

令和 7 年度公共測量に関する課題の調査検討

実施期間	令和 7 年度	
企画部技術管理課	植田 勲	永田 勝裕
	橋本 栄治	中久喜 智一
企画部測量指導課	稲澤 保行	

1. はじめに

企画部技術管理課では、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。）及び準則第 17 条第 3 項に基づくマニュアル（以下「マニュアル」という。）で規定されている標準的な作業方法や観測精度等について、公共測量の円滑な実施のために必要な技術的課題等の解決方法を得るため、継続的に調査検討を行っている。令和 7 年度は、新しい測量技術の動向を踏まえて「LidarSLAM 技術を用いた公共測量マニュアル」及び「地上レーザ測量システムを用いた三次元点群合成マニュアル」に関する検討を行い、当該マニュアルを一部改正した。また、UAV 写真測量の効率化に関する検討、準天頂衛星システム 7 機体制を見据えた「マルチ GNSS 測量マニュアル（案）」に関する検討も行った。なお、マニュアルの一部改正に係る事項に関しては、測量に関する学識経験者、測量業関係団体及び行政機関関係者で構成する「公共測量に関する課題の調査検討委員会」を設置し、検討及び審議を行っている。

2. 調査検討の内容及び得られた成果

2.1 「LidarSLAM 技術を用いた公共測量マニュアル」に関する検討

「LidarSLAM 技術を用いた公共測量マニュアル」（以下「LidarSLAM マニュアル」という。）は令和 4 年 6 月に制定されたが、近年、GNSS 測量機を搭載した LidarSLAM 機器が主流となっており、得られた GNSS 観測データを用いて点群データを現地の座標系（平面直角座標系）に変換できるようになっている。これらの機器を使用した際の実態と課題等についてメーカー及び測量作業機関へのヒアリングを実施し、これらの結果を基に改正案を検討した。

○GNSS 観測データの活用（第 25 条、第 33 条、第 39 条）

LidarSLAM 機器の構成はメーカー及び機種ごとに異なるが、前述のとおり、GNSS 測量機を搭載した機器が主流となりつつある。このような現状を受けて、LidarSLAM マニュアルで規定されていなかった GNSS 観測データの活用について検討した。その結果を踏まえ、自己位置推定及び点群データの座標付与に GNSS 観測データを使用することを可能とした。さらに、GNSS 観測により点群座標を計算する場合は、標定点の設置は省略可能とし、検証点の設置は 2 点以上に緩和することとした。

○計測開始位置と計測終了位置を同位置とする規定（以下「ループ閉じ込み」という。）（第 32 条）

ループ閉じ込みを行うことで自己位置推定のズレを軽減できるが、自己位置推定時に GNSS 衛星測位（RTK-GNSS）と連動することにより、ループ閉じ込みを行わない手法でも要求精度を確保できる可能性がある。そのため、GNSS 観測データを含めた解析処理及び計測位置精度向上のための作業方法を検討し、それにより得られた成果の精度等について検証した。その結果、従来どおりループ閉じ込みを実施することで点群データの精度向上が期待できる一方、機種によってはループ閉じ込みを実施しない場合でも、要求仕様を満たす成果が得られることが確認できた。これらを踏まえ、精度・性能試験において、ループ閉じ込みを実施しなくても要求仕様を満たす成果が得られることが確認され

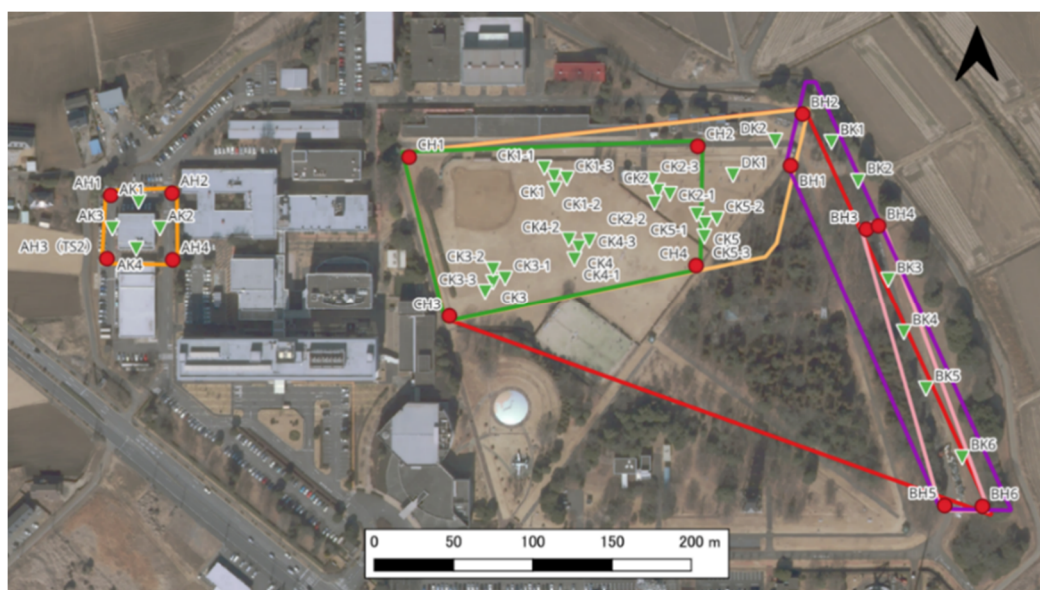
た場合には、ループ閉じ込みを必須としないこととした。

○往復観測等によるズレの影響（第 32 条）

往復観測や 8 の字状の観測は、同一地点を複数回経由するため、始点と終点以外でも多数の重複した点群データが取得され、それにより生じるズレを平滑化するためのデータ処理が必要となる。そのため、LidarSLAM マニュアルではこれらの観測は推奨されていなかった。しかし、GNSS 測量機や画像取得装置が搭載された機器を用いた場合には、これらのデータを自己位置推定に組み合わせることで、ズレの低減が期待でき、データ処理も容易になる。さらに、機種によっては、同一地点を複数回経由することで位置精度が向上する効果が見込まれることも判明した。よって、往復観測や 8 の字状の観測を避けるものとせず、著しいズレが確認された場合に再計測等の必要な措置を講じるものとした。

2.2 「地上レーザ測量システムを用いた三次元点群合成マニュアル」に関する検討

令和 6 年 3 月に制定された「地上レーザ測量システムを用いた三次元点群合成マニュアル」（以下「合成マニュアル」という。）について、測量技術者との意見交換、測量作業機関へのヒアリング等で挙げられた課題を検証し、その結果を基に改正案を検討した。検証に当たり、3 社 4 機種の地上レーザ測量システムを使用し、国土地理院構内（図-1）で検証用データを取得した。これらデータの分析結果も踏まえた各課題の検討結果を示す。なお、一部の課題については、結論に至らなかったため継続して検討する予定である。



間隔及び放射方向のスポット長径)が規定されている。この規定は特に合成範囲の外周周辺の点密度を確保するために必要であるが、近年の地上レーザスキャナが広範囲かつ高密度の点群データ取得が可能となったことから、この規定によらずとも要求点密度を確保できる可能性がある。こうした点が確認できれば、計測条件の対象を全地物ではなく外周の計測時のみとするような緩和も可能となる。この点については、今年度の検討では結論に至らなかったため引き続き検討する。

同様に、高精度な長距離計測が可能となった現状では、点群データの合成処理の際に計測条件を満たさない点群データをカットする規定は、長距離計測によるメリットが生かせず、むしろ自動合成のマッチングの精度が低くなる可能性がある。そのため、合成処理前の点群データの取捨選択を撤廃し、合成処理後に、計測条件を参考として、必要に応じて不要な計測点を削除するなどの適切な処理を行うこととした。

○合成範囲の妥当性（第 26 条、第 31 条）

合成した点群データの精度確保のため、合成処理を行う範囲は地図情報レベル 250 の数値地形図の図郭と同程度の範囲（200 m×150 m）としているが、近年の地上レーザスキャナには、合成範囲の制限（長辺 200 m）以上でのエリアで合成処理を行った場合でも要求精度以内となる機種が見られる。最大合成範囲を地図情報レベル 500 の範囲（400 m×300 m）まで拡大できれば、作業の効率化が期待できる。この点については、今年度の検討では結論に至らなかったため引き続き検討する。

○精度試験における運用基準（第 26 条）

使用する地上レーザ測量システムの特性や作成できるデータの品質を確認するため、1 回に実施する点群合成と同等以上の面積で点群合成を行い、精度検証を実施することとしている。この精度試験の作業効率化の可能性について検討した。その結果、面積要件の緩和や面積以外の要件の設定など、より合理的かつ適切な規定にできる可能性が判明した。この点については、今年度の検討では結論に至らなかったため引き続き検討する。

○標定点及び検証点の配置（第 33 条）

検証点は面積に応じた点数を合成範囲に均等に配置することと規定されていた。この規定の妥当性について、各エリアにおける標定点の残差及び検証点の較差により検証した。その結果、座標変換を実施した際の標定点残差が許容範囲内にある場合、較差が許容範囲を超える検証点は見られなかった。そのため、座標変換の確認を目的とした検証点は、削減が可能と考えられた。また、各検証点の較差から、合成範囲内で局所的な誤差は生じないことが確認できた。このことは、GNSS/IMU や SLAM 技術などの外部補正を必要とせず、取得した点群データのみで自動合成を行う地上レーザスキャナは、データの歪みが発生しにくく、相対精度を保てることを裏付けている。以上のことから、検証点の設置数を緩和し、標定点の 1/2 以上とした。一方で、地上レーザスキャナは標定点間の中間に近づくに従って観測精度が不安定になる特徴もあることから、標定点間の中心部付近に配置することを推奨とした。さらに、標定点及び検証点と同等の精度を有する予備点を計画立案時から配置することを推奨とした。

○オリジナルデータの均一度の点検（第 42 条）

据え置き型の機器であることを考慮した点検方法について検討し、その有効性を確認した。その結果、高さのバラツキ確認を主目的とした「均一度の点検」に代えて、点群データのズレ (X,Y,Z の 3 次元)を確認する「合成精度の点検」とすることとした。

2.3 UAV 写真測量の効率化に関する検討

RTK-GNSS 測量機及び IMU を搭載した UAV が増えてきており、これらの技術を活用して標定点の

設置数の削減等の効率化が図れないか検討した。RTK-GNSS 測量機及び IMU を搭載する代表的な UAV を調査した結果、IMU は機体制御及びジンバル制御のために搭載されており、測量用の解析（最適軌跡解析）には使用できないことが判明した。さらに、検証事例も少ないことから、準則改正のためには、根拠となり得る更なる検証等が必要という結論となった。UAV 写真測量ではなく、標定点の設置点数が少ない UAV 写真点群測量での検討を進め、数値地形図作成への活用を模索する方向性も考えられる。

2.4 「マルチ GNSS 測量マニュアル（案）」に関する検討

準天頂衛星システムの 7 機体制への拡充及び配信される測位信号の変更予定等のマルチ GNSS 測量を取り巻く状況の変化を踏まえ、以下の課題について検討した。

○L5 帯測位信号のアンテナ位相特性モデルに関する課題

「マルチ GNSS 測量マニュアル（案）」では、「L5 の PCV 補正データが公表されるまでは、L2 の PCV 補正データを使用することができる。」と規定されている。PCV 補正データは、アンテナ位相特性モデルを構成するデータのの一つである。公共測量では、アンテナ位相特性モデルの一種である相対モデルが使用されているが、L5 の相対モデルがメーカー等から公開されていないため、L5 に対する精密な基線解析及び精度検証ができないという課題がある。一方で、絶対モデルでは L5 も公表されている。そこで、準天頂衛星システムからも送信される L5 のアンテナ位相特性モデルに関する課題を解決するため、絶対モデルの導入を想定して課題を整理した。相対モデル（L5 は L2 を代用）及び絶対モデルそれぞれを用いて検証したところ、アンテナ位相特性モデルを構成するデータのの一つである位相中心オフセット（PCO）の違いに起因すると思われる差（6 mm : 1 周波～11 mm : 2 周波）が高さ方向の基線解析結果に認められた。

○アンテナ絶対位相特性モデルへの各メーカーの対応状況及び今後の対応方針についての市場調査

測量機器メーカーに絶対モデルを導入した際の影響について調査した。国内向け製品では絶対モデル未対応、海外向け製品では対応済みのケースが多かった。

○アンテナ絶対位相特性モデルを利用した 3 周波解析による観測時間短縮の可能性の可否

絶対モデルを導入することで適切なアンテナ位相特性モデルを使用した 3 周波解析が可能となる。これに伴う観測時間短縮への効果を検証した結果、短基線（10 km 未満）で現状 60 分を 15 分に、長基線（10 km 以上）で現状 90 分を 60 分に短縮できる可能性が示された。ただし、これは理想的な環境下での結果であるため更なる検証が必要である。

○Galileo の単独利用における精度検証

Galileo の単独利用は短基線及び長基線ともに GPS 単独利用時と同等の結果が得られた。ただし、解析に必要な衛星数が不足する時間帯があることに注意が必要である。

3. 結論

今回の検討結果を踏まえ、LidarSLAM マニュアル及び合成マニュアルを一部改正した。主な改正点を以下に示す。今回の改正により、新しい機器の特徴を踏まえた手法が選択できるようになり、作業の効率化が期待できる。

○LidarSLAM マニュアル

- ①GNSS 観測による点群座標の計測の追加と標定点の省略・検証点の削減
- ②計測経路の条件付の緩和（ループ状以外も可、往復観測及び 8 の字観測も可）
- ③機器名称の定義

④動作・性能試験の結果に他の公共測量での実施結果を用いることも可とする

⑤断面図データの作成の追加

○合成マニュアル

①検証点の設置数と設置位置の変更及び予備点の設置を推奨

②オリジナルデータの点検方法を点群データのズレを確認する「合成精度の点検」に変更

③オリジナルデータの点検測量の実施箇所数の明確化

④断面図データの作成の追加

⑤必要な様式の見直し（17の様式のうち，三つを廃止及び二つを一部変更とし効率化）

謝辞

本調査検討に際して、「公共測量に関する課題の調査検討委員会」の委員をお引き受けいただいた学識経験者，測量・建設業関係団体及び行政機関関係者の皆様に厚く御礼申し上げる．