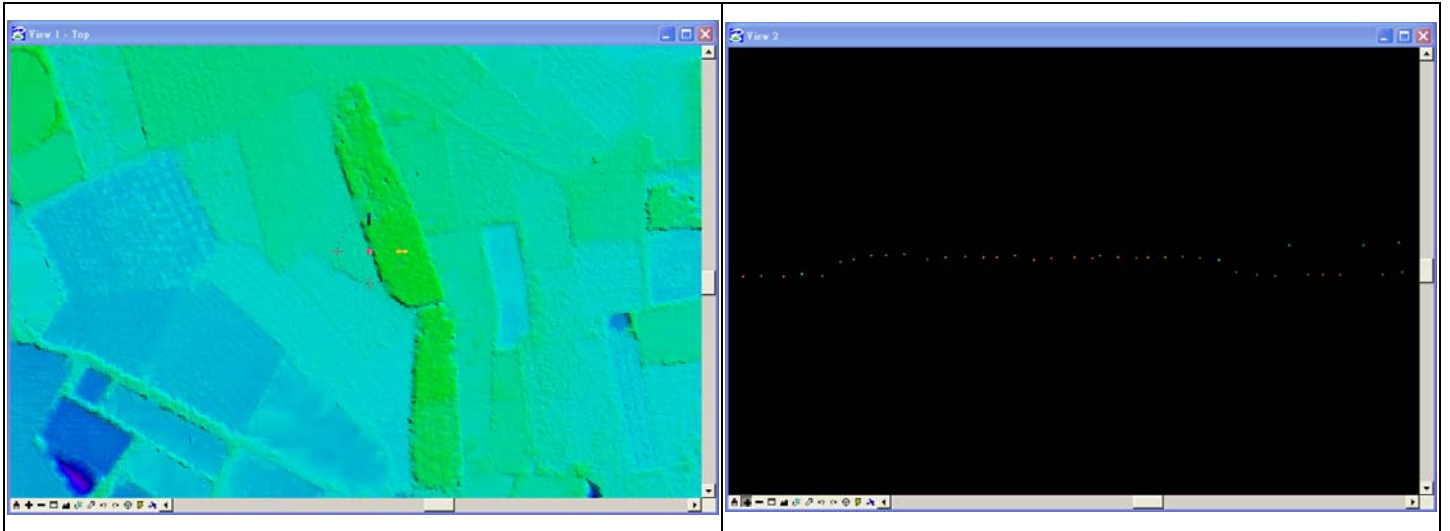


圖 7、植生被誤分為 Ground 點

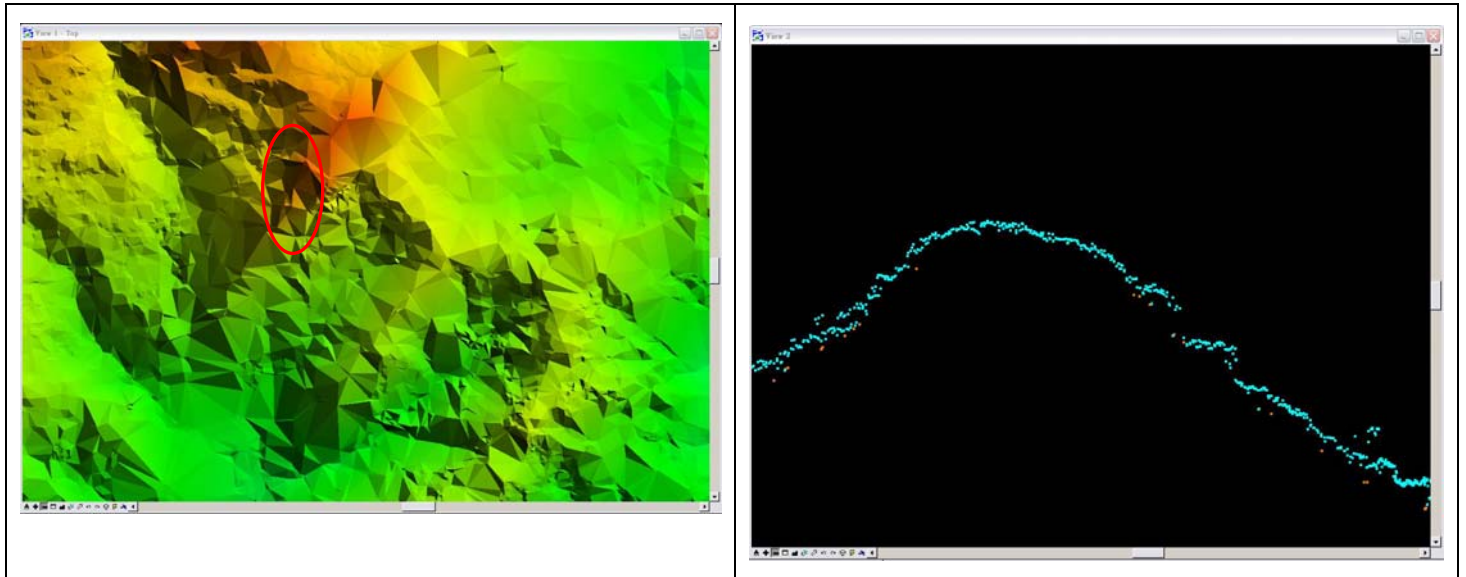


圖 8、山區地面雷射點過少，無法建立完整地形

5. 建立模型

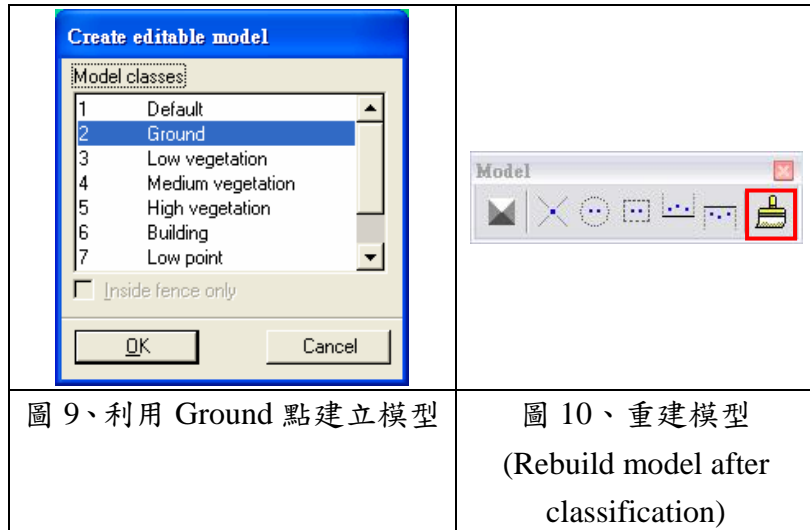
地面點分類完成後，利用 Ground 點建立地表模型，如圖 9，可幫助編修時對地形的判斷。TerraScan 建立模型時，會自動平滑化點雲，因此所見者並非最真實的地表，但為輔助判釋之用可以接受。

6. 人工編修

在整個點雲資料處理過程中，此步驟最需要花費人工。軟體自動分類的成果並非絕對正確或與實際有所差異，因此需要人工判斷修正。編修的主要目的是將軟體分錯類的雷射點為分回正確的類別、消除錯誤點及使地表模型盡量正確。

7. 重建模型

人工編修會造成地面點的改變，因此需要重建模型，使用之功能圖示如圖 10。編修的過程主要是分類→建立模型→編修→重建模型→編修…重複這幾步驟，直到地形為正確。



8. 點薄化(Thin points)

掃描所得原始點雲資料約 1.3~1.4 點/平方公尺，在航帶重疊區的雷射點更為密集，經過分類後的地面點密度約為 0.4~0.7 點/平方公尺。為減少資料檔案大小，需做地面點薄化的動作。參數設定如圖 11(b)。

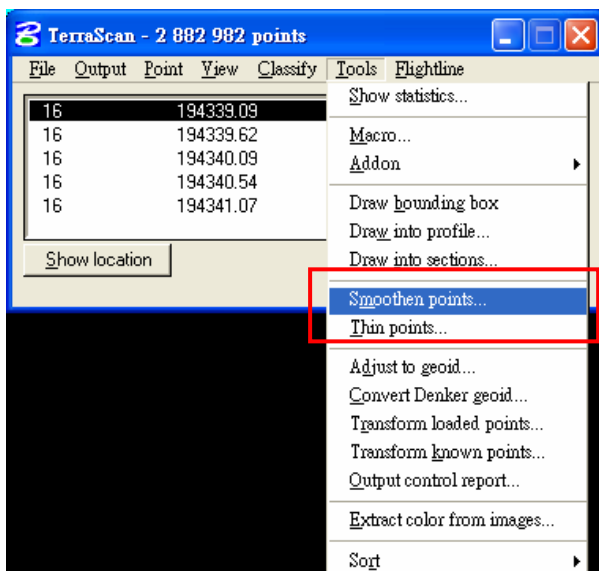
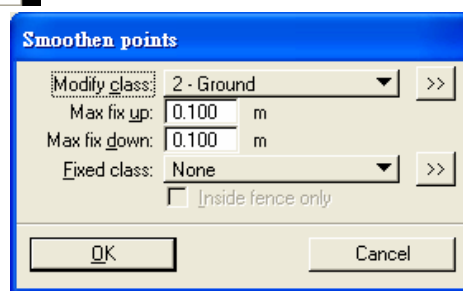
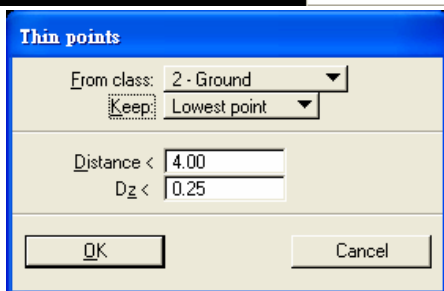
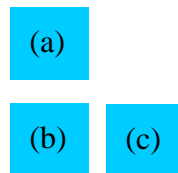


圖 11、點薄化和平滑化參數設定



9. 點平滑化(Smoothen points)

將地面點平滑化後輸出。參數設定如圖 11(c)。

10. 格網輸出

輸出地面點是點雲資料編修完成後，要得到 DEM 的最後一步驟。利用 Export lattice model 功能，可依需要設定不同格網大小。Export lattice model 參數設定見

圖 12。

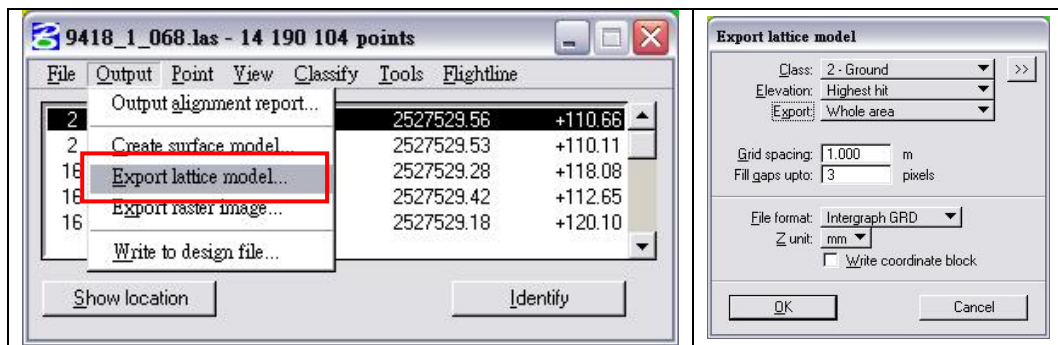


圖 12、Export lattice model 參數設定

以上為由原始點雲產製 DEM 的步驟。若需要產製 DSM，步驟簡述如下：

1. 回波分類

將原始未分類的點雲，利用其中的唯一回波和多重回波中的第一回波(only return 和 first return)。

2. 濾除錯誤點和離散點。

3. 格網輸出。

2-3-2 產品等級(Flood, 2002)

從原始資料到產出數值地形模型，需要一系列的處理步驟，而處理過程的嚴謹性會影響到最終產品的等級。對於生產者而言，關係到技術和成本；對使用者而言，產品等級關係到應用範圍及經費。

2-3-2-1 等級一(Level 1)DEM

此等級產品是指只以自動化過濾點雲後即產出之 DEM。因以自動化過濾點雲容易發生過濾不完全或過當的情形，尤以地形複雜區域更為嚴重。此等級 DEM 產品沒有經過人工檢視，品質較不可靠。另外，點雲資料未經嚴謹的系統誤差驗證與改善，則可能包含系統性誤差。因此等級一 DEM 產品又可分為兩類：Level 1A、1B。圖 13 及圖 14 分別為 Level 1A 及 1B 產品之處理過程。

前處理→自動分類地面點→格網化 DEM

圖 13、Level 1A DEM 處理過程

前處理→航帶平差→自動分類地面點→格網化 DEM

圖 14、Level 1B DEM 處理過程

2-3-2-2 等級二(Level 2)DEM

在自動化過濾點雲無法完全將點雲分類正確時，利用人工編修自動分類後的點雲以提高品質是必要的。此種品質較嚴格的 DEM 產品，資料品質較可靠，稱之為等級二 DEM 產品。另外，如同等級一 DEM 產品，點雲資料若未經嚴謹之系統誤差驗證與改進，則可能含有未知的系統性誤差，因此將等級二 DEM 產品分成兩類：Level 2A 和 Level 2B。圖 15 及圖 16 為 Level 2A 及 2B 產品之處理過程。

前處理→自動分類地面點→人工編修→格網化 DEM

圖 15、Level 2A DEM 產品處理過程

前處理→航帶平差→自動分類地面點→人工編修→格網化 DEM

圖 16、Level 2B DEM 產品處理過程

2-3-3 正高化算

在之前所述輸出之 DEM 或 DSM 高程屬於橢球高，而最終需產製正高系統之 DEM 及 DSM。由橢球高轉為正高使用大地起伏模式進行正高化算。在點雲格網化之前，利用 Adjust to geoid 功能將大地起伏值匯入，直接將高程值由橢球高降至正高值。

2-4 檢查項目

檢核部分分布在空載光達的作業流程中。各檢查項目說明見表 3，詳細敘述如後。

表 3、檢核點檢查項目

檢核點	檢查項目
檢查 A	檢核表確認所得點雲密度是否符合要求、覆蓋完整性、航帶重疊百分比
檢查 B	GPS 控制點的坐標值、GPS 接收站的接收品質
檢查 C	接收資料是否有斷訊、遮蔽，確認接收頻率、儀器高
檢查 D	每日飛航結束，檢查當日資料點雲密度、是否有 gap 或雲洞。若有，則需要補飛
檢查 E	POS 正反算航跡差值精度，使用廣播星曆或精密星曆是否造成精度的差異。利用 POSGPS 檢核地面 GPS 站接收資料的品質(DOP 值、combine separation)
檢查 F	航帶精度分析及點雲密度檢查
檢查 G	人工編修成果檢查
檢查 H	檢核 LIDAR 高程精度
檢查 I	與實際地面檢核點之正高比較，檢核大地起伏模式精度

1. 檢查 A

確認規劃之各項目可以達到所要求的點雲密度、點雲是否覆蓋整個測區及航帶的重疊百分比。

2. 檢查 B

GPS 控制點對空載光達的點雲品質的影響相當大。因此在選取 GPS 控制點時需注意幾點原則：

- (1) 透空度需極佳，並避免周圍有基地台或易造成多路徑效應之物體。不需要一定要已知點，透空度為優先考慮。
- (2) 點位分布需配合在飛航掃描時，載具與 GPS 控制點基站之距離在 30 公里以內，並同時有二個以上的 GPS 控制點基站。
- (3) 盡量保留 GPS 控制點基站與水準點聯測之可能性(以地面上的點位為優先)。

(4) GPS 控制點的誤差，對於解算出來之雷射點的三維坐標影響量很大。因此內政部提供的坐標值在實際使用前，需要先接收資料解算該點坐標檢查坐標差異量及是否可用。

3. 檢查 C

當飛航掃描時，地面同時要兩個以上 GPS 控制點接收資料，開始接收前要調整好接收頻率、設定儀器高及天線盤高，接收時段內需注意是否有斷訊、衛星顆數或遮蔽情況。

4. 檢查 D

每日結束任務，需利用 navigation 檔(ALS 系統)與掃描資料檔(*.scn)聯合求出點雲，此處的檢查以點雲密度及航帶範圍資料是否完整為目的。

5. 檢查 E

要維持良好的 POS 品質，要在起飛前和降落後靜止觀測 15 分鐘。

(1) POSpac 解算軌跡。單基線利用正返算檢查差異量。若差值過大應重新檢查 GPS 及 IMU 資料並重算 POS。多基線時，各條單基線解算完後再平差。通常以距離較近之基站求得成果較為可信。另外，利用其中的 POSGPS 檢查基線 DOP 值、Combine Separation。

(2) PDOP/VDOP<3。

(3) Roll 和 Pitch 小於 15 度避免 GPS 斷訊(NGS, 2003)。

(4) 衛星數量大於 6 顆。

6. 檢查 F

每一航帶的原始點雲產生後，因為各航帶間隱藏不同的系統誤差，造成資料重疊處不吻合現象，是由高程差和 Roll 方向不同造成的系統誤差，這在接合處會有不連續資料產生，且對產生的 DEM 和 DSM 精度造成影響，因此需要求解各航帶重疊區的平均高程誤差，以降低平均的高程差異量。

7. 檢查 G

主要是利用地面點建立出之地表模型檢查模型不理想處地面點的分類是否有錯誤。利用人工將應為地面點或非地面點分回正確類別。並於地面點過於稀疏、無法建立完整模型部分加一些地面點幫助產生完整地表模型。

8. 檢查 H

空載光達測點的高程在比對地面檢核點前，可應用交叉比對(Cross Validation)計算，幫助內部精度的預測及診斷，分析交叉比對的統計量提供點雲資料是否能表達地形特徵、品質診斷的參考(史天元等，2003)。

交叉比對的原理為在某雷射點之高程由周邊鄰近的數據推估，該雷射點的高程值不參與推估計算，推估值再與該點觀測高程比較(史天元等，2003)。

9. 檢查 I

利用內政部最新公告的大地起伏模式將雷射點高程橢球高轉換成正高，再與各測區內的地面檢核點實際正高值進行比較差異。

2-5 參考資料

- 史天元、彭森祥，2003。空載雷射掃描數據精度評估程序之研究，第二十二屆測量學術及應用研討會，247-256。
- 史天元、彭森祥、吳水吉、吳麗娟，2005。農委會空載光達台灣地區測試，航測及遙測學刊，10(1):103-128。
- 王蜀嘉、曾義星，2003。高精度及高解析度數值地型模型測製規範工作報告，內政部。
- 王蜀嘉、曾義星，2005。應用空載光達生產數值地型模型之製作規範及標準作業程序(草案)，內政部。
- 洪偉嘉、蕭國鑫、陳大科、劉進金、王成機、陳思仁，2005。精密星曆與地面多基站 GPS 資料於空載光達定軌計算之影響，第二十四屆測量學術及應用研討會，177-184。
- 國家測繪局，2005。測繪學名詞：攝影測量與遙感學
url: <http://www.sbsm.gov.cn/standard.php?col=235&file=1596&PageNum=3>
- ANSI, 2000. American National Standard for Safe Use of Lasers, ANSI Z136.1-2000, American National Standard Institutes.
- Flood, M., 2002. Product Definitions and Guidelines for Use in Specifying Lidar Deliverables. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 68(12):1-7
- Flood, M., 2004. ASPRS Guidelines : Vertical Accuracy Reporting for Lidar Data. 1, ASPRS Lidar Committee (PAD).
- Leica, 2004. ALS50 Airborne Laser Scanner user guide, Leica Geosystems.
- NGS, 2003. Light Detection And Ranging (LIDAR) Requirements, Scope of Work for Shoreline Mapping under the NOAA Aeronautical Survey Program, National Geodetic Survey.
- NGS, 2005. Light Detection And Ranging (LIDAR) Requirements, Scope of Work for Airport Surveying under the NOAA Aeronautical Survey Program, National

Geodetic Survey.

Terrasolid, 2004a. TerraScan User Guide (18.11.2004), Terrasolid.

Terrasolid, 2004b. TerraMatch User Guide, Terrasolid.

Wikipedia, 2005a. Britten-Norman Islander,

url: http://en.wikipedia.org/wiki/Britten-Norman_Islander

Wikipedia, 2005b. Beechcraft King Air,

url: http://en.wikipedia.org/wiki/King_Air