LidarSLAM 技術を用いた公共測量マニュアル

令和８年３月

国土交通省国土地理院

【改訂履歴】

マニュアル名称	年月	備考
LidarSLAM 技術を用いた公共測量マニュアル	令和４年６月	制定
	令和５年３月	「作業規程の準則」の一部改正に伴う修正
	令和５年９月	画像削除
	令和７年３月	「作業規程の準則」の一部改正に伴う修正
	令和８年３月	一部改正

目次

序【概説】 1
1. はじめに 1
2. 本マニュアルの概要 1
3. 本マニュアルの構成 1
第１章　総則 4
第１節　要旨 4
第２節　作業計画 8
第２章【測量計画機関向け】成果品の要求仕様の策定 10
第３章【測量作業機関向け】作業仕様の策定 14
第４章【測量作業機関向け】オリジナルデータの作成 17
第１節　概説 17
第２節　作業計画 17
第３節　標定点及び検証点の設置 18
第４節　計測及びデータ処理 21
第５節　オリジナルデータの作成 23
第５章【測量作業機関向け】オリジナルデータの点検測量 24
第６章【測量作業機関向け】その他の成果データの作成 26
第１節　データの作成 26
第２節　データの整理 29

序【概説】

1. はじめに

近年、SLAM（Simultaneous Localization and Mapping：自己位置推定同時地図作成）技術を利用したリアルタイム空間把握手法の開発が行われている。GNSS 測位を利用することなく移動経路の位置情報が得られる SLAM 技術は、屋内や地下空間などのインドアマッピングが可能になるだけでなく、屋外の測量においても活用できる可能性がある。

SLAM 技術は、センサが認識する範囲における周辺環境の地図の作成と自己位置の推定を同時に行う計算手法のことである。産業機器においては、人間の視覚ともいえる周囲の認識能力を与えるマシンビジョンを利用した、ロボットのリアルタイム制御に用いられているが、効率的な移動計測技術としても注目されている。IMU（慣性航法装置）や DMI（走行距離計）と同じ自律航法の一種とも言えるが、自らの挙動を内界センサで検知するのではなく、外界センサによって得られた結果から、計算を行うことで自らの位置を推定する。外界センサとしてレーザ等が用いられており、レーザ主体のものを LidarSLAM と呼び、移動しながら計測したレーザ計測結果は測量成果としての利用が見込まれる。

LidarSLAM の場合、移動しながら周辺の地形や地物の特徴点を見つけ出し、それらの見え方や測定距離の変化を把握しながら、自らの移動量と角度から移動軌跡を推定する。現在においては、レーザスキャナの他、IMU、GNSS 測量機、画像取得装置等を搭載する LidarSLAM 機器も販売されており、このような機器では複数のセンサから得られたデータを組み合わせて移動軌跡を推定することも可能である。

2. 本マニュアルの概要

本マニュアルは、作業規程の準則第１７条第３項の規程に基づいて国土地理院が整備した新たな測量技術に関するマニュアルである。

本マニュアルでは、測量者が機器を持つ又は背負う等して、歩行しながら断面又は全周囲を測量する LidarSLAM 機器を対象としている。また、標定点を用いて点群を平面直角座標系に変換する方法と GNSS 観測による点群座標の計測を対象としている。

3. 本マニュアルの構成

① 総則【第１章】

LidarSLAM 技術を用いた測量にあたっての要旨及び測量計画機関（以下「計画機関」という。）と測量作業機関（以下「作業機関」という。）の視点から、それぞれが行うべき事項についての指針を示す。

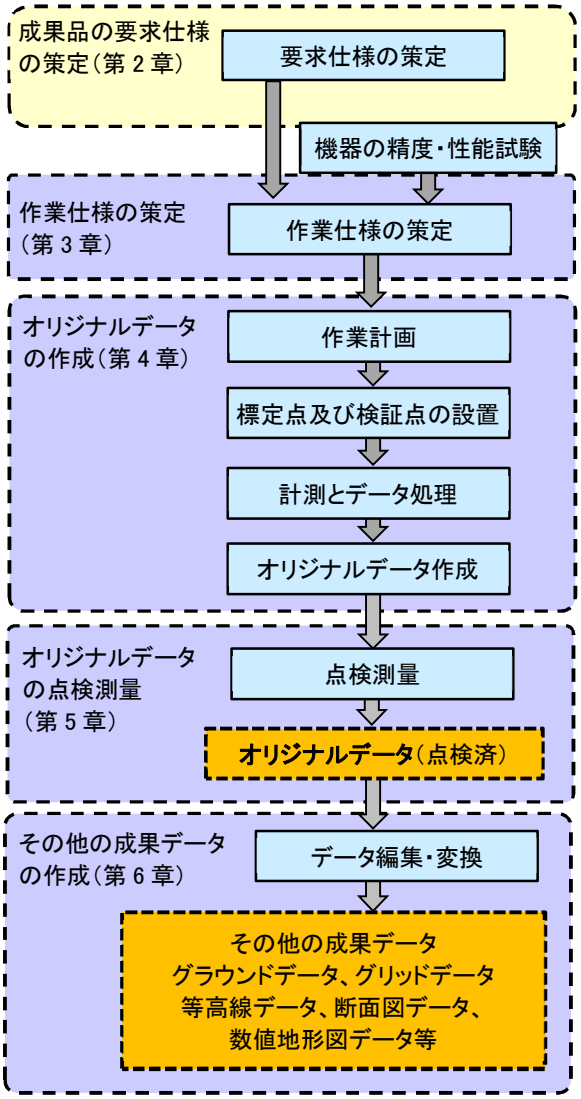


図1　全体フロー

②成果品の要求仕様の策定【第 2 章】

LidarSLAM 技術を用いた測量により作成する成果品の内容や品質を明らかにするために、測量作業開始前に計画機関が行う作業である。どのような成果品を作業機関が作成するか、利用目的などを踏まえて具体的に示すものであり、測量の重複や手戻りなどを防ぎ、効率的かつ確実に作業を進めるために重要な作業である。

この作業では、計画機関が以下の事項について決定し、成果品要求仕様書に取りまとめることを標準とする。

1)成果品の品目

2)成果品の要求点密度

3)成果品の要求精度

4)フィルタリング項目

なお、計画機関において要求仕様を具体化することが難しい場合には、測量成果の利用目的や利用方法などを示し、作業機関と協議して要求仕様を定めることもできる。

③作業仕様の策定【第 3 章】

計画機関が作成する成果品要求仕様書を基に、要求仕様を満たす成果品を作成する作業方法などを作業機関が検討し、具体的な作業方法などを定めた作業仕様を作成する作業である。

要求仕様を満たす成果品を作成する際に、作業機関は以下の事項について決定し、成果品作業仕様書に取りまとめることを標準とする。

1)成果品作成の全体作業工程

2)標定点及び検証点に関する事項

作業機関は作成した成果品作業仕様書を計画機関に示し、作業開始前に計画機関の了承

を得る。

なお、計画機関は公共測量の実施計画書を提出する際に、②で作成する成果品要求仕様書と、③で作業機関が作成する成果品作業仕様書を合わせて添付することで、国土地理院の長より具体的な技術的助言を受けることが可能となる。

④オリジナルデータの作成【第 4 章】

LidarSLAM 技術を用いた測量では、オリジナルデータを基に、その他の成果データ（グラウンドデータ、グリッドデータ、等高線データ、断面図データ及び数値地形図データ等）を作成することが可能であるが、どの種類の成果品が必要であるかは、目的などによっても異なる。本マニュアルでは、必ず作成するオリジナルデータを基礎的な測量成果と位置づけるとともに、そのオリジナルデータを編集し作成するその他の成果データの標準的な手順を示している。

本マニュアルでは、オリジナルデータの作成方法について第 4 章で規定し、加えて、一定の品質を有していることを確認するための点検測量を第 5 章で具体的に定めている。

オリジナルデータの作成については標準的な作業工程を示しており、精度に大きく影響を及ぼす工程では、適切な点検を行い、精度管理表等を作成し、管理することを定めている。一方、計測や標定における具体的な作業方法は、作業機関の裁量により、ある程度自由に決定できる。

⑤オリジナルデータの点検測量【第 5 章】

オリジナルデータの点検は、オリジナルデータと、点検測量で得られるデータとの較差を求め、要求精度を満たしているかを確認する。点検測量は、点検測量率を満たす範囲内において、取得した点群によって明瞭に特定できる地物又は標識等の、水平距離及び垂直距離を点検する。

本マニュアルでは、点検測量の方法や作業量及び点検測量データを用いた具体的な点検方法を示している。

⑥その他の成果データの作成【第 6 章】

点検測量において点検済みのオリジナルデータを編集して、その他の成果データを作成する作業である。この作業は、計画機関の要求仕様に基づいて必要に応じた成果を作成する。

第１章　総則

第１節　要旨

（目的）

第１条　本マニュアルは、公共測量における LidarSLAM 技術を用いたレーザスキャナによる三次元点群データの作成について、その標準的な作業方法を定めることにより、円滑な測量作業の実施及び必要な精度の確保に資することを目的とする。

【解説】

本マニュアルは、作業規程の準則に基づかない特例的な作業方法を公共測量で行う際に使用することを想定したものである。本マニュアルに基づいて公共測量を行う際には、作業機関は使用する機器が、本マニュアルが求める一定の性能を有していることを計画機関に対して示し、計画機関は本マニュアルに示された作業方法等を用いて公共測量を行って良いかどうかを判断することが必要となる。なお、本マニュアルで規定されている作業方法等については、標準的なものを示したものである。本マニュアルで規定されている作業方法、作業手順と大きく異なる場合には、作業規程の準則第１７条のとおり、検証結果を付して、あらかじめ国土地理院の長の意見を求める必要がある。

（用語）

第２条　本マニュアルにおける用語は、次の各号に定めるとおりとする。

一　「要求仕様」とは、成果品の利用目的を踏まえて定める、成果品の品目、要求点密度、要求精度等の仕様をいう。

二　「作業仕様」とは、要求仕様を満たす成果品を作成するために定める、使用機器、計測諸元、精度管理、点検方法等の仕様をいう。

三　「三次元点群データ」とは、地形及び地物を表す三次元の座標データ及びその内容を表す属性データを、計算処理が可能な形態で表現したものをいう。

四　「三次元点群測量」とは、応用測量等に用いる三次元点群データを作成する作業をいう。

五　「LidarSLAM 機器」とは、本マニュアルによる三次元点群測量に使用する機器で、第２５条に定めるものをいう。

六　「LidarSLAM 測量システム」とは、前号による機器及び解析ソフトウェア等で構成するものとし、第２５条に定めるものをいう。

七　「LidarSLAM 技術を用いた測量」とは、LidarSLAM 測量システムを用いた三次元点群測量をいう。

八　「標定点」とは、取得した点群を平面直角座標系に変換するために必要な水平位置及び標高の基準となる点をいう。

九　「検証点」とは、平面直角座標系に変換をした点群の精度を評価するために必要な

点をいう。

十　「オリジナルデータ」とは、取得したデータを処理して作成する三次元点群データであり、地表面だけでなく建物や樹木の高さを含むオリジナルの計測データをいう。

十一　「フィルタリング」とは、オリジナルデータから、建物／構造物、樹木／植生等、地表面以外のデータを除去する作業をいう。

十二　「グラウンドデータ」とは、オリジナルデータからフィルタリング処理を行うことで作成される地表面の三次元点群データをいう。

十三　「グリッドデータ」とは、グラウンドデータから内挿補間により作成される格子状の標高データをいう。

十四　「等高線データ」とは、グラウンドデータ等を用いて作成するデータで、同じ高さの地点を線でつないで表現したものをいう。

十五　「断面図データ」とは、グラウンドデータ等を用いて作成するデータで、任意の位置の断面を示すものをいう。

十六　「数値地形図データ」とは、オリジナルデータ等を数値図化機により数値図化し、現地調査、数値編集、補測編集等を加えて作成するデータであって、地形及び地物の位置、形状等を描画して表現したデータをいう。なお、等高線のみを表現したデータはこれにあたらない。

十七　「その他の成果データ」とは、オリジナルデータから作成されるグラウンドデータ、グリッドデータ、等高線データ、断面図データ及び数値地形図データの総称をいう。

【解説】

本マニュアルでは、LidarSLAM 技術を用いた測量を行うにあたって、成果品の要求仕様を原則として計画機関が定め、これを踏まえた作業仕様は作業機関が定めることとした。それぞれの具体的な内容は、要求仕様を第２章、作業仕様を第３章で示す。

オリジナルデータは、LidarSLAM 測量システムで得られる位置と高さを持つ点群であり、本マニュアルで標準的な測量成果と位置付けている。オリジナルデータの作成に関わる項目は、第４章と第５章で示す。

その他の成果データはオリジナルデータを編集して作成するデータであり、要求仕様に応じて必要なデータのみを作成する。その他の成果データ作成に関わる項目は、第６章で示す。各工程で作成されたデータは特徴が大きく異なることから、各データの作成や利用にあたっては、具体的にどのデータを指しているのか明確にすることが必要である。

（全体工程）

第３条　全体工程は、次の各号を標準とする。ただし、第一号で策定する要求仕様の内容を踏まえ、第五号の工程については必要となる作業のみを行うものとする。

一　成果品の要求仕様の策定

二　作業仕様の策定
三　オリジナルデータの作成
四　オリジナルデータの点検測量
五　その他の成果データの作成

（測量計画機関による成果品の要求仕様の策定）
第４条　計画機関は、測量を行う目的、実施地域、作業量、期間等を踏まえ、得られる成果品の内容、精度等を記載した成果品要求仕様書を作成しなければならない。
２　計画機関は、当該作業地域で利用できる測量成果、測量記録及びその他必要な資料を調査し、活用を図ることにより、測量の重複を避けるよう努めなければならない。

【解説】
本条に関連する具体的な事項は、「第２章成果品の要求仕様の策定」に定める。

（測量作業機関による成果品の作業仕様の策定）
第５条　作業機関は、前条第１項の規定により作成された成果品要求仕様書の仕様を満たす測量作業の方法を計画し、第３章により成果品作業仕様書を作成しなければならない。
２　作業機関は、作業着手前に作成した成果品作業仕様書を計画機関へ提出し、承認を得なければならない。成果品作業仕様書の内容を変更しようとするときも同様とする。

【解説】
本条に関連する具体的な事項は、「第３章作業仕様の策定」に定める。

（オリジナルデータの作成及び点検）
第６条　作業機関は、前条の規定により計画機関が承認した成果品作業仕様書の内容を踏まえ、第４章によりオリジナルデータを作成する。
２　作業機関は、作成したオリジナルデータについて、要求仕様を満たしているかを確認するため、第５章により点検測量を行わなければならない。
３　作業機関は、前項により点検されたオリジナルデータを測量成果として整理し、その他の成果品等と合わせ、作業終了後には計画機関に提出しなければならない。

【解説】
本条に関連する具体的な事項は、「第４章オリジナルデータの作成」及び「第５章オリジナルデータの点検測量」に定める。

（その他の成果データの作成）
第７条　作業機関は、前条により作成されたオリジナルデータを用いて、第４条で計画機関が作成した成果品要求仕様書の内容を踏まえ、第６章により必要となるその他の成果デ

ータを作成する。

【解説】

本条に関連する具体的な事項は、「第６章その他の成果データの作成」に定める。

（測量の基準）

第８条　位置及び高さは、特別の事情がある場合を除き、平面直角座標系（平成１４年国土交通省告示第９号）に規定する世界測地系に従う直角座標及び測量法施行令（昭和２４年政令第３２２号）第２条第２項に規定する日本水準原点を基準とする高さ（以下「標高」という。）により表示する。

２　成果品の位置及び標高は、0.001 メートル単位とすることを標準とする。

（測量法及び関連法の遵守等）

第９条　計画機関及び作業機関並びに作業に従事する者（以下「作業者」という。）は、作業の実施にあたり、測量法（昭和２４年法律第１８８号。以下「法」という。）を遵守しなければならない。

２　計画機関及び作業機関並びに作業者は、作業の実施にあたり、財産権、労働、安全、交通、土地利用規制、環境保全及び個人情報の保護等に関する法令を遵守し、かつ、これらに関する社会的慣行を尊重しなければならない。

（測量法に基づく手続き）

第１０条　計画機関は、法第３９条において読み替えて準用する法第１４条第１項、同条第２項（実施の公示）、法第２１条（永久標識及び一時標識に関する通知）及び法第２６条（測量標の使用）並びに法第３０条第１項（測量成果の使用）、法第３６条（計画書についての助言）、法第３７条（公共測量の表示等）、法第４０条第１項（測量成果の提出）等の規定による手続を適切に行わなければならない。

２　本マニュアルは、作業規程の準則（平成２０年国土交通省告示第４１３号。以下「準則」という。）第１７条第３項に示す国土地理院が定めるマニュアルである。本マニュアルに基づき公共測量を実施する場合には、計画機関が作成する計画書にその旨を記載するとともに、計画書の提出にあたっては、第４条で計画機関が作成した成果品要求仕様書及び第５条で作業機関が作成し計画機関が承認した成果品作業仕様書を添付しなければならない。

【解説】

本条の第１項については、LidarSLAM 技術を用いた測量を行う場合は、計画機関は必要な手続きを遅滞なく実施しなければならないことを示している。また、第２項では、本マニュアルの内容に基づいて公共測量を実施する場合には、準則第１７条第３項に該当することを示している。

この場合は、適切な精度を確保して実施されるかどうか、国土地理院が技術的助言を行うため、成果品要求仕様書及び成果品作業仕様書の提出を求めている。

（測量業者以外の者への発注の禁止）
第１１条　計画機関は、法第１０条第３項（測量業者）に規定する測量業者以外の者に、本マニュアルを適用して行う測量を請け負わせてはならない。

第２節　作業計画

（作業計画の作成）
第１２条　作業機関は、測量作業着手前に、作業地域、作業内容、作業量、完成時期等を踏まえ、実施体制、要員、日程等について適切な作業計画を作成し、これを計画機関に提出して、その承認を得なければならない。作業計画を変更しようとするときも同様とする。

（実施体制）
第１３条　作業機関は、測量作業を円滑、かつ、確実に実行するため、適切な実施体制を整えなければならない。
２　作業機関は、作業計画の立案、工程管理及び精度管理を総括する者として、主任技術者を選任しなければならない。
３　前項の主任技術者は、法第４９条（測量士及び測量士補の登録）の規定に従い登録された測量士であり、かつ、高度な技術と十分な実務経験を有する者でなければならない。
４　作業機関において、技術者として本マニュアルに基づく測量作業に従事する者は、法第４９条の規定に従い登録された測量士又は測量士補でなければならない。

（安全の確保）
第１４条　作業機関は、特に現地での測量作業において、作業者の安全の確保について適切な措置を講じなければならない。

（工程管理）
第１５条　作業機関は、第１２条の作業計画に基づき、適切な工程管理を行わなければならない。
２　作業機関は、測量作業の進捗状況を適宜計画機関に報告しなければならない。

（精度管理）

第１６条　作業機関は測量の正確さを確保するため、本マニュアルに定められている適切な確認、検証、点検等の精度管理を行い、この結果に基づいて品質評価表及び精度管理表を作成し、これを計画機関に提出しなければならない。

【解説】

作業機関は、計画機関の定める要求仕様に基づき、各工程での確認と点検、並びに成果品に対する点検測量を行い、要求精度を満たしているか確認しなければならない。また、成果品データに対して、論理的な点検も行い、品質評価表に整理する必要がある。

（第三者機関による検定）

第１７条　計画機関が指定する場合は、作業機関は、本マニュアルに基づき作成する成果品について、検定に関する技術を有する第三者機関による検定を受けなければならない。

【解説】

測量成果の検定は、作成した成果品が要求仕様を満たし品質が確保されているかを第三者機関が評価するものである。成果品の検定は納品前に実施し、合格であれば第三者機関の検定証明書等の書類が発行される。なお、LidarSLAM 技術を用いた測量の場合は、評価基準となる要求仕様が成果品要求仕様書に定められているため、作業機関は第三者機関による検定を受ける場合には、成果品要求仕様書等の添付が必要である。

（成果品及び資料等の様式）

第１８条　成果品、資料等は、本マニュアルに規定する標準的な様式で作成するものとする。ただし、使用、保存等に支障がないと認めて計画機関が指示し、又は承認した場合に限り、異なる様式により作成することができる。

（成果品等の提出）

第１９条　作業機関は、成果品、資料等について、作業が終了した時は遅滞なく計画機関に提出しなければならない。

（作業規程の準則の準用）

第２０条　本マニュアルに定めのない事項については、準則の規定を準用する。

第２章【測量計画機関向け】成果品の要求仕様の策定

（要旨）
第２１条　本章は、目的等を踏まえ、測量により作成する成果品の品目、精度等を計画機関が明らかにして要求仕様として取りまとめることで、作業機関が円滑に測量作業方法等を決定し、作業を行うことができるようにするとともに、測量の正確さの確保を目指すことを目的とする。

【解説】

計画機関が LidarSLAM 技術を用いた測量の成果品に対する要求点密度や要求精度等の要求仕様を明確にすることで、作業機関が要求仕様に応じた成果品を作成するための作業計画や測量作業の実施が可能になる。要求仕様が明確でない場合、過剰な精度の成果品が作成され費用と時間に無駄が生じること、要求精度不足の成果品が作成され利用目的を実現できないこと、不要な成果品が作成されること、必要な成果品が作成されないこと等が起こり得る。

成果品の要求仕様の策定は、計画機関が意図する成果品を確実に入手するとともに、測量の重複や手戻りなどを防ぎ、効率的、かつ、確実に測量作業を進めるため、重要な作業となる。

（目的の明確化）
第２２条　計画機関は、当該測量により得られる成果品の利用目的を明らかにしなければならない。

【解説】

計画機関が明確な利用目的を提示することで、作業機関は第３章で示す作業仕様の策定において、最適な作業方法を採用することができる。

（成果品要求仕様書の作成）
第２３条　計画機関は、前条の目的を踏まえ、成果品の品目、要求点密度、要求精度、フィルタリング項目等の要求仕様を定め、成果品要求仕様書を作成する。
２　計画機関において自ら成果品要求仕様書の作成が困難な場合は、計画機関は前条の目的を作業機関又は関係者に示し、成果品要求仕様書の作成の支援を受けることができる。

【解説】

１）成果品の品目

LidarSLAM 技術を用いた測量を行って最初に得られる成果品は、計測範囲に存在するすべての地物の表面や地表面を三次元点群として表現した「オリジナルデータ」である。オリジナルデータから、建物や植生などを除去するフィルタリング処理により地表面などの形状のみを表現した三次元点群データである「グラウンドデータ」を作成することがで

きる。また、これらのデータは、LidarSLAM 機器から計測される、いわゆるランダムに分布する三次元点群データであるが、これを計算処理することで、一定の間隔に整形された「グリッドデータ」を作成することができる。さらに、これらのデータを用いて、地形の起伏を等高線として表現した「等高線データ」や任意の位置の断面を示す「断面図データ」、オリジナルデータを用いて建物などやその他の地物の形状も表現した「数値地形図データ」なども作成できる。このように、LidarSLAM 技術を用いた測量により、様々な種類の成果品を作成することが可能である。このため、測量の目的を踏まえ、どのような内容、種類の成果品を作成するかを定めることが不可欠である。

計画機関の利用目的に応じた成果品の品目を定めることにより、コストの縮減にもつなげることができる。また、計画機関が求めるその他の成果品が明らかになれば、これを作成するために必要となるオリジナルデータ等についても要求仕様が明らかになる。最終的な成果品として等高線データを計画機関が求めた場合、これを作成するために必要なオリジナルデータやグラウンドデータなどは、中間的な成果品となるが、これらの成果品の要求仕様は、最終的な成果品である等高線データの要求仕様に基づいて決まることになる。中間的な成果品は、計画機関にとっては必ずしも必要としない可能性があるが、測量作業を行う上では重要なデータであり、作業機関はその仕様をあらかじめ定めて作業に着手することが必要となる。こうして作成された中間的な成果品については、その成果の活用及び最終成果の精度の保証用資料として作業終了後に最終成果品と併せて計画機関に提出することが望ましい。作業機関は第３章で示す作業仕様の策定において、最適な作業方法を採用することができる。

２）成果品の要求点密度

成果品の要求点密度は、利用目的に応じて設定することが必要であり、以下にその目安を示す。グリッドデータ作成及び等高線データ作成における要求点密度は、航空レーザ測量で規定するデータ間隔から算出したものである。グラウンドデータ作成で示す 10～100 点／㎡以上は、植生の影響が少ない場合を想定しており、植生等の影響がある場合はさらに密に取得する必要がある。また、i-Construction の ICT 土工で用いる三次元点群データを作成する場合、起工測量と出来形管理では、必要となる三次元点群データの点密度は異なる。例えば、一様に平坦な場所の大まかな地形形状を知ることが目的であれば高密度な三次元点群データは過剰と考えられるが、道路や構造物等の設計のための調査での利活用や、詳細な地形や地物形状を把握したいのであれば、高密度なデータが求められる。

なお、ここに示す要求点密度は、これまでの一般的な利用状況等を踏まえて示した目安であり、今後の技術開発の進展や利用動向の変化等により、値も変化することが想定される。最終的には要求仕様を満たした成果品が作成されることが重要である。特に、LidarSLAM 技術を用いた測量では、LidarSLAM 機器から計測対象とする地形・地物の距離が遠くなるにしたがって点密度が低くなることから、計測範囲と計測時における

LidarSLAM 機器との位置関係による点密度の変化に留意しなければならない。

利用目的	要求点密度（標準値）
グラウンドデータ作成	10～100 点／m^2
グリッドデータ作成（格子間隔 0.5m）	9 点／m^2 以上
グリッドデータ作成（格子間隔 1.0m）	4 点／m^2 以上
等高線データ作成（レベル 500）	9 点／m^2 以上
等高線データ作成（レベル 1000）	4 点／m^2 以上
数値地形図作成（レベル 500）	400 点／m^2 以上
数値地形図作成（レベル 1000）	100 点／m^2 以上
出来形計測	1 点以上／0.01m^2 （0.1m×0.1m メッシュ）
起工測量	1 点以上／0.25m^2 （0.5m×0.5m メッシュ）

LidarSLAM 技術を用いた測量では、計測範囲を重複させながら点密度を高めることで点群にズレが生じる恐れがあるため、一様な点密度で計測範囲を網羅することが困難である。このため、特に数値地形図作成を目的とした場合には、図化対象とする地物を含む範囲と含まない範囲で要求点密度の区分を設けることが望ましい。

３）成果品の要求精度

準則、出来形管理要領（案）による利用目的ごとの要求精度の目安となる標準値は、以下のとおりである。例えば、i-Construction の ICT 土工で用いる三次元点群データを作成する場合、起工測量で必要としている三次元点群データの精度は標定点等との較差が±10cm 以内である。

利用目的	水平位置	標高
グラウンドデータ作成 グリッドデータ作成 等高線データ作成	規定しない	0.1m（RMS 誤差）
数値地形図作成 （レベル 500）	0.15m（許容範囲）	0.2m（許容範囲）
数値地形図作成 （レベル 1000）	0.3m（許容範囲）	0.3m（許容範囲）
出来形計測	XYZ の各成分において±0.05m 以内 （許容範囲）	
起工測量	XYZ の各成分において±0.1m 以内 （許容範囲）	

精度の確認は、標定点及び検証点と点群の較差により行うものとしている。水平精度を確認する場合は、標定点又は検証点の座標を持った位置を点群上で特定し、水平位置の較差を算出する。標高精度を確認する場合は、標定点及び検証点を平坦な場所に設置し、標定点及び検証点の標高と、標定点及び検証点の水平位置を中心として半径を要求点密度の5倍以上として描いた円の中に含まれる点群の標高を用いて行う。LidarSLAM技術を用いた測量で得られる各計測点の標高値は、同一の水平面を計測した場合でも、誤差（バラつき）が生じる。バラつきの大きさは使用する機器によっても異なるが、バラつきの大きさ（いわゆる均一性）も精度には重要な指標とする。

要求精度を設定する場合には、こうした点を踏まえて設定することが重要である。測量成果は、許容条件としてはRMS誤差を用いることが一般的である。ただし、許容条件として最大値を設定する、又は両者を併用することも可能である。また、現状の技術からすると「較差の最大値が±2cm以内」といった過度な要求精度の設定は非現実的であるといえる。要求精度や要求点密度が高くなると作業量や経費に影響することから、過不足のない要求精度や要求点密度を設定することが重要である。

４）フィルタリングの対象項目

地表面の形状を表現するグラウンドデータやグリッドデータは、オリジナルデータを基にフィルタリング処理によって作成される。フィルタリング処理は、地形以外の計測点を全て除去することが目的であるが、利用目的によっては地物を残す場合もある。そのため、除去する対象項目又は残存させる対象項目を定める必要がある。

なお、こうした成果品要求仕様書に示す各事項を具体的に示すためには、成果品の特徴を把握していることが必要である。計画機関が具体的な成果品要求仕様書の事項を定めることが困難な場合は、成果品の利用目的を明らかにして、作業機関又は測量に精通した関係者と相談の上、成果品要求仕様書の内容を定めることが可能である。また、計画機関は、こうした作業を測量作業とは別に委託することも可能である。

第３章【測量作業機関向け】作業仕様の策定

（要旨）

第２４条　本章は、第２章で計画機関が作成する成果品要求仕様書の内容を踏まえ、これに示された要求仕様を満たす成果品を作成するために使用する LidarSLAM 測量システムを選定し、これを用いた作業の方法等を定め、作業仕様として取りまとめることを目的とする。

（LidarSLAM 測量システム）

第２５条　LidarSLAM 測量システムは、LidarSLAM 機器及び解析ソフトウェア等で構成するものとする。

一　LidarSLAM 機器にはレーザスキャナの他、必要に応じ IMU、GNSS 測量機又は画像取得装置を搭載することができる。

二　レーザスキャナは、眼等の人体に悪影響を与えない機能を有していること。

三　IMU、GNSS 測量機、画像取得装置を搭載する LidarSLAM 機器については、取得したデータを自己位置推定に使用することができる。

四　解析ソフトウェアは、自己位置推定及び点群を構築できるものとする。

五　画像取得装置は、レーザのスキャン方向と画像取得の方向が一定に保たれるか又は計測点と取得した画像の位置を合わせられるものとする。

六　点群に色情報を付与する場合には、画像取得装置を搭載する機器としなければならない。

＜第２５条　運用基準＞

点群の色情報は、計測対象の地物を明瞭に識別したり、現地の状況を視覚的に把握しやすくしたりするために有用であることから、地形のみの計測や、特定の地物形状のみ取得する場合にも、データの利活用を考慮して、画像を取得することが望ましい。

【解説】

LidarSLAM 測量システムの標準仕様は、一般的な利用状況を踏まえて示すものであり、今後の技術開発の進展や利用動向の変化などにより、仕様も変化することが想定される。最終的に要求仕様を満たすことができるシステム構成が重要である。

（精度・性能試験）

第２６条　LidarSLAM 測量システムは、要求仕様を満たす成果が得られることを確認するための精度・性能試験を行ったものでなければならない。

２　試験で確認した精度等を上回る要求仕様の測量及び試験より困難な作業仕様での計測は、原則として実施できないものとする。

３　試験は、機器を使用する測量作業前 6 か月以内に実施することを標準とする。ただし、

6 か月以内に実施した同一システムによる同等の要求仕様及び作業仕様に基づく公共測量の結果から、要求仕様を満たす成果が得られることが確認できる場合は試験を省略できる。

4　機器のキャリブレーションは必要としない。

＜第２６条　運用基準＞

1　機器の精度・性能試験は、第４章に示す方法でオリジナルデータを作成し、標定点残差（標定点を用いて平面直角座標系へ変換する場合）と検証点較差を確認するとともに、標識又は標高値が既知である一定のサイズの平坦面の５か所以上において、点密度及び計測点の標高のバラつきを確認する。また、計測結果により当該機器の有効範囲を設定し、有効範囲内において概ね満たすことができる点密度を把握する。

2　試験結果は、LidarSLAM 測量システム精度・性能試験記録に整理する。

3　試験を実施した LidarSLAM 機器は、状態を維持できるよう適切に管理しなければならない。

4　LidarSLAM 機器に対して強い衝撃や連続した振動を与えた場合等、試験で確認した値に影響が生じる可能性がある事象が生じた場合には、再度試験を実施するものとする。

【解説】

LidarSLAM 測量システムについては、SLAM のアルゴリズム等の内部的なプログラム等が関連するため、レーザスキャナや付帯する機器のキャリブレーション、個別の精度を検証しても最終的なデータの補正や解析を行うことは困難である。そのため LidarSLAM 測量システムの精度・性能試験を作業機関が行い、要求精度が満たされることを計画機関に示す。

また、経路長及び計測時間が大きくなると誤差が蓄積され精度に影響が出ることから、要求仕様を満たすための経路長及び計測時間の制限や適切な移動速度を、試験を通してよく把握する必要がある。国土地理院が複数の機器で行った検証では、計測時間が 5 分を超えると要求精度 0.05m（RMS 誤差）を満たすことが難しく、10 分を超えると 0.1m を満たすことが難しいという結果を得ている。

（要求仕様の内容の確認）

第２７条　作業機関は、作業仕様の策定にあたって、計画機関が作成した成果品要求仕様書の内容について疑義等がないか確認し、不明確な点については、あらかじめ計画機関に確認しなければならない。

（成果品作業仕様書の作成）

第２８条　作業機関は、第２６条で実施した精度・性能試験の結果を踏まえ、成果品要求仕様書に示された要求仕様を満たす成果品を作成するため、次の各号に関する作業仕様を定めた成果品作業仕様書を作成する。

一　成果品作成の全体作業工程
二　機器
三　計測諸元
四　標定点・検証点の設置方法等

２　成果品要求仕様書に示された要求仕様を満たす成果品を作成するために、成果品要求仕様書に示された成果品以外の成果品を作成することが必要な場合は、当該成果品の内容、精度、点密度等の要求仕様を作業機関が定め、成果品作業仕様書の中に示さなければならない。

（成果品作業仕様書の計画機関による承認）

第２９条　作業機関は、作成した成果品作業仕様書について、LidarSLAM 測量システム精度・性能試験記録及びその他必要な資料を添えて計画機関に提出し、第４章の作業を開始する前に計画機関の承認を得るものとする。

第４章【測量作業機関向け】オリジナルデータの作成

第１節　概説

（要旨）
第３０条　本章は、オリジナルデータの作成における標準的な作業方法及び留意事項を定めることにより、円滑に作業を実施することを目的とする。

（標準的な作業工程）
第３１条　工程別作業区分及び順序は、次のとおりとする。
一　作業計画
二　標定点及び検証点の設置
三　計測及びデータ処理
四　オリジナルデータの作成

第２節　作業計画

（計測計画）
第３２条　計測を行うにあたっては、経路を決定し、計測計画図を作成するものとする。
２　経路とは、LidarSLAM 技術を用いた測量を実施する際の移動経路をいい、次の各号に留意して決定する。
一　LidarSLAM 技術を用いた測量においては、周囲の環境に揺らぎ等があった場合、自己位置推定及び点群の構築に影響がでるため、市街地においては車両の走行や歩行者等が経路周辺に少ないこと、森林等で計測を行う場合には草木の風による揺れが少ない等、周囲の環境や状況に留意する。
二　LidarSLAM 技術を用いた測量は、経路長及び計測時間に応じて累積誤差が生じるため、あらかじめ実施した精度・性能試験における経路長及び計測時間を超えないことを標準とする。
三　経路幅員、傾斜や地面の状態、積雪、計測の障害となるものの有無について事前に確認する。
四　計測開始位置と計測終了時の位置は同位置とすることを標準とする。ただし、精度・性能試験において、計測開始位置と計測終了時の位置を同位置としなくとも、要求仕様を満たす成果が得られることが確認された場合、この限りでない。
五　移動速度は、要求点密度を満たすものでなければならない。

＜第３２条　運用基準＞
１　移動速度は、レーザのスキャン頻度（パルスレート）との関係によって点密度に影響することから、要求仕様を満たす移動速度を作業仕様書に定め、これに従い計測計画を作成する。

２　計測計画図には、以下を記載する。

一　計測範囲

二　経路（始点及び終点）

三　標定点及び検証点の位置

四　点検測量の範囲

【解説】

計測開始位置と計測終了時の位置は同位置を標準とする。これは同一箇所を計測したことを検出し、閉合処理を行うことで累積誤差を減らし、構築される点群に含まれる歪みを小さくすることを目的としている（ループ閉じ込み）。また、機器によっては８の字状に計測するなど同一箇所を複数回経由することでも同様の効果が期待できる。ただし、同一箇所を複数回経由することで、点群にズレが生じることも懸念されるため、使用するLidarSLAM 測量システムの性能を踏まえ、適切な移動経路を選定しなければならない。

第３節　標定点及び検証点の設置

（標定点及び検証点の設置）

第３３条　標定点及び検証点は、次の各号に従い設置することを標準とする。

一　標定点は、１回の計測範囲を囲むように４点以上を設置する。ただし、GNSS 観測により点群座標を計測する場合は、標定点の設置を省略することができる。

二　標定点は、経路の始終点及び経路上とし、十分な点密度が得られる場所に設置する。

三　検証点は、標定点とは別に標定点の１／２以上を設置する。ただし、GNSS 観測により点群座標を計測する場合は、２点以上を設置する。

四　検証点は、精度の低下が懸念される箇所に設置する。

五　標定点及び検証点は、標識、反射テープ等を使用して設置するものとし、点群上で位置が特定できる地物を利用してもよいものとする。

＜第３３条　運用基準＞

１　１回の計測範囲とは、計測した点群を平面直角座標系に変換する際に、１回の相似変換の対象となる点群を取得する範囲をいう。

２　標定点及び検証点の設置は以下を成果とする。

一　標定点明細表

二　検証点明細表

三　標定点成果表

四　検証点成果表

【解説】

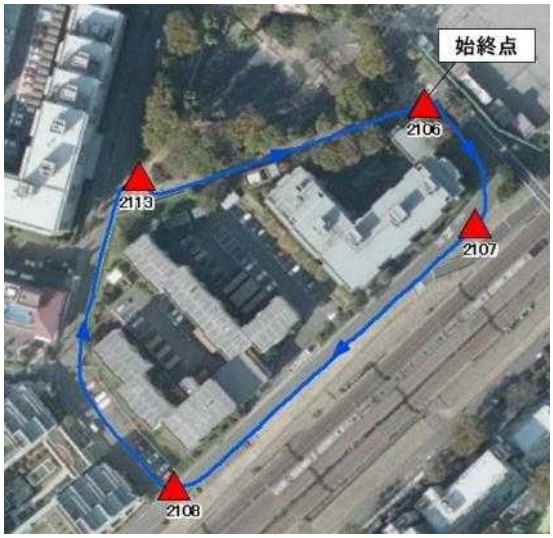
LidarSLAM 機器の計測位置は計測者の胸高位置にあたり、地面との相対距離が非常に小さい。計測はこの位置から放射状にレーザ光を発射するため、経路から離れた場所にある標定点上での点密度が低くなり、標識の中心点を特定できない場合があることに留意し

なければならない。また、標定点に用いる標識は、メーカの純正品又は推奨する形状やサイズ、素材等が示されている場合にはそれを用いることが望ましい。

１）標定点の設置箇所例

標定点の設置個所は、第３３条に定めたことのほか、交通の妨げになって撤去や移動される恐れがないことや、適切に作業ができることなどに留意しなければならない。

以下に、標定点の設置例を示す。



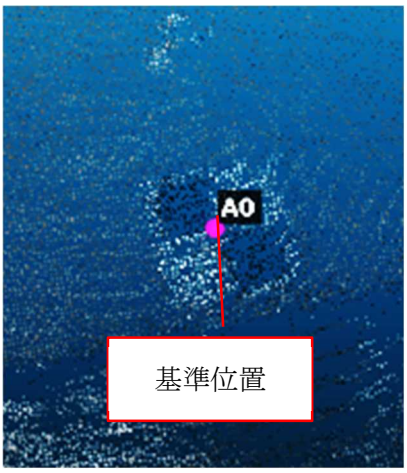
２）標識の種類

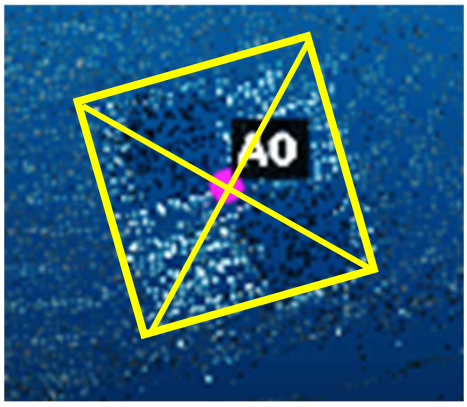
標定点及び検証点の基準位置を点群上で特定するために、標識を設置する。標識の素材は LidarSLAM 機器からのレーザが反射するものでなければならない。また、点群上で標識の基準位置を読み取れる大きさや形状とする。

３）標識の基準位置の特定方法

白黒の標識の場合には、反射強度を表示することによって標識の基準位置を特定することができる。この場合、正方形の図形を標識の形状に沿って配置し、その対角線を結んだ交点を標識の中心としている。また、標識の特定に色情報を用いる場合には、点群と画像の位置ずれがないことをあらかじめ確認しなければならない。

以下に、標識の基準位置の特定方法について例示する。





（標定点の精度）

第３４条　標定点及び検証点の精度は、水平位置（標準偏差）が 0.1 メートル以内、標高（標準偏差）が 0.1 メートル以内を標準とし、準則第２編第２章の基準点測量に準じた観測、又は第３編第２章第４節第２款の TS 点の設置に準じて行うものとする。ただし、規定する精度を確保し得る範囲内において、既知点間の距離、標定点間の距離、路線長等は、この限りでない。

２　前項によらず、オリジナルデータに 0.05 メートル以内の精度を要求する場合の標定点及び検証点は、準則第１１７条に規定する TS 等を用いる TS 点の設置に準じて行うものとする。

＜第３４条　運用基準＞

１　TS 点の設置に準じた観測をキネマティック法、RTK 法又はネットワーク型 RTK 法により行う場合は、準則第１１８条及び第１１９条に準じて行うものとする。いずれの方法においても、観測は２セット行うものとする。１セット目の観測値を採用値とし、２セット目を点検値とする。セット間の較差の許容範囲は、X 及び Y 成分は 0.02m、Z 成分は 0.03m を標準とする。

２　必要に応じて、標定点及び検証点の標高を準則第２編第３章で規定する４級水準測量により求めることができる。

３　要求精度が 0.05 メートル以内の場合には、TS 等を用いる TS 点の設置に準じて行い、較差の許容値は準則第６９４条第３項を準用し、次表を標準とする。

区分		水平角観測	鉛直角観測	距離測定
方法		２対回（0°，90°）	１対回	２回測定
較差の許容範囲	倍角差	60″	60″	5mm
	観測差	40″		

４　標定点及び検証点の配点計画は「計測計画図」に図示し、設置結果は「計測実績図」

に図示する。

【解説】

標定点及び検証点を多く設置することは精度確保には役立つ場合があるが、設置する点が多くなりすぎると作業効率が低下する。作業機関は、要求仕様を満たすように全体工程のバランスを踏まえて標定点及び検証点の数を設定するよう留意する。

第４節　計測及びデータ処理

第１款　計測

（要旨）

第３５条　計測は計測計画に基づき、データを適切に取得するものとする。

一　計測時は安定歩行に努めるものとし、車両通行や風により周囲の環境が揺らぐような状況の場合、精度に影響を及ぼすことから、交通状況、気象状況等を勘案し、時間帯や経路を見直すものとする。

二　計測時に機器を急速に上下させたり、計測者が機器を持ったまま急に振り返ったりする等の姿勢をとらないこと。

三　標定点及び検証点が確実に特定できる点密度が得られるように留意すること。

四　GNSS 観測を行う場合のデータ取得間隔は１秒以下とし、観測する GNSS 衛星の数は、準則第３７条第２項第二号ニの規定を準用する。

【解説】

LidarSLAM 技術を用いた測量において、機器が急速に上下等をすると精度に影響することから、機器の位置は高さを一定に保つように計測を行う。また、計測者が急に振り返る、突発的な揺れを機器に与える等して、取得する点群の範囲が急変すると精度に影響する可能性があることから、歩行中に進行方向等を急に変える等はしない。

（計測結果の点検及び再計測）

第３６条　計測の終了後は、速やかにデータの取得状況の良否を確認するものとする。

２　確認の結果、取得状況が良好でなかった区間において速やかに再計測を行うものとする。

＜第３６条　運用基準＞

１　計測の良否は、計測の完了時に正常に機器の終了処理ができているかや、データの保存が適切に行われたことが示されているか等によって確認する。

２　計測結果は、計測実績図に以下を記載して取りまとめる。

一　計測範囲

二　経路（始点及び終点）

三　標定点及び検証点の位置

四　点検測量の範囲

第２款　データ処理

（要旨）

第３７条　「データ処理」とは、LidarSLAM 機器からデータを取り出し、解析処理及び平面直角座標系への変換を行うことをいう。

（解析処理）

第３８条　解析処理は、自己位置推定解析及び点群データの構築を同時に行い、閉合処理等により累積誤差を補正することを標準とする。ただし、始終点を一致させられない場合などは、この限りではない。

２ 解析処理には、解析ソフトウェアのパラメータを調整し、点群データを再構築する等の処理を含むものとする。

（平面直角座標系への変換）

第３９条　平面直角座標系への変換は、 解析処理で得られた点群データに対して、４点以上の標定点を用いて相似変換により行う。ただし、GNSS測量機を搭載したLidarSLAM機器の場合、GNSS観測により点群座標を計測することができる。

２　GNSS観測により点群座標を計測する場合には、ネットワーク型RTK法により得られた結果、もしくは、電子基準点又は準則第２編に規定する精度以上で設置された基準点を固定局とするキネマティック法により得られた結果を使用できる。

（平面直角座標系への変換の点検）

第４０条　平面直角座標系への変換後、点検を次の各号により行い、精度管理表を作成し、要求精度が得られているか判定するものとする。

一　相似変換により平面直角座標系へ変換した場合は標定点の残差を点検し、要求精度を満たさない場合は、再解析処理又は再計測を行うものとする。

二　GNSS観測により点群座標を計測する場合は、GNSS測位状況を点検する。

三　第一号又は第二号により点検を行った点群について、検証点との較差を点検する。

四　前号による点検の結果、要求精度を満たした点群について、点群が表示可能なソフトウェアで表示し、点群の歪みや、複数回計測した地物に著しい段差等がないか計測範囲全般を目視確認し、異常が確認された場合はデータの再計測等、必要な措置を講じる。

２　点検の結果は、平面直角座標系への変換精度管理表及び平面直角座標系への変換精度管理表（検証点）に取りまとめる。

第５節　オリジナルデータの作成

（オリジナルデータの作成）

第４１条　データ処理の終了後は、次の各号のとおりオリジナルデータを作成するものとする。

一　データ処理後の点群について、水平位置座標、標高値、反射強度、色情報等を仕様に即して属性として付加し、オリジナルデータとして整理する。

二　オリジナルデータは、内挿処理による点密度の細密化を行ってはならない。

（点密度の点検）

第４２条　オリジナルデータは、要求仕様に示された点密度を満たしているか点検しなければならない。

２　点検の結果、必要な範囲の点密度が要求仕様を満たさない場合には、追加計測を行う。

３　点検の結果は、点密度点検精度管理表に取りまとめる。

＜第４２条　運用基準＞

１　点密度は、要求仕様に設定された点密度に基づいてオリジナルデータを一定間隔の平面の格子で区切り、１つの格子内に含まれるオリジナルデータの点の数により点検する。

２　点密度の点検を行う箇所には、水部と対象範囲外は含まないことを標準とする。

第５章【測量作業機関向け】オリジナルデータの点検測量

（要旨）

第４３条　本章は、第４章に基づいて作成するオリジナルデータについて、要求仕様を満たしているかを点検測量により点検し、成果品として取りまとめることを目的とする。

【解説】

公共測量では測量成果の正確さを確保するため、準則第１３条３項で作業機関が点検測量を行うことを規定している。

本マニュアルでは、オリジナルデータに対する点検測量の手法を具体化することにより、一定の基準のもとで評価を行うことを可能にすることで、成果品の品質を確実なものとすることを目的としている。

（オリジナルデータの点検測量）

第４４条　オリジナルデータの点検測量は、次の各号で示す方法で実施することを標準とする。

一　点検測量率は、準則第１３条第４項に示す三次元点群測量を適用し、この率を満たす面積の範囲を設定する。

二　点検測量の範囲は、取得対象の地物が網羅的に存在する範囲を標準とする。

三　点検測量はオリジナルデータ上で特定できる二点間について、別途計測する斜距離との較差が要求精度を満たしていることを確認する。

四　別途計測する斜距離とは、準則第２編第２章の基準点測量に準じた観測又は第３編第２章第４節第２款の TS 点の設置に準じて測量した座標から求めるか、直接距離を観測するものとし、LidarSLAM 機器による計測で求めてはならない。

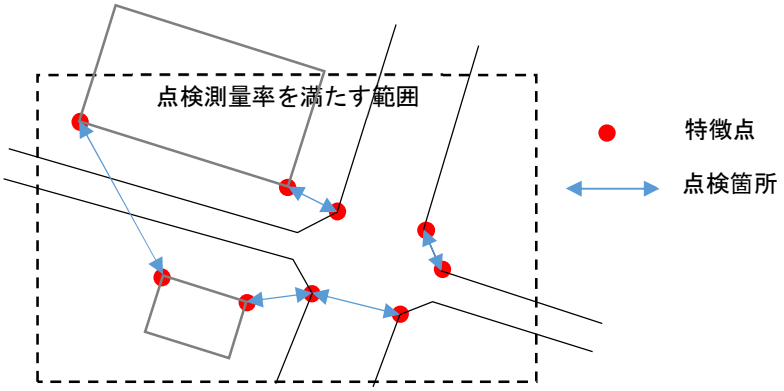
五　点検する地物又は標識に、標定点及び検証点を用いてはならない。

六　点検測量の結果、オリジナルデータが要求精度を満たしていない場合には、データの再計測等、必要な措置を講じる。

七　点検測量の結果は、点検測量結果精度管理表に整理する。

【解説】

点検測量箇所の例（道路縁及び建物の特徴点で実施）



（オリジナルデータの記録）

第４５条　点検測量の結果、要求仕様を満たしていることが明らかになったオリジナルデータについて、成果品要求仕様書に従った形式で電磁的記録媒体に記録する。

２　点検結果、ファイルの管理及び利用において必要となる事項について記載したオリジナルデータのメタデータを作成し、オリジナルデータとともに電磁的記録媒体に記録する。

【解説】

オリジナルデータは、三次元座標を持つ点の集合である。三次元点群データのファイル形式としては、テキスト形式（CSV 形式や TXT 形式）が一般的であるが、LAS 形式など三次元点群データに特化したファイル形式も存在し、データ利用の多様性からは LAS 形式が望ましい。計画機関の要求仕様に基づき、適宜対応するものとする。

第６章【測量作業機関向け】その他の成果データの作成

第１節　データの作成

（要旨）
第４６条　本章は、第４章及び第５章に基づいて作成する点検済みのオリジナルデータを編集して作成するその他の成果データの作業の方法等を定めることを目的とする。
２　その他の成果データは、要求仕様に基づき、必要に応じて作成するものとする。

（グラウンドデータの作成）
第４７条　グラウンドデータは、オリジナルデータのうち地表の高さを示すデータのみを抽出したデータを標準とし、オリジナルデータからフィルタリングを行い作成する。
２　フィルタリングの対象項目は、要求仕様に基づいて決定する。

（グラウンドデータの点検）
第４８条　グラウンドデータは、図形編集装置、各種出力図等を用いて、適正にフィルタリングが行われているか点検しなければならない。
２　グラウンドデータは、要求仕様に示された点密度を満たしているか点検しなければならない。

（グリッドデータの作成）
第４９条　グリッドデータは、グラウンドデータから内挿補間により格子状の標高データを作成することを標準とする。
２　グリッドデータの格子間隔は、要求仕様に基づいて決定する。

（グリッドデータの点検）
第５０条　グリッドデータは、図形編集装置又は各種出力図を用いて、適正に作成されているか点検しなければならない。

（等高線データの作成）
第５１条　等高線データは、グラウンドデータ又はグリッドデータを用いて作成する。

（等高線データの点検）
第５２条　等高線データは、図形編集装置、各種出力図等を用いて、形状、属性情報等を点検しなければならない。

（断面図データの作成）
第５３条　断面図データの作成は、準則第３８７条の規定を準用する。

（断面図データの点検）
第５４条　断面図データの点検は、準則第３８８条の規定を準用する。

（数値地形図データの作成）
第５５条　数値地形図データは、オリジナルデータを用いて数値図化機による数値図化で作成する。
２　数値図化の対象地物は、要求仕様に基づいて決定する。

＜第５５条　運用基準＞

１　数値地形図データの作成に用いる数値図化機は、次の各号のいずれかの方法により数値図化が行える機能を有するものとする。
一　コンピュータ内に三次元空間を設け、スクリーンモニター上の複数の画面に異なる投影で色情報及びその反射強度等を表示し、地図情報を数値化する方法。
二　立体的構造物の形状が顕著になるようにオリジナルデータを三次元表示し、地図情報を数値化する方法。
三　オリジナルデータ及びグリッドデータを陰影段彩表現に加工したデータを表示し、地図情報を数値化する方法。
四　オリジナルデータから得られる反射強度の正射表示による方法。
２　数値地形図データ作成に用いる数値図化機は、数値図化用データの使用可能範囲を表示する機能を有するものとする。
３　数値図化は、次の各号により実施する。
一　線状対象物、記号の順序で行うものとし、描画漏れのないように留意しなければならない。
二　データの位置、形状等は、スクリーンモニターに表示して確認する。
４　数値地形図データの分類コードは、準則付録７の数値地形図データ取得分類基準を標準とする。
５　構造物や植生の遮蔽による障害により、判読困難な部分又は数値図化不能な部分がある場合は、その部分の範囲を表示し、現地補測において必要な注意事項を記載するものとする。
６　オリジナルデータから得られる反射強度の正射表示による方法により数値図化を行う場合は、次の各号に留意するものとする。
一　数値図化に当たっては微地形表現図等の陰影図データを参照する。
二　周辺との反射強度に差がない地物は、微地形表現図等の陰影図データに加え、現地補測や設計図書等に基づいて数値図化する。

三　堰堤やダム等の立体的構造を持つ地物は、オリジナルデータによる陰影を基に三次元形状から数値図化を行う。

四　反射強度により数値図化を行う場合は、周辺の状況に注意して地物を判読する。

７　数値地形図データに示す標高点は、次の各号により選定する。

一　オリジナルデータ、グラウンドデータ、グリッドデータより取得するものとする。

二　標高点の計測位置は、地形判読の便を考慮し、形状が明瞭な箇所を選定するものとする。

三　標高点の計測間隔は、作成する数値地形図データの地図情報レベルに４センチメートルを乗じた距離を標準とする。

【解説】

数値図化を行う場合、対象地物を明確にすることが重要である。作業機関は、計画機関から対象地物及びその概略位置などの情報を得ることで、適切な作業仕様の策定が可能となる。測量現場の状況に不明点があれば、計画機関の了承の上で事前に予察を行い、測量現場の状況や数値図化対象地物周辺の見通しなどを把握することが推奨される。

LidarSLAM 技術を用いた測量では、植生の間をすり抜けて植生下の地表面や地物を捉えることがあるため、写真測量と比較して植生下の地物が認識できる場合がある。しかし、植生下の地物の輪郭を確実に捉えるだけの点密度が確保できるかは予測が難しい。従って、数値図化対象地物周辺の見通しが悪いようであれば、補測作業を前提にした作業計画を立案する必要がある。補測作業が必要と判断される場合には、数値図化対象地物を図化するために適切な測量手法を検討し、実施しなければならない。なお、数値図化対象地物周辺の見通しが悪い場所では、通常よりも高密度な LidarSLAM 技術を用いた測量を計画し、計測を試みることも選択肢の一つである。

数値地形図データを作成する場合は、地図情報レベルに応じて作成するオリジナルデータの水平位置の精度の点検も必要となる。縮尺が大きい（地図情報レベルが小さい）数値地形図データを作成する場合には、注意が必要である。またこの場合は、測量現場に水平位置の検証も可能な標定点を必要数設置できるか確認することも求められる。

（数値地形図データ作成に用いるオリジナルデータ）

第５６条　数値地形図データの作成に用いるオリジナルデータは、要求仕様に基づいて決定する数値図化対象地物が判読できる点密度とする。

２　オリジナルデータで十分な点密度が確保されない場合や、遮蔽部分が存在する場合は、適切な測量方法で補測するものとする。

（数値地形図データの点検）

第５７条　数値地形図データの点検は、スクリーンモニターに表示させて行うとともに、画像取得装置等で取得した現地写真等を参考に行うものとする。

２　数値地形図データの点検は、次の項目について行う。なお、必要に応じて作成する数値地形図データの地図情報レベルに相当する縮尺での出力図を用いるものとする。

一　取得の漏れ及び過剰並びに平面位置及び標高の誤りの有無

二　接合の良否

三　標高点の位置、密度及び測定値の良否

四　地形表現データの整合

【解説】

数値地形図データの点検は、数値図化された地物の位置と、反射強度画像や陰影図データ等で比較を行う。必要に応じ現地で目視確認し、数値図化が必要な地物であれば現地補測作業を実施することになる。なお、現地の立ち入りや測量作業が困難であれば、計画機関に報告して判断を仰ぐことが求められる。

第２節　データの整理

（メタデータの作成）

第５８条　その他の成果データのメタデータ作成は、ファイルの管理及び利用において必要となる事項について、作成するものとする。

（その他の成果データの記録）

第５９条　作成及び検証を行ったその他の成果データについて、成果品要求仕様書に従った形式で電磁的記録媒体に記録する。

２　ファイルの管理及び利用において必要となる事項について記載したそれぞれのデータについてのメタデータを作成し、その他の成果データとともに電磁的記録媒体に記録する。

（成果等）

第６０条　成果等は、次の各号を標準とし、要求仕様に応じて定める。

一　オリジナルデータ

二　グラウンドデータ

三　グリッドデータ

四　等高線データ

五　断面図データ

六　数値地形図データ

七　精度管理表

八　品質評価表

九　メタデータ

十　その他の資料

２　写真を測量成果とする場合には、個人情報の保護及びプライバシーに配慮するものとする。

巻末資料

① 精度管理表及び成果簿等の様式

② 測量成果検定基準（三次元点群測量）

①精度管理表及び成果簿等の様式

資料名	様式
LidarSLAM 測量システム精度・性能試験記録	様式第１
計測計画図	様式第２
標定点明細表	様式第３
検証点明細表	様式第４
標定点成果表	様式第５
検証点成果表	様式第６
計測実績図	様式第７
平面直角座標系への変換精度管理表	様式第８－１
平面直角座標系への変換精度管理表（検証点）	様式第８－２
点密度点検精度管理表	様式第９
点検測量結果精度管理表	様式第１０
グラウンドデータ作成作業精度管理表	準則様式第１－３２を引用する
グリッドデータ作成作業精度管理表	準則様式第１－３３を引用する
断面図データ作成作業精度管理表	準則様式第１－３５を引用する
成果品要求仕様書	参考様式第１
成果品作業仕様書	参考様式第２

②測量成果検定基準（三次元点群測量）

作業種別	測量成果及び資料	検定基準
LidarSLAM 技術を用いた三次元点群測量	三次元点群データファイル	規定内のもの
	三次元点群データファイル出力図	〃
	フィルタリング点検図	〃
	精度管理表／品質評価表	品質要求に基づく評価結果の適否
	メタデータ	記載様式、内容の誤りの有無
	その他	規定に基づく記載等の適否

LidarSLAM測量システム精度・性能試験記録

様式第１

試験サイト名		点検者	
試験実施日時	年　　月　　日	時　　分～　　時　　分	
機器	機器名	機器番号	
LidarSLAM機器			
レーザスキャナ※1			
IMU※1			
GNSS測量機※1			
画像取得装置※1			
解析ソフトウェア			
その他構成機器			

※1　LidarSLAM機器本体から取り外しできないものについては、「機器名」、「機器番号」の記載を省略し、「○」とすることができる。搭載していない場合は「－」を記載する。

※2　計測開始位置と計測終了時の位置を同位置とすることの他、計測途中に同一地点を複数回経由する計測を含む。

計測諸元（実績値）

経路長（m）	
計測時間（秒）	
移動速度(m/秒)	
パルスレート(点/秒)	
有効範囲(経路からの距離)（m）	
有効範囲内の最低点密度（点/㎡）	
ループ閉じ込みの有無※2	有　・　無
平面直角座標系への変換	□標定点による □GNSS観測データによる □ネットワーク型RTK法 □キネマティック法 （固定局名：　　）

標定点残差（相似変換後）

標定点名称	標定点の成果値			点群上の座標値			残差			
	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔXY	ΔH
RMS誤差										

※残差は「点群上の座標値 － 標定点の成果値」とする

※標定点を使用しない場合は、記載を省略できる

$$= \sqrt{\frac{\Sigma(\text{残差})^2}{n}}$$

検証点較差

検証点名称	検証点の成果値			点群上の座標値			較差			
	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔXY	ΔH
RMS誤差										

※較差は、「点群上の座標値 －検証点の成果値」とする

$$= \sqrt{\frac{\Sigma(\text{較差})^2}{n}}$$

点密度及び計測点の標高のバラつき

地点の名称	標識等の面積（㎡）	標識等上の計測点数（点）	標識等上の点密度（点/㎡）	標高の平均値（m）	標高の標準偏差(m)

計測点の標高の較差分布(各地点の「標高の平均値」からの較差)

用紙の大きさはA4判とする

様式第２

計測計画図

地区名		経路名		作業機関		主任技術者	
作業実施	日時	年　　月　　時　～　　時		計測時間	分	経路長	m

計測範囲、経路（始点及び終点）、標定点・検証点、点検測量の位置を記載する。

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第３

標　定　点　明　細　表

世界測地系（測地成果○○○○）
ジオイド・モデル○○○○ Ver○

地区名		設置年月日		作業者	
経路名		標識種類		点検者	

点名	座標系	*X* ・ *N*	*Y* ・ *E*	*H*

地上写真（近景）

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第４

検　証　点　明　細　表

世界測地系（測地成果○○○○）
ジオイド・モデル○○○○ Ver○

地区名		設置年月日		作業者	
経路名		標識種類		点検者	

点名	座標系	*X* ・ *N*	*Y* ・ *E*	*H*

地上写真（近景）

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第５

標　定　点　成　果　表

世界測地系（測地成果○○○○）
ジオイド・モデル○○○○Ver.○

座標系：　　調製　　年　　月　　日

点の番号	緯度	経度	X	Y	標高
	B	L			H
	°　′　″ .	°　′　″ .	m .	m .	m .
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第６

検　証　点　成　果　表

世界測地系（測地成果○○○○）
ジオイド・モデル○○○○Ver.○

座標系：　　調製　　年　　月　　日

点の番号	緯度	経度	X	Y	標高
	B	L			H
	°　′　″ .	°　′　″ .	m .	m .	m .
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第７

計測実績図

地区名		経路名		作業機関		主任技術者	
作業実施	日時	年　月　時　分～　時　分		計測時間	分	経路長	m

計測範囲、経路（始点及び終点）、標定点・検証点、点検測量の位置を記載する。

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第８－１

平面直角座標系への変換 精度管理表

作　業　名		機器名		計画機関名		主任技術者	
計測年月日		機器番号		作業機関名		点　検　者	

【GNSS観測状況】

経路	計測開始時刻	計測終了時刻	測位方式	最少衛星数	最大DOP	備考

注．GNSS観測を行わなかった場合は、記載を省略できる。また、測位方式がキネマティック法の場合は、備考欄に固定局名を記載する。

【標定点の残差】

点名	標定点（m）			計測座標（m）			残差（m）				備考
	X	Y	Z	X´	Y´	Z´	⊿X	⊿Y	⊿XY	⊿H	
RMS誤差＝$\sqrt{\frac{\Sigma(残差)^2}{n}}$						最大値					
						平均値					
						RMS誤差					
						許容範囲					

注．GNSS観測により点群座標を計測する場合は、記載を省略できる。また、複数の経路で計測した場合は、備考欄に経路名を記載する。

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第８－２

平面直角座標系への変換 精度管理表（検証点）

作　業　名		機器名		計画機関名		主任技術者	
計測年月日		機器番号		作業機関名		点　検　者	

点名	検証点（m）			計測座標（m）			較差（m）				備考
	X	Y	Z	X´	Y´	Z´	⊿X	⊿Y	⊿XY	⊿H	
						最大値					
						平均値					
						RMS誤差 $=\sqrt{\frac{\Sigma(較差)^2}{n}}$					
						許容範囲					

注．複数の経路で計測した場合は、備考欄に経路名を記載する。

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第９

点密度点検精度管理表

地 区 名		計画機関		作業機関	
		作業者		点検者	

図名等	対象の格子数	点密度不足格子数	不足格子率%	図名等	対象の格子数	点密度不足格子数	不足格子率%
不足格子率の全域の平均		不足格子率の最小値		不足格子率の最大値			

用紙の大きさはＡ４判とする。

様式第１０

点検測量結果精度管理表

地区名		主任技術者	
		点検者	
経路名		制限値	

番号	測線名	点検測量による距離（m）	計測値（m）	較差ΔＬ（m）	合否
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
較差の平均					
RMS誤差 $=\sqrt{\frac{\Sigma(較差)^2}{n}}$					

用紙の大きさはＡ４判とする。

注　点検測量の位置は、様式第７の計測実績図に記入する。

成果品要求仕様書

1. 作成する成果品の品目及び使用目的など

目的と用途	記入例	・崩壊した法面の地形形状を把握するとともに、土砂量の算出を目的とする ・地形は三次元形状で把握し、任意の箇所で断面図が作成できるものとする ・土砂量は崩壊前の法面の竣工資料をデータ化したものと比較して算出する
	記入	

2. データ作成範囲の情報

	項目	記入内容	記入	備考
計測地の状況	場所	概ねの位置（住所等）		
	面積	作業面積(㎡)		
		形状(○m×○m)		
	地形ほか	裸地、山地など		
	植生状況	森林、草地など		
	計測対象地物	地盤面、その他構造物等		
	LidarSLAMの計測に関わる情報	隣接した第三者敷地		
		計測時の支障物		
		関連する測量成果・業務		
		上空視界		
	計測地周辺の移動体	人、車両など		
	その他 考えられるリスク	気象条件、鳥獣有無、 水部の有無		

3. 最終成果品の詳細

品目	成果品	作成 注1	要求精度ほか			
			設定項目	要求仕様		備考
標準成果品	オリジナルデータ		要求精度	水平		
			(m)	標高		
			評価基準 注2	RMS誤差		
			要求点密度			
			（点/㎡）			
その他の成果品	グラウンドデータ		フィルタリング項目			
	グリッドデータ		格子間隔			
			(m)			
	等高線データ		等高線間隔			
			(m)			
	断面図データ		–			
	数値地形図データ		地図情報レベル			
	色付き点群データ					
	点群データフォーマット		csv,LAS等			
	その他					
	座標系		JGD2024 / ●(X,Y),H(TP)			

注1. 作成する成果は○、最終成果は◎、作成しないものは×を記載。いずれの場合もオリジナルデータの作成は必須。
注2. 精度は標定点及び検証点との較差を計算して求める。

5. 欠測率

6. その他

成果品作業仕様書

業務名　　作成日

測量作業機関

1. LidarSLAM測量システムの仕様

	機器	機器名	細目	仕様
機器	LidarSLAM機器			
	レーザスキャナ※		測距精度	
			最大計測距離（m）	
			パルスレート（点/秒）	
			質量（重さ）（kg）	
			防塵・防水規格	
			マルチパルス	
	IMU※		–	
	GNSS測量機※		観測間隔	
			受信周波	
			測位方式	
	画像取得装置※		焦点距離（mm）	
			画素数	
			撮像素子	
	バッテリー※		持続時間（分）	
	その他の構成機器			
	解析ソフトウェア			
	その他のソフトウェア			

※LidarSLAM機器本体から取り外しできないものについては、「機器名」の記載を省略し、「〇」とすることができる。
搭載していない場合は「－」を記載する。

2. 計測諸元（計画時点）

	項目	記入	備考
計測諸元	経路長（m）		
	計測時間（秒）		
	移動速度(m/秒)		
	パルスレート(点/秒)		
	有効範囲（経路からの距離）（m）		
	有効範囲内の最低点密度（点/㎡）		
	画像取得の有無		
	色付き点群作成の有無		
	衛星の最低高度角※1		
	ループ閉じ込みの有無※2		
	平面直角座標系への変換方法		

※1　GNSS測位を行わない場合は記載を省略できる。

※2　計測開始位置と計測終了時の位置を同位置とすることの他、計測途中に同一地点を複数回経由する計測を含む。

3. 標定点・検証点の設置方法等

	項目	記入	設置方法	設置点数	観測方法
標定点・検証点	標定点	水平位置と標高			
	検証点	水平位置と標高			

※計測計画図を添付する。

※計測計画図には計測範囲、経路、標定点及び検証点の配点位置を明示する。

4. その他の作業仕様