

ステレオ写真測量（地上移動体）を用いた
土工の出来高算出要領（案）

令和2年3月

国土交通省

はじめに

情報化施工は、調査、設計、施工、維持管理という建設生産プロセスのうち「施工」に注目し、各プロセスから得られる電子情報を活用し、高効率・高精度な施工を実現するものであり、さらに、施工で得られる電子情報は、他のプロセスでも活用することによって、建設生産プロセス全体における生産性の向上や品質の確保を図ることを目的としたシステムである。

近年は国土交通省で打ち出された「i-Construction」のトップランナー施策として「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」が示され、レーザーで距離の測定を行えるトータルステーション以外にも、面的な広範囲の計測が容易なレーザースキャナー技術や無人航空機を用いた空中写真測量についても利用が急速に進んでいる。これらの技術は広域な範囲を効率良く計測可能な一方で、計測準備作業に多くの手間を費やすことや、高価な機材が必要となる。

また、ICT 建設機械の施工履歴データから出来高数量算出を行う場合は、計測作業そのものを省略でき、その効果は大きいですが、ICT 建設機械で施工することが前提となり、活用場面は限定される。

このような状況の下、新たに自己位置・姿勢情報をリアルタイムに把握可能な移動体による 3 次元点群計測技術が施工現場で活用され始めている。ICT のさらなる活用拡大による生産性向上のため、これら技術の現場で利用可能な新しい技術の基準改訂が求められている。

地上移動体によるステレオ写真測量は、地上移動体に固定したデジタルカメラによりステレオ写真を撮影し、撮影したステレオ写真から生成した 3 次元点群データと、ステレオ写真撮影時に取得した自己位置・姿勢情報を用いて現場座標系の点群データを取得する技術である。この技術では計測時に標定点を設置する必要がなく、計算時間も短いため、1 回の計測範囲は狭小であるが、作業工程に応じた部分的な計測も可能であり、測量作業の効率化が期待できる。

そこで、ステレオ写真測量 (地上移動体) の精度検証を行ったうえで、出来高部分払いの数量算出に利用できるようにすることで、既済部分検査での出来高計測を簡略化することを可能とするための一連の手順を「ステレオ写真測量 (地上移動体) を用いた土工の出来高算出要領 (案)」としてとりまとめたものである。

今後、現場のニーズや本技術の活用目的に対し、更なる機能の開発等技術的発展が実現されることが期待され、その場合、本管理要領も適宜内容を改善していくこととしている。

目 次

第1章 総則	1
1-1 目的	1
1-2 適用の範囲	2
1-3 用語の説明	3
1-4 施工計画書	6
第2章 事前準備	7
2-1 機器構成	7
2-2 工事基準点	9
2-3 RTK-GNSSまたはTSの適用確認	10
第3章 ステレオ写真測量（地上移動体）による土工の出来高算出方法	11
3-1 適用条件の確認	11
3-2 キャリブレーション及びPCの設定	12
3-3 GNSS基準局の設置	13
3-4 TSの設置	14
3-5 ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度確認	15
3-6 地上移動体によるステレオ写真撮影	17
3-7 3次元点群データの生成	18
3-8 点群データの処理	19
3-9 出来高の算出	21
3-10 出来高図の作成	22

添付資料

（様式1）ステレオ写真測量（地上移動体）の精度確認試験結果報告書

（様式2）「ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度確認」 記録シート

第1章 総則

1-1 目的

本要領は、出来高部分払方式における出来高算出方法の簡素化を目的に、ステレオ写真測量（地上移動体）による簡便な土工の出来高算出方法を取りまとめたものである。

【解説】

これまで土工の出来高算出は、管理断面毎に出来形部分の幅、法長、高さ、距離等を現地で計測し、土木工事数量算出要領（案）に基づき、平均断面法により算出してきた。

近年、無人航空機（UAV）やレーザースキャナーを用いた地形等の計測が急速に普及し、点群データ処理ソフトや3D-CADを用いれば、点群データから面データを作成することが容易になってきている。

ステレオ写真測量（地上移動体）では、被計測対象の地形のステレオ写真を撮影し、写真測量ソフトウェアにより数値化を行い、生成された3次元点群データから出来形部分に対応した点群を抽出して面データ化し、起工面と比較を行えば、現地を計測することなく容易に土工の出来高数量を求めることができる。

しかし、ステレオ写真測量（地上移動体）は計測対象点を指定した計測が出来ないことや1回の計測範囲が狭いことから、抜けのない写真撮影が必要である。また、写真撮影後、ソフトウェア上で大量のデータ処理を要することから、従来の巻尺・レベルまたはレーザースキャナー、無人航空機（UAV）を用いた方法とは異なる手法を明確に示す必要がある。

本要領では、上記の地上移動体によるステレオ写真測量と各種ソフトウェアを利用した土工の出来高算出方法を示すとともに、点群データ処理ソフトウェアの計算結果をそのまま数量として採用することを規定し、出来高部分払方式における出来高算出方法の簡素化を行うものである。

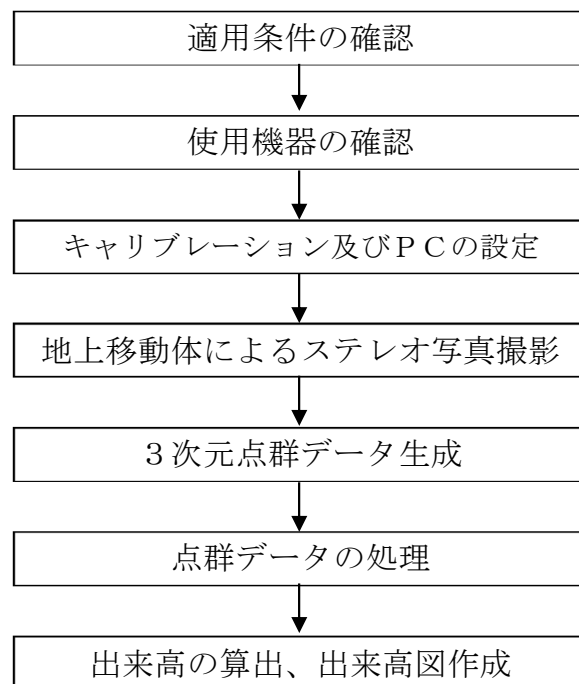


図 1-1 ステレオ写真測量（地上移動体）による土工の出来高算出フロー

1-2 適用の範囲

本要領は、出来高部分払における土工の出来高数量を算出する場合に適用する。

【解説】

本要領の対象は、下図の実線部分である。

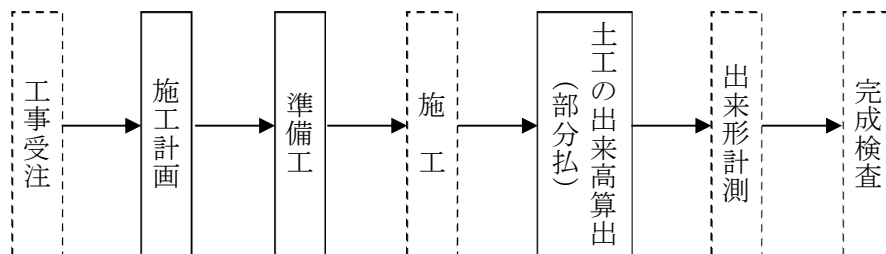


図 1-2 本要領の対象となる業務範囲

1-3 用語の説明

本要領で使用する用語を以下に説明する。

【ステレオ写真測量】

ステレオ写真測量は、同一箇所を異なる位置から撮影した複数の写真（これをステレオ写真という）を用いて、写真測量の原理に基づき3次元座標値の取得が可能な作業である。

【地上移動体】

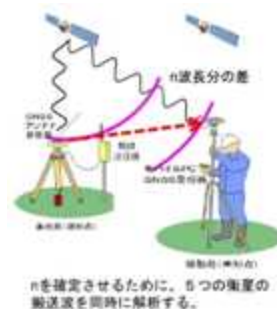
地上移動体は、GNSS（衛星測位装置）やTS（トータルステーション）を利用し自己位置情報を取得、また、搭載したIMU（慣性測量装置）や傾斜センサにて姿勢情報を取得し、地上を移動することができるものである。

【GNSS（Global Navigation Satellite System／汎地球測位航法衛星システム）】

人工衛星からの信号を用いて位置を決定する衛星測位システムの総称。米国が運営するGPS以外にも、ロシアのGLONASS、ヨーロッパ連合のGalileo、日本の準天頂衛星（みちびき）が運用されている。

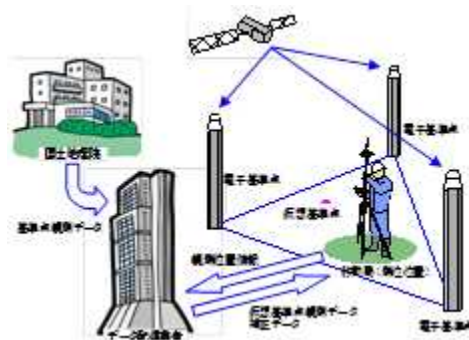
【RTK-GNSS（リアルタイムキネマティック）】

RTKとは、リアルタイムキネマティックの略で、衛星測位から発信される搬送波を用いた計測手法である。既知点と移動局にGNSSのアンテナを設置し、既知点から移動局への基線ベクトル解析により、リアルタイムに移動局の座標を計算することができる。



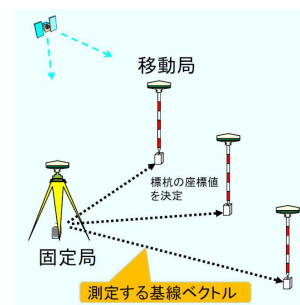
【ネットワーク型RTK-GNSS】

RTK-GNSSで利用する基地局を仮想点として擬似的に作成することで、基地局の設置を削減した計測方法のこと。全国に設置された電子基準点のデータを元に、移動局の近隣に仮想的に基地局を作成し、基地局で受信するデータを模擬的に作成する。これを移動局に配信することでRTK-GNSSを実施可能となる。このため、既知点の設置とアンテナは不要だが、仮想基準点の模擬的な受信データ作成とデータ配信、通信料に関する契約が別途必要となる。



【キネマティック法】

キネマティック法とは、図のようにGNSS受信機を固定点に据付け（固定局）、他の1台を用いて他の観測点を移動（移動局）しながら、固定点と観測点の相対位置（基線ベクトル）を求める方法である。



【TS】

トータルステーション (Total Station) の略。1 台の機械で角度 (鉛直角・水平角) と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のことである。計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に行うことができ、計測データの記録及び外部機器への出力ができる。標定点の座標取得、及び実地検査に利用される。

【IMU】

IMU (慣性計測装置) とは、Inertial Measurement Unit の略。三軸の傾きと加速度を計測することにより、計測器の相対的な位置と姿勢を計測するものである。

【TINデータ】

TIN (不等三角網) とは、Triangular Irregular Network の略。TINは、地形や出来形形状などの表面形状を 3次元座標の変化点標高データで補間する最も一般的なデジタルデータ構造である。TINは、多くの点を 3次元上の直線で繋いで三角形を構築するものである。TINは、構造物を形成する表面形状の 3次元座標の変化点で構成される。

【計測点群データ (ポイントファイル)】

ステレオ写真測量 (地上移動体) で計測した地形や地物を示す 3次元座標値の点群データ。CSV や Landxml など出力される点群処理ソフトウェアなどでのデータ処理前のポイントのデータである。

【写真測量ソフトウェア】

撮影したステレオ写真から写真測量の原理に基づき 3次元図化を行い、地形や地物の座標値を算出するソフトウェアである。

【点群処理ソフトウェア】

ステレオ写真測量 (地上移動体) で計測した計測点群データから樹木や草木、建設機械や仮設備等の不要な点を除外するソフトウェアである。また、整理した 3次元座標の点群を、さらに出来高数量算出基準を満たす点密度に調整したポイントデータ、及び当該点群に TINを配置し、3次元の出来形計測結果を出力するソフトウェアである。

【出来高算出ソフトウェア】

起工測量結果と、3次元設計データ作成ソフトウェアで作成した 3次元設計データ、あるいは点群処理ソフトウェアで算出した出来形結果を用いて出来高を算出するソフトウェアである。

【工事基準点】

監督職員より指示された基準点を基に、受注者が施工及び施工管理のために現場及びその周辺に設置する基準点をいう。

【出来形部分】

施工の完了した部分をいう。

【出来高】

出来形部分に相応する請負代金相当額をいう。

【出来高数量】

出来形部分の数量をいう。

1-4 施工計画書

ステレオ写真測量（地上移動体）を数量算出に活用する場合、機器構成とステレオ写真測量の計測精度確認計画を施工計画書に記載する。上記以外の項目については、現行の掘削または盛土工の施工計画書と同様の内容を記載する。

【解説】

本要領によりステレオ写真測量（地上移動体）を数量算出に活用する場合、下記の項目について、通常の施工計画書の内容を本要領に即した内容で作成する。

(1) 機器構成

「2-1 機器構成」に示す、地上移動体本体、PC、デジタルカメラ、ソフトウェアである旨記載する。

(2) ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度確認計画

ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度確認計画について示す（計画の詳細は、後述「3-5 ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度確認」を参照）。

第2章 事前準備

2-1 機器構成

本要領で用いる機器・システムは、下記のとおりである。

1) 地上移動体本体

地上移動体本体は次のデータを取得・記録するセンサ、機器等で構成することを標準とする。

- ・地上移動体本体の3次元位置（X、Y、Z）
- ・地上移動体本体の向き（方位）
- ・地上移動体本体の傾斜（ピッチング、ローリング）

2) P C

3) デジタルカメラ

4) 写真測量ソフトウェア

5) 点群処理ソフトウェア

6) 出来高算出ソフトウェア

【解説】

ステレオ写真測量（地上移動体）を用いた出来高管理で利用する機器の標準的な構成を示す。

1) 地上移動体本体

本要領の対象となる地上移動体本体は、T SやG N S Sにより自己位置を、また、傾斜センサやI M U等を搭載し姿勢情報を取得する。なお、G N S Sによる衛星測位にはR T K-G N S S、またはネットワーク型R T K-G N S Sを用いる。

2) P C

地上移動体を構成する一部として、ステレオ写真撮影と同期し、自己位置・姿勢情報を記録及び出力できるもの。

3) デジタルカメラ

デジタルカメラは、レンズや撮像素子を含むステレオ写真を撮影するための装置である。

ステレオ写真撮影に用いるデジタルカメラは、同一画素のものを撮影範囲がラップするよう2台平行に取り付けることを標準とする。

4) 写真測量ソフトウェア

撮影したステレオ写真から写真測量の原理に基づき3次元図化を行い、地形や地物の座標値を算出するソフトウェアである。なお、ソフトウェアを動作するためのパソコンは、性能によっては、データ処理に膨大な時間を要する場合もあるため、ソフトウェアの推奨動作環境（CPU、GPU、メモリなど）に留意すること。

5) 点群処理ソフトウェア

算出した地形の3次元座標をデジタルカメラ基準の座標系から現場座標系へ変換する機能を持つ。また、取得した点群データから樹木や草木、建設機械や仮設備等の不要な点を除外す

るソフトウェアである。さらに、整理した3次元座標の点群を出来高数量算出基準を満たす点密度に調整したポイントデータ、及び当該点群にTIN（不等三角網）を配置し、3次元の出来高計測結果を出力するソフトウェアである。なお、ソフトウェアを動作するためのパソコンは、性能によっては、データ処理に膨大な時間を要する場合もあるため、ソフトウェアの推奨動作環境（CPU、GPU、メモリなど）に留意すること。

6) 出来高算出ソフトウェア

別途計測した起工測量結果と、4) で算出した出来高計測結果を用いて出来高を算出するソフトウェアである。

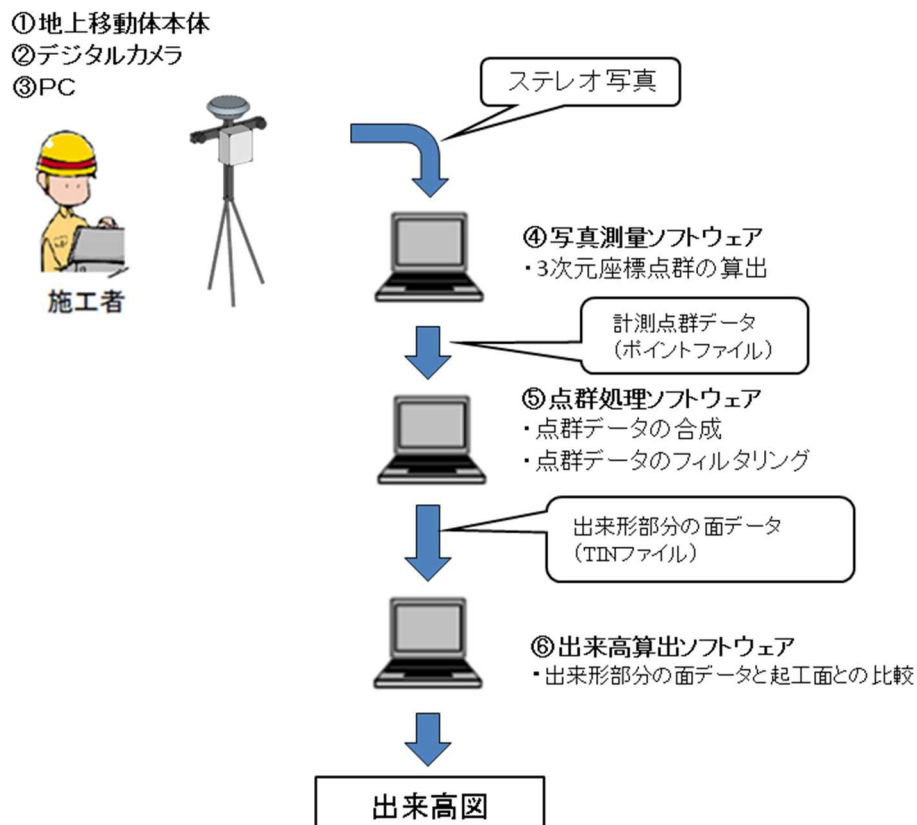


図 2-1 ステレオ写真測量（地上移動体）による出来高管理機器の構成例

2-2 工事基準点

受注者は、施工範囲の外周には、4点以上の工事基準点を設置することが望ましい。基準点は、「作業規程」に準拠し、監督職員から指示された4級基準と3級水準（山間部では4級水準を用いてもよい）を有する点、もしくはこれと同程度以上のものとする。

施工及び施工管理・出来形管理で利用する工事基準点の設置にあたっては、「作業規程」に準拠するとともに、RTK-GNSS基準局、またはTSの設置方法と、「出来形管理要領（土工編）」で規定される出来形計測方法に留意して配置する。

【解説】

地上移動体の位置情報取得で用いるRTK-GNSSは、固定局を利用して補正情報を取得する場合には、基準局を設置するための工事基準点（3次元座標が既知）を必要とする。また、ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度確保を目的とした確認試験を、導入前、計測期間中に実施するためには、上記のエリアを含む施工ヤード内に、4点以上の工事基準点を設置することが望ましい。工事基準点数が不足する場合は、新たな工事基準点を設置する必要がある。なお、固定局を利用する場合は、この工事基準点の少なくともひとつにGNSS基準局を設置するため（3-3 「GNSS基準局の設置」に示すローカライゼーションを行った場合を除く）、選定した基準局候補基準点と対象敷均し及び掘削範囲間の距離と見通しを確認する必要がある。これを踏まえてRTK-GNSS補正情報の無線通信手段を決定する必要がある。また、地上移動体の位置情報取得で用いるTSはRTK-GNSSに比べ、計測距離が短いため、計測可能距離と計測範囲に応じて複数の工事基準点を設置することが望ましい。

ステレオ写真測量の計測精度確認に出来形の計測精度を確保するためには、現場内に4級基準点または、3級水準点と同等以上として設置した工事基準点の精度管理が重要である。

工事基準点の精度は、「作業規程」の路線測量を参考にし、これに準じた。

2-3 RTK-GNSSまたはTSの適用確認

地上移動体によるステレオ写真計測前に、対象となる計測範囲において、RTK-GNSSまたはTSが適用できることを確認する。

【解説】

ステレオ写真測量に用いる地上移動体の位置情報取得には、RTK-GNSSまたはTSが構成機器の一部である。そのため、システムの適用にあたっては、RTK-GNSSまたは、TSの利用可能な現場条件であることを確認しなければならない。

RTK-GNSSは、位置精度の保証を目的に、この解が一定に収束する場合のみ(FIX解)、3次元位置データを出力する仕組みであるため、この解が一定に収束しない場合(FLOAT解)には、3次元位置データは提供されず、その結果として、地上移動体からの位置情報が提供されない。

従って、ステレオ写真測量(地上移動体)による計測範囲及び基準局設置位置等について、RTK-GNSSが適用可能なことを事前に確認する必要がある。

一方TSは、樹木、構造物、車両などの障害物により、TSからのプリズムまでの視野を確保できない場合、あるいはTSの無線到達範囲から地上移動体が離れる頻度が多い場合、地上移動体からの位置情報が提供されない。

事前にRTK-GNSS、TSが適用困難と判断した範囲は、従来手法の掘削または敷均し工の作業を行うこととし、出来高部分払い数量についても、他の手法で算出することとする。また、RTK-GNSSの適用時間に制限がある場合は、これを考慮して掘削または敷均し工の工程を計画する必要がある。

第3章 ステレオ写真測量（地上移動体）による土工の出来高算出方法

3-1 適用条件の確認

本要領は、道路土工のうち掘削工、路体盛土工、路床盛土工、また、河川・海岸・砂防土工のうち掘削工、盛土工におけるステレオ写真測量（地上移動体）による出来高数量算出に適用する。

【解説】

1) 適用工種

本要領を適用して出来高を算出できる工種は土工とする。

表 3-1 適用工種

出来高を算出できる工種			
共通編	土工	河川土工	掘削工
		海岸土工	盛土工
		砂防土工	
		道路土工	掘削工
			路体盛土工
			路床盛土工

3-2 キャリブレーション及びPCの設定

受注者は、ステレオ写真及び地上移動体本体の位置・姿勢データを正確に記録できるよう、計測前に地上移動体に設置したシステムのキャリブレーションとPCの設定を行う。

【解説】

キャリブレーション方法やPCの設定方法の詳細は、機器構成やメーカーによって異なるため、システムの製造メーカーに確認し、推奨する方法により実施する。

3-3 GNSS基準局の設置

受注者は、固定局を利用してRTK-GNSSを用いたステレオ写真測量（地上移動体）により計測を行う場合、着手前までにGNSS基準局を「2-2 工事基準点」で規定する基準点に設置する。

【解説】

(1) GNSS基準局の設置

地上移動体本体を構成する機器にGNSSを含む場合には、計測前までにGNSS基準局を設置する必要がある。ステレオ写真測量（地上移動体）により取得される3次元座標には、GNSSが潜在的に有する計測誤差以外に、GNSS基準局の設置した位置の3次元座標の誤差が含まれるため、「2-2 工事基準点」で規定する基準点に必ず設置すること。

また、GNSS基準局を設置する基準点の選定にあたっては、GNSS補正情報を通信する無線装置の性能（通信距離、指向性）を勘案する必要がある。なお、ネットワーク型RTK-GNSSの利用は制限しない。

(2) ローカライゼーション（座標変換）

構築物の施工精度を確実に確保するには、設計照査の段階で、GNSS基準局を設置する可能性がある各基準点の3次元座標と、RTK-GNSSを用いて計測される3次元位置座標との残差、あるいは各基準点に対しGNSS座標系上で算定された3次元位置座標との残差を確認するとともに、基準点の位置座標を包括する面との残差（回転、移動、大きさ、水平ゆがみ、垂直ゆがみ）を確認することを推奨する。

この残差が比較的大きいと判断する場合は、基準点の確認を行う必要があると判断され、この残差が比較的小さい場合は、残差の影響を最小限に留める対応として、GNSS座標系と現場座標系に変換すること（ローカライゼーションと呼ぶ）を行なってもよい。

なお、残差の大きさを判断する「しきい値」は、標準的には10mm～30mm程度と考えられるが、GNSSでの豊富な測量経験を有する測量技術者との協議の上で設定し、ローカライゼーションを行うものとする。

3-4 TSの設置

受注者は、TSを用いたステレオ写真測量（地上移動体）により計測を行う場合、計測前までに、TSを「2-2 工事基準点」で規定する基準点に設置する。

【解説】

地上移動体本体を構成する機器にTSを含む場合には、計測前までにTSを設置する必要がある。

ステレオ写真測量（地上移動体）により取得される3次元座標には、TSが潜在的に有する計測誤差以外に、TSの設置位置の3次元座標の誤差が含まれるため、「2-2 工事基準点」で規定する工事基準点に設置することが望ましい。

なお、工事基準点上にTSを設置できない場合は、後方交会法により任意の未知点にTSを設置してもよい。

作業方法と作業上の留意点を以下に示す。

- ・ TSが水平に設置されていること。
- ・ 計測中に器械が動かないように確実に設置すること。
- ・ 器械高及びプリズム高の入力ミスなどの単純な誤りが多いので、注意すること。

3-5 ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度確認

受注者は、ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度確認のため、計測機器の導入時及び計測前に計測精度確認試験を実施する。

【解説】

(1) ステレオ写真測量（地上移動体）の計測精度

ステレオ写真測量（地上移動体）の座標計測精度は、水平・標高較差±200mm 以内とすること。

(2) 計測機器の精度確認

①計測機器導入時

現状では、公的な精度管理の仕組みが存在しないことから、計測システムの管理が適正に行われていることを確認するため、現地での精度管理を実施する。

a. 既知点を用いた精度確認：受注者は、実際に使用する機器の計測最大距離以上の範囲に既知点を1箇所配置し、既知点をステレオ写真測量により計測する。計測結果から求められた座標とT Sによる計測結果の差（x y 合成、z）が±200mm 以内であることを確認する。受注者は、ステレオ写真測量を用いた計測の実施前に上記の精度確認試験を実施し、その結果について、別添様式-1 を用いて提出する。

b. 事前確認の実施：a. の現場での計測精度の確認以外に、上記と同様の手法で事前確認を実施してもよい。この場合は、計測の実施前の6ヶ月以内に実施した確認結果を別添様式-1にて提出すること。

精度確認の標準的な確認方法を図3-1に示す。

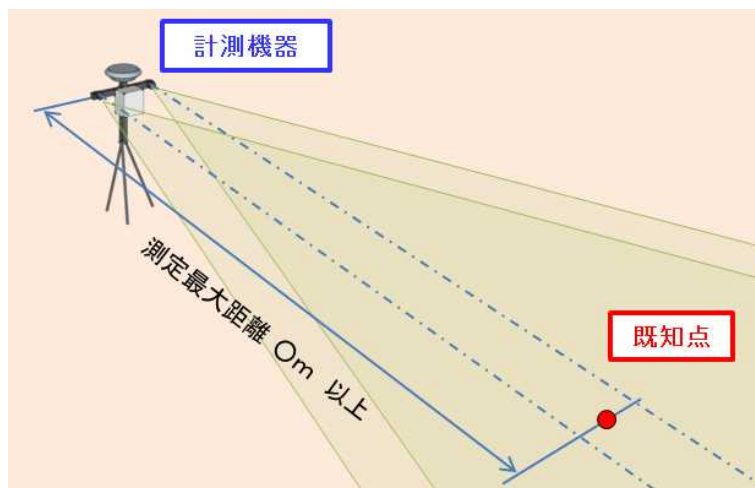


図 3-1 計測精度の確認方法

②計測前

下記条件に該当する場合には、計測機器導入時に加え、計測作業期間中は、1日ごと計測前に、現地で①同様の精度確認を実施し、確認結果を別添様式-2にて提出すること。

条件 1) R T K - G N S S を用いた地上移動体により計測を行う場合

条件 2) 構成機器が着脱式、または堅牢性の確保が十分でなく（カメラ、センサが外部露

出している等)、計測期間中に各機器の位置関係が変化する場合

条件1のみ該当の場合、RTK-GNSSの位置情報の精度確認が目的のため、地上移動体本体の一部を既知点に当て、精度確認を実施してもよい。その場合の計測要求精度は、水平・標高較差±50mm以内とし、別添様式-2に確認箇所、要求精度を追記し、確認結果を提出すること。

3-6 地上移動体によるステレオ写真撮影

受注者は、地上移動体に固定したデジタルカメラにより、計測対象範囲のステレオ写真を撮影する。

また、撮影と同時に自己位置・姿勢情報（位置、向き、傾き）を取得し、記録する。

【解説】

ステレオ写真測量（地上移動体）による計測では、計測対象物との位置関係や撮影した写真の品質、自己位置・姿勢情報の取得精度より計測精度に違いが生じる。このため、精度の高い計測結果を得るためには精度低下の要因となる計測条件を可能な限り排除する計測計画が重要となる。

ステレオ写真撮影（地上移動体）に関する留意事項を以下に示す。

①計測時の留意点

ステレオ写真測量（地上移動体）による計測では、地上からの写真撮影を行うため、1回で計測可能な範囲は狭小であり、複数回の計測結果を合成し広域な施工範囲の3次元点群を取得することとなる。そのため、予め計測精度が確保される計測距離、範囲を把握し、適当な位置から抜けのない計測が必要である。

- ・精度確認を実施した最大計測距離以内に計測対象範囲が入るよう、移動して撮影を行う。
- ・計測範囲を事前にシステム製造メーカー等へ確認し、計測対象範囲の点群抜けがないよう注意する。

（複数回の計測範囲を重複させることで、点群抜けを防ぐことができる）

- ・計測対象面とデジタルカメラの向きができるだけ正対した位置関係であること。
- ・写真撮影時は安定した姿勢を保ち、精度の良い移動体の自己位置情報を取得する。

②計測状況の留意点

ステレオ写真測量（地上移動体）の計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。また、次のような条件では適正な計測が行えないので十分気をつけること。

- ・雨や霧、雪など写真に計測対象物以外が映り込んでしまう様な気象
- ・強風などで土埃などが大量に舞っている場合
- ・草や木などで地面が覆われている場所
- ・太陽に向かっての撮影により逆光となる場合
- ・太陽の光を受け、地上移動体本体また周辺構造物の影が写真に映り込む場合

3-7 3次元点群データの生成

受注者は、写真測量ソフトウェアを用いて、撮影したステレオ写真やカメラキャリブレーションデータを用いて、写真測量の原理に基づき、地形、地物等の3次元座標値を算出する。

【解説】

以下に本管理要領に基づくデータ処理の概念とデータ処理に必要な主な機能を示す。また、ステレオ写真測量を実施するためには、事前に使用するデジタルカメラを用いて、撮影画像の歪み量、レンズの中心位置、2台のデジタルカメラの位置関係等などのパラメータを把握するカメラキャリブレーションを実施しておく必要がある。

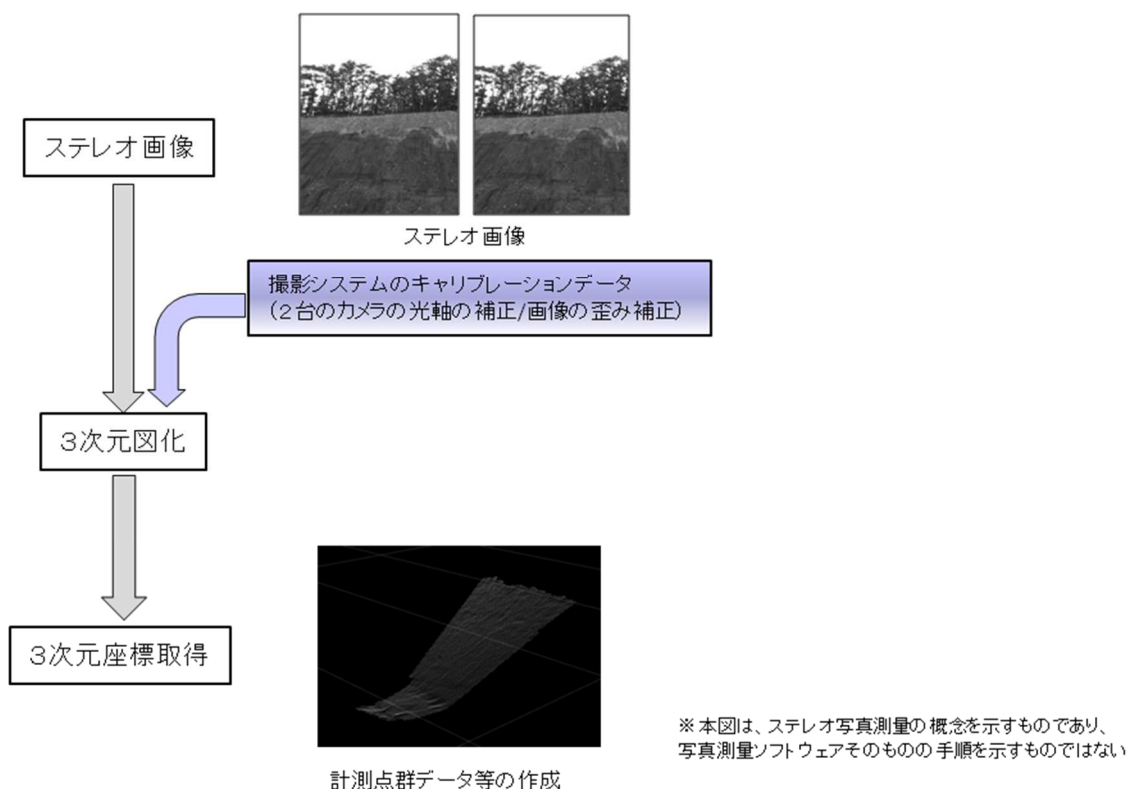


図 3-2 ステレオ写真測量（地上移動体）のデータ処理手順

3-8 点群データの処理

受注者は、点群データ処理ソフトウェアを用いて、複数回のステレオ写真測量で得られた計測点群データを現場座標系へ統合し、出来形部分とは関係のない不要点を除外後、出来形部分の面データを作成する。

【解説】

1) 計測データの座標変換

ステレオ写真測量により生成した3次元座標点群は、地上移動体に取り付けられたデジタルカメラを基準とした座標系が与えられているため、現場座標へ変換する必要がある。地上移動体本体へのデジタルカメラ取付位置・傾きの情報と、ステレオ写真撮影時に記録された地上移動体本体の位置・向き・傾斜データを用いて、現場座標へ変換する。

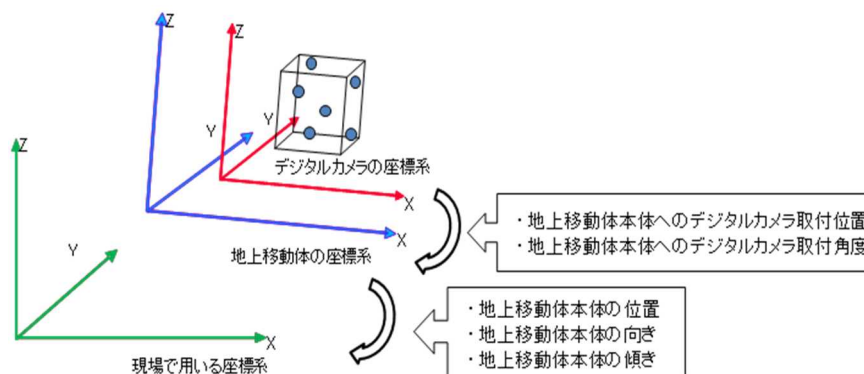


図 3-3 点群データを現場座標系へ変換する方法 (例)

2) 計測点群データの合成

複数回のステレオ写真測量による計測点群データをひとつに取りまとめる際は、単純に現場の3次元座標変換した各計測点座標群を合成する。

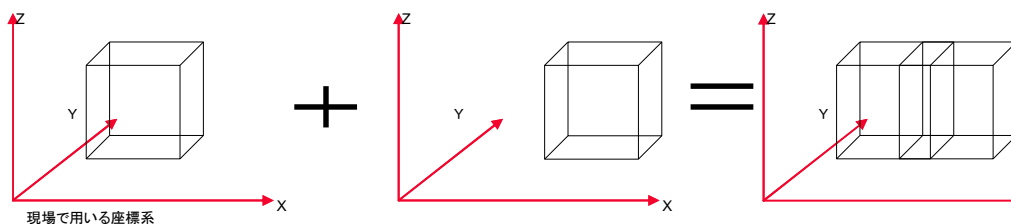


図 3-4 現場座標系に変換された結果を合成する方法

3) 計測データの不要点削除

① 対象範囲外のデータ削除

ステレオ写真測量は取得範囲をランダムに計測するために、被計測対象物以外の構造物のデータを含んでいる。そこで、計測結果から不要な計測データを削除する作業を行う。

削除の方法は、点群処理ソフトウェアを用い、点群作成に使用した写真及び、計測点群データの鳥瞰図を見ながら、対象範囲外のデータかどうかを目視確認し、選択、削除する方法が一般的である。

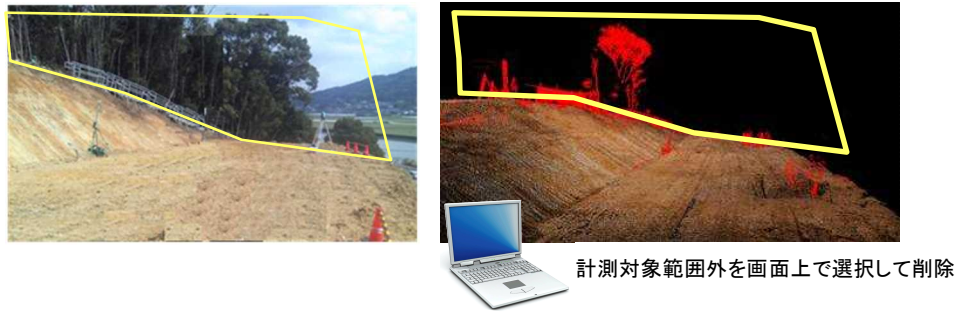


図 3-5 対象範囲外のデータ削除

②点群密度の変更（データの間引き）

ステレオ写真測量の特徴として、写真測量ソフトウェアを用いた3次元データ化の際の特徴点抽出状態により点群密度が変化する場合がある。また、これらの計測結果を組み合わせた結果では計測結果の重複や点群密度のバラツキがある。すべての計測点群データを利用してもよいが、全てのデータを用いることでコンピュータの処理を著しく低下させてしまう場合は、類似の座標データから代表点を抽出して点群密度を減らす作業を行ってもよい。

出来高数量算出に用いるデータについては、 0.25 m^2 あたり1点以上が確保できる程度まで点群密度を減らしてよい。密度の変更方法は、用途によって様々な手法が開発されているが、座標値を変更するような処理をとってはならない。例えば、平面範囲 0.25 m^2 以内で鉛直方向の最下点や中央値を抽出することはよいが、平均処理を行ってはならない。

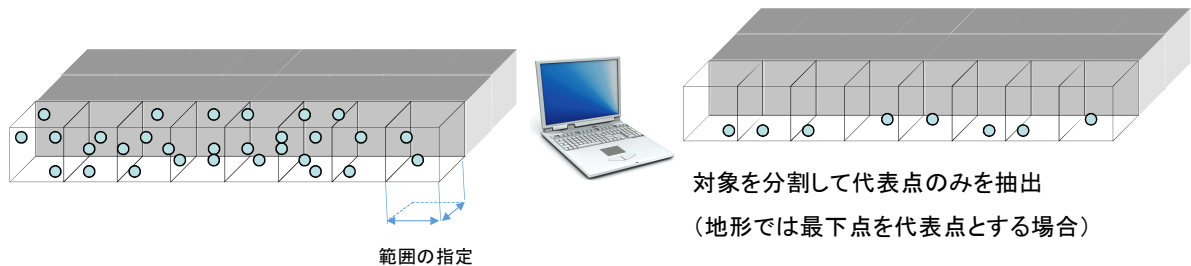


図 3-6 点群データの密度を均一にする方法（例）

4) 面データの作成

前述の処理が完了した点群データを対象に不等三角網（T I N）を配置し、出来形部分の面データを作成する。自動でT I Nを配置した場合に、現場の出来形形状と異なる場合は、T I Nの結合方法を手動で変更しても良い。また、管理断面間隔より狭い範囲において点群座標が存在しない場合は、数量算出において平均断面法と同等の計算結果が得られるようにT I Nで補間してもよいものとする。

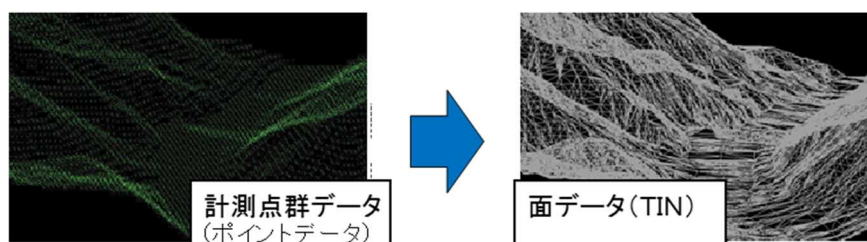


図 3-7 計測点群データをT I Nデータに変換する方法

3-9 出来高の算出

受注者は、出来高算出ソフトウェアを使用し、出来形部分の面データと起工面との比較により、出来高数量を算出する。

【解説】

受注者は、出来高算出ソフトウェアを使用し、出来形部分の面データと起工面との比較により、メッシュ法、三角柱法、プリズモモデル法、平均断面法等により出来高数量（土量）を算出し、以下の計算式により出来高を計算する。メッシュ法で計算する場合は、スクリーニングで設定したグリッド 間隔で算出し、出来高数量算出のために必要となる起工面データは、監督職員の確認を受けて使用すること。

土質の変化や片切掘削・オープン掘削などの区別に数量を算出する必要がある場合には、区別の面データを作成する。なお、これにより難しい場合には、管理断面において横断図を作成して区分を示し、平均断面法を用いて出来高数量を算出してもよい。

$$\text{施工履歴を用いた出来高数量} = \text{施工履歴による算出数量} \times (1 - \text{一定率 (10\%)})$$

$$\text{出来高比率 (\%)} = \text{施工履歴を用いた出来高数量} \div \text{適用細別の全体数量}$$

$$\text{出来高} = \text{適用細別の合計金額} \times \text{出来高比率}$$

3-10 出来高図の作成

受注者は、出来高算出ソフトウェアを使用して出来高図を作成する。

【解説】

受注者は、出来高算出ソフトウェアを使用して、出来高図を作成する。

出来高図は、ソフトウェアで出力できる「メッシュ土量柱状図」、もしくは部分出来高として算出に利用した面データとする。

(様式 - 1)

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和2年2月18日

機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者：(株)ステレオ写真測量

精度 太郎 印

<p>精度確認の対象機器</p> <p>メーカー：(株)ABC社</p> <p>測定装置名称：ST420</p> <p>測定装置の製造番号：SN00011</p>	<p>写真</p> 
<p>検証機器 (標定点を計測する測定機器)</p> <p>TS：3級TS以上</p> <p><input type="checkbox"/> SS製 <input checked="" type="checkbox"/> (2級)</p>	<p>写真</p> 
<p>測定記録</p> <p>測定期日：令和2年2月18日</p> <p>測定条件：天候 晴れ</p> <p>気温 8℃</p> <p>測定場所：(株)ステレオ写真測量</p> <p>現場内にて</p> <p>精度検証対象機器と既知点の距離：○m</p>	<p>写真</p> 
<p>精度確認方法</p> <p>■既知点の座標較差</p>	

図 機器の動作状況と精度確認結果の事例

精度確認試験結果（詳細）

① ステレオ写真測量による確認



計測結果

X	Y	Z
44044.725	-11987.621	17.894

② TS による検査点の確認



計測結果

X'	Y'	Z'
44044.7	-11987.638	17.870

③ 差の確認（測定精度）

ステレオ写真測量による計測座標 — TS による計測座標

	ΔX	ΔY	ΔZ
較差[m]	0.025	0.017	0.024
	$\sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)}$		
	0.030		
基準	0.2m(200 mm)以内		0.2m(200 mm)以内

図 機器の動作状況と精度確認結果の事例

