

利用 LidarSLAM 技術進行公共測量手冊

2022年6月

國土交通省國土地理院

目錄

序【概說】	1
1. 前言	1
2. 本手冊之概要	1
3. 本手冊之構成	1
第 1 章 總則	4
第 1 節 重點	4
第 2 節 作業規劃	9
第 2 章【測量規劃機關注意事項】 成果需求規格之制定	12
第 3 章【測量作業機關注意事項】 作業規格之制定	17
第 4 章【測量作業機關注意事項】 原始數據之作成	20
第 1 節 概說	20
第 2 節 作業規劃	20
第 3 節 控制點及驗證點之設置	21
第 4 節 計測及數據處理	25
第 5 節 原始數據之作成	27
第 5 章【測量作業機關注意事項】 原始數據之點檢測量	28
第 6 章【測量作業機關注意事項】 其他成果數據之作成	30
第 1 節 數據之作成	30
第 2 節 數據之彙整	34

序【概說】

1. 前言

近年來，持續有人開發以 SLAM（Simultaneous Localization and Mapping：同步定位與地圖建置）技術即時掌握空間之方法。不必 GNSS 定位即可取得移動路徑位置資訊之 SLAM 技術不只能建置屋內與地下空間等室內地圖，還可活用於屋外測量。

SLAM 技術是一種在感測器所掌握範圍內，可以同時製作周邊環境地圖，以及演算推定自己所在位置的計算手法。產業機器方面則利用如同人類視覺般的機器視覺能力，使用機器人之機器即時控制，但其高效率移動感測技術同樣受到矚目。此堪稱類似 IMU 定向系統與 DMI 動向測距的自主導引，但並非以內建感測器感知自己之舉動，而是以外界感測結果進行演算而定位。所利用的光達屬外界感測器，光達的主體被稱為 LidarSLAM，在移動過程中，完成計測的光達計測結果被視為測量成果，而被使用。

以車載光達（雷射掃描）或空載光達（雷射掃描）等傳統移動體測量技術係以 GNSS 定位自己的位置之後、量測距離與角度而取得對象物座標。但 LidarSLAM 並不以 GNSS 定位，而是邊移動邊找出周邊地形與地物特徵，掌握視覺內容與測定距離變化，然後由自己的移動量與角度推定移動軌跡。

2. 本手冊之概要

本手冊係國土地理院依據作業規程準則第 17 條第 3 項規程所整理新測量技術相關手冊。

本手冊以測量者手持或背負機器、邊步行邊測量斷面或全周圍 LidarSLAM 機器為應用對象。此外，業界也有裝設 GNSS 衛星導航天線的 LidarSLAM 機器，但利用該機器 GNSS 定位數據之分析方法不在本手冊規範範圍內。

3. 本手冊之構成

① 總則【第 1 章】

說明 LidarSLAM 技術測量之要旨，並提出測量規劃機關（以下為「**規劃機關**」）與測量作業機關（以下為「**作業機關**」）各自應進行事項之指南。

② 成果需求規格書之制定【第 2 章】

規劃機關 測量作業開始前所應完成明示 LidarSLAM 技術測量成果之內容與品質，並具體說明 **作業機關** 所應依利用目的達成之成果，避免測量重複或必須重測，係有效率確實推動測量作業之重要作業。

本作業標準做法，**規劃機關** 應就以下事項做決定並彙整為成果需求規格書。

- 1) 成果之品項
- 2) 成果之需求點雲密度
- 3) 成果之需求精度
- 4) 需過濾之項目

此外，若**規劃機關**難以具體明示其需求規格，則應說明測量成果之利用目的與利用方法等，或者也可與**作業機關**協議，制定需求規格。

③ 作業規格之制定【第 3 章】

此係**作業機關**依**規劃機關**所提出之成果需求規格書，檢討滿足需求規格成果之作業方法等，並決定具體作業方法等作業規格之作業。

滿足需求規格之成果作成時，標準作法上**作業機關**應決定以下事項，彙整成為成果作業規格書。

- 1) 成果作成之整體作業工程

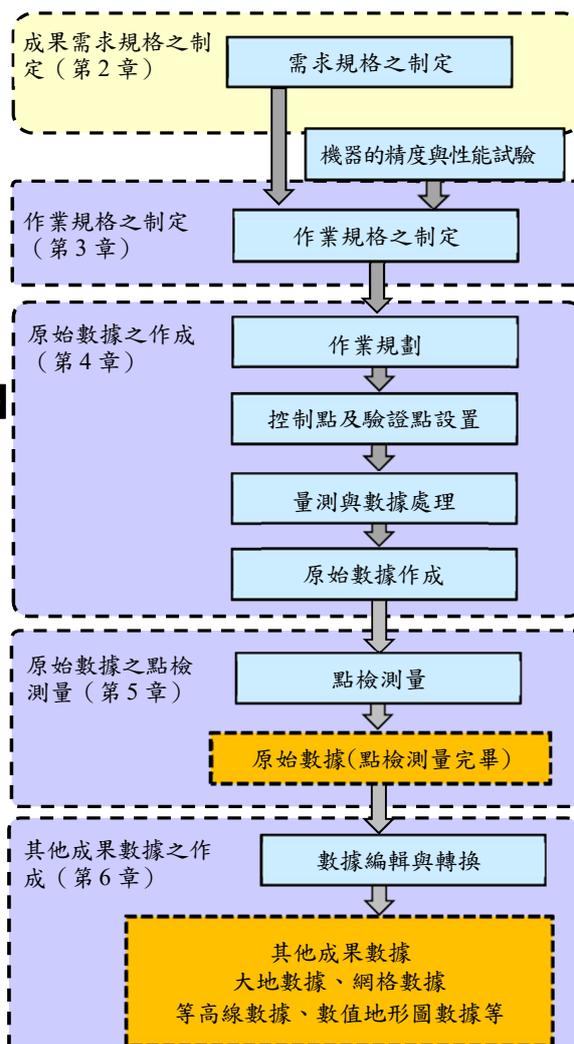


圖 1 整體流程

2) 控制點及驗證點相關事項

作業機關應將所作成之成果作業規格書提交**規劃機關**，於作業開始前取得**規劃機關**核可。

此外，**規劃機關**提出公共測量實施規劃書時，可一併呈交②所作成之成果需求規格書與③**作業機關**所作成之成果作業規格書，接受國土地理院長的具體技術建議。

④ 原始數據之作成【第 4 章】

LidarSLAM 技術測量可以原始數據為基礎，作成其他成果數據（大地數據、網格數據、等高線數據及數值地形圖數據等），但須提交哪些種類成果因目的等而異。本手冊除了將須製作之原始數據定位為基礎測量成果，也說明由原始數據編輯成其他成果數據的標準順序。

本手冊第 4 章規範原始數據作成方法，第 5 章則具體規範用來確認原始數據具一定品質的點檢測量。

內容包括製作原始數據的標準作業流程，並就明顯影響精度的流程進行適切點檢，作成精度管理表而加以管理。另一方面，量測與標定的具體作業方法得依**作業機關**裁量，進行某種程度自由決定。

⑤ 原始數據的點檢測量【第 5 章】

原始數據之點檢係原始數據和點檢測量所能取得數據之差異比較，確認是否滿足需求精度。點檢測量應於滿足點檢測量率的範圍內，以所取得之點雲點檢能明確特定的地物或標誌等的水平距離及垂直距離。

本手冊係說明點檢測量之方法、作業量以及以使用點檢測量數據具體進行點檢的方法。

⑥ 其他成果數據之作成【第 6 章】

此乃點檢測量過程中編輯點檢完成之原始數據而製作成其他成果數據的作業。此項作業應依**規劃機關**之需求規格作成與必要性相符之成果。

第 1 章總則

第 1 節 重點

(目的)

第 1 條 本手冊的目的就是公共測量之中用 LidarSLAM 技術光達測距裝置所作成三維點雲數據，根據其標準作業方法，以利於測量作業順利實施及確保必要之精度。

【說明】

本手冊係設定在無作業規程準則可供參考而進行特殊作業方法之公共測量時使用。依本手冊進行公共測量時，**作業機關**應向**規劃機關**說明所使用機器具本手冊所要求之一定性能，**規劃機關**應決定是否可以本手冊所提示作業方法進行公共測量。此外，**作業機關**應就本手冊所設定之作業方法等提出標準做法。與本手冊所設定作業方法、作業順序明顯差異時，應依作業規程準則第 17 條規定，檢陳驗證結果，先徵詢國土地理院長意見。

(用語)

第 2 條 本手冊之用語如以下各款所示。

- 一 「需求規格」指依成果之利用目的所設定的成果品項、需求點雲密度與需求精度等規格。
- 二 「作業規格」指為作成滿足需求規格之成果所須規定的使用機器、計測各單元、精度管理與點檢測量方法等規格。
- 三 「三維點雲數據」指能進行計算處理的地形地物定位的三維座標數據及說明其內容的屬性數據。
- 四 「三維點雲測量」指製作應用測量等獲得三維點雲數據的作業。
- 五 「LidarSLAM 機器」指第 25 條所規定、本手冊所列三維點雲測量所使用的機器及軟體。

- 六 「利用LidarSLAM 技術之測量」指以 LidarSLAM 機器進行的三維點雲測量。
- 七 「控制點」指所取得點雲轉換成平面直角座標系所需之水平位置及高程基準點。
- 八 「驗證點」指轉換成平面直角座標系的點雲，評估其精度所需之點。
- 九 「原始數據」指處理所取得數據而作成之三維點雲數據，以及不只地表面而且包含建物與樹木高度的原始計測數據。
- 十 「過濾」指將建物／構造物、樹木／植生等地表面之外數據從原始資料剔除的作業。
- 十一 「大地數據」指原始數據過濾後作成的地表面三維點雲數據。
- 十二 「網格數據」指大地數據內插補間所作成的網格高程數據。
- 十三 「等高線數據」指以大地數據作成數據之中相同高度地點連成線者。
- 十四 「數值地形圖數據」指原始數據資料以視覺化圖示機器進行原始數據視覺化圖示，搭配現地調查、數值編輯與補測編輯等所作成之數據，亦即以描繪地形及地物位置、呈現其形狀等的數據。此外，只表現等高線的數據不在其內。
- 十五 「其他成果數據」指以原始數據所作成的大地數據、網格數據、等高線數據及數值地形數據的總稱。

【說明】

依本手冊進行 LidarSLAM 測量，原則上由**規劃機關**設定成果需求規格，並由**作業機關**據以制定作業規格。各該具體內容，需求規格如第2章、作業規格如第3章所示。

原始數據係 LidarSLAM 機器所取得位置與高度之點群，並為本手

冊所定位之標準測量成果。作成原始數據之相關項目如第4章與第5章所示。

其他成果數據則是編輯原始數據作成之數據，應配合需求規格只作成必要之數據。其他成果數據製作相關項目如第6章所示。各工作所作成數據之特徵差異甚大，因此作成或利用各數據時，應確認是否具體指何種數據。

(整體工作)

第3條 整體工作以下列各項為準。但應依據第一款所制定需求規格之內容，只進行第五項工作所需之作業。

- 一 成果需求規格之制定
- 二 作業規格之制定
- 三 原始數據之作成
- 四 原始數據之點檢測量
- 五 其他成果數據之作成

(測量規劃機關制定成果需求規格)

第4條 規劃機關須依據測量之目的、實施區域、作業量、期間等，作成記載可取得成果之內容與精度等的成果需求規格書。

2 規劃機關須調查該作業區域所能利用之測量成果、測量記錄及其他必要之資料並予以活用，以避免重複測量。

【說明】

本條相關之具體做法，由「第2章成果需求規格之制定」定之。

(測量作業機關制定成果作業規格)

第5條 作業機關須規劃滿足依前條第1項規定所作成成果需求規格書之規格的測量作業方法，並依第3章之規定作成成果作業規格書。

2 作業機關須在工作實施前向規劃機關提交作成的成果作業規格書，並取得其核可。變更成果作業規格書內容時亦同。

【說明】

本條相關之具體做法，由「第3章作業規格之制定」定之。

(原始數據之作成及點檢)

第6條 作業機關應依前條規定之規劃機關所核可的成果作業規格書內容，依第4章規定作成原始數據。

2 作業機關在確認所作成原始數據確認是否已滿足需求規格時，應依第5章規定進行點檢測量。

3 作業機關應彙整依前項規定完成點檢之原始數據為測量成果，搭配其他成果等，於作業結束後提交規劃機關。

【說明】

本條相關具體做法，由「第4章原始數據之作成」及「第5章原始數據之點檢測量」定之。

(其他成果數據之作成)

第7條 作業機關應使用依前條規定作成之原始數據，以第4條規劃機關所作成的成果需求規格書之內容，作成第6章所規定的其他必要成果數據。

【說明】

本條相關之具體做法，由「第6章其他成果數據之作成」定之。

(測量之基準)

第8條 位置及高度除特殊狀況外，以平面直角座標系（2002年國土交通省公告第9號）所規定依世界大地測量系統（世界地理系統，世界測地系統，WGS）制定的直角座標及測量法施行令（1949年政令第322號）第2條第2項所規定之日本水準原點為基準的高度（以下稱為「高程」）標示之。

2 成果之位置及高程，以0.001公尺的單位為標準。

(測量法及相關法規之遵循順序等)

第9條 規劃機關及作業機關乃至於從事作業者（以下稱為「作業者」）進行作業時須遵守測量法（1949年法律第188號。以下稱為「法」）。

2 規劃機關及作業機關乃至於作業者實施作業時，須遵守與財產權、勞動、安全、交通、土地利用規範、環保及個資保護等相關之法令，且須尊重相關社會習慣。

(依據測量法進行測量的程序)

第10條 規劃機關須適切地完成取代法第39條而準用法第14條第1項、同條第2項（實施之公告）、法第21條（永久標誌及臨時標誌相關公告）及法第26條（測量標之使用）及法第30條第1項（測量成果之使用）、法第36條（規劃書之建議）、法第37條（公共測量之公告等）、法第40條第1項（測量成果之提出）等規定之程序。

2 本手冊係作業規程準則（2008年國土交通省公告第413號。以下稱為「準則」）第17條第3項所示國土地理院所核定之手冊。依據本手冊進行公共測量時，規劃機關應於所作成之規劃書記載其內容，並於提出規劃書時檢附第4條所規定規劃機關應作成之成果需求規格書，以及第5條所規定作業機關作成並取得規劃機關核可之成果作業規格書。

【說明】

本條第1項規定，進行 LidarSLAM 測量時**規劃機關**應無遲滯地進行必要之程序。此外，第2項規定，依據本手冊內容進行公共測量時，適用準則第17條第3項之規定。

此時，為了方便國土地理院提出測量是否已確保適切精度之技術建言，應提出成果需求規格書及成果作業規格書。

(禁止發包給測量業者之外的廠商)

第11條 規劃機關不可雇用法第10條第3項(測量業者)所規定測量業者之外的人進行適用本手冊之測量。

第2節 作業規劃

(作業規劃之作成)

第12條 作業機關必須於測量作業實施前依據作業區域、作業內容、作業量、完成時期等，作成實施體制、需要人員、進度等的適切作業規劃，並提交規劃機關並取得其核可。變更作業規劃時亦同。

(實施體制)

第13條 作業機關須建立適切的實施體制，以確保測量作業能順暢、確實的完成。

2 作業機關須選任一主任技師，以做為作業規劃之立案、工程管理及精度管理統籌者。

3 前項主任技師須為遵照法第49條(測量士及測量助理登錄)之規定所登錄的測量士，且為具備高度技術與充分實務經驗者。

4 作業機關負責依據本手冊從事測量作業的技術人員，須為依據第49條規定完成登錄之測量士或測量助理。

(安全之確保)

第 1 4 條 作業機關特別是現地測量作業須採取確保作業者安全之適切措施。

(工程進度管理)

第 1 5 條 作業機關須依第 1 2 條之作業規劃，進行適切的工程進度管理。

2 作業機關須向適當的規劃機關，適度地報告測量作業之進展狀況。

(精度管理)

第 1 6 條 作業機關為確保測量之正確性，應進行本手冊所規定之適切確認、驗證與稽核等精度管理，並依此結果作成品質評估表及精度管理表、提交規劃機關。

【說明】

作業機關應依據規劃機關所制定需求規格，進行各工程進度之確認與檢查，並實施成果點檢測量，確認是否已滿足所要求之精度。此外，成果數據必要時也應進行理論上的檢查，彙整為品質評估表。

(第三方機構之稽核)

第 1 7 條 規劃機關若有指定，作業機關依本手冊所作成之成果須接受具檢核相關技術之第三方機關稽核。

【說明】

量測成果之稽核應由第三方機構評鑑成果是否滿足需求規格之品質。成果稽核應於交付成果前實施，合格者應由第三方機構發給檢核證明書等文件。此外，利用 LidarSLAM 技術進行測量時，成果需求規格書須明定評鑑基準之需求規格，因此，作業機關接受第三方機構稽核時，須檢附成果需求規格書等。

(成果及資料等的格式)

第18條 成果與資料等應以本手冊所規定之標準格式作成。但若確認無使用與保存等的疑慮，得由規劃機關指示或取得其核可之後以不同的格式作成。

(成果等的提出)

第19條 作業機關須於作業完成時無遲滯地提交成果與資料等給規劃機關。

(作業規程準則之準用)

第20條 本手冊(案)所未定之事項，準用準則之規定。

第 2 章【測量規劃機關注意事項】 成果需求規格之制定

(要點)

第 2 1 條 本章的目的係規定規劃機關應依據測量目的等明列測量成果之品項與精度等，彙整需求規格，以利於作業機關快速決定測量作業方法等，而在完成作業過程中，確保測量正確性。

【說明】

規劃機關明定 LidarSLAM 測量成果之需求點雲密度與需求精度等需求規格，有利於**作業機關**完成符合需求規格成果之作業規劃與測量作業。需求規格不明的話，可能導致成果精度過高、時間與費用成本浪費，或成果未達需求精度而無法實現使用目的，乃至於做成無用成果或無法作成必要之成果等。

制定成果需求規格係能讓**規劃機關**確實取得目標成果及防止測量重複或重做、以高效率確實完成測量之重要作業。

(目的之明確化)

第 2 2 條 規劃機關應明訂該測量所取得成果之利用目的。

【說明】

規劃機關明訂利用目的有利於**作業機關**制定第 3 章規定之作業規格時，採用最適當作業方法。

(成果需求規格書之作成)

第 2 3 條 規劃機關應依前條目的，明定成果品項、需求點雲密度、需求精度與過濾項目等規格，作成成果需求規格書。

2 規劃機關作成成果需求規格書有困難時，得告知作業機關或相關單位前條之目的，請求支援製作成果需求規格書。

【說明】

1) 成果之品項

LidarSLAM 測量所能取得最初成果係量測範圍內測量所有存在

之所有地物表面與地表面的三維點雲即為「原始數據」。原始數據去除建物與植生等的過濾處理後能作成只剩地表面等形狀三維點雲的「大地數據」。此外，這些數據用 LidarSLAM 機器量測，獲得所謂隨機分布三維點雲數據，進行計算處理之後可作成一定間隔且形式整齊的「網格數據」。此外，利用這些數據也能作成以等高線呈現地形起伏的「等高線數據」，或以原始數據一併呈現建物等及其他地物形狀的「數值地形圖數據」。LidarSLAM 可作成各式各樣的成果，因此須先依據測量之目的，決定作成怎樣的內容與何種種類之成果。

規劃機關設定符合利用目的之成果品項也可降低成本。此外，若**規劃機關**所要求的其他成果也很清楚，完成該成果所需原始數據之需求規格自然清晰。若**規劃機關**希望以等高線數據作為最終成果，作成該成果所需之原始數據與大地數據等便是中間成果；這類中間成果的需求規格依最終成果等高線數據的需求規格定之。中間成果可能是**規劃機關**所未必需要，但仍是測量作業過程中的重要數據，**作業機關**應事先設定其規格而展開作業。如此作成的中間成果最好當作最終成果活用與最終成果精度之保證用資料，於作業結束後合併最終成果提交**規劃機關**。**作業機關**制定第3章所示之作業規格時，得採用最適當之作業方法。

2) 成果之需求點雲密度

成果的需求點雲密度須配合利用目的設定之，以下為其標準作法。作成網格與作成等高線數據所需之點雲密度係由空載光達測量所規定數據間隔算出。所作成大地數據大於 $10\sim 100$ 點/ m^2 者推估植生之影響較小；若仍有植生等影響則應取得更高密度之數據。此外，作成 i-Construction (IOT- Construction, 物聯網營造技術) 之 ICT (資通訊) 土木工程所使用三維點雲數據時，其開工測量與工程品質管理三維點雲數據之點雲密度不同。例如，若目的是瞭解平坦地點大致地形形狀，高密度三維點雲數據可能有點多餘；進行道路與構造物等設計所需調

查之活用，或希望掌握詳細地形與地物形狀，則仍需高密度數據。

此外，此處所謂需求點雲密度係傳統依據一般利用狀況所設定之標準，未來技術開發進展與利用動向改變，其值可能跟著變化。重點是最後須作成滿足需求規格之成果。特別是 LidarSLAM 測量因 LidarSLAM 機器與量測對象地形地物之距離越遠點雲密度越低，須特別注意量測範圍與量測時地形地物和 LidarSLAM 機器之位置關係所造成的點雲密度變化。

利用目的	需求點雲密度（標準值）
作成大地數據	10~100 點/m ²
作成網格數據（網格間隔 0.5m）	大於 9 點/m ²
作成網格數據（網格間隔 1.0m）	大於 4 點/m ²
作成等高線數據（比例尺等級為 1: 500）	大於 9 點/m ²
作成等高線數據（比例尺等級為 1: 1000）	大於 4 點/m ²
作成數值地形圖（比例尺等級為 1: 500）	大於 400 點/m ²
作成數值地形圖（比例尺等級為 1: 1000）	大於 100 點/m ²
放樣測量	大於 1 點/0.01m ² (0.1m×0.1m 網格)
開工測量	大於 1 點/0.25m ² (0.5m×0.5m 網格)

LidarSLAM 測量，相同範圍重複量測可提高點雲密度，但可能造成點雲走位，因此很難用相同點雲密度覆蓋全部量測範圍。因此特別是希望作成數值地形圖時，最好進行含圖化對象地物之範圍與不含範圍之需求點雲密度分類。

3) 成果之需求精度

不同準則與工程品質管理要領（案）之利用目的目標需求精度之標準值如下。例如，作成 i-Construction 的 ICT 土木工程使用三維點雲數據時，開工測量所需三維點雲數據精度與控制點等的較差小於 ± 10cm。

利用目的	水平位置	高程
作成大地數據 作成網格數據 作成等高線數據	未規定	0.1m (標準偏差)
作成數值地形圖 (比例尺等級, 1:500)	0.15m (容許範圍)	0.2m (容許範圍)
作成數值地形圖 (比例尺等級, 1:1000)	0.3m (容許範圍)	0.3m (容許範圍)
放樣量測	XYZ 各成分小於 $\pm 0.05m$ (容許範圍)	
開工測量	XYZ 各成分小於 $\pm 0.1m$ (容許範圍)	

精度的確認是以控制點及驗證點和點雲的較差而行之。確認水平精度應在點雲上標示控制點或驗證點座標位置，算出水平位置之較差。高程精度之確認應於平坦地點設控制點及驗證點，以控制點及驗證點之高程，以及以控制點及驗證點水平位置為中心所畫出半徑大於需求點雲密度 5 倍的圓所含點雲高程完成之。以 LidarSLAM 技術所測得的各量測點高程值即使量測相同的水平面，也會有誤差。誤差大小因所使用機器而異，誤差（所謂的均一性）大小也是精度高低的指標。

設定需求精度應依上述要點進行。測量成果一般以標準偏差作為容許條件。但也可設定最大值為容許條件或二者併用。此外，現行技術可說尚難達成「較差最大值小於 $\pm 2cm$ 」這樣的過高需求精度。提高需求精度與需求點雲密度會影響作業量與經費，因此，應避免過與不足地設定適切需求精度與需求點雲密度。

4) 過濾之對象項目

呈現地表面形狀的大地數據與網格數據是由原始數據過濾處理作成。過濾處理旨在完全排除地形之外的計測點，但不同利用目的有時也會留下某些地物，因此，應先定出需排除的對象項目與應留下的對

象項目。

此外，具體說明上述成果需求規格書所列各事項時，應掌握成果之特徵。**規劃機關**難以決定成果需求規格書具體事項時，應明列成果之利用目的並諮詢**作業機關**或測量專家，以決定成果需求規格書內容。此外，**規劃機關**也可將這類作業從測量作業切割出來，另行委託其他單位辦理。

第 3 章【測量作業機關注意事項】作業規格之制定

(要點)

第 2 4 條 本章的目的是依據第 2 章規劃機關所作成成果需求規格書內容，選定製作滿足上述需求規格成果所使用之 LidarSLAM 機器，決定使用該機器之作業方法等而彙整為作業規格。

(LidarSLAM 機器)

第 2 5 條 LidarSLAM 機器係由雷射剖面儀（雷射掃描儀）、影像取得裝置與分析軟體等構成。

- 一 雷射剖面儀係由雷射測距裝置及保存該裝置所取得數據之裝置構成。
- 二 雷射測距裝置應具掃描功能且不會帶給眼睛等人體不良影響。
- 三 分析軟體應能進行自行定位與點雲建構。
- 四 影像取得裝置應能讓雷射掃描方向與影像取得方向維持固定，或讓量測點與取得影像之位置重合。
- 五 若點雲不需提供色彩資訊，可選用不搭載影像取得裝置之機器。

<第 2 5 條 運用基準>

點雲色彩資訊可清楚辨識量測對象之地物並且以視覺掌握現地狀況，相當有用，因此即使只做地形測量或只需取得特定地物形狀，仍最好取得影像，以便進行數據的有用性活用。

【說明】

LidarSLAM 機器的標準規格應依一般利用狀況明列，並配合未來技術開發進展與利用趨勢預留規格改變空間。重點是建立能最終滿足需求規格之系統。

(精度與性能試驗)

第 26 條 LidarSLAM 機器應為已完成確認能取得滿足需求規格之成果的精度與性能試驗。

2 原則上不進行超過試驗所確認精度等的需求規格之測量，以及以較試驗困難的作業規格進行之計測。

3 試驗以使用機器進行測量作業之前的 6 個月內實施為準。

4 機器不需校正。

<第 26 條 運用基準>

1 機器的精度與性能試驗應以第 4 章所示之方法作成原始數據，確認控制點殘差與驗證點較差，並於超過五處設有標誌或已知高程值之一定大小平坦地點，確認點雲密度及觀測點高程之誤差。此外，應依據量測結果設定該機器的有效範圍，掌握有效範圍內大概能滿足需求的點雲密度。

2 試驗結果應彙整成 LidarSLAM 機器精度與性能試驗紀錄。

3 完成試驗的 LidarSLAM 機器應進行維持正常狀態之適當管理。

4 若 LidarSLAM 機器受強烈撞擊或連續震動等而可能影響試驗所確認精度等數值，應重新進行試驗。

【說明】

LidarSLAM 機器之 SLAM 演算等內部程式會彼此連動，因此即使進行 Lidar 或配備機器校正以及個別精度驗證，仍難完成最終數據之補正或分析。因此，**作業機關**應事先進行 LidarSLAM 機器的精度與性能試驗，告知**規劃機關**該機器可滿足需求精度。

此外，路徑長度與計測時間拉長可能累積誤差而影響精度，應透過試驗掌握滿足需求規格路徑長度及計測時間上限與適切的移動速度。國土地理院所進行多機驗證結果顯示，計測時間超過 5 分鐘很難滿足需求精度 0.05m (標準偏差)；超過 10 分鐘很難滿足 0.1m。

(需求規格內容之確認)

第27條 作業機關制定作業規格時，應確認規劃機關所作成成果需求規格書內容是否有疑義等，不明確部分應提早向規劃機關反映。

(成果作業規格書之作成)

第28條 作業機關依第26條所進行精度與性能試驗之結果，作成滿足成果需求規格書所示需求規格之成果，應作成明定下列各款作業規格的成果作業規格書。

一 成果作成之全部作業

工程

二 機器

三 計測各單元

四 控制點與驗證點的設置方法等

2 作成滿足成果需求規格書所示需求規格之成果，若有必要作成成果需求規格書所示成果之外的成果時，作業機關應決定該成果之內容、精度與點雲密度等需求規格，明列於成果作業規格書。

(規劃機關的成果作業規格書核可)

第29條 作業機關應就所作成成果作業規格書，檢附 LidarSLAM 機器精度與性能試驗紀錄及其他必要資料提交規劃機關，於開始第4章之作業開始前取得規劃機關核可。

第4章【測量作業機關注意事項】原始數據之作成

第1節 概說

(要點)

第30條 本章的目的係確認作成原始數據之標準作業方法及注意事項，以順利完成作業。

(標準作業工序)

第31條 依工序作業分類及順序如下。

- 一 作業規劃
- 二 控制點及驗證點之設置
- 三 計測及數據處理
- 四 原始數據之作成

第2節 作業規劃

(計測規劃)

第32條 計測前應先決定路徑，作成計測規劃圖。

2 計測路徑指進行 LidarSLAM 測量時的移動路徑，應注意以下各款事項決定之。

- 一 LidarSLAM 測量有時周邊環境晃動會影響機器本身定位推估與點雲建構，應注意周邊環境與狀況。市區計測應避免選擇過多車輛與行人移動之路徑；森林等計測則避開草木風大晃動機器的地點等。
- 二 LidarSLAM 測量會隨著路徑長度與計測時間擴大累積誤差，應以不超過事前精度與性能試驗之路徑長度與計測時間為準。
- 三 應事先確認路徑幅員大小、是否有斜坡或地面積雪等妨礙計測之狀況。

四 計測開始位置與計測結束位置最好相同。但應儘可能避免8字型等多次經過同一地點，或起點與終點之外形成點雲重複的路徑。

五 移動速度應滿足需求點雲密度。

<第32條 運用基準>

1 移動速度和光達掃描頻率（脈衝頻率）快慢會影響點雲密度，作業規格書應設定滿足需求規格之移動速度，據以作成計測規劃。

2 計測規劃圖應記載以下事項。

- 一 計測範圍
- 二 路徑（起點及終點）
- 三 控制點及驗證點位置
- 四 點檢測量之範圍

【說明】

計測開始位置與計測結束之位置設定相同。因計測區域之形狀或狀況難以設定相同位置時，可在同一區間來回計測，但如此可能造成點雲走位，因此應儘量避免來回計測。

第3節 控制點及驗證點之設置

（控制點及驗證點之設置）

第33條 控制點及驗證點以依下列各款設置為準。

- 一 控制點應設置4點以上，覆蓋1回之計測範圍。
- 二 控制點應設置於路徑的起終點與路徑之上，於可取得充分點雲密度之地點。
- 三 驗證點應與控制點分開，設置數目超過控制點之1/2。
- 四 驗證點設於擔心精度太低之地點（控制點間隔較長區間之中央附近及控制點覆蓋範圍突出之路徑上等）。
- 五 控制點及驗證點應使用標誌、反射膠帶等設之，也可設置在能用點雲確認位置之地物上。

<第 3 3 條 運用基準>

1 1 回計測範圍指將完成計測之點雲轉換到平面直角座標系時取得 1 回相似轉換對象點雲之範圍。

2 控制點及驗證點之設置成果如下。

- 一 控制點明細表
- 二 驗證點明細表
- 三 控制點成果表
- 四 驗證點成果表

【說明】

LidarSLAM 機器之計測位置約為計測者胸高，與地面相對距離小。計測係由此位置放射狀地發射雷射光，應注意距離路徑較遠之控制點的點雲密度會變低而無法確認標誌中心點。此外，控制點的標誌最好使用廠商正牌產品或廠商所推薦之形狀、尺寸與材質等。

1) 控制點設置地點舉例

控制點設置地點除了依第 3 3 條所規定之外，也應注意不會妨礙交通而被迫拆除或移動，且能適切進行作業的地點。

以下為控制點設置舉例。



2) 標誌之種類

點雲中確認控制點及驗證點基準位置應設標誌。標誌材質必須能反射 LidarSLAM 機器所發射雷射光。此外，須為點雲上能讀取標誌基準位置之大小與形狀。

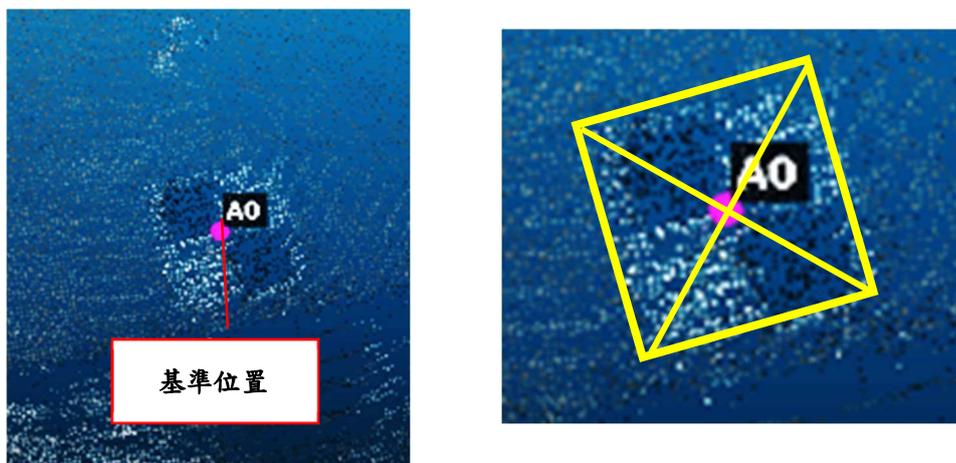
以下為設置標誌舉例。



3) 確認標誌基準位置之方法

使用黑白標誌時，應能依所標示反射強度確認標誌之基準位置。此時應配合標誌形狀進行正方形圖形配置，並以連結其對角線的交點為標誌中心。此外，以顏色標示標誌位置時，須先確認點雲與影像是否有走位。

以下為標誌基準位置標示方法舉例。



(控制點之精度)

第 3 4 條 控制點及驗證點之精度以水平位置 (標準偏差) 小於 0.1 公尺, 高程 (標準偏差) 小於 0.1 公尺為準, 應準用第 2 編第 2 章基準點測量所進行觀測或第 3 編第 2 章第 4 節第 1 款 TS 點之設置進行。為確保量測結果在規定精度範圍內, 已知點間之距離、控制點間之距離與路線長度等不在此限。

2 不依前項而要求, 原始數據精度被要求在 0.05 公尺內時的控制點及驗證點, 準用準則第 1 1 8 條規定以 TS 等設 TS 點。

<第 3 4 條 運用基準>

1 準用 TS (測距儀) 設置點設置之觀測採動態 (測量) 法、RTK 法或網路 RTK 法進行時, 準用準則第 1 1 9 條及第 1 2 0 條進行。不論採何種方法, 觀測都應進行 2 測回。第 1 測回之觀測值為採用值, 第 2 測回觀測值為點檢值。測回間較差之容許範圍 X 及 Y 成分以 0.02m, Z 成分以 0.03m 為準。

2 必要時得依準則第 2 編第 3 章所規定 4 級水準測量, 求取控制點及驗證點高程。

3 需求精度在 0.05 公尺以內時, 準用以 TS 等設 TS 點, 較差容許值準用準則第 6 0 4 條第 3 項, 以下表為準。

分類		水平角觀測	鉛直角觀測	距離測定
方法		2 回前、後視觀測 (0°, 90°)	1 回前、後視觀測	2 回測定
較差之容許範圍	倍角差	60"	60"	5mm
	觀測差	40"		

4 控制點及驗證點之點位的布設規劃如「計測規劃圖」所示, 設置結果如「實測值」圖示。

【說明】

設置多點的控制點與驗證點可確保精度，但過多會降低作業效率。
作業機關應在滿足需求規格的前提下，留意整體工程均衡地設置適當數目之控制點與驗證點。

第4節 計測及數據處理

第1款 計測

第35條 應依計測規劃適切地取得數據。

- 一 計測時應注意步伐穩定，須事先查明交通狀況與氣象狀況，避免車輛通行或風吹周邊環境搖晃影響精度，必要時應更改計測時間與路徑。
- 二 計測時應避免機器快速上下移動，計測者避免手持機器突然轉身回頭等姿勢。
- 三 留意計測須取得足以確定控制點及驗證點之點雲密度。

【說明】

LidarSLAM 測量機器快速上下移動會影響精度，計測過程機器應儘量保持固定高度。此外，計測者突然轉身回頭等會造成機器晃動，所取得點雲範圍改變可能影響精度，因此步行過程中不可突然改變方向。

(計測結果之點檢及重測)

第36條 計測結束後應儘速確認數據取得狀況良否。

2 確認結果與取得狀況不佳之區間，應儘速重測。

<第36條 運用基準>

- 1 計測良否應以計測結束時機器能否正常收尾或數據能否適切保存等確認之。
- 2 計測結果應彙整並填寫以下實測值。

- 一 計測範圍
- 二 路徑（起點及終點）
- 三 控制點及驗證點位置
- 四 點檢測量範圍

第2款 數據處理

（要點）

第37條 「數據處理」指從由搭載在機器上的雷射測距裝置提取數據而進行分析處理並轉換到平面直角座標系。

（分析處理）

第38條 分析處理標準做法為同時進行自我定位推定分析與點雲建構，並以閉合處理等方法補正累積誤差。但起始點無法一致則不在此限。

2 分析處理應包含調整解析軟體之參數及點雲重新建構等。

（轉換成為平面直角座標系）

第39條 平面直角座標系之轉換應以4個以上控制點，對分析處理所得點雲進行相似轉換。

（轉換成平面直角座標系之點檢）

第40條 轉換成平面直角座標系之後應進行以下各款之點檢、做成精度管理表，判定是否已取得需求精度。

- 一 點檢相似轉換所造成的控制點殘差，發現未達成需求精度時，應進行重新解析處理或重測。
- 二 控制點殘差滿足需求精度之點雲，點檢其與驗證點的較差。
- 三 滿足需求精度的點雲以能標示點雲的軟體標示之，並目視確認整體計測範圍是否出現點雲畸變及多回計測地物是否有明顯高差等。

<第40條 運用基準>

點雲密度驗證精度管理表應依「轉換成平面直角座標系的精度管理表（控制點）」及「轉換成平面直角座標系的轉換精度管理表（驗證點）」作成。

第5節 原始數據之作成

（原始數據之作成）

第41條 數據處理完畢後應依以下各款作成原始數據。

- 一 數據處理後之點雲依據所定之規格而給予水平位置座標、高程值、反射強度、顏色資訊等屬性定位並整理成原始數據。
- 二 原始數據不可以內插處理細密化點雲密度。

（點雲密度之驗證）

第42條 原始數據須驗證是否滿足需求規格所示之點雲密度。

- 2 驗證結果如果在必要範圍內的點雲密度未滿足需求規格者，應進行追加計測。
- 3 驗證結果應彙整成點雲密度驗證精度管理表。

<第42條 運用基準>

- 1 點雲密度應依需求規格所設定點雲密度，以一定間隔的平面格子切割原始數據，並以1個格子內所含原始數據點的數目驗證之。
- 2 進行點雲密度驗證地點的標準做法是不納入水面及對象範圍的部分。

第 5 章【測量作業機關注意事項】原始數據之點檢測量

(要點)

第 4 3 條 本章的目的係依第 4 章規定所作成原始數據，進行點檢測量點檢是否滿足需求格式，並彙整做成成果。

【說明】

為確保公共測量的測量成果正確性，準則第 1 3 條第 3 項規定作業機關應進行點檢測量。

本手冊將具體化原始數據點檢測量方法，期能以一定基準進行評估，確保成果品質為目的。

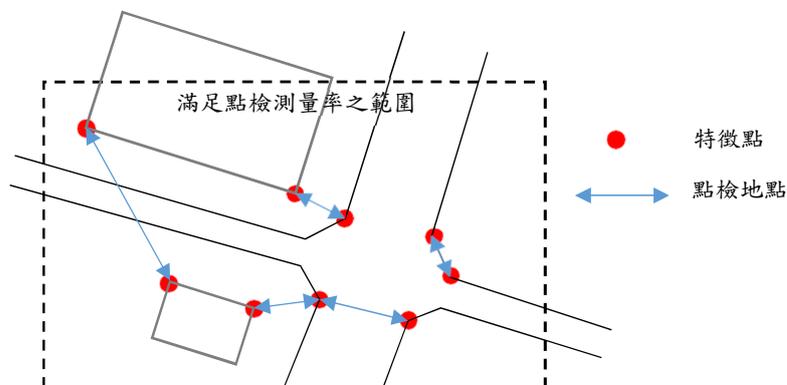
(原始數據之點檢測量)

第 4 4 條 原始數據之點檢測量的標準做法乃是以以下各款所示之方法實施。

- 一 點檢測量率適用準則第 1 3 條第 3 項所示之三維點雲測量，應設定滿足該比率之面積範圍。
- 二 點檢測量範圍以取得對象之地物覆蓋性存在的範圍為準。
- 三 點檢測量係為確認能以原始數據中，標示之二點之間，其與另行計測斜距離之較差滿足需求精度。
- 四 另行計測之斜距離應由準用準則第 2 編第 2 章基準點測量的觀測或準用第 3 編第 2 章第 4 節第 1 款設 TS 點所測得座標求取之，或為直接觀測之距離，不可以 LidarSLAM 機器計測求取之。
- 五 所點檢之地物或標誌不可用作控制點及驗證點。
- 六 點檢測量結果若原始數據未滿足需求精度，應進行數據重測等必要措施。
- 七 點檢測量結果應整理成點檢測量結果精度管理表。

【說明】

點檢測量地點舉例（於路緣及建物特定點實施）



（原始數據之記錄）

第 4 5 條 點檢測量結果明顯已滿足需求規格之原始數據應依成果需求規格書所定形式，記錄於電磁記錄媒體。

2 點檢結果應作成記載檔案管理及利用必要事項原始數據之大數據，與原始數據一併存入電磁記錄媒體。

【說明】

原始數據乃為三維座標點之集合。三維點雲數據檔案格式一般為文字檔（CSV 即逗號分隔值檔或 TXT 即副檔），但由數據利用具多樣性來看，希望有 LAS 檔，即圖層狀態檔等三維點雲數據特化而成的 LAS 檔案形式。依**規劃機關**之需求規格適切地對應。

第 6 章【測量作業機關注意事項】其他成果數據之作成

第 1 節 數據之作成

(要點)

第 4 6 條 本章的目的係規定編輯依第 4 章及第 5 章規定作成並完成點檢的原始數據而作成其他成果數據的作業方法等。

2 其他成果數據應依據需求規格，必要時作成。

(大地數據之作成)

第 4 7 條 大地數據係只提取原始數據之地表高程數據為準，過濾原始數據而成。

2 過濾之對象項目，依需求規格定之。

(大地數據之驗證)

第 4 8 條 大地數據必須以圖形編輯裝置與各種輸出圖等驗證是否已適正地完成過濾。

2 大地數據須驗證是否滿足需求規格所定之點雲密度。

(網格數據之作成)

第 4 9 條 網格數據以內插補間大地數據所作成網格狀高程數據為準。

2 網格數據之網格間隔依需求規格定之。

(網格數據之驗證)

第 5 0 條 網格數據必須以圖形編輯裝置或各種輸出圖，驗證是否已適正地作成。

(等高線數據之作成)

第51條 等高線數據是由大地數據或網格數據作成。

(等高線數據之驗證)

第52條 等高線數據必須以圖形編輯裝置或各種輸出圖等驗證其形狀與屬性資訊等。

(數值地形圖數據之作成)

第53條 數值地形圖數據以原始數據，利用資料視覺化圖示機器的數值圖化作成。

2 數值圖化之對象地物依需求規格決定之。

<第53條 運用基準>

1 作成數值地形圖數據之數值資料視覺化圖示機器應具以下各款所列方法之數值圖化機能。

一 電腦內設三維空間、能在螢幕上以不同投影呈現顏色資訊及其反射強度的多畫面呈現，而將地圖資訊數值化的方法。

二 能讓立體構造物形狀更明顯、三維呈現原始數據的地圖資訊數值化方法。

三 呈現原始數據及網格數據陰影分層設色加工數據的地圖資訊數值化方法。

四 正射投影呈現原始數據所取得反射強度之方法。

2 作成數值地形圖數據所使用的數值圖示機器必須要有標示數值圖化用數據使用範圍的機能。

3 數值圖化應依下列各款順序進行。

一 依線狀對象物、依記號之順序進行，避免漏繪。

二 數據之位置與形狀等，於螢幕上標示確認之。

4 數值地形圖數據分類碼以準則附錄7的數值地形圖數據取得分類基

準為準。

- 5 構造物或植生遮蔽造成障礙而難以判釋部分或無法數值圖化部分時，應標示該部分範圍，現地補測則另外填寫應注意事項。
- 6 以正射投影呈現原始數據所取得反射強度而進行數值圖化，有以下注意事項。
 - 一 進行數值圖化時，可參照微地形表現圖等陰影圖數據。
 - 二 與周邊無反射強度差異的地物，除了微地形表現圖的陰影圖數據外，也應依現地補測或設計圖書等進行數值圖化。
 - 三 堰堤或壩等立體構造地物應以原始數據所形成陰影為基礎，進行三維形狀數值圖化。
 - 四 依反射強度進行數值圖化時，注意周邊狀況地進行地物判釋。
- 7 數值地形圖數據所標示高程點以以下各款原則選定之。
 - 一 應由原始數據、大地數據或網格數據取得。
 - 二 高程點計測位置應考量地形圖判釋便利性，選擇形狀明顯地點。
 - 三 高程點之計測間隔以所作成數值地形圖數據之地圖資訊等級乘以4公分的距離為準。

【說明】

數值圖化的重點在於明確標示對象地物。作業機關應由規劃機關取得對象地物及其概略位置等資訊，才能制定適切之作業規格。測量現場狀況若有不明之處，建議事前取得規劃機關首肯進行預察，掌握測量現場狀況及數值圖化對象地物周邊之通視等狀況。

LidarSLAM 測量可穿透植生而掌握植生下方之地表面與地物，有時比照相測量更能掌握植生下的地物，但仍難預測確定取得足以確實掌握植生下方地物輪廓所需的點雲密度。因此，若數值圖化對象地物周邊的通視狀況不佳，則必須擬定補測為前提之作業規劃。若判斷有必要補測，應檢討數值圖化對象地物圖化所需之適切測量方法並實施。此外，數值圖化對象地物周邊通視狀況不佳地點，可選擇規劃更高密度 LidarSLAM 完成計測。

作成數值地形圖數據應配合地圖資訊等級，進行所作成原始數據

的水平位置精度點檢。作成大比例尺（地圖資訊等級較小）數值地形圖數據時，須特別注意。此外，此時應確認測量現場能否設置甚至可完成水平位置驗證的足夠數目控制點。

（作成數值地形圖數據所使用的原始數據）

第54條 作成數值地形圖數據所使用的原始數據應為能判釋依需求規格而決定的數值圖化對象地物點雲密度。

2 原始數據無法確保充足點雲密度或有遮蔽部分時，應以適切測量方法補測。

（數值地形圖數據之驗證）

第55條 數值地形圖數據之驗證除了以螢幕上標示外，也應參考影像取得裝置等所取得的現地照片等。

2 數值地形圖數據驗證所應進行項目如下。此外，必要時應使用相當於所製作數值地形圖數據地圖資訊等級比例尺的輸出圖。

- 一 驗證取得是否有遺漏或過多，以及平面位置與高程是否有誤
- 二 驗證拼接是否良好
- 三 高程點的位置、密度及測定值是否妥善
- 四 地形表現數據的整合

【說明】

數值地形圖數據之驗證應比較數值圖化的地物位置和反射投影強度影像或陰影圖數據。必要時應現地目視確認，需數值圖化之地物可現地補測。此外，若難以進入現地進行測量作業時，可報告**規劃機關**請求指示。

第 2 節 數據之整理

(大數據之作成)

第 5 6 條 其他成果大數據之作成，應就檔案管理及利用之必要事項作成。

(其他數據成果之記錄)

第 5 7 條 作成及完成驗證之其他成果數據，以遵從成果需求規格書的規定記錄在電磁記錄媒體。

2 所記載檔案管理及利用之必要事項，分別作成大數據並與其他成果數據一起記錄在電磁記錄媒體。

(成果等)

第 5 8 條 成果等應該以下各款為準，配合需求規格定之。

- 一 原始數據
- 二 大地數據
- 三 網格數據
- 四 等高線數據
- 五 精度管理表
- 六 品質評估表
- 七 大數據
- 八 其他資料

2 以照片為測量成果時，應考量個資保護以及不可侵犯個人隱私。

卷末資料

- ① 精度管理表及成果簿等的格式
- ② 測量成果檢定基準（三維點雲測量）

① 精度管理表及成果簿等的格式

資料名稱	格式
LidarSLAM 機器精度及性能試驗紀錄	1
計測規劃圖	2
控制點明細表	3
驗證點明細表	4
控制點成果表	5
驗證點成果表	6
計測實際成果圖	7
轉換成平面直角座標系的精度管理表（控制點）	8-1
轉換成平面直角座標系的精度管理表（驗證點）	8-2
點雲密度驗證精度管理表	9
點檢測量結果精度管理表	10
大地數據作成作業精度管理表	引用準則格式1-26
網格數據作成作業精度管理表	引用準則格式1-27
成果需求規格書	參考格式1
成果作業規格書	參考格式2

② 測量成果檢定基準（三維點雲測量）

作業種類別	測量成果及資料	檢定基準
LidarSLAM三維 點雲測量	三維點雲數據檔	規定內容
	三維點雲數據檔輸出圖	〃
	過濾點檢圖	〃
	精度管理表／品質評估表	品質評估是否合格
	大數據	記載格式與內容是否有誤
	其他	是否依規定適合地完成記載等

LidarSLAM機器精度及性能試驗紀錄

格式 1

試驗場址名稱		點檢者	
試驗實施日時	年 月 日	時 分 ~ 時 分	
機器	機器名稱	機器編號	
LidarSLAM機器			
雷射測距裝置			
影像取得裝置			
解析軟體			
其他構成機器			

計測諸元 (實績值)

路徑長度 (m)	
計測時間 (秒)	
移動速度 (m/秒)	
脈衝率 (點/秒)	
有效範圍 (與路徑之距離) (m)	
有效範圍內的最低點雲密度 (點/m ²)	

控制點殘差 (相似轉換後)

控制點 名稱	控制點的成果值			點雲上的座標值			殘差			
	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔXY	ΔH

※殘差為「點雲上的座標值 - 控制點的成果值」

$$RMS\ 誤差 = \sqrt{\frac{\sum(\text{殘差})^2}{n}}$$

驗證點較差 (相似轉換後)

驗證點 名稱	驗證點的成果值			點雲上的座標值			較差			
	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔXY	ΔH

※較差為「點雲上的座標值 - 驗證點的成果值」

$$RMS\ 誤差 = \sqrt{\frac{\sum(\text{較差})^2}{n}}$$

點雲密度及計測點的高程變化

地點名稱	標誌等的 面積 (m ²)	標誌等上的 計測點數目 (個)	標誌等上的 點雲密度 (點/m ²)	高程平均值 (m)	高程 標準偏差(m)

計測點的高程較差分布 (與各地點的「高程平均值」之較差)

--

計測規劃圖

地區名稱		路徑名稱			作業機關		技術主任	
作業實施	日時	年 月 時 ~ 時			計測時間	分	路徑長度	m
<p>記載計測範圍、路徑（起始點）、控制點及驗證點、點檢測量之位置。</p>								

用紙為 A 4 大小。

控制點明細表

世界大地測量系統 (測地成果○○○○)

大地起伏模型 (Geoid model) ○○○○ Ver○

地區名稱		設置年月日		作業者	
路徑名稱		標誌種類		點檢者	
地點名稱	座標系	$X \cdot N$	$Y \cdot E$	H	
地面照片 (近景)					
<p>譯按：Geoid model可譯為「大地起伏模型」或「大地水準面模式」</p>					

用紙為 A 4 大小。

驗證點明細表

世界大地測量系統 (測地成果○○○○)

大地起伏模型 (Geoid model) ○○○○ Ver○

地區名稱		設置年月日		作業者	
路徑名稱		標誌種類		點檢者	
地點名稱	座標系	$X \cdot N$	$Y \cdot E$	H	
地面照片 (近景)					

用紙為 A 4 大小。

控制點成果表

世界大地測量系統（測地成果○○○○）
大地起伏模型（Geoid model）○○○○ Ver○

座標系：

製表 年 月 日

地點 編號	緯度	經度	X	Y	高程
	B	L			H
	° ' "	° ' "	m	m	m

用紙為A4大小。

驗證點成果表

世界大地測量系統（測地成果○○○○）

大地起伏模型（Geoid model）○○○○ Ver○

座標系：

製表 年 月 日

地點 編號	緯度	經度	X	Y	高程
	B	L			H
	○ ' "	○ ' "	m	m	m

用紙為A4大小。

計測實際成果圖

地區名稱		路徑名稱		作業機關		技術主任	
作業實施	日時	年	月	時	分	計測時間	分
記載計測範圍、路徑（起點及終點）、控制點與驗證點、點檢測量之位置。							

用紙為A4大小。

轉換成平面直角座標系的精度管理表（控制點）

作業名稱		機器名稱		規劃機關名稱		技術主任						
計測年月日		機器編號		作業機關名稱		點檢者						
地點名稱	控制點 (m)			計測座標 (m)			殘差 (m)				備註	
	X	Y	Z	X'	Y'	Z'	ΔX	ΔY	ΔXY	ΔH		
							最大值					
							平均值					
							標準偏差					
							容許範圍					

註：多路徑完成計測者，路徑名稱記載於備註欄。
用紙為 A 4 大小。

轉換成平面直角座標系的精度管理表（驗證點）

格式 8-2

作業名稱		機器名稱		規劃機關名稱		技術主任						
計測年月日		機器編號		作業機關名稱		點檢者						
地點名稱	驗證點 (m)			計測座標 (m)			殘差 (m)				備註	
	X	Y	Z	X'	Y'	Z'	ΔX	ΔY	ΔXY	ΔH		
							最大值					
							平均值					
							標準偏差					
							容許範圍					

註：多路徑完成計測者，備註欄記載路徑名稱。
用紙為 A 4 大小。

點雲密度驗證精度管理表

格式第 9

地區名稱		規劃機關		作業機關			
		作業者		點檢者			
地圖名稱等	對象之網格數目	點雲密度不足 網格數目	網格不足率%	地圖名稱等	對象之網格數目	點雲密度不足 網格數目	網格不足率%
網格不足率之 全區平均值		網格不足率之 最小值		網格不足率之 最大值			

用紙為 A 4 大小。

點檢測量結果精度管理表

大地起伏模型 (Geoid model) ○○○○ Vero

地區名稱				技術主任		
				點檢者		
路徑名稱				上限值		
編號	測線名稱	點檢測量測所得的距離 (m)	計測值 (m)	較差 ΔL (m)	合格否	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
較差平均值						
較差之標準偏差						

用紙為 A4 大小。

註 點檢測量位置填入格式 7 計測實際成果圖。

成果品需求規格書

1. 所作成的成果之品項及使用目的等

目的及用途	填寫舉例	<ul style="list-style-type: none"> • 除了掌握崩塌坡面的地形形狀，也應算出土砂量為目的 • 地形以三維形狀掌握之，並於任意地點作成断面圖 • 土砂量應與崩塌前坡面竣工資料完成數據化的部分做比較而算出
	填寫	

2. 數據作成範圍之資訊

計測地點的狀況	項目	填寫內容	填寫	備註	
	地點	大概位置 (地址等)			
	面積	作業面積(m ²)			
		形狀(○m×○m)			
	地形等	裸地、山區等			
	植生狀況	森林、草地等			
	計測對象地物	地盤面及其他構造物等			
	LidarSLAM計測相關資訊	相鄰的第三方土地			
		計測障礙物			
		相關測量成果與業務			
計測地周邊移動體	人與車輛等				
其他考慮到的可能風險	氣象條件及有無鳥獸、有無水體				

3. 最終成果之詳細內容

品項	成果	作成 ^{註1}	需求精度等			
			設定項目	需求規格		備註
標準成果	原始數據		需求精度	水平		
			(m)	高程		
			評估基準 ^{註2}	標準偏差		
			需求點雲密度			
			(點/m ²)			
其他成果	大地數據		過濾項目			
	網格數據		網格間隔			
	等高線數據		(m)			
			等高線間隔			
	(m)					
	數值地形圖數據		地圖資訊等級			
	著色點雲數據					
	點雲數據格式		csv,LAS(字元分隔值LAS格式)等			
其他						
座標系		JGD2011 / ●(X,Y),H(TP)				

註1. 作成的成果填寫○，最終成果填寫◎，未作成填寫×。皆須作成原始數據。

註2. 精度以計算控制點及驗證點之較差求取之。

4. 缺測率

5. 其他

成果品作業規格書

業務名稱

作成日期

測量作業機關

1. LidarSLAM機器的規格

機器	機器	機器名稱	細目	規格
		LidarSLAM機器		
	雷射測距裝置		測距精度	
			最大計測距離 (m)	
			脈衝率 (點/秒)	
			質量 (重量) (kg)	
			防塵與防水規格	
	影像取得裝置		多脈衝	
			焦距 (mm)	
電池		畫素數目		
		攝影機感光元件		
其他的構成機器		續電時間 (分)		
分析軟體				
其他軟體				

2. 計測諸元 (規劃的時間點)

計測諸元	項目	填寫	備註
	路徑長度 (m)		
	計測時間 (秒)		
	移動速度(m/秒)		
	脈衝率(點/秒)		
	有效範圍 (與路徑之距離) (m)		
	有效範圍內的最低點雲密度 (點/m ²)		
	有無取得影像		
	有無作成著色之點雲		

3. 控制點與驗證點之設置方法等

控制點與驗證點	項目	填寫	設置方法	設置點數目	觀測方法
	控制點	水平位置與高程			
驗證點	水平位置與高程				

※檢附計測規劃圖。

※計測規劃圖應明示計測範圍、路徑、控制點及驗證點布設位置。

4. 其他作業規格

--

編譯：農業部農村發展及水土保持署

Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation

January 2024

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。