令和 3 年度公共測量に関する課題の調査検討業務

実施期間	令和 3 年度	
企画部技術管理課	大中　泰彦	前田　比呂明
	岩田　和美	
企画部	大坂　和博	
企画部測量指導課	髙橋　祥	

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.）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に向けて検討が必要な技術的課題等の解決方法を得るため，継続的に公共測量に関する課題の調査検討業務を行っている．令和 3 年度の調査検討業務（以下「本業務」という.）では，地上レーザ測量における三次元点群合成技術に関する精度検証を実施し，公共測量に適用可能な場合は作業手順の確立に向け検討を行った．また，自動追尾トータルステーションシステムの精度検証を実施し，公共測量に適用可能な場合は作業手順の確立に向けた検討を行った．さらに，準則の課題について，アンケート調査を行い，課題の抽出・準則条文素案の作成を行った．

2. 地上レーザ測量における三次元点群合成技術

地上レーザ測量では，地上レーザスキャナ（以下「TLS」という.）を用いて地形・地物等を観測し，測定範囲内の三次元観測データを取得する．観測方法としては，「相似変換による方法（図-1)」，「後方交会による方法（図-2)」，「器械点と後視点による方法（図-3)」が準則に規定されている．特に，後方交会による方法においては，器械点を取り囲むように標定点を 3 点以上設置することが準則に規定され，広範囲な地形や地物を観測するには，標識点を 2 点以上共有しつつ，点密度に注意しながら TLS を移動する必要があり非効率である．一方で現地での点群合成が可能となれば，標定点は三次元点群合成を行う範囲の外側に 4 点設置すればよいため，作業の効率化が図られる．三次元点群合成技術に関する精度を検証するため，調査・検討を行った．

（凡例：　△ 基準点　　○ 標定点　　☆ TLS　　▢ 測定範囲)

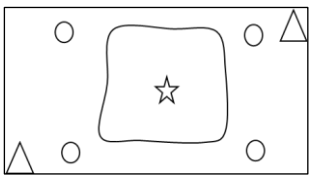


図-1　相似変換による方法
（コンペンセータ不要）

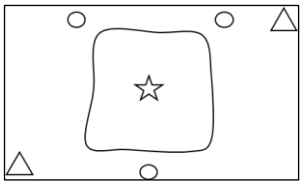


図-2　後方交会による方法
（コンペンセータ必要）

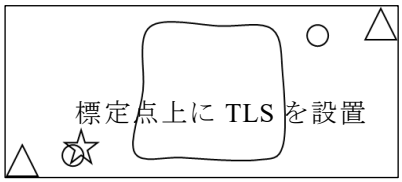


図-3　器械点と後視点による方法
（コンペンセータ必要）

2.1 検証の概要

現地での三次元点群合成を可能とする方法として，以下の 3 つの方法により検証を実施した．

・ターゲット合成法：地上レーザ観測の重複する範囲に合成標識（ターゲット）を設置して観測を行い，ターゲットの位置に基づいて自動合成機能を用いて合成する方法（図-4).

・オーバーラップ合成法：複数の三次元観測データに含まれる地形・地物等の共通する特徴（以下「オブジェクト」という.）を，計算により抽出して自動合成機能を用いて合成する方法（図-5).

・「ターゲット合成法」と「オーバーラップ合成法」を併用した方法.

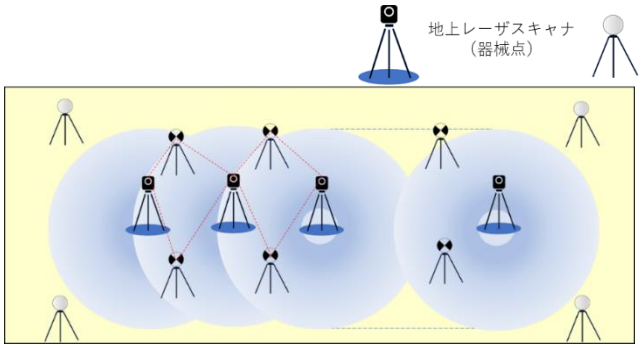


図-4　ターゲット合成法

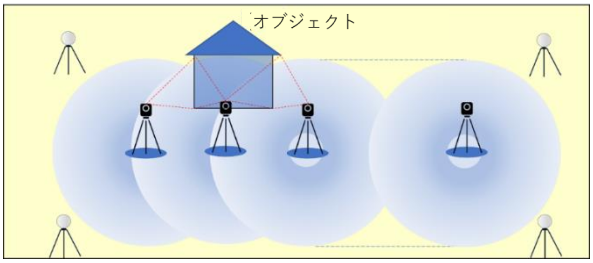


図-5　オーバーラップ合成法

2.2 検証場所，使用機器及び検証方法

検証観測は国土地理院構内に標定点 21 点，検証点 3 点を設置するとともに，芝生の影響を受けない舗装路上と裸地部分において地盤高の計測を実施した.

自動合成機能を有する機器についてカタログでの調査を行った結果，6 社（9 機種）の機種が確認できた．検証にはメーカーの異なる 2 機種について，作業前に日本測量機器工業会規格「地上型レーザスキャナ性能確認に関するガイドライン（JSIMA115：2017)」に定められた測定方法に従って性能測定を行い使用した.

検証として，ターゲット合成と，オーバーラップ合成について調査・検討を行った．なお，1 機種がショートレンジであるため，オーバーラップの参照となるオブジェクトが豊富でないと正しい合成できず，部分的に制限値を超えたため，オーバーラップ合成については 1 機種のみで行った.

2.3 検証結果

①合成範囲の大きさの違いによる合成点群の精度比較

それぞれ最大「100m」,「150m」,「200m」間隔の標定点で囲まれた地域において，オーバーラップ合成を行った後に平面直角座標に変換し，各観測結果と比較検証を行った（図-6)．いずれの結果も地上レーザ測量への適用に関して，標定点残差，検証点較差が，数値地形図データ作成で必要とする準則第 148 条の精度を満たしていた．なお，地上レーザ点群測量に関しては，準則第 494 条第 4 項で「点群データ取得の観測条件は要求点群密度等に基づき決定する」と規定していることから，個別業務ごとにあらかじめ定めることで対応可能である.

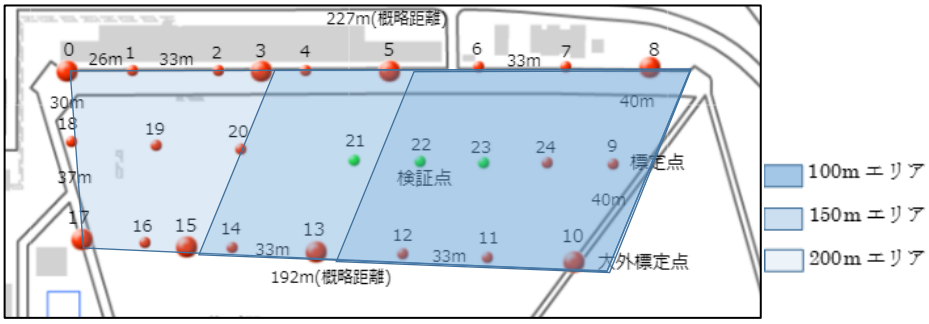


図-6　比較検証エリア

②線状地区での合成点群の精度比較

道路等の線状対象物を観測し，オーバーラップ合成を行った後に平面直角座標に変換し，200m エ

リアの観測結果と比較検証を行った（図-7）．その結果，舗装路の一部分で 5mm 以上 10mm 未満の差分が見られた．線状対象物の場合は形状の強さを考慮し，必要に応じて中間位置等に標定点又は検証点を配置するなど，計画段階での十分な検討が必要と考えられる．

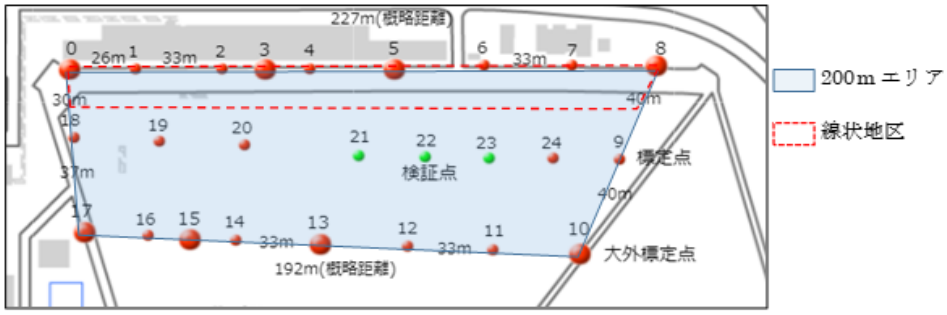


図-7　比較検証エリア

③線状地区におけるオーバーラップ合成点群とターゲット合成点群の精度比較

線状地区と同じ対象物を観測するが器械点 1 点ごとに 4 点のターゲットを設置して観測を行い，ターゲット合成を行った後に平面直角座標に変換し，線状地区のオーバーラップ合成結果と比較検証を行った（図-8）．その結果，樹木の影響が見られる以外の部分では，比較結果はよく一致しており特段の差異は見られなかった．

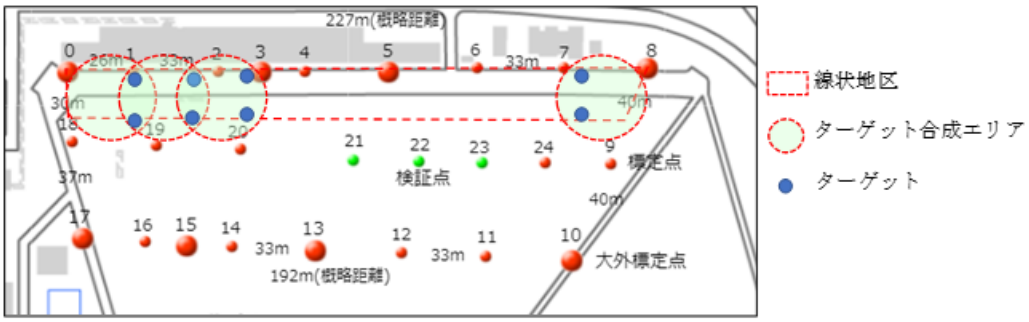


図-8　比較検証エリア

④準則の規定に則った相似変換法による点群とオーバーラップ合成点群の精度比較

準則の規定に則った相似変換法による点群とオーバーラップ合成点群との観測精度の比較（図-9）では，グラウンド部分に 5mm 以上 10mm 未満の差分が点在するが，これらは芝生の影響によるものと考えられる．一方，裸地ではこのような差分は認められず，よく一致している．合成範囲全体として歪みや捻じれは認められなかった．

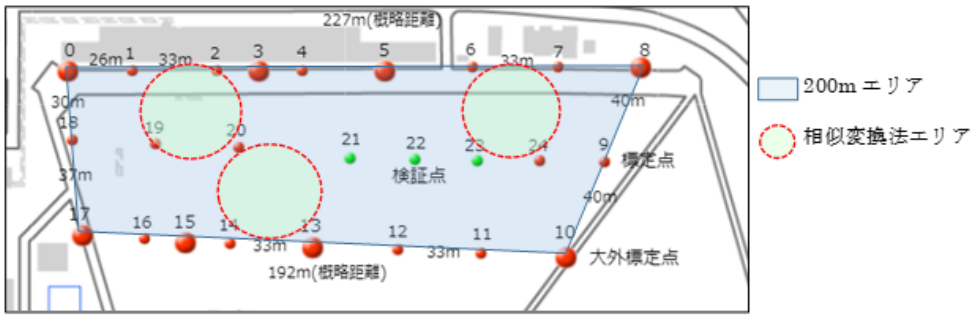


図-9　比較検証エリア

⑤水準測量結果との比較

芝生等の影響を受けない舗装路等において地盤高の計測を実施し，200m エリアのオーバーラッ

プ合成結果（A 社）及びターゲット合成結果（B 社）と比較した（図-10）．その結果，舗装路上の地盤高の較差はオーバーラップ合成結果との比較では最大 6mm，ターゲット合成結果との比較では最大 12mm であった．

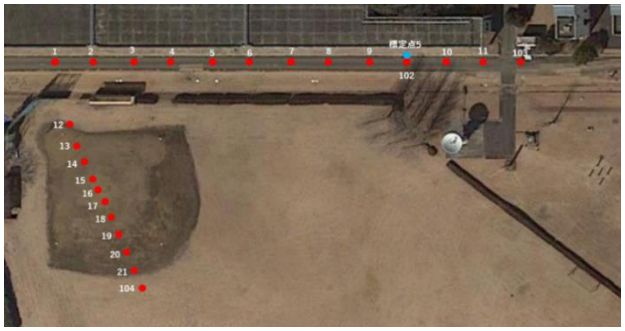


図-10　比較検証エリア

3. トータルステーションにおける自動視準及び自動追尾機能に関する調査検討

トータルステーションに搭載された自動視準・自動追尾機能（以下「自動視準機能等」という.）の使用状況等の調査及び自動視準機能等による観測が準則で規定する精度を得られるか検証を行った（写真-1）.

自動視準とは，反射光及び画像情報を利用してプリズム（写真-2）を自動で捕捉する機能をいい，自動追尾とは，捕捉したプリズムが動いても追尾する機能をいう．自動視準と自動追尾は同じ機構を使用しており，プリズムからの反射光が最も大きい位置を視準点と認識する．

写真-1　検証風景

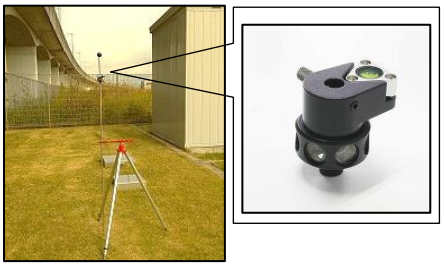


写真-2　プリズム（360 度プリズム）

3.1 検証の概要

検証は，距離を変えた基線長において観測値のばらつき度合や目視視準との比較，太陽光の入射や近接反射物及び中間障害物による影響を調査した．また，準則の規定に則った作業での検証観測を行った．

3.2 使用機器等

使用機器は，メーカーの異なる 3 機種で実施した．機器は検証作業前にコリメーション調整や気泡管の調整を行い実施した．自動視準機能等の使用状況等の調査は，日本測量協会のトータルステーション検定実施状況の分析及び測量作業機関へのアンケートや測量機器メーカーへ聞き取りを実施した．

3.3 検証結果

①トータルステーションにおける自動視準機能等の利用傾向の分析

日本測量協会が実施したトータルステーションの機器検定状況から自動視準機能等を搭載したトータルステーション所有率は 7 割に達していると推測される．作業機関へアンケートを実施し観測

作業での利用傾向の分析を行ったところ，既に多くの作業で観測補助として使用していることが確認できた．

②自動視準機能等による観測と目視視準による観測の比較検証

・観測値のばらつきの検証結果では，特筆すべき差異は見られなかった．

・各種障害を考慮した観測精度の確認では，反射物がプリズム付近にあるとばらつきが大きいことが確認された（写真-3，写真-4）．

・高度角が大きい場合も高度角に比例し，基準座標との較差が大きくなることが確認された（写真-5）．

・中間障害物を考慮した観測の検証では，10mm の網目を障害物として観測の記録ボタンを押すと自動視準エラーとなる現象が複数回発生した（写真-6）．

・準則にのっとった基準点測量や応用測量を想定した検証観測では，自動視準機能等による観測結果は，全て許容範囲内の観測精度であることを確認した．

写真-3　安全ベスト

写真-4　反射板

写真-5　高度角が大きい観測

写真-6　中間障害物（網目）

4. 準則の課題抽出及び準則条文素案の作成

4.1 課題の調査方法

準則改正の検討に資するため，準則の課題について，計画機関等及び作業機関を抽出してアンケート調査を実施し，課題の取りまとめを行った（合計選定数 299 者，合計回答者数 170 者）．アンケート調査の分析の過程において，重要と考えられるものは追加調査票のメール送付，電話等による確認を行った．

4.2 調査結果

国土地理院及び日本測量協会からの意見・課題も集約し，抽出された課題は 508 件であった．準則に関する課題・意見のうち，類似する課題が複数出された以下を中心として検討した．

① 全般（新技術の導入）

② 総則（点検測量，測量機器の検定（検定期間の延長））

③ 基準点測量の既知点－新点間，新点間距離

④ UAV 写真測量における標定点測量・空中写真測量

⑤ 河川測量（深浅測量）のためのマルチビーム測深のマニュアル化・準則化

⑥ 積算基準・歩掛（作業マニュアル案）

4.3 アンケート調査結果を基に，準則条文素案の作成

アンケート調査結果を基に，準則の改正条文素案（新旧対照表）を作成した．

主要な点は以下のとおりである．

①文法上の整合

「A と B」と記述されているところは「A 及び B」に修正.

②作業方法等の記述の明確化

条文が長いなど，内容の把握がしにくい場合，号に分割して箇条書きに修正.

③第 3 編第 6 章「空中写真測量」フィルムによる空中写真撮影

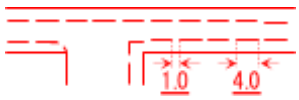
航空カメラ用フィルムが国内で販売されていない状況であることを確認しフィルム撮影に関係する条文を削除.

④第 9 章「写真地図作成」，空中写真用スキャナにより数値化した空中写真の使用の削除

⑤「付録 5　永久標識の規格及び埋設方法」に基準点（金属標）地下埋設の追加

⑥「付録 7　公共測量標準図式」の側溝に「管渠型」を追加（表-1）

表-1　標準図式案

側溝　管渠型	道路		道路縁に設けられた管渠型側溝等をいう.

5. 結論

今年度の調査検討では，以下について検討を行った.

5.1 地上レーザ測量における三次元点群合成技術

今回の検証では，予算上の制約もあり，自動合成機能を有する 9 機種のうち，メーカーの異なる 2 機種での検証を実施したが，2.2 で記述したとおり，オーバーラップ合成の検証は 1 機種のみで評価している．十分な検証が行えなかったことを踏まえ，準則への反映は見送り，今回の調査検討結果に基づき，本業務で招集した調査検討委員の意見を参考にして「地上レーザ測量における三次元点群合成に関する作業手順書」を作成した.

5.2 トータルステーションにおける自動追尾機能に関する調査検討

検証の結果，自動追尾機能と目視による観測で同精度の結果が得られることが確認できたが，プリズム以外の反射物を誤検知する可能性があることや，高度角のある観測では誤差が大きくなることが確認された. 準則は「公共測量における標準的な作業方法を定め規格を統一する」という主旨からも，準則本文には自動追尾機能に関する記載は行わないこととした．本業務で招集した調査検討委員の意見を参考にし「使用上の留意事項」を作成し，国土地理院ホームページに掲載した．いくつかの留意事項を踏まえたうえで使用することで効率的に自動追尾機能が使用できることを周知した.

5.3 準則の課題抽出及び準則改正のための条文素案の作成

アンケートで抽出された課題について検討の結果，文法上の整合を図り，作業方法等で 1 条の条分が長い記述は，号に分割して箇条書きに修正した．フィルム撮影に関するものは，航空カメラ用フィルムが国内で販売されていない状況であることを確認し，削除することを原則として新旧対照表にまとめた．なお，UAV 写真測量における標定点測量数削減及びマルチビーム測深のマニュアル化については，更なる検討が必要なため今後の検討課題とした．積算基準・歩掛については，本省の業務積算・歩掛担当部局と連携して，歩掛見直し等を検討する．今回作成した条文素案について，必要に応じて利用者が使いやすいものとなるよう更なる検討を行い，次回の準則改正に反映させていく.